

高等医学院校教材
(供医学、卫生类专业用)

机 化 学

主 编：陈洪超

副主编：黄燕 苏宇 龚考才

主 审：孙振贤

编 者：(以编写顺序为序)

孙振贤(四川大学)

李映苓(昆明医学院)

蒋举兴(昆明医学院)

钟志成(四川大学)

何 俊(四川大学)

苏 宇(川北医学院)

卿笑天(川北医学院)

罗 娟(四川大学)

陈洪超(四川大学)

杜 军(泸州医学院)

柳 波(昆明医学院)

冉 利(川北医学院)

龚考才(泸州医学院)

黄 燕(昆明医学院)

成 丽(四川大学)

四川 大学 出版 社

书名：有机化学

作者：陈洪超

出版社：四川大学出版社

ISBN：7-5614-2717-4/0 · 169

出版日期：2003年1月1日

定价：27.00元

前 言

有机化学与其他学科一样，是人类现代生产活动与科学活动的重要组成部分。历史上化学家从分子水平研究了重要的生命物质——蛋白质和核酸的结构，为从分子水平研究生命现象打下了坚实的基础。当代科学家成功地绘制了人类基因组序列图，基因组序列图不仅奠定了人类认识自我的基石，推动了生命与医学的革命性进展，而且也为人类的健康带来了福音。

21 世纪是现代生物科学技术迅猛发展的时期，从事这些科学研究的工作者需要很好地掌握有机化学基础知识、基本理论和基本技能，特别是与生命科学相关的有机化合物的结构、性质以及结构与生物活性的关系，才能为后续课程，如生物化学、生理学、分子生物学、药理学和病理学等的学习打下坚实的基础。

本书以有机化合物的官能团为主线，将有机化学的基本概念、基本理论和基础知识分散在前几章，在学生掌握了有机化学基础知识的前提下，再于后几章重点介绍与生命相关的化合物，如脂类、糖类、蛋白质和核酸等。鉴于高分子材料在医学领域使用越来越广泛，本书编写了医用高分子一章。本教材适用于有机化学讲授课为 30~50 学时的医学、卫生类各专业。

本教材力求文字精练、重点突出、难点分散，在阐述基本知识的同时，适当介绍一些本学科的前沿知识。为了贯彻教育部提高大学生阅读相关学科外文书刊的能力，书中各章节附有英文专业词汇和物质英文名称。为了启发学生思维、巩固所学知识，书中插入了一些思考题，并在每章后附有紧扣讲授内容的习题。

本书根据新世纪高等学校教育改革工程的精神，加强“三基”，体现“五性”，精选内容，联系生命科学中的化学问题，注意培养学生综合分析问题、解决问题的能力 and 创新精神，为造就高水平的医学、卫生类专业人才打下坚实的基础。

参加本书编写的学校有：四川大学、昆明医学院、川北医学院和泸州医学院。

本书编写过程中得到了参编单位和四川大学出版社各级领导的关心和支持，四川大学孙振贤教授在编书的全过程中给予了具体指导、审核和修改，王娟和罗娟同志在文稿的整理、编排上做了大量的具体工作，借此表示由衷的感谢。

由于我们业务水平有限，编书经验缺乏，书中难免有不当或错误之处，敬请广大师生和读者指正。

编 者

2003 年 4 月于成都

目 录

第一章 绪论	(1)
一、有机化合物和有机化学	(1)
二、有机化合物分子中的化学键	(2)
三、有机化学反应的基本类型	(6)
四、有机化合物的分类	(7)
第二章 开链烃	(10)
第一节 烷烃	(10)
一、烷烃的结构	(10)
二、烷烃的异构现象	(11)
三、烷烃的命名	(14)
四、烷烃的物理性质	(16)
五、烷烃的化学性质	(17)
六、生物体中的自由基反应	(19)
第二节 烯烃	(20)
一、烯烃的结构	(20)
二、烯烃的异构现象	(21)
三、烯烃的命名	(22)
四、烯烃的物理性质	(23)
五、烯烃的化学性质	(23)
六、亲电加成反应机制及取向	(26)
第三节 二烯烃和炔烃	(29)
一、二烯烃和炔烃的异构现象和命名	(29)
二、炔烃和共轭二烯烃的结构	(31)
三、共轭体系和共轭效应	(32)
四、共轭二烯烃的加成反应	(34)
五、炔烃的性质	(35)
第三章 环烃	(39)
第一节 脂环烃	(39)
一、脂环烃的分类和命名	(39)
二、脂环烃的物理性质	(40)
三、脂环烃的化学性质	(40)
四、环烷烃的稳定性	(41)
五、环烷烃的构象异构	(43)
第二节 芳香烃	(46)

一、芳香烃的分类和命名	(47)
二、苯的结构	(49)
三、芳香烃的物理性质	(50)
四、苯的化学性质	(51)
五、稠环芳香烃	(56)
第四章 对映异构	(63)
第一节 对映异构现象	(63)
一、对映异构体和手性	(63)
二、分子的手性和对称性	(64)
三、无手性碳原子的对映异构体	(66)
第二节 对映异构体的旋光性	(67)
一、偏振光和旋光仪	(67)
二、旋光度和比旋光度	(68)
第三节 对映异构体的标记	(69)
一、对映异构体的表示方法	(69)
二、构型的标记	(70)
第四节 非对映异构体、内消旋体和外消旋体	(73)
一、非对映异构体和内消旋体	(73)
二、外消旋体和外消旋体的拆分	(75)
第五节 对映异构体的生物学意义	(75)
第五章 卤代烃	(80)
第一节 卤代烃的分类和命名	(80)
一、卤代烃的分类	(80)
二、卤代烃的命名	(80)
第二节 卤代烃的性质	(82)
一、卤代烃的物理性质	(82)
二、卤代烃的化学性质	(83)
第三节 有机氟化物	(93)
第六章 醇、酚和醚	(96)
第一节 醇	(96)
一、醇的分类和命名	(96)
二、醇的结构和物理性质	(99)
三、醇的化学性质	(100)
四、硫醇	(104)
第二节 酚	(105)
一、酚的结构、分类和命名	(105)
二、酚的物理性质	(106)
三、酚的化学性质	(107)

第三节 醚.....	(110)
一、醚的结构、分类和命名	(110)
二、醚的物理性质	(111)
三、醚的化学性质	(112)
四、冠醚	(113)
五、硫醚	(114)
第七章 醛、酮和醌	(118)
第一节 醛和酮	(118)
一、醛、酮的结构、分类和命名	(118)
二、醛、酮的物理性质	(121)
三、醛、酮的化学性质	(121)
第二节 醌	(128)
一、醌的结构和命名	(128)
二、醌的化学性质	(129)
第八章 羧酸及其衍生物	(134)
第一节 羧酸	(134)
一、羧酸的分类和命名	(134)
二、羧酸的物理性质	(135)
三、羧酸的结构和化学性质	(136)
四、脂肪酸的生物学意义	(142)
第二节 羧酸衍生物	(143)
一、羧酸衍生物的结构和命名	(143)
二、羧酸衍生物的物理性质	(145)
三、羧酸衍生物的化学性质	(146)
第九章 羟基酸和酮酸	(152)
第一节 羟基酸	(152)
一、羟基酸的命名	(152)
二、羟基酸的物理性质	(153)
三、羟基酸的化学性质	(154)
四、重要的羟基酸	(156)
第二节 酮酸	(159)
一、酮酸的分类和命名	(159)
二、酮酸的化学性质	(159)
三、酮式—烯醇式互变异构现象	(162)
第十章 含氮与含磷化合物	(166)
第一节 胺	(166)
一、胺的分类、命名和结构	(166)
二、胺的物理性质	(169)

三、胺的化学性质	(170)
四、季铵盐和季铵碱	(174)
五、重要的个别化合物——生源胺	(175)
第二节 酰胺	(176)
一、酰胺的化学性质	(176)
二、重要的酰胺类化合物	(177)
第三节 含磷有机化合物	(180)
一、有机磷化物的结构、分类和命名	(180)
二、有机磷农药及其性质	(182)
第十一章 杂环化合物	(186)
第一节 杂环化合物的分类和命名	(186)
一、杂环化合物的分类	(186)
二、杂环化合物的命名	(187)
第二节 含氮六元杂环化合物	(188)
一、吡啶	(188)
二、嘧啶及其衍生物	(191)
第三节 五元杂环化合物	(192)
一、五元杂环的结构	(192)
二、五元杂环的化学性质	(193)
三、吡咯衍生物	(194)
四、咪唑、噻唑及其衍生物	(195)
第四节 稠杂环化合物	(197)
一、吲哚及其衍生物	(197)
二、喹啉及其衍生物	(198)
三、嘌呤及其衍生物	(199)
第五节 生物碱	(200)
一、生物碱的基本概念及分类	(200)
二、重要的生物碱	(201)
第十二章 脂类	(206)
第一节 油脂	(206)
一、油脂的组成、结构和命名	(206)
二、油脂的物理性质	(208)
三、油脂的化学性质	(208)
四、不饱和脂肪酸的生物学意义	(209)
第二节 磷脂和糖脂	(210)
一、磷脂	(210)
二、糖脂	(213)
三、磷脂的生物学功能	(213)
第三节 甾族化合物	(214)

一、甾族化合物的基本结构	(214)
二、甾族化合物的构型和构象	(215)
三、甾族化合物的命名	(216)
四、重要的甾族化合物	(217)
第十三章 糖类	(223)
第一节 单糖	(223)
一、单糖的结构	(223)
二、单糖的物理性质	(228)
三、单糖的化学性质	(228)
第二节 二糖	(232)
一、二糖的结构特点	(232)
二、重要的二糖	(233)
第三节 多糖	(234)
一、重要的多糖	(234)
二、氨基糖和血型物质	(237)
第十四章 蛋白质和核酸	(242)
第一节 氨基酸	(242)
一、氨基酸的结构、分类和命名	(242)
二、氨基酸的物理性质	(245)
三、氨基酸的化学性质	(245)
第二节 肽	(247)
一、肽的命名	(248)
二、肽链结构的测定	(248)
三、活性肽	(250)
第三节 蛋白质	(252)
一、蛋白质的元素组成和分类	(252)
二、蛋白质的结构	(253)
三、蛋白质的性质	(257)
第四节 核酸	(259)
一、核酸的分类和组成	(259)
二、核苷和核苷酸的结构及命名	(260)
三、核酸的结构	(262)
第十五章 医用高分子	(270)
第一节 高分子化合物概述	(270)
一、高分子化合物的一般概念	(270)
二、高分子化合物的合成	(272)
第二节 高分子化合物的分类和命名	(274)
一、高分子化合物的分类	(274)

二、高分子化合物的命名	(275)
第三节 高分子化合物的理化性质	(277)
一、高分子化合物的物理性质	(277)
二、高分子化合物的化学性质	(278)
第四节 高分子化合物在医药上的应用	(280)
一、医用高分子化合物应具备的条件	(281)
二、人工器官与高分子材料	(281)
三、医疗、卫生用品与高分子材料	(286)

第一章 绪论

一、有机化合物和有机化学

从组成上看,有机化合物(organic compound)都含有碳元素,是含碳的化合物(carbon compound)。除含碳外,多数有机化合物含有氢,其次是氧、氮、卤素、磷等元素。所以更确切地说,有机化合物是指碳氢化合物及其衍生物(compound of hydrocarbon and its derivatives)。有机化学是研究有机化合物的来源、结构、性质、制备、应用、反应理论以及结构和性质间相互关系的科学。

有机化学的发展经历了一个独特和令人瞩目的阶段。19世纪初叶,化学还是一门新兴的学科,根据来源的不同,人们将从矿物中得到的物质称为无机物,将从动、植物,即有生命物体中得到的物质称为有机物,这样既把无机物和有机物截然分开,又错误地认为有机物是具有生机的物质,只能借助于有生命的动、植物体生成,不能从实验室中制得。1828年德国化学家 Wöhler 在实验室中用氰酸铵加热得到哺乳动物的代谢产物尿素,1845年德国的 Kölber 合成了乙酸,1854年法国的 Berthelot 合成了油脂等,开辟了人工合成有机物的时代,从而打破了只能从有生命机体中得到有机物的禁区,“有机”二字也不再反映其固有的涵义,但因习惯一直沿用至今。

19世纪下半叶,人们致力于探索有机物的组成、性质,有机化学反应第一次被理解和预言。1858年德国的 Kekule 和英国的 Couper 提出有机化合物分子中碳原子是四价和碳原子之间相互结合的概念,成为研究有机化合物结构最原始和最基础的理论。

20世纪上半叶,量子力学原理和方法引入化学领域后,建立了量子化学。它使人们能了解分子结构的成因,并能计算分子的电子结构。化学键也从一系列经验规则发展成为具有坚实基础的可靠理论,从而促进了有机化学理论(如电子效应,立体效应等)的发展。20世纪下半叶,光谱法的建立对于有机化合物结构的测定起着十分重要的作用,因为通过紫外、红外光谱区的光谱,人们认识到分子能级之间的跃迁对分子的鉴定是特征性的。质谱是确定分子结构和连接顺序的强有力的手段。核磁共振谱是最广泛研究分子三维空间、化学反应性能及超分子集体最有用的技术。光谱法由于取样少(有的甚至不消耗试样,测定后仍可以回收使用)、速度快、结果准确等优点,目前已成为有机结构分析中不可缺少的手段,构成了有机化学的一个研究领域。

随着有机化学理论的不完善、合成方法的创新和先进技术的应用,有机化学家为人类合成了数目繁多并广泛应用于各领域的新化合物、新材料,提高了人们的生活质量。特别引人注目的是,有机化学家从分子水平研究了重要的生命物质——蛋白质和核酸的结构和性能,奠定了分子生物学的基础,并在分子和分子集合体水平上更深层次地了解 and 认识复杂的生命现象。2000年6月26日,国际人类基因研究协作组宣布人类基因组工作草图

绘制完成，这是科学的结晶，也是人类科学史上的一个里程碑。第一幅人类基因组草图的绘制完成，使我们踏入基因时代的门槛，这个时代将回答生命科学更深层次的疑难问题，人们将会利用这一科研成果重新界定构成生命的复杂分子间的相互作用。2002年诺贝尔化学奖得主分别发明了大分子的质谱分析法和利用核磁共振技术测定溶液中生物大分子三维结构的方法。他们的研究成果使人们能够通过对蛋白质的深入分析，了解蛋白质在细胞中是如何发挥作用的，进而加深对生命进程的了解，这项研究成果具有“革命性”的突破。

有机化学在其自身发展的过程中，已经将其理论和研究方法渗透到相关的科学领域，已成为各专业重要的基础课，也是当代生产活动和科学活动的重要组成部分。

二、有机化合物分子中的化学键

碳元素位于周期表中第ⅣA族的首位，处于电负性极弱的锂和电负性极强的氟的中间。当碳原子与其他原子结合时，既不易获得，也不易失去4个电子而形成离子型化合物，其常常是通过共用电子对的方式与其他原子相互结合而形成稳定的外层电子结构，所以有机化合物是以共价键为主要键型的化合物。

由于碳原子与碳原子间的相互结合能力很强且结合方式具有多样性，因此形成的有机化合物种类繁多、结构复杂、应用广泛，其理化性质和反应性能等与无机化合物有着很大的差异。

（一）共价键的类型

现代共价键理论认为：共价键是由成键原子的原子轨道（电子云）重叠形成的，其重叠程度愈大，形成的共价键愈稳定。由于原子轨道重叠方式不同，共价键分为两种类型—— σ 键和 π 键。

（1） σ 键：2个原子轨道沿轨道对称轴方向互相重叠形成的键称为 σ 键。此种轨道的重叠程度最大，其电子云集中于两核之间，围绕键轴呈圆柱形对称分布，任一成键原子围绕键轴旋转时，都不会改变2个原子轨道重叠的程度，因此 σ 键可以“自由旋转”。有机化合物分子中的单键都是 σ 键。

（2） π 键：2个原子相互平行的 p 轨道从侧面重叠形成的键称为 π 键。其电子云分布在键轴的参考平面（节面）的上、下方，在节面上电子云密度等于零。此种轨道重叠程度最小。

由于 π 键没有轴对称性，当成键原子围绕单键旋转时，则会使 π 键断裂，所以 π 键不能自由旋转；由于 π 键的电子云不是集中在两个原子核之间，受核束缚力小，易受外界影响而极化，故 π 键反应活性比 σ 键高。

（二）碳原子的杂化轨道

轨道杂化理论认为：成键时碳原子吸收能量，由基态转变成激发态，能量近似的原子轨道重新组合形成新的轨道，这个过程称为杂化，形成的新轨道称为杂化轨道。杂化轨道的数目等于参与杂化的原子轨道数目。杂化轨道的方向性更强，利于形成共价键。

碳原子的杂化方式有以下三种：

（1） sp^3 杂化轨道：碳原子的电子构型为 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ （基态），成键时，碳原子 $2s^2$ 上的1个电子激发到 $2p_z$ 空轨道上，形成 $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ （激发态），能量近似的 $2s$ 和 $2p$

轨道重新组合，形成 4 个能量相同的 sp^3 杂化轨道。每个 sp^3 杂化轨道中有 1/4 的 s 轨道成分和 3/4 的 p 轨道成分，其形状是一头大、一头小（图 1-1a）。价电子理论认为：4 个 sp^3 杂化轨道的轴，在空间的取向相当于从正四面体的中心伸向 4 个顶点的方向，形成正四面体的空间构型，键角为 109.5° （图 1-1b）。这样 sp^3 杂化轨道之间的相互斥力最小，能量最低，体系稳定。

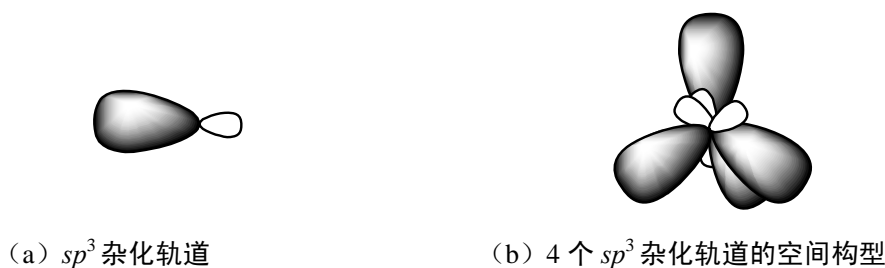


图 1-1 sp^3 杂化轨道及其空间构型

(2) sp^2 杂化轨道：碳原子激发态中的 $2s$ 轨道与 2 个 $2p$ 轨道重新组合，形成 3 个能量相同的 sp^2 杂化轨道。这 3 个 sp^2 杂化轨道的对称轴在同一平面上，键角为 120° ，构成了三角形的平面构型（图 1-2a）。碳原子上余下 1 个未参与杂化的 $2p$ 轨道，它的对称轴垂直于 sp^2 杂化轨道的平面（图 1-2b）。

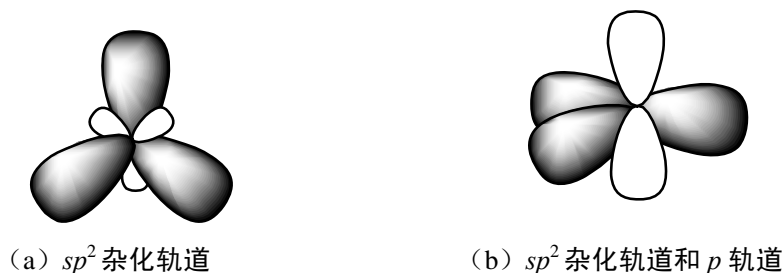


图 1-2 sp^2 杂化轨道及其空间构型

(3) sp 杂化轨道：碳原子激发态中的 $2s$ 轨道与 1 个 $2p$ 轨道组合形成 2 个能量相同的 sp 轨道，且呈直线形构型，键角为 180° （图 1-3a）。余下 2 个未参与杂化的 $2p$ 轨道，它们的对称轴与 sp 杂化轨道相互垂直（图 1-3b）。

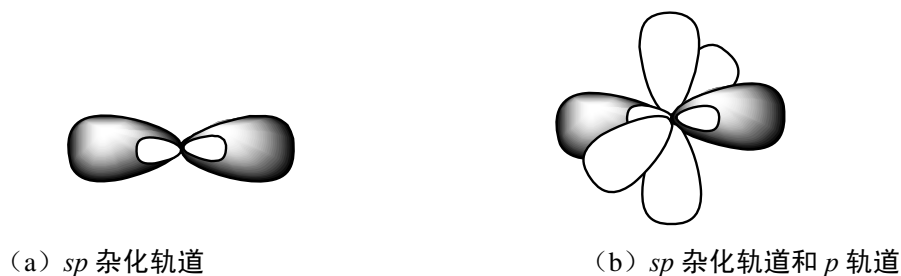


图 1-3 sp 杂化轨道及其空间构型

(三) 共价键的性质

1. 键长 (bond length)

键长是指成键的 2 个原子核间的距离, 即成键的 2 个原子核对电子的吸引力与 2 个核间的斥力达到平衡时的核间距离。键长可通过电子衍射法 (气体) 及 X 衍射法 (固体) 测定。键长的单位常用 pm 或 nm 表示 (表 1-1)。

表 1-1 一些共价键的键长

化合物	共价键	键长 (pm)
CH ₄	C—H	109
CH ₃ O—H	O—H	96
CH ₃ —OH	C—O	143
CH ₃ —Cl	C—Cl	176
CH ₃ —CH ₃	C—C	154
CH ₂ =CH ₂	C=C	134
CH≡CH	C≡C	120
(CH ₃) ₂ CO	C=O	122

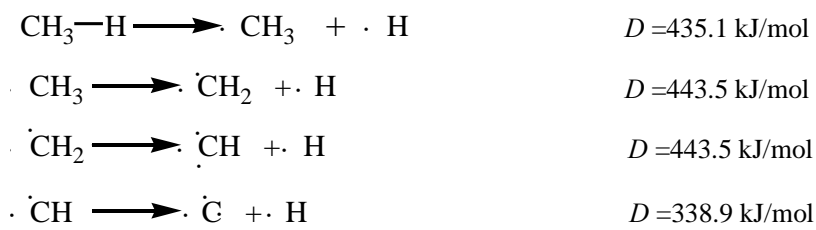
在不同化合物中, 同一种键的键长差别很小, 如 C—C 键在丙烷中的键长为 154 pm, 在环己烷中为 153 pm, 一般为 154 pm。键长愈长, 愈易受外界电场影响而发生极化, 有时可以根据键长的长短来估计键的稳定性。

2. 键角 (bond angle)

键角是指 2 个共价键之间的夹角。同种原子在不同分子中形成的键角不一定相同, 这是由于分子中各原子间相互影响的结果。例如, 水分子中 H—O—H 键角为 104.5°, 而甲醚分子中 C—O—C 键角为 112°。键角对于研究有机化合物分子的立体结构和某些性质有着重要的意义。

3. 键能 (bond energy)

键能是指在压力为 101.3 kPa, 温度为 298.15 K 的条件下, 当 2 个气态原子 A 和 B 结合成 1 mol 分子 AB (气态) 时所放出的能量, 或 1 mol 气态分子 AB 拆分为 A 和 B 2 个气态原子时所需的能量。例如将 1 mol 氢气分解成氢原子需要吸收 436 kJ 热量, 这个数值就是氢分子的键能, 即离解能 (dissociation energy)。但是对于多原子分子来说, 键能与离解能是不同的。例如, 甲烷分子中的 4 个 C—H 键依次断裂时, 所需吸收的热量是不同的。



4 个 C—H 键分解所需吸收的总热量为 1661.0 kJ/mol, 但人们常简单地将其平均值

415.5 kJ/mol 称为 C—H 键的键能。实际上各个 C—H 键的离解能是不相同的。由此说明多原子分子的键能是指多原子分子中几个相同类型共价键均裂时，这些键的离解能的平均值（表 1-2）。

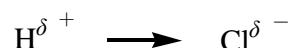
表 1-2 一些常见多原子分子中的键能

化合物	共价键	键能 (kJ/mol)
CH ₄	C—H	415.5
CH ₃ —CH ₃	C—C	345.6
CH ₂ =CH ₂	C=C	610
CH≡CH	C≡C	835.1
CH ₃ Cl	C—Cl	338.9
CH ₃ OH	C—OH	357.7
CH ₃ Br	C—Br	284.6
CH ₃ I	C—I	217.5

键能是表示共价键牢固程度的一种物理量。键能愈大，该键的强度愈大，断裂时所需的能量也愈大。

4. 键的极性 (polarity of bond)

由 2 个相同原子形成的共价键，其电子云对称地分布在 2 个原子之间，正负电荷重心重叠在一起，这种键是无极性的，称为非极性共价键。由 2 个电负性不同的原子形成的共价键，其电子云在 2 个原子之间分布不对称，正负电荷中心不能重合，这种键具有极性，称为极性共价键。例如 HCl 分子，氯原子的电负性大于氢原子，电子云偏向氯的一端，因此氯的一端带部分负电荷，常用 δ^- 表示；氢的一端带部分正电荷，用 δ^+ 表示。



键的极性大小主要取决于成键原子电负性之差。一般说来，2 种原子的电负性相差在 1.7 以上，通常形成离子键；电负性相差为 0.6~1.7，形成极性共价键。表 1-3 列出部分元素的电负性。

表 1-3 部分元素的电负性

H						
2.15						
Li	Be	B	C	N	O	F
0.95	1.5	2.0	2.6	3.0	3.5	3.9
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0.95	1.2	1.5	1.9	2.1	2.6	3.1
K	Ca					Br
0.8	1.0					2.9
						I
						2.6

键的极性大小可用偶极矩（键矩） μ 来表示。偶极矩是指正负电荷中心间的距离 d 与

正电荷中心或负电荷中心电荷值 q 的乘积，单位为库仑·米 ($C \cdot m$)。

$$\mu = q \cdot d$$

有机物分子中一些常见的共价键的偶极矩一般为 $(1.334 \sim 1.167) \times 10^{-30} C \cdot m$ 。偶极矩具有方向性，用 \rightarrow 表示，箭头指向负电荷一端。对于双原子分子来说，键的偶极矩就是分子的偶极矩。但是多原子分子的偶极矩不只决定于键的极性，还决定于各键偶极矩的向量和（图 1-4）。

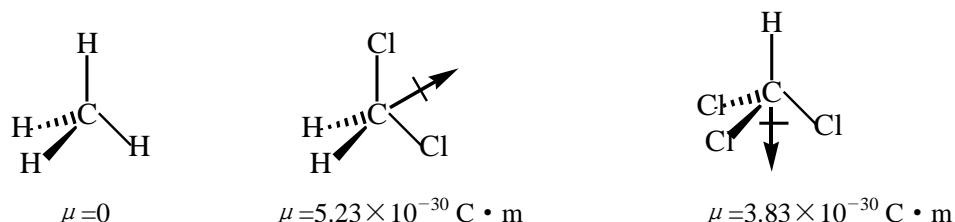


图 1-4 几种化合物的偶极方向和偶极矩

5. 键的极化 (polarization of bond)

在外界电场作用下，共价键电子云的分布发生改变，即分子的极性状态发生变化的现象，称为键的极化。若去掉外界电场的影响，共价键以及分子的极性状态则又恢复原状。不同的共价键受外界电场影响而极化的难易程度是不同的，这种键的极化难易程度称为极化度。

共价键的极性和极化度是共价键的重要性质之一，与分子的物理性质和化学键的反应性能密切相关。

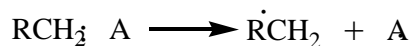
三、有机化学反应的基本类型

有机化合物是共价键化合物，当发生反应时，必然包含着反应分子中某些化学键的断裂和新键的形成，从而形成新分子。

在有机化学反应中，根据反应条件不同，共价键的断裂主要可归纳为以下两种类型。

(一) 自由基反应 (free radical reaction)

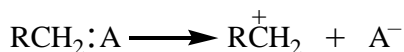
共价键断裂时，组成该键的 1 对电子由键合的 2 个原子各保留 1 个，这种共价键断裂方式称为均裂 (homolysis)。由均裂产生的带有单电子的原子或基团称为自由基 (free radical)。共价键经过均裂而发生的反应称为自由基反应。例如：



在高温气相、光照或过氧化物存在的条件下，共价键断裂一般容易产生自由基。自由基常常是反应的中间体，会与试剂继续进行反应。

(二) 离子型反应 (ionic type reaction)

共价键断裂时，成键的 1 对电子保留在 1 个原子上，从而产生正离子 (carbocation) 和负离子 (carbanion)，这种键的断裂方式称为异裂 (heterolysis)。由异裂产生的正离子或负离子是反应活性中间体，再与试剂继续进行反应，这种反应称为离子型反应。例如：



必须指出，有机化合物离子型反应与无机化合物瞬时离子反应是大不相同的。有机离子型反应一般是极性有机分子在极性介质中，与试剂通过形成正离子或负离子中间体而发生反应。有机离子型反应又可以根据进攻试剂性质不同，分为亲核和亲电两种反应。

(1) 亲核反应 (nucleophilic reaction): 由负离子或带有未成键电子对的分子 (如 NH_3 , H_2O) 进攻反应物分子中电子云密度低的原子，形成新的化合物，这种反应称为亲核反应。所用试剂称为亲核试剂 (nucleophilic reagent)。

(2) 亲电反应 (electrophilic reaction): 由正离子或能接受一对电子的分子 (如 FeCl_3 , AlCl_3) 进攻反应物分子中电子云密度高的原子，形成新的化合物，这种反应称为亲电反应。所用试剂称为亲电试剂 (electrophilic reagent)。

四、有机化合物的分类

迄今为止，已知的有机化合物有 1000 万种以上，它们的性质各异，如何将它们科学分类，对于学习和研究是很重要的。

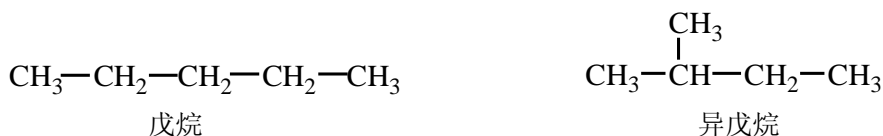
目前，国内外有机化学家对有机物的分类主要采用两种方法，即根据分子的基本骨架或按照分子中的官能团 (功能基) 来分类。

(一) 按基本骨架分类

根据碳的骨架可以将有机物分成以下三类。

1. 链状化合物

链状化合物 (chain compound) 分子中，碳原子相互结合成链状结构。由于长链的化合物最初是在油脂中发现的，所以链状化合物又称为脂肪族化合物 (aliphatic compound)。例如：



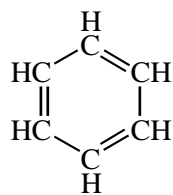
2. 碳环化合物

碳环化合物 (carbocyclic compound) 都是由碳原子互相结合而成。根据碳环的结构特点，它们又分为脂环化合物和芳香族化合物两类。

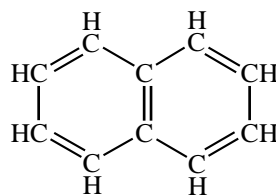
(1) 脂环化合物: 从结构上看，脂环化合物 (alicyclic compound) 是环状化合物，但其性质与脂肪族化合物相似，故称为脂环族化合物。例如：



(2) 芳香族化合物：芳香族化合物 (aromatic compound) 的结构特点是分子中一般都有 1 个或多个苯环，其性质与脂肪族化合物有较大区别。例如：



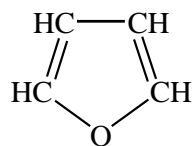
苯



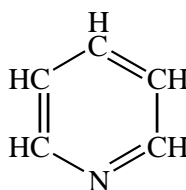
萘

3. 杂环化合物

杂环化合物 (heterocyclic compound) 分子中的环是由碳原子和其他元素的原子 (如 O, N, S) 组成。例如：



呋喃

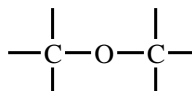



吡啶

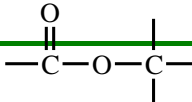
(二) 按官能团分类

官能团 (functional group) 是代表化合物主要性质的原子或基团。一般来说，含有同样官能团的化合物的化学性质基本相同，因此将含有相同官能团的化合物归为一类。现将一些主要官能团的类别列于表 1-4 中。

表 1-4 常见的一些官能团

化合物类别	官能团	官能团名称	化合物结构	化合物名称
烯烃	C=C	碳碳双键	CH ₂ =CH ₂	乙烯
炔烃	C≡C	碳碳叁键	CH≡CH	乙炔
卤代烃	-X	卤素	C ₂ H ₅ Cl	氯乙烷
醇和酚	-OH	羟基	C ₂ H ₅ OH C ₆ H ₅ OH	乙醇 苯酚
醚		醚键	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	乙醚
醛和酮		羰基	CH ₃ CHO CH ₃ C(=O)CH ₃	乙醛 丙酮

续表 1-4

化合物类别	官能团	官能团名称	化合物结构	化合物名称
羧酸	-COOH	羧基	CH ₃ COOH	乙酸
酯		酯基	CH ₃ -C(=O)-OC ₂ H ₅	乙酸乙酯