



工科基础化学系列教材

有机化学

主编 宋兆成 李秋荣
主审 强亮生



哈尔滨工业大学出版社

工科基础化学系列教材

有机化学

主 编 宋兆成 李秋荣
副主编 杨 蕾 陈兴娟 梁 敏
主 审 强亮生

哈尔滨工业大学出版社

·哈 尔 滨·

内 容 提 要

本书是为适应新世纪高等工科院校学生基础化学文化素质教育的需要编写的有机化学教材,全书共十二章,主要内容包括:结构与性质,反应历程和立体化学,光谱分析在有机化学中的应用,烃,卤代烃,醇、酚、醚,醛、酮、醌,羧酸及其衍生物,有机含氮化合物,杂环化合物,天然大分子。本书可作为高等工科院校化学、化工、材料、生物、环境等各类专业的教材,亦可供广大自学考试者和相关工程技术人员参考。

工科基础化学系列教材编审委员会

(委员以姓氏笔画为序)

主任 强亮生

委员 邓启刚 王 锐 付宏刚 刘振琦

宋兆成 邵光杰 李秋荣 陈振宁

周保学 孟令辉 胡立江 顾大明

郭亚军 徐崇泉 韩喜江 黎 刚

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/宋兆成,李秋荣主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2003.2

ISBN 7-5603-1790-1

I.有… II.宋… III.有机化学-高等学校-教材 IV.062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 062577 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006

传 真 0451-6414749

印 刷 肇东粮食印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 23.75 字数 576 千字

版 次 2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-1790-1/O·138

印 数 1~4 000

定 价 28.00 元

序 言

“九五”期间,教育部组织全国几百所高等院校的教师对几乎所有基础学科“课程体系和教学内容的改革”进行了立项研究,规模之大,范围之广,实属空前。空前的投入,赢得了空前的产出,“九五”期间我国的高等教育取得了一系列重要的改革成果。工科基础化学也不例外,在课程体系、教学内容、教学方法等诸多方面都取得了较大的进展和可喜的改革成果。如何将这些改革成果及时地推广到实际教学中去,是国家教育部领导十分关心的问题,也是每个教指委委员“十五”期间工作的一大重点,本人作为教育部工科基础化学教指委委员,自然义不容辞。

2002年元旦期间,哈尔滨工业大学出版社张秀华副社长、黄菊英编审和燕山大学环境与化学工程系邵光杰副主任建议本人根据教育部工科基础化学教改的精神,融入“九五”期间的教改成果,并结合哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学、燕山大学、大庆石油学院、齐齐哈尔大学等校基础化学教改的实际,编写一套工科基础化学系列教材。此建议与本人的考虑不谋而合,欣然接受。本人一向认为:教材既是教学的重要依据,亦是教学的主要媒体,课程改革的方向、原则、思路和成果首先应该体现于教材。基于此种指导思想,并考虑教材编写的必要性和可行性,初步拟定编写有机化学、无机及分析化学、仪器分析、物理化学、结构化学、基础化学实验、工科大学化学实验、工科大学化学专题等工科基础化学教材。

本系列教材的编写思想是:遵照课程大纲和目标要求,考虑历史沿革,反映改革成果,突出时代特色,以优化整合的课程体系和教学内容为“骨架”,以基础理论、基本概念、基本原理和基本操作为“血肉”,以实际应用和学科前沿为“脉络”,将科学性、适用性、先进性、新颖性融为一体。内容以必需和够用为度,表述注意深入浅出、简明扼要、突出重点,既便于教学,又便于自学。

为使教材的编写能够统一思想、统一要求、统一风格,并减少不必要的重复,成立了系列教材编审委员会,主要由参编各校的院系领导、有丰富教学经验的老教师和各册主编参加。

需要指出的是:

(1) 教学改革是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就。教材改革与教

学改革相伴而生,自然也需要长期的工作,不断完善,很难无可挑剔。本系列教材一定会有诸多不足,恳请同行体谅。

(2) 编写教材需要博采众长,自然要参考较多的同类教材和其他相关文献资料,希望得到各参考文献作者的支持和理解。

(3) 虽然本系列教材各册的编写大纲均由编审委员会讨论决定,但书稿的具体内容是责成各册主编把关的,读者若有询问之处,可与各册主编或各章节的作者联系,文责自负。

欢迎广大师生多提宝贵意见。

强亮生

2003年1月28日于哈尔滨

前 言

有机化学是高等工科院校化学、化工、材料、生物、环境等各类专业的必修基础课,在大学生科学文化素质教育中起着极其重要的作用。进入 21 世纪,有机化学有了新的发展,加之学科之间的相互渗透,自然有机化学的教学内容和教学目的亦应有相应的变化,为了适应新世纪教学的需要,我们几位在教学一线的教师受工科基础化学系列教材编审委员会的委托,新编了这本有机化学。

新编有机化学是根据《高等工业学校有机化学教学大纲》编写的,在编写过程中结合了我国多数高等工科院校(尤其是参编各校)的教学实际,并融入了作者多年的教学体会和经验。主要有以下做法和特点:

- (1) 以官能团为体系,采取基本理论、基本原理和化合物各论分编的做法。
- (2) 在内容安排上,重点阐述有机化合物的结构、性质及相互关系,并对基本理论、反应历程和立体化学的知识作了必要的介绍。
- (3) 在内容的选择上,既注重基本概念、基本理论、基本原理等基础知识,亦适当兼顾了基础知识的实际应用和有机化学的新发展。
- (4) 为避免结构理论过于分散,体现其系统性,将有机化合物的结构与性质单列为一章,以便了解有机化学各部分间的内在联系。
- (5) 为保证有机化学内容的完整性,引入了红外、核磁等近代物理分析方法,并单列成章,以便集中学习、掌握。
- (6) 为调动学生的学习兴趣,并便于了解各章的重点、难点和复习总结,引入了与化学、化工、材料、环境和生命科学密切相关的实例,并在各章前增加了内容提要和学习要求,还精选了有较强针对性的习题,以保证学习效果。

本书由哈尔滨工业大学宋兆成和燕山大学李秋荣主编,哈尔滨工业大学杨蕾、哈尔滨工程大学陈兴娟、齐齐哈尔大学梁敏任副主编,其中宋兆成编写第一、二、三章,李秋荣编写第六、八、九章,杨蕾编写第四、十、十一、十二章,陈兴娟编写第五章,梁敏编写第七章。参加编写的还有哈尔滨市饲料科学研究所高大威、大庆石油学院黎刚等同志。全书由哈尔滨工业大学宋兆成统编定稿,强亮生教授主审。

本书可作为高等工科院校化学、化工、材料、生物、环境等各类专业的教材,亦可供广大自学考试者和相关工程技术人员参考。

虽然编者力求体系完整、内容全面、理论正确、概念准确、联系实际、结合前沿、文字通顺、简明扼要、便于教学,但限于水平,不妥之处在所难免,恳请广大师生和社会读者提出宝贵意见。

作 者

2003 年 1 月

目 录

第一章 绪论

1.1 有机化学的发展概况	(1)
1.2 有机化合物的特点和特性	(1)
1.3 有机化合物的分类	(2)
1.4 有机化合物的地位和作用	(4)

第二章 结构与性质

2.1 有机化合物的结构	(6)
2.2 结构与物理性质的关系	(20)
2.3 结构与化学性质的关系	(23)
2.4 有机分子中官能团的相互作用方式	(24)

第三章 反应历程和立体化学

3.1 立体异构	(28)
3.2 取代反应历程	(41)
3.3 加成反应历程	(49)
3.4 消除反应历程	(55)

第四章 光谱分析在有机化学中的应用

4.1 电磁波谱的概念	(59)
4.2 红外光谱	(60)
4.3 核磁共振谱	(62)

第五章 烃

5.1 开链烃	(70)
5.2 脂环烃	(107)
5.3 芳烃	(112)
5.4 烃的主要来源和制法	(141)
5.5 重要烃举例	(147)

第六章 卤代烃

6.1 卤代烃的分类和命名	(159)
---------------------	-------

6.2	卤代烷的结构特征和物理性质	(160)
6.3	卤代烷的化学性质	(161)
6.4	不饱和卤代烃的化学性质	(166)
6.5	与金属的反应	(168)
6.6	卤代烃的制法	(170)
第七章 醇酚醚		
7.1	醇、酚、醚的分类和命名	(176)
7.2	醇、酚、醚的结构特征和物理性质	(178)
7.3	醇的化学性质	(179)
7.4	酚的化学性质	(185)
7.5	醚的化学性质	(193)
7.6	醇、酚、醚的制备	(195)
7.7	硫醇和硫醚	(202)
第八章 醛酮醌		
8.1	醛、酮、醌的分类和命名	(208)
8.2	醛、酮、醌的结构特征和物理性质	(209)
8.3	醛和酮的化学性质	(212)
8.4	α 、 β -不饱和醛、酮	(227)
8.5	醌类化合物	(230)
8.6	醛、酮、醌的制法	(235)
第九章 羧酸及其衍生物		
9.1	羧酸及其衍生物的分类和命名	(244)
9.2	羧酸及其衍生物的结构特征和物理性质	(246)
9.3	羧酸的化学性质	(250)
9.4	羧酸衍生物的化学性质	(255)
9.5	羧酸及其衍生物的制法	(263)
9.6	羟基酸	(268)
9.7	β -二羰基化合物	(274)
第十章 有机含氮化合物		
10.1	硝基化合物	(283)
10.2	胺	(290)
10.3	重氮及偶氮化合物	(300)
10.4	腈、异腈和异氰酸酯	(308)

第十一章 杂环化合物

- 11.1 杂环化合物的分类和命名 (314)
- 11.2 五元杂环化合物 (317)
- 11.3 六元杂环化合物 (325)

第十二章 天然大分子

- 12.1 碳水化合物 (333)
 - 12.2 氨基酸、蛋白质和核酸 (346)
- 参考文献 (367)

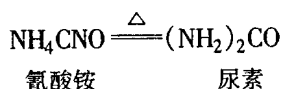
第一章 绪 论

1.1 有机化学的发展概况

有机化学是一门重要的基础化学,它和人类生活有着极为密切的关系。人类在长期的生产实践中,很早就会利用自然界中的动植物来制取生活上所需要的生产资料和消费材料。在漫长的历史中,人类逐渐对有机物有了一个比较正确、全面的认识,并将其完善为一门重要的科学。

有机物最初是指由动植物有机体内取得的物质,例如,糖、染料、酒、醋等。这些有机物都是不纯的,故在提纯过程中,又建立了处理有机物的系统方法。18 世纪末从动植物中取得一系列较纯的有机物质。如先后分离出了酒石酸、草酸、乳酸、吗啡等。

虽然人们已获得不少纯的有机物质,但是关于它的内部组成及结构问题,却长期没有得到解决。拉瓦锡(A. Lavoisier)对许多有机物进行了分析,发现植物物质的成分几乎都是由碳、氢、氧三种元素组成的,而动物物质除含这三种元素外,通常含有氮、磷、硫等。这样虽对有机物的认识更加深了一步,但对有机体内如何形成有机物尚缺乏认识,曾有人提出了“生命力”学说,认为有机物只有神秘的“生命力”在生物体内才能制造,绝不可能在实验中用化学方法从无机物制得。1828 年德国化学家库勒(F. wöhler)冲破了“生命力”学说的束缚,在实验室里将无机物氰酸铵溶液蒸发,得到了有机物尿素



继库勒工作后,其他学者先后又合成了醋酸、油脂等,证明了在有机物与无机物之间没有不可逾越的鸿沟,人工合成有机物是完全可能的。有机化学进入了合成时代。

1965 年我国成功地在世界上首次用化学方法实现了具有生命活性的蛋白质——牛胰岛素的全合成,为人工合成蛋白质迈出了极为重要的一步。相继又人工合成了叶绿素、维生素 B₁₂、前列腺素等重要的生物活性物质。这标志着有机化学进入了一个新的时期。

组成有机化合物的元素,以碳和氢为主,从结构上看,可把碳氢化合物看做是有机化合物的母体,其他有机化合物可以看成这个母体中的氢原子被其他原子或原子团所取代而衍生得到的化合物。因此,有机化合物就是碳氢化合物及其衍生物。研究有机化合物的组成、结构、性质、合成及转变规律的科学即为有机化学。

1.2 有机化合物的特点和特性

碳原子处于周期表中第二周期,恰在电负性极大的卤素和电负性极小的碱金属之间,这个特殊位置就决定了碳化合物所具有一些特殊性质。碳原子最外层的电子构型是 2s²2p²,既不容易得电子,也不易失电子,它和其他原子一般是以共价键相结合。因此,有机化合物

具有如下特点:

一、组成简单

有机化合物主要由碳元素和氢元素以及氧、氮、硫、磷等少数元素组成,组成相对比较简单。组成有机化合物的元素虽少,但有机化合物的数目众多。

二、分子结构复杂

有机化合物在结构上与无机物相比要复杂得多。无机物分子往往是由几个原子构成,而多数有机化合物分子是由几十、几百甚至更多个原子构成。

三、容易燃烧

一般的有机化合物都容易燃烧。若分子中只含碳、氢、氧等非金属元素,最终的产物是二氧化碳和水,而大多数无机物都不能燃烧,我们常利用这一点来区别有机物和无机物。

四、熔点低

有机化合物一般是分子晶体,晶体中晶格节点上的分子是靠微弱的范德华力来连接的,晶格容易破坏。因此有机化合物熔点较低。多数纯有机化合物都有一定的熔点,因此在鉴别有机化合物时,熔点是一个非常重要的物理常数。

五、难溶于水

水是一种极性较强的液体,所以它对极性很强的物质是一个理想的溶剂。有机化合物一般极性较弱或没有极性,所以很多有机化合物都不易溶解于水。溶解是一个复杂的过程,在这里暂不详细讨论,现在只提及一个常用的原则——“相似相溶”,即结构相似的分子可以相溶。

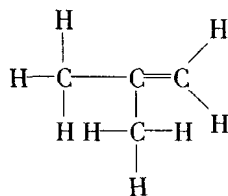
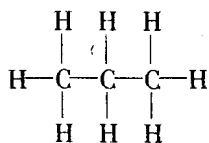
六、反应速率慢,常伴有副反应

无机物的离子反应非常迅速,例如,硝酸银与氯化钠相遇,即刻形成氯化银沉淀。有机化合物的反应一般是分子之间的反应,共价键不像离子键那样容易离解,因此反应速率较慢。一般需要加热,加催化剂或用光照等手段,以加快反应速率。由于有机化合物的分子结构复杂,反应时并不限定在某一部位发生反应,因此,常常伴有副反应,以致产量较低。反应条件不同,产物也往往不同,所以有机化学反应一般需要严格控制反应条件。

1.3 有机化合物的分类

有机化合物按组成不同,可分为烃和烃的衍生物。

按碳原子相互结合方式不同,一般把有机化合物分为开链化合物(脂肪族化合物)和环化合物。开链化合物分子中碳原子与碳原子相连接,成为碳开链。例如



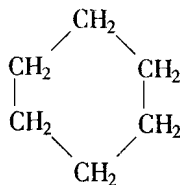
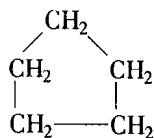
含有环状结构的化合物称为环化合物。按环状结构中是否含有除碳原子以外的其他原子又分为两大类。

一、碳环化合物

分子中只有碳原子相互链接而成的环状结构的化合物。根据碳环的特点,又可分为两类。

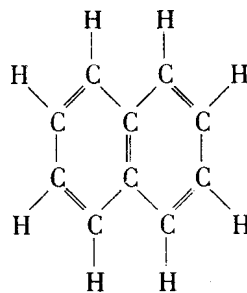
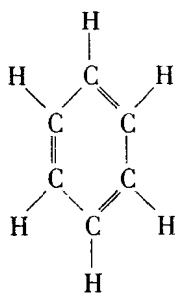
1. 脂环化合物

脂环化合物可以看做是由开链化合物以首尾两端的碳原子相连接闭合成环的化合物,其性质与脂肪族化合物相似,故称为脂环化合物。例如



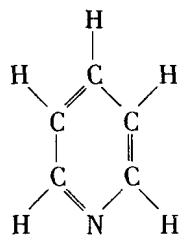
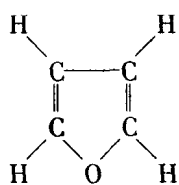
2. 芳香族化合物

芳香族化合物一般具有由碳原子组成的特殊的苯环结构,并显示出某些特殊性质。例如



二、杂环化合物

杂环化合物具有由碳原子和其他原子(如氧、硫、氮等)共同组成的环状结构。例如



每一类内又可按结构和所含官能团的不同而分成若干类。所谓官能团,是分子中比较活泼而易发生反应的原子或原子团。一般来说,含有相同官能团的化合物在化学性质上是基本相同的。几类比较重要的化合物和它们所含的官能团列于表 1.1 中。

表 1.1 主要的官能团

类 别	官能团名称	官能团结构	化 合 物
烯烃	碳-碳双键	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 乙烯
炔烃	碳-碳叁键	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ 乙炔
卤代烃	卤素	$-\text{X}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{Br}$ 溴乙烷
醇	醇羟基	$-\text{OH}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$ 乙醇
酚	酚羟基	$-\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$ 苯酚
醚(或氧化物)	醚键(或氧基)	$-\text{O}-$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ 乙醚
醛	醛基	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{C}=\text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{O} \end{array}$ 乙醛
酮	酮基	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ 丙酮
羧酸	羧基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 乙酸
胺	氨基	$-\text{NH}_2$	CH_3-NH_2 甲胺
腈	氰基	$-\text{CN}$	CH_3-CN 乙腈
硝基化合物	硝基	$-\text{NO}_2$	CH_3-NO_2 硝基甲烷
磺酸	磺基(磺酸基)	$-\text{SO}_3\text{H}$	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{SO}_3\text{H}$ 苯磺酸

1.4 有机化学的地位和作用

有机化学是有机化学工业的理论基础,亦为相关学科(如材料科学、生命科学、环境科学等)的发展提供了理论、技术和材料。有机化学的成就和有机化学工业的发展,对于创造日益增加的物质财富,推动国民经济和科学技术的发展,起着十分重要的作用。

有机化学这门基础科学又是有机化学工业的基石。早期,随着冶金工业的发展,煤焦油化学对有机化学产生了巨大的推动作用,使研究芳香族化合物的理论和实验提高到相当的水平。随之而来的是有机合成染料的大发展,给地球上增加了美妙的色彩。金属有机化学特别是过渡金属有机化学对石油化工和聚合物工业的作用是十分巨大而关键的。香料工业和制药工业与有机化学之间是相互推动和相互依赖的。

有机化学中的很多理论和方法在发展生命科学中起了重要作用。DNA 双螺旋结构模型是生物学上划时代的发现,这一发展基于对 DNA 分子内各种化学键的本质,特别是对氢

键的充分了解的结果。有机化学的构象理论则是蛋白质、核酸的空间模型、功能及活性部位研究的重要根据。

有机化学与环境科学更是密切相关。近百年来有机化学工业已显示了无与伦比的威力,制造出多种多样的自然界没有的新物质,数目大约 50 万,但是其中很多是毒性很强的物质,它们可使江河湖海和空气都受到严重的污染。因此能不能把这些有害的分子变成有用的分子?能不能从某些废物中回收有用的原料?能不能从废水中除去消耗水中溶解氧的有机化合物及有毒物质?如此等等,这些都是有机化学面临的重要课题。毫无疑问,有机化学在化学学科的发展和其他相关学科的发展过程中起着巨大的作用。

第二章 结构与性质

内容摘要 本章主要介绍有机化合物的结构,结构与物理和化学性质的关系,有机分子中官能团的相互作用——电子理论。

学习要求

- (1)掌握各类有机化合物的结构。
- (2)熟悉有机化合物物理性质的变化规律。
- (3)掌握有机化合物中官能团与其化学性质的关系。
- (4)能够运用电子理论说明有机化合物的性质。

有机化合物数目众多,反应复杂,这是由有机化合物结构特征所决定的。只有掌握有机化合物的结构与性质的关系,才能揭示有机化合物分子中各原子间键合的本质和有机分子转化的规律,并设计、合成具有特定性质的有机分子。

2.1 有机化合物的结构

有机化合物结构特点之一是,有机化合物分子中各原子主要以共价键键合形成。共价键按成键电子运动区域,可分为定域键和离域键。

一、只含定域键的有机化合物

定域键是指成键电子运动在两个成键原子之间所成的键。定域键是形成有机化合物基本的化学键。

1. 烷烃的结构

(1)烷烃的结构。从碳原子在基态下的电子构型($1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$)来看,1s 和 2s 轨道都被电子填满,只有两个 2p 轨道中各有一个电子占据,所以碳原子应该是二价,但事实证明,碳在绝大多数有机化合物中都是四价。在甲烷分子中,碳与四个氢原子结合成键时,必定有一个 2s 电子获得一定能量,被激发跃迁到 2p 空轨道上,才形成 $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 的电子构型,有四个各占一个轨道的未成对的电子,如图 2.1 所示。激发所需的能量可以从成键时所释放出的能量得到补偿。但这样的四个未成对电子的轨道形状和方向是不完全相同的(图 2.2),其中一个是 s 轨道,三个是 p 轨道。无疑,若按这样的四个轨道形成四个共价键,也将是不等同的,但事实上,在甲烷分子中四个价键是完全等同的,键角都是 109.5° 。因此,鲍林(L. Pauling)提出了原子轨道杂化理论来加以解释,认为原子在化合过程中,为了使形成的化学键强度更大,更有利于体系能量的降低,一个 s 轨道和三个 p 轨道就重新组合成四个新的轨道,这种 s 轨道与 p 轨道的组合就叫做“杂化”。杂化后的新轨道就叫做杂化轨道。也就是说,一个 s 轨道和三个 p 轨道经过杂化后,形成四个完全等同的 sp^3 杂化轨道(每一个轨道相当于 $1/4s$ 成分与 $3/4p$ 成分),如图 2.2 和图 2.3 所示。

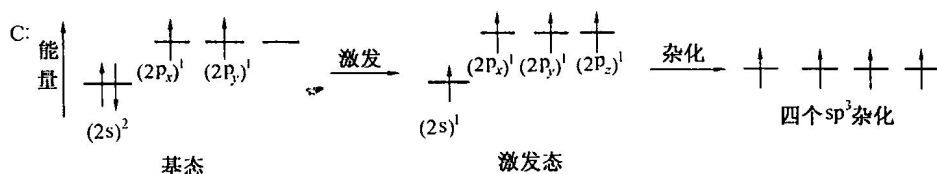
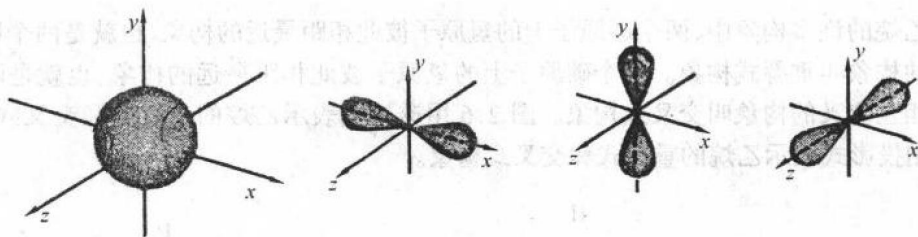
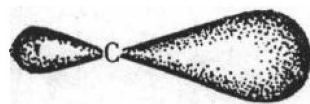
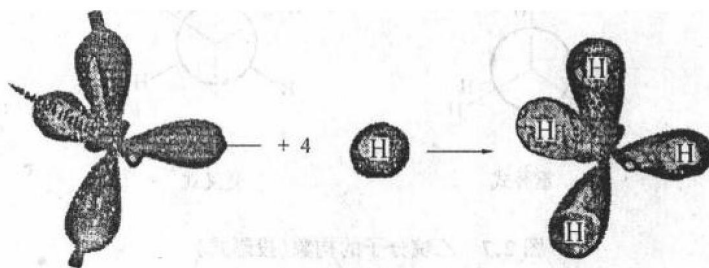
图 2.1 碳原子的电子激发并形成 sp^3 杂化轨道

图 2.2 s 轨道与 p 轨道的形状与空间取向

从图 2.4 中可以看出,甲烷分子中的四个氢原子的四个 s 轨道与碳原子的四个 sp^3 杂化轨道,沿着它们的键轴方向重叠而形成四个 C—H σ 键,成键原子可以绕轴相对旋转而不影响电子云的重叠,也就是说,这种键的电子云分布具有圆柱形的轴对称。键轴在两个原子核的连线上。这样的共价键叫做 σ 键。 σ 键的特性是重叠程度较大,键比较牢固,相对旋转时不会遭到破坏。

图 2.3 sp^3 杂化轨道图 2.4 碳的 sp^3 杂化轨道与氢的 1s 轨道重叠示意图

乙烷分子中的两个碳原子各以 sp^3 杂化轨道重叠而形成 σ 键,如图 2.5 所示。

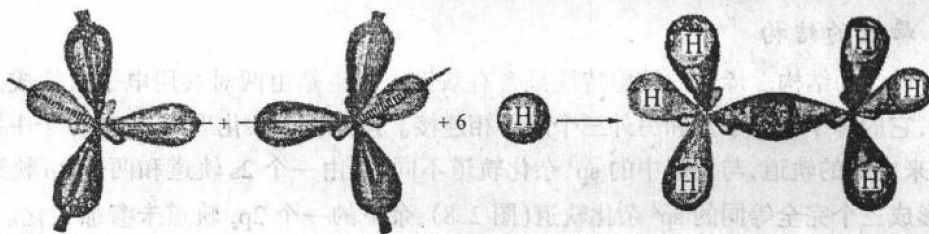


图 2.5 乙烷分子中原子轨道重叠示意图

(2)乙烷的构象。乙烷是烷烃中最简单的含碳碳单键的化合物。如果使乙烷中一个甲基固定不动,而使另一个甲基绕碳碳键轴旋转,则两个甲基中氢原子的相对位置将不断改变,产生许多不同的空间排列方式。这种由于围绕碳碳单键旋转而产生的分子中的各个原子或原子团在空间不同的排列方式叫构象。同一种化合物可能有许多构象。不同的构象可以通过单键的旋转由一种转变为另一种。转动的角度可以是无穷小的,所以排列是无穷多的。乙烷分子的构象是无穷多的。但最有典型意义的只有两种构象,一种是交叉式,另一种是重叠式。

在乙烷的许多构象中,两个碳原子上的氢原子彼此相距最近的构象,也就是两个甲基相互重叠的构象叫重叠式构象。两个碳原子上的氢原子彼此相距最远的构象,也就是两个甲基正好相互交叉的构象叫交叉式构象。图 2.6 用透视式表示乙烷的重叠式和交叉式构象。图 2.7 用投影式表示乙烷的重叠式和交叉式构象。

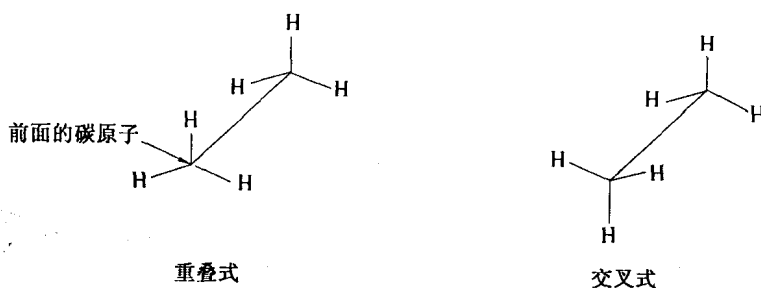


图 2.6 乙烷分子的构象(透视式)

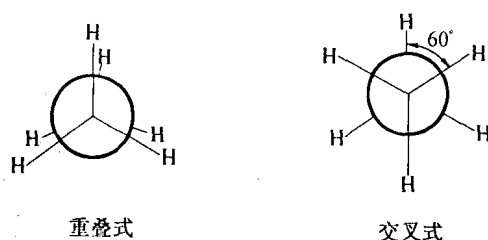


图 2.7 乙烷分子的构象(投影式)

在交叉式构象中,由于两个碳原子上的氢原子相距最远,相互排斥的力最小,整个分子体系的能量最低,这种构象稳定。在重叠式构象中,由于两个碳原子上的氢原子相距最近,相互排斥力最大,整个分子体系的能量最高,这种重叠式构象也最不稳定。

2. 烯烃的结构

(1)烯烃的结构。烯烃的结构特征是含有双键。双键是由两对共用电子所构成。以乙烯为例,它的每个碳原子只和另外三个原子相连接。按照轨道杂化理论,乙烯分子中每个碳原子用来成键的轨道,与烷烃中的 sp^3 杂化轨道不同,是由一个 $2s$ 轨道和两个 $2p$ 轨道进行杂化,形成三个完全等同的 sp^2 杂化轨道(图 2.8),余下的一个 $2p_z$ 轨道未参加杂化。 sp^2 杂化轨道的形状与 sp^3 杂化轨道相似,但在核外的空间取向不同,三个 sp^2 杂化轨道的对称轴同处在一个平面上,彼此之间构成的三个夹角互成 120° (图 2.9)。每个碳原子所余下的一