

高职高专化学类教材

# 有 机 化 学

主 编 辛 颖

副主编 郑文华 韩 雯

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

有机化学 /辛颖主编. —北京 :中国建材工业出版社 ,  
2005.2

(高职高专化学类教材)

ISBN 7-80159-815-6

I. 有 ... II. 辛 ... III. 有机化学—高等学校 :技  
术学校—教材 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 006574 号

有机化学

主编 辛 颖

出版发行 : 中国建材工业出版社

地 址 : 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编 : 100044

经 销 : 全国各地新华书店

印 刷 : 北京鑫正大印刷有限公司

开 本 : 787mm×1092mm 1/16

印 张 : 12.5

字 数 : 307 千字

版 次 : 2005 年 2 月第 1 版

印 次 : 2005 年 2 月第 1 次

定 价 : 19.00 元

---

网上书店 : [www.ecool100.com](http://www.ecool100.com)

本书如出现印装质量问题 , 由我社发行部负责调换。联系电话 : (010) 88386904

# 前 言

本教材是根据教育部有关高职高专教材建设精神,按照国家教委组织修订的“高等学校工程专科有机化学课程教学基本要求”编写的。

本书在编写中本着“实用、实际、实践”的原则,突出高等专科学校的教学特点,注重理论联系实际,力求做到理论知识方面以“必需”、“够用”为度,体现应用性的特色。

全书由16章构成,分别介绍了烷烃、烯烃、炔烃的通式、结构、命名、物理性质、化学性质、来源及用途;二烯烃、脂环烃、芳香烃、卤代烃的通式、分类、物理性质、化学性质等;醇、酚、醚、醛、酮的结构、分类、命名、物理性质、化学性质;羧酸及其衍生物,含氮化合物,杂环化合物,对映异构,含硫、含磷有机化合物,碳水化合物、氨基酸和蛋白质等内容。

全书有以下几个特点:

1. 以能力培养为主线的教学思想贯穿于全书。着重以应用、鉴别有机化合物的能力训练为目的,突出理论联系实际原则,淡化理论知识的系统性,强调理论知识的针对性。

2. 贴近生产、生活,激发学生学习的兴趣和求知欲望。

3. 注重对学生创新能力的培养,扩展学生的知识面。

本书由天津城市建设学院高职学院辛颖担任主编,河北沧州职业技术学院郑文华、天津城市建设学院高职学院韩雯担任副主编。天津城市建设学院高职学院辛颖、韩雯、雷宝莲、范二华、王建刚、樊雪编写第1章~第8章;河北沧州职业技术学院郑文华、王志义、王景慧、刘英梅编写第9章~第16章。全书由辛颖统稿、定稿。

编者

2004年11月

# 目 录

## 第 1 章 绪 论

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1.1 有机化合物与有机化学 .....    | (1) |
| 1.2 有机化合物的特点 .....      | (1) |
| 1.2.1 物理性质 .....        | (1) |
| 1.2.2 化学性质 .....        | (2) |
| 1.3 有机化合物的共价键 .....     | (2) |
| 1.3.1 共价键的属性 .....      | (3) |
| 1.3.2 共价键的断裂和反应类型 ..... | (4) |
| 1.4 有机化合物的分类与命名 .....   | (5) |
| 1.4.1 有机化合物的分类 .....    | (5) |
| 1.4.2 有机化合物命名法概述 .....  | (6) |
| 1.5 学习有机化学的方法 .....     | (8) |

## 第 2 章 烷 烃

|                      |      |
|----------------------|------|
| 2.1 烷烃的通式和同系列 .....  | (9)  |
| 2.2 烷烃的结构 .....      | (9)  |
| 2.3 烷烃的同分异构和命名 ..... | (10) |
| 2.3.1 烷烃的同分异构 .....  | (10) |
| 2.3.2 烷烃的命名 .....    | (11) |
| 2.4 烷烃的物理性质 .....    | (12) |
| 2.5 烷烃的化学性质 .....    | (13) |
| 2.6 烷烃的来源与用途 .....   | (15) |
| 习题 .....             | (15) |

## 第 3 章 烯 烃

|                      |      |
|----------------------|------|
| 3.1 烯烃的通式和同分异构 ..... | (17) |
| 3.1.1 烯烃的通式 .....    | (17) |
| 3.1.2 烯烃的同分异构 .....  | (17) |
| 3.2 烯烃的结构 .....      | (18) |
| 3.3 烯烃的命名 .....      | (18) |
| 3.4 烯烃的物理性质 .....    | (20) |
| 3.5 烯烃的化学性质 .....    | (21) |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 3.5.1 加成反应.....           | (21) |
| 3.5.2 氧化反应.....           | (24) |
| 3.5.3 聚合反应.....           | (25) |
| 3.5.4 $\alpha$ -H 反应..... | (25) |
| 3.6 烯烃的来源和用途.....         | (26) |
| 习题 .....                  | (26) |

## 第 4 章 炔 烃

|                     |      |
|---------------------|------|
| 4.1 炔烃的通式和同分异构..... | (28) |
| 4.1.1 炔烃的通式.....    | (28) |
| 4.1.2 炔烃的同分异构.....  | (28) |
| 4.2 炔烃的结构.....      | (28) |
| 4.3 炔烃的命名.....      | (29) |
| 4.4 炔烃的物理性质.....    | (29) |
| 4.5 炔烃的化学性质.....    | (30) |
| 4.5.1 炔烃的加成反应.....  | (30) |
| 4.5.2 炔烃的氧化反应.....  | (32) |
| 4.5.3 炔烃的聚合反应.....  | (32) |
| 4.5.4 金属炔化物的生成..... | (33) |
| 4.6 炔烃的制法.....      | (34) |
| 习题 .....            | (34) |

## 第 5 章 二 烯 烃

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 5.1 二烯烃的通式.....           | (36) |
| 5.2 二烯烃的分类.....           | (36) |
| 5.3 二烯烃的命名.....           | (36) |
| 5.4 共轭二烯烃的结构与共轭效应.....    | (37) |
| 5.4.1 共轭二烯烃的结构.....       | (37) |
| 5.4.2 共轭效应.....           | (37) |
| 5.5 共轭二烯烃的化学性质.....       | (38) |
| 5.5.1 1,2-加成和 1,4-加成..... | (39) |
| 5.5.2 聚合反应.....           | (40) |
| 5.6 重要的共轭二烯烃.....         | (40) |
| 习题 .....                  | (41) |

## 第 6 章 脂 环 烃

|                      |      |
|----------------------|------|
| 6.1 脂环烃的分类.....      | (42) |
| 6.2 环烷烃的通式与同分异构..... | (42) |
| 6.3 脂环烃的命名.....      | (43) |

|                      |      |
|----------------------|------|
| 6.3.1 环烷烃的命名.....    | (43) |
| 6.3.2 不饱和脂环烃的命名..... | (43) |
| 6.4 环烷烃的结构.....      | (44) |
| 6.5 环烷烃的物理性质.....    | (44) |
| 6.6 环烷烃的化学性质.....    | (45) |
| 6.6.1 取代反应.....      | (45) |
| 6.6.2 加成反应.....      | (45) |
| 6.6.3 氧化反应.....      | (46) |
| 6.7 环烯烃的化学性质.....    | (46) |
| 习题 .....             | (47) |

## 第7章 芳香烃

|                        |      |
|------------------------|------|
| 7.1 芳香烃的分类.....        | (48) |
| 7.2 苯的结构.....          | (48) |
| 7.3 单环芳烃的同分异构和命名.....  | (49) |
| 7.3.1 单环芳烃的同分异构.....   | (49) |
| 7.3.2 单环芳烃的命名.....     | (50) |
| 7.4 单环芳烃的物理性质.....     | (52) |
| 7.5 单环芳烃的化学性质.....     | (53) |
| 7.5.1 苯环上的反应.....      | (53) |
| 7.5.2 侧链上的反应.....      | (57) |
| 7.6 苯环上亲电取代反应的规律.....  | (57) |
| 7.6.1 取代定位规律.....      | (57) |
| 7.6.2 定位规则在合成上的应用..... | (59) |
| 7.7 稠环芳烃.....          | (60) |
| 7.7.1 萘.....           | (60) |
| 7.7.2 蒽和菲.....         | (63) |
| 习题 .....               | (64) |

## 第8章 卤代烃

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 8.1 卤代烃的分类、同分异构与结构 ..... | (66) |
| 8.1.1 卤代烃的分类.....        | (66) |
| 8.1.2 卤代烃的同分异构.....      | (66) |
| 8.2 卤代烃的命名.....          | (66) |
| 8.2.1 普通命名法.....         | (66) |
| 8.2.2 系统命名法.....         | (67) |
| 8.3 卤代烷的物理性质.....        | (68) |
| 8.4 卤代烷的化学性质.....        | (68) |
| 8.4.1 取代反应.....          | (68) |

|       |                |      |
|-------|----------------|------|
| 8.4.2 | 消除反应.....      | (69) |
| 8.4.3 | 与金属镁的反应.....   | (69) |
| 8.5   | 亲核取代反应机理.....  | (70) |
| 8.6   | 卤代烯烃和卤代芳烃..... | (71) |
| 8.6.1 | 卤代烯烃和芳烃.....   | (71) |
| 8.6.2 | 卤代芳烃.....      | (72) |
| 8.7   | 重要的卤代烃.....    | (72) |
|       | 习题 .....       | (73) |

## 第9章 醇 酚 醚

|       |                    |      |
|-------|--------------------|------|
| 9.1   | 醇.....             | (74) |
| 9.1.1 | 醇的结构、分类与同分异构 ..... | (74) |
| 9.1.2 | 醇的命名.....          | (75) |
| 9.1.3 | 醇的物理性质.....        | (76) |
| 9.1.4 | 醇的化学性质.....        | (77) |
| 9.1.5 | 重要的醇.....          | (80) |
| 9.2   | 酚.....             | (82) |
| 9.2.1 | 酚的结构、分类和命名 .....   | (82) |
| 9.2.2 | 酚的物理性质.....        | (83) |
| 9.2.3 | 酚的化学性质.....        | (84) |
| 9.2.4 | 重要的酚.....          | (87) |
| 9.3   | 醚.....             | (89) |
| 9.3.1 | 醚的结构与分类.....       | (89) |
| 9.3.2 | 醚的命名.....          | (89) |
| 9.3.3 | 醚的物理性质.....        | (90) |
| 9.3.4 | 醚的化学性质.....        | (90) |
| 9.3.5 | 重要的醚.....          | (91) |
|       | 习题 .....           | (92) |

## 第10章 醛 和 酮

|        |                      |      |
|--------|----------------------|------|
| 10.1   | 醛、酮的结构.....          | (95) |
| 10.2   | 醛、酮的分类、同分异构与命名 ..... | (96) |
| 10.2.1 | 醛、酮的分类.....          | (96) |
| 10.2.2 | 醛、酮的同分异构.....        | (96) |
| 10.2.3 | 醛、酮的命名.....          | (96) |
| 10.3   | 醛和酮的物理性质 .....       | (98) |
| 10.3.1 | 物态 .....             | (98) |
| 10.3.2 | 沸点 .....             | (98) |
| 10.3.3 | 溶解性 .....            | (98) |

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| 10.3.4 | 相对密度 .....             | (98)  |
| 10.4   | 醛和酮的化学性质 .....         | (99)  |
| 10.4.1 | 羰基上的亲核加成反应 .....       | (99)  |
| 10.4.2 | $\alpha$ -氢原子的反应 ..... | (102) |
| 10.4.3 | 氧化反应 .....             | (103) |
| 10.4.4 | 还原反应 .....             | (104) |
| 10.5   | 重要的醛和酮 .....           | (105) |
| 10.5.1 | 甲醛 .....               | (105) |
| 10.5.2 | 乙醛 .....               | (106) |
| 10.5.3 | 丙酮 .....               | (106) |
|        | 习题 .....               | (107) |

## 第 11 章 羧酸及其衍生物

|        |                   |       |
|--------|-------------------|-------|
| 11.1   | 羧酸 .....          | (109) |
| 11.1.1 | 羧酸的结构与分类 .....    | (109) |
| 11.1.2 | 羧酸的命名 .....       | (109) |
| 11.1.3 | 羧酸的物理性质 .....     | (110) |
| 11.1.4 | 羧酸的化学性质 .....     | (112) |
| 11.1.5 | 重要的羧酸 .....       | (114) |
| 11.2   | 羧酸衍生物 .....       | (115) |
| 11.2.1 | 羧酸衍生物的结构与命名 ..... | (115) |
| 11.2.2 | 羧酸衍生物的物理性质 .....  | (116) |
| 11.2.3 | 羧酸衍生物的化学性质 .....  | (117) |
| 11.2.4 | 重要的羧酸衍生物 .....    | (120) |
|        | 习题 .....          | (122) |

## 第 12 章 含氮化合物

|        |                      |       |
|--------|----------------------|-------|
| 12.1   | 硝基化合物 .....          | (124) |
| 12.1.1 | 硝基化合物的结构、分类和命名 ..... | (124) |
| 12.1.2 | 硝基化合物的物理性质 .....     | (125) |
| 12.1.3 | 硝基化合物的化学性质 .....     | (125) |
| 12.1.4 | 重要的硝基化合物 .....       | (127) |
| 12.2   | 胺 .....              | (127) |
| 12.2.1 | 胺的结构与分类 .....        | (127) |
| 12.2.2 | 胺的命名 .....           | (128) |
| 12.2.3 | 胺的物理性质 .....         | (128) |
| 12.2.4 | 胺的化学性质 .....         | (129) |
| 12.2.5 | 重要的胺 .....           | (132) |
| 12.3   | 重氮化合物与偶氮化合物 .....    | (133) |

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| 12.3.1 | 重氮化合物与偶氮化合物的结构.....    | (133) |
| 12.3.2 | 重氮化合物和偶氮化合物的性质和应用..... | (134) |
| 12.4   | 腈.....                 | (136) |
| 12.4.1 | 腈的结构与命名.....           | (136) |
| 12.4.2 | 腈的物理性质.....            | (136) |
| 12.4.3 | 腈的化学性质.....            | (136) |
| 12.4.4 | 重要的腈——丙烯腈.....         | (136) |
| 习题     | .....                  | (137) |

## 第 13 章 杂环化合物

|        |                  |       |
|--------|------------------|-------|
| 13.1   | 杂环化合物的结构与分类..... | (139) |
| 13.1.1 | 杂环化合物的结构.....    | (139) |
| 13.1.2 | 杂环化合物的分类.....    | (140) |
| 13.2   | 杂环化合物的命名.....    | (140) |
| 13.3   | 杂环化合物的性质.....    | (142) |
| 13.3.1 | 亲电取代反应.....      | (142) |
| 13.3.2 | 加成反应.....        | (144) |
| 13.3.3 | 氧化反应.....        | (144) |
| 13.3.4 | 酸碱性.....         | (145) |
| 13.4   | 重要的杂环化合物.....    | (146) |
| 13.4.1 | 呋喃.....          | (146) |
| 13.4.2 | 糠醛.....          | (146) |
| 13.4.3 | 噻吩.....          | (147) |
| 13.4.4 | 吡咯.....          | (147) |
| 13.4.5 | 吡啶.....          | (148) |
| 习题     | .....            | (148) |

## 第 14 章 对映异构

|        |                           |       |
|--------|---------------------------|-------|
| 14.1   | 物质的旋光性和比旋光度.....          | (150) |
| 14.1.1 | 物质的旋光性.....               | (150) |
| 14.1.2 | 比旋光度.....                 | (150) |
| 14.2   | 分子的手性和对映异构.....           | (151) |
| 14.2.1 | 分子的手性和对映异构.....           | (151) |
| 14.2.2 | 对称因素.....                 | (152) |
| 14.3   | 含有一个手性碳原子的开链化合物的对映异构..... | (152) |
| 14.3.1 | 构型表示法.....                | (152) |
| 14.3.2 | 构型的标记.....                | (153) |
| 14.4   | 含有两个手性碳原子的开链化合物的对映异构..... | (154) |
| 14.4.1 | 含有两个不同手性碳原子的化合物.....      | (154) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 14.4.2 含有两个相同手性碳原子的化合物..... | (155) |
| 习题.....                     | (155) |

## 第 15 章 含硫、含磷有机化合物

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 15.1 有机硫化物.....             | (157) |
| 15.1.1 有机硫化物的结构、分类和命名 ..... | (157) |
| 15.1.2 硫醇和硫酚.....           | (160) |
| 15.1.3 硫醚.....              | (162) |
| 15.1.4 磺酸.....              | (165) |
| 15.1.5 含硫有机化合物的用途.....      | (169) |
| 15.2 含磷有机化合物.....           | (170) |
| 习题.....                     | (174) |

## 第 16 章 碳水化合物、氨基酸和蛋白质

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 16.1 碳水化合物.....         | (177) |
| 16.1.1 碳水化合物的定义与分类..... | (177) |
| 16.1.2 单糖.....          | (177) |
| 16.1.3 二糖.....          | (179) |
| 16.1.4 多糖.....          | (179) |
| 16.2 氨基酸.....           | (180) |
| 16.2.1 氨基酸的分类.....      | (180) |
| 16.2.2 氨基酸的命名.....      | (181) |
| 16.2.3 氨基酸的性质.....      | (182) |
| 16.3 蛋白质.....           | (183) |
| 16.3.1 蛋白质的组成.....      | (183) |
| 16.3.2 蛋白质的分类.....      | (183) |
| 16.3.3 蛋白质的结构.....      | (183) |
| 16.3.4 蛋白质的性质.....      | (185) |
| 习题.....                 | (185) |

|           |       |
|-----------|-------|
| 参考文献..... | (186) |
|-----------|-------|

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 有机化合物与有机化学

有机化学是研究有机化合物的化学,是化学的一个重要分支。有机化合物的主要特征是它们都含有碳原子,即都是碳的化合物,而有机化学就是研究碳化合物的化学。

最初人们将自然界的物质按其来源、组成和性质分为两大类,一类是无机化合物,另一类是有机化合物。把来源于无生命的矿物的化合物称为无机化合物或无机物,而把来源于有生命的动、植物的化合物称为有机化合物或有机物,认为有机化合物只能在有生机的生物体中制造得到。生物是具有生命力的,因此生命力的存在是制造或合成有机物质的必要条件(生命力学说)。1828年,哺乳动物新陈代谢的产物——尿素的人工合成,震惊了当时的科学界,使人们对“生命力学说”产生了怀疑。之后,又有许多化学家也成功地合成了许多其他有机化合物。事实证明在有机物和无机物之间根本不存在本质区别,有机化合物是可以从无机化合物合成出来的。在大量的科学事实面前,“生命力学说”彻底被人们摒弃了,此后,大量的有机化合物被合成,促进了这门学科的发展。

现在,“有机化学”和“有机化合物”这些名词的涵义已发生了变化,只是由于历史和习惯的缘故才沿用至今。绝大多数有机化合物除了含碳元素外,还含有氢、氧、氮、卤素等元素,其中尤以含碳、氢元素为众,因此,又将有机化合物定义为碳氢化合物及其衍生物,有机化学定义为研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

## 1.2 有机化合物的特点

有机物与无机物之间尽管不存在绝对的分界线,但是二者在物质结构、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。

### 1.2.1 物理性质

#### 1. 熔点、沸点较低

许多有机化合物在常温下是气体、液体,常温下为固体的有机化合物,其熔点也较低,一般不超过 $400^{\circ}\text{C}$ ,而无机化合物一般熔点较高,常常难以熔化,如氯化钠的熔点为 $800^{\circ}\text{C}$ 。这是因为有机物多属于分子晶体,聚集状态靠微弱的范德华力作用,这就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,微粒间的排列是靠离子间静电吸引作用,使其熔化所需能量就高得多。

#### 2. 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,而水是一种极

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。因此一般有机化合物难溶或不溶于水,而易溶于有机溶剂。

### 1.2.2 化学性质

#### 1. 容易燃烧

由于有机物大都含有碳、氢两种元素,因此大多数有机化合物容易燃烧,如汽油、油脂等。而大多数无机物都不能燃烧,如食盐、碳酸钙等都不能燃烧。过去人们常利用这一特点来区别有机化合物和无机化合物。

#### 2. 热稳定性差

一般有机化合物的热稳定性差,易受热分解。

#### 3. 反应速率慢

无机物的反应大多是离子反应,因此反应极为迅速,往往瞬间就可以完成,产物也较简单。而有机物的反应多数是分子间的反应,只有当分子达到一定能量时反应才能发生,因而需要一定的时间,反应速率较慢。

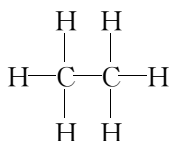
#### 4. 副反应多

有机分子的结构比较复杂,反应往往不是单一的,反应物之间同时并进若干不同的反应,可以得到几种产物。一般把某一特定反应条件下主要进行的一个反应叫做主反应,其他的反应叫做副反应。

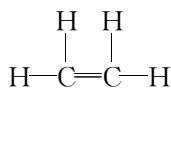
## 1.3 有机化合物的共价键

有机化合物的性质取决于有机化合物的结构。要说明碳化合物的结构,必须首先讨论碳化合物中普遍存在的共价键。

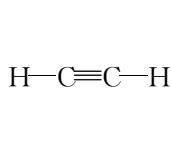
碳原子位于元素周期表的第二周期第ⅣA族。碳原子在周期表中的特殊位置,决定了碳原子是四价,并可以相互连接成碳链,也可以由碳链首尾相连形成碳环。碳原子也可以碳碳单键(C—C)、碳碳双键(C=C)或碳碳叁键(C≡C)的方式相互连接。例如:



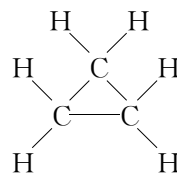
乙烷  
碳碳单键



乙烯  
碳碳双键



乙炔  
碳碳三键



环丙烷  
碳环

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,表示为“—”。两个原子各有两个或三个未成键的电子相互配对,形成的共价键分别称为双键或叁键。

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。

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。而原子轨道中除了s轨道呈球形对称外,其余的p、d、f轨道都有着一定的空间伸展方向,原子轨道必须在

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,因此共价键有方向性。

以 H 原子和 Cl 原子形成 HCl 分子为例(图 1-1)。H 原子轨道与 Cl 原子轨道沿  $x$  轴方向能有最大重叠,可以成键,形成稳定的 HCl 分子;若沿其他方向重叠,则重叠较少或不能重叠,因此不能成键。

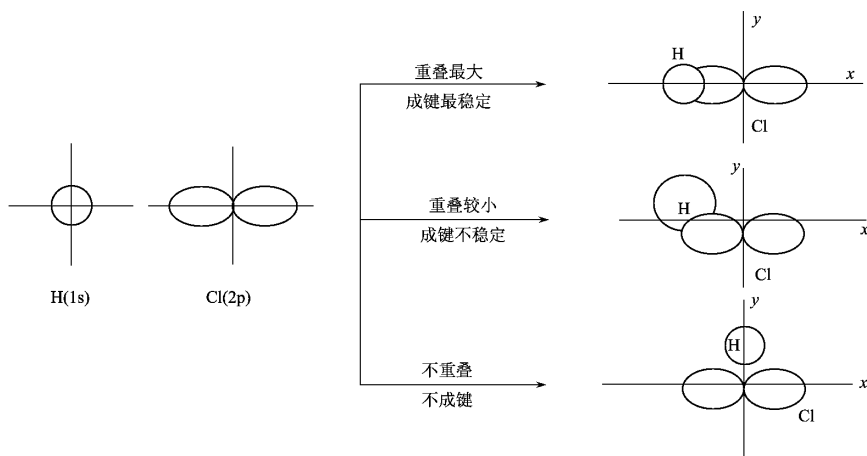


图 1-1 s 和 p 电子原子轨道的三种重叠情况

### 1.3.1 共价键的属性

键长、键角、键能以及键的极性,都是共价键表现出来的性质,这些表征化学键性质的物理量,统称为共价键的属性。

#### 1. 键长

形成共价键的两个原子的核间距离称为键长。表 1-1 给出一些常见共价键的键长。

表 1-1 常见共价键的键长和键能

| 共价键 | 键长 /nm | 键能 $kJ \cdot mol^{-1}$ | 共价键  | 键长 /nm | 键能 $kJ \cdot mol^{-1}$ |
|-----|--------|------------------------|------|--------|------------------------|
| 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,因此任何一个两价以上的原子,与其他原子所形成的两个共价键之间都有一个夹角,这个夹角就叫做键角。键角反应了分子的空间结构。

#### 3. 键能

由原子形成共价键所放出的能量,或共价键断裂成两个原子所吸收的能量叫做键能。气态的双原子分子键能也是键的离解能,多原子分子的键能则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如下:



而甲烷分子中 C—H 键的键能为  $(435.1 + 443.5 + 443.5 + 338.9) / 4 = 415.3 \text{ kJ/mol}$  ,可见多原子分子中 ,键能和键的离解能不同。

键能是化学键强度的主要标志 ,键能越大 ,键越牢固 ,分子越稳定。常见共价键键能见表 1-1。

#### 4. 键的极性

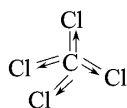
相同的两个原子形成的共价键(例如 H—H、Cl—Cl) ,电子云对称分布于两个原子之间 ,这样的共价键没有极性 ,称为非极性共价键。而两个不同的原子形成的共价键 ,由于两原子的电负性不同 ,即吸引电子的能力不同 ,成键电子云偏向电负性较大的原子 ,使之带有部分负电荷(用  $\delta^-$  表示) ,与之相连的原子则带有部分正电荷(用  $\delta^+$  表示) ,这样的键具有极性 ,称为极性共价键 ,如 HCl、 $\text{CH}_3\text{Cl}$  等。电负性相差越大 ,共价键的极性越大。常见元素的电负性值列于表 1-2 中。

表 1-2 常见元素的电负性值

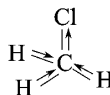
| 元 素 | 电负性值 | 元 素 | 电负性值 | 元 素 | 电负性值 |
|-----|------|-----|------|-----|------|
| H   | 2.2  | F   | 4.0  | Cl  | 3.0  |
| C   | 2.5  | Si  | 1.9  | Br  | 2.9  |
| N   | 3.0  | P   | 2.2  | I   | 2.6  |
| O   | 3.5  | S   | 2.5  |     |      |

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 ,这就构成了一个偶极。偶极矩  $\mu$  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  $\mu = qd$  (单位为  $\text{C} \cdot \text{m}$ )。偶极矩有方向性 ,用符号  $\rightarrow$  表示 ,从正电荷指向负电荷。

对双原子分子 ,键的偶极矩即是分子的偶极矩。但多原子分子的偶极矩则是整个分子中各个共价键偶极矩的矢量和 ,例如 :



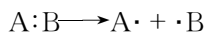
$$\mu = 0$$



$$\mu = 6.47 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$$

#### 1.3.2 共价键的断裂和反应类型

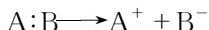
有机化合物发生化学反应时 ,总是伴随着一部分共价键的断裂和新的共价键的生成。共价键的断裂有两种方式。一种是形成共价键的两个电子平均分布到两个成键原子或基团 ,这种断裂方式称为均裂。



均裂产生具有未成对电子的原子或原子团 ,即自由基(游离基) ,它是电中性的。发生共价

键均裂的反应称为均裂反应,也称为自由基型反应。

共价键的另一种断裂方式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,这种断裂方式称为异裂。



发生共价键异裂的反应称为异裂反应,也称为离子型反应。

## 1.4 有机化合物的分类与命名

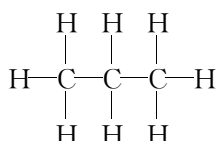
### 1.4.1 有机化合物的分类

有机化合物的分类方法一般有两种:

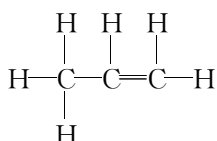
#### 1. 按碳骨架分类

按碳骨架通常把有机化合物分为三大类。

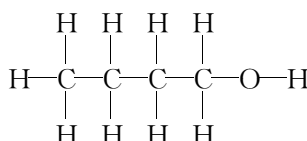
(1)开链化合物(脂肪族化合物) 分子中碳原子间相互结合而成碳链,不成环状。例如:



丙烷



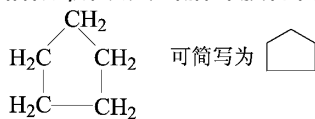
丙烯




1-丁醇

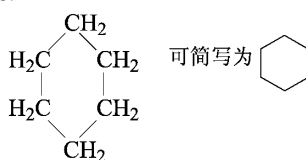
(2)碳环化合物 分子中具有由碳原子连接而成的环状结构。碳环化合物又可分为两类:


①脂环族化合物 这类化合物可以看作是由开链化合物连接闭合成环而得。其性质和脂肪族化合物相似,所以又叫脂环族化合物。例如:



可简写为 

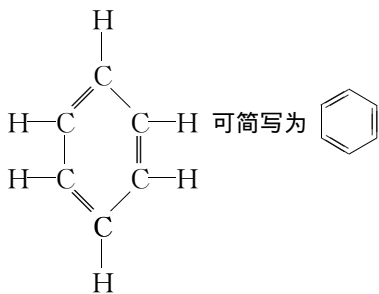
环戊烷




可简写为 

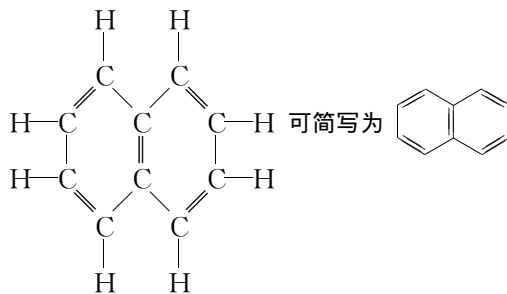
环己烷

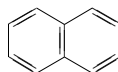
②芳香族化合物 这类化合物具有由碳原子连接而成的特殊环状结构,使它们具有一些特殊的性质。例如:



可简写为 

苯

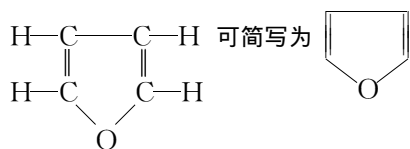


可简写为 

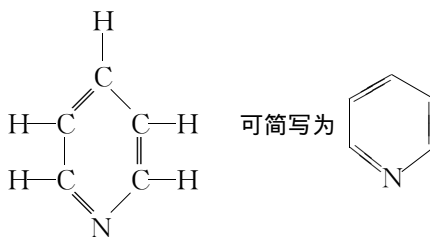
萘

(3)杂环化合物 这类化合物也具有环状结构,但是这种环是由碳原子和其他原子如氧、

硫、氮等共同组成的。例如：



呋喃



吡啶

## 2. 按官能团分类

官能团是指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。一般说来具有相同官能团的化合物在化学性质上是基本相同的。通常按官能团分类的方法研究有机化合物。表 1-3 列出了常见有机物的官能团及其名称。

表 1-3 常见有机物的官能团及其名称

| 有机物类  | 官能团结构                               | 官能团名称 | 实 例   |
|-------|-------------------------------------|-------|---|
| 烯烃    |                                     | 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   | $-\text{X}$                         | 卤基    | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ 氯乙烷                             |
| 醇     | $-\text{OH}$                        | 醇羟基   | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 乙醇                              |
| 酚     | $-\text{OH}$                        | 酚羟基   | $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 苯酚                                |
| 醚     | $-\text{O}-$                        | 醚键    | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ 乙醚                    |
| 醛     |                                     | 醛基    | 乙醛  |
| 酮     |                                     | 羰基    | 丙酮  |
| 羧酸    |                                     | 羧基    | $\text{CH}_3\text{C}-\text{OH}$ 乙酸                                |
| 硝基化合物 | $-\text{NO}_2$                      | 硝基    | $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ 硝基苯                             |
| 胺     | $-\text{NH}_2$                      | 氨基    | $\text{CH}_3\text{NH}_2$ 甲胺                                       |
| 腈     | $-\text{CN}$                        | 氰基    | $\text{CH}_3\text{CN}$ 乙腈   |
| 重氮化合物 | $-\text{N}^+-\text{N}^--\text{X}^-$ | 重氮基   | $\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}^+-\text{N}^-\text{Cl}^-$ 氯化重氮苯     |
| 偶氮化合物 | $-\text{N}=\text{N}-$               | 偶氮基   | $\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$ 偶氮苯 |
| 磺酸    | $-\text{SO}_3\text{H}$              | 磺酸基   | $\text{C}_6\text{H}_5-\text{SO}_3\text{H}$ 苯磺酸                    |

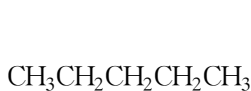
### 1.4.2 有机化合物命名法概述

有机化合物的命名大致有四种方法。

#### 1. 普通命名法

普通命名法是一种历史逐渐形成并一直沿用至今的对那些结构简单化合物进行命名的常

用方法,用甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸等十个天干数字表示十个以下碳原子的数目,十个以上碳原子数目用十一、十二、十三……中文数字表示,用烃去掉一个氢原子表示烷基,用正、异、新、伯、仲、叔表示三种碳架形式和同分异构体等方法来命名。例如:



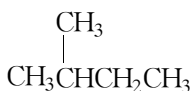
正戊烷



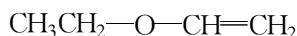
二乙酮



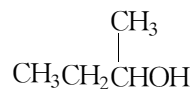
伯丁醇



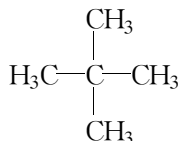
异戊烷



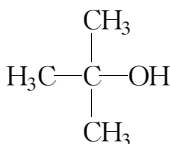
乙基乙烯基醚



仲丁醇



新戊烷



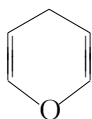
叔丁醇

## 2. 系统命名法

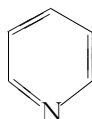
系统命名法是国际纯粹化学和应用化学联合会(IUPAC)1979年公布的统一命名原则,中国化学会结合我国的文字特点进行了增补修订,其命名方法概括为:第一步,选主要官能团;第二步,定主链位次;第三步,确定取代基,有两个以上不同取代基时,则要列出取代基顺序;第四步,写出该化合物分子的名称。对某些有机化合物的命名,像链烷烃,也可直接进入第二步。

## 3. 音译名

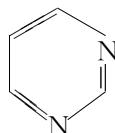
少数有机化合物的名称是从英文直译而来的,它们大都属杂环化合物。例如:



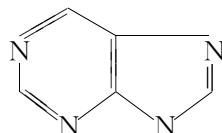
吡喃  
(pyran)



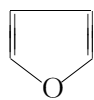
吡啶  
(pyridine)



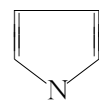
嘧啶  
(pyrimidine)



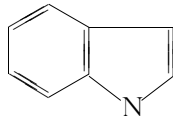
嘌呤  
(purine)



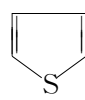
呋喃  
(furan)



吡咯  
(pyrrole)



吲哚  
(indole)



噻吩  
(thiophene)

这些化合物在编号时,以杂原子为1,使取代基编号最小,如果含有多个杂原子,则应按O、S、N的顺序依次编号。有些较复杂的杂环化合物也有固定的编号。

## 4. 俗名及习惯命名法

有些化合物是根据来源、功能或特性而命名的,特别是一些天然有机化合物,常用这种命名方式。如酒精(乙醇)、甘油(丙三醇)、肌醇(环己六醇)、茴香醇(对甲氧基苯甲醇)、蚁酸(甲酸)、醋酸(乙酸)、富马酸(反丁烯二酸)、乳酸(2-羟基丙酸)、琥珀酸(丁二酸)、尿素(碳酸二胺)等等。