



高职高专“十一五”规划教材



YOUJI HUAXUE

有机化学

张良军 孙玉泉 主编



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

有机化学

张良军 孙玉泉 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材以官能团顺序分类介绍有机化合物的基础知识、反应机理、制备技术及应用, 具体内容包 括: 有机化合物与有机化学、烷烃、烯烃和二烯烃、炔烃、脂环烃、芳香烃、卤代烃、醇酚醚、醛和酮、羧酸及其衍生物、含氮化合物、杂环化合物、糖类、天然产物以及一些重要的有机化合物的实验室制法和工业合成线路、有机制备与合成技能训练。突出的特点是: 实用性较强, 内容全面但不烦琐, 以任务驱动强化技能训练。

该教材可作为高职高专化工生产技术和商检技术专业的教学用书, 还可作为相关企业人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学/张良军, 孙玉泉主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 1

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-04378-8

I. 有… II. ①张…②孙… 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 (2008) 第 198284 号

责任编辑: 陈有华 蔡洪伟
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 向 东
装帧设计: 尹琳琳

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: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 1/2 字数 421 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

高职高专商检技术专业“十一五”规划教材 建设委员会

(按姓名汉语拼音排列)

主 任	李斯杰				
副主任	丛建国	戴延寿	韩志刚	郎红旗	杨振秀
委 员	丛建国	戴延寿	丁敬敏	傅高升	郭 永
	韩志刚	蒋锦标	孔宪思	赖国新	郎红旗
	李斯杰	李 小 华	林流动	刘庆文	吕海金
	穆华荣	荣联清	王建梅	魏怀生	吴云辉
	熊 维	薛立军	杨登想	杨振秀	杨芝萍
	尹庆民	余奇飞	张 荣	张晓东	

高职高专商检技术专业“十一五”规划教材 编审委员会

(按姓名汉语拼音排列)

主 任	韩志刚	杨振秀			
副主任	丁敬敏	刘庆文	荣联清	荣瑞芬	魏怀生
	杨芝萍				
委 员	曹国庆	陈少东	陈 微	丁敬敏	高剑平
	高 申	韩志刚	黄德聪	黄艳杰	姜招峰
	赖国新	黎 铭	李京东	刘冬莲	刘丽红
	刘庆文	牛天贵	荣联清	荣瑞芬	孙玉泉
	王建梅	王丽红	王一凡	魏怀生	吴京平
	谢建华	徐景峰	杨学敏	杨振秀	杨芝萍
	叶 磊	余奇飞	曾 咪	张彩华	张 辉
	张良军	张玉廷	赵 武	钟 彤	

高职高专商检技术专业“十一五”规划教材 建设单位

(按汉语拼音排列)

北京联合大学师范学院
常州工程职业技术学院
成都市工业学校
重庆化工职工大学
福建交通职业技术学院
广东科贸职业学院
广西工业职业技术学院
河南质量工程职业学院
湖北大学知行学院
黄河水利职业技术学院
江苏经贸职业技术学院
辽宁农业职业技术学院
湄洲湾职业技术学院
南京化工职业技术学院
萍乡高等专科学校
青岛职业技术学院
唐山师范学院
天津渤海职业技术学院
潍坊教育学院
厦门海洋职业技术学院
扬州工业职业技术学院
漳州职业技术学院

前 言

《有机化学》教材是在把握知识够用的原则下，充分考虑学生学习能力特长，体现以学生为本的特点；在理论上，对复杂的反应机理简化处理，在举例中选用工业化的典型反应，力求成为学生掌握基本理论知识，步入后续课程学习的实用必读书。

本教材以官能团顺序分类，共分为十六章。每章内容包括学习目标、基础知识、练习、本章小结、习题、量化作业、阅读材料。量化作业以章为一单元，对学生进行综合训练。阅读材料中选录的内容有：学生深入学习的反应机理；反映有机化学及相关学科发展的新知识等。

第十五章为有机化合物的制备及工业合成技术，将过去分散在每一章中的有机化合物制备集中在本章中进行归纳，并重点介绍了工业合成技术，有利于培养学生的归纳问题及分析问题、应用知识解决问题的能力。

第十六章为有机制备与合成技能训练，该章以任务驱动的教学方式，突出工作过程为导向，强化技能训练，弥补了此类教材在这方面的不足。

本教材由张良军、孙玉泉主编，孙玉泉编写第一～四章，吴绍艳编写了第五～七章，张良军编写第八～十章，闫会征编写第十一～十四章，何际泽编写第十五、十六章。张良军统稿，韩志刚主审。

在教材编写过程中得到化学工业出版社及各编者所在单位的大力支持，也得到了尹丽、李俊等同志的大力帮助，一并表示感谢。

由于编者水平有限和时间仓促，难免有不妥之处，恳请广大读者予以批评指正，在此先致以诚挚的谢意。

编者
2008 年 10 月

目 录

第一章 有机化合物与有机化学	1
第一节 有机化合物与有机化学的定义	1
第二节 有机化合物的特点	1
一、有机化合物数目繁多	2
二、有机化合物的性质特点	2
第三节 有机化合物的结构特征	3
一、共价键的形成	3
二、共价键的参数	3
三、共价键的断裂方式和有机反应类型	5
第四节 有机化合物的分类	5
一、按碳骨架分类	5
二、按官能团分类	6
第五节 有机化合物的一般研究步骤	6
本章小结	8
阅读材料 绿色化学简介	9
第二章 烷烃	10
第一节 烷烃的同系列、同分异构现象	10
一、烷烃的同系列	10
二、烷烃的同分异构现象	10
三、碳原子的类型	12
第二节 烷烃的命名	12
第三节 烷烃的结构	16
一、甲烷的结构	16
二、碳原子的 sp^3 杂化	16
三、烷烃的形成	17
四、烷烃的构象	17
第四节 烷烃的性质	20
一、物理性质	20
二、化学性质	21
第五节 重要的烷烃——甲烷	23
本章小结	24
阅读材料 什么是汽车燃油的辛烷值	24
习题	24
量化作业	26
第三章 烯烃和二烯烃	28
第一节 烯烃	28
一、烯烃的结构	28
二、烯烃的同分异构	29
三、烯烃的命名	30
四、烯烃的性质	32
五、诱导效应	37
六、重要的烯烃及其应用	38
第二节 二烯烃	38
一、二烯烃的分类和命名	38
二、共轭二烯烃的结构	39
三、共轭效应	40
四、共轭二烯烃的化学性质	40
五、重要的二烯烃及其应用	41
本章小结	42
阅读材料 烯烃加成反应机理	43
习题	45
量化作业	46
第四章 炔烃	48
第一节 炔烃的结构	48
一、碳原子的 sp 杂化	48
二、乙炔的形成	48
第二节 炔烃的命名	49
第三节 炔烃的性质	49
一、物理性质	49
二、化学性质	50
第四节 重要的炔烃及其应用	52
本章小结	53
习题	54
量化作业	55
第五章 脂环烃	57
第一节 脂环烃的分类	57
第二节 脂环烃的同分异构和命名	57
一、脂环烃的同分异构	57
二、脂环烃的命名	57
第三节 脂环烃的结构与稳定性	58
第四节 脂环烃的性质	60
一、物理性质	60
二、化学性质	61
第五节 重要的脂环烃及其应用	62
本章小结	63
习题	63
量化作业	64
第六章 芳香烃	66
第一节 单环芳烃	66
一、苯的分子结构	66

二、单环芳烃的同分异构与命名	67	一、醚的分类	101
三、单环芳烃的性质	69	二、醚的命名	101
四、苯环上亲电取代反应的定位规则	72	三、醚的物理性质	102
五、重要的单环芳烃及其应用	73	四、醚的化学性质	102
第二节 稠环芳烃	73	五、重要的醚	103
一、萘	73	本章小结	104
二、蒽	74	阅读材料 含硫化合物	105
三、菲	75	习题	105
四、其他稠环烃	75	量化作业	107
五、休克尔规则	75	第九章 醛和酮	108
本章小结	76	第一节 醛和酮的分类与命名	108
阅读材料 苯	76	一、分类	108
习题	77	二、命名	108
量化作业	79	第二节 醛、酮的性质	109
第七章 卤代烃	80	一、物理性质	109
第一节 卤代烃的分类、命名和同分异构	80	二、化学性质	110
一、卤代烃的分类	80	第三节 重要的醛、酮及其应用	115
二、卤代烃的命名	80	本章小结	116
三、卤代烃的同分异构	81	阅读材料 室内污染五大元凶	116
第二节 卤代烃的性质	82	习题	117
一、物理性质	82	量化作业	118
二、化学性质	82	第十章 羧酸及其衍生物	119
第三节 重要的卤代烃及其应用	85	第一节 羧酸	119
一、一卤代烯烃和一卤代芳烃	85	一、羧酸的分类及命名	119
二、三氯甲烷	86	二、羧酸的性质	120
三、四氯化碳	86	三、重要的羧酸及其应用	123
四、溴甲烷	86	第二节 羧酸衍生物	124
五、四氟乙烯	86	一、羧酸衍生物的分类和命名	124
本章小结	86	二、羧酸衍生物的性质	125
阅读材料 有机氟化物	87	三、重要的羧酸衍生物及其应用	126
习题	87	本章小结	127
量化作业	88	阅读材料 肥皂	128
第八章 醇酚醚	90	习题	128
第一节 醇	90	量化作业	129
一、醇的分类	90	第十一章 含氮化合物	131
二、醇的命名	91	第一节 硝基化合物	131
三、醇的性质	92	一、硝基化合物的分类与命名	131
四、重要的醇	96	二、硝基化合物的性质	132
第二节 酚	97	三、重要的硝基化合物	134
一、酚的分类	97	第二节 胺	134
二、酚的命名	97	一、胺的分类和命名	134
三、酚的物理性质	97	二、胺的性质	136
四、酚的化学性质	98	第三节 重氮化合物和偶氮化合物	141
五、重要的酚	100	一、重氮化合物和偶氮化合物的命名	141
第三节 醚	101	二、重氮盐的性质	142

三、重要的重氮化合物——重氮甲烷	144	一、核酸的组成	186
第四节 腈	144	二、核酸的结构	188
一、腈的命名	144	三、核酸的功能	190
二、腈的性质	145	第五节 蒽类和甾族化合物	190
三、重要的腈——丙烯腈	145	一、蒽类化合物	190
本章小结	146	二、甾族化合物	191
阅读材料 甲胺运输车的泄漏事故	148	本章小结	194
习题	149	阅读材料 可食性蛋白质包装膜	195
量化作业	150	量化作业	196
第十二章 杂环化合物	153	第十五章 有机化合物的制备及工业	
第一节 杂环化合物的分类及命名	153	合成技术	197
第二节 五元杂环化合物	154	第一节 烷烃的来源与制备	197
一、呋喃、吡咯、噻吩的结构	154	一、天然烷烃	197
二、呋喃、吡咯、噻吩的性质	155	二、烷烃的制法	197
第三节 六元杂环化合物	157	第二节 烯烃的制备与合成	199
一、吡啶及其衍生物	157	一、烯烃的工业制备	199
二、嘧啶及其衍生物	158	二、卤代烃脱卤化氢	199
第四节 重要的杂环化合物及其衍生物	159	三、醇脱水	199
本章小结	160	四、单烯烃的其它制法	199
阅读材料 生物碱	162	五、二烯烃的制备	200
习题	164	第三节 炔烃的制备	201
量化作业	164	一、乙炔的实验室制法	201
第十三章 糖类	166	二、乙炔的工业制备	201
第一节 糖类化合物的分类	166	三、其它炔烃的制备	201
第二节 单糖	166	第四节 卤代烃的制备	202
一、单糖的分类	166	一、烃的直接卤化	202
二、单糖的结构	167	二、从不饱和烃制备卤代烃	203
三、单糖的性质	169	三、从醇制备卤代烃	203
四、重要的单糖	171	四、利用重氮化合物制备	203
第三节 二糖	172	五、其它制备卤代烃的方法	204
第四节 多糖	174	第五节 醇的制备与合成	204
本章小结	175	一、烯烃水合法	204
阅读材料 膳食纤维	176	二、卤代烃碱解	205
习题	177	三、醛、酮的还原	205
第十四章 天然产物	179	四、羧酸和酯的还原	206
第一节 氨基酸	179	五、格氏试剂合成法	206
一、氨基酸的分类	179	六、重要的醇的工业制备	207
二、氨基酸的命名	179	第六节 酚的制备与合成	209
三、氨基酸的性质	181	一、卤苯水解法	210
第二节 肽	182	二、苯磺酸钠碱熔法	210
第三节 蛋白质	183	三、异丙苯氧化法	210
一、蛋白质的分类	183	四、酚的其它制法	211
二、蛋白质的结构	183	第七节 醚的制备与合成	211
三、蛋白质的性质	185	一、醇分子间脱水	211
第四节 核酸	186	二、威廉森合成	211

三、环醚的制备	212	四、酰胺的还原	220
第八节 醛的制备与合成	212	五、酰胺的霍夫曼 (Hofmann) 降解 反应	221
一、烯烃的氧化	212	六、重要的胺的制备及其在有机合成上 的应用	221
二、炔烃的水合	213	第十二节 有机化合物的制备技术	223
三、醇的氧化或脱氢	213	一、各类有机化合物的制备方法	223
四、烯烃的醛基化	213	二、确定合理的有机合成路线	224
五、醛的其它制法	213	三、乙酰乙酸乙酯和丙二酸二乙酯在 有机合成中的应用	229
第九节 酮的制备与合成	214	第十六章 有机制备与合成技能训练 ..	233
第十节 羧酸的制备及其在有机合成中的 应用	215	技能训练一 乙酸异戊酯的制备	233
一、氧化法	215	技能训练二 乙酰苯胺的制备	237
二、腈的水解	216	技能训练三 甲基橙的制备	240
三、格氏试剂与 CO_2 作用	216	技能训练四 阿司匹林的合成	244
四、羧酸的其它制法	216	技能训练五 肉桂酸香料的合成	247
五、重要羧酸的工业制备	217	技能训练六 从茶叶中提取咖啡因	249
六、羧酸及其衍生物的工业应用合成 实例	217	技能训练七 开放实验室研究性开发 实验	252
第十一节 胺的制备及其在合成中的应用	220	参考文献	257
一、硝基化合物的还原	220		
二、氨或胺的烃基化	220		
三、腈的还原	220		

第一章 有机化合物与有机化学

【学习目标】

1. 了解有机化合物的含义；
2. 熟悉有机化合物的特点；
3. 理解键长、键能、键角的概念及共价键的极性；
4. 了解研究有机化合物的一般步骤。

第一节 有机化合物与有机化学的定义

1. 有机化合物的来源

我们都知道，化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化的一门科学。自然界中的物质大体上可分为两大类：无机化合物和有机化合物。

最初，人们从动物体、植物体中得到的一些物质，而这些物质与典型的无机化合物性质完全不同，由于当时人们还不知道这些物质的结构，只是根据其来源称为有机化合物，即从有生命的物体中得到的物质，具有“有生机之物”的含义。后来，随着科学的发展，人们了解到这些物质的结构，与无机化合物是不同的。另外既可以从动植物体中得到，也可以由无机物通过人工合成的方法来得到。因此，有机化合物这个名称早已失去了它的原意，只是使用习惯了，故依然沿用着。

2. 有机化合物的组成

① 所有的有机化合物，均含有碳元素（不含有碳元素的化合物不是有机化合物，到目前为止，还没有发现有机化合物中不含有碳元素）。但需注意的是并不是所有含碳的化合物都是有机化合物，如一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）、碳酸盐、氰化物、硫氰化物等，虽含有碳元素，但其性质类似于无机化合物，而与典型的有机化合物却相差很远，它们归属于无机化合物。

② 绝大多数有机化合物中还含有氢元素，仅含有碳氢两种元素的有机化合物称为碳氢化合物，简称为烃。

③ 有些有机化合物还含有氧、氮、硫、磷和卤素等元素，这些有机化合物称为碳氢化合物的衍生物。

3. 有机化合物和有机化学

有机化合物：指碳氢化合物及其衍生物，简称有机物。

有机化学：研究有机化合物的化学。

第二节 有机化合物的特点

有机化合物在元素组成、结构及其性质上都与无机化合物有明显的区别。如果将有机化合物与无机化合物作一比较，一般有如下特点。

一、有机化合物数目繁多

构成有机化合物的元素种类并不多，但其数量却非常之多。究其原因有以下几方面。

1. 碳原子的连接能力非常强

① 碳原子既可以和其它原子相互连接，也可以是碳原子和碳原子之间相互连接；

② 可以是一个碳原子和其它原子形成化合物，也可以是成千上万个碳原子相互连接形成有机物；

③ 碳原子可以连接成链状，也可以连接成环状；

④ 碳原子可以单键相互连接，也可以双键、三键的形式相互连接形成有机化合物。

2. 有机化合物中普遍存在着同分异构体现象

具有相同的化学式而结构和性质不同的化合物称为同分异构体。在无机化合物中，同分异构现象非常罕见，而在有机化合物中，同分异构现象很普遍，往往同一个化学式可以代表许多性质完全不同的化合物。例如，化学式为 C_2H_6O 的有机化合物就代表了乙醇和甲醚这两种不同的化合物。

CH_3-CH_2-OH 为乙醇，属于醇类； CH_3-O-CH_3 为甲醚，属于醚类。

其原因就是分子中原子之间的连接方式不同。由于它们的化学式相同，但原子的连接方式不同，也就是它们的结构式不同，互为同分异构体。

二、有机化合物的性质特点

典型的有机物与典型的无机物在性质上有明显的差异。总的来看，一般的有机物在性质上具有如下特点。

1. 容易燃烧

大多数有机物容易燃烧，碳氢化合物还可烧尽，最终产物为二氧化碳和水。但也有少量的有机物难以燃烧。如四氯化碳不但不能燃烧，反而可以灭火。

2. 熔点、沸点低

许多有机物在室温时呈气态或液态，常温下呈固态的有机化合物其熔点一般也很低。有机化合物的熔点一般在 $300^{\circ}C$ 以下，很少超过 $400^{\circ}C$ 。

3. 大多数有机化合物不（或难）溶于水

有机物一般为非极性或极性较弱的化合物，所以大多数有机物不（或难）溶于水，易溶于有机溶剂中，但也有一些有机物（如乙醇、乙酸等）因分子中含有极性较强的基团而易溶于水。

4. 反应速率慢且较复杂

有机反应大多数是分子反应，只有当分子具有一定能量时才能起反应，故需要一定的时间。为了加快反应速率，往往需要加热、光照或使用催化剂。另外有机反应较复杂，能起反应的部位不是局限于分子的某一部位，常常可在几个部位同时发生。因此，同一反应物在同一反应条件下会得到许多不同的产物。一般把化合物主要进行的一个反应叫做主反应，其它的反应叫做副反应。

5. 稳定性较差，加热时易分解

有机物分子中化学键大多是共价键，其键能相对于无机物分子中的离子键要低很多，因此，其稳定性相对来说较差，在加热时易发生分解。

【练习 1-1】 有机化合物有哪些特点？

【练习 1-2】 为什么有机化合物数目繁多？

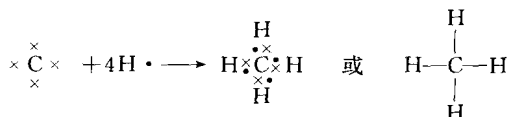
第三节 有机化合物的结构特征

一、共价键的形成

在有机化合物分子中，原子与原子之间一般是以共价键的形式连接起来的。对于共价键形成的理论解释，常用两种方法：价键法和分子轨道法。下面主要介绍价键法。

1. 价键法

价键法认为，共价键的形成可看作是原子轨道的重叠或电子配对的结果，成键的电子只有处于以此化学键相连的原子的区域内，两个原子如果都有未成对的电子，并且自旋相反，就能配对。也就是原子轨道可重叠形成共价键。重叠的程度越大，所形成的共价键就越牢固。



共价键的成键方式有两种：一种是沿着原子轨道的对称轴的方向“头对头”地重叠，从而形成的共价键称为 σ 键；另一种是原子轨道的对称轴相互平行，原子轨道从侧面“肩并肩”地重叠而形成的共价键称为 π 键。

2. 共价键的二重性

(1) 饱和性 一般情况下，原子的价键数目等于它的未成键的电子数，当原子的未成键的一个电子与另一原子的一个电子配对后，就不能再与第三个电子配对。这就是共价键的饱和性。

(2) 方向性 成键时，两个原子轨道发生重叠，重叠部分的大小决定共价键的牢固程度。

对于s轨道来说，是球体对称性的，从任何方向进行重叠，都可以达到最大程度的重叠。而p原子轨道，是纺锤形的，具有方向性，只有沿着原子轨道的对称轴的方向进行重叠，才能达到最大程度的重叠，形成的共价键才是最稳定的，所以共价键具有方向性。

如果从电子云的观点来看，共价键的形成可以看成是电子云的重叠，电子云重叠得越多，形成的共价键就越牢固。所以，在形成共价键时，电子云总是尽可能地达到最大程度的重叠。

二、共价键的参数

共价键的性质主要表现在键参数上。

1. 键长

共价键形成以后，组成共价键的两个原子核之间的距离称为键长，单位nm。不同的共价键的键长是不相同的，例如，C—H键的键长为0.109nm，C—C键的键长为0.154nm。表1-1为常见的共价键的键长。

表 1-1 一些共价键的键长

键	键长/nm	键	键长/nm
C—H	0.109	C—O	0.143
C—C	0.154	C—N	0.147
C—Cl	0.177	C=C	0.134
C—Br	0.191	C=O	0.122
C—I	0.212	C≡C	0.120
N—H	0.103	C≡N	0.130
O—H	0.097	C≡N	0.116

同一类型的共价键的键长在不同的化合物中可能稍有差别，主要是因为构成共价键的原

子在分子中不是孤立的而是相互影响的。表 1-2 列出了不同化合物中 C—C 键的键长。

表 1-2 在不同化合物中的 C—C 键的键长

化 合 物	键长/nm	化 合 物	键长/nm
$\text{H}_3\text{C}\downarrow\text{CH}_3$	0.1530	$\text{H}_3\text{C}\downarrow\text{C}\equiv\text{CH}$	0.1456
$\text{H}_3\text{C}\downarrow\text{CH}=\text{CH}_2$	0.1510	$\text{CH}_2=\text{CH}\downarrow\text{C}\equiv\text{CH}$	0.1432
$\text{CH}_2=\text{CH}\downarrow\text{CH}=\text{CH}_2$	0.1466	$\text{CH}\equiv\text{C}\downarrow\text{C}\equiv\text{CH}$	0.1374

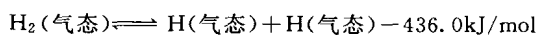
2. 键角

二价以上的原子在形成共价键以后，两个共价键键轴之间的夹角称为键角。如甲烷分子中 H—C—H 的键角为 109.5° ，再如水分子中 H—O—H 的键角为 104.5° 。键角反映了分子的空间结构。

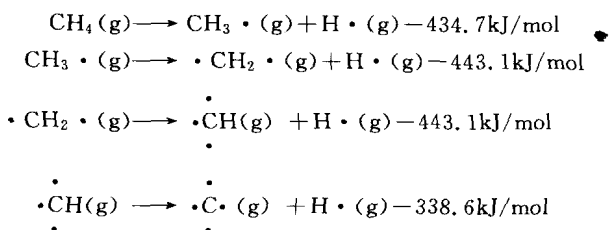
3. 键能

所谓键能就是共价键断裂时所需要的能量或共价键形成时所放出的能量。

对于双原子分子来说，其键能就是其键离解能。所谓键离解能就是 1mol 气态双原子分子离解为气态原子时所吸收的能量。例如，实验测得， 25°C 时，1mol H_2 （气态）离解为氢原子时吸收的能量为 436.0kJ，H—H 键的键能就是 436.0kJ/mol（ 25°C ）。反之， 25°C 时，氢原子（气态）相互结合生成 1mol H_2 （气态）时放出的能量也是 436.0kJ。



对于多原子分子来说，同类共价键的键离解能可能有所不同，其键能一般是指同一类共价键的键离解能的平均值。例如，甲烷分子中含有四个 C—H 键，每一个 C—H 键的键离解能是不完全相同的，而 C—H 键的键能是四个 C—H 键的键离解能的平均值。



C—H 键的键能为 $(434.7 + 443.1 + 443.1 + 338.6)/4 = 414.9\text{kJ/mol}$

键能反映了共价键的稳定性，键能越大，则该共价键就越稳定，破坏该共价键所需要的能量就越高。

4. 键的极性

分子中以共价键相连接的原子吸引电子能力是不同的，有的大有的小，原子吸引电子能力的大小是以元素的电负性的大小来表示的，电负性大的吸引电子的能力大，电负性小的吸引电子的能力小。

由相同原子形成的共价键，由于元素的电负性相同，所形成的共价键无极性；由不同原子形成的共价键，由于元素的电负性不同，所形成的共价键有极性。

共价键极性的大小是用键的偶极矩来表示的。偶极矩大，键的极性就大，偶极矩小，键的极性就小。

偶极矩等于电荷与正负电荷中心之间的距离的乘积。偶极矩是一个向量，具有方向性。是从正电荷中心指向负电荷中心。

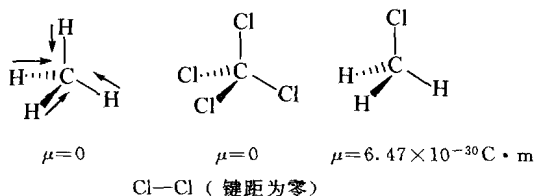
$$\vec{\mu} = qd$$

式中 $\vec{\mu}$ ——偶极矩；

q ——中心电荷；

d ——正负电荷中心的距离。

分子的偶极矩是各键的键距向量和，如果分子的偶极矩等于 0，此分子无极性，如果分子的偶极矩不等于 0，此分子有极性。如：

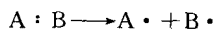


三、共价键的断裂方式和有机反应类型

在有机物分子中，原子与原子之间是靠共价键相互连接起来的，有机化学反应实际上就是旧的共价键的断裂和新的共价键的形成过程。共价键的断裂大体上可分为两类。

1. 均裂

共价键在断裂时，组成共价键的两个电子平均分配给组成该共价键的两个原子或原子团。此过程称为共价键的均裂。

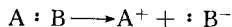


(一对电子平均分给两个原子或原子团)

均裂反应生成的带单电子的原子或原子团称为自由基，有自由基参加的反应称为自由基型反应。

2. 异裂

共价键在断裂时，组成共价键的两个电子被其中的一个原子或原子团所独占。此过程称为共价键的异裂。



异裂反应生成的是带正负电荷的离子，有离子参加的反应称为离子型反应。

第四节 有机化合物的分类

有机化合物的数目繁多，但结构相似的有机化合物性质也相似，因此，可根据有机化合物的结构特征对有机化合物进行分类。有机化合物的分类方法大体上有两种：按骨架分类和按官能团分类。

一、按碳骨架分类

根据有机化合物碳原子的连接方式以及组成碳骨架的原子可将有机化合物分为两大类。

1. 开链化合物（脂肪族化合物）

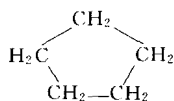
在这类化合物中，碳原子间或碳原子与其它原子之间连接成链状，所以称为开链化合物。由于此类化合物最初是从动物的脂肪中得到的，所以又称为脂肪族化合物。例如：



2. 环状化合物

在这类化合物中，碳原子间或碳原子与其它原子之间连接成环状，所以称为环状化合物。在环状化合物中，根据组成环的原子或结构又分为三类。

(1) 脂环化合物 碳原子之间连接成环状，而其性质与脂肪族化合物相似，所以称为脂环化合物。例如：



环戊烷

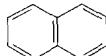


环己烷

(2) 芳香族化合物 这类化合物最初是从具有芳香气味的有机物——天然香树脂和香精油中提取出来的，其共同特点是，在它们的分子中一般具有苯环结构，具有特殊的性质。所以这类化合物称为芳香族化合物。例如：



苯



萘

(3) 杂环化合物 这类化合物的共同特点是，在它们的分子中也具有环状结构，但组成环的原子中除了碳原子外，还有其它原子（如氧、硫、氮等）存在。例如：



吡啶



呋喃



噻吩

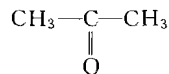
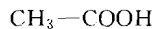
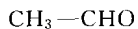
二、按官能团分类

官能团是指有机化合物分子中特别容易发生反应的一些原子或原子团，这些原子或原子团决定这类有机化合物的主要性质。如烯烃中的 >C=C< 双键，炔烃中的 $\text{—C}\equiv\text{C—}$ 三键，卤代烃中的卤原子 (F、Cl、Br、I)，醇中的羟基 (—OH) 等。表 1-3 列出了一些常见的、重要的官能团。

表 1-3 一些常见的、重要的官能团

官 能 团	名 称	官 能 团	名 称
$\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{—}$	双键	$\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{—}$	羰基
$\text{—C}\equiv\text{C—}$	三键	$\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{—OH}$	羧基
—OH	羟基	—CN	氰基
—X (F, Cl, Br, I)	卤原子	—NO_2	硝基
C—O—C	醚键	—NH_2	氨基
$\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{—H}$	醛基	$\text{—SO}_3\text{H}$	磺酸基

【练习 1-3】 指出下列化合物的官能团



第五节 有机化合物的一般研究步骤

研究一个新的有机化合物一般需要经过以下几个步骤。

1. 分离提纯

研究一个新的有机化合物首先要把它分离提纯，保证达到应有的纯度。分离提纯的方法有：重结晶法、升华法、蒸馏法、层析分离法、离子交换法等。

2. 纯度的检验

一般来说, 纯的有机化合物都有一定的物理常数, 如熔点、沸点、密度、折射率等。因此, 测定有机化合物的物理常数就可以确定其纯度。检验固体有机化合物的纯度最常用的方法是测定其熔点, 纯的有机化合物的熔点间距很小, 一般为 $0.5 \sim 1^\circ\text{C}$, 不纯的则没有恒定的熔点。

3. 实验式和化学式的确定

提纯后的有机化合物就可以进行元素的定性分析, 确定它是由哪些元素组成的, 然后再进行元素的定量分析, 确定其实验式。实验式是表示化合物分子中各元素原子的相对数目的最简单式子, 不能确切表明分子的真实的原子个数。因此, 必须进一步测定其相对分子质量, 从而确定化学式。

【例 1-1】 3.26g 样品燃烧后, 得到 4.74g CO_2 和 1.92g H_2O , 实验测得其相对分子质量为 60。求其化学式。

解 通过样品燃烧得到的产物可知, 该样品中含有 C、H 两种元素, 是否含有氧元素只能根据 C、H 的含量是否达到 100% 来推断。如果 C、H 的含量之和达到 100%, 则不含氧元素; 如果 C、H 的含量之和没有达到 100%, 则含有氧元素。

① 求出各元素的含量

样品	CO_2	H_2O
3.26g	4.74g	1.92g

$$\text{碳质量} = \text{CO}_2 \text{ 质量} \times \frac{\text{C 相对原子质量}}{\text{CO}_2 \text{ 相对分子质量}} = 4.74 \times \frac{12}{44} = 1.29\text{g}$$

$$\text{氢质量} = \text{H}_2\text{O 质量} \times \frac{\text{H 相对原子质量} \times 2}{\text{H}_2\text{O 相对分子质量}} = 1.92 \times \frac{2}{18} = 0.213\text{g}$$

$$\text{C 含量} = \frac{\text{碳质量}}{\text{样品质量}} \times 100\% = \frac{1.29}{3.26} \times 100\% = 39.6\%$$

$$\text{H 含量} = \frac{\text{氢质量}}{\text{样品质量}} \times 100\% = \frac{0.213}{3.26} \times 100\% = 6.53\%$$

C 含量 + H 含量 = $39.6\% + 6.53\% = 46.13\% < 100\%$ 说明样品中含有氧元素。

O 含量 = $100\% - 46.13\% = 53.87\%$

② 求出各元素的原子数目比即实验式

$$\text{C} = \frac{39.6}{12} = 3.30; \quad \text{H} = \frac{6.53}{1} = 6.53; \quad \text{O} = \frac{53.87}{16} = 3.37$$

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{3.30}{3.30} : \frac{6.53}{3.30} : \frac{3.37}{3.30} = 1 : 1.98 : 1.02 \approx 1 : 2 : 1$$

该化合物的实验式为 CH_2O 。

③ 求化学式

该化合物的相对分子质量为 60, 则其化学式为:

实验式相对质量为: $12 + 1 \times 2 + 16 = 30$

$$M(\text{CH}_2\text{O})_n = 60 \quad n = \frac{60}{30} = 2$$

所以, 化学式为 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 。

4. 结构式的确定

测定有机化合物结构的方法主要有两种: 物理方法和化学方法。它是根据化合物的性质和运用现代物理方法, 如 X 射线分析、电子衍射法、各种光谱法、核磁共振谱法等来测定化合物的结构。