



高职高专“十一五”规划教材

医药卫生类
专业适用

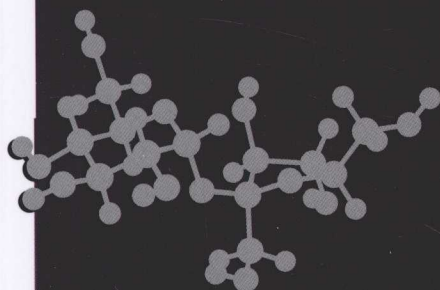


Organic
Chemistry

有机化学

潘华英 叶国华 主编

张建云 副主编

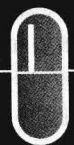


化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

医药卫生类
专业适用



**Organic
Chemistry**

有机化学

潘华英 叶国华 主编

张建云 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据高等职业教育的目标和要求,按照医药卫生类专业教学的基本需求编写而成。以化合物结构特征为基本点,以各类化合物的基本性质、基本反应为主线,对成熟的电子理论作了相应的介绍,着重强调官能团的结构与性质的关系。

本教材在整体上以简明为特点,基本内容覆盖面宽而不杂,共有16章,其中第一章绪论介绍有机化合物的特点、结构等基本概念;第二章至第五章分别介绍烷烃、不饱和烃、环烃、卤代烃;第六章至第九章分别介绍醇、酚、醚、醛、酮、醌、羧酸及取代羧酸、羧酸衍生物等;第十章为立体异构;第十一章至第十五章分别介绍含氮化合物、杂环化合物和生物碱、糖类、氨基酸和蛋白质、萜类和甾体化合物等;第十六章为医药用有机高分子化合物简介。实验部分包括沸点测定等6个基本操作技能实验,乙酸乙酯的制备等3个制备实验,羧酸和取代羧酸的性质等8个性质实验,从黄连中提取黄连素等2个提纯实验。

本书可作为高中后三年制高职高专医药卫生类专业有机化学课程的教学用书,也可供初中后五年制高职相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/潘华英,叶国华主编. —北京:化学工业出版社,2010.7

高职高专“十一五”规划教材

医药卫生类专业适用

ISBN 978-7-122-08735-5

I. 有… II. ①潘…②叶… III. 有机化学-高等学校:技术学院-教材 IV. 062

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第101837号

责任编辑: 窦 臻 陶艳玲
责任校对: 郑 捷

文字编辑: 林 媛
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15½ 字数383千字 2010年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 26.50元

版权所有 违者必究

编写说明

无机化学、有机化学和分析化学是医学检验、药学和医学营养等专业的专业基础课，本系列教材包括《无机化学》、《有机化学》、《分析化学》三个分册。教材编写组根据“遵循培养目标，紧扣课程标准，适应读者对象，贯穿医学检验、药学和医学营养理念，突出能力培养，融入人文教育和关爱生命理念，反映学科前沿，体现创新特色”的具体要求，组织教材内容，在编写过程中，力求做到科学性、新颖性、趣味性和发展性相结合。

根据“化学直接为医学检验、药学和医学营养等专业课程奠定必要的理论和实践基础，同时体现化学在人们日常生活中指导科学饮食、预防疾病、环境保护等方面的重要作用”的课程定位，突出为专业服务的思想，在内容编排上增加了与专业有关的内容，并密切联系社会和日常生活实际；在遵循专业培养目标的前提下，教材内容体现“够用”和“实用”的原则。在编写过程中遵循“浅、宽、新”的原则，由浅入深、循序渐进，即降低化学理论的难度和要求，知识面适当放宽，教材内容体现时代气息，融入医学检验、药学和医学营养等专业最新理念，体现国际化学学科发展的新概念、新理论、新知识。

根据三个贴近（贴近专业、贴近学生、贴近生活）原则，本系列化学课教材主要有以下四方面的特色。

第一，根据化学发展动态，及时更新教学内容，注重课程内容的整体性、适用性、为专业的服务性，删减偏深的化学理论知识，使教材更贴近目前学生的水平，对必要的基础理论尽量做到深入浅出，以利于学生对综合知识的理解和掌握。

第二，教材是教本，更是学本。教材的编写注意贯彻“学生为主体，教师为主导”的原则，培养学生观察和分析问题的能力，充分发挥学生的主观能动性。

第三，与苏州大学化学化工学院王伟群教授和其研究生研究的课题“化学与生命科学”合作，教材中融入了“珍惜生命、关爱生命”的理念和内容。

第四，教材附有实验内容，并进行了精选，减少了性质实验，增加了一些与专业关系密切的实验，强化了规范化操作训练和动手能力的培养，学生通过无机—有机—分析实验的过程训练，逐步提高基本操作水平，最后完成专业实验的前期准备，以达到进行专业实验操作的能力要求。

本系列教材适用于高中后三年制高职高专医学检验、临床检验、卫生检验、药学、药物制剂和医学营养等专业学生；初中后五年制高职相关专业学生也可选用。

本系列教材的三个分册既有一定的联系，在内容编排上又具有各自的完整性与独立性，各学校可以整体配套使用，也可以根据不同专业课程设置的需要单独选择使用。

前言

FOREWORD

随着高等职业教育的普及与深入发展,作为高职高专类医学检验、药学、医学营养等专业的一门重要的基础课程——有机化学课程建设也面临着新的挑战。高职高专类的医学检验、药学、医学营养等专业,既不同于本科类专业,也不同于中专类专业,不仅学生的知识水平发生了变化,教学的内容和要求也有了重要改变。针对这一情况,我们组织了一批具有丰富教学经验的教师对职业教育课程模式进行全面和深入的调查,走访了多家药厂和医院,在充分了解相关医学专业的现状、水平、发展趋势,以及后续专业课程对有机化学课程需求的基础上,制定了课程标准,组织编写了本教材。本教材也是江苏省卫生厅卫生职业技术教育研究课题“三年制检验、药学、营养专业化学类课程标准定位与教学方法研究”成果之一。

《有机化学》教材以化合物结构特征为基本点,以各类化合物的基本性质、基本反应为主线,对成熟的电子理论作了相应的简介,着重强调官能团的结构与性质的关系。

本教材共有16章,其中第一章绪论介绍有机化合物的特点、结构等基本概念;第二章至第五章分别介绍了烷烃、不饱和烃、环烃和卤代烃等;第六章至第九章分别介绍醇、酚、醚、醛、酮、醌、羧酸及取代羧酸、羧酸衍生物等;第十章介绍了立体异构;第十一章至第十五章分别介绍含氮化合物、杂环化合物、生物碱、糖类、氨基酸、蛋白质、萜类和甾体化合物等;第十六章对医药用有机高分子化合物作了简介。

本教材在整体上以简明为特点,基本内容覆盖面宽而不杂。书后附有19个实验,其中包括6个技能实验(沸点测定等),3个制备实验(乙酸乙酯合成等),8个性质实验(羧酸和取代羧酸性质等),2个提纯实验(黄连素提取等)。

各学校可根据不同专业的课程标准和教学课时数,对教材的授课和实验内容进行选取。

为方便教学,本书配有PPT课件以及思考与练习参考答案,使用本教材的学校可以与化学工业出版社联系(cipedu@163.com),免费索取。

本教材由苏州卫生职业技术学院潘华英、山东中医药高等专科学校叶国华任主编,苏州卫生职业技术学院张建云任副主编,苏州卫生职业技术学院钱苏生、泉州医学高等专科学校陈剑雄、鞍山师范学院附属卫生学校刘珉参加了编写工作。

教材在编写过程中,得到了苏州卫生职业技术学院检验药学系的老师和临床专家的大力帮助和支持,在此表示衷心感谢!对本书所引用文献资料的作者表示深深的谢意!

限于编者水平,若有疏漏和不当之处,恳请使用本书的师生批评指正,以便不断修改,更臻完善。

编者
2010年6月

目 录

CONTENTS

第一章 绪论 1

第一节 有机化合物的特点.....	1
一、有机化合物和有机化学.....	1
二、有机化合物的特性.....	1
三、有机化合物的分类.....	2
四、有机化学与医学.....	3
第二节 有机化合物的结构.....	3
一、碳原子的成键特性.....	4
二、共价键的键参数.....	4
三、有机化合物的表示方法.....	6
四、共价键的断裂方式和有机化学反应的基本类型.....	7
思考与练习.....	9

第二章 烷烃 10

第一节 烷烃的结构和命名.....	10
一、烷烃的通式、同系列和同系物.....	10
二、烷烃的分子结构.....	10
三、命名.....	11
第二节 烷烃的性质.....	14
一、烷烃的物理性质.....	14
二、烷烃的化学性质.....	14
三、重要的烷烃.....	16
思考与练习.....	16

第三章 不饱和烃..... 17

第一节 烯烃.....	17
一、烯烃的命名、异构现象和结构.....	17
二、烯烃的性质.....	19
三、诱导效应.....	22
四、重要的烯烃.....	22
第二节 二烯烃.....	23
一、二烯烃的分类、命名和结构.....	23
二、共轭二烯烃的化学性质.....	24
第三节 炔烃.....	24

一、炔烃的命名、异构现象和结构	25
二、炔烃的性质	26
三、重要的炔	28
思考与练习	28

第四章 环烃

第一节 脂环烃	30
一、脂环烃的分类、命名和结构	30
二、脂环烃的性质	32
第二节 芳香烃	32
一、芳香烃的分类、命名和结构	32
二、单环芳香烃的性质	35
三、亲电取代反应的定位规律	37
四、稠环芳香烃	39
思考与练习	41

第五章 卤代烃

第一节 卤代烃的分类和命名	43
一、卤代烃的分类	43
二、卤代烃的命名	43
第二节 卤代烃的性质	44
一、物理性质	44
二、化学性质	44
第三节 重要的卤代烃	49
思考与练习	50

第六章 醇、酚和醚

第一节 醇	52
一、醇的分类、命名和结构	52
二、醇的性质	54
三、醇的制备	57
四、重要的醇	58
第二节 酚	59
一、酚的分类、命名和结构	59
二、酚的性质	59
三、重要的酚	62
第三节 醚	62
一、醚的分类、命名和结构	62
二、醚的性质	63

三、醚的制备	64
四、重要的醚	64
五、硫醚	65
思考与练习	65

第七章 醛、酮和醌..... 67

第一节 醛和酮	67
一、醛、酮的分类、命名和结构	67
二、醛和酮的性质	68
三、重要的醛和酮	74
第二节 醌	74
一、醌的结构和命名	74
二、醌的性质	75
三、重要的醌	76
思考与练习	76

第八章 羧酸及取代羧酸

第一节 羧酸	78
一、羧酸的分类、命名和结构	78
二、羧酸的性质	79
三、重要的羧酸	83
第二节 羟基酸	84
一、羟基酸的分类和命名	84
二、羟基酸的性质	85
三、重要的羟基酸	87
第三节 酮酸	88
一、酮酸的分类和命名	88
二、酮酸的性质	88
三、重要的酮酸	89
思考与练习	90

第九章 羧酸衍生物

第一节 羧酸衍生物	91
一、羧酸衍生物的命名	91
二、羧酸衍生物的结构	92
三、羧酸衍生物的性质	92
四、重要的羧酸衍生物	97
第二节 油脂和类脂	98
一、油脂	98

二、类脂·····	101
第三节 碳酸衍生物·····	103
思考与练习·····	106
第十章 立体异构 ·····	108
第一节 顺反异构·····	108
一、顺反异构的概念·····	108
二、顺反异构产生的条件·····	109
三、顺反异构体的构型表示法·····	109
四、顺反异构体在性质上的差异·····	111
第二节 对映异构·····	111
一、偏振光和旋光性·····	111
二、对映异构·····	113
三、旋光异构体的拆分·····	119
第三节 构象异构·····	119
一、乙烷的构象·····	120
二、正丁烷的构象·····	120
三、环己烷的构象·····	120
思考与练习·····	121
第十一章 含氮化合物 ·····	123
第一节 硝基化合物·····	123
一、硝基化合物的分类和命名·····	123
二、硝基化合物的结构·····	124
三、硝基化合物的性质·····	124
四、重要的硝基化合物·····	126
第二节 胺·····	127
一、胺的分类和命名·····	127
二、胺的结构·····	129
三、胺的性质·····	129
四、季铵盐和季铵碱·····	133
五、重要的胺及其衍生物·····	134
第三节 重氮和偶氮化合物·····	135
一、重氮化合物·····	136
二、偶氮化合物·····	137
思考与练习·····	138
第十二章 杂环化合物和生物碱 ·····	140
第一节 杂环化合物分类、命名和结构·····	140

一、杂环化合物的分类·····	140
二、杂环化合物的命名·····	140
三、杂环化合物的结构·····	142
第二节 杂环化合物的性质·····	143
一、溶解性·····	143
二、酸碱性·····	143
三、氧化反应·····	144
四、取代反应·····	144
五、氢化反应·····	146
第三节 重要的杂环化合物·····	146
一、五元杂环化合物·····	146
二、六元杂环化合物·····	147
三、稠杂环化合物·····	148
第四节 生物碱·····	149
一、生物碱的分类和命名·····	150
二、生物碱的一般性质·····	150
三、医学上常见的生物碱·····	151
思考与练习·····	152

第十三章 糖类 ····· 154

第一节 单糖·····	154
一、单糖的结构·····	154
二、单糖的性质·····	158
三、重要的单糖·····	161
第二节 双糖·····	162
一、麦芽糖·····	162
二、乳糖·····	163
三、蔗糖·····	163
第三节 多糖·····	164
一、淀粉·····	164
二、糖原·····	165
三、右旋糖酐·····	166
四、纤维素·····	166
思考与练习·····	167

第十四章 氨基酸和蛋白质 ····· 168

第一节 氨基酸·····	168
一、氨基酸的分类和命名·····	168
二、氨基酸的理化性质·····	170
第二节 蛋白质·····	173

一、蛋白质的组成和分类	173
二、蛋白质的结构	174
三、蛋白质的性质	176
思考与练习	179
第十五章 萜类和甾体化合物	180
第一节 萜类化合物	180
一、萜类化合物定义、分类和通性	180
二、重要的萜类化合物	181
第二节 甾体化合物	184
一、甾体化合物的结构	184
二、甾体化合物的命名	185
三、重要的甾体化合物	186
思考与练习	188
第十六章 医药用有机高分子化合物简介	189
第一节 高分子化合物概述	189
一、高分子化合物的基本概念	189
二、高分子化合物的分类	189
三、高分子化合物的命名	190
四、高分子化合物的合成方法	191
第二节 高分子化合物结构与性质	192
一、高分子化合物的结构	192
二、高分子化合物的特性	193
第三节 高分子化合物在医药中的应用	194
一、高分子化合物在医学上的应用	194
二、高分子化合物在药学上的应用	195
思考与练习	197
实验部分	198
实验一 熔点的测定	198
实验二 常压蒸馏及沸点的测定	199
实验三 水蒸气蒸馏	201
实验四 烃和卤代烃的性质	204
实验五 醇、酚、醚的性质	206
实验六 醛和酮的性质	208
实验七 羧酸和取代羧酸的性质	209
实验八 羧酸衍生物的性质	211
实验九 有机含氮化合物的性质	213

实验十	乙酸乙酯的制备·····	215
实验十一	乙酰水杨酸的制备·····	217
实验十二	糖的化学性质·····	219
实验十三	葡萄糖溶液旋光度的测定·····	220
实验十四	氨基酸和蛋白质的性质·····	222
实验十五	苯甲醇和苯甲酸的制备·····	224
实验十六	从茶叶中提取咖啡因·····	225
实验十七	从黄连中提取黄连素·····	226
实验十八	重结晶·····	227
实验十九	减压蒸馏·····	229
实验附录	本书实验所用部分试剂配制法·····	232

参考文献	·····	234
------	-------	-----

第一章 绪 论

第一节 有机化合物的特点

一、有机化合物和有机化学

有机化合物简称有机物，它与人们的生活密切相关，例如，多数的食物、药物、服装、塑料、橡胶、汽油等都是有机化合物。

早在古代，人类就已经利用了一些有机物，以供生产和生活的需要。除了吃的植物和动物等自然的有机物外，经过化学加工的有机物也不少。我国古代在制糖、酿造、染色、医药、造纸等方面都做出了许多成就。古印度、巴比伦、埃及、希腊和罗马在染色、酿造、制造有机药剂等方面也做出了不少的贡献。但是有关这些有机物质的化学知识却知道得很少，比较起来远远落后于无机化学。

“有机化学”这一名词于 1806 年首次由贝采利乌斯提出。当时是作为“无机化学”的对立物而命名的。19 世纪初，许多化学家相信，在生物体内由于存在所谓“生命力”，才能产生有机化合物，而在实验室里是不能由无机化合物合成的。

1824 年，德国化学家维勒从氰经水解制得草酸；1828 年他无意中用加热的方法又使氰酸铵转化为尿素。氰和氰酸铵都是无机化合物，而草酸和尿素都是有机化合物。维勒的实验结果给予“生命力”学说第一次冲击。此后，乙酸等有机化合物相继由碳、氢等元素合成，“生命力”学说才逐渐被人们所抛弃。

由于合成方法的改进和发展，越来越多的有机化合物不断地从实验室中合成得到，其中，绝大部分是在与生物体内迥然不同的条件下合成出来的。“生命力”学说被彻底推翻了，“有机化学”这一名词却沿用至今。

根据对有机化合物的研究，得知有机化合物都含有碳元素，绝大多数还含有氢元素，有的还含有氧、氮、硫、磷等元素。所以有机化合物是含碳的化合物，根据有机化合物的组成，也可以说有机化合物是碳氢化合物及其衍生物。一些具有无机化合物性质的含碳化合物，如一氧化碳、二氧化碳、碳酸和碳酸盐、氰化物等，则不列入有机化合物。

研究有机化合物的化学称为有机化学 (organic chemistry)。有机化学是研究有机化合物的组成、结构、性质、合成、应用以及它们之间的相互转变和内在联系的科学。

二、有机化合物的特性

有机化合物都含有碳元素，由于碳原子的结构和成键特点，使有机化合物的结构和性质具有特殊性。与无机化合物比较大多数有机化合物具有以下特性。

(1) 容易燃烧 绝大多数无机化合物不易燃烧而大多数有机化合物可以在空气中燃烧，燃烧时主要生成二氧化碳和水。

(2) 熔点和沸点较低 无机化合物中多为离子键，靠离子间较强的静电作用力形成离子

晶体,破坏离子晶体所需的能量较高。固态有机化合物是靠相对较弱的分子之间作用力结合而成的分子晶体,破坏这种晶体所需的能量较小,所以有机化合物的熔点较低,一般不超过400℃。同样,有机化合物沸点也比较低。

(3) 难溶于水而易溶于有机溶剂 大多数有机化合物分子的极性较弱或者是非极性的。根据“相似相溶”原理,它们难溶于极性较强的水,而易溶于非极性或极性小的有机溶剂。

(4) 一般不导电,多为非电解质 有机化合物中的化学键基本上是共价键,极性小或无极性。在水溶液或熔化状态下难电离,不导电,所以一般为非电解质。

(5) 反应速率慢,反应复杂,常伴有副反应 无机化合物之间发生反应很快,往往瞬间完成。而有机物之间的反应则比较慢,需要较长的时间,如几十分钟、几个小时或更长的时间才能完成。这主要原因是无机物反应为离子反应,反应速率快。而有机物反应一般为分子之间反应,反应速率取决于分子之间的有效碰撞。因此通常需要加热或加催化剂等方法来加快反应速率。

(6) 结构复杂、种类繁多 有机化合物分子中,碳原子之间的相互结合力很强。由于碳原子之间连接顺序和成键方式的不同,使得有些有机化合物,虽然分子组成相同,但却有不同的分子结构,性质也不相同,则不是同一种物质。而无机化合物往往分子组成与其分子结构是一一对应的,即一个化学式只代表一种物质。因此,虽然参与形成有机化合物的元素种类比无机化合物的元素种类少得多,但有机化合物的数目却比无机化合物的数目多得多。

有机化合物具有以上特性,但也有例外。例如:四氯化碳不但不燃烧,而且可用做灭火剂;糖、醋酸、酒精等在水中极易溶解;梯恩梯(TNT)炸药的爆炸是瞬间完成的。

三、有机化合物的分类

有机化合物一般有两种分类方法:一种是根据分子中碳原子的连接方式(碳链的骨架)分类;另一种是按照官能团分类。

(一) 根据碳链骨架分类

1. 开链化合物(脂肪族化合物)

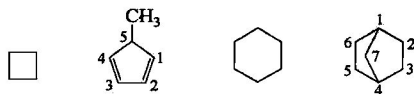
碳原子互相结合形成链状,两端张开不成环。例如:



2. 碳环化合物

碳原子互相连接成环,它们又分为两种。

(1) 脂环族化合物 这一类化合物的碳原子互相连接成环,其性质与开链化合物相似。例如:

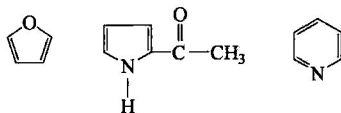


(2) 芳香族化合物 这类化合物经典的概念是指含有苯环的化合物,它们具有特殊的“芳香性”,与脂肪族化合物的性质有很大的不同。例如:



3. 杂环化合物

碳原子和其他元素的原子（称为杂原子）如 O、S、N 等共同构成环状化合物。例如：



（二）根据官能团分类

能决定有机化合物主要性质的原子或原子团称为官能团。一般来说，含有相同官能团的化合物具有类似的性质。常见的官能团及化合物类别见表 1-1。

表 1-1 常见的官能团及化合物的类别

官能团结构	官能团名称	物质类别	官能团结构	官能团名称	物质类别
$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \end{array}$	碳碳双键	烯	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	酮基	酮
$-C \equiv C-$	碳碳三键	炔	$-COOH$	羧基	羧酸
$-X$	卤素	卤代烃	$-CONH_2$	酰胺键	酰胺
$-OH$	羟基	醇/酚	$-NH_2$	氨基	胺
$-SH$	巯基	硫醇	$-NO_2$	硝基	硝基化合物
$\begin{array}{c} \diagup & & \diagdown \\ & O & \\ \diagdown & & \diagup \end{array}$	醚键	醚	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-O- \end{array}$	酯键	酯
$-CHO$	醛基	醛	$-SO_3H$	磺酸基	磺酸

四、有机化学与医学

有机化学是医学科学的一门专业基础课程。医学研究的对象是复杂的人体，组成人体的物质除了水和一些无机盐外，绝大部分是有机化合物，它们在人体内有着不同的功能并进行一系列的化学变化。生物化学就是运用有机化学的原理和方法来研究这些变化的一门学科。医学检验学离不开有机化学的基本知识，例如蛋白质测定、氨基酸及其代谢产物的测定、糖类及其代谢产物的测定、血红蛋白及其代谢产物的测定等都需要用到有机化学知识。有机化学与药学专业的关系十分密切，人类用于防病治病的药物绝大部分是有机化合物；分析药物的组成、结构，药物的有效成分的含量测定；药理学中研究药物化学结构与药效的关系；中草药中有效成分的分离、提纯、改性以及药物的鉴定、保存、剂型加工和药物合成、质量管理等，均需要有机化学知识；在与各种疾病作斗争的过程中，不断涌现出来的新药几乎无一例外地是有机化合物。因此，医学院校的学生必须具备一定的有机化学知识。

第二节 有机化合物的结构

有机化合物的结构包括分子的组成、分子内原子间的连接顺序、排列方式、化学键和空间构型及分子中电子云的分布等。形成有机化合物的元素种类不多，但是有机化合物却有上百万种。有机化合物如此庞大的数目与碳原子的结构及其独特的成键方式是分不开的。

一、碳原子的成键特性

1. 碳原子的化合价

碳在元素周期表中位于第二周期第Ⅳ主族，碳原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$ ，最外电子层有四个电子，要通过得失电子达到稳定的电子构型是不容易的，它往往通过共用电子对（电子云重叠）与其他原子相结合，因此在有机化合物分子中，碳有四个共价键。

2. 共价键的种类

成键时由于原子轨道重叠的方式不同，共价键分为 σ 键和 π 键两种类型。成键的两个原子沿着键轴的方向“头对头”相互重叠所形成的共价键叫 σ 键。s 轨道和 s 轨道之间、s 轨道和 p 轨道之间、p 轨道和 p 轨道之间均可形成 σ 键（图 1-1）。



图 1-1 σ 键的形成

若由两个相互平行的 p 轨道从侧面“肩并肩”相互重叠所形成的共价键叫 π 键（图 1-2）。

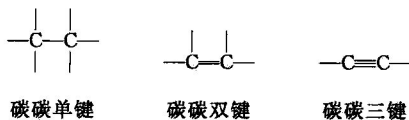


图 1-2 π 键的形成

σ 键的电子云呈圆柱形对称分布于键轴周围，可以绕键轴自由旋转，说明 σ 键的电子云比较集中，受两核的约束较大，不易受外电场的影响，因此， σ 键不易断裂，性质较稳定。而 π 键的电子云分布于键轴的上下两边，轨道重叠程度较小，说明 π 键电子云比较分散，受两核的约束较小，易受外电场的影响，因此 π 键容易断裂，性质较活泼。 σ 键比 π 键牢固，有机化合物中的单键都是 σ 键， π 键不能单独存在，只能与 σ 键共存于双键和三键之中。

3. 碳原子的成键方式

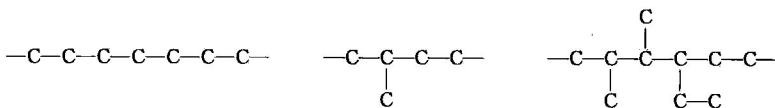
碳原子不仅能与 H、O、N 等原子形成共价键，碳原子之间也能通过共用电子对形成单键、双键或三键。如：



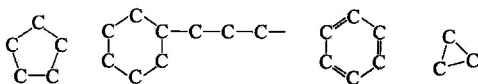
4. 碳原子的连接形式

由碳原子相互结合后构成的有机化合物基本骨架称为碳架。碳架可分为碳链和碳环两类。

碳原子之间连接成一条长短不一、首尾不相连的碳链。例如：



碳原子之间首尾相连形成形状各异的碳环。例如：



二、共价键的键参数

共价键的键参数是指键长、键角、键能和键的极性等物理量。这些物理量能体现共价键

的基本性质,是分析、研究有机化合物结构和性质的重要依据。

1. 键长

键长是指形成共价键的两个原子核之间的距离,单位 pm。键长主要取决于电子云的重叠程度,重叠程度越大,键长越短。键长还与碳原子的杂化及成键类型有关。键长是判断共价键稳定性的参数之一,一般共价键的键长越长,共价键的稳定性越差。一些常见共价键的键长见表 1-2。

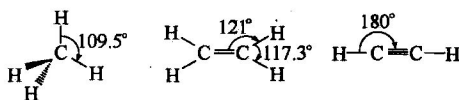
表 1-2 一些常见共价键的键长

单位: pm

共价键	键长	共价键	键长	共价键	键长
C—C	154	C—F	141	C=C	134
C—H	109	C—Cl	177	C=O	122
C—O	143	C—Br	191	C=N	128
C—N	147	C—I	212	C≡N	116
O—H	96	N—H	109	C≡C	120

2. 键角

原子与其他两个原子形成共价键时,键与键之间的夹角称为键角。键角是决定有机化合物分子空间结构和性质的重要因素。若键角与正常角度相比改变过大,就会影响分子的稳定性,导致一些特殊的性质。



3. 键能

双原子分子的共价键裂解时所吸收的能量,称为该共价键的键能,又称为离解能。但对于多原子分子,键能与离解能是不同的。键能是指分子中同类共价键的平均离解能,而离解能是裂解分子中某一个共价键时所需的能量。键能是表示共价键强度的一个物理量。一般说来,键能越大,该共价键越稳定。常见的共价键的平均键能见表 1-3。

表 1-3 常见共价键的平均键能

单位: kJ/mol

共价键	键能	共价键	键能	共价键	键能
C—H	414.4	C—F	485.6	C=C	611.2
C—C	347.4	C—Cl	349.1	C≡C	837.2
C—O	360	C—Br	284.6	C≡N	891.6
C—N	305.6	C—I	217.8	C=O(醛)	736.7
O—H	464.5	N—H	389.3	C=O(酮)	749.3

4. 键的极性与极化

两个相同原子形成共价键时,电子云对称分布在两个原子之间,这样的共价键是非极性共价键。两个不同原子形成共价键时,由于成键两原子的电负性不同,吸引成键电子的能力也就不同。电子云偏向电负性较大的原子一端,使其带有部分负电荷,用“ δ^- ”表示;电负性较小的原子带部分正电荷,用“ δ^+ ”表示,这样的键是极性共价键。如: $\text{H}^{\delta^+}\text{Cl}^{\delta^-}$ 、 $\text{H}_3\text{C}^{\delta^+}\text{Cl}^{\delta^-}$ 。共价键极性的,由成键两原子电负性之差决定。差值越大,键的极性就越大。有机化合物中常见元素的电负性值见表 1-4。