

| 纺织服装高等教育“十二五”部委级规划教材



◎ 黄晓东 李成琴 主编

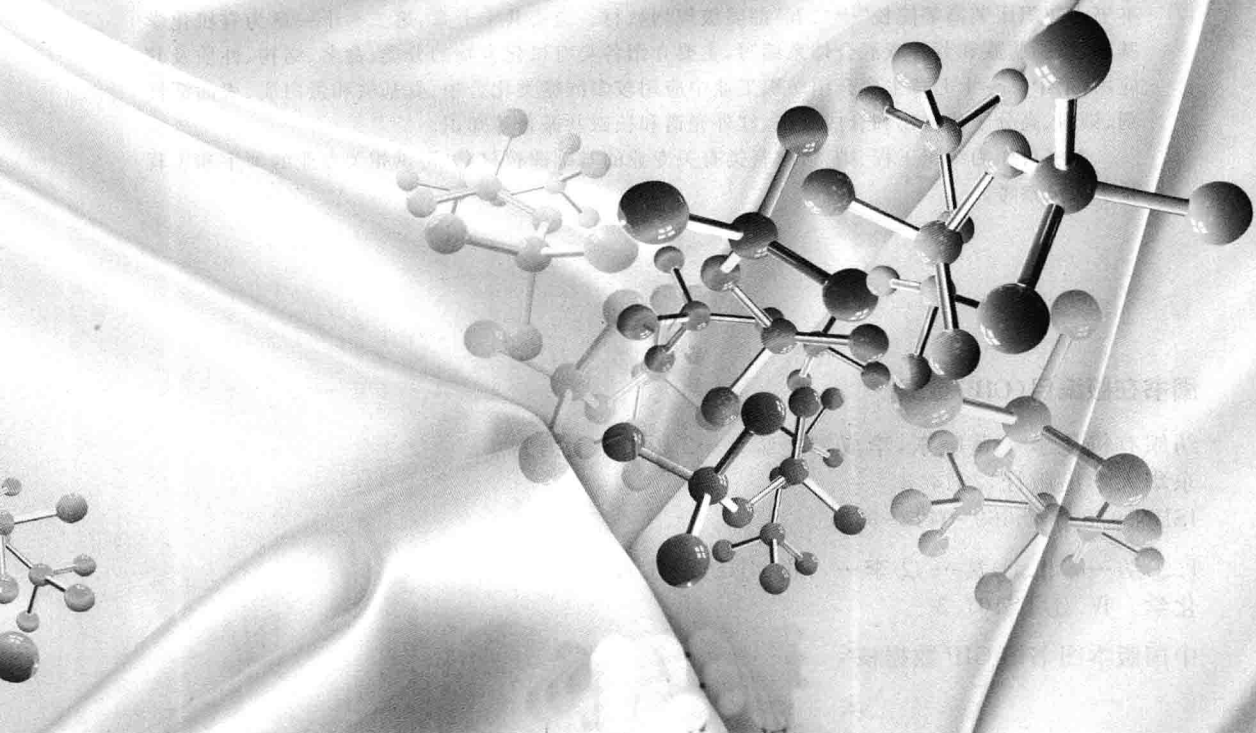
本书着重阐述有机化学的基础知识和基本原理，突出有机化合物的结构与性质的关系，在此基础上对纺织工业中应用较普遍的染料、表面活性剂、糖类化合物、氨基酸和蛋白质、高分子化合物等进行讨论，叙述上由浅入深，循序渐进，通俗易懂，便于自学。

# 纺织有机化学

FANGZHI YOUJI HUAXUE (2版)

东华大学出版社

| 纺织服装高等教育“十二五”部委级规划教材



◎ 黄晓东 李成琴 主编

本书着重阐述有机化学的基础知识和基本原理，突出有机化合物的结构与性质的关系，在此基础上对纺织工业中应用较普遍的染料、表面活性剂、糖类化合物、氨基酸和蛋白质、高分子化合物等进行讨论，叙述上由浅入深，循序渐进，通俗易懂，便于自学。

# 纺织有机化学

FANGZHI YOUJI HUAXUE (2版)

东华大学出版社

## 内 容 提 要

本书为纺织服装高等院校“十二五”部委级规划教材。全书共十七章:第二~十一章为有机化学基础,按脂肪族和芳香族混合体系编写,主要介绍各类有机化合物的分类、命名、结构、性质及其应用;第十二~十七章主要介绍纺织工业中应用较多的糖类化合物、氨基酸和蛋白质、表面活性剂、染料、高分子化合物和合成纤维、红外光谱和核磁共振普等知识。

本书可作为纺织工程、染整、材料类有关专业的基础课教材,也可供相关专业的师生和工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

纺织有机化学 / 黄晓东,李成琴主编. —2 版. —上海:  
东华大学出版社,2014.3  
ISBN 978-7-5669-0442-3

I. ①纺… II. ①黄… ②李… III. ①纺织工业—有机  
化学 IV. ①TS101.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 010236 号

责任编辑 张 静

装帧设计 魏依东

出 版: 东华大学出版社(上海市延安西路 1882 号, 200051)

本 社 网 址: <http://www.dhupress.net>

天猫旗舰店: <http://dhdx.tmall.com>

营 销 中 心: 021-62193056 62373056 62379558

印 刷: 江苏句容市排印厂

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张 22.5

字 数: 562 千字

版 次: 2014 年 3 月第 1 版

印 次: 2014 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5669-0442-3/TS·466

定 价: 49.00 元

## 2 版前言

本教材自 2008 年出版以来,在纺织服装类高等院校的教学中发挥了很好的作用,深受广大师生的欢迎。随着高等教育和教学改革的深入发展,教学内容和课程体系都随之发生变化。几年来,使用本书的广大师生对本书给予了很好的评价,同时也为本书的内容提出了一些问题和建议,为更好地满足广大读者的学习需求,我们决定修订本教材。

本次修订在听取了部分高校教师的建议的同时,继续保持第一版的特色:第二~十一章着重介绍有机化学的基础知识与基本原理,突出有机化合物的结构与性质的关系;第十二~十七章对纺织工业中应用较普遍的染料、表面活性剂、糖类化合物、氨基酸和蛋白质、高分子化合物、合成纤维等进行专章阐述,精选教材内容,体现由浅入深、循序渐进、通俗易懂,便于读者自学。本次修订主要对各章节中的部分内容(知识点和习题)进行调整、优化,做到与时俱进。

参加本书修订的有黄晓东副教授(第六、七、八、九、十三章)、王淑颖副教授(第二、三、四、十一、十六章)、金莹副教授(第五、十、十二章)、宋明珠讲师(第一、十四、十五章)、孟辉教授(第十七章)。李成琴教授进行审稿,提出了许多宝贵意见。最后由黄晓东统一修改定稿。

由于编者水平所限,不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正,使本书在下一次修订时进一步完善。

黄晓东

2014 年 1 月于辽东学院

## 目 录

第一章 绪 论 .....	1
一、有机化合物和有机化学 .....	1
二、有机化合物中的共价键 .....	2
三、有机反应的类型 .....	7
四、有机化合物的分类 .....	7
五、有机化学与纺织工业 .....	9
习 题 .....	10
第二章 饱和脂肪烃 .....	12
第一节 烷烃 .....	12
一、烷烃的同系列和同分异构现象 .....	12
二、烷烃的命名 .....	13
三、烷烃的结构—— $sp^3$ 杂化轨道 .....	15
四、烷烃的构象 .....	17
五、烷烃的物理性质 .....	19
六、烷烃的化学性质 .....	21
七、烷烃的来源 .....	24
第二节 环烷烃 .....	24
一、环烷烃的分类和命名 .....	24
二、环烷烃的物理性质 .....	26
三、环烷烃化学性质 .....	26
四、环烷烃的结构和稳定性 .....	28
五、环己烷的构象 .....	29
习 题 .....	32
第三章 不饱和脂肪烃 .....	34
第一节 单烯烃 .....	34
一、烯烃的结构—— $sp^2$ 杂化轨道 .....	34
二、烯烃的同分异构和命名 .....	36
三、烯烃的物理性质 .....	38
四、烯烃的化学性质 .....	39
第二节 炔烃 .....	47

一、乙炔的结构—— $sp$ 杂化轨道 .....	47
二、炔烃的命名 .....	49
三、炔烃的物理性质 .....	49
四、炔烃的化学性质 .....	50
<b>第三节 二烯烃</b> .....	53
一、二烯烃的分类和命名 .....	53
二、共轭二烯烃的结构和共轭效应 .....	54
三、共轭二烯烃的化学性质 .....	56
<b>习题</b> .....	63
<b>第四章 芳香烃</b> .....	65
<b>第一节 单环芳烃</b> .....	66
一、苯的结构 .....	66
二、单环芳烃的命名 .....	67
三、单环芳烃的物理性质 .....	69
四、单环芳烃的化学性质 .....	70
五、苯环上亲电取代反应的定位规律 .....	74
<b>第二节 稠环芳烃</b> .....	78
一、萘 .....	78
二、蒽和菲 .....	82
<b>第三节 非苯芳系</b> .....	83
一、休克尔规则 .....	83
二、轮烯 .....	83
<b>习题</b> .....	86
<b>第五章 对映异构</b> .....	90
一、物质的旋光性 .....	90
二、对映异构和分子结构的关系 .....	92
三、含有一个手性碳原子化合物的对映异构 .....	93
四、含有两个手性碳原子化合物的对映异构 .....	96
<b>习题</b> .....	98
<b>第六章 卤代烃</b> .....	100
一、卤代烃的分类和命名 .....	100
二、卤代烷的物理性质 .....	101
三、卤代烷的化学性质 .....	102
四、卤代烯烃和卤代芳烃 .....	108
五、重要的卤代烃 .....	110

习题 .....	111
<b>第七章 醇、酚、醚</b> .....	114
<b>第一节 醇</b> .....	114
一、醇的分类和命名 .....	114
二、醇的结构 .....	116
三、醇的物理性质 .....	116
四、醇的化学性质 .....	117
五、重要的醇 .....	122
<b>第二节 酚</b> .....	123
一、酚的分类和命名 .....	123
二、酚的结构 .....	124
三、酚的物理性质 .....	125
四、酚的化学性质 .....	125
五、重要的酚 .....	129
<b>第三节 醚</b> .....	130
一、醚的结构、分类和命名 .....	130
二、醚的物理性质 .....	131
三、醚的化学性质 .....	131
四、环醚 .....	133
<b>第四节 硫醇和硫醚</b> .....	134
一、硫醇 .....	134
二、硫醚 .....	136
习题 .....	139
<b>第八章 醛、酮、醌</b> .....	142
<b>第一节 醛和酮</b> .....	142
一、醛、酮的分类和命名 .....	142
二、醛、酮的结构 .....	143
三、醛、酮的物理性质 .....	144
四、醛、酮的化学性质 .....	145
五、重要的醛、酮 .....	155
<b>第二节 醌</b> .....	156
一、醌的结构和命名 .....	156
二、醌的化学性质 .....	157
三、蒽醌及蒽醌染料 .....	158
习题 .....	161

<b>第九章 羧酸及其衍生物</b> .....	164
<b>第一节 羧酸</b> .....	164
一、羧酸的分类和命名 .....	164
二、羧基的结构 .....	165
三、羧酸的物理性质 .....	166
四、羧酸的化学性质 .....	167
五、重要的羧酸 .....	172
<b>第二节 羧酸衍生物</b> .....	175
一、羧酸衍生物的命名 .....	175
二、羧酸衍生物的物理性质 .....	176
三、羧酸衍生物的化学性质 .....	176
四、乙酰乙酸乙酯在合成中的应用 .....	181
五、丙二酸二乙酯在合成中的应用 .....	183
六、重要的羧酸衍生物 .....	185
<b>第三节 油脂和蜡</b> .....	187
一、油脂 .....	187
二、蜡 .....	191
<b>习题</b> .....	193
<b>第十章 有机含氮化合物</b> .....	197
<b>第一节 硝基化合物</b> .....	197
一、硝基化合物的结构 .....	197
二、硝基化合物的物理性质 .....	198
三、硝基化合物的化学性质 .....	199
四、重要的芳香族硝基化合物 .....	201
<b>第二节 胺</b> .....	201
一、胺的结构、分类和命名 .....	201
二、胺的物理性质 .....	204
三、胺的化学性质 .....	205
四、季铵盐和季铵碱 .....	209
<b>第三节 芳香族重氮化合物和偶氮化合物</b> .....	210
一、重氮盐的制备 .....	210
二、重氮盐的化学性质及其在合成上的应用 .....	211
<b>习题</b> .....	219
<b>第十一章 杂环化合物</b> .....	223
一、杂环化合物的分类和命名 .....	223
二、杂环化合物的结构 .....	225



三、五元杂环化合物的性质 .....	226
四、六元杂环化合物的性质 .....	230
五、稠杂环化合物 .....	231
习题 .....	236
<b>第十二章 糖类化合物</b> .....	<b>239</b>
<b>第一节 单糖</b> .....	<b>239</b>
一、单糖的结构 .....	240
二、单糖的性质 .....	244
三、重要的单糖 .....	247
<b>第二节 二糖</b> .....	<b>248</b>
一、麦芽糖 .....	249
二、蔗糖 .....	249
三、纤维二糖 .....	250
四、乳糖 .....	250
<b>第三节 多糖</b> .....	<b>250</b>
一、淀粉 .....	251
二、纤维素及其应用 .....	252
习题 .....	255
<b>第十三章 氨基酸、蛋白质和蛋白质纤维</b> .....	<b>257</b>
<b>第一节 氨基酸</b> .....	<b>257</b>
一、氨基酸的分类与命名 .....	257
二、氨基酸的结构 .....	259
三、氨基酸的性质 .....	259
<b>第二节 蛋白质</b> .....	<b>263</b>
一、蛋白质的组成与分类 .....	263
二、蛋白质的结构 .....	264
三、蛋白质的性质 .....	266
<b>第三节 蛋白质纤维简介</b> .....	<b>267</b>
一、天然蛋白质纤维——羊毛和蚕丝 .....	268
二、人造蛋白质纤维 .....	270
习题 .....	272
<b>第十四章 表面活性剂简介</b> .....	<b>274</b>
一、表面活性剂的结构特征 .....	274
二、表面活性剂的分类 .....	275
三、表面活性剂结构与性能的关系 .....	281

习题 .....	283
<b>第十五章 染料</b> .....	284
<b>第一节 染料的结构与颜色</b> .....	284
一、光的性质 .....	284
二、光与色的关系 .....	285
三、染料分子结构与颜色的关系 .....	286
<b>第二节 染料的分类</b> .....	291
一、按化学结构分类 .....	291
二、按应用分类 .....	294
<b>第三节 染料的命名和染色牢度</b> .....	296
一、染料的命名 .....	296
二、染色牢度 .....	297
习题 .....	298
<b>第十六章 高分子化合物和合成纤维</b> .....	299
<b>第一节 高分子化合物</b> .....	299
一、高分子化合物的组成 .....	299
二、高分子化合物的特性 .....	299
三、高分子化合物的分类和命名 .....	302
<b>第二节 高分子化合物的合成方法</b> .....	303
一、加聚反应 .....	303
二、缩聚反应 .....	304
三、开环聚合 .....	304
<b>第三节 高分子化合物的化学反应</b> .....	304
一、聚合度相似的反应 .....	305
二、聚合度增大的反应 .....	306
三、聚合度减小的反应 .....	306
<b>第四节 高分子化合物的结构与物理性能</b> .....	306
一、内旋转与高分子化合物的柔性和刚性 .....	306
二、高分子化合物的聚集状态 .....	307
三、线型非晶态高分子化合物的力学状态 .....	308
<b>第五节 合成纤维</b> .....	309
一、聚酯纤维 .....	310
二、聚酰胺纤维 .....	312
三、聚丙烯腈纤维 .....	313
四、聚乙烯醇纤维 .....	314
五、聚丙烯纤维 .....	316



六、聚乳酸纤维 .....	317
习题 .....	317
<b>第十七章 红外光谱与核磁共振谱 .....</b>	<b>319</b>
<b>第一节 电磁波与分子吸收光谱 .....</b>	<b>319</b>
一、电磁波 .....	319
二、分子吸收光谱 .....	319
<b>第二节 红外光谱 .....</b>	<b>320</b>
一、红外光谱图的表示方法 .....	321
二、红外光谱与分子结构的关系 .....	322
三、红外吸收光谱的应用 .....	324
<b>第三节 核磁共振谱 .....</b>	<b>332</b>
一、基本原理 .....	332
二、核磁共振 .....	332
三、屏蔽效应和化学位移 .....	333
四、积分曲线与峰面积 .....	337
五、自旋偶合与自旋裂分 .....	338
六、NMR 谱图的应用举例 .....	342
习题 .....	343
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>345</b>

# 第一章 绪 论

本章将介绍有机化学的形成和发展过程,讨论有机化合物中共价键的形成、共价键的属性、有机反应的类型以及有机化合物的分类等问题。

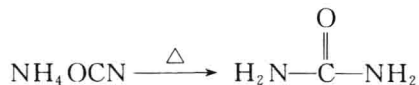
## 一、有机化合物和有机化学

化学是研究物质的组成、结构、性质、合成方法以及它们之间相互转化规律的一门科学。物质就其组成和性质来说可以分为无机化合物和有机化合物两大类。无机化合物大多数是从矿物质中得到的,如金属、食盐等;而有机化合物在人们不能合成它们之前,都是来自动植物,如脂肪、蛋白质、糖等。

在人类与自然界的长期斗争中,很早以前就开始利用和制造有机物。如造酒、酿醋、造纸、浸提中草药等。在这方面,我国是比较先进的。从时间上至少可以追溯到四千年前的龙山文化期,那时就开始酿酒,但是由于生产力落后,尽管人们积累了丰富的经验,还未形成一门科学。

1806年,瑞典的化学家,当时的化学权威贝齐里斯(J J Bezelias)提出:只有生物体才能制造有机物,因为生物具有一种“生命力”,因此,在实验室里不能制造有机物。生命力是什么?他认为是一种神秘的、不可思议的东西。也是他第一次使用了“有机化学”这个名称,并给其下了定义:在动植物或在生命力影响下所生成的物质称有机物。这个唯心的生命力学说阻碍了有机化学的发展,尤其是减缓了有机合成的前进步伐。

1828年德国28岁的青年化学家乌勒(Friedrich Wöhler, 1800~1882年)首次采用加热无机化合物氰酸铵的方法合成有机化合物尿素,从而冲破了“生命力”学说的束缚,这也是有机合成的开端。



1845年德国化学家柯贝尔(A W H Kolber)合成了醋酸。1845~1860年法国化学家贝泰罗(M Berthelot)合成了许多有机化合物,包括脂肪族化合物。1861年俄国化学家布特列洛夫(A M Butlerov)又合成了糖类化合物。1870年德国化学家拜尔(Adolf-von Beyer)与他人合作,首次合成了靛蓝,他由于对靛蓝及其衍生物的深入研究而荣获1905年诺贝尔化学奖。

在许多事实面前,生命力学说彻底破产了,有机化学有了很大的发展。从乌勒合成尿素到现在虽然只有一百多年,但有机化学的发展日新月异,建立了各式各样的有机合成工业,为人类提供了生活所必须的染料、农药、塑料及药品,成为与人们衣、食、住、行密切相关的一

门科学,与此同时,有机化学的理论也得到飞速发展。

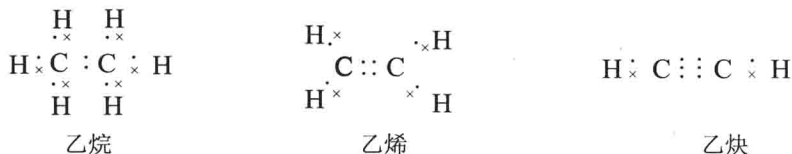
现在我们继续沿用有机化学这个名称,但其含义已不同了,有机化合物都含有碳,绝大多数含有氢,有的有机物还含有氧、氮、卤素、硫和磷等元素。因此,有机化合物(organic compound)可以定义为碳氢化合物(烃)及其衍生物。但一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐以及金属氰化物等含碳化合物因为它们的性质与无机物相似,仍属于无机物的范畴。有机化学(organic chemistry)是研究有机物的组成、结构、性质、合成方法、应用以及它们之间相互转变的内在联系的一门学科。

## 二、有机化合物中的共价键

共价键是有机化合物分子中最普遍的一种典型键,有机化合物的特点主要起因于分子中的共价键,它是研究有机化合物的结构与性质的关键。

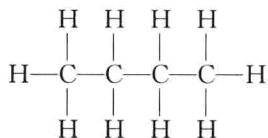
### 1. 构造式的表示方法

有机化合物是以碳原子为骨架的化合物。碳元素处于元素周期表的第二周期第IV A族,它的最外层有四个价电子,既不易得电子也不易失去电子。碳元素的电负性大体上是各元素电负性数值的平均值。因此,碳元素形成化合物时不是靠电子的得失而是通过原子间共用电子对形成化学键,这种化学键就是共价键(covalent bond)。共用电子对与双方原子核相互吸引,使两个原子结合在一起。两个原子间通过共用一对、两对或三对电子形成的化学键分别叫单键、双键和叁键。例如,乙烷、乙烯、乙炔分子的电子式表示如下:



这些式子被称为路易斯电子式。从电子式可以看出,共用电子对使分子中的每个氢原子和碳原子分别达到氦的电子构型。

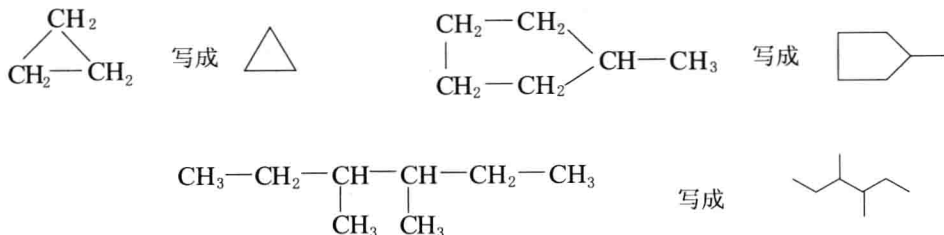
为了书写方便,常用一根短线表示一对共用电子,在分子中一个原子周围的短线的数量就是该元素的化合价。例如,正丁烷的分子可以由下式表示:



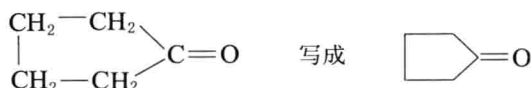
在正丁烷分子中,每个碳原子都是四价,每个氢原子都是一价。这样的式子不但表明了每个原子的化合价,也表明了分子中原子间的连结顺序和方式,我们称之为构造式(constitution formula)。为了书写简便,还可以把构造式简写成:



环状化合物和链状化合物也可以用更简化的形式——键线式表示。例如:



在键线式中,碳和氢原子都不需标出,一般只需将每两条线画成一定角度,键线的端点或交点即为碳原子。碳原子如果与氢以外的其他原子相连,则应将其他原子标明。例如:



## 2. 原子轨道

20 世纪 20 年代,人们通过电子衍射实验证实电子、质子、中子等微观粒子具有波粒二象性。1926 年奥地利物理学家薛定谔(Schrodinger)提出描述核外电子运动状态的数学方程,称为薛定谔方程。用量子力学(能量量子化)求解薛定谔方程可以得到一个包含空间坐标  $x, y, z$  的函数解  $\psi$ ,  $\psi$  称波函数,是描述核外电子运动的状态函数,也叫原子轨道(valence bond)。我们可以用电子云的概念来理解原子轨道,由于电子高速围绕原子核运动,就象笼罩在核外带负电的云,故称电子云。根据薛定谔方程可描述出核外电子在某一区域出现的概率大小,电子出现概率大的地方电子云密度就大。这种电子运动出现的区域可以粗略地称为原子轨道。

## 3. 共价键的形成

1927 年海特勒(Heitler)和伦敦(London)首次用量子力学处理氢分子并把结果推广到多原子分子。该理论假定两个原子在未化合时其外层原子轨道中各有一个未成对电子,当它们互相接近时,如果未成对电子自旋方向反平行( $\uparrow\downarrow$ ),则互相吸引,体系的能量逐渐降低到最低值,两个电子配对形成共价单键(即两个原子轨道中电子云重叠),两个原子结合为稳定的分子,此状态为基态;如果两个原子所带的未成对电子自旋平行( $\uparrow\uparrow$ ),它们互相接近时产生斥力,体系能量升高,故不能成键,此状态为排斥态。在基态时核间的电子云密度比较高,这表示两个原子轨道重叠,形成稳定的化学键;重叠越多,电子云密度越大,共价键越牢固。在排斥态时,两核间的电子云密度很小,表示原子轨道重叠少,不利于形成分子。由于这种方法基于电子配对成键,故又叫电子配对法,它与共价键概念一致。例如,氢原子有一个未成对电子,氯原子也有一个未成对电子,当这两个电子自旋反平行时可以配对,以共价键形成氯化氢分子( $H:Cl$ )。

价键理论认为一个电子与另一个电子配对以后,就不能再与第三个原子的电子配对,这种性质称为共价键的饱和性。例如,氯化氢分子中的氢原子和氯原子的未成对电子已互相配对,就不能再与其他的原子化合。

原子形成分子时,若电子云重叠越多,则形成的共价键越牢固,因此要尽可能在电子云密度最大处重叠,这就是共价键的方向性。例如,氢原子的  $1s$  轨道与氯原子的  $2p$  轨道重叠会有三个不同方向:(a)氢原子沿  $x$  轴方向接近氯原子时,电子云重叠最大,形成稳定的结合

状态；(b)氢原子沿  $y$  轴(或  $z$  轴)方向接近氯原子,电子云基本没有重叠,故不能形成分子；(c)氢原子沿  $x$  轴(或  $y$  轴或  $z$  轴)以外的方向接近氯原子,电子云重叠很少,不能形成稳定的分子。如图 1-1 所示。

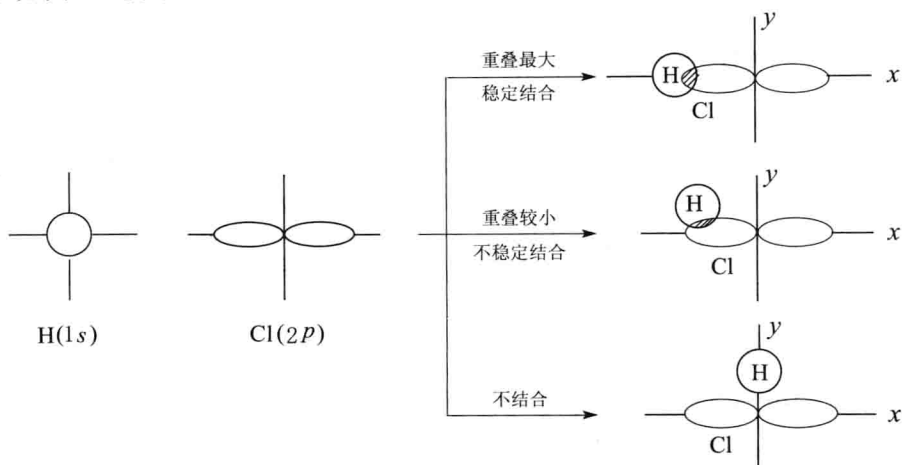


图 1-1  $s$  和  $p$  原子轨道的三种重叠形式

鲍林(Pauling)在经典价键理论基础上提出了杂化理论和共振理论,将在后面有关章节中予以介绍。

#### 4. 共价键的基本属性

##### (1) 键长

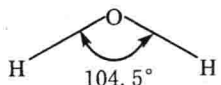
以共价键相结合的两个原子的核间距离称作键长(bond length),不同的共价键具有不同的键长。相同的共价键虽然会受到分子中其他键的影响而稍有差异,但基本上相同。一些常见共价键的键长见表 1-1。

表 1-1 常见共价键的键长

键的种类	键长/nm	键的种类	键长/nm
C—C	0.154	C—N	0.147
C=C	0.134	C—F	0.141
C≡C	0.120	C—Cl	0.177
C—H	0.109	C—Br	0.191
C—O	0.143	C—I	0.212
C=O	0.122	N—H	0.109

##### (2) 键角

任何一个二价以上的原子,它与其他原子所形成的两个共价键之间都有一个夹角,这个夹角称键角(bond angle)。例如, $H_2O$  分子有两个  $O—H$  键,这两个  $O—H$  键之间夹角就是  $H_2O$  分子的键角,实验测得  $H_2O$  分子的键角是  $104.5^\circ$ ,如图 1-2。

图 1-2 H<sub>2</sub>O 分子的键角

在有机物分子中,碳原子与其他原子所形成键角大致有以下几种情况:C 原子以四个单键分别与四个原子相连接时,键角接近  $109.5^\circ$ ; C 原子以一个双键和两个单键分别与三个原子相连接时,键角接近  $120^\circ$ ; C 原子以一个叁键和一个单键或两个双键分别与两个原子相连接时,键角是  $180^\circ$ 。

### (3) 键能

原子结合为分子形成共价键时有能量放出,而分子分解为原子时破坏共价键必须吸收能量。对双原子分子来说,共价键断裂时所吸收的能量叫离解能,又称键能(bond energy)。例如,在  $25^\circ\text{C}$  时,1 摩尔氢分子在基态下分解成 2 摩尔氢原子所需的热量为  $435 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。



$\Delta\text{H}$ ——反应热焓变,正值表示吸热,负值表示放热。

对于多原子分子,键能不等于离解能。离解能指的是断裂分子中某一个键所需的能量,而键能是指多原子分子中几个同类型键的离解能的平均值。例如,甲烷分子中每一个 C—H 键的离解能并不同,断裂第一个 C—H 键的离解能为  $423 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,断裂第二、第三、第四个 C—H 键的离解能依次为  $439 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $448 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $347 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,因此,C—H 键的平均离解能为:

$$(423+439+448+347)/4 = 414 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

键能可以用来衡量键的强度,通常键能越大则键越牢固。利用键能数据也可以计算化合物的相对稳定性和反应热。常见的共价键键能列于表 1-2 中。

表 1-2 常见共价键的键能( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

键的种类	键能	键的种类	键能
C—C	347	C—Cl	339
C—H	414	C—Br	285
C—N	305	C—I	218
C—F	485	C=C	611
C—O	360	C≡C	837
H—H	435	N—H	389

### (4) 共价键的极性

相同的原子或电负性接近的原子所形成的键,由于它们对电子的吸引力相同或相近,这种共价键没有极性,叫做非极性键(nonpolar bond)。在有机物分子中最常见的非极性键是 C—H 和 C—C 键。电负性不同的原子所形成的键,由于电负性较大的原子对成键电子有较大的吸引力而带有部分负电荷;电负性较小的原子则带有部分正电荷。这样,成键电子对在两核间分布不是均等的,使键产生了偶极,这种键叫极性共价键(polar covalent bond)。键



极性的大小主要取决于成键两原子的电负性的差值大小。几种常见元素的电负性见表 1-3。

表 1-3 有机化学中常见元素的电负性值

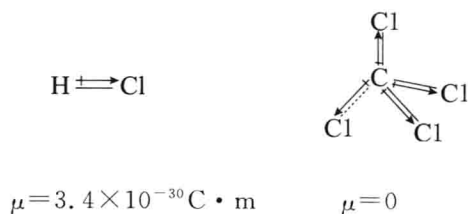
H						
2.1						
Li	Be	B	C	N	O	F
1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0
K	Ca					Br
0.8	1.0					2.8
						I
						2.5

一般说来,两种元素电负性相差 1.7 以上者形成离子键;相差 0~0.6 之间者形成非极性共价键;相差在 0.6~1.7 之间者形成极性共价键。

键的极性可用  $\delta^+$  或  $\delta^-$  标记。 $\delta^+$  表示具有部分正电荷, $\delta^-$  表示具有部分负电荷。例如:



如上所述,极性共价键由于电荷分布不均匀,使正电荷中心与负电荷中心不能重合,因而形成偶极。键的极性大小由键矩(bond moment)来衡量,用  $\mu$  表示。 $\mu=q \times d$ ,其中  $q$  为正电荷中心或负电荷中心的电荷值,单位为 C(库仑); $d$  为正负电荷之间的距离,单位为 m(米),键矩  $\mu$  的单位为  $\text{C} \cdot \text{m}$ 。键矩是向量,用符号  $\rightarrow$  表示,箭头指向键的负电荷一端。如:



在双原子分子中键的极性就是分子的极性。在多原子分子中分子的极性是分子中各个键矩的向量和,叫偶极矩(dipole moment),也用  $\mu$  表示,单位为  $\text{C} \cdot \text{m}$ 。根据偶极矩可以大体确定分子的对称性。反之,若已知分子为对称性分子,则偶极矩必等于零。例如,在四氯化碳分子中,虽然  $\text{C}-\text{Cl}$  键的键矩为  $1.56 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$ ,但由于分子对称,其键矩的矢量和为零,即分子的偶极矩为零,故四氯化碳是非极性分子。二氧化碳分子中虽有两个极性的  $\text{C}=\text{O}$  键,但因为是线型分子,并且分子是对称的,分子没有极性,偶极矩为零。已知水分子的偶极矩为  $1.84 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$ ,且  $\text{O}-\text{H}$  键的键矩的矢量和并不为零,由此可知水分子必定不是线型分子。

分子的极性对物质的物理性质,如沸点、熔点、溶解度等都有影响,键的极性也影响物质的化学性质。