

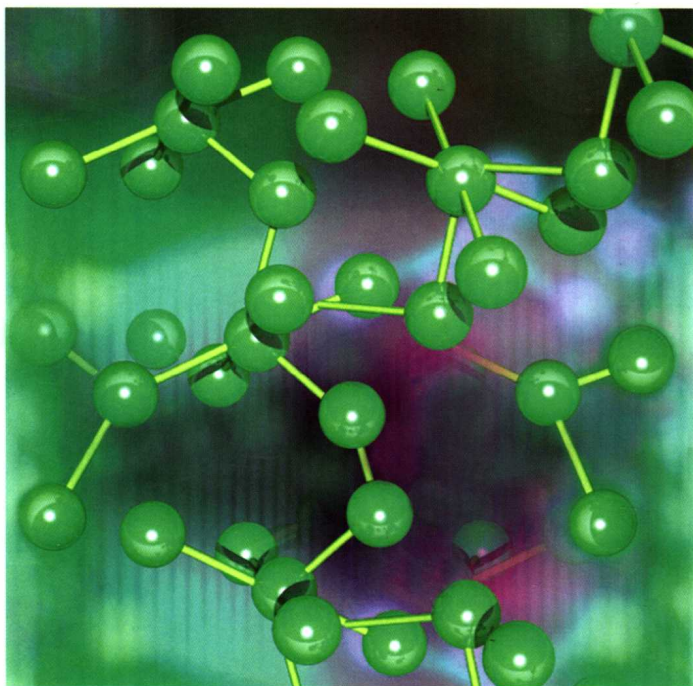
GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

• 高等职业教育教材 •

# 有机化学

YOUJI HUAXUE

刘用成 主编



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

高等职业教育教材

# 有 机 化 学

刘用成 主 编

刘用成 张奇志 腾汉强 编



中国轻工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

有机化学/刘用成主编. —北京: 中国轻工业出版社,  
2003. 9

高等职业教育教材

ISBN 7-5019-3998-5

I. 有… II. 刘… III. 食品化学: 有机化学-高等  
学校: 技术学校-教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 046640 号

责任编辑: 沈力匀 王 淳

策划编辑: 沈力匀 责任终审: 滕炎福 封面设计: 王 欣

版式设计: 王 欣 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京工大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 11.875

字 数: 250 千字

书 号: ISBN 7-5019-3998-5/TQ·274

定 价: 20.00 元

读者服务部电话(咨询): 010—88390691 88390105 传真: 88390106

(邮购): 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—65128898

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部(邮购)联系调换

30341J1X101ZBW

## 前 言

食品生物工程专业，是为食品生物工程行业培养人才的专业。按我国现行的行业分类，食品生物工程行业涵盖了食品制造与加工业（包括粮食、植物油、屠宰和肉类、蛋品、乳品、水产品、食盐 7 个加工业和制糖、罐头食品、糕点、糖果、食品添加剂、调味品及其他食品 7 个制造业）、饮料制造业（包括饮料酒、酒精、无酒精饮料、茶和其他饮料 5 个制造业）、烟草加工业（包括烟叶复烤业、卷烟制造业和其他烟草加工业）以及采盐业（包括海盐业、湖盐业、井盐业、矿盐业）等 4 个大类行业或 25 个中类行业。这也就是有些人称之的“大食品”概念。这些行业对有机化学知识的要求基本差不多，所以本书适用于高职食品生物工程专业作基础课教学用书，也可供相关专业作教材用书和技术人员的学习与参考。

本书编写主要突出以下两点：

(1) 突出实用性，体现“必需，够用”原则。本书编写的内容紧密结合食品生物工程专业要求，强化与后续课程的衔接及专业需要。适当淡化了一些理论性较深和适用性不强的内容，降低了起点和难度，使学生容易理解和掌握。比如有机分子的构象异构，基本上只在概论中稍微提及，使学生有这么一点常识，又如一些化学反应的机理，我们也没有去深入的讨论。但对一些常识性的基础知识，与专业密切相关的内容则浓墨重彩，真正体现“实用为主，够用为度，应用为本”的要求。

(2) 条理性比较强，便于教学。本书在内容编排上按脂肪烃、碳环烃、烃的各类衍生物、天然有机化合物这样一个系统，各章节基本上是按概述、物理性质、化学性质、在食品生物行业中的应用这样一个层次进行阐述。做到条理清晰、层次分明。使教师便于组织教学，学生便于巩固复习。并且每章有小结，也编写了适量的练

习题，在书后还附有部分习题的参考答案，更方便了学生复习与自学。

另外有两点做一说明：①“有机化学概论”之所以用较大篇幅，其目的是想通过本章教学，使学生首先建立起学习有机化学的框架。其中“有机化学结构”一节，对于五年制的高职生难度可能稍大了一点，但为后面的学习奠定了一定基础。教师教学时若有困难，可斟酌取舍。“有机化合物的命名”似乎与后有重复，但在这里只是向学生介绍了有哪几种命名方法的常识而已，与后面各类化合物的命名并不重复。②有机化合物的命名、理化性质、物质的分离、鉴别及与后续课程和专业课程相关的知识，应作为本书的重点，且在教学时希与相关教师沟通，在内容上可做适当增删。

参加本书编写的有广东农工商职业技术学院张奇志（第二章、第三章）、杨君（第十章、第十一章）、刘用成（第一章）、江苏食品职业技术学院滕汉强（第五章、第六章）、广西轻工业学院陈少东（第七章、第八章、第九章）、山东淄博职业技术学院刘爱月（第四章、第十二章）。张奇志、滕汉强任副主编，张奇志还参加了统稿工作。湖南科技职业学院袁玉操副教授任主审，刘用成副教授任主编并统稿。

本书在编写过程中，得到了广东农工商职业技术学院有关院、系领导及其他参编学校的大力支持，特别是中国轻工出版社沈力匀编辑更是给予了许多帮助，编者在此一并表示衷心感谢。

由于编写的时间太仓促，编者水平也有限，错漏之处，诚望读者批评指正。

编者

2003年8月

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第一章 有机化学概论.....          | 1  |
| 第一节 有机化合物与有机化学.....      | 1  |
| 一、有机化合物 .....            | 1  |
| 二、有机化合物的天然来源 .....       | 2  |
| 三、有机化学 .....             | 2  |
| 第二节 有机化合物的结构.....        | 3  |
| 一、化学键 .....              | 3  |
| 二、共价键的物理量 .....          | 4  |
| 三、分子间的作用力 .....          | 9  |
| 四、有机化合物构造式的表示方法 .....    | 10 |
| 五、有机化合物分子的结构与异构现象 .....  | 12 |
| 第三节 有机化合物的特点 .....       | 19 |
| 一、物理性质 .....             | 19 |
| 二、化学性质 .....             | 20 |
| 第四节 有机化合物的分类与命名 .....    | 21 |
| 一、有机化合物的分类 .....         | 21 |
| 二、有机化合物命名法概述 .....       | 24 |
| 第五节 有机化学反应的类型 .....      | 25 |
| 一、自由基反应 .....            | 25 |
| 二、离子型反应 .....            | 26 |
| 三、周环反应 .....             | 27 |
| 第六节 学习有机化学的方法 .....      | 27 |
| 一、善于抓主要矛盾,善于解决主要矛盾 ..... | 28 |
| 二、寻找学习规律,掌握学习规律 .....    | 28 |
| 三、勤于思考,多做练习 .....        | 28 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 四、注重实践, 重视实验 .....       | 29 |
| 五、明确学习目的, 自觉培养学习兴趣 ..... | 29 |
| 本章小结 .....               | 29 |
| 习题 .....                 | 31 |
| <b>第二章 脂肪烃</b> .....     | 34 |
| 第一节 饱和脂肪烃(烷烃) .....      | 34 |
| 一、概述 .....               | 34 |
| 二、烷烃的命名 .....            | 39 |
| 三、物理性质 .....             | 44 |
| 四、化学性质 .....             | 45 |
| 五、自然界的烷烃与用途 .....        | 47 |
| 第二节 烯烃 .....             | 48 |
| 一、概述 .....               | 48 |
| 二、物理性质 .....             | 53 |
| 三、化学性质 .....             | 54 |
| 四、制备及应用 .....            | 61 |
| 第三节 炔烃 .....             | 62 |
| 一、概述 .....               | 62 |
| 二、物理性质 .....             | 64 |
| 三、化学性质 .....             | 65 |
| 四、制备与应用 .....            | 67 |
| 第四节 二烯烃 .....            | 68 |
| 一、概述 .....               | 68 |
| 二、共轭二烯烃的化学性质 .....       | 70 |
| 三、重要的共轭二烯烃 .....         | 72 |
| 本章小结 .....               | 72 |
| 习题 .....                 | 75 |
| <b>第三章 碳环烃</b> .....     | 80 |
| 第一节 脂环烃 .....            | 80 |
| 一、概述 .....               | 80 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 二、环烷烃的结构和构象 .....       | 83  |
| 三、环烷烃的理化性质 .....        | 84  |
| 第二节 芳香烃 .....           | 87  |
| 一、概述 .....              | 87  |
| 二、苯及苯的同系物 .....         | 88  |
| 三、物理性质 .....            | 91  |
| 四、化学性质 .....            | 92  |
| 五、芳烃环上取代基的定位规则 .....    | 98  |
| 六、稠环芳烃 .....            | 102 |
| 本章小结 .....              | 107 |
| 习题 .....                | 109 |
| 第四章 烃的含卤衍生物 (卤代烃) ..... | 113 |
| 第一节 概述 .....            | 113 |
| 一、卤代烃的结构与同分异构 .....     | 113 |
| 二、卤代烃的分类 .....          | 114 |
| 三、卤代烃的命名 .....          | 115 |
| 第二节 卤代烃的性质 .....        | 116 |
| 一、物理性质 .....            | 116 |
| 二、化学性质 .....            | 117 |
| 三、主要代表物及用途 .....        | 121 |
| 本章小结 .....              | 123 |
| 习题 .....                | 125 |
| 第五章 烃的含氧衍生物 (一) .....   | 128 |
| 第一节 醇 .....             | 128 |
| 一、概述 .....              | 128 |
| 二、醇的物理性质 .....          | 130 |
| 三、醇的化学性质 .....          | 132 |
| 四、主要代表物及用途 .....        | 140 |
| 第二节 酚 .....             | 143 |
| 一、概述 .....              | 143 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、物理性质 .....          | 144 |
| 三、化学性质 .....          | 145 |
| 四、主要代表物及用途 .....      | 149 |
| 第三节 醛和酮 .....         | 152 |
| 一、概述 .....            | 152 |
| 二、醛、酮的物理性质 .....      | 156 |
| 三、醛、酮的化学性质 .....      | 157 |
| 四、主要代表物及用途 .....      | 166 |
| 本章小结 .....            | 171 |
| 习题 .....              | 173 |
| 第六章 烃的含氧衍生物 (二) ..... | 178 |
| 第一节 羧酸 .....          | 178 |
| 一、概述 .....            | 178 |
| 二、羧酸的物理性质 .....       | 180 |
| 三、羧酸的化学性质 .....       | 181 |
| 四、主要代表物及用途 .....      | 183 |
| 第二节 羧酸衍生物 .....       | 187 |
| 一、概述 .....            | 187 |
| 二、物理性质 .....          | 188 |
| 三、化学性质 .....          | 189 |
| 第三节 取代酸 .....         | 192 |
| 一、概述 .....            | 192 |
| 二、羟基酸 .....           | 193 |
| 三、羧基酸 .....           | 196 |
| 四、主要代表物及用途 .....      | 199 |
| 本章小结 .....            | 202 |
| 习题 .....              | 203 |
| 第七章 烃的含氮化合物 .....     | 206 |
| 第一节 硝基化合物 .....       | 206 |
| 一、概述 .....            | 206 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、物理性质 .....          | 207 |
| 三、化学性质 .....          | 207 |
| 第二节 胺类化合物 .....       | 209 |
| 一、概述 .....            | 209 |
| 二、物理性质 .....          | 211 |
| 三、化学性质 .....          | 212 |
| 第三节 重氮和偶氮化合物 .....    | 217 |
| 一、重氮化合物 .....         | 218 |
| 二、偶氮化合物 .....         | 221 |
| 第四节 其他含氮化合物 .....     | 226 |
| 一、尿素与硫脲 .....         | 226 |
| 二、胍 .....             | 228 |
| 三、胍和异脲 .....          | 229 |
| 本章小结 .....            | 230 |
| 习题 .....              | 232 |
| 第八章 烃的含硫、含磷化合物 .....  | 234 |
| 第一节 含硫化合物 .....       | 234 |
| 一、概述 .....            | 234 |
| 二、硫醇、硫醚、硫酚、二硫化物 ..... | 235 |
| 三、磺酸 .....            | 238 |
| 四、离子交换树脂 .....        | 239 |
| 五、磺胺类药物 .....         | 241 |
| 第二节 含磷有机化合物 .....     | 242 |
| 一、一般含磷有机物 .....       | 242 |
| 二、有机磷农药 .....         | 245 |
| 本章小结 .....            | 247 |
| 习题 .....              | 247 |
| 第九章 杂环化合物 .....       | 249 |
| 第一节 概述 .....          | 249 |
| 一、分类 .....            | 249 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 二、命名 .....                    | 250 |
| 第二节 重要杂环化合物的结构和性质 .....       | 251 |
| 一、呋喃、噻吩、吡咯 .....              | 251 |
| 二、 $\alpha$ -呋喃甲醛 .....       | 254 |
| 三、吡啶 .....                    | 255 |
| 第三节 主要代表物及用途 .....            | 258 |
| 一、叶绿素、血红素 .....               | 258 |
| 二、吡啶、维生素 B <sub>6</sub> ..... | 260 |
| 三、维生素 B <sub>1</sub> .....    | 261 |
| 四、吡啶 .....                    | 261 |
| 五、花色素 .....                   | 262 |
| 六、维生素 B <sub>2</sub> .....    | 262 |
| 七、生物碱 .....                   | 263 |
| 本章小结 .....                    | 265 |
| 习题 .....                      | 266 |
| 第十章 糖类 .....                  | 268 |
| 第一节 单糖 .....                  | 269 |
| 一、概述 .....                    | 269 |
| 二、物理性质 .....                  | 275 |
| 三、化学性质 .....                  | 275 |
| 四、主要代表物及用途 .....              | 280 |
| 第二节 双糖 .....                  | 282 |
| 一、非还原性双糖 .....                | 282 |
| 二、还原性双糖 .....                 | 283 |
| 第三节 多糖 .....                  | 286 |
| 一、淀粉 .....                    | 286 |
| 二、糖元 .....                    | 290 |
| 三、纤维素 .....                   | 290 |
| 四、半纤维素 .....                  | 292 |
| 五、果胶 .....                    | 293 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 本章小结.....                   | 294        |
| 习题.....                     | 295        |
| <b>第十一章 氨基酸、蛋白质和核酸.....</b> | <b>298</b> |
| 第一节 氨基酸.....                | 298        |
| 一、概述 .....                  | 298        |
| 二、氨基酸的性质 .....              | 302        |
| 三、氨基酸的营养及在食品加工中的作用 .....    | 306        |
| 第二节 蛋白质.....                | 307        |
| 一、化学组成 .....                | 307        |
| 二、分类 .....                  | 308        |
| 三、结构 .....                  | 309        |
| 四、性质 .....                  | 312        |
| 第三节 核酸.....                 | 317        |
| 一、组成 .....                  | 318        |
| 二、结构 .....                  | 320        |
| 三、性质 .....                  | 323        |
| 本章小结.....                   | 325        |
| 习题.....                     | 326        |
| <b>第十二章 类脂化合物.....</b>      | <b>329</b> |
| 第一节 脂肪.....                 | 329        |
| 一、脂肪的化学组成和结构 .....          | 329        |
| 二、脂肪酸 .....                 | 330        |
| 三、脂肪的性质 .....               | 331        |
| 第二节 磷脂.....                 | 335        |
| 一、概述 .....                  | 335        |
| 二、理化性质 .....                | 336        |
| 三、主要代表物及用途 .....            | 337        |
| 四、磷脂在细胞中的分布和功能 .....        | 340        |
| 第三节 表面活性剂和乳化剂.....          | 341        |
| 一、表面活性剂 .....               | 341        |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 二、乳化剂 .....      | 343 |
| 第四节 萜类化合物.....   | 345 |
| 一、概述 .....       | 345 |
| 二、主要代表物及用途 ..... | 346 |
| 第五节 甾体化合物.....   | 350 |
| 一、概述 .....       | 350 |
| 二、主要代表物及用途 ..... | 350 |
| 本章小结.....        | 353 |
| 习题.....          | 355 |
| 部分参考答案.....      | 357 |
| 参考书目.....        | 365 |

# 第一章 有机化学概论

## 第一节 有机化合物与有机化学

### 一、有机化合物

有机化合物简称有机物。在人类的生产和生活中应用已经有很悠久的历史了。早在公元前 2000 多年，我国劳动人民就会酿酒，据我国《周礼》记载，当时就设有管理染织、酿酒、制糖工艺的专吏。至于利用和加工粮食、油脂、棉、麻、丝、毛等的历史就更早了。但有机化合物名词的出现，直到 18 世纪末，法国化学家拉瓦锡（Lavoisier A. L）首先将动植物体内来源的化合物定义为“有机化合物”。1806 年瑞典化学家贝采利乌斯（Berzelius J. J）进一步明确地提出“从有生命的动植物体内得到的化合物为有机化合物”，并且认为“在动植物体内的生命力影响下才能形成有机化合物，在实验室内是无法合成的”。限于当时人们对生命现象的本质缺乏认识，而给有机化合物赋予了是“生命力”所创造的神秘色彩。随着科学技术的发展，通过对有机物结构的研究发现，所有的有机化合物都含有碳原子，绝大多数有机物还含有氢。所以，化学家们把有机化合物定义为含碳化合物或碳氢化合物，把碳氢化合物中的氢原子被其他原子或基团替代后的化合物称为碳氢化合物的衍生物。因此，有机化合物又称碳氢化合物及其衍生物。

我们不但早已能从生物体中提取有机化合物，也能用人工方法合成各种各样的有机物。现代人们的日常生活和生产活动已离不开人工合成的各种有机化合物了，有机化合物是“生命力”所创造的神秘涵义早已变化，但“有机”的名称仍然被习惯地沿用了下来。

## 二、有机化合物的天然来源

有机化合物的天然来源主要是：天然气、石油、煤炭及农副产品等，通过这些有机化合物可分离或提炼出化学工业所需的基础原料，如：甲烷、乙烷、乙烯、苯、甲苯等。我国的天然气、石油和煤炭资源都比较丰富，为化学工业的发展奠定了物质基础。

我国是个农业大国，也是个海域辽阔、江河湖泊星罗棋布的國家，每年生产出大量的粮食和农副产品、水产品和畜产品。这些天然的有机物，为食品生物工程行业的发展，提供了可靠的原料保障。

天然有机物的提取具有广阔的天地，但这些物质的提取都需要一定的有机化学知识作基础。

## 三、有机化学

19 世纪中叶，有机化学已经成为一门独立的学科，它是一门研究碳氢化合物及其衍生物的化学，是研究有机化合物的组成、结构、性质、用途及其变化规律的自然科学。但是  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CS}_2$ 、 $\text{HOCN}$ 、 $\text{HCN}$ 、 $\text{HSCN}$  及碳酸盐等仍被看做无机化合物，在无机化学中加以研究。

有机化学作为一门完整的自然学科，它的主要研究任务有：

第一，分离、提取自然界存在的各种有机物，测定它们的结构，分析它们的性质，以便为人类服务。例如，从榨油的大豆饼中提取物美价廉的大豆磷脂，为食品工业提供了安全高效的乳化剂；又如，从植物中提取果胶来制造果冻，提取色素、香精等。这都为食品工业的发展做出了贡献。

第二，研究有机物结构与性质之间的关系，研究有机物化学反应的途径，影响反应的各种因素，以便控制反应向我们所需要的方向进行，为人工合成各种有机物提供理论依据。例如乙醇与强酸共热， $170^\circ\text{C}$  下产生的是重要化工原料乙烯，控制温度为  $140^\circ\text{C}$  时产生的是乙醚。又如丙烯，根据研究知道其  $\alpha\text{-H}$  受双键的影响，性

质活泼，易发生氧化反应等。据此将丙烯用空气和胺在催化剂作用下直接氧化得丙烯腈，丙烯腈是 ABS 工程塑料和丁腈橡胶的主要原料。

第三，在了解有机物分子组成、结构、性质及各种反应的机理，化学反应的影响因素的基础上，运用自然界中存在的简单有机物为原料合成各种工农业生产和人民日常生活的必需品，为改善人类的物质生活服务。现在商店里各种琳琅满目的商品，我们日常生活中的许多物品，有相当多的就是通过人工合成的有机物生产制造的。这都是有机化学发展的成果。

有机化学的发展促进着其他学科的发展，特别是与生命科学有关的学科，尤其是生命科学的发展。本课程是学习生物化学、分析化学、化工原理、专业分析课程（如食品分析、发酵分析）的基础课，它与微生物学的学习也有着联系，而这些课程都是食品生物工程类专业不可缺少的专业基础课或专业课。有机化学也是食品保鲜技术、生物技术、食品加工与制造、制糖工艺、制盐工艺以及食品新产品的开发等的基础知识。所以学习和了解一些有机化学的基础知识是食品生物工程类专业的学生所必需的。

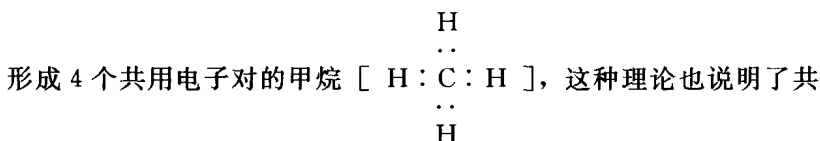
## 第二节 有机化合物的结构

### 一、化 学 键

讨论物质分子的结构，首先要讨论的就是元素的原子是怎样组成分子的。原子结合成分子是通过一定的化学键而成。通常把分子中的两个（或多个）原子之间的强相互作用称化学键。化学键有两种基本类型，即离子键和共价键。离子键是由原子间电子相互转移而形成的。比如氯化钾（KCl），就是一种典型的离子型化合物。钾原子外层的一个电子被氯原子吸引去，钾原子失去一个电子形成带正电荷的钾离子（ $K^+$ ），氯原子得到一个电子形成带负电荷的氯离子（ $Cl^-$ ）。由于所带电荷相反，就会产生静电引力而互相靠近，

但是，由于各自内层电子都是带负电荷的，又产生排斥作用，当斥力与引力达到平衡时，钾离子和氯离子就保持一定距离，结合成氯化钾。所以氯化钾晶体中，每个氯离子周围是钾离子，每个钾离子又被氯离子所包围。“KCl”并不代表氯化钾的分子式，只是代表其元素组成。无机化合物大多以离子键形成化合物。所以在本书中一般不再讨论这个问题了。

有机化合物分子中的各原子主要是以共价键相结合。何谓共价键，有两种解释理论。一种是价键理论，它认为“形成共价键的电子只处于形成共价键的两原子之间”。也就是说，共价键是原子之间共用电子对所产生的作用力。另一种是分子轨道理论，它认为“形成共价键的电子是分布在整个分子之中”。前者解释，形象直观，易理解，在大多数情况下都是以前者理论来描述有机化合物的分子结构。例如：氢原子外层有一个未成对的电子，所以它能与另一个氢原子或其他一价的原子结合成共用电子对的双原子分子。又如，碳原子外层有四个未成对的电子，所以能与四个氢原子结合，



价键具有饱和性。

## 二、共价键的物理量

描述共价键基本属性的物理量有键长、键角、键能、键的极性等等。它们又称共价键的键参数。

### (一) 键长

形成共价键的两个原子核之间的平均距离称为键长。不同的共价键的键长不同（表 1-1）。相同的共价键，在不同化合物中，键长也可能不一样，但差异较小。例： $\text{CH}_3-\text{CH}_3$ ，C—C 键长 0.153nm， $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ，C—C 键长是 0.154nm。