

现代科学的起源



科学文化译丛

王春法 主编

【英】赫伯特·巴特菲尔德 著
张卜天 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



……一本优秀的著作。它呈现的独创性和知识广度为科学史这一学科添上了浓墨重彩的一笔。

——《泰晤士报教育副刊》

严谨的事实研究，辅以引人入胜的遐想，巴特菲尔德教授的这部著作给人们带来与众不同的体验。

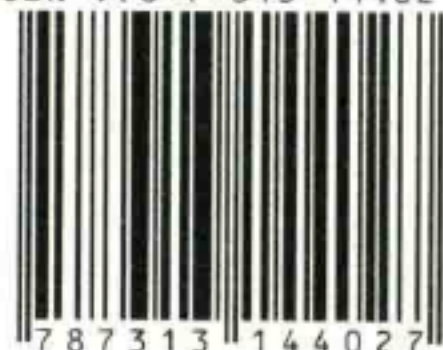
——《苏格兰人报》

……实属佳作……挑战精神是成为伟大师者的第一要素，这本书因其呈现的科学挑战精神而成为一部赏心悦目的浓缩科学史的典范。

——《观察者》

上架建议：科学文化

ISBN 978-7-313-14402-7



9 787313 144027 >

定价：38.00元



科学文化译丛



科学文化译丛

王春法 主编

现代科学的起源

【英】赫伯特·巴特菲尔德 著
张卜天 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书系“科学文化译丛”之一,是科学思想史上的一部经典著作,它第一次在历史研究中把“科学革命”一词用作核心概念,从而使这个名称广泛流行起来。本书论述了14世纪到19世纪的科学思想史,以中世纪晚期的冲力理论为开端,阐述了现代科学的兴起,描述了哥白尼、伽利略和培根等思想家在突破亚里士多德物理学方面作出的艰苦努力,并追溯了哈维、牛顿、玻意耳等科学家对其时代思维方式的影响。

THE ORIGINS OF MODERN SCIENCE

Copyright © Herbert Butterfield 1949

Translation copyright © 2017 by Shanghai Jiao Tong University Press

本书中文简体版专有出版权属上海交通大学出版社,版权所有,侵权必究。

上海市版权局著作权合同登记号:图字09-2015-671

图书在版编目(CIP)数据

现代科学的起源/(英)巴特菲尔德著;张卜天译. —上海:

上海交通大学出版社,2017

(科学文化译丛)

ISBN 978-7-313-14402-7

I. ①现… II. ①巴…②张… III. ①科学史—研究—世界

IV. ①G3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第101155号

现代科学的起源

著者:[英]赫伯特·巴特菲尔德

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出版人:郑益慧

印制:常熟市文化印刷有限公司

开本:787mm×960mm 1/16

字数:157千字

版次:2017年1月第1版

书号:ISBN 978-7-313-14402-7/G

定价:38.00元

译者:张卜天

地址:上海市番禺路951号

电话:021-64071208

经销:全国新华书店

印张:13.5

印次:2017年1月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0512-52219025

“科学文化译丛”编委会

主 编：王春法

副 主 编：罗 晖 王康友

编 委 会（按姓氏拼音）：

郭 哲 韩建民 郝刘祥 李正风 刘佩英

颜 实 袁江洋 郑 念 郑益慧

审稿专家组（按姓氏拼音）：

郝刘祥 胡化凯 胡志强 李正风 刘 兵 刘孝廷

任定成 苏 湛 孙小淳 汤书昆 王宏伟 颜 实

袁江洋 张大庆 张新庆 郑 念 周 程

编委会办公室：

王丽慧 李广良 李 旦 陆 焯

建设科学文化，增强文化自信 (代序)

一

科学文化本质上是一套价值体系、行为准则和社会规范，蕴含着科学思想、科学精神、科学方法、科学伦理、科学规范、价值观念与思维方式，是人们自觉或不自觉遵循的生活态度和工作方式。在现实生活中，科学文化可以进一步细分为价值理念、制度规范、活动载体、基础设施四个层面，其中价值理念和制度规范属形而上层面，活动载体和基础设施属形而下层面，但无论在哪一个层面上，科学精神都发挥着主导和核心作用，它源于人类的求知、求真精神和理性、实证的传统，并随着科学实践不断发展，内涵也更加丰富。^① 作为人类文明形态演进的高级形式，科学文化始终以理性主义为特征、以追求真理和至善为目的，在汇聚人类科学思维与思想成就的基础上，依托逐步形成的系统化科学知识体系及其应用的制度化形式，在科学发展的历程中逐

^① 中国科学院学部主席团：中国科学院关于科学理念的宣言，2007年2月26日。

步凝炼沉淀、演进和发展,并对一个国家和民族的现代化进程产生着越来越重要的影响。从一定意义上来说,科学文化是塑造现代社会和促进科技发展的重要力量,科技事业的发展又反过来推动着科学文化的兴起和发展进程。

科学文化因科学的产生而产生,因科学的发展而发展,没有科学就没有科学文化。科学作为系统化的知识体系,同时也是融知识、观念、精神于一体的独特文化形态。回顾近现代科学发展历程,它发轫于16、17世纪欧洲的科学革命时代,伽利略、牛顿、笛卡尔等天才人物取得的伟大成就明确了人在宇宙中的真实位置,使自然科学成为重要的文化力量;科学承认自然规律而否认造物主的设计,破除了许多迷信和传统信仰;科学提倡观察和实验,反对崇尚权威,使自由民主的观念深入人心。进入19世纪特别是20世纪以来,现代科学蓬勃发展,科学对社会影响的程度更加全面深入,科学文化的认知功能、方法论功能、创造功能、整合功能、渗透功能日益凸显,并在改革教育模式、优化思维方式、培育先进文化、促进人的全面发展等诸多方面,越来越充分地展现出它的时代价值,成为社会文化系统的重要组成部分。正因为如此,爱因斯坦明确指出:“科学对于人类生活的影响有两种方式。第一种方式是大家熟悉的,科学直接地并且在很大程度上间接地生产出完全改变了人类生活的工具。第二种方式是教育性的,它作用于心灵。尽管草率看来,这种方式不大明显,但至少同第一种方式一样锐利。”从这个意义来说,科学不仅创造了物质财富,也创造了全新的文化形态,影响着我们的价值取向。

另一方面,科学文化通过多种方式影响着科学技术的发展。我们知道,人是一切生产力和创造力的核心,一部科技发展的历史就是科技工作者以自己的智力施之于自然现象的历史。在这个过程中,科学家既是科学知识和科学精神的直接载体,也是科学方法和科学思想的

直接践行者,其思维模式和行为方式不可避免地会受到科学文化的直接、间接影响。科学文化的方法论功能使得科学家即使在面对暂时的成功、局部的胜利、认识上的一时通透和似乎难以质疑的权威时,也不会放弃对精确性和准确性的追求,始终保持着怀疑、批判和探索的态度;科学文化的价值观整合功能则能够把没有任何血缘、地缘、民族、国家、宗教这些传统联系纽带的人们联合在一起,使得不断有高度智慧和出众才华的杰出人士抛弃地位、名声、财富、荣耀、舒适、安逸这些世俗价值而投身到艰苦异常的科学事业中来,使得性情、偏好、兴趣、才能各不相同的人相互信任、相互交流、相互合作、相互提携、相互欣赏、相互赞誉,构成拥有共同目标和共同工作方式的科学共同体,从而为科学过程的参与者提供了一个共同的家园。^①

科学文化和社会文化的关系是复杂的,既相互影响、彼此渗透,又相互促进、融合共生。一方面,科学文化依托于科学活动,而科学活动的范围、规模又取决于社会支持,这就要求科学活动必须向社会公众展示它的价值和意义,争取社会公众对科学文化的认同和接纳。同时,科学文化中的制度规则能够长期践行,客观上也需要经济、社会、法律、政治制度的配套支撑,需要社会文化与科学文化中的不同制度因素相互对接、彼此适应。另一方面,随着人们社会生活和生产活动的演变,社会文化在相应调整并走向更高形态的过程中,也会广泛认同接受科学文化中的世界观、价值观和方法论,逐步摒弃、淘汰与科学文化内容相抵牾的非科学因素,或者重新调整民族文化中各种要素之间的关系,使科学文化逐步成为社会文化的核心要素,继而推动社会文化的整体变革。

^① 胡志强:科学文化建设的当代意义,研究报告(未刊稿),2014年4月。

二

科学文化是人类经过长期生产生活实践的磨砺,在创造和使用工具的活动日益发达,自我意识和认知能力长足发展,公共语言极大丰富,社会分工格局初步形成等因素的共同作用下,经过多次思想革命之后才从朦胧到清晰、从零星要素到系统组合、从个体观念到群体信念逐步演进而来,有一个形成、制度化和社会化甚至国际化的历史过程。在人类文明总体演进的过程中,科学文化是在相当晚近的时期才开始成长出来的,包括希腊文化、中华文化、印度文化、阿拉伯文化等民族文化都贡献出了自己特有的精华要素,使之融入科学文化之中,成为各具特色的民族文化中的共同成分。

科学文化的形成始于价值观念层面。由于科学对象的复杂性、无限性,科学活动的探索性、不确定性,以及科学劳动的创造性、艰巨性,使得科学过程必须有一些基本的信念和情感来支持其长期延续和传承,这些基本信念和情感就构成了科学过程的基本价值理念。这些价值理念首先在科学共同体内部确立了“求真知”这一普遍遵循的文化共识,并把尊重科研人员的学术自主和学术自由,倡导相互宽容、相互尊重、诚实守信、理性质疑,以科学的评价体系为导向,以民主的学术批评与监督机制为支撑等作为基本遵循,促进了优良学风和治学氛围的形成,充分激发起科研人员的创新潜力。正如中国科学院学部主席团关于科学理念的宣言所说,科学及以其为基础的技术,在不断揭示客观世界和人类自身规律的同时,极大地提高了社会生产力,改变了人类的生产和生活方式,同时也发掘了人类的理性力量,带来了认识论和方法论的变革,形成了科学世界观,创造了科学精神、科学道德与

科学伦理等丰富的先进文化,不断升华人类的精神境界。^① 这样一些基本价值理念构成了科学文化的核心内涵,具有超越国界的普遍意义。

相比之下,科学文化的制度化在科学文化的发展过程中更具有决定意义,因为只有把价值理念形态的内容固化在具有一定约束力的制度规范之中,才能通过一定标准识别、评价和指导科学活动参与者的科研行为和交往方式,并通过一定的教化、规训程序使新进入者理解并身体力行科学活动的要求,进而有效调节和规范科学活动的认知行为和社会行为,保证科学文化以至科学活动作为整体的延续性。一般来说,科学文化的制度规范是多层面、多维度制度的总和,既包括正式的制度规定,也包括非正式的行为规则。一是科学共同体内部的制度规范,包括对科学家科研过程和结果的要求,比如观察的可靠性、推理的严密性、结果的可检验性等等,这些要求在某些情况下甚至进一步细化为对实验设计的规定、对实验过程的规范、对重复试验的强调等等。二是关于科学家之间合作、交流、评价、监督的行为规范,包括关于科学知识共享的安排,同行评议的质量保障机制,优先权的确认,科学奖励制度等等。三是关于科学共同体与社会之间的制度规范,包括国家对科学活动的法律规定如宪法保证思想自由和言论自由,专业机构的特殊组织原则如把研究和人才培养结合起来的大学制度等等。需要说明的是,由于科学文化在价值理念层面的内容往往具有总括性、模糊性、多义性,不可能通过条理清晰、整齐划一的制度充分表达出来,有关科学活动的各种制度规范并不完全是从科学文化的价值理念中简单推演出来的,也不是来自某些聪明人的整体设计,而是在科学实践中不断试错、逐步改进而来的,至今仍处于调整完善之中。正

^① 中国科学院学部主席团:中国科学院关于科学理念的宣言,2007年2月26日。

因为如此,科学文化的制度规范不能完全代替科学文化的价值理念,对科学文化的践行不仅包括遵循制度规范,同时也包括对价值理念的理解把握。这些价值理念和制度规范共同构成了科技界必须遵守的普遍规则,具有广泛的行为约束力。^①

孕育并形成于科学共同体内部的科学文化从来不甘寂寞,总是持续不断地由科学共同体内部向社会延伸、向其他民族国家扩展,这就是科学文化的社会化和国际化。在这个过程中,科学文化争得了社会对科学价值与意义的广泛认同,催生了与科学知识生产相辅相成的社会文化,并确立了科学知识的“功利主义”价值观念。^②而融入了科学文化内涵的社会文化则充分理解、信任和支持科学进步的社会价值,相信科学能够为人们提供理解自然世界的智慧,提供思考未来世界的理性启迪,支持使科学成为公众的常识和思维习惯,从而形成尊重、宽容、支持、参与科学活动的良好社会氛围。某种意义上说,正是这种科学共同体文化的社会化过程构成了科学文化的民族特色或者说国别特征,国情、文化和历史的差异决定了科学共同体文化社会化进程的路径方式甚至具体表现形式,而这又在很大程度上影响甚至决定着—国科技发展模式和进程。

世界科技发展的历程表明,一个国家要成为世界科技强国,一个民族要屹立在世界科学之林,离不开科学文化的发展。英国成为近代科学强国,皇家学会成为现代科学组织的典范,培根等思想家的实验哲学及其关于知识价值的新理念居功至伟;法国科学强国地位的确立,与笛卡尔理性主义文化密切相关;德国在19世纪后来居上成为新的科学中心,洪堡等思想家倡导的科学文化精神及其在大学体制改革

① 胡志强:科学文化建设的当代意义,研究报告(未刊稿),2014年4月。

② 清华大学课题组:科学文化建设研究报告(未刊稿),2014年4月。

中的具体实践是重要基础;美国在 20 世纪中叶崛起成为世界科技强国,主要依赖于科学文化的引领和对科学发展规律的不断探索。可以毫不夸张地说,世界科技强国的形成无不伴随着科学文化变革和制度创新,而制度创新往往源于科学文化理念的创新和引领。我们说科学因其理性精神而熠熠生辉,因其文化传统而历久弥新,个中道理也就在于此。如果不能在科学文化上做好准备,不能在科学文化的引领下进行必要的制度创新,就很难摆脱跟踪模仿的发展轨迹,真正成为开拓科学发展新道路的世界科技强国。

三

中国现代科技事业发展的过程,一定意义上讲就是科学文化兴起并发展繁荣的过程,没有科学文化的充分发展和广泛弘扬就没有科学技术的长足进步。中国传统文化有值得我们自豪的丰富内涵,也有制约民族进步的消极因素。李约瑟曾经说过:“从公元 1 世纪到公元 15 世纪的漫长岁月中,中国人在应用自然知识满足于人的需要方面,曾经胜过欧洲人,那么为什么近代科学革命没有在中国发生呢?”这就是著名的李约瑟难题,曾经引发国内外学术界对中国近代科学技术落后原因的广泛探讨。钱学森也曾发出过类似的疑问,那就是“为什么我们的学校总是培养不出杰出人才”?这是钱老作为当代中国杰出科学家代表的锥心之问。2015 年中国科学家屠呦呦获得诺贝尔生理学或医学奖,进一步激起了国内关于中国科研体制、科学文化的大讨论。无论是李约瑟难题、钱学森之问还是屠呦呦引起的讨论,都无一例外地指向了科学文化,或许这不是唯一的答案,但一定是最重要的答案。

毋庸讳言,现代科学技术系统引入中国至今不过 150 多年的时间,相应的科学建制化进程则更是只有刚刚 100 年的历史。直到今天,一些制约科学发展的传统文化因素仍未得到根本突破。在科学共

同体内部,源自西方的科学价值观和科学方法论还没有充分发育起来,以诚实守信、信任与质疑、相互尊重、公开性为主要内容的科学道德准则还没有充分确立其主导地位,对尊重知识、尊重人才、尊重劳动、尊重创造的倡导,激励探索、鼓励创新的价值导向,弘扬求实求真、通过经验实证与理性怀疑不断推进科技进步并造福社会的精神理念,还不足以形成相对独立的科学文化形态。在社会文化层面,西风东渐、欧风美雨虽然推动着科学文化与中国传统文化的融合共生,但却始终未能使其成为主流文化的核心内涵;科学理性弘扬滞后于科学事业发展,科学精神的缺失成为中国科学文化的最大缺憾,民众科学素养长期在较低水平徘徊。^① 虽然党和政府一再大力倡导,保障探索真理的自由、支持科学事业的发展、尊重专家尊重专业、通过科技进步实现国家富强的理性态度尚未成为社会价值观的主流,科学文化在保障科学事业健康发展、提升社会文明水平、增强民族理性方面的重要作用尚未充分发挥出来。正因为如此,国家科技部原部长徐冠华曾经大声疾呼:“观念的创新、科技创新、体制的创新都要回归于文化的创新,这不仅是逻辑的必然,也是历史的必然。因为文化是民族的母体,是人类思想的底蕴,要实现科技创新和体制的创新,必须把建立创新文化当做一个重要前提。这不仅是历史的经验,也是现实的迫切需要。”从这个意义来说,对于中国这样一个有着深厚历史文化背景和灿烂文明的国家,如何让科学文化不断发扬光大,如何让科学塑造个人的文化品格,进而锻造我们民族的文化性格,不仅是一个重大而迫切的话题,同时也是面向未来、加快现代化进程的一个重要标志。

当前,中国正以史无前例的速度加快现代化建设,科技创新正在步入由跟踪为主转向跟踪和并跑、领跑并存的新阶段,处于从量的积

^① 杨怀中:中国科学文化的缺陷及当代建构,载《自然辩证法研究》2005年2月号。

累向质的飞跃、从点的突破向系统能力提升的重要时期,我国已经成为有重要影响力的科技大国。特别是党的十八大以来,肩负着实现中华民族伟大复兴中国梦的历史使命,党中央果断作出实施创新驱动发展战略、加快进入创新型国家行列、建设世界科技强国的重大战略部署,强调创新是引领发展的第一动力,人才是支撑发展的第一资源,要求把创新摆在国家发展全局的核心位置,大力推进以科技创新为核心的全面创新。现代化建设需要科学技术的支撑,科学技术的发展呼唤科学文化的发展繁荣。习近平总书记突出强调,文化是一个国家、一个民族的灵魂,文化自信是更基础、更广泛、更深厚的自信,是更基本、更深沉、更持久的力量,坚定文化自信是事关国运兴衰、事关文化安全、事关民族精神独立性的大问题。^① 面对我国科技创新可以大有作为的重要战略机遇,面对经济社会发展对科技创新的巨大需求,必须充分认识科学文化建设的重要性和紧迫性,全面提高建设科学文化的自觉意识,厚植科学文化的土壤,为科技创新和经济社会发展提供源源不断的动力,使科学文化建设成为创新自信、文化自信的重要源泉之一。

建设中国特色的科学文化,首先要在广大科技工作者中形成有认同感的文化共识、有凝聚力的共同价值观、有归属感的科学传统和有感召力的科研环境,培育既能担当国家使命和社会责任,又能最大限度激发科技工作者创造活力和不断造就杰出科技人才的科学传统,调动激发广大科技工作者的创新热情和创造活力;^②同时还要让科学的价值理念注入传统文化的机体,让科学文化成为文化传承的核心要素,提高全民科学素质、提升民族理性,参与塑造民族的文化品格,催

① 习近平:在中国文联十大、中国作协九大开幕式上的讲话,2016年11月30日。

② 袁江洋:中国科学文化建设纲要,研究报告(未刊稿),2014年4月。

生理性平和、富有活力和创新意识的社会文化形态,引导社会文化走上科学与民主之路,推动形成为科技工作者创新创造提供良好保障的社会文化氛围,为我国迈入创新型国家行列和建成世界科技强国提供坚实的文化基础和肥沃的社会土壤。

四

在过去十年多的时间里,我一直非常关注科学文化和创新文化问题,其间除发表过一篇不成样子的关于创新文化的文章外,一直结合科协工作实际在学习、在思考,越学越觉得研究这个问题很有现实意义,越思考越觉得这个问题博大精深,有些问题甚至到了令人痴迷不觉的地步。比如:

其一,如何理解科学文化与科学传统及科学观之间的关系?无论处在何种发展阶段,社会公众对于类似科学技术一类的知识系统都有自己的看法,由此产生的科学文化应该是本土固有的,是这个民族与生俱来的,而不可能是输入的;如果我们把科学严格限定在科学革命以来兴起的近现代科学,那么,以科学共同体内部文化为核心的科学文化就不可避免地会随着科学技术的扩散而向社会延伸、向国际转移,这种意义上的科学文化则必然是外源的,并在这个过程中形成相应的科学传统及其国别特色。恰如有学者所说,文化的核心是传统,科学文化的核心是科学传统。^① 在这种情况下,一国的科学文化究竟是如何建构的?其共性特征和国别特性又是如何体现的?

其二,中国科学文化的特点是什么?中国古代确实有技术文化没有科学文化,缺乏对事物本质的深刻探究和理论说明,有经验积累没有理论假说。鸦片战争后,西方科学大规模输入,对科学功能性应用

^① 袁江洋:科学文化研究,载《科学》2015年7月号(67卷4期)。

的执着追求以及对科学精神有意无意的抑制,不尊重专家、不尊重专业,科学活动缺乏积累机制和传承机制,流量很大而存量很小,每一代人几乎都是从原点做起,找不到甚至也不知道巨人的肩膀在哪里。这到底是中国科学文化的特点还是缺失?

其三,是否有中国特色的科学文化?如何构建中国特色的科学文化?有人提出科学文化启蒙一说,科学可以起到启蒙的作用,但科学文化如何启蒙?几乎所有科学文化学者都认为中国最应该补上科学精神这一课,让科学精神归位,可是抓手在哪里?科学家既是科学知识、科学思想、科学态度和科学精神的直接载体,也是科学方法和科学活动的直接践行者,从科技人物研究和宣传入手来培育中国特色的科学文化是否一条切实可行的途径?

为全面贯彻落实中央关于深化科技体制改革、加快建设创新型国家的战略部署,切实承担起推进科学文化建设的历史重任,中国科协调研宣传部于2014年8月启动了“科学文化译丛”项目,旨在通过引进翻译国外优秀科学文化研究成果,为我国的科学文化建设提供更多可资借鉴的学术资源。这项工作启动以来,其困难和艰辛远远超出预期。一个主要原因在于,科学文化研究有着极为宽阔的学术边界和丰富的研究主题,科学的本质及其在人类文化中的地位与作用、科学探索与发现、科学的自组织与社会化、科学文化与社会文化之间的互动等等,都是科学文化研究的重要内容。所幸这项工作得到国内致力于科学文化研究的专家学者们积极响应,也得到出版界人士的大力支持,经过共同商议,我们从科学文化的历史、哲学、社会学、传播学及计量学研究入手,扣住科学文化发生发展史、科学文化的哲学解析和文化学解析,科学文化在各国工业革命与现代化进程中的地位与作用、科学文化传播(包括科学文化与其他文化的相互作用进程)与新文化塑造等主题,选择优秀著作加以翻译出版。

在译丛编委会、译者和出版社的共同努力下,经过两年多的艰辛工作,第一批成果即将面世。作为译丛主编,我要真诚感谢郝刘祥、袁江洋两位教授和所有参与译、校工作的研究人员,这套丛书高度得益于他们的专业精神、学术造诣和倾心奉献。感谢中国科协调研宣传部提供经费支持,中国科普研究所承担了主要的组织协调工作,罗晖、王康友同志积极推动,特别是郑念研究员的辛勤劳动,正是大家的无私奉献才使翻译任务如期高质量完成。感谢上海交通大学出版社原社长韩建民先生、现社长郑益慧先生、总编辑刘佩英女士和副社长李广良先生,正是他们的认真负责和积极推进,我们才得以较高效率出版发行本套译丛。借此机会,我还要感谢袁江洋、李正风、胡志强三位教授,正是他们在过去几年对中国科协科学文化研究项目的积极参与和深入研讨,使我对这个问题的认识和理解不断深化,他们的若干观点和本人的学习心得已经在这篇小文中有所体现了。当然,还有很多同志在这个过程中付出了心血,在此就不一一列举了。

今后,我们将继续推进这一项目的实施,把更多更好的成果呈现给大家。热情期待有更多的研究人员以宽容和多元的理念去审视和考量科学文化问题,理性观察和评判科学文化建设进程,努力撰写出中国人自己的科学文化研究专著。我相信,“科学文化译丛”作为我们研究科学文化的重要参考文献,必将成为传播科学文化的有效载体,建设科学文化的助推器,它不奢求面面俱到,但希望能够提供一个独特的视角;它可能给不出答案,但希望有助于思路的拓展;它未必绝对正确或准确,但希望能给我们留下更为广阔的思考空间。

中国科协 王春法

前 言

毫无疑问,鉴于科学在西方文明史上所扮演的角色,科学史迟早会取得重要地位,无论是就其自身而言,还是就其作为沟通艺术与科学的桥梁而言。

以下是 1948 年我为剑桥科学史委员会所作的讲演,希望它的出版能让历史学家对科学产生一点兴趣,也能让科学家对历史产生一点兴趣。此次修订纠正了原有的一些错误,改变了一些判断,若干改动反映了近年来的知识进展。

当然,我们无法设想“一般历史学家”能够自称开启了关于任何一门自然科学的最新发展问题的讨论,但幸运的是,对于文理科的学生来说,这个对于教育的通常目的来说至关重要的领域本身更容易处理,事实上可能也更需要历史学家的介入。那就是所谓的“科学革命”。它通常与 16、17 世纪相联系,但我们可以沿着一条清楚明白的连续线索将其追溯到一个更早的时期。那场革命不仅推翻了中世纪科学的权威,而且推翻了古代科学的权威,最后不仅使经院哲学黯然失色,而且摧毁了亚里士多德物理学。因此,它使基督教兴起以来的所有事物相形见绌,使文艺复兴和宗教改革降格为一些插曲,降格为仅仅是中世纪基督教世界体系内部的一些移位。它在改变整个物理

世界图景和人类生活结构本身的同时,也改变了人们惯常思想活动的特征(甚至在处理非物质科学时也是如此),因此它作为现代世界和现代精神的真正起源显得异常突出,以致我们对欧洲历史的惯常分期已经成为一种时代误置(anachronism)和障碍。很少有领域能遇上这种伟大的时机,使我们能从近处看清楚一段特殊历史变迁或思想发展的特殊一幕是如何产生的。

以下讲演主要概述的正是欧洲历史的这一时期。不过,我并非自诩要像展开长长的墙纸那样把四个世纪的科学史展示出来,每篇讲演的历史叙事涵盖多少面积,就按照百科全书编纂者和删节者的方式把它分成多少个面积单位,而是必须找到关键变化的线索,把显微镜对准那些起中心作用的环节,比如发现在某一关头必须解开的思想之结(intellectual knots)。我们特别要注意这样一些情形,人们不仅解决了问题,而且在此过程中不得不改变心态,或者至少是在事后发现,问题的解决涉及他们思想进路的改变。

为了避免误解和自相矛盾,我们在方法上需要注意两点。首先,如果我们仍然满足于一种纯粹传记式的处理方式,特别是,如果我们的科学叙事是从一个大人物直接过渡到另一个大人物,那么这一主题就还没有成为真正的历史,而是像编年史和年代史那样仍然处于较低的组织程度。由于对一群不大为人所知的科学工作者进行了更为细致的研究,过去的50年里出现了一些令人惊奇的事物,人们的判断也发生了一些值得注意的转变。其次,如果我们时而对15世纪的某个让我们觉得有现代思想的人感兴趣,时而又对16世纪的某个直觉到或预见到后来某种理论的人感兴趣,就像在编制发明目录或航海发现目录,那么我们整个科学史的结构就是无生命的,它的整个形状也是扭曲的。事实已经表明,了解早期科学家的失败及其提出的错误假说,考察在特定时期似乎难以克服的特殊思想障碍,甚至是研究虽然

走入了死胡同但对整体科学进步有影响的那些科学发展过程,似乎要更为有用。同样,在这些讲演中,我们可以尝试考察所谓科学革命的各个方面;但如果我们只注意新的学说,只注意我们现在认为正确的那些观点的产生,我们将无法衡量任何时候的成就。在任何情况下都必须对旧体系和将被推翻的科学类型做出生动的描述。

最后要指出的是,在一种更大的意义上,我们对科学史的研究必须从早期开始,进入到晚期(从16世纪的力学观念进展到伽利略的观念),这样才能确切地了解一个大思想家是如何在当时的思想边缘上工作,如何创造了一种新的综合推理,或者如何完成了一条业已开始的发展线索。用20世纪的眼光或以现代方式来解读伽利略是不够的,只有了解了他所攻击的体系,我们才能理解他的工作,除了敌人所说的东西,我们还必须对那个体系本身有所了解。无论如何,我们不仅要描述和解释各种发现,而且要更深入地研究历史过程,了解各种事件之间的关联,竭力理解与我们想法不同的那些人的见解。如果我们认为过去的研究纯粹是一种糟糕的科学,或者认为只有现代科学家的成就才值得重视,我们就不会取得进步。该主题本身处于这样一个阶段,历史研究者若是关心什么思想活动能使这一阶段前进到下一阶段,则可以从中找到兴趣和机会,文明通史研究者断不能忽视这一如此重要的因素。作为研读二手著作和考察古典文献所引起的反思,以下各篇讲演可能——如果不是以其优点,至少也是以其缺点,说明了对历史学家(以及科学家)观点的需要。

赫伯特·巴特菲尔德
剑桥大学彼得豪斯学院

目 录

- 001 第 1 章 冲力理论的历史重要性
- 014 第 2 章 哥白尼的保守性
- 030 第 3 章 从古代到威廉·哈维的心脏研究
- 044 第 4 章 亚里士多德与托勒密的衰落
- 061 第 5 章 17 世纪的实验方法
- 076 第 6 章 培根和笛卡尔
- 092 第 7 章 科学革命对非机械论科学的影响
- 109 第 8 章 现代引力理论的历史
- 124 第 9 章 向路易十四统治时期哲学运动的过渡
- 137 第 10 章 科学革命在西方文明史中的地位
- 150 第 11 章 化学中被推迟的科学革命
- 165 第 12 章 进步的观念与进化的观念

- 184 进一步阅读建议
- 187 索引

第 1 章

冲力理论的历史重要性

我们所要讨论的整个故事中有一个悖谬之处,那就是,导向天文学中的科学革命的最重要一步是在发现望远镜之前很久——甚至是在 16 世纪下半叶丹麦天文学家第谷·布拉赫(Tycho Brahe)表明肉眼观测仍能取得巨大进展之前很久——迈出的。当威廉·哈维(William Harvey)通过在英格兰的心脏活动研究为生理学开辟了新路时,他曾暗示过一两次自己使用了放大镜,但其革命性工作是在有用的显微镜产生之前完成的。关于力学科学的转变,引人注目的是就连伽利略讨论的也是从行进中的船桅上抛下一块石头,或者按习惯方式把小球放到斜面上会发生什么情况之类的日常生活现象。事实上,我们将会发现,无论在天体物理学中,还是在地球物理学中(两者在整场运动中占据着重要位置),变化首先都不是来自新的观察或额外的证据,而是来自科学家本人心灵中发生的转换。在这方面需要指出的是,在所有形式的心理活动中,最难引发的是如何处理和以前一样的一堆材料,但却通过赋予它们一个不同框架而把它们置于一个新的关系体系之中,即使对于尚不缺乏灵活性的年轻心灵来说也是如此。所

有这些实际上意味着不同类型的思维帽(thinking-cap)。教人一点有关黎塞留(Richelieu)^①的新东西不难,但要打破学生看待黎塞留的习惯性旧框架却需要灵感。这种框架是由完成高级课程的学生建立起来的,他们会把任何相关的新信息塞入其中,因此有时该框架显得过于刻板。但科学革命的最大悖论乃是这样一个事实:我们觉得有些东西很容易灌输给正在上学的孩子们,因为他们一开始就走对了(对我们来说,这些东西是看待宇宙的普通自然方式,比如思考落体行为的自明方式),但却击败了历史上最伟大的头脑,击败了正在人类思想前沿与这些问题角力的列奥纳多·达·芬奇(Leonardo da Vinci)甚至是伽利略(Galileo)。甚至是在某个专门研究领域突破了古代看法的那些伟大天才,比如吉尔伯特(Gilbert)、培根(Bacon)和哈维(Harvey),当他们走出那个专门领域时,也依然陷于某种中世纪精神之中。这就需要他们共同努力来澄清某些在现在看来简单的东西。我们现在会认为,这些东西对于任何没有偏见的头脑来说都是显而易见的,甚至连小孩子都很容易明白。

在中世纪晚期即已发生的一种特殊观念发展构成了朝着科学革命过渡的历史中的第一幕。考虑到现代之初教师们的变迁,阐释者只能惶恐不安地研究这个思想领域。历史研究者还记得,包括伊拉斯谟(Erasmus)在内的文艺复兴时期的人文主义者常常抱怨他们在大学里不得不忍受那些枯燥的经院哲学讲座,并且嘲笑其诡辩和狡猾。有时他们会指明自己最反对的学说和讲座的形式,由于他们特别提到了我们现在所关心的力学讨论,对这一学说做出尽可能简短的考察无疑是明智的。奇特的是,这些遭到鄙视的历史经院论述在现代思想的演进史上已经获得了显著的关键位置。这些渴望找到现代力学科学之路

^① 黎塞留(1585—1642):法国政治家和路易十三的主要大臣。——译者注

的人之所以显得在语言上过于生硬和狡猾,也许部分是因为缺乏数学,或者未能想到用数学方式来表述事物。

在过去的1500年里,在人类心灵面临和需要克服的一切思想障碍中,我认为最令人惊异、影响最大的是与运动问题有关的障碍。这个障碍甚至连伽利略也几乎解决不了,尽管在他之后不久,它便获得了明确的解决形式,即每个学生都学过的经过充分修正的所谓“惯性定律”(the law of inertia)。关于这个运动问题,亚里士多德(Aristotle)的学说是人类难以摆脱的,它牢牢控制着中世纪经院思想,恰恰因为它与观察和解释非常吻合,亚里士多德体系本身是一项伟大的思想成就。不仅如此,它始终是至关重要的背景,直到伽利略时代或17世纪上半叶,它一直提供着主要议题。根据亚里士多德的理论,地上的一切重物都倾向于朝着宇宙中心作自然运动,在中世纪的思想家看来,宇宙中心就在地心或接近于地心;而沿其他任何方向的运动都是受迫运动,因为这与物体朝着其自然位置运动的一般倾向相抵触。受迫运动依赖于推动者的操作,亚里士多德的惯性学说是一种关于静止的学说——需要解释的总是运动,而不是静止。只要受迫运动存在,无论存在多久,都需要用某种东西来解释。

这种观点的本质特征是断言或假定,推动者与物体实际接触多久,物体就运动多久。一旦推动者停止操作,运动便停止——物体竖直落地或突然静止。此外,还有一个在今天看来似乎非常异端的论点。人们认为,只要物体所通过的介质阻力保持恒定,则物体速度将与推动者持续施加的力成正比。推动者在给定时间内所施加的恒力根本不会产生任何加速度,而是会产生匀速运动,在整个运动期间都是如此。另一方面,如果介质阻力有任何变化,比如在空气中和水中运动,那么只要其他因素不变,速度将与阻力成反比。如果阻力减小到零,速度将是无穷大;也就是说,如果运动在真空中发生,物体将会

瞬时从一处移到另一处。正是出于这种荒谬性以及其它理由，亚里士多德主义者才认为完全的真空是不可能的，并说甚至连上帝也不可能创造出真空。

令人惊讶的是，这种理论及其各种竞争理论（甚至是在科学革命进程中取代它的那些理论）都建立在合乎常识的日常观察资料基础上。学者们已经明确指出，认为亚里士多德主义者倘若能作更为仔细的观察，就能把他们的惯性理论变成现代形式——即改成这样的观点：物体倾向于要么继续保持静止，要么继续沿直线运动，直到某种东西介入使之停止或发生偏离——这种看法是不恰当的。仅仅通过更仔细的观察是难以摆脱亚里士多德学说的，特别是如果你起步就已经错了，并且预先受到整个亚里士多德观念体系的束缚，那么情况就更是如此。事实上，仅凭详细记录的观察方法并不能发现现代惯性定律，它需要一种不同的“思维帽”，需要科学家本人的心智发生一种转换。因为我们实际上看不到日常物体在亚里士多德认为不可能存在的真空中作持续的直线运动，并且一直驶向他同样认为不可能存在的无穷远处。我们在现实生活中根本做不到让完美的圆球在完全光滑的水平面上运动——这种设想只存在于伽利略的想象中。不仅如此，即使当他们已经极为接近关于所谓位置运动（local motion）的真理时，事情也不能最终确定下来（事物并不能如此清晰干净地显示出来），直到他们完全意识到，他们实际上正在把问题转移到一个不同领域。他们正在讨论的并非我们在现实世界中实际观察到的实际物体，而是在一个没有阻力和引力的世界中运动的几何物体，这些物体在亚里士多德认为不可思议的那个无边无际的欧几里得空间中运动。因此，我们最终不得不承认，这里有一个根本问题，仅仅通过在旧的观念体系框架内进行仔细观察是不可能解决它的——这需要一种心理转换。

和当时的许多理论一样,亚里士多德的运动学说也许以一种自明的方式符合大多数常识材料,但在早期阶段,仍然有少量事实与理论不一致;在我们所谓的日常常识层面,这些事实是经不起亚里士多德定律检验的。在令人满意地适应亚里士多德体系之前,还有一两个反常需要做进一步分析;正如一些学者所说,通过把这些特例纳入自己的综合体系中,然后确立它们与所表述规则的一致性,亚里士多德理论达到了辉煌的顶峰。就我们所讨论的论证而言,一支箭在脱离弓弦的瞬间本应落到地面,因为在物体与初始推动者脱离直接接触之后,无论是弓弦还是其他任何东西,都不能使物体作持续的运动。亚里士多德主义者通过初始运动引起的空气运动来解释抛射体的持续运动,特别是把它解释为:前面被推动和压缩的空气必须冲到后面,以防出现决不允许出现的真空。在论证的这一点上,甚至出现了一个困扰了物理学家数百年的严重观察错误。人们认为箭在离开弓弦之后,空气的冲击使箭产生了一个实际的初始加速度。我们惊异地发现,达·芬奇和后来的学者们都犯了这个错误——文艺复兴时期的炮兵们也是这个错误的受害者——尽管在中世纪晚期已经有人小心翼翼地不再犯这个错误。由于抛射体的运动是由介质本身的扰动所引起的,所以无法设想它能在真空中发生。

此外,由于亚里士多德的评注者们都认为,均匀的恒力只会产生匀速运动,因此还有第二个严重反常需要解释——必须提出特殊理由来说明落体为什么会作加速运动。支持旧学说的人再次使用了空气冲击的论证,认为随着物体接近地面,上面更高的大气意味着增加了向下的压力,而下面更短的空气柱则为下落提供了更小的阻力。有时他们还会这样使用亚里士多德的论证:下落物体在每一时刻都会更欢快地运动,因为发现离终点越来越近了。

就这样,从14世纪到17世纪,亚里士多德的运动学说在一次次

的争论中持续着,直到这一时期的后来阶段才出现了令人满意的替代学说。这个问题一旦以现代方式得到解决,它在精准的实验开始之前就大大改变了人们关于世界的日常思考方式,并为更进一步的发现和重新解释开辟了道路。在此之前,科学和人类思想仿佛被一道屏障阻挡着,因为人们对宇宙万物运动的看法最初存在着缺陷。如今阻挡被去除,洪水奔腾而出。即使没有引发科学革命的其他因素,变革和发现也必定会如瀑布般奔涌而出。事实上,我们也许可以说,由于人们对运动的态度变化必定会导致对各种运动的许多新的分析,以至于这种态度变化本身就是一场科学革命。

除此之外,这个问题还有一个特殊特征使之显得极为重要。我们并非总能清楚地理解亚里士多德宇宙的独特特征,在那个宇宙中,运动物体必须始终伴随着推动者。建立在亚里士多德力学基础上的宇宙几乎已经为神灵打开了一扇大门;在这个宇宙中,必须有看不见的手在持续操作,那些崇高的灵智(Intelligences)必须推动行星天球运转。物体必须被赋予灵魂和渴望,必须被赋予某些运动“倾向”,因此物质本身似乎拥有神秘性质。在17世纪,现代的惯性定律和运动理论帮助把灵智从世界中赶了出去,并为把宇宙看成像时钟一样运转开辟了道路。不仅如此,在中世纪最早向亚里士多德理论发起猛烈攻击的人就已经意识到,此问题中包含着这个重大议题。早期的重要人物之一,14世纪中叶的让·布里丹(Jean Buridan)曾经指出,他自己的解释将使推动天球运转的灵智不再必要。他甚至指出,《圣经》并没有为这些灵性动因提供依据——它们是古希腊学说的要求,而不是基督教本身的要求。此后不久,尼古拉·奥雷姆(Nicholas of Oresme)进而指出,按照新的理论,上帝或许已经开动了时钟般的宇宙,让它自行运转。

因此,自20世纪初以来,人们对这个14世纪思想学派的兴趣与

日俱增。该学派挑战了亚里士多德对运动的解释,并且提出了一种替代的“冲力”(impetus)学说。此学说虽然本身并不完善,但却代表了科学革命史的第一阶段。如果认为这种论证落入了一个必须随时加以防备的陷阱(即仅仅从中世纪挑出那些对现代观念的预见和偶然的相似),那么如果牢记在这些情况下历史学家应当遵守的那些规则,就可以清楚地回应这种反驳了。这里有一套在牛津兴起的融贯学说,它被巴黎的一个思想家学派发展为一种传统,在16世纪初的巴黎仍被传授。它有一段连续的历史。我们知道,这一学说是如何传入了意大利,如何在文艺复兴时期的大学中传播,达·芬奇又是如何对其有所涉猎,以至于其笔记中那些曾被视为极具现代性、带有天才闪光的东西,其实都是从14世纪巴黎经院学者那里抄来的。我们还知道,这一学说后来在16世纪意大利得到发展,有时会遭到误解,伽利略论运动的一些早期著作让人想起了这个与我们所要讨论的“冲力”学说相联系的学派。我们甚至比较确定地知道,对于这个14世纪巴黎学派的某些学者的著作,伽利略读的是什么版本。事实上,倘若伽利略生活在14世纪,从他青年时期的著作中可以看出他同样可能做出很多(尽管不是全部)有关这一主题的工作。在这一领域,很可能有人会问,那个发生了文艺复兴等事件的世界当时究竟在做什么。有人说,倘若印刷术早发明两个世纪,那么“冲力”学说将在科学史上产生更快的全面发展,从布里丹阶段过渡到伽利略阶段将不再需要这么长时间。

然而,如果说中世纪的正统学说基于亚里士多德,那么必须指出,无论在当时还是在文艺复兴时期(甚至更晚),对亚里士多德的抨击(包括冲力理论)本身则是基于某位古代思想家。这里,我们涉及了一个在现代世界的形成甚至科学革命的发展中起触发作用的因素:我们发现即使是亚里士多德也会在古代受到挑战。所有这一切都引起了一种良性的分歧,导致了重要问题的出现,中世纪必须下定决心去解

决它们,从而促使人们对自然的运作本身作某种考察,即使这只是因为他们在亚里士多德和某位竞争者之间做出选择。宗教因素似乎也影响了冲力理论的兴起,一种宗教禁忌以一种奇特的方式(试图把它消解掉是徒劳的)为自由提出科学假说提供了支持。1277年,在巴黎举行的一次宗教会议谴责了大量亚里士多德的论题,比如认为甚至连上帝也创造不出真空、无限宇宙或多重世界。这项涉及一些党派偏见的决定由坎特伯雷大主教扩展到英格兰。这些决议所涉之地必定已经成为反亚里士多德观点的中心。正是从这时起,牛津和巴黎都显示出了这些观点在所谓物理学领域中的影响。也正是从这时起,关于真空、无限宇宙以及多重世界是否可能存在的讨论在巴黎迈出了一大步。与这种发展有关的一些人促进了冲力学说的兴起。曾有人进一步指出,在同一巴黎传统中存在着某种类似于数学物理学的倾向,尽管当时的数学还不够先进,还不能把它大大推进,或者像伽利略那样把数学方法用于科学问题。不过,我们必须避免过分强调与现代的表面相似,避免过分强调在过去的事物中很容易发现的“预见”——毫无疑问,这些东西要部分归功于历史学家的“哈哈镜”(trick-mirrors)。虽然有时为了说明论点,这样做也许是有用的,但我们必须当心对“本可能发生什么”的迷恋。

因此,我们主要关心的是14世纪的一些学者,首先是牛津默顿学院的一群人,然后是让·布里丹、萨克森的阿尔伯特(Albert of Saxony)和尼古拉·奥雷姆。除冲力学说以外,他们的重要性还表现在其他方面。伊拉斯谟的同时代人嘲笑经院教师不仅讨论“均匀运动”和“非均匀运动”,而且还讨论“均匀的非均匀运动”(uniformly difform motion)(所有这些讨论都极为细致),但是到了16世纪,当整个世界都在寻找公式来表示落体的匀加速运动时,人们长期以来所掌握的这个问题的解决方案却是中世纪处理“均匀地非均匀运动”的公

式。我们正在研究的整个发展其实是由这样一些人做出的，他们正在研究亚里士多德所提出的问题和答案。在我们期待批评出现的地方，即与抛射体运动和落体加速这两个特别值得怀疑的问题相关，他们都反对亚里士多德的运动理论。如果看看他们所使用的那种论证，我们就会看到，在中世纪即已出现的那种批判程序在流行亚里士多德学说的边缘处产生了变化。我们还可以看到就科学革命核心的某些议题进行激烈争论的早期阶段。事实上，即使在伽利略的主要著作中，在这个早期阶段所使用的论证也常常以完全相同的情形再次出现，因为随着时间的流逝，这些论证已经非常流行。如果说这些论证看起来很简单，建立在用常识即可获得日常现象基础上，那么我们不要忘了，后来伽利略本人所提出的许多更新的论证其实属于同一类型。

根据这些思想家提出的观点，抛射体是被它已经获得的实际冲力推向前进的，单凭物体正在运动这一事实，物体就能获得冲力。这种冲力据信存在于物体之中——有时它被描述为已经赋予物体的一种冲动(impetuosity)；偶尔我们也会从一些讨论中看到，冲力仿佛是物体因为运动而获得的运动本身。无论如何，这种观点使人可以思考物体在与初始推动者脱离接触之后的继续运动。冲力被解释为处于物体之中并且一直留在那里，就像把一根烧红的拨火棒从火中取出之后，热仍然存在于拨火棒中一样；对于落体的情形而言，这种效应被描述为偶有重性(accidental gravity)，即物体因为运动而获得的一种附加重性。于是落体之所以加速，是因为冲力效应被不断加入日常重量所引起的持续下落中。因此，恒定的力施加于物体所产生的不是匀速运动，而是匀加速运动。不过应当注意，和其他几位接受一般冲力理论的人一样，达·芬奇在把巴黎学派的学说应用于落体加速时，并未遵循巴黎学派的做法。亚里士多德主义者认为，落体离终点越近跑得

越快,而新学说则反过来认为,与出发点的距离才是最重要的。如果两个物体沿着同一条线 BC 落向地面,那么从较高的 A 点开始下落的物体从 B 点运动到 C 点将比从 B 点开始下落的物体运动更快,尽管在这段路程中,它们与地心的距离都相等。由这一新学说可以推出,假如凿一个圆柱形的孔穿过地球,且通过地心,那么物体到达地心时,将被其自身的冲力推进一段距离。事实上它会在地心附近振动一段时间——这是古代理论所无法设想的。还有一点,亚里士多德主义者的解释是缺乏说服力的;因为如果抛射体的持续飞行实际上并非缘于抛射者,而是缘于空气的冲击,那么就很难理解为什么空气会把一块石头推进得比一团羽毛远得多——为什么我们能把石头抛得更远呢?这个新的学派表明,由于石头的材料密度比羽毛大,从给定速度开始的石头将会获得更大的原动力;当然,相同材料的较大物体不会运动得更远——抛大石头并不比抛小石头更容易。对于给定的速度,质量会被用作冲力的量度。

由于亚里士多德认为有时需要把空气看成一种阻碍因素,所以有人会指责他说,那样一来就无法把空气也当成推动力。新学派说,除了在强风的情况下,空气不能是推动力;他们还进一步反驳说,如果空气的最初扰动——弓弦发动时所产生的冲击——能不断自我重复,从而把箭持续推向前进,那么就无法解释为什么箭会停下来;这种扰动应当永远重复下去,并把进一步的扰动传给大气的下一个区域。此外,系在抛射体上的线应被吹到抛射体前面,而不是拖在它后面。无论如何,根据亚里士多德对这个问题的看法,箭逆风飞行应该是不可能的。然而,甚至连新冲力理论的倡导者也认为,抛射体先是沿直线运动到冲力耗尽,然后迅速弯转过来垂直落向地面。他们认为这种冲力会逐渐减弱和耗尽自身,就像从火中取出的拨火棒会逐渐变冷一样。或如伽利略所说,冲力就像敲钟之后很久还会发出回响,但回响

会逐渐减弱消失。只有对于天体和携带行星在天空中旋转的天球来说,冲力才永远不会耗尽——这些物体的速度永远不会变慢,因为没有空气阻力使之减速。因此有人指出,上帝可能已经给这些物体赋予了初始冲力,可以设想它们的运动会永远持续下去。

然而,冲力理论并没有解决所有问题,事实证明,它只是通往现代观点的过渡。这种现代观点在伽利略那里已经比较明确,但直到笛卡尔(Descartes)才给出了完美表述,即物体沿直线持续运动,直到某种干扰使之停止、放慢或偏转。正如我已经提到的,如果转换已经发生,即我们看到的并非是受实际世界限制和大气阻碍的实际运动物体,而是在空荡荡的欧几里得空间中运动的几何物体,那么这种现代的惯性定律就更容易让人理解。对于这种心理习惯,阿基米德(Archimedes)似乎起了促进和鼓励的作用,因为更完整的阿基米德著作在文艺复兴时期被发现,尤其是在1543年翻译出版之后变得非常有影响;最重要的莫过于将问题几何化或数学化的一种不断增长的倾向。围绕空气进行长时间的争论和激辩之后,最有效的莫过于出现一个人,他在黑板上画一条线,借助少许几何学知识便一举解决了整个问题。无论如何,可能是阿基米德帮助引导一些人从反面思考运动问题,思考在没有阻滞介质使情况复杂化的情况下出现的最简单的运动形式。因为阿基米德教人思考物体在水中的重量,然后思考物体在空气中的重量,最后思考物体不受水和空气阻碍时的重量。因此你会假定物体有一种沿直线持续运动的倾向,然后着手考察可能阻碍或限制这种运动的东西;而亚里士多德则认为静止状态是自然的,物体会径直趋向静止,因此他面临着为运动物体提供主动推动者的任务,只要物体继续作任何运动,这个主动推动者就应该起作用。

另一方面,也许可以说,亚里士多德一想到运动,其头脑中便会出现一匹拉车的马,以致他对问题的整个感觉都因为专注于这个误导的

例子而被破坏了。他的抛射体学说极其不能让人满意,这个事实也许有助于产生后来的一种现象,即只要想到运动就会想起抛射体运动,因此对整个问题会有有一种不同的感觉。

在我们看来,朝着现代科学过渡往往像是对亚里士多德学说的反动,这是很自然的。因为我们需要与保守势力进行斗争,新观念的支持者有时不得不写出与亚里士多德针锋相对的论战文章。然而,外表是有欺骗性的,把新观念当成一代代亚里士多德评注者所做出的成就往往要更为公平。这些人知道自己得益于这位古代大师;即使在某一点上触及了亚里士多德体系的边缘,他们也会坚持其体系的大部分内容。在回应当时的保守者时,这些革新者有时会说,倘若活在现代世界,亚里士多德本人也会站在他们一边。我们不应因为后来中世纪和现代早期的那些冲突而认为这位古代先贤不再那样伟大;因为他引出了那么多思想和争论,而且如此长久地占据着主导地位。我们也不应设想亚里士多德犯了16、17世纪那些人的错误;因为他们之所以被视为“亚里士多德主义者”,在部分程度上仅仅因为他们是保守者。

半个多世纪前,皮埃尔·迪昂(Pierre Duhem)阐述了14世纪“冲力”学说的重要性,自那以后,他的著作一直没有摆脱批评。一方面,人们已经把这段历史追溯到让·布里丹和巴黎学派背后,并进一步追溯到牛津的默顿学院。另一方面,有人正确地指出,从“冲力”学说到现代惯性学说的过渡需要——例如,从伽利略开始——比一些学者认可的更大的原创性。14世纪学者的原创性也的确超出了我们所讨论的运动问题;正如我们将会看到的,到了这个时代,科学方法的理论讨论已经取得进展。我们有可能夸大这些中世纪先驱者的作用,从而低估17世纪革命的重要性。然而在我们讨论的领域,迪昂的工作乃是科学史家对中世纪的态度发生重大变化的一个重要因素。我们关心的这个故事的线索之一就是,经院思想本身的发展有时会带来进步。

换句话说,现代世界在某种意义上乃是中世纪世界的延续,而不应仅仅把它看成是对中世纪世界的一种反动。因此,一些科学史家准备对“文艺复兴”这一传统概念做出严肃的限定时,至少要从11、12世纪审视西方思想的连续发展。

第2章

哥白尼的保守性

在对中世纪的宇宙观作一种介绍性的概述之前，必须首先承认，这个特殊的思想领域中存在着诸多变化、不确定性、争论和发展，对它们做出详细描述显然是不可能的。总的来说，我们也许不妨把但丁（Dante）的宇宙观当做范例，因为通过这种策略，我们很容易注意到发生的一些重要变化，同时也能在短短一章中看明白哥白尼理论用了150年左右的时间才得以克服的诸多反对意见。

根据但丁的说法，宇宙由一系列彼此相套的天球所组成，静止不动的地球位于整个体系的中心。被我们称为普通物质的领域局限于地球及其附近——月亮以下的区域；我们能够捕捉，并运用现代物理科学研究的这种物质是卑下和不稳定的，会发生变化和腐坏，其原因我们将在后面考察。天空和天体——旋转的天球及其携带的恒星和行星——也是由一种非常明确的物质构成的，但这种物质更加精细，且不会发生变化和腐坏。它不服从月亮以下更具土性的材料所服从的物理定律。因此，从所谓纯粹物理科学的观点来看，天和地是彼此隔绝的，对于中世纪学者来说，天和地是分离的结构，尽管在一个更大

的思想体系中,它们共同构成了一个融贯的宇宙。

至于构成地球和普通物质,则由四种元素所组成,这四种元素根据其性质和高贵程度的不同而被分成等级。土是所有元素中最卑下的,其次是水,然后是气,最后是火,它是这一等级体系中最高的。然而,我们看不到未经掺杂的纯粹元素——我们捡起的一小块泥土是一种不纯的复合物,我们实际看到的火也是混合了土性。在四种元素中,土和水具有重性,它们有下落的倾向,只能静止于宇宙中心。火和气没有重性,但具有相反的轻性,这是一种上升的实际倾向,尽管大气对地球有所附着,因为地球上充满了卑下的世间杂质。所有元素都有自己的球层,并且渴望到达其固有球层,从而获得稳定和静止;例如,当火焰升腾到其自身的上层区域时,它将是快乐和满足的,因为它在这里能够静止且最为持久。如果元素不相互混合,如果它们全都安于自己固有的球层,那么万物的中心应当是一个坚实的土球层,它的每一个微粒都将是静止的。然后有海洋像帽子一样覆盖着整个土球层。接着是气球层,它远在山顶之上,据信与天空一致地自东向西旋转。最后是持久的火球层,包含着所有其他东西。

然而,那将是一个死寂的宇宙。事实上,整个世界观的一个推论就是,只有出现了某种反常——某种东西离开了它的固有球层——通常的上升、下降或直线运动才可能发生。因此至关重要,各种元素并非全都秩序井然,而是相互混合且不在固有位置,比如一些陆地从其底部的固有球层升出水面,提供可居住的地面。这块陆地上有各种自然物,由于它们都是混合物,比如可能包含着水,而水一旦被释放,就会倾向于寻找入海的道路。另一方面,它们也许包含着火元素,所以一旦它们燃烧起来,火就会从中冒出,迅速上窜,渴望回到它真正的家。但各种元素并不总能以这种纯粹的方式遵循其本性。有时火也可能下冲,比如闪电,水也可能以蒸汽的形式上升而形成大雨。不

过规律是固定的：元素离开其固有球层时必然是不稳定的——它们不可能静止和安宁。正如我们所见，它们在地球表面融合成一个混合的不确定世界，一个不断变化、容易分解和腐坏的世界。

陆地仅仅出现在北半球，从覆盖着地球其余部分的水中突起。但丁说，这块陆地已被拉高，离开了它的固有球层——不是被月亮、行星或第九层天所吸引，他认为是受了恒星的影响。这块陆地从西方的赫拉克勒斯之柱(Pillars of Hercules)延伸到东方的恒河，从南方的赤道延伸到北方的北极圈，圣城耶路撒冷位于整个可居住世界的中心。但丁听说过旅行家发现大部分非洲大陆的故事，这些人实际发现的陆地要比但丁所设想的往南得多。作为真正的理性主义者，他似乎拒绝接受这些与当时的自然科学相违背的“奇谈”，他认为这些旅行家很可能在说谎。由于世界上水的分布不成比例，陆地的分布不均衡，这引发了关于地球的真正中心在哪里的讨论。然而，以确切发现美洲为争论高峰的地理大发现导致了某些观念变化，引发了关于对跖点(即地球对面)是否有可居住国家的争论。人们越来越认为，土和水并非一上一下两个分离的球层，而是彼此密合成同一个球体。

所有这些都与月下区有关；但还有一个物质区域需要考虑，正如我们已经看到的，此区域有着不同的组织形态。天界不会发生变化和衰败，因为它(连同太阳、恒星和行星)是由不朽的第五元素构成的，这种元素服从于一套不同的所谓物理定律。如果说土倾向于落向宇宙中心，火倾向于上升到它在气之上的固有球层，那么构成天界的不朽材料就没有理由感到不满，因为它已被固定在适合它的位置上。对天界来说，只有一种运动是可能的，那就是圆周运动，它必须转动才能保持在同一位置。根据但丁的说法，共有十层天，只有最后一层即最高天(那是上帝的居所)才处于静止。每一层天都是一个环绕地球的天球，虽然所有这些天球都是透明的，但它们足够确切而真实，能够携带

一个或多个天体围绕地球旋转——整个系统形成了一组层层相套的透明天球,均以坚硬的地球为中心。离地球最近的天球携带着月亮,其他天球则携带着行星或太阳,直到第八天球,所有恒星都固定其上。第九天球没有携带行星或恒星,它的存在并无可见标志,但它必定在那里,因为它是“原动者”——它不仅自行转动,而且推动所有其他天球或天空自东向西旋转,所以整个天球系统每24小时将围绕不动的地球转动一周。这个第九天球比所有其他天球运动都快,因为推动它的灵智紧挨着最高天,有充分的理由表现出热情。

在亚里士多德体系中,这些天球据说是由一种非常微妙的以太物质构成的,这种物质运动起来比液体还要轻柔,且无任何摩擦;但随着时间的推移,这种观念似乎变得粗糙而庸俗了。连续的天界变成了坚固而透明的玻璃天球或水晶天球,以致人们很难记得它们是没有摩擦和重量的,尽管在这些方面,亚里士多德的理论仍然在形式上支持着。

然而,自亚里士多德的核心体系形成以来,天文观测的进展已经严重危及了它的原始美;因为甚至在古代世界,天文学就已成为随着时间的流逝——随着观测的积累和记录精确性的提高——而取得科学进展的显著范例。在基督纪元之初的托勒密(Ptolemy)时代,天文学已经很复杂了,到了中世纪,阿拉伯人和基督徒又使天文学体系变得更加复杂。整个天界机制需要进一步详细阐述,以解释观测者看到的行星在天空中的停留、逆行,与地球距离的变化以及速度改变。无论行星的运动看起来有多么不规则,所走的路径是多么奇特,它们的行为都必定可以归结为圆周运动甚至是匀速圆周运动——如果需要,则应归结为一系列复杂的、相互纠正的圆周运动。但丁解释了金星是如何随着构成第三层天的天球旋转的,但由于这与现象并不十分相符,所以需要把另一个独立旋转的天球固定在第三层天的天球上,并让较小的天球携带着这颗反射太阳光的行星(但丁说,像宝石一样放

在那里)。但学者们对于这一点有不同看法,我们看到有一种观点认为:行星很像木头上的结节,或者仅仅代表着整个天球材料的加厚——捕捉阳光从而迸发出一种特殊光芒。

此外,对于托勒密及其后继者设计的更为复杂的本轮—均轮机制在实际的天空结构中是否真实存在,学者们意见不一,尽管这套水晶天球理论一直持续到17世纪。由于整个复杂体系需要80个天球,某些天球因转动必定会有所重合,所以一些学者把这些圆和本轮仅仅看成用来计算和预言的几何学工具。有些人相信九层天都是名副其实的水晶天球,他们也许会把其余机制看成描述那些不规则和反常的一种数学方式。他们知道这些不规则和反常,但无法做出恰当解释。无论如何,早在哥白尼时代之前,人们就认识到,托勒密体系尽管很复杂,却并不能精确解释所有观察到的现象。到了16、17世纪,仍然有人认为,托勒密体系是不恰当的,必须发现一个新体系,尽管出于某些可以理解的理由,他们拒绝接受哥白尼提出的解决方案。哥白尼在解释自己为什么会转向另一种可能的天界体系时,曾提到现有的各种不同观点。托勒密体系被称为托勒密假说,我们甚至看到,哥白尼理论的一位支持者把它称为“对托勒密假说的修正”。现在许多人都把托勒密体系想象得坚不可摧,并认为哥白尼的先驱者们盲目依附于整个托勒密体系,这未免有些偏激。

最后,根据但丁的说法,所有天球都是由灵智推动的,这些灵智根据它们在物理世界中的高贵程度也有不同的等级。其中等级最低的是推动月亮天球的灵智或天使,因为月亮处于天界中最低等的区域,她的暗点表明自己是不完美的,她与卑下和贫穷相联系。(在这个旧有的观念体系中,为浪漫诗歌提供素材的不是月亮而是太阳。)通过各种灵智对天体进行操作,上帝塑造了物质世界,可以说仅仅通过中介来触及这个世界。上帝所创造的仅仅是未充分发展的物质,后来在天

界的影响下,这种物质才被塑造成世界。而人的灵魂却是上帝亲手所造;人的灵魂同样是一种特殊的東西,它们是不朽的。然而但丁说,即使在创世之后很久,甚至到了现在,天界仍然继续影响着地球,例如金星会对情人产生影响,它所凭借的力量不是来自天球,而是来自行星本身,实际上由它的光线来传递。教会一直反对占星术的决定论含义,在但丁时代之后也继续进行着斗争,尽管它已经采取措施来调和占星术与基督教的自由意志学说。但丁说,星星会影响人的低级性情,但上帝把灵魂赋予了所有人,人凭借灵魂能够超越这些限制。有时我们甚至会遇到相反的看法,即星星只会产生好的影响,如果人转向罪恶,那要归咎于他自己的邪恶性情。攻击占星术的人常说,对天体路径的观测精度不足以使我们做出详细的预测。当占星术士的预言不准时,他们就责怪天文观测是错的,而不是责怪他们自称的科学的缺陷。因此,占星术的支持者与反对者之间的争论可以成为一种循环论证。无论怎样评述现代的开端,占星术在16、17世纪的分量大大增加了(烧死女巫也是如此)。

在整幅宇宙图景中,亚里士多德的内容要多于基督教。这种在我们看来带有教会色彩的学说特征,如天界的等级、旋转的天球、推动行星的灵智、元素的贵贱等级以及认为天体由不朽的第五要素所构成,正是缘于亚里士多德及其继承者的权威。事实上也许可以说,在16世纪需要推翻的是亚里士多德而不是托勒密。在世界能够公正对待哥白尼的假说之前,亚里士多德的大众科学学说必须有重大进展。也许正是由于亚里士多德思想体系的优点和力量,这位古代先贤再次成为科学进步的阻碍。

哥白尼的伟大著作《天球运行论》出版于1543年。不过从16世纪初开始,哥白尼似乎就在撰写它和阐述自己的体系。常常有人指出,哥白尼本人并不是一个伟大的观测者,他的体系也并非源于对新

观测的任何热情。特别是随着第谷·布拉赫(Tycho Brahe)的加入,哥白尼对新观测的热情直到16世纪末才进入天文学。第谷本人总是拒绝追随哥白尼,他主张对行星运动的整个轨迹进行观测,而不仅仅是当行星碰巧位于轨道上的特定点时才把它们辨认出来。哥白尼过于相信托勒密本人从古代传承下来的观测结果。哥白尼曾在自己的著作中批评一个同时代人过分怀疑托勒密观测结果的精确性。天文学家开普勒(Kepler)后来说,哥白尼没能看到近在咫尺的财富,满足于解释托勒密而不是解释自然。找到一个能够调和所有观测记录的新体系似乎是他的一個目标,他的一位弟子曾说,他对之前的所有记录进行了编目。不过应当承认,他错误地将好的观测和坏的观测不加区分地接受下来。一位现代学者曾经指出,由于哥白尼正在提出的体系号称能够解释托勒密理论所能解释的那些现象,他并未给人以口实,以免别人指控他篡改了托勒密的观测结果以使之符合自己的假说,但他相信古代的观测结果,导致他为天空中那些实际上并不存在的不规则性而感到烦恼;他曾用一两种方式做过不必要的阐述,这可能会阻碍大众对其体系的接受。

如果问他为什么试图对天空做出新的诠释,他会告诉我们,这是因为数学家的不同意见使他困惑。有证据表明,一项实际观测使他困惑不已,即火星的亮度变化。在下一个世纪,这颗行星将给天文学家造成极大的困扰,并且引出一些最为非凡的天文学发展。哥白尼本人的体系远远不能回答火星现象,以至于伽利略在关于这个主题的主要著作中,称赞哥白尼不顾与观测结果相矛盾——尤其是与火星的行为相矛盾——而坚持自己的新理论。哥白尼之所以有这么大动力去撰写其伟大著作,似乎是因为他有一种无法摆脱的困扰和不满。他之所以对托勒密体系感到不满,是因为(必须承认,这种理由非常保守)他认为,托勒密体系以一种几乎可以称为欺骗的奇特方式触犯了众怒。

托勒密号称遵循了亚里士多德的原则,把行星的轨迹还原为匀速圆周运动的组合;但事实上,它并不总是围绕一个中心的匀速运动,它有时仅仅相对于一个不是中心的点来说才是匀速的。事实上,托勒密引入了所谓的偏心匀速点(equant)这样一个策略,它允许围绕一个不是中心的点作匀速圆周运动。出于对这类花招的怨恨,哥白尼似乎急于改变这种体系。无论是他本人提出的体系,还是对其思想有强烈影响的一些相关想法的特征,都表明他对托勒密方法的批判是认真的。

还有一点有时会被指出。为了解释这一点,我们不妨设想有一位下棋高手,他紧盯着棋盘,直到他的头脑中似乎能够清晰地呈现出对方的所有棋局,经过全面的战术考虑,他会径直走出一着妙棋。观棋者往往能觉察到某些棋步的高妙——一旦白方对手能够保证主帅的安全,许多黑方棋子就面临着被统领的局面。实际情况似乎是,一个像哥白尼那样具有几何学头脑的人会看到托勒密天空的复杂,看到一些圆亟待消除,只要有一个主帅来统领这些圆——一旦你想到把地球看成运动的,所有这些圆就都可以消除。如果古人忽略一个事实,即它们——天空的观察者——正在移动,那么他们不可避免会把一种附加的、不必要的、使事情变复杂的运动归咎于每一个天体(在这幅图景中,太阳、行星和恒星还必须另有一个讨厌的圆),而且由于它每一次都应与地球的运动相对应,所以它在任何情况下都可以归诸同一个公式。这么多多余的轮子似乎使作为几何学家和数学家的哥白尼备受折磨。

最后,我们还记得,哥白尼在谈起帝王般的自然和太阳的中心地位时变得热情奔放,几乎到了崇拜的地步。如果事实证明,他从事真正的科学探究是受到了某种神秘主义或新柏拉图主义情感的激励,那么他并非孤例。他所持的观点与柏拉图主义和毕达哥拉斯主义的思辨有关,认为静止不动要比运动更高贵,这影响了他对太阳和恒星的

态度。因此,许多因素结合起来激励了他的思想,促使他对古代天文学体系提出质疑。

在文艺复兴运动最辉煌的一个时期,哥白尼在意大利待了几年;在那里,他接触到已经流行起来的柏拉图主义—毕达哥拉斯主义思辨,无疑也学到了一些改进的数学,这源于对古代成就的进一步掌握。他总是谈到托勒密,这表明他对古代世界充满崇敬;他明白了为什么要对当时的天文学状况感到不满,于是研究了以前学者关于整个问题的说法。就像冲力理论那样,科学中的新发展再次得益于古代作者的建议,也受到了古已有之的意见分歧的激励。中世纪晚期的一些学者,比如库萨的尼古拉(Nicholas of Cusa)等,就碰到过地球可能运动的建议,并一直打算接受这种思想;但没有人费心弄清楚这一方案的细节,以至于直到哥白尼时代,日心说也没有从数学上得到详细阐述,从而看看它能否像托勒密体系那样涵盖和解释所观察到的现象。迄今为止,只有托勒密理论才具有现代世界所珍视的优点——以具体的方式建立起来,在应用于现象细节时(整体上)与事实相符。被马提亚努斯·卡佩拉(Martianus Capella)传到中世纪的一种看法也许对哥白尼有所帮助,认为水星和金星这两颗行星在围绕太阳旋转。这两颗行星位于地球与太阳之间,看起来总是离太阳很近。对于那些试图把它们看成围绕地球旋转的人来说,它们早已成为特殊的难题。

无论哥白尼是从哪里获得这个建议的,他已经把通过新假说来揭示天空的详细运作以及详尽阐述这个方案的数学当成了自己的实际任务。他自己的理论仅仅是一种修正的托勒密体系——假定了相同的天界机制,但是由于地球与太阳的角色转换,几个轮子交换了位置。他试图把所有观察到的行星运动变成一个更为名副其实的匀速圆周运动体系(相对于圆心的匀速,没有任何像偏心匀速点那样的花招),这要更为困难。然而,他不得不使用天球和本轮这种复杂的旧体系,

尽管他声称自己的假说能把轮子的总数从 80 个减少到 34 个。虽然表达了某种怀疑(他声称这个问题不在他考虑范围之内),但他似乎相信旋转天球(相继的水晶天球)的实际存在。无论如何,天文学家开普勒认为这是事实。哥白尼体系的一个缺点是,它毕竟不是完全日心的——地球并没有以太阳为中心描出一个精确的圆,事实上,天空的所有运动都不是从太阳本身而是从距它不远的地球轨道中心来计算的。这一点很重要,因为它违反了一种旧学说,即认为在某处必定有一个坚硬物质的核,其他东西实际上依赖于它并围绕它转动,而不仅仅是用一个数学点来充当宇宙的中心。

由于较早的托勒密理论已经近似解释了现象,而哥白尼体系对这些现象的解释同样只是近似的,因此支持新假说的论证大都要诉诸其更大的经济性、更清晰的数学计算和更为对称的安排。即使是不相信地球运动的人也不得不承认,就计算和预言来说,哥白尼理论提供了更为简单便捷的方法。根据较早的观点,恒星沿一个方向以令人难以置信的速度旋转,而行星则和太阳一起大体上沿着相反的方向旋转,看上去往往杂乱无章;而现在看来,运动都沿同一个方向——分布合理且秩序井然的地球和行星总体上以相同的方式围绕太阳旋转,其轨道周期与它们各自离太阳的距离相关。正如我们所看到的,现在只需要 34 个天球或圆,而不是 80 个。而且,通过地球每天简单的绕轴自转,就没有必要让整个天空每 24 小时旋转一圈了。

另一方面,我们所认为的哥白尼体系美妙的经济性只是后来才有的,比如当哥白尼体系自身的一些复杂性和障碍被去除时。如果说从纯视觉的观点或几何学家的观点来看新假说要更为经济,那么从另一种意义上来说,它是非常浪费的;因为就 16 世纪的物理学而言,它留下了大量东西需要分别予以解释。无论如何,哥白尼体系的经济性至少在部分程度上乃是最近几个世纪的一种视觉幻觉。今天我们也许

会说,让地球绕轴自转要比让整个宇宙每 24 小时绕地球旋转一周更省力;但是在亚里士多德物理学中,移动沉重而怠惰的地球需要巨大的力量,而整个天空则是由据说没有重量的精细物质构成的,它比较容易旋转,因为旋转与它的本性相一致。尤其是,如果承认哥白尼在几何简单性方面有某种优点,那么你将为此付出巨大的代价。你失去了与亚里士多德学说相关联的整个宇宙论——高贵性各不相同的元素按照等级美妙地排列在整个复杂密合的体系中。事实上,你不得不抛弃现有科学的框架本身,正是在这里,哥白尼显然没有发现一种令人满意的替代方案。他为天界提供了一种更为简洁的几何学,但这种几何学使以前用来解释天空运动的理由和解释成了胡说。和冲力学说的情况一样,在能够应对新假说所受的批评之前,必须再进一步完成科学革命。因此开普勒说得不错,哥白尼错误地固守了托勒密的旧体系,没能看到自己是多么富有。

当哥白尼试图回应对其假说的反驳,特别是当他表明天界机制如何运作,并认为自己的几何学设计是正确的时候,这一点就看得更清楚了。众所周知,两列火车并排行驶时,很难分辨出正在移动的是不是我们这列火车;这种纯视觉的运动相对性必定早已为人所知,否则古代世界或中世纪就不可能争论运动的是地球还是太阳。为了论证起见,人人都可以承认运动的相对性,但这仍然不能解决那个关键问题——不能告诉我们实际在运动的究竟是哪一列火车。为了讨论这个问题,哥白尼必须进而研究运动的本性和原因——必须从几何学、从天空的纯粹样式问题转到物理学问题。如果问哥白尼,地球和天体为什么会运动?他会回答说:因为它们都是球形的,或者因为它们附着于球形的天球。把一个球体放在空中的任何地方,它都会自然地旋转——无需任何人转动,它就会旋转——因为以这种方式旋转乃是球体的本性。正如已经指出的那样,亚里士多德让运动依赖于天体的整

个本性,而哥白尼则是以几何学家的眼光进行观察的;因为在他的论证中,物体的本性纯粹由几何形状来决定,运动仅仅依赖于球形。此外,所有物体都渴望成为球体(一如水形成水滴),因为球体是完美的形状。重性(gravity)本身不仅属于地球,而且可能属于太阳和月亮,甚至可能属于任何球形的东西,因为它表现了物体的各个部分聚在一起,以球形来巩固自己的倾向。

事实上,从某种观点来看,在哥白尼体系中,地球的实际运动几乎是偶然的,因为正如我已经说过的,从几何学的观点来看,哥白尼体系不过是调整和去除了几个轮子的旧托勒密体系罢了。如果看久了这个新体系,就会有一些新的特征显现出来,这些特征使哥白尼体系与古代世界和现代世界都形成了鲜明的对比。对匀速圆周运动(他认为托勒密在这一点上做了推诿和伪造)的迷恋不仅激励和迫使哥白尼推翻了旧体系,而且在面对其体系的两大问题(它的动力学和引力问题)时,对球体是完美形状的一种非常类似的迷恋也使他出人意料地改变了讨论的方向。令人惊异的是,他这么早就已经面对了这些重大议题——关于这些问题,他的继承者们一直摸索到伽利略甚至牛顿的时代。但是对于第一个大问题:新体系的动力学是什么?——物体是依照什么物理定律以哥白尼的方式运动的?——他的回答既非冲力学说,亦非现代惯性定律,而是球体必须转动——根据这一原理,地球本身会不由自主地转动。如果你提出另一个大问题:既然地球不再是宇宙的中心,那么亚里士多德的整个重力理论的情况如何呢?——哥白尼跳到了从某种意义上说是现代的观点:不仅地球,而且像太阳和月亮这样的其他天体也有重性。但他把整个概念都系于同一条基本原理上,即一切物体都倾向于形成球体来巩固自身,因为球形是完美的形状。这就是为什么他的综合体系如此庞大——他不仅取代了托勒密的天文学,而且基于最深刻的原理抨击了亚里士多德的物理学。万

物背后的动机与哥白尼对圆性和球形的近乎迷恋有关,这种迷恋使古代的托勒密相形见绌。在你忘记了本次讲演中的其他一切之后很久,你的眼前仍会浮现出那种朦胧的幻觉,即圆和球,那正是哥白尼的标志,是未经冲淡的哥白尼思想的本质。虽然它在16世纪颇有影响,但我们必须指出,它从未以那种重要的方式进入17世纪的思想或现代世界的科学。

总的说来,我们不要忽视一个事实,即哥白尼的学说(较早的科学通常如此)与价值观念、目的论解释以及各种形式的泛灵论纠缠在一起。与其说他开创了新时代,不如说是结束了旧时代。和亚里士多德、托勒密一样,他本人也是世界体系的创造者之一,他们在造就一种如此神秘(与今天如此不相关)的综合体系的过程中显示出惊人的力量,以至于我们几乎应当把他们的工作看成仅仅与美学评价有关。一旦发现了哥白尼思想的真正特征,我们就不能不承认真正的科学革命还没有到来。

在旧思想体系的框架内,哥白尼无法使他的论证确定无疑。有一种旧的反对意见认为,假如地球旋转,那么它的各个部分将会飞散出去,地球很快就会旋转成碎片,对此他给出了一种不能令人满意的回答。他说,对地球而言旋转是一种自然运动,所以不会导致坏的结果,因为一个物体的自然运动绝不会摧毁该物体。这是一个尚未完全脱离亚里士多德学说的人所做的论证,不过,也许正因为在我们看来这一论证是陈旧的,它才更适合16世纪那些提出反对意见的保守者。有人提出,倘若世界正在自西向东运动,那么空气将会落在后面,从而会有大风持续从东向西吹,此时他仍然大致以古代物理学的方式作了回答,说空气必定会随地球一起转动,因为大气本身包含着土质的东西,这些东西会与其他所有土质的东西共同旋转。他试图利用关于地球旋转成碎片的论证来回击那些可能批评其理论的人,声称天空本身

的旋转如果真像所假定的那样快,则天空将在同样定律的作用下分崩离析。这种做法并不是很成功。正如我们已经看到的,天空和天体据说是没有重量的——根据亚里士多德的理论,它们并不受我们现在所谓离心力的作用。当伽利略试图应对这样一个论证,即假如世界绕轴自转,它将飞散成碎片时,他显然犯了错误。事实证明,在16世纪,整个离心力问题成了接受哥白尼体系的一个严重障碍,直到《天体运行论》出版之后一百多年惠更斯(Huygens)等人的著作出现,它才变得可以解决。事实上,托勒密在古代就已经否定了地球运动的假说,这并非因为他没能想到,而是因为不可能使这一假说符合亚里士多德的物理学。因此,直到亚里士多德物理学在其他领域被完全推翻,这一假说才会取得重大进展,即使是在现代。

如果说哥白尼远非现代世界观的典型,那么他的情况可以提醒我们,文艺复兴时期的人心里充满了我们今天认为陈旧的那些特征。有人指出,在那些年代里不打算做沉迷于超自然现象的神秘主义者的那些人,其实更像是我们现在所谓的超现实主义,因为他们将古代传说中的动物和自己想象出来的东西投射到他们所理解的具体世界中。因此,相比于中世纪,“蛇怪、埃及长生鸟、半狮半鹭的怪兽和火蜥蜴又盛行起来”。这一时期有某种令人难忘的哲学思想,如果说其中有许多内容都集中于灵魂问题或人的尊严问题,那么同样有许多内容体现了一种尝试:把整个自然看成一个自解释(self-explanatory)系统。其目的在于消除超自然的影响——精灵和魔鬼从外面对世界的作用,或者上帝任性的干预——在实际的自然体系内部寻求所有现象的解释,这个体系被认为在定律的支配下自主地运作。人们甚至越来越强调,应当更仔细地观察自然现象,不能仅仅因为古代作家的权威就接受相关材料。因此,整个运动在科学史上有自己的一席之地,为我们所要考察的故事作出了自己的贡献。不过后来它成了一种阻碍,在我们现

在看来,它的某些方面要比中世纪的经院哲学更缺乏理性。

在复古的掩盖之下,古代的神秘主义形式、犹太教神秘学的思辨、阿拉伯人的法术以及炼金术的骗人把戏都与哲学的各种成分混合起来。这些影响有助于恢复亚里士多德之前的那些宇宙观——或可称为各种形式的泛心论、天体生物学和泛灵论。如果说对占星术、巫术和炼金术思辨的信念从这时起持续增长,那么它们是受了一种时髦哲学和流行的理智倾向的鼓励,以至于我们所谓的魔法并不纯粹属于大众迷信,而且也被当时那些自以为文化修养高的人所信奉。事实上,鉴于当时获得的材料并不完美,达到一种统一的宇宙观念的尝试也许注定会导致某种臆想的东西。

文艺复兴时期的自然主义者也许急于拒斥神迹,但和彭波那齐(Pomponazzi)一样,他们仍然相信某些植物或石头可能带来雨水,动物能够作出预言,雕像也许会通过流汗来宣布一个重大事件。这些事情之所以会被接受,是因为它们被视为宇宙中可被确证的材料,人们甚至可能认为,祈祷者无需借助上帝的任何干预,只通过他们在大气中造成的位移就能驱散一场暴风雨。因此,完全可以既把人的意志应用于自然,又把自然本身当做魔法的。一些决心进行批评的人无法否定支持占星术的证据,一些人甚至着手从迷信中净化占星术,但没有想到占星术本身是一种欺骗。

根据这个体系,重要的是把现象与它们的原因联系起来,一条真实的因果链被视为理所当然,尽管物质现象与精神现象之间、机械活动与隐秘活动之间可能并无严格界限。在某种程度上,人们是通过搜寻出事物之间的类比和神秘对应来寻求原因的——把星星想象成雄的或雌的、热的或冷的,并且赋予它们与矿物或人体器官的特殊亲和性,以至于整个宇宙有时看起来像是一个充满象征的宇宙。磁石的作用似乎对这些思想家产生了非常强烈的影响,它甚至被当成了事物在

自然中运作的范例,因此存在着对物体之间神秘共感(sympathies)的寻求。植物有性别,光弥漫于整个自然界当中,都具有一种典型意义或象征意义。与此同时,思想家们也考察了与心灵感应、催眠术等有关的现象,这些现象在20世纪再次引起了我们的兴趣。例如,他们会表明如何通过使用暗示方法来发现某人是小偷。

所有这些思想也许在乔尔丹诺·布鲁诺(Giordano Bruno)那里达到了顶点,他在16世纪末提出了一个会让我们想起诗人而非科学家的宇宙体系。科学革命的过程之一就是与整个这种世界观的冲突,正是这种冲突为物理宇宙的整个探究增添了历史意义。既然最初已经误入歧途,这个世界似乎只有先让钟摆摆到对立的一极才能再次达到明智。

第3章

从古代到威廉·哈维的心脏研究

中世纪对古代学术著作和科学著作的重新发现、翻译和吸收在文艺复兴时期达到了顶点。这本身也许并没有给希腊罗马文明增加新的要素,但它产生了极大的振奋,加之城邦生活的繁荣,这一切似乎都给思想带来了活力。此外,人们现在意识到,亚里士多德在古代世界并非没有竞争对手;面对着相互竞争的解释和体系,人们不得不亲自做出裁决。新世界的发现以及与热带各国的密切交往使大量新资料 and 描述性文献得以发表,这本身就有激励作用。各门科学的本质结构并没有改变——科学革命依然是遥远的事——但是与物理学领域的情况相比,文艺复兴时期对于生物学领域也许有更大的意义。与印刷术有关的手段(比如木刻和铜板印刷)使科学教师有了新工具。人们最终可以确信,绘画和图表可以准确地复制出来;这种发展连同印刷术本身使准确的记录和科学交流变得更加可行。我们这部史话中的重要人物维萨留斯(Vesalius)与这种发展尤其相关,他对插图的使用以及赋予插图的自然主义特征与中世纪绘画传统大不相同。

在某种意义上,15世纪的意大利艺术也许可以在现代科学兴起的

历史中占有一席之地。那些坚称绘画是一个知识分支的实践家和理论家并不纯粹是为了在世界中获得一个较高地位；比如从阿尔贝蒂(Alberti)到列奥纳多·达·芬奇,他们都坚持数学的重要性,甚至声称数学是对艺术家的首要限制条件。除了研究光学和透视学、几何学和比例,人们赋予解剖学以重大意义;在解剖学中,艺术家可以为了观察而观察——观察时不像中世纪学者那样急于利用整个盖伦(Galen)人体理论。15 世纪的马萨乔(Masaccio)的一大功绩就是画出了立体图像,而不是把东西画成平的,因此,据说他是按照事物的实际样子来再现事物的第一人。从这时起,佛罗伦萨画派就因为注重自然主义表现(特别是与人物画像有关的地方)而独树一帜,从某种观点来看,也许可以把它看成准科学的。金匠作坊和艺术家的工作室宛如现代实验室的前身;画家使用的材料是研究和实验的主题;在其他方面必定存在着与工匠的密切关联——这些都与在案头前构思科学理论的自然哲学家非常不同。事实上,在自然科学家这种现代形象的演进过程中,艺术家、工匠和自然哲学家似乎融为一体了。在 15 世纪,艺术家往往是一位技师(常常发明一些小装置),一位机械、水力学和防御工事方面的专家。无论是在列奥纳多·达·芬奇之前还是之后,一个又一个画家被任命为军事工程师。在佛罗伦萨的画家尤其是较为普通的画家当中,科学有时显得超越了艺术本身,他们的画显示了对肌肉的了解或者在处理透视问题上的精湛技巧。我们已经指出,在 15 世纪被艺术家工作室所吸引的人(出于同样的性情)到了 17 世纪也会被伽利略的工作室所吸引。尤其是,经验观察的技艺必定已经大为发展。这些艺术家虽然得益于古代世界甚多,但他们最先呼吁反对一味屈从于权威,最先声言必须为自身而观察自然。

人们已经发现,16 世纪的某些作者虽然谈到了亲眼观察事物的重要性,但他们在观察一棵树或一片景色的时候,仍然只能注意到古典

作家教他们注意的那些事物。当马基雅维利(Machiavelli)号称从当时的政治事件中得出结论时,他仍然只是给出了得自某位古代思想家的格言——他也许认为自己是根据眼前的材料做出推理的,但实际上,他所选择的材料只是说明了之前便存在于他心中的那些格言而已。同样,面对着一大堆书面材料的历史学者心中仿佛有一块磁石,(除非他非常小心)会从材料中吸引出这样一些东西,它们能够确证他在研究开始之前就已经设想的故事轮廓。中世纪后期的人已经认识到,最终一切都依赖于观察和经验,依赖于解剖和实验,以至于15世纪有一个人声称正在传播自己的经验和实验结果,而实际上,我们现在知道,他只不过是抄了另一位作者的作品中的几段话。然而,尽管有越来越多的解剖学实践,但收效甚微,因为人们只观察古代作家盖伦教他们去寻找的那些东西。

除此之外,即使在今天看来也是如此:当从科学或历史中得出了某些结论时,这些结论通常会被纳入“既定的事实”,然后被各种书传抄,就好像现在事情已经终止,这些话题再也不用思考了似的。历史学者并不亲自去验证他们所处理的每一个历史细节,局外人也许会好奇,科学家是否通过独立的实验真正重新发现了他们在头脑中构建的那门科学的每一个细节。现在,在现代科学之初所做的许多解剖还根本算不上我们所谓的研究,而是一种课堂演示——不是一个发现过程,而是一种教学方式和说明既定事实的方式。其真正目的是将盖伦著作中的真理传授给学生,当老师读到书中的某段话时,一位助手就来做实际的解剖。这些可怜人知道,在解剖方面,盖伦的技艺比他们高超太多,倘若最终结果真如盖伦所说,他们就会为此而自豪——这并不容易,尤其是,比如盖伦在做解剖时使用的是猿,而不是人体。在解剖学领域,当16世纪的第二个25年里出现了一个像维萨留斯那样具有原创思想的人时,甚至连他在发现自己与盖伦的不同时也(和其

他人一样)说,起初他并不相信自己的眼睛。

于是,文艺复兴时期出现了更多希腊科学著作(比如植物学著作),甚至是盖伦本人的译本。这引发了关于古代权威的争论,比如大学里关于亚里士多德和盖伦的争论,其中一些争论涉及心脏的功能和活动问题。也有所谓阿拉伯人和所谓希腊人之间的争论(前者通过阿拉伯人的翻译来理解盖伦,后者则直接阅读古希腊文献),但并不涉及心脏问题。最后,文艺复兴促使人们更加坚持观察和改进观察技巧。第一个通过改进观察而发生转变的科学分支是解剖学这门画家的科学,这也许不是偶然的。维萨留斯使这门科学得以复兴,在他那里,艺术家的心灵和科学家的心灵几乎已经合二为一。

甚至在心脏问题方面,古代的影响在科学革命的叙事中也并非没有位置。威廉·哈维对血液循环的证明是这段插曲的高潮,他在许多方面都是一个亚里士多德主义者,并与亚里士多德主义的帕多瓦大学有联系。和亚里士多德一样,他也把心脏看成人体的核心器官——最重要的特征——因此在心脏问题上,他有时显得兴趣大增,这使我们想起了哥白尼对太阳主题的热情。盖伦强调的其实是肝脏的重要性,认为静脉以肝脏为中心。亚里士多德的观点陷入了一种相应的极端,认为甚至连神经也是从心脏延伸出来的,因为作为情感之所在,心脏有特殊的重要性。

古人已经做过解剖,而盖伦除了解剖动物,还研究人的骨骼,并且对活体做过实验。事实上,在对实验的一般态度上,正是盖伦的教导使医学学者(比如在帕多瓦那样的大学中)领先于其他科学家。然而在通常的解剖实践中,始终存在着两个陷阱。首先,许多结论不是从人体,而是从动物解剖中获得的,就连维萨留斯在开创了现代解剖学的著作中,谈到身体的某些部位时也不得不求助于动物,而不是人体。其次(直到威廉·哈维才在17世纪指出了这个错误),人们在考察出

血至死的动物时做出了错误的推断,因为他们看见心脏的动脉和左心室时,血液已经排干。然而,盖伦已经揭示了古人的错误,即动脉和心脏左侧只包含空气。同时他又认为,动脉血混合了一种被称为“普纽玛”(pneuma)的精气物质,它是一种生命本原,在某些方面类似于空气,在另一些方面又类似于火。

然而,盖伦要为盛行于16世纪的一个重要异端负责,正是威廉·哈维决定性地清除了这个异端。盖伦认为,一种血液从肝脏经由静脉流到人体的各个部分,执行普通的营养功能,另一种血液则混合了前面提到的生命精气,经由动脉流出,完成某种更加赋予生气的工作。要想让17世纪的观点变成现代观点,即血液从动脉中流出然后经由静脉回到心脏,还有许多障碍要克服,盖伦本人只设想过一种在静脉和动脉中独立发生的涨落起伏。为了理解这些困难,我们有必要区分一下古代相关教导所包含的各种过程——这是体系中需要推翻的关键点。盖伦的观点首先蕴含着空气直接从肺流到心脏,据说是为了防止心脏提供过多的热量。其次,根据同样的观点,心脏的主要活动是在舒张期发生的——主要过程是把血液吸入心脏,而不是排出血液。最后,根据同样的观点,静脉血最初被吸入心脏右侧,但其中一些静脉血透过厚厚的隔膜渗入左心室,在那里静脉血得到净化并与生命精气相混合,新的混合物最后自行流入动脉。整个系统的枢纽是血液透过隔膜流入左心室,再从这里进入动脉。

这里我们看到了一个复杂的错误体系,必须指出,该学说不仅本身是错误的,而且在得到纠正之前,它一直是生理学发展的永久障碍——因为如果它不正确,那么其他任何东西都不会正确。这又是一个例子,说明一旦得到纠正,它可以引发其他方面的巨大变革。

现在,一位13世纪的阿拉伯医生否认心脏隔膜中存在着使血液从一边流到另一边的可见通道或不可见细孔。他坚称,只有经由肺

部,血液才能从右心室流到左心室。1547年出版了其著作的拉丁文译本,但其中并没有包含他关于这一主题的学说,所以必须把此后在意大利出现的发展看成一场独立运动的一部分。在中世纪晚期的西欧,一位解剖学者曾经说过,穿过隔膜的通道很难找到。甚至连列奥那多·达·芬奇也误认为血液穿过了隔膜,尽管他在晚年可能对此有过几分怀疑。在他之后,至少有一位作者——维萨留斯本人——曾说,上帝应该能使血液流经看似坚硬的隔膜,这彰显了上帝的强大力量。事实上,正是维萨留斯第一次质疑了盖伦关于隔膜的整个学说。不过必须指出,经过了长时间的犹豫,他在纠正盖伦关于这一点的学说时,仍然没有看到必须建立一种全新的血液运动观念。

见证哥白尼的伟大著作和阿基米德的重要译本问世的1543年对于科学革命具有重大意义,因为这一年还出版了维萨留斯的巨著——《论人体构造》(*De Fabrica*),此书奠定了现代解剖学的基础。维萨留斯起初是盖伦的热情追随者,但是从1538年开始,他对盖伦的学说产生了越来越多的怀疑;因为他是那种真正的开拓者,他亲自解剖,有目的地发明新仪器或者从其他领域的研究者那里借仪器,并且创立了新的技巧(比如在制作骨骼标本方面)。然而,我们绝不能以为只要他对血液流经心脏隔膜产生怀疑,这个异端就会从学术领域消失;尤其是因为他对这种怀疑的表达非常谨慎,而且在1543年著作的第一版中显得极不自信,正如他后来承认的,他在这一版中故意让自己的结果符合盖伦的学说。虽然他还保留着旧的思想方法,但他的成就、方法和(正如我们已经看到的)插图使他成为科学革命史上的一个关键转折;不幸的是,他三十多岁便结束了自己的研究生涯,他先是当军医,然后又在查理五世的宫廷中做御医。虽然他的伟大是公认的,但他并未意识到,当时需要对心脏和血液的运动做出新的说明。在这些要点上,他仍然维持了盖伦的学说。

这是通向威廉·哈维工作的第一步,在论证的下一个阶段则要谈论另一个议题,即肺在血液的系统和运动中所起的作用。达·芬奇抨击了空气从肺进入心脏的旧观点——事实上,他说他用泵做过试验,迫使空气沿那条线路进入心脏是不可能的。维萨留斯在帕多瓦的继承者科伦坡(Colombo)在1559年出版的著作中正确地描述了所谓的小循环,即血液从心脏右侧流进肺,再从那里进入左心室。除此之外,科伦坡在这个问题上仍然固守着古老的盖伦学说,即血液不仅经由动脉,而且经由静脉流到身体靠外的部分。换句话说,科伦坡并不知道更大、更普遍的血液循环。此前不久,著名的异教徒弥贵尔·塞尔维特(Miguel Serveto)在1553年出版了他的《基督教的复兴》(*Christianismi Restitutio*),这部著作几乎完全被毁,因为它同时冒犯了天主教徒、路德教徒和加尔文教徒;在这部著作中,他插入了关于血液从心脏进入肺再返回左心室的说明。由于在实际印刷出版之前,学说就已经在流传,论著就已经写了出来,所以对于塞尔维特的发现是否真的早于帕多瓦的成就,学者们意见并不尽一致。我们也不知道一方是否有借鉴于另一方。

另一位意大利作者切萨尔皮诺(Cesalpino)也让我们充满兴趣,意大利人有时称他为周身血液循环的真正发现者。如果这一说法真正成立,那么就有理由认为他领先于威廉·哈维。因为有人指出,早在1593年他就已经确立了自己的结论,并将其公布于他过世后在1606年出版的一部著作中。他是亚里士多德的一位了不起的门生,提出过许多引人深思的东西来捍卫亚里士多德体系,反对盖伦体系。然而,尽管他谈到过某种类似于周身循环的东西,甚至在肢体处看到了血液从动脉流入静脉的某种通路,但我们尚不清楚他是否认识到了所有血液从动脉到静脉的正常流动;虽然他看到静脉中的血液流向心脏,但却没有意识到这一发现的重要性。他肯定没有像哈维那样去论证这

种循环,也没有以强有力的体系去把握整体。不幸的是,人们对切萨尔皮诺的讨论大多只涉及这一特殊争论,对他工作这一方面的过分关注妨碍了从其著作中认识其他许多有意思的东西。

到了这个时候,法布里修斯(Fabricius)已经迈出了朝向发现血液循环的另一大步,他在1574年出版了一部著作,描述了某些静脉瓣。虽然最早做出这一发现的可能并不是他,但是对静脉瓣的确认极为重要,因为人们觉察到,瓣的运作只制止血液从心脏经由静脉向外流,比如制止血液沿这条线路流向手和脚。既然如此,有人可能以为法布里修斯已经认识到,正常线路是沿着相反的方向(向内朝着心脏),因此应把静脉血看成血液正在回程。然而,法布里修斯受盖伦学说影响甚大,以致错过了他自己发现的整个要点,他所提出的解释完全没有触及那个大问题。他说,瓣的目的仅仅在于制止和延缓血液流动,以免血液过多流入四肢并且在那里过分聚集,可以说,血液是凭借其自身重量被输送下去的。事实上,法布里修斯在许多事情上很保守,他仍然相信空气直接从肺进入心脏。当确已证明血液是经由同样线路从心脏进入肺的(人们相信空气是沿着这条线路以相反方向从肺进入心脏的)之后,威廉·哈维仍然需要指出,方向相反的这两种运动几乎不可能沿着同一条线路同时发生。因此直到17世纪,一种奇特的思想僵化阻碍了顶尖科学家去认识血液循环的基本真相,不过也许可以相当公正地说,他们已经掌握了一些最重要的证据。

如果我们看一下16世纪存在的种种障碍,看一下在摸索中前行的这些早期阶段,就会意识到威廉·哈维的伟大,他在17世纪初通过几个巧妙的策略性举动改变了问题的整个状态。弗兰西斯·培根曾指出,有些科学发现做出之后显得好像很容易。他提醒人们想想欧几里得的某些命题,它们第一次听起来是那么令人难以置信,然而在得到证明之后,又显得如此简单,你甚至觉得你早就知道这些命题。因

为我们事先知道答案,所以当我们以倒叙的方式从这场伟大转变的错误一面来看这段历史时,很容易把哈维的前辈们看成愚蠢的,事实上也看不到哈维本人成就的伟大之处。但我们必定会再次惊叹,无论是过去还是现在,一直在收集事实的人类心灵是何等缺乏灵活,改变其参考框架是何等缓慢。哈维的前辈们已经通过切口和结扎观察到了静脉血朝着心脏的流动,而不像他们的理论总是理所当然地认为的那样流向身体靠外的部分。但由于受到盖伦思想的主导,他们说血液的行为是不规则的,因为受到了这些实验的干扰——就像一只受惊的母鸡拍打着翅膀,慌不择路地走到了错误的方向。

在讨论哈维的实际成就之前,我们也许注意到,他曾在帕多瓦大学待过几年,他的主要前辈,如维萨留斯、科伦坡和法布里修斯,都曾在这里工作过。我们不可能看不到,心脏研究史上的这整个一章基本上都是这所大学的荣耀。在这方面,意大利的功劳要比那些爱国历史学家能为意大利赢得的任何荣誉都大,即使他们宣称切萨尔皮诺的说法都成立。我们所要讲述的这段历史自始至终都与帕多瓦大学联系着,历史学家应把注意力转到这里。此外,哥白尼和伽利略都是在这所大学度过了他们一生中的重要时期;除了这些伟人的熠熠光辉,帕多瓦大学还有一些发展会证明,如果某个地方可以被誉为科学革命的所在地,那必定是帕多瓦。从14世纪巴黎经院哲学中产生的伟大潮流有倾向地传到了北意大利的大学,到了16世纪,冲力学说正是在那里发展起来,也正是在那个时候,巴黎自身的传统和兴趣开始远离那门研究分支。对于文艺复兴时期的人文主义者来说,帕多瓦是特殊的嘲笑对象,因为它是亚里士多德主义的温床;一所基本上以亚里士多德为传统并且长期以来如此崇拜亚里士多德的大学,竟然在科学革命过程中起着如此重要的作用,这正是科学革命的悖谬之一。不过,帕多瓦大学有它特定的优点。在这所大学中,亚里士多德主要是作为医

学课程的预备来加以研究的；因为这里和巴黎的情况一样，科学的女王是医学而不是神学。正如我已经提到的，盖伦教给医学学者的不仅是对观察的尊重，而且还有对实际实验的尊重；不仅如此，他本人的著作促使帕多瓦对实验方法做了自觉的讨论。无论如何，这一时期的意大利城市已经变得高度世俗化，而在帕多瓦，世俗化早已非常显著——甚至在政治思想上也表现得很显著，马西利乌斯(Marsiglio)的著作便是证明。在这所大学中，对亚里士多德理论的诠释主要关注他关于物理世界的著作，而且长期以来，这项研究一直与医学院合作进行。中世纪的经院哲学家已经把亚里士多德吸收到他们的基督教综合体系之中，而帕多瓦的学者则把亚里士多德变成了一种世俗得多的研究，希望看到脱去基督教外衣的最初的亚里士多德。也许应当记住，帕多瓦学者之所以倾向于采取这种态度，是因为这是一所阿威罗伊主义(Averroist)大学，他们是从阿拉伯评注家阿威罗伊(Averroes)的角度来审视亚里士多德的。从1404年开始，帕多瓦受威尼斯统治，无论在当时还是在此后的很长一段时间里，威尼斯都是欧洲最成功的反教权国家。帕多瓦所享有的思想自由吸引了最有才干的人，他们不仅来自整个意大利半岛，而且来自欧洲其他地方。威廉·哈维本人就是一个引人注目的例子。在《观念史杂志》(*Journal of the History of Ideas*)的第一卷，兰德尔(J. H. Randall)在一篇文章中指出，我们夸大了文艺复兴时期的新思想——尤其是对柏拉图主义—毕达哥拉斯主义思想的狂热崇拜——在科学革命中的重要性。从15世纪到17世纪，在帕多瓦大学，对科学方法的自觉讨论有一种更深的历史连续性；这里我们必须再次注意对亚里士多德的评注过程的持续和发展是如何推翻亚里士多德的。已经有人指出，15世纪帕多瓦大学关于科学方法的讨论批判了纯粹定量的方法(与旧的定性方法相反)；16世纪的帕多瓦学者还质疑了这样一种旧观点，即自然运动(比如在落体情况下)

源于物体中的一种固有趋向——他们问,自然运动是否可能源于一种施加的力?到了16世纪末,他们对这种施力是否应当在自然哲学中占有一席之地也表示怀疑。他们对于科学方法已经有了特别清晰的想法,就在关于这一主题的某些激烈争论发生之后,伽利略来到帕多瓦大学,继承了这些方法的一些要点,在讨论其特征时使用了同样的方式。然而正是在解剖学中,他们作为一个学派和一种传统取得了最出色的成果;威廉·哈维继承这一传统是极为重要的,因为他的工作的一个显著特征就是,不仅要进行解剖和观察,还要做实际的实验。我们发现有一本迟至1670年的英国著作说,帕多瓦“在医学方面超越了世界所有其他大学”。

威廉·哈维所继承和发展的不仅有解剖和观察,而且还有那种可见于16世纪帕多瓦的实验。他宣称他“不是从书本而是从解剖活动”中学习和讲授解剖学的,他还把解剖结果与临床观察和巧妙的实验结合了起来。他的整个研究具有显著的全面性和系统性——不仅体现在许多操作以及对血液循环的大量描绘,而且体现在把比较方法系统地扩展到各种动物。在听到那么多用猿和其他动物而不是人来解剖所导致的错误之后,我们好奇地发现,哈维使人们开始抱怨,解剖现在往往只限于人体(未能充分重视比较方法)。他的工作极具现代气息,因为他的大量研究和论证都有明显的机械性,他看重纯粹的定量思考,以及一套计算所带来的最终说服力。有趣的是,我们看到他把心脏称为“一部机器,在这部机器中,虽然是一个轮子带动另一个轮子,但所有轮子似乎同时在运动”。他在考察任何解剖学特征时,并不立即自称从对其形式和结构的印象中推导出了它的功能,而是一旦提出假说,就会诉诸实验,用机械方法来确证他所构想的观念。最后,他的著作虽然本身似乎缺乏条理,但却清晰地说明了论证中所使用的方法,并且全面记录了所做的实验。

使哈维深思的似乎是那些可能处于心脏入口或出口的瓣,不过很快他就开始关注他的老师法布里修斯所描述的那些静脉瓣,他本人似乎把这些瓣当成了对其研究的激励。1628年,他的《心血运动论》(*De motu cordis*)一书出版了,但他写道:“九年多来”,他一直在“通过各种证明”来印证其观点。他仍然不得不与旧的异端邪说进行斗争,如果我们以为前面提到的他在帕多瓦的那些前辈们的发现当时已被普遍接受,那就错了。他抨击了那种认为动脉吸入空气的看法,认为有必要指出,盖伦本人已经表明动脉中只包含血液。他注意到,动脉被切断或受伤时不会像气管被切割时那样吸入空气或排出空气。他还希望逐渐破除血液穿过心脏隔膜这一思想,他说这种隔膜,“其结构要比人体的任何部分更为密集和紧密”。倘若血液渗过隔膜,为什么隔膜会像心脏的其余部分那样需要通过冠状静脉和冠状动脉而有自身的血液供应呢?无论如何,当收缩和舒张同时发生时,左心室如何能从右心室吸入血液呢?同样,他还处理了那个关于肺的棘手问题。他问道:为什么会认为某种具有大血管所有结构的东西能把空气从肺输入心脏,而血液却被说成如此费力地穿过坚固的心脏隔膜呢?他由血管的结构做出推论,用实验来检验血液在其中的流向,并且由它们的尺寸论证,血管不仅必定携带着血液,为肺提供营养,而且必定所有血液都流经肺部,以达到更新血液的目的,尽管他并不知道实际发生的氧化过程。他还用比较方法表明,没有肺的动物就没有右心室——这证实了他的看法:右心室连接着到肺的通路。他表明,在胚胎中,血液走了一条从右心室到左心室的较短线路——当肺开始活动时,这条线路便不再起作用。接着,他考察了心脏的纤维结构,并且表明(与业已接受的观点相反),心脏的实际活动在于它泵出血液时的收缩,而不在于吸入血液时的舒张。他对心脏结构和活动的实际描述堪称一件美妙的艺术品。

他表明,关于这些主题的现有观点既不可信,也不一致。不过,虽然他对比较方法的运用非常引人注目,但在实验领域,他并非最具原创性。在实验领域,甚至有一些已经投入使用的仪器他都没有使用。就像我们在力学领域看到的革命,或者像拉瓦锡(Lavoisier)将在化学领域实现的革命一样,他之所以能够引发革命,是因为他能在一个全新的思想框架中看待整个问题,并以一种简化问题的方式来重新表述问题。事实上,正是出于一种策略上的直觉,他的头脑能够抓住最关键的要点。哈维最出色的论证是一套简单计算,基于他对心脏输往全身的血液总量的估计(粗略且不准确的估计)。他的测量很粗略,这无关紧要——他知道自己的结论必定是正确的,甚至承认别人可能归咎于他的最大误差界限。对于任何具有机械思想的人来说,只要能够真正注意这一点,答案都是清楚的;它使哈维的其他证据和论证都变得次要了。

关于心脏的容量,他说过一句能够说明其想法的话:

关于流动血液的量和来源,我所要说的话是如此新颖和闻所未闻,以致我不仅担心有少数人因为妒忌而伤害我,而且担心我把整个人类都当成了我的敌人,担心习惯成了第二天性。

他发现在一个小时内,心脏输出的血液比一个人的体重还要多,远远超过了这段时间内获得的任何食物所能生成的血液量。除非假设血液一次次循环地流经整个人体,否则便无法说明所有这些血液来自何处以及可能流到何处。哈维追溯了血液从左心室出发环绕整个人体的循环过程,解释了心脏瓣膜的地位以及动脉较为坚硬的结构,尤其是在接近心脏的地方,动脉必须承受每次血液推进的冲击。现在他能够证明,为什么在人体中往往是从动脉而不是从静脉中排出血液,并且能对静脉瓣做出更令人满意的解释,那些静脉瓣打开了朝向心脏的通路,却阻止血液往回流向静脉的外侧分支。整个链条中有一

个环节,即整个循环中的一部分,他未能查明,那就是血液从最外侧的动脉分支到偏远的静脉分支的通路。这种联接只有用显微镜才能发现。1661年,当马尔皮基(Malpighi)宣布他在几乎透明的蛙肺中确认了所谓的毛细血管时,这种联接才被揭示出来。

哈维的工作似乎经过了30~50年的时间才获得承认,不过在我们今天看来,他的论证也许比这一时期的任何其他论著都更能让人信服。因为虽然他持有一些当时流行的不能让人满意的思辨看法,比如关于生命精气的信念,但他的论证从未依靠那些看法,而且他的论点在力学上非常令人满意,以至于他那些论证后来成了无意义和不必要的。笛卡尔对血液循环的思想表示欢迎,但他对这一思想的接受乃是基于某种误解,而且在心脏的活动和功能问题上,他的看法与哈维不同。不过最重要的是,血液循环的确立使生理学开始在生物研究中发挥作用。直到这时,人们才开始正确地理解呼吸,甚至是消化和其他功能。既然血液循环贯穿动脉,然后经由静脉返回,有人可能会问:“它携带着什么东西,为何、如何以及在何处装载的,为何、如何以及在何处又卸载了它们。”因此,关于这些方法和成果,我们似乎已经最终触及了某种类似于真正科学革命的东西。

第 4 章

亚里士多德与托勒密的衰落

关于托勒密体系的重大争论中的关键阶段似乎未被系统地探讨过,其整体也很少或从未得到过考察,因此我们有必要对其做出较为连贯的说明,从而考察整个转变。鸟瞰一下这个战场对于广泛研究科学革命是有意义的,尤其是因为在战役的这个部分,战斗愈演愈烈并且达到了白热化的程度。

如果以为哥白尼的伟大著作在 1543 年刚一出版就立即动摇了欧洲思想的基础,或者足以完成一场科学革命,那就错了。几乎经过了大约 150 年,各种思想才如愿地结合起来,构成了一种令人满意的宇宙体系,这种新体系可以解释地球和其他行星的运动,并且为科学的进一步发展提供了框架。直到哥白尼去世后,过了一代人的时间(临近 16 世纪末),关键的转变时期才真正开始,冲突也变得激烈起来。出现的剧烈动荡源于一些非常不同的思考,源于一些事件——即使哥白尼未能写出他那革命性的著作,这些事件也几乎会同样剧烈地动摇旧的宇宙。事实上,虽然哥白尼的巨大影响并不亚于人们通常的设想,但这种影响与其说来自他实际天文学体系的成功,不如说来自他

对正在做不同事情的人的刺激。

哥白尼的著作一问世就激起了宗教上的反对,尤其是以《圣经》为依据的反对。由于新教徒特别倾向于所谓的《圣经》崇拜,他们很快就提出了一些严厉的谴责,比如路德(Luther)和梅兰希顿(Melanchthon)等人的谴责。我们也许怀疑有某种无意识的偏见在其中起了作用,怀疑亚里士多德的宇宙观与基督教的纠缠超出了必然性所要求的程度;虽然《旧约》曾说神让地球固定不动,但是对这些说法可以做出弹性解释,之前几个世纪的《圣经》诠释已经设法避免了比这更糟糕的困境。无论如何,即使《旧约》不是哥白尼体系,它也远非托勒密体系。《旧约》里讲,天会像人的衣服一样逐渐变旧,在谈到神时说,星星和天本身在神眼中并非完美,这些说法的确对亚里士多德及其完美的第五元素给予了某种打击。新教徒长期保有这种偏见。几年前,当剑桥科学史委员会在参议院议事厅纪念伟大的捷克教育家夸美纽斯(Comenius 或 Komensky)访问英格兰 300 周年时,许多演说都忽视了他是反哥白尼的,他在整个 17 世纪多次再版的教科书中的错误立场对新教徒产生了强大影响。另一方面,哥白尼是罗马天主教会的教士,天主教会的一些高级要人都与其著作的出版有关联。新观点获得了天主教会相对温和的认可;直到最近才有人提出,用了差不多 50 年时间,领悟很慢的罗马天主教徒才看出哥白尼必定会引出伏尔泰(Voltaire)。不过,正如我已经说过的,直到 16 世纪末,地球运动问题才发展到真正的冲突阶段,那时(出于完全不同的理由)宗教问题开始显得比以前更严重。

虽然哥白尼并没有说宇宙是无限的(他曾宣称,这个问题属于哲学家的领域),但是出于我们将在后面考虑的一个理由,他不得不把恒星置于他所谓的无可估量之远处。尤其是一些英国追随者,很快就把他解释成明确支持一个无限的宇宙;除非他们提出一些非宗教的异

议,让基督徒们在无损上帝力量和荣耀的前提下对此毫无怨言和质疑。但不幸的是,乔尔达诺·布鲁诺(16世纪意大利的一位标新立异的思想家)进一步谈到实际存在着多重世界,这便引出了比以往任何时候都更严重的问题:其他世界中的人需要救赎吗?在这个无限宇宙的整个范围内,是否存在着基督的多次显现、多次道成肉身以及多次赎罪呢?这个问题比前面提到的纯粹《圣经》议题更令人尴尬;1600年,宗教裁判所以多个异端罪名烧死了布鲁诺,他那些不加约束的思辨进一步强化了在哥白尼体系问题上的宗教恐惧。

除此之外,引人注目的是,我们会从诸多方面,以诸多形式遇到伽利略著作中那种常见的论点:设想上帝纯粹为了人,纯粹为了服务于地球而创造出这个新的浩渺宇宙,这是荒谬的。若是从真实比例去看待事物,物体将显得微不足道,整个代价似乎太大。在这个后期阶段,无论是罗马天主教徒还是新教徒都反对哥白尼的假说,尽管在英格兰本土,这种反对显得不像在其他大多数地方那样激烈。新教天文学家开普勒受到了图宾根新教教员的迫害,1596年,他实际上求助于耶稣会士。新教徒开普勒和罗马天主教徒伽利略都冒险进入了神学领域,他们试图向信奉同一宗教的人表明,哥白尼体系并不违反对《圣经》之言的合理解释。伽利略出色地利用了圣奥古斯丁(St. Augustine)的学说,有一段时期,罗马的教会上层人士给他的鼓励要多于帕多瓦大学信奉亚里士多德学说的同事们给他的鼓励。不过从长远来看,部分出于技术的理由,正是新教的灵活性使其与科学、理性主义运动结成了同盟。从17世纪末开始,这一过程也大大改变了新教的特征,把它变成了现代的更加自由化的运动。

然而,若不是部分被科学理性所支持,部分被科学家本人的保守性所支持,宗教障碍很难起到什么作用。有学者指出,在这一主题上,16世纪的占星术士在某种程度上表现得更加开明。除了哥白尼所提

供的整个新综合体系所涉及的困难(我们已经看到,这一综合包含了对圆的优越性和天球本身行为的迷信式依赖),无论是哥白尼提出的方案,还是在其他任何可以设想的体系中,把运动归于地球都会导致某些物理上的反驳。正如我们所看到的,哥白尼曾试图详细回应这些反驳,但不难理解,他的回答不大可能消除争论。

哥白尼本人已经意识到,他的假说会以一种我们迄今尚未提及的方式遭到反驳。如果地球沿着巨大的轨道围绕太阳旋转,那么当从轨道的对面一侧观察时,恒星应当显示出些微的位置变化。这种变化的确存在,但它过于微小,以至于在哥白尼之后三个世纪都没有被观测到。为了解释当时看起来的这种不一致,哥白尼不得不把它归因于恒星的距离过于遥远,以至于地球轨道的宽度与这一距离相比宛如一个点。如果说托勒密理论因为让恒星以如此巨大的速度做周日旋转而超出了人的理解范围,那么哥白尼则是因为把恒星置于令人难以置信的远处而超出了人的理解范围。哥白尼甚至使他的体系丧失了一定的经济性和对称性;毕竟,尽管太阳与相继的行星之间存在着美妙的间隔,但他不得不在最外层的行星土星与恒星之间放置极为广袤的真空。情况甚至比这更还要悖谬。当伽利略第一次使用望远镜时,他惊讶地发现,恒星此时显得比用肉眼看到的小得多;他说,它们显得就像针头那么大的光点。由于某种模糊性,恒星看起来要比实际上肉眼观测到的更大。在哥白尼生活的年代,这种视错觉尚未得到澄清,在这个问题上,他必定会产生一些误解。甚至在他那个时代之前,当人们试图依据恒星的视尺寸来计算它们的实际尺寸时,有些恒星似乎大得令人难以置信。他把恒星移到几乎无法估量之远处(当然,对于地球上的观察者来说,它们的视尺寸仍然相同),就必然认为它们还要更大,从而更加超出了原已难以接受的理解范围。

除此之外,还有一种著名反驳:倘若地球自西向东急速运转,那么

从塔顶丢下的石头应当被甩到后面,从而落到塔的西面。无论这在我们看来有多么荒谬,著名丹麦天文学家第谷·布拉赫严肃考察了这一论证,他还引入了新的论证,即假定地球运动时的炮弹射程应当比假定地球不动时的炮弹射程更远。这个论证的新颖性使它在随后的时期特别流行。

然而在此期间还发生了其他一些重要的事情,人们已经越来越清楚地感到,天文学中必将发生巨大变革。事实上,无论哥白尼的假说是真是假,旧的理论都行不通了。其中一个事件是1572年出现了一颗新星,有一位科学史家正确指出,它对欧洲人思想的冲击要比哥白尼假说的发表更大。据说除了太阳、月亮和金星,这颗星是天空中最亮的东西,有时甚至在白天也昭然可见,它在整个1573年都在闪耀,直到1574年初才消失。如果它是一颗新星,这便违背了崇高的天界从不发生生灭变化的旧观点。人们甚至提醒自己,上帝在第七天已经停止了创世工作。人们试图表明这颗星只存在于月下区,甚至伽利略后来也认为有必要揭露从大量数据中选择不准确的观测结果来支持这种观点的行为。毕竟,哥白尼只是提出了他声称要比古代理论优越的另一种天空理论。然而,这时人们正面临一些让人为难的事实,这些事实他们迟早要承认。

1577年出现了一颗新的彗星,甚至连某些不相信哥白尼理论的人也不得不承认,它属于较高的天空,而不属于月下区——现在进行的更准确的观察已经改变了对彗星位置的观察状况。由于这颗彗星径直穿过了据说构成了天空的不可穿透的水晶天球,人们不由地认为,天球实际上并不是天界机制的一部分;第谷·布拉赫虽然在其他方面保守,但此后也宣称他不再相信这些天球的真实性。在16世纪的最后25年,我已经提到的乔尔达诺·布鲁诺描绘了漂浮在空荡荡的空间中的行星和恒星,不过现在更难解释它们为什么会运动以及如何保

持在其规则轨道上了。那种认为彗星仅仅由地球的挥发物所构成,而这些挥发物在火球层中燃烧(这一切都在月下区)的亚里士多德理论也站不住脚了。那些不愿在实际证据面前退缩的人开始详细修改亚里士多德理论——有人说,较高的天界并非不变不朽;还有人说,大气遍布于整个高天,从而使地球的挥发物上升,甚至在远高于月亮的地方也能燃烧。即使哥白尼不去抨击托勒密的宇宙体系,该体系的基础也已经开始动摇。

尤其是到了16世纪末,我们可以看出存在着非同寻常的居间情形——我们可以看到,人们已经意识到天文学所达到的转变阶段。1589年,作者马吉尼(Magini)说,人们非常需要一种新的假说,它将取代托勒密假说,而又不像哥白尼的假说那样荒谬。另一位作者梅斯特林(Maestlin)也说,需要有比托勒密和哥白尼的观测更好的观测数据,“天文学发生彻底革新”的时机已经到来。人们甚至提出,应当抛弃所有假说,径直收集更加准确的观测数据。第谷·布拉赫对此回应说,没有任何假说的引导而只是坐下来观察是不可能的。

而梅斯特林所要求的天文学的彻底革新恰恰就在16世纪末进行了;第谷·布拉赫正是它的第一位领导者,他之所以重要并不在于他的假说,而恰恰是因为他留给继任者的那些所谓“混乱”的观测数据。我们已经看到,在16世纪的最后25年里,第谷·布拉赫几乎已经实现了使用望远镜之前所能实现的一切。他大大改进了观测仪器和观测的准确度。他对行星的整个进程进行追踪,而不是仅仅试图在其轨道上的特定点把它们辨认出来。我们也已经注意到,他热情地反对哥白尼体系,在某种意义上,他实际提出的体系是重要的,尽管他的理论并没有被证实;他做出观测之后并没有对其进行追究和发展,因为他不是一位卓越的数学家。然而,他试图在托勒密体系与哥白尼体系之间建立一种折衷体系——让某些行星围绕太阳运转,而让太阳及其行

星系统又围绕静止的地球运转。这进一步说明了这一时期的居间性和过渡性,因为他的折衷体系赢得了一批支持者;后来他曾抱怨说,还有一些人自称是这一体系的发明者;在17世纪,那些仍然拒不相信地球实际在运动的人开始拥护这一体系。他并不像他自以为的那样具有原创性,其折衷体系的历史可以追溯到更早的时候。

更重要的是,第谷·布拉赫收集和记录的混乱数据落到了曾经担任其助手的约翰内斯·开普勒手中,而开普勒正是要求革新天文学的梅斯特林的学生。因此,开普勒并不仅仅是作为一个孤立的天才而出现的,而是16世纪末正在发生的整个革新运动的产物。他胜过第谷·布拉赫的地方在于他是一位大数学家,能够充分利用16世纪数学领域出现的重大进展。还有一个因素奇特地促进了这场天文学革新。如果宇宙将要去掉那些水晶天球,行星只是漂浮在真空之中,那么这个因素就特别重要了。1600年,英格兰人威廉·吉尔伯特(William Gilbert)出版了一部论磁石的名著,他注定会遭到弗兰西斯·培根爵士的嘲笑,因为他属于那种极度沉迷于自己特别关心的研究主题的人,以至于会用该主题来统摄整个宇宙。他制作了一块被称为“小地球”(terrella)的球形磁石,发现它放入磁场后会旋转,于是他断言,整个地球是一块大磁石,重力乃是一种磁吸引力,磁石原理解释了整个哥白尼体系的运作。开普勒和伽利略都受到了这种观点的影响,在开普勒那里,这种观点成为他的体系不可或缺的一部分,几乎成了一种万有引力学说的基础。因此,当亚里士多德的宇宙正在瓦解,天体即将在茫茫真空中盲目漂流时,威廉·吉尔伯特提供了居间的帮助,带来了一线曙光。

在所有这些发展的背景下,著名的开普勒在17世纪的前30年里对第谷·布拉赫留下的“混乱资料做了有序的整理”,并且为其补充了必不可少的东西——数学灵感。和哥白尼一样,他也创造了一个宇宙

体系,由于该体系终未流行,所以它一直只是巨大的理智力量作用于不充分的材料所造就的一座奇特纪念物;他比哥白尼更受一种半宗教的神秘热情的驱使,激励他揭示纯粹数字的魔力,显示天球的旋律。在尝试揭示天空机制中的数学气息时,他有时会试着把行星轨道与几何形体联系起来,有时又尝试使它们与音符相对应。他就像一个采了一大堆野花的孩子,尝试以各种方式把它们整理成花束,研究各种可能的组合与和谐。他成功做出了各种发现和结论(其中一些与其说实用,不如说巧妙),我们今天从中选出了在天文学史上具有永恒意义的三条定律。他先是发现行星运行速度不均匀,然后决定到某处寻找秩序,结果发现了这样一条定律:如果从给定行星到太阳引一条直线,那么这条直线将在相等的时间内扫过相等的面积。虽然他在两个地方似乎算错了,但结论却是正确的,因为这两个错误的结果相互抵消了。开普勒认识到,行星与太阳距离的远近会影响它的速度,这促使他相信,行星实际是由太阳发出的一种力量所推动的。

如果没有自哥白尼时代以来在观测方面取得的巨大进展,开普勒是不可能取得这些成就的。相比前人,他所留下的大量手稿使科学史家能够更清楚地知道他的实际工作方式是怎样的,以及他是如何一步步做出发现的。在整理第谷·布拉赫留下的关于火星运动的数据时,他发现自己必须解释这颗行星视轨道中存在的奇特反常。我们知道,他花费了巨大的精力,尝试了一个又一个假说,然后又把它们抛弃,直至对所要求的形状有了模糊的认识,他才断定,出于计算的目的,椭圆或许能使他得到近似的结果,然后发现椭圆是正确的——然后他假定这个结论对其他行星也有效。

有人曾说,开普勒把世界从圆周运动的神话中解放了出来,但这很难说是正确的,因为从古老的托勒密时代开始,人们就已经认识到,行星本身并非沿着正圆运行。哥白尼已经知道,圆周运动的特定组合

会给出一种椭圆路径。甚至在开普勒之后,我们也发现有人通过圆周运动的组合来解释行星新的椭圆路径。不过,出于其他理由,此时对圆周运动的迷恋正在消失,主要是因为坚硬的水晶天球的存在性变得不再可信了。曾经享有圆周运动之愉悦的正是这些天球,它们是这部巨大的天界机器内部的各种轮子,而行星则记录着各种组合运动的结果,人们早就知道,行星所走的路径更不规则。天球本身的圆周运动象征着天界的完美,而行星则像自行车的尾灯——行星也许是地球上唯一可以实际看到的東西,它们以不规则的方式躲躲闪闪;但正如我们所知,真正重要的是骑车人,尽管除了红色的尾灯我们什么也看不见。同样,天球构成了天界的本质机制,尽管我们实际能够看到的只有天球所携带的行星。一旦水晶天球被废除,圆周运动就不再是真正重要的东西了——从此以后,引人注意的乃是行星本身的实际路径。就好像骑车人已被证明并不存在,红色的尾灯被发现在茫茫虚空中自行行驶。宇宙也许摆脱了圆周运动的神话,但却面临着比以前更困难的问题,因为这些灯已经被放开,又没有车系着它们。倘若天空确是如此,人们就必须揭示为什么它们还能继续保持着秩序——为什么宇宙没有因为无知觉的冲击和无数弹子球不可控制地碰撞而裂成碎片。

开普勒相信秩序和数的和谐,正是在专注于天球旋律的过程中,他才发现了他那一系列有用而永恒的行星运动定律中的第三定律,即行星轨道周期的平方与行星到太阳的平均距离的立方成正比。到了这个时候,开普勒的神秘主义有些不同于以往——他不再寻求可以被上帝或人听到的,或者应当载有神秘内容的实际的天球旋律。现在对他来说,天球的旋律就是数学本身(宇宙所展示的纯粹的数学和谐),因此他只顾勇往直前,从天空中探出数学比例。事实上,我们可以说,对数字样式和数学关系本身的这种崇拜取代了仍然可见于伽利略的那种要把天空变成圆和球的旧有努力,成为一种新天文学的基础。正

是在这种特殊意义上才能恰当地说,开普勒改进了那种只追求圆周运动的旧迷信。此外,正是在同样的意义上,开普勒成了机械论体系的传道者——这是17世纪的第一个机械论体系——他意识到自己正渴望把宇宙变成纯粹的钟表,并认为这是他荣耀上帝所能做的最崇高的事情。我们在科学革命的后续阶段碰到引力问题时,有必要看看整个开普勒体系。必须指出,开普勒当然相信地球在运动,他表明,如果接受这一假说,那么行星运动将普遍服从他所发现的定律。

除了开普勒的三条行星定律,这一时期还给托勒密体系和亚里士多德体系的衰落做了最后一项补充。1609年,伽利略听说荷兰人发明了望远镜,便亲手制作了一架,尽管在这之前,荷兰人的望远镜已经在威尼斯出现。天空中立刻充满了新的事物,关于天体的保守观点变得比以前更加站不住脚。有两件事情特别重要。首先,木星卫星的发现可以说为某种小型太阳系提供了一幅图景。有些人认为月亮显然在绕地球运转,因此在规则的天空中,天体必须围绕同一中心运转。现在这些人面对着这样一个事实,即木星有自己的卫星绕其旋转,而木星及其伴随者肯定要么像哥白尼所说的那样共同围绕太阳运转,要么按照托勒密体系共同围绕地球运转。因此可以表明,除地球以外还有某种东西充当着天空中发生的运动的中心。其次,现在可以看到太阳黑子,如果伽利略对它们的观察是正确的,那么这就摧毁了天无瑕不变这一观点的基础。伽利略证明,这些黑子可以说是太阳的一部分,实际上在随着太阳一起旋转,而亚里士多德主义者则试图表明它们是一种干涉的云,认为伽利略的某些发现其实缘于他的望远镜镜片有瑕疵。伽利略被这些嘲讽激怒了,此时与亚里士多德主义者的整个争论突然变得空前激烈,这不仅是因为形势已经成熟,而且也因为伽利略受到大学同事和修士们嘲弄的刺激,把注意力从力学问题转向了一般亚里士多德议题中的更大问题。他涉及了那场争论的所有领域,唤起

了惊人的论战想象力,而这又反过来刺激了敌人。

伽利略的介入之所以特别重要,是因为事情已经发展到这样一个节骨眼上,倘若新天文学不能以某种方式与新动力学联姻,就必定会出现一种绝境。亚里士多德的宇宙可能会遭到破坏,最近的天文学发现也的确预示了它的毁灭;但这些事实对研究者们克服最初的障碍毫无帮助,没有向他们表明如何让地球本身的运动与亚里士多德的力学原理相符,或者如何解释天空中的运动。哥白尼实际上把地球看成了一个亚里士多德意义上的天体,地球是一个完美的球体,受到在较高天域起作用的定律的支配。而伽利略则采取了相反的路线,他把天体看成了地上物体,认为支配行星的是那些适用于圆球滚下斜面的定律。总之,有一种倾向要把整个宇宙归结为均一的物理定律,而且人们正变得更容易承认这样一种观点。

1609年,伽利略制造出了望远镜,不久便揭示了天空中那些激动人心的现象。此后,伽利略与帕多瓦大学的亚里士多德主义者之间的关系变得极为糟糕。虽然他曾得到上层人士乃至罗马本身的支持和鼓励,但业已加剧的争论导致1616年禁书目录圣会(Congregation of the Index)对哥白尼假说进行了谴责。这并未阻止伽利略于1625年至1629年撰写出那部《关于两大世界体系的对话》(*Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*),这部“大著作”将会导致他的定罪。这本书涉及了所有反亚里士多德的论证,不仅在天文学领域,而且在力学领域,仿佛要编纂一部大全来反对古代体系的拥护者似的。它证明,仅在一点上抨击亚里士多德的学说是徒劳的(比如巴黎经院学者曾试图在某个角落用冲力理论来重新解释运动,这是徒劳的),这就好像从一个拼图玩具中抽出一块去填补另一个拼图玩具中的间隙。需要的是改变宏观设计,用一个高度密合的系统取代另一个系统,在某种意义上,整个亚里士多德综合体必须被同时推翻。这就

是伽利略为何如此重要的原因；因为在那个战略性时刻，他率先采取了同时进攻、全面出击的策略。

这部著作是用意大利文写的，面向的公众比学术界稍广，广于伽利略已经着手抨击的学术界。其论证更多采用了日常会话和一般谈话的语言，《关于两大世界体系的对话》本身以文学技巧和挑衅性的轻蔑而著称。伽利略没怎么关注开普勒的天文学发现——与现代读者所期待的情况相比，他的大部分观点更多是哥白尼的，更多只是在讨论天空中纯粹的圆周运动。由于他只谈到了托勒密和哥白尼这两大世界体系，而完全没有阐述第谷·布拉赫和开普勒的新体系，人们认为他这样做是不公正的。在力学中，伽利略的原创性并不像大多数人想象得那样大，因为除了冲力理论的那些创立者，他还有更直接的前辈，这些前辈已经开始提出更现代的观点来看待抛射体的飞行、惯性定律和落体行为。他曾表明，云和空气以及地球上的一切（包括落体）都作为同一个力学系统的一部分而随着旋转的地球自然地运转，它们的相互关系不受运动影响，就像运动船舱中的物体一样，对于随之一起运动的任何物体而言，它们看起来都静止不动。这些观点其实并非他的原创。他的力学体系显得并不十分清晰和干净，甚至并未明确提出现代惯性定律，因为他同样没有彻底摆脱对圆周运动的迷恋。不过伽利略主要是在其力学中为解决天空问题做出了贡献；在这里，他距离目标已经非常接近，以至于他的后继者们唯有遵循他的路线才能继续工作，后来的学者可以把尚未提出的看法加到他的著作中去。伽利略的力学在我们的叙事中具有至关重要的地位，因为在新的科学秩序建立之前，他的力学必须与开普勒的天文学结合在一起。如果只是研究地球上的运动，新的动力学是不可能发展出来的。伽利略之所以重要，是因为他也开始就天体的行为来发展动力学。

伽利略直到最后也没能最终确定他的论证（他没有严格证明地球

的自转),其结果是,读者要么完全接受他看待事物的整个方式,要么完全排斥它——问题在于接受问题所处的整个思想领域。诚然,真正科学的头脑很难抗拒整个论证,也很难抗拒新的思维方式,但是当伽利略的代言人在《关于两大世界体系的对话》中被指责未能证明他的论证,而只是回避了那些使地球的运动显得不可能的观念时,他似乎乐于承认自己并没有证明实际的运动,在第三卷结尾,他亮出了自己的秘密武器——他宣称有一个论证将会彻底解决问题。我们知道,伽利略非常看重第四卷的这个论证,甚至考虑过从这部分当中选取整部著作的标题。他的论据是,潮汐证明了地球的运动。他对潮汐进行了长篇考察,说潮汐的产生就像晃动盛着潮水的容器一样。这似乎与他先前的论证不一致,他以前曾说,地球上的一切物体都随地球一起运动,就像运动船舱中的蜡烛一样不受地球运动的影响。然而他说,各种运动的组合——周日自转和周年运转以及伴随的速度变化——产生了猛拉,从而产生了潮汐。伽利略对地球运动的基本证明是一大错误,并没有使问题得到进一步解决,即使到现在,也没有有什么能比这一事实更好地说明问题处于过渡阶段。

亚里士多德物理学明显在衰落,托勒密体系也正在瓦解,但直到牛顿时代才出现令人满意的替代体系;虽然从这时起,更具现代色彩的科学家倾向于相信地球在运动,但是从1630年左右以来的一般倾向似乎是采用第谷·布拉赫的折衷体系。1672年,一位学者曾说,研究天界的学者有四种甚至是七种不同的世界体系可供选择。这时还有一位研究者(和伽利略当年一样)自称最终发现了极好的论证。这种可疑的居间形势的长期存在更加凸显了艾萨克·牛顿爵士(Sir Isaac Newton)的重要性。由于伽利略在《关于两大世界体系的对话》中以多种方式表现出一种放肆和傲慢,我们即使不能宽恕,也能更好地理解教会让伽利略遭受的痛苦。

伽利略最著名的著作虽然是在17世纪30年代问世的,但却源于更早的时候所做的工作。17世纪的第二个25年实际上代表了新的一代人,即伽利略的信徒们,特别是把伽利略奉为现代力学奠基人的那些追随者。在17世纪的三四十年代,伽利略的论点得到了推进,本书的关键主题将围绕一群相互关联的研究者而展开,他们似乎以巴黎为中心,但与荷兰和意大利也有联系。

这群人当中有荷兰的伊萨克·贝克曼(Isaac Beeckman, 1588 - 1637),他激励别人对重要问题产生兴趣,并且最早提出了一些思想。然后是马兰·梅森(Marin Mersenne, 1588 - 1648),他本人并非伟大的发现者,而是如同一个中央信息库和普遍交流渠道,激励研究,收集成果,让科学家彼此论战,鼓励同行进行争论。年龄再小一点的是皮埃尔·伽桑狄(Pierre Gassendi, 1592 - 1655),他是一位哲学家和科学传记作家,对当时的科学极为了解。然后勒内·笛卡尔(René Descartes, 1596 - 1650),虽然在许多方面他都是一位孤独的研究者,但却集数学家、物理学家和哲学家于一身。接着是罗贝瓦尔(Gilles de Roberval, 1602 - 1675),他本质上是一位颇具原创性的数学家;伽利略的学生托里拆利(Evangelista Torricelli, 1608 - 1647)有时也被列入其中。著名的帕斯卡(Pascal)和基督徒惠更斯(Huygens)年轻时都与这些人有过接触,他们的父辈已经与这一群体建立了联系,所以他们有助于建立与下一代人沟通的桥梁。英格兰的托马斯·霍布斯(Thomas Hobbes)在接触了梅森及其朋友之后,第一次开始提出他关于物理宇宙的观点。

这些人都把论点往前推进了一个阶段。虽然在力学领域他们都是伽利略的信徒,但是对于伽利略的宇宙论,他们最初都倾向于采取谨慎的态度。其中一些人感觉伽利略并未证明哥白尼,尽管他们也许因为哥白尼体系比古代体系更具经济性和美感而喜欢哥白尼体系。

他们接受的主要是伽利略对问题的数学化,对他们影响最大的也许是现代惯性原理的确立,即除非有某个实际介入的东西阻止或改变物体的运动,物体将一直沿直线运动下去。这条原理之所以重要,是因为它为一种新的动力学提供了出发点。

人们继续对落体问题和流体静力学问题进行研究,并且用力学原理来考察大气本身。1630年前后,各个不同领域都在假定空气有重量的基础上进行着独立研究;真空是否可能存在的问题又变得活跃起来;此时出现了一些进展,把我们从伽利略带到了托里拆利的著名实验,带到了气压计和空气泵。通过假定各种物质形式中存在着隐秘的共感(sympathies),或者通过对真空的“厌恶”来解释事物,这种旧方式遭到了嘲笑,只有力学解释才适合。磁石仍然是一个严肃的问题,因为它似乎确证了共感吸引的观念;但现在有一种倾向认为,总有一天能够基于力学原理来解释它。现在人们已经不那么相信磁石能够辨别出通奸的妇人或者带来夫妻间的和睦了。

对亚里士多德的讨伐仍然继续着,这也意味着对中世纪经院哲学以及保守的亚里士多德追随者的讨伐,甚至在这一时期结束之后,这些人仍然在大学中保持着自己的位置。这场讨伐也针对所谓的文艺复兴时期的自然主义,即相信泛心论和泛灵论,赋予一切事物以灵魂,在自然各处都能看到奇迹。对文艺复兴时期自然主义的抨击部分是以宗教本身的名义进行的,基督徒帮助了现代理性主义的产生,他们决意把除他们之外的所有奇迹和魔法都从世界中清除出去。这些新一代的科学家认为,除非可以认为宇宙的正常运作是规则的和服从定律的,否则便无法维护基督教的奇迹本身。17世纪30年代,在以梅森为中心的圈子里产生了一种对宇宙做完全机械论解释的观念,其主要拥护者正是我们所讨论的这群人当中最笃信宗教者。他们渴望证明创世的恰当和完美,维护上帝的理性。

印刷书籍的出现以及木刻和雕版的出现大大改变了自文艺复兴时期以来的科学交流,尽管在16世纪,我们仍然可以惊讶地看到原作的影晌是多么有限。到了16世纪末,科学研究者之间的通信联系变得重要起来——也许主要是天文学家之间的联系,因为他们认为有必要对不同地方所做的观测进行比较。从伽利略时代起,现代科学的发展显得更像是一种普遍的运动,更不可能把它作为孤立的努力进行重建。无论在大学之内还是之外,实验方法已经变得非常流行;早先研习古代或收集古币的人开始把赞助科学和实验,收集珍稀植物或自然奇物也视为文化的标志。在教士、大学教师、医生和上流人士中间出现了热情的业余爱好者,其中一些人被奇异事物,机械把戏和玩具或自然的奇异性所吸引。事实上,17世纪有许多名人似乎都属于这一类。

在某种程度上,科学家利用的是当时为其他目的而存在的交流形式;科学学会的前身乃是16世纪的文学俱乐部以及在文艺复兴时期聚在一起讨论哲学问题的一群人。人们通常会在非正式的学会中碰面,阅读国外同行所写的新闻信件。这些信件不仅描述政治事件,而且还描述新近的出版物和思想运动。这些阅读和讨论渐渐包括了科学著作甚至是实验。在某些情况下,对科学感兴趣的人会觉得新闻过于政治性,他们试图使议程变得更具科学性,或者倾向于脱离出来,形成一个纯科学的圈子。在法国历史学家德·杜(De Thou)家中聚会的一个群体是由学者、文人和各种职业的成员组成的,在以后的数十年里主要听迪皮伊(Dupuy)兄弟讲授,成为交流外国新闻的地方,其兴趣有时主要是政治性的。然而,它并不总是按照同样的路线前进,我们发现梅森、伽桑狄等科学运动的成员也参加了这个聚会。后来任皇家学会秘书的亨利·奥尔登堡(Henry Oldenburg)曾于1659年至1660年参加过聚会。从1633年到1642年,他们每周都会在巴黎的泰

奥弗拉斯特·勒诺多(Théophraste Renaudot)家中举行会议,并且出版周刊。它们被称为“通信处会议”(Conférences de Bureau d'Adresse),讨论原初质料、第一因等概念,空气、水、原子、露水和火等主题,以及独角兽和长生鸟等神话中的造物,还讨论小说、舞蹈、妇女教育和贸易状况,等等。这些会议对17世纪40年代末的英格兰产生了影响。

然而,从17世纪初开始,也有一些实际从事科学工作的研究者形成了更为严肃的群体、学会或学院;这里的优先权似乎属于罗马的一个被称为“猞猁学院”(Accademie dei Lincei)的圈子,它从1600年持续到1657年,1609年前曾一度被解散,因为他们被认为有施毒和施魔法的嫌疑。他们在赞助人(一位公爵)家中聚会,希望建立自己的博物馆、图书馆、实验室、植物园和印刷所,并且在世界各地组建下属分支。从1609年开始,他们的会议纪要成为最早发表的科学学会记录。伽利略本人就是其活跃成员,他曾为该学会制作了一架显微镜,而该学会也曾出版过他的一两部重要著作。

1635年,梅森创建了具有类似历史意义的会议,这些会议一直由他主持,直到他去世。这些会议把伽桑狄、德萨格(Desargues)、罗贝瓦尔(Roberval)、笛卡尔、帕斯卡兄弟等数学家和物理学家比较定期地聚在一起。据说在17世纪中叶的30多年里,对于巴黎成为欧洲的思想中心,梅森的贡献大于其他任何人。他亲自进行广泛的通信,在科学家之间传递疑难问题,把某位研究者的看法交由对手批评,建立国外联系,创建了当时最重要的科学交流系统。17世纪科学史的许多关键内容必须从梅森这样的人的大量通信中整理出来。在更为明确的科学聚会中,个别科学家的工作会被检查,他们的实验会被再现和批评,他们的结论也会成为争论的话题。

第 5 章

17 世纪的实验方法

人们并不总能意识到,中世纪科学在何种程度上是我们今天所谓的文献传播,并且作为古希腊和罗马帝国的遗产而进入了欧洲历史。如果意识不到自古代雅典和古代亚历山大里亚时代以来,甚至自圣奥古斯丁时代以来在学术和技术方面——事实上是整个文明——损失了什么,我们就根本无法考察例如公元 10 世纪科学知识的实际状况。只要对刚刚从黑暗时代中浮现出来的欧洲图景有所了解,或者对诺曼征服之前一两个世纪我们的盎格鲁-撒克逊祖先有所印象,任何人都不会设想那时的世界能够凭借自己的研究和实验去发现雅典和亚历山大里亚文明达到顶峰时所获得的科学知识。要想重新建立与古代科学的实际接触,就必须发掘文本和手稿,或者从业已拥有或从未失去这种接触的人(比如阿拉伯人或拜占庭帝国的臣民)那里获得译本和评注。这一恢复过程在我们所谓的文艺复兴时期达到了顶点,并且有了充分的觉醒。可以说,倘若中世纪不得不亲自发现同样的东西,依靠独立的研究和探索重新做出大部分科学发展,这种恢复过程将会多花费好几个世纪。

所有这些都有助于解释为什么中世纪思想史的大部分内容都要基于一个年代框架,这些年代其实是以文献形式传播古代科学和学术的年代。历史学家们认为,确定西欧在什么时候重新发现了亚里士多德的某部著作,或者某部科学论著在什么时候经由阿拉伯人的翻译可以读到了,或者更确切地说,西欧在什么时候能够获得希腊原本,这是至关重要的。这个过程并没有因为天主教欧洲不愿向阿拉伯异教徒,拜占庭教会的分裂者甚至是异教的希腊人学习而停顿下来。据我们所知,中世纪也没有错过任何机会——中世纪从没有因为任何科学沾染上异教或背信色彩而不去理睬。由于中世纪的知识阶层是教士阶层,知识上的领导地位是宗教性的,所以业已存在的自然科学更有可能使它在更大的哲学体系中一直保持从属地位——那时几乎还不能说有我们今天所谓的“自然科学家”。由于纯文献的传播是如此重要,以至于我们所谓的“科学”或“自然哲学”首先是一系列古代文本,书斋里的学者就此写出了一部部评注。如果说语文学在文艺复兴时期被视为科学的女王,那么这是因为精通古典语言的人实际占据着关键的位置。我们仍然能够读到一些人文主义者的书信,他们诅咒自己的命运,因为他们因翻译希腊文物理学著作而损害了他们的风格。

因此,中世纪的人发现自己被赋予了一种关于物理世界和自然运作的解释,这种解释出乎意料地落在了他们头上,他们也把它当做成熟和现成的东西接受下来。这个思想体系并不是他们通过自己的原创性研究和对真理的追求而发展起来的,所以他们其实是这个思想体系的奴隶。在传播的各个间隙,亦即在古代学术尚未被发现的地方,甚至存在着明显的障碍。例如我们已经注意到,14世纪巴黎的某些趋向因为数学上的欠缺而被消灭在萌芽之中,直到文艺复兴时期进一步发现了古代文本,这种缺陷才得到一定纠正。在这种情况下,独立思考的主要渠道——甚至是16世纪的主要争论——都出现在古代作者

的观点被发现彼此相左的那些地方。虽然中世纪晚期有一些人做了实验并且推进了思想的前沿,但他们大都像冲力理论家那样只是在亚里士多德体系的边缘做一些文章。在一个理性的思想家看来,亚里士多德体系在公元1500年必定至少与它在1500年前一样有效。虽然在中世纪晚期有人在认真观察自然,并且极大地改进了观察的准确性,但这些人往往只是编纂了一些纯描述性的百科全书。当有某种东西需要解释时,他们并非亲自从观察中得出理论,而是仍然利用古代哲学已经提供给他们整个解释体系。弗兰西斯·培根曾在17世纪初抱怨观察与解释之间的这种脱离,他的部分目的正是要说明应当如何从观察中得出解释。

就我们所看到的而言,在文艺复兴时期获得的古代亚历山大里亚的数学以及在1543年已经能够普遍看到的阿基米德著作代表了古代科学的最后财富,这些财富被及时恢复,成为我们现代科学的组成部分或形成因素。正如我们已经看到的,这是一个知识体。根据我们的判断,只有恢复这个知识体,科学运动的所有成分才能被集合在一起,科学研究者(一批新的研究先驱)的自发努力才能得到恰当安排。引人注目的是,一旦所有成分最终被集合在一起,事情很快就会发生变化。我们已经看到,在17世纪初,可以感到关于宇宙的古代理论——现存科学的框架——正在瓦解。对于当时的人来说,一场所谓的科学革命正开始浮现,在我们看来则是现代科学的黎明。

既然我们试图理解现代科学的诞生,就决不能以为一切都是通过诉诸实验的工作模式来解释的,甚至不能以为实验是什么了不起的新东西。人们普遍认为,甚至反对亚里士多德体系的人也认为,若非基于观察和实验,亚里士多德体系绝不可能建立起来——对于16、17世纪的那些依然墨守成规(并以一种我们所谓的“文学”形式)、继续对大量古代著作进行评注的大学教师来说,这个提醒也许是必要的。然

而,我们也许会惊讶地发现,在伽利略的一篇对话中,正是亚里士多德的代言人辛普里丘(Simplicius)——他是整本书的笑柄——为亚里士多德的实验方法作辩护,反对所谓伽利略的数学方法。而在其他地方,伽利略的代言人说,虽然亚里士多德只用推理来证明某某事物必定如此,但这只是亚里士多德证明论点的方式——必须通过实验来真正发现它。我们已经看到,在对实验的尊重方面,帕多瓦大学的医学研究者领先于其他大多数人,我们也看到,迄今为止我们所遇到的实验方法的最显著成果是威廉·哈维关于血液循环的论著。但亚里士多德处理问题的方式后来被显著推翻并不在生物学领域。科学革命的中心或支点并不在生物学领域,恰恰相反,我们稍后将会通过反思生物学和其他科学来研究科学革命的影响。更加引人注目的是,实验占绝对统治地位的科学——甚至在现代开始以前就以实验室为中心的 science——即使不是最慢,也是极为缓慢地发展到了它的现代形式。炼金术用了很长时间才变成化学,化学本身采取了真正意义上的定量方法,而不再像古代科学那样是定性的。

在这方面,我们不妨看看科学革命中最著名的实验,一位科学史家曾在 1923 年把它称为“科学史上最杰出的成就之一”。讲这个故事的是伽利略的学生,他曾写过带有传奇色彩的伽利略传记。他说他的老师从比萨斜塔上丢下两个不同重量的物体,以证明亚里士多德的观点是错误的,即它们的下落速度将与各自的重量成正比。后来的科学史家又填补了各种细节,并在 1918 年出版的一本书里最终定稿。我们从中得知,这位科学的殉道者两手分别抱着 100 磅的炮弹和 1 磅的炮弹爬上了比萨斜塔。甚至连辛格(Singer)博士也在 1941 年的科学史著作中重复了这个故事,把它称为“最著名的实验”,并且断定这是 1591 年的事。想必有不少人都观看过这个实验,但没有一个人给出过任何证据。伽利略的著作也没有对此提供印证,反倒是表明,他年轻

时曾经尝试过几次这个实验,但得出的结果正好相反。他在一部青年著作中说,他曾多次从高塔上检验过这件事情,在他的经验中,铅块很快就会把木块甩在后头。另一位科学家西蒙·斯台文(Simon Stevin)倒是实际做过那个假想的实验,并且记录在1605年出版的一本书里。然而,斯台文丢下铅球的地方只有30英尺高,鉴于当时的人对于空气阻力的效应几乎一无所知,亚里士多德主义者说这个结果并不是结论性的,这也许并非没有道理——你需要从很高的高度来做这个实验。

伽利略年轻时曾对落体行为有过好奇的思索,他应该有能力评价这个论证;因为他曾在一部早期著作中坚称,从塔顶丢下物体是没有用的。他说,要想做出恰当的判断,这个高度必须加倍。使这场喜剧达到顶峰的是,亚里士多德主义者科雷西奥(Coresio)在1612年声称,以前的实验都是在很低的高度做的。在同年出版的一部著作中,他描述了自己如何改进了所有以前的尝试——他不仅从很高的窗口丢下物体,而且还登上过比萨斜塔顶部。这一次,较大的物体比较小的物体下落更快,于是他宣称这个实验证明亚里士多德永远是对的。科雷西奥的著作是在佛罗伦萨出版的,但伽利略或其他任何人似乎都没有质疑过这一断言的真理性,尽管这个时候距离伽利略的那个实验已经很久了。

实际上,伽利略之前的人曾一度从完全不同的路线逐步逼近了这个问题的解决。起初,他们战战兢兢地指出,材料相同、重量不同的物体会同时落地,尽管如果比较的是材料完全不同的物体,那么二者的速度也许会有差别。事实上,伽利略使用了前人的论证——他们已经证明,两个各重一磅且同时丢下的瓦片将同时落地。两个瓦片捆在一起会与它们并排下落的速度一样。如果把其中一片绑在另一片上面,它并不会比以前更重地往下压,因此不会使下边的瓦片下落更快。换句话说,伽利略之前的人已经推出了这个特殊问题的答案,他们和伽

利略都不希望仅仅因为实验方法未能确证他们的判断就改变这个结论。伽利略年轻时曾一度认为落体并不加速——它们顶多在刚开始下落时有过加速,直到进入固有的运动。即使在这一点上,单凭观察也不能让他改变看法。正是在这个方面,他拒绝因为一次高塔实验就放弃自己的观点,他说,必须两次从那个高度丢下物体,才能认为这个实验是决定性的。附带说一下,亚里士多德本人是否认为这个关键实验会使其名誉扫地,这尚有争论。不过这与我们的主题不相干,反正17世纪的亚里士多德主义者持有和接受这些看法。

与诸如此类的问题相关联,最近50年来,学者们对于伽利略的所谓“思想实验”有过大量评论。在他的一些著作中,我们不难注意到他的断言方式:“如果你打算做这件事,那么另一件事就会发生”;有的时候,他的推论似乎是错误的——有时即使对话中的某一方明确说实验从来没有做过,人们也禁不住会担心。同样奇怪的是,在那些影响了地球自转问题的力学观点上,伽利略经常使用这些“思想实验”——在面对亚里士多德主义者惯用的主要论证时,他经常求助于这些实验。他讨论了船运动和船静止这两种情况下,从船桅顶端丢下一块石头将会发生什么。很久以后,在1641年,伽桑狄掀起了一场轩然大波,他真正做了这个实验而且公布了结果,这一次确证了伽利略的论点。法国的梅森比伽利略年纪略小,是他的仰慕者。虽然在力学上梅森是这个伟大的意大利人的信徒,但那些为了支持地球自转而提出的论证却不能让他信服。在这个领域,他碰到了伽利略的“思想实验”,我们发现他一再做出这个重要评论:“不错,只是实验还没有做。”后来,当他开始更同情哥白尼的观点时,他指出,即使是现在,吸引他的也只是一种不同的推理形式——这种论证形式所属的时期比伽利略时代早很久。他说:“如果能让我相信,上帝总是以最简短、最容易的方式行事,那么我肯定要承认世界的确在运动。”

天文学和力学领域的科学革命最具意义,成就也最为显著。在天文学领域,很难指望能够使用实验。而在力学领域,我们可以回想一下我们在讨论运动问题时所遇到的情况——似乎可以合理地说,之所以能够取得伟大的成就,是因为研究者本人的心灵中发生了一种转变。这个问题只有在某种意义上被“几何化”时才变得可以处理,因此必须设想运动发生在空荡荡的阿基米德空间中。事实上,现代惯性定律——对物体沿直线无限运动下去的现代刻画——很难说是人类心灵凭借实验或者试图把观察变得更逼真而达到的。它依赖于一种技巧,要想象纯几何的物体驶入一种空荡荡的中性空间——该空间与发生的事情无关——就像一张白纸,无论我们在它上面画横线还是竖线,都不会对它有任何影响。

在亚里士多德体系中,情况就不同了——我们永远不会忘记宇宙的某些部分有一种特殊的“拉力”。有某些方向被视为基本的优先方向。所有路线都趋向于被吸引到地球中心。在这个体系中,我们不可能做出所需的抽象,比如画一条简单的直线来表示一个沿切线方向飞出——笔直地飞入无限空间——的物体。这条线必然会弯向纸的底部,因为宇宙正在往下拉它,无时无刻不把物体拖向地球中心。在这一点上,甚至连伽利略也不是完美的。他没有完全构想出那个空无所有、全无方向的欧几里得空间。这就是他为什么没能完美地表述现代惯性定律的原因,因为他相信,惯性定律适用于圆周运动;在这一点上他错了,我们所谓的“惯性运动”必须是沿直线的运动。当他谈到一个完美的圆球在完全光滑的水平面上无限地滚动下去时,他显示出了自己的局限性;因为他把水平面当成与地球的中心等距,因而把它描绘成一个实际上环绕地球的平面;于是,他甚至把这种滚动理解成一种圆周运动。虽然他最终并没有意识到物体可能沿切线方向从环路中飞出去,但总的说来,他有些过于“哥白尼”了,甚至在力学中也是如

此,即太愿意把圆周运动视为“自然的”运动,视为不需要解释的东西。实际上,从新物理学的观点来看,恰恰是这种圆周运动成了亚里士多德意义上的“受迫”运动。拴在绳子上作旋转运动的石头需要一个恒定的力把它拉向中心,需要施以强迫把它保持在圆形轨道上,防止它沿着切线方向飞出。

伽利略的继承者们更清晰地提出了如何将一个问题几何化,他们在一个更自由、更空无一物和更彻底中性的空间中画出图解。我们有时可以看到,新科学在完成这项任务时不得不克服心理障碍,比如认为天平两侧的垂线是平行的,并对它们必定相交于地球的中心提出反驳。这很容易回答:“好,让我们把地球的中心置于图外,把天平悬在天空中远远高于太阳的地方。如有必要,甚至可以把它移到无限远处。这样我们就可以满意了,这两条线的确是平行的。”如果说这个图解有可能遭到重力作用的破坏,那么他们会说:“去掉重力!让我们设想物体被置于天国,那里既没有上也没有下——事实上,那里的上下就和左右一样无关紧要。”他们可能指出:“上帝肯定能把一个物体放在全空的空间中,我们可以看到它在那里运动,宇宙中没有任何东西会吸引它、排斥它或以任何方式干扰它。”

亚里士多德的体系从未有助于形成问题几何化所需的策略,这种策略使科学本身更适合用数学方式来处理。它甚至无助于像“力的平行四边形”这样一种简单的东西,尽管西蒙·斯台文在伽利略年轻时所做的这个发明可能并非其绝对原创。亚里士多德体系不利于运动组合的观念,也不利于用数学处理两种运动的复合时物体所走的路径。我们已经看到,对于抛射体,亚里士多德主义者不愿考虑运动的混合,而宁愿认为物体先沿直线向前直到运动耗尽,然后迅速垂直落地。正是这个新的学派开始把运动物体的路径变弯,并且提出这样一种观点:在数学的世界里(他们曾一度将它与真实的世界相混淆),抛

射体描出一条抛物线。他们还用数学方法计算出了炮弹达到最大射程时大炮的仰角,其结论可以留待后来的实验进行检验。所有这些都有助于说明,为什么甚至在面对更好的亚里士多德主义者的实验体系时,伽利略也能为他所谓的数学方法作辩护,也有助于说明为什么弗兰西斯·培根因为热爱实验而在某种意义上不适合那个时代,他在17世纪受到批评也是因为数学知识的欠缺。他在一定意义上看到了数学的重要性,比如必须对物理实验的结果进行计算。有一次,他还甚至强调了这件事。他所缺乏的是几何学家的眼光、把那些能被测量的东西挑选出来的能力,以及把某个科学问题变成数学问题的能力。

但事实证明,对这种新方法的推广异常重要。在构想出形式最简单的运动——在这个空荡荡的、无方向的空间中发生的运动,没有任何东西能够干扰它,也没有任何阻滞介质能使它停下来——之后,这个现代学派把过程颠倒了过来,并把他们已经扔掉的东西捡了回来。或者毋宁说,他们能把这些东西越来越多地引入他们几何化的世界中,使之适合做同样类型的数学处理。在论证的最初阶段,像空气阻力这样的东西已经被清除出去,现在则可以带回到图中,不过是以不同的方式带回的——不再作为暴君,而是作为服从的仆人。现在,这些东西本身都用数学方法来处理,变成了几何学问题;同样的处理方式也适用于重力问题本身。新科学所采用的方法把心灵引到了更多的研究领域,并且暗示了新的实验路线——它把研究者们吸引到了亚里士多德主义研究者绝不会注意的那些事物上。由此发展出来的新方法将使自然科学摆脱那个日常现象的世界,亚里士多德主义者和冲力理论家都是在这个世界里进行思考的。尤其是,此后心灵将被不断引向适合测量和计算的东西,并且致力于那些适合测量和计算的问题。因此伽利略切中要害地说,科学家在研究给定物体时,应当试图考察形状、大小、数量和运动等第一性质。味道、颜色、声音和气味与

他关系不大——他断言,如果人类没有鼻子、耳朵、舌头和眼睛,这些东西就不会存在。换句话说,科学必须把注意力集中在那些能够测量和计算的东西上。随着时间的发展,起初可能不适合做这种数学处理的那些对象或许可以分解为同样的基本要素。它们也许可以变成其他某种东西,从而在论证的后一阶段变得可以被测量和称重。

无论如何,我们对实验方法本身的兴趣不应使我们忽视 17 世纪已经清楚意识到的东西,即数学在发展中的重要性。当我们解释整个科学革命时,与这一议题似乎有关的某些事实在局外人看来特别重要。我们已经碰到了 15、16 世纪的一些重要目标和发展,比如一种更加现代的力学的迹象,对解析几何的预示,似乎指向所谓数学物理学的讨论,甚至是关于自然科学中纯粹定量方法的价值的直觉。但我们被告知,这些有趣的发展停滞了下来,这明显是因为中世纪缺乏必要的数学——必须等到文艺复兴时期重新发现大量古代数学。科学史上似乎存在着一种状况,或可称为“受阻碍的发展”。如果一个必需的条件恰好暂时缺乏,那么一场运动有可能在变得重要之前就停滞下来。同样,我们知道,开普勒之所以能够发现行星运动定律,仅仅是因为他继承和发展了圆锥曲线研究,这项研究使他在当时声名远扬。只有等到开普勒的数学头脑对其进行加工时,第谷·布拉赫的天文学观测才能成为历史上的一个革命性因素。后来,同样的现象再次出现,我们知道,如果没有笛卡尔的解析几何以及牛顿和莱布尼茨(Leibnitz)的微积分演算,引力问题根本不可能得到解决,整个牛顿综合体系也就永远无法实现。在 17 世纪,不仅数学科学有了显著发展,而且动力学和物理学也让人觉得它们一直在推进数学的前沿。正如我们所知,如果没有数学家的种种成就,科学革命是绝不可能的。

一般说来,只要一个领域很容易直接使用几何方法和数学方法,比如在光学中,那么它在 17 世纪就会有极大的发展。在我们现已到

达的伽利略时代,算术和代数在外观上已经比较现代,如法国人弗朗索瓦·韦达(François Viète)提出了用字母表示数字的方法;荷兰人西蒙·斯台文引入了十进制来表示分数;从15世纪到笛卡尔的时代,现在学者们熟悉的各种符号开始投入使用。与此同时,数学计算的辅助手段——这对于研究天体的人来说很重要——正在被创造出来,例如约翰·内皮尔(John Napier)的对数是在1595年至1614年间发展出来的,还有其他一些简化乘除运算的工具,例如“骰子”在17世纪的名气甚至比他的对数还要大。人们已经指出,由于代数和几何已经独立发展起来(代数是印度人发展的,几何是希腊人发展的),两者的联姻,亦即“把代数方法应用于几何领域”,是“精密科学发展过程中迈出的最大一步”。这一关键发展在笛卡尔时代达到了高潮。笛卡尔认为,涉及秩序和度量的科学,无论度量影响的是数目、形式、形状、声音还是其他对象,都与数学有关。他说:“因此应当有一门普遍科学,即数学,能够解释关于秩序和度量所能知道的一切,这里的思考独立于它在某一特定学科中的应用。”他断言,这样一门科学在用途和重要性上将会超过实际上依赖于它的所有其他科学。开普勒说,就像创造耳朵是为了听声音,创造眼睛是为了看颜色一样,人的智慧旨在思考,它若离开定量思考的领域,定会在黑暗中游荡。伽利略说,宇宙这本大书是用数学语言写成的,它的字母是三角形、圆和各种几何图形。毫无疑问,在开普勒和伽利略那里,柏拉图主义和毕达哥拉斯主义的影响在这段历史中起了重要作用。

考虑到所有这些情况,我们就会知道为什么自然科学对实验的诉诸现在开始有了方向,即终于为了某个目的而被组织起来。数个世纪以来,实验一直杂乱无章、几乎毫无目的。在许多方面,它都与理解力的真正进步无关,有时它是科学纲领中最任意、最荒诞的部分。中世纪曾有人说,实验是至关重要的东西,也有人意识到,在希腊人的自然

哲学背后首先有观察和实验。但这还不够,甚至在17世纪,像弗兰西斯·培根那样的人也没有抓住要害,他大谈实验的必要性,却未能将这一策略应用于我所描述的那种一般的数学化模式。13世纪的一位名叫佩里格林(Peregrine)的人写了一本论磁石的书,他的许多实验都为威廉·吉尔伯特在1600年出版那部论磁石的非凡著作铺平了道路。然而,吉尔伯特著作的主要影响来自他基于地球本身是个大磁石这一论点对宇宙所做的思辨。弗兰西斯·培根很容易抓住把柄:这并不是一个已被实验证明的假说,该论点并非以确定的方式从实验中产生。甚至连列奥纳多·达·芬奇也常常四处打量,就像一个对万事万物都感兴趣的学童一样。当他预先设计出一套实验方案时,比如他关于飞行主题的研究方案,我们几乎必定会意识到这里有一些实验,但不是现代的实验方法。无论在中世纪还是在文艺复兴时期都不乏取得现代技术成就的精巧设计和机械技巧,例如他们在没有任何迫切的功利目的提供刺激的情况下制作出来的那些令人惊叹的机械装置。但直到17世纪,对实验的诉诸才渐渐得到驯服和利用,就像一部大机器准备按照指令运行。

即使把科学革命主要当做一种思想转变而对它感兴趣,也不能忽视世界中那些更广泛的变化,它们影响了人的思维,改变了这种思维赖以发生的境况。人们逐渐认识到,在科学运动的发展过程中,技术史所起的作用比以前认为的要大。事实上,如果把科学史仅仅看成科学著作的历史,那么科学史必定是不完全的。迄今为止,工业和工程对科学思想的某些影响仍然难以确定,或许也难以证明。然而,除了观念和技术的转移,处理问题的方式、人对事物的感觉,乃至人对物质本身的感觉,都必定会受到一种明显而微妙的影响。16世纪的一系列名著记录了当时在采矿和冶金等各个领域所取得的技术进展;必须承认,其中某些工作为现代化学铺平了道路,如果以为现代化学完全出

自炼金术,那就错了。在这个技术方面,尤其是在力学和流体静力学领域,阿基米德无疑对科学革命的进程有着进一步的影响。我们几乎可以把他看成是力学家和现代物理实验者的保护神。起初,实践者与理论家之间存在着巨大鸿沟。航海家对数学很无知,数学家对航海又没有任何经验。计算出抛射体轨迹和火炮适当仰角的人与在战争中实际开炮的人也许相距甚远。然而,制图者、勘测者和工程师早就需要某种数学;葡萄牙的航海家们在朝赤道以南行驶时就已经需要科学的帮助了;威廉·吉尔伯特与航海家有过交往;伽利略谈论的问题要么源自威尼斯造船厂,要么与火炮操作或矿山抽水有关。事实上,可以说伽利略的一生是在工场里度过的,训练有素的机械师担任他的助手,他一直在制作东西——甚至是为了卖钱而制作东西——和做实验,以至于在他这里,机械师或工匠与哲学家结合起来造就了一种现代科学家。

有人指出,整个世界上不断增加的机械制品也引起了一种特殊兴趣或现代心态——对于事物运作方式的兴趣和同样投入地看待自然的倾向。除了用一个巧妙实验就能解决某个问题的那些著名案例,伽利略还给人留下了这样的印象:他不断做实验,以便熟悉运动和结构——他观察过抛射体的运动方式、杠杆的操作、球体在斜面上的滚动,直到从内部了解了它们,就像某些人了解他们的狗那样。当14世纪有人提出天体也许就像一个钟表部件时,由齿轮驱动的时钟当时还是一件新奇的事物。早期对科学运动的宣传极力强调可以从中获得功利结果,这也是科学家和科学学会呼吁国王赞助的理由之一。有的时候,时代的技术需求与科学研究者耿耿于怀的东西之间似乎有一种惊人的一致,即使在当时我们尚不知晓或难于确定其中的确切关联,比如在16世纪的弹道学和17世纪的水力学。实际上,早期皇家学会主要关注一些实用问题。在相当长的时间里,如何令人满意地测量经

度一直是技术家和科学家所面对的话题之一,这是一个亟待解决的问题。难怪在我们这个时代,许多学者的工作都转向了技术史。

有一件事情在 17 世纪变得重要起来,那就是制作科学仪器,尤其是测量仪器;我们很难想象在它们出现之前事情是多么艰难。望远镜和显微镜正是在 17 世纪初问世的(其设计可能稍早一些),可以说它们是荷兰玻璃业和金属抛光业的副产品。然而在很长一段时间里,由于一个缺陷,显微镜被证明是不完善的,此缺陷似乎不在工业技术本身,而在于实际的光学科学。不过 17 世纪中叶生产出了一种更为强大的单透镜,此后的许多重要工作都是用它来完成的。在温度计和摆钟的发展过程中,伽利略代表着一个重要阶段;气压计是在 17 世纪中叶出现的;长期以来,人们只能检测温度变化这个事实,而没有一个实际测量温度的可靠标度,直到 18 世纪才出现了一种真正精确的温度计。17 世纪中叶还出现了空气泵这一重大发明,此后我们才能看到吹管在化学分析中的使用。17 世纪上半叶的范·赫尔蒙特(Van Helmont)在研究气体时发明了“气体”一词,除了空气,他还发现存在着不同种类的气体。但他遇到了很大阻碍,因为他无法收集和隔离他想要考察的某种气体,也没有关于“气体”本性的现代观念。当我们想起 16 世纪炼金术实验室中那些贵重而奇异的杂乱物品时也许会感到,某些现代科学仪器迟迟没有出现很难说是因为工业技术的欠缺;尽管在那些最需要纯净或精确的地方,无论是玻璃制品还是金属制品,17 世纪所取得的技术进步似乎都是影响这一状况的一个因素。我们可以从各种书籍和通信中一再出现的说法中推测,17 世纪上半叶的实验方法给实验者造成了严重的经济负担。到了 17 世纪后期,当科学工作者的非正式聚会变成了科学学会时,比如英国皇家学会、法兰西科学院(以及意大利已有的一些类似机构),这些学会帮助承担了实验费用。他们的出版物以及期刊的创立进一步加速了科学成果的交流。

流和整理。似乎直到17世纪中叶,科学出版物才真正开始交流实际的实验。就像在伽利略的著作中那样,有时一种观点是通过推理来证明的,但它起初可能是在实验过程中发现的。

第6章

培根和笛卡尔

现代人的思想比较容易适应在不同学科的高层区域发生的变化，这些变化可能会日益加重本科生的课程负担。但我们面临着对科学根源的遗忘，以至于要把小学里讲的关于宇宙的基本内容当做过时和无用的东西而加以清除，甚至不得不倒转我们的态度来讨论比如整个位置运动问题，此时我们并不清楚我们的前人会怎样做。相比于我们（就历史学家的能力而言），17世纪初的人更能意识到当时所具有的革命性特征。当一切都在熔炉里，旧秩序崩溃而新的科学体系尚未产生时，冲突严重加剧了。人们实际上正在要求一场革命，不仅要求对现有的反常做出解释，而且也要求一种新科学和新方法。革命运动纲领被提了出来，一些人明显已经充分意识到世界所处的困境。但奇怪的是，他们似乎缺乏几分眼光，因为他们都倾向于认为，这场科学革命在一代人当中就可以彻底完成。他们认为这是把一种宇宙图景变成另一种宇宙图景，是建立一个新体系来取代亚里士多德体系。他们渐渐发现，仅仅一代人是不够的，也许要两代人才能完成这项任务。到了17世纪末他们终于领悟到，他们为无限广阔的未来开辟了道路，各门

科学仍然处于襁褓之中。

17世纪以前,关于物理世界的总体知识状态曾经促成了一些思辨体系。这些体系通常并非基于科学研究,而是由古代的各种成分混合而成。16世纪的人已经开始关注大众科学方法的问题,到了17世纪,这个方法问题已经成为最受关注的议题之一,关注它的不仅有实际从事科学的人,而且还有更高层次的一般思想家和哲学家。17世纪这场运动的主要领袖是弗兰西斯·培根和笛卡尔,他们分别属于这个世纪前两个25年。培根推崇归纳法,试图把它归结为一组规则,而笛卡尔则与培根不同,他不仅把数学誉为科学的王后,而且还强调一种演绎的哲学推理模式,这种推理模式拥有数学推理的全部严格性和确定性。从牛顿时代一直到18世纪,英国学派和法国学派发生了激烈争论,前者一般被等同于经验方法,后者则因为推崇笛卡尔而渐渐与演绎法联系起来。然而到了18世纪中叶,具有地中海式魅力的法国人不仅屈从于英国人的物质观,而且还在他们著名的百科全书中展现了一百八十度大转弯,前所未有的崇拜培根。他们这种过度的宽厚大方似乎给后来的科学历史造成了某种混乱。

在16世纪,对亚里士多德的抨击已经越来越常见,有时甚至极为激烈。1543年是个重要年份,我们已经看到,它与哥白尼、维萨留斯以及阿基米德的复兴相联系。正是在这一年,皮埃尔·拉穆斯(Pierre Ramus)出版了他著名的《亚里士多德批判》(*Animadversions on Aristotle*)。弗兰西斯·培根知道这本书,该书在并未真正理解亚里士多德的情况下抨击了亚里士多德,并且提出了一种替代方法,这其实是一种人文主义的和纯文学的方法,即先通过最杰出的作家来研究自然,再把演绎的三段论程序用于结果。1581年,另一位作家弗朗索瓦·桑切斯(François Sanchez)进一步抨击了亚里士多德,尤其是抨击了亚里士多德的那些现代追随者,这明显预示了笛卡尔的看法。

他说：

我询问了前几个世纪的饱学之士，然后又请教了我的那些同时代人……但他们的回答都不能让我满意……于是，我转而依赖于我自己，对一切事物都提出质疑，就好像任何人都不曾告诉过我任何东西。为了发现获得知识的正确方式，我开始亲自考察事物——因此，我反思的出发点就是：我越思考，就越怀疑。

桑切斯抨击了盛行的亚里士多德主义者的三段论推理，因为这种推理使人远离了对现实的研究，鼓励人们玩弄语词，做诡辩游戏。他承诺要阐述真正的科学方法，但在他 50 年的一生中，他从未实现这个诺言。当时正在剑桥大学讲授逻辑的埃弗拉德·迪格比(Everard Digby)也参与了这场关于科学方法的争论。培根年轻时也在剑桥大学；一位德国学者曾表明，在某些地方，培根似乎追随了这个人的观点。

培根认为，如果亚当因为堕落而使人类失去了对这个起初创造出来就是为了拥有的世界的统治，那么仍然存在着一一种对自然的次级统治，虽然人类曾经因为愚蠢而丧失了它，但倘若人类足够努力地工作，仍然可以得到它。他说，在整个人类历史进程中，真正的科学进步只有三个短暂时期——一个是古希腊时代，一个是罗马时期，第三个就是 17 世纪。在两个古代时期中，科学进步的时间都只有 200 年。早期的希腊哲学家曾经规定了正确的研究路线，但柏拉图和亚里士多德意外出现了，他们之所以能够流行起来，恰恰是因为他们分量较轻，在时间之流中漂浮得更远。他们之所以能在蛮人入侵中幸存下来，也是因为他们的浅薄和漂浮，尤其是亚里士多德，他之所以能在世界中发挥显著影响，是因为他就像奥斯曼帝国的苏丹一样执行着摧毁一切竞争对手的政策。至于中世纪的经院学者，他们有着“精巧而强大的能力，充裕的空闲时间，但阅读种类很少，心灵被囿于少数几位作者”。

因此,他们“运用无穷的才智,只用一点点材料就能用现存于书本中的学问编织出复杂的网络”。自古以来,科学知识的进步微乎其微,培根对此痛心疾首。他呼吁,应当“把所有哲学思想都抛到一边,至少不要期望能从中得出什么丰硕成果,直到认真准备和建构出一种改进的自然志和实验志(Natural and Experimental History)”。

大脑的这些创造和毫无用处的能力显示有何意义?……所有这些发明出来的宇宙体系所依据的都是他自己的想象,就像许多戏剧主题一样……每一种哲学都是从他自己的想象中产生的,就像从柏拉图的洞穴中产生出来一样,

他所使用的“志”(history)要在“自然志”(natural history)的意义上理解,认为它包含收集到的材料和研究成果。

他认为,许多人都因为让科学工作卷入了目的因(final cause)研究而误入歧途,目的因研究其实属于哲学,他说除了那些与人际交往有关的学问以外,这种研究败坏了科学。他还认为,学者们在教育中过早地接触到了逻辑和修辞,这两者乃是科学的精华,因为它们将所有其他科学的主题加以整理和系统化。他说,让年轻人在面对其他科学的主题之前就接触逻辑和修辞,就像对风进行绘画和测量——一方面使逻辑降格为幼稚的诡辩,另一方面也使更具体的科学变得肤浅。在回应讨论科学的旧方式时,培根有时的抨击不够慎重,比如他以一种现代哲学家不会赞同的方式否认了三段论推理模式的价值,尽管这种批评的总体思路是可以理解的,在当时的背景下也是很有用的。培根希望人们亲近自然,控制自然,深入思考它的实际运作。他说:“要想让自然暴露秘密,用技艺进行拷问要比任其发展更有效。”“对于物质,最好是思考它的结构和结构变化、它自身的活动以及这种活动的运动定律。”他不赞成一种死板的经验论;他说,经验论者就像蚂蚁,只是积累起一堆资料。而仍然流行于世的自然哲学家则像蜘蛛,从他们

自身内部把网编织出来。他认为，科学家应当居于二者之间，像蜜蜂一样从花朵中汲取物质，然后凭借自身的努力重新加工制作。他说，现有的自然解释一般都“建立在过分狭窄的经验基础上”。他坚称，“无论如何，现有的实验方法是盲目和愚蠢的”，人们使用这种方法就像小学生在“做游戏”。他谈到了“漫无目的、缺乏联系的实验”。他说，炼金术士在理论上的先入之见既阻碍他们沿着有用的途径进行实验，又阻碍他们从实验结果中提取重要的东西。一般来说，人们对于实验结果只是匆匆瞥上一眼，就以为其余的事情只通过思辨就能做到；他们还可能带着仓促得到的第一印象而变得不切实际，试图使之符合他们心灵中已有的那些庸俗观念。甚至连研究磁的吉尔伯特在他的实验中也缺乏统一性或秩序，其著作中仅有的统一性是，他愿意对任何可以用磁石来试验的东西进行试验。

培根坚定不移的原则是，要想在世界上获得任何新东西，试图用古代方法来得到它是不可能的，必须认识到需要新的做法和策略。他特别强调要以实验为指导（这是对纯粹杂乱无章的实验的终止），并坚称通过恰当地组织实验可以获得更加难以察觉、意义更为深远的东西。他清楚地意识到，必须通过让科学脱离日常现象世界来加强科学的力量，迄今为止的大量讨论都是在这个日常世界里进行的。他强调如实记录实验的重要性，正如我们已经看到的，这一点正在变得有意义。他极力主张把不同领域的实验集中在一起，因为它们会彼此碰撞出火花；在一个领域里做的事情可以启发在另一个领域里工作的人。在这个意义上，他预示了怀特海教授的一个观点。怀特海表明，恰恰在这一时期，对几个不同科学分支的了解也许使每一个分支都得到了丰富。此外，散见于培根著作中的各种观点似乎启发了皇家学会的一些创始人。

当哲学家开始讨论像培根这样的人在思想史中的地位时，他往往

要么极力强调这个思想体系中可能存在的内在不一致,要么极力强调——从现代的观点来看——这个人结论的实际正确性,这里是指培根预言现代科学将会具有的特点和方法的正确性。现代批评者也许会基于19世纪功利主义哲学的主题(如果那种学说称得上是哲学的话)对培根胡乱批判一番;但历史学家如果还记得19世纪初限制议会行动的所有禁令,还记得在19世纪的第二个25年开始出现的立法洪流,就必定会意识到,在一个较低的层次上(在一个亚哲学领域),需要发动一场出色的战役来消除禁令,并且说服人们相信,可以把法律仅仅看成日常用途的辅助,不合时代的立法不能再出于半神秘的理由而被维持下去。正是在这个较低的分析层次,在这个亚哲学领域,培根才在历史上如此重要和令人感兴趣,我们也无需追问总共有多少人完全采用了培根体系。毫不奇怪,即使在17世纪,受培根学说影响最小的恰恰是那些与培根思路一致的逻辑学家。甚至在培根学说的核心处,即他自称阐明了如何把实验结果转变为一般推广,他有时也不像他希望的那样具有原创性,有时则的确出了错,对此我们不必感到不安。在反对亚里士多德的伟大战役日益走向顶点的那些日子里,他提出了一个纲领和宣言,他说的一些最重要的东西对我们来说已经没有了生气,但在17世纪却充满了活力,因为它们是对的,虽然现今已经成了老生常谈。他没有造就培根主义者来继承他的整个体系,但却逐渐激励了通常并未读过其全部著作的人。既然那些只是谈论方法的作者们容易犯下实际研究者不会犯的错误(原因很简单,实际研究者常常在一半时间里是凭直觉行事),那么毫不奇怪,有些人自认为是培根方法的信徒,而实际上却使用了不同的方法,这些方法在许多情况下都比培根的更好。用培根本人的话来说,“他敲响了钟,把才智之人一同唤醒”。他的许多格言,尤其是对常见思想错误的原因进行诊断的格言,将会激励和惠及今天的历史学者。非常矛盾的是,有人认为

培根最直接地影响了所谓文学的某些方面,这种看法也许不无道理。

培根的著作带有太多古老的亚里士多德的味道,因此他受到了抨击;但这是必然的,因为他的体系涵盖了思想和哲学的一切领域。培根关于自然的许多信念仍然是中世纪的,因此他受到了嘲笑,但那个时代的科学家也是如此。如果他相信血液中存在着生命精气,那么正如我们看到的,威廉·哈维本人也是如此。如果他把无生命的东西描述成具有渴望和倾向,或者因相爱而彼此吸引,那么17世纪晚些时候的罗伯特·玻意耳(Robert Boyle)同样对这种表达方式作了明确辩护。他在收集资料时把神话传说和无稽之谈同业已建立的科学事实归在一起,因此受到批评。但他教导科学工作者要对神话传说进行考察,并多次强调他希望看到自己的资料被将来的研究所纠正。当他着手为科学研究提供一个出发点,并对已知的事实、做过的实验和提出的假说进行编目整理时,他犯了严重的错误,因为在他写作之时,现代物理学、化学、天文学或生理学尚未开始建立。过去的错误科学在日后看起来总是像盲目的迷信,培根有时还不能摆脱已有的偏见,或者说还不能避免心灵进行臆测。但他预先意识到了错误的可能性,并说倘若他的实验是错误的,那也关系不大,“因为开始时错误是在所难免的”。他声称,无论如何,他的纲要要比迄今为止所获得的科学知识更实用。此外,他还一再重申,他只是想提出假说供人考察,即使这些假说是错误的也会有用。有一次他曾指出,虽然对某个特定议题提出看法还为时过早,但他还是要暂时提出自己的看法,否则便会显得怯懦。还有一次他说:

我不对任何事情发表意见,我只是暂时把它记下来或提出建议……有时我试图做些解释……(但)这样做有傲慢和欺骗之嫌,因为我常常宣称,我们所拥有的记录或实验没有想要的那么多,而没有这些东西就无法对自然做出解释;因此,只要我已经开始

着手,对我来说就已经足够。

其错误的根源——也许是其他原因背后的原因——就在于,培根预估的现象数目(甚至是可能实验的数目)是有限的,以至于期待科学革命将在一二十年后发生。他曾说:“技艺和科学的特殊现象的确存在,但只是少数,只需几年的努力,就会发掘一切原因和科学。”他认为他能将事实、所需的实验和提出的假说编成目录;他曾设想,倘若没有他所提供的这本指南,科学革新就会延迟,就好像他的纲要一旦编纂出来,科学工作就可以单凭经验而进行了似的。不过即使在这里,他也不像有些人所理解的那样缺乏灵活性,他并非看不到假说的重要性。如果他认为提供假说是自己的专门职责,那么他会补充说,进一步的假说在研究过程中会自动出现。

培根相信从实验中可以做出概括,而这些概括本身又会为进一步的实验指明道路。他似乎以一种奇特而有意义的方式预见到了未来科学的结构,我们不妨用布罗德(Broad)教授在一次讲演中所举的例子来说明这一点。培根认为,在第一个直接层次从实验中得出的概括或公理级别太低,它们过于接近具体事实而无很大用处。如果只知道通过混合硫酸和水可以产生热,那么这种知识是有限的,价值也很小,除非手边碰巧有这两种物质。然而,对一切事物作最高的概括是达不到的,因为那太接近于上帝和目的因了,必须把它们留给哲学家。培根说,居间公理是那些“真实、可靠和充满生命的”公理,是可以通过自下而上的方法而达到的高级概括。如果知道剧烈的分子运动是产生热的因素,那么我们就有了一种更广泛的概括,这将大大增加人控制自然的能力。顺便说一句,培根还指出,有些东西已经变得习以为常,或者被人当做自明的东西而自动接受,恰恰是这些东西最需要重新考察。在这方面,他列举了重力的成因、天体的旋转、热、光、密度和有机结构等。他不无洞见地认识到,科学的进步在于沿着这些线索进行

研究。

正是在数学方面,尤其是几何学方面,培根没有抓住即将从伽利略那里产生的那种科学的要害。不过,他的错误不应夸大。他曾说:“把数学运用于物理学是自然研究的最好方式。”他还说:“物理学要想日益进步,得出新的公理,就得不断从数学那里获得新的帮助。”而另一方面,他又把数学仅仅看成物理学的婢女,并且对数学逐渐统治物理学表示不满。对实验结果进行计算本来挺好,但培根特别不喜欢伽利略把运动问题变成了几何物体在几何空间中运动的问题。他非但不愿像新科学家那样消除空气阻力,反而想给这幅图像增加一些东西,比如在运动物体本身当中必然发生的张力。他非但不愿把科学问题的任何一个方面抽象和孤立出来,以把运动看成几何空间中的一条线,反而希望把所有具体性都装回到这个问题之中,从而看到一幅将空气阻力、重力以及物体的内在结构都包括在内的图像。他甚至反对对天体的运动做纯粹的几何学研究,并说研究者不应忽视行星是由什么材料构成的。在抛射体问题上,他既不接受亚里士多德理论,即运动是空气冲击造成的,也不接受一直与之竞争的冲力理论。他认为,如果在一次碰撞之后运动继续了下去,那么这是因为最初碰撞所引起的内力和压力在起作用。

事实上,在研究培根时,不仅要了解其体系的结构,而且还要看他如何处理某一科学分支中的问题。按照今天的观点去指出他的对错是不够的。我们必须知道他在写作时,每一门学科处在什么阶段,以及他究竟是如何影响这门科学的空白地带的。有一个领域也许适合讨论这个话题,因为它与我们广泛讨论过的问题相联系,那就是与天空问题有关的领域。培根往往因为反哥白尼的偏见而遭到笼统的反驳,这就使这个领域更加有趣。

关于这一主题,培根起初是这样说的:

因此,我将根据历史的尺度,就我们目前所知的(业已确立的事实),亲自构建一种宇宙理论;然而,我要对我所有地方的判断都保持开放,因为随着历史的发展,也正是凭借历史,我的归纳哲学将会得到进一步发展。

后来他又说:

尽管如此,我一再重申我并不想把自己束缚在这些东西上;因为对于诸如此类的东西,我确信我的方法但并不确信我的地位。我是中途将它们引入的,以免有人认为,我偏爱否定性的问题是因为我在判断时犹豫不决,或者没有能力作出肯定。

他说,可以提出多个天文学体系来解释现象。托勒密体系是一个,哥白尼体系是另一个。两者都能解释观察到的运动,但培根更喜欢第谷·布拉赫的体系,根据这个居间的体系,一些行星围绕太阳运转,行星和太阳又共同围绕不动的地球运转。不过让他感到遗憾的是,第谷·布拉赫并没有设计出这个体系的数学模型并详细说明它的运作。他说:“现在很容易看到,无论是认为地球旋转的人,还是坚持原动天和旧结构的人,都会得到现象的同等支持。”不过,他更喜欢地球静止不动的观点,他说,“我现在认为这是更真实的观点”。不过,他把这个问题交由读者去回答:到底是存在一个有中心的宇宙体系,还是地球和星体每一个“都以自己为基础”平均分散,宛如“众多岛屿分布在浩瀚无际的海洋中”。他说,即使地球在旋转,也并不一定可以推出不存在宇宙体系,因为确实存在着围绕太阳运转的行星。虽然地球旋转是一个古老的观念,但是在培根看来,哥白尼认为太阳静止于宇宙中心却是前所未有的。他愿意追问,是否可能存在多个不同的宇宙中心,天体一簇簇或一群群地聚集在一起,就像分散的一群群人,每一群人跳着各自不同的舞一样。他在提出与现代惯性学说有关的问题时说:“除非首先理解自发旋转的本性,否则就没有希望解决天地是否作周

日旋转的问题。”他曾经明确指出，他之所以不喜欢地球运动，是因为那样一来自然就没有任何安静和静止。他反复重申，就数学方面而言哥白尼体系是令人满意的，但他在一个障碍面前跌倒了，我们知道，这个障碍即使在伽利略时代也是一个普遍的困难，即无法使哥白尼的假说与所谓的一般物理科学相一致。培根多次申明，数理天文学家自己从来也解决不了问题。要继续观测天体——如果能得到正确的天空几何学就更好——必须使这项工作的数学方面与物理科学的发现精确吻合。尤其是有了新的光学仪器，当时数学方面的发展很快；但必须用更加持之以恒的观测、更加严格的判断和更多证据来确证观察，每一个事实都必须通过不同方式加以检验。不过，真正的弱点还是在物理学中。研究者应当关注星体是由什么实际材料构成的，了解材料本身的性质和行为，这些材料在一切天空区域必定本质上相同。培根拒绝承认天体是由一种不发生变化、不受普通自然力影响的纯洁无瑕的物质构成的。他说，赋予天空以不朽特权的不是《圣经》，而是异教的傲慢。他还告诉我们：“我将不去坚持那种把运动归结为完美圆周的数学优雅。”他的著作中有多处谈及伽利略的望远镜发现。他承认这些观察所提供的一切经验材料，但并不接受伽利略的理论，尽管他带着赞许引述了伽利略的一个观点：随着人远离地球，重力效应会减小。他在讨论潮汐问题时说，根据地球运动引起潮汐这一推测，某些事情将会随之而发生——在这个问题上，他本人同样不接受伽利略的理论。他自己的观点是，最远的天空和星体沿着完美的圆快速运动，但是随着与地球距离的接近，天体本身变得更为土质，且在一种阻力更大的介质中运动。随着尘世的趋近，物体变得更重也更粗糙，距离地球越近，亦即在天空中位置越低，物体的运动就越慢。所谓行星沿一个方向运动只不过是一种视觉上的错觉，它是由行星远远落在最高的天空和最远的星体之后造成的；它仅仅代表了据说所有行星都要参

与的那种圆周运动中的滞后。某颗行星从天上降落下来,越来越靠近物质性的粗糙地球时,不仅速度会降低,而且会偏离圆周运动。总的结果便是在天空中形成螺旋,培根假装好奇:既然螺旋形代表一种初始的圆周运动随着下降到更加索然无味的领域而不断偏离圆形,以前怎么没有人想到这种螺旋形呢?在他看来,潮汐是天空围绕不动的地球作总体旋转而最后得到的微弱效应。

这就是培根的宇宙体系。正如我们所看到的,它只是一个尝试性的假说,他并没有考虑到普遍综合的时代已经到来。不过从那个时代的观点来看,他的著作显然很振奋人心,尤其在思想上表现出了极大的灵活性;许多人都受到它的影响,尽管他们的著作最终可能并不像培根的——培根的影响往往使人显得比本人更好,使人变得比单纯的培根主义者更好。17世纪上半叶,培根的许多著作都被译成法文,这表明他已经引起了海峡对岸的极大兴趣。

在笛卡尔那里,我们遇到了一个更为彻底和集中、关系更为复杂的思想体系。他和伽利略一样,出现在科学革命过程中的各个方面,出现在17世纪的全部领域。现在我们要注意的只是《方法谈》(*A Discourse on Method*)这本小册子,它是我们思想史上最重要的著作之一。对历史学家来说,其伟大意义并不在于它关于哲学的一两个章节或有关数学的论述,而在于它是一个自传。在这个方面,它不仅影响了哲学上的笛卡尔主义者,而且影响了整个世界。

这本小册子是用法语写的,笛卡尔所面对的读者是那些拥有自然理性、心智尚未被经院传统引入歧途的人。阅读《方法谈》的人无需像哲学家那样深刻,只需像通常那样浏览一下,就能比哲学家更好地理解笛卡尔在整个历史中的重要性和影响。对作者来说,也许最重要的是这本书遭到了误解;笛卡尔本人不仅在他的书信中,而且在这本书中也多次抱怨他所遭受的误解。他在《方法谈》中说,当他听到别人重

复他的观点时,他发现这些观点已经变得面目全非,以致他根本认不出来这是他自己的观点。这句话必定说到了每一位作者的心坎里。他埋怨那些人,以为只需一天就能掌握他用了12年时间才构思出来的东西。他在《方法谈》中解释了他如何感到自己年轻时所学的所有科学其实并没有告诉他任何东西,世界各地的人所持的各种观点往往只是源于习俗和传统。作为自传的一章,这本书是有生命力的,其作者经过艰苦思考,决定必须摒弃所有古代观念,重新思考一切。

培根曾经谈到需要“把各种观点从心灵中洗掉”,而笛卡尔则进而决定摆脱一切来自古代世界的学说,决定怀疑一切,再次从头开始,除了意识到正在怀疑的我必定存在(即使我可能怀疑我是否正在怀疑),此外没有任何立足点。那些从未理解笛卡尔学说的积极一面的人,那些从未达到其哲学水平的人,很欣赏这种对旧有体系和观念的断然拒斥。虽然笛卡尔曾说,并不是每个人都需要尝试以这种方式推翻一切传统,虽然他曾警告不要模仿怀疑论者(因为他产生这种怀疑仅仅是为了给信念或确定性找到一个更可靠的基础),但从长远来看,这种方法论怀疑的影响主要是破坏性的,而且是在一般观念领域。对笛卡尔的这种误解很容易产生,因为事实上,他只是想让《方法谈》成为他对方法问题的真正研究和考察的序言。这篇随笔是《屈光学》(*Dioptric*)、《气象学》(*Meteors*)和《几何学》(*Geometry*)这三篇论文的导言,笛卡尔希望通过具体案例,即在不同科学分支中的运用来阐明他的方法观念。事实证明,这三篇论文在当时产生了很大的轰动,备受各方关注;但没过多久,人们就对阅读过时的科学感到厌倦,这部著作的这些部分也就渐渐失去了其最初的重要性。而《方法谈》任何时候读起来都会鼓舞人心,它渐渐脱离了这些论文,开始独立成文。

笛卡尔相信,人人皆有领悟理性的基本能力,并无程度之别,无论这种能力可能在多大程度上受到偏见或幻想的蒙蔽。他确立了已经

成为现代常识的伟大原则,这也是他最着重强调的一点:“我们清晰地感知到的一切东西都是真的。”如果我说“我思故我在”,我其实并没有推导出任何东西——我是在宣布一种对我自己的直觉把握,一种任何东西都无法识破的知觉。而如果我说“我有一个身体”,那么我有可能被图像或雾所误导——视觉想象恰恰是不可靠的东西。“我相信我的身体,因为我能清楚地看到它,但我却看不到上帝”,说这话的人是在让一个通俗化的笛卡尔服务于与笛卡尔相反的目的。在笛卡尔的体系中,上帝是一个清晰的观念,它在思想中要比任何用肉眼看到的東西更为清晰和精确。不仅如此,一切都有赖于一个完美正直的上帝的存在。没有上帝,人就不可能相信任何事物,不可能相信几何学命题,因为上帝保证了一切事物都不是幻觉,感官并不是完全的欺骗,生活也不是一场纯粹的噩梦。

从这一点出发,笛卡尔准备从上帝推导出整个宇宙,论证的每一步都要像几何学证明一样清晰确定。他决心建立一门像数学一样构造严密、井然有序的科學,就物质世界而言(排除了灵魂和事物的精神方面),它将设计出一种完美的机械论。他所设想的这个宇宙如此统一,如此有序,如此环环相扣,这也许是他对科学革命作出的最显著贡献。事实上,这种统一性已经到了如此程度,以至于他说,单凭一个心灵就能设计出整个体系——他曾一度希望自己独自一人就能完成整个科学革命。当别人愿意在实验方面为他提供帮助时,他不由得回答说,要是给他钱会好得多。

因此,笛卡尔的物理学以一种特殊的方式依赖于他的形而上学;在一个明确以上帝为顶点的等级体系中,他的物理学仅仅提供了较低阶段。笛卡尔准备从物质(或者哲学家所谓的广延)和运动(纯粹的位置运动)出发设计出整个宇宙体系。一切事物都可以从数学上加以说明,要么通过形,要么通过数。他的宇宙首先承认的是广延和运动,它

以定律为基础,无论上帝创造了多少个不同的宇宙,无论这些宇宙起初有多么不同,它们必定都会因为定律对原初物质的作用而变得像我们这个宇宙。即使上帝当初创造了一个不同的宇宙,它也会渐渐变成现存的这个体系。即使上帝把地球创造成一个立方体,它也会滚动成一个球体。笛卡尔物理体系中最重要定律也许是关于宇宙中动量守恒定律。运动最终依赖于上帝,动量守恒定律正是来自上帝的不变性。也许可以认为,笛卡尔可能是通过观察和实验而得出了这样一条定律,或者至少是把它当成了可能的假说,并发现它在实践中的确奏效、的确管用。但这对他来说还远远不够,因为它提供不了那种排除了其他可能性的决定性证明,而这正是笛卡尔体系所要达到的目的。他想要的是一种演绎的、准几何学证明的确定性,于是他不得不把问题追溯到上帝,以至于他的物理学不得不依赖于他的形而上学。然而,由于他用几何学家的眼光来看待事物,因而在很大程度上是从运动学方面构想运动,他势必会受到这样一种批评,说他的体系在与动力学有关的问题上显得孱弱无力。事实证明,他的动量守恒定律不能令人满意,必须用能量守恒定律取而代之。

笛卡尔在《方法谈》中告诉我们,他能从业已确立的一两个初始真理出发,用演绎法推出天空、星体、地球、水、气、火、矿物等的存在。如果还想更详细地探究自然的运作,他需要用实验来表明,在他的体系之下,上帝究竟是用何种方式产生了某些结果,或者上帝实际上(从他的哲学所允许或所能解释的各种可能结果中)选择了什么结果来产生。

因此,在笛卡尔的体系中,实验只处于从属地位。在17世纪下半叶,曾经批评培根缺乏数学的著名科学家惠更斯,抱怨笛卡尔的理论没有被实验充分证实。笛卡尔体系的优美和统一性在于,一方面它从上帝出发,经由一个声称滴水不漏的推理系统向下推演;与此同时,它

又自下而上从实验中得到概括或公理。然而有迹象表明,笛卡尔会用实验来确证某个预感或假说,但很快就会结束研究。他更关心对事实的解释,而不是确立事实。他的观点是,假如一件事是一个事实,那么他的体系就要提供解释。事实上,假如上帝在某一点上已经选择了另一条途径,那么笛卡尔的体系也要对其作出解释。因此,在《方法谈》的附录之一《气象学》中,他准备解释云如何能像有时传说的那样下血雨,闪电如何能够变成一块石头。事实上,他承认自己更喜欢用他的方法来解释通常被接受的现象,而不是用实验来发现新现象和怪事情。他所说的许多被接受的“事实”其实都是未经考察就从经院学者的著作中接受过来的。他接受了血液循环的思想,但是对于血液循环的原因和心脏的活动,他却不同意哈维的看法。他说,血液被吸入心脏时会变得非常热,以至于嘶嘶冒泡,导致心脏扩张,并自行跃入动脉。这里,他其实未经实际考察地、无意识地接受了经院学者的看法,即心脏充当着热的中心。

受培根影响的人主要受到了这样一个论点的影响:实验是自然科学中最重要的东西。罗伯特·玻意耳清楚地展示了这种影响,惠更斯等人批评他没有把自己的工作基于他所记录的大量实验上。皇家学会的创始人都受到了那种一般影响,在皇家学会的早期纪要中就存在着一种实验狂热,其中不仅包括我们所谓的科学实验,而且还包括自然中的奇事奇观,或者发明和技术装置——有时做实验仅仅是为了检验一些无稽之谈。然而,正如我们所要看到的,在笛卡尔的综合体系中存在着一种高度集中的演绎体系所具有的经济性和简洁性,它的机械化预示了未来物理科学的结构。但数学方法与经验方法在英格兰的结合注定会使笛卡尔的自然科学在17世纪末黯然失色。

第 7 章

科学革命对非机械论科学的影响

我们已经注意到,科学革命中的核心研究是天文学和力学。这两个领域在 17 世纪出现了最剧烈的变化和最显著的进步。从一个角度来看,我们也许可以说,天文学已经成熟到足以有这种发展,因为这门古老的科学已经积累了数千年的观测资料,对它的不断修改迟早会要求一种新的综合。同时,我们也许觉得力学科学有一种优势,因为在这个研究分支中,仅仅凭借简单的设备,比如观看球体滚下斜面,就可以获得丰硕的成果。然而从另一个角度来看,我们也许会说,这些科学之所以能被推进,是因为它们恰好在这个时候存在着需要克服的异常困难的障碍。在力学中很难恰当地构想简单运动,在天文学中也很难构想或解释地球本身的运动。对于这两门科学,一旦障碍得到克服,就会为进一步的惊人发展开辟道路。数学和数学习惯的发展不仅与一般科学革命有很大关系,更与克服这些重要障碍有很大关系。无论如何,新的运动研究(无论是地上的还是天上的运动)将会影响整个思想史,标志着 17 世纪科学达到了很高的水平。在 17 世纪,除了运动,人们还不断试图解释许多东西,事实上是通过一种纯粹的机械论

体系来解释物理世界的所有变化。钟表宇宙的观念是17世纪科学对18世纪理性时代的巨大贡献。

在讨论历史转变时,我们很难感到(即使这并非不可能)已经理解了一件事情的根本或者在最大限度上提供了解释。对事物看法的最根本变化,思维方式潮流的最显著转变,也许最终都可以归因于人们对事物感觉的变化。这种变化非常微妙又普遍渗透,以至于不能把它归因于某些特定作者或某种学术思想的影响。16世纪初的一个英国人在写到神职人员时说,看到国王的一半臣民都在躲避对王国应有的效忠,逃避国家法律,这真是一种丑闻。我们知道,他正在记录人们对于国家的感情变化;这种变化之所以重要,是因为人们没有意识到有某种新的事情发生了。这些微妙变化并非源于某部著作,而是源于人类经验在新时代的新结构。它们可以从科学革命背后看出来,一些人正试图通过人们对于事情本身的感情变化来解释这场革命。

由于语词习惯用法的变化,亚里士多德自然哲学中一些东西的含义已经变得粗糙,或者实际上遭到了误解,这在16世纪已经比较清楚,在17世纪则十分确定。至于为什么这种事情会发生,可能并不容易说清楚,但人们无意中暴露了一个事实,那就是亚里士多德主义的某个论点对他们来说已经不再有任何意义——他们不能把星体和天体看成没有重量的东西,即使书上是这么教的。除了说这些天体就像我们经验中的物体那样具有重量,培根似乎也说不出别的东西。此外,培根还声称,他无法想象行星固定在水晶天球上;倘若天球真像据说的那样是由亚里士多德所设想的那种液态的以太物质构成的,那么在他看来,整个思想就显得更荒谬。石头渴望到达它在宇宙中心的自然位置,而且离终点越近冲劲越猛,这与石头在恒定重力的作用下加速下落之间有一个思想上的转变,这与人对物质的感受发生了某种变化有关。正如我们已经看到的,人对运动的感受也有一种变化,因为

亚里士多德在思考简单运动时,其头脑中自然会出现一幅马拉车的图像,而新时代则有充分的理由将其主要注意力集中在抛射体,这意味着人对整个事态的理解是不同的。

同样,微妙的思想变化正在使人对纯机械操作感兴趣。甚至有人说,这是因为人们越来越熟悉钟表和机械,尽管这一点不可能得到完全证实。天文学和力学的重要性肯定不能只归因于这一点,但这样一个因素也许有助于加强科学研究对机械问题的专注。有一点是清楚的:某些思想领袖非常渴望证明宇宙像钟表一样运行,这种渴望本身最初乃是一种宗教渴望。人们感到,造物本身当中有某种缺陷,这与上帝并不完全相称,除非能够表明整个宇宙体系是紧密相连、合理有序的。17世纪科学家对机械论宇宙的探求始于开普勒,他在这里很重要。他的神秘主义、天球旋律、理性的上帝,都要求一个具有数学美的体系。曾几何时,人类试图通过奇迹来证明上帝存在,人的理智渴望发现上帝在世界上反复无常的证据。而现如今,一种感受上的差异标志着人类经验的转变,因为现在,人的理智显然渴望证明神的秩序和自身的一致性。倘若宇宙的日常运作没有规律,那么基督教的奇迹本身也就失去了意义。而且正如我们看到的,渴望把受造世界变成机械是反对泛心论迷信、反对相信自然本身具有魔力的一部分。上帝似乎能无中生有地创造出某种东西,但对培根而言,自然做不出这种事情——宇宙中物质的量必须保持恒定。我们已经看到笛卡尔是如何从上帝不变性的观念中推导出动量守恒的。

因此,也许可以说,整个时代思想气候中的某种东西有助于理解这一时期为什么会有人尝试恢复那些基于纯粹机械论原理来解释物质本性的体系。正是这种东西导致了17世纪各种形式的所谓微粒哲学的流行。这种逐渐流行起来的观点认为,一切自然运作、受造宇宙的一切结构都可以归结为物质微粒的行为,人类经验范围内的各种各

样的东西都可以还原为这些微粒的大小、形状、运动、位置和排列。在新的背景下,与德谟克利特(Democritus)和伊壁鸠鲁(Epicurus)联系在一起的古代原子论重新得到恢复;不过这里有一个很大的差别:古代理论倾向于把一切事物都归于原子的偶然结合,因此可以说宇宙完全受偶然性的支配;而现在却认为机制本身是理性的——事实上,微粒理论源于对理性的探求,甚至是为上帝辩护的努力的一部分。

培根虽然很反对哲学体系,却极力提醒人们注意对宇宙的这些原子论解释的重要性。关于这个话题,他在《关于事物本性的思考》(*Thoughts on the Nature of Things*)这本随笔中有一些有趣的说法。他说最初的原子“形成一些团或结”,它们的不同组合足以解释呈现给人的五种感官的种种东西。他看到了微粒运动的重要性,提出可以只用以微小尺度发生在固体结构中的这种运动来解释热等诸多事物。在这方面他指出,古代思想家的重大缺陷在于他们没能成功地研究和理解运动,而这对于理解自然过程至关重要。有些人认为,我所提到的这些微粒乃是在对物质进行分析和细分的过程中所能达到的最终的东西。它们是坚硬的、不可渗透的和最终的,无法进一步还原。这些人准备抛弃一条曾经基于亚里士多德的权威而接受的原理,准备承认最终的微粒之间以及物质结构内部存在着真空。他们倾向于追随伽桑狄,后者于1626年宣称要恢复伊壁鸠鲁的哲学,并且明确提出了一个原子论体系。而那些认为真空根本不可能存在的人则倾向于追随笛卡尔,他们认为宇宙中的物质是不间断的、连续的,物质是无限可分的,微粒可以打破,实际上并没有什么最终的原子充当各种物质的坚实基础。即使能把试管里的所有空气都抽出去,试管也会和以前一样是充满的,试管中现在所盛的物质仍是连续的,只不过更为稀薄罢了。还有像玻意耳这样的人不愿在这两种观点之间做出选择,但还是表达了他们对某种微粒哲学的追求。17世纪揭示出来的自然的复杂

结构——尤其是因为越来越多地使用了放大镜、望远镜和显微镜——使人们对物质的细化非常感兴趣。培根本人就可以表明，人们意识到了物质结构极为复杂，甚至自然的微观方面也极为复杂。新哲学把整个宇宙归结为物质和运动，使人可以用机械论的方式来解释整个自然。

试图通过机械论过程来解释物理世界中的一切事物，这种在 17 世纪常常被明确提出来的意图对生物科学产生了重大影响，使之带上了自己独特的烙印。生物科学似乎在科学革命的第一阶段就受到了这种新处理模式的激励，也许在某些方面曾经激起过异乎寻常的发展。然而，机械论观点即将成为这一领域中的尴尬，以致最终反倒阻碍了知识和理解的进步。

我们已经看到威廉·哈维的血液循环研究的机械论性质，但是在哈维所在的帕多瓦大学，有一些更为明显的直接证据表明伽利略的工作和原理对医学院产生了影响。桑克托留斯(Sanctus Sanctorius, 1561 - 1636)开始把温度计用于临床，并且用伽利略发明的一种仪器来测量脉搏跳动。他研究了体温、呼吸、血液循环的物理学，特别是做了称重实验——他有一台秤可以在上面吃饭睡觉，从而可以在各种情况下检测自己的体重。他还做出了关于不显汗(insensible perspiration)的发现。在他之后，1680~1681年，伽利略的朋友、数学家乔万尼·阿方索·博雷利(Giovanni Alfonso Borelli, 1608 - 1679)于身后出版的《论动物的运动》(*On the Motion of Animals*)是用力学科学来研究生命有机体的出色例证。他非常成功地用数学和图解讨论了肌肉运动，因此他的著作看起来很像是一本力学教科书。其中一章讨论了“用来更严格地确定肌肉动力的力学命题”。他史无前例地考察了行走，然后考察了鸟的飞行和鱼的游动。关于鸟，他提出的几乎第一个问题就是其重心在哪里。其中一节的标题是“鸟飞行时翅膀拍打的空气量在

形状上是以翅膀长度为半径扫出的一个立体扇形”。他计算出“拍打翅膀的肌肉力量比鸟的重量大一万倍”。他还指出,如果类似的事情发生在人身上,我们胸肌的推动力绝对胜任不了,因此古老的伊卡洛斯(Icarus)的故事不可能是真的。他从哈维的工作入手,考察了心脏纤维的活动,并且计算出为了维持循环,心脏每次跳动必须施加至少13.5万磅的力。我们发现他把心脏比做活塞或榨汁器。他还指出,如果血液均匀地从动脉经由毛细血管流到静脉(再回到心脏),那么这种稳定流动缘于动脉壁的弹性反应。动脉膨胀后收缩,迫使血液向前流动,就像一根绳子盘绕着它们,因此流动中的某种规律性不是直接而是间接地归因于心脏本身的跳动。与博雷利同时代的丹麦人尼尔斯·斯坦森(Niels Stensen)主要在法国和意大利工作,他本质上也是一个机械论者,并试图把数学和几何学原理应用于肌肉。机械论方法不够用的地方,就需要相应地考虑化学作用——比如对于消化的情形而言——讨论生命体的整个这套方法迟早会成为生物学研究的障碍。

这种赞美纯机械论的倾向导致一种观点被传播开来,即动物的身体不过是一个钟表罢了。在把物理世界变成了一部连续的联动机器之后,笛卡尔似已成为这种观点最著名的代表。可以说,是否坚持他那条严格的动物自动性原理成了教条的一个分界点,被笛卡尔主义者视为测试案例,它决定了一个人是否可以自称获得了正统笛卡尔学说的真传。整个议题在17、18世纪引起了很大争论。笛卡尔的哲学把思想与物质、灵魂与肉体严格分开,以致如果没有超乎想象的奇迹,几乎就不可能弥合它们之间的鸿沟。在这个体系中,动物被认为要么没有思想,要么没有真正的意识,而同时拥有思想和意识正是人类灵魂的真正本质。因此它甚至认为,动物并不能真正看见东西,也感觉不到身体疼痛的真实痛苦。它们的眼睛只能看到我们不是自己时——也就是呆呆地凝视事物,但实际上并没有真正把握事物时——所看到

的那种图像。同样,在笛卡尔的理论中,动物有一种纯粹肉体的、无意识的感觉,但没有意识,没有精神折磨,没有能力感觉到真实的痛。然而,上帝、人的灵魂和整个精神事物的领域都逃脱了机械化过程中的囚笼,它们是附加的存在,在一个冷酷无情的世界机器的齿轮、滑轮和钢件中飘荡。很难说明这两个存在层次如何能够相交,或者说心灵或灵魂在什么地方能与物质交汇在一起。在某种意义上,几乎不能认为灵魂——在笛卡尔体系中主要指思想——在空间中占据位置。在另一种意义上可以说,灵魂与人体的任何一部分都没有更多的联系。但笛卡尔特别把灵魂附于松果腺,部分原因是,真正的动物被认为并不具有这个特征。然而过了一代人,尼尔斯·斯坦森在其他动物身上发现了这种腺体,从而否定了这个论点。笛卡尔认为他已经找到了连接灵魂与肉体的关键地方,接下来开始把注意力集中于神经的活动。但他相信,从神经到肌肉发生了实际的物质传递。一般说来,笛卡尔过于直接地达到了一个机械化过程。

莱布尼茨说,发生在人体或动物体内的一切事情都和钟表内的情形一样是机械的。17世纪后期的一些英国人,比如剑桥柏拉图主义者亨利·摩尔(Henry More),认为笛卡尔把人设想成一种有秩序、有条理的雕像,设想成一种自动机,这走得太远了。牛顿感到,虽然笛卡尔体系最初需要一个造物主来使这部钟表运动起来,然而一旦宇宙开始运行,上帝就有变成多余的危险。奇特的是,如果说17世纪初虔诚的教徒们渴望用一个在数学上联动的宇宙来证明上帝的理性和自身的一致性,那么到了17世纪末,他们的后继者开始紧张起来,因为他们看到机械论可能变得过于自足。与笛卡尔不同,玻意耳认为上帝之所以必不可少,不仅在于启动了事物和建立了运动定律,而且在于把原子或微粒结合成那些能够组成生命世界的有显著结构的系统。牛顿甚至欣然相信,似乎难以解释的重力代表着遍布于整个空间的一种生

命存在的永恒活动。他还愿意认为,天空中有时发生的特殊组合——比如当发生少见的相合(conjuncture)或者当某个天体正好靠近彗星时——会产生微小的力学干扰和偶然偏差,这就需要一个看护神不时加以干预。

一般科学革命的影响,特别是新机械论自然观的影响,清晰地反映在罗伯特·玻意耳的著作中。玻意耳生于1627年,卒于1691年,此间他帮助论证了培根某些思想的重要性。有一个团体从1645年开始在伦敦聚会,研究新哲学特别是他们所谓的“实验哲学”,这个团体的成员影响了玻意耳。20岁那年,玻意耳在写给一位成员的信中承认自己曾经非常倾向于赞同哥白尼,但是现在他却写了有关托勒密体系、哥白尼体系以及第谷·布拉赫体系的东西,尽管它们是相互竞争的理论,一时还难以决出胜负。五六年后,也就是在1652年或1653年,他似乎转向了血液循环学说,并且结识了晚年的威廉·哈维。1654年,应新任的沃德姆(Wadham)学院院长约翰·威尔金斯(John Wilkins)博士之邀,玻意耳来到牛津居住,在他周围聚集起一些热情拥护培根和实验哲学的化学家、医生等。虽然玻意耳自称已经发现了“思辨几何学对于自然哲学的用处”,但他很遗憾自己不精通数学,他的工作之所以带有较强的培根色彩,是因为他没有把数学方法用于自己的研究。在他的部分著作中,他为科学问题的非数学进路做了明确的辩护。

玻意耳首先试图成为培根意义上的历史学家(即“志”家),即收集特定的研究成果,积累大量资料,以服务于将来致力重建自然哲学的人。在这个意义上,就像培根对于风和热所做的那样,他开始收集空气的自然志、流体志和固体志、颜色或冷的实验志,等等。他告诉我们,他有一份收集旨在作为培根《木林集》(*Sylva Sylvarum*)的续篇,亦即作为培根自然志的续篇。他承认自己是坚定的培根主义者,以至于

长期拒绝阅读伽桑狄或笛卡尔的著作,甚至拒绝阅读培根本人的《新工具》(*Novum Organum*),以免过早受到玄虚假说的诱惑;虽然他同意实验背后为假说留有余地,但他坚称假说应处于从属地位,科学家不应长期抱住它们不放,或者在其基础上建立过于庞大的上层结构。有时他说,他愿意交流实验结果而不提出任何理论来解释原因,因为拥有永久价值的乃是他通过研究而确立的具体资料,无论他的理论被证明是否可以接受。由于他雇用了一批“助手、实验员、秘书和收集员”,他的实验引起了公众的兴趣。

与玻意耳同时代的科学家惠更斯曾经指出,玻意耳虽然做了大量有据可查的实验工作,但很少有科学上的重要发现或策略转变。科学史家也不无公正地重复了这一点。他和培根一样写道:“在我看来,人们一直热衷于撰写自然哲学体系,这是阻碍真正的自然哲学取得实际进展的原因之一。”他抱怨说,即使是新科学即机械论哲学,它的实验基础也过于狭窄,人们瞧不起培根实验主义的有限概括,想按照笛卡尔的方式用第一原理来解释一切,认为仅仅证明某个现象是应用热的结果是毫无价值的。即使在现代作者鄙视培根的地方,即他的自然志方面,玻意耳也尊重培根。虽然玻意耳曾经严厉指责过培根的许多同时代人,比如著名化学家范·赫尔蒙特,但他很难相信伟大的培根会是愚蠢的人。曾经有一两次,人们嘲笑培根报导了后来被证明错误的实验,玻意耳则着手研究培根是如何可能犯错误的,例如他发现,如果假定培根使用的酒精比后人使用的更纯,那么培根就是正确的。除此之外,玻意耳还对那些反常情况或经常存在于化学家所使用的材料中的杂质感兴趣,这些东西能够解释为什么他们的许多实验都失败了。玻意耳记录了在给定条件下妨碍实验得出正确结果甚或一致结果的全部意外情况。他精心保存了观察记录,强调记录实验的重要性,反复试验进行确证,质疑自称是发表了的大量实验记录。他是一个培根

主义者,因为他一再感谢上帝让一些目不识丁的工匠把他引入了化学行当,这些人无法把已经被职业行话遮住双眼的炼金术士的观念和哲学思考灌输到他的头脑中。他之所以是培根主义者,还表现在他对通常所说的炼金术充满兴趣。他相信能把水变成土,认为他已经把黄金变成了贱金属,他的一些工作显示出了某种程度的神秘性。正是由于他对自己这方面工作的自信,他才在1689年向议会提出申请,要求废止亨利四世统治时期为反对增加金银的人而制定的法律。

我们很难想象玻意耳时代之前的化学研究状况,也很难理解一般炼金术士的神秘思想和故弄玄虚以及事物的混乱状况。范·赫尔蒙特比培根晚了大约20年,他曾做出过一两项重要的化学发现,但这些发现都被埋没在大量幻想之中,包括认为所有物体最终都能分解成水,以至于连20世纪评注赫尔蒙特著作的人都觉得难以置信,与之相比,培根那里最奇特的事情都成了合理的和现代的。关于炼金术,要想发现事物的实际状况就更为困难,因为有的时候,专门研究这个领域的历史学家本人似乎也会惹上帝发怒;和那些评述培根—莎士比亚的争论或西班牙政治的人一样,他们似乎沾染上了他们打算描写的那种疯狂。

不过,在玻意耳时代有两件事是清楚的,因为有意识地反对这些人是玻意耳许多著作的一个明确目标。一方面,他反对经院哲学对物体的属性和性质——比如绿色、流动性、冷,等等——所作的解释;也就是说,他反对关于所谓“实体形式”的传统学说。他说,自从被亚里士多德阐述以来,这个学说已经变得僵化和扭曲。在这方面,他表明,“实体形式”学说什么也解释不了,只是增加了一种故弄玄虚而已。事实已经看得很清楚,由于没有这个学说的阻碍,静力学、流体静力学等领域中的重要问题近来已经得到解决。另一方面,关于物质的构成,亚里士多德主义者认为可以把物体分解为土、水、气、火四种元素。炼

金术士(玻意耳习惯于称他们为 Spagyrist)认为,可以把物质分解为硫、盐、汞三种要素。在抨击这些观点或其组合的过程中,玻意耳差不多奠定了现代化学的基础,并且作出了重要的科学贡献——与物质结构有关的贡献。他这方面的工作是如此令人振奋,以至于我们需要对为什么化学科学还需要一个世纪才能实际确立做出某些历史解释。

即使是在玻意耳的工作有很大科学史意义和重要性的地方,我们也奇怪地发现,虽然他一直宣称反对那种东西并试图身体力行,但他还是受到了当时在先进思想家中流行起来的那种学说、那种无所不包的哲学的驱使和激励。在某种意义上,甚至在这一点上他也是培根主义者,因为正是微粒宇宙观吸引了他。正如我们所知,培根在一篇引人入胜的随笔中关注了微粒理论,并且意味深长地指出:对于证明的目的来说,微粒理论要么为真,要么有用,因为几乎没有任何其他假说能使我们领会或描述自然的异常精妙之处。培根非但没有把它当成一种需要加以避免的纯思辨理论,反倒告诉科学家,如果他们想“深入剖析自然”,那么这正是他们的前进方向。玻意耳告诉我们,长期以来,他一直避免阅读有关微粒假说的东西,以免影响其工作和思想。但是从玻意耳的著作中可以清楚地看出,他并不能真正免受这种影响。他要么以伽桑狄的原子论形式,要么以认为物质无限可分的笛卡尔形式继续讨论微粒理论,并把两者当做微粒理论的两种形式,使之与亚里士多德的和炼金术的物质理论相对立。他曾说,他随时准备纠正自己关于化学中混合物和化合物的形成的特殊概括,但是作为一个自然哲学家,他并不指望“看到有什么原理能比微粒理论更加广泛和更容易理解”。由于微粒理论自称对物理世界给出了一种机械论解释,所以玻意耳常常把它称为“机械论”哲学。因此在这个意义上,玻意耳同样是机械论科学革命的产物。

玻意耳说,亚里士多德主义者很少利用实验,他们引入实验仅仅

是为了说明他们在其一般哲学体系中得到的原理。这其实是一种非常培根式的批评,也许有失公正,对三段论的持续攻击也是如此。玻意耳之所以是培根主义者,还表现在他指出机械论哲学家“很少拿实验证明他们的断言”。他有意为机械论哲学家提供这种服务,为他们的物质理论提供实验基础。在这种意义上,尽管他多次抗议,还是有人指责他正在做的正是他批评亚里士多德主义者所做的事情,即用实验来证明和强化一种已经存在于他头脑中的哲学。尤其是,玻意耳告诉我们,他着手“让化学家与机械论哲学家之间有很好的理解,迄今为止,他们对彼此的学问了解太少”。他强调,在研究物体的过程中,有必要在化学与力学之间建立一种同盟,使人能够同时精通这两门科学,并且表明化学也发挥着自己的作用,比如在研究消化问题时。他认为化学已经确证了整个微粒哲学。他说在化学操作中,往往“物质被分成了太小的部分,以致无法单个地感觉到”。因此,一方面,玻意耳常常把力学原理与化学问题和医学问题联系起来,例如,他有一部著作的标题就是《医学流体静力学或应用于药物学的流体静力学》(*Medicina Hydrostatica or Hydrostatics applied to Materia Medica*)。另一方面,他坚持把这些科学与17世纪流行的物质结构假说联系在一起。他有一部著作的标题是《论特定医学与微粒哲学的可调和性》(*Of the Reconcilableness of Specific Medicines to the Corpuscular Philosophy*)。他一再表示自己急于表明化学实验在较高层次上与自然哲学有关,并且可以应用于自然哲学。总之很清楚,他认为自己正在为基督徒提供最大可能的服务,他精心守护着基督教的利益,为了促进基督教的发展,他著述甚丰。

在抨击亚里士多德和炼金术士时,玻意耳详细描述了新机械论哲学所构想的物质结构。我们可以看看他是如何得出关于化学元素的新学说的。在他看来,宇宙可以通过物质、运动和静止这三个本原来

解释,物质本身可以被归结为微粒。有一次,为了说明起见,他曾假定微粒长度为十亿分之一英寸。他先是说:

世界上存在大量物质微粒,每一个微粒都小得无法单独感觉到。这些微粒是完整而不可分的,必须要有确定的形状,并且非常坚硬。虽然在思想中或凭借神的全能是可分的,但由于它的微小和坚实,自然很少实际把它分开过。在某种意义上,也许可以把这些微粒称为自然“最小自然单元”(minima naturalia)或“初级自然单元”(prima naturalia)。

然后他说:

还有许多微粒是由若干个上述微粒或“最小自然单元”构成的;它们的尺寸非常小,结合也非常严密,以至于微粒的……每一个这样的小原始凝结物或凝结团都无法凭感觉分辨出来;虽然并非绝对不能被自然分成构成它们的“初级自然单元”,……但它们很少被实际分解或打破,而是始终保持为各种可感知的物体。

玻意耳说,只要承认原始粒子以及它们聚集成凝结团或凝结物,这些微粒的纯机械运动和排列就可以解释物体的所有不同特征和倾向。因此,无需求助于亚里士多德的形式概念,也无需诉诸关于绿色物体中绿色性质的那些故弄玄虚。物与物的差异仅仅在于共同物质微粒所排成的图示系统的差异、物质微粒发生的运动以及各种可能的组合所产生的不同质地(texture)或结构的差异。微粒的构形、凝结团的大小、微粒的位置或状态,已经足以解释自然之中的各种变化。玻意耳在《关于特殊性质的力学起源或产生的实验》(*Experiments about the Mechanical Origin or Production of Particular Qualities*)一书中论述了热和磁的力学起源。玻意耳还在其他地方指出,当这些微粒彼此叠合,只有某些表面部分相互接触时,物体便是流动的,因此它们很容易相互滑动,直至碰到某个障碍物“并且迅速适应其内表面”。“物

体之所以呈现出颜色,并非因为它们之中的某种要素起了主导作用,而是因为它们的结构,尤其是它们表面部分的排列;光线从那里到眼睛的反射正是由此改变的”。白色是物体反射的结果,物体的表面上

几乎遍布着无数如镜子一般的微小表面(就像微小的凸面镜),它们虽然有的这样放,有的那样放,但是落在它们之上的光线并不是由它们朝着彼此反射,而是朝着观察者的眼睛反射。

就像你按照不同方式在不同位置摩擦长毛绒或天鹅绒,它的颜色会发生变化一样——就像风落在麦田的不同地方会产生颜色和阴影的波浪一样——在给定物体中,微粒的状态和倾向将会支配光在返回眼睛之前的改变。自然或化学中的各种过程也与此类似,例如在腐烂时,空气或其他某种流体引出较为松散的微粒,物体被搅乱,甚至会改变分离微粒的合成。物体的味道也能以类似的方式加以解释:

如果物体可以还原为许多足够微小和锐利的部分,那么其中一些部分很可能单独或与其他部分合在一起获得一定的大小和形状,使之能够作用于味觉器官而产生感觉。

有时玻意耳似乎是说,它们锐利的边角会进行刺戳。他的总体观点是清楚的——我们所知的物体的性质和属性可以通过微粒的运动、大小、构形和组合来解释。他把微粒的行为和由此在各种物体中产生的现象归因于他所谓的“物质的机械性质”(mechanical affections),因为它们类似于“机器的各种运作”。他常常把人体称为一部“无与伦比的机器”,把宇宙称为“一部自动机或自行运动的机器”。

他非常关心他所谓的质地或物质结构,后者来源于微粒的各种可能组合。他的许多最伟大的著作都表明了他对这个问题的巨大兴趣;毫不奇怪,他对化学最重要的贡献就是在这个领域,亦即化学元素是由什么构成的。他最著名的著作《怀疑的化学家》(*The Sceptical Chymist*)讨论了这个问题。书中并没有明确给出他最成熟的体系,我

们倒不如把它看成最具破坏性的著作。他抨击了前人所理解的化学中实际上不可还原的东西——一方面是亚里士多德的四元素说,另一方面是炼金术士的三要素学说。他表明,炼金术士们误以为能用火把所有混合物都分解成它们的基本成分。他论证说,如果把某种混合物样品放在露天的火里烤,而把另一种样品放在密闭的曲颈瓶里加热,那么的确会发生不同的情况。他说,适度加热所产生的结果并不总是与高温加热所产生的结果一致。他表明,有时火实际上把不同种类的物体结合在一起,或者由一种东西产生出前所未有的新复合物。在把两种成分结合成肥皂之后,他在一个密闭曲颈瓶中加热这块肥皂,却得到了两种不同于原先成分的东西。他坚持认为,混合物之所以能被火分开,是因为它的某些部分更固定,而另一些部分更容易挥发,至于这两者是否基本并不重要——火并不必然把某种东西还原为它的基本元素。同时他还指出,没有人曾把黄金分成任意四种组分,而血液却可以还原为不止四种成分。

他注意到了化合物与混合物之间的差别,表明了两者与构成它们的元素有什么不同关系,还提出了方便确认个别物质的检验方法。在抨击帕拉塞尔苏斯(Paracelsus)三“要素”——硫、盐和汞——这种流行的信念时,他澄清了什么是化学元素的不可还原性。不过在这一点上,范·赫尔蒙特曾是他的预示,事实上可以说,玻意耳对物质的理解方式导致了一种新的混乱,这种混乱抵消了他所带来的好处。他表明,虽然人人都知道玻璃可以还原为某些元素,因为玻璃由沙子和碱所构成,但火并不能把玻璃还原为它的元素。他认为金是由非常精细的微粒构成的,并认为这些金属微粒甚至比玻璃本身更难于细分。他把它们看成由终极微粒所构成,每一个微粒都是他所谓的“凝结物”——极为稳定、极难还原,即使在黄金与其他某种东西复合而明显消失后也仍然可以复原。但他并不相信这些微粒永远不可能再被分

解为某种更基本的东西。他似乎并不像后来的拉瓦锡那样始终如一地注重实效,仅仅因为某种物质当时证明了在化学上不可还原就把它称为“基本的”。有时他甚至怀疑“化学元素”的存在性或者假设这些东西的必要性,因为物与物的差别可以由大小、形状、结构、质地以及原初物质最终微粒的聚集和结构安排所产生的运动来解释。因此,化学本身可以还原为所谓的“微观力学”(micro-mechanics);玻意耳本人显示了一种倾向,要对他在各种物质中发现的性质直接做出这种最终解释。在这一点上,如果说他在一定程度上预示了遥远的未来,那么他仍然可能造成损害,因为这意味着绕过了整个化学元素观念。因此,他的机械论哲学也许在某些方面对他有所帮助,但在其他方面却妨碍了他。就这一点对世界的影响而言,他的工作可能更多是促进了而不是阻碍了化学的发展。帕拉塞尔苏斯把物质分成三“要素”的思想后来可能变得不再流行,但与之并行的亚里士多德四元素说却在18世纪重新受到青睐。

玻意耳的大气研究在17世纪漫长的发现史上占有重要地位,正是这项研究开启了他的化学生涯以及与亚里士多德主义的争论。伽利略看到,如果把两块平滑的大理石板或金属板紧紧贴在一起,那么提起其中一块就可能带起另一块,此时他是按照亚里士多德所说的自然厌恶真空来解释这个现象的。但他回避了这样一种反驳:阻碍这些物体分开的力几乎不可能缘于某种尚未存在的东西,即分开之后才会产生的真空。当水泵无法将水提升到高于32英尺时,伽利略并没有问为什么自然对真空的厌恶会在这一点上达到它的极限——他说水柱因其自身的重量而断裂了,一如我们可以悬挂起一根铁棒,它极长极重,以至于会被自身的重量拉断。伽利略不仅认为大气有重量,而且还猜测,由于水银柱比水柱重得多,所以当它升至水泵抽水高度的十四分之一时就会断裂。他的弟子托里拆利(Torricelli)将一根3英

尺长的管子(顶部密封)装满水银,将其浸入一个水银槽,结果水银柱落到了 2.6 英尺处;由此表明,大气压支撑着水银柱,管子顶部存在着某种类似于真空的东西。这导致了气压计的发明和一些大气压实验(例如在不同高度上进行实验),而在德国,对抽水的观察促成了空气泵这一重要发现。

玻意耳大大改进了德国的空气泵,他告诉我们,德国的空气泵需要两个人费力数个小时才能把容器抽空。他证明,可以对空气进行称量——空气有一种抗压的膨胀力,气压计的液柱仅由外部空气的重量支撑着。他曾做过一则有趣的推测,要把空气微粒看成众多微小的螺旋弹簧,以此来解释空气的行为。除此之外,他还研究了呼吸和燃烧。他说:“空气中有少量活力精华(如果可以这样称呼它)可以恢复和振作我们的生命精气,对此,空气中那些更大、更粗糙的部分是没有用的。”此时他距离发现氧气只有一步之遥。他意识到大气中有“一种流射物的混合聚集……世界上鲜有比这更为混杂的东西”。但他似乎认为空气本身就是混杂的,这种混杂是因为有蒸汽和流射物的存在,而这些蒸汽和流射物实际上并非空气所固有。在这个领域,他的实验大大证明了培根的影响,即科学家应当用实验方法来收集具体资料,而不要过于匆忙地进行综合。玻意耳的这些实验正是在这种原则的影响下做的。如果说玻意耳关于空气力学活动的思考可能给后来关于大气的化学研究带来了不利的影响,那么正如我们将要看到的,总体而言,玻意耳显示出与旧化学的极大差异,以至于历史学家会对化学为什么没有在 18 世纪取得更大进步感到迷惑不解。

第 8 章

现代引力理论的历史

在研究哥白尼的工作时,我们越来越清楚地看到,地球的周日自转和周年旋转的假说从一开始就面临着两个巨大的困难。首先是一个动力学问题,亦即是什么力量在维持着这个笨重而缓慢的地球(以及其他天体)的运动?第二个问题要更为复杂,需要作些解释,那就是重力问题。根据旧的宇宙理论,所有重物都有朝着地心下落的趋势,因为那里是宇宙的中心。即使这种沉重的土质材料暂时位于一颗遥远恒星的无瑕表面,那也不要紧,它仍将被拉向或者说渴望冲向同一个宇宙中心,即这个地球的中心。事实上,假定除了我们的宇宙之外上帝还创造了其他宇宙,并且有一块真正的土质材料处于其中一个宇宙之中,那么它仍将倾向于落到我们的宇宙中心,因为它内部的每一个冲动都会促使它回到真正的家。然而,倘若地球围绕太阳划出了一条空间轨道,那么这样一个地球就不再能被视为宇宙中心了。那样一来,如何解释重力的存在呢?因为重物似乎仍然渴望到达地球的中心。

到了 16 世纪末,人们开始意识到传统观点是站不住脚的,即行星

是因为依附于构成了一系列旋转天空的巨大水晶天球而保持运动并且被维持在其固有轨道上的,此时这两个问题就变得更加尖锐了。为什么这些天体会保持运动,而不是凭借偶然性在广阔无垠的空间海洋中漂流呢?这就需要寻找另外的理由来加以说明。这两个问题是17世纪最紧迫的议题,直到在牛顿1687年出版的《自然哲学的数学原理》(*Principia*)所造就的伟大综合体系中才得以解决。这个综合体系代表了科学革命的顶点,确立了现代科学的基础。虽然为此需要做些重述,但如果我们试图标出这个新宇宙体系的主要发展阶段,那就需要把我们的整个历史线索汇集起来。

有人已经指出,哥白尼认为空虚空间中的球体无需任何东西推动就会开始转动,这一观点应当归功于库萨的尼古拉(Nicholas of Cusa)。培根说,在天界问题得到解决之前,有必要研究一下他所谓的“自发旋转”问题。伽利略有时几乎把重力想象成一种绝对的东西,想象成宇宙中的一种“拉力”,空间中一切物体都会受到它的影响。他还设想上帝把行星竖直地抛下,直到这些行星加速到所需的速度,然后停止下落,将其变成以该速度作圆周运动——根据他的惯性原理,该运动将会无限持续下去。圆周运动的特殊问题被包含在关于宇宙形式的整个讨论中。

哥白尼提出了这些重大议题,正如我们所看到的,他并非没有意识到这些问题的重要性。他认为,除地球以外还有其他星体——比如太阳和月亮——拥有重力效应。但他并不是指地球、太阳和月球都被统一在一个万有引力体系中,或者彼此和谐地保持平衡。他的意思是说,任何世间物体都渴望重新获得与地球的接触,即使它被送到月球表面。事实上,太阳、月亮和地球都有自己的体系、专属的类别和适当的重力类型。此外,在哥白尼看来,重力仍然是被隔开的物体所具有的一种冲过去与母体结合的倾向或渴望,而不是地球对疏远的物体所

施加的一种实际“拉力”。正如我们所知，哥白尼认为重力是物质倾向于聚集成球体的一个例证。亚里士多德的理论已经蕴含了它的反面——地球之所以是球形，是因为物质倾向于尽可能靠近中心而聚集起来。

由于哥白尼体系以这种方式强调了 this 原理，威廉·吉尔伯特1600年出版的论磁名著就有了特殊的意义。事实上，在我们讨论这个问题的历史中，这本著作标志着一个重要的新阶段。我已经提到，根据亚里士多德的说法，月下区的所有物体都是由四种元素构成的，其中一种元素是土，它并非我们能够信手拈来的土壤，而是一种更为精细和纯净的东西，没有一般泥土的混杂性。威廉·吉尔伯特从这一观点出发，认为地表或地表附近的物质都是废物和沉渣，就像动物的皮毛一样仅仅是一层外在的包裹，尤其是暴露在大气中受到天体影响时，它更会降低品质，受制于偶然性和变化。亚里士多德所谓的真正的纯净状态的“土”处于这一表层之下，事实上组成了整个地球内部。它其实就是一块天然磁石。我们这个世界在很大程度上仅仅是一块巨大的磁石而已。

吉尔伯特说，磁吸引力是重力的真正原因，这解释了为什么地球的各个部分能够保持在一起。所施加的吸引力总是与施力物体的数量或质量成正比。磁石质量越大，它对相关物体施加的“拉力”就越大。与此同时，这种吸引并不是一种超距作用力或跨越真空的作用力，而是由一种精细的挥发物或流射物所产生的。而且作用是相互的，地球和月亮之间既彼此吸引又相互排斥，地球之所以有较大的作用，是因为地球质量较大。如果把一块磁石切成两半，那么切面将会表现出相反的极性，并有一种重新连接在一起的渴望。因此，磁性似乎是各个部分保持为一个整体的倾向——物体保持其整体性的倾向。吉尔伯特的重力观还抨击了这样一种看法，即任何纯粹的几何点——

例如实际的宇宙中心——都可以起实际的吸引作用,或者可以充当物体移向的目标。亚里士多德曾说,重物都被吸引到宇宙中心。后来接受冲力理论的经院学者——比如萨克森的阿尔伯特——发展了这种观点,提出渴望达到宇宙中心的其实是物体的重心。而吉尔伯特则坚持认为,重力并不是一种发生在纯粹几何点之间的作用,而是物质本身的特性,是受关系影响的实际粒子的特性。重要的是物质的各个部分结合在一起的倾向。在对亲源物体施加影响的过程中,起作用的是磁体的实际材料。

培根被这种重力观所吸引,他由此想到,如果这是真的,那么放在井下或矿井之下,进入地球内部的物体也许会比在地球表面上轻一些,因为现在,从下面施加的一些吸引可能会被上面那部分地球的反向磁吸引所抵消。虽然这个假说中有一些错误,但在17世纪下半叶,人们似乎不止一次做过这个实验。例如罗伯特·胡克(Robert Hooke)就曾说,他根据培根的建议做过这个实验,但并未得到令人满意的结果。吉尔伯特关于重力的看法属于17世纪的流行观念之一,尽管并非没有受到质疑。长期以来,这个问题一直被视为一个谜。罗伯特·玻意耳认为,重力也许来源于他所谓的地球的“磁蒸汽”,但他愿意考虑另一种假说,认为重力来源于空气本身以及空气之上的以太物质对碰巧处于其下方的任何物体的压力。

威廉·吉尔伯特制造了一种球形磁石,名为“小地球”。其行为使他更加相信,磁石拥有与我们所居住的地球完全相同的属性,即吸引、极性、旋转倾向以及习惯于“根据整体的定律在宇宙中占据位置”,会自动寻找它相对于宇宙其余部分的固有位置。他说,在自然中自然运动的一切物体都是被它自身的力所推动,“被其他物体的共同紧压”所推动;物体与物体的运动之间有一种对应,从而形成一种共鸣。每一颗行星都观察着其余行星的轨道,彼此的运动全都彼此适合。他说,

朝向中心的引力不仅影响地球上的物体,而且也作用于太阳、月亮等等,这些星体也出于磁力的原因而作圆周运动。此外,磁力引起了地球和其他天体的绕轴自转。他说,即使是地球,转动起来也不难,因为地球有一个自然轴,所以会保持平衡——轴的各个部分有重量,但地球本身并没有重量,地球“受到些许干扰就会运动起来”。他认为,月亮总是把同一面转向地球,是因为地球磁力的约束。但是和哥白尼一样,他也把太阳看成最强大的天体。他说,太阳是自然活动的主要诱导者。

吉尔伯特更为广泛的理论以一种奇特的方式找到了自己的道路,并且显得更有前景。自14世纪以来存在着一种理论,认为是月亮施加的某种磁吸引力引起了潮汐。这种观念在哥白尼的追随者当中渐渐不流行了,但却受到了占星术士的欢迎,因为它支持了天体能对地球施加影响的观点。就在哥白尼的伟大著作发表一年之后的1544年,有一部著作把潮汐归因于地球的运动。正如我们已经看到的,伽利略将使这个论点成为支持哥白尼革命的重要论据之一。正是在回应伽利略时,占星术士莫兰(Jean-Baptiste Morin)提出了一种在17世纪初就已经出现的观点,即影响潮汐的不仅有月亮,而且还有太阳。伽利略曾一度准备模糊地采用吉尔伯特的更为广泛的理论,尽管他并未自称理解了磁力及其在宇宙中的作用方式。他很遗憾吉尔伯特仅仅是一个实验家而未能以伽利略的方式把磁现象数学化。

然而,大天文学家开普勒甚至比伽利略更早受到了吉尔伯特著作的影响。在吉尔伯特的著作出版之前,开普勒似乎已经对磁学有了兴趣。在这段历史中,开普勒之所以必须占据重要地位,是因为在磁学理论的影响下,他把整个重力问题变成了我们所谓的吸引问题:不再是物体渴望到达地球,而是地球开始被认为把物体拉入自己的怀抱。开普勒说,如果把一个更大的地球放在这个地球附近,则我们这个地

球将会获得与这个更大的地球相关的重量,并倾向于落到它上面,就像石头落地一样。和在吉尔伯特那里一样,现在施加吸引的不是一个数学点,也不是地球的中心,而是物质本身和每一个物质微粒。如果地球是一个球体,石头将会因此朝着它的中心运动;但如果地球是其他形状,比如其表面是不规则的四边形,那么石头将会朝着不同的点运动,这取决于它从哪一面落向地球。开普勒进一步表明,物体之间的吸引是相互的——石头吸引地球,地球也吸引石头——如果没有什么东西干扰重力的直线作用,那么地球和月亮将会彼此靠近,并且在中间的某一点相遇。假定地球与月亮的密度相同,那么由于地球的体积是月亮的54倍,地球将走全程的 $1/54$ 。正是地球及其卫星的轨道运动防止了它们这样相撞。

在开普勒那里,重力与磁力又奇特地恢复了友好关系,在他所仰慕的吉尔伯特以及后来的17世纪作者那里,我们都能看到这种友好关系。正如在折断的磁石的例子中,这种重力可以描述为同源物体统一在一起的倾向。开普勒也认为潮汐是由月亮的磁作用引起的,他因为设想地球发出了甚至连投掷的抛射体也穿不透的很强的磁吸引链而受到批评。然而,他并没有完全达到万有引力的观念,比如虽然他知道木星投下了阴影,金星背对太阳的一面不发光,但他并没有把恒星看成本质上也是具有重力的地球物体。和培根一样,他似乎也认为离我们的地球越远、越接近于恒星区,天体就越轻、越不像地球。他还把太阳看成一个具有自身重力的特例。

开普勒注意到,行星离太阳距离越远,其速度也越小,他认为这恰好印证了他神秘依恋的一种观点,即太阳支配着天上的所有运动,尽管其作用力随着距离的增大而减小。他主张,是从太阳发出的一种力推动着行星沿其轨道运动,这种力随着太阳的自转而作环形推动,或者说沿切向作用于行星。他曾称这种力是一种“磁的流射”(effluvium

magneticum), 似乎认为它是和光线一起发射出来的某种东西。他说, 如果太阳不旋转, 地球就不可能围绕太阳运转, 同样, 如果地球不绕轴自转, 月亮也就不会围绕我们的地球运转。开普勒说, 地球的绕轴自转主要是地球之中的一种内在力所引起的, 不过太阳对地球的自转也起了一定作用。如果说地球每年自转 365 次, 那么他认为其中 5 次是太阳引起的。

开普勒并不了解现代惯性学说, 该学说认为, 物体将持续运动下去, 直到某种干扰使其运动停下来或偏离路径。在开普勒的理论中, 行星需要一个主动的力来推动它们在天空中旋转和保持运动。但他不得不解释为什么运行轨道是椭圆而不是圆, 为此他进一步利用了磁力。他认为行星轴就像地轴一样, 总是保持在某个方向和某个角度, 太阳的时拉时推造就了椭圆轨道。然而, 太阳推动行星的力并非像光那样朝四面八方辐射, 不加区分地分布于整个宇宙, 而是仅仅沿着行星的轨道平面从太阳发射出去。换句话说, 这种力必须知道它的目标在哪里, 因此并非遍布整个真空, 而是在给定的区域内瞄准目标。同样, 地球必须知道月亮的位置, 以便把它的“拉力”对准那个区域。吸引物必须知道目标, 这一观念是超距吸引理论所面临的障碍之一。

在开普勒和伽利略时代, 世界似乎正在明显接近现代引力观, 现代引力学说的许多要素都已经具备。然而就在这时发生了一个重大转向, 它将极大地分散人们的注意力, 即使在牛顿时代之后很久也是如此。正如我们所看到的, 笛卡尔仅仅从物质和运动出发, 用演绎的方法着手重建宇宙。笛卡尔提出了一个世界体系, 我们今天很容易低估它的价值, 但它却影响了一些大科学家长达半个多世纪甚至更久。只是在回顾的时候, 也许是由于视觉上的错觉, 就像更古老的创造世界体系的尝试一样, 我们往往会觉得, 虽然人类心灵在试图进行过于广泛的综合体系建立和过于迅速的理解时也许会有辉煌的效果, 但其

实只是给自己制造了未来的障碍而已。

我们已经看到,虽然笛卡尔竭力抛弃过去的偏见,但他可能因为轻率地接受了经院学者所留下的资料而受到误导。同样,我们惊奇地注意到,亚里士多德的两条原理帮助决定了笛卡尔所重建的宇宙:第一条是真空不可能存在,第二条是物体只有实际接触才能相互影响,因此不存在吸引,也不存在超距作用。因此笛卡尔坚持认为,空间的每一个部分总是充满着连续物质,这种物质被认为是无限可分的。他假定各个微粒非常紧密地压在一起,以至于其中某个微粒如果不把运动传递给其余微粒就不可能移动。这种物质在天空中形成旋涡,正因为每颗行星都被裹挟在自己的旋涡之中,它们才像稻草一样被拖着转动——被与之实际接触的物质所推动——同时保持在天空中的固有位置上。由于它们都被裹挟在一个以太阳为中心的更大的旋涡中,因此它们(及其各自的旋涡)被携带着穿过天空,划出了围绕太阳的巨大轨道。重力本身就是由这些不可见物质的旋涡所引起的,它们能把物体吸向自己的中心。要把支配这些旋涡的数学原理写出来太困难了,而且在当时这样一幅宇宙机器图景中不可能有很高的精度。人们指责笛卡尔的追随者用演绎法重建了一个过于庞大的宇宙体系,并且坚持那些他们认为在逻辑上必然、但又拿不出实际证据的现象。在牛顿时代,笛卡尔的体系和涡旋理论常常受到数学和实验两方面的攻击。

与此同时,一些相信笛卡尔所说的空间中完全充满物质的人为所谓的牛顿综合体系贡献了进一步的要素。笛卡尔本人给出了惯性定律的现代表述——运动沿直线持续下去,直到被某种东西所中断——这是他根据自己的动量守恒理论自然地演绎出来的。他的动量守恒理论说,宇宙中运动的量永远保持不变。完全掌握了惯性原理并且给出了清晰表述的是笛卡尔而不是伽利略。笛卡尔的同时代人罗贝瓦尔最先表述了万有引力理论——把它运用于所有地方的物质——但

未能发现引力大小随距离变化的任何定律。罗贝瓦尔认为所有物质都有一种聚集在一起的倾向；在他看来，若不是月亮和地球之间有稠密的以太，月亮将会落入地球——存在于地月之间的物质施加了一种阻力，抵消了重力的影响。

这是1643年的事。到了1665年，阿方索·博雷利又迈出了重要一步。那时他虽然同意开普勒的观点，认为需要从太阳发出一种力来推动行星沿其轨道运转，但他说，若不是重力效应被一种离心倾向所抵消，行星将会出于一种接近中心物体的“自然本能”而落向太阳。这里的离心倾向是指行星离开其轨道曲线的倾向，就像石头试图离开吊索一样。因此，博雷利虽然没有看到行星凭借其本身的惯性运动而移动，也没有理解把行星拉向太阳的重力的本性，但却提出了行星在两个相反的力之间保持平衡的见解。这两个力一个要使行星落向太阳，另一个则要使行星沿切向飞出。在古代，例如在开普勒所熟悉的普鲁塔克(Plutarch)的一部著作中，月亮已被比做吊索上的一块石头，也就是说月亮的圆周运动克服了重力的影响。然而，由于博雷利不懂离心力的数学，所以他的整个假说仅仅处于模糊的猜测阶段。

到了这时，即1665年，牛顿引力理论的要素基本上已经齐备，只不过分散在不同科学家的著作中，还没有人能将它们组合起来。虽然博雷利等人似乎认为必须提供一种力来实际推动行星沿轨道运转，但笛卡尔已经提出了现代惯性理论，并很快得到认可。认为重力普遍存在于所有物体之间，这种观点也已经被提出。根据这种观点，太阳对行星有拉力，地球会阻止月亮飞入太空，就变得可以理解了。现在1665年又有人提出，这种引力运动被一种离心力所抵消，这里的离心力是指，行星倾向于沿切向飞出，挣脱束缚它们的吊索。惯性、引力和离心力，所有这些观念都是地界力学的内容，它们恰恰代表了在解决行星运动和整个天体问题之前必须努力解决和理解的那些动力学要

点。但除此之外还有天文学家的发现也必须被纳入最后的综合体系，其中包括开普勒的行星运动三定律：第一定律说，行星的轨道是椭圆；第二定律说，太阳与行星的连线在相等时间内扫过相等的面积；第三定律说，轨道周期的平方和行星与太阳平均距离的立方成正比。假定行星的运动受我刚才提到的力学定律的支配，那么必须以数学方式表明，行星正是按照开普勒所说的定律来运行的。

惠更斯想出了离心作用所需的数学，尤其是计算使石块保持在吊索上而不沿切向飞出所需的力。他似乎在1659年就已经得出了这个公式，但直到1673年才通过其论摆钟著作的一个附录将此成果发表。然而，惠更斯似乎从未想到要把他关于圆周运动和离心力的观点应用于行星本身，也就是应用于天体问题。在这一点上，他似乎受到了笛卡尔天体观念的束缚。1669年，惠更斯试图把重力解释为被笛卡尔充满整个空间的物质旋涡吸入的效应。他通过一碗旋转的水来说明这一点，他表明水中的重微粒为什么会随着旋转的减慢而移向中心。此时他还相信圆周运动是自然的和基本的，无需专门解释，而落体的直线运动则可以说是圆周运动的副产品，旋转水碗中的微粒就是如此。

一位论述济慈(Keats)的作者曾试图表明，在创作十四行诗《初读查普曼译荷马有感》(*On Reading Chapman's Homer*)之前的时期，诗人是如何任其思想在所谓的生动想象领域中自由驰骋，并逐渐变得无拘无束的。时而试验一个天文学发现，时而尝试从探险家的经历中提炼出诗句，但是都失败了。然而，诗人的心灵却在该领域中纵横驰骋，最终似乎产生了某种强大压力，当兴奋的时刻来临，查普曼译的荷马史诗触发了灵感时，来自那些领域中的美好意象迅速浮现在诗人的脑海中。似乎无需任何刻意准备，那十四行诗便从诗人笔端倾泻而出，但实际上，其背后一直隐藏着无形的劳作。

同样，在17世纪，人的心灵也在我们所研究的这个领域中纵横驰

骋,以各种方式对事物进行拼凑,但从未获得圆满成功,尽管某种强大压力已经清晰地产生出来。一个人可能已经抓住了拼图游戏中的一个重要片断,而在当时看似不相干的一个领域,另一位科学家又抓住了另一个片断,但他们都没有清楚地意识到,如果把两部分拼在一起,就会互相补足。然而,问题的各个碎片正开始汇合,时机已经很成熟,一个年轻人只要对该领域有通盘了解并且心灵擅于变通,就能凭借一些直觉把各个碎片组合成恰当的图样。这些直觉其实非常简单,以至于一旦获得,任何人都会问自己,这些问题以前为什么会造成那么大困难。

牛顿在这段历史中所扮演的角色一直是最近争论的话题,他说自己很小的时候就已经做出了有效的综合体系,有人对此表示怀疑。事实表明,他在这段时间的笔记里并没有显示出太多非凡才智。但是到了1665~1666年,他在光学和数学上都做出了重要发现,他所回顾的万有引力理论发现过程也不能轻视。这样看来,他似乎是在惠更斯的相关著作发表之前,于1665~1666年独立发现了所需的离心力公式。他还发现,如果行星是被一种与到太阳距离的平方成反比的力拉向太阳的,那么行星将会按照开普勒定律来运动。换句话说,他已经成功地给出了重力作用的数学表达。基于这些结果,他比较了把石头保持在吊索上或者把月亮保持在轨道上的力与重力效应(亦即落体在地球表面上的行为)。他发现,如果承认重力与距离的平方成反比,那么两者就是对应的。他把月亮当成一个抛射体来处理,就好像要沿直线飞出,但被地球的重力效应拉成了一条曲线;他发现,这些假说很符合万有引力与距离的平方成反比的理论。月亮要想保持它的圆形路径,则它(由于地球的拖拽)每时每刻的下落都必须与地球表面上物体的下落成一定的比例。牛顿和苹果的历史故事至少有某种典型的有效性,因为即使不是苹果,也必须有地球上的其他落体来充当比较的基础。

这一壮举证明了,当把这门新的地界力学应用于天体时,数学结果是正确的。因此,牛顿似乎在 1665~1666 年就已经完成了他的重要综合体系,不过他并不满意证明中的某些要点,从而把这项工作搁置了许多年。

17 世纪 60 年代中期,博雷利、牛顿、惠更斯和胡克各自在研究同一个行星问题的不同方面,其中一些人还相继研究了光的本性。从 1657 年开始,惠更斯曾经造访伦敦,为皇家学会做实验,与学会会员们通信,还在英格兰试验了他的摆钟。不过在英格兰,摆的实验是独立开始的,克里斯托弗·雷恩(Christopher Wren)、威廉·克鲁尼(William Croone)、威廉·鲍勒(William Balle)和劳伦斯·鲁克(Laurence Rooke)似乎开始了运动定律的研究,罗伯特·胡克做了大部分实验。在这项工作的发展过程中,我们几乎不可能发现惠更斯和英国科学家彼此之间的影响。17 世纪 70 年代即使不是整个科学革命运动的高潮,也必定是其中最伟大的十年之一;伦敦和巴黎都有成就斐然的科学工作者所组成的圈子。就引力理论而言,在这一时期,我们不应只关注牛顿个人,还要关注英国科学家的团体合作。我们知道,皇家学会遵循培根的原则,试图从全世界收集所需的资料来确立哥白尼的假说;至少在理想情况下,其成员在相互帮助,“自由交流他们的方法,共享成果”。这里最重要的人有艾萨克·牛顿、罗伯特·胡克、埃德蒙·哈雷(Edmond Halley)和克里斯托弗·雷恩,等等。胡克的实验无论在数量、种类还是独创性上都很惊人。他遵循培根的观点,试图证明重力对物体的作用必定随着物体沉入地球深处而减小。他试图发现重力效应在高空或赤道区域如何改变,并通过对摆进行观察和实验来帮助解决这个问题。他由天体的球形和月亮上的隆起推出月亮和行星也有重力。到了 1666 年,他认为(例如)彗星的运动是因为太阳的拉力作用才变弯曲的,并且提出,行星的运动也许可以通

过摆的运动原理来解释。1674年,他提出由此可以得到一个力学的行星体系,它将是“真正完善的天文学”。他指出,除了太阳对行星的影响,还必须考虑所有天体之间的相互作用力。到了1678年,他已经把引力观念当做一条普遍原理提了出来。而到了1679年,他也发现重力的减小与距离的平方成正比。在这一时期,牛顿在论文中写下的一些话似乎表明他对自己早期的理论不太有把握;在理解上,他暂时比胡克更缺乏信心。当时有好几个机会需要牛顿提供数学帮助。有人(特别是英国人)似乎怀疑关于行星椭圆轨道的开普勒定律。牛顿证明,施加于行星的吸引力使我们必须采用椭圆假说,而不是圆周假说。胡克曾经声称对整个引力理论享有优先权,由于牛顿在1665—1666年的工作一直未公开,胡克自己的许多手稿又遗失了,加之牛顿的回忆有时不能自圆其说或者说不可靠,关于优先权的争论近年来又成了热门话题。不过,无论牛顿早年的兴趣如何,至少在这个问题上,胡克没有给出他自己体系的数学证明。关于胡克,我们只能说,在那个关键时期,其数学能力的发展超出了我们以前的设想。因此,随着历史研究的发展,胡克的声望已经提升,尽管牛顿的荣耀并未丧失。

应当注意,开普勒曾经认为行星受到从太阳发出的力的作用,而胡克和牛顿所阐述的天空则要复杂得多,这是一个和谐的体系,所有天体都在不同程度上彼此支配。木星的卫星不仅影响木星本身,而且还相互作用,木星则对它们有更大的约束。行星及其所有卫星又在太阳的控制之下(也对太阳有一点小的吸引),并且受到相邻行星的影响。正如牛顿后来所说,太阳在这些天体中占据绝对优势,以至于较小的天体起不了多大影响,同样,月亮对地球的影响也很小。与此同时,已经有人(尤其在英格兰)注意到,当木星和太阳靠得最近时,它们的运动显示出一种不规则性,这种不规则性未见于其运动轨道的任何其他点。此外,月亮还使地球轨道发生了微小的改变。1846年,根据

天王星发生的类似扰动,天文学家未做实际观测便推断出还有一颗行星即海王星存在着。因此,整个体系在17世纪70年代要比在17世纪初设想的复杂得多,整个天空呈现出一种更为复杂的数学和谐。新天空理论的优点在于解释了一些次要的反常,它所描绘的相互作用的世界远比开普勒所设想的全面得多。

直到17世纪80年代中期,牛顿才回到了这个问题。他的最大困难在于,正如我们所看到的,虽然重力在所有物质微粒之间起作用,但他必须从一个数学点到一个数学点进行计算,例如从月亮中心到地球中心。不过在1685年他已经能够证明,如果假设月亮的整个质量都集中在它的中心,以至于可以认为月亮的全部重力都是从那一点发出的,那么计算结果在数学上便是正确的。此外,虽然在17世纪60年代中期他的计算数据可能并非完全错误,但是到了1684年,他能够利用更为准确的观测和计算。因为在1672年,由让·皮卡(Jean Picard)率领的一支法国远征队在卡宴(Cayenne)和巴黎同时测量了火星高度,远征队的测量结果为地球与太阳的平均距离提供了更为准确的估计——当时给出的结果是8700万英里,接近于9200万英里的现代计算结果——并且能够更加清楚地揭示出太阳系的大小。现在甚至可以更准确地测量地球本身的大小。这次远征的成果虽然早已印制出来,但直到1684年出版之后才广为人知,而当牛顿做最后的计算并且提出其体系时,所采用的正是这些材料。因此,在17世纪80年代中期,机缘巧合又使牛顿重新回到了他20年前所研究的问题;这一次,他对自己的结果和证明感到满意。这些结果和证明是1686年完成的,并于1687年在他的《自然哲学的数学原理》中公布于世。

牛顿公布其体系的目的之一是要表明,笛卡尔所表述的涡旋或旋涡理论是不可能的。他指出,旋涡在数学上不会按照笛卡尔所设想的方式运动——裹挟在旋涡中的行星运动不会符合开普勒关于行星运

动的发现。此外,彗星也不可能按照理论的要求从一个旋涡到另一个旋涡沿直线穿过整个体系。无论如何,如果整个空间中所充满的物质稠密到足以通过其旋涡带动行星运转,那么如此之强的阻滞介质将使宇宙中的一切运动都变慢。另一方面,似乎连数学家也不能立刻把握《自然哲学的数学原理》的意义和重要性,许多人(尤其是受笛卡尔影响的那些人)都认为牛顿是不科学的,因为他把以前被斥为迷信的两种东西——即真空观念和两个物体互不接触就能发生超距作用的概念——又恢复了。他的“吸引”有时被认为重新陷入了旧的异端邪说,因为它把隐秘性质这样的东西归于物质。他否认自己曾经试图解释重力,或者对物体之间存在的关系做出数学描述以外的事情。但他有时似乎认为,重力的原因在于以太(以太在地球或地球附近变得稀薄,而在太阳或太阳附近最稀薄),重力代表所有物体都倾向于朝着以太更为稀薄的地方运动;有时似乎又认为,这种引力代表着上帝在整个空间中所产生的一种作用,这使上帝的存在成为逻辑上的必然,并把宇宙从笛卡尔的过分机械化中拯救出来。正如我们所看到的,牛顿依然相信天空中的某些不规则现象——罕见的相合或相冲、彗星的路径等——容易引起宇宙钟表的轻微扰动,需要上帝不断加以干预。

伟大的同时代人惠更斯和莱布尼茨严厉批判了牛顿体系,他们的工作有助于强化笛卡尔哲学在欧洲的地位。他们试图给出重力的机械论解释,要么把重力归因于遍布宇宙的精细物质的作用和压力,要么退回到磁力观念。英国人一般都支持牛顿,而法国人则往往拥护笛卡尔,结果便引发了一场持续到18世纪的论战。笛卡尔和牛顿都是一流的几何学家,但牛顿的最终胜利对我们有特殊意义,因为它证明几何学与实验方法的结合战胜了笛卡尔精心阐述的演绎体系。干干净净、空空荡荡的牛顿天空最终战胜了充满物质和旋涡的笛卡尔宇宙,科学观察并没有为后者的存在提供任何证据。

第9章

向路易十四统治时期哲学运动的过渡

我们已经粗略浏览了 17 世纪科学革命进程中的几条主要线索，也已经知道这场革命为何与研究地上和天上的运动有特殊关系，故事的顶点是牛顿体系对天文学和力学的综合。我们现在来到的时间点是人类经验史上的重大时刻之一，虽然问题还没有彻底解决，甚至牛顿也说不出引力的原因是什么，但是从整个叙事中仍然可以看出，这里的确是一个重大时刻。通过解决某个问题，人们获得了新的思维习惯和研究方法，可以说几乎奠定了现代科学的基础。此外，他们发现在牛顿体系中，天和地可以包含在同一项研究中，可以归结为同一个基本定律体系，这往往会改变他们对整个宇宙的看法。我们已经看到，人们有意识地尝试拓展机械论体系本身以及在物理学中已经取得重大成果的科学方法，以把化学现象甚至是生物学领域也包括进来。我们还看到，为了与这种机械论体系有意识地保持一致，古代的原子论哲学得到复兴或者被加工成新的形式。对于使人类世界观发生这种总体转变的如此广泛的思想变化，历史学家通常并不能将其连成一条线索。

然而,所有这些仅仅代表了科学革命所具有的巨大意义的一个小角落;如果我们现在不转而研究新思想对17世纪的生活和社会的影响,那就错了。科学史不应孤立地存在,如果说我们把它分成了几个方面并且用显微镜对其进行剖析,那只是因为在这一历史时刻,思想上的变化对于最宽泛意义上的一般历史至关重要。因此,现在不妨回顾一下17世纪科学运动在整个文明史中处于什么位置。在这方面,我们最好是从我们的科学革命叙事已经实际到达的这个地方开始着手,可以说从这时起,这场运动才真正显示出自己的特点。这一激动人心的时期似乎是17世纪80年代这十年,正如我们已经看到的,当时伦敦和巴黎有一些科学家正以非凡的成就使这一时期发展到高峰;事实上,使这一时期达到顶峰的是1687年牛顿《自然哲学的数学原理》一书的出版。

为了理解这些发展,我们不妨先指出在这一时期将科学运动的成果传播到科学以外的主要动因,他就是法国作家丰特奈勒(Fontenelle)。他是科学革命与哲学运动之间最重要的环节。我们之所以对他特别感兴趣,是因为他的一生,即1657年到1757年,涵盖了我们现在所关心的伟大过渡阶段。他之所以有启发意义,是因为他在某种意义上是第一位法国哲学家,而且发明和利用了一整套普及技巧。从1699年到1741年,他一直担任法兰西科学院的秘书。我们不妨先来看看他在那些著名悼词(在这一时期许多科学家的葬礼上,他以科学院秘书的名义所作的演说)中所提供的证据。考察了这一思想过渡中的关键点之后,我们将试图对文明史进行更广泛的考察,以找到整个科学革命的位置,从而展示通向所谓理性时代的过程中的更多一些方面。

如果把各种形式的历史证据分成等级,那么我们大都会倾向于把葬礼演说归入最低或最不可信的一类。但历史学家就像一个侦探,世

界上一切事物都可以为他提供线索。事实上,丰特奈勒是一个极其敏锐和老练的叙事者,甚至在颂词中,他也能不冒犯地使人注意到某位科学家的弱点,比如过分妒忌他的同事和下属。与此同时,他似乎在用这些演说来宣传科学运动,从这种宣传中会涌现出一些有趣的事情,例如他在抨击流行的教育方法和宗教偏见时,有大量内容谈到了当时的争论。

然而,通过对照他的大量简短传记和那些叙述,我们发现了丰特奈勒最适合提供的一些最让人感兴趣的杂闻。在一场运动、革命或战争的编史学中,总有一个阶段可以被称为“英雄时代”,即对故事进行详细记述的原始时期,那时的人制造神话,清点战利品,为推翻敌人而欢欣鼓舞,或者以奥伦治人(Orangemen)的精神举行纪念宴会。在某种意义上可以说,丰特奈勒的那些颂词之所以为我们的图景作出了贡献,是因为它们所提供的恰恰是科学革命的这种英雄传奇。如果我们考察一些例证,那么重要的并不是个别科学家的名字或者关于他们所讲的特定事情,而是这些传记所采取的模式以及这一系列传记的累积性效果。

由这些传记的特点可以清楚地看出,我们现在讨论的并不是像伽利略那样的孤独先驱者,而是一场日益普遍化的运动。从丰特奈勒的那些传记可以看出,这场运动的参与者常常出身于资产阶级家庭,特别是,其中不少人都和他一样是律师之子。起初他们往往都打算担任神职,父辈也都坚持让他们学神学。但这些传记屡屡出现了同一种模式:年轻人觉得流行的教育方法令人生厌,发现他们所受的教育仅仅是些空洞的言词而没有实际内容。于是,同样的童话故事就一再发生了。

伯努利(Bernoulli)就是其中一位,据说他偶然看到了一些几何图形,就立即被其魅力所吸引,进而开始研究笛卡尔的哲学。还有一位是阿蒙顿(Amontons),他大病一场之后发现自己耳朵聋了,从而不得

不缩短其正规教育,由此他得以关注自己喜欢的东西,开始研究机械,致力于设计制造一种永动装置。雷吉斯(Régis)原本打算做神父,但他对不得不把大量时间花在无足轻重的事情上渐渐感到厌倦,这时他偶然看到了笛卡尔的哲学并立即被它打动。图内福尔(Tournefort)在父亲的图书室里邂逅了笛卡尔的哲学,他立刻意识到,这正是他心中一直在寻求的东西。路易·卡雷(Louis Carré)也是如此,他本应做教士,但其前景让他反感,后来他发现了笛卡尔的哲学,这为他打开了一片新天地。马勒伯朗士(Malebranche)喜不自胜地阅读着笛卡尔的著作,以至于为了研究哲学而放弃了其他一切。瓦里尼翁(Varignon)偶然得到了一本欧几里得的著作,惊讶地发现这与学校里教的那些诡辩晦涩之辞大相径庭,遂在几何学的指导下阅读了笛卡尔的著作,获得了新的启示。荷兰人布尔哈夫(Boerhaave)受的是神学训练,但自从碰上了几何学便无法抗拒其魅力。这很像宗教运动早期阶段基督徒描述的改变信仰一样,他们一个个看到了光明,改变了自己的一生。这场运动在新的一代人那里发扬光大,他们乐于从旧的重负、常规和偏见中解放出来。一切都还处于英雄时代——科学观正在成为一种新的启示,它的使徒们正在清点自己的战利品。在这种过渡中,一个特殊的动因是几何学,尤其是笛卡尔在当时非常强大的影响。

此外,丰特奈勒的传记描写还见证了路易十四统治时期科学不同寻常的社会成功。在考察这些传记时我们发现,17世纪80年代显得特别生动,主要是因为丰特奈勒此时目睹了这一切,使我们大有身临其境之感。大约从1680年开始,他本人见到了这场新运动的一些领袖,到了1683年或1684年,他已经与该运动建立了明确的联系。这意味着在一个令人振奋的时刻,在这段历史的一个高点上,他与这些科学家有了直接接触。引人注目的是,虽然这时他只有二十几岁,余生还有七十多年,但他最生动的印象都属于这一时期,而且他的大多

数持久看法都是在这时确立的。我们得知,当时巴黎到处都是前来参加会议或聆听科学家讲演的外国人。例如在一年之内,仅从苏格兰来听著名化学家莱默里(Lémery)讲演的人就有40人之多。成群的妇女挤在莱默里的课堂上——我们被告知,这是一种时尚——由于他的声望,连他的药物制剂也风靡一时。哲学家雷吉斯在图卢兹也引起了一场轰动,他使教士和行政官员都对笛卡尔的学说产生了兴趣;1680年他来到巴黎,“闻讯而来的人太多,一所私人住宅根本装不下;人们必须早早赶来占座”。意大利剧院最受欢迎的演员也来学习笛卡尔的哲学。雷吉斯的影响是如此之大,以至于巴黎大主教都停止了集会。解剖学家迪韦尔内(Du Verney)的研究主题也吸引了一些年轻女士。丰特奈勒写道:“迄今为止,解剖学一直都只限于医学院校,而现在却进入了上流社会。”他又说:“我还记得,上流社会的人把他制备好的标本带走,以便向自己圈子里的人显示。”后来迪韦尔内成了皇家花园(Jardin Royal)的教授,身边有一大批学生,一年中有140个外国人来听他的课。我们知道更多一些的是一群诺曼底人,他们在巴黎形成了一个兴趣小组,其中包括丰特奈勒本人、著名几何学家瓦里尼翁、知名的圣·皮埃尔神父(Abbé de Saint Pierre)和历史学家韦尔托(Vertot)。我们知道在贵族的赞助下,化学家莱默里得以进入饱学之士云集的孔代亲王(Prince de Condé)的沙龙,迪韦尔内被邀请教育法国皇太子,于是他的讲演有了比以前更著名的听众。丰特奈勒风趣地指出,数学在17世纪80年代大赚了一笔,不过他又说,1688年路易十四与威廉三世之间战争的爆发对此产生了不利影响。

1686年,丰特奈勒出版了著名的《关于多重世界的对话》(*The Plurality of Worlds*)。这是法国向读者大众清晰、风趣、易于理解地阐述科学发现的第一部著作。直到今天,该书在许多方面也堪称科学普及著作的典范。丰特奈勒有意使科学显得有趣,就像最新的小说那

样易读,以供时髦女士消遣。需要指出的是,丰特奈勒在转向科学之前就已经开始了作家生涯,他原本只是一个壮志未酬的文人,写过一些不知名的诗,也未能如愿成为戏剧家。在某种意义上,丰特奈勒是他所帮助开创的整个18世纪法国哲学运动的典型。科学革命的成果被仓促变成了一种新的世界观,这项工作与其说是由科学家完成的,不如说是由文学家完成的。丰特奈勒写过一些数学著作,但他本人作为科学家并不重要,他并不是因为任何实际的科学发现而被人记住的。他之所以适合写葬礼演说,是因为他多才多艺而且熟悉多门科学,因此可以对各种不同领域中的专业发现做出评价。作为一个深谙世故的人,他知道什么是时尚,他所提供的正是人们所需要的东西。在《自然哲学的数学原理》出版的前一年,他的《关于多重世界的对话》问世,他还对牛顿之前所认识到的天空图景做了总体描绘。他发明并且充分发展了一种以对话方式为基础的幽默风格,其中充满了所谓的“机智”,其阐述方式又是如此别出心裁和机智诙谐,以至于有时要变得乏味才能结尾。有人曾说,这是“一个卖弄学问、矫揉造作以迎合资产阶级和外省人的大杂烩”。

丰特奈勒并非仅仅普及了17世纪的科学成就。需要指出的是,文人们在这个关键阶段介入进来,发挥了第二种功能——把科学成就变为一种新的生活观和宇宙观。17世纪的许多科学家都是虔诚的新教徒和天主教徒,在这一时期,玻意耳和牛顿都对基督教表现出极大的热情,甚至连笛卡尔也认为他的工作能为宗教事业服务。正是出于一种神秘冲动和宗教专注,像开普勒这样的人才把宇宙归结为力学定律,以表明上帝是一致的和理性的,甚至没有给自己的随心所欲留下余地。正如我所说,丰特奈勒有点像塔列朗(Talleyrand)^①——充满

^① 塔列朗(1754—1838),法国政治家。曾受神职,1788年任欧坦主教。——译者注

魅力、保持怀疑、闪烁其词,在人性问题上多少持一种悲观主义和玩世不恭的态度。他在接触科学运动之前就持怀疑看法,这是从卢克莱修(Lucretius)以及像马基雅维利、蒙田(Montaigne)等更为现代的作家那里学到的。一种实际上有着文学谱系的怀疑论加入进来,给17世纪科学运动的成果赋予了一种偏见,这种偏见鲜见于科学家本人,笛卡尔也会拒绝接受。法国天主教教士的阻挠态度鼓励了这种偏见,他们助长了这样一种印象:教会是科学发现的敌人,事实上是一切新事物的敌人。在这方面必须指出,18世纪的伟大运动是一场文学运动,决定历史的下一转折,决定西方文明进程的不是那个时期的新科学发现,而是法国的哲学运动。把17世纪的科学发现变成一种新世界观的不是科学家自己,而是丰特奈勒的继承者和接任者。

于是,在从17世纪到18世纪的伟大过渡中,人类思想的发展并不是直线和统一的,也就是说,在传递中有些地方出现了断裂,这些奇特的断裂和不连续性有助于我们理解一般历史的整个结构。代与代之间存在着断裂,年轻人反对父辈的观念和教育体制。伽利略已经做出呼吁,丰特奈勒及其后继者则把这种呼吁推向顶点——反对当时的学术界,反对教会和大学,诉诸人类思想的新仲裁者:更广泛的一般读书公众。我们发现,有时正是文学家把科学工作成果非常迅速地变成了一种新的世界观,此时就有了进一步的不连续性。最后,最大的不连续性在于出现了一个新的重要阶层。

经过长期斗争,法国国王们终于完成了君主政体在欧洲历史上所要完成的任务,那就是把地方单位结合成国家单位,削弱地方统治者的权力,把半发达民族的地方观念变成更大的国家观念。在17世纪80年代,路易十四在法国达到了权力的顶点;其政策的灾难性后果尚未损害他的统治,自投石党运动失败以来,也就是自1660年以来,经过长时间的困境和混乱,几乎使整个君主制濒于崩溃的法国已经明显

恢复稳定。我们已经指出,即使没有柯尔贝尔(Colbert)去组织,这种恢复稳定本身也足以使经济活动明显复苏,因此,我们也许把功劳过多地归于这位政治家的工作和政府的指导了。在帮助文明向前迈进以及在这一时期起作用的众多因素中,历史学者对于恢复稳定的首要性可能强调得还不够。17世纪下半叶,英法两国在经济领域的猜忌非常严重,我们只要看看历史上这一时期的情况就会感觉到,工业革命将在法国而不是在英格兰发生。当时法国是欧洲人口最多的国家;特别是,西印度群岛的贸易得到很大发展;有人计算过,到了17世纪末,有40万人或直接或间接靠殖民地贸易养活自己。当时的文学作品也表明,早在18世纪那场与约翰·劳(John Law)相联系的著名经济灾难发生之前很久,一场投机浪潮就席卷了这个国家;就像威廉三世统治时期的英格兰或更早一些时候的荷兰也曾经历过投机热一样。不仅旧贵族变得更容易接受,而且新阶层也正在获得那个有影响的地位,即思想上的领导地位。

这一时期的著名回忆录作家圣西门(Saint-Simon)属于旧贵族,他写的东西带有那个阶层的所有偏见。他斥责路易十四的统治时期是“邪恶资产阶级的长期统治”,这使我们注意到了路易十四统治时期常常被忽视的一面。在16世纪,是贵族在内战中领导了胡格诺派(Huguenot),在这一时期,资产阶级在文学中几乎没有起什么作用。在17世纪的大部分时间里,教会在政治和思想上的领导都很强大,例如,许多红衣主教都担任国家要职,以至于历史学家会谈到这一时期法国的天主教文艺复兴。然而现在,社会结构正在发生明显改变。柯尔贝尔本人是布商的儿子,在路易十四统治时期,高乃依(Corneille)、拉辛(Racine)、莫里哀(Molière)、布瓦洛(Boileau)、拉布吕埃(La Bruyère)、帕斯卡等著名人物都来自这个阶层。我们看到有一些迹象表明,这个阶层的影响与日俱增,科学家也逐渐获得了知识上的领导

地位。如果路易十四统治的后半期没有给柯尔贝尔一直在推进的那种国家造成灾难,如果此后没有贵族的反抗,那么所有这些现代发展将会更加显著。即使如此,1660年到1760年的这段时期仍被称为法国“资产阶级的黄金时代”。

当伽利略、笛卡尔等人决定用本国语而不是拉丁语撰写自己的著作时,他们公开宣称不是给学术界写的,而是给有知识的大众写的。这一策略本身很有意义,类似的情况也曾发生在宗教改革时期的德国。这涉及文明史中的一项不连续性,因为在思想领导地位的转移中,在思想领域中新的仲裁者方面,一种文明的思想遗产中有些东西很容易丧失,就像我们今天可以类似地看到马克思主义者诉诸另一个仲裁者无产阶级一样。在这一时期的法国,中产阶级能在思想上取得有效的领导地位是有特殊原因的。

法国资产阶级对他们这个阶层有些羞愧,轻蔑地拒绝通常的资产阶级理想。他们带着一种奇特的谦卑或者对真正生命价值的罕见理解,急于尽早离开经济生活的喧闹和冲突,满足于一种保险而适度的收入,模仿贵族建一座好房子。他们不是把钱重新投到工业和商业,培养孩子在商行里继承他们的工作,而是购买田地、地租或某个保险的小官职(一个2000人的小村庄可以提供不少这样的官职)。或者,他们一旦有了些能耐就会进入法律界或医学界,以逃离他们打心眼里看不起的商界。柯尔贝尔本人就曾抱怨说,资产阶级的生活方式给法国的经济发展造成了损失。旅行者们会把法国与荷兰相比较,在荷兰,孩子们往往自然地被教导子承父业。正如一位法国历史学家所说:“大量资本一创造出来就离开了商业。”

因此,有各种力量在起作用,使资产阶级成为一个人数众多的群体,但它的单个成员却往往不能变得特别富有或者在经济上特别强大。一方面,法国商界的视野比较狭窄——事业精神有限,保险的“固

定收入”成为中产阶级的朴素理想——这里有一种靠利息吃饭的民族心理。胡格诺派之所以在经济上取得了巨大成功,可能部分是因为他们不大有机会成为政府官员或社会名流,于是往往在商界干下去。另一方面,可以说法国的中产阶级有某种真正的价值观——使事业从属于“美好生活”的目标——如果每一个民族都这样做,那么生活和社会不平衡的片面发展就会有幸得到遏制。无论如何,法国存在着一个有闲暇、追求社会生活的快乐、愿意赞助艺术和学问的资产阶级,这对于一般文化史来说很重要。这个阶级对权威和传统都不在乎,丰特奈勒以及法国哲学运动后来的作家们采取了把学术著作写得通俗可读的策略,不再像以前的学院派或经院哲学家那样进行旧式争论。“理性”一词的含义开始改变,此前需要长时间的强化训练才能获得它,而现在,任何人都可以自称有理性,特别是那些头脑没有被教育和传统搞坏的人。事实上,“理性”开始更多地意味着我们今天所谓的常识。

朝着现代观点的过渡以及哲学运动的诞生并非通过所谓“正常的上升”——即纯粹而简单的观念沿直线逻辑发展——而从科学革命中产生出来。我们思想传统中的一些事物无疑暂时被丢掉了。对于自那以后重新引入我们传统中的东西,或者久已被斥为无用而不得不重新发现其意义的一些观念,我们甚至可以写出整个历史。此外,整个过渡是由包括激情、误解和不一致的目的思想冲突而实现的。那些正在同大学、教士和头脑狭隘的贵族们的蒙昧主义作战的人有时想成为骑士,他们无暇顾及这场斗争中是否有不必要的伤亡。此外,奇特的是,法国通过与凡尔赛宫有关的许多古典作家的声望而在欧洲获得了思想上的领导地位。我们所研究的这场运动是在富丽堂皇的外表背后——几乎是在阴影中——发生的,一位文学史家在一篇名为《路易十四时代的衰落》(*The Decline of the Age of Louis XIV*)的文章中对它作了概述,不过从我们目前的观点来看,这场运动才是真正的萌芽阶

段。这里有趣的是另一种奇特的文化不连续性：法国因为她在某一类文学上的卓越而获得了思想界的领导地位，但是在18世纪，她却用这种领导地位来传播一种完全不同的文明。

在路易十四统治时期，还有一个领域的思想变化与科学史有关，尤其是当这些变化表现为科学方法向其他思想领域扩展时。那就是政治领域，所有历史学家都注意到了它作为法国大革命导火索的重要性。如果说法国君主制在路易十四统治时期彻底实现了它的功能，那么在另一方面，我们也看到了对法国君主制进行批评的开端——并不是特权阶层的纯粹挑剔和蓄意阻挠，而是那些声称比国王本人更理解国家观念的法国知识分子所提出的尖锐批评。这些批评在17世纪80年代达到了顶峰，此后路易十四统治时期便陷入了令所有法国人记忆犹新的衰退。从1695年到1707年，人们针对君主制发起了一系列现代批评。丰特奈勒的葬礼演说使我们注意到这场运动的一个常被忽视的方面，那就是这场新科学运动对于政治思想的最初影响。

这些政治改革家并非后来那些不切实际的理论家或教条主义者。他们写的都是自己的真实经历，必须同这类人打交道的丰特奈勒（因为他们都是法兰西科学院的院士或荣誉院士）让我们注意这场科学运动对他们的影响。正如丰特奈勒所说，将科学方法用于政治的第一个结果也是自然而然的结果是，坚持政治需要归纳法、收集信息、积累具体资料和运用统计学。例如，丰特奈勒指出，国家的统治者要像地理学家或科学家那样研究他的国家。他心怀赞赏地描述了杰出的军事工程师，也是路易十四的批评者之一沃邦（Vauban）走遍整个法国来积累资料，亲自察看国情，研究商业和贸易的可能性，从而获得了各种当地情况。丰特奈勒说，在把数学从天上请下来为各种世俗用途服务方面，沃邦所做的事情比任何人都多。丰特奈勒还不无夸张地说，现代统计学几乎可以归功于沃邦一人。的确，沃邦把统计学用于现代政

治经济学,并且第一次把理性的实验方法用于财政事务;同样,丰特奈勒还告诉我们,《政治算术》(*Political Arithmetic*)一书的作者威廉·佩蒂(William Petty)爵士在英格兰表明,政府所需的许多知识都可以归结为数学计算。即使在这场运动转向教条主义的地方,比如在丰特奈勒的朋友圣·皮埃尔神父那里,我们也发现他提出了一个有趣的建议。圣·皮埃尔希望建立一个科学政治家团体来考察改进统治方法或更好地管理经济事务的各种计划。专家局要么指导政府的各个部门,要么依附于各部,以提出意见和建议。圣·皮埃尔似乎乐于鼓励任何人为政府考虑的事情提出改良措施。当受过古典学和修辞学教育的文人在18世纪取得思想界的领导地位时,人们的注意力离开了这种科学政治学,政治书写走上了“教条主义”(doctrinaire)道路。

在《数学的用途》(*The Utility of Mathematics*)一文中,丰特奈勒提出了一个正在被广泛接受的普遍信条:

几何学精神并非紧缚于几何学之上而不能与之分离并且被用于其他知识分支。一部与道德、政治、批评甚至是雄辩有关的著作如果以几何学家的风格来做会更好。有时,一本好书所表现出的秩序、清晰、精确和严格很可能源于这种几何学精神。……有时一位伟人给整个世纪赋予了这种基调;(笛卡尔)就是一位卓越的几何学家,我们也许可以把建立一种新的推理技艺的荣耀正当地归于他。

如果说笛卡尔是路易十四时代的风尚,那么培根则可以说是法国百科全书派的主保圣人。正如我们所看到的,这两位权威都鼓励彻底检查每一种传统学说,质疑整个思想遗产。丰特奈勒在他的另一本著作《神谕的历史》(*The History of Oracles*)中提供了一个转移科学精神、运用怀疑方法的范例。在某种意义上,他是把比较方法用于宗教史的先驱者之一,即收集各地的神话来解释人类理性的发展。为了更

好地了解我们自己历史的原始阶段，他建议研究现存的原始部落，比如印第安人或拉普人。可以说，他把神话当成了一种可以进行科学分析的自然产物，是人类发展到某一阶段所特有的，而不是出于有意的欺骗。他认为，人的心智在各个时代本质上是一样的，但会受到当时的社会发展阶段、国家本身的特点以及气候等局部影响。他把古典历史、鲁昂港的水手和旅行者所讲的故事以及耶稣会传教士的讲述都用作材料，对神话进行比较研究。这里有一种自觉的尝试，要去表明科学方法如何才能获得广泛的应用，如何才能从考察纯粹的物质现象转移到我们所谓的人类研究领域。重要的是，在丰特奈勒时代，笛卡尔所极力主张的怀疑方法——正如我们所看到的，它有特殊的内涵和特别严格的纪律——性质已经改变，很容易被庸俗化，以至于仅仅意味着一种普遍的不信任态度，而这正是他曾经试图防范的那种怀疑论。

第 10 章

科学革命在西方文明史中的地位

无论研究哪一段历史时期或历史插曲，兰克(Ranke)都试图将其置于他所谓的“普遍历史”(Universal History)之中。只要你对某一段叙事思考得足够深远，你就会到达这个家——你所凝望的海洋。他的心智完全集中于此，以至于把追求“普遍历史的海洋”称为他一生的伟大目标和他全部研究的最终目标。奇怪的是，在通常的历史研究中，我们竟然对他最坚持的这一点完全视而不见，甚至在评价兰克本人的时候我们也往往忽视它。然而，在从内部考察了 17 世纪思想运动的诸多方面之后，我们不妨放宽自己的视野，站得远一些来审视我们所研究的这段历史，并力图找出这些事件对于整个西方文明史的影响。

在 16、17 世纪以前的数千年来，整个西方文明一直以地中海地区为中心，在基督教时代主要由希腊-罗马文明和古希伯来文明所组成，甚至在文艺复兴时期，意大利在欧洲仍然占据着思想上的领导地位，即使在文艺复兴时期之后，西班牙文化也仍然升至顶点，西班牙的国王们统治了历史上最大的帝国之一，在反宗教改革运动中，西班牙处

于支配地位。直到文艺复兴之前不久,在思想上领导西方文明的一直是地中海东部地区的那些国家或者一直延伸到中东的那些帝国。当我们的盎格鲁-撒克逊祖先还处于半野蛮状态时,君士坦丁堡和巴格达就已经是极为富庶的城市了,它们根本瞧不起落后的基督教西方。

在这种情况下,有必要解释一下为什么西方后来渐渐占据了这个世界区域的领导地位。而且考虑到整个欧洲文化的希腊-罗马特征,也需要解释一下欧洲大陆的分裂以及为什么会在那里产生我们所谓的西方文明。找到这些解释并不难。甚至在罗马帝国包围整个地中海地区时,东西方的关系就已经出现紧张,而当罗马帝国建立了第二个首都、东方的各种影响都汇集于君士坦丁堡时,这种紧张关系大大增强了。在随后的蛮族入侵时期,当君士坦丁堡反抗各种进攻,维护古典文化的连续性时,分歧又进一步加深了。正如我们已经看到的,此时西方已经大大衰退,它必须花几个世纪的时间来重新收复和占有——将碎片重新收集在一起,再把它们纳入自己特殊的生活观。中世纪罗马与拜占庭之间的宗教分裂(那时宗教分歧似乎渗透于每一个思想领域)突出了拉丁语和希腊语之间的差异,导致了不同的发展道路。例如在西方,教会与国家的摩擦极大地刺激了社会进步和政治思想的产生。西方得以独立发展,虽然它变得更有活力,但是在很长一段时间里,它依然是落后的。甚至到了15世纪,即文艺复兴盛期,意大利人也乐于围拢在那些从君士坦丁堡流放出来的教师们身边,把他们当做爱因斯坦式的人物来欢迎。不过此时来自拜占庭帝国的访问者已经对西方的技术进步大为惊叹了。

然而在我们的历史教学中,东方衰落和西方居于领导地位的一个重要因素却被不恰当地忽视了,而这个因素在欧洲版图的形成以及在欧洲文明本身的历史中发挥着决定性的作用。从公元4世纪到20世纪,持续了1500年之久的欧亚冲突是最引人注目的方面之一。

在这场冲突中,直到牛顿《自然哲学的数学原理》发表,侵略方乃是亚洲人。从4世纪到7世纪,当他们希望打到莱茵河时,来自亚洲腹地的游牧部落的不断入侵成了欧洲所有文化面临的巨大威胁,他们一般取道黑海以北(因此几乎直到法国大革命时期,这个地区一直是无人区),后来又取道里海以南进入小亚细亚和地中海地区。先是匈奴人,然后是阿瓦尔人、保加利亚人、马扎尔人、佩切涅格人、库曼人等,这些游牧部落(一般属于土耳其人和蒙古人)有时交替特别频繁,以至于前面的部落被后面其他部落压着冲向欧洲,或者成群结队相互推撞着西行。所有这一切以13世纪蒙古人的入侵以及此后奥斯曼土耳其人的征服而告终。

这些亚洲入侵者与1500多年前罗马和整个西罗马帝国的陷落有关;1453年,他们攻占了第二个罗马——君士坦丁堡;在许多个世纪里,他们几乎奴役着俄国,统治着后来相当于第三个罗马的莫斯科。他们是笼罩在东方上空的一块挥之不去的阴影。最终,他们把地中海东部地区变成了荒漠,结束了巴格达的荣耀。由于他们长时间的征战,西欧作为希腊-罗马文明的实际继承者进入了现代史。虽然这些亚洲人折磨过我们数个世纪,并把他们的劫掠延伸至大西洋沿岸,但是从公元10世纪开始,他们再也不能强行闯入欧洲,或者最多只能围攻维也纳。10世纪代表着稳定的恢复,因此从那时起,西方文明有了显著的进步。在这个以文艺复兴为顶点的时期,西欧获得了独立的地位,实际上成了有意识的文化领导者。

然而,正如我们所看到的,文艺复兴的一个重要方面在于它完成了一个漫长的过程并把它推向了顶点,在这一过程中,古代思想在中世纪得到恢复和吸收。它有时甚至把一种夸张的崇奉古代的精神发展到荒谬的极端,这种精神使拉丁语变成了一种死语言。各种观念也许已经以新的组合出现了,但我们不能说全新的内容是在文艺复兴时

期进入我们文明的,不能说这里发生的思想转变是为了改变我们社会或文明的特性和结构。甚至这时在某些领域发生的思想世俗化也不是前所未有的,它同样是在温室里成长的,很快就会被宗教改革和反宗教改革的狂热所压倒。例如在17世纪的大部分时间内,我们在思想和政治上很难不受到宗教力量的冲击。

有时人们谈起17世纪,就好像这一时期没有发生过什么特别新鲜的事情似的,因为自然科学本身是作为古希腊的遗产而进入现代世界的。我们在考察过程中也不止一次感到,在对古代思想进行进一步概括、恢复最起码的希腊科学之前,科学革命是不可能发生的(那些重大发展已经延迟了这么久)。然而与此相反,可以说我们所研究的17世纪是人类经历的一个伟大时期,应当和古代犹太人的放逐或亚里山大大大帝和古罗马建立庞大帝国一样,属于塑造人类进程的史诗般的业绩。它也代表了这样一种时期,此时人们通过自身的创造性活动及其对真理的追求,新事物进入了世界,进入了历史。似乎没有任何迹象表明,古代世界在其遗产被分散之前正在朝着科学革命推进,也没有任何迹象表明,延续了古典传统的拜占庭帝国会用一种巨大的变革力量重新塑造古典思想。因此,我们必须把科学革命看成西方的一种创造性产物,依赖于一些仅在西欧存在的复杂状况,或许也部分依赖于西方生活和历史的某种动态特性。这时不仅有一个新的因素被引入了历史,而且事实证明,这个新因素非常易于生长,又能在多个方面产生作用,以至于它从一开始就有意识地扮演着指导性的角色,可以说开始支配其他因素,就像中世纪基督教开始支配其他一切,向生活和思想的各个角落渗透一样。当我们谈到西方文明在最近几代被传入日本等东方国家时,我们并不是指希腊-罗马哲学和人文主义理想,也不是指日本的基督教化,而是指17世纪下半叶正在开始改变西方面貌的科学、思维方式以及整个文明的组织形式。

现在我认为的确可以说,对于历史学家而言,也许与研究史前史的学者不同,并没有什么绝对意义上的文明兴衰,有的只是不间断的历史之网,一代代人相互重叠,相互渗透,不断前行,以至于连科学史也是人类连续历史的一部分,它可以追溯到远比希腊人更古老的民族。但我们心目中的历史必须有界标,就像海洋要有固定点一样。只要不迷信语词的用法,不当术语的奴隶,我们可以把某种文明当成基本单元来谈论。同样,虽然一切都有前因和中介,而且总可以不断向前追溯,但是当地下的运动摆到了地上,新的事物明显产生,地球面貌正在发生变化时,我们仍然可以谈论某些关键的转折时期。由此可以说,在17世纪下半叶,不仅科学史,而且整个文明和社会都发生了明显转变,各种变化层出不穷。我们可以很实际地说,我们的现代文明正是从这里开始有了明确的轮廓。

这一时期的变化绝非仅限于法国,尽管我们迄今为止所做的研究主要关注了这个国家发生转变的某些方面。不过,这场运动是有地方性的,它与1660年以来在英格兰、荷兰和法国以及这些国家之间朝气蓬勃的活动有关,这些活动的往来穿梭编织成了一种不同的西方文化。可以说,已被地中海地区占据了数千年之久的文明的领导地位此时已经明确转移到了更北的地区。在中世纪后期,巴黎大学已经朝这个方向有过牵动。文艺复兴时期之后,当德国反抗罗马,北方走了自己的宗教改革道路时,这种牵引力就变得更强大。无论如何,地中海地区有时几乎成了伊斯兰教的内湖,在数代人的时间里,地理大发现一直在把经济优势朝着大西洋海岸转移。于是用不了多久,文明史就以英吉利海峡为重点了,那里正在出现新的面貌,从此以后,地中海在现代人眼里就成了一个落后地区。不仅英格兰和荷兰处于领导地位,而且最积极推动新秩序的法国的胡格诺派或前胡格诺派也起了领导作用,尤其是那些正在流放的胡格诺派,他们在当时的思想交流中起了

重要作用。1685年以后,即南特敕令废除之后,法英两国新教徒的联盟变得更加紧密。胡格诺派逃到英格兰,或者充当在荷兰出版法文期刊、传播英国思想的中间人。到了18世纪,随着非天主教势力在俄国和普鲁士的崛起,欧洲的平衡更明确地转到了北方。在这个新世界中,欧洲大陆的北方逐渐处于领先地位,我们很快就会看到,这个北方部分是英国而不是法国,是新教徒而不是罗马天主教徒,因此是一种新型的文明同盟。地球本身的重心似乎已经改变,地球表面的新区域一度找到了它们“在太阳中的位置”。

文明史的这个新篇章在1660年才真正揭开,此时经过长期的内部动乱和内战,法国乃至整个欧洲大陆都出现了一种相对稳定的政治局面,君主制虽然在各方面都受到严重挑战,但仍然维持了下去并且重建了公共秩序。事实上,我们在法国看到的情况更可见于17世纪的英格兰和荷兰——我们看到了所谓中产阶级在思想领域的权力。正如文艺复兴特别与意大利、德国南部和荷兰的城市国家(或者其实是城邦)相联系,那些地方的商业和经济发展已经造就了一种令人愉快的城市生活,17世纪最后25年的思想变化也集中在英吉利海峡,那里的商业已经明显繁荣起来,光明的前景似已出现。在16世纪上半叶,城市国家从历史中消失了;但是在民族国家这个更为广阔的舞台上,未来仍然属于我们所谓的中产阶级。

如果只关心我们正在思考的这个时期的思想变化,那么有一位历史学家已经在其《欧洲意识的危机》(*La crise de la conscience européenne*)一书中对这些变化进行了描述,此标题本身暗示了正在发生的这一过渡的重要意义。现在成问题的是,在17世纪出现了许多带有极强宗教色彩的思想之后,每一个可能的思想领域中都出现了严重的世俗化。约翰·洛克(John Locke)把政治思想中的一种长老派传统转移到了世俗领域,他这样做并非因为他是怪人或孤独的先

知,而是因为他正处在普遍转变的关节点上。这场世俗化运动正好与17世纪末的科学革命结合起来,不过它本身并不完全是科学成就的产物——基督教似乎由于一些完全无关的缘故而开始衰落。有人试图基于完全不同的理由说,这一时期是从11世纪到20世纪西方基督教史上的最低点之一。如果我们看看清教徒掌权之后查理二世统治时期的一般道德基调,并将它与路易十四统治末期的宗教狂热之后法国摄政期极为相似的情况进行比较,就必定会感到,这两种情况都是在巨大的紧张过后出现了宗教和道德方面的普遍缓和——这些情况并非科学革命的直接后果。无论如何,在新教与天主教的长期冲突中,世俗国家渐渐独立并确保能够仲裁国内的宗教派别,这也许是历史本身的辩证法。文艺复兴时期的整个历史表明,在城市国家的限度内,城市文明的振兴很容易导致一种世俗化过程。教士和贵族失去了他们在更为保守的土地上所能拥有的权力。类似的情况将在民族国家中一再出现,此时不仅城镇在性质上变为城市(比如在后来的英格兰),而且社会中的某种领导地位转移到了城镇,文学本身也开始有了不同的特征。

把这一时期的所有思想转变仅仅归因于科学发现本身的影响是错误的,这是因为还有另外一个原因。正是在这个时候,旅行书籍开始显著影响人们的一般观念,这是地理大发现和对遥远地方的了解越来越多的延迟结果。西欧开始了解到,有许多民族从未听说过古希腊或基督教。当这些见闻拓宽了人们的视野时,欧洲世界观不再被视为普遍的或中心的,而仅仅被视为地区性的。有可能仅仅把它视为地球上一个较小区域的地方传统。于是,人们开始带着极大的相对性来看待自己的文化甚至是宗教。可以认为每一个地方信条都体现了一条重要真理,但却以地方性的神话、曲解和添加将真理掩盖起来。人所共有的乃是普遍的、不可还原的真理,即自然宗教原理,因此在法国的

旅行书籍中,你可以在约翰·洛克指出道路之前就找到自然神论的重要成分。此外你还会感到,在西欧,基督教建立在同样的普遍真理的基础之上,但这些原理(例如,在罗马天主教中)却被地方性的添加、启示和神迹所掩盖,现在需要使之从中解脱出来。所有这些结果都与新科学的操作和谐一致,都增强了似乎受牛顿体系鼓励的那种自然神论——仅仅在创世之初才需要上帝来发动宇宙。

这一时期还迅速发展出一种新的新教倾向——当我们就这一主题进行争论时,大多数人会认为它更为自由。这是一种与理性化运动结合的新教,与最初的新教非常不同,以至于现在需要一种历史想象力才能发现马丁·路德(Martin Luther)的思想是什么。只是在英格兰,由于约翰·卫斯理(John Wesley)的出现和广泛影响,这种理性化倾向的一些显著发展才得到遏制。然而,卫斯理本人也带有理性时代的许多特征。另一方面,我们必须注意,如果旅行书影响了西欧人对自己传统的态度,那么这些人所采取的态度(他们获得的那种相对性)在一定意义上应当归因于某种科学世界观,如今这种科学世界观正明显成为一种更为普遍的心理习惯。同样,在17世纪60年代,像约瑟夫·格兰维尔(Joseph Glanvill)那样的作家可以写出《教条化的虚荣》(*The Vanity of Dogmatising*)那样的书,强调怀疑论在科学中的重要性以及系统性的方法论怀疑,此时我们无法否认这种批判性的观点是科学运动的结果。总之,我们不应无视中世纪和古代权威的整体崩溃所造成的极为混乱的结果,而这种崩溃同样是由科学革命所导致的。因此,要么有一些汇聚性的因素正沿着一种流行的方向推动西方世界,要么就有一股不可抗拒的洪流席卷了所发生的一切,这种洪流是如此强大,以至于把其他一切运动都裹挟在内,从而增强了此时的世俗化潮流。

然而,这一时期思想史上发生的变化并不比生活和社会发生的变

化更显著。长期以来,我们一直倾向于追溯工业革命和所谓 18 世纪土地革命的起源。虽然正如我所说,任何事物的起源都可以追溯到无限远,但是到了 18 世纪末,这些变化正在变得日益明显。把科学方法拓展到每一个思想分支的热情至少不亚于让科学为工农业服务的热情,同时还伴随着一种技术狂热。培根总是强调科学可能具有巨大的功利价值,强调控制自然可以产生超乎想象的利益。然而,即使在皇家学会的早期历史中,也很难区分什么是对纯粹科学真理的兴趣,什么是好奇于各种有用的发明,或者涉猎各种神话传说和异想天开。科学兴趣的方向在多大程度上受到了技术需求或造船业等行业的影响,这是一个有争议的问题;但是和伽利略一样,皇家学会也关心如何在海上确定经度这样的重要问题。愿意追溯蒸汽机发展的人将会发现,蒸汽机的故事正是在这一时期开始变得活跃起来。尽管有这些发展,在某些生产形式和技术在社会中得到普遍阐述之前,科学实验的可能性很可能会受到限制。事实上,科学革命、工业革命和农业革命形成了一个复杂的、相互关联的变化体系,以至于在缺乏微观考察的情况下,我们不得不把它们当做一场普遍运动的各个方面而全部堆在一起,到了 17 世纪的最后 25 年,这些变化正在显著改变地球的面貌。危险不在于把所有这些东西放在一起,也不在于把它们卷成一大捆复杂的变化,而在于认为我们知道如何解开它们——我们所看到的是一张复杂的变化之网,很难说其中某种变化一定是科学革命本身的单纯结果。

同一场普遍运动中包含着海外贸易的增长,这种增长我们在讨论法国时已经注意过。这里我们再次看到了早先地理大发现的一个显著的推迟结果,这让我们想起,新大陆是决定了现代的一种永久变化,是中世纪与现代之间的一种巨大差异,其后果将在随后的各个时期里接连重复出现。我们看到,查理二世统治下的英格兰开始成为帝国,

贸易及种植园委员会开始在政府中占据核心位置；正是在 1660 年以后，东印度公司才获得了巨大收益。我们开始越来越少听到人们抱怨牧师过剩了，此后我们开始听到的抱怨是海关官员、财政部职员、殖民地官员、承包商越来越多了，所有这些人都会通过政府来腐败。正如历史学家早已指出的，在这一时期，在长期的宗教战争之后又开始了贸易战争，尤其是在荷兰人、法国人和英国人之间。同样，我们必须注意像英格兰银行和国债这样一些事物的出现，这是一个新的金融世界，它不仅改变了政府，而且改变了政治结构本身。我们已经看到，法国和英格兰已经出现了投机热的迹象，它在约翰·劳的方案和南海泡沫事件(South Sea Bubble)^①中达到顶点；而在荷兰，更早的时候就发生过类似的轰动一时的金融事件。

两千年来，整个世界的面貌和人类的活动改变极少——地平线永远是一样的——人们既意识不到进步，也意识不到历史的进程，人们所看到的只是城市或国家的兴衰沉浮。他们的历史观本质上是静态的，因为就其目光所及，世界是静止不变的。一代代人的生活在本质上相同的舞台上上演。然而现如今，变化是如此迅速，用肉眼几乎察觉不到，地球的面貌和人类的活动在一个世纪里发生的变化要比过去一千年都大。我们将会看到，与进步的观念相关联，人们关于事物进程的整个观念——为了实际的目的——通常在这一时期被重新塑造出来。在法国、英格兰和荷兰出版的一些期刊也加快了思想变化的速度。

17 世纪英国生活的一个奇特特征表明世界正在变得越来越现代，

① 南海泡沫事件：1720 年使大批英格兰投资者破产的一次投机狂热。英国议会通过南海公司的一项提案，由南海公司接收所有英国国债，导致该公司股票迅速上涨。仅 9 个月股价即从 128.5 飙升突破 1 000，之后高估股价的骗局破灭，每股价格跌落至 124，并导致其他股票股价下滑，许多投资者破产。下议院调查发现某些大臣参与了共谋。——译者注

它不仅有助于说明社会变迁,而且有助于说明当时的主流心态中日益凸显的某种不同味道。在詹姆斯一世统治时期的争论中已经有了它的前兆,我们看到,当时有些被称为“规划者”的人在国会中受到攻击,我们可以把这类人称为公司创办人,因为他们设计出了各种赚钱的方案。王政复辟时期之后,他们有了很大发展,在威廉三世统治时期成为炙手可热的人物,并且在南海泡沫时期达到顶点,当时成立了许多公司去实施各种异想天开的方案,包括制造永动机。就在17世纪结束之前,具有显著现代思想的丹尼尔·笛福(Daniel Defoe)写了《论规划》(*Essay on Projects*)一书。他在书中对整个现象作了评论,并且讽刺了“规划者”,但接着却提出了自己的许多方案来增强这股潮流。值得注意的是,这些规划者还提供了另一种方案,我们应当称之为“调解”,它有助于通向那场哲学运动;因为虽然其中一些人设想了迅速致富的方案,比如笛福设想可以通过解决柏柏里海盗(Barbary pirates)问题来改进贸易,但另一些人却有更开阔的眼光:他们提出的方案涉及总体改良、解决贫困问题、妇女教育、消除国家债务,等等。罗伯特·欧文(Robert Owen)的著名的社会主义体系,如他自己所说,来自约翰·贝莱尔斯(John Bellairs),后者在1696年提出了“让富人依然富有、穷人变得自立、儿童接受教育的方案”。贝莱尔斯对于总体改良还提出了其他建议,比如关于监狱改革。这些东西很容易就成了新型政府的规划,一些奇特的机械方案被提了出来,成为现代宪法制定和乌托邦蓝图的序幕。它们清楚地表明,历史进程非常复杂;当科学运动发生时,其他变化正在社会巾发生。其他因素将与科学运动结合在一起,创造出我们所谓的现代世界。

后来的人总是容易认为他们的前辈是愚蠢的。说来似乎令人惊讶,甚至在第一次世界大战之后,一些优秀的历史学家在撰写19世纪的历史时,竟然可以几乎不提社会主义的重要性,也几乎不提卡尔·

马克思。我们要用这个事实来提醒自己不再犯这类易犯的错误。由于我们更了解后来的事情,所以我们今天可以完全不同地看待 19 世纪;当我们说,研究过去一百年历史的学者如果忽略了社会主义的兴起就会漏掉一个决定性因素时,我们并没有一种视觉上的错觉,即用 20 世纪的观点来不公正地看待 19 世纪。一个有洞见的人早在 19 世纪结束之前就可以认识到这一现象的重要性。而我们既已看到它对我们这个时代各种事件的影响,则无需洞见就能认识到整个这一方面的重要性。

如今我们在 1957 年再来考察这场科学革命,能比 50 年前甚至是 20 年前的人更清楚地看到它的内涵,这时情况也是类似。同样,我们并没有一种视觉上的错觉,要用今天的观点来看过去,因为在 20 世纪 50 年代所揭示的东西恰恰更生动地显示了 300 年前的科学革命使世界发生转折的重要意义。我们可以看到为什么前人没有意识到 17 世纪的重要性,比如为什么他们会对文艺复兴或 18 世纪启蒙运动大谈特谈,因为在诸如此类的情形中,我们现在可以辨别出往往掩盖事物方向的那些惊人的重叠和时差。我们的希腊-罗马根源和基督教遗产是如此深厚,对于我们的整个思想来说是如此核心,以至于需要几个世纪的推打碰撞甚至是文明冲突才能看清中心早已转移。科学革命的结果及其伴随的变化曾因坚持古典传统和教育而被掩盖,例如,它们仍然在很大程度上决定了 18 世纪英格兰和法国的特征。这些结果也曾因为附属于宗教(这有助于形成 19 世纪英格兰的特征)而被掩盖。我们确信自己的文明是希腊-罗马文明。艺术史家和语言学家告诉我们,我们所谓的“现代世界”是文艺复兴的产物。这种深信不疑——事实上是我们历史概念的僵化——帮助掩盖了那些业已发生的变化之激进性,也掩盖了 17 世纪播下的种子所蕴含的巨大可能性。事实上,17 世纪不仅是以我们通常认为的方式给历史增加了一个新的

因素,一个必须补充其他持久因素的因素,而且,这个新的因素立刻开始把其他因素挤走,把它们从中心位置推开。的确,它立刻开始控制其他因素,正如这场新运动的倡导者所宣称的,他们意在从头做起。结果就产生了这样一种西方文明,当它传播到日本时,就对那里的传统起作用,就像对这里的传统起作用一样。其作用是:消解旧传统,只着眼于未来的美丽新世界。这种文明能够整个脱离希腊-罗马传统和基督教本身,过分相信自己能够不依赖于任何东西而存在。我们现在知道,17 世纪末出现的东 西也许是一种令人振奋的新文明,但却像尼尼微(Nineveh)和巴比伦一样奇特而陌生。这就是为什么自基督教产生以来没有一个历史里程碑能与之相比的原因。

第 11 章

化学中被推迟的科学革命

我们常常感到惊奇,在科学进步史上,现代化学竟然这么晚才出现;关心其缘由的科学史家们对此有很大争论。实验室和蒸馏,物质的溶解或结合,对酸和火的作用的研究,这些内容早已为世人所熟知。到了 16 世纪,在古代所谓的化学技术领域有了显著的进展,比如金属的熔炼和提纯,玻璃器皿、陶器和染料的生产加工,炸药、颜料和药物的研制,等等。然而,实验甚至是技术进步本身还不足以为建立所谓的“现代科学”提供基础,还需要把它们成果与一个恰当的思想框架联系起来,这个思想框架一方面能够包含观察资料,另一方面则要有助于确定下一步的研究方向。炼金术肯定无法造就所需的科学思想结构,甚至在实验领域,它可能也是借用者而不是贡献者,因此对于化学演进所起的作用比我们想象得要小。从 16 世纪初开始,更名副其实的先驱者是所谓的“医药化学家”(iatro-chemists),他们追随帕拉塞尔苏斯的教导,强调化学药物对医生的重要性。在 18 世纪末以前,化学一直与医学的实践和教学有特别密切的联系。

罗伯特·玻意耳已经着手使化学实践者与自然哲学家结合在一

起；从这时起，这段叙事对我们来说至少变得更可理解了，即在科学方向上已经显示出较为明显的渴望，令人难以捉摸或故弄玄虚的东西少了。玻意耳闻名遐迩，其拉丁文著作卷帙浩繁，他的一些研究肯定对欧洲大陆产生了影响。那时的英国人正开始特别关注一种在整个 18 世纪都很重要的问题。但我们已经看到，玻意耳对“机械论哲学”的热情可能对他自认为关键的工作产生了不利影响。与此同时，他的培根主义方法——不做解释和综合就来描述实验——可能（尽管是沿着相反方向）也限制了他的影响力。牛津大学化学教授约瑟夫·弗赖恩德（Joseph Freind）在 1712 年写道：

化学在实验方面已经有了非常值得称赞的进步；但我们也许可以理直气壮地抱怨说，对实验的解释却几乎没有取得什么进展……在阐述实验技艺方面，没有人比得上玻意耳先生……但与其说他为化学奠定了新基础，不如说他推翻了旧基础。

我们在研究科学史时，不妨把注意力转到在特定时间阻碍进步的思想障碍上，即当时心灵特别需要跨越的障碍。在这个关键时期，如前所见，在力学上是运动概念；在天文学上是地球的旋转；在生理学上是血液的运动和心脏的相应活动。而在化学上，这一时期的困难似乎是某些熟悉而平常的东西，这些东西在 20 世纪甚至连中小學生都难不住，我们不禁难以理解为什么前人竟然如此愚笨。首先，他们需要能够识别化学元素，但最简单的东西也许是最困难的。千百年来，气、水和火一直被神话所笼罩，有点类似于那种据说构成了天体和天球的神秘以太物质。倘若真如赫尔蒙特所说，世界上并非一切物质都能被分解为水，那么在世间的物质中，气和水似乎是最不可还原的元素了。火似乎是另一种元素，它隐藏在许多物质中，燃烧时释放出来，躲在可见的火焰中。培根和 17 世纪的一些后继者曾经猜测，热可能是微观物质微粒的一种运动。不过，与这些猜测混杂在一起的还有这

样一种观点,认为热本身是一种物质;这种观点将在18世纪流行起来。人们在冶金学上取得了巨大进展,关于精致复杂的化学反应也积累了许多知识,但仍然无法澄清这些看似简单的话题。在我们今天看来,只有找到一个令人满意的出发点来理解气和水,化学才能在正确的基础上建立起来;为此,似乎必须要更为恰当地理解“气体”的存在和燃烧过程。整个发展依赖于对气体的认识和称量;但是在18世纪初,人们还没有认识到气体之间的区分,还没有收集气体的仪器,也还没有充分意识到,重量测量在化学中可能起着决定性的作用。

自玻意耳和胡克的时代以来,大量活动集中在燃烧、煅烧和呼吸等相互关联的关键过程。也有关于空气的大量研究;这两个研究分支显然有明显关系。17世纪初,范·赫尔蒙特曾经考察过当时所谓的“烟”,虽然他发现和描述的是我们所说的“气体”,但他把这些东西视为杂质和散发物,视为空气所携带的土性物质。对他来说,实际上只有一种“气体”,这种气体本身仅仅是某种形式的水,而水乃是一切物质的基础。玻意耳的同时代人已经几乎发现各种不同的气体,并且能够检测到某种明确暗示出氧气的东西,但他们谈到了硝石空气(nitro-aerial)粒子,不仅把这些粒子与火药联系起来,而且与地震、闪电甚至冰冻联系起来,仿佛它们具有某种普遍意义。然而,他们并没有认识到存在着不同气体,也不知道空气可能包含着不同气体;把他们看成氧和氮的发现者是时代误置。只有做出更多方法上的处理和更准确地考察燃烧过程,才能阐明空气问题。在这方面,燃素理论的出现是化学史上的一个重要环节。

燃素理论在18世纪变得非常流行,它包含了古代传统的本质特征,认为东西燃烧时会有某种物质释放出来,力图以火焰的形式逃脱,并产生分解,原来的物体被还原为更基本的成分。整个观点都是基于日常观察的一个基本结论,可能会(像亚里士多德的运动观一样)使人

们的整个思维沿着错误的轨道发展,阻碍科学进步数千年。该理论最初被提出时也许还代表一种进步,然而到了后来,除非回到起点重新开始,否则是不可能得到改正了。在亚里士多德体系中,火“元素”被认为在物体燃烧时释放出来。在 17 世纪的大部分时间里,火被认为是一种硫“元素”——并不完全是我们所知道的硫,而是硫的一种理想化形式或神秘形式——在物质上是包含在不同物体中的一种不同的硫。与玻意耳同时代的德国化学家贝歇尔(J. J. Becher)在 1669 年说,它是一种油性土(*terra pinguis*);18 世纪初,另一位德国化学家施塔尔(G. E. Stahl)继承了这种观点,并于 1731 年对其作了详细阐述,将油性土重新命名为“燃素”(phlogiston),并把它看成一种脂肪般的实际固体物质,尽管似乎不可能得到纯净的燃素。物体在燃烧过程中,或者金属在煅烧过程中将其释放出来,它以火焰的形式与空气相结合,或者将它的一部分作为特别纯净的烟灰沉积下来。如果你把煅灰——煅烧后的金属残渣——与木炭一起加热,物质将会重新获得它所失去的燃素,并且恢复成原有的金属形式。因此,木炭被认为包含着许多燃素,而像铜这样的物质则被认为包含燃素极少。这种燃素理论并非在各地都被立即接受,像著名的布尔哈夫(Boerhaave)似乎就对它不予理睬;有些人虽然在燃素框架下进行研究,但可能受其影响甚少。法国人大约在 1730 年才普遍转向燃素理论,但迅速传播和发展似乎要到 18 世纪四五十年代才出现。似乎到了 18 世纪中叶,燃素说才被化学家确立为正统。大约 20 年后,它开始在化学文献中占据重要位置;当它受到严重挑战时,世界上出现了巨大混乱。

人们早就认识到,真正发展了燃素说的施塔尔也知道,当燃烧发生时或者煅烧金属时,残渣的重量被发现实际增加了。这个事实可能为阿拉伯人所知晓,16 世纪的一些人所意识到,1660 年以后则引起了伦敦皇家学会的注意。17 世纪时,有一种观点不止一次被提到,即在

燃烧活动中,一种物质从空气中取走了某种东西,这种结合过程解释了为什么观察到的重量会增加。燃素理论(认为物体在燃烧过程中失去了某种东西)引人注目地表明,在化学学说的形成过程中,称重和测量的结果并非决定性的因素。因此,就像亚里士多德的运动观一样,燃素理论只是回答了某些表面现象,但出发点是错误的,导致把实际的真理颠倒了。值得注意的是,即使一个假说把一切都弄颠倒了,人们也能在科学研究中走很远。不过总归会到达一点(就像亚里士多德碰到抛射物问题时那样),人们无法逃避一种反常,于是不得不对理论进行搁置、锤炼或改造,以使之符合观察到的事实。燃素理论的情况就是如此,科学家发现它无法回避物体在燃烧或煅烧之后重量增加这一事实。

有人提出,燃素可能有负重量,一种正的“轻量”,因此物体失去它之后实际上变重了。然而,这样一种假说对整个固体燃素学说造成了严重侵害;我们可以看到,这种古代的轻量观念到18世纪已不再有什么说服力了。德国化学家波特(Pott)曾指出,燃素的离开增加了原有物质的密度,而埃利科特(J. Ellicott)则于1780年提出,物体中燃素的存在“削弱了粒子与以太之间的斥力”,从而“减小了它们彼此之间的引力”。更为流行的看法则是,当燃烧使燃素失去、重量减少时,还发生了一种带有偶然性的次级作用,它大大抵消了重量的失去。我们惊奇地发现,玻意耳所犯的一个错误有着相当大的影响,因为他曾注意到物质燃烧时重量会增加,并用悄悄潜入燃烧物质微孔的火微粒进行解释,认为这种火微粒虽然有重量,但能穿过密闭容器的玻璃壁。这种观点不仅为18世纪的一些人所秉持,而且还可以既坚持燃素理论,又认为燃烧时的重量增加是因为从空气中顺便取走了某种东西,它足以超过失去燃素所导致的任何重量减小。在18世纪的很长一段时间里,燃素化学中的这些反常现象表明,人们在假说形成过程中没

有对重量问题给予充分关注。然而,若不是提出重量的次级增加,燃素理论就不可能在 18 世纪末的几十年里开展斗争。

燃素理论还有一个缺点,它意味着可以燃烧或煅烧的东西不可能是一种元素。燃烧意味着分解。只有移除了燃素之后,才能指望找到元素形式的物质。如果在煅烧中我们今天看到了氧与金属的结合,那么在 18 世纪则看到了复合物——金属——被分解,丧失了它的燃素。如果在相反过程中我们看到氧被从氧化铅中移除,以恢复原有的元素,那么 18 世纪的人则认为是在加入某种东西——恢复燃素——因此出现的铅是一种化合物或合成的产物。对于依靠这种观念体系工作的人来说,要想解决化学元素的本性问题的确不容易。

现代历史学家倾向于给燃素理论以善意的评价,这显然是出于这样一种观点,即宽厚是历史学家的职责,人的同情可以被适当地扩展到非生命事物上。他们指出,建立燃素理论的人犯了古代常见的一个错误,那就是他们一旦意识到某些性质的存在,便把这些性质变成了实际的物质。一位作者曾说,燃素理论“是化学中第一项重要概括,它单纯而全面地把大量化学作用和存在于各种物质之间的某些关系联系了起来”。然而,由于统一因素和关系基础是虚构的燃素,所以很难看出它到底促进了什么。有人声称,不仅存在着一种燃素理论,而且这种燃烧理论逐渐扩展为一个化学体系——这就是我们现在所说的燃素化学时期。事实上,自 1750 年以来,我们才拥有了某种更像化学史的东西,而在此之前,我们似乎只有化学家的历史,许多人以各自的理论站在独立的基础上。因此,对燃素的普遍接受似乎把他们纳入了同一个思想体系。有的作者指出,人们在燃素化学的框架内做了许多实验,倘若普遍接受的是一种不同的框架,那么研究者也许不会想到要做其中的一些实验。不过,许多重要实验都是在之前的思想体系中做的;有人也许认为(虽然这些推测肯定有其危险),化学作为一门科

学的出现是很晚的事,玻意耳和胡克的化学也许没有走最短的可能路径去接近拉瓦锡,燃素理论的插入使这种过渡变得更困难而不是更容易。这种理论在某种重要意义上是保守理论,尽管它也许使保守观点在某一时期变得更易处理。

燃素理论被用来服务于各种各样的目的。由于物体受到不同程度的加热会改变颜色,所以可以把它拓展成一种对颜色的解释。但尽管如此,它还是在它占绝对优势的时期造成了困难。拉瓦锡在18世纪80年代对燃素理论的嘲弄已经表明了这一点,他说,燃素现在必须是自由的火,必须是一种与土元素结合的火;有时能够穿过容器的孔洞,有时又穿不过;它被同时用来解释苛性和非苛性,透明和不透明,有色和无色。此外,18世纪的最后20年非常显著地证明了这样一个事实,即真理就在眼前、又有条件解决问题的人——那些实际做出重要发现的人——因为燃素理论而没能认识到自己工作的意义。虽然在思想史上,错误的观念或半真理有时的确会起到保驾护航的作用,它们能把研究者引向一种更可靠的概括,完成自己的使命之后就退出了历史。但我们仍然不清楚,如果没有燃素理论,那么布莱克(Black)、卡文迪许(Cavendish)、普里斯特利(Priestley)和拉瓦锡等人的著名发现中有哪个会更难得。燃素不断从一个物体移至另一个物体,或者从一个物体移到空气之中,然后再返回原来的物体,也许可以说,这使化学家习惯于移动和重新洗牌,从而变得更加敏捷,更容易看到化学反应过程中元素被逐出或转移。如果说自1750年以来化学取得了巨大进展,那么我们可以更加清楚地看到,气体收集方法的发展、约瑟夫·布莱克用天平来研究化学变化、仪器制造(当时是一件非常严肃和昂贵的事情)的普遍改进,乃是进步更加明显和具体的原因。

虽然在18世纪上半叶,人们对化学和化学实验一直有兴趣,但也许可以说,并没有出现什么杰出的天才来发展此前玻意耳、胡克等人

所取得的成果。在德国和荷兰,人们对于把科学应用于工业技术有浓厚的兴趣,在 18 世纪的第二个 25 年出现了一种觉醒,布尔哈夫在莱顿的学生们把他的影响带到了许多国家的大学,其中一位是约瑟夫·布莱克的老师威廉·卡伦(William Cullen)。大约在 18 世纪中叶,英国化学家主要研究的是药物学或技术,或者是在现在看来更像是物理学的东西。有人已经指出,英国工业革命“对化学发现的依赖不亚于对机械发明的依赖”,硫酸在工业革命过程中起了特别重要的作用。苏格兰似乎是这方面重要发展的中心,布莱克在爱丁堡所起的作用就类似于布尔哈夫在莱顿所起的作用。

瑞典化学家舍勒(Scheele)着手研究燃烧问题时,发现这些问题不可能得到令人满意的解答,直到他发现,在此之前必须先对空气问题进行讨论,遂于 1768 年到 1773 年对空气作了专门研究。人们早已认识到,古代世界也有种种迹象表明,燃烧问题和空气问题是有联系的,燃烧甚至还与呼吸有一种奇特的对应关系。一些化学家,比如一些英国人,在 17 世纪燃素说之前就对这个问题提出了种种看法。然而在 17 世纪,关于空气的纯机械作用的想法,或者认为大气仅仅是燃烧中烟雾的接收器的看法,使这个问题变得更加困难了。人们认为,燃烧着的蜡烛放入密封容器后之所以会很快熄灭,是因为带烟的压力的压力增加了。甚至在发明了空气泵,表明蜡烛无法在真空中燃烧之后,也仍然可以提出一种纯机械化的理论。比如你可以说,要想让火和火焰从燃烧物中出来需要有空气压力,因此对大气的任何纯化都会使火焰失去活力冲动。在燃素理论时代,机械论思想仍然盛行,因为吸收逃逸的燃素明显是空气的功能,一段时间后空气饱和,这解释了蜡烛在密封的容器中为什么会熄灭。

虽然各处的水是浑浊的,彼此明显不一致的事物可以共存,但是在 1750 年以前,化学家的确没有想到空气实际上是混合物,尽管他们

清楚地知道,大气中可能多多少少掺杂一些令人厌恶的臭气(有些地方多一些,有些地方少一些)。到了这时,他们也还没有明确认识到可能存在着完全不同类型的气体。他们偶尔观察到的差别往往会被归因于同一种物质的变化。无论如何,大气是如此微妙和难以捉摸,以致他们很难想象空气或空气的任何一部分会是(如他们所说)“固定的”——被迫与固体物质结合以形成稳定的复合物。他们似乎更愿意相信,空气微粒可能作为外来物体潜藏在固体物质的微孔中,这也许可以解释燃烧后的重量为什么会增加。

然而,斯蒂芬·黑尔斯(Stephen Hales)于1727年表明,气体可以被“固定”,而且动植物的生命中一直经历着这个过程。他发明了一种在水上收集气体的方法,并想检验给定重量的物质的化学反应所产生的气体量。他甚至表明,他从各种物质中收集到的各种气体或他所谓的“空气”在颜色、气味、水中的可溶性、可燃性等方面各不相同,不过当时这些差别还没有得到足够重视。黑尔斯和他的读者们仍然认为,这只是不同条件下的同一种空气罢了——如他所说,是被外界的烟或蒸汽“感染”或“污染”的空气。因此,当约瑟夫·布莱克于1754年证明有一种不同于“普通空气”,受石灰水吸附的“空气”存在着,并且研究了它的各种组合时,一个重要时刻来临了,尽管他并没有把这种气体分离和收集起来,也没有对其特性做出充分说明。他把这种气体称为“固定空气”——黑尔斯曾经用过这个术语——并且表明,它不仅能以自由态存在,而且能被固体捕捉到;事实上,它能与一种物质结合,然后又与另一种物质结合。不久他又注意到,这种气体不同于金属在酸中溶解所产生的“空气”,而是类似于受呼吸或燃烧污染的普通空气。布莱克对我们所说的二氧化碳的检验方法与这一发现本身同样重要。他的工作堪称透彻深入地研究化学反应的典范,揭示了利用天平所能得到的决定性成果。他表明,普通空气可以实际参与化学过

程,而且存在着一种不同于普通空气的空气。但与此同时,似乎连他也没有充分意识到有不同的气体独立存在着。他似乎愿意把这种“固定空气”看成由可燃本原(inflammable principle)即燃素的作用所产生的普通空气的变种。

1766年,亨利·卡文迪许对玻意耳所谓的“人造空气”(factitious airs)做了进一步研究。卡文迪许说,“人造空气”是指“无弹性地包含在其他物体中,且凭借技艺从那里产生的任何空气”。卡文迪许把大理石溶解在盐酸中,产生了布莱克所说的“固定空气”;由于它溶于水,所以再把它干燥并存储在水银中;然后对它作进一步描述,计算它的比重、在水中的溶解度等等。他还把锌、铁或锡溶解在硫酸或盐酸中从而制得氢,发现如果用不同的酸来溶解金属,得到的气体也没有差别;他又再次计算了气体的比重。由此可见,这两种气体是稳定存在的,可以制备出来,且具有恒久的性质——它们并非空气中某些不够恒定的杂质所导致的随意结果。虽然这两种气体很早以前就已被发现,但人们并没有从思想上将它们与类似的其他事物区分开来,例如没有把氢与其他可燃气体区分开来。然而即使到这时,人们仍然感觉归根结底只存在一种空气(普通空气),各种变种乃是缘于燃素的存在或不存在。卡文迪许倾向于把他的“可燃空气”与燃素等同起来,尽管对此有反对意见,因为一般认为,燃素本身并非燃烧的物体,而是一种离开了燃烧物体的物质。倘若氢是燃素,那么燃素怎么可能离开它本身呢?

约瑟夫·普里斯特利进一步改进了收集气体的装置。他是一位业余研究者,买不起昂贵的设备,因此可能需要更具原创性地设计出所需的仪器。到了1771年,他实际上已经不知不觉地制造出了氧,在他之前很久就曾有人想到,空气可能有一个特别纯净的部分或成分对于呼吸和燃烧很重要。1774年8月,普里斯特利分离出了氧,但起初

以为这是他所谓的“改变的”或“燃素化的硝石空气”，我们现在称之为氧化亚氮。没过不久，经过进一步检验，他认为这一定是普通空气，但是到了1775年3月中旬，他意识到其效力要比通常的大气大五六倍，遂把它称为“脱燃素空气”。此前几年，瑞典化学家舍勒已经做出了这个发现，其成果发表较晚，但比普里斯特利更有洞见，因为他认识到空气中存在着两种不同气体。无论如何，氧的发现和分离标志着化学史上的一个重要日期。

到了这时，情况开始变得复杂而混乱。有一种顽固的偏见把空气看成一种简单的原始物质，还有一种更顽固的偏见仍然把水看成不可还原的元素。另一方面，与此相应的看法是主张把金属看成复合物，如果某种金属在酸的作用下产生氢，那么会很自然地认为，氢是从金属本身之中释放出来的。后来人们发现，氢和氧的爆炸混合形成了水，此时则最简单地认为，水是氧的成分之一，或者是两种气体的成分之一，在实验过程中凝结了。当固体燃烧后产生一种气体时，他们逐渐认识到，它有时是“固定空气”，有时则是与之极为不同的“脱燃素空气”；但他们并不知道，前者——二氧化碳——是一种化合物，而后者——氧——则是一种元素。普里斯特利长期认为，“固定空气”是基本的，存在于普通空气和他的“脱燃素空气”中。人们知道许多酸，但对其成分并不了解，常常把它们看成同一种基本酸的变种。这一时期的化学家只能把所有这些筹码移来移去和混在一起，但没有人知道应当如何去玩。这时的混乱是如此之多，以至于化学为各种物质虚构了各种奇特的组成。只要这种混乱局面得不到改变，关于化学元素本性的任何纯理论陈述（比如玻意耳所提出的）就必定是无效的和不相干的。

正在这时，一位能够总揽全局的人出现了，他审视了这种错综复杂的混乱局面，看到了如何将其变得井然有序。这个人就是拉瓦锡。

不难相信,他站得比所有人都高,是科学革命历史中地位最高的少数巨人之一。1772年,28岁的他考察了现代气体研究的整个历史,指出迄今为止所做的事情就像一条长链上的分散片段,需要一些有针对性的重要实验来将它们连成一个统一体。他决定对从物质中释放出来的以及与物质结合的空气进行全面研究;他还事先宣布,这项工作在他看来“注定要使物理学和化学发生一场革命”。两年后,他对已经做的工作作了更为详细的历史考察,并且加入了他本人所做的实验和论证,以表明金属在煅烧时会从空气中取出一种“弹性流体”,但对于所产生的气体究竟是“固定空气”(二氧化碳)还是氧气,他仍然弄不清楚。他渐渐感到,参与燃烧和煅烧过程的不是整个空气,而是空气中的一种特殊气体;所谓的“固定空气”有一种复杂的来源。他说,如果把红铅与木炭一起加热,那么气体并不是出自两者之中的某一种,而是从两者中取走某种东西,因此有化合物的特性。另一方面,他很快即得出结论,红铅被隔绝加热时会产生一种与普通空气密切相关的气体。

当听说普里斯特利已经分离出一种气体,蜡烛在其中会比在普通空气中燃烧得更旺时,拉瓦锡立刻意识到一个综合体系的可能性。他很不公正地试图让人相信氧是他亲自发现的,但他的确认识到了这项成就的意义,并且阐述了它的惊人内涵。1775年4月,他写了一篇著名论文,题为《论煅烧中与金属结合并使金属增重的要素之本质》(*On the Nature of the Principle that combines with Metals in Calcination and that increases their Weight*)。在这篇论文中,他抛弃了自己早年关于该要素可能是“固定空气”——二氧化碳——的看法,而断言它是我们呼吸的空气最纯粹的部分。现在他认为,“固定空气”是一种复合物,是普通空气与炭的结合,很快他又得出结论,它是炭加上“空气中最可呼吸的部分”。接着,他断言普通空气由两种“弹性流体”所组成,

其中之一正是这种最可呼吸的部分。此外,他还断言所有酸都是由非金属物质与“最可呼吸的空气”结合而成的,因此他把后者称为酸化要素或酸素(principe oxygine)。正是这一理论使氧(oxygen)^①有了现在的名字。拉瓦锡认为,氧是一种不可还原的元素,只不过它包含了“卡路里”(caloric),即热的要素。

拉瓦锡并不是一个特别擅长实验设计的人,但他利用了同时代人的工作以及一个多世纪以来散见于化学史上的种种线索来达到自己的目的。有时他的实验结果并不如他声称得那样准确,有时他还没有完全的把握就凭直觉做出了某个结论,有时他依赖于别人已经建立的观点。虽然他也使用“燃素”一词,但在他的思维结构中这种东西仿佛并不存在,他在足够了解如何推翻燃素之前就不喜欢燃素。1783年,他正式对燃素理论发起了总体性的抨击。他证明,当用炭来还原石灰时,无需假设燃素由炭进入复原的金属就能解释各种成分的转变。法国化学家马凯(Macquer)当时(1778年)提出,燃素是光和热的纯粹物质,但拉瓦锡嘲笑说,除了名字,它与涉及有重固体的燃素理论毫无共同之处。他论证说,无论如何,马凯的思想导致了不一致。正如普里斯特利所说,关于燃素理论的争论似乎比“哲学史上所有其他一切”激起了更大的“热情和竞争”。起初,法国的医生和数学家倾向于拉瓦锡,而化学家则保持着职业上的偏见。使新理论走向胜利的主要是法国新一代的化学家。在英格兰,拉瓦锡的理论受到的阻力就更大,卡文迪许拒绝屈服,不过后来退出了争论;约瑟夫·布莱克很晚才转向拉瓦锡;普里斯特利则绝不屈服,并于1800年出版了《建立燃素说并驳斥水的组成》(*Doctrine of Phlogiston Established and the*

^① “氧”(oxygen)这个词源自 oxys(尖锐的、酸的)+ gene(产生),因为氧被认为构成了所有酸的一部分。——译者注。

Composition of Water Refuted)。就像牛顿和笛卡尔之间的争论一样,新的科学议题导致了一种类似于国家分裂那样的局面。普里斯特利显示出惊人的灵活性和独创性,他能迅速意识到“固定空气”对于商业生产矿物水的重要性以及氧可以用于医用目的,但他还看不清全局,无法对所有部分进行重新分配。与此同时,他对拉瓦锡的抵抗似乎迫使拉瓦锡重新考虑种种问题,并以一种更加引人注目的方式提出自己的观点。奇特的是,甚至连拉瓦锡也保留了一点旧的燃烧理论。热的分离和光的辐射问题长期令人感到困惑,为了解释这些问题,拉瓦锡引入了参与燃烧过程的一种无重量的热的观念。但后来证明,这一点很容易脱离他的体系。

1776年,伏打(Volta)用电火花点燃了气体。这个发现促使普里斯特利甚至把电也看成燃素。1781年,普里斯特利以这种火花放电的方式——他所谓的“随机实验”——使氢和氧爆炸,发现玻璃容器内壁“带了露水”。科学家们已经习惯于从大气里沉积湿气或者在水上收集气体,人们对这类事情早已熟视无睹,普里斯特利的朋友沃蒂尔(Waltire)重做了这个实验,但他更兴趣的其实是一个小错误,正是这个小错误使他想到有可称量的热失去了。卡文迪许确证了露水的产生,表明它的确是水,气体以确定的比例结合所产生的正是水,而且在此过程中并没有重量损失。这时的人很难相信,在这样一个实验中竟然没有任何重量的传递或扩散,但卡文迪许否认了重量损失的发生。人们更难相信水是一种可还原的元素。卡文迪许断言,氢是丧失了燃素的水,氧则是燃素化的水。获悉卡文迪许的实验之后,同样是拉瓦锡最先理解了这一情况,并自称亲自做出了实际的发现。1783年11月,拉瓦锡表明水严格说来并非元素,而是可以分解和重组,这使他有了新武器来反对燃素理论。他自己可能比其他人更早发现了水的组成,但那时他还无法摆脱自己的先入之见,即认为氧是很强的酸化要

素,这使他在用喷嘴燃烧氢时去寻找一种酸的产物。

拉瓦锡在其他方面也很杰出。他发现有机物燃烧时主要释放出固定空气和水,认识到固定空气是碳和氧的复合物,断定有机物主要是由碳、氢、氧组成的,并为分析这些成分做了大量准备。另一位法国人棣莫弗(de Morveau)已经在对化学命名法进行修订,从1782年起,拉瓦锡与他合作制订出一套新的化学语言,这套语言仍然是今天使用的化学语言的基础。拉瓦锡着手实现的化学革命体现在新术语和他所撰写的一部新化学论著中;与此同时,他最终确立了玻意耳已经预示的化学元素观念。只要不能对某种物质进行化学分析,他就会在实践中把这种物质当成基本的。就这样,他在一个广阔的领域里获得了辉煌的胜利,从而跻身于现代科学的奠基者。

第 12 章

进步的观念与进化的观念

把历史看成人类的上升,或者把一个个世纪看成不断前进的序列,在对这一点的认识上,文艺复兴时期的人甚至还不如中世纪的人。文艺复兴时期的人是在一种特殊情况下来评论人类历史进程的,他们的观点非常受制于其回顾所基于的独特平台。他们看到代表人类理性之巅的古典时代的顶峰远远地屹立于他们身后,古希腊人曾经达到了这个高点,自那以后便丧失了,现在他们正竭力回归那个理想。在古典时代与他们自己的时代之间是黑暗的中世纪,这个时代与古代世界的遗产失去了联系,在他们看来,这个时代只代表陷入谬误和迷信。即使他们自己的处境也已经不那么活跃,在他们心目中极具权威性的古典思想提供了一幅关于事物在时间中演进的图像。这是一种关于事物如何在历史中发生的理论,但与现代的进步观念相去甚远。他们在思考历史的整个历程时便受到了这种古代观念的支配,这种观念在一个层次上代表了关于事物一般进程的静态观点,在另一个层次上(当它思考特定国家或文明的内在进步时)则包含了一种衰落理论,两者结合起来即在一个可称为循环的体系中产生了变与不变。

这种在文艺复兴时期流行起来的古代—现代观点在马基雅维利的著作中以一种极端形式得到了明确表达。根据这种观点,人类在整个历史中一直在不变的地球舞台上活动,整个自然为人类戏剧提供了永恒的场景。人类本身总是一样的,总是由同样的面团捏成的;或者说,人类是由激情、情感和欲望等一些不变的成分以不同方式混合起来的。因此,无论考虑哪个时期,历史叙事的结构都是基本相同的;无论什么人去鸟瞰,世界的总体面貌在各个时代都是非常相似的。虽然在同时期,兴盛的城市或国家可能有所不同,但整个世界却呈现出相同的图像。事实上,马基雅维利明确告诉我们,他倾向于认为世界上的美德总量始终保持不变。这种美德在一个时期可能集中于罗马帝国,而另一个时期则可能分散在整个地球表面,但是从根本意义上说,世界永远是一样的。

另一方面,在任何城市、国家或文明中,时间自然会导致内部的衰败;通常以为的陈规惯例其实是一个衰落过程。类似的情况甚至可见于自然界,例如尸体会慢慢腐烂,自然界中最精美的织物也会腐坏。事实上,现行的科学与现行的自然观非常合拍,因为两者都认为,复合之物有一种解体的自然趋势。但这并不意味着整个历史都是一个漫长而连续的衰落过程;它只是意味着,兴起是一种异乎寻常的、有些违反自然的事情。对于任何一个较长的时期而言,甚至连稳定(甚至是对衰败过程的长期抵制)都是一项了不起的功绩。大家都知道,而且也很容易理解,如果一个民族做出了极度的努力,或者如果得到了命运的垂青,比如被赋予了一个具有特殊天才的领袖,那么它也许会迅速到达世界的顶点。只有当命运不再这样慷慨,天才故去,异乎寻常的努力松懈下来,或者换言之,当生活又回到了单调乏味的状态时,自然界中的寻常趋势才会重新开始起作用,正常的衰落过程才会再次开始。当然,如果是受到压迫,那么在事物的一般进程上持这些观点的

许多人都会承认,人类历史的早期阶段(比如在火的发现之前)有过某种进步。但他们关于时代更替的更为广泛的观点似乎并不被这样的事实所左右。

根据这种宇宙观,时间和历史进程并非任何事物的实际生产者,世界也并非朝着越来越宏大、越来越广阔的未来敞开,人类从未想过一种文明会无限发展下去。恰恰相反,人们认为存在着一个封闭的文明,人类的成就是有限度的,人们最多只能恢复古代的智慧,仿佛一个人只能希望像希腊人一样智慧、像罗马人一样精明似的。根据同一种宇宙观,像“文艺复兴”那样的观念是可以理解的,文艺复兴与出自长生鸟传说的观念联系在一起;这种观念在中世纪晚期有一些迹象,当时把教廷从阿维尼翁拯救出来,把帝国从日耳曼人手中拯救出来的梦想曾一度与人文主义运动相联系,当人们希望恢复罗马的至高权力时,历史的车轮即将转满一圈。

重申古代的这些历史进程观念有助于解释为什么与中世纪相比,文艺复兴时期几乎更不可能相信我们所说的进步。如果稍有区别的话,人们更容易相信精神领域中的进步,相信各个时间阶段沿着上升的序列彼此相继(尽管可能会突然出现跳跃),从而在时间的流逝中找到意义和目的。从《旧约》过渡到《新约》,圣父、圣子、圣灵的王国相继出现的观念便是这方面的例子。有人曾经指出,现代的进步观念归因于这样一个事实:基督教为历史提供了意义,为整个创世提供了一个宏大目的。换句话说,进步的观念代表着一种起初是宗教态度的世俗化,这种态度着眼于未来某个遥远事件的美好实现,因此认为历史是明确导向某种东西的。

文艺复兴时期历史观的大部分基本思想仍然清晰地存在于17世纪下半叶的争论中,但古代人与现代人之间的著名争论在文艺复兴时期已经依稀可见,正是在这一争论过程中,更为现代的进步观才被锤

炼出来。然而在文艺复兴时期,在某种意义上每个人都站在古代人这边(这也许是有道理的,因为古代还有许多东西要教给欧洲),因此真正的议题是应该在什么程度上向古代学习。马基雅维利说,我们应当在每一个细节上效法罗马人,他曾因为罗马人没有使用过火药而轻视火药,为此受到了责备。而圭恰迪尼(Guicciardini)则坚持认为,效法古人应当采取更为灵活弹性的策略,因为情况已经改变。他认为,如果致力于发展军事科学,需要知道现代发明的一切来源。我们已经看到,在文艺复兴时期,有的学派继续讲授由阿拉伯人传入的古代医学,还有的学派则只讲授古希腊文本和纯粹的古代知识。

然而,甚至在16世纪,我们也不止一次遇到在这些观念的发展中具有特殊意义的一个事实。有些人意识到,水手的罗盘、书籍的印刷和大炮的使用所代表的成就与古代所取得的成就同样巨大。还有些人在做这种论证时,甚至只字不提远东对这些发展的任何影响——他们想用这些事情来证明西方的威力和现代人的成就。地理大发现开辟的新世界和众多书籍的出版被认为狠狠反击了对古人优越性的过分夸耀。

人们很快就意识到,随着时间的流逝,某些形式的科学知识会有所进展,无论是通过积累资料(不断积累观察事实),还是通过不断修正结果和改进实际方法。迄今为止,这一点在天文学中表现得最为明显。在16世纪末以前,布鲁诺曾经指出,即使是古代的托勒密也已经把他的学说建立在前人的观测基础上;而这些前人又把更早的人所取得的成就当作出发点;哥白尼在收集了前人的所有成果之后,就比他们更能了解天上的情况。布鲁诺说,事实上我们就是古代人,我们享受着积累起来的人类经验的恩惠;希腊时代其实属于世界的童年。认为我们更像古代人的观点在17世纪出现过若干次;但是把整个历史比做人的一生可以用于相反的目的,当弗兰西斯·培根表明现代人其

实是老年人时,他可能给人留下了一种错误的印象;因为在17世纪结束之前,必须要处理一种更为极端的衰落学说,这种说法认为,世界已到垂暮之年,自然所发出的威力已经不如以前。该学说所包含的并不是一种关于事物在时间中的整个进程的静态观点,而是感觉自然本身正在遭受一个漫长的消耗过程。在17世纪末着手回应这个观点的是丰特奈勒,他回应说,如果把人类比做一个人,那么这是一个还未变老就获得了经验的人。虽然在力学方面科学革命赞颂了阿基米德,但复兴的原子论却使人注意到了古代思想的另一面,即有意识地要求一种新科学和新观念,对亚里士多德的不信任,还有笛卡尔强调抛弃一切亚里士多德传统的重要性,所有这些都沉重打击了古代权威。

然而,正是凡尔赛宫的魅力和路易十四统治时期的文学繁荣引发了17世纪下半叶的这种新的更为基本的古今之争,这是进步观念发展中的一个重要阶段。使这个时代沉溺于自我称颂传播了这样一种观念,即古希腊的荣耀已经被这个伟大时代的文学巨人所复兴。查理·佩罗(Charles Perrault)加剧了这场争论,他在1687年发表了一部题为《伟大的路易时代》(*The Age of Louis the Great*)的诗作,又从1688年到1697年撰写了他的《古代人与现代人的比较》(*Parallel between the Ancients and the Moderns*)。不过,17世纪还有一位作家德马雷(Desmarets)在佩罗之前就已经展开了反对古代人的文学争论。例如德马雷曾宣称,基督教题材比古代神话为诗人提供了更好的主题,他在自己的叙事诗中阐述了这一论点,尽管英国的弥尔顿对此做了更好的阐述。德马雷曾把古代比做春天,把现代比做成熟的老年,或者他所说的世界的秋天;他说,前几个世纪的错误现已得到纠正,后人在幸福和知识方面必定会胜过前人。有趣的是,这位德马雷曾经明确把他的衣钵和继续这场争论的重任遗赠给了查理·佩罗,事实上,正是佩罗引起了更大的轰动,挑起了这场至关重要的争论。他

宣称,柏拉图有时让人厌烦。和其他人一样,他也坚称连荷马有时也会犯错误。在他看来,路易十四时代在文学成就方面已经超过了古代,因为正如古人只知道七颗行星和最引人注目的恒星,而我们已经发现了行星的卫星和无数小恒星,同样,古人只是大概了解心灵的激情,而我们却知道无数微妙的区别和伴随着的情境。

需要指出的是,虽然随后发生的争论本质上是一场文学争论,但决定性的事实——以及对现代人有利的论据——与自然科学以及生活和社会方面的成就密切相关。到了这时,关于科学在整个历史中的地位讨论中已经明显出现了一种更为历史的态度。正如我们所看到的,曾经有人认为一场科学革命是必要的,但科学革命的发生和完成被视为历史上的伟大一幕,用新的宇宙观来取代亚里士多德的宇宙观;培根曾设想实验和发现的工作可以在有限的时间内完成,而笛卡尔则认为这场革命应当由一个人来完成。认为这些成就就会引起剧变的观点仍然流行,而且与一种总体观点相一致,即这个时代认为,国家是通过一种社会契约形成的,而不是自然发展的产物。而到了17世纪下半叶,人们认为科学是一种具有广阔未来前景的年轻事物。丰特奈勒指出,科学仍然处于襁褓之中。在古今之争的这个新阶段,古代人很难否认这方面所取得的进步。虽然有一种倾向认为,古希腊的艺术和文学仍然无可匹敌,但现代世界可以非常接近古代,即使在诗歌的领域也是如此,以至于总体上似乎占有优势。无论如何,科学、工业、社会改良以及交流的发展总体上有利于现代人,已经开始盛行的普遍富裕的观点也被用来支持现代人。关于富裕的一般印象,(在灾难或疾病面前)相对安全的感觉,奢侈品的发展和奇妙的机器,对这些东西的描述使我们想起了19世纪的麦考利(Macaulay);我们注意到,巴黎市民漫步街头要比罗马的凯旅游行穿着更加华丽。人们甚至不再能容忍之前的那种野蛮——当我们看到人们因为巴黎的街道路面

久久未铺设而感到愤怒时,我们就有了一种关于现代主义的印象。人们梦想着有朝一日,他们所谓的“机械文明”能够传播到那些尚未开化的国家。新哲学的整个倾向就是将神意的观念束之高阁,因为神意似乎随意干涉了自然法则。的确,人们逐渐获得的支配物质的新力量激励了人定胜天的观念。新的历史工作,比如丰特奈勒的神话研究,随后还有维柯(Vico)的著作,对原始社会的考察以及关于人类理性发展的讨论,都激励了人拥有自然理性的想法,必须使之从传统、制度和不良教育中解脱出来。一种全面改进在个别人那里是可能的,而且当时已经可以看到。通往人的可完善性学说的道路已经打开,这种可完善性将通过改进制度来达到。

然而,朝向进步观念的过渡并非一日之功。到了17世纪末,我们既不能说这个观念已经得到充分发展,也感觉不到它的含义已经得到概括推广。甚至是那些抑古扬今的人也很难被称为我们所说的进步的传道者。即使是认为文明在路易十四时期的法国已经达到了新的高峰的佩罗,也并不认为这种上升能够无限持续下去,而是认为目前这个时代结束之后,世界将会恢复正常,因此衰落的过程很快就会重新开始。事实上佩罗认为,路易十四的法国不必嫉妒后代,因为值得它嫉妒的东西不会很多。丰特奈勒虽然意识到自然科学所展示的广阔前景,但他很清楚人性的局限,因此不像许多哲学家那样认同世界的全面改善。到了17世纪末,我们在这场争论中得到断言的是:自然界在任何时候都是一样的,她仍然能够产生天才人物,这些人的高大不亚于古代巨人。丰特奈勒试图表明,17世纪的自然并未失去任何生产能力,现代的橡树与古希腊的橡树同样大。与此同时,这种观念也正说明全面改善正在进行,尤其是在涉及普通人的福利方面。我们甚至可以看到,这些都是公众最关心的事情,它们的分量会使天平转到现代人一边。作家们能像谈论一件众所周知的事情一样谈论人类普

遍进步的观念了。

甚至在 18 世纪,某些流行的观念或偏见也很难与基于进步观念的任何历史框架协调起来。对天赋理性的尊重以及认为天赋理性容易被制度和惯例歪曲的观点导致出现了关于“高贵的野蛮人”和文明本身的恶的一些空想,一如卢梭的著作所表明的。年轻时赴美的约翰·卫斯理(John Wesley)不仅是为了把传教的任务继续下去,而且还认为,如果那些未被数个世纪的解说所败坏的当地人能够突然面对《圣经》的启示,那将有助于阐明《圣经》本身。18 世纪英格兰的政治观念是根据这样一种历史框架来表述的,它仍然认为宪法体制的黄金时代曾经存在于遥远过去的某个地方。18 世纪 70 年代的议会改革文献和 1780 年约克郡联盟的文献都强调,在盎格鲁-撒克逊的英格兰,议会每年都会进行大选,成人普遍享有选举权,尽管后来的专制君主企图摧毁古代存在着自由的证据。直接取自马基雅维利的一些格言和论点被写入了 18 世纪的辉格党教义:如果人类不世世代代尽力维护自由,自由就会走向衰落。在我们历史的最初阶段就有了最好的宪法,但是在乔治三世统治时期却有人认为宪法的腐化几乎已经完成。

事实上,把事物的整个进程包含在时间之中并把相继的时代彼此联系起来——认为时间实际上指向某种东西,时代的承继是有意义的和能够产生东西的——的整个尝试极大地受到以下事实的影响,即这种考察变得比人类历史更宽,人们渐渐认为地质学、史前史和历史是彼此相继的。新科学和新历史携起手来,从彼此的加强中各自获得了新的力量。当一种更为宽泛的进化观念逐渐出现时,进步观念本身也获得了附加的含义。就这一时期这个方面的发展编写出一份概要也许有所裨益,虽然我们必须依靠二手材料,而且尚不能深刻认识整个事情。

进化观念的历史与动植物领域分类系统的发展有关。为了迅速

浏览一下这段历史,我们可以从约翰·雷(John Ray)在 17 世纪末的工作开始谈起,因为雷似乎比之前任何一个人更多地讨论了“物种”概念,他的一些说法支持了一种传统观点,即上帝创世之后各个物种是绝对固定的。这种观点被瑞典人林奈(Linnaeus)所接受,他的分类学工作使他在 18 世纪 30 年代享有盛名,这种盛名一直持续到达尔文时代。林奈认为,某一特定物种中的所有个体都可以追溯到创世时产生的原初对偶那里。值得注意的是,他的权威主要来自物种不变的观念。有时,一个人被后人记住的和以他的名字流行的东西并非是他最出色的思想。到了晚年,林奈在讨论物种之间的界线时变得越发谨慎了,这部分是因为他发现了太多重叠之处,部分是因为他在自己的花园里做了许多杂交试验。不过,影响世界的似乎并不是他这方面的工作。其实在这个主题上,其后继者的观点比他本人在盛年时期的想法还要僵化。

在林奈之前,著名德国哲学家莱布尼茨已经采取了一种更为灵活的态度。早在 18 世纪初,莱布尼茨就强调了造物的连续性和自然有机体等级的不间断性。他要人们注意那些能离开水生活的有翅的鱼以及居住在水中像鱼一样冷血的鸟;同样,他还注意到有些动物接近于鸟。他的自然观似乎受到了 17 世纪下半叶显微镜成就的影响,当时能够表明,甚至连一滴水中也充满了生命。莱布尼茨并没有把宇宙归结为坚硬而无生命的原子,而是把它看成由一些物质微粒所组成,这些微粒是活的单子或生命本原,充当着生命有机体的基础。这种观点影响了一些生物学家,尤其是因为它无需借助特殊的创世行为就能解释自然中存在的各种复合体以及各种生命形式的起源。这些微小的活粒子被认为最终解释了世界中存在的各种生命形式,这种假定有助于使自发产生的观念延长到难以置信的时期。约翰·洛克曾经指出,物种之间的界限很模糊,所有这些物种“逐步连续下降,每一步的

间隔都极其微小,直至下降到最低和最无机的物质部分”。他主张,各种物种并非单独存在于现实中;事实上,它们是由归结自然为秩序的人心所造,而不是自然本身的作品。总之,在洛克的时代,质疑物种的不变性似乎要比18世纪的大部分时间容易得多。林奈的影响似乎要对18世纪的思想僵化负有部分责任。

科学思想、哲学和文学在18世纪的确达到了一个高峰,产生了“存在的巨链”观念,此观念认为存在着一个无限等级的造物序列,下至无生命的自然,上至上帝本身,人则位于中心附近的某个地方。该序列的整个范围并不必然存在于我们这颗行星之上,而是只要能够相容地共存,多少种类和个体都可以存在,因此一切潜在的存在都应当成为现实(即使以产生恶为代价),一切善的可能性都应当实现。这个序列中的每一个个体都是为自己而存在,而不仅仅是作为链上的一环——当然肯定不是为了把人当作造物的主要目的来服务。但可以设想任何已知等级都能进一步再分,人们的兴趣主要集中在缺失的环节上,尤其是动植物之间以及动物与人之间的那些过渡环节。因此,1739年特兰布雷(Trembley)重新发现淡水水螅时引发了轰动,因为这似乎提供了动植物生命之间的缺失环节;对17世纪后期发现的霍屯督人(Hottentots)的兴趣也是一样,因为他们几乎代表着猿与智人之间的一个中间阶段。不过,整个“存在之链”的观念可以与自然不变性的观念结合起来,因为可以认为所有潜在存在都永远同时存在,以使宇宙的完满性能够完备。从化石中可以推知现已灭绝的物种存在于遥远的过去,甚至连认识到这一点也不容易。虽然在18世纪初就有人提出,最早的动物生活在海里,也有人提出,未来的所有世代都存在于第一代之中,也就是说,未来的所有世代都预先存在于第一个个体之中,2000亿个微型人都存在于原初的夏娃之中,因此它们的形状与时间没有关系。18世纪的显著发展使“存在之链”成了历史术语,成

了生命世界借以达到现状的一个阶梯。甚至在一种更为广泛的意义上说,宇宙开始被视为不仅存在于空间,而且也拥有历史。

虽然人们早已把化石同海洋和洪水联系在一起,但更为荒诞的猜想也并不鲜见,有一种观点认为,化石是从经由地下通道到达山顶的种子中生长出来的,并且受到了雪的孕育。还有一种观点认为,在创世之前的土水未分之时,它们就已存在于原始的泥土中,当这种原始泥土像海绵一样受到挤压时,鸟和鱼就同水一起跑出来了,植物和动物被引上了陆地,有些造物则出于偶然的原因没有释放出来。甚至还有观点认为,塞尼峰(Mont Cenis)上的化石是过路的朝圣者丢弃的食物,比如鱼慢慢变成了化石。然而到了18世纪,人们渐渐认为化石是由史前时代海洋的沉积物形成的。在现代的专业化产生之前,化石收集者往往也是古物收藏家。科学革命和与之平行的历史发展结合起来了,人们现在倾向于认为世界是在时代更替中存在和发展的。

有些人已经更广泛地欣赏了地球在时间中的奇景,他们透过历史的帷幕,透过动植物王国的变迁,领略了一场更原始的戏剧,意识到还有一个故事可以用地质时代来讲述。在17世纪下半叶,关于化石和岩石历史的各种思辨再次引起了人们的极大兴趣。莱布尼茨曾经认为,地球曾经是一个太阳,地球的凝固使其外壳表层褶皱成了山脉。人们收集各种资料以更全面地了解事物的整个发展过程,其全面而宽广的视野更好地揭示了地球在空间中的位置。远古的时候曾经有过一些关于进化的模糊观念,比如认为世间万物都来自于一种原始的泥浆,或者认为诸神是从原始的蛋中孵化而来。然而,通过历史过程来设想整个宇宙的现代观点是一种新事物,代表着现代思想发展过程中的一个重要阶段。18世纪发生的这种转变即使没有使科学家与《圣经》中的创世故事发生冲突,也蕴含着人类观念的一种根本改变。虽然我们 must 承认,进化的观念——和进步的观念一样——在18世纪

末还不够完善,但此时达尔文体系中的所有基本要素几乎都已经出现了。科学和历史共同展示出,整个自然正在缓慢而无情地迈向某个高级目标。

在从 1749 年开始的 50 年时间里,布丰(Georges Louis Leclerc de Buffon)撰写了 18 世纪的重大科学著作《自然志》(*Histoire Naturelle*)。他极为勤奋,但其研究并非原创,也不够深刻。部分是因为他是一个普及者,他的概括显得过于草率;又因为他渴望自己的科学贡献也能用于人的情感教育,他在文风上精雕细琢(尽管他的文风过于华丽和浮夸了)。他试图把自然看成一个整体,做出一种广泛的综合体系,并尝试描绘一幅地球历史的图像,把地球看成生物的栖居之地。事实上,如果说牛顿把无生命世界归结为一个定律系统,那么可以说布丰已经着眼于取得类似的成就,这种成就甚至更为广泛,因为它把生物现象包括在内并且扩展到历史领域。他的观点并不总是保持不变,他曾因为在《圣经》的创世说与进化观念之间犹豫不定以及不愿严厉挑战教会的说教而受到指责。

布丰遵循莱布尼茨的思路,认为地球曾经处于白热状态;在他看来,地球和其他行星一样曾是太阳的一部分,但在一次彗星碰撞之后脱离了太阳。布丰不同意地球只有 6000 年历史的传统说法,并试图确定地球历史的各个时期或阶段,比如山脉形成的时期,水完全覆盖地球表面的时期,火山开始活跃的时期,热带动物居住在北半球的时期,大陆渐渐彼此分离的时期等。他主张,随着地球从一个时期过渡到另一个时期,动植物王国也会发生相应的变化。与这个问题相关的是,他认为自己的任务之一是研究化石,当时被用来建造巴黎城的石头中有大量这样的化石。

我们发现,布丰对各种生命形式的起源、出现的位置以及后来一般自然状况对它们造成的影响都作了猜测;虽然在这方面,他的观点

也并不总是很一致。他倾向于认为,如果把生命看成物质本身的一种性质或潜能,那么并不需要用专门的一次创世行动来解释生物在这颗行星上的出现。他的观点与莱布尼茨有些类似,认为任何植物和动物都是由大量微粒构成的,其中每一个微粒都是整个个体的一个样式;这使他能够解释生物的起源而不必诉诸创世行动。他试图表明动植物之间并不存在绝对明确的界限。他说,自然总是通过细微差别行事的。“完全可以从最完美的造物几乎无法觉察地退化到最无形的物质。”存在着许多“中间物种”,有很多东西“一半属于这一类,一半属于另一类”。因此,他反对林奈传统的正统性,反对那些仅仅以分类为目的的作者的僵化态度。他否认物种固定不变,否认物种永远彼此隔绝。然而,他在考虑杂种的不育性时有过疑虑,因为这暗示物种是真实的东西,不同物种之间是彼此隔绝的。

对于相信进化的现代人来说,布丰的思想在某些方面是陌生的,因为他似乎相信,各种生命物种都是曾经完美类型的退化形式。不过他又提出,环境直接改变了动植物的结构,这里他暗示获得性特征是可以传递的。他宣称,许多物种“由于陆地海洋的巨大变迁,由于自然的有利或不利条件,由于食物,由于气候有利或不利的长期影响,而得到完善或退化,已不再是原来的样子了”。他暗示马和驴可能有共同的祖先,甚至说,若不是与《圣经》相违背,他会把这个假设扩展到人本身。关于猩猩,他说:“如果不考虑灵魂,那么我们所拥有的东西它一样也不缺。”他写道:“猪似乎并不是按照最初的一种特殊而完善的方案形成的,因为它是其他动物的混合:它有明显无用的部位,或者说是它丝毫无法利用的部位,其足尖的所有骨头都完善地形成了,却对它毫无用处。”他指出,既然生物的某些器官似乎不再有任何用途,那么时代必定发生过非常剧烈的变化。他设想过淘汰不适应者和维持自然平衡的某种生存竞争。

显然,我们已经处于一个转变了思想的世界中。布丰的工作设想了宇宙的整个历史,表明了事物在时间中持续流动的显著意义。它构想了人与自然之间的一种新关系,显示出把人当做自然的一部分来研究的意愿。从此以后,这个观念被传播开来,人的解剖构造的许多特点都表明人是源于四足动物,事实上人现在并不完全适应直立姿势。在同一时期,拉美特利(La Mettrie)基于生命微粒聚集起来形成生命个体的观点,以一系列大胆思辨讨论了生物在地球表面的出现,并为人的起源找到了一种自然解释。

然而,除了这些伟大的综合体系和著名人物(除了像布丰这样的人),许多著名研究者的累积工作也为这些发展作出了贡献。18世纪下半叶各个领域的研究为更加坚定地发展到现代的进化观念铺平了道路。德国人卡斯帕·弗里德里希·沃尔夫(Caspar Friedrich Wolff)对植物和动物的发展作了比较研究,并且指出两者具有共同的细胞组织。1759年和1768年,他抨击了流行的预成论,该理论认为雌性包含着所有后代的胚芽,每一个胚芽都包含在另一个胚芽之中,每一个胚芽包含了据说已经以微型存在的个体。他表明,胚胎中的肢体和器官经过了相继的变形,在他看来,这个过程展示了一种生命力的作用,它作用于简单而同质的有机物上,把它塑造成各种结构。科尔罗伊特(Koelreuter)研究了花粉,指出昆虫和风对于授粉有重要作用。例如在做杂交实验时,他表明,当杂交物同它们的亲代物种交配时会发生一种逆转,亲代的特征会恢复。基督徒康拉德·施普伦格尔(Conrad Sprengel)表明,某些花需要某些种类的昆虫来授粉,而另一些花则可能需要不同种类的昆虫来授粉;而且每一朵花中的蜜腺的位置会适合通常给它授粉的昆虫。荷兰人彼得·坎珀(Petrus Camper)研究了各种面相,强调人的面相与被认为最像人的猿的面相之间的差异,这个话题在18世纪下半叶引发了很大争论。关于物种不变的旧

观点似乎往往会被那些对杂交感兴趣,或者像伊拉斯谟·达尔文(Erasmus Darwin)那样对马、狗和羊的育种感兴趣的人修改。

朝着进化思想的过渡不仅得益于历史观和进步观念的传播,而且也得益于哲学倾向,比如把整个世界看成一个有生命的东西,相信一种生命冲动,以及假定有某种精神形成要素在整个自然中起作用并且逐渐实现自我。让·巴普蒂斯特·罗比耐(Jean Baptiste Robinet, 1735-1820)在1761年至1768年出版的论自然的著作中表明了这些观念的影响。他把所有有机造物看成一个线性序列,但是在他看来,所有较低的生命形式都预示着人的未来形态,他甚至在世界发展的早期阶段中去寻找人类形态的暗示。根据罗比耐的看法,在人本身能够作为造物的顶峰而被产生出来之前,较低的造物是一个必要的中间阶段。人类形态的所有部分都必须以每一种可以设想的组合方式进行试验,才能真正发现人的形态。地球本身的历史就是“自然学习造人的学徒史”。罗比耐还阐述了另一种观点,它在这一时期非常流行,而且有助于思考进化。这种观点认为,构成万物的原子并不纯粹是死物质,而是各个都拥有生命和灵魂。无机的物质能够组合成生物,在生命与非生命之间并无真正的鸿沟。自然万物之间存在着无限小的等级,存在之链是连续的——在所有变异背后都可以找到每一个事物基础的单个样式、单个原型,正是后者提供了连续性。罗比耐的这种思想在德国人赫尔德(Herder)和歌德(Goethe)的工作中得到了进一步发展。此外,由于早已开始讨论气候和环境对不同人种有何影响,这个时代的人们还愿意(像罗比耐那样)对外部世界如何制约植物的发展进行反思。

此外,问世已久的地质学观念和假说正在开始形成一门科学,而且大约从1775年开始变得比以前更为重要。到了18世纪末,地质学所依赖的几门科学终于发展成熟。古代就有观点认为,所有岩石都是

在原始海洋中沉积而成的,或者来自于形成了原始混沌的流体。然而到了18世纪40年代,这种观点受到了一种理论的挑战,该理论假定所有岩石都源于火山;从18世纪60年代开始,水成论者与所谓的火成论者发生了冲突。1775年,德国人维尔纳(Werner)以一种比前人更加系统的方式讨论了地球表面,他坚持岩石起源于水,这种观点在当时更为流行。詹姆斯·赫顿(James Hutton)则在1788年和1795年撰文主张岩石起源于火,并且拒绝承认地球是在经历了一系列大灾难之后才成了现在这个样子。他偏爱用已知的现在来解释过去,试图通过仍可观察的过程、仍在起作用的力和人所熟知的原理来说明地球目前的情况。灾变说遭遇了渐变说,赫顿虽然生前影响很小,但却指明了地质学进一步发展的道路。

查理·博内(Charles Bonnet, 1720 - 1793)用他的宗教信念来支持他对世界进步和自然发展的预言式信念。他也认为,构成世界的最终单元是活的、不可摧毁的东西,它们和宇宙一样古老,其中每一个最初都是一个“灵魂”。他把整个自然看成一个从简单到复杂的线性序列,但每一个成员与其相邻者之间只有无限小的差异,因此从矿物界到植物界,再到动物界,最后到人的出现,这种连续性是不间断的。博内对诸如飞鱼、蝙蝠、水螅和敏感的植物等一些过渡形式特别感兴趣,对猩猩尤其感兴趣,他说可以把猩猩教育成有礼貌和可信任的贴身仆人。他乐于相信,有些行星上的进化快于地球——石头有感觉,狗能进行思想交流,人能达到天使的美德。但他主张预成论,认为第一个雌性体内包含着所有后代的胚芽——不仅是胚芽,而且是微型的成年个体。根据博内的说法,世界曾经周期性地被大灾难吞没,最后一次就是与诺亚相联系的那场大洪水。在这些大灾难中,所有生物的躯体都被摧毁,但后代的胚芽却活了下来,大灾难过后,它们便成为了存在的阶梯上地位更高的生物。

18世纪的进化观念发展史在拉马克(Lamarck)和居维叶(Georges Léopold Cuvier)这两个人那里达到了顶峰,他们的重要著作于19世纪初问世,当时巴黎已经成为生物学研究的重要中心。幸运的是,他们都生活在“巴黎盆地中,这是一个富含珊瑚、贝壳和哺乳动物的巨大墓地,不远处便是遍布着无脊椎动物化石的白垩质岩石沉积地”。分别作为无脊椎动物和脊椎动物的古生物学的实际奠基人,他们变得重要起来。拉马克具有卓越的直觉,但他的思辨有时远远领先于他的科学成就,这也许部分是因为他生前几乎没有追随者。起初他认为物种是固定不变的,但随后又认为“自然之中实际上只存在个体”。起初他把动物学群体排成一个纵向阶梯,但随着时间的推移,他又让这个阶梯沿横向扩展,直到整个系统变得越来越像一棵谱系树。他不相信连续的存在之链,而是认为自然之中存在着跳跃,例如在矿物界与植物界之间存在着裂隙。不过他认为,生命是从胶质物或黏性物质中自然产生的,这个过程得益于热和电。他不认为仅凭改变了整个海陆分布的一系列巨大的普遍灾难就能解释动物界的历史。他相信,地球曾有一种更为缓慢和更为连续的历史,化石所显示的那些灭绝物种转变为今天世界上的那些物种的过程要缓慢和渐进得多。他强烈地感觉到地质时代的长久,并把动物的生命看成连续的,即使在大灾难时代也没有全部灭绝或全部更新,尽管世界更为缓慢的变化改变了生物环境。在时间的进程中,环境变化并不直接改变物种,而是经由神经系统对整个生物结构起作用,生物内部的一种冲动会在进化过程中起作用。需求的改变导致习性的改变,动物器官的增大或减小取决于它们的使用程度。拉马克认为,决定生物习性的并非生命体本身的形式或特征,而是生活习性和生活方式决定了器官的形成。例如,鼯鼠和盲鼠之所以丧失视力是因为它们世世代代生活在地下,而水禽的足有蹼是因为它们在水中伸展足趾。拉马克认为,如果两性都

获得了新的特征,那么这些特征是可以传递的;他还认为,如果一些孩子出生时失去了左眼,那么只需几代就会产生一个独眼的人种。他因为提出了这样一种理论而遭到不公正的指责,即动物仅仅通过需要就能为自己创造出新的器官。虽然按照他的说法,一切都仿佛是盲目机械力的产物,甚至连灵魂也仅仅是这些力的产物,但他的理论把某种作用赋予了个体生物内部的某种冲动,这种冲动会变成一种具有能动性的流体流入所需的渠道,就像长颈鹿伸长脖子来接近高处树枝的情况一样。由于拉马克相信这种冲动,相信生物渴望获得更高的复杂性,并认为生命本身倾向于增大拥有这种冲动或渴望的身体(或身体器官)体积,直至达到一定的限度,所以有人说,他在一定程度上赞同当时的“活力论”观念。

与之同时代的居维叶给世人留下了更深的印象,人们说他“第一次获得了在时间和空间中鸟瞰整个生命的完整享受”。居维叶认为,曾经影响了地表本质的大灾难已经改变了动物界在不同时期的特征。在他看来,此观点似乎解释了这样一些情形,即化石表明,现在在高山上发现的倒转的成层现象曾经是在海洋中发生的。法国的地质学研究一直以来主要关注阿尔卑斯山,那里成层的倒转引起了人们极大的兴趣。有人指出,居维叶受这一事实的影响很大。居维叶的进化理论不需要像拉马克理论那样假定长时段,为了延长逐渐发展过程中的连续性,拉马克不得不假定长时段。居维叶也不认为物种变化是栖息地和环境影响的正常结果,在他看来,动物界发生的变化有一种灾变性。他认为,现存物种在任何特定时期都是不变的,当某种剧变导致它们毁灭时,变化才会发生。然而在每一次大灾难中,某些孤立区域会幸免于难,从而使比如人这个物种能够维持其连续性。

居维叶对巴黎地区的大量化石作了比布丰更有条理的研究。他不满足于孤立地研究身体的各个部分,而是考察它们彼此之间是如何

协调的。他表明了食肉动物如何会具有适当的牙、颌、爪、消化道、良好的视觉器官以及迅速运动的能力。对各个部位之间联系的这种关注使他能够根据化石和碎块进行更为成功的重构；例如，他能够表明一种灭绝的猛犸象与印度象的关系为何要比印度象与非洲象的关系更密切。

他比拉马克更反对把所有生物排成一个上升或下降的序列。他坚持认为，应把动物界划分成独立的群体，其中每一个群体都有自己的基本方案。这个重要想法（在查理·博内的著作中有所暗示）意味着，并不存在单一的进化路线，而是不同群体有平行的发展路线。对于有人试图在高度发达的生物与高度专门化的生物之间划出直接比较的直线，这不仅仅是一种警告，因为在各自群体内的独立发展使它们可能彼此相差极大。这个新体系还使居维叶在分类方面做出了重大改进，它是建立一种可行的世系理论的必要步骤。

我们已经注意到，除了生存竞争的观念，查尔斯·达尔文理论的所有要素至此均已发现。马尔萨斯(Malthus)的著作和有关工业革命的经济著作很快就会提供这里所需的内容，而地质学研究的发展，比如赖尔(Lyell)的工作，为1859年的《物种起源》做好了思想准备。

进一步阅读建议

- Aiton, E. J.—“Galileo’s Theory of the Tides,” *Annals of Science*, Vol. X (1954).
- Andrade, E. N. de C.—*Sir Isaac Newton* (London, 1954).
- Armitage, A.—*Copernicus the founder of modern astronomy* (London, 1938).
- Bayon, H. P.—“William Harvey, physician and biologist” (*Annals of Science*, Vols. III and IV, London, 1938 - 40).
- Bell, A. E.—*Christian Huygens* (London, 1947).
- Bloch, Ernst—“Die antike Atomistik in der neueren Geschichte der Chemie,” *Isis*, Vol. I (1913 - 14).
- Boyer, C. B.—“Notes on Epicycles and the Ellipse from Copernicus to Lahire,” *Isis*, Vol. XXXVIII (1947).
- Broad, C. D.—*The philosophy of F. Bacon* (Cambridge, 1926).
- Brunetière, F.—*Études critiques sur l’histoire de la littérature française*, 5^{me} série (Paris, 1896), pp. 183 - 250, “La formation de l’idée de progrès au XVIII^{me} siècle.”
- Bulletin of the Polish Institute of Arts and Sciences in America*, Vol. I, No. 4 (July 1943), pp. 689 - 763 (essays on Copernicus by A. Koyré, etc.).
- Burt, E. C.—*The metaphysical foundations of modern science* (London, 1925).
- Bury, J. B.—*The idea of progress: an inquiry into its origin and growth* (London, 1920).
- Carré, J. R.—*La philosophie de Fontenelle* (Paris, 1932).
- Clark, G. N.—*Science and social welfare in the age of Newton* (Oxford, 1937).
The seventeenth century (Oxford, 1947).
- Cooper, L.—*Aristotle, Galileo and the tower of Pisa* (Ithaca, New York,

1935).

Dampier, Sir William C. — *A History of Science* (3rd ed., Cambridge, 1942).

Davis, T. L. — “Boyle’s conception of Elements compared with that of Lavoisier,” *Isis*, Vol. XVI (1931).

Dingle, H. — “Copernicus’s Work,” *Polish Science and Learning* (July 1943).

Dreyer, J. L. E. — *History of the planetary systems from Thales to Kepler* (Cambridge, 1906).

Duhem, P. — *Le mouvement absolu et le mouvement relatif* (Paris, 1905).

Études sur Léonard de Vinci (Paris, 1906 - 13).

Le système du monde (Paris, 1954).

The Aim and Structure of Physical Theory (Eng. transl., Princeton, N. J., 1954).

Foster, Sir Michael — *Lectures on the history of physiology during the 16th, 17th and 18th centuries* (Cambridge, 1901).

Gade, J. A. — *The life and times of Tycho Brahe* (Princeton, 1947).

Gilson, E. — *Études sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésienne* (Paris, 1930).

Goldbeck, E. — *Keplers Lehre von der Gravitation* (Halle a. S., 1896).

Hall, A. R. — *Ballistics in the Seventeenth Century* (Cambridge, 1952).

The Scientific Revolution, 1500 - 1800 (London, 1954).

Hazard, P. — *La crise de la conscience européenne (1690 - 1715)* (3 vols., Paris, 1935).

Jeans, Sir James — *The growth of physical science* (Cambridge, 1947).

Johnson, F. R. — *Astronomical thought in Renaissance England* (Baltimore, 1937).

“The Influence of Thomas Digges on the Progress of Modern Astronomy in Sixteenth Century England,” *Osiris*, Vol. I (1936), and Larkey, Sanford V., “Thomas Digges, the Copernican System and the Idea of the Infinity of the Universe in 1576,” *Huntington Library Bulletin*, No. 5 (April 1934).

“Robert Recorde’s Mathematical Teaching and the Anti-Aristotelian Movement,” *ibid.*, No. 7 (April 1935).

Koyré, A. — *Études galiléennes* (3 fascicules, Paris, 1939 - 40).

Kuhn, T. S. — “Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century,” *Isis*, Vol. XLIII (1952).

Lenoble, R. — *Mersenne ou la naissance du mécanisme* (Paris, 1943).

Lovejoy, A. O. — *The Great Chain of Being* (Cambridge, Mass., 1950).

Lovering, S. — *L’activité intellectuelle de l’Angleterre dans l’ancien “Mercure de France”* (Paris, 1930).

McColley, G. — “The seventeenth century Doctrine of a Plurality of Worlds,” *Annals of Science*, Vol. I (1936).

McKie, D. — *Antoine Lavoisier, the father of modern chemistry* (London, 1935).

- Meyerson, E.—*La déduction relativiste*, especially Ch. IV (Paris, 1925).
Identity and reality, especially Ch. III (London, 1930).
- Mieli, A.—*La science arabe et son rôle dans l'évolution scientifique mondiale* (Leiden, 1939).
- Nordenskiöld, N. E.—*The history of biology* (Eng. transl., London, 1929).
- Ornstein [Bronfenbrenner] M.—*The rôle of scientific societies in the seventeenth century* (Chicago, 1938).
- Packard, A. S.—*Lamarck* (London, 1901).
- Pagel, W.—“William Harvey and the Purpose of Circulation,” *Isis*, Vol. XLII (1951).
- Patterson, L. D.—“Hooke's Gravitation Theory and its Influence on Newton,” *Isis*, Vols. XL - XLI (1949 - 50).
- Pledge, H. T.—*Science since 1500* (Science Museum Publication, London, 1939).
- Randall, Jr., J. H.—“The Development of the Scientific Method in the School of Padua,” *Journal of the History of Ideas*, Vol. I (1940).
Revue d'histoire des sciences, juillet-décembre 1951. Special issue on “‘L'Encyclopédie' et le progrès des sciences.”
- Rosen, E.—“The Commentariolus of Copernicus,” *Osiris*, Vol. III (1937).
Three Copernican treatises (New York, 1939).
- Sarton, G.—*The history of science and the new humanism* (Cambridge, Mass., 1937).
- Schneer, C.—“The Rise of Historical Biology in the Seventeenth Century,” *Isis*, Vol. XLV (1954).
- Singer, C. J.—*The evolution of anatomy* (London, 1925).
A short history of medicine (Oxford, 1928).
- Snow, A. J.—*Matter and gravity in Newton's physical philosophy* (London, 1926).
- Stoner, G. B.—“The atomistic view of matter in the XVth, XVIth, and XVIIth centuries,” *Isis*, Vol. X (1928).
- Syfret, R. H.—“The Origins of the Royal Society,” *Notes and Records of the Royal Society*, Vol. V, No. 2.
- Taylor, F. Sherwood—*A short history of science* (London, 1939).
- Thorndike, L.—*History of magic and experimental science*, Vols. I - VI (London, 1925).
Science and thought in the fifteenth century (New York, 1929).
- Whitehead, A. N.—*Science and the modern world* (Cambridge, 1927).
- Wightman, W. P. D.—*The Growth of Scientific Ideas* (Edinburgh, 1950).

索 引

A

- 阿尔贝蒂 Alberti, L. B./31
阿方索·博雷利 Borelli, Alfonso/
96,117
阿基米德 Archimedes/11, 35, 63,
67,73,77,169
阿拉伯人 Arabs, The/17, 28, 33,
61,62,153,168
阿威罗伊 Averroes/39
埃德蒙·哈雷 Halley, Edmond/120
埃弗拉德·迪格比 Digby, Everard/
78
艾萨克·牛顿爵士 Newton, Sir
Isaac/56

B

- 巴黎 Paris
巴黎的经院哲学 Scholasticism in/
7—9,12, 38, 39, 54, 57, 59, 60, 62,
120, 122, 125, 128, 141, 170, 176,
181,182
柏拉图主义 Platonism/21, 22, 39,

71,98

- 贝歇尔 Becher, J.J./153
比萨斜塔 Pisa, Tower of/64,65
毕达哥拉斯主义 Pythagoreanism/
21,22,39,71
布尔哈夫 Boerhaave, H./127,153,
157
布丰 Buffon, G. L. L. de/176—
178,182

C

- 查尔斯·达尔文 Darwin, Charles/
183
查理·博内 Bonnet, Charles/180,
183
查理·佩罗 Perrault, Charles/169
冲力理论 Impetus, Theory of the/
1,7—11,22,54,55,63,69,84,112

D

- 达·芬奇 Leonardo da Vinci/2, 5,
7,9,31,35,36,72

大气 Atmosphere, The/5, 10, 11, 15, 26, 28, 49, 58, 107, 108, 111, 157, 158, 160, 163

丹尼尔·笛福 Defoe, Daniel/147

但丁 Dante/14, 16—19

德谟克利特 Democritus/95

地质学 Geology/172, 179, 180, 182, 183

第谷·布拉赫 Brahe, Tycho/1, 20, 48—51, 55, 56, 70, 99

对数 Logarithms/52, 71, 73, 84

F

发现美洲 America, Discovery of/16

法布里修斯 Fabricius/37, 38, 41

法兰西科学院 Académie des Sciences/74, 125, 134

范·赫尔蒙特 Van Helmont, J. B./74, 100, 101, 106, 152

丰特奈勒 Fontenelle, B. leB. de/125—130, 133—136, 169—171

弗朗索瓦·韦达 Viète, François/71

伏打 Volta, A./163

伏尔泰 Voltaire/45

G

盖伦 Galen/31—39, 41

哥白尼 Copernicus/14, 18—27, 33, 35, 38, 44—51, 53—55, 57, 66, 67, 77, 84—86, 99, 109—111, 113, 120, 168

哥白尼理论 Copernican Theory/14, 18, 23, 48

工业革命 Industrial Revolution/131, 145, 157, 183

惯性原理 Inertia, Principle of/58, 110, 116

H

亨利·卡文迪许 Cavendish, Henry/159

亨利·摩尔 More, Henry/98

化石 Fossils/174—176, 181—183

化学元素 Elements, Chemical/103, 105—107, 151, 155, 160, 164

皇家学会 Royal Society, The/59, 73, 74, 80, 91, 120, 145, 153

火成论者 Plutonists/180

火星 Mars/20, 51, 122

J

伽利略 Galileo/1—4, 7—12, 20, 25, 27, 31, 38, 40, 46—48, 50, 52—60, 64—69, 71, 73—75, 84, 86, 87, 96, 107, 110, 113, 115, 116, 126, 130, 132, 145

伽桑狄 Gassendi/57, 59, 60, 66, 95, 100, 102

技术 Technology/46, 61, 72—74, 91, 138, 145, 150, 157

教会 Church, The/8, 19, 45, 46, 56, 62, 130, 131, 138, 176

解剖 Dissection/31—33, 35, 40, 128, 178

金星 Venus/17, 19, 22, 48, 114

进步的观念 Progress, Idea of/146, 165, 167, 172, 175

进化 Evolution/165, 172, 175—183

居维叶 Cuvier, G. L./181—183

K

开普勒 Kepler, J./20, 23, 24, 46, 50—53, 55, 70, 71, 94, 113—115, 117—119, 121, 122, 129

科雷西奥 Coresio/65

科伦坡 Colombo/36, 38

科学革命 Scientific Revolution,
The/1, 2, 4, 6, 7, 9, 24, 26, 29, 30,
33, 35, 38, 39, 43, 44, 53, 63, 64, 67,
70, 72, 73, 76, 83, 87, 89, 92, 93, 96,
99, 100, 102, 110, 120, 124—126,
129, 133, 137, 140, 143—145, 148,
150, 161, 169, 170, 175

科学学会, 另见皇家学会 Societies,
Scientific (see also Royal Society)/
59, 60, 73, 74

科学仪器 Instruments, Scientific/74
克里斯托弗·雷恩 Wren, Christo-
pher/120

库萨的尼古拉 Nicholas of Cusa/22,
110

夸美纽斯 Comenius/45

L

拉马克 Lamarck (J. B. de Monet)/
181—183

拉瓦锡 Lavoisier, A./42, 107, 156,
160—164

莱布尼茨 Leibniz/70, 98, 123, 173,
175—177

兰克 Ranke, L. Von/137

勒内·笛卡尔 Descartes, René/57

炼金术 Alchemy/28, 64, 73, 74, 101,
102, 150

炼金术士 Spagyrists/80, 101—103,
106

林奈 Linnæus/173, 174, 177

路易十四 Louis XIV/124, 127, 128,
130—135, 143, 169—171

罗贝瓦尔 Roberval, G. Personne
de/57, 60, 116, 117

罗伯特·玻意耳 Boyle, Robert/82,
91, 99, 112, 150

罗伯特·胡克 Hooke, Robert/112,

120

M

马尔皮基 Malpighi, M./43

马基雅维利 Machiavelli, N./32,
130, 166, 168, 172

马吉尼 Magini, G. A./49

马勒伯朗士 Malebranche, N./127

马萨乔 Masaccio/31

马提亚努斯·卡佩拉 Martianus
Capella/22

梅森 Mersenne, M./57—60, 66

梅斯特林 Maestlin, M./49, 50

弥贵尔·塞尔维特 Serveto,
Miguel/36

莫兰 Morin/113

木星 Jupiter/53, 114, 121

N

尼尔斯·斯坦森 Stensen, Niels/98

尼古拉·奥雷姆 Nicholas of
Oresme/6, 8

牛津 Oxford/7, 8, 12, 99, 151

P

帕多瓦 Padua/33, 36, 38—41, 46,
54, 64, 96

帕斯卡 Pascal, B./57, 60, 131

抛射体 Projectiles/5, 9, 10, 12, 55,
69, 73, 94, 114, 119

抛射者 Projectors/10

彭波那齐 Pomponazzi, P./28

皮埃尔·迪昂 Duhem, Pierre/12

皮埃尔·拉穆斯 Ramus, Pierre/77

Q

气体 Gas or Gases/74, 152, 156,
158—161, 163

乔尔达诺·布鲁诺 Bruno,
Giordano/46,48

切萨尔皮诺 Cesalpino/36—38

R

燃素理论 Phlogiston Theory, The/
152—157,162,163

让·巴普蒂斯特·罗比耐 Robinet,
Jean Baptiste/179

让·布里丹 Buridan, Jean/6,8,12

让·皮卡 Picard, Jean/122

S

萨克森的阿尔伯特 Albert of
Saxony/8,112

桑克托留斯 Sanctus Sanctorius/96

猗猗学院 Lincei, Accademie dei/60

舍勒 Scheele, Carl Wilhelm/157,
160

圣奥古斯丁 Augustine, St./46,61

《圣经》 Bible, The/6,45,46,86,
172,175—177

圣·皮埃尔神父 St. Pierre,
Bernadin du/128,135

圣西门 Saint-Simon, Duc de/131

施塔尔 Stahl, G.E./153

水成论者 Neptunists/180

水星 Mercury/22

斯蒂芬·黑尔斯 Hales, Stephen/
158

T

土星 Saturn/47

托勒密 Ptolemy/17—27,44,47,49,
51,55,168

托勒密体系 Chap. II passim
Ptolemaic System/18,20,22,25,
44,45,49,53,56,85,99

托里拆利 Torricelli, Evangelista/
57,58,107

托马斯·霍布斯 Hobbes, Thomas/
57

W

望远镜 Telescope/1,47,49,53,54,
74,86,96

威廉·哈维 Harvey, William/1,30,
33,34,36,37,39,40,64,82,96,99

威廉·吉尔伯特 Gilbert, William/
50,72,73,111,112

威尼斯 Venice/39,53,73

微粒哲学 Corpuscular Philosophy/
94,95,103

维尔纳 Werner, A.G./180

维萨留斯 Vesalius, A./30,32,33,
35,36,38,77

文艺复兴 Renaissance, The/2,5,7,
11,13,22,27,28,30,33,38,39,58,
59,61—63,70,72,131,137—139,
141—143,148,165,167,168

沃邦 Vauban/134

沃蒂尔 Waltire/163

X

西蒙·斯台文 Stevin, Simon/65,
68,71

显微镜 Microscope/1,43,60,74,96,
125,173

Y

亚里士多德 Aristotle/3—12,17,19,
21,24—28,30,33,36,38,39,44—
46,49,50,53,54,56,58,62—68,
76—78,81,82,84,93—95,101—
104,106,107,111,112,116,152—
154,169,170

亚里士多德主义 Aristotelianism/
33, 38, 69, 93, 107
亚里士多德主义者 Aristotelians/4,
5, 9, 10, 12, 33, 53, 54, 65, 66, 68,
69, 78, 101—103
伊壁鸠鲁 Epicurus/95
伊拉斯谟 Erasmus, Desiderius/2, 8,
179
伊萨克·贝克曼 Beeckman, Isaac/
57
约翰·贝莱尔斯 Bellairs, John/147
约翰·雷 Ray, John/173
约翰·洛克 Locke, John/142, 144,
173
约翰·内皮尔 Napier, John/71
约翰·威尔金斯 Wilkins, John/99
约翰·卫斯理 Wesley, John/144
约瑟夫·布莱克 Black, Joseph/
156—158, 162
约瑟夫·弗赖恩德 Freind, Joseph/
151
约瑟夫·格兰维尔 Glanvill,

Joseph/144
约瑟夫·普里斯特利 Priestley,
Joseph/159
运动 Motion/1, 3—12, 15—17, 20—
27, 35—37, 39—41, 44—48, 50—
56, 58, 59, 63, 66—70, 72, 73, 76,
77, 79, 83—87, 89, 90, 92—96, 98,
103—105, 107, 109, 110, 112—127,
129, 130, 133—135, 137, 141, 143—
145, 147—149, 151, 152, 154, 167,
183

Z

詹姆斯·赫顿 Hulton, James/180
占星术 Astrology/19, 28, 46, 113
哲学家 Philosophes/31, 39, 45, 57,
73, 77—80, 83, 87, 89, 102, 103,
125, 128, 133, 150, 171, 173
真空 Vacuum/3—5, 8, 47, 50, 58,
95, 107, 108, 111, 115, 116, 123, 157
中产阶级 Middle Classes/132, 133,
142