

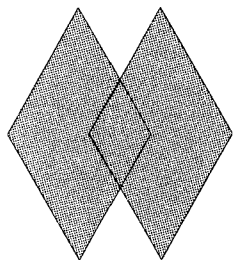
高等农林院校教材

有机化学

李秉超 明霞 陈晓波 主编

中国农业出版社

主 编 李秉超 明 霞 陈晓波
副主编 张金艳 徐 宁 刘秀杰 蔡 辉
主 审 唐福军



前 言

本书是根据 1995 年在杭州召开的高等农业院校有机化学研讨会上制定的教学大纲, 在李秉超、刘墨祥主编的《有机化学》(1996 年, 吉林科技出版社) 基础上, 对全书结构及部分内容进行了一些变动和删改。重新编写了绪言, 将原书的总计 18 章, 改为 16 章。

步入新世纪, 为适应现代科学技术的飞速发展, 特别是生命科学、农业科学发展的新形势, 编者总结了几年来教材建设的经验, 从农业院校的实际出发, 使学生能够借助本教材, 为学习有关生物学和专业课程打下扎实的理论基础。在编写过程中, 我们突出了有机化合物结构与性质的关系, 并从结构角度来讨论它们的理化性质。对于一些成熟的电子理论, 反应机理如共轭效应、诱导效应、亲电加成、亲核加成、亲电取代、亲核取代等都作了一定的介绍。至于有机物的合成方法, 只是在讲述某些反应时作了适当的介绍。

鉴于农、林、牧、水产院校基础课学时较少, 而农业科学和生物学的发展对有机理论的要求愈来愈高的现实, 我们在编写此书时, 力求少而精和简明扼要, 适当提高起点。在教材体系上, 不过于追求学科体系的完整性和系统性; 在教材内容上尽量使之具有农业院校基础课教材的特色, 充分考虑专业的需要, 为培养高素质的农业科技人才服务。

本教材共分 16 章, 主要内容包括烃类、烃的衍生物以及油脂、糖类和蛋白质等天然有机化合物。砷类、甾体化合物、含硫化合物分别编入不饱和脂肪烃、环烃和醇、酚、醚各章中。有机化合物的命名则依据 1980 年中国化学学会制定的《有机化学命名原则》(科学出版社 1984 年版)。

参加本书编写工作的有沈阳农业大学李秉超、明霞、徐宁, 黑龙江八一农垦大学张金艳, 北华大学陈晓波, 沈阳药科大学刘秀杰, 中国人民解放军长春军需大学蔡辉。全书由李秉超统稿, 黑龙江八一农垦大学唐福军主审。

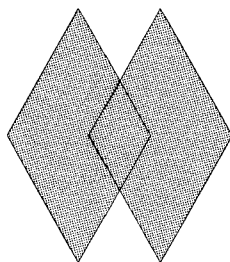
编写过程中, 沈阳农业大学杨东初、关万鹏教授, 东北农业大学

张永忠教授，吉林农业大学刘墨祥教授都提供了宝贵意见，在此致以衷心感谢。

由于编者水平有限，成稿仓促，错误与不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2000年12月



目 录

前 言

第一章 绪 论	1
一、有机化合物和有机化学	1
二、有机化合物的一般特点	2
三、有机化合物中共价键的形成和性质	3
四、有机化学反应的基本类型	5
五、研究有机化合物的一般程序	6
六、有机化合物的分类	6
七、有机化学在国民经济中的地位及在生物学、农业中的应用	8
第二章 饱和脂肪烃	11
一、烷烃概述	11
二、烷烃的命名	11
三、烷烃的结构和异构	14
四、烷烃的物理性质	18
五、烷烃的化学性质	19
六、烷烃的卤代反应历程	20
第三章 不饱和脂肪烃	24
第一节 单烯烃	24
一、单烯烃概述	24
二、烯烃的结构和异构	25
三、烯烃的物理性质	28
四、烯烃的化学性质	28
五、烯烃的亲电加成反应历程	31
第二节 炔烃	34
一、炔烃概述	34
二、炔烃的结构	34
三、炔烃的物理性质	35

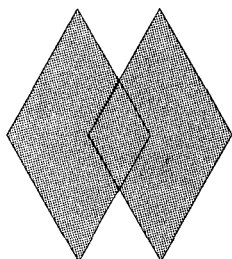
四、炔烃的化学性质	35
第三节 二烯烃	37
一、二烯烃概述	37
二、共轭二烯烃的性质	38
三、共轭二烯烃的结构	39
四、共轭效应	40
第四节 萜烯和萜类化合物	42
一、萜类概述	42
二、单萜	42
三、倍半萜	44
四、维生素 A 和胡萝卜素	45
第四章 环烃	47
第一节 脂环烃	47
一、脂环烃概述	47
二、脂环烃的物理性质	48
三、环烷烃的化学性质	49
四、环烷烃的结构与构象	51
第二节 甾族化合物	53
一、甾族化合物概述	53
二、甾醇	54
三、甾族激素	55
第三节 芳香烃	56
一、单环芳烃	56
二、稠环芳烃	66
三、非苯芳烃	68
第五章 对映异构	71
一、物质的旋光性	71
二、手性和分子结构	73
三、含一个手性碳原子化合物的旋光异构	74
四、构型的标记法	76
五、含两个手性碳原子化合物的旋光异构	78
六、不含手性碳原子化合物的旋光异构	80
七、亲电加成反应的立体化学	81
第六章 卤代烃	83
一、卤代烃概述	83
二、卤代烃的物理性质	84
三、卤代烃的化学性质	85
四、卤代烃的亲核取代反应历程	88

五、卤代烃的消除反应历程	92
六、卤代烃的鉴别	94
第七章 醇、酚、醚	96
第一节 醇	96
一、醇类概述	96
二、醇的物理性质	98
三、醇的化学性质	99
四、重要的醇	102
第二节 酚	103
一、酚类概述	103
二、酚的物理性质	104
三、酚的化学性质	105
四、重要的酚	108
第三节 醚	109
一、醚类概述	109
二、醚的性质	110
三、环醚	111
第四节 硫醇、硫酚、硫醚	112
一、概述	112
二、硫醇、硫酚的性质	112
三、硫醚的性质	114
四、有机硫杀菌剂	114
第八章 醛、酮、醌	118
第一节 醛和酮	118
一、醛、酮概述	118
二、醛、酮的物理性质	119
三、醛、酮的化学性质	120
四、重要的醛、酮	131
第二节 醌	132
一、醌类概述	132
二、醌的性质	134
第九章 羧酸及其衍生物	138
第一节 羧酸	138
一、羧酸概述	138
二、羧酸的物理性质	139
三、羧酸的化学性质	140
四、重要的羧酸	144
第二节 羧酸衍生物	145

一、羧酸衍生物概述	145
二、羧酸衍生物的物理性质	146
三、羧酸衍生物的化学性质	146
四、碳酸酰胺	150
五、重要的羧酸衍生物	152
第十章 取代酸	155
第一节 羟基酸	155
一、羟基酸概述	155
二、羟基酸的性质	156
三、重要的羟基酸	158
第二节 羧基酸	160
一、羧基酸概述	160
二、羧基酸的性质	160
三、重要的羧基酸	163
第十一章 胺	165
第一节 胺	165
一、胺类概述	165
二、胺的物理性质	166
三、胺的化学性质	167
四、重要的胺及衍生物	172
第二节 重氮盐和偶氮化合物	173
一、概述	173
二、重氮盐和偶氮化合物	174
第十二章 杂环化合物和生物碱	180
第一节 杂环化合物	180
一、杂环化合物概述	180
二、五元杂环化合物	181
三、六元杂环化合物	185
四、稠杂环化合物	188
第二节 生物碱	191
一、生物碱概述	191
二、生物碱的一般性质	191
三、生物碱的提取方法	192
四、常见的几种生物碱	192
第十三章 油脂和类脂	195
第一节 油脂	195
一、油脂概述	195

二、油脂的组成和结构	196
三、油脂的性质	197
四、表面活性剂	200
第二节 蜡和磷脂	202
一、蜡	202
二、磷脂	203
第十四章 碳水化合物	206
第一节 单糖	206
一、单糖概述	206
二、单糖的结构	207
三、单糖的物理性质	212
四、单糖的化学性质	212
五、重要的单糖及其衍生物	219
第二节 二糖	221
一、还原性二糖	221
二、非还原性二糖	223
第三节 多糖	224
一、淀粉	224
二、糖原	226
三、纤维素	226
四、半纤维素	227
五、果胶质	227
第十五章 氨基酸、蛋白质和核酸	230
第一节 氨基酸	230
一、氨基酸概述	230
二、氨基酸的物理性质	232
三、氨基酸的化学性质	233
第二节 蛋白质	236
一、多肽	236
二、蛋白质的组成	236
三、蛋白质的结构	237
四、蛋白质的性质	238
第三节 核酸	241
一、核酸的组成	241
二、核酸的结构	244
第十六章 波谱和质谱在有机化学中的应用简介	249
第一节 波谱	249
一、红外光谱 (IR)	250

二、紫外光谱 (UV)	253
三、核磁共振谱 (NMR)	256
第二节 质谱	260



第一章 绪 论

一、有机化合物和有机化学

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化的一门科学。物质可以就其组成和性质分为无机物和有机物两大类。有机物大量存在于自然界，如粮食、油脂、丝、毛、棉、麻、糖、药材等。2000多年前，人们就知道利用和加工这些由自然界取得的有机物，这些有机物质都不是纯的，不是一个化学单体。

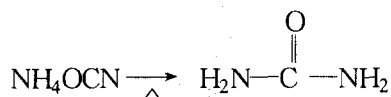
经过长期不断的实践，人类掌握了提纯技术，才取得了较纯的产品。在提纯过程中，建立了处理有机物质的系统方法。

据我国周礼的记载，当时已有染色，制酒和制醋的工艺；周王时代已知用胶；汉代发明了造纸，对人类文明做出了重要贡献。我国古代的医药学家广泛地调查动、植物的生理效能，在《神农本草经》内载有265种重要药物，其中大部分是植物界的物质。在公元770—780年间就已有关于烧酒的记载，由此推想，我国掌握蒸馏技术应早于欧洲100多年。

人类使用有机物质虽然有很长的历史，但是对纯物质的认识和取得却是比较近代的事情，直到18世纪末期，才开始由动植物取得一系列较纯的有机物质。如1773年首次由尿内取得纯的尿素。1769年取得许多有机酸，如从葡萄汁中取得酒石酸；从柠檬汁中取得柠檬酸，由尿内取得尿酸；从酸牛奶内取得乳酸。到1805年，才由鸦片中取得第一个生物碱——吗啡。

虽然人们已制得一些纯的有机物，但关于它的内部组成及结构分析问题，却长期没有得到解决，更谈不到人工合成有机化合物。

当时普遍认为有机物只能从有生命的动植物体内才能产生和获得，无机物不能人为地转变为有机物。有机物只有在“生命力”的作用下才能形成，这就是当时流行的“生命力”学说。1928年韦勒(F. Wöhler)首先把无机物氰酸铵加热制得了有机物——尿素(动物体内新陈代谢的一种产物)。即：



这一事实是对“生命力”学说的有力冲击，随后众多有机物陆续地由无机物合成制得。这样“生命力”学说也就逐渐被摒弃，有机化学得到了迅速发展，逐渐发展成为一门独立的学科。人们不仅可以从动植物获得有机物，而且还能合成许多天然有机物，以及许多自然界没有的有机物，如合成纤维、合成橡胶、塑料、染料和药物等，但“有机”这个名称却被保留下来。

由于化学分析技术的发展，使我们知道了有机物主要含有碳元素，绝大多数含有氢元素，还有些含有氧、氮、硫、磷、卤素等元素。根据这一事实也就导出了有机物和有机化学的涵义的两种不同说法：1851年凯库勒（Kekulé）把碳化合物叫做有机物，有机化学是研究碳化合物的化学；1874年肖来马（K. Schörllemmer）则把碳氢化合物及其衍生物叫做有机物，有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的化学，更确切地说有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的组成、结构、性质及其合成的科学，也是与生命科学关系最密切的一门科学。

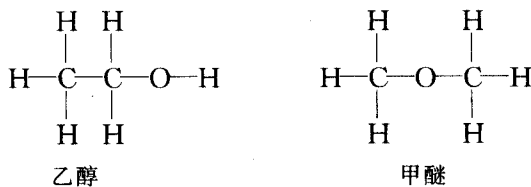
二、有机化合物的一般特点

碳原子处于周期表的第二周期，恰在电负性极强的卤素和电负性极弱的碱金属之间，这一特殊位置决定了有机化合物的特殊性。

（一）组成和结构

很多有机物质在组成上要比无机物质复杂得多。例如从自然界分离出来的维生素 B_{12} ，它的组成是 $C_{63}H_{90}N_{14}O_{14}PCO$ ，而无机物往往是由几个原子所组成。

有机化合物具有这样特点的主要原因，是碳原子的结合力特别强。碳原子之间可以通过共价键相互连接成链状结构或环状结构；碳原子之间可以通过碳—碳单键、双键和叁键方式相互连接起来，构成各类有机化合物。其次，有机化合物中同分异构现象普遍存在。许多有机化合物虽然它们的分子式相同，但它们的结构式却不相同，是不同的化合物，这种现象叫做同分异构现象。这也是增加有机化合物复杂性和多样性的重要原因。例如，分子式为 C_2H_6O 的化合物就有两种：一是乙醇，一是甲醚。它们之间的差别就是分子中各原子之间连接的次序不同。



（二）性质

1. 物理性质 有机物在室温下常为气体、液体或低熔点的固体。很多无机物是固体，它们的结晶是由离子排列而成的；带电荷的正负离子之间以静电互相吸引，若要把这个有规则的排列破坏，则需要比较多的能量，因此它们的熔点一般表现得较高。很多有机物质分子间的排列，是决定于微弱静电吸引的范德华（van der Waals）力，所以它们的熔点一般较低，在实验室里便于测定。多数纯有机物都有一定的熔点，因此在鉴别有机物时，

熔点是一个非常重要的物理常数。但在实验室中，却很少测定无机物的熔点。也有一些个别的有机物质达到一定温度时即行分解，并无一定的熔点。

大多数有机化合物难溶于水。因为水是一种极性很强、介电常数很大的液体，所以它对极性很强的物质是一个很理想的溶剂。有机物质一般极性较弱，或者完全没有极性，所以很多有机物都不易溶解于极性很强的水里。溶解是一个复杂的过程，在这里暂不详细讨论，现在只提及“相似互溶”这一基本原理。有机物既然极性很弱，也就应当溶解在苯、乙醚等极性很弱的溶剂里。

2. 化学性质 除少数外，一般的有机物都容易燃烧。假若分子中只含有碳和氢而不含其他元素，最终的产物是二氧化碳和水。我们常利用这个性质来区别有机物质和无机物质，把样品放在一小块白金片上，在火焰上慢慢加热，假若是有机物的话，立刻着火或炭化变黑，最终完全烧掉，白金片上不遗留残余物。糖、油容易着火，这是大家熟知的。大多数无机物不能着火，也不能烧尽。

无机物的离子反应是非常迅速的，例如卤离子和银离子相遇时，即刻形成不易溶解的卤化银。有机物的反应往往是缓慢的，需要一定的时间。譬如很多的有机卤化物与银离子不容易发生反应，首先需要把有机分子破坏，使卤素变成离子型，才能与银离子生成沉淀。有些有机反应进行得相当快，例如有机炸药的爆炸。但有些有机反应则需要几十小时或几十天才能完成，因此在进行有机反应时，常采用加热、加催化剂或用光照射等手段，以加速反应。一般地讲，温度每增加 10°C ，反应速度快 $1\sim 2$ 倍。最常用的一种催化剂是氢离子，在反应过程中，反应物和氢离子形成反应性能很强的中间体，从而使反应易于进行。

在有机反应进行时，常伴随有副反应发生。有机物的分子是由较多的原子结合而成的一个复杂分子，所以当它和一个试剂发生反应时，分子的各部分可能都受影响，也就是说，当反应时，并不限定在分子某一特定部位发生反应，因此在反应后，时常产生极难分离的复杂混合物，使主要的反应产物大大地降低。因此，与一般无机离子反应不同，有机反应往往并不是按照某一反应式定量地进行的。一个有机反应，若能达到 $60\% \sim 70\%$ 的理论产量，就算是比较满意的反应了。现在我们的操作手段正在不断取得改进，通过改变反应的条件，使用不同的试剂，选择最有利的反应，可以把产率提高很多。很多反应是以毫克，甚至是以微克的用量进行的。当我们走入一个有机实验室，可以看到一些常用的器具及操作手段，它们与无机实验室内所用的是很不相同的。

三、有机化合物中共价键的形成和性质

共价键是有机化合物中典型的、重要的化学键。

(一) 共价键的形成

关于共价键的形成，价键理论认为：当成键的两原子互相接近到一定距离时，两原子的两个未成对的，并且自旋方向相反的电子可以通过原子轨道的重叠而形成共价键。形成共价键的电子的运动状态不再是局限于原来原子核周围，而是扩大到两个成键原子的原子核周围，两原子核间的电子云密度增加，致使体系能量降低，更趋于稳定。一个未成对电

子既经配对成键，就不再与其他未成对电子配对，这就是共价键的饱和性。共价键还有方向性，象 s 电子的原子轨道是球形对称的，可以在任何方向与其他原子轨道重叠，形成共价键。但是， p 电子的原子轨道则有方向性，当它与其他原子轨道重叠时，只有沿着原子轨道轴的方向重叠，其重叠程度最大，体系能量最低，这样才能形成稳定的共价键。

除了价键理论之外，分子轨道理论也是常用于解释共价键本质的理论，在此从略。

(二) 共价键的性质

共价键的性质主要是指键长、键角、键能及键的极性等物理量，又称键的参数。

1. 键能 键能是共价键断裂或形成时所吸收或放出的能量。双原子分子离解时所吸收的能量叫离解能，即键能。但对多原子分子，其离解能并不等于键能，即使同一类型的共价键的离解能也不相同。如甲烷分子中四个 C—H 键，第一个 C—H 键离解能为 435.1 kJ/mol，而第二、第三、第四个 C—H 键分别为 443.5、443.5 和 338.9 kJ/mol。实际上，在多原子分子中，键能一般是指同类型键离解能的平均值。C—H 键的键能为 415.3 kJ/mol。一些常见共价键的键能列于表 1-1 中。

键能在一定程度上反映了键的稳定性。一般键能越大、键越稳定。

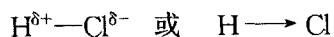
2. 键长 键长是指形成化学键的两原子间的距离。不同类型共价键的键长不同；在不同化合物中，同一类型的共价键的键长也略有不同。例如，CH₃—Cl 键长为 0.1780 nm，而 CCl₃—Cl 为 0.1755 nm。一些常见共价键的键长（表 1-1）。

表 1-1 一些常见共价键的键能和键长

键的类型	键能 (kJ/mol)	键长 (nm)	键的类型	键能 (kJ/mol)	键长 (nm)
C—H	415.3	0.109	C=C	610	0.134
C—C	345.6	0.154	C≡C	835.1	0.120
C—O	357.7	0.143	C=O (醛)	736.4	0.120
C—N	304.6	0.147	H—O	462.8	0.096
C—Cl	338.9	0.178	H—N	390.8	0.103
C—Br	284.5	0.194	H—S	347.3	0.135
C—I	217.6	0.214	H—Cl	298.7	0.128

3. 键角 键角是指两共价键之间的夹角。由于分子中各原子间的相互影响，致使不同分子中同一类型键的键角也不尽相同。例如甲烷分子中 H—C—H 键角为 109.5°，而乙烷中 H—C—H 键角则为 107.9°。键角对研究有机化合物分子的立体构型和某些性质有十分重要的意义。

4. 键的极性和极化 当两相同原子成键时，其电子云对称分布于两原子之间，如 H—H 及在乙烷中 CH₃—CH₃，这种键没有极性，称非极性共价键。当两个不相同原子形成共价键时，由于各原子的电负性不同，电子云偏向电负性较大的原子，使一原子带部分负电荷（用 δ^- 表示），而另一原子带部分正电荷（用 δ^+ 表示）。这种由于电子云分布不完全对称而呈极性的共价键称为极性共价键。例如：



键的极性大小决定于成键两原子的电负性之差，电负性之差越大，键的极性越大。反

之，键的极性则越小。

键的极性一般用偶极矩表示。偶极矩 (μ) 等于电荷 q 与正负电荷之间的距离 d 的乘积：

$$\mu = q \cdot d$$

偶极矩的单位是库·米 ($\text{C}\cdot\text{m}$)^{*}。如 HCl 的 $\mu = 3.44 \times 10^{-30} \text{C}\cdot\text{m}$ 。

偶极矩有方向性，一般用箭头指向带负电荷的原子一端。多原子分子的偶极矩是分子中各共价键偶极矩的向量和。例如，一氯甲烷是极性分子，它的偶极矩为 $6.24 \times 10^{-30} \text{C}\cdot\text{m}$ 。而四氯化碳分子中各键的偶极矩互相抵消，所以，它的偶极矩为零，属非极性分子。一些共价键的偶极矩列于表 1-2 中。

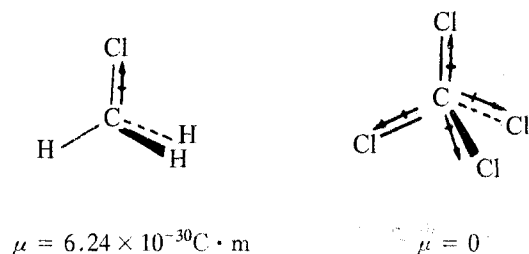


表 1-2 共价键的偶极矩 ($\times 10^{-30} \text{C}\cdot\text{m}$)

共价键	偶极矩	共价键	偶极矩
C—H	1.33	H—Cl	3.60
C—O	2.47	H—Br	2.74
C—Cl	4.87	H—I	1.47
C—Br	4.60	H—O	5.04

如果极性分子或非极性分子受外电场影响，会引起共价键的电子云密度重新分配，使正、负电荷中心发生移位，这样会使极性分子的极性增强；会使非极性分子变为极性分子。这种因外电场作用而引起共价键的极性改变的现象称为键的极化。由于分子中成键原子的不同以及原子连接的方式不同，其极化难易程度也不同。外电场可以是离子、极性分子等。键的极化是外电场作用的结果，当外电场离去时，这种极化就消失。键的极化对化学反应有重要作用。

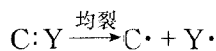
四、有机化学反应的基本类型

化合物分子之间发生化学反应，必然包含着这些分子中某些化学键的断裂和新的化学键的形成，从而形成新的分子。

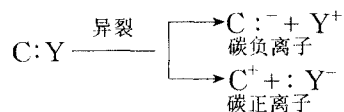
有机化合物绝大多数是共价化合物，以碳与其他非碳原子间共价键的断裂为例，共价键的断裂方式有两种：一种叫做均裂，也就是一个共价键断裂时，组成该键的一对电子在

* 偶极矩的 SI 单位为库·米，以前用德拜，1 德拜 = $3.3356 \times 10^{-30} \text{C}\cdot\text{m}$ 。

合键的两个原子各留一个：



另一种断裂方式是，成键的一对电子保留在一个原子上，这叫异裂：



断裂方式决定于分子结构和反应条件。

均裂产生的带电子的原子（或基团）叫游离基（或自由基），异裂产生的则是离子。按均裂进行的反应叫游离基反应，按异裂进行的反应叫离子型反应。一般的有机反应多按这两种方式之一进行。

应该指出的是，有机物中离子反应不同于无机物的瞬间的离子反应。有机化学中的“离子型”反应一般是发生在极性分子之间，通过共价键的异裂形成一个离子型的中间体而完成的，这将在以后有关章节再加以讨论。

五、研究有机化合物的一般程序

研究有机化合物主要是研究其组成、结构及性质。无论是从自然界获得的或人工合成的有机化合物，其中往往都含有一些杂质。为了获得纯粹的化合物，需要经过分离提纯。分离提纯的方法很多，常用的有：重结晶法、蒸馏、升华、色谱法（包括薄层色谱、柱色谱、气相色谱、液相色谱）等。色谱法快速、灵敏，并可提纯微量化合物，是近年来广泛应用的一种方法。

提纯之后，就可以对该物质进行鉴定。如果所得到的化合物是前人未曾研究过的，则需要测定其物理常数，进行元素分析，从而确定其实验式，再进一步测定分子量以求得分子式。

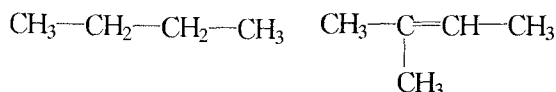
由于有机化合物的同分异构现象普遍存在，所以必须确定化合物的分子结构式。测定一个化合物的结构，需要知道分子中原子之间的连接次序，官能团以及分子的立体化学，这些都是通过物理、化学方法进行的。确定的分子结构还需通过化学合成来验证，推定结构是否正确。这一系列工作相当繁琐，而且费工费时。例如，1803年从鸦片中首次获得吗啡纯品，由于吗啡结构（ $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$ ）复杂，经过许多人花费近150年的研究，于1952年全合成，才确定其结构。抗癌药物长春碱（ $\text{C}_{46}\text{H}_{58}\text{N}_4\text{O}_9$ ），是1958年从长春花的叶、根中分离出来的，1965年确定其结构。目前一个结构相当复杂的新的天然化合物，从分离提纯到确定结构大约仅需几周的时间。工作效率高、速度快的主要原因是：一方面是对天然有机化合物研究有了丰富的经验和知识；另一方面是现代分离技术和现代物理方法在有机化学中的广泛应用。关于现代物理方法（主要是紫外光谱、红外光谱、核磁共振谱及质谱）的应用将在第16章中做扼要介绍。

六、有机化合物的分类

目前，常采用的分类方法有两种：一种是按碳的骨架分类；一种是按官能团分类。

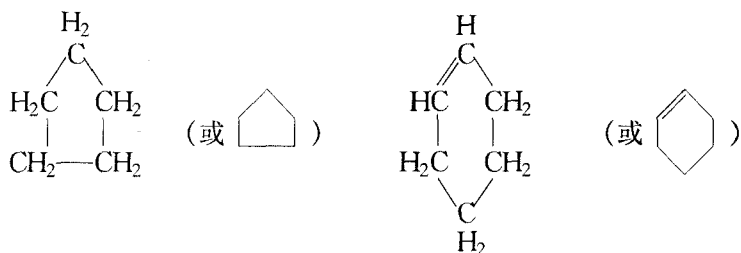
(一) 按碳的骨架分类

1. 开链化合物 (脂肪族化合物) 这类化合物分子中碳原子互相连接成的链是张开的, 不连接成环状。例如:

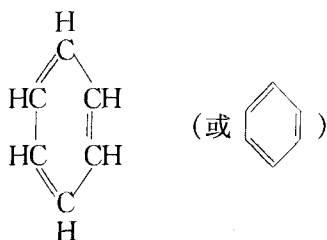


2. 碳环化合物 这类化合物分子中含有由碳原子组成的环状结构。它又可分为两类:

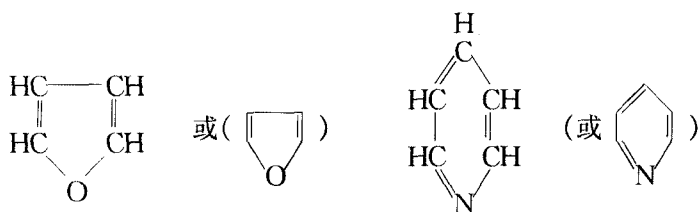
(1) 脂环族化合物: 脂环族化合物是与开链化合物有相似性质的环状化合物, 例如:



(2) 芳香族化合物: 芳香族化合物分子中含有苯环结构的化合物。例如:



3. 杂环化合物 这类化合物中组成环状结构的原子除碳原子之外, 还含有其他元素的原子。例如:



(二) 按官能团分类

官能团是指分子中决定主要化学性质的特殊的原子或原子团。有机化合物所含的主要官能团及其分类 (表 1-3)。

表 1-3 有机化合物主要官能团

化合物类别	官能团		具体化合物
	结构	名称	
烯烃	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$	双键	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C}=\text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 乙烯
炔烃	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	叁键	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ 乙炔