

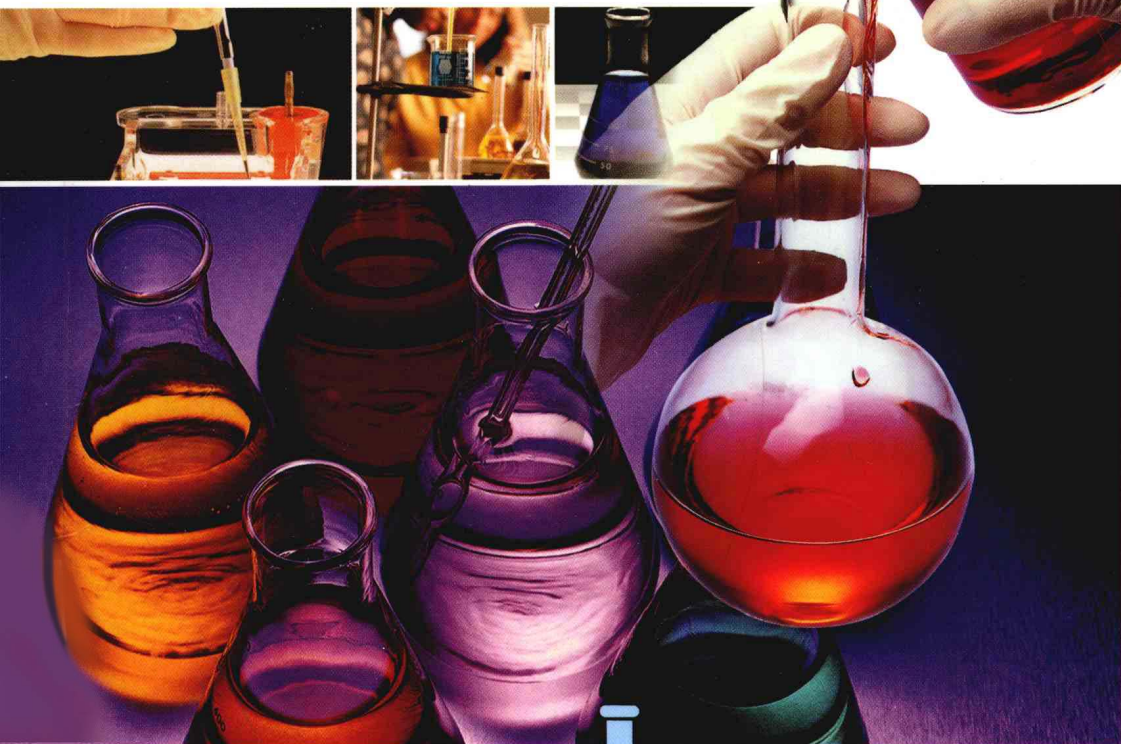
走进化学世界丛书

有机化学世界大观



YOUJI HUAXUE SHIJIE DAGUAN

》》》 化学可以使天空变得更蓝，可以使河水变得更清澈，可以使物品变得更丰富，可以使生活变得更美好。我们的生活离不开化学，化学改变了我们整个世界。那么，化学到底是什么呢？让我们一起来探索这绚丽多彩的化学世界吧！



ZOUJIN HUAXUE SHIJIE
CONGSHU



本书编写组◎编

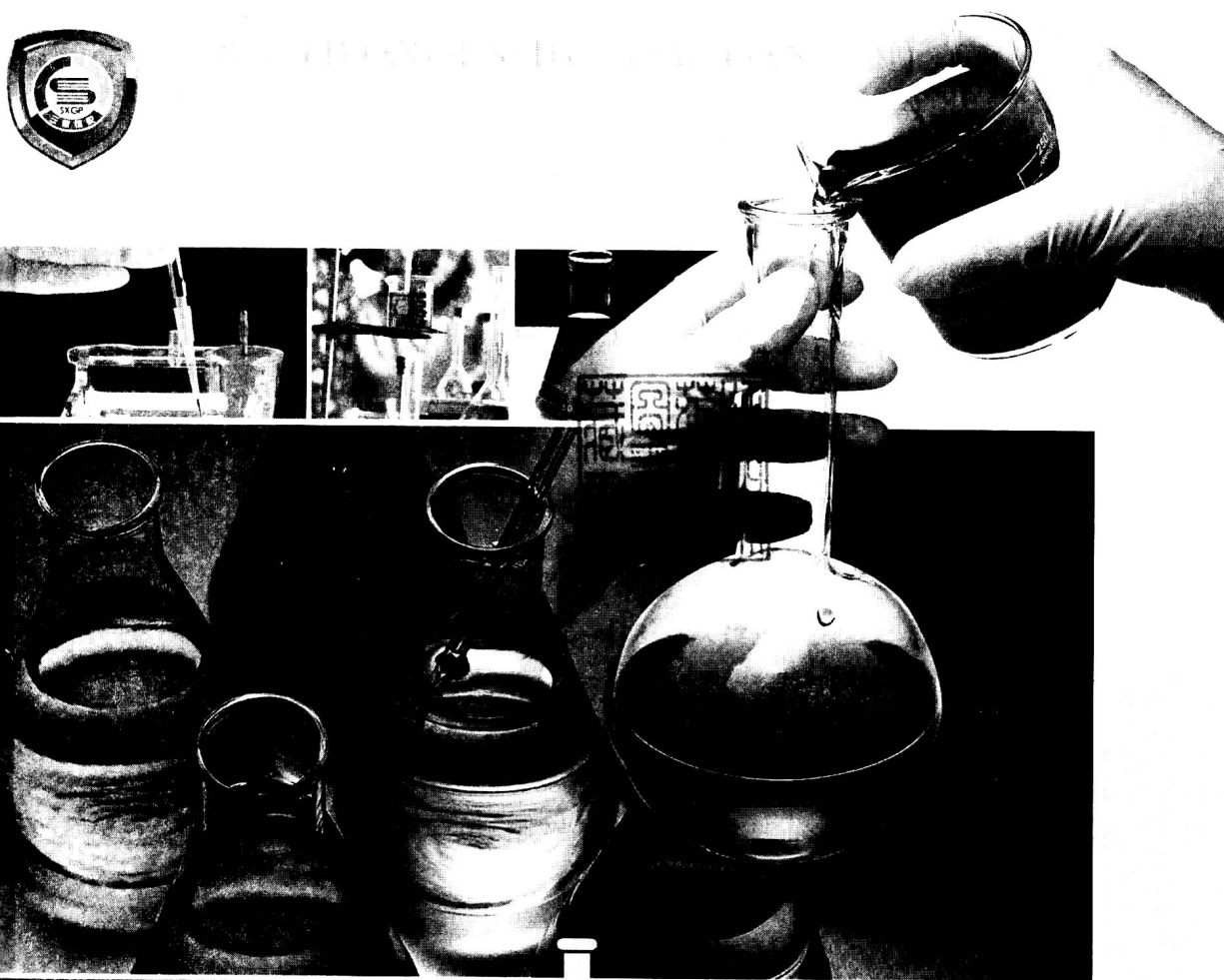
◆ 图文并茂 ◆ 热门主题 ◆ 创意新颖 ◆



中国出版集团
世界图书出版公司

走进化学世界丛书

有机化学世界大观



ZOUJIN HUAXUE SHIJIE
CONGSHU

本书编写组◎编

文并茂 ◆ 热门主题 ◆ 创意新颖 ◆



世界图书出版公司
广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学世界大观 / 《有机化学世界大观》编写组
编著. —广州: 广东世界图书出版公司, 2010. 1
ISBN 978 - 7 - 5100 - 1635 - 6

I. ①有… II. ①有… III. ①有机化学 - 青少年读物
IV. ①O62 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 017606 号

有机化学世界大观

责任编辑: 李翠英

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E - mail: pub@ gdst. com. cn, edksy@ sina. com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编: 102200)

版 次: 2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

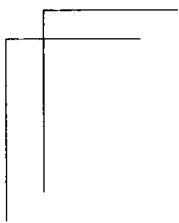
开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 1635 - 6/O · 0026

定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



前 言

有机化学是研究有机化合物的来源、制备、结构、性质、应用以及相关理论的科学，又称碳化合物的化学。但习惯上不包括一些简单的碳化合物，如一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、碳化物和氰化物等。200年前有机化学发轫于对生命（有机）体化学组成的探索，并因此而得名。20世纪三四十年代后，有机化学进入了迅猛的发展时期，形成了物理有机化学、有机分离和分析化学以及有机合成化学三个主要研究方向的科学体系。物理有机化学是定量地研究有机化合物结构、反应性和反应机理的学科，是有机化学的理论基础；有机分离分析化学是对有机化合物的分离、分析和结构测定，是认识有机世界的科学；而有机合成化学则是由较简单的化合物或元素经有机反应获取新的有机化合物，是改造世界的实践。

生物体主要是由核酸、蛋白质和糖这三类生物大分子组成的，今天对生命科学的基本认识，起始于有机化学家在20世纪初至30年代对组成这些大分子的核苷酸、氨基酸和单糖的研究，之后再进而发展为生物化学、分子生物学等新的研究领域。除了大分子以外，有机化学家还发现了生物体内从维生素、激素、神经递质一直到各种各样的类脂化合物，这些众多的小分子参与生命的过程。但是对这些有机分子的作用和变化目前还远未了解清楚，尤其对更为复杂的人类本身的生命过程则更是知之甚少。20世纪末，国际上兴起的主要以研究小分子与生物大分子相互作用的化学生物学也正为有机化学开拓大有作为的新领域。



有机化学不仅从自然界获取有机化合物，而且还可以合成出自然界不存在的有机化合物。据美国化学文摘社至 2009 年 6 月 5 日的记录，目前已有 4737 万多种有机和无机化合物，其中绝大多数（至少多于 4000 万）为有机化合物，而且多为人工合成的有机化合物。早在 19 世纪末 20 世纪初，有机化学家就利用煤焦油合成了染料，把世界装点得五彩缤纷；今天仍在广泛使用的阿司匹林也是那时合成出来的。此后的 100 多年，有机化学提供了一代又一代的新型染料和数以千计的新药。近半个世纪来，合成出来的磺胺药，抗生素青霉素、链霉素，甾体和非甾体抗炎药等解除了无数患者的病痛。由于引起疾病的病原体（原虫、细菌、病毒等）会经常产生基因变异，以抵抗外来药物的作用，所以新药的研制成了永不间断的需求，而提供候选化合物的有机合成化学家也总是大有用武之地。除药物外，为了农作物丰收的农用化学品（杀虫剂、杀菌剂、除草剂等）也同样主要来自于有机化学。

20 世纪中叶以后，石油逐步成为有机化工原料的主要来源，塑料、橡胶与合成纤维有了飞速地发展，以至于这些有机高分子的产品到了衣食住行日常生活中俯拾皆是的地步。

当今社会经济的高速发展也对生态环境带来了巨大的压力，尤其是有害物质的使用和残留以及污染物的排放对环境更造成了直接的破坏，其中有机物则占了很大部分，因此保护环境，促进可持续发展也是现代有机化学的主要课题，不仅仅是有机污染物的检测和消除，更重要的是从源头上减少和杜绝有机有害物的使用和排放，这正是绿色有机化学的使命。

有 200 多年发展史的有机化学现在依然生机蓬勃，不断迎接新的挑战。



目 录

Contents

有机化学概述

有机化学发展简史	1
有机化学的研究内容	5
有机化学的研究方法	9
有机化学反应类型	10
中国有机化学的发展	17

有机物

有机物的概念	20
有机物中的官能团及其作用	22
有机物的分类	25
有机物的特点	31
有机物的结构	32
有机物的命名与鉴别	34

有机化学实验

有机化学实验的目的与规则	42
实验室的安全守则与事故	
预防	43
常用试验仪器的清洗及保养	
方法	50
仪器的装配	54

常见的烃及其衍生物

烃	55
脂肪烃	58
樟脑和臭丸的使用与区别	61
芳香烃	64
卤代烃	69
醇与酚	74
醛和羧酸	80

生物体中常见的有机物

糖 类	87
麦芽糖	92
脂 类	93
人类所需的脂类	95
维生素	98
维生素 E 和维生素 K	102
蛋白质	104
核 酸	111
人造核酸可用于治疗白血病	114

工业中常见的有机物

21 世纪的主要能源——	
甲烷	116
环保组织称 2090 年前全球	



停止使用化石燃料	120	晶莹多彩的玻璃	159
重要的有机化工原料——		PS 板简介	162
乙烯和乙酸	122	有机食品	162
白酒之中的主要成分——		有机肥	167
乙醇	130	有机化学污染与防治	168
甲醇与假酒中毒	135	绿色化学的兴起	171
人类的隐形杀手——乙醛	136	有机化学的其他分支	
啤酒中的乙醛	138	有机合成化学	177
芳香性的有机物——甲苯	141	元素有机化学	184
有机化学的应用		金属有机化学	188
功能多样的塑料	146	物理有机化学	192
可降解塑料	151	海洋有机化学	195
医用高分子化合物材料	156		



有机化学概述

有机化学发展简史

有机化学作为学科是在 19 世纪确立的。一般认为，有机化学是指研究有机化合物的来源、制备、结构、性质、应用及其有关理论的学科，是化学中极重要的一个分支。它又称为碳化合物的化学。但习惯上不包括一些简单的碳化合物，如一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、碳化物、氰化物等等。

有机化学概念的提出

有机化学作为人类实践活动可以追溯到史前。200 多年前有机化学发轫于对生命（有机）体化学组成的探索，并因而得名。首先，“有机化学”这一名词是于 1806 年首次由化学家贝采里乌斯（1779 ~ 1848）提出。当时“有机化学”是作为“无机化学”的对立物而命名的。由于当时科学条件的限制，有机化学研究的对象只能是从天然动植物有机体中提取的有机物。这



贝采里乌斯

就是最初关于有机化学的定义，即在“生命力论”影响下的有机体的化学，相当于生物化学。很显然，这给了人们一种错觉，似乎有机物都属于“有生机之物”或“有生命之物”，并只有在一种非物质的“生命力”的作用下才能形成，而不能在实验室里用化学方法合成。显然，在当时有机化学学科发展的条件下，这种关于有机化学的“生命力论”说是存在局限性的，束缚了有机化学的发展。

1824年，德国化学家弗里德里希·维勒从氰经水解制得草酸；1828年他无意中用加热的方法又使氰酸铵转化为尿素。人工合成尿素的发现，便打破了有机化合物的“生命力”学说。因为氰和氰酸铵都是无机化合物，而草酸和尿素都是有机化合物。此后，乙酸等有机化合物相继由碳、氢等元素合成。贝采里乌斯也由此受到极大启发，他想到自己也曾发现过雷酸银和氰酸银，这是两种组成相同而性质不同的物质，当时误认是由于实验误差造成的。在维勒之后，贝采里乌斯发现酒石酸和葡萄糖也有类似情况，于是他认为必须提出一个新概念。他说：“我建议把相同组成而不同性质的物质称为‘同分异构’的物质。”同分异构现象的发现以及从理论上的阐明，是在物质组成和结构理论发展中迈出的重要一步，它开始了分子结构问题的研究，促进了有机化学的发展。

由于合成方法的改进和发展，越来越多的有机化合物不断地在实验室中合成出来。其中，绝大部分是在与生物体内迥然不同的条件下合成出来的。“生命力”学说渐渐被抛弃了，“有机化学”这一名词却沿用至今。

从19世纪初到50年代是有机化学的萌芽时期。在这个时期，已经分离出许多有机化合物，制备了



维 勒



一些衍生物，并对它们作了定性描述，认识了一些有机化合物的性质。

法国化学家拉瓦锡（1743 ~ 1794）发现，有机化合物燃烧后，产生二氧化碳和水。他的研究作为有机化合物元素定量分析奠定了基础。1830年，德国化学家尤斯图斯·冯·李比希（1803 ~ 1873）发展了碳、氢分析法，1833年法国化学家杜马建立了氮的分析法。这些有机定量分析法的建立使化学家能够求得一个化合物的实验式。

当时在解决有机化合物分子中各原子是如何排列和结合的问题上，遇到了很大的困难。最初，有机化学用二元说来解决有机化合物的结构问题。二元说认为一个化合物的分子可分为带正电荷的部分和带负电荷的部分，二者靠静电力结合在一起。早期的化学家根据某些化学反应认为，有机化合物分子由在反应中保持不变的基团和在反应中起变化的基团按异性电荷的静电力结合。但这个学说本身有很大的矛盾。

类型说由法国化学家热拉尔（1816 ~ 1856）和洛朗建立。此说否认有机化合物是由带正电荷和带负电荷的基团组成，而认为有机化合物是由一些可以发生取代的母体化合物衍生的，因而可以按这些母体化合物来分类。类型说把众多有机化合物按不同类型分类，根据它们的类型不仅可以解释化合物的一些性质，而且能够预言一些新化合物。但类型说未能回答有机化合物的结构问题。这个问题成为困扰人们多年的谜团。

从1858年价键学说的建立，到1916年价键的电子理论的引入，才解开了这个不解的谜团，这一时期是经典有机化学时期。

1858年，德国化学家凯库勒（1829 ~ 1896）和英国化学家库珀（1789 ~ 1851）等提出价键的概念，并第一次用短划“—”表示“键”。他们认为有机化合物分子是由其组成的原子通过键结合而成的。由于在所有已知的化合物中，一个氢原子只能与一个别的元素的原子结合，氢就选作价的单位。一种元素的价数就是能够与这种元素的一个原子结合的氢原子的个数。凯库勒还提出，在一个分子中，碳原子之间可以互相结合这一重要的概念。

1848年法国微生物学家、化学家路易斯·巴斯德（1821 ~ 1895）分离到2种酒石酸结晶，一种半面晶向左，一种半面晶向右。前者能使平面偏振

光向左旋转，后者则使之向右旋转，角度相同。在对乳酸的研究中也遇到类似现象。为此，1874年法国化学家勒贝尔和荷兰化学家范托夫分别提出一个新的概念：同分异构体，圆满地解释了这种异构现象。

他们认为：分子是个三维实体，碳的4个价键在空间是对称的，分别指向一个正四面体的4个顶点，碳原子则位于正四面体的中心。当碳原子与4个不同的原子或基团连接时，就产生1对异构体，它们互为实物和镜像，或左手和右手的手性关系，这一对化合物互为

旋光异构体。勒贝尔和范托夫的学说，是有机化学中立体化学的基础。

1900年第一个自由基——三苯甲基自由基被发现，这是个长寿命的自由基。不稳定自由基的存在也于1929年得到了证实。

在这个时期，有机化合物在结构测定以及反应和分类方面都取得很大进展。但价键只是化学家从实践经验得出的一种概念，价键的本质尚未解决。

现代有机化学时期

在物理学家发现电子并阐明原子结构的基础上，美国物理化学家路易斯等人于1916年提出价键的电子理论。他们认为：各原子外层电子的相互作用是使各原子结合在一起的原因。相互作用的外层电子如从一个原子转移到另一个原子，则形成离子键；2个原子如果共用外层电子，则形成共价键。通过电子的转移或共用，使相互作用的原子的外层电子都获得惰性气体的电子构型。这样，价键的图像表示法中用来表示价键的短划“—”，实



范托夫

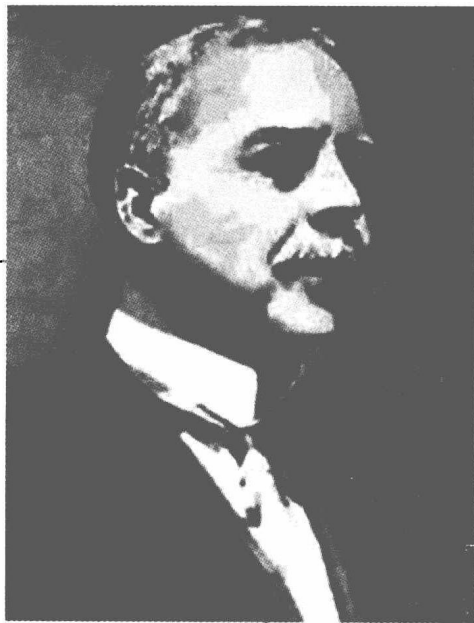


实际上是 2 个原子共用的 1 对电子。

1927 年以后，海特勒和伦敦等用量子力学，处理分子结构问题，建立了价键理论，为化学键提出了一个数学模型。后来马利肯用分子轨道理论处理分子结构，其结果与价键的电子理论所得的结论大体一致。由于计算简便，解决了许多当时不能回答的问题。

19 世纪有机化学形成和完善了结构学说，到了 20 世纪，导致了构象分析理论的建立，从此有机化学的发展进入一个全面增长的阶段。结构学说催生出了很多理论，比如电子理论、机理学说。这些理论极大地指导了有机合成的研究，而有机合成实践又不断地提出新问题来挑战和充实结构理论。这种相互促进产生了今天有机化学的全新面貌。

有 200 多年发展史的有机化学现在依然生机勃勃，不断迎接新的挑战。



路易斯

有机化学的研究内容

首先，简单地讲，有机化学的研究对象就是“如何形成碳碳键”。有机化学是碳的化学，因此有机化学的研究内容也可以说就是研究怎么搭建碳原子的大厦。因为对人们有用处的有机分子一般是大而复杂的，而人们能随意支配和轻易获得的原料往往是小而简单的。根据有机化学的概念，我们可以得知，有机化学的研究内容包括有机化合物的来源、制备、结构、性质、应用及其有关理论。

有机化合物和无机化合物之间没有绝对的分界。有机化学之所以成为



化学中的一个独立学科，是因为有机化合物的确存在其内在的联系和特性。

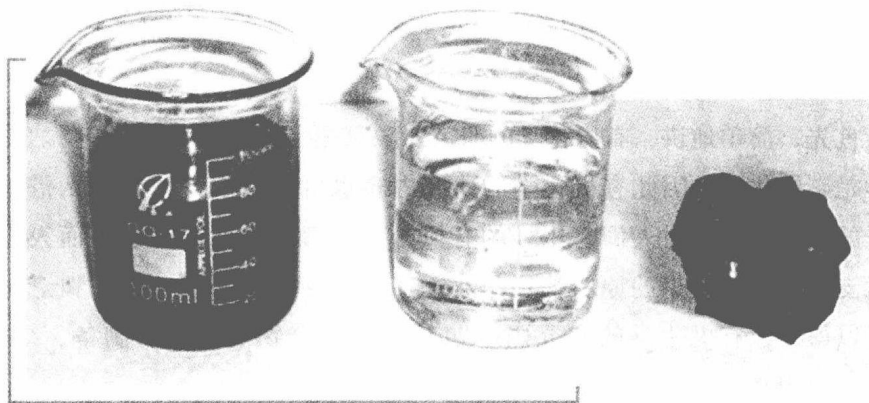
位于周期表当中的碳元素，一般是通过与别的元素的原子共用外层电子而达到稳定的电子构型的（即形成共价键）。这种共价键的结合方式决定了有机化合物的特性。大多数有机化合物由碳、氢、氮、氧几种元素构成，少数还含有卤素和硫、磷、氮等元素。因而大多数有机化合物具有熔点较低、可以燃烧、易溶于有机溶剂等性质，这与无机化合物的性质有很大不同。

在含多个碳原子的有机化合物分子中，碳原子互相结合形成分子的骨架，别的元素的原子就连接在该骨架上。在元素周期表中，没有一种别的元素能像碳那样以多种方式彼此牢固地结合。由碳原子形成的分子骨架有多种形式，有直链、支链、环状等。

在有机化学发展的不同历史阶段，其研究内容也是有所不同的。下面我们将简括之。

在有机化学发展的初期，有机化学工业的主要原料是动、植物体，有机化学主要研究从动、植物体中分离有机化合物。

19 世纪中到 20 世纪初，有机化学工业逐渐变为以煤焦油为主要原料。合成染料的发现，使染料、制药工业蓬勃发展，推动了对芳香族化合物和

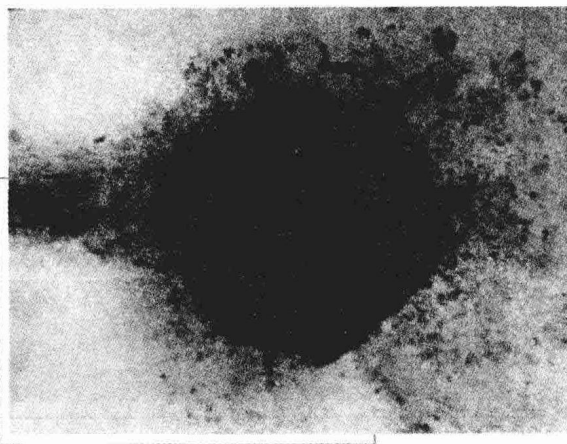


煤焦油



杂环化合物的研究。20 世纪 30 年代以后,以乙炔为原料的有机合成兴起。40 年代前后,有机化学工业的原料又逐渐转变为以石油和天然气为主,发展了合成橡胶、合成塑料与合成纤维工业。由于石油资源将日趋枯竭,以煤为原料的有机化学工业必将重新发展。当然,天然的动植物和微生物体仍是重要的研究对象。

天然有机化学主要研究天然有机化合物的组成、合成、结构和性能。20 世纪初至 30 年代,先后确定了单糖、氨基酸、核苷酸、牛胆酸、胆固醇和某些萜类的结构,肽和蛋白质的组成;30 ~ 40 年代,确定了一些维生素、甾族激素、多聚糖的结构,完成了一些甾族激素和维生素的结构与合成的研究;40 ~ 50 年代前后,发



乙炔炭黑粉状

现青霉素等一些抗生素,完成了结构测定与合成;50 年代完成了某些甾族化合物和吗啡等生物碱的全合成,催产素等生物活性小肽的合成,确定了胰岛素的化学结构,发现了蛋白质的螺旋结构, DNA 的双螺旋结构;60 年代完成了胰岛素的全合成和低聚核苷酸的合成;70 年代至 80 年代初,进行了前列腺素、维生素 B₁₂、昆虫信息素激素的全合成,确定了核酸和美登木素的结构并完成了它们的全合成等等。

有机合成方面主要研究从较简单的化合物或元素经化学反应合成有机化合物。19 世纪 30 年代合成了尿素;40 年代合成了乙酸。随后陆续合成了葡萄糖酸、柠檬酸、琥珀酸、苹果酸等一系列有机酸;19 世纪后半叶合成了多种染料;20 世纪初,合成了 606 药剂,30 ~ 40 年代,合成了 1000 多种磺胺类化合物,其中有些可用作药物;20 世纪 40 年代合成了 DDT 和有机磷杀虫剂、有机硫杀菌剂、除草剂等农药。



葡萄糖酸—诺沙星

物理有机化学是定量地研究有机化合物结构、反应性和反应机理的学科。它是在价键的电子学说的基础上，引用了现代物理学、物理化学的新进展和量子力学理论而发展起来的。20 世纪 20 ~ 30 年代，通过反应机理的研究，建立了有机化学的新体系；50 年代的构象分析和哈密特方程开始半定量估算反应性与结构的关系；60 年代出现了分子轨道对称守恒原理和前线轨道理论。

有机分析即有机化合物的定性和定量分析。19 世纪 30 年代建立了碳、氢定量分析法；90 年代建立了氮的定量分析法；有机化合物中各种元素的常量分析法在 19 世纪末基本上已经齐全；20 世纪 20 年代建立了有机微量定量分析法；70 年代出现了自动化分析仪器。

由于科学技术的发展，有机化学与各个学科互相渗透，形成了许多边缘学科，比如生物有机化学、物理有机化学、量子有机化学、海洋有机化学等。



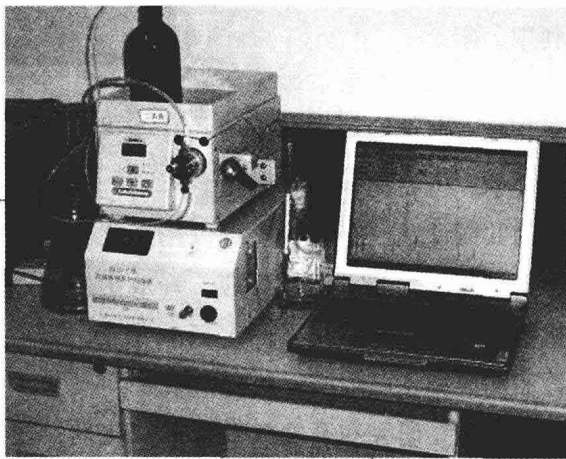
有机化学的研究方法

有机化学的研究方法就是根据研究需要,利用结构和机理来设计预测一个变化,通过实验和分析检测来验证结果,并对设计进行反馈修正。

有机化学研究手段的发展经历了从手工操作到自动化、计算机化,从常量到超微量的过程。

20 世纪 40 年代前,用传统的蒸馏、结晶、升华等方法来纯化产品,用化学降解和衍生物制备的方法测定结构。后来,各种色谱法、电泳技术的应用,特别是高压液相色谱的应用改变了分离技术的面貌。

Martin 和 Synge 在 1941 年就提出高效相色谱的设想,然而直到 60 年代后期,由于各种技术的发展,高效液相色谱才付诸实现。这种色谱技术曾被称为高速液相色谱、高压液相色谱,目前使用最多的名称是高效液相色谱。高效液相色谱已经广泛地应用,成为一项不可缺少的技术。各种光谱、能谱技术的使用,使有机化学家能够研究分子内部的运动,使结构测定手段发生了革命性的变化。

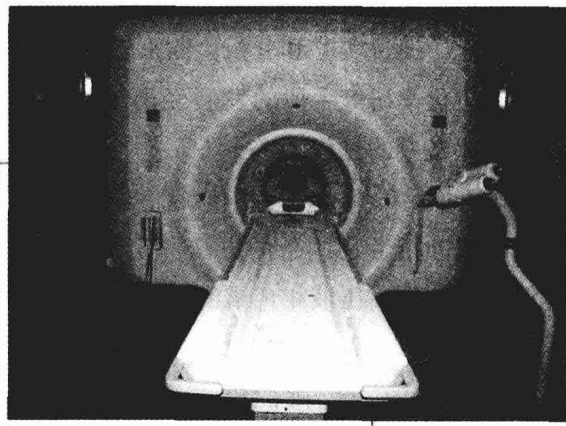


中高压液相色谱色谱分离层析系统

电子计算机的引入,使有机化合物的分离、分析方法向自动化、超微量方向又前进了一大步。带傅里叶变换技术的核磁共振谱和红外光谱又为反应动力学、反应机理的研究提供了新的手段。这些仪器和 X 射线结构分析、电子衍射光谱分析,已能测定微克级样品的化学结构。用电子计算机设计合成路线的研究也已取得某些进展。有机化学研究最重要的研究工

具就是核磁共振。现代有机化学研究脱离了核磁共振简直难以想象。核磁共振就是有机化学的眼睛。核磁共振的出现也给有机化学研究带来了一场革命：反应研究第一次可以在克以下进行。核磁和质谱结合的话，基本上元素分析就显得多余了，于是一些传统的分析手段也被迫退出历史舞台。

未来有机化学的发展首先是研究能源和资源的开发利用问题。迄今我们使用的大部分能源和资源，如煤、天然气、石油、动植物和微生物，都是太阳能的化学贮存形式。今后一些学科的重要课题是更直接、更有效地利用太阳能。



核磁共振设备

对光合作用做更深入地研究和有效地利用，是植物生理学、生物化学和有机化学的共同课题。有机化学可以用光化学反应生成高能有机化合物，加以贮存；必要时则利用其逆反应，释放出能量。另一个开发资源的目标是在有机金属化合物的作用下固定二氧化碳，以产生无穷尽的有机化合物。这几方面的研究均已取得一些初步结果。

其次是研究和开发新型有机催化剂，使它们能够模拟酶的高速、高效和温和的反应方式。这方面的研究已经开始，今后会有更大的发展。

20 世纪 60 年代末，开始了有机合成的计算机辅助设计研究。今后有机合成路线的设计、有机化合物结构的测定等必将更趋系统化、逻辑化。

有机化学反应类型

在学习有机化学反应类型之前，先来了解一下共价键的概念。