

高职高专生物技术类专业系列规划教材

# 有机化学

主 编 谢 昕 申 森

副主编 李术艳 楚红英 李少华

参 编 (按姓氏笔画排序)

马宇平 孙 伟 刘群英

李长滨 周 浩

重庆大学出版社



## 内容提要

本书将有机化学知识分为理论部分和实验部分。理论部分共 12 章,按官能团体系,采用脂肪族与芳香族混合系统编写而成,在简明扼要论述基本概念、基本知识和基本理论的前提下,重点讨论典型官能团化合物的命名、结构、性质和用途。实验部分共有 16 个实验,分为有机化学实验的一般知识、基本操作和实验技术、重要化合物的性质实验和典型化合物的制备实验四部分,可满足“教、学、做一体化”或理论课与实验课相分离等多种教学模式的要求。本书在相应内容后增加同步练习,既可使学生加深对知识的理解应用、强化记忆、巩固学习成果,又可培养其分析问题和解决问题的能力,从而提高教学质量。

本书可供高职高专院校开设本课程的专业作为教材使用,也可供相关从业者学习和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

有机化学/谢昕,申森主编. —重庆:重庆大学出版社,  
2015.8

高职高专生物技术类专业系列规划教材  
ISBN 978-7-5624-8857-6

I. ①有… II. ①谢…②申… III. ①有机化学—高等职业教  
育—教材 IV. ①O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 032742 号

## 有机化学

主 编 谢 昕 申 森

策划编辑:袁文华

责任编辑:陈 力 涂 昀 版式设计:袁文华

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:480 千

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-8857-6 定价:39.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

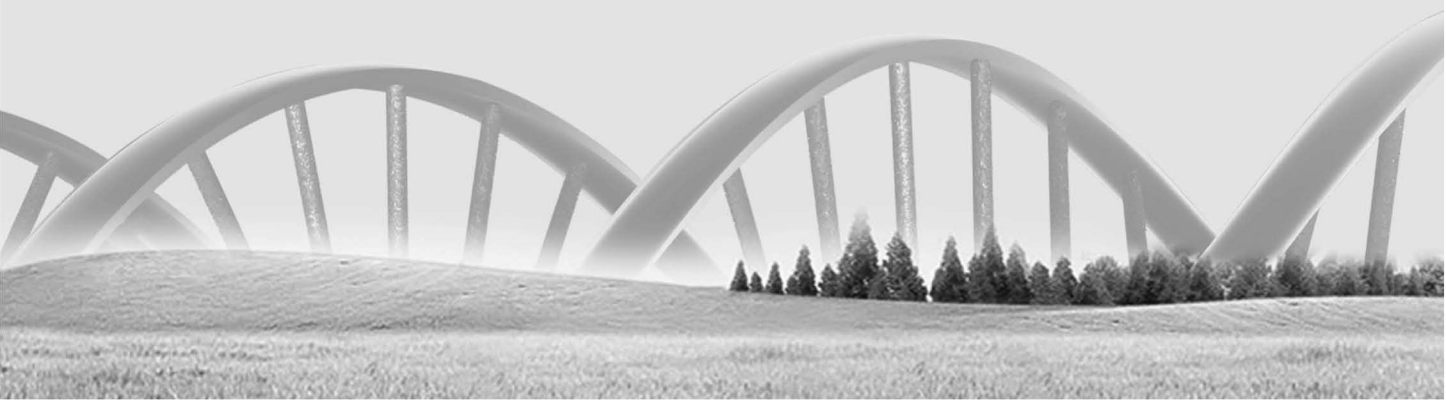
# 高职高专生物技术类专业系列规划教材

## ※ 编委会 ※

(排名不分先后,以姓名拼音为序)

总 主 编 王德芝

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 编委会委员 | 陈春叶 | 池永红 | 迟全勃 | 党占平 | 段鸿斌 |
|       | 范洪琼 | 范文斌 | 辜义洪 | 郭立达 | 郭振升 |
|       | 黄蓓蓓 | 李春民 | 梁宗余 | 马长路 | 秦静远 |
|       | 沈泽智 | 王家东 | 王伟青 | 吴亚丽 | 肖海峻 |
|       | 谢必武 | 谢 昕 | 袁 亮 | 张俊霞 | 张 明 |
|       | 张媛媛 | 郑爱泉 | 周济铭 | 朱晓立 | 左伟勇 |



## 高职高专生物技术类专业系列规划教材

### ※ 参加编写单位 ※

(排名不分先后,以单位首字母拼音为序)

北京农业职业学院

重庆三峡医药高等专科学校

重庆三峡职业学院

甘肃酒泉职业技术学院

甘肃林业职业技术学院

广东轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

河南漯河职业技术学院

河南三门峡职业技术学院

河南商丘职业技术学院

河南信阳农林学院

河南许昌职业技术学院

河南职业技术学院

黑龙江民族职业学院

湖北荆楚理工学院

湖北生态工程职业技术学院

湖北生物科技职业学院

江苏农牧科技职业学院

江西生物科技职业学院

辽宁经济职业技术学院

内蒙古包头轻工职业技术学院

内蒙古大学鄂尔多斯学院

内蒙古呼和浩特职业学院

内蒙古医科大学

山东潍坊职业学院

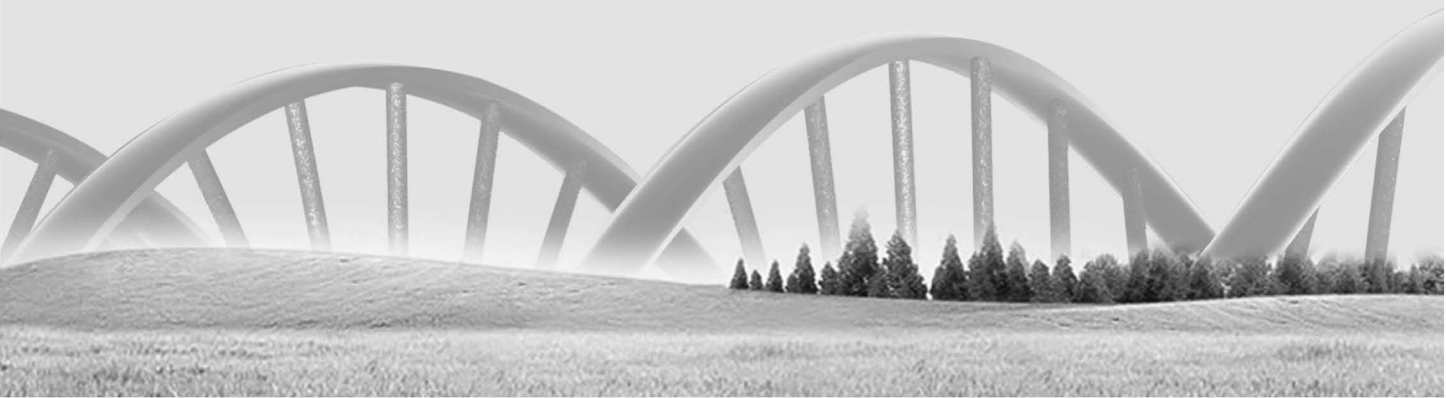
陕西杨凌职业技术学院

四川宜宾职业技术学院

四川中医药高等专科学校

云南农业职业技术学院

云南热带作物职业学院



# 总 序



大家都知道,人类社会已经进入了知识经济的时代。在这样一个时代中,知识和技术比以往任何时候都扮演着更加重要的角色,发挥着前所未有的作用。在产品(与服务)的研发、生产、流通、分配等任何一个环节,知识和技术都居于中心位置。

那么,在知识经济时代,生物技术前景如何呢?

有人断言,知识经济时代以如下六大类高新技术为代表和支撑,它们分别是电子信息、生物技术、新材料、新能源、海洋技术、航空航天技术。是的,生物技术正是当今六大高新技术之一,而且地位非常“显赫”。

目前,生物技术广泛地应用于医药和农业,同时在环保、食品、化工、能源等行业也有着广阔的应用前景,世界各国无不非常重视生物技术及生物产业。有人甚至认为,生物技术的发展将为人类带来“第四次产业革命”;下一个或者下一批“比尔·盖茨”们,一定会出在生物产业中。

在我国,生物技术和生物产业发展异常迅速,“十一五”期间(2006—2010年)全国生物产业年产值从6 000亿元增加到16 000亿元,年均增速达21.6%,增长速度几乎是我国同期GDP增长速度的2倍。到2015年,生物产业产值将超过4万亿元。

毫不夸张地讲,生物技术和生物产业正如一台强劲的发动机,引领着经济发展和社会进步。生物技术与生物产业的发展,需要大量掌握生物技术的人才。因此,生物学科已经成为我国相关院校大学生学习的重要课程,也是从事生物技术研究、产业产品开发人员应该掌握的重要知识之一。

培养优秀人才离不开优秀教师,培养优秀人才离不开优秀教材,各个院校都无比重视师资队伍和教材建设。多年的生物学科经过发展,已经形成了自身比较完善的体系。现已出版的生物系列教材品种也较为丰富,基本满足了各层次各类型的教学需求。然而,客观上也存在一些不容忽视的不足,如现有教材可选范围窄,有些教材质量参差不齐、针对性不强、缺少行业岗位必需的知识技能等,尤其是目前生物技术及其产业发展迅速,应用广泛,知识更新快,新成果、新专利急剧涌现,教材作为新知识、新技术的载体应与时俱进,及时更新,才能满足行业发展和企业用人提出的现实需求。

正是在这种时代及产业背景下,为深入贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《教育部 农业部 国家林业局关于推动高等农林教育综合改革的若干意见》(教高[2013]9号)等有关指示精神,重庆大学出版社结合高职高专的发展及专业教学基本要求,组织全国各地的几十所高职院校,联合编写了这套“高职高专生物技术类专

业系列规划教材”。

从“立意”上讲,本套教材力求定位准确、涵盖广阔,编写取材精炼、深度适宜、分量适中、案例应用恰当丰富,以满足教师的科研创新、教育教学改革和专业发展的需求;注重图文并茂,深入浅出,以满足学生就业创业的能力需求;教材内容力争融入行业发展,对接工作岗位,以满足服务产业的需求。

编写一套系列教材,涉及教材种类的规划与布局、课程之间的衔接与协调、每门课程中的内容取舍、不同章节的分工与整合……其中的繁杂与辛苦,实在是“不足为外人道”。

正是这种繁杂与辛苦,凝聚着所有编者为本套教材付出的辛勤劳动、智慧、创新和创意。教材编写团队成员遍布全国各地,结构合理、实力较强,在本学科专业领域具有较深厚的学术造诣及丰富的教学和生产实践经验。

希望本套教材能体现出时代气息及产业现状,成为一套将新理念、新成果、新技术融入其中的精品教材,让教师使用时得心应手,学生使用时明理解惑,为培养生物技术的专业人才,促进生物技术产业发展做出自己的贡献。

是为序。

全国生物技术职业教育教学指导委员会委员 王德芝  
高职高专生物技术类专业系列规划教材总主编

2014 年 5 月





## 前言

有机化学既是一门基础理论课,又是一门应用性很强的学科,随着社会的发展,越来越多的行业需要有机化学方面的知识。本书简明扼要地介绍了有机化学的基本理论,以适应生物、食品、农学、医药、环境、园林等专业的教学需要,使学生对各类有机化合物的组成、结构、性质及相互转化的规律有较为系统和全面的认识与了解,为学生后续学习专业课程,从事相关专业的技术工作与科学研究,或进一步学习深造打下坚实的理论基础和实验技能。

本书是根据教育部有关高职高专教材建设精神和最新制定的《高职高专教育有机化学课程教学基本要求》组织编写的,突出高职高专院校的教学特点,力求做到理论知识方面以“必需、够用”为度,适当降低教学难度,并体现“实用、实际、实践”的原则。

全书理论知识部分共 12 章,按官能团体系,采用脂肪族与芳香族混合系统编写而成。在简明扼要论述基本概念、基本知识和基本理论的前提下,重点讨论典型官能团化合物的命名、结构、性质和用途;重要理论问题分散在各章讲述;一些重要概念,如电子效应、空间效应、结构对性质的影响等结合各章的内容多次介绍,以达到从不同角度理解这些基本概念的目的。

本书在相应内容后增加同步练习,是引导学生运用所学知识解答问题的一个重要手段。通过同步练习,既可以使学生加深对知识的理解应用、强化记忆、巩固学习成果,又可以培养学生分析问题和解决问题的能力,从而提高教学质量。

有机化学实验是本书的重要内容,分为有机化学实验的一般知识、基本操作和实验技术、重要化合物的性质实验和典型化合物的制备实验四部分,共 16 个实验,每个实验后配有相应思考题,可满足“教、学、做一体化”或理论与实验相分离等多种教学模式要求。

本书由河南职业技术学院谢昕和黄河水利职业技术学院申森担任主编,漳州职业技术学院李术艳、黄河水利职业技术学院楚红英和河南职业技术学院李少华担任副主编,参与编写的还有信阳农林学院孙伟、北京农业职业学院刘群英、河南牧业经济学院李长滨以及河南中烟工业有限责任公司的周浩与马宇平。

具体编写分工如下:谢昕编写第 1、3 章;李少华编写第 2 章;李长滨编写第 4 章、有机化学实验模块四;申森编写第 5、7 章;楚红英编写第 6、11 章;刘群英编写第 8 章;李长滨、周浩和马宇平编写第 9 章;孙伟编写第 10、12 章;李术艳编写有机化学实验模块一、模块二、模块三。全书由谢昕和申森进行统稿。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者  
2015 年 2 月

# 目 录 CONTENTS

## 项目 1 有机化合物概述

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 任务 1.1 有机化学的研究对象和任务 ..... | (2)  |
| 任务 1.2 有机化合物的特性 .....     | (3)  |
| 任务 1.3 有机化合物的结构 .....     | (3)  |
| 任务 1.4 有机化学反应 .....       | (8)  |
| 综合练习 1 .....              | (10) |

## 项目 2 链 烃

|                  |      |
|------------------|------|
| 任务 2.1 烷 烃 ..... | (12) |
| 任务 2.2 烯 烃 ..... | (24) |
| 任务 2.3 炔 烃 ..... | (35) |
| 任务 2.4 二烯烃 ..... | (42) |
| 综合练习 2 .....     | (48) |

## 项目 3 环 烃

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 任务 3.1 脂环烃 .....        | (53) |
| 任务 3.2 单环芳烃 .....       | (59) |
| 任务 3.3 多环芳烃和非苯系芳烃 ..... | (71) |
| 综合练习 3 .....            | (76) |

## 项目 4 旋光异构

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 任务 4.1 物质的旋光性 .....            | (80) |
| 任务 4.2 分子的手性和对映体 .....         | (82) |
| 任务 4.3 含一个手性碳原子化合物的对映异构体 ..... | (85) |
| 任务 4.4 含两个手性碳原子化合物的对映异构体 ..... | (88) |
| 综合练习 4 .....                   | (89) |

## 项目 5 卤代烃

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 任务 5.1 卤代烃的分类、命名及同分异构现象 ..... | (93) |
|-------------------------------|------|



|                        |       |
|------------------------|-------|
| 任务 5.2 卤代烃的性质 .....    | (95)  |
| 任务 5.3 卤代烯烃和卤代芳烃 ..... | (99)  |
| 任务 5.4 重要的卤代烃 .....    | (103) |
| 综合练习 5 .....           | (105) |

## 项目 6 醇、酚、醚

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 任务 6.1 醇 .....        | (108) |
| 任务 6.2 酚 .....        | (116) |
| 任务 6.3 醚 .....        | (122) |
| 任务 6.4 硫醇、硫酚和硫醚 ..... | (125) |
| 综合练习 6 .....          | (127) |

## 项目 7 醛、酮、醌

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 任务 7.1 醛和酮的分类及命名 ..... | (129) |
| 任务 7.2 醛和酮的物理性质 .....  | (131) |
| 任务 7.3 醛和酮的化学性质 .....  | (132) |
| 任务 7.4 重要的醛和酮 .....    | (140) |
| 任务 7.5 醌 .....         | (143) |
| 综合练习 7 .....           | (147) |

## 项目 8 羧酸及其衍生物

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 任务 8.1 羧酸 .....    | (149) |
| 任务 8.2 羧酸衍生物 ..... | (158) |
| 综合练习 8 .....       | (162) |

## 项目 9 含氮化合物

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 任务 9.1 硝基化合物 .....       | (165) |
| 任务 9.2 胺 .....           | (168) |
| 任务 9.3 重氮化合物和偶氮化合物 ..... | (178) |
| 任务 9.4 腈 .....           | (184) |
| 综合练习 9 .....             | (186) |

## 项目 10 杂环化合物和生物碱

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 任务 10.1 五元杂环化合物 ..... | (189) |
| 任务 10.2 六元杂环化合物 ..... | (196) |
| 任务 10.3 生物碱 .....     | (201) |
| 综合练习 10 .....         | (203) |

## 项目 11 生命有机化合物

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 任务 11.1 糖类化合物 .....   | (206) |
| 任务 11.2 脂类化合物 .....   | (215) |
| 任务 11.3 氨基酸和蛋白质 ..... | (219) |
| 综合练习 11 .....         | (226) |

## 项目 12 萜类和甾体化合物

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 任务 12.1 萜类化合物 ..... | (229) |
| 任务 12.2 甾体化合物 ..... | (235) |
| 综合练习 12 .....       | (242) |

## 有机化学实验模块

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 模块一 有机化学实验的一般知识 .....      | (245) |
| 模块二 有机化学实验的基本操作和实验技术 ..... | (255) |
| 实验 1 简单玻璃管操作 .....         | (255) |
| 实验 2 测定熔点 .....            | (258) |
| 实验 3 蒸馏和沸点测定 .....         | (261) |
| 实验 4 重结晶 .....             | (263) |
| 实验 5 萃 取 .....             | (267) |
| 实验 6 简单分馏 .....            | (270) |
| 模块三 有机化合物的性质实验 .....       | (272) |
| 实验 1 烃的性质 .....            | (272) |
| 实验 2 醇、酚、醚的性质 .....        | (273) |
| 实验 3 醛、酮的性质 .....          | (275) |
| 实验 4 羧酸及其衍生物的性质 .....      | (277) |
| 实验 5 胺的性质 .....            | (279) |
| 实验 6 糖的性质 .....            | (281) |
| 实验 7 糖的旋光度测定 .....         | (284) |
| 模块四 有机化合物的制备实验 .....       | (286) |
| 实验 1 乙酸乙酯的制备 .....         | (286) |
| 实验 2 乙酰水杨酸的制备 .....        | (289) |
| 实验 3 乙酰苯胺的制备 .....         | (290) |
| 实验 4 无水乙醇的制备及折光率的测定 .....  | (292) |
| 附 录 常用有机试剂及其配制方法 .....     | (295) |
| 参考文献 .....                 | (297) |



# 项目1

## 有机化合物概述

### 【学习目标】

- 掌握有机化合物的结构特征及表示方法。
- 熟悉有机化合物的分类、有机化学反应的基本类型。
- 了解有机化学的发展历史及有机反应的酸碱理论。

### 【知识点】

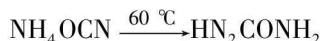
有机化学；有机化合物；碳原子的四价；共价键；同分异构；官能团；酸碱理论。

## 任务 1.1 有机化学的研究对象和任务

有机化学是研究有机化合物的来源、制备、结构、性能、应用以及有关理论的科学,是化学的一个分支,与人类生活有着极其密切的关系。

早期化学家将自然界的物质按其来源、组成和性质分为无机化合物和有机化合物。1675年,法国化学家勒穆把从岩石、土壤、海洋及空气中得到的一些物质称为无机化合物(简称无机物),如金属、矿石、盐类等;把来源于有生命的动植物体的物质称为有机化合物(简称有机物),如醇、糖、脂肪等。

人们对有机化合物和有机化学的认识也是逐步深化的。1806年,瑞典著名化学家柏则里斯提出“生命力”学说,即有机物只能从有生命力的动植物体中制造出来,而不能在实验室用人工方法制备出来。1825年,德国化学家维勒在实验室用氰酸钾和氯化铵制备氰酸铵的实验中,在加热蒸发氰酸铵溶液时无意中得到了一种白色粉末状固体。经研究,这种白色粉末固体正是哺乳动物新陈代谢的产物——尿素。



尿素的人工合成,对“生命力”学说产生了强大的冲击,它证明在有机物和无机物之间根本不存在由生命力支配而产生的本质区别,有机物和无机物一样,也可以通过实验手段合成出来。自尿素人工合成以后,又有不少有机化合物如醋酸、油脂、柠檬酸、琥珀酸、苹果酸等一系列过去从动植物体中提取的有机物在实验室里问世。

自从拉瓦锡和李比希创造有机化合物的分析方法后,发现有机化合物都含有碳元素。1848年德国化学家葛梅林将有机化合物定义为“碳化合物”,将有机化学定义为“碳化合物的化学”。分析表明,有机化合物除了含碳元素外,绝大多数含有氢元素,有的还含有氧、氮、卤素、硫、磷等元素。1874年,德国化学家肖莱马将有机化合物定义为碳氢化合物及其衍生物,将有机化学定义为研究碳氢化合物及其衍生物的化学。现在绝大多数有机物已不从天然的有机体内取得,但是由于历史和习惯的原因,仍保留着“有机”这个名词。

现在人们已经能够从分子和原子的水平上来认识许多生命现象,这将促使有机化学从实验方法到理论都会产生巨大的进展,显示出其蓬勃发展的强劲势头和活力。世界上每年合成的近百万个新化合物中约70%以上是有机化合物,其中,有些因其所具有的特殊功能而用于材料、能源、食品、医药、生命科学、农业、石油化工、交通、环境科学等与人类生活密切相关的各行各业中,直接或间接地为人类提供大量的必需品。与此同时,人们也面对着所合成的大量有机物对生态、环境、人体的影响问题。展望未来,科技进步将使人们更注重优化使用有机化合物,将人类的生存环境变得更加优美。

## 任务 1.2 有机化合物的特性

有机物和无机物在化学结构、物理性质、化学性质以及化学反应性能等方面存在显著的差异。有机物与无机物比较,有以下特点:

### 1) 结构复杂

组成有机化合物的元素不多,但碳原子之间能相互成键,其结构较之无机物复杂得多,有机化合物普遍存在同分异构现象。

### 2) 容易燃烧

有机化合物大都含有碳、氢两种元素,易燃烧,如汽油、油脂等。大多数无机化合物不能燃烧,如食盐、碳酸钙等。因此,可以通过灼烧试验初步区别有机物和无机物。

### 3) 熔点、沸点较低

有机化合物的熔点较低,一般在 400 ℃ 以下,而无机化合物的熔点则较高,如氯化钠的熔点为 800 ℃。这是由于有机物多属于分子晶体,聚集状态靠微弱的范德华力作用,使固态有机物熔化或液态有机物气化所需要的能量较低;而无机化合物多属离子晶体,分子间的排列是靠离子间静电吸引作用,要破坏无机分子间的排列,所需能量就高得多。因此,有机物的熔点和沸点比无机物要低得多。

### 4) 难溶于水,易溶于有机溶剂

有机化合物分子中的化学键多数为共价键,一般极性较弱或完全没有极性,水是一种极性较强的溶剂。根据“相似相溶”规则,即极性化合物易溶解于极性溶剂中,非极性化合物易溶解于非极性溶剂中。水分子为极性分子,对于极性大的无机物来说,水是良好的溶剂。大多数有机分子属弱极性或非极性分子,难溶于水,易溶于有机溶剂。

### 5) 反应速度慢

无机物的反应大多是离子反应,反应迅速,如氯离子和银离子瞬间生成氯化银沉淀。而有机物的反应一般是分子反应,反应速率较慢,如氯乙烷与硝酸银的醇溶液在常温下不发生反应,只有加热才有氯化银沉淀生成。

### 6) 副反应多

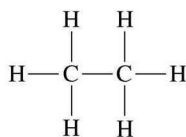
有机分子的结构比较复杂,分子的各部位都有可能参加不同程度的化学反应,反应产物复杂,产率较低,很少达到 100%。在一定反应条件下,主要的反应方向称为主反应,其余的反应称为副反应。

## 任务 1.3 有机化合物的结构

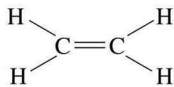
### 1.3.1 碳原子的四价

碳原子位于元素周期表的第 2 周期第Ⅳ主族,碳原子是四价。碳原子间能以碳碳单键

(C—C)、碳碳双键(C=C)和碳碳叁键(C≡C)相互连接。碳原子间能相互连接成碳链,也能碳链首尾相连形成碳环。例如:



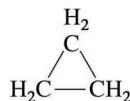
乙烷  
碳碳单键



乙烯  
碳碳双键



乙炔  
碳碳叁键



环丙烷  
碳环

### 1.3.2 共价键

#### 1) 共价键的形成

碳原子与其他原子结合时,一般是通过共用电子对方式形成共价键。由两个原子各提供一个电子,进行“电子配对”而形成的共价键,叫做单键,用一条短直线“—”表示。两个原子各提供2个或3个单电子相互配对,形成的共价键分别称为双键或叁键。



#### 2) 共价键的特点

##### (1) 饱和性

价键理论认为,在一个原子轨道中,只能容纳两个自旋方向相反的电子,当一个电子和另一个电子配对成键后,就不能再和其他电子配对成键了,这就是共价键的饱和性。

##### (2) 方向性

根据原子轨道最大重叠原理,电子云重叠部分越大,所形成的共价键越牢固。原子轨道中s轨道呈球形对称,p、d、f轨道都有着一定的空间伸展方向。原子轨道在各自电子云密度最大的方向上重叠才能形成稳定的共价键决定了共价键有方向性。

以H原子和Cl原子形成氯化氢分子为例,如图1.1所示。H原子轨道沿x轴向Cl原子轨道接近,重叠最大,形成稳定的HCl分子;H原子轨道沿y轴方向向Cl原子轨道接近,则不能重叠;H原子轨道沿其他方向接近Cl原子轨道,重叠较少,形成的HCl分子不稳定。

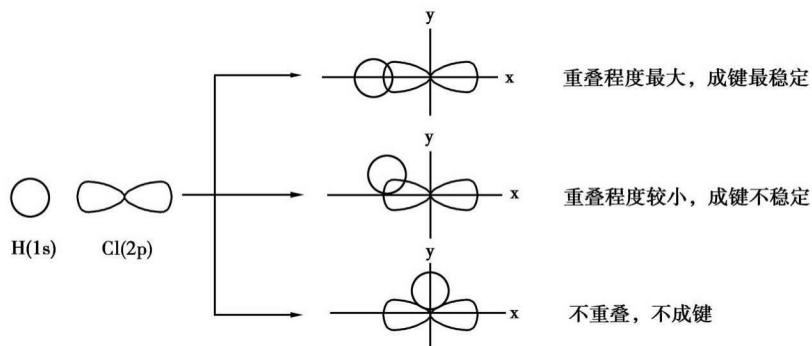


图 1.1 s 和 p 原子轨道的 3 种重叠情况

### 3) 共价键的属性

共价键的属性包括键长、键角、键能以及键的极性。

#### (1) 键长

形成共价键的两个原子核之间的距离称为键长。一些常见的共价键键长见表 1.1。

表 1.1 常见共价键的键长和键能

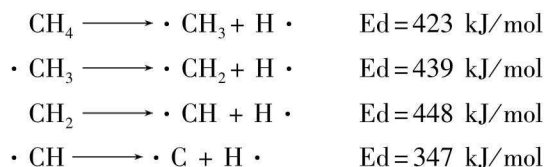
| 共价键 | 键长/nm | 键能/(kJ · mol <sup>-1</sup> ) | 共价键  | 键长/nm | 键能/(kJ · mol <sup>-1</sup> ) |
|-----|-------|------------------------------|------|-------|------------------------------|
| C—C | 0.154 | 347                          | C—F  | 0.142 | 485                          |
| C—H | 0.110 | 414                          | C—Cl | 0.178 | 339                          |
| C—N | 0.147 | 305                          | C—Br | 0.191 | 285                          |
| C—O | 0.143 | 360                          | C—I  | 0.213 | 218                          |
| N—H | 0.103 | 389                          | C=C  | 0.134 | 611                          |
| O—H | 0.097 | 464                          | C≡C  | 0.120 | 837                          |

#### (2) 键角

共价键有方向性,共价键之间的夹角称为键角。键角反映了分子的空间结构,决定了分子的立体形状。

#### (3) 键能

原子结合成分子时要放出能量,相反地,如果将分子拆开成原子,则必须给以相同的能量。将 1 mol 气态的双原子分子 AB 拆开形成气态的 A · 及 B · 所需的能量,叫做 A—B 的离解能,通常称为键能,单位为 kJ/mol。对于多原子分子来说,键能与键的离解能是不同的,键能是多个共价键的离解能的平均值。例如甲烷分子各键的离解能力为:



甲烷分子中 C—H 键的键能为  $(423+439+448+347)/4 = 414$  (kJ/mol)。键能反映了共价键的强度。通常键能越大,键越牢固,分子越稳定。一些常见共价键键能见表 1.1。

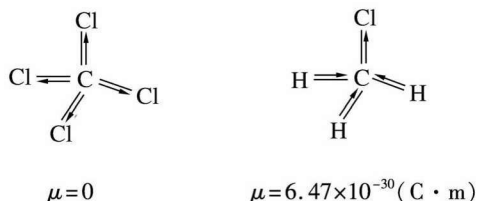
#### (4) 共价键的极性

两个相同原子形成的共价键(例如 H—H, Cl—Cl),电子云对称地分布在两个成键原子之间,这样的共价键没有极性,为非极性共价键。两个不相同原子形成的共价键,由于原子的电负性不同,即吸引电子的能力不同,成键电子云偏向电负性较大的原子,使之带有部分负电荷( $\delta^-$ ),电负性较小的原子带有部分正电荷( $\delta^+$ ),这种键具有极性,称作极性共价键,如 H—Cl。键的极性大小主要取决于成键两原子的电负性值之差,电负性差值越大,键的极性越大。

极性共价键的电荷分布是不均匀的,正电中心与负电中心不相重叠,构成了一个偶极。偶极矩值  $\mu$  等于正电中心(或负电中心)的电荷  $q$  与两个电荷中心之间的距离  $d$  的乘积,即  $\mu = q \times d$  (单位为德拜, C · m)。

在双原子分子中,键的偶极矩是分子的偶极矩。多原子分子的偶极矩是整个分子中各个

共价键偶极矩的矢量和,例如:



偶极矩为零的分子是非极性分子;且偶极矩越大,分子的极性越强。键的极性影响化学反应活性,分子的极性影响化合物的沸点、熔点和溶解度等性质。

#### 4) 有机反应中共价键的断裂和反应类型

共价键的断裂方式有两种,即均裂和异裂。均裂是键断裂后成键电子平均分布到两个原子或基团上,产生的具有未成对电子的原子或基团,称为自由基(或游离基)。发生共价键均裂的反应称为均裂反应,也称自由基型反应。产生均裂反应的条件是光照、加热等。



异裂是成键的一对电子完全被成键原子中的一个原子或基团所占据,形成正、负离子。发生共价键异裂的反应称为异裂反应,也称为离子型反应。异裂反应的发生条件除催化剂外,多数由于极性试剂的进攻或反应在极性溶剂中进行。

极性试剂分为亲电试剂和亲核试剂。反应过程中,亲电试剂获得电子形成共价键,如缺电子的正离子  $\text{H}^+$ 、 $\text{Cl}^+$ 、 $\text{Br}^+$  等,由亲电试剂首先进攻而引起的反应称为亲电反应。在反应过程中,如果试剂把电子给予与它反应的那个原子并与之共有形成化学键,这种试剂称为亲核试剂,例如富有电子的负离子  $\text{OH}^-$ 、 $\text{CN}^-$  或具有孤对电子的分子  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  等往往为亲核试剂,由亲核试剂首先进攻而引起的反应称为亲核反应。

### 1.3.3 有机化合物的表示方法

有机化合物的分子式表示分子中原子在数量上的关系,构造式表示分子中各原子的排列顺序和连接方式。

表 1.2 有机化合物常用结构表示方法

| 化合物  | 甲烷                                                                                          | 乙醇                                                                                                                                                          | 甲醚                                                                                                                                                                                  |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 分子式  | $\text{CH}_4$                                                                               | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$                                                                                                                              | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$                                                                                                                                                      |
| 构造简式 | $\text{CH}_4$                                                                               | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$                                                                                                                           | $\text{CH}_3\text{OCH}_3$                                                                                                                                                           |
| 构造式  | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\   \quad \quad   \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$ |



### 1.3.4 有机化合物的分类

#### 1) 根据碳骨架分类

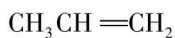
由碳原子彼此相互联结所形成的碳链或碳环称为碳骨架。

##### (1) 开链化合物

开链化合物中碳原子相互结合形成链状,两端张开不成环,也称脂肪族化合物。例如:



丙烷



丙烯



1-丁醇

##### (2) 碳环化合物

①脂环族化合物。碳原子连接成环,性质与开链化合物(脂肪族化合物)相似。例如:



环戊烷

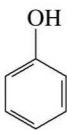


环己烯

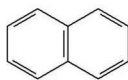
②芳香族化合物。分子中含有一个平面闭环共轭体系,其性质与脂肪族化合物有较大的区别。例如:



苯



苯酚



萘

③杂环化合物。环是由碳原子和其他非碳原子(如 O、N、S 等)组成的,非碳原子又称“杂”原子。例如:



呋喃

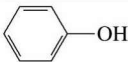


吡啶

#### 2) 根据官能团分类

官能团是有机物分子结构中具有反应活性,决定化合物主要化学性质的原子或基团。一般具有相同官能团的化合物,其化学性质基本相似。常见有机物官能团及其名称见表 1.3。

表 1.3 常见有机物的官能团及其名称

| 分 类 | 官能团                      | 官能团名称 | 举 例                                                                                 | 名 称 |
|-----|--------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 烯烃  | $\text{C}=\text{C}$      | 碳碳双键  | $\text{CH}_2=\text{CH}_2$                                                           | 乙烯  |
| 炔烃  | $\text{C}\equiv\text{C}$ | 碳碳叁键  | $\text{HC}\equiv\text{CH}$                                                          | 乙炔  |
| 卤代烃 | $-\text{X}$              | 卤原子   | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$                                                   | 溴乙烷 |
| 醇   | $-\text{OH}$             | 羟基    | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$                                                   | 乙醇  |
| 酚   | $-\text{OH}$             | 酚羟基   |  | 苯酚  |