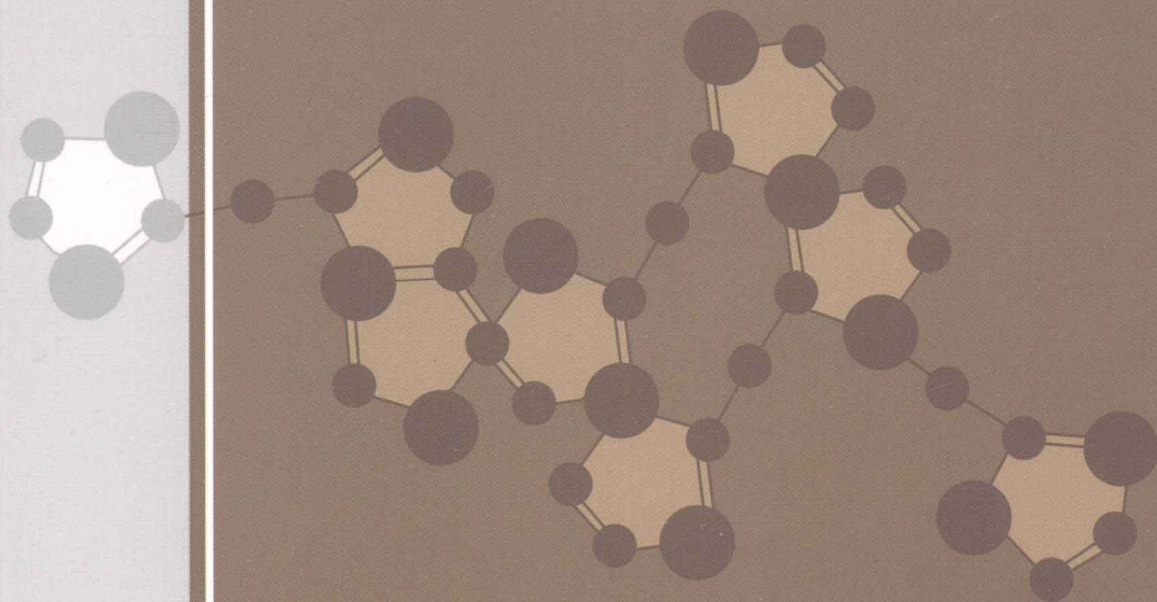




高职高专“十一五”规划教材

国家级精品课程教材



有机化学

YOUJI HUAXUE

王丽君 主编 洪庆红 钟爱民 副主编

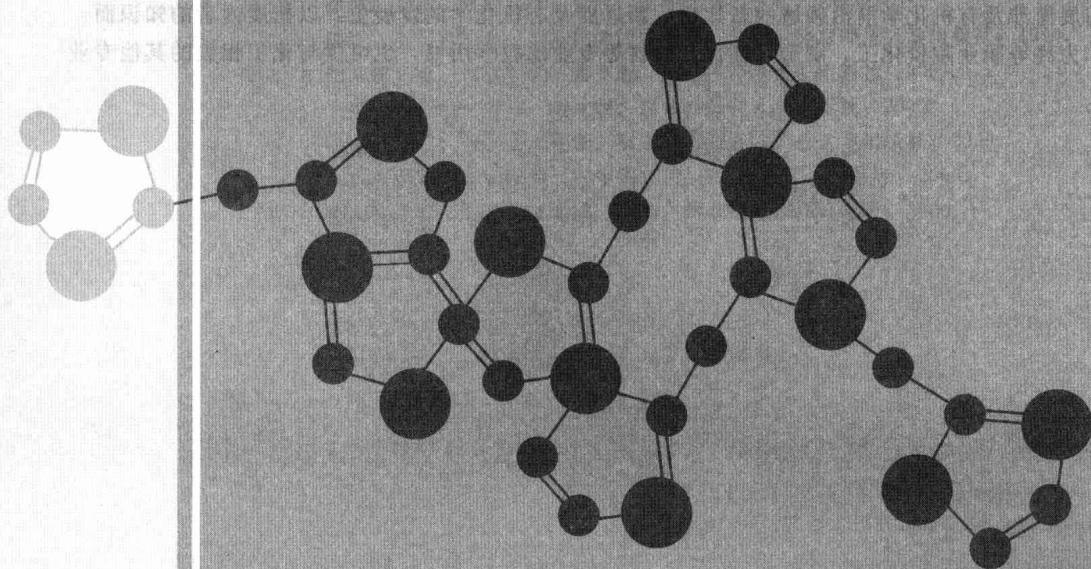


化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

国家级精品课程教材



有机化学

YOUJI HUAXUE

王丽君 主编 洪庆红 钟爱民 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,按照化工类相关专业教学的基本要求编写而成。全书按照官能团体系编排,主要内容包括烃(烷烃、烯烃和二烯烃、炔烃、脂环烃、芳香烃),卤代烃,醇、酚和醚,醛和酮,羧酸及其衍生物,对映异构,有机含氮化合物,杂环化合物,碳水化合物,氨基酸、蛋白质和核酸,有机化合物的合成。书中各章设有学习目的与要求、练习、本章小结、习题,有利于对知识的理解和巩固提高。拓展窗涉及有机化学前沿领域的新知识、新进展及有机化学的发展史,以拓展读者的知识面。

本书可作为高等职业院校化工、制药、环保、材料等专业的教学用书,也可供与化工相关的其他专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/王丽君主编. —北京:化学工业出版社,
2009.1
高职高专“十一五”规划教材
国家级精品课程教材
ISBN 978-7-122-04063-3

I. 有… II. 王… III. 有机化学-高等学校:技术
学院-教材 IV. O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 188555 号

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 林 媛

责任校对: 战河红

装帧设计: 刘丽华

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 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 351 千字 2009 年 3 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是根据高职高专教育化工类人才培养目标,按照高职高专学生应具备的知识结构、能力和素质要求编写的。适用于化工、制药、环境、材料、冶金等有关专业的教学,也可供生物、医学、食品等专业师生学习和参考。

有机化学是理工类许多专业重要的基础课程,在当前注重加强学生实验技能训练、理论课时缩减的情况下,迫切需要适应目前高职高专院校教学实际并符合教学大纲的教材。在选材上,本书注重理论联系实际,重视基本知识和基本技能的培养,突出实用性。通过本课程的学习,培养学生严谨的科学态度,为后续专业课的学习打下良好的基础。

本书共十六章,按照官能团体系,采用脂肪族和芳香族化合物混编而成。教材中摒弃了已经或逐步被淘汰的旧工艺,介绍符合环保要求的新技术;淡化和删减了理论性偏深或实用性不强的烷烃及环烷烃的构象、定位规律的理论解释及过深的反应机理,强化了与生产、生活联系密切的内容,突出化学反应及反应生成物在化工生产中的应用。本书每章内容包括学习目的与要求、基本内容、练习、本章小结、习题,并精选了与每章内容相关的反映有机化学发展的相关知识作为阅读材料来拓展学生的视野。

本教材是在多年的教学改革和建设产生的,经过主编学校化工类各专业学生的几年试用,受到师生的欢迎。石家庄职业技术学院有机化学课程2006年被评为国家级精品课程。登录有机化学精品课网站 <http://part.sjzpt.edu.cn/lesson/yjhx/index.htm> 可下载丰富的教学资源,观看教学录像,便于教师教学和学生的自主学习。

本书由王丽君任主编,洪庆红、钟爱民任副主编。石家庄职业技术学院王丽君编写第一至三章,张玮编写第六、九、十二、十四章,尚平编写第十三、十五章;扬州工业职业技术学院钟爱民编写第四、七章;金华职业技术学院洪庆红编写第五、八、十章,吴昌胜编写第十一章,刁银军编写第十六章。全书由王丽君统一修改定稿。

扬州工业职业技术学院刘风云老师担任本书的主审,对书稿提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正,在此表示最诚挚的谢意。

编者

2008年11月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 有机化合物和有机化学	1
第二节 有机化合物中的共价键	1
一、共价键的形成	1
二、有机化合物中碳原子间以共价键结合	2
三、构造式和表达方式	2
四、共价键的断裂和有机反应类型	2
第三节 有机化合物的分类	3
一、按碳骨架分类	3
二、按官能团分类	3
习题	4
第二章 烷烃	5
第一节 烷烃的通式、同系列和同分异构	5
一、烷烃的通式和同系列	5
二、烷烃的同分异构	5
第二节 烷烃的命名	6
一、伯、仲、叔、季碳原子和伯、仲、叔氢原子	6
二、烷基	6
三、烷烃的命名	7
第三节 烷烃的结构	9
一、碳原子的 sp^3 杂化	9
二、 σ 键的形成及其特点	9
第四节 烷烃的物理性质	9
第五节 烷烃的化学性质	11
一、取代反应	11
二、氧化反应	12
三、异构化反应	12
四、裂化与裂解	13
第六节 烷烃的来源与用途	13
一、烷烃的来源	13
二、烷烃的用途	14
拓展窗 汽油的辛烷值及汽车尾气	14
本章小结	15
习题	15
第三章 烯烃和二烯烃	17
第一节 烯烃	17

一、烯烃的通式和同分异构	17
二、烯烃的结构	18
三、烯烃的命名	19
四、烯烃的物理性质	21
五、烯烃的化学性质	22
第二节 二烯烃	27
一、二烯烃的分类	27
二、二烯烃的命名	28
三、共轭二烯烃的结构	28
四、共轭二烯烃的化学性质	29
拓展窗 富勒烯	31
本章小结	32
习题	33
第四章 炔烃	35
第一节 炔烃的同分异构和命名	35
一、炔烃的同分异构	35
二、炔烃的命名	35
第二节 炔烃的结构	36
一、碳原子的 sp 杂化	36
二、乙炔的结构	37
第三节 炔烃的物理性质	37
第四节 炔烃的化学性质	38
一、加成反应	38
二、氧化反应	41
三、炔氢的反应	41
四、聚合反应	42
第五节 乙炔的制法及用途	43
一、乙炔的制法	43
二、乙炔的用途	43
拓展窗 绿色化学	44
本章小结	46
习题	47
第五章 脂环烃	49
第一节 脂环烃的分类、构造异构和命名	49
一、脂环烃的分类	49
二、单环脂环烃的命名	49
第二节 环烷烃的结构与稳定性	50
第三节 环烷烃的物理性质	50
第四节 环烷烃的化学性质	50
一、取代反应	51
二、加成反应	51
三、氧化反应	51
四、环烯烃的加成反应	52

第五节 重要的脂环烃	52
一、环己烷	52
二、环戊二烯和环戊二烯铁	52
拓展窗 萜类和甾族化合物	53
本章小结	56
习题	57
第六章 芳香烃	58
第一节 芳烃的结构、分类和命名	58
一、苯的结构	58
二、芳烃的分类	59
三、芳烃的同分异构和命名	59
第二节 多官能团化合物的命名	61
第三节 单环芳烃的物理性质	61
第四节 单环芳烃的化学性质	61
一、取代反应	62
二、氧化反应	64
三、加成反应	65
第五节 苯环上亲电取代反应的定位规律	65
一、一元取代苯的定位规律	65
二、二元取代苯的定位规律	66
三、定位规律的应用	67
第六节 稠环芳烃	68
一、萘	68
二、其他稠环芳烃	70
第七节 芳烃的工业来源	71
一、煤的干馏	71
二、石油的芳构化	71
拓展窗一 化学家小史——凯库勒	72
拓展窗二 香精	73
本章小结	74
习题	75
第七章 卤代烃	77
第一节 卤代烃的分类和命名	77
一、卤代烃的分类	77
二、卤代烃的命名	78
第二节 卤代烷的物理性质	79
第三节 卤代烷的化学性质	80
一、取代反应	80
二、消除反应	82
三、与金属镁反应——格氏试剂的生成	83
第四节 亲核取代反应机理	84
一、单分子亲核取代反应历程 (S_N1)	84
二、双分子亲核取代反应历程 (S_N2)	85

第五节 卤代烯烃和卤代芳烃	85
一、卤代烯烃和卤代芳烃的分类	86
二、卤代烯烃和卤代芳烃反应活性的差异	86
第六节 重要的卤代烃	87
一、三氯甲烷	87
二、四氯化碳	88
三、氯苯	88
四、氯乙烯	89
五、苄基氯	89
六、四氯乙烯	89
拓展窗 “塑料王”——聚四氯乙烯	90
本章小结	91
习题	92
第八章 醇、酚和醚	94
第一节 醇	94
一、醇的分类、同分异构和命名	94
二、醇的物理性质	95
三、醇的化学性质	96
四、重要的醇	99
第二节 酚	99
一、酚的结构和命名	99
二、酚的物理性质	100
三、酚的化学性质	100
四、重要的酚	103
第三节 醚	103
一、醚的结构、分类和命名	103
二、醚的物理性质	104
三、醚的化学性质	104
四、重要的醚	105
拓展窗 燃料乙醇	106
本章小结	106
习题	108
第九章 醛和酮	110
第一节 醛和酮的结构、分类及命名	110
一、醛和酮的结构	110
二、醛和酮的分类	110
三、醛和酮的命名	111
第二节 醛和酮的物理性质	112
第三节 醛和酮的化学性质	113
一、羰基的亲核加成反应	113
二、 α -氢原子的反应	116
三、氧化和还原反应	118
四、康尼查罗反应（歧化反应）	120

第四节 重要的醛和酮	121
一、甲醛	121
二、乙醛	122
三、苯甲醛	123
四、丙酮	123
五、环己酮	123
本章小结	124
习题	125
第十章 羧酸及其衍生物	127
第一节 羧酸	127
一、羧酸的结构、分类和命名	127
二、羧酸的物理性质	128
三、羧酸的化学性质	128
四、重要的羧酸	130
第二节 羧酸衍生物	131
一、分类和命名	131
二、物理性质	132
三、化学性质	132
四、重要的羧酸衍生物	134
第三节 丙二酸二乙酯和乙酰乙酸乙酯在有机合成上的应用	135
一、丙二酸二乙酯	135
二、乙酰乙酸乙酯	137
拓展窗 油脂和合成洗涤剂	139
本章小结	141
习题	143
第十一章 对映异构	145
第一节 分子的手性与对称因素	145
第二节 旋光度和比旋光度	147
第三节 含手性碳原子化合物的对映体	148
一、对映体和外消旋体	148
二、构型的表示方法、构型的确定和标记	148
第四节 含两个手性碳原子化合物的对映异构	150
一、含两个不相同手性碳原子化合物的对映异构	150
二、含两个相同手性碳原子化合物的对映异构	151
拓展窗 手性药物简介	151
本章小结	152
习题	153
第十二章 有机含氮化合物	154
第一节 硝基化合物	154
一、芳香族硝基化合物的分类和命名	154
二、芳香族硝基化合物的物理性质	154
三、芳香族硝基化合物的化学性质	155
四、硝基对苯环上其他基团的影响	155

第二节 胺	156
一、胺的分类和命名	156
二、胺的物理性质	157
三、胺的化学性质	158
第三节 重氮化合物和偶氮化合物	161
一、重氮化合物和偶氮化合物的结构	161
二、重氮化反应	162
三、重氮盐的性质及在有机合成中的应用	162
第四节 腈	164
一、腈的命名	164
二、腈的物理性质	164
三、腈的化学性质	164
四、重要的腈——丙烯腈及其聚合物	165
拓展窗 化学家小史——诺贝尔	165
本章小结	166
习题	167
第十三章 杂环化合物	169
第一节 杂环化合物的分类和命名	169
一、杂环化合物的分类	169
二、杂环化合物的命名	169
第二节 五元杂环化合物	170
一、呋喃	171
二、糠醛	172
三、噻吩	172
四、吡咯	173
五、吡啶	173
第三节 六元杂环化合物	174
一、吡啶	174
二、喹啉	175
第四节 生物碱	176
一、烟碱	176
二、奎宁	177
三、咖啡碱	177
拓展窗 化学家小史——伍德沃德	177
本章小结	177
习题	179
第十四章 碳水化合物	181
第一节 碳水化合物的分类	181
一、单糖	181
二、低聚糖	181
三、多糖	181
第二节 单糖	181
一、葡萄糖的结构	182

二、果糖的结构	184
三、单糖的性质	185
第三节 二糖	186
一、蔗糖	187
二、麦芽糖	187
三、纤维二糖	188
第四节 多糖	188
一、淀粉	188
二、纤维素	189
拓展窗 烟叶化学成分	190
本章小结	192
习题	192
第十五章 氨基酸、蛋白质和核酸	194
第一节 氨基酸	194
一、氨基酸的分类和命名	194
二、氨基酸的性质	196
第二节 蛋白质	197
一、蛋白质的结构	197
二、蛋白质的性质	197
第三节 核酸	198
一、核酸的组成	198
二、核酸的生物功能	198
拓展窗一 生物酶与克隆技术	198
拓展窗二 三聚氰胺	199
本章小结	200
习题	200
第十六章 有机化合物的合成	201
第一节 有机化合物的合成思路 and 一般程序	201
一、有机化合物的合成思路	201
二、合成设计的一般程序	201
第二节 碳链的增长和缩短	206
一、增长碳链	206
二、缩减碳链	207
习题	207
参考文献	209

第一章 绪论

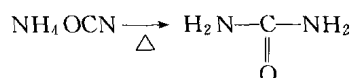
【学习目的与要求】

- 了解有机化合物的含义，掌握有机化合物的特性；
- 掌握有机化合物的结构及共价键理论；
- 了解有机化合物的分类原则，能识别常见的官能团。

第一节 有机化合物和有机化学

化学上通常将化合物分为两大类，即无机化合物和有机化合物。将不含碳的化合物，如食盐、硫酸等称为无机化合物；另一类含碳的化合物，如甲烷、苯、酒精、醋酸等称为有机化合物。有机化合物都含有碳，绝大多数有机化合物还含有氢，有时还含有氧、氮、硫及卤素等元素。从化学组成上，有机化合物可以看作是碳氢化合物，以及从碳氢化合物衍生而得的化合物。因此，可以把有机化合物定义为碳氢化合物及其衍生物。研究有机化合物的化学称为有机化学，生产有机化合物的工业称为有机化学工业。

最初有机化合物大多来自于动植物体内，例如 1773 年从哺乳动物的尿液中分离出尿素。当时人们认为有机物只能从有“生命力”的动植物有机体中得到，而不能通过人工方法合成。1828 年，德国化学家武勒（Wohler）由无机物氰酸铵制得了尿素：



在此之后，化学家们又陆续合成了醋酸、油脂等。现在，成千上万的合成新药、合成染料和新型材料主要以石油为原料被合成。不但可以合成与天然有机化合物完全相同的有机化合物，而且可以制备出由生物体得不到的、比天然有机化合物用途更广的新的有机化合物。“有机化合物”和“有机化学”这些名词仍沿用下来，但含义已完全不同。

第二节 有机化合物中的共价键

有机化合物分子中各个原子之间一般以共价键连接，它是研究有机化合物结构与性质的关键。下面通过价键理论简介共价键的形成。

一、共价键的形成

价键理论是建立在形成分子的原子应有未成对电子，这些未成对的电子在自旋方向相反时才可以两两配对形成共价键，所以价键理论又称电子配对法。其基本要点为：

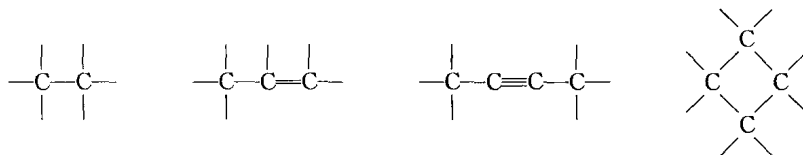
- ① 成键两原子相互靠近时，只有自旋方向相反的电子可以配对形成共价键；
- ② 两原子在形成共价键时，成键电子的原子轨道要发生重叠，重叠越多，则两核间的电子概率密度越大，形成的共价键越牢固。

当两个氢原子相互靠近时，随着核间距的减小，两个 1s 原子轨道发生重叠，在核间形

成一个电子密度较大的区域，增强了核对其的吸引，同时部分抵消了两核间的排斥，从而形成稳定的化学键。

二、有机化合物中碳原子间以共价键结合

碳原子在周期表中的特殊位置，决定了它既不容易得到电子也不容易失去电子，而是通过共用电子对以共价键与其他原子结合。碳原子之间结合力很强，而碳原子的连接方式又多种多样，可形成碳碳单键、碳碳双键和碳碳三键，并可连接成链状或环状。例如：

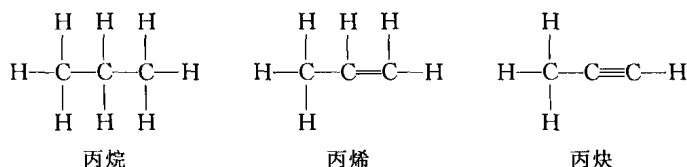


三、构造式和表达方式

表示分子内原子间相互结合的顺序和方式的化学式称为构造式。有机化合物的构造式有三种表示方式。

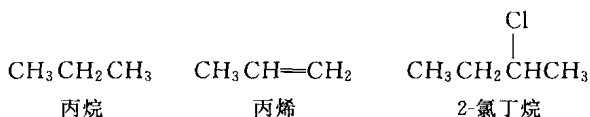
1. 短线式

用一条短线表示一对共用电子对，即代表一个共价键，双键以两条短线相连，三键则以三条短线相连。例如：



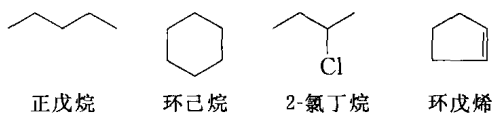
2. 缩简式

省略掉一些代表单键的短线，就是缩简式。例如：



3. 键线式

不写出碳原子和氢原子，用短线表示碳碳键，短线的连接点和端点表示碳原子，称为键线式。例如：

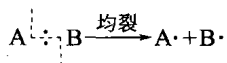


四、共价键的断裂和有机反应类型

在有机反应中，连接两个原子或基团的共价键断裂时有两种不同的方式。

1. 均裂

一个共价键断裂时，共用的一对电子均匀地分给两个成键原子，这种断裂方式称为均裂。

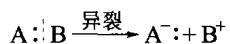
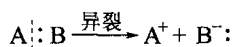


均裂产生的带单电子的原子或基团叫自由基。自由基活性很高，一旦生成会引发一系列

反应，这种反应称为均裂反应或自由基反应。

2. 异裂

一个共价键断裂时，共用的一对电子完全转移到一个原子上，这种断裂方式称为异裂。



异裂产生正离子或负离子，一个带孤对电子，一个带有空轨道。这种反应称为异裂反应或离子型反应。

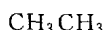
第三节 有机化合物的分类

有机化合物数目繁多，为了更好地学习和研究，需要对有机物进行分类，常用的分类方法有两种。

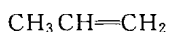
一、按碳骨架分类

1. 开链化合物

分子中碳原子间相互连接成链状。由于这类化合物最初是从脂肪中获得的，所以又称为脂肪族化合物。例如：



乙烷



丙烯



乙醇

2. 脂环化合物

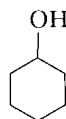
分子中碳原子间连接成环状（苯环结构除外），其性质与脂肪族化合物相似，称为脂环化合物。例如：



环戊烷



环己烯



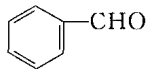
环己醇

3. 芳香族化合物

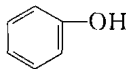
分子中含有一个或多个苯环的化合物，称为芳香族化合物。例如：



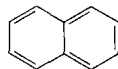
苯



苯甲醛



苯酚



萘

4. 杂环化合物

成环原子不仅有碳，而且含有其他杂原子如 O、N、S 的化合物称为杂环化合物。例如：



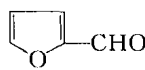
呋喃



吡啶



噻吩



糠醛

二、按官能团分类

官能团是指分子中比较活泼、容易发生反应的原子或基团。它决定化合物的主要性质，含有相同官能团的化合物具有相似的性质。表 1-1 列出了一些常见有机化合物的官能团。

表 1-1 常见有机化合物的官能团

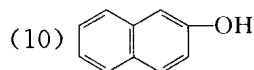
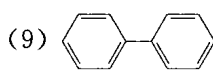
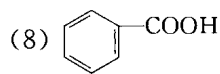
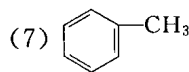
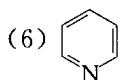
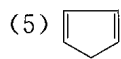
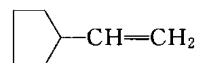
官能团	名称	化合物类别	官能团	名称	化合物类别
>C=C<	双键	烯烃	>C=O	羰基	醛、酮
$\text{—C}\equiv\text{C—}$	三键	炔烃	—COOH	羧基	羧酸
—X (F, Cl, Br, I)	卤素	卤代物	$\text{—SO}_3\text{H}$	磺酸基	磺酸
—OH	羟基	醇、酚	—NO_2	硝基	硝基化合物
—O—	醚键	醚	—NH_2	氨基	胺
—CHO	醛基	醛	—CN	氰基	腈

习 题

1. 解释下列名词：

(1) 有机化合物 (2) 官能团 (3) 异裂 (4) 脂肪族化合物

2. 将下列化合物按照碳骨架和官能团两种方法进行分类。

(1) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ (2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ (3) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 

3. 指出下列化合物的官能团：

(1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ (2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ (3) CH_3CHCH_3
|
OH(4) $\text{CH}_3\text{—C—OH}$
||
O(5) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ (6) $\text{CH}_2=\text{CH—CN}$

第二章 烷烃

【学习目的与要求】

- 理解碳原子的 sp^3 杂化和 σ 键的特点；
- 掌握烷烃的系统命名法；
- 掌握烷烃的化学性质及在生产中的应用；
- 了解烷烃的物理性质及变化规律。

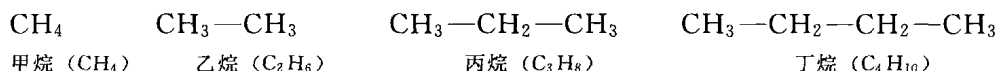
由碳氢两种元素组成的化合物称为碳氢化合物，简称烃。烃可分为开链烃和环状烃，开链烃又称脂肪烃，脂肪烃分为饱和烃和不饱和烃两类。环状烃分为脂环烃和芳香烃两类。

脂肪烃分子中只含 C—C 单键和 C—H 单键称为烷烃，烷烃也称石蜡烃。

第一节 烷烃的通式、同系列和同分异构

一、烷烃的通式和同系列

最简单的几个烷烃的构造式为：

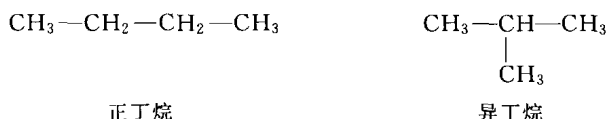


从以上烷烃的分子式可以看出，每增加一个碳原子，必然增加两个氢原子，因此烷烃的通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 。相邻两个烷烃在组成上相差一个 CH_2 ， CH_2 称为系差。在组成上相差一个或几个系差的化合物称为同系列。同系列中的化合物称为同系物。由于同系物具有相似的结构，使得它们具有相似的化学性质。

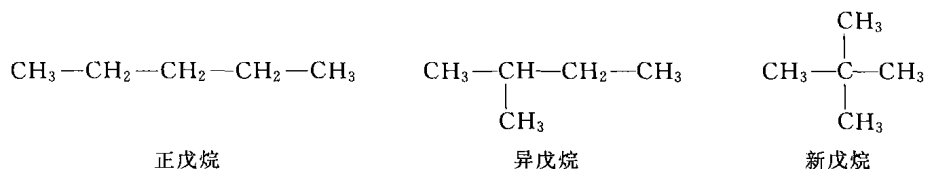
二、烷烃的同分异构

分子式相同而连接方式不同的化合物，称为同分异构体。这种现象称为同分异构现象。甲烷、乙烷、丙烷没有同分异构体。丁烷有两个同分异构体，戊烷有三个同分异构体，它们的构造式如下。

丁烷：



戊烷：



随着碳原子数的增加，同分异构体的数目越来越多。如表 2-1 所示。

表 2-1 烷烃同分异构体的数目

碳原子数	异构体数	碳原子数	异构体数
1~3	1	9	35
4	2	10	75
5	3	11	159
6	5	12	355
7	9	15	4374
8	18	20	366319

第二节 烷烃的命名

一、伯、仲、叔、季碳原子和伯、仲、叔氢原子

根据碳原子在分子中所处位置的不同而分为四类：

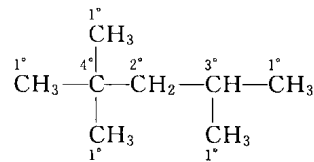
与一个碳原子相连的碳原子称为伯碳原子，又称一级碳原子，用 1° 表示；

与二个碳原子相连的碳原子称为仲碳原子，又称二级碳原子，用 2° 表示；

与三个碳原子相连的碳原子称为叔碳原子，又称三级碳原子，用 3° 表示；

与四个碳原子相连的碳原子称为季碳原子，又称四级碳原子，用 4° 表示。

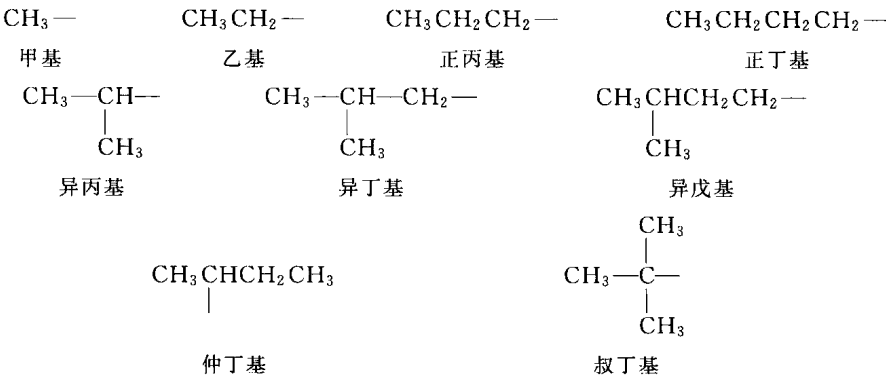
例如：



与伯、仲、叔碳原子连接的氢原子分别称为伯、仲、叔氢原子。季碳原子不能再与氢原子相连，所以没有季氢原子。

二、烷基

从烃分子中去掉一个氢原子后剩余的基团称为烃基。从烷烃中去掉一个氢原子后剩余的基团称为烷基，常以 R— 表示。烷基的名称是从相应的烷烃名称衍生出来的。例如：



从烷烃分子中去掉两个氢原子后剩余的基团称为亚烷基，去掉三个氢原子后剩余的基团称为次烷基。例如：