

中学自然科学课本

化学

(征求意见稿)



中学自然科学课本

化 学

第 三 册

(征求意见稿)

上海市中小学教材编写组编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8 字数 134,000

1976年3月第1版 1976年3月第1次印刷

统一书号: K7171·735 定价: 0.40 元

说 明

遵循伟大领袖毛主席关于“教材要彻底改革”的教导,在工农兵和革命师生的支持下,上海师范大学试编了一套中学《自然科学》课本。

中学《自然科学》课本包括数学(十册)、物理(七册)、化学(三册)、农业生物学基础(三册)、生理卫生常识(一册)等廿四册。供五年制(三、二分段)中学试点用。试点学校可选用全部或部分教材。

编写无产阶级新教材,是一项艰巨而长期的任务。需要不断实践,不断改进。对于教材中存在的问题,希望同志们提出宝贵的意见和批评。

上海市中小学教材编写组

一九七三年十二月

目 录

第一章 无机物与有机物的辩证关系	1
第一节 土壤中无机物与有机物的辩证关系	1
第二节 无机物向有机物的转化	19
第三节 碳	23
第二章 石油和烃	34
第一节 我国石油工业的飞速发展	35
第二节 天然气和沼气——甲烷	40
第三节 石油分馏——烷烃	51
第四节 石油裂化——不饱和烃	65
第五节 石油催化重整——芳香烃	83
第三章 烃及其衍生物的转化	97
第一节 脂肪烃向其衍生物的转化	98
第二节 芳香烃向其衍生物的转化	104
第三节 烃类衍生物性质与结构间的关系	109
第四节 烃类衍生物之间的相互转化	119
第四章 有机农药	123
第一节 有机农药概述	125
第二节 杀虫剂的生产及性质	131
第三节 杀菌剂稻瘟净的工业生产及其性质	145
第四节 除草醚的工业生产及性质	148
第五节 新农药介绍	149

第五章	合成高分子	161
第一节	塑料	162
第二节	合成纤维	182
第三节	合成橡胶	190
第六章	化学运动向生命运动的辩证转化	198
第一节	碳水化合物的性质和结构	211
第二节	油脂的性质和结构	218
第三节	生命是蛋白体的存在方式	234
学生实验		234
实验一	土壤几种重要性质的简易测定	234
实验二	土壤中速效养分的简易测定	235
实验三	烃的实验	243
实验四	羧酸与醇的作用 醛的还原性	245
实验五	苯胺的碱性与苯酚的酸性	246
实验六	几种常用农药的重要特性	246
实验七	酚醛树脂的制取	248
实验八	葡萄糖的还原性	249
实验九	肥皂与合成洗涤剂	250
实验十	蛋白质	251

第一章 无机物与有机物的辩证关系

在前两册的学习中，我们所遇到的物质主要是不含碳元素的。此外，还遇到一些含碳的简单化合物，如二氧化碳、一氧化碳、碳酸盐等。这些物质，在化学上总称为无机物。但在自然界中，以及在人工合成的物质中，还有其他的、种类极其众多的含碳化合物（例如酒精、汽油、塑料、橡胶等）。在这些含碳化合物中，有很多对工农业生产、医药卫生及生命现象有很重大的意义。对于这些含碳化合物在化学上总称为有机物。

无机物与有机物虽是两类不同的物质，但是它们之间是密切相关的。例如土壤就是无机物与有机物的辩证统一体，并且正是这种无机物与有机物的辩证统一体形成了土壤肥力的主要的物质基础。

第一节 土壤中无机物与有机物的辩证关系

一、什么是土壤？什么是土壤肥力？

伟大领袖毛主席提出的农业“八字宪法”，即“土、

肥、水、种、密、保、管、工”中土字占第一位。土就是指土壤而言，土壤是地球陆地表面上能生长植物(包括庄稼)的具有一定肥力的疏松土层。土壤能供给作物生长所需要的水分、养分、空气和热量。土壤的这种性质就称之为土壤的肥力。土壤的肥力是土壤最重要的特性。

土壤是最重要的农业生产资料。劳动人民在栽培作物时，采取种种措施改良土壤，培育土壤，使土壤肥力不断增强，把生土变熟土，熟土变肥土。这样，自然形成的土层就通过人们的辛勤劳动，不断地发生变化，发展成为肥力充足的耕作土壤。它是劳动人民通过辛勤劳动，改造自然土壤的产物。伟大领袖毛主席号召：“农业学大寨”。大寨大队的贫下中农坚持自力更生、艰苦奋斗的革命精神，充分利用社会主义制度的优越性，充分发挥组织起来的劳动群众的主观能动性，使革命干劲与科学精神紧密结合起来，把原来支离破碎、肥力很差的“三跑田”(跑土、跑肥、跑水)，改造成为整块整块的肥力充沛的“海绵田”。

我国古代劳动人民很早就从事农业耕作。历代法家代表人物都很重视农业生产的发展。他们总结了劳动人民生产斗争的经验，认识到水利工程对发展农业、改良土壤的重要性，所以对兴修水利工程很为重视。例如在秦惠文王时，蜀守李冰，在法家路线指引下，带领

四川灌县一带群众，兴建了驰名中外的都江堰水利工程。又如秦始皇曾命郑国主持在关中兴修郑国渠这一大型水利工程，派蒙恬到宁夏地区驻军屯田，先后在青铜峡东西两岸修建了“北地东渠”和“北地西渠”。这些水利工程都是我国历史上劳动人民辛勤劳动及聪明才智的伟大结晶。又如陕西著名的“八百里秦川”中泾水、渭水两岸的黄土，经过劳动人民长期培育，已形成一层30到70厘米厚的熟土层，与下层生土有明显的界线，象楼房一样，当地群众称之为“楼土”。“楼土”含有机质多、土质疏松、透水性好、保水保肥能力强，盛产小麦、玉米、豆类、马铃薯、棉花、烤烟等，成为黄土高原上的“棉粮川”之一。此外，在号称“天府之国”的四川盆地、号称塞上江南的宁夏河套地区，以及在湖广、江浙等地都有历代劳动人民用血汗和智慧培育出来的极其丰富肥沃的耕作土壤。

但以儒家为代表的反动封建统治阶级，只知对劳动人民进行极端残酷的压榨和剥削，却极其轻视农业生产，他们不但不组织劳动人民进行农田水利建设，反而使原有的水利工程年久失修，使劳动人民抗御自然灾害的能力受到严重削弱，农业生产受到很大阻碍，我国的土壤资源的发展也就受到很大阻碍。例如宁夏河套地区的黄灌区到了国民党反动统治时代已变成“只灌不排渠道塌，沼泽遍地连成湖，盐碱地上流苦水，黄

河改道断炊烟”的悲惨局面。

“为有牺牲多壮志，敢教日月换新天。”解放以后，我国广大劳动人民在毛主席、共产党领导下，大搞农田水利建设，特别是在1958年全国实现公社化后，在大跃进的号角声中，全国各地开始兴建无数的中小型水利工程和不少大型水利工程。在无产阶级文化大革命中，各族人民狠批刘少奇、林彪的修正主义路线，使得中小型水利工程得到更加迅速的发展，也使得这些大型水利工程建设的速度大大加快。例如黄河青铜峡水利枢纽，在1958年开始兴建，在1960年二月大坝截流，在1967年开始发电，到1974年已使宁夏灌区的耕地面积扩大了一倍，粮食平均亩产从解放前的一百多斤，一跃跨过了“纲要”，有些大队单季小麦平均亩产竟达928斤，跨过了“长江”，昔日那种“风沙边寨居人少，黄河改道断炊烟”的凄凉景象已一去不复返了。在这同时，劳动人民逐渐把大片盐碱地、烂河滩和沙漠荒滩改造成为肥沃的优质耕作土壤。大寨精神遍地开花，全国类此事例不胜枚举。

在我国东北平原上有面积达30万平方公里的极其肥沃的自然土壤，称之为黑土，有机质含量高达5~10%，表土结构良好，通气通水耕作好，底土粘性大，托水保肥，当地群众称之为“百种不薄的宝地”。解放以后，特别是在文化大革命中已兴办了许多大型机

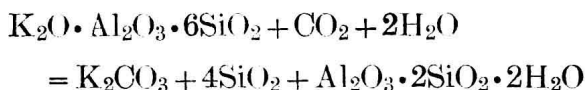
械化农场，广大知识青年积极响应毛主席的伟大号召：“农村是一个广阔的天地，在那里是可以大有作为的”，满怀革命豪情，奔赴农村、边疆，来到反帝反修的前哨，接受贫下中农的再教育，与广大贫下中农一起战天斗地，进行合理耕垦，使土壤不断熟化，辽阔的东北平原，已成为我国著名的“谷仓”之一。

二、自然土壤的形成

土壤是一种组成很复杂的物质，它的主体是一些固体物质。这种固体物质是由无机物与有机物相互作用、紧密结合而成的。其中无机物又称为矿物质，含量较多，通常占 90~98% 或更多。有机物含量较少，约 1% 到 2%，最多只有 10%。土壤中有机物所占百分比虽小，但对土壤肥力的影响却很大。

土壤中的无机物是岩石风化的产物。风化是自然界中各种作用相互剧烈斗争的过程。在这过程中，坚硬的岩石经受着日晒、风吹、雨淋、温差等物理因素作用，其中矿物由于热胀冷缩而崩解破碎，由大块变成小块，再变成砂粒，这种破碎作用就叫做物理风化。水还可以与某些矿物化合，把无水矿物变成水化物，造成体积增大，使岩石更易风化。溶解在水里的氧和二氧化碳，随水流入岩石裂缝后，便与岩石里的矿物发生复杂的变化。例如溶有二氧化碳的水与花岗岩中的正长石

作用,能使其转化为易溶的碳酸钾(K_2CO_3)、难溶的石英砂(SiO_2)以及对水分和养分有一定吸收能力的高岭土($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$);



这种复杂的化学反应使岩石矿物的成分和性质发生改变,这种作用叫做化学风化。

在长时期的物理风化和化学风化中,岩石被粉碎了,有了一定的透水性和透气性;组成也改变了,原来包含在岩石中以难溶状态存在的矿物质养分部分地被释放出来,形成可溶性的物质,例如钙、镁、钾、钠的碳酸盐、酸式碳酸盐、硫酸盐等。同时,有一些颗粒细小的次生矿物,例如高岭土等粘粒形成,开始有了一些保持水分和养分的能力。这些无机物通常称作成土母质。

当成土母质中出现生物(包括微生物、低等和高等植物)活动时,就有有机质在成土母质中不断积累,具有一定肥力的土壤就逐渐形成。在这时就有生物体的同化*和异化互相斗争的过程在土壤中展开。在生物体的同化和异化相互斗争的过程中,有机物与无机物不断地相互转化,相互作用,使得变化过程愈加生气勃

* 所谓“同化”是指生物体将从外界摄取的养分转化为生物体的一部分;所谓“异化”是指生物体在新陈代谢过程中又发生分解被排出体外。

勃，土壤就获得了逐渐增强的肥力。

所以说，土壤是地球上包括生命活动中同化与异化作用在内的各种自然作用相互剧烈斗争的产物，是有机物与无机物不断地相互转化作用的辩证统一体。由成土母质形成的自然土壤本来是一个极为长期的过程，但大寨人根据自己多年来改造土壤的实践经验，充分利用社会主义制度下劳动人民的集体力量，创造了一两年内就把原来是荒山坡上僵硬生冷的成土母质改造成成为内部松软肥沃的耕作土壤的“海绵田”奇迹。

三、土壤肥力的物质基础——有机物与无机物辩证统一体

（一）土壤中无机物

土壤中无机物除去水分、空气及水中所溶解的无机盐外，主要是粘土矿物和砂粒。

粘土矿物主要是由直径约为2微米左右的粘粒所组成，粘粒有一定的吸水吸肥的能力，又能相互胶结成团成块。这种土壤湿时粘性强，含水多时膨胀变烂，干时收缩裂开成为坚硬的土块，所以虽有一定的保水保肥的性能，但很不利于耕作。

我国华南红壤、黄壤以及东北灰化土中粘土矿物的主要成分是高岭土，其化学组成是 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。而华北的很多土壤中其粘土矿物的主要成分

是微晶高岭土(也称做蒙脱土),其化学组成是 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,江浙一带的土壤则两者都有。微晶高岭土比高岭土有更大的吸水吸肥性能,也更易吸水膨胀,干时缩裂。

土壤中的砂粒主要是石英和残存的长石等微粒。例如普通黄砂主要成分是石英 SiO_2 ,很坚硬,在砂粒之间没有粘结性,砂粒没有吸水吸肥能力,这对农业生产很不利。

但如把粘土与砂粒以适当比例混合起来,则形成的混合物,既有一定的粘性和保水保肥能力,又易耕作,具有一定的通气透水性,这就形成为较好的成土母质。大寨人在长期实践中发现把泥多砂少(土质太粘)和砂多泥少(土质太松)的土以适当比例混合,大致形成三泥七砂或四泥六砂的混合物,则可得到较好的成土母质。

(二)土壤中有有机物

土壤中有有机物的种类很多,其中含量最多最为重要的是腐殖质。腐殖质主要成分是腐植酸及其盐类,占土壤有机物的70~90%。腐殖质是土壤中动植物遗体经过嫌气性微生物*的作用形成的棕黑色胶体物质。

〔演示实验 1-1〕 称取研细的5克风干的耕作土

* 一种不需要或很少需要 O_2 存在下进行生命活动的微生物。

壤放在 250 ml 的锥形烧瓶(即三角烧瓶)中加入 50 ml 0.2 M 焦磷酸钠($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)溶液及 50 ml 0.2 N 氢氧化钠溶液,振摇之,使混合均匀,放在沸水浴中加热约十分钟过滤之,即得到一种棕黑色溶液。这就是腐植酸钠溶液。待冷却后,滴加浓盐酸,使其呈酸性反应(这时溶液颜色转变为淡黄色),振摇片刻,即有棕黑色絮状物沉淀出来,这沉淀就是土壤中最主要的有机物腐植酸*。腐殖质是土壤中生物残体经过微生物的分解和化合的作用而形成的。

腐植酸是一种分子量很大的有机物。它主要由碳、氢、氮、氧四种元素组成。不同土壤中其腐植酸的百分组成往往稍有出入。一般说来,它含碳 60% 左右,含氢 5% 左右,含氧 30% 左右,含氮 4.5% 左右,干燥时通常多呈棕黑色的凝胶状固态(无一定的结晶形状)。比重在 1.330 到 1.448 之间,腐植酸有很大的内表面,在放大 12000 倍电子显微镜下可以看到,腐植酸是由极小的球状质点繁集而成。腐植酸及其难溶盐类有很强的吸水吸肥能力。

腐植酸的碱金属盐及其铵盐易溶于水,形成棕黑色溶液,但它的碱土金属及重金属盐则难溶于水中。

* 经更仔细的研究,可知腐植酸还可分成黑腐酸(即胡敏酸)、棕腐酸(即草木樨酸)和黄腐酸(即富里酸)三种。这里所得沉淀是黑腐酸和棕腐酸的混合物,黄腐酸则溶于水中。

〔演示实验 1-2〕 分别用 5% 氨水、0.1 NNaOH 及 0.1 N KOH 溶液滴加到盛有演示实验 1-1 所得腐植酸沉淀的三只试管中，则可发现腐植酸迅速被溶解。生成棕黑色的腐植酸铵、腐植酸钠及腐植酸钾溶液。向所得腐植酸铵溶液滴加 0.5 M CaCl_2 或 0.5 M BaCl_2 溶液则可得棕黑色的絮状物腐植酸钙或腐植酸钡沉淀。

在土壤中腐植酸起很大的作用，例如：

1. 能调节土壤酸碱度：腐植酸是一种弱酸，能与土壤中碱性物质起中和作用形成腐植酸盐，同时对土壤的酸碱性起缓冲作用，这就可使土壤的酸碱度保持在适宜一般农作物生长的范围（pH 值在 5.5 到 7.5 之间）。

2. 能帮助土壤形成微团粒结构及团粒结构，使土壤既疏松易耕，又有很好的通气性，且能大大地加强其蓄水、保墒（墒情即田间土壤水分情况）能力。

3. 能增加土壤中有效磷的含量，可以把土壤中难溶性磷转变成可溶性磷，供农作物吸收。

4. 能提高地温。腐植酸及其盐类是棕黑色物质，对阳光有较大的吸收能力，可提高地温，增强农作物的抗寒防冻能力。

5. 能提高农作物的新陈代谢水平，促进农作物的生长发育。所以，在土壤中腐植酸及其盐类的含量虽然只及 1~2%，但对土壤的肥力却起着很大的作用。

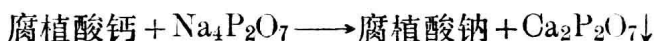
无产阶级文化大革命以来，特别在批林批孔运动和学习无产阶级专政理论的推动下，我国广大工人、贫下中农、干部和科技人员正在利用我国丰富的泥煤、褐煤、风化煤等作原料提取腐植酸或腐植酸铵作为肥料使用。这种肥料如与无机肥料配合使用，增产很为显著。特别是对盐碱土施用，其肥效更加显著，往往可增产一倍到二倍。不但对当季农作物有效，且能改良土壤结构，使农作物持续增产。这种肥料肥效高、肥力持久，生产简便，是一种具有广阔发展前途的新肥源。

(三) 土壤中有有机物与无机物间的相互作用

在土壤中腐殖质与成土母质并不是彼此孤立地、机械地混合在一起，它们是通过相互作用紧密地结合在一起的。

在〔演示实验 1-1〕中，如单用冷的 0.1 NNaOH 溶液，则不能把腐植酸抽提出来。如加热，则仅能把一小部分腐植酸以钠盐的形式被抽提出来。如同时用 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ，但不加热，也只能把一小部分腐植酸以钠盐的形式被抽提出来。

这表示在土壤中腐植酸与粘粒是紧密地结合在一起的。经过更仔细的研究可知在土壤中腐植酸主要是以钙盐及其他难溶盐的形式存在。这种难溶盐与 NaOH 不易起作用，但易与 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 起作用，例如：



但大部分腐植酸钙还与土粒紧紧地结合在一起，加热可更快地破坏这种结合，使上述反应更易进行。

腐植酸的钙盐等难溶盐类在与土壤粘粒紧密结合的同时，还把粘粒胶结成直径为 10 微米到 1 毫米的微团粒（也可称作微团聚体）。

微团粒有时还可相互结合成为遇水不易松散的半径在 1 到 10 毫米的团粒。这种团粒常称之为水稳定性团粒。

此外，在上面已谈到，在土壤中通过生物的活动，使无机物不断地转化为有机物，同时有机物也不断地转化为无机物。

正是这种无机物与有机物密切相互作用以及不停地相互转化所形成的辩证统一体，形成了土壤肥力的物质基础。

四、土壤的结构性

土壤中砂与粘土的比例适当，粘粒又与腐殖质紧密结合为微团粒，或进而结合成为水稳性团粒，这种土壤就有良好的可耕性，具有良好的肥力，例如在大寨大队的“海绵田”的一尺左右深厚的活土层中就具有 21% 到 36% 的水稳性团粒。此外还有临时性结构和微结构。在这种土壤中存在着大小不同的两种孔隙：较大团粒之间的大孔隙，其直径在 1~10 毫米之间，以

及微团粒之间的小孔隙，其直径在1毫米以下。前者又常称之为空气孔隙，它在降雨或灌溉时可以渗水到整个土层中去，并慢慢渗入小孔隙中去，使整个土层都充满水。雨后或排水后，多余的水分沿着大孔隙下渗到土底，于是空气就充满了大孔隙，而小孔隙仍充满水分。当天气干燥时，表层土壤中毛细管中水分迅速蒸发，表层土壤团粒就迅速干燥而收缩，这同时就切断了上下层毛细管的联系，阻碍了下层毛细管水分的继续蒸发。所以在水稳性团粒含量较多的土壤中，在天气干燥时，尽管表层土壤很干燥，下层土壤却仍非常疏松湿润，用耕作方法也可切断上下层毛细管的联系以收保墒之效。

有水稳性团粒及临时结构和微结构的土壤不但能透水、保水、通气，很适宜于农作物生长，它的这种性能也为各种微生物的生活创造了非常有利的条件。而微生物的存在对土壤肥力也起着十分重大的作用，是土壤肥力不可缺少的条件之一。微生物好比作物的“炊事员”，经过它的“烹调加工”，把作物不能吸收，甚至还会引起“中毒”的东西，变成了作物的“可口”的食物。土壤中微生物种类很多，有细菌、真菌、放线菌，还有藻类、原生动物等。它们的繁殖速度很快，一般每20分钟就繁殖一代。微生物对空气的喜爱不同，有的要在空气流通的环境下才能生活，称为好气性微生物，如真

菌、放线菌、及大部分细菌是属于这类；有的微生物不喜欢或不能在空气流通的条件下生活，称之为嫌气性微生物。还有一些对空气要求并不严格，有无空气均能生活，称为兼气性微生物。

在结构良好的土壤中，在空气空隙的周围就有大量的好气性微生物生活着，这些微生物能使有机物和腐殖质分解成无机态的养分供农作物吸收；在充满水的毛细管空隙周围，由于水分隔断了空气，就有大量的嫌气性微生物生活着，这些微生物能使植物遗体腐烂，形成腐殖质，为新的微团粒及水稳性团粒的形成准备原料。

所以，土壤内部是一个生气勃勃的世界，在那里，生命活动中同化和异化的斗争，以及与之有密切关系的“化分”与“化合”的斗争使有机物与无机物之间不断地相互作用、相互转化，使土壤肥力不断发展。

在大寨大队“海绵田”的活土层中土壤疏松绵软、孔隙适宜、松紧适度、松而不散、紧而不板，固、气、液三相比例适当，经测定，孔隙度（即空气相在土壤中所占体积百分比）一般在 55% 左右，保持疏松多孔的状态，其中大孔隙在 15% 左右，便于透水和通气；小孔隙（毛细管孔隙）在 40% 左右，能大量保蓄水分。通常大寨田的水分含量比一般田高出 1% 到 3%，空气容量高出 10% 左右，土温高 1°C 左右。氨化细菌、硝化细菌、

纤维分解细菌、嫌气性细菌、真菌、放线菌等微生物，水、气、热状况适宜，土壤微生物活跃，养分贮量高，有效养分供应多，土壤有机质、全氮、全磷、全部速效氮、速效磷（即以能供作物吸收的状态存在的氮和磷）比一般的高出半倍到一倍，这是一种很适宜于农作物生长的土壤结构。

五、土壤的改良

我们学土壤的形成、土壤肥力的物质基础及土壤的结构，目的就是为了改良土壤，提高土壤的肥力，迅速使低产变高产，高产更高产，这对于进一步发展农业生产具有十分重要的意义。

大寨大队多年来一直认真贯彻毛主席的革命路线，他们坚决地与刘少奇、林彪等的修正主义路线斗，与阶级敌人斗，与错误思想斗，并在斗争中不断提高社会主义思想觉悟，发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，认真落实农业“八字宪法”，下硬功夫，花大力气，充分发动群众，一切经过试验，战天斗地。他们以改良土壤的极其丰富的实践成果有力地批判了“土地肥力递减律”等资产阶级反动谬论，并在前人工作的基础上科学地阐明了土壤肥力的内在根据及所表现的规律性，建立了比较完整的有关土壤肥力的科学理论。

大寨大队主要从土壤的整体构造上研究土壤的肥

力。他们在改造土壤的措施中又特别重视巧施、多施有机肥料这一环节，他们的经验具有普遍意义。

大寨大队改良土壤的第一个重要措施是进行了逐梁逐坡逐沟的治理，采取因地制宜的办法，把跑土、跑水、跑肥的“三跑田”变成保水、保土、保肥的“三保田”。第二个重要措施是调剂土质，以砂掺粘，或以粘掺砂，使由地表到 50 厘米深的土层含砂较多，表现为砂壤土或轻壤土。这种土加水湿润搓条时，只能搓成短条，或虽能搓成约 3 毫米粗的泥条，但容易断裂，而由 50 厘米到 100 厘米的土层，则含泥较多，表现为中壤土或重壤土，这种土能搓成完整的细条约 3 毫米，但当弯曲时易断裂，或虽不断裂但易产生裂缝。第三个重要措施是增施、巧施有机肥料，实现“秸秆还田”。他们把玉米秆、高粱秆切碎沤制成肥，创造了高温速效沤肥法，加速秸秆的腐殖质化的过程，在 30 天以内就能把秸秆等沤制成黑、烂、臭的优质肥。他们又把每季作物的根茬割断劈碎翻在地里，令其腐殖质化，增加土壤中有机质成分。此外，还用养猪积肥，割青沤肥，把人粪尿拌土杂肥和炉灰渣，把磷肥与厩肥、人粪尿混合组沤等方法千方百计增施、巧施有机肥料，使土壤中腐殖质迅速增多。第四种重要措施采用“三深”耕作法，即深耕（八寸左右）、深种（玉米深种三到四寸）、深刨（七、八寸到一尺左右），使土壤疏松、活土层增厚、透水透气性增强、

土温增高，因而能更好地促进蹲苗扎根、壮苗发根，又能大大增强蓄水保墒抗旱性能，做到“三深促一深（根深），一深又促三抗（抗旱、抗风、抗涝），三抗出高产，用地又养地，熟土又增产”。

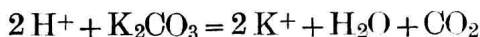
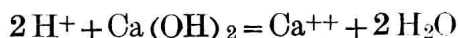
这些措施使土壤的整体结构良好，上面为活土层，活土层又分为表土和亚表土两层。表土为“活地皮”，即常年保存疏松多孔状态，大孔隙数量较多，有利于通气、渗水、保水、增温、促进有机物养分分解，亚表土层比表土层略紧，小孔隙数量较多，是深耕、深刨破除犁底层形成的活土，有一定通气透水能力，有利于根系伸长，同时还能保水保肥，表土层以下为深厚、稍粘、较紧的底土层，起托水托肥和供水供肥的作用，上下层相互配合，使整个土体成为一个大肥料库和大水库，水、肥、气能协调供应，保证作物在整个生育时期对肥力的需要，从而达到高产、稳产。最近他们又铺开了搬山填沟造平原的工程，把很多山坡沟梁地改造成为“人造平原”，并采取种种技术措施，在一两年内就把主要仅含成土母质的生土改造成为肥沃的“海绵田”中的熟土，创造了土壤改良史上新的奇迹。

此外，适当灌溉配合以晒筏烤田，是改造水稻田土壤有效措施之一。合理轮作也可提高土壤肥力。

我国古代劳动人民早就知道，通过水利工程的兴建灌溉，可洗去土壤中过多盐分，以使盐土改造成为适

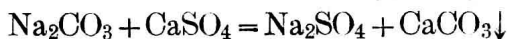
宜于农作物生长的土壤，这种方法在今天得到极大的推广。

在我国战国时劳动人民已知在酸性土壤中施用石灰或草木灰，可中和土壤的酸性，其原理是石灰或草木灰可中和土壤中的酸性物质：



酸性降低后，就更适宜于农作物生长。

在碱性土壤中施入适量的石膏、硫磺或明矾可使碱性得到中和，例如石膏能跟碳酸钠起下列反应：



生成的硫酸钠是中性盐，能溶于水而逐渐被洗去。

在盐碱较重的土地上可种植绿肥牧草，例如田菁等，使其中腐殖质和微生物迅速积累，土壤肥力迅速提高。

总之，改良土壤是使农业高产、稳产的基本措施之一。大寨大队的经验证明，充分发挥社会主义制度的优越性，充分依靠劳动群众的集体力量，把革命干劲和科学精神紧密地结合起来，是能够很快地改造土壤夺取高产稳产的。改良土壤是一件比较复杂的工作，需要我们在实践基础上，应用先进的科学理论，因地制宜，采取合适的积极措施才能收到良好的效果。

在改良土壤的工作中有一个很为重要的环节，就

是要增加土壤中腐殖质的成分，使土壤中有机物与无机物间的辩证统一体能更好、更快、更多地形成。我国最近几年基于这个认识正在大力提高和推广使用腐植酸或腐植酸铵肥料，对农业增产和改进土壤都起着很大作用。

下面我们将着重学习有机物的化学。有机化学是在有机化学工业基础上发展起来的一门化学科学。对促进石油化工等有机化学工业的发展上起着重要的作用。在学好有机化学的同时也可帮助我们进一步认识腐植酸及土壤中其他有机物的结构和性质，也有助于进一步认识土壤中有机物与无机物相互转化的规律，以便更好地进行土壤改良的工作。

第二节 无机物向有机物的转化

在上节中，我们已讲到无机物和有机物是可以互相转化的。但是在那里这两者之间主要是通过生物的活动实现转化的。是否可以用化学方法实现使无机物向有机物过渡呢？在十九世纪初化学界中以柏齐力阿斯为代表的唯心论者曾提出“生命力”学说。这学说认为：“一切有机物的变化与无机物不同，它们不受一般物理与化学定律的支配与制约的，它们是受‘生命力’所支配的，只有生物才能制造有机物。因为生物具有

一种‘生命力’，依靠这种‘生命力’便可以进行那些在实验室内所不能进行的化学反应，因而不可能用无机物的方法人工合成有机物”。他们甚至干脆说：“有机化学是生物在‘生命力’影响下所生成的物质的化学”。那末，“生命力”到底是什么呢？柏齐力阿斯认为这是不可思议的，也是无法解释的，因而就认为“生命力”是上帝所赋予的，陷入了宗教迷信的深渊。资产阶级哲学家康德形而上学地认为，无机物和有机物之间有着一条“永远不可逾越的鸿沟”，有机物是一种神秘的不可知的“自在之物”。这些反科学的、唯心论和形而上学的观点严重地阻碍着化学向前发展。然而，历史是无情的，蔑视辩证法是不能不受到惩罚的。

随着化学工业的逐步发展，人们不断地对自然进行变革，在这些丰富的化学实践的基础上，1828年，德国年轻化学工作者维勒，首次从无机物氰酸铵(NH_4CNO)用化学方法制造出过去一直只能在生物体中才能产生的有机物之一——尿素：



这一发现打破了无机物和有机物之间的绝对界限，敲响了“生命力”学说的丧钟，冲破了“生命力”学说的束缚。从此，人工合成有机物层出不穷地出现。

1845年，人们成功地用木炭、硫磺、氯气及水作为原料，合成了典型的有机物醋酸；1854年合成了脂肪；1861年合成了糖类物质；1870年从煤焦油的一些成分合成了过去一直从茜草根中提取的有机物——茜素。以后，很复杂的有机物都一个一个地被制造出来。这一切充分说明了，有机物决不是一种神秘的不可认识的“自在之物”，也决不是什么只有在“生命力”作用下才能产生的。一切有机物都可被认识，都可逐步用人工方法制造出来。这使形而上学的自然观受到严重的冲击，唯心论的“生命力”学说受到极其沉重的打击，这是科学史上辩证唯物主义的一个重大胜利。正如恩格斯指出：“由于用无机的方法制造出过去一直只能在活的机体中产生的化合物，它就证明了化学定律对有机物和无机物是同样适用的，而且把康德还认为是无机界和有机界之间的永远不可逾越的鸿沟大部分填起来了。”*

随着“生命力”学说的破产，把强加在有机物身上的神秘外衣剥了下来，恢复了有机物的本来面目。从此，人们对有机物有了新的认识，发现有机物里都含有碳。所以通常把“含碳的化合物”称为有机物。（但这是历史上沿袭下来的名称，已失去原有的意义。而有些简单的含碳化合物，如一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐

* 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社1971年版第14页。

等具有无机物的特性，仍旧列入无机物一类之中。）然而，在有机化学领域中，辩证法和形而上学，唯物论和唯心论的斗争并未结束，我们将在第六章有关蛋白体一节中再继续讨论。

组成有机物的元素除碳外，还有氢、氧、氮。有些还含有硫、磷、氯等。有机物广泛地存在于自然界中，有很多则是人工合成的产物，对工农业生产和国防建设都有着极大作用。

人们在科学实验的基础上，初步对有机物与无机物作了比较，发现有机物具有下面几个主要特点：

(1) 对热不稳定，容易燃烧。

绝大多数有机物很不稳定，受热容易分解，也易燃烧。例如糖受热会焦，油受热会冒烟。汽油、酒精、棉花等都很容易燃烧。

(2) 沸点、熔点较低。

有机物的挥发性较大，室温下常以气体、液体或低熔点固体的形态存在。

(3) 难溶于水，易溶于有机溶剂。

有机物大都是非极性或极性很弱的分子。因此大部分有机物易溶于结构相似的有机溶剂，而难溶于水。

(4) 反应比较缓慢、比较复杂。

无机物之间大部分是以离子反应进行的，反应可以在瞬息间完成，而有机化合物之间多数是以分子反

应进行的，反应需要在一定时间内才能完成，同时伴有副反应，反应比较复杂。因此，在合成有机物过程中，常常要加热、搅拌、加催化剂等方法来促进反应进行。因而对反应条件的控制、减少副反应就显得极其重要。

此外，有机物数目繁多，目前已知的近三百万种，而且随着生产发展日益增加。有机物这些特点是与无机物相比较而言的。因而只有相对性并无绝对标志。如有些有机物(四氯化碳)不能燃烧，常作灭火剂用。又如酒精、糖、甘油等极易溶于水。还有些有机物反应也能在瞬间完成，甚至发生爆炸(如甲烷与氯气在日光直射下发生爆炸)。总之，我们要以辩证唯物主义的观点来认识各种物质的性质及其相互关系。

含碳的化合物为什么种类数目繁多，并表现出上述的特点？这要从碳原子的结构及其互相联系以及与其他原子相结合时形成的化学键的特殊性等方面求得理解。为此，我们将在下一节中讨论单质碳的性质及其结构。

第三节 碳

碳这个元素仅占地壳组成的 0.35%，但它的分布极为广泛。一切有机物包括煤、石油以及天然气中都含有大量的碳。矿物中的碳主要是以碳酸盐形式存

在，在大气和水中都含有 CO_2 ，金刚石和石墨是游离存在的碳。

一、碳的同素异性体

一种元素形成几种单质的现象叫做同素异性现象。由同一种元素形成的多种单质，叫做这种元素的同素异性体。金刚石和石墨都是碳的同素异性体。另有一类叫做无定形碳。无定形碳没有一定的结晶形状。在无定形碳中，炭黑是比较纯粹的碳，而焦炭、木炭、骨炭等是含杂质较多的碳。它们都是人工加工后制造出来的。

(一) 金刚石、石墨的性质与结构的关系

金刚石是自然界已知物质中最坚硬的物质，能制成供矿石和地质钻探油井使用的金刚石钻头，还用来切割工具及制造砂轮，在经济建设和国防工业中获得了广泛的应用。纯净的金刚石是无色透明的固体。含有杂质的金刚石带有各种颜色，折光性能极强。

石墨是一种不透明而滑腻的灰黑色微小晶体，能导电，通常用来制造耐火材料、石墨电极，还用于制造润滑剂，铅笔芯等。高纯度的石墨在原子能反应堆中作中子的减速剂。

从表面上看来，金刚石与石墨没有什么相同的地方，但是，金刚石和石墨在氧气中燃烧都能生成二氧化

碳，这证明它们都是由碳元素组成的。为什么由同样碳原子形成的金刚石和石墨，它们的性质会有这样显著的差别呢？毛主席教导我们：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”人们通过反复实践认识到“物体的各种不同的同素异性状态和聚集状态，因为是基于分子的各种不同的组合”^{*}。

根据实验数据，知道在金刚石晶体中，所有碳原子之间的距离都是相等的，而且在每一个碳原子为中心的正四面体的四个角上都围绕有四个其他碳原子。如图 1-1。

碳在周期表上是第六号元素，碳原子的核外电子具有六个，它们分布的方式 $1s^2$ 、 $2s^2$ 、 $2p^2$ ，最外电子层有 4 个电子，分布情况是这样： $\begin{array}{|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \\ \hline \end{array}$ 。当两个或两个以上碳原子相接近时，由于电子云同时受到两个或两个以上原子实（即原子除去价电子的部分）的影响，其运动

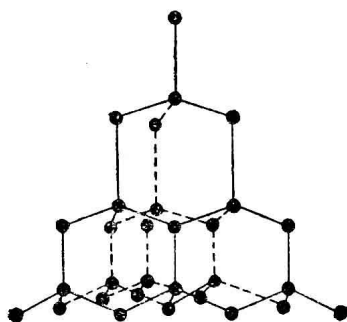


图 1-1 金刚石里碳原子的排列情况示意图

^{*} 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 47 页。

状态发生了很大的变化，形成了新的轨道。这种新的轨道与原来的 s 轨道和 p 轨道都有很大的差异，可看成为由这些原子轨道重新组合而成。由一个 s 轨道和三个 p 轨道重新组合（或称“杂化”）而成的新分子轨道，通常称之为 sp^3 杂化轨道，其形状如图 1-2。在金刚石晶体中，每个碳原子最外层的四个电子就是占用这四个 sp^3 杂化轨道进而成键的。这些轨道的对称轴分别指向以碳原子核为中心的四面体的四个角顶（见图 1-3）。这样，在金刚石中，每个碳原子就与周围其

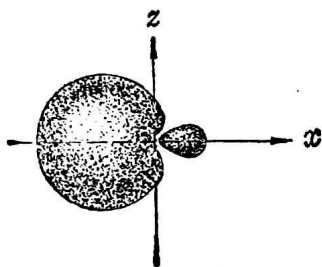


图 1-2 sp^3 杂化轨道示意图

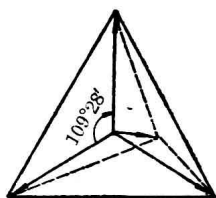


图 1-3 碳原子的四个 sp^3 杂化轨道的轴指向一个正四面体的四个角顶

他四个碳原子通过 sp^3 杂化轨道的重迭形成四个稳定的共价键，并通过这些共价键结合成为金刚石晶体。这四个键的键能都是相等的，为 79.3 千卡/克分子，键长都是 $1.54 \text{ \AA}$ 。金刚石所具有的性质，如硬度大、熔点高、不导电这些性质，都是由金刚石这种稳定的结构所决定的。

但是碳原子外层电子的轨道，在不同的场合下，也

能按其他方式重新组合。例如一个 s 轨道与二个 p 轨道重新组合形成三个 sp^2 杂化轨道，另一个 p 轨道仍保持原状。三个 sp^2 杂化轨道的轴位于同一个平面上并指向正三角形的三个角顶(见图 1-4)。另一个保持原状的 p 轨道的轴则与这个平面相垂直。

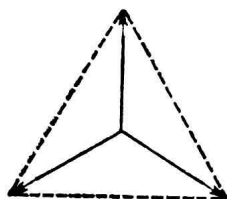


图 1-4 碳原子的 3 个 sp^2 杂化轨道的轴位于一个平面上指向正三角形的三个角顶

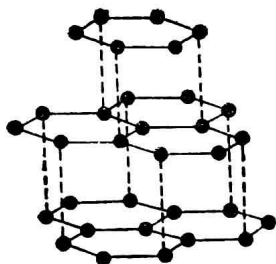


图 1-5 石墨晶体中每一层中每六个碳原子形成一个正六边形环

在石墨中每个碳原子就是以三个 sp^2 杂化轨道分别与其他三个碳原子的 sp^2 杂化轨道重叠形成共价键的。每六个碳原子形成了象龟甲一样的正六边形环。这些碳原子位于同一平面上，形成一个层状结构(见图 1-5)。在同一平面上每个碳原子所剩下的那个 p 电子云则彼此重叠起来，在碳原子之间形成一个特殊的化学键，把平面上各个碳原子都进一步结合起来。在这种特殊的化学键中，价电子与金属晶格中自由电子相似，在石墨晶体的各层上能够比较自由运动。这就是石墨能够导电的原因。在石墨晶体的各层之间的结

合作用是很弱的，各层很易彼此分开。这就是石墨比较软而滑腻的主要原因。

(二) 金刚石与石墨的相互转化

金刚石是工业上重要物资，但是在自然界中它是十分稀少的材料，现有的天然开采量远远不能满足社会主义工农业建设的需要。因此我们要设法用人工合成金刚石。

金刚石与石墨虽具有不同的晶体结构，但是都是由碳元素组成的。它们之间是否可以转化呢？毛主席教导我们要懂得：“事物内部矛盾着的两方面，因为一定的条件而各向着和自己相反的方面转化了去，向着它的对立方面所处的地位转化了去。”如果把金刚石放在隔绝空气的容器里加以强热，就会变黑而逐渐转化成石墨。要使石墨转化成金刚石，条件要困难得多，不但要在隔绝空气的情况下加热，而且要加以足够高的压力。有时还要使用合适的催化剂。为了弄清石墨和金刚石之间的相互转化规律，首先我们来比较一下它们的比重与燃烧热。

	金刚石	石墨
比重	3.51	2.26
燃烧热	94.50 千卡/克原子	94.05 千卡/克原子

从上表看出：金刚石的燃烧热比石墨大，这就是说，金刚石转变为石墨时是放出热量，由此可见，石墨

比金刚石更为稳定。但是由于在金刚石晶体中碳原子是以很强的共价键相互结合的，在室温下，金刚石不会转变为石墨。如果给它创造外界条件，在隔绝空气的情况下加热到 1500°C 以上高温，使晶体内部原子的振动加剧，减弱各个原子之间的联系，从而改变为石墨中碳原子的结合方式，由等距离排列转化为分层排列，这样，金刚石就转化为石墨。

那末，如何可使石墨转化为金刚石呢？石墨的比重比金刚石小，也就是说，石墨中碳原子间的平均距离比金刚石大，因此，在一定温度下，只要有足够大的压力就能实现这种转化。长期以来，我国广大工人和技术人员，在党的领导下，以毛主席的哲学思想为指导，反复实践，不断总结经验，目前已创造出多种人工合成金刚石的方法，其中一种方法是用爆炸法合成金刚石。爆炸法就是利用炸药爆炸时冲击波所产生的瞬时高压、高温，把石墨晶体强烈压缩，迫使碳的原子按新的方式排列，由石墨转化为金刚石。这种合成的金刚石性能良好，在生产建设方面，已获得广泛使用，如开采石油，就要用到人造金刚石钻头。

（三）无定形碳

最主要的无定形碳有炭黑、木炭、骨炭和焦炭。无定形碳实际上还是具有微小的石墨晶体结构。焦炭是用煤的干馏方法（隔绝空气加热）来制造的。煤在干馏

过程中,产生可燃性气体和褐色的煤焦油,还有一种浅灰色的多孔性焦炭,它质地坚硬,主要用在冶金工业上,例如冶炼生铁需要大量焦炭。木炭是由木材干馏(隔绝空气加热)生成,主要用作燃料,还用于冶金工业以及用来制造黑火药。把木炭加热至 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$,并且不断地通入水蒸气,除去木炭中树脂一类物质,从而使其孔隙的有效面积大为增加,经过这样加工的木炭叫做活性炭。活性炭比起普通木炭具有更强的吸附能力。

〔演示实验 1-3〕

① 把少量的硝酸铅 $[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]$ 晶体放在试管里。把试管加热。当试管里充满棕色的气体(二氧化氮)时,投入若干小块的木炭。用拇指按住管口,摇动试管,棕色气体就很快地消失——二氧化氮被木炭吸收。

② 在盛有半瓶水的锥形瓶里,加入 1~2 滴红墨水,使水略显红色。然后投入几块木炭,轻轻振荡,水的红色逐渐消失。

从这两个实验可以看出木炭有吸附能力,原因是它有多孔性的结构。因此,活性炭的用途很广,可用来装备防毒面具的滤毒罐,在制糖工业中可用它来使糖浆脱色,在化学工业中可用它做净化剂,又可用它作治疗肠胃炎症,痢疾和肠胃中毒的药剂。炭黑是一种黑色的粉末。点煤油灯时,出现的烟炱,就是一种炭黑。

在工业上制造炭黑是由一些碳氢化合物经不完全燃烧而制得的。炭黑在橡胶工业中可用作填料,增加橡胶的耐磨性。炭黑还可用来制造油漆、油墨、墨汁的原料等等。骨炭是除去油脂的兽骨,经过炭化后制得的产品,也有较好的吸附能力,特别是能吸附有机染料,常用来除去溶液中各种有色物质。

随着工农业生产的发展,碳的用途正在不断增加。我国正在研究使用的碳纤维与玻璃碳就是其中两种。将人造纤维在真空条件下加热到一定温度使其炭化,即得到碳纤维,其特点是很轻、强度大、能耐高温。从碳纤维做成的增强塑料是目前最好的高强度轻质量的材料,应用于高速飞行和宇宙航行方面。玻璃碳是将一些有机高分子化合物,按一定速度缓慢加热到高温使其碳化而得到玻璃状材料,硬度极高,能耐腐蚀和冲刷,可作金属冶炼、金属蒸发器具,以及火箭喷嘴的内部搪层。

二、碳的化学性质及其化合物

碳在化合物中通常呈四价。在常温情况下碳是不活泼的。但在高温下,碳变得很活泼,不但可与氧直接化合,还可夺取金属氧化物中的氧而使金属游离出来。因此,碳在工业上是非常重要的还原剂,在铁的冶炼中我们就是利用焦炭做还原剂(同时兼作燃料)把铁矿

石还原的。碳还可夺取非金属氧化物中的氧而使非金属游离出来，例如在制取碳化硅（金刚砂）时，将砂与焦炭的混合物在电炉内加热到约 2000°C ， SiO_2 能被碳还原为硅：



然后硅再与碳结合成为碳化硅。

碳化硅硬度仅次于金刚石，广泛用于研磨工作（如砂轮）。高纯度的碳化硅是一种耐高温的半导体材料，它的半导体性能可以保持到摄氏几百度。因此用碳化硅做的晶体管就是烧到开始发红，仍旧可以照常工作。

碳与氢能形成为数众多的有机化合物，其中最简单的叫做烷烃，如甲烷 CH_4 、乙烷 $\text{CH}_3\text{—CH}_3$ 等。把木炭加热到 1200°C 以上，碳能跟氢气直接化合。生成碳和氢的化合物——甲烷（ CH_4 ）。



正由于碳原子之间不但可以用很强的共价键彼此互相结合，而且可以用相当强的共价键与氢、氧、氮、硫、磷等相结合，所以含碳的化合物的品种就极其众多，其中大多数是不能电离或难以电离的化合物。这是有机化合物具有前述那些共性的原因。在下面各章我们逐步讨论有机化合物的性质及其转化的规律。

作 业

1. 试以我国古代劳动人民的实践经验,大寨大队建设“海绵田”的实践经验,并调查一个生产队改良土壤的实践经验,说明社会制度以及劳动人民的主观能动性在发展土壤肥力中的重大作用,并批判儒家的“天命观”和轻视劳动的思想。

2. 何谓成土母质?何谓腐殖质?腐殖质对土壤的肥力起有何种重大作用?进一步说明腐植酸或腐植酸铵肥料的优越性,何以说,增施农家有机肥料是不断增加土壤肥力的重要措施之一?

3. “海绵田”的整体结构及表土结构的特点如何?为什么说这是一种肥力很高的土壤结构?

4. 何谓有机化合物?为什么说“生命力”学说是一种唯心主义的谬论?

5. 碳有几种主要的同素异性体?为什么金刚石与石墨在性质上有那么大的差异?如何使石墨转化为金刚石?

第二章 石油和烃

石油，人们称之为液体乌金，“工业的粮食”，它是一种用途极其广泛的优质燃料和化学工业的基本原料。无论是国防上的军舰、坦克、飞机、火箭，还是工农业的内燃机、拖拉机或是交通运输上的汽车、轮船，都

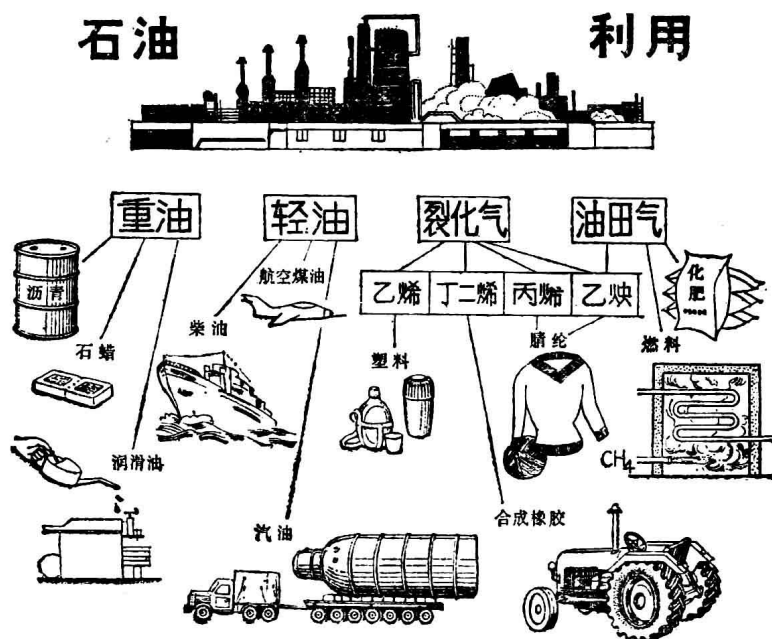


图 2-1 石油利用示意图

需要汽油、煤油、柴油等石油的产品作为动力燃料。同时，在化学工业中，几乎各种有机产品和许多无机产品（如合成橡胶、合成纤维、塑料、合成氨……）都可以石油为原料制取。目前，以石油为原料的化工产品已达5000余种。石油产品之多，用途之广，充分显出其重要性，它已经成为现代国防工业和化学工业中一个极其重要部门。当前，石油不仅成为重要的能源和原料，而且也成为第三世界人民手中反帝反霸斗争的有力武器。

第一节 我国石油工业的飞速发展

我们伟大祖国地大物博，储藏了丰富的矿产。从大陆到海岛台湾以及沿海大陆架与辽阔的领海里，都蕴藏着大量的石油和天然气。可是，过去长期来，帝修反一直在散布“中国贫油论”。他们胡说什么，已知的油田大都在海相地层中，而中国大部分是陆相地层，因此，不可能储藏有工业开采价值的石油。历史的事实给予有力回击。“中国是世界文明发达最早的国家之一”。早在九百多年以前，北宋的法家科学家沈括，深入实际，目睹了“鄜延”^{*}人民开采石油的盛况，作了调查研究，并详细记载在《梦溪笔谈》书中，他说：“‘鄜延’境

^{*} “鄜延”是今陕西富县、延安一带。

内有石油。旧说高奴县有脂水，即此也”。并且说：“石油至多，生于地中无穷”，用它可制成质地很好的炭黑。他坚持以自然本身说明自然，勇于实践变革创新的精神，为我国石油资源展示了广泛应用的前景，并在我国历史上最早命名“石油”这个名词，为人们普遍沿用至今。

我国劳动人民发现和利用石油还有着更悠久的历史。远在1800年以前《汉书·地理志》中就记载着：“高奴县有洧水肥可燃”（洧水是延河支流，肥可燃，是说水上漂石油可燃），表明了我国人民早就对石油有所认识。在以后史书中，关于石油的记载陆续增多，名称也多样。最早称“石漆”，唐代叫“石脂水”，五代及宋代称“猛火油”、“火油”、“石脑油”、“石烛”，宋代以后又有“火井油”、“雄黄油”、“硫黄油”等名称。而对于石油的利用，早在汉代人们就用石油来烧饭、煮盐、点灯、膏车。宋代以后又利用石油制墨，甚至用来医治疥癣。还有用于军事制造“火攻”武器。此外，在公元1521年，我国劳动人民就打下了一千多米深的世界上第一口油井。这比美国资产阶级吹嘘的他们在1859年打的井深仅21.69米的“世界上第一口井”要早三百多年，要深几十倍。这一切都充分证明，中国人民在认识自然和改造自然斗争中，是何等勤劳勇敢和具有伟大的创造力！

然而，在儒家“克己复礼”反动政治路线统治下，我国劳动人民发现和利用石油光辉史实一一被扼杀，发明和创造被湮没。因而我国石油的开采和利用受到了极大阻碍和破坏作用。在国民党反动派统治四十多年中，也仅仅发现了六个小油田和气田，总产油量为 295 万吨，钻井总进尺为六万七千多米，平均每年只打井一千五百多米，百分之九十的石油依赖进口，靠“洋油”过日子，长期沦为帝国主义倾销“洋油”的市场。六十年代初，社会帝国主义和美帝勾结，大搞反华丑剧，撤走专家，撕毁合同，停止供应开采石油设备。刘少奇和林彪一伙，竭力推行采油不如买油的洋奴哲学和爬行主义路线，在石油工业上大刮“下马黑风”，妄图破坏社会主义建设，颠覆无产阶级专政。

战斗在石油工业战线上的广大工人和科技人员，在毛主席指引的**独立自主、自力更生**的道路上高歌猛进。他们以唯物辩证法为指导，反复实践，勇于革新，坚持前进，冲破了形而上学、唯心主义的桎梏，终于总结出“陆相生油规律”。证明了有没有丰富的油气生成，取决于有没有丰富的有机物质沉积和有利于有机物质变成油气的还原环境，凡具备此条件不论是“海相”或“陆相”都能生成石油和天然气。从而在我国广阔陆相地层中发现一个又一个**大油田**。英雄的大庆石油工人，在《矛盾论》、《实践论》光辉思想照耀下，顶黑

风、战恶浪、战天斗地，胜利地打开了我国地下石油的巨大宝库，开发了大庆油田。如今，大港、胜利……一个个新的大油田相继建成，使沉睡于我国地下、海底的丰富石油宝藏，在社会主义新中国的大地上滚滚奔流。早在 1964 年中国人民就向全世界人民庄严宣布，用“洋油的日子已经一去不复返了”！现在一年的石油总产量就超过了解放前总产量的好几倍。而且，一批具有现代化大型综合性石油化工联合企业在蓬勃发展，中小型石油化工厂在全国各地纷纷出现，标志着我国石油化工很快将跃进世界先进行列。它有力宣判了“中国贫油论”的形而上学观点的彻底破产，宣告了美帝、苏修阴谋封锁的彻底破产。我国石油工业飞跃发展，是一部自力更生、艰苦奋斗的创业史，是一曲中国人民跟帝、修、反斗争的胜利凯歌，是毛主席革命路线的伟大胜利。大庆红花遍地开。在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国工人阶级以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，在学习无产阶级专政理论的推动下，正以无比英雄的革命气概，在东海之滨，上海市金山县的一片近万亩的海滩上，高速度、高质量地兴建一座现代化的石油基地——上海石油化工总厂。这个化工总厂是以石油为原料，生产多种合成纤维的大型联合企业。这项工程的全部建成，不仅可以解决一亿人的穿衣问题，而且为巩固无产阶级专政提供了强大的物质基础，为

我国工业发展增添了光辉的一页。随着我国石油化工的迅速发展,无论在石油产品数量、质量和品种上都不仅能源源不断地满足我国国民经济的需要,而且还能出口,支援世界各国人民的反霸斗争,整个石油工业战线呈现一派繁荣兴旺的景象。

然而,目前在西方资本主义国家却在闹“能源危机”,闹得人心惶惶,惊恐不安。苏、美两霸之间争夺中东石油的斗争丑态百出,越来越狼狈,遭到中东各国人民和第三世界人民的强烈反抗。喜看我们伟大祖国的石油工业蒸蒸日上,欣欣向荣,正是“风景这边独好”。战斗在石油工业战线上的广大工人、干部,为多快好省地建设我国石油工业支援世界革命,决心沿着毛主席革命路线以大跃进的姿态去夺取新的胜利。

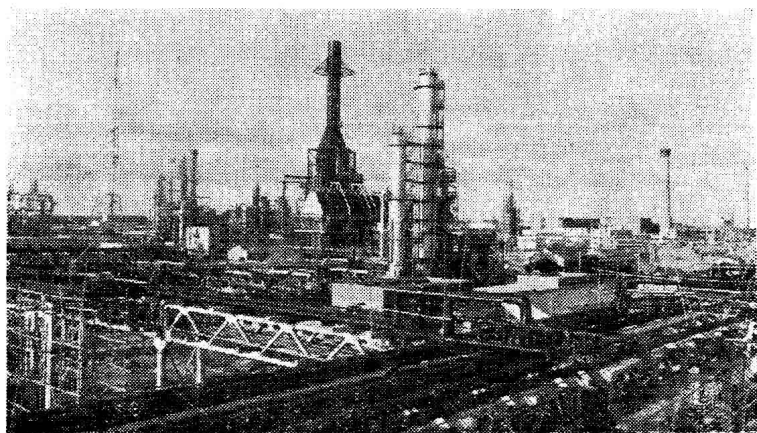


图 2-2 上海石油化工总厂外景

第二节 天然气和沼气——甲烷

天然气是蕴藏在地下的一种可燃性气体。开采石油也可以得到类似的气体，叫做油田气。由于这两种气体的来源和性质相似，故亦统称为天然气。

我国是世界上最早发现和利用天然气的国家。远在 2200 多年前(战国末期)，我国劳动人民在四川双流县就发现了天然气。在东汉时期(1800 年前)，勤劳勇敢的

我国人民在四川就钻成了世界上第一个天然气井。到了宋朝时期就大量利用天然气来熬制食盐。我国明朝著名的法家宋应星著的《天工开物》一书中，详细记载了我国劳动人民利用天然气熬制井盐的情况，如图 2-3 所示。而国外直到公元 1820 年左右才开始开发和利用天然气。解放后，特别是经过



图 2-3 我国古代劳动人民利用天然气熬制井盐

无产阶级文化大革命和批林批孔运动，天然气的开采

和利用获得迅速发展，现已形成以天然气为原料的天然气化学工业。我国有着丰富的天然气资源，四川地区是世界著名的“天然气”产地之一，为综合利用天然气开辟了广阔的前途(图 2-4)。目前，天然气在工业上获得了广泛的利用，如图 2-5。

沼气原系在沼泽、池塘中发现的一种与天然气相似的良好可燃性气体。早在 1958 年大跃进年代，我国广大贫下中农就成功地研究了利用粪便、垃圾、杂草等，在密闭的条件下，经过嫌气性细菌的发酵和分解作用的土办法制取沼气。目前人工沼气池形式多种多样，有船型和圆型拱顶沼气池等，均用砖砌成的。但整个发酵过程是在一个密闭发酵池里进行的。发酵池分进料口、发酵间、贮气箱、导气管和出料口，如图 2-6。

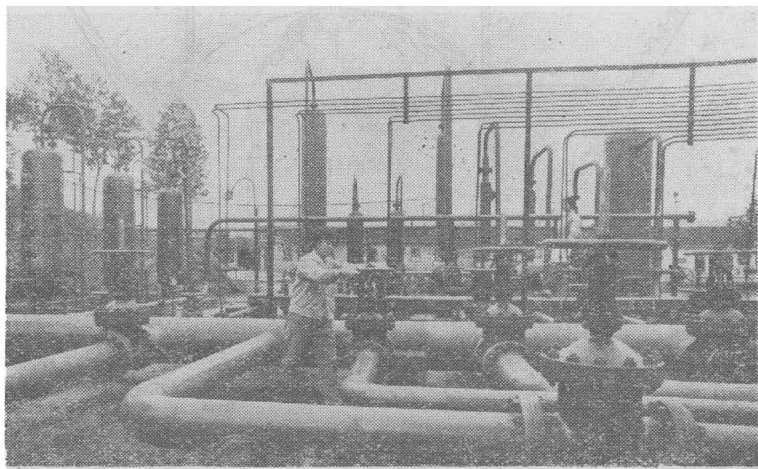


图 2-4 四川省天然气井

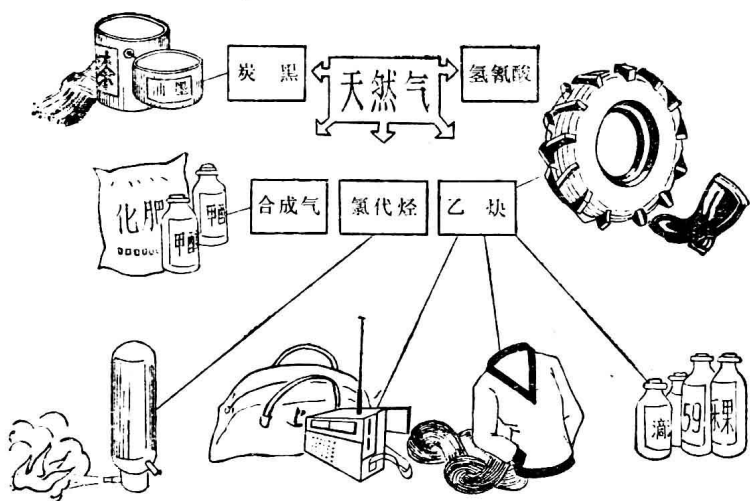


图 2-5 天然气的利用示意图

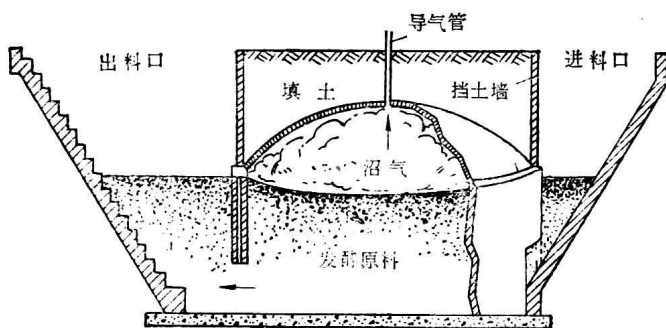


图 2-6 人工沼气制造池

首先把含水 90% 的原料(如人畜粪便、作物茎秆、树皮、菜皮、杂草及动物尸体等)投入池内,流入发酵间,在一定的温度(一般在 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$ 时产气量较多)的条件下,经过一段时间的细菌发酵和分解作用,就会产生

沼气。由于沼气比空气轻又不溶于水，所以沼气就上升到拱顶，等发酵间上部空气被压出后，沼气就可从导气管排出。这时，随着气体量逐渐增加，对料面产生压力，使原料向两旁料口排挤，从而占有一定空间。因此，气箱体积也会随着池内产生的气体量大小而相应的变化。人工沼气为解决农村燃料开辟了新途径，可供农村抽水、照明、发电、煮食。同时，粪便、污物经发酵，大部分病菌和寄生虫卵可以杀死。这对农村卫生工作的改善和防止疾病、增强人民体质，有着很大作用。经过发酵后的粪便的肥效也提高了好几倍，是因为增加了氨态氮肥含量的缘故。

为什么天然气和沼气的用途如此广泛呢？它是一种什么物质呢？天然气和沼气都是多种气体的混合物，它的主要成分是甲烷。天然气含甲烷量高达 95~98%（体积比），沼气含甲烷量可达 60~70%。因此，要了解天然气和沼气，充分利用它为社会主义建设服务，务必要认真研究甲烷。

一、甲烷的性质

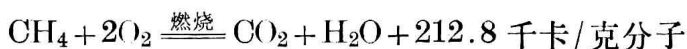
甲烷是千百万种有机物中最简单的化合物。它是一种无色、无臭、无味的气体，比空气轻，难溶于水，能溶于汽油、煤油。这种气体分子是由一个碳原子和四个氢原子组成的，分子式是 CH_4 ，它很难跟其他分子

发生反应。例如把甲烷通进高锰酸钾溶液，紫红色的溶液没有变化，表明甲烷不能被高锰酸钾所氧化。同时，普通的强酸、强碱，或其他强氧化剂、还原剂，通常也不跟甲烷发生反应，这说明甲烷又是一种化学稳定性很高的物质。

然而，甲烷的化学稳定性是有条件的、相对的。如在高温、高压、催化剂的条件下，甲烷就从稳定转化为不稳定。因此，通过下列各种化学变化，甲烷可转化为许多工农业上所需的物质。

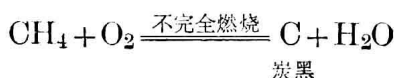
(一) 氧化反应

甲烷在空气中燃烧能生成二氧化碳和水，并放出大量的热。据测定一克甲烷完全燃烧可产生 13.3 千卡热量，比同样重量的木材燃烧时产生的热量约大三倍，所以它是一种很好的气体燃料。



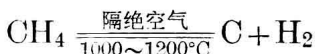
显然，伴随氧化反应的进行，实现了实物转化，并使化学能转化为热能，这是工农业上获得热能主要来源之一。

但是，如果燃烧条件不同，转化结果也不同。甲烷不完全燃烧时，转化生成的是炭黑。炭黑可用作黑色颜料和橡胶的主要填料，也是制墨汁和油墨的原料。

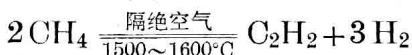


(二) 热解反应

甲烷在 $1000\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 时, 热解为炭黑 (可作为橡胶工业上的填料) 和氢气:



如果甲烷在 $1500\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 高温下隔绝空气热解, 并将热解产物迅速引出反应区, 且随即冷却, 就可使之转变为主要的化工原料——乙炔和氢气。

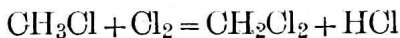
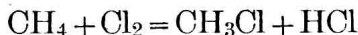


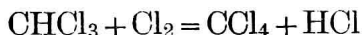
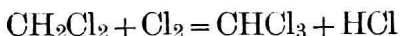
这种在隔绝空气的条件下, 加热至高温, 使分子发生裂解的反应称为热解反应。

很明显, 在这里反应条件是重要的, 同一组反应物随条件不同, 转化产物也不一样。然而, 条件只是外因, 内因才是变化根据。那么, 外因如何通过内因而起作用呢? 我们通过下述反应进行分析。

(三) 甲烷氯化反应中的“化分”与“化合”

甲烷跟氯气的反应, 是在光或热的影响下进行的。如果反应在漫射光的照射下, 甲烷分子里的氢原子就能被氯原子逐步代换, 生成氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷、四氯甲烷的混合物, 同时放出氯化氢。





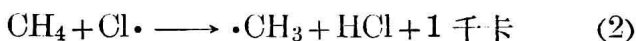
很明显，这个反应的总产物是个混合物。若使这些产物完全相互分离是比较困难的。工业上通常将这些混合物作为溶剂来用。如果工业生产中要制得以某一种氯化物为主要产物时，通常以控制氯气的用量和流速等反应条件达到此目的。那么，此反应实际过程是怎样进行的呢？

实验表明，甲烷跟氯气的反应实际过程，首先是氯分子受到漫射光作用，使得氯分子能量大为增加，从而加剧了分子内原子间运动，使分子内部运动向以排斥为矛盾主要方面转化，氯分子便“化分”为2个具有不成对电子的氯游离基 $\text{Cl}\cdot$ 。

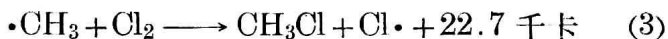


这个氯游离基 $\text{Cl}\cdot$ 具有较高能量，也较活泼，当它跟分子碰撞时，展开了氯游离基要争夺甲烷分子 C—H 键中的共用电子，与碳氢原子要保存其共用电子的斗争。当氯游离基 $\text{Cl}\cdot$ 具有足够的动能足以克服跟甲烷碰撞时所产生的斥力时，它们便发生了有效碰撞，促使旧键 (C—H 键) 向排斥为矛盾主要方面转化而逐渐削弱；新键 (H—Cl 键) 向吸引为矛盾主要方面转化而逐渐形成。其结果，旧键断裂，新键形成。甲烷便“化

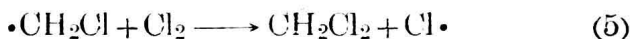
分”为一个甲基游离基 $\cdot\text{CH}_3$ 和氢游离基 $\text{H}\cdot$ ，后者立即与氯原子共享一对电子生成一个新的氯化氢分子，并释放一定的能量：

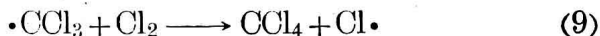


新生成的甲基游离基又怎样继续反应呢？事实证明：甲基游离基 $\cdot\text{CH}_3$ 也很活泼，当它跟氯分子碰撞时，又展开了甲基游离基争夺氯分子中的共用电子，与氯分子要保存其共用电子的斗争。斗争仍按上述类似方式进行。当它和氯分子发生有效碰撞时，其结果，氯分子旧键破裂，“化分”为2个氯游离基 $\text{Cl}\cdot$ ，其中一个氯游离基迅速与甲基游离基 $\cdot\text{CH}_3$ 化合成一分子氯甲烷，并释放一定能量。



这个过程是否继续下去呢？只要系统中还存在游离基，仍可按照上述破旧立新的斗争方式进行反应，生成氯甲烷。氯甲烷还可按(4)至(9)反应被继续氯化，直至氯甲烷继续氯化到四氯甲烷。其中生成的 $\cdot\text{CH}_2\text{Cl}$ 、 $\cdot\text{CHCl}_2$ 、 $\cdot\text{CCl}_3$ ，依次叫一氯甲基游离基、二氯甲基游离基、三氯甲基游离基。总之，“化分”与“化合”矛盾斗争，贯串于甲烷与氯气反应的全过程。





显然, 甲烷跟氯气反应的全过程, 是旧分子的对立统一体的破裂, 转化为新物质的对立统一体的过程。一句话, 是“化分”与“化合”矛盾对立统一过程。在这过程中经历了三个步骤: 首先是氯分子受光作用, “化分”为游离基氯原子, 从而引起了整个反应的进行, 因此, 反应(1)称为链的引发。反应(2)至(9)是反应链的继续。反应(10)至(12)是游离基失去活性, 使反应链不能继续下去, 称为链的终止。以上也就是甲烷跟氯气反应的实际过程。

游离基的链锁反应是有机反应的特点之一。当我们在实践基础上, 知道了物质化学反应的“化分”与“化合”的实际过程, 并掌握了物质转化条件和规律之后, 又转过来指导实践, 为生产实践服务, 就能因势利导使化学反应多快好省地进行, 为社会主义创造更多的物质财富。

二、甲烷的分子结构

“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”在一般情况下，甲烷的性质是比较稳定的，甲烷化学稳定性是由于其分子具有特殊矛盾所决定。在形成甲烷分子过程中，碳原子中的价电子运动状况，跟形成金刚石分子时，发生类似变化，都是形成四个等同的 sp^3 形状的轨道。这些轨道的对称轴分别指向四面体的四个顶点，互成 $109^\circ 28'$ 的角度。由于碳、氢两元素互相作用，使碳原子的四个 sp^3 电子云分别与四个氢原子的 s 电子云互相交盖，使化学吸引成为矛盾主要方面，同时释放一定能量，形成了两原子间的共价键。这四个 C—H 键的电子云都是分别沿着以连接两原子核的直线为轴进行交盖而对称分布的，这样形成的共价键叫 σ 键(图 2-7)。因 σ 键的电子云互相交盖程度大，所形成 σ 键也就牢固。甲烷分子就是由四个较牢固的 σ 键构成的相对稳

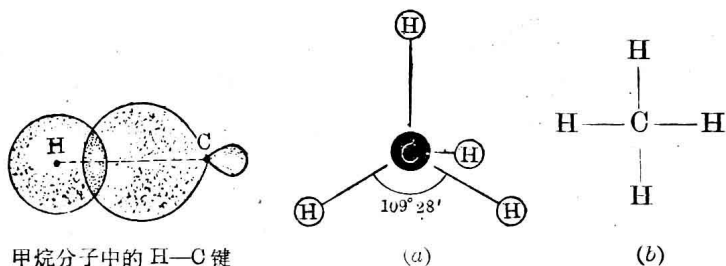


图 2-7 甲烷分子结构

定的对立统一体，它规定着甲烷在一般情况下具有很稳定的特殊本质。这就是甲烷化学稳定性的内在原因。

图 2-7(a) 表明，甲烷分子是正四面体结构。碳原子在四面体中心，四个氢原子在四面体的顶点，C—H 键（即 σ 键）的键长为 $1.09\text{\AA}$ ，碳氢键之间的夹角为 $109^{\circ}28'$ ，四个 C—H 键完全相同，并相当牢固。

为了书写方便起见，通常采用平面结构式。图 2-7(b) 每一根线表示一个共价键，但它并不表明原子在空间排列方式，只表示物质分子中，原子互相结合顺序以及它们的化合价的一种化学式，通常叫做结构式。此外，也可用简式 CH_4 表示，这种表示化合物的简明结构式叫做示性式（或叫化学式）。

根据许多事实表明，有机物分子中碳原子都是四价，分子中原子彼此按一定的次序相互联系、互相制约，从而形成一定的结构。分子的结构就是分子里头的原子的排斥与吸引对立统一体。特别在有机化合物中，分子量往往很大，比起无机化合物来，分子比较庞大，因而有机化合物的分子结构也复杂得多。我们知道，分子的化学性质是由分子结构决定的。因此，我们必须很好掌握分子结构与性质的辩证关系以及变化规律，就能深刻理解自然现象的本质，掌握其变化规律，从而能动地改造自然，为三大革命运动服务。下面，我们通过各种有机化合物来逐步学习讨论。

第三节 石油分馏——烷烃

石油是由多种元素组成的多种化合物的混合物，其中最基本的元素是碳和氢，约占 96~99%。此外还有硫、氧、氮和微量的氯、碘、磷、钾、钠、铁、镍等十几种元素。

由碳和氢两种元素组成的化合物叫做碳氢化合物，简称为“烃”。烃是最基本的有机物，它占石油成分的 97~99%，所以石油是大量有机化合物的混合物。我国各地所产的石油主要成分是烷烃、环烷烃及少量芳香烃。因此，石油经过炼制可以获得多种多样的化工产品。石油的炼制就是把原油进行物理的和化学的加工制成各种产品的生产操作（也叫做石油加工）。

所谓原油，是从油井开采出来的一种可燃性黑褐色*的粘稠液体。它是在千百万年以前，由那些埋在地下的动物和细小植物，在隔绝空气下，经受高温高压和细菌作用变化而成的。因此，原油进行炼制前，先需将油与其他气体、泥沙、盐水等杂质去除，然后才可进行石油分馏。

* 石油的颜色有不同，一般从棕色到黑色。石油内含沥青质和胶质愈多，颜色愈深。我国石油一般含沥青质不多，但含胶质不算少。大庆原油是黑色的。

一、石油分馏

组成石油的各种烃，它们既有着某些共性——可挥发性及冷凝性，又各具有特殊性——物理性质（如沸点）或化学性质各不一样。人们利用这矛盾，把石油加热，使沸点低的烃首先蒸发，高沸点的烃留在后边，经反复处理，就逐渐分离出来，获得不同沸点范围的石油产品。这种根据物质沸点不同进行加热分离而得到几种馏分的过程叫做分馏。分馏是石油的一种物理加工方法。

〔演示实验 2~1〕 装置如图 2-8。在蒸馏烧瓶中，加入 100 毫升原油（或汽油、煤油和柴油的混合物），放入数块碎瓷片（防止暴沸）。用酒精灯加热烧瓶，使烧瓶

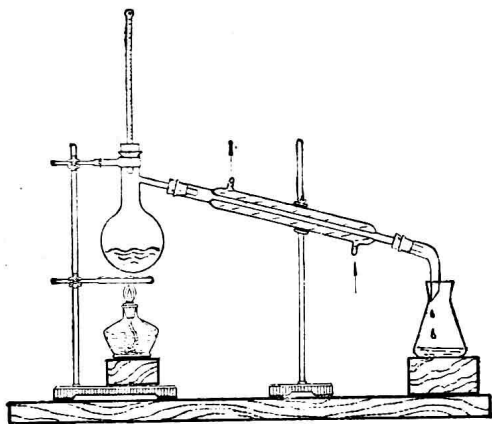


图 2-8 蒸馏装置

里的液体沸腾，温度控制在 $60\sim 205^{\circ}\text{C}$ 范围内。这时含 $5\sim 11$ 个碳原子的烃分子，就成为油蒸气从烧瓶蒸出，经冷凝管而凝成液体流入锥形瓶，这就是汽油。烧瓶内留下来的是煤油（或柴油）和少量残渣，它们是十几个碳原子以上的烃类混合物。

工业上分馏石油的原理与实验室一样。所不同的是设备大、效率高、连续生产。

二、石油分馏的方法

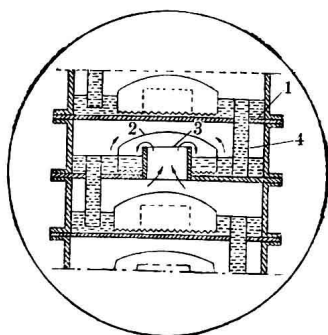
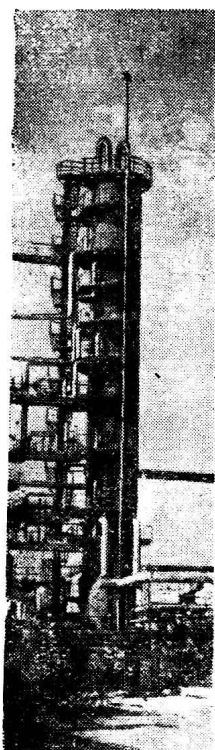
工业上分馏石油的方法，就是根据上述原理，将原油进行常压和减压分馏的。

（一）常压分馏

原油经过预处理后，用油泵压入加热炉里加热，再用泵送入分馏塔进行分馏。石油工业中常用的常压分馏塔有泡罩塔等。泡罩塔是一个高大直立的圆筒、内有多层塔板(1)，在每一层塔板上有许多短管，每根短管上盖有锯齿形的泡罩(2)，泡罩的下缘浸入塔板上的液体，蒸汽经短管(3)上升被泡罩挡住，并折下经泡罩下缘而穿过液体，为了使蒸汽穿过液体时能分割成小气泡，故将泡罩下缘制成锯齿形。在塔板一边上还装有溢流管(4)，它可使回流液*从上层流至下层，溢流

* 回流是石油分馏的一项重要措施，通过回流量的调节，使各层塔板上的液体组成和沸点保持稳定，从而引出的馏分范围也稳定。

管的高度决定了塔板上液体的高度，它的下端应插入下层塔板的液层内（图 2-9）。热的石油气液混合物进入分馏塔后，自下向上地通过各层塔板，并从塔底通入过热蒸汽进行间接加热，在分馏塔内的石油经过了多次的蒸发和冷凝后，石油气和汽油便从塔顶出来，煤油、柴油等则分别在塔的不同高度导出，留在塔的底部的是重油（或常压渣油）。



- 1—塔板
- 2—泡罩
- 3—汽道
- 4—溢流管

图 2-9 石油常压分馏塔(泡罩式)

(二) 减压分馏

常压蒸馏塔底剩余的重油含有多的高沸点的润

滑油和石蜡等，因加热温度不够高，不能气化，无法使它分离出来，但若加热温度过高，则在尚未达到其沸点前即行裂解成低沸点的烃和焦炭等，也得不到其相应的馏分，这一矛盾如何解决呢？

“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”

人们通过长期生产实践，掌握了物质的沸点会随着外界压力的变化而改变。外界压力增大，物质的沸点增高；外界压力降低，物质沸点亦降低。在生产中运用这个规律，采用抽真空的办法，使分馏塔内的压力降低到一个大气压力以下，进行减压分馏。这样重油中各组分的沸点，随压力降低而下降，重油中的各种润滑油可在较低的温度下分馏出来。生产中是把从常压分馏塔下部流出的重油经管式炉加热到 435°C 左右，送入减压分馏塔，仍根据沸点范围不同，从塔的不同的高度分馏出重柴油、锭子油、机器油、汽缸油等石油产品，从塔底放出的是减压渣油。润滑油还需经过脱蜡精制，蜡可制石蜡、凡士林。渣油可作燃料，或经氧化加工成沥青，亦可制石油焦。表 2-1 表示各种石油产品及其用途。

生产上把常压分馏和减压分馏组合在一个流程中，通常称作常减压分馏。图 2-10 是常减压分馏生产流程示意图。图 2-11，为大庆石油常、减压分馏装置。

表 2-1 石油产品及用途

产 品		大 致 分	沸点范围	用 途
石 油	石 油 气	$C_1 \sim C_4$	40°C 以下	燃料、化工原料
	粗 石 油 醚	$C_5 \sim C_6$	40~60°C	溶剂
	汽 油	$C_7 \sim C_9$	60~205°C	内燃机燃料、溶剂
	溶 剂 油	$C_9 \sim C_{11}$	150~200°C	溶剂(溶解橡胶、油漆)
	煤 油	$C_{10} \sim C_{15}$	145~245°C	飞机(喷气式)燃料
	煤 油	$C_{11} \sim C_{16}$	160~310°C	点灯、燃料、工业洗涤
	柴 油	$C_{16} \sim C_{18}$	180~350°C	柴油机燃料
	润 滑 油	$C_{16} \sim C_{20}$	350°C 以上	机械润滑剂
	凡 士 林	$C_{19} \sim C_{22}$		防锈、制药
	石 蜡	$C_{20} \sim C_{24}$		制皂、制蜡纸、蜡烛、脂肪酸、造型
	燃 料 油			船用燃料、锅炉燃料
	沥 青			铺路、防腐、建筑材料、绝缘
	石 油 焦			制电石、制炭精棒用于冶金工业

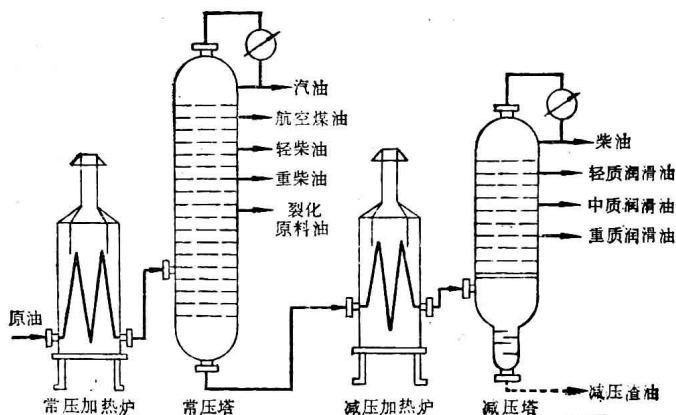


图 2-10 常减压分馏生产流程示意图

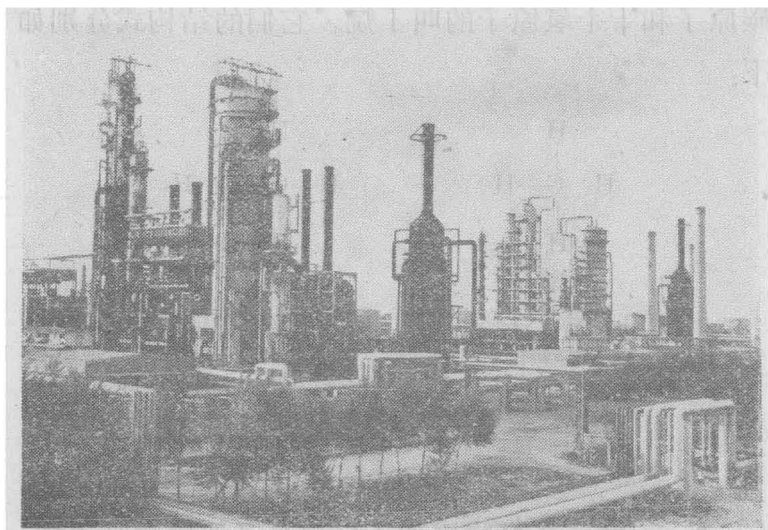


图 2-11 大庆石油常、减压分馏装置

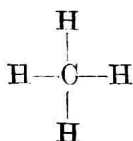
三、烷 烃

石油经过炼制以后，可以得到许多重要的动力燃料和化工原料。其中有一类与甲烷性质很相似的烃类化合物。

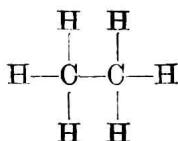
“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的和特殊的事物，逐步地扩大到认识一般的事物。”我们先来看看甲烷、乙烷、丙烷、丁烷具有怎样的结构和性质。

甲烷分子中含有一个碳原子和四个氢原子。如果分子中含有二个碳原子和六个氢原子的叫乙烷；分子中含有三个碳原子和八个氢原子的叫丙烷；含有四个

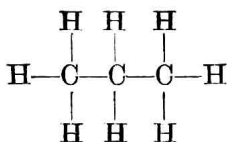
碳原子和十个氢原子的叫丁烷。它们的结构式分别如下：



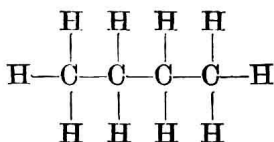
甲烷



乙烷



丙烷



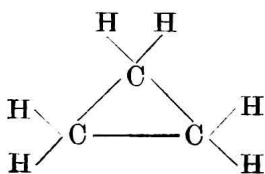
丁烷

“……每一个事物内部不但包含了矛盾的特殊性，而且包含了矛盾的普遍性”。虽然甲烷、乙烷、丙烷、丁烷的碳链长短不同，分子量不同，因而在性质方面有差异(如沸点不同)，这是它们的特殊性；然而甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等均具有共性，它们都是一类碳氢化合物，在分子结构中，碳原子都以单键相连，相互连接成“碳链”(甲烷只有一个碳原子)，剩余的价键都被氢原子所饱和，象这样的烃我们称为饱和烃，简称烷烃。

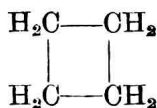
由于烷烃都具有饱和烃的分子结构。因此，它有着跟甲烷相似的化学性质。在通常情况下难与酸、碱、氧化剂等反应，化学性质稳定；但是在一定条件下，稳定性也会发生转化。如在空气中可以燃烧成 CO_2 和 H_2O ，并释放出大量的热能。汽油、柴油、煤油广泛用

作为动力燃料就是这个道理。同时，烷烃在高温下还能发生裂解反应，由大分子转化为小分子，这是获得广泛化工原料的一个途径。此外，还能与卤素发生取代反应。这些都是烷烃的共性。甲烷与其他烷烃化学性质的相似性，充分表明了个性中包含着共性，共性存在于个性之中的辩证关系，正如列宁所说：“个别一定与一般相联而存在。一般只能在个别中存在，只能通过个别而存在。”*

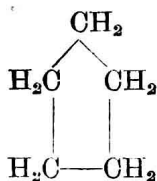
此外，在石油分馏的产品组成中，还有一类烷烃，其分子是环状结构，而碳原子间彼此都以单键相联结的这种烷烃叫做环烷烃。环烷烃的通式为 C_nH_{2n} 。它们的化学性质基本上与烷烃相似，但也具有一些不同于烷烃的性质。在这里不作详细讨论。



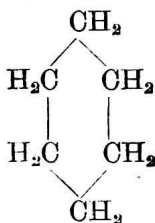
环丙烷



环丁烷



环戊烷



环己烷

* 列宁：《哲学笔记》人民出版社 1974 年版第 409 页。

三、烷烃化合物中质和量的对立统一

石油分馏所得的产物，其分子组成中所含碳原子少至一个，多达数十个，这种数量众多的烷烃分子之间在质和量上究竟有什么联系和差异呢？

烷烃分子都具有难溶于水，易溶于有机溶剂，能燃烧和发生取代反应等共同性质。烷烃这种“质”制约着烷烃一定的量，反映着量的活动范围。从甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等分子式中可以看出，烷烃分子里有 n 个碳原子，就有 $2n+2$ 个氢原子，因此可用 C_nH_{2n+2} 通式表示。此通式表明了烷烃分子间的 C、H 数量的变化范围，即烷烃的“质”反映着量的活动范围为 C_nH_{2n+2} 。同时质又以一定的量作为必要条件，它决定于数量的界限。如果超出了 C_nH_{2n+2} 量的活动范围的界限，那就不是烷烃化合物了。这一事实表明了“任何质量都表现为一定的数量，没有数量，也就没有质量”的辩证关系。

烷烃分子既有“质”的相似性，也有“质”的差异性。这是因为虽然烷烃的量的活动范围为 C_nH_{2n+2} ，但由于 n 的数值可以不同，所以在烷烃内部又有“质”的差异。也就是说物质的“量”变引起了“质”的变化。如饱和烷烃中每增加一个 CH_2 ，就产生一个在质上不同的烷烃，这种现象随着碳原子数目的不断增加，其物理性质

也发生相应的变化,熔点、沸点逐渐升高,比重逐渐增大,物态从气态变为液态再到固态。如表 2-2 所示。这是由于原子数量的增加而引起的。正如恩格斯说的:“所以每增加一个 CH_2 ,便形成一个与以前的物体在质上不同的物体。”* 马克思也曾说过:“……单纯的量的变化到一定点时就转化为质的区别。”**

表 2-2 烷烃的物理性质

名 称	分子式	常温下的状态	熔 点	沸 点	比重(液体)
甲烷	CH_4	气体	-182.5	-161.4	0.424
乙烷	C_2H_6	气体	-170.0	-88.6	0.5462
丙烷	C_3H_8	气体	-187.1	-42.2	0.5824
丁烷	C_4H_{10}	气体	-135.0	-0.5	0.6010
庚烷	C_7H_{16}	液体	-129.7	36.1	0.6263
十二烷	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	液体	-9.6	216.2	0.7487
十六烷	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	液体	18.1	286.5	0.7733
十七烷	$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	固体	22	303	0.7767

因此,把凡是化学性质相似、分子组成相差一个或几个 CH_2 原子团,并且有同一通式的一系列物质称为同系列。同系列中的各种物质互称为同系物。

有机物中的每一个同系列都是量变转化为质变的一个例证。在这里量变就是指事物(或其运动)在数量

* 恩格斯:《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 50 页。

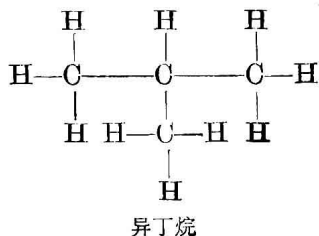
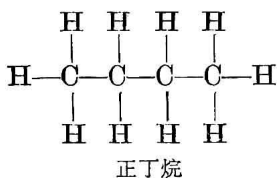
** 马克思:《资本论》《马克思恩格斯全集》第 23 卷人民出版社 1972 年版第 342 页。

上的增减或形状上的改变，而质变可以表现为物理性质上的变化或化学性质上的变化或两种情况兼有。

人们在不断地对分子进行变革的化学实践过程中，还发现烷烃系列中很多物质具有相同的组成和相同分子量，但有着不同的性质。例如发现两种丁烷，分子式都是 C_4H_{10} ，有着下列不同性质。

	正丁烷	异丁烷
熔点	$-138.3^{\circ}C$	$-145^{\circ}C$
沸点	$-0.5^{\circ}C$	$-11.73^{\circ}C$
比重	0.579	0.563

为什么会有这种现象呢？这是由于两种丁烷分子中的原子在空间的结合顺序不同，一种是四个碳原子连成一条直链的叫做“正”丁烷；另一种是三个碳原子连成直链（主链），剩下一个碳原子连在支链上的叫做“异”丁烷，这样构成了两种不同的分子结构，也就决定了它们性质上的差异。



这种具有相同的分子式、而具有不同的分子结构和性质的化合物叫同分异构体。由于物质分子内部原

子空间结合顺序不同而产生同分异构体的现象叫同分异构现象。

同分异构现象在有机物中极为普遍，随着烷烃分子中碳原子数量的增加，碳原子在分子中的排列方式也增多，同分异构体的数目也增多。例如戊烷(C_5H_{12})的同分异构体有 3 种，庚烷(C_7H_{16})有 9 种，辛烷(C_8H_{18})有 18 种。同分异构体数目从无到有、从少到多是一种质的变化过程。这种质变，是为分子中原子数量的变化所制约的。正如恩格斯指出“……分子中原子的数量制约着这种在质上不同的同分异构体产生的可能性。”*

同分异构体的出现，是由于分子中原子的排列方式或空间取向不同而引起质变的又一种表现。自然界中质的变化，正如恩格斯指出：“……只有通过物质或运动(所谓能)的量的增加或减少才能发生”**。显然，量变是质变的必要基础，质变是量变的必然结果。

同分异构现象，是造成有机物数量众多的原因之一。但是，尽管有机物是多种多样、千变万化，而其运动和发展，都是量变质变的对立统一过程。因此，我们把握了量变和质变的辩证关系，就有可能创造条件，使化学变化向有利于社会主义建设的方向发生转化。

* 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 51 页。

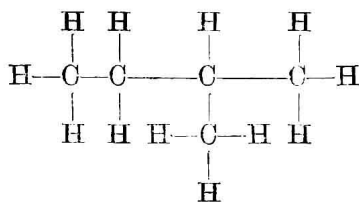
** 同上，第 47 页。

四、烷烃的命名

由于有机物中异构现象极为普遍、异构体数目繁多，除了有的沿用习惯名称外，还普遍采用系统命名法，其原则如下：

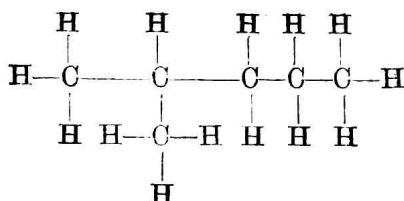
1. 选择主链。选择最长碳链为主链。分子里的碳原子在 10 个以内的直链烷烃，以甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸的次序命名某烷。如果含 10 个以上碳原子的烷烃，就以中文数目（十一、十二、十三、…十七、…）表示碳原子数。如表 2-2 所示。如果烃分子的碳链上带有支链，先选择含有碳原子数最多的直链为主链，然后以离支链较近一端为起点，依次用阿拉伯数字给主链碳原子编上序号，借以表明支链所在的位置。

2. 将支链作为烷基*，前面标出支链所连接的主链碳原子序号，在序号和烷基名称（一个以上的相同基需写明数目如二、三、四等）之间加一短线，例如：

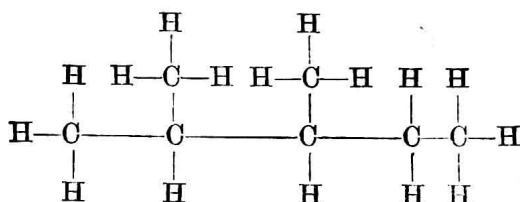


2-甲基丁烷

* 烷烃分子去掉一个氢原子所剩余的部分叫做烷烃基，简称烷基。烷基一般用 R 表示。



2-甲基戊烷



2, 3-二甲基戊烷

第四节 石油裂化——不饱和烃

随着国防工业和工农业生产的迅速发展，需要更多的轻质油的动力燃料和化工原料。然而，石油通过分馏所得到的汽油等轻质油只有 15% 左右，还含有大量的重油（占 60%），能否将这些重油中的一部分转变成轻质油以满足需要呢？一切事物无不在一定条件下互相转化。汽油和重油都是一类饱和烃（皆为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ），但由于含碳的数量不一（前者 n 值小，后者 n 值大），而造成“质”的差异，如果设法将 n 值由大变小，使量变引起质变，不就能实现重油转化成轻质油的目的吗？实践证明，只要适当改变温度条件或借助催

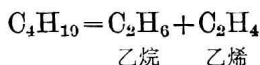
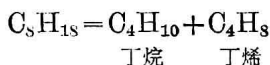
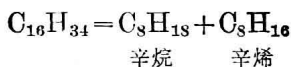
化剂的作用,就可以达到此目的。那么,工业生产中是通过什么方法来实现呢?

一、石油裂化

在生产上,把重油处在高温下,使长碳链烃分子发生断裂成短碳链的烃分子。随着碳原子数目的变化,引起了重油“质”的变化——由重质油转化成轻质油,这一工艺过程叫做裂化。裂化是石油的一种化学加工方法,它包括热裂化和催化裂化。

将直馏重油(或直馏柴油)在 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 高温和一定压力下进行裂化的过程,叫做热裂化。经过热裂化可以获得汽油和柴油以及宝贵的化工原料(甲烷、乙烷、乙烯、丙烯等)。

热裂化反应是很复杂的。有的大分子长链烃受热发生裂解成小分子,例如:



还有的烃分子能互相结合成比原料油的烃分子更大的物质——裂化残油。如温度过高还易碳化结焦,并生成大量低分子气态烃,影响生产的正常进行。热

裂化是一种老的方法，其生产的汽油性能较差。为了克服此缺点，并进而提高产品的质和量，石油工人采用了催化裂化的方法(图 2-12)。

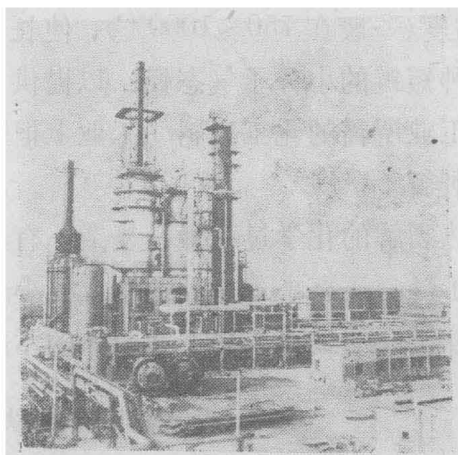


图 2-12 上海炼油厂催化裂化装置

在催化剂条件下进行裂化的过程，叫做催化裂化。催化裂化的特点是借助催化剂(硅酸铝或分子筛)使裂化反应更易进行，因而使用的温度、压力均较热裂化为低，而且获得的汽油产量高、质量好。

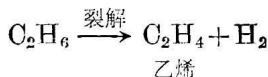
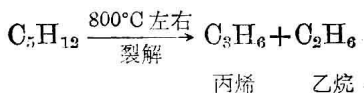
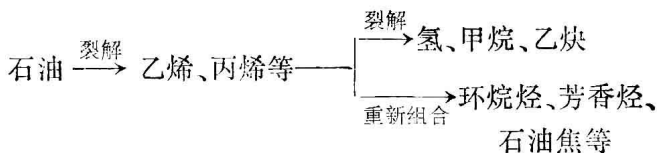
通过裂化，不仅可使 70% 以上的重油转化成汽油、煤油等轻质油，还可获得 20% 左右的燃料油和 10% 的宝贵的化工原料——乙烯、丙烯、丁二烯等裂化气。

二、石油的裂解

随着有机合成工业蓬勃发展，仅从石油裂化所得

到的 10% 的裂化气满足不了化学合成工业生产的需要。为此,工业上常把含有乙烷、丙烷、丁烷的石油气或液体石油产品(如煤油或重油)为原料,采用比“裂化”更高的温度(一般在 $750\sim 1000^{\circ}\text{C}$),使长链大分子烃裂化为各种短链的小分子气态烃,以提供日益发展的有机合成工业所需的化工原料。工业上把这种方法叫做石油热裂解。

石油的热裂解的化学过程极其复杂,有大分子烃裂解成小分子烃,还有小分子烃裂解成更小分子烃或重新组成大分子烃的过程。如下面简单的示意图:



显然,石油裂解的目的和操作,跟石油裂化有所不同。前者是以获得乙烯、丙烯、乙炔等基本有机化工原料为主要目的,其操作方式是比热裂化在更高的温度下使原料进行深度裂化的过程。

石油的热裂解为综合利用石油开辟了更加广泛的

途径。因为从乙烯、丙烯、乙炔等通过化学变化，就能转化成为多种多样的化工产品和合成材料。特别是乙烯的生产和综合利用，是反映石油化学工业发展水平的一个标志。那么，乙烯、乙炔又是具有怎样的结构和性质呢？

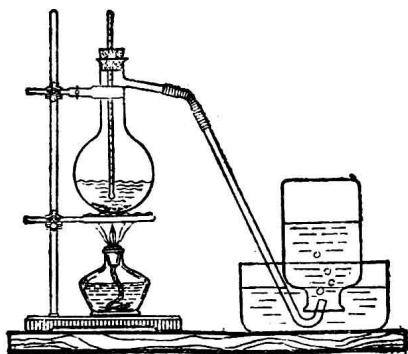
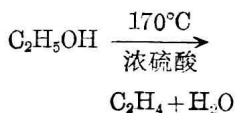
三、乙 烯

乙烯是一种无色、稍有气味、比空气稍轻、难溶于水的气体。其分子组成是 C_2H_4 ，结构式是 $CH_2=CH_2$ 。它比起烷烃具有更大活泼性。

〔演示实验 2-2〕 如把乙烯通入盛有高锰酸钾溶液的试管里，紫红色高锰酸钾溶液就逐渐消失*，表明乙烯易被 $KMnO_4$ 所氧化。

为什么乙烯的化学活泼性比烷烃大呢？

* 乙烯的实验室制法：装置如右图。烧瓶内注入酒精与浓硫酸(体积比 1:3) 的混和液约 20 毫升，并放入几片碎瓷，加热使液体温度迅速上升至 $170^{\circ}C$ ，这时就有乙烯生成。



乙烯的实验室制法

“任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾，就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。”虽然乙烯和烷烃均属烃类，具有相同C、H成分，但是由于组成乙烯分子的C、H数量不同，以及分子结构的特殊矛盾性，因而构成了它区别于烷烃的特殊本质。那么，乙烯分子具有怎样特殊矛盾性呢？

(一) 乙烯的分子结构

实验测定，乙烯分子中的C=C双键键长是 $1.34\text{\AA}$ ，C=C键键能是140.2千卡/克分子，而乙烷中C—C单键键长是 $1.54\text{\AA}$ ，C—C单键键能是79.3千卡/克分子，这表明C=C双键并不是二个单键简单之和，而具有C=C双键的特殊性。表现在形成乙烯分子过程中，碳原子中价电子运动状况的变化，不同于甲烷分子，而类似于石墨分子中的碳，每个碳原子都形成三个相等的 sp^2 形状轨道，三个 sp^2 形状轨道对称轴在

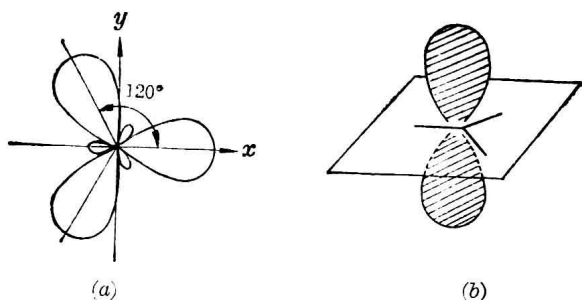


图2-13 乙烯的三个 sp^2 轨道及p轨道

同一平面上,而且互成 120° 角,如图 2-13(a)。此外还剩下一个 p 轨道,它垂直于这个平面,如图 2-13(b)。

在构成乙烯分子时,两个碳原子各以两个 sp^2 轨道与两个氢原子的 s 轨道互相交盖,形成四个 C—H(σ)键,两个碳原子又各以一个 sp^2 轨道相互形成一个 C—C 键(σ 键)。分子中所有 σ 键均在同一平面上,键角是 120° 。同时每个碳原子上还有一个 p 轨道,当它们对称轴互相平行时,彼此间从侧面发生电子云的互相交盖,形成新的 C—C 键,这个键叫 π 键。构成 π 键的电子云叫 π 电子,其电子云分布于 σ 键所处平面的上下(图 2-14)。总之,由于 C、H 原子互相作用,促使电子云相互交盖(五个 σ 键和一个 π 键),并释放一定能量,这时化学吸引成为矛盾主要方面,由互相吸引和排斥构成了相对稳定的对立统一体——乙烯分子。

由此可见,乙烯分子中的 C=C 双键是由一个 σ 键和一个 π 键形成的。由于这两种键的电子云重叠程度不同, σ 键重叠程度大、键牢固、不易断裂。 π 键重叠程度小、易断裂。同时 π 电子云分布在平面的上下两层,原子核对 π 电子的吸引作用较弱,所以 π 键电子云具有较大流动性,容易受外界影响发生变形,因而乙烯分子具有较大的化学活泼性。实验证明,乙烯化学反应大部分均发生在双键上,人们利用这规律,合成出许多重要有机化工产品为三大革命运动服务。

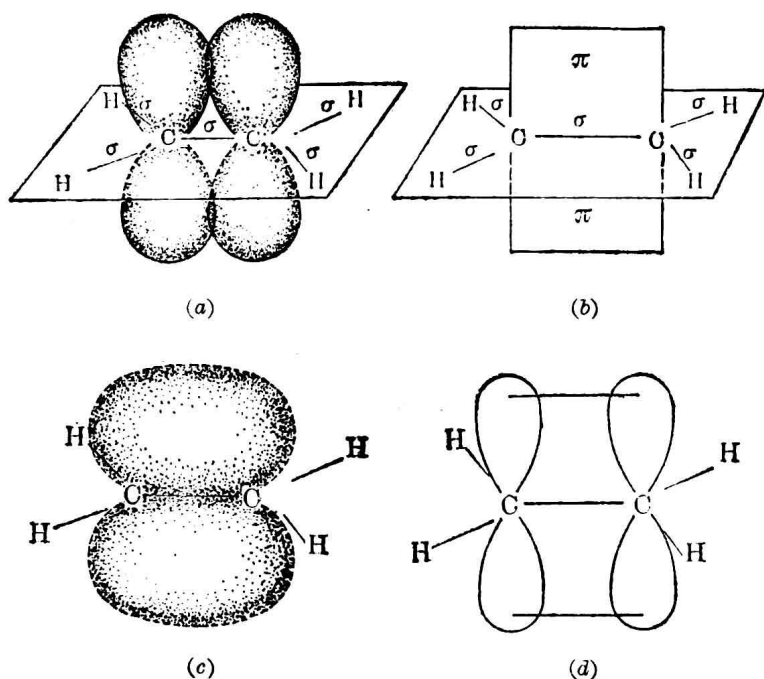


图 2-14 乙烯的分子轨道

(a) p 轨道的重迭 (b) 键的分布
(c) π 键电子云分布 (d) π 键形成示意

(二) 乙烯化学性质

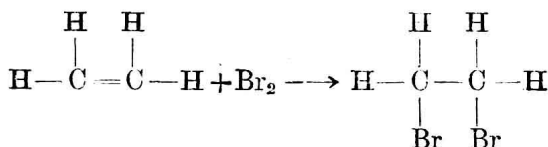
1. 乙烯的氧化反应。

乙烯不仅能使 KMnO_4 溶液褪色，也能使溴水褪色。

〔演示实验 2-3〕 如把乙烯通入盛有溴水的试管里，可以观察到红棕色的溴水很快就会失去颜色。

这是由于乙烯分子中旧 π 键断裂，分别和溴分子

中两个溴原子结合，生成了新的物质——无色的 1,2-二溴乙烷的缘故。



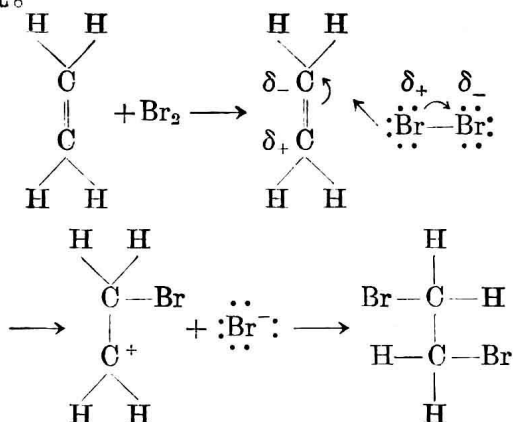
那末，乙烯与溴分子的反应是否两个溴原子同时加在乙烯的双键上呢？从前曾经有过这样看法。后来发现不是这样的，而是分两步进行的。下面就来分析：

由于乙烯分子中 π 键具有较大活泼性，在外界条件影响下（如极性物质）， π 键电子云易发生偏移，结果分子发生极化，造成分子一端带上部分正电荷（ δ^+ ），另一端带上部分负电荷（ δ^- ）。在这种情况下，溴分子也发生了极化。



这种极化了的分子，当彼此靠拢，发生互相作用时，便使得旧键（双键中 π 键和 Br_2 分子中旧键）逐渐削弱，新键逐渐形成。斗争结果，旧键断裂，新键形成，第一步是先上去一个 $\text{Br}^{\delta+}$ 原子，生成一个不稳定的带正电的中间产物和一个溴负离子，然后，第二步是 Br^- 原子与乙烯的 C^+ 原子借助双方静电引力作用胜过排斥作用而相互接近，达到平衡时，吸引成为矛盾主要方面，便互相结合在一起，形成一个新的对立统一体——

二溴乙烷。



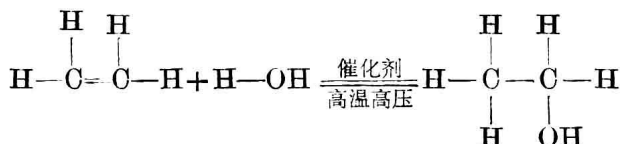
显然，乙烯跟溴反应的过程实质上是旧键断裂和新键形成的“化分”与“化合”对立统一过程。这是一种亲电试剂的加成反应， Br_2 中的一个溴原子带有部分正电性作为亲电试剂，向乙烯分子带有部分负电性、电子云密度较大的一个碳原子进攻，然后再由另一个带负电的溴原子上去与乙烯的另一个带正电的碳原子结合。乙烯的加成反应一般都是亲电加成。

上述反应常用来鉴别乙烯，生成的二溴乙烷可作溶剂和制造农药以及常与四乙基铅同时加在汽油中作抗震剂。

这种有机物中未饱和的碳原子跟其他物质中的原子（或原子团）互相结合而生成一种新物质的反应，叫做加成反应。

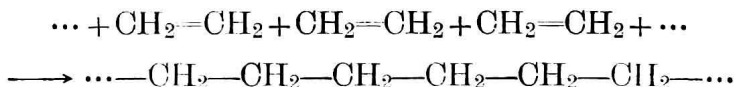
加成反应是一般含 $\text{C}=\text{C}$ 双键物质的一种特有反

应,通过它跟许多物质(如氢气、水、氯化氢、硫酸)的作用,就能制得种类繁多的有机化工产品。例如乙烯在催化剂和一定温度、压力的条件下,跟水发生加成反应,转变为酒精。利用石油气中获得的乙烯来合成酒精,可为国家节约大量的粮食。

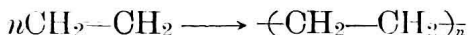


2. 聚合反应。

由于 $\text{C}=\text{C}$ 双键的活泼性, 乙烯分子间在一定条件下也能发生从低分子转化为高分子的反应。如乙烯在一定温度、压力和催化剂的作用下, 通过双键中的 π 键断裂, 在它的上面就能接上第二个乙烯分子, 然后接上第三、四个……等, 经过这样多次相互结合, 就形成了一条很长的由 $-\text{CH}_2$ 基组成的链, 并转化成一种新物质——聚乙烯。它是一种用途广泛、性能优良的塑料。



这个过程可简写成



这种由低分子量的不饱和化合物(相同或不同的分子)互相结合成高分子量的长链分子的过程, 叫做聚合反应。

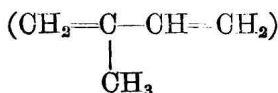
(三) 烯属烃

石油裂解产物除了乙烯外,还有丙烯($\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2$)、丁烯($\text{CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH=CH}_2$)等物质,它们分子中都含有双键,凡是分子中含有双键的链烃称为烯烃。

由于烯烃分子里含有双键,所以它比碳原子数相同的烷烃少两个氢原子。因此含一个双键的烯烃的通式是 C_nH_{2n} 。烯烃的命名跟烷烃相似。

烯烃同系物的物性一般也遵循量变到质变的规律。由于烯烃也具有不饱和双键,所以,它们的化学性质和乙烯相似。如丙烯聚合生成聚丙烯(又称丙纶),丙烯在催化剂下直接氧化生成丙酮,丙烯跟氨在催化剂下氧化可获得适用的合成纤维、合成橡胶的原料——丙烯腈。

分子中含有一个双键的烯烃叫单烯烃。如果烯烃分子里含有两个或多个双键则称为二烯烃或多烯烃。如丁二烯($\text{CH}_2\text{=CH—CH=CH}_2$)和异戊二烯



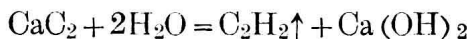
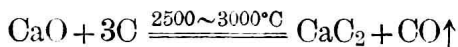
等,它们是合成橡胶、塑料、农药的原料。

四、乙 炔

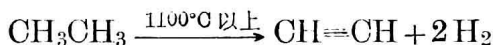
(一) 乙炔的制备

乙炔又名电石气,是由于它可来自电石的水解而

制得的一种气体。工业上制取乙炔，首先由生石灰和焦炭在电炉的高温下熔融制得电石(主要成分是 CaC_2)，然后将电石跟水反应制得乙炔。图 2-15 为实验室制取乙炔和燃烧。



从电石法制取乙炔，需消耗大量的电能，所以工业上已逐渐转向以天然气和石油为原料，通过高温的裂解(1100°C 以上)制取乙炔。例如，将石油裂解得到的乙烷进一步裂解就可制得乙炔。



工业上获得乙炔后，通过化学转化，可获得丰富多采、形式多样的化工产品，人们曾称它为“有机合成的基石”。为此，对乙炔的性质和结构的学习就显得很有必要。

(二) 乙炔性质和结构

纯乙炔是无色无臭的气体。微溶于水，易溶于丙酮。这种乙炔气体极易燃烧，如把乙炔气体点燃，会发出明亮的火焰和产生浓烟。工业上利用乙炔在氧气里燃烧反应，所产生温度高达 3000



图 2-15 乙炔的制取和燃烧

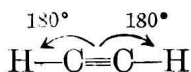
~4000°C 的氧炔焰，广泛应用于焊接和切割金属、钢板等。

〔演示实验 2-4〕 如把乙炔通入盛有高锰酸钾的试管里，液体的紫红色很快褪去，表明乙炔易被氧化。如把乙炔通入盛有溴水的试管里，同样溴水的红棕色也很快消失，表明乙炔与溴起加成反应。

为什么乙炔具有与乙烯相似化学活泼性呢？这是由于乙炔分子具有不饱和叁键 $C\equiv C$ 。那么 $C\equiv C$ 叁键是否是单键 ($C-C$) 与双键 ($C=C$) 的简单之和呢？并不是这样。

实验测定， $C\equiv C$ 叁键键长为 1.20 Å， $C\equiv C$ 叁键键能是 196.7 千卡/克分子。显然， $C\equiv C$ 叁键既不是三个 $C-C$ 单键简单之和；也不是 $C-C$ 单键和 $C=C$ 双键之和。而是有着 $C\equiv C$ 叁键的特殊性。

近代物理方法测定，乙炔分子是直线型的，两个碳原子和两个氢原子都在一条直线上，它们之间的键角互为 180° ，如下图所示：



目前认为，在形成乙炔分子时，由于两个碳原子中价电子相互受到对方一个碳原子核和一个氢原子核的影响，使碳原子的电子云运动状态发生了变化，一个 s 电子“轨道”与一个 p 电子“轨道”相互影响（亦称杂

化), 而转化成两个能量相同的 sp 形状的“轨道”, 两个轨道的对称轴在一条直线上, 图 2-16。

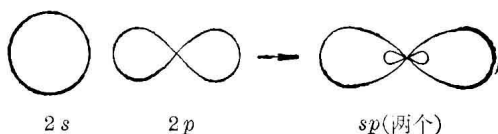


图 2-16 sp 轨道的形成

当两个碳原子和两个氢原子相互作用靠近时, 两个碳原子各以 sp “轨道” 与两个氢原子的 s “轨道” 互相交盖, 形成 $C-H\sigma$ 键。同时, 两个碳原子又各以一

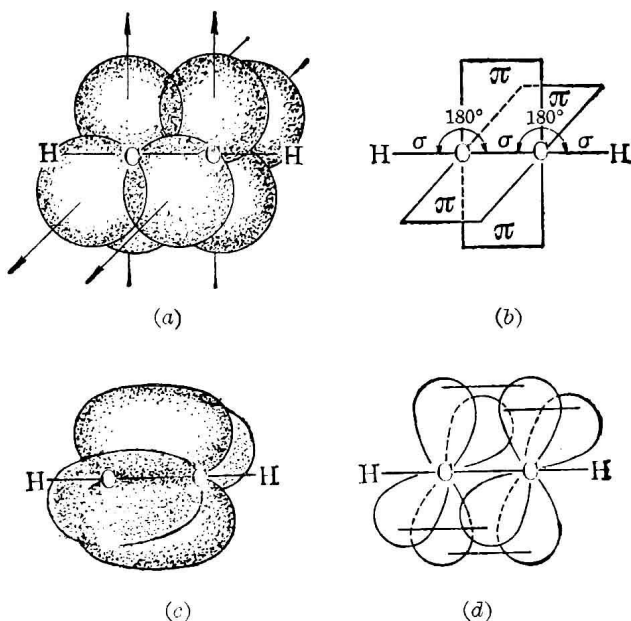


图 2-17 乙炔的分子轨道

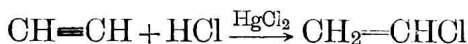
(a) p 轨道的重迭 (b) 键的分布 (c) π 键电子云的分布
(d) π 键形成示意

个 sp “轨道” 相互交盖形成一个 $C-C\sigma$ 键，分子中所有 σ 键都在同一直线上，键角为 180° 。另外，两个碳原子还各剩下两个 p “轨道”，它们相应的电子云的轴是互相平行的，故两个 p 电子云可相互交盖形成两个 π 键。这两个 π 键的电子云是互相垂直的， π 键电子云则对称地分布在 σ 键四周(图 2-17)。

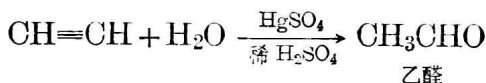
总之，乙炔分子中的 $C\equiv C$ 叁键是由一个 σ 键和两个 π 键组成的。 σ 键较稳定， π 键较活泼，所以这三个键是不相同的。这就是 $C\equiv C$ 叁键的特殊性。这种特殊性，使它既有相似与乙烯的化学反应性——加成、聚合、氧化等反应，又有与乙烯的不同的化学反应——乙炔分子中的氢可被金属取代。现分述如下：

1. 加成反应。

乙炔在氯化汞催化剂作用下，可与氯化氢起加成反应，制得氯乙烯。这是目前工业上生产氯乙烯的重要方法。氯乙烯是生产聚氯乙烯塑料的重要原料。



在催化剂的条件下，乙炔还能跟水、氰化氢、氢气等起加成反应。

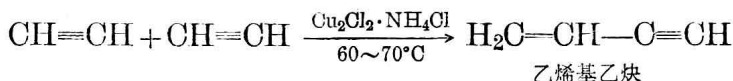


乙醛是很重要的化工原料。丙烯腈是合成纤维、合成橡胶和塑料的重要原料。腈纶(俗称人造羊毛)就是由丙烯腈为原料制得的。

2. 聚合反应。

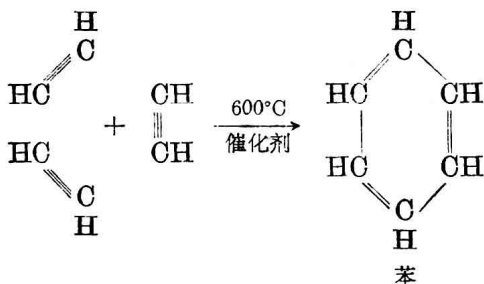
乙炔的聚合反应,在不同的条件下,可以得到不同的产物。

在氯化亚铜及氯化铵的酸性溶液中,两个乙炔分子便聚合成乙烯基乙炔。



它再跟氯化氢反应,便可制得一种合成橡胶的重要原料——氯丁二烯 $\left(\text{CH}_2=\overset{\text{Cl}}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2 \right)$ 。

如果把乙炔通过高温及催化剂的作用,三分子乙炔聚合成环状化合物——苯。



苯是很重要的有机化工原料,过去主要从煤焦油

得到。我国工人和科技人员遵照毛主席关于“破除迷信，解放思想”的教导，反复实践，坚持前进，在较短时间内建成了世界上第一座乙炔合成苯车间，为我国扩大苯的来源开辟了一条新的途径。

3. 取代反应。

由于乙炔分子中的氢受叁键影响较活泼，可以被金属取代生成炔化合物。如它与铜化合物反应，生成乙炔二亚铜 ($\text{Cu}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cu}$)*，实践证明，凡具有 $-\text{C}\equiv\text{CH}$ 结构的炔烃，都能显示出这样一种特性。因此，常利用此反应鉴别乙炔和乙烯。

(三) 炔烃

除了乙炔外，还有丙炔 ($\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$)、丁炔 ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$) 等物质，它们分子中都含有一个叁键，凡是分子结构里含有叁键的烃叫做炔烃。

由于炔烃分子里有一个叁键，所以它们比起同碳原子数的烯烃还要少两个氢原子。因此，含有一个叁键的炔烃的通式是 $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ 。命名和烯烃相似，只要把“烯”字换成“炔”字。

炔烃的物理性质通常也是随着碳原子数的增加而递变。化学性质与乙炔相似，能够被氧化，起加成和聚合等反应。

* 乙炔二亚铜在干燥状态下受热或震动时，就发生爆炸。但遇酸即分解成原来的炔烃。

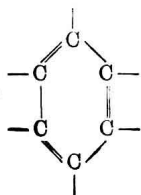
从上可知，由于烯烃和炔烃的分子里的碳原子所结合的氢原子，要比相应的烷烃分子里的氢原子少，即碳原子的化合价没有被氢原子所饱和，因此，把这类烃统称为不饱和烃。

然而，烷烃、烯烃和炔烃，它们分子里都是以碳和碳原子相联结，形成一种链状结构的化合物，通常把它们统称为脂肪烃（因为最早从动物脂肪中发现这类烃，故名）。

第五节 石油催化重整——芳香烃

石油通过催化裂化，除了获得多种多样的脂肪烃

以外，还有一类具有特殊的环状结构的碳氢



化合物（如苯 、甲苯 ）叫做芳香烃。

苯、甲苯是芳香烃中最简单又最重要的代表物质。工业生产中对它们的需量是很大的，合成高分子工业（合成橡胶、合成纤维、塑料）需要它，合成染料、农药、炸药、药物、合成洗涤剂等也离不开它。它是现代有机合成工业重要的基本原料。过去完全靠煤的干馏制

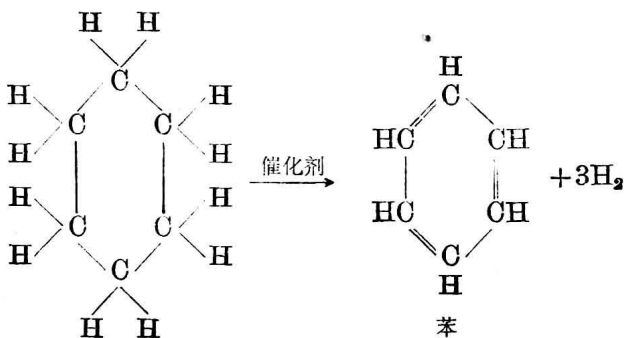
得。但它已远远满足不了有机合成工业高速发展的需要，如何解决这个矛盾？随着石油化工迅速发展，石油催化重整的出现为解决此矛盾开辟了一条新的途径。

一、石油催化重整

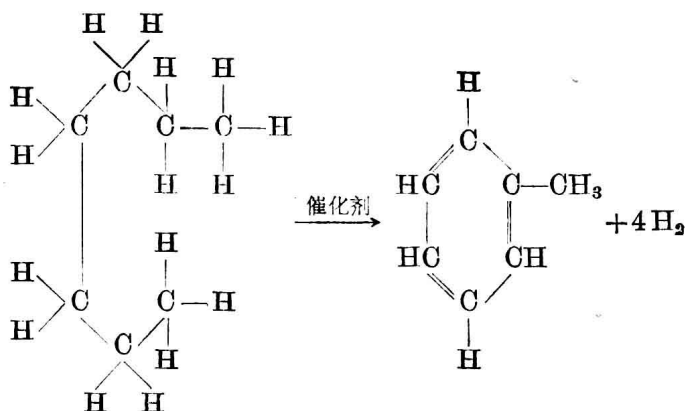
石油催化重整是将石油中的烷烃或环烷烃分子，在催化剂及适当压力温度条件下，转变为新分子——芳香烃的过程，叫做催化重整。用铂或铂铈作催化剂的重整叫铂重整或铂铈重整（铂重整可以提高汽油质量，但更重要的是可得到大量的芳香烃，特别是以环烷烃为原料时）。

石油催化重整的化学反应过程很复杂，其中主要反应有如下几种：

（一）环烷烃脱氢转变为芳香烃



(二) 烷烃环化脱氢转变为芳香烃



甲苯

以上反应都是从环烷烃或烷烃经过复杂的过程而形成芳香烃结构的反应，所以称为芳构化反应。

石油经过重整，获得大量的苯、甲苯、二甲苯等芳香烃化合物，所以重整是目前世界上获得芳香烃的主要方法，也是芳香烃来源的重要发展方向。

战斗在石油工业战线上的广大工人和科技人员遵照毛主席关于“独立自主、自力更生”的伟大教导，创造了一整套具有世界先进水平的铂重整新工艺装置，在无产阶级文化大革命和批林批孔运动推动下，迅速地建成了铂重整的装置，并投入生产(图 2-18)，解决了我国芳香烃过去主要靠进口的问题，大长了中国人民的志气，标志着我国石油化工跨入一个崭新的发展阶段。

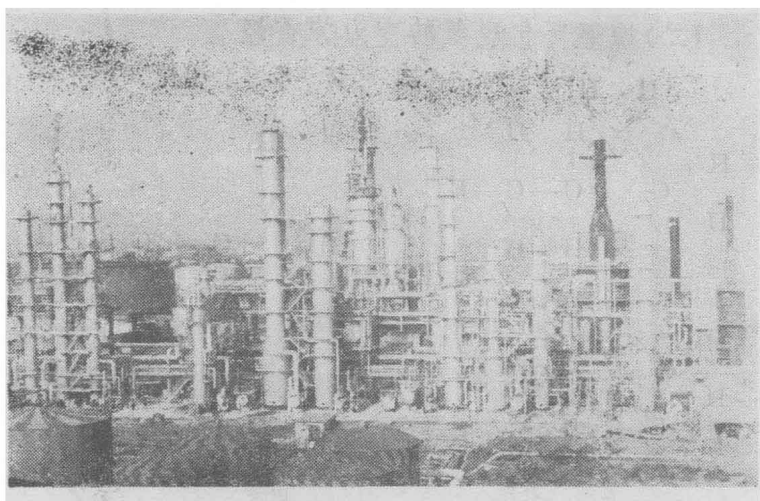


图 2-18 上海炼油厂铂重整装置

此外，目前芳香烃还可通过煤的干馏制取。把煤隔绝空气加热，使它高温分解的过程叫做煤的干馏。工业上称为炼焦。炼焦是在炼焦炉中进行的。炼焦炉由炭化室、燃烧室、蓄热室三个部分构成（图 2-19，图 2-20）。每个炭化室夹在两个燃烧室中间，它是煤干馏成焦的地方。燃烧室是煤气燃烧的地方，所产生的热量传给炭化室。蓄热室的作用是充分利用热量来预热空气和煤气。炼焦时把煤从装煤口送入炭化室，隔绝空气，煤被加热到 1000°C 左右进行干馏，而变成焦炭，同时回收得到焦炉气和煤焦油等*。

* 焦化后，用推焦机将焦炭推出，卸入车上，即开往冷却房，需用水冲将灼热焦炭迅速冷却。在焦化过程中，焦炉气和煤焦油（这时受热汽化）不断从炭化室顶上管子引出。

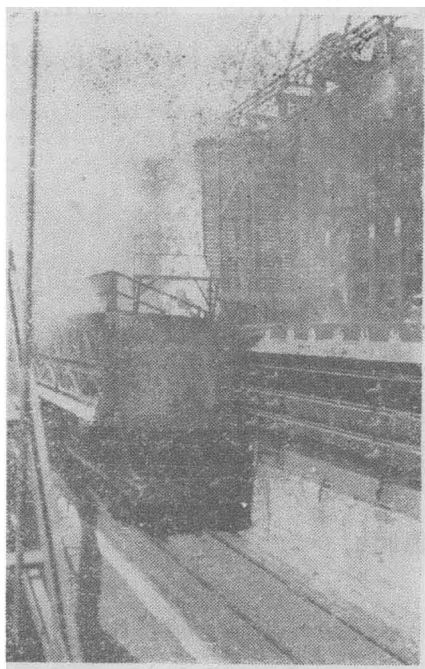


图 2-19 上海焦化厂
炼焦炉出焦情景

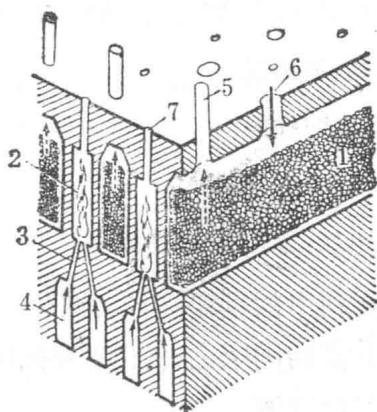
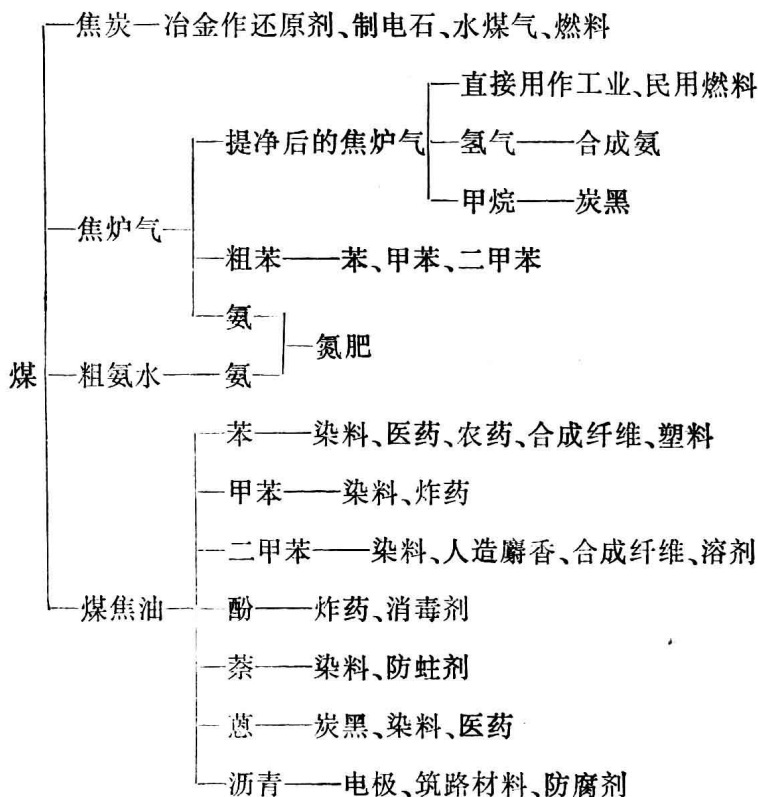


图 2-20 炼焦炉结构
示意图

- 1—炭化室；2—燃烧室；
3—斜道；4—蓄热室；
5—上升管；6—装煤口；
7—测温口

如把焦炭、焦炉气、煤焦油经过一系列加工，就可获得许许多多的重要有机化工原料。如下表所示：

煤干馏后的主要产品及用途如下：



可见炼焦是煤的综合利用的重要途径（图2-21）。我国是世界上煤藏量最丰富的国家之一，煤为我国社会主义建设提供了重要工业资源。

A black and white illustration showing a person wearing a helmet and using a long-handled tool, possibly a shovel or a pry bar, to dig or clear debris. The person is positioned on the right side of the frame, facing left. The background is dark and indistinct.



煤的综合利用

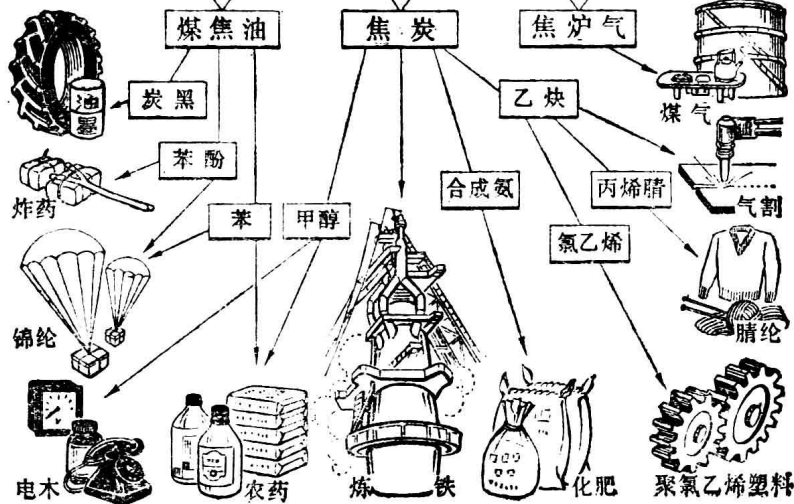


图 2-21 煤的综合利用示意图

二、苯

从石油重整或煤干馏制得的几种重要有机化工原料——苯、甲苯、二甲苯等,其中苯是用途最广泛的一种物质。通过苯的化学变化,可转化成许许多多的化工产品,如图 2-22 所示。因此,一个国家苯的产量多少,对国防建设和国民经济发展有着密切关系。

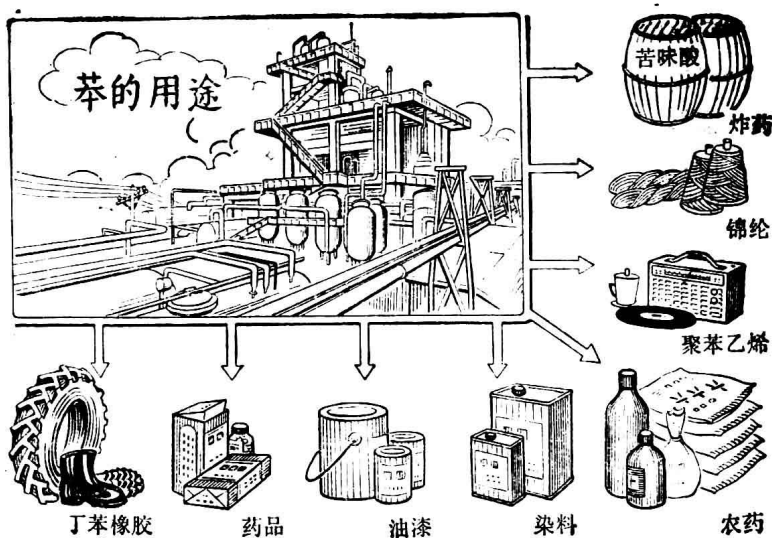


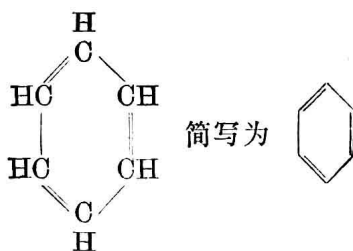
图 2-22 苯的用途示意图

苯是一种无色、易挥发、易燃的液体，有特殊气味、有毒、比水轻、难溶于水，易溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。

〔演示实验 2-5〕 在盛有苯的两支试管中，分别加入高锰酸钾溶液和溴水，结果高锰酸钾和溴水的颜色都不褪，表明苯不跟 KMnO_4 和 Br_2 水起反应。

任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。苯的性质是由苯分子特殊矛盾所规定。实验证明，苯分子的组成是 C_6H_6 ，六个碳原子在一个平面上，互相结合成一个稳定的环状结构，这种环状结构叫做苯环。苯环中的六个碳原子处于相同的状态。苯的结

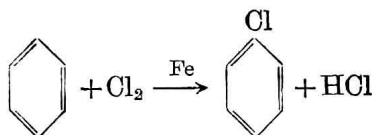
构式如下图所示：



由于苯分子具有特殊的环状结构，规定着苯分子的特殊本质，它既具有类似饱和烃的性质——取代反应，又具有类似不饱和烃的性质——加成反应。

(一) 取代反应

在催化剂(如 Fe 或 FeCl_3 、 AlCl_3)存在下，苯环上氢原子被卤素(如 Cl_2 、 Br_2)取代，生成氯苯的反应叫卤化反应。



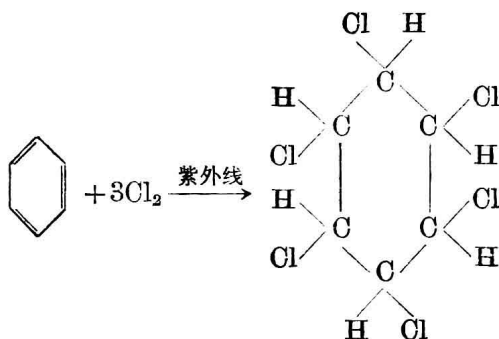
氯苯是制造农药、工程塑料、染料等的重要原料。

苯环上的氢原子被其他原子或原子团取代的反应，是芳香烃的主要反应。它除了被卤素取代外，还可被硝基($-\text{NO}_2$)、烷基($-\text{R}$)、磺酸基($-\text{SO}_3\text{H}$)等原子团取代，生成多种多样的重要化工产品。

(二) 加成反应

在紫外线的照射下，苯与氯气则发生加成反应，生

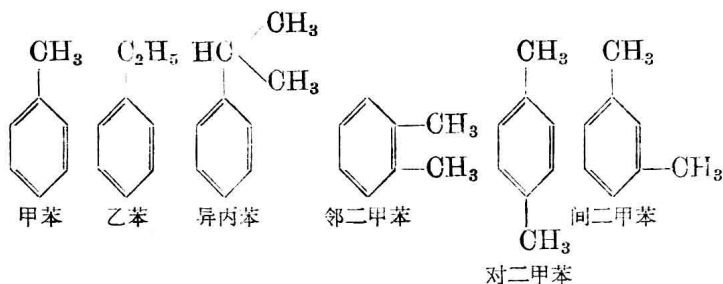
成六氯环己烷,即农药六六六。



三、苯的同系物

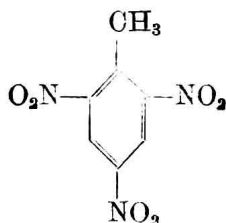
石油催化重整产物中,还含有甲苯、二甲苯等,它们都是苯的同系物。

苯的同系物可以看作是苯分子里的一个或几个氢原子被脂肪烃基取代后的产物。例如:

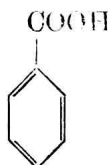


由于苯的同系物分子里都含有苯环结构,因而它们也具有跟苯分子相似的性质,都不溶于水,而溶于酒精,能起取代反应和加成反应。例如甲苯跟硝酸发生

取代反应,生成重要的三硝基甲苯(梯恩梯炸药)



但是,苯同系物与苯分子又有差异性。由于苯同系物的苯环上含有侧链取代基,因此,它们又跟苯分子性质不同,易被高锰酸钾的硫酸溶液氧化成酸性化合物。如甲苯可被高锰酸钾的酸性溶液氧化成苯甲酸。



苯同系物间显示出的共同性和差异性,也正表明了“…每一个事物内部不但包含了矛盾的特殊性,而且包含了矛盾的普遍性”的道理。

归结起来,通过石油加工可以获得种类繁多的烃化合物——饱和烃、环烷烃、不饱和烃及芳香烃。但是,它们之间究竟有何内在关系呢?概括地说它们是共性与个性的对立统一体。

这是因为它们都是由 C、H 两元素以共价键所构成的烃类化合物。这类烃化合物均能燃烧,生成 CO_2 和 H_2O ,放出大量热。并有难溶于水,而溶于有机溶剂

等共同特性。但是，它们所含 C、H 数量不同以及分子中原子空间排列不一样，分别形成了含有单键、双键、叁键的链状烃以及特殊环状结构等烃分子。分子结构上的差异，导致出饱和烃、不饱和烃、环烷烃和芳香烃等各种类别的烃的区分。因而在质上又有千差万别的特殊性。表现为烷烃化学活泼性最小，不饱和烃的化学活泼性就大些，芳香烃化学活泼性介于两者之间。例如，甲烷和苯都不能跟 KMnO_4 溶液起反应，而乙烯和乙炔则易跟 KMnO_4 溶液起反应，还能起加成和聚合等反应。而乙烯与乙炔、甲烷与苯之间又有差异。所以说，烃分子是共性与个性的统一。

但是，“一切矛盾着的东西，互相联系着，不但在一定条件之下共处于一个统一体中，而且在一定条件之下互相转化”。在一定条件下，烷烃、烯烃、芳香烃之间又可相互转化。从石油或天然气为原料进行化学加工，这过程中有大分子转变为小分子，也有小分子转变为大分子，这正是有机物分子进行破旧立新、获得许多重要的新物质（乙烯、乙炔、苯、甲苯、甲烷等）的互相转化的过程。然而，要实现这一转化过程，是在一定条件（温度、压力、催化剂）下进行的，这可说是使分子发生变化的必需手段。如烷烃高温裂解转化为烯烃或炔烃，烷烃通过催化重整又可转化为芳香烃。烯烃或炔烃的加氢可转化为烷烃，炔烃经聚合反应也可转化为

芳香烃。有时也把芳香烃通过加氢转化为环烷烃。有机物分子互相转化的事实，表明了有机物之间不是孤立的，而是互相联系、互相制约的。

人们利用有机物互相转化的规律性，还可使烃与其他化学试剂的作用，经过各种类型的化学反应（取代、加成、聚合、氧化、还原、裂化及裂解等）生产出许多重要有机化工产品（醇、醛、酮、酸、酯、酚等化合物）。这种烃分子间互相转化以及烃与其他物质的转化事实，充分地证明了自然界中一切事物归根到底都在辩证地运动着。

作 业

1. 建议请工人师傅讲讲我国石油战线的大好形势；或看电影《创业》。

2. 天然气和沼气在生产及生活上有哪些重要用途？

3. 在标准状态下，5克分子甲烷完全燃烧生成多少升的二氧化碳？

4. 如果有足够量的氯气，通入48公斤甲烷气体，可以制得多少公斤的 CCl_4 ？

5. 根据烷烃化合物的性质变化及同分异构现象，说明量变与质变的规律。

6. 石油的蒸馏和裂解在本质上有何不同？

7. 试将脂肪烃化合物作一比较，阐明其“共性”与“个性”的辩证关系。

8. 实验室放有好几瓶气体, 没有标记, 但知道第一组是甲烷和乙烯; 第二组是乙烯和乙炔; 第三组是氯气和甲烷, 用何方法把它们鉴别开来?

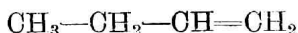
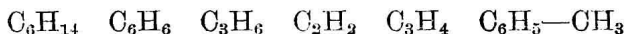
9. 石油裂解制取烯烃时, 裂解气中常含有乙炔, 如何将乙炔除去呢?

10. 我们怎样充分利用天然资源水、石油、天然气、煤为原料, 制取国民经济和国防建设中重要产品(写出有关化学方程式)?

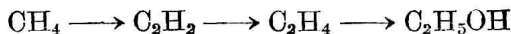
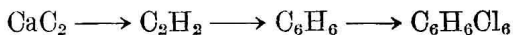
氯乙烯 乙醛 苯 聚乙烯 丙烯腈 酒精

11. 乙炔是重要的化工原料, 常用电石制得。如果某化工厂每天用乙炔气体按重量计为 448 公斤, 问一个月(以 30 天计算)要用去电石多少公斤?

12. 下列各物质属于哪一类的烃? 写出它们的名称和结构式。



13. 写出下列化学变化的方程式, 并注明条件:



14. 说说石油综合利用在国民经济中的重大意义。

第三章 烃及其衍生物的转化

毛主席教导我们：“自然科学是人们争取自由的一种武装。”“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”

在第二章里，我们学习过甲烷、乙烯、丙烯、乙炔、苯、甲苯等。这些都是最基本的有机原料，是有机化学工业的基础。我们了解了这些化合物的性质，就能对它们进行变革，将烃分子中的 H 原子(一个或多个)用不同取代基(一个或多个)来取代，生成各类烃的衍生物，使它们转化成几十种重要有机原料，这就是卤代烃(如前面提到的一氯代甲烷、六六六、氯乙烯等)、醇、酮、酸、胺等。它们有的直接作为工农业产品应用，而且用这几十种有机原料，我们还能生产出更多的医药、农药、染料、合成橡胶、塑料、合成纤维等数以万计的产品。

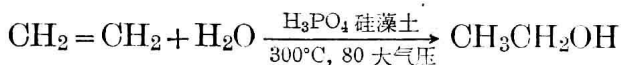
现在，我们将在这一章中讨论烃类是怎样转化为醇、酮、羧酸和酯类等有机原料的，以及它们的性质和用途。

第一节 脂肪烃向其衍生物的转化

不久以前，许多烃类衍生物主要还是用煤炭作为原料来制取。近年来，由于石油工业迅速发展，为了充分利用石油裂解气，基本有机化学工业原料已逐渐由煤炭转向石油。在石油裂解气体中含有大量乙烯、丙烯和丁烯等不饱和烃类。其中以乙烯用途最大。

一、脂肪烃向醇类的转化

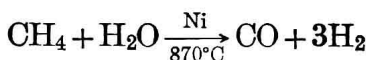
在 300°C 和 80 个大气压下，将乙烯与过量的水蒸气通过催化剂(载于硅藻土上的磷酸)，乙烯即与水蒸气发生加成反应得到乙醇：



乙醇是重要的化工原料，除用作溶剂外，在农药、油漆以及三大合成(合成纤维、塑料、合成橡胶)中都要用到大量的乙醇。例如在农药稻瘟净的制造过程中就用到乙醇。

此外，在醇类中还有一个重要的化合物——甲醇(CH_3OH)，它是用 CO 与 H_2 做原料在高压下合成的。 CO 与 H_2 过去常用焦炭与水蒸汽作用制得，现在生产

原料路线已逐渐转向石油和天然气(以甲烷与水蒸汽作用为例):



甲醇也是重要有机化工原料, 主要用途是制造甲醛。有一种叫做敌百虫的农药, 它是一种低毒的杀虫剂。制造敌百虫的一种重要原料就是甲醇。

甲醇与乙醇都属于醇类, 在室温下都是液体, 沸点分别为 64.7°C 与 78.3°C 。它们具有相同的原子团——羟基($-\text{OH}$)。这种相同的原子团称为“官能团”, 它决定醇类某些共同的特性。通常用 $\text{R}-\text{OH}$ 表示醇类的通式, 其中 R 代表脂肪烃的烃基。

甲醇与乙醇每个分子中都只有一个羟基, 称为一元醇。有些醇的分子中含有两个或两个以上的羟基, 称为多元醇。例如乙二醇 $\begin{pmatrix} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{pmatrix}$ 、丙三醇(俗称甘油) $\begin{pmatrix} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CHOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{pmatrix}$, 它们分别由乙烯、丙烯制得。

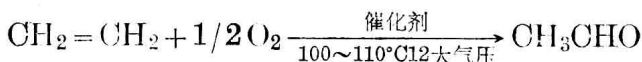
乙二醇是制造涤纶的主要原料之一, 还用于生产各种溶剂、润滑剂和炸药等。甘油用途很多, 可用于制造炸药。开山采矿、修筑隧道等工程, 一般都要使用炸药进行爆炸, 其中有一种叫做硝铵的炸药*。它就是以甘油为主要原料之一制成的。

* 一种硝酸铵、硝化甘油和木炭、木屑等易燃物质的混合物。

二、脂肪烃向醛类的转化

醛类中以乙醛和甲醛为最重要。乙醛 (CH_3CHO) 可由乙炔与水加成制得，催化剂一般用硫酸汞。这个方法技术比较成熟，乙醛的纯度及产率均较高。但是这个方法有严重缺点：第一是所用催化剂汞盐有剧毒，影响工人身体健康；第二是乙炔通常由电石 (CaC_2) 与水作用制得，而电石制造需要消耗大量电能及焦炭。

我国某化工厂广大工人和技术人员在文化大革命中试验成功用含有 CuCl_2 和 PdCl_2 的盐酸溶液为催化剂，直接用乙烯氧化制取乙醛。



此法优点是充分利用我国丰富石油资料，解决了乙炔水解法耗电量大和石灰石、焦炭供应紧张的问题，并革除了严重危害人体健康的汞害。缺点是催化剂氯化铜等盐酸溶液容易腐蚀设备，而且金属钯很昂贵，尚待进一步改进。

乙醛是一种易挥发的无色液体，沸点 21°C 。主要用途是制造醋酸，还用于制造农药，如敌百虫和滴滴涕等。

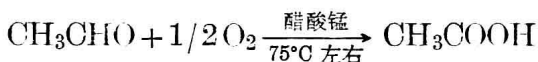
醛类分子中都含有羰基 $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array} \right)$ ，如果与羰基中碳

原子相连的有一个是氢原子,如 $\left(-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \diagdown \\ \text{H} \end{array}\right)$, 又称为醛基。凡分子中烃基和醛基直接相连的有机化合物叫做醛。醛类的通式为 $\text{R}-\text{CHO}$ 。

醛类中另一个重要成员是甲醛 (HCHO), 由甲醇氧化制得, 它是一种重要的消毒剂, 和制造酚醛塑料 (电木) 的原料。

三、脂肪烃向羧酸的转化

烃类经氧化转化为醛类后, 可以再进行进一步氧化转化为酸类。用乙醛氧化制造乙酸是我国目前生产乙酸的重要方法。在催化剂醋酸锰存在下, 用空气或氧气将乙醛氧化即得到乙酸 (俗称醋酸):



此外, 乙酸也可直接从烃类转化得来。随着我国石油工业的飞速发展, 石油炼制过程中产生的轻汽油也越来越多。轻汽油主要为 C_4 、 C_5 馏分。用醋酸钴为催化剂, 在适当温度与压力下, 轻汽油即被空气氧化为乙酸。还得到少量丙酸、丙酮等产物。我国有些地区近几年来已建成用轻汽油直接氧化合成乙酸的工业生产车间。用这种方法制造乙酸是很有前途的。

乙酸是重要的有机化工原料, 主要用来制造合成纤维 (维尼纶)、人造纤维 (醋酸纤维) 以及农药、医药、染

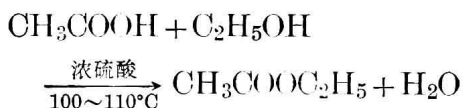
料等。例如，在制造农药乐果时，就需要用乙酸做原料。

乙酸和丙酸分子中都含有羧基 $\left(-\text{C}\begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}\right)$ 。羧酸的通式为 $\text{R}-\text{COOH}$ (R 代表烃类)。

丙酸($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$)主要用于生产农药(敌稗)、医药、溶剂，也用于塑料、纤维工业。乙酸、丙酸在常温下都是无色液体，它们的沸点分别为 118°C 与 141°C 。

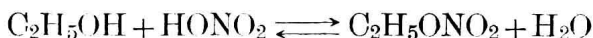
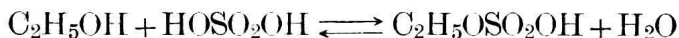
四、脂肪烃向酯类的转化

烃类转化为羧酸和醇。醇与酸发生去水反应后所得到的产物叫做酯。这种反应称为酯化反应。例如乙醇与乙酸在催化剂浓硫酸存在下，失去水生成乙酸乙酯：



酯类的通式一般写成 $\text{R}-\text{COOR}'$ (R 与 R' 均为烃基，可以相同，也可以不同)。

醇类还能与无机酸作用生成无机酸酯，例如乙醇与硫酸、硝酸作用均生成无机酯类：



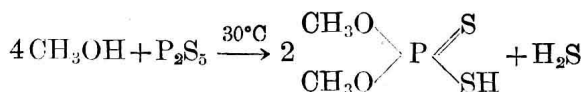
醇与磷酸也能生成酯。

很多重要农药，如敌百虫、乐果，都是磷酸酯类。制造乐果首先要合成 O，O—二甲基二硫代磷酸(名称中

O, O 表示两个甲基是与氧原子相联的)

$$\begin{array}{c} \text{OH}_3-\text{O} \\ \text{CH}_3-\text{O} \end{array} \rangle \text{P} \begin{array}{l} \text{S} \\ \text{SH} \end{array}$$

O, O—二甲基二硫代磷酸可看做磷酸 $\begin{array}{c} \text{HO} \\ \text{HO} \end{array} \rangle \text{P} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{OH} \end{array}$ 与甲醇生成的酯,但其分子中两个氧原子被硫原子所取代。工业上用甲醇与五硫化二磷 P_2S_5 制得。在 30°C 左右,把甲醇滴加到 P_2S_5 上,并适当进行搅拌,反应即迅速进行:



由此出发再与其他有关物质作用可制得乐果等农药。

某些硝酸酯,例如丙三醇的三硝酸酯(俗称硝化甘油)是一种强烈的炸药。

五、脂肪烃向胺类的转化

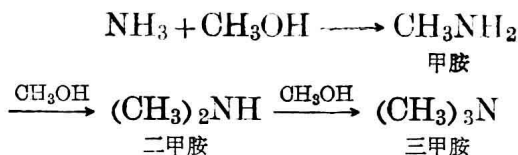
将脂肪烃先与氯作用得到卤代烃,例如乙烷与氯作用得到一氯乙烷等化合物,后者再与氨作用即得到胺类。例如氯乙烷与氨反应生成乙胺:



乙胺很容易挥发,其沸点为 16.6°C 。主要用于制造染料、表面活性剂等。

胺类的另一种制法是用氨与醇作用。工业上将甲醇和氨的混合物,通过加热的 Al_2O_3 催化剂制备甲胺、

二甲胺和三甲胺:



甲胺、二甲胺、三甲胺在常温下都是气体，沸点分别为 -7°C 、 $+7^\circ\text{C}$ 与 $+4^\circ\text{C}$ 。其中二甲胺在工业上用量最大，它是制造除莠剂、橡胶促进剂的原料。三甲胺用于制造离子交换树脂和植物生长调节剂“矮壮素”。甲胺是制造农药乐果的原料之一。

第二节 芳香烃向其衍生物的转化

苯是芳香烃中重要的一员，我们为了进一步认识苯的性质，下面对苯的结构进行讨论。按照现代理论，苯分子中每个碳原子都是象前面讲过的石墨晶体中碳原子那样以三个 sp^2 杂化轨道形成三个 σ 键，不过其中只有两个是碳—碳键，另一个则是碳—氢键。这三个 σ 键之间的夹角均为 120° ，所以苯环上六个碳原子都在一个平面上，并形成一个等边六角形。这时每个碳原子还各具一个 p 电子，电子云垂直于苯环平面上（图 3-1）。这些电子云侧面交盖，形成了一种闭合的大 π 键（图 3-2）。为简便起见，平时用  表示苯的结构。

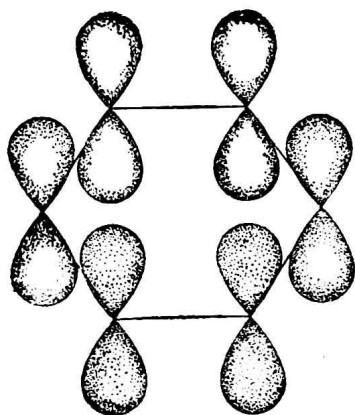


图 3-1 苯环上六个 p 轨道

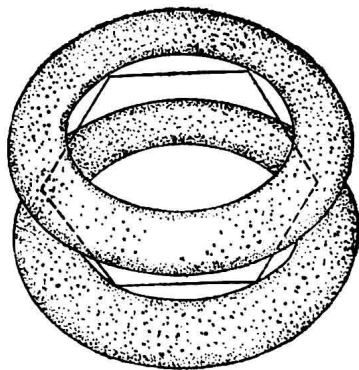


图 3-2 苯环大 π 键形成

但是，单双键交替的结构式 , 由于习惯沿用已久，也常被采用（但要注意，它不能反映出苯分子结构的特殊性）。

由于苯环中大 π 键的电子云平均分布在所有六个碳原子上，所以在苯分子中每个碳—碳键的键长、键能都是相同的*。同时由于苯环中参加形成大 π 键的电子的活动范围不再局限在两个碳原子之间，而是在整个苯环上运动，受到六个碳原子实**的作用，这就使电子与原子实之间吸引作用显著加强，从而使这种大 π

* 如果苯环上有了取代基，则苯环上的电子云分布会有所变化，此

时  的结构式也只是近似反映实际。

** 原子实：原子除去价电子的部分统称原子实。

键比较稳定，苯分子不象烯烃那样容易发生加成反应和氧化反应。苯的这种性质正是由其内部矛盾的特殊性所决定的。在本节中，我们将着重介绍苯向其衍生物的转变。

一、苯向其衍生物硝基苯及苯胺的转变

从苯的结构来看，苯环上的 π 电子云是密集而平均化的。因此苯容易与带正电荷的亲电试剂发生反应。苯的硝化反应就是一个例子。

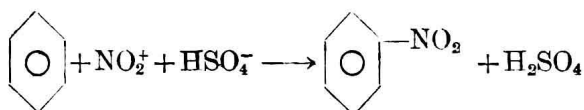
〔演示实验 3-1〕 在试管中加入 1.5 毫升浓硫酸和 2 毫升浓硝酸，混和后用冷水冷却，慢慢滴入约 1 毫升苯，并不断振荡试管，使反应物充分接触。约五分钟后，把试管里的液体倒入一个盛有 10 毫升水的小烧杯中，振荡、静置，有黄色油状液体沉入水底，这就是硝基苯。

有机化合物分子中氢原子被硝基 $[-NO_2]$ 取代的反应，称为硝化反应。

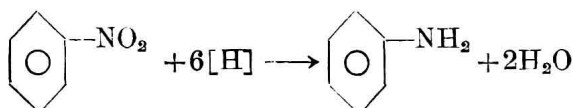
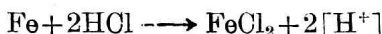
硝化反应的过程是，首先，硝酸分子在硫酸分子的影响下，产生了带有正电荷的硝基正离子 $[NO_2^+]$ ：



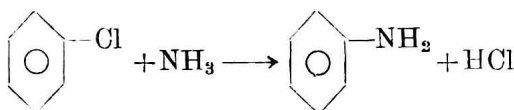
硝基正离子生成后，即向电子云密集的苯环接近并与之化合生成硝基苯：



硝基苯是具有苦杏仁气味的液体，几乎不溶于水。
硝基苯的重要用途之一是制造苯胺。



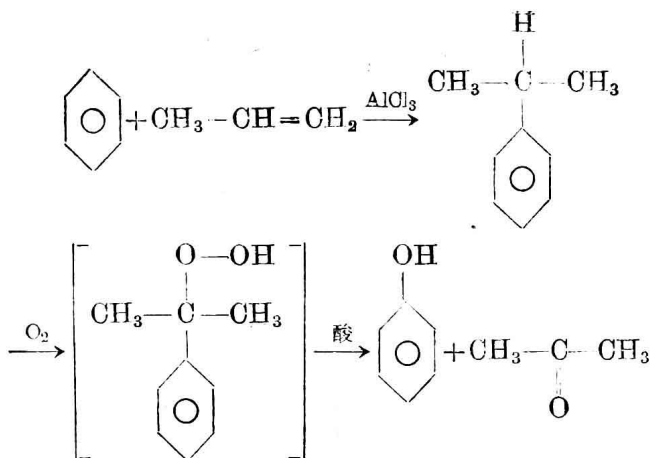
苯胺的另一工业制法是先 将苯转化为氯苯
 $\left[\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \right]$ ，然后在加压下用液氨与氯苯作用，生成苯胺：



苯胺是制造染料和药物的重要原料，也是制造橡胶促进剂的原料。

二、苯向其衍生物苯酚的转化

战斗在化工战线上的我国工人阶级，遵循毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的教导，采用了先进的异丙苯法大量合成苯酚。这个方法是在催化剂 AlCl_3 存在下，利用石油裂解气中的丙烯与苯作用，生成异丙苯，后者再氧化为过氧化物，然后在酸存在下生成苯酚：



异丙苯法所用原料除苯以外，就是便宜的丙烯和空气，酸解时可用 H^+ 型离子交换树脂，不仅能节约用酸，并可减少对设备的腐蚀，产品除苯酚外，还同时得到用途很广的有机化工原料——丙酮。因此，异丙苯法在目前各种方法中是最经济的。但是，在生产斗争和科学实验范围内人类总是不断发展的。异丙苯法虽然比较经济，但不是说不可以再提高了。例如，在催化剂钼与钛离子存在下，我们已初步试验成功用氧气直接将苯氧化为苯酚。这种方法的实现将进一步简化工序，降低合成苯酚的成本。

苯酚又称石碳酸，熔点为 43°C 。苯酚用途很广。我们日常见到的万能胶(环氧树脂)及锦纶纤维都是用它作为原料之一制成的。苯酚还用于制造农药、医药、染料、炸药等。丙酮用于生产环氧树脂、有机玻璃等重要

产品,同时是许多有机物的良好溶剂。

第三节 烃类衍生物性质与 结构间的关系

在前面两节里,我们学过几种烃的衍生物。这些衍生物按其含有官能团的不同,分为醇类、醛类、羧酸类等等。官能团对有机化合物的性质起着重要的作用。例如,所有醇类分子中都含有羟基(—OH),它们都能与酸(有机酸或无机酸)作用生成酯类。所有醛类分子中都含有醛基($\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\text{}$),它们都具有还原性等。相同的官能团影响着同一类化合物的化学特性。但是,另一方面,官能团又要受到分子中其他原子或原子团的影响。例如,乙醇和苯酚虽然都含有羟基,但由于这些羟基所连结的烃基不同,它们的性质也不同,其突出表现是苯酚具有酸性。

〔演示实验 3-2〕 在试管中,加入苯酚约 0.1 克,再加入 5% 氢氧化钠溶液 1 毫升,振荡后观察现象。

又如,乙醛和丙酮虽然都含有羰基($\text{—}\overset{\text{O}}{\text{C}}=\text{}$),但由于两者中羰基所连结的基团不同,它们的性质也不同,突出表现在乙醛具有还原性,而丙酮则不具有这种性质。

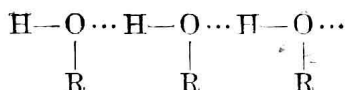
〔演示实验 3-3〕 在两个洁净的试管中，分别加入 2% 硝酸银 1 毫升，一边摇动试管，一边滴入 2% 氨水，直到析出的沉淀恰好溶解为止。然后分别加入两滴乙醛与丙酮，振荡后微热，观察有何现象发生。

下面，我们就进一步讨论烃类衍生物性质与其结构间的关系。

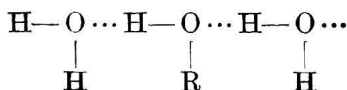
一、烃类衍生物的物理性质

首先我们看到，醇的沸点比和它分子量相近的烷烃要高得多，例如甲醇(分子量为 32) 沸点为 64.7°C ，而分子量与其相近的乙烷(分子量为 30) 沸点为 -88.6°C ，还看到，甲醇、乙醇可以与水完全混溶，而甲烷和乙烷则很难溶解于水。为什么有这些现象呢？这是因为在醇类分子中都含有羟基，而羟基中氧原子对电子的吸引力比氢原子大，电子对被引向氧的一方而使氢带正电性；同时，氢原子用自己唯一的电子形成共价键后，已无内层电子，当其与别的醇分子接近时，它不被其他原子的电子云所排斥，反而能与另一醇分子中氧上的孤对电子相吸引而发生同类分子某种程度的相互结合的现象。这种现象称为缔合。这时分子间形成的键称为氢键*。下图为形成氢键的现象：

* 氢键也是一种化学键，但它比共价键、离子键的键能要小。



当醇与水混溶时，氢键则可在醇和水这两类分子之间形成：



氢键的形成说明醇类沸点远比分子量相近的烷烃沸点高的道理，同时也说明为什么这些醇类能与水完全混溶。但是随着醇类分子量的增加，羟基在整个分子中所占的分量就越来越小，于是这些醇类就逐渐由可溶转化为难溶或不溶了。

苯酚在室温下为固体，熔点为 43°C ，沸点为 181°C ，略溶于水。苯酚的熔点和沸点都比分子量与其相近的甲苯高得多（甲苯熔点为 5°C ，沸点为 80.1°C ），这显然是由于苯酚分子中含有羟基，在分子间能形成氢键的缘故。但是苯酚分子量比较大，羟基在整个分子中所占的分量比甲醇或乙醇小得多，所以它在水中的溶解度虽然比甲苯大，但比乙醇或甲醇的溶解度小。羧酸分子中也含有羟基，情况与醇类类似，甲酸与乙酸在室温下都是液体，它们可以与水完全混溶，但当碳原子数目增加时，在水中的溶解度就逐渐减小。例如正戊酸在水中就较难溶解了。

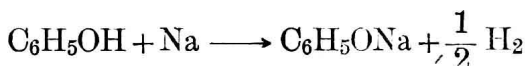
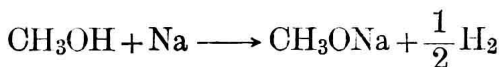
低级的醛与酮，如甲醛、乙醛、丙酮分子中都含有

羰基 ($\begin{array}{c} \text{O} \\ \curvearrowright \\ -\text{C}- \end{array}$)，羰基有很大的极性，其中氧原子带负电，它们也能与水分子形成氢键，所以能溶于水。但与醇类或羧酸不同，它们自身分子间不能形成氢键，因此它们的沸点都比相应的醇类低，这从下列数据可以看出。

名 称	沸 点 °C	名 称	沸 点 °C
甲 醛	-21	甲 醇	65
乙 醛	20.8	乙 醇	78
丙 酮	56.1	丙醇-[1]	97

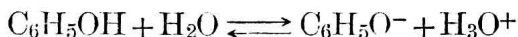
二、烃类衍生物的酸碱性

毛主席教导我们：“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。”在醇类与酚类分子中都含有羟基，这是它们的共同点。当它们和金属钠作用时，羟基中氢原子就被金属钠所取代，例如甲醇、苯酚与金属钠的反应如下：



这说明苯酚与甲醇在化学反应中有相似之点。但

是,更重要的,我们还必须注意它们的特殊点。前面说过苯酚呈酸性,它可按下式电离:

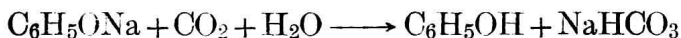


当苯酚与苛性钠作用时,能生成钠盐,溶解于水,而甲醇则不呈酸性,它与苛性钠是不会发生类似反应的。为了说明它们之间的差别,必须从它们的矛盾特殊性进行分析。

前面说过,苯酚分子羟基是直接和苯环相连的。这里,羟基中氧原子一对未共用的 p 电子与苯环上 π 电子的电子云发生交盖,形成稳定的结构,并使氢氧之间的电子云更加偏向氧原子(见图),从而减弱了羟基中



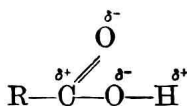
氢氧之间的吸引,因此苯酚在水溶液中通过水分子的作用,羟基中氢原子能够以 H^+ 形式解离下来形成了 H_3O^+ 离子,这就是苯酚呈酸性的原因。但是这种解离的倾向是很弱的,只要在苯酚钠的水溶液中通入 CO_2 ,就足以使苯酚析出:



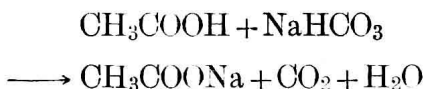
这说明苯酚的酸性比碳酸还弱。上海某煤气厂用烟道气中的二氧化碳代替硫酸来回收苯酚,就是利用苯酚的这种性质。

除醇和酚外,羧酸中也含有羟基,但是这里的羟

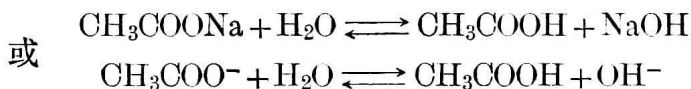
基是与羰基相连的，整个羧基中的电荷分布情况为



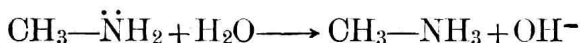
由于羰基上的碳带有部分正电荷，使邻近的羟基中氢氧原子间的电子云更加显著地向氧原子方面转移，而且受羰基中碳氧键吸引作用，使得羟基中氧原子的电子偏向羰基一边，使 $-\text{OH}$ 中氧与氢的吸引减弱，有利于羧酸形成 $\text{R}-\text{COO}^-$ ，放出 H^+ 离子。因此羧酸的酸性比苯酚强。例如乙酸能使石蕊试纸变红，并能与 NaHCO_3 作用，放出 CO_2 ：



但是乙酸同强酸比起来，它的酸性还是比较弱的。同所有弱酸一样，它与强碱生成的盐类，在水溶液中发生显著水解，使溶液呈碱性。



胺类与前面几种物质不同，它们是具有碱性的化合物。胺类之所以呈碱性是由于胺的氮原子上有一未成键的电子对容易与质子 H^+ 结合，使水中氢氧离子浓度增加，从而使溶液呈碱性：



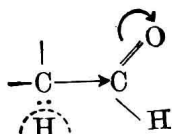
当与酸作用时,反应如下:



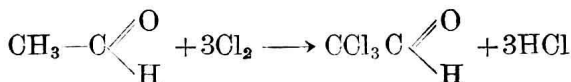
工业上常利用胺类具有碱性,能与强酸形成盐类,并溶解于水而不溶于有机溶剂的性质,将胺类与其他物质分开。

三、烃类衍生物的取代反应

在醛类分子中,与羰基直接相连的碳原子上的氢,叫做 α -H。它由于受羰基的影响而变得活泼,容易被取代。



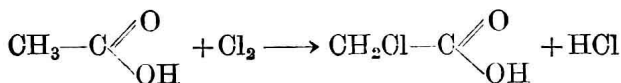
例如乙醛与氯作用,乙醛分子的 α -H 就逐渐被取代,最后生成三氯乙醛:

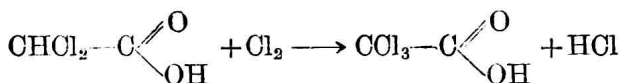
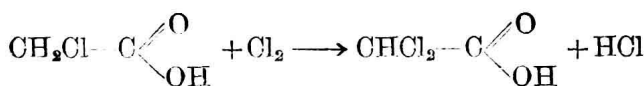


三氯乙醛是制造农药“敌百虫”、“滴滴涕”的原料。

同样,羧酸分子的 α -H 也比较活泼,容易被取代。

例如乙酸与氯作用时发生下列反应:





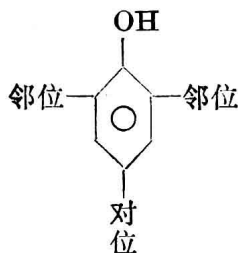
在以上生成物中，由于氯原子对电子的吸引力比碳原子大，使氯原子与碳原子之间的电子云偏向氯，这样就进一步减弱羟基中氢氧原子间的吸引，加大酸的电离度。所以乙酸分子中 α -H 被氯元素取代越多，则生成物的酸性就越强。这是量变引起质变规律的又一具体体现。可以设想，如果乙酸分子中 α -H 被氟原子所取代，由于氟原子对电子的吸引力比氯原子更强，生成物的电离度将更进一步增大；反之，如果 α -H 被溴或碘原子所取代，则生成物的电离度将比被氯所取代的小。事实上也正是这样。参见下表 3-1。

表 3-1 乙酸及其卤化物的电离度对照表

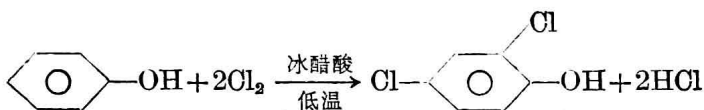
名 称	分 子 式	$10^5 \cdot K_a(25^\circ\text{C})^*$
乙 酸	CH_3COOH	1.8
一 碘 乙 酸	CH_2ICOOH	75
一 溴 乙 酸	CH_2BrCOOH	138
一 氯 乙 酸	CH_2ClCOOH	155
一 氟 乙 酸	CH_2FCOOH	217
二 氯 乙 酸	CHCl_2COOH	5,140
三 氯 乙 酸	CCl_3COOH	121,000

* K_a 表示电离平衡常数， K_a 越大，电离度越大。

芳香烃衍生物的取代反应也是具有一定规律的。以苯酚为例来说明，在苯酚羟基中，O原子有一对孤对电子，其电子云轴与苯环平面垂直，而与苯环中六个碳原子的 p 电子云的轴互相平行，因此这对孤对电子与苯环上的大 π 键交盖形成包含有七个原子的大 π 键。在这大 π 键中，氧原子提供了两个电子，而苯环上每个碳原子则仍提供一个电子，其结果是使苯环更负一些（即电子云密度增大）。这种由于大 π 键的形成而产生的效应，称为共轭效应。另一方面，氧原子对电子的吸引作用超过碳原子，这又使苯环稍正一些。这种由于分子中原子间对价电子吸引作用不同而产生的效应，称为诱导效应。共轭效应与诱导效应对电子云分布都有影响，其结果要看两种效应的相对强弱而定。对苯酚而言，共轭效应超过诱导效应，其结果是使苯环带有更多的负电荷，使苯环活化，特别是在羟基的邻、对

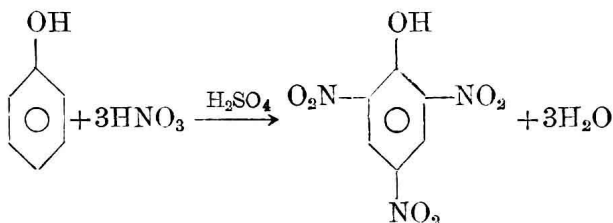


位上，容易受到正离子的进攻。例如，苯酚在冰醋酸溶液中，在低温下，即可与适量氯气反应，生成 2, 4-二氯苯酚：



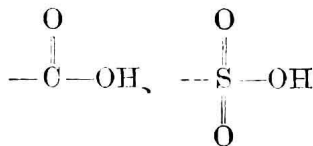
2, 4-二氯苯酚是制造农药除草醚的重要原料。

苯酚与硝酸、硫酸的混合酸反应生成三硝基苯酚：



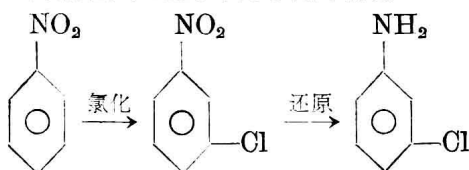
三硝基苯酚的酸性远比苯酚强得多，俗称苦味酸，是一种烈性的炸药。

通过以上讨论可知，凡取代基中与苯环相连的原子带有未共用的孤对电子，如 $\text{—}\ddot{\text{O}}\text{H}$ ， $\text{—}\ddot{\text{N}}\text{H}_2$ ， $\text{—}\ddot{\text{Cl}}:$ 等都能使第二个取代基主要进入它的邻、对位。这类取代基称为邻、对位定位基，或称第一类取代基， —CH_3 等烷基也属于这一类*。另一类取代基如 $\text{—N} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{smallmatrix}$ (式中价键符号 $\rightarrow$ 表示配位键，表示这里氮原子与氧原子中间共用电子对是由氮原子单方面供给的)，及



* 这里，烷基虽不与苯环上的大 π 键发生共轭效应，但烷基的诱导效应可使苯环负一些。

等,这些取代基中的 α 原子(即直接与苯环相连的原子)与 β 原子(即取代基中直接与 α 原子相连的原子)之间有一个双键,而 β 原子又都是吸电子能力很强的原子,虽然其中 α 、 β 原子的 π 键可与苯环大 π 键形成更大的大 π 键,但不同于苯酚中的氧原子单独提供二个孤对电子,而是其中八个 π 电子是分布在八个原子上,因而并不能使苯环更负。相反,由于氧原子吸电子能力较强,诱导效应使苯环更正,因而使苯环“钝化”,氯代、硝化反应较难进行,并且诱导效应通过共轭效应的传递,特别是在这类取代基的邻、对位上更难发生取代反应。这类取代基称为第二类取代基,当有第二个取代基进入苯环时,主要是进入到间位,故又称间位定位基(而且反应条件也困难些)。例如,硝基苯氯化时,得到间氯硝基苯,间氯硝基苯还原得间氯苯胺。



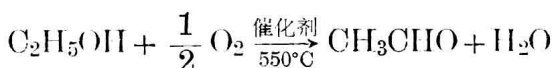
间氯苯胺是制造染料的原料。

第四节 烃类衍生物之间的相互转化

通过前面几节学习,我们知道,不仅烃类能向其衍生物转化,烃类衍生物之间也能够相互转化。例如醇

类、醛类和羧酸等均是烃类的氧化产物。这些化合物在一定条件下是能够相互转化的。以乙醛为例，乙醛除由乙烯直接氧化制得外，还可由乙醇氧化制得。

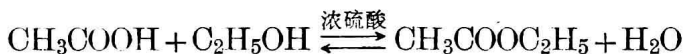
将乙醇(俗称酒精)的蒸汽和空气混合通过加热(550°C)的催化剂(浮石银和银丝网)，乙醇即被氧化而生成乙醛：



乙醛在催化剂(醋酸锰)存在下，又可被空气氧化为乙酸。从这些化合物相互间的关系可以看出，醇类是烃类的低级氧化产物，羧酸则为高级氧化产物，而醛类则介于二者之间。因此，醛类可以还原为醇，也可以氧化为酸。



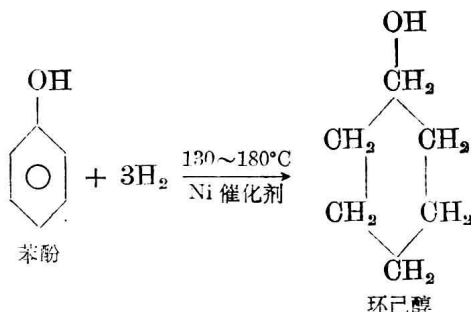
醇与酸反应可以转化为脂类。例如乙酸与乙醇在浓硫酸作用下发生酯化反应，生成乙酸乙酯。酯化反应是可逆反应：



反应生成的水会使酯重新水解为原来的酸和醇。为了提高产率，通常采取连续蒸出反应中生成的水或酯，以降低生成物的浓度等办法，使反应朝生成酯的方向进行。

在前面两章里，我们学过脂肪烃与芳香烃是可以

相互转化的。同脂肪烃与芳香烃之间的关系一样，脂肪烃的衍生物与芳香烃的衍生物在一定条件下，也是可以相互转化的。例如苯酚经过催化加氢生成环己醇：



环己醇是脂肪环烃的衍生物，它是制造锦纶—6的原料。

烃类衍生物的相互转化，表明了“矛盾着的对立的双方互相斗争的结果，无不在一定条件下互相转化。在这里，条件是重要的。没有一定的条件，斗争着的双方都不会转化。”这里温度、压力、催化剂就是条件。

学习这一章的目的，就是要利用这些化合物的固有矛盾，创造一定的条件，促使这些化合物发生转化，为社会主义革命和社会主义建设服务。

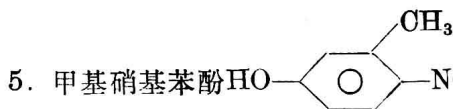
作 业

1. 从乙酸的分子结构说明乙酸为什么有酸性。为什么一氯乙酸的酸性比乙酸强？
2. 乙酸乙酯是由乙酸与乙醇作用制得。问工业上采取

什么措施来提高乙酸乙酯产率?

3. 乙醇与苯酚分子中都有羟基, 为什么苯酚呈酸性?

4. 工业上直接用丙烯氧化制得丙酮, 试写出反应方程式。



在生产杀螟松过程中, 需先使甲基硝基苯酚与 Na_2CO_3 作用, 生成钠盐。写出反应方程式, 并说明与苯酚不同之点。

6. 苯胺是制造染料和药剂的重要原料, 通常由硝基苯还原得到。问每制造一吨苯胺至少需要多少公斤硝基苯。

7. 根据以下各项事实: (1) 碳酸钠加入醋酸有 CO_2 气体逸出; (2) 醋酸钠加入磷酸, 发现有醋酸气味; (3) 在苯酚钠水溶液内通入 CO_2 , 得到苯酚。写出有关化学方程式, 并写出四种酸的强弱顺序。

8. 工业上常利用有机物不同性质将它们进行分离。今有苯酚、苯胺与甲苯三种有机物的混合物, 你怎样把它们分离?

9. 取食用醋 10 毫升, 加入酚酞试剂, 用 0.5 N NaOH 溶液滴定, 需 12.7 毫升。问醋内所含醋酸的百分数是多少 (醋酸比重为 1.049)?

第四章 有机农药

在 1958 年大跃进的年代里，伟大领袖毛主席总结了广大贫下中农的实践经验，提出了农业“八字宪法”，其中“保”字是指植物保护，保护农作物使不受或少受病、虫、杂草等危害。保护植物的方法很多，其中重要的一种就是利用农药进行防治。目前，在常用农药中，又以化学农药占大多数。化学农药由于原料丰富，可用化学方法大量合成，很有发展前途。特别是有机农药，品种很多，人们又可通过化学途径改变其结构，探索更好的品种，所以在化学农药中又以有机农药占主要地位。在我国，广大农药工人和干部、技术人员认真贯彻“以农业为基础、工业为主导”发展国民经济的方针，正在大力增产农药，为支援农业而努力奋战。我国石油化工的蓬勃发展，更为有机农药的生产和发展提供可靠的原料来源。

我国古代劳动人民在长期的生产实践中积累了丰富的防治病虫害的经验。但是在封建社会中，反动封建统治阶级的政治代表——儒家，执行一条复辟倒退的政治路线，他们贱农耕、轻技艺，鄙视劳动人民，使得

这些丰富的经验不能得到流传和发展。这些宝贵经验则受到执行革新前进的政治路线的法家的重视。例如，在北魏贾思勰所著《齐民要术》中记载了一个以牛羊骨的气味诱杀除虫的方法：“有蚁者，以牛羊骨带髓者，置瓜科左右，待蚁附，将弃之，弃二三则无蚁矣。”明末宋应星的《天工开物》中也有关于应用砒霜拌种以避免虫蚀的记载。

解放前，国民党反动派崇洋媚外，我国农药工业几乎是空白。解放后，特别是在1958年大跃进年代里，在毛主席革命路线指引下，在三面红旗的光辉照耀下，我国农药工业取得很大的成绩。例如在上海，从1958年就开始陆续大量生产敌百虫、敌敌畏、乐果、三硫磷、亚胺硫磷等。可是在文化大革命前，刘少奇一伙竭力推行修正主义路线，使得农药生产、科研一度停滞不前。伟大的无产阶级文化大革命摧毁了隐藏在党内的以刘少奇和林彪为头子的两个资产阶级司令部，批判了修正主义的企业路线和科研路线，使我国农药工业的生产和科研又获得迅速发展。例如上海农药厂的工人、干部和技术人员不但对老产品有机磷农药的工艺流程进行技术革新，使质量大大提高，产量成倍地增加，而且大力试制新的高效低毒品种，已取得很大的进展。他们还大力发展高效低毒的微生物农药，例如春雷霉素等。全国很多其他地区都在新建、扩建农药厂。我国

农药工业正呈现一片欣欣向荣的景象。随着批林批孔运动的深入发展和学习无产阶级专政理论热潮的兴起，我国农药的生产和科学研究正在取得更大的成就。

同时，我们要注意，农药虽是植保的有力工具，但要使农药充分发挥其作用，尽量避免有害的副作用，在使用中必须力求准确地掌握住病虫害发生和发展的规律，要熟悉本地区过去病虫害发生及植保工作的情况，要能针对实际情况，选准时机、选准品种、适当搭配、适量用药，并力求与其他农耕措施配合进行。要随时观察用药后果，采取相应的后续措施。这样，才能做到既有效又安全、节约地做好植保工作。

第一节 有机农药概述

一、分类及作用机理

有机农药有两种分类方法，一种是按照其防治对象分类，这主要分为杀虫剂、杀菌剂、除草剂和植物生长调节剂等四类。另一种是按照化学成分来分类，可分为有机磷、有机氮、有机氯、有机硫等。现在主要按第一种分类方法来介绍各类农药的作用机理。

(一) 杀虫剂

这是产量最大的一类农药。杀虫剂是能杀死昆虫

纲及蜘蛛纲蜱螨目害虫的农药。属于昆虫纲的害虫有蝗虫、螟虫等，属于蜱螨目的害虫有红蜘蛛等。（有些有机氯农药只能杀死某些有害昆虫，对螨无效，就称之为有机氯杀虫剂；另外一些只能杀螨，对昆虫无效，称之为有机氯杀螨剂。）

杀虫剂是怎样杀死害虫的呢？第一种方式是胃毒作用，当害虫把农药吃下去以后，就被毒死。这类杀虫剂就称做胃毒剂，例如敌百虫。第二种方式是触杀作用，当农药与昆虫皮肤接触后，溶入表皮的脂肪层，侵入体内，把虫毒死。这类杀虫剂称做触杀剂，例如亚胺硫磷。第三种方式是熏蒸作用。有些农药易于气化，通过虫体上的气孔进入体内，把害虫杀死，这些农药称做熏蒸剂，例如敌敌畏。第四种方式是内吸作用，有些农药，当被喷洒在植物表面上时，能被吸入到植物体内，随同植物体内汁液传递到其他部分去，有的还在植物体内酶的作用下变为更毒的物质。吮吸植物液汁的害虫，如蚜虫、红蜘蛛等最易被这种内吸剂杀死，例如乐果。也有的农药兼具两种或多种作用方式，例如敌敌畏就兼具胃毒、触杀和熏蒸作用；乐果兼具触杀和内吸作用。

（二）杀菌剂

有些植物的病害是由真菌、细菌或病毒引起的，例如麦类锈病、禾谷黑穗病、甘薯黑斑病、水稻纹枯病（以

上主要由真菌引起)、水稻白叶枯病(由细菌引起)、水稻矮缩病(由病毒引起)。能杀死这类病源的称做杀菌剂。最早使用的是一些无机杀菌剂,其中硫酸铜、硫磺等由于效果良好,仍在广泛使用。过去也常使用有机硫杀菌剂,最近则有新发展的有机磷杀菌剂,例如稻瘟净等。有机硫杀菌剂多半只能起预防作用,称做保护剂。它们不能被植物吸入体内,所以在植物发病以后,它们不能治疗。这些药剂都是制成不溶性的形式,涂在植物表面上,防止真菌等侵入,或用于拌种,供种子消毒用。施药期必需在发病以前。有机磷杀菌剂则能靠植物的内吸作用杀菌(与杀虫剂被植物吸入体内的情况相似),在植物发病之后能起治疗作用。

(三)除草剂和植物生长调节剂

目前广泛使用的除草剂是一些有选择性的除草剂,能杀死某些杂草,但不影响农作物,能使草死、禾苗壮。有些除草剂是触杀性的,例如除草醚,它的杀草范围很广,但也有一定的选择性。它的触杀作用主要是在杂草萌芽阶段,人们可以在农作物已脱离幼苗期使用,例如,在移栽水稻返青以后使用,或在农作物芽前五天到十天使用,(最好先泡田诱发杂草使萌芽)。有些除草剂是有内吸传导作用的激素型除草剂,例如2,4-滴,它会被双子叶杂草的根茎叶吸收,通过植物的液汁的传导作用进入各个器官,使细胞发生过快的

分裂，却使根的生长受到抑制，使其吸收养分和水分的
能力差，这样就使植物体内新陈代谢和生长发育的正
常状态受到破坏，以致使该类植物死亡。而它对禾本
科单子叶作物(如水稻、小麦、谷子等)的毒性很小。因
此，可用它有效地除去这些作物田中的杂草。但稗草
等单子叶杂草它不能除去。对双子叶作物，如大豆、油
菜、果树等农田则不可用它。

象 2, 4-滴这种类型的除草剂也是一种植物生长
调节剂，如使用得当，例如用其微量施在水稻上，能使
水稻茎生长粗壮，抑制无效分蘖，使水稻增产早熟；用
其微量施在瓜果上，可使其生长得快，生长得大，达到
早熟增产的目的。

二、剂 型

在农药厂合成所得产品通称为“原油”或原药。原
药必须经过加工，加上助剂、稀释剂或填充剂调制后才
能供给农业上使用。例如乐果，通常是使原药溶于适
量苯中，加入适量的乳化剂^{*}，使最后的混合物含乐果
原油 42~44%，乳化剂 10%。这种剂型称之为乳剂。

^{*} 乳化剂是这样一类物质，它的分子两端结构不同，一端为比较
大的烃基，能溶于有机物，例如某些液态有机农药或有机溶媒，另一端为羧
基、磺基或其他易溶于水的基团。这种分子可起媒介作用把农药的小液
滴比较稳定地悬浮在水中。日常生活中常用的洗涤粉就以这类物质作
为主要成分。

这种乳剂当用大量水(例如用 1000 倍水)稀释并充分搅拌后,乳化剂能使原药溶液分散成极小的油滴,均匀地分布于水中,在喷药期内不至分离出来。喷洒时,容易均匀地散布于施药范围内,不至产生多少不均因而造成药害或药力不足的现象。这种乳剂并且容易在作物和害虫、杂草上展布和粘附,且容易渗进其体内,可提高其药效。乳剂是目前农药中最常用的剂型。

有些不溶于水的固体农药原药,常将其研磨成细粉,并加入一些润湿剂,如皂角、茶籽饼、纸浆废液等制成含有效成分 6~8% 的可湿性粉剂。当加大量水时,其中润湿剂(其分子结构与乳化剂相仿)可使原药细粉比较稳定地悬浮于水中,可用喷雾器喷洒。六六六就常制成可湿性粉剂。有时对六六六原药等加入一些陶土、滑石粉等一同研细,制成含原药 1~5% 的粉剂,可用人工或喷粉器撒施。

三、农药的发展方向

为要更好地发展农业生产,大力研制新农药,是个重要的课题。研制的方向主要为合成成本低、使用方便而又高效低毒、无残留毒性积累的新农药。所谓“高效”是指杀死害虫的效力很高而言。对于农药的药效还必须从其残效期及抗药性这两个方面来看。所谓“残效期”是指施药后,药效能够延续的时期而言。对

蔬菜、桑树等作物要选用残效期短的农药。对其他作物一般选用残效期几天到十几天的农药。但如农药太稳定,例如二二三残效期半月到半年,虽可杀虫,但对食用农作物的人、畜有害,又如六六六,残效期虽不很长,但在人畜体内要积累起来,这种农药不宜长期使用。所谓“抗药性”是指某一杀虫剂在某一地区长期使用后,害虫对它产生的抵抗能力而言。在抗药性出现后,如继续施用同一农药,要用更大剂量,才可把害虫杀死。抗药性严重的,甚至可使这一农药失效。对一种农药产生了抗药性的害虫,往往对结构相近的农药也有抗药性。这个现象是一种“交叉抗性”。例如害虫对二二三(滴滴涕)和六六六就有交叉抗性。为要解决抗药性问题,最可靠的办法是更换不同的、在化学结构上有较大差别的品种。在某一地区停止使用某一农药几年或十几年后,害虫对它的抗性就显著减弱或消失,就可再用它。因此,知道农药的化学结构,对解决抗药性问题是有一定帮助的。

所谓“低毒”,是指对人、畜、鱼等毒性低而言。为便于比较,常用致死中量(用 LD_{50} 表示),或用致死中浓度(用 LC_{50} 表示),衡量农药的毒性。选用饲养条件相同、个体发育相近的动物(常用小白鼠),以几十个为一组,各施以不同的药量,其中如有一组半数死亡,则对这组所施药量称为致死中量,用毫克/公斤体重表

示。如果是给动物吃进去的，称之为经口的 LD_{50} 。如果是涂于动物表皮之上的，称之为经皮 LD_{50} 。

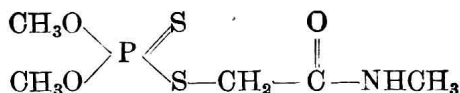
习惯上对 LD_{50} 在 1 毫克/公斤体重以下的称之为特剧农药； LD_{50} 在 1~50 毫克/公斤体重的称之为剧毒农药；在 50~100 之间的为高毒农药；在 100~500 之间的为中毒农药；在 500~5000 之间的为低毒农药；大于 5000 的为微毒农药。使用特剧和剧毒农药要采取严密措施以防中毒。使用高毒及中毒农药也要采取安全措施，尽量不使入口或接触皮肤。

目前，我国农药工作者正在试制多种多样的高效低毒、无残留毒性的新型有机农药。

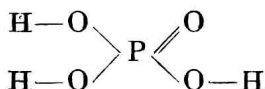
第二节 杀虫剂的生产及性质

本节主要通过乐果的生产，分析有机磷杀虫剂生产中经常应用的化学反应中“化分”“化合”矛盾运动的情况，阐明这些反应所需条件。同时认识有机磷杀虫剂的基本结构。目的是使我们能更好地了解它、掌握它、使用它。

乐果是我国工人阶级在 1960 年试制成功的。目前已在全国很多地区大批生产。它具有高效低毒、无残留毒性、杀虫范围广、使用方便等特点，它的结构式是：



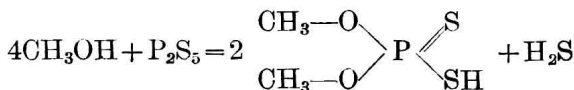
可看成为磷酸



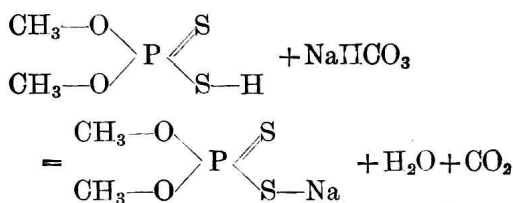
的衍生物，其中有两个氢原子被甲基 CH_3 所取代，有两个氧原子被硫原子所取代，又有一个氢原子被甲氨基甲酰甲基 $-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NHCH}_3$ 所取代，所以乐果的化学名称就叫做 O, O-二甲基-S-甲氨基甲酰甲基-二硫代磷酸酯。基团 $-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NHCH}_3$ 为什么叫做甲氨基甲酰甲基呢？因为它可看成为一个甲基，其中一个氢原子被甲氨基甲酰基 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NHCH}_3$ 所取代。而 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NHCH}_3$ 又可看成为由甲酰基 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ 衍生而成，其中 H 原子被甲氨基 $-\text{NHCH}_3$ 所取代。

一、乐果生产的主要步骤

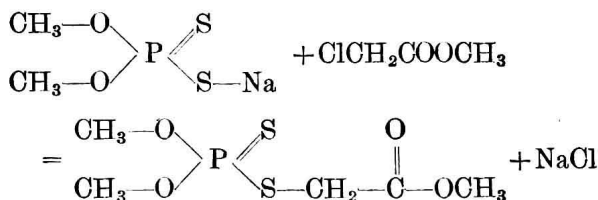
1. 用甲醇与五硫化二磷反应生成 O, O-二甲基二硫代磷酸，简称为硫化物。



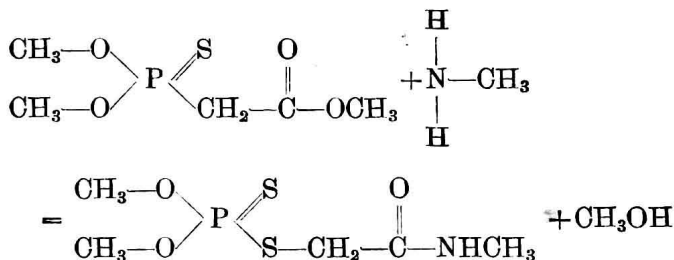
再使硫化物与碳酸氢钠反应生成 O, O-二甲基二硫代磷酸钠, 简称为硫化物钠盐:



2. 用氯乙酸甲酯 $\text{ClCH}_2\text{COOCH}_3$ 与硫化物钠盐反应生成 O, O-二甲基 -S- (甲氧基甲酰甲基) 二硫代磷酸酯, 简称为硫磷酯。



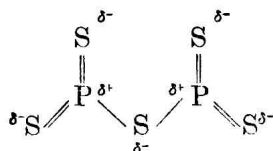
3. 使硫磷酯甲胺化生成乐果。



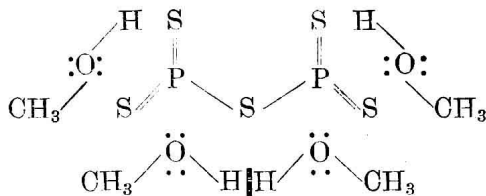
现试分别把其中三个主要反应加以分析, 说明其所需反应条件:

1. 甲醇与五硫化二磷反应生成硫化物: 甲醇分子

中 —O—H 键是一个强极性键，其中氧原子还有两对未与其他原子共用的孤对电子 $\text{CH}_3\text{—}\overset{\delta-}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}\text{—}\overset{\delta+}{\text{H}}$ 。五硫化二磷分子中 P 与 S 间化学键是个弱极性键，P 带有一些正电荷，S 带有一些负电荷：



当甲醇分子与 P_2S_5 分子相互接近时，甲醇分子可以 O 原子上的一对孤对电子与 P 原子靠拢，而 H 原子则与 S 原子靠拢：



当 O 与 P 相互接近时，由于 P、O 间有强烈的相互结合的倾向（这可由白磷极易在空气中自燃看出），O 原子的那对孤对电子就被带有正电荷的 P 原子吸引过去，在 O 与 P 间形成一个新的化学键。这同时使得 O 原子稍正一些（因为它拿出一对电子与 P 共用），使它把 —O—H 中一对成键电子更吸向自己，削弱了 —O—H 键，使 H 更易被带负电荷的 S 吸引过去。又因为 P 在接受了来自 O 的一对电子之后就显得负一些，就把 P

与 S 间的成键电子对推向硫原子，这也有利于 S 与 H 相结合。所以反应的结果是： $\text{CH}_3\text{—O—}$ 基与磷原子结合起来，而 S 则与 H 结合起来，就发生了生成硫化物分子及硫化氢分子的反应。

根据这一分析可知这个反应有下列三个特点：

(1) 这个反应的活化能很小。这是因为 $\text{CH}_3\text{—O—H}$ 与 P_2S_5 都是极性分子，在相互碰撞过程中分子的极性又被增强，使异性电荷间有产生强烈的相互吸引作用，所以这个反应所受到的阻力很小，因而它的活化能很小。在 30°C 左右的温度下把甲醇滴加到 P_2S_5 上去并加适当搅拌，反应就可迅速进行。

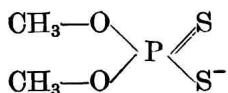
(2) 这个反应是强放热反应。这是因为新生成的 P 与 O 之间的化学键很强，其键能远超过被拆开的 P 与 S 之间的化学键，而 H—S 的键能与 H—O 相差不是很大。

(3) 这是一个有大量的有毒气体硫化氢放出的反应。

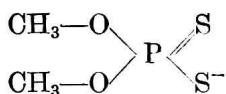
根据这些特点，这个反应通常是在一个备有夹套的反应锅里进行的，夹套内可通冷水，移走反应所放热量，使反应锅内温度保持在 $50\sim 55^\circ\text{C}$ 之间。此反应锅应备有搅拌器，要始终在搅拌良好的条件下有控制地滴加甲醇到小片状五硫化二磷上去。反应生成的硫化氢从逸出管逸出，用氢氧化钠溶液吸收，生成硫化钠溶

液供造纸厂及印染厂使用。被硫化氢气体带出来的甲醇则用冷凝器使它冷凝下来流回反应锅。此外，在反应锅周围应隔以防爆墙以防万一。

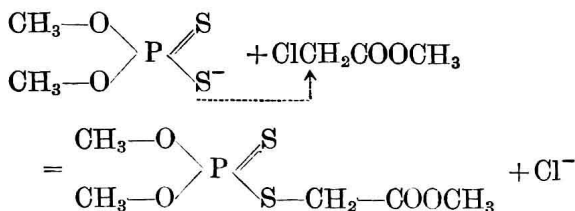
2. 硫化物钠盐与一氯醋酸甲酯反应生成硫磷酯：这个反应实际上是



离子与 $\text{ClCH}_2\text{COOCH}_3$ 分子之间的反应，由于后者 CH_2 基中碳原子（称为 α 碳原子）一方面受 Cl 的影响，另一方面受 $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—OCH}_3 \end{array}$ 基的影响，带有一些正电荷，这就有利于

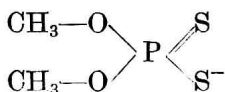


离子与它化合。当这个负离子以足够大的动能与 $\text{Cl—CH}_2\text{—COOCH}_3$ 分子中 α 碳原子相碰时，生成硫磷酯分子：



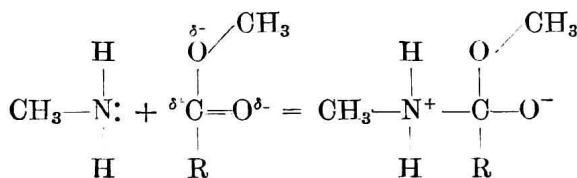
这个反应所要克服的阻力也很小，在 $50\sim 55^\circ\text{C}$ 之间就可很快地进行。这个反应又是有离子参加的反应，在

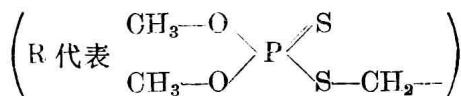
水溶液中进行较好。但由于 Cl^- 也可以相仿的方式与硫磷酯分子发生反应，使反应逆向进行，所以这个反应是一个可逆反应。为使反应尽可能完全些，所用 $\text{ClCH}_2\text{COOCH}_3$ 应有过量。实际生产上所用硫化物钠盐与氯乙酸甲酯的克分子比为 1:1.5(过量的氯乙酸甲酯可以回收再用)。在反应进行时由于所用氯乙酸甲酯往往夹带有少量氯乙酸，使溶液呈酸性，



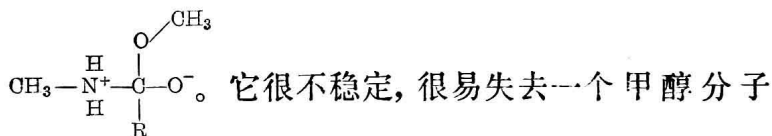
离子就要与 H^+ 结合，使离子浓度降低，这不利于正反应的进行，所以要随时用 NaHCO_3 调节反应混合物的 pH 在 6~7 之间。反应所得粗硫磷酯在蒸馏锅中进行减压蒸馏，蒸出过量的氯乙酸甲酯回收再用。

3. 硫磷酯甲胺化生成产品乐果：这个反应主要是利用 CH_3NH_2 分子中 N 的一对孤对电子与硫磷酯分子中甲羧基 $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OCH}_3 \end{array}$ 中羧基碳原子(与两个氧原子相连，带有正电荷)相结合：

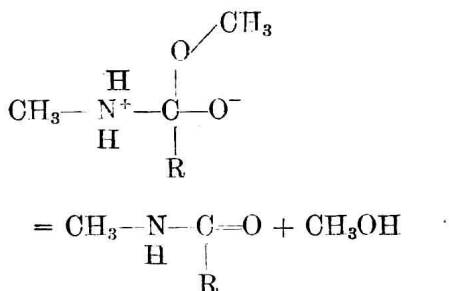




在这反应中, C—O 中的 π 键被打开, 形成一个中间产物



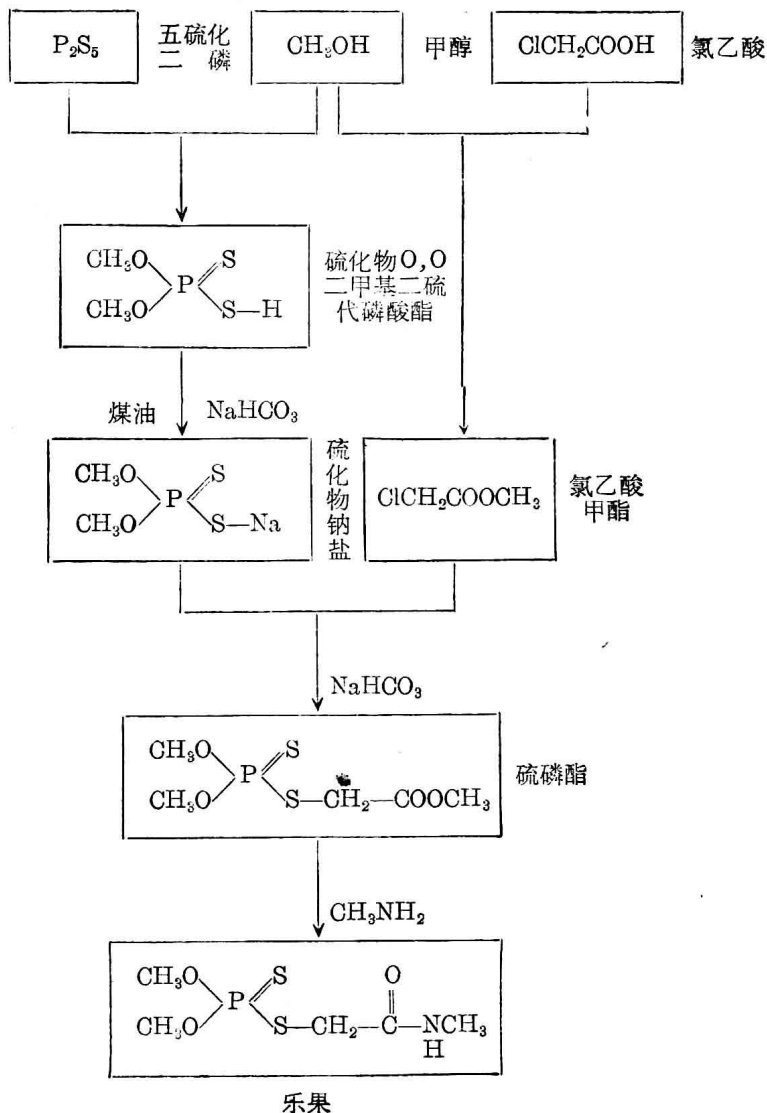
转变为乐果分子:



这个反应所要克服的阻力也很小, 在 0°C 以下即可迅速进行。由于这个反应也是可逆反应, 所用 CH_3NH_2 要过量一些, 通常控制过量 20~30% 左右。在反应时, 温度不宜升高到 0°C 以上, 以减少副反应发生。

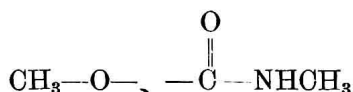
乐果原油通常加工成乳剂, 其中含原油 42~44%, 乳化剂 10%, 其余为苯。所含水分应小于 0.5%。由于乐果具有高效低毒的优良性能, 所以人们大力试制在结构上和它相似的化合物作为农药, 和乐果同类型的品种(如益果, 茂果等)迅速发展起来。

乐果生产简单流程



二、乐果的性质及使用时应注意之点

乐果是个有机化合物,其分子中没有强亲水(即很易溶于水)的基团,只有一般的极性基团,所以在水中溶解度不大,只有3%。它的分子中有强的亲油(即很易溶于有机物)的基团



等,所以它在脂肪中很易溶解,它很容易通过害虫皮肤溶入皮下脂肪进入害虫体内,把它杀死,也易被植物吸入体内,所以它兼具触杀和内吸杀虫效能。此外它也是一个胃毒剂。

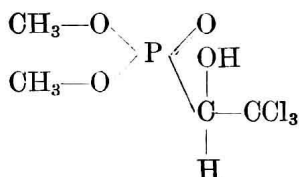
乐果分子中 P—S 键及 C—N 键都易在碱的作用下被水解,所以它不能与碱性物质相遇。在有水存在的情况下,这些键也会慢慢地被水解,所以在贮藏时要避免让水分进去。乐果分子的这种不稳定性又有它有利的一面,它没有残留毒性。

乐果的分子量很大,达 229.3,不易挥发,因而它没有熏蒸作用。乐果是一种中毒农药,只要注意不吃入口内,并不让药液长时间浸湿皮肤,就不致造成中毒事故。在瓜果蔬菜上施用后,一周后才可采摘。使用时要把乳剂冲稀到 1000 到 1500 倍喷洒。

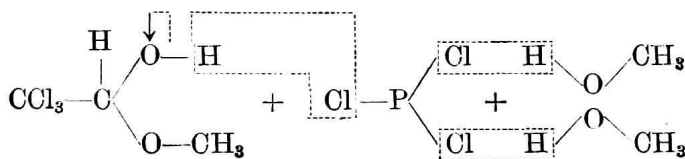
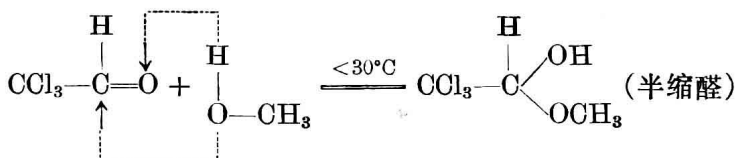
三、其他常用杀虫剂

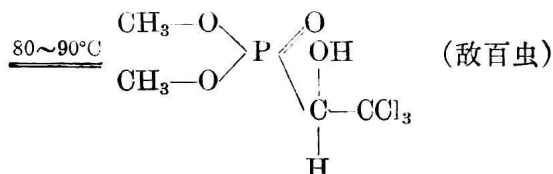
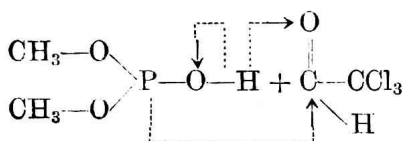
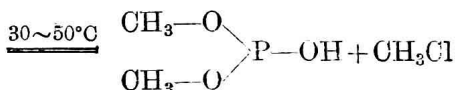
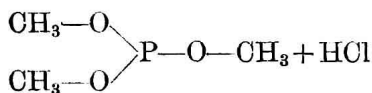
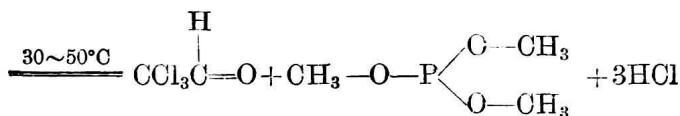
(一) 敌百虫和敌敌畏

敌百虫是我国工人阶级于 1958 年大跃进年代里试制成功的第一种高效低毒有机磷农药。它的结构式是



学名叫做 O, O-二甲基-(2, 2, 2-三氯-1-羟基乙基)-磷酸酯。(这里叫做磷酸酯而不叫磷酸酯是因为 2, 2, 2-三氯-1-羟基乙基不是通过 O 与 P 原子相连, 而是取代了磷酸分子中的一个 O—H 基直接与 P 相连, 这样形成的化合物称做磷酸或其衍生物。) 它是以三氯化磷、甲醇及三氯乙醛作为原料通过下面的反应制得的:

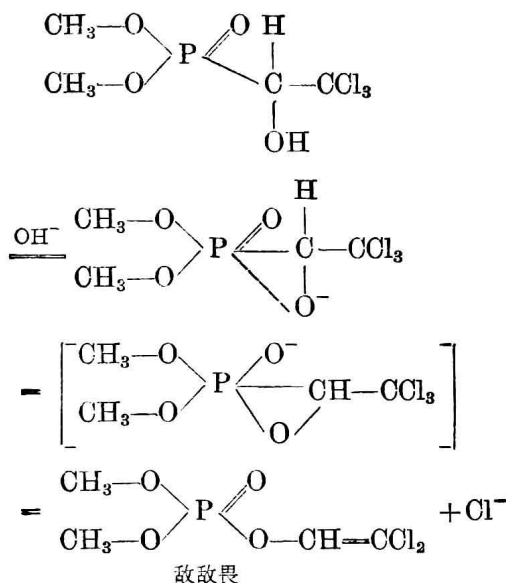




在文化大革命中，上海农药厂工人、干部、技术人员不断地进行技术革新。他们在实践中认真分析这些反应中的矛盾，并根据这种分析胜利地实现了连续化生产的流程，不但使劳动生产率大幅度提高、厂房占地面积大幅度下降，而且使产品质量提高，产量成倍增加，有效地支援了农业生产。

敌百虫是高效低毒、无残留毒性的杀虫剂，是白色结晶。它的分子中有一个强亲水基团—OH，故易溶于水(13~15%)，也可溶于某些有机溶媒。它的分子中

P—C 键不很牢固，遇碱易发生反应，生成难溶于水而毒性更高的敌敌畏：



敌百虫是一个很好的胃毒剂，也具有一定的触杀和熏蒸作用，可杀死多种害虫及其幼虫。除对高粱有害外，对其他农作物都可用。畜牧业中，可用稀释成200倍的水溶液洗刷防治牛、羊、猪等的体外寄生虫。其精制品(用少量甲醇的水溶液重结晶)可供口服或皮下注射以杀死体内寄生虫。

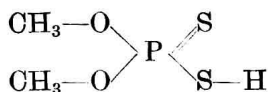
敌百虫与适量的 NaOH 反应可得敌敌畏，学名叫 O, O-二甲基-(1, 1-二氯乙烯基)-磷酸酯。原油是淡黄色液体，易溶于有机溶媒。在水中溶解度仅及1%

(20℃)。在有机磷农药中它是比较容易挥发的一种(20℃时它的饱和蒸汽压为0.1 mmHg)。它具有胃毒、触杀和熏蒸作用。常用于卫生方面除蚊蝇、蟑螂等害虫,也用于除仓库害虫及经济作物害虫。

敌敌畏遇过量碱可进一步发生水解,生成无毒化合物。所以敌百虫和敌敌畏都没有残留毒性。

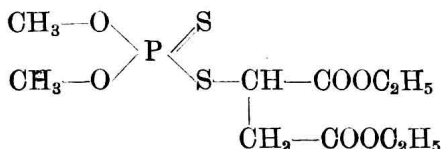
(二)其他种有机磷杀虫剂

从生产乐果所用中间产物

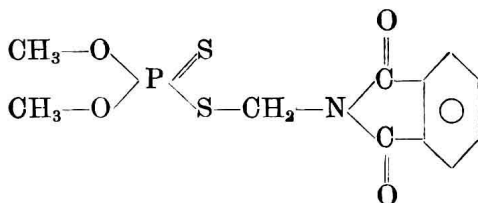


出发,还可生产其他种杀虫剂,例如:

马拉硫磷



亚胺硫磷

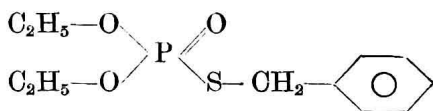


等。它们都有杀虫效率高、毒性低、无残留毒性等优点,我国现在已有大量生产。

第三节 杀菌剂稻瘟净的工业 生产及其性质

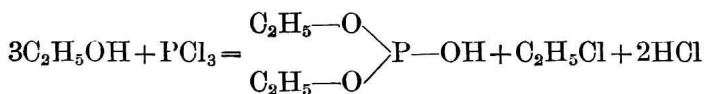
稻瘟净是我国工人阶级在无产阶级文化大革命中于 1968 年试制成功的。它是目前我国最常用的一种有内吸作用的有机磷杀菌剂，对防治稻瘟病有很好的效果，对人畜毒性较低，而且没有残留毒性。以往，人们是用赛力散、西力生等有机汞农药防治稻瘟病等病害的。这些含汞农药对人畜有剧毒。目前，我国已用稻瘟净及其他杀菌剂代替。这充分体现党和国家对劳动人民无微不至的关怀。

稻瘟净的结构式是

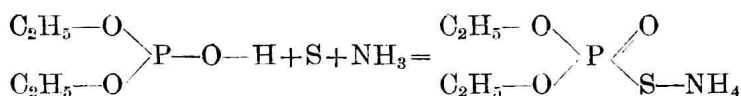


化学名称是 O, O-二乙基-S-苄基硫代磷酸酯(苄读音为卞)。它是用乙醇、三氯化磷、硫磺粉、液氨及氯化苄作为原料生产的。生产过程主要分成下列几个步骤：

1. 使乙醇与三氯化磷反应生成亚磷酸二乙酯：

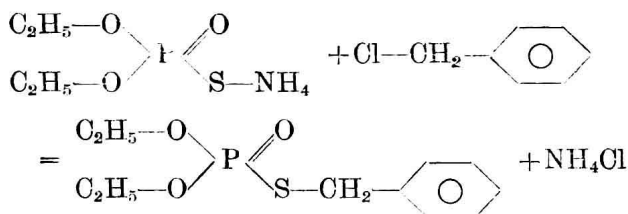


2. 使亚磷酸二乙酯用硫磺在有氨存在下氧化：



产物为 O, O-二乙基硫代磷酸铵。

3. 使 O, O-二乙基硫代磷酸铵与氯化苄反应生成稻瘟净:



其中第一步是个关键。因为亚磷酸二乙酯质量好坏对下几步反应有很大影响。在这一步中有 HCl 生成, HCl 能与亚磷酸二乙酯反应生成亚磷酸乙酯, 甚或再生成亚磷酸。这不但使后面步骤中得率降低, 而且生成难以除去的杂质, 使产品质量降低。在国外是用冷冻法, 即把反应混合物的温度降低到 -20°C 以下, 以防止 HCl 与亚磷酸二乙酯反应。但这样不但要有冷冻设备而且使反应速度变慢, 并且又是间歇生产, 因此生产效率低。上海农药厂工人、干部、技术人员在实践中认真地分析了这个问题, 发现亚磷酸二乙酯本身是耐一定高温的, 关键在于要迅速排除 HCl。他们破除迷信, 打破洋框框, 彻底变革生产路线, 变冷冻为升温, 使反应在 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 条件下进行。同时采取减压

(550 mm Hg) 的措施, 使反应生成的 HCl 迅速离开反应混合物而被排去。从而使反应连续进行。这里升温有两重作用: 第一, 使反应速度加快; 第二, 减小 HCl 在反应混合物中的溶解度, 便于在减压条件下迅速排除 HCl, 有效地防止 $\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_5-\text{O} \\ \diagup \\ \text{P}-\text{OH} \\ \diagdown \\ \text{C}_2\text{H}_5-\text{O} \end{array}$ 与 HCl 反应。这样就可革掉冷冻设备, 提高生产速度, 不但使厂房占地面积大大缩小、设备大大简化、成本大大降低, 而且使产品质量提高, 产量提高几倍。

当生成亚磷酸二乙酯后, 再使其减压 (650~700 mm Hg) 下, 在 100°C 时, 用薄膜蒸发器脱去残存的 HCl 及 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ 等。

要实现第二步反应, 主要是要创设碱性条件, 使亚磷酸二乙酯被硫磺粉氧化。过去是用碳酸钠作为碱性组分的。这样, 在第三步反应中就要生成大量含 NaCl 的废水难以处理, 而且碳酸钠用途很广, 很多其他化工原料的生产都要用到它, 价格也较贵。现上海农药厂采用氨代替碳酸钠。他们把亚磷酸二乙酯与适量硫磺粉及甲苯(作溶剂用)放在反应锅中, 加温到 85°C, 把液氨气化, 在搅拌条件下通入反应锅, 这样, 亚磷酸二乙酯就被硫磺粉氧化为 O, O-二乙基硫代磷酸铵。

第三步是紧接着第二步在同一反应锅内完成的。当第二步完成后, 就在 95~100°C 条件下慢慢加入氯化苄, O, O-二乙基硫代磷酸铵就与氯化苄起缩合反

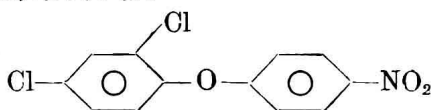
应生成稻瘟净。反应后加水搅拌，静置分层后，取油层，于减压 (550 mm Hg) 及 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 条件下脱去甲苯，同时甲苯就把其中残存的水分带走，得到稻瘟净原油。水层内主要含氯化铵及一些稻瘟净，既是化肥又是农药，很受贫下中农欢迎。这就把废水消灭于生产过程之中。

稻瘟净在水中溶解度很小，通常是调制成乳剂，其中含有效成分 40~42% 及 12% 乳化剂，其余为甲苯。在使用时要把乳剂冲稀 500 倍到 800 倍使用。

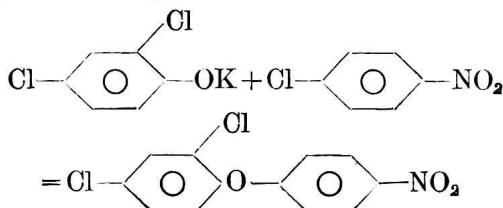
现在人们又在试制异稻瘟净，即是用异丙醇代替乙醇。异稻瘟净防治稻瘟病比稻瘟净更好。

第四节 除草醚的工业生产及性质

除草醚的结构式为



化学名称叫做 2, 4-二氯-4'-硝基二苯醚。它是由二氯苯酚的钾盐与对硝基氯苯缩合制成：



除草醚是一种杀草范围广、具有触杀作用的除草剂。它有一定的选择性。其除草作用与日光关系很大，在黑暗中没有除草能力。通常对水稻田来说，每亩用量约为 0.8~1.2 市斤 25% 可湿性粉剂。施药时使与 30~40 倍细土均匀混合，配成药土，然后把药土均匀地撒布到田间，使表土形成药物处理层。对秧田要在播种前 4 天左右施药，对稻田要在插秧后 4~7 天施药。同时田间管理要与之配合，保持田内水层 1~2 寸，施药后 7~10 天不排水、不灌水、不践踏，保证药效。

旱地在播种后出芽前能安全用药，因为幼苗出土时顶去了药土层，生长点有子叶保护，不与药层接触，不会受害。每亩用药约为 1 斤 25% 可湿性粉剂，拌入 100~120 斤水，用喷雾器喷洒。同时 7~10 天不翻动土壤。如须在作物生长期用喷雾法，应使喷头距地面 1~2 寸，喷压宜小些，使药液均匀地喷洒在地面和杂草上，切勿让药液飞溅到作物茎叶上。除草醚分子内没有强亲水基，不易溶解于水，在土壤中移动性小，在土壤中残效期约 20 天。

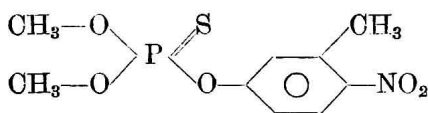
第五节 新农药介绍

为了更有效地防治病虫害，我国广大农药工作者

正在试制更多更好的新农药支援农业，现简单介绍几种如下：

一、杀 螟 松

杀螟松的结构式是



化学名称是 O, O-二甲基-O'-对硝基间甲苯基硫代磷酸酯。它是一个浅黄色、难溶于水的油状液体，是中毒农药。残效期比较长，可达十周左右，但残留毒性很小。除可用于杀螟虫外，对危害大豆、棉花、果树、蔬菜、茶树等多种害虫都能防治。也可用于消灭苍蝇、蚊子等。它主要以 50% 乳剂的形式供农用。施用时每斤 50% 乳剂加水 1000~2000 斤，每亩施用这种稀液 150~200 斤左右。

二、有机氮农药

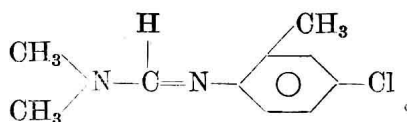
我国农药工作者现在正在研究试制有机氮农药，例如杀虫脒、西维因、纹枯利等。这是一类新型农药。

(一) 杀虫脒

脒类化合物可看成为羧酸 $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ 的衍生物，其

中—OH 基被氨基—NH₂ 所取代，=O 被亚氨基—NH 所取代，其通式是 $\text{R}-\overset{\text{NH}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{NH}_2$ 。

由甲酸衍生成的脘 $\text{H}-\overset{\text{NH}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{NH}_2$ 则称之为甲脘。杀虫脘是甲脘的衍生物，氨基的两个氢原子被甲基取代，亚氨基的氢原子被 2-甲基-4-氯-苯基所取代。它的结构式是

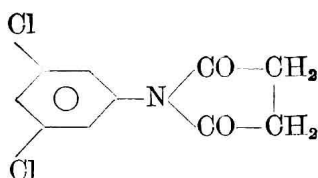


化学名称叫做 N-(2-甲基-4-氯苯基)-N,N'-二甲基甲脘。

通常把杀虫脘做成盐酸盐的形式。这种盐酸盐是白色结晶，易溶于水、甲醇，难溶于其他有机溶剂。常把它做成 25% 或 50% 的水溶液供应农用。一般每亩用原药 1~1.5 两稀释 2000 倍以上喷雾。经过多次在广东、浙江、江苏、上海等地进行大田试验，证明它具有高效、低毒、有内吸作用、残效期长等优点。适用于水稻、棉花、果树等多种作物，能防治螟虫、稻纵卷叶虫、棉红铃虫、红蜘蛛、稻苞虫、斜纹夜蛾、菜蛾、菜青虫等多种害虫。

(二) 纹枯利

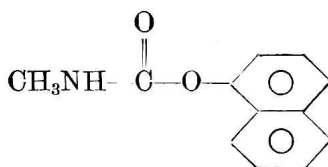
纹枯利的结构式是



化学名称是 N-(3,5 二氯苯基)-丁二酰亚胺。原药是白色鳞状结晶，微溶于水，易溶于丙酮、环己烷等有机溶剂。它对水稻纹枯病、稻瘟病、胡麻叶斑病及蔬菜、花卉等一些病害有良好疗效。我国农药工作者又发现它对油菜菌核病也有良好的疗效。一般做成 40% 粉剂，每亩用粉剂二两左右，稀释 2000 倍施用。

(三) 氨基甲酸酯类杀虫剂

氨基甲酸可看成是甲酸分子中 H 被氨基取代而形成的： $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}^\circ$ 。用作农药的氨基甲酸酯中的氨基氢原子有一个已被甲基取代。通常做成萘酚酯或氯酚酯等。例如西维因就是甲氨基甲酸 α -萘酯：



原药是白色结晶，微溶于水，易溶于有机溶剂。它是一个广效性触杀剂，兼具胃毒作用，残效期较为持久，是低毒农药，在体内无积累毒性。它的用途很广泛，水稻叶蝉、飞虱、大豆食心虫都可用它防治。也是防治棉花、

果树、茶树、蔬菜等作物主要害虫的较好的杀虫剂。常以 25% 可湿性粉剂供农用，施用时应视防治对象稀释 150 到 1000 倍喷洒。每亩施用原药半斤左右。

三、抗菌素农药

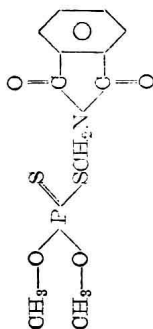
抗菌素农药例如春雷霉素、多氧霉素等，是一类新型的微生物农药。它的特点是对人畜几乎无毒，而在防治稻瘟病等方面却有很好的效果。是很有希望的一类农药。

春雷霉素是由中国科学院微生物研究所从江西土壤中分离得到的一种小金色放线菌所产生的一种抗菌物质。不但农用效果很好，在医药方面能防治绿脓杆菌的感染。这一成就是我国微生物战线上的一个胜利。现上海农药厂等厂已在大批生产。农药工作者正在探索其他种抗菌素农药。

表 4-1 一些农药的性能、使用方法及注意事项

农药名称及化学结构	主要性能	使用方法 (供参考用)	注意事项
乐果 $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{O}-\text{P}(\text{S})-\text{O}-\text{NHCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{O} \end{array}$	高效低毒，药效较长，触杀及内服，遇碱易分解。工业品为浅黄色强臭味的液体，在水中溶解度约 3%	防治水稻害虫：40% 乳剂稀释 1500~2000 倍，每亩原药二两左右 防治蚜、螨、叶跳虫：42% 乳剂 2000 到 3000 倍	1. 食用作物在采收前七天禁用 2. 不能与碱性农药混用 3. 不要入口，不要长时期接触皮肤
三硫磷 $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}-\text{P}-\text{SOH}_2\text{S}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{Cl} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \end{array}$	高效高毒，药效较长，触杀，遇碱易分解。工业品为淡黄色液体，在水中溶解度极小	防治蚜虫和红蜘蛛：50% 乳剂稀释 2000~3000 倍	1. 是高毒农药，使用时须安全操作 2. 不能与碱性农药混用
马拉松 (马拉硫磷) $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{O}-\text{P}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{OOCOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3\text{O} \end{array}$	高效低毒，触杀及胃毒，残效约七天，遇碱、强酸、铁、铜、铝等易失效，在水溶液中不稳定。工业品为棕黄色透明的油状液体，有大蒜臭味，微溶于水	防治棉蚜、红蜘蛛：50% 乳剂稀释 1000 倍 防治稻叶蝉、稻飞虱：50% 乳剂稀释 1500~2000 倍 防治菜青虫等：50% 乳剂稀释 500 倍	1. 药液随配随用，不可久放 2. 不能与碱性农药、肥料混用 3. 贮藏必须密闭、遮光，当年产品尽量当年用完

亚 胺 硫 磷

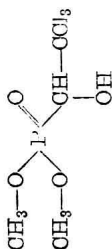


高效低毒，触杀、胃毒、内吸。残效期较长，遇碱易分解。工业品为白色斜方晶体，难溶于水

防治稻叶蝉、稻飞虱、稻蓟马、棉蚜、棉红蜘蛛等：25%乳剂稀释 1000 倍
防治棉红铃虫：25%乳剂稀释 200~400 倍
防治水稻螟虫：每亩 25%乳剂加水 600 斤左右泼浇

冬季温度低，易结晶析出，可连盛器放在温水中，待溶解后使用

敌 百 虫



高效低毒，易溶于水，胃毒、触杀。工业品为白色凝固体，有类似三氯乙醛气味，易溶于水

防治稻叶蝉、稻纵卷叶虫等：原药加水 1000 倍
防治二化螟、三化螟、稻苞虫、粘虫：每亩 2~3 两原药加水 600~800 斤浇。
防治菜青虫等原药加水 1000 倍

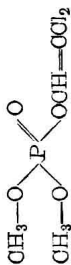
1. 对高粱、豆类易产生药害，不宜使用，对某些品种的玉米、苹果也不宜使用
2. 稀释液不宜放置过久，现配现用

高效中毒，熏蒸、胃毒、触杀，残效期短。工业品是略带浅黄色、微带香味的液体，较易挥发，在水中溶解度近 1%

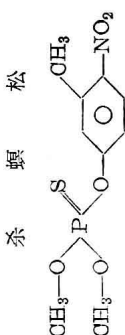
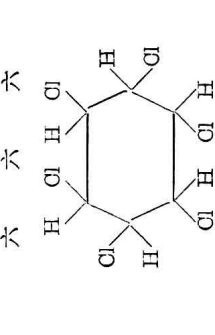
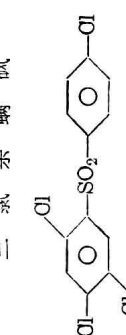
防治棉蚜虫、红蜘蛛、稻叶蝉、稻飞虱、稻纵卷叶虫、稻苞虫等：80%乳油稀释 2000 到 3000 倍
防治菜青虫、菜螟等：80%乳油稀释 1500~2000 倍
熏蒸仓库：80%乳油稀释 50 倍喷雾（每立方厘米 100 毫克有效成分）密闭三四天
家庭室内熏蒸：80%乳油加水 500 倍喷洒，密闭 1~2 小时

1. 对高粱、玉米易发生药害。
2. 易挥发，用药后须将药瓶盖好
3. 随配随用，加水稀释后不可久放

敌 敌 畏



(续表)

农药名称及化学结构	主要性能	使用方法 (供参考用)	注意事项
杀 螟 松 	高效中毒, 触杀、胃毒, 在碱性溶液中易分解, 遇光、高温以及铁锈等易为棕色、有微臭油状液体, 难溶于水	防治稻纵卷叶虫、螟虫、果蝇、大豆食心虫: 50%乳剂和稀释液 1000 倍, 每亩 150~200 斤 防治稻虱、棉蚜、棉红蜘蛛等: 50%乳剂稀释 1500~2000 倍, 每亩稀液 150~200 斤	1. 不能与碱性药 2. 物混用 3. 乳油稀释后应 4. 随用随配 5. 高温时, 对青菜 6. 卷心菜等易产 7. 生药害有一定 8. 毒性
六 六 六 	对人畜毒性较低, 但在动物体内有积蓄作用, 在碱性物质中易分解或淡黄色粉末, 具有难闻的酸霉气味。溶于水	防治蝗虫、稻螟、稻苞虫、麦蚜、菜青虫等: 每亩用 1% 粉剂 3~4 斤喷粉 防治菜青虫、稻纵卷叶虫、稻飞虱等: 6% 可湿性粉剂稀释 200~300 倍喷雾 拌种: 小麦拌种防治麦地里的害虫, 每 100 斤种子拌合 6% 粉剂 3~3.5 两 防治水稻穗期三化螟: 每亩用 6% 粉剂 1~1.5 斤拌潮湿细土 30 斤撒施于田中	1. 不能用来防治 2. 瓜类、烟草、萝卜、菠菜、甜菜、胡萝卜等幼苗对六六六也敏感 3. 不要与石硫合剂、碱性农药混用
三 氯 杀 螨 砒 	高效低毒, 残效长, 但作用缓慢, 施药后 3~5 天才见效, 对天敌无害, 对作物无毒。工业品为浅黄色至深棕色固体, 不溶于水, 无臭	防治棉花红蜘蛛: 用 20% 可湿性粉剂加水 500 到 1000 倍	见效较慢, 最好与乐果等混合使用

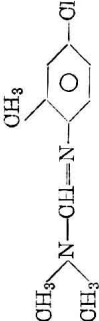
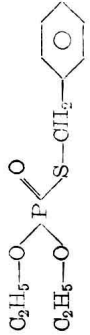
杀 虫 脒 	高效长效低毒，对人畜、鱼类都安全。工业品为白色固体，微溶于水	防治水稻二化螟和三化螟：每亩用 1~1.5 两原药稀释后喷雾、泼浇或撒毒土 防治棉花红铃虫：以原药2000倍液，每亩150~200斤喷雾 防治红蜘蛛：原药5000~8000倍液喷雾	对蜜蜂有杀伤力，开花期要慎用
西 维 因 	对人畜毒性低、遇碱易分解失效，触杀、胃毒。工业品为白色固体，微溶于水	防治棉红铃虫、棉铃虫：50%可湿性粉剂加水 400 倍，每亩 150~200 斤 防治棉蚜、玉米螟、卷叶虫：50% 可湿性粉剂加水 800 到 1200 倍喷洒 防治稻飞虱、稻叶蝉：25% 可湿性粉剂加水500~600倍，每亩 150~200 斤	1. 浓度过高易产生药害 2. 喷药要均匀
稻 瘟 净 	对人畜毒性较低，遇碱易失效。工业品为黄色或略带红色的油状液体，难溶于水	防治稻瘟病：50% 乳油稀释 500 到 800 倍	1. 浓度过高易产生药害 2. 喷药要均匀

表 4-2 常用的几种农药混和使用表

药剂名称	六六六	二二三	有机磷杀虫剂	砷酸钙	硫酸烟碱	石硫合剂	石灰	波尔多液	二四滴	苯乙酸	有机氯杀螨剂
六六六	+		+	⊕	+	⊕	×	⊕	?	?	+
二二三	+		+	+	+	+	⊕	+	+	±	+
有机磷杀虫剂	+	+		+	+	⊕	×	⊕	?	?	+
砷酸钙	⊕	+	+		+	+	+	+	+	⊕	+
硫酸烟碱	+	+	+	+		+	+	+	?	?	±
石硫合剂	⊕	+	⊕	+	+		+	×	?	?	+
石灰	×	⊕	×	+	+	+		+	?	+	+
波尔多液	⊕	+	⊕	+	+	×	+		+	+	+
二四滴	?	+	?	+	+	?	?	+		+	+
苯乙酸	?	±	?	⊕	+	?	+	+	+		+
有机氯杀螨剂	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	

+: 可以混用 ×: 不能混用 ⊕: 可混用,但须立即使用 ±: 在某种条件下可以混用 ? : 尚需试验

表 4-3 常用农药中毒症状和急救措施

农药名称	中毒症状	急救和治疗方法
六 六 六	四肢无力、头晕、恶心、呕吐、流涎，病人感到衰弱、腹痛、腹泻、有时鼻出血、喉痛、咳嗽；重度可出现震颤、痉挛、昏迷、神经错乱	口服中毒进行催吐、洗胃、清肠；服用革巴比安可止抽搐；头痛服镇痛剂；咳嗽服可待因；全身无力饮浓茶；兴奋失眠时服用酖酖草根滴剂 15~20 滴
有机磷农药敌敌畏、乐果、杀螟松等	轻度中毒：食欲减退、头晕、头痛、恶心、呕吐、倦乏无力、不安、多汗 中度中毒：流涎、腹痛、肌肉纤维痉挛、气闷、瞳孔缩小、轻度意识障碍 重度中毒：心跳加速、血压升高、运动失调、发热、瞳孔高度缩小、呼吸困难、意识不清、昏迷、大小便失禁、呼吸麻痹	经口中毒的应立即洗胃，用 1% 纯碱液，1% 食盐水或清水均可；注射针剂阿托品，使用剂量每次 0.5~1 毫克。情况严重时，可以一次静脉注射 2~3 毫克，每 15~30 分钟注射一次，至血压下降，瞳孔开始放大，肺水肿消失，然后改为皮下注射 1~2 毫克，每 30 分钟一次，意识开始恢复和瞳孔放大后，停止给药。总剂量可达 20~65 毫克；静脉注射解磷毒一次剂量 0.5~1.0 克（每公斤体重不超过 20~30 毫克）。严重有机磷中毒，以解磷毒和阿托品合用效果最好
西 维 因	与有机磷农药中毒相似	服用阿托品每次 2~3 片
汞制剂(赛力散、西力生等)	中毒病人口中有金属味，稍后即表现流涎、牙龈出血、恶心呕吐、腰酸、有粘液的带血便泻、心跳衰弱，甚至惊厥、昏迷	(1) 立即灌入牛奶或蛋清、豆浆、活性炭，使胃内尚未被吸收的毒物迅速变为不易溶解的沉淀或被吸附 (2) 用催吐法将胃中毒物吐出，禁用食盐 (3) 静脉注射葡萄糖液、生理食盐水以加速汞的排除

作 业

1. 常用农药有哪几种主要的剂型?为什么要把农药原药调制成一定的剂型?为什么必定要把各种剂型的农药充分稀释后才可施用?

2. 农药的毒性主要表现在哪两个方面?什么叫做致死中量?什么叫做致死中浓度?什么叫残留毒性?选用农药应力求符合哪些条件?

3. 什么叫抗药性?应怎样解决抗药性问题?

4. 为要消灭稻潜叶虫的幼虫,对每亩水稻田需喷洒万分之四乐果药液 100 斤,问:

(1) 应把 40% 乐果乳剂稀释多少倍?

(2) 每亩需用 40% 乐果乳剂多少?

(3) 大田 100 亩需用 40% 乐果乳剂多少?冲水多少?

5. 生产乐果主要使用什么原料?分成哪几个步骤?为什么其中主要反应都可在常温下进行?有些反应且以在水溶液中进行较为适宜?

第五章 合成高分子

随着生产和自然科学的不断发展，人们对自然界的认识也经历由简单到复杂、由低级到高级、由片面到全面的不断发展的过程。我们在前面主要学习了低分子有机物的特性。现在进一步学习在工农业生产、国防和尖端科学技术方面，有着广泛用途的塑料、合成纤维和合成橡胶等高分子化合物。那末，什么是高分子化合物呢？低分子有机物又如何转化成高分子有机物，它们有什么内在联系呢？

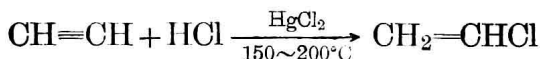
低分子有机物与高分子有机物是互相联系而在质上又有差异的两类化合物。在一定的条件下会发生互相转化。前面第二章里讲到石油裂解制得的分子量为 28 的气体乙烯，在一定温度、压力条件下，通过聚合反应，发生了质变，转变为一种分子量可以达到几万以致上百万的新物质——聚乙烯塑料。它与乙烯相比，具有完全不同的性质。它是具有一定机械强度和韧性、电绝缘性的高分子量物质，这类物质叫高分子化合物，又叫高聚物。由成千上万个乙烯单体转化为高分子聚乙烯的过程，是一个由量变到质变的过程。这

种由低分子转化为高分子的现象在化学界是很多的，在生产上，几乎所有高分子有机物的制备都是经过这一过程，而实现由一种低分子物质到另一种高分子物质的转化。塑料、合成橡胶、合成纤维等三大合成材料，就是由低分子通过量变到质变转化成高分子化合物而制成的。

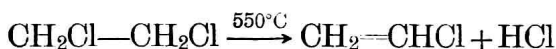
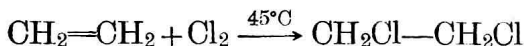
第一节 塑 料

一、聚氯乙烯、塑料

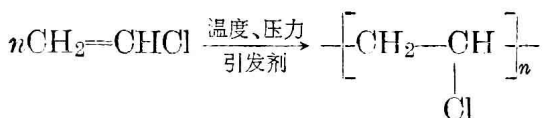
我们从石油、天然气高温裂解或从电石法可以制得乙炔，把它与氯化氢混合，通入氯化汞为催化剂的反应器内，在 $150\sim 220^{\circ}\text{C}$ 条件下，发生加成反应，制得氯乙烯单体。



也可从石油裂解获得乙烯，再与氯气加成制得二氯乙烷，它在 550°C 条件下，脱去氯化氢，制得氯乙烯气体。



将制得的单体氯乙烯，在一定条件下，使之发生聚合反应，生成高分子聚氯乙烯。



式中 n 称为聚合度(表示高分子链所含链节的个数)。聚氯乙烯是由成百上千个氯乙烯单体聚合而成的。其分子量约为 12500~125000。因此,聚氯乙烯树脂是由许多大小不一的聚氯乙烯分子组成的混合物(所以,高分子化合物常以平均分子量来表示)。

显然,聚氯乙烯的制备包含了单体的制备和单体的聚合过程。那末,这个过程在生产实践上是怎样进行的呢?

在工业上,将氯乙烯在搅拌下,分散于水中形成悬浮液(明胶作分散剂)并加入一种很易分解出游离基的物质——引发剂(过氧化二碳酸二异丙酯),于 40~60°C 条件下,经过 8 小时的反应,氯乙烯就聚合生成聚氯乙烯。这种将单体分散成悬浮液进行聚合的方法叫做悬浮法。

悬浮法一般是在聚合釜里进行的。聚合釜的结构示意图如图 5-1。

搅拌器的作用是使单体均匀分散在水里而成悬浮液,同时使整个釜内温度均匀,以免局部温度过高或过低造成聚合不均匀。反应开始时,夹套内通热水或蒸汽进行加热,由于聚合反应一般是放热反应,反应开始

后夹套内则通冷水或冰水进行冷却，使釜内始终保持所要求的反应温度。

从上可见，氯乙烯的聚合反应是在一定温度和引发剂的引发下进行的。那末，这些引发剂是怎样引发单体发生反应的呢？

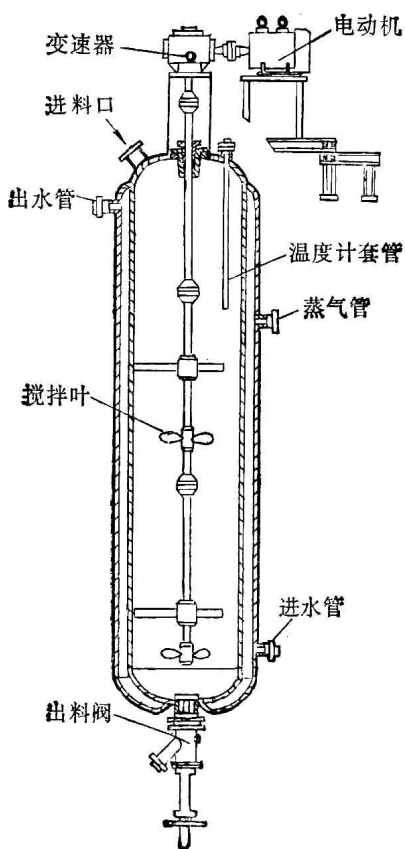
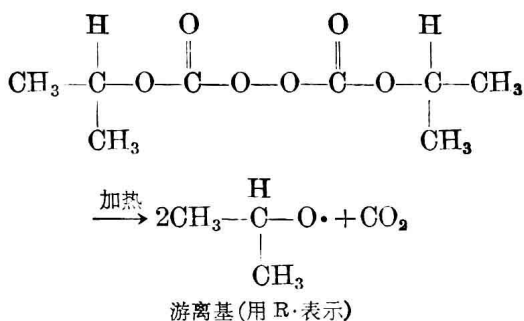
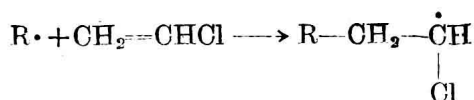


图 5-1 聚合釜

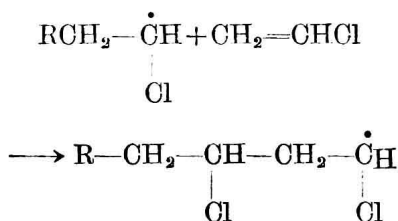
实践表明,首先是引发剂受热,使分子内能量大大增加,分子热运动加剧,使分子内较弱的键发生松弛,当分子能量增至一定程度,在分子内吸引与排斥的斗争中,排斥逐步成为矛盾的主要方面,此时比较弱的键就发生断裂,分子“化分”为游离基。



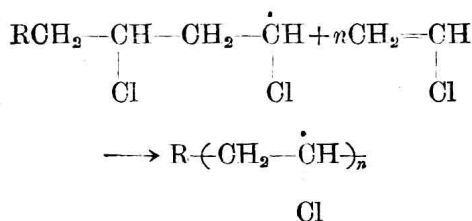
新生成的游离基 $\text{R}\cdot$ 迅速引发单体,导致聚合反应的产生。活泼的游离基 $\text{R}\cdot$ 与单体相碰时,展开了 $\text{R}\cdot$ 基要争夺单体分子中的 π 电子与单体分子要保留 π 电子的吸引与排斥的斗争。具有足够动能的 $\text{R}\cdot$ 基在克服它与氯乙烯之间的斥力的基础上,发生了有效碰撞,导致它们彼此靠近,使旧键(π 键)逐渐削弱,新键逐渐形成,到达活化状态。这种新旧键间的斗争,削弱了旧分子中碳原子核对 π 电子的吸引作用,使 π 电子向 $\text{R}\cdot$ 转移。转移的结果,旧分子中排斥成为矛盾的主要方面, π 键发生断裂,产生了一个活化单体——氯乙烯活性分子。这个过程常称为链的引发。



这个活化单体分子非常活泼，它跟第二个单体碰撞时，又展开了活化单体要争夺单体分子中 π 电子与单体要保持 π 电子的新的斗争。具有足够能量的活化单体，在克服彼此间斥力的基础上，发生有效碰撞，到达活化状态，发生与上述类似的斗争。结果 π 键发生断裂，新键形成，彼此化合成一个新的活化体(叫活化二聚体)。



活化二聚体继续跟第三、第四……个单体反应，结果就生成了一条很长的分子链。这个使分子链增长、分子量变大的过程，叫做链的增长。



那末这个活性大分子链，是否无止境地增长下去

呢?那也不是的。如果在反应系统中,两个活性大分子游离基彼此迎头相碰时,即带有不成对电子的两端相碰时,两个增长链之间就形成了普通的单链,大分子链就失去活性,链的增长就会告终。这个过程叫做链的终止。此时就生成了一个相对稳定的对立统一体——聚氯乙烯分子*。

从这里可以清楚地看到由低分子氯乙烯变成高分子聚氯乙烯的过程,不是低分子的简单的机械加和,也不是单纯分子量的增加,而是由“化分”和“化合”矛盾斗争引起量变到质变的过程。其结果生成了一种性质上完全不同于氯乙烯的聚氯乙烯塑料,它具有耐腐蚀、电绝缘性和机械性能良好等特点。

聚氯乙烯塑料用途极为广泛,在工业上用来制造机械零件、建筑材料、绝缘材料、耐腐蚀的化工设备等。在农业上制造用于育苗、栽培早熟作物的塑料薄膜等。在日常生活中用作书的封面、电线和电缆的包皮、雨衣、凉鞋和手提包等。它是目前产量最大,用途广泛的一种塑料。

二、塑料的性能

所谓塑料是以合成树脂为主要成分,在一定条件下(如温度、压力)可塑制成一定形状且在常温下保持

* 控制反应的时间等条件,可使高聚物的分子量大致符合生产所需。

形状不变的材料。那末树脂又是什么呢？

树脂原存在于自然界中，松香就是一种天然树脂，它是由松树皮分泌出的一种乳液中提取的，所以称为树脂。它具有受热变软，冷了变硬，没有固定形状等特点。凡是具有这种特性的物质统称为树脂。天然树脂也是一种高分子化合物。我们通常说的合成树脂是用人工方法合成的一种与天然树脂类似，但在很多方面性能比它更为优良，应用比它更为广泛的一类高分子化合物。新型树脂的不断试制成功标志着人们在认识自然、改造自然、变革事物的道路上正在昂首阔步地前进。

塑料是随着近代化学工业发展而蓬勃兴起的一种新型合成材料。它具有比重小、耐磨、耐腐蚀、电绝缘性能优良及机械性能好、易于加工成型等特点，广泛用于国民经济的各个方面。如图 5-2 所示。

很多金属制品，可用塑料作为代用品。如采用一吨硬聚氯乙烯，可以代替 6.4 吨钢、2.4 吨铝、7.5 吨青铜。一辆汽车平均使用四、五十公斤塑料，相应的就代替一百多公斤的金属材料。如采用一吨塑料薄膜育秧，就可以增产约一万吨粮食，相当于二万五千亩农田的粮食产量。用于蔬菜生产，产量可增加 1~3 倍。硬质塑料板及塑料纤维板可用来建造温室和水稻田田埂。在用于制造水稻田田畦埂板时，具有调节水位方

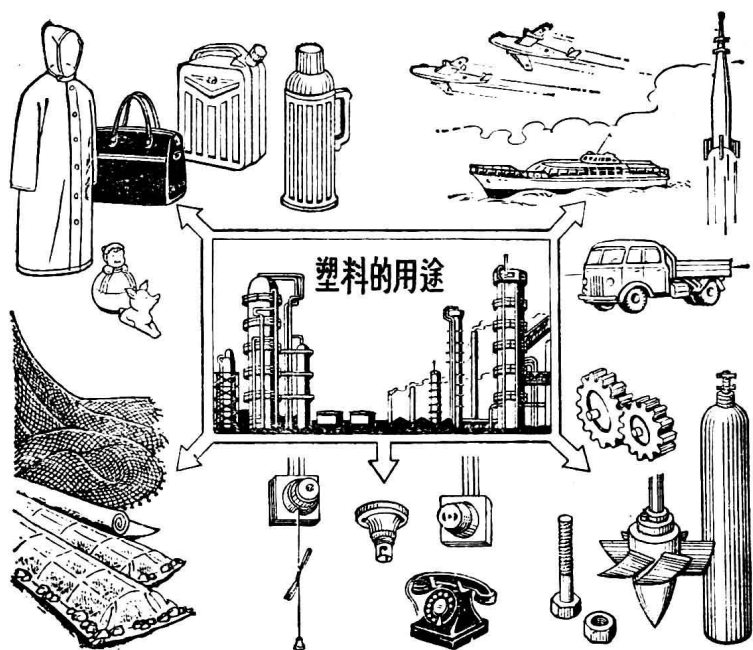


图 5-2 塑料的用途示意图

便、不漏水、少占农田、节约劳动量等优点。此外硬质塑料管还能用于灌溉，具有轻巧灵活、耐腐蚀等优点。由此可见，塑料在促进国民经济、国防建设和尖端科学技术的发展上越来越显示出它的重要作用。

随着工业的发展，塑料的品种和产量都有很大发展，目前塑料品种已达 300 多种。根据其特性，可将种类繁多的塑料分成两大类——热塑性塑料和热固性塑料。

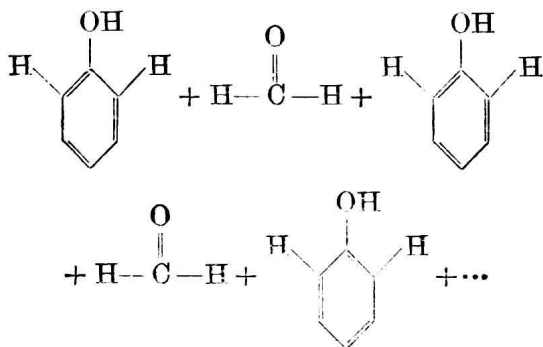
那末什么是热塑性塑料呢？

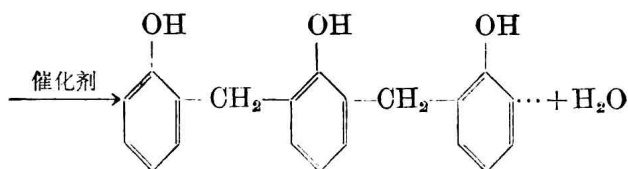
合成树脂加热变软,可塑制成一定形状的制品,冷却后保持塑形。若再加热又可变软塑制成另一种塑形。凡是具有这种特性的称为热塑性塑料。如聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等均属此类。

而热固性塑料是指加热初期具有可塑性,可以制成各种形状,继续加热后由于化学反应进行程度的加深而变硬,当变硬后再加热也不再软化,不再具有可塑性的一类塑料。例如酚醛树脂(俗称电木)就是一种常见的热固性塑料。

酚醛塑料是人们最早合成制得的高分子化合物。由于它性能优良、用途广泛、产量大,故到今天为止仍是一种大量生产的产品。它以酚醛树脂为主要原料,另外加入填料(如石棉、锯木粉、陶土、棉花)、着色剂、润滑剂等进行加热加压而制得。

酚醛树脂是由苯酚加甲醛在酸或碱等催化剂作用下合成。反应如下:





这种由许多不同(或相同的)低分子物质,在一定条件下,互相作用生成高分子化合物,同时还析出低分子化合物(如 H_2O) 的反应,称为缩合反应,又称缩聚反应。

将这种黄色透明的酚醛树脂与硬化剂(六亚甲基四胺)一起加热、加压,转变成热固性酚醛塑料。它具有较高的耐热性、耐酸性和耐水性、电绝缘性,所以常用作电器绝缘制品、化工设备和日用品。但也有一般制品颜色较深、不透明、硬脆易破碎等缺点。

为了改善和提高塑料的使用性能,降低制品的成本,人们常在树脂中加入一定的配合剂。常用配合剂有:①增塑剂:如樟脑、磷酸酯等。②填充剂:如木屑、棉花屑、石棉、粘土、云母、石英粉、滑石粉等。③稳定剂:如高级脂肪酸盐类、铅化合物及环氧化合物等。④其他如硬化剂、润滑剂、着色剂等。

如在聚氯乙烯树脂粉末中加入稳定剂得到硬聚氯乙烯,可以作电解槽衬垫、蓄电池隔板、离心泵、水车板等。

若加入较多的增塑剂(如多的可以达到50%)填料,可以制得软聚氯乙烯塑料。

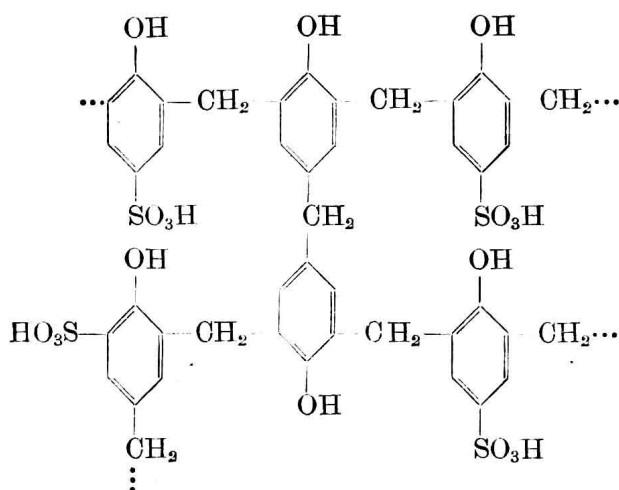
如加入较多的发泡剂,就可以得到多孔性泡沫塑料,用来制造救生衣、隔音、保暖、抗震的材料。

塑料经如此加工,使其用途大大扩充,但它也有机械性较差,受热、受冷易变形的弱点。如聚氯乙烯的耐热、耐寒性较差,受热易变形,低温时发脆,如果把它长时间暴晒或用过热的水烫都会促使它变硬、变脆,甚至发生分解、变质现象。因此在使用时要尽量避免上述情况。

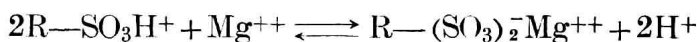
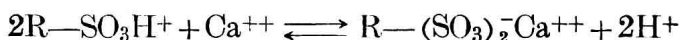
三、离子交换树脂

离子交换树脂是指树脂分子结构中含有可以电离基团的一类高分子化合物。它通过离子反应,可使硬水变成软水,分离溶液中的金属离子以及使溶液中的杂质除去。那末,离子交换树脂又是怎样制取的呢?

其中的一种是将酚醛树脂放在盛有硫酸的容器中进行磺化反应,或者是将苯酚先跟硫酸进行磺化反应,生成苯酚磺酸,它再与甲醛进行缩聚反应而制得在分子结构中含有可电离基团($-\text{SO}_3\text{H}$ 基)的酚醛树脂。它的结构式如下式所示。



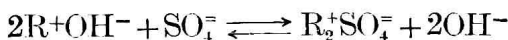
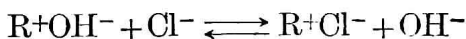
为什么这一类树脂具有离子反应性能呢？由于这种树脂中 $-\text{SO}_3\text{H}$ 基的氢离子能与所接触的溶液中的金属离子发生交换作用，而氢离子则转入溶液中，起着一种所谓离子交换反应。例如工业上将硬水通过这类树脂时，水中的阳离子 (Ca^{++} 、 Mg^{++} 等) 便和树脂上可电离的 H^+ 发生交换反应。



式中的 R— 代表树脂结构部分。

因为这种树脂具有离子交换性能，所以称为离子交换树脂。在上述树脂分子结构中，凡是只能与阳离子起交换作用的，就称为阳离子交换树脂。反之就称为阴离子交换树脂。如 R^+OH^- 型树脂就是一种阴离

子交换树脂。显然它可以除去水中的阴离子如 Cl^- 、 SO_4^- 等。反应式如下：



离子交换装置如图 5-3 所示*。

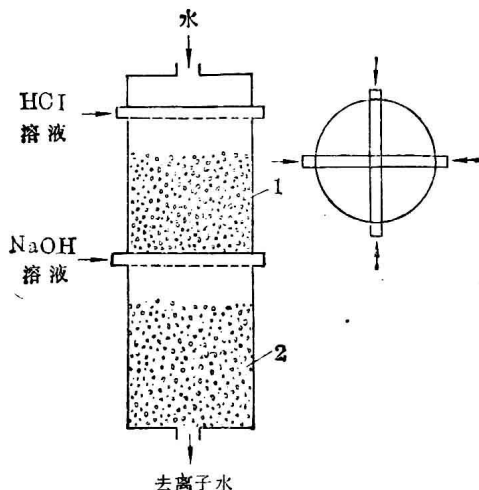


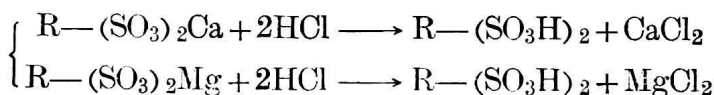
图 5-3 离子交换树脂制备纯水

1—阳离子交换树脂；2—阴离子交换树脂

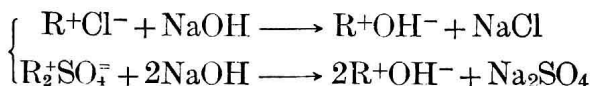
硬水或含有各种离子的水，通过阴、阳离子交换树脂，在下部流出的即为除去离子的纯净水。由于各种树脂的交换量是一定的，因此树脂使用到一定时间后，需要经过再生处理，以恢复其交换能力。通常的再生

* 市售交换树脂大多数为氯型阴离子交换树脂和钠型阳离子交换树脂，所以在使用前，先用 2N 的 NaOH 液和 2N 的 HCl 液分别淋洗阴离子树脂和阳离子树脂，使之成为 OH^- 型和 H^+ 型，再用蒸馏水洗涤至中性即可应用。

是采用酸、碱或其他试剂加以适当处理,达到树脂反复使用的目的。例如阳离子再生

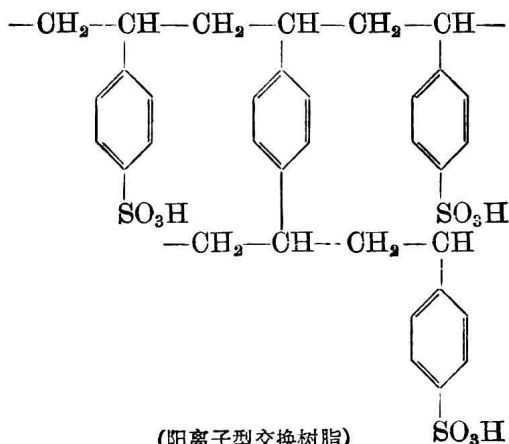


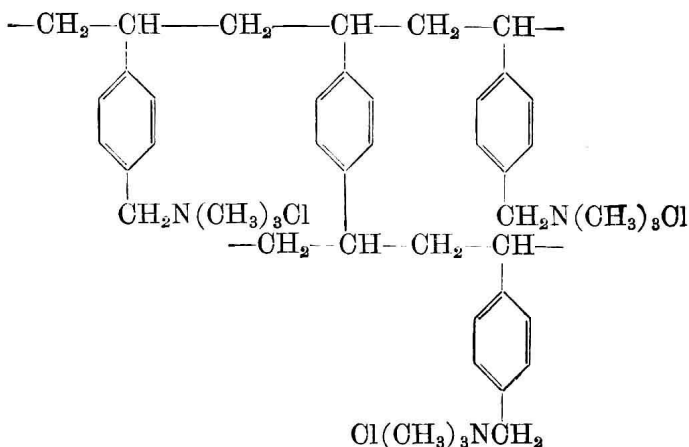
阴离子再生



因为离子交换树脂具有优良性能,所以在工业上用于提取纯水,国防和尖端科学上利用来提取铀和其他稀有元素,医药工业上用于提取抗生素和维生素B₁₂,此外还用于海水淡化,提取贵金属等。

随着国防工业和工农业发展的需要,离子交换树脂的种类也越来越多,目前较广泛应用的是一种苯乙烯型离子交换树脂。如下式所示:





(阴离子型交换树脂)

四、高分子化合物的性能 与分子结构的关系

我们知道，高分子有机物是由低分子单体聚合而成，它们是互相依存的对立统一体。然而它们之间有着本质的差别。高分子化合物的一系列特性表明了它与低分子化合物的质的差异。差异就是矛盾，即高分子具有本身的特殊矛盾性。这些特殊矛盾性规定着它的特殊性。那末什么是高分子化合物的特殊矛盾性呢？

高分子化合物最显著的特点是它有着很大的分子量。少则几千，多则几万至几百万。高分子化合物不

仅有这么大的分子量，同时它在结构上与低分子化合物有很大的不同。

从分子结构讲，高分子化合物有链状(线型)和网状(体型)两种。

线型(链状)结构的高分子是由许多原子连接的卷曲而有柔性的长链(图 5-4 a)。如聚氯乙烯塑料。有的碳链上还有支链(图 5-4 b)。

体型(网状)结构的高分子是由长链与短链连成立体的网状组成，如酚醛塑料(图 5-4 c)；

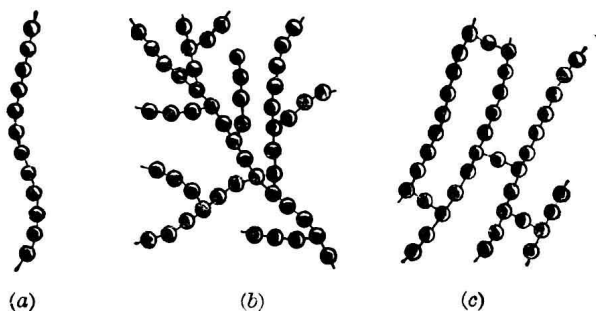


图 5-4 高分子化合物结构示意图

很明显，高分子与低分子之间“质”的差异，是由于分子结构上的特殊性引起的。高分子化合物的特殊性是与其结构紧密相关的。这种密切关系主要表现在以下几个方面：

高分子化合物之所以有机械强度，是因为它由成千上万的原子互相作用所构成的大分子，这种大分子

中原子、分子处于不停的吸引与排斥作用中，由于彼此间作用力很大，导致它们互相纠缠在一起，因而产生一定的机械强度。分子量越大，分子间作用力愈强，机械强度愈大。特别是体型结构的高聚物其强度就更大些。

正因为高聚物是由许多长链分子纠缠在一起呈卷曲状。当它受外力的作用时，卷曲着的长链分子被拉直而发生变形，取消外力时又恢复原状，所以高分子化合物一般具有弹性。其中具有线型结构的高分子这种性质很明显，而交联度很大的体型高分子，则失去弹性而变得坚硬，如酚醛塑料。

也因为高聚物是由许多长链构成的大分子结构，当它受热后，并不象固态低分子那样迅速变为液体，而是先在长链的某一局部受热，使得受热部分的链分子运动增强，但由于高分子不易传热，故使得其他部分分子结构单位仍然处于受热不多或者还未受热的状态，因此整个分子链的运动不可能同等程度地增强，不能达到分子链相互滑动而分离的程度。所以高分子受热后，总是先经过一个软化过程。高分子具有塑性就是这个道理。在塑性中，尤以线型高分子最为明显。

由于高分子是低分子通过共价键为主所构成，故不能电离，不能传递电子，呈现出良好的绝缘性能。

此外,高分子化合物的化学稳定性、耐油、耐寒、耐腐蚀等性能都跟它的分子结构有关。

总之,我们掌握了高分子性能与分子结构的辩证关系,就可以能动地创造条件利用化学方法改造天然高分子和合成各种具有优异性能的高分子化合物。正如恩格斯指出的那样:“无论什么物体,只要知道它的化学结构,就可以按它的成分把它构造出来。”* 显然,研究结构与性能的辩证关系,对我们从事生产和科学实践有着重要的指导意义。

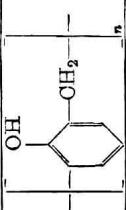
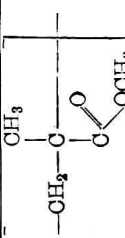
随着我国工农业和国防工业的飞速发展,对合成材料(塑料、合成橡胶、合成纤维、离子交换树脂等)的性能提出了更高的要求,人们在实践中,逐渐掌握了结构与性能的辩证规律,使新的合成材料得到迅速发展和增长。

我国塑料工业的发展速度是很快的,不仅产量大、种类多,而且有许多新的产品,如聚四氟乙烯、聚碳酸酯、聚砒、ABS 树脂等工程塑料投入了生产。

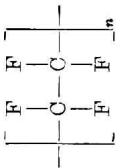
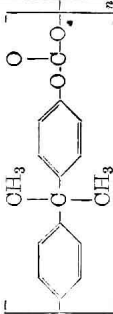
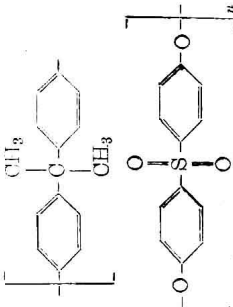
工程塑料一般是指具有近似于金属的机械强度,可以代替金属用作工程材料的一类塑料。例如 ABS 树脂是由丙烯腈、丁二烯、苯乙烯共聚生成的聚合物。其性能很好,是一种良好的工程塑料,可用来制造汽车外壳、飞机机轮罩等。

* 恩格斯:《反杜林论》人民出版社1970年版第331页。

表 5-1 几种常见的塑料

名称	结 构 式	主要原料	单 体	性 能	用 途
聚氯乙 烯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$	乙 炔 氯 化 氢	氯 乙 烯	化学稳定性好(耐酸、碱和有机溶剂), 不燃, 硬而制品机械强度高, 电性能好。软质制品有柔性、弹性, 耐曲折, 耐水, 对氧和光较稳定。但受热易软化、变形和分解, 使用温度 $-15 \sim +55^{\circ}\text{C}$ 。	代替一些耐腐蚀金属作为工业上防腐材料和结构材料做衬里, 用于电讯和电气工业, 做绝缘材料, 软质聚氯乙烯做薄膜、电缆料及代替橡胶, 做各种生活用品(不能包装食品)。
聚苯乙 烯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$	乙 烯 苯	苯 乙 烯	有一定的机械强度, 化学稳定性及电气性能较优良, 透光性好, 易着色, 易于成型。但耐热性低(约 80°C), 不耐沸水, 性较脆, 冲击强度较低。	无线电、仪表零件, 绝缘材料, 化工贮槽、管道和反应器, 光学仪器及透明模型, 文具以及生活用品。
聚 乙 烯	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	乙 烯	乙 烯	质轻, 耐寒性好(-70°C), 摩擦性能良好, 化学稳定性好, 吸水性小, 有突出的电绝缘性和良好的耐辐射性。但机械强度不高, 耐热性差(长期使用温度 $< 50^{\circ}\text{C}$)。	化工管道、阀门, 设备的衬里, 电线、电缆绝缘套, 涂于金属表面可防腐、减摩。还用于制包装薄膜及生活用品。
酚(电 能 塑 料)		苯 甲 酚 酚 醛	苯 甲 酚 醛	机械强度高, 电绝缘性好, 耐酸(但不耐碱)、耐水、耐热。但性脆易碎, 着色性差。	机器和仪表的零、部件, 电器材料, 建筑材料, 化工设备材料及日常用品。
聚烯(有 机 酸 甲 基 丙 酯)		丙 酮 氢 氰 酸 甲 醇	甲 基 丙 烯 酸 甲 酯	透光性极好, 电绝缘性良好, 耐热, 耐酸, 耐碱, 机械强度较大。但耐磨性差。	光学仪器, 各种透镜, 电绝缘性器材, 航空器材。

(续表)

名称	结构式	主要原料	单体	性能	用途
聚(尼龙) 酰胺	见锦纶纤维		内酰胺 二元胺 二元酸	机械强度大,耐磨性好,耐高温,耐油,电绝缘性良好。	机械部件和仪表零件,化学零件和电绝缘零件,耐高温材料。尼龙粉末用于喷涂技术。
聚(四氟乙烯)		氟石 三氯甲烷	四氟乙烯	极优良的化学稳定性和热稳定性,使用温度-195~250°C,有优越的电性能。几乎不溶于水,有极低的摩擦系数,加热到390°C分解,并放出毒性气体。	化工机械零件,管子、反应器、泵、阀门等。高频无线电的绝缘材料。高频电缆、电机槽,代用血管,人工心肺装置,消毒保护器。
聚碳酸酯		双酚-A 光气(或碳酸二烷酯)	双酚-A 光气	具有高的冲击韧性和良好的机械强度,有优良的尺寸稳定性和较好的耐热性(120°C)和耐寒性(-100°C)。	齿轮、轴承、垫圈、泵叶轮、汽车零件、润滑油管、油管、酸性蓄电池槽、高温透镜、窥孔、电器接线板。
聚砒		双酚-A 2,4-二氯二苯砒	双酚-A 2,4-二氯二苯砒	耐热性好(长期使用温度可达150~174°C),有良好的机械强度和良好的电性能,有良好的电镀性。	可作高强度、耐热、抗蠕变的结构件以及耐腐蚀零件,电气绝缘体。

第二节 合成纤维

纤维，原系一种天然高分子，广泛存在于自然界中。棉、麻、丝、毛等都属于天然纤维。随着纺织工业的迅速发展，天然纤维已满足不了国民经济发展的需要，人们通过长期实践，在变革自然的斗争中不断获得自由，逐渐掌握“纤维”分子结构与性能的辩证规律，通过化学加工方法来制得纤维。这种纤维叫做化学纤维。

化学纤维分为人造纤维和合成纤维两种。

人造纤维是利用木材、芦苇、稻草、甘蔗渣等天然纤维为原料，经过化学处理和机械加工而制成的一种纤维。如人造棉、人造毛、人造丝等。

合成纤维是以合成树脂为原料制得的可供纺织用的纤维。

那末，是否所有的高分子聚合物都能作为纤维材料呢？那也不是的。只有具备形成纤维的性能——可塑性、延展性、弹性、韧性、高强度的才能制成纤维。一般来说，具有线型分子结构的高聚物都可制成纤维，如聚氯乙烯（氯纶）。那末，人造纤维与合成纤维之间有那些异同点呢？它们的共同点是都由 C、H、O 等元素组成。不同点是合成纤维一般说来都具有比人造纤维

维或天然纤维更为优良的性能。如强度大、耐磨、比重小、弹性好、吸水率低、不怕虫蛀、耐酸碱等特点。所以它有着极为广泛的用途。如航空用的降落伞、飞行服、汽车飞机轮胎用的帘子线、工业上用的滤布、渔业用的渔网、生活用的衣着材料等，都可由合成纤维制得。同时由于合成纤维原料来源丰富（如石油、天然气、煤、农副产品等），不受气候条件限制，生产率高等特点，例如一套年产一万吨合成纤维的生产装置就相当于二十五万亩棉田的收获量，因此，大力发展合成纤维工业，不仅可以大量减少棉麻等经济作物的种植面积，扩大粮食种植面积，更好地满足国民经济和人民生活的需要，而且可以免受自然灾害的影响，进一步贯彻落实毛主席“深挖洞、广积粮、不称霸”的伟大战略方针。

在毛主席革命路线的指引下，我国合成纤维工业得到蓬勃发展。目前生产的主要品种有涤纶、腈纶（人造羊毛）、锦纶、维尼纶等。

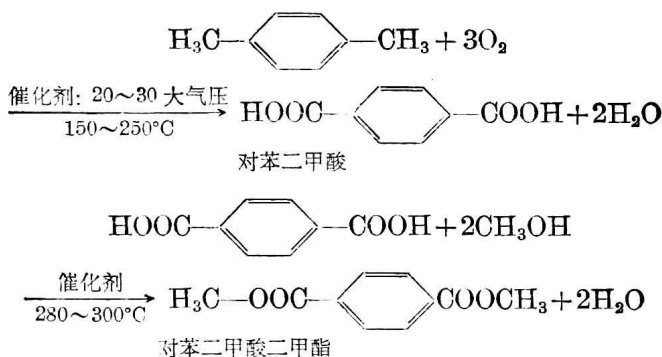
那末，合成纤维是怎样制得的呢？工业上制得合成纤维类似于塑料，也需要经过单体的制备和聚合。其中聚合是个关键。通过聚合把低分子单体聚合成高分子，把没有塑性、弹性、强度的液体单体转化成具有优良性能的成纤高聚物，然后将成纤高聚物通过熔融喷丝等加工成为供纺织用的纤维。

一、涤 纶

涤纶是我国聚酯纤维的商品名称(又称“的确良”)。聚酯纤维是二元酸和二元醇缩聚制得的高分子树脂,再经过熔融纺丝和加工处理制得的合成纤维。因为这类纤维的高分子主链上含有酯基 $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array} \right]_n$, 所以称为聚酯纤维。涤纶就是聚酯纤维的主要品种。它的化学名称是聚对苯二甲酸乙二酯。它是由对苯二甲酸二甲酯和乙二醇经过缩聚反应成为聚酯树脂,再经加工制成涤纶纤维。工业生产经过下述几个过程:

(一) 单体的生产——苯二甲酸二甲酯的制备

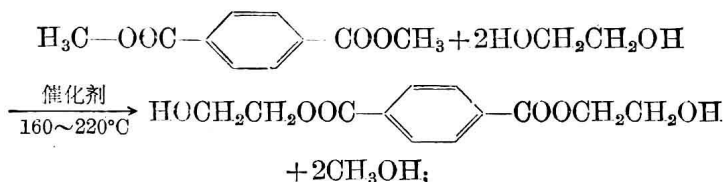
工业上通常是先将对二甲苯氧化成对苯二甲酸,然后再与甲醇起酯化反应,制得对苯二甲酸二甲酯。



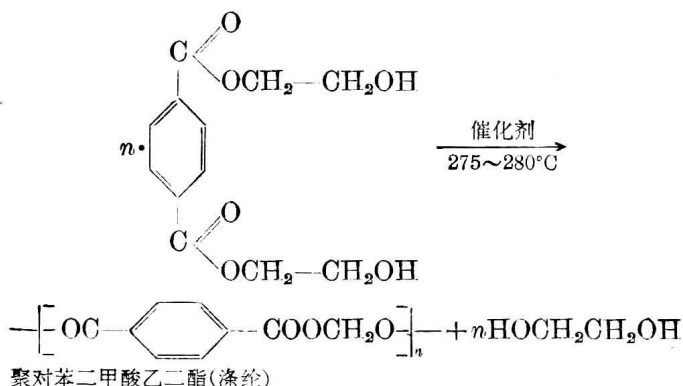
(二) 聚对苯二甲酸二乙酯的生产

将对苯二甲酸二甲酯溶于乙二醇中,然后移入反

应器中,加入催化剂,维持 160~220°C 条件,进行酯交换反应,生成对苯二甲酸二乙酯。



将对苯二甲酸二乙酯送往聚合反应器,在一定温度和压力下发生缩聚反应,制得聚对苯二甲酸二乙酯树脂。



最后将聚对苯二甲酸二乙酯树脂,经过熔融、纺丝等加工,制得聚酯纤维(涤纶)。

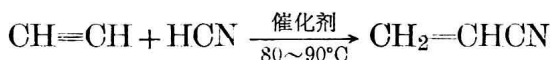
由于涤纶纤维具有强度高、耐化学腐蚀、耐磨性强、不发霉、不怕虫蛀等优良性能,所以广泛用来制作经久耐用的衣着材料,工业上的运输带、输送石油的管道、人造血管、降落伞、渔网等。

然而它也存在染色性差、吸湿性差、容易起毛球等缺点。

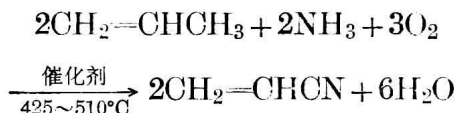
二、腈纶——聚丙烯腈纤维

腈纶是我国聚丙烯腈纤维的商品名称。它具有质轻、弹性好、保暖、耐日光、不发霉、不怕虫蛀等特点，手感很象羊毛，所以通常也称为“合成羊毛”，广泛用作衣料，制造船帆、帐篷、枪衣、工业滤布等。

生产聚丙烯腈，首先要制得单体丙烯腈。生产丙烯腈的方法主要有：1. 乙炔与氢氰酸合成法：即在催化剂作用下，由乙炔与氢氰酸加成而制成。



2. 丙烯氨氧化法：此法采用丙烯、氨、空气为原料，在催化剂作用及 $425\sim510^{\circ}\text{C}$ 条件下进行氧化，制得丙烯腈。



随着我国石油化工的迅速发展，可以获得大量廉价的原料——丙烯，所以目前大多是采用此法生产丙烯腈。在无产阶级文化大革命中，上海采用先进的工艺流程，建成了年产二千吨的丙烯腈车间（图 5-5）。

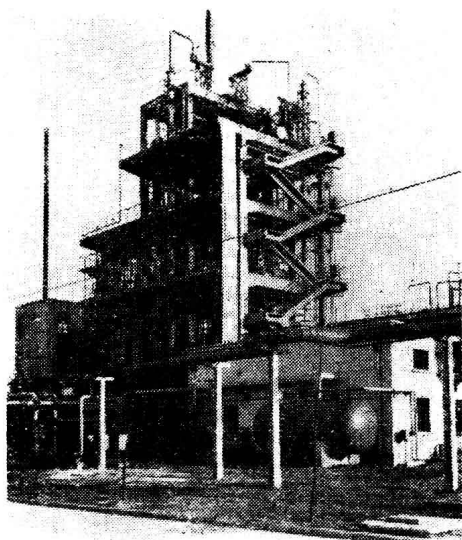
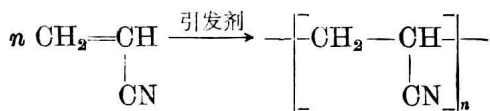


图 5-5 上海高桥化工厂丙烯腈车间

工业上生产聚丙烯腈,大多是采用悬浮聚合法。将丙烯腈在引发剂条件下,通过聚合反应而制得聚丙烯腈。



由聚丙烯腈制成的腈纶纤维,性能硬而脆,难于染色所以工业生产中,还采取加入少量其他化合物作单体与丙烯腈一道进行聚合,生成一种性能优良的共聚物,以改善腈纶的性能。目前市场上出售的光彩夺目的各色腈纶毛线,就是由这种共聚物制成的。

表 5-2 几种常见的合成纤维

名称	结 构	基本原料	单 体	性 能	用 途
(聚 锦 酰 胺 纤 纶 维)	$\text{尼龙-n } \left[\text{NH}(\text{CH}_2)_n\text{CO} \right]_n$ $\text{尼龙-mn } \left[\text{NH}(\text{CH}_2)_m\text{CO} \right]_m$ $\left[\text{NH}(\text{CH}_2)_n\text{CO} \right]_n$	苯 酚 苯 环 己 烷 甲 苯	胺 内 酰 二 元 二 元 酸	强度高,耐冲击性好,弹性好,耐磨、质轻、耐腐蚀、不霉蛀、耐油、耐碱(不耐浓酸)、染色性能良好。但耐热性较差,不耐光,较易变形。	衣料及针织品、工业用布、绳索、帐篷、渔网、容器、传动带、轮胎帘子线、潜水衣、降落伞及军用织物。
(聚 涤 酯 纤 纶 维)	$\left[\text{OC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{O} \right]_n$	对-二甲苯 甲 苯 或 苯 酐 节 油	对-苯二 甲酸乙二 醇 酯	强度高,耐磨、耐热性好,弹性好,耐光、耐酸和一般有机溶剂(但不耐浓碱),保形性好,但染色性差,织物表面易起毛球。	纺织材料、衣料、电绝缘材料、运输带、输送石油软管、水龙带、工作服、滤布、缝纫线、渔网、人造血管。
(聚 腈 烯 腈 纤 纶 维)	$\left[\text{CH}_2-\text{CH} \begin{array}{c} \text{CN} \end{array} \right]_n$	乙 炔 氢 氰 酸 或 丙烯与氨	腈 烯 丙	柔软、质轻、保暖性好,强度高,弹性较好,耐热、耐光,有较高的化学稳定性(但不耐碱),不霉蛀,但染色性较差。	防酸布、滤布、炮衣、帐幕、窗布、帆布以及绒线、人造毛皮等。

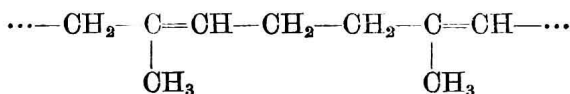
(续表)

名称	结构	基本原料	单体	性能	用途
维(聚 乙 烯 醇 纤 维) 纶	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{OCH}_2\text{O}}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{CH}_2 - \text{CH} \right]_n$	乙 炔 乙 烯 醋 酸 甲 醛	醋 酸 乙 烯	吸湿性好,强度较高,耐 光性和耐碱性好(耐碱 性一般而耐酸性也不弱, 一般有机酸、醇酯等溶剂 均不溶解),不霉蛀,柔软 及保暖性好。但耐水性 不够好(在115°C就收缩 变形),弹性较差,织物易 折皱,染色性也较差。	布 料、针 织 品、渔 网、帆 布、轮 胎 帘 子 线、滤 布、工 作 服、输 送 带。经 汞 和 碘 处 理 后 具 有 杀 菌 能 力,可 作 绷 带、防 腐 罩、外 科 手 术 用 缝 线。
丙(聚 丙 烯 纤 维) 纶	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_n$	丙 烯	丙 烯	质轻、强度高、吸水性 小,耐腐蚀性好(特别耐无 机酸、碱有显著稳定性), 耐磨性好,绝缘和保暖性 好。但染色和耐光性差。	绳 索、网 具、滤 布、填 充 材 料、工 作 服 和 帆 布 等。还 可 与 棉、毛、粘 胶 纤 维 混 纺 作 衣 料。纤 维 还 可 织 袜 子 和 军 用 服 装、消 毒 纱 布、外 科 手 术 衣。
氯(聚 氯 乙 烯 纤 维) 纶	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_n$	乙 炔 盐 或 乙 烯 氯 气	氯 乙 烯	质较轻、强度和耐磨性 较好,保暖和耐光性强,弹 性较好,吸湿性小,电绝缘 性强,耐酸、碱腐蚀,不燃 烧,不霉蛀。但染色和耐 热性差。	针 织 品、衣 料、工 作 服、 棉 絮、毛 毯、绒 线、医 疗 用 布、窗 帘、椅 垫、蚊 帐、滤 布、渔 网、帆 布、细 绳 及 船 缆、帐 篷、绝 缘 布 等。

第三节 合成橡胶

橡胶，原系一种具有高弹性的高分子。很早以前，人们就能从天然橡胶树流出来的白色树汁（叫胶乳），进行加工得到固体橡胶。这种橡胶叫天然橡胶。

由于天然橡胶具有高强度、电绝缘性、不透水、不透水、不易传热等特性，所以在生产和生活中很早获得了广泛的用途。那末，为什么天然橡胶有这些特性呢？实验表明天然橡胶是由约 5000 个左右的异戊二烯聚合成的具有线型分子结构特征的高分子化合物。



我国南方海南岛等地种植了大量橡胶树，提供了不少天然橡胶，有力地支援着社会主义建设。

但是随着国民经济的高速发展，对橡胶的需要量日益增加，无论是陆地奔驰的汽车、田野耕作的拖拉机、国防上的飞机、炮车、军舰都需要大量的橡胶制品。如一辆载重汽车需橡胶 200 多公斤、一架喷气式飞机需要 600 多公斤、一艘三万吨级军舰需要 68 吨。可见橡胶在国民经济各部门中占有极其重要的地位。然而，天然橡胶的生产受到地区和气候等自然条件的限制，不仅在数量上，而且在性能上都满足不了国民经济

日益发展的需要。为了解决这个矛盾，必须大力发展人工合成橡胶。人们在长期的生产实践中，不仅掌握和利用了天然橡胶，而且弄清了它的结构，从而用化学合成方法制得了许多具有优良性能的合成橡胶。第一次合成橡胶是在 1914 年。

合成橡胶的种类很多，目前我国已投入生产的有丁苯橡胶、顺丁橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶、聚异戊二烯橡胶和其他特种橡胶。详见表 5-3。

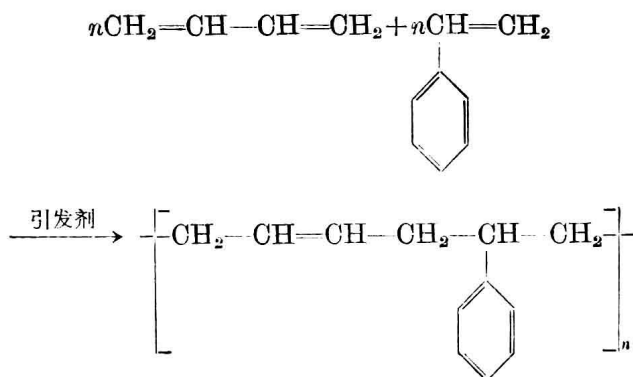
人工合成橡胶的实践，又一次证实了恩格斯关于“无论什么物体，只要知道它的化学结构，就可以按它的成分把它构造出来”的预言。

合成橡胶的主要单体有：丁二烯、异戊二烯、苯乙烯、氯丁烯等，它们主要来自石油、天然气、煤。我国地大物博，有丰富的石油、天然气、煤等资源，为发展合成橡胶提供了雄厚的物质基础。

一、丁 苯 橡 胶

丁苯橡胶是最老的一种合成橡胶。由于它具有性能良好、原料丰富、技术成熟、生产成本低等特点，所以直到目前还是产量最大，应用最广的一种通用合成橡胶。

丁苯橡胶是由丁二烯[1, 3]和苯乙烯聚合而成的一种合成橡胶。



象这种由两种不同的单体聚合而成高分子化合物的化学反应称为共聚，生成的是共聚物。

丁苯橡胶具有较好的耐磨、耐老化、耐臭氧、耐水、气密性好等优点，超过天然橡胶。在耐酸、耐碱、电绝缘性上与天然橡胶相似。在弹性和耐寒性上不如天然橡胶。

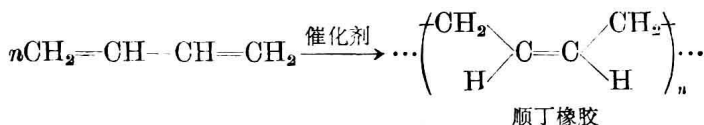
它主要用作汽车外胎、内胎和其他橡胶配件、电缆等。

二、顺丁橡胶

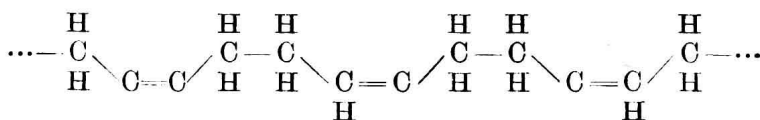
顺丁橡胶与天然橡胶相比，最大特点是弹性好，耐磨(约为天然橡胶的三倍)、耐低温、耐老化等特点超过天然橡胶。主要用来制轮胎、胶管、运输带、工业缓冲材料、绝缘品和寒冷地区的橡胶制品。

目前生产顺丁烯单体，都是从石油裂解气得到正

丁烯或正丁烷为原料，进一步裂解而制得。。



顺丁橡胶之所以具有良好性能是与其分子结构密切相关的。因为顺丁橡胶是由丁二烯单体在催化剂和一定温度压力条件下，发生聚合反应而制得的一种具分子结构很有规则的高聚物。所以有一系列特性。



由于顺丁橡胶性能良好、资源广泛，所以发展迅速，目前其产量仅次于丁苯橡胶，居世界合成橡胶产量的第二位。然而顺丁橡胶也存在加工性能不如天然橡胶、抗滑性能较差等缺点。如果将它与其他橡胶(如天然橡胶或丁苯橡胶)混炼就可克服此缺点。

但是，我们通过上述方法制得的橡胶，若未经加工处理的话，常常会发生受热变软，遇冷变硬。在空气中、阳光下易被氧化，渐渐失去弹性，变粘或发硬等现象。这种现象称为橡胶的老化现象，这种橡胶叫做生橡胶。为了克服此缺点，改进其性能，更好地适应国民

经济各部门的需要，还要把生橡胶进行加工处理。在加工过程中，常常加入硫化剂(如硫磺等)与橡胶一起进行加热、加压处理，从而增加橡胶的弹性和机械性能。这个过程称为硫化。

硫化是一个复杂的物理化学过程，硫化后，硫化剂把橡胶的线型分子链联结成网状大分子。如图 5-6。

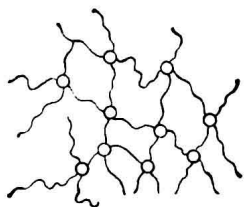


图 5 6 橡胶的硫化

从而使橡胶分子链的活动受到约束，阻止了分子链之间的相互滑动，所以塑性和流动性都有削弱，而弹性和韧性则增加。同时，由于分子链中的双键与硫发生了加成作用，故不饱和程度大大降低，化学稳定性有所提高。

此外，在橡胶加工过程中，还常常加入适量的炭黑，以提高橡胶的耐磨性、强度和机械性能。

总之，橡胶加工后随着结构改变引起质的飞跃的事实，再次说明了结构与性质间的辩证关系。

塑料、合成纤维、合成橡胶是新的三大合成材料。它们之间有着共同的特点，它们都有很大的分子量。它们都是由低分子量的量变而引起质变的一类高分子化合物，它们的特殊性能与它们的特殊结构(线型或体型)有关。它们都已广泛应用于国民经济的各个部门，为促进我国工农业生产和国防建设作出巨大的贡献。

表 5-3 几种常见的合成橡胶

名称	单 体	性 能	用 途
丁苯橡胶	丁 二 烯 苯 乙 烯	耐自然老化、耐热、耐臭氧、耐油及耐磨强度均高。介电性能、不透气和透水性方面也较天然橡胶强。但弹性、粘着性和耐寒性等不如天然橡胶，抗屈挠性和抗撕裂性也较差。	制造轮胎和各种橡胶制品和配件等。
顺丁橡胶	丁 二 烯	弹性优良、耐磨性好、耐老化。但机械强度较差。	适用于制造汽车轮胎、工业缓冲材料，寒冷地区的橡胶制品等。
氯丁橡胶	氯 丁 二 烯	耐磨性、耐化学试剂、耐延燃性和耐油性好，气密性、耐臭氧性优良，耐光性好。但耐寒性较差，比重较大。	电线包皮材料、海底电缆绝缘层、运输皮带、耐油胶管、垫圈、设备防腐蚀衬里、胶粘剂、印刷滚筒、防毒面具。
丁基橡胶	异 丁 烯 异 戊 二 烯	有很高的化学稳定性，气密性特好，电性能好，有耐老化和耐臭氧的作用，有较高的耐屈挠性和耐撕裂性。但加工性能较差，难与其他橡胶结合。	电绝缘材料、轮胎内胎、中压和高压电缆、容器的耐腐蚀衬里、耐酸碱管子、军用探空气球、气艇、防毒面具。
丁腈橡胶	丁 二 烯 丙 烯 腈	耐油性特好，耐磨、耐热、物理机械性能好，不易透气。但弹性、耐屈挠性较差，电绝缘性能不好，且质较硬，不易加工。	耐油管、飞机储油箱、贮槽衬里、垫圈、油封、耐油鞋底、手套、耐油涂层、粘结剂、电缆等。
氟橡胶	四氟乙烯等	耐高、低温，耐臭氧和氧化剂，耐各种溶剂和腐蚀介质，具不燃性。	用于航空、石油、化工等部门供制耐热、防腐、绝缘、耐油及耐苯等制品，如做管子、薄膜、密封垫圈及设备衬里等。
硅橡胶	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{R}'-\text{Si}-\text{R} \text{ 等} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	既耐高温又耐严寒，耐臭氧、耐水，有高绝缘性，无臭、无毒。但机械性能较差，耐磨、耐撕性强，耐化学腐蚀性差，难以硫化。	密封垫圈、薄膜及胶管、缓冲防震层、封闭电子设备、电缆及电线的外层绝缘材料、食品工业运输带、罐头垫圈及各种医药卫生的橡胶制品。

解放前，我国合成高分子材料工业，几乎是空白。解放后，在毛主席革命路线指引下，我国工人阶级发扬自力更生，奋发图强，艰苦奋斗的精神，使我国的高分子工业从无到有，从小到大，蓬勃发展起来。特别是经过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，彻底摧毁了刘少奇、林彪一伙所推行的反革命修正主义路线，更加焕发了广大工人、干部、技术人员的革命精神和无穷智慧，所以新产品层出不穷，产量大幅度增长，一批年产几千吨以上的大型合成塑料、合成纤维、合成橡胶厂相继建成。中小型高分子工厂更象雨后春笋般出现。可以相信，随着我国石油化工的迅速发展，三大合成材料工业必将得到突飞猛进的发展。

作 业

1. 高分子化合物按分子结构，大致可分为几种？它们一般具有哪些性质？
2. 何谓热固性塑料和热塑性塑料？两者有何区别？
3. 合成聚氯乙烯的单体是什么？工业上可用哪两种方法制得这一单体？写出以石油裂解气乙烯为原料制得聚氯乙烯的化学方程式。
4. 某工厂生产一吨聚氯乙烯塑料用去 1.46 吨的电石。而一吨塑料可以做成人造革，代替 20 张牛皮。现在有电石 73 吨，按正常条件可生产多少吨塑料？代替多少张牛皮？
5. 合成纤维一般具有哪些特点？使用的时候要注意哪些

地方？

6. 说说大力发展合成纤维的意义。

7. 就你知道的橡胶有哪些用途？为什么要进行硫化？为什么要加入适量的炭黑？使用时要注意些什么？

8. 若测得聚异戊二烯橡胶的分子量为 340000；求它的聚合度 n ？（已知 H 原子量为 1；C 原子量为 12。）

9. 建议请工人师傅讲讲我国合成纤维工业的发展情况和远景。

第六章 化学运动向生命运动的辩证转化

人们在长期的工农业生产实践中，例如通过制糖、造纸、染色、酿酒、纺织及油脂加工等活动逐步积累了关于有机体即有生命物质的性质及其组成等方面的丰富材料。在这个基础上，才有可能通过科学实验进一步对构成生命运动的基本物质（碳水化合物、脂肪和蛋白质等）的性质与结构之间的辩证关系有比较深刻的认识。人们总是在变革物质的过程中认识物质，对于无生命物质的认识是这样；对于有生命物质的认识也是这样。正如恩格斯所指出的那样：“化学只有通过那些在生命过程中产生的物质才能认识最重要的物体的化学性质；人工制造这些物质愈来愈成为化学的主要任务。它构成了向关于有机体的科学的过渡。”*

第一节 碳水化合物的性质和结构

我们伟大祖国幅员广阔，地跨寒带、温带、热带，适

* 恩格斯：《马克思恩格斯选集》第4卷，人民出版社1972年版第408页。

合生长的作物和植物品种繁多,无论南方、北方、平原、丘陵、山区都可以因地制宜地发展。因此,在我国广大农村,有着极其丰富的农副产品资源。如麸皮、米糠、棉籽、玉米芯、薯类、葵花子壳、花生壳及野生植物等。伟大领袖毛主席指出:“社会主义不仅从旧社会解放了劳动者和生产资料,也解放了旧社会所无法利用的广大的自然界。”解放后,尤其是无产阶级文化大革命以来,广大工人和贫下中农遵循毛主席的指示,大搞综合利用,敢于革命,勇于创造,向生产的深度和广度进军。本着变无用为有用、变小用为大用、变一用为多用的原则,以农副产品和野生植物为原料,将这些资源进行加工,制得了许多具有重要价值的化工原料和产品。

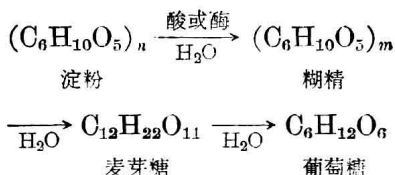
农副产品中含有丰富的淀粉、纤维素、油脂等。纤维素除用作造纸外,还可制造人造纤维、炸药、赛璐珞、照相胶片等。淀粉是粮食的主要成分,在工业上是重要的原料,例如,葡萄糖、麦芽糖、乙醇、乙酸、丙酮等都可利用淀粉制取。

一、糖类的转化

淀粉是一种天然高分子化合物,主要存在于植物的种子或块茎中(大米中含 62~82%、小麦中含 57~75%、玉米中含 65% 左右、薯类中含 64% 左右),其他如水生植物菱及野生植物野芋、土茯苓等也含有丰富

的淀粉。

淀粉遇碘呈蓝色,这是淀粉的化学特性,据此可以鉴定淀粉或碘的存在。淀粉在酸或酶*的存在下,可以和水发生水解反应,生成一系列产物,首先生成分子量较小的糊精**,然后糊精继续水解可生成麦芽糖或葡萄糖。淀粉在酸或酶作用下的逐步水解过程可表示如下:



人们利用淀粉水解的性质,来对淀粉进行加工利用以制取葡萄糖或麦芽糖。

(一) 淀粉的提取及其加工利用

从植物中提取淀粉的简单过程:

含淀粉物质(如薯类或某些野生植物) → 洗净、切小 → 磨碎、过筛 → 静置、沉淀 → 洗涤沉淀 → 干燥的粗淀粉。

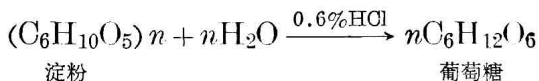
以上过程基本上是物理提取,其中没有经过什么化学转变。

* 酶是存在于生物体内的特殊蛋白质,种类很多,能起催化剂作用的通常称为生物催化剂。

** 糊精是黄色或白色的粉末,能溶解于冷水,水溶液粘性很强,遇碘呈红黄色。

以淀粉制葡萄糖是淀粉加工利用的一个重要方面。其加工制取的方法有酸水解法和酶水解法两种。下面简单介绍酸法生产葡萄糖的过程：

整个生产过程主要包括淀粉调浆、水解糖化、中和压滤、脱色过滤、离子交换、蒸发浓缩、结晶分离、气流干燥等步骤。虽然步骤较多，但其中最主要的反应是“水解”这一步，在工厂中常称作“糖化”。因为实现从淀粉变葡萄糖的关键一步是在这一工序进行的：

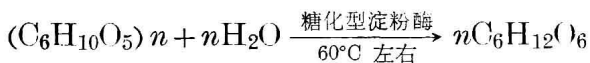


糖化需一定温度（约 145°C ）与压力（约 3.2 kg/cm^2 ），整个糖化的时间需 45 分钟左右。糖化以后的一系列步骤实际上是后处理过程，当然进行的好坏也直接影响到产品的质量及用途。

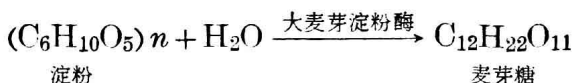
至于酶水解法除了调浆采用液化型淀粉酶、糖化采用糖化型淀粉酶外，后处理的过程基本相同。

（二）淀粉水解过程的实质

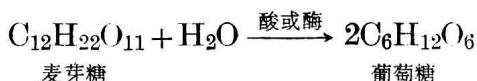
具体分析淀粉水解过程可以看出，淀粉和麦芽糖、葡萄糖相互间存在着一定的联系。淀粉在糖化型淀粉酶作用下水解成葡萄糖：



淀粉若在大麦芽淀粉酶作用下，则可以水解为麦芽糖：



而麦芽糖在酸或麦芽糖酶存在下也能水解成葡萄糖:



可见,葡萄糖可由淀粉及麦芽糖水解生成,但它本身却不能再水解了。象这种最简单的糖类,称为单糖。属于单糖的除葡萄糖外还有一种常见的是果糖。而如麦芽糖那样水解后能生成两个分子单糖的则称为双糖。蔗糖也是双糖的一种。

淀粉则是水解后能够生成二个分子以上单糖的物质,它属于多糖。纤维素也是一种重要的多糖。

从淀粉水解过程的分析可以看到,淀粉水解的实质,就是大分子的淀粉在加水条件下,通过“化分”、“化合”不断转化成小分子的麦芽糖以至葡萄糖的反应。由此可见,淀粉加工利用的过程,也就是实现糖类不断转化的过程。

这种实现糖类转化的水解过程,在我们人体里也同样进行着。在我们人体的口、胃和肠中,通过各种酶的作用,把大分子的淀粉水解成小分子的葡萄糖,而被人体吸收。这也就是所谓“消化作用”的基本过程。

此外,我们比较一下单糖、双糖、多糖分子的组成,还可以清楚地看到,它们都是由碳、氢、氧三种元素所组成,其中氢、氧原子的比例一般都是 2:1,所以都可以看作是碳和水的化合物,故统称为碳水化合物。

碳水化合物是自然界中植物的主要组成部分。它也存在于动物和人的机体内,虽然总含量很少,不超过机体干重的 2%,但它是热能的主要能源,是人类及动物的极为重要的营养物质。另外在造纸、酿酒、人造丝等生产方面也大量需要碳水化合物。总之,碳水化合物是和人类生活关系极为密切的一类有机化合物。

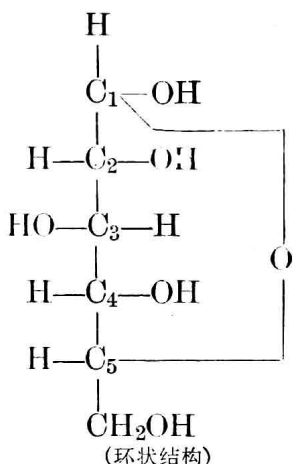
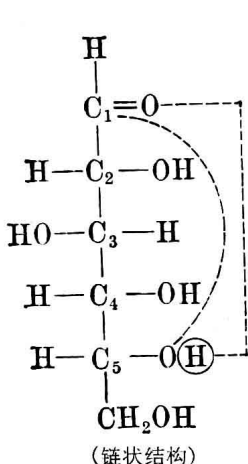
人们对碳水化合物的认识来源于实践,而在实践基础上对碳水化合物性质和结构的进一步研究,反过来也有助于指导生产实践。

二、葡萄糖的性质和结构

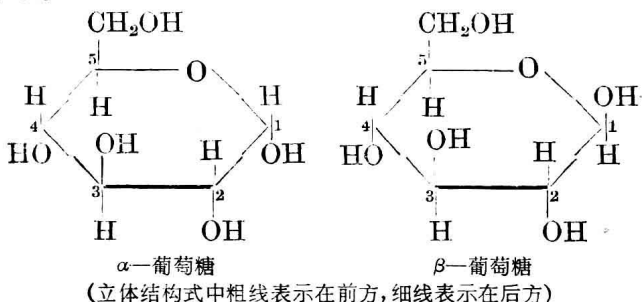
葡萄糖分子($C_6H_{12}O_6$)中,含有六个碳原子、十二个氢原子和六个氧原子。

通过对葡萄糖分子实行化学的变革和采用物理方法的测定,可以确定葡萄糖分子兼具链状结构和环状结构,并且在大多数情况下以及在自然界里结晶状态下,主要以环状结构存在。

葡萄糖分子的链状结构可以左式表示,其环状结构则以右式表示:



有时把葡萄糖分子的环状结构写成下列所表示的六角环形空间透视式, 这样更能反映出分子的立体结构, 更清楚地看出葡萄糖分子中各原子或原子团在空间排列的关系:



在形成环状结构的葡萄糖分子中, 由于 C_1 上面所连的 $-OH$ 及 $-H$ 在环上的空间位置不同而构成 α 、 β 两种型式的异构体。当 C_1 与 C_2 的 $-OH$ 在环的同一侧时为 α 型; 当 C_1 与 C_2 的 $-OH$ 在环的不同两侧

时为 β 型。

从结构式可知，葡萄糖分子既含有羟基又含有醛基，因此它既具有醇的某些性质，如可以和酸发生酯化反应；也具有醛的某些性质，如可以发生银镜反应。在生产上，镜子及保温瓶胆的镀银常用葡萄糖作还原剂。

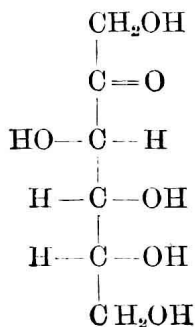
〔演示实验 6-1〕 在洁净的试管中加入一定量硝酸银的氨溶液，再加入 1/2 体积的葡萄糖溶液，微微加热，使受热均匀，试管上即生成光亮的银镜。

葡萄糖是人体肌肉活动及劳动所需能量的重要来源。这是由于人们吃的淀粉质食物，在体内转化成葡萄糖后，再进行一系列氧化反应，放出能量的缘故。总的表示式为：

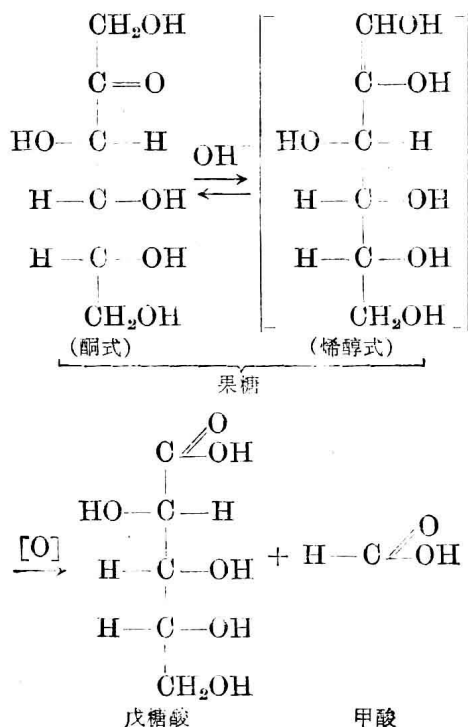


因此，医疗上常把葡萄糖用作病人营养剂加以注射。

葡萄糖的同分异构体果糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ，也是一种重要的单糖，它的结构可表示为：



它跟葡萄糖分子结构上的不同点在于含有酮基 ($\bigcirc\text{C}=\text{O}$), 它是六碳原子的酮糖; 葡萄糖则是六碳原子的醛糖。果糖分子中虽然没有醛基 ($-\text{CHO}$), 但它与硝酸银氨溶液反应却比葡萄糖更为迅速。这是由于在碱性条件下 (OH^- 来自银氨溶液), 酮式的果糖极易变成烯醇式结构, 这种烯醇式结构很不稳定, 很易被氧化, 生成的产物中有甲酸。这就是造成果糖具有很强还原能力的主要原因。在碱性条件下, 果糖被氧化的反应 (即还原性) 情况可表示如下:



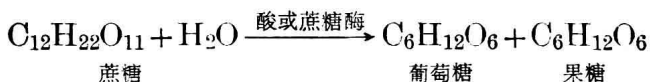
三、糖类的水解和缩合

从淀粉的加工利用可知,不仅淀粉能水解,麦芽糖也能发生水解。事实证明,蔗糖和纤维素也具有这种水解特性。可见,这种水解特性是一切双糖和多糖物质的共性,而且根据水解的产物我们可以推断原来糖的结构。

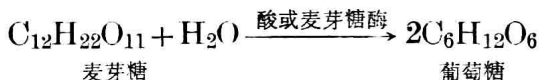
(一)单糖的缩合和双糖的水解

蔗糖和麦芽糖是较常见也较重要的双糖,分子式都是 $C_{12}H_{22}O_{11}$,两者是同分异构体。蔗糖就是人们平常吃的食糖。甘蔗中含有 16~26% 蔗糖。甜菜中含有 12~15%,它们是制取蔗糖的原料。我国的台湾、广东、四川等省是盛产蔗糖的地区,蔗糖总产量占世界第二位。麦芽糖是一种白色晶体,含有一分子结晶水,易溶于水,它是饴糖的主要成分,但甜味不及蔗糖。

蔗糖在无机酸或酶的催化下,能水解生成一分子葡萄糖和一分子果糖:

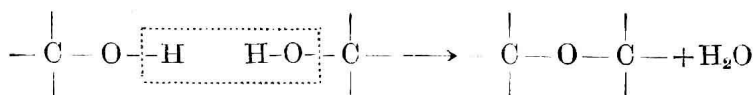


麦芽糖也能水解,可是得到的产物都是葡萄糖:



根据蔗糖和麦芽糖的水解产物,可以推测蔗糖分

子是一分子葡萄糖和一分子果糖失去一分子 H_2O 结合而成；而麦芽糖分子是二分子的葡萄糖通过失去一分子 H_2O 结合而成。事实上，在一定条件下，两个单糖分子也的确可以失去一个水分子转化成一个双糖的分子。



由于这类糖(蔗糖和麦芽糖等)分子结构比较复杂，上式中只画出了每个糖分子的一部分。对于两个分子的这种失水结合，一般称作缩合作用。在人体内，有机分子经常是这样进行缩合的，这是人体由小分子制造大分子的主要途径。这种缩合作用正是前面所讲的水解作用的逆过程。因此可以认为，水解作用是一种在加水条件下使缩合分子分解的过程。

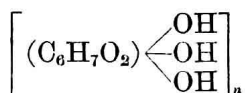
由此可见，单糖的缩合和双糖的水解是对立的统一过程，它们在一定条件下是可以相互转化的。研究和利用这种辩证的转化，无论在生产实践上和生理上都有重要的意义。

(二) 单糖的缩合和多糖的水解

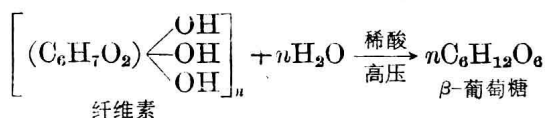
生命机体能够使大量的葡萄糖分子缩合成为大分子。这样的大分子，一个分子可以由几百个到几千个葡萄糖分子单位 $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]$ 串连而成。这样的大分

子并不含有整个的葡萄糖分子，因为在两个葡萄糖分子缩合之处失去了一个水分子，剩下的只是葡萄糖分子的残留部分，一般称之为葡萄糖分子残基或单位。

这些 $[-C_6H_{10}O_5-]$ 单位可以完全是联成一条直线；也可以排列成具有不同长度和式样的分支。后者就是由 α 葡萄糖缩合而成的淀粉结构；前者就是由 β -葡萄糖缩合而成的另一种产物——纤维素的结构。纤维素的分子结构式可表示为，



纤维素分子是直链的线型分子结构，所以它能够形成细长的纤维。同淀粉一样，纤维素也可以在一定条件下发生水解生成葡萄糖：



可见，单糖的缩合和多糖的水解，两者也是对立的统一，它们在一定条件下也能发生互相转化。

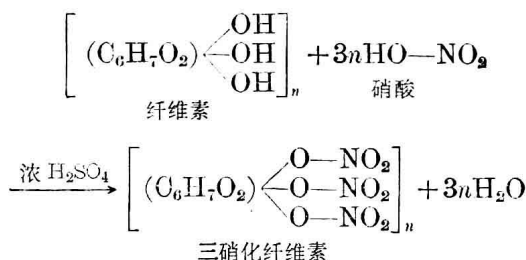
纤维素也是一种天然高分子化合物。它是自然界里分布最广的一种多糖。所有的植物的细胞膜皆由纤维素组成，而植物的干、枝各部含量尤为丰富。木材中含纤维素 50%，棉花中含 92% 以上，是纤维素的主要来源。此外，还有许多农副产品和野生植物如芦苇、玉

米秆、甘蔗渣、花生壳等等都是很好的纤维素原料。

从植物中提取纤维素的方法，一般是把含纤维素的物质，如木材、稻草、木屑、野生植物的枝干等，用碱溶液或亚硫酸氢钙(CaHSO_3)溶液在 $120^\circ\text{C}\sim 160^\circ\text{C}$ 条件下处理，溶去木素等其他成分，使纤维素分离出来。

纤维素分子结构中含有许多羟基，即在纤维素分子里，每个 $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]$ 单位中含有三个羟基。因此具有醇的某些性质：它可以进行不同程度的酯化反应，得到不同的酯。人们利用这种性质来制取工农业和国防工业上所需要的一些产品。

例如：纤维素可以和硝酸等发生酯化反应生成纤维素硝酸酯。纤维素硝酸酯俗称“硝化纤维”，工业上是使用混合酸(浓硝酸及浓硫酸的混合物)处理纤维素而得。硫酸在这里既能促使酯化反应速度加快，又起了去水剂的作用。上述制备反应式表示如下：



制作时，先把短绒棉经过脱脂处理变成脱脂棉，再把脱脂棉同浓硝酸和浓硫酸的混合酸($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4 = 1:3$)

反应,生成硝化纤维。由于酯化时酸的浓度、温度和时间等条件不同,酯化的程度也不同,生成物为三硝化纤维或二硝化纤维等。含氮量高(12.5~14.14%)的硝化纤维,俗称“火药棉”可以制无烟火药供备战用;含氮量低(10.8~12%)的硝化纤维作为民用,用来制造赛璐珞及喷漆等。

纤维素的用途很大,除了供制硝化纤维外,有些可以直接供纺织用;经过物理化学加工纤维素还可以造纸和制造人造纤维等。

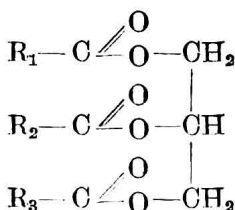
总之,只要合理的利用农副产品和天然资源,就能创造出更多更好的物质财富。

第二节 油脂的性质和结构

油脂是液态油和固态脂肪的总称。油脂广泛地存在于动植物体内。在动物体内存在于皮下、骨髓等部位,如牛油、羊油、猪油等。植物体内常存在于种子、果实内,如蓖麻油、棉籽油、米糠油等。不少油脂可供人们食用,食物内的油脂在人体内氧化为 CO_2 和 H_2O ,同时放出热能,这也是人类生活和劳动所需能量的一个重要来源。此外,油脂还可制成肥皂、甘油、脂肪酸、油漆、工程塑料等。因此对油脂的加工利用和性质结构的研究有着重要的实际意义。

一、油脂结构组成上的特点

油和脂肪的物理状态虽然不同，但从化学结构组成上看，它们都是高级脂肪酸和甘油(丙三醇)形成的酯，可以用通式表示如下：



上式中的 R_1 、 R_2 、 R_3 代表三个烃基。在各种油脂中三个烃基有的相同，有的不同；有的饱和，有的不饱和。

形成油脂的主要脂肪酸有：

饱和脂肪酸，如 $\left\{ \begin{array}{l} \text{硬脂酸 } \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} \\ \text{软脂酸 } \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH} \end{array} \right.$

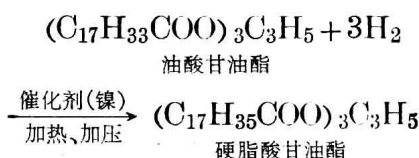
不饱和脂肪酸，如 $\left\{ \begin{array}{l} \text{油 酸 } \text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} \\ \text{亚油酸 } \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH} \end{array} \right.$

动植物中所含的天然油脂是多种脂肪酸甘油酯的混合物。

形成油脂的脂肪酸的饱和程度，对油脂的熔点有相当影响。在常温下呈固态的(即脂肪)，其主要成分为饱和脂肪酸甘油酯，如牛油、猪油等；呈液态的(即

油)，则主要成分为不饱和脂肪酸甘油酯。如棉籽油、麻油等。

液态油是否可转化为固态脂肪呢？如果能设法提高油的饱和性，就可得到该饱和脂肪酸甘油酯。实际生产上就是利用不饱和脂肪酸甘油酯和氢起加成反应来提高油中饱和脂肪酸甘油酯的含量：



随着饱和脂肪酸甘油酯含量的增加，熔点增高，液态油就转变为固态脂肪，一般称之为硬化油。硬化油具有更广泛的用途，主要用于制造硬脂酸、甘油及肥皂等。

人们在实践中发现这个性质，利用这个性质，大搞综合利用，把大批价格低、来源广的植物油，如米糠油、棉籽油等变成熔点较高的固态脂肪（硬化油），以满足日益增长的人民生活 and 工业生产的需要。

二、油脂性质上的特点

油脂具有高级脂肪酸甘油酯的基本结构，因此反映在性质上具有酯类水解的基本特点，它既能在酸性条件下水解，又能在碱溶液中进行水解。工业上利用这个性质来生产一些重要的化工产品，如硬脂酸、甘油

及肥皂等。

(一) 蓖麻油的酸性水解

蓖麻子压榨可得蓖麻油，蓖麻油是制造工程塑料“尼龙 1010”的重要原料。将蓖麻油在酸性条件下水解可转化成蓖麻油酸



蓖麻油酸的分子结构和油酸近似。它也有十八个碳的长链，末端有一个羧基(—COOH)，在近中间处有一个双键(在油酸中，这个双键位于正中间)；但蓖麻油酸的分子中还有一个羟基(—OH)与一个碳原子连结，这个碳原子是远离羧基的第十一个碳原子。

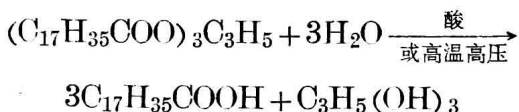
蓖麻油酸再经酸碱热裂化则可制得癸二酸



从癸二酸出发，生产工程塑料尼龙 1010 是我国独创的产品。它能代替有色金属广泛应用于各工业部门，随着尼龙 1010 的迅速发展，对癸二酸的生产也提出了新的要求。在批林批孔运动和学习无产阶级专政理论的运动胜利发展大好形势下，为了适应工农业生产及国防工业的需要，全国很多地区广泛发动群众大量种植生长力强的蓖麻，因地制宜普遍开展了癸二酸的生产，从而为制造尼龙 1010 提供了丰富的原料。

除蓖麻油外，其他油脂在酸或高温高压条件下也可以和水发生水解反应，生成脂肪酸和甘油。例如

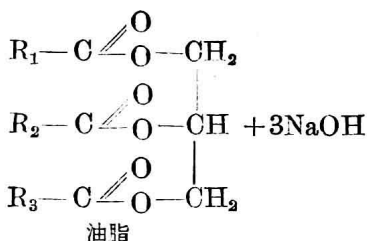
用天然的脂肪或硬化油水解可以得到硬脂酸及甘油：

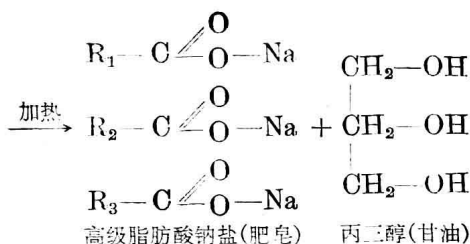


硬脂酸是白色固态物质，主要用作高级橡胶制品硫化促进剂的活化剂和制造聚氯乙烯的增塑剂等的原料。甘油是具有甜味的粘稠液体，有很强的吸湿性，可用于制炸药(硝化甘油)、药物以及作为吸湿剂、抗冻剂等。

(二) 油脂的碱性水解

油脂在过量的碱溶液(如 NaOH)中水解，生成脂肪酸盐和甘油。这种反应称为皂化反应。工业上利用这个性质生产肥皂。工业生产上是用以下方法来实现皂化的过程：把动物脂、硬化油、植物油等几种油脂和氢氧化钠溶液以一定比例混和加热，不断搅拌，使油脂和碱充分反应，结果就生成高级脂肪酸钠盐(即肥皂)和甘油：





通常把十二碳至二十二碳高级脂肪酸的钠盐,叫做“肥皂”,家用的肥皂是软脂酸及硬脂酸的钠盐。

为了节省动植物油脂的消耗,尤其是为了节约食用油脂,我国制皂工人已成功地将石蜡氧化成脂肪酸以代替油脂生产肥皂。其方法是将石蜡在催化剂存在下用空气氧化,控制反应温度在 $105\sim 120^{\circ}\text{C}$, 则可得到高级脂肪酸,进而与碱(NaOH)作用就得到高级脂肪酸钠盐(肥皂)。

肥皂是一种常用的去垢剂(洗涤剂)。肥皂为什么能去除油污?当我们在水里加一些肥皂,洗涤油污物时,在水和油性颗粒的界面上,肥皂分子排成一行。肥皂分子中的羧酸根部分(COO^-),因具有亲水性留在水中;而高级烃基($\text{R}-$)部分,因具有疏水性易溶于油脂,而粘住油垢,如图 6-1 所示。

这样每一个油性颗粒的表面都包围着肥皂分子,而肥皂分子的烃基($\text{R}-$)一头统统都与油粒粘合,而羧酸根(COO^-)则全都朝着外面(水里)。这样,水能够很容易地润湿覆盖着羧酸根的油性颗粒。于是,由于

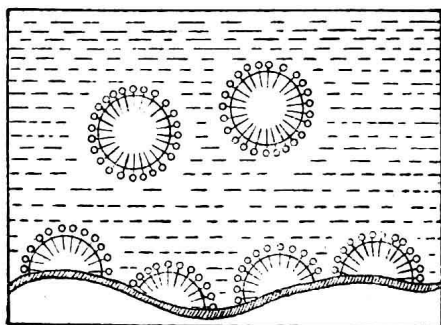


图 6-1 肥皂去污原理示意

肥皂泡的作用，水就把油性颗粒飘浮起来并且把它们冲走，这样也就达到了去除油污洗净沾污物的目的。

由此可见，一种物质，如果其分子的一端可溶于水（即亲水），而另一端不溶于水而可溶于油脂或碳氢化合物（即疏水）。那末，这种物质都可以作为去垢剂（洗涤剂）使用。

例如，十二烷基苯磺酸钠 $\left[\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{Na} \right]$

就具有这种特性，它是目前常用的一种合成洗涤剂（俗称肥皂粉）。它与普通肥皂相比具有更良好的去污性能。普通肥皂只能适于在软水中洗涤沾污物，而在硬水中就不能使用，起不到去污作用。这是由于硬水中 Ca^{++} 、 Mg^{++} 等离子存在，会促使高级脂肪酸钠盐向不溶于水的高级脂肪酸钙盐和镁盐转化，使肥皂成沉淀析出。

此外，肥皂在酸性溶液中也不宜使用，因为这时高级脂肪酸将被游离出来而失去去污作用；同时肥皂水溶液有碱性，容易损伤丝绸及毛织物。

而十二烷基苯磺酸钠等合成洗涤剂，不仅在硬水中能起去污作用，在酸性溶液中也能使用；它的水溶液不呈碱性。正由于这种合成洗涤剂与肥皂相比有着这样的良好去污性能，因此目前在工业生产上利用石油加工产品（如轻柴油馏分）作原料加以大量生产。

第三节 生命是蛋白体的存在方式

蛋白质同碳水化合物、脂肪等一样是构成生命运动的基本物质，但是就蛋白质在生命运动中所起的作用来说，它显得更为重要。在自然界中，一切生物，无论是微生物，植物、动物和人体都含有蛋白质，同时生物体的各种生命现象都和蛋白质有关：例如食物的消化作用是在各种酶的催化下进行的，而酶就是一类具有催化能力的蛋白质。又如氧是人类维持生命不可缺少的物质，而氧就由一种血红蛋白负责输送到人体各部。激素是一种能调节、控制新陈代谢的物质，而有些激素，如胰岛素就是一种最简单的蛋白质。胰岛素能调节人体和动物体血糖代谢，体内缺少了胰岛素，血液中的糖含量就升高引起糖尿病，所以医药上可用

胰岛素医治糖尿病;但若体内胰岛素过多了,血糖量会降低,血糖过低,就会引起休克以至死亡。总之,“……蛋白质执行着生命的一切主要机能:消化、排泄、运动、收缩、对刺激的反应、繁殖。”*

由此可见,蛋白质是生命的一种重要物质基础。同时现代科学实验证明,核酸也是生命的一种重要物质基础。伟大的革命导师恩格斯曾经英明预见,“生命是蛋白体的存在方式”**,而我们现在认识到,蛋白体就是蛋白质和核酸的复合体。

那末核酸是一种什么物质呢?它是生物体细胞合成的一种大分子化合物,由于最初是从细胞核分离出来的,又具有酸性,故得名为核酸。核酸这个大分子是由很多小分子单体核苷酸组成的。如果把核酸比作一幢房子,那么核苷酸就是砖头,象图6-2所表示的那样,四种不同的核苷酸***通过磷酸,手拉手地连接起来成为一个长链条。有的链条很长,由数以百万计的核苷酸组成,短的也有近百个。根据核酸的化学组成和功能,人们可以

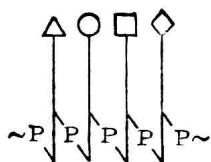


图 6-2 核酸结构示意图

* 恩格斯:《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 18 页。

** 恩格斯:《反杜林论》人民出版社 1970 年版第 78 页。

*** 核苷酸由碱基、糖和磷酸组成,碱基和糖结合起来叫做核苷。四种不同的核苷酸是:腺嘌呤核苷酸、鸟嘌呤核苷酸,胞嘧啶核苷酸和尿嘧啶核苷酸。

把它分成两类。一类叫脱氧核糖核酸(用 DNA 表示),主要存在于细胞核中,和蛋白质等一起形成染色体,它控制生物的生长、遗传和变异。另一类称为核糖核酸(用 RNA 表示),主要在细胞质中,它与蛋白质的合成有关。

学习和研究蛋白质及核酸,对于认识化学运动与生命运动的辩证关系,探索生命起源的本质,揭露“上帝创造人”的谎言和批判“死生有命,富贵在天”的孔孟之道都有着重要的现实意义。

下面,我们着重学习研究蛋白质在性质和结构上的矛盾特殊性。

一、蛋白质的水解和氨基酸的缩合

蛋白质是一种结构十分复杂的高分子化合物,在有机体的每个细胞中存在着成千上万个不同种类的蛋白质分子,而几乎每个蛋白质分子又包含着几千个原子,它们的分子量都是相当大的,下列就是几种常见蛋白质的分子量:

胰岛素	12,000,	乳球蛋白	35,200
胃蛋白酶	35,500,	血红球蛋白	167,000
卵清蛋白	44,000,	芝麻蛋白	310,000
血红蛋白	68,000,	烟叶斑纹病毒	1060,000

尽管蛋白质是个十分复杂的高分子化合物,但是

人们通过实行物理学和化学的实验，变革蛋白质分子的情况，是可以逐步认识蛋白质分子的结构组成和性质的。

(一) 蛋白质的元素组成

各种蛋白质，经过元素分析的实验，可以测定出它们所含的主要元素是：

碳	50~55%，	氢	0.5~7.5%
氧	21~24%，	硫	0~2%
氮	15~18%，	磷	0~1%

所有的蛋白质都含有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)四种元素。糖、脂肪我们知道虽然也都含碳、氢和氧三种元素，但不含氮，而蛋白质则一定含氮，并且含氮量为15~18%，平均16%，即每100克蛋白质中平均含氮16克，也就是在任何蛋白质样品中，每克氮表示该样品中含蛋白质约6.25克。因此，在测定生物样品的蛋白质含量时，可先测定样品中的含氮量，再乘以6.25，便可估计出蛋白质的含量。此外，多数蛋白质还含有少量的硫(S)，有些蛋白质含有磷(P)，若干特殊的蛋白质还含有其他元素，例如：血红蛋白中含有铁、甲状腺的蛋白质中含有碘等。

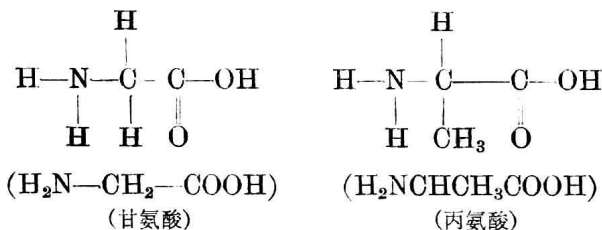
(二) 构成蛋白质的基本单位——氨基酸

人们通过长期的实践，发现所有被研究过的动植物中的蛋白质，在一定条件下都能分解为简单得多的

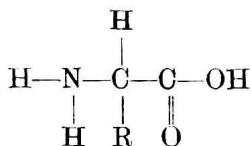
结构单位。具体表现在蛋白质经酸、碱或酶催化彻底水解后,都能生成一类物质——氨基酸。因此,正如多糖是由许多单糖相互去水缩合而构成一样,可以知道,蛋白质是由很多氨基酸相互去水缩合构成的。但构成多糖的往往只是一种单糖或极少数的几种单糖,而蛋白质却由多种不同的氨基酸构成。目前已知组成蛋白质的主要氨基酸约有 20 多种,它们是构成各种蛋白质的基本单位。

经分析测定,自然界中存在的天然氨基酸在化学结构上都有一个共同特点,即氨基(—NH₂)都连接在和羧基(—COOH)相邻的碳原子上。

最简单的氨基酸是氨基乙酸俗称甘氨酸。它的结构式及丙氨酸的结构式是:



所有的天然氨基酸的一般结构式可以表示为:

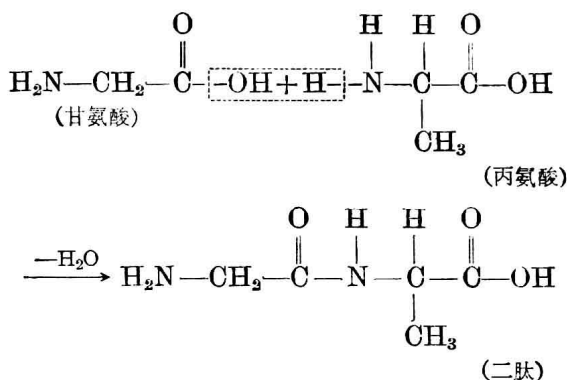


分析氨基酸结构上的特点可以清楚地看到,它表

现在所有氨基酸都含有氨基($-\text{NH}_2$),又都含有羧基($-\text{COOH}$)。因此氨基酸是一种同时具有碱性和酸性的两性化合物。也正是由于这个特点,各个氨基酸分子能通过氨基与羧基间的相互作用而进一步联系起来形成新的更为复杂的结构,并导致蛋白质分子的形成。

(三)氨基酸的缩合和蛋白质分子的形成

一分子氨基酸的羧基(COOH)与另一分子氨基酸的氨基(NH_2)可以失水(H_2O)缩合形成一种叫做肽类的化合物。由二分子氨基酸缩合而成的化合物叫二肽,如



二肽分子两端尚有游离的氨基和羧基,因此二肽又能和其他氨基酸缩合成三肽,以至多肽。

分析比较各种肽分子,可以确定肽分子结构上都有一个共同特点,那就是都含有 $\left[\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array} \right]$ 键,在生物

化学上称为肽键。因此肽是由两个以上氨基酸通过肽键相联结的化合物。分子量在一万以上的多肽一般认为是蛋白质,可见,蛋白质分子也就是由许多氨基酸通过肽键相连而成多肽链的复杂的大分子。所谓肽链,它是许多氨基酸以一定的顺序首尾相连接成的长链。肽链是蛋白质分子的骨架,所以也叫主链。各个氨基酸在构成蛋白质分子主链的同时,还留下一个化学基团从主链伸出,称为蛋白质分子的侧链,它们常常担负重要的生物化学功能。所以任何蛋白质分子的结构都象长满了枝叶的葡萄藤一样,包含一条(或几条)主链和许多侧链。

二十多种氨基酸(见表 6-1)通过不同数目,不同的排列组合可以形成种类繁多的蛋白质*。

表 6-1 主要几种氨基酸

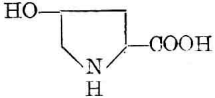
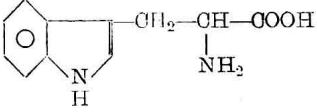
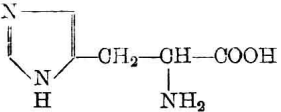
分类	名 称	结 构 式
中 性 氨 基 酸	甘 氨 酸	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
	丙 氨 酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	丝 氨 酸	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

* 其中约有十种氨基酸(如精氨酸),在动物体内不能合成,依赖植物供给。

(续表)

分类	名 称	结 构 式
中 性 氨 基 酸	半胱氨酸	$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	胱氨酸	$\begin{array}{c} \text{S}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} \\ \\ \text{S}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} \end{array}$
	苏氨酸	$\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	蛋氨酸	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	缬氨酸	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	亮氨酸	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	异亮氨酸	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	苯丙氨酸	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	酪氨酸	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	脯氨酸	$\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}_2$

(续表)

分类	名 称	结 构 式
中 性 氨 基 酸	羟脯氨酸	
	色氨酸	
酸 性 氨 基 酸	天门冬氨酸	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	谷氨酸	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
碱 性 氨 基 酸	精氨酸	$\text{HN}=\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{N}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	赖氨酸	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
	组氨酸	

二、胰岛素的人工合成和唯心论的破产

一百年前,革命导师恩格斯就指出:“生命是蛋白体的存在方式”,“生命的起源必然是通过化学的途径

实现的”^{*}。但是，自那时以来，人们对于生命现象的认识，还一直停留在解剖学的水平上。我国一批年轻的科学工作者，勇敢地担负起了通过化学途径人工合成蛋白质，从而探索生命之谜这样一个重大而光荣的任务。在大跃进的一九五八年，“人工合成胰岛素”的研究课题上马了。他们奋发图强，于1965年，在世界上第一次用化学方法全合成了具有生物活力的蛋白质——结晶牛胰岛素。接着，在无产阶级文化大革命的高潮中，几十名青年科学工作者，又集中在一起，发扬社会主义大协作的革命精神，开始用“X光衍射法”测定胰岛素这种蛋白质的晶体结构。在1973年初完成了分辨率为一点八埃（即 $1.8\text{\AA}$ ）的胰岛素晶体结构的测定工作，达到了世界先进水平。毛主席制定的“独立自主、自力更生”的伟大方针、优越的社会主义制度是我们取得这样光辉成就的根本保证。

据测定，胰岛素分子的基本结构的情况，大体如下：胰岛素分子由两条肽链组成，一条肽链包含21个氨基酸，称为A链；另一条肽链包含30个氨基酸，称为B链，总共是51个氨基酸。胰岛素分子的形状约略象一个锥体，其底面直径约20埃（ $\text{\AA}$ ），高约23埃（ $\text{\AA}$ ）。比如说，要使一个跳棋子变成珠穆朗玛峰一样高大的放大倍数，才能使胰岛素分子变成跳棋子一样

^{*} 恩格斯：《反杜林论》人民出版社1970年版第70页。

的大小。图 6-3 以示意的方式画出了一个胰岛素分子的概貌。从图中可以看到，在空间中，A 链紧缩在

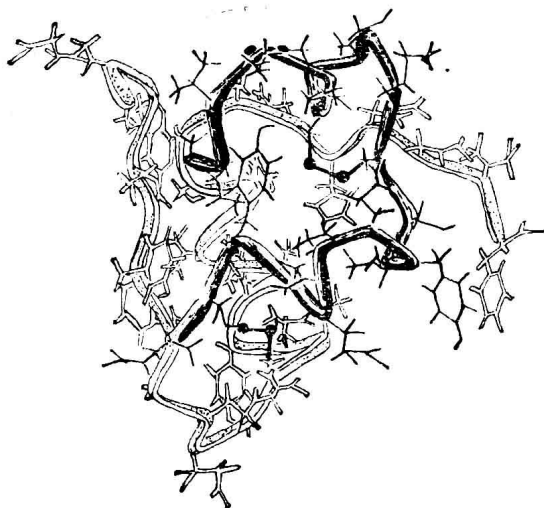


图 6-3 一个胰岛素分子的概貌

(黑色为 A 链；灰色为 B 链； 两对黑球为二硫键)

一起，被 B 链从三面包围起来。整个 A 链是一个卷缩和致密的单位，结构显得十分紧凑；B 链中间有一段螺旋结构。另外，又有两个牢固的由硫原子组成的化学键(二硫键)，将 A 链和 B 链联结起来。这就象两把锁一样，把 A、B 两条肽链牢牢地锁在一起，形成稳定的结构，共同组成胰岛素分子。并由两个锌离子把六个胰岛素分子结合起来成为一个整体，如图 6-4。

搞清胰岛素的空间结构不仅有助于人们进一步从空间结构上去研究胰岛素结构与功能的关系，并为创

造更高效的胰岛素药物开辟美好的前景。另一方面，作为一种蛋白质激素，胰岛素是蛋白质分子中最小的一个，因而是研究这类极为复杂的物质的典型。所以，研究胰岛素的结构、功能及其生物学作用原理，对于一些重要的生命活动规律的阐明、对于了解重要的生命物质——蛋白质，有着重要的意义。

人工合成胰岛素及其结构的测定，标志着人类在认识生命、揭开生命奥秘的伟大历程中又迈进了一大步。

早在一个世纪以前，恩格斯就预言：“说明生命是怎样从无机界中发生的。在科学发展的现阶段上，这就是要从无机物中制造出蛋白质来。”* 随着人工合成蛋白质的成功，恩格斯的伟大预言正在逐步地成为光辉的现实。自然科学史的研究已经证明：地球上最早出现的生命，就是从非生命物质，通过化学的途径，长期演化而来的。所以生命物质决不是象唯心论所鼓吹的那样是什么神秘的“生命力”或所谓上帝所创造的。

古今中外的反动统治阶级在关于生命起源的问题

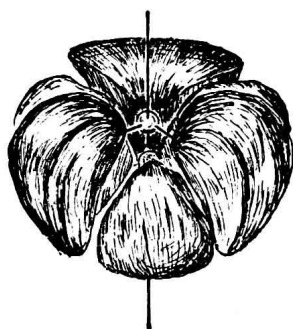


图 6-4 胰岛素分子的六聚体
(中心两个圆球表示为
两个锌离子)

* 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 176 页。

上都极尽歪曲之能事，目的则都是在于维护他们的统治。孔老二竭力鼓吹唯心主义的“天命论”，胡说什么“死生有命，富贵在天”，也就是说：人的死生是命中注定的，富贵是由上天安排的。他们宣扬“天命论”，不仅在自然观上是唯心的反科学的，更重要的是为其推行一条“克己复礼”的反动政治路线服务的。资产阶级野心家林彪也拚命贩卖“天命论”。他自比“天马”、自称“天才”，要人们相信他是“受命于天”的，服服贴贴地接受他的统治。但是，林彪的复辟梦是根本不可能实现的，最后只落得个折戟沉沙，一命呜呼的可耻下场！

三、化学运动向生命运动的辩证转化

随着人们不断合成只在生物界中出现的有机物质，即那些在生命过程中产生的物质，如碳水化合物、脂肪、蛋白质等等，尤其是“当化学产生了蛋白质的时候”，化学过程就“……要进入一个内容更丰富的领域，即有机生命的领域。”*

可见，生命物质和非生命物质之间没有不可逾越的鸿沟，即物质的化学运动可以向更高级的生命运动发生转化。人工合成胰岛素的光辉实践，说明这种辩证的转化在一定条件下，是可以逐步实现的。正如列宁曾经预示过的那样：“化学的东西向有生命的东西的

* 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 234 页。

转化，——这显然是问题的实质所在。”*

物质的化学运动和生命运动除了存在着上述密切联系外，同时存在着本质的区别。生命运动是一种复杂的高级的物质运动形态，有其矛盾的特殊性，即“生命是蛋白体的存在方式，这种存在方式本质上就在于这些蛋白体的化学组成部分的不断的自我更新。”**这种不断自我更新，具体表现为生物体内同化、异化的对立统一，就是生命物质的新陈代谢。

总之，生命物质的运动形式是从单纯的机械的、热的、电的、分子的、化学的等等非生命物质形态的运动形式发展变化来的，包含了低级的、简单的物理、化学运动形式及其规律，但决不能把生命就归结为这些简单的、低级的运动形式的机械结合。那种把生命运动归结为简单化学运动、物理运动的观点是错误的。无论是过去的机械论（认为“人是机器”），还是现代的“还原论”（认为“生物是非常复杂的动力学化学机器”），虽然新老之间说法略有差别，但它们形而上学的本质是一样的。

“还原论”只见树木，不见森林，以局部代替整体，以偏概全，把有机体还原为分子或基本粒子、把生命运动还原为分子运动或基本粒子运动。其结果必然是否

* 列宁：《哲学笔记》人民出版社 1974 年版第 375 页。

** 恩格斯：《反杜林论》人民出版社 1970 年版第 78 页。

定了整体的质的特殊性，把整体的属性归为它的组成部分的属性。同时，“还原论”忽视了生命物质的一个重要特点是生物有机体的复杂性，把生物和非生物都看成是一堆分子或“基本”粒子。恩格斯早就指出，这种“企图把质的差异归结为同一的最小粒子的结合所造成的纯粹量的差异”^{*}，从而抹煞了两者之间的质的区别，这是完全错误的。

我们学习研究化学运动和生命运动的辩证关系，应该注意到，跟其他所有自然科学领域中一样，在这个问题上同样也存在着唯物主义和唯心主义、辩证法和形而上学的尖锐斗争。为了进行这个斗争，我们应该努力在实践中学会运用唯物辩证法，以马克思主义哲学统帅自然科学。只有这样，才能“为从一个研究领域到另一个研究领域的过渡提供类比，并从而提供说明方法。”^{**} 同时，更重要的是使得我们能在自然科学领域中对资产阶级实行全面专政、对资产阶级思想的侵袭和资产阶级世界观的复辟作坚决的斗争，并把它进行到底，直至取得完全胜利！

作 业

1. 怎样用化学方法鉴别蔗糖与葡萄糖？

^{*} 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 233 页。

^{**} 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版第 28 页。

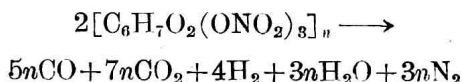
2. 甲酸、葡萄糖与果糖都具有还原性, 试从它们的分子结构加以说明。

3. 某工厂用酸法生产葡萄糖, 试计算每制取一吨葡萄糖需淀粉多少公斤? 以此为例说明淀粉水解的实质。

4. 结合具体实例初步分析油脂性质和结构间的辩证关系。

5. 我们学过乙醇的制造方法有哪些? 试进行比较。

6. 硝化纤维是无烟火药的重要原料, 分解时放出大量热量, 分解产物可用下式表示:



(1) 根据上式说明硝化纤维为什么能制造无烟火药;

(2) 根据硝化纤维的分子式计算出含氮量的重量百分数。

7. 肥皂为什么能去垢? 与合成洗涤剂比较有何异同之点?

8. 人工合成胰岛素在哲学斗争和科学发展上有什么重要意义?

学 生 实 验

实验一 土壤几种重要性质的简易测定

实验目的

掌握土壤砂粘性及酸碱度的简易测定方法。

实验内容

一、土壤样品的采集：从试验田或大田采样，要注意地点和深度，一般是选取有代表性的地点4~6处（不应在田边、路边、沟边及堆过肥料的地方）并在耕作层范围内（约5寸深）采集土壤样品，这样所取样品才有代表性。几点采集后放在一只盘子里，用手捏碎，充分混合均匀，拣去植物残体、石块、按四分法取出平均样品约一到二斤，装入干净的布袋或纸里备用。四分法即是将样品平摊成一薄层，划成四份，然后弃去相对的二小份，剩下的土样重新混合。按此法继续进行，直到剩下的土样达到所需要的重量为止。在标签上写上样品编号、采样地点、深度、日期，扎在布袋外面。

二、田间鉴别土壤砂粘性的简易方法：取小块土样（比算盘珠子略大），加水湿润，然后放在左手掌心，用右手指来回揉搓。如不能搓成条，是砂土；如只能搓

成短条，是砂壤土；如能搓成长条，但易断裂，是轻壤土；如能搓成完整的细条，但弯曲时易断裂是中壤土；如弯曲时仅有裂缝，是重壤土；如能弯曲成圆圈不裂缝，是粘土。

三、土壤酸碱性的测定：称鲜土 0.5~1 克，加中性水 2.5~5 毫升（将蒸馏水煮沸半小时，冷却后 pH 为 6.7 左右即可），保持土水比为 1:5，振荡三分钟，静置，把 pH 试条浸入上层清液，半秒钟后取出与比色板比较，即得 pH 值。

实验二 土壤中速效养分的简易测定

实验目的

掌握土壤中速效养分的简易测定方法。

一、土壤样品浸出液的制备：

土样的采集要有代表性。一般为在一块田地上采取多点取样，充分混合，然后将混合土样按四分法（将土样平铺成圆形或正方形，在中间划一“十”字，分土样为四份，弃掉对角二份）反复进行几次，直至将土样缩减到 0.5~1 斤。

土样采样深度，一般垂直取自土壤表面至土壤深度 15~20 厘米（一铲深）的一片土层。采样时间视测定目的而异。通常在前茬作物收获后，未施肥前进行

采样。采集的土壤挑去非土部分(石块、煤渣、草根等),并适当研细混匀。

对于中性(或略偏碱)的土壤(如上海地区)可用 $0.5N \text{NaHCO}_3$ 溶液作为浸出液。

浸提步骤:称取土样 5 克(以干土重计算)于 30 毫升三角烧瓶(或大试管)中。加入 $0.5N \text{NaHCO}_3$ 15 毫升,再加小半匙活性炭(脱色用)。瓶口用橡皮塞塞紧,用力振荡 2~3 分钟(或用玻棒搅拌),静置 5~10 分钟,使土壤中离子充分被代换出来。

然后过滤,所得的无色透明滤液供测定用。测定时所选用的滴管其口径应一律,即 1 毫升为 20 滴。测定的读数需乘 3,即为土壤中某元素含量(因为浸出液体积 15 毫升/土样重 5 克)。

试剂配制:

$0.5N \text{NaHCO}_3$: 称取碳酸氢钠(化学纯) 42 克溶于 1000 毫升蒸馏水中。

二、速效氮的测定:

土壤中速效氮有铵态(NH_4^+)氮和硝态(NO_3^-)氮两种。

1. 硝态氮的测定(硝酸试粉法)

测定原理:在酸性条件下,土样浸出液的硝态氮与硝酸试粉中的物质作用,使溶液显红色。根据红色深浅与已知的各种标准浓度配成的色列相比较,就可判

断被测土壤中硝态氮的含量。

测定步骤：在点滴板（白瓷板）上按下表顺序操作。

硝态氮测定

顺序	试 剂		单位	标准色列（含硝态氮 ppm）						土样
				0.5	1	2	4	8	16	
1	土样浸出液		滴	—	—	—	—	—	—	4
2	标准液	2 ppm	滴	1	2	4	—	—	—	—
3		16 ppm	滴	—	—	—	1	2	4	—
4	蒸 馏 水		滴	3	2	—	3	2	—	—
5	2.8N 硫 酸		滴	—	—	—	—	—	—	1
6	蒸 馏 水		滴	1	1	1	1	1	1	—
7	在白瓷板穴上用玻棒搅匀									
8*	硝 酸 试 粉	匙		1	1	1	1	1	1	1
9	玻 棒 搅 匀									
10	总 体 积	滴		5	5	5	5	5	5	5
比 色 读 数		3~10 分钟内比色。 读数 = (ppm)								
测 定 结 果		土壤硝态氮含量 = 读数 (ppm) × 3 = (ppm)								

* 硝酸试粉 1 匙约 0.05 克

试剂配制：

标准液：用分析天平准确称取干燥分析纯 KH_2PO_4 0.4390 克、 KNO_3 0.7220 克、 NH_4Cl 0.3820 克、 K_2SO_4 1.3247 克，放入 250 毫升

烧杯中,用少量蒸馏水溶解,然后细心地转移至1000毫升容量瓶中,用少量蒸馏水多次洗烧杯,并将洗液全部转移入容量瓶中,并加入5滴甲苯为防腐剂,最后用滴管加入蒸馏水定容至刻度。

分别吸取上述溶液2毫升、16毫升于两个100毫升容量瓶中,用蒸馏水定容至刻度。即配成标准液为含P、硝态氮、铵态氮为 $\begin{cases} 2 \text{ ppm} \\ 16 \text{ ppm} \end{cases}$,
 K^+ 为 $\begin{cases} 20 \text{ ppm} \\ 160 \text{ ppm} \end{cases}$ 。

2.8N 硫酸:取化学纯浓硫酸(比重1.84)8毫升加入于92毫升蒸馏水中。

硝酸试粉:

(1) 保存试剂: (甲)取150克柠檬酸、4克对氨基苯磺酸和2克甲苯胺,混合磨细,贮于棕色瓶中。(乙)取4克锌粉与20克硫酸锰混合磨细,贮于另一棕色瓶中。

(2) 使用试剂: 取(甲)试剂15克与(乙)试剂1克充分混合均匀,贮于棕色瓶中使用(有效期约2个月)。

2. 铵态氮的测定(奈氏试剂法)

测定原理: 在强碱性($pH > 11$)条件下, NH_4^+ 与奈氏试剂作用,生成黄棕色溶液或沉淀。根据颜色深浅,与已知的标准色列比较,即可判断土壤中铵态氮的含量。

由于土壤中常含 Ca^{++} 、 Mg^{++} ,它们在碱性条件下会生成沉淀,干扰 NH_4^+ 的测定,因此在测定时,可加入酒石酸钾钠使与 Ca^{++} 、 Mg^{++} 结合成难电离的化合物。

测定步骤: 在点滴板上按下表顺序操作。

铵态氮测定

顺序	试 剂		单 位	标准色列(含铵态氮 ppm)						土 样
				0.5	1	2	4	8	16	
1	土样浸出液		滴	—	—	—	—	—	—	4
2	标准液	2 ppm	滴	1	2	4	—	—	—	—
3		16 ppm	滴	—	—	—	1	2	4	—
4	蒸 馏 水		滴	3	2	—	3	2	—	—
5	10% 酒石酸	钾 钠	滴	1	1	1	1	1	1	1
6	玻 棒 搅 匀									
7	奈氏试剂		滴	2	2	2	2	2	2	2
8	玻 棒 搅 匀									
9	总 体 积		滴	7	7	7	7	7	7	7
比 色 读 数		2~5 分钟内比色。 读数 = (ppm)								
测 定 结 果		土壤铵态氮含量 = 读数 (ppm) × 3 = (ppm)								

试剂配制:

10% 酒石酸钾钠: 取 10 克酒石酸钾钠溶于 100 毫升蒸馏水。

奈氏试剂: 介绍两种方法。

(1) 称取 17.5 克碘化钾溶于 50 毫升蒸馏水中;另称 8.5 克氯化汞(HgCl_2 , 极毒!)溶于 150 毫升蒸馏水中(稍加热), 将氯化汞溶液徐徐加于碘化钾溶液中(不断边搅拌), 最后, 再加入数滴氯化汞至稍有沉淀生成为止。静置过夜, 取上部清液贮于棕色瓶中。

(2) 取 25.1 克分析纯碘化汞溶于 100 毫升碘化钾溶液(17.5 克碘化钾溶于 100 毫升蒸馏水)中, 并加蒸馏水至 500 毫升, 再加氢氧化钠溶液(105 克氢氧化钠溶于 200 毫升蒸馏水) 200 毫升, 混匀, 稀释至 1000 毫升, 贮于棕色瓶中, 吸取上部清液使用。

三、速效磷(P)的测定(磷钼蓝法):

测定原理: 可溶性磷酸盐与硫酸-钼酸铵溶液作用, 生成淡黄色的磷钼酸盐, 然后被 SnCl_2 还原成蓝色的磷钼蓝。根据蓝色深浅, 与已知标准色列比较, 即可判断土壤中磷(P)的含量。

测定步骤: 在滴定板上按下表顺序操作。

磷(P)测定操作

顺序	试 剂		单 位	标准 色 列 (含磷(P) ppm)						土 壤
				0.5	1	2	4	8	16	
1	土壤 浸 出 液		滴	—	—	—	—	—	—	4
2	标准液	2 ppm	滴	1	2	4	—	—	—	—
3		16 ppm	滴	—	—	—	1	2	4	—
4	蒸 馏 水		滴	3	2	—	3	2	—	—
5	2.8N 硫 酸		滴	—	—	—	—	—	—	1
6	蒸 馏 水		滴	1	1	1	1	1	1	—
7	1.25% 硫酸- 钼 酸 铵		滴	1	1	1	1	1	1	1
8	玻 棒 搅 匀									
9	0.4%氯化亚锡		滴	1	1	1	1	1	1	1
10	玻 棒 搅 匀									
11	总 体 积		滴	7	7	7	7	7	7	7
比 色 读 数			3 分钟后比色。 读数 = (ppm)							
测 定 结 果			土壤含磷(P)量 = 读数 (ppm) × 3 = (ppm)							

试剂配制:

1.25% 硫酸-钼酸铵:

称取 25 克钼酸铵溶于 200 毫升蒸馏水中(加热,如有混浊需过滤)。另取浓硫酸(比重 1.84) 275 毫升缓慢加入于 400 毫升蒸馏水中。待冷却后,将钼酸铵溶液缓慢加入于硫酸溶液中,冷却后,用蒸馏水定容至 1000 毫升,并贮于棕色瓶中。可长期保存。使用时,量取上述溶液 1 份,加蒸馏水 1 分,稀释后即为 1.25% 硫酸-钼酸铵溶液,可供 3 个月内使用有效。

0.4% 氯化亚锡:

吸取 20% 氯化亚锡原液 10 滴,加 25 毫升蒸馏水。当天配制,当天使用。(如果没有氯化亚锡溶液,那末,也可以用锡棒来代替操作,进行测定。)

四、速效钾(K^+)的测定(亚硝酸钴钠法):

测定原理: 在微酸性条件下, K^+ 与亚硝酸钴钠作用,生成溶解度很小的亚硝酸钴钠二钾的黄色沉淀,使溶液变成浑浊。根据浑浊程度(不是比色)和已知的标准浑浊色列比较浑浊度,可判断土壤中钾(K^+)含量。

由于该沉淀在酒精中溶解度更小,加酒精可提高测定效果。

在实验中, NH_4^+ 也会产生黄色沉淀,这时,可加甲醛排除其干扰。

测定步骤: 在若干小试管中,按下表所列顺序进行操作。

钾(K⁺)测定操作

顺序	试 剂	单 位	标准浑浊列(含 K ⁺ ppm)						土 壤
			10	20	30	50	70	90	
1	土壤浸出液	滴	—	—	—	—	—	—	16
2	标准液 (K ⁺ 160ppm)	滴	1	2	3	5	7	9	—
3	蒸馏水	滴	15	14	13	11	9	7	—
4*	36% NaCl	滴	2	2	2	2	2	2	—
5	冰 醋 酸	滴	—	—	—	—	—	—	2
6	37% 甲 醛	滴	1	1	1	1	1	1	1
7	摇 匀								
8	95% 酒 精	滴	16	16	16	16	16	16	16
9**	30% 亚 硝 酸 钴 钠	滴	2	2	2	2	2	2	2
10	摇 匀								
11	总 体 积	滴	37	37	37	37	37	37	37
比 浊 读 数		3 分钟后比浊。 读数 = (ppm)							
测 定 结 果		土壤含钾(K ⁺)量 = 读数 (ppm) × 3 = (ppm)							

* 36% NaCl: 取36克氯化钠溶于 100 毫升蒸馏水(饱和)。

** 30% 亚硝酸钴钠: 取 6 克亚硝酸钴钠溶于 20 毫升蒸馏水, 并加 10 滴冰醋酸即成。(如果溶液放置时, 由棕色变为玫瑰色, 表示试剂已分解, 失效。)

实验三 烃的实验

实验目的

1. 学习乙烯、乙炔的实验室制法。
2. 进一步认识不饱和烃和芳香烃性质的知识。

实验用品

试管 6 只 单孔塞 导管 量筒 酒精灯 铁架台(附铁夹) 尖嘴玻璃管

高锰酸钾溶液 溴水 酒精和浓硫酸的混和液(1:3) 瓷片 电石 棉花 苯 植物油

实验步骤

1. 乙烯的制取和性质

(1) 按第 69 页装置,并检查装置是否漏气。

(2) 向试管内小心注入酒精和浓硫酸的混和液(1:3)6~8 毫升,再在这个试管里放少量砂(或瓷片),以免液体混和物在受热时剧烈跳动。然后,用插着导气管的塞子塞住试管。用酒精灯加热试管,使混和物温度迅速上升,这时有乙烯生成。

(3) 使乙烯通入盛有稀溴水(约 2 毫升)的试管,观察有什么现象发生?

(4) 将乙烯通入加有少量硫酸的高锰酸钾溶液,观察溶液是否褪色。

(5) 把导气管的管口向上,用火点燃乙烯,观察乙

烯燃烧时所生成的火焰。

实验毕，把试管里的物质（已冷却）倒在指定的容器里。

2. 乙炔的制取和性质

(1) 参照图 2-15 把装置连接。向试管里注入 3~4 毫升水，再放进 2~3 小块的碳化钙。立刻把一团疏松的棉花塞进试管的上部（避免生成的泡沫溅出来），再用带尖嘴玻璃管的塞子塞住试管口，点燃放出的气体，注意观察乙炔燃烧时的火焰。

(2) 用一端尖长的细玻璃管向乙炔火焰里吹入空气。观察乙炔火焰有什么变化。停止吹入空气，把试管立在试管架上，让剩余的乙炔燃烧完。

(3) 向试管里注入水 3~4 毫升，放进 2~3 小块的碳化钙，把连着导气管的塞子塞好。让放出的乙炔先通入高锰酸钾溶液，观察到什么现象？再把乙炔通入溴水，观察有什么现象？

3. 苯的性质

(1) 在一个试管里注入 1 毫升的苯，在另一个试管里注入 1 毫升的水，两个试管里各加几滴植物油，振荡试管。观察植物油在苯和水里的溶解性。

(2) 在两个试管里注入 1 毫升苯。向其中的一个试管加溴水，另一个加高锰酸钾溶液。振荡这两个试管里的物质。观察到有什么现象发生？解释这个现象。

实验四 羧酸与醇的作用 醛的还原性

实验目的

认识酯化反应

实验用品

水浴 试管 冰醋酸 浓硫酸 饱和碳酸钠溶液

实验步骤

在干燥试管中,加入 2 毫升乙醇和 2 毫升冰醋酸。混合均匀后,加五滴浓硫酸。把试管放入 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的水浴中,加热,并时常摇动。10 分钟后,取出试管,用冷水冷却,滴加 2 毫升饱和碳酸钠溶液。静置,观察浮在液面上液体,有何气味?

实验目的

认识醛的还原性

实验用具

试管、酒精灯、2% 硫酸铜溶液, 10% NaOH 溶液。

实验步骤

在试管中,加入 2% 硫酸铜溶液和乙醛水溶液以及 10% 氢氧化钠溶液各 1 毫升,混和加热至沸腾,观察有何现象发生。

实验五 苯胺的碱性与苯酚的酸性

实验目的

比较苯胺与苯酚的酸碱性

实验用品

试管 苯胺 苯酚 浓盐酸 浓硫酸 0.5%
NaOH 溶液 蒸馏水

实验步骤

1. 在两个小试管中,各加入 2 滴苯胺和 0.5 毫升蒸馏水,振荡使成乳浊液,分别加入浓盐酸、浓硫酸各一滴,振荡后观察现象。

2. 在两个小试管中,各加入苯酚 0.1 克,再分别加入水,0.5% 氢氧化钠溶液 1 毫升,振荡后观察现象。

实验六 几种常用农药的重要特性

实验目的

认识几种常用农药的几个重要特性。

实验步骤

1. 乐果、敌敌畏及稻瘟净乳剂:

(1) 取这三种乳剂各少许放于一试管中,观察其

颜色。用手搗动试管上的空气，使其流近鼻孔，闻闻各种乳剂的气味，注意它们的气味的区别。

(2) 分别把各种乳剂约一毫升加入到约一斤清水中去，观察摇匀前后的现象。

2. 敌百虫原药：

(1) 取原药约 1 克，放于试管中，加水约 10 毫升，振摇之，看是否溶解。

(2) 向上述混合物加入 50 毫升 0.1 N NaOH，共煮约五分钟，冷却后，加硝酸酸化之，再加入 0.1 N AgNO_3 少许，观察是否有沉淀产生？什么原因？写出主要反应方程式。

3. 六六六粉剂及可湿性粉剂、二二三（即滴滴涕）粉剂及可湿性粉剂：

(1) 取各粉剂约 1 克，分别放入约一斤水中，剧烈搅拌片刻，观察搅拌前后的现象，注意非可湿性粉剂与可湿性粉剂的区别。

(2) 取各粉剂少许，观察其颜色，用 1. (1) 的方法闻闻其气味，注意六六六与二二三的气味的区别。

4. 除草醚及二四滴：

(1) 取除草醚及二四滴各少许，观察其颜色，用 1. (1) 法闻闻它们的气味。

(2) 各用 100 倍稀释液喷洒或涂在豆类或阔叶杂草的叶子上，部分叶片立即用黑纸或锡纸包上遮光。

一两天后，观察叶子是否受害。记下受害情况。注意这两种除草剂的作用情况有什么不同。并注意遮光对这两种除草剂的药效的影响有什么不同。

问题讨论

根据实验中观察到的现象及有关农药的性质，讨论：

(1) 如有一瓶乳剂农药，只知其可能为敌敌畏、乐果或稻瘟净，怎样可判断它是哪一种？

(2) 如果有一包除虫用粉剂，只知其可能为敌百虫、六六六粉剂、六六六可湿性粉剂、二二三粉剂或二二三可湿性粉剂，怎样可判断它是哪一种？

(3) 如果有一包除草用粉剂，只知其可能为除草醚或二四滴，怎样可判断它是哪一种？

实验七 酚醛树脂的制取

实验目的

认识甲醛和苯酚的缩聚反应，了解酚醛塑料生产的化学原理。

实验用品

试管 2 只 酒精灯 表面皿 玻璃棒 石棉铁丝网 铁架台(附铁夹) 布(二小块) 台秤 玻璃量筒 苯酚甲醛(40%) 丙酮 浓盐酸

实验步骤

1. 在试管中放入 5 克苯酚和 3 毫升甲醛水溶液, 混和, 再加入 0.5 毫升浓盐酸。

2. 将试管固定在铁架上, 加热试管, 液体沸腾后即移去酒精灯, 反应放出的热使液体继续沸腾(注意管中液体状态的变化), 当管中物呈现粘稠状就表明已生成了酚醛树脂。写出它的化学反应式。

3. 趁热的时候将粘稠状树脂倒在表面皿上, 冷却后即成为固体状态的酚醛树脂。

4. 取一部分制得的酚醛树脂, 放入试管中, 加入 5 毫升丙酮, 使它溶解, 制得酚醛树脂的丙酮液。

5. 将一小块布条浸入酚醛树脂丙酮液中, 使浸透。

6. 取出小布条, 让其晾干后, 与未经处理的另一块小布条比较, 它们的牢度和硬度如何?

实验八 葡萄糖的还原性

实验目的

认识葡萄糖的还原性质。

实验用品

试管 酒精灯 10% NaOH 溶液 2% 硫酸铜溶液 甲醛水溶液

实验步骤

在试管中注入 2~4 毫升 NaOH 溶液, 再加入 3~5 滴 CuSO_4 溶液, 观察生成的氢氧化铜沉淀。加入数滴葡萄糖溶液(10%), 加热后, 观察有何现象。

实验九 肥皂与合成洗涤剂

实验目的

1. 认识肥皂与洗涤剂的去垢原理;
2. 比较肥皂与洗涤剂在去垢作用中不同之点。

实验用品

试管 肥皂水(1%) 蒸馏水 植物油 CaCl_2 水溶液 合成洗涤剂水溶液

实验步骤

1. 在两个试管中, 分别加入肥皂水 1% 与蒸馏水各 4 毫升, 各加入植物油约 1 毫升, 用拇指按试管口用力上下振荡, 静置后, 观察现象。

2. 在一试管中, 加入 4 毫升肥皂水, 再加入 1 毫升 CaCl_2 水溶液, 振荡后, 观察现象。

3. 用合成洗涤剂水溶液代替肥皂水, 重复以上实验, 进行比较。

实验十 蛋 白 质

实验目的

检验蛋白质分子中的硫和氮。

实验用品

试管 酒精灯 红石蕊试纸 40% NaOH 溶液
醋酸铅溶液 颗粒状固体氢氧化钠

实验步骤

1. 在试管内，注入蛋白液 2 毫升，加入 40% NaOH 水溶液 1 毫升并加入数滴醋酸铅溶液，加热，观察现象。

2. 在试管内，加入蛋白液 2 毫升，加固体氢氧化钠一、二粒，加热，把潮湿的红色石蕊试纸接近管口，观察有何现象。