

供药学类、药品制造类、临床医学类、
医学技术类、食品药品管理类专业用

有机化学

(第2版) 主编 王宁 王立中 谢卫洪

Organic Chemistry

供药学类、药品制造类、临床医学类、
医学技术类、食品药品管理类等专业用

有机化学

(第2版) *Organic Chemistry*

主 编 王 宁 王立中 谢卫洪

副主编 丁秋玲 成洪达 王云峰

编 委 (按姓氏笔画排序)

丁秋玲 (常州卫生高等职业技术学校)

王 宁 (江苏医药职业学院)

王云峰 (江苏省南通卫生高等职业技术学校)

王立中 (泰州职业技术学院)

成洪达 (齐鲁医药学院)

张 舟 (湖北职业技术学院)

张琳琳 (盐城市第一人民医院)

岳李荣 (乐山职业技术学院)

郑 园 (湖北职业技术学院)

钟 嫒 (江苏卫生健康职业学院)

程芳婷 (江苏省连云港中医药高等职业技术学校)

谢卫洪 (曲阜中医药学校)

谢文娜 (江苏医药职业学院)

图书在版编目(CIP)数据

有机化学 / 王宁, 王立中, 谢卫洪主编. —2 版. —南京:
江苏凤凰科学技术出版社, 2018.1

全国高职高专教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5537-8720-6

I. ①有… II. ①王…②王…③谢… III. ①有机化
学—高等职业教育—教材 IV. ①062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 286673 号

有机化学(第 2 版)

主 编	王 宁 王立中 谢卫洪
策 划 编 辑	樊 明 谷建亚
责 任 编 辑	楼立理 易莉炜
责 任 校 对	郝慧华
责 任 监 制	曹叶平 方 晨

出 版 发 行	江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
照 排	南京紫藤制版印务中心
印 刷	盐城市华光印刷厂

开 本	880 mm×1 230 mm 1/16
印 张	17.5
字 数	490 000
版 次	2018 年 1 月第 2 版
印 次	2018 年 1 月第 1 次印刷

标 准 书 号	ISBN 978-7-5537-8720-6
定 价	49.00 元

图书如有印装质量问题,可随时寄印刷厂调换。

全国高职高专教育药学专业“十三五”规划教材 建设指导委员会

主任委员

曾庆琪 傅 梅

副主任委员(排名不分先后)

王开贞 李榆梅 张知贵 陈国忠 林国君
罗晓清 耿 磊

常 务 委 员(排名不分先后)

马月宏	王开贞	王 宁	王祥荣	毛春芳
叶颖俊	朱 纓	刘浩芝	孙立艳	严秀芹
李 春	李淑珍	李榆梅	吴方评	谷建亚
邹纯才	张习中	张平平	张知贵	张 威
陆丹玉	陈国忠	林国君	罗晓清	赵庆年
姚安贵	秦红兵	耿 磊	徐坤山	徐毓华
栾家杰	郭庆河	傅 梅	曾庆琪	鄢海燕
樊 明	苏丹丹			

再 版 说 明

全国高职高专教育药学专业“十二五”规划教材自 2015 年出版以来,在医药卫生高职高专院校的使用过程中,得到了广大师生的普遍认可。为了适应我国医学高职高专教育改革和发展的需要,贯彻国家对“十三五”期间教材建设的要求,江苏凤凰科学技术出版社组织了近 50 所高职高专院校的教师对本套教材进行整体修订。本次教材的修订,将深入贯彻落实职业教育教学“十三五”文件精神,依据职业教育药学生培养目标及满足新时期医药卫生行业技术技能型人才需求,体现医药行业最新要求,以期更好地为职业学校药学类人才培养服务。

本套教材修订突出“必需、实用、新颖”。其编写特点如下:

1. 保留了第 1 版注重实践、重点突出、激发学生学习兴趣的特点,注重职业教育学生的思维特点,并与教师的授课方式相结合,方便教师教学、学生学习。
2. 内容的修订遵循课程—岗位—资格证书对接一致的原则。坚持以就业为导向、以岗位需求为标准的职业教育办学指导思想,结合就业岗位的基本技能、专业技能、综合技能要求编排各章节,使知识与应用相结合,以期达到教学就业一体化的目标。同时章节后设置习题,紧密结合国家执业药师资格考试大纲要求,努力做到学历证书与职业资格证书对接。
3. 遵循新老内容替换的原则。注重三新,即新知识(药物)、新技术、新工艺取代替换老知识(药物)、老技术、老工艺。注意把最新的知识和最新的案例引用到教材中,体现时代新气息。本套教材所涉及的国家执业药师资格考试指南及大纲、《中国药典》及其他相关规范性文件等,均为最新版本,充分体现行业标准和要求。
4. 遵循课程实训内容与岗位需求一致的原则。课程实训内容紧密与就业岗位需求对接,取代传统的验证理论性实验,以期无缝对接到岗位需求。强调以提高技术应用能力为宗旨,根据工作岗位的需求编写教材。
5. 进一步完善了整套教材的系统性和整体性,突出专业特色,使各门教材之间有机衔接,避免不必要的重复。
6. 各科严格按照实际教学时数编写,文字精练,篇幅把控较好,有利于学生对重要知识点的掌握。

本套教材旨在通过此次修订,在内容、形式上进行全面补充、完善、提高。希望本套修订版教材的面世,能对广大高职高专药学专业人才的培养有所帮助。

第2版前言

为贯彻落实教育部《关于深化职业教育教学改革全面提高人才培养质量的若干意见》,进一步深化教育教学改革,全面提高人才培养质量,推进高职教育教学发展,我们围绕《普通高等学校高等职业教育(专科)专业目录(2015年)》,构建药学类、药品制造类课程体系,在全国高职高专教育药学专业规划教材建设指导委员会的组织协调下,实施本次教材的修订。

有机化学是高职高专院校药学类、药品制造类专业的一门基础课程,其主要任务是使学生能熟悉和掌握有机化学的基本理论、基本知识和基本技能,为学生后续专业课程的学习打下坚实的基础,培养学生运用有机化学知识分析问题、解决问题的能力,为学生的进一步发展提供必要的知识储备。

本次教材的修订仍以官能团为主线,剖析有机物结构与性质的关系。在内容上力求保持有机化学学科的系统性,同时体现简明、实用的特色,难点分散,循序渐进。本次修订仍保留了原有课程内容与职业标准对接、实训教学与工作任务对接的特点,同时使教材知识点更贴近于新版药典。本教材增选了部分知识链接,以扩大有机化学的知识面。

本教材共设十六章,压缩原有的烷、烯、炔为饱和烃与不饱和烃;增设了高分子化合物,以适应医药健康产业的发展。在编写的人员中注重高中职校教师合理分布,并增加了医院药学部的人员,有利于教材的合理衔接,促进高中职校协调发展,提高职业教育教材的整体质量。本教材仍设有机化学实验,希望学生通过实验,验证和巩固有机化学基本理论和基本知识,掌握有机化学实验的基本操作技能,提高动手能力和观察分析解决问题的能力。

本教材主要供高等职业教育药学类、药品制造类专业学生使用,也可以作为行业考试、自学参考用书。

在修订过程中,得到了各参编院校领导和专家的大力支持,在此表示衷心感谢。在修订中仍有不足之处,恳请各位同仁和广大读者予以指正和赐教,以便进一步完善。

王 宁
2017年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 有机化合物和有机化学	1
一、有机化合物和有机化学的发展史	1
二、有机化合物的特性	2
三、有机化合物的结构特征	2
四、有机化合物构造式表示法	3
第二节 共价键简介	4
一、共价键的形成	4
二、共价键的性质	5
三、共价键的断裂和有机化学反应类型	7
第三节 有机化合物的分类	8
一、根据碳的骨架分类	8
二、按官能团不同分类	9
第四节 有机化学中的酸碱概念	10
一、酸碱质子概念	10
二、酸碱电子概念	10
第二章 饱和烃	12
第一节 烷烃	12
一、烷烃的通式和同分异构现象	12
二、烷烃的结构	13
三、烷烃的构象	15
四、烷烃的命名	16
五、烷烃的物理性质	18
六、烷烃的化学性质	19
七、常见的烷烃	21
第二节 环烷烃	22
一、环烷烃的分类和命名	22
二、环烷烃的性质	24
三、环烷烃的稳定性与构象	26

第三章 不饱和烃	30
第一节 烯烃	30
一、烯烃的结构	30
二、烯烃的异构现象和命名	32
三、烯烃的物理性质	35
四、烯烃的化学性质	35
五、烯烃的亲电加成反应历程和诱导反应	38
六、烯烃的制备	39
第二节 炔烃	40
一、炔烃的结构	40
二、炔烃的同分异构现象和命名法	41
三、炔烃的物理性质	41
四、炔烃的化学性质	42
第三节 二烯烃	44
一、二烯烃的分类和命名	44
二、共轭二烯烃的结构和共轭效应	45
三、共轭二烯烃的性质	46
第四章 芳香烃	50
第一节 苯及其同系物	51
一、苯的结构	51
二、苯及其同系物的命名	52
三、苯及其同系物的物理性质	53
四、苯及其同系物的化学性质	54
第二节 苯环取代的定位效应及应用	56
一、定位效应	56
二、定位效应的应用	57
第三节 稠环芳香烃	57
一、稠环芳香烃的结构和命名	57
二、稠环芳香烃的理化性质	58
三、致癌芳香烃	59
第五章 卤代烃	63
第一节 卤代烃的分类和命名	63
一、卤代烃的分类	63
二、卤代烃的命名	64
第二节 卤代烃的性质	65
一、卤代烃的物理性质	65
二、卤代烃的化学性质	65
第三节 卤代烃的制备	69
一、以脂肪烃为原料制备卤代烃	69
二、以醇为原料制备卤代烃	70

三、常见的卤代烃	70
第六章 醇、酚和醚	72
第一节 醇	72
一、醇的结构、分类和命名	72
二、醇的物理性质	74
三、醇的化学性质	75
四、常见的醇	78
第二节 酚	79
一、酚的结构、分类和命名	79
二、酚的物理性质	80
三、酚的化学性质	81
四、常见的酚	83
第三节 醚	84
一、醚的分类和命名	84
二、醚的性质	84
三、常见的醚	85
第四节 硫醇和硫醚	86
一、硫醇	86
二、硫醚	86
第七章 醛、酮和醌	89
第一节 醛和酮	90
一、醛、酮的结构、分类和命名	90
二、醛、酮的物理性质	92
三、醛、酮的化学性质	92
四、常见的醛、酮	97
第二节 醌	99
一、醌的结构和命名	99
二、醌的性质	100
三、常见的醌	100
第八章 羧酸及取代羧酸	104
第一节 羧酸	104
一、羧酸的结构、分类和命名	104
二、羧酸的物理性质	106
三、羧酸的化学性质	106
四、常见的羧酸	110
第二节 取代羧酸	112
一、羟基酸	112
二、羧基酸	116
三、酮式-烯醇式互变异构现象	118

第九章 对映异构	121
第一节 手性分子和对映异构	122
一、偏振光	122
二、旋光性物质和旋光度	122
三、分子的手性与对映异构	123
第二节 含一个手性碳原子化合物的对映异构	125
一、对映异构体的理化性质	125
二、对映异构体的表示方法	126
三、对映异构体构型的命名	126
第三节 含两个手性碳原子化合物的对映异构	128
一、含两个不同手性碳原子的化合物	128
二、含两个相同手性碳原子的化合物	128
第四节 外消旋体的拆分	129
第十章 羧酸衍生物	132
第一节 概述	133
一、羧酸衍生物的命名	133
二、羧酸衍生物的性质	134
三、酰胺的特性	138
第二节 碳酸衍生物	139
一、碳酰氯	139
二、碳酰胺	139
三、脲	141
第三节 油脂	141
一、油脂的组成与结构	142
二、油脂的理化性质	143
第四节 磷脂	144
一、甘油磷脂	144
二、表面活性剂	146
第十一章 含氮有机化合物	149
第一节 硝基化合物	149
一、硝基化合物的结构、分类和命名	149
二、硝基化合物的物理性质	150
三、硝基化合物的化学性质	151
四、常见的硝基化合物	152
第二节 胺	153
一、胺的结构、分类和命名	153
二、胺的物理性质	156
三、胺的化学性质	156
四、胺的制备	161
五、常见的胺	161

第三节 重氮化合物和偶氮化合物	163
一、重氮化合物	163
二、偶氮化合物	164
第十二章 杂环化合物和生物碱	168
第一节 杂环化合物	169
一、杂环化合物的分类和命名	169
二、杂环化合物的结构	171
三、五元杂环化合物	172
四、六元杂环化合物	177
五、稠杂环化合物	180
第二节 生物碱	183
一、概述	183
二、生物碱的性质	184
三、生物碱举例	185
第十三章 糖类化合物	189
第一节 单糖	189
一、单糖的结构	190
二、单糖的化学性质	193
三、常见的单糖	196
第二节 二糖	197
一、麦芽糖	197
二、乳糖	198
三、蔗糖	198
第三节 多糖	199
一、淀粉	199
二、纤维素	201
三、右旋糖酐	202
第十四章 氨基酸和蛋白质	204
第一节 氨基酸	204
一、氨基酸的结构、分类和命名	204
二、氨基酸的物理性质	206
三、氨基酸的化学性质	206
第二节 蛋白质	209
一、蛋白质的组成和分类	209
二、蛋白质的结构	210
三、蛋白质的性质	212
第十五章 萜类化合物和甾体化合物	217
第一节 萜类化合物	217
一、萜类化合物的结构和分类	217
二、单萜类化合物	218

三、其他蒽类化合物	220
第二节 甾体化合物	221
一、甾体化合物的结构	221
二、甾体化合物的命名	222
三、重要的甾体化合物	224
第十六章 高分子化合物	229
第一节 高分子化合物概述	229
一、高分子化合物的基本概念	229
二、高分子化合物的分类	230
三、高分子化合物的命名	231
四、高分子化合物的合成方法	232
第二节 高分子化合物的结构与性质	233
一、高分子化合物的结构	233
二、高分子化合物的特性	234
第三节 高分子化合物在医药上的应用	235
一、高分子化合物在医学上的应用	235
二、高分子化合物在药学上的应用	237
有机化学实验	240
一、有机化学实验室规则	240
二、实验室安全知识	240
三、有机化学实验常用玻璃仪器	241
四、实验预习和实验报告书写	242
实验一 熔点的测定	244
实验二 蒸馏操作和沸点测定	245
实验三 水蒸气蒸馏	247
实验四 萃取	250
实验五 重结晶	252
实验六 醇、酚和醚的性质	254
实验七 醛和酮的性质	255
实验八 羧酸及取代羧酸的性质	256
实验九 糖的性质	258
实验十 糖的旋光度测定	259
实验十一 乙酸乙酯的制备	260
实验十二 乙酰苯胺的制备	262
实验十三 乙酰水杨酸的制备	263
实验十四 制备无水乙醇	264
实验十五 茶叶中咖啡因的提取	265
附录 常用试剂及其配制	267
参考文献	268

第一章 绪 论

学习导航

1. 掌握有机化合物结构式的各种表示方法。
2. 熟悉有机化合物的定义和特性、有机化学的任务和作用；经典的结构学说、离子键和共价键、原子轨道；有机化合物的分类。

第一节 有机化合物和有机化学

自然界的物质一般可分为两类，即无机化合物(inorganic compound)和有机化合物(organic compound)。早期人类从无生命的矿物中得到的化合物称为无机化合物，简称无机物；从动植物有机体中获得的化合物称为有机化合物，简称有机物，如从粮食发酵而获得的乙醇、醋，从植物中提取的染料、香料和药物等。总之，有机化合物与人的衣、食、住、行有密切的关系。

[要点：有机化合物的定义]

一、有机化合物和有机化学的发展史

在远古时期，人们就能对自然物质进行利用，从整体运用到加工使用再到提取分离，经历了由浅入深、由表及里的过程，并由此逐渐发展成一门科学。

18 世纪末，人类从动植物中取得一系列较纯的有机物质，如从哺乳动物的尿中取得尿素、从葡萄汁中取得酒石酸、从酸牛奶中取得乳酸等。由于生产力水平的限制，生命力学说盛行一时，并阻碍了有机化学的发展。

有机化学发展史上具有重大影响的如下：①法国的化学家拉瓦锡(A. Lavoisier)用燃烧分析法证明了有机化合物的基本组成是碳和氢。②维勒(F. Wohler)首次用无机物直接制备尿素($\text{NH}_4\text{CNO} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_2\text{CONH}_2$)，从而动摇了一直认为有机物只能在生物体中、受生命力的影响才能制造的思想。至此有机化学进入了一个新的发展时期，成千上万的有机物开始被合成，如染料、药品等有机产品。现代有机化学从 19 世纪才开始形成，而且绝大多数有机化合物都不是从天然有机体获得，我国科学家于 1965 年第一次合成了具有生物活性的蛋白质——牛胰胰岛素；又于 1981 年合成了其化学结构和生物活性与天然核糖核酸完全相同的酵母丙氨酸转移核糖核酸。“有机”已失去了原来的含义，仅仅由于历史和习惯，才沿用至今。

随着碳的四面体模型学说的提出,物质组成的测量方法的建立,现代物理仪器和技术的应用,人们发现,有机化合物主要含碳、氢两种元素。此外,还常含有氧、氮、卤素、硫和磷等元素。按照现代的观点,有机化合物是指碳氢化合物及其衍生物(derivatives)。衍生物是指化合物分子中的原子或原子团被其他原子或原子团所取代而衍生出来的产物。

因此,有机化学就是研究碳氢化合物及其衍生物的科学。它主要研究有机化合物的组成、结构、性质、合成、分离提纯以及在生产、生活中的应用。

二、有机化合物的特性

与无机化合物相比,有机化合物一般具有以下特性:

1. 易燃烧 有机化合物含有碳、氢等可燃元素,故大多数有机化合物都可以燃烧,如乙醇、汽油、天然气等很容易燃烧,而大多数无机化合物不易燃烧,人们常利用这一性质来区别两者。
2. 熔点低 许多有机物常温下是气体或液体。常温下为固体的有机物其熔点(melting point,简写作 mp)通常比较低,很少超过 300℃。而无机物的熔点一般很高,如氯化钠的熔点为 801℃。这是因为有机化合物分子间引力较弱。
3. 难溶于水 有机化合物的极性很小甚至没有极性,水是极性较强的液体,因此大多数有机化合物难溶于或不溶于水。有机化合物往往可溶于有机溶剂,如苯、乙醚、乙醇、氯仿等。
4. 反应速度慢 有机化合物的化学反应是经过分子间的不规则碰撞,产生共价键的断裂和生成。除个别反应外,大多数有机化学反应要在长时间内才能完成,往往通过加热、加压或使用催化剂等方法来加快反应。
5. 有机化学反应的副产物多 有机化学的反应复杂,在一个反应体系中可能有多个不同的反应途径,得到多种产物。通过选择特定的反应条件,控制反应方向。

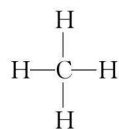
上述有机化合物的特性是相对的,而不是绝对的。例如,四氯化碳不但不易燃烧,而且还可用作灭火剂;乙醇和葡萄糖易溶于水。有的有机反应速度极快,甚至以爆炸方式进行,瞬间完成。

[要点:有机化合物的特性]

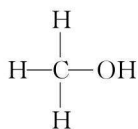
三、有机化合物的结构特征

有机化合物的结构决定了有机化合物的性质,性质则反映了结构,结构与性质的关系是有机化学的精髓。有机化学的结构是指分子的组成、分子中各原子的连结方式和顺序,以及原子在空间的伸展方向,而构成一定的分子结构。有机化合物分子结构的基本特征包括以下四个方面。

1. 碳原子是四价,在有机化合物分子中,碳原子的化合价保持四价,氧原子的化合价为二价,氢原子、卤原子的化合价是一价。



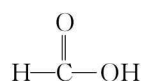
甲烷



甲醇

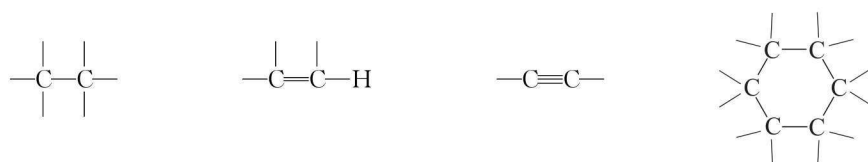


甲醛



甲酸

2. 碳原子除能与其他原子结合外,还可以通过单键、双键、三键互相连结成链状和环状。



3. 同分异构现象 乙醇和二甲醚的分子式都是 C_2H_6O 。通常条件下,乙醇是液体,其沸点 (boiling point, 简写作 bp) 为 78.6°C , 而二甲醚是气体 (沸点为 -23°C)。显然, 它们是两个不同的化合物。因此, 把乙醇和二甲醚这种具有相同组成而结构不同的化合物称为同分异构体 (isomers), 这种现象称为同分异构现象。同分异构现象是导致有机化合物数目众多的主要原因之一。



4. 四面体结构 范德霍夫 (Vant Hoff) 提出了碳原子四面体结构 (图 1-1): 在甲烷分子中, 四个氢原子并不在同一平面中, 而是碳原子位于四面体的中心, 四个相等的价键伸向四面体的四个顶点, 各个键之间的夹角为 109.5° 。

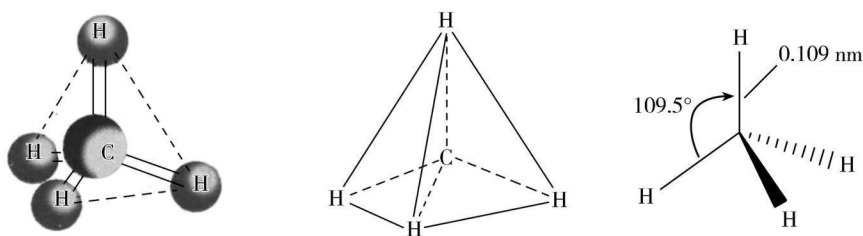


图 1-1 甲烷分子的四面体结构

X 射线衍射法已准确测定碳原子的立体结构, 完全证实了四面体模型的正确性, 而且为研究有机化合物分子的立体结构奠定了基础。

[要点: 甲烷分子的四面体结构]

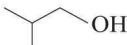
四、有机化合物构造式表示法

分子式无法完整地表达有机化合物的结构, 必须通过构造式方式完整地表达。分子中原子间相互连接的顺序称为分子的构造, 表示分子构造的化学式称为构造式。构造式有多种表示法。常用的有机化合物表示法有电子式、构造式、构造简式、键线式 (表 1-1)。

表 1-1 构造式的各种表示方法

化合物	电子式	构造式	构造简式	键线式
丁烷	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}:\text{C} & : & \text{C} & : & \text{C} & : & \text{C}:\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	

续表

化合物	电子式	构造式	构造简式	键线式
2-溴丁烷	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : \text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{Br} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - \text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{Br} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array} $	
2-甲丙醇	$ \begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : \text{O} : \text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{ccccc} & \text{H} & & \text{H} & \\ & & & & \\ \text{H} - & \text{C} & - & \text{C} & - \text{O} - \text{H} \\ & & & & \\ & \text{H} & & \text{H} & \\ & & & & \\ & \text{H} & & & \end{array} $	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$	
环丁烷	$ \begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \\ & & \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} : & \text{H} \\ & & \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} : & \text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \end{array} $	$ \begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - & \text{H} \\ & & \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - & \text{H} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{cc} \text{CH}_2 - & \text{CH}_2 \\ & \\ \text{CH}_2 - & \text{CH}_2 \end{array} $	
1-丁烯	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : \text{H} \\ & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H} - \text{C} = & \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - \text{H} \\ & & & \\ & & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_3$	
苯	$ \begin{array}{ccc} & \text{H} & \\ & & \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : \text{H} \\ & & \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : \text{H} \\ & & \\ & \text{H} & \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HC} = \text{C} - \text{CH} \\ \quad \quad \\ \text{HC} = \text{C} - \text{CH} \\ \\ \text{H} \end{array} $	

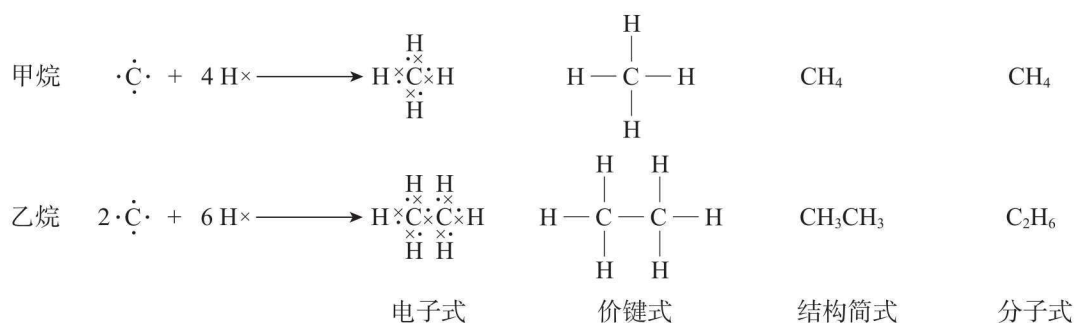
[要点: 有机化合物的表示方法: 电子式、构造式、构造简式、键线式]

第二节 共价键简介

化学键主要分为离子键、金属键和共价键 3 种类型, 有机化合物分子中原子主要靠共价键相结合, 本节只讨论共价键的相关内容。

一、共价键的形成

有机化合物的基本元素是碳, 其最外层有 4 个电子, 要完全失去或得到 4 个电子都是很困难的, 所以在有机化合物分子中, 碳原子采用共用电子的方式成键, 这种通过共用电子对形成的化学键称为共价键(covalent bonds)。例如:



现代共价键理论认为,当两个原子相互接近到一定距离时,自旋方向相反的未成对电子相互配对,形成原子轨道相互重叠,使核间产生电子云密度较大的区域吸引两个原子核(图 1-2);原子轨道重叠程度越大,形成的化学键越稳定,这就是最大重叠原则(图 1-3);每个原子所形成共价键的数目取决于该原子的未成对电子数,这就是共价键的饱和性;共价键形成时,为使原子轨道重叠程度最大,轨道必须沿着对称轴方向进行重叠,这就是共价键的方向性;在共价键形成的过程中,同一原子中参与成键的几个能量相近的原子轨道可以重新组合,形成能量相等的、成键能力更强的杂化轨道。



图 1-2 氢分子的形成

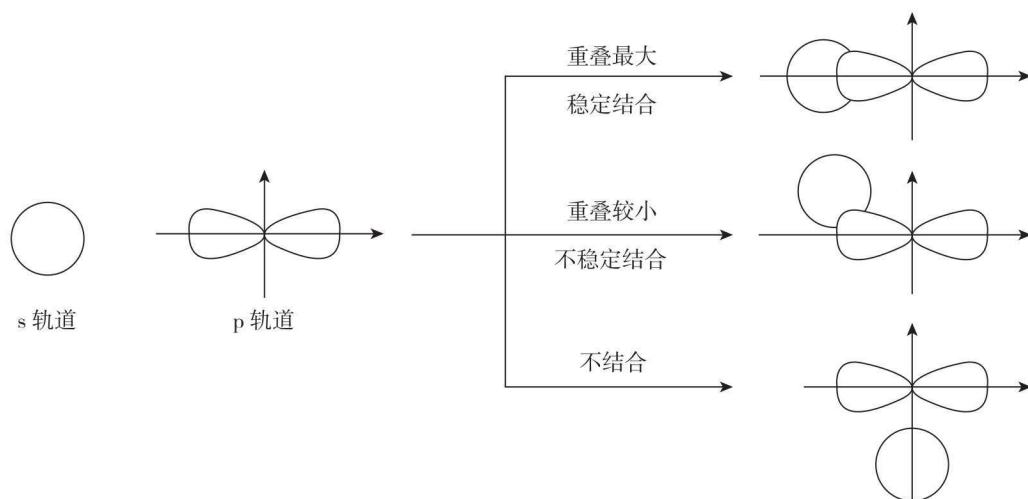


图 1-3 s 轨道和 p 轨道的重叠

[要点: 共价键的形成]

二、共价键的性质

1. 键长 分子中,两个成键原子核间的距离称为键长(bond length)。一般来说,键长越短,键越强、越牢固。常见的共价键键长如表 1-2。

[要点: 键长的概念]

2. 键能 对于双原子分子,破坏其共价键时所需要的能量,称为共价键的离解能,又称为共价键的键能。例如,将 1 mol 氢气分解成氢原子,需 435 kJ 的能量,即两个氢原子所形成的共价键的键能为 435 kJ/mol,双原子分子的离解能就是它的键能。多原子分子键能和离解能就不相同了。