

当代大学读本
科学文化系列

科学史读本

READINGS IN THE HISTORY
OF SCIENCE

钮卫星 江晓原 / 编

◎科学史是一座桥梁◎科学史何为◎曾经多元：起源时期、
古典时期和中世纪的科学◎一枝独秀：从科学革命到经典科学
的建立◎新的科学：相对论、量子论和进化论◎研究风格
的转向：内史论、外史论和社会建构论



上海交通大学出版社

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 / 韩建民
责任编辑 / 吴芸茜
封面设计 / 朱懿

当代大学读本
科学文化系列

科学史读本

READINGS IN THE HISTORY
OF SCIENCE

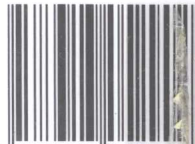
本书从科学史研究论著和论文中精选了25篇学术文献，分为5编。

第1编从总体上把握什么是科学史，为什么要学习科学史等问题；第2编主要涉及起源时期、古典时期和中世纪的科学史研究，让读者了解科学在其起源和各个发展阶段曾经很多元；第3编帮助读者领略近代科学经过哥白尼革命和牛顿的综合、到19世纪完成经典科学的建立的过程；第4编展示了相对论、量子论和进化论等不同于经典科学的新科学在19世纪晚期到20世纪早期的发展情况；第5编着重关注科学编史学思想方面的演变，读者可以了解到从内史论到外史论、进而到社会建构论的多种科学史研究风格，以及不同研究风格之间的争论。

本书每一编之前都配有本书编者撰写的导读，每编之后列有相关的延伸阅读文献，书末附有相关的学术资源简介。

本书可供科学技术史、科学哲学专业的学生、教师以及对科学史感兴趣的读者参考。

ISBN 978-7-313-05290-2



9 787313 052902 >

定价：45.00元

编者简介

钮卫星 男，1968年生，浙江湖州人。1990年南京大学天文系天体力学专业毕业，1996年在中国科学院获博士学位。现任上海交通大学科学史系教授、博士生导师，主要从事天文学史研究和科学史教学。已出版专著《西望梵天：汉译佛经中的天文学源流》一部，另有合著、合编和译著共10余部，发表学术论文20余篇。亦热心于科学普及和科学传播方面的著述，在各种媒体上发表科学类书评和科学文化类文章70余篇。

江晓原 男，1955年生于上海，1982年南京大学天文系天体物理专业毕业，1988年在中国科学院获博士学位，是中国第一个天文学史专业博士。现任上海交通大学教授、博士生导师，科学史系主任，中国科学技术史学会副理事长，上海市科学技术史学会理事长。曾任上海交通大学人文学院首任院长。已在海内外出版专著、译著、文集等40余种，发表学术论文百余篇。同时在京沪等地多家报刊杂志长期开设个人专栏，撰写了大量书评、影评、文化评论等。长期主持“科学·历史·文化”网站（<http://www.shc2000.com>）。
新浪网名人博客：
<http://blog.sina.com.cn/jiangxiaoyuan>



当代大学读本
科学文化系列

丛书主编 江晓原

《科学史读本》

《技术哲学经典读本》*

《科学传播读本》*

《科学与宗教读本》

《性别与科学读本》*

《环境伦理学读本》

《艺术与科学读本》*

(*为已出)

当代大学读本

科学文化系列

科学史读本

Readings in the History of Science

钮卫星 江晓原 编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书从科学史研究论著和论文中精选了 25 篇学术文献,分为 5 编。

第 1 编从总体上把握什么是科学史,为什么要学习科学史等问题;第 2 编主要涉及起源时期、古典时期和中世纪的科学史研究,让读者了解科学在其起源和各个发展阶段曾经是多元化的;第 3 编帮助读者领略近代科学经过哥白尼革命和牛顿的综合、到 19 世纪完成经典科学的建立的过程;第 4 编展示了相对论、量子论和进化论等不同于经典科学的新科学在 19 世纪晚期到 20 世纪早期的发展情况;第 5 编着重关注科学编史学思想方面的演变,读者可以了解到从内史论到外史论、进而到社会建构论的多种科学史研究风格,以及不同研究风格之间的争论。

本书每一编之前都配有本书编者撰写的导读,每编之后列有相关的延伸阅读文献,书末附有相关的学术资源简介。

本书可供科学技术史、科学哲学专业的学生、教师以及对科学史感兴趣的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

科学史读本/钮卫星,江晓原编. —上海:上海交通大学出版社,2008

(当代大学读本科学文化系列)

ISBN 978-7-313-05290-2

I. 科… II. ①江…②钮… III. 自然科学史—著作—简介—高等学校—教材 IV. N09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 117224 号

科学史读本

钮卫星 江晓原 编

(当代大学读本·科学文化系列/江晓原主编)

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海崇明南海印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/18 印张:26 字数:567 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~3050

ISBN 978-7-313-05290-2/N·030 定价:45.00 元

版权所有 侵权必究

版权声明

本书在编辑过程中,由于无法与部分作品的权利人取得联系,对此我们深感抱歉。为了尊重作者的著作权,特委托北京版权代理有限公司向权利人转付稿酬。请您与北京版权代理有限公司联系并领取稿酬。联系方式如下:

吴文波 方 芳

北京版权代理有限公司

北京海淀区知春路 23 号量子银座 1403 室

邮编:100083

电话:86(10)82357056/57/58—230/229 传真:86(10)82357055

上海交通大学出版社

总序

读本也就是文选，中国人对此并不陌生，但各种学术读本的编纂，只是近年才开始在国内流行。

读本在西方发达国家原是早就习见的。各个学科、各个专业领域都有自己对应的读本，同一学科同时有许多可供选择的读本。多种读本之间，视角不同，侧重点不同，相竞争也互补。

读本可作教科书使用，欧美许多大学的课程就以读本为教材。当教材用的读本，有些是正式出版的，有些是由任课老师编制的、装订在一起的复印材料包（称 Pack，定价不菲，因为这种教材也要向原作者支配文献使用费）。读本不同于少数几个人撰写的普通教科书，有些读本并不以传授该领域的基础知识为己任，而是针对已经学习过基础课程的学生，为他们提供本领域中更为全面和深入的文献。

每种读本，都有自己的诉求，至少理论上是如此。

这套“科学文化系列”读本的诉求，通俗言之，就是“提高科学素养”；以学术话语言之，则旨在于加强“Science Studies”（可译作科学元勘、科学元究、科学论等）的学科建设，提供新的平台，完成科学观的“版本升级”。

何谓 Science Studies？这是对自然科学的一种多角度的元层次研究。如果科学家的对象性研究是一阶的研究的话，这种研究则是二阶的研究。

我们可以问：“科学本身可不可以被研究？”答案是：当然可以，而且要深入研究、仔细研究。

说到科学素养，很多人是有误解的。我们以前总以为，所谓“科学素养”，就是（或者主要是）对科学知识的记忆，比如知道地球绕太阳转一圈的时间是一年、光传播的速度是每秒 30 万公里之类。现在我们当然知道，这样理解科学素养，那是太落伍、太过时、太不和国际接轨了。

真正的“科学素养”，还要包括很多内容。

首先，我们需要了解科学与其他事物之间的关系。

这种关系在以往的宣传中，长期以来有许多误解，比如许多人习惯于将宗教想象成科学的敌人，将伪科学、民间信仰、地方性知识想象成科学的敌人，甚至将幻想想象成科学的敌人。而实际情况则并非如此。

科学并不是一个从天而降、横空出世的神，它是从一片土壤里生长出来的。即使从最狭义的理解出发，将“科学”定义为发源于古希腊、成熟于近代欧洲、如今遍布于全世界的科学，也仍然是如此。那片生长出现代科学的土壤并不是那么纯洁、那么高贵、那么美玉无暇的。要提高我们的科学素养，我们就既要纵向了解科学的前世今生，也要在横向了解科学与哲学、宗教、艺术、伦理、性别……等等方面的联系。

这套“科学文化系列”读本，以在校的研究生、本科生为主要读者对象，旨在打造一种新型的学术平台，帮助研究生和高年级本科生理解那些与科学有关的交叉学科的学术脉络与经典，提供这方面的较为系统的知识和信息，造就一代知识新人。目前推出的第一批包括如下七种：

《科学史读本》

《技术哲学经典读本》

《科学传播读本》

《科学与宗教读本》

《性别与科学读本》

《环境伦理学读本》

《艺术与科学读本》

随着认识的深化和理论的发展，以后还会陆续推出新的品种。

对于一个当代大学生来说，这套“科学文化系列”读本有什么意义呢？

也许一个理工科大学生会说：我只要学好我的专业知识就行了，那才是真功夫真本事，别的都是瞎掰，至少也是可有可无无关紧要的。

但是你错了。

上面这种错误的想法，已经造就了许许多多“有知识没文化”的人。比如，许多学工程技术出身的人，一事当前，总是只想到用技术去解决问题，却往往不先思考：这个问题值不值得解决？解决了会不会生出更大的问题？会不会得不偿失？等等。科学只能教人怎样做事，人文才能教人怎样做人。一个人来到社会，要想达到他的理想，成就他的事功，那对他来说，如何做人的学问永远比如何做事的学问更重要。所以，如果你不满足于终身只当一个匠人，而想成为自己的主人，那你必须要有人文。

也许这个学理工科的大学生又会说：所谓文化，不就是背背唐诗、谈谈莎士比亚、拉拉小提琴什么的吗？我有必要读这套书吗？

不幸的是你又错了。

背背唐诗、谈谈莎士比亚、拉拉小提琴，对于一个理工科大学生来说确实不失为一种文化点缀，但那也只是点缀而已。你还需要懂得与科学有关的人文道

理——因为你是学理工科的，人们认为你应该懂得这些道理，你不能只有科学知识没有科学素养。事实上，将来你要成功地为人处世成家立业，都需要懂得这些道理。

也许另一个文科大学生会说：学理工科的同学读读这套书确实有其必要，但我就没有什么必要了吧——我学的就是人文，而我对科学技术根本不感兴趣。

但是你也错了。

如今这个世界，即使你对科学技术不感兴趣，可是科学技术却对你很感兴趣——科学技术全面包围着你、影响着你、诱惑着你、消费着你——只要你是纳税人之一，科学技术就在用着你交纳的钱。所以，不管你对科学技术有没有兴趣，你都需要懂得与科学技术有关的道理，需要不断提升你的科学素养。

为了协调科学与人文这两种文化的关系，一个超越传统的新概念——科学传播——开始被引进。科学传播的核心理念，是公众有权了解科学并参与科学。

近几年，在中国高层科学官员所发表的公开言论中，也不约而同地出现了对国际国内理论新发展的大胆接纳。例如，原科技部部长徐冠华，在一次讲话中说：

我们要努力破除公众对科学技术的迷信，撕破披在科学技术上的神秘面纱，把科学技术从象牙塔中赶出来，从神坛上拉下来，使之走进民众、走向社会。……随着科技的迅猛发展和国民素质的提高，越来越多的人已经不满足于掌握一般的科技知识，开始关注科技发展对经济和社会的巨大影响，关注科技的社会责任问题。……而且，科学技术在今天已经发展成为一种庞大的社会建制，调动了大量的社会宝贵资源；公众有权知道，这些资源的使用产生的效益如何，特别是公共科技财政为公众带来了什么切身利益。^①

又如，中国科学院院长路甬祥，在一次讲话中指出：

科学技术在给人类带来福祉的同时，如果不加以控制和引导而被滥用的话，也可能带来危害。在21世纪，科学伦理的问题将越来越突出。科学技术的进步应服务于全人类，服务于世界和平、发展和进步的崇高事业，而不能危害人类自身。加强科学伦理和道德建设，需要把自然科学与人文社会科学紧密结合起来，超越科学的认知理性和技术的工具理性，而站在人文理性的高度关注科技的发展，保证科技始终沿着为人类服务的正确轨道健康发展。^②

所有这一切，都不是偶然的。这是中国科学界、学术界在理论上与时俱进的表现。这些理念上的更新，又必然会对科学与人文的关系、科学传播等方面产生重大影响。

① 载2003年1月17日《科学时报》。

② 载2002年12月17日《人民政协报》。

2007年2月27日,由中国科学院、中国科学院学部主席团公开发表的《关于科学理念的宣言》,对于科学的精神、科学的社会责任等,作了前所未有的全新论述。

《宣言》中特别要求科学工作者“更加自觉地规避科学技术的负面影响,承担起对科学技术后果评估的责任,包括:对自己工作的一切可能后果进行检验和评估;一旦发现弊端或危险,应改变甚至中断自己的工作;如果不能独自做出抉择,应暂缓或中止相关研究,及时向社会报警”。《宣言》还呼吁:“避免把科学知识凌驾其他知识之上,避免科学知识的不恰当运用,避免科技资源的浪费和滥用。要求科学工作者应当从社会、伦理和法律的层面规范科学行为,并努力为公众全面、正确地理解科学做出贡献。”

作为中国科学院的官方文件,《关于科学理念的宣言》无疑反映了中国科学界高层的共识,因而应该被视为近年在国内科学文化领域最重要的文献之一。

依靠什么来对科学加以控制和引导呢?

当然只能是人文精神和伦理道德。

江晓原

于上海交通大学科学史系

绪论

科学史是一座桥梁

江晓原

乔治·萨顿曾说：“在旧人文主义者同科学家之间只有一座桥梁，那就是科学史，建造这座桥梁是我们这个时代的主要文化需要。”这是一个历史性的呼唤。

在中国，萨顿的呼唤在很长时间里被当作呓语——如果它能够在中国被听到的话。事实上，萨顿很长时间一直没有被中国人注意到。中国人更愿意将自己的注意力倾注在李约瑟身上，因为他是“中国人民的伟大朋友”。对许多中国人来说，“李约瑟”就是“科学史”的同义词。这个响亮的名字足以遮蔽所有其他的国外科学史家。

遮蔽了萨顿的科学史

就被研究的对象而言，可以说科学史研究在清代的乾嘉考据中就已经出现了。例如，那时已经有对于中国先秦时代的天文学和数学的研究，在王锡阐、梅文鼎及以后的许多清代学者那里，甚至已经有了古代东西方天文学和数学的交流与比较研究。

然而，这些清代学者的科学史研究基本上是“主题先行”的，甚至是高度意识形态化的。他们的主流目标，是论证得到康熙皇帝大力提倡的一个观点——“西学中源”：即古代西方的天文学，比如说托勒密的学说，从根本上说都是上古时期从中国传播过去的，只是西方人后来自己进一步发展了而已。数学也被认为有类似的情形。现在当然谁都知道，“西学中源”这样的论断是完全不可能成立的。

进入 20 世纪之后，自然科学的各学科，通过中国第一代留学西方的学子之学成归国，纷纷被从西方整体移植过来——包括基础理论、实验手段、仪器设备、课程教材等等。但与此大不相同的是，科学史在中国并没有经历这样一个整体移植的过程。

约略在萨顿为确立科学史学科地位而奋斗的同时，略具现代形态的早期科学史论著也在中国开始出现了，比如朱文鑫的《天文学小史》之类。这类早期著作有两个源头：

一是从西方著作中编译。不过被用来编译的原书，往往是“前萨顿时代”的西

方科普作品,这些作品曾经扮演了某种科学史著作的角色——但萨顿对这些作品所扮演的科学史角色大为不满,甚至嗤之以鼻。

二是乾嘉考据之学的余脉。例如,被尊为国内现代科学史研究“始祖”级人物的李俨、钱宝琮,二人皆受西方新式教育,但在他们研究中国古代天文学史、数学史的论著中,在文献考据、源流追溯等方面,乾嘉考据之学的影响和风格仍依稀可见——这里是就积极的意义而言的。

但是乾嘉考据之学的影响中,当然还包括了消极部分。例如,当年乾嘉考据之学中论证“西学中源”的意识形态诉求,在20世纪下半叶的新时代有了新的变奏——论证“中国的世界第一”。为了满足这个目标,萨顿所确立的现代科学史“正统”被遮蔽了,甚至李约瑟著作中的内容也被“过滤”了,只对符合上述目标的部分进行译介和赞扬。结果,在许多中国人——甚至包括不少科学史研究者——看来,科学史就是用来为祖先建立“功劳簿”和“荣誉账”的。也正是因为这个原因,国内许多科技工作者对科学史嗤之以鼻——虽然有时他们出于礼貌不表现出来。因为他们感到科学史只是扮演了某种“帮闲”角色。

科学史学科在中国的建制化

但另一方面,科学史研究事业在中国的进步也是有目共睹的。

首先,从建制化的角度来看。科学史作为一个独立的学科,其建制化在西方完成于20世纪上半叶,萨顿是此事的最大功臣。在中国,此时还谈不到科学史学科的建制化——因为全国没有任何一个有正式薪酬的科学史研究职位或教职。

科学史学科在中国的建制化,起步于20世纪50年代,象征性的事件,是1957年在北京成立的“自然科学史研究室”。这是科学史研究在中国的第一批“国立”研究职位。这个研究室当时的宗旨是“总结祖国科学遗产,总结群众和生产革新者的先进经验,丰富世界科学宝库”,这个宗旨也决定了该研究室以中国古代科学史作为它的主要研究领域。1975年该研究室扩建为中国科学院自然科学史研究所,成为科学史这个学科在中国的“国家队”。

科学史学科在中国的建制化,完成于20世纪的最后一年。标志性的事件,是1999年在上海交通大学成立了中国第一个科学史系。从那以后,国内又接着建立了另外三个科学史系,现有的这四个科学史系依次是(全名):

上海交通大学:科学史与科学哲学系

中国科技大学:科技史与科技考古系

内蒙师范大学:科学史与科技管理系

中国科学院研究生院:科技史与科技考古系

之所以可以将在大学出现科学史系视为科学史学科建制化初步完成的标志,是因为在大学建立科学史系,首先就意味着有比较系统的课程训练、正式的学位授

予等等。虽然这些在原先的中国科学院自然科学史研究所也已经有了,但是在公众心目中,大学里有正式的系,才表明这个学科已经被承认为“正经”的学问了。

其次,改革开放在中国也已经30年了,随着中外学术交流的不断扩大和深入,科学史学科的独立意识也是不可避免的。这个学科中在改革开放后成长起来的一代人,不可能继续满足于只为祖先建立“功劳簿”和“荣誉账”,而不和国际同行进行平等的对话,不在学科规范上与国际接轨。于是国外的各种新思潮和新趋势,也必然会被国内科学史界逐步接纳。科学史在当代中国,已经告别了爱国主义教育工具或“科学拉拉队”的早期角色,开始作为一门独立的严肃学科而存在了。

一种关于科学史的善意说法

很多人会产生这个问题:科学史有什么用?当某一门学科的老师,在讲授这门学科的头两堂课上,讲一些本学科的历史时,也许会勉励同学,说几句“不了解这门学科的历史,就不能真正学好这门学科”之类的话。其实很多情况下,连老师自己也不相信这类话。因为事实明摆着:许多伟大的科学家并不熟悉本门学科的历史,他们当然更不是科学史家。不了解科学史,并未妨碍他们在科学上作出伟大贡献。而我们也从未看到,有哪个科学史家在科学上作出过伟大贡献。

还有一些人,包括科技工作者中对科学史抱有欣赏之情的人,以及许多科学史研究的从业者,会这样说:学习和研究科学史,就能够总结、发现并掌握科学发展的规律;而掌握了科学发展的规律,就能够帮助科学更好地发展。

这样的说法通常是善意的,而且颇为动听,然而不幸的是,这不是事实。

从本质上说,科学史应该是历史学的一部分,或一个特殊部分。但是历史发展有没有规律?科学发展有没有规律?如果有,我们是不是能够掌握?这些都是无法证实的。相信有规律存在,并且相信这些规律能够被我们掌握,其实都只是一种信念。

按照社会建构论的观点,科学是社会建构的,或者至少是有社会建构的成分。历史的社会建构成分当然更是无可否认——我们即使承认有一个纯客观的历史存在,我们也无法宣称自己能够真正得到它。所以,对于作为历史学中一部分的科学史,我们即使拒绝了关于科学的社会建构,也无法拒绝关于科学史的社会建构。

既然如此,我们当然无法掌握科学发展的所谓规律——不管这种规律实际上是否存在。所以,科学史无法向人们提供这样的许诺:它能够总结、发现科学发展的规律,从而帮助科学更快更好地发展。

科学史到底有什么用呢?

那么,科学史到底有什么用呢?可以有几种回答的方法:

第一种是比较省事的方法,那就是放低姿态,坦然承认科学史没有用处,只是人们“吃饱了撑的”,研究着玩玩,难道不可以吗?许多学问都是这样的(比如艺

术)。在宽容和多元的社会中,这样的学问也可以立足。

第二种方法是“转嫁”问题。科学史不是历史学的一部分吗?那么请问:历史学有什么用?历史学有什么用,科学史就有什么用。即使认为历史学没有用,但它早已经在我们的社会中立足,那么科学史也同样可以立足。

第三种是最认真负责的回答,那就是萨顿已经为我们准备好了的:科学史是沟通“旧人文主义者同科学家之间”的唯一桥梁。^①这座桥梁的用处,主要体现在精神层面。而且萨顿所呼唤的这种沟通,目前极为需要,却又极为不够。所以科学史这个学科,道路宽阔,前景光明,还有极大的发展空间。

这里我们顺便还要谈到李约瑟。李约瑟所从事的中国科学史研究,当然也应该被纳入萨顿所呼唤的桥梁建造工程之中。李约瑟是从“科学”这一岸开始建造桥梁的,只是他打算建造的那座桥,桥面过于宽阔。^②终其一生,这桥只造了一小部分,离江心都还很远,更不用说到达彼岸了。

当然,我们也不能以书之写成,来等同于桥之建成。萨顿计划中的科学史巨著,生前也远远没有完成。以今天的局面言之,萨顿心目中那座宏伟壮丽的大桥当然还远未建成,但由于科学史、科学哲学、科学社会学等等领域的学者们的努力,在“科学”这一岸和“人文”那一岸之间,至少可以说已经初步搭建了一座造桥工程中辅助用的浮桥。

于是,进入科学史这一领域的人,将可以有两种选择:

一、姑且在浮桥上行走于两岸之间,努力争取让自己成为萨顿所呼唤的“新人文主义”者。这对应于接受适度的科学史训练后从事别的工作,而不是选择科学史研究作为自己的学术生涯。许多学习科学史的学生将接受这一选项。其他在业余对科学史感兴趣,或因某种科学史之外的工作需要而去了解科学史的人,也可以归入这一选项。

二、投身于造桥工程。这对应于选择科学史研究作为自己的学术生涯。在此过程中当然更可以在两岸之间行走。少数学习科学史的学生有机会选择这一选项——因为当代社会毕竟不会需要很多人从事科学史研究,建制化所能提供的科学史职位不可能有很多。

那么,现在,既然你已经拿起了这本书,就开始尝试两岸之间的行走吧。

2008年7月14日

于上海交通大学科学史与科学哲学系

^① 按照萨顿的想法,实行这种沟通将造就他所呼唤的“新人文主义”。

^② 《中国科学技术史》的原文书名是 Science and Civilization in China,这个书名暗示了李约瑟并不打算为科学在中国古代文明中做出明确界定。由于他未对科学做出明确界定,导致他的写作计划不断扩展。

目录

总序

绪论 科学史是一座桥梁

第1编 科学史何为? 1

 导读 1

 1.1 乔治·萨顿:四条指导思想 9

 1.2 乔治·萨顿:科学史教学是可能的吗? 14

 1.3 杰拉耳德·霍耳顿:理解科学史,这意味着什么? 33

 1.4 席泽宗:科学史与历史科学 43

 1.5 赫尔奇·克拉夫:科学史发展概貌 50

 延伸阅读 65

第2编 曾经多元:起源时期、古典时期和中世纪的科学 67

 导读 67

 2.1 戴维·林德伯格:科学及其起源 73

 2.2 德里克·普赖斯:科学文明的特性 90

 2.3 埃尔温·薛定谔:为何追溯古代思想 101

 2.4 乔治·萨顿:古代和中世纪的科学传统 109

 2.5 乔治·萨顿:科学史中的东方与西方 130

 延伸阅读 150

第3编 一枝独秀:从科学革命到经典科学的建立	151
导读	151
3.1 托马斯·库恩:哥白尼的革新	157
3.2 亚历山大·柯瓦雷:《两大世界体系的对话》和反亚里士多德的论战	189
3.3 亚历山大·柯瓦雷:牛顿综合的意义	212
3.4 彼德·哈曼:物理学理论的核心:能量、力和物质	229
延伸阅读	250
 第4编 新的科学:相对论、量子论和进化论	252
导读	252
4.1 阿尔伯特·爱因斯坦:我是怎样创造相对论的	261
4.2 杰拉尔德·霍耳顿:狭义相对论的起源	265
4.3 阿伯拉罕·派斯:量子力学,一份散记	279
4.4 保罗·狄拉克:量子场论的起源	297
4.5 莱纳斯·鲍林:结构化学与分子生物学五十年的进展	308
4.6 皮特·鲍勒:进化思想:范畴及含义	327
延伸阅读	347
 第5编 研究风格的转向:内史论、外史论和社会建构论	349
导读	349
5.1 罗伯特·默顿:清教主义、虔信主义与科学:检验一个假说	359
5.2 C. P. 米库林斯基:根本不应成为问题的内史论与外史论之争	377
5.3 巴里·巴恩斯:社会学任务	387
5.4 安德鲁·皮克林:从作为知识的科学到作为实践的科学	412
5.5 罗杰·牛顿:科学是一种社会建构?	432
延伸阅读	448
 学术资源推介	450

第1编 科学史何为？

导 读

什么是科学史？严格来说，这是一个如何定义科学史的问题。但是定义固然有简明的优点，然而要定义科学史，一方面要涉及什么是科学，即科学的定义问题——而这是一个公认的难题，至今争论不休，没有定论；另一方面，即使用严谨的措辞和简单的语句界定了什么是科学史，对于我们真正了解和把握什么是科学史，实际上也不会有太多具体的帮助。

因此，我们尝试从一些更为开放和多元的角度来提供一些对这个问题的描述、分析和解答。譬如，从回答“科学史研究什么？”“科学史属于什么学科范畴？”“学习科学史有什么用？”“科学史是怎么研究的？”甚至还可以是“有些什么人在研究科学史？”等等问题入手来理解什么是科学史，对这些问题无论给出了何种程度的回答，都将会有助于我们大家理解什么是科学史。

本编首先选择了萨顿的一篇《四条指导思想》。^[1]萨顿被誉为“科学史之父”，他花费了毕生精力推动和完成了科学史学科的建制化。在他的不懈努力下，1913年他本人任主编的首份科学史专业杂志 *ISIS* 创刊；1924年科学史学会（美国）成立；1936年哈佛大学设立科学史博士学位；1940年哈佛大学设立科学史教授职位，萨顿本人被任命为首位专职科学史教授。萨顿在推进科学史建制化的同时，本人也笔耕不辍，著述甚丰，撰写了《科学史导论》等15部著作和300多篇论文。但是想要通过中文了解萨顿著作的全貌，还有待于进一步的翻译和出版计划。迄今有四种萨顿著作的中译本，即《科学史和新人文主义》、《科学的生命》、《科学的历史研究》和《文艺复兴时期的科学观》，已由上海交通大学出版社作为“萨顿科学史丛书”首批五种中的四种出版。通过这已经出版的四种萨顿著作，虽然还很难说一定能达到窥一斑而知全豹的效果，但是多多少少也能把握萨顿对科学史本身诸多相关问题的理解和解答。

用萨顿在《四条指导思想》中开篇的话来说，“有四条指导思想象瓦格纳歌剧中

的主旋律那样始终贯穿在作者的著作中”([1], p. 3), 这四条思想分别为: ①统一性思想; ②科学的人性; ③东方思想的巨大价值; ④对宽容和仁爱的极度需要。

萨顿说“必须以自然界的统一性为前提, 因为如果它不存在, 如果自然界中没有内在的统一性和一致性, 就不可能有科学的知识”([1], p. 3), 他坚信“自然界的统一性、知识的统一性和人类的统一性只是一个实体的三个方面”([1], p. 4)。

至于科学本身, 萨顿认为它“同艺术或宗教一样具有人性”, 但这种科学的人性是隐含的, 发掘科学的人性“需要一位受过教育的人本主义者”([1], p. 5)。他把科学、艺术和宗教比作是一个三棱锥的三个侧面, 当人们各自站在这样一个三棱锥塔的底部时, 他们相去甚远; 当他们爬到塔顶时, 他们就相遇了。所以伟大的科学家、伟大的艺术家和对信仰怀有很深感情的人彼此离得很近。

萨顿对“东方思想的巨大价值”的重视, 一方面可以看成是他对人类知识统一性的贯彻, 但同时也体现了他对这个学科发展方向的预见性和判断力。如今东方思想在科学史研究中确实日益成为热门研究领域。萨顿本人还专门写有一篇《东方与西方》(《科学的生命》, 130~167页, 参见第二编)详细阐述了东方科学史在整个世界科学史中的重要地位。虽然萨顿在书中所指的东方主要是指印度以西, 尤其是指中东民族。然而在萨顿的主要著作中确实已经频繁提及中国古代的人物和成就, 他是比李约瑟更早的在著作中大量提及中国古代科技成就的西方学者。

萨顿在他本人擅长的研究领域——中世纪科学史的研究中, 意识到了“对宽容和仁爱的极度需要”。他说“科学本身不能教会我们宽容和仁爱”([1], p. 11), 但是科学的历史会向我们证明我们绝对需要它们。科学的历史首先是一部善良愿望的历史; 科学的历史又是一部和平努力的历史; 人类探求真理的历史也是人类探求和平的历史; 在没有正义和真理的地方就不会有和平。

以上四条指导思想, 其实就是演绎了贯穿萨顿著作始终的一个重要主张, 即“新人文主义”主张。萨顿看到了“我们这个时代最可怕的冲突就是两种看法不同的人们之间的冲突, 一方是文学家、史学家、哲学家这些所谓的人文学者, 另一方是科学家。由于双方的不宽容和科学正在迅猛发展这一事实, 这种分歧只能加深。那些宣称科学只有技术上的功能的旧人文学者, ……只会使和解的可能性更加渺茫, 分歧更大。……我认为应用完全相反的态度来代替旧人文主义者的不宽容态度。”(《科学史和新人文主义》, 48~49页)

对于科学家, 萨顿也表示了他的担心: “科学家们有时表现出了一种过于骄傲和过于肯定的可鄙的倾向, 并且作为一个阶层显得过于自以为是。他们中的一些人愚蠢地攻击一切非科学的活动, 造成了许多本来可以避免的反对他们的对立面。还有一些人的举止就像是一个喝醉了的男孩子, 放肆地毁坏每一个在他看来是错误的或非理性的事物, 这只能证明他们自己是一些轻率地反对偶像的人, 比那些迷信的偶像的制造者更为愚蠢、更不可饶恕的人。”(《科学史和新人文主义》, 45页)

萨顿描述的这种情形并没有成为历史。在今天的媒体上、网络上发生的关于中医、伪科学等话题的争论不就是萨顿所见情形的翻版吗?事实上萨顿提出的这种科学与人文的对立和隔阂,比C. P. 斯诺提出两种文化的对立还要早,而且萨顿也认为他找到了治愈这种文化分裂症的良方,那就是科学史教育。萨顿说,“在旧人文主义者同科学家之间只有一座桥梁,那就是科学史,建造这座桥梁是我们这个时代的主要文化需要。”(《科学史和新人文主义》,51页)

这也正是我们现在这个时代的文化需要。萨顿之后半个多世纪以来,这种分裂症状事实上在加重。推广在高校中的科学史教学,正是现在的科学史研究同行们的努力方向。

然而,这种科学史教学可能吗?进行科学史教学有什么困难和要求?在本编选录的《科学史教学是可能的吗?》^[2]一篇中,萨顿畅谈了他30年科学史教学中的经验和心得,从中我们——包括一般读者和科学史专业的教师和研究人員——都可以获得有益的启发。

萨顿首先描述了一些人对科学史教学和研究的敌意,另外一些人对科学史虽然抱有好感和善意,但是他们轻视科学史教学,以为那是轻而易举的事情。萨顿强调了科学史研究的困难性,比较了艺术史、宗教史和科学史研究的发展历史和现状之后,指出科学史的研究“还处在幼年时期,有大量工作要做”([2], p. 105)。

早期的科学史研究者把科学史等同于各门学科的历史的总和,如“休厄耳-赫歌耳”的工作方法所展示的那样,他们的著作“不是由各部分结为一个整体的科学史,而是印在书的一张封面下各种相互无关的历史的汇集”([2], p. 104)。萨顿明确表示反对专科史,反对过分专业化,他赞同用编年史的方式来安排科学史著作的各章,“设法使读者对科学统一性有一个深刻的印象”([2], p. 106)。他强调“科学史的内容远比各门专业科学的历史的总和要多得多”,这多出来的部分就是人文的和社会的因素。

一些人反对科学史,他们的主要异议是这个题目太大。“许多科学家对历史学家想要知道整个科学和整个历史的这种异乎常理的野心深感不满。”([2], p. 108)萨顿认为这种异议尽管有一定道理,但并不意味着不值得和不能去尝试。一方面,“一个人可以知道一个总的领域而无须知道它的每一个细节。”另一方面,“科学史家必须知道科学的一般事实和理论,他至少必须尽可能地熟悉一个科学分支,否则他还是不能清楚地理解任何事情。”([2], p. 110)

萨顿通过他本人的科学史教学经验告诉我们,科学史教学尽管是困难重重的,但是仍然可以通过努力去实现的。他从教学内容应该时常更新([2], p. 112 - 113)、课程如何设置([2], p. 113)、各部分教学内容的课时如何分配([2], p. 113 - 118)、科学史教师的选聘和对他们的知识结构的要求([2], p. 118 - 124)、以及教师

用在教学和研究上的时间和精力分配和安排([2], p. 124 - 125)等多个方面讨论了科学史教学应该怎样具体地展开。这些对于当今的科学史教学仍然具有相当重要的借鉴意义。

萨顿提出科学史教师都必须满足一个不可缺少的要求,即“他至少应该精通今天科学的一个分支,同时他应当对多种多样的其他分支也都有比较粗浅的了解”,他的科学训练和经历应保证“他能适当处理科学的题材”([2], p. 119)。在有了这样一种合格的科学史教师和合格的科学史教学之后,萨顿相信“科学史的学习将有助于为许多其他辅助科学的职位造就合格的优秀人才”([2], p. 125)。

通过了这样一番对科学教学的讨论之后,萨顿最终仍旧回到了他对科学史的总期待上。他相信这样的科学史教学“可以向那些困惑迷茫的学生说明,他们所学的全部课程都是互相联系的,他们已经学到的一切东西都是结合在一起的;这样的教学对于他们可以是人生最好的必需品,一种释然于怀的信心;对于科学统一的感觉将使他们自己的品格更加纯正,是非更加分明。”([2], p. 126)而科学史教师的责任“甚至还要更大,因为他不仅要教导科学的统一,还要教导人类的同心同德,人们由于他们的最高目标(如对真理的探求)而联合起来。”([2], p. 126)科学史教学的“主要任务是建造桥梁——在国际间建造起桥梁,而且同样重要的是,在每个国家之内,在生活(好的生活)和技术之间,在科学和人文学科之间建造起桥梁。”([2], p. 127)

读着这些更像是一些信念和期待的话,我们能感受到萨顿对科学史灌注了一腔热情,这种热情与其说是理性的,还不如说是感性的。这其实也不奇怪,理性的事业往往靠感性的支持来得到更好的发展。

如果说本编选录的前两篇萨顿的文章代表了科学史建制化初期这个学科奠基者的激情昂扬,那么霍耳顿的《理解科学史,这意味着什么?》^[3]一文则反映了科学史学科发展了半个多世纪之后该领域内一位顶尖高手的一种冷静反思。

在还没有正式开始理解科学史之前,霍耳顿就冷静地指出,对“这个问题的第一个回答是:没有也不可能有一个普遍同意的回答”([3], p. 2)。他说答案取决于回答者属于科学史领域内的哪个思想学派。短短半个世纪,这个领域内确实已经形成了各种不同的乃至互相冲突的思想学派——让人不禁感喟学科创建者萨顿对人类知识统一性的信念。

萨顿及其追随者们自然形成了一个学派,他们认为科学史的主要任务“是积累整个历史中所有科学和技术分支中所有创新者的精确知识”;李约瑟和他的学派则试图通过一个伟大文明中的科学技术发展来理解科学史;巴特菲尔德认为重要的任务是理解一个伟大时代即科学革命的历史;伦敦经济学院学派则主张科学史主要是一种为意识形态或认识论观点提供证明的工具。还有一些学派利用科学史来证明科学的进步模型,另一些学派则用相同的案例去证明不存在这样的科学进步

模型。([3], p. 2)

面对如此莫衷一是的局面,霍耳顿指出科学史是一门充满活力并迅速兴起的学科,它还没有很成熟的理论。因此他不试图在前述任何一家思想学派的主张基础上来理解科学史,而是做出这样一种“退让”：“理解科学史”意味着要做两件今天人们完全力所能及的事情,①透彻理解一门科学史中许多个别的主要事件(是事件,不是像“牛顿革命”或“综合”这类思辨的构想);②理解许多这些主要事件之间的联系。([3], p. 3)

于是问题就转换成为：“事件”意味着什么？“理解一个事件”又意味着什么？霍耳顿试图给“事件”一词下“简单的定义”，他说：“科学史中事件的例子是：一篇科学论文的发展、出现或出版，一篇有影响的演讲(如尼·玻尔 1927 年的科摩讲话)，或者一个特殊的发现……或者一封信，或者关于实验室装置的一幅照片，或者实验记录簿的一页，或者口头对话时所作的录音，所有这些都是有可以研究的物理遗迹，从不同方向来研究这个案例的不同观察者，对这个事件本身的意见都是一致的。”([3], p. 3)或许一位好辩的读者会反驳说举例不能代替定义，而且对任何一个事件的观察都是渗透了理论的。但是，如果我们暂且把逻辑严谨性和偏哲学倾向的论证放在一边，那么还是可以同意霍耳顿基本上表达明白了“事件”的意思。

事实上，霍耳顿在这篇文章剩下的四分之三篇幅就全部用来进一步描述科学史上任何一个事件的 9 个成分，它们包括：①所选历史时期公众掌握的科学知识状况和对所选课题的无知状况；②到所选历史时期为止概念的发展，即公众科学知识状态的时间轨迹；③“私人的”科学知识状态；④个人科学活动的时间轨迹；⑤科学家的心理传记发展；⑥社会学环境；⑦科学以外的文化发展，以及影响科学家工作的意识形态或政治事件；⑧科学家的哲学世界观；⑨科学家的基旨假定，指一位科学家采纳的常常未被明确承认的假定，或深深隐藏着的基旨，这些既不是数据资料，也不是流行理论强迫要采纳的。霍耳顿最后总结说：“用这样 9 个成分来描述事件可以成功地理解科学史中的重大事件。”([3], p. 16)

显然这样一个粗略的概况是不可能把霍耳顿的深刻思想展示出哪怕一小部分出来，导读的目的本来就是诱导读者去阅读文章本身。

在人们对与科学史学科相关的理论问题思考到了一定深入的程度之时，在实际操作层面上，“科学史属于什么学科范畴？”这个问题却带来了一定的困惑。本编选录的席泽宗《科学史与历史科学》^[4]一文就是对这个问题的一个思考和解答。

席泽宗从历史上和现实中科学史与历史学之间的一种难以亲和性谈起，其中说到中国科学史的建制化过程中，科学史难以被历史学的机构和人员认同，最后以中国研究科学史的专门机构“自然科学史研究所”被划归到中国科学院的管理之下了事，科学史也因此归属在自然科学范围之内。然而，正如席泽宗在文章中明确指出的，无

论从科学史的研究对象来说还是科学史的研究方法来说,科学史应当属于历史学。

接着席泽宗谈到了科学史与历史学分离的原因:有研究对象不同、阅读的书籍不同、专业出身不同等原因。这些看起来较为表面的原因,本质上反映了斯诺所说的科学和人文的分离。因为科学史带有“科学”两字,就天然地排斥了人文学者。而科学史研究者大部分学自然科学出身,也都自动地认为自己研究的是科学史,不是历史。“天文学史与天文学,物理学史与物理学,比与历史学有更多的共同语言。”([4],p. 21)

文章进一步谈到在科学史的纵深发展中所兴起的一种外史研究方向,这种外史研究把科学家的活动当作一种社会事业,研究它的发展和其他社会现象如政治、经济、宗教和文化等之间的相互关系。显然,“内史和外史的相互配合,共同发展”([4],p. 23)是科学史研究的值得采取的一个方略。

文章接着在“科学史的外史趋向有利于科学史和历史科学的结合”这一论点的基础上,谈到了科学史与历史学的互补关系,列举了“科学史研究需要历史学家们的合作,历史学研究也需要科学史家们帮助”的四个方面。

文章最后总结说:科学史“是一门具有特殊研究对象的历史科学。他的研究者除了要接受历史学的训练之外,还必须有自然科学的素养”([4],p. 26),并提出“希望历史学家热情帮助科学史家,和科学史家密切合作,努力发展这一学科”([4],p. 27)。

席泽宗从事科学史研究半个多世纪,目证了中国科学史学科的建制化过程,对其存在的问题也看得十分清楚。这篇文章虽然不长,但简单明了地直指问题的核心,指出一门学科的归属问题不是一件小事。如果我们对这个问题有一个清楚的认识,那么在实践操作层面上,“一门学科在行政管理上归哪个部门和它在性质上属于什么,这两者可以一致,也可以不一致,只要对学科发展有利就行。”([4],p. 18)

然而,问题往往就出在这个行政管理层面上。目前的现状表明,某些行政管理人员对这个学科的性质是认识不清的,在操作中又拘泥于本身就并不合理的文理科分类并加以滥用,几乎要把这在中国还处于新兴阶段的科学史学科扼杀在摇篮里。譬如在具有中国特色的对学术成果的考核中,要核算论文发表刊物的档次。而刊物档次的标准往往以某个文献情报学的工作手册为准,例如文科就看《中国社会科学论文索引》(CSSCI),被收录到这个索引中的刊物就被认为是上档次的。如今中国的(实际上国际上也是)大学科学史系都设置在人文类学院中,大学的文科管理人员就以 CSSCI 来考核和衡量科学史研究者的学术成果和水平。但是在学科分类上,科学史在中国属于理科一级学科,一些专业的杂志譬如在中国属于顶级的《自然科学史研究》就属于理科刊物,CSSCI 不予收录。于是科学史研究者的工作成果在大学里就面临得不到承认的尴尬窘境。往大处看,这不只是研究者个人“工分”的认定问题,而是涉及到这个学科的存亡这样的大问题了。为了这个学科免遭被管理死的厄运,我们要把上文引述席泽宗的话稍作改动,作为补充:“希望高校文

科管理者热情帮助科学史家,和科学史家密切合作,努力发展这一学科。”

一门学科的建制化无疑是这门学科成熟的一个标志,也意味着这门学科能够得到更大的发展空间——尽管还面临着如上面指出的管理和操作层面上的各种各样的问题。但是一门学科的建制化不会突然凭空降临,在完成建制化之前,显然要经历一个漫长的准备阶段。科学史学科显然也是如此,它的早期研究其实已经经历了若干个世纪了。本编最后收录赫尔奇·克拉夫的《科学史发展概貌》^[5]一文,就是要从科学史研究的早期历史中来认识其变迁。

克拉夫告诉我们,实际上在从古希腊开始到近代以前,历史一直被作为科学知识的一个必不可少的组成部分。人们在学习和研究一门学科的知识时,总是意味着同时要学习这门学科历史上的知识。但是到了科学革命时期,“古典权威们常常被当作意识形态争论中的敌手”,因此,从17世纪末开始,对古典权威的态度发生了变化。再加上新教观点的影响,“以牺牲古代知识为代价来突出现代世界的知识,这种做法变得很平常”。([5], p. 2)然后,新科学本身逐渐获得了足以自立的社会地位,它不必躲在时代性后面了,更不必提及伟大的先驱。

到18世纪晚期,在英国静电学家普里斯特利和法国天文学家巴伊看来,“科学史主要是一种工具,其价值与当时正在进行的研究的进展有密切关系”([5], p. 3),那时的“科学史被毫不含糊地描绘成进步的历史”([5], p. 4),“这种启蒙运动时代的科学史带有一种朴素的科学和社会乐观主义的印记”([5], p. 6)。

可能出于作者本身的民族性,克拉夫特别提到了18世纪末北欧自然哲学中的浪漫主义潮流对科学史学的影响。这种史学观点认为“应当在过去的前提下评价过去”([5], p. 7)——这无疑相当具有一种现代性。但是当时占主导地位的自然哲学培育出来的是“一种以对时代精神的直觉和思辨洞察为基础的历史观”,这种历史观“不认为精确性、原始材料批判方法以及历史事实的可靠性是什么优点”([5], p. 7)。

到19世纪,在实证主义的影响下,“科学史采取了一种相对非历史的形式”,历史视觉变得狭隘,历史兴趣主要集中在“同时代的科学及其直接前身上”。([5], p. 8)当时的科学家在他们的著作中通常写一个“历史导论”,概述相应主题的研究历史,把自己的工作置于该传统之中,并强调自己工作的独创性和意义。譬如,达尔文在后来出版的各个版本的《物种起源》中都加上了一个“历史概述”。大部分这种历史著作都极为忽视历史视角,“片面地倾力于精确的专题阐述”([5], p. 9),“按照现代的标准,几乎不能认为它们是科学史”([5], p. 8)。

这个时期的惠威尔有时“被描绘成第一位现代科学史学家,他试图对归纳科学的历史发展给予综合性的清理”,他认为“科学是一种纯粹的欧洲现象,而不应该归功于其他文化或时代”,还主张“历史仅仅是科学哲学知识合用的原始材料”。([5], p. 9)这种带明确哲学导向的科学史观后来得到马赫等人的发展。马赫把科

学、哲学和历史整合了起来,认为“历史方法最适合于透彻理解科学方法的目的”([5],p. 10)。

从19世纪中期开始,“比惠威尔和马赫更富于历史意识的史学开始缓慢地发展”([5],p. 10),但这种新史观主要针对以政治史和外交史为主的历史,而不是针对科学的,但也影响了科学史研究。这时,“强调科学的统一及其与社会和文化生活的相互影响的综合史”也开始得到人们的重视,孔德就赞同这种科学史,他还呼吁“法兰西学院”设立一个科学史教授职位。

19世纪末在一些科学家中存在一种忽视人文学科中的研究方法、片面强调科学方法的倾向,一些人主张“应当从根本上改造历史研究,使之服从于新科学对文化的支配”([5],p. 14),这种主张自然得到人文学者们的反对,他们强调“历史是一门人文学科,一门精神学科,其方法和目标与自然科学不相容”([5],p. 14)。这时还出现了一种爱国主义史观,科学史研究的目的是为了引起对本民族科学优点的注意,或论证民族优先权。譬如法国人特别强调拉瓦锡的贡献,而德国人则极力贬低拉瓦锡在化学史上的地位。

到20世纪初,科学史研究开始被组织起来,“科学史作为一种独立的职业才开始确立”([5],p. 15),系列的科学史国际会议开始召开,国际性的科学史研究学会开始建立。在这一股科学史研究组织化的大潮中,克拉夫认为保罗·唐内里^①是“现代科学史运动的真正奠基人”([5],p. 16)。

克拉夫认为科学史研究活动在20世纪初的复兴,首先是“受惠于考古学、人类学和语文学诸领域里的新发现”,其次是因为人们包括专业的历史学家们都“开始认识到科学是一个重要的历史因素”,最后是人们日益认识到它的教育价值。([5],p. 17-18)

克拉夫的文章最后谈到了萨顿,提到他写了许多文章,发展了他的纲领,把这个领域组织成一个学术性学科。但是克拉夫认为,按照现代的标准,萨顿的观点“有点儿天真,而且惊人地与历史无关”([5],p. 18),在概述了萨顿纲领的四个要点后,克拉夫指出“萨顿的纲领实际上没有实现,而且几乎从来都不可能实现”,认为萨顿的众多著作“对现代科学史来说没有重大意义。实际上,史学家们远远偏离了萨顿所强调的理想”([5],p. 19),所以在克拉夫看来,萨顿的贡献在于使科学史这门学科“获得了公认的学术性职业的地位”,可以“把他称作科学史上的培根,但他不是科学史上的牛顿”([5],p. 20)。从科学史学史角度来看,对萨顿的这个评价也许是中肯的吧,毕竟萨顿之后科学史学史的现代发展,克拉夫要用一整本书来介绍呢!

^① 保罗·唐内里(Paul Tannery, 1843~1904)法国数学家、数学史家。萨顿将他评价为“对这个学科的贡献无人能出其右,是真正的‘科学史之父’。”但是后来这个称号一般被加给萨顿本人。——编者

参考文献

- [1] [美]乔治·萨顿. 科学的历史研究. 刘兵, 陈恒六, 仲维光编译. 上海交通大学出版社, 2007年: 3-13页.
- [2] [美]乔治·萨顿. 科学的历史研究. 刘兵, 陈恒六, 仲维光编译. 上海交通大学出版社, 2007年: 94-128页.
- [3] [美]杰拉耳德·霍耳顿. 科学思想史论集. 许良英编, 范岱年译. 河北教育出版社, 1990年: 1-16页.
- [4] 席泽宗. 科学史十论. 复旦大学出版社, 2003年: 15-27页.
- [5] [丹麦]赫尔奇·克拉夫. 科学史学导论. 任定成译. 北京大学出版社, 2005年: 1-20页.

1.1 四条指导思想*

乔治·萨顿

有四条指导思想象瓦格纳歌剧中的主旋律那样始终贯穿在作者的著作中。这四条思想可以简要地称为: ①统一性的思想。②科学的人性。③东方思想的巨大价值。④对宽容和仁爱的极度需要。

统一性的思想

必须以自然界的统一性为前提, 因为如果它并不存在, 如果自然界中没有内在的统一性和一致性, 就不可能有科学的知识。解释一个有秩序的、协调的宇宙肯定是可能的, 但对于一片混沌则根本无法予以解释。科学的存在和它那惊人的一致性(尽管由于我们的无知会出现一些偶然的、局部的、暂时的矛盾), 同时证明了知识的统一性和自然界的统一性。科学的建立过去是, 现在仍然是由不同民族的、不同国籍的、不同信仰的、不同语言的人们共同完成的。这一事实证明: 这些人有着同样的需求和渴望, 以同样的方式进行思考, 而且, 只要他们在人类的这个根本的任务上合作, 他们就是团结一致的。他们的合作通常是没有组织的, 不是预先筹划好的。他们在这里或那里, 在当时或过后, 做了各种努力; 然而由于每一种科学方面的努力都是向着同一总的目的, 所有这些努力最后都汇合起来, 互相协调一致。人类的统一性是一个根本的现实, 这是一切战争都不能抹去的。

自然界的统一性、知识的统一性和人类的统一性只是一个实体的三个方面。每一方面都有助于证实其他方面的合理性。这个三位一体不过是一个基本统一性的不同

* 译自《萨顿论科学史》(Sarton on the History of Science, D. Stimson, ed. Harvard University Press, 1962)第15~22页。

表象,虽然这个基本统一性是在我们实在的掌握之外,但它却存在于我们的爱心之中。

科学的人性

科学可以定义为自然界(即所有事物)在人的心灵中的反映。完美的科学只可能被完美的、像上帝一样的心灵所反映。人类的科学当然是很不完美的。不仅在过去、在“最黑暗的”时代是不完美的,即使在现在、在将来,它也总是不完美的,但是它却是能够无限地趋于完美的。科学的这种不完美,可以因其人性而得到解释,并在程度上有所减轻。

科学的结果总是抽象的,并且倾向于越来越抽象,从而似乎失去了它们的人性。这种表面的现象是骗不了任何人的,除非他是一个只关心结果或逻辑程序的冷酷无情的科学家。一种科学理论能够像帕台农神庙^①一样美。如果你存心就其现存的样子去看它们,而并不问它们是如何成了这个样子,那么它们同样是抽象的。但是,一旦你研究了它们的起源和发展,这种理论就像帕台农神庙一样变得具有人性了,而且极为富有人性。实际上,两者都由人所建立,本来就是人类几乎独有的成就。由于它们的人性,它们以天然物体不可能有的方式触动着我们的心。

科学正如同艺术或宗教一样具有人性。它的人性是暗含的。正如发掘音乐的人性需要一位受过音乐教育的人本主义者那样,发掘科学的人性也需要一位受过科学教育的人本主义者。有素养的历史学家不仅赞赏科学成就本身,而且更多地赞赏它们是怎样变得具有人性的。

科学与艺术、宗教的不同并不在于科学比它们具有更多或更少的人性,而仅仅在于科学是不同的需求和志趣的产物。宗教的存在是由于人类对善良、正义和仁慈的渴望;艺术的存在是由于人类对美的渴望;科学的存在是由于人类对真理的渴望。虽然这样的划分不是那么严格,但也足以指出它们的主要不同。让我们来想象一个三棱锥型的塔吧,当人们站在塔的不同侧面的底部时,他们之间相距很远,但是当他们爬到塔的高处时,他们之间的距离就近多了。盲目迷信的人、渺小的科学家和平庸的艺术家可能觉得他们彼此之间相隔甚远,但是那些对其信仰怀有很深感情的人却会觉得和伟大的艺术家、伟大的科学家离得很近。这个三棱锥型的塔象征着以统一为顶点的一个新的三位一体。

东方思想的巨大价值

大多数历史学家都把他们的注意力限制在西方的成就上,他们已经逐渐形成了一个西方统一的观点(至少在精神方面),而把东方人排斥在统一之外。他们似乎以为东方和西方之间有一道不可逾越的鸿沟。

^① 译注:Parthenon,雅典卫城上供奉希腊雅典娜女神的主神庙,建于公元5世纪中叶。

不错，他们无法忽视我们的宗教的东方的、犹太的起源，但是在他们眼里，那是一个奇迹般的例外。我们文化中其他的一切都被认为是西方的；犹太教会本身已被罗马天主教会所取代，而所有西方的教会都是由此产生的。

我们现已知道西方科学（不仅是宗教和艺术）是起源于东方——埃及人、美索不达米亚人、伊朗人，而且，人们已经充分证明……阿拉伯人和其他东方人的成就，在中世纪是至关重要的。希腊的科学（它本身部分的是东方的），如果没有东方译员的帮助，就不会那样迅速地为我们所知。这些译员——犹太人、东方基督教徒、伊斯兰教徒——不只是把古代的宝贵财富传给我们，他们丰富了它，并给它以新的生命力。我已经证实，至少从9世纪到11世纪（整整3个世纪）阿拉伯的科学是至高无上的。为了理解中世纪的科学和中世纪的思想，一个人必须钻研许多人（东方的和西方的）的著作。对于纯粹的亚洲传统说来，主要的语言是梵语、藏语、汉语和日语；而对于西方的传统说来，主要的语言是希伯来语、希腊语、拉丁语和阿拉伯语。请注意即使就那些特别属于我们自己的传统而言，我们也不得不把两种东方语言，希伯来语和阿拉伯语考虑在内。比方说仅仅根据拉丁语的著作去判断中世纪的思想，正如同只根据英语和俄语就去判断我们这个时代的思想一样，是不公正的，这种不公正甚至会更显著些，因为，一种语言区域和另一种语言区域之间的交流在当时还不像我们现在的语言区域这么频繁、迅速和复杂。

在中世纪时，各种语言区域历来总是天然地被相互隔离，此后也还会这样。然而，把这些区域分成两大组——东方和西方都会把人引入歧途。某些地区肯定无疑属于两组之一，如西方组中的拉丁语或北日耳曼语，东方组中的汉语。其他一些地区则介于两组之间，希腊部分地属东方，阿拉伯和希伯来部分地属西方。因此，对阿拉伯语和希伯来语的研究是与梵语和汉语的研究意义不同的对东方的研究。

希腊文著作被译成阿拉伯文，阿拉伯文著作被译成拉丁文，这不是出于学者的好奇心，而是为了实际的用途。有时那些原著已经失散，于是我们只好去读阿拉伯文著作来研究希腊的原始资料，或者我们为了研究阿拉伯的原始资料，而不得不去读拉丁文著作。可以说对我们（西方人）影响最大的中世纪的哲学和科学著作，大多数是用四种文字写下来并得到保存的。那就是希腊文、拉丁文、希伯来文和阿拉伯文。如果我们想寻根究底，那么，我们必须准备阅读这几种语言的著作。西方和东方这种人为的区划是越过了语言界限的。一本拉丁文著作可能代表一种东方的传统，而一本阿拉伯文著作也许代表了一种西方的传统。

……直到14世纪，东方和西方之间的隔离是人为的。事实上，中亚、东亚为一方，欧洲、非洲、近东为一方，相互之间的隔离比起基督教国家和伊斯兰教国家之间的隔离要广泛得多。然而它并不是完全的隔离。在近东和印度之间有伊斯兰教作桥梁，在印度和中国之间有佛教作桥梁。除了在比较短暂的一些时间外，这种连续性并未中断。一些地区可能会被隔离（例如在一些岛屿或山区），但没有一个地区

是完全隔离的。人类的统一性在一些地方、某些时期可能被破坏,但它却并不是在所有的地方都这样。

直到14世纪末,东方人和西方人是在企图解决同样性质的问题时共同工作的。从16世纪开始,他们走上不同的道路。分歧的基本原因,虽然不是唯一的原因,是西方科学家领悟了实验的方法并加以应用,而东方的科学家却未能领悟它。到19世纪末,这种分歧达到了顶点。我们看到一边是工程师和技工同医生和传教士,另一边却还是“愚昧的土著”。这个,我再说一遍,便是巨大的区别。即使在这一点上,东方和西方的划分也不是很正确的,尽管对那些强悍的西方人来说自有其方便之处。幸好我们中间的一批东方人是一些聪明人,他们坚持着中世纪的传统,帮助我们解决了许多突出的、科学分析所不能解决的问题,而且还教导我们怎样生活得好、生活得美。另一方面,一些本地的东方人学会了我们的机械技巧,并且能够成功地同我们最好的实验专家和我们的最无情的实业家相抗衡。

西方所选择的道路使科学和技术的极大发展成为可能,如果科学技术的发展不曾经常地脱离智慧和慷慨,倒会是一件好事了。科学的胜利是势不可挡的。但由于它通常给野蛮的人以巨大的力量去征服善良的人,结果是破坏了一切文明的基础本身。在今天,除了瞎子,任何人都可以清楚地看到这一点,但是,十分遗憾的是他们未能更快地看到这一点……即使我们的科学比现在发达一百倍,单靠科学我们仍不能生活得更好。由此引出了我的第四条指导思想。

对宽容和仁爱的极度需要

没有人在研究中世纪的科学史(或是总的科学史)时,会不意识到对宽容的极度需要。这一点已经在整个历史的各个时期中反复得到证实。的确,世俗的和教会的统治者们总是企图强制人们相信他们的教义和主张,并且都毫不犹豫地惩罚那些敢于冒犯的人,有时这种惩罚是极其残酷的。他们经常可以屠杀或折磨数以千计的人,但是他们在主要目的上却总是遭到失败。排斥异己总是带有破坏性的,不仅是对于那些天然的和直接的受害者,而且是对于那些压迫者本身。

不宽容的根源在于自以为是,即认为自己总是绝对正确,而任何别的人只有在无条件同意自己时才可能正确。任何人只要持有这样的信念,就很容易得出这样的一种结论,即他有责任要求他周围的人一起信仰他的宗教,共享随之而来的拯救,必要时就勉强他们去这样做。中世纪排斥异己的根源主要来自宗教,但是有时它也扩展到其他领域,例如哲学、政治、经济、甚至科学本身。

教会随时准备迫害持有异端见解的人,不只是对付世俗的人,而且更经常地是对付它自己的教士。在14世纪,有大量的书被烧毁,许多人被监禁,甚至被杀害……即使一个人接受那个可恶的信条“只要目的正当,可以不择手段”,这些罪行仍然缺乏合理的根据。因为他们并没能达到他们特殊的目的。它们未能挽救那些冒犯者,

却反而把那些受迫害者置于无穷尽的惩罚中。它们未能挽救教会，而是增加了它的危险，并且为16世纪的宗教改革运动铺平了道路。从长远的观点看来，没有什么事情比迫害异己的无用更为确切无疑了。

如果你想要一个更大规模的例子，请研究一下西班牙的历史。当西班牙收复失地再度进行征服时，国王和贵族们以及他们的支持者变得越来越不能容忍任何不同意见。异端的迫害者，也就是审查官们，不断改进他们的方法，并且逐渐变得更凶暴、更极端、更无情。其结果是，他们不仅迫害异己分子和异教徒（犹太人和摩尔人），甚至迫害他们自己的后裔。世俗的和教会的统治者们以西班牙的道德、良心的化身自居，按他们的说法，无论是谁，只要血统不纯，就不是一个好人。他们这种努力的全部结果，是他们的国家在物质上和精神上的毁灭。尽管有这样巨大的失败的教训，在我们这个时代，在其他一些欧洲国家中，他们的方法仍在被仿效。不必是一个预言家，也可以蛮有把握地预言：最后的结局也必将和西班牙的结局一样，即自我毁灭。

作为另一个重大的例子，我们现在不妨转过来考察中国。在14世纪末以前，中国就走向了它的导致灾难的道路。明朝皇帝以及在他们之后的清朝仿效者推行妄自尊大和愚昧的闭关自守政策，使他们广大的疆域濒临无可挽回的崩溃。

在我看来，最清楚不过的就是，妄自尊大和假仁假义必然导致自我失败。与此相反，无论是作为个人还是作为某一个宗教、国家或某一团体中的成员，应该永远是很谦逊的、很善良的。不容忍是一种罪恶，对其他人的轻蔑同样也是一种罪恶。尤其是那些根据自己教义（《马太福音》5：22）仇视或藐视其他基督教徒、甚至认为异教徒的基督教徒不可能是好的基督教徒。这种人是盲目迷信的人，是伪君子，他们不过是在自我毁灭而已。

科学本身不能教会我们宽容和仁爱，但是科学的历史（例如在14世纪）可以为我们归纳出它们之所以是必要的证据。如果我们对我们的同胞缺乏热爱，并且不能容忍他们，如果我们不能尽力去理解他们，而是急急忙忙地谴责他们，那么我们的知识还有什么用处呢？

没有宽容和慈善精神，我们的文明，无论它现在是怎样的，都是非常不稳固的。科学是必需的，但只有它却是很不够的。

经常有人问这样一个问题，“历史真的能教会我们什么吗？”刚才我们已经做了回答。历史至少教会了一件事情，一件极其重要的事情：那就是不容忍不但是有罪的，也是愚蠢的。不容忍甚至不能达到它本身的目的，即保护不容忍的团体，因为这种做法很少不危及该团体，即使不使之毁灭。

科学史证明，科学对任何个人和任何社会都是有价值的；同时它也证明了科学的不足。

的确，历史学家还没有着手论证这类事，但是论据已经暗含在他们的叙述中。历史的研究是毫无价值的，除非它是不带任何偏见地进行的，除非它在发现历史真

相(最可能的真实性)并说出这些真相之外更无其他要求。不过当公正的叙述一经完成,如何从中引出结论就是历史学家的特权了。而这些结论是真实的教训,从我们前辈的经历中得到的教训……

科学的历史描述了人类对宇宙的探索,对时间和空间中存在的那些关系的发现,对所获得的真理的捍卫,对各种错误和迷信的斗争。因此,科学的历史中充满了不能指望从政治的历史中得到的教训,而在政治的历史中,人的激情却带进了太多的随意。此外,科学的历史还是关于确切的进步的描述,它是人类进化过程中唯一清晰可辨的、明确无误的一种进步。当然,这并不是说科学的进步从来没有间断过,在这里和那里,有时也有停滞,甚至倒退。但是贯穿一切时代、跨越各个国家的总的趋势是进步的,而且是可量度的。科学的历史包含了整个过去最辉煌、最纯洁和最令人振奋的业绩。知识的发展在某些领域(比如说地理学)比在另一些领域(比如说社会学)中更可察知。但它相对地说来总还是可以捉摸的,而像在中世纪所遇到的一些持续的模糊不清的时期,很可能就是酝酿或孕育的时期。

科学的历史首先是一部善良愿望的历史,即使在那些除科学研究以外不存在善良愿望的时代。科学的历史又是一部和平努力的历史,即使在战争主宰一切的时代。总有一天,这一点将会被比今天更多的人所认识——不仅被科学家们、也被律师们、政治家们、宣传家们,甚至教育家们所认识——到那个时候,这样的历史会被认为是国际生活及和平与正义的经验和理性的基础。人类探求真理的历史也是人类探求和平的历史。在没有正义和真理的地方就不会有和平。

我们都希望这场战争将产生一个更美好的世界,在这样一个世界中,我们期望孩子们会认识到人类进化的历史,而科学的发展将被证明正是这个进化的核心。

“历史能教会我们什么吗?”科学的历史将教导人们应该真诚,并且它还教导人们应该互相帮助亲如兄弟。难道这还不够吗?……

[1943]

(本文选自乔治·萨顿著《科学的历史研究》,刘兵、陈恒六、仲维光编译,上海交通大学出版社,2007年,3~13页。)

1.2 科学史教学是可能的吗?*

乔治·萨顿

前两讲已经考虑了这个问题:“值得进行科学史教学吗?”我相信我已经激励你

* 译自《科学史入门》,第44~46页。

们做出了肯定的回答。作者还不至于天真到这样的程度,会设想这样一个决断是普通的,或者甚至是一般的。对科学史巨大的敌意或者惰性将阻碍我们前进或延迟这一进程。让我简略地重述一下这种反对和漠视的主要来源。

首先是有这样一些人,他们要想抛弃整个过去的历史。往事都是已经完结了的、不可弥补的、永久不变的,对此我们无能为力,因此不为它烦恼反而更好。其次,有些科学家承认对历史有兴趣,并认识到它的重要性和困难,但他们对科学史却不感兴趣。他们可能会说,科学并不需要关心它自己的过去,艺术家们可以研究艺术史,因为过去的艺术正像他们自己的艺术一样,是或者可能是最新的、首次出现的,相反,过去的科学肯定不如我们自己的科学,而且已经被后者所取代。我们的科学作品是去其糟粕,取其精华,推陈出新的。科学日臻完善的可能性使得它过去努力的成果可以忽略不计。

没有希望克服这两种人的敌意;他们在历史方面是瞎子。现在我们来介绍第三种人,他们不是敌人,却是无知的、危险的朋友。大家可能记得伏尔泰的话:“上帝保佑我提防我的朋友,我能够对付我的敌人。”我相信,那种“发自内心的呼声”常常一直是以不大鲁莽却同样尖刻的话被人重述着。有一大批科学家,也许是大多数科学家,不仅对科学史感兴趣,而且非常热衷,可是却几乎看不到研究科学史的必要性:“这一切是那么简单、那么容易,未必是人的一项困难工作。”他们十分了解(他们自己的)在科学上的困难,可是无论什么历史方法和潜伏的危险他们都全然无知。历史读起来容易,但并不因此就得出,写历史也容易。的确,要在历史材料中发现事实的真相,并在发现了真相之后要把它表述清楚,都是非常困难的。它究竟有多大的困难呢?比如说,它比函数论或光谱分析更困难吗?走钢丝绳比演奏小提琴更难吗?这种问题都是愚蠢的。对于那些由于天赋和训练还没有充分能力并愿意做这些事的人来说,这些事情中的每一件都不仅是困难的,而且是不可能的。甚至对那些已经得到最好准备的人,研究历史仍然是困难的;不言而喻,只是对那些不准备做它的人和无知无识的人,才没有困难。在我们的朋友中有许多杰出的科学家,他们以善意但不贤明的态度关切着过往的史实。他们热爱科学史,对于这个学科的任何一本书不作任何批判就都认为是好书,于是他们不是帮助我们,而是促进我们的研究工作变质——这种精神上的堕落我在前面已经讲过了——或者至少可以说,他们建立起更多的障碍。

这些危险的朋友在回答第二个问题:“教科学史可能吗?”时,想必是毫无踌躇的,他们会说,不仅可能,而且很容易、太容易了,——这是一个留给二流或者三流学者的任务。

我现在没有时间来说明一般历史方法的困难,或者就个别而言,科学史的困难。这甚至在科学史课程中也不能做到,教师几乎没有足够的时间来讲述研究的主要成果,当然更没有时间解释这些结果是如何得到的。在前面的两讲中,无论如

何已经指出了一些困难,至于其他问题,我必须要求你们的恩惠和你们的信任。我们把我们的大部分知识归功于伟大的人物:莫里茨、康托尔、卡尔·苏德霍夫、保罗·坦纳里、皮埃尔·迪昂、托马斯·希思爵士^①、李普曼(Lippmann)、鲁斯卡(Ruska)和其他人,他们在热情和耐心的工作中度过了他们的一生,抓住一个接一个的问题,澄清了许多莫名其妙和含糊不清的难点,有时他们冒着风险,把他们已经掌握的全部知识进行分析、阐明,并加以整理,组成一个完整的体系,使他们的继承人能够继续他们的事业,并不断予以改善,难道你能说他们是在和虚幻的影子搏斗吗?

历史如同一种艺术,和医学一样古老,但这不过是用另一种方式说它极为古老罢了。每一种文化的某些最早期的作品中,就有一些是有历史用意的。何况古代和中世纪还有许多伟大的历史学家。因为大家都知道他们,不用我再提他们的名字了,然而,历史的方法并不是在上世纪之前很久建立的,19世纪才看到历史科学的诞生,医学科学也是如此。最初,历史主要是同政治和军事有关,是改朝换代、帝王将相的历史。后来,这领域逐渐得到扩展,并且也逐渐形成族种不同的部门,招致我们研究或考虑经济史、社会史、民族史(即平民史)、农业和商业史以及文学史,等等。在这棵历史的大树上有许多枝干,其中有三枝值得引起我们的注意:一枝是我们自己,即科学史,另外两枝是宗教史和艺术史,它们与科学史十分接近,彼此引以比较。宗教史和艺术史的时代形式是很年轻的,但它们完全不像科学史那样年轻,所以它们可以帮助引导科学史的发展。

杰出的法国艺术史家安德烈·米歇尔(André Michel)在1905年的文章中讲:“艺术史是已经创建的各种历史科学中最后的一个,因而,它现在能够要求共同使用它们的方法,并在它们的队伍里占据一席之地。它的任务是分析事实的特点和复杂性并给予分类,这也许足以说明它上升的缓慢。”然后他提到黑格尔的幻想和泰纳^②的沉思,并说明,艺术史像其他任何一门历史科学一样,要达到成熟,就需要审慎从事和苦心琢磨大量专门的调查研究。在体系或综合形式出来之前,几乎谈不上科学。可是,在完成专题著作之前,综合几乎是不可能的,这是否意味着综合必须无限期地推迟?当然不是。为使以后的进展成为可能,必须经常准备尝试性的综合;对于谦逊地、诚实地、没有过分要求而实现的综合来说,没有一个是尚未成熟的。每一个这样的综合都像是在漫长无尽的通向真理的征途上的一座营地。在19世纪,受过教育的公众和我们大学的管理人员还不知道艺术史家的种种批判性的方法,请一个人来教艺术史,可能是凭他熟悉大博物馆、他的“优秀的鉴赏力”以

① 译注:关于前面这5位科学史家的生平,见本书第59页《已做的事与要做的事》一文。

② 译注:Hippolyte Taine (1828~1893),19世纪法国实证主义的代表人物,思想家、文艺评论家和历史学家。

及他模仿沃尔特·佩特^①或泰纳的风格来表述一般性原则的能力。那个时代已经过去了。优秀的鉴赏力和优秀的文字修养现在还是基本的,但已不再是充分的了。我们大学的艺术史系现在已经准备了训练有素的学者。他们的任务公认是很可观的,他们之间有所分工:一些人是古代东方艺术专家,或者是希腊艺术专家,或者他们仅限于研究文艺复兴、巴洛克式艺术、洛可可式艺术、或达达派时期(我很遗憾地讲:最后提到的一个,是我们自己的时代)。虽然人们情不自禁地希望间或会出现一位有足够胆略、足够伟大能通晓这一切的人,但是,对于一个人来说,这领域实在太大了。

这些历史学家的任务通过他们友善地竞争和激烈地赶超而变得较为容易些。他们每一个人都可能设想出一种新方法或一个新路子,可能发现一篇已遗失的杰作或发掘出已被遗忘的文献。他们努力的成果出现在他们发表的文章之中,并在讨论班上同他们的学生们一起讨论,在学术讨论会上、在学术会议上、在国内和国际会议上同他们的竞争对手们共同讨论。仅就国际会议来说,要想起那些规模较小的会议次数就太多了,第一次国际艺术史会议是1873年在维也纳召开的。根据它次年出版的会议记录来判断,它所承担的任务是很适度的。可是它是一系列国际会议中的第一次。第十五次国际会议1939年7月在伦敦举行,恰好在二次大战爆发之前。在这些会议中,许多国家的艺术史家展出他们的最新发现,公开讨论他们的理论,提出并比较他们的成果和方法。每个与会者回国时学到的知识更丰富一些;把握更大一些,头脑更清楚一些,对于总的目标和任务以及他自己在其中分担的工作更自觉一些;有时,他受到不同类型的教育,因为那些从不同观点看问题的同事们的论据动摇了他的信念;有时,他那尚未成熟的信念为疑问所取代,肯定无疑的事被新的信仰或新的难解之谜所干扰;这恰恰是件好事。无论如何,他和其他人为之献身的这门学科正在以更加明晰、更加严谨的形式把自己塑造起来。在上半个世纪中,艺术史已逐渐成为一个坚实的知识体系,比它以前更加条理分明,但也受益更多,并且总的来说,令人更为喜悦。解决了许多问题,但又引起更多的问题,这使艺术史家非常繁忙,去学习 and 丢弃已有的知识,探求更有益的学问并且更深刻地了解这个领域。这个领域现在更广阔了,更富饶了,这里比以前有更多的真知和美。

宗教史和艺术史大约在19世纪四分之一的世纪同时达到它们的青春期。主要的历史性困难似乎在于这个领域的正确定义。这比自然形成起来的艺术更为困难。拿绘画史或音乐史来说,我们从收集绘画或乐谱的杰作开始,这些都是具体的、注明时期或可确定年代的东西,把它们或它们中的大多数置于年代学的顺序中,这是不太困难的,这里你就有了你的历史的骨架。然而,宗教史则是感情和观念的历史,觉察其起源或确定其起源的年代可能是极其困难的。它是信条和信仰、

^① 译注:Walter Pater (1839~1894),英国散文家和批评家。

礼仪习俗和惯例制度的历史,其中很多是难于分析和描述的,因为它不是一次发生,而是源远流长延绵不断的。从事这些研究的学者花费大量的时间来讨论宗教、讨论各种不同的宗教、对各种教派进行比较研究、讨论宗教的科学以及宗教习俗的诞生和发展,等等。这个课题曾经充满着争议,而且为通向偏见敞开大门,他们要用比较长久的时间才认识到像其他历史研究一样进行纯粹历史研究的价值,这种研究没有个人偏见,既不想为教条辩解,也不想采取轻视的态度。由于许多学者顺理成章的著述和在国际宗教史会议上发表的演讲,这门学科的历史已为众所周知。

这些会议中的第一次会议于1900年在巴黎举行,最后一次是1950年在阿姆斯特丹举行的。这些会议比艺术会议更重要,因为它们引起了更多学者的注意,事实上,从职业上关心宗教和它的历史的人比关心艺术史的人要多得多。此外,每个宗教人士都不得不历史地进行思考,倘若唯一的原因是他始终被迫要回顾他的宗教起源,那么创造性的艺术家则相反,他们更加专一地关心他们自己的创作和他们自己的思想,而不是早期思想。根据这个事实,每个神学家都是学者,而艺术家中有学者头脑的则是凤毛麟角、寥若晨星了。

这里我第二次提到国际会议,因为在科学的组织中,特别是在确定新学科的定义和系统地阐明该学科的方法方面,这些国际会议起了巨大的作用。这样的会议是很有益的,但还不够。除非为这门新学科献身的学者有了种种机会从事他们的工作,谋生糊口和培训弟子,否则这种新学科决不会繁荣起来。这种条件对艺术史和宗教史都是满足的。1877年在荷兰的四所大学里任命了教授来教宗教史,随后不久在瑞士、比利时和法国也都这样做了。1879年法兰西学院设立了一个专题讲座。19世纪结束以前,在世界上一些第一流大学里已经有了足够数量的教授教宗教史或宗教比较学,等等。艺术史的情况甚至是更有利的,因为,除了在主要大学的教授席位之外,博物馆需要馆长和专家也为数百名学者提供了引人入胜的工作岗位。

第三个学科——科学史——没有如此幸运。这是真的,国际会议早在1900年就组织了,但这些会议既未具有艺术史和宗教史会议那样的重要性,也未享有它们那样的声望。科学史感到迫切需要的东西不是由设立教授席位就得到兑现的。甚至更具有悲剧性质的事情是,1892年最终在法兰西学院设立起教授席位,可是当时对科学史的理解非常糟糕,以致教授席位授予了不够称职的人,弄得弊多利少。甚至一个半多世纪以后,在今天,科学史的教授席位仍然极少。这表明我提的问题是恰当的。“教科学史值得吗?有可能吗?”如果学校当局和教育专家的普遍回答一直是肯定的,那么教授席位的数目就一定会比目前要多得多。几乎每一所大学里至少有一个艺术史教授和一个宗教史教授,而几乎所有的大学都没有科学史教授,我们怎样说明这个事实呢?

首先我们来澄清一个误解,这就是把科学史同个别学科的历史混为一谈,这种

混淆不清早已有之。如果我们不考虑18世纪所写的各种各样的科学史著作,它们不仅是太肤浅,而且是杂乱无章;甚至也不考虑蒙特克拉^①的数学史(事实上,它是一部数学和物理科学的历史),那么,近代最早的一本科学史就是里维尔德·威廉·休厄耳^②写的归纳科学的历史(三卷,伦敦,1837),在整个维多利亚时代,甚至在这以后的时期,这部书在英国的图书馆和大学里一直保持着经典著作的尊号。当时,这本著作的组织结构是很奇特的,考察一下它的结构是有教益的。它分为18章。第一卷包含前五章,分别讨论:①希腊哲学;②希腊物理学;③希腊天文学(其中最后一节的标题是阿拉伯天文学,或从托勒密到哥白尼,共10页);④中世纪物理学;⑤静止时期^③以后的传统天文学,或从哥白尼到开普勒。第二卷带有副标题:“机械科学”,也分为5章,它们是:⑥力学;⑦天文学;⑧声学;⑨光学;⑩热学和水蒸气学,即对热和蒸汽的研究。第三卷的章节划分更为复杂。这一卷论及八门科学,分为六组。如果我们在每一组的前面新增一小节的话,这种细分看起来就更清楚了。

机械的——化学的科学:⑪电;⑫磁;⑬由原电池产生的电或伏打电(最后98~101页转变到化学科学)。

分析的科学:⑭化学。

分析的——分类的科学:⑮矿物学和晶体学。

分类的科学:⑯系统的植物学和动物学。

有机的科学:⑰生理学和比较解剖学。

从因果性研究古代事件的科学:⑱地质学。

关于休厄耳的这种累赘且人为的分类法照理应当多说几句,可是这样我们就离题太远了。如果注意到休厄耳的目的是哲学而不是历史,那也就足够了。这位剑桥大学三一学院的院长步弗朗西斯·培根的后尘,梦想“由科学史放射出的光芒指引正统哲学的革新”(见序言)。他还受到《试论自然哲学的研究》一书的影响,这本书是他的朋友约翰·赫歇耳爵士^④几年前(1830,1831)发表的。对于这种哲学的与教育学的倾向,分类是必须的。不管它的价值如何,其结果是,他的著作不是由各部分结为一个整体的科学史,而是印在书的一张封面下各种相互无关的历史的汇集。从第6章到第18章,每一章都只是处理从17世纪开始到他自己那个时代的一个科学分支。从历史上看,休厄耳的著作首次出版时并不是最新的,现在它则几乎完全过时了。对于学科学史的青年学生,这是一本危险的书,但它已成为一部具有伟大价值的文献,能使我们回忆起200年前对科学的看法。在上世纪初,休厄耳

① 译注:Jean Étienne Montucla (1725~1799),法国数学家、数学史家。

② 译注:Reverend William Whewell (1794~1866),英国科学史家、科学哲学家。

③ 译注:指地心说占统治地位的时期。

④ 译注:John Fredrick William Heschel (1792~1871),英国天文学家、物理学家、化学家,威廉·赫歇耳(1738~1822)之子。

的书仍然博得许多有见地读者的尊敬,这一事实充分说明我们研究工作的落后状况。

如果 19 世纪的法国读者对于休厄耳的教导有免疫力,那么他们却顺从了一个流亡的德国人弗迪南德·赫费尔(Ferdinand Hoefer, 1811~1878)的教导,此人已在巴黎度过了他的大半生,出版过一套丛书,每一本不是讲单独一门科学的历史,就是讲一组科学的历史。其中最好的一本书是他的化学史,它继承了德国的古老传统。这部化学史的第一版出现在 1842~1843 年间,篇幅有 1046 页,而休厄耳的书中第 14 章则只有 80 页。1868~1869 年重印,其中最后一章是新作。在化学史这一领域中,他可以成为一个与他的主要对手赫尔曼·柯普^①相媲美的大师,可是他不去增进他的化学史知识,反而使自己成了一个书商的雇佣文人,接二连三地出版了物理学和化学的历史(1872),植物学、矿物学和地质学的历史(1872),动物学史(1872),天文学史(1873),数学史(1874)。这些书成了法语国家中的标准读物,经常翻印,到现在还可在法国图书馆参考文献架上找得到。它们的影响是不好的。

请注意,休厄耳-赫歇耳的方法是分别处理科学的各个分支,而不是努力以直接的编年顺序把它们搞在一起,今天,伦敦大学的教授阿伯拉罕·沃尔夫(Abraham Wolf)在一定程度上仍旧沿用这一方法,这是难以理解的。

把科学史作为一个整体来研究的第一部令人满意的教科书,是由已故的弗里德里希·丹纳曼^②的以四卷本印行的德文著作。“令人满意”这个词应相对地理解;在这部教科书问世之时,它的内容是足够全面的,而且大部分是以原始文献为根据的。实际上,对由德国物理化学家威廉·奥斯特瓦尔德主编的《精密科学的经典作家》一书来说,这部教科书的写成在某种程度上起到了一种框架的作用。它这样简洁,甚至许多部分又粗略又不完全,可是它是用各种语言写出的这类书中最精工细琢的一部著作。这种讲法与其说是赞扬丹纳曼的成就,不如说是证明我们的工作还处在幼年时期,有大量工作要做。

丹纳曼的主要优点在于这一事实:正像它的标题所写的,他真正试图说明“在进化中合二为一的科学”。他不像休厄耳和赫歇耳曾经做过的那样,也不像沃尔夫继续在做的那样,把学科分成几个大的科学群(力学、天文学、物理学等等),而是把它分成短的章节,每一章讨论一个科学题目,由于他避免把所有的力学题目或者把所有的天文学题目放到一起,如此等等,而是大致按它们的重心的编年顺序安排各章,他们设法使读者对科学统一性有一个深刻的印象。

这是非常重要的。科学史远胜于所有各种专门学科历史的并列,因为它的主要目的是说明所有各种科学之间的联系、它们彼此合作的成就、它们的共同目标和

① 译注:Hermann Kopp (1817~1892),德国化学家、化学史家。

② 译注:Friedrich Dannemann (1859~1936),德国科学史家。

方法。把科学划分为各门科学在很大程度上是人为的,只有在具体的情况下是显而易见的。谁都明白,蝴蝶的收集者不需要研究热力学,流星的观察者不用植物学和古生物学也能干得很好。但同样清楚的是,我们大量的科学家和技术人员如此深入地专业化,以至于他们只见树木不见森林,或只见枝梢不见树木。他们像站在树梢的鸟,自信他们自己的树梢是最合适不过的情况;别的都无关紧要。

这些事实说明了要使科学史为科学接受是困难的,同时又说明了这样做是非常必要的,也是非常紧迫的。所有这些枝梢都属于同一棵树,而它就是挺立在伊甸乐园中那棵古老的知识之树,难道反对过分专业化能有比上述讲法更自然的吗?现在,那棵茁壮成长的大树就是科学的历史。

我们曾经说过,科学史的内容远比各门专业科学的历史的总和要多得多。各门专业科学的历史必然是技术性的内容要更多些,而在一般科学史中,人文的因素和社会的因素则更为强大有力,因为一般科学史不仅涉及科学的各个分支、它们之间的内在联系和相互影响,而且要讨论它们全都接受的所有各种社会影响与哲学影响之冲击。每一个伟大的发现都以多种方式溢出它原来的领域。仪器设备的历史,不管它们如何应用,都蕴含着物理和化学的历史。显微镜是由物理学家造的,而生物学家、医生、晶相学家和化学家等都利用它。化学的革命也是生理学的革命。热力学的发展不仅影响过物理科学,它还深刻地影响了我们的哲学。革命的理论支配了整个的现代思想。例如说,摄影术或统计方法的发展同所有各门科学都有关系。这样的实例是不计其数的。的确,也有许多不重要的发现,在它们自己无聊的领域以外引不起任何一点激动;该领域的历史学家可能对它们弃之不理;这样的发现并不影响这棵大树而只影响了寥寥几枝末梢,科学史家可以有把握地忽略它们。

从这种观点看,科学史和宗教史之间存在着有趣的相似性与差别性。宗教史这学科从一开始就是非宗派的,事实上,它的目的经常是反对宗派甚于赞成宗派。最初一些宗教史家是渴望把宗教本身作为任何时间任何地点的人类精神的普遍品性和愿望来研究的。这自然地引起研究所谓的比较宗教学,而对于大多数有学术思想的人来讲,这也通向不偏倚的历史。另一方面,每一种宗教都在他自己的天地里得到巨大的发展,佛教不受基督教的影响,印度教也不受伊斯兰教的影响。这种情形同科学很不一样,因为不管愿不愿意,每一门科学都可以影响所有其他各专门科学,而且这种综合是不可避免的。参观大实验室和天文台,就会发现各种类型的科学家在一起工作,彼此都是不可缺少的。在一个新式的天文台里,当然有天文学家,但也有数学家、物理学家、化学家,有时还邀请生物学家和地质学家磋商讨论。

各种艺术也是一起生长的,但它们不像各种科学结合得那么紧密。在一座大教堂里它们结合为一整体,这是完全可以感触到的,大教堂的建筑需要建筑师、雕塑家、画家和装饰家共同工作,而履行祭礼和礼拜仪式则需要音乐家和舞台监督。

尽管如此,各种艺术在很大程度上都是独立发展的,每门艺术都是自主的。因此,人们可以非常有益地研究其中一门艺术,如绘画史或音乐史。比起各门专业科学史所能做到的来说,每门艺术史都更加完美,而且揭示整个艺术家生活和整个社会生活也更多。再者,艺术同情操和感情有着深切的联系,因此,研究艺术在一国的发展比研究任何科学在一国的发展是更有道理的。俄国科学史或意大利科学史总是有点人为的味道,而俄国音乐史或意大利绘画史相对地说则是独立完备的。

包罗各种专业科学的历史对许多目标(技术的和哲学的)是非常有用的,但从整体上来说是不够的,如果我们的目的是要说明人类的发展或知识结构的话。

人们能够提出反对科学史的主要异议,就是这个题目太大。想想看,这是包括古今中外全部知识的历史!持怀疑态度的人问道,一个领域可能包括这样多的知识吗?他们的疑问是完全有道理的。现在还不可能,或者仅仅在近似的情况之下才是可能的,但这并不意味着不值得去尝试。此外,许多科学家对历史学家想要知道整个科学和整个历史的这种异乎常理的野心深感不满。怎能做到呢?看来历史学家似乎飞上九霄、凌云翱翔,“超越于冲突之上”,科学家会问,他们真正知道什么?谈到具有实际意义的重要细节问题他们知道些什么?他们能使用这架仪器作出正确的测量吗?他们能够解决这个问题吗?历史学家可能回答说;他并不打算知道重要事实的细节方面,而想认真知道种种原因,这是很不相同的。他求知并不是为了解决个别问题,而是为了理解总的情况;他并不打算把他的知识用于实际的直接的目的,但是他努力尽可能深刻地理解各种思想之间的关系。当然他做这件事的方式可能会惹人不快;他自己的知识可能是不够的和肤浅的(然而他可以划定他的知识范围);他可能自负自夸,太容易满足于不充分的调查。然而,我们在这里不讨论科学史家的那些缺点,他们的缺点和其他人的缺点一样多。我们关心的是别的问题:是否可能掌握一般的科学知识和历史,即自然和人的一般知识和历史?是否可能阐明每个时代人们精神的变化和社会风气,他们面对自然,试图揭开自然之谜、了解它的种种奥秘并利用它们,从整体上理解自然,猜测它的目的、并使他们自己适应自然。我相信这是可能的,而且我的信念因许多伟大学者成功的努力而得到增强。

应该指出,概括性的知识不同于普适的知识,后者不是人所触及的,而前者则不然。当我读一本科学杂志或一本学术杂志时,大量我不熟悉的事实总是给我留下深刻的印象,然而,我并不因为我不知道一门学科的每一个细节而感到没有资格理解这门学科。让我们举一个简单的例子。考虑两个地理教师,一个是教英国地理的教师,另一个是教世界地理的教师。前者可以拿后者开玩笑说:“我毕生研究英国地理,尽管如此,我每天还学习新的东西。想想我的同事,他竟敢教全世界的地理。他了解的不过是世界地理的一小部分而已,而且正像你们所知道的,有一些

部分至今还从没有被学者弄明白。”他的这个错误信念在于相信世界地理是一个比英国地理更大的学科。情况显然不是如此。两个学科同样都是不可穷尽的，它们同样都是无边无涯的。我们只能说这两个学科是非常不同。很可能，这两个教师在相同的时间内讲授了同样数量的事实；他们两人收集的事实虽有差别但大致相近。不仅研究世界地理的学者要舍弃专门研究英国地理的学者所收集的许多事实，而且他会证明如果他在自己的综述评介中引用这么多事实，那就是无知和愚蠢。

这个例子也许过于简单，难以令人信服，然而，它足以说明这个一般性的真理。一个人可以知道一个总的领域而无须知道它的每一细节。这样的理解对于这个领域中的实际工作可能几乎没有任何价值，但对于认识这个领域的性质和特点以及它与其他领域的关系，则是足够的。有一件事是确定无疑的：上述两个地理学家必须知道地理学的基本事实。他们不可能知道得太充分；同样，科学史家必须知道科学的一般事实和理论，他至少必须尽可能地熟悉一个科学分支，否则他还是不能清楚地理解任何事情。我们立刻来讲这问题。这一情形与教育中的其他情形不同吗？能够期望教化学的人了解全部化学的第一手知识吗？当然不能，但为什么他应当如此呢？我们所能要求的一切只是他应该具有他的领域中某一部分的第一手知识。

由于我们的研究还处在开拓阶段，这些研究必定难以避免要有开创时期的那种瑕疵和粗糙。如果命运让你生活在边疆地区，你必定要在没有许多便利的条件下工作，但这不能妨碍你过一种精神和谐的生活。由于几乎没有工作人员，科学史家们通常在他们的大学里是孤单的，这就迫使他们像拓荒者那样，是博而不精的“万事通”。我们牢记住在我们历史系有专业化课程的任务（远古史、希腊罗马时期、中世纪、文艺复兴、殖民史），每个专业都有人小心看守，提防着入侵的人的时候，认为一个学者同等地熟悉每个时期的历史又熟悉整个科学，似乎是愚蠢的。这是不能做到的。抱怀疑态度的人说，这是荒唐的。可是在这个开拓阶段，这必须做到，而且也能够做到。

让我给你们举一个例子。我相信你们会同意我讲述我自己经历的结果。我之所以选择这个例子？不是因为它是我自己的，而仅仅是因为它显然是一个我知道的最好的例子。我真荣幸在哈佛大学教授科学史许多年，30多年，一生。在这漫长的过程中，我差不多讲授了科学的各个方面和问题，我发表过好几次不同的学术讲演。有一些题目非常重要，我一直来回重复地讲，然而，由于在我回到同一课题之前至少要过两年，而且由于我注意与这个课题有关的每一个新事物，从不停顿收集新思想，向我自己提出新问题，唤起新的疑问并解决旧的疑惑，当我再回来讲这题目时，不论是题目还是我自己都有些不同了。我的讲课讨论可能仍然不变，但不是以严格相同的方式充实它。重点不是放在相同的细节上，强调的地方也不相同。我在这里不是讲模糊不清的通则。由于我通常总是保存旧的讲课草稿，如果这是

值得做的话,我可以把那种与实际情况不符的地方按原样修改,在每一个重要课题上,像法拉第、达尔文或巴斯德,解析几何或微积分的发现,血液循环或元素周期表,我可以重新展开我的观点。这些题目中的任何一个题目,在一次讲课与下一次讲课之间可能会发生许多事情,而且有些事情的确已经发生了,例如发表了过去不知道的文献,或者出版了新的传记,或者是新的发现对旧论点提出新的理解,这种新发现与旧的论点相矛盾,或者是相反,证明旧的论点对的,或扩充了它,把它一块放到了新的看法中。说真的,政治史甚至最好的书也都没有定局。因为一方面,新的事实经常地被挖掘出来,它们能修正我们过去甚至是最久远的过去的知识,另一方面,随着我们经验的增加,我们会以不同的眼光去看待过去。正如我们所知,过去不是不可修补和最终确定了的。只有那无所不知的上帝才能如此,不仅通晓整个过去,而且通晓整个未来。如果这个说法对于政治史是确切的,那么对于科学史就更确切了。请想想光的理论,在19世纪末,波动理论似乎被永远地确立了。判决性实验已经证明了它的正确性,电磁学理论也给出了优美的印证。当时任何历史学家写出的意见都会与我们现在的看法不同。类似的评述也可用于周期表的历史:原子序概念的引入给它带来了全新的理解。再举一早些的例子,伽利略的议论曾经激起了好奇与兴趣,指明数的平方的数目同正整数的数目一样大,但直至乔治·康托尔^①完成了无限集合理论之前,它没有呈现出它的全部重要性。事情总是相同的。我们只领会我们已经知道的东西,于是我们对过去的评价随着未来的展现而变化。比我们更熟悉希腊语言的17世纪的学者不能像我们一样理解希腊科学,但我们对于希腊科学的知识一点也不是完美无缺的。至于中世纪科学,我们才开始鉴赏它的真正价值,既不过分赞美也不过分非难。一些没有教养的科学家如此随便地讲到黑暗时期的黑暗,在一定程度上这正是他们自己愚昧无知的黑暗。

现在回过来讲我自己的经验。我在各种方向上作了许多尝试,例如试图在一个课程(比如有35讲)中考察整个的领域,或在相同的活动范围内论述一个比较短暂的时期(姑且说文艺复兴)或单独一个科学分支(假定是数学或物理学)之后,我得出结论:对于好大学里的淳朴的学生,最好做以下安排来满足他们的需要。关于我的科学史总的教学由四门大约35讲的课程联合而成;每一课程分别讨论:①古代;②中世纪;③15世纪、16和17世纪;④18世纪、19世纪以及20世纪的概览。这些课程是独立的。很少有学生四门课程全修,更少有学生能把它们的位置摆正。研究古代典籍的学生可能只选修第一门课,研究中世纪的学生只选修第二门,理科学生只选第三和第四两门或只选第四门。每年我只开出两门这样的课程,从不超过,有时还少于两门。所以,在我回到同一门课之前,至少要经过两年。在这段时间内,我可能部分更新这些课程并给自己注入新的思想。

^① 译注:Georg Cantor (1845~1918),德国数学家,集合论的创立者。

的确,这些课程每一门都是概要,但是它的容量也许足够使大多数学生感到满意,并激励他们中的少数人前进,探索更多的知识,不论有没有我的帮助都会如此。请考虑古代科学的状况。我怀疑,在少于30或35次课的时间内,是否能使人对丰富多彩的古代科学有明晰的了解,并把它清楚地置于它的文化背景中。必须用一次课的时间来讲史前科学的起源,2次或3次课(以最快的速度)讲古代埃及和古代巴比伦,还剩下约30次课或不到30次课来讲整个古希腊历史,亚历山大大帝之后希腊和罗马文化,从荷马一直到普罗克洛斯^①,绵亘14个世纪。在这些世纪中,不仅科学在许多方向上确有发展,而且文化的、哲学的、社会的和宗教的背景也经常发生变更。每当我力图在30次课中说明这些重大的变化时,我不禁感到我的速度太快了。速度再稍快一点,一切都化为乌有了。这种概论几乎会失去意义。这确是千真万确的,因为我的学生中大多数都没有受过古代典籍的教育。除了那些属于希腊血统者,谁都没有任何关于希腊的知识。我的古代科学课程有时是他们古典教育的入门,在这种情况下,这是完全不够的,然而,甚至在这时,我仍希望它能唤醒潜伏的兴趣,不仅对于科学,而且是对于古代智慧的兴趣。

我不用再讨论中世纪的科学,因为在我的第二讲中已经讲过它了,但值得再一次坚持我对东方科学的看法。阿拉伯科学必须给予相当充分的讨论,因为它是我们自己传统所固有的一部分。至于印度科学和中国科学,它们无疑是重要的,但在通常的课程中却没有时间讨论它们,因为这样的讨论就会离开本题,使我们远离主要的思路。然而,有时间或许讲讲印度和中国,也很好,如果仅仅作为对照和比较,使学生们认识到同时还存在着别的科学成就,就它们达到的部分真理而言,同西方的成就相汇合。印度和中国的科学家曾试图解决的那些问题在本质上和我们的问题一样,他们的答案有时也和我们的一样,有时又非常不同;这些差别正像这些相似一样都是有启发性的。我只是希望能更经常更彻底地作这些比较,不过那样做之后,我们的课程在其他方面就会是不完备的或者是完全杂乱无章的。

以上所讲的归结为:即使是像我这样把课程延长到140课时,才勉强能使学生对科学有一个概观。可是人们告诉我,许多教师被人要求用这时间的一半或1/3或1/4来包括整个领域。那会出现怎样的情况呢?

我们马上就会谈到这点,不过我得首先带着痛心的忏悔讲完我的经验。我从未讲过一门让我满意的课程,因为我几乎未曾有过确信无疑和愉快的感觉,而当一个学者在检查每一个陈述以致它的最初来源方面终于获得成功时,这种感觉就是他最好的报答。这种失败是由于这样的事实:我必须处理的不是一个单独的学科,否则我就会有闲暇进行彻底研究,而我必须研究上百个彼此共存在一起的学科。这种失败也是由于我们的研究工作还不成熟。这一情形同像英国史或英国文学那

^① 译注:Proclus(约410~485),最后一位主要的希腊哲学家。

样一些比较古老的领域有天壤之别,在那些领域里,对于每一个具有重要性的论点,都有详尽阐述的专著可供利用。相反,一个专家翻开一本“科学史”,即使其中每件事看起来似乎都有简洁的说明,他在几乎每一页上都辨认出没有保证的陈述。如果他是诚实的,他会竭力为这些陈述追根求源,证明它们或者否认它们,最后提出一个新的更接近真理的陈述。在某些情况下,他能做到使他满意的地步,但一般地说,如果他是一个科学史的教师,很快他就被迫要作进一步研究。换言之,成千上万的调查研究有待去做,而且随着这些调查研究的完成,科学史的撰写工作将成正比地逐步得到改善。没有一个学者有能力或有足够的时间把这些研究都做完了。对于每一个时期,对于每一门科学或科学分支,对每一个国家或文化集团,都有大量的工作留给世世代代的学者们去做。只要我们心里明白我们的知识还不是完美无缺的,这就无关紧要;我们的接班人有更多的工作可做,这也意味着他们将有更多的快乐。

假定在连续讲到 130 到 150 课时的课程中,要包括整个领域是艰巨而撩人的。那么要求一个教师要在 60 课时或 40 课时或更少的课时中讲完整个领域,他的结局又该怎样呢?无论如何,有一个出路,干脆不要包括整个领域。毕竟,如果一个教师发现这题目太大了,他总可以在某种程度上限制它。因为今天年轻的科学家对科学史最感兴趣的部分自然是现代科学,一个教师简直不能丢开这部分不讲,他可以把他讲课的重点放在现代科学上,或更确切地说,就是科学进步正在赋予新的意义的那些个别的题目上。

实际上,19 世纪和 20 世纪的科学史是很庞大的,在一定的课程中只能以两者择一的方式处理。或者是教员可以试图包括它的全部,而这将迫使他给出一个如此光秃秃的事实的目录,以至于失去意义,或者他只选择不多的实例,尽可能充分地论述它们。第二种解决办法无疑是更好的,它意味着对教师的拯救。应当从这个领域的不同部分中选取一些标本,使得它的梗概在内容上尽可能地广泛。然而在某种程度上,教师要受到他自己的长处和短处的引导。选择他最熟知的同时又是更重要的课题,放弃那些他感到力不从心的课题,这对他自己和学生都是有利的。主要的问题是—定要使学生们认识到现代科学的复杂性和丰富性、方法的多样性以及它的社会含义。

至于更遥远的过去(不论你怎样规定它的范围),就可能要舍掉了。事实上,大多数教师都是这样做的。他们或者把它完全舍弃,或是几步就跳到讲 16 世纪。这是令人痛惜的,但如果规定教师 60 课时的科学史教学任务,并告诫他讲出现代科学应有的重要性,那么,他能有什么别的办法呢?他大概要用四五十次课来讲现代科学,剩下的小部分时间讲整个过去的时代。这是不好的,但也没有看上去那么可怕。主要的一点是教好他所教的东西,并不断告诫学生有许多、非常之多的东西

不可避免地略去了。

如果把整个科学看作是一个不断在活动的生物,它同我们一起正走向未来,当然是头在前面,而尾巴向后一直延伸到源头,如果我们没有时间来研究这整个野兽,那么我们必须集中注意头部而不是尾巴。如果我们必须丢掉些东西,那就丢掉过去,丢掉更遥远的过去吧。虽然,这是令人遗憾的,十分遗憾。

作为一个研究古代和中世纪的科学史家,我可能被人怀疑具有宠爱它们的偏见,然而我曾做了许多关于现代科学的调查研究,我在现代科学方面讲过几百次课,花费的讲课时间比在其他方面要多得多。我向你们担保,即使从最新的观点来看,古代和中世纪的科学历史不仅是很有趣的,而且能够用来达到我们教学的主要目的,即能说明科学的意义,它的功能,它的方法,它的逻辑的、心理的和社会的含义,它的深刻的人性,以及它对于思想的净化和我们文化的整体化的重要意义。

古代和中世纪科学的问题比现代科学问题优越的地方就在于,在整体上它们更为单纯,更少有令人头痛的技术细节,并且在不懂技术的听众面前也更容易讨论,然而这些问题中有许多是根本性的问题。

在选聘一位负责新学科的教授时,所要考虑的最重要的因素是这个人本身和他非凡的天赋。当然,一个人,如果他的知识过分专门而且仅限于秘传给几个人,是根本不能当选的,除非他当助手,另一个人负责主要的教学;除特殊情形以外,教学大纲会容易改订以适应这种人,而在与他完全不同的人那里,这种事就很少了。最好的人选可以是医生,他对医学和生物学的内容比数学科学要熟悉得多。这会令人遗憾的,然而比选一个更拙劣的候选人,只懂得数学可能会要好些。前者的数学在其限度内可能是极好的。在只能有一个科学史教授的较小的大学里,这个教授在一段时间内可以请一位医生担任,接着请天文学家,再后请一化学家接任。这样,教学将随人员的变动而会有所变化,然而如果他们全是胜任的人,那么他们每个人想必都有能力讲授尚未解决的科学使命和传统、知识和人性。

否则这种罗马教皇式的继承可能蕴含有别的困难。在某个时期,这位教师可能是个研究技术的学者,他主要的兴趣在于我们时代的技术奇迹;他的接班人可能是个经典著作的学者,对希腊作品更加内行;第三任可能是位研究中世纪的学者,等等。

研究古希腊和中世纪的学者不会像人们想象的那样步调不大一致,因为每个教师都必须满足一个不可缺少的要求。他至少应该精通今天科学的一个分支,同时他应当对多种多样的其他分支也都有比较粗浅的了解。所谓精通是指在前沿工作,在实验室里搞实验工作或者是在天文台或野外从事观测工作。如果他满足这要求,那么他的其他的学识,不论是古典的、中世纪的或是东方的学问,都将不会使他转移目标。首先,他必定依然不是历史学家或语言学家,而是一个科学史家。他的科学训练和经历会保证他能适当处理科学的题材,而在有年轻的科学家在场时,

这也使他有必要的权威向他们讲述这些问题。在科学史的教学，中最糟糕的莫过于对那样一些题材进行学术讨论，导师对这些题材心中毫无知识，这种讨论学术性越强，就越糟糕。

讨论科学题目究竟应当详细到什么程度才好呢？对于这个问题不可能给出一般性的回答。各个题目都要求分别处理。最多只能说必须使学生有一种感觉，蕴含着一定量细节的具体性和真实性。为什么精确的知识总是令人想往呢？仅仅因为我们从不能确信任何东西，除非我们尽可能准确地知道它。在这方面我们刑事法庭的程序是很有启发性的。一个人只能在一种情况下被宣判为谋杀犯，那就是这次谋杀的情况已经详细地描述了。相同的程序必须被沿用到对真理的发现上。一个概括性的陈述可能是对的，也可能是错的：仅当我们找到很确切的事实，必要的检验才是可能的。不仅是为了科学史自身的缘故，而且为了增强知识和人类的统一，科学史是说明上述观点的一个很好的手段。不论在宗教中神秘的观念的效用如何，人类不能在神秘的基础上统一，而只能依据明确的事实，依据客观的、公正的和可控制的知识求得统一。虚假和黑暗掩盖着太多的罪行，并为惹是生非者提供了太多的机会，真实和光明是社会兴旺的首要条件。

科学史的教学应尽可能地具体而明确，不应是哲理的和模糊的。如果给教师仪器设备做几个简单的实验并利用图表示意图或其他展览品来举例说明他的课程，具体性是比较容易达到的。例如，他应当能够向学生展示一些古老的仪器，并演示出它们的用法。这样的设备可以向技术博物馆借到，要不然也可以用新的复制品来代替古老的仪器，尽管复制品给人的印象可能不如原始仪器那样深刻，但就演示而言则是同样令人满意的。

值得重申的是，教师的主要资格是对今天的科学问题和科学方法十分熟悉，除了在实验室、天文台或医院以外，没有人能够获得这种熟悉。当教师必须讨论现代科学或当代科学时，显然必须具有这种资格。这是就一般情况而言的，但在各种情况下也都存在这个资格问题。良好而广博的科学训练，不仅对于精确阐述现代科学史是必要的，而且对于精确阐述古代科学史和中世纪科学史也同样是必需的。

这资格是必要的，但远不是充分的。组织科学史或科学哲学的课程以满足一个杰出的科学家对历史的浅薄涉猎的时代已经过去了。教师应历史地考虑问题，并充分掌握历史方法。他应有哲学头脑并通晓足够多种语言。进而，像任何其他教师一样，他的价值在某种程度上是由他自己的研究和他训练其他研究者的能力度量的（这种能力可不是一只鸚鵡教另一只鸚鵡学舌的那种能力）。显而易见，遴选科学史教授的依据应当同遴选如希腊语教授或植物学教授的依据一样。他们的资格是由他们在各自领域中发表的著作来证明的。当然，有许多途径来显示自己是植物学家，但有希望成为教师的人至少必须用这些办法中的一种来使自己扬名，

没有什么别的荣誉可以取而代之为人接受。他的主要资格是他发表的植物方面的论著和他在增进植物学知识方面以及在激励与引导学生方面的能力。

根据一本或几本不完善的教科书,其他一概没有,这样毫无准备地讲课,是再也不能干了。有幸教科学史的学者必须根据他丰富的知识和经验来准备发言。他的教学必须有几分才学洋溢,否则就不值得进行。他是被迫才精简掉许多内容的,因为这个题目是如此之大,时间是如此之短,而学生们又有许多其他课程要学。我相信他的教学应是尽可能简明,但如果没有大量未提及细节的丰富知识,简化就是伪造的和骗人的。教学像纸币一样,如果没有暗藏的但坚实的黄金储备或其他保证,它就一钱不值。

有人可能反对说,上面列举的资格太苛刻,以致很少有这样的人选。在刚创建的时候,候选人是很少有的,但职位也同样极少;随着工作职位在数目上增加,更多的候选人将获得必要的训练,而且变得有希望当选了。关于纯粹科学方面的资格,我要说,随着科学的技术项目增长,将会有越来越多这样的人,他们的技术能力和兴趣将同他们对科学的热爱不相称,历史学家的工作和沉思引起他们的兴趣比起实验室里的研究工作要强烈得多。很可能,越来越多的实验室的工作将按小组编制来组织,这样的工作对某些人来说,将是不愉快的或被粗鲁的官员搞得令人不快。于是,某些个人将对实验室失去兴趣,但并未因此而失去对科学的兴趣或他们的科学知识。在放弃实验工作前他们在实验室里花去的时间越长,对他们的教学就越有好处。对实验室工作的厌恶可能把科学家带回到人文学科,但这种厌恶在本质上并不是好的品格。这些逃兵在我们的阵营里是不受欢迎的,除非他们符合别的要求。两种基本的东西:历史兴趣和哲学兴趣,真正是一个人生而有之而且与岁俱增的两种素质。如果一个人有这两种兴趣,自会照顾自己的,如果一个人缺乏这两种兴趣,他就不在考虑之列了。

充分的语言能力,就是说阅读拉丁文和今天一些引人注目的语言的能力,这虽然也是一种天赋,但是通过努力可以得到,并大大地增强。主要的困难是不会或不擅长拉丁语。我们尝到了高中和大学里忽视拉丁语的苦头。那些把拉丁语赶出学校的眼光短浅的行政当局或教育家没有意识到这是过河拆桥。

在较大的大学中的科学史教师,必须准备面对一种矛盾的情况。由于学生来自各系,科学知识背景各不相同,彼此共同具备的最高知识水平也必然很低,另外一些学生可能正在攻读很高深的科学课程,只要教师讲到他们自己的领域,就会注意倾听。教师必须准备应付学生提出的种种问题,除非他能回答其中大多数问题,否则他就保持不了信誉。如果他做了充分的准备,这些学识高深的学生就会激励他,实际上是帮助他讲出更好的课程,写出更好的书。由此得来的合作是非常有价值的,但他必须是值得与之合作的人。

下面的轶事可以作为一个例子说明我刚刚讲的论点。每当我讲到欧几里得

时,我很少不引用他对于存在无限多个素数这个定理的非常巧妙的证明。由于我喜欢把古代的知识同新的、甚至最新的科学知识联系起来(以古论今,以今释古),我情不自禁地在我讲授欧几里得的一堂课中要谈到欧几里得未曾提及的素数对(即具有 $2n+1, 2n+3$ 形式的素数,像11和13,17和19,41和43)。当一个数从较小的数变为较大的数时,素数对具有越来越稀疏的特征;实际上素数对变得极度稀疏。尽管如此,我们仍有一种感觉,认为它们的数目有无限多。我接着讲,直至最近,当辛辛那提大学的教授查尔斯·N·摩尔(Charles N. Moore)博士提出了一个复杂的但是可信的证明之前,这命题仍是悬而未决的。在我下课之后,一个学生来到我面前很有礼貌地说我弄错了,素数对的无限性还没有得到证明。我请他到我的书房来讨论这个问题。我们讨论的结果是,摩尔教授的证明已经被人指出是不完善的;数论中所用的论证经常是很微妙的,隐藏着意想不到的困难。我在《科学》杂志上看到摩尔发现的通报,但对它的反驳却没有登在《科学》上,或者是我没有注意到。给我这个宝贵信息的学生,他在过去两年里一直在研究素数对,对此,在这个大学里他比别人都懂得多。

在我与人合作的经验中,这是一个最突出的例子。这种在教师和他的最少几个学生之间的合作是可以而且应该存在的。这个例子中,这个学生对所讨论的题目知道的很多;然而,在大多数情况下,这个学生知道的并不多,但如果他是聪明的,他的询问和质疑可能很有刺激性,迫使教师从新的角度来考虑这个题材。我的讲义就有许多是由于这种疑问而加以修订的。此外,每当一个学生引出一个观点需要补充解释或予以强调时,我总是向全班作出必要的说明,注意记下这个学生的姓名并感谢他曾经敦促过我。

科学史的课程经常委托给主要任务是教其他学科的教授。读者将意识到这种做法是十分不明智的。教科学史太重要了,也太困难了,决不能以那种办法来对待。科学史还没有像老学科(如政治或外交史,或希腊文学)那样标准化,正是这个事实增加了它的困难。教师不能像他的许多同事那样,依靠一些出色的教科书,而每本这样的教材都是经过长期演化、不断精选与校正的成果。

大学的行政管理人员通常认为,教授应当用一半的时间进行教学和辅导活动,另一半时间搞研究工作。在这个新领域里,有如此多的工作有待去做,而且经常因为工具的缺乏和不适当,工作进展迟缓,允许多于一半的时间搞研究是一个好政策。在任何情况下,研究工作想必是劳动中很重要的一部分。应该认识到,诚实的历史学家所做的工作是困难而缓慢的,因此这是要花费时间和金钱的。这种诚实的工作使我们接近目标——缓慢地,非常缓慢地,“摸着石头过河”,粗心大意的、不诚实的工作倒是快得多,但这会一无所获,这显然是廉价的,但却是浪费的。这导致教学质量下降而不是提高,其后果(书籍或文章)都是善与恶、真理与谬误的令人

绝望的混淆，在这些作品中，好与真不再能同错误分开了。

尽管我一生用了35年的时间来研究科学史，别的什么都没干，但我也只是在才开始了解它。科学史的研究和教学是具有专职性质的工作。如果学校当局不能把教学工作委托给专家们，并给他们全部时间去做这项工作，对于一切有关的人来说，最好是放弃它。什么也不教是更合算的，要比拙劣的教学危险少得多。

教师会接触什么人？谁会来找他？我的学生大多数是理科学生或医科预备生，也有几个是来自其他系的。正像经常出现的情况那样，许多人选修这样一些课程是没有什么理由也没有什么利益的，但是对于另外一些非常少数的人来说，这些讲座将继续作为灵感的源泉，也许是他们大学生活中影响最深刻的。科学史这个职业几乎不存在，因此鼓励学生让他们准备干这一行是不合适的。然而，科学史的研究将有助于为许多其他辅助科学的职位造就合格的优秀人才。所谓辅助科学职业指的是，与科学研究或科学教学有联系的、文学的、历史的、哲学的、甚至管理的职位，科学图书馆和博物馆，编辑科学期刊或撰写科学书籍。这些辅助科学的职业已经为数众多，每天都需要更多的人和更好的人。

科学史家的责任要比他们外表上显现出来的大得多。以撰写或讲授来可靠地说明科学的发展是必要的，但还不够，或者更确切地说，这仅仅是达到目的的手段。这个目的就是帮助把各种形式的科学教学统一起来，以及把我们的精神生活统一起来。

科学史的教师有机会表明科学分支间的互相联系，表明在科学无限多样性后面具有深刻的统一性。特别是，他可以向那些困惑迷惘的学生说明，他们所学的全部课程都是互相联系的，他们已经学到的一切东西都是结合在一起的；这样的教学对于他们可以是人生最好的必需品，一种释然于怀的信心；对科学统一的感觉将使他们自己的品格更加纯正，是非更加分明。

教师的机会，或者说他的责任，甚至还要大，因为他不仅要教导科学的统一，还要教导人类的同心同德，人们由于他们的最高目标（如对真理的探求）而联合起来。所以尽管有无穷无尽的分歧和争执，尽管大多数贪婪者垂涎权力和金钱，尽管一些人对另一些人有天生的憎恶，尽管有不宽容、迷信和残暴，尽管有战争和革命，但他们之间还有一种深刻的和谐。这种不明显的然而却是根本性的和谐必须由教师尽可能经常而充分地予以揭示。在他自己最直接的社会环境里，他的职责是提供全部领导人间的联系，从极“左”的掌握专门技术的野蛮人到极右的好心但无知又无能的人道主义者。他应该帮助我们的精神生活完善化。一方面，向人道主义者、政治家和行政人员解释科学的事实、观点和方法；另一方面，使科学家和工程师富有人性，并经常提醒他们想起这样一些传统：没有它们，我们的生活不论怎样有效率，仍旧是丑恶的，而且是无意义的。

他的主要任务是建造桥梁——在国际间建造起桥梁,而且同样重要的是,在每个国家之内,在生活(好的生活)和技术之间,在科学和人文学科之间建造起桥梁。

对于富有哲学思想的科学家,对于希望理解他的知识深受前人恩惠的科学家,科学史的主要价值在于它起着缓和作用的影响。溯及既往的种种看法能使他在武断与怀疑沮丧这两者之间保持平衡。帮助他坚韧不拔,用罗勃特·E·李^①的话来说:

上帝的行程如此缓慢,而我们的欲望如此急切;发展的工作如此浩大,而我们帮助发展的手段如此无力;人类的生活如此漫长,而个人的生命如此短暂;于是我们经常只看见前进,浪潮退落,并由此而沮丧泄气。正是历史教我们不丧失希望。

这句话出自一位将军之口,特别是出自一位战败的将军之口,是难以捉摸的。它对科学事业比对政治和军事事务更为适用。一个人有时可能对政治的进步感到绝望,但高尚的人则绝无任何理由对科学感到失望和羞愧。

首先是,科学史教给我们谦逊。我们的一些发明者和技术人员可以随心所欲地自吹自擂。而这样做只能是表现出他们的无知和傲慢。科学家是更有权力为科学的发展而骄傲的,但是,最伟大的科学家则是非凡地谦逊,因为他们明白,已经做了许多的工作,而有待去做的工作则更多。宇宙奥秘是无限的。在一些地方光明和博爱正在增多,但仍有许许多多黑暗、不公正和苦难。大的战争都不仅是物质上的灾难,还是难以置信的倒退。每一个善良的科学家决不会自己宁愿披麻戴孝捧着骨灰去探索真理。尽管他可以对自己说,新工具的发明者不能因它们的滥用而对牺牲的人们负有责任,但他并不十分确信这一说法。也许,他的罪比他想象的要更多更大,在任何情况下,他都宁愿假定罪更多而不是更少。

不论什么样的精神进步,我们都权享受,这归功于我们祖先的成就的积累胜于我们自己的成就。假若我们忘记这一点而变得太沾沾自喜,我们就会立即陷入怀疑一切和玩世不恭。实际上,过于夸大我们的精神自由时,我们面临着前所未有的失去它的危险。没有人能比科学史教师更好地教导科学家对过去要崇敬、对现在要谦恭和对未来要有信心;没有人能比科学史教师给他们更多的力量,来让他勇敢诚实地沿着他的道路前进,忍受着灾祸与苦难,做最大努力来减轻这些不幸和痛苦,去发现真理并宣传真理。

[1948]

(本文选自乔治·萨顿著《科学的历史研究》,刘兵、陈恒六、仲维光编译,上海交通大学出版社,2007年,94~128页。)

① 译注:Robert Edward Lee (1807~1870),美国内战时期南军著名统帅。

1.3 理解科学史,这意味着什么^{*}?

杰拉耳德·霍耳顿

“理解”科学史,这意味着什么——或者,至少理解一门科学史,这意味着什么?在我开始讨论这个问题以前,让我们先设想一下,说某人理解一门科学史(例如物理学史),这可能意味着什么。关于这个问题,我们有某种向导。例如,阿耳伯特·爱因斯坦设想一个科学家的最崇高的使命是得到一个统一的、整体的物理世界图像(Weltbild)。这可以用一种类比来理解:如果一个人站在一座高山上,他一眼看到脚下整个气象万千的风景。类似地,从一个统一的科学自然观,人们应该能够原则上演绎出并且因此“理解”物理科学和生物科学中每个现象的每一细节。科学发展的历史指向那个理想的目的,即使在今天我们要达到这个目的,也确实还有一段漫长的路程。

然而,确有少数科学家,他们对他们自己的科学分支,例如物理学,确有不平常的提纲挈领的理解。我愿指出纽约州立大学石溪分校的杨振宁教授,或者我的哈佛大学的同事爱德华·珀塞尔(Edward Purcell),或者康奈尔大学的赫尔伯特·贝特(Herbert Bethe)。这样一类有卓越才能的人,即使他不立即知道如何去解决一个具体问题,但他会作出一个很好的开端——而且会像那个等级的别的科学家一样,大体在同一个方向前进。这或许是由于四个条件:第一,科学中的问题通常最终有一个正确的答案(当然,从科学史的情况来看就很不相同了)。其次,大多数科学问题在世界上的每个地方大致是用同一种方式来理解的;在一些精密科学中只有少数有不同的思想学派(这在科学史中又十分不同)。第三,在一个既定领域中大多数专家或多或少有共同的科学认识论和意识形态。而最后,在一门精密科学中,关于任何问题的原始材料、资料基础通常是比较确定的,因为在任何适当装备的实验室中都可以随意重新获得这些资料。(后两个条件也不适用于科学史。例如,科学史的文献基础很不容易共享。)

所以,我们如何理解科学史这个问题的第一个回答是:没有也不可能有一个普遍同意的回答。我们必须预期有巨大的差异,取决于被询问的属于哪个思想学派。因此,一个年轻学者应该熟悉我们科学史领域中所有主要的思想学派,并找到一个

^{*} 这个讲演是我根据美国国家科学院和中国科学院之间的学术交流计划,1985年4月15日至5月15日在中国作学术访问时,在北京和其他城市所作一系列讲演中的第一篇。我愿借此机会感谢李佩珊和许良英教授以及所有他们的同事们给予我们如此热烈的欢迎。——作者

这篇讲稿的译文曾发表于《自然辩证法研究通讯》1985年第5期上,收入本文集时,编者作了一些校订。——原书编者

与他或她最一致的学派。

这里举科学史中几个主要学派的例子。乔治·萨顿(George Sarton)和他的追随者认为主要的任务是积累整个历史中、所有科学和技术分支中所有创新者的精确知识。李约瑟(Joseph Needham)和他的学派则试图通过一个伟大文明中(从其最早的开端开始)科学技术的发展来理解科学史。赫尔伯特·伯特费尔德(Herbert Butterfield)认为重要的任务是理解一个伟大的时代——科学革命的历史,并且主要是一门科学(物理科学)的历史。还有其他的学派,例如伦敦经济学院学派的追随者们认为,科学史主要是为一种意识形态或认识论观点提供“证明”的工具(即去寻找“进步的”和“退化的”研究纲域之间的分界)。还有一些学派利用科学史来证明科学进步的进化模型,而另一个思想学派则用(时常是相同的)案例去证明科学发展的革命模型以及科学进步的不可能性。

* * *

面对着这种互相竞争的思想背景,让我很简要地直接总结出我自己的回答。科学史是一门充满活力并迅速兴起的学科,但与精密科学不同,它还没有很成熟的理论。我完全不相信有任何历史理论可以适用于科学技术史。展望科学史本身,它可能还处在前牛顿阶段,当然也可能甚至到最后也建立不起一个一致同意的理论基础。但是我一点也不感到这是今天深刻地理解科学史的障碍。在我看来,“理解科学史”意味着人们能够做两件事,两者都完全是我们今天力所能及的:①透彻理解一门科学史中许多个别的主要事件(是事件,不是像“牛顿革命”或“综合”这类思辨的构想),和②理解许多这些主要事件之间的联系。

在这里作一个类比可能是有帮助的。“理解”一个城市的地理,人们并不需要知道每一条街、每一所房子或庙宇。如果人们熟悉许多主要的交叉点和它们之间的相当多的联接道路,他就对该城市的地理有了一个充裕和合用的理解了。

但是,现在您会问,“事件”意味着什么?“理解一个事件”又意味着什么?让我在这里给“事件”一词一个简单的定义。科学史中事件的例子是:一篇科学论文的发展、出现或出版,一篇有影响的演讲(例如尼·玻尔1927年的科摩讲话),或者一个特殊的发现(如1934年10月某日费密实验室发现由慢中子引发的人工放射性),或者一封信,或者关于实验室装置的一幅照片,或者实验记录簿的一页,或者口头对话时所作录音。所有这些都带有可以研究的物理遗迹,从不同方向来研究这个案例的不同观察者,对这个事件本身的意见都是一致的。它在这个意义上类似于基本粒子物理学家所称的事件,即气泡室或火花室中所摄照片中的径迹。这也同爱因斯坦在1905年相对论文中坚持使用的“事件”一词有关,爱因斯坦在该文中几节之内就用了这个词11次,含蓄地表明科学不应该首先关心那些基本上带有形而上学性质的概念,例如“物质”和“力”,而应当关心时空中世界线的交叉点。

科学家和历史学家相对于证据的情况是令人绝望地不对称，而你们看到我正试图超越这种不对称。科学家可以最终产生并显示关键性的事件——粒子径迹、显微幻灯片——如果他需要它，可以一再地重复考察与讨论。思想史家则很少能做到这一点，因此有些人就躲避在堂皇的意图之中，提出一些空洞的大概念，而远离科学史的基本事实基础。但我宁可从事共享的事件证据出发，试图归纳地前进。

现在我要提出另一个前提。为了我的目的，我往往最感兴趣的是表示处于思辨、初生阶段的科学思想记录的那些事件。那是在新工作已经理性化、出版并吸收在科学主流以前的时期，但是在最早的、通常不能形成文件的新观念产生之后。只要我能找到它的文件证据，我往往集中注意在得到整齐的结论之前的无序状态。为了研究与描述在其初生阶段之前时科学家的思想，我寻求那些似乎可以通过实验室门的钥匙孔看到的事件。时常吸引我注意的事件，是不准备广泛传播的私人信件。例如，年轻的爱因斯坦1905年3月给他的朋友哈比希特的信。他说，关于光辐射的第一篇论文是“很革命的”（爱因斯坦很少用这个词，他用这个词的意思是，在他看来这项工作不是基于可靠的原理，而只是基于“启发式”的观点）。他说，他的第二篇论文是从扩散现象来测定原子的大小。第三篇文章，他解释说，是关于布朗运动的文章。然后他补充说：“第四项工作还是篇手稿，是关于动体的电动力学，使用了对时空学说的修正。”（注意“修正”一词与革命行动正好对立。）

一旦这封信打开了人们的眼睛，使大家有可能看到四篇论文之间的联系（我们习惯于把这四篇文章看成是相互孤立的并具有十分不同的内容），这封信就变得重要了。它提示我们，必须重读这四篇文章，找到似乎相互孤立的各事件之间的联系。后面我将回到这一点。

爱因斯坦这封信是这样一类文件的例子，我的兴趣和案例研究通常都从这类文件开始。这是科学仍然在与问题作斗争（爱因斯坦称之为“个人的斗争”）时的证据。在其他案例中，例如对密立根的研究，我使用了私人实验室记录簿中关键的一页，在别的时候我也会首先对一幅照片、一个胶卷、一卷录音带感兴趣。我体会，科学史研究是通过归纳特殊案例研究而产生的，而这些案例研究又大部分是从类似文件研究开始的。

* * *

现在设想一下曾引起你的注意并成为你选择的“事件”的一封特殊的信或一篇文章。我们必须从事件的适当的描述开始。充分描述一个事件，用我的术语，就意味着理解它。但是，描述并不仅仅在于提供关于信件、文章等等的复述。描述在于尽可能多地对产生所选择的事件的主要成分作出分别的说明（这些成份的一览表与任何学术著作、文学著作或艺术作品创作时所出现的作用力一览表没有多大不同）。单纯如记忆装置，让我把所研究的事件 E 表示为直角坐标中平面上的一个

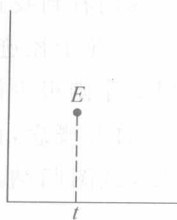


图 1.3.1

点,坐标的水平轴表示时间。 E 发生在给定的时间 t 或在特定的时间间隔 Δt 之内,见(图 1.3.1)。

现在让我描述原则上组成科学史中任何一个事件 E 的 9 个成分。并不像是所有的 9 个成分都可以由从事这项案例研究的同一个人立即描述出来,但是最终,当一个事件变得更充分地被理解了,更多的成分会有助于这种理解。

(1) 首先我们必须建立所选时期公众掌握科学知识的状况和对课题无知的状况的资料目录。什么是已发表的“事实”、资料、理论、技术方法和被广泛接受的定律和经验知识,它们后来是否转变谬误? 当爱因斯坦、海森伯或费密在既定时间从事他的工作时,他认为他面临的争论是什么,有些什么问题,有什么工具,他确实是在科学挑战中作出这种所记载的贡献的吗? 我们称这为在 t 时历史的、公众已有的科学状态(正如所研究的科学家在 t 时所看到的那样)。如果我们不首先做这件事,我们将发现几乎不可能避免落入缺乏历史真实性的陷阱。

例如,在新近一期《自然》(*Nature*)周刊中,一位物理学家写道:“说什么在 1905 年以前玻耳兹曼数和阿伏伽德罗数还没有可靠地为人们所知,这是一个‘陈旧的神话’。”这位作者说,毕竟普朗克在 1900 年基于他的黑体辐射理论发表了这些常数,而与今天的数值只相差 3%,但是,即使这个陈述在数值上是正确的,但它在历史上是不真实的。因为在 1905 年,普朗克的 1900 年的黑体辐射理论还很少为人所知,看一看当时的手册就可以知道,这些手册继续印着一些粗略测定的阿伏伽德罗数,而无视普朗克的数值。

(2) 其次,我们需要建立到那时为止概念的发展,即公众(“掌握”)科学知识的状态的时间轨迹,并且如有可能就超过所选时间 t ,这时,事件 E 就是平面上这条线上的一点,水平方向的尺度表示时间,垂直尺度只是定性地表示在一个科学领域中增进的理解(图 1.3.2)。

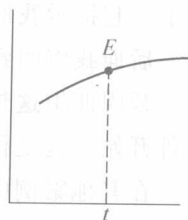


图 1.3.2

这条线仅仅是建立概念先行需要的符号表示。总之,这就是赖兴巴赫所说的“证明的语境”,在其中任何新的东西必须为它的地位作斗争。这里我们要确定科学家在其中工作的传统和他期望他的学生也在其中工作的传统。我们还要追踪这条线超过时间 t , 接近在 t 时刻遇到事件 E 时流行的科学解释。这种概念发展的追踪是科学史家和有历史倾向的科学教育家最经常的和最强有力的活动。因为这种活动使我们有最大量的听众。作为例子,设想事件 E 代表 1905 年爱因斯坦相对论论文的发表。那么经过 E 的线上的点就可以为 1905 年以前和以后科学家的工作相联系。因此我们可以标出一点,对应于 1873 年麦克斯韦的电磁学的出版。曲线上更高的时间更晚的各个点为赫兹的实验、1881 年的迈克耳孙(Michelson)实验、1887 年的迈克耳孙-莫雷实验、洛伦兹

(Lorentz)和彭加勒(Poincaré)著作的出版。对于1905年以后的点,我们可以表示1906年考夫曼(Walter Kaufmann)的工作的发表、1906年普朗克关于相对论的讨论、1908年闵可夫斯基论文的发表,等等。

所有这些就是教科书和科学史课程讨论相对论的发展的情况。但是,人们必须记住,这是一种人为的构思,是我们现在关于这条线所追溯的时期的“公众”科学的见解。但这有许多危险和缺陷:第一,它通常没有追溯到足够远——为了真正有用,至少应该包括伽利略—牛顿关于相对性原理的观点,并且这无论如何是一种教育的、理性化的设计,暗含着线性的历史观,认为这曲线上的一点或一个事件必然地并因果性地影响后来的一个点(或事件)。而在实际的历史事实中,不可能发生这种事情。相反,有意义的问题是,与其说是关于从一个点到下一个点的连续性,不如说是有关其非连续性。

如果知道所有这些谬误,这种处理就有一个很大的用处;人们会被引导去问,爱因斯坦在时间 t 以前对所有这些发展实际上知道些什么。

(3)从这里我们接触到第三个成分。像我们前面对公众科学知识状态所做的那样,我们现在必须研究“私人的”科学知识状态,其中包括时间 t 发生的事件 E 。这就是说,我们现在必须更多研究在 t 时的科学活动 E 的更短暂的个人的方面,而较少研究社会组织方面。我们现在尽可能地注意在时期 t 时,科学家的工作室和抽屉里的一切资料——所有现存的信件、手稿、实验室笔记、废弃的仪器设备等等。因为直到最近,在科学领域,比起大多数其他领域来,对从过去至今的链条中这种最脆弱的环节,一直是被不恰当地忽视了,以至于在许多场合非常难以提供“发现的前后联系”。在我们的许多大学中,文学家的每一个纸片似乎都受到文件档案处的欢迎,但我们很少看到收藏科学通信与实验室记录的地方。此外,保存科学文件的这种需要并不一定受到当事者本人的重视或理解。除了少数例子,直到最近,科学家们还不耐烦这种研究(他们认为这整个研究都“仅仅是个人的私事”)。

这种忽视与不耐烦有其充分的社会学原因。科学组织本身、年轻科学家的选拔与训练、科学的国际化形象,全都是这样设计的:对发表以前的个人的科学活动,尽可能少注意。作为一种可共享的活动,科学的成功似乎是与系统地忽视个人的奋斗相联系的。此外,有时实际发现的似乎非逻辑的本性,与成熟的物理概念的逻辑本性之间的明显矛盾,被某些科学家和哲学家看作是一种对科学和理性本身的真正基础的威胁。新近流行的试图对实际科学工作作一种“理性的重建”似乎有部分动机来自这种状况。

另一条可走的途径也不是容易的。在爱因斯坦的一次谈话中,他鼓励科学史家集中注意力去理解科学家正致力于什么目标,“他们怎么想并怎样与他们的艰苦奋斗”。但他指出两个困难。第一,是科学史学者必须对科学内容和科学研究过程二者都有充分的理解和一种同情心,特别是当创造性阶段可靠事实似乎很少的情

况下更应当如此。第二,爱因斯坦劝告说,在物理学中,历史问题的解决也许必须用很间接的手段达到,希望得到的最好结果也不是确定的,而只是一种好的概率,“即不管怎样,很像是正确的”。历史学家已开始理解到,要声言他们能重建一个历史事件“就像它实际发生时那样”,那是狂妄自大。我们不能期望在科学或科学史中也达到绝对的确定性。

(4) 再者,如同我们对公众科学所做的那样,我们必须接着建立所研究的个人的科学活动的时间轨迹。这里我的探索涉及人物的大部分生涯的兴趣与成败,包括在时间 t 这边的准备时期与那边的收获时期。如果我们考察了时间 t 以前特殊的个人风格的发展过程,时间 t 时的工作就可以得到更好的理解。这个新轨迹是关于作出事件 E 的人物的私人或个人科学的发展的符号表示。再回到爱因斯坦这个例子,我们要确定 1894~1895 年的一点,当时他写了第一篇科学论文(论以太,在

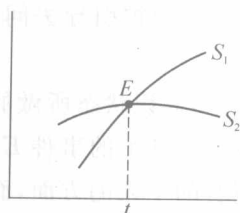


图 1.3.3

阅读赫兹的著作的基础上所写)。接着是他于 1895~1896 年 16 岁时在阿劳中学的思想实验,然后是 1897 年,他开始阅读马赫(Mach)和休谟(Hume)等人的著作。接着,或许是在 1900 年,他自认对在经验基础上发展物理学的“失望”;然后是 1905 年的工作,导致他的几篇伟大论文的发表。现在我们看到事件 E 的两条轨迹的交点,一条是私人科学的轨迹,标有 S_1 ;一条是公众科学的轨迹,标以符号 S_2 (图 1.3.3)。

这种观点立即提出了值得研究的某些新问题,其中之一是,知道了 S_1 和 S_2 的交点,那么在 S_2 轨迹上必须加上重要的新人物,例如 A. 费普耳(Föppel)的影响,在“概念发展”的故事中他通常是被遗忘了,但是他的书极大地影响了年轻的爱因斯坦。另一个需要考察的问题是,在 S_2 线上显著的工作却未被吸收到 S_1 线中,为什么这项工作没有产生巨大的影响。这适用于洛伦兹 1904 年关于电子论的表述,爱因斯坦后来说过他未曾读过这篇文章;还有迈克耳孙-莫雷实验,就此爱因斯坦多年来反复地、一贯地说明过,这个实验对他至多只有间接的而非决定性的影响。

现在我要举两个例子,来说明对 S_1 轨迹的理解如何进一步阐明 S_1 与 S_2 交点上的事件 E ,我的两个例子分别是科学上激进的与科学上保守的,二者都在世纪之交和本世纪 20 年代末激动人心和富有成果的年代活跃过。在那个时期,处理科学问题的概念与方法有了巨大的变化。尽管当时科学舞台上一些主要演员的名字一般都认为是代表“革命者”的。事实上,对于所有他们艰苦获得的进展,他们中的大多数在内心仍然接近于古典的传统,而不接近于今天大多数物理学家所具有的观念。要找一个在那个过渡时期全力以赴地致力于形成一门新物理学,要找一真正的“激进派”,人们必须从较老一代人的学生中去找;在这些人中没有比海森伯更好的例子了。这个年轻人似乎与会阻碍他前进的旧观念没有很强的联系。

海森伯的谈话给了我们一个他被发现为一个有前途的物理学家的情形的启发性的图像。当时他刚过20岁,还是慕尼黑大学的一个学生。在索末菲关于“以玻尔原子模型为基础的光谱线理论”的讨论班开始后4个星期,这个年轻人被允许尝试着研究一个问题。实际上,索末菲本人在这个问题上已经失败了,这个问题就是反常塞曼效应实验值的理由。在那些日子里,在电子自旋和自旋轨道耦合发现之前,简直不可能把弱磁场中光谱线分裂为双重线和三重线的观测结果,与在别处很成功的玻尔-索末菲的量子化原子模型的机制联系起来。分裂谱线各条线之间的间隔,在数学上可用有理分数公式表示(例如 $2/3, 4/3$)。但是这些分数如何与熟悉的轨道力学所支配的某种原子模型关联起来呢?在轨道力学中整数量子数是发射原子的初态与终态的特征。

海森伯回忆了研究物理学的这一首次遭遇,“在很短时间以后,回到索末菲那里,我已有了一个完整的能级图。然后我作了一个我几乎不敢说的说明,他自然完全感到震惊。我说:是的‘只要用半量子数,整个事情就好办了’。在那时,从来没有人说过半量子数;量子数就是一个完整的数,你知道,就是一个整数。索末菲说:‘嗯,那就一定错了。这绝不可能;我们关于量子论所知唯一东西就是我们用整数,不用半整数,这是不可能的。’……因为我是一个完全的业余爱好者,一个非专家,我什么也不知道,我想:‘那么,为什么不试一试半量子数呢?’”

没有证据表明这项工作曾给这个年轻人带来任何痛苦或反省。正好相反,当一个朋友在不久以后写信给海森伯,警告他这个方法威胁了旧量子论的基础时,海森伯简单地回答:“人们必须放弃许多以往的力学和物理学,如果人们要解释塞曼效应的话。”甚至当泡利表示他的忧虑时,他从海森伯那里得到的回答(1921年11月19日)是:“成功认可方法。”

为什么放弃过去的这种准备,对于海森伯比对其他人要容易得多呢?至少部分原因是,追溯一下他的 S_1 轨迹,可以看出,他的自学成才,十分不正规的学习使他在没有很好的古典力学基础之前就接触量子论了。他的非传统的、不完全的教育显然使他有可能迈出激进的一步,跨出那门他未作智力投资的古典力学的一步。

现在我给你们举第二个例子,来说明追溯 S_2 轨迹的重要性,这个例子并非来自一个激进的物理学家,而是来自一个保守的物理学家。当你读到现在在耶路撒冷的希伯来大学档案中,爱因斯坦的早期出版物和信件时,你可以发现,他在1905年春天被奇迹地带到相对论的轨迹上,显然是以一种没什么前途的方式开始的。爱因斯坦的第一篇公开发表的论文(1901)题为“由毛细现象所得推论”。对于一个需要工作与职业的年轻人来说,这是一个奇怪的选择。当时,物理学中所有激动人心的事件都发生在完全不同的方向上。这正是在发现X射线、放射性和电子之后不多的几年中,新的实验发现和新理论以令人炫目的速率彼此追逐。与这些相比,毛细现象是一个古老的和令人厌倦的课题。但是如果更仔细地研究一下这篇论

文,我们会发现某些重要的东西。爱因斯坦在这第一篇论文和下一篇论文中所注意的问题是“分子力问题”。他希望从关于分子引力本性的最简单的假设出发。在这篇论文中,他说:“我将通过与引力的类比来引导我前进。”他感兴趣的,如他(在1901年4月14日)给他的朋友M. 格罗斯曼的一封信中所写,是“关于分子力与牛顿超距作用力的关系的问题”。于是,这里显示了他的巨大雄心!爱因斯坦的终生兴趣在这里首次显露:自然界各种力统一的纲领。他感到他在研究一个重要的问题。在给格罗斯曼的信中,他说:“认识到那些从直接的观察看来似乎是完全独立的事物的种种现象的统一性,给人以一种壮丽的感觉。”这是在1901年4月,爱因斯坦只有22岁,但他已是人们熟悉的爱因斯坦,他在此探索宏观物理与微观物理现象之间的桥梁。

现在让我们再看一看1905年,爱因斯坦在不到8周的时间内寄给《物理学杂志》(*Annalen der Physik*)的那几篇伟大的论文。当我首次对这一实例感兴趣时,我的印象是三篇主要的论文——关于光量子理论、关于布朗运动以及关于相对论的论文——似乎是在完全不同的领域,我前面提到过的一封信(给C. 哈比布特的)表明,它们全在差不多相同时间被研究决不是偶然的巧合。事实上,所有三篇论文都有相当部分追溯到同一个普遍问题,即涨落现象。确实,在档案中,我找到了爱因斯坦1952年写给冯·劳厄的一封信,其中指出这种关系。爱因斯坦在这信中讨论了冯·劳厄(von Laue)关于相对论的旧教科书的新版,并记载了一个反对意见:

“当人们读了你关于狭义相对论的验证说明之后,得到的印象是,麦克斯韦的理论是无可置辩的。但在1905年我已经肯定地知道,麦克斯韦理论导致辐射压中错误的涨落,因而也导致(悬在)普朗克辐射空腔中镜子的不正确的布朗运动。在我看来,人们不能回避赋予辐射以客观的原子性结构,这当然不适合麦克斯韦理论的框架。”

这里我们明白地看到,爱因斯坦关于悬浮粒子的布朗运动和辐射的量子结构,以及他更普遍的关于“物理学的电磁基础”本身的重新考察之间的主要联系。总之,为了解作为事件E的1905年的相对论论文,我们需要把它理解为更广泛的研究纲领的一部分。

此外,三篇论文,尽管它们的论题似乎很不同,它们的风格却是基本上相同的。如与当时许多最好的论文(例如洛伦兹关于电磁现象的知识论文)的顺序相反,爱因斯坦不是从评述某个新的难以理解的实验事实所提出的疑难出发,而是从叙述他对他所觉察到的形式上的不对称性,或其他不一致性的不满出发的;在别人心目中,这些看来一定主要是具有美学性质而不具有科学的重要性。然后,他提出了一个有巨大普遍性的原理,它适用于明显不同的物理学部门。第三,他证明这有助于消除他的最初的不满,并把这作为该原理的一些推论之一。第四,在每篇论文的末

尾,他提出可以从实验验证的少数预测。

现在让我们回到成分一览表。我演讲的时间很短,因此不得不简略地讲一讲剩下几个成分。

到此为止,我们已经追踪了两条线索,即两条轨迹,一条是关于公众科学的,一条是关于私人科学的。在既定时间的事件开始被理解为在这两条轨迹的交点上发生的事情。我们现在需要补充追踪网络中的另一股,它是与 S_1 相交织的。

(5) 这一股追踪的是所研究科学家的心理传记(非科学的)发展。这是一个新的不确定的领域,我不建议没有好的心理学材料背景的人去做这方面的工作。但是我们开始获得好的资料:费朗克·曼纽尔(Frank Manuel)和韦斯特福尔(Westfall)关于牛顿的研究,埃里克森(Erik Erikson)的关于青年爱因斯坦的论文。

(6) 另一个成分是研究社会学环境,例如,不同国家的教育制度对科学家培养的影响。一个明显的案例是相对论建立初期在德国、英国、法国和美国被接受的情况。在头一二十年,差别是巨大的,而大部分解释是由于教育制度的差别。例如在英国,物理学家的训练主要集中于以太的性质,这使他们很难摆脱那个概念。在法国,由于专业的等级式和金字塔结构,彭加勒对爱因斯坦相对论的反对,就使得任何人在这个领域发表文章都被认为是不可取的,直到1912年彭加勒逝世以后才有所改变。在德国,独立自主的大学之间的竞争(不像法国有一所大学居于全国首要地位)保证了各种活跃的反应。而在美国,理解科学的实用主义风格允许人们很早就惊人地接受了相对论,但它是在完全受到实验基础的支持这样的印象之下被接受的。

在同一个社会学环境的标题之下,我们也应该研究科学中集体研究的影响;学院科学研究与对工业有利的研究之间的联系;分配研究经费的制度对选择研究课题的影响。例如,如果不注意到像洛克菲勒和古根海姆这样的慈善基金会的资助和政策的作用,就不能理解20年代美国物理学研究突然雨后春笋般的发展。他们在量子物理学爆炸性增长时期,资助了大部分美国物理学家(确实还有外国物理学家)从事研究。

(7) 第7个成分是探讨科学以外的文化发展,以及影响科学家工作的意识形态或政治事件。一些明显的案例在脑海中涌现:从开普勒和牛顿的案例看到科学与神学之间的联系;李森科和20年代以后在法西斯主义影响下的德国科学家这样一些案例,表明了政治与科学之间的联系。但是还有更普通的案例,有时是很有趣味的争论主题。其中之一是量子力学的案例;福尔曼(Paul Forman)发动了这样一场讨论,德国知识环境的发展,包括当时在斯本格勒(Oswald Spengler)的《西方的衰落》一书的影响下大为流行的风尚,在很大程度上为20年代某些德国科学家放弃经典的因果性原理作了准备。

(8) 在某些案例中所研究的工作,可以通过认识论假定和逻辑结构的分析得到很好的阐明,一个科学家的哲学世界观确实如同他对本行业数学工具的理解一样重要。这里我想到爱因斯坦自认,曾受到他所阅读的马赫和休谟的著作影响,想到密立根对原子实在性的强烈信仰,而不管当时他的博士学位导师帕品(Michael Pupin)和其他人的反原子论的教导。或者考察一下,在德国(实际上再没有别的地方)早期关于量子力学的讨论,严重地渗透了一些关于直观性(Anschaulichkeit)的准形而上学争论——这是一些关于形象化与直观作用的问题,主要来源于年轻德国人的支持,由于他们早先阅读过康德的著作。

(9) 到此为止,我们已有了8个成分的一览表,这些原则上可以从引起既定事件的活动中标识出来。最后,但不是最不重要的,我要举出分析科学工作的第9种工具,这我称之为基旨分析。我指的是一个科学家采纳的常常未被明确承认的假定,或深深隐藏着的基旨,而这些既不是数据资料,也不是流行理论强迫要采纳的。一个例子就是海森伯决定建立一种奠基于非连续性基旨上的物理学,从而把物理从他(在1925年给泡利的信中)所谓的用量子法则和古典物理学的混杂物工作的“骗术”中解放出来,而玻尔和索末菲仍然宁愿用这种混杂物。这个决定又导致海森伯放弃人们习惯的形象化思维方法,按照这种思维方法,空间与物质被认为原则上的连续的。

基旨假定的作用的另一个并且是对立的例子,可以从爱因斯坦对M.玻恩的一次大发脾气(1947年12月3日)中看到。不顾量子论初期的伟大成就,爱因斯坦顽固地不愿信仰几率的基本性。所以,他写到:“我不能为我对物理学的这种态度提出会使你认为完全合理的论证。我当然看到,统计解释……有相当多的真理内容。(但是)我绝对相信,最终会有人获得一种理论,在其中用定律联系起来的对象不是几率,而是思想所处理的事实,就像仅在最近不久以前人们还认为理所当然的那样。可是,我不能为我的信念提供合乎逻辑的论据,而只能拿出我的小指来作证,在我自己的皮肤之外,它不能要求任何应该得到尊重的权威性。”

对爱因斯坦的工作的研究表明,在他的一生中,指导他的理论建设的基旨有:形式(而不是唯物主义)解释的首要性;宇宙学尺度上的统一或统一化;简单性;因果性;完备性;连续性;当然还有守恒性与不变性。正是这样一些基旨解释了在一些特殊的案例中,为什么一位科学家固执地在一既定方向继续他的工作,即使难以用经验来检验,或者不能提供经验的检验时也如此。这同样解释了为什么爱因斯坦拒绝接受那些理论,它们虽然得到现象间的关联的充分支持,但却基于与他自己相对立的基旨假定(例如玻尔学派的那些基旨假定)。

因此,用这样9个成分来描述事件可以成功地理解科学史中的重大事件。既然科学史是一种公有的、合作的努力,我们每一个人都可以有权只对少数主要事件的少数成分作出贡献。但是随着时间的流逝,通过这种个人贡献的叠加,理解的深度增进了。当一位科学史家对散布在整个科学史上的许多事件($E_1, E_2, E_3 \dots$)至

少达到了部分的“理解”，那么那个人就有可能以一种更深刻的公式达到对该领域的理解，而不仅仅是累积对单个事件的理解。这种单个事件间的联系开始出现，类似理解一张显示城镇间联系的地图的基本简单性。例如，爱因斯坦与密立根二人都受到马赫的影响，虽然是以十分不同的方式。卢瑟福与费密在不同的国家对颇不相同的问题进行研究，可是在关键时刻二人的工作却彼此相互影响。当然，一位科学家一生中的事件 E_1 （例如玻尔 1913 年的论文），与同一位科学家以后的工作中的事件 E_2 （例如玻尔在 1927 年提出互补性），可以有深刻和复杂的关系。

我要我的学生们牢牢记住，只要他们为他们的热情与深厚的兴趣所引导，至于他们从科学史的某个领域的哪个事件开始却无关紧要。最终，他们会积累起对许多似乎是孤立的事件的深入理解，并且除此之外他们将看到它们之间的联系。开始似乎是一种混乱的并且几乎是任意的各种出版物、对话和信件等等的集合的东西，将呈现出一种比较有条理的格调，它构成一门科学发展的基础。正是以这种方式他们才可以说，他们至少在开始理解一门科学的历史。

（本文选自杰拉耳德·霍耳顿著《科学思想史论集》，许良英编，范岱年译，河北教育出版社，1990年，1~16页。）

1.4 科学史与历史科学

席泽宗

美国著名的科学史家，风行一时的《科学革命的结构》一书的作者库恩（Thomas S. Kuhn）于 1971 年以同样的题目曾经发表过一篇文章。他在文章一开头就说：

尽管历史学家一般地口头上都承认，在过去四百年中，科学在西方文化的发展中起了重要作用；但是对于多数历史学家来说，科学史仍然是他们学科之外的领域。在许多场合，也许在大多数情况下，这种把科学史拒于门外的做法，看不出明显的害处，因为科学的发展对于西方近代史的许多主要问题似乎没有多大关系。但是一个历史学家，如果要深入考察历史发展的社会经济背景，或者要讨论价值观念、人生态度和思想意识变迁的话，那他就必须涉及到科学史^①。

接着他又举出他在两个大学历史系开设科学史课程，历史系学生反而选课的人很

^① Thomas S. Kuhn, *The Essential Tension*, p. 128, The University of Chicago Press, 1977. 范岱年中译：《必要的张力》，128 页，福建人民出版社，1981 年。

少,说明这种分离现象的严重性。他从1956年起开课,在14年中只有五个历史系的学生听课。在听课的学生中,来自历史系的只占二十分之一;大部分学生是从理学院和工学院来的,其余是从哲学系和社会科学各系来的,甚至从文学系来的都比历史系来的多。起初,他以为这种情况可能是由于他本人是学物理的,没有受过历史科学的训练,教的不好而造成的。后来打听到,受过历史科学训练的人开科学史,也同样不受历史系学生的欢迎。还有,开课的题目也没有关系。开“法国大革命时期的科学”或“科学革命”,也和开“近代物理学史”一样不吸引人,也许“科学”一词就把历史系的学生吓跑了。他又做了一个调查,说美国科学史家虽然大多数归属在历史系中,但这种归属往往不是历史系的自愿,而是来自外界的压力。科学家和哲学家向学校当局建议增设科学史教席时,学校把这个位置放到了历史系。

一、科学史的性质

库恩所谈美国的情况,也很符合中国。今年(1990年)刘广定教授和韩复智教授在台湾大学历史系开设“中国科技史”,听课的26人中,有六个是历史系的,只占五分之一多一点。我在1954年决定由天文学专业转行做科学史时,征求两位历史学家的意见,他们都反对。后来到了历史研究所以后,该所许多同事们都感到惊讶,常问“你们这些学自然科学的人,为什么跑到我们这里来了?”好像专业不对口,走错了门。对于要在历史学科内建立科学史这样一个分支,不但群众不理解,有些领导人也不理解。北京中国科学院于1954年决定发展科学史这门学科,先成立了一个中国自然科学史研究委员会,由17位专家组成,是一个空架子;实体则是在历史研究所成立科学史组,招收专职的专业人员,从事这项工作,我是最早到这个组工作的人员之一。这个组从一开始,就被历史所的许多人认为是他们代管的机构,而不是他们的本体。到了1957年这个组终于脱离历史所而成为独立的中国自然科学史研究室,但仍属哲学社会科学部领导。哲学社会科学部的领导人又认为自然科学史是自然科学,不应属于他们管辖,一直到1966年“文化大革命”开始之前,他们始终想把这个研究室推出来。1977年哲学社会科学部独立为中国社会科学院,自然科学史所划回中国科学院,至此在大陆上正式把科学史归属在自然科学范围以内。但是,我认为,一门学科在行政管理上归哪个部门和它在性质上属于什么,这两者可以一致,也可以不一致,只要对学科发展有利就行。关于这个问题,著名考古学家夏鼐先生于1983年12月在第二届国际中国科学史讨论会上致开幕词时说过一段话,可以参考。他说:

在这个会上,我不必讨论什么是科技史,大家都知道,科学技术史便是自然科学和应用科学的历史。我只谈谈科技史到底是一门自然科学还是一门历史科学。我们今天会中有好几位中国科学院自然科学史研究所的代表出席。这个所在1977年中国社会科学院从中国科学院分出来以前,是属于社会科学学部的,更早一点,

是隶属于社会科学学部下面的历史研究所。所以这里便有一个“这门学科到底是历史科学或是自然科学”的问题。我们的李约瑟教授青年时是生物化学家,曾被推选为英国皇家学会会员。中年时改搞中国科技史,后来被推选为英国学术院院士。英国从前最高学术机构是皇家学会,后来到了1902年社会科学和人文科学才由皇家学会分出来,独立成一个英国学术院,有点像中国社会科学院由中国科学院分出来一样。现今英国的学者兼有这两个最高学术机构学衔的,听说只有李约瑟教授一人。这件事表示科技史还是应该算作社会科学中的历史科学,而不是自然科学。科学史家要有专业性的自然科学的训练,但是他研究的对象不是自然现象,而是作为社会成员的人类对于自然的认识的发展过程和人类关于这方面知识的积累过程^①。

在这里,夏鼐是就研究对象来进行分类的。如按研究方法来分,科学史也属历史科学,它以搜集、阅读和分析文献为主,而不像自然科学那样,以观察和实验为主。科学史有时也要进行一些观察和实验,但那为的是验证和分析文献的记载,属于辅助性的。当然,历史科学和自然科学也有它们的共性,都要力求公正、客观,实事求是,伪造证据和艺术性的夸张都不允许。

二、科学史和历史科学分离的原因

科学史既然是一门历史科学,为什么许多历史学家又把它拒之于门外呢?这有多种原因。

第一,研究对象不同。作为一门社会科学,历史学家首先注意的是人与人之间的关系。在阶级社会出现以后,人与人之间的关系首先表现为阶级关系。政治是阶级斗争的技术,战争是阶级斗争的最高形式。因而过去所谓的历史,实质上就是政治史和战争史,在政治上占统治地位和战争中耀武扬威的帝王将相是历史的主角。从18世纪法国启蒙大师孟德斯鸠(Montesquieu)和伏尔泰(Voltaire)等开始,历史才向文学、艺术、宗教、经济等领域延伸。20世纪起,历史开始注意人民大众的作用。1921年美国哥伦比亚大学教授罗宾逊(J. H. Robinson)在他“西欧知识分子史”讲座的基础上,出版*Mind in the Making*一书,宣布他的新历史观,认为历史学应该跳出只谈战争、政治和帝王将相的范围,把文化和思想的发展包括进去。科学史就是在这种新历史观的影响下发展起来的,而它的研究对象则是一个更新的范围:人与自然的关系,人类认识自然、适应自然、利用自然和改造自然的历史。

第二,阅读书籍不同。因为研究对象不同,科学史家和历史学家所阅读的原始材料也就有很大程度的不同。科学史家所需要读的一些科学著作,往往专业语言很强,大多数历史学家很难看懂。不要说属于近代科学的牛顿(Newton)、欧拉

^① 转引自何丙郁:《我与李约瑟》,145~146页,三联书店香港分店,1985年。

(Eular)、拉格郎日(Lagrange)、马克思威尔(Maxwell)、波尔兹曼(Boltzmann)、爱因斯坦(Einstein)和蒲郎克(Panck)的著作,历史学家看不懂;就是中国二十四史中的《天文志》和《律历志》,许多历史学家也是望而生畏。有一次,我和一位学历史的朋友聊天,他问我看什么书,我说:“看《周礼》中的《考工记》,二十四史中的《天文》、《律历》诸志,《墨子》中的《经上》、《经下》、《经说上》、《经说下》等。”他说:“我懂了,你看的我不看,我看的你不看,咱们隔行如隔山。”

第三,不但科学史家所读的这些原始著作,历史学家不感兴趣,就是科学史家所写的著作,也往往是资料堆积,令人读起来乏味,像萨顿(G. Sarton)三卷五册的 *Introduction to the History of Science*,李俨五卷本的《中算史论丛》,恐怕不是专门研究的人很少有人去阅读。还有,在科学史专业队伍没有形成以前,许多科学史的著作往往是高等学校教学的副产品。一些教自然科学的教师,为了吸引学生对本门科学的兴趣,在讲课时引述本门学科发展的一些历史材料,然后把它整理成一本书。这样形成的科学史著作,主要是谈本门学科的逻辑发展,专业性很强,不研究本门学科的学者很少有人去读。

第四,出身不同。一个人对某一方面的兴趣和才能是先天就有,还是后天环境培养形成,这个问题我们暂且不管;但现在的文、理两科,有的学校在高中就开始分家,无疑是造成斯诺(C. P. Snow)所谓“两种文化”(传统的文学文化和新兴的科学文化)^①相互分离的原因之一。进历史系的学生,在进历史系之前,就认为他们学的是文科,对自然科学不再注意;而进入科学史专业的人,在大学绝大部分读的是自然科学,只是到了研究生阶段才读科学史,他们往往认为自己学的是科学史,不是历史;天文学史与天文学,物理学史与物理学,比与历史学有更多的共同语言。

三、科学史的纵深发展

以上是就科学史和历史科学的分离情况和分离原因所进行的一般分析。但是任何情况都会有所例外。中国是有历史学传统的国家,而中国从司马迁写《史记》开始,就把“天文”、“律历”等这些属于自然科学的内容当作它的组成部分。在这一优良传统的影响下,老一辈的一些历史学家就很注意自然科学史,例如董作宾的《殷历谱》、夏鼐的《考古学和科技史》,都是很有影响的著作。钱宝琮的《中国算学史》(上册)是由中央研究院历史语言研究所出版的。王振铎关于中国磁学史的研究,也是史语所在四川李庄时期进行的。所以说,史语所和中国科学史的发展有着密切关系,希望今后能做出更多的成绩。

^① Chales P. Snow, *The Two Cultures and the Scientific Revolution*, Cambridge University Press, 1959.

在世界范围内,从20世纪30年代开始,科学史出现了一个新的研究方向,即所谓外史(External history)或外部研究(External approach)。传统的科学史,即所谓内史(Internal history)或内部研究(Internal approach),是把科学当作一种知识,研究它的积累过程,特别是正确知识(Positive knowledge)取代错误和迷信的过程,很少注意它和外部社会现象的联系。例如,研究牛顿万有引力定律的产生,只注意它和伽利略的惯性定律以及开普勒行星运动三定律之间的继承关系。外史则把科学家的活动当作一种社会事业,研究它的发展和其他社会现象(如政治、经济、宗教、文化等)之间的相互关系。这方面最早的一篇文章发表于1931年。这一年国际科学史联合会在伦敦召开第二次大会(第一次于1929年,在巴黎),苏联科学家赫森(B. Hessen)在会上提出的论文是:《“牛顿原理”的社会经济基础》^①。他认为,牛顿力学定律的产生是英国当时战争、贸易、运输等方面的需要所推动的结果。这篇文章轰动一时,尽管对他文章的内容有所争论,但沿着这个方向做工作的人剧增,1936年在英国即有《科学与社会》(*Science and Society*)杂志开始发行。到30年代末,有两本重要著作出版:一是英国贝尔纳(John D. Bernal)的《科学的社会功能》(*The Social Function of Science*, 1939. 陈体封译,张今校,商务印书馆,1982年。);二是美国默顿(Robert K. Merton)的《17世纪英国的科学、技术和社会》(*Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*, 1938. 范岱年、吴忠、蒋效东译,四川人民出版社,“走向未来”丛书之一,1986年)。其后,随着科学技术的突飞猛进,科学在社会生活中所占的地位越来越重要,科学史的研究也越来越趋向于外史;而今,在美国,研究外史的人已经多于研究内史的人。在中国,近十年来由自然辩证法专业转到科学史方面来的人多偏重于外史,北京《自然辩证法通讯》所刊科学史文章也以外史为主,台湾“清华大学”历史研究所的科学史研究也以外史为主。内史和外史的相互配合,共同发展,将会把科学史的研究推到更高的一个层次,同时还会对科学哲学、科学社会学、科学学等产生深远的影响。

四、科学史和历史科学的互补关系

在这里,需要特别提出的是,科学史的外史趋向有利于科学史和历史科学的结合。首先,外史的研究不需要太多的科学专门知识,这有利于历史学科出身的人参加工作。其次,研究科学发展的政治、经济、文化、社会背景,科学史家必须依靠历史学家的合作。自然科学要和社会科学建立联盟,研究科学史是一个渠道。要消

^① 此文见 N. I. Bukharin et al., *Science at the Cross Road*, pp. 147-212, London: 1931, 1st edition; 1971, 2nd edition with a new Forward by Joseph Needham and a new Introduction by P. G. Werskey. 此文中译名《牛顿原理》,何封译,上海:新知书店,1936年。原文名“*The Social and Economic Roots of Newton's Principa*”。

除斯诺所说两种文化之间的隔阂,学习科学史是一种办法。

科学史研究需要历史学家们的合作,这是很显然的。中国科学院自然科学史委员会成立之初,就包括了侯外庐、向达等几位历史学家,这个人事上的安排即是明证。但是,另一方面,历史学家也有赖于科学史的工作。第一,能够制造工具,是人区别于动物的重要标志;生产工具的进步是历史发展的重要标志,所谓旧石器时代、新石器时代、青铜时代、铁器时代、蒸汽机时代等,就是按生产工具来分的;而生产工具的制造则有赖于科学技术的进步。因此,深入研究科学、技术和生产这三者之间的相互关系,对于全面地了解社会发展史是非常必要的。这三者之间的关系非常复杂,在不同的时代、不同的国家或地区都有所不同,只有历史学家和科学史家合作,具体情况具体分析,才能给出准确的答案。

第二,科学不但作为一种物质文明影响着生产力的发展,它还作为一种精神文明影响着人们思想意识的发展。哥白尼的日心地动说,达尔文的进化论,作为一个历史学家如果对这些自然科学理论视而不见,听而不闻,那他很难对历史作出公正而全面的论述。因此,历史学家不但要从生产力的角度,还要从意识形态的角度注视科学史的研究成果。

第三,考古学的新发现,可以丰富科学史研究的内容,这是大家有目共睹。李约瑟在他的巨著《中国科学技术史》(又名《中国的科学与文明》)第一卷第一章《序言》中说研究中国科学史必须具备六个条件:①必须有一定的科学素养;②必须很熟悉欧洲科学史;③必须对欧洲科学发展的社会背景和经济背景有所了解;④必须亲身体验过中国人民的生活;⑤必须懂中文;⑥必须获得中国科学家和学者们的广泛支持。接着,他带着当仁不让的口气说:“所有这些难得的综合条件,恰巧我都具备了。”他确实都具备了,竺可桢先生一次送他的礼物《古今图书集成》,就是一万卷。但是,光读万卷书还是不够,这三十多年来,他每次来中国,都要到考古研究所,到许多省市,去看考古新发掘,所以后来有一次,他对夏鼐说,应该补充第七个条件:必须对于中国考古学有所了解。夏鼐编他的论文集《考古学和科技史》,在《编后记》中说:“第一篇《考古学和科技史》可算是全书的《代序》。这篇内容,在表面上是介绍自1966年以来我国有关科技史的考古新发现,实际上是想说明考古资料对于科技史研究工作的重要性,同时也是告诉考古工作的同行们,应该设法取得科技工作者的协助,以解决考古学上的问题,有些同时也是科技史上的重要问题。”^①关于湖南长沙马王堆汉墓出土文物和湖北隋县曾侯乙墓出土文物等的综合研究,都是考古学家和科学史家合作的重要成果。河南省考古工作者带头筹备成立省科学技术史学会不是偶然的。

第四,按照传统的说法,历史学家要掌握四项基本知识,即:职官、年代、版本、

① 夏鼐:《考古学和科技史》,135页,北京:科学出版社,1979年。

目录。其中年代学即和天文学史发生密切关系,尤其上古史的研究,更是离不开天文学方法。前巴比伦王朝开始于何时? 1911年库格勒(F. X. Kugler, 1862~1929)根据泥砖上一段关于金星的纪录,断定前巴比伦王朝开始于公元前2225年,汉谟拉比(Hammurabi)在位时间是公元前2123年至公元前2081年之间;但最近的研究,有人认为库格勒的计算可能是错误的,整个时代要晚约400年:前巴比伦王朝在公元前1894~公元前1595年之间,汉谟拉比在位时间是公元前1792~1750年之间。这样一来,也就和中国的夏朝相当了。

中国的《书经·胤征》篇有“乃季秋月朔,辰弗集于房”的记载,一般史学家认为这是发生在夏朝仲康时期的一次日食,但具体是何年,历来有所争论,最近美国彭颺钧考虑到地球自转的不均匀性,利用电子计算机算出这次日食发生在西元前1876年10月16日,当时的地球自转周期比现在短千分之六十秒。武王伐纣发生在哪一年,也是一个悬而未决的问题,有人主张发生在公元前1122年,有人主张发生在公元前1027年,上下相差达95年。1978年张钰哲把《淮南子·兵略训》中武王伐纣时有彗星出现的一段话,当作是哈雷彗星出现的记载,从而由哈雷彗星的轨道元素回推得武王伐纣为公元前1057年。但是,这个记载的可靠性是有问题的,从武王伐纣到编写《淮南子》已过了八九百年。就算这段记载是可靠的,也不一定指的是哈雷彗星,因为还有其他周期彗星或非周期彗星,也相当亮。最近黄一农将有一篇重要文章《中国古史中的“五星聚舍”天象》^①,对近几年来美国班大卫(D. W. Pankenier)等人利用天象纪录对武王伐纣、夏桀以至夏禹等年代所作的断定进行质疑,历史学家们应该关心这方面的进展。

五、简短的结论

由以上的讨论可以看出,科学史是一门历史科学,但是是一门具有特殊研究对象的历史科学。它的研究者除了要接受历史学的训练外,还必须有自然科学的素养。它的内容基本上可以分为两大方面:(一)研究科学发展本身的逻辑规律;(二)研究科学发展和各种社会现象(政治、经济、宗教和文化等)之间的互动关系。这些研究对进行科学研究、制定科技政策、搞好科技管理、进行科学教育都有参考价值;对在更深的层次上认识人类社会的历史也是必要的。因此我们希望历史学家热情帮助科学史家,和科学史家密切合作,努力发展这一学科。当然,对于中国科学史来说,我们还有一个继承遗产和总结经验的问题,更应该受到重视。

(本文选自席泽宗著《科学史十论》,复旦大学出版社,2003年,15~27页。)

^① 见 *Early China*, Vol. 15 (1990), pp. 97-112.

1.5 科学史发展概貌

赫尔奇·克拉夫

尽管科学史作为一个自主的学术性学科只是在 20 世纪才得到发展,但是,也许可以正当地说成是早期形式的科学史的那些活动,却已经进行了若干世纪。历史的描述和分析总是跟随着科学的发展。的确,甚至以前对于科学史的某种肤浅考虑也告诉人们,现代科学史中讨论的许多史学中心问题在更早的世纪也能够遇到。

在科学发展的大多数时期,都是把科学史作为完全不能与科学加以区分的一种历史传统的一部分来认识和修习的。尤其是在古典时代和中世纪,通常的科学修习形式必须包括与更早的思想家有关的内容。人们对古典著作加以批判评注和分析,以此作为新思想的出发点,并对人们当时关心的问题有所贡献。当亚里士多德想就有关原子和虚空说些什么的时候,他的脑海中就会再现有关原子论历史的方方面面,并且开始与早就去世了的德漠克利特进行一场讨论。当一位希腊数学家打算解一道题时,很自然的方式便是从叙述那个特定主题的历史开始,人们认为叙述历史是该问题的一个组成部分。

古典史学家们首先和主要感兴趣的是同时代的历史,并不认为从某种历史视角考察更早的事件或发展很有价值。这种与时事有关,因此从某种意义上说与历史无关的态度,基于希腊人对批判历史方法的想法:相信唯一可靠的原始材料是目击者,即亲临所讨论的事件现场的人,本身能够接受史学家盘问的人。作为这种态度的结果,希腊人的历史视角多半局限在个别的世代。

缺乏真正的历史视角还在于另一个因素,即盛行的时间观和靠不住的年表。对于希腊人来说,时间通常是循环的,或者就某个短时期而言是静态的。这种时间概念不赞成基本的历史发展观念,而按照基本的历史发展观念,现代的各种观念和事件都被看成是过去的动力学结果。希腊人没有给事件注明日期的传统,或者说对此不感兴趣,他们通常凑合着注明事件发生在“很久以前”。精确地注明时间并且按照年月顺序把各个事件加以排列,主要与某种线性的时间概念密切相关。一种线性的、动力学的时间观主要源于犹太教—基督教的思想,但是直到中世纪,它才在欧洲广泛流传。

我们有关古典形式的科学史知识,由于几乎完全缺乏最原始的材料而受到很大的局限。例如,我们知道生活在公元前 4 世纪的欧德摩斯(Eudemus)撰写了一部天文学史和一部数学史,但是这两部著作却失传了。我们所拥有的知识,主要来自后来活动于古典时期末或中世纪初的注释者们。其中一个例子是普罗克拉斯

(Proclus, 420~485),他写了一部对欧几里得数学进行历史阐述的著作。另一个例子是辛普里丘(Simplicius, 540),他对亚里士多德的自然哲学著作做了详细注解,与此相联系,他还对更早的自然哲学家们所持有的观念做了说明。普罗克拉斯、辛普里丘等人所做的注释,可以合理地看作是后古典时期的科学史。

16和17世纪,当新科学形成之时,历史仍然被认为是科学知识的一个必不可少的组成部分。从哥白尼到哈维(Harvey),新科学的先驱们都认为,历史,尤其是古典史确实就与当时的科学进步有关。科学革命期间,古典权威们常常被当作意识形态争论中的敌手。同时,历史起着论证新科学合法性的作用。借助于提及过去的伟大哲学家,科学也能够沾上一些高雅色彩。

从17世纪末开始,对古典权威的态度发生了变化。以牺牲古代知识为代价去突出现代世界的知识,这种做法变得很平常。许多新科学的先驱都受到新教观点的强烈影响:他们把古希腊的学问当作异端批判,并且要把科学追溯至始于希腊时代之前的《圣经》中的知识。只要不知道这样的知识,那就根据《圣经》去建构。在许多认为摩西具有洞察自然规律的天赋才能的人当中,便有赛纳尔(Sennert)、波义耳和牛顿。(Sailor, 1964,重刊于Russell, 1979, 5~19页;亦见Hunter, 1981)他们认为,原子论的存在不应当归功于异教徒和无神论者德谟克利特,而应当归功于先知摩西。这种观点促使原子论在17世纪带上社会权威的色彩。逐渐地,当人们认可科学凭自身的资格就有价值时,便没有必要把时代作为合法化的手段,提及伟大的先驱似乎也是多余的了。

约瑟夫·普里斯特利(Joseph Priestley)的《电学的历史与现状》(*The History and Present State of Electricity*, 1767)以及《与视觉、光线和颜色有关的发现的历史与现状》(*History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, 1772),很好地说明了对早期科学大加打扮的历史形式。这是两部有关当时前沿研究的开创性著作,不过还是以“历史”面貌出现的。许多人认为,历史发展是他们的科学中一个自然的部分,是对已经取得的成就和尚未解决的问题的清理。普里斯特利便是其中的一位。这样,历史在当时的科学中便被赋予了某种作用。法国天文学家和天文史学家让-西尔万·巴伊(Jean-Sylvain Bailly)完全与普里斯特利一致,认为科学史是关于“我们已经做的和我们能够做的事情”的报告(Bailly, 1782,卷3,315页)。

对普里斯特利及其同时代人来说,科学史主要是一种工具,其价值与当时正在进行的研究的进展有密切关系(Prestley, 1775, VI~VII页)。

我们获悉,伟大的征服者们通过阅读以前的征服者们的事迹,既受到激励,又在很大程度上得到塑造。为什么不可以期待哲学史对哲学家们产生同样的效果呢?既然如此,为什么不可以期待更多的东西呢?……既然如此,熟知人们在我们之前所做的事情即使不会绝对必然地,也会极大地促进我们将来的进步。科学的

高级阶段比初级阶段更需要这些历史。目前,哲学发现如此之多,对它们的阐述如此分散,使得把人们已经得到的所有知识作为自己探索的基础加以掌握,超出了任何人的能力范围。这种情况在我看来已经极大地阻碍了发现的进步。

作为这种看法的一个自然推论,作为该时期对进步的总的信念,科学史被毫不含糊地描绘成进步的历史(Prestley, 1775, XI页)。

我本人对电学家们的错误、误解和争论通常不予理会,而且我认为我一直在坚持这么做;……我倒乐意忘却一切无助于发现真理的争论。我确实敢说,决不应当让后代知道在我特别喜欢研究的那些令人钦佩者之中,曾经有过任何诸如嫉妒、猜忌或者挑剔之类的事情。

当普里斯特利用科学史为同时代的科学服务时,其他人则把它用于有关正确方法论和新科学政策的争论。一个早期的经典例子便是托马斯·斯普拉特(Thomas Sprat)1667年的《皇家学会史》(*History of the Royal Society*)。此书最重要的目的不是对皇家学会的建立做出客观的、历史的阐述,而是起一种论战和政治作用。1667年,皇家学会作为一个正式的机构只存在了5年,但是它作为一系列非正式团体的工作和想象的结果,大约在1640年就形成了。新科学应当追求的方法、观念和组织形式,是1670年左右许多讨论的主题。斯普拉特的《皇家学会史》对这场争论是一个贡献,它所针对的是未来而不是过去。由于斯普拉特认为某些发起者(威尔金斯[Wilkins]、波义耳、培根等)就是皇家学会的精神先驱,拒绝考虑其他人(特别是笛卡尔和伽桑狄[Gassendi])的重要性,由于斯普拉特的著作取得了权威的地位,它便规定了皇家学会将来所要遵循的科学观。皇家学会以及人们组织的与之有关的活动必须以经验主义的科学观为基础,而不是以笛卡尔那样的大陆思想家们所采纳的较多的演绎主义思想为基础。

应当注意,人们在17和18世纪所使用的“历史的”这个词的意义与今天使用的意义不同。“历史现象”通常是指某个具体的、真实的现象,“历史”的意思则只是对真实情况的叙述,而这些情况不必是属于过去的。例如,培根所提到的将来科学必须研究的“历史”,便与具体问题或者研究领域有关。我们在“博物学”(natural history)这个术语中保留了“历史”一词的这种意义。

对过去的研究实质上就是对重要性的研究,因而不是就当下而论所需要的对合法性的研究,这种真正的历史视角在19世纪之前几乎不存在。公认有个别思想家,尤其是意大利哲学家詹巴蒂斯塔·维科(Giambattista Vico, 1668~1744),强调了历史视角的价值。但是维科的思想在整个18世纪还是孤立的,该世纪突出表现出来的倾向只能描述成是反历史的倾向。启蒙运动时期把历史看成是在反对旧的封建秩序的斗争中取得进步的手段。只有新近的发展才是值得关心的,而过去则被普遍认为是荒谬、低级的。许多人相信,科学史研究有助于提高对科学思想如何形成的认识,莱布尼兹便是其中的一位。他认为,科学史是对系统表述他和其他

许多人所梦想的发现的艺术(*ars inveniendi*)所做出的贡献(Leibniz, 1849~1863, 卷5, 392页)。

它对于开始了解伟大的发现,尤其是那些不是碰巧而是通过思考做出的发现的真实根源,大有裨益。其结果是,不仅科学史承认了每个人所做出的贡献(即确定客观的历史事实),其他人受到鼓励去获得类似的名声(即起激励作用的伟大典范),而且当人们通过杰出的范例找到研究途径时,发现的艺术(*ars inveniendi*)便得到发展。

尽管关于发现的逻辑的想法逐渐受到了怀疑,但是科学史的示范功能——即现代研究能够从对早期研究的成败的历史阐释中得到借鉴——仍然是一个重要的主题。一个世纪以后,威廉·惠威尔(William Whewell)割断了与莱布尼兹所理解的那种关于发现的逻辑的想法的关系。但是,惠威尔也认为科学史的研究是为类似的理由进行辩护。1837年,他写道(Whewell, 1837, 卷1, 42页):

考查我们的先辈获得我们的智识遗产时所留下的足迹……可以教育我们如何改善和增加我们的知识储备……并且给我们指出某种最有希望的模式,指导将来的努力方向,使之更加广泛,更加全面。从人类知识的既往历史推出这样的教训,原本就是导致当下的工作这样一个目的。

对进步和科学的强烈信念,是18世纪文化的特有品质,这在科学史作品中也得到了反映。在该世纪的最后四分之一时间内,出版了许多历史著作,包括有关个别学科发展概况的阐述,历史传记以及对较短时段的阐述。巴伊在1775~1782年之间撰写了一系列天文学史著作,哈勒(Haller)1771~1788年之间出版了一套对早期科学家和医生的生平与著作进行历史分析的号称“文库”的集成。^①

启蒙运动时代的科学史带有一种朴素的科学和社会乐观主义的印记,这种乐观主义并不能够认识到科学是一种特有的历史现象。那个时代科学史的长处在于年代学细节和对主题的概述而不是历史反思。现代科学的突现被认为是欧洲人种所继承的对知识的渴求所致,这种渴求是唯一能够发现科学表达方式的一种品质,而科学表达方式则与反抗那些被看作是教会的压制权力的东西有关。科学一旦突现,就不会受到阻止,而会迅速达到极致。启蒙运动时代的许多哲学家——包括狄德罗、杜尔哥以及孔多塞这样的显要人物——都认为物理学和天文学中已经达到了这种极致状态,只留下细节要去填充。缺乏历史意识,也是盛行的认知观的结果,尤其是笛卡尔的理性主义思想,在许多领域被法国哲学家们所采纳。根据笛卡尔的认识论,认知纯粹是沉思性和理性的,是普遍的、与历史无关的抽象。理性本身不会依历史而定,这就取消了真正的思想史和科学史的基础。

18世纪末在北欧自然哲学中得到传播的浪漫主义潮流,对科学史学也有影响。

^① Engelhardt(1979)中给出了更详尽的文献目录信息。

浪漫主义包含的历史感大体上要强于18和19世纪的标准。较之别的东西,历史被认为是比较相对的,也就是说,每个时期、每种文化的特殊价值和固有理性得到了承认。浪漫主义的思想家们对那种被称作历时史学的东西有一种清晰的理解,这种历时史学建立在认为应当在过去的前提下评价过去这一思想基础之上。例如,这在他们对于中世纪,对于诸如占星术和炼金术之类非正统知识形态的同情态度上,便得到了反映。奥斯特(Ørsted)阐述了中世纪的自然哲学,对其进行了公开的批判,但是与18世纪反映出来的态度不同,这种批判表现出一定的同情态度。奥斯特说:“炼金术不是随意盲目的,而是流行的物理学中绝对必不可少的一个元素。所有的自然哲学家都在寻找哲人石,因为当时不存在其他物理学而且没有其他物理学能够出现……。”(译自 Ørsted, 1856, 122 页)

然而,主导的自然哲学(*Naturphilosophen*)培育出了一种以对时代精神的直觉和思辨洞察为基础的历史观。这是一种与浪漫主义时期未得到发展的批判的、系统的史学相反的观点。浪漫主义者们并不认为精确性、原始材料批判方法以及历史事实的可靠性是什么优点。亨里克·斯特芬斯(Henrick Steffens, 1773~1845)教导说,这样的努力作为一种观念对历史是有害的。他写道:“有些研究历史的学者们觉得,他们顺着汹涌澎湃的历史之河,随着它的幽幽支流,一直走到污秽的水坑,才能够得到安宁,而这,就是他们所谓的原始材料研究。”(转引自 Engelhardt, 1979, 112 页)在其纲领性的《哲学演讲集》(*Philosophical Lectures*)中,他提出了类似的批评,该书还向史学家和自然科学家介绍了一条整体论的进路。他有一段话谈到,对真正的哲学家来说,感觉或直觉把整个自然在时间和空间上连为一体(Steffens, 1968, 28 页):

我们借此便可以理解那些思维方式和外部存在状态与我们的时代完全不同的时代。如果我们埋头于此,我们就会放弃那种智识上的理性假定:把我们自己的时代及其思维方式当作衡量一切的规范;它将向我们提供过去隐而不露的各个时代的喉舌。

作为19世纪形成的科学生活职业化和组织化的结果,人们对科学史产生了一定的兴趣。但这主要是对技术性和专业性问题的兴趣。日益傲慢的自然科学把它们与人文远远隔离开来,科学史与诸如哲学、文明史以及历史理论之类的领域之间出现了分裂。认为哲学能够向科学史学习而后者却没有什麼要向哲学学习的感觉盛行起来。惠威尔便是一例,他嘲笑传统逻辑的例子,“就像探寻真理的笑柄一样无聊,就像同一个主旋律的胡乱变奏一样单调”(Whewell, 1867, 186 页)。

对科学方法以及科学可能获得的成功往往是过于傲慢的自信,伴随着19世纪的实证主义潮流,导致科学史采取了一种相对非历史的形式。由于认为科学方法是明确而通用的,历史视角便变得狭隘起来,兴趣也集中在同时代的科学及其直接前身上。伟大的化学家尤斯图斯·李比希(Justus Liebig, 1803~1873)把这一

点说得很明确：“如果在自然科学领域内不可能判断功过，那么在任何领域内都不可能判断功过，历史研究便成为一种空洞无聊的活动。”(Liebig, 1874, 256页)

18和19世纪，科学家们通常在他们的著作中写有一个“历史导论”，概述相应主题的研究史，把自己的工作置于该传统之中；同时，强调他们自己工作的独创性和意义。达尔文的“历史概述”便是一个例子，他把它收入后来各版《物种起源》之中。在这个概述中，他对从拉马克的进化概念直到他自己的贡献，作了历史阐述和评价(Darwin, 1872)。这种历史导论对于现代史学家们来说，通常是值得注意的文献，当然，应当批判地阅读它们。它们反映作者的情况多于有关主题的历史情况。

艾萨克·托德亨特(Isaac Todhunter, 1820~1884)撰写了一系列有关数学和物理学科的历史著作，他也许可以作为19世纪专题科学史学家的例子(Todhunter, 1861; 1865; 1873)。这些给人印象深刻的著作单凭它们的范围和大量细节，在今天就仍然值得查阅；但是它们的技术水平使非数学家难以读懂它们，而且按照现代的标准，几乎不能认为它们是科学史。托德亨特的著作代表了大约已经存在了200年的一种典型的科学史：职业科学家们撰写与他们自己学科的现状有关的历史。这些著作大部分都极为忽视（而且仍然忽视）历史视角，片面地倾全力于精确的专题阐述。仅仅只有几位杰出的学者能够把专业知识与真正的历史意识和历史知识结合起来。今天，这种巧妙的结合几乎不再存在了。

威廉·惠威尔(1794~1866)有时候被描绘成第一位现代科学史学家，他试图对归纳科学的历史发展给予综合性的清理(Whewell, 1837; 1840)。在惠威尔看来，就他那个时期一般而论，科学是一种纯粹的欧洲现象，而不应该归功于其他文化或时代。但是对于科学为什么与欧洲思想有密切关系，或者它为什么在16和17世纪兴起，惠威尔没有做出解释。他的目的与其说是在史境中理解各门科学，倒不如说是阐述对它们的哲学理解。原创的历史学术，例如原始材料的研究，就被置于惠威尔的计划之外，他的计划以综合地但有些随意地阅读同时代材料为基础。他不仅把科学史作为论证哲学论点的一大堆例子，而且要以精确的科学方法论为基础，乃至从历史中引申出这样的方法论。他坚决主张，历史仅仅是科学哲学知识合用的原始材料。这种观点有时被认为是与“逻辑主义”观点相对的“历史主义”，按照逻辑主义的观点，逻辑标准决定科学哲学，而历史在原则上则是不相干的。惠威尔的同时代人、哲学家约翰·斯图尔特·穆勒(John Stuart Mill, 1806~1873)坚持与逻辑主义很接近的立场(Mill, 1843; 参见 Losee, 1983)。

惠威尔的科学史似乎是从哲学上定向的那种历史的典范，这种历史在该世纪的后期，尤其被那些受实证主义鼓舞的学者们所采纳和发展。马赫(Mach)、贝特洛(Berthelot)、奥斯特瓦尔德(Ostwald)和迪昂(Duhem)都是把专业见识与对科学史的哲学兴趣结合起来的杰出科学家。考虑到与历史无关的科学观后来成为逻辑实证主义的一个特点，早期的实证主义在其论证中积极利用科学史，这在某种意义上

还是值得注意的。奥斯特瓦尔德对科学史的兴趣,反映在他重印出版的物理学和化学经典论著丛书,即所谓《奥斯特瓦尔德经典著作》(*Ostwald's Classic*)丛书中(Ostwald, 1889)。这套丛书始于1889年,迄今为止已经翻译出版了250余卷原始文献。奥斯特瓦尔德出版这么多卷丛书的目的,是为了让科学家们容易接近他们前辈的原始论著,使他们不致被迫去阅读这些论著的摘录或二手改写本。20年以后,卡尔·祖德霍夫(Karl Sudhoff)开始出版一套相应的医学经典著作丛书(Sudhoff, 1910)。

科学、哲学与历史的整合,在奥地利物理学家和哲学家恩斯特·马赫(1838~1916)身上表现得更加明显。马赫认为,历史方法最适合于透彻理解科学方法的目的。《力学》(*Die Mechanik*)可能是马赫最重要的著作,它代表了他的科学史观。(Mach, 1960)^①马赫的目的主要是哲学上的,因为他与过去的科学家们展开对话,通过对话批评他们的方法,发挥他自己的认识论和方法论。马赫对因果关系概念以及对牛顿时空观的著名批判,是他的历史批判方法的结果。这种方法向马赫表明,牛顿力学非但不是绝对和完美的,而是“历史的意外”。马赫把他对于科学史功能的看法作了如下描述(Mach, 1883;引自1960年英文版,316页):

我们亦将认识到,不仅后来被教师们接受和传播的各种思想对于历史地理解科学是必须的,而且研究者们被抛弃了的、暂存的思想,甚至那些明显错误的想法,也许都是非常重要、很有教益的。对一门科学发展的历史进行探索极为必要,以免深藏于其中的原理变成一套没有得到完全理解的命令,或者更糟,变成一套偏见。历史探索指出科学的存在在很大程度上是平常而又偶然的,这不仅有助于理解科学的现状,而且还会把可能发生的新事情带至我们的面前。从不同的思想途径得以交汇的观点出发,我们可以用比较自由的视角环顾我们的周围,并且发现前所未知的航线。

从19世纪中期开始,比惠威尔和马赫更富于历史意识的史学开始缓慢地发展。这种情况的发生受到诸如黑格尔、浪漫主义以及柏林学派(利奥波德·冯·兰克、巴特尔德·尼布尔)发展起来的新历史方法之类的形形色色创始者们的影响。其中,兰克(1795~1886)强调了历史知识的客观性和自主性,强调必须在过去本身的基础上而不是在当代的前提下理解过去。他还为原始材料的系统批判奠定了基础,并且提出了透彻研究原始材料和精确注明文献出处要求。一般公认,新的科学的史学是针对该时期的历史职业——主要是政治史和外交史——而不是针对科学的,人们认为科学不是一门历史学科。不过,柏林学派的标准也影响了少数科学史学家。

可以举出一个例子,说明它在化学史学中的影响。赫尔曼·柯普(Hermann

^① 马赫的科学史概念,见 Blüh(1968)和 Hiebert(1970)。

Kopp, 1817~1892)批判了纯粹的按年代学的史学及其把化学中的一切进步都看成是按照某种线性标度直指现代的倾向(Kopp, 1843~1847)。他的同时代人、法国科学史学家费迪南·霍费(Ferdinand Hoefler, 1811~1878)同样相当多地使用了批判方法(Hoefler, 1842~1843)。^① 他把自己的工作置于对原始文献研究的基础之上,把医学史、艺术史和技术史方面的原始材料结合起来,并且对专注于进步的作品采取一种批判的态度。然而,霍费使用现代批判方法在19世纪并不具有典型性,当时还没有认识到像精确地注明文献出处以及区分一手材料和二手材料这样的基本要求的必要性。前面提到的马赫的《力学》,在这一方面就很典型。马赫的著作以综合性地阅读原始材料为基础,但在他的许多引文中,他并没有不怕麻烦地注明这些引文出自何处。

与以各门学科为中心的分析性历史相对照的,是强调科学的统一及其与社会和文化生活的相互影响的综合史。奥古斯特·孔德(Auguste Comte, 1798~1857)与其实证主义纲领相一致,赞同这种科学史。1832年,尽管未能成功,但他呼吁在法兰西学院设立一个科学史教授职位:这样的职位,即世界上的第一个科学史教授职位,终于在1892年设立,并且授给了孔德的一位忠实信徒。^② 这位实证主义之父写道(译自 Fichant and Pécheux, 1972, 52页):

只有现在,设立一个这样的教授职位才会有意义,因为在现时代之前,自然哲学的不同分支尚不具备定形的特征,还未显示出它们多方面的联系。……在我们的这个认识阶段,人类知识就所涉及到的实证部分而言,能够看成是一个单元,因此其历史随之也能够理解。但是科学史没有这种统一是不可能的,它力图使这种科学的统一更为完整,更加明显。

孔德的实证科学史纲领,就像他的许多想法一样,仅仅只是纲领而已。它仍然重要,部分原因是它后来对史学家的激励,部分原因是它包含了新的思想。例如,孔德强调了两种基本不同的介绍和理解科学的方法,他把这两种方法分别称为历史方法和教条方法。后者基本上是与历史无关的教科书方法,按照这种方法,一门科学学科与其他学科截然不同,而且要逻辑清晰地加以介绍。根据孔德的看法,这对于哲学和教学法上的道理来说是必须的,但却无助于理解科学的真正本质。各门学科的专门的历史正好与这个目的不相适应,因为它们人为地把各门科学(*sciences*)的发展与科学(*science*)的发展,即历史方法唯一真正的对象割裂开来(Comte, 1830;译文载 Andreski, 1974, 52页)。

即使严格遵循所谓历史的说明模式,去说明各门科学的细节,这种模式在最重

^① Weyer(1974)中给出了关于化学史学的细节。

^② 这位教授就是一位叫做皮埃尔·拉菲特(Pierre Laffitte)的人,他是巴黎实证主义教派的一位领袖,但作为一位科学史学家完全不称职。见 Paul(1976)。

要的方面仍然会是假定性质和无实际意义的,因为它会认为那门科学的发展是孤立的。这非但没有展示那门科学的真正历史,反而在传播那门科学的历史时会给人们造成一种完全虚假的印象。当然,我确信科学史极为重要。我甚至认为,只要一个人不了解一门科学的历史,那么他就不完全了解那门科学。但是必须认为这样的研究与对科学的教条式研究完全不同,而没有教条式研究,历史亦会难以得到理解。

因此,按照孔德的看法,历史态度与教条态度的关系是辩证的:为了解一门科学就必须理解它的社会学和历史;但是如果理解其历史而又不让它堕落成为一大堆毫无生气的年代学材料,科学教条知识又是必不可少的。教条的或逻辑的秩序对于历史诠释将会起一种理论框架的作用。

孔德的科学发展观具有一种名副其实的历史视角。尽管孔德的哲学把实证主义科学作为其最高目标,追求进步,但是他并不认为炼金术、占星术、神秘教义等等仅仅只是错误,只是科学真理发展的障碍。例如,他注意到这一事实,即“黑暗的”中世纪在人类文化的发展中是一个必不可少的阶段,应当心怀好感地把它看成是它依据自己的权利而生存的一个时期。应当明白,这样恢复中世纪科学的地位,是以18世纪人们作出了巨大而成功的努力,把中世纪描绘成一个黑暗时代(*temps ténébreux*,或者如惠威尔后来所翻译的,是“一个午觉”)这样一个背景下进行的。伏尔泰和法国百科全书派人物是进行这种描写的典型,因此他们强调新科学的独特性和先进性。

尽管孔德赞成用历史的态度对待科学,但他本人对科学史所做的贡献却是肤浅的,其价值也值得怀疑。对于孔德来说,科学史也只是在它可能会与某种一般的哲学体系有关的范围内才具有重要性。在他看来,原始材料和历史材料所起的作用,就像它们对于19世纪其他体系的哲学家们(例如斯宾塞、穆勒、黑格尔、恩格斯和杜林)所起的作用一样,并不大。

现代社会主义的奠基人马克思和恩格斯清楚地意识到,中世纪的神话不符合历史事实,只是意识形态上的安慰。由于这种神话,“对很强的历史连续性的理性洞察被描绘成不可能的,而历史至多只会起搜集例子的作用,起哲学家们用作例子的作用”(Engles, 1886;这里转引自丹麦译本,Marx and Engles, 1971,卷2,372页)。马克思和恩格斯的著作中发现的唯物主义科学史的基本原理,在19世纪没有得到发展,当时史学家们大都忽视了科学发展与经济和政治发展的相互关系。一般公认,特别是在有关化学史和医学史的作品中,才有少数例外。值得提到的是英—德化学家卡尔·肖莱马(Carl Schorlemmer, 1834~1892),他是马克思和恩格斯的亲密朋友,马克思主义的社会主义的支持者。肖莱马在一部有机化学史著作中,运用了马克思主义理论的某些部分,包括历史唯物主义和辩证唯物主义(Schorlemmer, 1879)。这是第一部可以正当地称为马克思主义的科学史著作,而

且它也是半个世纪之中唯一的一部。

19世纪末,一些科学家中存在一种倾向,这就是牺牲包括历史在内的人文学科中盛行的方法,片面强调科学方法。著名科学家们,如斐尔绍(Virchow)、海克尔(Haeckel)和奥斯特瓦尔德,坚决主张应当从根本上改造历史研究,使之服从于新科学对文化的支配。他们无论如何都没有受到过马克思的影响,但却轻蔑地谈到传统的“资产阶级的历史”把注意力集中在国王、战争和外交上。他们要用某种以科学进步为基础的一般的历史去取代这种历史。自然,职业史学家们做出反应,强烈反对那些在他们看来是傲慢而又放肆的关于科学的主张。在德国,像德罗伊森(Droysen)、狄尔泰(Dilthey)、梅涅克(Meinecke)那样的哲学家们,强调历史是一门人文学科,一门精神学科(*a Geisteswissenschaft*),其方法和目标与自然科学不相容。用来把知识分成两类的这个明显的界限,有助于理解这样的事实,即公认的史学家们大体上都忽视科学与文化的历史。这两个领域丢给了科学家和业余的史学家。当然,科学史在德国科学家们对一般文化史的印象之中,担负着中心角色。例如,生理学家和物理学家埃米尔·杜·博伊斯-赖蒙(Emil Du Bois-Reymond, 1818~1896)就断定,“自然科学是纯粹的文化喉舌,而科学史则完全是人类的历史”(Du Bois-Reymond, 1886, 271页;参见 Mann, 1980)。

一定数量的科学史是出自爱国动机写出来的,其目的在于引起对本民族科学优点的注意,或者在于论证民族优先权的需要。例如,拉乌尔·雅格诺(Raoul Jagnaux, 1845~?)把化学基本上描述成为一门法国的科学。法国的史学家和化学家们的做法就是对拉瓦锡(Lavoisier)的近乎宗教式的崇拜,他不仅被认为是化学的奠基者,而且还被当做法国力量的象征(Jagnaux, 1891;亦见 Bensaude-Vincent, 1983)。许多德国人极度轻视拉瓦锡在历史上的重要性,而去强调早期德国化学家,譬如帕拉塞尔苏斯(Paracelsus)和施塔尔(Stahl)的作用。这种带有民族主义动机的历史意味着,科学已经成为声望的一种标志,成为民族傲慢的一种意识形态因素。科学史在教权主义与自由主义之间的论战中也起了一定的作用。在几部历史著作中,教会被指责为科学进步的敌人,而且还被说成是人类进步的敌人(Draper, 1875)。

直到20世纪初,分散的活动才被组织起来,科学史作为一种独立的职业才开始确立。第一次国际会议1900年在巴黎举行,后来接着便是一系列定期的类似会议。另一个职业化的标志就是各种国际性的科学史研究学会的建立。德国1901年成立了一个医学史与自然科学史学会(Gesellschaft für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften),这比美国成立科学史学会早23年。与各种学会相联系,人们创办了几种交流历史研究信息的期刊。1902年《医学史与自然科学史通报》(*Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften*)创刊,1908年卡尔·祖德霍夫(1853~1938)创办了《医学史档案》(*Archiv für Geschichte der Medizin*),即人们通常所说的祖德霍夫档案。同时,设立了第一个

科学史教授职位。

医学史的职业化较之科学史的情况稍微要早些。从19世纪中期开始,在几所欧洲大学里便有了正式的医学史课程。从1893年起,彼得森(J. J. Petersen)在哥本哈根大学担任医学史教授,1905年医学史研究所(Institut für Geschichte der Medizin)在莱比锡成立。总的说来,医学史学的发展一直独立于科学史的其他部分。今天,仍然必须把它看成是一个自主的分支,它所具有的许多问题和重要性与其他领域都不同。^①

就对新的科学史组织的影响而言,保罗·唐内里(Paul Tannery, 1843~1904)大概是最重要的人。如果有什么人是“现代科学史运动的真正奠基人”的话,那么这个人就是唐内里(Guerlac, 1963, 807页)。^②像孔德一样,唐内里认为科学史是一般的人类历史的一个必要的组成部分,而不仅仅是属于各专门科学的一系列学科的分支。到当时为止,构成科学史绝大部分的还是各门特定科学的历史。他对这类历史的批判态度,在下列引文中可以看出(Tannery, 1912~1950, 卷10, 106页;这里转引自Hall, 1969, 212页):

一位科学家,就其身份来说,他仅仅描绘了他本人所研究的那门特定科学的历史;他总是要求写这种历史要交待每个可能的技术细节,因为只有这样它才能给他提供可能有用的材料。但是,他特别需要的将是对于各种思想的脉络以及各种发现的联系的研究。他的首要目的当是按其原有方式重新发现其前辈们实际思想的表达方式;当是阐释在流行理论的建构中起过作用的各种方法,以便发现在哪一点上,对于哪个目标可以做出努力,进行创新。

这个话题,即特定学科的专门史与一般或综合科学史之间的关系,仍然是史学家之间的一个争论点。

比埃尔·迪昂(1861~1916)既是一位科学哲学家,又是一位重要的化学家和物理学家。他集中研究了中世纪和文艺复兴时期物理科学的发展。迪昂是一位虔诚的天主教徒,他试图在大量的著作中论证,所谓的科学革命只不过是已经被中世纪的学者们发展了的理论和方法的自然延伸(Duhem, 1905~1907; 1906~1913; 1913~1959)。迪昂写道:“那些一直被设想为科学革命的东西,几乎总只是缓慢的、经过长期准备的进化。……尊重传统是科学进步的一个重要的先决条件。”(Duhem, 1905~1907, 卷1, 111页)迪昂也强调中世纪的理论和方法在很大程度上归功于基督教的世界图景。他那给人深刻印象的研究方案没有立即得到重视,只是后来才在其他史学家手中接着继续下去。

^① 涉及医学史的文献浩瀚。这方面的介绍见Pelling(1983)。

^② 可以在Thackray(1980)和Corsi and Weindling(1983)中找到科学史发展的详尽文献目录信息。

迪昂把他的批判研究置于对原始文本的详尽研究的基础之上,并且建立了严格的文献考证的新标准。他关于科学连续性以及基督教中世纪具有决定性的重要意义的理论并非没有异议;但是他的论证和文献考证在现代科学史中还是起了很大的作用。大约与迪昂同时,德国人埃米尔·沃尔维尔(Emil Wohlwill)也对相同的时期和问题进行研究,把注意力放在中世纪后期和文艺复兴时期科学的意义上(Wohlwill, 1909)。迪昂和沃尔维尔的工作后来便成了一个科学史学派的基础,这个学派包括梅尔(A. Maier)、克龙比(A. C. Crombie)和克拉杰特(M. Clagett)在内,集中研究的是科学革命的前身。

科学史活动大约在20世纪初的复兴,受惠于考古学、人类学和语文学诸领域里的新发现。源材料的新发现开阔了科学史的眼界,展现了前所未有的科学文化,这些文化甚至比受人尊崇的希腊人更加古老。举一个例子来说,丹麦语文学家海贝尔(J. L. Heiberg, 1854~1928)1906年在伊斯坦布尔发现的一部手稿,直接导致了对阿基米得(Archimedes)方法的全新理解,间接则导致了对希腊数学的全新理解(Heiberg, 1912)。同样,有关埃及人的知识以及巴比伦的数学和天文学,在很大程度上归功于考古学家和语文学家们在19世纪末所做的译解工作。大约在1800年,东印度公司的英国学者们已经在搜集早期印度数学的原始材料。从1858年开始,古埃及的数学也得到了研究,当时苏格兰的埃及学家A. 亨利·赖因德(A. Henry Rhind)发现了一张很长的写满了数学例子和计算公式的纸莎草纸。

科学史复兴的另一个原因是,人们,甚至职业的史学家们刚开始认识到科学是一个重要的历史因素。也许可以挑选梅尔茨(J. T. Merz, 1840~1922),作为很早就试图把科学算作更一般的文化描述的一部分的一位典型代表(Merz, 1896~1914)。人们按照唐内里的思想写出了许多范围广泛、雄心勃勃的科学史,试图把科学的一般发展作为一个整体加以勾勒和描述。这些著作,例如丹内曼(Danneman)和达姆施泰特(Darmstaedter)的著作,就是当时那种雄心勃勃潮流的纪念碑,它们给人的印象深刻,但证明都不具有持久的价值(Dannemann, 1910~1913; Darmstaedter, 1906)。

最后,科学史大约在20世纪初成为人们日益感兴趣的对象,是由于它的教育价值。许多作者和教师鼓吹着重用历史方法学习科学学科。但是,很少有人实行。在物理科学中,这种做法的代言人是马赫,稍后一点是丹内曼和格里姆泽尔(Grimsehl)(Dannemann, 1906; Grimesehl, 1911)。在法国,迪昂把历史方法鼓吹成是“使那些正在学习物理学的人们对这门科学非常复杂而又充满生气的机体有一个正确、清晰的见解的最好方法,甚至可以肯定是唯一的方法。”(Duhem, 1974, 269页)

我们将谈谈比利时裔美国人乔治·萨顿(George Sarton, 1884~1946),以此结束对科学史发展轮廓的勾勒。萨顿受到孔德和唐内里的影响,他想使类似的科学史观成为惯常的观点,就是说,综合性的统一以及对进步的信念是这种科学史观的

主要元素。萨顿写了许多文章,发展了他的纲领,指出科学史应当是个什么样子(Sarton, 1936;1948;1952);并且,他按照这些方针努力工作,把这个领域组织成一个学术性学科。至少按照现代标准,他的观点有点儿天真,而且惊人地与历史无关。^① 萨顿纲领中的某些中心论点如下:

(1) 对过去的科学进行研究本身没有价值,但只要通过它与当代和未来科学的关联性,便可证明这种研究是有道理的。科学史能够而且应当对当代研究给以激励,提供教训。部分地由于这个原因,史学家精通现代科学很有必要,因为他正在研究的就是现代科学的前身。

(2) 科学是“系统化的实证知识,或者是在不同时代、不同地方被当作这类知识的东西”,同时,“实证知识的获得和系统化仅仅是真正累积渐进的人类活动”(Sarton, 1936, 5 页)。一般公认,史学家不应当因为过去的科学没有达到我们当代知识的水平而去批评它,但是他应当对前人的贡献进行评价;进行评价时,他应当集中考虑有关的发展是否构成一个前进的足迹。可以利用现代的进步和合理性标准来确定达到这种情况的程度。正是现代科学史学家,才在这些标准的基础上,确定过去的科学何时是以真正的科学原理为基础,何时只是伪科学。例如,萨顿拒绝考虑盖伦(Galen)的生理学理论,因为他认为它们是思辨的怪念头,完全不是本应具有科学标志的实证知识。

(3) 即使科学的发展在原则上应当作为相应时期社会和文化潮流的一个必不可少的组成部分加以研究,然而,社会经济条件对科学生活并没有很深的影响。萨顿实行和鼓吹的这种科学史是内在主义的。它所集中关注的科学是孤立、自主的体系,它所集中关注的伟大天才人物则是这种体系的载体。

(4) 当用历史视角进行考察时,科学就是纯粹的好东西。它是人类的恩主,是真正民主、真正国际性的。科学史研究不仅会有助于制止战争,而且还将建造起连接人文文化和技术—科学文化的桥梁。

萨顿的纲领实际上没有实现,而且几乎从来都不可能实现。萨顿本人写就了至 14 世纪止的科学史“导论”,这是一部长达 4 200 页的皇皇巨著,但是,无论是这部著作,还是具有同样的宏篇风格的其他著作,对现代科学史来说都没有重大意义(Sarton, 1927~1948)。实际上,史学家们远远偏离了萨顿所强调的理想,转到大都是今天在各种会议和其他正式场合所听到的观念上去了。萨顿对科学史的不朽贡献,尤其表现在他做出的有力而且大部分是成功的努力,使这门学科获得了公认的学术性职业的地位。他是一位孜孜不倦的科学史宣传家,他成功地使科学家、人

^① 鲁珀特·霍尔把萨顿描绘成“一位非常博学的人”,但又说“从各个方面来看,人们不能不纳闷儿,他到底是不是一位科学史学家。”(Hall, 1969, 215 页)根据托马斯·库恩所说,“科学史学家们应当无限感激已故的萨顿在确立他们的职业中所起的作用,但是他所宣传的他们的专业形象仍然危害甚多,虽然长期以来人们一直都在拒斥这个形象。”(Kuhn, 1977, 148 页)

文学者和行政官员为了这门学科的利益而联合起来。人们总想把他称作科学史的培根。但他不是科学史的牛顿。

萨顿最重要的贡献是在美国做出的,那里从19世纪末就有几所大学在教授科学史,那里的思想风气对他的梦想也极为合拍。美国对科学史的早期兴趣,与想把学生吸引到先进的自然科学上来的愿望有密切关系。它在很大程度上有一种宣传、传教的性质。科学史必须为道德目的服务,必须清楚地阐述科学理性在全世界凯旋式的进步。萨顿到达美国的前一年,即1914年,就有一份说明书上说,“对各部门科学的概览,有助于增进彼此的尊重,有助于加强人道主义的情操。具有各种信仰和各种肤色的人都可以学习科学史,科学史不可能不会在每一位青年男女的心中树立起对人类进步,对整个人类的良好愿望的信念。”(Libby, 1914;这里转引自Thackray, 1980,456页)

当然,萨顿不是新的科学史运动的唯一组织者。至少,还应当提到查尔斯·辛格(Charles Singer, 1876~1960)。他于1923年在伦敦的大学学院负责建立了科学史与科学方法系。辛格的科学史观大体上与萨顿的一致。

我们就在这里结束我们的科学史学史纲要。后来发展部分将在以下各章讨论。

参考文献

- Andreski, S., ed. (1974). *The Essential Comte*. London: Croom Helm.
- Bailly, J. S. (1782). *Histoire de l'astronomie*. 3卷, Paris.
- Bensaude-Vincent, B. (1983). "A founder myth in the history of science? The Lavoisier case." In Graham, Lepenies and Weingart (1893), pp. 53-78.
- Blüh, O. (1968). "Ernst Mach as an historian of physics," *Centaurus*, 13, 62-84.
- Crombie, A. C., ed. (1963). *Scientific Change*. London: Heinemann.
- Danneman, F. (1906). *Quellenbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften in Deutschland*. Leipzig.
- Danneman, F. (1910-1913). *Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhang*. 4卷, Leipzig.
- Darmstaedter, L. (1906). *Handbuch zue Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*. Berlin.
- Darwin, C. (1872). *On the Origin of Species*. 第6版. London.
- Draper, J. W. (1875). *History of the Conflict between Religion and Science*. New York.
- Du Bois-Reymond, E. (1886). *Reden*. Leipzig.
- Duhem, P. (1905-1907). *Les origines de la statique*. 2卷, Paris.
- Duhem, P. (1906-1913). *Ztudes sur Léonard de Vinci*. 3卷, Paris.
- Duhem, P. (1913-1959). *Le système du monde*. 10卷, Paris.
- Duhem, P. (1974). *The Aim and Structure of Physical Theory*. New York: Atheneum. 第一

- 版: Paris, 1906.
- Durbin, P. T. ed. (1980). *A Guide to the Culture of Science, Technology and Medicine*. New York: Free Press.
- Engelhardt, D. (1979). *Historisches Bewusstsein in der Naturwissenschaft*. Freiburg: Alber.
- Engels, F. (1886). *Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie*. Stuttgart.
- Fichant, M. and Pécheux, M. (1971). *Om Vetenskpernas Historia*. Stockholm: Bo Cavefors(此瑞典文译本译自 *Sur l'histoire des science*, Paris: Maspero, 1969).
- Graham, L., Lepenies, W. and Weingart, P. eds. (1893). *Functions and Uses of Disciplinary Histories*, Dordrecht: D. Reidel.
- Grimesehl, E. (1911). *Didaktik und Methodik der Physik*. Munich.
- Guerlac, H. (1963). "Some historical assumptions of the history of science." In Crombie (1963), pp. 797 - 812.
- Hall, A. Rupert (1969). "Can the history of science be history?" *British Journal for the History of Science*, 4, 207 - 220.
- Heiberg, J. L. (1912). *Naturwissenschaften und Mathematik im Klassischen Altertum*. Leipzig: Teubner.
- Hiebert, E. N. (1960). "Mach's philosophical use of the history of science." In Stuewer (1970), pp. 184 - 203.
- Hunter, M. (1981). *Science and Society in Restoration England*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jagnaux, R. (1891). *Historie de la chimie*. Paris
- Leibniz, G. W. (1849 - 1863). *Mathematische Schriften*. Berlin.
- Libby, W. (1914). "The history of science." *Science*, 40, 670 - 673.
- Liebig, J. V. (1874). *Reden und Abhandlungen*. Leipzig.
- Losee, J. (1983). "Whewell and Mill on the relation between philosophy of science and history of science." *Studies in History and Philosophy of Science*, 14, 113 - 126.
- Mach, E. (1960). *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of its Development*. LaSalle (Illinois): Open Court. 初版: Leipzig, 1883.
- Mann, G. (1980). "Geschichte als Wissenschaft und Wissenschaftsgeschichte bei Du Bois-Reymond." *Historische Zeitschrift*, 231, 75 - 100.
- Marx, K. and Engels, F. (1971). *Karl Marx og Friedrich Engels*. Udvalgte Skrifter. 2 卷, Copenhagen: Tidens Forlag.
- Mill, J. S. (1843). *A System of Logic*. 2 卷, London.
- Ørsted, H. C. (1856). *Ånden i Naturen*. Copenhagen. First published Copenhagen, 1851 (英文译本: *The Soul in Nature*, London, 1852).
- Ostwald, W., ed. (1889). *Klassiker der Exakten Naturwissenschaften*. Leizig.
- Paul, H. W. (1976). "Scholarship versus ideology: the chair of the general history of science at the Collège de France, 1892 - 1913." *Isis*, 67, 376 - 398.

- Priestly, J. (1775). *The History and Present State of Electricity*. London. 首次出版: London, 1767.
- Sailor, D. B. (1964). "Moses and atomism." *Journal of the History of Ideas*, 25, 3-16. 重刊于 Russell (1979), pp. 5-19.
- Sarton, G. (1927-1948). *An Introduction to the History of Science*. 3卷, Baltimore: Williams and Wilkins.
- Sarton, G. (1936). *The Study of the History of Science*. Cambridge (Mass): Harvard University Press.
- Sarton, G. (1948). *The Life of Science*. New York: Henry Schuman.
- Sarton, G. (1952). *Horus. A Guide to the History of Science*. Waluham (Mass): Chronica Botanica.
- Schorlemmer, C. (1879). *The Rise and Development of Organic Chemistry*. Manchester.
- Stuewer, R. H., ed. (1970). *Historical and Philosophical Perspectives of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Sudhoff, K. ed. (1910). *Klassiker der Medizin*. Leipzig.
- Tannery, P. (1912-1950). *Mémoires Scientifiques*. 17卷, Paris: Gauthier-Villars.
- Thackray, A. (1980). "History of science." In Durbin (1980), pp. 3-69.
- Todhunter, I. (1861). *History of the Calculus of Variations during the Nineteenth Century*. Cambridge.
- Todhunter, I. (1865). *History of the Mathematical Theory of Probability*. Cambridge.
- Todhunter, I. (1873). *A History of the Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth*. Cambridge.
- Whewell, W. (1837). *History of the Inductive Sciences*. 3卷, London. 重印: London: Cass, 1967.
- Whewell, W. (1840). *The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded upon their History*. 2卷, London.
- Whewell, W. (1867). "On the influence of the history of science upon intellectual education." In Youmans (1867), pp. 163-189.
- Wohlwill, E. (1909). *Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre*. 2卷, Hamburg.
- Youmans, E. L., ed. (1867). *Modern Culture*. London.

(本文选自赫尔奇·克拉夫:《科学史学异论》,任定成译,北京大学出版社,2005年,1~20页。)

延伸阅读

[澳大利亚]艾伦·查尔默斯:《科学究竟是什么》,邱仁宗译,河北科学技术出

出版社,2002年。

[德]汉斯·波塞尔:《科学:什么是科学》,李文潮译,上海:上海三联书店,2002年。

[美]乔治·萨顿:《科学史和新人文主义》,陈恒六等译,上海:上海交通大学出版社,2007年。

刘兵:历史的辉格解释与科学史,《自然辩证法通讯》1991年13卷1期,44~52页。

关增建:科学技术史功能新论,《大自然探索》,1995(01)。

袁江洋:科学史编史思想的发展线索——兼论科学编史学学术结构,《自然辩证法研究》,1997(12)。

袁江洋:科学史的向度,《自然科学史研究》,1999(02)。

江晓原:为什么需要科学史——《简明科学技术史》导论,《上海交通大学学报(哲学社会科学版)》,2000(04)。

袁江洋、刘钝:科学史在中国的再建制化问题之探讨(上),《自然辩证法研究》,2000(02)。

袁江洋、刘钝:科学史在中国的再建制化问题之探讨(下),《自然辩证法研究》,2000(03)。

王大明、郭继贤:走向开放的科学史研究——关于科学史学科性质的思考,《自然辩证法研究》,2002(12)。

吴国盛:科学史的意义,《中国科技史料》,2005(01)。

第2编 曾经多元：起源时期、古典时期和 中世纪的科学

导 读

本编收录的5篇文章，主要涉及起源时期、古典时期和中世纪的科学史研究。需要说明的是，对这里所谓的起源时期，其实很难划出一个确定的年代起迄范围。按照林德伯格在《科学及其起源》^[1]一篇中的处理，科学的起源时期对应于美索不达米亚和埃及古代文明的繁荣时期。鉴于科学一词的用法在不同语境中所呈现出来的复杂情形，林德伯格先在“什么是科学”一节中分析了科学一词包含的8种涵义，并认为消除这种歧义是不可能的，也是不必要的。他认为，研究历史上的科学，需要一个相当宽泛的定义。“追溯的历史年代越久远，所需的科学概念就越宽泛。”（[1], p. 3）这一点应该是可以理解并要牢记的，因为从历史的角度来看，不存在一成不变的科学。

在“史前人类对待自然的态度”一节中，林德伯格试图对史前人类面对和应付大自然的某种状态给出一些推断，他认为“从实用或技术的涵义上讲，史前人类的知识显然相当丰富且不断积累”（[1], p. 5）。但知道如何去做（技术）是一回事，知道事物为什么如此（科学）是另一回事。史前人类对他们生活在其中的世界的起源、本质、以及层出不穷的现象的起因“知道”或相信些什么？他们意识到具体事件背后有普适的定律或原理在起作用吗？他们是否会提出这类问题？对文字产生之前的史前文化，我们几乎找不到可靠的证据来回答这些问题。对此，林德伯格采用了19和20世纪的人类学家对无文字部落的研究成果，对一些史前思想——主要是世界观和宇宙观的内容——的遗迹作了一些推测。当然，对人类学家所采用的证据和得到的结论我们还须保持一定程度的警惕，因为后来证明他们研究的那些部落中有些不是原始的，而是退化了的。

到了对“埃及和美索不达米亚科学的起源”进行研究时，人们终于可以站在比较结实的基础之上了。借助那些纸草书和泥板书，埃及和美索不达米亚的数学、天文学和医学等科学成就得以清晰再现。一般认为，这两种古代文明的科学成就是

“希腊奇迹”得以产生的背景和土壤。这些成就“进入并帮助形成了希腊自然哲学”([1], p. 21)。

不同文明的科学呈现出各自不同的特性,它们在某些领域内各有擅长,譬如在天文学领域,希腊人精于几何化的形象;巴比伦人精于代数化的精确。而这两者的相逢,产生了托勒密的《至大论》。普赖斯的《科学文明的特性》^[2]一文主要就是在比较巴比伦和希腊文明的基础上来阐明不同特性的科学文明有其各自的重要性,而尤其重要的是,让它们“相逢”。因为这样的“相逢”很可能是偶然的,所以也是难得的。正是有了巴比伦这个古代世界的熔炉,才炼出了希腊化天文学这样一颗特异的果实。

亚述人、埃及人、希腊人、罗马人、印加人、中国人、印度人和阿拉伯人等不同民族都创造了他们各自不同的文明。普赖斯意味深长地指出,从一个能同时观照这些不同文明的宽广视角来看,把那种发端于希腊、罗马,经过拜占庭和伊斯兰传递到中世纪欧洲,然后经文艺复兴、工业革命直到当代的文明,看成是唯一走在正轨上的文明,“此种观点也许是一种自然的虚荣心理,另一个更合理的观点则提出了这样的可能性,即恰恰是我们的文明可能不在正轨上。”([2], p. 3)考虑到作者明显认识到不同文明的“杂交优势”,所以他的这种看法与其说是反映了他作为西方人的谦虚,还不如说是展示了他宽广的历史视野。

在作者看来,一些“正常文明”,譬如埃及文明、中国文明和印度文明等,它们有各自比较单一的特性,各自平稳地发展着,只有当一些外来的异质的特性侵入时,才会带来文明发展的转折点。有些课题,正常文明只有发展到其成熟时期才会遇到。而托勒密理论显然是巴比伦文明和希腊文明“早恋”的结果,作者称其为“早期出现的强烈的不可能事件”([2], p. 13)。

明确认识到和阐述了这种文明杂交优势之后,作者在文章的最后对现实中的专业培训提出了一些有意义的想法,譬如给生物学家开代数拓扑课程之类,虽然稍嫌夸张,但“妖蛾子”往往就是这么孵出来的。因为“历史地看,其中许多只是偶然事件的结果,而非深思熟虑的计划”([2], p. 16),所以作者“感到有必要更清楚地理解这种杂交优势的历史过程,并且用这种理解去更好地计划我们的科学教育和研究设施,从而可以面对着日益增长的专业化趋势和偏远学科相互作用机会日益减少的情况,给我们的科学家提供所有可能的机会。”([2], p. 16)从普赖斯的这些话中,我们感受到了科学史研究的一种现实意义。

不仅是托勒密体系,就是整个希腊文明,也被称作是一个“奇迹”。科学在古希腊是哲学的一个方面,它一开始就有重视理论思维、重视理性探索的特征。在毕达哥拉斯主义和柏拉图主义的影响下,古希腊科学中含有特别重的数学尤其几何学的

成分。公理化和演绎推理的方法被运用到各门学科中去。到希腊化时期,逻辑推理的方法、严格定量的数学方法都已趋成熟,实验的方法也初露端倪。这些都为近代自然科学的形成做好了准备,近代自然科学就是从古希腊的自然哲学演进而生的。

然而,如果只是把古希腊的科学当作一种历史陈迹来缅怀,那它的意义总是有限的。薛定谔,一位量子物理学家,在他的《自然和古希腊》一书的第一章中提出了“为何追溯古代思想”的问题,^[3]他的回答又一次证明历史具有一种现实作用。因为薛定谔看到了:“一是当今时代人类已普遍达到的理智和情感的状况。二是几乎所有基础科学都处于非常严峻的形势下,……陷入了窘迫境地”(〔3〕,p. 11)。

关于第一点,薛定谔在文章中进一步描述了这种普遍状况,即科学、哲学、宗教各个领域互相忽略对方、甚至蔑视对方的状况,他把这种状况比作“人类是在戴着眼罩、沿着中间隔着墙的、艰难曲折的两条不同小路朝同一目标前进,而且并未全力以赴地去完全理解自然和人类处境,或最低限度地完成对我们研究工作内在统一性的安慰性认识”(〔3〕,p. 16)。薛定谔相信,在希腊古代,那堵墙是不存在的,道路只有一条。我们应该能够“从令人神往的远古的统一中学习点什么”(〔3〕,p. 17)。

对于第二点,现代基础科学面临的困境,薛定谔无疑比别人具有更深刻的体会。对于相对论和量子力学这两场物理学革命造成的对一些物理学思想基础的动摇,薛定谔是有他自己的想法的。譬如许多人认为“观察者与被观察物体界限的崩溃”是很重要的思想革命,但他认为这“并无深刻意义,只是被过高估计的暂时性状况”(〔3〕,p. 20)。当人们遇到山穷水尽的地步时,才想起“开始构筑近代科学的思想家并没有从起跑线开始”(〔3〕,p. 20)。这激励人们去努力研究古希腊的思想,“这不仅有望发掘出被人遗忘的智慧,也有希望发现从源头开始长期形成的错误。这种错误在源头更容易被认识。”(〔3〕,p. 21)

薛定谔不是一位专业的科学史家,他的这篇文章也许算不上一篇好的科学史专业论文。但是,在对“希腊奇迹”的研究已经汗牛充栋的情况下,选录这样一篇文章,是看重其中的思想性和启发性。面对量化考核,我们可以理直气壮地说“科学史无用”;但是面对整个人类文明的历史和现状,科学史的重要性便时常渗透在像薛定谔这样的思想家的深邃思想中。

按照萨顿在《古代和中世纪的科学传统》^[4]一篇中的说法,“希腊奇迹”的含义是双重的,即“创造的奇迹和传播的奇迹”(〔4〕,p. 131)。因为在希腊的创造奇迹得以充分展现之后,历史似乎有她自己的安排,近代自然科学产生的时机似乎还没有到来。古希腊科学就像是一个早产的婴儿,被放入了隔离箱中。在接下来漫长的一千多年间,罗马帝国征服希腊、基督教西进、北方蛮族入侵文明世界等事件接连发生,几乎让这个早产儿夭折。萨顿的这篇文章要讲述的就是这个“传播的奇迹”。

在漫长的中世纪,希腊科学失了去生长发育的环境,但古代世界的科学文化知识

还是主要经过了以下三条途径而被近代世界所继承：1. 修道院制度和在它基础上发展起来的中世纪综合大学；2. 东罗马首都君士坦丁堡的拜占庭文化；3. 阿拉伯文化。

在西欧进入最黑暗时期之际，出现了一种后来成为欧洲新秩序中心的势力，这就是本尼狄克特（480～544年）创立的修道院制度。到7、8世纪，本尼狄克特教派的修道院迅速蔓延起来，所到之处都成为光明的中心，举起了教化、教养的旗帜，他们保持着某种初步的小学教育，扩充各种有用的学术，复制和收藏书籍。附属与本尼狄克特教派寺院的各个学校以后都发展为中世纪时期的综合大学。因此修道院制度为保存古代文明的一点血脉起了一定的作用。

在西欧蛮族最猖獗的时期，拜占庭帝国还是维持了一个文明的背景。拜占庭的官方语言是希腊语而不是拉丁语，流行于君士坦丁堡的传统，也是比罗马帝国更古老的由亚历山大大帝建立的希腊化文明。所以，从古典时代经过拜占庭遗留下来的知识，即使在衰微的时候，也如火炬一样照亮黑暗欧洲的一方，照亮了西方走向学术复兴的道路。

然而，以上两条传递古代知识的途径，在重要性方面都不能与第三条途径，即阿拉伯文化相提并论。阿拉伯人在其教主穆罕默德所创立的伊斯兰教教义的鼓舞下，领土迅速扩张，而与此伴随的是他们吸收被征服国更古老更丰富文明的惊人能力。有人把阿拉伯人建立的科学文化说成是无意中造了一个“冷藏库”，在黑暗的中世纪保持和维护了古代科学的巨大躯体。这个比喻只能说明阿拉伯人功绩中的一部分，在阿拉伯科学的许多方面，并非仅仅处于旁支地位，而是在从希腊到阿拉伯、再到近代欧洲这三大阶段中占据着第二段的高级位置。

在620年到650年的短短三十年间，阿拉伯人征服了阿拉伯、叙利亚、波斯、埃及等地。一百五十年后，最著名的阿拔斯王朝哈里发诃伦-阿尔-拉西德奖励翻译希腊作家的著作，因而促成了阿拉伯学术大时代的开始。

起先进展缓慢，因为必须创立一些适于表达哲学和科学思想的新名词和文章结构，使之融合在叙利亚与阿拉伯的语言中。阿拉伯人和处在阿拉伯人势力之下的民族的任务是，第一、要发现隐藏起来并且被忘记的希腊知识的宝藏；第二、要把他们所发现的宝藏融合在他们自己的语言与文化里面；最后、再加上他们自己的贡献。

开始阿拉伯学者的兴趣主要集中在医学和物理学著作的翻译上，但很快就转向了天文学、数学和哲学著作。像欧几里得的《几何原本》和托勒密的《至大论》（*Almagest*）都被翻译成了阿拉伯语。特别现在所用的《至大论》这一书名就是阿拉伯人定下的。

希腊文化并不是阿拉伯文化汲取的唯一源泉。阿拉伯人还借取了印度人的成就，来丰富自己的文化，尤其在数学领域的成就。

即使阿拉伯人只是吸收和保存希腊和印度知识，它在自然科学发展中的历史意义，就已经比中世纪拜占庭和西欧所做的总和大得多了。阿拉伯远远领先的一

点还在于,许多阿拉伯学者做出了他们独立的发现,丰富了当时的科学内容,提高了当时的科学水平。从8世纪到11世纪,以炼金术(alchemy)之父杰伯尔、代数学(algebra)创始人阿尔-花拉子模、物理学家阿尔-黑森以及集阿拉伯医学大成的阿维森那等为代表的阿拉伯科学,成为科学史上—朵灿烂的奇葩。阿拉伯人在数学、天文学和化学领域内取得的成就,使得阿拉伯科学成为那个时代世界科学史的主流。

经历了黑暗的西欧在一些地方重新建立起了秩序,人们渴求知识的热情高涨起来。但是与他们有某种联系的先人建造起来的知识大厦,已经在他们这块土地上彻底垮塌。这时阿拉伯人继承和创造的知识再次显示了其特殊的历史地位。

阿拉伯人建立的环绕地中海的庞大帝国,使得他们与欧洲有多条接触和交流的途径。东边的叙利亚过去是连接希腊和阿拉伯的纽带,后来又成为拉丁世界从阿拉伯人那里获取希腊知识的主要窗口之一。

意大利南部和西西里是阿拉伯文化向欧洲传播的另一个重要窗口。在这些地方有不少著作从阿拉伯语和希腊语翻译成拉丁语。因为这里同君士坦丁堡有外交和商务上的关系,而且还居住着一些阿拉伯人和希腊人。托勒密的《光学》、亚里士多德的《动物学》、《形而上学》和《物理学》等以及其他在西方出现的许多书籍都在这些地方被翻译出来。

一度被纳入阿拉伯帝国版图的西班牙更是阿拉伯与欧洲交流的最重要、最活跃的地区。西班牙的科尔多巴和格拉纳达两省曾是伊斯兰文化的大本营。托莱多是文化交流和传播的中心,该地在1085年被基督徒从阿拉伯人手里夺回,但依然是东方科学的立足之地。这里居住着许多翻译家,他们在许多领域里孜孜不倦地工作着。由于他们的工作,亚里士多德、托勒密、欧几里得和阿维森纳、阿维罗伊以及其他阿拉伯天文学家与数学家的著作,还有一大堆星占学和炼金术书籍,被介绍给欧洲人。

而12、13世纪拉丁基督教从阿拉伯文化中吸取智慧和知识的热情,和当年阿拉伯吸取希腊知识的情况可谓交相辉映。阿拉伯知识通过前述各条途径流向欧洲的各个主要城市,在一些地方甚至形成了阿拉伯学术的研究中心。这时阿拉伯语被公认为学术研究的经典语言,凡用阿拉伯语写成的著作都被认为是权威的。一些学术界的精英人物都从事阿拉伯学术的介绍、翻译和研究工作。或者说应该成是,正是他们从事了阿拉伯学术的介绍、翻译和研究工作才成了学术界的精英。

在那个时代,说阿拉伯话的民族以及杂居期间的犹太人对于科学感到真正的兴趣,中世纪欧洲正是由于同伊斯兰教国家接触,才从早期的观点过渡到一个比较富于理性主义的心理习惯。

以上这些叙述,作为导读来说,也许已经显得冗长,但是对于古代知识如何经过中世纪和阿拉伯人的传递最后在近代的欧洲汇聚这个过程还只是交代了一个大概。如果说这里叙述了大动脉的走向,那么萨顿的研究就是在血管和毛细血管层面上给出了详尽的描述。读者可以从他的文章中去深入领略这个“传播的奇迹”。

本书第一编的第一篇文章是萨顿的《四条指导思想》，其中第三条是“东方思想的巨大价值”，本编收录的萨顿这一篇《科学史中的东方和西方》^[5]可以看成是对这一条指导思想的具体贯彻和阐释。

萨顿在文章的一开始把整个人类文明的发展比作是一个人的成长，如果只了解近代以来的现代科学就好比之了解一个人的成年阶段。而一个人“只有经历童年和少年的漫长岁月才能达到成熟”（[5], p. 112）。如果一本人物传记从传主 30 岁开始，他那时已经结婚生子，工作也已经卓有成效，这样一本传记是令人失望的。同样，“一部科学史如果仅从 16 或者 17 世纪开始，不但是不完全的而且是根本错误的”（[5], p. 112）。而萨顿指出，令人遗憾的是现在很多缺乏文化训练的科学家，不喜欢追溯过去。他们甚至认为“每一件有价值的事情都是在 19 世纪或者 20 世纪完成的”（[5], p. 113）。这种认识毫无疑问是错误的。

在做了这样一个具有启发性的类比之后，萨顿进一步明确指出进行科学史研究有两大理由：“一是纯粹历史的理由，分析文明的发展，也就是了解人；另一个是哲学上的理由，了解科学的更深刻的意义。”（[5], p. 115）不管从哪一个意义上说，古代和中世纪的科学史和现代科学史至少具有同等的价值。仅仅了解其中之一，就不能真正了解科学史，也不能真正了解文明史。

“光明从东方来！”（[5], p. 116）如果要追溯科学的古代历史，那么我们必须把眼光转向东方，因为“我们最早的科学正是起源于东方”（[5], p. 116）。文章在接下来的篇幅中，从古巴比伦和古埃及人的数学、医学和天文学说起，强调了些东方科学知识如何为“希腊奇迹”做好了准备，提供了基础。萨顿称“希腊科学的基础完全是东方的”（[5], p. 121），如果没有“埃及父亲”和“美索不达米亚母亲”，就不会有一位“希腊天才”降生。当希腊天才创造了现代科学的开端时，一个地中海东边的民族希伯来的先知们在一神教教义中确立了人类道德的统一，成为现代西方文明“双希传统”中的另一个源头。

当罗马帝国的征服最后导致古典知识的衰落时，东方的阿拉伯人制止了这个过程，萨顿把这称作是“东方智慧的第三次大浪潮”（[5], p. 124），创造的推动力第三次来自东方。萨顿接下来具体地介绍了以阿拉伯人为主的穆斯林文化在科学史上的地位和贡献，所提到的这些具体的人和事可以看成是对上一篇《古代和中世纪的科学传统》中有关内容的充实和补充。萨顿曾经发愿写作一部宏伟的科学史通史，但最终未能如愿完成，他把主要经历投放在了前半部分，即古代和中世纪，他不小心成了一位中世纪科学史专家，所以萨顿在本篇中说起这些阿拉伯科学史内容来更是得心应手、如数家珍。

文章的最后，萨顿从非常广泛的观点出发，把科学史分成四个阶段（[5], p. 138）：第一个是埃及和美索不达米亚知识的经验发展阶段；第二个阶段是希腊人建立的理性基础；第三个阶段是到萨顿那时人们还不大了解的中世纪。按照萨顿的

观点,这个阶段固然有大量的徘徊摸索,但取得的一个主要成果是实验精神的孕育,推动了向第四个阶段,也就是现代科学阶段转化。萨顿指出在这四个阶段中,第一个阶段全然是东方的;第三个阶段主要是东方的;第二和第四个阶段是西方的。萨顿强调,尽管从现状来看东方和西方是对立的,但是“科学的种子,包括实验方法和数学,实际上科学全部形式的种子是来自东方的”;“正如东方需要西方一样,今日的西方仍然需要东方”([5],p.140)。

当萨顿在进行西方和东方这样的两分法时,和当他强调着“东方思想的巨大价值”时,在我们看来也许还留有一点淡淡的“西方中心主义”立场的影子。但是这毕竟比那种骄傲的、盛气凌人的西方态度已经公正、平和得多了。萨顿相信人类知识是统一的——他的四条科学史研究指导思想中的第一条,“人类的统一包括东方与西方”,“东方和西方,谁说二者永不碰头?它们在伟大艺术家的灵魂中相聚,……它们在伟大科学家的头脑中相会”([5],p.142),从这些萨顿的话里体会到的,不只是萨顿在书斋里要实现的一己之理想,而更是他在现实生活中身体力行并要推而广之的人生态度。

参考文献

- [1] [美]戴维·林德伯格.西方科学的起源.王珺,刘晓峰,周文峰,王细荣译.中国对外翻译出版公司,2001年:1-21页.
- [2] [美]D.普赖斯.巴比伦以来的科学.王静,张风格译.中共中央党校出版社,1992年:1-20页.
- [3] [奥]埃尔温·薛定谔.自然与古希腊.颜锋译.上海科学技术出版社,2002年:9-23页.
- [4] [美]乔治·萨顿.科学的历史研究.刘兵,陈恒六,仲维光编译.上海交通大学出版社,2007年:129-166页.
- [5] [美]乔治·萨顿.科学的生命——文明史论集.刘珺珺译.商务印书馆,1987年:112-143页.

2.1 科学及其起源

戴维·林德伯格

什么是科学

什么是科学的本质?这是数个世纪以来人们激烈争论的一个主题,参加争论的有科学家、哲学家、历史学家以及其他有关的人。虽然仍未得出一致意见,但有关科学的几个概念已得到有利的支持。

(1) 一种观点认为,科学是人类藉此获取对外界环境控制的行为模式。由此,科学就与工匠传统和技术紧密关联,于是持这一派观点的人认为,当史前人类在学习如何加工金属或致力于农业丰收时,他们对科学的进步就已经有所贡献了。

(2) 另一种观点认为应该把科学与技术严加区分,科学是理论形态的知识体系,技术则是应用理论知识来解决实际问题。由此看来,汽车的设计和制造技术当区别于对其具有指导作用的理论机械学、空气动力学以及其他一些理论学科。这样,只有理论学科才能被作为“科学”。

赞同第二种观点的人认为科学是理论知识,但并不是都同意所有理论(不论其特性和内容)都是科学,对这些人来说,定义什么是科学的任务才刚刚开始。如果他们希望把某些理论排除在科学之外,他们必须提出判明某一理论是科学而另一理论不是科学的标准。

(3) 因此,依据理论的陈述形式来定义科学是现在流行的做法。陈述形式应当是一般的、定律式的陈述,最好以数学语言表达。这样,波义耳定律(由罗伯特·波义耳(Robert Boyle)在17世纪提出)就表述为,如其他一切保持不变,气体的压力与它的体积成反比。

(4) 如果这种标准显得太严格,科学还可以从方法论的角度来定义。这样,科学就与具体的一套程序联系在一起,通常是探明自然奥秘和证实或证伪某一有关自然特性理论的实验程序。因此,一个陈述如果而且只有以实验为依据,才是科学的。

(5) 这种定义很容易导致以下的情况,即试图根据对科学的认识论态度(即紧紧抱住自己的理由不放),甚或根据实践者坚持其教条的固执程度来定义科学。由此,伯特兰·罗素(Bertrand Russell)曾经说:“不能根据从事科学活动的人相信什么来评判他是不是一个科学家,而要根据他如何和为什么相信。科学家的信念是尝试性的、非教条的,他们以证据为基础,而不以权威或直觉为基础。”^①据此观点,科学应是个人获取知识和评判知识的某种独特方法。

(6) 在很多情况下,科学并不是以它的方法论或认识论态度来定义的,而是依据其陈述的内容。这样科学就是具体的一套关于自然的信念,多少与现行的物理学、化学、生物学、地质学的学说相仿。根据这样的标准检验,炼金术、占星术和泛心理学都是非科学的。

(7) “科学”和“科学的”这两个术语经常用来指具有严格、精确或客观等特性的过程或信念。根据这种用法,夏洛克·福尔摩斯(Sherlock Holmes)采取了科学的方法进行犯罪调查。

(8) 最后,“科学”和“科学的”往往仅仅用来作为一般表示同意的用语,用以形容我们希望表示赞赏的事物。

^① Bertrand Russell 著 *A History of Western Philosophy*, 第二版, p. 514.

上述回顾简短且不甚完整,但它所要表明的东西我认为在本书开篇即应搞清楚。也就是说,许多词语(包括大多数我们感兴趣的词语)都具有多义现象,在具体的语境中意义有所不同。这些意义有时能够相互兼容、相互补充,有时则无法做到。而且,试图消除这种用法上的分歧似将劳而无功。毕竟,语言不是关于宇宙本质的一套规则,而是为一群人所采用的一套常规。上面讨论的“科学”一词的每一种涵义,都作为一种约定俗成成为众多的人们所接受。要让他们放弃自己所赞成的“科学”一词的用法,不经过一场战斗是不可能的。或者稍稍换个角度来说,词汇编纂这门学问必须致力的是描述而不是规定。因此,我们必须承认,“科学”一词具有不同的涵义,每一种都合乎情理。

即使我们能够对现代科学下一个人人满意的定义,历史学家仍然面临一个让他们头痛的问题。如果科学史家只把过去那些与现代科学相仿的实践活动和信念作为他们的研究对象,结果将是对历史的歪曲。这一歪曲之所以在所难免,因为科学的内容、形式、方法和作用都已发生了变化。这样,历史学家面对的就不是一个过去实存的历史,而是透过不完全相符的网格去看历史。如果我们希望公正地从事历史研究这一事业,就必须把历史真实本身作为我们研究的对象。这就意味着我们必须抵抗诱惑,不在历史上为现代科学搜寻榜样或先兆。我们必须尊重先辈们研究自然的方式,承认这种方式尽管与现代方法相去甚远,却仍是重要的,因为它是我们现代人理智生活的先驱。这才是理解我们现在之所以是这个样子的唯一合理途径。由此,历史学家需要对“科学”下一个相当宽泛的定义,这个“科学”的定义将允许历史学家对范围广泛的实践及其基于的信念进行研究,并帮助我们更好地理解现代科学事业。我们所需要的科学概念应是宽泛的、具有包容性的,而不是狭义的、具有排斥性的。同时,我们还要注意,我们追溯的历史年代越久远,所需的科学概念就越宽泛。^①

上述一番告诫,对刚刚着手从事古代和中世纪研究的人尤为重要。如果把注意力局限于对现代科学的预期,我们就只能注意到范围非常狭隘的历史活动,并且肯定会在此过程中歪曲历史本身,忽视许多应属于研究范围内的古代和中世纪信念和实践,而它们恰恰能够帮助我们理解后来出现的现代科学的发展。

我将尽全力在本书中遵循自己提出的建议,采取宽泛到符合历史人物思想倾向的科学定义。我们试图理解的正是他们在理智方面进行的努力。这当然并不意味着要泯灭一切差别。我将对科学的技艺方面和理论方面加以区分,这一区分也是许多古代和中世纪学者坚持的做法,我将集中关注理论方面。^② 从我的叙述中排除技术和

^① 这一观点在 David Pingree 著“*Hellenophilia versus the History of Science*”中得到很好的说明。此文是 1990 年 11 月在哈佛大学里发表的讲稿。

^② 关于古代和中世纪人们对技术的态度,见 Elspeth Whitney 著 *Paradise Restored*。

技艺,并不意味着我对它们的相对重要性作了评价,而是承认在面对技术史及其地位时还存在着大量的问题,因为技术史作为一门专门的历史学科自有其行家里手。我个人将把关注点放在科学思想的起源方面,事实将证明这是一个极富挑战性的课题。

关于术语的问题还有最后一点要讲。上述讨论我用的都是“科学”这一术语,然而现在应该引入两个替代术语“自然哲学(natural philosophy)”和“关于自然的哲学(philosophy of nature)”。这两个术语在本书中将频繁出现。为什么需要这些新的表述呢?它们到底想传达什么意思?“科学”一词的内涵,不论古代还是现代,都在某种程度上(和某些情况下)不同于我们的研究所针对的主题。^①现代的“科学”一词存在上述的一切模糊不清之处,而古代的这个术语(拉丁文是 *Scientia*, 希腊文是 *episteme*)适用于任何具有严格和确定性特征的信念体系,不管这些信念与自然是否相关。因此,中世纪把神学作为科学,这在当时来说是很普遍的现象。本书将探讨的是古代和中世纪对自然的研究,这一研究活动在过去和现在的最明确提法就是“自然哲学”或“关于自然的哲学”。

但需注意,使用“自然哲学”或“关于自然的哲学”这样的表述,并不意味着中世纪对自然的研究活动与“科学的”研究活动相比,在地位上有所下降。我们应该铭记自然哲学当时是一种思想探险,以致(17世纪后期的)科学伟人伊萨克·牛顿(Isaac Newton)把他有关力学和万有引力理论的伟大著作冠名为《自然哲学的数学原理》(*Mathematical Principles of Natural Philosophy*)。在牛顿看来,同样也在其他古代和中世纪的先驱者们看来,自然哲学(即对自然的研究)是人类探索所面对现实世界的较宽泛的哲学探讨中一个不可或缺的组成部分。

在本书中,我将使用不同的语汇,对各种各样的习惯用法做切合实际的让步。我将经常使用“自然哲学”一词,它或者表示整个科学事业,或指科学事业更为哲学化的一面。也将使用“科学”一词,往往作为“自然哲学”的同义语,有时也指自然哲学更技术化的方面。偶尔则仅仅因为在某一上下文中,为了适于习惯用法需要使用这一术语。仅仅哲学,就有许多可读的,因为如果我们忽视了自然哲学所隶属的大事业,自然哲学将变得无法理解。当然,我会不断参照自然哲学的亚学科,即各门具体学科:数学、天文学、物理学、光学、医学、自然史,以及类似的其他学科。在每一种情况下细心注意上下文,可以使术语的涵义一一得以彰显。

史前人类对待自然的态度

从一开始,人类的生存就取决于他们应付自然环境的能力。史前人类为了取

^① 本节有关口头传统的讨论,主要得益于 Jack Goody 和 Lan Watt 合著“*The Consequences of Literacy*”(引文出自第 306 页);Jack Goody 著 *The Domestication of the Savage Mind*;以及 Jan Vansina 著 *Oral Tradition as History*。也见 Bronislaw Malinowski 著 *Myth in Primitive Psychology*。

得生活必需品,发展出了令我们惊奇不已的技术。他们学会了制作工具、生火、营造栖身之所、狩猎、捕鱼、采集果实和菜蔬。成功的围猎和采集食物(在公元前7000或8000年之后产生了农业)需要了解有关动物习性和植物特性的大量知识。在一个更高的水平上,史前人类学会了识别有毒的草本植物和有治疗作用的药草。他们还发展出了许多技艺,包括制陶、纺织和冶炼金属的工艺。到公元前3500年,人类已发明了轮子,他们认识到有季节之分,并看到了季节与某些天象的联系。简言之,他们对自己的外界环境已知道得很多。

“知道”一词看起来似乎既清楚又简单,但它和“科学”一词几乎同样令人难以捉摸。确实,它使我们又回到上文对技术和理论科学的区分上来。知道如何去做事情是一回事,但要知道事物为什么如此却是另一回事。例如,一个木匠在使用木料时,即使对木料的应力没有任何理论知识,仍可是一名合格的、精细的木匠。一个电工只要具备电学理论中最基本的知识,就能成功地为房屋布线。人们即使没有掌握可以解释毒性或治疗性的生化知识,也同样可能区分出有毒的草本植物和有治疗作用的药草。其实这很简单,即使对经验背后的理论定理一无所知,实际的经验法则也能够得到成功应用。即使没有理论知识,人们也可以具备“专门知识”。

从实用或技术的涵义上讲,史前人类的知识显然相当丰富且不断积累。但那时的理论知识如何呢?史前人类对他们生活在其中的世界的起源、本质、以及层出不穷的现象的起因“知道”或相信些什么呢?他们意识到具体事件背后有普适的定律或原理在起作用吗?甚至他们是否会提出这类问题?我们几乎找不到什么证据回答这类问题。史前文化当然是口头文化,而口头文化只要保持绝对的口头,就没有留下任何文字的印迹。然而,考察19世纪和20世纪人类学家研究无文字部落的成果,并认真注意进入最早文字记录中的史前思想遗痕,我们可以形成一些推测性的概括。

对文字出现前社会的思想文化进行研究,关键在于对交流过程的理解。在没有文字的环境里,口头交流的唯一方式就是词语的吐露,而知识的唯一储存库就是一个群体里每一个人对知识的记忆。在这种文化中,意见和信念的传递只能通过面对面的交流来完成,通过内部成员之间“环环相扣的对话长链”加以传递。这些对话中的一部分被群体成员认为至关重要,必须铭记在心并代代相传,这样就形成了口头传统的基础。它是这个群体的集体经验、一般信念、态度以及价值观的主要储存库。^①

口头传统中有一个重要特征需要我们注意,即它的流动性。口头传统往往处于持续演化的状态,它在群体内部吸收新的经验,调整传统以适应新的条件和需

^① 本节有关口头传统的讨论,主要得益于 Jack Goody 和 Lan Watt 合著“*The Consequences of Literacy*”(引文出自第 306 页); Jack Goody 著 *The Domestication of the Savage Mind*; 以及 Jan Vansina 著 *Oral Tradition as History*。也见 Bronislaw Malinowski 著 *Myth in Primitive Psychology*。

要。在这里,如果认为口头传统的作用是交流抽象的历史或科学数据,即现在的历史档案或科学报告的口头对应物,那么口头传统的这种流动性就会变得极其令人迷惑不解。但是,由于没有文字能力,口头文化理所当然不可能产生出档案或报告。的确,口头文化甚至对文字没有一点概念,当然也不可能对历史档案和科学报告有任何概念。^① 口头传统的基本功能是非常实用的,即用于解释群体当时的状态和结构,因而证明其合理性,为群体提供一个连续演进的“社会成员共同遵守的规则”。例如,对过去事件的描述可用于使当前的领导地位、财产权、特权和义务的分配合法化。为了使这一功能能够有效运作,口头传统必须有能力根据社会结构的变化迅速调整自己。^②

但在这里,我们主要对口头传统的内容感兴趣,尤其对有关宇宙本质的那部分内容,即可认为是世界观或宇宙观成分的那部分内容感兴趣。这些成分存在于每一口头传统之中。但一般说来深藏在表层下,很少被具体阐述出来,几乎从来没有被组合成一个统一的整体。因此,如果由我们来代表文字出现以前社会的人类明确阐述出他们的世界观,那必然极其勉强,因为,没有我们来提供连贯性和系统性,它就难以表达,而这就恰恰歪曲了那些是我们试图描绘的一般概念。虽然如此,我们还是有可能对文字出现以前社会口头传统里的世界观成分或因素提出某些结论。(下面所做的结论以史前文化和当代无文字社会为依据,除非有明显相反的证明,应认为这些结论适用于上述两种环境。)

可以肯定,无文字社会的人类也需要能够带来秩序、统一,尤其是能够说明身边明显随机和混乱的事件的涵义的解释原则,他们在这方面的需要绝不少于生活在现代科学文化之中的我们。但我们不应该期望史前人类所接受的解释原则与我们自己的解释原则相类似:由于没有任何“自然规律”的概念或以决定论为基础的、追溯因果关系的机械论,他们关于因果关系的想法远远超出现代科学所认可的那种机械或物理的相互作用。在寻求意义的过程中,他们很自然地在自己的经验范围内进行这一活动,把人或生物的特性投射到物体或事件上去,而这些物体或事件在我们看来,不但与人性无关,而且与生命无关。他们一般是用出生来描述宇宙的生成,而宇宙里发生的事件可能会被解释为善和恶两种相反力量斗争的结果。无文字社会的文化有这样一种倾向,即不仅把原因人格化,而且把它个性化,假定事情如此发生,是因为它们被期望这样做。H. 弗兰克福特和 H. A. 弗兰克福特(H.

^① 这一点对史前文化而言确定无疑。当代的无文字社会可能由于接触了外界的有文字社会,已经看到或听说过“文字”,但除非他们自己学会了书写,否则,说他们掌握了文字这一概念是令人怀疑的。

^② Goody 和 Watt 合著“Consequences of Literacy”,第 307~311 页;口头传统提供了社会结构中不可缺少的规则,关于此问题见 Malinowski 著 *Myth in Primitive Psychology*, 第 42~44 页。

and H. A. Frankfort)如此描述这一倾向:

我们的因果观之所以不能满足原始人的需要,在于这种因果观提供的解释的非人格特征,还在于这种解释的一般性。我们对现象的理解,不是根据这一现象的特点,而是依据现象所体现的普遍规律。但是普遍规律不可能对每一事件的单个特性都同样适用,而事件的单个特性恰恰是原始人在经验范围内感受最强烈的。我们在解释一个人的死亡原因时,可把它归于某个生理过程。但原始人会问:为什么这个人在这个时候这样死去?我们只能说,在这样的条件发生时死亡总会发生。原始人想找一个如所要解释的事件本身一样具体、单个的原因。原始人经历了事件的复杂性和具体性,它们需要有同样具体的原因来解释。^①

口头传统中所描述的宇宙一般都包括天与地,也可能包括地下世界。一则非洲神话把地球描绘成一张铺开但翘起的席子,并由此解释了水的上游和下游,这是人们一般倾向根据自己所熟悉的事物和过程来描述宇宙的一个实例。一般说来,在口头传统中,自然物、超自然物和人类之间并没有截然分明的界限,但神是无处不在的现实。神没有超出宇宙而是深深地植根于宇宙,并且也要受宇宙规则的约束。口头传统的另一普遍特征,是相信存在着亡灵、鬼神和许多看不见的力量,人们可以通过巫术仪式对这些隐形力量加以控制。人们广泛相信转世的说法(一种以为人死后,灵魂进入其他人或动物体内的信念)。那时,空间和时间的概念不是(像现代物理学那样)既抽象又数学化的,而是充满从群体经验那里得到的意义和价值。例如,一群生活在河流附近的人,他们的方向感可能主要是“上游”或“下游”,而不是东西南北。某些口头文化难以对稍微久远的过去做少许的设想,例如,非洲有一个叫蒂奥(Tio)的部落,他们追溯古人的范围不超过两代人。^②

口头传统有一种把原因与开端等同起来的明显倾向。这样,解释某个事件就等同于追溯该事件的历史起源。在这样的思想框架里,我们现在对科学和历史所做出的区别就无法得到尖锐的划分,或者这种区别根本就不存在。于是,当我们寻找说明世界观或宇宙论的口头传统的特征时,发现它们几乎总是把对事物起源的描述包含其中,如世界的开端,第一个人的出现,动植物和其他一些重要物体的起源,最后则是群体的形成。与描述起源相联系的,通常是神、国王或群体历史上其他英雄人物的谱系,还有描述这些英雄的事迹的故事。我们必须注意,在这样的历史描述里,历史不是被描述为一系列引起渐变的因果链,而是一系列确定和孤立的事件,通过这些事件,现在的秩序得以存在。^③

^① H. Frandfort 著“*Myth and Reality*”,载于 H. A. Frankfort, John. A. Wilson 和 Thorkild Jacobsen 合著 *Before Philosophy*, 第 24~25 页。

^② Jan Vansina 著 *The Children of Woot*, 第 30~31 页,第 198 页; Vansina 著 *Oral Tradition*, 第 117 页,第 125~129 页。

^③ Vansina 著 *Oral Tradition*, 第 24~25 页。

上述这些倾向在古今的口头文化中都有实例可循。20世纪赤道非洲的库巴人(Kuba)认为:

姆伯(Mboom)或者称源水有九个孩子,都叫作乌特(Woot),他们依次创造了世界。根据出现的先后顺序,他们是:海洋乌特;挖掘乌特,他挖掘河床和沟渠,然后堆起小山;流淌乌特,他使得河水流动;创造树林和热带草原的乌特;创造树叶的乌特;创造石头的乌特;雕刻师乌特,他从木球中造出人类;发明多刺之物的乌特,他发明了诸如鱼、荆棘和划桨等多刺之物;削尖者乌特,是他第一次使尖的东西有刃。当后两个乌特争斗起来,用削尖的物体造成一方死亡时,死亡也就在这个世界上诞生了。^①

请注意这一则传说既描述了人类的起源和库巴世界的主要热带特征,也解释了库巴人显然认为至关重要的尖状物体的发明。

类似的主题在古代埃及和巴比伦的创世类神话里也很多。据一则埃及神话描述,起先太阳神阿多姆(Atum)产下了空气之神尚(Shu)和潮湿女神泰福纳特(Tefnut)。

后来,空气之神尚和潮湿女神泰福纳特交合,生出了土地和天空,即土地之神吉伯(Geb)和天空女神纳忒(Nut)……然后,土地之神吉伯和天空女神纳忒交配,产生了两对双胞胎,即奥西里斯(Osiris)神和他的配偶伊希斯(Isis),以及赛斯(Seth)和他的配偶奈福赛斯(Nephthys)。上述诸神代表了存在于这个世界的各种力量,他们或是人,或是神,或是宇宙的力量。^②

一则巴比伦神话则把世界的起源归因于河流之神恩克(Enki)的性行为。恩克使大地女神或土壤女神妮合莎(Ninhursag)受孕,这一水和土壤的结合产生了草木,于是植物女神宁莎(Ninsar)诞生了。后来恩克先与他的女儿交配,再与他的孙女交配,产生了多种具体的植物和植物产品。在妮合莎给八种新的植物命名之前,恩克吞食了它们,这使得妮合莎非常恼火,于是对恩克施以诅咒。其他诸神由于害怕恩克死去会带来灾难(显然即水的枯竭),他们迫使妮合莎收回诅咒,并让她治愈了恩克因诅咒而患的多种疾病。妮合莎这样做了,于是产生了八位治疗疾病的神。每一位治疗神都与身体的一个部分相关联——这样就解释了治疗术的起源。^③

^① Vansina 著 *Children of Woot*, 第 130~133 页。

^② John A. Wilson 著 “The Nature of the Universe”, 载于 Frankfort 等著 *Before Philosophy*, 第 63 页。关于古埃及宇宙论和宇宙进化论的最新和最充分讨论, 见 Marshall Clagett 著 *Ancient Egyptian Science*, 第 1 卷, 第 1 部分, 第 263~372 页。关于古埃及的宗教, 见 James H. Breasted 著 *Development of Religion and Thought in Ancient Egypt*。

^③ 关于古代巴比伦的创世神话, 见 Thorkild Jacobsen 著 “Mesopotamia: The Cosmos as State”, 载于 Frankfort 等著 *Before Philosophy*, 第 5 章; S. G. F. Brandon 著 *Creation Legends of the Ancient Near East*, 第 3 章。

为了有益于描述一些口头文化的特征,需要在治疗术这里停留一下。在古代的口头文化中,医疗实践无疑极为重要,因为在原始条件下,疾病与受伤是家常便饭。^① 小的医疗问题,如创口和身体某部位的损伤无疑是由家庭成员来照料。更严重的疾病,如大的创口、骨折、严重和意想不到的疾病,则需要求助于知识丰富和技能较高的人。于是某种程度的医疗专门化就产生了:部落或村庄里某些人因具备药草采集能力、熟练的接骨技术、疗伤技术或丰富的接生经验而闻名。

但是如此描述,使无文字社会的原始医学实践看上去非常像基本的近代医学的翻版。进一步研究发现,口头文化中的治疗术与宗教和巫术既不能截然分开,也不能清晰划分。巫婆或“巫医”之所以身价颇高,不仅因其有配药和治疗外伤的技术,而且在于他们知道神鬼是引起疾病的原因,知道通过巫术的或宗教的仪式能够治疗疾病。如果病情属于扎刺、创伤、常见的疹子、消化不良或骨折之类,治疗者就会用常用的方法简单处理,即拔出棘刺、包扎创口、使用某种能够消毒的东西(如果治疗者知道这种东西的话)、建议禁食某些食物、接骨、给断骨上夹板等等。但是如果一个家庭里有成员忽然莫名其妙地病倒了,并且还相当严重,人们就会怀疑是魔法作怪,或是外来的精灵附体。面对这样的病情,需要更加剧烈的治疗手段,如用祈祷、占卜、斋戒、唱颂歌、念咒或其他一些仪式活动来驱魔。

在(古代和当代的)口头文化中,还有最后一种值得我们注意的有关信念的特点,即同时接受在我们看来不能兼容的几种信念,却没有明显地意识到这样可能带来问题。这类情形不胜枚举,但是,只需注意这一点就足够了:上面提到的九个乌特的故事只是在库巴人中流传的七个(或更多)创世神话之一。同样,埃及也有许多类似于阿多姆、尚、泰福纳特及其后嗣故事的不同神话。人们现在似乎(或过去似乎)从来就没有注意到或并不在乎所有这些原始神话都不可能是真实的。此外还有上面所描述的许多信念看起来那种“想象”性质,我们不禁会提出一个“原始思维”的问题:无文字社会成员的思维是否尚未具备逻辑能力,或者是神秘的,或者与我们现代人不同?如果确系如此,我们应该怎样确切地描述和解释这种思维呢?^②

这是一个极为复杂且难以回答的问题,在20世纪的大半时间里,人类学家和其他人对此进行了热烈的讨论,我当然不可能在这里解决这一问题。但我至少能提出一个方法论上的建议:指望生活在无文字社会的人们使用(或曾经使用)他们

^① 关于原始医学和民间医学,见 Henry E. Sigerist 著 *A History of Medicine*, 第1卷: *Primitive and Archaic Medicine*; 以及 John Scarborough 编辑的 *Folklore and Folk Medicines*。

^② “原始心态”的问题在 Lucien Levy-Bruhl 著 *How Natives Think* 一书中得到充分讨论; 更学术化的讨论见 Goody 著 *Domestication of the Savage Mind*, 第1章; 以及 G. E. R. Lloyd 著 *Demystifying Mentalities*, 导论。

从未相识的概念和知识标准,即对史前人来说还需好几百年才发明出的概念,实在是白费功夫,对理解无文字社会没有任何裨益。如果我们假定无文字社会的人类曾经试图实行我们现代人关于知识和真理的概念体系,结果会是一无所获。只需略微思考一下便能看到,无文字社会的人类生活在一个与我们的世界相去甚远的世界里,他们一定是在一个极为不同的语言和概念世界里活动,目标也与我们现代人不同。我们必须依据这些对他们的成就进行评判。

口头传统中包含的故事可以传递和强化群体的价值观和态度,根据群体的经验提供有关世界主要特征的令人满意的解释,而且能使当前的社会结构合法化。这些故事进入口头传统(共同的记忆库),是因为它们能行之有效地实现上述目的,并且只要继续做到这一点,人们就没理由对它们质疑。在这样的一种社会环境里,怀疑主义得不到赞赏,并且,几乎不存在促进质疑的有利条件。我们有关真理的高度发达的概念体系,以及一个陈述要被判定为真就必须遵守的评判标准(例如,保持内在的一致性,或者符合外部现实),在口头文化中一般是不存在的;而且若向一个生活在口头文化中的人加以解释,这些概念和标准在他看来也几乎是毫无用处的。史前社会里有效的原则是被认可的信念——来自群体共识的认可。^①

最后,我们如果希望理解古代和中世纪科学的发展,就必须问:上面讨论的无文字社会的信仰模式怎样屈服于新的知识和真理概念(在亚里士多德的形式逻辑原理和由此衍生出来的哲学传统中体现得最明显)或者说得到其补充。看来,最具有决定意义的发展是文字的发明,它经历了一系列的步骤。首先是图画阶段(pictographs),图画阶段的文字记号代表的是事物本身。在公元前3000年左右,出现了词的记号(或标符)系统。创造出记号来表示重要的词汇,埃及的象形文字即如此。但是在象形文字的书写体系中,记号还能表示声音或音节,这就是音节文字的起源。大约在公元前1500年前后,全音节系统(即在音节系统里抛弃全部非音节记号)的发展使得人们可以轻易写下他们所能说的一切。最后,每一个记号对应一个声音(既有辅音又有元音)的全字母文字于公元前800年在希腊出现,并且在公元前6世纪和5世纪在希腊文化中广泛传播开来。^②

文字尤其是拼音文字的重要贡献之一,是为口头传统提供了一种记录方式,它使得口头文化到那时为止所具有的流动性得以固定,使得瞬息即逝的声音信号转变为经久不变的可视信号。^③由此,文字提供了储存功能,取代记忆成为知识的主

① 关于“真实”,尤其是“历史真实”,见 Vansina 著 *Oral Tradition*, 第 21~24 页,第 129~133 页。

② Goody and Watt 著“Consequences of Literacy”,第 311~319 页。还见 Barry Powell 著 *Homer and the Origin of the Greek Alphabet*。重现希腊字母文字发明情况的著作。

③ Goody 著 *Domestication of the Savage Mind*, 第 76 页。

要储存库。这一变革性影响即在于,它使知识处于开放的状态,使人们有可能对知识进行审视、比较和批评。有了描述事件的文字记录,人们就能够把它与描述同一事件的其他(包括曾经有的)文字记录进行比较,这种比较所能达到的程度是在绝对的口头文化社会中所不可想象的。这样的比较鼓励了怀疑主义。在古代,它有助于把真理同神话或传说区别开来,而这一区别又需要制订使真理得以肯定的标准。制订适当标准的努力会产生推论规则(rules of reasoning),后者则为严肃的哲学活动提供了基础。^①

口头表达的词语在拥有永久保留的形式后,不仅鼓励了审视和批评,还使得在口头文化中找不到对应物(或只有极弱的对应物)的新的智力活动得以出现。杰克·古迪(Jack Goody)令人信服地说,早期文字社会产生了大量文字目录和其他种类的清单(多数为了管理目的),其详尽程度超过口头文化所能产生的任何东西。而且,由于有了这些清单,出现了新的审视,同时也要求出现新的思考过程或新的组织思想的方式。例如,清单上的物品脱离了口头传统社会赋予它们的背景,从这个意义上说,它们变成了抽象的东西。可以根据不同的标准,对这些抽象的形式进行区别、分类和归纳。因而可以提出大量在口头文化中不可能提出的问题。举一个简单的例子,早期巴比伦人为收集精确的天象观察所列的清单,不可能以口头形式收集并传播,它们只能存在于文字记录之中,这样人们才能细致地进行检查和比较,从而发现与数理天文学和占星术起源有关的天体运动的复杂形式。^②

从上面的讨论可以得出两个结论。首先,文字的发明是古代世界哲学和科学得以发展的先决条件。其次,哲学和科学在古代世界的繁荣程度与文字系统的有效性(拼音文字比所有其他文字都具有更大的优势)和它传播的广度直接相关。我们看到最早在公元前3000年左右埃及和美索不达米亚使用词的记号或标符所带来的好处。然而,标符文字难以掌握且效率低下,不可避免地限制了它的传播,并使它成为一小部分学者精英的私有财产。相形之下,在公元前6世纪和5世纪的希腊,字母文字的广泛传播促进了哲学和科学蔚为壮观的发展。在这里,我们务必不要认为文字系统本身能够产生公元前6世纪和5世纪的“希腊奇迹”,事实上,其他因素也发挥了促进作用,包括社会繁荣、新的社会和政治组织原则、与东方文化的接触,以及把竞争作风引入希腊人的灵智生活。但是,毫无疑问,在诸多的因素中堪称最重要的因素,乃是希腊是世界上第一个拥有广泛文字文化的地区。^③

① Goody 著 *Domestication of the Savage Mind*, 第3章。

② 同上,第5章。

③ Goody and Watt 合著 *Consequences of Literacy*, 第319~343页。以及 Lloyd 著 *Demystifying Mentalities*, 第1章。

埃及和美索不达米亚科学的起源

我将在下一章转向对希腊世界的研究。在此之前,我必须简要地描述一下发生在埃及和美索不达米亚(后一地区位于底格里斯河和幼发拉底河之间,是古巴比伦和亚述和现代伊拉克的所在地的前希腊文化的发展。为了揭示埃及人和美索不达米亚人的宇宙学和宇宙起源论的关键特点,我在前一节讨论了很多那时的创世神话。此处讨论的是埃及和美索不达米亚对另外一些学科或领域的贡献,正是这些学科或领域后来在希腊和中世纪欧洲的科学里找到了它们的位置,这就是数学、天文学和医学。这方面的证据虽少,但足以描画出一幅大致的图景。

希腊人自己认为数学起源于埃及和美索不达米亚。希罗多德(Herodotus,公元前5世纪)告诉人们,毕达哥拉斯(Pythagoras)曾游历埃及,在那里,祭司们把埃及数学的秘诀介绍给他。根据古代的传统,在那里,毕达哥拉斯成了俘虏,被带到巴比伦。在巴比伦,他又接触到了巴比伦的数学。最后,他回到家乡萨摩斯(Samos)岛,把埃及和巴比伦的数学宝藏带回到了希腊。无论这则故事以及有关其他数学家的类似故事,在历史上真有其事还是传说,与这些故事要告诉我们的这样一个事实相比较都显得并不重要,这个事实就是希腊人曾经(并且他们自己也认识到)是埃及和巴比伦数学知识的接受者。

到公元前3000年前后,埃及人发展出了一套十进制的数系,用不同的符号来表示10的不同次幂(如1,10,100等等)。这些符号可以像罗马数字一样排列起来,用以表达任何一个想要表达的数。这样,如果|代表1, \cap 代表10,那么数字34就可以表示为|||| \cap \cap 。到公元前1800年前后,为其他的数设计出了更多的符号,于是7可以用一个镰刀形的符号(\curvearrowright)来表示,而不是用7根竖道来表示。加法和减法在埃及人的算数中运算起来很简单,就像罗马数字的加减。但是乘法和除法在运算时却相当笨拙。分数的广义概念尚不为人知,一般规则中只允许单位分数(即分子为1的分数)存在。下述类型的基本问题可以得到解答:一个数的七分之一与该数相加等于16,该数为多少?^①

埃及人的几何学知识似乎注重实用问题,可能是丈量者和建筑者所面对的问题。埃及人能够计算出简单平面图形的面积,比如三角形和六边形;并能计算出简单立方体的体积,如金字塔的体积。例如,为了算出三角形的面积,他们用三角形底边长度的一半乘以三角形的高。为了算出金字塔的体积,就用金字塔底面积的

^① 此题的答案是14。关于古希腊数学,见Otto Neugebauer著*The Exact Sciences in Antiquity*,第4章;B. L. van der Waerden著*Science Awakening: Egyptian, Babylonian and Greek Mathematics*,第1章;G. J. Toomer著“Mathematics and Astronomy”,载于J. R. Harris编辑*The Legacy of Egypt*,第27~54页;还见R. J. Gillings著“The Mathematics of Ancient Egypt”;和Carl B. Boyer著*A History of Mathematics*,第2章。

三分之一乘以金字塔的高度。为了计算圆的面积,埃及人计算出与约为 3.17 的 π 的值相对应的规则。最后,在应用数学最明显的领域之一,埃及人设计了一种正式的年历,由 12 个月组成,一个月 30 天,年底再加上五天——比起同时代的巴比伦年历和早期希腊城邦所使用的年历要简易得多,因为它具有固定性质。而早期希腊城邦所采用的历法则试图考虑到月球和太阳的活动周期。^①

同时代美索不达米亚的数学成就,是在数量级方面超过埃及人。大量发现的黏土板(见图 2.1.1)揭示出巴比伦人的数系,这一系统于公元前 2000 年前后已得到充分的发展,它既是十进制(基于 10 这个数)的,也是六十进制(基于 60 这个数)的。我们今日的计时制度(一小时为 60 分钟)和计角制度(一度为 60 分,一周为 360 度)保留了六十进制的数字。巴比伦人已经把 1 的符号(▼)与 10 的符号(◀)区分开来,这样可以像罗马数字一样,结合起来形成直到 59 的数字。例如,32 这个数可以用 3 个代表 10 的符号再加上 2 个代表 1 的符号来表示,如表 2.1.1 所示。

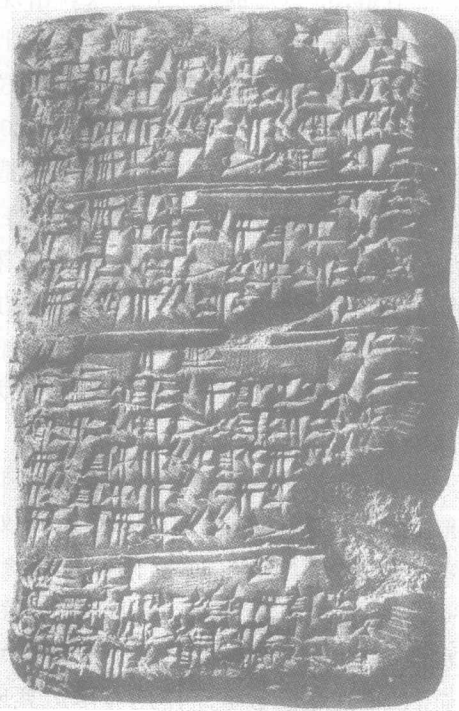


图 2.1.1 一块古巴比伦黏土板(约为公元前 1990~公元前 1600 年)。板上内容叙述了一个数学问题,涉及砖及其数量和覆盖面积。耶鲁大学巴比伦藏品, YBC4607。板上内容已得到翻译,并在 O. Neugebauer 和 A. Sachs 编辑的 *Mathematical Cuneiform Texts* 一书的第 91~97 页得到讨论。

表 2.1.1 五个巴比伦六十进制数字与其印度—阿拉伯对应数字

	60^3	60^2	60	1	$1/60$	$1/60^2$	现代使用的印度—阿拉伯对应数字
1				◀◀◀◀◀			32
2			▼▼	◀◀▼▼			$2 \times 60 + 16 = 136$
3		▼	◀◀▼	◀◀◀◀◀			$1 \times 3\,600 + 12 \times 60 + 23 = 4\,343$
4	▼▼	◀◀◀◀					$2 \times 216\,000 + 22 \times 3\,600 = 511\,200$
5					◀◀	◀◀▼	$2 \times 1/60 + 12 \times 1/3\,600 = 1/30 + 1/300 = 11/300$

▼=1 ◀=10

^① Richard Parker 著“Egyptian Astronomy, Astrology, and Calendrical Reckoning”。

但是,59 以后的数表达起来就出现了重要的不同。巴比伦人在表达 60 这个数时不是把 6 个表示 10 的符号排成一列,而是利用了与我们现在的进位制相类似的方式。例如,在我们的数字 234 中,4(位于个位)仅代表 4 这个数;3 位于十位,就代表 30 这个数,2 位于百位,就代表 200 这个数。这样,234 就是 $200+30+4$ 。巴比伦人的进位制类似于此,不同的只是连续的位是以 60 为幂底,而不是以我们日常使用的十进制中的 10 为幂底。在表 2.1.1 的第二例中,在 60^1 位上的两个单元符号代表的不是 2,而是 $2 \times 60 = 120$;在第三例中,位于 60^2 位上的单元符号代表的不是 1,而是 $1 \times 60^2 = 3600$ 。在巴比伦的数学体系中,没有与十进制中区分位的小数点相对应的符号,只能从上下文推断出这一区分。为便利运算使用了乘法表、倒数表、平方表和开方表。六十进制的最大优点之一在于,使用分数进行运算时相当简单。^①

当我们把目光投向更困难的问题(这些问题我们自己会用代数方法来解决)时,巴比伦数学彻底优于埃及数学之处就很明显了。研究数学史的学者有时称这些难题为“代数学”。就巴比伦数学的这一方面而言,这也许是一个有用的简略表达方式,但如果认为这意味着他们在运用真正的代数,即认为他们掌握了一套普遍的代数概念,或理解了我们所理解的代数规则,那就很危险了。有一点我们可以保证,即巴比伦的数学家使用算术运算来解那些我们会用二次方程来解的问题。例如,我们发现许多巴比伦黏土板,包括教学用的教材,指导人们如何解决类似于这样的问题:给出两个数的乘积,再给出两个数的和或差,求这两个数。^②

天文学是巴比伦人运用其数学技巧的领域之一。恒星自远古时代就是研究和思考的对象。回溯到四千多年以前,一些最古老的文字记录就是关于天体的。这种对天的兴趣有以下几个原因。首先是农业的原因,因为即使从极偶然的观察中也能看出农业的季节,即播种和收获的时间,与太阳的运动、某些恒星和星座相对太阳的位置有着明显的关联。另一个是宗教的原因,因为人们总是把天和神,尤其把太阳和月亮与神联系在一起。第三个原因是占星的需要,第四个原因是历法的需要。

最初的努力是致力于描绘星空图——识别并命名主要的恒星和星座,观察它们之间的关系,并把它们的亮度与季节联系起来。在美索不达米亚,系统的天文学观测开始是在寺庙里,为了宗教、占星以及历法上的目的进行的。寺庙里的祭司不

① 关于巴比伦数学,见 Neugebauer 著 *Exact Sciences in Antiquity*, 第 2 和 3 章; van der Waerden 著 *Science Awakening*, 第 2 和 3 章; van der Waerden 著“Mathematics and Astronomy in Mesopotamia”;以及 Boyer 著 *History of Mathematics*, 第 3 章。

② 对古代“代数学”问题的分析,见 Sabetai Unguru 著“History of Ancient Mathematics: Some Reflections on the State of the Art”;以及 Unguru 著“On the Need to Rewrite the History of Greek Mathematics”。

仅要绘制恒星图,还要识别“漫游的星”,或者说行星,也就是现在被命名为水星、金星、火星、木星和土星的行星。(日和月也被他们作为行星,因为相对恒星而言它们也在运动。)人们观测到,这七颗行星在天空中狭窄的黄道带内缓缓移动。到公元前500年前后,巴比伦的祭司们就定义了这一狭窄的带状区域,并找到了一系列星座,以这些星座为界把黄道带划分为12等份,每一等份30度,这样就告诉了我们黄道带的标志。黄道带一旦确定下来,在对太阳、月亮和其他行星的确切运动进行制图时,它就可以用来作为方便的测量系统,同时也作为占星预卜的一个来源。^①

此处,我们需要简单提及巴比伦天文学中的占星术方面。很明显,占星的需要是巴比伦数理天文学发展的主要动力。由于以星为基础的宗教,即把星(尤其是漫游的星)与神联系起来,以及天上发生的事件与季节和天气相关联这一明显事实,发展出了一种具有司法性质的占星系统,即试图根据当前的星象进行对国王及其王国具有影响的短期预测。利用生辰的天象来预测某人的一生,也可能是在巴比伦时代后期发展起来的。重要的是上述两种占星术都需要对太阳、月亮和其他行星的运动具有精确的知识。巴比伦的占星术传到希腊,在希腊得到进一步发展,然后下传到中世纪,再传到现代早期阶段,最后到20世纪。我们应该注意,在这段漫长历史的大部分时间里,天文学传统和占星术传统一直紧密联系在一起。^②

本书没有足够的篇幅去详细讨论巴比伦数理天文学的发展。重要的是,在公元前500~公元前300年间,巴比伦那些既是天文学家又是祭司的人们把他们所从事的这门技艺发展到了很高的水平,以至他们能够把握大量的天文学数据,提出大量天文学方面的预言。利用算术的级数形式,他们找到了许多计算模式,据此能够画出太阳和月亮每天通过黄道带的运动情况。根据这些数据,他们能够预言新月第一次出现的时间(这在历法中很重要,因为新月标志着新的月份的开始),预言月食,预言有没有可能发生日食。必须强调的是,巴比伦人在做这些时,并不像希腊天文学家那样根据几何模型,而是简单地通过计数的方式,把过去的观测结果外推到将来的情形中去。^③

^① 关于美索不达米亚和巴比伦的天文学,见 Neugebauer 著 *Exact Sciences in Antiquity*, 第5章; B. L. van der Waerden 和 Peter Huber 合著 *Science Awakening 2: The Birth of Astronomy*, 第2~8章; van der Waerden 著“Mathematics and Astronomy in Mesopotamia”; Asber Aaboe 著“On Babylonian Planetary Theories”;以及载于 Neugebauer 等人著 *Astronomy and History* 中的论文。更技术化的说明,见 Otto Neugebauer 著 *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 1:347-555。

^② 关于巴比伦的天文学和占星术之间的关系,见 van der Waerden 和 Huber 合著 *Science Awakening 2*, 第5章。

^③ Neugebauer 著 *Exact Sciences in Antiquity*, 第104~109页; van der Waerden 和 Huber 合著 *Science Awakening 2*, 第6章。更通俗的说明,见 Stephen Toulmin 和 June Goodfield 合著 *The Fabric of the Heavens*, 第1章。

埃及和美索不达米亚成就中最后一个需要重视的领域是医学。若干有关医学的埃及纸莎草书(写于公元前 2500~公元前 1200 年)幸存至今,为我们提供了一幅残缺不全的古埃及治疗术图景。从几部纸莎草书中,可以看出,当时人们认为疾病的主要原因是邪恶的力量或魔鬼进入人体之中。通过设计某种驱魔仪式,使魔鬼平静下来或者把它吓跑,由此达到解除痛苦的目的。这些仪式包括祈祷、念咒、斋戒或佩戴合适的符咒。也可以求神来保护:在莱登纸莎草书(Leyden papyrus)中,有这样一段对神祇何露斯(Horus)的祷文:“向你致意,何露斯……,我求助于你,我赞美你的美德,求你除掉我体内的恶魔吧。”^①有些神祇渐渐与治疗作用和治愈仪式专门联系在一起,如透特(Thoth)、何露斯、伊希斯和依姆豪泰普(Imhotep)。有一种观点在那时非常流行,即认为体内每一器官都由一个具体的神祇掌管,可以乞求这个神祇来治愈它所掌管的器官。当然,所有这些仪式都需要一个内行的协助,这个内行必须具有人们公认的纯洁,他知道应该念什么咒语,他可以保证仪式在最细微之处都做到毫厘不差,这个人就是兼祭司和医师于一身的人。

治疗术在古埃及并不局限于祈祷、念咒和仪式。利用动物、植物或矿物质为原料配制出来的药物也相当普及,尽管人们相信这些药物的有效性是有条件的,它们只有在适当的仪式下制作和服用才会有效。埃伯斯纸莎草书(Ebers papyrus,约写于公元前 1600 年,但其中一些材料根据的是远比它古老得多的文本)里有一些治疗皮肤、眼、嘴、手足、消化系统、生殖系统和其他内脏疾病的药方,以及处理创口、烧伤、脓肿、溃疡、肿瘤、头痛、腺体肿胀和呼吸困难的药方。^②

另一部纸莎草书涉及处理外科疾病的做法,这就是埃德温·史密斯纸莎草书(Edwin Smith papyrus,大约与埃伯斯纸莎草书写于同一时期),其中包含了一部外科手册,系统地描述了对创伤、骨折和关节错位的治疗(见图 2.1.2)。^③埃伯斯纸莎草书和埃德温·史密斯纸莎草书值得注意的特征之一,是它们对病例研究做了精心安排,开始是描述病情,既而进行诊断,然后做出判断(即确定该疾病是否可以医治)和治疗。

美索不达米亚的医学与埃及的治疗实践在诸多方面呈现出相同的特征。巴比伦的黏土板像埃及的纸莎草书一样载有根据病情的类型系统组织起来的案例研究,其中很多揭示了对病症细致的观察和机敏的预后。美索不达米亚的医师们也

① Sigerist 著 *History of Medicine*, 1:276。关于古埃及的医学,除了 Sigerist 的著作,还见 Paul Ghalioungui 著 *The House of Life, Per Ankh: Magic and Medical Science in Ancient Egypt*; Ghalioungui 著 *The Physicians of Pharaonic Egypt*; 以及 John R. Harris 著“Medicine”, 载于 Harris 编辑 *The Legacy of Egypt*。关于外科学,见 Guido Majno 著 *The Healing Hand*, 第 3 章。

② B. Ebbell 著 *The Papyrus Ebers*。

③ James Henry Breasted 著 *The Edwin Smith Surgical Papyrus*。

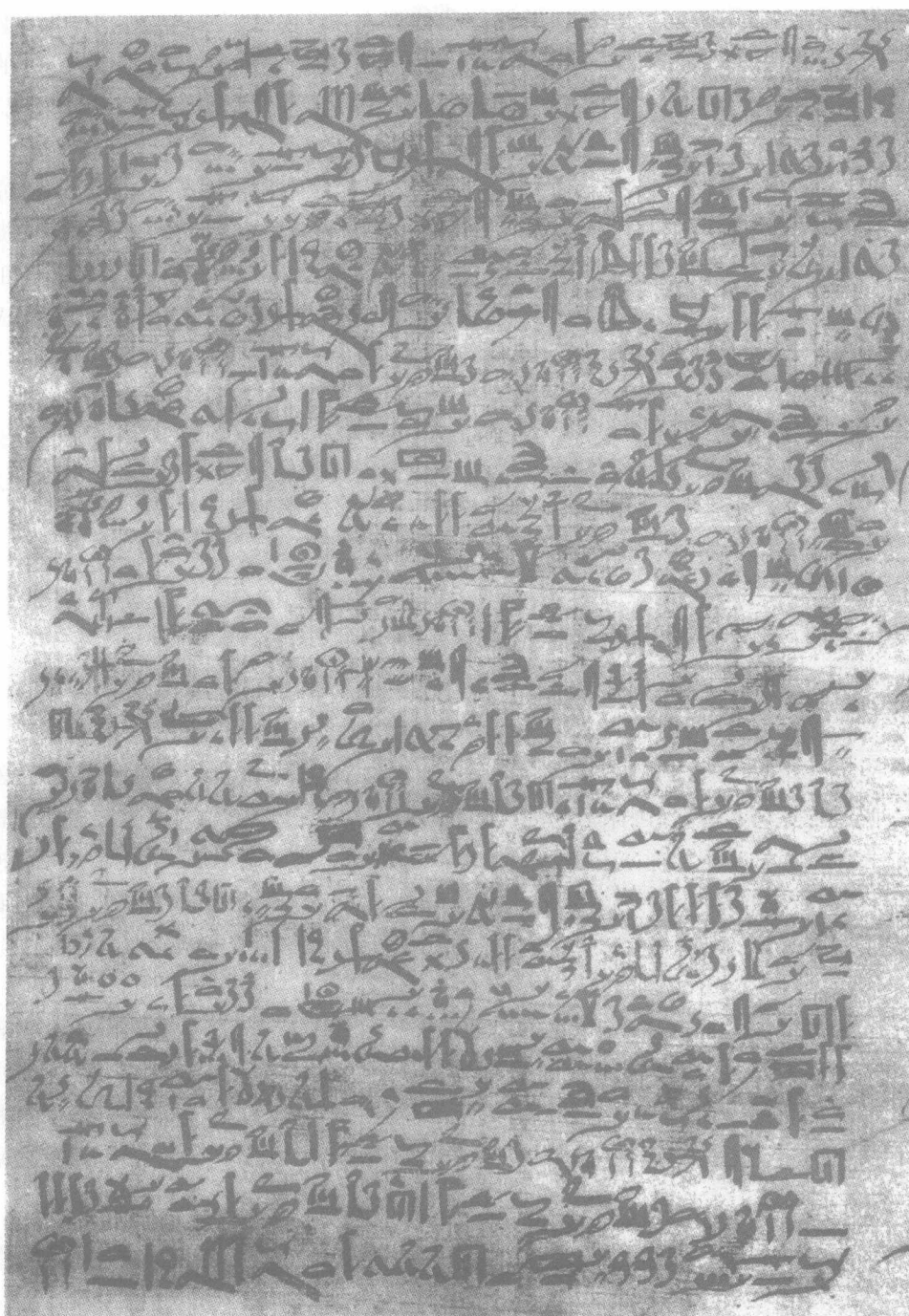


图 2.1.2 埃德温·史密斯外科医学纸莎草书(约公元前 1600 年)中的一页,现存于纽约医科院。

在外科技术和药物配制方面表现出与埃及医师们同样的本领。如同在埃及,医学专门化得到了某种程度的发展,不同种类的医师开始有了不同的专业和不同的作

用。我们再一次看到治疗与宗教、以及与我们现在视为巫术的实践活动密切地融合在一起。疾病被看作是恶魔(由于命运、疏忽、罪孽或魔法)附身的结果,治疗的目的是驱逐侵入人体的魔鬼,途径是通过占卜(包括解释占星得到的征兆)、祭祀、祈祷和巫术仪式。^①

上述对埃及和美索不达米亚的数学、天文学和治疗术的简略描述,为我们研究西方科学传统的起源提供了匆匆一瞥,同时也为我们继续考察希腊的科学成就提供了背景。可以肯定地说,希腊人了解他们的先驱埃及人和美索不达米亚人的工作,并从中汲取了养分。在下面几章里,我们将看到埃及和美索不达米亚的这些成果如何进入并帮助形成希腊自然哲学。

(本文选自戴维·林德、伯格著《西方科学的起源》,王珺、刘晓峰、周文峰、王细荣译,中国对外翻译出版公司,2001年,1~21页。)

2.2 科学文明的特性

德里克·普赖斯

当一位年仅30岁的印度天才怪人——数学家斯里尼瓦沙·拉曼布詹在伦敦的一所医院里病入膏肓、卧床不起的时候,他的同辈人、剑桥大学的G·H·哈代教授前去探视他。哈代当时正在专心致志地研究数论。为了转移病人对疾病的精神负担,他对拉曼布詹说,他刚才是坐一辆号码为1729的出租汽车来的,这个号码看上去很没有意思。拉曼布詹马上回答说:“不对,不对,这个号码非常有趣,它实际上是可以两种不同方式表为两个立方和的最小数。”^②

人们可能会觉得这个故事^③就像所说的那个号码一样,只是大数学家们众多轶事中的小事一桩。不!这实际上是一个非常重要的、很有代表性的反常例子,它可以阐明我们科学文明的一个相当普遍的基本问题。我们可以称此问题为一个解释当代文明“特性”的问题,这个模棱两可的词汇不但暗示着它的与众不同,而且还点

① 关于美索不达米亚医学,见 Sigerist 著 *History of Medicine*, 第1卷,第4部分; Robert Biggs 著“Medicine in Ancient Mesopotamia”; Majno 著 *Healing Hand*, 第2章。

② 不必担心,我自愿提供这一信息 $1729=9^3+10^3=1^3+12^3$ 。

③ 关于所有数学奇事的这一最令人感兴趣的传记资料,已被重印在《斯里尼瓦沙·拉曼布詹文选》G. H. 哈代, P. V. 谢舒, 艾尔亚和 B. M. 威尔逊编(剑桥, 1927)和 G. H. 哈代的《拉曼布詹——他的人生和工作的12个演讲》(剑桥, 1940), 也见詹姆斯·R. 纽曼在《数学世界》上的文章(纽约, 1956)第368页。

出它包含着新的甚而奇怪的因素。这个因素使它与以往的所有问题有所不同。

由于历史学家和考古学家的研究成果,在学术分析研究的记录上,今天我们已经有了整个一系列的高度文明,对这些文明,我们了解的要比我们的祖先深刻得多。我们有亚述人、古埃及人、希腊人、罗马人、阿兹特克人、印加人、中国人、印度人、伊斯兰帝国和我们今天的世界。正如乔治·奥威尔^①所讲的动物一样,这些文明是相互关联的,但是其中有些文明之间的关联要比其他更密切些。我们最熟悉的要算是那些按时间顺序经过希腊、罗马、拜占庭和伊斯兰传至中世纪、直至文艺复兴、工业革命以及当代的文明。它们各自都有足够的特色和特点,使我们很容易地在历史中把它们看作是独立的整体。但是,另一方面是很清楚的,它们又是一个有相互联系的文化家族,有代代相传的关系。除此之外,还有少数几个伟大的文明,它们每个都似乎相对独立。关于它们的一些细节,只是在相当晚近才被了解到。

因为获得了对这些较为孤立文明的新知识,而过去只知道有希腊的奇迹和我们的文明是如何由来的,我们现在可以提出一个过去既不可能提出也不可能得到解答的问题,即:我们自己高度文明的独特科学基础源于何处?我们这一代人可以站在巨人的肩膀上对古代中国的科学史、巴比伦的复杂数学和天文学、玛雅日历保持者的目的及古埃及人的科学探索进行相当详细的考察。

现在,既然我们已能意识到对上述那些民族什么是可能的(或是不可能的),那么就可以看清西方文化肯定是在某些地方转变了方向,从而使其科学传统较以上任何文明都更富有成效。我们当前生活在一个高科技时代,科学在物质方面所产生的影响决定着我們日常生活的方式和国家命运,这次科学革命的哲学含义,用赫伯特·巴特菲尔德的话来说,“胜过自基督教兴起以来所有的一切,并使文艺复兴及宗教改革在中古基督教世界系统中降至仅仅是一支小插曲、或仅仅是内部变化的地位”。^②

我们现在知道,所有其他的伟大文明,没有循着一条相似的科学道路前进。从所获得的对这些文明的典型历史片断了解,我们越来越清楚,它们所走过的道路与我们的甚至毫无共同之处。对这个问题可能有两种不同的观点。传统观点是要将每个文明依次考察,以展示战争和入侵的紧迫情况、政治和社会的条件,经济上的

^① 奥威尔(G. Orwell, 1903~1950),英国讽刺小说家、新闻记者。1944年写成的讽刺俄国革命的政治寓言小说《动物庄园》中,有许多互相关联密切的动物。——校注

^② 赫伯特·巴特菲尔德《现代科学的起源》(伦敦,1949)第VIII页。在活着的传统历史学家中,该书的作者是最杰出的,他对科学历史的研究有许多东西可说:“关于学术上的任何分支,我们今天能做的最保险的推断之一就是这样一个判断:科学史很快就会获得与它以往所无法比拟的重要性。它已经不再是科学家的癖好或怪人的无害的职业,它不再仅仅是像音乐史或板球史一样的许多人文活动之一——这些活动似乎属于历史的边界地带。因为它是现代世界和现代思想的主要成分之一,没有它我们就不能构成令人尊敬的欧洲历史或西方文明的考察,它对我们理解自身就像希腊——罗马在那一千年里对欧洲一样重要。”引自第一次科学的历史豪布里特讲座,哈佛图书馆公报Xiii(1959),330。

不利地位,或者哲学上的狭隘偏见等等阻碍了其任何形式的科学革命,试图显示我们的文明是唯一走在正轨上的。此种观点也许是一种自然的虚荣心理,另一个更合理的观点则提出这样的可能性,即恰恰是我们的文明可能不在正轨上。可以设想,其余文明大部分是正常的,而唯独我们的文明包含了某些罕见的和独特的入侵因素,这些因素迅速发展成为今天支配我们生活的动力。正如天文学家可以推测太阳系中罕见的行星系统、生物学家推测行星上罕见的生命一样,人们也可以推测科学在文明中的特异性。

幸运的是,如果我们对行星系统、生命物质或科学活动的进化机制有所理解的话,就可以不仅仅停留在推测中。这样武装起来之后,就可以根据现象的本源做出合理的判断:应该去探寻些什么。要领会科学在当今世界中的地位,就必须追溯它的历史,以抓住一些重要的时刻。而这些时刻并非一定是指重要的发现或重大的进步,而是指那些转折点。在这些转折点上,人们不得不采用新思想、或在思维中注入一些新的因素。

目前人们很明确的认为并一致同意这样的观点:现代科学是有条不紊地从科学革命的全盛时期(主要是以17世纪为中心)发展到今天的。在这期间,理所当然是有转折点的,我们将在后面论述其中的一部分,但似乎这么一来,在牛顿的成就中,就可隐约地看出现代科学的胚胎。如果说是在那时候的话,那么还可以在比牛顿更早些的伽利略和哥白尼的工作,还有其他领域如哈维、波义耳的工作里找到这个萌芽。任何一位教师都很熟知这些在当代科学互相渗透的理论、实验和概念的网络中保留下来的名字。的确,对于许多教师来说,科学史中存在着许多卓越的名字,这些名字使他们在教学实践上增加了趣味性。

然而,如果现代科学早在16世纪就已萌芽的话,那么,我们必须追溯更早的某些与其概念有关的孤立事件。究竟该着手于哪一类这样的事件呢?没有一定的战略方针,我们只能成为目前已被划定的各门科学分支的编年史工作者。假如我们过于严格地将线索局限在16世纪科学的分门别类问题上,那未免要犯一个微妙的历史错误。因为那个时代的科学与其说是分门别类的,还不如说是一个个独立的王国,甚至当时的天才们也都是全才。

试图在学术上估量知识的整个前沿是不自量力的,获得合理的审视,需要一些必要的限制。在所有的专门科学领域中,迄今已高度发展了的、被公认已现代化了的、而且也最连续的学科要算是数学天文学了。这发轫于伽利略、开普勒的工作,经过牛顿的引力理论,直至爱因斯坦相对论,是古今所有数理科学家研究的主题。比较而言,现代科学的其他部分都是因之或继之而产生的。它们或许直接从数学和逻辑学对天文学的高度成功和有效的解释中吸取灵感,或许是这种灵感后来在邻近学科发展的结果。

这里,必须岔开一下话题,以便从我们的分析中排除某个科学和技术的硬核,

此硬核是任何一个文明都必须具有的,并且常常是该文明的基本特征。人类总是要建造避难所,种植和分配谷物,彼此争斗并医治创伤,人类知道这样做的目的。于是,透过一切有据可考的历史和文化,我们发现了从房屋到田地的基础几何学、商人的算帐法、历法推算、工业化学和医疗实践及宇宙学的某些知识是和宗教紧密联系着的。这些科学成份各自都可以既不导致也不参与科学革命就被进一步发展和成熟。比如,我们可以引用玛雅人的历法作为一例,如魔法一般的算术,贯穿了整个玛雅文化,却没有使这个文化科学化。甚至在我们这个纪元之前的头几个世纪里,就已经繁荣昌盛并继续迅速发展了近几千年的医药和化学的高超技艺,也没有发生根本的变化,而且如今也开始穿上现代科学的外衣,直至后来被真正的科学革命所超越。

因此,从全局的观点来看,我们必须把视线集中在那个唯一高度技术化,极深奥的科学部门,它曾是哥白尼和开普勒理论的母体,也为科学革命第一次非同寻常的统治提供了素材,对后来者它既是一个里程碑,也是一种鼓舞。当我们把精力集中在研究前哥白尼时期的数学天文学时,一下子就把我们带回到古希腊时期,这就给我们提供了有关古代科学和现代科学之间的强有力的联系。这一天文学理论在克劳迪厄斯·托勒密在大约公元140年^①编撰的《天文学大成》一书中得到了更充分的发展。

几个世纪以来,《天文学大成》一书的地位仅次于欧几里得的《几何原本》。对那些重新检验这些著作技术内容的当代数学家和科学家们来说,两部书都展示了最近以来才重新凸现的思辨深度。《几何原本》是一本纯数学的论著,虽然它曾遭到过某些反对者的猛烈攻击,但从某种意义上说,它的理论我们至今还在应用。作为科学著作的《天文学大成》,现在除了天文史家研究它之外,其他人早已遗忘了它。因此,长久流行的、将某些特征强加给托勒密天文学的科学神话,是错误的或误导性的。仅仅利用几经翻版的、富于幻想和过于简单的第二手资料,在甚至连科学家自己都在乱讲外行话的时代是太草率行事了。

为了消除误会,我们必须说明,《天文学大成》的重点是用极其复杂的数学方法,论述行星以固定的恒星为背景运行的方式。相对于那个时代来说,《天文学大成》肯定犹如爱因斯坦的相对论那样专业化而使人震惊。托勒密和爱因斯坦都有他们自己的普及者。像“爱因斯坦证明了任何物体都是相对的”,以及“托勒密证明了任何星体是绕固定不动的地球旋转”这样的说法,都是不适当的。就事实而言,尽管哥白尼在宇宙论上的哲学革新有其显而易见的重要性,但他不得不保留了《天

^① 《天文学大成》的可尊重的版本仅存于久已绝版的早期希腊和卡尔·马尼提厄斯德译本、丢拍纳尔古典作品(1912)中,而可以得到的阿贝·哈尔马的(巴黎,1816)法文版和英文版,大英百科全书,西方世界大作16(芝加哥,1952)中到处都是错误,语言晦涩,对古代和中古世界的科学最重要的著作极不公平。

文学大成》的数学方法，一点也未触动其技术基础。甚至，凡经他稍作修改的地方都损害了理论和观察之间的一致性。唯一关于月球运行的理论(是以地心说为基础的)，即便不是他的独到之处，也算是他的一种超越。^①

那么，正是在《天文学大成》中，我们看到了一个用数学来解释自然的成就，这个成就在古希腊时期就已取得，并在肉眼能观察的一切范围内，完美无缺地工作着。很明显，这是复杂科学第一次取得的既合理又有深远影响的圆满结果。数学行星理论在我们的历史上成了很早的一个关于物理世界的知识领域，在那里，无可争辩的数学逻辑被证明是合理和充分的。它是在罗马帝国陷落后，希腊高等数学大半佚失的时候，原封不动地幸存下来的科学分支。甚至在哥白尼之后，它还保持着有效性和威力，只是在1600年以后，从伽利略的望远镜得来的大量直观证明和开普勒的高深数学才超越了它。即使对于门外汉来说，行星运行数学这个令人奇异的课题多少年来也被认为是人类智慧的明珠。理解充满奇妙、复杂而又可证明为真的理论需要非凡神力，它使人着迷。

因此，有理由大胆猜想这个坚实的中心理论构成我们文化的一个智慧高峰——一个呈现在我们文明中而不是别的文明中的高峰。在所有其他文化、所有其他科学分支中，没有东西能与这一早期达到的、对自然精练和高等的完整数学解释相匹敌。如果考察一下我们智慧历程中的怪异，我们无法保证这是地域怪异，就是它带来了现代科学。仅仅只是涉及一门具体科学之发展的环境非同寻常吗？

要寻求答案必须回到更早的时代。如果看到《天文学大成》的发展是通过稳定的增长和积累，还伴随了灵感的闪光，其历史就像从牛顿到爱因斯坦的历程一样，也是很正常的。另一方面，若能展示出其某些内在特性，某些关键点，则我们可以确信，这就是争论的基本所在。

直至几十年以前都没有一点征兆指出希腊奇迹不过是一个地区性的、逐渐完善的事件，许多代人对经典学的研究却使我们相信了后面的判断。尤其是在天文学领域中，可以很明显地看出，对现象的理解和数学处理在逐渐地进化着，从几乎是原始的、简单的开端到《天文学大成》的全盛时期，以至于后来的许许多多的注释。这当然说明有足够多的知名数学家和天文学家在托勒密之前就已有了某些进展，许多文献告诉我们，这些人曾发现过什么和做过什么假设，其中有些无疑是真的。

不过，毕竟对从高度近似到完美知识的美好感情掺杂了较多的谨慎，令这种谨慎有些遗憾的只是历史学家在那些特殊的科学现象上缺少细节变化，即允许一本成功的教科书自动地压制并(在一个时期里)根除几乎所有曾经有过的历史痕迹。

^① 对新旧行星理论的科学状况有极多的误解性的详细描述，见德里克·J. de S. 普赖斯“反哥白尼：托勒密、哥白尼和开普勒的行星数学理论的批评性重新估价”载于《科学的历史中的批评问题》马歇尔·克拉盖特编(马蒂逊，1959)第197~218页。

于是,即使托勒密的巨大成功意味着我们知道的仅仅是前托勒密天文学的一些片断,也有正当理由希望在我们的忽略中没有隐藏什么重要东西。

这种希冀后来被扰乱进而彻底破灭了,因为自1881年以来,发现了大量巴比伦的数学和天文学资料,例如用楔形文字刻在黏土上、时间可以追溯到公元前二千年古巴比伦时期到古希腊时代的塞琉古王朝时期的数值计算表^①。

就我们现在的目的而言,注意到巴比伦的天文学就足够了,尤其是公元前两、三个世纪塞琉古王朝的全盛时期,它代表了相当高的数学水平,唯一可与之匹敌的是古希腊,但在内容和运算模式上两者有极大的不同。全部巴比伦数学和天文学的核心,是其运算上的极大便利性,包括大数字和复杂演算,这一点,使人不得不景仰它、也令使用计算尺和计算器的现代科学家望尘莫及。确实,那些甚至可用于教育目的的陶土制计算表,包含一些老式的孩童时代的典型问题。例如,几个流速不同的水龙头向有漏洞的浴池注水的问题。那些表还包含着多层括号倒换的代数问题(尽管此处只用文字而不是符号来说明)。

这是巴比伦数学晦涩的一面,它的明快面是数的性质和它们的运算方法。人们可以获得这样的印象,即拉曼布詹所用的工作方式——在几乎根据本能而远非原理性地发现数的性质和把每一个正整数作为个人朋友——是巴比伦人的规范模式。我不想做不必要的夸张,或暗指古人都有拉曼布詹的天才。一般而言,他们的长处是算术,在这方面他们是最杰出的。

巴比伦文明的这一侧面的起源是很难确定的。也许它是特有的民族特征;也许是由于他们用小的、均匀的、可数的、书写在黏土上的楔形字这一偶然原因。很可能在他们生活方法中有需要在商业或宗教中记录和操作数字的急迫性。这样细微的推测似乎不仅是危险的,而且也无法解释下述事实:巴比伦人并无那种怪癖念头——与玛雅人在他们的历表中对数字的情感没有多大的不同,虽然我们没有什么堪与巴比伦人奇妙的诡辩相比。

从我们的目的看,有意义的与其说是巴比伦人对天文学的态度不是其起源的偶然因素,不如说它作为一个处理日、月和行星运动的高度发展和行之有效的算术方法早已存在了。巴比伦人对所有的数,包括整数和分数,使用一种位数值体系的重要技巧来进行运算。他们开创了非常方便的六十进制,我们的角度计量和时间计量法则就承袭自他们的传统。总之,(就迄今所知)他们能够不借助任何几何图

^① 我们强烈地建议读者关心这一领域中由该领域最伟大的解释者奥托·纽格鲍尔在《古代真正的科学》(第2版,普洛维顿斯,1957)中作出的一般性的讨论,而不是那些比较次要的巴比伦的数学和天文学奇迹。在书里可以发现关于巴比伦数学秘密的材料来源的充足的参考,像F. J. 艾平(秘鲁)和J. N. 斯特拉斯迈尔(伦敦)的如何解释第一张天文学图表的像故事一样的,以及刊登在1881年起出版于各地的天主教神学期刊《来自玛丽亚·拉赫的声音》上的令人感兴趣的神秘趣闻。

形或模型图进行天文学计算。也许在现代数学中最接近于他们的方法是波动的傅立叶分析,但这里数学家是依据正弦波的概念而不是巴比伦人的纯数值序列来思维。

不可避免地,下一步应把巴比伦人的高水准科学同希腊人的成就做一比较。截止公元前最后几个世纪,我们在二者之中都能观察到某种合理而绵延不断的传统,那时,他们都关注于行星的准规则运动这样十分自然的问题。当时,他们各自都已确立了充满技术性的成熟而深奥的体系,并且不断地把各个时期所有最相关的观测和思考概括进来。

这两个同时代的解释像粉笔和奶酪一样的不同,真可谓是历史最大的变戏法式陷阱之一。令人吃惊的是,当一方在某处有深厚的知识时,另一方在此处却是深深的无知,于是它们精确讨论同样基本事实的方法是那样的互补,以致于二者之间没有会合的地方。从巴比伦人在计算方面的本事中,很难辨认出作为希腊欧几里得特征的逻辑论证法的基本要素。人们进而可能会指责巴比伦人对几何(或更泛一点,对格式塔问题)完全无知,但这里必须格外谨慎,必须承认他们少量的建筑几何、神话宇宙论等等任何高度文明都必然要发展的东西。例如,我们知道,早在毕达哥拉斯之前一千多年巴比伦人就知道了直角三角形各边的毕达哥拉斯性质,但严格地讲这是某种粗糙形态的几何学,甚至今天,它也可以被任何人简易地从适当的马赛克地板上或浴室中获得。

希腊人怎么样?他们是不是也像巴比伦人一样片面地发展?我们必须小心区别古希腊早期和后期。对这个区别,科学的历史提供了(正如它在别处常干的一样)不同于其他历史的新鲜见解。例如,被艺术史家所钟爱的伟大的文艺复兴,在科学史家眼里似乎就稍逊风骚,它带有更多狭隘的意大利运动的特征,对我们来说,它的重大意义已被德国宗教改革运动中天文学的复兴所淹没^①。正如在希腊人问题上,古希腊早期数世纪黄金时代的伟大艺术、哲学和文学,在我们的眼中已被大量古希腊后期的科学生命力所掩盖。

对较早时期尽我们之所能之后,可以鉴赏出已从欧几里得那里得到透彻了解的逻辑和几何学的光辉形象,但其总的缺陷是没有任何计算知识的深度。这又一次使人陷入困惑,好像人们必须每日都生活在例外当中,并且承认一名古希腊土地上的居民当被迫的时候,他有充分的能力自己开出现代洗衣单来。应该承认:在毕达哥拉斯的闻名著作中包含着少量(巴比伦意义上的)算术。虽然它们涉及到数,在当时也非泛泛而论,但缺乏处理十以上一般数字的知识和计算方法。只要考察

^① 对于由一个对把科学的历史作为一个学术自治领地的比任何人做的工作都多的人,对文艺复兴的典型的重新评价,见乔治·萨顿的《文艺复兴时期,古代和中古科学的解释》(费城,1955),特别是结束语,第166~175页。

两种文明对2的平方根的态度就能说明问题。希腊人证明它是无理数,而巴比伦人却把它计算到很高的精度^①。

还有,我们需要稍稍注意了解把希腊人推进到这个特殊的文明之路上的一系列复杂的动机和偶然事件。就希腊科学而论,其他文明以前也许对它做过许多这样的事情。现代历史学家长期以来仅仅只注意辉煌的希腊数学论证传统,的确,我们现在的许多智慧都是源自于这一数学论证的传统。正因为如此,纠正我们自己的传统是困难的,试图重新估价古希腊文化而不考虑巴比伦人的影响,虽然这种影响清楚地体现在古希腊后期作家希罗和喜帕恰斯的作品之中,也是不可能的。

纵观整个历史,我们现在知道,至少在某种程度上,古代中国文明是在基本上与古希腊和巴比伦隔绝的情况下成长起来的,其一方面在算术技巧上,另一方面在几何学上都有稳步的进展^②。毫无疑问,在具备了古希腊天文学的两个基本成分之后,中国人已经接近于完成像《天文学大成》那样的数学体系,一旦时机成熟,也能产生出中国的开普勒、中国的牛顿和中国的爱因斯坦^③。

让我们再次查看早期古希腊和塞琉古时期巴比伦的世界,在亚历山大大帝史无前例的、始于公元前334年的征服之前,它们相对很少有科学接触。在以后的几个世纪里,古希腊的数学和天文学引入了明显外来的和计算性的结果和方法,使人不难认出这只能追根于古巴比伦。除去其中“迦勒底的”^④天文学家被泛泛地或指名道姓地引证的少数希腊作品外,我们对于这两种不同文化的科学结合和历史上的相互作用知之甚少。我们只能看到,近亲繁殖的科学联姻的最后结果,就像火星人的情况一样,关于这些类似的问题,也许有些小的成就。

① 关于希腊人对2的平方根的非理性的探讨,毕达哥拉斯证明的最优雅的最简单表达由G. H. 哈代在《一个数学家的遗憾》(剑桥,1948)第34~36页中给出。该文重印于詹姆斯·R. 纽曼的《数学世界》4(纽约,1956)2031页。巴比伦人的探讨见于古代人刻写的书版,耶鲁巴比伦文集,第7289号,O. 纽格鲍尔作了评论《古代真正的科学》(普洛维顿斯,1957)第35页和图6a,该书板碰巧包括一些几何图形,虽然没有借助任何计算。

② 有关中国的数学及其所有的分支的故事,首次在于李约瑟的《中国的科学和文明》3(剑桥大学出版社,1959)第19节披露。这一节的结论性段落(第150~168页),虽然强调东西方政治、哲学条件的不同,但仍得出了与我这里得到的相同的结论,他说:“……[在中国],没有来自自然科学方面的[对数学]的主动要求……”在西方,这种要求通过数学行星天文学的实力而产生。

③ 提到中国的爱因斯坦,立即促使我在这里引用西方爱因斯坦的一封信中的一段文字,这段文字通常作为趣文引用,但就我所知,它不是趣文,我感谢我的同事亚瑟·赖特教授借给我一份原件,这是给J. E. 史威茨尔(加州,圣马蒂奥)先生的。“亲爱的先生,西方科学的发展是以两大成就为基础的,希腊哲学家的形式逻辑体系(在欧氏几何中)和在系统的实验(文艺复兴)中找出因果关系的可能性的发现。在我看来,人们不会因为中国的圣人们没有做出这些进步而吃惊,令人吃惊的是这些发现全部被做出了。您的诚实的A·爱因斯坦,1953年4月23日。”

④ 迦勒底(Chaldea),巴比伦尼亚南部(今伊拉克南部)的地区。历史上,“迦勒底”曾是“巴比伦”的同义词。——校注

这肯定是一件惊人的历史事件，这件事足以成为一个枢纽点，并且提供了证明使我们理解我们文明的基本特征及与其他文明如中国文明的差别。中国文明可能包含同样的科学因素，但在古希腊和巴比伦相同和相异的见解之间，缺乏爆炸性影响。

目前，与我们的科学文明诞生有关的各种事件记录是不完整的。令人惊奇不已的是，巴比伦数字和定量方法对希腊几何学和逻辑学的刺激作用只是昙花一现而已，仅仅留下了赫罗著作中的东方学学童问题以及巴比伦历法中的月份周期。真正的成果是将希腊天体几何定性而形象的模型与巴比伦的定量运算及其结果自然而又是偶然地结合在一起。

从希腊人的观点来看，行星是在圆形的轨道上以近乎均匀的速度旋转，巴比伦人则很好地测出了并能精确地预言转速不均匀的程度。希腊人是怎样刻划出行星运动中轻微而精确的不均匀度的？他们不能使星球有时运动得快一点，有时又慢一点从而方便地进行上述描述。运动变得快起来是允许的，但那时没有处理脉动速度的便利数学方法。最自然的做法是维持完美而明显的匀速圆周运动，并把地球置于圆周上，用各种缩小比例来处理行星轨道。这样一个理论把我们今天所知道的最复杂的实际运动，计算到了不依靠望远镜的帮助，而仅用肉眼的观察所能得到的最大的精确度。开普勒揭示出行星以椭圆轨道运行，太阳占据椭圆的一个焦点。当然，这个椭圆非常接近一个偏心圆，行星以对另一焦点几乎均匀的角速度运行。

巴比伦人的方法是使用一系列递升或递降的数字组成的序列，或其差值为递升或递降的数字序列，所有的数字常量都是精巧地设计出的，它们能在无任何几何图像或模型介入的条件下得到必须的周期性和提供精确的数量结果。

因此希腊人对天体运行有着清晰的形象概念，但对可定量测量而不是定性观察的事物，则只能粗糙地吻合。巴比伦人有把理论与详细的数据观测联系起来的全部手段，但是缺乏形象概念，因而不能把一连串数字变成一个系统。

这个极不寻常的数学事件是大自然对我们文明的额外礼物，它唯一明显地把希腊和巴比伦联系在一起，并导致了一个理论，其中具有令人信服的形象概念和近乎可定量检验的正确性。作为这份礼物和其后希腊人借助三角学技术精确化的结果，巨著《天文学大成》成为历史上第一本用详尽的数学方法解释复杂现象的书。该书几乎在任一细节上都是完美的，而且它提出了一种方法，如果把此法引入其他所有的科学分支，将使整个宇宙完全被人所理解。它作为蕴藏着大量数学和与之有关的科学技术的母体，一直站立到 17 世纪。

现在，有必要回顾一下我们的论述，看看我们可以得到什么结论。我们的文明包含着高度的科学内容，这样一个事实是基于有两个差别极大的科学技术：一个是逻辑的、几何的和图形的，另一个是定量的和数字式的，在较高水平上的混合。两

种方法在天文学上的结合,产生了完善而实用的理论,比任何复杂程度相近的其他科学理论精确得多。如果有人认为某些历史事件不可能的话,那么托勒密理论是早期出现的强烈的不可能事件。科学在这个分支里似乎得到了不甚公平的开端,过早地遇到了正常文明(例如中国)经过成熟发展才遇到的课题。

这种解释恐怕能在相当程度上改变历史学家们在分析科学史的其他领域时形成的成见。例如已经习以为常的先引述被推迟的化学科学革命以及更加推后的生命科学从其原始状态的解放,然后寻找这些变化迟缓的原因。因而,这种传统的方法可能徒劳无功地寻求什么是正常发展方式的解释。物理学较早受到其临近学科天文学成就的推动,在化学和生物学的发展进程中,发展的动力不像是内部的,而更像是来自物理学的成就,以后又是化学发展成功的压力。

当然,这种历史解释回避了这样一个问题:是否天文学中数学方法的优先性仅仅是年代上的,或者,是否存在某种根本方法,在这个方法中,被观测世界的数学解释是我们理解的逻辑基础,并对各种历史事件的进展是必需的。科学哲学家通常只考虑后者的可能性,如我们所熟知的,科学具有一根基本性的数学支柱,由于这个支柱历史根源的不可思议性,人们会怀疑科学的存在有种种可能性,如果确是如此,比方说在中国存在过这样一种情况:它使化学和生物学先于天文学和物理学而得到了较大的发展,则科学又会采取什么形式呢?

如果我们以对科学的现状、而不是以对可能出现的状况为满足和好奇的话,我们应该进一步分析希腊——巴比伦熔炉中两种起源的顺序。在同时代的这两种伟大文化中,一种具有算术天才,对几何学却一窍不通,而另一种文化则恰恰相反,这就不一定是奇怪的现象了。它们是否像雌雄一样,是生物的极端,而不是极少可比拟性的同体?有可能存在着某种特殊的天性或环境因素使人甚至使整个社会在某一方面极端优异,而有些人也许能在两方面俱优,例如托勒密的突出表现。再例如,现代数学物理的活力要求既有巴比伦人的品质又有希腊人的品质那样在两方面都优秀的人。^①

从历史的证据中揭示出:科学理论中的模型构造和定量方法的采用是现代科学推理的一对互补操作,这一点没准能引起科学哲学家的某些兴趣。尼尔斯·玻

^① 写完这几行不久,我碰巧发现一篇 G. L. 赫胥黎写的最使人敏感的文章,“两种牛顿研究”,哈佛图书馆汇报 13(1959)348~361 页。它是以这样的话结束的“巴比伦人确实是最伟大的,然而希腊几何学家也是最伟大的”。这确实是相当有趣的,确定是否曾有其他数学家面对巴比伦人的分析能力或希腊人的几何思维和直观想象,而不表现出比平时少一些天赋。当然,赫胥黎的评论部分是柯尼斯的观念的反映,“牛顿不是理性时代的第一人。他是最后一个魔术师,是最后的巴比伦人和古幼发拉底人,具有与将近 10 000 年之前开始建立我们的理智遗产的人们同样的眼睛展望可见的和理智的的世界的最后的伟大思想。”(皇家学会,牛顿三百周年纪念,剑桥,1947 第 27~34 页。)

尔的“互补原理”如此强烈地影响着诸如量子力学这样的领域,在该领域中有形可见的物理模型之类——典型的希腊人的装置——早已声名狼藉,被证明是圈套和没有意义的错觉,这一切的确带有诗意般的公正。

拉曼布詹的例子表明,在今天,我们中间仍存在着几乎纯数学血统的巴比伦人。其他的数学家可以被归类为具有希腊人的气质。遗憾的是有成效的关于科学家心理的研究极少,而仅有的一点研究与下述见解相一致:有形图像的崇拜者和数字巫术奇才也许是令人惊奇地在气质上清一色。^①从教育界的经验中当然能知道,我们的人口大多数是由喜爱数学和明确地不喜爱数学的人组成。此问题显然是基本的和长期的,不能被想当然地归因于学校里坏的教学法。我们中间的巴比伦人和希腊人仅在高层次相遇过一次,他们在这种环境下再难以彼此沟通,情况会是如此吗?用更专业化的心理学术语来描述,会产生这样一个问题,即我们应该很好地区别形象思维者和符号思维者(若这是古代类型的现代等价者的话),并且,如果发现他们深层双构分布,我们也许应该安排每组各有一个具有正确数学血缘的教师和方法。

若杂交优势比之对科学家的第一瞥所可能得到的印象更重要得多的话,就需要对专业培训作出新的评价。当某一独立学科的迫切需要对科学家的时间和精力形成无法忍受的压力时,他就会明智地选择比以前更狭窄的专业,以使他有足够的剩余精力做些接近研究前沿但在截然不同的另一领域中的类似事情。研究前沿两个小领域的知识比一个两倍宽的领域的知识更为有效。由于条块分割是如此显而易见地危险,我们究竟在多大程度上需要它呢?假设为了覆盖上千个研究前沿,并使每个科学家懂得不同的两个领域,这就需要上百万个研究者。少于这个数字,或

^① 不得不报告说,虽然我们生活在一个如此极大地由精神奇想和科学家的思想模式确定的世界里,但极小地由严肃的心理学研究的方法,以其质量和态度来决定。也许最好的处理是由安妮·罗伊给出的《一个科学家的创造》(纽约,1953),介绍的目的是引用148页表8a:

主要被应用的想象类型和科学领域

	视觉的	语言的	总计
生物学家	10	4	14
实验物理学家	6	0	6
理论物理学家	3	4	7
社会科学家	2	11	13

这个例子较小(只有40个案例),分析和定义方法也不完善,但结果的偏向性指出进一步做这方面的工作是有价值的。两种思维类型的经典描述,见亨瑞·普瓦尼科尔《科学的价值》(纽约,1958)第一章。书中他举了一个很吸引人的案例,把活着的数学家按照姓名分别安置在密封的房间里,他们或是按照分析思维方式工作,或是按照几何思维方式工作,但是决不同时使用两种方式。

是用通常的选择法而把这个数字加倍,都将有一些交叉领域无人顾及。

幸运的是,选派科学家到交叉学科去的现实需要看上去是那样令人可笑地低,以至于我们没必要将各领域的结合进行计算。不过对于任何刚从事研究的科学家或他的导师来说,比较明智的是考虑这样一种可能性,即在该科学家的训练中,某种不平常的变化(例如对生物化学家设置代数拓扑学课程),可能要比某些看上去更天然相关的东西更为有用。

言归正传,人们也可能把希腊——巴比伦插曲视为科学中杂交优势价值的一个极端事例。如果精密科学以及其他科学的全部源泉被归结于人的相遇,这些人曾使用过种种只有单一效果的不同方法,那么,确保这个过程可以继续下去是多么重要呀!整个新科学已作为先前相互分离的各门知识合流和连接的结果而成长起来了。历史地看,其中许多只是偶然事件的结果,而非深思熟虑的计划。确实,对于研究的不可预言性,和反对违反社会的自然倾势去计划其基础研究的一般方向,这是最有力的论证。

我感到有必要更清楚地理解这种杂交优势的历史过程,并且用这种理解去更好地计划我们的科学教育和研究设施,从而可以面对着日益增长的专业化趋势和偏远学科相互作用机会日益减少的情况,给我们的科学家提供所有可能的机会。

(本文选自 D. 普赖斯著《巴比伦以来的科学》,王静、张风格译,

中共中央党校出版社,1992年,1~20页。)

2.3 为何追溯古代思想

埃尔温·薛定谔

早在1948年,我开设了一门涉及本书主题的公众讲座课程,时至今日,我仍迫切地感到应该进行更充分的解释和说明。当时(在都柏林大学附属学院)我所阐述的内容,已经成为你们面前的这本小书的一部分。我曾根据现代科学的观点加了一些评论,对我认为是现代科学世界图景的基本特点也作了简述。通过追溯古代西方哲学的早期思想,以证明这些特点的产生有其历史渊源(与逻辑上的必要性相对照),这是我详述古代哲学思想的真正目的。但是,正如我所说的,我的确感到有点不安,特别是因为这些演讲是我作为一个理论物理教授所尽的本职工作来完成的。需要解释的是(尽管我自己那时并非完全认识到它):花费时间去介绍古希腊思想家和评注他们的观点,并非只是我最近形成的偏好;从职业角度看,所消耗的也只是业余时间。从人们企盼理解现代科学特别是现代物理学的愿望中,可以证

明这样做是适当的。

几个月后的5月,当我在伦敦大学的附属学院的希尔曼讲座上讲这同一个题目时,我已经感觉自信多了。我首先发现自己得到了支持,这种支持主要来自杰出的古代历史学者,如西奥多·贡贝尔茨(Theodor Gomperz)、约翰·伯内特(John Burnet)、西里尔·贝利(Cyril Bailey)、本杰明·法灵顿(Benjamin Farrington)等。本书后面将引用他们某些有说服力的言论。我很快就认识到,使我沉浸到大约2000年的思想史中的,可能既不是随意的行为,也不是个人的偏好。而这种浸入比其他科学家所听到的情况更深。他们以恩斯特·马赫(Ernst Mach, 1838~1916)的例子和告诫作为回应。我并非被自己的奇怪冲动所驱使,而是像通常发生的那样,被源于我们时代知识状况的一种思想倾向不知不觉地推动着。实际上,在短短的一两年中,已有几本书问世了。它们的作者不是权威学者,而是对今天的科学思想和哲学思想有兴趣的人;但是,他们已经实实在在地完成了学者的部分工作,在他们的著作中详述了古代文献中所蕴涵的现代思想的最早根源。其中有詹姆斯·金斯(James Jeans)爵士的遗作《物理科学的进展》,金斯是已故的著名天文学家和物理学家,因其杰出而成功的普及读物闻名于世。还有贝特兰·罗素(Bertrand Russell, 1872~1970)非凡的著作《西方哲学史》,对于它的各种褒贬,我在这里不必也不能详说;我只是希望大家回忆一下,贝特兰·罗素是作为现代数学和数理逻辑的哲学家开始他辉煌的生涯的。这些书的每一本,都有1/3是关于古代的。几乎同时,在这个领域里很出色的一本名为《科学的诞生》(Die Geburt der Wissenschaft)的书,由作者安东·冯·默尔(Anton von Morl)从因斯布鲁克寄给了我。这位作者既不是研究古代的学者也不是科学家和哲学家。在希特勒入侵奥地利时,他不幸担任蒂罗尔州的警察局长,并因此在集中营里遭受了多年的磨难,但他从苦难中幸存下来。

如果我们对时代的一般趋势的估计是正确的,那么许多问题就自然地产生了:它是怎样产生的?其原因是什么?它实际上意味着什么?我们几乎不能对这样的问题作出彻底的回答,甚至将我们所认为的这种思想趋势追溯到足够远的历史中,使我们对当时人类的总体状况获得一个公正的考察时,也是如此。对待新近的发展,人们至多希望能指出一两个有些作用的事实或特点。我相信,在目前有两种情形可以部分地解释那种返古倾向,每一种情形都涉及思想史:一是当今时代人类已普遍达到的理智和情感的状况;二是几乎所有基础科学都处于非常严峻的形势下,与它们十分兴旺的“子孙”,如工程学、实用化学——包括核化学、医学的和和外科技术相反,它们陷入了窘迫的境地。让我先从第一点开始简要地解释这些。

正如贝特兰·罗素最近十分明确地指出^①,宗教与科学之间日益增加的对立不

^① (英) Russell Bertrand, History of Western Philosophy, London, Allen and Unwin, 1946, P. 559.

是产生于偶然事件,一般说来也不是由双方的敌意所引起的。如此深重的相互不信任是自然形成的,也是可以理解的。人们对自身所处的令人不满和困惑的境况,从未达到完全理解。宗教运动的目的之一(即使可能不是主要任务),始终是要完成这种理解,是要弥合仅从经验获得的观点中所存在的令人不解的“缺口”,从而增强人们的生活信心、增强对同伴天生的仁慈和同情。而我认为,人类的这种天性是很容易被个人的灾难和精神的痛苦磨灭的。在当时,物质世界既没有被真正理解,也没有被普通的、没有文化的人以某种方式所掌握。于是,为了满足普通的、没文化的人的需要,就必须将残破的、无条理的世界图像修补圆满,特别是要对物质世界所有的特性进行解释。这种需要很少被忽视,是由于如下显而易见的原因:通常解释工作是由这样一些人分担的,他们有杰出的品行、乐于交往,对人类事务有较深刻的洞察力,有能力说服群众并热情启发他们的道德教养。这样的人,除了他们这些特殊的品质外,就他们的教养和学识而言,通常是相当普通的人。这就是当时常见的情况。这样,他们关于物质宇宙的观点实际上与他们的听众大致相同,也是不可靠的。无论如何,他们会认为,关于宇宙的最新知识的传播与他们的目的不相关,即使他们知道这些知识。

起初,这种情形几乎不重要或根本不重要。但是在历史进程中,特别是17世纪科学复兴后,它就变得十分重要了。一方面,宗教的说教被编纂成法典并变得僵化,另一方面,科学不仅被承认,而且变革了人们的日常生活;这种变革不仅改变了人们生活的面貌,而且非常深入人心。宗教与科学之间的互不信任必然会增加。这并不是由那些他们表面上争论的众所周知的具体问题引起的。它们是无关紧要的问题,例如地球是运动的还是静止的,人类是否是远古动物的后裔等问题。这些争论点是可以弄清楚的,而且在很大程度上已经弄清楚了。但疑虑则根深蒂固得多。通过越来越多的用自然原因解释世界的物质结构,解释环境和我们的身体如何形成了我们所认识的状态,特别是把这些知识传播给每一个感兴趣的人,科学观点暗暗地从上帝的手中得到了越来越多的东西,它就更接近独立真实的世界,上帝就要变成不合理的装饰物,这是令人恐惧的。如果我们说这种恐惧是毫无根据的,那么就几乎无法公正评价怀有这种恐惧的人。对于社会危险和道德危险的担忧,实际上已不时地表现出来。当然这种担忧不是出自对科学观点了解很多的人,而是出于自以为知道很多实际上知之甚少的人。

然而,也完全有理由作出某种理解,例如补充性的理解。这种理解自科学诞生之日起就一直伴随着它。科学必须注意来自其他方面的不适当的干扰,特别是当这些干扰披着科学的外衣时。回顾一下靡菲斯特(Mephisto)^①,他借了博士的外袍,同智慧过人的学者开了一个很不礼貌的玩笑。我说的就是这种情况。在真诚

① 欧洲中世纪关于浮士德的传说中的主要恶魔。——译注

地追求知识时,你往往会长期承受着无知。真正的科学宁可容忍无知,也不靠猜测填补知识的空白。这并非在良心上对撒谎有很多顾虑,而是基于如下的考虑:无论这种空白如何令人讨厌,若用虚构的内容消除它,就会削弱寻求可靠答案的强烈愿望。注意力的转移会产生很大影响,即使答案侥幸就在眼前,也可能会错过。坚定不移地面对一个未知事物,而且将它作为进一步探索的促进因素和路标,在科学家心中是自然而然的和必备的气质。这样,很容易使他与构建宗教完整的宇宙图景的目标发生冲突。这两种对抗性的态度,对于各自的目的来说都是合理的。为避免这种冲突,采用哪一种态度都应谨慎。

这种知识的空白很容易使人感到一种根据不足的缺陷。有时人们只是凭借自己的爱好把它作为一种消除科学恐惧的“消毒剂”,而不是为了进一步探索。因为他们担心科学能“解释一切”,而使世界失去形而上学的意义。当然,在这种情况下,每个人都有权利提出一个新的假说。乍一看,它牢牢地抓住了某些显而易见的事实。人们唯一想知道的是,为什么他们能轻而易举地发现这些事实并对它们作出解释,而其他的人却与此失之交臂。但这本身不是反对这些解释的理由,因为,我们在作出种种真正发现的时候,也往往必须面对同样的情形。然而通过仔细考察,可以看到由下列事实所显示出的科学事业的特点。我心中就有许多案例。在一个相当广泛的探究范围内,人们会明确提出一个可被接受的解释。当它与成熟科学中普遍确认的原理不一致时,人们或是假装忽略它,或是稍稍弱化那些原理的普遍性。因而我们被告知,相信后者只是一种偏见,这种偏见会妨碍对所研究的现象作出正确解释。但一个普遍原理的创造性活力恰好取决于它的普遍性。一旦失去了基础,就失去了它的全部力量,也就不再有实际指导作用,因为每应用一次,都可能对其能力的挑战。为了证实如下猜测,即这种“废黜”不是整个科学事业偶然的副产品,而是它的一个邪恶目的,人们以殊可钦佩的机智宣称:应该请这个领域中先前的科学成就退休。该领域只是某些宗教思想体系的一个基础,但这个体系可能并未真正利用这个基础,因为它的实际范围远远超过科学解释所能涵盖的任何事物。

关于这种侵扰状况,有一个众所周知的例子,就是再度尝试将终极性重新引入科学。据说是由于因果性危机被反复重申,证明因果性是不能单独胜任的;而实际上是由于它被认为是有失全能上帝的尊严的。他创造了一个世界,此后竟不允许他自己篡改它。在这种情况下,可被抓住的弱点是显而易见的。在进化论和精神-物质问题中,科学都没能勾划出令人满意的因果关系,甚至对它最热情的信徒们也是如此。于是,活力、生命力、隐德来希(entelechy)^①、整体性、定向重复、自由意志

^① 古希腊哲学家亚里士多德用语,意即实现了的目的,以及将潜能变为现实的能动本原。——译注

的量子力学等等都介入进来。出于好奇心，我要提到一本简洁的书^①，它用优质的纸张印刷，装帧精美，远远超过当时常见的英国作家的著作。在一段关于现代物理学学术报告之后，作者愉快地着手研究原子内部的目的论、目的性，并用这种方式说明它的所有行为——电子的运动、辐射的发散和吸收等，

而希望用这特殊的狂想去取悦上帝，
是上帝创造了它并把它给了他^②。

现在回到我们的一般性问题。我将尽力阐明科学与宗教之间的天然敌对的内在原因。以往，由此而产生的斗争是众所周知的，无需再进行评论。此外，这些斗争并非是我们这里所关心的。无论多么令人遗憾，它们仍可反映出彼此的影响。科学家和形而上学者，包括官方和学术界的人士，也都清醒地认识到：他们努力获取的认识有着相同的客体，即人和世界。对有严重分歧的观点加以清理，仍旧是很必要的。这个目标尚未达到。今天我们看到，仅在知识分子中出现了最低限度的相对休战，但并未实现两种观点的相互和谐，即严格的科学观点和形而上学观点之间的和谐。这种休战只是由于彼此忽略对方，甚至是蔑视对方。在关于物理学或生物学的论文中，即使是通俗性的，如果转向形而上学方面也被认为是离题的。并且，如果一个科学家有胆量这样做，他很容易被人责骂，而且也会令人猜想：它或是用来反对科学，或是用来反对形而上学的特殊分支。后者应是评论家们所从事的工作。考察一下如何形成如下状况是饶有兴趣的：一方面，只有科学的信息被严肃地对待；而另一方面，科学又贯穿于人们的日常活动中，科学上的发现也并非很重要，实际上，当这些发现与以不同方式（纯粹思考或默示）获得的更高明的见解发生分歧时，这些发现不得而被放弃。人们很遗憾地看到，人类是在戴着眼罩、沿着中间隔着墙的、艰难曲折的两条不同小路朝同一目标前进，而且并未全力以赴地去完全理解自然和人类处境，或最低限度地完成对我们研究工作的内在统一性的安慰性认识。我感到，这是令人遗憾的，无论如何它是一个悲凉的场面。因为如果全部思维能力都被无偏见地尽情运用的话，显然它将缩小它所能获得知识的范围。然而，如果我使用的隐喻确实是适当的，也就是说，如果实际上真有两类人沿着两条道路前进，那么这种悲剧还将继续下去。但真实情况并非如此。我们许多人不能确定应遵循哪条道路。许多人遗憾而失望地发现，他们不能在两种观点中仅取其一。当然通常情况并不是这样：面对日常生活的千变万化，你通过接受良好的、全面的科学教育，就会完全消除对宗教的或哲学的安抚那种天生渴望，会感到无比的幸福。经常发生的事情是，科学足以危及大众的宗教信仰，而不是用其他东西取代这些信仰。这就产生了荒唐的现象，受过良好科学训练的、有较强思考能力的头

① Zeno Bucher, *Die Innenwelt der Atome* (Lucerne: Josef Stocker, 1946).

② From Kenneth Hare, *The Puritan*.

脑,却有难以置信的幼稚而又萎缩的哲学观点。

如果你生活在相当舒适无忧的环境中,并把它作为人类生活的一般模式。对此你相信,它得益于必然的进步,它将广泛地传播并会变成普遍的模式,似乎没有任何哲学观点也会生活得很好;即使不是无限期的,至少直到你年老力衰、面对死神时,它仍是如此。伴随着近代科学的到来,早期的迅猛物质进步似乎开创了和平、安全和进步的时代。但是这种形势如今已风光不再,情况发生了悲哀的变化。许多人,实际上是全人类被抛到了舒适与安全之外,遭受着失去亲友的痛苦。他们及其尚未夭折的孩子的前途十分黯淡。人类的真正生存、更不用说人类的持续进步不再被认为是理所当然的了。个人的痛苦、希望的破灭、徘徊于人类头上的灾难,对世界法则的庄严和诚实性的不信任,很容易使人对哪怕是模糊的希望也会产生渴望,无论它是否是可严格证实的。这种希望就是将经验中的“世界”或“生活”置于一个更高意义上的境地,即使目前它还是不可预测的。但在心灵与理性这“两条道路”间仍隔着一堵墙。我们沿着这堵墙反思一下:它将永远存在吗?我们能推倒它吗?当我们在历史的高山峡谷中审视它的蜿蜒曲折时,我们看到了悠远的两千年前的一块土地。在那里,这样的墙被推倒、消失了,道路只有一条,而且也不再被分割开来。我们中一些人认为值得走回去,看看能从那令人神往的远古的统统一中学习点什么。

抛开这种比喻,我的观点是:古希腊哲学今天仍能吸引我们,因为在此前后,世界上任何地方,都没有建立起像他们那样高度发达的、表达清晰的知识 and 思维的体系。这种体系没有致命的分裂。但近几个世纪以来,思想体系中的分裂阻碍了我们,到今天我们已难以忍受了。当然,古希腊人有些观点存在着较大分歧,双方为各自的观点辩护的热情并不比其他地方和其他时期低。他们也偶尔使用一些不光彩的手段,例如未得到承认的借用和诋毁它人的著作等。但是,至于一个有学识的人就何种问题发表自己的观点,是不存在限制的。人们还同意,真正的课题是一个基本问题,对这一问题的任何部分得出的重要结论,通常都可能而且将会对其他部分产生影响。相反,一个人如果对这样的相互联系视而不见,很容易受到谴责。早期原子论者对伦理学的结果保持沉默,就是处于这种境地。他们假设有普遍的必然性,但无法解释原子的运动以及在天空中观察到的运动最初是怎样形成的。让我做一个形象的描绘:人们可以想象,当一位年轻的雅典学派学者在一个假期访问阿卜德拉时(带着应有的谨慎,以对他师傅保密),他受到了远道而来的睿智的、世界闻名的老先生德谟克利特的接待。他向老先生请教关于原子、地球的形状、道德行为、上帝以及灵魂的堕落等问题。对这些问题中的任何一个,老先生都没有拒绝回答。你自然会联想,在我们时代,师生之间能有这样内容庞杂的交谈吗?当然很有可能,相当多的年轻人在头脑中会有相似的、应该说是古怪的问题集,并会与他们信任的人讨论所有这些问题。

关于对古代思想重新产生兴趣的事实，我曾宣布了自己打算阐述的两个观点。对于第一个观点，我就谈到这里。现在让我提出第二个观点，即目前基础科学的危机。

我们多数人相信，关于发生在时间和空间上的科学，如果建立得很理想，原则上应该能分解为可被（建立得很理想的）物理学描述和理解的事件。但正是在物理学中，本世纪初量子理论和相对论产生的第一次冲击，使科学的基础发生了动摇。在19世纪伟大的经典理论时期，用物理学的语言真实描述下列现象的任务似乎远未实现：一株植物的生长或大脑思考的生理过程，一只燕子筑巢。但无论如何，用来进行最终描述的语言，被认为是可解读的，即：微粒、物质的基本成分，在相互作用下运动——这种运动不是瞬时的，而是可被一种普遍的、或可叫做以太的介质所传播。术语“运动”和“传播”暗示的是，量测尺度和所有这些发生的场景是时间和空间。它们似乎没有其他性质和任务，只是一种舞台。我们可以想象，在这样的舞台上，微粒在运动，并且它们的相互作用可以被传递。一方面，万有引力的相对论显示出，区分“演员”与“舞台”是不容易的。物质和传递相互作用的某些东西（场或类似波的物质）的传播最好应该被看作时空本身的“形式”。这种形式不应该被看作概念上优先于到目前为止称作其内容的东西，就好像一个三角形的角不能优先于该三角形一样。另一方面，关于微粒具有的最显而易见的和基本的性质，即它们可被证明是独立存在的，量子理论告诉我们：以前曾认为这个问题是如此明显，以致几乎从未被谈论，它的意义十分有限。只有当一个微粒在一定区域内以足够的速度运动而不是与同类粒子紧紧聚在一起时，它的独立性才是（近似地）明确的。否则，它将变得模糊不清。我们这样主张，并不意味着仅仅表明没有实际能力追踪所研究的粒子的运动，而是认为，绝对独立存在的概念是不可接受的。同时，我们知道，无论何时，只要相互作用具有短波长、低强度的波的形式（正如通常那样），它本身就会呈现出很好的可确认的粒子形式，而与上面所描述的波相对立。在传播过程中表现相互作用的粒子，在各种特殊情况下，与相互作用的粒子是不同类型的；但他们同样被称作粒子。为了使图像更加完美，任何种类的粒子都展示出波的特性。该波越明显，它们运动得越慢，聚集得越密，则相应地失去独立性。

针对这些论点，我插入这段简短的报告，而谈论“观察者与被观察物体界限的崩溃”又强化了这种论点。许多人认为该观点甚至是更重要的思想革命。而我认为它并无深刻意义，只是被过高估计的暂时性状况。无论如何我的观点就是这样。现代的发展已经侵入了19世纪末看来相当稳定的、相对简单的物理系统中。那些将这一发展推向高峰的人，其实并未真正理解它。这种侵入，在某种程度上推翻了已建立起来的科学大厦，它的基础主要由17世纪伽利略、惠更斯和牛顿奠定的，正是这个基础被动摇了。但在某些情况下，我们仍对这个伟大的时期十分着迷。我们一直使用它的基本概念，尽管是用它们的创造者几乎难以辨认的形式。同时我

们知道,我们已山穷水尽,因而很自然地想起:开始构筑近代科学的思想家并没有从起跑线开始。尽管他们很少借鉴前几个世纪的知识,但他们确实复兴和继续了古代的科学和哲学。这一源泉悠远绵长,宏伟壮观,使人敬畏,以致那些先入为主的观念和无根据的猜测很可能被近代科学的先驱们接受,继而通过他们的权威使之不朽。如果风行于古代的高度灵活和坦率的精神被继承下来,上述观点和猜测就会继续被讨论和修正。一种偏见,若呈现为最初产生时基本的、坦率的形式,则比后来变成复杂而僵化的教义更容易被察觉。看来,科学正是受到根深蒂固的思维习惯的阻碍,某些习惯似乎非常难于发现,而另一些已经被发现。相对论破除了牛顿的绝对时空的概念,或者说破除了绝对静止和绝对同时的概念,并且至少从它的统治地位驱逐了历史悠久的“力与物质”的关系对。当无限度地推广原子论时,量子理论同时陷入危机,这种危机比大多数人承认的要严重得多。从整体上说,现代基础科学的现存危机表明,有必要修正它的早期奠基者的理论基础。

于是,这更加激励我们再次努力研究古希腊的思想。正像在这一章开头指出的,这不仅有望发掘出被人遗忘的智慧,也有希望发现从源头开始长期形成的错误。这种错误在源头更容易被认识。我们可以认真地试着把自己退回到早期思想家们当时的智力水平。虽然对自然的实际行为只有很少的经验,而且经常很少带有偏见,但我们可以利用它恢复思想的自由,并借助于我们关于事实的更高深的知识,来修正他们早期的、也许仍然困扰我们的错误。

让我引用别人的话来总结一下这一章。第一段话与我刚刚说过的紧密相关。它译自西奥多·贡贝尔茨的《希腊思想家》^①。因为可能有这样的异议:研究古代观念不能产生实际的进步。长时间以来,古代观念已被基于更广、更高级的信息的更高见解所取代。为了反对这种异议,在下面著名的一段话中,一系列论据被放在了首要地位。

回顾必须被视作是具有重要意义的。间接应用或利用非常重要,我们全部的知识教育都是起源于古希腊人。这些起源的全部知识,是我们从它们的不可抗拒的影响中摆脱出来的必不可少的先决条件。要忽略过去,不仅是不受欢迎的,而且简直是不可能的。你不必了解古代大师们的学说和论文,也不必了解柏拉图和亚里士多德,你可以从未听到他们的名字,但你仍然处在他们权威的魔力之下。他们的影响,不只是被古代和现代的接受他们观点的人所传递。我们的全部思想,其中运行的逻辑种类,所使用的语言形式(被他们所操纵)——所有这些绝不是人工产物,而且基本上是伟大的古代思想家的产品。确实,我们必须全面地考察这种变化的过程,以免我们将增长和发展起来的结果误认为是原始的,将实际上是人工的东西误认为是自然的。

^① Vol. 1, p. 419(3rd ed. 1911).

下面一段引自约翰·伯内特的《早期希腊哲学》的《序言》：“说‘它是关于世界的希腊式思考’是一个恰如其分的科学描述。这就是为何在那些受希腊人影响的人之外，科学就从未存在过。”这是一个科学家渴望得到的最简明的理由，可为“浪费时间”进行这种研究的偏好而辩护。

似乎确实需要这样的辩护。贡贝尔茨在维也纳大学的物理学同行、杰出的物理学史家恩斯特·马赫，早在几十年前，就已经谈论过“古代科学的珍稀而贫乏的残迹”。他这样说道：

我们的文化逐渐获得了完全的独立性，远远超过了古代。它在后来显示出全新的趋势。它以数学和科学启蒙为中心。但古代思想的轨迹仍徘徊在哲学、法学、艺术和科学中，它们构成了障碍而不是财富。但从长远看，它抵挡不住我们观念的发展。

对于古代思想目空一切的粗野性，马赫的观点与我引用的贡贝尔茨的观点一致，即我们必须战胜希腊人。但是贡贝尔茨用显而易见的证据支持一个重要的转变，马赫则用十足的夸张紧盯不重要的细节。在同一篇文章的另一段中，他推荐了一个超越古代的奇特方法，即忽略它，不理它。幸运的是，就我所知，他用这种方式很少成功，因为与他们天才的发现一道广泛传播的严重错误，极易引起令人担心的浩劫。

（本文选自埃尔温·薛定谔著《自然与古希腊》，颜锋译，上海科学技术出版社，2002年，9~23页。）

2.4 古代和中世纪的科学传统*

乔治·萨顿

当科学家对科学史发生兴趣的时候，他们的兴趣一般集中在与目前有关的往事上，或者集中在我们可以称之为“近代”的科学上——不管“近代”科学会如何规定。他们可能把它的开端选定在西方重新发明印刷术的时候，或定在哥白尼或维萨里^①的时代（1543），或开普勒的时代（1609~1619）和伽利略的时代（1632~1638），或牛顿时代（1687），或伏特时代（1800），或引入天体物理之时，或引入放射性之时，甚或更晚。这些规定“近代”开端的界限，每一个都能够证明是有道理的，哪一个也不比另一个差。差不多每一个科学家，不管他有无历史头脑，都得要做某

* 译自《科学史入门》，第17~42页。

① 译注：Andreas Vesalius（1514~1564），比利时医师，解剖学家，人体解剖学的革新者。

种程度的回顾,因为他自己的调查研究迫使他面对某些前辈的工作,或是由于学术常规的缘故。这种浅薄的历史回顾困难并不大,原始材料是不难得到的,年代学的基准也很容易确定。“那件事发生在何时?何地?”这样的基本问题是容易回答的。“为什么”和“怎样”的问题自然要困难得多,但对于不久前的时期来说,只要不超过上一个世纪,这两类问题仍然是比较容易回答的。科学家的回顾谈不到有什么年代学上的麻烦,也想不到传统的更易。请考虑一下 1820 年奥斯忒^①的著名论文吧,它是电磁学的基础,原先是用拉丁文写成的,它及时地被译成法文、意大利文、德文、英文和丹麦文。不到一年,欧洲每个物理学家都知道了它,有些物理学家还在它的基础上提出了新的实验。或者请考虑一下 1896 年伦琴^②的论文,它很有可能被认为是新物理学的开端。它所包含的要旨几乎立即传播到整个文明世界;几乎在每一个物理实验室中都有做这个实验所必需的仪器,而且实验十分简单,曾在 100 个地方立即反复实验过。就在发现 X 射线的那一年中,出版了 1 000 部以上有关的书籍和论文。到 1896 年底,一位物理学家承认对 X 射线无知,就像污蔑自己是驴子。在我们的时代里,一个读几本杂志的人就几乎不可能漏掉新发现的知识。传统的问题很难存在了,知识由世界的一端传播到另一端,几乎是自动的。因此,局限于研究“近代”科学的科学史家想不到传统,而认为这是理所当然的。相反,为了理解科学传统的真正意义和它的价值,人们必须深刻地回顾过去,而这就是我们现在要着手做的事。

想到 5 世纪和 6 世纪的希腊科学,我们也许可以称它为“希腊奇迹”,正如心中记住荷马^③、索福克勒斯^④或菲迪亚斯^⑤的人所称道的那样。希腊科学的早期繁荣正好像希腊艺术或希腊文学的早期繁荣一样,是奇迹般的,也就是说,是无法说明的。(你可以说,每一篇杰作难道不是一个奇迹?是的,但那是另一回事)。就希腊科学来说,要说明的困难——这“奇迹”(如果你宁愿用这个词的话)是双重性的,包括创造的奇迹和传播的奇迹。我们当然知道,大量希腊科学遗失了,或许永远失去了。然而令人震惊的并不是遗失之多,而是它竟有如此之多逃脱了时代的变迁,流传到了我们手中。

拿阿基米德^⑥的例子来说,在公元前 212 年罗马人围攻叙拉古城期间他遭到杀害,当时他是 75 岁的高龄。他的著作写于公元前 257(年龄在 30 岁)年左右到 212 年那段时间。他在古代已经是知名之士,而我们知道最早评述他的工作的是拜占

① 译注:Hans Christian Oersted (1777~1851), 丹麦物理学家,电磁学的开创者。

② 译注:Wilhelm Konrd Röntgen (1848~1923), 德国物理学家,X射线的发现者。

③ 译注:Homer, 指创作古希腊两大史诗《伊利亚特》和《奥德赛》的一个或几个诗人。

④ 译注:Sophocles(约前 496~约前 406), 古希腊三大悲剧诗人之一。

⑤ 译注:Phidias(活动时期约前 490~前 430), 古希腊雅典雕刻家。

⑥ 译注:Archimedes(约前 287~前 212), 古希腊数学家、科学家和发明家。

庭数学家,阿斯卡隆的欧托西乌斯^①,这些评述局限于3篇论文(论球和圆柱,圆的度量,平板的平衡)。明确提到的最古老的希腊抄本是在第9到第10世纪拜占庭复兴期间抄写的,它是由塞萨洛尼卡的列奥(Leon of Thessalonica)发现的,可能在那一时期的开始。那份抄本仅仅包括7篇论文(已提到的3篇和圆锥体与球体、螺线、砂计算法、求抛物线的面积)。它失传了,但现存最早的希腊抄本是快到15世纪末和16世纪初的时候抄写的副本。另一本失去原本的抄本流传到巴格达,这使我们有了阿拉伯文的译本和阿尔·马哈尼(AL-MĀHĀNĪ)、萨比·伊本·库拉(Thābit ibn Qurra)、优素福·阿尔·哈里(Yūsuf al-Khūrī)和伊斯哈克·伊本·哈南(Ishāq ibn Hunain)等人所作的评注。他们所有人在9世纪下半叶都享有盛名。另一篇,阿基米德的论文《论浮体》分为上、下两卷,并未包含在刚刚提到的传统抄本中,而是由佛兰德的多明我会修道士默尔贝克的威廉(Willem of Moerbeke)在1269年翻译成拉丁文的。他翻译的第一卷出版在塔尔塔利亚(Tartaglia)的拉丁文版中(威尼斯,1543)——这是各种语言中第一部刊印的阿基米德著作,他翻译的两卷本是由特罗兰纳斯·库尔提乌斯(Trolanus Curtius)(威尼斯,1565)和费德里科·康曼丁诺(Federico Commandino)(波伦亚,1565)刊印出版的。《论浮体》的希腊原文一直到1906年才发现。那一年,丹麦语言学家海贝尔(J. L. Heiberg)在一部12世纪到14世纪君士坦丁堡再生羊皮纸的希腊东正教圣餐仪书(euchologion)下面发现了它。同一本再生羊皮纸卷还隐藏了另一篇阿基米德的原文,即万事万物中最珍贵的东西——《方法》。只是通过休达斯(Suidas)的评述,才知道有这篇论文。这本《方法》是古代最重要的书籍之一。我们拥有了它!可是要记住,它是最古怪的方式——作为再生羊皮纸卷——保存下来的,这就是说,虽然故意把它刮掉,但它却保存下来,并且也只有在1906年我们在世的这个时代中才会把它复原。阿基米德关于正七边形的专题论文由萨比特·伊本·库拉(Thābit ibn Qurra)译成阿拉伯文而保存下来,这个译本是在开罗的抄本中发现的,1926年由卡尔·斯科埃(Carl Schoy)刊印出版。

换句话说,阿基米德这些失传的论文只是在1906~1926年这段时间中才重见天日。还可能会发现其他失传的论文,主要是以辅助的方法来发现它们。希腊再生羊皮纸卷已经检查得相当充分了,很少有希望重复海贝尔天才的手法和意外的幸运。但是,发现失传的希腊科学书籍的阿拉伯文译本倒是大有希望,许多阿拉伯文的手稿尚未加以评述。一些希腊科学的经典著作,如阿波罗尼奥斯^②著名的圆锥曲线卷V到卷VII,以及盖伦^③的许多论文就是以这种方式发掘出来的。

① 译注: Eutocius Of Ascalon(活动时期在6世纪上半叶),拜占庭数学家。

② 译注: Apollonius(约前262~前190),古希腊数学家。

③ 译注: Galen(129~199),古罗马医师、哲学家、语言学家。

我对阿基米德传说的叙述是不完全的,但也足以说明这类传说的许多特点、多种偶然性和危险性,在最好的情况下还会说明这种传说的复杂性。我们知道希腊原文是通过保藏它的手稿,或它的摘录,或由后来的作家提到了它,或是通过阿拉伯文版本、希伯来文版本或拉丁文版本、评述、摘录,或通过用这些语言中的每一种(或全部)语言表述的参考物。这种传说的种种矛盾的侧面是由这样一个事实显示出来的,那就是,阿拉伯研究是现在经过全面考虑的、最有希望增加我们关于希腊科学知识的方法。

细心的读者很可能会向自己提出两个问题:①如果这个传统如此充满了冒险和奇遇,那么这些原文怎么会保留下来呢?尤其是数学手稿,它们只能使寥寥几个人感兴趣;②就那些危险和变迁而论,我们怎么能确信那些幸存下来的版本实际上就是所要求的那个东西呢?

这两个问题是贴切的,也是十分棘手的,它们起着刺激的作用。如果人们铭记,自从阿基米德去世后,在地中海地区曾经发生过多少次战争、大火和其他灾难,他的作品怎能逃脱掉毁灭和湮没呢?在阿基米德撰写其中一篇文章,比如说《方法》或《论浮体》的时候,直接对它感兴趣的学生数目必定非常之少,并且在各个时代中一直保持了这个数目。由这位大师自己发行的“第一版”不大可能有许多副本。或许有一打甚至更少一些。其中某些副本进了亚利山大图书馆和帕伽马图书馆,但是那些图书馆早就毁灭了。前不久我们才认识到最安全的图书馆也不是绝对安全的,它们越是巨大,万一遭到破坏,损失也就越惨重。其他副本保存在私人图书馆中,例如阿基米德自己的图书馆、叙拉古的国王希伦(Hieron)和他的儿子革洛(Gelon)的图书馆,阿基米德的朋友培流喜翁的多西狄奥斯(Dositheos of Pelusion)、萨摩斯的科农(Conon of Samos)和昔兰尼的厄拉多塞(Eratosthenes of Cyrene)等人的图书馆。可是它们多么不安全啊!由叙拉古暴君保存的副本难道有巨大的幸存机遇吗?至于说到阿基米德本人和他的朋友,这些人多半是贫穷的,他们肯定并不富裕,但是,即使他们富贵到生活在宫殿之中,又怎么样呢?难道现在尚有任何古代私人宫邸存在吗?这些宫内的东西传给了我们吗?那么,《方法》隐藏了2000年之后,怎么会在1906年终于到了我们手中呢?它幸存下来几乎是不可思议的,可是这样的事也不像人们想象得那么稀少。虽然希腊的科学文献大部分失传了,但遗留下来的依然是令人赞叹的宝藏。所有那些书籍是怎样幸存下来的呢?它们之中没有一本是通俗流行的,甚至没有一本书曾以数量大的版本“印刷”过。我能想到的唯一解释是这样,虽然很少有人会对阿基米德的论文直接感兴趣(转回到我们开始时的例子),但是,许多人,无论他们受过教育与否,都关心这些论文。这些男人——也可能是妇女——认识到这样的手稿是珍贵的,应当受到充分的爱护。他们对各种著述,尤其是对这种神秘的著述有一种迷信上的崇敬。我

们不应该嘲笑那些无知的人的迷信，首先是因为我们一直受到他们的恩泽，其次是因为直到今天类似的迷信仍在我们中间到处流行。它的确是一种十分奇怪的补偿，宗教迷信减少多少，科学（或伪科学）的迷信就按比例地增加多少，依靠人们容易上当受骗做生意的广告商对这点了解得十分透彻。人没有迷信就不能生活吗？不管怎么说，希腊手稿，甚至连对普通人不能有任何一点用处的、最不好理解的希腊手稿，都被小心爱惜地保存起来，一代传一代，从物主传到盗贼或掠劫者，又从掠劫者传到新的物主，诸如此类。它们偶尔会落入这样的人手中，他们有充分的鉴赏力，并有热情作出新的抄本或新的版本，或者评注、翻译，对那些翻译加评注、扩充引申、缩写、意译、再评注，等等。这些最终落到我们手中的阿基米德手稿在许多次灾难中不曾逃脱过一次。

的确，风险一直是如此之多，我们十分自然会想到第二个问题。我们怎么能确信今天可以读到的《论浮体》论文，无论是海贝尔的希腊文本版本，还是托马斯·希思（Sir Thomas Heath）爵士的英译本，确实是阿基米德的原文呢？在这个特殊事例中，欧托西奥斯的一个评述引起我们的怀疑，这篇评述的大意是说，阿基米德用多利克（Doric）方言写作。在今天可得到的希腊文本中只留下很少这种方言的痕迹。欧托西奥斯（他在阿基米德之后享有盛名达9个世纪）曾发现一断简残篇，他觉得好像是真品，因为它“多少保留了阿基米德喜爱的方言”。这意味着原来的文本经过修正了。但是我们可以假定，这些订正纯粹是语言上的。顺便说一句，数学论文要比任何其他论文更有希望原封不动地流传下来，这是由于它们自然的清晰性和严密紧凑的结构。人们不会想到要去窜改它，即使插进了些窜改，也比较容易觉察。相反，医药书籍，尤其是草药书和药典，倒是吸引人去窜改，这些插入的改动又非常适合，不用复杂的语言分析，几乎就不可能看出来。如果阿基米德的传说告诉我们，说他做过流体静力学的实验并发现了我们以他的名字命名的原理，那么我们在默尔贝克的威廉兄弟的拉丁文本版本中读到他的《论浮体》的论文就不会惊奇了。文本和传说是一致的，并且有一种不会弄错的阿基米德风格。为什么它不该是阿基米德的论文呢？倘若我们心里还留有疑问，那么它们在1906年发现希腊文本版本时也就一扫而光了。两种不同的传世文稿互相印证，威廉译本脱漏和费解的地方都适当地加以订正。同样的事对于同一再生羊皮纸卷中发现的《方法》一文也出现过。我们如何能确信那是真实的原文呢？恰好，按照休达斯的说法，那篇论文狄奥多西（Theodosios）曾经提过意见，并且亚历山大里亚的赫伦（Heron of Alexandria）从它那里摘录出的命题和1906年看到的希腊文本十分吻合。当然，我们不能说绝对确实，但是，如果一部新发现的文本和它的传说以及在不同时代对它的介绍或引用符合一致，那么我们可以合乎情理地确信，它就是阿基米德的《方法》篇。毕竟谁会喜欢创造一部和它的简略叙述相互一致的新的原文呢？又怎么能把这个文本写成不与那时尚未发掘出来的引证或摘录抵触呢？

我讨论了阿基米德的事例,但是类似的论证会适用于每一个古代科学家。我们对每一本书原文的知识几乎一点也不是由于一个孤立的传统文化因素造成的结果,反倒宁可是起因于许多传统文化因素的汇流。这并不是说避开了时代灾难的原稿都是原封未动地为我们所知,或以同样的信任为我们所接受,比如说就像我们接受阿基米德的《方法》那样。这些古书每一部都有一些特别的困难,都有含糊不清的段落、前后矛盾和脱字漏句,开头或结尾可能下落不明等等。这不仅对科学的原文是事实,而且对于圣经和文学作品也是如此。这种世代相传的机制非常复杂,反复无常,它包括许多媒介——口述、羊皮纸、莎草纸、贝壳、纸,并且一般地说,不只一种语言。每一个历史的灾难都可能修改传统文化因素,或完全禁止它。每一事例必须根据它自己的是非曲直来下判断,并且结论可以在从可疑到合理的肯定之中变化。

确定一本古代(或中世纪)书籍的原作者可能是困难的,因为通常的习惯是把它归之于著名作者,或有名气的学派的大师。当时和现今一样,有大量捉刀人的文章,然而它的基本原则是极端不同的。今天“要人”们催促下手以他们的名义写出的书是为了不费心血而博得他们的声誉。过去,谨慎的作者试图在早先时代声名显赫的大师的名下把他们自己的作品兜售出去。要不然,校刊者就把不知名的书籍说成是“似乎讲得通”的作者所著,把一本医学书说成是希波克拉底^①或盖伦所著,把天文学书说成是托勒密所著,如此等等。因此,现代鉴定家必须始终提防,在一部手稿中说出的作者可能是真实的或不真实的;各种传统文化因素汇集起来可以证明一个真正的原作者(如上面所说的阿基米德的例子),假的原作者一般会由年代学上的矛盾证明出来。例如,一本书,内在的考证表明它只可能写于后罗马时期,就不能说是阿基米德著的(除非对后来时代的参考材料是窜改的,这是一个必须考虑的偶然事件)。再如《希波克拉底全集》就不是一个人的成果,而是活跃于一个世纪的一个学派的成果,它甚至包括了局外人写的书籍,某些局外人是晚的。它是由编辑和图书管理员逐步确立的,他们试图把他们觉得十分相似的条目统统混在一起,这样一种全集是靠故意的或偷偷摸摸的增补而形成的。它和今天出版如此之多的专题丛书是出于同样的感情用事。每一分册都在某种程度上分享其他分册和整套书的荣誉,每一分册都有助于销售其他分册。在为了更广泛传播知识而必须把它移注进另一语言运载工具的时代到来时,那些丛书或文本就引起翻译家的注意。每一部全集提出一个十分巨大的任务,这个任务既可以指导又可以分担进行。对译员训练所的校长来说,最自然不过的事就是他希望把比如说希波克拉底全集,或盖伦全集,或几何学与天文学之间的“中书”(middle books)送交给若干合作者来分担不同的部分。他们之中的每一个人将以自己的名义或以他的指导者的名义来做自己分担的工作。的确,分担一份工作也就分担一份责任。由于所

① 译注:Hippocrates(约前460~前377),古希腊医生,被誉为医学之父。

有这些学者差不多在同时间、在同一环境和同一指导下翻译同一性质的文本,所以由单独一人或一个译员训练所翻译的文章自然有同样的语言特色和精神特征。

就哲学著作来说,由于不同传统的相互结合和影响,必须克服一种新的困难。例如逍遥学派传统被不同种类的新柏拉图主义的污秽糟蹋了,后来又受到神学的干涉而损坏。一般说来,穆斯林亚里士多德主义和中世纪亚里士多德主义的历史,在很大程度上记述了逐渐把亚里士多德文本恢复到完整无缺的过程。

由传统的观点来看,非常幸运的是,几乎所有那些中世纪的翻译家(不论穆斯林、犹太人还是基督教徒),都有一种共同的品质,他们对内容的兴趣远远胜过形式。他们尊重要翻译的原文到迷信的程度,因此他们的翻译是逐字逐句的,好引经据典。这是十分真实的,在阿拉伯语的译文中可以轻易就看出希腊语风格,在拉丁语译文中可以轻易看出阿拉伯语风格。这些书面语的毛病并不限于词汇,它们还扩张到短语和成语。某些译出的短语实在太呆板,不在心里重新译成原文(或者换一角度来看,能够毫无疑问地推断出原文的特色),就不可能正确地理解它们。

简单地说,如果随着时间的推移,在意外的灾难之后没有把手稿毁灭,由于对口头和书面的传统忠实到盲从的地步,古代杰作就非常好地保存下来了。

尽管如此,我们还是有许多疑问,尤其是对于柏拉图以前的许多希腊科学的著述。古希腊(即亚历山德里亚之前)完整无缺地流传到我们手中的唯一片断就是希俄斯的希波克拉底^①关于月牙形面积的原文。其实它是欧德摩斯^②的几何学史的片断,由辛普利西乌斯^③在对亚里士多德物理学的注释中保留下来的。请注意那种世代相传的曲折性。感谢德国的赫尔曼·迪尔兹(Hermann Diels)、苏格兰的约翰·伯内特(John Burnet)和法国人保罗·坦纳里(Paul Tannery)这样一大批学者的勤奋和明哲,关于早期希腊“生理学家”的断简残篇和哲学意见集现在以适宜的形式搜集起来,使人能从容不迫地细读。我们的怀疑现在局限在一定的残篇或引文或确定的人物上,不大会影响我们对整体的看法,也就是说,不大会影响我们对早期希腊数学或天文学的看法。

虽然如此,我们那些研究埃及和巴比伦的朋友还是有胜过研究希腊文化的学者的喜悦。虽然吸引他们注意的时代可能先于古希腊时代1000年或更早些,但他们却有研究原始文献的特殊荣幸,这些原始文献不是中世纪的缮本,而是象形文字的纸莎草纸卷或楔形文字的书板。在某些情况中,那些文献可能与它们的作者是同时代的,或者甚至就是亲笔所书!对照克拉索美尼的阿那克萨哥拉^④的言论,甚

① 译注:Hippocrates of Chios(活动时期约前460),希腊几何学家。

② 译注:Eudemus(活动时期约前300),希腊哲学家,亚里士多德的学生。

③ 译注:Simplicius(活动时期530左右),希腊哲学家。

④ 译注:Anaxagoras of Clazomenae(约前500~约前428),希腊自然哲学家。

至我们在阿基米德之后 1 000 年由手稿而知道的阿基米德的《论浮体》，请根据一本可以说 18 世纪的较老的书，考虑写于公元前 1650 年的“莱因纸莎草纸”（不是《论浮体》本文，而是纸莎草纸本身）。那本数学的纸莎草纸抄本几乎同原来的一样，而《论浮体》却是和它的本源相隔许多时代的一个副本。这可能是失望的原因。要是没有我们刚才解释的那种对古代传统和中世纪传统的忠贞，更有甚者，要是没有精益求精的内外考证方法，就不可能让优秀的学者把他们可以得到的最少量的文献充分利用起来，却又使他们不说出过分的主张。

现代科学的传播或流传凭借如此众多几乎自动化的媒介而有了保障，个别科学家无需为获得新闻而作任何努力，事实上，他为了回避它们，还可能要额外费一番辛苦。相反，在古代世界甚至在中世纪的世界中，传播科学新闻倒是反复无常和极其不确定的。一本科学书可能幸存下来，而且好多书也残存过，但是更多的书却失传了；有些书很可能从来就没有流传到任何地方，甚至可以想象，科学家不担心完成他们发现的新事物，因为他们可能会想到“它有什么用处呢？谁会看这些材料？还有谁会保存它呢？”这种含蓄沉默的态度正同我们时代弊病之一的著作狂（*cacoëthes scribendi*）相反，它可能是古代进步缓慢的一个原因。托勒密和喜帕恰斯^①的关系好像是一个同时代的忘年交，可是他们差不多相隔有 3 个世纪。许多知识未能传到我们手里，不是由于这些发明家缄默不言，就是由于他们白费力气，如果打破沉默的话。发现若不发表，终究是不大作数的；一个发现的流传和发现本身相比总是次要的。

古代和中世纪科学史在很大程度上是流传的历史，发现与创造并不很多，因为劳动者和今天相比很少，而且科学的进步自然有一种加速度（如果我们向后看，这种加速度就是负的）。那些发现的创举和讨论是比较简短的，在另一方面，说明它们的流传则非常困难（没有世代相传，它们就好像从未有过一样），需要相当多的篇幅。这种流传是口头的、书面的或手工的。要详细准确地讨论这最后一种是最困难的，我们只能一般地谈论它，而且只能由结果推断它。它就像一条地下河流，绵亘好长的路程仍然是隐秘不见的，可是我们能合理地确信在 B 点露出地面的这条河流就是在好多英里以外另一 A 点消逝的那条河流。在工匠、郎中和炼金术士的知识中，有许多（而且或许是他们最有价值的）知识是凭借手工样板传给他们的徒弟的。师傅会说：“注意看，留心我正在做的东西，看我在怎样做，试试做同样的东西。”

我们可以尝试用图像来表示这些看法。每一个单独的观念或事实的沿袭相传可以用一条上下起伏的线来代表，它多多少少是有规律的。这些线中某些的中断不通是由于一度失传而看不见了，有时这些线出现交叉，它们的交叉点可能是无关

① 译注：Hipparchus(? ~前 127)，古希腊天文观测家、数学家。

紧要的,但也有可能对应一个难点或新的发现(图 2.4.1)。

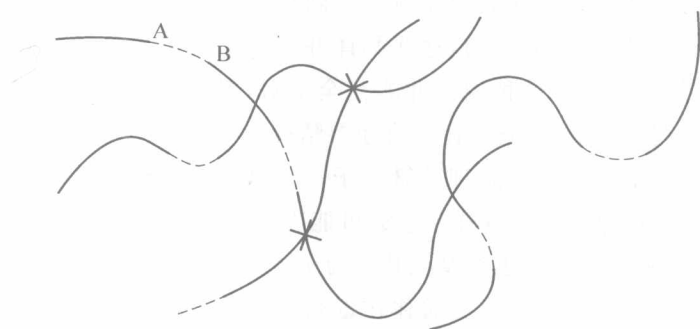


图 2.4.1 古代和中世纪科学发现的流传

如果我们希望表述整体的传统,不只是单个观念或发明的发展,而且是完备的科学的模式,那么图像就会十分不同,有点像这样(图 2.4.2)。

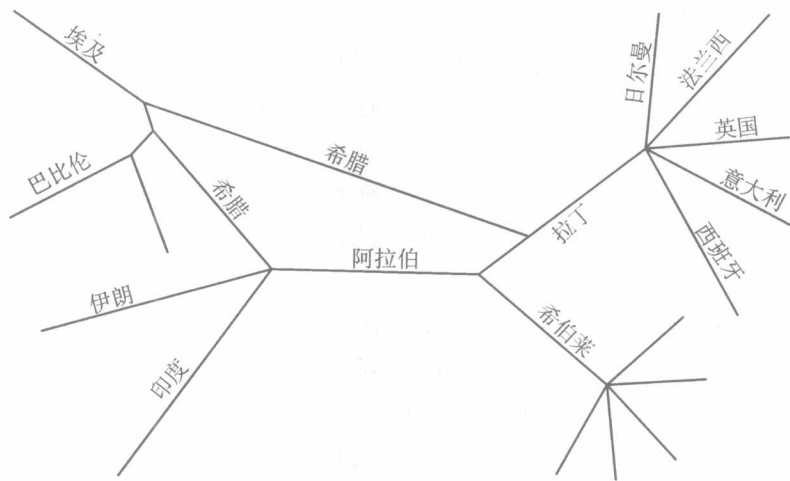


图 2.4.2 古代和中世纪的科学传统

这个图提醒我们,西方科学的根是在埃及、美索不达米亚,并在较少的程度上在伊朗和印度。中心的线代表阿拉伯的传播,它一度(比如说,从第 9 世纪到第 11 世纪)是显著的潮流,并且在 14 世纪以前仍然是中世纪思想的最大潮流之一。

这个图可以较容易地说明许多问题。首先它表明阿拉伯的传统是连续的,它不仅复兴了希腊科学,而且也使伊朗和印度的思想复活了。虽然对这方面的了解还很不完全,和迄今所能做到的研究相比,还需要做更多的研究工作,可是我们已经清楚地知道,中世纪科学的两个基本分支,即新算术学和新三角学,是由于希腊和印度这两种十分不同的思想潮流相互充实而产生的。

这就清除了由那些几乎完全忽视中世纪科学的人经常作出的那种拙劣的批

评,或者清除了由那些虽然缺乏适当的知识却又自以为理解中世纪科学的人作出的那种更拙劣得多的批评。他们随便就说:“阿拉伯人不过是翻译了希腊的著作,他们是勤奋的模仿者,顺便插一句,这些翻译并不是由他们自己译出的,而是由基督徒和犹太人译出的……”这种说法并非完全不对,但是它所含的真理微乎其微,要是允许它独立起作用的话,它就好比谎言还要糟糕。

让我们首先考虑一下这些真理的微粒子。不错,大部分的翻译工作不是阿拉伯人和穆斯林作出的,但是,不这样又怎么可能呢?后者在很大程度上只熟悉一种语言,懂得希腊文的人即使有也寥寥无几。为了要把一种语言翻译成另一种语言,人们就必须精通有关的两种语言。居住在近东、在达拉尔伊斯拉姆(Dar al-islām)的基督教徒和犹太人一般都是优秀的语言学家,天生的译员。如果要做这种翻译工作的话,显然他们是最合适的人。没有他们的帮助,就完成不了这些翻译。可是它们都是在穆斯林统治者的命令下为阿拉伯和穆斯林的使用而译出的。说没有阿拉伯科学就像说没有美国科学一样,这两种说法的对与错是同一等级的。正如美国人站在他们的欧洲先驱者肩上一样,阿拉伯人也是站在他们的希腊先驱者的肩上。这样讲是完全正确的。这是进化的基本规律。我们大家都是别人的子弟和信徒、效法者和批评者。在大多数情况下,我们比我们的前辈渺小得多,如果我们有足够的聪明和美德,我们就会感到我们如同站在巨人肩上的侏儒一样。有些时候子孙比他们的先辈更伟大。使得对人类传统的研究如此感人的东西,正是许许多多、各种各样的偶然事件,尤其是,时而在这里,时而在那里,无法预料就出现了的卓越人物。

某些中世纪的巨人是属于阿拉伯文化的。数学家和天文学家,如花拉子密(al-Khwārizmī)、阿尔·法哈尼(al-Farghānī)、阿尔·巴塔尼(al-Battānī)、阿布·瓦法(Abu-l-Wafā),欧麦尔·海牙姆(Umar Khayyām)、阿尔·比鲁尼(al-Birūnī),哲学家如阿尔·法拉比(al-Fārābī)、阿尔·加扎利(al-Ghazzālī)、伊本·拉什德(Ibn Rushd)、伊本·赫勒敦(Ibn Khaldūn),医生如阿尔·拉齐(al Rāzī)、伊沙克·阿尔·伊斯拉利(Ishāq al-Isrā'īlī)、阿里·伊本·阿拔斯(Alī ibn Abbas)、艾布·盖西姆(Abū-l-Qāsim)、伊本·西纳(Ibn Sīnā)、迈蒙尼德(Maimonides)。这些人名是不胜枚举的。这些人之中没有几个是阿拉伯人,而且他们并不全是穆斯林,但是他们基本上属于同一个文化群体,他们的语言是阿拉伯语。这点说明,想要单独依据拉丁文著述来评定中世纪思想是荒谬的。在好多世纪中,拉丁语的科学书籍简直算不了什么;它们是过时不用的,而且也是粗浅可笑的。阿拉伯语成为科学的国际语言,以前,从来没有另一种语言(除希腊语外)能和它匹敌;以后也绝不会再重复。它不是一个民族、一个国家、一种信仰的语言,而是许多民族、许多国家、许多信仰的语言。

最优秀的阿拉伯科学家不满意他们所继承的希腊科学和印度科学,他们羡慕

和尊重流传到他们手中的各种文化珍品,可是他们正像我们一样地带有“现代人”的特征和贪心,想要得到更多的东西。他们校勘欧几里得、阿波罗尼奥斯和阿基米德,议论托勒密,力求改进天文图表,清除那些造成在众所公认的理论中潜藏错误的根由。他们促进了代数学和三角学的发展,并为欧洲16世纪的代数学家铺平了道路。偶然地他们也能定义新概念,提出新问题,在早先传统的网络上扎起新的绳结。

那张东方—希腊—阿拉伯的网络,就是我们的网络。忽视阿拉伯科学和与之相应的对我们自己中世纪传统的误解,多半是由于认为阿拉伯学问的研究是东方学研究的一部分这种事实造成的。阿拉伯研究专家遭到冷落,被弃之不理,要不然就被置于一群其他的东方学者当中,如同梵语学家、汉学家或马来语学家一样。这不是错误却非常容易引起误解。确实,那个网络,即我们的网络,除了包括阿拉伯和希伯来的因素外,还包括其他东方的因素,例如我们已经提及的印度的因素,可是在许多世纪中,网络的最大部分却是用阿拉伯的线编织的。如果拔出所有这些线,那么这个网络就会在中间破裂。

就我们而言,在东方学领域中有很多的东西的确是外来的,可宗教上的希伯来传统因素及科学上的阿拉伯传统因素却不是外来的,今天它们是我们的网络中的一个主要部分。它们是我们精神生活的重要组成部分。我们文化的阿拉伯侧面甚至不能称为东方的,因为它的实质部分的确是西方的。穆斯林伊本·拉什德和犹太人迈蒙尼德彼此相隔几年出生于科尔多瓦(Cordova);阿尔·伊德里斯(al-Idrisi)出生在休达(Ceuta),在西西里岛享有盛名;伊本·卡尔顿(Ibn Khaldūn)是突尼斯人;伊本·拔图塔(Ibn Battūta)是摩洛哥人。摩尔人的科学家和学者的名单是一个相当长的名单。可是西班牙没有权利因为他们而感到骄傲,因为她对待他们就像一个苛刻的继母那样,不公正也不仁慈。

对于研究人类传统的学者,对于那些认为自己最重要的任务是在国家和国际灾难面前重建人类整体和谐的人,阿拉伯文化有着异常的意趣,因为它曾经是,并且在某种程度上现在仍然是一座桥梁,一座在东西方之间的主要桥梁。通过这座桥梁,印度的数字、正弦和象棋,中国的丝绸、纸和瓷器传到了欧洲。拉丁文化是西方的,中国文化是东方的,而阿拉伯文化却两者兼备。它从马格里布·阿尔·阿克撒(Maghrib al-aqsā)到马什里克·阿尔·阿克撒(Mashriq al-aqsā)。拉丁文化是地中海和大西洋地区的文化,印度文化过去是由印度洋灌溉的,远东文化是由太平洋灌溉的,然而在中世纪,阿拉伯的帆船遍及所有这些海洋,就像今天英国一样。拉丁和希腊文化是基督教的文化,希伯来文化是犹太教的文化,东亚文化是佛教的文化;可是阿拉伯文化基本上不完全是伊斯兰教的文化。它曾扩张在西方的基督教和东方的佛教之间,并且影响过两者。

基督教诞生于近东,它的摇篮靠近它的先辈以色列的摇篮,并且距它的后裔伊

伊斯兰教的摇篮不十分远。然而,圣保罗把基督教带到西方,它主要是作为西方宗教发展起来。正相反,佛教诞生于印度,向东方传播。佛教史对于理解远东文化的成长如同基督教史对于理解我们自己的文化发展是一样必要的。在这两种情况中,科学都是靠宗教的翅膀而被带到了世界各处。伊斯兰教的主旨是犹太一神教的复活,而后者已经暂时被三位一体的理想推到后面去了,伊斯兰教取得了极大的成功,深深地渗透到基督教的西方和佛教的东方领地。

尽管偶尔接触印度文化,和更多地接触中国文化,文化仍是外来的;而阿拉伯文化却和拉丁文化难解难分地混合在一起。当我们试图说明我们自己的文化的时候,我们几乎完全可以不理睬印度和中国的发展,但是要想不损坏整个历史,不使它成为莫名其妙的东西,我们就不能不考虑阿拉伯的文化。这是否意味着我们应该忽视对印度和中国历史的研究呢?当然不是,但那是另一种研究,如果你高兴的话,就称它为外来的或异国的研究吧。阿拉伯的历史有助于我们理解我们自己的历史,因为前者是后者的一部分。中国和印度的历史也有助于我们理解自己的历史,但却是以十分不同的途径。它们帮助我们想象出不同的发展的可能性和现实性,及不同模型的可能性和现实性。它们必须解决在数学、天文学、物理学、化学、生物学和医学方面我们的前辈曾解决过的那些同样基本的问题。印度人和中国人本质上是和我们同一类的生物,有同样的需要和相似的抱负,但是由于他们的生活环境和我们迥然不同,他们解决那些问题的方法和答案也就不同。(在某些方面,而不是在所有方面)。对于哲学家或人类学家来说,比较那些类似的人们在不同的环境中得到不同的解决办法,是极其有趣的。对我们的文化来说,中国文化是一种“对照标准”(control),那是很重要的。

所有这一切的实际结论就是,研究中世纪科学的学者应该尽可能地也熟悉阿拉伯语,对他来说,阿拉伯语就像希腊语对于研究古代的学者那样必要。中世纪的科学和哲学主要是用4种语言撰写的:希腊语、阿拉伯语、拉丁语和希伯来语,它们全都是重要的,但(至少在13世纪之前)没有一种比阿拉伯语更重要。

西方的拉丁作家曾经疏远了希腊的原始资料,因为分裂天主教徒和希腊东正教徒的壁垒把欧洲一分为二。自从5世纪以来,古罗马天主教徒就逐渐疏远了希腊东正教徒,经过3个世纪后,这种分裂已经完成,而且也不可能和解了。他们对于希腊基督教的不信任又加上了他们对希腊异教的不信任;他们关于希腊的学问几乎化为乌有。因此,他们完全失去了同科学的主要源泉的联系。他们不能继续前人的工作,不能从前人离去的地方开始前进,他们事实上不得不从头开始。即使他们可能具有比他们已有的更多的科学研究特质,这对他们也会是太沉重的任务。他们必须在科学研究方面的天赋胜过他们实际有的天赋的情况下重新做希腊人的工作。

这是历史充满矛盾的怪事之一,在基督教界的两部分之间,裂开的深渊由另一

种信仰的亚洲代表用桥连接起来，这些亚洲人说的是同他们自己的语言迥然不同的一种语言。这些古罗马天主教徒不愿阅读东正教会通用的希腊语，可是他们最终却不得不阅读伊斯兰教通用的阿拉伯语。这一演变需要一段时间，虽然比人们所想象的时间要短一些。到了8世纪末，地中海已变成一个穆斯林湖，加洛林的努力和文化正在向北方撤退。我们应该记住，在那时候，阿拉伯科学还尚未繁荣起来，由9~11世纪，它的黄金时代大约持续了3个世纪，到了那一时期即将结束的时候（在西班牙稍早些），古罗马天主教徒才明白阿拉伯科学的重要性。当然，他们完全清楚伊斯兰的物质力量，虽然历时3个世纪的十字军东征才使他们深信自己在军事上的劣势。甘德斯海姆(Gandersheim)在布伦瑞克(Brunswick)的公园领地有一个修女叫赫罗斯维塔(Hrosvitha)，她把科尔多瓦说成是世界的装饰品。

一般地评价阿拉伯文化是一回事，是一件容易的事，除非一个人被宗教仇恨所蒙蔽；评价阿拉伯科学则是另一回事，远非一目了然，却是困难重重。正如古代的穆斯林了解的那样，为了确立他们的文化和巩固他们的统治，就需要科学，主要是希腊科学；古罗马天主教徒正是了解到，为了能以同等的武装同伊斯兰教徒战斗并证明他们自己的抱负是正确的，就需要科学——阿拉伯科学。对于大多数明智的西班牙人和英国人来说，必须了解阿拉伯语的义务就像明治时代的日本人必须了解英语、法语或德语的义务一样明确。科学就是力量。穆斯林的统治者从一开始就知道这一点，古罗马人的领袖不得不学习它，虽然多少有点不甘情愿，但最终还是弄清楚了它。阿拉伯科学开始在西方有声望是比较晚的，可以说是在12世纪，它的声誉逐渐提高是在那个时代，即阿拉伯科学正在衰败下去时。这两个运动，阿拉伯的进步和拉丁民族的进步，不是同时协调的。顺便说一句，这是生命的一般规律，而不是例外：它适用于个人，也适用于民族。一个人一般是在相当默默无闻之中竭力工作，仅在他的精力正衰退时才著名；就他而言，那是好事，因为孤独和宁静对有效的、持久的工作是最好的环境。

当科学的传统从阿拉伯的容器中倒入拉丁民族的容器中时，它经常遭到歪曲。新的翻译者并不具有阿拉伯翻译者所享有的长处。后者已经能够上千年地正确考察希腊文化，而拉丁民族的翻译者不能从充分久远的时间距离来考察阿拉伯人的新奇事物，他们总是不能在它们之间明智地抉择。至于希腊的经典，它们带着双重的声望传到他们手中，即希腊的声望和阿拉伯的声望。拉丁民族的学者那时模糊地意识到，那些阿拉伯版的希腊文化珍宝仿佛更有价值，它们必定变得更有魅力。由克雷莫纳的杰拉德(Gerard of Cremona)在1175年翻译的《天文学大全》(Almagest)竟代替了15年前在西西里直接由希腊文所做的翻译！

反过来再说阿拉伯的著作（以便和希腊著作的阿拉伯语译本相区别），某些最好的作品得到了翻译，诸如花拉子密、拉齐、阿尔·法哈尼、阿尔·巴塔尼、伊本·西纳等人的著作。其他有同样价值的著作则未受到注意，例如欧麦尔，阿尔·海牙

姆·阿尔·比鲁尼、纳绥尔·阿尔·丁·阿尔·图西(Nāsir al-Din al Tūsī)的某些书。还有一些书出现得太晚,不予考虑了。这是14世纪伟大的阿拉伯作家的情况。到那时,拉丁民族的科学已经不依靠同时代的阿拉伯著作了,而且还瞧不起它们。在另一方面,由阿拉伯文译成拉丁文(和希伯来文)的著作包括了惊人数量的占星术和炼金术的论文,以及其他拙劣作品。应该注意,某些占星术和炼金术著作是有价值的,或者包含有价值的材料,在某种程度上还是我们自己的天文学和化学文献的前身,不过其他许多著作是无价值的,更确切地说,比无价值更糟糕,是危险的和破坏性的。即使如此,我们在评价那些偏差中也不应过于苛刻,可是,由于我们还不曾成功地克服它们,那么,如果没有科学社会和学术机构的监督,如果没有来自科学出版物和大学课堂的不断的批评,我们自己的文明很快就会为迷信和谎言所淹没和窒息。

我们对于中世纪科学的指责一般总应当为刚才提出的这种考察和充分发自内心的谦恭所调节。我们可能是伟大的科学家(我指的是我们现代人),但我们也是名副其实的未开化的人。我们什么都知道,或者似乎什么都知道,只是不知道本质。我们把宗教扔出门外,却允许迷信、偏见和谎言从窗户里进来。我们照大流氓的样子咚咚地敲着胸脯说(或认为):“我们能干这个……我们能干那个……真的,我们甚至能把世界炸成碎片。”但那又有什么了不起呢?难道那就证明我们有教养吗?物质力量是有用的,同样也可能是危险的;它全都要靠使用它的人和他们使用它的方式。善或恶在我们自身;物质力量并不创造善或恶,但能无限地增加它。

再回到中世纪,它不是一个黑暗的、没有思想的漫长时代,而是酝酿的时代。认为它没有思想,这正像把一个孕妇看成不育是同样的愚蠢。等着瞧吧!在一件事情上要费9个月的耐心,在另一件事情上要费9个世纪,但是时间并不要紧。中世纪的发展和我们的步调比起来无疑是缓慢的,不过,难道我们不是走得太快了吗?我们的速度未必就是一件好事,也不一定很值得赞赏,它主要归因于积累起来的惯性,刹住它需要不同寻常的智慧,而我们在智慧方面是薄弱的。

中世纪思想的根本弱点是由于对实验的观点、方法缺乏理解。一旦发现了“开门咒”的秘诀,新发现就一个接着一个,在某些情况下发现几乎是自动的,而且速度也不断在加快。现代科学就是实验方法的3个世纪的成果。它的早期发展非常缓慢。即使如此充满天才的希腊人也未能发现这种方法,虽然他们之中有某些人在特殊的问题上曾经使用了它。中世纪的少数几个穆斯林、基督教徒和犹太人的科学家也使用过它,但是除了罗吉尔·培根以外,没有一个人曾经系统地阐述过它,也没有人认识到它的普遍性和它惊人的潜在效力。

在此后3个半世纪的补充酝酿和在各种不同领域中做了更多实验之后,罗吉尔·培根(Roger Bacon)对于实验方法的提法和证明,由他的同胞、同姓的弗兰西斯·

培根(Francis Bacon)以更加优异的见解和笔力甦生了。在《学术的进展》(1605)中,甚至在《新工具》(1620)中,更是如此,第二个培根给科学家提出一个新的宪章,建议把寻找真理的新方法应用到一切科学问题与生活问题上。培根说不上是一个先知,而是一个有雄辩口才的那个时代之精神的鼓吹者。实验方法终于到了成熟的时期。伽利略的著述甚至比培根的著作更有影响,因为后者纯粹是修辞雄辩,而伽利略却伴有伟大的行动和革命性的发现。培根宣道,而伽利略行动。

培根和伽利略的思想迅速及时地为许多热心的人所理解,正是为了实现这些思想,他们创立起许多团体。最早的社团是在伽利略影响下创建于意大利,即在罗马的“林猓^①学院”(Accademia dei Lincei, 1603~1630),以及他死后在佛罗伦萨的实验学院(Accademia del Cimento, 1657~1667)。请注意它们的名字,猓猓学院和实验学院。第一个名称继续了较早期科学院的那种爱用比喻的习惯,可是提到猓猓,在黑暗中察看的动物,是意味深长的。它的象征意义在科学院的纹章上强调出来:一只猓猓用爪子在撕扯冥府守门狗(Cerberus),象征着真理同迷信的斗争。第二个名称甚至更有意义。实验学院!它的成员集合起来,其目的在于实验和以实验方法发现真理。

这两个科学院寿命都不长,因为那个时代意大利的风气不宜于发展不受束缚地探寻真理。然而,在“实验学院”关闭之前,在英国和法国建立的另外两个科学院以典型的方式继续它们的努力。读者知道我指的是1662年建于伦敦的“皇家学会”(Royal Society)和1666年建于巴黎的“科学院”(Académie des Sciences)。这两个科学院今天仍然在起作用,但是它们的活动绝不比在早期更必要、更富有创造力。17世纪的那些科学院标志着实验方法的胜利和近代科学的诞生。直到18世纪末,它们和以类似模式建立起的其他科学院一起,仍然是科学进步的主要动力,夸大它们的重要性是不会有事。

可是,我们还应该记住两件事。第一,要是没有中世纪的长期酝酿,这些17世纪的院士就不可能做出他们曾经做过的事。他们自己并没有认识到这一点,某些早期院士总想要相信他们直接延续的不是中世纪的传统,而是古希腊的传统。他们的错觉现在毋庸置疑地被揭穿了。每当人们精心调查“现代”思想的起源时,即使是调查它最有独创性的先驱者(例如说,列奥纳多·达·芬奇、伽利略、笛卡尔、牛顿)心中的思想起源,也总会发现大量中世纪的根基。17世纪的科学家站在中世纪巨人的肩上,那样,不管他们自己的身材如何,他们就高得更多了。

第二,虽然我们的科学家显然已经充分理解并利用了实验方法,但是就绝大多数现代人来说,这可不是事实,他们坚持喜爱非理性方法而不喜欢理性方法(例如,在处理政治和社会问题上),再不然,就是重视“先验”推理胜过“后验”推理,而后者

① 译注:林猓即猓猓。

是实验精神的真正本质。这一点应该用事例予以阐明。

1694年卡梅拉里乌斯^①发现高等植物中的性别。如果说对它使用了实验方法的话,那么这项发现在2000年前就能提出。非经验的思想观点和偏见妨碍了这项发现,由于同样的偏见,它在发表之后竟遭到拒绝,而且推迟了半个世纪才得到普遍承认。几乎对于现代科学每个重要的发现,直到进化论(1859),都能提出类似的评述。每一发现都由于一种智力上的惰性而延迟了,果真最后有所发现,也由于这种同样的惰性——拒绝做实验(甚至观察)和拒绝坚持实验的结果——而被推迟承认。

现在沿哲学的方向来说明实验方法(人们甚至会说,任何什么别的地方也解释不了它,因为,科学教师满足于以行为证明它),然而,有许多哲学家从来就没有理解它,甚至在最伟大的哲学家中间也有这种人。此外,由于妄用辩证方法的缘故,它的有益的价值常常受到轻视,甚至抹煞。经院哲学(或者辩证法的滥用)无论如何不是中世纪的弊病,也不是拉丁民族的弊病,就像那些只能想到天主教经院哲学、托马斯主义或新托马斯主义的人太轻易主张的那样。那是一种经院哲学,但是,有许多其他种的经院哲学,并且遍及全世界。经院哲学是一种精神疾病,除了在拉丁民族、希腊人、阿拉伯人、或希伯来人的心中,还能够印度人和中国人的心中诊断出来。很少有经院哲学家能够完全摆脱它,应该注意的是,经院哲学一点也不否认观察和实验的价值,而是在给定的实验基础上夸大演绎推理的一种倾向。虽然中世纪经院哲学家的实验基础小得可怜、可笑,但主要还是这一点,即无论那个基础有多大,它的富饶和功效都是有限的。演绎推理,甚至像在数学物理中最纯粹的那种演绎推理,也需要用实验手段定期进行检验,否则它就可能退化或胡言乱语。

近代天体物理学的论述有许多看起来似乎是建立在不充分的实验基础上的,它们的理论结构无论如何是如此巨大,以致实验基础看起来就像是无穷小了。我们要同意宇宙膨胀的惊人理论,就需要比光谱线红移更多的证据;要承认乔治斯·勒梅特^②独创性的“宇宙蛋”(Cosmos egg)思想是实在的原则,就需要比美丽的方程组更多的东西。每个不是天体物理学家的人还会需要补充的证据:不是一组符合相对论解释的观察结果,而是许多组不同种类的观察报告的会聚。老的天文学理论也不是爱冒险的;它们能用很多方法加以检验。逐渐发展的天体力学和精心制作的天文图表使得继续检验成为可能。每一个天文台都是一个实验基地,每一次日(月)食或凌日(transit)都是一次新的挑战。天体物理学家难道不需要穷究细问?人们会认为,在他们崇高的思想已用每一种可能的方法检验过和复查过之前,他们

^① 译注:Rudolph Jacob Camerarius (1665~1721),德国植物学家。

^② 译注:Georges Lemaitre (1894~1966),比利时天文学家和宇宙学家,曾提出现代大爆炸理论。

不会停止下来,可是他们却兴致勃勃地由一个大胆的结构前进到另外一个更加大胆的结构,诸如此类。幸亏他们把他们的外推限制在自己的领域中,并不想要为微观人类世界立法。

形而上学家都是不太受约束的,往往会以最一般又绝对的形式提出他们的结论,著名哲学家康德在讨论柏拉图的《理想国》时评述说:“对于一个哲学家来说,没有什么比总是求助于相反的经验(adverae experience)更为有害、更为不可取的事了。这种相反的经验也许从来就不存在,如果在适当的时候,依照这些意念,而不是依照原始的概念,建立了各项制度的话,由于其仅仅来源于经验,这各项制度总是破坏了良好的意愿。”

另一个德国哲学家黑格尔在19世纪相当长的一段时间中,是欧洲(和美国)思想的专政者。他的事业从一开始就有点预示了他自己的愚昧。他的哲学学位论文《行星轨道论》(Dissertatio philosophica de orbitis planetarum, 1801)是对牛顿天文学的哲学攻击。黑格尔“证明”行星最多只能有7颗。这篇令人吃惊的学位论文发表在朱塞佩·皮亚齐^①发现谷神星之后不久!

黑格尔的学说和方法深刻地影响了卡尔·马克思(1818~1883)和弗里德里希·恩格斯(1820~1895)这样一些人,这种哲学接着又在影响我们时代的很多男男女女。

这表明,总是有一种强烈的倾向性,要给经验加上辩证法,不论充分还是过多,合时宜还是不合时宜。这是一种要想超越经验的顽强欲望,无疑应归于人类精神固有的特性。即使最伟大的科学家也都避免不了这个弱点。我们同时代中最著名的一个就是——你们在心中已经叫出了他的名字——已故的阿瑟·斯坦利·爱丁顿^②。他在晚年(1921~1944)提出这样一个惊人的学说,认为宇宙结构因为我们自己的精神结构而能够在先验的基础上予以确立。确实,在观察到宇宙的常量值和由“纯粹推理”得到的理论值之间的吻合一致是令人难忘的,但是这种断言给我们的惊吓是不能用言词表述的。

我们必须用哲理来探究问题,但是永远不忽略经验才更可靠。我们必须尽量经常地回到具体实在的事实,以保持我们的说服力与明智。我们像安泰俄斯(Antaeos)一样,只有同坚实的大地保持接触才安全。我们不可外推得太远;在此种问题上,仿效平易的人间物理学家要比仿效天体物理学家更加可靠。除了这位令人不安的爱丁顿之外,我们时代的大多数科学家都避免超理性主义和异想天开的外推。这并非是他们比中世纪的前辈更聪明,而是数百年来实验的成功与失败

^① 译注:Giuseppe Piazzi (1746~1826),意大利天文学家,1801年发现一颗小行星,取名为谷神星。

^② 译注:Arthur Stanley Eddington (1882~1944),英国天文学家、物理学家和数学家。

使他们的思想变得严肃认真。爱丁顿以一种奇特的方法帮助我们更加宽容地对待中世纪经院哲学,因为他告诉我们顺着非理性主义和过分理性主义之间的窄路前进是多么的困难。

中世纪的酝酿是难免的,它好像一定会发生。它可能会更快一些,但是我们无法说明为什么事物像它表现的那样发生,尤其是它的发展速度难以分析;考虑想象的后果不同于实际的后果,那是没有用的。

年轻的科学史工作者若只了解简单的概要,比如说,可能是在一本简明初级读物中读到的概要,就可能以为科学的发展要比它的实际情况简单得多;以为它是合乎逻辑的、连续不断的、一直向前的。没有什么比这离真理更远了。首先,科学的前进经常受到一般原理或偏见的阻挠而转向,更不用说天灾人祸了(例如地震、流行病、战争)。虽然阿波罗尼奥斯已经为开普勒的发现准备好了数学基础,但是行星轨道必须是圆的这个看法把它推迟了数百年。这是起因于偏见的惰性的古典例子,但是还有大量其他的例子。过去每一个伟大的发现都曾被类似的惰性推迟过。在一个特殊的事例中,那种精神惰性仍在堵塞道路。我指的是公制度量衡。它的两个基本概念之一——重量、尺寸和货币系统应该建立在像我们的数系一样的基础上——由苏美尔的数学家早在 5 000 多年前就想到了,1585 年佛兰芒的数学家西蒙·斯蒂文^①又非常明确地重新论断了这一点。十进制度量衡在 1795 年建立。自从它被大多数文明国家采用以来,英国和美国还是不采用它。

不考虑灾难和偏见,人们怎么能预料在一个新发现的事物和随之而来的事物之间的道路是最短的一条呢? 只要 B 是未知的,人们如何能决定由 A 到 B 的最短距离呢?(图 2.4.3)。当然,已到达点 A 的科学家不知道下一步作什么这种情况出现了。他们感到他们的路就在 A 的四周,在或多或少的旁敲侧击之后,在许多辗转迂回、犹豫踌躇和倒退之后,他们之中的一人可能会最终发现 B。当 B 已经充分勘察过,并且以前不为人知的它的坐标也知道了的时候,决定到达它的最短距离就很容易了。在此之后,由 A 到 B 的最短路程将由 A 到 B 的道路,侦察员们将会尽快

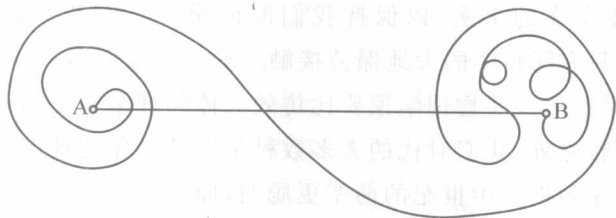


图 2.4.3 补充图题

① 译注:Simon Stevin (1548~1620),荷兰数学家。

地被带到这个新的前哨基地,并准备继续再向前探险。因此从A到B至少总会有两条路,一条是通向发现B的漫长“历史的”道路,一条是以最简单和最迅速的方式由A通到B的“教条的”道路。任何新发现的事物都是一个新的发现和新的起点,没有人能说出在它之外还会发现什么;它可能是寥寥无几,或一无所有,再不然就是一个可能隐藏的新世界。如果那个发现是一个新的仪器,成倍地增强了我们感官的灵敏度,或者可能创造新的灵敏度,这一点就尤其可以感觉到;然而,如果它只是一个思想,这也同样是正确的,因为科学思想就像科学仪器一样,是一种新的探索手段。

人们可以主张克里斯托弗·哥伦布(Christopher Columbus)没有发现美洲,因为他从来没有想到一个新大陆,而且直到他生命结束时,他仍然确信他只是发现了通往远东的一条西行的航路。我们的语言使他的那个错觉永久化了,因为我们仍然称土著美洲人为“印第安人”,称美国西海岸外的岛屿为“西印度”群岛。这种主张在我看来似乎有些学究气,如果它适用于哥伦布的话,那么,它正好也适用于其他许多发现者。他们不可能知道他们的美洲。他们发现了海岸线外的某些岛屿,但他们并不是先知,他们多半不可能猜测大陆在什么地方或者它究竟是什么样。就其严格意义上,他们只发现他们看到的東西,他们不可能发现那些迄今还未见过的东西,而他们已经为发现这些东西开辟了道路;他们是今天的大师,而不是明天的大师。倘若哥伦布未曾发现新大陆,那么,法拉第就不是电工学之父,伽罗瓦也不是群论之父了。我们究竟应该把一个人的全部后裔归于他本人呢?抑或只应当把亲生的儿女归于他?

科学的逻辑研究已经使许多学者感兴趣,并且诱使乐观者,如物理化学家威廉·奥斯特瓦尔德,相信它可以促进新的发现。确实,一个有经验的研究人员可能从阅读古代论文中获得刺激灵感的“暗示”,但是他也可以用其他许多方法获得相似的暗示。最意料不到的、稀奇古怪的事可能会激发警觉的、敏感的和活泼的心灵。更加深刻的发现方法并不比艺术家的创造方法更能经受得起分析。或者换句话说,我们可以随意多地分析发现的方法,而根本的东西我们非漏掉不可。这并不是说分析是无用的,而只是说它的用途是不确定的,难以预言的,至多也是微小的。

科学史家不会满意这样一种陈述,例如“贝克勒耳^①在1896年发现了铀的放射性”。他想要更多地知道“它是怎样发生的?为什么发生在1896年,而没有在此之前发现?是什么致使或引起这个发现?贝克勒耳是谁?为什么他遵循那样独特的思路?……”对这些问题的解答不见得就揭示出发现的秘密,它们的启发性价值是微不足道的。它们披露的东西不大实际,也不大重要,然而却可能更加有趣和感人——有人性的原始材料和科学发现的偶然性。“揭露”一词并不过分。倘若科学家与它完全协调一致,他们想到这种知识就会像一种他们几乎想象不出的对某事

① 译注:Henri Becquerel (1852~1908),法国物理学家。

物的启示。的确,只要我们以论文或技术专论来研究科学(我们必须从研究论文开始),我们对于科学作为成长着的东西就会在它的起源和发展过程方面有一种完全虚假的观点。论文提供我们需要的科学知识,并且是最简单、最直接的方式,没有不必要的迂回,也不会离开本题。它不可避免地是教条和违背历史的。它必须放在第一位的观点不是最古老的,而是最基本的。这些观点很可能是最新近的,至少也是很近期的。事实上,发现一个新的基本概念会引起完全集中在那个概念上的论文的新的修订本。

一个完美的科学体系,或者似乎是完美的科学体系,也可以说是像我们看到的一篇写得很好的论文所具有的那样足够完美的科学体系,这样一种体系是非常美丽好看的,足以激发起初学者的热情,乃至确定其学术生涯。它十分抽象,几乎是超人性或者无人性的,但实际上——不明讲——它真正是有人性的。如果初学者具有想象力和感受力,他就会感觉到这种人性,正如他会拘泥于礼拜和仪式而感到活生生的信仰那样。

一个发现,即使是最抽象的,比如说数学理论或物理理论,毕竟在它的最终形式中才是抽象的。难道它不应归功于活生生的个人的观察和沉思吗?这些人像我们一样是有局限而不完美的。不论从外表看如何抽象,从内容看则是十分具体的。

不动感情的物理学家可能会反驳,说他只对结果——那些技术性的结果感兴趣,对是谁得到它们的则完全不感兴趣。对于发现的偶然情况也是如此。他的历史的好奇心,即使有的话,也是局限在技术问题的前后联系上,如霍佩(Hoppe)所列举的;或者任何人讲到那件事,他都有责任以最短的时间和篇幅来叙述过去的事件。提到发明者,也只是说出名字,或者给那些名字挂上几个日期;仅此而已。那些名字几乎可以用无声的符号来代替,因为,没有进一步的说明,它们就是无意义的。人们会读到:“1828年尼科耳^①发明了一种棱镜,使人们能够获得单独白色的偏振光束。”而尼科耳是谁?尼科耳是发明尼科耳棱镜的人。这种解答用处不大。这种历史梗概差不多和它们列举的概念一样抽象,但是这只应当归咎于它们的不完善。倘若人们从历史中抽掉所有的人性,那个故事就相当无人性了。不过这不是真实的故事,只是它的鬼魂。

与之相反,人本主义者是不满意的,除非他不仅能按编年的顺序陈述发现,而且也能说明长期的辛苦、得到每一个发现或许要忍受的痛苦、曾出现过的错误、曾遵循过的错误思路、那些误解、争论、胜利与失败;他在揭露那些构成活生生的科学的经线和纬线的所有偶然事件和冒险中感到的欢欣。他确实热爱科学的抽象概念这种最后的或最新的结果,但是他也热爱混合在它们之中的人的因素。他热爱科学,但是他更爱人,尤其爱科学家。他满怀感激与惊奇之情,但他的惊奇好像是在3

^① 译注:William Nicol (1768~1851),英国地质学家。

个不同的层次上：首先是自然的奇妙；其次是科学的奇妙；第三，也是最重要的，是科学发现的奇妙——真想不到如此奇妙的事竟是由像我们一样的人发现的。因此，他经常更感兴趣的是发现的过程和发现者本人，而不是所发现的东西。在许多事例中后者都使他扫兴，不论发现的是行星的温度还是邈邈人身上的虱子的行为。从那个角度来看，科学史是我们都参与的神曲，是人间喜剧的一部分，而且多半是最精彩的部分。我们爱真理本身，也爱追求真理。我们还渴望知道我们究竟是怎样地获得了任何我们已经获得的真理，并因此而能直截了当地对探索者、反叛、战士和所有那些帮助我们得到重要宝藏的人深怀感激之情。

对这些精神上的征服和我们逐渐从谬误、怀疑、迷信以及恐惧中解放出来的记事，在人类的档案中补上了最美好的记录。我们能写下那些记录中的几页是幸福而骄傲的，我们也爱读其他人已经写出的书——从容而一丝不苟地阅读它们以及所有的脚注。这些篇章触动了我们的弦，而不只是我们的大脑。它们表现了我们最崇高的传统，我们心中最美好的东西。那些传统中有一些把我们带回到古代或中世纪，另一些则始于昨天，但无论是古老的还是新兴的，这些传统使我们因过去感到自豪，对未来满怀信念。它们帮助我们成为更好的人，更聪明，更仁慈，更谦恭，甚至更为愉快。

古代和中世纪科学史家能够更好地赏识传统，因为晚近的人在他的记事中不可避免地要占用如发现和发明一样多的篇幅。近代科学史家认为传统是理所当然的，它依然存在并且一向就是根本性的。要是不把发现的事物留给别人，并最终留给整个人类，它们就会毫无用处。当我们研究遥远的过去之时，每份文献都是重要的，因为只有寥寥无几的文献幸存下来，充分利用它们是我们的职责。承担撰写比如说20世纪科学史的历史学家将面临截然不同的困难。他们好像要被埋在纷至沓来的文献之下，文献之多，他们无论如何也不能。检查，更不必说阅读和研究了。因此，他们必须尽量恰当地在浩如烟海的文献中选出相当少的一部分，把他们的注意力集中在这些很少的文献上。至于古代和中世纪科学，这种准备工作已由时间老人以极妙的冷漠和霸道做好了。未来的历史学家必须尽可能地、合乎理性地、公正无偏见地，并且慎重细心地选择，以代替这种任意随便的选择。这件事需要在他们之间有一种精细的分工，在此时此地尚不能予以说明。

经验和知识的传统在现代采取了另一种不同于它在过去的形式。但它丝毫没有失去它的重要性和必然性。它是我们今天所继承的最大的部分，也是我们明天遗产中最大的部分。我们必须珍惜它。

[1948]

（本文选自乔治·萨顿《科学的历史研究》，刘兵、陈恒六、仲维光编译，上海交通大学出版社，2007年，129~166页。）

2.5 科学史中的东方与西方

乔治·萨顿

当我们谈到科学史的时候,大多数人想到的是我们现在所了解的实验知识和数学知识,以及应用它们得到的无数成果;大多数人想到的是在17世纪以前还谈不上有什么发展的所谓“现代科学”。从某些方面说,这种看法当然是有根据的,但是如果一个人认识的仅仅是历史的这一部分,那么对整个历史进化就会有一个非常错误的观念。这正好像我们只了解一个人的成年阶段,不知道只有经历童年和少年的漫长岁月才能达到成熟。

把整个人类与单个个人进行比较有助于了解这两方面。现在让我们来作个比较。一本人物传记,从主人公三十岁开头,他已经结了婚有了孩子,在工作中已经卓有成效,你认为这本书如何?这样一部传记不是令人十分失望吗?因为我们想要知道他是怎样开始他的事业的?他和什么人结婚?他怎样对所选定的工作发生兴趣?他怎样逐渐把自己的全部思想精力贡献给这个工作?正是因为同样的理由,一部科学史如果仅从16或者17世纪开始,不但是不完全的而且是根本错误的。这对于整个人类甚至比单个个人还更当真,因为就一个人来说,我们至少还可以想象几种不同的可能性。如果我们读过许多科学家传记,在头脑中就有关于他们青年时代的综合画面,可以权作初步的近似。但是就整个人类来说,要去想象现代自然科学出现以前的四五千年有记载的历史经验简直是不可能的。

令人非常遗憾的现实是,许多科学家缺乏文化训练的背景知识,因而不喜欢追溯过去。这是一个恶性循环,如果追溯过去,什么也了解不到,为什么要那样做呢?他们的科学史甚至不远过17世纪;他们甚至容易相信每一件有价值的事情都是在19世纪或者20世纪完成的。就这一点来说,他们确实是大错特错了。最近时代所以能够得到最惊人的成果,只因为他们是最后的,而这些成果之所以能够完成,正是因为前人的全部努力,没有这一切是根本不可能的。我们先辈的全部未尽的预备工作要我们现在去完成,要我们的子孙将来去完成。现代的成果比过去的成果更为复杂,更有价值,它们实际上也大大超过了过去。但是我们也有充分的理由设想,到时候他们也要被将来的成果所超过。任何时候都有“现代人”,他们把自己的方法与“古代人”的方法相比较的时候,不可避免地认为那大概是最后的了。科学史的一个主要作用就是纠正这种错误,并且使我们(今日的“现代人”)估计自己在整个人类进化过程中的作用时不再夜郎自大。当然我们的时代是非常了不起的时代,正因为如此,生活在当代的人无疑会认为这是所有各个时代中最为了不起的年代。但是我们应当记住,有这种特权的年代是一个接一个的,正如人的世代交替一

样。像年轻的恋人在欢乐中痴情地认为世界从来没有像现在这样美丽一样,当巨大的发现使得科学家能够多少透过现象深入内层并把无知与黑暗的界限推得远一些的时候,就给他们一种错觉,认为他们已经最终到达秘密的核心,认为他们是第一个彻底了解宇宙的人。

对于距今较远年代的成就和较晚的成就应该同样重视,还有一个很好的实践上和理论上的原因,就是虽然前者非常容易说明,但可以使我们更好地了解科学进化的意义。首先,古代科学的传播发展经过一个漫长的历史时期。现代科学,如前所述,说到底也不过三百多年,而科学的早期发展是超过四千年的事情,这还没有考虑到无明确记载的许多世纪的情况。古代和中世纪科学的发展不仅是一个漫长的历史时期,如果可以的话,我认为那是由各种盛衰荣枯造成的中断和曲折,是不同长度历史时期的集合。从整体上考虑,我们能够证明人类的进化要比近几百年很有秩序的进步所指明的要复杂得多得多。科学研究现在组织得非常严密精细,长时期完全中断在许多国家中是难以想象的,而我们可以预期,科学发现将一个接着一个永无休止永不终结。但在遥远的过去正好相反,在科学进步过程中有很多的中断和踌躇,因而显得比实际上还更具有偶然性。那时,一项科学发现就像一块金子,人们碰上碰不上全靠运气。与此相反,大多数现在的科学研究工作则可以和系统开采的金矿相比,每年的平均产量是可以预言的。

这样的比较对于两方面多少都有些言过其实,但是实际上过去的科学进步和现在的进步相比,是很不确定的,而且相当多的精力浪费在徒劳无功的努力和没有希望的途径上。因此,中世纪的人摸索真理多少有些像盲人骑瞎马,同时在几个方向上闯,结果在原地兜圈子。是存在着一个共同的方向,但是必须从很远的距离去看,还必须撇开所有无关的运动、所有的停顿、错误、迂回曲折和倒退才能看得清。我们现在距离古代或者中世纪十分遥远了,可以去评价它的每一个发展步骤,判断其真伪了。反之,对于科学的最新发展我们还不能作出确切的评价。当然,我们相信我们能够做到这一点,坚信自己能够挑出当代最富有成果的发现,但是全部过去的历史证明,当代的评价常常是靠不住的。这很自然。一个理论的价值,一项事实的重要性,完全依赖于从中可以引申出什么样的结论,依赖于产生的结果,而科学家并不是预言家。孔德说过“知识是为了预见”,这话常常被错误地引用。确实科学家有预见能力,能预期某些事件的近期结果,这也就是科学家实际力量的奥秘所在。但是他不能够预言未来,除非在他的专业知识控制的狭窄范围内,即使在这里他还要受各种各样条件的限制。真正的科学家比任何人都更不轻易作预言。

研究科学史有两大理由:一是纯粹历史的理由,分析文明的发展,也就是了解人;另一是哲学上的理由,了解科学的更深刻的意义。无论从哪个意义上说,古代和中世纪的科学史和现代科学史至少具有同等的价值。仅仅知道其中之一的人就

不真正了解科学史,也不真正了解文明史。

我要以较大的篇幅论述历史的早期发展,把上述观点说明得更具体一些。如果挑出一个历史时期作为最好的时期,还不是那么无用的话——因为每一个时期从某一个角度看都是最好的,而且每一个时期又都是历史长链中不可少的一环——我和那些没有批判眼光的科学家们相反,认为最重要的历史时期不是最近的阶段,而是最早的发展。万事起头难。还有什么事情能比一个良好的开端更为重要呢?它不是将来要在上面建造其全部的基础吗?

遗憾的是,关于人类历史的这个最为关键性的时期,我们将永远不会有任何准确的知识了。那个时期,人们满足了最紧迫的需要,缓慢地从黑暗中挣脱出来,那个时期,追求权力和知识的本能刚刚出现。是谁第一个想到点燃了火?是谁最早发明了石器?是谁驯化了动物使它们从此成为我们生活的一部分?语言怎样发展起来?以后,很久以后,书写又怎样发展?是谁想出了车轮?好好想想这些发现及其无数应用吧。没有音节分明的语言,人就仍然是动物。没有书写,不可能安全可靠地交换和保存知识。进步就是稳妥地保存我们已经得到的东西。没有书写,知识的积累就没有把握,就受到限制,进步就微小而不确定。任何一个现代发明,不论多么惊人,能够与那些使全部其他发明成为可能的发明相提并论吗?而我们对这些却一无所知,也很难去猜想。它们大概是包括了成千上万人世代代的合作,其间每次大幅度的前进最后都由其中某些特殊天才人物来完成。导致这类重大发现的进化极端缓慢(差不多和生物从一个种类到另一种类一样),以至于参加这个进化过程的人竟然完全觉察不到这种进步。这时,常常需要天才人物来联结固定那些细小努力形成的不自觉积累的成果,来确保已经获得的知识,并且准备在这个同一的共同方向上的另一次缓慢运动。

科学的黎明是历时几万年的全部进化过程准备起来的。在纪元前三千年的开端,这个过程至少在两个国家——埃及和美索不达米亚已经完成,在另外两个国家——印度和中国也可能已经完成。美索不达米亚人和埃及人的文化,包括书写的使用,那时已达到了一个较高的阶段,并且积累了许多数学、天文学、医学的知识。那么,看来可以证明文明始自东方。Ex oriente lux, ex occident lex.^①光明从东方来,法则从西方来!这句格言包含了许多真理;而且可以作为我这篇论文的题句。

直截了当地说,我的目的就是要证明东方人民对于我们的文明作出了巨大的贡献,即使我们文明概念的核心是科学也是一样。我们习惯于把现代文明视为西方文明,一直把西方方式和东方方式对立起来,有些时候甚至以为这种对立是不可消除的。

“噢,东是东,西是西,两相背离永不聚!”

^① 拉丁文,意即光明从东方来,法则从西方来。——译者

但这是一种假象,这对于东方和西方两方面都很有害,尽可能充分地揭露这种错误是有好处的。虽然按照物质利益和其他小事可以把人类分开,但就主要目的来说,人类本质上是统一的。东方和西方彼此经常对立,但并非必须如此,把它们看作同一个人的两种面貌,或者说同一个人的两种姿势更为聪明些。

光明从东方来!毫无疑问,我们最早的科学知识是起源于东方。如果说,科学起源可能在中国和印度,还不能十分肯定,那么,谈到美索不达米亚和埃及就正相反了,我们是立足于非常可靠的论据的。

例如,纪元前四千年中叶,埃及人已经知道一套十进位数字体系。那时候的一项记事记下了120 000名俘虏,400 000头公牛和1 422 000只山羊,每个十进制单位都以特殊符号标志^①。纪元前三千年中叶,苏美尔人发展了一套技巧很高的计数系统,他们的天文知识也都是很惊人的。埃及人在纪元前4241年建立了以365天为一年的历法。由于占星术,巴比伦人搜集了行星的观测资料:他们对于金星的细致观察可以追溯到纪元前两千年。他们编制了星表,不久就能够预言日蚀。

这些早期科学知识不但数量很多,而且高度系统化了。埃及的情况我们特别清楚,因为有两份早期纸草,每份都可称为一篇论文。最早的一份是莫斯科哥连尼希切夫纸草,是纪元前一千九百年的,抄自纪元前三千年末的一份古老文献;另一份是现存于伦敦和纽约的莱因德纸草,是纪元前17世纪中叶的,但抄自比这至少要早两个世纪的手抄本。一些学者曾非常仔细地研究过第二份纸草。勃朗大学的校长阿诺德·布米·恰斯,路德劳·布尔,H. P. 曼宁和R. C. 阿基巴尔德在1927~1929年编译了这一纸草的最新版本,新版本非常完备,同时又很吸引人。我相信这些新版纸草将吸引很多人研究古代埃及。我想,如果有些人看到这些巨卷,他们的第一个反应是,把那么多的时间和金钱用于从现代知识观点看来科学价值很少的古代手抄文献,是一件怪事。但是,我相信要不了多久,他们的态度就会发生根本的转变。只要想想这一纸草意味着什么。这是一份数学文献,是欧几里得时代以前一千三百年写成的!可以肯定,它比不上欧几里得的《几何原本》,又用了一千多年的努力才形成《原本》也并不奇怪。但是,这一纸草已经包含了许多精心推敲的成果,因此,我们不能把它看作一个开端,而是一个顶峰,一个很长时期进化的顶峰。纪元前17世纪,埃及的数学家已经解决了一次和二次决定和不定方程这类复杂问题;他们的数学技巧是高超的,他们使用了试位的方法和三的规则;他们能以惊人的近似求出圆或球的面积;他们能够测量圆柱体和正方平截头角锥体的体积。难道不该肯定他们的这些数学成就吗?

金字塔?我提到金字塔了吗?这个埃及天才的庞大证明难道没有雄辩地说明这一切?吉泽大金字塔从纪元前13世纪就开始了。在我们这个力学奇迹的时代,

^① 1表1,∩表10,e及9表100,𐎗表1000,𐎗𐎗表10,000等等。——译者

差不多在五千年前建造的金字塔，其巨大宏伟依然不减当年；它好像山岗一样永恒，完全可能比我们引以为巨大骄傲的绝大多数摩天大楼更为经久延年。不管我们最初看到它时如何震惊，当我们分析了这项成就，度量了建造成功所需的数学与工程技巧、经验与纪律之后，我们愈发赞叹不已。难怪有这么多学者由于久久思考这个题目而丧失理智！

当我们转向医学的时候，等待我们的是另外的惊人事迹。希腊的治疗之神，阿斯克列庇阿斯^①，只不过是埃及的英荷泰普神的后裔，而英荷泰普^②的来历可以追溯到一个真实的人，一个有学问的医生，他的鼎盛时代大约是在纪元前 13 世纪初。这又意味着什么？我们常常谈到希波克拉底，把他称为医学之父；当我们认识到希波克拉底处在英荷泰普与我们距离一半多点的年代，就将更好地评价英荷泰普的古代了。英荷泰普的医学知识很可能是初步的，但决不可能没有意义——不然的话就不会把他神化了。然而，这只是一个开端，更正确地说是一个新的开端。大约经过了一千三百年，就到了埃及科学的黄金时代——莱因德纸草的年代。奇怪得很，还有另外一份同样年代的医学文献，埃德温·史密斯纸草，布瑞斯泰特教授准备了一个版本。它不像其他的纸草，不是处方和咒文的集合，而是系统的论文，是按照从头至脚^③的顺序安排的，这种顺序一直沿用到中世纪晚期。这份纸草包括对 48 个病例的讨论，逐一都按同样顺序写出报告：病名、检查、诊断、结论、处理、注释。

这些例子使你相信，早在希腊科学之前，已有可观数量的系统知识。实际上这有助于解释所谓希腊文明的奇迹。无疑，每一个有头脑的人阅读了《伊里亚特》和《奥德赛》（希腊文明的开端）都会想要知道这样的杰作是怎样创作出来的。他们不会像晴天霹雳横空而出。和许多其他光荣的起点一样，它不仅是进化的序曲和前奏，而且是另一个进化的终曲和顶峰。研究希腊数学、希腊天文学和希腊医学的学者们，不免要向自己提出类似的问题。希腊科学著作的相对完满应该怎样说明？至今解释仍然是很不圆满的，但主要事实的存在是无可怀疑的：希腊人从埃及人和美索不达米亚人那里得到了大量观察资料和粗糙的理论。遗憾的是，无论怎样都很难完全描述根本原理怎样从埃及传入希腊。这部分地是由于发生在第一个一千年^④的革命性事件，这些事件和铁（取代青铜）的早期使用大概有联系，并且差不多完全湮没了古老的爱琴文化。以后的考古发现可能会驱散我们的无知（如米诺和穆先娜手抄本的辨读），但是无论全部历史何时被揭示，铁器时代的出现是一次极端重要和破坏性的大变动时期。无论如何，在埃及科学的黄金时代和希腊科学的

① Asclepius，医生的始祖，希腊神之一。——译者

② Imhotep，埃及学术之神，工匠、建筑师和医生的保护者。——译者

③ 指治疗的部位。——译者

④ 见圣经《启示录》第 20 章，第 1~5 节。——译者

黄金时代之间，我们现有的知识有个一千年以上的空白。我们肯定许多希腊知识是从东方的资料得来的，但是我们不能准确地知道这种转移是什么时候，又是怎样发生的。

例如，在希腊的阿斯克列庇阿斯神庙中举行的孵化祈祷仪式十之八九是从埃及的模式演变来的。从我们的观点来看，这些仪式是非常重要的。正是由于它们，大量临床观察集中到庙宇中来，特别是集中到著名的埃披塔罗斯和柏加谟岛，柯斯岛和尼多斯岛上的神庙中来。这种集中的意义无需强调，至少对于医学技术的意义更是如此，因为要进行科学归纳，仅有某些观察是不够的，必须有大量的观察。阿斯克列庇阿斯神庙搜集了大量的临床病例，没有它所提供的这种方法，医学的进步就会非常缓慢。要说阿斯克列庇阿斯神庙是希腊医学的摇篮并不过分，他们帮助说明了希波克拉底病例搜集的极端丰富——但我们不应忘记正是他们继承并延续了埃及的传统。

另一方面，希腊天文学虽然也受到埃及天文学的推动，但很大程度上是起源于巴比伦。巴比伦的影响持续贯穿于各历史时期，首先发现岁差的大概不是希帕克而是巴比伦天文学家吉丁努（约公元前343年）；无论希帕克是否从吉丁努那里得到这项发现，若不参考古时巴比伦的观测资料他肯定做不出这项发现。至于算术，巴比伦和埃及的持续影响是非常明显的。希腊人喜欢把普通分数表示为单位分子数目总和，以及用特殊符号代表 $2/3$ ，这显然是埃及影响的遗迹，他们的六十进位分数是巴比伦的。

东方科学怎样转变为早期希腊科学，大概再没有比这个更迷人的研究课题了，整个近东各国的学者狂热地进行考古研究使之处于川流不息的状况，这本身就是一种刺激。对于这样一个活生生的课题，最好不要随便预言，或者换个说法更妥当，即无论证明希腊人引进了多少成果，希腊科学天才的繁荣仍然是难以说明的问题。研究艺术和文学的学者碰到了同样的困难，而当我们谈到“希腊的奇迹”时，我们只不过是在表白，承认自己的无知。实际上，在科学中的困难和奇迹比在艺术中的还要更大些，因为早期王朝的埃及雕塑，比希腊的最好作品毫不逊色。而埃及的科学文献，无论多么惊人，特别是考虑到其年代的久远，无法与它们的希腊产物相比较。在书记阿莫斯（莱因德纸草的作者）和俄斯岛的希波克拉底之间，有很大的区别，某些批评意见甚至完全否认这部埃及著作的科学性质并且认为它只不过是经验处方的文集。在这里，他们肯定是错了，因为这部分的埃及知识远非零散和偶然的，它已经相当有条理，因而是科学的。这些怀疑的意见多多少少是由于历史的巨大空白而得到辩护。我们确实不知道在公元前17世纪至16世纪之间发生了什么事情，但是下结论说，埃及知识没有逐渐进步是轻率的。但无论怎样，最主要的进步不是埃及人完成的，也不是米诺人或穆先那人（无论这些是什么人）完成的，而是希腊人做出的，希腊人是幸福的，他们最早的“巨著”和明证是《伊里亚特》。这些

进步如此重大因而使科学达到了一个较高的水平。当研究古代科学史的研究生对于这个问题逐渐有些狂热的时候,我们可以把他的热情归之于片面性和随之而来的盲目热情。但是我对于中世纪的科学比古代科学花费了更多的时间和思索,当我对中世纪了解更多些的时候,我对古代的景仰就更有增无减。

在五百年间完成了这样巨大奇迹的希腊科学,其精神本质上是西方精神,它的胜利是现代科学家的骄傲资本。我们必须记住两个重要的条件。首先,希腊科学的基础完全是东方的,无论希腊人的天才多么深刻,如果没有这些基础就不一定能够形成与实际成就相等的任何成果。讨论一个天才人物命运的时候,我们可以做各种各样的设想,但是如果设想他的父母是另样的将会怎样,就是荒谬的了,因为那样他就不会存在了。因此,我们同样没有权利轻视希腊天才的埃及父亲和美索不达米亚母亲。其次,当希腊天才创造了(既与埃及科学相对立,又与中世纪科学相对立)所谓现代科学开端的时候,完全是另一种类型的,但同样可以称为奇迹的另一种发展,在靠近地中海最东端的一个东方国家中发生了。当希腊哲学家努力以理性说明世界,并且大胆提出世界的物理统一性的时候,希伯来先知在一神教教义中确立了人类道德的统一。这两种发展并不相同,但互相补充;它们同时,但完全独立地产生;尽管它们在地理空间上是接近的,但是在几乎彼此完全不了解的情况下持续发展了几百年。直到古代社会的末期,它们确实没有汇流到一起,它们的联合最终接合在给予它们生命的两种文明的衰败了的身体上。

我要立刻回到这一点上来。但是我必须首先说明希腊精神的衰落和灭亡。以那样雄伟壮丽的方式完成了那样多的成果之后,为什么无声无息了?我们不禁想到,如果这种精神再把它锐气保持几百年,人类的进步就会大大加快,而文明的历程也将大不相同。它碰到了什么呢?回答这样一个问题是不可能的,我们只能猜测,甚至我们的猜测也必然是怯生生的。一个人在二十岁时作出了他最好的成果,其余年代都无所作为,我们怎样说明这种情况呢?我们简单地说,他的天才毁灭了他。这是不完全的说明,但可以使我们满意。那么这样一个说法能够适用于整个民族吗?为什么不能?我们既然谈到希腊的天才,如果作为自然的总和,我们可以想象它的逐渐衰退和消失。如果它能够涌现,为什么不能够再一次沉沦和完全消失呢?

在希腊人那里恰是他们的智力活动和他们的政治智慧与道德完全不成比例。分割一座房子,它必然要倒塌,一个身体由于内部斗争而分裂是注定要崩溃的,尤其是它不能再有任何创造。^①不单是希腊科学消失了,希腊的文学艺术同样消失

^① 下面来自欧里庇得斯著作的引文是典型的,它表示了对政治的漠不关心以及对科学的兴趣。希腊的政治停滞,希腊人不讲道德,以至于他们不再作为一个民族存在了,遭受危害的不仅是他们的政治生活,而且还有他们的精神生活。“他是幸运的,他得到了科学知识,他既不为寻找公民权而烦恼,也不闯入不正义的事业,只是沉思默想不朽自然的永恒秩序,默想自然是怎样组成的,在什么时候、又为什么……”

了。我们可以想象,如果希腊和希伯来思想不是彼此分离而是一起培育成长,或者或多或少,它们不是长期完全孤立发展,将会发生什么情况呢?当然,这种想象是徒劳的,但是我们不得不这样想。实际上,希腊精神和希伯来精神是不相容的,它们不能一起成长,彼此校正,而是彼此摧毁。归根结底,或许每一种精神文明都必须尽可能牢固地建立在它本身的基础之上。同样,任何过早的综合将会妨碍它们二者的发展。研究历史记录的时候,我们经常感到,人类在一个时期只能把握一种思想。

读者知道希腊最后被罗马征服了,并且知道随着时间的推移希腊文明战胜了它的征服者。但是原有的科学精神消退了,罗马科学充其量不过是希腊科学苍白无力的仿制品。罗马人非常害怕没有实际利益的研究,这种过分害怕是希腊衰退的原因之一,他们走向了另一个极端,对于不能马上看出明显应用价值的任何研究都不予鼓励。

与此同时,耶稣基督出现了并向世界宣布一种新的教义,仁爱和忍让的教义,其范围是遍及于全世界的,博爱不需要知识,灵魂纯洁的人、清心的人是有福的;另一方面,知识若没有博爱就不仅是无用的而且有害,它可以导致骄傲而受天罚。基督教是把希伯来精神和希腊精神连结在一起的第一次尝试,但因罗马基督徒几乎不懂前者又完全错误地理解后者,这次尝试完全失败了。

在盖伦时代的一个名为塔蒂安的叙利亚皈依者的著作中,可以找到这种错误理解的恰当例子。他的希腊演说“反对希腊人”,不仅包含着偶像崇拜的弱点的解释,同时也包含着对东方人民利益最为夸张的要求的说明。在他看来,希腊人什么也没有发明,希腊人的全部知识都是从其他人民那里得来的——亚述人、腓尼基人、埃及人,他们仅有的特长就是著述和说谎的技巧。在对东方成就忽视了几百年之后,某些东方希腊人,他们的头脑被基督教的偏见所毒化,反对希腊文明,走向了另一个极端。显然,希腊人和东方人注定彼此不能相互理解。

我们可以这样说,希腊精神是对于真理的无私的爱,是知识的源泉,这种精神最后终于被罗马功利主义和基督教感伤情调的混合窒息了。让我们再梦想片刻,并设想如果希腊人和基督徒看到他们彼此的好的一面,而不只看到坏的那面,将会怎样呢?如果属于另一世界的两种思想方式能够和谐一致,该是多么美好啊!人类又可免除多少灾难啊!但事与愿违。进步的道路不是笔直的,而是非常曲折的。共同的方向是很清楚的,但只能在远离它们的很长历史年代考虑时才是如此。在能够把对真理的爱和对人类的爱调和起来之前,在能够把科学精神和黄金法则^①一致起来之前,人类不得不经受许多奇怪的、残酷的体验。

^① Golden Rule,此处指马太福音7:12和路德福音6:31所提的道德准则,“你们愿意人们怎样待你们,你们也要怎样待人。”——译者

首先,基督教教育最初是和罗马人的狭隘实用精神,后来又与野蛮人的无知结合在一起,在这种影响下,和希腊文明(这是实证知识的唯一来源)的联系,变得愈来愈松弛了。在拜占庭帝国传播古代科学并没有语言的障碍,而实际上古代科学知识很少为人所知,这个事实很好地说明了思想的堕落。这是如此真实,在13世纪至14世纪,拉丁世界终于觉醒了,拜占庭学者准备了科学的复兴,他们翻译了大量阿拉伯和拉丁著作,而那些不过是从希腊原作译过来的作品或者是这种翻译作品的可怜仿造物。他们的精神贫乏到这样的地步,以致不认识自己祖先的成就。

古代希腊和西方基督教世界的接触在非常危险中结束了,人们以为它们要一起毁灭了,但是另一个东方人民,阿拉伯人制止了这个过程。请注意这是东方智慧的第三次大浪潮,创造的推动力第三次来自东方。第一次创造力——最基本的——来自埃及和美索不达米亚;第二次来自以色列,虽然它只是间接地影响了科学,但也有许多丰富的内容;第三次是现在我要谈到的,来自阿拉伯和波斯。

大约在纪元610年,麦加出现了一个新的先知,就在海牙兹,库拉许部落的阿卜·易·夸西姆·穆罕默德,他大概是某个老希伯来先知的新替身。最初人们没有注意他,622年,他离开出生城镇到了255里以外的北方城镇麦地那,在那里获得了惊人的成功。再没有其他先知曾获得这样大的成功。十年以后,他逝世了。在此以前,他致力于阿拉伯部落的统一,并以赤诚的热情鼓舞他们,这种热情在后来使他们能够征服全世界。纪元635年,他们占领了大马士革,637年攻克了耶路撒冷,641年征服了埃及,第二年又完全征服了波斯,征服西班牙稍迟,约在710~712年。到这时,先知的门徒穆斯林,统治了从中亚细亚通向遥远西方的全部道路,统治了世界的一个狭长地带。征服波斯是特别重要的,因为这次征服使得勇敢但文明落后的侵略者能和古老而完美的伊朗文明接触。我从前没有提到这一点,因为要非常简洁地叙述它的早期贡献是非常困难的,而更困难的(如果不是不可能的话)是记载它们的日期。对于像现在这样的一个随笔,在这个转变关头谈到伊朗也就够了,但是它在以后的作用是很值得重视的。穆斯林哈里发的新王朝,阿巴斯王朝(750~1258),在底格里斯河岸的巴格达建都,在一个时期这个新兴城市是文明世界主要中心之一。阿巴斯王朝的哈里发们一开始就被伊朗迷惑住了。他们的宗教和道德力量来自故土阿拉伯,他们的城市化,他们的人道主义来自波斯。简而言之,从根本上说新的穆斯林文化是生机旺盛的阿拉伯嫩枝嫁接在伊朗古树上的结果。这不但说明了阿拉伯文化的惊人壮美,同时也说明了它性质的转变。

这个新的文明,在穆斯林热情和波斯人的好奇心这两股巨大力量的推动下,在一代接一代对知识有热情的阿巴斯哈里发——阿尔·曼苏尔、哈隆·阿尔-拉希德、阿尔-马蒙——的领导下,以难以置信的速度和效率发展起来。它植根于两种历史的过去:先知传给他们的很少改变的闪族神教和道德,而他们的波斯老师则鼓

励他们畅饮古老梵语希腊语的学术甘泉。他们从印度人那里学到了算术、代数学、三角学、医化学；从希腊人那里学到了逻辑学、几何学、天文学和医学。没有多久他们就发现了希腊知识宝库的博大精深，他们不停地翻译希腊著作，直到把它们全部（这是指他们认为有用的而言）都译成阿拉伯文为止。

在这项事业中他们得到了叙利亚人和哈利发王国的其他基督教臣民的无法估量的帮助，这些人原操希腊语、叙利亚语，并且很快就学会了阿拉伯语。这些东方基督徒，虽然多少有些希腊化了，但是常常遭到拜占庭帝国政府的怀疑和不信任；如果（这是很可能的）他们持有塔蒂安的观点，他们与阿拉伯人亲密相处是不奇怪的。由于受到希腊人的排斥和迫害，他们迅速帮助穆斯林征服者是很自然的。叙利亚人非常积极地说起了阿拉伯语，并且逐渐以这个新的语言代替了他们自己原来的语言。这些生来就使用几国语言的人是自然的媒介，正是他们最早把希腊文著述译成了阿拉伯文，正是他们开创了掌握希腊知识的滥觞。这就是基督徒和伊斯兰之间所架起的第一批桥梁。

伊斯兰所以在文化上有很大的重要性，是因为它把古代独立发展的两大文化潮流最终联结在一起。正像我已经指出的，先前的努力失败了。犹太人和希腊人在亚历山大利亚混合了，尽管犹太人学会了希腊语，而且他们的学者之一费罗^①，曾经对两种传统作了深刻的研究，但并没有真正结合起来。基督徒也没有取得多大成功，由于他们一心一意地热衷于新福音书，所以在他们眼界之外的一切事情都是无用的。现在，在世界史上，在许多人的头脑中闪族宗教和希腊知识第一次真正地结合在一起了。这种结合不是限制在一个城市或者一个国家，新的文化像一团燎原的烈火，从巴格达向东方蔓延，到印度，到特朗索希亚那，以至更远，向西方到世界的最边缘。

穆斯林文化既是完全统一的，又是多种多样的。伊斯兰人民过去团结在一起并与世界其余部分隔绝，是由于两个强大的纽带，宗教和语言的作用，它们把人类社会联结成一个共同体。穆斯林学者的责任之一就是诵读古兰经（他们的圣经）而且必须用阿拉伯语诵读。阿拉伯语，在穆罕默德以前，只不过是一个部落的语言，由于宗教的强制作用变成了世界性语言。11世纪以后，它丧失了支配的地位，但仍然非常重要，到现在，它仍然是使用最广泛的语言之一。它逐渐分裂为许多方言形式，正如拉丁语蜕变成罗曼语系的不同语言一样；但是由于这些根本的特征，直到今日，每一个有学问的穆斯林必须具备某些古典阿拉伯语知识以诵读古兰经，而书面语言——例如，用于报纸的——仍然或多或少接近于古典标准。如果罗曼语系的每一种语言都有自己的书写形式，有自己的完美标准，我们可以说，对于全世界以阿拉伯语写作的作者来说，只有一种最优美的模式，那就是古兰经和古代其他最

^① Philo(约公元前20年~公元54年)，犹太哲学家，用希腊语写作。——译者

优秀作家所代表的模式。由于使用单一语言和信奉共同宗教^①，思想则以惊人的严格和速度从这个伊斯兰王国的一端传向另一端。

伊斯兰文化的世界性广度必然导致它的多样性。穆斯林很快就和各种各样的异教徒紧密联系起来——在东方，有中国、蒙古、马来亚、印度；稍往西方，有古波斯僧人、叙利亚人、希腊人、柯普特人^②；再向西，非洲的巴伯人^③、西西里人、西班牙人和其他欧洲南部的法兰克人；散布各地的犹太人。这些接触一般说来是友好的，或者说至少不是不友好的，因为穆斯林对待他们的臣属是友善和容忍谦虚的。在他们的保护之下，许多重要著作以阿拉伯文出版了，出版者不是穆斯林而是萨比教徒，基督教徒，犹太人，撒马利亚人^④。伟大的化学家，扎比尔·伊本·海扬，可能是一个萨比教徒，阿尔-白塔尼肯定是萨比教徒出身，后来皈依了伊斯兰教，医生胡南·伊本·伊萨克、伊本·布特兰、伊本·扎兹拉是基督徒。直到12世纪，阿拉伯语是犹太人的哲学语言及科学语言，例如，著名的中世纪最伟大的犹太著作《释疑》，就是马蒙尼德用阿拉伯语写作的。更有甚者，最早的希伯来文法是以阿拉伯语写的，不是以希伯来语写的。换句话说，中世纪的犹太人深深地阿拉伯化了，以至于他们为要科学地研究自己的神圣语言，需要阿拉伯语的帮助。^⑤

回历^⑥的头两个世纪，乌马亚德和阿巴斯哈里发统治着整个伊斯兰世界，但是以后，哈里发王国逐渐分裂为不同类型不同规模的独立王国，其数目也日益增多。政治上的分裂导致不同的穆斯林宫廷之间的紧张冲突，既有精神方面的，也有其他方面的冲突。已经不是只有一两个像巴格达、哥多瓦那样的文化中心，渐渐地出现了一系列文化中心：加兹娜、撒马尔罕、马尔夫、海拉特、吐斯、尼萨普尔、瑞伊、伊斯法罕、西拉兹、穆索尔、大马士革、耶路撒冷、开罗、夸拉温、法斯、马拉库什、托列多、赛维利、格兰那达，等等、等等。每一个穆斯林，如果可能，都必须完成去麦加的朝圣，这就引起了伊斯兰王国各个部分之间的频繁交往，引起无数来自遥远国家学者们的亲身会见。在这种活动的影响下，许多穆斯林学者好像被一种旅行癖所驱使，三番五次去朝圣的人并非个别特殊情况。他们在中途经过的主要城市多次停留，和他们的同行重新接触，进行长时间的讨论，抄写文献，或者撰写自己的著作。这个学者在安达路西亚，另一个在马格利堡，另一个又在埃及，如此等等。因此，（同

① 可以肯定，伊斯兰不久就分裂为许多宗派和学派，我们可以在其中找到像基督教同样的宗教形式的全部教派——从极端的原教旨主义到和强烈的神秘主义教派一直到纯粹的唯一神教派；但不管怎样不同，都是同一穆斯林信仰的各种形式。每一个穆斯林都诵读同样的圣经。

② Copts, 古埃及人后裔。——译者

③ Berbers, 北非诸伊斯兰教国家的人民。——译者

④ Samaritans, 古代巴勒斯坦的撒马利亚地方的民族。——译者

⑤ 同样，美国的犹太人研究希伯来文法，读的是用英语写作的书，但是类比也就到此为止。希伯来文法确实诞生于阿拉伯摇篮之中。

⑥ 回历纪元元年是622年，即穆罕默德离开麦加的那一年。——译者

时也因为共同的语言)在伊斯兰王国的任何一部分所得到的科学知识,都以惊人的速度传播到其他部分,并且经常交流令人兴奋的新鲜事物。

新文化的几乎难以置信的生命力,可以用阿拉伯语言的国际性胜利来衡量,这个胜利之所以引人注目在于,这种语言并不是偶然发展起来的,而是因为需要的日益增长而日见精炼,变得愈来愈专门化了。古兰经的习惯语确实非常优美,但是有局限性。要把希腊珍宝倾倒入阿拉伯的容器中,要执行这个伟大任务,需要制造更新更精美的容器。不仅如此,大多数使用这种语言的人民,必须学会怎样从最基础的东西开始。在几个世纪之内,广大人民在一定程度上熟悉了这种语言,这种语言是他们的先祖(如果不是他们的父母)完全不了解的。

以最简洁的方式尽数阿拉伯人对于知识的贡献,插在这里都嫌太长。但是我必须强调这个事实,即虽然用阿拉伯文写作的学者活动的主要方面是翻译希腊著作并消化吸收它们,但是他们所做的比这要多得多。他们不仅是传播古代知识,他们还创造了新的知识。可以肯定,他们之中没有一个人达到了希腊天才的高峰。没有一个阿拉伯数学家可以和阿基米德或者阿波隆尼乌斯相媲美。伊本·西拿^①使我们想到盖伦,但是没有一个是阿拉伯医生具有希波克拉底的智慧。然而,这样的比较是不合适的,因为一些希腊人几乎是突然达到了惊人的顶点。这就是我们所说的希腊奇迹。因此,我们也可以说阿拉伯奇迹,虽然这是在不同意义上说的。我们可以描述的就是,在不到两百年的时间内,创造了一个新的国际性的百科全书式的庞大知识总体,但是不能完全解释清楚。这个运动,与希腊相反,大概在量的方面比质的方面更为惊人。但它是有创造力的,一直到13世纪,它是中世纪史中最有创造力的运动。用阿拉伯语写作的科学家,在希腊—印度的基础上完成了代数学(代数学的名称可以告诉这一点)和三角学;他们改造和发展了——虽然应该指出,很少——希腊几何学;他们收集了大量天文学观测资料,他们对于托勒密天文学的批评,虽然不尽正确,但有助于准备16世纪的天文学革新;他们极大地丰富了我们的医学经验;他们是现代化学的远祖;他们改进了光学知识、气象学知识和密度的测量;他们所作的地理研究范围从世界的一端到另一端;他们出版了许多很有用处的年鉴,这些年鉴几乎涉及基督教西方以外的每一个国家;他们的一个历史学家,巴伯尔·伊本·卡尔顿,提出了一种历史哲学,它在中世纪是最优秀和最有创造力的;最后,他们奠定了闪米特哲学的基础。

这些成就当然是不平凡的。如果这些成就缺乏古代最好成就的卓绝特征,我们必须记住在阿拉伯很少有人能够达到接近希腊最优秀人物的完美程度。另一方面,如果把阿拉伯人放在他们自己所处的环境中,并且把他们的成就与其他中世纪成就相比较,阿拉伯人显然大大地领先。我们可以说,从8世纪中叶到11世纪末,

^① 即阿维森纳。——译者

操阿拉伯语的人民(其中确实包括许多犹太人和基督徒)是走在人类的最前头。由于他们,阿拉伯语不只是古兰经的神圣语言和表达上帝本身思想的工具,而且成了科学的国际性语言,人类进步的手段。正像现在要学习任何有关东方的知识的最近道路是掌握一种最主要的西方语言一样,在那四百年间,通向发展着的新文化的关键、而且几乎是唯一的关键是阿拉伯语。

确实,在11世纪的时候,穆斯林文化的确是非常伟大的,因此我们能理解他们精神上的骄傲。很容易想象,他们的博学之士谈论起西方的野蛮和不文明时的神态,几乎和我们现在谈论“东方人”时一样。如果在穆斯林中间有某些残忍的优生主义者的话,他们可能会因为西方基督徒和希腊人无可救药的落后状态而提出把他们统统消灭的某些方法。那时候,穆斯林的骄傲更容易想象,因为他们的发展差不多到了顶,在临近灭亡的时候骄傲也就最为严重。相反地,只有少数基督徒察觉到他们的不利地位,他们很晚——13世纪中叶——才察觉到这一点,那时伊斯兰王国已经每况愈下,而拉丁基督教王国则愈攀愈高。这是非常有意思的,但是在规律面前是没有例外的,当人们过分吹嘘他们的文化时,只有两种情况,或是这种文化太新他们还不够习惯,或是这种文化已经衰退而又想把他们的不相称(即使是与他们自己比)隐藏在过去成就的外衣之下。在13世纪,伊斯兰是处在衰退和自我吹嘘的阶段,那时,基督教世界终于发现了希腊—阿拉伯知识的无比丰富,并为能够分享这种文明作了巨大努力,因而持有一种引以为戒的态度。

为了说明起见,让我们来看看11世纪前半纪穆斯林和基督徒的数学知识水平。那时在开罗有一座很好的数学学校,由于伟大的天文学家伊本·雅努斯和伟大的物理学家伊本·阿尔-海塔姆而出名。阿尔-卡尔基在巴格达工作,伊本·西拿在波斯,阿尔-白鲁尼在阿富汗。这些数学家和另外一些人,像伊本·阿尔-侯赛因和阿卜·约德,敢于处理希腊几何学最困难的问题,他们用二次圆锥曲线的方法解三次方程,他们研究了正七边形和正九边形,发展了球面三角学,狄奥方塔分析,等等。谈到西方,我们能找到什么呢?有关历法的可怜文献,算盘的使用,罗马分数(12进制)等等。我们有一份“数学”通讯,这是两位学校教师,科隆^①的拉吉姆鲍尔德和里埃奇^②的鲁道夫在公元1025年的通信。那真是很可怜的。他们的几何知识是处于前毕达哥拉斯水平,确实,他们是不坏的计算者,我们可以把他们比作埃及的书记阿摩斯,可是后者在二千七百年以前已经完成了他的工作。

穆斯林或在东方的至高无上的优越地位,怎样在11世纪末终结?有两个原因:阿拉伯的天才精力衰退没有创造力了;拉丁世界的权力和知识日益迅速地增长起来。阿拉伯的事业并没有停止,无论如何没有停止。直到14世纪甚至更晚一些

① Cologne,德国莱茵河畔一城市名。——译者

② Liège,比利时东部城市名。——译者

时候,还继续出现伟大的阿拉伯科学家和学者,如,数学家和天文学家有:扎比尔·伊本·阿富拉,阿尔-比特鲁伊,阿尔-哈桑·阿尔-马拉库什,纳西尔·阿尔-丁·阿尔-吐斯;物理学家有:阿尔·卡兹尼,库特布·阿尔-丁·阿尔-希拉兹,卡玛尔·阿尔-丁·伊本·雅努斯;地理学家有:雅库特,阿尔-夸兹威尼,阿卜·费达,伊本·巴吐塔;哲学家有:伊本·鲁许德,法库尔·阿尔-丁·阿尔-拉兹,阿不达·拉蒂夫;医生有:伊本·祖尔和伊本·白塔尔;动物学家和农学家有:伊本·阿尔-苏里和伊本·阿尔-阿凡姆;历史学家有:伊本·卡立康,拉希德·阿尔-丁,伊本·卡尔顿,阿尔-马奎兹,等等,等等。这只是列出最优秀的人物,这张人名表还可以增加很多,如,还可以包括在整个文明史上最光辉的人物。我提到的这些人物,来自伊斯兰国家的各个地方,其中有一些人以波斯文写作,但即使对于这些人,阿拉伯语也是他们的特有语言。到了11世纪末,阿拉伯科学家的主要使命——对于整个世界来说,而不只是他们本身——已经完成,自那时以后,穆斯林文化的相对重要性不断减小。12世纪时,这种文化的威望主要是由于过去的成就,而不是由于当时的成就。就在此时,基督徒和犹太人狂热地把希腊—阿拉伯学术从阿拉伯容器倒入拉丁和希伯来容器中^①。

基督徒在这个转移的新阶段是遥遥领先的,一个很简单的原因是,直到11世纪,犹太人的哲学和科学活动(和纯粹的犹太法规活动相反)几乎只限于穆斯林世界。犹太哲学家,文法学家和科学家在伊斯兰保护下常常受到礼遇,某些人——如哈斯代·伊本·沙普鲁特在哥多瓦——身居高位成为当时的文化和政治的领袖人物。这些伊斯兰王国的犹太人是操两种语言的人物,希伯来语当然是他们的宗教语言同时也是家庭语言,但是在哲学和科学领域他们是用阿拉伯语思考的。他们无需翻译。相反地,他们阅读阿拉伯文的医学著作比阅读希伯来文的还要容易得多。有些时候他们要把阿拉伯文献用希伯来文字抄写,但即使这样也不是真正非如此不可,这是由于方便而不是必须。

当拉丁基督徒一旦发现阿拉伯文献的重要性时,情况就不同了。因为只有极少数的人能有希望熟练掌握这种完全与自己语言不同的语言,能用如此难懂如此神秘的文字写作,他们渴望翻译并且把得到的著作全都翻译了。到了11世纪末,由非洲人康士坦丁(最好称之为“东西方大学士”)部分地完成了,他的确是东方与西方的伟大媒介人物之一。在蒙得·卡西诺修道院,康士坦丁把许多希腊—穆斯林著作从阿拉伯文译为拉丁文,1087年他在那里逝世。正像我们可以期望的那样,他的活动结果,远未满足欧洲学者的求知欲,却大大地刺激了它。此时他们之中最先进的分子认识到,阿拉伯著作不仅是重要的,而且是基本的,因为这些著作蕴藏着大量的知识财富,是整个过去时代学识和经验的汇集。可以毫不夸张地说,在12

① 比喻的说法,指的是翻译。——译者

世纪,直到13世纪中叶,基督教学者的首要活动就是把阿拉伯著作译为拉丁文。出现了一系列具有近于作家价值和水平的那种翻译家,如:巴斯的阿德拉得,塞维利的约翰,多明各·贡地萨尔渥和许多其他的人,以及最伟大的克利蒙娜的杰拉德。到12世纪末,希腊-阿拉伯知识的主要部分对于拉丁语读者已经可以方便地利用了,但是他们所得愈多,所求也愈多。13世纪末,或者13世纪中叶,在阿拉伯的科学文献中几乎很少再有真正重要著作未被发现了。在阿拉伯著作的刺激之下,更进一步,某些翻译家致力于重新发现希腊原本,他们紧步阿拉伯语翻译家的后尘,直接从希腊原本翻译作品。一个明显的例子就是《天文大全》。这本书,从希腊文译为拉丁文实际上早于从阿拉伯语来的译本,直接的翻译约于1160年在西西里完成,从阿拉伯语的间接翻译是1175年在托列多由克来蒙那的杰拉德完成。前一个译本,虽然可能更好一些,但是由于阿拉伯的传统力量和杰拉德本人的威信,却完全被第二个译本代替了。

最初,东方犹太人和西班牙犹太人处于比基督徒更为有利的地位,因为整个阿拉伯文献是对他们敞开着,无需费劲。但是,12世纪时,犹太教的科学生活开始从西班牙经过比利牛斯山,13世纪时,从前科学常在的地方反而衰落了。13世纪中叶,许多犹太人在法兰西、德国、英国定居,阿拉伯语对他们来讲变成了外国语。直到这个时期以前,犹太人常常领先于基督徒,而且是遥遥领先,现在情况第一次倒了过来。基督徒已经把阿拉伯知识的绝大部分转移到拉丁世界了,从阿拉伯语翻译成希伯来文的作品当然要少得多。因此,西欧非阿拉伯语的犹太人不但在政治上处于不利地位(十字军东征曾引起多次反犹迫害,而基督教王国的犹太人到处都要自卫),而且在精神上也处于劣势(这大概是更加使人痛苦的)。当然,不久他们许多人学习了拉丁语,能够阅读阿拉伯著作的拉丁译本,这就补偿了这一点。但即使这样,从那时起,他们相对于基督徒再也不具有精神上的垄断地位了。从前犹太医生有学术的“秘密”,这些秘密是他的基督教同行所不知道的(特别是关于治疗眼疾的,那在阿拉伯文献中研究得很透彻),基督教医生就没有这种特殊地位。14世纪以后,从拉丁文译成希伯来文著作的数量增多(如医学著作)很好地说明了这种重大变化。从东方到西方的翻译潮流又一次转为从西方到东方。我们应该注意,一个奇怪的循环完成了:这些著作的原本是希腊文,它们的阿拉伯加工品译为拉丁文并且鼓舞了新的拉丁文著作,现在这些著作又译成了希伯来文。从东方到东方,经过西方!但是另外一些循环更为奇怪。在14世纪和以后,最初是希腊原本的阿拉伯、波斯和拉丁文著作最后又重新译回希腊文。例如,中世纪流传最广的逻辑教科书,西班牙的彼得(教皇约翰廿一世)所著《逻辑学纲要》,不仅译为希伯来文,而且译成正是其主要内容直接来源的那种语言。从希腊文经过阿拉伯文和拉丁文回到希腊文!

附带说,这将有助于读者认识研究古代译本的用处。这些译本给了我们评价

特定时期不同文明相对水平的最好工具。我们能够看到它们的兴起和衰落,也就是说,能够衡量它们。知识的潮流经常从一种文明传到另一种文明,在精神世界和物质世界一样,水是不会向高处流的。从单个一本书的翻译不能得出什么结论,因为它的产生可以是没有规律的。在过去以至现在,已经译出的著作不一定是最好的著作,事实上,有些最拙劣的著作要比其他著作还要更享盛名。但是若考虑到大量翻译的整个份量,我们可以重构整个文化变迁并且得出非常有益的结论。再一次把单个人与整个人类相比较,翻译家的活动使我们想到人类精神的进化,使我们能够说出每个时期的占统治地位的影响,正好像追踪一个人经过古代世界学派和学院的迷离的脚步。

12世纪时,对于人类思想发生深刻影响,对于铸造未来举足轻重的三种文明,犹太、基督教和穆斯林,显然处于正好平衡的状态。但是这种平衡状态并没有持续多久,因为穆斯林文化正在走下坡路而其他两种文明正向上发展。12世纪末,局面已经很清楚了(任何局外人和我们一样都很清楚)穆斯林即将衰亡,竞争局限在基督徒和犹太人之间。而现在,犹太人又处于绝望的危难之中,这是因为他们政治上屈服,由于对敌手嫉妒而狭隘、完全没有宽宏大量(让我们说得缓和一些!)。还有,由于上面已经说明的原因,就利用知识的主要原始资料来说,现在他们不如压迫他们的人方便了。这引起了更深的影晌,当某一人群突然可以方便地利用知识的大量珍宝的时候,这就不只是知识本身的问题了,紧接而来的是激励推动作用。犹太人逐渐被推到历史舞台的后面了,当他们愈来愈孤立的时候,他们就更有意识地埋头于犹太教义的研究而增强了这种孤立。

到13世纪末,基督教世界的某些伟大的博学之士,大阿尔伯特、罗吉尔·培根、拉蒙·鲁尔已经认识到阿拉伯文化的优越性。虽然看来矛盾,但也不奇怪,正是在这个时候,他们已充分觉察到,阿拉伯文化已经衰退,他们自己将取得最后胜利。自那时起,基督教徒享有政治上和精神上的支配权。学术世界的重心到了西方,直到我们时代还在西方,由于命运的奇怪嘲弄,某一天甚至要跨越西部的大洋,这在那时被认为是不可逾越的界限。由于穆斯林西班牙的衰退和灭亡,由于犹太人日益增长的分离和隔膜,西方越来越西方化了。当然穆斯林和犹太人继续作出成果,在以后的几百年间两种信仰都产生了许多伟大人物。但是,西方的优势继续增长,一直到16世纪来临,那时候,发展着的文明深深地西方化了,而人民——甚至那些东方人民——开始忘掉了他们的东方起源,真正的穆斯林和犹太的科学观念差不多消失了。那种观念在我们看来可能是不自然的,但是我相信我已经十分清楚地说明了,在中世纪,那时是完全自然和完全必要的。科学的最后结果,当然是不依赖于发现它们的人民的,但我们迫切地希望知道,每一个民族的贡献有多大,知识是在什么样的环境下发展起来的,人类精神发展走了多少弯路。16世纪以后,科学终于从神学中解放出来,犹太人、基督教和穆斯林科学不再被视为正当的

了,但是保存了它的历史价值。虽然斯宾诺莎有许多犹太人的特点,虽然他利用了许多犹太人的资料,我们不再像把马蒙尼德和列维·本·吉尔逊算为犹太哲学家那样,把斯宾诺莎视为犹太哲学家了。他是现代哲学的奠基人之一,他既不是东方的也不是西方的,而是统一两者的,是人类精神的最高贵的代表。

中世纪主要的、至少是最明显的成就也许是实验精神的创造,或更准确地说是这种精神的缓慢孕育。直到12世纪末,这种精神首先归功于穆斯林,然后归功于基督徒。就这个重要的方面说,东方西方亲如手足。无论人们多么景仰希腊科学,但必须认识到,从这个(实验的)观点来看,希腊科学实不足以转变为现代科学的基本精神。虽然希腊的伟大医学家本能地遵循着实验的方法,但是他们的哲学家或者研究自然的学者从来没有恰当地评价过这些方法。医学史以外的希腊实验科学历史是非常短促的。在阿拉伯炼金术士和光学家的影响之下,以后在基督教的力学家和物理学家的影响下,实验精神非常缓慢地增长着。几百年之内,它仍然是很软弱的,像一株幼小柔嫩的植物,由于独断教条主义的神学家和狂妄自负的哲学家的粗暴践踏而经常处于危险之中。巨大的觉醒是因为西方世界重新发现了印刷术,是由于新世界的开发,这就加速了实验精神的发展。到了16世纪初,这种精神已经抬头,我们可以把列奥纳多·达·芬奇看作它的第一个自觉的拥护者。在此以后,它的发展越来越迅速了,到了17世纪初,另一个塔斯康人伽利略,现代科学的先驱,令人钦佩地阐明了实验的哲学。

如果我们从非常广泛的观点来考察科学史,可以把它分为四个阶段。第一个是埃及和美索不达米亚知识的经验发展阶段。第二个阶段是希腊人所建立的理性基础,这种基础具有惊人的美和力量。第三阶段是直到现在人们还不大了解的中世纪——许多世纪的摸索徘徊。大量的努力用于解决虚假的问题,主要是把希腊哲学的成果与各种宗教教条调和起来。就这种努力的主要目标来说,这当然是徒劳无益的,但它们带来了许多意外的结果。主要成果,像我刚才说明过的,是实验精神的孕育。这种精神的最后涌现,标志着从第三个阶段转变为第四个阶段,也就是现代科学阶段。应该注意,在四个时期中,第一个时期全然是东方的;第三个时期主要是东方的,但不完全是;第二个与第四个时期则全部都是西方的。

谈到第四个时期——这个时期持续到现在——实验哲学的最后确立是它的主要特征,它的准绳,它的光荣。新的方法不但为前所未闻和难以想象的发现开辟了道路,而且终结了无益的研究和无聊的讨论,它打破了一千多年以来哲学家始终在其中兜圈子的恶性循环。实验精神,就其本身来说,是十分简单的,但是当一系列的精神偏见模糊了人们的视线的时候,就不能理解它了。实验精神可以概括如下:通过多次直接细心的观察确立事实,重复——对照检验这些事实,形成前提。当涉及许多变化因素的时候,只允许一个因素变化,其他保持不变,考察情况怎样。尽

最大可能多做这类实验，努力使这些实验具有最大的准确性。由此得出结论，如果可能用数学语言表述它们。应用数学资料去改变方程，把变换得到的新方程与现实对照。也就是说，看看它们的含义是什么？代表着哪类事实。在这些新的事实基础上进行新的实验，等等。

现代科学的全部胜利，都是由于自觉或不自觉地应用了这种方法。此外，实验科学家愈来愈强调客观确证的必要性。真理是相对的，但是经常以变化较大的方式进行检验，其相对性就相应减小，而可靠性逐渐增大。实验的方法，对于每一个没有成见的人都是非常简单的，逐渐发展着。逐渐地，科学家从经验中懂得了要相信理性超过相信感觉，但对于理性的信任也不能过分。任何辩论的结果，和任一个数学变换的结果一样，若不以多种方式一再检验，就不是完全有效的。事实只能被理论说明，但是它们永远不能被说明去掉，因此，不管它本身多么没有意义，仍然是至高无上的。他们正像一个建筑物的基石，每一块单个的石头是没有价值的，但是没有它们建筑物就不能存在。

听到老人文主义者谈论自制和训练，似乎他们独具这些品质，是很可笑的。因为实验方法本身是所孕育的最好的训练。确实，这种方法并不适用于每一件事情，除了在它本身的领域中，不要妄称实验的垄断地位。

正是实验方法赋予理性最大的权力，但同时它也清楚地表明了理性的局限，提供了控制理性的手段。实验证明了真理的相对性，同时又使量度真理的客观性和渐近性成为可能。尤其是它教育人们公正无私（或者至少努力成为公正无私），教育人们要求全面的真理，不是方便的和大家一致同意的那部分真理。当不能评价真理的客观性时，这种公正合理显然是不可能的，几乎是不可想象的。

实验方法从表面上看是最革命的方法。难道不是实验方法导致了惊人的发现和发明吗？难道不是实验方法经常深刻地改变世界的面貌，以致肤浅的人们把它视为变化的真正灵魂吗？但它本质上是保守的，因为除非以多种方式建立和确证了有效性，它不急于做结论，这种非常的谨慎常常给人以胆怯的印象。它看起来是革命的，因为这种方法很有效；它的结论是严格限定的，不能反驳；由于它们的力量，它们不会失败。当一种观点锤炼成严格的科学思想的时候，它是不可抗拒的，而且是世界上最稳定的要素。我们怎样说明这种矛盾的现象？进步意味着稳定，意味着对传统的尊重。科学思想是，或者好像是革命的，因为它所导致的结果是非常伟大并且常常是意料之外的，但这是稳步前进的方式导致的结果。科学史描述了无与伦比的进化，这种进化给予我们关于人类精神力量的一个非常崇高的观念，但是这种进化和自然力所造成的进化一样是稳步前进的。

你曾经听到过美国西部牛仔的故事吧，一天他突然来到了科罗拉多大峡谷的边缘，感叹道：“上帝，这里发生了什么事情！”你知道，如果这位牛仔指的是在一定时间内迅速完成的事情，那么他错了。在这个意义上，大峡谷什么事情也没有发

生。同样,科学的发展虽然比大峡谷的断裂快得多,但是一个渐进过程。它看上去是革命的,因为我们没有真正看到这个过程,只看到巨大的成果。

从实验科学的角度(特别是其发展的现阶段)来看,东方和西方是极端对立的。然而,我们必须记住两件事,这是我论文的要点。

第一件事,科学的种子,包括实验方法和数学,实际上科学全部形式的种子是来自东方的。在中世纪,这些方法又被东方人民大大发展了。因此,在很大程度上,实验科学不只是西方的子孙,也是东方的后代,东方是母亲,西方是父亲。

第二,我完全确信,正如东方需要西方一样,今日的西方仍然需要东方。当东方人民像我们在16世纪那样,一旦抛弃了他们的经院式和论辩的方法,当他们一旦真正被实验精神所鼓舞的时候,谁知道他们能为我们做什么,谁又知道他们为反对我们(上帝饶恕我!)而做些什么。当然,就科学研究领域来说,他们只能是与我们一起工作的,但是他们的应用可以是大不相同的。我们不要重蹈希腊人的覆辙,他们认为希腊精神是绝无仅有的,他们还忽视犹太精神,把外国人一律视为野蛮人,他们的最后衰亡一落千丈,就像他们的胜利顶峰曾高耸入云一样。不要忘记东西方之间曾经有过协调;不要忘记我们的灵感多次来自东方;为什么这不会再次发生?伟大的思想很可能有机会悄悄地从东方来到我们这里,我们必须伸开两臂欢迎它。

对于东方科学采取粗暴态度的人,对于西方文明言过其实的人,大概不是科学家。他们大多数既无知识又不懂科学,也就是说,他们丝毫也不应享有那种被他们吹嘘得天花乱坠的优越性,而且如果听其自便,他们关于这种优越性的支离破碎的想望,要不了多久就要消灭。

我们有理由为我们的美国文明而骄傲,但是它的历史记载至今还是很短的。只有三百年!和人类经验的整体相比是何等渺小,简直就是一会儿,一瞬间。它会持久吗?它将进步,将衰退,抑或灭亡?我们的文明中有许多不健康的因素,如果我们想在疾病蔓延起来以前根除它们,必须毫不留情地揭露它们,但这不是我的任务。如果我们希望我们的文明能为自己辩护,我们必须尽最大力量去净化它。实现这项任务的最好办法之一是发展不谋私利的科学;热爱真理——像科学家那样热爱真理,热爱真理的全部,愉快的和不愉快的、有实际用途的和没有实际用途的;热爱真理,而不是害怕真理;憎恨迷信,不管迷信的伪装是多么美丽。我们文明的长寿至少还没有得到证明,其延续与否,还不一定。因此,我们必须谦虚。归根结底,主要的考验是经历沧桑而存活下来,这一点我们还没有经历过。

新的鼓舞可能仍然,而且确实仍然来自东方,如果我们觉察到这一点,我们会聪明一些。尽管科学方法取得了巨大的胜利,但它也还不是十全十美的。当科学方法能够被利用,并且是很好地被利用的时候,它是至高无上的,但是若不承

认这种利用也会产生两种局限，则是愚蠢的。第一，这种方法不能永远使用。有许多思想领域（艺术、宗教、道德）不能使用它。也许永远不能应用于这些领域。第二，这种方法很容易被错误地应用，而滥用这取之不尽用之不竭的资源的可能性是骇人听闻的。

十分清楚，科学精神不能控制它本身的应用。首先，科学的应用常常掌握在那些没有任何科学知识的人手中，例如，为要驾驶一辆能导致各种破坏的大马力汽车并不需要教育和训练。而即使是科学家，在一种强烈的感情影响下，也可能滥用他们的知识。科学精神应该以其他不同的力量对自身给予辅助——以宗教和道德的力量来给以帮助。无论如何，科学不应该傲慢，不应该气势汹汹，因为和全部其他人间事物一样，科学本质上也是不完满的。

人类的统一包括东方与西方。东方和西方正像一个人的不同神态，代表着人类经验的基本和互相补充的两个方面。东方和西方的科学真理是一样的，美丽和博爱也是如此。人，到处都是一样的，只不过是这种特点稍稍显著一些或是那种特点多少突出一些罢了。

东方和西方，谁说二者永不碰头？它们在伟大艺术家的灵魂中相聚，伟大的艺术家不仅是艺术家，他们所热爱的不局限于美；它们在伟大科学家的头脑中相会，伟大的科学家已经认识到真理，不论是多么珍贵的真理，也不是生活的全部内容，它应该以美和博爱来补充。

我们怀着感激之情回忆起我们得之于东方的全部东西——犹太的道德热忱，黄金规则，我们引以为荣的科学的基础——这是巨大的恩惠。没有什么理由说它在将来不该无限增加。我们不应该太自信，我们的科学是伟大的，但是我们的无知之处还要更多。总之，让我们发展我们的方法，改进我们的智力训练，继续我们的科学工作，慢慢地、坚定地、以谦虚的态度从事这一切。同时，让我们更加博爱，永远留意周围的美，永远留意我们人类同胞或者我们自己身上的美德。让我们摧毁那些恶的东西，那些损坏我们居住环境的丑的事物，那些我们对别人做的不公正的事情，尤其是那些掩盖各种罪恶的谎言；但是让我们谨防摧残或伤害那许多善良、天真事物中最弱小的东西。让我们捍卫我们的传统、我们对往昔的怀念，这些是我们最珍贵的遗产。

按照事物的本来面目认识事物——当然如此，但是我的灵魂的最高意向，我对那看不见的事物的怀恋之情，我对于美与公正的渴求，这些也都是真实的和珍贵的东西。那些我所不能理解的东西并不一定是不真实的。我们必须经常准备去探求这些感觉不到的真实，正是它赋予我们的生活以高尚的情操和最根本的方向。

光明从东方来，法则从西方来。让我们训练我们的灵魂，忠于客观真理，并处处留心现实生活的每一个侧面，不论是否可以具体感知。那不太骄傲的、那不采取盛气凌人的“西方”态度而记得自己最高思想的东方来源的、那无愧于自己的理想

的,这样的科学家——不一定会更有能力,但他将更富有人性、更好地为真理服务,更完满地实现人类使命,也将是一个更高尚的人。

(本文选自乔治·萨顿著《科学的生命——文明史论集》,刘珺珺译,商务印书馆,1987年,112~143页。)

延伸阅读

柏拉图:《柏拉图全集》,王晓朝译,北京:人民出版社,2003年。

亚里士多德:《亚里士多德全集》,苗力田主编,北京:中国人民大学出版社,1990~1997年。

欧几里得:《几何原本》,兰纪正等译,西安:陕西科技出版社,1990年。

G. E. R. 劳埃德:《早期希腊科学:从泰勒斯到亚里士多德》,孙小淳译,上海:上海科技教育出版社,2004年。

G. E. R. Lloyd: *Ancient Worlds, Modern Reflections: Philosophical perspectives on Greek and Chinese Science and Culture*, Oxford University Press, 2004. (中译本:《古代世界,现代反思》,钮卫星译,上海:上海科技教育出版社,即将出版。)

[美]爱德华·格兰特:《中世纪的物理科学思想》,郝刘祥译,上海:复旦大学出版社,2000年。

[美]乔治·萨顿:《文艺复兴时期的科学观》,郑诚等译,上海:上海交通大学出版社,2007年。

[英]巴特菲尔德:《近代科学的起源》,张丽萍等译,华夏出版社,1988年。

郝刘祥:中世纪希腊科学的传播及其与宗教的关系,《自然辩证法通讯》,2003(03)。

G. E. R. Lloyd:论科学的“起源”,《自然科学史研究》,2001(04)。

第3编 一枝独秀：从科学革命到 经典科学的建立

导 读

在漫长的中世纪步入尾声，到近代科学革命发生之间，经历了文艺复兴、地理大发现和宗教改革等重大事件，近代历史的开端在某种程度上可以看成是这几件大事推动的结果。然而，要指出一个确切的年份，来区别近代与中世纪的诀别，是困难的，也没有太大意义。但如果硬要寻找这样一个标志性的年份，1543年也许可以看成是科学史上从中世纪到近代的过渡期中具有代表性的一年。这一年哥白尼的《天体运行论》和维萨留斯(Vesalius)的《人体结构》分别出版，各自提出了有关人类身处其中的大宇宙和人体这个小宇宙的革命性学说。

哥白尼之后，还有第谷、伽利略、开普勒、吉尔伯特等大家，他们的工作使得16世纪后半段和17世纪早期充满了朝气蓬勃的科学精神，构成了科学革命的主要内容。1572年26岁的第谷发现了一颗超新星，他还在1576~1597年在汶岛坚持了20多年的天文实测，为开普勒分别于1609年和1619年提出行星运动三定律奠定了基础。1632年伽利略的《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》一书出版，虽然1633年伽利略在宗教法庭上被迫公开宣布放弃自己关于地动的科学信仰，《对话》也被列为禁书，但哥白尼的日心地动学说已经得到了进一步的宣传并扩大了它的影响。

等到牛顿的《自然科学的数学原理》一书在1687年出版时，人类对宇宙的看法已经发生了深刻的变化。牛顿站在巨人们的肩上摘取了科学革命的果实，在科学史上树立起了一块里程碑。人类理性对自然所作的了解达到了前所未有的高度。在接下来的两个世纪里，科学就在牛顿确立的框架里前进，最后完成了整个经典科学的创建。

本编的选文从对哥白尼的研究开始。关于哥白尼的研究结果多得数不胜数，被称作“哥白尼革命”的这个事件早已成为科学史家和科学哲学家们操练他们的理

论和学说的训练场。本编选录的“哥白尼的革新”^[1]一文便出自科学哲学的大家、范式论的提出者库恩的手笔。

对于哥白尼和他的《天体运行论》^①，由于参与的研究者的多样性，势必带来了研究结论的多样性。库恩的这一篇文章共分为“哥白尼与革命”、“革新的动机——哥白尼的序言”、“哥白尼的物理学和宇宙论”、“哥白尼天文学——两球模型”、“哥白尼天文学——太阳”、“哥白尼天文学——行星”、“哥白尼体系的和谐性”、“逐渐的革命”等8节，层层推进地论述了这样一个主题：“这本书引发了它自己并未宣告的一场革命。它是一个制造革命的文本而不是一个革命性的文本”（[1], p. 133）。库恩的这个观点，是关于哥白尼革命的多样性观点库中具有代表性的一个。

哥白尼出生于波兰托伦的一个富商之家。10岁丧父后，由其一位兼任主教的舅父抚养。他在正统的罗马天主教氛围下成长，自己后来也成为一名教士。1496年起哥白尼到意大利游学，十年内先后在波洛尼亚、帕多瓦和斐拉拉等三所大学里攻读医学和宗教法规。在波洛尼亚期间，哥白尼与该校天文学教授迪·诺瓦拉（de Novara）有密切的接触，后者正是在自然哲学中复兴毕达哥拉斯思想的领袖。

当时的意大利是欧洲文艺复兴的中心，学者们向古希腊的遗产汲取思想的源泉，并在自由的氛围里对诸多现存的僵化学说和制度提出批评和挑战。在天文学上，托勒密的学说就是这样一种被批评的对象，人们讨论它的错误和改进它的可能性。

为了更准确地描述和预测行星的运动，托勒密的后继者们引入了越来越多的本轮，其体系的复杂程度大大背离了毕达哥拉斯派的柏拉图主义所追求的数学上的简单和完美性，成为了哥白尼眼中的“怪物”（[1], pp. 137 - 139）。哥白尼在思想上倾向于毕达哥拉斯派，认为天体应该有简单完美的运动，也应该有简单完美的数学描述。在哥白尼看来，托勒密体系在这一点上还不能算合格。所以他想到如果宇宙的中心是太阳而不是地球，那么对天体运行的理解和描述就可能简单得多。

1505年哥白尼返回波兰，在繁杂的行政事务工作之余，他开始思考如何把宇宙中心移到太阳上去。从1512年起他开始在新假说基础上推算行星的位置。1530年左右哥白尼将他的学说写成概论，以手稿的形式在欧洲学者间广泛流传。后又在数学家雷梯库斯（Rheticus）的强烈要求下，哥白尼同意出版他的全书，敬献给罗马教皇保罗三世。传说第一本书送到哥白尼手里几小时之后，他就与世长辞了，那是1543年5月24日。

哥白尼学说的革新内容主要在《天体运行论》的第一册中得到描述。在这内容丰富的第一册中哥白尼描绘了他的宇宙图景：太阳位于宇宙的中心，水星、金星、地球带着月亮、火星、木星和土星依次绕着太阳运行，最外围是静止的恒星天层。根

^① 关于这一个书名，这里取约定俗成的译法。按照吴国盛教授的意见，应该译作《天球运行论》，收录本编的选文就是采用这一种译法。——编者

据这幅宇宙图像,哥白尼可以很简洁地解释行星视运动中的“留”、“逆行”等现象,以及水星和金星的大距。而在托勒密体系中,为了解释同样的现象,需要引入许多特设的假定,从而破坏理论的完整性。

哥白尼声称他的宇宙体系比托勒密体系优越,是因为他的体系更简单和完美。这点在《天体运行论》的第一册中得到了淋漓尽致的体现,但从第二册开始到第六册中的论述却在简单和完美性方面打了折扣。在具体描述和推算行星的运动时,哥白尼也不得不引入偏心圆和本轮,从而在数学上,太阳不能理直气壮地成为行星的绕转中心了。因此通常称“哥白尼”体系为“日心说”是不严格正确的。另外,哥白尼共引入34个本轮来推算行星的运动,这比托勒密体系最多时的80个本轮少多了,但是推算工作仍不能称简单。按照库恩的评价,“《天体运行论》的前言一开始就强烈指责托勒密体系不精确、不简洁、不一致,但是哥白尼的书尚未结束,就自己暴露出完全相同的弱点。哥白尼体系既不必托勒密体系更简洁,也不必它更精确。”([1], p. 166)或许,我们对哥白尼声称的其学说的简单性应该这样来理解:只有在对行星运动进行定性描述时,它才是简洁的、和谐的。

毋庸讳言,哥白尼从托勒密那里获益非浅,他从《至大论》中得到了许多观测数据和几何方法,以及编制星表的资料。有些问题的处理完全因袭《至大论》。哥白尼甚至比托勒密还接近古希腊的天文学家和哲学家,他坚持用匀速圆周运动这种天体所应有的“完美运动”来描述行星的运动。以至于当代一些学者评论说,《天体运行论》与其说是在解释宇宙,还不如说是在解释托勒密。

《天体运行论》初版的序言称该书只是提供了一种解释行星运动的数学方法。据考证,这篇序言不是出自哥白尼原意,而是监督该书出版的路德派教士奥西安德擅自加入的。把哥白尼体系看成是一种数学模型,还是一种宇宙的真实图景,这将直接影响教会对《天体运行论》的态度。

《天体运行论》出版之后,有少数数学家接受了哥白尼的学说,它的影响还很有限,并未构成对纳入经院学派的托勒密学说的冲击。并且按照当时的物理学和天文学知识还无法理解地球在运动这一事实。“哥白尼未能给地动提出一个合适的物理学基础,这并没有使他感到沮丧。他并不是因为得自物理学的理由而设想并接受地球运动的。物理学和宇宙论的问题……并不是他真要考虑的问题;大概他想尽可能避开这些问题。”([1], p. 151 - 152)但对反对者来说,这些问题理所当然成了发起攻击的正当理由。因此,哥白尼学说遭受着各种“合理”的责难。如果地球在绕太阳运动,那么应该可以观测到恒星的位置有一个周年的变化,上抛的物体不该掉到原地,地球有被瓦解的危险等等,对这些问题的解答确实要等到物理学和天文学进一步发展之后。

跟哥白尼一样,伽利略也是受到着重研究的科学史上的大家;关于伽利略的研

究结论,同样也呈现出一种多样性。柯瓦雷^①的《伽利略研究》无疑是其中很具有代表性的一项研究成果,本编选录其中的“《两大世界体系的对话》和反亚里士多德的论战”^[2]一文以飨读者。

在柯瓦雷看来,虽然“天文学的思考在伽利略的思想和研究中起到了最重要的作用”,但是“把伽利略所有的工作完全作为对哥白尼宇宙概念的支持,这是肯定有所夸张的。”([2], p. 164)所以在这篇文章的开始部分,柯瓦雷就指出,《两大世界体系的对话》“不是一部天文学著作,甚至也不是物理学著作。它首先是一部评论著作;是关于论争和辩论的著作;同时,它是一部教育学著作,也是哲学著作;最后,是一部历史著作”([2], p. 170)。从这样一个令人耳目一新的观点出发,可以期待柯瓦雷的文章将会给人以深刻启发的。

伽利略对物理现象的独立研究,使得他相信那些被奉为权威的亚里士多德物理学内容中有许多严重的错误。1632年,伽利略把他的研究成果发表在《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》一书中。该书采用对话体的形式,对话的双方有三个人,萨尔维阿蒂和沙格列陀是伽利略的朋友和拥护者,辛普利丘是公元6世纪时亚里士多德著作的注释者,在书中扮演了传统和权威的捍卫者。三个人在四天内作了四次内容广泛的谈话。第一天论证了地球和行星一样,是一个运动的天体;第二天讨论了周日运动;第三天讨论了周年运动;第四天讨论了潮汐问题。

柯瓦雷在这篇文章中主要针对《对话》前两天中有关运动的讨论展开分析。对于亚里士多德派证明地球静止的论据,伽利略要逐条反驳。在这个过程中伽利略提出了运动的相对性原理,并初步表述了惯性定律。当然,柯瓦雷会指出,伽利略的惯性定律是不彻底的,伽利略认为匀速圆周运动是一种惯性运动,“伽利略从来没有确认直线运动的永久守恒”,他“没有达到这一步,也没有达到惯性定律”([2], p. 194)。

对于伽利略和实验的关系,柯瓦雷的分析也揭示了一种新的比较复杂的局面。“伽利略通常被看作是一个谨慎和有洞察力的观察者,实验方法的创立者,……他努力把新科学建立在坚固的经验基础之上。”([2], p. 182)然而,在讨论从运动的帆船桅杆顶上释放一块石头、它将掉落在船的什么位置这个问题时,“不是伽利略的代言人萨尔维阿蒂,而是亚里士多德的信徒辛普利丘表现为实验的捍卫者,而相反,萨尔维阿蒂声称实验是无用的。”([2], p. 182)伽利略在关键时刻,表现成为一位柏拉图主义者,他认为“好的物理学是先验地做成的”([2], p. 182)。

文章中更多的启发性观点,或许由读者自己去体会和发现更为合适。这里只需再指出一点柯瓦雷的“伽利略研究”提醒我们,对于科学史上的人物,脸谱化和简单化的认识是不足取的,已经形成的这种认识,是需要被纠正的。

① 另一个译法是“柯依列”,即《伽利略研究》中译本的译法。——编者

在整个科学史上，很少有能与从哥白尼到牛顿的天文、物理学发展相匹配的时期。在这一个不算长的时期里，科学的进步既连续有完整。从哥白尼把地球看作是一颗行星开始，经过第谷、开普勒、伽利略、笛卡尔等人的工作，最后导致牛顿对物理世界的伟大综合。

牛顿的综合无疑体现在《自然哲学的数学原理》一书中。这部书被公认为是科学史上最伟大的著作，在对当代和后代思想的影响上，没有什么别的杰作可与之相媲美。自它问世后的二百多年间，一直是全部天文学和宇宙学思想的基础。天体的运行、潮水的涨落和彗星的出没，所有这一切都可以用同一条力学规律来解释。这确实给人们留下深刻的印象，以致它的影响超出了天文学和物理学的范围。在社会、经济、思想等各个领域，人们希望仿照牛顿力学的原则，通过对现象的观测得出若干原理，再运用数学手段来解答所有的问题。事实或许不如所愿，但在牛顿开创的这个理性时代，人们确实体会到了一种前所未有的智力自信。

本编选录柯瓦雷《牛顿研究》中的“牛顿综合的意义”^[3]一篇，旨在再次跟随这位科学史大家的指引，来领略他对牛顿综合之意义的阐发。

柯瓦雷把17世纪科学革命的基本内容归结为两点，一是希腊人建立起来的那个有限的、井然有序的宇宙(cosmos)的瓦解，以及建立在这个概念基础上的所有想法在科学中消失；二是空间的几何化。在新的宇宙中，“天的物理学和地的物理学是相同的和统一的”，“天文学和物理学由于服从几何而变得相互依赖和统一”。([3], p. 4)

在17世纪，除了把自然数学化的倾向之外，还有一种更少数学与演绎，更加重视经验和实验的倾向。柯瓦雷指出，是牛顿“把这两种倾向或观点综合了起来”。在牛顿那里，“自然之书是用微粒符号和微粒语言写成的，这一点同玻义尔一样；然而，把它们结合在一起并赋予整本书意义的句法却纯粹是数学的，这一点又同伽利略和笛卡尔一样”。([3], p. 8)而更为关键的是，“引力定律的普遍适用，使牛顿的宇宙恢复了物理的统一性，同时也赋予了它理智的统一性”。([3], p. 10)这些可以看成是牛顿综合的意义之真正所在。

当然，正如柯瓦雷在文章的结尾含蓄地指出的，牛顿对物理世界的综合——打破天地的界限，把宇宙统一成一个整体，却带来了另一种分裂：“即把一个我们生活、相爱并且消亡于其中的质的可感世界，替换成了一个量的、几何实体化了的世界”。([3], p. 17)在这个世界里，任何事物都有自己的位置，唯独没有人的位置。科学的世界最终与生活的世界完全隔离。

确实，从来没有一个宇宙学说像亚里士多德的宇宙(cosmos)那样亲近人们。从来没有多少人能亲自阅读《自然哲学的数学原理》。像柯瓦雷这样的大师级人物对牛顿思想的释读已经成为一件艰苦的学术工作。理解牛顿，已经成为对我们智力的一种挑战。然而，要理解大师，必须得跟上大师的步伐；要比前人看得更远，必

须站到前人的肩上。我们人群中的一部分人恐怕必须得迎接这个智力挑战。

在牛顿的大综合之后,整个 18 世纪的科学可以看成是对牛顿在《自然哲学的数学原理》(1687 年)和《光学》(1704 年)所展示的理论和方法进行消化、吸收,并在一些新的领域进行模仿和实践的过程。到 19 世纪中期,“物理学作为一门完整的学科,已经达到了概念正确、逻辑统一的新阶段”([4], p. 12),构成了经典科学的核心内容。这时,牛顿的影响也许从台前隐退到了幕后,在某些具体的学说上,牛顿的观点还甚至可能已经被证明是错误的了,但是整个经典科学,是在牛顿的框架内完成的,“物理现象都可以用一种统一的框架来解释,即以力学解释为原理的出发点,通过数学描述对物理现象作模拟并导出描述现象的数学方程式,再冠之以普遍的定律——能量守恒定律。”([4], p. 12)这是一种来源于牛顿、又超越了牛顿的物理学,它的关键词是“能量”、“力”和“物质”。

在这种物理学的建立过程中,首先是拉普拉斯及其追随者们在 18 世纪末 19 世纪初“建立了一种既适用于力学,又适用于热学和光学现象的关于粒子间的力的普遍的数学理论”,“随着热学和光学的最新进展,这一理论被抛弃了,但是拉普拉斯的数学化和公式化对统一的物理世界观,乃至对以后物理学理论的发展都产生了深刻的影响。”([4], p. 3)

然后是傅里叶在 1822 年发表了《热的解析理论》,“把原先只适用于力学问题的数学分析方法,应用到热学的研究之中。”([4], p. 3)受到傅里叶的启发,物理学家们研究不同物理现象及其物理定律之间的数学相似性和物理相似性,“通过这种物理比较方法,亦即通过同一种数学形式所反映不同现象之间的概念联系的方法,加深了人们对物理现象的统一性的认识。”([4], p. 3)

又有菲涅耳提出光的波动说,认为光依靠力学以太的震动来传播,把光学纳入到了力学自然观的范畴之中了。光以太的机械论为力学解释提供了一个典型的具有普遍意义的案例。到 19 世纪 40 年代末,能量守恒定律的建立又加强了物理学的统一性,“它使热、光、电、磁的现象都归并到力学原理的框架之中。”([4], p. 4)最后完成了包括经典力学、电磁学和热力学等三大力学在内的经典科学的构建。

从上面的简单概述中,我们也许可以这样来看:牛顿的综合是他之后两个世纪内物理学的更深刻综合的开始。对于这一个更深刻综合的完成过程,本编选录彼得·哈曼的《物理学理论的核心:能量、力和物质》^[4]一文,读者从中可以了解到更具体的细节。

参考文献

- [1] [美]托马斯·库恩.哥白尼革命——西方思想发展中的行星天文学.李立译.北京大学出版社,2003年:132-179页.

- [2] [法]A. 柯依列. 伽利略研究. 李艳平, 张昌芳, 李萍萍译. 江西教育出版社, 2002年: 164 - 194页.
- [3] [法]亚历山大·柯瓦雷. 牛顿研究. 张卜天译. 北京大学出版社, 2003年: 1 - 27页.
- [4] [英]彼德·哈曼. 19世纪物理学概念的发展. 龚少明译. 复旦大学出版社, 2000年: 12 - 44页.

3.1 哥白尼的革新

托马斯·库恩

哥白尼与革命

1543年哥白尼《天球运行论》一书的出版,揭开了天文学和宇宙论思想上一场剧变的序幕,我们称之为哥白尼革命。至此我们只介绍了这场革命的背景,为革命的发生搭好了舞台。现在我们转向革命本身,首先在这一章里介绍哥白尼对这场革命的贡献。我们将尽可能地从哥白尼的原话中寻找这些贡献,这些原话摘自给世界带来新天文学的《天球运行论》一书。我们几乎立刻就会遇到难点和矛盾,而我们对哥白尼革命的理解都依赖于它们的解决,由于这场革命在很多方面具有典型性,所以上述问题的解决也有助于理解科学中其他的重大概念变革。

《天球运行论》对我们来说是一个问题文本。其中一些问题仅仅源自它的研究主题的内在难度。除了导论性的第一卷,整本书都非常的数学化,只有精通技术性的天文学家才能读懂。就像处理《至大论》一书时所采用的办法那样,我们必须从较为非数学化的解释中去讨论它的基本技术性贡献,在此过程中,我们将避开某些困扰16世纪读者们的主要问题。假如哥白尼用我们在这一章里将要经常采取的简化形式来提出他的新天文学,它受到的对待会大不相同。比如,对一部较为易懂的著作,反对意见会汇集得更快。因此,我们最先遇到的困难是在我们与这部引发革命的著作的主要部分之间因技术上的不精通而设置的障碍。

虽然在技术方面的晦涩必须一开始就被意识到,但这在《天球运行论》所固有的问题中并不是最困难的,也不是最重要的。首要的、不可回避的困难更确切的来自这个文本与它在天文学发展中的地位之间明显的不相符。就其后果而言,《天球运行论》毫无疑问是一部革命性的著作。从它这里行星天文学开辟出了一条全新的途径,提出了行星问题的第一个精确而简洁的解法,而且,随着一些其他因素的加入,它最终导致了一个新的宇宙论。可是,对知道这些成果的读者来说,《天球运行论》本身一定是令人困惑、自相矛盾的,因为用它所造成的后果的眼光来衡量,它

是一本相对呆板、谨慎和保守的书。使我们了解哥白尼革命的大多数基本要素——行星位置的方便而又精确的计算,本轮和偏心圆的废除,天球的解体,太阳成为一颗恒星,宇宙无限扩张——这些以及其他的许多内容在哥白尼的著作中根本找不到。除了地球的运动之外,无论从哪方面看,《天球运行论》都更切近于古代和中世纪的天文学家和宇宙学家的著作,而不像那些后继者们的著作——他们的工作建立在哥白尼著作的基础之上,并且使作者本人也未能在著作中预见到的那些激进结果变得日益明显。

所以《天球运行论》的意义不在于它自己说了什么,而在于它使得别人说了什么。这本书引发了它自己并未宣告的一场革命。它是一个制造革命的文本而不是一个革命性的文本。这样的文本在科学思想史上是相当常见而又格外重要的现象。它们可以说是转变了科学思想的发展方向;一部制造革命的著作既是旧有传统的顶峰,又是未来新传统的源泉。总体上看,《天球运行论》差不多完全位于一个古代天文学和宇宙学的传统之中,但是从它那基本上古典的框架内可以找到一些新鲜的东西,这些东西却以哥白尼未曾预料的方式改变了科学思想的方向,并导致了古代传统迅速而又彻底的崩溃。从天文学史提供的视角看,《天球运行论》一书具有双重特性。它既是古代的又是现代的,既是保守的又是激进的。因此它的意义只有同时从它的过去和未来,产生它的传统和由它产生的传统中,才可能找到。

这种对单独一部著作的双重眼光正是本章的关键问题。究竟哥白尼和培养了他的古代天文学传统之间有什么联系?更确切地说,究竟是这个传统的哪些方面使他相信天文学上的某些革新十分必要,而古代宇宙学和天文学的某些方面必须扬弃?再者,虽然他已经决心打破这个传统,究竟在多大程度上仍然不得不要受到它的束缚,因为它是天文学实践所要求的思想工具与观测工具的唯一来源?进而言之,哥白尼与现代行星天文学和宇宙学传统的关系又是如何?受到古典天文学的训练以及工具的局限,他的著作中能有什么样的创造性革新呢?这些最终导致了全新的天文学和宇宙学的革新一开始如何可能嵌入到占主导地位的古典框架中去?这些新鲜的东西又如何可能被他的后继者们意识到并予以采纳?这些问题及其必然的结果正是《天球运行论》或任何类似的科学著作——即从一个科学思想传统中产生,又成为颠覆它的新传统的来源——的真正难点的症状。

革新的动机——哥白尼的序言

哥白尼是为数不多的一群最早复兴整个希腊化技术性的数理天文学传统的欧洲人之一。这一传统在古代由托勒密的著作推至顶峰。《天球运行论》不仅模仿《至大论》,而且它差不多只是针对当时一小群有能力阅读托勒密论著的天文学家。经由哥白尼,我们首次回到在第三章探讨发展了的托勒密体系时所遇到的那类技术性的天文学问题。事实上我们回到的是相同的问题。《天球运行论》正是为解决

在哥白尼看来托勒密及其继承者尚未解决的那些行星问题而著。在哥白尼的著作中,地球运动的革命性观念最初只不过是这位熟练而又忠实的天文学家试图改良计算行星位置的技巧时一个反常的副产品。这是《天球运行论》中第一个重要的不协调之处:激发哥白尼之革新的目标同革新本身之间的不相称。这一点差不多在序言性的信的开头就可以看出来。哥白尼把它加在《天球运行论》的前面是为了概述他的科学工作的动机、根源和性质。¹

献给至圣之主,教皇保罗三世

尼古拉斯·哥白尼为《天球运行论》作的序言

教皇陛下,我完全可以设想,某些人在听到我在此书中将苍穹的旋转归因于地球的运动之后,就会大叫大嚷,说既然我主张这样的观点,就应当立即被哄下台来。我对自己的著作还没有偏爱到这种程度,以致不顾别人的看法;而且尽管我知道哲学家的深思与俗众的看法相去甚远,因为他的目的就是在上帝所允许的人类理性所及的范围内探寻万物的真理,但我还是主张那些相当错误的意见应当予以摆脱。

我深深地意识到,由于人们因袭很多世纪以来的传统观念,对于地球居于宇宙中心静止不动的见解深信不疑,所以我把运动归之于地球的想法肯定会被他们看做是荒唐之举。因此我犹豫了很长时间,不能决定到底是应该公开阐明我写的证明地球运动的《提纲》,还是仿照毕达哥拉斯学派和其他人那样,习惯于只向亲朋好友传授他们的哲学奥秘,而且只是口授不见诸文字,就像吕西斯给希帕克斯的信所证实的那样。[哥白尼曾打算将这封信收入《天球运行论》中,它记述了毕达哥拉斯学派和新柏拉图学派关于不准把自然的秘密泄露给未加入其神秘教派的人的禁令。在这里提到此信,正好成为上一章讲过的哥白尼参与文艺复兴时期新柏拉图学派复兴的例证。]我认为他们这样做,不像有的人想的那样是害怕别人分享他们的学说,而是因为担心学者们的这些来之不易的辉煌成就会受到一些人的轻视。因为有这样一班庸人,除非是有利可图,从不关心任何科学研究;或者虽然受到他人的鼓励和示范而投身哲学的自由研究,却因心智迟钝只能像蜂群里的雄蜂那样混迹在哲学家当中。想到这些,我不得不担心我的理论中那些新奇的和不合时宜的东西招致嘲笑,这个念头几乎使我放弃我的计划。

克服这些疑虑和实际的异议的是我的朋友们。……[他们中的一位]经常要求并极力敦促我发表这部著作,它被束之高阁至今已不只一个九年,而是四个九年了。……他们强调,不能再因为我的疑虑而拒绝把我的劳动果实贡献出来以飨数学爱好者。他们还坚持说,虽然我的地动说初看很奇怪,但是等我的阐释性的注解出版后,必将驱散迷雾,地动说也会受到钦佩和欢迎。在他们的劝说下,我终于同意出版这部朋友们期待已久的书。

我在如此辛苦地研究之后,终于公开发表我的著作,不再顾虑书面地记载我关

于地动的观点,这可能使陛下感到惊奇。[《天球运行论》出版的前几年,哥白尼曾在他的朋友中间散发一部短手稿称为《提纲》(*Commentariolus*),其中记述了他的日心天文学的早期形式。另一部关于哥白尼的主要工作的先期报告是由他的学生莱蒂克斯写的《简述》(*Narratio Prima*),曾于1540年出版,并于1541年再版。]大地在运动,这不仅与数学家们公认的理论相反,更与感官的印象相悖。我怎么会胆敢持有这样的观点,陛下一定更期望我对此做出解释。那么我想告知陛下,正是因为我清楚数学家在这些研究中的自相矛盾,才促使我去思考一个计算天球运动的方法。

首先,那些数学家们对日月的运行很不了解,他们甚至连季节年的恒定长度都无法加以解释和观测。其次,在测定日月和五大行星的运动时,他们既不依照相同的原理和假设,又不使用相同的表观的旋转运动的实证。这样他们有的只用同心圆[指亚里士多德体系,由亚里士多德总结欧多克斯和卡里普斯的成就得出,在哥白尼去世前不久被意大利天文学家弗拉卡斯托洛和阿米奇在欧洲复兴],而有的[使用]偏心圆和本轮。可是尽管用了这么多手段,他们并未完全达到他们的目的。依靠同心圆的那些人,虽然他们已经证明某些异常运动可以被组合出来,但仍然不能由此完整地建立起与现象相符的体系。设想偏心圆体系的那些人,虽然看起来通过符合假设的计算几乎确定了视运动,可是所用的前提却违反了运动一致性这个首要原则[例如使用偏心匀速点]。他们都没能从自己的理论中辨识或推断出最重要的东西——即宇宙的形状及其永恒的对称性。他们这样做就好像一个画家为了作画从不同的模特儿身上临摹了手、脚、头以及其他部分,每一部分都画得不错,但却不是出自同一人体,并且由于各部分不协调,结果画出来的只会是个妖怪而不是人。所以在他们的阐释(那些数学家这样称呼他们的体系)当中,……我们发现,他们不是遗漏了一些必不可少的细节,就是塞进一些毫不相干的东西。假如他们遵循固定不变的原则,就肯定不会变成这样;假如他们的假定不是这么容易被人误解,那么由此得出的所有推论都会得到证实。虽然我现在的主张还不能使人们明了,但最后终究会使大家逐渐弄清楚。

哥白尼说,对当时天文学的坦率评价表明,靠地心说解决行星问题希望渺茫。托勒密天文学的传统方法没有也不可能解决这些问题,相反还产生了一个怪物。他断定,在传统行星天文学的基本思想中,一定存在一个根本性的错误。这是首次有一位在技术上胜任的天文学家出于其研究的内在理由而拒绝历史悠久的科学传统,正是对这个技术性错误的内行的了解启动了哥白尼革命。已经感觉到的那种必要性是哥白尼发明的来源。但是,对这种必要性的感觉是一个新的东西。天文学传统以前并不显得荒谬。到哥白尼的时代发生了一个变形,哥白尼的序言出色地描述了这一转变的已被感觉到的原因。

哥白尼和他的同代人不仅继承了《至大论》,还继承了许多伊斯兰天文学家和少数欧洲天文学家的天文学成果。这些天文学家曾批评和修正了托勒密体系,他

们就是哥白尼所说的那些“数学家”。他们有的给托勒密体系增减数个小轮；有的改用本轮去解释托勒密最初用偏心圆来描述的一类行星不规则运动；有的发明一种托勒密所不知的方法来解释单本轮单均轮体系的微小预测偏差；还有的在新的测量的基础上改变了托勒密体系中复合轮的转速。托勒密体系已不再是一个，而变成了一大堆，而且随着专业天文学家的增多，这个数目还在迅速增长。所有这些体系都模仿《至大论》，因此都是“托勒密的”。但是由于有这么多不一样的体系，“托勒密的”这个形容词已经失去了它原有的许多意义。天文学传统已经变得散乱，再也不能完全规定一个天文学家在计算行星位置时应该用什么方法，从而也无法确定他从他的计算中会得出什么样的结果。像这样的模棱两可使得天文学传统丧失了其内在力量的主要源泉。

哥白尼的“怪物”还有其他的面孔。哥白尼所知的“托勒密体系”没有一个能给出完全符合良好的肉眼的观测数据。它们并不比托勒密的结果差，却也好不了多少。经历了13个世纪毫无结果的研究，任何一个敏锐的天文学家都会怀疑，在原来的传统内部进一步努力是否可能取得成功。此外，托勒密与哥白尼之间的漫长岁月放大了传统方法的错误，这又成为不满情绪的另一来源。本轮—均轮体系描述的运动非常像钟表的指针：明显的误差会随时间的流逝不断增加。例如说，一只钟每10年慢1秒，经过1年或者10年，误差或许并不明显。但是过了1000年，误差就不容忽视了，因为此时误差已增加到近两分钟。哥白尼和他的同代人掌握了比托勒密的数据覆盖面多1300多年的天文数据，因此能够对他们的体系进行精密得多的检测。他们必定更清楚古老方法的内在错误。

时间的流逝也给16世纪的天文学家带来了赝品问题，具有讽刺意味的是，正是赝品问题比真实的行星运动更有效地促进了对托勒密方法中的错误的认识。哥白尼和他的同僚们继承的数据中许多都是错误的，把行星和恒星放到了它们从未出现过的位置上。一些错误的记录是拙劣的观测者收集的；另一些数据虽然起初基于正确的观测，但在传抄过程中被抄错或曲解了。没有一个简单的行星体系——无论托勒密的、哥白尼的、开普勒的还是牛顿的——能够把文艺复兴时期天文学家们觉得必须解释的数据整理出秩序来。文艺复兴时期的数据带来的问题，其复杂度超过了天体问题本身。哥白尼本人也是这些数据的受害者之一，尽管它们一开始帮助他抛弃了托勒密体系。假使哥白尼能像对待前辈的数学体系那样，也对他们的观测数据持怀疑态度，那么他的体系会得出更好的结果。

散乱并且错误不断，这是哥白尼所说的“怪物”的两大特征。对于哥白尼革命所依赖的天文学传统自身的明显变化来讲，这两个是主要的根源，但不是唯一的。我们也许会问，为什么哥白尼能够发现这只“怪物”呢？旧传统的一些明显的变形肯定被这位目睹者看在眼里，因为这个传统早就变得散乱和不准确了。实际上我们早已探讨过这个问题。哥白尼能发现异常之处有赖于哲学和科学思想的大气候

(其起源和性质在上一章已有叙述)。一个不像哥白尼那样具有新柏拉图主义倾向的人,根据当时天文学的状况可能只会断定行星问题没有既简单又精确的解。类似地,一个不熟悉经院批判传统的天文学家也不可能在自己的领域发展出类似的批判。这些以及上一章详述的其他新思想正是哥白尼时代的主流思潮。虽然哥白尼似乎并未意识到这些,但他还是被裹在这些哲学思潮中,就像他的同代人毫不知情地跟着地球一同运动一样。如果不了解哥白尼的工作跟天文学的内部情况以及时代的思想大潮有什么联系,就无法理解它。这两方面共同造就了那个“怪物”。

不过,对所认识到的“怪物”的不满只是向哥白尼革命迈出的第一步。接下来就是探索了。在哥白尼的序言的剩余部分描述了这一探索工作的开端:

用来确定天球体系运动的数学传统如此不可靠,我对此深思了很久。最后我开始恼火,因为哲学家们并不能为至高无上的造物主为我们建造的有秩序的宇宙提出正确的理论,因为他们在别的方面对同宇宙相比极为渺小的事物都细心地做了研究。[请注意哥白尼把“有秩序的”等同于“数学上简洁的”,这是他的新柏拉图主义思想的一个方面,而任何一个虔诚的亚里士多德派学者肯定会强烈反对这一点。还有其他类型的秩序]我因此耐心地阅读了我能找到的所有哲学家的著作,想知道有没有人提出过与各数学学派不同的天球运动的假说。我先是在西塞罗那里发现叙拉古的希西塔斯[公元前5世纪]已经认识到地球在运动。然后我又在普鲁塔克那里发现还有别的人也持相似的观点。为了让所有人都能读到,我想在这里加上普鲁塔克的原话是合适的:

“其他人认为大地是静止的。但毕达哥拉斯派的菲洛劳斯[公元前5世纪]认为地球像太阳和月亮一样,沿着一个倾斜的圆周绕[中心]火运行。旁托斯的赫拉克利德和毕达哥拉斯派的艾克方图斯[公元前4世纪]也认为地球是运动的,但不是直线运动,而是像轴上的车轮,绕着自身的中心自西向东旋转。”

这就启发了我也开始考虑地球的运动;虽然这个观点看上去荒谬,可是既然知道了在我之前已经有人在解释星空现象时可以随意地想象这种圆周运动,我想我更可以尝试一下,是否假定地球有某种运动能比假定天球旋转得到更好的解释。

这样,从假定地球运动出发,经过长期反复的观测我终于发现,如果把其他行星的运动与地球圆周运动联系起来,并按每一行星的轨道比例来计算,不仅会得出各种观测现象,而且所有恒星和天球的次序及亮度,更确切地说是天体本身,都变得浑然一体,以至不能变动任何一部分而不在众星和宇宙中引起混乱。……[在这里哥白尼指出了他的体系与托勒密体系之间最显著的区别。在哥白尼体系中,再也不能保持其他不变而随意收缩或放大任一个行星的轨道了。这是第一次可以通过观测来确定所有行星轨道的顺序和相对尺度,而无须求助于假定空间中填充着的天球。在比较哥白尼体系与托勒密体系时我们将更充分地讨论这个问题。]

我毫不怀疑,有真才实学的数学家们,只要他们愿意按照科学的要求,深入地

而不是肤浅地领会并意识到我的立论的依据，就会赞同我的观点。但无论博学者还是无知者都会看到，我不回避任何人的批评。是您，陛下，我选择将我的这些研究成果献给您而不是别人，因为，在我居住的地球一隅之中，由于您的教廷的尊严和对学问与科学的热爱，陛下乃是至高无上的人。尽管谚语有云：暗箭伤人最难防，但您凭着您的影响力和判断力定能轻而易举地制止毁谤者四处乱咬。还有这种事也会发生：对数学一窍不通的无聊的空谈家可能会宣称他们有权对我的工作发表看法，因为圣经上的某一节被卑鄙地曲解来迎合他们的目的。不论有谁敢于对我的工作吹毛求疵，我都不在乎。我认为他们的评价是轻率的，我完全不予理会。我非常清楚，即便拉克坦修在其他方面是颇有名望的作家，但也决不是一个数学家，他在谈论大地的形状时表现得非常孩子气，甚至奚落那些认为大地是球形的人。因此，我的支持者们如果看到类似的人嘲笑我，不必吃惊。

数学方面的内容是为数学家而写的。如果我没弄错，他们会认为我的努力多少会为以您为首的教会作出贡献。因为不久前，在利奥十世治下，就修正教历的问题在拉特兰宗法大会上进行了讨论。最终未能决定，仅仅因为年月的长度和日月的运动尚未充分精确地测定。在曾经掌管历法事务的辛普罗尼亚大主教保罗这位杰出的人物的建议下，我从那时起开始思考对日月的更精确的观测。我想让博学的数学家，更想请陛下您来评判我获得的成果。为了不使您觉得我要夸大本书的作用，现在我就开始叙述正文。

“数学方面的内容是为数学家而写的。”这是《天球运行论》中首要的不相称之处。尽管绝少有哪个方面的西方思想未受到哥白尼工作的影响，但他的工作本身只具有很窄的技术性和专业性的意义。哥白尼只是在数理行星天文学中而不是在宇宙论或哲学中发现了异常，并且促使他推动地球的只是对数理天文学的改革。假如他的同代人追随他，他们就懂得学会看懂他关于行星位置的复杂的数学论证，还要把这些深奥的论证看得比他们首先获得的感官证据更重要。哥白尼革命本质上不是在计算行星位置的数学技巧方面的一场革命，但它的起点就是如此。在认识到需要新技巧和发展新技巧方面，哥白尼为这场以自己的名字命名的革命做出了唯一的原创性贡献。

哥白尼并不是第一个提出地动说的人，他也没有宣称是自己重新发现了这一思想。在他的序言中，他引述了许多曾提出大地在运动的古代权威著作。在一份早期手稿中哥白尼甚至提到了阿里斯塔克，此人的日心宇宙模型与哥白尼的极为相像。尽管按照文艺复兴时期的惯例，哥白尼没有提及跟他更接近的一些相信地球在运动或者可能运动的前辈，但他一定知道他们的某些工作。例如，他可能不了解奥瑞斯姆的贡献，但他或许至少听说过那篇非常著名的论文，15世纪的红衣主教库萨的尼古拉在这篇论文里根据无边界的新柏拉图宇宙中的世界多重性推导出了地球的运动。地动从来不是一个大众化的观念，但是到了16世纪不能说没有先例

了。前无古人的只是哥白尼在地球运动基础上建立的数学体系。地动说能够解决面临的天文学问题,甚至解决各类科学问题,认识到这一点的,除去阿里斯塔克这个可能的例外,哥白尼可称第一人。即使算上阿里斯塔克,哥白尼也是第一个详细地解释地动的各种天文学后果的人。哥白尼与他的先驱们不同之处就在于他的数学工作,也正是部分地因为他的数学工作,一场前人未能发动的革命爆发了。

哥白尼的物理学和宇宙论

对哥白尼来说,地动只是行星问题的副产品。他细究天动而知地动,并且由于天动对他具有超越的重要性,他几乎从未考虑过他的变革会给主要关注大地的普通人带来怎样的困难。但哥白尼也不能完全无视地动给那些不像他那样把天文学当作唯一价值标准的人带来的麻烦。他至少要设法让他的同代人也有可能去接受地球的运动;他得解释清楚地动的后果并不像常人想象的那样具有毁灭性。因此,哥白尼在《天球运行论》一书的开头非技术性地勾画了一下他建构出来的能容纳运动地球的宇宙。导论性的第一卷是针对外行人写的,其中包含了他认为他能够向未受过天文学训练的人解释明白的所有论点。这些论点确实令人难以置信。它们除了是从哥白尼在第一卷里未予清楚阐明的数学分析中导出的之外,并不是新的,而且与哥白尼在后面几卷建立的天文体系的细节也不十分相符。只有像哥白尼这样还有着其他理由去设想地球运动的人,才会完全认真地看待《天球运行论》的第一卷。但是第一卷并非不重要。正是它的缺陷预示了看不懂后续章节的复杂数学论证的人将以怀疑和嘲笑来欢迎哥白尼体系。它对亚里士多德的和经院的概念及定律的一再依赖,也显示出哥白尼除了在他自己狭窄的专门领域内,其他方面都难以超越他受到的教育和所处的时代。最后,第一卷的不完善和不协调再次证明了传统宇宙论和传统天文学的融贯性。哥白尼仅仅出于天文学的动机进行变革,不免要把他的革新限制在天文学领域,但他根本无法回避地球运动带来的毁灭性的宇宙论后果。

第一卷

1. 宇宙是球状的。

首先必须看到,宇宙是球状的。或是因为这种形状最完美,不经雕琢,浑然天成;或是因为它容积最大,适合于包容万物[给定表面积的所有固体,以球体的体积为最大];或是因为它的每一个完美的部分,如日月星辰,都是球形;又或是因为一切物体都有采用球状外形的趋势,就像通常看到的自由形成的水滴、液滴的情况。无疑球形确是为天体而设的形状。

2. 大地也是球状的。

大地也呈球形,因为它在各个方向上都向中心倾斜[下降]……从任一点出发

向北走,会看到周日旋转的北天极逐渐升高,另一极则相应的降低;越来越多北天极附近的星不再落下,南边的一些星则不再升起。……而且天极高度的变化总是与走过的地面距离成比例。只有在球面上才会有这样的现象。因此大地必定是有限的球体。……[哥白尼在这一章的最后补充了古典文献中典型的关于大地球状的一些论据,这些我们前面已经考察过了。]

3. 上面有水的大地是如何形成球状的。

遍布大地的水形成了海洋,填充了低地。水的体积一定少于大地,否则陆地将被水淹没(因为水和陆地都因自身的重量挤向同一个中心)。为了生物的安全,大块的陆地没有被覆盖,又有无数岛屿星罗棋布。而大洲甚至整块大陆不也是一个巨大的岛吗?……

[在这一章,哥白尼想说明地球主要由泥土构成,同时水和泥土都是使地球形成球状所必需的。他想必看得很远。泥土被移动时不像水那么容易破碎;固体球的运动似乎比液体球的运动合理些。哥白尼还在最后说,地球的天然运动是圆周运动,因为它自身是球形(见下面的第一卷第8章)。所以他必须说明泥土和水都是构成球体所必需的,以便二者一同参与地球的天然运动。这一段极为有趣,因为在证明他的地球结构观时,哥白尼显示出他熟知当时的航海探险,以及由此必须对托勒密的地理学著作所做的更正。例如,他说:

如果地球主要由水构成,]那么从海岸向外水深应持续地增加,水手们无论航行多远也不会遇到岛屿或礁石或任何形式的陆地。可是我们知道,在埃及海和阿拉伯湾之间相距仅15斯塔第,这里几乎是大陆的正中。另一方面,托勒密在他的《地理学》一书中把可居住的地区扩展到子午线[即从加那利群岛向东延伸 180° 的半个地球],近代的发现又在其外未知的土地上增加了中国以及经度宽达 60° 的辽阔土地。于是我们知道,大地上有人居住的地域要比留给海洋的宽广得多。

如果再加上我们这个时代在西班牙和葡萄牙国王领导下发现的岛屿(尤其是以发现它的船长姓氏来命名的阿美利加,由于它的未探索部分的面积之大而被看做一块新大陆),上述结论会更加明显。况且还有许多岛屿至今未发现呢。因此所谓对蹠点和对蹠人[另一个半球上的居民]并不会使人感到惊奇。几何学表明,阿美利加大陆的位置恰好与印度的恒河盆地相对。……

4. 天体的运动是均匀永恒的圆周运动,或是由圆周运动复合而成。

我们已经知道天体的运动是圆周的。旋转是球体的天然运动,而且球形也正是因旋转而形成。我们考虑的是最简单的一种形体,在它上面找不到起点也找不到终点,如果它一直在一个地方旋转就无法区别彼此的状态。

天球有很多个,所以也有多种运动。感觉上最明显的是周日旋转……标记着日夜。这种运动使人觉得除了地球以外的整个宇宙都自东向西转动。它是所有运动的公度,因为时间本身就是用日子来计算的。接下来我们看到,与这种周日运动

一道可以说同时并存着其他运动,它们的方向正相反,是自西向东的。这些反向运动就是日、月及五大行星的运动。……

但这些天体的运行显示出各式各样的差异。首先,它们的轴并不是周日旋转的轴,而是黄道的轴,是倾斜的。其次,即使在各自的轨道上,它们的运行也不相同;难道没有人发现太阳和月亮运行时忽快忽慢吗?还有,五大行星有时会在某一点停住,有的甚至反向运动。……更有甚者,它们有时逼近地球,进入近地点,有时又远离地球,进入远地点。

然而,尽管有这么多不规则的情况,我们还是应当断定这些天体的运行总是圆周运动,或由圆周运动复合而成。因为这些不规则情形也有一定的规律,并以固定的次数重复出现。如果不是圆周运动就不会这样,因为圆周能再现物体到过的位置。太阳也是如此,借助于圆周运动的复合,它带给我们日夜更替和一年四季。各种运动必定是结合在一起的,因为一个简单天体在一个圆周上不可能这样无规则地运行。无规运动只能来自推动力(无论固有的还是获得的)的不稳定,或旋转的物体自身形状的变化。与这两者不同,心智总要求一切物体都处于最完美的秩序中。

因此通常认为太阳、月亮和行星的运动看起来不规则要么是由于它们的旋转轴向不一,要么就是由于地球不是它们旋转的圆心,以至于我们在地球上看到这些天体[沿轨道]的位移量当它们离[地球]近的时候比远的时候要大(正如光学所证明的[或者日常观察到的——车船近的时候看起来运动得快些])。所以从远近不同的地方看,球体的匀[角]速转动在同等时间内扫过的距离也会不同。因此最重要的是必须认真观测地球与天体的关系,以免发现了天上的却忽视了手边的,从而错误地把地球的属性归之于天体。

哥白尼在此给出了我们所考察过的将天体运动限制为圆周运动的传统论述中最完整最有说服力的一个版本。他认为,只有匀速圆周运动或它们的复合运动才能解释以固定的时间间隔规则地反复再现的所有天文现象。到这里为止,哥白尼的所有论述都是亚里士多德式的或经院式的,而他的宇宙则与传统宇宙论中的宇宙难以区别。在某些方面,他甚至比他的许多前辈和同辈更像是一个亚里士多德主义者。例如,他不会同意使用偏心匀速点而破坏球体的匀速对称运动。

激进的哥白尼至此还像个彻底的保守派。但他已不能再迟迟不引人地球的运动了。他必须考虑与传统决裂了。但奇怪的是,正是在决裂的过程中最清楚地显示出哥白尼对传统的依赖。在不一致的意见里他还是尽可能靠近亚里士多德派。从下面第5章开始,到第8、第9章对运动的综合讨论为止,哥白尼提出由于地球像天体一样是球形,它也应该参与复合的圆周运动,因为他认为这对球体来说是自然的。

5. 地球是否作圆周运动;以及地球的位置。

大地是球形的,这一点已经清楚了,现在就要考虑它的运动是否符合其形状及其在宇宙中的位置。否则就无法建立天文现象的正确理论。权威们的看法是,地

球牢牢地占据宇宙的中心，他们认为相反的论点是不可想象的，甚至是荒谬的。可是更进一步考虑，这个问题并不那么确定，还需要深思。

当看见位置的改变时，这可能是来自物体的运动，也可能是观察者的运动，或者两者的不等运动（因为在平行的同等运动之间就察觉不到位移了）。现在是从地球上看来，天空在转动。如果假定地球作某种运动，那么其外的物体就会重现相反方向的运动。

先考虑周日旋转。除了地球和它上面的东西，整个宇宙看起来都在迅速的转动。但若让地球自西向东旋转，仔细考虑一下就会发现我的结论是对的。是天空容纳了万物，为什么要把运动归于包容者而不归之于被包容的东西呢，为什么要归之于定位者而不归之于被定位的东西呢？后者就是赫拉克利德和毕达哥拉斯派的阿克方图斯以及叙拉古的希西塔斯的观点（据西塞罗记载）。他们都让地球在宇宙的中央旋转，并认为星星落下是由于被地球遮住了，当地球转过这个位置才再次升起。

如果承认这一点[地动的可能性]，同样严重的问题又出现了，即地球的位置，虽然迄今为止几乎所有人都认为地球在宇宙的中心。[确实，如果地球能运动，一定不会只是在宇宙的中心作简单的绕轴运动。它完全可以离开中心，而且这个猜想在天文学上也有很好的理由。]假设地球不是恰好在宇宙的中心，而是离开一段距离，比恒星天球[到中心的距离]小，但与太阳和其他行星的天球[到中心的距离]相比却是相当大的。然后计算它们的视运动由此发生的变化，其中假定它们的运动完全匀速，并围绕一个不同于地心的中心。也许有人会举出合理的原因来解释这些多变的运动的无规律。正因为行星与地球的距离看起来不断变化，地心肯定不是它们圆周运动的中心。而且也不能断定是行星趋近或远离地球，还是地球趋近或远离它们。因此有理由认为地球在周日旋转之外还作其他运动。地球除了旋转之外还有好几种运动，它其实是一颗行星。这是毕达哥拉斯派的菲洛劳斯的观点。他并非一般的数学家，据说是柏拉图在意大利发现了它。

哥白尼在这里指出了地动的观念给天文学家带来的最直接的好处。如果地球能够像绕自身的轴旋转一样也围绕中心做轨道转动，那么逆行运动以及行星在黄道上相继的两次运行所需时间的不同，就不需要使用本轮也能被解释，至少可以得到定性的解释。在哥白尼体系中，行星运动主要的不规则性都只是表面上的。从运动的地球上看来，实际上规则的行星运动就显得不规则了。哥白尼觉得，由于这个原因我们应该相信地球在做着轨道运动。但奇怪的是，在哥白尼的书中外行人所能懂的那部分里，他并没有把这一点解释得比上面更清楚。他也没有展示他在别处提到过的其他天文学上的好处。虽然定性地证明这些并不困难，但他只是要求没有数学基础的读者将它们视为理所当然。在《天球运行论》的后几卷，哥白尼才把他的体系的真正优越性表现出来，并且不是考虑一般的逆行运动，而是研究每个行星逆行运动复杂高深的定量细节。只有天文学的内行才明白前面提到的优势是

什么。哥白尼的含糊其辞或许另有用意，他前面曾经略带赞同地提到毕达哥拉斯派的传统，即规定要对未经数学的学习（或其他更神秘的仪式）而予以净化的人保守自然的秘密。无论如何，这种含糊有助于解释他的著作所受的对待。在下面两部分，我们将详细研究地球运动的天文学后果，不过先要结束哥白尼对物理学和宇宙论的一般概述。暂时略过第6章《天空之大，地球的尺寸无可比拟》，我们直接进入主要的章节。在这里，哥白尼在要求宽容的读者承认天文学的论证使地球围绕中心的运动成为必要之后，试图解释这种运动在物理上的合理性。

7. 为什么古人认为地球像一个核心，静止在宇宙的中央？

古代哲学家试过多种……方法证明地球固定在宇宙中心。最有力的论述是从重与轻的学说得出的。他们说，因为地球是最重的元素，所有重物都会向它移动，趋向它的中心。因此既然地球是球形的，所有重物都垂直地落向它，如果不是在表面受阻的话，它们就会一齐直冲地心。向地心运动的物体一定会在到达地心后静止下来。进而整个地球静止于宇宙的中心。它承受所有的落体，由于自身的重量保持稳定。

另一则论述是基于假想的运动的本性。亚里士多德说单个简单物体的运动是简单的。简单运动分为直线运动和圆周运动。直线运动又分向上和向下两种。因此所有的简单运动或者趋向中心，即下落；或者背离中心，即上升；或者环绕中心，即圆周运动。[就是说，根据亚里士多德和经院物理学，天然运动，即唯一不需要外来推动就可以发生的运动，是由运动物体本身的本性引起的。简单物体（五种元素——土、水、气、火和以太）的天然运动必定是简单的，因为它是由一种简单的或基本的本性引起的。最后，在球状宇宙中只有三种（几何上）简单的运动：上、下、环绕中心。]这样下落（即趋向中心）就只是重元素土和水的属性。轻元素气和火要上升远离中心。因而直线运动归于这四种元素。天体则作圆周运动。亚里士多德就讲了这么多。

托勒密说，如果地球运动，哪怕只是周日旋转，也会导致与上面相反的结果。因为地球必须24小时转一整圈，这个运动一定极快。转得很快的物体会反抗凝聚力，如果是结合起来的就容易分解掉，除非牢固的连结起来。托勒密据此认为要是地球旋转，那它早就分散了，而且（荒谬之极的是）连天空也要被摧毁；当然所有的生物和可移动的重物也无法留在地面，而要被抖落了。落体也不能掉到正下方，因为在这一瞬间地球已经从它们下面迅速移走了。此外云和空中的所有东西都会不断向西飞去。[请注意哥白尼相当详尽地阐述了托勒密的原始论证（见85页）。很显然，托勒密决不会说这么多]

8. 上述论证的不足之处，以及对它们的反驳。

由于以上这些或其他类似的原因，他们认为地球显然是静止在宇宙的中心。要是现在有人说地球在运动，就等于说这种运动是天然的，不是受迫的[或由于外

界推动引起的]；而天然发生的事与受迫发生的事效果截然相反。受任何力量或冲力支配的事物迟早都要瓦解，不能长存。但适合各自目的的天然进程却能平稳地发生作用。[就是说，假如地球运动，原因一定是地球的本性要它运动，而天然运动是不可破坏的。]

所以托勒密完全没有必要担心地球和上面的东西会因天然的旋转而瓦解，这旋转与人为的运动大相径庭。他为什么不为宇宙多担心一些呢？它的运动肯定要快得多，因为天比地大呀。宇宙是不是因为剧烈的运动才变得这么大的呢？要是停下来是不是就会坍塌了呢？如果是的话宇宙一定是无限大。因为它越是由于自身运动的力量膨胀，就转得越快，原因是所有增加的距离都要跨过24小时的路程。反过来，运动越快，宇宙也就越庞大。这样速度和尺度互相推进直至无穷。……

他们还认为，宇宙之外没有物体，没有空间，甚至连虚空也没有，是绝对的“无”，因而也没有地方让宇宙[照我们刚才提出的那样]膨胀。当然，“有”被“无”束缚也是不可思议的事。大概这样讲会更容易理解宇宙之外的虚无：假定宇宙是无限的，仅由自身的凹度内在地约束，从而无论多大的物体都包含于其中，且宇宙保持不动。……

宇宙到底有限还是无限，这个问题留给自然哲学家吧，我们只要认可大地是有限的球形就可以了。那还有什么好犹豫的呢？承认地球运动的能力是它的[球状]外形的固有属性，不是比假定整个宇宙转动更好吗？宇宙是否有限尚属未知，而且也不可。为何不承认周日旋转只是看起来属于天而实际上属于地呢？正如维吉尔的史诗中埃涅阿斯的名言——“我们驶出海港，陆地和城市退去。”当船只平稳地行驶，船外的东西好像都在移动，其实那是船在运动。船里的人则感觉自己和船上的一切都是静止的。

一定有人问：云彩和其他悬在空中以及正在落下或上升的东西该怎么解释呢？肯定不止地球连同上面的水在运动，大量空气和其他东西也在随地球运动。可能是因为近处的空气含有某种土的或水的物质的混合物，从而遵循与地球相同的自然规律；也可能是因为空气靠近地球，又缺少阻力，所以从地球的永恒旋转中获得了运动。……

必须承认在宇宙中下落或上升的物体可能具有双重运动，即直线运动和圆周运动的合成。[这是奥瑞斯姆首先提出的。]重的落体因为全是土质，无疑要保持它所属的全部特性。……[所以，一块离开地球的石头的将继续与地球一道旋转，同时向地面直线下落。其净运动有点像螺旋线，就像一只小虫直线爬向旋转的陶轮中心时形成的运动。]

简单物体的运动必定简单，这是对的，主要指圆周运动，而且仅当简单物体处于其天然位置和状态时才是这样。在这种状态下，除了圆周运动，任何运动都不能发生，因为圆周运动是完全自足的，并且类似于静止。但如果物体从天然位置上走开或

者被移开,就会发生直线运动。要是宇宙不在自己的位置上,就与宇宙的全部秩序和形式相矛盾了。所以只有离开正确位置的物体才会发生直线运动,而这种运动也不是完美物体的天然运动,因为它们会[因这种运动而]脱离自己所属的整体,从而破坏它的统一。……[哥白尼的论述显示出地球成为行星后天与地的传统区别将会多么迅速地消失,因为这里不过是把对天体的传统论述应用于地球而已。无论简单的还是复合的圆周运动,总是最接近静止的运动。它能够成为地球的天然运动——正如它一直以来就是天体的天然运动一样——是因为它不会破坏我们所看到的宇宙的统一性和规律性。另一方面,对于任何已经达到了天然位置的物体,直线运动不可能是天然的,因为它是破坏性的,而一个毁灭宇宙的天然运动是荒唐的。]

另外,我们认为固定不变比变化无常更尊贵、更神圣,因而将变化赋予地球比赋予宇宙更合适。让运动归之于包容者、定位者,却不归之于被包容、被定位的地球,岂不是很荒诞吗?

最后,由于行星会逼近和退离地球,它们环绕中心(据[亚里士多德派学者]认为是地球)的运动和向外向内的运动是同一个物体的运动。[这违背的正是亚里士多德派用来论证地球处于中心的定律,因为根据这些定律行星只能作单一的运动。]所以我们在更为普遍的意义接受这种环绕中心的运动。倘若所有运动都有各自的中心,我们也应该感到满意。根据所有这些考虑,地球运动比保持静止的可能性更大。尤其是周日旋转,它特别地成为地球的属性。

9. 是否可以有多个运动属于地球,以及宇宙的中心是什么。

没有理由认为地球不可以拥有运动的能力,所以必须考虑它是否实际上具有多个运动,以便把它也视为行星。

地球不是所有旋转的中心,这已被行星明显的不规则运动和行星到地球距离的多变性证实。假如行星都以地心为圆心运行,上述现象就难以解释了。因此,既然不止一个中心[换言之,一个是所有环形运动的中心,一个是地心本身,可能还有其他的],我们就可以讨论宇宙的中心到底是不是地球的重心。

对我而言重力只是一种自然倾向,造物主将它赐予物体的各部分,以使这些部分结合成球形,从而助成它们的统一性和完整性。可以相信,这种属性也存在于太阳、月亮和行星中,从而它们能借此保持球的形态,尽管它们有许多运行线路。所以,若是地球也有其他的运动,必定像许多外界的[行星]运动一样有一个周年的周期[因为现在地球已经在许多方面显得像一颗行星了]。如果把太阳的运动转移给地球,让太阳静止,那么清晨和傍晚星辰的升起落下都不会受影响,并且行星的稳定点、后退和前进都不是由于它们自身的运动,而是由于地球的运动,这从它们的表面现象就反映出来了。现在终于可以把太阳置于宇宙的中心了。就像人们说的,只要“睁开双眼”正视事实,就会看到事件的系统排列和整个宇宙的和谐,都表明了这一点。

上面三章展示了哥白尼的运动理论，他设计这个概念图式是为了保证不打破基本的亚里士多德宇宙而调换地球和太阳的位置。依照哥白尼的物理学，天上地下的所有物质都要自然地聚集成球，球体因自身的本性而旋转。离开天然位置的小块物质将继续随它所属的球旋转，同时以直线运动返回天然位置。这是一个极为不协调的理论（第6章将更详细地加以说明），而且除了它的极端不协调之处外，它还是一个不那么原创的理论。也许哥白尼是自己重新发明了那种理论，但是在他对亚里士多德的批评和他的运动理论中，都有许多基本的要素可以在早先的经院作者，尤其是奥瑞斯姆那里找到。而且只有在把它们应用于奥瑞斯姆的那些限定性更强的问题时，才显得有些道理。

哥白尼未能给地动提出一个合适的物理学基础，这并没有使他感到沮丧。他并不是因为得自物理学的理由而设想并接受地球运动的。物理学和宇宙论的问题在第一卷里讨论得如此粗糙有他的责任，但这些并不是他真要考虑的问题；大概他尽可能避开这些问题。但是哥白尼的物理学的不足却正好说明了，他的天文学革新的后果是怎样超越了产生革新的那些天文学问题的，也显示出若要让这位革新的制造者彻底了解由他的工作导致的革命会是多么困难。运动的地球在经典的亚里士多德宇宙中是一个反常，可是《天球运行论》中的宇宙在哥白尼能够使之与地动看上去相协调的每一方面都是古典的。正如他自己所说，只是简单地把运动从太阳搬到了地球。太阳还不是一颗恒星，而是宇宙据之建造的唯一的中心；太阳继承了地球旧有的功能，并加入了某些新的。我们马上就要看到，哥白尼的宇宙仍然是有限的，仍然是由嵌套的同心天球移动着所有行星，尽管它们不再由外层的天球（现在是静止的）驱动。所有的运动都要由圆周运动复合而成，让地球运动起来也没能使哥白尼放弃本轮。正如我们所知道的，在《天球运行论》中简直找不到哥白尼革命的痕迹，这也是该文本的第二个基本的不协调之处。

哥白尼天文学——两球模型

我们还没有彻底结束哥白尼的第一卷。不过紧接上一节引文的第10和11章讲的是更接近天文学的问题，我们将在天文学讨论的语境中来考虑这些问题，而这个讨论超出了哥白尼为了外行读者准备的论证。我们会在后面的章节再次简短的引用哥白尼的文本，但首先要看看为什么哥白尼的方案会给天文学家比给外行人留下更为深刻的印象。这个问题的答案在第一卷中的任何地方都是找不到的。

哥白尼赋予地球三个同时进行的圆周运动：周日绕轴旋转、周年轨道运动、地轴的周年圆锥形运动。向东的周日旋转用来解释恒星、太阳、月亮与行星的视周日旋转。如果地球处于恒星天球的中心，并且围绕穿过自身南北极的轴做周日旋转，那么所有相对于恒星天球静止或几乎静止的物体，看起来都像是在地平线上方的圆弧上向西运行，这些圆弧就跟观测到的天体在短时间内经过的圆弧一样。

如果哥白尼或奥瑞斯姆对这一结果的论述不够清楚,请考虑恒星的视运动轨迹。这些轨迹的产生可以是因为恒星在不动的观察者面前做圆周运动(托勒密的

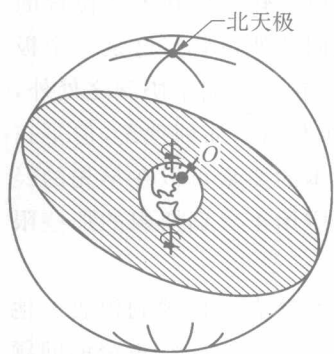


图 3.1.1 旋转的地球位于固定的恒星天球中心。注意此处地平面必须随地球转动,以便与运动的观察者 O 保持不变的几何关系。

解释),也可以是恒星固定而观察者旋转(哥白尼的解释)。或者考察一下图 3.1.1 展示的新的两球宇宙,我们起初在讨论两球宇宙中恒星的运动时使用过一个图示,图 3.1.1 是对它的一个简化,不同的是新版本中显示的是地球的两极而不是天极,而且旋转的方向也反过来了。在最初使用这类示意图时,我们让地球、观察者和地平面固定,让恒星天球向西旋转。现在我们要让外面的天球固定,让地球、观察者和地平面一起向东旋转。处于地平面中心并随之运动的观察者将无法分辨这两种情况,至少从他所看到的天上的情况是如此。两种情况下他都看到恒星和行星在东面的地平线上出现,以同样的圆弧路线从头顶经过,直抵西边的地平线。

到这里为止,我们已经将旋转的地球置于静止的恒星天球的中心,也就是由赫拉克利德提出并经奥瑞斯姆完善的宇宙模型。这只是通向哥白尼宇宙的第一步,而下一步将会更激进,也更困难。正如在第 5 章所引段落中哥白尼指出的:如果我们准备彻底承认地球运动的可能性,那么我们就不仅要准备考虑在中心的运动,而且要准备考虑离开中心的运动。哥白尼认为,运动的地球事实上不必待在中心,只要离中心比较近就行了。当它离中心足够近时就可以任意地运行,不会影响恒星的视运动。这个结论对于他的精通天文学的同僚们是难以接受的,因为与只是从常识和地上的物理学得出的地静概念不同,地球中心位置的概念可以直接从天文观测中明显地得出。于是,哥白尼的地球非中心说一开始就好像跟纯天文观测的直接推论相抵触,正是为了避开这个冲突以及另一个紧密相关的冲突(下一节末尾将予以讨论),哥白尼不得不大大增加恒星天球的尺度,从而向他的后继者们予以精致化的无限宇宙观迈出了第一步。哥白尼关于地球位置的讨论出现在他的第一卷第 6 章。在此我们需要一个更为清楚并且更容易理解的形式。

地球位于恒星天球的中心可以明显地从如下观测事实得出:地面上任何观测者的地平面都平分恒星天球。例如,春分点和秋分点是恒星天球上的一对对径点,因为它们被定义为球面上天赤道和黄道这两个大圆的交点。观测表明,每当这对点中的一个正在东边的地平线上升起,另一个就刚好在西边落下。恒星天球上任何一对对径点都是这样:一个升起,另一个就落下。显然,要解释这一观测结果除非如图 3.1.1 那样,地平面经过恒星天球的中心,从而与恒星天球交于一个大圆。当且仅当地平面与恒星天球交于一个大圆时,恒星天球上的对径点才总会同时升

起落下。

但是所有的地平面都要画得和地球相切。(在图 3.1.1 中我们回避了这种构图, 只是因为我们在这里把地球尺度过分夸大了。)因此观测者本人必须在恒星天球的中心, 或者非常接近中心。地球的整个表面必须位于中心, 或者极其接近中心; 地球必定很小, 几乎是一个点, 而且必须坐落在中心。如果像图 3.1.2 那样, 地球(用里面的同心圆表示)跟恒星天球相比非常大, 或者地球(用黑点表示)虽然小却不在中心, 那么地平面就不会平分恒星天球, 从而对径点不可能一同升起落下。

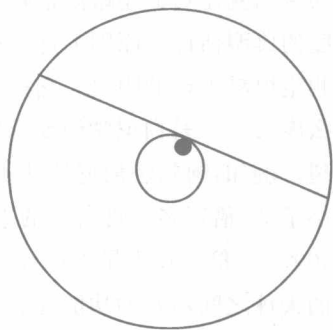


图 3.1.2 如果与恒星天球相比地球的直径相当大, 或者地球离开中心相当远, 地平面就不能平分恒星天球。

论证展开到此, 本身就使哥白尼的用意显露出来了。观测并未说明地球必须是一个点(要是这样, 亚里士多德和托勒密的宇宙也都跟观测矛盾了); 也不表明地球必须正好位于中心, 因为, 举例来说, 观测绝不可能证明春分点恰好在秋分点落下时升起。粗略的肉眼观测会显示当春分点落下时, 秋分点在地平线上下约一度以内。修正过的肉眼观测(相应地考虑大气折射和实际地平线的不规则)应该显示出当冬至点刚刚抵达西边的地平线时, 夏至点在东边的地平线附近 $6'$ (或 0.1°) 以内。肉眼观测不可能得到更好的结果了。它只能证明地平面几乎平分天球, 而所有地球上的观测者必定非常接近宇宙的中心。到底地平面差多少平分天球, 地面观测者离中心有多近, 这都取决于观测的精确程度。

例如, 如果由观测得知每当一个至点位于地平线上时, 另一个至点距离地平线不超过 0.1° , 那么任何地面观测者到恒星天球中心的距离就不会超过它的半径的 0.001 倍。假若观测告诉我们(几乎没有肉眼观测能接近这种精确程度)一个至点在地平线上时另一个离地平线不超过 0.01° , 则图 3.1.2 中内球半径不会超过外球半径的 0.000 1 倍, 而整个地球必定总是位于内圆之内。如果地球移动到内圆以外, 那么因为偏差超过了 0.01° 地平面就不能平分恒星天球, 从而我们假想的观测就会发现这一偏差; 但地球若在内圆之中, 不论它在什么地方, 地平面都会在观测的限度内平分恒星天球。

这就是哥白尼的论证。观测只能要求我们保证地球位于与恒星天球同心的一个小球内部。在这个球内, 地球可以自由移动而不会扰乱各种现象。特别地, 地球可以围绕中心或日心作轨道运动, 只要轨道不把它带得离中心太远就行。“太远”仅是指“相对于外球半径来说太远”。若外球的半径已知, 则已知精度的观测就给地球轨道的最大半径加了上限。若地球轨道的大小已知(理论上可用阿里斯塔克测量日地距离的方法来测定), 则已知精度的观测就给恒星天球的最小尺度加了下限。例如, 若按技术性附录中阿里斯塔克的测量所给出的日地距离为 764 倍地球

直径(1 528 倍地球半径),且已知观测精度在 0.1° 以内,则恒星天球半径至少为地球轨道半径的 1 000 倍,即地球半径的 1,528,000 倍。

我们的例子很有用,因为,虽然哥白尼的观测没这么精确,但紧随其后的布拉赫的观测就比 0.1° 还略微精确一些。我们的例子是 16 世纪哥白尼派对恒星天球最小尺度的典型估计。原则上这一结果并无荒谬之处,因为在 16 和 17 世纪没有直接的办法测定恒星天球的距离。它的半径可能大于 1,500,000 倍地球半径。但是假如真有这么庞大——哥白尼学说要求它就应该这么大——就必须接受与传统宇宙学的彻底决裂。例如,阿尔法加尼估计的恒星天球半径是地球半径的 20,110 倍,比哥白尼的估计小了 75 倍还多。哥白尼的宇宙远比传统宇宙学的要大得多。它的体积至少增大了 400,000 倍。在土星天球和恒星天球之间留下了巨大的空间。传统宇宙中相互嵌套的天球之间巧妙的功能性联系已被切断,尽管哥白尼似乎对此一无所知。

哥白尼天文学——太阳

哥白尼的论证允许地球在一个大大扩张了的宇宙中作轨道运动,但这还只是理论上的,除非能证明这个轨道运动与观测到的太阳和其他行星的运动相协调。哥白尼的第一卷第 10 和 11 章正是要讨论这些运动。我们最好先从对第 11 章的扩展解释开始,在这一章,哥白尼描述了地球的轨道运动并考虑了它对太阳视位置的影响。如图 3.1.3 所示,暂时假定宇宙、太阳、地球轨道三者的中心重合。图中黄道面是从北天极附近位置看到的情况;恒星天球静止;地球沿轨道有规律地向东运行,每年一周;同时绕地轴向东自转,23 小时 56 分一周。若地球轨道远小于恒星天球,地球的绕轴自转就正好解释了日、月、行星还有恒星的周日旋转,因为从地球轨道上的任何位置看,那些天体都以恒星天球为背景,并且当地球转动时它们必定也随之运动。

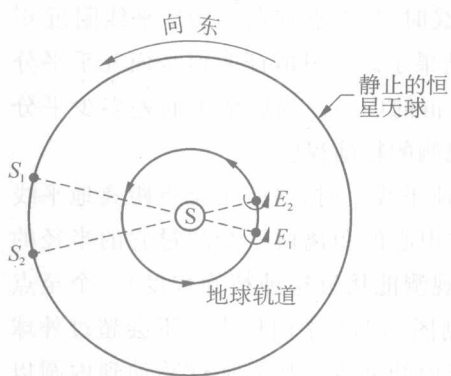


图 3.1.3 当地球沿哥白尼轨道从 E_1 运动到 E_2 时,中心太阳 S 的视位置在作为背景的恒星天球上从 S_1 移到了 S_2 。

图中地球的两个位置相隔 30 天。在每个位置上,太阳落在恒星天球背景上,且太阳的视位置都在黄道上,黄道现在被定义为地球的运动平面(一个包含了太阳的平面)与恒星天球的交线。当图中地球从位置 E_1 向东运动到位置 E_2 时,可看到太阳沿黄道从位置 S_1 向东移到了位置 S_2 。因此哥白尼理论跟托勒密理论一样预言了太阳沿黄道的东向周年运动。我们马上就要看到,它同样还预言了太阳在天空高度的季节变化。

图 29 表示从天球上秋分点略偏北的位置看到的地球轨道。地球画在相继的

四个位置上：春分点、夏至点、秋分点、冬至点。在这四个位置上和整个运动过程中，地轴保持与一条假想的线平行，这条线穿过太阳，与黄道面的垂线成 23.5° 角。图上两个小箭头分别指示中北纬度的一个地面观察者在 6 月 22 日和 12 月 22 日（即两个至日）当地正午时刻所处的位置。从太阳到地球的直线（图中未画出）表示正午太阳光的方向，在夏至日，正午的太阳明显比冬至日更接近观察者的头顶上方。类似的构图决定了春分秋分和中间季节太阳的高度。

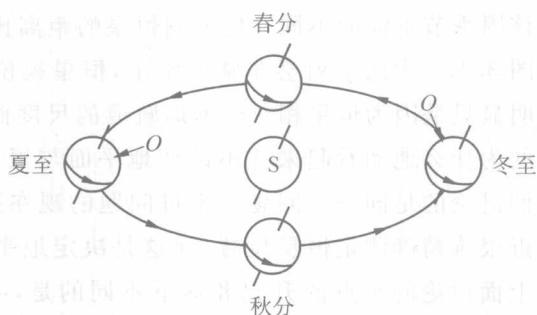


图 3.1.4 地球沿哥白尼轨道的周年运动。地轴总是与自身或与穿过太阳的固定直线保持平行。结果北半球中纬度的观察者（图中 O 点）发现，夏至日正午的太阳远比冬至日接近头顶上方。

因此太阳高度的季节性变化可以由图 3.1.4 完全判断出来。

不过，在实践中回到托勒密的解释反而更简单。既然太阳每个季节在恒星中间的视位置在哥白尼体系和托勒密体系中都一样，它跟哪颗恒星一同升起和落下在这两个体系中也必定相同。季节与太阳在黄道上的视位置之间的相互关系不会因为体系的改变而受到影响。从太阳和恒星的视运动方面看，这两个体系是相同的，而托勒密的更简单。

上图还揭示出哥白尼体系的另两个有趣的特征。既然是地球的旋转造成了恒星的周日圆周运动，地轴就应该指向天球上这些圆周的圆心。但是如图所示，从一个

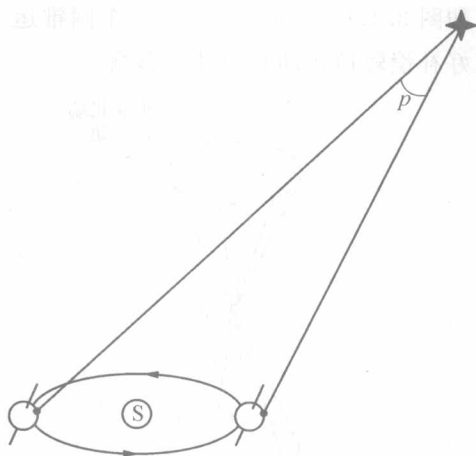


图 3.1.5 恒星周年视差。当地球在轨道上运行时，一个地面观测者与一颗固定恒星之间的连线不能保持与自身完全平行，所以该恒星在恒星天球上的视位置经过 6 个月会偏移角度 p 。

年底到下一个年底，地轴并不完全指向天球上相同的位置。依照哥白尼理论，一年之中地轴的延长线在恒星天球上画出两个小圆，一个围绕北天极，另一个围绕南天极。对于地球上的观测者，恒星周日运动的圆心也应该沿着一个围绕天极的小圆每年旋转一周。或者换用与观测联系更紧密的说法，每颗恒星一年内应当在恒星天球上（相对于观测到的天极）略微改变位置。

这种视运动肉眼看不见，1838 年之前甚至连用望远镜都看不见，它被称为视差运动。因为从地球轨道上的对径点到一颗恒星的两条连线不完全平行（图 3.1.5），从地球上看来该恒星的视位置应

该因季节不同而不同。但若到恒星的距离比地球轨道直径大得多,则视差角,即图 3.1.5 中的 p 就会非常非常小,恒星视位置的变化也察觉不到。视差运动不明显只是因为恒星相对于地球轨道的尺度而言太遥远了。这种情况跟前面讨论的为什么地动看起来并不改变地平面与恒星天球的交线,完全相同。事实上我们讨论的是同一个问题。不过问题的现在这种提法更为重要,因为在地平线附近很难精确测定恒星位置,而这是决定地平面是否平分恒星天球所必需的。与上面讨论的至点的升起和落下不同的是,寻找视差运动不必受地平线的限制。因此视差提供了比利用地平线位置敏感得多的观测检验方法来检验恒星天球相对于地球轨道的最小尺度,而前面哥白尼对这个尺度的估计实际上应该是来自对视差的讨论。

第二件事情可由图 3.1.4 说明,它只与哥白尼有关而与天空毫无关系。我们把图中的轨道运动当作一个单一的运动:地心在环绕太阳的圆周上运动,而地轴总是与穿过太阳的固定直线保持平行。哥白尼则把这同一物理运动视为两个同时发生的数学运动的组合。所以他才会赋予地球总共三个圆周运动。他这样描述的理由给出了他受到亚里士多德的传统思想模式束缚的又一重要例证。对他来说,地球是一颗行星,它由一个天球携带着围绕中心太阳运动,这个天球就像原先携带太阳围绕中心地球运动的天球一样。如果地球是牢固地嵌在天球上,地轴就不能与穿过太阳的同一直线始终保持平行;相反,地球会被天球的旋转所带动,并占据图 3.1.6(a)所示的几个位置。当地球绕太阳转过 180° 时,地轴仍与垂直方向成 23.5° 角,但方向与开始时相反。为了抵消携带地球的天球旋转造成的地轴方向变化,哥白尼要求第三种圆周运动,它仅适用于地轴,如图 3.1.6(b)所示。这是一个圆锥运动,使地轴的北端向西每年运动一周,这样正好补偿轨道运动对地轴的影响。

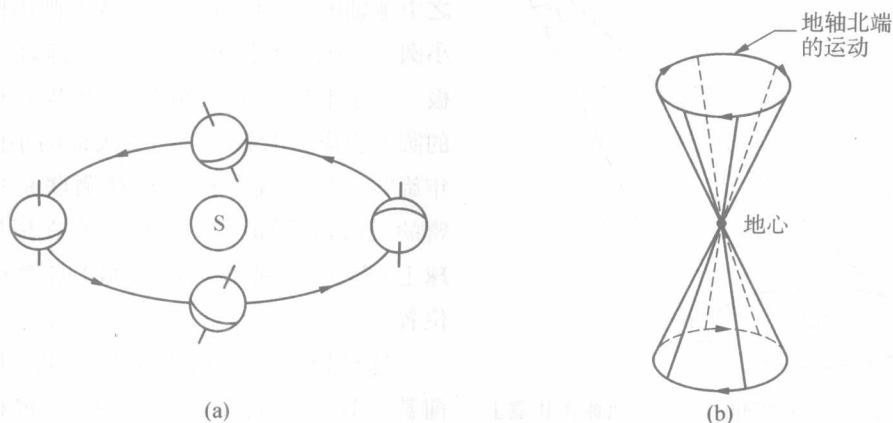


图 3.1.6 哥白尼的“第二”和“第三”运动。第二运动如(a)所示,即行星嵌在以太阳为中心的旋转的天球上的运动。这种运动不能保持地轴与自身平行,所以要引入(b)所示的圆锥运动来使地轴恢复正常。

哥白尼天文学——行星

至此,哥白尼发展出的概念图式还是跟托勒密的一样有效,但肯定不会更有效,它好像还麻烦一些。只有把行星加到哥白尼的宇宙中去,他的革新的真实基础才会变得明显起来。例如,考虑对逆行运动的解释,哥白尼曾在他的导论性的第一卷的第5章末尾不加讨论地暗示了这一解释。在托勒密体系中对每颗行星的逆行运动是这样解释的:行星置于大本轮上,大本轮的中心则由行星的均轮带动环绕地球。这两个圆的组合运动产生了第二章^①讨论过的那种特殊的环形图案。哥白尼体系不再需要大本轮。行星在恒星中间的逆行运动或西向运动只是一种视运动,它像太阳在黄道上的视运动一样,是由地球的轨道运动产生的。根据哥白尼的说法,托勒密用大本轮来解释的这种运动其实是地球的运动,由于地上的观测者以为自己是静止的才把它归于行星。

图 3.1.7(a)和图 3.1.7(b)描述并解释了哥白尼观点的主要内容。前一幅图显示以恒星天球作为固定背景,从运动的地球上看到的一个运动着的外行星的相继视位置;后一幅显示内行星相继的视位置。图中仅画出了轨道运动;略去了地球的周日旋转,因为它会引起太阳、行星、恒星一起快速向西的视运动。在两幅图中,地

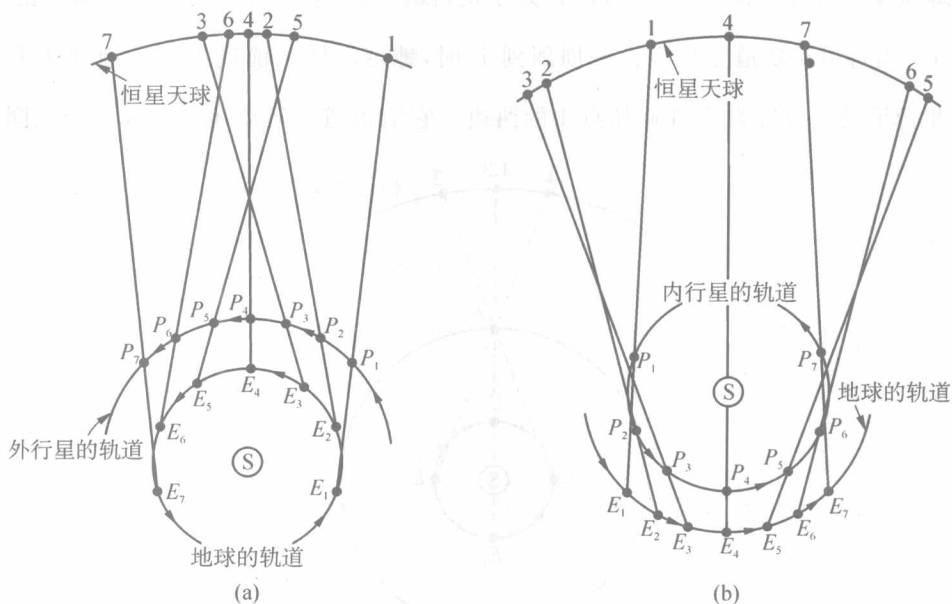


图 3.1.7 外行星(a)和内行星(b)逆行现象的哥白尼解释。每幅图中地球都在自己的轨道上从 E_1 稳定地运行到 E_7 , 行星从 P_1 运行到 P_7 , 同时, 行星在恒星天球背景上的视位置从 1 向东移动到 7, 但是当行星经过地球时出现一段向西从 3 到 5 的逆行。

^① 原文为第三章, 有误。——译者注

球在以太阳为中心的圆形轨道上的相继位置都用点 E_1, E_2, \dots, E_7 表示;行星相应的相继位置用 P_1, P_2, \dots, P_7 表示;延长地球到行星的连线直至与恒星天球相交,得到行星相应的视位置,用 $1, 2, \dots, 7$ 表示。在两种情况下内层的行星总是在其轨道上运行得更快些。对这两幅图的检查显示,行星在恒星中间的视运动从 1 到 2 和从 2 到 3 是正常的(向东的);然后变成逆行(向西运行)从 3 到 4 和从 4 到 5;最后再次转向,从 5 到 6 和从 6 到 7 为正常运动。当地球完成它轨道余下的部分时,行星继续正常运动,当行星和地球正好在太阳两侧正对时,行星向东运行的速度最快。

因此,在哥白尼的体系中,从地球上看来,行星大部分时间都是向东运行;只有当地球以更快的轨道运动赶超外行星时,或者是内行星赶超地球时,才会发生逆行。逆向的运动只出现在地球离逆行的行星最近的时候,这与观测是相符的。至少外行星是在向西运动的时候最亮。这样,行星的第一类主要的不规则运动不用本轮就得到了定性的解释。

图 3.1.8 表示的是哥白尼的方案如何解释另外一类行星运动主要的不规则性——行星沿黄道相继的运行时间不固定。图中假定行星(这里是外行星的情形)沿轨道向东每运行一圈,地球沿轨道向东走 $1\frac{1}{4}$ 圈。假设在这一系列观测开始时地球位于 E_1 , 行星位于 P , 则行星正处于逆行的中点,它在固定的恒星天球上投影为 1。当行星沿轨道完整绕行一周回到 P 时,地球沿轨道前进了 $1\frac{1}{4}$ 周到达 E_2 。因此行星的视位置为 2, 在起始点 1 的西边。它沿黄道的运动还未完成一个整圈,

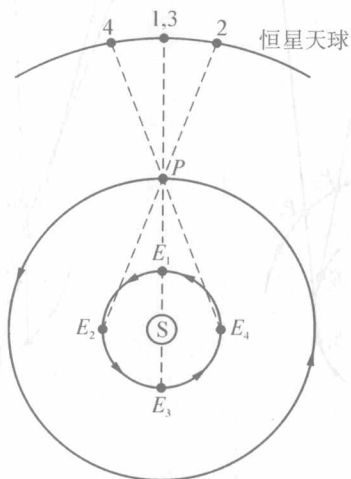


图 3.1.8 外行星沿黄道连续完成绕行所需时间会发生变化的哥白尼解释。当行星从 P 向东运行一周回到 P , 此时地球从 E_1 向东运行经 E_1 到达 E_2 , 转了 $1\frac{1}{4}$ 圈。在此期间行星在恒星中的视位置从 1 向东移到 2, 略少于一圈。在行星的下一个周期, 地球从 E_2 经 E_2 到 E_3 , 视位置由 2 经 1 再到 1, 略多于黄道一周。

所以第一整圈所需时间比行星沿轨道旋转一周花的时间要长。

行星沿轨道绕行第二周，地球又前进了多于一周到达 E_3 ，而行星又回到 P 。这一次行星投影在位置 3，处于位置 2 的东边。它在黄道上走了一圈多，而在自身轨道上只转了一圈，所以它在黄道上运行的第二圈非常快。行星运行又一圈后再次回到 P ，而它的视位置到了 4，在 3 的东边，因此这次黄道运动又是很快的一圈。再运行一周，行星出现在位置 1，在 4 的西边，因此最后一圈运行得较慢。行星在自身轨道上运行了四周，同时在黄道上也走了四圈。所以平均起来外行星在黄道上走一圈的时间与行星的轨道周期相等。但每一圈花的时间可能比平均时间长很多或短很多。类似的论据可以解释内行星运动类似的不规则性。

逆行运动和绕黄道运行所需时间不固定这两大不规则性，在古代导致天文学家使用本轮和均轮来解决行星问题。哥白尼的体系解释了这两大不规则性，而且没有借助本轮，至少没有使用大本轮。而为了对行星运动做出哪怕只是近似的和定性的解释，希帕克斯和托勒密用了十二个轮——太阳和月亮各一个，其余五个“漫游星”各两个。哥白尼对行星的视运动完成了同样定性的解释，却只用了七个轮。他只需给已知的六颗行星——水星、金星、地球、火星、木星、土星各一个以太阳为中心的轮，再给月球一个以地球为中心的轮。对于只考虑行星运动的定性解释的天文学家而言，哥白尼体系肯定经济得多。

但哥白尼体系这种表面上的经济在很大程度上只是一种幻觉，尽管它是一种宣传上的胜利，而新天文学的支持者少不了要强调这一点。我们还没有开始跟哥白尼行星天文学真正的复杂性打交道。出现在《天球运行论》第一卷，又屡屡出现在现代对哥白尼体系的初等解释中的七圆体系确实极为经济，但却并不管用。它对行星位置的预测精度无法同托勒密体系相比。它的精度只比得上托勒密体系的简化 12 圆版本——哥白尼只是对行星运动的定性解释比托勒密更经济。但是，为了对行星位置的变化做出较好的定量解释，托勒密已经不得不加入小本轮、偏心圆和偏心匀速点，把原本的 12 圆体系搞得错综复杂。为了从他那基本的 7 圆体系得出能与托勒密相当的结果，哥白尼也只好求助于小本轮和偏心圆。他的完整的体系就算没有托勒密那么笨重也好不到哪去。二者都使用了超过 30 个轮子，在经济性上差不多。两个体系在准确性上也没有多大差别。等哥白尼添加完轮子，他那笨重的日心体系也只能达到跟托勒密体系一样的精度，并不能得出更精确的结果。哥白尼其实并没有解决行星问题。

完整的哥白尼体系在《天球运行论》的后几卷中给出。还好我们只需描述增加的复杂性的种类。例如，哥白尼体系并非真正彻底的日心体系。为了解释冬季太阳穿行于黄道十二宫的速度加快，哥白尼把地球的圆形轨道改成了偏心圆，将圆心从太阳上拿开。为了解释古代和当时的观测中太阳运行的其他不规则现象，他又设定这个偏移了的圆心是运动的。地球的偏心圆圆心在另一个圆上，第二个圆的

运动持续地改变地球偏心的范围和方向。最终计算地球运动的体系大致可由图 3.1.9(a) 表示。图中 S 为太阳, 固定于空间中; 绕太阳缓慢运动的点 O 是一个缓慢转动的圆的中心, 这个圆带着地球偏心圆的圆心 O_E 运动; E 是地球本身。

其他天体的视运动也得用差不多这么复杂的方法来解释。对月球哥白尼共用了三个圆, 第一个以运动的地球为中心, 第二个的中心在第一个的圆周上运动, 而第三个的中心又在第二个的圆周上。对火星以及其他行星中的大多数, 他运用了类似图 3.1.9(b) 所示的体系。火星轨道中心 O_M 与地球轨道中心 O_E 不重合, 并与之一起运动; 行星位于 M , 不是在本轮上, 而是在一个本轮上, 本轮向东旋转, 与偏心圆同一方向且周期相同。复杂程度还不止于此。为了解释各行星在南北方向偏离黄道的现象, 还需要更多的装置, 这跟托勒密体系完全相当。

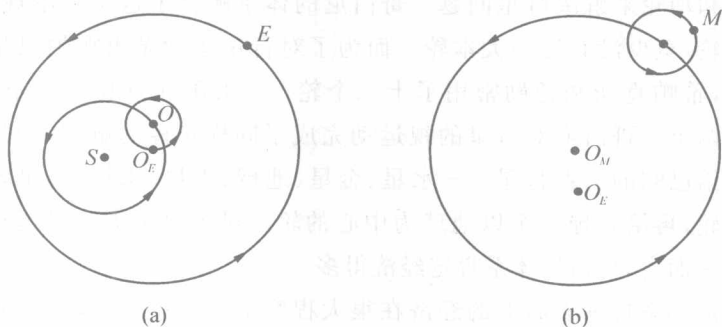


图 3.1.9 地球(a)和火星(b)运动的哥白尼解释。在(a)中太阳位于 S , 地球位于 E , 并以 O_E 为圆心旋转, O_E 缓慢绕点 O 旋转, 点 O 则以太阳为圆心旋转。在(b)中, 火星置于本轮上, 本轮在以 O_M 为心的均轮上运行, O_M 与地球轨道中心 O_E 保持固定不变的几何关系。

哥白尼为计算行星位置而应用这种连锁圆周的复杂体系, 以上虽然只是粗略的描述, 却揭示出《天球运行论》中第三处重大的不协调, 这也是对哥白尼毕生工作的极大讽刺。《天球运行论》的前言一开始就强烈指责托勒密体系不精确、不简洁、不一致, 但是哥白尼的书尚未结束, 就自己暴露出完全相同的弱点。哥白尼体系既不比托勒密体系更简洁, 也不比它更精确。而且哥白尼建立体系的方法同托勒密的方法一样, 似乎不大可能得出行星问题的哪怕一个相容解。《天球运行论》本身也跟这个体系唯一幸存的早期版本(在哥白尼的早期手稿《提纲》中提出)不一致。即使是哥白尼也无法从他自己的假说中推出连锁圆周的唯一组合方案, 他的继承者们也没能办到。古代传统的这些特征曾经促使哥白尼尝试一种彻底的革新, 但它们并没有被这个革新所清除。哥白尼抛弃托勒密传统是因为他发现“数学家做的(天文)研究自相矛盾”, 还因为“倘若他们的假设并非误导, 基于它们的所有推论应该得到证实才对”。假如有另一位哥白尼, 一定会用同样的论据反过来指责他。

哥白尼体系的和谐性

从纯粹的实践角度来看，哥白尼的新行星体系是一个失败；它并不比其托勒密派的前辈更精确，也没有显著的简化。但是从历史上说，这个新的体系却是一个极大的成功；《天球运行论》使哥白尼的一部分继承者坚信，日心天文学掌握了解决行星问题的钥匙，而且这些人最终给出了哥白尼所追求的那种简单而精确的解答。下一章将会考察他们的工作，不过先要弄清楚他们为什么会成为哥白尼派——既然不能提高经济性或精确性，还有什么理由交换地球与太阳的位置呢？这个问题的答案跟充满了《天球运行论》的技术细节是很难分开的，因为，正如哥白尼自己认识到的，日心天文学真正的吸引力是审美方面的而不是实用方面的。对天文学家而言，在哥白尼体系和托勒密体系之间最初的抉择纯属偏好问题，而偏好问题是最难界定和讨论的。不过，就像哥白尼革命本身表明的，偏好问题并非无足轻重。能够辨认几何上的和谐性，就能感觉出哥白尼日心天文学中新的简洁性和一致性，假如没有看出这种简洁性和一致性，就不会有哥白尼革命了。

前面我们已经考察过哥白尼体系一个美学上的优势。它不借助本轮就可以解释行星运动主要的定性特征。尤其是逆行运动，它被转化为日心轨道几何的一个自然而又直接的推论。但只有那些把定性的简洁性看得比定量的精确性重要得多的天文学家（确有一些——伽利略就是其中之一）才会把这当作令人信服的论证，而不顾《天球运行论》中精致的本轮和偏心圆的复杂体系。幸好对新系统的论证还有一些不那么短命的。例如，它对内行星运动的解释比托勒密体系简单而且自然得多。水星和金星从不远离太阳，托勒密天文学对这个观测现象的解释是将水星、金星和太阳的均轮固定在一起，从而每颗内行星的本轮的中心总是位于地球和太阳之间的直线上（图 3.1.10(a)）。本轮中心的这种对齐是一项“额外的”设计，是对地心天文学的几何结构的特设性附加，而在哥白尼的体系中不需要这种假设。如图 3.1.10(b)，若一颗行星的轨道完全位于地球轨道之内，行星根本无法在远离太阳的地方出现。最大距角只在图中所示的情况下出现：地球到行星的连线与行星轨道相切， $\angle SPE$ 为直角。因此距角 $\angle SEP$ 是内行星偏离太阳所能达到的最大角度。体系的基本几何结构就完全解释了水星和金星是如何束缚在太阳周围的。

哥白尼的几何还解释了内行星运动的另一个甚至更为重要的方面，即它们的轨道次序。在托勒密体系中行星都安排在地心轨道上，所以行星与地球之间的平均距离随着行星沿黄道运行所需要的时间而增加。这种设计对外行星和月球管用，但是水星、金星和太阳绕黄道的平均旅程都需要 1 年时间，因而它们的轨道次序总是成为争论的根源。在哥白尼体系中没有给同样的争论留下地盘；没有两颗行星的轨道周期相同。月球不再卷入这个问题，因为它绕地球旋转而不是绕中心太阳。外行星火星、木星和土星围绕新的中心保持了原有的次序，因为他们的轨道

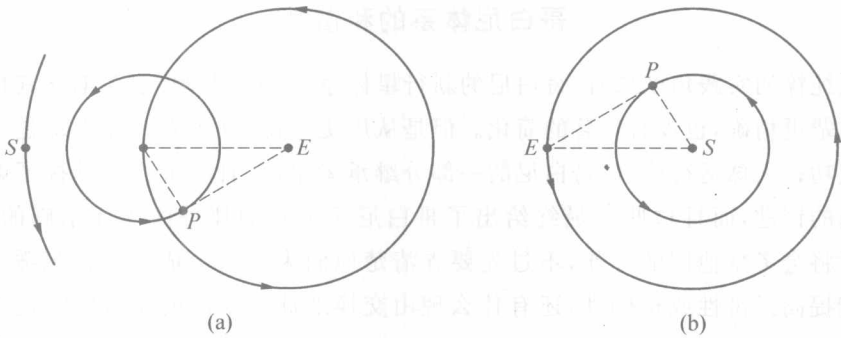


图 3.1.10 内行星距角受限的解释,图(a)为托勒密体系中的解释,图(b)为哥白尼体系中的。在托勒密体系中,必须保持本轮中心在地球与太阳的连线上才能限制太阳 S 和行星 P 之间的夹角。在哥白尼体系中,由于行星轨道完全位于地球轨道之内,不需要这种限制。

周期跟环绕黄道的平均时间是相同的。地球的轨道位于火星轨道以内,因为地球的轨道周期是 1 年,比火星的 687 天短。就只剩下水星和金星要放进体系中去,他们的次序就要首次被独一无二的确定了。

确定如下:已知金星每 584 天发生逆行,由于逆行运动只在金星赶上地球的时候发生,所以 584 天一定是金星在同地球一道绕太阳的运行中领先地球一圈所需要的时间。在 584 天内地球沿它的轨道行进了 $\frac{584}{365} (= 1 \frac{219}{365})$ 圈。既然金星在此期间超过地球一圈,那么它必定在 584 天内沿它的轨道绕行了 $2 \frac{219}{365} (= \frac{949}{365})$ 圈。但是 584 天沿轨道运行 $\frac{949}{365}$ 周的行星绕轨道一周必定需要 $584 \times \frac{365}{949} (= 225)$ 天。所以,既然金星的周期 225 天比地球周期短,它的轨道一定在地球轨道之内,毫不含糊。类似的计算把水星的轨道排在金星轨道之内,是最接近太阳的。因为水星每 116 天发生逆行也就是超过地球,所以它必定在 116 天内走完轨道的 $1 \frac{116}{365} (= \frac{481}{365})$ 圈。因此它绕轨道一周需要 $116 \times \frac{365}{481} (= 88)$ 天。它的轨道周期 88 天是所有行星中最短的,所以它是离太阳最近的行星。

至此我们已将日心的行星轨道排了序,用的方法跟托勒密天文学家给地心轨道排序的方法一样:行星离宇宙中心越远,环绕中心需要的时间越长。轨道尺寸随轨道周期递增这个假设在哥白尼体系中比在托勒密体系中能够得到更完整的运用,但是在这两个体系中该假设最初都是武断的。似乎很自然的行星就应该这样运行,如同维特鲁维的轮上的蚂蚁,然而并不存在使它们这样运行的必然性。有可能这个假设完全没有道理,而除了太阳和月球的距离可以直接测定之外,其他行星有着另一种次序。

对假设的这一重新排序的回应，构成了哥白尼体系和托勒密体系另一个非常重要的差别，这一差别正如我们在哥白尼的序言中发现的那样，是哥白尼本人特别强调的。在托勒密体系中，任一颗行星的均轮和本轮都可以随意缩小或扩大，不会影响到其他行星的轨道大小，也不会影响从中心的地球上看到的行星在恒星背景中的位置。轨道的次序大概可以通过假设轨道尺寸同轨道周期之间的某种关联来确定。除此之外，轨道的相对尺度大概可以借助进一步的假设算出来，这在第三章讨论过，即假设一颗行星到地球的最小距离就等于它内侧的下一颗行星与地球之间的最大距离。但是，尽管这两个假设看起来都很自然，却都不是必然的。托勒密体系用不着其中任何一个也可以预测同样的行星视位置。在托勒密体系中，各种现象并不依赖于行星轨道的大小和次序。

在哥白尼体系中就没有类似的自由度。如果所有的行星都以近似圆形的轨道绕太阳旋转，那么轨道的次序和相对大小都可以由观测直接确定而无需任何附加的假设。对轨道次序甚至相对大小的任何改变都会颠覆整个体系。例如，图 3.1.11(a)显示了一颗内行星 P ，在它正到达离太阳最大距角的时刻从地球上看去的样子。因为假设了轨道是圆形，所以当距角 $\angle SEP$ 达到其最大值时， $\angle SPE$ 必定是直角。行星、太阳和地球组成一个直角三角形，它的锐角 $\angle SEP$ 可以直接测得。而知道了直角三角形的一个锐角就确定了该三角形各边长的比值。因此内行星轨道半径 SP 与地球轨道半径 SE 的比值可以由已测定的 $\angle SEP$ 的值计算出来。地球轨道与两颗内行星的轨道的相对大小可以由观测得到。

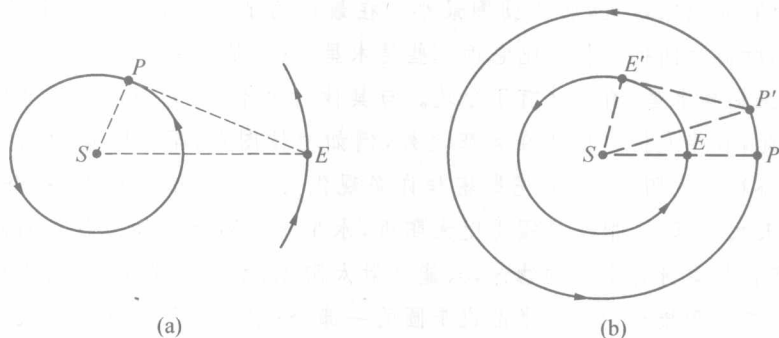


图 3.1.11 在哥白尼体系中确定轨道的相对尺度：(a)为内行星；(b)为外行星。

对外行星也可以使用相同的测定，尽管技术更为复杂。一个可能的技术如图 3.1.11(b)所示。假设在某个确定的时刻，太阳、地球和行星都位于一条直线 SEP 上；这个方位就是行星与太阳在黄道的直径两端相对，行星处于逆行的中点。由于地球沿轨道运行比任何外行星都快得多，所以必定有某个较晚的时刻，地球在 E' 点，行星在 P' 点，与太阳构成直角 $SE'P'$ ，而由于 $\angle SE'P'$ 是从地球上看到太阳与外行星之间的夹角，所以它可以被直接确定，达到此位置所需的时间也可以测出。

$\angle ESE'$ 可以确定,因为它与 360° 的比值应该等于地球从 E 到 E' 所需时间与地球走完轨道一周所需时间365天之比。 $\angle PSP'$ 可以用完全相同的方法确定,因为行星绕轨道一周的时间已知,而行星从 P 运行到 P' 占用的时间与地球从 E 到 E' 所需时间是一样的。知道了 $\angle PSP'$ 和 $\angle ESE'$, $\angle P'SE'$ 就可以由相减得到。这样我们又得到一个直角三角形 $SE'P'$,锐角 $\angle P'SE'$ 已知,从而行星轨道半径 SP' 与地球轨道半径 SE' 的比值可以像内行星一样确定。

靠这样的技术,所有行星的距离可以借日地距离确定下来,也可以用任何已用来计量地球轨道半径的单位,例如斯塔第。现在,正如哥白尼在他序言性的信中说的:头一回,“所有恒星和天体的次序及大小……都变得浑然一体,以至不能变动任何一部分而不在其他部分和整个宇宙引起混乱。”因为行星轨道的相对尺度是日心天文学第一项几何前提的直接结果,所以对哥白尼而言,新的天文学拥有旧的地心版本所缺少的自然性和一致性。从哥白尼的体系推出天体的结构只需更少的附加或特设性假设,如充实性。这就是哥白尼在他的导论性的第一卷第10章中充分强调和展示的新的和审美的和谐,我们已经对新体系有了足够的知识(而哥白尼的外行读者们没有),现在我们就来看这一章,了解一下他在谈什么。

10. 天体的次序。

谁也不会怀疑,在一切看得见的物体中恒星天球是最远的。至于行星的次序,古代哲学家们想按运转周期来排列。他们的理由是以相同速度运动的物体,越远看起来动得越慢(这是欧几里得《光学》中证明的)。他们认为月亮转一圈的时间最短,是因为它离地球最近,转的圆圈最小。在最远的地方他们放上了土星,它绕的圈子最大,所需时间也最长。比它近一些是木星,然后是火星。

至于金星和水星,看法就有了分歧。与其他行星不同,它们从来不会完全离开太阳。因此,有些人把它们排在太阳之外,例如柏拉图在《蒂迈欧篇》中;另一些人却把它们排得比太阳近,例如托勒密和许多现代人。阿耳帕特拉吉[一个12世纪的穆斯林天文学家]则把金星摆得比太阳近,水星比太阳远。如果我们同意柏拉图的看法,即行星本身都是暗的物体,只能反射太阳光,就必然得出,如果它们比太阳近,会因为与太阳接近而呈现半圆或是圆的一部分;因为它们接受的光大部分会向上反射,即朝向太阳,正如新月或残月的情形。[参见下一章关于金星的相的讨论。无论是这种现象还是下面要说的那种,不用望远镜都不能清楚地看到。]有人认为,既然从来没有观测到行星引起与自身大小成正比的日食,这些行星决不会在太阳和我们之间。……[哥白尼接着又提到了在确定太阳与内行星的相对顺序的讨论中的许多难点。然后他继续说:]

托勒密论证说,太阳应在会离它远去的和不会离它远去的天体之间运行[即在能够采取任意距角的外行星和最大距角受限的内行星之间],这个论证同样缺乏说服力。[178]考虑月亮的情况,它也会远离太阳,这就暴露出上述说法的谬误。有人把金

星排得比太阳近，然后是水星，或者用别的什么次序。他们还能提出什么理由来解释，为什么这两颗行星不像其他行星[其均轮不与太阳的均轮连在一起]那样，遵循明显不同于太阳的单独的轨道呢？即使行星的相对快慢与排列顺序一致，仍然存在上述问题。因此，或者按行星和天球的顺序，地球并非中心；或者他们的相对顺序不能观测到，也没有理由表明为什么最高位置属于土星而不是木星或任何别的行星。

所以我认为，我们必须认真考虑马丁纳斯·卡佩拉[5世纪罗马一位百科全书编纂者，他记录了可能是赫拉克利德最先提出的一种关于内行星的理论]……和某些其他拉丁学者独到的见解，即金星和水星并不像其他行星一样绕地球旋转，而是以太阳为中心运行，从而它们偏离太阳不能超过自身天球凸度的限制。……这些学者认为，它们的天球中心靠近太阳，这还能是什么意思呢？显然水星天球是包在金星天球里面，后者公认为比前者的两倍还要大。

现在我们可以推广这个假说，把土星、木星和火星也同这个中心联系起来，令它们的天球大到可以把金星、水星以及地球都包容在内。……这些外行星在黄昏升起时离地球最近，也就是它们与太阳相冲，地球位于行星与太阳之间。行星在黄昏下落时离地球最远，这时它们跟太阳相合，太阳位于行星与地球之间。这些迹象表明，它们的中心不是属于地球而是属于太阳，与金星和水星绕之旋转的中心相同。

[哥白尼的评论并不真的“证明”什么。托勒密体系解释这些现象跟哥白尼体系一样全面，不过哥白尼的解释则更为自然，因为，像哥白尼对内行星距角有限的解释那样，他的解释只取决于日心天文学体系的几何结构，而不依赖归属于行星的特定轨道周期。参考图3.1.7(a)就容易明白哥白尼的评论。外行星在地球超过它时逆行，在这种情况下它一定同时最靠近地球并与太阳跨黄道相对。在托勒密体系中逆行的外行星一定比其他任何时候都更靠近地球，而且实际上也是与太阳横跨天空相对。但是它与太阳横跨天空相对只是因为其均轮和本轮的转速取了特定的值，碰巧在本轮将行星带回到离中心的地球最近时，把行星放回冲日的位置。在托勒密体系中，如果本轮或均轮的周期在定量上有些微的不同，那么使逆行的外行星横跨天空与太阳相对的定性规律就不会出现。在哥白尼体系中则一定会出现，不管行星在轨道上运行的特定速率是多少。]

但是因为所有这些[天球]有同一个中心，在金星天球的凸面与火星天球的凹面之间的空间也是一个与这些球同心的球。这个插入的球容纳了地球及其卫星月球和月亮天球所包含的东西——我们无论如何不能把月亮和地球分开，因为月亮毫无疑问是离地球最近的，何况我们还在这个空间里为月球找到了合适而充足的空位。

因此可以断言，地球的中心带着月亮的轨道，在其他行星之间以一个很大的圆周绕太阳运转，每年一周；断言太阳附近就是宇宙的中心；还可断言，鉴于太阳静止，太阳的任何视运动用地球的运动来解释更好。尽管日地距离相比行星轨道的尺寸都不算太小，但是宇宙大极了，以致日地距离同到恒星天球的距离相比，仍是

微不足道的。

我认为,相信这一点比起假设大量的天球从而扰乱问题要好得多,而把地球放在宇宙中心就必然要作那种假设。我们应当仿效自然,自然从不造出任何多余无用的东西,它往往赋予一个原因以多种结果。尽管这些观点难以理解、出乎意料、与众不同,但是,若上帝允许,最终我们将至少使数学家弄清楚它们。

承认上面关于周期同天球尺寸成比例的观点(没有更合理的办法),则从最高的一个天球开始,天球的次序可排列如下。恒星天球名列第一,也是最高的天球。除自身外它还包罗一切,因此是静止不动的。它提供一切其他天体的运动和位置的基准。……在恒星天球下面接着是土星的天球。土星每30年完成它的一次环行。在土星之后是木星,12年公转一周。然后是火星,2年公转一次。第四位是周年旋转[的天球],地球和作为本轮的月球天球一起包含在其中。周期为9个月的金星在第五个位置。第六位是水星,它80天绕行一周。

太阳高坐在所有这些天体的中间。在这个最美丽的殿堂里,它能同时照耀一切。难道还能把这盏明灯放到另一个更好的位置上吗?称太阳为宇宙之灯、宇宙之心灵、宇宙的主宰,都非常合适。赫尔墨斯·屈斯默吉斯塔称太阳为看得见的神,索福克勒斯笔下的艾勒克塔(Electra)则称之为洞察万物者。于是,太阳似乎是坐在王位上管辖着绕它运转的行星家族。地球还有一个随从,即月亮。正如亚里士多德在《论动物[生成]》中所说的,月亮同地球有最亲密的血缘关系。同时地球受孕于太阳,每年重新分娩一次。

因此,我们发现在这种排列的背后是宇宙令人惊叹的对称性,以及天球的运动和大小之间明显的和谐关联,而这都是其他办法发现不了的。因为我们察觉,为什么木星的顺行和逆行看起来比土星的长,而比火星的短,但金星的却比水星的长[看一下图3.1.7就会发现行星轨道离地球轨道越近,行星的逆行视运动就越长——这是哥白尼体系的另一个和谐性];为什么土星的这种摆动比木星显得频繁,而火星、金星却没有水星多[地球追上运行较慢的外行星比追上运行较快的外行星次数多,对于内行星则正好相反];还有,为什么土星、木星和火星在冲日的时候比隐没在日光中或从日光中浮现时离地球更近。尤其是火星,当整个晚上照耀长空时[因而也就是冲日的时候],它的亮度似乎可以与木星相匹敌,只能从它的红色分辨出来;在其他情况下,它简直比不上一颗二等星,只有仔细跟踪它的运行才能认出来。所有这些现象都是由同一个原因造成,这就是地球的运动。

可是恒星没有这些现象,这证明它们非常遥远,以致外层天球的周年[视]运动及其[视差]现象都无法用眼睛看到。光学证明,可见物体都有一定的距离范围,超出这个范围就看不见了。恒星的闪烁也表明在最远的行星——土星与恒星天球之间还是无比遥远的[因为若恒星与土星很近,它们的发光就应该像土星一样],恒星与行星的区别主要是依据这一标志。再者,运动的物体与不动的物体之间必定有

极大的差异。神圣造物主的这件庄严作品是多么伟大！

第10章极为重要，通篇之中哥白尼强调的是“令人惊叹的对称性”，以及“天球的运动和大小之间明显的和谐关联”，这都是日心的几何结构给予天体现象的。如果太阳是中心，内行星就不可能远离太阳出现；如果太阳是中心，外行星就必定在离地球最近的时候冲日；如此等等。正是通过类似的论证，哥白尼设法使他的同代人相信了他的新方法的有效性。每一个论证都举出能够被或者托勒密或者哥白尼体系解释的现象的一个方面，然后都进而指出哥白尼的解释更和谐、更一致、更自然。有许多这样的论证。从和谐性得出的证据的总和给人的印象是极其深刻的。

然而它也可能是无足轻重的。“和谐性”要作为讨论地动的基础似乎是很奇怪的，尤其是构成完整的哥白尼体系的复杂繁多的论严重地模糊了这种和谐性。哥白尼的论证并不实用。它们并不投合实践天文学家的功利观念，而是投合其审美观，并且只是审美观。它们对外行人也没有吸引力，这些人即使理解了那些论证也不会愿意用小小的天的和谐换取地的大大的不和谐。它们不一定吸引天文学家，因为哥白尼的论证针对的和谐性并不能让天文学家工作得更好。新的和谐性并没有增加精确性和简单性。因此它们只能而且确实只是主要吸引有限的或许是非理性的小群数理天文学家，他们感知数学和谐性的新柏拉图主义耳朵不会被连篇累牍的繁复计算所阻塞，而这些计算最终导致的数值预测并不比他们过去已知的结果更好。幸运的是，这样的天文学家确实有几个，下一章我们就会看到。他们的工作也是哥白尼革命必不可少的要素。

逐渐的革命

由于率先建立了一个基于地动的天文学体系，哥白尼常常被称为第一位近代天文学家。但是正如《天球运行论》的文本所显示的，称他为最后一位伟大的托勒密派天文学家也一样具有说服力。托勒密天文学的含义远远超过基于静止地球的天文学，而哥白尼与托勒密传统的决裂仅仅只是在地球的位置和运动方面。他的天文学所植根的宇宙论框架，他的物理学（无论地的还是天的），甚至他为了使他的体系能够给出准确的预测所使用的数学方法，都是在古代和中世纪科学家们建立起来的传统之中。

尽管历史学家偶尔会为了哥白尼究竟是最后一个古代天文学家还是第一个近代天文学家争得面红耳赤，然而这种争辩从根本上是荒谬的。哥白尼既不是古代的也不是近代的，而是一个文艺复兴时期的天文学家，两种传统在他的工作中融合在一起。追问他的工作究竟是古代的还是近代的，就如同追问一条别处都是直的道路的转弯处是属于转弯之前的那段路还是属于之后的那段。在转弯处，道路的前后两段都可以看到，而且其连续性十分明显。可是从转弯之前的位置看去，道路似乎直通向转弯处然后就消失了；转弯似乎是直道的最后一点。而从转弯之后的另一段路上某一点看来，道路似乎是从转弯处开始一直下来。转弯处同等地属于

两段路,或者说,两段都不属于。它在道路前进的方向上标记出一个转折点,就像《天球运行论》在天文学思想的发展中标志着一次转向一样。

这一章到这里,我们主要强调了《天球运行论》与之前的天文学和宇宙论传统之间的联系。跟哥白尼本人实际做的那样,我们也把哥白尼革新的范围缩到最小,因为我们所关心的是要发现一次具有潜在破坏力的革新是如何从最终被它摧毁的传统中产生的。但是我们很快会发觉,这并不是审视《天球运行论》唯一合理的方式,而且也不是后来大部分哥白尼派采取的视角。对16、17世纪哥白尼的追随者来说,《天球运行论》根本的重要性来自于它唯一的新观念,即地球作为行星,还来自于新颖的天文学结果,即哥白尼从这个观念导出的新的和谐性。对他们来说,哥白尼学说意味着地球的重重运动,而且一开始只意味着这一点。哥白尼用来包装他的革新的那些传统概念,却没有被他的追随者们当作他的工作中基本的要素,这仅仅是因为,作为传统的要素,它们不是哥白尼对科学的贡献。关于《天球运行论》的争吵都不是因为它的传统因素。

这也就是为什么《天球运行论》能够既作为天文学和宇宙论的新传统的出发点又能作为旧传统之顶峰的原因。被哥白尼说服而接受地动观念的人们从哥白尼止步的地方开始了他们的探索。他们的出发点就是地球的运动,他们从哥白尼那里必然会接受的就只有这个,而他们所致力的问题已不再是哥白尼所从事的旧的天文学中的问题,而是他们在《天球运行论》中发现的新的日心天文学中的问题。哥白尼给他们带来一系列问题,这些问题无论他自己还是他的前辈们都无需面对。在对这些问题的追究过程中,哥白尼革命得以完成,源自《天球运行论》的新的天文学传统被建立起来。近代天文学回顾《天球运行论》就像哥白尼回顾希帕克斯和托勒密一样。

科学的基本概念中的重大变革都是逐渐发生的。单个人的工作可能会在这样的概念革命中发挥显著的作用,但如果真是这样,它成就杰出的原因要么是像《天球运行论》那样,藉由给科学带来新问题的小小的革新开启革命,要么就像牛顿的《原理》那样,将来自各种源头的观念整合在一起结束革命。任何个人能够做出的革新范围必定有限,因为每个个人在研究中都必定要使用他在传统的教育中学来的工具,而他穷其一生也不可能把这些工具全部更换。因此看起来《天球运行论》中许多在本章前几部分被我们视为不协调的因素,实际上根本没有什么不协调。只有对企图在这本命名了哥白尼革命的书中发现整个哥白尼革命的人,《天球运行论》才显得不协调,这样一种企图是源于对科学思想新模式的产生方式的错误理解。《天球运行论》的局限性更可视作一切制造革命的著作的本质的、典型的特征。

《天球运行论》大部分表面上的不协调反映出它的作者的个性,哥白尼的个性完全适合他在天文学发展中扮演的开创性的角色。哥白尼是富有献身精神的专家。他属于复苏的希腊化数理天文学传统,这一传统撇开宇宙论强调行星的数学问题。对他的希腊化前辈来说,本轮在物理上的不协调并不能构成托勒密体系的

重大缺陷，而哥白尼在没法解释运动的地球和传统的宇宙之间的不协调时，表现出同样的对宇宙论细节的漠不关心。对他来说，数学的和天的细节是首要的；他戴着眼罩而使目光全都聚焦在天体的数学和谐性上。对于任何不能理解他的专长的人而言，哥白尼的宇宙观是狭隘的，他的价值观则是异常的。

但是对天体的过分关心以及一种异常的价值观，有可能是在天文学和宇宙论中开创革命的人的本质特征。将哥白尼的目光限制在天体上的这副眼罩可能确实起了作用。这眼罩使他如此困扰于天文预测中一些小小的偏差，以致为了试图解决这些问题而信奉一个宇宙论的异端——地球的运动。这眼罩使他的目光如此专注于几何和谐性，以致他愿意只是为了这种和谐而坚持他的异端学说，即使它并没有解决引导他走向这一学说的那些问题。这眼罩还帮他回避了他的革新的非天文学结果，这些结果使视野并未受到局限的人把他的革新当作谬论而抛弃。

最重要的是，哥白尼对天际运动的奉献造就了那些无微不至的细节，他靠这些细节探究地球运动的数学结果，并使这些结果适合于已有的关于天体的知识。这一详细的技术性研究是哥白尼真正的贡献。在哥白尼之前和之后都有比他更激进的宇宙论者，他们用粗略的笔触大致勾勒出一个无限的、多世界的宇宙。但他们都没有写出能与《天球运行论》后几卷相媲美的著作，而正是这后几卷首次证明了从运动的地球出发，天文学家的工作能够进行，而且更加和谐，它们为新的天文学传统的开创提供了坚实的基础。倘若只出现了哥白尼的宇宙论的第一卷，哥白尼革命就将会而且应该以别人的名字命名了。

（本文选自托马斯·库恩著《哥白尼革命——西方思想发展中的行星天文学》，李立译，北京大学出版社，2003年，132~179页。）

3.2 《两大世界体系的对话》和反亚里士多德的论战

亚历山大·柯瓦雷

无疑，声称伽利略的著作完全是来源于对天文学所面临的问题的思考，并且把伽利略所有的工作完全作为对哥白尼宇宙概念的支持，这是肯定有所夸张的。这如同亨利马丁(Henry Martin)所做的^①，以及更新近的沃尔威尔(E. Wohlwill)的工作^②。我们不要忘记伽利略的著作《两门新科学的谈话》。然而，天文学的思考在

① V. Th. Henri MARTIN, *Galilè ...* Paris, 1868.

② E. WOHLWILL, *Galileo Galilei und sein Kampf für die Copernikanische Lehre*, 2 vol. Hamburg-Leipzig, 1909~1926.

伽利略的思想和研究中起到了最重要的作用,这一点是正确的,从伽利略的青年时期开始,从他在比萨起草关于运动的论文和对话的时期开始,伽利略就在思考天文学问题。我们看到,他所提出的问题只有根据哥白尼宇宙概念才能理解其充分的和全部的含义^①。另外,我们还看到,他遇到了在他那个时代难以解决的问题,这些相同的问题还将给此后四五十年的思想发展造成阻碍。

伽利略在比萨考虑的中心问题是运动的持续问题。显然,当他研究位于宇宙中心的一个球体的自转运动情况,同样还有位于宇宙中心以外的球体的运动情况的时候,他在思想上就有了由哥白尼理论所创造的状况;无疑,他分析其运动的大球代表地球,它的运动是地球的运动^②。

但是,伽利略得到的结果与冲力物理学的基本假设矛盾,这以显著的方式揭示了在新物理学和天文学的道路上阻碍着的诸困难和这些困难的起源。

事实上,伽利略的分析达到的结果是运动的自然持续,或者更准确地说,是圆周运动的特殊地位^③。这个结果是被日常观察强有力地给以确证的,而且尤其是被哥白尼关于地球的圆周运动(轨道运动和自转运动)的“观察”给以确证,地球的圆周运动又是被关于行星的圆周运动的观察所证实的,它以后形成了阻碍伽利略的研究进展的不可克服的障碍。

如同我们上面偶然谈到的,经验几乎不支持新物理学^④。物体下落和地球的转动,这是两个新物理学不能解释的事实,这是两个难以调解的事实,新物理学一开始就发现克服它是非常困难的。

与人们经常强调的相反,惯性定律在常识经验的范围内是没有根源的,它既不是常识经验的推广,也不是常识经验的理想化。人们在经验中所发现的是圆周运动,或者一般地说是曲线运动。除了落体运动的情况以外,人们从来没有见到垂线运动,而落体运动却恰恰不是惯性运动。而古代物理学正是想由垂线运动去解释曲线运动。这是一个奇怪的思想推理尝试,因为在这个过程中不涉及由基于深邃的实在的假设对现象资料进行的解释,(如同天文学那样,它解释现象,即用真实运动的组合来解释看到的运动),这个推理过程甚至也不是把现象资料分析成简单的基本元素,再对它进行重构(解析的和合成的方法,人们常常把伽利略方法中的新内容归结为这些,在我们的观点看来是错误的)。这个过程是用不存在,或者用从来也不存在的,来解释存在的现象,并且甚至用从来也不能存在的来解释。

① V. E. Wohlwill, *op. cit.*, I, v. 105 sq et plus haut, *A l'aube de la science classique*, P. 68 sq.

② Cf. Galilée. *De Motu*, p. 304 (*Opere*, Ed. Nazionale, vol. I), cité plus haut, *A l'aube de la science classique*, p. 68, n. 1.

③ *Ibid.*, p. 67, sq.

④ Comme le remarque très bien P. Tannery, *Galilée et les principes de la dynamique*, Mémoires scientifiques, vol. VI, Paris, 1926, p. 399. cf. *A l'aube*, p. 9, n. 3.

由不可能的东西来解释真实的东西。多么奇怪的思想推理尝试！简直是一个悖论，如果有这样的事的话，这个思想推理的方法，我们将它称为阿基米德式的，或者更确切地称为柏拉图式的。它是在理想实在的基础上解释，或者更确切地，是重新构造出经验的实在。这个推理方法是悖论的、困难的和危险的冒险；而且伽利略和笛卡尔的情况会让我们立即接触到它的基本矛盾。这要求从一个数学的、柏拉图的世界到一个经验实在的世界的一个完全的转变，一个根本的替代（因为只有在前一个世界中经典物理学的理想定律才有效或实现），而与此同时，这使得这个完全的替代不可能，因为它远离了经验实在而不是解释它，因为它没有解释经验实在，而是在经验的和理想的实在之间创造了一个关于未解释事实的致命深渊。就从伽利略早年在比萨的时候开始，他的阿基米德思想就面对着这些未解释的事实。

我们都知道，在亚里士多德的物理学中，运动被分为两组，或者说，被分为两类：“自然的”运动和“强迫的”运动。伽利略反对的正是这个分类。伽利略指出，这样的划分是不连贯的^①。事实上，这两个类型是可并存的，有些运动，同时是自然的，也是强迫的。此外，更严重的是，有些运动不属于这两类运动的任何一类，它们既不是自然的，也不是强迫的。例如，一个位于宇宙中心的球的圆周（旋转）运动，就是这样的运动。无疑，它不是自然运动，球自身没有任何要运动的倾向。我们也不能认为它是强迫的，人们没有任何强迫在球上，因为，它保留在它的位置，而且它的运动没有变化，任何重物也没有增加和降低任何重量。而且，处于宇宙中心的这个球，即处于它的自然位置的这个球，没有重量^②。

而且，处于宇宙中心的这个球的情况远不是唯一的。确切地说，所有的（绕中心转动的）圆周运动都是这样的运动，它既不是自然的，也不是强迫的；在那里，运动仍然是没有变化，也就是说，它既没有增加也没有降低任何重量。最后，球形重物沿着水平面滚动的运动，同样，也既不是自然的，也不是强迫的。在那里，运动仍然是既没有增加也没有降低任何重量。接着，伽利略指出，如果人们可以消除所有外部的阻碍作用（平面是绝对的光滑，物体是绝对的坚硬，而且是绝对的圆，等等），这些物体的运动将能够永远也不停下来。运动能够无限延续^③。

但是，事实上，什么是一个水平面？更准确地说，对于一个重物来说，什么是水平面？再进一步准确地说，在地球上，对于重物，一个实际的水平面是什么样的？这完全不是几何学的，或者阿基米德物理学的水平面。在地球上这样的（即几何学

① Cf. Galilée, *De Motu*, p. 305, cité, *A l'aube de la science classique*, p. 68, n. 1.

② Ainsi les corps célestes ne présentent point. En général, le corps placé dans son lieu propre "n'a pas la tendance d'aller vers le bas", il est donc privé de poids. Cf. *l'aube de la science classique*, p. 62 sq.

③ *De Motu*, p. 300, 304, cité *A l'aube etc.* p. 68, 72cf, *Le Mécanisme, Opere*, Ed. Nazionale, vol. II, p. 180.

的)水平面上,例如,在一个与地球表面相切的水平面上,重物将处于完全不同的状态。实际上,在这样的平面上运动时,它将远离地球(或者宇宙)的中心,而且,结果是,它会自我升高。因此,它的运动就将是强迫的,并且事实上是与一个沿着斜面上升的物体的运动类似的,也就是说,是沿着一个上升的面的运动,因此,运动不仅不能无限延续,相反,它必定自己停止下来。唯一的、真实的、不是自然的、又不是强迫的运动;唯一的既不升高也不降低重物的运动;唯一的既不远离也不接近地球(或者宇宙)中心的运动,只是围绕着它周围的运动。结果,它将是一个圆周运动。或者说,实际的水平面是一个球形的表面^①。

我们看得十分清楚,这个推理确认了这样的经验:圆周运动在物理学的事实中占有绝对特殊的位置。同时,这样一个结论就是要承认:几何学的概念不能应用于物理事实中的那些概念。我们可以说(无疑不是用伽利略的术语):真实的空间既不是阿基米德的,也不是欧几里得的;它与它们的区别就像球面与几何平面的区别一样。

这就是伽利略的状况。在比萨、在帕多瓦和佛罗伦萨,这个状况几乎是相同的。存在一个不可否认同时是不能解释的现象,而且,这个现象是伽利略的动力学所不能放弃的^②,即重量现象,存在着重物的现象,这些重物下落的现象。与第一个现象紧密相连,还有另一个现象,实际的直线是一个圆周,实际的平面是一个球面,是圆周,而不是直线,才是物理学的具有特殊地位的线^③。

伽利略十分明确的表述了这一点。他指出:“实话说,直线运动是这样一种事情,它在世界上不会发生。不可能有自然的直线运动。事实上,因为直线是无限的和没有限定的,因此,直线运动由于它的本性就是无限的。因为在无限中没有终点,任何运动物体不可能自然地具有沿直线运动的原理,也就是说,不可能具有朝向它不可能达到的地方的运动原理。正如亚里士多德自己所说的,自然不做它做不到的事情,向着它不能达到的地方的运动。”^④

这是个奇怪的叙述,我们还将回到这里(而且,许多其他的叙述回应了它^⑤),从这个叙述,我们可以找到那些我们设想已经由伽利略物理学解放的大部分观念。

如果是这样,那么伽利略是怎样成为近代物理学的创建者,或者创建者之一的?我们已经指出过,近代物理学是基于直线对于圆周的优越性,基于空间的几何

① 2. V. *De Motu*, p. 300, cité *A l'Aube*, p. 72. Le même raisonnement se retrouve dans le *Dialogo dei due massimi sistemi del mondo* (*Opere*, vol. VII), pp. 46 sq; 53 sq; 172, et les *Discorsie dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze* (*Opere*, vol. VIII). p. 268.

② Ainsi que nous le verrons plus bas, la dynamique galiléenne pourrait être appelée une dynamique de la chute.

③ *Dialogo*, I, p. 53.

④ Galilée, *Dialogo*, I, (*Opere*, vol. VII), p. 43.

⑤ Cf. *Dialogo*, I, p. 56 (en marge) cf. *ibid.*, p. 166.

化,还有惯性定律的。或者这是一个错误,一个富有成果的误解的情况?伽利略的后继者和门徒:伽桑狄、托里拆利、卡瓦列利,他们都仅仅误解了他?他们是不是失去了区别的眼光,忽略了他们的老师反复讲的论点,认为真实平面和几何平面是一致的?人们很清楚,这是沃尔威尔的观点^①,被马赫(E. Mach)^②和卡西雷尔^③激烈地反对,相反,他们认为伽利略的物理学是如此地被惯性原理充溢着,以致伽利略自己没有意识到这个原理是不可能的。

那么怎么样呢?伽利略是已经叙述了,还是没有叙述,或者至少是提出了惯性原理?以我的观点,以这些方式提问题是把问题过于简单化,历史的真实比这更复杂的,更多的细微的差别,更为丰富。此外,这个困境还让唯一的真正有启发性的和有趣的问题溜掉了,这个问题是为什么伽利略在他为现实的数学化而辩论时,他没有能够提出,或者至少表述(这一点,卡西雷尔自己也没有否认)惯性原理,而人们认为,他的后继者和门徒是很容易地采纳了这个定理?因为,问题不仅是确认一个事实,我们还必须理解它。而要做到这一点,就必须研究这个伟大的佛罗伦萨人的真实思想的真正情况。

这恰恰是我们建议要研究的^④。我们将看到非常引人的事情,如果伽利略确实在他的工作中出现了失败(沃尔威尔的论文大胆指出这一点是正确的),这是因为,与笛卡尔相反,他不知道如何,或者他不能够,把自己从现象的包围中解放出来,或者接受实在的数学化,空间的完全几何化,即万有宇宙的无限和有序宇宙的瓦解^⑤。

我们已经说过,近代物理学在天上和地上同时诞生^⑥,而且,它是作为天文学的,或者更确切地说是作为宇宙学的一个构成部分。伽利略的著作,《对话》和《试金者》都首先是哥白尼学派的著作,伽利略的物理学也是一个哥白尼学派的物理学,这个物理学要为这个伟大的天文学家的著作辩护,特别是为地球的运动辩护,反对那些古老的反对意见和那些新的攻击。因而,伽利略比任何人看得更清楚,新

^① Cf. E. Wohlwill, "Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes", *Zeitschrift für Völkerpsychologie*, etc., v. XV, p. 387. Cf. aussi: A. HOFLER, *Studien zur gegenwärtigen Philosophie der mathematischen Mechanik*, Leipzig, 1900, p. 111 sq.

^② Cf. E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historischkritisch dargestellt*. 8^e éd., Leipzig, 1921, p. 133 sq. et surtout 265 sq.

^③ Cf. E. Cassirer *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*,² Berlin, 1911, p. 397.

^④ Aussi citerons — nous abondamment, car ce ne sont pas les résultats, c'est la marche même de la pensée galiléenne qui nous intéresse ici.

^⑤ *Notae per il Morino* (J. B. Morini, *Famosi et antiqui problematis de Telluris motu vel quiete hactenus optata solutio*, Paris, 1631), *Opere*, v. VII, p. 565.

^⑥ Cf. P. Tannery, *Galilée et les principes de la dynamique*, Mémoires scientifiques, v. VI, pp. 404 sq. Paris, 1926. P. PAINELEVÉ, *Les axiomes de la mécanique*, Paris, 1922, p. 31 sq.

物理学必须拥有旧物理学不同的宇宙。要建立它,首先要推翻另一个,推翻它所依赖的哲学基础。伽利略知道,要建立一个新的、数学的和阿基米德的物理学,必须要在新的基础上重新建立它的所有概念;这个基础要尽可能地牢固的依赖于一种哲学。由此,在于伽利略的著作中,“科学”和“哲学”巧妙的混合在一起,任何一个历史学家,如果不去努力地理解它们,要区分伽利略思想中的这两个组成部分是不可能的。

《两大世界体系的对话》提供了关于两个对立的天文学体系的介绍^①。但是,事实上,它不是一部天文学著作^②,甚至也不是物理学著作。它首先是一部评论著作;是关于论争和辩论的著作;同时,它是一部教育学著作,也是哲学著作;最后,是一部历史著作:“伽利略思想的历史。”

一部论争和辩论的著作:正是这一点(部分地)决定了《对话》的文学结构^③:为了反对传统的科学和哲学,伽利略展示了他的斗争道路。但是,如果《对话》直接指向反对亚里士多德的传统,它就不能,或者几乎不能和这样一些人对话,这些人有:他的支持者们、在帕多瓦和比萨的哲学家们、《论运动》论文集的作者们,以及《论天》的评论者们。他的读者对象是“有教养的人”^④。因此,伽利略没有用作为大学和学院里的学者们语言的拉丁语来书写他的著作,而是使用通俗的意大利语来书写,这是宫廷和市民的语言。况且,所有的革新者也都是这样行事的,让我们想一想培根和笛卡尔,他们也是这样做的。

正是有教养的人,伽利略希望与他的辩论获得胜利,因此,他必须被说服并且信服,不能使他感到厌烦和难以忍受。由此,著作(部分地)采取对话的形式,使用轻松的谈话语气,以及那些离题的话和经常的反复,还有争论中的明显的混乱,这正是,在有才智的人之间,在威尼斯的贵族们的沙龙里,或者是在米第奇家族的宫廷中进行的交谈和讨论。由此,服务于伽利略的“武器”的种类是:寻找证据和力图进行证明的不带偏见的讨论,值得信服的动人的演说,最后,也是最有力的善辩者的武器,即尖锐的,一针见血的,剧烈的评批,取笑对手的玩笑,这使他看起来荒谬,并藉此逐渐破坏和侵蚀任何仍然存有的权威^⑤。

一部教育学的著作。因为,这不仅是信服、劝说和证明的问题,同样也有,也许

① Cf. U. Forti, *Introduzione Storica alla lettura del Dialogo Sui Massimi Sistemi di Galileo Galilei*, Bologna, 1931.

② La partie astronomique du *Dialogue* est singulièrement pauvre.

③ Sur la structure littéraire du *Dialogue* et son plan voir L. STRAUSS, dans l'introduction à sa traduction de l'oeuvre de Galilée, *Dialog über die beiden hauptsächlichstem Weltsysteme*, Leipzig, 1891 et plus récemment L. Olschki, *Galilei und seine Zeit*, Halle, 1927.

④ Toute oeuvre littéraire est écrite pour être lue par des lecteurs du xx^e siècle, mais pour des Italiens du xvii^e, comme les dialogues de Platon, pour des Athéniens du iv^e.

⑤ Cf. tout le début de la deuxième journée.

更是，一点一点地带着有教养的读者，让他能够被说服和相信；能够理解所展示的和接收到的证据^①。为了达到这个目的，解构和重构的双重的工作就显得是必须的：打破偏见，打破传统精神习惯，打破常识；在他们的位置，创造新的习惯和理性推理的重建能力。

由此，对于我们这个时代的读者（他已经受益于伽利略革命的许多结果）会看到一些段落难以忍受的单调冗长，不断出现的重复，同样的反对论据的重新批评，大量的例子……事实上，必须要教育读者，使他学会不再迷信权威、传统和常识。必须让他学会思考。

一部哲学著作^②：事实上，伽利略不仅是对传统的物理学和宇宙学展开攻击和论战，他反对的是对手的全部哲学和全部 Weltanschauung。况且，在那个时代，物理学和宇宙学是与哲学相互联系的，或者说，是哲学的一部分。为了与亚里士多德哲学进行斗争，伽利略站在了另一种哲学的制高点上；他在柏拉图哲学，或者柏拉图哲学的一个版本的旗帜下战争^③。

由此，在《对话》的一开始，伽利略就展开了对有序宇宙的传统概念的抨击，针对这个概念把天上和地球上明显地划分为天体世界和月下世界^④。为此，伽利略使用了新天文学提供的所有的事实，《星界信使》(Nuntius Sidereus)中的那些发现说明月亮上的物体和地球上的是严格相似的，并且具有相同的性质。同样，由此暗示出柏拉图，散布在整个书中，无疑是借鉴了柏拉图的对话的方法，由伪柏拉图的宇宙传说开始。最后，对苏格拉底方法的暗示，伽利略的代言人萨尔维阿蒂(Salviati)将其应用并获得成功。所有这些都告诉我们，“要注意，在两个伟大的哲学家的古老的争论中，我们支持柏拉图”^⑤！

一部历史著作，当然，准确地说，伽利略没有向我们叙述他思考的历史过程，而是说明了那些异乎寻常地努力，这使他自己能够花精力由亚里士多德的物理学达到冲力物理学，再由冲力物理学到达《两门新科学》的物理学，他使我们以某种方式和他本人一起，重走了他自己所经历过的路程。因此存在这样的事实，仅在几页之

① C'est pourquoi les raisonnements de Galilée ne sont pas tous au même niveau.

② Sur le caractère philosophique de l'oeuvre galiléenne voir. E. Cassirer "Wahrheitsbegriff und Wahrheitsproblem bei Galilei", *Scientia*, septembre-octobre 1937.

③ Il y a, dans l'histoire de la philosophie, plusieurs Platons et plusieurs platonismes. M. E. BURT, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, London, 1925, M. E. STRONG, *Procedures and Metaphysics*, University of California Press, Berkeley, 1936. L. BRUNSCHVICC, *Les étapes de la philosophie mathématique*, Paris, 1927, pp. 69 sq. et *Le Progrès de la conscience dans la philosophie occidentale*, Paris, 1927, pp. 39 sq.

④ Ainsi dès le début du *Dialogue* (p. 42 sq.) cf. *Il Saggiatore. Opere*, VI. p. 293.

⑤ G. Galilei, *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Illtsysteme*, aus dem Italienischen übersetzt und erläutert von E. Stranass, Leipzig, Teubner, 1891, p. XLIX.

后, 争论就表现出属于完全不同阶段和水平的思想^①; 因此, 一些传统术语被使用着, 它们被保存着, 尽管它们的意义被渐进地改变^②, 而缺少严格的术语。同样因此, 光和影的表演贯穿着《对话》, 思想的真正进步已经实现。因此, 在最后, 有一种保留, 和一分谨慎, 它使某些问题故意地保持模糊, 避免了一些过于困难, 或有时过于危险的名词和理论^③。

现在我们打开《对话》。在书中交谈者^④的角色被清楚地分开了^⑤。萨尔维阿蒂是伽利略的代言人, 他代表了新科学的数学才智; 沙格列陀是一个有才智的人 (*la bona mens*), 思想已经从亚里士多德的传统偏见和常识的影响中得到解放, 因此, 能够抓住伽利略的推理中的新的真理, 甚至能够抓住由此导出的那些结果。辛普利邱代表常识, 思想中充满了经院哲学的偏见, 相信亚里士多德的权威和官方的科学, 并且在传统的重压下艰难的挣扎。

在辩论过程中, 辛普利邱通常负责根据地心天文学向哥白尼的天文学提出那些古老的和新的反对论据。然而, 当转到物理学的反对论据时, 即古老的云、鸟的反对论据, 以及重物在地球上垂直下落的反对论据时, 辛普利邱把这个位置让给了萨尔维阿蒂。对于物理学的反对意见, 与其他的不同, 不得不认真对待。为了讨论和反驳这些意见, 萨尔维阿蒂明确地依赖于伽利略的力学研究, 他需要他的所有的聪明才智。

我们知道这些反对论据。我们也知道这些回答。而且, 至少是初步看, 伽利略的回答与布鲁诺的回答也没有什么区别。和布鲁诺一样, 伽利略也是用运动相对性原理和冲力动力学来回答亚里士多德学派的反对意见。

辛普利邱转述亚里士多德的名著《论天》^⑥中的段落, 他说^⑦: “如果地球运动, 无论它自己处于宇宙的中心, 或者还是处于中心以外的圆周上, 它处于强迫运动都是不可避免的, 因为它的自然运动不是发生在那里。假如这种运动是地球本身的运

① Surtout dans la critique de l'Aristotélisme. L. OLSCHKI, *Galilei und seine Zeit*, pp. 198 - 204, estime que Galilée raconte sa propre histoire, ou même que le *Dialogue* réunit des parties appartenant effectivement à des étapes différentes de l'évolution de la pensée de son auteur (p. 355).

② Aisi par exemple le sens du terme *impetus* qui, de force = cause dumouvement animant le mobile, devient moment = produit du mouvement par la masse = quantité de mouvement.

③ Ainsi ne nomme-t-il jamais Bruno. Et très rarement Kepler.

④ Cf. E. Wohlwill, *op. cit.*, v. II, pp. 85 sq.; A. FAVARO, “Amici et correspondenti di Galileo”. VIII, *Nuovo Archivio Vento*, 1903, et G. GAERIELI, “Degli interlocutori dei Dialoghi Galileiani ...”, ... *Rendiconti dell'Accademia dei Lincei*, 1932.

⑤ Cf. *Annuaire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes*, 1936~1937.

⑥ Aristotle, *De Coelo*, II, 14.

⑦ *Dialogo*, II (*Opere*, v. VII), pp. 150 sq.

动,那么地球上的每一个部分也都具有这样的运动,但是地球上的部分的运动是朝向地球中心的直线运动。宇宙的秩序是永恒的,因此,……

“第二,所有作圆周运动的其他一切物体,除了原动天(*le premier mobile*)以外,都落在后面,并且具有一种以上的运动^①。这就是为什么地球也同样必须具有两种运动。如果真是这样的话,那么在恒星中一定存在着变化。但是,我们却看不到这种变化。相反的是,每一个星球总在同一个位置升起和落下,没有任何变化^②。

“第三,部分的运动和整体的运动是相同的,都是自然地向着宇宙的中心,因此,地球处于宇宙的中心。”

辛普利邱继续说:“接着,亚里士多德讨论了各个部分的运动是向着宇宙的中心,还是向着地球的中心的[他得出的结论是]它们的本性是向着宇宙的中心,而只是偶然地向着地球的中心。

“最后他用重物实验作为第四个论据来进一步证实他的结论,重物从高处向下落下时,垂直地落到地球的表面;同样,垂直向上抛出的物体沿着同一直线垂直地向下落回。这些论据清楚地证明,这些运动是指向地球中心的。

“亚里士多德最后指出,天文学家们还提出了另外的一些论据来论证这个观点,即地球是在宇宙的中心,而且是不动的。其中有一点谈到,在恒星运动中所观察到的一切现象,与地球位于宇宙中心这一结论是一致的,如果地球不位于中心,也就不存在这种一致性。托勒密和其他天文学家所引用的其他论据,如果您认为必要,我现在就可以提出来,或者等您谈了对亚里士多德的论据的看法以后再提。”^③

我们很清楚亚里士多德学派的论据,它们决不是可以忽略的。伽利略要一个一个地来讨论它们。但是,在这样做之前,并且在转向讨论托勒密的那些由辛普利邱所保留的论据之前^④,伽利略指出,必须更广泛地展开与重物下落联系的著名的论证,在这个问题上辛普利邱叙述得过快,还必须要依据关于运动的船的更“现代的”论据,补全关于塔的论据和大炮在空气中抛射物体的论据。因此,萨尔维阿蒂把天文学论据的研究推迟到另外一天去讨论,他继续上面的论述^⑤:

“关于重物的反对论据,即从高处下落的物体,沿着一条垂直的线到达地球表面的情况,总是被认为是最有力的论据。人们认为这是地球静止的无可辩驳的论

① Tous les corps célestes (toutes les planètes) possèdent un double mouvement et “retardent” sur celui de la voûte céleste.

② Copernic, *De Revolutionibus*, I. I. c, vI.

③ Les autres arguments étant spécifiquement astronomiques, nous ne les étudierons pas. Leur étude forme le con tenu de la troisième journée du *Dialogue*.

④ Notamment, l'argument de la force centrifuge.

⑤ *Dialogo*, II, p. 151 sq.

据。因为，如果地球具有周日的转动，让一个石块从高塔的顶处落下，由于高塔参与地球的转动，在石块下落的时间内，高塔会被向东带出几百码，因此石块应该落在距离高塔底同样远的距离。”他们又用另一种经验来证明这个结果，即在船静止的情况下，从船的桅杆的顶端，让一个铅球落下，记下它下落的地方，即紧靠桅杆的底部的位置。但是，如果船在运动，从同一个地方，让同一个铅球落下，它就落在距离前一次下落一段距离的地方，这段距离等于铅球落下这段时间里船行驶过的那段距离。这唯一的原因就是，处在自由状态的铅球的自然运动是沿着向地球的中心直线进行的。同样的论据可以用以一个很大的距离向高处发射一个抛射物来进一步证明，如，用大炮垂直于地平线发射一个炮弹。在炮弹上升和下落所用的时间里，大炮和我们一起在纬线上会被地球向东带出许多哩。因此，炮弹决不会朝着大炮落下，而是落在大炮的西面，偏离等于地球已经向东移动的那一段距离。

他们还援引了第三个，并且是最有效的实验论据，这就是，用一门炮向东发射一枚炮弹，然后以相同的仰角向西发射另一枚同样炮弹；向西发射的炮弹就会比向东发射的炮弹远很多，因为当炮弹向西飞行时，大炮被地球带着向东运动。因此，炮弹落到地面的距离，应该等于两个运动路程的和，一个是炮弹自己向西运动的路程，另一个是大炮被地球带动向东的路程。相反，向东发射的炮弹的路程，必须去掉大炮在炮弹飞行时移动的距离。例如，假定炮弹自己的射程是5英里，地球在炮弹飞行时间内在纬线上走了3英里，那么，向西发射的炮弹会在距离大炮8英里的地方落地，这个距离是由炮弹自己向西飞行的5英里和大炮向东的3英里合成。但是，向东发射的炮弹只会射出2英里，因为，这是从炮弹飞行的5英里中去掉大炮向同一方向运动的3英里剩下的距离。然而，实验表明，向不同方向的炮弹的射程是相等的。因此，大炮是静止的，因而，地球也同样是静止的。此外，向南和向北发射炮弹也同样证实地球是不动的。因为，如果地球运动，人们将总是不能击中选定的目标，因为当炮弹在空中飞行时，由于地球向东移动，炮弹始终会向东（或向西）偏离。而不仅沿着子午线的发射，而且那些向东或向西的发射也不会真的如此：因为向东的发射会偏高，向西的发射偏低……^①

现在来看对上述论据的批评。它同时既是十分深刻，也是十分简单的。伽利略指出，亚里士多德的推理只是一些不合逻辑的推论。它们预先假定了必须要证明的内容。这无疑是对的。但是，亚里士多德的信徒能够很有力的拒绝接受这个批评，这是哥白尼已经向它们提出的指责的延续：亚里士多德的推理，不是如同他所声称的，是从事实出发，相反是从理论出发^②。对此，亚里士多德学派能够有理由回答的是：

① *Dialogo*, II, p. 153 sq.

② *V. supra*, p. 8.

- a) 其他的推理是不可能的；
- b) 伽利略做了同样的事情。

亚里士多德的推理事实预设了一个理论，或者说是，一个运动的特定概念：过程影响运动物体。此外，他预设，敏锐的感知让我们可以直接地领会物理的实在^①，而且这是领会它的唯一的方法。并且，结果是，物理学的理论永远也不能怀疑由感知直接得到的事实。

然而，伽利略明确地否认这一点。他的起点就是直接反对这一点。他强调：

- a) 物理的实在不能由感觉得到，相反，要由理性来理解；
- b) 运动不会影响运动物体，物体对所有推动它的运动都保持不变，运动只对运动物体和一个不动的物体的关系有影响。

亚里士多德的理论，尽管从伽利略的观点来看是一个谬论，但在其自身来看是不可反驳的，此外，辩证地看，至少在《对话》的范围内，伽利略无疑有权认定亚里士多德的推理是不合逻辑的结论。这是因为，在提出地球不动的物理学和力学的证据之前，他已经同时提出了运动的光学和力学的两个相对性原理^②。

无疑，运动的光学相对性是一直被承认的。哥白尼已经由此总结出，在地心说和日心说两个天文学体系之间，纯粹光学的区分是不可能的。事实上，所有出现在天穹上的运动都可以物理地被解释为这样或那样的运动方式^③。正是这一点说明了被亚里士多德和托勒密引证的物理学论据的重要性。

运动的光学相对性是不容置疑的。因此，伽利略指出，在讨论的开始，它就应该被作为一个“原理”^④。“因此，原则上，让我们这样来考虑问题，任何可以归于地球的运动，因为我们作为地球上的居民，我们也同样地参与了这个运动，由于我们始终看着地球上的事物，必然是我们觉察不到的，就好像是不存在一样。相反，这种运动同样必然普遍地显示在所有其他看得见的和地球分开的物体和对象上，它们不卷入运动。因此，要研究什么运动可能是属于地球的，并且如果属于地球，它会是怎样的一种运动，正确的研究方法就是观察和研究那些和地球分离的天体，显示出对所有的天体都相同的运动……”对于所有与地球分离的物体都是相同的这个运动，恰恰就是周日运动。因此，从光学的或者天文学的角度讲，人们可以把这个周日运动加给地球，也可以加给天体。或者，像沙格列陀高兴地指出的那样^⑤，人们可以把原动天(*le primum mobil*)的角色赋予地球，或者赋予天体上。

事实上，伽利略提出的“原理”比光学相对性原理广泛得多。当提出对于我们

① Cf. *Dialogo*, p. 153.

② Cf. *Dialogo*, I, pp. 57, 101, 139, 141.

③ Copernic, *De Revolutionibus*, I, I, e. v. Galilée, *Dialogo*, II, 139, 141.

④ *Dialogo*, II, p. 139 sq.

⑤ *Dialogo*, II, p. 148.

也参与的运动的察觉的不可能性时,他已经就提出了运动的物理学的相对性。同样,作为等价物,他也提出了光学的相对性。事实上,如果运动对于参与这个运动的人来说是绝对的不可察觉,就会得出,地球的运动对发生在地球上的现象将没有任何影响。用现代的术语来说,这一点就赋予了所有的运动(当然也就赋予了圆周运动)惯性运动的特点。

我们后面将还会有机会回到这个问题的讨论,现在让我们仍然继续跟随伽利略的思路。“因此,运动之所以是运动,并且起到运动的作用,只是相对于那些不卷入运动的物体,而对于那些完全相同地参与这个运动的物体,运动没有效应,就像没有这个运动一样^①。因此,一艘船上的货物离开威尼斯,经过科孚、克里特、塞浦路斯,开往阿勒颇,情形就是这样,威尼斯、科孚、克里特等等城市是不动的,它们并不跟着船走;但是,船上所装载的那些袋子、箱子以及包裹,与这艘船相对来说,从威尼斯到叙利亚的运动就像不存在一样,它们之间的相对关系没有任何变化。这些都是因为运动是它们所共有的,而且都同样地参加了这个运动。如果在船上的货物中的一个袋子从一只箱子移开了一寸,这对它来说,比他们一起经过的两千里路的运动都更为重要”^②。

初看起来,伽利略没有任何革新。并且他的看法好像能够被一个亚里士多德的信徒所接受。但是,仅仅是初看起来是这样。因为必须要警惕不要搞混了(人们经常会发生这种情况)亚里士多德的运动相对性和伽利略的相对性(我们可以更准确地称为是笛卡尔的或者是牛顿的运动相对性)。事实上,对于亚里士多德来说,他所说的运动必须要牵连到一个标记,即一个相对的点。尤其是局部的运动,它牵连到一个不动的点,作为可比较的点。但是由于运动不被视为两个物体之间的一个纯粹和简单的关系,而是,正如我们过去已经说过的那样,被视为一个对运动物体有真正作用的过程,所以参照或比较点必须是某种事实上真正静止的东西——世界,并且(作为一个尤其具有特权的情况)是世界的静止中心。伽利略的概念中没有这样的内容,运动被构想为一个状态——关系,它不影响运动物体,它不隐含任何真实地和绝对地静止的点的存在。它只隐含一个点,或者更准确地说是一个物体的存在,它们不参与所研究的运动。例如,那些包裹和箱子互相之间,船相对于箱子,科孚、克里特相对于船,等等。伽利略正确地作出结论:当运动对于许多物体都是相同的时候,运动没有效应,而且就这些物体相互之间而言,运动就像不存在一样,因为在它们之间什么也没有变化,而且运动也没有产生对这些运动物体与

① Par rapport au mobile lui-même, le mouvement est “comme rien”; or, le “rien” n’a pas besoin de “cause”. Autrement dit, le mouvement, en tant que tel, agit aussi peu que le repos, ce qui permet de les placer tous deux sur le même plan ontologique. Cf. plus haut, II, pp. 47 sq. et plus bas pp. 162 sq.

② *Dialogo*. II, p. 141 sq.

不参加这个运动的其他物体之间的那些关系的影响。

对前面由萨尔维阿蒂提出的反对论据的这个回答就很自然地得出了:事实上,如果石块和高塔一起参与地球的运动,对于它们来说,这个运动就将像不存在一样,而发生的一切过程就像它实际上不存在,换言之,就像地球静止一样。让我们立刻指出,它所导致的十分严重的结果:尤其是,所有运动的可比较性;还有任何运动都不能影响另一个运动的事实;一个相对于另一个,那些赋予唯一的和相同的运动物体的运动就像是不存在的这个事实。而这些正是亚里士多德的信徒不能接受的。对于他们,运动显示了运动物体的本性,运动自己是自然地被定性的。对于他们,运动作为一种自身存在的实体,是不能被分离到运动物体或者动因的外边的;而且,正是根据运动与运动的物体的本性是否一致,来说明不同的运动之间是否相互一致。因此,他们不接受伽利略的反驳。如果地球是在运转着的,地球的圆周运动也将是一种与落体的直线运动完全不同的秩序和本性,并且没有任何理由与落体运动结合。无疑,如果人们劝他,他将接受事物可以如此安排以使一个重物同时具有两个运动,但确切地说这将是“力学”运动的一种情况,而且至少部分地是强迫的^①。

因此,考虑石块的自由下落。什么原因,怎样使它能跟随高塔的运动?如果像我们假设的,没有任何东西与高塔连接,它几乎没有可能这样做。相反,可能更能让人接受的是,如果地球运动,由塔的高处下落的石块的行为和它实际上表现的完全是不一样的,也就是说,“同样,石块由一艘船的桅杆的顶端下落,如实验经验,当船保持不动时,石块落在桅杆的脚下,而当船在河上运动时,石块会落在后面”^②。我们十分清楚,这是第谷的反对论据。但是,事实上,在提出这个反对论据的时候,第谷走得太远了。在同意把地球(船)和宇宙(地球)的过程放在同一个水平来讨论时,第谷已经大部分地违背了亚里士多德的态度,这个态度是完全基于地球的规律和天体的规律的本质是不同的,在《对话》的开始,伽利略就细心地向我们指出了这一点^③。当然,伽利略将从这一点得到进展,他还将像布鲁诺一样,由船得到地球的结论,由地球得到天体的结论。

因此,伽利略明确地进行论述。萨尔维阿蒂^④:“因此,您说,因为当船不动的时候,石块下落在桅杆的脚下,而当船运动时,石块下落在桅杆脚下远一点的地方。并且,由石块落到桅杆的脚下的这个事实,我们推出船是不动的结论,由石块落到

^① V. le résumé des discussions dans E. MACH, *Die Mechanik*, etc, 8^e éd., p. 231 sq. Cf. également P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, Montligeon, 1907 et A. SESMAT, *Systèmes de références et mouvements*, fasc. II, *Mécanique newtonienne et gravitation*, fasc. IV. *Lesystème absolu de la mécanique*, Paris, 1937.

^② *Dialogo*, II, p. 187.

^③ *Dialogo*, II, p. 42.

^④ *Dialogo*, II, p. 169 sq.

远离桅杆脚下的现象,得出船是在运动的。同样,由石块落在靠近高塔脚下,可以得出地球是不动的。这就是您的推理,对吗?”

辛普利邱:“正是如此。”

萨尔维阿蒂继续指出:“如果石块是由一艘有很高速度运行的船的桅杆顶端被放下的,石块下落到与船不动时它下落的完全相同的地方,由此,您能够给我们总结出船是运动还是不动吗?”

辛普利邱:“完全不能……”

萨尔维阿蒂:“太好了。您曾经作过这个在船上进行的实验吗?”

辛普利邱:“我没有作过。但是我相信提出这个作为反对论据的作者已经仔细地进行了观察。况且,产生差别的原因以不容置疑的清晰被认识到了。”

萨尔维阿蒂反驳说,任何人从来也没有作过这个实验^①。所有这些作者坚持这一点都是由于他们的前人的威望。因为,如果他们曾经做过这个实验,他们就会看到,就像任何做这个实验的人看到的一样,石块总是落在桅杆的脚下,而且由此得不到支持还是反对船在运动的任何结论,同样,由这个事实也得不到任何支持或者反对地球运动的结论。现在轮到辛普利邱提出问题^②:“您如此自信地谈论这个事实,您做过这个实验吗?因为,无论您还是其他人没有做过这个实验,讨论就是无益的。因为在那里所讨论的事情和人类的理性距离遥远,只有实验可以做出决定。”

现代的读者可能会感到,这一次,亚里士多德的信徒辛普利邱是对的。事实上,在两个敌对的和相反的理论之间,除了实验以外,人们还能怎样作出决定?因此,他可能等待着萨尔维阿蒂向辛普利邱提供实验的细节,他将吃惊地听到萨尔维阿蒂声称这完全是无必要的,他声称不仅是对于自己(萨尔维阿蒂本人)是无用的,对于刚刚提出这个问题的辛普利邱也是无用的。

萨尔维阿蒂说^③:“对于我自己,没有实验,我也确信事实就像我告诉您的一样,因为它必定是这样;我还可以补充,您自己也已经知道不可能不是这样。您这样表白或者企图装出您不知道的样子,也是徒劳的。但是,我是一个好的思想的助产士^④,能够使您不得不承认这一点。”

我们在这里暂停一下。我们刚刚叙述的是这样一段叙述,它在伽利略的著作中是有前后联系的^⑤,在我们看来它具有的最重要意义是:以我们的观点,它是伽利

① *Dialogo*, II, pp. 171, 208. Galilée a raison: personne n'a jamais fait l'expérience, ce qui n'empêche pas un Antonio Rocco d'écrire et ce après la publication du *Dialogue* (*Esercizioni filosofiche di Antonio Rocco*, *Opere*, vol. VII, p. 677).

② *Dialogo*, II, p. 169.

③ *Dialogo*, II, p. 171 sq. Cf. *Lettre à Ingoli*, *Opere*, VI, pp. 542, 546.

④ Souligné par nous.

⑤ (*Opere*, VI, p. 328 sq.) *Opere*, v. VI, p. 515.

略著作的所有解释的关键。因此，是近代科学的总体解释的关键。

事实上，这是一个什么问题？很简单，是实验在科学中的作用和地位的问题。通常，近代科学向我们展示的首先是在实验基础之上的；它是和经院物理学的冗长和无果实的先验论相反的，它具有实验推理的丰富和多产。伽利略通常被看作是一个谨慎和有洞察能力的观察者^①，实验方法的创立者^②，他是一个在称重物体、测量和计算的人，他拒绝沿着纯粹推理的路线，更不必说，由原理出发，相反，他努力把新科学建立在坚固的经验基础之上。当然，人们是有道理的。显然，正是对天体的真实运动的观察把开普勒引向对天文学的变革；同样明显的是，正是在他把望远镜指向天穹，在观察天体时，伽利略对中世纪有秩序的宇宙进行了致命的考察；当然，在伽利略的著作中提到和借助了许多实验和观察^③：摆的实验、斜面实验，等等，并且，伽利略强烈地攻击这样一些人，他们因为看到的事实与原理相矛盾，就拒绝接受所看见的事实；同样，他们拒绝接受神经是由大脑发出而不是由心脏发出，因为亚里士多德说的和这一点是相反的^④；甚至害怕看到他们的原理认为是不可能的事物^⑤。他的著作中也还有许多这样的论述，伽利略在其中指出了自然的无限丰富，他禁止那些声称在实验能够做或者不能够做之前就能够提出的推测……然而，在这里，不是伽利略的代言人萨尔维阿蒂，而是亚里士多德的信徒辛普利邱表现为实验的捍卫者，而相反，萨尔维阿蒂声称实验是无用的。

我们还会回到这个问题。现在让我们只是注意这个事实：好的物理学是先验地做成的^⑥。

关于这一点的证据是，对于萨尔维阿蒂来说，辛普利邱没有必要去求助于实验来判断什么是真实的，这使辛普利邱感到震惊，甚至感到愤怒。因为所讨论的事情完全不是像辛普利邱所说的“和人类的理性距离遥远”，而是相反，它是最接近的。它们是如此接近人类的理性，以至于在所有的实验之前人们已经掌握了物理世界本性的那些真实的原理。不用考虑它，人们就知道了真理，同样，没有必要学习它（甚至是不可能的）；向他提出适当的问题，向他（和我们）展示他已经了解的，这就足够了。

这就是为什么萨尔维阿蒂向我们重新提出了年轻的伽利略在比萨开始研究运动时的一个分析。萨尔维阿蒂向辛普利邱问道^⑦：“因此，请告诉我，如果您有一

① Cf. E. Jouguet, *Lectures de Mécanique*, Paris, 1924, vol. I, p. 111.

② Cf. E. MACH, *Die Mechanik*⁸, pp. 127 sq.

③ *Dialogo*, I, p. 91 sq; *Il Saggiatore*, p. 281.

④ *Dialogo*, II, p. 134.

⑤ *Dialogo*, II, p. 138.

⑥ Ce n'est qu'après la déduction que l'en institue l'expérience; cf. le passage de la *Lettre à Ingoli*, cité p. 138.

⑦ *Dialogo*. II. p. 171. Cf. *A l'aube de la science classique*, p. 68 sq.

个平面的表面,它像镜子一样光滑并像玛瑙一样坚硬,它不平行于水平面,而是有一些倾斜,在这个表面上您放置一个有理想的球面、有重量和像青铜一样坚硬的球,如果球被自由的放置,您认为球会怎样呢?您不会认为(就像我所认为的)球会保持不动吧?”

辛普利邱:“那个平面是倾斜的吗?”

萨尔维阿蒂:“是的,本来就假定是这样的。”

辛普利邱:“我决不相信它会在原地不动,而是它会自发地沿着斜面滚下来。”

任何人也没有教过辛普利邱这个回答。这是来自他的自然的判断。因此,它向读者证明,辛普利邱所要求的实验事实并不总是必需的。并且,萨尔维阿蒂对苏格拉底的方法的运用,(事实上,我们不可能不辨认出来,也不可能不想起 Theetete 和 Menon,)这也使我们能够模糊地看出他的先验论的意识观念,而且看出他是站在柏拉图一边的。萨尔维阿蒂继续说^①:“这个球的运动将持续多久,以多快的速度进行呢?请记住我说过,这是一个理想的球形,平面是绝对的光滑,完全没有外部的阻碍和意外。同样,我希望您排除由于空气产生的阻力,以及其他可能发生的意外的障碍。”

辛普利邱:“我完全理解了您的意思。对您的问题,我的回答是,只要斜面延伸下去,这个球将无限地继续运动,它将不断加速,因为这是运动着的重物的本性,重物越走越有力;斜面越倾斜,速度就越大。”

萨尔维阿蒂:“但是,如果有人要使这个球在这个平面上向上运动,您认为可以吗?”

辛普利邱:“要它自发地向上运动,不行,但是,可以向上推它,或者向上扔。”

萨尔维阿蒂:“要是它被强加于它的这样的冲力推出去,它的运动将会怎样,可以持续多久?”

辛普利邱:“它的运动会逐渐地减慢,速度降低,因为这与它的本性相反,运动持续的长短取决于冲力^②的强弱和斜面倾斜的大小。”

萨尔维阿蒂^③:“这样,您已经给我说明了一个运动物体在两个不同的平面上运动的结果。您指出,在向下的斜面上运动着重物自发地下降,并且不断加速,为了使它保持静止需要一个外力。而在一个向上的斜面上,要推动它甚至要止住它需要有力,并且加给它的运动^④会不断减弱,最后完全消失。您还说,在这个或那个情况的差别是由于平面向上或者向下的倾斜程度的大小产生的。就是说,向下的斜度越大,速度越大,相反,在向上的平面上,用同样的力推动同一个物体,斜度越

① *Ibid.*, p. 172.

② *Souigné par nous. Le texte dit: impulsio.*

③ *Dialogo*, II, p. 172 sq.

④ *Souigné par nous. Le texte dit. movimcnto.*

小,就滚得越远。因此,请告诉我,同样的运动物体,放在一个既不向上也不向下的平面上,会发生什么呢?”

辛普利邱:“这里我要想一想再回答。平面既然没有向下的斜度,就没有运动的自然的倾向;既然平面没有向上的斜度,就没有运动的自然的阻力。因此,球应该处于没有倾向与阻力的差别;因此我觉得它应该自然地保留停止(静止)。”

萨尔维阿蒂:“如果把球放置不动,我也认为是这样的。但是,如果给它一个不论向什么方向的一个冲力,接下来会怎么样呢?”

辛普利邱:“它将会向着冲力的方向运动。”

萨尔维阿蒂:“但是,这是哪一种运动呢?是在向下的平面上的加速运动呢?还是在向上的平面上的不断减速的运动呢?”

辛普利邱:“我没有看到任何加速和减速的原因,因为平面既没有向上的倾斜,也没有向下的倾斜。”

萨尔维阿蒂:“确实如此。但是,如果没有引起球减速的原因,就更没有引起球停止不动的原因了^①。那么,您认为运动物体会继续运动多长时间呢?”

辛普利邱:“这个既不上升也不下降的平面有多长,运动就会持续多久。”

萨尔维阿蒂:“如果这个空间没有端点,运动也相似地是没有终点的了,也就是说是永恒的了,是不是?”

辛普利邱:“我觉得是这样,如果这个运动物体是用牢固的材料制成的。”

水平运动的无限持久原理,以及速度的持续,由此就得到了。研究伽利略的历史学家,以及物理史家们,援引这一段叙述,以及另外一些类似的叙述,看作是惯性定律的狭义的叙述^②。而实际上,在这时,伽利略没有超过在比萨时的情况,没有能够抽象出重力作为重物的自然性质;也还是和在比萨一样,他不能忘记真实的水平面是一个球面。而接下来的讨论更好地显示了这一点。

萨尔维阿蒂^③:“这一点,即运动物体的永久性,是已经确认的,因为我们已经确定,消除所有的意外的和外部的阻碍,而运动物体的毁坏是一种意外的阻碍^④。因此,告诉我,圆球在向下的斜面上自发地运动,而在向上的平面上,没有推力就不能这样,您认为原因是什么呢?”

① L'immobilité n'est présentée par Galilée que comme le degré infini de la lenteur. Or, comme Galilée n'admet pas de passage brusque de l'un de ces états à l'autre (II, pp. 59, 63). une cause qui provoque l'arrêt doit provoquer un ralentissement progressif. Inversement, s'il n'y a pas de cause de ralentissement, il ne peut y avoir de cause ou principe de repos. L'opposition à Aristote, à la physique de *l'impetus*, à Kepler est parfaitement nette. Cf. plus haut, p. 32.

② Cf. E. Wohlwill, “Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes”, *Zeitschrift für Völkerpsychologie*, v. XV. pp. 14 sq., 132 sq., 134.

③ *Dialogo*, II. p. 173. Cf. *Idid.*, I, p. 53.

④ Pour l'aristotélien c'est là un obstacle *essentiel*.

辛普利邱：“重物的倾向是向着地球的中心运动，而向着圆周运动只有用外力，而向下的平面增加对地心的靠近，向上的平面，使它远离地心。”

萨尔维阿蒂：“那么，对于一个既不向上、也不向下倾斜的表面来说，它的各个部分一定是和地球的中心等距离的。世界上是否存在这样的平面呢？”

辛普利邱：“并不缺少这样的平面。我们地球的表面如果是光滑的而不是像它现在这样粗糙和有山丘所覆盖的话，就是这样的平面，平静的水面也是这样的平面。”

萨尔维阿蒂：“海面不是也是这样的一个平面吗？因此，一艘船航行在这样的表面上，它一旦获得冲力，它就将匀速地和持续地运动。在船的桅杆顶上的那个石块，它由船带动着，沿着圆周航行，它不是在运动吗？因此，只要外部的阻力被排除了，它不就有了一个不会消失的运动^①了吗？而且这个运动不是具有了和船一样的速度了吗？”

在这里我们又回到了关于在与动因分离的，而且好像被置于被布鲁诺讨论的位置，运动物体中的运动持续的经典问题上来了^②。我们也将会和布鲁诺一样，要在亚里士多德关于媒介的作用的理论和“巴黎学派”的冲力理论之间作出选择吗^③？

是，也不是。无疑，亚里士多德的理论是要被完全放弃的，但是，“巴黎学派”的理论不能被那样采纳，它将经受，或者更准确地，它已经经受了一个深刻的变化：冲力已经不再被理解为运动的原因，它等同于运动本身。

亚里士多德信徒反对冲力理论最有力的反对意见是一个类似的论据：偶性不能由一个物体传到另一个物体；因此，冲力不能由一个物体传到另一个物体。伽利略回答道，当然是这样，如果冲力的意思是一个力，它引起运动；但是，运动自身是在物体之间传递的。

伽利略运用了“巴黎学派”的一个旧有的论证，来反对亚里士多德的理论。风很容易地吹起一片羽毛，或者一块软木，但是，它不能吹起石头，或者大炮的炮弹……当一块石头或者一个炮弹被用手或者用射石炮抛出时，它比羽毛和一块软木飞行得要远很多；重的摆比轻的摆运动的时间要长很多；箭抵抗风飞行，当它被向前发射时，比横着发射时，它飞行得更好。亚里士多德把运动的原因置于空气中，他的错误是造成了一种混淆，他把处于运动的易性与积累和保存运动的能力混淆在一起。无疑，前者与轻性有关；相反，后者是与重力有关。当然，位置会对运动物体的运动有影响，一般地说，这是一种障碍。但是，运动是属于运动物体自身的。由此我们可以得出，在石块从桅杆上离开以后，船运动的冲力对它仍然保留有不可去掉的影响，……并且，这个运动对石块向下的“自然”运动既不产生阻碍，也

① Souligné par nous. Le texte dit: *d'un moto indelebili in lei*.

② Cf. *plus haut*, p. 13 sq.

③ Telle est l'interprétation de DUHEM; cf. *Etudes sur Léonard de Vinci*, v. III, p. 560 sq.

不导致延迟。因此，尽管由于具有船的运动速度，石块的轨道可以被任意地延长，但是，石块由桅杆顶部落到桅杆的脚下的时间与船静止时石块运动的时间是一样的。而且，一个由高塔的顶端水平发射的炮弹，尽管它可以飞行2、3、6或者10英里，但是，它与一个直接下落，没有得到任何推进的炮弹，会准确地同时落地^①。

正如我们可能期望的那样，这些令人惊奇的和悖论式的结论还不足以说服辛普利邱相信伽利略关于运动的相对性和每个冲力的相互独立。他的疑惑还远没有消除。也许，他有礼地暗示，这是他自己的错，因为他领悟事情不像沙格列陀那样快，在任何情况下，在他看来“如果这个石头在船的桅杆顶时分享的运动^②……以一种不可消除的方式^③在石块离开船之后，保存在石块中，那么同样，如果某人在奔驰的马上让一只球从他的手中下落，那么这只落向地球的球，好像应该会继续跟随着马的奔驰，而不会落在后面。我不相信可以看到这样一种现象，除非骑马的人把这只球沿着马奔跑的方向抛出。因为，如果不是这样，我相信球将留在它落地的地方。”

现代的读者要有不耐烦的情绪了。他会说，这些无止境的重复是为了什么目的？辛普利邱的例子并没有提出任何新的内容，也没有使讨论有任何清晰，这还不清楚吗？他甚至可能会怀疑，伽利略是不是想用向我们展示亚里士多德信徒们比什么都愚笨的方式，来嘲笑他们。这个现代的读者错了，有关骑马的人的这个例子提出了新的内容，它使我们又前进了一步，而且，伽利略让辛普利邱来提出这个例子，并不是嘲笑他，完全相反，他是十分机敏的。

事实上，球从桅杆顶端下落和球由骑马者松开这两种情况，对我们来说是一致的。但是对于16世纪的物理学来说是不同的：抛出一个球和将它松开，并不是相同的事情。以后伽桑迪还要论述这个问题^④。此外，由桅杆的顶端下落的球无疑是与之分开的，但是，与从骑马者让其落下的球相比不是那么彻底。因为在达到地面以前继续通过空气的运动与在达到那里以后继续这个运动，是完全不同的事情。

因此，区别于辛普利邱，伽利略将向我们证明这两种情况的等价，即“抛出”球和“放下”球的情况。他指出^⑤：“当您用手臂扔球的时候，在球离开您的手臂之后，在球上除了还保留着由您手臂得到的运动^⑥（继续推动球运动得更远）以外还有什

① *Dialogo*, II, p. 180. Cest Sagredo, la *bona mens*, qui développe les conséquences de la doctrine galiléenne.

② *Dialogo*, II, p. 181. Souligné par nous: *Moto participato dalla pietra*.

③ Souligné par nous.

④ Mersenne, dans la préface à sa traduction des *Mécaniques* de Galilée (Paris, 1634) note encore avec étonnement le fait allégué par Simplicio! voir aussi GASSENDI, *De moto impresso a motore translato*, Paris, 1642, pp. 22 sq.

⑤ *Dialogo*, II, p. 182. Toute la première partie du *De Moto ...* de Gassendi est consacrée à l'établissement de cette équivalence.

⑥ Souligné par nous.

么呢？因此，给球以冲力的是您的手还是马，是没有区别的。当您骑在马上时，您的手以及手上的球不是和马运动得一样快吗？无疑是这样。因此，只要手松开，球就离开手并具有一个运动^①，这个运动不是从你的手臂特有的运动得到，而是从马的运动得到，运动先被传到您，传到您的手臂，到您的手，最后传给了球。

“我要补充的是，在骑行时，如果骑马的人用他的手臂把球向马的运动相反的方向扔出，当球落到地面时，尽管它是被向相反的方向抛出了，但它有时还是跟着马前进，有时落在地上不动。只有当球从手臂获得的运动的速度是超过了马的运动的速度时，球才会向和马前进的方向相反的方向运动。有些人说，骑马的人能够向他前进的方向投出标枪，在马上追着它，并且最终抓住它。这是蠢话，因为要使抛射体回到手中，必须将它向上抛出，就像站着不动时那样……”因此，很显然，考虑到箭（或者其他所有由骑马的人抛出的空气中的东西）已经参与了马的运动，当它被抛向空气中时，就保持着这个运动；换言之，一旦我们看到在骑马的人和他的标枪的力学系统（就像在船的力学系统中）共同的运动“就像是不存在一样”。

仔细地分析那些辛普利邱、沙格列陀甚至伽利略本人同样愿意分析的现象，对于我们来说是需要太多的时间，而且也还是相当无用的，由这些现象达到了伽利略物理学的最重要的那些原理：运动的相对性、相互独立和守恒。这些“情况”，不合情理的和让人震惊的状况的提出来是为了使读者对新物理学的原理熟悉起来：在一艘运动的船上书写信的情况；让一个球在斜面上滚动的情况，这个斜面放置在运动的马车上，以致当球滚出斜面掉到地上时，球有时静止，有时向前滚，有时会向后滚，远离马车；滚球游戏者的情况，他给球一个自转的运动，在向前抛出时，可以让球向后转；球的情况，它在空气中以不同的速度转动和跳跃^②……这些例子也被引入，并且这并非不重要的考虑，以便于在读者的思想中分离平移运动和旋转运动的概念。因为在新物理学中，不仅是绕转的运动，而且所有的运动都是守恒的。

现代的读者到目前为止无疑已经受够了；讨论已经够长的了。这是因为现代的读者事先已经信服了。很长时间以来，他已经熟悉了运动的经典概念。伽利略那个时代的读者不是这样。这个观念，某个东西是和又不是守恒，并且从一个物体传递到另一个物体的概念，对于当时的读者好像没有直接的含义，甚至（并非没有道理地）比亚里士多德的运动过程的概念还难以理解。当然，他不能否认沙格列陀所援引的那些现象。但是，他仍然怀疑。借助辛普利邱之口，他再一次^③要求实验的证实。他指出，“我希望我们找到某种方法来进行一个有关这些抛射体运动的实验……”，而沙格列陀自己用一个小的敞篷马车，在马车上放置好弩，让它以一个中

① *Souigné par nous.*

② *Dialogo*, II, p. 180 sq., p. 197.

③ *Dialogo*, II, p. 191.

等的方向向上，即以射程最远的角度，让马车运动，一次向着马车运动的方向发射，一次向相反的方向发射，仔细地测量每一次马车所在的位置。因此，我们可以看出是否有一次的射程比另外一次的要更远一些^①。

辛普利邱似乎很好地想象出这个实验^②。因此，他说^③：“对于发射的射程，即箭落地的地方和马车在箭落地的时候所在的位置之间的距离，我不怀疑这个射程，在向马车运动的方向发射时比向相反的方向发射会小得多。例如，假定射程本身是300码，而箭飞行时，马车走的距离是100码，那么向马车运动的方向发射时，马车将通过300码射程中的100码，因此在箭落地时，箭与马车之间的距离只有200码。相反，在另一次发射(235)马车和箭运动的方向相反，当箭飞行它的300码时，马车向相反的方向走了100码，马车和箭之间的距离将是400码。”

萨尔维阿蒂：“有什么办法使两种射程相等呢？”

辛普利邱：“除了让马车停止以外，我不知道还有其他的办法。”

萨尔维阿蒂：“当然，我所问的是，在马车全速前进时的情况。”

辛普利邱：“也许可以在朝马车前进的方向发射时，把弓拉紧，而在向相反的方向发射时，拉松一些。”

萨尔维阿蒂：“因此，还是有其他的方法。但是，弓要拉多紧，放多松呢？”

辛普利邱：“在我们的例子中，我们假设了弓可以射300码，所以朝马车前进的方向发射时，需要把弓拉紧到能够发射400码，而朝相反的方向发射时，把弓松到只发射200码。这样，每次发射对马车位置的距离都是300码，因为马车走的100码要从400码的那次发射中减去，并加到200码那次发射上，从而使两次发射的射程都是300码。”

辛普利邱的推理，让我们再说一次，一点也不荒谬。在亚里士多德的物理学中，抛射体的运动是由于环境的反作用而产生的，因此，这个运动在那里完全与运动的原因独立，就像对于我们来说的光波的传播运动一样。

沙格列陀所设想的实验对于大炮的反对论据来说，就如同运动的船对于重物从高塔顶部下落的情况，具有同样的作用。并且在每一种情况下，我们都从地球上的物理学现象得到了天体物理学现象的结论。在这个或者那个，我们都消除了运动的“自然的”特点。

让我们回到《对话》。实际上，我们已经处于一个重要的时刻。萨尔维阿蒂问道^④：“弓的松紧程度对箭会产生什么影响？”辛普利邱回答说：“紧的弓能使箭具有较高

① *Dialogo*, II, p. 194.

② *Remarquons, en passant, que l'expérience restera imaginée, En effet, dans le galiléisme, les expériences les plus importantes sont des "expériences de pensée".*

③ *Dialogo*, II, p. 195.

④ *Dialogo*, II, p. 195.

的速度^①，松的弓则使箭具有较低的速度，而同样的箭它发射时的速度快，就射得远。”

萨尔维阿蒂：“因此，为了使两只向不同方向发射的箭都与运动着的马车的距离相等，就必须在第一次发射时比如说是箭是以4级的速度^②飞出，在另一次发射时箭只以2级的速度飞出。而如果我们每一次都用同样强弱的弓，箭在每一次将总得到3级的速度。”

辛普利邱：“正是这样。这就是为什么当马车奔跑时，如果同样地拉弓，箭的射程不能相等的原因。”

萨尔维阿蒂接着说^③：“然而，当马车运动时，是否马车上的一切东西也以相同的速度运动呢？”

“这是当然的。”

萨尔维阿蒂：“那么，弓、箭，还有拉弓的弦，它们都参与马车的运动，已经具有了1级的速度。结果，当箭被向着马车运动的方向发射时，弓把它的3级的速度赋予箭，由于马车带着箭在这个方向运动，箭已经具有了1级的速度，因此当箭离开弓弩时，它具有4级的速度。相反，当向相反的方向发射时，弓同样使箭获得3级的速度，而箭以1级的速度向相反的方向运动，因此，箭离的时候，只有2级的速度。但是，您自己已经声称，为了使射程相等，在一种情况下要使箭有4级速度，在另一种情况下，要使箭有2级速度。即使弓不变化，马车本身的运动能够调整射程，这一实验给那些不愿和不能靠推理而信服的人解决了问题^④。”

“因此，把这个推理应用到大炮的情况，您就会发现，无论地球运动还是静止，无论向什么方向发射，以同样的力发射，将总是同样的射程。”

让我们在这里停顿一下。

我们已经达到了的这些结果——运动守恒定律，圆周运动的一致性和不确定的持续，确切地说，它们是在《对话》的开始就被提出了的^⑤；而运动相对性原理（这个原理支配所有以后的讨论），是在“第二天”的开始提出的。但是，这些原理，尽管它们自身也许是一目了然的，尽管（使用一个不是伽利略的术语，虽然它可能成为）它们在我们理性中可能是天生的^⑥，它们是如此奇怪的，并且得出了看起来出人意料的结果，以至于尽管辛普利邱承认它们，但其实没有接受它们。在最初的场合他就表示反对。这是他的思想（一个有教养的人的思想）被那些旧有的习惯充塞着，

① Souligné par nous.

② Souligné par nous.

③ *Dialogo*, II, p. 196.

④ Pour ceus qui peuvent “ouvrir leurs yeux à la raison” cette expèricne — *l'esperienza sensata* que cherche Simplicio —, est visiblement inutile.

⑤ Cf. *Dialogo*, I, p. 53.

⑥ L'innéisme galiléen, comme celui de Descartes, est un reflet du platonisme.

被那些二手的观念充塞着，从他的教育中获得的观念，以至于他不基于这些传统的概念来进行思考是不可能的。他接受了运动守恒定律（不能够做其他的，并且已经以某种方式自己推断），但由于他还是继续以亚里士多德的范畴思考运动，由于对于他来说，新的运动概念既不清晰，也不习惯，所以他将依据已经被驳倒了原理重新提出反对意见。因此，他必须习惯于以新得到的那些观念进行思考^①。

那么，这里的这些观念，伽利略是怎样使它们深入到读者的思想中的呢？他不是也像笛卡尔一样，简单地抛弃经院的运动定义，用其他他自己的定义来取代它？完全不是。伽利略采取的是逐渐地转变的方式。他重现历史的发展，并且由这个观点来看，得到的进展是不能忽视的。亚里士多德论据的讨论在被哥白尼忽视的那一点重新开始：即解释它们效果的差异的自然运动和强迫运动之间的质的区别。现在还有一个不易察觉的逐渐变化，地球的自然运动（它被逻辑地用它的“本性”和“形式”来解释）被赋予在了地球上的物体，而不再作为本性的一个共性的结果，而只是因为它们一致地参与了这个运动。还有另一个逐渐的变化，地球的运动对于我们好像并不由于它是圆周运动而具有特殊的性质，一个新的逐渐变化的特点还扩展到在海上运动的船……自然运动的特殊性完全消失了。此后，运动守恒不再因为它是自然的，而仅因为它是一个运动。运动是守恒的，而且它是对运动物体的去不掉的印记，辛普利邱自己也理解和接受了这一点。事实上，他没有寻找一个绝对圆的球在水平面上滚动时运动持续的原因，没有原因使它停下来，这就足够了。

同样的策略也运用在冲力概念的转换上。伽利略在开始他的对亚里士多德物理学的置疑时，借助了“巴黎学派”物理学的积累和发展的那些反对意见和观念。但是，当人们被那些折衷的和混淆的概念说服以后，伽利略放弃了作为运动起源原因的冲力的概念。因此，随着《对话》的发展，我们可以发现冲力等同于动量、运动、速度——连续微小的修正，不知不觉地引导读者走向关于在运动物体中是守恒的运动悖论的概念，走向关于“抹不去地印在”运动物体的速度悖论的概念。

从理论上说，圆周运动的特殊地位已经打开了缺口，运动自身是守恒的，而不是圆周运动。但是，这只是从理论上说，在实际上，《对话》没有达到这个阶段。不管其他人声称了什么，没有达到这一步，也没有达到惯性定律。无论在《两门新科学》还是在《对话》中，伽利略从来没有确认直线运动的永久守恒。这是由于一个简单的原因，对于伽利略来说，重物做这样的直线运动是一件不可能的事情，而没有重量的物体将不能作为物体而且不能运动^②。

（本文选自 A·柯依列著《伽利略研究》，李艳平、张唱芳、李萍萍译，江西教育出版社，2002年，164~194页。）

① Plus exactement, ce n'est même pas Simplicio, c'est le lecteur qu'il faut éduquer. Mais le lecteur ne peut l'être qu'à travers Simplicio.

② *Dialogo*, II, p. 193.

3.3 牛顿综合的意义^①

亚历山大·柯瓦雷

要想用短短几句话就说清楚牛顿科学的世界观的诞生、成长以及衰落的历史，这显然是根本不可能的，即便要列出一个牛顿著作的比较完整的清单，也同样会使人一筹莫展。^②于是我不得不根据需求，把叙述限于那些最关键的地方，以对这个主题作出提纲挈领的把握。而且，我这样做时将假定读者已经具备一定的知识。我想这个假设还算合理，因为事实上我们每个人对牛顿都略知一二，而且对他的了解一定比生活于17世纪——这个世纪曾被怀特海称为“天才的世纪”——的其他大科学家和哲学家都多。

例如，我们知道光的分解的想法以及关于谱色的第一个科学理论，^③要归功于牛顿的洞察力及其实验天才——不是技能，其他人，比如胡克的技能并不亚于他，

① 1948年3月在芝加哥大学所作的讲演；发表于 *Archives Internationales d' Histoire des Sciences* [国际科学史档案] 3 (1950), 291~311；重印于 *Journal of General Education* [普通教育杂志] 4 (1950), 256~268。

② 关于牛顿科学工作最优秀的一般性论著仍然是 F. Rosenberger, *I. Newton und seine physikalischen Principien* [牛顿及其物理学原理] (Leipzig, 1895)。也可参见 H. W. Turnbull, *The Mathematical Discoveries of Newton* [牛顿的数学发现] (London: Blackie, 1945)；S. I. Vavilov, *Isaac Newton* [伊萨克·牛顿] (Moscow: Akademiia Nauk, 1943), German translation (Berlin: Akademie — Verlag, 1951)；以及 I. B. Cohen, *Franklin and Newton* [富兰克林与牛顿] (Philadelphia: The American Philosophical Society, 1956)。牛顿最出色的传记是 L. T. More, *Isaac Newton* [伊萨克·牛顿] (New York and London: Scribner, 1934)。

③ 用晶体和水滴来产生谱色，以及随之发展出来的彩虹理论，有着一段相当长的历史与历史背景，它可以从中世纪一直追溯到古代。17世纪对它进行研究的著作主要有：Marcus Antonius de Dominis, *De radiis visus et lucis in vitris perspectivis et iride tractatus* [论透视镜中的可视与可见半径及论海潮] (Venice, 1611)；Descartes, *Discours de la méthode* [方法谈] (Leiden, 1637) 后面所附的“Dioptrique”[屈光学]和“Météores”[气象学]，Marcus Marci, *Thaumanthias, liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura* [关于天弧(彩虹)及其表面颜色的本性] (Prague, 1648)；F. M. Grimaldi, *Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride* [关于光、色与潮的物理数学探讨] (Bologna, 1665)；特别是 Robert Boyle, *Experiments and Considerations Upon Colours* [关于颜色的实验和思考] (London, 1664) 和 Robert Hooke, *Micrographia; or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses* [显微术] (London, 1665)。牛顿的功劳并不是发现这些现象，而在于①把精确的测量应用于他的研究，②把谱色解释成白光被棱镜分解(且重新组成)为各单色光，而不是像此前所认为的，是白光在通过棱镜时发生了质的改变。关于这个问题的历史，可以参见 Vasco Ronchi, *Storia della luce* [光的历史] (Bologna: Zaichelli, 1939; 2nd ed., 1952) 以及 Roberto Savelli, “Grimaldi e la rifrazione,” [格里马尔迪与折射] *Cesalpina*, 1951。

甚至比他还高；运动与作用力的基本定律^①得以明确提出——尽管不是被发现——以及科学探索的方法和意义得以被清楚地认识，也都要归功于他那深刻的哲学思想；是他发明的微积分，使得天上地下的引力能够被证明是一致的，并且找到了把无限宇宙中最小与最大的物体——星体与原子——联系起来（至少到目前为止还是如此）的引力所遵从的基本规律。当然，我们也知道不是牛顿，而是其伟大的对手莱布尼茨^②使无穷小演算^③有了实际的传播与发展，否则，牛顿的“世界体系”（*systema mundi*）将不可能被逐渐拓展与完善。

而且，即使不是所有的人，我们中的大部分人也都是出生并且成长于——或者更确切地说，不是出生于（因为这是不可能的），而只是成长于——牛顿的，或至少也是半牛顿的世界中。我们所有人，或几乎所有的人，都已经把牛顿的世界机器当成宇宙的真实图景和科学真理的体现，这是因为在二百多年里，它一直都是近代科学以及经过启蒙时代洗礼后的人类的普遍信条和常识（*communis opinio*）。

于是我似乎可以假定，当说到牛顿和牛顿主义时，我们都或多或少地知道所谈的是什么。或多或少！不知怎地，当这个词和牛顿连在一起使用时，我总是感到不太恰当，因为在以牛顿为继承者和最高表现的17世纪中，可能牛顿主义甚或整个科学革命的最深层的意义和目标，恰恰就是要粉碎一个“或多或少”的世界，一个充满着质和可感知觉的世界，一个沉醉于日常生活的世界；取而代之的则是一个精确的、可以被准确度量、并且被严格决定了的（阿基米德式的）宇宙。

现在让我们来仔细研究一下这场革命，自从两千年前希腊人发明了 *cosmos*^④ 以来，它即使算不上是人类所取得——或遭受——的最深刻的变革与转换，也至少是其中之一。^⑤ 这场革命已经用许多方式被描述和解释过了——其中解释远多于

① 运动定律的发现归功于伽利略和笛卡尔。参见我的 *Études galiléennes* [伽利略研究] (Paris: Hermann, 1939); 还可参见 R. Dugas, *Histoire de la mécanique* [力学史] (Paris: Éditions Dunod, 1950) 和 *La Mécanique au XVII^e siècle* [17世纪的力学] (Paris: Éditions Dunod, 1954), 以及 A. R. Hall, *The Scientific Revolution* [科学的革命] (London: Longmans, Green, 1954)。

② 今天没有人会怀疑莱布尼茨发明微积分的完全的独立性；也从未有人怀疑过莱布尼茨发展的符号体系的优越性。参见 H. G. Zeuthen, *Die Geschichte der Mathematik im XVI. and XVII. Jahrhundert* [16、17世纪数学史] (Leipzig: Teubner, 1903); C. B. Boyer, *The Concepts of the Calculus* [微积分概念史] (Columbia University Press, 1939; 2nd ed., New York: Hafner, 1949)。因此注意到下面这一点是很有趣的，阿达玛教授曾经认为莱布尼茨的体系逊于牛顿的体系就像“微分”的概念逊于“流数”的概念一样。参见 Jacques Hadamard, “Newton and the Infinitesimal Calculus,” [牛顿与无穷小演算] in the Royal Society of London, *Newton Tercentenary Celebration* [牛顿三百周年文集] (Cambridge, England: University Press, 1947), 35-42。

③ 无穷小演算 (infinitesimal calculus) 是微积分 (differential and integral calculus, 或简称 calculus) 的旧名。——译注

④ *cosmos* 是指和谐、有序、结成整体的宇宙概念。——译注

⑤ 参见我的 “Galileo and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century” [伽利略与17世纪科学革命], *Philosophical Review* 52(1943), 333-348。

描述——某些人强调了新科学中经验与实验所扮演的角色，近代的人开始与学究式的学习相抗争，他们开始相信自己，相信通过对感官与智力的训练，人就可以凭借自己的力量去发现真理。这些信念被培根和笛卡尔强有力地表达了出来，一反以往流行的对传统和神的权威凌驾于一切之上的价值的信仰。

另一些人则强调了近代人的实用态度。中世纪和古代的人据称在沉思的生活(*vita contemplativa*)中看到了人的生活的极致，而近代人则从中摆脱出来而转向了行动的生活(*vita activa*)；因此他再也不能从纯粹的沉思和理论中获得满足，而是渴望一种能够实际运用的知识：用培根的话来说，这是一种行动的或操作的知识(*scientia activa, operativa*)，或者用笛卡尔的话说，这是一种使人变成自然的拥有者与主宰者的科学。^①

我们有时会听到这样的说法，认为新科学是一种工匠与技师的科学，一种实用的、富有创业精神并且精于策略的商人的科学，说到底，它是一种近代社会新兴资产阶级的科学。^②

① 哲学家们经常容易错误地判断其同时代哲学的地位，(当考察过去时)他们往往会忘记哲学的(和宗教的)的学说与其说是在表达，不如说是在反对当时流行的趋势。

② 关于近代科学兴起的心理社会学解释，通常是两种毫不等价的理论的混合体：①近代科学是16、17世纪技术发展的衍生物；它是由技术专家，民间的特别是军事的工程师(莱奥纳多，斯泰里努斯)，由于威尼斯军械库的工匠等等创造的；②近代科学是由于随着工艺学日益增长的重要性，以及16、17世纪资产阶级的不断壮大，一些科学家开始思考从阿基米德时代就一直被忽略了的问题而产生的。在我看来，这两种理论都缺少以下几点内容：①对纯数学理论的兴趣在导致——并被保持下去——希腊科学再发现的过程中所扮演的角色；②天文学研究压倒一切的重要性及其独立的发展，它主要是由对宇宙结构的纯理论兴趣所推动的，相比之下，那些实际的需要，比如确定海上的经度等等所起的作用则要小得多。再有，他们忘记了数学家和天文学家(更不用说实验物理学家)同神学家和律师一样(甚至有过之而无不及)也需要钱，因此他们很可能故意去强调自己工作的实用价值，以把他们的科学“卖给”那些富有但却无知的赞助人。这种宣传手段绝不只是20世纪的特色，它从16世纪就开始了。培根主要是由于作为一个宣传家的技巧和效果(运用面部肌肉的能力)，才使自己在17、18世纪的科学家中流行的。关于心理社会学(马克思主义者和半马克思主义者)理论的最好文献可以参见：F. Borkenau, *Der Uebergang vom feudalen zum bürgerlichen Weltbild*[从封建的世界观到资产阶级世界观的转变](Paris: Alcan, 1934)；B. Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s Principia,”[牛顿《原理》的社会和经济根源] in *Science at the Cross-roads*[十字路口的科学]；*Papers Presented to the International Congress of the History of Science and Technology Held in London, 1931*, by the delegates of the U. S. S. R. (London: Kniga, 1931)；以及 E. Zilsel, “The Sociological Roots of Science,”[科学的社会学根源]*American Journal of Sociology* 47(1942), 544-562。关于对它的批评，参见 G. N. Clark, *Science and Social Welfare in the Age of Newton*[牛顿时期的科学与社会状况](London: Oxford University Press, 2nd ed., 1949)；H. Grossmann, “Die gesellschaftlichen Grundlagen der mechanistischen Philosophie und die Manufaktur,”[机械论哲学的社会基础与生产者]*Zeitschrift für Sozialforschung*, 1935, pp. 161 sq. 也可参见 P. M. Schuhl, *Machinisme et philosophie*[机械论与哲学](Paris: Presses Universitaires de France, 1938; 2nd ed., 1947)，以及我的论文“Les Philosophes et la machine,”[哲学家与机器]*Critique* 23(1948), 324-333 and 27: 610-629；以及“Du monde de l’à peu près à l’univers de la précision,”[从大的世界到精确的世界]*Critique* 28(1948), 806-823, reprinted in *Études d’histoire de la pensée philosophique* (Paris: Armond Colin, 1961)。

在这些描述和解释中当然存在着某些真实之处：毋庸置疑，近代科学的成长是以城市的发展为前提的；火器，特别是火炮的发展，显然使弹道学的问题受到了重视。航海，特别是通往美洲和印度的航行，也推进了钟表的制造等等。然而我必须承认，我对这些解释并不满意。我看不出所谓“行动的科学”是怎样帮助微积分发展的，还有资产阶级的兴起是怎样服务于哥白尼以及开普勒的天文学的。至于经验与实验——我们不仅需要把这两样东西区别开，甚至还应把它们对立起来——我确信实验科学的兴起与发展，是那种对于自然的新的理论理解，即新的形而上学理解所导致的结果，而并非相反是它的原因。这种新的理解构成了17世纪科学革命的基本内容，在试图给出一个关于它的历史出现的解释之前（不论它是什么样的解释），我们必须首先弄清楚它的内容。

因此，我将把这场革命的特征归为两点，它们紧密联系甚至互补：(a)cosmos的瓦解，以及基于这个概念的所有想法——即使实际上不全是，至少原则上也是如此——都随之从科学中消失；^①(b)空间的几何化，也就是用均匀的、抽象的——无论我们现在认为它是多么真实——用欧几里得几何刻画的度量空间，来取代前伽利略物理学与天文学所采用的具体的、处处有别的处所连续统。

事实上，这种特征的赋予几乎等同于把自然数学化（几何化），因而也几乎等同于把科学数学化（几何化）。

Cosmos 的消失——或瓦解——意味着，科学的世界或者真实的世界不再被认为是一个有限的、秩序井然的、从而在质上和本体上都处处有别的整体，而被认为是一个开放的、无定限的、甚至是无限的宇宙，它不是因其固有结构，而是由于它所容纳的东西和基本规律的一致而被统一起来；^②传统观念认为有两个世界，即生成的世界与存在的世界，或是天上的世界和地上的世界，它们相互分离，彼此完全不同。现在的宇宙则与此相反，它所有的部分似乎在本体论上都没有什么差别，天的物理学（*physica coelestis*）和地的物理学（*physica terrestris*）是相同的和统一的。在这个宇宙中，天文学和物理学由于服从几何而变得相互依赖和统一。^③

这又反过来暗示着，所有基于价值、完满性、和谐、意义和目的的想法都要从科学思想中消失，或者说是被强行驱逐出去，因为从现在起，这些概念只是些主观的

^① 正如我们所要看到的，牛顿的科学，或者至少是牛顿的世界观，断言了世界（太阳系）的目的论特征，但它不是从一个目的来导出世界的特征的。开普勒仍然沿用了这种解释方式。

^② 空间的几何化必定隐含着空间的无限化，因为我们不能给欧几里得空间设定界限。相应地，秩序的瓦解可以被描绘成——M. Nicolson 小姐的说法——“圆的打碎”，或者——我自己的描述——“冲破地球”。

^③ 参见我的 *Études galiéennes* 和“Galileo and Plato”[伽利略与柏拉图]，*Journal of the History of Ideas* 4(1943), 400-428, reprinted in Philip Wiener and Aaron Noland, eds., *Roots of Scientific Thought* (New York: Basic Books, 1957)。

东西,它们在新的本体论中没有地位。或者换句话说,所有作为解释方式的形式因和终极因在新科学中消失了,或者说是被抛弃掉了,取而代之的则是一些最有效力的甚至是物质的原因。^① 只有这些原因,才有可能被纳入到这一几何实体化了的新宇宙中,也只有在这个抽象物体在抽象空间中运动的抽象且真实(阿基米德的)世界中,新的——古典的——科学中有关存在与运动的定律才可能是有效的和真实的。

现在就很容易理解,为什么古典科学——正像通常所说的那样——是用一个量的世界取代了一个质的世界。这是因为——这一点亚里士多德早就清楚地知道——在一个数或几何图形的世界中是没有质可言的,在以数学为本体的王国中不会有它们的位置。

不仅如此,现在也很容易理解,为什么古典科学——这一点很少被注意到——是用一个存在的世界取代了一个生成与变化的世界。正如亚里士多德也说过,这是因为在数和图形中没有变化与生成。^② 但是为了达此目的,它的基本概念,比如物质、运动等等都不得不重新建构、重新表述或是重新发现。

如果考虑到这场如此深刻与根本的革命的范围之巨大和意义之深远,我们就不得不承认,总体说来,它发生的速度是惊人的。

正是在1543年——牛顿诞生一百年前——哥白尼把地球从其根基中掘出,抛入了天穹。^③ 在接下来那个世纪之初(1609年和1619年),开普勒提出了它的天体

① 常有人说,近代科学的特征是放弃对原因的寻求,而只限于用定律去解释自然。然而,正如 P. Duhem, *ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, Essai sur la notion de la théorie physique de Platon à Galilée* [拯救现象:论从柏拉图到伽利略的物理理论观念](Paris: Hermann, 1908), *La Théorie physique: Son objet, sa structure* [物理理论的目的与结构](Paris: Chevalier and Rivière, 1906) 所表明的,这种“实证论的”态度绝非在近代才产生,它在古希腊和中世纪的天文学与哲学中都有广泛的论述,托勒密体系中的圆、偏心圆、本轮往往被当作纯粹的数学工具而非物理实在。中世纪时期提倡此观点的主要是阿维罗伊;至于托勒密自己,则似乎在其《至大论》(*Almagestum, Mathematical Syntax*)中采纳了这种观点,尽管在《关于行星的假说》(*Hypotheses of the planets*)中还没有。另一方面,正如 E. Meyerson, *Identité et réalité* [同一与实在](Paris: Vrin, 5th ed., 1951), trans. Kate Loewenberg as *Identity and Reality* (New York: Dover, 1962) 与 *De l'explication dans les sciences* [科学中的解释](Paris: Payot, 1921) 中令人信服地表明的那样,这种抛弃从来都只是暂时的,科学思想总是试图透过定律到达其背后去找出现象的“产生机制”。我可以补充的是,一方面正是由于对天体运动的因果律的寻求,才使开普勒开创了被称为天的物理学的“新天文学”,而另一方面,正是由于缺乏重力理论,才导致伽利略错误地把引力当成了一种恒常的力。

② 因而牛顿的《光学》否认光透过棱镜时会发生任何质的改变。棱镜只是相当于一个把混合物分离开的筛子,它把白光分解成几种不同的光线,其实他们在混合的白光中就是这样。按照牛顿的说法,棱镜实验就像每个好的实验一样,它揭示了某种早已在那的东西,而没有产生任何新的东西。

③ *De revolutionibus orbium coelestium* [天球运行论](Nuremberg, 1543)。

运动定律，摧毁了那些包围着世界且使之得以维持在一起的轨道和天球；^①与此同时，伽利略正在制造着第一批科学仪器，向人类展示着肉眼从未见过的东西，^②从而拉开了对无限大与无限小这两个彼此相连的世界进行科学研究的序幕。

而且，伽利略正是通过“让数支配运动”，才为建构那些物质与运动的新概念扫清道路，这些新概念成了新的科学和宇宙论的基础；^③笛卡尔 1637 年^④试图通过一些概念——把物质与空间等同起来——来重建世界，结果失败了；而牛顿则通过另外一些概念——重新区分物质与空间——来进行他自己的重建工作，结果是那样地辉煌和成功。

在古典科学中运用得如此成功的新的运动概念是相当简单的，它是那样地简单，以至于虽然使用起来很容易——一旦像我们这样习惯了它——却很难被完全理解和把握。我不能在这里分析它们了，^⑤不过我想指出一点，正如笛卡尔明确告诉我们的，新的运动概念是用一个纯数学的观念取代了一个物理的观念。在前伽利略和前笛卡尔的观念里，运动是一种变化的过程，它可以影响运动的物体，而静止则不会；与此相反，新的——或者古典的——观念则把运动当成一种存在，也就是说它不是一个过程，而是一种状态(*status*)，这种状态同静止一样持久和难以破坏，^⑥而且它们都不会对运动物体产生什么影响。运动与静止就这样被置于同一本体论层次，它们之间质的区别被消除了，彼此变得无法区分。^⑦它们仍然是相反的——甚至还超过以前——但这种相反变成了一种纯粹的关联。运动与静止再也

① 前两条定律在 *Astronomia nova AITIOΔOLOGHTO Σ sive physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae martis* [新天文学] (1609) 中；第三条定律在 *Harmonices mundi* [世界的和谐] (Lincii, 1619) 中。

② *Sidereus nuncios* [星际使者] (Venice, 1610)。

③ *Dialogo... sopra i due massimi sistemi del mondo* [两大世界体系的对话] (Florence, 1632) 和 *Discorsi e dimostrazioni intorno à due nuove scienze* [两种新科学的对话] (Leiden, 1638)。

④ *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences* [方法谈] (Leiden, 1637) 与 *Principia philosophiae* [哲学原理] (Amsterdam, 1644)；但在 1629 与 1630 年他未发表的“*Monde ou traité de la lumière*”[论世界或论光]中已经出现了。

⑤ 参见我的 *Études.galiéennes*。

⑥ 因此，运动可以独自存留(*sua sponte*)——就像静止一样——它不需要一个内或外的动力或原因就可以持续。相应地，运动保持不变——因为变化隐含着原因——也就是说在同一方向保持同样的速度；正是对于这种运动——直线的和不变的——牛顿才用了“惯性的”这个术语；参见第三篇，“牛顿与笛卡尔”。“惯性”这个术语起源于开普勒，他赋予了它“对变化的抵抗”的含义。于是对开普勒来说，运动是一种变化，惯性就是对运动的抵抗；而对牛顿来说，运动不再是变化，惯性也成了对(正的或负的)加速度以及方向变化的抵抗之力。

⑦ 笛卡尔曾明确地(*expressis verbis*)断言直线运动与静止的等价性。在牛顿的物理学中，相对运动和静止是等价的，而绝对运动和静止当然是不等价的。不幸的是，它们至少对我们来说还是不可区分的，如果对上帝而言不是这样的话。

不为物体本身所具有,物体只是彼此之间或相对于它们存在、静止或运动于其中的空间而言是静止或运动的;尽管运动与静止都被看作状态,但它们是有联系的。正是这种概念——牛顿无疑是很清楚其内在困难的——承载着——也许是暗中破坏着——古典科学辉煌的结构体系。正是关于这种运动,牛顿在其著名的第一定律或公理中告诉我们:每个物体都保持其静止或沿一直线作匀速运动的状态,除非有力加于其上迫使它改变这种状态(*corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare*)。^①

这个定律中所涉及的运动并不是我们经验中的物体的运动,我们在日常生活中并没有碰到它,因为它是几何(阿基米德的)物体在抽象空间中的运动,这就是为什么它与变化无关的原因。几何物体在几何空间中的“运动”什么也不能改变;在这样一种空间中的“位置”是等价甚至是等同的。或许我可以这样说,它是一种不变的变化,是柏拉图在其《巴门尼德篇》(*Parmenides*)中竭力——最后失败了——要实现的一种奇怪的、对同与不同的悖论式的调和。

如果我们不得不让数来支配运动,以便进行数学上的处理和建立起一门数学物理学的话,那么运动观念的转变,即用实体化了的数学概念来取代经验概念就是不可避免的。但这还不够,数学自身也还必须转变(这种变革能够实现,牛顿功不可没)。在某种意义上,数学中的实体不得不与物理靠近一些,同样要受运动的支配,它们要在自己的“生成”或“流动”中,而不是在“存在”中发挥作用。^②

几何曲线和图形只能这样来理解:它们并非由其他几何元素所构成,也不是几何体与几何面在空间中交截出来的东西,甚至也不是一种用代数公式表示的它们自身结构关系的空间图像,而只能被当成是由空间中点和线的运动所产生或描出的东西。当然,我们这里所谈论的是一种非时间性的运动,或者更奇特地说,是一种在非时间性的时间中进行的运动——这种说法与不变的变化同样具有悖论意味。然而只有当不变的变化得以在非时间性的时间中进行之后,我们才能——理智且有效地——处理那些诸如运动物体在其轨道上任意一点或是任一时刻所具有的速度、加速度和运动方向等等实在。

① Issac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, axiomata sive leges motus, Lex I[自然哲学的数学原理,运动公理或定律,定律一]。按照这条定律,运动是一种状态,加速度则是一种变化。圆周运动之所以是一种加速运动,是因为它暗含了方向的连续变化,因此很容易与静止相区别。马赫在他那部著名的牛顿批判著作中似乎忽视了这个简单的事实;参见 *The science of Mechanics*[发展中的力学], trans. T. J. McCormack (La Salle, Illinois: Open Court, 1942), 276-285。

② 参见 Hadamard, “Newton and the Infinitesimal Calculus,”以及 Boyer, *The concepts of the Calculus*。

这是一段震撼人心的历史。为了提出那些新奇的想法，为了建构，或者如斯宾诺莎意味深长地说，为了杜撰(*forge*)那些新的思想工具与理解方式，人类付出了艰苦卓绝的努力。从《方法谈》(*Discours de la méthode*)到《自然哲学的数学原理》(*Philosophiae naturalis principia mathematica*)，整整用了五十年的时间。一系列伟大的思想家——这里只提及卡瓦列里、费马、帕斯卡、沃利斯，巴罗和惠更斯——都对最终的成功作出了贡献，没有他们，《原理》绝不可能写成；即使是对牛顿来说，这项任务也是太艰巨了，它超出了人之所能(*qui genus humanum ingenio superavit*)。^①

因此，如果把牛顿在致胡克的信中的那段著名陈述稍加改动，我们可以实事求是地说，牛顿之所以比前人看得更远，是因为他是一个站在其他巨人肩上的巨人。^②

我刚才一直在描述的那种把自然数学化的倾向，肯定是17世纪科学思想最新颖、最重要的思潮。然而与之相伴的还有另外一种倾向，它更少数学与演绎，更加重视经验和实验。由于这种倾向少了些自命不凡(或是更缺乏信心)，它并不试图像数学家那样做彻底的综合，而是对此疑虑重重甚至怀有敌意，它把自己严格限于发现新的事实，以及建构不完整的理论对其进行解释的工作上。

这种倾向不是被柏拉图的数学结构的理念以及存在的决定论所引发，而是由卢克莱修的、伊壁鸠鲁的、德漠克利特的原子论思想所激起(这似乎很奇怪，大多数的近代思想都可以追溯到古希腊的某些设想)。伽桑狄、罗贝瓦尔、玻义耳(这个群体中最杰出的代表)、胡克——他们都用这种更加胆怯、更加谨慎和更加稳妥的微粒哲学去对抗伽利略和笛卡尔的那种泛数学主义。^③

于是当伽利略告诉我们，自然这本大书——中世纪的人从中觉察到了上帝的遗迹(*vestigia*)与上帝的映像(*imagines Dei*)，认识到了在那些美与光辉的可感象征中所表现出来的上帝的荣耀，它们揭示了上帝创世的隐秘目的和意义——事实上是由圆、三角形和正方形等几何符号写成的，它们只不过告诉了我们一些理性联系与秩序的奇妙事实时，玻义耳反驳说：自然之书当然是“一个经过周密计划的奇迹”，它的每一个部分都“被上帝用全知之手速记了下来”，并且与任一其他部分相

① Zeuthen, *Die Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert*; L. Brunschvicg, *Les Étapes de la philosophie mathématique* [数学哲学的发展](Paris: Alcan, 1912)。

② 这段名言不是牛顿的发明，而是可以追溯到中世纪的夏特尔的贝纳尔，而且在16、17世纪也都被使用过。参见第五篇，第227页，注释3。

③ 参见 K. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik* [原子论史](Leipzig, 1890), vol. II; R. Lenoble, *Mersenne et la naissance du mécanisme* [梅森与机械论的诞生](Paris: Vrin, 1943); Marie Boas, "The Establishment of the Mechanical Philosophy," [力学哲学的建立] *Osiris* 10 (1952), 412-541, 以及 E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes* [世界图景的机械化](Berlin: Springer, 1956), trans. C. Dikshoorn as *The Mechanization of the World Picture* (Oxford: Clarendon Press, 1961)。

关联；但它不是用几何符号，而是用微粒符号写成的。

对于玻义耳而言，是微粒的构造而非数学的结构才是存在物的内部实在。要解释宇宙，我们只能起始于——或终止于——物质，但这种物质不是同质的笛卡尔的物质，而是已经被上帝用各种不同方式决定的微粒所形成的物质。这才是运动构筑神的奇迹的含义。

由此，我们很清楚地看到，牛顿是把这两种倾向或观点综合了起来。在牛顿那里，自然之书是用微粒符号和微粒语言写成的，这一点同玻义耳一样；然而，把它们结合在一起并赋予整本书意义的句法却纯粹是数学的，这一点又同伽利略和笛卡尔一样。

因此，与笛卡尔的世界相反，牛顿的世界不再是由两种成分（广延与运动），而是由三种成分所组成：①物质，即无限多彼此分离的、坚硬的、不变的——但互不相同——微粒；②运动，这是一种奇特的悖论式的关系状态，它并不影响微粒的本质，而仅把它们在无限的同质的虚空中到处传递；③空间，即那种无限的同质的虚空，微粒（以及由之构成的物体）在其中运动而不对其产生任何影响。^①

当然，牛顿的世界中还有第四种组成部分，即把它结合并维持在一起的引力^②。然而这不是它的一种构造成分；它或是一种超自然的力量——上帝的行动——或是制定自然之书句法规则的一种数学结构。^③

在牛顿的世界中引入虚空——连同与其相关的引力——这是天才迈出的有决

① 关于牛顿的空间观念，参见 Léon Bloch, *La Philosophie de Newton* [牛顿的哲学] (Paris: Alcan, 1908); E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* [近代物理科学的形而上学基础] (London: Kegan Paul, 1925; 2nd ed., 1932); Hélène Metzger, *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton* [万有引力与自然宗教] (Paris: Hermann, 1938); 也可参见 Max Jammer, *Concepts of Space* [空间概念的发展] (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1954); Markus Fierz, "Ueber den Ursprung und die Bedeutung der Lehre Isaacs Newtons vom absoluten Raum," [论牛顿绝对空间理论的起源与意义] *Gesnerus* 11(1954), 62~120; 以及我的 *From the Closed World to the Infinite Universe* [从封闭世界到无限宇宙] (Baltimore: Johns Hopkins Press, 1957)。还可参见 A. J. Snow, *Matter and Gravity in Newton's Physical Philosophy* [牛顿物理哲学中的物质与引力] (New York: Oxford University Press, 1926), 以及 Stephen E. Toulmin, "Criticism in the History of Science: Newton on Absolute Space, Time and Motion." [科学史批判: 牛顿论绝对空间、时间与运动] *The Philosophical Review* (1959)。对牛顿而言(也对 H. 莫尔或布雷德沃丁而言), 或许可以这么说, 空间是上帝在场与活动的永恒领地——它不仅是其感觉中枢 (*sensorium*), 而且也是其行为中枢 (*actorium*)。

② 准确地说, 我也应当提及斥力, 它使微粒得以分离而不至于集聚成团。然而, 这些斥力是短程力, 虽然它们在物理学中非常重要, 但只要没有被用于建构一种以太理论, 即“解释”以太是怎样作用于物体而产生引力的, 那么它对于宇宙的建造就没有任何作用。参见第三篇的附录 A 和附录 B。

③ 事实上, 它两者都是, 即一种按照严格的数学定律起作用的超自然力量。

定性意义的关键一步,尽管这个概念后来引出了物理的和形而上学的巨大困难(超距作用和虚无的存在)。正是这一步,才使牛顿能够真正地——而不是像笛卡尔那样表面上——把物质的不连续与空间的连续同时对立和统一起来。强调物质的微粒结构,为把数学动力学应用于自然提供了坚实的基础,^①而且还给出了空间关系的基础(*fundamenta*)。谨慎的微粒哲学并不真正清楚它自身的意义,但事实上,正是它给牛顿综合数学与实验指明了道路。

虚空……虚空中的作用……超距作用(引力)——正是牛顿的世界观的这些特征与含义,激起了欧洲大陆牛顿同时代的那些伟大人物——惠更斯、莱布尼茨、伯努利——的反对,他们受过良好的笛卡尔主义的训练,以抵抗那些模糊的无法理解的观念。^②

在那本赫赫有名的《英格兰书简》(*Lettres anglaises*),即后来被正式更名为《哲学书简》^③(*Lettres philosophiques*)的书中——直到今天它都很有可读性——伏尔泰非常机智地总结了这种状况:一个法国人到了伦敦,发觉自己身处一个完全陌生的世界中。他去的时候还觉得宇宙是充实的,而现在他发觉宇宙空虚了。在巴黎,宇宙是由精细物质的旋涡构成的;而在伦敦,人们却一点也不这样看。在法国人看

① 按照波斯考维奇的说法,中心力的物理学必然包含了一种物质的原子结构,即使物质被简化成点也是如此。

② 笛卡尔对引力概念的批评是他在攻击罗贝瓦尔时作出的。罗贝瓦尔曾在其 *Aristarchi Sami De mundi systemate partibus motibus eiusdem libellus cum notis. Addictae sunt E. P. de Roberval notae in eundem libellum* [萨莫斯的阿里斯塔克的世界体系](Paris, 1644)中断言了万有引力,梅森又在其 *Novarum observationum physico-mathematicarum* [数学物理学的新观察](Paris, 1644), vol. III 中重新提及。笛卡尔指出(参见他 1646 年 4 月 20 日致梅森的信, *Oeuvres* [笛卡尔全集], ed. C. Adam and P. Tannery [Paris, 1897-1913], IV, 401),为了吸引物体 B,物体 A 应当知道在那里才能找到它。换句话说,引力包含着泛神论(这一点吉尔伯特与罗贝瓦尔都认识到了,但未把它当成反对的理由)。

③ 《哲学书简》最初是用英文出版的,标题是 *Letters Concerning the English Nation* (London, 1733);后用法文出版,标题是 *Lettres philosophiques par M. de Voltaire* (Amsterdam [in fact Rouen, by Jore], 1734)和 *Lettres écrites de Londres sur les anglais par M. de Voltaire* (Basel [in fact London], 1734)。后来在伏尔泰的修订下又出了许多版本。参见 G. Lanson 为这些书信的校勘版所作的导言: *Lettres philosophiques*, 2 vols. (Paris: Cornely, 1909; 3rd ed., 1924)。关于伏尔泰与牛顿,参见 Bloch, *La Philosophie de Newton* [牛顿的哲学]; Pierre Brunet, *L'Introduction des théories de Newton en France* [牛顿理论在法国的引进](Paris: Blanchard, 1931), vol. I; 以及 R. Dugas, *Histoire de la mécanique au XVII siècle* [17 世纪力学史](Paris: Dunod Éditeur, 1954)。

众所周知,就像惠更斯对洛克的影响一样,伏尔泰是被莫泊丢变成一个牛顿主义者的,莫泊丢使他确信牛顿的引力哲学是正确的。莫泊丢甚至同意仔细阅读书信中的有关笛卡尔与牛顿的部分(第 14 封信与第 15 封信)。关于莫泊丢,参见 Pierre Brunet, *Maupertuis* [莫泊丢](Paris: Blanchard, 1929)。

来,每样事物都是用无人理解的推力来解释的;而在英国人看来,则是用同样无人理解的引力来解释的。^①

伏尔泰是完全正确的:牛顿的世界主要就是由虚空构成的。^②它是一个无限的虚空,仅有非常小的部分——无限小的部分——被物质所填充或占据。这些物体冷漠而且彼此分离,在那无界无底的深渊中自由地、完全不受阻碍地运动穿行。然而它却是一个世界,而不是一种彼此无关的孤立微粒的混沌聚集。这是因为所有这些微粒都是由一条非常简洁的数学定律,即引力定律联系和聚集在一起的——按照这条定律,它们中的每一个微粒都与另一个相关联、相统一。^③这样,每一个微粒都为构筑这个世界体系(*systema mundi*)发挥着自己的作用。

引力定律的普遍适用,使牛顿的宇宙恢复了物理的统一性,同时也赋予了它理智的统一性。同样的关系把同样的事物结合在一起。或者换句话说,支配无限宇宙中的运动的,乃是同一套定律:它使苹果落到地上,^④也使行星绕着太阳旋转。不仅如此,同样的定律不仅可以解释天体运动的统一模式(被开普勒发现),而且还可以解释个体间的差异;不仅可以解释规则性,而且还可以解释不规则性(不对等性)。困扰了精明的天文学家和物理学家多少世纪的全部现象(比如说潮汐),似乎都是同一些基本定律联系组合的结果。

牛顿的引力定律说,引力的减小是与距离的平方成正比的。它不仅是解释各种事实的同类理论中唯一的定律,而且也是唯一能够被普遍应用于诸如苹果和月球这样大小悬殊的物体上的定律。因此,可能只有这条定律才会被上帝采纳而用于创造。^⑤

① 参见 letter XIV, Lanson edition, II, 1.

② 不仅天上的空间是空荡荡的,甚至是所谓的“固体”中也都充满了虚空。构成它们的微粒绝不是紧紧堆在一起,而是被虚空彼此隔开的。从本特利开始的信奉牛顿学说的人,都对指出“物质”实际上只占据空间中无限小的部分而倍感骄傲与欢乐。

③ 按照牛顿的说法,只有这些微粒的引力才是真实的,无论它们到底是什么。它们的合力绝不是真实的力,而只是“数学的”力。因此,不是地球在吸引月球,而是地球上的每一微粒都去吸引月球上的每一微粒,这样产生的整体的引力只是一种数学的存在。

④ 有一个经常被世代历史学家视作传说的著名故事说,牛顿关于引力的思想是由苹果落地所引发的。现在看来,这种说法似乎是完全真实的,佩尔塞尼尔在“La Pomme de Newton,”[牛顿的苹果]*Ciel et terre* 53(1937),190-193中令人信服地证明了这一点。也可参见 I. B. Cohen, “Authenticity of Scientific Anecdotes,”[科学逸事的真实性]*Nature* 157(1946),196-197以及 D. McKie and G. R. de Beer, “Newton’s Apple,”[牛顿的苹果]*Notes and Records of the Royal Society* 9(1951-1952),46-54,333-335。

⑤ 引力大小与距离的平方成反比的定律,是唯一可能把地球对苹果的吸引与对月球的吸引直接进行对比的定律,因为只有这样,地球或一个球体对外部物体的吸引才可以被视作好像质量都集中于球心,而不管它们之间的距离为多少。当然,它与另外一条定律,即引力大小与距离成正比的定律都有同样的数学性质,但由于在这种情况下,所有的天体都会同时结束它们的圆周运动,因此,这显然不是我们这个世界的定律。

然而尽管具备所有这些长处，尽管牛顿定律本身就合乎理性，而且具有数学上的简洁（平方反比律正是球面波的传播定律，它与光的传播定律相同），但其中仍然存在着某些困扰人的问题。物体相互吸引、相互作用（或至少好似如此），但虚空把它们如此彻底地分离和孤立起来，它们到底是怎样克服其阻隔而进行作用的呢？我们必须承认，连同牛顿在内，没有人能在当时（或现在）知晓这是怎么可能的。

我们知道，牛顿本人从未承认过引力是一种“物理的”力。他曾一遍遍地重申，它只是一种“数学的力”，超距作用，即不通过中介——不仅对于物质，也对于上帝——就能直接作用于其他物体，是绝对不可能的；因此——这为我们理解所谓牛顿的经验主义所具有的局限性，提供了一种独特的视角——引力不能被当作物体（或物质）的一种本质的和基本的属性，而广延性、运动性、不可入性、质量等性质则相反，它们既不能被减少也不能被增加；^①引力是一种需要被解释的属性；他无法做到这一点。^②由于他不想在缺少合适理论的时候就贸然给出一个假想的解释，而且由于科学（自然的数学哲学）没有这种解释也能进行得很好，所以他宁愿对此不作解释（这是他著名的“我不杜撰假说”[*Hypotheses non fingo*]的一个意思），而使之保持悬而未决的状态。^③然而奇怪的是，其实也可以说是很自然地，没有人——除了麦克劳林以外——在这一点上认同他。牛顿的第一代学生（科茨、基尔、彭伯顿），都认为引力是物质所具有的一种真实的、物理的、甚至是首要的属性。他们的这种学说传遍了欧洲，遭到了牛顿同时代的欧洲大陆学者持续而强烈地反对。

牛顿并不承认超距作用，然而，正如莫泊丢与伏尔泰非常合理地指出的，从纯经验知识的观点来看（这似乎就是牛顿的观点），引力和物体的其他属性是无法在本体论上进行区分的。不错，我们并不理解引力，但我们理解其他属性吗？不理解并不意味着要去否认一个事实。^④既然现在引力已经是一个事实，那么我们就不得不接受它，就像承认物体具有其他那些事实或属性一样。谁知道我们还会发现什

① 如果一种性质不能被增加也不能被减少，那么它就属于事物的本质属性。

② 事实上，他曾经——三次——试图用以太的压力来解释引力。参见 Philip E. B. Jourdain, "Newton's Hypotheses of Ether and Gravitation," [牛顿关于以太和引力的假说] *The Monist* 25(1915)。

③ 在《原理》第二版的“总释”中的那句著名的“我不杜撰假说”，并不意味着蔑视科学中的所有假说，而仅仅是针对那些不能被用数学处理的实验证明或否证的假说而言的，尤其是笛卡尔曾经试图作的那种整体上的质的解释。在牛顿那里，这句话的轻蔑意味与非轻蔑意味并存（在《原理》第一版中，运动的公理或定律被称为假说），这肯定是他从巴罗和沃利斯，甚至是伽利略那里继承来的。

④ 对于马勒伯朗士和洛克而言，一个物体对另一个物体的所有作用——对运动的传递——都是不可理解的。

么未知的属性呢？谁又知道上帝到底赋予了物质什么样的属性呢？

对牛顿主义——这被认为是物理学——的反对在开始时是深刻而强烈的，然而渐渐地却销声匿迹了。^①这个体系的成功证明了自身的价值，引力也逐渐不再是那样地不可思议。正如马赫非常精当地指出的，“非同寻常的不可理解性变成了一种寻常的不可理解性。”一旦习以为常，人们——除极少数的人以外——就不再去思考它了。于是，在《自然哲学的数学原理》——这个标题与先于它八十年的开普勒的《天体物理学》(*Physica coelestis*)和晚于它二百年的柏格森的《创造进化论》(*Evolution créatrice*)同样大胆和富有挑战意味——于1687年出版五十年后，欧洲最重要的物理学家和数学家——莫泊丢、克莱洛、达朗伯、欧拉、拉格朗日和拉普拉斯——开始奋力完善牛顿的宇宙结构，发展数学与实验研究的工具和方法(德萨居利耶、赫拉弗桑德和米森布鲁克)，^②引领它走向一个个的成功，到了18世纪末拉格朗日《分析力学》(*Mécanique analytique*)与拉普拉斯《天体力学》(*Mécanique céleste*)的出版，牛顿科学可以说是达到了其最终的绝对完美——它是如此地完美，以至于拉普拉斯可以自豪地宣称，他的《宇宙体系论》(*System of the World*)没有留下任何悬而未决的天文学问题。

对于数学家和科学家，我们已经说得够多了。还有其他一些人，比如说洛克，他们无法理解几何推理与无穷小推理中那些错综复杂之处，而只能姑且把它们当成是正确的(惠更斯让他可以放心)。他们写了一大批书——其中不乏优秀之作——比如彭伯顿的《对伊萨克·牛顿爵士的哲学的考察》(*View of Sir Isaac Newton's Philosophy*) (伦敦, 1728年; 法译本, 巴黎, 1755年), 伏尔泰的《哲学书简》与《牛顿哲学概要》(*Eléments de la philosophie de Newton*) (阿姆斯特丹, 1738年), 阿尔加罗蒂的《为女士写的牛顿学说》(*Il Newtonianismo per le dame*) (那不勒斯[米兰], 1737年; 第二版, 1739年; 法译本, 巴黎, 1749年), 麦克劳林的《论伊萨克·牛顿爵士的哲学发现》(*Account of Sir Isaac Newton's Philosophical*

① 参见 Brunet, *L'Introduction des théories de Newton en France*, vol. I.

② J. T. Desaguliers, *Physicomathematical Lectures* [物理力学讲演录] (London, 1717), in French translation (Paris, 1717); *A System of Experimental Philosophy* [实验哲学体系] (London, 1719); *A Course of Experimental Philosophy* [实验哲学教程] (London, 1725; 2nd ed. In 2 vols., London, 1744 - 1745); W. J. s' Gravesande, *Physices elementa mathematica experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam* [物理学纲要], 2 vols. (Leiden, 1720 - 1721); *Philosophiae Newtonianae institutiones* [牛顿哲学教程] (Leiden, 1728); *Éléments de physique ou introduction à la philosophie de Newton* [物理学纲要或牛顿哲学导论] (Paris, 1747); Petrus Musschenbroek, *Epitome elementorum physicomathematicorum* [物理学数学原理精要] (Leiden, 1726); *Elementa physica* [物理学纲要] (Leiden, 1734)。参见 Pierre Brunet, *Les Physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIII^e siècle* [荷兰物理学家与18世纪法国的实验方法] (Paris: Blanchard, 1926)。

Discoveries)(伦敦,1746年;法译本,巴黎,1749年),^①欧拉的《致一位德国公主的信》(*Lettres à une princesse d'Allemagne*)(彼德堡,1768~1772年),最后还有拉普拉斯的《宇宙体系论》(*Système du monde*)(1796年),它们用清晰易懂的语言,把牛顿数学物理和实验科学的福音传播给了那些“绅士”(honnête homme)甚至是“淑女”(honnête femme)。

难怪牛顿主义——与洛克的哲学奇特地混在一起——成了整个18世纪的科学信条。^②对于其同时代的年轻人,特别是对于后世来说,牛顿似乎是一个超人,^③他已经一劳永逸地解决了宇宙之谜。

所以当哈雷写下“没有凡人能比他更接近上帝”^④(*nec fas est propius Mortali attingere Divos*)这样的话时,他绝不是为了恭维,而确是出于内心深处的信念。过了一百多年,拉普拉斯不是不无遗憾地把《原理》置于一切其他人类作品之上了吗?的确,正如拉格朗日感慨地说,我们只有一个宇宙需要解释,没有人能够重复牛顿的工作,他是我们之中最幸运的一位。

于是也不足为奇,在牛顿科学已经取得长足进步的18世纪末,蒲柏能够写出这样的诗句:

自然和自然律隐没在黑暗中:
神说,让牛顿去吧!万物遂成光明。

蒲柏不可能知道,
没过多久,
魔鬼吼道,“哦,让爱因斯坦去吧!”
黑暗遂重新降临。

不过现在我们还是回到牛顿。常有人说,牛顿思想和工作的伟大之处,就在于他把高超的实验能力和过人的数学天赋结合了起来。也有人说,牛顿科学的显著特征,就在于他把数学与实验连在了一起,用数学来处理现象,也就是说,处理实验或(因为在天文学中我们无法做实验)观测数据。然而,虽然这种描述无疑是正确的,但在我看来,它还算不上完整:牛顿的思想绝对含有比数学和实验多得多的东西;比如——除了宗教与神秘主义——一种对自然作纯机械解释的局限性

① 所有这些书,如果它不是用法文写的,就会马上被译成法文,以使欧洲所有有教养的人学习。

② 在伏尔泰和孔多塞看来,洛克与牛顿代表着哲学和科学的顶峰。

③ 有一段流传很广的故事说,洛比达曾经——很严肃地——问道,是否牛顿也像其他凡人那样进食与睡眠。

④ “Isaac Newton, and Ode,”[伊萨克·牛顿与赞颂]trans. Leon J. Richardson in *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy*, trans. Andrew Motte, ed. Florian Cajori (Berkeley: University of California Press, 1947), p. xv.

的深刻直觉。^① 我已经说过,由于牛顿科学是建立在微粒哲学的稳固基础之上的,所以就会导致对整体事件和作用进行原子分析这样一种特别的逻辑方式(一般说来,这与数学的处理方法完全不同),或者更恰当地说,是把这种方式发展到了最完美的地步,即把既定的数据约化为原子的基本成分(它们首先就被拆成了这些东西)之和。^②

由于牛顿物理学所获得的巨大成功,人们不可避免地将其特征当成了建立科学——任何种类的科学——的必要因素。于是 18 世纪涌现出来的所有新科学——关于人的科学和关于社会的科学——都试图遵循牛顿的经验—演绎知识模式,并且恪守牛顿在其著名的“哲学思考的规则”(Regulae philosophandi)中定下的准则,这些准则被如此频繁地引用,也被如此频繁地误解。^③ 这种对牛顿的逻辑的痴迷,即不假思索地妄图把牛顿的(或称伪牛顿的)方法机械地应用于那些完全违背其初衷的领域,它所造成的后果绝非令人快慰,这一点我们马上就会看到。不过在把注意力转向这些以前,作为与牛顿主义相关的东西,我们不得以一种不尽合理的方式,考察一下普遍接受牛顿的综合所带来的一些更为一般和广泛的结果。其中最重要的一点,似乎是极大地强化了那条古老的教理式的信仰,即所谓自然的“简单性”,以及通过科学向自然引入一些非常重要而且影响深远的要素,这些要素不仅在事实上不合理,甚至在结构上也不合理。

换句话说,牛顿的物理学不仅事实上(*de facto*)使用了诸如能力和吸引这样含混的概念(欧洲大陆的学者反驳说,这些概念表明了墨守成规与虚妄),不仅放弃了用理性的方式来演绎天地万物和谐共在的构造,而且其基本的动力学定律(平方反比律)虽然看似合理,却绝非必然,正如牛顿曾经谨慎地说,它们是可以与此大相径庭的。^④ 于是,引力定律本身不过仅仅是个事实罢了。

而且如果要把所有这些事实全都纳入到空间数学秩序(spatiomathematical order)的理性框架和世界的美妙结构中去,就似乎必定要排除机遇的亚理性(subrationality of chance),取而代之的则是目的的超理性(suprationality);看来很清楚,它不能通过必然的原因,而只能通过选择的自由来解释。

正如牛顿所言,世界精妙的运行机制似乎显然要用一个有目的的行为来解释。或者用伏尔泰的话来说:钟表机械隐含着钟表匠的存在(*l'horloge implique*

① 在我看来,牛顿一定会得出结论说,对引力作纯机械的解释是绝对不可能的,因为若是如此,他只好假设另一种力——没有引力那么难尴,但仍是非机械的——即斥力的存在。

② 于是(参见第 15 页,注释 1),一个物体作用于另一个物体的整体效应就是原子作用的总和。

③ 关于“哲学思考的规则”,参见第六篇。

④ Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Book I, Theorem IV, Corr. 3-7。

l'horloger)。

于是,尽管牛顿的科学被称作自然的数学哲学,从而明确放弃了对原因(物理的与形而上学的)的寻求,但从历史上看,它却是基于一种物理因果性的动力学概念之上,并且与有神论或自然神论的形而上学联系在一起。当然,这种形而上学体系并没有把自己显示为牛顿科学的一个必要组成部分;它还没有进入其形式结构中去,但对牛顿本人,也对所有信奉牛顿学说的人而言——除了拉普拉斯——这种科学隐含着一种对上帝的合理信仰,这决不是偶然的。^①

自然之书似乎又一次揭示了上帝的存在,只不过这次是一个机械师的上帝,他不仅把世界造成了一座大钟,而且还必须不断地监护它,以在必要时能够及时修补(莱布尼茨反驳说,牛顿的这个上帝是一个糟糕的钟表匠),这样才能表明他的存在和对造物的兴趣。唉,可惜这种逐渐揭示出造物主完美技艺及其作品无限完美性的牛顿科学,其后来的发展却给上帝的介入留下了越来越少的余地。世界这座大钟似乎越来越不需要拧紧发条或进行修补,它一经启动,就会永远地走下去,创造的工程一经完成,牛顿的上帝——一如笛卡尔的上帝对物质第一次(和最后一次)弹指一挥(*chiquenaude*)之后——就可以隐退了。与笛卡尔和莱布尼茨的上帝——这遭到牛顿学说的信奉者的激烈反对——类似,他与世界再也没有什么关系了。

不过只是到了18世纪末,随着拉普拉斯《天体力学》的出版,牛顿的上帝才达到了逍遥神(*Dieu fainéant*)的崇高地位,而这实际上是把上帝从世界中驱逐了出去(“我不需要那个假设”,拉普拉斯在拿破仑问及上帝在其体系中的位置时这样答道)。然而对于包括牛顿在内的第一代信奉牛顿学说的人而言,事实则正好相反,上帝一直是一个积极活动的现实的存在。他不仅给这个世界机器提供动力,而且还按照其自由制定的规律积极“驱动”着这个宇宙。^②

正是这种上帝在世界中在场与活动的观念,构成了18世纪宇宙感情的智识基础,并且给它赋予了独特的情感结构:它的乐观主义、对自然的预言能力等等。既然自然和自然律是上帝意志和理性的体现,那么,它们除了是善的还能是什么呢?服从自然,并把自然律当作最高的准则,这与一个人服从上帝的意志和命令是一致的。^③

^① 参见 Metzger, *Attraction universelle* 以及 John H. Randall, *The Making of the Modern Mind*[近代心灵的构建](Boston: Houghton Mifflin, 2nd ed., 1940)。

^② 在一个由绝对坚硬的微粒构成的世界里,必定会有能量的不断损失;因此,牛顿的上帝必须不仅提供初始能量,而且还要不断地补偿能量损失。自然地,最后他只不过变成了一个修补匠。

^③ 18世纪的乐观主义不仅可以在牛顿的世界观中,而且也可以在与之敌对的莱布尼茨的世界观中找到其哲学来源。更为重要的是,它只是基于社会、经济与科学的进步所带来的氛围中。18世纪的生活是非常愉快的,而且至少在前半个世纪是有增无减。

那么,如果自然界中明显地充满着秩序与和谐,为什么在人类世界中却如此缺少这些东西呢?答案似乎是清楚的:混乱与不和谐是人创造出来的,是人盲目地试图左右自然定律,甚至是想用人为的规则来超越它们所导致的后果。补救方法似乎也很清楚:让我们回到自然,回到我们自己的本性中去,按照其规律去生活和行动。

但什么是人的本性呢?我们应该怎样来确定它呢?当然,我们不应当从古希腊或经院哲学家那里直接照搬一个定义,也不能从近代哲学家如笛卡尔或霍布斯那里寻求解答,我们只能依照既定模式前进,运用牛顿业已给我们指出的规则,通过观察、经验甚至是实验去寻求那些基本的永恒的方面,寻求人类的存在与特征中那些一成不变的性质;我们不得不找出那些把人的原子连在一起的彼此相关的作用方式或行为定律,再从这些定律中导出所有别的东西。

一个宏伟的工程!唉,可惜它的运用并没有产生预期的结果。事实证明,定义“人”要远比定义“物质”困难得多,人的本性仍然要通过大量不同的甚至是相互冲突的方式来确定。然而,人对“自然”的信仰是如此之强烈,牛顿的(或者伪牛顿的)秩序图景的魅力是如此之令人慑服,它从孤立而且自足的原子的相互作用中自动产生出来,以至于无人敢去怀疑,秩序与和谐一定也能被人本身的原子依其本性以某种方式产生出来,无论这种本性是什么——游戏与快乐的本能(狄德罗)也好,或是对私人占有的追求(斯密)也好。于是,回到自然就意味着激情的放纵与自由的竞争。不用说,这是最后一种流行的解释。

事实证明,这种对牛顿的(或伪牛顿的)原子分析方式的极力仿效(或伪仿效)与改造,到目前为止在物理学^①、化学^②甚至是生物学中仍旧很成功,而在其他领域则导致了相当糟糕的后果。于是,把牛顿与洛克的学说强行结合起来就产生了一种原子心理学,它把心灵解释成一种“知觉”与“观念”通过关联(引力)定律拼接而成的东西;我们也有了原子社会学,它把社会视作人的原子的聚集,这些原子完整而且自足,它们只是相互地吸引和排斥而已。

当然,牛顿绝不应对此负责,或是对过分拓展——或仿效——他的方法所产生的其他怪胎(*monstra*)负责,他也不应对普遍接受整体事件和作用的原子分析方式所带来的更一般的,甚至是灾难性的后果负责,按照这种处理方式,这些事件和作用不再真实,而只是数学结果或潜在的基本因素的总和。这种分析方式导致了一个对全体(*totum*)与其部分之间关系的唯名论的错误看法,事实上这相当于完全否定了全体(*tota*)(一个被分解为部分之和的 *totum* 就不再是 *totum* 了),19世纪和20世纪的

① 当今的物理学被迫超越了解释的原子模式:总体不再等于部分之和,粒子不再能与其环境分割开,等等。

② 关于牛顿对化学的影响,参见 Héléne Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*[牛顿、斯塔尔、布尔哈维与化学学说](Paris: Alcan, 1930)。

思想非常难于克服这个观念。无人应对别人误用他的成果和曲解他的思想负责，即使从历史上看，这样一种误用或者曲解似乎是——或已经是——不可避免的。

不过有些东西是牛顿——或者更确切地说不是牛顿自己，而是一般意义上的近代科学——要负责的，即我们这个世界被分成了两个部分。我总是说，近代科学打破了天与地的界限，把宇宙统一成了一个整体，这是正确的。然而我也说过，这样做是付出了一定代价的，即把一个我们生活、相爱并且消亡于其中的质的可感世界，替换成了一个量的、几何实体化了的世界，在这个世界里，任何一样事物都有自己的位置，惟独人失去了它。于是科学的世界——真实的世界——变得与生活世界疏离了，最终则与之完全分开，那个世界是科学所无法解释的——甚至称之为“主观”也无法将其解释过去。

的确，这两个世界每天都——甚至是越来越——被实践(*Praxis*)连接着，然而在理论上，它们却为一条深渊所隔断。

两个世界：这意味着两种真理。或者根本没有真理。

这就是近代思想的悲剧所在，它“解决了宇宙之谜”，却只是代之以另一个谜：谜本身之谜。^①

(本文选自亚历山大·柯瓦雷著《牛顿研究》，张卜天译，
北京大学出版社，2003年，1~27页。)

3.4 物理学理论的核心：能量、力和物质

彼德·哈曼

无论从风格上看还是从内容上看，1850年的物理学理论都同1800年盛行的理论形成了鲜明的对照。1850年时，“物理学”的学科范围以及学科内容的协调性都极为美妙，物理学作为一门完整的学科，已经达到了概念准确、逻辑统一的新阶段。1850年前后，19世纪物理学的最重大的根基已经明确了：物理现象都可以用一种统一的框架来解释，即以力学解释为原理的出发点，通过数学描述对物理现象作模拟并导出描述现象的数学方程式，再冠之以普遍的定律——能量守恒定律。这些广泛、统一根基的建立是1800年时的物理学理论无法比拟的。

我们可以从牛顿的《自然哲学的数学原理》(1687年)和他的《光学》(1704年)

^① 参见 Alfred North Whitehead, *Science and the Modern World*[科学与近代世界](New York: Macmillan, 1925); Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*.

两本著作的比较中,看出18世纪物理学升迁的大致情况。在《原理》中,牛顿提出了“理性力学”的数学科学的范例,但在《光学》中,虽然他希望所有的物理现象都可以根据相应的数学方法来加以分类(从对光衍射的数学描述中可说明他的这种旨意),不过他对光学和化学问题的处理方法,则是建筑在实验方法、推测的理论框架以及原子物理学的基础之上的,并且随着《光学》一书的版本的不断更新,这里的基础又不断拓宽到包括力、有源原理、以太等多种多样的解释机制。这种关于方法和模型上的演变在18世纪物理理论著作中都有所反映。

牛顿在《原理》中表达的数学自然观,是16和17世纪数学革命的根基。牛顿吸收了笛卡尔的解析几何学,使他的数学方法从具体走向抽象,亦即从形象表述过渡到反映几何量相互关系的方程表述。微积分的方法是由牛顿和莱布尼兹各自独立地发展起来的,这种涉及到对无穷小量的描述的微积分,对于物理学中力学问题的求解,尤其是对力和运动变化的研究,具有非凡的作用。在《原理》中,牛顿用一系列无穷小的线段来描述行星在引力作用下沿曲线的运动,引力则用一组离散的力脉冲来表示。欧洲大陆的数学家利用莱布尼兹的微积分所做的大量工作,极其成功地解决了力学问题。物理量之间的关系,可表述为用代数符号描述的几何量之间的关系。18世纪从几何学分离出来的解析方法,使物理量的数学表述十分灵活。数学符号摆脱了它们的几何基础并被直接用来描述物理量,这是一个使复杂的物理概念易于数学描述的过程。欧洲大陆的几何学家,包括约翰·伯努利(Johann Bernoulli)和他的儿子丹尼尔·伯努利(Daniel Bernoulli)、吉恩·达朗伯(Jean d'Alembert)以及莱昂哈德·欧拉(Leonhard Euler)等人都对流体的力学问题和弹性介质的力学问题做了很好的数学分析工作。根据“理性力学”的传统做法,力学的数学定律必须根据质量、长度和时间的经验概念来建立,并且应当避免使用不可观测的、假设性的解释。

物理现象的数学处理在力学研究中达到了登峰造极的地步。虽然牛顿关于光的“辐射”理论(认为普通的物质粒子和光微粒之间的相互作用使普通粒子受到力的作用)和欧拉的光学理论(认为光是流体中的脉动传播)都是建立在数学论证的基础之上的;但是人们常常把光比拟为“火”,并且用不可称量流体“以太”来描述。这种“流体”被设想为由互相排斥(用“弹性”表示这一性质)的粒子所组成,而且是“稀薄透明”的(它可以穿透普通物质粒子间的空隙),并且这种以太粒子还受普通物质粒子的吸引。当这一理论用于电学、热学和化学时,用粒子间的力和以太流体的假设可以得到解释。

牛顿所提出的以太和粒子间的作用力对这些理论发展轮廓产生了重要的作用,牛顿在《光学》的各种版本的附录中特别提到那种推测的“问题”(Queries)。在对牛顿工作的评论中,人们特别关注牛顿的短程吸引力的概念,这种模型确定了化学理论的基础;由此又可以构想一门涉及化学作用力的定量物理学,多种多样的化

学元素就是由力相连着的终极原子的各种不同的结构。到了18世纪中期,法国的化学家为了解决化学反应的关键问题——探索化学力(“亲和力”)——的论证过程中,在他们的著作中稳固地建立了这一理论,虽然人们想了许多办法试图使化学力的这一理论达到定量的水平,但是理论的主要方面仍然停留在定性的水平上。大约到了18世纪40年代,人们对牛顿的斥力概念发生了兴趣,在牛顿的“稀薄透明”并具有“弹性”的以太观念的鼓舞下,人们设定以太粒子以斥力形式发生作用。荷兰化学家赫尔曼·博依尔海维(Herman Boerhaave)的所谓“火”的概念被作为能抵消普通物质吸引力的有源原理而引起关注,由此还导致关于自然界的二元论的产生。本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin)的电学理论断定普通物质的二元论是对的:普通物质粒子的力为吸引力,同时构成电“环境”的周围粒子的力为排斥力。所谓带电的模型是指带电“流体”填满带电体的间隙毛孔。这样的电物质既同牛顿的以太相似,也同博依尔海维的“火”相似。到了18世纪末,科学家都采用了不可称量流体去解释电、磁、光和热的现象。虽然理论家们试图采用多种流体去解释多种不同的现象,比如用一种或两种流体去解释电学现象,用另一种流体去解释热学,亦即用“热素”作为燃烧过程中的不可称量流体;此外还提出一种统一的以太理论,根据这一理论,不可称量流体就是以太的各种变种。这种二元论的世界观,通过某种以太的、有源的、排斥性的物质的传递力同普通物质间的吸引力达到平衡。

18世纪时,人们对热、磁、电等现象的研究还是定性的。但到了18世纪末期,人们逐步采用定量的数学方法去研究这些现象,而且这种数学方法还由于科学仪器精度的提高和物理学专业化程度的提高而得到了进一步的发展。约瑟夫·布莱克(Joseph Black)、A·L·拉瓦锡(A. L. Lavoisier)和拉普拉斯等人对热学的研究工作,T·迈耶(Tobias Mayer)、J·H·拉姆伯特(J. H. Lambert)和C·A·库仑(C. A. Coulomb)对静电学的研究工作,都利用了精细的实验测量和定量的水平来衡量理论好坏的判据。静电学的量化,建立了静电力的定律,这是精确实验检测和量化研究方法的结晶,也是从方法论角度寻求建立数学定律的一个范例,它对实现19世纪物理学的特定目标是极其重要的。

拉普拉斯的物理学

粒子间相互作用力理论和不可称量流体的理论,经过皮埃尔·西蒙·德·拉普拉斯(Pierre Simon de Laplace, 1749~1827年)和他的学派研究之后,在19世纪的最初20年里达到了它的最美妙的顶峰。拉普拉斯证明:光的折射、固体附着力、毛细管的作用、化学反应等等都是同物质粒子所施加的吸引力密不可分的;拉普拉斯坚持认为:对粒子间短程力规律的深入研究可使地球物理的研究工作,像牛顿的万有引力定律在研究天体物理时那样,达到高度完美的水平。拉普拉斯的研究工作不完全都是从零开始的;A·C·克莱奥特(A. C. Clairaut)在18世纪30年代和

40年代在他的论光的折射和毛细作用的论著中,讨论过短程分子力的数学理论。但是拉普拉斯在1805年发表的《论天体力学》^①中阐述了折射和毛细作用,在两年后出版的补充材料中拉普拉斯又用分子力的术语对这些现象作了系统的用数学式子表示的说明。拉普拉斯强调指出,他的这一解释办法是普遍适用的,不过后来的实验观测表明,他的理论应用到热学、光学现象和毛细作用理论时同观测结果相差依然很大,“在力学的论证过程中引入这种分子力研究也许是有用的”。从本意上讲,拉普拉斯反对牛顿的理性力学的传统,赞成在对分子运动和分子力假设的基础上建立一种崭新的普遍的物理学。这种物理学既适用于力学问题,又适用于光学、热学和电学现象,从传统意义上说,这些现象的解释只有利用粒子间的力才能办到。西蒙·丹尼斯·泊松^②(Simiéon Denis Poisson, 1781~1840年)把这种办法的原理说得十分清楚:这是一种“物理力学”的理论,它可以取代18世纪数学家在研究力学问题时培育起来的“分析力学”。泊松强调指出:当研究灵活的弹簧、弹性的表面和流体的压强时,可以采用分子力的理论来解决这样的力学问题。

拉普拉斯学派强调的统一性,使力学和热学、光学、电学等现象间互相沟通,尽管建立在对分子力推测基础上的拉普拉斯的物理力学的概念已经陈旧,但这种统一性还是促进了19世纪物理学的发展。拉普拉斯重视以精细的实验测量工作作为他的数学物理理论的重要补充,他认为实验方法和数学理论并重。J·B·毕奥(Jean Baptiste Biot, 1774~1862年)指出拉普拉斯在他的影响深远的《论实验物理和数学物理》(1816年)中,强调通过采用新的仪器设备和新的实验方法,提高实验精度,减小误差,亦即物理量的精确数值测量是极端重要的。毕奥把数学方法和实验方法都看作为物理学的范例,认为定量描述才是物理理论的目标。

拉普拉斯设想了一种包括不可称量流体理论在内的定量化的物理学。他的热理论和气体理论都是建筑在推想的基础上的:热作为一种不可称量的流体,渗透在物质粒子的周围,拉瓦锡及其同事把这种流体称为“热素”。热素的性质随着它同普通物质混合时的状况的改变而改变。气体的弹性要比液体、固体好,是因为气体粒子间渗进了比液体、固体粒子间更多的热素之故。拉普拉斯认为,普通物质粒子间的吸引力和热素粒子间的排斥力之间的关系是气体性质的决定因素。热素说加上拉普拉斯的定量物理学,使拉普拉斯的气体理论达到了相当完美的程度。

拉普拉斯在将自己的分子物理的研究方法推广到普遍的应用过程中时,得到了同他的同事克劳德·路易斯·贝陀莱(Claude Louis Bertholler, 1748~1822年)相一致的结果。贝陀莱证明化学亲和力和是由物质粒子间的吸引力引起的,他认为化学亲和力和引力的性质很可能是相似的。贝陀莱的细致研究工作,揭露了建立化学

① P. S. de Laplace, *Traite de mécanique celeste*, 5 vols (Paris, 1799-1825), 5:99

② S. D. Poisson, *Memoires de l'Académie des Sciences*, 8(1929), 361

亲和力图表过程中的固有困难：既不能对化学物质彼此化合的相对趋势进行分类，也不能对化学物质吸引力的差别进行定量的测量。他强调指出，物质的化学活性不完全简单地取决于它们的亲和力，还取决于它们的质量。化学现象的复杂性很难找到建立亲和力的物理学的定量办法，因此它的应用前景也不乐观。但是，贝陀莱系统地应用数学表示的化学，的确奠定了亲和力的很有逻辑性的理论基础，这是一种关于分子力的理论，对拉普拉斯说明他的分子物理的研究方法是很有帮助的。

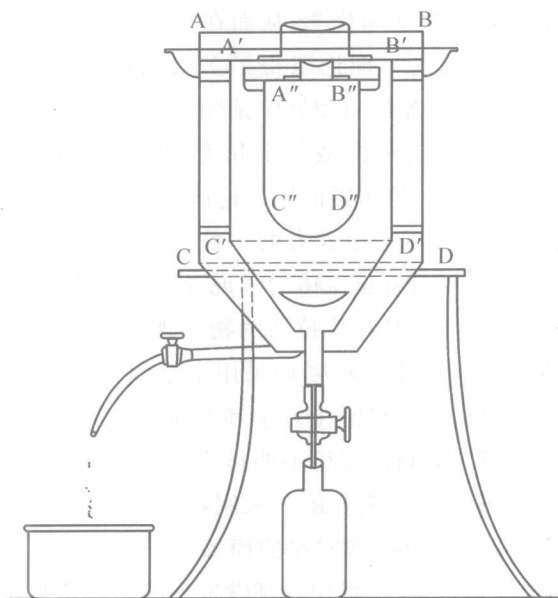


图 3.4.1 拉瓦锡和拉普拉斯采用的“冰量热器”。该装置高约 3 英尺，由三个颈部套在一起的同轴金属圆筒所组成。外圆筒里盛着碎冰块，使内圆筒与外界隔热，最里面的圆筒是内中悬挂着金属网篮（网篮内装上待测物质样品）的容器，由于网篮中的物质产生热量，使紧贴着的一层冰融化。冰融化所产生的水流到下端的容器，称出水的重量。融冰的重量与物质释放的热量成正比。拉瓦锡和拉普拉斯测出了多种物质的比热，亦即测出了各种等量物质上升相同温度所需要吸收的热量（以水的比热为标准值，并取为 1）。除了实验装置之外，这里的实验方法是属于拉普拉斯的。

为了对物理量进行准确的数值测量，本实验的确是精确实验的一个重要实例，这也是毕奥在物理学综论中所强调的定量化的思想的具体体现。在拉瓦锡和拉普拉斯的论文中，他们强调的是对热的性质不作任何假设，但后来他们还是相信了热素说，毕奥也持这一看法。量热学的兴起、热量概念的发展，以及物质比热、潜热等概念的产生，都促使人们把热的概念建筑在热素说与材料物质相结合的基础上。[资料来源：Jean Baptiste Biot, *Traite de physique experimentale et mathematique*, 4 vols (Paris, 1816), V, fig. 66]

拉普拉斯在拿破仑时代法国的物理学界的影响是至高无上的，他对分子力理论的研究，凡是有利于他的理论取得成功的重大问题的定量实验测量和数学运算，国家都给予特殊的支持和鼓励。毕奥和 F·阿拉戈 (Francois Arago, 1786~1853 年) 对光在气体中的折射现象作了实验研究，坚持认为他们的实验观测提出了对分

子力的一种量度办法。E·L·马吕斯(Etienne Louis Malus, 1775~1812年)对双折射现象的拉普拉斯谱线提出了一种解释办法,这就证实了这样一个问题:拉普拉斯用他的分子力的理论来解释光学现象是适当的。马吕斯在报道他的关于光的偏振的发现中,也得出了一种在假设基础上的解释理由,即假定光微粒和普通物质粒子间的分子力的作用使光出现反对称的性质。

同贝陀莱的关于化学亲和力的系统理论结合起来之后,拉普拉斯把数学上定义的分子力用于力学、热学、光学和化学,从而在统一的和自成系统的研究方法基础上建立了物理力学。不管这一理论取得了多大的成功和多么前途无量,随着1815年拿破仑政权的垮台,拉普拉斯和贝陀莱随着失宠,影响力很快减小,拉普拉斯的这一理论也开始受到打击和挑战。亲和力的理论遭到了J·道尔顿(John Dalton)的化学原子论的责难。道尔顿的原子论认为化学元素的原子都具有定量关系上的相对重量,化学元素并不是化学力的一种数学理论。热素说也开始受到冲击,把热素作为普遍存在的不可称量流体的学说受到了批判,并且提出用光的波动说取代光的微粒说,粒子光学曾是拉普拉斯的物理理论的核心。总而言之,拉普拉斯的物理学已经承受了种种打击。在强调采用定量的实验方法方面,在强调经过数学办法处理的统一的物理学(亦即在力学和其他物理现象之间建立起联系)方面,拉普拉斯所确立的物理学目标,尽管不能作为物理学的概念结构,但对19世纪统一的物理科学的创立却是至关重要的。采用数学处理办法和定量实验手段,运用统一的物理世界观,并且利用物理实在的模型公设去满足实验检测和数学公式的描述,这些观念的确立构筑了19世纪物理学发展的总体轮廓。

不可称量流体受到英国物理学的冲击

抛弃不可称量流体是促进19世纪早期物理学发展的最重要的原因之一。在英国,不可称量流体学说的批判发生在二元论盛行的时期,亦即不可称量的相互排斥的以太和普通物质的吸引力平衡理论的盛行时期。在英国,随着皇家学会(1799年成立)对利用科学研究来改进科学仪器和促进实际应用所产生的兴趣的增长,对不可称量流体学说开展了三次很有影响的批判。本杰明·汤普孙,即伦福德伯爵(Benjamin Thompson, 1753~1814年)。在1798年,否定把热作为不可称量流体的学说,他指出这个学说无法解释摩擦生热的现象。电池的发明以及1800年发现水的电解,使H·戴维(Humphry Davy, 1778~1829年)在化学亲和力的基础上阐明了电理论,抛弃了电流体的概念。托马斯·杨(Thomas Young, 1773~1829年)在1799~1804年写的一系列文章中,拥护光的波动说,抛弃了把光比作弹性流体的火的概念。

伦福德否定不可称量流体学说,但赞同这样的一种学说:热效应是由普通物质粒子的运动同背景以太的振动的相互作用产生的。通过普通物质和以太的二元论

假设,伦福德断言:普通物质粒子周围的以太“大气”的振动可以传播给附近的以太,再进一步传递给普通物质的另一些粒子。伦福德的二元论又回到了传统的以太学说,但是他不认为以太是一种不可称量的流体;他强调指出,正是以太的振动,而不是弹性流体的流动才引起热的效应。

杨氏在他的早期的讨论以太作用模式的文章中,采用了普通物质粒子浸没在以太环境中的理论。他认为有一种普遍的以太物质,借此可以修正电流体学说。他证明:光、热、物体的附着力和排斥力都是以太所起的作用。虽然他放弃了在以太基础上构筑统一的世界观的打算(这可能是因为他还不能很好地用这些术语解释附着力和排斥力),但是“发光的”以太就好比光和辐射热的运载工具,这观念已成为他的光学的核心内容。杨氏赞同“发光的”以太和光的波动说,因此他反对牛顿关于光“辐射”的理论,即反对牛顿的所谓一个个光微粒抛射的辐射理论,并且也反对光就像火那样的所谓以太弹性流体的学说。杨氏的光波干涉原理,源于他早先对声学研究形成的概念,他采用光波叠加的办法去解释光的衍射,假定光波彼此交叠时既可能相互加强也可能相互抵消因而引起亮光带或暗光带。因而杨氏将统一的以太理论转变为他的光的波动说。

从戴维的早期论文中,可以看到他相信统一的以太学说,尽管他放弃了电流体的概念,但是以统一以太学说为本质的自然力统一的学说仍然是支配戴维物理理念的关键。他精心研究了化学力的电理论,坚持认为电力和化学力是密不可分的,而且认为电力和化学力实乃同一种力所为。

所谓不可称量流体的学说,在19世纪初,已受到越来越多的质疑。自然力互相平衡的概念,以及自然现象的统一和相互转化的概念,都是19世纪始终坚持,确实也对物理学的发展产生过重大影响的。当然,这些思想最终同不可称量流体的学说彻底决裂了。法拉第和焦耳在力平衡学说的基础上发展为自然能或自然力可以相互转化但不能毁灭的学说,这里的转化是概念的纽带,到了1850年左右,这一学说又被发展为能量守恒原理。

菲涅耳和弹性固体以太

A·J·菲涅耳(Augustin Jean Fresnel, 1788~1827年)提出的光的波动说是最有影响力的,也是为使人们放弃不可称量流体学说而作出最大的贡献的。菲涅耳工作从一开始就针对不可称量流体的理论框架的,它冲着拉普拉斯的光的微粒说和热的热素说。早在1814年,他对光学刚发生兴趣的时候,菲涅耳就写道:“我猜想光和热都是同某种流体的振动联系在一起的。”在他的光学理论中,他把立足点建立在光是介质的一种运动表现形式的概念基础上。到了1821年,他采用波的传播媒介(即稀薄发光以太)的动力学术语,建立了光学这门学科。菲涅耳之所以否认光的微粒说,那是因为光的微粒说暗示着存在不可称量流体这种物质的反常

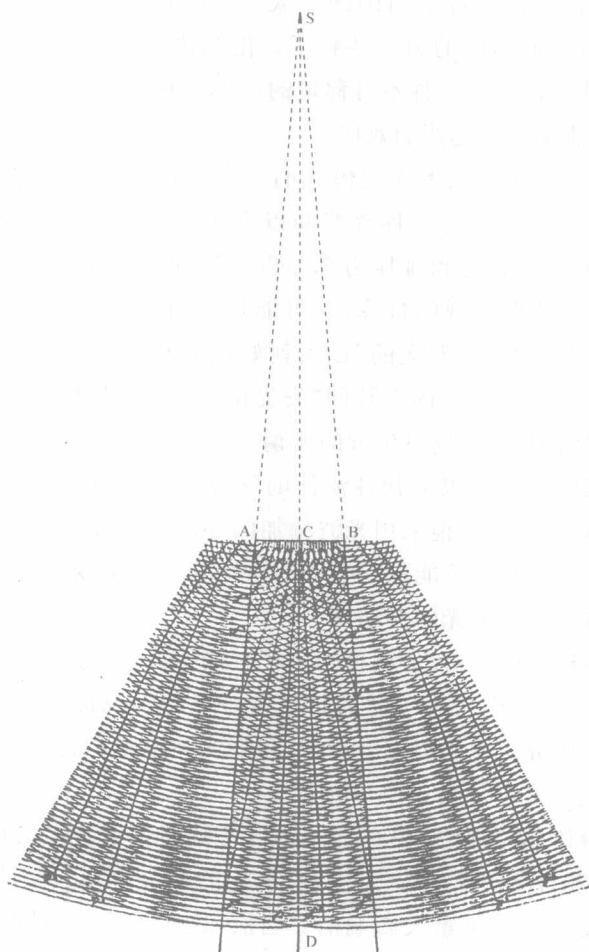


图 3.4.2 菲涅耳在 1816 年的第一篇关于光的衍射的论文中,讨论了衍射光带的成因。当一根发丝或其他细丝被一束窄光束照射时,可以看到屏上明暗相间的条纹,这就是菲涅耳所研究的光的衍射现象。他主张光是一种扰动,正是这种扰动的叠加和光波的干涉原理解释了这一衍射效应。扰射体(AB)反射的光波和从光源(S)来的直接光波同位相处,即出现互相加强的亮条纹。当来自光源和来自扰射体反射的光振动位相相反时,两束光互相抵消,就出现一条一条的暗条纹。

菲涅耳对光波干涉的理论处理所预示的衍射条纹的位置同实验得到的值十分接近,这里他演示了这一结果。他用光波的叠加和抵消来解释衍射条纹,有力地支持了光的波动说,当他从实验上证实他的理论判断时,波动说解释受到了强有力的支持。阿拉戈也表示支持光的波动说,他很好地报道了菲涅耳的工作,并希望作进一步深入的研究。毕奥则用微粒说来解释衍射现象以致作答,拉普拉斯的微粒光学的支持者们,还就这一课题提出了开展一场研究竞赛的提议,以便对衍射得到微粒说解释,并以此来拒绝光的波动说。菲涅耳的优秀论文于 1819 年呈交巴黎科学院,为光的波动说的胜利立下了汗马功劳。在对论文进行审读的时候,泊松指出,菲涅耳的理论能解释意料之外的结果:在用作衍射体的圆盘阴影的中心所出现的那个亮点,这个亮点实验上证明是确实存在的。[资料来源: *Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel*, ed. H. de Senarmot, E. Verdet, and L. Fresnel, 3 Vols. (Paris, 1866-70), 1:23]

形式；在他的理论中，光的现象是用以太的振动来加以解释的。抛弃了普通物质和不可称量物质两种截然不同的物质观之后，菲涅耳考虑根据以太的力学特性来建立一种统一的物理学，他认为以太也是一种普通的物质形式。他抛弃了光的粒子“辐射”说，赞同光是发光以太中波动传播的学说。

1815年菲涅耳接触阿拉戈之后，对当时微粒光学的复杂性才有比较清醒的认识，但对杨氏的工作却了解不多，菲涅耳提出用干涉原理去解释光的衍射现象。菲涅耳采用实验的办法，发现衍射带的观测位置和理论预示的位置十分接近，以此将衍射带解释为由波的建设性干涉和破坏性干涉引起的结果。他的论光衍射的论文，呈送到巴黎科学院后，于1819年得了大奖，正是这篇文章奠定了光波干涉的数学理论的基础。虽然菲涅耳得到了奖励，而且在评奖过程中他的理论还得到了意想不到的实验验证，但是他的论文并没有使拉普拉斯学派明显地放弃光的微粒说而转向赞同光的波动说。

1808年，马吕斯发现反射光的偏振现象，这表明光具有反对称的性质，这就向菲涅耳理论提出了重大的挑战。正当马吕斯和毕奥用光微粒的反对称运动解释了光的偏振问题时，菲涅耳的关于波在流体以太中传播的概念还没有关于偏振效应反对称的丝毫含意。菲涅耳意识到，通过光波和声波的比较对提出光的干涉学说尽管起到了有益的作用，但若认为光波和声波相似那就不对了。如果光的波动说是正确的，那么以太的力学性质就值得进一步研究，为什么偏振光的反对称性与菲涅耳的假设不协调呢？菲涅耳认为光波也像声波一样，在介质中沿纵向振动，振动方向就是波传播的方向。为了解释偏振现象，杨氏^①提出了一种所谓的“不完全解释”，认为光波就像一根拉紧的绳子那样由“横向振动”所组成，即振动方向与波的传播方向互相垂直。

为了解释光的偏振现象，菲涅耳又提出了这样的假设：构成光的振动由两个彼此成直角的分量所组成，也就是沿纵向振动分量和沿横向振动分量两个分量的组合，假定偏振是由于纵向分量消失的结果。到了1821年，随着对偏振光性质的深入研究，他开始认识到构成光的振动只可能是横向的振动。他提出了一种关于以太的模型：以太是由在一定距离上受力束缚作用的分子所组成的介质，借助这种介质只有横向振动才能传播。在回答泊松关于横波不可能在流体介质中很好地传播的批评时，菲涅耳争辩道：解决问题的出路在于重建以太学说，而不是枉费心机地否定光的波动说。菲涅耳认识到，流体以太确实不能产生横向振动；为了产生横向振动，以太必须具备刚体的特性。菲涅耳原先并没有重视建立以太的力学模型，只是考虑他的光的波动说如何有利。菲涅耳的结论是：光波是横向振动的波，并提出

^① *Miscellaneous works of the late Thomas Young*, ed. G. Peacock, 3 Vols. (London, 1855), 1:383

了建立以太的力学模型的问题,用模型来说明以太只传播横波而不传播纵波,这也是反映 19 世纪光学的最主要特点的大问题。

菲涅耳的工作对 19 世纪物理学的发展是至关重要的,这也向我们提供了一个如何通过力学模型的建立达到统一理解物理现象的范例。模型的建立是物理学理论加工的中心环节。光学的定律以及其他相关的物理现象的定律都可以在力学解释的框架内完成,而且参照固体力学和连续介质力学,很容易理解这一点。

发光以太和力学解释

菲涅耳的工作开创了对以太物理性质的一系列研究工作,以至建立了光学原理的数学基础和以太的精确的力学结构。在 1830 年发表的论光学理论的一篇重要文章中,A·L·科希(Augustin Louis Cauchy, 1789~1857 年)以太具有弹性固体介质的力学性质为前提,对光学原理提出了一套完整的数学处理方法。科希的主要创新在于:从弹性固体的运动微分方程出发得出光作为横波的振动传播规律。科希的研究工作难就难在他无法证明关于弹性固态以太的分子结构是否正确,他也无法确定为了得到光学定律所提出的边界条件是否恰当。虽然科希的工作在数学手段上要比菲涅耳的高明得多,但是两者的问题却是相似的:科希的弹性固体以太的力学结构显然是有问题的,它与光学原理究竟有何关系也是模糊不清的。

科希的研究对英国的影响特别大,它促进了英国对光学的力学基础和以太结构的研究工作。包括 J·赫歇尔(John Herschel, 1792~1871 年)、W·惠威尔(William Whewell, 1794~1866 年)和 G·B·爱里(George Biddel Airy, 1801~1892 年)等在內的新一代数学家和物理学家都在 1830 年代极力支持光的波动说,他们还把欧洲大陆的分析数学引入剑桥的数学教学之中。光的波动说,尤其是科希精心倡导的形式,使光学定律可从弹性固体运动的微分方程推导出来,这就极其有利于使他们相信,应用数学方法也可以解决物理问题。不顾光的牛顿“辐射”学说的支持者们如何反对(由于波动说的某些理论预测还没有完全得到实验的证实),波动说的支持者们强调波动说的数学根底,并主张发光以太才是光学理论的基本假设。

G·格林(George Green, 1793~1841 年)^①在 1838 年发表的那篇重要的论文里,试图建立一种可靠的弹性固体以太理论的力学基础,他从表示以太力学性质的数学函数出发,导出解析形式的光学定律。格林批评了科希关于以太的分子结构

^① *Mathematical papers of the late George Green*, ed. N. M. Ferrers (Cambridge, 1871), p. 245; *The Collected Works of James MacClullagh*, ed. J. H. Jellett and S. Haughton (Dublin, 1880), p. 184

假定,认为物理实在和用来描述物理实在所使用的模型是存在某种差别的,他也强调了要说明发光以太结构的困难所在。他断言:“与其假设某种根本上同自然界的机制差别极大的作用力模式,倒不如假设以一种普遍的‘物理原理’作为我们推理的基础。”格林的论文,采用分析动力学的办法,作为另一种特殊力学模型的结构,得出的解释具有特别的重要性。这种解释模式,由英国物理学家用术语“动力学”理论来表述,并在J·L·拉格朗日(Joseph Louis Lagrange, 1736~1813年)于1788年出版的《分析力学》一书所使用的分析力学的形式基础上提出,这种理论同任何特定的物理模型无关。因此,它表明对现象作出力学解释是普遍适用的,也是正确可行的。

相应地,这也可以证明弹性固体以太的机械论是确实有效的,这项工作是由J·麦克考拉夫(James MacCullagh, 1809~1847年)做的。1839年麦克考拉夫写了一篇“论结晶体反射和折射的动力学”的文章,他试图采用拉格朗日的分析力学的方法来导出光学定律,以便建立光学原理同力学的联系。麦克考拉夫证明:以太的弹性模量并不是由以太的畸变和压缩所决定,而是取决于以太元素的转动位移,他从只同以太的转动弹性模量有关的解析函数出发,导出了光的传播定律。他强调指出,“发光介质的组成是完全不知道的”,但他要求他的光的“动力学理论”是唯一适当的理论结构模式;麦克考拉夫承认他的转动弹性模量的证明(并没有涉及任何力学模型)“从力学的角度分析,不能被认为是充分的”,麦克考拉夫的工作一直是有争议的,19世纪70年代麦克斯韦关于光的电磁理论出现之后,麦克考拉夫的旋转弹性以太的理论只在争论如何把转动作为以太力学的主要特性时才有重要影响。

G·G·斯托克斯(George Gabriel Stokes, 1819~1903年)在19世纪40年代发表的一系列论文,采用另一种方法继续讨论弹性固体以太的力学理论。考虑到并没有关于以太分子结构的猜测,因此也回避了科希工作中的明显困难,斯托克斯十分看好他的以太模型的物理结构。斯托克斯建立了一种类似于欧拉的流体力学理论的所谓理想连续固体的数学理论,在欧拉的方程中,连续流体的运动方程是在同流体的分子结构无关的情况下导出的。虽然斯托克斯假设以太粒子是有结构的,但他没有采用分子假设来解释光通过以太的传播。他指出:对于地球和行星穿过以太的运动而言,以太的行为就像流体;但对于组成光的振动而言,以太的作用又像是弹性固体。他把以太描述为类似胶水或果子冻之类的东西,亦即是一种含有少量胶质的混合物,当大物体平移运动穿过它时它的行为像流体,但是仍然具有弹性。因此当相应的光传过时它又会产生微小的横向振动。这样,斯托克斯采用了他的力学胶水模型,既描述了它的弹性,又回避了以太的分子结构理论。

菲涅耳首创的以太动力学的工作,对自然界的力学理论的发展有着特别重要的作用,而麦克考拉夫、格林和斯托克斯的理论,对物理现象的力学解释又提出了另一种不同的方法。斯托克斯的以太理论关系到对力学描述的解释问题,这种描

述呼唤从普通经验出发得出力学类比；而麦克考拉夫和格林则要求采用分析广义运动方程来说明力学解释。物理学家们并不认为这两种方法一定是相互矛盾的一种理论结构，有时甚至认为它们互相兼容甚至互相补充呢！当然，要知道形象模型也有它的很多局限性，拉格朗日动力学方程的抽象性常常使人看不到它的客观实在性。建筑在物理模型和拉格朗日动力学理论基础上的力学解释的框架已成为英国物理学的鲜明特征，后来 W·汤姆孙和麦克斯韦正是将这一特征用来描述电磁学的。

傅里叶和数学物理方法

J·B·J·傅里叶(Jean Baptiste Joseph Fourier, 1768~1830年)在他的1822年出版的《热的分析理论》^①一书中，在根据数学原理创立统一的物理学方面作出了十分重大的贡献。傅里叶一方面关心热的数学理论，另一方面又把热作为不可称量流体，对所谓的热素说并不怎么反对；为了回避关于热的物理性质的所有问题，他认为普通物质粒子间都以其排斥力而彼此分开。傅里叶是从理性力学的传统开始研究热现象的，亦即把研究工作放在表征热传导的微分方程的基础上，而且这些微分方程还和所有物理假设没有关系。

从方法学上讲，傅里叶对热理论的处理方式完全类似于牛顿对引力数学的理论分析：引力的原因虽然是未知的，但是通过观测和数学分析可以发现引力的作用结果。傅里叶关于热的解析理论只是理性力学概念的推广。他回顾了从阿基米德、伽利略、牛顿到18世纪几何学所取得的辉煌成就的数学力学简史，注意到这一过程中的研究工作主要局限于研究力学、动力学和静力学问题，以及固、液两态物体的运动原理和平衡问题。这期间的力学理论并不适用于对热效应的研究，因为热效应具有自身独特的一些现象。但是无论如何，用于研究物体力学性质的解析方程很可能适用于对更广泛现象的研究领域。傅里叶阐明：数学分析的广泛适用性就像自然界本身的多样性，数学语言的清晰性和普遍性可将一切现象归纳到数学定律中，这也表示了自然规律的一致性及和谐协调性。

在理性力学的框架内考虑热的数学理论，使傅里叶可以回避关于热本质的假设。正因为理性力学是建筑在可观测量的基础上的，傅里叶的数学是建筑在热效应的基础之上的，而不是建立在对热的假设原因上；也就是说是在建筑在物体温度分布的基础上，而不是考虑由热的排斥力所决定的物质物理状态上。傅里叶证明：理论的基础原则可从“极少数的原始事实”出发，再通过数学分析，这种方法的分析过程很像理性力学。

^① Fourier, *Analytical theory of heat*, trans. A. Freeman (reprint. ed, New York, 1955), p. 7

傅里叶是从不同物体之间的热传导来着手关于热的研究工作的，很可能先是模仿毕奥关于金属棒热流的论文，再研究固体中的热流。并于1807年将自己的研究工作向法国研究院报告。1811年，他又把自己的工作推广到无限大物体内部热扩散的处理问题，傅里叶的研究论文，经过修订获得了由科学院设立的关于热扩散的竞赛奖（不顾拉格朗日对傅里叶的数学证明提过多大的反对意见）。傅里叶的工作风格也同盛行的拉普拉斯的理论结构格格不入，泊松一直对傅里叶的分析力学持异议，也主张拉普拉斯的物理力学。根据泊松的热理论，他采用热素流体的物理模型，辐射直达远处。傅里叶的数学方法则十分的不同，他的重点放在求解热扩散的微分方程上，而不是给热流以假设的物理模型。他把热传导的处理基础建筑在固体和液体的温度分布上，通过理论分析，证明热传导是分子间的一种热交换。物质两个分子之间的热传递正比于它们间的温度差，并且还是它们间距离的函数，这个函数的性质与物质的种类有关。热流量同温度有关，并且假定在热传导过程中热量是守恒的。傅里叶得出的“连续性方程”（原先由欧拉根据流体力学导出），是一个同热流和温度梯度有关的微分方程。从形式上看，同泊松的结果没有两样，由于这一方程并不是建筑在物理模型的基础上，傅里叶对热的性质并没有给予分析。傅里叶的目的是将物理问题转变为数学分析的方程。理论的基础是温度的经验分布律，该定律则由实验给予检验。热传导方程则由温度分布的基本事实导出；不管热的性质如何，热传导都能通过这些微分方程而得到很好的描述。

傅里叶的热解析理论对后来的数学物理产生了重要的影响，他将理性力学的框架推广到包括热传导在内的各类问题，这也为数学物理提供了一个不限于很窄的力学问题内的范例。傅里叶的方法也强调数学定律的权威性，也注意到数学理论和它的物理解释是不同的。这种区别对W·汤姆孙在1842年建立静电学理论中的影响是重大的，因为汤姆孙的静电学理论所用的数学形式同傅里叶的热解析理论中的热分布的数学理论十分相似，从热传导与静电吸引的对应关系上可以明显地看到这一点。汤姆孙提出的几何模型，对静电学和热传导都是适用的，根据这种模型，静电荷分布由电力线通量表示，热量分布则由热流量表述。于是连续性方程也适用于电学理论，从热流量的连续性方程或守恒律，可见电荷流也满足守恒律。现象之间的一致性由连续性方程所表示，这是数学的一致性而不是物理的一致性，这也是几何形式的统一，并不是热学和电学间的物理类似性。

傅里叶的工作突出地表明了数学形式的重要性，并且数学形式同物质组成的理论无关，说明数学表述和物理表述是两码事。尽管19世纪的物理学家并不回避物理模型，而且物理模型的建立又不同于物理客体的表述。正如格林在表述他的以太力学理论时所思索的那样，模型的假设和“自然过程的机制”是有区别的。

电 以 太

发光以太理论为光通过周围介质的空间提供了一种如何传播的物理模型。1820年丹麦物理学家H·C·奥斯特(Hans Christian Oersted, 1777~1851年)发现了电磁学,这使人们千方百计要建立电力在电以太中传播的理论。普通物质周围粒子构成电“大气”的概念与18世纪物理学理论工作者在著述中所描绘的完全一致,但是,到了18世纪后期,电“大气”的概念已演变为“活性球”的概念,所谓“活性球”就是电力空间的换一种说法。很多电气理论工作者在探讨电在空间分布的物理基础时,把电的作用表述为以太介质所产生的应力。电和磁的关系问题,电流体、磁流体的联系问题都是人们经常讨论的问题,不过虽然人们认为电和磁有相似性,但认为它们两者又是各自独立的现象。

奥斯特发现电流对磁性指针的作用之后,电气科学逐步形成了,认识到电、磁现象是统一的。电磁学的发现使奥斯特的电学研究达到了顶峰,通过这一研究,他相信自然力的统一是有牢固基础的。他坚信这样的自然观:电学、磁学、热学和光学都是同一种力的不同表述而已,他试图用引力和斥力两者不平衡的术语来解释自然现象。这些都是18世纪后期物理学的共同理念,但奥斯特受到它们在德国自然哲学传统中的表现的影响,德国的自然哲学注重自然的一致性和力的极性。根据康德的理论,引力和斥力这样的基本力都属于物质的明确属性。奥斯特认为电流是一种动力学振荡,是相反方向的引力和斥力之间不平衡所产生的力的波动。他发现当磁针分别置于载流导线的上面或下面时,磁针的偏转方向是相反的,他猜想由于导线中的电力波动,引起导线周围的空间发生一种圆周运动。奥斯特的实验表明,电、磁力只沿圆周方向才有作用,电、磁力的分布也是一种立体分布。

奥斯特的发现加速了多种多样假设的出现,以便用来解释电磁相互作用的空间分布。物理学家们用空间的磁曲面来描绘力的几何构型,也有人用周围以太中的磁流体旋涡来表示圆周形的磁力。A·M·安培(Andre Marie Ampere, 1775~1836年)提出了另一种不同形式的假设:用光波传播的类比去解释电磁作用的传播。安培把奥斯特的结果推广到说明载流导线之间的相互作用,证明用电流可以解释磁学,并能根据无限小电流元之间的吸引力和排斥力的关系,建立电磁学的数学理论。安培引入菲涅耳的发光以太概念来解释电磁作用的传播。他指出,以太是由正负两种电流体组成的,电磁学现象是由电流体的扰动引起的,光则是流体振荡所产生的结果。发光并布满空间的以太是电磁作用传播唯一一种物理学模型,大约到了19世纪20年代,由以太传播光的思想 and 即时电磁作用的概念都已经确立了。

奥斯特的研究又促进了对其他电磁效应的研究工作,正是这些研究才导致M·法拉第(Michael Faraday, 1791~1867年)于1831年发现了电磁感应现象。法拉

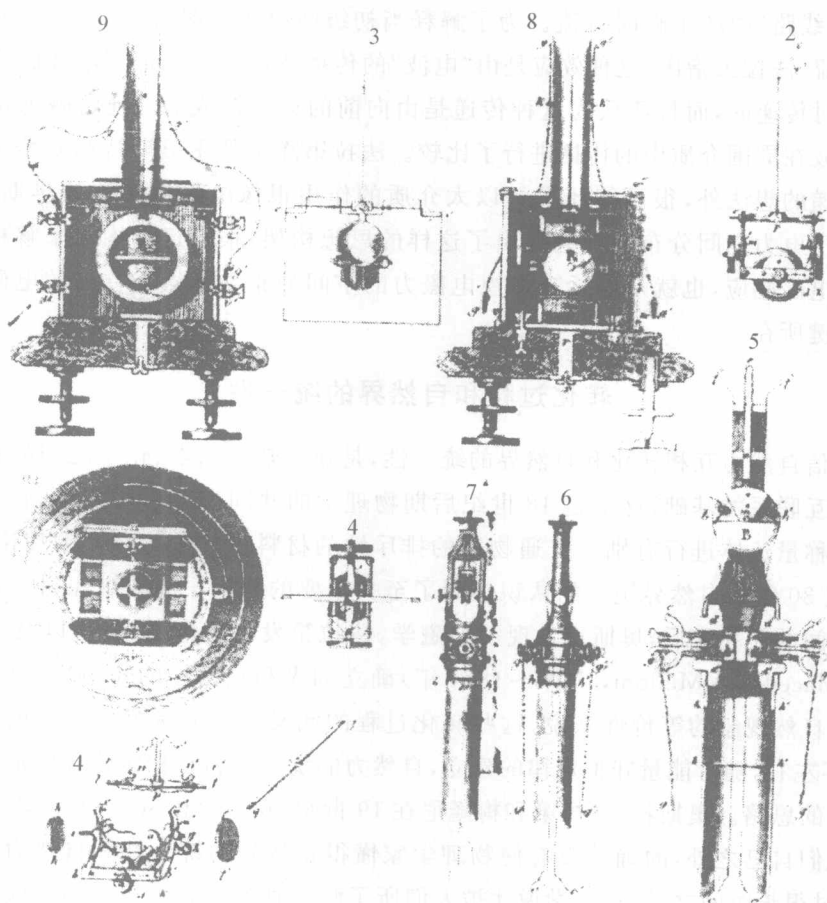


图 3.4.3 W·韦伯的“电动式电表”(1848 年)。这是为准确测量电作用力而精心设计的仪表。其中由铜丝绕制的小线圈置于固定不动的大线圈之内，一旦电流同时从两个线圈中通过时，悬挂着小线圈的支架能抑制小线圈的转动角度，并使转动角度正比于流过线圈电流的大小。从图中可以看到，仪表的结构十分精巧，线圈的转动十分灵活，即使很小的电流流过，线圈也会有所反映。这一仪表充分说明，物理学家和仪表制作者间的关系十分密切。物理学家韦伯所关心的是如何定量测量的问题，他强调指出，实验测量必须符合严格的标准，传统的定性分析的方法应当抛弃。

这一方法反映了 19 世纪早期德国物理学已出现专业分工的倾向，不但强调研究的价值，强调采用数学方法和准确的实验测量，而且强调开展创造性的实验室研究和实验教学研究。这些观念促进了 19 世纪德国物理学的发展并对德国研究工作极为重要。德国的物理学研究已成为当时的研究和专业分工的典范，国家大学研究基金给物理研究以资助，并直接分配给各大学的教职人员，促成了物理学的专业化。[资料来源：Wilhelm Weber，“Elektrodynamische Maassbestimmungen”，*Annalen der physik* 73(1848)，336]

第发现^①当电流通过绕在铁环一边的导线(初级线路)时，会在绕在铁环另一边的导

^① *Faraday's diary, being the various philosophical notes of experimental investigation made by Michael Faraday*, ed. T. Martin, 7 Vols. (London, 1932-36), 1:369

线(次级线路)中产生瞬时电流。为了解释当初级线路闭合时,次级线路中的感应瞬时电流,法拉第指出:这种效应是由“电波”的传播造成的。他证明电和磁的作用都是即时传递的,而且还认为这种传递是由向前的运动造成的。他将磁力扩散同光和声波在周围介质中的传播进行了比较。法拉第除了熟悉奥斯特和安培关于电磁力传递的想法外,很可能还了解以太介质的作用很像电作用载体的早期理论。这些关于电力空间分布的理论提出了这样的思想构架:根据这种构想来解释他所发现的电磁感应,也就是他后来重视电磁力的空间分布并精心建立他的电磁场理论的关键所在。

转化过程和自然界的统一性

相信自然力互相转化和自然界的统一性,是建立热、光、电、化学之间的相互关系和相互联系的基础,这也是18世纪后期物理学的共同观念,而且也是后来对各种不可称量流体进行有别于普通物质的排斥性的材料物质进行修正的理论基础。19世纪30年代自然界统一的认识达到了至关重要的程度。继戴维探讨了化学力和电力间的关系之后,奥斯特发现了电磁学,法拉第发现了电磁感应,以及M·梅隆尼(Macedonio Melloni, 1798~1854年)确立的光和辐射性的相似性,对于确立不同的自然现象的等价性来说,这些转化过程的涵义是十分深刻而重要的。到了1850年左右,随着能量守恒定律的建立,自然力的统一性和互相转化性已形成了相当清晰的思路。奥斯特、法拉第和梅隆尼在19世纪20年代和30年代实验发现,除了他们自己之外,的确并没有使物理学家懂得自然界的统一性和自然力的转化性,经过很长时间之后,这一学说才被人们所了解。直到放弃了不可称量流体的学说之后,物理学家才承认自然现象的统一性和转化性。放弃不可称量流体学说,并得到新的关于转化现象的实验发现的支持,自然力统一性和等价性学说于19世纪30年代方使人们逐渐深刻地认识到自然现象间的这种关系。

发光以太概念的发展也为讨论自然界统一性提供了新的契机。菲涅耳已经看到,通过对普通以太的修正有可能解释光、热和电的关系;安培则提出了一种所谓电以太的概念:以太是电磁作用和光学作用的共同载体。早在19世纪30年代,安培提出了一种相当深刻的关于光、热比较的理论。他认为,热并不是由不可称量流体的运动产生的,而是由物体分子的振动引起的,振动分子并不是直接把自身的运动传播出去,而是通过以太这一中介才发生传播的。因此热是通过以太的振动来实现传播的。安培关于热的“波动学说”受到了高度的重视。从热、光、电本质上是一致的判断使人们看到了一种崭新的机会:以太动力学,亦即用以太的运动来说明这些现象的原因。正是以太的动力学行为,而不是不可称量流体的行为,才是统一物理学的基础。

把研究重点放在自然功或自然“力”的统一性和互相转化性上是法拉第实验研

究的重点和主要方向。他在19世纪30年代所做的电学实验,就是专门为了解释化学和电学之间的关系的,他坚信化学亲和力和电力是一致的。他注意到由于热、电和化学亲和力在本质上是统一的,因此又是可以互相转化的。根据他的看法,自然力之所以能互相转化,完全是由它们的不可毁灭性造成的:自然力不可能从无到有地创造,只能从一种消耗到另一种产生。法拉第^①的大量研究工作都围绕转化现象:电磁感应、电学以及光的磁性作用。他还想判断电学和引力之间转化的可能性,通过实验极力揭露它们之间的联系。在法拉第的物理学中,自然力转化的思想是从不可称量流体力学说中滋长起来的。他在1845年发表的论磁学对光的作用一文中明确指出:相信“力”的统一性和等价性是他最基本的信念,他相信表示物质各种形式的力必有一个共同的起因,换言之,这种种形式之间不但关系密切,而且互相依存,使得它们只能如实在的那样可以互相转化,从一种形式转变为另一种形式,并且当它们发生转化作用时,力还具有等价性。

力转化的概念是法拉第物理世界观的核心,这种观念使他很易理解自己的发现,也使他的实验研究的目标非常明确。法拉第的学说由W·R·格罗夫(William Robert Grove, 1811~1896年)于1846年在《物理力的关联》一文中作了通俗性的介绍,他的解说后来被反复作为能量守恒原理的一种表述。根据自然力或功的不可毁灭性和可转换性,格罗夫企图说明转化现象的深刻意义,到了19世纪40年代,这些思想已成为物理理论的重要组成部分。

自然界的统一性:热和机械功

机械功和热相互转化和等价性的表述是建立能量守恒原理的关键所在。在证明力学过程中机械能的损失正好等于所产生的热量时,能量守恒原理断言自然现象是统一的。18世纪的物理学家是在力学体系与非力学过程分离的限制下考虑能量损失的,因此他们并没有搞清楚热量和机械功等价的理论。不过机械能守恒的概念是从18世纪的力学论著中发现的。人们都很清楚,莱布尼兹最先说明的是活力守恒原理的形式问题。莱布尼兹证明,用质量和速度平方来计量的活力(动能)在力学过程中是守恒的。因此,宇宙的活力也是守恒的,自然界并不像时钟那样需要上发条。

18世纪物理学家所使用的活力守恒概念也不一定要服从莱布尼兹的自然理论。随着活力守恒原理的应用越来越广泛,尤其是在讨论理想弹性体的碰撞时的应用。J·伯努利在18世纪20年代和30年代发表的论文中,对活力的概念作了最系统、最透彻的表述。他和莱布尼兹都认识到,在非弹性碰撞过程中,活力很可能

^① Faraday, *Experimental researches in electricity*, 3 Vols (London, 1939 - 55, reprint ed., New York, 1965), 3:1 - 2

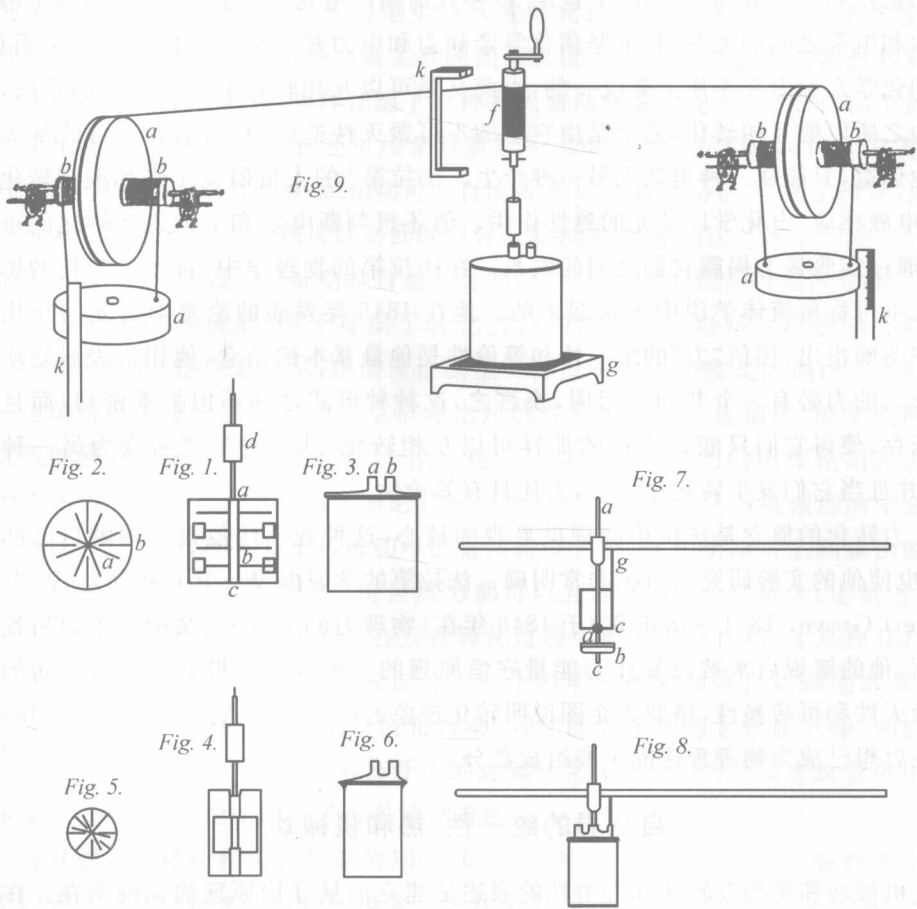


图 3.4.4 J·P·焦耳的叶轮装置：他利用这一装置建立了热功当量关系（1850 年）。19 世纪 40 年代，焦耳在皇家学会刊物上发表的关于热功关系的论文，标志着这项研究的顶峰，他利用流体的粘滞性，将浸在流体中的叶轮转动起来从而产生热量并使流体的温度上升，他用这种设施测出了准确的热功当量关系。小图 1，小图 2 为铜质叶轮的水平和垂直方向的剖面图，说明转动轴及其叶轮的固定办法，以便流体保持稳定。小图 3 表示盛满水的铜质容器，容器大小与叶轮匹配，容器顶端另有一小孔，可以插入温度计以便测量水温。小图 9 为整个装置的运作情况，其中叶轮的转动由两个重锤的下降引起。小图 4, 5, 6 为改进后的装置，这是铁质叶轮和铸铁容器，容器中盛放的液体是水银而不是水。小图 7, 8 用于演示固体摩擦生热的装置。焦耳从重锤下降的高度和液体上升的温度的测量中，得到了功和产生的热之间的数量关系，他的实验十分精细，以致热传导和热辐射的影响都考虑到了，温度计的读数可准确到百分之一到百分之二华氏度。

焦耳得到的结论是：一是摩擦所产生的热量正比于所消耗的功；二是一磅水温度上升华氏一度需要消耗的机械功等于 772 磅重物下降一英尺的机械功；第三，功转变为热的过程中机械零部件的摩擦损耗可以忽略不计。皇家学会的论文审查人（可能是法拉第）提议禁止这篇文章发表。审稿者指出，焦耳得到的热量来源于机械功的消耗的结论，并不意味着功和热可以变来变去。[资料来源：James Prescott Joule, "On the mechanical equivalent of heat", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 140(1850), 64]

会有不少的损耗。J·伯努利指出,非弹性体很像是压缩以后弹不回去的弹簧。因此,在压缩物体时,很可能要消耗一些活力,但在物体变形过程中活力决没有破灭。虽然D·伯努利后来在讨论热机的工作时(热机是利用储存在煤炭中的活力来使气体运作的),并没有提出热功等当性,也就是说他并没有把非弹性碰撞过程中活力的机械损失归因于热,他只是在严格的力学范畴内判断发生这类损耗。卡文迪许(Cavendish)在1760年左右写的文章中,将活力守恒原理应用到热交换的情况:假定热是由物体粒子的振动引起的,热的传递遵循物体粒子的活力守恒原理。尽管他也同J·伯努利一样,认为非弹性碰撞过程中活力不可能毁灭,但卡文迪许并没有把活力损耗同热的产生等同起来。他认为力学系统和热学系统虽有相似之处,但毕竟属于不同的两种系统。

到了19世纪早期,在关于动力学技术的著作中,活力已用机械“功”给予计算,它是力与距离的乘积(也可称为“机械功”或“机械效应”)。燃烧煤作功的热机的工作,表明功和热是可以转化的,P·厄瓦耳(Peter Ewart, 1767~1842年)建立^①了燃煤产生的热量和可利用的“机械功”或“机械力”之间的定量关系。到了19世纪20年代,在力学的理论性论著中已突出了“功”的概念,并把功定义为由力对位移的积分,阐明了功同活力概念间的数量关系,说明功为机械“能”提供了一种测量的量度。作为量度机械能的功,为转化过程确立了一种定量的依据。

到了19世纪40年代,不少物理学家和工程师已经清楚地建立了机械功和热的定量等当量关系,他们算出了热转变为功的转化系数,亦即算出了热的“机械等当值”或“机械值”。机械功概念的明确表述以及热功定量等当量的定量计算,对于能量守恒原理的表述、实验验证和数学描述都是重要的因素。热功等当性的论断,明确地把力学过程也纳入到物理学家所讨论的转化过程的网络之中。能量守恒定律提出了这样一种概念上的解释框架:自然力互相转化是一条普遍的原理,并且转化过程中物理量守恒是可以定量计量的。建立能量守恒的同时,也阐明了热的机械论,亦即热是由物体粒子振动产生的理论。热的机械论为热和机械功的相互转化和彼此等当量奠定了基础。运动着的物质的机械本体论是自然转化和能量守恒得以解释的基础。

J·P·焦耳(1818~1889年)在19世纪40年代的工作,对于描绘转化过程的网络联系和提供关于热和机械功定量等当关系的实验验证来说都是至关重要的。焦耳关于热的机械论表述在能量守恒原理和力学解释方法之间建立了紧密的联系。19世纪40年代初,焦耳的研究工作,重点是改进电机和从事电化学(由法拉第在强调化学反应的电学基础时所勾画的)问题。戴维和法拉第已经为化学亲和力和

^① P. Ewart, *Memoris of the Machester Literary and Philosophical Society* 2(1813), 144, 169; G. Coriolis, *Du calcul de l'effet des machines* (Paris, 1829), p. iv

找到了一种系统的电理论,焦耳希望更深入地研究这种电理论,以便通过对电、化学和热现象互相转化和定量等当量关系的演示去统一这些现象。通过测量热和机械功之间转化的定量关系,焦耳建造了一种将机械功转变为电流的电机,而电流又会产生出热量,这种机械装置还可用来计算热和机械功之间互相转化的数值关系。焦耳很快得到结论:通过摩擦,机械功可以直接转变为热,他坚持认为:无论何处,只要有机械力(功)的消耗,常常就可以得到确切等当量的热量,他的这一说法既表示自然力是不可毁灭的,又表示机械功是自给自足的,只有上帝才有毁灭自然的功能。

确定了热的“机械值”等于提出了转化过程的定量计量办法。根据焦耳的看法,从热和机械功的关系可见,热的理论就是一种说明热运动模式的理论。从焦耳关于电的性质的理论出发有利于他推测出热的性质的理论。他指出,原子周围的大气的转动速度可能由温度决定,他从精心建立化学亲和力的电理论出发去解释构成热运动的性质。不过焦耳理论的核心并不在强调热转化为机械功的中介作用是电的作用,通过摩擦证明机械功可以直接转变为热,他用实验方法测量由摩擦产生的热量的机械值,结论是一切自然力都可以互相转化、不生不灭、定量等价。机械功的互相转移,而不是热和功在互相转化过程中电的中介作用,才是焦耳自然理论的主体概念。到了1847年,他设计了一个说明机械功和热直接转化的草图:细长绳子下端挂一重物,绳子拖动惰轮转动,因此随着重物的上升或下降,相应的温度则会下降或上升。焦耳并未公开他的运动生热的设计图,只说明热量可由活力来量度,因此较热物体的粒子总是运动着的。

焦耳确立的热功转换的普遍物理学理论,在自然力的统一性和互换性的学说框架内引入了热的机械等价性的概念。焦耳断言,正是依靠“力”的转化措施,才使宇宙保持着有序状态,并且力的不可毁灭性表明自然界是自给自足的。一旦上帝确立了自然力的框架,这些自然力在总体效果上就保持不变了。焦耳并没有做过从不同自然力间的联系有关的理论假设出发的研究工作,他把自然力的可转化性和不可毁灭性的观念作为对他的实验发现进行理论解释的支柱。虽然这个理论并没有直接左右他的研究工作,但为他的关于转化现象的实验表演奠定了设想的基础。焦耳坚持认为他确立了热和功的互相转化性,但没有说明他建立了“能量”守恒的普遍原理。正如他在1848年对W·汤姆孙所说的那样,他已经找到了“热转化为机械功的证据”。因此焦耳断言,“热量转变为机械效应(功)的可能性”是存在的,他相信这是蒸汽机理论的基础学说。热的机械论(热是由物质粒子的运动产生的)学说,有利于从物理上理解热和功的定量等当关系和相互转化关系。

亥姆霍兹和能量守恒

H·冯·亥姆霍兹(Herman von Helmholtz, 1827~1894年)在1847年写过一篇题为“论力的守恒”的专题文章,提出了一个表示能量守恒的数学公式。当然,亥

姆霍兹所谓的“力守恒”，从概念上来看，还是很模糊的。说自然动力或自然力不可毁灭但可以互相转化，又说能量是守恒的。在能量守恒的前提下他对自然动力的转化进行分类，根据这种方法，再从数学上给守恒量一个准确的名称。

亥姆霍兹之所以对能量的理论发生兴趣，源自于生理学，因为他对动物的热情有独钟。亥姆霍兹是柏林学派的生理学家中的顶尖人物，他们希望根据物理学的原理来建立基础生理学。亥姆霍兹试图从食物的氧化出发，来说明动物肌肉运动所产生的体热。J·冯·李比希(Justus von Liebig, 1803~1837年)试图从物理学定律和化学定律出发来研究生理学现象，亥姆霍兹受李比希的影响很大。尽管实验证据模棱两可，亥姆霍兹认为李比希的理论还是有道理的；呼吸是动物产生热量的唯一原因，他指出，李比希的判断完全取决于“恒力原理”——力的不可毁灭性和可转化性原理——的适用性。亥姆霍兹要求自己完成这样的任务：证明自然动力或自然力可以互相转化但不能毁灭的原理是正确的。

虽然他反对有机体具备的力不同于物理王国中的动力，只适用于活体的看法，但他通过对无机自然界中的动力的修正使之适用于有机生命体，以致很好地把李比希的方法引入到生理学中来。亥姆霍兹并没有抛弃李比希所用的活力的概念。对于亥姆霍兹来说，最关键的问题是如何根据无机体的力定律来解释支配有机体的生理活动的力。他坚持认为，这种解释要求所有力的作用都遵循力恒量的定律。由于活力也不能无中生有，而且活力也会产生等量的另外一种力，因此李比希的活力的确同无机力具有同样的特征，亥姆霍兹认为李比希的理论取决于力恒量假设。不过亥姆霍兹对活力原理的确也有一点异议，即活力可以是自生不灭的，因此也不必受到力恒量原理的限制。

永动的否定是亥姆霍兹服从恒力原理的关键所在。他的论文主干是通过通过对守恒物理量的数学研究，阐明力守恒的原理。在研究过程中发现，力守恒或力恒量的概念还需要加上自然功的不灭性和可转化性这一层意思，即能量守恒。因此，亥姆霍兹的用法中包含着力守恒的思想(正如法拉第和焦耳所用到的)和能量守恒的确切数学定律——对守恒量作出更加准确描述的定律，这也是19世纪50年代能量概念成为主流时亥姆霍兹所研究的重点。亥姆霍兹试图根据物质和力的本体论以及材料物体和运动物体的机械本体论的解释框架来说明能量守恒。因此亥姆霍兹在论文中是根据第三义——指牛顿的吸引和排斥的中心力——来使用术语“力”的；他坚持认为物理科学的问题就是将自然现象归纳到不可替代的吸引力和排斥力，力的大小依赖于距离。因此，他对能量守恒原理的系统研究工作是同他的假设——自然界普遍适用于机械论——联系在一起的，他明确地指出，“机械论是自然界被完全了解的条件”。

要使自然界被人们所理解，就要求自然界受到因果律的制约，这些因果律其实就是牛顿的中心力定律，为了使他的这些论点有说服力，亥姆霍兹求助于康德的自

然界的形而上学。康德用吸引力和排斥力的术语来讨论物质,只是为了探索建立牛顿物理学运动定律及万有引力概念的可能性。亥姆霍兹声明,他对与物质有关的吸引力和排斥力的讨论是要说明自然界实际上就是遵循牛顿的中心力定律的,中心力定律是“理解自然界的必要的概念形式”。通过康德论点的支持,亥姆霍兹承认,他的只有牛顿中心力定律才能对自然界作出唯一可能的解释的主张不可能从经验上得以建立,而是需要独立的证明。他之所以同形而上学论点扯上关系,旨在证明他的主张和中心力定律的物理真实性是正确的。

对于一个受到来自固定力心的中心力作用的物体的运动而言,活力的改变由他所谓的“张力”这个量的改变来量度,通过这样的论证过程,亥姆霍兹得到了活力守恒原理的一个普遍形式。张力就是中心力的强度与物体到力心距离的乘积。亥姆霍兹所宣称的表示活力和张力之和为恒量的力守恒原理,取决于物体的运动由中心力定律所制约的假设。

亥姆霍兹的术语“活力”和“张力”相当于“动能”和“势能”,他的“力守恒”原理给能量守恒提供了一种数学表述。亥姆霍兹在他的数学论证过程中仔细地地区别了术语“力”的双关语应用,在谈到活力和张力的能量时,“力”指牛顿的中心吸引力和中心排斥力;后来很快就指出,“活力”和“张力”就是19世纪50年代引进的术语“能量”的同义词。

亥姆霍兹把他的守恒原理应用到各种物理现象之中。讨论了非弹性碰撞过程中活力明显损失的情况,他证明不仅在非弹性体发生变形时(正如伯努利所指出的)才有活力的损耗,亥姆霍兹解释说,变形是导致张力增加的过程,而且活力损耗还伴随着产生热量。这是以前讨论的非弹性碰撞的一大进步,机械能的“损失”,可以用机械能转变为热能来加以解释。吸收焦耳早先文章的经验,亥姆霍兹继续把守恒原理应用到热学和电学的现象中。他反对热素说,同意按照安培的理论——热量借助波动的方式传播——来解释热传导。根据亥姆霍兹的理论,热量用物质运动的术语加以解释,热学过程与机械过程显然是密切相关的,这是在服从能量转化定律、遵循自然机械论的前提下,转化过程链条中的一个重要环节。亥姆霍兹关于能量守恒的研究工作的重要性,不仅在于提出了能量原理的数学公式,而且还在于强调了能量概念——与运动物质的本体论和力学解释纲领有关——的统一功能。

(本文选自彼德·哈曼著《19世纪物理学概念的发展》,龚少明译,复旦大学出版社,2002年,12~44页。)

延伸阅读

[波兰]哥白尼:《天体运行论》,叶式辉译,北京:北京大学出版社,2006年。

[意]伽利略:《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》,上海外国自然科学哲学著作编译组译,上海:上海人民出版社,1974年。

[意]伽利略:《关于两门新科学的对话》,武际可译,北京:北京大学出版社,2006年。

[英]牛顿:《自然哲学之数学原理》,王克迪译,北京:北京大学出版社,2006年。

[法]拉瓦锡:《化学基础论》,任定成译,武汉:武汉出版社,1993年。

[法]拉普拉斯:《宇宙体系论》,李珩译,上海:上海译文出版社,2001年。

[英]麦克斯韦:《电磁通论》,戈革译,武汉:武汉出版社,1992年。

[英]亚·沃尔夫:《十六、十七世纪的科学、技术和哲学史》,周昌忠等译,北京:商务印书馆,1997年。

[英]亚·沃尔夫:《十八世纪的科学、技术和哲学史》,周昌忠等译,北京:商务印书馆,1997年。

[法]亚历山大·柯瓦雷:《从封闭世界到无限宇宙》,邬波涛等译,北京:北京大学出版社,2003年。

[美]理查德·S·韦斯特福尔:《近代科学的建构:机械论与力学》,彭万华译,上海:复旦大学出版社,2000年。

[英]迈克尔·怀特:《最后的炼金术士:牛顿传》,陈可岗译,中信出版社,2004年。

[法]丰特奈尔等:《牛顿传记五种》,赵振江译,商务印书馆,2007年。

第4编 新的科学：相对论、量子论和进化论

导 读

1900年4月27日，英国著名物理学家、德高望重的开尔文勋爵(Lord Kelvin)在英国皇家协会(Royal Institution of Great Britain)作了一篇题为《笼罩在热和光的动力学理论上的两朵19世纪乌云》(*Nineteenth-Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light*)的演讲。在演讲中他回顾物理学所取得的伟大成就时说：“物理大厦已经落成，所剩只是一些修饰工作。”在展望20世纪物理学前景时，他又若有所思地讲道：“动力理论肯定了热和光是运动的两种方式，现在它的美丽而晴朗的天空却被两朵乌云笼罩了，第一朵乌云出现在光的波动理论上，第二朵乌云出现在关于能量均分的麦克斯韦-玻尔兹曼理论上。”

也许出乎开尔文意料，这两朵乌云不久就酿成了两场风暴，搅乱了整个经典物理学“美丽而晴朗的天空”。其中一场风暴就是爱因斯坦掀起的相对论革命，另一场风暴则是普朗克发起、爱因斯坦推进后来又反对的量子论和量子力学革命。

“革命”意味着与传统在某种程度上的决裂，这么说总是对的，关键在于这“某种程度”到底是多大的程度。有些激进的观点认为，革命前后的理论几乎是完全“不可通约的”。另外一些温和的观点认为，革命前后的理论存在着某种明显的继承性。联系到“相对论革命”这个特定个案，观点同样分为两派：“一种观点认为相对论是一种突变，截然割断了爱因斯坦同他的直接前辈的工作的关系；另一种观点则认为相对论是对当时像洛伦兹和彭加勒等人的工作的一种精心加工的产品。”([2], p. 18)

这两种明显对立的观点的持有者双方阵营中都不乏著名人物，不要说要彻底解决这种分歧，就是要完全解释这种分歧，恐怕不仅要涉及科学史的详尽史实问题，而且还要势必牵涉科学史的史学理论、甚至科学哲学的有关问题。

本编不试图解决这个问题，也不试图完全解释清楚这个问题，只是选录两篇相关的文章，让读者对这个问题的复杂性有一个具体的了解，在完成了相关的了解之后，读者或许可以自己作出一个判断。

第一篇《我是怎样创造相对论的》^[1]来自爱因斯坦本人1922年12月14日在日本京都大学的一个即兴演讲,当时爱因斯坦用德语演讲,日本东京大学物理学教授石原纯口译、并做了详细笔记。1923年石原的笔记发表在日本《改造》月刊上。多年以后,关于爱因斯坦在提出相对论是有无受到迈克尔逊-莫雷实验的启发等争论愈演愈烈,小野善政把石原的笔记翻译成了英文,发表在了1982年8月号的《今日物理学》(*Physics Today*)上。在这篇演讲中,爱因斯坦提到了迈克尔逊-莫雷实验、洛伦兹的工作、马赫的思想、高斯和黎曼的几何学等,这些无疑是爱因斯坦发动相对论革命的思想资源;同时,在小野善政看来,也是对前述争论的一个回答。

第二篇《狭义相对论的起源》^[2]出自科学史家霍耳顿的手笔。针对上文提到的关于相对论革命的对立观点,霍耳顿认为“最好把这两种观点结合起来,从历史上科学的连续发展来看方法论倾向的不连续性,由此来理解爱因斯坦的革新”([2], p. 18)。联系到本书第一编收录的霍耳顿的另一篇《理解科学史,这意味着什么?》文章中所表达的科学史研究方法,霍耳顿认为在理解爱因斯坦的革新这个问题时,应该要首先去考查一下1905年前后的“历史-社会学”方面的一些实际问题,譬如,有哪些对研究相对论起源有用的原始资料?它们的可靠性怎样?1905年的科学状况怎样?为狭义相对论做好了怎样的准备?爱因斯坦是通过哪些步骤达到了1905年所发表的结论?他对洛伦兹和彭加勒的继承性如何?哲学认识论对爱因斯坦起到了怎样的作用?爱因斯坦的工作风格和个性能说明些什么问题?

霍耳顿在文章中正是围绕着这些问题,逐步展开他的论述。首先他讨论了爱因斯坦工作的连续性问题,指出爱因斯坦在1905年发表的导致三个方面突破的三篇论文,“似乎是属于三个完全不同的领域,但比较仔细地研究一下,就可以看出事实上它们都是从同一个普遍性问题,即辐射压的涨落引起来的”。([2], pp. 19 - 20)然后进一步指出了爱因斯坦三篇论文的共同目标是尽量保持假说的“最大普遍性和最少数量”,霍耳顿认为,“所谓科学‘革命’归根结底就是回到古典的纯一性的一种努力”,而爱因斯坦的物理学“在方法论方面同以前的经典(例如同《自然哲学的数学原理》)有许多一致的地方”。([2], p. 22)

霍耳顿在文章中还提到了“原始资料的随时间变迁”,他说,“爱因斯坦作为一个具有单一的、不变的个性的人,实际上从来就没有存在过”([2], p. 24),因此即便是引述爱因斯坦本人在不同时期亲口说出的话时,也要保持必要的谨慎。霍耳顿也提到“原始资料的互补性”,对一些分歧的或矛盾的史料,“不能限于用一种单一的图像去理解,而必须被看作是互补的,那就是认为,只有各种图像的全体才能穷尽关于这一题材可能得到的信息”。([2], p. 27)

霍耳顿在文章的最后一部分讨论了惠特克在《以太和电理论的历史》一书中对爱因斯坦工作的评价。“惠特克基本上排除了爱因斯坦1905年关于狭义相对论的

论文,而认为这篇论文只是“陈述了彭加勒和洛伦兹的相对论,并加了一些扩充,而且引起了很大的注意”([2], p. 28)而已。对这个观点,霍耳顿一共提出了7点反驳意见。对于其中的有些观点也许会引起无边无际的争辩而没有定论,但对于另一些观点,毕竟可以依靠史实加以澄清。从霍耳顿的文章中可以体会到,他也许不是很强调爱因斯坦工作的不连续性,但是并不是要抹杀其工作的价值和意义。

开尔文勋爵提到的另一朵乌云酿成的风暴一般被称作量子力学革命,与所谓的相对论革命相比,这场革命似乎更加名副其实一点。按照某些人的观点,狭义相对论和广义相对论先后导致经典假设的修正,这些假设固然是深刻的,但是“它们并没有把一切都打乱,人们很快明白,只要对有效的领域作出比以前更精细的定义,经典物理学并未为这些革新所伤害,经典描述本质上保持正确”。([3], p. 310)爱因斯坦本人也在1921年的一个讲座中“对相对论是革命的说法表示了异议,他强调他的理论是法拉第、麦克斯韦和洛伦兹工作的自然继续和完成。”([3], p. 314)然而,与此不同的是,量子假设和经典理论看不出有任何调和的余地。

对于这场量子革命,本编首先选录派斯的《量子历学,一份散记》^[3]一文,读者从中可以领略到从量子论过渡到量子力学的那个英雄年代中的种种英雄人物和英雄事迹。然后选择了狄拉克的《量子场论的起源》^[4]一文,通过这位量子力学革命亲自参与者本人的第一人称叙述,去了解他如何把这场革命推向纵深,建立量子电动力学的过程。

派斯的这“一份散记”采用了一种“量子化”的离散结构,很切合所要描述的内容。用他自己的话来说,“它不妄求成为一篇系统的历史说明,……它的目的是描述那个伟大时代迅速蜕变的特点”。([3], p. 313)文章分成5个部分,第一部分“1925年春物理学的状况”好比截取了从早期量子论向量子力学过渡的关键时刻的一个历史剖面,当时的物理学家们手中有两种基本的场,即电磁场和引力场;三种力,即电磁力、引力和把原子核维系在一起的某种还不甚清楚其性质的力;三种粒子,即电子、质子和光子;和两种逻辑上毫无联系的理论结构;即经典理论和量子论。按照派斯的说法,那“是一个即兴创作的时期,有时候摇摆不定,有时候光彩照人”。([3], p. 310)

第二部分“一场革命的结束”讲述了是由哪些人来完成这场量子力学革命的,既有海森伯、约旦、泡利、狄拉克这些初出茅庐的年轻人,也有玻尔、玻恩、索末菲这样的功成名就者,薛定谔稍稍有点例外,介于这两代人之间。第三部分“一份年表”简述了一份以德布罗意的物质波假设为开端,以玻尔的互补性表述为结尾的各种事件简表。第四部分“量子力学的诠释”描述了量子力学几率概念的提出过程,尤其特别强调了玻恩的贡献。

第五部分“卫士的更替”勾勒了量子力学革命即将完成之际,老一代和年轻一代物理学家的不同画像。派斯说到“洛伦兹再也不能把握量子论带来的变化了”([3], p. 327)。在1927年10月的第5届索尔维会议上,爱因斯坦第一次公开反对量

子力学,普朗克保持沉默。革命不可避免地造成了分裂,作为物理学的量子力学革命也许已经结束了,但是它带来的哲学上的深刻影响和持久争议恐怕还远未尘埃落定。

狄拉克的《量子场论的起源》一文是1980年5月28~31日在美国伊利诺伊州巴达维亚费米实验室举行的国际粒子物理学史讨论会上的讲演,虽然这个演讲是对已过去了半个多世纪的事情的回忆,但是从亲历者口中娓娓道来,各个事件还是新鲜得犹如历历在目。

狄拉克从1923年他入福勒门下读研究生讲起,一开始他过分迷恋玻尔的绕核电子轨道,以至于忽略了其他理论。他“认为只有理解了玻尔轨道之间的相互作用,原子理论才能取得实质性的进展”,他承认在这一点上他“完全错了”([4], p. 8)。海森伯的矩阵力学摆脱了玻尔轨道的观念,依据一种新的代数学,提出了一种新的动力学。开始这种新力学也带来疑虑,但后来“人们发现,可以通过把新力学与古典力学中所有重要的方程作严密的类比来建立这些方程”,这一切使得狄拉克非常激动,“因而完全被这些关系式吸引住了”([4], p. 9)。

当薛定谔发表他的波动方程时,狄拉克“对它不太感兴趣”,因为他认为“海森伯的那些概念提供了实际需要的一切东西”([4], p. 9)。他甚至对薛定谔的理论有点恼火,因为他不想“在发展海森伯的思想方面和继续研究海森伯力学与牛顿力学之间的类比方面受到任何干扰”([4], p. 10)。当然,狄拉克再次承认了这是他的错误。实际上,薛定谔的理论让人大开眼界,“它为固守于海森伯理论的人们不会想到的发展提供了新的方向,……有可能去考虑两个粒子间的对称的或反对称的薛定谔波函数”([4], p. 10),于是,有了玻色统计和费米统计,有了玻色子和费米子这两类粒子,如果一味坚持海森伯表述并企图在新的量子力学与古典力学之间建立类比,就可能永远也得不到那些思想。

狄拉克提到这里数学的引导起到了至关重要的作用。“实际上是数学推动人们去考虑对称态和反对称态,即使人们被引到一个与其出发点完全不相干的领域,那也得把这个数学思想探究到底,看看它的结果究竟是什么。”([4], p. 11)狄拉克取得的突破正是可以看成是在这样的数学引导下作出的。譬如,在他建立的新波动方程中出现了负能态,这既然在数学上不可避免,那么他认为就必须在理论中容留它们,正是在这个理论基础上他预言了正电子的存在,没多久这个预言在实验中被证实。

狄拉克在他的讲演中展示了他的坦诚,展示了革命过程中的逡巡徘徊。但最终他展示了一个道理,只有当你回首望不见旧大陆的海岸线时,新大陆才会出现。

20世纪的新科学中,分子生物学无疑是一门新兴的显学。所谓分子生物学,可以理解成是在分子水平上通过结构功能的相关变化来理解生命系统。在20世纪最初的20多年里,以孟德尔的工作被重新发现为契机,导致摩尔根、缪勒等人对遗

传和突变的深入研究,并促使人们迫切希望知道基因到底是什么。

1944年艾弗里证明基因的化学对应物是脱氧核糖核酸(DNA)。1950年查盖夫证明了DNA的四种碱基中腺嘌呤和胸腺嘧啶、鸟嘌呤和胞嘧啶的摩尔比率总是接近1。1951年前后罗莎琳德·富兰克林拍摄了高质量的DNA晶体X射线衍射照片。沃森和克里克在这些实验基础上,并在鲍林提出的蛋白质 α -螺旋结构的激励下,在1953年提出了DNA的双螺旋模型,并推测碱基对的专一配对方式是遗传物质可能的复制机制。

DNA结构的出现给解决遗传信息的传递问题带来新的希望。有4种碱基组成的DNA如何决定蛋白质的20种氨基酸的排列组合呢?伽莫夫受沃森、克里克工作的启发提出了遗传密码的概念,设想DNA通过某种编码的方式控制蛋白质的合成,进而控制生物的生长。在接下来曲折婉转的20多年里又经过了许多人的努力,特别是莫诺、雅各布和尼伦伯格等人对信使RNA(核糖核酸)的发现及其功能的确认,才最终使克里克等人得以破译遗传密码,从而弥合了从基因到蛋白质之间的裂缝。

随着遗传密码的破译,诞生了一门新的学科——基因工程。20世纪70年代,内森、史密斯和阿尔伯发现了限制性内切酶在分子遗传中的作用,为基因工程奠定了基础。1973年伯格成功地实现了DNA的体外重组,人类开始进入按需要设计并改造物种,创造自然界原先不存在的新物种的基因工程时代。并由此而兴起了以基因工程为主体的生物工程新学科。分子遗传学和生物工程已成为当今生物科学中最活跃最前沿的新领域。桑格还于20世纪70年代发明了DNA碱基测序方法,这项技术为20世纪末实施的人体基因组计划——一项详细调查和破译出人体遗传物质的大约30亿对基因碱基、编绘出人体的全部基因图的计划——奠定了基础。

从分子生物学的创立过程和取得成就中可以看出,这门学科极大地获益于物理学和化学领域的进步,有些分子生物学研究的参与者本身就是物理学和化学家,鲍林就是这样一位化学家。本编收录鲍林的《结构化学与分子生物学五十年的进展》^[5]一文,通过作者的回顾去了解分子生物学这门新科学得以建立的更牢固的基础和更广泛的背景。

鲍林是应霍耳顿之请,为后者主编的《二十世纪科学——思想传记研究》一书而撰写的这篇文章,在文章中他对他“生活的时代的物理学、化学和生物学、尤其是结构化学与分子生物学中所发生的变化作了回顾”([5],p.37)。

鲍林自1930年代开始致力于化学键的研究,1931年2月发表价键理论,1939年出版的《化学键的本质》一书,彻底改变了人们对化学键的认识。1954年他被授予诺贝尔化学奖,正是由于他“在化学键本质以及复杂化合物物质结构阐释方面杰出的贡献”。鲍林在研究化学键键能的过程中又于1932年首先提出了用以描述原子核对电子吸引能力的电负性概念,并且提出了定量衡量原子电负性的计算公式。

为了求解复杂分子体系化学键的薛定谔方程,并形象地解释这种数学计算的

物理意义,鲍林提出了共振论,即体系的真实电子状态是介于一些可能状态之间的一种状态,分子是在不同化学键结构之间共振的。鲍林将共振论用于对苯分子结构的解释获得成功,使得共振论成为有机化学结构基本理论之一。

在以上这些新鲜而重要的物理学和化学知识基础上,鲍林对生物大分子结构和功能展开的研究,直接推动了分子生物学的研究。1930年代中期,鲍林在加州理工学院接触一批生物学大师,使得他对原本没有兴趣的生物大分子结构研究产生了兴趣。鲍林在生物大分子领域最初的工作是对血红蛋白结构的确定,他把x-射线衍射晶体结构测试的方法引入到蛋白质结构测定中来,并且推导了经衍射图谱计算蛋白质中重原子坐标的公式。结合血红蛋白的晶体衍射图谱,鲍林提出蛋白质中的肽链在空间中是呈螺旋形排列的,这就是最早的 α -螺旋结构模型。沃森和克里克提出的DNA双螺旋结构模型就是受到了鲍林这一成果的激励和启发。

根据鲍林的自述,他在1948年2月27日在英国皇家协会的一次演讲中就已经重申他的某些早期观点:一些生物特性取决于分子结构中的精细互补性机制,他认为在基因和病毒的复制现象中,“最重要的是分子的大小和形状(在原子标度上),而不是物质的普通化学性质”([5], p. 49)。三个月后的5月28日在诺丁汉的杰西·布特基金会上鲍林作了《分子结构与生命过程》的演讲,进一步提出:“如果作为模板(基因或病毒分子)的结构由两部分组成,这两部分本身在结构上是互补的,那么这些部分中的每一个都分别能作为别的部分重现复制件的模子,而两个互补部分的结合体因此能够作为制造自身复制件的模子”([5], p. 49)。

可见,是鲍林首先强调了遗传物质分子的互补结构在遗传中的重要意义。在鲍林的思想中,遗传物质的双螺旋结构几乎已经呼之欲出,所差的就是一个实验证据来证实他的猜想。而鲍林终于错失了双螺旋,这是因为1950年代美国麦卡锡主义的作祟,他被限制出境,因此错过了一次在英国举行的学术会议,没有能够及时看到伦敦金斯学院罗莎琳德·富兰克林拍摄的一幅高质量的DNA晶体X射线衍射照片。而沃生当时就在英国,他通过威尔金斯率先“偷看”到了这幅照片。

对于沃生和克里克的工作,鲍林在文章中这样说道:“沃生和克里克对于DNA结构的发现给分子生物学带来了巨大影响,两个嘧啶和它们相应的嘌呤在结构互补方面如此简单,对我来说是件令人惊奇的事——当然这是令人愉快的事,因为它很好地说明了遗传的机制问题,也因为多年来我在联系基因复制和别的生物特性现象强调氢键形成和互补的重要意义。”([5], p. 50)鲍林是宽厚的,但是,如果把这整件事比作在建造一座大厦的话,鲍林是从一开始就参与设计和施工的工程师,沃生和克里克是大厦结构封顶时被雇佣的一支施工队。鲍林在指挥一场战役,他心系全局,沃生和克里克攻克了其中的一个堡垒。

如果说在分子生物学这门新兴科学中还能看见物理学家的数理思维和还原论

思想的影子的话,那么进化论无论在方法论层面还是认识论层面上,都可谓是一门名副其实的新科学了。本编收录鲍勒的《进化思想:范畴及含义》^[6]一文,来了解进化这个概念在历史上的科学家和科学史家眼中的含义。

鲍勒在这篇文章导论性的第一部分开头就指出“科学史家经常将‘达尔文革命’与‘哥白尼革命’相提并论,视为历史上同样重要的事件”,这两场革命分别都“引起了整个文化价值的改变”,“传统的基督教世界观的重要方面都被全新的解释取代了”(〔6〕,p. 1)。我们发现这两场革命都不可避免地涉及到科学与宗教的冲突,在西方基督教价值观念中,地球和人类都具有一种天然的特殊性,哥白尼和达尔文先后取消了这两者的特殊性。因此从整个人类文化尺度来看,说这两场革命分别引起了整个“西方”文化价值的改变,也许显得更为合适一点。当然,作这样的强调,丝毫不会贬低这两场革命的意义和影响。

鲍勒接下来的文章分成了三个部分来论述,分别为“旧与新的世界观”、“变化的可能性”和“史学家的问题”。从篇幅来看,最后一部分超过前两部分之和,显然是作者论述的重点。

对于旧与新的世界观之间存在的差别,鲍勒总结了5点。第1点是“时间尺度的扩展”。按照基督教的传统观念,宇宙的历史并不长。上帝花6天创造这个宇宙的事件发生于几千年前,有一种观点认为是“公元前4004年10月23日星期天上午9点”(〔6〕,p. 5)。牛顿也曾经计算过这个开天辟地的年代,他的结论是公元前3500年。然而进化论者需要更长的地球年龄来允许物种进行分化达到当前的多样性。地质学上的证据也显示地球度过了漫长的岁月。达尔文在《物种起源》中提出,通过他对横亘英国南部的一条山谷的观察,根据当时测得的冲蚀速度,估算出要形成这样一条山谷需要3亿年。威廉·汤姆逊即后来的开尔文勋爵认为太阳发光的能源转化自引力势能,并提出是持续不断的原初流星撞击到太阳上形成了太阳能。并以他的权威在1862年宣布:“流星理论”能给予太阳能量来源真实而完全的解释,该理论能提供给太阳二千万年的发光时间。严密的数理科学结论虽然不支持达尔文,但毕竟也大大突破了特创论者的宇宙年龄。

第2点是“变化宇宙的概念”。特创论者认为上帝在几天里一下子创造了所有的物种,所以生物自创始以来保持不变;而现代观点认为,“我们生活在一个持续变化的世界中,……地球本身发生了大量的变化,化石记录显示,一系列灭绝的群体可以构成进化的序列。”(〔6〕,p. 6)

第3点是“放弃设计的思想”。特创论者认为每一种生命形态都是创造者设计的,单凭大自然决不能产生出生物的复杂结构,“只有引用神的干涉才是对生命存在的合理解释”(〔6〕,p. 7)。而达尔文的进化论认为无需借助超自然的力量,通过自然选择的机制,就可以解释现存生物的结构。

第4点是“放弃奇迹”。特创论者心目中的上帝不仅创造了宇宙万物,而且对

这个宇宙进程时不时地进行干预,这种超自然的干预被认为是奇迹,是上帝存在的证据。一些早期的古生物学家援引上帝的干预来解释新物种的产生。然而,“生物进化论就是要抛弃任何对世界进行干预的看法,因为生物进化论提出仅凭自然力本身就足以创造出新物种。”([6], p. 8)

第4点是“将人类纳入自然序列”。在《圣经》里,人类是创始中最后的产物,人类被赋予了统治其他自然物的权力。基督教强调人类的优越性,“人类立于自然之上,而不是居于自然之中”([6], p. 9);进化论则强调人类是动物界中的一员,人类的进化与其他物种的进化在机制上是一致的,无需引入新的因素。

鲍勒在文章的第二部分“变化的可能性”中,首先分析“进化”一词的不同含义,开始人们一度认为进化意味着“生命结构具备了一种向着预定方向发展的固定模式”([6], p. 11),多数人还依然认为进化实质上就是进步的过程。但在达尔文的进化观念中,进化过程没有目标限制,他不认为进化的过程直接通向诸如人类这种单一的目标。在综合了遗传学说的进化论中,因为变异没有方向性,所以进化也不存在方向性。

作者在这一部分中接着分“稳态还是发展”、“进化受内部控制与进化受外部控制”、“连续性与不连续性”三节来展开论述。“稳态”理论认为这个世界经过很长时间之后,整个图景大致保持不变。“发展”理论认为,“积累的变化所产生的状态与变化过程开始时的状态明显不同”,“开始的状态与结束时的状态截然不同”([6], p. 12)。达尔文虽然不相信有什么能确定生物学上的进步,但是他“在感情上相信现代的生命形态比其最早的祖先要发达”([6], p. 14),这是一种发展的观点。但是,“自然选择学说的真正功能表明生物适应变化的环境,如果环境不导致方向性的变化趋向,那么生物的适应就是非进步式的变化”,对此,“达尔文作出了妥协,他认为进步是进化的副产品,是长期的、统计学意义上的趋向,不是影响发展的路径”([6], p. 14)。

至于进化受内部控制还是受外部控制,这个问题的答案是明确的。预定论者自然喜欢前者;达尔文则认为每一个物种顶多只能对环境的不断变化所发出的挑战作出回应。“适应是进化唯一的驱动力。”([6], p. 15)

“连续性和不连续性”是区分不同的地质学和生命发展理论的重要标准。特创论可以被看成是一种不连续变化的理论,因为该理论认为每一种物种都是独立设计的,与以前存在的形态没有关系。达尔文则“坚定不移地倡导连续性变化,因为自然选择通过慢慢地积累群体中个体的微小变异来起作用”([6], p. 16),但也有生物学家提出不连续的进化观点,“其中既有符合又有背离达尔文框架的观点”([6], p. 16),在这个问题上争论仍在继续。

鲍勒在第三部分“史学家的问题”中一开始花了较长的篇幅讨论了有关科学进步的编史学理论问题,提到了波普尔的“假设-演绎法”和库恩的科学哲学观点,这

些可以看成是为了分析史学家们对达尔文革命的解释和重新解释所做的理论准备。接下来文章分为“达尔文的‘先驱’”、“地质学背景”、“达尔文主义的起源”、“对达尔文主义的接受”等4节来论述史学家们对达尔文主义的历史研究。

在鲍勒看来,探讨思想先驱的做法是一种“最简陋的科学史形式”([6], p. 25),把进化的思想追溯到亚里士多德是无聊的。“史学家的真正工作并不是对应现代的观点去拼接过去的论述。相反,史学家的真正工作是重建早期科学家真正思考的他们认为是有意义的问题。这就意味着要完全从他们的角度去阅读他们的著作,重建他们探讨各种问题的氛围。”([6], pp. 25 - 26)作者的这一观点还是很有见地的。

地质学和古生物学的发展为达尔文的思想提供了基本的框架,鲍勒指出史学家应该对此给予特别的关注。达尔文受到过赖尔的重要影响,从赖尔那里获得的是连续变异的思想,而赖尔本人把这种思想与稳态观点联系在一起,因而与进化论针锋相对。鲍勒指出应该重视剧变论给达尔文提供的思想资源。现代的观点事实上来自19世纪均变论和剧变论争论双方的综合。

对达尔文主义的起源的科学史研究,大致分为内史和外史两种途径,鲍勒对这些研究做了简要评述,他认为,“为了理解达尔文理论的起源,我们既需要看一下一般的环境因素对他思想的影响,又要看一下他通过什么途径用自己的见解解决特定的科学问题。”([6], p. 28)

关于人们接受达尔文主义的历史研究,涉及到人们对达尔文主义的认识和对其历史地位的评价。鲍勒提到一些研究指出“在一定程度上19世纪后期的进化论具有非达尔文主义的特征,即那时的进化论并不是建立在现代生物学家认为更有意义的达尔文思想的内容上。甚至达尔文最忠实的支持者,包括T. H. 赫胥黎,也很少运用自然选择学说”([6], p. 29)。

实际上,只有当孟德尔遗传学摧毁了把进化论类比为胚胎发育这种思想之后,“真正的、唯物论的进化论才有可能流行”([6], p. 30)。作者认为对达尔文在进化思想史上的地位应该重新评价,现在人们对自然选择学说着迷,要归功于现代生物学对自然选择学说和遗传学说的综合。历史学家们把达尔文理论作为进化思想史上的关键事件,在一定程度上掩盖了非达尔文主义的进化观点统治19世纪后期进化论者的状况。

所以按照作者的观点,“达尔文原初的理论更像是一种催化剂,并没有真正参与19世纪进化论的兴起。现代进化论不仅来源于达尔文原来发现的自然选择机制,而且来源于遗传学家对传统的发育进化模式的摧毁。”([6], p. 30)现代的史学家忽视非达尔文主义的进化观点,多少带有一种辉格色彩。“没有人怀疑达尔文的理论对现代科学和思潮有过重大的影响,但是我们必须记住,历史的研究正在揭示出这种影响要比传统图画勾勒出的影响微妙得多。”([6], p. 31)

参考文献

- [1] [美]爱因斯坦. 科学史译丛, 1983年第三辑. 陈乃良译. 《科学史译丛》编委会编. 内蒙古人民出版社出版, 1983年: 83-86页.
- [2] [美]杰拉耳德·霍耳顿. 科学思想史论集. 许良英编. 许成钢, 王贞平译. 河北教育出版社, 1990年: 17-37页.
- [3] [美]阿伯拉罕·派斯. 基本粒子物理学史. 关洪, 杨建邺, 王自华, 付冬梅译. 武汉出版社, 2002年: 307-332页.
- [4] [英]P. A. M. 狄拉克. 科学史译丛, 1982年第二辑. 曹南燕译. 《科学史译丛》编委会编. 内蒙古人民出版社出版, 1982年: 7-15, 23页.
- [5] [美]L. 鲍林. 科学史译丛, 1981年第一辑. 金吾伦, 邢润川译. 《科学史译丛》编委会编. 内蒙古人民出版社出版, 1980年: 37-52, 67页.
- [6] [英]皮特·J·鲍勒. 进化思想史. 田沼译. 江西教育出版社, 1999年: 1-31页.

4.1 我是怎样创造相对论的

阿尔伯特·爱因斯坦

众所周知, 爱因斯坦于1922年荣获诺贝尔物理奖时, 由于早些时候已应允在同一时间内访问日本, 因此未能出席当年12月在斯德哥尔摩举行的授奖仪式。1922年12月14日, 他在日本京都大学作了题为《我是怎样创造相对论的》演说。这是应京都大学哲学教授西田的要求对教职员和学生所作的一篇即席演说。爱因斯坦未准备讲稿, 用德语发表演说, 由石原纯口译。石原是东京大学物理学教授, 1912~1914年曾在阿诺德·萨默费特(Arnold Sommerfeld)和爱因斯坦指导下从事研究工作。石原仔细地做了讲演记录, 并于1923年在日本《改造》月刊发表了他的详细笔记。他的笔记是爱因斯坦这次演说仅存的记录。最近奥加华(T. Ogawa)在《日本科学史研究》中把演说的日文笔记的一部分摘译为英文。

但是奥加华的译文以及石原早先的笔记, 都不易为国际物理学界所知。而爱因斯坦关于自己的思想起源的报告, 无疑今天仍具有重大的历史意义。为此, 我从石原的日文笔记中译出了爱因斯坦演说全文。爱因斯坦于1905年以相对论为研究目标时, 是否受到迈克耳逊·莫雷(Michelson-Morley)的实验的启发? 这篇演说将有助于澄清时下流行的这个争论, 还有助于洞察爱因斯坦在



图 4.1.1

相对论方面的其他工作。

——英译者 小野善政

我怎样会有关于相对论的思想呢？这个问题不大容易谈清楚。这里有许多潜在的、复杂的因素不断在启发我的思想，而每一种想法在整个思想发展过程的不同阶段，都有不同的冲突。我不打算在这里全部地提出这些想法，也不会去列举我在这个题目方面所写的文稿，我只想直接把联系这个问题的思想发展过程简要地描述一下。

我对发展相对论的最初的想法产生于 17 年以前。我不能准确地说这个思想从何而来，但可以肯定它包含在动体的光学特性问题中。光透过以太海传播，地球在以太中运动；换句话说，以太也相对于地球而运动。我试图在物理学文献中寻找关于以太流动的明确的实验数据，但却徒劳无果。

接着我需要验证以太相对于地球的流动，换句话说，就是地球的运动。当我第



图 4.1.2

一次想到这个问题时，我不怀疑以太的存在，也不怀疑地球在其间运动。我想用两个温差电偶做以下的试验：架起镜子，让同一光源的光线通过反射折向不同的方向：其一与地球运动方向平行；另一则相反。假定两束反射线之间有能量差，我们就能够在利用两个温差电偶产生的热中测定这种能量差。尽管这个实验的想法和迈克耳逊的实验很相似，我却没有去做。

当我还在学生时代想到这个问题时，就知道迈克耳逊实验的新奇结果。我很快得出结论，如果承认迈克耳逊的无用的结果是事实的话，地球相对于以太而运动的概念是错误的。这就是把我引到狭义相对论的第一条羊肠小道。尽管地球总是围绕太阳旋转，从那时起我就相信地球的运动不能用任何可见的实验方法检测出来。

1895 年，我有机会看到洛伦兹 (Lorentz) 的一篇专题文章，他详细叙述了并且完全解决了在一级近似以内的电动力学问题，也就是 V/C 的高级项 (V 是运动物体的速度， C 是光速)，而我则探讨了菲泽奥 (Fizeau) 的实验。假定洛伦兹的电子方程式在动体的参照系中有效，正如洛伦兹起初论述那样，那么，真空中动体的参照系则是有效的。那时，我坚信麦克斯韦 (Maxwell) 和洛伦兹电动力学方程式都是对的。而且，假定这些方程式在动体参照系中有效，就会导致构成光速不变的概念。然而这个概念和力学上的加速定律却是互相矛盾的。

为什么这两种概念互相矛盾呢？我知道，这个难题的确不容易解决。我花了将近一年的时间徒劳地试图修改洛伦兹的想法，希望解决这个问题。

在伯尔尼,我有个朋友叫米歇尔·贝索(Michele Besso),他偶然地帮助我解决了这个难题。在一个美好的日子里,我带着这个问题探访了他;我开头对他说:“近来我一直在探讨一个困难的问题,今天来同你争论一番。”我们就这个问题的各个方面进行了讨论。突然间,我弄清了解决这个问题的关键所在。第二天,我又去找他,见面时连招呼都没打,就跟他说:“多谢您,我已经完全解决了这个问题。”我的答案就是对一个时间概念的分析;时间本来是不可能绝对明确地表示出来的,然而在时间和信号速度之间,却有着不可分割的关系。我用这么新的概念第一次得以全部地解决所有的这些难题。



图 4.1.3

我在五个星期之内完成了狭义相对论。我不怀疑,从哲学观点上看来,这个新的理论是站得住脚的。我也发现这个新的理论同麦克的论据是互相印证的;而同麦克论证的广义相对论的情况却彼此矛盾。麦克的分析(仅仅)间接地涉及狭义相对论。

这就是狭义相对论的创造过程。

我对广义相对论的第一个想法,是在两年后即1907年产生的。这个想法来得很突然。我对狭义相对论并不满意,因为它被局限于互相间的恒速运动的参照系统,而不能应用于普通运动的参照系统;我为改变这种限制而斗争。我打算从总的方面再阐述一下这个问题。

1907年,约翰尼新·斯塔克(Johannes Stark)约我为《放射科学年鉴》(*Jahrbuch der Radiaktivitat*)写一篇狭义相对论的专题文章。我在着手写的时候,逐渐明白除了万有引力定律以外,所有的自然定律都能在狭义相对论的参照系中加以论述;我想找出原因,但我不可能那么轻而易举地达到这个目的。

最不能令人满足之点是:尽管狭义相对论明确地提供惯性和能之间的关系,但惯性和重力(或即引力场的能)之间的关系仍不能清楚地阐明,我发觉这个问题不能在狭义相对论的参照系作用中解决。

有一天,突然间思想上来了一个突破。我正坐在伯尔尼专利局一张椅子上,突然一种思想打动了:假如一个人自由地落下,他不会感觉到自己的重量。我不禁大吃一惊,这个简单的思想实例,给我以深刻的印象,它把我引向到引力论。我继续沿着我的思路发展下去;下跌者在加速,他所感觉和判断的东西发生在加速度参照系中。我决定把相对论扩展到加速度参照系统中去;我觉得这样做就能同时解决地心引力问题。下跌者不可能感觉到自己的重量,因为在他的参照系中,有一个新的引力

场,取消了地球引力场。在这个加速参照系中,我们需要一个新的引力场。

那时我还不能完全解决这个问题。我花了八年多的时间,最后才得到完全的解决。那些年间,我对这个问题陆续得到部分的答案。

欧内斯特·马赫(Ernest Mach)是一位坚持具有加速度的互相相对的各系统彼此相等的思想的人。这种思想与欧几里得几何学相矛盾,因而在加速度有关的参照系统中,是不能应用欧几里得几何学的。离开几何学去描述物理学定律,就像离开词语去描述思想一样。我们需要用词语来表达思想,那么,我们就应当找些什么东西来描述我们的问题呢?我一直未能解决这个问题,直到1912年这个问题才得到解决。我想到卡尔·弗里德里希·高斯(Karl Friedrich Gauss)的表面理论是揭开这个问题的奥秘的钥匙;我发现高斯的表面对等,对于弄通这个问题是非常有意义的。在这以前,我还不知道高斯的学生伯哈特·里曼(Berhard Riemann)曾经深刻地探讨过几何学的基础。我碰巧回忆起在苏黎世的学生年代的一次几何学讲座,卡尔·腓特烈·盖泽(Carl Friedrich Geisser)曾经阐述过高斯的理论。我发现这个问题的几何学的基础有着深刻的物理学意义。

当我从布拉格回到苏黎世时,我的朋友数学家马西尔·格罗斯曼(Marcel Grossman)正在等着我。我以前在伯尔尼专利局工作时,难于得到数学资料;他提供数学文献帮助我。他先后教我柯巴斯特罗·格雷戈里奥·里奇(Curbastro Gregorio Ricci)和黎曼的著述。我曾经同他讨论过这个问题是否可以用黎曼的理论加以解决。尽管我们还不能得到万有引力的正确的方程式,我们在1913年就这个题目写了一篇文章。我研究黎曼的方程式,只是为了进一步搜寻为什么用这种方法不能得到预期结果的各种理由。



图 4.1.4

经过两年的努力,我发现在我的计算中有错误。我回到用不变性理论的开头的方程式,试图创立正确的方程式,过了两个星期,正确的方程式在我面前出现了!

关于我在1915年以后的工作,我只打算提一下宇宙论问题。这个问题关系到宇宙的几何学,也关系到时间。这个问题的基础来自广义相对论的边界条件和由麦克论述的惯性问题。尽管我并不确切地了解麦克关于惯性的想法,他对我的思想影响还是巨大的。

我利用对引力方程式边界条件的不变性来解决宇宙论问题。最后考虑宇宙是一个闭合系统,而把边界条件消去。结论是惯性作为互相作用物体的特性而出现,而当互相作用不存在时,惯性也就消失。我相信这个结论使广义相对论能在认识论上被更好理解。

这就是我在创造相对论的思想过程的一个简短的历史概观。

(陈乃良译自美国 *Physics Today* 1982年8月号 李宗楠校)

插图说明:1922年12月爱因斯坦访问日本时,日本画家岗本一平陪同作画。

图 4.1.1:爱因斯坦为画像签名,并加箭头、以示承认。他针对画家以夸张的手法描绘的鼻子,幽默地题字:思索在鼻子中进行——声如坦克,深如水库。

图 4.1.2:爱因斯坦谦逊而亲切,习惯地交叉着双脚,左手食指按着讲台边,反复移动。

图 4.1.3:大学教授们被挨个介绍给爱因斯坦。高个子是著名植物学家莫利斯教授。

图 4.1.4:一次日本式便宴。

(本文选自爱因斯坦口述,石原纯口译并记录,小野善政英译,陈乃良译,《科学史译丛》1983年第三辑,《科学史译丛》编委会编,内蒙古人民出版社出版,1983年,83~86页。)

4.2 狭义相对论的起源^①

杰拉耳德·霍耳顿

当我要讨论理论结构的问题和发现的逻辑时,我特别注意要揭示历史—社会学方面。这个方针有令人意想不到的趣味,因为我想起赖兴巴赫曾直截了当地表示过相反的观点,他说:“科学哲学家对于导致科学发现的思想过程并无多大兴趣……也就是说,他对于发现的来龙去脉不感兴趣,他感兴趣的却是论证的前后关系。”^②因此,如果我要对爱因斯坦的狭义相对论的起源做些评述,就违反了赖兴巴赫的名言。可是,爱因斯坦加强了我的这个决心。因为,对于各门科学中关键性理论的起源的历史处理,爱因斯坦明确地肯定了它的价值。

^① 本文最初是在“美国科学协进会”、“美国哲学学会”和“科学哲学学会”联合召开的一次学术会议上的演讲,发表在《美国物理期刊》(*American Journal of Physics*),28卷,第7期,627~636页,1960年,这里译自霍耳顿的《科学思想的基旨渊源:开普勒到爱因斯坦》(*Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*),哈佛大学出版社,1973年,165~183页。——编者

^② Hans Reichbach, *The Philosophical Significance of the Theory of Relativity*, 载于 Paul Arthur Schilpp 编辑的 *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (Evanston, III: Library of Living Philosophers, 1949), 292页

我之所以要谈论爱因斯坦的著作,是因为他的情况既有代表性,又有特殊性。相对论的产生具有我们时代中其他一些重要理论的产生所具有的许多共同特征,此处当然它还有更多的特征:要寻找另一部对于物理学、数学和认识论之间的关系,或者实验和理论之间的关系,阐明得同样丰富多彩的著作,或者在科学、哲学和一般知识内容方面具有同样广度的著作,人们就必须回到牛顿的《原理》。相对论不但对于物理学本身,而且对于现代科学的哲学也是一种关键性的进展。它所以具有双重的重要性,原因在于爱因斯坦的著作不仅提供了一个新的物理学原理,而且正像怀特黑德(A. N. Whitehead)所说的,提供了“一种原则,一种方法和一种解释。”因此,对相对论历史渊源的说明势必分为两类,而各自都有出名的支持者:一种观点认为相对论是一种突变(mutant),截然割断了爱因斯坦同他的直接前辈的工作的关系;另一种观点则认为相对论是对当时像洛伦兹和彭加勒等人的工作的一种精心加工的产品。

在我看来,最好把这两种观点结合起来,从历史上科学的连续发展来看方法论倾向的不连续性,由此来理解爱因斯坦的革新。^①如果我们认真地采用了我的观点,那么,在我们讨论这之前,我们首先应该考查一下历史的或者甚至是“历史—社会学”方面的一些实际问题:哪些是对研究狭义相对论渊源有用的原始资料,它们的可靠性怎样?1905年科学的状况是怎么样的,在这个领域里为狭义相对论所准备的贡献是什么,而爱因斯坦对这些贡献又知道了些什么?爱因斯坦通过哪些步骤达到了他于1905年所发表的结论?这一工作在什么程序上算是包括他的直接前辈洛伦兹和彭加勒在内的连续链条中的一环?在狭义相对论的产生中,实验起了什么作用,自相矛盾的假说的存在起了什么作用?认识论的分析在爱因斯坦的思想中起了什么作用?在科学家中间,最初接受狭义相对论的是哪些方面?特别是爱因斯坦同马赫、洛伦兹和普朗克(Planck)的关系是怎样的?对于爱因斯坦的工作作风和他个人的倾向性我们能说些什么?比起对科学有巨大影响的其他一些理论来,狭义相对论的起源和内容上有什么独特之处?以至于从这个研究中会出现哪些科学史研究的方法论原则?

我们会发现现有的文献并不总是有助于研究这样的问题的。当然,关于狭义相对论的文献是浩如烟海。据勒卡(LeCat)编集的目录^②,在这个领域里的科学论文几乎以指数率增长,7年内增加了7倍,到1922年,已超过了3400篇。传记性的或哲学性的分析也是非常之多[例如:施里克(Schlick),赖兴马赫,弗朗克(Frank),梅耶松(Meyerson),卡西勒尔(Cassirer),怀特黑德,文策尔(Wenzel),格林鲍

^① Gerald Holton, *Continuity and Originality in Einstein's Special Relativity Theory*, IX *Congreso Internacional de Historia de las Ciencias, Guions de las Comunicaciones* (Barcelona-Madrid, 1959), Volume II, 41页.

^② Maurice LeCat, *Bibliographie de la Relativité*, éBrussels; Maurice Lamertin, 1924.

(Grünbaur), 波拉尼 (Polanyi), 马格瑙 (Margenau), 伦岑 (Lenzen), 布里奇曼 (Bridgman) 和诺思罗普 (Northrop)]。大家会注意到, 到目前为止还没有全面的历史研究。在这方面有一些有价值的文章[(例如: 玻恩 (Born), 杜加斯 (Dugas), 库兹涅佐夫 (Kuznetsov), 冯·劳厄, 泡利, 斯特拉诺 (Straneo) 和惠特克 (Whittaker)]; 这些文章一般讲的是物理学按年代顺序的发展, 独特地构成了一部基本上并不是以历史—哲学研究为目的的较大著作的一个部分。对于历史—哲学的研究, 最好的原始资料, 目前的确还是爱因斯坦自己的那些论文。

爱因斯坦工作中的连续性

对于这些论文, 我们必须着手去发现那种把爱因斯坦最初发表的狭义相对论的论文同那时他的其他工作, 以及同旧传统本身结合起来的连续性因素。在 1905 年的论文^①之后, 爱因斯坦曾几次回过头来解释狭义相对论, 而每次的重新阐述都是很有趣的。例如, 在他的《狭义相对论和广义相对论浅说》一书导言中, 他强调指出, “总的说来, 在相对论实际产生的顺序和来龙去脉方面, 作者为介绍主要的思想, 已尽了最大的努力。”^②毫不足怪, 那本书里所讲的顺序并不是按照 1905 年论文本身所讲的那些步骤的顺序, 但是, 这两种顺序没有一个是同别的自传或传记的记载相一致的, 从这一事实中, 科学史家会发现一个有趣的问题。

当人们从更宽广的背景——从爱因斯坦的其他科学论文, 特别是从那些也写作并发表于 1905 年的关于光量子理论和布朗运动的论文来研究相对论论文时, 人们会注意到两个关键性的论点。虽然 1905 年的三篇划时代的论文——在不到 8 个星期的时间里寄到《物理学杂志》(*Annalen der Physik*)——似乎是属于三个完全不同的领域, 但比较仔细地研究一下, 就可看出事实上它们都是从同一个普遍性问题, 即辐射压的涨落引起来的。正像爱因斯坦后来写给冯·劳厄的信中所说的,^③ 1905 年他已经知道了, 对于一面精巧地悬挂“在普朗克辐射腔中”的镜子的运动, 麦克斯韦理论会导致错误的预言。这一方面同考虑到布朗运动以及辐射的量子结论的因素有关, 另一方面也同爱因斯坦对于“物理学的电磁基础”更为普遍的重新考查的本身有关。^④

① Albert Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, *Annalen der Physik* 17: 891 - 921, 1905.

② Albert Einstein, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*, Braunschweig: Friedrich Vieweg & Son, 1917.

③ 1952 年 1 月 17 日的信 (未发表), 也可参考 Max Born, *Physics and Relativity*, 载于 André Mercier Michel Kervaire 编辑的 *Fünfzig Jahre Relativitätstheorie* (Bern: Birkhäuser, 1956), 248 - 249 页。

④ Albert Einstein, *Autobiographical Notes*, 载于希耳普的前引书中 47 页。

人们也会发现这三篇论文的风格基本上是相同的,并且显示了爱因斯坦那时著作中独特的东西。每篇论文一开始都讲到形式上的不对称或别的不合于流行的美学性质的地方(倒不如说是由不能解释的实验事实所提出的难题),然后提出一个原理——引证爱因斯坦反复用过的类比,这个原理最好能具有像热力学第二定律那样的普遍性——作为一个由它推导出的结果,不对称消除了,而且最后得出了一个或更多个可以用实验来验证的预言。

具体地说来,爱因斯坦关于光量子理论的第一篇论文是以一种独特的方式开始的:

在物理学家关于气体或其他有重物体所形成的理论观念,同麦克斯韦关于所谓空虚空间中的电磁过程的理论之间,有着深刻的形式上的分歧。^①

重要的起点是物理学两个领域中的理论表示之间的一种形式体系上的差别,对于大多数物理学家来说,这两个领域被分隔得如此之远,以致不会引起人们去进行这样的比较,因此也不会注意到这种不一致。爱因斯坦所指出的不一致,是存在于这样两个方面之间的:一方面是粒子及其能量的不连续性或分立特征;另一方面则是关于电磁事件的函数,以及关于在一个扩展波阵面中每单位面积能量函数的连续性。光电效应的讨论——通常就靠着这个讨论,这篇论文才为人们所想起——出现在将近结尾的地方,在论文的16页中只占了两页多一点。对于他的观点的实验验证,是用一个典型的爱因斯坦式的句子来指示的(在光的频率和所有各种电极材料的遏止电势之间有着斜率不变的直线关系)。

在1905年发表的第二篇论文里,^②爱因斯坦在第二节里指出:古典热力学的应用范围可以是不连续的,甚至也可以用于体积大到能用显微镜观察的粒子。作为论文的结束,他用在粒子运动研究中的可观察量来给出阿伏伽德罗数的方程,并且讲了一句激励的话:“但愿有一位研究者,能够立即成功地决定这里所提出的,对热理论关系重大的这个问题!”有意思的是,爱因斯坦在第二年^③说,只是在这篇论文发表之后,他的注意力才被引到早在1888年就有的关于布朗运动及其效应的实验验证,而他从分子运动理论已经推导出它们的必然存在。在他的《自述》中,他再一次说到自己1905年从事这项工作的时候,“并不知道关于这种‘布朗运动’的观察实际上早已是人所共知的了”。^④

① Albert Einstein, *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*, *Annalen der Physik*, 17:132, 1905.

② Albert Einstein, *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten, Thilchen*, *Annalen der Physik* 17:560, 1905.

③ Albert Einstein, *Zur Theorie der Brownschen Bewegung*, *Annalen der Physik*, 19: 371-381, 1906.

④ Einstein, *Autobiographical notes*, 在上述的引文中,也可参看 Leopold Infeld, *Albert Einstein, His Work and Its Influence on Our World* 修订版 New York: Charles Scribner's Son, 1905)97~98 页

1905年的第三篇论文^①当然是爱因斯坦关于狭义相对论的第一篇论文。他一开始又是把注意力引向形式上的不对称,这就是关于磁体和导体之间有相对运动时所产生的电流在描述上的不对称。这篇论文并没有明白地援引几个著名的实验困难中的任何一个——甚至在有机会用狭义相对论来说明迈克耳孙实验时,也没有提到迈克耳孙和迈克耳孙—莫雷实验。在结尾,爱因斯坦也简要地提到了能用来验证理论的实验的具体预言(给出了“根据这里所提出的理论,电子运动所必须遵循的”方程)。^②

回到对假说的古典限制

认识到这三篇论文中这些共同的要素,就使我们有了思想准备,去从本质上理解在每篇论文中启发性地提出的基本假设。由于狭义相对论限于平移运动和没有引力的空间,相对论性假设的启发性质在爱因斯坦看来一开始就是明显的(如他1907年和那之后所说的那样)。^③

把三篇论文放在一起研究,也揭示了爱因斯坦的狭义相对论,在多大程度上代表一种要把假说限制到具有最大的普遍性和最少数量的企图——这是爱因斯坦经常坚持的一个目标^④。在1905年关于狭义相对论的论文中,他除了通过被提高为公设的两个“猜想”(即相对性公设和光速不变公设)以外,只作了四个另外的假定:一个是关于空间的各向同性和均匀性,此外则是定义表的同步的三个逻辑性质。与此相反,在爱因斯坦之前一年发表的,并作为当时物理学中最优秀著作代表的H. A. 洛化兹的大论文^⑤——一篇洛伦兹声称是以“基本假设”而不是以“特殊假说”为基础的论文——事实上却包含着11个特殊(ad hoc)假设:限于小的速度 v 对光速 c 的比值;先验地(a priori)假设变换方程(不是从别的假设中推出来的);假设

① 参看本书267页注①,891页。

② 同上,921页。

③ 虽然不是在原始的论文上,但在一些场合,爱因斯坦持这种观点。例如在 *Bemerkungen zu der Notiz van Hrn, Paul Ehren fest: Die Translation deformierbarer Elektronen and der Flächensatz Annalen der Physik*, 23:206,1907。“相对性原理只(应该看作是)一个启发性的原理,因为它本身只包含关于刚体、钟和光信号的论断。”

④ 参看,Albert Einstein, *The Problem of Space, Ether and the Field in Physics, Ideas and Opinions*, Sonja Bargmann 翻译校订(New York: Crown Publishers, 1954)282页。“相对论是说明理论科学现代发展的基本特色的一个很好例子。它的最初假设持续地变得更抽象,更远离经验。另一方面,它却更接近于所有科学的宏伟目标,即从最少数的假设或公理出发,通过逻辑演绎,覆盖最多的经验事实。”

⑤ H. A. Lorentz, *Electromagnetic Phenomena in a System Moving With Any Velocity Smaller Than That of Light*, Kon. Akademie van Wetenschappen Amsterdam, *Proceeding of the Section of Sciences*, 6:809-831,1904(英文版)。这篇论文最初是1904年4月23日会议录的一个部分,它最初于1904年6月,发表在荷兰文版的 *Proceeding* (12:896-1009,1904)上。

有静态以太；假设静止电子是球形的；假设电子的电荷是均匀分布的；假设全部质量都是电磁质量；假设运动电子精确地以 $(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}$ 比1的比率改变它的大小；假设在不带电粒子之间，以及在带电粒子与不带电粒子之间的力，同静电体系中的静电力具有同样的变换性质；假设原子中的全部电荷就是一定数量的分立的“电子”；假设这些电子都只受到同一个原子中的别的电子的作用；假设运动中的原子整个会像电子本身一样产生变形。正是由于这些理由，爱因斯坦后来认为：“作为一个对于过去一直是相互独立的种种假说的令人吃惊地简单的总结和概括”，狭义相对论超出了麦克斯韦-洛伦兹电动力学理论。^①

只要研究过科学理论的发展，在这里就会注意到一个熟悉的论题；所谓科学“革命”归根结底就是回到古典的纯一性的一种努力。这不仅是对于爱因斯坦的贡献的新评价的关键；而且指出了伟大的科学“革命”的一个相当普遍的特征。不错，人们常常强调爱因斯坦在根本方面对牛顿物理学进行挑战，但是同样正确的但却被忽视的是，在方法论方面同以前的经典（例如同《原理》有许多一致的地方。

这里只要列举一下这两部著作之间的一些主要类似之处就够了：关于不是直接从经验产生出来的普遍性原理的早期假设；对几个基本假说的限制；^②在一种科学工作主体中特别注意认识论的规则；作者在哲学上的折衷主义；他在一门当时到处都受机械模型统治的科学中排除机械模型的能力；^③为数不多的对专门试验的预言；以及这部著作的最扣人心弦的结果，是它提出了一个新观点这一事实。

而且中心问题在这两部著作中也是相同的：空间和本性的时间以及由此在物理学上所推导出的东西。这里，两者的基本态度比起初读时显得有更多的共同之处。认识到牛顿的绝对空间和绝对时间从实验室操作的意义上来说是没有意义的概念，当然这并不是马赫最早发现的，而是牛顿自己坦率地承认了的。但是爱因斯坦也十分清楚，在用—个由无数刚性杆尺和理想钟所组成的系统来代替牛顿的绝对空间和时间时，他并没有提出一个实验室操作定义。他说这只能在某种程度上实现，“甚至得不到随意的近似”，而且对于整个概念的基本部分，无论以事实的理

① 参看 267 页注② 28 页。也可以参看 Albert Einstein, *Zum Relativitätsproblem*, *Scientia*, 15:337, 1914.

② Wolfgang Pauli, in *Relativitätstheorie, Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften* 的 19 卷 *Leipzig: B. G. Teubner*, 1921 译. Gerard Field *Theory of Relativity* (New York: Pergamon Press, 1958), 5 页, 在他用以下的话来总结他对狭义相对论的分析时, 他不知不觉地强烈地注意到这一特点。他说: “相对性假说隐含着这样的意思: 宇宙的质量中心相对于一个封闭体系的均匀运动, 对这一体系中的现象不会有影响。”注意这同《原理》最后一版中的主要假说的对应。

③ 参看, Max Von Laue, *Einstein und die Relativitätstheorie, Naturwissenschaften*, 43: 1-8, 1956.

由还是以逻辑的理由,“都能够以有一定的权利来加以抨击”。^①因此相对论只不过是把空时的位置,从牛顿的上帝的感觉中枢,移到爱因斯坦的抽象的理想实验者(Gendenkenexperimenter)的感觉中枢中罢了——就好像使物理学最后还俗了。

在为纪念牛顿逝世200周年的赞词中爱因斯坦写道:“我必须强调指出,牛顿自己比他以后许多博学的科学家都更明白他的思想结构中固有的弱点。这一事实时常引起我对他的深挚的敬佩……”^②然后,他立即把注意力转向这样一个事实:“牛顿处处都明显地尽力把他的体系表现为由经验必然地决定的,并且尽力使他引用那些不能直接涉及对象的概念的数目尽可能地少。”他回顾了牛顿把引力相互作用定律看作是一种启发性的措施,它“并不认为是最终的解释,而只是从经验中归纳出来的一条规则。”这篇文章结束时,爱因斯坦明确地表明,他赞同一种被他称之为“牛顿的”因果律观点,这时,他已经能够充分地把这句话的上下文加以扩充了。

原始资料的随时间变迁

对于使用像爱因斯坦的著作这样的原始资料,特别是对于不是专门从事过科学史研究的读者,我不能不作一点忠告。这指的是要考虑这样的事实:在许多重要的细节上,一个人无论如何没必要在不同的著作中去重复。我不仅是要说,爱因斯坦认为,发现者,特别是他自己,很少能提供出关于他自己的一些想法产生情况的原始资料,而且还由此认识到,这项研究工作是科学史家最有兴趣的任务之一。不,我想起了一个简单的,但却往往被人忽视的事实:爱因斯坦作为一个具有单一的,不变的个性的人,实际上从来就没有存在过,正像从来也没有存在过一个叫做伽利略或牛顿或道尔顿的不变的单一实体一样。爱因斯坦在写他的《自述》的开头时,他自己就非常清楚地看到了这一点:

要把那些值得讲的东西讲清楚,毕竟是不容易的——现在67岁的人已完全不同于他50岁、30岁或20岁的时候了。任何回忆都染上了当前的色彩,因而也带有不可靠的观点。

不仅是由于成长或变化,而且亲身经历的生活经验同报道出来的经验之间也有差别。

在这种情况下,这样的人在回顾中所看到的,很可能只是一种千篇一律的有系

^① Albert Einstein, *Les Priir Nobel en 1921-1922* (Stockholm, 1923)2页也可参看 Albert Einstein, *Dialog über Einwände gegen die Relativitätstheorie*, *Naturwissenschaften*, 6:697-702,1918.

^② Albert Einstein, *Newtons Mechanik und ihr Einfluss auf die Gestaltung der theoretischen Physik*, *Naturwissenschaften*, 15:273-276,1927;重新发表的名为 *The Mechanics of Newton and Their Influence on the Development of Theoretical physics*, *Ideas and Opinions*, 257-258页.

统的发展,然而,他的实际经验却是在千变万化的单个情况中发生的。^①

这两种结果同爱因斯坦的科学性的和通俗性的大量著作合在一起,就说明了为什么每个人——从极端的实证论者到批判的实在论者——都能从爱因斯坦的著作找到某些部分,挂在自己的旗杆上作为反对别人的战斗旗帜。

在历史考证的工作中,处理这个问题有两个办法。首先是,在评价所有资料,包括自传式的陈述,都得小心翼翼,允许有一个随时间而变迁的权衡因素。这样做总是正确的,而对于现代物理学更是特别恰当,因为在现代物理学中,每单位时间的变化远大于过去。启示性的例子和非常有价值的研究课题是:爱因斯坦对以太问题的态度,他同恩斯特·马赫的关系,他的比较一般的认识论的立场。例如关于其中第一个问题,从他1905年基本论文接近开头的讲法,到他1920年在莱顿的演讲《以太和相对论》,爱因斯坦经历了一次深刻的方向性的变化。在1905年,他说:“‘光以太’的引用将被证明是多余的,因为按照这里所要阐明的见解,不需要引进一个具有特殊性质的‘绝对静止的空间’”——对于这种挑衅性的议论,杜加斯精明地评论说:“在他的理论的开端作出这样一种宣言,只能使他同那些浸透着古典象征的物理学家疏远。”^②——而到1920年,他在莱顿的讲演将近结束时说:

我们可以总结如下:依照广义相对论,空间已经被赋予物理性质,因此,在这种意义上说,存在着一种以太。依照广义相对论,一个没有以太的空间是不可思议的;因为在这样一种空间里,不但光不能传播,而且量杆和时钟也不可能存在,因此也就没有物理意义上的空间-时间间隔。^③

在研究科学理论本性的学者看来,出自同一手笔的关于一个特定论题的个人文件的顺序,从而好像也就是空间时间截面的顺序,这就要求他去重新构成这一论题的发展过程或世界线。特别在近代和当代物理学中,这条世界线没有一段可以被保险地外推出来的;中间出现迅速的转变看来总是可能的。这更加值得我们注意:重新构成对于一个论题的见解的变化过程,就成了具有双重的重要性,而且在

① Albert Einstein, *Autobiographical Notes*, 载于希耳普的前引中47页。

② Rene Dugas, *A History of Mechanics*, J. R. Maddox 译 (New York: Central Book Co, 1955), 490页。

③ Albert Einstein, *Ether and Relativity*, 见 *Sidelights on Relativity* (London: Methuen & Co., 1922), 23页。以下的话重申了这种以太和其他以太模型的区别。“但是又不可认为这种以太会具有那些为重媒质所特有的性质,也不可认为它是由那些能够随时间追踪下去的粒子组成的。运动观念对它并不适用。”

关于这一点可以参看 *Relativity and the Problem of Space*, 爱因斯坦将该文作为附录五加进第15版的 *Relativity, the Special and the General Theory*, Robert W. Lawson 译 (London Methuen & Co., 1954), 135~137页。在他写给卡尔·塞利希的关于这一点的评论[它载于 *Albert Einstein* (Zurich: Europa Verlag, 1954), 291页]中,爱因斯坦写道:“特别是,这表明,这一发展同笛卡尔关于不存在‘空虚空间’的论述有密切的关系。”

一个论题中的这些变化常常同其他论题中的变化相关联。以爱因斯坦为例,他对于以太的态度,对于马赫的态度,对于一般认识论和形而上学的态度,以及对于宗教的态度,统统显出相互密切联系着的随着时间的变化。这本身就向科学历史学家和科学哲学家提出了一些新的有价值的问题。

原始资料的互补性

这里还有第二个问题,它涉及对于一个科学家的工作的几种分歧的或矛盾的观点。它不是产生于内部的变化或冲突,而是产生于外部的变化和冲突。我能够用最简要的方式来讨论这个问题,只要使人们注意到必须怎样来对待那些彼此并不一致的传记作品。

这样的一些传记对于研究相对论起源是一套宝贵的资料。爱因斯坦在世时出版的主要传记中,按照出版年代的次序,它们的作者有:莫什科夫斯基(Moszkowski),赖塞(Reiser),赖秦斯坦(Reichinstein),马利亚诺夫(Marianoff)和瓦纳(Wayne),塞利希(Seelig),弗朗克,英费尔德(Infeld),瓦伦丹(Vallentin)。^① 每本传记都由于其本身的权利而具有重要性,但也非常自然的,它们在观点方面以及在事实内容方面都大不相同。现在我们能够开始来辨别那些维维亚尼们(Vivianis)和那些斯塔克利们(Stukleys),也就是辨别那些未来神话的资料和那些可靠的参考资料。因此,下述未公开的事实的发现是很重要的:这些传记中有一本是爱因斯坦的一个亲属用笔名写的,并且由爱因斯坦本人就事实的准确性作了校核;另一本传记则是爱因斯坦公开否认其正确性的;对第三本传记,他曾企图劝说作者不要出版——他不信任作者会是写得公正的或者是准确的;在这些书中,他喜欢另外一本传记中的材

^① Philipp Frank, *Einstein, His Life and Times*, George Rosen 译 Suichi Kusaka 编辑, New York: Alfred A. Knopf, 1949.

Leopold Infeld, *Albert Einstein, His Work and Its Influence on Our World*, 编辑校订, New York: Charles Scribner's Sons, 1950.

Dimitri Marianoff Palma Wayne, *Einstein, unIntimate Study of a Great Man*, Garden City, New York: Doubleday, Doran & Co., 1944.

Alexander Moszkowski, *Einstein, the Searcher; His Work Explained from Dialogues with Einstein*, Henry L. Brose 译, New York: E. P. Dutton & Co., 1921.

David Reichinstein, *Albert Einstein, sein Lebensbild und seine Weltanschauung*, Prague: Ernst Ganz, 1935.

Anton Reiser, *Albert Einstein, A Biographical Portrait*, New York: A. & C. Boni, 1930.

Carl Seeling, *Albert Einstein, A Documentary Biography*, Mervyn Savill 译, London: Staples Press, 1956.

Antonia Vallentin, *Einstein, A Biography*. Moura Budberg 译, London Weidenfeld and Nicolson, 1954.

料,如此等等。

数量异常巨大的各种各样材料,着重指出了科学史家所必须面临的一些问题。两个或者更多个忠实的传记作者写作时所用的观点的不同,当然就产生不同的解释。对于某些“事实”素材(例如,日期和地点),人们固然能够从某种绝对的意义上要求一致或准确。但是,对于一些比较大的和比较定性的问题(例如对于理论的接受),人们能够有益地采取这样的态度:用不同的观点进行传记研究所得到的史料,不能限于用一种单一的图像去理解,而必须看作是互补的,那就是认为,只有各种图像的全体才能穷尽关于这一题材可能得到的信息。会看出这非常类似于物理学中互补原理的完整陈述中的一个部分。^①以任何别的办法在定性的问题上寻找一种“独立”的观点,很可能仅仅使人们采取一种同别的一切观点,或者同产生这些观点的各种“主义”保持等距离的立场。

互补原理也告诉物理学家,原子客体的行为同用来规定现象所出现的条件的测量仪器的相互作用,两者之间不可能截然区分。在科学哲学的历史研究中,也有同这非常类似的说法,因此人们必须认识到,学者同他研究的题材一起形成一个体系,在这里要把一部分同另一部分完全分开来,是没有多大意义的。正是由于这种精神,我们必须把由一个革命家所画的爱因斯坦图像当作一个革命家来理解和使用,把由一个实证论者所描述的爱因斯坦图像当作一个实证论者来理解和使用。对于一个要用真实的媒质的存在来解释光穿过空间的传播的人来说,狭义相对论之所以重要,主要在于它对这个观点有所添加或者所减少。只有清楚地认识到这一点,我们才能通盘使用各种说明,要不然,每一种说明都好像是在介绍一个显然是不同的人或工作。

惠特克对爱因斯坦工作起源的说明

为了具体地阐明这一观点,我要转到一个有激烈争论的问题:在什么程度上爱因斯坦的工作是独创的,而不是已为别人已发表的著作所占先,也不是以别人已发表的著作为基础的。特别使人感兴趣的是惠特克写的关于爱因斯坦的评论文章。^②惠特克对19世纪物理学传统和以太理论的信奉,可以用他的有名的著作《以太和电理论的历史》(*A History of the Theories of Aether and Electricity*)^③来说明,也

^① 我这里把它当作一个提示性的,然而不是硬性规定的类比来使用。

^② Sir Edmund Whittaker, *Albert Einstein*, 见 *Biographical Memorials of Fellows of the Royal Society* (London: Royal Society, 1955), 37-67页。

^③ Sir Edmund Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity: From the Age of Descartes to the Close of the Nineteenth Century*, London and New York: Longmans, Green & Co. 1910; 修订扩充为 *A History of the Theories of Aether and Electricity: The Classical Theories*, London and New York: Nelson & Sons 1951.

可以用他在古典力学领域中的卓越贡献来说明。而且在1953年完成的,一直讲到1926年的情况的这部《历史》的第二卷中,惠特克基本上排除了爱因斯坦1905年关于狭义相对论的论文,而认为这篇论文只是“陈述了彭加勒和洛伦兹的相对论,并加了一些扩充,而且引起了很大的注意”^①。

这种介绍引起了很多批评,我知道其中有一些批评是在这本书尚未付印时就已告知了惠特克。还有一些批评是1955年爱因斯坦逝世后,他在为爱因斯坦写传记性的回忆时告知他的。因此值得注意的是,惠特克在1955年为爱因斯坦写的悼念传记中,并没有改变他以前对爱因斯坦的评价。例如,他重复说,彭加勒1904年9月在圣路易斯的讲话^②中创造了“相对性原理”这个词组。惠特克问,物理学怎样能够按照“彭加勒的相对性原理”加以重新表述,他报道说,关于电磁场的那些定律,“洛伦兹在1903年作出了这一发现”,并且以洛伦兹1903年在阿姆斯特丹科学院的《学报》(*Proceedings*)中发表的论文作为引证。^③惠特克指出“空虚空间中以太的基本方程”在适当地选择的(即洛伦兹)变换下是不变的,而且他用值得注意的句子来结束:“爱因斯坦(在1905年的狭义相对论论文中)采用彭加勒的相对性原理(使用了彭加勒给它取的名字)作为物理学的一个新基础,并且指出洛伦兹变换群对于彼此在相对运动的物体的物理学提供了一种新的分析。”^④

既然惠特克的分析受到了而且很可能继续受到相当大的重视,因此必须加以仔细的考查。它毕竟是证明这样一种说法的一个卓越的例子,这种说法是:这种分析要不是既涉及它意图包罗的材料,而且又涉及学者本人的成见和偏见,那就不能认为是有意义的。这里就是用这种观点来考查惠特克的分析时所得到的主要结果的一个简要的总结。

(1) 爱因斯坦1905年的狭义相对论论文,确实是在动体电动力学这个广泛领域中,许多不同作者所做出的许多贡献中的一个。单单在《物理学杂志》中,从1902到1905年就有8篇论文讲到这个普遍性的问题。爱因斯坦本人总是坚持连续性的这一方面。最早的证据是1905年春天写给他的朋友康拉德·哈比希特(Conrad Habicht)讲到他的各项研究的一封信。在一句话中他描述这篇正在写的狭义相对论论文:“手头的第四篇论文还只是些手稿(*Liegt im Konzept vor*),是运用空间和时间理论的一种修正的动体电动力学,你一定会对这篇论文的纯运动

① Sir Edmund Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity: The Modern Theories, 1900 - 1926* (London: Nelson & Sons, 1953), 40 页。

② J. H. Poincaré, *L'Etat actuel et l'avenir de la physique mathématique*, 见 *Bulletin des Sciences Mathématiques* (1904). Première Partie, 302 - 304, 英文译文是 *The Principles of Mathematics - Empirical Physics*, *Monist*, 15, NO. 1: 1 - 24, 1905.

③ 引文出自 *Proc. Acad. Sci. Amst* (English ed.) (1903), 6, 809.

④ 见本书 274 页注②。

学部分感兴趣。”^①塞利希也引用了爱因斯坦后来讲的一句话，这句话讲出了他经常反复表明态度：“至于相对论，它根本不是一个革命行动的问题，而是一条可以追溯到很多世纪的路线的一种自然发展的问题。”^②

另一方面，说爱因斯坦的论文“引起了很大的注意”，这只有在不考虑发表后最初几年的情况下才是正确的。在早期，比较有代表性的反应，事实上要不是完全沉默，就是像《物理学杂志》中最初提到爱因斯坦狭义相对论工作的那篇论文中所出现的那种反响。这个反响就是宣传爱因斯坦的理论已断然被实验所驳倒。^③

(2) 惠特克所引证的彭加勒 1904 年的论文，实际上并没有宣布一个新的相对性原理，而是对于当代物理学在那时冲击 6 个古典的定律或原理的困难，作了一个虽然是定性的但却是非常敏锐和深刻的总结，这 6 条原理包括了那条实际是伽利略-牛顿的相对性原理。彭加勒所列举的 6 条原理如下：能量守恒定律；热力学第二定律；牛顿第三定律；“相对性原理，根据这条原理，对于固定的观察者或者对于作匀速运动或平移运动的观察者来说，物理现象的定律都必定是相同的……”；质量守恒原理；以及最小作用量原理。^④关于相对性原理，彭加勒抱怨说，它受到当前电磁理论发展的“打击”，可是它已“为日常经验所证实”，并且“以一种不可抗拒的方式印进人们健全的感觉中。”彭加勒的主要观点是表明需要一个新的发展，他用下面这些话来提示这种发展的轮廓：“也许我们同样应该建立一门崭新的力学，对这门力学我们还只能窥见它的一鳞半爪，在这门力学中，惯性随着速度增加，光速将会成为一个不可逾越的界限。”^⑤这样，既显示出了他的直觉的力量，也显示出这种提示的定性的性质。

(3) 讨论洛伦兹 1903 年的论文就更困难了，惠特克在他的书中和回忆录中都专门引证这篇论文，认为它已讲清楚了爱因斯坦 1905 年狭义相对论论文的大部分基本细节。首先，这篇论文并不存在。惠特克明白地想要参考的是一年之后洛伦兹在 1904 年发表的那篇论文。既然惠特克在别处的大量文献引证都是非常谨慎的，这个把洛伦兹的著作同爱因斯坦的著作之间的时间间隔扩大一倍的一再出现的过失就不仅是一种错误。它至少是一种象征性的错误，是一个传记作家的先入之见同他的材料发生相互作用的象征。

(4) 惠特克显然是暗示爱因斯坦使用了洛伦兹 1904 年发表的变换方程。他因而下决心不顾爱因斯坦以及那些同他接近过的人一再说过的情况；爱因斯坦当时

① 塞利希前引出 89 页中加点的话。

② 同上，第 97 页。

③ Waleer Kaufmann, *Über die Konstitution des Elektrons*, *Annalen der Physik*, 19:495, 1905.

④ 波因卡尔(Poincar'e)的前引书第 5 页。

⑤ 同上，23 页。

未曾读到洛伦兹 1904 年论文。^①

(5) 即使人们不愿意相信爱因斯坦和他那个时代别的杰出物理学家在这个问题上所说的话,在爱因斯坦 1905 年的论文中也有四条内在的证据,可证明他没有读过洛伦兹 1904 年的论文。爱因斯坦确实以一种同洛伦兹变换方程等价的(或者也可以说是同伏格特(Voigt)1887 年的变换方程等价的)形式写出了变换方程;但是,洛伦兹为了得到自由空间中麦克斯韦方程的不变性,先验地假定了这些方程,爱因斯坦却是从狭义相对论的两个基本假设推导出这些变换方程的。因此爱因斯坦用不着知道洛伦兹 1904 年的论文。^②

第二,爱因斯坦 1905 年的最初两篇主要论文表明,别人的著作凡是他可以利用的,他是有在脚注中给以荣誉的习惯的;因此,对于没有特别提到洛伦兹 1904 年的论文,这在它的表面价值上是可以被接受的,更能说明问题的是,爱因斯坦在这同一篇论文的正文中,引用以洛伦兹在他 1895 年的著作里所给的形式来表示的当时流行的电磁理论时,两次提到了洛伦兹的名字。^③ 插一句,人们也可以说,要去设想一个具有爱因斯坦那样的气质和过分诚实的青年人,而且是一个像他在不久以后给洛伦兹的一些信中所表露出来的对洛伦兹有深挚敬意的青年人,在有意使用了这位第一流理论物理学家在这个领域中的最新著作的一个重要的新发现时,竟会不表示感谢,这种设想是相当荒唐的。^④

^① 参看阿诺尔德·索末菲尔在托伊布纳(Teubner)和梅休因(Methuen)编辑的狭义相对论文集,即[*The Principle of Relativity* (London: Methuen & Co., 1923)]中的爱因斯坦 1905 年论文中关于这一点所作的脚注,或泡利的前引著作,第 3 页,或爱因斯坦给塞利希的信:“至于我,就只知道洛伦兹 1895 年的重要著作,……而不知道以后的洛伦兹著作,因而也没有查询与之有关的彭加勒的著作。在这一意义上,我 1905 年的工作是独立的。”*Technische Rundschau* 47: Bern, May 6, 1955; 玻恩的前引书第 248 页上也引用了它。

^② 这并不是说,这是爱因斯坦早期科学生涯中的唯一事例。实际上,他于 1902~1905 年期间,关于热力学和涨落现象的工作,在很大的程度上是重复了已得到的结果;正如爱因斯坦后来所说的:“我不知道玻耳兹曼和吉布斯的那些较早的研究工作;这些工作早就公布了,而且事实上已使这一课题没有可作的工作;在此情况下,我发展了统计力学和基于统计力学的热力学分子运动理论。”(参看注释 7 的 47 页)前面已经提到,爱因斯坦 1905 年时,不知道前已作出的布朗运动的验证,赖塞(Anton Reiser)(前引书中 52 页)提供了一个报道,说爱因斯坦在大学里,在不知道迈克耳孙的仪器的情况下,筹划建造一个测量以太漂移的装置;虽然这个最早的例子是完全可以由爱因斯坦在这方面所受训练不够完善来理解的,可也说明了他的朋友们经常对他所作的评论:他读得少,但想得多。

^③ H. A. Lorentz *l'ersuch einer Theorie der elektrischen and optischen Erscheinungen in Dewegten Korpern*, Leiden: F. J. Brill, 1895.

^④ 爱因斯坦以后准确地报道:“在世纪交替时期,H. A. Lorentz 被一切国家的理论物理学家看作是领导人,这是完全理所当然的。”Albert Einstein, *II. A. Lorentz, IIis Creative Genius and IIis Personality*, 载于 II. A. Lorentz, *Impressions of IIis Life and Work*, G. L. de Haas-Lorentz 出版(Amsterdam: North-Holland PublishingCo., 1957 第 5 页。

第三,在爱因斯坦论文的第二段里,爱因斯坦回顾:对于 v/c 这个量的一阶来说,“凡是对于力学方程适用的一切坐标系”,已经发现对于“电动力学和光学定律也一样适用”。但是洛伦兹 1904 年论文的主要论点之一,是声称他已经把这理论扩展到 v/c 的二阶上去。

第四条内在证据是,爱因斯坦对带电粒子的动力学和质量表示式的约定的选择;他所选取的^①远不及洛伦兹所选取的合适,这促使普朗克在 1906 年指出这一点。

(6) 就是完全不提爱因斯坦 1905 年的论文是否独立于洛伦兹的论文而写出来的这个问题,一个同样的重要的事实是,就我们所理解的自爱因斯坦以来的相对论这个词来说,洛伦兹的论文在决定意义上当然不是讨论相对论的;正如玻恩所说:“他从来不认为自己是相对性原理的创始者。”^②相反,在他 1910 年的演讲中,提到这个原理时却叫它“爱因斯坦的相对性原理”。在洛伦兹逝世前 6 年,即 1922 年发表的论文《匀速平移运动的相对性原理》中,^③他仍然要求把空间看成有“一定的实体性;如果这样,人们可以十分中肯地称之为真实时间,这是用固定在这种媒质中的钟测量出来的,并且把同时性看作一个原始概念。”^④在他 1904 年的论文中,又假定了非相对论性的速度相加定理 $v = V + u$,甚至在 1922 年的书里,他还固执地不认为光速是物体所能达到的最高速度。

(7) 最后,我们注意一下洛伦兹 1904 年的成就,同惠特克所说的两者之间的另一些重要差别。严格地说来,洛伦兹 1904 年的理论只适用于 v/c 的微小值,因为对于 v/c 的微小值取为 1 的常数 1,以一次幂进入了关于 x 和 l 的变换方程,而且,在洛伦兹的处理中,甚至在小速度 v 的情况下,对于有电荷存在的麦克斯韦方程也不是完全不变的,因为在加撇的(运动的)坐标系中,同 $\text{div}D = \rho$ 相比较,关于 $\text{div}'D$ 的表示式中有一项要遗留下来,即

$$\text{div}'D' = [1 - (vu'_x/c^2)]\rho'$$

我们已经注意到洛伦兹被迫引进的特殊假说的数目,也注意到这些假说夺去了电磁现象理论的普遍性,而这种普遍性本来正是基本概念所特有的。

在结尾,我要回到我最初的议论:在那些试图把认识论的考查基于“真实”情况的讨论中,对于历史情况的详细研究,在我看来是重要的第一步。这未必是轻而易举

① 正如最近由劳厄在 *Einstein and die Relativitätstheorie* (*Naturwissenschaften*, 43:1-8, 1956)中所作的评论那样,它旁证了他关于爱因斯坦不知道洛伦兹 1904 年论文的看法。

② 玻恩的前引书,第 248 页 A. D. Fokker 编辑;译作 *Lectures on Theoretical Physics* 第三卷的第二部分 London: Macmillan & Co., 1931.

③ 同上,第 211 页。

④ 惠特克说(参见本书 275 页注①),洛伦兹“得到了一个其形式对微小量 ϵ/c 的一切阶的量都正确的变换,”虽然严格说来,它只对自由空间和相对小的 v 值才正确。

举的;但是,通过对历史上确实情况的平心静气的考查,我们就能够清醒地认识到那些作为整个哲学研究基础的预想(*preconception*)。

(本文选自杰拉耳德·霍耳顿著《科学思想史论集》,许良英编,许成钢、王贞平译,河北教育出版社,1990年,17~37页。)

4.3 量子力学,一份散记

阿伯拉罕·派斯

1925年春物理学的状况

1925年春,物理学家手中有两种基本的场、三种基本的力和三种基本的粒子,以及两种逻辑上无联系的理论结构,它们似乎处于明显的相互矛盾之中,但是当时似乎已经注定它们中的每一个都会在物理实在的最终描述上起作用。

1. 两种场。麦克斯韦的专题报告《电磁场的一种动力学理论》的目的是试图向我们“解释远距离物体之间的[电磁]作用,而不假设在可感知的距离上存在能够直接作用的力。因此,我所推出的理论可以称之为电磁场理论”。^[1]抛弃瞬时的超距作用力,而赞成力是由连续的场从一点向相邻一点传播,意味着物理学世界的纯粹力学图像的结束。对于这个创新,爱因斯坦后来写道:“自从麦克斯韦时期以来,物理学实在已由连续场来描述……而不能用任何力学来解释。这个实在概念的变化是从牛顿时代以来物理学所经历的意义最深远的以及最有成果的变化”。^[2]

新理论的深远意义莫过于光与电磁现象的统一:光由电磁波所组成。新理论中最好理解的部分莫过于光在穿越虚空时它的波的本质。因而旧量子论中没有哪一个部分能比爱因斯坦的想法更可疑:在一定情况下,光的行为似乎具有粒子的结构。

由麦克斯韦在1864年提出的电磁理论,还不是我们现在所称的麦克斯韦理论。这一理论的最初版本,还有待于从机械论的残余,特别是从麦克斯韦认为电磁力通过以太传送的观念中解放出来。用他的话来说,这个以太介质是“一种有形的物质或物体,它当然是最大的,或许是最均匀的物体,我们对它稍有所了解”。^[3]爱因斯坦的狭义相对论——到1925年春已有20年了——表明,需要从根本上废除以太。^[4]这样,麦克斯韦有了重要的后继者。他也有重要的先驱者。我给读者提供一个由斯科特编制的文献目录,作为了解电磁场概念发展的指南。^[5]

麦克斯韦首先提出引力或许也能像电磁那样用场来描述,并且这种场具有其

自身动力学自由度。在 1864 年同一个专题报告中,他“自然而然地提出,(像库仑定律一样)遵从同样的距离定律的万有引力,是否也起因于周围某种介质的作用”。^[6]历经 50 年的磨难和挫折^[7],一直到大约 1925 年春以前的十年,爱因斯坦的广义相对论才提供了答案。经典时代的制高点现在已经达到了。1915 年,两种力被大家所认识,每一种力与一个多分量场相联系。

2. 三种力。到 1925 年第三种力已被识别出来:把原子核维系在一起的力决不可能是电磁力和引力(见前边章节)。除了那些关心 α 粒子物理学的少数人之外,我不知道这个新奇的观念吸引过任何其他人的注意。在认识到第三种力也同一种场相联系之前,又过去了另一个十年。

3. 三种粒子。在 1925 年春,电子和质子是已经确证的客体,但是第三种粒子即光量子的存在,才刚刚被实验所确认。由于它与缠绕量子物理学的混乱有密切关系,因此光量子为人们所确认的演进过程,比起电子和质子的发现来说,更加曲折、复杂和有争议。我曾在别处详细地讲述了光量子的故事^[8],这里我只提及与当前内容有特殊关系的几点。

当爱因斯坦在 1905 年最初提出光量子^[9]时,它还不是一个粒子^[10],而只是与光频 ν 有关的一份能量 E

$$E = h\nu \quad (12.1)$$

在以后的理论发展过程中它才逐渐变得清晰起来。人们逐渐地认识到,^[10]光量子也应赋予一个动量 p :

$$p = hk \quad (12.2)$$

其中 k 是对应于 ν 的波矢, $|k| = \nu/c$,因而 E 和 p 的关系是:

$$E = c |p| \quad (12.3)$$

这是粒子能量、动量和质量之间关系式的一个特殊情况,其中静止质量等于 0。^①

关系式(12.1)和(12.2)都是从处于或者接近于热平衡的电磁辐射的特性中进行理论抽象而得到的,而获得光量子与电子或质子一样也是一个粒子的实验证据,则是很久以后的事了。决定性的实验是由康普顿及其合作者在 1923~1925 年间完成的。他们指出^[12],光量子在一个静止电子上的散射服从守恒定律——正如任何两种粒子散射时那样——

$$hk = p + hk' \quad (12.4)$$

$$hc |k| + mc^2 = hc |k'| + (c^2 p^2 + m^2 c^4)^{1/2} \quad (12.5)$$

其中 m 是电子的质量, p 是电子的末动量, k, k' 各自是光量子散射前后的波矢。特

① 有关光量子质量的实验的上限,见参考文献 11。

别有趣的是用云室观察的那些实验。^[12]这种技术使基本粒子之间单个散射事件中能量-动量守恒定律的真实性,第一次得到检验。

这个发现的时间相当晚,这就解释了为什么要花那么长的时间,直到1926年,光子才得到它现代的粒子名称:光子。^[13]

4. 两个理论结构。随着1925年春天的到来,旧量子论进入它最后的季节。为不符经典理论逻辑的现象找出某些初步秩序而建立的一系列规则是否能称其为理论,还是一个尚待确证的问题。在20世纪早些时候,经典物理学的假设,牛顿力学、热力学、统计力学和麦克斯韦-洛伦兹电动力学的交叉领域,已被发现是不完全的。狭义相对论和广义相对论先后导致经典假设的修正。这些修正是深刻的,但是人们可以说它们并没有把一切都打乱(除了极少数人以外)。人们很快明白,只要对有效的领域做出比以前更精细的定义,经典物理学并未为这些革新所伤害,经典描述本质上保持正确,只要实在的速度与光速相比可以忽略,以及它们的重量不太大,(例如)太阳就属于不太大的范畴。

但是,在同年春天人们仍然不完全清楚,经典理论和量子假设如何才能协调起来。自从1913年玻尔提出他的氢原子理论以来,量子物理学中几乎所有的工作都集中到光谱和原子、分子结构的问题上。从1913~1925年是一个即兴创作的时期,有时候摇摆不定,有时候光彩照人,其努力主要以哥本哈根和慕尼黑为中心,还有开始得较晚的哥廷根。一本写于1923年专门论述量子论的初级教材^[14]这样描述那些年月:“有许多方面必须在黑暗中摸索,部分地由实验结果作指导,部分地由常常是很随意地提出来的各种假设作指导。”凭借着大量的光谱资料、初始的理论工具以及勇气,人们试图找出光谱的频率、强度、偏振和选择定则之间的关系模式。我必须掠过这些扣人心弦的故事^①,只简略地提及一个直接影响到经典物理学和量子物理学之间关系的概念,那就是对应原理(correspondence principle)。

例如,考虑下面公式:

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{R(n-m)(n+m)}{m^2 n^2}$$

这是当氢原子中的电子从轨道 n 跃迁到 m 时所发射出的光的频率。

正如这一公式所表明的,发射光的频率和轨道运动的初始频率之间的经典联系在量子论中被放弃了; ν 不仅依赖于初轨道,也依赖于末轨道。但是,如果 $n - m = 1$, 且 $n \gg 1$, 那么近似地,

$$\nu \simeq \frac{2R}{n^3}$$

^① 但是,在下一章中我们将看到这种探索量子物理学的途径。

这是一个仅仅依赖于初轨道的表达式。因而似乎有理由得出一种对应：对于相邻轨道及对于大量子数，量子频率与已知的经典表达式是一致的。这种对应具有预知能力；它决定了 R 。这个推理是玻尔用 e 、 m 和 h 来找寻里德伯常数的几种方法之一。

对应原理的实际应用需要一种艺术技巧：“很难说明[这个原理]的内容是什么，因为它不能用精确的定量定律来表述，因此，它也难以运用。在玻尔手头，在最广泛的领域里，已有杰出的成果；而其他一些更加明确和容易的可应用的指导规则，事实上已在一些个别情况中给出重要结果，然而它们在另一些情况中的失败又表明了它们的局限性。”^[14]于是，对应原理在当时就成了老与新之间唯一的联系。但是什么是新的呢？有什么新的第一性原理能判明这些以特设方式引进的量子规则呢？

在揭开原子秘密的那些年里，电子被设想以行星轨道围绕原子核运动；它们是一些粒子。它们波动方面的特性仍有待发现。甚至在 1925 年以前，电磁辐射的量子方面并没有占据中心地位，对应原理完全无法解释的领域有许多令人迷惑的问题。光的波动性早就有了充分的证据，而自从康普顿效应发现以来，在某些实验中，光的类粒子行为的证据也是无可辩驳的。但是粒子并不是波，波也不是粒子。^①光的行为怎么能够时而像波，时而像粒子呢？

爱因斯坦是对这个问题的答案略有想法的第一人。1909 年，他曾分析了一个空腔内部充满处于热平衡态电磁辐射的能量涨落，并发现^②这些涨落是两项之和，其中一项完全把辐射当做纯波动现象，另一项则是完全把辐射当做“点状运动量子”。^[17]于是，根据他的涨落公式，粒子和波动这两个方面同时出现。因此早在 1909 年他就得出结论：^[17]“我的意见是，理论物理学的下一个阶段带给我们一种光的理论，它能被解释为波动和发射理论的一种融合。”^③

这样，爱因斯坦可以被看作是互补性的教父，但互补性这个概念在 1927 年正式由玻尔引入之后，最不满的却是爱因斯坦。

在 1909 年和 1925 年之间，爱因斯坦所期望的融合没有任何实质性进展。1924 年爱因斯坦写道：^[18]“因此，现在有两种光的理论，两种都是必不可少的，并且正如人们今天必须承认的那样，20 年来尽管理论物理学在这方面做了巨大努力，两者之间还是没有任何逻辑联系”。

从 1925 年夏开始，这种融合走上了正路，不仅对于光如此，对于物质也是如此。

① 玻尔、克拉默斯和斯莱特规避这个问题的最后努力是在 1925 年初放弃的。^[15]

② 详情可见参考文献 16。

③ 说到“发射理论”，爱因斯坦的意思是指牛顿把光看作一束小粒子流的概念。

我最初学习量子力学的方法——1935年后不久，我开始我的大学学习——同我学习热力学的方法没有什么不同。这些学科都设有课程，有书本，其中一些有助于对原理的理解，另一些更适宜于学习如何解题。我学到一些关于电子的行为的实验事实，它们在碰撞过程中像粒子，而在衍射效应中像波。我对薛定谔方程在氢原子上取得的成功感到敬畏，并发现通过连续性方程引进量子力学的几率似乎是最合理的一步。在与 $E = h\nu$ 和 $p = hk$ 相结合的波包色散经典图像的帮助下，我在理解海森伯的不确定性关系时没有经历任何困难。不久我就很快活地做量子力学的练习了。无论如何，在当时我感觉不到引进这一门新力学时所伴随的那种激动和斗争，尽管那仅仅是十年以前。我知道几个日期，但那些日子似乎属于古代。

……1946年我到哥本哈根，在一个短暂时期成为尼尔斯·玻尔的密切合作者。对于那段经历我曾写道：“我必须承认在合作的开始阶段，我有好一段时间跟不上玻尔的思路……我也看不出下面这些议论有什么作用，例如1926年薛定谔得知量子力学的几率解释时，被震惊得不知所措；还有引述1928年爱因斯坦的一些反对见解；这显然离题万里。但没过多久，云雾开始消散了……在量子力学的内容被理解和接受之前，玻尔还得再次经受斗争……面对玻尔的‘每天斗争’和他不断强调‘量子力学曾教会我们的认识论教训’（一句他喜爱的句子），我不仅对物理学的历史而且对物理学本身的理解都更加深刻了。”^[19]

活跃在发现量子力学的那些岁月中的其他物理学家偶尔也告诉我他们的反响。乌伦贝克说，他的生活仿佛在几年的时间里发生了巨大的变化。维格纳告诉我，他在读了玻恩和约旦(P. Jordan)对海森伯无意中引入矩阵方法作出解释的论文后，十分惊讶。他还告诉我，他觉得似乎终于有希望弄清楚量子理论的基础了。同时代的其他几位成员也告诉我，海森伯那篇标志新时代的论文，经过一段不长的时间，终于被人们完全理解了。即使在今天，这篇对物理学作出令人赞叹的贡献的论文，要是没有随后对有关知识的详尽阐述，也是难以让人读懂的。

由于没有量子力学就没有粒子物理学，我决定专门用一章（就是现在这一章）来论述由非相对论量子力学带来的革新。本章的标题从一开始就强调它不妄求成为一篇系统的历史说明。更确切地说，它的目的是描述那个伟大时代迅速蜕变的特点，并特别强调量子力学几率这个新概念的出现（见(d)节）。(b)节是对量子力学带来的风格变化的一般评论。(c)节包括一份以德布罗意(L. de Broglie)的物质波假设(1923年)为开端，以玻尔的互补性表述(1927年)为结尾的各种事件的简明年表。为了说明问题，我涉及了不相容原理、自旋和统计，尽管这些论题实际上属于下一章。最后一节(e)对以量子力学的到来为标志的老一代和年轻一代物理学家之间的分界线，作了进一步评述。^①

^① 这一章的部分材料曾在纪念玻恩诞生一百周年所作的文章中出现过。^[20]

一场革命的结束

量子力学意义上几率的引入——也就是说，几率作为基本物理学定律的一个内在特征——很可能是20世纪最富戏剧性的科学变化。同时，它的出现标志着一场“科学革命”——这是一个常被采用而很少去定义的词——的结束而不是开端。

在政治领域，革命是一个相当清楚的概念。一种制度被消灭了，为另一个全新的制度所代替。在科学中就不一样了，那里的革命就像爱一样，对不同的人有不同的意义。新闻记者和物理学家对科学革命的理解不必强求一致。各个专业的内部成员个人也不必对科学革命的组成要件持相同的看法。例如，1919年11月7日《泰晤士报》第一篇论述最新发现的光线弯曲的文章的标题是《科学中的革命……牛顿的思想被推翻》。而爱因斯坦在1921年的讲座中则对相对论是革命的这一说法表示异议，^[21]他强调他的理论是法拉第、麦克斯韦和洛伦兹工作的自然继续和完成。我恰好也同意爱因斯坦的判断，而其他物理学家当然也有充分的理由认为，放弃绝对同时性和绝对空间是革命性的步骤。

然而我还是以为，我们所有人都会同意《泰晤士报》上“牛顿的思想被推翻”的说法是不合适的，它会引起过去的东西完全被扫除掉的错误印象。科学进步不是这个样子。科学家知道，只有尽量保护过去，才符合他所推进的科学的自身利益；无论是拉瓦锡去掉燃素，爱因斯坦除掉以太，还是玻恩打破经典因果性都是如此。

这种进步和保守之间的张力，在科学革命时期表现得特别明显。我所谓的“革命时期”指的是在此期间(i)清楚地表明科学过去的某些部分过时了，(ii)还不清楚旧的大厦的哪些部分将被重新结合进一个更宽广的新结构。这些时期或是起源于不符合已接受的图像的实验观察；或起源于与真实世界取得了成功接触的理论贡献，其代价是用一个或多个假设扰乱了业已建立起来的理论物理学的主体。

从1900年到1925年的旧量子论时代，形成了现代科学中最持久的革命时期。那时，出现了六篇理论论文，在上述意义上它们都是革命的：普朗克发现量子的论文(1900年)；爱因斯坦的光量子论文(1905年)；玻尔论述氢原子的论文(1913年)；玻色(S. N. Bose)的后来被称为量子统计的论文(1924年)；后来被称为矩阵力学的海森伯的论文(1925年)；以及薛定谔的论述波动力学的论文(1926年)。如果说这些论文有一点是共同的，那就是他们至少包含了一个在写作的时候还不能被证实的理论步骤(不管那些尊敬的作者当时是否知道)。

这个革命时期的结束(我只考虑非相对论量子力学)不是由一个单个的日期所标志，也不是由一个人所造成，更确切地说是由四个人完成的：海森伯、薛定谔、玻恩和玻尔。结束阶段以1925年海森伯杰出的论述量子力学的第一篇论文^[22]的篇

首摘要开始,它写道:“这篇文章尝试为一种量子理论力学建立基础,它只以原则上可观察的那些量之间的关系为出发点。”通过这些话,海森伯表述了对一种新的公理体系的渴求。他的论文是在新的方向上迈出的正确的第一步。最后一幕是1926年薛定谔关于波动力学的文章和玻恩对几率和因果性的论述,它们还导致1927年海森伯推出不确定性关系,玻尔系统阐明互补性。在那个阶段,基本的配料已经齐备,随着时间的进程,用这些材料就可以建立量子力学的一种自洽的理论基础,包括一种新的判断方法:新理论包含了极限情况下的旧的经典理论。

有充分理由把哥廷根的1925~1927年称作男孩子物理学(boy physics)时期。的确,当1925年7月海森伯提交他的第一篇量子力学论文时,新动力学的缔造者们的年龄很值得我们关注:海森伯(哲学博士,师从索末菲研究涡流问题)23岁;约旦(哲学博士,师从玻恩研究辐射的旧量子论)22岁;泡利(哲学博士,师从索末菲研究氢分子离子的旧量子论)25岁;狄拉克(因“量子力学”被授予哲学博士,是历史上第一位因量子力学的论题被授予哲学博士学位(1926年)的人)22岁。薛定谔(哲学博士,师从哈森罗尔,研究暴露在湿空气中绝缘体表面的电传导)不能归入这些人中:当时他37岁。这里我引述一句韦尔(H. Weyl)的话似乎并无不妥:薛定谔完成他的伟大工作是在他晚期性欲旺盛的时候。同样,我们也不应该忘记,薛定谔是新力学的创造者中唯一一个从不对自己的工作感到心安的人。

玻恩、玻尔和索末菲,都是在成年时期对量子力学作出了巨大贡献,然而,首先他们应被视为这一时期的最主要的导师。他们每人都有各自的风格。玻恩做量子力学统计解释工作时是45岁左右,当时已经是一位有名望的物理学家和教师,发表了一百多篇论文,写了6本书。同样,玻尔在他40多岁给出量子力学的互补性解释时,已经是一位著名人物。索末菲,当量子力学降临时,他已接近60岁,这时他还建立了金属的量子力学理论。当他写出早期最好的关于波动力学的教科书(对《原子结构和光谱线》的补充时),^[23]已年逾60。

一份年表^①

德布罗意,1923年9月10日。“经过长期的孤独沉思之后,1923年我突然有了这个想法:爱因斯坦1905年的发现,应该被推广应用到所有实物粒子尤其是电子上。”于是,他回忆了^[24]他如何成为把波的行为与物质联系起来的第一人的过程。他的思想是大胆的和清晰的。1905年,爱因斯坦曾把粒子(光子)与电磁波现象联系起来。德布罗意建议粒子↔波动的并联应该是普遍的。1923年9月10日,他提出 $E = h\nu$ 不仅适用于光子,也适用于指派给电子的“虚构的关联的波”(fictitious associated wave)^[25]。9月24日他指出,人们可以预期电子的衍射现象。^[26]1924年

① 其日期有的用的是杂志上收到文章的时间,有的用的是在学术集会上作陈述的时间。

11月25日,他进行哲学博士论文答辩,^[24]这篇论文由前两篇文章扩展充实而成。^①爱因斯坦谈起这项工作时说:“我相信这是照射在我们物理学最难解的谜语上的第一束微光。”^[27]

玻色,1924年7月2日。玻色引入一个新的粗粒(coarse-grained)统计计数过程,从它推出普朗克辐射定律。^[31](见第13章)

爱因斯坦,1924年7月10日。把玻色的方法推广到一种自由实物粒子气体。^[32]他对这种量子气体平衡涨落的研究,使他(1925年1月8日)用一种独立于德布罗意的论点,把波动与气体粒子联系起来。^[33](见第13章)。

泡利,1925年1月16日,发表了他的不相容原理。^[34](见第13章)。

海森伯,1925年7月25日。在那篇富有创造性的论文中,^[22]海森伯向旧量子论依依不舍地道了声再见,接着他写道:“最好承认,[旧理论的]量子规则与实验的部分符合或多或少是偶然的;应该努力发展一种量子理论力学,类似于经典力学那样只出现可观察量之间的关系。”下面仅仅是他的几个主要观点。^②考虑经典的一维运动方程(点表示对时间的微商):

$$m\ddot{x} + f(x) = 0 \quad (12.6)$$

利用经典能量积分

$$W = \frac{1}{2}mx^2 + \int_0^x f(x)dx \quad (12.7)$$

海森伯把 $x(t)$ 与“量集”(ensemble of quantities)联系起来

$$x(t) \rightarrow x_{nm} e^{iW_{nm}(t)} \quad (12.8)$$

引进一种新的力学。^③

除了谐振子的情况外,方程(12.6)在所有情况下都将包含 x 的非线性项,因此海森伯问道: x^2 必须与什么样的集相联系呢? 同样,在这个新的力学里, W (它对 x 总是非线性的)是否仍然是一个守恒量,即一个与时间无关的量呢? 他拟出以下的对应关系来解决这些问题:

$$x^2(t) \rightarrow (x^2)_{nm} e^{iW_{nm}t} \quad (12.9)$$

并利用“最简单和最自然的假设”

$$(x^2)_{nm} = \sum_s x_{ns} x_{sm} \quad (12.10)$$

① 对德布罗意文章的详细分析见参考文献28。对德布罗意、爱因斯坦两人论述量子气体的工作和薛定谔论述波动力学工作之间的联系,见参考文献29,30。

② 这篇文章的英译文以及海森伯当时写的公开信,见参考文献35。

③ 我没有处处沿用海森伯的记号。

他“以一个相似的方法”处理了量 $[x(t)]^m$,并评论说:“在经典理论中 $x(t)y(t)$ 总是等于 $y(t)x(t)$,而在量子理论中这一规则不是必然的。”他考虑的第一个例子是谐振子: $f(x) = m\omega^2 x$ 。经详细的计算证明 W 不仅是守恒的,也是量子化的: W 只能取由下式给出的数值 W_n ,

$$W_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{h\omega}{2\pi} \quad (12.11)$$

而且 $\omega_{m,n}$ 被一个类似玻尔的条件所制约,只有当 $m = n - 1$ 时它们才是非零的,在这种情况下

$$\omega_{n, n-1} = \frac{2\pi}{h}(W_n - W_{n-1}) = \omega \quad (12.12)$$

此外,他详尽地证明了对于 $f(x) = m\omega^2 x + \lambda x^p$, $p = 2$ 或 3 , W 又再次守恒,至少对于 $O(\lambda^2)$ 是这样。他的结论是:他的方法“只是被非常肤浅地应用过”。只有处理最简单的例子时,这个结论才是正确的。

玻恩和约旦,1925年9月27日,注意到^[36]海森伯规则(12.10)式“恰好是用于矩阵乘法的著名的数学规则”。首先得出

$$pq - qp = \frac{h}{2\pi i} \quad (12.13)$$

其中 p 和 q 都是矩阵, p 代表与 q 共轭的动量。

乌伦贝克和高斯密特,1925年10月17日,宣布发现电子自旋。^[37](见第13章)

狄拉克,1925年11月7日给出方程(12.13)的一个独立的推导。引入“对易式”

$$[p, q] \equiv pq - qp \quad (12.14)$$

演算出

$$ih\dot{x} = 2\pi[x, H] \quad (12.15)$$

其中 H 是哈密顿量。把方程(12.13)推广到有多个自由度的系统。

玻恩,海森伯和约旦,1925年11月16日。第一次综合解决了矩阵力学的基础。^[38]引入正则变换、微扰理论、简并系统的处理,引入了适用于一个多粒子系统的角动量 M 的各分量的对易关系

$$[M_x, M_y] = \frac{h}{2\pi i} M_z \quad x, y, z \text{ 循环} \quad (12.16)$$

泡利,1926年1月17日。用矩阵方法推出氢原子的分立光谱。^[39]

薛定谔,1926年1月27日。完成题为《本征值问题的量子化》的系列论文的第一篇。推出氢光谱,包括它的连续部分。^[40]在它发表之前,薛定谔就在苏黎世的一

次学术讨论会上谈到过这个工作。布洛赫(F. Bloch)——当时是一个青年学生——记得^[41]这件事：“我当时还太年轻，不能真正懂得这次讲话的意义，但从听众的普遍反应来看，我认识到已经发生了一些相当重要的事情。”

费米，1926年2月7日。第一篇论“费米—狄拉克统计”的论文。^[42](见第13章)

玻恩，1926年6月25日。关于量子力学几率诠释的第一篇论文。^[43]

狄拉克，1926年8月26日。从第一性原理推导出普朗克的辐射定律。独立地表述了“费米—狄拉克统计”。^[44]

戴维森(C. J. Davisson)和革末(L. H. Germer)，1927年3月3日。第一次用晶体检测到了电子衍射。^[45]

海森伯，1927年3月23日，表述了他的不确定性关系式。^[46]

玻尔，1927年9月16日，第一次陈述互补性原理。^[47]

量子力学的诠释

业已证明，对这一方程做出解释，比仅仅得到这个方程要困难得多。

P. A. M. 狄拉克^[48]

如果说海森伯的第一篇关于量子力学的文章的早期读者与它的作者有一个共同点的话，那就是都没有充分理解正在发生的情况。数学是生疏的，物理学是晦涩难懂的。9月份，爱因斯坦就海森伯的论文写信给埃伦费斯特：“在哥廷根他们相信它(但是我不)。”^[49]大概在同一时间，玻尔认为海森伯的工作“或许是一个具有根本重要性的步骤”，但同时又指出“仍然不可能把这个理论应用到原子结构问题上”。^[50]但是，当玻尔得知^[52]11月初^[51]泡利用矩阵力学做了他本人用旧量子论所做之事——为氢的分立光谱推导出巴尔末公式的时候，就打消了他起初曾经持有的那些保留。^[39]

薛定谔发现的波动力学，也没有立刻澄清那些新的第一性原理，但是至少物理学家总体来讲更加乐于轻松自在地处理波动力学所需要的偏微分方程，而不是矩阵。乌伦贝克告诉我：“薛定谔理论的出现使我们大大地松了一口气。现在再也不必去学陌生的矩阵数学了。”拉比告诉我，他为了用薛定谔的方法去解一个有趣的问题，如何又将玻恩的《原子力学》一书从头到尾看了一遍，结果发现了对称陀螺(Symmetric top)，于是他就去见 Kronig(R. de L. Kronig)，并说：“让我们来做吧！”他们做了。^[53]维格纳告诉我：“人们开始计算，但情况相当混乱。”

事实上，一直到1926年春，不管是量子力学的矩阵式还是波动式，都是一种新型的高级数学技术，它所能给出的解答显然十分重要，但还是无法澄清基本物理原理。我相信，薛定谔是第一个在量子力学中提出这样原理的人(其陈述包含于5月前完成、7月9日发表的一篇短文里)。^[54]他提出波动是唯一的实在；粒子只是派生的东西。为支持这个一元论的观点，他考虑了线性谐振子的波函数的一个适当的

叠加,并指出(重点号是他加的):“我们的波群永久保持在一起,在时间的进程中不会扩展到一个越来越大的范围”,又说“当然可以预见”当电子在氢原子的高轨道上运动时同样如此。由此,他希望波动力学将是经典力学的一个分支——一个新的分支,的确如此,像弦或鼓或球的振动理论那样地经典。

薛定谔的计算是对的,但他的预期是不对的。振子的情况非常特殊:波包确实几乎总是发散的。由于沉湎于经典梦想,薛定谔错过了正确解释他的理论的第二个机会。1926年6月21日,他的论述依赖时间的非相对论性波动方程的论文发表了。^[55]它特别地包含了单粒子的薛定谔方程(我稍许修改了他的符号):

$$\frac{i\hbar}{2\pi} \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V \right) \psi \quad (12.17)$$

(其中 ψ 是波函数, t 是时间, Δ 是拉普拉斯算子, V 是势), 它的共轭方程以及相应的连续方程,

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} - \operatorname{div} \mathbf{j} = 0 \quad (12.18)$$

$$\rho = \psi^* \psi \quad (12.19)$$

$$\mathbf{j} = \frac{i\hbar}{4\pi m} (\psi^* \nabla \psi - \psi \nabla \psi^*) \quad (12.20)$$

薛定谔相信,方程(12.18)肯定与电荷守恒有关。

4天后,即在1926年6月25日收到的论文中,玻恩迈出了与过去决裂的新步伐,“必须[玻恩在半年后写道^[56]]完全摒弃薛定谔的以恢复经典连续理论为目的的物理学图像,而只保留其形式,并充填以新的物理内容。”

在题为《论碰撞过程的量子力学》的6月论文中,^[43]玻恩考虑了质量为 m 、在 z 方向上速度为 v 的稳定粒子流的静势弹性散射,静势在大距离处比 $1/r$ 更快地衰减。用现代语言,描述散射的定态波函数的渐近行为是

$$e^{ikz} + f(\theta, \varphi) \frac{e^{ikr}}{r}, \quad k = \frac{2\pi mv}{h} \quad (12.21)$$

散射到立体角元 $d\omega = \sin \theta d\theta d\varphi$ 中的粒子数由 $N |f(\theta, \varphi)|^2 d\omega$ 给出,其中 N 是每单位时间入射粒子束穿过单位面积的粒子数。为了恢复玻恩的记号,用 Φ_{nm} 代替 $f(\theta, \varphi)$,其中“ n ”表示在 z 方向的初态平面波,“ m ”表示渐近的末态,波在其中以 (θ, φ) 方向运动。然后玻恩声明,“ Φ_{nm} 决定了从 z 轴方向进入 $[\theta, \varphi]$ 方位电子散射的几率”。

这个陈述充其量只能说是含糊的。玻恩在这篇明显的仓促而就的文章的校样上加了一个脚注:“一种更加精密的考虑表明,几率与 Φ_{nm} 的平方成正比。”他本来应该说成“绝对值平方”。但他显然已经抓住了要点,因此这个重大的新发现,即正确

的跃迁几率概念,就这样由脚注的方式进入了物理学。

我只简短地回顾有意义的事实:玻恩原先把几率与 Φ_{mn} , 而不是与 $|\Phi_{mn}|^2$ 相联系。正如我最近从私人讨论中获悉的那样,当时狄拉克有相同的想法。维格纳也是如此,他告诉我当时有几个人想到了某种几率的解释,他本人也有把 Φ_{mn} 或 $|\Phi_{mn}|$ 与一个几率等同起来的想法。当玻恩的论文发表后,并且 $|\Phi_{mn}|^2$ 被指明就是人们需要的物理量时,维格纳说“我起先吃了一惊,但马上认识到玻恩是正确的”。

如果说玻恩的论文缺乏形式上的精确性,那么因果性则鲜明地切入到焦点,成为中心问题:“人们得到了这个问题的答案,不是‘碰撞后状态是什么’,而是‘一个给定的碰撞的效果可能会怎样’。整个决定论的问题都在这里出现了。从我们量子力学的观点来看,并不存在什么量可以在一个个别情况下因果性地决定一个碰撞的效果……我自己倾向于在原子世界中放弃决定论。”然而,他仍不太清楚量子力学意义中出现的几率与经典统计力学中出现的几率之间的区别,他说“在这里出现的力学与统计之间的密切联系,可能要求修正热力学统计原理,这似乎并非不可能”。

在6月论文之后一个月,玻恩完成了他的续篇。^[57]他的理论体系现在变得确定了,还提出一个重要的新观点。他认为一个归一化的定态波函数 ψ , 描写的是一个有分立的非简并本征态 ψ_n 的系统,并指出在展开式

$$\psi = \sum c_n \psi_n \quad (12.22)$$

中, $|c_n|^2$ 是系统在状态 n 中的几率。6月,他讨论了跃迁几率,至少从现象学来看,这个概念一直是1916年以来物理学的一部分,因为当时爱因斯坦在辐射跃迁理论中引入了A系数和B系数——并立即开始担心起因果性了。^[58]现在玻恩引入一个状态的几率,这是以前从未有过的。他也出色地表达了波动力学的本质:“粒子运动遵从几率定律,而几率本身按照因果性定律来传播。”

1926年夏季,玻恩对量子力学中的物理学原理的认识发展得十分迅速。8月10日,他在牛津召开的英国学术协会上宣读了一篇文章^[59],清晰地区分了物理学中“新”的和“旧”的几率:“经典理论引入了决定个别过程的微观坐标,只是由于对它们的无知,才通过对其数值进行平均而把这些坐标值消掉;而新的理论根本不引入这些坐标也得出相同的结果……我们解除了力直接决定粒子运动的经典任务,而只让它们去决定状态的几率。在此之前,我们的目的在于使这两种力的定义取得一致,而现在,严格讲来,这个问题已经不再有任何意义了。”

科学史充满着温和的嘲讽。在教授量子力学时,我们大多数人要讲到(12.18),有某些东西是守恒,有些东西是一种几率。但发现这个方程的薛定谔并未发现这个联系,并且从不喜欢量子几率;而玻恩引入几率时没有利用方程(12.18)。

1926年12月,第一次引入有坐标 $q_1 \cdots q_f$ 的多粒子系统的几率:“ $|\psi(q_1 \cdots q_f)|^2$ 。dq₁……dq_f是在系统的相关量子态中的几率,各个坐标同时位于位形空间的相关体积元之中。”论文由泡利完成,处理了气体简并和顺磁性。上述说法受到波恩工作的鼓舞,而且又是在一个脚注中^[60]发现的。

是什么促使玻恩迈出那一步的呢?

1954年波恩“因为他的基础研究,尤其是他的波函数的统计解释”而荣获诺贝尔奖。在获奖讲演中——当时他70多岁了——他把获得统计解释的灵感归功于“爱因斯坦的一个想法”:爱因斯坦曾试图把光子出现的几率密度解释为光波振幅的平方,以此来使人们理解粒子——光量子或光子——以及波的二重性。这个概念可以立刻适用于 Ψ 函数:“ $|\Psi|^2$ 应该代表电子的几率密度”^[61]。相似的叙述频频出现在玻恩晚年的作品中。从表面上看来,这好像是一种非常自然的解释。爱因斯坦不是说过低强度的光的行为就好像光是由能量包 $h\nu$ 所组成的吗?不是说过光的强度就是电磁场的二次函数吗?尽管事实如此,我仍然不能同意创始人自己的话,我不相信爱因斯坦的这些贡献在1926年指导过玻恩的工作。^①

在试图重建玻恩的思想(必定是一个冒险的计划)时,我仅以他的两篇论述碰撞现象的论文和一篇同样在1926年写给爱因斯坦的信作为基础。我们至少应该记住,玻恩原先以为 Ψ 而不是 $|\Psi|^2$ 是几率的一种量度。如果他那时已经被爱因斯坦的关于辐射的平方量涨落(用场的术语)的卓越讨论所激励,那么他的这一错误简直不可理解。然而,玻恩的灵感的确来自爱因斯坦:不是爱因斯坦关于光的统计论文,而是他在20世纪20年代初有关光量子 and 波场的动力学的、从未发表过的一种猜测。玻恩在他的第二篇论文中说得清清楚楚:“我的工作从爱因斯坦对波场和光量子之间的一次议论开始;他大概是这样说的:波动只是给微粒性的光量子指明道路,并在这个意义上谈到一种‘鬼场’(ghost field)^②,这鬼场决定光量子的几率(重点是我加的)……采取一条确切的道路。”^[57]

毫不奇怪,爱因斯坦那么早就关心到这些论题。1909年他率先提出波粒二象性的问题。1916年,他又第一个把(光的自发辐射)跃迁几率的存在与量子理论起源联系起来——虽然他还不知道这个关系要如何正式建立。关于他的鬼场或引导场的具体思想我们知道得很少。我们所有的最好的描述来自维格纳。^[64]他在20世纪20年代与爱因斯坦私交不错:“[爱因斯坦的]图像与量子力学现在的图像极为相似。虽然爱因斯坦还有几分喜欢这一想法,但从未将它发表出来。他认识到这

^① 我也不相信玻恩受到了1924年提出、1925年放弃的玻尔—克拉默斯—斯莱特理论的引导^[62],也不是“受爱因斯坦—德布罗意二象性方法的影响而形成的”。^[63]

^② 更多的书上将 Gespensterfeld 译为幻场(phantom field)。——译注

与守恒原理相冲突……这是爱因斯坦永远不能接受的，因此一直没有很认真地对待他的引导场思想。这个问题如我们所知，由薛定谔的理论解决了。”^①

在一封1926年11月写给爱因斯坦^[65]的信中，玻恩更清楚地表明了他灵感的源头（这封信没有收在已发表的玻恩—爱因斯坦通信集里，其原因我不清楚）：“我能够告知的情况是：我对现在的物理学非常满意，因为我把薛定谔的波场看成是一个你所谓的‘鬼场’的想法，一直很不错。泡利和约旦在这个方向上取得了漂亮的进展。几率场当然不在通常的空间中而是在相（更确切地是在位形）空间中移动……薛定谔的成就使它约化为某种纯数学；而他的物理学则非常之贫乏。”

因此在我看来，玻恩的思想是由下述情况决定的。他知道并接受了薛定谔形式论的产物，但不接受薛定谔的尝试性解释：“他[薛定谔]相信自己已经成功地返回到经典的思维方式，他认为电子不是一个粒子，而是由他的波函数平方 $|\Psi|^2$ 给出的一种密度分布。他争辩说，粒子和量子跃迁的概念应该统统放弃；他的这种信心从不动摇……然而，我在弗兰克的原子和分子碰撞的卓越实验中，每天都目睹了丰硕的成果，因而确信，粒子不能简单地被放弃，必须找出一条调和粒子和波的道路。”^[66]他在这条路上探索的结果，使他深入思考了爱因斯坦的鬼场的思想。现在看来，他的第一个猜测将几率与鬼场而不是“（鬼场）²”相联系，并不值得大惊小怪。他的下一步从 Ψ 到 $|\Psi|^2$ 完全是自己完成的。我们感谢玻恩这种富有创见的洞察力， Ψ 本身——不像电磁场——没有直接的物理学实在性。

玻恩可能没有立刻认识到他的贡献的深远意义——这项贡献结束了量子革命。很久以后，他回忆起1926年：^[67]“我们是如此地习惯于去做统计考虑，而对它进行更深一层的思考对我们来说似乎一点儿也不重要。”

这个直率的陈述再一次让人想起卡莱尔的话：“人们不了解的，正是在他们掌握之中的东西。”

有点奇怪的是——这使玻恩有一些懊恼——他的论几率概念的论文在早期总是不能被充分地认可。海森伯自己对几率的解释——1926年11月写于哥本哈根——就没有提到玻恩^[68]。在莫特(N. F. Mott)和梅西(Massey)的两版论述原子碰撞的书中也找不到有关玻恩工作的参考文献，在克拉默斯的论述量子力学的书中亦是如此。在泡利的权威性的1933年的《物理学手册》中，他提到了这个贡献，但只在一条脚注中一带而过。来自哥本哈根的卡尔卡(J. Kalckar)写信给我，回忆他与玻尔在这个问题上的讨论。“玻尔说，当薛定谔阐明了他的波动力学与海森伯的矩阵力学等价时，波函数的‘诠释’就是显而易见的事了……因为这个缘故，玻恩

^① 与守恒定律的冲突之所以产生，是因为在爱因斯坦的思想中，每一个粒子有一个引导场。与此相反，薛定谔的波同时所有粒子的构形空间中是“引导场”。

的文章被哥本哈根认可时,并没有引起任何惊奇感。玻尔说“我们从未梦想过它是别的什么。”莫特作过一个类似的评论:“也许几率诠释是所有[玻恩对量子力学的贡献]中最重要,但是有了薛定谔、德布罗意和实验所给出的结果后,这对每个人很快就是显而易见的了。事实上当我1928年在哥本哈根工作时,它已被称为‘哥本哈根诠释’——我从不认为玻恩是第一个提出它的人。”^[69]为了回答一个疑问,卡西米尔(H. Casimir)——1926年开始在大学学习——写信给我:“我同时学到薛定谔方程和它的诠释。奇怪的是我记得玻恩从未被特别提及。当然,作为矩阵力学的共同创始人他被提到过。”

卫士的更替

1926年11月30日,玻恩写信给爱因斯坦提到鬼场。爱因斯坦12月4日的回答是一封经常被引证的信。在信中他写道:“这个理论(量子力学)说得很多,但是一点也没有使我们真正接近这个‘老问题’的秘密。无论如何我深信,上帝是不玩掷骰子的游戏的。”^①同样,那些曾是柏林学派的权威的其他领袖们——普朗克、冯·劳厄和薛定谔——的态度仍然不是怀疑,就是反对。1926年10月的第一周,薛定谔到了哥本哈根,应玻尔的邀请去讨论量子理论的现状。海森伯也来了。后来玻尔常常告诉别人(包括我),薛定谔对当时讨论的反应是这样的:要是他能够预见这些结果,他宁愿不发表他的那些论述波动力学的论文。薛定谔继续相信人们应该反对粒子说。玻恩继续驳斥他。在薛定谔去世后,玻恩为哀悼他的老朋友,描述了那些年中他们的争论:“十分粗鲁又极亲切,交换意见时态度尖刻,但又从来没有被伤害的感觉。”^[71]

在玻恩的工作之后,洛伦兹再也不能把握量子论带来的变化了。1927年夏,他写信给埃伦费斯特:“我对把 $\Psi\Psi^*$ 作为几率的概念几乎一点也不关心……对于氢原子情况,如果人们把 $\Psi\Psi^*$ 诠释为一种几率,那么在精确地知道它是什么意思时,困难就出现了:对于一个给定的 E 值(本征值之一),在球面之外的区域也会存在一种[非零]几率。而那是具有能量 E 的电子所不可能达到的。”^[72]

1927年3月海森伯发表了^[46]不确定性关系。在一个给定的实验中,让 Δx 表示一个范围, x 被确定在这个范围之内, Δp 表示共轭动量的范围。然后他指出,

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{2\pi} \quad (12.23)$$

同样地,如果在一个给定的安排中, ΔE 和 Δt 是各自观察的能量和时间的分布范围,那么^②

① 要更多了解爱因斯坦的观点,见参考文献70。

② 不久以后^[73]就指出,式子(12.23)和(12.24)的右边可简小为 $h/4\pi$ 。

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2\pi} \quad (12.24)$$

我常常感到“不确定性关系”的说法是很不合宜的,因为大家从通俗的文章中得到的意象与海森伯心中想象的完全不同。也就是说,问题不是我不知道什么,而是我能够知道什么?在通常的语言中,“我不确定”并不排除“我能够确定”。因此如果用“不可知性关系”(un-knowability relations)这一术语可能会更好些。当然,现在人们不能也不应该再为它改名了。

玻尔的互补原理是不确定性关系内容的一种深化。1927年9月他把这一原理叙述如下:^[47]“量子论的真正本性……迫使我们把时空坐标和因果律的要求——它们的联合是经典理论的特征——看作是既互补又排斥的两种特性描述,各自表征着观察和定义的理想化。”以后几年,他一直在完善他的量子力学的基础分析。这一原理最好的描述^[74]是1949年提出来的。

量子革命到1927年10月结束了;第5届索尔维会议大部分时间都在讨论新的力学。会议记录的打印本^[75]1928年出版。开始是玛丽·居里赞扬洛伦兹(洛伦兹在10月主持了这次会议,不久以后就去世了)。接下来是一列参加者的名单,包括普朗克、爱因斯坦、玻尔、埃伦费斯特、德布罗意、玻恩、薛定谔和年轻人狄拉克、海森伯、克拉默斯和泡利。爱因斯坦第一次公开反对量子力学。普朗克保持沉默。卫士在更替。

资料来源

I found particularly helpful the source book by van der Waerden^[35] which contains important letters, a reprint of a series of original papers on the subject Toward quantum mechanics, as well as reprints of the first six fundamental papers on matrix mechanics, all in English or English translation; and the book by Jammer^[73] on the conceptual foundations of quantum mechanics. Note that the collected papers on wave mechanics by Schroedinger also exist in English translation.^[40]

参考文献

- [1] J. C. Maxwell, *Collected papers*, Vol. 1, p. 526, Dover, New York 1952.
- [2] A. Einstein, in *James Clerk Maxwell*, p. 66, Cambridge Univ. Press 1931.
- [3] J. C. Maxwell, *Encycl. Britannica*, 9th edn. Vol. 8, 1878, repr. in Ref. 1, Vol. 2, p. 763.
- [4] A. Pais, *Subtle is the Lord*, Chapters 6, 7, Oxford Univ. Press 1982.
- [5] W. T. Scott, *Am. J. Phys.* **31**, 819, 1963.
- [6] Ref. 1, p. 570.
- [7] Ref. 4, Chapter 13, Section (a).
- [8] Ref. 4, Chapters 19, 21.
- [9] A. Einstein, *Ann. der Phys.* **17**, 132, 1905; Engl. transl. A. B. Arons and M. B. Peppard, *Am. J. Phys.* **33**, 367, 1965.

- [10] Ref. 4, Chapter 19.
- [11] L. Davis, A. S. Goldhaber, and M. M. Nieto, *Phys. Rev. Lett.* **35**,1402,1975.
- [12] A. H. Compton, *Phys. Rev.* **21**,483,1923; A. H. Compton and A. W. Simon, *Phys. Rev.* **26**,889,1925.
- [13] G. N. Lewis, *Nature* **118**,874,1926.
- [14] H. A. Kramers and H. Holst, *The atom and the Bohr theory of its structure*, Knopf, New York 1923.
- [15] Ref. 4, Chapter 22.
- [16] Ref. 4, Chapter 21, Section (a).
- [17] A. Einstein, *Phys. Zeitschr.* **10**,185,817,1909.
- [18] A. Einstein, *Berliner Tageblatt*, April 20,1924.
- [19] A. Pais, in *Niels Bohr, his life and work*, p. 215, North Holland, Amsterdam 1967.
- [20] A. Pais, *Science* **218**,1193,1982.
- [21] *Nature* **107**,504,1921.
- [22] W. Heisenberg, *Zeitschr. f. Phys.* **33**,897,1925.
- [23] A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien, wellenmechanischer Ergänzungsband*, Vieweg, Braunschweig 1929.
- [24] L. de Broglie, preface to his re-edited 1924 Ph. D. thesis, *Recherches sur la théorie des quanta*, p. 4, Masson, Paris 1963.
- [25] L. de Broglie, *Comptes Rendus* **177**,507,1923.
- [26] L. de Broglie, *Comptes Rendus* **177**,548,1923.
- [27] A. Einstein, letter to H. A. Lorentz, December 16,1924.
- [28] F. Kubli, *Arch. Hist. Ex. Sci.* **7**,26,1970.
- [29] M. Klein, *Nat. Phil.* **3**,1,1964.
- [30] Ref. 4, Chapters 23,24.
- [31] S. N. Bose, *Zeitschr. f. Phys.* **26**,178,1924.
- [32] A. Einstein, *Sitz. Ber. Preuss. Ak. Wiss.* 1924, p. 61.
- [33] A. Einstein, *Sitz. Ber. Preuss. Ak. Wiss.* 1925, p. 3.
- [34] W. Pauli, *Zeitschr. f. Phys.* **31**,765,1925.
- [35] B. L. v. d. Waerden, *Sources of quantum mechanics*, Dover, New York 1968.
- [36] M. Born and P. Jordan, *Zeitschr. f. Phys.* **34**,858,1925; English transl. in Ref. 35.
- [37] G. Uhlenbeck and S. Goudsmit, *Naturw.* **13**,953,1925.
- [38] M. Born, W. Heisenberg, and P. Jordan, *Zeitschr. f. Phys.* **35**,557,1925; Engl. transl. in Ref. 35.
- [39] W. Pauli, *Zeitschr. f. Phys.* **36**,336,1926; Engl. transl. in Ref. 35.
- [40] E. Schroedinger, *Ann. der Phys.* **79**,361,1926; Engl. transl. in *Collected papers on wave mechanics by E. Schroedinger*, transl. J. Shearer and W. Deans, Blackie, Glasgow 1928.
- [41] F. Bloch, *Physics Today*, December 1976, p. 23.
- [42] E. Fermi, *Rend. Acc. Lincei* **3**,145,1926, repr. in *Enrico Fermi, collected papers*, Vol.

- 1, p. 181, Univ. Chicago Press, 1962,
- [43] M. Born, *Zeitschr. f. Phys.* **37**, 863, 1926.
- [44] P. A. M. Dirac, *Proc. Roy. Soc. A* **112**, 661, 1926.
- [45] C. J. Davisson and L. H. Germer, *Nature* **119**, 558, 1927.
- [46] W. Heisenberg, *Zeitschr. f. Phys.* **43**, 127, 1927.
- [47] N. Bohr, *Nature* **121**, 580, 1928.
- [48] P. A. M. Dirac, *Hungarian Ac. of Sci. Report KFK - 62*, 1977.
- [49] A. Einstein, letter to P. Ehrenfest, September 20, 1925.
- [50] N. Bohr, *Nature* **116**, 845, 1925.
- [51] Ref. 50, footnote 17.
- [52] W. Pauli, *scientific correspondence*, Vol. 1, pp. 252 - 4, Springer Verlag, New York 1979.
- [53] R. de L. Kronig and I. I. Rabi, *Phys. Rev.* **29**, 262, 1927.
- [54] E. Schroedinger, *Naturw.* **14**, 644, 1926.
- [55] E. Schroedinger, *Ann. der Phys.* **81**, 109, 1926.
- [56] M. Born, *Goett. Nachr.* 1926, p. 146.
- [57] M. Born, *Zeitschr. f. Phys.* **38**, 803, 1926.
- [58] Ref. 4, Chapter 21, Section (b) and (d).
- [59] M. Born, *Nature* **119**, 354, 1927.
- [60] W. Pauli, *Zeitschr. f. Phys.* **41**, 81, 1927; footnote on p. 83.
- [61] M. Born, in *Nobel lectures in physics 1942 - 62*, p. 256, Elsevier, New York 1964.
- [62] W. Heisenberg, in *Theoretical physics in the twentieth century*, p. 44, Interscience, New York 1960.
- [63] H. Konno, *Jap. Stud. Hist. Sci.* **17**, 129, 1978.
- [64] E. Wigner, in *Some strangeness in the proportion*, p. 463, Ed. H. Woolf, AddisonWesley, Reading, Mass. 1980.
- [65] M. Born, letter to A. Einstein, November 30, 1926.
- [66] M. Born, *My life and my views*, p. 55, Scribner, New York 1968.
- [67] Oral history of Born by T. Kuhn, 1962, Archives of the History of Quantum Physics, Niels Bohr Library, American Institute of Physics, New York.
- [68] W. Heisenberg, *Zeitschr. f. Phys.* **40**, 501, 1926.
- [69] N. F. Mott, Introduction to Ref. 66, pp. x - xi.
- [70] Ref. 4, Chapter 25.
- [71] M. Born, *Phys. Bl.* **17**, 85, 1961.
- [72] H. A. Lorentz, letter to P. Ehrenfest, August 29, 1927.
- [73] M. Jammer, *The conceptual development of quantum mechanics*, pp. 335 ff. McGraw-Hill, New York 1966.
- [74] N. Bohr, in *Albert Einstein: philosopher - scientist*, Ed. P. Schilpp, p. 199, Tudor, New York 1949.

[75] *Electrons et Photons*, Gauthier-Villars. Paris 1928.

(本文选自阿伯拉罕·派斯著《基本粒子物理学史》，关洪、杨建邺、王自华、付冬梅译，武汉出版社，2002年，307~332页。)

4.4 量子场论的起源*

保罗·狄拉克

我想同你们谈谈量子力学和量子场论发展的早期情况。我希望你们能理解生活在当时的一位青年物理学家由于这两种理论的出现而产生的激动和沮丧。

玻尔轨道

我于1923年作为研究生来到剑桥，被指定跟R·H·福勒(Fowler)一起工作，他是我的导师。那时，我生平第一次听人说起玻尔轨道。人们对原子内部有如此详尽的了解，并且竟然能够用牛顿运动方程来研究电子在原子中的行为，这使我不胜惊异。我过去是布里斯托尔大学的工科学生，对这项工作毫无所闻，因此，我简直被玻尔轨道迷住了。

那时，存在着许多严重的问题。首先，这一理论只是在实质上仅涉及到单一电子的问题时，亦即把它应用于仅有一个电子在起作用的情形下，它才是成功的。尽管如此，在了解这一电子方面也遇到了某些严重的困难。第一，电子态的数目看来是这个理论的期望值的两倍，这就完全推翻了把这些电子一起放进一个原子并建立周期表的全部安排。

人们如何才能理解电子态数的倍增呢？那时还不知道电子的自旋，从而人们认为这种倍增必定来自该电子与另一些电子的相互作用。海森伯非常重视这个问题，他为这种倍增起了一个专门名称，称之为“Zweideutigkeit”，诸位可以把它译作“双倍性”。原子中的一个电子在与其他电子相互作用时就表现出这种双倍性，换言之，该电子的态数是期望值的两倍。

那时也曾有人考虑到电子自旋，但是对于这一想法有许多根本性的反对意见。克朗尼希(Kronig)是首先想到电子自旋的人之一。他认为，电子除在其轨道上运动之外本身还要旋转。当时他正与泡利一起工作，便把这个想法告诉了泡利。泡利说，“不，这完全不可能。”泡利彻底打消了克朗尼希的想法。

* 这篇论文是狄拉克于1980年5月28~31日在美国伊利诺斯州巴达维亚国立费米实验室举行的国际粒子物理学史讨论会上的讲演。

随后有两个年轻的荷兰物理学家,乌仑贝克(Uhlenbeck)和哥德斯密特(Goudsmit)完全独立地产生了这个想法。当时他们正在莱顿与埃伦菲斯特(Ehrenfest)教授一起工作。他们写了一篇有关这一想法的短文拿给埃伦菲斯特看。埃伦菲斯特对这个想法十分欣赏。于是,他建议乌仑贝克和哥德斯密特去找住在莱顿附近的哈勒姆(Haarlem)的洛仑茨谈谈这个想法。他们真的去与洛仑茨谈了。洛仑茨说,“不,电子完全不可能有自旋。我本人曾经想过这个问题,如果电子确有自旋,那么电子表面的速度就会大于光速。因此这是完全不可能的。”乌仑贝克和哥德斯密特又去找埃伦菲斯特,说他们想收回交给他的论文。埃伦菲斯特说,“不行,太晚了,我已经寄去发表啦。”

关于电子自旋的想法就这样公布于世了。这件事真应该归功于埃伦菲斯特那雷厉风行的作风以及不允许老年人阻碍青年人的做法。电子有两个自旋态的想法为双倍性提供了圆满的解答。

然而,当时的重大问题是,玻尔轨道之间是如何相互作用的?以氢原子或任何其他拥有几个电子的原子为例,它们包含两个或更多的电子,每个电子都沿着它自己的玻尔轨道运动。这些玻尔轨道必然要发生相互作用。能用什么方法来处理这种相互作用呢?这就是我在1923年、1924年和1925年作为剑桥大学的一个年轻的研究生所关心的主要问题。唯一的线索似乎是应该使用哈密顿方法。哈密顿法在处理玻尔轨道上是十分成功的。我觉得对于哈密顿法和哈密顿相互作用理论的利用需要作某些发展。

我应当提到,那时有些完全独立于玻尔轨道之外的工作在继续进行。在这方面主要的鼓动者是爱因斯坦。早在1917年,爱因斯坦签于原子要吸收和发射光子曾考虑到一个原子与其周围电磁场的相互作用,于是他引进了某些系数来描述这种相互作用。位于较高态的原子能够发射光子,并且由于发射一个光子而下降到较低态。这种发射过程可用爱因斯坦系数A来描述。然而,他引进系数B来描述吸收过程,位于较低态的原子吸收一个光子后跃入较高态。于是他发现,为了能够与满足普朗克定律的辐射相平衡,就必须经历一个受激发射过程。如果原子能够放出辐射,而且有适当频率的辐射落在这个原子上,那么,除了自发发射以外,还将有受激发射存在,其数量也由系数B给出。爱因斯坦仅仅根据统计学方面的考虑,从能够与普朗克辐射定律相平衡这一要求出发,搞清了系数A与B之间的关系。

这两个爱因斯坦系数中的每一个都与原子的两个态相关联。它们与玻尔轨道毫无关系。用玻尔轨道进行计算的人们所用的总是只与单个态有关的系数。爱因斯坦引进的这些系数与两个态有关,这样,他就找到了一种与玻尔轨道理论完全无关的理论。

玻恩与海森伯发展了爱因斯坦系数这一思想,他们建立了关于与辐射起相互作用的原子的更一般的理论,即色散理论。这个理论完全是以爱因斯坦系数为基

础的,与玻尔轨道毫无关系。

我读过关于这一理论的论文,但没有留下很深的印象,那的确是我的过错。当时我热烈地迷恋于玻尔轨道,认为只有理解了玻尔轨道之间的相互作用,原子理论才能取得实质性的进展。在这一点上我完全错了。

海森伯力学

1925年海森伯作出了决定性的突破。那一年,他建立了他的矩阵力学这一新理论,这种理论仅以后来〔演化〕成为矩阵元的那些量为基础,每一个量都与两个原子态而不是一个原子态相关联。这是一种与玻尔轨道完全无关的理论。

海森伯摆脱了玻尔轨道的观念,因而便能系统地提出一种新的动力学。这种新的动力学主要根据一种新的代数学,在这种代数学中两个动力学变量的乘积 $u \cdot v$ 与乘积 $v \cdot u$ 并不相同。当我得知这一成果时,我大为惊异,接着突然意识到这是原子理论取得进展的关键。它向我指明,当实际上需要的是一种新的、与先前的数学应当完全无关的,并且必定导致某些全新的方程的数学的时候,我还死抱着玻尔轨道不放,那是多么大的错误啊!

在考察量子场论的目前状况时,我想人们应该意识到它同海森伯以前的状况非常相似。人们现在正在错误地继续企图发展他们已经习惯了的物理观念;这些物理观念通常是用费曼图来表示的,而我则感到,这种主要依赖费曼图并试图引入人为的重正化方法来克服困难的作法,与我在1924年和1925年坚持玻尔轨道时所犯的误差是同一类的。实际需要的是一种新的数学,需要一些新的方程来表示基本物理量之间的相互作用,而不该拘泥于那些定型了的想想法,光靠它们来谋求进步。

量子力学就是这样开始的。看到那时的物理学家由于使用了海森伯终于采用的,或者不如说不得已而采用的非对易代数所获得的强大威力,这对于我是一种奇妙的启示。(我想,他在接受实际上应当被视为量子力学的一个基本特点的非对易代数这一想法时是相当勉强的,但他那些想法还是迫使他走上了这个方向。)人们发现,有可能用形式上非常接近于哈密顿形式所表示的旧(古典)力学的方式来发展这种新力学。在这一发展过程中,实际上对所取得的进展起决定作用的是数学。几年以后,对新数学所带来的物理关系的正确理解才变得清楚起来。首先出现的是方程本身。

人们发现,可以通过把新力学与古典力学中所有重要的方程作严密的类比来建立这些方程。为此,只须把这些方程用哈密顿形式表示出来,然后再利用把新力学中的量 $uv - vu$ 与古典理论中两个对应变量的泊松括号相联系的一般关系式即可。

薛定谔波

这一切使我非常激动,因而完全被这些关系式所吸引住了。几个月之后,薛定

薛定谔发表了他的波动方程。起初我对它不太感兴趣,因为我认为海森伯的那些概念提供了实际需要的一切东西。它们提供了一个人们可以任意继续加以推广的基础,因此人们就不需要像薛定谔所引进的那样一套新的基本概念。薛定谔曾引进了波与粒子相关联的概念。

我必须提一下,在所有的人当中,最早想到粒子一般地应与波相缔合的是德布罗意。爱因斯坦在光子和光波之间的关系中已经建立了这一缔合。远在1905年他就这样做了,而德布罗意把它推广到了各种粒子。德布罗意完全是从数学美出发作这种推广的,这种数学美是人们通过建立相对论性形式的方程而得到的。

德布罗意的思想是就自由电子本身而言的。薛定谔把这些思想推广到在电磁场中运动的电子。他一得到他的普遍方程后,就立即把它应用于氢原子。他得到的结果与实验不符,因为他那时还不知道电子的自旋。这一失败使他极为沮丧。好多年以后他告诉了我这件事。他觉得他关于波动方程的整个想法都错了。他感到心灰意懒,以致把它完全弃之不顾。几个月之后,他才从沮丧中完全恢复过来,回到这一工作,重新对它作了检查。他看到,如果以非相对论性近似来做这项工作,那么,就非相对论系统而言,他的理论与观察相符。于是他把他的方程作为非相对论性方程发表了。

你们可能想知道下述情况是怎么出现的:薛定谔早期的论文虽然是在德布罗意波的启示下写出来的,而德布罗意波是从相对论的思想中构筑出来的,但这些论文却全是非相对论性的。这一情况就是通过前面所讲的间接方式出现的。薛定谔缺乏那种敢于发表一个其结果与观察不符的方程的勇气。他本该有这种勇气的;那么,他就会发表一个关于 $a/\partial t$ 的二阶方程,这个方程后来称为克莱因-高登方程(Klein and Gordon equation),虽然薛定谔在克莱因和高登之前就发现了它,并且这是他使用的第一个波动方程。可是,薛定谔只能发表与观察结果没有什么直接冲突的东西。我想,那时人们相当胆怯,而发表一种现在公认为是关于无自旋带电粒子的正确方程的任务就留给了克莱因和高登。

薛定谔的这一理论问世时,我有点恼火,因为我不想在发展海森伯的思想方面和继续研究海森伯力学与牛顿力学之间的类比方面受到任何干扰。怀有这种敌意是我的过错,因为薛定谔本人和其他人业已证明,薛定谔理论和海森伯理论在数学推论方面是等价的。而且薛定谔理论还能使人大开眼界。它为固守于海森伯理论的人们不会想到的发展提供了新的方向。

这个已提到的主要的新发展是在把薛定谔理论应用于两个或多个全同粒子时得到的。那时才有可能去考虑两个粒子间的对称的或反对称的薛定谔波函数。如果人们只是死守着海森伯表象的话,我怀疑人们是否会想到这些对称性思想。可是这一旦引进了薛定谔表象,并把它与海森伯表象的思想结合起来,那它们就极其自然地出现了。

我很快就看出发展对称与反对称关系的价值,并对这种关系作了研究。我发现,如果只允许有对称态(可以这样做,因为如果从对称态出发,这状态就一直保持对称),那么,就会得到一种关于若干全同粒子的理论,这些粒子满足一种与古典统计不同的统计。它满足玻色(Bosc)早在1924年就已提出的那种统计。这是在海森伯的那项重大发现之前。

玻色关心的只是如何去说明普朗克辐射定律。爱因斯坦也十分关心这个问题。这个大问题是—个逻辑问题,亦即,对于研究普朗克辐射定律,古典力学显然是有错误的,而人们应该能避免使用错误的理论。怎样才能不用古典力学得出普朗克定律呢?玻色想出了下面这样一个办法:只要设法得到分布在组成电磁场的振子的各种可能态之间的总能量,同时,对于每个振子的任意数目的激发〔自由〕度允许有相等的几率。做了这些,不用古典思想就可得到普朗克定律。玻色把他的论文寄给了爱因斯坦。爱因斯坦对此非常热心送去发表了。这就开创了一种新的统计即玻色统计。

后来证明,在用全同粒子波函数必须是对称的这个要求来限制量子力学时,量子力学恰好导致这些粒子的玻色统计。

让我们考虑另一种对称性,它是在我们把波函数限定为在众多粒子之间为反对称时出现的。在这些条件下,就不可能有两个粒子处于同一个态中。对于电子来说,那恰好是为了得到泡利不相容原理所需要的。所以这种对称性要求是电子所必需的。

于是,我们有了两种统计,其中一种是适用于光子的玻色统计;另一种是适用于电子的、与反对称波函数相一致的统计。关于后一种统计,费米曾写过—篇论文。但我在写有关这个题目的论文时,忘记了费米的论文,因而在文中没有提到费米。费米写信给我,指出他是最早提出这种统计的。我当然没有什么可说的,并且,由于忘了他的论文还必须向他道歉。我之所以忘记是因为我只对与原子理论的根本问题有关的论文感兴趣。费米的论文发表时,我虽然读过,但根本没有把它放在心上,我看不到它有什么重要性,因为它与当时的主要问题——玻尔轨道如何相互作用——没有任何关系。

就这样,人们开创了两类粒子(玻色子和费米子)的思想。看来,自然界中所有已知的粒子都属于这两类中的一类。我不知道是否有什么明显的理由可以说明为什么应当如此,但是事情就是这样。随着理论的这一发展,人们懂得如何从海森伯表述过渡到薛定谔表述,而且还可以得到倘若—味坚持海森伯表述并企图在新的量子力学与古典力学之间建立类比可能永远也得不到的那些思想。

这说明我所想的是在理论物理学的发展中相当普遍的原则,即人们应当让自己被引入数学所提示的方向。实际上是数学推动人们去考虑对称态与反对称态,即使人们被引到—个与其出发点完全不相干的领域,那也得把这个数学思想探究

到底,看看它的结果究竟是什么。

我可以讲一些别的例子。在这些例子中,我想,让数学思想引导自己前进是可取的。其中之一是导致单极子存在的数学。这是一种非常优美的数学,但迄今为止,在物理学上还没有证明它有任何价值。也许将来依然如此。这是说明数学如何能够把你引入一个方向的一个很好的例子,如果你只是追究物理思想本身,你就不会进入这个方向的。

另外,在对称态和反对称态方面,可以考虑其他为数学所容许的对称性。如果一般地处理这个问题,就得到关于置换算子的思想。只要有了一种适用于全同粒子系综的波函数,就可以对它运用置换算子,对全同粒子作某种置换。自然界中所有现在已知的粒子都是这样的:它们经置换算子作用后,或者仍是其自身,或者是其负数,因为所有的粒子不是玻色子就是费米子。然而还可以把置换算子作用于某些描述粒子的变量上,而不是作用于全部这样的变量上。比如,要是粒子有自旋,就可以把置换算子作用于粒子的位置变量而不作用于自旋变量。这是数学所容许的。用这种方法就可以得到某些在量子力学中表现为动力学变量的新算子。它们的表现与古典力学中所能提示的任何东西都完全无关。数学把你引入一个新的方向。这一特定的发展用在包含几个电子的原子上确实被证明具有某些价值。它有助于理解这类原子的光谱中的多重谱线结构。

于是我们还可以引进另外一些与古典理论所提示的任何东西都毫不相干的动力学变量。这些动力学变量必定是这样的:我们可以把它们乘在一起,得到具有同样性质的新变量,这就是说,这些变量必定组成一个群。这一方法当前在描述现代粒子的内部结构时用得很多。人们引进了组成某种群的新的变量。哪种群用起来才是正确的呢?关于这个问题,现在还没有任何一种一般的理论。人们不得不试探各种各样的可能性,并把结果与实验加以比较。所有出现在高能物理中的现代粒子理论都包含了这些有关某种群元的动力学变量。在这方面我们得到的数学上的发展,同古典力学中提出的任何东西都毫不相干。

辐 射 理 论

在这方面,我们有了量子力学思想的开端,而进一步的发展还是必要的。通过把电磁辐射当作是作用于原子系数的外部微扰,我完成了一种关于原子系统与电磁辐射之间相互作用的理论。我发现这种外部微扰可以引起原子系统的跃迁,在跃迁时原子系统可以吸收或发射能量子,并从一个态跳到另一个态。这导致再现爱因斯坦系数 B 的一种理论,这些系数支配着辐射的吸收和受激发射。这是根据新力学推导出来的第一批系数。可是那种方法对于说明爱因斯坦自发发射系数 A 却并不合适。我得提一下,关于受激发射的爱因斯坦系数涉及一种非常弱的效应,在提出这种效应时根本没有什么希望观察到它。但是人们找到了增强其效应的办

法,现在它成为激光理论的基础,极为重要。我们应把关于激光的基本概念归功于爱因斯坦在1917年所做的工作。

在进一步发展海森伯和薛定谔的量子力学的过程中,我想到可以采用一种叫做二次量子化的方法。只要取薛定谔理论中的波函数 $\Psi(q)$, (q 是一个变量,表示波函数定义域中的一点)并假设所有不同 q 值的 $\Psi(q)$ 都成为算子——海森伯算子——而不仅仅是数。然后取共轭量 $\Psi(q)$,并使它们也都成为算子。假设〔不同 q 值的所有〕 $\Psi(q)$ 是可对易的,〔各种不同 q 值的所有〕 $\Psi(q)$ 也是可对易的,但是假定 $\Psi(q)$ 与 $\psi(q)$ 是不可对易的。在我看来,这是一种十分有趣的想法,我很想知道它会带来什么结果。我对它进行了计算,发现它恰好导致一种全都满足玻色统计的相似系统系集。

当我发现从这个想法中根本得不出真正新的东西时,我感到有点失望。起初我以为它是一种极妙的想法,殷切盼望能够从中得到一点真正新的东西,可是结果它只不过是以一种新的方式回到满足玻色统计系集的想法。

但是,它还是提供了一种考察玻色统计的新方法,特别是,它把注意力集中到算子 $\psi(q)$ 和 $\Psi(q)$ 上。结果证明,它们都是可使一个振子的激发增加或者减少一个量子的算子。这些发射算子和吸收算子于是就成为用来描述玻色子系集最有用的基本变量。

我从这些思想出发进而考虑一种与某个外部原子系统相互作用的光子系集,把这种计算进行到底,并对其结果用标准微扰法加以处理,就可给出这些光子和外部系统相互作用的理论,在这个外部系统中可以自发地发射出其中一个光子。这种理论又给出了爱因斯坦系数 B ;但是它也附带给出了关于自发发射的爱因斯坦系数 A 。于是我们就有了一种完备的辐射理论。因此整个爱因斯坦理论是量子力学的结果。现在人们只需把量子力学应用到与某一外部系统,原子或某一等价物相互作用的光子系集即可。

人们可以改用电磁场的分量而不使用把光子作为粒子的表象来进行研究。这样,光的波动说和微粒说就完全谐调起来。可以把光看作是由电磁波组成的,把每个波作为一个振子来处理;或者,可以把光看作是由光子组成的,这些光子都是玻色子,而每个光子态对应于电磁场的一个振子。这样,光的波动说和微粒说就和谐一致起来。它们只不过是同一物理实在的两种数学描述而已。

费米子系集

这项关于辐射的发射和吸收工作,是应用一种适合于玻色统计的二次量子化方法的结果。此后不久,约当(Jordan)和维格纳(Wigner)提出了适合于费米子集合的另一种二次量子化方法。这种新的二次量子化虽然仍是以吸收算子和发射算子为基础的,但是它们是费米子的吸收算子和发射算子。两个费米子是决不可能

处于同一态中的,因此,如果我们取一个费米子的发射算子,作用两次,就一定得到零。把发射算子称为 η , η^2 便等于零。同样,吸收算子,我们称之为 $\bar{\eta}$, 也是一个我们应用两次准得零的算子,因此 $\bar{\eta}^2 = 0$ 。使这些算子平方为零多少有点不可思议,但在数学上则并没有什么不当之处。

我们得到的这些联系 η 和 $\bar{\eta}$ 的关系式,在形式上与玻色子的发射算子和吸收算子之间的相应关系式十分相似。唯一的差别是在这些表示基本对易关系的方程中某些项的符号上。

当我第一次听到约当和维格纳的这项工作时,我并不喜欢它。其原因是,在玻色子的情形下,我们得到的算子与描述振子的动力学变量密切相关。我们得到的是具有古典类比的算子。而约当—维格纳算子根本不具有古典类比,从古典观点看来,它们简直是不可思议的。它们中的每一个算子的平方都为零。我不喜欢的正是这种情况。但是我不喜欢它是不对的,因为实际上,关于费米子的形式体系恰恰与我得出的关于玻色子的形式体系是一样的。

我必须使自己适应一种颇为不同的思想方法。每件事都有古典类比并不总是那么重要的。我们真正需要的是,要有满足应当彼此相容的对易关系或反对易关系的动力学变量。采用这种动力学变量,就可以着手完全独立地建立一种合理的量子理论,而不必考虑有古典类比与否。如果存在古典类比,那就更好。人们可以更容易描述这些关系。但是,如果没有古典类比,人们仍完全可以用数学继续进行工作。我在关于量子力学发展的看法上曾经出过好几次大毛病,因而,我不得不加以调整。

负 能

另一个与我关系极大的问题是负能,它在任何一种相对论性理论中都可能出现。爱因斯坦关于动量已知的系统的能量公式包含一个平方根,结果是能量值在数学上可正可负。从 1905 年起,这早已是众所周知的。起初人们并不为此感到烦恼,因为人们只需假定世界是从一切粒子都处于正能态而开始活动的即可。这样,它们将始终保持在正能态中。它们不可能越过势垒从正能态跳到负能态。因此完全可以不考虑负能态的存在与否。

随着量子理论的发展,便不再可能作这样的考虑了,因为从一个能级到另一能级可以不连续地发生跳跃。如果从一个正能态粒子开始,它就可能跳入负能态中。

这个问题在很长一段时间内并不使人感到特别烦恼,这是因为还存在着另一些更为严重的困难。当时存在着诸如如何理解原子的稳定性,如何理解一个原子中的电子相互作用的方式,如何理解电子自旋这些根本性的困难——而它们正是人们主要关心的问题。但是,这些困难逐渐地都得到了解决,最后就只剩下电子的负能态引起的这个主要的根本性的困难了。

这使我大为烦恼。之所以如此，乃是因为我已完成了量子力学的一般变换理论。这一理论使人们能够把一组互易变量的波函数变换为另一组互易变量的波函数，并能应用这一结果来决定任意一组有特定值的互易变量的几率。我非常喜欢这个理论，我觉得有必要保留它。对于这一理论，需要有一种对时间微分算子 $\alpha/\alpha t$ 来说是线性的电子波动方程。而这种关于 $\alpha/\alpha t$ 的线性方程将违背爱因斯坦基本上把时间与坐标 $X、Y、Z$ 一律对待的原理。

人们曾对无自旋电子作了不少研究，它是由克莱因—高登方程来描述的。这个方程是相对论性方程，但却不能用我的量子力学一般变换理论来加以说明，因此我无法接受。那时，我与之讨论的其他物理学家并不那么非要使量子理论符合这个一般变换理论，他们倒是倾向于任随它去。但我却放不下这个问题。这使我终于想出了一种新的有四分量波函数的波动方程，这个波动方程能很好地满足电子应有自旋的要求。它正确地给出磁矩和自旋角动量。但它使我陷入负能态的问题之中。由于波函数有四个分量，人们得到了自旋的两个分量所需要的两倍，这额外的两个分量是与负能态相对应的。

于是我想到，既然负能态不能避免，那就必须在理论中容留它们。通过建立一种新的真空图像就可以做到这一点。假定在真空中所有的负能态都填满了。出现这样做的可能性的原因在于，泡利不相容原理禁止在任一态中有一个以上的电子。因而我们得到一个负能电子海，每个负能态中有一个电子。这是个无底的海，但是我们不必为此担忧。无底海这个图像实际上并不太令人伤脑筋。我们只需想一想表面附近的情况，那儿有一些电子躺在海上，它们是沉不下去的，因为海中没有它们的地方。

然而在这个海中有出现空穴的可能性。这种空穴多半是在有额外能量的地方，因为需要有负能来使这样一个空穴消失。这种空穴也会像带有正电荷那样地运动。它缺少一个负电荷，因而在这一点上，它也就显得好像是个正电荷。因此，空穴就表现为具有正能量的和带着正电荷的粒子。

在我开始有这个想法时，我觉得在空穴和普通电子之间应该有对称性。但那时知道的唯一带正电的粒子是质子，因此我觉得这些空穴必定是质子。我缺乏勇气去提出一种新的粒子。我该说，那时有好多理由使人相信只有两种粒子，两种基本的带电粒子——电子和质子。只有两种电：正电与负电，对于每种电你都需要有一种粒子。当时的舆论对于提出新粒子的想法是很反感的。我当然不敢这样做。因此我把我的想法作为电子和质子的理论予以发表。我觉得，也许电子和质子之间质量上的差别以某种方式来自电子之间的相互作用。但我也很清楚困难很大，因为质量差是如此之大。

不久，我就遭到其他物理学家的猛烈攻击。他们的理由是，新粒子（空穴）的质量和普通电子的质量之间不可能有这种差别。站出来反对态度最明确的人是魏尔

(H. Weyl);他基本上是个数学家,很少为物理上的实在感到不安,但却在极大程度上为数学对称性所支配。他非常明确地说,由这些空穴构成的新粒子必定有像电子一样的质量。于是我改变主意,接受了那种观点。

大家都知道这件事的后果。新粒子命名为反电子,它们后来被实验工作者们发现了。第一个就是安德逊(Anderson),他是我们为此而必须致谢的最主要的物理学家之一。负能问题就这样解决了。

无 穷 大

虽然好多问题解决了,但仍有一些严重的困难存在。最重要的一个困难是,在你试图为电子和电磁场相互作用建立起一种精确的理论时,你得到的是一种无法求解的薛定谔方程。当你试图用标准微扰法对它求解,而在求到二次项时,你就得出了无穷大。能够得到的唯一结论是这个方程无解。那是一种非常根本的困难,很早就出现在量子电动力学中。它至今仍是一个根本性的困难,还没有得到解决。

在如何处理这个困难方面,人们已经做了大量工作。我想在以后我们还会听到许多有关这方面的报告,我就不去详细谈它了,而只是想着重强调一下我的观点。我的整个讲演打算逐步达到这样的高潮:我们应该承认,我们关于电子和电磁场相互作用的理论中有一些根本性的错误。所谓根本性的错误,我是指,力学有毛病,或者相互作用力有毛病。这一理论的错误恰好同玻尔轨道理论的错误一样严重。

在研究高能物理问题时,如果有人与我的年纪相仿,他就不免要想起我们在海森伯之前那个时期曾经有过的沮丧感觉。我们有一些想法,它们在达到某一点之前效果很好,但从根本上说来,却一无是处。看起来有些东西必须加以改变,这种改变同我们在离开玻尔轨道时不得不作的改变毫无二致,都是根本性的。我们〔现在〕需要某种新的确实令人感到惊奇和陌生的数学,它对于我们已经习惯了的事物说来,正好像海森伯的非对易代数在人们只用玻尔轨道进行研究的时期的情形那样。

我对这个问题研究了许多年。我感到只有在有人能够想出这种新数学时,才会得到真正正确的答案。人们今天用的那种数学中有严重的局限性。我近来一直非常关心的其中一个局限性——好多年来我都在研究它——同我们所有的那些基本方程的本性有关。

基 本 方 程

这些方程有两种形式:海森伯理论的运动方程和薛定谔波动方程。人们通常认为这两种形式的方程互相等价,可以不受限制地从一种形式转到另一种形式,并能随使用一种他要想用的形式来解决他所关心的特定问题。在一个具有有限多个

自由度的系统中,这两种表述是等价的,但在处理量子电动力学时,那时自由度数目是无限的,这两种表述并不等价。

这里我们仍然在处理海森伯动力学变量,而这些动力学变量仍然可以表示为希尔伯特空间中的算子。希尔伯特空间就像几维欧几里得空间一样,这里的 n 遍历全部自然数到无穷大。(也可以用连续变量来表述它,或者作许多变换,不过这与讨论无关)。它是一个有无限多维的空间,数学家称这种无穷大为可数无穷大。可以把它们全都数出来:1、2、3、4……一直数到无穷大,把它们全部包括在内。

在我们处理有限多个自由度的动力学系统时,薛定谔波函数是希尔伯特空间中的一个矢量。但在量子电动力学中则不是这样。薛定谔波函数因此是在维数远比希尔伯特空间要多得多的空间中的一个矢量。事实上,所需要的维数大约是 α 的 n 次幂,这里 n 是可数无穷大。你们可以看出这种非常大的维数是怎么产生的。取一个电子所有可能的态,并用一个系统来对它们计数——1、2、3,等等。但对于这些态中每一个态来说都可能有一个电子出现或没有电子出现。这样,对每一个态来说,都有两种可能性。可能性的总数是 α 的态数次幂。那就是说 α 的可数无穷大次幂。这样多维数的空间远远大于希尔伯特空间。

量子电动力学中的薛定谔波函数不是希尔伯特空间中的矢量,它是某种远为复杂的东西。如果你是在处理海森伯表象,那就可以不离开希尔伯特空间,使用希尔伯特空间中的算子,用希尔伯特空间的术语来搞你的全部数学。如果你想要转到薛定谔波函数,那就需要一个维数大得多的空间。我认为你那时需要的空间是由希尔伯特空间中的旋量给出的空间。我对它们曾经做了许多工作,并为它们写了一本小书。它们也许是描述量子电动力学的态所需要的基本数学量。

总之,我们有了这样一种新的复杂的量,它在我们称之为从真空到真空的跃迁问题的标准处理中,借助于费曼图来表示跃迁,把自己显示了出来。在薛定谔表象中必须考虑真空到真空的跃迁,但它们在物理上并不重要,而且大大增加了计算的复杂性。因此我觉得我们应该设法坚持海森伯表象。这样,无论在什么地方就都不会出现这些真空到真空的跃迁,因而就有可能用希尔伯特空间中的数学方程来工作。我花了许多时间设法找出什么是可用的正确方程。我敢说,正确的基本方程截至目前还没有被发现。

一些新的相对论性方程是必需的;新型的相互作用必须发挥作用;一旦想出了这些新方程和新相互作用,现在使我们感到为难的问题就会迎刃而解,我们也就不再需要利用诸如无穷大重正化这样一些不合逻辑的方法了,这些方法在物理学上完全是胡说八道,我一直在反对它。它只是给出结果的实用手段。不管它怎样成功,人们还是必须随时彻底抛弃它,并且把用通常形式的量子电动力学通过人为方法消去无穷大所获得的一切成功看成仅仅是一些偶然事件,尽管它们给出了正确的答案,就像玻尔理论的成功被认为不过是偶然事件一样,虽然它们的结果是正确

的。谢谢诸位！

狄拉克讲话后的讨论

勃拿第尼(Bornurdini):我问我自己,尽管对称性原理在您的思想方法中根深蒂固,为什么您还是一度把与电子对称的带正电的粒子想象为质子。

狄拉克:就是因为缺乏勇气。我的确不敢提出一种新粒子。这是在1929年前后!那时,也许除了卢瑟福以外没有人想到过新粒子。卢瑟福曾若有所思地讲过,如果能有个中子那该多好啊。这样我们就能用它作为炮弹去轰击原子核而不受周围电子的干扰。这是他的如意算盘。

韦斯科夫(Weisskopf):我听说,爱因斯坦在检查广义相对论方程时,在1922年的一篇论文中曾提到可能有一种与电子对称的粒子。他认为这样的对称性应该存在。在亚伯拉罕·佩斯(Abrahan Pais)关于爱因斯坦工作中的量子力学史这篇引人入胜的文章中引证了这一点。

狄拉克:我不知道爱因斯坦的这项工作,这只是他的一个猜测。爱因斯坦始终没能说明为什么在正负值之间质量不对称。

(根据作者寄来的手稿译出。)

(本文选自 P. A. M 狄拉克的演讲,曹南燕译,《科学史译丛》1982 年第二辑,《科学史译丛》编委会编,内蒙古人民出版社出版,1982 年,7~15,23 页。)

4.5 结构化学与分子生物学五十年的进展

莱纳斯·鲍林

为本卷准备一篇论文的邀请激励了我,使我对我生活的时代的物理学、化学和生物学、尤其是结构化学与分子生物学中所发生的变化作了回顾。

我是在1914年对化学发生兴趣的,那时我三十岁。有一天与我的一位高中同学(劳埃得·A·杰弗里斯,现在是得克萨斯大学心理学教授),在他的宿舍的一角建立起来的实验室内给我看过一些化学实验。于是,我立志当一个化学家,并且攻读化学工程,因为我想这是化学家们所从事的职业。

到了1919年,我在经典化学方面打下相当良好的基础,但对当时原子物理学领域中的进展却知道的很少。在1919~1920这一学年期间,我是俄勒冈州农业学院的定量化学分析专职教师,前两年,我还是这个学院化学工程系的学生。我读了一些化学杂志并且研究吉尔伯特·牛顿·路易斯和欧文·兰米尔关于分子的电子

结构的早期论文。就在那个时期,大约50年前,我产生了一种强烈愿望,要了解物质的物理和化学性质与组成它们的原子和分子结构的关系。这个愿望决定了我五十年工作的方向。

在回忆我当时的发展情况时,我得出这样的认识:这个愿望纯粹是出于知识分子的好奇心,没有任何神学的或哲学的基础。我是宗教教义的怀疑论者,宗教成为忧虑的原因的时期已经过去了;我对客观世界的认识是很不完整的,根本不能形成一种哲学体系的基础。我对化学现象和那些反应简直出神,在这些反应中一些物质不见了,而另一些通常具有明显的不同性质的物质却出现了。我希望更多地认识关于世界的这一个方面,结果,我确实年复一年地乃至一生从事这一工作,但我也进行一些其他项目的研究工作,有些是密切相连的,如原子核的结构与疾病的分子基础,另一些关系不那么密切,如放射性尘埃造成的地球的污染,核武器试验产生的碳14,战争和军国主义带来的生命和地球资源的浪费,以及财富的不合理的分配。

在1780~1880年期间,关于物质的物理和化学的性质的大量经验资料积累起来了。这些资料由同一时期得到发展的经典化学结构理论有效地作了整理。化合物中不同元素的原子的正确比例获得确定,用一些线条表示分子中原子间的键所写成的化学结构式也被采用。这一理论为物质性质尤其是化学性质提供了一种解释,它在化学家们的工作中具有极大的价值,尤其是指导他们制备具有特殊性质的新物质。

大约在1880年开始的以后几十年的时间里,由于物理原理,尤其是热力学和统计力学原理的应用使化学的许多方面都弄清楚了。热力学原理由J·威拉德·吉布斯,J·H·范霍夫,以及许多其他的研究者应用于化学平衡,而到1922年,当我成为加利福尼亚工学院的研究生时,我听说这一课题的一些方面已经很好地解决了。许多物质的标准克分子焓、熵及自由能的实验值那时已经测出并制成了表。在其后一年里,我更完全处于理查德·蔡斯·托尔曼的影响之下,托尔曼当时正把统计力学和量子论应用于一些化学问题。热力学第三定律早几年已发现但还没有被人们充分理解。这个定律可以用公式表达为:每一种纯净的结晶物质的熵在温度接近绝对零度时其值取作零。在1906年发现热力学第三定律的德国化学家瓦尔特·能斯特,发现结晶物质的热容量在低温时变得很小,各种晶体热容量的量子理论的公式由爱因斯坦建立并由彼得·德拜作了改进。人们已认识到量子理论为第三定律奠定了基础。但由于旧量子论不完善,所以这个定律仍然有不太清楚的地方。直到1924年,一个第一流的物理化学家认为,具有大单元晶格的结晶物质在绝对零度时应比小单元晶格的结晶物质具有更大的熵。托尔曼和我在1925年发表了一篇论文,其基础仍然是旧量子论。在论文中我们指出,用统计力学的方法对晶体的量子状态作适当的讨论可以得出如下的结论:一切完美晶体其熵应为零,甚至具有大单元晶格的晶体,熵也应为零,但对于一些无序的晶体和也以分子无序

为特征的超冷液体,其熵则应大于零。1930年,我发表了一篇论文,探讨分子氢和其他一些结晶物质(这些结晶物质可以说成是在晶体中,甚至在极低温度下具有旋转运动自由度很大的分子)的残余熵。另外,在20世纪20年代的几年之内,发展了一个在我看来是基本上完整的关于物质热力学性质的理论。这一发展一部分得自基于统计力学与量子力学对这一问题的理论研究,一部分是从一些研究者尤其是吉尔伯特·牛顿·路易斯和他的学派的一些成员,其中突出的有威廉·F·吉奥克进行的低温实验研究中得到的结果。

但是,重要的化学问题之一,——化学键的本质——仍然自始至终是这个时期的一个难题。1919年我讲授化学时,使用了一个描述化学键的通俗方法:原子被指定为一定数目的风纪扣,这些风纪扣能相互勾住,以代表原子之间的键。我记得,这样来解释化学键,在当时我是颇为得意的——现在看来,这个解释,随着我经验的大为增多,是完全不能令人满意的了。

现在,当我回忆我早年生活的时候,我清楚地认识到我从前往往满足于对自然界的多方面的非常不完全的理解。例如,在我当研究生的第一年,托尔曼在一次他主持的讨论会上提问我,为什么大部分物质是反磁性的?我回答说,反磁性是物质的一个普遍性质。我没有听到过保罗·郎之万1905年建立的反磁性理论,这个理论涉及到随着磁场的建立在其感应下的电子围绕原子核的列队前进的运动。我当时没有想到,我可能会对反磁性的解释发生兴趣。

我还可以举出另一个例子。我参加了托尔曼指导下的一次讨论会,讨论的主题是1922年出版的阿诺德·索末菲的《原子和光谱》一书第三版的材料。在这本书中,索末菲详述了他的关于原子能级的精细结构的理论。这一理论是建立在电子是在椭圆轨道上运动这一概念基础之上的。一条轨道的偏心率说成是由规定电子角动量的方位角的量子数的值所决定,在含有多于一个电子的原子中,具有相同总量子数和不同的方位角的量子数的轨道,存在着很不同的能级,因为这些电子的内电子壳层的穿透力不同。索末菲把能级的精细结构解释为起因于电子质量的相对论性改变,这种改变随电子轨道偏心率的不同而各异。在这一计算中,他忽略了内壳层不同量的贯穿率;事实上,他确定了一个电子有两个不同值的方位角的量子数,把它们分别称之为内量子数与外量子数。我记得我全然不因这一差异而苦恼:我试着理解索末菲提出的理论,但我没有试图去解决它,即使我意识到这是一个难题。现在我知道别人为此事而苦恼。后来,在1926~1927年间,我在慕尼黑索末菲的研究所呆了一年,才对他比较了解。很清楚,他自己也知道,这里存在着难题,并且很可能,他使他的学生们,尤其使沃纳·海森伯格意识到这一点,海森伯格对这一问题的解决当然负有部分的责任。但在书中,索末菲却忽略了由于他对似乎是同一个量而同时使用两个数值所出现的自相矛盾——他写道:读者应该把注意力集中在方程式上,而不要集中在依据模型来对方程式的解释上。

我相信,我现在才懂得为什么我在帕莎迪纳的最初一两年间对这些问题中的某些问题不感兴趣。当我1922年来到加利福尼亚工学院时,我很快就发现在数学、物理学和化学中存在的大量知识,于是我力求尽可能多的通晓这一方面的知识。在我掌握的知识上空白很多,上面提到的两个问题在我成百个不能理解的问题中不算突出的问题。我常常不知道把我的不足归因于我自己,还是归因于当时科学发展的状况。但是不久,我便开始为寻找引起我莫大兴趣的某些问题的解答而努力,这些问题关系到分子结构与化学键,我将在后面描述。有一件事如此牢牢地铭刻在我的记忆中,以至于使我不由断定,它在我的成长中有着重大影响。1923年春天,托尔曼在一次讨论会上问了我一个问题。我答道:“我不知道,我没有选择那个课目。”在讨论会结束时,头年获得哲学博士学位的理查德·M·伯佐斯博士,把我找到一边对我说:“利努斯,你不应该这样来回答托尔曼教授;你现在是一个研究生,你应该什么都知道。”

由于我知识的缺乏,使得我难以辨别无人能回答的真正的的问题,与那些虽然我不知道,但其答案是清楚的问题,除此而外,我之所以在疑难问题上缺乏兴趣的另一个原因,就是我在上面提到的:旧量子论只是部分地被认为可以站得住脚;在成百个问题中它只能作出部分的解答,并且还认为,这些问题的彻底而正确的解决必须等待量子理论更加完善的发展。

1922年秋天,我在罗斯科·G·迪肯森的指导下,开始了用X射线衍射法来测定晶体结构的实验工作。我们完成的第一个结构是辉钼矿石(二硫化钼)的结构。这一结构在几个方面是令人感兴趣的。每一个钼原子被六个占据在三角形棱柱体角上的硫原子围绕着,这种配位方式是先前所没有观察到的。此外发现,原子间最小距离与1920年W·L·布拉格提出的一组原子半径并不完全符合。布拉格为钼原子确定的半径,等于金属钼中相邻原子间距离的一半,为硫原子确定的半径,等于黄铁矿(二硫化铁)中硫与硫之间距离的一半。发现辉钼矿中钼与硫的间距正如布拉格所给出的,等于钼原子半径与硫原子半径的和,但硫原子邻近层之间硫与硫的间距远大于两个硫原子的半径。为了理解这种不一致,我立即开始研究已知的晶体结构,并分析已观察过的原子间的距离。事情很快就清楚了,原来一个原子在形成共价键(即G·N·路易斯在1916年所描述的共享电子对键)的方向上的有效半径,比电子未形成共价键的方向上的有效半径要小。对原子的体积的了解在以后几年里有了迅速的发展。1923年,J·A·瓦扎施特耶纳利用离子电极化率的假设估计了碱离子和卤素离子的半径。(该假设认为,按照包含离子的晶体所给出的折射率,离子的电极化率与等电子的半径的立方成正比。)1926年V·M·戈尔德施米特在为一大批元素确定两组半径,离子和原子(共价的,金属的)半径时,利用了大量的关于原子间距的实验值和瓦扎施特耶纳的离子半径实验值。

1926年3月,我作为约翰·西蒙·古根海姆基金会的会员到欧洲工作了一年

半。在我的申请中,我曾提议将几个月前才发现的量子力学应用于分子结构与化学键性质问题的研讨之中。开始我是在慕尼黑索末菲的理论物理研究所工作。海森伯格和薛定谔把量子力学应用于简单原子获得成功这件事,使我对在包含许多电子的更复杂原子方面以及在分子和晶体方面能够获得同样的成功抱有希望。在我到达慕尼黑以后不久,我读了格雷戈尔·温策尔在《物理学杂志》上关于复杂原子中电子屏蔽常数值量子力学计算的论文,其中的电子屏蔽常数值是由索末菲用来解释 X 射线能级的精细结构。温策尔报告,计算值与实验值之间出入很大,但是我发现,他的计算是不完善的,只要计算正确,那么屏蔽常数值与实验值就会很好地符合。很明显,讨论复杂原子的电子结构的量子力学屏蔽常数法是可以开展的,因此在 1927 年,我在《伦敦皇家学会文集》上发表了一篇题为《多电子原子和离子的物理学性质的理论预见;克分子折射度,抗磁性的磁化率和在空间中的广延性》的论文。屏蔽常数方法以相当可靠的理论基础导出了离子半径值,这些值与瓦扎施特耶纳—戈尔德施米特的经验值十分符合,并且也导出了相当令人满意的各种其他原子和离子性质的理论值。在以后的几年里,尤其是通过哈特里,福克,及斯莱特建立了更完善、更精确的这类理论。

马克斯·博恩和一些其他研究者大约在 1920 年前后发展了关于由阴阳离子组成的晶体的结构的基础理论。把量子力学应用于这个问题,得出关于离子半径和离子间力的可靠资料,这就有可能以简易明白的方式来讨论包括具有许多离子特征的键的晶体性质。正如戈尔德施米特和其他人所已经指出的,我也发现,离子物质的许多性质,像结构的选择是由阴阳离子的体积来决定的。W·L·布拉格在 1926 年指出,许多氧化物和硅酸盐的结构中的氧原子,大致排成四面体或八面体的间隙,充满金属原子的最紧密的分子团。1928 年,我提出了一套决定包括硅酸盐矿在内的复合离子晶体结构的原则。这些原则中最重要的原则是基于这样的概念:一个与它的电荷数相等的阳离子的价平均地分布在被配位的阴离子之间,同时到达阴离子的各离子键的强度和(阳离子电荷与它的配位数的比)大致等于阴离子的负电荷。这条规则等于说,在一个稳定的结构中,配位的特点应是:在阳离子与离子间电引力的线,其长度最小。

因此,到 1928 年,第一次有可能这样说,具有大离子特征的键的物质的性质,理所当然地起因于它们的结构。

共价键和各种中间类型的理论的发展就不那么迅速了。1916 年,路易斯提出,化学键是两个核之间共同占有的电子对,在以后三四年期间,欧文·兰米尔发展了这一概念,并且把它应用于许多方面。但是,要理解路易斯和兰米尔所描述的分子电子结构,究竟如何与建立在线光谱分析基础上的旧量子论所描述的原子的电子结构联系起来是有困难的。许多人,包括海森伯格和泡利,试图把旧量子论应用于最简单的分子,氢分子离子,但是没有成功。随后,O·布尔劳于 1927 年在哥本

哈根发表了氢分子离子的量子力学处理。他得到的键能、键长、振动频率的理论值与光谱值极为符合。E·U·康登紧接着发表了氢分子的处理,除了像布尔劳所计算的那样,为在正常状况下的氢分子指定两个电子,他还对两个电子的共用能量作了半经验估计。在此同时,W·海特勒和F·伦敦对氢分子中电子偶合键作了处理。在海特勒—伦敦处理中,其函数值先后表示了以相反方向对着两个核旋转的两个电子的赋值。一个满意的关于共价键的基础理论到1927年就这样得到了发展。

在此后的六年间,化学键与分子结构方面的大部分困难问题由于量子力学原理的应用而得到了解决。化学键的一个最简单的方面,四面体的碳原子的四个键的等价,似乎与从光谱学和量子理论中得出的论据相矛盾,量子力学认为碳原子的外电子轨道有两种类型:2s轨道和2p轨道。1928年,我指出:有一种共振结构,其值等于杂化 sp^3 轨道上的四个结合电子的赋值,可以用于碳原子。四个 sp^3 轨道互相等价,每一个都指向正规四面体的一角。这个概念因此使物理学家发现的原子的电子结构的现存知识,与严格基于四面体碳原子的化学理论的认识相一致。

关于键轨道杂化的概念,约翰·C·斯莱特在1930年也论述过,1931年我又一次更详尽地作了论述。此外,发现对量子力学的一般原则——与具有同样特征(尤其是同样数目的非电子对)的结构相应的波函数能够线性地与一个更理想的函数相结合——的承认直接导致一些别的问题的解答。例如,人们立即可以看到,如果极端结构与相同数目的非对电子相应的话,从极端的共价键到极端的离子键的过渡就能够连续出现。在这以前的十年间,对于氧化氢这样的分子,是否应该派定一个结构,这个结构包含有由于静电引力而结合在一起的 H^+ 和 Cl^- 离子或通过分享电子对键而结合在一起的H和Cl原子,一直争论得很激烈。这个问题有了答案:分子有一个中间结构,这一结构可以用两个极端结构的共振结合(杂化)来描述。我们也可以看到,分子和离子磁矩的实验值提供了关于包含键形成的原子轨道性质的资料。与原子键的离子特征总量相关联的原子的负电性的概念从此被发展了。包含一个或三个分享电子的异常键的形成的条件也确立了。

各个价键结构的分子的量子力学共振理论,大大丰富了有机化学经典结构理论的内容。这个理论从1931年起通过一些研究人员,包括斯莱特,E·许克尔,G·W·惠兰德,和我,得到了发展。

在有机化学经典结构理论的应用中,所要解决的是这样一类物质的分子结构,在这些结构中原子以单键、双键或三键互相结合。这个理论对许多物质是相当成功的,但它对苯和别的芳香族分子以及对通常认定为交变单双键结构(共轭系统)的分子却是不能令人满意的。例如对于苯分子,经典结构理论往往认定为具有交变单双键结构,但这种物质并不显示其他具有碳—碳双键的分子的容易添加氢的特征。而且早有证据表明,苯环中的六个碳—碳键是等价的。1889年,J·蒂勒曾

提出部分价的理论,大约在 1924 年,一些研究人员(F·阿恩特,T·劳里,H·J·卢卡斯,罗伯特·鲁宾逊,尤其是 C·K·英戈尔德和 E·H·英戈尔德)提出:在正常状况下一个分子可以有一个中间的或者中介的结构,类似于经典类型的两个或更多的价键结构。量子力学的一般原则为描述这些分子提供了一个简明易懂的、可接受的方法。斯莱特曾指出如何去记录与经典价键结构相应的分子波函数,从而改进并简化了 W·海特勒和 F·伦敦早先处理这一问题的方法。很清楚,根据量子力学的最小能量原理,对于某些分子,如苯分子,其正常态不能用任何单价键结构的波函数来表示,但可以用这些波函数的线性组合来表示,而这些波函数的单个贡献则由结构的性质与稳定性所决定。这样一个分子可以描述为共振于各个价键之间。由此可见,分子的性质将是一组单个结构的性质的平均值。此外,最小能量原理规定,分子的实际常态应比相应于各个价键结构的任何假设更为稳定。共振稳定概念在量子力学产生之前并未在经验上发现过,虽然化学结构理论的大量的许许多多的方法已经发现。半经验地利用共振概念及别的新概念,如键的部分离子特征的稳定是在稍后几年完成的。另外,广泛使用量子力学计算于分子结构,尤其是芳香族和共轭物的分子结构,这一工作是在 30 年代,循着许克尔开创的方法开展起来的。

广义化学结构理论很快被接受的一个重要因素是在 20 世纪 30 年代(在后期有了改进)两个近似量子力学方法应用于许多分子。这两个近似量子力学方法,一个叫价键法(叫海特勒—伦敦—斯莱特—鲍林法或叫 HLSP 法),另一个叫分子轨道法(叫洪德—马利根—许克利法或叫 HMH 法)。这些计算方法以它们简单的形式得出了关于分子结构的结论,大部分彼此能较好的符合。斯莱特和我不久就指出:这些近似理论,在它们以最简化的形式应用时出现稍有出入的结果,但当它们以 HLSP 法处理离子结构,用 HMH 法处理混合构型作了改进后就能一致起来。共振能和其他分子性质(例如键长的计算值)与经验数据之间的相互关联是非常好的。

在这些年内,由于分子光谱学的发展,尤其是通过 F·洪德和罗伯特·S·马利根的工作;在了解简单分子的结构方面作出了非常重要的贡献。此外,通过气体分子的电子衍射研究得到的键长和键角的数据特别有用,为分子中的键的本质和根据量子力学原理制定的一般理论的符合程度提供了依据。

20 世纪 20 年代后期,我曾期望能找到一个测定原子间距离与键角的方法,这个方法比起当时已较成熟的晶体的 X 射线研究,在应用上将更普遍更容易。1930 年,我去路德维希港访问了赫尔曼·马克,看到了他和 R·维尔建造的利用电子衍射测定气体分子结构的仪器。这项技术颇类似用 X 射线衍射测定晶体结构的技术,不过它用电子束代替 X 射线,用真空仪器中喷出的一股气流来代替晶体。马克鼓励我建造一个类似的仪器,这已由我的学生 L·O·布鲁克韦在此后两年内搞出来了。利用这一技术,可以很快积累起大量的有关分子结构的实验数据;在以后的

25年间,225种物质的分子结构在我们实验室获得了确定,在其他的实验室里,利用同样的技术,确定了更多的物质的分子结构。在这个工作中,和我在其他工作中一样,我庆幸有许多才智出众的学生和从事研究工作的同事和我共同合作。(见我写的《加利福尼亚工学院物理化学五十年》,即1965年《物理化学年刊》中的序言。)

我还清楚地记得,我关于分子结构与化学键的见解在1935年比起十年前来有多么大的不同啊!在1925年,我已经接受了关于共价键是两个原子共同分配的电子对组成的概念。然而,由于我缺乏正确的理论基础,以致不能对化学键作出任何详细考虑。在那年,我写了一篇描述许多分子的若干假设电子结构,包括环绕两个核的椭圆轨道上的电子,并且我试图为苯、萘、碳酸盐离子和别的分子、离子设计价键结构。我把某些结构描述为合理的,在这些结构中,碳原子由六个共享电子对或仅只有三个共享电子对围绕着。此外,虽然我相当熟悉当时关于分子结构的知识,包括原子间的距离和分子离解能,还相当熟悉旧量子论和原子物理,但在分子的电子结构的概念方面,我仍分不清好坏。但到1935年,我认为我对化学键的本质基本上有了充分的认识。这种认识在很大程度上是通过量子力学原理直接应用于分子的电子结构问题而得到的,同时也是在很大程度上通过新的经验原则的制定而得到的,这种新的经验原则是基于对物质的观察性质(尤其是热力学性质和键长、键角和其分子构型的细节)而得到的,并且通常受到量子力学原理的启发。

我认为,关于键轨道(相当于原子理论中的中心力场轨道)杂化特征的概念和两个或两个以上价键结构之间分子的共振理论是最重要的概念,这两个问题上面都已经提到了。

共振论导致了一场惊奇的争论:它在意识形态或哲学领域里受到了强烈的批判。批评家们步的是苏联农学家李森科的后尘,多年来,他出于意识形态的理由而提倡抛弃现代遗传学,从而得到了个人的巨大成功。批判共振论以1949年出版V·F·塔切夫斯基和M·I·沙赫帕洛诺夫的题为《关于化学中的马赫主义理论及其宣传家们》^①一文为开端。这个批判很大程度上似乎是基于这样的事实:起作用的共振结构并没有真实的独立存在。这种批判于1950年在《苏联科学院有机化学研究所委员会关于化学结构理论的报告》^②中又重复一遍。基本上相同的对这一理论的批判是德国化学家W·H·许克尔和英文版的译者L·H·朗,在《无机化合物

^① V. F. Tatevskil and M. I. Shakhparanov, "About a Machistic Theory in Chemistry and Its Propagandists." trans. Irving S. Bengelsdorf, *Journal of Chemical Education*, 29(1952), 13.

^② D. N. Kursanov, M. G. Gonikberg, B. M. Dubinin, M. I. Kabachnik, E. D. Kaverzneva, E. M. Prilezhacva, N. D. Sokolov, and R. Kh. Freidlina, "The Present Statc of the Chemical Structural Theory, 29(1952), 2; see also I. M. Hunsberger, "Theoretical Chemistry in Russia," *Journal of Chemical Education*, 31(1954), 504.

的结构化学》一书中作出的。该书的批判以如下一句话结尾：“必须进一步强调永远不能忘记：这个理论最终依赖极限结构，然而公认，这种结构在现实中并不存在。”^①

这种批判是基于对共振论的本质和作为整体的化学结构理论的本质的误解。我已经指出：共振论并不比有机化学的经典结构理论有更多的人为性；在共振论中起作用的价键结构比经典理论中的结构要素如双键^②并不更为虚构（想象）。例如，在环己烯分子的描述中，所有的化学家都把它设想为一个单经典价键结构，他们所用的碳—碳单键，碳—碳双键和其他结构要素是理想化的东西，在现实中并不独立存在。没有一种实验能够精确显示，环己烯分子中的两个碳原子是由一个双键连结起来的，除非我们给双键下一个形式上的、模糊的定义。我们可以说，环己烯分子是一个体系，该体系通过实验能够显示为可分解成六个碳核，十个氢核和46个电子，同时环己烯分子还显示出有一些其他的结构性质，如在正常态分子中核与核之间的距离平均值为133 pm, 154 pm等等；但还不能用任何实验技术将它分解为一个碳—碳双键，五个碳—碳单键，十个碳—氢单键；这些键是理论上的结构，理想化了的，它们在过去一百年间，帮助化学家们发展了既方便又特别有价值的有机化学经典结构理论。共振论扩大了这个理论。它和经典结构理论一样，也是以使用理想化的东西——原子间的键为依据的，不过比经典结构理论有了重大发展：在描述苯分子时，它使用的是这些键的两种排列，而不仅仅是一种排列。

我认为，把这两个理论（共振论和经典化学结构理论）作上述比较再也简单不过了，但是共振论的批评家们没有那么做，因此他们看不出它们在哲学和逻辑基础上是何等的紧密相关。不论是马赫的现象论的实证主义，或者是卡尔·马克思的辩证唯物主义，我都不很了解，因此我不知道它们与化学上的共振论有何联系，但是，我怀疑任何人对上述哲学和化学结构理论有足够的了解。我对这一问题的怀疑是有根据的，J·B·S·霍尔丹在他的《马克思主义哲学与科学》一书中提到了我的关于共振论的著作，认为是在科学中辩证思维的良好范例^③；后来我知道别的权威们想的正好相反，使我大为惊奇。

1961年，我出席罗蒙诺索夫庆祝会时，应苏联科学院有机化学研究所的邀请，就关于共振论问题在莫斯科作了一个公开讲演。^④那时我得悉研究所的一个委员

① W. H. Huckel, *Structural Chemistry of Inorganic Compounds*, trans. L. H. Long (New York: Elsevier Publishing Company, Inc., 1950), I, 437.

② L. Pauling, "The Nature of the Theory of Resonance," in Sir Alexander Todd, ed., *Perspectives in Organic Chemistry* (New York: Interscience, 1956), pp. 1-8.

③ J. B. S. Haldane, *The Marxist Philosophy and the Sciences* (New York: Random House, 1939), p. 101.

④ L. Pauling, "The Theory of Resonance in Chemistry," *Journal of the Mendeleev AH-Union Chemical Society*, 7(1962), 462.

会于1954年发表过一个关于化学结构理论状况的修订报告,在该报告中,把对共振论的大部分反对论点都撤回了。可是,在苏联目前仍然有许多化学家对结构理论的现状并不充分理解,而在应用时缺乏信心。

到1935年,结构化学中还剩下一个分支了解得很少—金属和合金的结构化学(也包括别的缺电子物质结构化学,如甲硼烷类)。金属的自由传导理论在1916年已由H·A·洛伦茨提出。接着,金属的现代电子理论以沃尔夫冈·泡利1927年在他关于许多金属显示出小的与温度无关顺磁性的讨论为开端,并由索末菲、费米和许多别的研究者进一步发展。有了这个理论就可以对金属的许多性质,尤其是电磁性质,进行差强人意的讨论。但是,运用于金属与金属间化合物的结构选择与合金成分的稳定性关系方面却不那么令人满意。

1938年以后的一些年里,我试图发展与无机和有机化学结构理论相似的金属和合金的一些稍有不同处理方法。戈尔德施米特于1926年已经提到金属中金属原子与金属原子之间的距离与这些金属在化合物中的有效共价半径的密切关系,J·D·伯纳尔于1928年又强调了金属和金属间化合物与共价化合物结构的相似性。我自己的工作使我得到一个结论:金属和金属间化合物的共价键共振于许多原子间的各个位置之间,这些物质所呈现的结构,给予原子以其相对大小所允许的最大配位。键的数目由金属价决定,过渡元素金属价大于稳定的氧化数。一些元素的金属价受有用的键轨道数限制。一种奇怪的结构似乎能决定金属的性质——对大多数金属原子(大约72%)来说存在着一个额外轨道。这个额外轨道(金属的轨道)的意义在于:它允许价键的自由行动不受抑制,是因为它允许大部分原子比平均多一个或少一个电子。这种自由行动不受抑制的共振产生了金属和金属间化合物的观察额外稳定性,同时也是这些物质具有电子传导性的原因。

这个关于金属和金属间化合物的化学理论,在我看来按理说是站得住脚的,但却没有引起物理学家们的重视;并且没有与传统的能带(自由电子)理论很好地联系起来。特别是,就我所知,到目前为止还没有任何金属和金属间化合物的能带理论能把金属轨道的意义讲清楚。因此,应当这么认为:在目前,不管是金属和合金的结构理论,或者缺乏电子物质的结构理论,比起化学方面其他分支的结构理论来,要远为不完备。

1925年以后的十年间化学键本质和分子及晶体结构的迅速发展是那一年(1925年)发现量子力学的直接结果。量子力学对科学思想产生了几方面的影响。首先,某些问题的解答成为可能了,例如,在氢分子—离子中,单电子键的性质可以用这个系统的量子力学方程直接解法来确定。其次,一些新观念,如量子力学共振概念(这是由海森伯格于1926年在论述氦原子时提出的),使制定与量子力学一致并与实验结果相符而得到证实的新的半经验结构原理成为可能。第三,科学家们对待尚未解释的世界各方面事物的态度变了;1925年前,经常有人这样说,某些观

察到的事实没有找到一个满意的理论上的解释,可以归咎于旧量子论的缺陷;1925年下半年以后,这种借口就行不通了,于是人们便开始寻找失败的原因。这种寻找导致了,例如,G·E·乌伦贝克和S·古德斯米特在他们努力解决上面提到的两套角量子数的秘密的过程中发现电子的自旋;它也导致了D·M·丹尼森在(他)努力解释低温下氢气观察热容的过程中发现质子的自旋和氢分子的两种形式(邻位-H₂和对位-H₂之间的缓慢平衡。量子力学对科学思想产生的第三种影响,我认为,与另外两种一样有价值,就其与分子生物学关系而言也许甚至更有价值。

我对现在被称作分子生物学发生浓厚兴趣大约是从1935年开始的。我是在1929年开始学习一些有关生物学知识的,当时托马斯·亨特·摩尔根带着一些新的生物学部的年轻成员来到了加利福尼亚工学院。这个部擅长于遗传学,到1931年,我对遗传学已颇感兴趣;并且还开设了一门研究课程来阐述我建立的关于染色体的交换的一个理论。我们关于有机分子结构的工作,跟无机分子结构的工作一样,一直进行得很顺利,到1935年,我已开始更一般地推究在活体中大分子的性质。1936年,我发表了一篇关于血红蛋白中氧平衡的结构理论的论文,并且跟查尔斯·D·科里尔合作开始研究血红蛋白的磁性。我开创血红蛋白磁性研究的目的是想通过实验看看氧与血红蛋白结合时,氧分子中两个不成对电子是否还是不成对。我们的研究结果是出乎意料之外的:我们发现,氧分子在氧合血红蛋白中不再有本身的不成对电子自旋,但我们也发现,血红蛋白分子的四个铁原子中的每一个在血红蛋白本身中都有四个奇电子,而在氧合血红蛋白或碳氧血红蛋白中却一个也没有。这些关于血红蛋白及其化合物的磁性的研究大大促进了对在血红素基因邻域中的血红蛋白分子结构的认识。

在这血红蛋白工作中有两个直接有关我个人的结果,我对蛋白质结构的一般问题感兴趣了,也对抗体结构问题和血清反应的性质感到兴趣了。

科里尔和我向艾尔弗雷德·米斯基讨教了一年,他是从洛克菲勒医学研究所来的,当时正在帕莎迪纳休假。米斯基对各种蛋白有十分丰富的经验,他在天然蛋白质与变性蛋白质之间的差别的问题上也有兴趣。在我们讨论了对蛋白质和蛋白质的变性所作过的各种研究以后,米斯基和我在1936年发表了一篇论文。在论文中我们提出了蛋白质结构的一般理论,大意是在天然分子的多肽链被盘绕成特殊构型,肽链的这一部分与另一部分之间在很大程度上为氢键所稳定,而变性在于失去清晰构型并呈现多肽链造成的更加不规则的构型。

大约就在那时,许多人对蛋白质三维结构问题感到兴趣。丝纤维蛋白和 β -角蛋白(伸展的毛发)的早期X射线研究假定多肽链是一种伸展的构型,而英国的W·T·阿斯特伯里关于 α -角蛋白的工作则被解释为把多肽链说成是以某种方式盘绕的。然而,关于多肽链的存在甚至还没有确定。六方环可能在蛋白质中存在的概念由H·S·弗兰克在1933年提出并由D·M·林奇和欧文·兰米尔积极提

倡(环化论)。卡尔·尼曼和我1939年发表了一篇论文,在论文中我们列举了各证据(X衍射、热化学键能)肯定多肽键结构并否定环化理论。我们的晶体X射线工作和气体分子的电子衍射工作作为简单分子中的键长提供了大量数据,因此我决定看一看在什么样的程度上,使这些数据能够与纤维蛋白的X射线衍射图相一致。虽然关于简单肽或与它密切有关物质的分子的大小,没有直接的实验数据可供利用,但是我认为,一般的结构理论不仅应该允许预测键长和键角的值,而且也应该允许预测氢键的构造和酰胺基团的平面性。我在1937年白白地用了一个夏季的时间,致力于寻找盘绕与阿斯特伯里所报告的 α -角蛋白的表观识别距离(510 pm)的立体多肽链的形式。这种努力失败了,它使我得出结论:我正在为分子结构性质所作的假设是没有根据的。11年后,我发现这个结论是错误的;我所假设的结构性质是正确的,而由阿斯特伯里所报告的510 pm的等同距离,原来不是真实识别距离而是对X射线图样的曲解。

1937年10月,罗伯特·B·科里博士刚从洛克菲勒医学研究所来到帕莎迪纳,他对蛋白质的结构也感兴趣,跟我谈了关于攻克这个结构问题的可能性。那时,还没有任何一种氨基酸或任何一种简单肽或任何一种与蛋白质密切有关的别的物质其晶体结构已经正确确定。我们最后认为,通过它们的晶体X射线研究来攻氨基酸和与之相关物质的结构问题是值得一试的,在此同时,我们怀着这样的希望:以巨大的准确度确定结构参数,同时蛋白质中可能存在的任何未知结构的特征可以在更简单的物质中签定出来。第二年,科里确定了二酮吡嗪,一种简单的环二肽的结构,随后,他和我们实验室的别的一些人确定了许多氨基酸和其他肽的结构。到1948年,事情变得很清楚,有关这些分子的维度没有什么可值得奇怪的,11年前我假定的多肽链的维度也当作正确的东西被接受了。

1948年春天,我再次攻关于多肽链的盘绕问题并且发现可以形成两种结构上满意的螺旋构型。这些色型(α 螺旋和 γ 螺旋,螺旋)的每个螺圈都有一个非整数残基,并且连续的螺圈是由氢键连结的。我在这些结构的研究中得到科里教授和赫尔曼·R·布兰森博士的帮助。1950年,科里教授和我发表了一篇简述螺旋结构的文章,一篇更详细的描述是在几个月后由我们和布兰森博士一起发表的。

不是只有我们在为发现一个纤维蛋白的满意结构而努力。M·L·哈金斯博士在这个领域中一直很积极,还有W·L·布拉格,约翰·肯德鲁,和M·佩鲁茨也是很积极的,但他们所得出的只是一些用公式表述的不正确的结构。我认为,我们的成功是由于我们特别强调了保存各种已知结构特性(包括酰胺基的平面性)以及我们抛弃了从结晶学那里照搬过来的那种观念,认为一个可接受螺旋结构每个螺圈应该有一个整数残基。已被发现是一种最重要的折叠蛋白质中多肽链的形式的 α 螺旋,它的每个螺圈大约有3.61个残基。

我们之所以推延了两年才发表对这些螺旋结构的描述的文章,是由于我们在

使带有 α -角蛋白(毛发、角、指甲和肌肉)的X射线衍射图形与 α 螺旋相互关联时遇到了困难。 α 螺旋的螺距(每个螺圈的轴距)是540 pm,这与从毛发和有关物质的X射线衍射图形鉴定的等同距离510 pm的值不太符合。后来才认识到毛发中的 α 螺旋轴稍微偏离了纤维方向。发现合成多肽的重复距离为540 pm,与 α 螺旋值完全相符。

我们也对丝纤蛋白的两种形式作了细致的研究,因而能够证明,这些纤维蛋白有一个折叠的片状结构,它与从多肽链结构特性中预言的构型十分符合。

近来关于球状蛋白,如肯德鲁和他的合作者研究的,肌红蛋白的结构确定工作已经显示出,这些蛋白质中的多肽链包含着具有 α -螺旋结构的若干片断。许多球状蛋白现在正在用X射线衍射法作详细的结构分析。毫无疑问,关于许多酶和别的生理上有活性的蛋白质的活性,在以后的年代里一定可以得到完全令人满意的结构根据。因此,整整三十年来,我目睹了对蛋白质结构从几乎一无所知到有相当可观的了解和认识的这个变化。

我关于生物特性的结构基础的思想是在1936~1939年期间得到发展的。当然,我曾不甚明确地思索过关于活体的物种从一代到下一代的遗传特性转移的可能的机制;我也曾思考过摩尔根正在进行研究的海胆的观察自我不育的一些可能的解释。1936年5月,我在洛克菲勒结束了关于血红蛋白的研究课程以后,卡尔·兰茨坦纳请我到他的实验室,同他讨论关于免疫学的问题。他跟我谈了血清现象,包括他对合成抗原(带有半抗原基团的偶氮蛋白,如苯肿酸)^①性质的观察情况,接着便问我如何将如何从分子结构方面来解释这些现象。我无可解释。但几天以后我读到兰茨坦纳的书《血清反应的特征》以及其他一些有关这方面的出版物,便开始认真考虑这个问题。1937年秋天,当我正在科内尔大学作乔治·弗希尔·贝克化学讲演时,兰茨坦纳到那里访问了几天,专门为我作了关于血清学方面的详尽评述,并谈了他自己对于不同人的某些显然自相矛盾的实验观察的可靠性的看法。

在那个时候,我发现,兰茨坦纳与我对于科学研究在方法上是很不一样的:兰茨坦纳会问:“在有关世界的本质方面,这些实验观察强迫我们去相信什么?”而我总是问:“既包含这些观察而又不是与它们矛盾的最简单、一般和合乎理性的世界图像是什么?”我认为,我的态度基本上可以说成是理论物理学家的态度。

到1939年,我已经得出一些关于抗体结构和抗体与抗原相互作用的性质的结论。在兰茨坦纳的鼓励下,我在1940年发表了一篇关于这个课题的论文,并且与丹·H·坎贝尔,戴维·普雷斯曼和一些大学生及青年的研究人员合作开始作了一系列实验来检验这些观点。

^① Haptens are the active groups of antigens. When free, they cannot cause cells to produce antibodies although, like antigens, they can neutralize antibodies once formed.

1939年的现存资料清楚地表明,抗体与抗原的半抗原基团结合区之间作用的力是弱的分子间力,包括电子的范德瓦尔斯引力,氢键的形成,相反电荷基团的吸引,如羧基离子和铵离子的吸引。为了使这些弱的力在抗体与抗原间构成有效的键,抗体的结合基团与抗原的半抗原基团间在结构上必须密切并协。关于抗体和同源抗原具有互补结构的概念是由F·布赖, F·豪罗维兹,杰罗姆·亚历山大和斯图尔特·马德在1930~1932年期间提出的。在埃尔利希和波尔德的早期著作中,这种思想已有所表述。兰茨坦纳的观察在我看来对这个概念提出了有力的支持。1940~1948年间,在我们的实验室中,我们通过成百个化学上相似的半抗原的交叉反应的研究,搜集了另外的实验资料,有力地支持了互补性的概念,使人们终于接受了它。我们能够指出,抗体和抗原的结合基团必须这样配合:在十个或二十个原子的区域内,各个原子面相互之间的距离为一个原子直径的一小部分。此外,我们也能指出,互补氢键形成基团是存在的,同时带有相反电荷的基团在其相对位置上对结合能产生有效影响。

例如,通过对各种各样的抗体与许多不同的半抗原的结合力的定量研究(核对兰茨坦纳的定性观察),我们发现,抗体能够辨别什么是含有一个氢原子(具有范德瓦尔斯半径115 pm)的分子,什么是含有一个溴原子(半径195 pm)的相似的分子或以一个甲基基团(其状凹凸不平,平均半径约为200 pm)代替氢原子的分子,但是不能辨别溴原子和甲基基团。我们从这个观察和许多别的相似观察中得出结论:抗体与半抗原基团之间的结合区域,比之抗体与距离约在50 pm(即一个原子半径的一半)之处的结合区域,在配合方面更为紧密。

在我的1940年的论文中,我表示赞成由J·R·马拉克和由M·海德贝格尔提出的观点,即沉淀和凝聚着的抗体是多价的,另外,作为解释形成沉淀和凝聚性质的最简单方式,我进一步提出,它们的多价被限制在两价。我们后来的实验结果证实,对于沉淀和凝聚着的抗体,每个分子结合基团的数目的确是两价。

我也支持这样的观点:抗体的结合区由多肽链组成,这种多肽链带有这样的氨基酸顺序,即允许假定很多空间构型中的任意一个在免疫抗原的半抗原基团不存在情况下具有几乎相等的能量;不仅如此,结合力的产生是由于抗体的肽链在抗原存在的情况下被折叠成抗原的结合基团互补的构型,并且,由于这个构型与抗体相互作用,它比其他构型更加稳定。

当然,现在已经知道,具有不同特性的抗体,在形成结合区的各个肽链中有着不同的氨基酸残基的顺序,这也就否定了我关于各种抗体有相同顺序的氨基酸残基的假定。关于细胞形成制造类似注入抗原的抗体分子的无性系(遗传性一致的细胞群)的激发机制,就我所知,至今人们尚不知道。我敢肯定,这种激发是抗原与在结合基团中带有互补结构的球蛋白分子相结合的结果。

1940年7月,马克斯·德尔布吕克和我在《科学》杂志上发表了一篇题为《在生物

过程中起作用的分子间力的本质》的论文。在这前两年间,德国的物理学家P·乔丹曾发表过几篇论文,在这些论文中,他提出了一种看法,认为:量子力学的稳定相互作用,即共振现象是存在的,这种共振现象在相同的或者大致相同的分子或分子的一些部分之间择优地起作用,并且能够影响生物分子合成过程,使存在于细胞中的分子的复制得以形成。他就用这个观点提出了关于基因的复制、噬菌体的生长、抗体的形成,以及其他显示生物特性的现象的解释。他的工作的出新在于他提出,量子力学会导致含有特性基团的分子间的引力大到足以使分子自动催化繁殖。德尔布吕克和我分析了这一论点并且指出:在活体中的共振稳定不可能解释分子的自动催化繁殖和别的生物特征现象。我们说:生物特征恰恰是由于有互补结构的分子的存在,并且,作为复制基因中的自动催化,它也必须用两个相互补足的分子的说法来解释。

在以后的几年间,我进一步阐述了结晶学、酶的活性(酶的活性区与反应中所包括的,被催化的分子的转换状态构型的互补性)和基因结构的关于分子的互补性和生物特性的论点。我在1948年2月27日皇家协会讲演中,用以下的话重申了我的某些早期论点:

“我认为,依赖于分子结构中的精细互补性的同一机制决定一切生物特性。在我看来,酶是这样一类分子,它们与它们所催化的那些反应中激活的络合物在结构上是互补的,即与分子构型互补,这种分子构型是这些催化过程中反应物质和反应产物之间的中间体。酶分子对于所活化的络合物的吸引将因此导致它们能量的减少,从而导致了反应活化能的减少和反应速率的上升。虽然有说服力的证据迄今尚未掌握,但我相信将会看到:由基因和病毒所显示的高度特殊自我复制能力是由于依赖于原子接触的相同分子间力,而通过结构互补复制形成的相同过程,在抗原影响下的抗体形成中同样是起作用的。我认为,在这些现象中最重要的是分子的大小和形状(在原子标度上),而不是物质的普通化学性质,其中包括它们参与普通化学键在其中被断裂和形成的反应的能力。”

三个月后,1948年5月28日,我在诺丁汉的杰西·布特基金会作关于《分子结构与生命过程》的讲演中,进一步阐述了这个论断如下:

“因此,这个概念为我们提供了一个制造具有特殊生物性质的物质的自动方法,即与抗原分子相结合的方法。获得这一性质的机制应是这么一个过程:将可塑性质(螺旋肽链)放进印模或模型(抗原分子表面)。我深信:把形成酶的物质放进与另一个作为模板的分子互补的构型的相同过程,对一切生物特性起着决定作用。我认为,基因是用来当作在其上铸成决定有机体化学特性的酶的模板,同时它们也是用来当作制造自我复制件的模板。基因或病毒分子赖以产生复制自己的精细机制迄今尚不知道。一般讲,把基因或病毒作为模板使用会导致不具有相同结构但具有互补结构的分子的形成。当然,也可能发生这样的情况:一个分子能够与在其

上铸成的模板既相同又互补。但是据我看,一般不会有这种例子的,除非是遇到下列的情况。如果作为模板(基因或病毒分子)的结构由两部分组成,这两部分本身在结构上是互补的,那么这些部分中的每一个部分便能作为别的部分重现复制件的模子,而两个互补部分的络合体因此能够作为制造自身复制件的模子。”

大约在那时,我对脱氧核糖核酸(DNA)的结构问题发生了兴趣。若干研究工作,如O·T·艾弗里,M·麦卡蒂和C·M·麦克劳德关于肺炎双球菌转化的研究,已经有力地表明DNA就是遗传信息的载体,同时亚历山大·托德和他的合作者们恰好成功地发现了脱氧核糖残基与磷酸基团和嘌呤,嘧啶基连结的位置。我开始致力于用分析DNA纤维X射线衍射照片的方法来确定DNA的结构。我用的是一些由W·T·阿斯特伯里和F·O·贝尔在1938年发表的相当模糊的照片和一些我们自己实验室的同样模糊的照片。伦敦金斯学院的M·H·F·威尔金斯和他的同事们于1951年发表的文章中提到了他们备制的关于更高结晶物质的一些远为清晰的照片,我力图获得这些照片(以给威尔金斯写信的方式),但没有成功。*

我们那些相当模糊的X射线照片,事实上就是相应于DNA纤维的两种形式的两个图形的重迭,它们导致我得出这样的结论:纤维包含有的是三个DNA分子的彼此盘绕的螺旋络合物,而不是在我早年论文中根据互补论据提出的我所期待的双螺旋。虽然我知道E·查尔加夫的工作,他曾指出,在DNA中,嘌呤和嘧啶碱基对是相等数目,但是我却没有想到氢键键合的互补结构牵涉到腺嘌呤与胸腺嘧啶和鸟嘌呤与胞嘧啶之间的配对问题。我以为科里和我在1953年2月所描述的双链结构很可能是产生于纤维形成过程而在生理活性状态下不显示其DNA分子的人工制品。几个月后,J·D·沃森和F·H·克里克报导了他们利用威尔金斯的X射线照片发现的DNA的双螺旋结构,从此,DNA分子生物学的空前活跃时期开始了。

* 编者注:在大会上对这一点表示关切:鲍林没有在场,但是罗伯特·奥尔贝认为当鲍林索取DNA纤维的X射线衍射照片时,威尔金斯答复说,他们还没有达到希望公布它们的阶段。奥尔贝继续说,鲍林在1952年已计划出席在英国召开的一次会议,并且正在安排访问威尔金斯的实验室。在最后一分钟,美国政府拒绝发给鲍林护照。奥尔贝深信,如果鲍林得以成行,威尔金斯是会拿出些东西给他看的。他还说,大多数人相信,只要给以充分的时间,威尔金斯一定会得出DNA双螺旋结构的结论。

奥尔贝(于1970年6月)表示愿意作些补充,他说,他不久前看到了在鲍林提出的DNA结构发表后拍摄的X射线照片。这些照片是由亚历山大·里奇拍摄的。里奇是一个与鲍林一起在卡尔特奇工作的研究人员。虽然是用一架比后来那些可利用的照相机更原始的照相机拍摄的,但那些照片的细节至少据后来了解是相当清楚的。假如当时有专为研究纤维而设计的照相机,再加上一种适当的X射线源——或者假如鲍林搞到了威尔金斯的照片——他手头就一定会有DNA结构正确模型作为依据的资料。

沃森和克里克在他们的工作中使用了我在发现蛋白质 α 螺旋时所使用的同样的分子结构原理。由于某种不太清楚的原因，他们假设性质上不同的两个氢键既在胞嘧啶与鸟嘌呤之间，又在腺嘌呤与胸腺嘧啶之间形成。科里和我随后指出，可以用有力的证据说明，在胞嘧啶和鸟嘌呤之间是三个氢键，这个关于双螺旋的小改进一提出就立即被接受了。

沃森和克里克对于DNA结构的发现给分子生物学带来了巨大影响，两个嘧啶和它们相应的嘌呤在结构互补方面如此简单，对我来说是件令人惊奇的事——当然这是令人愉快的事，因为它很好地说明了遗传的机制问题，也因为多年来我在联系基因复制和别的生物特性现象强调氢键形成和互补的重要意义。DNA结构的简单使我感到惊讶，因为我们曾经进行的抗原与抗体互补的研究表明，对于这些分子的结合区来说，互补不是一种简单的互补，而是包括氢键在内的不同类型的各种弱力的协同作用。当然，DNA远比蛋白质要简单得多：它只由四个不同的结构单元组成，相反，蛋白质却由大约二十个单元——氨基酸残基所构成。这里，我要再次提到，在生物特性这个领域内，如同在化学键性质领域和在分子结构基础上对物质的物理和化学特性的解释的领域内一样，在大约三十年的时间里，我们从几乎完全缺乏了解以致神秘主义和活力论在当时有可能对活有机体产生作用的状况，转变到从组成其分子的结构方面对活有机体的许多特性有一个完全令人满意的了解的状况，对于这样一个进展，我现在感到极为满意。当然，还有生命的许多方面至今还未以某种详细的方式在分子基础上加以说明；但是我们过去三十年的经验使我相信每隔十年，我们的理解范围将包括越来越多的至今还不能在分子基础上理解的现象。

大约二十年来，由于我一直对了解大脑的结构和功能深深感到兴趣，我从事于一般麻醉的分子理论研究，也从事于疾病，尤其是精神病的分子基础问题研究。目前，许多人正在这一领域内工作着，我相信必将取得巨大进步，从而不仅使我们在知识上得到满足，而且也将通过精神病和肉体疾病的预防和减轻大大减少人类遭受的痛苦。

我致力于疾病的分子基础领域开始于1945年。那年的2月6日晚上，我正在纽约世纪俱乐部同医学研究委员会的六个成员在一起用晚餐，这几个人后来给布什报告——《科学，无止境的战线》——撰写了一节。这群人中的成员之一，威廉·B·卡斯尔博士，描述了他那时正在进行的镰刀形细胞贫血症的研究。当他提到患有这种疾病的病人的红血球在静脉循环中最畸形的（镰刀形），但在动脉循环中，却恢复了它们的原先的形状时，我便产生了这样一种看法：镰刀形细胞贫血症是一种分子病，它是由突变基因决定的血红蛋白分子的变态。我立即想到我假定存在于这些病人的细胞之中的反常血红蛋白分子，在它们的表面上应有两个共同互补区，以致使它们聚集成柱，并借助范德瓦尔斯力的互相吸引，形成针状晶体，

这种晶体随着它变得越来越长,使得红细胞变为畸形,从而导致了疾病的出现。

我曾要求我的一个学生哈维·板野博士(他已获得医学博士学位并正在为获化学哲学博士学位而工作着),从病人身上取一些血并加以研究,以便确定其血红蛋白是否不同于普通血液的血红蛋白。这个问题那时在技术上是一个难题,但到1949年板野博士在S·T·辛格博士和I·C·韦尔斯博士协助下,把它解决了。发现病人的血红蛋白在它的电泳性质上,与正常成年人的血红蛋白是不同的;经过一段时间,发现反常性是决定合成血红蛋白 β 链的基因点突变,这便导致了肽链中的146个氨基酸残基之一由一个不同的残基所取代。我们报导这个发现的论文,题为《镰刀形红细胞贫血症,一种分子病》。我认为,这是第一次使用“分子病”这个名词。板野博士和他的同事们不久发现了另一些人类异常血红蛋白,现在人们已经知道的超过一百种。某些人类以及其他动物制造的其他种类的异常蛋白质也已发现。

我之所以立即得出关于镰刀形细胞贫血症是一种分子病,一种血红蛋白分子的疾病的结论,是有着几方面的原因的。第一,我多年来对血红蛋白的结构与性质作了研究,因此我知道血红蛋白和水是红血球的基本构成部分。我从布朗和里查特关于不同种动物的血红蛋白结晶的结晶体形式的工作和从兰茨坦纳关于血红蛋白的血清性质的工作中同样知道,血红蛋白分子有很多类型,每一种动物大概就有一种,我确信这些不同种类的血红蛋白分子是在遗传控制下制造出来的。抗体的性质和血清沉淀的机理曾使我去寻找带有互补表面区的分子聚集物,把它作为引起沉淀作用的原因,同时镰刀形红细胞的那种观察到的变形——拉长的或是新月形的——似乎像是血红蛋白针状晶体形成的机制。当共同互补区的同位形成空间障碍时,血红蛋白的氧合作用就有可能破坏互补性,这种认识是从抗体—抗原相互作用间相似现象中得来的。

近年来,我对分子医学的一个新方面产生了兴趣:在人体内正常地存在着和在某些情况下为生命所必需的一些物质可以用来治疗疾病的可能性。两个有名的例子是胰岛素用来控制糖尿病和限制摄取苯丙氨酸以控制苯酮尿。我对某些维生素通过它们在体液内浓度的大大改变可以用来增进人的健康和幸福,尤其感到有兴趣。维生素是有生理活性的物质,为生命所必需。如果维生素的摄取量低了,那么人就患一种叫作维生素缺乏症的疾病,一定量的摄取叫最小日需要量或推荐日摄取量,足以防止维生素缺乏症的出现。例如,对抗坏血酸(维生素C),成人每天的量约为50毫克。但抗坏血酸基本上是无毒的。摄取的量超过50毫克的一百倍甚至一千倍也是无害的。必须经常服下,比方说,一百倍于所谓的日需要量方能改善健康,这种情况也是有的,如对于某些具有特殊遗传型的人,由于采用这种大剂量维生素治疗法,可以大大增进身心健康。

我关于精神病的见解已在我写的题为《矫形分子精神病学》〔《科学》,160

(1968), 265~271]的论文中提出了。在那篇论文中,我说矫形分子精神病治疗是通过对大脑提供最适宜的分子环境,尤其是提供在正常情况下人体内存在的最适宜的物质如各种维生素和必需的氨基酸的浓度。其论点概括在那篇论文的最后一句。

“大脑的功能受正常存在于大脑中的众多物质的分子浓度的影响。就一个人说,由他的正常饮食和遗传机构所提供的这些物质的最适宜浓度可以有很大的不同。生物化学和遗传证据支持了这个观点:矫形分子治疗……对于许多精神病患者来说或许是一种更为理想的方法。维生素缺乏症的精神症状某些时候在肉体症状显露以前好久就观察到了。对于生命物质的浓度变化,大脑很可能比其他器官和组织更为敏感。此外,还有这样的可能性,即对有些人来说,一种生命物质的脑脊髓浓度大体上可能是低的,而同时在血液和淋巴液中的浓度则基本正常。生理异常,如血脑膜对生命物质的渗透性的减小或者大脑中物质的新陈代谢速率的增加都可能引起大脑营养缺乏症和精神病。这类疾病可以称作局部大脑营养缺乏症。人们认为,对于大脑中生命物质的浓度异常(各种营养缺乏症)起决定作用的基因,可能对提高假定的精神分裂症基因的外显率也是有关的。同时,那种所谓精神分裂症基因本身可能是一个使大脑局部缺乏一种或一种以上的生命物质的基因。”

如上所述,分子医学或许终于证明为具有重大的实用价值。它可以被认为是分子生物学的一个分支,而对这个领域的研究将导致依据组成它们的分子对生命有机体的本质,尤其是对记忆和意识的本质的理解大大加深。

在结束我过去五十年间参与发展结构化学和分子生物学的讨论的时候,我要说,半个世纪以前,我对物理世界和生物世界的本质所怀的极大好奇心已经在某种程度上部分得到满足,这使我深感愉快。在发展过程中,已经提供了许多有兴趣的关于无机世界和有机世界的问题的答案,然而,新问题已使它们自己变得明显了,我们现在能够把好奇心转到它们身上去。原子核结构的现有理论并不使我感到满意;我希望将来对这个领域会有更深入的了解。另外,飞速发展中的基本粒子和它们的相互关系的课题,在未来许多年中,必将激起我们的兴趣。上面简要地提到的大脑的活动和思维本质的探讨无疑将在未来促进激动人心的发现。

在我们关于血红蛋白分子中的氨基酸顺序的工作中,1962年我与埃米尔·朱克坎德尔合作,讨论分子病、进化和基因的非均匀性。我们发现,在由不同种动物所制造的血红蛋白分子中的氨基酸顺序提供了关于物种进化的有力证据,支持了由古生物学家在宏观特征基础上系统阐述的进化的历史。我们不禁要说:“抛开了‘活力’或生命的原理的生物学将再一次显示它所具有的威力。”这个经验和我在过去五十年中其他经验,包括在合理的原则基础上关于世界的不断加深的理解,已经使我们抛弃一切教义和天启,一切独断主义。很可能,从科学的进步中得出的新世界观的最大贡献,将是由理性代替教义,天启和独断主义,这种贡献甚至比对医学

或对技术的贡献更大。

(本文选自L·鲍林为杰拉耳德·霍耳顿主编之《二十世纪科学——思想传记研究》撰写的一篇文章,金吾伦、邢润川译,《科学史译丛》1981年第一辑,《科学史译丛》编委会编,内蒙古人民出版社出版,1980年,37~52,67页。)

4.6 进化思想:范畴及含义

皮特·鲍勃

科学史学家经常将“达尔文革命”与“哥白尼革命”相提并论,视为历史上同样重要的事件。在这种事件中,一种科学理论引起了整个文化价值的改变。在上述两种情况中,传统的基督教世界观的重要方面都被全新的解释取代了。按照中世纪的宇宙观,地球是按等级排列的宇宙的中心,宇宙延伸到完美的天堂,延伸到上帝的住所。因为物质的宇宙是人类精神戏剧的舞台,在那里上演着人类的创造、衰落和赎罪,所以人类居住的地方只有位于宇宙的中心才说得过去,而且这样也符合一般人认为的天堂环绕静止地球的看法。相反,哥白尼却提出地球只不过是距太阳第三远的、围绕太阳运转的行星。虽然他打算借助这种观点来说明宇宙的和谐,他的后继者却认识到,通过打破地球与天际的界限,哥白尼已经建立起一种新的、非阶层体系的、由恒定的动力学法则控制的宇宙模型。人类并不在万物的中心;人类只是一颗行星上的居民,而这颗行星则环绕一颗不久才被视为是普通的、在广袤的天际围绕恒星运行的行星。也许天际依然昭示上帝的光辉,但是人们再也难以相信天际的存在只是为了人类的目的。

然而人们可能依然相信人类的独特性体现在人类的精神上。对于基督徒来说,人类依然保持着独特性,体现在他有能力感受到他之存在的道德困境。他依然是世界的主人,他的特征显然有助于他成为创世中的尤物,成为“存在链条”上的最高环节,存在链条将所有生物连接成一个自然的等级序列。看起来用自然过程无法解释像人类这样规则的生命系统,无法解释人类本身的精神构成。《圣经·创世纪》告诉我们,神在6天之内创造了万物,人则是最后创造出来的。达尔文革命这一事件——实际上早在达尔文出生之前就已经发生——动摇了所谓人类具有天赋优越性的传统观念。地质学家在研究岩石时发现,《圣经·创世纪》中对地质史的解释并不对。在人类出现之前的相当长时期内,存在着许多与今天已知的生物截然不同的奇妙生物。难道是《圣经》的解释中忽视了自然力创造的这么多生物?如果真是那样的话,难道人类本身不过是自然的产物,不是什么尤物,只是高级的猿?哥白尼使人类离开了宇宙的中心位置,而达尔文的理论则要求重新解释在创世中

我们人类的精神角色。

如果不是已经出现过对于传统观念的愤懑，难以想象会有这样的变化。1632年对伽利略的审判表明了天主教教会的决心。不过，在这个案例中反对哥白尼天文学的一方不久便销声匿迹，1700年以后，没有什么人再真正反对新宇宙学了。然而，反对达尔文主义的势力至今依然存在。在我们的社会中，仍然有很强的势力在鼓励人们去相信是上帝创造了人。对于那些接受基督教原教旨主义解释，即承认《圣经》中描述的故事千真万确的人来说，进化论就是最具颠覆性的无神论观点。1925年，类似的原教旨主义在田纳西州制造出恶名昭彰的“巴特勒法案”。这个法案禁止在学校讲授进化论。还是这股浪潮，导致了对托马斯·斯科普斯的“猴子审判案”，因为他违反禁令，在学校讲授进化论。而接下来的公众的愤怒，使这次阻挠进化论传播的企图破产了。但是，特创论者现在又向达尔文主义发出挑战，他们坚持认为，就是从科学的角度看，自己的反对意见也是合理的，并主张学校应给予他们一定的时间，长度像讲授进化论一样，允许他们讲授特创论。无论科学特创论的观点多么冠冕堂皇，这场运动的真实目的却是阻挠被他们视为无神论的达尔文主义潮流。显然，达尔文革命尚未成功。

当代特创论者的热情很容易使我们忘记科学与宗教之间并非总是争斗的关系(Barbour, 1966, 1968; Peacocke, 1980; Russell, 1973)。相反，科学家们通常是努力确保他们的观点符合某种宗教信仰的形式。甚至有人认为基督教的价值观对于现代科学的发展起到了一定的推动作用(Jaki, 1978a)。智慧的上帝建立的宇宙对于具有智力的人来说是规则的这一信念，可能促进了科学的自然法则概念的发展。符合基督教本质的人类精神发展的历史观可能为建立进化概念奠定了基础。有一些宗教思想家确实接受了生物进化的理论。一旦《圣经》故事被视作关于创世目的的启示，而非历史如何发生的细节，那么就可以认为进化是过程，而目的由神定(Teilhard de Chardin, 1959)。有些科学家对在生物进化中可以看到一种精神的目的表示怀疑；但对于思想家来说，正是由于进化中含有精神的目的性，才使得进化的思想如此激动人心。

那些根本不打算在进化中寻找出宗教含义的科学家们则认为，进化论是客观研究自然活动的产物，其中不包涵道德和精神的價值。科学在初期的时候，可能受到宗教思想的影响，但是没过几百年，现代科学的兴起表明西方人摆脱了古代迷信的藩篱。一旦人们决定即使对于人类的起源也要用理性来分析的话，必然要得出进化的观点。当然，将科学视为对知识的纯客观探讨的信念有其自己的道德和文化价值。特创论者可能会对将人还原为受自然力控制的动物——是现代科学所揭示的唯物论哲学产生出这种结论——所引发的结果提出异议。其他的批判者大概会认为在“社会达尔文主义”领域，我们看到科学的理论是个人竞争政策的衍生物，自资本主义产生以来，个人之间的竞争就成为社会中普遍存在的现象(Montagu,

1952; Young, 1971b)。可以将科学、尤其是进化论看作要么是对传统的神圣目的性宇宙概念的阐释,要么是另一种哲学的根源,而这种哲学的某些成分在我们的社会早已存在。无论在哪种情况中,显而易见的是,不仅科学理论本身有着广泛的含义,而且科学方法的所谓客观性也可以被视为一种更广义哲学中的组成部分。进化论因为直接涉及到人类的性质,所以它关注的便是知识与价值的关系这类基本的问题,而正是知识与价值的关系决定了科学在当今世界中的重要地位。研究进化论的历史有助于我们了解这些有争议的问题。

我们在开始学习进化论史之前,必须理清一些观点,这样可以确立一个框架,使我们理解现代进化论的兴起。首先,我们必须可以认清区分现代进化论与传统宗教自然观的整个问题范畴,我们必须能够看出传统观念的某些方面可以保持下来,甚至被一些进化研究得出的观念所加强。要做到这一点,我们需要认识到进化论的基本观念是复杂的,进化思想可以向不同的方向延展,而每一种思想都有着丰富的内涵。最后,我们必须更加密切地关注历史学家在他们探讨科学进化论兴起时所面临的一些问题。尤其是那些产生于哲学和意识形态争论中的问题。在这些争论中,一方是将科学正常地视为是对知识的客观研究,而另一方,作为批评者,则认为科学思想本身具有价值取向。

旧与新的世界观

进化理论只是几百年前所开始的对地球过去重新研究中的一个组成。早在达尔文探索新物种起源问题之前,地质学家和宇宙学家通过设想地球、乃至整个宇宙长期以来发生了明显变化,开始向中世纪基督教的世界观发出挑战。只有在这种物理宇宙是演变的新观念氛围中,才有可能设想生物或许也在发生自然的变化。现代科学观的本质是,自然界(包括宇宙、地质和生物)的所有特征可以解释为自然力长期作用的结果。在这一基本框架中,我们可以区分出所挑战的传统世界观的一些基本问题。

时间尺度的扩展

按照传统的观念,宇宙的历史并不太长,6天的创世发生在几千年前。在17世纪,詹姆斯·厄谢尔主教试图通过将《圣经》中记载的祖先追溯到亚当来计算创世的时间,他认为创世发生在公元前4004年。剑桥大学的副校长约翰·莱特弗特声称创造人类发生在公元前4004年10月23日星期天上午9点。现代特创论者没有再精确地确定创世的时间,但他们依然认为地球是在几千年前形成的。依照现代科学的标准,这种估计太苍白;地质学和宇宙学现在已经将地球的历史推延为40~45亿年。随着地质学家对地表变化程度了解的加深,地球历史的时限在逐渐向前推。不断有人努力限定地质学理论所要求的额外时间,但是到了达尔文时代,受过教育的人一般都不怀疑地球的历史至少是上百万年。(只有到了20世纪,特创论

者才反对地球历史悠久的看法。)由于地质学家发现人类产生于地质史上较近的时期,使人类的历史及史的史在地球历史的时间长河中所占的时间比例大为减少,并使地球历史悠久的看法变得更合理。

变化宇宙的概念

传统世界观实质上是静止的观念。上帝在6天创造的世界,包括动植物和人类本身,至今仍未发生过变化。现代特创论者认为有些地质构造可能为挪亚洪水所淹没,但他们认为生物自创世以来保持不变。传统的观点认为,至少生物界不可能发生变化,因为自然力只能维持上帝最初创造的形态——自然力本身不具创造力。这种设想并非纯粹是研究《圣经》的专家推断出来的,而是来自基督教与中世纪哲学的综合,中世纪哲学的源头又可以追溯到古希腊。可以认为,亚里士多德的观点奠定了重要的基础,从而使人们相信物种具有典型的形态,这种形态通过生殖过程一代又一代地保持下去。从原始的类型直到人的自然阶层形式,即“存在链条”,代表了完整和绝对固定不变的创世方案。相反,现代的观点则认为,我们生活在一个持续变化的世界中,有些变化过程当然非常缓慢,以至于我们难以察觉。地质学教导我们,地球本身发生了大量的变化,化石记录显示,一系列灭绝的群体可以构成进化的序列。

放弃设计的思想

特创论者的意图不仅要维护超自然的力量在物种起源中的作用,而且要倡导每一种生命形态都是由创造者设计的信念。直到19世纪早期,在博物学家中间还非常流行经典形式的“来自设计的论据”,特定生物形式的复杂性及其恰当的适应方式被用来作为证明上帝的智慧和仁慈和直接证据。单凭大自然绝不可能产生出这样的结构;因为只有引用神的干涉才是对于生命存在的合理解释。这种将自然形态和结构的发展只是解释为符合目的的观念在今天被称作“目的论”。当代进化论的要旨就是,无需借助超自然的目的,就可以解释现存生物的结构。达尔文设想出自然选择的机制,以表明凭借日常的自然力,生物就可以适应不断变化的环境,而无需认为预先确定的目的决定了生物变化的过程。现代生物学家认为,甚至在最基本的层次,即生物产生于非生物物质的过程,也是自然的。这是一个“化学进化”的过程,在这一过程中,产生出更复杂的物理结构最终具备了生命的特征。

重要的是要注意到,即使不依据《圣经·创世纪》中的故事,“来自设计的论据”也可以存在。许多19世纪的古生物学家都认为,新物种的起源是超自然的过程。他们援引来自设计的论据,只不过他们相信新形态的产生发生在地球历史的不同阶段。有人可能提出更为精致的看法,认为造物主试图使现存的地球结构呈现出创造宇宙时的原初形态。按照笛卡尔的“机械论哲学”的解释,地球是广延在空间的物质以自然的方式形成的——然而却是上帝创造了最初的广延和控制物质活动

的法则,上帝还清楚地预见到终极结构,因而可以说,是上帝设计了物质进化过程本身。甚至达尔文也接受是上帝创建生命进化基本定律的概念,只不过达尔文被迫承认真实发生的生命进化细节不是神能预见的。真正的问题是自然选择,在一个“生存斗争”的宇宙中“适者生存”,这听起来太不像一个仁慈的上帝在确定造物结果时所能选择的机制。

放弃奇迹

《创世纪》的创世故事显然意味着要相信上帝不仅设计了宇宙中的万物,而且在控制万物的形成中起到了直接的作用。《圣经》中的奇迹概念并非要确定造物主在最初创世中的作用,而是表明上帝的干预无时不在,贯穿于世界历史的整个进程。我们注意到,为了与这种看法相呼应,早期的一些古生物学家情愿承认在每一个地质时期的开始,都存在上帝的干预,他们依此来解释新物种的产生。然而,生物进化论就是要抛弃任何对世界进行超自然干预的看法,因为生物进化论提出仅凭自然力本身就足以创造出新物种。在达尔文及其追随者看来,只有接受“自然论”的策略。才能科学地探讨物种起源的问题。只有当自然解释无法使进一步的研究得出令人满意的假说时,超自然的解释才会有吸引力。奇迹被定义为断然违反正常的自然法则,利用科学的方法无法研究奇异。在解释世界上一些结构的起源时承认奇迹的发生,就是被迫承认有些现象我们无法理解,除非我们接受超自然启示的观点。

放弃超自然观点的最直截了当的方式就是放弃上帝设计的观点。前面提到的机械论哲学除了涉及到宇宙初始的状况时,不再需要援引超自然的动因,但是,机械论哲学通过设想是上帝创造出自然法则,自然法则创造出我们观察到的万物,进而保留了上帝设计的观点。这种机械论的看法将宇宙比作一个巨大的钟表,“钟表匠上帝”造就了这个钟表,并使其准确地朝着既定目标运转。按照这种观点,上帝一俟完成了创世,就不再会介入,这种宗教哲学叫做“有神论”。相反,许多宗教思想家都相信上帝肯定无时不介入到宇宙中,这种哲学叫做“自然神论”。甚至有人或许认为自然法则之所以连续不断地在起作用,只是因为自然法则符合上帝的意愿。在这种情况下,不太容易清楚地区分开自然法则和奇迹,因为二者都是神威的体现,一方在连续不断的起作用,另一方则不定时地进行干扰。19世纪的一些生物学家曾试图提出一定存在着特殊的“创世法则”,上帝利用这一法则不断地决定着生命的发展,因为这种法则中包含了神的预见性。对于达尔文来说,这种法则比奇迹更糟,因为它允许非机械的超自然力量不断地干涉自然的正常运作。要使科学能够成立,就必须承认自然法则,承认只有以机械论的方式在起作用的自然法则是唯一的控制因素,承认是过去(而不是未来)以正常的因果律的形式控制着现在。援引上帝的预见来解释进化的趋向,无异于要科学家放弃探讨自然原因的责任,像头脑简单的人那样去相信奇迹的存在。

将人类纳入自然序列

《圣经》告诉我们,人类是创世中最后的产物,是上帝想象的产物,而且人类被赋予了统治其他自然物的权力。基督教强调了人类的优越性,提出在所有的动物中,只有人的生命物体中被赋予了灵魂。人类立于自然之上,而不是居于自然之中。进化论则强调人类是动物界中的一员。人类的性状发达状况可能远远超越其他物种,但是人类在其发展过程中,与其他生物建立了联系,在人类的发展过程中,并没有突然引入全新的因素。对于那些希望无论在人类的天性中是否看到明确的精神成分但仍强调人类具有更高等特征的人来说,进化论提出了一些至关重要的问题。能不能不将我们的道德和伦理信念解释为自然进化的结果?或者是否因为道德和伦理信念的存在,至少表明自然造成了一种有能力超越仅为生存斗争的生灵?社会达尔文主义之所以带来不幸影响,就是相信因为它认为人类的所有性状都是自然进化过程的产物。当社会生物学按照自然选择解释明显的利他行为时,又引发了类似的问题——难道这意味着可以按同样的方式分析人吗?不仅宗教思想家,而且许多社会科学家也反对只根据生物学来解释人类大性的尝试。他们坚持认为人类的性状决定了人类可以进行更高层次的活动。承认人类与动物之间具有进化联系并保持人类生命中具有精神成分的唯一可能方式就是将进理解解为精神的和物质的进步过程。这样,人类就成了宇宙趋向更高层次变化的最终产物,于是科学曾经竭力祛除的自然中存在目的的看法又被重新引入了进来。

变化的可能性

如果我们详细了解一下进化思想本身,对于那些更广义问题的复杂性便会看得更清楚一些。只有在最一般的意义上,我们可以将进化观念作为统一的概念来讨论。在最一般的意义上,“进化”主要意味着相信我们现在生活的世界的结构是通过一系列自然变化形成的。一旦我们剖析这一基本的论点,我们便会认识到,人们会设想这些变化的发生会经过许多不同的途径。事实上,不断有科学家在提出这样或那样的自然变化概念,只有经过一定的争论,才能取得一致的意见。几百年来,地质学家在确定造成地表状况事件的基本性质上,就存在不同的看法,现代的大陆漂移理论几十年前才提出来。至于生物如何进化,生物学家也提出了许多设想。达尔文的自然选择学说仅是其中可能的一种。自20世纪30年代达尔文主义与孟德尔遗传学综合以后,被人们普遍接受,但是现在又遇到了第一线生物学工作者的挑战。要想理解已经提出来的解释地球及地球上生物发展的诸多理论,需要有一个基本的框架。

就是“进化”这个词,我们在这里也要慎重使用,因为进化一词曾经有不同的含义(Bowler, 1975)。拉丁文 *evolutio* 的意思是展开,即将一个卷在一起的东西打

开。在生物学中,“进化”一词最早的用法是描述子宫中胚胎的生长,今天仍然有许多人相信子宫中胚胎的生长是地球上生命发展一般历程的缩影。早期的许多胚胎学家相信,胚胎的生长就是预先存在的完整的微型生物的扩展,这种完整的微型生物在受精卵中就已经存在。这一性状的发展过程比较符合拉丁文原义,但是与人们普遍想象的进步式进化过程不太一样。到了1800年,这种“预成论”已经声名狼藉,人们将胚胎的“进化”视为有目标的过程,其中复杂的结构由不定型的物质构成。这种观点与现代的进化思想很贴切,但是,重要的是要注意,如果以胚胎的生长作模型,人们会留下一种印象,以为生命结构具备了一种向着预定方向发展的固定模式。使用“进化”一词说明地球上生命时,也带有类似的含义,因为19世纪许多博物学家认为胚胎重演着生物上升到创世顶峰——人的历程。

经过赫伯特·斯宾塞的努力,进步进化论的含义以一种截然不同的方式保留了下来。正是由于斯宾塞所做的大量普及性工作,使“进化”一词具有了现代的含义。斯宾塞倡导一种宇宙进步体系,其中包括生命向着更高形式的必然进化。尽管达尔文本人很少使用“进化”这个词,但是他的理论还是被标识为“进化论”;而且多数人依然认为进化实质上就是进步的过程。达尔文和斯宾塞迈出了重要的一步,使进化的概念超越了胚胎学的范畴,因为他们相信进化过程没有目标限制,不认为进化的过程直接通向诸如人类这种单一的目标。斯宾塞一直坚持认为进化必定要走向更高的组织水平,因而他引入了更成熟的进步概念。但是达尔文对这种进步观则表示怀疑,因为他感到很难确定生物学的进步概念。现在看起来,流行的进化就是进步的观念在两个方面不太充分。这种观点是模糊的,因为我们或者是将进步定义为向着预定目标的运动,或者根据一般复杂性的上升水平来定义进步。这种观念也是容易引起误解的,因为有些进化解释中只涉及变异,并不带有任何的进步形式。

在我们尝试描述任何特定的关于进化机制的理论细节之前,我们显然必须了解一下有关自然起作用途径设想的一些基本差异。斯蒂芬·杰·古尔德(Stephen Jay Gould, 1977a)在尝试区分这些基本差异时,提出可以依据三对具有基本差异的选择来评估任何进化理论。根据任何一对选择,我们可以确定一种进化理论的特征,并且可以揭示出科学家在建构现代进化论过程中争论的最关键问题。然而,我们不能认为哪几种选择的组合是“正确的”,因为科学界最近争论的依然是我们曾经认为已经大致解决了的基本问题。甚至今天,我们依然在争论进化理论中的“永恒比喻”。

稳态还是发展

即使你承认地球及地球上生物的详细性状可能发生过变化,并不足以确定你的立场。我们依然要问,这些变化是否能积累,经过长时间以后,积累的变化能否产生出全新的状态。如果设想变化是微小的,以及这种方式的变化会彼此抵消,那

么依然有可能认为,经过很长时间后,整个图景大致保持不变。这就是一种“稳态”理论,许多年前,这种理论在宇宙学中就很流行。“发展”的理论认为,积累的变化所产生的状态与变化过程开始时的状态明显不同。发展的本质在于,变化中蕴涵着方向性,开始的状态与结束时的状态截然不同,不仅仅是在一个中间状态的波动性变化。

宇宙学中的“大爆炸”理论与“稳态”理论之间的差别表明了这一点。大爆炸理论将观察到的宇宙的扩展解释为上百亿年前巨大的爆炸引起的物质离去。这是一种真正的发展:自“宇宙核”爆炸后,不断积累的变化导致星云的形成和星云之间的彼此远离。相反,稳态理论认为,新星云的形成与旧星云扩展的速度完全一样,正好抵消旧星云的扩展。这样,一个宇宙内的观察者在任何时间可以精确地看到物质的密度是一样的。星云的产生与星云的消失彼此抵消,因而,星云的平均分布仍然保持不变。变化的是细节,而不是整个图景。在这种体系中,探讨宇宙的开始没有什么意义,因为在无限的时间里,基本的图景保持不变。

地质学中也发生过类似宇宙学中的争论。大多数的地质理论看起来都像是发展观:它们都认为地球起源于某一时刻,地球最初的状态与我们现在看到的状态有很大的差别。“地球冷却说”就是一个典型的例子。这个学说认为,地球这颗行星最初是热的、熔化的星团,这个星团渐渐地冷却,形成了固体状的外壳。这样一种理论会预想到,根据火山的活动随着时间的推移而减缓,地球的变化也会减少。然而也有人按照稳态的观念来探讨地球的历史。最著名的例子就是查尔斯·赖尔的“均一论”地质学,这个理论对达尔文有很大的影响。赖尔认为,陆地由于侵蚀而导致的消失,被通过地震产生的新陆地的隆起而精确地抵消了。因此,虽然某一大陆出现又消失,但是海洋与陆地的相对比例却保持不变。赖尔坚持认为,地球的最终起源问题不属于地质学的范畴。这是一种典型的稳态观。

在生物学中,任何坚持认为生物向着“更高”生命形式(随其界定)进步的进化论显然都属于发展观。但是,并不一定要相信地球上生命的历史是进步的才属于发展的观点。为了坚持均一论,赖尔认为,即使是更高的生命形态,也存在于整个地质时期,只不过为了回应环境的波动,在接替存在的群体中发生了生命形态的周期性变化。他的反对者则认为,化石记录揭示出从最简单的生命到人类的进步发展。他们所确立的这种发展依然是通常人们对于进化论的设想。达尔文接受了赖尔的地质学,因此认为不存在导致生命向着某一特定的方向进化的外在力量(当然这种方向性也是存在的,例如,生命不得不适应逐渐冷却的地球)。达尔文虽然怀疑可以确定什么是生物学上的进步,但是他和公众一样,在感情上相信现代的生命形态比其最早的祖先要发达。然而,自然选择学说的真正功能是表明生物适应变化的环境,如果环境不导致方向性的变化趋向,那么生物的适应就是非进步式的变化。达尔文作出了妥协,他认为进步是进化的副产品,是长期的、统计学意义上的

趋向。不影响发展的路径。其他形式的生物学方向论也有存在的可能,包括认为在接替的群体中可以发现多样性水平的提高。

进化受内部控制与进化受外部控制

上文的最后一段中隐含了另一个重要的问题。控制生物进化的力量存在于生命内部,因而生物的发展是沿着由物种本性决定的途径?还是生物的进化是对外部环境挑战的回应,进化与否取决于生物面临环境挑战时的易变程度?按照大多数明确强调生物内部控制生物进化的理论,预先确定的目标决定了生物发展的趋向。那些相信进化的过程中存在某种目的形式的人,或那些相信存在着某种图景将所有创世阶段连接为一个统一体的人,自然愿意接受这种观点。然而,很有可能设想出由内在的生物学力量相当自然地预先确定了进化的趋向,但是这种力量实际上可能是有害的,因为它们也许并不符合环境的要求。相反,达尔文却认为,并不存在固定的变化方向,因为每一个物种顶多只能对环境的不断变化所发出的挑战作出回应。无论向哪个方向进化,都是这样的回应,除非物种不能很快地发生变化,从而灭绝。因此,适应是进化的唯一驱动力,而且在某种程度每一个物种解决它所面临问题的途径也许是偶然性的事。在进化中大概不存在规则性,不存在朝向一定目标的预定趋势。进化成为一种完全无限制的过程,因为进化不经历固定的路径。

连续性与不连续性

这一点常被作为重要的标准来区分不同的地质学和关于生命发展的理论。在连续性的过程中,变化是逐渐的,通过积累每天微小的差异,变化经历了很长时间。不连续性则指幂式的突然变化,届时,相对稳定的形势发生了逆转,并被某些截然不同的情况所取代。这是理解赖尔的均一论与相对的“剧变论”之间区别的老套子。赖尔坚持认为,曾经在过去影响地表的唯一力量就是我们今天依然可以看得到的力量,包括火山活动和地震(在地质学中,这些都是不起眼的,但是从人类的角度看,则是灾难性的)。经过长时间的积累,这些微小的变化会产生巨大的影响,比如一座山脊的消失与隆起。然而,作为对立派的剧变论者却坚持认为,利用我们今天所观察到的力量不足以解释像山脊消失和隆起这样剧烈的事件。山脊一定是由于剧烈的变化隆起的,其剧烈程度超过我们所能看到的地震。这些剧变被视为间断的标志,我们从而将地球的历史划分为地质史上的不同时期。地球冷却说解释了为什么过去的事件可能比现在的事件剧烈。有些历史学家现在认为,这种方向论的成分过去实际上代表了剧变论体系更本质的方面。

再看一下生物学,可以将特创论视为一种不连续变化的理论,因为每一种新物种是分别设计的,与以前存在的形态没有直接的联系。如果特创论者认为这种奇妙的序列与某种完整的计划或图景相连,那么就会从根本上动摇超自然事件的独特性,这样就会使物种之间的区别变得模糊。达尔文的理论却坚定不移地倡导连

续性变化,因为自然选择通过慢慢地积累群体中个体的微小变异来起作用。这样在进化中不可能有突然的间断性,不存在“间断”或“跳跃”。然而仍有可能倡导有关物种起源的一种小连续理论;最好的例子就是雨果·德弗里斯在19世纪末20世纪初提出来的“突变论”。按照这个理论,通过遗传变异可以突然产生新的物种,因为遗传变异产生出大量与亲本截然不同的个体。现代的自然选择遗传理论仍然认为突变是变异的原材料,但是已经表明这些突变融入到群体中;但是突变在融入到群体的过程中使群体的变异表现出连续性,则正符合达尔文的设想。但是少数现代生物学家一再提出不连续的进化观,其中既有符合又有背离达尔文框架的观点。因此争论仍在继续。

达尔文通过引入连续进化的观点,促使博物学家重新考虑传统的物种定义。最初,物种被视为特征明显的、不变的实体,物种由关键的性状来确定,通过这些特征可以自动划归类似的个体。这种观点的起源可以追溯到柏拉图的理念论哲学。按照这种哲学,物种被认为是一种比构成它的个体更深层的存在。确定物种本质的是理念化的形式或结构,而不是任何一代个体的表面性状。这种概念很适合物种是造物主设计的信念。根据这种信念,造物主通过确保个体生物的变化不能超越严格的界限来保证物种的持久不变。当达尔文设想进化通过个体之间微小差异的积累进行时,他是在向这种物种的理念论挑战(Mayr, 1964)。也有可能将进化论的兴起视作一个更为普遍的从根本上动摇类型化物种概念过程的组成部分(Mayr, 1982)。相对立的群体思想则将物种看成由相互配育的个体组成的类群,其中的个体可能存在明显的差异。不存在理想的、永恒不变的结构,如果个体的平均构成造成群体的变化,那么该物种本身也就变了。

史学家的问题

因为在对于达尔文革命的看法上充斥了争议,所以不乏尝试分析达尔文革命的起源和影响的书籍。1959年是《物种起源》出版一百周年,这期间出版了大量有关进化论历史的书籍。其中有三本是通论性的,由劳伦·艾斯利(Loren Eiseley, 1958)、约翰·格林(John C. Greene, 1959a)和格特鲁德·辛美尔法伯(Gertrude Himmelfarb, 1959)撰写。格林的书从纯学术的角度解释了这场革命;艾斯利的书比较通俗,但有些武断;而辛美尔法伯的书则显得与达尔文的观点不太合拍。本特利·格拉斯等人(Bentley Glass et al. 1959)编辑了一部观点各异的论文集,侧重于达尔文以前的时期。查尔斯·吉利斯皮(Charles C. Gillispie, 1951)说明了1850年前的几十年英国科学受宗教情感影响的程度。R·霍依卡斯(R. Hooykaas, 1959)和沃尔特·坎农(Walter Cannon, 1960a, b)探讨了均一论原理,而弗朗西斯·哈伯(Francis C. Haber, 1959)论述了覆盖期较长的地质学史。W·I·欧文(W. I. Irvine, 1955)和加文·德贝尔爵士(Gavin De Beer, 1963)出版了达尔文的

传记。阿尔瓦·埃勒加(Alvar Ellegard, 1958)对于英国期刊上关于达尔文的争论作了有价值的探讨。关于社会达尔文主义,霍夫斯塔德(Hofstadter, 新版, 1959)的书在当时已经属于经典之作。

这样,到了20世纪60年代中期,已经出现了大量的全面论述进化论兴起的书籍。但是这并没有妨碍历史学家继续投入精力去研究这个问题。一些观点有必要进行修正,理由很简单,因为又出现了大量原始材料,比如发现的达尔文本人的一些文稿,现存于剑桥大学图书馆。现代的研究已经很大程度上集中在重新解释根据现有事实所确立的“正统”模式,早期的科学史学家广泛接受了这种模式。这些研究对许多先见和隐含的假设发出了挑战,产生出一些新的见解,并影响到科学中。现代历史学家争论的问题,在很大程度上,与我们对科学及其与外在世界联系的思考方式的更普遍革命相匹配。我们不再敢断言科学是对事实信息的纯客观探讨,当然大多数科学家仍然认为如此。越来越多的人认识到科学知识不仅是对新事实的搜集,而且科学也受科学家所处的文化和社会环境的影响。历史学家发现,像进化论这样一个争议很大的理论的发展,为探讨这种认识提供了极好的样板。

最简单的代表科学的模式就是直接发现事实这么一个过程。公众普遍认为这种模式恰当地代表了科学家的工作,然而略作回顾就会发现这种模式不太准确。科学家显然不仅对个别事实感兴趣,而且也对我们称作“自然规律”的普遍概括感兴趣,这种概括有可能来自对搜集到的个别事实进行抽象。抽象的技巧,如概括,是老的“归纳法”的基础,曾经作为所有真正科学家的指导性原则。但是人们不再认为通过对已知事实的抽象就能获得知识,例如,你怎么能确定哪些事实真的与某一特定现象相关?现代科学哲学家认识到,任何研究始于提出解释一种现象可能如何运作的假说;然后通过观察和实验来验证这个假说。这就是所谓的“假说—演绎”法(Hempel, 1966)。理论是更具普遍性的假说,某种理论可能不能被直接验证,但是可以用来指导或协调提出假定的法则。如果一个假说成功地通过了我们对它的验证,我们大概会倾向于认为它是可以成立的关于自然如何活动的真理,但是这并不能恰当地说明知识就是以这种方式获得的。过去伪假说也曾经幸运地通过最初不严格的检验,只是在后来新的检验中暴露出弱点。因此有必要将所有的科学知识视为实质上是暂时的,可以作为经受时间考验的有用的指南,不过有可能被将来的研究所证伪。

如果科学知识只是暂时性的,为什么它被赋予了比其他形式的知识更高的地位?通常的回答是科学知识更有价值,因为在科学知识提出和被接受的过程中,如果科学知识有什么弱点,那么就会很快被察觉和纠正。一个真正的科学命题是精确表述的,这样可以尽可能地增加它的检验度,抑或当任何检验有可能拒绝它时,增加它的“证伪度”(Popper, 1959)。科学知识由于愿意以能够经受严格检验的方式来表达它的陈述,因而不同于伪科学。伪科学擅长作模糊和圆滑的概括,这样的

概括无法由任何经验性的检验证伪。人们普遍注意到,与现代科学的产生相伴随的是一类研究者职业的出现,他们致力于发展那种可以经受检验的知识。有些人可能会赞同波普的观点,认为科学家有意根据更能证伪的标准来选择假说。

虽然人们不再宣称科学揭示的是关于自然的绝对真理,但是绝大多数科学家仍然赞同哲学家的新观点,因为这种观点并不反对科学方法的客观性本质。科学家一般都相信他们是客观的,因为他们愿意使自己的假说经受严格的检验;而且他们倾向于认为他们的先驱——几个世纪以来的科学家——同样是客观的。这种看法意味着,一旦科学的方法得以使用,那样就开始了不断发现的过程,并且奠定了我们今天工作的基础。显然存在着一种意识,即科学研究在拓宽和加深我们对自然的理解。如果科学做不到这一点,那样我们便不可能不断提高技术的复杂性来控制自然。当科学研究拓展了已有的理论,使之可以解释更广泛的现象时,就难以将科学视作实质上只是一种积累的过程,届时我们会遇到了科学思想中的伟大“革命”;这些革命表明以前成功的理论是不正确的,并以说明自然如何活动的全新解释取而代之。假说—演绎法显然无法枪毙这种革命。如果所有假说之所以被接受只是依据暂时性的基础——因为哪些假说通过了它们当时所能经受的检验,那样我们就应该允许将来哪些假说有可能遭受拒绝,并进而动摇了整个理论。这样,一种新的假说会应运而生,解释所有存在的事实信息和为旧理论带来问题的新的研究领域。只要新的理论涵盖面更广,即使我们必须承认科学的理论基础随着时间经历了重大的转向,我们依然认为科学具有不断积累的特性。

原则上讲,一旦现有的理论不能被实验所验证,整个科学共同体就会立刻抛弃它,并开始寻找替代的理论。然而,按照库恩(T. S. Kuhn, 1962)的观点,[科学]革命实际上是非常复杂的事件,因为理论对科学家有很大的影响,超出了波普的认识(见 Lakatos 和 Musgrave, 1970)。成功的理论成为科学活动的“范式”:范式不仅确定可以接受什么样的处理问题的方法,而且确定什么是科学分析所考虑的。更重要的是,出于对现有范式的职业忠诚,许多科学家会拒绝异常事实的意义,并竭力假装老的系统仍然可以正常运行。只有当异常的数量多到无法承受的地步时,“危机”便出现了,这时,年轻而激进的科学家便会投向新的理论。最终,建立了一种新的理论,这一新的理论可以解决旧理论遗留下来的难题。然后新的理论便成为一个新的范式;当然,必须要等到老一代科学家都逝世后新的范式才能确立。

库恩更重视将科学家作为人来研究。他们对于在受教育期间接受的范式表现出了一种情感上和职业上的忠诚,这样便使那个范式的寿命得以延长,即使出现明显的变革特征,该范式依然存活。这里第一次出现迹象,动摇了科学家是完全客观的传统观点。如果库恩的看法是对的,那么阻止革命到来的因素可能是别的什么,而不是出于客观性——相反,阻挠科学革命的人利用一切现成的技巧来捍卫许多人毕生所信奉的理论。不过库恩依然认为科学的客观性最终还会占据统治地位。

旧的范式后来被抛弃,并被可以成功地解决突出问题的新范式所取代。只有当范式可以直接研究那些能真正扩展我们的知识范围的纲要时,范式才能成功。科学的职业是围绕这些纲要组织起来的,只是在危机时期,对原范式的忠诚才成为进步的障碍,因为这时更基本的变化显得更加突出。

库恩的范式变化的经典例子是哥白尼革命;乍一看似乎有理由认为达尔文革命也适合这一模式。基于宇宙是上帝设计的,是静止的世界观,被完全不同的、将宇宙视为自然进化体系的观念——虽然有许多人对此持有异议——取代了。在进化论这个案例中,范式的替代似乎经历了很长时间。当然,按照库恩的设想,时间的长短并不是问题。毕竟哥白尼革命用了一个世纪才完全获胜。而达尔文革命要比哥白尼革命更复杂,因为在达尔文革命的案例中,有时传统的观念会出现暂时的回潮。格林(John C. Greene, 1971)认为,我们在达尔文革命这个案例中所看到的并不是一个范式被另一个范式所取代,而是两个范式之间的不断争斗,其间,运气有时降临到这一方,有时降临到那一方,直至达尔文主义的出现,两个范式之间的矛盾才解决。当然,即使这样看也过于简单,因为无论是特创论的范式还是进化论的范式,它们在发展过程中都发生过重大的改变。

也许达尔文革命更复杂,因为达尔文革命不仅是库恩所说的科学革命(Ruse, 1970; Ghiselin, 1971; Mayr, 1972a)。在库恩看来,一场科学革命是在已经确立的科学中用新的范式取代旧的范式。在哥白尼之前,天文学中已经有地球中心说可以比较成功地解释行星的运动。如果说在达尔文革命之前博物学中有一个范式,那它也是建立在稳态观上的,忽视了对进化论来说至关重要的变化成分。首先有必要认识到,地球及地球上的生物会有历史,这就要求不仅要取代已有的理论,而且要建立一系列全新的科学。只有建立了地质学、古生物学和实验遗传学等学科之后,才有可能形成现代形式的达尔文主义。无疑,要经过长时间以后才可以建立这些新科学的框架,而且在建立的过程中会提炼出许多不同的观念。围绕进化论的出现而产生的科学争论不仅是在一门科学中革命的产物。相反,它们是整个新产生的科学学科系列之间相互作用的结果。这些学科在达尔文革命完成之前,不得不相互适应。

虽然库恩论著部分地动摇了科学是客观的观点,但是它忽视了历史学家和社会学家在追问人们接受的科学知识观时所根据的最迫切的理由。按照假说—演绎的方法,人们提出有关自然作用的新观点,然后检验这些观点;科学的客观性体现在检验过程中。但是一个新假说的形成并不是科学家面对事实问题作出的机械反应。假说的形成不仅包括已知事实的收集,而且代表了想象力的飞跃,其中也包含了艺术家创作时所具有的创造力(Bronowski, 1975)。如果我们认识到,任何理论,无论多么成熟,只不过是接近“真正的”自然结构,那么不同理论的有效作用可能在于能够引导我们的研究。因此有必要探讨为什么科学家从其直觉的认识中得出某

一假说。因为他也是人,也生活在某种特定的文化氛围和社会中,很难相信他所接受的理念和价值对于激发他按照某一思路进行想象没有起到作用。现存的理论被接受时通常具有了哲学或意识形态的含义,因而似乎没有理由认为(有意或无意)认识到这些含义实际上将决定每一种理论的产生。如果是这样,那么我们对于科学知识的探讨,像人类的其他活动一样,必须根据社会价值的氛围来理解。我们不能将科学完全独立地看待成是绝对真理的说明,必须从“知识社会学”的角度来看待科学(Mulkay, 1979),而科学史学家能够从事这项工作(Barnes 和 Shapin, 1979; Shapin, 1982)。

认为主观因素在科学中起作用,并不就一定意味着我们必须将科学知识看成是纯粹的幻想。不断检验的方法保证了只有当一个理论可以有效地指导发现事实时,这个理论才能被接受。这样就确保了无论科学的基础是什么,但科学是唯一真正具有积累性的知识形态。至少对假说的检验是真正客观的(当然,有极少数的理论具有很强的意识形态色彩,支持它们的证据很薄弱,或者就是假的)。按照最初的概念,理论在很大程度上是要有永恒的影响,而一些由科学家所在的环境中产生出的成见却成了构建自然假说的模式。于是,科学史学家的主要工作就成了均衡地去理解在一定的社会框架中理论是如何产生的,以及如何成功地引导对自然的探讨。

史学家总是能认识到科学与文化的其他领域,特别是宗教,存在着相互作用,但是经常有人将这种关系看成是单向的。过去人们认为,当科学积累起它自己的事实知识形态,而且当科学知识动摇了现存的宗教教义后,宗教则被迫遭到遗弃。这是典型的关于科学与宗教之间“战争”的想象(White, 1896),根据这种想象,在这场战争中科学肯定获胜。这种观点的反对者则认为,科学家有时是试图将他们的理论与流行的宗教协调起来;但是也有人曾经认为,一旦发生这样的事,宗教就会导致对科学的歪曲,使科学偏离正确的轨道,最后,一个“纯”的理论完全取代了原来的理论。一旦科学知识大致确立后,接着就有可能显示出它对解决社会或哲学问题的实际用途,但是这与科学知识是如何获得的并没有关系。这样的解释曾促使将科学史学家分成了两个阵营:研究科学发现纯客观过程的“内史学家”和探讨社会如何对科学家提供的知识作出反应的“外史学家”。

假如我们现在质疑科学完全是客观的观点,那样我们就应该将科学理论结合到它的社会环境来考虑。所有的理论,无论“对”(即至今仍被接受)还是“错”(现在已经被抛弃),在它最初形成时,都会受到外界的影响。将科学史划分成内史和外史是毫无意义的,因为在任何层次上科学的发展都代表了主客观的相互作用。科学的任何领域都不能完全孤立地发展,即使是物理学这种可能更难理清外界影响的领域也是一样。在生物学中,来自外界的社会或文化因素影响的可能性更大,因为很多生物学理论直接涉及对我们人类的理解。进化论就是一个典型的例子,而

且早在我们对待科学知识的态度发生了现代革命性变化之前,就已经有人提出进化论的形成受到外界的影响。有些19世纪的作家甚至认为达尔文的“生存斗争”和维多利亚时期资本主义倡导的竞争的社会思潮之间的相似性太大了,简直如出一辙,表明这个科学理论仅仅是将来自社会的想象外推到自然。大致说来,进化论成了科学先头兵,率先侵入到完全由神学家和道学家把持的知识领域。要求任何知识领域,无论它们曾经多么神圣,都应该向科学开放,这本身就是一种特殊的世俗化价值体系的反应。

随着关于科学性质的基本态度在发生变化,史学家开始重新解释达尔文革命的方方面面。在开始详细的历史研究之前,有必要按照传统史学框架说明那些遭到现代学者挑战的问题。

达尔文的“先驱”

最简陋的科学史形式就是无聊地去探讨某些思想的先驱或追随者。达尔文的成就也引起了那些寻找先驱者的注意。从博物学家当中,有人远溯到亚里士多德,把他誉为“真正”发现进化的人。更常见的是,一些18世纪的学者,包括布丰和拉马克,被描述为进化论的先驱,他们几乎构建了现代理论的轮廓。那些从事这种历史研究人的动机各式各样。有少数人只是想通过宣称达尔文只不过是在别人已经奠定的基础上添砖加瓦而企图巧妙地贬低达尔文本人的真正作用。更普通的原因是,寻找先驱是一些科学家的技术上的考虑,他们无法相信在我们今天看来是如此明显的真理竟然长时间未被发现。如果达尔文的革命理论正确地解决了如此多的生物学问题,那么在达尔文之前有某些人肯定窥见了至少是部分真理。那些按照旧的想象——即把科学视为事实知识不断积累过程——而从事历史研究的人,简直无法接受有可能发生真正的科学革命;他们根本不能想象在历史上存在着这样的时期,那时现代的观念毫无踪影,因为在那时的智力环境中,现代的观念不可能形成。相反,他们从早期的文献中寻找关于这一真理的蛛丝马迹,试图从传统的错误自然概念中找到真理的雏形。

寻找先驱的做法在处理18世纪的博物学家时尤其易产生误导,好像他们的著作中真的把握了生物变化问题。如果将18世纪博物学家不同著作中的片言只语拼接起来,脱离原来的上下文,看起来很像是预先提出了现代的进化论。然而史学家的真正工作并不是对应现代的观点去拼接过去的论述。相反,史学家的真正工作是重建早期科学家真正思考的他们认为是有意义的问题。这就意味着要完全从他们的角度去阅读他们的著作,重建他们探讨各种问题的氛围。如果有些观点,我们现在认为是重要的,但是却淹没在他们浩瀚的著作中,而且主要是意指其他,那么对这些观点就不能给予很高的评价。前达尔文时期博物学家成就的意义并不在于他们试图去解决达尔文所面临的问题和未能解决,而在于他们发现了许多途径去探讨宇宙变化的含义。只有正确地认识当时的文化价值,才能真正理解18世纪

的“进化论”。这个时期的博物学与启蒙哲学的一般背景相适应,而且从某些方面看,在这种背景中并不能产生出与今天的观点几乎相同的观点(Roger, 1963; Foucault, 1970; Bowler, 1974a)。

地质学的背景

造成智力环境发生变化,从而使达尔文主义有可能出现的因素很多。在科学内部,地质学和古生物学的重大发展,为达尔文的思想提供了基本的框架,史学家对此给予了特别的关注。因为达尔文提到过赖尔的重要影响,所以通常就有人设想均一论的地质学是通向现代进化论的一个阶段,而相对立的剧变论只是科学发展的一个障碍。最先提出来在评价赖尔的体系时要特别小心的是胡依卡斯(Hooykaas, 1959),最近还有些工作也是这样做的(Rudwick, 1971, 1972; Bowler, 1976a)。达尔文从赖尔那里获得的是连续变异的思想,不过赖尔本人却将连续变异的思想与稳态的观点联系起来,这种观点与进步进化论针锋相对。剧变论者使变化的观点有了生机,并且利用变化的观点第一次合理地勾勒出化石记录的全面轮廓。然而很少有人能认识到剧变论者贡献了我们依然使用的思考生命史的思路,因为多数剧变论者认为替代群体的引入是由于特创。

随着我们试图产生更均衡的解释,我们可以获得两个教益。首先是有必要清除关于科学发展的传说。赖尔曾经(相当正确地)被誉为新地质学和博物学的创始者以及从某些方面说更理性的研究者。由于侧重于他的积极成就,有些史学家过于简单地理解 19 世纪早期复杂的科学形势。因为按照我们今天的理解,剧变论者通常被认为是“错的”,所以支持剧变论的人一直没有被当作科学家来认真对待,尽管事实上他们中的许多人对于建立现代的地层顺序理论起到了主要的作用。虽然赖尔的观点占据了明显的优势,但是我们必须准备承认我们现代的观点事实上来自 19 世纪争论双方的综合。如果认识到剧变论者的贡献,我们就可以看到,在科学史的一定时期,不连续变化的观点曾经起到过积极的作用,尽管我们今天会怀疑它。我们还会认识到把任何理论标上绝对正确或错误的标签是何等的危险,现代的一些地质学家凭着意愿这样干过,他们曾经一再从剧变事件的角度来解释恐龙的灭绝。

第二个教益是关于宗教在 19 世纪科学发展中所起到的作用。剧变论者显然从神学的角度倾向于支持基于突然变化的理论和物种的超自然创造。他们的观点通常被贬斥为只不过是人为的构想,出发点只是要维护传统的宗教。不过很难理解只是出于这种目的形成的理论怎么能成为某些地质学研究的框架。赖尔根据其他的哲学建立了他的理论。我们必须认识到,宗教争论曾经构成了一个框架,届时所有科学家都不得不在这个框架中从事他们的工作。那时所有的理论都有宗教的成分,而且在一定的科学形势中是有用的。挑选出一种理论,然后宣称它没有受到外界的影响(因而成了更“科学”的理论),这完全是在背离真实的情况而创造一种

人为的图景。科学发展的氛围一再决定着所提出理论的性质。

达尔文主义的起源

一直有人在研究达尔文本人的自然选择进化论的起源(见 Oldroyd, 1984)。根据大量的专业资料,对达尔文的文章的研究揭示出,我们在理解他本人在自传中对自己的发现所作的评价时,应该非常小心。最有争议的问题仍然是非科学的因素对他的影响到底有多大。内史学家总是强调他的研究的客观性质,将他的理论勾画成针对一系列技术问题所能找到的最合理的解释(de Beer, 1963; Ghiselin, 1969)。现代的一些持异议者则针锋相对地认为达尔文主义肯定是当时流行的社会哲学的扩展(例如,Young, 1971b, 1973)。马尔萨斯人口理论的影响——达尔文提到过这个理论的重要性——仍然是问题的焦点,因为这件事表明社会态度与科学之间存在着一种清楚的关系,并且可能对科学造成一定的影响。我们现在更加清楚地认识到年轻的达尔文非常醉心于当时的一般文献。有些史学家认为可以从早期的自然选择论述中找到旧的神学观点,还有人则强调达尔文省悟到他的理论中带有唯物论的含义。无论怎么看,都不会再有人认为达尔文只是客观地研究现象,没有受到过哲学的影响。为了理解达尔文理论的起源,我们既需要看一下一般的环境因素对他思想的影响,又要看一下他通过什么途径用自己的见解解决特定的科学问题。

在对达尔文工作的专门研究中,那些开始强调他关于“发生”(即有性生殖和生长)猜想重要性的学者们提出了最令人激动的见解(Hodge, 1985)。现在我们可以看出,达尔文唯物论的形成来源于他通过研究得出生殖可能在新变异的产生中起到创造性的作用。这种看法与原先的解释不同,从而搞清楚了达尔文的思想与上个世纪唯物论猜想之间的联系。霍奇除了认识到达尔文最初的发现,还提出我们对于进化论如何发展的看法应该有所改变,应该包括关于生长和生殖的连续猜想所起到的基本作用。存在于达尔文生平研究与关于生殖机制争论之间的人为界限应该取消。在整个19世纪,人们都对个体的生长过程感兴趣,这对进化论具有很深的影响。

对达尔文主义的接受

这些关于达尔文主义性质的新观点,对于评价进化论的被接受和流传具有一定的意义。近来的许多史学研究(其中有些是我的工作;见 Bowler, 1983, 1986)强调了在一定程度上19世纪后期的进化论具有非达尔文主义的特征,即那时的进化论并不是建立在现代生物学家认为更有意义的达尔文思想的内容上。甚至达尔文最忠实的支持者,包括T·H·赫胥黎,也很少运用自然选择学说。尽管事实上很快出现了反对自然选择的观点,但是“达尔文主义”(其含义只不过是基本的进化观)还是流行开来。这就意味着我们需要追问一个新的问题,《物种起源》如何成为科学中一个新时代的标志。进化论的胜利既是社会性的,又通过使那些曾竭力反

对达尔文首创思想的科学家转变了态度而赢得知识分子的欢迎。

当我们的注意力不再关注反对自然选择观点的兴起,而是那些作为替代理论提出的非达尔文主义观点时,同样会发现重要的意义。如果达尔文的激进观点催化产生出的进化论被许多“后达尔文主义时期”的思想家忽视的话,我们有何理由仍将自然选择学说的出现视为进化论历史上的关键事件(Bowler, 1988)? 有大量的证据表明,在“前达尔文时期”,“发育”模式的进化论就很流行,当《物种起源》促使人们广泛接受生物变化的思想后,这种进化论的影响也在增加。19世纪后期的非达尔文理论,通常带有进步论者的色彩,并隐含着神学观点:它们认为,进化具有向某一特定目标发展的倾向,如同胚胎向着成熟发育一样。将进化类比为胚胎发育使许多与达尔文同一时代的人忽略了达尔文理论的更激进方面,确切地说,就是当代生物学家发现更有用途的方面。只有当孟德尔遗传学摧毁了这种类比的合理性后,真正的、唯物论的进化论才有可能流行。这样看来,达尔文原初的理论更像是一种催化剂,并没有真正参与19世纪进化论的兴起。现代进化论不仅来源于达尔文原来发现的自然选择机制,而且来源于遗传学家对传统的发育进化模式的摧毁。

在后面章节中的适当地方还会重新评价达尔文的地位。我想,如果认为达尔文在进化的探讨中并没有起到了关键的作用,对于这种观点,这个世界恐怕无法接受。但是,依我看来,当下人们之所以对达尔文所发现的自然选择学说着迷,部分原因在于现代生物学综合了选择论和遗传学。史学家一直受到鼓励,去将达尔文理论的起源作为进化论出现的关键事件,因为我们现在认识到自然选择是一个重要的理论突破。这样便在一定程度上掩盖了非达尔文主义的观点统治19世纪后期进化论者的状况。有一种多少是线性的理论史模式也一直受到助长,按照这种模式,现代综合论的出现是达尔文首创的概念作为“主线”发展的结果。

有很多明显的原因促使现代生物学家情愿把非达尔文主义进化论贬低为历史上的旁支、在今天毫无意义的理论。不过,文化史学家在研究过去时更需要具备同情心。公众对进化论的态度仍然受着19世纪形成的想象中的关于这个理论及其含义的影响,因此,对史学家来说,至关重要的是要理解这种想象是怎么产生出来的,也许还必须包括其中的非达尔文主义成分是怎么产生出来的。然而,许多文化和社会史学家一直顺从地接受科学家的非达尔文主义进化观不值得研究的观点。即使那些不相信现代唯物论含义的学者也发现,确实很容易把达尔文当作科学如何影响现代价值观的标志。这样,生物学家及其批评者共同维持了一种历史观。根据这种观点,达尔文主义在现代进化论的产生中起到了中心作用。没人怀疑达尔文的理论对现代科学和思潮有过重大的影响,但是我们必须记住,历史的研究正在揭示出这种影响要比传统图画勾勒出的影响微妙得多。

参考文献

- Barbour, Ian C. 1966. *Issues in Science and Religion*. Englewood Cliffs, N. J. : Prentice-Hall.
- Barbour, Ian C. 1968. *Science and Religion: New Perspectives on the Dialogue*. New York: Harper & Row.
- Barnes, Barry, and Shapin, Stephen. 1979. *Natural Order: Historical Studies of Scientific Culture*. Beverly Hills and London: Sage Publications.
- Bowler, Peter, J. 1974a. "Evolutionism in the Enlightenment." *History of Science* 12: 159 - 183.
- Bowler, Peter, J. 1975. "The Changing meaning of 'Evolution.'" *J. Hist. Ideas* 36: 95 - 114.
- Bowler, Peter J. 1976a. *Fossils and Progress: Paleontology and the Idea of Progressive Evolution in the Nineteenth Century*. New York: Science History Publications.
- Bowler, Peter J. 1983. *The Eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian Evolution Theories in the Decades around 1990*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Bowler, Peter J. 1986. *Theories of Human Evolution: A Century of Debate, 1844 - 1944*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. Oxford: Basil Blackwell.
- Bowler, Peter J. 1988. *The Non-Darwinian Revolution: Reinterpreting a Historical Myth*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Bronowski, Jacob. 1975. *Science and Human Values*. New York & London: Harper Colophon.
- Cannon, Walter F. 1960a. "The Uniformitarian-Catastrophist Debate." *Isis* 51: 38 - 55.
- De Beer, Gavin. 1963. *Charles Darwin: Evolution by Natural Selection*. London: Nelson.
- Eiseley, Loren. 1958. *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered it*. New York: Doubleday.
- Ellegard, Alvar. 1958. *Darwin and the General Reader: The Reception of Darwin's Theory of Evolution in the British Periodical Press, 1859 - 1872*. Goteburg: Acta Universitatis Gothenburgensis.
- Foucault, Michel. 1970. *The order of Things: The Archaeology of the Human Science*. New York: pantheon Books.
- Ghiselin, Michael T. 1969. *The Triumph of the Darwinian Method*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Ghiselin, Michael T. 1971. "The Individual in the Darwinian Revolution." *New Literary History* 3: 113 - 134.
- Gillispie, Charles Coulston. 1951. *Genesis and Geology: A Study in the Relations of Scientific Thought, Natural Theology and Social Opinions in Great Britain, 1790 - 1850*. reprinted new York: Harper, 1959.
- Glass, Bentley, et al. eds. 1959. *Forerunners of Darwin, 1745 - 1859*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Gould, Stephen Jay. 1977a. "The Eternal Metaphors of Paleontology." In A. Hallam, ed., *Patterns of Evolution*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 1 - 126
- Greene, John C. 1959a. *The death of Adam: Evolution and Its Impact on Western Thought*.

- Ames: Iowa State University Press.
- Greene, John C. 1971. "The Kuhnian Paradigm and the Darwinian revolution in Natural History." In Duane H. D. Roller, ed., *Perspectives in the History of Science and Technology*. Pp. 3 - 35. Reprinted in Greene, *Science, Ideology, and World View*. Pp. 30 - 59.
- Haber, Francis C. 1959. *The Age of the World; Moses to Darwin*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Hempel, Carl. 1966. *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, N. J. : Prentice-Hall.
- Himmelfarb, Gertrude. 1959. *Darwin and the Darwinian Revolution*. Reprinted New York: Norton.
- Hodge, E. J. S. 1985. "Darwin as a Lifelong Generation Theorist." In D. Kohn, ed., *The Darwinian Heritage*. Pp. 207 - 243.
- Hofstadter, Richard. 1959. *Social Darwinism in American Thought*. Revised edition, New York: George Braziller.
- Hooykaas, R. 1959. *Natural Law and Divine Miracle: The Principle of Uniformity in Geology, Biology and History*. Leiden: Brill.
- Irvine, William. 1955. *Apes, Angels and Victorians: The Story of Darwin, Huxley and Evolution*. London: reprinted Cleveland, Meridian Books, 1959.
- Jaki, Stanley. 1978a. *The Road of Science and the Way to God*. Chicago: University of Chicago press.
- Kuhn, Thomas S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. Reprinted 1969.
- Lakatos, Imre, and Musgrave, Alan. 1970. *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayr, Ernst. 1964. Introduction to Charles Darwin, *On the origin of Species*. Facsimile reprint, Cambridge, Mass. : Harvard University Press.
- Mayr, Ernst. 1972a. "The Nature of Darwinian Revolution." *Science* 176:981 - 989. Reprinted in Mayr, *Evolution and the Diversity of Life*. Pp. 277 - 296.
- Mayr, Ernst. 1982. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.
- Montagu, Ashley. 1952. *Darwin: Competition and Cooperation*. New York: Henry Schumann.
- Mulkay, Michael. 1979. *Science and the Sociology of Knowledge*. London: Allen and Unwin.
- Oldroyd, D. R. 1984. "How Did Darwin Arrive at His Theory?" *History of science* 22:325 - 374.
- Peacocke, A. R. 1980. *Creation and the World of Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Popper, Karl. 1959. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson.
- Roger, Jacques. 1963. *Les Sciences de la Vie dans la Pense Francaise du XVIIIe Siècle*. Paris: Armand Colin.
- Rudwick, Martin J. S. 1971. "Uniformity and progression: Reflections on the Structure of

- Geological Theory in the age of Lyell." In Duane H. D. Roller, ed., *Perspectives in the History of Science and Technology*. Pp. 209 - 227.
- Rudwick, Martin J. S. 1972. *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Paleontology*. 2nd ed., New York: Science History Publications, 1976.
- Ruse, Michael. 1970. "The Revolution in Biology." *Theoria* 35:13 - 22.
- Russell, C. A. ed. 1973. *Science and Religions Belief: A selection of Recent Historical Studies*. London: University of London Press/Open University Press.
- Shapin, Steven. 1982. "History of Science and Its Sociological Reconstructions." *History of Science* 20:157 - 211.
- Teilhard de Chardin, Pierre. 1959. *The Phenomenon of Man*. Introduced by Julian Huxley. London: Collins.
- White, Andrew Dickson. 1896. 2 vols. *A History of the Warfare of Science with Theology*. Reprinted new York: Dover, 1969.
- Young, Robert M. 1971b. "Evolutionary Biology and Ideology: Then and Now." *Science Studies* 1:177 - 206.
- Young, Robert M. 1973. "The Historiographical and Ideological Context of the Nineteenth - Century Debate on Man's Place in Nature." In M. Teich and R. M. Young. Eds., *Changing Perspectives in the History of Science*. Pp. 344 - 438.

(本文选自皮特·J·鲍勒著《进化思想史》，田洛译，江西教育出版社，1999年，1~31页。)

延伸阅读

[美]爱因斯坦:《相对论的意义》，郝建纲等译，上海:上海科技教育出版社，2001年。

[奥]W·泡利:《相对论》，凌德宏等译，上海:上海科学技术出版社，1979年。

[德]A·赫尔曼:《量子论初期史》，周昌忠译，北京:商务印书馆，1980年。

[美]J·梅、H·雷琴堡:《量子理论的历史发展》第一卷第一分册《普朗克、爱因斯坦、玻尔和索末菲的量子理论:它的奠立及其困难的兴起,1900~1925年》，戈革等译，北京:科学出版社，1990年。

[美]戴维·玻姆:《整体性与隐缠序:卷展中的宇宙与意识》，洪定国等译，上海:上海科技教育出版社，2004年。

[日]广重彻:《物理学史》，李醒民译，北京:求实出版社，1988年。

[英]史蒂芬·霍金:《时间简史》，许明贤等译，长沙:湖南科技出版社，2001年。

[英]罗杰·彭罗斯:《皇帝新脑》，许明贤等译，长沙:湖南科技出版社，1995年。

曹天元:《量子物理史话》,沈阳:辽宁教育出版社,2006年。

[奥]薛定谔:《生命是什么》,上海外国自然科学哲学著作编译组译,上海:上海人民出版社,1973年。

[英]达尔文:《物种起源》,周建人等译,北京:商务印书馆,1963年。

[英]达尔文:《一个自然学家在贝格尔舰上的环球旅行记》,周邦立等译,上海:上海远东出版社,2004年。

[美]威廉·科尔曼:《19世纪的生物学和人类学》,严晴燕译,上海:复旦大学出版社,2000年。

[美]加兰·E·艾伦:《20世纪的生命科学史》,田沼译,上海:复旦大学出版社,2000年。

[美]霍勒斯·贾德森:《创世纪的第八天:20世纪分子生物学革命》,李晓丹译,上海:上海科学技术出版社,2005年。

[英]理查德·道金斯:《自私的基因》,卢允中等译,长春:吉林人民出版社,1998年。

[美]史蒂芬·杰伊·古尔德:《自达尔文以来》,田沼译,北京:三联书店,1997年。

[美]刘易斯·托马斯:《细胞生命的礼赞》,李绍明译,长沙:湖南科技出版社,1992年。

[美]沃森:《双螺旋——发现DNA的故事》,刘望夷等译,科学出版社,1984年。

第5编 研究风格的转向：内史论、 外史论和社会建构论

导 读

历史地看,科学是一个动态的概念,它随着时间发生着变化。从一般的观点来看,这种变化被认为是一种进步。因此,科学史研究必定会面对的一个任务是,需要解释科学随时间的变化或进步。尤其是对于科学史上的那一些关键变化——暂时不论认定这些个关键变化时可能已经带有的理论渗透——如哥白尼革命、达尔文革命、爱因斯坦的奇迹年等,需要给出合理、充分的解释。

在试图给出这样的解释时,早期的科学史研究一般采用所谓的内史研究,就是只关注对科学本身的内部发展历史的研究,这种研究规范默认了科学发展受其自身的内在规律控制,强调科学发展中的概念、方法、理论、实验等,基本上不考虑社会因素对科学发展的影响——这种影响即使有,也只是表面的,在内史论者看来社会因素不能对科学知识的结构、特性和科学发展方向等施加影响。本书第二、三、四编中收录的文章,大部分都属于内史研究的范围。

一般认为,从20世纪30年代开始,以默顿的《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》一书为代表,科学史研究开始重视外部社会因素对于科学发展的影响,开始了从内史研究向外史研究的转向。此后外史研究逐渐形成一种潮流,内、外史研究之间的争论也随之展开,形成各擅胜场的局面。到20世纪70年代往后,随着“科学知识社会学”等各种新的研究纲领粉墨登场,内、外史之争,或内、外史之分,在各种新的视角下有被消解的趋势,但是也引发了在真理、实在等基本问题上更深刻的纷争,可以说至今尘埃仍未落定。

然而,如果说内史论和外史论还算是紧扣着科学史主题的话,那么“科学知识社会学”往后的各种后现代纲领的主要任务不是为了构造一种完善的编史学纲领,它们真正关注的是现实中的科学,其研究风格与其说是历史的还不如说是哲学的。科学史在这里的主要功能是提供了一种有助于论证的案例库,有时也会顺便得到重新解释。

本编第一篇《清教主义、虔信主义与科学：检验一个假说》^[1]选自默顿的代表作《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》一书，该书被认为是确立了科学史外史研究规范的奠基之作。在这篇文章中，实际上在他的整部书中，默顿强调了新教背景对17世纪英国科学的积极意义。在这一章中，默顿从各个方面去论证了这样一个假设：新教徒与科学具有密切的关联。全篇共分成“皇家学会中的清教成分”、“新型教育，重物不重言”、“欧洲大陆上的新教徒”、“新英格兰的新科学”、“虔信派现实主义”、“教育兴趣与宗教联盟”和“新教徒科学家的优势地位”共7节来展开论述。

皇家学会是英格兰第一个科学组织，它为默顿的研究提供了一种“独特适用的素材”（[1], p. 155），因为默顿相信清教主义与科学有密切的关系，而这种关系应该能在皇家学会的组成中反映出来。默顿对皇家学会早期成员的宗教倾向的考查表明，他们大多具有新教背景，“在皇家学会1663年的那份首批会员名单上，在其宗教倾向可考的68名会员中，有42位肯定是清教徒”（[1], pp. 157-158）。当时清教徒在英格兰的总人口中占少数，而在皇家学会中却占到近三分之二，这是很引人注目的。

新教与科学的这种密切关联不仅仅在皇家学会内部反映出来。默顿进一步论证了清教徒在教育改革中的影响，清教徒们“寻求把现实主义的、功利主义的、经验性的新型教育引入英格兰”（[1], p. 160），这些价值规范会“导致对科学技术研究的强调，对现实的强调”（[1], p. 161）。清教徒们在英格兰创办了许多学院，强调现实主义和科学教育，这对当时英格兰的科学和技术无疑是一种推动。

默顿进一步对英格兰的清教学院和欧洲大陆上的新教教育的发展进行了比较，后者同样对促进科学兴趣的传播起了重要的作用。默顿接着又论证了美洲殖民地新英格兰的清教主义也与科学紧密相联。“新英格兰的清教牧师总的来说在赞助和促进新的天文学及科学方面起了最重要的作用。”（[1], p. 166）“哈佛教育计划中的科学内容在很大程度上起源于新教徒彼得·拉莫斯，……与天主教大学的教学计划相反，这套计划极为重视科学研究。”（[1], p. 167）

然后，默顿又把英国的清教学院和德国新教虔信派的学校作了比较。清教主义和虔信主义的伦理原则几乎相同，“几乎可以把虔信主义称作清教主义在欧洲大陆上的对应物”（[1], p. 169），因此清教主义与科学技术的关系自然也反映在虔信主义那里。默顿用许多实例证明了德国及其他地方的虔信派信徒与“新型教育”（即对科学技术科目的研究和对现实的研究）确实结成了牢固的联盟。“虔信主义在哪里对教育制度施加了影响，随后那里就会发生大规模引进科学技术学科的活动”（[1], p. 170）

在“教育兴趣与宗教联盟”中，默顿通过“对新教徒和天主教徒在主要传授科学的学校和主要传授其他科目的学校（占大多数）中所占的比例进行比较”（[1], p. 173），用统计数字进一步雄辩地证明了新教徒具有推崇科学技术的倾向。一切证

据都说明,“新教徒学生在以科学训练为重点的学校中所占的比重无一例外地逐渐增加,而天主教徒则将兴趣集中于经典及神学的训练”([1],p.173)。

在最后一节“新教徒科学家的优势地位”中,默顿利用可能获得的资料,分析了科学家群体中新教徒科学家和天主教徒科学家的相对比例,得出的结论是,“相对来说,新教徒在优秀科学家中占压倒多数”([1],p.177)。

为什么清教与科学有这样密切的关联?默顿在文章的最后给出了一个解释:“清教的不加掩饰的功利主义、对世俗的兴趣、有条不紊坚持不懈的行动、彻底的经验论、自由研究的权利乃至责任以及反传统主义——所有这一切的综合都是与科学中同样的价值观念相一致的”([1],p.183)。

本编选录的第二篇《根本不应成为问题的内史论与外史论之争》^[2]一文是苏联科学史家米库林斯基在1977于爱丁堡召开的第15届国际科学史大会上的报告。当时内史论与外史论之争已经持续了约40年。在米库林斯基看来,这种争论并没有把相关问题澄清,反而“比40年以前更加模糊不清”([2],p.61)。作者在文章一开头就非常果断地指出:“无论是内史论还是外史论都代表了一种简单的、局限性的和片面的设想,因此说不上在两者之间作出选择”,“因为这两种理论构思都是错误的,所以把它们综合在一起也不可能有成果,……只有摒弃这两种构思,并且发展一种取而代之的理论,才能解决问题”([2],p.61)。

米库林斯基接下来在文章中分为“内史论和外史论以及科学史中的因果问题”、“科学的社会特点和它的决定机制”、“重新建立一种科学理论起源的尝试”三个部分展开论述,最后是“结论”部分。

在第一部分开头米库林斯基就确立了这样一个原则:“如果一种概念宣称它有能力从理论上说明科学史,即有能力起到科学史研究中的方法论的作用,它就应该把科学发展解释成为一种有规律的过程并确定它的动力。”([2],p.62)这样一条原则也许不会得到所有人的同意。但是在米库林斯基看来,“科学的历史学已经成熟,并且已变成为在本身的结构中具有的经验知识和理论知识的独立科学。它不再是一门单纯的描述性的科学,而是已成为了一门阐明性的科学。正是这一事实产生了重新说明它的理论基础的必要。”([2],p.62)

在上述原则的基础上,米库林斯基对内史论和外史论展开了评价,或者说批判。作者指出内史论“把科学知识的发展仅能从它本身得到解释这一命题绝对化了,并且把科学概念的发展而引起的科学发展的分析原则限制在这些科学概念之内”([2],p.62),内史论不能回答科学史上的某一次革新为什么发生在这个时候而不是那个时候、为什么发生在这个地方而不是那个地方等问题。而外史论则相反,从一开始就推进科学发展的历史因果关系的解释。但是外史论利用庸俗社会学和经济决定论,“试图把科学发展直接推断是由于社会和经济条件造成的”([2],p.

62)，“把科学缩小为仅仅是社会和经济条件的伴随现象，忽略了科学的特定性和相对独立性”([2], p. 63)。作者还指出，外史论表面上是反内史论的，但是它也把社会和历史条件看成纯粹是科学外部的东西，“而这正是内史论的概念”([2], p. 63)。

作者在这一部分的后半部分还着重强调了马克思主义科学史观与外史论的不同，“这两种研究科学的方法是根本不同的，如果不去把它们区别开来而是予以互相混淆在一起，那就意味着在逻辑方面争吵不休。”([2], p. 63)内史论与马克思主义的科学发展理论固然有本质的差别——因而前者也反对后者，但是把马克思主义科学发展理论称作外史论，“就像把莎士比亚、巴尔扎克和列夫·托尔斯泰极其精确地描写了人民的生活而把他们称为自然主义者一样荒谬”([2], p. 64)。

在“科学的社会特点和它的决定机制”这一节中，作者讨论了科学发展的社会决定这一问题。作者认为“科学发展的动力问题是科学发展理论和科学史研究的一个关键问题，这个问题可以用更狭义的形式表示为在科学发展中的认识论因素与社会历史的(指社会经济的、文化历史的、社会学的、意识形态的、心理学的等)因素之间的关系问题”([2], p. 64)。为了对这个问题展开讨论，作者从三个层次给出了分析：第一个层次在于认识科学的社会特点；第二个层次的分析与属于某些年代跨越较大的时代的科学研究有关；第三层次代表了单个的科学理论、设想、概念等的发展的决定因素的分析。

在分析中作者指出科学的社会特点“并不是它外部的东西，而是科学所固有的”([2], p. 65)。一些本来属于外部的因素，如经济、社会、心理、逻辑等，“只要开始与科学的客观内容相互发生作用，它们就转化为内部的了”，科学史上的案例也“清楚地指出了这种‘内部’与‘外部’概念的相对性以及它们之间的互相转化”。([2], p. 66)

在最后一部分“重新建立一种科学理论起源的尝试”这一节中，作者提出了进行这种尝试的一些初步设想，他承认单个的否定内史论的案例是不说明问题的，他建议大家要关心的，“不是个别的例子，而是把内史论与整个说来被看成为一种社会认识活动的科学发展的整个经验的并置”([2], p. 67)。作者用达尔文和进化论的例子来说明“有必要研究科学家的个性、他的思想和心目中无益的、冒犯过失的特点、他对世界的认识以及他所从事的那个科学领域中出现的问题”，然后进一步“沿着科学家个人的个性和创造性的形成及独特性这一线索，再现他的研究道路和思想发展过程”([2], p. 68)。

在“结论”部分，作者再次强调了，新科学知识的产生“不是通过科学概念的逻辑交织(这是内史论要求我们做的)形成的研究基本范围能够解释的，也不是通过把科学史的因果关系缩小为排他性的社会和经济条件(这是外史论者徒劳无功想做的)能够解释的，只有通过认识到它们的辩证统一和社会历史实践对科学的客观内容、社会经济文化历史条件和个性因素之间相互关系发展的决定性影响的过

程中分析这种相互关系才能够进行解释。”([2], p. 69)

总的来说,整篇文章对内史论和外史论所作的批判是比较深刻和到位的,但是提出的解决途径还只是指导性的,因而也稍嫌不够具体,显得难以操作。文章一开始指出“综合”内史论和外史论不会有什么结果,但最后指出出路在于把两者“辩证统一”起来。由于不清楚这种“综合”和“辩证统一”到底有什么样的“质”差别,让人有点无所适从。但不管怎样,通过这篇在国际科学史大会上的报告,让我们了解到了外史论出笼40年之后,内、外史之争达到的剧烈程度和引起的关注程度;并且也让我们看到了正如这篇报告的标题所意指的那样,出现了一种消解内史论和外史论的趋势。

第15届国际科学史大会1977年在爱丁堡召开的时候,爱丁堡学派刚刚形成,不知道这里面有一种历史的因果关联还是仅仅是一种巧合。在又过去了30年的今天,爱丁堡学派的科学知识社会学(Sociology of Scientific Knowledge,简称SSK,也称“社会建构论”)已经在西方科学史、科学哲学、科学文化等领域的研究中产生了深远的影响,并称为各种后现代思潮的理论依据。同时也引起了巨大的争议。本编收录了该学派创始人巴里·巴恩斯、大卫·布鲁尔和约翰·亨利三人的著作《科学知识:一种社会学的分析》中的一篇《社会学任务》^[3],希望通过这一篇来了解这个学派基本的概念、问题、方法等,以求达到窥一斑而知全豹的目的。

巴恩斯在该书的中文版序言中自称“这本著作代表了爱丁堡的科学研究中心历经三十多年的研究工作的最新近的、最一般性的成果”,并把他们的研究工作的主旨定为“把知识作为一种社会现象进行分析:就是说,把知识的地位和作用界定为一种与惯例相互联系在一起的社会过程”。

巴恩斯称该书的核心是一种他称之为“有限论”的思想。有限论认为一个概念的先前应用并不能决定这个概念的后继应用,每一次的概念应用行为都是全新的和创造性的过程,也就是说概念本身对概念的下一次应用并不会产生既定的内容。这种有限论把每一次的概念应用看成是一个可能突然变化的偶然性过程。因为概念应用活动中的偶然性也包含着社会偶然性,所以有限论很重要地揭示了社会过程渗入知识领域的内在方式。巴恩斯他们相信:有限论代表了一种揭示科学知识本质的科学理论,或者是这样一种科学理论的开始。

面对一些说他们“反科学”的指责,巴恩斯也在中文版序言中辩解道:“我们所做的一切决不意味着批判和反对科学。用科学的方法分析科学知识,恰恰是对科学的崇尚,而不是对科学的诋毁和否定。”有一些批评认为他们的这本书是某种哲学唯心主义的表述,巴恩斯强调“眼前这本书完全基于唯物主义的前提”,但他进一步指出“毫无疑问,眼前的这本书是‘相对主义’的一种表述”。在巴恩斯看来,相对主义和唯物主义不是一对矛盾,而是处在两个维度之上,是可共存、可融合的。相对主义“意味着不存在任何知识可以宣称具有绝对真理的地位。任何真理性宣称

都相对于历史性的、社会性的、甚至是生物性的偶然性集合而存在。”看来，相对主义是巴恩斯他们坚定地站定了的立场。

在本编收录的该书第五章《社会学任务》中，作者们主要考察了两个案例，一个是关于生产从苯胺中提取红色染料的专利保护的化学争论；另一个是对第一次生物体外发酵实验的实验解释的纷争。通过这两个案例，他们想要说明“对科学知识的社会研究将增进我们对科学知识和科学实践的理解”，并还试图说明“科学探索与目标和利益彼此相通，无论是科学探索还是对科学探索的评价本质上都是目标导向的活动”。（[3]，p. 4）

作者们也深知在他们这本书所涉及的领域内，如今有着大量的纷争，“在这个领域内哪怕是给出一个完善的研究分支都是不再可能，试图发现一个对于诸多不同的研究方向的恰切完整说明同样不再可能”，所以他们谦虚地认为他们在书中的分析“能够被认作是‘一种’社会学研究分支”，就是读者们对他们的抬举了。（[3]，p. 6）

在整个 20 世纪 70 年代的大部分时间里，SSK 的基本概念和整体面貌基本上保持着简单和明晰；SSK 坚持认为“科学就其核心而言是社会利益性的，科学知识本身必须被理解为一种社会产物”；并“通过对真实科学的过去和现在的探讨来说明科学知识何以是社会性的”。（[4]，p. 2）但是在 20 世纪 70 年代晚期，情况开始发生变化。一些新的研究方向开始出现，这些研究虽然与 SSK 有交叉，但并不一致。到 20 世纪 80 年代晚期，各种类似于 SSK 的研究流派纷纷公开登台亮相。拒绝哲学先验论，关注科学的社会性维度，是这些研究流派的共同特点，但它们也有各自不同的轴线。这些晚近的研究让 SSK 的综合性思想成为一种过时的东西，标明了一种明确的研究转向：这就是转向实践研究，转向科学家实际上在做些什么，转向对科学文化的研究，研究实践活动运作于其中的学科资源的实质意义。本编收录皮克林的《从作为知识的科学到作为实践的科学》^[4]一文，便是对这样一种研究转向的概括性说明。

皮克林在文章中对“众多的学者几乎没有直接对科学实践显露出半点兴趣”而是“一直关注科学的产物，特别是科学的概念产物知识”感到奇怪（[4]，p. 3），并指出 SSK 的主要问题也是把科学作为知识，虽然在不同的 SSK 版本中科学实践的概念得到了阐发，但是“SSK 的实践概念是站不住脚的、理想化的和还原性的”，因为 SSK“把实践仅仅表征为由利益建构的一个不确定性的筑模过程，这类表征不能很好地把握实际的实验室科学所显现出的复杂性说明”，“把实践描述为不确定的以及利益导向的，最多也就是捕获了问题的表面”。（[4]，p. 5）

鉴于 SSK 本身存在的这种在皮克林看来的不足，他主张对作为实践的科学进行真正的研究，他认为“理解科学实践有其自身固有的意义，并且直接影响到科学

包括认知科学等问题上的批判性和政策导向性看法的发展。从后一种观点看,科学家实际做些什么和他们创造知识一样重要”([4], p. 6)。他进一步主张对诸如主体/客体、自然/社会这样的二分法提出质疑,对那类把学科界限视作理所当然的观点提出质疑,从而“创建一种新的科学图景”([4], p. 6)。皮克林把这一类有别于传统 SSK 的研究称作“后 SSK 研究”。

本编收录的皮克林此文是他主编的《作为实践和文化的科学》的第一章,这一章可以看成是全书的导论。皮克林把全书编成两部分,第一部分叫做“后 SSK 研究”,收录了 5 篇代表了后 SSK 研究水平的文章,它们是伊恩·哈金的《实验室科学的自我辩护》、大卫·古丁的《让力量回归实验》、卡琳·诺尔-塞蒂娜的《睡椅、大教堂与实验室:论科学中的实验与实验室之间的关系》、安德鲁·皮克林和亚当·斯蒂芬利泽的《建构四元数:概念实践的分析》和琼·H·藤村的《编织科学:标准化整合、边界对象与“转换”》。

第二部分是“SSK 与后 SSK 之争”,共收录了 9 篇文章,围绕着三场争论。第一场争论在迈克尔林奇与大卫·布鲁尔之间围绕着对维特根斯坦后期哲学的不同解读展开,共有三篇文章:第一篇是林奇的《扩展维特根斯坦:从认识论到科学社会学的关键发展》,第二篇是布鲁尔的反驳文章《左派维特根斯坦和右派维特根斯坦》,第三篇是林奇的回应文章《从“理论意志”到实践的拼图:答复布鲁尔的“左派维特根斯坦和右派维特根斯坦”》。

第二场争论在三方之间展开,其中哈里·柯林斯和斯蒂文·耶尔莱代表传统的 SSK;斯蒂夫·伍尔加代表科学文化研究中的反身性研究;迈克尔·卡伦和布鲁诺·拉图尔则代表他们自己的行动者网络理论研究。一共有 4 篇文章,分别是:柯林斯和耶尔莱的《认识论的鸡》、伍尔加的《对宗派活动的一些评论:答复柯林斯和耶尔莱》、卡伦和拉图尔的《不要借巴斯之水^①泼掉婴儿:答复柯林斯和耶尔莱》,最后是柯林斯和耶尔莱的回应文章《驶进太空》。

第三场争论其实不存在直接的接触,是皮克林把代表双方观点的文章放在了一起,它们是斯蒂夫·富勒的《社会认识论与科学的社会与文化研究议程》和莎伦·特拉维克的《边界交叉:科学的社会与文化研究以及日本筑波科学城中的物理学家的叙事策略》。

皮克林在他的第一章接下来的两节中,分别对全书两个部分中选编的文章做了概括性的导读。正如他在中文版序言中清楚地表明的,他是“站在科学的社会与文化研究中的‘后 SSK’立场上”的,但这应该不妨碍他对有关的争论做中肯的评价,实际上他在文章中数次提醒读者应该去作出自己的判断。读者通过阅读他的文章以及他主

① “巴斯之水”就是洗澡水,“巴斯”是“bath”的音译。这里卡伦和拉图尔用了双关语。柯林斯是巴斯大学(University of Bath)教授,创立了与爱丁堡学派分庭抗礼的巴斯学派。——编者

编的书,应该能对后 SSK 的一些发展和相关的争论形成一个很好的了解。

正如从前一篇文章中就可以了解到的,在传统 SSK 基础上演化出来各种相对主义社会建构论的变种,它们之间虽然也存在着各种争议,但是它们有着共同的目标,它们的活动达到了共同的客观效果,即对传统的科学形象进行了彻底的颠覆:科学不再神圣,不再是正确的代名词,而且在其实际运作中、在其世俗层面上存在着大量丑恶现象。它们中的极端观点甚至认为科学并不比巫术、神话、心灵学等有更强的认知能力。这些观点毫无疑问引起了一些科学家和传统科学哲学家的愤怒,并纷纷作出反击,引发了一场所谓的“科学大战”。如果说索卡尔(Alan Sokal)在《社会文本》上发表“诈文”^①不算是一种建设性的举动,那么物理学家罗杰·牛顿跳出行业藩篱所写的《何为科学真理》一书则是针对社会建构论的正面回应。

罗杰·牛顿在该书的前言中说:“我不打算针对此观点(指社会建构论——编者)的传播者而展开争论;只在一章中稍详细地专门提到他们。我的目的是建设性的:阐述物理科学的智识结构和现代物理引起的对实在的理解,……对于像真理这样的大问题,从物理学角度的描述也可以很好地用于科学的全体。”出于上述考虑,牛顿在这本一共 11 章加一个绪论的书中,只在第 2 章专门针对社会结构论展开了评述,其余内容都是在提出他自己的建设性观点。考虑到本书的主题,小编就选录这第 2 章“科学是一种社会建构?”^[5],将其作为反社会建构论的一个代表,通过它来了解一种针对建构论的反方观点。

罗杰·牛顿在这一章开始就指出,科学与被赋予了政治寓意的和意识形态化了的世界观产生冲突,并导致后者对前者采取压制手段,这在历史上是屡见不鲜的。文章列举了伽利略与宗教法庭、玻义尔与霍布斯、爱因斯坦和纳粹政府、苏联的马克思主义唯物论和量子力学的哥本哈根诠释、李森科派与遗传学等等例子,指出这些冲突背后都带有强烈的政治色彩。在美国和别的西方民主国家,类似的对科学的抨击由一些不同思想意识的群体发动,譬如极端的女性主义者宣称大多数科学家的观点取决于男人统治科学这一事实。

在接下来的“社会学透视”一节中,罗杰·牛顿列举了一些将外部社会因素对科学发展产生的影响进行不合理夸大的社会学家观点。作者首先承认科学家的观念不是在与世隔绝的条件下产生的,“社会环境和文化条件确实影响到他们提问的类型,他们对问题的相对重要性的判断,以及他们提出一种理论或一种解释是要应

^① 诈文原文参见 Alan Sokal, *Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity*, *Social Text*, #46/47, spring/summer 1996, pp. 217 - 252; 索卡尔本人揭露和说明诈文真相的文章参见 Alan Sokal, *A Physicist Experiments with Cultural Studies*, *Lingua Franca*, May/June 1996, pp. 62 - 64; 和 Alan Sokal, *Transgressing the Boundaries: An Afterword*, *Dissent* 43(4), pp. 93 - 99(Fall 1996). ——编者

用的隐喻”([5], p. 27)。但是有些人把这些外部因素过分夸大了。例如,女性主义者哈丁指控早期的科学狂热者具有强奸犯和虐待狂的形象,她认为可以把牛顿定律看作“牛顿强奸手册”。([5], p. 28)作者还评价了福曼(Paul Forman)对量子力学的议论,后者认为非因果性的、不确定性的量子力学的产生受到了第一次世界大战后德国的反确定论、反合理政治氛围的影响。然而作者指出,不必等到1925年海森伯和薛定谔提出新的量子力学,在玻尔1913年引进他的原子模型起,“非因果性的幽灵已经在物理学中游荡了很长的时间,……根本无需政治的或社会的原因向物理学引进非因果性观念”([5], p. 30)。

罗杰·牛顿在接下来的一节中批评了“相对主义社会建构论”的各种观点,他照例先罗列一些建构论者的“离谱”言论,如“有关实验结果和理论的所有的科学报告,都完全是由科学家自己所确定的约定:它们全都是社会建构”;“知识,就像国家一样,是人类活动的产物”;“科学理论、科学方法和可接受的结果,都是社会约定”;“用实验来回答大自然的问题,本质上并不比求教于羊的内脏来得高明”([5], pp. 31-32)。牛顿指出提出这些主张的大多是来自大学的学者,这些观点受到怂恿和宽容,“会阻止大学中聪明的年轻学生被科学所吸引”,而我们的社会正“因为这样的学生不足而受害”。([5], p. 32)因此,作者认为,哪怕这些观点的提出者自己声称并不是要反科学,但还是要对这些观点加以驳斥。

然后,罗杰·牛顿花了较长的篇幅批判了“建构论中的强纲领”。布鲁尔在《知识与社会意象》一书中提出了科学知识社会学的强纲领,拉图尔、伍尔加和皮克林或多或少都追随这一纲领。同样,他们都不承认有反科学的意图——皮克林抗议说他不否认以实验数据为形式的实在在科学知识的发展中的作用,但罗杰·牛顿说不得不认为这是诡辩。

布鲁尔在书一开头就大胆宣称“对于社会学家来说,知识是人们当作知识的随便什么东西”([5], p. 35)。按照布鲁尔的“对称原则”,真信念或理性信念和假信念或非理性信念位于等价的基础之上,“为了解释目的而把真信念和假信念都看为相同的意义下的[真理],是强纲领命令社会学家们遵从的”([5], p. 36)。罗杰·牛顿指出布鲁尔论述中存在一个矛盾:“如果‘知识是人们当作知识的随便什么东西’,就不存在附加的关于真理的判据;如果附加的判据确实存在,则对知识或真信念的社会学解释就是不必要的。”([5], p. 32)

对于布鲁尔提出的“全部的科学研究,而不恰好是有缺陷的某一个结果,皆要求社会学解释”([5], p. 32)这一观点,罗杰·牛顿采用了查尔默斯在《科学极其编造》一书中提出的反驳:一名足球运动员看到球门前的球,如果他把球踢进去了,不需要什么外部解释;如果他打算把球吃掉,这就需要某种外部解释。

罗杰·牛顿还进一步批判了拉图尔和伍尔加的《实验室生活》和皮克林的《建构夸克》两书中的观点——这两本著作正是皮克林所总结的后SSK研究中的代表

性工作。罗杰·牛顿首先质疑了这些实验室里的“科学文化人类学家们”的从业资格：他们“毫不迟疑地去观察科学家们在一次讨论班上或学术会议上的行为，去作出关于为什么是一个群体而不是另一个群体在一场争论中占上风的结论，而毫不关心论战中的任何推理或逻辑，他们相信，只要考查表演者的社会互动、他们的力量表演、自信心、有无社会技能，就足够了”（[5]，p. 37）。拉图尔和伍尔加把科学活动看成是一种建构知识的社会舞台，他们的结论是：“科学‘事实’只不过是社会建构”。（[5]，p. 39）但是有趣的是，拉图尔否认他是一位社会建构论者，他还说他已经“写了5本书去揭示为什么社会建构论者的观念不能做刻划科学的工作”（[5]，p. 40）。这不禁让人联想到跟“科学主义者”一样，“社会建构论者”一词看来也是一个他称词。

由于罗杰·牛顿自己在基本粒子物理学方面有很深造诣，所以他批评起皮克林的《建构夸克》来显得得心应手、入木三分。对于皮克林在书中详细讨论的围绕J/ Ψ 粒子发现过程中“靴襟法”与“规范场论”之间的争论，罗杰·牛顿说，“作为一名当时这场理论粒子物理学家中的讨论的参与者，我能证实事件的这一描写被野蛮地夸大了，并且引起严重的误导。”（[5]，p. 43）

在这一章的最后一节“社会学家的狂妄自大”中，罗杰·牛顿对社会建构论者做了总结性的批评，他指出“相对主义社会建构论者的一个主要错误是，在收集他们证据时假定，由于在确立事实或理论的进程中，科学家们热烈地争辩而不是冷静地论辩，结果就像政治家中间同样热烈的争论，结论无异于由外部的某些现实来确定”（[5]，pp. 44 - 45）。“科学家们之间激烈分歧的结局或许是或不是大自然的有效知识；但是归根结蒂，是大自然本身作决定，而不是社会偏见或者参与者的职业选择。”如果真是取决于后者的话，难道热素和燃素的捍卫者们如果能保持良好的政治关系或社会关系，这些理论就能正确地解释热和燃烧？

罗杰·牛顿在最后承认，社会建构论中的“弱”表述，对于当今“处于变动和混乱的科学领域，可能具有某种暂时的、部分的有效性，但它不适用于已确立的领域”（[5]，p. 46），至于那种“强”表述，则根本没有说服力。罗杰·牛顿也同意，“否认科学和周围文化之间存在相互影响、双向流动，是头脑简单的想法”；但是把科学理论中那些意义深刻的变化说成是完全取决于“对科学家们的社会压力和政治约束”，“否认根据经验证据的合理思考和逻辑推理极其适当的紧要作用”，只会造成“大多数科学家愤怒地拒绝这些批评”。（[5]，p. 46）

参考文献

- [1] [美]罗伯特·金·默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会. 范岱年等译. 商务印书馆, 2000年:155-183页.
- [2] [苏]C. P. 米库林斯基. 科学史译丛, 1983年第一辑. 梁前文译. 《科学史译丛》编委会编. 内蒙古人民出版社出版, 1983年:61-69页.

- [3] [英]巴里·巴恩斯,大卫·布鲁尔,约翰·亨利. 科学知识:一种社会学的分析. 邢冬梅,蔡仲译. 南京大学出版社,2004年:137-176页.
- [4] [美]安德鲁·皮克林. 作为实践和文化的科学. 柯文,伊梅译. 中国人民大学出版社,2006年:1-27页.
- [5] [美]罗杰·G. 牛顿. 何为科学真理. 武际可译. 上海科技教育出版社,2001年:25-46页.

5.1 清教主义、虔信主义与科学:检验一个假说

罗伯特·默顿

人们经常谈论皇家学会的故事,但直到最近才对皇家学会的创始人和早期会员的社会起源进行了研究。尽管皇家学会是由先前人们对于科学的兴趣所促成,但其后来的成就则对科学的进一步发展起到了明显的推动作用。而且,皇家学会是英格兰第一个科学组织,在这一方面,它便为我们的研究提供了独特适用的素材。有些证据已经促使我们猜想到,清教主义与科学有着密切的联系,如果确实如此,那么这个先驱科学组织的组成就应该反映出这种关联。

皇家学会中的清教成分

这一团体的创立可以追溯到1645年及以后不久由科学爱好者召集的不定期会议。其领导人有约翰·威尔金斯、约翰·沃利斯、乔纳森·戈达德,后来则是罗伯特·波义耳和威廉·配第爵士,宗教势力对所有这些人似乎都产生了独特的强大影响。威尔金斯在外祖父约翰·多德家中长大,多德是一位卓越的非国教神学家,“他对威尔金斯的早期教育,使得威尔金斯对清教主义的原则怀有强烈的嗜好”,^①威尔金斯作为瓦德海姆学院院长,其影响是深远的;在他影响下涌现出了沃德、鲁克、雷恩、斯普拉特和沃尔特·波普(他的异父兄弟)等人,这些人都成为皇家学会的首批会员。^② 牛顿许多最重要的数学概念显然得益于约翰·沃利斯的著作《无限算术》(*Arithmetica Infinitorum*),^③而沃利斯则是一位具有极强烈的清教倾

① Edwin Lankester (ed.), *Memorials of John Ray*, pp. 18-19. P. A. W. Henderson *The Life and Times of John Wilkins* ((London: Blackwood & Sons, 1910), p. 36. 而且,在威尔金斯取得牧师职位之后,就成为一位彻底而活跃的清教徒 Say and Seals 子爵阁下的私人秘书。威尔金斯与克伦威尔的妹妹罗比娜结婚,但这并未妨碍他在晚年登上英国圣公会主教的宝座。

② Thomas G. Jackson, *Wadham College, Oxford* (Oxford: Clarendon Press, 1893), pp. 115-116.

③ 牛顿在1676年10月24日写给亨利·奥尔登伯格(皇家学会秘书)的信中指出,这部著作导致了无穷级数法、曲线求积和二项式定理推广的思想,他对此表示感激。

向的牧师。我们已经提到过，波义耳是一位虔诚的教徒，据他说，他之所以没有成为牧师只是因为“缺少内心的神召”。^①

有一位德国的艺术鉴赏家西奥多·哈克曾在皇家学会创建的过程中起过十分突出的作用，他是一位坚定的加尔文派教徒。丹尼斯·帕平是一位法国的加尔文派教徒，他被迫逃离祖国以躲避迫害，在滞留英格兰期间，他曾在科学技术方面作出显著的贡献。托马斯·西登汉有时被人称为“英格兰的希波克拉底”，他是一位热情的清教徒，曾追随克伦威尔参加作战。^② 威廉·配第爵士则是一位温和的清教徒，也是克伦威尔的追随者，^③他的著述清楚地显示出清教的影响。至于被惠更斯描绘成皇家学会的“灵魂”的罗伯特·莫雷爵士，则可以说“宗教是他生活的主要源泉，他在宫廷与营盘中每天花费大量时间进行祈祷。”^④

皇家学会的这一核心小组的主要人物是神职人员或笃信宗教的人士，很难说这只是一种偶然的情况，虽然，像理查森博士那样坚持认为学会是由清教神职人员占压倒多数的一小群学者发起的，这种看法并不准确。^⑤ 不过，真实情况显然是，学会的主要创始人受到清教观念的影响。

多罗西·斯廷森院长在她新近发表的论文中，也独立地得出了相同的结论。^⑥ 她指出，在1645年组成“无形学院”的十个人中，只有斯卡布罗一人肯定是保皇党人。其他人中约有两位倾向不明，尽管梅莱特曾受过清教训练。其他成员都是明确的清教徒。而且，在皇家学会1663年的那份首批会员名单上，在其宗教倾向可考的68名会员中，有42位肯定是清教徒，清教徒在全英格兰

① 《国民传记辞典》(D. N. B.)，第二卷，p. 1028。巴克斯特指出，清教伦理认为，只有那些受到“内心神召”的人才应成为牧师，而牧师只有从事其他得到认可的世俗活动，才能更好地为社会服务。波义耳的这种理由，就是上述伦理观直接起作用的一个例证；也是出于这种实际有效的理由，沙缪尔·莫兰德爵士才转向了数学而没有成为牧师。这些例子有力地说明了宗教对于科学发展的直接促进作用，而在极大部分是推论出来的有关莫兰德的情况，见“The Autobiography of Sir Samuel Morland”，载 J. O. Halliwell-Phillips 的 *Letters Illustrative of the Progress of Science in England* (London, 1841)，p. 116。

② 参见 Joseph F. Payne, *Thomas Sydenham*. pp. 7-8 各处。

③ 护国公认为应在牛津大学为配第安排一个解剖学讲席。

④ D. N. B. Vol. XIII, p. 1299.

⑤ C. F. Richardson, *English Preachers and Preaching* (New York: Macmillan Company, 1928), p. 177.

⑥ Dorothy Stimson, “Puritanism and the New Philosophy in 17th Century England”, *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, III(1935), 321-34, 斯廷森院长这项简短但却细致而令人折服的研究提出了一项理论：“清教主义是一个重要的因素、它创造了一种有利于培根所预言的新哲学发展的条件，促进了有助于激发科学兴趣、有助于那个世纪所产生的天才们的工作得到迅速接受的思维方式，虽然迄今为止它几乎遭到人们的忽视。”亦请参阅 Stimson 院长的“Commenius and the Invisible College”, *Isis*, XXIII(1935), 373-388。

的总人口中占相对少数,而在皇家学会的首批会员总数中则占62%,这一事实因此也就更加引人注目。斯廷森院长由此作出结论:“实验科学17世纪在英格兰得到如此迅速的传播,在我看来至少部分地是由于受到温和派清教徒的促进。”^①

在一本更为晚近的著作中,^②理查德·福斯特·琼斯教授为同一结论增添了更多的证据。他对17世纪论述当时自然哲学的著作进行了广泛的研究,清楚地揭示了清教主义、培根主义与新科学之间的密切关系。而且,正如琼斯教授所指出的,这种关系在当时就得到广泛的承认。当时的许多知名人士抓住机会对宗教改革家与科学改革者之间的密切关系评头品足。^③实际上,斯塔布贬损皇家学会的方法之一就是指出该学会强烈的清教倾向!正如琼斯教授所指出的:“清教徒在增进科学价值中所起的作用已经逐步地从视野中消失,使人们很难认识到王政复辟是怎样的一项自觉的行动。”^④

英格兰科学家参与合作事业的明显倾向与清教徒对此类事业的兴趣不无关系。按照培根为这种合作设计的雄心勃勃的计划,杜雷、哈特里布和配第不断地敦促指明需要这类有效的互动模式”。^⑤这种活动创始于共和政体时期,皇家学会的核心在这一时期形成,不只是偶然的事件。

对宗教和科学二者的深刻兴趣的关联,是盛行的新教伦理的一个一贯的状况——后来这两种兴趣大概是相互抵触的了。因为这种定向格式公然强调实用性以及对自身和外部世界的控制;这反过来又使人们喜爱那些看得见、摸得着的、可以具体驾驭的事物,而不喜欢那些纯逻辑性的、咬文嚼字的东西。然而,清教对实验科学的提倡并不是经过理性过程的结果。在一条由各种非逻辑性的特定活动所组成的链条上,连结着一个思想感情和信念的环节;正是这个在情感上首尾一贯的环节的必然不可避免的结果使那些思想感情得到满足。对那些受到这种态度感染的人来说,科学事业具有着一种不言而喻的价值特

① Dorothy Stimson, "Puritanism and the New Philosophy in 17th Century England", *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, III(1935), 321-34, 斯廷森院长这项简短但却细致而令人折服的研究提出了一项理论:“清教主义是一个重要的因素、它创造了一种有利于培根所预言的新哲学发展的条件,促进了有助于激发科学兴趣、有助于那个世纪所产生的天才们的工作得到迅速接受的思维方式,虽然迄今为止它几乎遭到人们的忽视。”亦请参阅 Stimson 院长的“Comenius and the Invisible College”, *Isis*, XXIII(1935), p. 334.

② *Ancients and Moderns*, 前引书。

③ 同上书, pp. 220-23, 239, 253, 264 有许多人注意到了清教徒对科学的赞助,其中包括马钱蒙·尼达姆、约翰·特怀斯登、托马斯·斯布拉特、梅里克·卡索邦,叫得最起劲的是亨利·斯塔布。

④ 同上书, p. 270。

⑤ 同上书, pp. 97, 157-58, 及各处。

征。无需由此作出推论说,只有在获得宗教认可之后皇家学会才可能兴起;但在另一方面,这种肯定的态度对这种发展起了很大的促进作用,看来也是清楚的。

新型教育,重物不重言

这种关系并非只在皇家学会范围内得到了证实。洛克,这位再清楚不过地创立了当时功利主义和经验论学说的哲学家,就是由他的父亲在加尔文主义的气氛中教育起来的,后来,他又受教于牛津大学的清教徒约翰·欧文^①。他们培育的、在部分程度上又由他们引入社会的那种教育,也同样显示出这种侧重。他们像批评宗教形式主义那样批评了学校中“形式主义的知识灌输”。“向教育改革迈进的运动在本质上是清教主义的,”^②改革当时教育方式的计划的先决条件是反对古代权威、信任实验知识以及对未来的信仰。

……总是能够在教会的“改革”派中找到学校中“改革”派的成员,因为在迫害之下来到荷兰和瑞士的清教徒,已同那里的创造进步的最强大的力量发生了接触……清教徒渴求正迅速展开的新知识,他们也热心地决定采用培根所提倡的伟大原则;培根认为,通向学术的真正途径是观察而不是经院哲学,因此在正确方法指导下,可以教会任何人做任何事情。^③

在这些清教徒中,哈特里布始终如一地寻求把现实主义的、功利主义的、经验性的新型教育引入英格兰。哈特里布沟通了英格兰和欧洲寻求传播学院式科学研究的各位新教教育家之间的联系。米尔顿论述教育的小册子就是写给哈特里布的,威廉·配第爵士也将自己的“关于某些特殊学术部门(即科学、技术与工艺)发展的忠告”献给哈特里布。哈特里布还在传播约翰·阿莫斯·夸美纽斯的教育思想方面发挥了作用,并最终促使他来到英格兰。

波希米亚的宗教改革家夸美纽斯是17世纪最有影响的教育家之一。他所传播的教育体制的基础就是功利主义和经验论的规范:这些价值只会导致对科学技

^① 见 Troeltsch, *Social Teachings*, VI, II, pp. 636-37, 正如 Parker 博士所指出的,有趣的是虽然洛克的作品在学术界广泛流传、而1703年在牛津却遭到非难,他的《人类理解论》也遭禁。

^② Jones, 前引书, p. 124. 即便是墨守成规的大学也暂时迎合了清教徒在科学上的兴趣。在清教徒统治剑桥的时期、以前进行的许多研究几乎完全被中止、正如当时一位师从加尔文主义者希尔的三一学院的大学生海伍德所指出:“我的时间和思想更多地被用来从实用神学;而对于我的心灵来说,实验真理更加生动,且富于活力。”见 J. B. Mullinger, *Cambridge Characteristics in the Seventeenth Century*, p. 181.

^③ Irene Parker, *Dissenting Academies in England* (Cambridge University Press, 1914), pp. 24-25.

术研究的强调,对现实的强调。^① 他在一本最有影响的著作——《大教学法》(*Didactica Magna*)中,将自己的观点总结如下:^②

如果教师在向学生传授某种知识的同时向他表明该知识在日常生活中的实际应用,学生学起来就容易得多。在向学生传授语文、辩论术、算术、几何和物理等门学科时,必须小心地遵循这一原则。

……科学的真理性及必然性更多地要依靠感觉而不是任何其他东西的证实。因为事物直接地在感觉中留下自己的印迹,而它们留在理解力上的痕迹则只是间接的,由感觉介导的……因而,科学中必然性的提高,是与它对感觉知觉的依赖程度成正比的。

夸美纽斯在与他持同样观点的英格兰新教派教育家,如哈特里布、约翰·杜雷、约翰·威尔金斯和西奥多·哈克(显然就是他提议召开那种最终导致皇家学会成立的会议的)等人中寻觅到了知音。^③ 应哈特里布之邀,夸美纽斯来到英格兰,表达了将培根的“所罗门宫”转变为现实的决心。正如夸美纽斯自己指出的:“再没有什么东西比伟大的伏若拉姆*的计划更加确实的了,根据这一计划,要在世界的某个部分开设一所综合性的学院,学院的目的之一就在于促进科学的发展”。^④ 但是,这项宏伟的目标却因爱尔兰叛乱而遭受失败。然而,清教徒推进科学的计划并非徒劳无功。克伦威尔“为各门科学的目的”,创建了在中世纪与19世纪之间成立的第一所新型的英格兰大学——达勒姆大学。^⑤ 在清教影响的全盛时期,牛津及剑桥两校的科学研究有了可观的增加。^⑥

与此相似,哈特里布的朋友、清教徒海采基亚·伍德沃德也主要强调现实主义(重物不重言)和科学教育。^⑦ 为了在比当时已经达到的普遍得多的水平上传授新型的科学研究,清教徒创建了好几所反国教学院(Dissenting Academies)。这些就是在王国的不同部分持续发展着的大学里的一些学院。其中最早的学院之一就是由查理斯·莫顿创建的,当皇家学会的核心小组经常在瓦德海姆学院聚会时,他是

① Wilhelm Dilthey, “Paedagogik: Geschichte und Grundlinien des Systems,” *Gesammelte Schriften* (Leipzig and Berlin: B. G. Teubner, 1934), Band IX, p. 163.

② John Amos Comenius, *The Great Didactic*, M. W. Keatinge 译 (London: A. & C. Black, 1896), pp. 292, 337; 又见 pp. 195, 302, 329, 341, 及各处。

③ 参见 Robert F. Young, *Comenius in England* (Oxford University Press, 1932), pp. 5-9.

* 伏若拉姆男爵(Baron Verulam):培根的封号。——译注

④ *Opera Didactica Omnia* (Amsterdam, 1657), Book II, 序。

⑤ 有关克伦威以及清教徒在教育方面的兴趣,见 F. H. Hayward 的叙述: *The Unknown Cromwell* (London, Allen & Unwin, 1934), pp. 206-30, 315, 以及其他各处。

⑥ James B. Mullinger, *Cambridge Characteristics in the Seventeenth Century*, pp. 180-81, 及各处。

⑦ Parker, *Dissenting Academies in England*, p. 39.

该校学生。在莫顿的纽温顿·格林学院里,公开宣称以科学研究为重点。后来莫顿奔赴新英格兰,并在那里被选作哈佛学院副院长,他在哈佛还开设了“物理概论”(compendium physicae)课程。

在另一个有影响的清教教育中心诺思安普顿学院,力学、流体静力学、物理学、解剖学和天文学在课程设置中占据重要地位。这些学习主要是在实地的实验与观察的辅助之下完成的。^①实际上,所有的反国教学院都有着同样的重点:古人的论文在很大程度上被格拉维山德、罗豪尔特、伽桑迪、牛顿和洛克等现代人的论文所取代。^②

但是,也许只有通过对比清教学院与大学进行比较,才能正确评价清教徒对科学和技术的重视程度。各大学即使在它们引入了科学课程之后,依然进行必不可少的经典教育;真正的“文化”学习如果不是无用的、至少也应明确是非功利性的。与此相反,学院则认为真正文科教育应是“接触生活”的,因而应当尽可能地多包括一些功利性和经验性的科目在内。正如帕克博士所指出的:

……两种教育制度之间的差距并不表现为学院引入了“现代的”科目及方法,而在于新教徒所采用的与大学完全不同的体制。激励着新教徒的精神在法国曾经感动过拉莫,在德国打动了夸美纽斯;而在英国则推动了培根,后来又促进了哈特里布及其学派。^③

欧洲大陆上的新教徒

对英格兰的清教学院和大陆上新教教育的发展进行比较,是有着充分理由的。法国的新教学院比天主教学院更重视科学与实用学科。^④在天主教徒接管了许多新教学院之后,对科学的学习就明显减少了。^⑤此外,正如我们以后将会看到的,即使在法国这个天主教占统治地位的国家,新教徒也作出了相当多的科学贡献。

① 同上书,pp. 78-87。

② 见 H. McLachlan, *English Education under the Test Acts* (Manchester University Press, 1931), 特别是附录 I, 那里列出了早期学院中的阅读书目。

③ 见 C. N. Clark 的类似评论,载 *The Later Stuarts*, pp. 22-23, Jones(前引书, p. 120)对清教徒的观点作了极有价值的概括。“‘学术的进步’变成了‘虔信与学术的进步’。神学将被扫地出门。实验将取代经典科学的地位。总的来说,人文研究将让位给数学、地理、化学等有实际意义的有用学科,可能历史学是一个例外。由于职业课程对于个人和全人类的价值,它们将被引入学校。”杜雷、配第、约翰·霍尔、诺亚·比格斯、约翰·韦伯斯特等人都强调这些目标。

④ P. Daniel Bourchemin, *Étude sur les académies protestants en France au XVII^e siècle* (Paris: Grassart, 1882), p. 445 ff.

⑤ M. Nicholas, “Les académies protestantes de Montauban et de Nimes,” *Bulletin de la société de l'histoire du protestantisme français*, IV(1858), 35-48.

与此相似,在从法国流亡到其他国家去的新教徒中,也有相当多的科学家和发明家。^①

昂利·加斯太尔也许再好不过地体现了胡格诺派教徒在法国科学发展中所起的主导作用。^② 加斯太尔一直与当时一批卓越的新教科学家保持着联系,其中最有名望的一位是克里斯琴·惠更斯,他还与奥尔登伯格有通信往来,此人是皇家学会秘书,还是改良派教育家约翰·杜雷的女婿。他作为科学的通信员和中间人,对促进科学兴趣的传播起了重要的作用。

当然,某人在名义上是天主教徒还是新教徒,与他对科学的态度并无关系。只有当他的思想和行为受到其各自价值观念的激励和左右时,宗教信仰才显示出重要性。因此,只有当帕斯卡完全皈依了詹森纽斯的教诲(体现在他的《关于人性改革的对话》[《*Discours sur la réformation de l'homme intérieur*》]一书中)之后,他才体会到“科学的空虚”。因为詹森纽斯曾经特别告诫人们,首先应该认识到,徒劳地热爱科学(尽管科学似乎是清白的),实际上是“引导人们离开对永恒真理的沉思而满足于有限的智力”的圈套。^③ 一旦帕斯卡皈依于这种信念,他就下定决心“终止自己一度曾为之献身的一切科学研究”。^④ 这样就需要对宗教信仰与科学之间关系的解释作出重要的限制。在名义上坚持上述教义中的某一种,对人们的行为几乎没有影响,并有可能干扰我们正在讨论的这种联系。

新英格兰的新科学

在新大陆,清教主义也与科学紧密相联。皇家学会住在新英格兰的通信会员及正式会员“都接受了加尔文派思想的训练”。^⑤ “哈佛大学的创建者起源于这种

① David C. A. Agnew, *Protestant Exiles from France*, 2 folio volumes (Edinburgh: 1866), p. 210 ff, 以及其他各处。其中包括医生兼化学家 Theodore Turquet de Mayerne, Denis Papin, Chamberlens (四世行医), Abraham de la Pryme, 数学家 Abraham de Moivre, Jean Theopius, Desaguliers, Lewis Paul (精纺机发明者), John Dollond (消色差望远镜发明者) 以及许多其他学者。

② Harcourt Brown, “Un cosmopolite du grand siècle: Henri Justel,” *Bulletin de lasociété l'histoire du protestantisme français*, 1933, pp. 187 - 201; *Scientific Organizations in Seventeenth Century France (1620 - 1680)* (Baltimore: Williams & Wilkins Co., 1934), Chap. VIII.

③ Émile Boutroux, *Pascal* (E. M. Creak 译) (Manchester: Sherratt & Hughes, 1902), p. 16.

④ 同上书, p. 17; 参看 Jacques Chevalier, *Pascal* (New York and London: Longmans Green & Co, 1930), p. 143. 参见帕斯卡的 *Pensees* (trans. by O. W. Wight) (Boston, 1884), p. 224, No. XXVII “科学的空虚性。关于外部世界的科学不能安慰我在苦恼时对伦理的无知;但道德科学却总是能安慰我对外部科学的无知。”

⑤ Dorothy Stimson, “Puritanism and the New Philosophy in the 17th Century England,” *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, III(1935), 332.

〔加尔文主义的〕文化,既非源于文艺复兴的文学时代,亦非来自17世纪的科学运动,但他们的思想更容易被纳入后一种思路而不是前一种”^①莫里森教授也注意到了这同一种倾向。他指出了新英格兰的清教牧师总的来说在赞助和促进新的天文学及科学方面起了最重要的作用。^②

尽管在殖民地时代,新英格兰的科学成果很少,但仍然多于其他殖民地。而且,对皇家学会名单进行的考察揭示出,在殖民地的当选会员中,清教徒占据优势:卡罗莱纳,1名;弗吉尼亚,3名;宾夕法尼亚,3名(其中之一是本杰明·富兰克林);而新英格兰则有11名。^③

直接接触与通信一样,也促使新兴科学向新大陆转移。在移居到新英格兰的重视科学的清教徒中,有沙缪尔·李^④和查理斯·莫顿。莫顿的《物理概要》在哈佛被选作物理学教科书,此书对新科学作了综合性的(如果说是不完备的)概括。“莫顿……是在新英格兰传播这个‘天才的世纪’的科学发现的主要人物”。^⑤而更年轻的约翰·温思罗普,这位在首次定期选举中被选人皇家学会的会员,显然曾在伦敦拜访过哈特里布·杜雷和夸美纽斯。他似乎曾向夸美纽斯发出到殖民地去建立一所科学学院的邀请,但显然没有取得成果。^⑥数年以后(1683年),清教徒英克里斯·马瑟(1684~1701年间任哈佛学院院长)确实在波士顿建立起一个“哲学学会”^⑦,这一组织延续了大约10年。科顿·马瑟保持着对科学的浓厚兴趣,他用与雷·波义耳、德勒姆以及格鲁等人相似的一切理由,把这种兴趣置于宗教背

① Porter G. Perrin, "Possible Sources of Technoloiga at Early Harvard," *New England Quarterly*, VII(1934), 724, 然而,在考察了数百次清教布道的基础上塞缪尔·埃利奥特·莫里森教授指出,在乔纳森·爱德华兹以前,“宿命论”这一加尔文主义的基本教义并未为新英格兰清教徒所强调。但莫里森确实认为他们的神学是“加尔文派的”。参见他的 *Puritan Pronaos: Studies in the Intellectual Life of New England in the seventeenth century*, (New York University Press, 1936), pp. 10, 155-56.

② Samuel E. Morison, "Astronomy at Colonial Harvard," *New England Quarterly*, VII (1934), 3-24; 又参见他的 *Puritan Pronaos*, Chap. X.

③ Morison, *Puritan Pronaos*, pp. 234-35; 266, Frederick E. Brasch, "The Royal Society of London and Its Influence upon Scientific Thought in the American Colonies," *The Scientific Monthly*, XXXIII(1931), 338.

④ 见 Theodore Homberger, "Samuel Lee (1625-1691), a clerical channel for the flow of new ideas to seventeenth-century New England," *Osiris*, I(1936), 341-55.

⑤ S. E. Morison, *Harvard College in the Seventeenth Century* (Cambridge: Harvard University Press, 1936), Vol. I. pp. 238 ff.; 249.

⑥ R. F. Young, *Comenius in England*, pp. 7-8.

⑦ 同上书, p. 95.

景之中。^①

哈佛教育计划中的科学内容在很大程度上起源于新教徒彼得·拉莫斯。^②拉莫斯在16世纪时就拟定了一套教学计划,与天主教大学的教学计划相反,这套计划极为重视科学研究。^③他的思想受到欧洲大陆的新教大学的欢迎,包括剑桥大学(其清教及科学成分比其姊妹学校牛津大学要多得多)。^④后来在哈佛他的思想同样受到欢迎,但这种思想却在各天主教学院都受到坚决的谴责。^⑤人们之所以乐于接受拉莫斯的观点,在很大程度上可能是因为新教徒所具有的功利主义和“现实主义(经验论)”精神。哈佛与拉特梅尔学院(Rathmell Academy)在课程设置上的相似性进一步说明了新教徒智力兴趣的一致性。^⑥

虔信派现实主义

帕克博士注意到,也许可以把英国的清教学院“与德国的虔信派学校作一个比较;德国的虔信派信徒在弗兰克及其追随者的领导下,为实科中学(Realeschulen)开辟了道路;毫无疑问地,正如虔信派信徒在德国贯彻了夸美纽斯的工作一样,新教教徒们也将夸美纽斯在英格兰的追随者如哈特里布、米尔顿和配第等人的理论付诸实践。”^⑦进行这种比较有重大的意义,因为正如我们所多次指出的,清教主义与虔信主义的伦理原则几乎是相同的。科顿·马瑟已经发现了这两个新教运动之间的密切相似性,他指出:“美国清教主义在很大程度上是与弗里特里

① 见 Kenneth B. Murdock, *Selections from Cotton Mather* (New York, 1926), 导言; Theodore Hornberger, “The Date, the Source, and the Significance of Cotton Mather’s Interest in Science,” *American Literature*, VI(1935), 413-20; 又见 Hornberger 教授的近著 *Science and the New World (1526-1800)* (San Marino: H. E. Huntington Library, 1937)。

② Perrin, 前引书, pp. 723-24, 他也注意到,“培根的影响增进了拉莫斯的科学兴趣,这种影响看来是殖民地中一支真正的力量,为他们接受艾萨克·牛顿爵士的思想作了准备。”

③ Ziegler, *Geschichte der Pädagogik*, Vol. I, p. 108. Ziegler 指出,虽然同时期的法国天主教学院只将六分之一的课时用于科学,但拉莫却在自己的教育计划中把足足一半的课时用于科学科目。

④ David Masson, *Life of Milton*, 此书确切地将剑桥称为清教徒的母校,梅森列举了20位卓越的新英格兰清教牧师,发现其中17位是剑桥校友、而只有3位出身于牛津, Vol. II, p. 563, 亦见 Stimson, 前引书, p. 332; Charles E. Mallet, *A History of the University of Oxford* (London: Mathuen & Co., 1924), Vol. II, p. 147, 然而,在共和政体时期,清教的影响使沃德、威利斯、配第、戈达德和威尔金斯在牛津谋得了职位。见 Jones, 前引书, p. 114。

⑤ Heinirch Schreiber, *Geschichte der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg*, 3 volumes (Freiburg, 1857-68) Vol. II, p. 135. 例如,在弗来堡的耶稣大学,只有在批驳拉莫时才会提到他,“在学生手里也别想看到他的著作。”

⑥ S. E. Morison, *Harvard College in the Seventeenth Century*, Vol. I, p. 166, n. 3.

⑦ Parker, 前引书, p. 135.

希派虔信主义(Frederician pietism)相一致的,”因此应该将这两者看成是几乎等同的,^①几乎可以把虔信主义称作清教主义在欧洲大陆上的对应物,所不同的只是它具有更高的热情。因此,如果我们关于清教主义与科学技术兴趣之间关系的假说是正确的。那么虔信主义与科学同样也具有这种关系。事实已经很明显了。^②

德国及其他地方的虔信派信徒与“新型教育”(即对科学技术科目的研究和对现实的研究)结成了牢固的联盟。^③这两个运动具有共同的现实主义及实用观点,而且都对亚里士多德派哲学家和神学家的思辨深恶痛绝。虔信主义教育观的基础也就是激励清教徒的那种根深蒂固的功利主义及经验论态度。^④正是在这些观点的基础上,虔信主义领袖奥古斯特·赫尔曼·弗兰克和波希米亚人约翰·阿莫斯·夸美纽斯及其追随者对学习科学技术作出了强调。

弗兰克反复提到希望得到具有实用科学知识的学生。^⑤弗兰克及其同事克里斯琴·托马休斯都反对由克里斯琴·魏斯所发动的强大教育运动;这场运动主要涉及雄辩术和经典科目的基本训练,而弗兰克及其同事所寻求的却是“引进被忽视了、更适合于其目标的现代学科,如生物学、物理学、天文学等学科的学习”。^⑥

虔信主义在哪里对教育制度施加了影响,随后那里就会发生大规模引进科学技术学科的活动。^⑦弗兰克和托马休斯为哈莱大学奠定了基础,这是相当大规模地

① Kuno Francke, “Cotton Mather and August Hermann Francke, *Harvard Studies and Notes*, V(1896), 63 亦请参看 Max Weber 有充分说服力的观察, *Protestant Ethic*, pp. 132-35.”

② 参看 马克斯·韦伯, *Religionssoziologie*, Vol. I, p. 533. “产生自全部经验自然科学和地理学方面的有用的实在知识和现实主义思想的平易明晰性和职业知识,以这些作为教育的目的,首先是由清教、在德国特别是由虔信派所强调的。一方面作为认识上帝的威力和体现在其创造物中的计划的唯一途径,另一方面也作为一种手段去相信世界是受理性支配的,去克尽自己赞颂上帝的职责。”

③ Fridrich Paulsen *German Education; Past and Present* (trans. by T. Lorenz) (London: T. F. Unwin 1908), p. 104 ff.

④ 参看 Troeltsch, *Social Teachings*, Vol. II, p. 958. “……虔信主义有关教育的思想与清教主义完全相同。” Alfred Heubaum, *Geschichte des deutschen Bildungswesens seit der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts*, 2 Volumes (Berlin: Weidmannsche Buchhandlung, 1905), Vol. I, p. 90. “[虔信派]教育的目的在于使学生在公共福利事业中能有实际用途。”“功利主义要素的强大影响……抑制了宗教要素的扩张性影响,而且把它的意义牢固地渗透到不久的将来。”

⑤ 当在田野中漫步时,弗兰克说:“除了揭示出一些有用的,令人鼓舞的事物:物理学还暗示出上帝的威力和杰作。”“……学生经过校监的允许,利用空余时间可以在自然陈列馆里,熟悉自然科学现象、矿物、采矿,并不时做一些实验。”Heubaum 所引,前引书, Vol. I, pp. 88, 89.

⑥ Heubaum, 前引书, Vol. I, p. 136.

⑦ 同上书, Vol. I, pp. 176-77ff.

引进科学研究的第一所德国大学。^① 此校的著名教授,如弗里德里希·霍夫曼(医学教授)、恩斯特·斯塔尔(化学教授,因其影响广泛的燃素说而闻名)、沙缪尔·斯特利克(历史教授),当然也包括弗兰克,都与虔信主义运动有着极为密切的关系。他们的共同特点是,寻求把科学与实际应用相结合。托马休斯的一段话也许再好不过地表达出了他们的教学的功利主义特征,他指出:“检验人的智慧的不是无用的拉丁知识,而是生活中的实用知识。”^②

表现出这种侧重的不只是哈莱大学,其他虔信派大学莫不如此。弗兰克的门徒格尔(Gehr)很早就采纳了17世纪现代意义下的自然科学及物理科学,通过他的活动,柯尼斯堡大学“已经处于哈莱大学的虔信主义影响之下”。^③ 哈莱的另一分支格丁根大学,也主要因为取得了影响科学教育的重大进步而知名。^④ 海德堡加尔文派大学同样因创立大规模的科学研究而显赫一时。^⑤ 最后来看受新教影响的虔信主义大学——阿尔特多夫大学,这所学校在进行科学教育方面可能是最引人注目的一个实例。^⑥ 霍伊包姆在总结这种情况时说,科学技术教育方面的基本进展发生在新教大学中,或者更确切些说,是发生在虔信派大学中。^⑦

虔信主义与科学的这种联系(我们根据我们的假说已预见到这种联系)并不局限于大学校园之内。虔信派信徒对科学技术的这种偏爱同样表现在中学教育中。哈莱大学的师范学院内引入了“数学、自然科学、历史及地理等课程;在各科中,都以直观教学 and 实际应用为重点”。^⑧ 约翰·乔治·莱布、约翰·伯恩哈特·冯·罗尔以及约翰·彼得·路德维希(哈莱大学校长)都受到弗兰克和虔信主义者的直接影响,他们倡导开设制造业、物理学、数学及经济学方面的学校,以研究“如何才能不断地改进制造业,使之处于优势。”^⑨ 他们希望这种建议有可能导致建立所谓的物

① Koppel S. Pinson, *Pietism as a Factor in the Rise of German Nationalism* (Columbia University Press, 1934). p. 18, Heubaum, 前引书, Vol. I, p. 118:“哈莱是德国的第一所大学,它具有独特的学术和民族的特征……”

② Christian Thomasius, “Vom Nachahmung der Franzosen,” *Deutsche Literaturdenkmale des 18. und 19. Jahrhunderts* (Stuttgart, 1894), No. 51, p. 25.

③ Heubaun, 前引书, Vol. I, p. 153.

④ 同上书, Vol. I, p. 274; Paulsen, *German Education*, pp. 120 - 21.

⑤ Orstein, *The Role of Scientific Societies*, p. 228; Heubaum, 前引书, Vol. I, p. 60.

⑥ S. Günther, “Die mathematischen Studien und Naturwissenschaften an der nürnbergischen Universität Alotdorf,” *Mitteilungen des Vereins für Geschichte der Stadt Nürnberg*, Heft 3, p. 9.

⑦ Heubaum, 前引书, Vol. I, p. 241, 又见 Paulsen, 前引书, p. 122; J. D. Michaelis, *Raisonnement über die Protestantischen Universitäten in Deutschland* (Frankfurt und Leipzig, 1768), Vol. I, section 36 ff.

⑧ Paulsen, *German Education*, p. 127.

⑨ Heubaum, 前引书, Vol. I, p. 184.

理—力学学院和经济、机械及科学方面的职业学校。

经济—数学实科学学校完全是一种虔信主义的产物，这一事实十分重要，它为我们的假说增添了分量。这种学校以数学、自然科学和经济学的研究为中心，具有公开的功利主义及现实主义性质、它的蓝图是弗兰克制订的。^①而且，实际组织起第一所实科学学校的也是一位虔信主义者和弗兰克从前的学生约翰·朱利尤斯·海克尔^②。这所科学技术学校的校长及共同创办人，如塞姆勒、希尔伯施拉格及海恩等人，也都是虔信主义者、弗兰克的门生。^③

教育兴趣与宗教联盟

根据我们正试图建立的这项假说，我们预期新教徒具有推崇科学技术研究的倾向；在考察可资利用的有关宗教对教育兴趣的影响的资料时，这种倾向得到了明确的证实。在17世纪，我们已经看到了这种倾向，但是研究一下这种倾向在以后的时期内是否依然存在还是恰当的。定向格式和行为形式在其原动力消失后肯定还会存在相当长的时间。这样就需要对新教徒和天主教徒在主要传授科学的学校和主要传授其他科目的学校（占大多数）中所占的比例进行比较，才能进一步地验证我们的假说。

所能获得的一切证据都说明相同的情况。新教徒学生在以科学训练为重点的学校中所占的比重无一例外地逐渐增加，^④而天主教徒则将兴趣集中于经典及神学的训练。例如，在普鲁士发现了如下的分布：^⑤

① Alfred Heubaum, "Christoph Semlers Realschule und seine Beziehung zu A. H. Francke," *Neue Jahr bücher für Philologie und Pädagogik*, II (1893), 65 - 77. 又见 Theobald Ziegler, *Geschichte der Pädagogik*, 2 volumes, (München: C. H. Beck, 1895), Vol. I, p. 197, 他观察到：“……在以实践为指导的实科学学校跟以实践为指导的虔信主义信仰之间并不缺乏一种内在的联系，只不过它是完全片面的虔信主义的宗教和神学的理解：在实际有用性和公益性的精神之中弥漫着理性主义，正是以这种精神，实科学学校在弗兰克在哈莱的时期被建立起来了。”

② Paulsen, *German Education*, p. 133.

③ 在这个及其他事实的基础上，齐格勒着手探索虔信主义和在学校中学习科学之间的密切的“因果关系”。参见前引书，Vol. I, p. 196 ff.

④ 中学的特点是在课程上以经典学科为重点。有别于中学的是实科学学校，它重视科学并以现代语言替换了古典语言。实科中学则是上述两类学校折衷的产物，经典性的教育较少而更重视科学和数学，高级实科学学校和高级平民学校均属实科学学校：前者学制为九年，后者为六年。参见 Frederick L. Bolton, *The Secondary School System of Germany* (New York: Appleton & Co., 1990), p. 3ff.

⑤ Alwin Petersilie, "Zur Statik der höheren Lehranstalten in Preussen," *Zeitschrift des königlich Preussischen Statistischen Bureaus*, XVII (1877), 109. 这些统计数字以及类似的统计提示，哪些因素促使犹太人接受更高级的教育这个问题值得研究。但我们并不涉及这个问题。

表 5.1.1 因学生的宗教关系而造成的中学入学差别

——普鲁士,1875~1876年

宗教信仰	初级中学	中学	实科学校	高级实科学校	高级平民学校	总计	总人口
新教徒	49.1	69.7	79.8	75.8	80.7	73.1	64.9
天主教徒	39.1	20.2	11.4	6.7	14.2	17.3	33.6
犹太教徒	11.2	10.1	8.8	17.5	5.1	9.6	1.3

新教徒选择科学与技术研究的显著倾向与我们关于新教伦理促成特定兴趣的假说的结论是一致的。其他研究者在其他实例中也注意到类似的倾向,由此可见这种兴趣分布具有典型意义。^① 根据瑞士巴塞尔州的有关数据,上述分布不像是由两种教徒城乡分布的差别所导致的误差。因为在1910年及以后时期(就是爱德华·波莱尔所研究的时期,其结果类似于彼得希利的那些结果),新教徒构成该州总人口的63.4%,但只占巴塞尔市区人口的57.1%,却占乡村人口的84.7%,彼得希利的研究也获得了相似的结果。^②

马丁·奥芬巴赫尔在《信仰与社会阶层》(*Konfession und soziale Schichtung*)一书中对这个问题进行了仔细研究,他分析了巴登、巴伐利亚、符腾堡、普鲁士、阿尔萨斯—洛林和匈牙利等地人民的宗教信仰与教育兴趣分布的关系。这些不同实例的统计结果在实质上都是相同的;相对于新教徒在总人口中一般所占的比重,在各类中学中新教徒就占有高得多的比重,但是在那些主要传授科学和技术的学校里,这种差别变得特别显著。例如在巴登1885~1895年间的平均数字如下:^③

^① 参看 Edouard Borel, *Religion und Beruf* (Basel: Wittmer & Cie, 1930), pp. 93ff, 他指出了新教徒在巴塞尔技术职位中并占据非同寻常的高额比重: Julius Wolf, “Die deutschen Katholiken in Staat und Wirtschaft”, *Zeitschrift für Sozialwissenschaft*, IV, [n. f.] (1913), 199. 此书注意到“新教主义的‘适应自然’对于自然科学和其他知识活动(除宗教信仰外)是极有价值的。”1860年, Ad. Frantz 已经注意到这个事实。参见他的“Bedeutung der Religionunterscheide für das physische Leben der Bevölkerungen,” *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, XI (1868), 51. 参看另外一项有关柏林的类似结果, 载 *Statistisches Jahrbuch der Stadt Berlin*, XXII (1897), 468-72. Buckle, 前引书, p. 482, 注意到“加尔文主义有利于科学”。亦可参看 Weber, *Protestant Ethic*, pp. 38, 189; 及 Troeltsch, *Social Teachings ...*, Vol. II, p. 894.

^② 参见“Die Bevölkerung des Kantons Basel-Stadt,” *Mitteilungen des Statistischen Amtes des Kantons Basel-Stadt*, 1932, 48-49, 以及1910和1921年的同一出版物。

^③ Martin Offenbacher, *Konfession und soziale Schichtung* (Tübingen und Leipzig: J. C. B. Mohr, 1900), p. 16.

	新教徒(%)	天主教徒(%)	犹太教徒(%)
中学·····	43	46	9.5
实科中学·····	59	31	9
高级实科学校·····	52	41	7
实科学校·····	49	40	11
高级平民学校·····	51	37	12
五种学校平均·····	48	42	10
在总人口中的比重(1895)	37	61.3	1.5

实科学校课程设置的基本特征是以科学和数学为重点;与此相反,中学相对来说比较轻视这类研究,尽管如此,我们也应注意到,中学还是为科学和学术职业作了准备。但总的说来,新教徒和天主教徒在中学中的人数反映出他们相反的志趣。可资利用的证据提示,天主教徒上中学的人数相对较多,是因为这些学校同时讲授神学;而新教徒通常将中学训练作为从事其他学术职业的预科。因而,在1891~1894这三个学年里,巴登中学的533名天主教徒毕业生中有226名(占42%以上)后来学习了神学,而在375名新教徒毕业生中,只有53名(14%)转向神学,其余的86%都转向其他学术职业。^①

与此相似,尽管天主教教义的辩护士汉斯·罗斯特希望人们承认下面的命题,即“天主教会任何时候都是热心科学之友,”但在他自己的数据面前,他也不得不承认天主教徒不愿意上实科学校,他们表现出“对这些实科学校漠不关心和厌恶之感。”他接着解释其中的缘故:“这些高级实科学校和实科高中不给人学习神学的权利;而神学在天主教徒看来是进行更高一级学习的动力。”^②

而统计数字显示,与天主教徒相反,新教徒有从事科学及技术研究的显著倾向。总的说来,在巴伐利亚1891~1895年间的统计数字中,同样可以看出这一点:^③

	新教徒%	天主教徒%	犹太教徒%
总人口·····	28.2	70.7	0.9
中学·····	27.3	68.1	4.2

① H. Gemss, *Statistik der Gymnasialabiturienten im Deutschen Reich* (Berlin: Weidmann, 1895), pp. 14-20.

② Hans Rost, *Die wirtschaftliche und kulturelle Lage der deutschen Katholiken* (Köln: Bachem, 1911), pp. 167 ff.

③ Offenbacher, 前引书, p. 17.

	新教徒%	天主教徒%	犹太教徒%
初级中学·····	4.4	49.4	6.0
实科中学·····	54.4	34.8	10.5
实科学校·····	41.8	49.5	8.1

同样地,符腾堡 1872~1879 和 1883~1898 年间的平均数字向我们揭示出如下的结果:^①

	新教徒%	天主教徒%	犹太教徒%
总人口(1880年)·····	69.1	30.0	0.7
中学·····	68.2	28.2	3.4
文科中学·····	73.2	22.3	3.9
实科学校·····	79.7	14.8	4.2

新教徒科学家的优势地位

可以获得的统计数字一致表明,与新教徒在总人口中所占的比重相比,他们偏重倾向于科学技术研究;如果我们的假说正确,假说所预期的结果就是与此一致的。但是还应该进行更加深入、更能说明问题的验证。新教徒科学家和天主教徒科学家的相对比数怎样呢?有关的资料十分匮乏,而且主要涉及卓越科学家;但与此有关的研究也得出了相似的结论;相对来说,新教徒在优秀科学家中占压倒多数。

在对英格兰的天才人物进行研究时,哈弗洛克·埃利斯并未直接触及这个问题,但却提出了一些重要的建议。在三个王国中,当然是英格兰的著名科学家数目最多,这不只是因为英格兰几乎是清一色的新教国家。^②在这个例子中宗教因素很可能只是次要的因素,更重要的是新教的苏格兰与天主教的爱尔兰之间的差别。在埃利斯所开列的名单上,前者产生出 21 位卓越科学家,而爱尔兰只产生了 1 位。正如埃利斯所指出的:

在科学方面,苏格兰的水平很高,而爱尔兰的水平极低……为了弄清苏格兰人较爱尔兰人在科学家数目上占有压倒优势这一事实,我们必须记住,直到最近的这

^① Offenbacher,前引书,p.18.这些资料得到 Ludwig Cron 对 1869~1893 年间的德国所作的研究的确证,*Claubenbekenntins und höheres Stadium* (Heidelberg: A. Wolff, 1900)。Ernst Engel 也发现在普鲁士、波森、勃兰登堡、波美拉尼亚、萨克森尼、西菲利亚以及在莱茵州,福音派新教徒学生较多地进入讲授自然科学及技术课程最多的那些学校。参见他的“Beiträge zur Geschichte und Statistik des Unterrichts”, *Zeitschrift des königlich Preussischen Statistischen Bureaus*, IX(1869),99-116;153-212。

^② *A Study of British Genius* (London: Hurst & Blachett, 1904), pp.66.

个世纪为止,爱尔兰的人口都远远多于苏格兰的人口,而且人们可能注意到,唯一纯粹的爱尔兰科学家丁铎尔(Tyndall)原先也具有英格兰血统。^①

特别有趣的是,在名演员的例子中,情况恰好相反[名演员中]“……几乎没有苏格兰人,爱尔兰人的相对优势十分明显。”^②这个事实无意之中再次证实了我们有关新教伦理影响的假说。人们回忆起,这种伦理造成了反对戏剧的心理,虽然这种作用容易被夸大,但它确实是强有力的。实际运用这种观点,就能够预测出名演员在天主教国家和新教国家中的分布情况与科学家在这两种国家中的分布恰好相反,这与实际上的发现是吻合的。这两个人群中兴趣分布的差别是相当显著的。奥丁的发现为这个问题提供了进一步的证据。

艾尔弗莱德·奥丁在对法国文人进行的详细研究中,间接地提供了与我们的研究有关的某些资料。他比较了瑞士的三个以新教徒为主的州(日内瓦、沃德和纳沙泰尔)和三个几乎全部是天主教徒的州(伯尔尼、弗里堡和瓦莱)中的著名文人。前者产生出了147位用法语写作的文学家,其中35位是极具天才的人物,按奥丁的格式,其指数是52 1/2和12 1/2。与此相反,在奥丁的名单上,天主教的州只产生了8位文人,其中仅有一位是具有高度才能的,其指数为5和0.06。^③

而且,从1539年到1825年,新教徒在法国文人总数中占10%,但在同一时期,新教徒在总人口中所占的比重在2%~3%之间。^④而且这些数字已经不能再减低了,因为奥丁武断地把所有可存疑的人都归为天主教徒。乍看上去,新教徒对“文学相关学科”的明显偏爱似乎与我们的假说相抵触,因为新教的伦理是与这种追求背道而驰的;但是我们只有在更精确地对资料进行考察之后才能发现,新教伦理与这种追求反而是明显一致的。因为,在上述新教徒“文人”中,52%以上都是被奥丁称为“博学者”、“思辨家”等的人物,也就是历史学家、哲学家、语言学家、社会学家、法理学家等等,而只有“极少数的诗人(4.7%)、戏剧家(1.6%)和演员(0%)”。^⑤因此,即便在学术领域内,新教徒的主要重点也是在于科学及技术科目、而不在于所谓的经典和文学科目。人们记得,这与埃利斯有关苏格兰人和爱尔兰人差别的发现是完全一致的。

另外一个有趣的事实是,在已知其父亲职业的新教徒作家中,大约有1/3(72人中有23人)是牧师之子。^⑥与新教人口的总数相比,新教伦理的强大力量更容易被感觉到,而且又存在着接受“文理科”教育的机会,在这种情况下,上述事实的代

① *A Study of British Genius* (London: Hurst & Blachett, 1904), pp. 66 - 67.

② 同上书, p. 75.

③ *Genèse des grands hommes* (Paris: Librairie universitaire, 1895), 2 vols, Vol. I, pp. 477 - 78.

④ 同上书, Vol. I, pp. 480 - 81; Vol. II, 表 xx, 图 xiv.

⑤ 同上书, Vol. I, p. 484.

⑥ 同上书, Vol. I, p. 485.

表性就特别突出了。但显然不可能把这些数字与天主教教士的儿子去作比较(因为独身的誓约排除了儿子存在的可能性),但重要的是,在奥丁的名单上,新教牧师在新教徒中所占的百分比远大于天主教教士在天主教徒总数中所占的比例。^①由于实际上天主教教士在天主教人口中所占比重大于新教牧师在新教人口中的比重,这一点就特别引人注目。

高尔顿的《英格兰科学人物》(*English Men of Science*)一书与我们的研究有着间接而不太重要的关系,此书以皇家学会的著名成员对一份设计得很天真的问卷所作的答复为基础。每10位科学家中有7位肯定是英格兰或苏格兰圣公会教徒,另外3位要么没有宗教信仰、要么信奉其他新教派别。很难找到罗马天主教徒,考虑到罗马天主教徒在英格兰人口中只占很小比重,^②这一点并不奇怪。高尔顿提出的问题很坦率,例如:“在你年轻时灌输给你的宗教教义是否妨碍了你的研究自由?”在对此作出的81个答复中,90%答“否”,但其强调程度各不相同;不到10%的答案暗示或明确表示宗教教义具有妨碍作用。^③但上述结果的价值却因两方面的原因而被削弱了,首先是因为回答的数目很少,其次是因为它基于这样的假设:每个科学家都有能力弄清自己成长起来的宗教背景中那些高度细微而在很大程度上未被觉察的影响。这就等于对许多答复进行平均(也许是沿着错误的方向),以求得出一种中庸的图像。然而,在高尔顿的研究的有效范围内,仍然应该注意到这种研究加强了我们正在讨论的那项假说。

另外一项研究极为仔细、详尽地考察了某些宗教信仰与科学兴趣及科学造诣的关系。如果以前的研究表明,我们所寻求的那种联系实际上确有微小的可能存在,那么坎多勒的名著《科学及学术的历史》(*Histoire des Sciences et des Savants*)就把这种可能性大大增加了。坎多勒发现,在1666~1883年间的欧洲(法国除外),尽管天主教徒和新教徒的人数分别为10700万和6800万,但在被命名为巴黎科学院外籍通讯院士的科学家名单上,却只有18位天主教徒,而新教徒则占八十名!^④但是,正如坎多勒本人所指出的,这项比较还不是结论性的,因为它忽略了法国科学家,而法国科学家主要是天主教徒。为了纠正这一误差,他考察了两个时期(1829年和1869年)内的伦敦皇家学会国外会员名单,因为这两年中法籍科学家人数多于

① *Genèse des grands hommes* (Paris: Librairie universitaire, 1895), Vol. I, p. 487; Vol. II, 表 xxi, 图 xv。

② Francia Galton, *English Men of Science* (Lodndon, 1874), p. 126.

③ 39人答“否”,未作任何进一步的评论;12人答“没有”并加以强调;14人回答“没有”,并给出不同的理由加以说明;8人声称这种作用是好的而不是坏的;而只有8人指出或明确地谈到各自的宗教教义对其研究产生了不良影响。同上书, pp. 135~136。

④ Alphones de Candolle, *Histoire des Sciences et des Savants* (Geneva-Basel: H. Georg, 1885) (2nd ed.), p. 329.

其他时期。在前一时期,新教徒科学家与天主教徒科学家在总数上大体相等;而在1869年,新教徒的数目实际上超过了天主教徒。但是,除大不列颠及爱尔兰王国以外,欧洲有13950万天主教徒,而新教徒只有4400万^①。换句话说,尽管天主教徒的总人口是新教徒的3倍多,但在著名的科学家中,新教徒实际上多于天主教徒。

然而,还有一些资料比这些以不同人群为基础的资料更为重要,人们可能觉得,在这里政治制度和其他非宗教因素的影响超过了宗教的实际影响。比较那些密切相关的人群,十分有助于排除这些无关因素,但获得的结果是相同的。在巴黎科学院的外籍通讯院士名单上,没有任何一位来自爱尔兰或英格兰的天主教徒,尽管天主教徒在三个王国总人口中所占的比重超过五分之一。与此相同,天主教的奥地利也没有通讯院士;而且总的说来,与新教德国相比,天主教的德国同样造就不出著名的科学家。最后,在瑞士,上述两种教徒在很大程度上分住在不同的州中,只在某些州中混居;新教徒与天主教徒之比为三比二。而在瑞士拥有的14名通讯院士中,竟没有一名天主教徒!在伦敦皇家学会和柏林皇家科学院的名单上,瑞士、英格兰、爱尔兰人中这两种宗教的这种差别同样存在。^②

在对上述材料进行了考察之后,就完成了对我们的假说所进行的经验性验证,总的来说,清教和禁欲主义新教教派,是作为一种在情感上首尾一贯的信仰、观点和行为的体系而出现的,这个体系对于激发科学上的持久兴趣起了非同小可的作用。如果按照词的本意来使用“教育”一词,我们可以说清教主义是这一时期科学教育的主要成分。显然,这并不是要否定许多其他因素的重要性,如经济的、政治的因素以及科学本身的繁衍运动这个最重要的因素,它们都为科学潮流的日益兴起发挥了作用。在某些历史条件下,这些相关因素的重要意义超过了宗教因素,这也是毫无疑问的。16世纪科学在意大利的发展就证明了这一点。但是,先于或独立于宗教改革而发生的科学兴起,并不能否定禁欲主义清教运动在这方面的重要作用。但它却证明了,其他一些条件同样能促使人们拥护科学,而且这些因素足以克服现存宗教体制中的反科学成分。

而且,如果出于研究的目的而把清教主义与科学的关系从更广泛的社会史境中分离出来,并不会因此而否定了这一史境的具体意义。人们很可能会争辩说,禁欲主义清教运动本身就是一种更普遍的文化变迁的产物^③。然而,在这项研究中,我们并不关注这种意义重大的问题。无论如何,已经证明了由清教主义促成的正

^① Alphonse de Candolle, *Histoire des Sciences et des Savants* (Geneva-Basel: H. Georg, 1885)(2nd ed.), p. 330, 参看, I. Făcăoaru, *Soziale Auslese* (Klausenberg: Huber, 1933), pp. 138-39. “信仰对科学的发展有巨大的影响。新教徒在卓越人物中到处都占很大比例。”

^② 同上书, pp. 330-31。

^③ 这基本上就是 P. A. Sorokin 教授的观点。见他的 *Social and Cultural Dynamics* (New York: American Book Co., 1937), 特别是 Vol. II。

统价值体系于无意之中增进了现代科学。清教的不加掩饰的功利主义、对世俗的兴趣、有条不紊坚持不懈的行动、彻底的经验论、自由研究的权利乃至责任以及反传统主义，——所有这一切的综合都是与科学中同样的价值观念相一致的。上述两大运动的美满姻缘建立在内在相容性的基础之上；即使到了19世纪，这两者的离异仍然尚未完成。

本节的讨论可以用更一般的术语概括为关于知识发展的非逻辑根源的一个文化案例研究。

（本文选自罗伯特·金·默顿著《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》，范岱年等译，商务印书馆，2000年，155~183页。）

5.2 根本不应成为问题的内史论与外史论之争

C. P. 米库林斯基

在东京召开的第十四次国际科学史代表大会上我作的报告中以及我的早期著作中，我都确信，内史论和外史论都不可能作为解决科学史问题的理论基础。

无论是内史论还是外史论都代表了一种简单的、局限性的和片面的设想，因此说不上在两者之间作出选择，正如在活力论与机械论之间没有什么选择一样。

因为这两种理论构思都是错误的，所以把它们综合在一起也不可能有成果，这种情况类似实际上不可能把活力论与机械论综合起来一样。只有摒弃这两种构思，并且发展一种取而代之的理论，才能解决问题。

首先，有必要对内史论与外史论确立一个严格的定义。

这两种倾向的相互斗争已经有大约40年了，但问题仍然远远不清楚，特别是关系到外史论。一切证据都表明，现在这个问题比40年以前更加模糊不清。

按照内史论的概念，科学的发展是受到它本身的内在规律的控制的。内史论常常被归结为拒绝承认任何经济和社会因素对科学发展的影响。这是不完全正确的。内史论者认为，这些因素或者是促进科学的发展，或者是阻碍科学的发展，他们仅仅在这个意义上承认它们的影响。然而这些因素对知识的结构，它的特性以及科学发展的方向施加不了影响；它们只不过是供表演的一个舞台，这个舞台可以阻碍或帮助这场演出，但对剧中情节的发展不产生任何影响。

而外史论的情况就更为复杂，下面我们将要说明，外史论这个术语实际上是用来表示在分析科学发展中两种完全不同的研究方法，在这一过程中，马克思主义者和纯粹的外史论者被混为一团，后者想把科学缩小到只是一种经济和社会情况的

附带现象,把它缩小到某个时代的经济和社会关系的直接表现。

内史论和外史论以及科学史中因果问题

任何一门科学,当它建立了这个领域的一定的理论结构并对其中的很多现象提供了必要的解释之时,它就步入了自己的成熟阶段。印度两部最古老的叙事诗《摩诃婆罗多》和《罗摩衍那》都包含有对许多动物物种和植物物种生活方式的最精细的描写,然而生态学只是在许多世纪以后当环境与生活方式之间的因果关系已经被确定以后才出现的。

科学史如果想成为一门科学,就不应该仅只回答何事、何时、何处以及何人的问题,而且也应该分析科学知识的规律性的运动,科学史上重大事件的历史条件局限性及其与特定历史条件的关系。

如果一种概念宣称它有能力从理论上说明科学史,即有能力起到科学史研究中的方法论的作用,它就应该把科学发展解释成为一种有规律的过程并确定它的动力。

让我们从这一原则出发尝试着评价一下内史论与外史论。制订这样一种公式并没有消除这两种倾向在其本身的历史进程中以及在互相斗争的过程中产生的问题。这两种倾向都不是完全没有成果的。每一种倾向都认识到科学史家们原先对某些问题未加注意。然而,在过去了的四分之一世纪里,科学史作为一门科学学科证明了科学的大规模的转变、科学的社会作用及其在现代社会中的地位的变化、关于科学认识的社会价值这一老问题的新的情况方面,都发生了相当可观的变化。科学的历史学已经成熟,并且已变成为在本身的结构中具有的经验知识和理论知识的独立科学。它不再是一门单纯的描述性的科学,而是已成为了一门阐明性的科学。正是这一事实产生了重新说明它的理论基础的必要。

我们记住了内史论和外史论的地位和作用的上述变化,现在就可以而且必须在一种新的水平上来处理两者之间的争论,首先按照同一种着眼点来断定这两种倾向能够认识科学知识发展的规律性并对其因果关系的解释达到何种程度。

人们不能否认现时内史论的概念已导致了科学发展的智能方面的问题完全面对社会历史方面的问题这一事实。

即使我们考虑到这一概念的提出者在重建科学思想史方面的功绩,它实际上也并没有解决如何说明科学史的问题,因为它把科学知识的发展仅能从它本身得到解释这一命题绝对化了,并且把科学概念的发展而引起的科学发展的分析原则限制在这些科学概念之内。

例如亚历山大·柯瓦雷(Alexandre Koyrè)曾经令人信服地说明了17世纪的科学革命与古代和中世纪世界观的根本变化有关,即与作为这些时代特点的世界图景的毁灭有关。但人们怎么能够理解是什么东西引起了这种毁灭,为什么它不

迟不早发生在17世纪而不发生在更早一些时候呢?为什么导致了新科学形成的科学革命反而仅只发生在欧洲?为什么按照现在的观点所理解的科学没有出现在东方文明古国(中国和印度)尽管这些国家有高度的文化水平,尽管事实上在中世纪它们在许多知识领域和实用方面大大领先于欧洲?内史论把自己仅仅限制在“纯粹”思想的范围之内,既不回答也不能回答这些问题。另一方面,如果谁用一种随机的智力“突变”来解释上述现象,那么他就是拒绝任何解释,因为这样一种解释可以提出来“解释”任何科学上的新事件和任何时代,这样的解释实际上是没有任何认识价值的。

外史论与内史论完全相反,从一开始就推进科学发展的历史因果关系的解释。外史论者把问题的本质放在因果关系上,为此而工作,与内史论一直进行斗争达半世纪之久。毫无疑问,这构成了外史论者的功绩,决定了他们在科学史中的作用。然而,关于社会和历史实践对社会发展和精神生活的决定性的作用这一马克思主义的命题,外史论却采取了一种生硬和简单化了的形式。结果与马克思主义关于科学发展的真正观点相反,外史论利用根本不是马克思主义的庸俗社会学和经济决定论并试图把科学发展直接推断是由于社会和经济条件造成的。自然,这只会得到一个粗略的说明,因为最重要的联系即物质方面和精神方面之间的密切、复杂、多级和多介质的而且决不像机械决定论那样简单的相互关系,不再存在了。

我们在日本数学史家,《算术和阶级社会》(1929年)的作者小仓金之助以及M·勒鲁瓦、F·波肯瑙、B·格森、F·齐尔塞尔的著作中和更近一些的A·索恩·雷瑟斯的小册子《精神工作和物质工作》(法兰克福,1972年)中就遇到了这种简化到粗略说明的情况。

为了能够真正地解释科学史,有必要以具体的方法来探索科学概念和理论的转移、科学的问题和结构在科学本身中发展的方式、分析社会和经济条件以及需求是如何并通过什么中间环节在科学中实现的。不应该只是一般地进行这种分析,而是应该对每一种场合进行特别的分析,要按照科学本身的规律考虑上述概念的转移,考虑其特殊的形式,把它翻译成科学语言和并入它的组织中去。如果一个人忽视了科学作为“精神生产”(卡尔·马克思)的特定性质,就不可能做到这一点,只会得到历史因果关系表面上的解释,而得不到真正的因果关系的解释。

最大的讽刺在于这一事实,外史论虽然从表面上看是反对内史论的,但它也含有社会和历史条件对于科学来说纯粹是外部的东西这样的意思,而这正是内史论的概念。外史论与内史论都忽略了区别机械论和把它们转变成适合科学的特定形式的方法的问题。机械的因果关系(拉普拉斯)的决定论把社会和经济条件与科学的相互作用看作为直接的立竿见影的影响;在这种情况下,社会和经济条件对于科学来说,确实好像是外部的东西;这样要认识它们对科学的内部状态的影响就不可能了;因为科学就其性质来说与物质生产、经济、社会关系和政治历史根本不同,无

论后者对科学产生多么巨大的影响,科学也不可能归并到后者中去。

因此,无论是内史论,还是外史论,都不可能解释科学的发展,所以我们把内史论与外史论的争论称为根本不存在的问题。乍一看来,内史论是反对外史论的,但我们认为这是一种假象,从这一争论的形势来看,不可能得到任何结果。

我们已经提及外史论把科学缩小为仅仅是社会和经济条件的伴随现象,它忽视了科学的特定性和相对独立性。马克思主义与外史论不同,它根本不把科学直接缩小到社会和经济条件;它不忽视科学的特定性,思想的活动性和相对独立性,以及有效的知识系统的作用同思想和概念对随后的科学发展的作用。这两种研究科学的方法是根本不同的,如果不去把它们区别开来而是予以互相混淆在一起,那就意味着在逻辑方面争吵不休。同时,情况确实如此,“外史论”被用来表示这一事实,为了解释科学发展,人们把自己限制在分析科学思想的运动之中是不够的;尽管科学有它的相对独立性,科学知识的发展也存在着其特定的规律,社会生活的物质条件仍然对科学发展的特点、方向施加着决定性的影响。如果我们忽视了社会生活的物质条件,就不可能理解并取得对科学史的充分的解释。但这时我还没有涉及到内史论与外史论之争,而仅只涉及到这两者与马克思主义之间的争论,我们碰到了一个完全真实并且是本质性的问题,而不是一种假想的问题。问题并不在于内史论把科学思想、概念和理论的发展的特定的内部规律的存在作为其基础,从卡尔·马克思的时代开始,马克思主义关于科学发展的概念就不只是把它当作它的基础来看待,而是不断地强调这方面的问题。就以上所述而论,在内史论中并没有什么本质上新鲜的东西。差异的对象是不同的,它位于一个完全不同的平面上。内史论用科学思想、理论和方法的运动从根本上限制了对科学发展的分析;它一方面否定了在科学知识发展的特点、结构和倾向之间的内部联系;另一方面也否定了社会的物质和精神生活同社会历史实践之间的内部联系。正是这一点,而不是它承认科学思想、概念、理论和方法运动的内部规律,构成了内史论的本质以及它与马克思主义关于科学发展的概念之间的差异的本质。

内史论是反对马克思主义关于科学发展的理论的,这一点绝对没有疑问。但把马克思主义关于科学发展的理论称为外史论,就像因为莎士比亚、巴尔扎克和列夫·托尔斯泰极其精确地描写了人民的生活而把他们称为自然主义者,或者因为他们之中每一个人在与自己的前人相比时,是作为一个革新家而出现的,以及创造了反映自己的世界观的形式而被称为现代主义者一样荒谬。

我们相信,没有理由把J·贝尔纳这样的科学家以及所有那些认识到科学发展和社会的经济和社会结构之间的联系,并清楚地认识到,科学发展的特定规律的存在,不允许把科学史缩小为经济和社会条件的科学史家说成是外史论者;如果我们记住了内史论者把科学史绝对地划分为互相对立的“内史的”和“外史的”的话,把这些科学史家称为历史一元论者更为正确。

科学的社会特点和它的决定机制

当我们涉及到科学发展的社会决定这一问题时,必须考虑到三个层次的分析。第一个在于认识科学的社会特点。

第二层次的分析与属于某些年代跨越较大的时代的科学研究有关,这些时代是根据各种文明和文化的条件从历史方面来划分的。第三层次代表了单个的科学理论、设想、概念等的发展的决定因素的分析。

当这种分析以一个层次走向下一个层次时,问题往往变得更加复杂;如果要使分析取得成果,对已经取得的知识不必关心太多,而对新知识的产生却要十分关心。正如我们所看到的那样,在上半个世纪才成为一门科学的科学史在理论方面的困难与下列事实有密切相关,即对新知识产生的研究由于受到实证主义的影响而没有得到足够的注意。我们认为科学史的未来与确立新的知识的机制的分析确切有关。

科学发展的动力问题是科学发展理论和科学史研究的一个关键问题,这个问题可以用更狭义的形式表示为在科学发展中认识论因素与社会历史的(指社会经济的、文化历史的、社会学的、意识形态的、心理学的等)因素之间的关系问题。

人们不能通过以实证主义、归纳主义或因袭主义为基础的科学哲学来得到对这个问题的解答,这其中没有一种能够在科学史中得到发展。

为了解决这一问题,有必要首先考虑这一事实,科学并不是各种形式的知识的集合,而是某种活动、某种工作的产物。

这种活动具有一种特定性质及其本身才具有的特点;它的方向是产生新的知识。在这种工作过程中,从事工作的学者与所有过去、现在和将来的研究有特殊关系,这就产生了科学工作的特定的形象。按照卡尔·马克思的观点,科学工作与其他形式的工作不同,它应该被称为“万能的劳动”,无论是谁和在什么地方掌握了知识,它就变成成为全人类的财富。在科学史上的任何时期,它都应被看作是所有先辈们努力、当代人的合作以及为了它的将来的发展而奠定的基础所产生的结果。即使仅只如上所述,也很明白,虽然科学工作是智力劳动,具有创造性,而且其结果与某个科学家的名字有联系,但它显然仍是社会性的。

像任何社会工作一样,它是由社会需要而引起来的;但它的存在并不取决于它能满足社会的需要。虽然科学工作绝大部分是智力性的和创造性的,但它并不能在纯粹思想的框架中实现。它要求一定的技术、研究方法和工具,所有这些都由从事物质生产的许多人的工作而产生。社会实践的需要刺激了科学的发展,同时也证明了科学工作的产物是新的知识。最后,应该记住,认识活动本身总是以一定的形式来进行的,这些形式是历史性地决定的,并受到社会所选择的一定的规范和标准的制约。为了在科学上被认识和接受,科学工作的成果应该符合科学共同体的传统规范和标准,因此科学工作与社会的联系是如此紧密以至于虽然一项科学发现是由某一

具体的科学家或科学家的小组得到的,但认识的主体实际上是社会本身。

科学的这种特点是社会的,它的社会特点并不是它外部的东西,而是科学所固有的。

重要的是,当人们分析科学的发展情况时,要记住后者在我们的意识中仅只是作为某种抽象的东西而存在的。它以各不相同的形式出现在历史的进程中,它不仅只是科学的内容,而且它本身也是研究自然的方法,思想方法,甚至是科学概念以及一个历史时代与另一个历史时代都不相同的社会对它的感性认识。

就每一个时期的科学的特点和结构而论,根本的问题是要把握在一定的时代里占支配地位的那些成分的特点和结构,关键的概念会在整个科学共同体中流行。每一时期都产生它自己的世界图景;这种世界图景由主要科学的、哲学的、思想的以及到一定时候还有宗教的概念错综复杂地交织在一起而形成的;它代表了一定时代的真实存在和它在人类思想中所转化的物质生活和精神生活的反映。这种形象代表了每一个时代都特有的和在人类意识中压倒一切的世界观,它逐渐会得到一种偏见的力量。科学思想的成就也是呈现在这种图景之上的;它反过来决定了一定时代的科学的独特的形象。经济和社会因素对科学的结构和特点的影响,主要是通过这种图景作为中间环节而传递的,因为这些因素在世界形象中已经被转化并且被包含在智力内容之内,而不是它们以单纯的形式出现在世界形象中,所以变成更加可能。

人们经常采用“科学和社会”这种表达方式,但这只能被有条件地接受。科学是由社会所产生的,并且构成了它的有机的一部分。位于社会之外的科学,是不存在的。科学不会离开社会而存在,它代表社会的一个系统、它的文化。因此,把科学史绝对地划分为智力的(内部的)理论和具有内史论的特点的社会(外部)理论,是与科学的真实情况不符的。我们可以而且确切地说到科学表现的两种形式:作为科学知识的系统的科学和作为活动的特殊形式的科学,或社会的一种体制。但这正是我们所认为的科学的两种不同的截面,而不是两种独立存在的形式。

如果把科学看作是不产生结果(知识体系)的特殊活动形式或一种社会体制,并且把它与它的客观内容分开,那么它就变得毫无意义,成了虚构或无聊的东西。科学的组织形式,科学团体的社会心理学确实在变化,伴随着它并对它产生影响的有客观内容的变化以及科学的结构和社会职能完全不能在这些变化之外得到理解。

科学并不具有两种互相独立的历史——内史和外史。如果像科学的客观实际所发生的那样,而不是以抽象描述的方式反映科学的发展。那么,我们就只能考虑它们共同的历史。至于为了研究需要,有可能挑选出这个和那个方面来考虑它的历史,那又是另外一回事了。当需要深入地以一种特殊的方式研究科学的内化过程、科学组织的历史、科学中的共同体、科学组织的形式等或科学思想史,特别是科学知识的发展这些问题时,就采取这种做法。

基于同样的理由,人们也不可能认识到上述影响科学发展的内部因素和外部因素的绝对的区分和对立是合理的;内史论恰恰就支持这种观点,但人们一定会同意这两种类型的因素都是重要的。把它们绝对对立起来是错误的,人们不能一劳永逸地把某些因素划入外部的范畴,而把另外一些因素划入内部的范畴。这在每一种场合都要求具体分析,因为在一种场合这些因素起着外部的作用,可是在另外的情况下可能被看作是内部的东西,反之亦然。

经济、社会、心理、逻辑等因素是外部的,因为它们对于科学的内容的影响是中立性的,然而只要开始与科学的客观内容相互发生作用,它们就转化为内部的了。在这里,人们可以用有机体来进行模拟。环境可以影响显型类生物和有机体的个体发育史;可以促进它们的生长和发育;也可以留下它们的没有改变的遗传特性;但是如果环境影响了遗传基础,那遗传器官、遗传就会发生变化,外部因素就变成了内部因素。

科学史清楚地指出了“内部”与“外部”概念的相对性以及它们之间的互相转化。

众所周知,科学的胚胎学的创始人卡尔·贝尔(Karl Baer)甚至在达尔文之前就独自认识到有机体的进化了。他在1834年的一部著作《自然界一切发育的基本定律》中,提出了大量的有利于接受进化论的资料。如家养动物和植物的可变性,地球上植物和动物的地理分布以及进化论的化石证据。后来达尔文也是分成这样三个组补充了许多事实,这时他的进化论证据体系是极为重要的。在贝尔的理论中,仅仅缺少了一步,即需要找到进化的原因。其实,他就要掌握解释这样一种原因的关键了。根据他于1850年的说法,可以得到对环境很不适应的动物将会灭绝这样的结论,但是他却摒弃了这种解释。后来当达尔文的《物种起源》一书发表后,贝尔却出来反对达尔文的理论。虽然他在25年以前就详尽地说明了生命界存在着进化。如果人们仅仅接受进化思想的逻辑发展,对这些事实又怎样解释呢?在这里,进化思想发展的逻辑并未起促进作用。贝尔的思想过程与这种逻辑互相矛盾。事实上,对上述事实可以非常清楚地进行解释,贝尔是一个虔诚的理想主义者,他相信“趋向目标性”是自然界固有的;进化代表的自然的永恒定律——朝向精神对物质具有更大的支配方向的运动。在1850年以及以后,当达尔文的理论发表时,贝尔拒绝了自然选择的思想,因为这种思想与他的哲学相矛盾。按照他自己的说法,自然选择的思想在两种情况下都会导致物质主义。那么,构成贝尔概念的结构核心是什么呢?这里可以有两种意见:贝尔的思想,他的哲学信念,换言之,在一种始终如一的内史论看来,这是一种外部的因素,然而这种外部的因素变成了贝尔进化概念的核心,决定了它的结构,即成为了内部的因素。

正如随后生物学的发展所表明的,贝尔关于进化的概念是错误的。变成为内部因素并决定了贝尔研究进化方法的内容的外部因素,变成了与科学事实相矛盾

的东西。换言之,又成为科学事实外部的因素且与它互不相容了。这样,外部的因素变成内部的因素,后来又又在科学发展的进程中再次转化为外部的因素。

杰拉尔德·霍尔顿(Gerald Holton)的概念是相当令人感兴趣的,这种概念在《科学思想的主要来源——从开普勒到爱因斯坦》(剑桥,麻省,1973年)一书中形成,与传统的内史论的方法相比,已表现出向前迈进了一步。他用论题分析方法来研究处于“萌发期”的新知识和单个科学家的活动及个性的独特特点对自己的工作成果的影响;试图以此来建造一种科学增长的模式;这种模式不会“迟钝到不能揭示精细的结构”,也不是“拙劣的摹仿”,只有用内史论和外史论的方法才能得到这样的结果。

霍尔顿认为这两种活动——单个科学家的活动和整个科学团体的活动——的差别是“前者并不一定总是保持沉默,也不怀疑达不到推理研究的程度。”

人们可以把霍尔顿著作中的这两种类型看作是科学的发生学和系统发育学。系统发育学并非发生学的总和,发生学也不是系统发育学的重复,两者彼此密切地相互作用,各带有彼此的痕迹。在这方面,它们被删除,被转化,并不以其单纯形式出现,然而正是这种发生学和系统发育学之间的相互作用表达了一个或另一个进化分支的持续性和历史发展。如果这种生物现象可以被当作一个模型的话,那么,理解个别的内涵和转化的机制以及外部因素转化为构成科学机体组织的内部因素,就更加容易。

当我们联系到个别科学家的活动来分析科学发展中的外部因素与内部因素的相互作用问题时,在研究认识过程中,其他科学,特别是心理学的经验值得科学史家密切注意。心理学利用实验方法和定量方法,来揭示大量的发生学中意识形成的重要定律。在那些源自于皮亚格特(瑞士)、伏戈特斯基(苏联)和其他著名心理学家著作的这些机制中,人们可以在心理机能和个人与外部世界及社会环境的实际交流之间挑选出一种决定性的依赖关系。在一种精神的活动成为主体的固有特点之前,它已经在相互关系的客观体系中,在客观的外部活动中形成了,后来这种外部的活动转化为内部的活动(被内化了)。

内化的理论自然不能马上被用到科学家的活动中去,但由它所揭示的认识过程的深入机制常常可以促进科学史家,使他不受长期存在的来自每一种外部因素的智力过程的同时性和独立性概念的影响。

重新建立一种科学理论起源的尝试

我决不会幼稚地认为一个例子甚至许多例子的总和就可以否定内史论。我们很清楚,一个单独的例子可能会受到十个其他的——相反的例子反对。因此我们所关心的,不是个别的例子,而是把内史论与整个说来被看成为一种社会认识活动的科学发展的整个经验的并置。

科学史家在其工作中常常涉及到一种具体的现象——一门科学、一种理论、一个发现等的历史,以及某个科学家的活动。如果他提出的解释科学发展的一般理论上的和方法论上的概念是正确的话,那么,它就可以帮助科学史家对他所研究的具体现象有一个更深刻更好的理解,因此我建议不要把达尔文的进化论的产生看作作为一个例子而是要把它看作为一个历史重建的模型并证明这种模型是否与内史论相符。

众所周知,早在19世纪40年代初期,在达尔文乘贝格尔号军舰作环球航行期间,由于受到他所做的观察结果的影响,就产生了物种进化的思想。他的进化观点到了1837年年中已经完全成形,以至于开始写作自己的著名的关于物种演变的笔记。然而当他构思了自然选择以后,真正的转折点才到来,所以寻求他的思想是怎样源出的,的确是一件重要的事情。

已经有很多人想用马尔萨斯的《人口论》对达尔文的影响来解释达尔文理论的出现。达尔文自己在某种程度上要对这种说法负责。然而那些提出这类意见的人却没有注意到这一事实,达尔文在其自传中提到了马尔萨斯的那本书后,马上就说明,他“已经充分准备好了正确认识这种到处都在发生的生存斗争。”我们感谢加文·德比尔(Gavin de Beer)教授,他使我们注意到达尔文于1837年写的笔记;我们现在所知道的事实是,甚至在1837年即他读到马尔萨斯的那本书以前15个月,达尔文就得到了不适应生存条件的那些物种将要死亡,仅仅适应的那些物种将生存下去的想法,正如达尔文在他的1837年笔记中所写的那样,物种“如果不作出改变就会死亡……它是一代物种。”

在18世纪末至19世纪上半叶这段时间里,出现了许多关于自然界激烈的生存斗争的著作,我愿意向读者推荐莫斯科大学教授罗伊勒(1814~1858)的说法。他的著作主要在俄国,不幸西方没有人知道他。罗伊勒是一位令人信服的始终如一的进化论者。他一生最重要的职业是发展和推进对有机体世界的进化研究。甚至于在达尔文之前,他就创立了一个动物学家进化论学派。

英国在动物饲养和园艺栽培方面的经验,对于达尔文构思他的进化论说来是一个关键性的因素。实际上正是这一思想,而不是生存斗争的思想构成了达尔文理论的主要结构核心和主轴。他的实际经验不仅只是他发展一种理论的动力和刺激因素,也不仅是促进他把需要进行分类从而加速选择研究方向并刺激它们的一个因素,科学史上常有这样的情况(例如与蒸汽机发展有关的热力学的发展)。它对达尔文理论的这种结构是极为重要的,从实践中借用的选择的思想,决定了达尔文理论的性质。

至于对达尔文理论的构成有相当重要意义的(无论这一因素在达尔文的书中反映得多么精确)生存竞争和斗争,并不难以确定它是由资本主义繁荣时期英国的社会关系引起的。这一思想存在于那一时期英国的气氛之中,当时,伴随着以牺牲

他人为代价而某些人致富,在太阳下为了一块地盘而进行的竞争与斗争,为了生存而进行的斗争,被看作是人类社会的自然的无可争辩的法则。为了认识到这一点,人们并不需要马尔萨斯的书。以上所述是当时广为传播的意见。

生存竞争和斗争的思想是在科学领域之外发生的,巴里·盖尔(Barry Gale)正确地写到:“……在某种意义上说,《物种起源》的语言是维多利亚时代的语言……在维多利亚时代的情况下,达尔文似乎仅只是一大群维多利亚时代强调斗争的人们中间的一个人而已。”(见 *Isis*, 1972, 第 63 卷, 第 218 期, 343 页)。

以这样一种明显和清楚的形式揭示出来的实际经验和社会关系对一种科学理论性质的影响代表了一种相当罕见的情况,然而它并不因为这一点而不那么令人信服。人们不常遇到这样的情况的这一事实,恰恰说明了科学与社会实践和社会生活的经济、社会和精神条件之间关系的复杂性。

虽然成千上万的人获得了家养动物和植物的可变性,成千的人在不同的国家里利用它,千千万万的人拥有生存斗争的思想,甚至在它代表了世界及人类社会生存的自然法则这种信念下生活着,但是仅只有达尔文使用了这些概念创立了自己的进化论。

人人都知道苹果落地使得引力理论产生的历史故事,它可以用作说明一种理论产生过程的一个简化和通俗的例子。亿万人看到了自由落体,而只有牛顿创立了引力理论。

我们面临的一个问题,是有必要研究科学家的个性、他的思想和心目中无益的、冒犯过失的特点、他对世界的认识以及他所从事的那个科学领域中出现的问题。

沿着科学家个人的个性和创造性的形成及独特性这一线索,再现他的研究道路和思想发展过程,如果可以得到足够的材料,我们便能深入到科学创造性的实验室中去。如果这样的话,事情就会非常清楚,研究科学家工作的最后产物——科学论文,从中无论如何也不能得到什么东西,因为按照科学中建立的规范,科学家把它的内容搞得纯而又纯,与研究课题没有直接关系的一切东西都不包括在内。

讲到这一点,我记起了一些比产生科学家传记更加重大的事情,它们代表了一种非常重要而且独立的科学史研究。我记起了把一种方法与另外的方法结合起来,就能够更加密切地研究新知识产生和不变量识别的过程,而这一过程,使我们能够认识科学发展的机制与法则。

形态发生学家从某些在胚胎到达成熟期并在一个特定的物种与已经搞清楚了的物种的系统发育学之间,建立了联系时就会消失的某些特点出发来研究有机体发展的胚胎阶段,而科学史学家则不仅只把以科学论文形式出现的最后成果包括在他的分析范围之内,这两种都能分辨出那些不可能存在于科学论文中的因素。

当以这样的方式研究创造过程时人们常常可以根据选择的方向和研究过程,

非常清楚地认识一个科学家的哲学观点的作用,他的方法,他对世界的看法、他的动机、他的创造性工作的直接的和非直接的刺激,一般的和直接的社会环境的作用以及他成长、生活和工作的条件。

结 论

科学发展的机制法则,在这里意味着新知识的首先的和首要的形成过程,它不是通过科学概念的逻辑交织(这是内史论要求我们做的)形成的研究基本范围能够解释的,也不是通过把科学史的因果关系缩小为排他性的社会和经济条件(这是外史论者徒劳无功想做的)能够解释的,只有通过认识到它们的辩证统一和社会历史实践对科学的客观内容、社会经济文化历史条件和个性因素之间相互关系发展的决定性影响的过程中分析这种相互关系才能够进行解释。

当内史论用逻辑概念来代替理性概念而且把不能从先前的知识中逻辑地演绎出来的一切东西,以及为了解释新问题的产生和科学中新的因素的出现而对社会的经济的文化历史的条件、科学家个性的心理独特性或科学团体的社会心理学的一切注意都称为非理性主义时,它就注定要把科学史学家永远囚禁在一个与周围世界隔绝的孤岛上;周围世界对他们说来是未知的和关闭的;那是一个被称为人类生活的世界,文化发展的世界;在那里,掌握自然的过程不断地发生,在这一过程中,人类不仅丰富了自己的知识,而且也交流了思想。

(本文选自C·D·米库林斯基在“第十五次国际科学史代表大会”上的报告,梁前文译,《科学史译丛》1983年第一辑,《科学史译丛》编委会编,内蒙古人民出版社出版,1983年,61~69页。)

5.3 社会学任务

巴里·巴恩斯

描 述

在前面的章节中,我们描述了科学活动的范围,尤其是对于科学的传统、惯例、认同以及支撑和瓦解这些传统、惯例和认同的社会过程给予了特别的关注。我们的意图是要强调那些在别的地方被忽视和低估的东西,只有这样,对科学的文化研究的社会学研究方向才能得到认识。现在,所有上述一切在这里都被视作理所当然。我们只需直接地认定:科学仅仅是社会科学家研究的一个常规性的事例,我们只需考察这种研究究竟包含哪些内容。

科学社会学的目的是描述作为一种社会活动的科学研究活动,继而认识科学知识如何被蕴涵在这种活动中、并且由这种活动产生出来。科学研究是科学家的集体行为;社会学家关心的是这种集体行为究竟做了些什么,以及他们如何做这些事情、为什么做这些事情,所有的一切又将产生什么样的结果。这样一个任务不需要外在的评价,但是,就像所发生的一样,它肯定具有巨大的外在价值。它绝对不仅仅是揭示了现存的科学的陈旧模式的局限:我们正是依赖于这种模式去认识科学家,去认识科学家们赋予我们的见解的,但这种模式却绝对不是从科学家们实际的研究工作的具体过程中派生出来的。在承担了描述实际存在的科学知识和科学实践的责任之后,社会学家发现他们自己开始质疑过度理想化的科学版本。社会学家们也正是以这种方式,为他们所熟悉的的社会的发展做出了贡献。

那么社会学家的这种任务与历史学家的工作有何种差异呢?其实,根本不需要存在什么差异。实际上,社会科学家和科学史家都明智地承认这一点,倾向于越来越不关注各自研究领域彼此之间的严格界限。但这决不意味着使用不同资源的不同学术领域都担当着一种描述的任务。社会科学家们以自己学术传统中通行的特定的术语模式、以自己的方式描述科学。

奇怪极了,25年前对科学知识的社会学研究开始发端的时候,根本不存在这个领域赖以依托的明显的模式。社会学中不存在描述技术活动,甚至不存在描述日常的知识活动的任何成熟的方法。相应的,人们倾向于利用极为不同的各种资源:为数不多的关于知识的社会学文献实际上也主要关注宗教的信条和政治意识形态,关注知识职业,研究社会化和文化变迁,其中也许最有价值的是关于部族社会知识的人类学研究。尽管如此,这种知识大杂烩(pot-pourri)与这个领域的一般语境相结合还是足以产生一个一般性的关于知识的粗浅的图景。

简单地说,存在于这个一般性的版本中的知识,是文化或亚文化成员的共有财产,作为各自文化传统的一部分,一代一代相传,其可信性则依赖于集体的权威。对它的使用和应用决非服从于抽象的逻辑术语的描述,它只能从人们在特定的语境中为了特定的目的而进行的特定行为的关系中被理解。为了理解它的成长和变化,就必须参与它的使用语境,必须关注它的使用者的特定的实践目的。这就是社会学家开始转向对科学知识的系统研究时所能够得到的一种模型,这里一个重要的问题自然是:在当时那样的语境下,这个模型是否是一个恰当模型。

他们最初发现的是:这个标准的模型与公认的思想具有极大的差异。科学知识通常被理解为独立的理性个体活动长期积累的产物。但这一点无论如何都不能证明它可以把科学知识以及支撑、修正和转换科学知识的活动过程同化为一种标准的观点,也对先前个体主义者的经验说明的充分性表示出怀疑。社会学家有能力认为科学研究类似于他们的模型所描述的文化过程。他们也有能力认同并且使用与他们的模型密切相关的现存科学知识的一般意义。

这就是托马斯·库恩的著述何以对科学知识的社会学研究具有重大意义的原因。他所理解的科学可以被解读为一种常态模型的应用,并且是一个异常精彩的应用。这种应用由于其自身的原因实际上担当着一种样板作用,无论是对于深入地分析科学,还是对于在其他的语境中重新描述知识体都是如此。Kuhn(1970, 1977)把科学知识确认为一种集体财产,这种集体财产具体体现在科学研究的传统之中。对于科学训练的本质,他给予了细致的洞察;他还描述了在信任和接受权威的基础上,科学知识和科学能力如何发生转换。它指出了在研究过程中,权威以及集体性一致判断的持续作用。他粉碎了知识的抽象形式代表着知识的实际特征的观点。他坚定地认为要在他所讨论的例证的语境意义上评价知识,与此同时特别强调在所有知识体中存在的默会知识要素。他强调:彼此竞争的科学知识系统,在实践上彼此相关,在形式上则具有不可通约性;由于这种科学与哲学争论密切相关,这种知识便担当着为科学的常态模型适应于所有地方、适应于所有知识体,为以知识为基础的活动的社会学猜想的辩护任务。尤其是,库恩是一位享有盛誉的科学史学家,其著述又主要涉及科学史和哲学史问题,这样一个事实更增加了他的工作的社会学意义。因为他的立场是坚信科学常态模型的适用性,同时认为社会学的观点以及对社会学传统资源的过分依赖并不能左右这种常规科学模型的适用性,由此,人们普遍认为:库恩既是科学的支持者又是科学的背叛者;作为一位历史学家,在他的工作中充满着极高的专业造诣,他所极力倡导的工作的全部动机和目的就是要把社会学研究扩展到对科学探索的研究中去,使得他的工作更有影响力。^①

理论描述

常规科学模型扩展的结果在本书的前述章节中已经相当明显,在本书对科学知识社会学的其他论述中,这个扩展结果同样明显。对科学的一种崭新描述突显出来了,这种新的描述被广泛认为比以往在个体意义上对知识的社会探求更为优越,持这种见解的人不仅仅限于社会科学家。毋庸置疑,这种新的描述与以往所进行的个体意义上的描述而言,不再仅仅是对科学实在的简单的反映,它的确是一种崭新的描述。但是,不需要对这样一个事实抱有悲观的色彩,即:它不应该是描述限制的一种暗示,而应该是对描述的基本价值的一种提示。描述的任何行为都激活了某种现存的描述语言所遵从的惯例,继而把所描述的事物与其他的事

^① 在 Collins(1982, 1983)那里可以找到对知识社会学(SSK)发展历程的简要回顾:他不太关注库恩思想的学术贡献,更注重维特根斯坦晚期哲学思想的作用,主要是协调哲学、人类学和社会学的思想。我们对库恩思想中社会学主题的重视,代表了一条对库恩思想的特殊的解读方式(Barnes, 1982a),这种解读与历史文献和哲学文献中对库恩思想的解读具有整体意义上的不同(Lakatos 和 Musgrave, 1970; Stegmuller, 1976; Gutting, 1980; Cedarbaum, 1983)。

物和其他的场景联系起来；它使得预期、能力和经验广泛化，使得他们具有更广泛的适用性。描述的每一个行为都为想象力的扩展扫清了道路。

就像至今为止的科学知识社会学所关注的那样，根据标准的社会学模型去描述科学就是把科学视为同其他的处在社会语境之中的知识活动一样的活动；这就使得预期(expectation)得以从一种语境到另一种语境来回变动，使得能力、程序、表征得以从一个语境到另外一个语境扩展着它们的适用范围。^① 例如，它使得部族社会中的宇宙论作为理解科学的一种潜在资源被知晓；当然，这种关系是双向的，它使得突现于科学研究中的描述能够被用来理解社会科学中存在的疑难和问题。更进一步，所有这一切使得对科学的描述成为一种理所当然的方法，使得这种描述不再处于一般意义的描述过程之外。这种描述在这里可以被称之为“理论描述”。需要提醒的仅仅是：任何描述总是包含着特定的文化内涵，任何同一关系最终总是扩展为一个特定的集体的惯例性活动。这一点对于这样一种思想，即对于事务的既定的状态仅仅存在一种正确的描述也许是一种矫正。这是一种奇怪的想法，是在直接批判中瓦解，然而，它总是会无意识地潜入我们的思想，根本不需要为其进行辩护。但是，如果我们要基于这个语境论及“理论描述”，那么在知识的意义上，当其中一个语词被使用时，两个语词(理论与描述)便同时得到启用。

25年来，社会学家一直把科学研究描述为典型的以知识为基础的社会活动。但是实际上他们一直不想这样做，也不想继续这样做。在描述机构、社会关系、团体和集体中，科学家被强迫去思考他们所描述的事物究竟是什么，以及这些事物如何成为现在这个样子。特别是，他们不得不去面对个体之间的关系以及个体与集体的关系，这是一个长期困扰的问题：这种关系究竟是一个团体，还是一种社会结构，抑或是一个机构或一种文化？对这类问题的关注从来没有远离科学社会学著述的论题。

战后科学社会学的第一个系统的研究工作可以具体地说明这一点，这个系统的工作就是罗伯特·默顿(Robert Merton, 1973)和他的学派的工作。作为对科学的一种描述，它是对社会秩序问题和个体与集体关系问题的一种反思。这个工作借用了当时最具潜力的社会学研究成果来解决这些问题，并且把这些成果用于对科学的分析，同时突出了这项研究工作与当时研究成果之间的相关性。在这种默顿式的社会学当中，科学家被描述为一个道德共同体中的成员，这些成员在一个制

^① 针对传统的对科学分专业进行研究，Pickering(1991)的工作是一个关键。他认为，如果科学实践的全部丰富性以及影响科学活动的偶然性得到充分认识的话，以专业为基础对科学进行研究就应该废弃或改变。对他的批评文章主要针对他的贫乏的传统概念，他的这个概念以华丽的表述断言：任何一个延续一个学科的传统描述自身必然是狭隘的、归纳性的、受限制的。被Pickering攻击为狭隘的、有选择的描述的东西，实际上与一种非常广泛的现象具有紧密的关联，这种关联丰富着想象力，激励着创造性思考，唤起对复杂经历的更深远方面的关注。

度性框架内,根据所认可的规范标准而行动。在这个制度性的框架内,来自科学家同行对荣誉的追求与抑制,激励着科学家们更多地考虑体制或集体的利益,而不是个体自身的眼前直接利益。遗憾的是,这个卓越的工作主要关注的是对科学的交流系统和激励系统的描述,从来没有系统地描述扩展到科学研究本身的专业活动,没有把描述扩展到科学家之间对彼此的专业方法和知识见解的具体反应。在默顿式的科学社会学中,类似的科学活动中的各种具体的行为实际上是已经略见踪影,只是没有得到更多地阐述。这实在是一种遗憾,因为隐含在默顿式社会学中的人类个体的状况,与常规科学模型高度匹配。但当今在这个研究领域工作的社会学家的任何群体,都没有认识到这一点。

从默顿以来,科学社会学的发展趋势是越来越强调个体行为的力量,目的在于赋予个体行为以意义并且解释个体行为的起源。这一点与整体上社会科学研究的变化基本一致。究竟在多大程度上可以说这种变化自身不过是社会和文化变化模式的一部分?这只是一种猜想:这种变化实际上已经发生、并且被普遍认可。

在科学社会学中,个体概念以及个体与“社会语境”关系的变化,应该以两种方式表述。一种是回复到关于个体的“经济”概念方面来理解科学家们干些什么;另一种方法是继续强调科学中文化、集体表征和传统的重要性,但是对这种重要性的强调,要求在促进个体行为的意义上、而不是在个体行为上施加限制的意义上,对文化、集体表征和传统进行重新概念化。^①

在有利于个体的意义上理解科学家们的社会相互作用,这种理解在科学社会学领域已经作为一个重要的研究方向得到承认,但直到最近它也还是在非常有限的范围内得到承认(Ben-David, 1984)。关于这一点,我们可以从布鲁诺·拉脱尔(Bruno Latour)的著作《行动中的科学》(*Science in Action*)中获得一些已经得到充分扩展和概括的思想。拉脱尔认为:科学是战争,战争的目的是赢得胜利,每一个科学行为都是战争游戏的一个步骤。进一步说,这种战争似乎是一种霍布斯式(Hobbsian)的战争,一场人人相互对抗的战争,因为,按照拉脱尔的观点,科学是一种十足的混乱。这样,如果科学家要造就一种同盟,那一定是一种指向赢得胜利的权宜的联合,环境立即就需要它的牺牲品。如果科学家接受的是一种知识观点,那么对它的接受则超越权宜之计,需要它的环境随即把它搁置一旁。

在认识存在于人们的相互作用之间的稳定性和通行的秩序的过程中,这类问题立即产生。的确,社会学家长期以来已经习惯于把霍布斯视为导致他们的理论所试图说明的所有社会秩序问题的魔鬼。例如,默顿的科学社会学研究方向就包

^① 也许认为这些替代的选择是错误的:作为一个独立的潜在个体的一些方面,它们可能被理解。当然,尝试去产生这样一个说明将是一个非常有趣的智力实践。但是,以常人方法学和维特根斯坦哲学为一方,以经济学理论、决策理论、博弈论为另一方,二者在个体性问题,至少至今为止,存在着显著的不连续性。

含在把这些问题视为理所当然的研究传统之中,这个传统认为这些问题在个体理论的框架中无法得到解决,在这种框架中缺乏彼此关注的力量、缺乏相互之间的感受。在此非常值得唤起这个传统,这个传统可以追溯到杜克海姆(Durkheim),追溯到那个时代他反对经济学家的战略观点,他的观点引发了一场精彩的社会学研究之战,这场论战支持一种杜克海姆式信念,即:所需要的是一种爱(Stouffer, 1949)。

拉脱尔承认利益和秩序问题的重要性,他建议把“行动者网络理论”作为描述科学活动整体的基本方法,可以同时被解读为一种对整体科学活动的一种回应。尽管“行动者网络理论”的许多观点和方法如今在科学社会学研究中被广泛采用,但由于这个理论所吸收的内容的多样性,评价这个理论还存在相当的困难。然而,存在于这个领域的任何一个研究方向都必须面对的基本问题,那就是“行动者网络理论”需要完成它的一般性。把产生和支持知识的所有活动都视为经过算计的、作为权宜之计的“政治性”行为,就是把它们视为有见识的行为。

然而,同时关注拉脱尔研究工作的优点和局限性是非常重要的,我们应该高度评价拉脱尔工作的方法论意义。它鼓励所有的人从政治经济的角度思考科学、并且无一例外地基于这种观点思考每一个行为,拒绝出于任何谨慎的考虑而把科学的任何一个方面视作例外。这的确是一个彻底一致性的研究方向。长期以来科学一直处在二元论的困扰之中,处在什么是神明以及什么是亵渎神明的现有信念的困扰中。拉脱尔的观点是彻底的一元论的,无论是动机、还是对动机的执行都是如此。^①

在科学社会学研究的语境中,把个体展示为一种主动力量的另外一种方法,是把个体的“他”或“她”刻画为“一种生活形式”的参与者。这个术语是维特根斯坦(Wittgenstein)提出的,在这里使用这个术语是要说明维特根斯坦的工作与许多社会学家的工作的直接或间接的相关性。那些吸收托马斯·库恩(Thomas Kuhn)的工作的人在这一方面把自己同维特根斯坦联系在一起,因此他们把民族学方法引入到科学社会学研究领域。哈里·柯林斯对科学领域的各种生活形式给出了最明晰的介绍,他把哲学家彼德·温奇(Peter Winch)的工作视为通往维特根斯坦思想的途径。本书中所论及的科学知识的有限主义观点是这一立场的另外一个版本。

库恩把科学描述为许多的共享范式共同体。个体的科学家是某一个共同体的一名成员,他或她与共同体的关系是一种法定的假定(a matter of legitimate conjecture)。许多研究者认为这种法定的假定是个人有义务向某种既定的信念或准则或方法的一种主动妥协;其他的人则在社会约束的意义上思考这种假定。把

^① 这样,受 Latour 思想的激励,Rouse(1987)无一例外地把每一个科学活动都视作一种政治活动,相应地科学哲学的思想,无一例外是一种政治哲学。其结果就是对大量的哲学和社会学问题的极具价值的重新概念化,即便是在最后的分析中,他的观点的这种特殊的展示方式没能坚持到底:Rouse 没有避开上述文本中涉及的循环论证问题。

科学家视为某种生活形式的参与者,就是坚定地坚持把各种关系视为一种便利性的东西。基于训练,个体参与到一种传统中去,实际上就接受了这种传统所提供的东西。无论以何种方式使用这种获得的东西,他或她都会对这种传统的延续做出贡献。传统本身并不能够使参与者以这种方式或那种方式使用这个传统,与之相反,恰恰是在以这种方式或那种方式使用传统的过程中,他们的行为本身构成了传统。这个参与者的概念需要扩展到传统的所有要素,甚至要扩展到具有最显著的约束性的方面:法律、规则、准则、意义、定义等。参与者是那些共享传统要素的人,不是那些以这种方式而不是那种方式使用传统的人,也不是那些受传统约束或被传统决定的那些人。维特根斯坦认为实践中某种生活形式的参与者之间的一致性,不是观点上的一致性,而是语言使用上的一致性(1968,241节)。

但是,如果我们把科学家当作某种生活形式的参与者,并且把科学研究视为在一系列偶然活动中对所接受的传统的一种主动性的组合,那么我们如何能够评价科学研究工作所具有的明显的一致性和秩序特征?如果个体参与到一种传统之中,并仅凭一时的兴致和幻想发展传统的内容,那么传统自身不就很快解体了吗?如果个体一致性地发展这种内容,这样在使用传统的过程中传统就会重建,那么我们关于将会发生什么的考虑难道不是在根本上就不具有完整性吗?

在《改变秩序》(1992)中哈里·柯林斯就面对这个问题,在那里各种各样的科学争论被理解为科学的不同生活形式之间的冲突。他的解决方案需要一个附加的假定:一种以常规方式的使用传统受到保护,既定的生活形式几乎是所有人都喜爱的生活形式,并且在受到保护的、常规化运作的传统中,发生的潜在的变化越是巨大、越是广泛,人们便越是变得不喜欢这种生活形式(1992, p. 133)。传统本身不是一种约束,人们仅仅是按照他们自己的意愿使用传统。但是常规化的生活形式在大多数时间中适应于大多数的人,并且一般意义上人们追随这种生活形式,这是保证传统得以延续的原因;这并不是说某些个体不会从常规化活动中分离出去,也不是说其他的人在有些时候将不再追随这些传统,继而建立一种新的常规和传统。柯林斯的这种假设代表了一种试图解释科学实践发展的特殊路径的尝试,同时尝试回答为什么科学的发展在主导意义上是有秩序的、稳定的和常规化的。^①

^① 那些强调科学的本质是生活形式的学者,其目的是为了从科学的解释中获取一种利益,这一点实际上是非同寻常的。一般而言,在实践上他们认同生活形式的一致性,然后对这种一致性便没有更进一步的说明(Lynch, 1991)。继续上述注释3的线索,在反对言说生活形式的反对派阵营中,解释的概念被归属于经济学、决策理论以及其他理论中的科学的个人主义。Collins自己引发的解释问题极为罕见,且有所保留:他非常不情愿地走到这个方向,在“社会的”意义上解释科学家之间的大规模的一致性,以此避免把这个结果强制性地视作“自然”本身;当然,这种对立的立场一直是Collins思想的一个特征。

解 释

参与一种生活形式并不包括与某种固定模式的一致。在大部分时间里,甚至不需要与某种固定模式相一致的意愿。既定的常规或模式的特性不足以说明一种生活形式。我们承认,在一种持续的生活形式中,在使用共享的知识/文化过程中,在实践中,人们始终处在同样的状态,即便是实践本身产生了发展和变化。一种生活形式在相当程度上与克里普克描述的一种个体生活(见第3章第2节)相同,确定一种生活形式更多地取决于这种生活形式的持续性,而不是这种生活形式的特征。这样,对于一种生活形式中任何特定的行为,去探究为什么在特定的时刻会发生这个行为而不是那个行为,便总是合理合法的。

在无法寻求特定行为的起源的完整意义的同时,应用和扩展科学知识的特定行为却需要被尽可能具体地得到认识。对这个问题的探究不仅在本质上是社会学研究的课题,它同时具有重大的外在意义,因为正是这些行动给予科学知识以深远的实践意义。科学家们在实验室中所从事的工作与其他人在实验室之外所进行的活动是由一种通行的判断连接起来,实验室之内所做的这个或那个与实验室之外所做的这个或那个在性质上是相同的。基于这种判断,我们调节着我们的自然环境的状态,添加一些物质,去掉一些物质;调节着我们身体的状态,以某种方式添加一些什么,去掉一些什么;调节着我们的社会,适当地增加一些人,去掉一些人。有些时候我们在实验室决定一些的确与实验室之外不同的事物,我们改变处置废弃物的方法,或改变药品注册的方法,或监狱人群的数量等等。这类活动的结果很难夸张。^①

如果我们想要说明作为一种特定活动的科学知识的应用,那么进行这种说明的最直接的方式就是使用因果关系的语言。以这种特定的方式而不是以另外一种方式,一个概念被应用或一个例证被扩展:A被当作B,A同时可以被认为不同于B。我们越是能够确定原因,越是能够确定相关的必要条件,越是确认它只能以这种方式使用而不能以那种方式使用,我们就越是接近使我们满意的解释。然而,在科学知识社会学的研究领域中,这样一种研究方法几乎在任何地方都是不被接受的,实际上,本书的这些作者是这个研究领域中使用这种研究方法的仅有的几个人。

反对对行为进行因果关系解释的一些人认为:因果关系意味着外在决定,这样就把个体的人视作不外乎应对外在刺激的空洞的玩偶。但是这样一种断言绝对是错误的:因果解释不仅仅引发外在的影响;他们可以合理合法地涉及到系统的内部状态。例如:一部内燃机的运行便可以在致因意义上得到解释。即便是“内在”致

^① 夸大科学知识的可靠性、主张对科学知识的可靠性蕴涵的结论是无须思索的信任各种各样的神话,由于这种夸大和倡导行为和决策本身的巨大影响,已经显现出来(Smith and Wynne, 1989)。

因得到承认,致因解释还会由于在逻辑上它同对人类自主的信念、同个体是一种能动的理论的观点、同人类判断与决定能力以及行为自由的不一致,而遭受批判。这里我们要问声称逻辑的不一致究竟处在何处?我们认为一旦我们进行一种细致的考察,我们将不会发现这种不一致。然而,即便我们没有发现这种逻辑上的不一致,对因果解释的反对还会继续。^①如果拒绝因果解释的原因不总是那么明晰的话,那么反对观点的核心认为:这种解释把针对“物理的”和“自然的”领域的讨论与针对“人类的”和“社会的”领域的讨论混淆起来。认为这种得宠的二元论在涉及到对人类行为的致因解释时便受到了威胁;认为这种解释来自于科学的偏见,来自于超越了自然科学恰当的应用领域的一种不合法的扩展。^②对于我们来说,我们无法明白当社会学家开始像对待其他文化那样把科学理解为一种文化时,他们何以对因果解释继续持有这种观点。我们绝对不赞成这样一种观点,即:科学知识和科学论题界限分明,实在有必要把它们区分开来。在借助于因果解释来寻求认识科学的过程中,我们根本没有发现任何需要反对的东西,这种解释恰恰是我们将要做的事情。

致因意义上的科学知识的应用和扩展分为两类问题。其中一个问题就是我们的下一个例证中的问题:是什么原因导致一个例证或一个分类在特定的情况下以这种方式运用而不以那种方式运用?还存在一个更一般的关于认知秩序的持续性的问题:什么样的原因历经时间持续一贯地、系统地以这种方式而不是那种方式发挥作用,并且正是因为这种作用例证和分类的全部功能得到发展和变化?社会学研究倾向于特别关注第二类问题,但即便如此,在研究路径上他们首先要关注第一类问题。

在涉及我们寻求对这些问题的解决过程中,什么样的原因可能是合理的原因呢?首先,这些原因可能不会包括语词和言语形式是所谓内在的本质的力量。这一点显然是有限主义观点的基本信条,但是这一点值得重新表述,因为由于语词本身的作用,我们实在太容易误解被语词所调节的事物的作用。如果我们能够接受有限主义,那么,价值、规则、警句以及思想的言语形式等,都应该作为修辞所具有的内在的说服力、作为意识形态的力量或合法化的力量被排除掉。第二,对导致

① 负责任的行为制度与负责任的行为的原因解释之间的关系是惯性的/可靠性的关系。

② 社会过程与自然科学之间无法勾画一种系统性界线的观点一般被理解为“自然主义观点(the thesis of naturalism)”这个观点的反对者寻求限制“科学的方法”的范围,这种“科学的方法”在科学的传统意义上对科学概念化,并且因为按照这种方式对科学进行概念化,这种“科学的方法”作为理解人类行为的方式显然遭遇一种强烈的反对。然而,就在他们倾注全力表明社会科学已经被拖入科学的理性主义概念的范畴的同时,自然科学本身又遭遇着重新的概念化。自然主义的观点借助于它的反对者所寻求的表现方式得以重新建立。对这个变化的调整非常迟缓。人类和社会将以其他的方式实现理性化这个深层的恐惧还在支撑着二元论见解:自然与社会的同化将以其他方式实现尚未得到考虑,这种同化是否将以其他方式得以进行更没有被涉及(Margolis, 1986, 1987, 1989)。

偶然性运作或反复无常的运作的原因,我们不给予更多的关注。因为,尽管无疑它们是具有操作性的,但不能说它们具有普适性,它们几乎与社会学研究所特别关注的持续的认知秩序问题没有太大的关联。一位科学家确认物质 X 为硝化甘油,导致这种确认行为的可能原因是:对说明一种脑瘤(brain tumour)式的独特的解读,个人狂热的参与热情以致瞬间实现了个体直觉知识的相似性转换。无论关于硝化甘油的信念最终是真的还是假的,这类原因都具有可操作性。但是这种环境中产生的能够具有社会学研究意义的原因却非常的稀少。具有社会学研究意义的原因通常是在不止一个单独个体的行为中持续地发生作用的原因。在这里我们又遭遇到一个个体对循环的、模式化的一组确认的认同,就是说物质 X 是硝化甘油,并且非常有望发现具有社会学意义的因果关系。

在科学活动中具有社会学意义的原因是目标和利益,这些目标和利益被那些按照这种方式而不是那种方式操作的活动所推进。在数不清的各种方式中,相似性与差异彼此对抗,但是在特定的目标仅有一种实现方式的特殊的情境下,可以认为一种行为可以基于任何的目的进行。模型和例证可以基于许多方式适应和改造,但是在特定的情境中仅有一种或几种方式可以达到目的——这些方式就是那些具有实用的功效、取得成功的业绩的那些方式(参见第 4 章第 3 节)。对这类行为方式的评价一般总是持久的、公认的。

这样就可以认为:在所有的实际情境中,目标和利益总是与科学研究活动紧密结合在一起,并且成为建构科学研究整体的系列科学活动实际运行的原因。这些原因有助于解决下一个事例中存在的问题,即为什么术语的使用或例证的扩展在那样一个时间就会以那样的方式而不是这样的方式进行。这一点不是一个导致一种知识的问题,而是一个一种行为引起的知识变化的问题(图 5.1)。目标和利益有助于解释作为目标导向或利益行为的特定结果的特定变化。它们并不能充分解释行动的原因——在任何实际的经验性情境中,任何言语意义上的原因都不会被认为是充分的——但它们的确是导致行为的原因,如果不涉及它们,相关的行为将无法得到解释。更进一步,每一个行为都可以被看作是一种有原因的行为,无法想象一个行为会有某种另类的“没有原因”的形式存在,无法想象如果科学家是“无私的”,没有目标导向,“理性本身”就会赋予某种行为以这种形式。目的的存在就是要解释科学家的理性行为,行为本身不足以说明自身,就是说:这种行为应该被理解为是有目的的、具有目标导向的,并且正是这种目标导向导致行为以这种方式而不是以那种方式运作(Barnes, 1982a, pp. 101ff)。

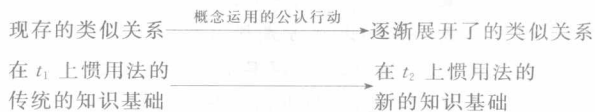


图 5.1 目标与利益

1. 苯胺红

例如我们可以回到 Henk van den Belt(1989)所进行的新近的研究。他在一个能够认识行为过程的偶然性的理想场所的语境条件下,考察了相似性关系,这种过程行为就是发生在法庭中的行为。通常需要法庭决定:哪些因素是相同的、哪些因素是不相同的,以便能够决定一个专利的利益范围。相关的专利法具有这样的保护机制:针对其他人试图对“相同的事物”进行生产和销售,它为专利发明者提供赔偿。这里我们讨论的事物是从苯胺中提取的红色染料,这种染料的首次生产大约是在 1860 年左右,主要产地是法国。在 1859 年授予 Renard Freres 这个专利的专利许可和生产许可,产品名称为“品红”(fuchsine)。法庭需要判定的是随后另外一个生产商生产的苯胺红是否侵犯了这个专利。^①

来自苯胺的红色染料冠以不同的名称:“品红”、“复红”(azaleine)等等,而这些产品本身则具有基本形态的相似性关系。然而,与这些不同的名称相关的物质明确地被认为是彼此不同的,并且从来没有人去尝试认为这些物质是完全一样的。对于不同的实践目的,它们是完全不同的,一些工业过程使用这个名称的红色染料效果较好,另一些工业过程使用另外一个名称的红色染料效果更好。认为不同的过程所使用的染料产自于不同的物质生产已经是一种共识。

然而,与这个事例相关的还有另外一种知识体,那就是经典化学。即使是化学家也承认来自苯胺的红色染料是彼此不同的。但是,无论是在实在层面上,还是在仪器使用知识层面上,化学的成功都建立在对本质上的相似和差异与偶然性的相似和差异的明确区分的基础之上的。正是这种区分在我们这里产生了问题。化学家霍夫曼(A. W. Hoffmann)的研究被引用来证明:在各种染料中呈现出来的着色剂都是基于玖苯胺的有机盐。这样,所有的染料在作为玖苯胺的有机盐的意义上,在本质上是相同的。确实,这里没有必要讨论“染料”或“红色”。存在的仅仅是玖苯胺染料——用各种不同的物质,在不同水平、以不同种类的“非纯”形式,形成的一种单独的化学合成物。自然,这是一个颇具争议的描述。鉴于在法国化学界各种实证立场的重要性,即使是在稀有的学术语境中,这一点也可能遭遇挑战,在这里这一点当然受到挑战。

关于各种红色染料之间的关系,法院发现它自己就提供了两个版本。为此,他们必须决定“品红”与“复红”是否是同一个东西。而这个决定是在与不同的目标和利益联系的相对立的观点之间进行的。Renard Freres,以及这个化合物的合法代表,这个化合物的专家,这个化合物支持者,都在试图证明二者是同一种物质。但这个化合物的竞争者,以及相应的律师、相应的专家以及支持者则试图证明二者不同。法院表现为支持 Renard Freres。他们的平衡相似与差异,认为相似性要多于

^① 在这个吸引人的案例中,还有许多其他的具有社会学意义的主题。下面的讨论后面是 van den Belt 的一个独具一格的讨论。

差异性——如果不是这样,就不会发生最终发生的事情,因为这些都是些无足轻重的量。对于这样一个决定我们又能说些什么? van den Belt 说,它实际上是一个“力量平衡的结果”(1989, p. 196)。这就使得这个决定具有了“利益性”,同样地,律师的观点、专家的观点等,都具有了利益性;在法庭语境下的所有关于相同与不同的断言由此都与目标和利益联系起来。^①

法院可以做出一个具有利益倾向的决定,但这个决定决非在明确的优劣意义——似乎其中一个比另一个更好些——上做出。利益设定了在关于“同一物质”的两个版本之间的必要选择。那么这是否仅仅是一种基于立法者忘记界定“同一物质”的含义而导致的法律上的反常呢?决非如此。例中的案例完全是一个一般性的东西,我们前述的许多观点已经表明了这一点。无论立法者如何界定,他们都将忘记去界定他们所做的界定的含义。在染料专利范围内,他们即便界定了颜色是确定同一性的关键,律师们还是要争论颜色的同一性的各种关系。在任何描述意义上,在认识论上都是一个标准的观点:包含在一种事物中被断言为与其他事物相同的東西,必然在一些时候放弃认为在一些其他方面它们是相同的尝试。

在我们的这个例证中对于目标和利益的作用我们又能说些什么呢?首先,它们是社会目标和社会利益,这些目标和利益并非与既定的个体联系在一起,而是与它们在社会关系模式中所处的地位联系在一起。律师们绝妙地使这一点符号化,每一个个体的律师表达一种可接受的信念,但如果某种环境与这个信念联系在一起,律师们会欣然地表达一种相反的信念。第二,在我们拥有持有相反利益的两派时,这些利益通常不是那些社会群体的利益。这里,同一群体中的个体由于利益冲突而分裂,与此同时,不同群体的个体由于共享的利益而结合在一起。在每一派中,个体群来自不同的团体、具有不同的目标,在同一评价中拥有一个利益,这个利益促进了他们各自分立的意義,并且成为达到他们各自目标的途径。Renard Freres, 他们的律师,他们的顾问,他们的支持者在认同品红和复红中拥有共同的利益,因为建立这样一种认同将有助于达到各自的不同的目标。第三,我们至此所描述的派别利益还仅仅局限于针对特定派别的利益,还不能够具备在本质上作为相同/差异的判别基础的一般的合法性。

对品红和复红相同性的确认使 Renard Freres 拥有一种利益。它是一种外在的利益——利润,尤其对于 Renard Freres 来说是他自己的利润。相应地,如果我们听到一个 Freres, 一个 Freres 的律师或专家,声称这一认同,我们会借用 Rice-Davies 法并得出结论:是的,他会,他干嘛不会?^② 片面性降低了可信性。自然,这

^① 同意,法官可能只能掷硬币做决定。事实上,也许他们已经在下面投掷过了,通过在公开的法庭提供理由,他们必须披上“理性”的外衣。“原因”必须包括这样的断言:一方所断定的同一关系比另一方所断定的同一关系更具相关性或更有意义。鉴于对同一性缺乏一个标准,这类原因必须被认为是事后(ex post facto)理性化的。

^② 作为对 Rice-Davies 女士证词的证人反驳的一个精彩的评论,Rice-Davies 法本身自然是在法庭实现最初的形式化的。

就是独立的专家证词何以会令老道的法官感兴趣的原因。这类专家通常被视为相对的公正和无利益导向。

我们设想一下一个独立学院的化学家给出苯胺红的证据的情形。^①这个专家应该知道:化学的诸多基本界定应该在对化学过程的一般理解意义上,在激励技艺扩展的过程中、在增强对化学实验室环境的控制和预测中证明自身。他或她应该在原子与分子、在元素和化合物的意义上常规性地研究世界。这种研究作为一种训练,与习惯无关,也许还与被其他的研究者认可的描述模式无关,甚至还可能与这是关于世界真的是什么这样的深刻信念无关。在法庭上染料将在这样一个基础上得到描述。这样一个描述将不会是囿于任何明确的外在狭隘利益的派别判断的产物。Rice-Davies 法将不会起用。尽管如此,法院的情形还是绝妙地突出了这样一个事实,即:这个描述还是可以解释为利益和目标导向活动以及利益和目标导向判断的产物。对于对立一方请来的另外一个独立的专家而言,可能又会给出特定的“技术”观点或“实证化学”的观点来取代“实在论”化学观点。独立的专家,处于学科实践的不同的知识体中间,拥有不同的研究任务,与不同的目标和利益联系在一起,相应的会在不同的意义上看待同一和差别,对于法庭,他们也就自然地会对于真理提供不同的版本。如果强烈地认为一个专家可以独立,认为不存在任务导向,认为存在利益和目标不起任何作用的场景,那么,关于苯胺红的同一和差别问题便是不可决定的,相应的便是毫无意义的。

2. 常规

在苯胺红的事例中,一种相似关系的正确扩展受到争议,并被证明存在极大的问题。确实,它比我们至今为止所讨论的所有相关事例都更有争议,因为,“那个判决”实际上是一个系列判决,历经数年进行交涉;在这样一段时间中,相关的目标、利益、通行的知识语境都发生了变化。^②但是,这个关于同一性关系的有争议的扩展并非典型,我们通常并不做出两者择一的选择,我们甚至没有两者择一意识。

^① Van den Belt 对化学家 A. W. Hoffman 的角色的说明,在这里思考的问题是一个典范。但就 Hoffman 而言,显然他缺乏应该具有的那种独立性,这一点比我们思考一个想象的证人更容易达到我们的当下目的。

^② 针对每一个案例基于实用的基础决定这种变化需要在何种程度上得到说明是非常必要的。在 Van den Belt 的研究中,即便是关联最密切的化学知识也迅速发生变化。在最初判决生效的仅仅 10 年之后,认为苯胺红是各种苯胺盐的观点遭到抛弃。这些苯胺盐“证明是各种同分异构物质的复杂变异的混合物”(Van den Belt, 1989, p. 196)。在相关知识以这种方式变动的地方,目标和利益本身(*ipso facto*)也倾向于变化。

目标和利益何以历史性发生变化,这些变化如何与知识变化相关,这些都是贯穿本书的重要的社会学问题。然而,我们要说的是:由社会语境和社会关系所刻画的目标和利益,将比心理学家和生物学家赋予个体的表面特征变化得更快。还可参见下面的注释[20]。

在大多数时间,我们自发地行为,常规性地扩展知识,把发生的一切视为理所当然。^① 我们已经承认那些常规化的东西以及视为理所当然的东西,提供了对抗可能发生的更新知识扩展的语境。但是,那些非常规化的东西、非理所当然的东西,作为仅仅由习惯和权威支撑的一种形式,不也可以成为独立于目标和利益的知识扩展的一种形式吗? 不仅仅作为常规使用的分类和例证,不仅仅作为习惯模式使用的分类和例证,难道不是一种正确的分类和例证使用方式吗? 在没有目标和利益作用的情况下,难道它们的用法就不会发展了吗?

习惯和权威的确支撑着常规的用法。常规化的训练使我们习惯于接受这些用法。我们盯着交通指示灯,它什么也没有告诉我们,它刺激我们眼球的方式使我们联想到关于“红色”的习惯描述。我们知道我们习惯描述的作为红色的东西将被其他人同样描述。这样,红色所涉及的一切就会集体性地由权威决定、同时个体性地由习惯决定。习惯和权威是帮助我们理解指示灯为什么会被描述为红色的要素(与这些要素一同起作用的还有:指示灯所产生的射线的性质、射线穿越玻璃的性质、接收这些光线的眼睛的性质以及无数的物理学家、心理学家、生理学家感兴趣的其他东西)。尽管习惯和权威能够帮助说明常规活动,但是,对于涉及利益和目标的东西而言,它并不提供一种可替代的解释基础,好像习惯和权威是仅有的支撑行为的有意义的社会学原因。实际上,习惯和权威仅仅应该被理解为常规活动的直接原因,如果目标和利益需要的话,活动将受到这种习惯与权威的限制。这样,习惯与权威就处在非限定状态,常规活动本身就应该基于它与利益和目标之间的关系得到解释。

由于科学争论已经被社会学家进行了非常细致的研究,于是我们就可以用它们说明我们的观点。经过长期的科学争论,争论所涉及的内容、问题解决程序、分类甚至概念等等,对于争论双方而言都成为常规化的和理所当然的事情。这种过程在相当意义上使争论成为常规知识活动的一个典范,这种典范同时又使得目标和利益的角色变得相当明显。日常的分类以及日常知识提供了类似的例证说明。在日常生活中我们理所当然地确认孩子是什么。我们看到他们在我们周围,不假思索或毫不犹豫地认为他们就是孩子。相似的,并且依旧是理所当然的,母亲清醒地意识到她们未出生的孩子就在她们的子宫里。渐渐地,在医院的扫描仪中,她们能够看到这些未出生的孩子的运动。但是在这里,分类的这些常规化的使用是变动的。在一些情形中,它通常涉及胎儿,而不是未出生的孩子。就像在第一个场景对这个分类的使用扩展了孩子这个范式一样,其他场景的理所当然、不加反思的对分类的使用,则又限制了这个范式。在活动者不经意地使这个利益或那个利益突现时,常规的两个不同的模式便与不同的利益集合体联系在一起。鉴于两种模式

^① 关于自然的讨论,在下文给出的 Barnes(1987, p. 35ff)的观点中更见详细。

都是由积极的、具有反思性的人类活动者支撑起来的,我们可以非常合理地设想:无论它们彼此在行为中是多么“自然”而自发地一致,二者都需要借助于利益和目标得到说明。

在与常规实践相关的利益和目标发生变化的地方,常规实践本身就会发生变化。无论系统具有何等的整体性,无论系统运行得多么通畅,无论其得到多么广泛的认同,存在的一切都是可修正的。在什么是常规的、自发的与什么是正确的之间,总是存在着区别,因此,常规的正确性便总是受到挑战,相应地总是发生变化。实际上,使得自发的反应被忽视的这种区分,不仅仅使得在系统内部发生系统性变化成为必然,而且,就像我们在第4章讨论的那样,同时使得系统本身得以维持。涉及利益和目标对科学实践发展的解释,并不否认概念和例证可以理所当然地常规化的使用,实际上也需要这种意义上的使用;这种使用在部分意义上可以说明目标和利益是如何运作的。但是以这种方式使用这些概念和例证并不表明这些实践不可以在这种意义上得到说明,即:它们的持续存在仅仅是因为它们被视作常规,或者说它们被防护着。在任何共同体内,在一定程度上存在着共享常规是必须的:这种常规共享为彼此沟通和彼此交换信息,提供了必须的自发的认同。但是实践认同的任何部分,都可以成为反思性评价的对象(与此同时,其他的实践认同必须暂时性地被视为理所当然),而评价的结果又处在解释的需要当中。如果一种常规发生了变化,我们需要考察它为什么发生变化;如果一种常规持续地被接受,我们需要考察它为什么不发生变化——为什么称之为常规的东西允许被认为是正确的东西。

在各种生活形式中个体都可以自发地扩展知识,毫不犹豫并且认为这是理所当然。这一点恰恰表明事物的最原初的名称是如何被建造出来的。尽管这种原初的名称从来不是神圣不可侵犯的,但每一个理所当然地制造这种名称的个体都会认为这一点在任何一个其他的个体身上也会自然而自发地实现。这个问题的最初反应就是对语言学协调问题的“突出的解决”(“Prominent solution”)(Schelling, 1960; Lewis, 1969)。

在认同本身比认同所承载的特定形式更重要的任何情形中,这样的解决方式都会立足。一种最大化的认知惰性原则(A principle of maximum cognitive laziness)将适合于解释这种情形:所有其他事物都相同,那些常规性的东西就被认为是正确的东西。但是,如果其他事物不同,如果另外的工作具有实用的合理性,如果特定种类的认同具有特定的价值,那么自发的倾向将被废弃。当开始的时候不存在对常规实践的认同时,协调了的语言学实践的新模式可能会被建立起来。仅仅因为在这种情形下,必须具有一定的模式。

包含在对事物的知觉和认知中的周而复始平稳地在时间流逝中咏唱。对于处在既定文化中个体而言,通常在集体合唱中咏唱;为了文化的延续,必须这样做。这种咏唱的存在,在对事物的原初反应中,依赖于对知觉(概念)、理解和判断的某

种程度的盲目的依从。但知觉和认知的周而复始从来不隶属于反映和算计(计算)。社会性的基础,以及人性的基础,存在于我们对自主性的共有倾向中,但社会性以及人性的实际成就却存在于对这些倾向的算计性的探索中。

对科学变化的解释

在科学知识体中发生的意义重大的长远变化,是由数不清的特定行动构成的一个复杂的历史过程。对于每一个特定行动来说,现存的知识担当着一种资源,一组等待进一步扩展和使用的公认的程序是作为偶然判断结果。知识本身是惰性的,它仅仅是现存事例的一种聚集。它是一种联系这种聚集与下一个事例的力量,在一个单独的行为中,使用知识、添加知识、改变知识。许许多多这样的行为构成了知识的增长。我们必须设想,在一系列公开行为的广阔范围内,下一个事例的问题一次又一次地反复得到解决。对于所有的行为,目标和利益都将发挥它们的作用,有时在这种安排中,有时在另外一种安排中,有时产生这样一种结果,有时产生那样一种结果。即便是最尽责的历史学家也无法把握这种过程的详尽细节,但是寻求这个过程的一般趋势和倾向应该是合理的。有时目标和利益的作用会彼此干预或彼此抵消;有时它们又会彼此强化。当科学家扩展和界定他们的经典例证时,这些利益和目标便最紧密和坚固地结合在一起,在理解所发生的一般模式中,这些经典例证往往发挥着最重要的作用。

当以这种方式研究科学变化时,一个有趣的发现是:不合理的、却是可信的利益和目标经常具有可操作性。当科学家们扩展与实际决策问题相关的知识时,很显然,他们倾向于支持那些能够导致他们所希望推进的结果的政策——研究这类问题的人认为,这是科学进入现实政策领域的典型的形式(Nelkin, 1975, 1979; Collingridge and Reeve, 1986)。即便是在纯粹学科领域的科学探索的狭小的语境中,狭小的政治对象和利益对科学实践和判断的调整都会有案可查,职业既得利益扮演着类似的角色,这一点在学科领域中、在专业领域中,甚至在国家科学共同体中,都得到充分的体现。更进一步,在制造公认的、并且通常是令人崇敬的知识的进程中,这类利益和目标的因果致因的介入同样显著,就像我们所预期的那样(Shapin, 1982)。

为简明起见,在科学研究中还未被认可的政治和意识形态的角色的作用,需要更多的深思熟虑的工作,这些工作具有多方面重要影响。这种描述,增进了我们对科学的历史发展的理解,并引发我们对过度理想化了的科学途径的质疑。然而,对于社会学所涉及的指向科学的基础中所包含不合法利益问题,却存在着一个令人遗憾的倾向,这个倾向认为:这种非法利益的社会学解释仅仅适用于错误的、非理性的或非法的、科学中内在地需要根除的东西。这就意味着,与对科学研究中有限的政治利益角色作用的研究相比,把对狭隘的“技术”活动的研究与预测和控制中

的合法的和公认的利益联系在一起,能够更好地说明社会学解释的本质特征。

问题的基本点就是:根据你所期望的任何标准或方法来确认科学变化的一个情节,这个确认又是被利益和目标所调整的一系列的偶然性活动。玛丽·汉斯(Mary Hesse)提供了一个关于科学的理想化图景,被日益增强的预测和控制的一个一般性的“实用性标准”所刻画和评价的“归纳学习”过程。这种理想化的立场显然是有问题的:人们会说为什么是这个标准而不是另外的可替代的标准被用来当作好的科学的标准?假定我们暂且把这个疑问搁置一边,尝试使用这样一个图景去确认一些特定的科学变化,在这个过程的一些情节中,科学家在按照他们的意愿预测一些事物或驾驭一些事物中,会得到更好的结果。

问题不是我们不能够发现这种科学。我们能够通过归纳学习,科学活动一直在进行着,并且在预测与控制中可以(成功地)获得进步。问题是这些活动同时也是被目标和利益所调节的惯常性活动。归纳学习总是采取一种方式而不是另外的具有同样的“逻辑可能”的方式进行,并且我们正在讨论的科学活动也相应地以某一种方式而不是别的方式进行。当人们认识到他们并不仅仅纯粹而简单地借助于“归纳”学习时,他们宁愿构造一个顺应传统的归纳学习机器。这个操作的结果永远不会是增强了的预测和控制本身,而是为特定种类的预测和控制所服务的、被特殊的共享形式描述的、增强了的某种特定的文化资源的功用。存有这种观点,我们现在转向讨论一个更大范围的科学变化的例证。

酿 酶 争 论

在罗伯特·科勒(Robert Kohler)对20世纪头20年生物化学作为一门学科出现的研究中,我们在详尽意义上认识了生物化学作为一门科学的学科建立过程、生物化学的核心理论承诺和研究纲领以及它的一些涉及酿酶和胞外发酵作用的关键例证的争论(1972,1973)。^①

生物化学的出现,不仅仅涉及两个学科既存的理论和方法的简单组合,而且涉及接受一种新的理论导向和新的研究纲领。从19世纪60年代到80年代末期,占主导地位分子运行理论是原生质理论,这个理论把在特定细胞内的化学反应归因于一种单一的物质力量——活的原生质。19世纪90年代出现的生物化学与

^① 关于长期科学变化(long-term scientific change),最近的科学史中包含一些非常精彩的研究。在这些研究中,先前分离的社会历史领域和智力历史领域开始走到一起。像Hull(1988)或者Rudwick(1985)研究的那些问题,现在已经在一般意义上成为一个流派。这些问题的内容实在丰富,如果能够得到恰当地对待的话,它们实在需要太大的空间。我们对Robert Kohler早期工作的引用,不过是重述了一些具有社会学意义的问题。必须强调的是:下文的陈述不是对Kohler自己的观点的批评性评论:从20世纪70年代早期他的论文写作开始时,他的观点就开始发生变化了。在新近的一本书中(1982),对其早期关于酶的作用地位,他进行了更低的估价。

酶理论的出现相符合,酶理论则涉及每一个特定的化学反应对应一个特定的酶的作用。

把特定细胞的化学反应归因为无差异的原生质就是要接受:为产生一个特定的化学反应,细胞必须作为一个整体存在。通过巴斯德(Pasteur)的实验室工作,人们普遍认为这个观点早在19世纪80年代之前已经决定性地建立起来。巴斯德的工作表明,杀死活的细胞就是终止与这些细胞联系在一起的特定的化学过程,并且,像其他人一样,他并没有细心地尝试从细胞中提取化学活性液体。尽管巴斯德的工作从来都是有争议的,但由于巴斯德的批评者对于分子过程是一个“纯粹的化学”理论不能收集足够的正面证据,巴斯德的工作的主导地位得到了强化。作为基于等式:特定的反应=特定的微生物的大量的成功技术的基础,巴斯德的工作也获得了相当的可信性。这些技术使得通过对微生物的明晰序列的精确的确认和筛选而进行的工业进步得以实现。最后,原生质理论得以完美地与生物科学中活力论和整体论相匹配,得以与生物学之内以及生物学之外的反归纳主义、反唯物主义的的情感相吻合。

原生质理论并没有迅速被抛弃,从作为正统理论的1890年起,直到1900年,它一直在为它的合法性抗争。1901年,由于他的观点:“对于任何一个生命反应,或早或晚都会发现一个特定的酵素”,霍夫曼斯特(Franz Hofmeister)获得了广泛的承认(Kohler, 1973, p. 185)。科勒将霍夫曼斯特的关于“细胞的化学组织”的报告作为新的学科——生物化学——诞生的宣言和核心信条,认为不是特定的微生物,而是特定的酶(酵素)对应于生物系统的每一个特定的化学反应。^①

无论如何,酶理论自19世纪末以前没有得到新的发展。它已经存在了几个世纪并且被普遍接受为与原生质理论相协调并且是原生质理论的补充。酶被理解为藏匿在细胞中、并且催化像发生在消化过程中的水解或分解反应那样的简单的化学反应过程。但是没有证据表明细胞自身的复杂的化学过程,依赖于特定的酶的出现。然而,在19世纪90年代,情况发生了转变。1894年,费歇尔(Fischer)建立了酶的立体化学敏感性理论(stereochemical sensitivity of enzymes),各种酶的能力只是影响一种分子,而不影响它的立体化学上对等的同分异构体。这是高层面的酶的催化作用的特异性和区分的例证,其必然增加了一个酶对应一个反应的信条的可信性。1898年,霍尔(Croft Hill)提供了一个实验证据证明:酶能够催化化学合成和分解,就像物理化学家对催化作用提出的理论解释一样。这一点使得酶理论得以扩展到任何形式的化学反应,扩展到具有任何复杂度的分子反应的产物。

^① 在一整部书的关于生物化学的政治特性研究中,Kohler渐渐远离其早期的观点,这个早期的观点是:这个宣言在生化学科形成中具有核心作用。但是这个早期观点在他的原始论文中究竟是何种中心作用却是有争议的(Kohler, 1982)。

1897年,布彻勒(Edward Buchner)表明,来自被挤压的酵母细胞的提取物将把糖分解为酸和二氧化碳,这种能力是完整的活的酵母细胞本身所拥有,在缺少这种细胞的情况下,这种能力从未观察到过。这一点随即造就了一个归纳主义纲领,其中包括细胞的内部液体环境中对酶的重新探索。^①

科勒对酶理论成功的解释,异常显著地具体说明了许多社会学的主题,更不用提及我们先前的观点:要确认这个理论究竟包含那些内容实际上是不可能的。科勒强调:一个“酶”或“酵母”的思想是模糊的,至今为止它只有一个意义但这个意义却是变动的。传统意义上说,酶是在像消化液一样的细胞核外液体中发现的活性力量。至于细胞核内的酶,最初几乎是接近一个矛盾的术语。但是这一修正对于深处佳境的“酶理论”来说意义重大,并且热衷于其中的科学家毫不困难地接受了它。科勒还引发大家注意酶理论和原生质理论之间的模糊界限。起初,把酶理论看作原生质理论的一个补充而不是对原生质理论的一个替代是完全可能的。酶理论可以被视做原生质理论的一个产物,是原生质完成某些化学变化的工具,是将原生质连接到更高级的特殊化学反应的调节因素。在更特定的层面上,酶可以被理解为大的、复杂的原生质分子的分离的侧链,因此酶实际上就是原生质自身的一部分。但是,随着时间的推移,在这个领域中被视为颇具前景的理论,就逐渐被认为是“酶理论”,“原生质理论”相应地就等同于前述所言的只具有最少的应用价值与最值得怀疑的部分,特别那些被术语“活的原生质”所暗示的东西。尽管科勒描述了从“原生质理论”到“酶理论”的转换,他的叙述同样适合于“原生质力量”分裂为两个或更多地不同的理论,其中之一就是日益增强地涉及“酶理论”。

科勒自己对于酶理论的观点是“恰当地说,很难说它还算是个理论”(1973, p. 186)。他告诉我们,涉及到“酶理论”的内容只是指具有一定的可辩护性的东西,因为一个更准确的术语“酶纲领(enzyme program)”是如此的“笨拙”。“酶理论”的出现,实际上是一个指向“对于所有的已知生化作用进行独立的、纯化的物理化学研究”的研究纲领的出现(1973, p. 186)。对这个纲领的信奉就是对把细胞过程视作在一种水媒介中发生的化学反应的信奉,类似于现存的化学分支研究中的标准过程所陈述的熟知的试管测试反应。这个纲领的可行性和前景,通过新的典范技术和过程逐步得到承认:参与这样一个纲领,就是参与了这个技术的发展和扩展。然而,事实上,“酶理论的产生”就是对围绕着新的可获得的事例的实践的重新定位。

为了扩展讨论,科勒选择了由酶提供的例证,第一个酶显示为催化一个没有活

^① 为了关注一些选择的问题和情节,任何关于广泛的历史变化的讨论都理所当然地对待历史上发生的大量事件。在重新审视这些理所当然的语境中,科学史叙事的标准语言便是方便和恰当,这样读者就不会迷失于想象这种描述自身会是有问题的,因而需要进一步的检验。

细胞所提供环境的复杂的化学过程。酶的“发现”的关键潜存于为提取有意义的一定量的核内液体而发明的一种方法。这是一个令许多早先的研究者头痛的问题，1896年被哈恩(Martin Hahn)解决。此时，这一点已经众所周知，即延长沙磨时间会破坏许多细胞的细胞壁导致细胞液渗漏，但是从细胞残骸中分离细胞液，又证明是一个障碍。通过把酵母细胞和硅藻土混合起来来挤压酵母细胞，并用高压水挤压这种混合物，哈恩解决了这个问题。在探索内细胞蛋白质的过程中，这个技术得到了进一步的发展，并且非常偶然地明确了酶的存在。哈恩发现他对细胞液的提取非常不稳定，并且在其中发现了多种不同的已知的防腐剂的作用。他所使用的一种试剂是40%的葡萄糖，在哈恩开始度假前夕，他把它加入了酵母液。在“发现”酶的这段时间内，毕希勒(Edward Buchner)访问了实验室，并且注意到了来自“防腐”剂的气泡。他清楚了葡萄糖发酵变成酒精和二氧化碳的过程，并且明确地确认这个过程不是由残余的活的酵母细胞引起，随后他宣布了第一例非水解胞外细胞发酵(Kohler, 1971)。

这个导致毕希勒获得诺贝尔奖的发现，的确是一种全新的见解并具有重要的理论意义，这个发现随后就成为这个领域中长期占统治地位的标准理论，即：即便是对于最为复杂的代谢过程来说，对原生质也不是完全必需；在崇尚生物还原论和生物机械论的神话中，这个发现也成为一个核心的事件。更为重要的是，它成为一个成就范例，即：在生物化学作用意义上对提取技术以及对提取结果的分类的应用，导致了对大量的内酶作用的确认，并增进了对细胞过程的科学的理解。下一步的工作，便是效仿酶的工作，后继的事实也的确如此。

尽管如此，认为哈恩和毕希勒的发现仅仅由于“他们的发现实际上奏效了”而被直接地接受，则是完全错误的。对酶理论的接受经历了一个长期的争论。所描述的技术是否能够奏效本身就是问题，这个技术是否奏效的问题依赖于对它的不同的解释。许多科学家报告说他们无法重复毕希勒的结果。其他的人把他们的失败归咎于在酵母提取中除去了原生质的成分，当毕希勒强调杀死细胞的无菌处理不会破坏提取过程时，这些人便质问杀死活细胞是否必然会破坏细胞原生质的功能。其他的人则继续拒绝承认任何基本的意义蕴涵，即便是结果已经被证明的可重复的，并且产生这种结果的程序已经被证明是充分可行的。人们认为观察到的细胞外反应可能总是显现出同单纯的酵母细胞相关联的不同的性质，这种同单纯的酵母细胞相关联的反应也许总是需要原生质的调节。或者，在比毕希勒所愿意承认的更强烈一些的意义上，细胞外反应与细胞内反应是相同的，在这种情形中，这种反应则会由看不见的或更细小的原生质要素引起；这样，毕希勒所称之为酶的东西实际上就是原生质，而不是标准例证中的酶，而且毕希勒自己也确实不经意地为这种解释提供了支持，他承认完全基于这个标准例证对酶进行描述的确存在困难。

另外一个相似的问题是是否承认的问题。为了吸收毕希勒的工作,科学家们开始扩展和修正现存的对“什么是本质上相同”的认识。与许多具有同等合理性的理解和认识相对应,对“什么是本质上相同”的现存认识的扩展也众说纷纭。所遭遇的这些不同的认识,实际上可以被理解为偶然性的历史事件,可以解释为,也只能解释为实用性考虑的一种结果。

科勒本人也试图理解并解释这类对毕希勒工作的反应。他把不同的反应同不同的科学家群体以及不同群体所关注的特定的使用目的联系起来。这些反应中的一个引人注目的特点就是:它们如此强烈地反映了科学家们所具有的未来导向,以及科学家们几乎不受现存理论倾向的约束和限制,或者说科学家们几乎不受现存的实验技术和能力的约束的限制,后者实在是令人更为惊讶。在这个争论中,对传统的信奉或对“生活形式”的信奉,能够构成对科学家判断的解释基础,但这一点并不是那么容易得到捍卫。对于那些根深蒂固地渗透到应对困难的实践中的概念、术语而言,发生任何变化都是异常艰难的。

考虑一下科勒所认为的最坚定反对酶的学说的科学家的立场。“技术主义者”是那些深深卷入工业和农业技术发明和改进的科学家,为选择、培育细胞和单细胞微生物,他们成功地扩展了已经成熟的技术,其中许多融入了酿造过程,酿酒学或真菌学。他们的专业技能不要求他们在亚细胞层面进行观察、操作甚至深思,也不要求有关细胞内部的化学过程的知识。他们的实践活动仅仅被细胞和原生质理论的术语来描述、反映和实现合法化。应该认为他们的传统派生自巴斯德。

至今为止酶所受到的关注,在涉及对科学家所遵从的思想习惯和“理论信奉”的强烈的否定性反应方面,没有出现任何困难。认为酶是一种细胞分裂的观点是对科学家既成的科学实践的一种威胁,这种见解也没有太大的合理性。无论如何,这个群体是一个非常有意义的群体,因为,在他们提供了反对巴斯德观点的主要原始见解的同时,这个群体的成员很快出现在毕希勒的最积极的支持者中间。他们为自己观点的急剧变化所提供的依据非常直接,最初他们不能够成功地重复酶的实验,但后来,在他们的实践中他们成功地做到了这一点。对于他们而言,这一切足够说明问题。

自然,对于任何一个试图理解和解释技术主义者的行为的人来说,这一切绝对是不够的。他们不把他们自己的实验工作当作毕希勒工作的重复。他们也不把他们的实验结果描述为对毕希勒理论的证实。其他的科学家的做法则与上述二者皆不同,并对于他们的做法给予了很好的说明。也许技术主义者更侧重于实践性,具有更强的仪器设备导向性,从而看到了把毕希勒的技术投入使用的机会。也许他们被酿酶理论的可行性所吸引,兴奋地去展望隐含在酶里面的脱细胞的试剂。但是科勒则谨慎地指出,如果事实果真如此,那么就实在是过于乐观了,也就不需要付出那么多的代价了。一直到第一次世界大战之后,酶理论还没有找到任何实际

的应用,技术主义者也没有将他们关于酶的持久信念与他们对长久建立起来的技术和程序的持续依赖形成妥协。

在与明显受到威胁的研究传统关系密切的人中间,不仅仅是技术主义者支持酶的理论。对酶理论最积极、最热情的支持来自于巴黎,来自于巴斯德研究所的巴斯德的几个弟子和资深人士。科勒表明,令人感到惊讶的不是这件事情本身,而是这些人所使用的概念和技术已经接近于毕希勒所使用的概念和技术,并且他们的免疫学、免疫化学以及酶学的研究已经处在亚细胞的思考和操作水平。那么,即使是这样又怎样呢?这种科学是如何从巴斯德研究纲领中产生出来呢?对于完整的细胞,这个纲领最初使用的选择方法和操作方法同技术主义者在他们的工业过程中所使用是完全一样的。只有当研究传统被错误地认为约束、限制或抑制了科学活动时,这里才出现问题。一旦接受了这样的见解,即:随着研究的进一步发展,在大批量细胞操作中大量有关实际技能的保留曲目,便被认为是通向进一步的亚细胞层面的研究工作的无价值的跳板。

值得注意的是,作为科勒自己所认为的主流观点即:限制自身于专业科学研究的体制性情境的一种例外,推动酶纲领所代表的研究方向的附加的动机以及对巴斯德式研究纲领一些核心信条的偏离,在法国当时的狂热的政治语境中相当明显。巴斯德获取伟大成功的时代,正是第二帝国的顶峰时期。此时他的整体论(holism)和反唯物主义得到了与天主教紧密联合的政策的支持,在这种政策体系中,政府与科学的关系被一个“教育和宗教大臣”协调。然而,从1870年开始,政治环境变成法兰西第三共和国,尽管科学的意识形态可能同以往的与政治利益的关系没有什么区别,但却是不同的意识形态——由于出现新的需求而或多或少的是相反的意识形态。在需求发生变化的地方,理所当然地需要变化了的供给,这一点尤其可以根据这样一个事实得到说明,“法国科学家在忠诚于服务国家方面,有着骄人的记录,在从对帝国的忠诚转向对国家的忠诚方面没有发生任何困难”(Paul, 1985, p. 22)。甚至路易斯·巴斯德本人也是如此。正如法利和吉森(Farley and Geison 1974)试图强调的:活力论(vitalism)与整体论自第二帝国的黄金时代开始衰弱,唯物主义的主题和观点开始逐渐增强。但针对我们所讨论的问题,这仅仅证明了一直被忽视的一些可能的原因。因此,还是让我们回到科勒自己的叙述。

科勒使用了与知识社会学中通常使用的图式相似的解释图式。他界定了一个拥有特定利益的科学家团体,并通过这种利益来解释这个团体对酶的反应。但是当教条(一个团体,一组利益,一个反应)代表了他的解释战略时,他的历史叙述便远远超出了其叙述本身涵盖的内容,并最大限度地显示出其实用性的意义。这样,科勒表明在生理化学中,重要的原理内在包含着冲突。在那里,对于毕希勒的观点,产生了广泛的反应,这些反应在文化资源和既成知识的各种保留曲目中得以开

发。对于一个生理学化学家来说,毕希勒的工作可以意味着,或者原生质理论死了,或者酶理论活着,或者它们处在任何一个中间状态。相反,科勒则确认了来自相当不同的科学团体的个体的类似的反应。确实,对他的意义上的酶的内在冲突的主要关注,就是要表明对酶的支持如何来自于不同机构的个体,如何来自于现存专业和学科的人群。

无论如何,在说明科学评价的各种变化中,团体关系保留了科勒的主要的解释资源。通过潜在团体意义上的思考,他对他自身叙述所包含的复杂性的反应,扩大了这种解释资源的用处。在表明什么将被认为是生物化学的未来方向的过程中,毕希勒的支持者们表现得彼此相似。“酶是……任何预存观点的试金石”;“关于酶的争论促成了生物化学家把他们自身视为拥有共同的思想框架和研究对象的共同体”(1972, p. 351)。沿着这条道路思考,“生物化学家”的思想框架和利益可能有助于说明他们的科学估计。但是,在追溯致因以及在接受了酶理论之后使用各种显著的因素说明酶理论何以被接受,这里便存在着一个危险:在发生争论的那段时间,能够明确地区分未来生物科学家团体的所有一切,对于酶理论似乎都有各自所喜爱的评价。这个与时代与生物化学和生物化学家有关的角色,得到科勒的充分刻画,借用里杰(Fritz Ringer)的话是这样的:“因为在术语的使用者彼此还没有认识和了解之前,术语的使用使得术语的使用者能够把彼此看作自己的同盟,术语由此可能变得流行。”(1973, p. 194)

在科勒的案例研究中我们得到的是能力和知识中的变化,是社会关系和团体组织中的变化,在同一过程中结为一体。很快,酶理论变成了一个样板成就,对于那些工作在生化实验室、在生化期刊上发表文章、认为自己是生物化学家的科学家而言,这个理论扮演着尤其重要的角色。但是当酶理论实际上变成一种样板成就时,酶理论持有者也就变成了一个职业团体。这里恐怕不可以描述为生物化学的自觉意识“已经存在”。而是随着技术上的争论展开,而出现的“并不是已经存在的”生物化学正在形成,并逐渐变为一种现实。文化变化的过程也是集团形成的过程。

在这种情形下,根据明晰的,具有制度性地位的,确定集团的特性来说明整套的科学判断的简单化策略,就极少具有、或者说没有什么实用性价值,因此必须被抛弃。总是存在着简单化,但这里是过分的简单化。与通常所认为的相反,把每一种人类活动解释为适合于一些确定的集团的利益、或一定的地位、或机构设置、或对某种完全外在的已经展开的系列活动的特定说明,本身并不是社会学研究任务的一部分,更不用说对这些因素之间产生的联系的解释了。^①

^① 考虑到这一点,回忆一下第三章提出的有限论的第4个信条和第5个信条可能是有用的。

这里所需要的是对有限论立场的更严格的应用,这个立场把文化变化理解为大量的特定活动,这些活动不是拥有既定目标的既定团体在既定语境中的运作,而是在部分上是展开活动自身构成的变化的语境中的运作。这并不是说把历史化为系列的无关联的事件,而是使得变化过程自身的秩序或模式得以确认。更直接地说,文化,甚至文化变化,应该被认为是一种秩序的存在。争论本身就是有序的,并且在寻求更大的有序,为什么还有一些东西是具有争议性的?事实上,当类似于酶争论的争论变得显著,一种指向秩序的运动就已经形成:从无数个可能性中选择出来的立场,是一个还是两个,抑或是几个。这个运动代表着社会协调合作的成就,是确保实践中手段一致性的个体活动和判断的成功的协调。

在酶争论中,我们有一个最初的阶段,大量的东西得到很好的说明,许多不同的实验发现得以报道。这些说明和报道的存在,以及它们与特定的科学家和实验室联系,变成了引发随后的科学争论的情境的最重要的特征。科学家们拿出了与现存的说明相匹配的实验工作,但非常棘手的是,无论是科学家们所试图描述的技术细节,还是支持这个观点或反对那个观点的政治期望,都非常的引人注目。从技术实践的结果和政治联盟两方面,科学家们再次自觉地要么彼此一致、要么彼此排斥。在科勒的叙述结束时,引发酶的“生物化学”说明演变的社会过程趋于显著,这种显著如此强烈以至成为酶理论的可靠性的显著基础。

在这一点上,原初的技术问题已经退隐为语境,酶理论的技术优势变成日益增强的接受优势。^①在最高水准上的普遍的对酶理论的接受,成为相互交流与作用,成为合作及协调研究,成为向他人学习,甚至还可能成为保持领域内部的控制力量的稳定的最好基础。这样,对于许多科学家来说,酶理论是作为一个关键的问题解决方案被接受的,这些问题包括样板成就所支撑的事物,酶理论的使用和扩展,以及酶理论对其他理论的支配。在解决相互协调的问题中,这些科学家完成了这样一个过程,即:把“酶”理论作为科学观察语言的一部分,而观察语言本身又是观察语言的社会秩序的一部分。在活动和评价的序列中,这个过程只是一个结果,但这

^① 所描述的这种过程对于研究技术演化的历史学家是熟悉的。对于这些人来说,“选择优势”概念被充分放大(Arthur, 1984)。在录像机首度出现时,就存在着各种技术的竞争。在可替代类型的录像机之间进行选择的购买者,一开始就受到技术宣称的效力的影响,即便是所有的录像机都会产生移动的图像。不同的机器最终将妥协于某种录像机的再生产,就像不同版本的酶理论最终妥协于Buchner的试验结果一样,而关于机器的技术争论和适用性争论就像不同的生物学理论争论和生物学理论的适用性争论一样。但是,购买决定一旦做出,不同的录像机系统的技术优势就发生变化。这是因为对于给定的技术系统的广泛使用,实际上就是技术适用性的一种。对于给定技术系统的购买越多,其单位成本就越低。这个技术系统的发展和改进也就越是会得到更多的财力支持,投入到这个技术系统中的材料的生产范围也就越大,等等。选择优势在科学例证和理论术语中具有类似作用。

个序列中事先和事后之间的因果联系则是明晰可见的。^①

参考文献

- Arthur, W. B. (1984) "Competing technologies and economic prediction", *Options*, 210 - 13.
- Barnes, B. (1982a) *T. S. Kuhn and Social Science*, London, Macmillan.
- Barnes, B. (1987) "Concept application as social activity", *Critica*, 19, 19 - 44.
- Belt, H. van den (1989) "Action at a distance", in R. Smith and B. Wynne (eds), *Expert Evidence*, London, Routledge.
- Ben-David, J. (1984) *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study*, University of Chicago Press.
- Cedarbaum, D. G. (1983) "Paradigms", *Studies in the History & Philosophy of Science*, 14, 173 - 213.
- Collingridge, D. and Reeve, C. (1986) *Science Speaks to Power*, London, Pinter.
- Collins, H. M. (1982) *Sociology of Scientific Knowledge*, Bath, Bath University Press.
- Collins, H. M. (1983) "The Sociology of Scientific Knowledge: studies of contemporary science", *Annual Review of Sociology*, 9, 265 - 285.
- Collins, H. M. (1992) *Changing Order: replication and Induction in Scientific Practice*, London, Sage Publications.
- Farley, J. and Geison, G. L. (1974) "Science, politics and spontaneous generation in nineteenth-century France: the Pasteur-Pouchet debate", *Bulletin of the History of Medicine*, 48, 161 - 198.
- Hull, D. L. (1988) *Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science*, Chicago, University of Chicago Press.
- Kohler, R. E. (1971) "The background to Eduard Buchner's discovery of cell-free fermentation", *Journal of the History of Biology*, 4, 35 - 61.
- Kohler, R. E. (1972) "The reception of Eduard Buchner's discovery of cell-free fermentation", *Journal of the History of Biology*, 5, 327 - 353.
- Kohler, R. E. (1973) "The enzyme theory and the origins of biochemistry", *Isis*, 64, 181 - 196.
- Kohler, R. E. (1982) *From Medical Chemistry to Biochemistry*, Cambridge, Cambridge University Press.

① 对于社会学家而言,社会关系的转移、社会目标和利益的变化都引发了复杂而极为重要的问题。我们在此的目的仅仅是要说明这些问题的存在,而不是着手于对这些问题的进行分析。在科学的语境中,这些问题在 Bruno Latour (1987, 1988) 的工作中得到了最详尽的关注。他尤其关注他所涉及利益转换问题。按照 Latour 的观点,一个行动者会相信另一个行动者基于权宜性而实现的转换,此时利益发生变化或转换。这里的遗留问题是一个行动者何以如此相信另一个行动者。这里,把 Latour 的观点与 Hull (1988) 的观点进行比较是非常有益的,两位作者都寻求理解权力和权宜利益的作用,都认为权力和权宜利益在科学中普遍存在,但他们各自采纳了不同的解释图式。

- Kuhn, T. S. (1974) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (1977) *The Essential Tension: Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago and London, University of Chicago Press.
- Lakatos, I. and Musgrave, A. (eds) (1970) *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Latour, B. (1987) *Science in Action*, Milton Keynes, Open University Press.
- Latour, B. (1988) *Pasteurisation of France*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Lewis, D. K. (1969) *Convention*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Nelkin, D. (1975) "The political impact of technical expertise", *Social Studies of Science*, 35 - 54.
- Lynch, M. (1991) "Extending Wittgenstein: the pivotal move from epistemology to sociology of science", in A. Pickering, *Science as Practice and Culture*, Chicago, University of Chicago Press.
- Margolis, J. (1986) *Pragmatism without Foundations*, Oxford, Blackwell.
- Margolis, J. (1987) *Science without Unity*, Oxford, Blackwell.
- Margolis, J. (1989) *Texts without Reference*, Oxford, Blackwell.
- Nelkin, D. (1979) *Controversy: Politics of technical Decisions*, Beverly Hills, Sage.
- Paul, H. W. (1985) *From knowledge to Power*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Pickering, A. (ed.) (1991) *Science as practice and Culture*, Chicago, University of Chicago Press.
- Rouse, J. (1987) *Knowledge and Power: Toward a Political Philosophy of Science*, Ithaca, Cornell University Press.
- Schelling, T. C. (1960) *The Strategy of Conflict*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Shapin, S. (1982) "History of Science and its sociological reconstructions", *History of Science*, 20, 157 - 211.
- Smith, R. and Wynne, B. (eds) *Expert Evidence*, London, Routledge.
- Stegmuller, W. (1976) *The Structure and Dynamics of Theories*, New York, Springer.
- Stouffer, S. A. (1949) *The American Soldier*, Princeton University Press.
- Wittgenstein, L. (1968) *Philosophical Investigations*, trans. By G. E. M Anscombe, 2nd edn 1958, Oxford, Blackwell.

(本文选自巴里·巴恩斯、大卫·布鲁尔、约翰·亨利著《科学知识：一种社会学的分析》，邢冬梅、蔡仲译，南京大学出版社，2004年，137~176页。)

5.4 从作为知识的科学到作为实践的科学

安德鲁·皮克林

- 后 SSK 研究
- SSK 与后 SSK 的争议

在20世纪70年代的早期我们就看到出现了思考科学的一个新的研究方向。科学知识社会学(简称为SSK)在两个方面使其自身区别于当代的科学哲学和科学社会学。第一,就像其名称所标明的那样,SSK坚持:科学就其核心而言是社会利益性的和社会建构性的,科学知识本身必须被理解为一种社会产物。第二,SSK基本上是经验性的和自然性的,就是说通过对真实科学的过去和现在的探讨来说明科学知识何以是社会性的。规范哲学教条的先验论被搁置一旁。在20世纪70年代期间,SSK的概念和全貌一直保持着简单与明晰,它的两个研究中心是爱丁堡和巴斯。在爱丁堡,巴里·巴恩斯(Barry Barns 1974, 1977, 1982),大卫·布鲁尔(David Bloor 1976, 1983)以及斯蒂文·夏平(Steven Shapin 1979, 1982; Barns and Shapin 1979)展示了一种SSK的宏观社会的研究方向,他们尝试在经典的社会学变量、相关集团的典型“利益”以及由这些集团所支撑的知识内容之间,寻找因果联系。在巴斯,哈里·柯林斯则开辟了一种更为微观社会的SSK的研究方向(柯林斯在1985年进行了总结)。他对科学争论的研究旨在展现作为科学行动者之间的权宜性“谈判”结果的共识知识的生产过程。当然,在巴斯学派和爱丁堡学派之间存在相当多的共同点:对“科学争论”的研究成为欧洲北部引人注目的经验性研究领地,而在宏观的社会效应所涉及的领域,柯林斯基本上同意爱丁堡学派的观点。随着研究领域的扩大,SSK的其他中心开始出现,最为知名的是以迈克尔·马尔凯(Micheal Mulkey)为核心的约克(York)学派。但尽管如此,SSK的整体面貌保持着简单与明晰。

在20世纪70年代晚期情况开始发生变化。在英格兰内外,出现了新的研究方向,这些研究方向显然与SSK互有交叉,但是这些研究与SSK关系的准确程度仍是有问题的。一个关键性的标志就是布鲁诺·拉图尔和斯蒂夫·伍尔伽所著的人种学研究著作《实验室生活》。这项研究所带有的思想和田野调查出自于法国学者,他们与SSK并没有明显的亲缘关系。另外一部实验室生活的研究著作是《知识制造》(1981),独立地出自于另外一个欧洲大陆国家的作者卡琳·诺尔-塞蒂娜。与此同时,在美国,哈罗德·伽芬克尔、迈克尔·林奇和埃里克·利文斯通把他们独具特色的常人方法论视角与实验室生活研究(还有数学研究)联系起来(Lynch, Livingston, and Garfinkel 1983, Lynch 1985, Livingston 1986)。科学哲学家伊恩·哈金(Ian Hacking 1983)、南希·卡特赖特(Nancy Cartwright 1983)、亚瑟·范(Arthur Fine 1986)则在他们自身的领域内发展了一种经验性研究方向。这种研究似乎以极有意义的方式与SSK研究交织在一起。特里蒙特(Tremont)研究小组则发展出他们针对科学文化研究的实用主义者和符号交互主义者的观点(Fujimura, Star, and Gerson 1987);另外一位人类学家,莎伦·特拉维克(Sharon Traweek 1988)则在斯坦福线性加速器中心对粒子物理学家进行了研究。回到英格兰,马尔凯和奈杰尔·吉尔伯特(Nigel Gilbert)进入“反身性”和“新文学形式”研

究,这些研究使 SSK 回到对自身的研究。在欧洲大陆的布鲁诺·拉图尔继续着他的研究方向,与迈克尔·卡伦(Michel Callon)合作提出了科学的文化研究的“行动者网络”理论,这个理论奠定了巴黎学派的基础。

在 20 世纪 80 年代晚期,各种各样类似 SSK 流派的理解科学的研究方向公开出现,拒绝哲学先验论以及对科学的社会性维度的敏感是这些研究共有的特点,与此同时,各自的研究又具有不同的轴线。在一定意义上说,我们的这本论文集可以认为是 80 年代这种阶段性研究传统的继续,这种研究旨在对科学的行动究竟是什么、在哪里发生的问题提供一个概貌(Knorr-Cetina and Mulkay 1983; Law 1986)。但是在我们试图享受 SSK 综合性思想的同时,这种思想已经成为过去,一些更新近的研究以及我们这本书中的思想则旨在把 20 世纪 80 年代科学的文化研究的核心进展推至前沿。这就是转向实践研究,转向科学家实际上在做些什么,与之相关的转向则指向研究科学文化,研究实践活动运作于其中的学科资源的实质意义。^① 现在我要解释我要说明的究竟是什么?

非常奇怪的是,在科学始终支配着大量听众的同时,众多的学者几乎没有直接对科学实践显露出半点兴趣。他们的主要兴趣一直是关注科学的产物,特别是科学的概念产物知识。这样,对于 20 世纪大多数英美科学哲学来说,他们始终关注的是科学理论、科学事实以及科学理论和科学事实的关系问题。这一点不仅对于逻辑实证主义者主流如此,对于其当代变种也是如此(可参见 Suppe 于 1977 年的述评),甚至对于许多反主流思想的科学哲学家,如保罗·费耶阿本德(Paul Feyerabend 1975, 1978)以及诺伍德·罗素·汉森(Norwood Russell Hanson 1958)都是如此。直至最近,在传统哲学领域中才发现了科学实践的零星研究兴趣,如鲁德维希·弗莱克(Ludwick Fleck 1935)、迈克尔·波兰尼(Michael Polanyi 1958)、托马斯·库恩(Thomas Kuhn 1962)等人。当然,这并不是说即使我们尝试

^① 对不同的作者来说,某些像“实践”与“文化”这样的术语具有丰富的与广泛的含义,某些初步的澄清在这里是有用的。关键的问题是建构主义者的观点认为制造科学是一种真实的活动,要完成这项活动,就需要各式各样的资源。贯穿这篇论文的始终,“文化”是指科学家在他们的工作中所利用的各种资源,“实践”是指他们在那一资源领域中所进行的制造(或改变)行动。“实践”因此就具有“文化”所缺少的的时间维度,两个术语不应该被视为同义词:一把铁锤、一根钉子和某些木支架与建造一个狗窝的行动不同——虽然一个完成了的狗窝的行动将具有作为未来实践(如训练一只狗)资源的功能。我反复地在这篇文章的其余部分寻求我所指的“实践”与“文化”意义的例证,见注释[2]论逻辑经验主义、注释[2]之后的对 SSK 的讨论、我对哈金的论文的介绍,等等。它同样也可被用来强调我在这里所采用的“文化”是价廉物美的文化。它包含科学家在其实践中采用与改变的所有资源,其中许多是微贱的和世俗的。(见下面对科学文化的多样性与异质性的讨论。)这并没有表现出一种宏观上的姿态,一种包罗万象的世界观,如那种在科学与外部世界之间相互作用的宏大的文化潮流。虽然这并没有否认所有文化的统一特征可能有时同样是明显的这样一种说法。(见第 2 章注释[2]对这一点的某些思考。)

着去做,我们也不能够从对于科学作为知识的分析中提取出科学文化和实践的影像,我只想表明的是科学实践对SSK意味着什么。^①

正像我们题目所标明的那样,科学知识社会学的主要问题是把科学作为知识,其突出的特征是坚持科学为社会性建构的。SSK在知识问题上的观点,在其有关科学实践的特定版本中已经得到广泛的阐发[David Bloor在他的文章(第8章)中也解释了一些,在巴恩斯1982年的讨论中则得到了最全面的拓展;对此也可参见Collins 1985]。SSK所存在问题的核心是知识,它把科学的技术文化的特征刻画为一种单一的概念网络,科学哲学家玛丽·赫斯(Mary Hesse 1980)就沿袭了这个路线。网络中不同抽象水平的概念通过对不同程度的确定性进行概括而彼此连接在一起,通过各种可观察术语所描述的例证集结而与自然联系起来。当科学文化以这种方式被刻画,科学实践的图景便只能是这样:实践是概念网络为适应环境而实现的自身的创造性扩展。在这里SSK承袭了路德维希·维特根斯坦(1953)和托马斯·库恩(1962)的思想,坚持两个基本点:第一,经由筑模或类比过程,概念网络的扩展得以实现:新科学知识的生产必然要求一种与旧有知识相关的新情境。第二,筑模是一个不确定性终结的过程,是科学文化的扩展,单一的概念网络向无数的不同方向扩展,网络中不存在任何固定的东西决定网络未来的发展。

对于SSK来说,上述观点中实践的不确定性产生了SSK的问题,就像早先库恩学说中碰到的问题一样。这个问题就是:科学的行动者在原则上可以把握不同的发展方向,而这种发展并没有使科学文化被不断地解体?我们应该如何理解科学的各种终结——对科学文化特定扩展成果的一致性认同?这里就涉及对SSK中的S即“社会学”的评价问题。SSK强调科学知识的工具意义,强调科学行动者的力量,即知识是用来使用的,不只是用来沉思的;行动者具有自己的利益,作为知识的工具能够成功地促进或阻碍这种利益的实现。特别是SSK把社会学中利益概念的引入,有助于在两方面来解决终结的问题。一方面,可以认为行动者是以符合自身利益的方式而不是其他的什么方式寻求对科学文化的扩展;另一方面,对于可以获得哪一种扩展的结果,得到哪种概念网络,利益可以充当选择的标准。网络的那种最佳扩展结果应该能够最充分地满足相关科学共同体的利益。这就是SSK对实践的基本观点,由此我们可以转向我们的出发点,即作为知识的科学所存在的问题,并且由此说明一个立场:科学知识不应该被视作对自然的透明的表征,而应该被视作相对于某种特定文化的知识,这种知识的相对性可以通过社会学的利益概

^① 如对逻辑经验主义者来说,科学的文化存在于知识与知识主张的领域,科学实践存在于对与观察知识相对应的科学知识的主张的评价之中,一种通过某些逻辑或方法在理想上加以控制的评价。贯穿于近代实用主义哲学中的这种训练的令人失望的结果表明了对探索实践本身缺乏普遍的兴趣(见Goodman 1978, Quine 1980 and Rorty 1979, 1982)。

念而得到刻画。^①

至此,本书所展现出的各种观点由此可以形成。从肯定意义上说,我们看到,SSK 意义上的科学实践概念仿佛是一个可信的概念,因为就在把科学知识孤立出来并以此表明科学知识的社会相对性的意义上,这样一个概念足以满足 SSK 的目的。而且这样刻画实践的概念足以使知识问题上的 SSK 立场明晰而可信。从否定意义上说,如果把 SSK 所言说的实践真正看作科学实践和科学文化的图景,而不是仅仅看作一种为理解知识进行的辅助说明,那么,SSK 的实践概念则是站不住脚的、理想化的和还原性的。因为把科学文化仅仅表征为单一的概念网络,把实践仅仅表征为由利益建构的一个不确定性终结的筑模过程,这类表征不能很好地把握实际的实验室科学所显现出的复杂性说明。单纯的 SSK 不能向我们提供把握行动中的科学丰富性的概念工具,这种丰富性包括:仪器的建造,试验的计划、运行和解释,理论的说明以及和实验室管理部门、出版部门、基金提供部门的谈判等。把实践描述为不确定的以及利益导向的,最多也就是捕获了问题的表面。实际上,观点上的彼此分歧在本书的第二部分,也就是争论部分,得到了充分的体现。

对 SSK 中关于实践的抽象讨论所表现出弱点的一种反应就是尝试通过实证研究充实和丰富它,这也是 SSK 内部已经出现的主要发展线索。例如,在经验研究中上述已经提及过的在 SSK 的思想中基本上是空白的科学实践的物质纬度已经被开始重新引入并初显效力。科学史家和科学哲学家对仪器、试验和事实新近产生的兴趣,在一定程度上就是 SSK 内部发生的这种新近的研究倾向的结果(Gooding, Pinch and Schaffer 1989)。然而,值得注意的是,在 SSK 内部所显现出的物质世界在整体上还保留着还原论的外衣。例如,在夏平对爱丁堡相学争论的经典研究中,物质技术以及概念化过程的不确定性终结的发展,是由相互竞争集团的利益关系建构的。作为 SSK 研究的典范之作,夏平的研究是围绕利益以及利益与知识的关系而展开,在 SSK 研究的大量文献中,科学的物质性维度更多地表现为一种社会相对性。

这里,对于 SSK 的抽象科学图景弱点的另外一个反应似乎更有意义。这种反应就是质疑既往研究中所发展起来的对知识中存在问题的 SSK 分析,是否能够充当我们理解实践问题的基础?我认为,公平地说,在某些具体问题上认真研究过实践问题的大多数学者对这个质疑的回答是否定的。坦白地说,在面临实践的复杂性时,概念网络和利益并不能非常清楚地说明问题。本书第一部分的所有作者以

^① 这是众所周知的 SSK 对争论终结进行解释的观点,是由巴恩斯(Barnes 1977,1982)提出,其例证表现在夏平(Shapin 1979,1982)与唐纳德·麦肯齐(Donald MacKenzie 1981)。另一条替代的宏观社会学途径是布鲁尔(Bloor, 1983)建立在玛丽·道格拉斯工作基础之上的“格群论”(“grid-group” theory)。柯林斯的研究集中在争论团体之间的微观谈判的权宜性上,但他在评论其方法的一般特征时,同样也鼓励与一种概念网络相关的利益想象(Collins 1985,第6章)。这些差异对下面的评论虽然并不是关键的,但应该记住它们。

及第二部分的部分作者则尝试建造一种新的概念框架,这个新的概念框架直接针对实践,而不是针对围绕作为知识的科学而引发的各种争论。^①这个概念框架在随后出现的文章中将被描述、被说明、被运用。我随即将对它们进行说明,但是我们首先需要陈述一个问题:困扰我们的究竟是什么?既然作为知识的科学传统已经向我们提供了满足它们自身目的的各种科学实践和科学文化的图景,我们为何要竭力将实际科学的复杂性置入其中?何以致力于创建一种新的科学图景?这里有一些答案。

理解科学实践有其自身固有的意义,并且直接影响到在科学包括认知科学等问题上的批判性与政策导向性看法的发展。从后一种观点看,科学家实际做些什么和他们创造知识一样重要。

现有的对科学知识的所有评价,如客观的(逻辑实证主义)、相对于文化的(库恩和费耶阿本德)、相对于利益的(SSK)都可以转换为对科学实践的特定理解。我们也可以从相反的方向进入,回到知识中存在的问题来解读对实践的全新理解,这将是一种极有意义的挑战。随后出现的文章以各种不同的方式做到了这一点。类似的,我们还可以回到社会理论和历史编纂学来解读实践。

对实践的研究可以冲淡学科间的界限。要明白这一点我们需要注意,作为知识的科学传统所支撑的实践图景具有典型的学科还原特征。通常科学哲学的实证主义者寻求把科学实践描述为一种理性的运作,并在这种理性运作中确认自身成为哲学,探讨理性问题是哲学家的特色任务。类似的,SSK的从社会到专业的致因性解释,也把对这种解释研究牢牢限制在专业的社会学领域内。形成对比的是,我们无法保证对实践的研究和理解将会落入传统意义上的哪一个具体的学科之中。随后出现的几篇文章将表明对实践的研究将彻底瓦解传统的学科还原。这里的问题不是哲学、社会学、历史编纂学内部的专业争论,而是对在专业性外衣包装下的截然分明的学科领域和学科界限的挑战。值得说明的是,认为传统的学科概念化过程和学科界限正在承受科学的作为实践研究的巨大压力,并不会提倡对各个学科进行一种无政府主义式的瓦解。事实恰恰相反,本书中哲学家、历史学家、社会学家以及人类学家的汇合具体说明了一种新的、范围广泛的、多学科综合的科学的文化研究出现的可能性。如果在这种综合中,哲学家、社会学家等不去确认他们各自学科明确界限,这并不是什么大的损失。

^① 当然,我必须强调在SSK中的经验研究并不只是强化了上面所概括的抽象的SSK分析。作为经验研究,他们经常超越这种抽象的研究。(在我看来,还经常在各方面挑战这种抽象研究。)因此,在SSK的研究中,包括上述夏平的研究,还有许多东西需要更进一步去理解。科学实践的研究所挑战的是SSK自身与组织研究问题方面的分析框架。就后者来说,寻求信念分布的社会学解释的问题有助于突出与主题化了科学的某些特征,却牺牲了其他特征。从SSK的观点来看,科学实践的研究突出了消失在背景中的科学特征。

在科学实践中,泾渭分明的学科研究中的思维方式不仅在概念上受到了挑战。事实上,在一般意义上,这种思维方式是现代思想的核心。随后的许多篇文章都尝试以不同的方式质疑诸如主体/客体、自然/社会之间的根本界限。这在某种程度上导致了我对本书文章的选择:我所选择的文章有意地突出了上述特点。对那类把学科界限视作理所当然观点的质疑,我们可以赋予它们“后现代”思想的标签,尽管没有一个作者使用这个术语(参见 Galison 1990, Haraway 1985, Latour 1990, Rouse 1991)。在这里,恰好提供给联盟和争论的超越科学的文化研究领域机会。

后 SSK 研究

下面提及的几篇文章会说明自己的内容。我仅仅是对它们的内容、对内容的彼此结合以及这些内容如何与我们所讨论的问题相关进行简要的概述。本书分为两部分,第一部分是“立场”,由数篇能代表作者对实践的个人观点的独立文章构成。第一篇文章来自伊恩·哈金,他的《表征与干预》(Ian Hacking. *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983)一书是聚焦科学哲学向实践问题转向、强调科学既是做(干预)、又是知识(表征)的标志性著作。我想用较长的篇幅讨论哈金的《实验室科学的自我辩护》这篇文章,因为他突出和明晰了贯穿本书的一些重要主题。哈金从挑战传统科学文化的还原性表征开始,在那里,作为知识科学的传统惯常性地认为科学文化是一个单一统一的实体——SSK 的概念网络,实证主义哲学中的理论,库恩的范式。哈金坚持认为科学家活动在多样性、零散性、异质性的空间中。科学文化由各种各样的片段和点滴构成,物质的、概念的以及社会的,彼此之间不存在任何必需的统一关系。^①这一点在作为实践的科学研究中得到充分的显现。通过给出刻画实验室科学的各不相同的并且是可识别的文化要素的分类,哈金清楚地表明了这一思想。哈金列出了分别归属于 3 个标题——“观念”、“事物”、“标记”的 15 个要素,并且指出即便我们像他一样把注意力限制在科学的技术文化范围内,所列要素也并不完全。

这里再次引发了这个问题:为什么困扰?哈金为什么要倾注如此的精力去深入地思考这些区分?答案只能是:考察文化的多元性,开启了思考科学实践的新空间。如果我们暂时回到 SSK 关于实践的分析,以下的推理链条应该是清楚的。SSK 坚持单独的概念网络的开放式扩展。网络中不存在任何因素能够决定网络的未来发展。但是总要有什么东西决定扩展的终结,对于 SSK 来说这个东西就是利

^①严格地说,科学文化的多元性对 SSK 或更为一般的科学的历史,哲学与社会来说,并不是什么新鲜的东西。然而,SSK 的研究中,传统上几乎没有涉及这一点,这是容易消失在抽象讨论中的科学的某一方面。在迈克尔·卡伦与布鲁诺·拉图尔提出的“行动者网络”方法中来理解科学与技术实践,研究首先要系统关注有关文化多样性的重要性。(如参见 Callon 1980, Latour 1987, and Law 1987。同样可见 Smith 1988 年对文学理论提出的一个类似的看法。)

益。与之形成对比,如果我们承认科学的技术文化的多样性,利益之外的任何一个因素都可以用来解释扩展的终结:任何单一的文化要素都可以开放式终结地扩展,但是适应所有不同的扩展并把分立的要素结合在一起的任务是不存在的。就像哈金指出的那样,杜恒式的问题不断地产生,但必须在实践中被控制,由特定的方式导引的特定文化要素不会按照人们的愿望结合在一起。实验,总是在出错。对于一个成功的工程师来说,一个分立的文化要素的集结体是一个复杂成果,这个成果本身可以解释自身的终结程度,可以解释实践终止的地方(至少是暂时性的)。于是哈金提供给我们的科学实践图景就是:实验室科学中仪器、事实、现象、解释的生产,是把他所列出的不同的文化要素集结在一起的一个相当艰难、不确定并具有创造性的工作。

那又如何?好的,为返回我所列举的研究实践的一系列原因中的第一条,哈金文章的一个重要成就就是勾画了实践究竟是什么的新图景,这个图景不仅不同于SSK所支撑的实践图景,也不同于所有作为知识的科学传统所支撑的实践图景。更进一步,哈金的分析直接把我们带入实践的时间性——一个努力使研究工作得以进行的真实时间王国。这是一个显然不同于其他任何说明的说明。^①但哈金并没有满足于这种对科学实践的新的和更完善的认识,按照我的理解,他还推进了第二步,对知识的传统问题进行了自己的实践分析的解读,哈金把实践视为文化要素之间的相互调节,这种观点直接导致了其这样的见解:稳定的科学是一个巧妙设计了仪器程序、解释程序、自然现象以及理论认识的“自我辩护”组合。按照哈金的见解,没有理由认定这样一个文化要素的结合必须是单一的。哈金因此相信他已经充分阐明了不同的稳定科学理论之间的不可通约性。他同意库恩(1962)和费耶阿本德(1975)的观点,认为不同的稳定科学理论构成了不同的世界,但非常重要的一点是,哈金反对库恩,特别是费耶阿本德把这种不同仅仅归于单一理论的这种倾向(另外一种经典的学科还原)。按照哈金的观点,不存在从理论到观察的因果箭头。与《表征与干预》中“实验有其固有生命”的口号一致,对于他所涉及的问题,哈金反对认为在“自我辩护”中理论具有任何意义上的优先权。例如,在新的稳定科学理论的产生过程中,新的仪器和新的理论具有同样的作用。这样哈金对不可通约性的讨论,对过去30多年中理论自我迷恋的哲学主题,提出了挑战。这是对实践的关注为何能够更新和改变来自于作为知识的科学传统的哲学争论的绝好例证。

大卫·古丁(David Gooding)的《让力量回归实验》(第3章),对哈金所论及的实验科学中文化要素的相互调节过程给出了详细的说明。古丁重构了吉尔柯姆·

^① 我将再次强调实践的时间性在整体上并没有从SSK的经验研究中被删除,如柯林斯对激光器建造的研究就直接谈论到了这一主题,但需要再次强调的是,人们在这种时间性的讨论中所把握的内容只是随后一般讨论中的背景。(Collins 1985,比较其中的第3章与第6章。)

莫柏哥(Giacomo Morpurgo)寻找夸克实验的轨迹,并把分析延伸到过去10年中他对迈克尔·法拉第(Michael Faraday)关于发电机原型发展过程的研究。为了和实践的时间性相对应,在两个例证中古丁都启用了他的图表分析系统,以此强调杜恒式问题的产生,即他所谓的物质实践领域中的“阻抗”,以及活动主体对这种阻抗的适应。在每一个例证中,这些实践过程的结果都是哈金所描述过的文化要素的“相互作用式稳定”(我的用语)。尽管古丁的例证分析旨在强调仪器、事实、现象和理论之外的东西,强调实验者的内在技能是进入相互调节、实现稳定的另一个重要因素。

像哈金一样,古丁也寻求把他对实践的分析扩展到把科学作为知识的哲学传统的分析之中。只是哈金采用了宏观的分析路径论述整个科学的不可通约性,古丁的分析则要显得更“微观”一些。古丁批判了把实验仅仅作为理论检验的传统的哲学思考方式,认为这种思考方式“使经验性过程具有了固有的神秘性……这种神秘性通常被认为只有借助于某种成熟的实在论才能洞察和把握”。这种思考方式中存在的问题在于:它开始于这样一种事实,即有关物质世界的事实与科学理论的解释和概念化相分离。古丁的实践重构先于这种分离的发生和显现,认为:“自然现象受到了人的活动的限制”,在经验性过程中不存在任何的神秘性,换言之,各种事实和概念化(以及其他的各种文化要素)是依照哈金和古丁所论证的路线结合在一起的,不需要任何特定的实在论对它进行解释。这样,对科学实践的考察就瓦解了把科学作为知识的哲学中的确定性立场(这里,实在论与反实在论具有同样的立场)。

在《睡椅、大教堂与实验室》(第4章)中,卡琳·诺尔-塞蒂娜把整个实验室而不是单个的实验作为考察单位来进行人种学分析,由此讨论了明显与哈金和古丁相关的主题。她的结论是:当我们转向实验室研究后,我们会发现存在着一个丰富而颇具魅力的实验室文化,而且,在她的这篇文章中,关注的是实验室文化和日常文化的关系。在传统的哲学图景中,实验室文化依赖于日常文化,但同时具有日常文化所不具有的特定因素,如特定的科学理性或科学方法等。塞蒂娜的结论是,科学文化并不是日常文化的一种继续,实验室文化也不属于日常世界的文化,实验室文化是被人为改变和提升了的文化。她把实验室视为“强化了的自然”和“强化了的力量”的居所。例如,她所研究的分子生物学实验室所处理的物质系列没有自然的对应物。这个观点同哈金所持的观点有着显著的关联,即最有意义的自然现象对研究它们的实验室和处理它们的仪器具有高度的唯一性。论及强化了的力量,塞蒂娜把科学家比作“一种进行研究的方法……一种制造知识的技术装置”。例如,她指出:在分子生物学研究中,需要一些特定的技能和默会知识才能使用“凝胶电泳分离法”技术,这样,一名行动者所必须接受转换和强化才能进入实验室。这一点恰好反映了古丁所讨论过的科学实践中技能稳定性的实现。塞蒂娜沿着这样的思想路线继续考察了自然在形式上的特殊重组与行动者在形式上的特殊重组之间的结合途径,这些力量者存在于不同科学(如经验的社会科学、分子生物学与高能物理学)的具有不同特征的“生

活世界”(我的短语)之中。诺尔-塞蒂娜的文章就这样指出了所有的行动者及其关系的制造、物质世界的事实、现象和仪器在制造过程的相互调节过程。

《建构四元数》出自亚当·斯蒂芬利泽(Adam Stephanides)和我(第5章),沿着哈金和古丁的路线以及我自己早些时候的著述(1989,1990),文章继续对实践进行了分析。同本书的其他作者不同,我们在此关注的不是科学中的实验活动或社会技术活动。我们的兴趣点在于讨论概念实践的本质,一个尚未很好开拓的研究领域(参见 Latour 1987 and Livingston 1986)。在对一个 19 世纪的数学家威廉·哈密尔顿爵士(Sir William Rowan Hamilton)的代数学研究的分析中,我们试图表明,在概念实践中,其实并没有什么特别不同于其他实践的东西。实践包含在异质性文化的联系中形成的思想再次得以显现。我们关注的重点是要理解,存在于这种结合中的“阻抗”如何在许多其他的物质性要素和人的要素并不直接存在的领域里得以产生。在这个问题中,我们把筑模过程分解为我们所描述的自由运动和受迫运动。我们认为这些运动的相互交织赋予筑模过程独有的双重特性,这种双重特性具体体现为主动的选择(自由运动)和对力量的屈服(受迫运动)。这种双重特性意味着,在概念实践中也会发现特定的筑模过程产生的结果,贯穿于这种筑模过程中的各种结合,同样是一个复杂的构成。按照我们的分析,在概念实践中阻抗的出现具有物质实践以及社会技术实践中阻抗出现的相同普遍性。最后我们把分析带回对把科学作为知识的研究。我们认为,对概念实践的分析以非常有意义和非常重要的方式超越了对客观性、相对性、科学和数学知识的历史性的传统讨论。

第一部分最后一篇文章是琼·藤村(Joan Fujimur)的《编织科学:标准化整合、边界对象与“转换”》(第6章)。藤村是我们曾经提及过的特里蒙特(Tremont)研究团体的早期学者之一,在这篇文章中,她具体说明了其科学文化研究的实用主义者和符号交互主义者的研究方向。她的文章继续对异质性以及科学实践和科学文化中形成的各种结合进行分析,但相比较他们较早时期的文章,这篇文章更具有当代性。在她那里,异质性的理论、仪器、技能等,内在地居于专业性的科学文化之中。藤村更加关注异质性的技术和社会方面。她关注广泛的、多样性的“社会领域”,每一个“社会领域”都有自己的问题、方法和仪器手段,多个“社会领域”结合在一起就形成“癌症研究的分子生物学浪潮”。这些社会领域包括医务人员、病人、各个亚学科领域的医学和基础研究人员,以及国家癌症研究所、国会、美国公众等团体和组织。藤村关注的主要不是这些不同的社会世界的实践本身,而是构成分子生物学彩车的所有组分彼此之间结合的形成过程。在这个意义上,她强调了所谓的“边界对象”(Star and Griesemer 1989)和“标准化整合”(Fujimura 1988)的重要性。她认为作为文化要素,二者以这种或那种方式成为在社会领域之间建立各种生产性关系的核心。她的例证包括,在手术室、医学和基础研究者之间循环交换的细胞,在不同实验室(这些实验室构成了专业实践的不同领域)之间流动的重组 DNA 技术,把一个社会

领域的发现传递到下一个社会领域的计算机数据库(虽然以标准化和严格的格式为代价),还有在所有参与进来的社会领域之间担当着组织概念关系、社会关系和物质关系的癌症理论。吸收了拉图尔和卡伦的行动者网络理论的思想,藤村强调,在“相互招募”的过程中这类边界对象是被主动“编织的”,这类边界对象的成功建构反过来又作用于各种社会领域,并把它们彼此连接起来,对所研究的客体,以及围绕这些客体的物质的、概念的和社会的实践进行重构。这样,藤村就在丰富我们对她所关注的新的交叉模式形成过程以及我们对实践的社会异质性循环过程理解的同时,给我们提供一幅多样性文化要素之间相互作用的稳定图景。

SSK 与后 SSK 的争议

本书的第二部分是“争论”,我将依照早些时候针对把作为实践的科学研究和 SSK 研究之间关系的思想线索对这些文章进行介绍。第一部分的文章勾画了关于科学实践和科学文化的丰富而相当一致的见解,可以认为,这些见解标志着在整个科学的社会与文化研究领域对 SSK 研究传统的一个极有意义的背离。它们突出强调了一个新的主题——实践,认为由于实践本身的固有性质,它值得被研究和分析。更进一步,值得注意的是所有的作者都认为把“社会性”理论化为核心的组织和解释概念是不恰当的。第一部分的文章实际上已经完全背离了这样一个思想,即科学中存在一些特殊的社会性构成,这些社会性构成形成了一个优越的中心,一切实践活动都围绕着这个中心展开。出现的科学新图景是,彼此不同的社会的、体制性的、概念的、物质的等科学的文化要素,在相互之间的辩证关系中演化。不同的要素如我所说的那样,在相互作用中实现稳定;又如拉图尔和卡伦所阐述的那样,“相互产生”,在这个过程中没有任何一个要素或要素的集合具有必然的优先地位。第一部分的文章实际上促使我们删除 SSK 中的 K 和第一个 S,因为,新的科学图景中的主题是实践而不是知识,因为在我看来,在理解科学实践和科学文化中无须指定社会性因素具有致因优势或声称利益肯定是明显的。^①

^① 这里的要点并不是否认在“社会”一词的日常意义上,科学的构成性是“社会的”。宁可说,这对社会学中学科还原(如在 SSK 中被典型地还原为“利益”)的思想提出了质疑。这种还原也许偶尔是明确的,具有说服力(见 Shapin 1982 评论的案例研究),但人们应该明白这些只是更为一般现象的偶然的有限案例,科学文化的所有这些不同的维度在科学实践中被一起产生、改变与发展。对这一点更为一般的明确阐述是注意到实践研究容易超越所有传统的学科还原,而不只是社会学的还原。当这类还原依赖于可识别的与持续的变量——像“利益”或“标准”——来解释知识的制造时,这些变量看来在实践中自身进行着冲撞,它们服从于在不能够自身还原为类似学科变量的一种过程中的变化(皮克林即将发表的见解)。这种看法不仅反对把解释集中在单一学科的做法,同样也反对那种用社会学中的“利益”因素的解与哲学上的合理性进行结合的这种学科上的折中主义(虽然自 20 世纪 80 年代中叶以来,大量的科学史、科学哲学与科学社会学学术工作之间的结合研究就是从这种折中主义中发展出来的)。

尽管对于第一部分的文章存在着不同的理解方式。例如我们可以说,尽管在异质性和间断性文化联结的意义上分析文化扩展的终结是非常有意义的,但要注意的这种终结是非确定性的。这样,我们还是必须回到“社会性的”,或许可以把这种终结理解为一种利益的分配,理解为各种终结长期磨合最终达成的彼此的吸纳。这是认为作为实践的科学分析实际上也被包含在作为整体的SSK研究领域之中,而并非是对SSK研究背离的众多看法之一。确实,在第一部分的文章中没有哪一个作者直接触及了这个问题,但是在第二部分的头两篇争论中,这个问题明显受到了关注。这里的问题就是:作为实践的科学是否应该被视作一种对经典的SSK研究的真正意义上的背离?如果回答是,那么这种背离究竟是一种进步还是一种倒退?我认为,对于理清当代科学各种重要立场的内容以及由此引出的作为研究、各种形式的说明以及最广泛的政治等话题,由此产生的各种各样的回答都具有启发作用。

对于第二部分的讨论我不想添加先入之见,我也不想勾画它们观点之间的交叉和冲突。这里,我仅仅是通过提及它们所触及的中心主题来介绍它们。第一个争论在迈克尔·林奇所论述的对实践的常人方法论研究与大卫·布鲁尔所论述的经典的SSK研究之间展开。这个争论围绕着对维特根斯坦后期哲学的不同解读展开,主要针对其在“语言游戏”和“生活形式”的分析中所强调的社会实践中知识的本质性嵌入。这一点被认为是从20世纪70年代以来科学的社会与文化研究发展的关键性研究资源。争论的核心是维特根斯坦对遵从规则(rule following)的分析。维特根斯坦质问:究竟什么叫遵从一个规则?我们如何知道我们正确地遵从了一个规则?他坚持认为:第一,一个规则的口头阐述不能决定这个规则下一次的应用;第二,通过援引更多的规则来决定规则如何在未来新例证中的应用,这种尝试是毫无意义的,因为对遵从规则而言,这样一个策略只能导致规则的无穷回归。围绕这个争论有两个并行的问题,一个涉及遵从规则,另一个涉及我早些时候提及的文化扩展的开放性。实际上可以说,前一个问题不过是后一个问题的一个特例。这就是为什么林奇和布鲁尔的基于常人方法论研究和SSK经典研究的核心争论会围绕遵从规则展开的原因:争论的结论会直接或不太直接地涉及对科学实践的分析。

尽管争论从林奇这里开始,但我们从布鲁尔的回应当开始说明会更容易些。在《左派维特根斯坦与右派维特根斯坦》(第8章)中以及在他对维特根斯坦著作的研究中(Bloor 1983),布鲁尔赞同我们早些时候勾画的维特根斯坦的思想线索。他认为维特根斯坦的分析在对一个规则的明确阐述过程与相伴随的实践之间,开启了一个空间,即一个不能决定另外一个。某个不属于对规则的明确阐述过程本身的东西,必须把二者联系起来,这个东西实现从维特根斯坦哲学到经典社会学的一个飞跃。这个东西对于布鲁尔来说就是某种社会性的东西,被建构为利益或其他

的什么。为了理解规则和实践如何结合在一起,我们就应该考察这种社会性的东西。但是这一点恰恰是林奇所拒绝接受的。在林奇的《扩展维特根斯坦》(第7章)中,他在维特根斯坦的文本中找到了他拒绝的理由。在颇具影响的著述中,维特根斯坦认为,要把握一个规则——就是说知道规则要求做什么——必须同时把握规则所发生作用的实际活动的领域。就像林奇所强调的那样,二者是“内在相关的”。因此,林奇强调不存在规则以及规则所必然涉及的具体实践活动之外的、为什么东西而存在的“特定的空间”。特别是,不存在布鲁尔阐述 SSK 思想时所强调的像利益这样的社会学的,以及致因解释的还原性概念存在的空间。对于林奇来说,这正是赞成反还原论的对科学实践进行分析的常人方法论研究,这种研究继承了维特根斯坦思想的合法性。这样一个研究方向试图探讨和展示科学规则的明确阐述和实践之间的“内在联系”。从这个争论中我们可望得到的最好东西就是一种透视,在林奇对维特根斯坦的解读中,我们则可希望更多。这里,林奇在后期维特根斯坦的旗下,以常人方法论研究把自己和一种激烈的反学科限制的立场联系在一起,宣扬“社会学(经典的)死亡”应该成为一个口号。

在勾画布鲁尔对林奇的回应之前,也许有必要给出我自己对林奇文章内涵的理解。也许我会被误解(没有任何意思有意曲解林奇的文字),但这至少是一个外在于常人方法论和维特根斯坦哲学研究的人,对于他们的思想的一种接近。似乎对我来说,林奇的观点相对属于我在第一部分中勾画出来的对实践分析的思想。如果实践本身就具有在独立的文化要素之间建立结合的内在性,那么就不需要在实践之外寻找能够解释特定的文化扩展终结的因素。实践具有其内在的整体性,一旦我们把握了这个整体性,我们就不再需要任何其他的什么解释因素。现在我们回到布鲁尔对林奇的回答。

在实际效果上,林奇已经表明对作为实践的科学的常人方法论研究标志着一种显而易见的与 SSK 的背离。布鲁尔的回答则认为,林奇的常人方法论研究恰好继续了 SSK 的工作,认为林奇的研究丰富了实践的图景,但丝毫没有对 SSK 的整体框架造成挑战。在总体上布鲁尔承认,在维特根斯坦的著述中的确能够找到对林奇常人方法论研究所持的反理论立场的支持,但他认为这种支持恰恰是这个伟大哲学家的令人遗憾的败笔。尤其是,布鲁尔认为林奇借助于“默认”(silent agreement)这个概念,实际上已经把“社会性”偷偷地带入他对实践的说明。布鲁尔把这个概念理解为针对特定的实践,规则的遵从者之间达成的一种认同,相应的在区分什么是正确地、什么是错误地遵从规则问题上,没有理由不把利益、社会性的致因原则等理论化为一种彼此之间达成的共识。针对这个论题,林奇在《从“理论意志”到实践的拼图》(第9章)中给了最后的答复。认为最具冲击力的是:“社会学的一般概念和方法论策略,已经完全被语言、仪器以及各种技能的异质性和专业力量所压倒,这种状况已经通过数学家、科学家和许许多多其他领域的研究者对自身

活动领域的有力说明而证实。”在此，我把对常人方法论研究和SSK研究之间的这种冲突的评价留给读者，但问题究竟是什么已经非常清楚。布鲁尔和SSK代表着知识问题研究的一个分支，即知识是经典的理论化的社会变量的一个函数；林奇和常人方法论研究则代表着对实践活动的一种细致探讨，旨在通过实践内在的有机性把握实践，并且挑战任何置身于科学实践和知识之上进行理解的学科霸权。

尽管采用了有些不同的形式，第二部分的第二轮争论显现出类似的主题和张力。这是一个复杂的三个方向的争论。其中，哈里·柯林斯和斯蒂文·耶尔莱(Steven Yearley)代表传统的SSK，斯蒂夫·伍尔伽代表科学文化研究中的反身性研究，迈克尔·卡伦和布鲁诺·拉图尔则代表他们自己的行动者网络理论研究。^①一般认为反身性研究和行动者网络理论研究理所当然地属于SSK研究的继续，但这里的问题是，这种继续是否会向着一种有意义的方向发展。柯林斯和耶尔莱认为，反身性研究和行动者网络研究是以不同方式所进行的SSK研究的倒退，伍尔伽、卡伦和拉图尔则对此坚决反对。

采用维特根斯坦著述中的某种思想，柯林斯和耶尔莱的《认识论的鸡》(第10章)的策略指出：各种各样的“不是因为意义，而是因为使用”的观点是问题所在。为此他们捍卫SSK的“社会实在论”，即在对社会领域的社会学说明的基础上重构自然科学家对自然世界的说明，认为社会实在论不是一种具有特权的认识论立场，而是一种有效的社会活动的观点。柯林斯和耶尔莱认为他们试图挑战的是当代社会中被视为理所当然的自然科学霸权。柯林斯和耶尔莱认为，SSK的“社会实在论”揭露了一种视自然科学具有通向其自身核心特殊的通道的认识论自负，并由此解除我们在科学评价中所具有的神秘性。他们说，“制造科学”(making science)作为“我们文化的一部分应该使我们减少对科学的畏惧，从而使我们更从容地欣赏科学的成就和美丽。它应该使我们在其真正的意义上使用它，应该使我们在政治的和文化的过程之中评价它的见解和智慧”。随后他们特别提及在公众对科学和技术的理解领域、在科学教育的领域，对于各种社会争论，SSK会作出非常重要的贡献。这里，一些新异的东西浮上表面，对于SSK和其年轻后代之间的争论，现在又加上了一个广义的政治性的维度。对于科学作为知识还是作为实践，政治性的效力成为一个新的评判。柯林斯和耶尔莱让我们相信他们对这种假定效力的毫无疑问的认可。他们认为无论是反身性研究还是行动者网络理论研究，都是对SSK

^① 我怀疑反身性是否可以纳入像在第一部分例证中所显示出来的作为实践的科学研究。如，人们可以把它描述为是对表征实践的研究，但其特征是它自觉意识到了它自身的表征是如何被建构的。然而，在当前的语境中，有趣的是直接关注科学(与技术)实践的反身性与行动者理论之间的密切关系——这种关系明显表现在柯林斯与耶尔莱论文及其对反身性与行动者网络理论做出的坚决的批评的回应之中。我怀疑这种密切关系未来是否会被有利地探究，虽然就我所知，目前为止还没有人这样过。

的一种倒退。

柯林斯和耶尔莱首先针对反身性。他们承认反身性研究可以被视为强化 SSK 的相对主义者锋芒的一种方法。按照 SSK 的观点,科学知识不应被视作对科学对象的透明表征,相反,作为柯林斯观点的一种看法,它应该被视作人类行动者之间特定谈判过程的结果。显然,从 SSK 自身的扩展中无法找到遏制这类相对主义的方法,在 SSK 中知识无疑被视为同一类型谈判的结果。但是在 SSK 内部对这个观点的传统反应首先就是承认这个观点是真实的——它是布鲁尔强纲领的第四个信条(Bloor 1976, 4);其次是认为它没有什么意义。然而,反身性在伍尔伽那里得到了极为认真的对待,他试图借此来揭露表征的一般特性,包括 SSK 内部表征的特性,并最终揭露和展示行动者的表征性实践,甚至包括他们自己理论中的类似问题。这样一个思想链条经由话语分析到达反身性和“新文学形式”,实验式的写作风格,意在把表征策略推至表面,如允许不和谐声音进入文本。这里是一个思想策略,即认为维持表征权威的一个策略就是仅仅保留一个作者的声音而清除掉其他所有的声音。一旦这个唯一的声​​音开始衰弱,表征的人为建构的特性就暴露无遗。柯林斯和耶尔莱说,万事大吉,尽管这种写作方式非常聪明,读起来愉悦,写起来开心,甚至还有认识论上的激进,但事实上却使自己退化为政治上的无效。严格意义上反身性就这样没有任何保护而跌入解构的倒退,而不再有任何实证主义和建构主义的东西可以言说。传统 SSK 的研究中至少还有与科学、技术以及社会相关的一种激进的政治性信息,而反身性除其自身之外不再拥有任何东西。它的路标没有方向,我们无法追随其后。

柯林斯和耶尔莱随后把他们批判的目光投向卡伦和拉图尔。他们也倾向于承认,行动者网络理论关于“强制性通道”(obligatory points of passage)^①的讨论,关于“永恒变动”的形成等,给我们提供了关于科学实践的一些内容,但是,他们对卡伦和拉图尔的“扩展了的对称性”表示担忧。因为,行动者网络理论试图借助于在行动者、人类与非人类之间建立和摧毁联盟的隐喻来把握科学实践的本质,同时又试图避免把不同的特性归入两个范畴。这样,人类和非人类行动者实际上就被视为彼此同等的类别。柯林斯和耶尔莱在这里就准备承认这个扩展了的对称性可以视作 SSK 研究的一个继续。它进一步说明了已经在强纲领中大放异彩的、对“真的”和“假的”信念的对称性分析。这里他们很想承认:在这个意义上,行动者网络理论完全具有可以和强纲领相同的认识论的激进特征。但是这一次他们认为,与 SSK 的相应讨论比较,用这种扩展了的对称性说明科学则显得有些“乏味”。因为

^① 这一短语来自拉图尔的著作《法国的巴斯德杀菌法》。拉图尔认为巴斯德为了控制各式各样的利益群体,把他的实验室制造成一个强制性通道,也就是说,各式各样的利益群体要想获得认可,首先必须要通过巴斯德实验室的强制认可。——译者注

通过把科学知识表征为纯粹的社会性相互作用的结果、表征为真实的人类力量之间相互作用的结果,SSK 的研究保持着它的政治效力。这样的立场与认为科学知识在整体意义上来自于世界本身,并且独立于作为自然界喉舌的科学家的观点,形成截然鲜明的对比。按照柯林斯和耶尔莱的看法,行动者网络理论就这样把我们从 SSK 的立场拉回属于传统科学史、科学哲学和科学社会学对科学的乏味说明。因此,在行动者网络理论中,SSK 的批判性的、去神秘化的锋芒丢失了,这也是我们为什么不能跟随巴黎学派的路标指向的原因。

伍尔伽、卡伦和拉图尔沿着相同的线索,却以不同的方法回应了柯林斯和耶尔莱的责难,声称在 SSK 那里看到的视之为理所当然的概念上的二分状态,事实上捍卫了柯林斯和耶尔莱所坚决反对的自然科学的绝对霸权。在《对宗派活动的评论:答复柯林斯与耶尔莱》(第 11 章)中,伍尔伽把他对反身性的研究同对主体/客体在本质上二分状态的一种挑战联系起来,同与此相关的“表征的意识形态”联系起来。伍尔伽认为,通过质疑科学家如何制造了对自然的表征,SSK 的确推进了对表征问题的研究,但同样是由于对科学家如何制造了对自然表征的问题上,SSK 自己提供一种相当传统的表征,这实际上又倒退了一步。SSK 的社会实在论“假定和肯定了科学的习惯用语”,而不是对这种习惯用语本身进行探讨。自我意识的反身性研究则尝试凸显和使表征语言问题化,这一点,至少对伍尔伽来说,就是为什么说反身性研究是超越 SSK 的重要的和必要的下一步。

在《不要借巴斯之水泼掉婴儿:答复柯林斯与耶尔莱》(第 12 章)中,卡伦和拉图尔采用了同样的策略。他们所攻击的二分状态是康德式的自然与社会之间的“巨大鸿沟”。他们断言科学与社会的传统思想把自然置于一端、社会为另一端的谱系之中。尤其是,科学家们和他们在历史学、哲学和社会学领域的代言人把他们关于科学的观点置于谱系中“自然”的一端——科学知识来自于自然的指令,与此同时,SSK 的激进运动则把其自身置于另外一个极端——科学知识由社会来指令。^①卡伦和拉图尔扩展对称性,承认非人类行动者领域的力量在柯林斯和耶尔莱那里必然表现为一种倒退,这种倒退就是偏离社会这一端而走向自然那一端。然而,卡伦和拉图尔继续认为,柯林斯和耶尔莱没有认识到的恰恰是,行动者网络理论根本就是否认自然/社会二分谱系的存在。特别是像 SSK 一样,它拒绝任何形式上的二分状态,这种二分状态代表着决定性的两极。基于他们自己的思想,也是第一部分文章所赞同的思想,卡伦和拉图尔认为,在科学和技术的实践中,自然和社会是密不可分地交织在一起的。实践就是科学和社会的居所,二者之间的空间在持续地建构、解体 and 再建构。我们非常自信地赋予自然和社会的各种特性,恰恰就是实践过程的结果,而不能视为对实践过程的解释。因此,柯林斯和耶尔莱的社会

^① 当然,人们采用过所有这些混合的观点,见注解[7]。

实在论就是要借巴斯之水把婴儿泼掉,由于过于匆忙想达到一种解释性的最后裁决,这一制造自然与社会伟大界限的迷人探索,显然是站不住脚的。当然,为了凸显社会性作为解释原则,柯林斯和耶尔莱准许在自然和社会之间预设一个鸿沟从而使自然科学家的权威也拥有寄居之地。

在《驶进太空》(第13章)中,柯林斯和耶尔莱回应了柯林斯和耶尔莱,这次是我让读者进一步思考这个争论。^①对这个争论我只说一点。在一定意义上,伍尔伽、卡伦和拉图尔对柯林斯和耶尔莱要求的应答仅仅是为了它的使用,而不是意义。他们的应答把我们对自然科学的霸权认识带到了超过SSK的深度和广度。但是这里我们必须格外小心。对我来说似乎是,柯林斯和耶尔莱的社会实在论在具有政治激进性的同时保留着已知的熟悉领地。为此对客体与主体、社会与自然二元论的忧虑现在显得更为深刻。现代思想的基石就是这种二分状态,这也正是何以认为科学的文化研究汇聚了所有种类的后现代主义的原因。如果我们追随伍尔伽或卡伦和拉图尔中任何一个,就会使我们已知和熟悉的领地销声匿迹,但我们能否就此驶入一个未知的、可以被视为旧世界扩展的领地,却存在着疑问。想象一种在主体与客体、自然与社会的区分不再被视为理所当然的世界(Haraway 1985)里,政治会是什么样子,这并非是一件容易的事情。正如伍尔伽所说:“沿着这条途径走下去,天知道会发生什么?”尽管他让这句话从卡伦和拉图尔的口中说出,但我猜测,当以赞同的而不是反对的语调说出这句话时,这也是伍尔伽自己以及卡伦和拉图尔想要说的话。

第二部分的最后一个争论是来自史蒂夫·富勒(Steve Fuller)和莎伦·特拉维克(Sharon Traweek)的并置文章。尽管富勒和特拉维克彼此并没有直接接触,我还是把他们放在一起。因为他们一般在意义上批判了科学的社会与文化研究,并且蕴涵了相反阵营的所有观点。富勒认为科学的社会与文化研究不具有充分的科学性,特拉维克则试图说明整个这一领域都残存着科学主义的遗风。富勒渗透着传统哲学愿望的“社会认识论”纲领试图告诉我们要做些什么。但由于他反对传统哲学中的合理性和方法论规范标准的优先性,在某种程度上他又是对传统哲学的背离,认为科学家持有的标准必须是实在论的,来自于实际实践研究之中。但是,遗憾的是,现有的把科学作为实践的研究对达到这个目的来说是毫无用处的,因为它信奉的是一种现象学的“行动者观点”。规范性要求永恒性,在《社会认识论和科学的社会与文化研究议程》(第14章)中,富勒强调有限程度的超然可以通过对科

^① 在这一文集的准备过程之中,柯林斯与耶尔莱坚持他们答复伍尔伽、卡伦与拉图尔的回应的正当权利就是要求在这一文集中收入《认识论的鸡》(第10章)一文。在这一事件中,他们放弃了他们要求在本文集中收集他们回应伍尔伽批评的权利,不过,向柯林斯教授寄去足够的复印费、邮资与包装费用(大约是5美元),你可以获得一份以“新文学形式”风格表述的这种回应的答复。

学实践进行更科学的研究达到,如科学推理的心理学研究、交流模式对科学性生产影响的研究等。按照这一思路,他的社会认识论尝试发展一种适用特定科学实践的规范性标准。富勒试图像弗雷德里克·泰勒(Frederick Taylor)考察挖煤那样来考察行动中的科学,并通过这种考察建立他所认为的作为实践的科学和科技政策之间的直接联系。他期待一种考察科学的真正科学,这个科学应该成为一种对科学家进行科学管理的有效工具。

特拉维克则尽其所能从与富勒相反的方向讨论问题。像伍尔伽一样,她尝试一种另外的写作方式来超越视之为理所当然的概念化过程和二分状态。她的讨论从其自己的学科——人类学开始,这个学科已经在相当长的时间内开始了对表征的意识形态特征的质问。她的《边界交叉》(第15章)以科学文化研究的“新文学形式”不曾采用的方式挑战了传统的表征。尽管她以独有的方式说话,但作为本书的一位作者,她还是把其文章的框架纳入我们的主题,绕过任何视为理所当然的主体与客体的二分状态。她反对惯常的叙事格式,偏爱一种围绕在她对日本和美国的高能物理的人种学研究环境中的“叙事反讽”的方式。

莎伦·特拉维克指出,对于我们如何写和写什么之间的关系,我们需要更多的自我意识,本书收集到的文章,包括现在我写的这篇文章,大概都属于她要远离的叙事方式。对于她的文章我不想像其他文章一样给出进一步的说明。我要说的是,《边界交叉》让我以表面上不同于惯常的思考方式来思考科学实践与科学文化,思考权力、边缘和性别,思考科学中和科学的文化研究中的叙述,思考人种学和莎伦·特拉维克。

参考书目

- Ashmore, M. 1989. *The Reflexive Thesis: Wrioting Sociology of Knowledge*. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Barnes, B. 1974. *Scientific Knowledge and Sociological Theory*. London and Boston: Routledge and Kegan Paul.
- _____. 1977. *Interests and the Growth of Knowledge*. London and Boston: Routledge and Regan Paul.
- _____. 1982. *T. S. Kuhn and Social Science*. London: Macmillan.
- Barnes, B., and S. Shapin, eds. 1979. *Natural Order: Historical Studies of Scientific Culture*. Beverly Hills: Sage.
- Bijker, W. E., T. P. Hughes, and T. J. Pinch, eds. 1987. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT Press.
- Bloor, D. 1976. *Knowledge and Social Imagery*. London and Boston: Routledge and Kegan Paul.
- _____. 1983. *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge*. London: Macmillan.

- Callon, M. 1980. The State and Technological Innovation: A Case Study of the Electrical Vehicle in France. *Research Policy* 9:358 - 376.
- Cartwright, N. 1983. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Oxford University Press.
- Collins, H. M. 1985. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. Beverly Hills: Sage.
- Feyerabend, P.K. 1975. *Against Method*. London: New Left Books.
- _____. 1978. *Science in a Free Society*. London: New Left Books.
- Fine, A. 1986. *The Shaky Game: Einstein, Realism, and the Quantum Theory*. Chicago: University of Chicago Press.
- Fleck, L. 1935. *Entstehung und Entwicklung enter Wissenschaftlichen Tatsache; Einführung in die Lehre vom Denkstil and Denkkollektiv*. Basel: Benno Schwabe. Reprinted in English translation with a foreword by T. S. Kuhn and a preface by T. J. Trent as *Genesis and Development of a Scientific Fact*. Chicago: University of Chicago Press, 1979.
- Fujimura, J. H. 1988. The Molecular Biological Bandwagon in Cancer Research: Where Social Worlds Meet. *Social Problems* 35:261 - 283.
- Fujimura, J. H. , S. L. Star, and E. Gerson. 1987. Methodes de Recherche en Sociologie des Sciences: Travail, Pragmatisme et Interactionnisme Symbolique. *Cahiers de Recherche Sociologique* 5:65 - 85.
- Fuller, S. 1988. *Social Epistemology*. Bloomington: Indiana University Press.
- _____. 1989. *Philosophy of Science and Its Discontents*. Boulder, Colo. : Westview. Press.
- Galison, P. 1990. Aufbau/Bauhaus; Logical Positivism and Architectural Modernism. *Critical Enquiry* 16:709 - 752.
- Gilbert, G. N. , and M. Mulkay. 1984. *Opening Pandora's Box: A Sociological Analysis of Scientists' Discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gooding, D. 1990. *Experiment and the Making of Meaning*. Dordrecht, Boston, and London: Kluwer Academic.
- Gooding, D. , T.J. Pinch, and S. Schaffer, eds. 1989. *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goodman, N. 1978. *Ways of Worldmaking*. Indianapolis: Hackett.
- Hacking. I. 1983. *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hanson, N.R. 1958. *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Haraway, D. 1985. A Manifesto far Cyborgs: Science, Technology, and Socialist Feminism in the 1980s. *Socialist Review* 80:65 - 107.
- Hesse, M.B. 1980. *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*. Brighton: Harvester Press.
- Knorr Cetina, K. 1981. *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford and New York: Pergamon.
- Knorr Cetina, K. , and M. Mulkay, eds. 1983. *Science Observed: Perspectives on the Social*

- Study of Science*. Beverly Hills: Sage.
- Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. 2d ed. 1970, with a new postscript.
- Latour, B. 1987. *Science in Action*. Cambridge: Harvard University Press.
- _____. 1988. *The Pasteurization of France*. Cambridge: Harvard University press.
- _____. 1990. Postmodern? No Simply Amodern. *Steps Towards an Anthropology of Science: An Essay Review*. *Studies in History and Philosophy of Science* 21:145 - 171.
- Latour, B. and S. Woolgar. 1979. *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Beverly Hills: Sage. 2d ed. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- Law, J. 1987. Technology and Heterogeneous Engineering; The Case of Portuguese Expansion. In Bijker, Hughes, and Pinch 1987, 111 - 134.
- Law, J. ed. 1986. *Power, Action, and Belief: A New Sociology of Knowledge?* Sociological Review Monograph 32. London: Routledge and Kegan Paul.
- Livingston, E. 1986. *The Ethnomethodological Foundations of Mathematics*. Boston: Routledge and Kegan Paul.
- Lynch, M. 1985. *Art and Artifact in Laboratory Science: A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Lynch, M., E. Livingston, and H. Garfinkel. 1983. Temporal Order in Laboratory Work. In Knots Cetina and Mulkey 1983, 205 - 238.
- MacKenzie, D. A. 1981. *Statistics in Britain, 1865 - 1930: The Social Construction of Scientific Knowledge*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Mulkey, M. 1985. *The Word and the World: Explorations in the Form of Sociological Analysis*. London: George Allen and Unwin.
- Pickering A. 1989. Living in the Material World; On Realism and Experimental Practice. In Gooding Pinch, and Schaffer 1989, 275 - 297.
- _____. 1990. Knowledge, Practice, and Mere Construction. *Social Studies of Science* 20: 682 - 729.
- Pickering, A. Forthcoming. Objectivity and the Mangle of Practice. A. Megill, ed., *Deconstructing and Reconstructing Objectivity*. Special Issue of *Annals of Scholarship*.
- Polanyi, M. 1958. *Personal knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Quine, W. V. O. 1980. *From a Logical Point of View: Nine Logico-Philosophical Essays*. 2d ed. revised. Cambridge: Harvard University Press.
- Rorty, R. 1979 *Philosophy and the Mirror of Nature*. Princeton: Princeton University Press.
- _____. 1982. *Consequences of Pragmatism (Essays: 1972 - 1980)*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Rouse, J. 1991. The Politics of Post-Modern Philosophy of Science. *Philosophy of Science* 58.
- Shapin, S. 1979. The Politics of Observation: Cerebral Anatomy and Social Interests in the Edinburgh Phrenology Disputes. In Wallis 1979, 139 - 178.

- _____. 1982. History of Science and Its Sociological Reconstructions. *History of Science* 20: 157 - 211.
- Smith, B. H. 1988: *Contingencies of Value*. Cambridge: Harvard University Press.
- Star, S. L., and J. R. Griesemer, 1989. Institutional Ecology, "Translations," and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology. *Social Studies of Science* 19:387 - 420.
- Suppe, F., ed. 1977. *The Structure of Scientific Theories*. 2d ed. Urbana: University of Illinois Press.
- Traweek, S. 1988. *Beamtimes and Lifetimes: The World of High Energy Physicists*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wallis, R., ed. 1979. *On the Margins of Science: The Social Construction of Rejected Knowledge*. Sociological Review Monograph 27 (University of Keele).
- Wittgenstein, L. 1953. *Philosophical Investigations*. New York: Macmillan.
- Woolgar, S., ed. 1988. *Knowledge and Reflexivity: New Frontiers in the sociology of Knowledge*. Beverly Hills: Sage.

(本文选自安德鲁·皮克林著《作为实践和文化的科学》，柯文、伊梅译，中国人民大学出版社，2006年，1~27页。)

5.5 科学是一种社会建构？

罗杰·牛顿

既然科学方法的采用和对其结果的表述在一定的范围内是随意的，既然两者有时对形成社会的世界观起着巨大的作用，在政治条件下它们受到批评和抨击就不足为怪了。那些抱定与科学步骤或它的结论存在矛盾的世界观(Weltanschauung)的社会群体和势力，将力图在理性上不信任科学家并使他们都哑口无言。当然，那在历史进程的早先曾经发生过：17世纪，伽利略(Galileo Galilei)被传讯并且被判有罪，是因为他的科学观点对教会已确立的信仰来说被认为是危险的。^①如同夏平和谢弗所指出的，霍布斯与玻意耳之间的冲突不仅可归结于知识水平上，也包含有为英国君主复辟斗争所决定的强烈的政治因素。

玻意耳与霍布斯之间的争论，变成一定社会范围的安全性和他们所代表的利益的分歧。对于玻意耳，它不可避免地牵涉到实验哲学家与作为教会辩护士的牧

^① 感谢 Richard S. Westfall 向我指出往往在这一联系下被援引的 Giordano Bruno 的案例，属于一个不同范畴。

师这两种工作的联合。它们的功能相互加强,而霍布斯是它们共同的敌人。但是对于霍布斯,任何要求这种能力分开的职业,不管是牧师的、法律的或者自然哲学的,都在败坏完整的国家的权威。复辟事件使那种权威必然地同哲学相联系。^①但是不应当作出结论说,这类冲突与态度是过去的事情,现代不会发生。我们不难找到更新近的例子,对达尔文(Darwin)进化论的政治与宗教抨击,时至今日还在继续。

更特别有关的是20世纪20年代在德国针对爱因斯坦及其相对论的恶毒攻击,在希特勒(Hitler)政府之下成为国策。这种理论(其名称被许多人误解为隐含道德相对主义)被当作“犹太意识”的滥觞,一种指责甚至来自某些著名的德国物理学家,其中之一是诺贝尔奖获得者勒纳(Phillip Lenard),他出版了一本书《德国物理学》。纳粹在任何情况下都不信任科学,把科学家的民族和种族看作他们建立理论的决定因素^②,将保持“雅利安的”科学作为具有政治上的重要性。

苏联所取的观点,提供了另一个政治玷污的例子,那里的情况与纳粹德国的情况截然不同。在那里,由于马克思主义毕竟被看作“科学的”世界观,科学是当然优先的。不过,因为马克思主义的哲学基础是“唯物论”,任何对唯物论的偏离或者是打算偏离,都受到遏制。当量子力学的诠释变成一个争论课题时,玻尔的“哥本哈根诠释”被许多人当作有“唯心论”哲学色彩,受到唯物论者的谴责,就不允许在苏联发表和讲授。有些早期的物理学教科书违背了这种禁忌,在后来的版本中被改变了。苏联化学家还站在意识形态的立场上拒斥鲍林(Linus Pauling)的观点,但是,由于马克思主义者对拉马克进化论的偏爱[被李森科(Lysenko)的个人权力所强化了],生物科学,特别是遗传学,受到极为严重的政治压力。

当然,在美国和别的西方民主国家,我们虽然没有政府支持的对科学或科学家的抨击,但是政治上激发的抨击曾由具有不同思想意识的群体所发动。例如,极端的女性主义者宣称,大多数科学家的看法都是由男人统治科学这一事实所决定的。这一点,有时可以归结为“透视主义者(perspectivist)”,他们的解释为:“女人(或者女性主义者,无论是男人还是女人)作为一个群体比起男人(或非女性主义者)更易于产生无偏见的、客观的结果,”^③“科学是另一种意义上的政治”这一格言的作者哈丁如是说。抨击还来自那些讨厌“科学自由主义”的人。记者阿普尔亚德(Bryan Appleyard),自称是一种“为制止科学残酷悲观主义而斗争”的一部分,是一种“衰

① Shapin and Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump*, pp. 283, 284.

② “科学同其他任何人类产物一样,是种族的和以血统为条件的。”Lenard语,转引自Clark, *Einstein*, pp. 525-526.

③ Harding, *The Science Question in Feminism*, p. 25;斜体字为原有的。(英文原文为斜体,中译本作楷体,以示强调。编者注)

落和战胜的长故事”^①的斗争。对他来说,科学家是“那样一些人,他们坚信,他们正在告诉我们世界确切无疑地是什么,并要我们相信他们自己主观确定的客观性”。^②

社会学透视

我在上一章提到过,近代科学的出现不是必然的发展,并且不是在任何地方都能发生的。因而解释它在我们文化中的出现就变成了一个主要由默顿(Robert Merton)研究过的有趣的社会学问题。不过,这对许多当代社会科学家来说,不是一个有兴趣的课题,他们宁愿把注意力集中在科学的内容上。长期以来,历史学家和社会学家对社会的、个人的及其他的外部条件在科学观念发展中的作用进行写作和推测。例如达尔文进化论,已知曾经在一定程度上受政治经济学家马尔萨斯(Thomas Robert Malthus)的思想的影响。^③ 科学家们并不生长于斯金纳箱(Skinner boxes),他们的观念也不是在与世隔绝的条件下产生的。此外,社会环境和文化条件确实影响到他们提问的类型,他们对问题的相对重要性的判断,以及他们提出一种理论或一种解释时要应用的隐喻。^④

蒸汽机的发明和它在欧洲和美国的应用结果——产业革命——促成了热力学这门学科的形成和开始沿用的语言,有谁能否认这一点呢?热力学的术语充满了类似“热库”、“卡诺机”、“永动机”等词汇。在19世纪初,有两位对这种新生的热的科学作出贡献的人,一位是法国工程师卡诺(Sadi Carnot),他并不打算应用热的效果去产生工业动力,而仅仅为了了解它;另一位是德国物理学家克劳修斯(Rudolf Clausius),他们都涉及到蒸汽机。许多用于热力学的隐喻都指工业装备、发动机、机械及其运作效率,这就是布里奇曼(Percy Bridgman)认为这些定律比其他物理定律“闻到了更多的人类本源”^⑤的理由之一。

但是,科学中隐喻的影响已经被过分夸大了。哈丁摘录培根(Francis Bacon)的话,指控早期的科学狂热者具有强奸犯和虐待狂的形象:“就像在猎取大自然时她迷了路一样,为了拥有她并且跟着她,你愿意领着或驱赶着她随后又来到同一地方时,你将这样去做。……当真理的审理是全部的主题时,没有一个男人不应当肆无忌惮地进入并且穿过那些洞穴。”^⑥于是,她认为:

① Appleyard, *Understanding the Present*, p. 76.

② 同上, p. 54。

③ 对这一联系的相关讨论,见 Gordon, “Darwin and political economy”。

④ 对隐喻和社会冲突对地质学中一场著名争论的影响的分析,见 Rudwick, *The Great Devonian Controversy*。

⑤ Bridgman, *The Nature of Thermodynamics*, p. 3.

⑥ Harding, *The Science Question in Feminism*, p. 237.

假如我们相信机械论隐喻是新科学所提供解释的基本成分，为什么我们不应相信性别隐喻呢？一种一致的分析将得出这样的结论，把大自然设想为一个对强奸无动于衷甚至表示欢迎的女人，这对于解释大自然和探求的新概念是同样基本的。也可以设想，这些隐喻对于科学会有丰富的实用主义的、方法论的和形而上学的结果。在这一情形下，为什么把牛顿定律看作“牛顿强奸手册”就没有把它看作“牛顿力学”具有启发性和可信赖的呢？^①

不用说，她对牛顿力学这一恶毒比喻对女人来说是带侮辱性的：

大自然和探求两者都呈现为以强奸和虐待的方法形成的概念，基于男人对女人最暴虐和厌弃女人的关系，而且这一模型作为一种评价科学的理由是先进的……由于自然似乎更像一架机器，机器不就更像自然么？由于自然似乎更像一个女人，她比起一个养育了的母亲更适宜去强奸和虐待，强奸和虐待不是更像男人对女人的自然关系么？^②

在了解物理学的人中，有谁能够从这些不愉快的幻想中识别出科学来呢？

另一类外部对科学的影响的重要性，虽然它们有时是真实的，也被过分夸大了。这里是凯勒(Evelyn Fox Keller)综述的物理学家们的工作：“在他们相互的、与广大公众的、与自身传统的、与一种谨慎地从死寂世界选出的切片之外，他们成功地制造出消解大自然的抵抗以满足我们需要的工具。”^③似乎大自然在他们的结果中只起一种次要作用。

一个更为极端的例子是福曼(Paul Forman)，他1971年的文章^④是常被引用来说明量子力学的发展的，由于量子力学放松了因果性的经典应用，被第一次世界大战之后德国的反确定论、反合理政治氛围所具体化，这部分地受到了斯宾格勒(Oswald Spengler)的非常流行的书《西方的没落》的影响。作者仔细考查了著名的德国物理学家和数学家们公开的意见。趁节日的机会在做公开讲演，是当时德国大学重要人物的惯常做法。他提出，不仅是“一种非因果关系的量子力学……对德国物理学家特别欢迎，由于它提供了改善公众形象的不可抗拒的机会”^⑤，并且：

公众价值的突然变化使他们失去了在第一次世界大战之前和期间所享受的荣誉和声望，德国物理学家们被迫改变他们的意识形态甚至他们的科学，以便去恢复他们讨人喜欢的公众形象。特别是，许多人坚信，他们必须使自己摆脱因果性的负担。^⑥

① Hardig, *The Science Question in Feminism*, p. 113.

② 同上, p. 116.

③ Keller, *Secrets of Life, Secrets of Death*, p. 91.

④ Forman, "Weimar culture, causality, and quantum theory".

⑤ 同上, p. 108.

⑥ 同上, p. 109; 斜体字为引者所加。

福曼断言：“看来很难否认科学意识形态的变化和本文所揭示的预期的科学教条的变化，确实是对魏玛知识环境的适应。”^①福伊尔(Lewis Feuer)则以类似的语调声称，“没有1919年的慕尼黑，”即导致巴伐利亚苏维埃共和国和后来的反恐怖的极端不成功的革命，“海森伯可能不会考虑不确定性原理。”^②理由十分特别，“在物理学中免除因果性的进程是，一方面在1918年以后进行得十分突然，另一方面，……在得到基本上非因果关系的量子力学‘证实’以前，在德国物理学界也有非常坚实的进展。”^③

物理学家们的声明如同是对一种知识环境的纯粹的改写，无需内在的科学证实，阅读这些声明的问题由下述事实来显示：虽然直至1925年，海森伯和薛定谔(Schrödinger)还没有引进量子力学，至少从1913年玻尔引进他的原子模型起，非因果性幽灵已经在物理学中游荡了很长的时间。对电子从激发轨道到低级轨道时的原子光发射，他的理论没有因果关系的解释。对卢瑟福(Ernest Rutherford)早在1900年就描述过其自发性质的放射性，也是如此。爱因斯坦在1916和1917年发表的三篇论文中，在量子理论中引进了概率概念，将卢瑟福关于放射衰变的早期定律与光子自发辐射相联系起来，将原因归于纯粹的机遇。这些情形下缺少确定性定律，已经使物理学界热闹起来，根本无需政治的或社会的原因向物理学引进非因果性观念。在20年代初，著名的德国物理学家们的讲话似是而非地说明了，他们试图将物理中这些消息的公众表达适应流行的社会和政治风潮——他们力争在政治上正确。少数科学家反对这种诱惑，其中最出名的是爱因斯坦，他首先给物理学带来了偶然性概念，尽管使得他极其不舒适，他们在政治上是勇敢的，而且果然，在科学上处于时代之后。

海森伯本人正是反对福曼和福伊尔的见证人。在1919年，17岁时，他作为慕尼黑一名志愿的准军事单位服役人员，参战，处于一片混乱之中，反对革命，但是在偶然的空闲时间读柏拉图。后来他写道：“我一直奇怪，为什么像柏拉图这样的大哲学家具有能认识自然现象中秩序的思想，而我们自己却不能。”战败就“意味着所有旧的结构都必须被抛弃么？在旧的基础上建立一种新的更牢固的秩序不是更好么？”^④柏拉图秩序井然的宇宙和他自己对混乱环境的突然反应，对海森伯影响终生。这使他成为拥戴非决定论的真正量子力学的奠基者，据称处于当时政治上的非理性主义和混乱的摇摆中。认为社会动机在物理学发展中起决定性的作用，这种观点根本经不起推敲。或许可以更似是而非地认为，他们国家的条件使德国物理学家更易于接受新的非因果关系理论，而在大约10年前他们会遇到很强的阻

① Forman, "Weimar culture, causality, and quantum theory", p. 115; 斜体字为原有的。

② Feuer, *Einstein and the Generations of Science*, p. 170.

③ Forman, "Weimar culture, causality, and quantum theory," p. 110; 斜体字为原有的。

④ Heisenberg, *Physics and Beyond*, p. 9.

力。或许在哲学上他们比法国物理学家们更倾向于这样做,后者是在一种更理性的传统下成长的,并且,事实上,在接受新物理学上更为犹豫。无论如何,如果奥地利人薛定谔和德国人海森伯没有思考量子力学的话,很可能是狄拉克(Paul Dirac),一位英国人,将很快做到这一点。^①

相对主义社会建构论

假如说社会学家主张的,施加于科学家思想的外部影响具有某些有限的有效性,对近来这种论点的推广就是全然不同的变种。近20年在科学社会学中看到了“强纲领(strong program)”的升起。这里,约定不仅在于社会条件或政治条件使科学家引出他们的观念,引出他们问的特定的问题,或者他们使用的隐喻,还在于有关实验结果和理论的所有的科学报告,都完全是由科学家自己所确定的约定:它们全都是社会建构。用夏平的话说:“是我们自己而不是实在对我们之所知负责。知识,就像国家一样,是人类活动的产物。”^②而且在一定的意义上,因为我们在很大程度上都是社会的产物,所以不论在广义下即在社会的影响下,还是在狭义下即在科学界的影响下,“科学理论、科学方法和可接受的结果,都是社会约定。”^③

有些批评者说科学是一种“叙述”,不比其他的叙述,不管是占星术还是民间传说,有更强的认知能力。用实验来回答大自然的问题,本质上并不比求教于羊的内脏来得高明。我要附带说明的是,并非所有“相对主义社会建构论者”,至少直接地在他们的声称中,走得这样远。进而,其中某些人愤怒地反对自己被称为是反科学的(anti-scientific)。但是,社会建构论者的著述充满了“科学技术研究”的论题,而且由于他们发源于大学,他们潜在的破坏作用可能比起像阿普尔亚德这类记者要大得多。他们是虚假的,但由于其中有一个小的真理内核,即社会条件和心理状态无疑会对科学家的动机和思考过程有某些影响,所以都更为危险,从而对不明究里的人显得似是而非。这些观点不仅没有价值,而且由于它们受到怂恿和宽容,会阻止大学中聪明的年轻学生被科学所吸引。由于各种各样的原因,我们的社会因这类学生不足而受害,所以回答和批评这些论据是很重要的。连一位最著名的社会建构论者柯林斯(Harry Collins)都承认:“在科学事业里失去信心是一种我们经不起的灾难。尽管有难免的失误,科学仍然是我们所能有的产生关于自然界知识的最好的机构。”^④那么,稍微仔细地考查一下这些作者的著作是一个好的想法,就由柯林斯本人开始。

在首先研究了围绕由韦伯(Joseph Weber)进行的疑问重重的引力波检测的争

① 对于反对 Forman 文章的论点,亦见 Hendry, “Weimar culture and quantum causality”。

② Shapin, *A Social History of Truth*, p. 344.

③ Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, p. 37.

④ Collins, *Changing Order*, p. 165.

论的历史,又研究了心灵学(parapsychology)的科学状况后,柯林斯作结论说,对“一个火星,心灵学的世界将看上去像是他的可敬的兄弟的缩微版本。但是心灵学在地球上从未被认为是真正的科学,除非它跑来分享科学的认知生命的机构”。^①虽然柯林斯好像是暗指心灵学不被当作科学的主要原因,是因为它缺乏机构支持(这一观念我是决不同意的),他还是提出了一些涉及实验技艺在科学中作用的相关问题。

完成一些好的科学实验常常要求实验者有丰富的技巧,要求仪器有精细的结构设计,这一无可怀疑的事实是柯林斯所讨论的一个主要问题。我们怎样知道设备是运转正常的,科学家的使用是熟练的?柯林斯认为“仪器、仪器的零件和实验者的正常运转皆由能否产生适当的实验结果来决定。未发现别的指标”。^②但是,什么是“适当的实验结果”呢?可以假定它是一位熟练的实验者用一台出色的仪器得到的结果。这样,我们发现自己陷于一种循环论证之中,柯林斯称之为“实验者回归”(experimenters' regress):一个实验室的出色由得到好的结果所定义,而好的结果定义为由出色的实验室所得到。他那该得奖的证据是关于韦伯的,韦伯声称已经检测到了一种远高于现今理论所预期的强度的引力辐射。这一声称为其他人予以彻底否定,而这些人反驳需要有如此灵敏度和实验者技巧的检测器和实验者,这种需求在世界上没有什么地方能够提供。

这一论点没有引起科学界的注意。如果实验者仅做了一次实验,而且他们的专门技术和他们设备的出色由仅有的这一次实验结果来认定,那么柯林斯的“实验者回归”逻辑将是攻不破的。但是在科学中从来不是这种情况。实验者做各式各样的实验,他们的技巧可以用他们在许多不同例子的结果来判断。当然,实际上每一个判断都是基于一种与别的专家的结果的比较,反过来,专家们的技巧是由其结果相互之间的符合来度量的。产生意外的结果要求超常的才能,而且别人难于甚至不可能重复,要接受这一点应当而且永远应当极其谨慎。特别是,当这一非常的智能除了这些特别的结果外,不能以任何方式证明的时候。当然,这恰好就是心灵学中的情况,并且这就是心灵学不能受到认真对待的主要原因。我还不知道此种声称在高尚的科学中经得住推敲的例子。^③

柯林斯回归的仪器部件倒有些道理。实验装置通常是为了极为特别的任务来设计的,对它的特殊目的的灵敏度,不是总能容易确信的,特别是当实验的结果是否定的时候。假如得到了一个零结果,我们怎能相信这不是由于仪器灵敏度不够呢?当然,实验者对这种尴尬局面是熟悉的。他们尽可能用分别检验装置部件的

① Collins, *Changing Order*, p. 125.

② 同上, p. 74; 斜体字为原有的。

③ 导致伪事实的两个例子,将在第五章讨论。

办法,在它所处的环境下实现所期望的结果。此外,基于最好的目前现成的知识,他们估计所要求的肯定结果可能的大小怎样,事实上,这一估计决定了实验装置的灵敏度要求。但是,经常存在疑惑,怀疑只有在类似的实验多次重复后才会解除,最好是用别的办法,或者当实验的理论设想用其他方式的检验被坚实地确立了,怀疑也就消失了。迈克耳孙-莫雷实验的否定结果就是这种情形,它导致当时被公认的以太理论的垮台。这一十分困难的实验对仪器要求极高的灵敏度,由于对结果有怀疑,已为其他人所重复,有时会得到含糊不清的结果。^①

柯林斯和稍后我要讨论到的拉图尔(Bruno Latour)一样,描述了在科学的中心群体之间进行的“谈判”,并且认为这些谈判对确立科学的结果至关重要。但是,他告诫说:

这些谈判的结果,即被确证了的知识,在任何方式下都是“真正的科学知识”。它是可复制的知识。一旦争论得到结论,这种知识就被看作由包括了全部科学的方法论的步骤生产出来的。观察事物本身,比起企图去捕风捉影要好。^②

对他来说,科学的相对主义建构论者方面有其限度,在限度之外那些社会学家的纲领不能实行:“我们倾向于尽可能地推动相对主义的启发式方法:在它不能走得更远的时候,‘大自然’就闯入了。”^③有些相对主义者则不够谨慎。

建构论中的强纲领

布卢尔在他的书《知识与社会意象》中引进了术语“科学(或知识)社会学中的强纲领”,拉图尔、伍尔加(Steve Woolgar)^④和皮克林(Andrew Pickering)^⑤皆或多或少跟随这一纲领。他们都不承认有反科学的意图,但是他们破坏和“特别”攻击的结果,对接受作为旨在客观地研究世界的活动的科学是绝对有害的。皮克林抗议说,他不想“否认以实验数据为形式的实在在科学知识的发展中的作用”^⑥,我不得不认为这是诡辩,由下面的注释将看得很清楚。事实上,这些书把读者引向一种非实在(unreality)的奇怪感觉:词和成语看起来是这种含义,其实指的是完全不同的事物。

例如,在一次数学讨论中,布卢尔^⑦引用大逻辑学家弗雷格(Friedrich Frege):

① 物理学家 Dayton Miller 把他 1925 年重复迈克耳孙-莫雷实验的结果,解释为对爱因斯坦理论的否认,但当时相对论已经被 Miller 实验所忽视的其他许多结果所充分确证。

② Collins, *Changing Order*, p. 143.

③ Collins and Cox, “Recovering relativity”, p. 439.

④ Latour and Woolgar, *Laboratory Life*; Latour, *Science in Action*.

⑤ Pickering, *Constructing Quarks*.

⑥ 同上, p. 19, n. 13.

⑦ Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, p. 85.

“我把我所称的客观事物与可操作事物、或占有空间的、或真实的事物加以区别。地轴是客观的，太阳系的质心也是客观的，但是我不应当从地球自身的意义上说它是真实的。”^①随后布卢尔评论说，“知识的理论成分正是其社会成分，”^②并且下结论说，“建制化的信念满足他的[客观性]定义：这就是什么是客观性。”^③在我看来，弗雷格的“客观的”的意思是完全清楚的，不过我并不相信许多读者会同意的所谓的“建制化的信念”。

在其著作的开头，布卢尔大胆地宣称“对于社会学家来说，知识是人们当作知识的随便什么事情”。^④仅仅错误的信念需要以外部的方式来解释，而正确的知识和真实的信念不要求解释，他还对这一观念给予抨击。确实，他认为把“外在论”(externalist)历史学家归入非理性的科学是一种“耻辱”。^⑤“强纲领”用“因果模型”取代“目的论模型”(按照它，知识的获得是直接朝着真理的)。他主张，说一种信念是社会决定的并不意味着它是假的，他拒绝经验模型，这种模型认为存在对真信念的经验证实：所有的信念，包括最理性的，都需要社会学解释。他说，“我争论的问题是，‘使逻辑、理性和真理以其自己的解释呈现的任何方法。’”^⑥在布卢尔的“对称原则”中，把真信念或理性信念置于假信念或非理性信念的等价基础上。“为了解释目的而把真信念和假信念都看为相同的意义下的[真理]，是强纲领命令社会学家们遵从的。”^⑦但是，“很少有人怀疑当我们谈到真理时指的是什么。我们指的是对应于实在的某些信念、判断或断言，它捕获了和描绘了事物是怎样处于世界上的。”^⑧

显然，这里存在一个矛盾：如果“知识是人们当作知识的随便什么事情”，就不存在附加的关于真理的判据；如果附加的判据确实存在，则对知识或真信念的社会学解释就是不必要的(它可能对社会学家很有兴趣，但对科学家是不相关的)。那么，看来关键是布卢尔在非约定意义下使用的知识一词：一个人可以有某些事物的非真知识。这是被他进一步的思想所确认的：“理论被一个社会群体公认使得它为真么？可给出的仅有的回答是它不为真。……一种理论的公认使它成为一个群体的知识，或者成为他们认识和适应世界的基础么？回答只能是肯定的。”^⑨不过，布卢尔忽略了每一个群体对他们认为的知识将贴上“真实”的标签。这样一来，

① Frege, *The Foundations of Arithmetic*, p. 35.

② Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, p. 86.

③ 同上, p. 87.

④ 同上, p. 2.

⑤ 同上, p. 7.

⑥ Bloor, "The strength of the strong program", p. 205.

⑦ Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, p. 32.

⑧ 同上.

⑨ 同上, p. 38.

如果他接受真理的外在判据，即它“描绘事物是怎样处于世界上的”，他就自动引进了一种断定一个群体的知识高于另一群体之上的基础，而这是他要苦心推翻的观念。

对于他的观点，全部的科学结果，而不恰好是有缺陷的某一个结果，皆要求社会学解释，这是查默斯(Alan Chalmers)所提出了中肯的反对的。^① 查默斯给出一种类比：设想一名足球运动员看到球在正对球门的前面；如果他把它踢进了，不需什么外部解释(他恰好遵从规则)，但如果他打算去吃掉它，这就需要某种外部解释，可能涉及他的精神健康。对布卢尔而言，每一动作都需要作出社会学解释，那么他最好主张，了解运动员为什么遵从规则以及这规则是从哪里形成的在社会学上有意义。然而，对于运动员和观众来说，这种问题是无关紧要的。

“科学研究”领域的某些学者在科学实验室里耗费了可观的时间。他们观察科学家们(可以想象，现在科学家们是观察的对象而不是观察者)进行工作时的行为和互动，很像是人类学家住在土著人或其他文化的村庄里，日复一日地研究其活动与血缘模式。没有哪个人类学家进入陌生的环境，会事先对那种文化一无所知，但是这些“科学文化的人类学家们”却毫不迟疑地去观察科学家们在一次讨论班上或学术会议上的行为，去作出关于为什么是一个群体而不是另一个群体在一场争论中占上风的结论，而毫不关心论战中的任何推理或逻辑，他们相信，只要考查表演者的社会互动、他们的力量表演、自信心、有无社会技能，就足够了。由于感到他忽视实验不会丧失他在实验科学的争论中作判断的资格，他认识到应当至少给出最小的确证，夏平使用了和基根(John Keegan)所宣称的相平行的理由，虽然他写了《战斗的外观》，可是他自己从未走近过一次战斗。^② 但是人们不免要问，没有任何一次战斗经历而去描述战斗，和没有了解它的内容就判断一种知识争论是否是一回事。

拉图尔和伍尔加把他们的著作《实验室生活》基于拉图尔长期逗留于加利福尼亚州拉霍亚的索尔克研究所做“田野调查”的结果，在那里他观察一个生物医学实验室的日常活动。他并不在意他对那里所探索的科学的无知；假如有所在意的話，他认为那是优点。两位作者解释他们对科学的“‘不敬’或者‘缺少尊重’，并不打算对科学活动进行攻击。只不过我们保持一种不可知论立场……我们的前提[是]，科学活动恰好是一种在其上建构知识的社会舞台”。^③

他们的核心结论是，科学“事实”只不过是社会建构。正如拉图尔在另一场合所言，“一个给定的句子本身既非事实又非虚构；它成为什么是后来的事。”^④作者们

① Chalmers, *Science and Its Fabrication*, p. 92.

② Shapin, *A Social History of Truth*, p. 16.

③ Latour and Woolgar, *Laboratory Life*, p. 31.

④ Latour, *Science in Action*, p. 25.

坚持“科学活动不是‘关于自然’的。它是建构实在的一场凶猛战斗”。^① 确实，“实在”不能用来解释为什么一个陈述成为事实，因为仅当它成为事实之后才得到实在的效果……

我们不愿说事实不存在，也不愿说没有实在这种事物。在这一简单的意义下，我们的立场不是相对主义者。我们的观点是“不在现场”是科学工作的结果而不是它的原因。^②

其后，拉图尔把他的论点表达得更清楚了：“由于争论的解决是大自然之表述的原因而不是结果，我们可以从不使用结果——大自然——去解释如何和为何争论被解决。”^③ 进而，科学家们以他们的方式，假装他们有责任为他们当作事实的现象负责：“我们的论点不仅在于事实是社会建构的。我们还打算去说明在建构过程中使用的某些工具，借此，全部成果的建构踪迹都极难发觉。”^④ 这样的工具对科学运作至关重要：

如果事实是被建构的，通过设计好的操作以造成使给定的陈述合格的模式落下，并且更重要的是，如果实在是结果而不是建构的原因，这就意味着科学家们的活动是向着陈述上的操作，而不是朝着“实在”的。这些操作的总体就是竞技场。竞技概念与科学家涉及“大自然”的观点有鲜明的对比……一旦实现了科学家们的活动朝着竞技场，维持科学“政治”和它的“真理”之间的区分便几无所获；……关于何者作为一个证明或何者作为一个判据的谈判比起律师们或政治家们的争吵，不多不少是同样的无序。^⑤

“事实是一种事实……由于当你把它用于科学之外它仍成立”，这种论点不能使这些作者信服。“我们不可能观察到在实验室产生的陈述的独立的证实。相反，我们看到某些实验室实践延伸到别的社会实在舞台，例如医院和工业。”^⑥ 同样的实验室事实，在加利福尼亚和在沙特阿拉伯皆一样起作用，不过因为它们同样是同样类型的实验室。

让我们考虑一个特别的陈述：“生长抑素阻止生长激素的释放，可由放射免疫测定来衡量。”如果我们问在科学之外这一陈述是否成立，回答是这一陈述在所有放射免疫测定被可靠地装配起来的地方都成立。这并不意味着该陈述在任何地方都成立，甚至在放射免疫测定没有被装配的地方。^⑦

① Latour and Woolgar, *Laboratory Life*, p. 243; 斜体字为原有的。

② Latour and Woolgar, *Laboratory Life*, p. 180; 斜体字为原有的。

③ Latour, *Science in Action*, p. 99; 斜体字为原有的。

④ Latour and Woolgar, *Laboratory Life*, p. 176; 斜体字为原有的。

⑤ 同上, p. 237。

⑥ 同上, p. 182。

⑦ 同上。

当然,这不是科学家们说科学事实“成立”的意思。不仅因为这些事实在一个实验室和在另一实验室同一环境下皆可被观察到,而且因为它们成为一种解释性陈述和观念的庞大网络的一部分,我们可以把它应用于别的语境下,通常将导致成功的预言。事实在科学内和科学外都“成立”,有些事情是不能被这些社会建构论者作家们解释清楚的。

由于拉图尔和伍尔加意识到,他们想去证明科学家发现的事实不过是人工建构,可这一努力本身也与他们自己的“发现”悖逆。他们类似于克里特人的狂言:“所有克里特人都是说谎者!”他们不足为信的答辩是:“我们论点中用过的论争和建构都没有用来破坏科学事实。”^①但是连这一点都可以用来反对他们:如果他们自己的“科学”论点对人工建构的疾病是免疫的,那么他们不能宣称他们的证据的普遍有效性,因为这些证据是仅仅从科学的一小部分针对一定症状的疾病得来的。^② 社会科学是高于靠未被建构的“事实”的物理科学和生物科学,这些作者们是否期望他们的读者怀有这种确信而离去呢?他们想用冷嘲热讽谈论来消除这一问题的危险:

在一种基本意义上,我们自己的解释无非是虚构的。但这不是把实验室成员的活动变成下等的活动。……通过建立一种解释、发明特征、……按级分离概念、调用资源、与社会学有关的论点联结、作附注,我们已经努力去减少无序来源,使某些陈述比其他一些陈述更为可能,从而开创了一种袖珍的秩序。^③

对哈丁而言,确实,社会学毫无疑问处于所有科学的顶点之上。她重复那个指控:“物理学和化学、数学和逻辑承载的它们与众不同的文化创造者的印记,不亚于人类学和历史学。”^④然而,对于“维也纳学派;科学形成了……一种分层的排序,其中物理学处于顶点上,随后是其他的物质科学,再后是定量的和‘积极的’社会科学(经济学和行为主义心理学是它们的模型),最后是‘较软的’和定性的学科(人类学、社会学、历史学)”,而女性主义的建构建议是“把顺序倒过来”^⑤,因而社会学处于分层的顶上。对于建构论者,社会学不仅在价值上在科学中数第一,而且一定要比所有别的学科都更基本。我很赞同还原论,但是还原论猛烈生长,把我们关于宇宙的所有知识皆还原为社会学或社会人类学教科书中的一章;物理学可能在民间传说部分来讲授。

尽管在他的早期的声称中,拉图尔自称为“现实主义者”,否认他要“破坏科学的被公认部分的可靠性”^⑥,还是有点令人窘迫。他甚至否认他是一位社会建构论

① 同上, p. 238。

② 对反对建构论的这类论点的表述,见 Laudan, *Science and Relativism*, pp. 158ff.

③ 同上, p. 257;斜体字为原有的。

④ Harding, *The Science Question in Feminism*, pp. 249 - 250.

⑤ 同上。

⑥ Latour, *Science in Action*, p. 100.

者,说他已经“写了5本书去揭示为什么社会建构论者的观念不能做刻划科学的工作”。^①确实,当涉及一门科学的产生时,他把自己认定为相对主义者,而在涉及解决了的部分时又是一位现实主义者。要将此和他早先的陈述调和起来,对现实主义一词可能有一种反常的感觉。我认为,命名拉图尔的正当方式是(如果幽默地称之为)极端的唯名论者。因为对他们来说,即使是现实的和社会的这类词也不是它们通常的含义。

现在让我转向皮克林,另一位否认理论的心理产品 and 它的证实之间区别的评论家。作为一种结果,他看到对接受事实和理论的诸多社会因素的全面深入影响,所以最终结果完全是一种社会建构。值得注意的是,大自然的这种构成是否能被合理地认识,或者,产生了可理解的和一致的对这一极为复杂世界的解说是否作为科学的令人叹服的成就?根本不是,“已知它们的文化来源,”他傲慢地宣称,“不管在它们历史的何处,只有异常的自相矛盾可能阻止[粒子物理学家们]产生一种对实在的可了解方案。”^②爱因斯坦看作关于大自然最不可思议的事情是它可以理解,而在皮克林看来是绝对平常的。

在他《建构夸克》一书中,讨论得颇长的一个例子是有关一个发现的进程:1974年11月,一种被称为 J/Ψ (在两个实验室里同时发现,其中一个称之为 J ,而另一个称之为 Ψ)的新粒子被发现了。这一发现起初产生了“十一月革命”,过后让位给一种被称为“靴襻”法的理论方法和普遍采用的“规范场理论”。在高能物理学中涉及这一过程的另一个例子是弱中性流和夸克的发现,现在被认为是大自然的基本构件。

大约有10到15年的一个时期中,起先对认识粒子物理学现象是主要的和十分成功的理论工具的量子场论,却不能解释新近在大型加速器上的观察资料,其中有斯坦福直线加速器中心(斯坦福)、费米实验室(芝加哥)、欧洲核子研究中心(日内瓦)及其他实验室,在那里,诸如质子或电子这种粒子,使它们高速相撞。为此,许多(当然不是全部)理论物理学家采取一种新的方法,即靴襻法,用于计算和解释,它对实验数据接近得多并且要求的理论机制比起量子场论为少。靴襻法不去解释许多观察到的不稳定粒子,那些粒子被看作在碰撞实验中的“共振”(在散射数作为碰撞粒子能量函数图上,有显著的峰),而是由一定的给定“基本”粒子和场出发,设定所有的粒子,不管稳定与否,都处于同一靴襻中(“核民主”)。它借助于一种基本假定解释它们的存在,按闵希豪生(Baron Münchhausen)方式由自诱导数学机制允许他们抓住自己的靴襻把自己拎起来。场被看作不必要的,并且希望仅有的要求是“数学上自洽”,这足以对所有的粒子物理学问题产生唯一的回答。由于过多的

^① Bruno Latour, letter to *The Sciences*, March/April 1995, p. 6; 斜体字为原有的。

^② Pickering, *Constructing Quarks*, p. 413.

技术原因难以进入这里, J/Ψ 的意外实验发现和“弱中性流”的存在, 敲响了靴襻法的丧钟并导向量子场论以规范场论形式复苏, 预言了在 HEP(高能物理学) 实验室中观察到的许多粒子的更为基本的要素夸克。不过, 皮克林声称, 这一结局完全是考查数据的一种不同方式的结果: “嘎嘎玫耳^①群体的新颖解释性实践的接受, 马上就意味着弱中性流的存在与对实验和理论研究的新的场的存在。”^②

皮克林的基本论点是, 靴襻法的物理学和规范场的物理学, 按照库恩(Thomas Kuhn)的术语是不可通约的范式(incommensurable paradigms)。换句话说, 这两个阵营中的物理学家相互间无法交流, 而支持一种范式的实验往往为相信另一范式的人所忽略。“他们将发现,” 皮克林提出,

存在不同的自然现象和对其性质解释的不同理论要素的术语。这一假定的一个惊人结果是, 适宜于不同世界的理论可能对“科学家的解释”支持的检验不受影响; 用哲学语言来说, 它们可能是不可通约的。其原因在于, 每一种理论在它的现象域中站得住脚, 但在现象域之外是错误的或不相关的……

因此, 20世纪60年代和70年代灿若繁星的中微子实验和弱相互作用理论就是不可通约的: 弱相互作用的旧理论和新理论, 每一种都在自己的现象域中被证实, 而在现象域之外则否。在不同时代的理论之间作出选择, 要求一种……不能由预言和数据之间的比较所解释的判据……^③

“旧物理学”即靴襻法,

集中于在 HEP 实验室最平常的过程。……新物理学改为强调罕有现象。……新物理学现象在旧物理学主要实验中是看不见的, 旧物理学现象在新物理学实验的建构中也是看不见的。……企图基于一组平常现象在旧物理学理论和新的物理学理论中作出选择是不可能的: 这些理论是不同的世界的组成部分, 它们是不可通约的。^④

作为一名当时这场理论粒子物理学家中的讨论的参与者, 我能证实事件的这一描写被野蛮地夸大了, 并且引起严重的误导。我们天真的人类学家允许自己被土著人的狂舞所愚弄! 皮克林的声称的来源(旧理论与新理论是不可通约的)是可充分理解的: 靴襻解释是基于可能被当作用柏拉图的术语所称的“形式因”(在第八章要进一步讨论), 而场理论解释属于以物理机制为基础的“动力因”。除了使用数学公设以外, 靴襻法缺少所有的物理定律的要素, 由于这一理由, 所以总是被许多物理学家认为是不满意的。但是皮克林主张实验本身和它们的结果不可通约, 这仅仅基于对事实的错误表达, 事实在于: 粒子物理学实验研究经历了一种注重点变

① Gargamelle 是 CERN 用来检测粒子的一个很大泡室的名称。

② Pickering, *Constructing Quarks*, p. 405; 斜体字为原有的。

③ 同上, p. 409。

④ 同上, p. 410。

化,因为新的理论引出需要观察回答的新问题,而这常常要求不同的实验技术。尽管皮克林对物理学并非无知,但他显然是戴着 he 自制的眼罩走进 HEP 实验室的。

除了在它们与事实不符时使用像不可通约这类的词,他还攻击实验者的动机说:“十分简单,粒子物理学家接受中性流的存在性,是由于他们也可能觉察到,在他们的行业辛勤工作中,一群人如何从中性流是真实的获取更大的好处。”^①克莱因(David Cline),费米实验室一个竞争小组的领导人,曾经想去证明嘎嘎攻耳的结果是错误的,但最后不得不认输。“重读克莱因 1973 年 12 月 10 日的备忘录是极好的,它以如下的简单陈述开始,‘目前我未看出如何使这些效果消失’,”加利森(Peter Galison)说,“随着这些话,克莱因放弃了他长时间追求的中性流不存在的任务。”^②这不是完全像某些人设想的,他能够“从中性流为真中获得更多的利益”么?

皮克林总结他的分析结果,断言说:

基本粒子的夸克规范理论绘景,应当被看作一种文化上的特殊产品。新物理学的理论要素,和指向其存在性的自然现象,皆是历史过程的联合产物,这是一种在实在的公共适当表达中达到其顶点的过程。^③

由于“在 70 年代后期,粒子物理学家们自身十分乐于放弃他们在前 10 年构造的大部分现象世界和解释框架”,皮克林告诉他的读者,“局外人没有理由对现今 HEP 世界观表示任何尊敬。”^④毕竟,“HEP 世界是社会产生的。”^⑤皮克林的反常的彻底结论是:“任何人都没有义务采取一种世界观去考虑 20 世纪的科学说了些什么。”^⑥

社会学家的狂妄自大

人们只能对社会学家准备好去判断和攻击科学的重大成就感到惊奇,这些成就就是在 20 世纪的进程中由实践科学家取得的,对他们进行的实验、建立的这一多方面的和有影响的结构,存在着强大的、甚至是激昂的不同意见和重新评价。相对主义社会建构论者的一个主要错误是,在收集他们证据时假定,由于在确立事实或理论的进程中,科学家们热烈地争辩而不是冷静地论辩,结果就像政治家们同样热烈的争论,结论无异于由外部的某些现实来确定。难怪他们断言,牛顿的万有引力被爱因斯坦的引力所取代、或者量子力学的引入,它们的认知意义无异于共和党候

① Pickering, “Against putting the phenomena first”, p. 87.

② Galison, *How Experiments End*, p. 258.

③ Pickering, *Constructing Quarks*, p. 413.

④ 同上。

⑤ 同上, p. 406; 斜体字为原有的。

⑥ 同上, p. 413。在其最新著作《实践的糟蹋》中, Pickering 采取了一种更为谨慎的态度,尽管他从未明确否定他早先的极端立场。他似乎与其以前的姿态最接近处在 209 页:“那么,科学文化(包括科学知识)必须被看作内在历史的,其中,它的特别内容是其产物时间上突现偶然性的函数。”

选人被民主党在选举中击败或颁布禁令。对于目前遍及科学社会学的认识论相对主义责任的大部分,有已故的库恩的影响,他后来特别愿意同他的弟子们脱离关系,弟子们的极端立场是他始料不及的。^①

如果侦探在一桩凶杀案的调查中有偏见或先入之见,我们是否要下结论说谋杀者是一种社会建构,这个人被指控为有罪是根据定义?即使是一位愤世嫉俗的人,对于警察的工作也不能否认存在这样一种事件,其中存在某个实际的作案人,警察要去识别他,有时成功有时不成功。侦探的发现可能对可能错,但是如果这一定罪的发现是由定义作出的,那就不必审讯和起诉。当一个由专家组成的陪审团,在许多争论之后,宣称一幅油画是出自伦勃朗(Rembrandt)之手,有一段时间,他们的证据好像是把一幅功能相抵的油画当作真品;但这并不是我们说的断言伦勃朗画了它的那个意思。同理,科学家们之间激烈分歧的结局或许是或不是大自然的有效知识;但是归根结蒂,是大自然本身作决定,而不是社会偏见或者参与者的职业选择。很难否定许多科学家在布隆德洛(Blondlot)的N射线(进一步的讨论详看第五章)上的暂时信念,与法国科学家中带着国家主义情感有很大关系,还有冷聚变(亦见第五章)的伪发现(pseudo-discovery)的捍卫者,有的是由对物理学家的傲慢感到愤怒的 chemist 发起的。但是,假如没有被其他科学家成功地抵制了他们可疑的证据,N射线机现在是否就是万用医疗仪器?或者对冷聚变来说,如果仅仅它的“发现者”没有受更专业的打击而退走的话,它是否会成为有用的技术?如果它们的捍卫者们还保持良好的政治关系或社会关系,热素和燃素是否还正确地解释热和燃烧?

在他们学说的“弱”表述下,社会建构论者所说的,对处于变动和混乱的科学领域,可能具有某种暂时的、部分的有效性,但它不适用于已确立的领域,而在其“强”形式下则根本没有说服力。确实,并不总是容易说一个领域何时已被安排好:在板块构造观念受诋毁和忽略的数十年中,地质科学好像是被建立好了。我们应当记住科学范式转换的发展是曲折迂回的,有时甚至被强大的政治风暴所打击。但是,科学终于到达这样一种状态,在其中分歧被限定在较宽广的领域。假如这些社会学家的声称是真实的,即科学的组成部分的成果始终受制于争论,那些争论不过是公共建构,并且这些争论的最终结果不是由外部世界而是由社会势力所决定,那么,已确立的组成部分也将与大自然没有什么关系。但是,如果在建立时一点也没有关系,最后怎么能得到这种关系呢?社会解释什么情况下能不是结局的单独决定量?社会建构论的“强纲领”不能退到变动中的科学组成部分来为自己辩解,而不丧失一致性。

^① 在他的1992年Rothchild演讲(pp.8-9)中,Kuhn宣称:“我是发现强纲领的声称荒唐的人之一:一个疯狂的解构的例子。”

当然,否认科学和周围文化之间存在相互影响、双向流动,是头脑简单的想法。但是主张理论中意义深刻的变化单单由对科学家们的社会压力和政治约束所决定,只能对科学知识的意义和确认这种重要问题更加迷惑。说到底,把深刻的知识上的和基本的实践问题的解决提交给变幻不定的社会和政治机遇,这些评论家作出一种歪曲的和荒诞的科学解释,否认根据经验证据的合理思考和逻辑推理及其适当的紧要作用。这就是大多数科学家愤怒地拒绝这些批评的主要原因。^①

那么,让我离开那些社会学家,转向一个物理学家对物理科学的实质性的讨论。在后面的几章,我将逐一讨论物理科学的目的、它们所赖以成立的事实证据和形成它们结构的理论。然后,我将以考查它们提出的关于实在的十分反直觉的观念为结束,最后,讨论它们的真理观。

(本文选自罗杰·G. 牛顿著《何为科学真理》,武际可译,上海科技教育出版社,2001年,25~46页。)

延伸阅读

[英]卡尔·波普尔:《猜想与反驳——科学知识的增长》,傅季重等译,上海:上海译文出版社,1986年。

[英]卡尔·波普尔:《开放社会及其敌人》,陆衡等译,中国社会科学出版社,1999年。

[英]伊·拉卡托斯:《科学研究纲领方法论》,兰征译,上海:上海译文出版社,1986年。

[美]托马斯·库恩:《科学革命的结构》,金吾伦等译,北京大学出版社,2003年。

[美]保尔·费耶阿本德著:《自由社会中的科学》,兰征译,上海译文出版社,1990年。

[美]保尔·费耶阿本德:《反对方法》,周昌忠译,上海译文出版社,1992年。

[美]约翰·布罗克曼:《第三种文化:洞察世界的新途径》,吕芳译,海口:海南出版社,2003年。

[英]大卫·布鲁尔:《知识和社会意象》,艾彦译,北京:东方出版社,2001年。

^① 对于一位物理学家对相对主义社会建构论者的作品的精心策划的嘲弄性模仿,见 Sokal, "Transgressing the boundaries", 该文发表于《社会文本》杂志(编辑们未察觉文章的嘲讽意图)。这一恶作剧酿成《纽约时报》1996年5月18日的头版新闻,继之以一个专栏和一大批读者来信。

[英]巴里·巴恩斯：《科学知识与社会学理论》，鲁旭东译，北京：东方出版社，2001年。

[英]巴里·巴恩斯：《局外人看科学》，鲁旭东译，北京：东方出版社，2001年。

[英]迈克尔·马尔凯：《科学与知识社会学》，林聚任等译，北京：东方出版社，2001年。

[奥]卡林·诺尔-塞蒂纳：《制造知识：建构主义与科学的与境性》，王善博等译，北京：东方出版社，2001年。

[法]布鲁诺·拉图尔、[英]史蒂夫·伍尔加：《实验室生活：科学事实的建构过程》，张伯霖等译，北京：东方出版社，2004年。

[法]布鲁诺·拉图尔：《科学在行动：怎样在社会中跟随科学家和工程师》，刘文旋等译，北京：东方出版社，2005年。

[法]布鲁诺·拉图尔：《我们从未进入现代》，北京：东方出版社，待出版。

[英]大卫·布鲁尔：《维特根斯坦：一种社会知识论》，北京：东方出版社，待出版。

[澳大利亚]艾伦·查尔默斯：《科学及其编造》，蒋劲松译，上海：上海科技教育出版社，2007年。

刘兵、章梅芳：科学史中“内史”与“外史”划分的消解——从科学知识社会学的立场看，《清华大学学报（哲学社会科学版）》，2006（01）。

学术资源推介

部分科学史研究机构和学会

李约瑟研究所(Needham Research Institute) <http://www.nri.org.uk/>

剑桥科学史与科学哲学系(Department of History and Philosophy of Science, University of Cambridge) <http://www.hps.cam.ac.uk/>

伦敦帝国理工学院科学、技术与医学史中心(Centre for the History of Science, Technology and Medicine, Imperial College London) http://www3.imperial.ac.uk/history_of_science

柏林工业大学中国科技历史科技哲学中心(Study Group for the History and Philosophy of Chinese Science and Technology, Technischen Universitäten, Berlin) <http://www.china.tu-berlin.de/>

德国马普科学史研究所(Max Planck Institute for the History of Science) <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/en/index.html>

哈佛大学科学史系(Department of the History of Science, Harvard University) <http://www.fas.harvard.edu/~hsdept/>

匹兹堡大学科学史与科学哲学系(Department of History and Philosophy of Science, University of Pittsburgh) <http://www.pitt.edu/~hpsdept/>

霍普金斯大学医学院医学史(History of Medicine at the Johns Hopkins School of Medicine) <http://www.hopkinsmedicine.org/histmed/>

芝加哥大学科学、医学史中心(Morris Fishbein Center for the History of Science and Medicine, University of Chicago) <http://social-sciences.uchicago.edu/fishbein/>

印第安纳大学科学史与科学哲学系(Department of History and Philosophy of Science, Indiana University) <http://www.indiana.edu/~hpsdept/>

多伦多大学科学史与科学哲学研究所(Institute for the History and Philosophy of Science and Technology, University of Toronto) <http://www.hps.utoronto.ca/>

国际考古天文学研究中心(International Center for Archaeoastronomy) <http://>

www.wam.umd.edu/~tlaloc/archastro/

中国科学院自然科学史研究所<http://www.ihns.ac.cn>

上海交通大学科学史与科学哲学系(科学·历史·文化网站)<http://www.shc2000.com>

中国科学技术大学科技史与科技考古系<http://hsta.ustc.edu.cn/>

北京大学科学传播中心<http://www.csc.pku.edu.cn/>

北京大学科学史与科学哲学www.phil.pku.edu.cn/hps

北京大学医学史研究中心<http://www.bjmu.edu.cn/ky/yixueshi/Med-his.htm>

西北大学数学与科学史研究中心<http://www.nwu.edu.cn/chinese/research/chms/index.htm>

内蒙古师范大学科学史与科技管理学院<http://210.31.182.135/web/kjgl/>

天津师范大学数学系科学史教研室<http://tjnuihs.nease.net/index.htm/>

北京科技大学冶金与材料史研究所<http://www.ustb.edu.cn/metal/department/methistory.htm>

南京农业大学科技史与科技传播学系<http://rw.njau.edu.cn/Unit/UnitDefault.asp?id=5>

国际科学技术史学会(Division of History of Science and Technology of the International Union of History and Philosophy of Science) <http://www.dhstweb.org/>

东亚科学技术医学史学会(International Society for the History of East Asian Science Technology and Medicine) <http://www.nri.org.uk/ISHEASTM.html>

美国科学史学会(History of Science Society) <http://www.hssonline.org>

英国科学史学会(The British Society for the History of Science) <http://www.bsbs.org.uk/>

Commission 41 of the International Astronomical Union (IAU) <http://www.historyofastronomy.org/>

中国科学技术史学会 <http://www.cshst.org.cn/>

部分科学史学术期刊和网络资源

ISIS <http://www.journals.uchicago.edu/toc/isis/current>

OSIRIS <http://www.journals.uchicago.edu/toc/osiris/current>

History of Science <http://shpltd.co.uk/hs.html>

Philosophy of Science <http://www.journals.uchicago.edu/toc/phos/current>

British Journal for the History of Science <http://www.cambridge.org/>

[journals/journal_catalogue.asp? mnemonic=bjh](#)

Archive for History of Exact Sciences <http://www.springerlink.com/content/101548/>

Journal of Astronomical History and Heritage <http://www.jcu.edu.au/school/mathphys/astronomy/jah2/index.shtml>

Bulletin of the History of Medicine http://muse.jhu.edu/demo/bulletin_of_the_history_of_medicine/

Journal for the History of Astronomy <http://www.shpltd.co.uk/jha.html>

Culture and Cosmos <http://www.cultureandcosmos.com/>

《自然科学史研究》<http://www.ihns.ac.cn/journal/yanjiu.htm>

《中国科技史杂志》<http://www.ihns.ac.cn/journal/shiliao.htm>

Internet History of Science Sourcebook <http://www.fordham.edu/halsall/science/sciencesbook.html>

Smithsonian Institution Libraries <http://www.sil.si.edu/>

Nobel Prize <http://nobelprize.org/>

A Picture Gallery of Famous Physicists <http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physlist.html>

Physics-Related Stamps <http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physstamps.html>

The MacTutor History of Mathematics archive <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/index.html>

A bibliography of reference sources for history of science and science studies <http://www.hscibib.com/index.html>

The Galileo Project <http://galileo.rice.edu/index.html>