



教育部高职高专规划教材

有机化学

第二版

刘 军 张文雯 申玉双 主编

丁敬敏 主审



化学工业出版社

教育部高职高专规划教材

有机化学

第二版

刘 军 张文雯 申玉双 主编

丁敬敏 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据有机化学学科的发展和进一步深化高职教育教学改革,培养高素质技能型人才的需要,在第一版教材教学实践的基础上修订而成的。全书共分15章,内容可分为两部分。第一部分为有机化学理论内容,包括绪论、脂烃、芳香烃、立体异构、卤代烃、烃的含氧衍生物、烃的含氮衍生物、杂环化合物以及萜类和甾族化合物。第二部分为有机化学实验内容,包括有机化学实验基本知识、物理常数的测定和有机化合物的制备及分离纯化技术、有机化合物的分析方法,同时精选了十个实验,能比较系统、全面地训练学生的基本操作技能。

本次修订从教学实际出发,重新整合教学内容,突出了内容的实用性和可操作性。每章前设立的“学习目标”包含了“知识目标”和“能力目标”,对教与学有较强的指导作用;章后附有的“习题”,增加了填空和选择题型,能帮助读者巩固提高;为拓宽学习者的视野,在大部分章节后安排了反映有机化学前沿领域的新知识、新技术和新进展的“知识拓展”材料,体现了科学性和先进性。

本教材可作为高职高专院校制药、化工、分析检验等专业的教学用书,也可供相关专业的培训人员和制药、化工技术专业的工作人员参考。

本书有配套的电子课件,订购本书的学校可登录 www.cipedu.com.cn 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/刘军,张文雯,申玉双主编.—2版.—北京:
化学工业出版社,2010.8
教育部高职高专规划教材
ISBN 978-7-122-08896-3

I. 有… II. ①刘…②张…③申… 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(2010)第 116370 号

责任编辑:蔡洪伟 陈有华
责任校对:徐贞珍

文字编辑:李姿娇
装帧设计:关 飞

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19 1/4 字数531千字 2010年9月北京第2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:32.00 元

版权所有 违者必究

高职高专制药技术类专业规划教材 编审委员会

主任委员 程桂花

副主任委员 杨永杰 张健泓 乔德阳 于文国 鞠加学

委员 (按姓名汉语拼音排列)

陈文华	陈学棟	程桂花	崔文彬	崔一强	丁敬敏
冯 利	关荐伊	韩忠霄	郝艳霞	黄一石	鞠加学
雷和稳	冷士良	李 莉	李丽娟	李晓华	厉明蓉
刘 兵	刘 军	刘 崧	陆 敏	乔德阳	任丽静
申玉双	苏建智	孙安荣	孙乃有	孙祎敏	孙玉泉
王炳强	王玉亭	韦平和	魏怀生	温志刚	吴晓明
吴英绵	辛述元	薛叙明	闫志谦	杨瑞虹	杨永杰
叶昌伦	于淑萍	于文国	张宏丽	张健泓	张素萍
张文雯	张雪荣	张正兢	张志华	赵 靖	周长丽
邹玉繁					

前 言

本书第一版作为教育部高职高专规划教材，2005 年出版至今已重印多次，受到广大使用者的喜爱和好评。随着高等职业教育的不断发展和课程改革进程的不断深入，对有机化学课程又提出了新的要求。因此，我们在本书第一版的基础上重新进行了修订。

本书按照全国高等职业教育制药技术教学指导委员会通过的专业培养计划和有机化学教学大纲修订而成，在保留了原教材的精华与特色的基础上，拓宽了教材的适用范围，可作为高职高专院校制药、化工、分析检验等专业的教学用书，也可供相关专业的培训人员和制药、化工技术专业的工作人员参考。

修订后的教材从教学实际出发，重新整合教学内容。为避免与后续课程在内容上不必要的重复，删去了氨基酸、蛋白质及糖类；增加了有机化合物的分析方法，以满足相关专业教学的要求；各章节增加了应用知识，更加突出教材的实用性；重新编写了章后习题，增加了填空和选择题型，章后习题覆盖了各章节重要的知识点，有难有易，能满足不同层次学生的需要；在每章开篇编排的“学习目标”包含了“知识目标”和“能力目标”，更有助于学生有的放矢地学习和教师有针对性地进行指导；在精心选择的实验项目中，安排了“信息收集”，以培养学生的自主学习能力，同时也方便教师组织教学，实施教学方法的改革。

本版教材在大部分章节后编写了“知识拓展”，介绍有机化学前沿领域的新知识、新技术和新进展等，以帮助学生了解本学科的前沿知识和信息，增加环保意识，同时使学生拓宽视野，激发学习兴趣。

参加本版教材编写工作的人员有河北化工医药职业技术学院刘军（第二、十二、十四章）、申玉双（第四、五、十章）、王萍（第十三章第二节、第十五章及全书的章后习题），常州工程职业技术学院张文雯（第一、三、六章及第十三章第一节），石家庄职业技术学院王丽君（第八、九章），沧州职业技术学院王景慧（第七、十一章）。全书由刘军统一修改定稿。

常州工程职业技术学院的丁敬敏教授担任本书的主审，对书稿提出了宝贵的意见，河北化工医药职业技术学院的高洪潮老师对有关章节的编写给予了精心指导，在此对他们致以深切的谢意！

本书在编写时参考了大量的相关专著和文献资料，在此向作者一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足，恳请同行与读者批评指正。

编者
2010 年 5 月

第一版前言

进入 21 世纪, 有机化学发展已呈现出新的趋势。现代生命科学和生物技术的崛起给有机化学注入了新的活力, 制药行业的迅猛发展, 对有机化学课程提出了新的要求。因此编写一本既能反映有机化学在生命科学、生物、制药等领域的新成果和发展动态, 又能体现高职教育特色和专业特点的有机化学教材成了当务之急。

本教材以教育部高等教育司审定下发的高职三年制制药技术类专业《有机化学》教学大纲为依据, 以高等职业教育制药技术类专业对有机化学知识、能力和素质的要求为指导思想, 按照官能团体系, 将脂肪族化合物和芳香族化合物混合编写而成。本教材具有如下特点。

1. 体系编排新颖, 内容取材与专业息息相关。本教材将有机化学理论和实验两部分有机地融为一体, 对脂肪烃类进行了优化组合, 突出了开链烃和脂环烃的联系。内容的选择以基本知识和基本反应为主, 突出结构与性质、性质与制备的关系, 在保持学科系统性的基础上, 注重专业特点。如对与后续课程联系不大的石油产品——烃类做了淡化处理, 增加了萜类、甾族化合物、核酸、生物碱、磷脂等与医药相关的内容, 在各章尽量选择与医药有关的重要化合物进行介绍。基本理论的选择立足于“必需、够用”, 着重于理论知识的应用。如对立体化学最基本的知识, 典型、成熟的有机反应机理予以一定的讨论, 为后续课程奠定基础。

2. 体现职业教育思想, 突出实用性。本教材适当淡化或删减了理论性偏深或实用性不强的内容, 降低了知识的难度和广度, 注重理论与实践相结合, 紧紧围绕制药行业的药物、医药中间体展开叙述和讨论。例如, 强化了工业生产或实验室中广为应用的化学反应及反应产物, 尤其对于与医药密切相关的化合物加重笔墨予以描述, 但对制药专业实用意义不大的反应(如烷烃的裂化、裂解, 不饱和烃的聚合反应等)予以回避, 对复杂的反应机理进行简化处理, 力求少而精。体现了高职教材“实用为主, 够用为度, 应用为本”的特色。

3. 体现以学生为主体的教学思想, 培养学生的学习能力。本教材的内容编排符合教学规律, 做到由浅入深, 层次分明。在每章的开篇编有“学习目标”, 使学生有的放矢地进行学习; 每章中间配有启迪思考、题型多样的“思考与练习”, 帮助学生知识的理解消化; 每章的后面附有综合性“习题”, 培养学生融会贯通、综合利用所学知识的能力。

4. 采用国标, 配有多媒体课件, 体现教材的科学性和先进性。全书采用了现行国家标准规定的术语、符号和单位并配有多媒体课件。课件的实验和理论内容完全与本教材吻合。课件的具体编排是教材中每一章以及实验内容都独立作为一个文件, 其中实验内容制作成仿真型, 结构和立体化学内容制作成三维动画效果。充分体现了 21 世纪新教材的科学性和先进性。如您购书有一定量, 可以免费索取电子课件, 我们的 Email 为: caihongweil11@163.com。

5. 编写选学内容, 增强可读性。教材大部分章节中编写了专业性强、有一定趣味性的选学内容(以 * 标记), 如手性药物、卤代烃的生理活性、生物碱、核酸、生物酶及克隆技术等。使学生在掌握基本知识的同时进一步拓宽视野, 激发学习兴趣。

参加本书编写工作的有河北化工医药职业技术学院刘军(第二、第十四、第十六章)、申玉双(第四、第五、第十章), 常州工程职业技术学院张文雯(第一、第三、第六、第十五章), 石家庄职业技术学院王丽君(第八、第九、第十三章), 沧州职业技术学院王景慧(第七、第十一、第十二章)。全书由刘军统稿。

河北化工医药职业技术学院程桂花书记自始至终关注、支持并指导本书的编写工作。常州工程职业技术学院的丁敬敏副教授担任本书的主审，对书稿提出了极为宝贵的意见。河北化工医药职业技术学院王萍老师参与了对本书的校核工作。在编写过程中也得到了化学工业出版社的大力支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中不当之处恳请同行与读者批评指正。

编者
2005 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1	第五节 脂烃的化学性质	28
第一节 有机化合物和有机化学	1	一、取代反应	28
一、有机化合物和有机化学的含义 及发展概况	1	思考与练习	31
二、有机化合物的来源	2	二、加成反应	31
三、有机化学与医药的关系	2	思考与练习	36
第二节 有机化合物的特点	3	三、氧化反应	37
一、有机化合物在结构上的特点	3	思考与练习	38
二、有机化合物在性质上的特点	4	四、炔氢原子的反应	38
三、有机化合物中的共价键	4	思考与练习	39
四、有机反应中的酸碱理论	6	第六节 重要的化合物	40
第三节 有机化合物的分类	7	一、天然烷烃	40
一、按碳架分类	7	二、重要的单烯烃	41
二、按官能团分类	7	三、重要的二烯烃	43
第四节 有机化学的学习方法	8	四、乙炔的来源及用途	44
【知识拓展】 绿色化学	8	第七节 脂烃的特征比较	45
习题	9	【知识拓展】 取之不尽、用之不竭的可再生 资源——生物质	46
第二章 脂烃	11	习题	46
第一节 脂烃的分类、通式和同分异构 现象	11	第三章 芳香烃	50
一、脂烃的分类	11	第一节 苯的结构	50
二、脂烃的通式和同分异构现象	12	一、凯库勒构造式	50
思考与练习	14	二、闭合共轭体系	51
第二节 脂烃的命名	14	思考与练习	51
一、烷烃的命名	14	第二节 单环芳烃的分类、同分异构 和命名	52
二、烯烃、炔烃和二烯烃的命名	17	一、单环芳烃的分类	52
三、烯炔的命名	18	二、单环芳烃的同分异构	52
四、脂环烃的命名	18	三、单环芳烃的命名	53
思考与练习	19	四、芳烃衍生物的命名	54
第三节 脂烃的结构与杂化轨道	20	思考与练习	54
一、烷烃的结构及 sp^3 杂化	20	第三节 单环芳烃的物理性质	55
二、烯烃的结构及 sp^2 杂化	21	第四节 单环芳烃的化学性质	55
三、炔烃的结构及 sp 杂化	22	一、苯环上的取代反应及亲电取代 反应机理	55
四、共轭二烯烃的结构及共轭效应	23	二、苯同系物侧链上的取代反应	58
五、环烷烃的结构及环的稳定性	25	三、氧化反应	58
思考与练习	26	思考与练习	59
第四节 脂烃的物理性质	26	第五节 苯环上亲电取代反应的定位规律	59
一、物态	27	一、一元取代苯的定位规律	59
二、沸点	27	二、二元取代苯的定位规律	60
三、熔点	27	三、定位规律在药物合成中的应用	61
四、相对密度	28	思考与练习	62
五、溶解性	28	第六节 重要的单环芳烃	62
思考与练习	28		

一、苯	62	第五节 卤代烃中卤原子的反应活性	99
二、甲苯	62	一、卤代烃中各类卤原子活性的差异	99
三、二甲苯	63	* 二、各类卤代烃中卤原子反应活性差异 的理论解释	100
四、苯乙烯	63	思考与练习	100
第七节 稠环芳烃	63	第六节 重要的卤代烃	101
一、萘	64	一、氯乙烯和聚氯乙烯	101
思考与练习	66	二、四氟乙烯和聚四氟乙烯	101
* 二、蒽、菲和致癌烃	66	三、氟里昂	102
【知识拓展】 离子交换树脂	67	四、全氟碳类血液代用品	102
习题	68	五、重要的含氟全身麻醉药	102
第四章 立体异构	71	【知识拓展】 卤代烃的生理活性	103
第一节 构象异构	72	习题	104
一、乙烷的构象	72	第六章 醇、酚、醚	106
二、正丁烷的构象	73	第一节 醇	106
三、环己烷及其衍生物的构象	73	一、醇的结构、分类和命名	106
思考与练习	74	二、醇的制法	107
第二节 顺反异构	74	三、醇的物理性质	108
一、顺反异构现象	74	四、醇的化学性质	109
二、顺反异构体的命名	75	五、重要的醇	113
三、顺反异构体的理化性质	77	思考与练习	114
思考与练习	77	第二节 酚	114
第三节 对映异构	77	一、酚的结构、分类和命名	114
一、物质的旋光性	78	二、酚的物理性质	115
二、物质的旋光性与分子结构的关系	79	三、酚的化学性质	115
三、含一个手性碳原子的化合物的对映 异构	80	四、重要的酚	117
四、含两个手性碳原子的化合物的对映 异构	82	思考与练习	118
思考与练习	84	第三节 醚	119
【知识拓展】 手性药物	85	一、醚的结构、分类和命名	119
习题	86	二、醚的制法	120
第五章 卤代烃	89	三、醚的物理性质	120
第一节 卤代烃的分类、同分异构和命名	89	四、醚的化学性质	120
一、卤代烃的分类	89	五、重要的醚	121
二、卤代烃的同分异构	90	思考与练习	122
三、卤代烃的命名	90	* 第四节 硫醇和硫醚及衍生物	122
思考与练习	91	一、硫醇	122
第二节 卤代烃的制法	91	二、硫醚、亚砷和砷	123
一、烃的卤代	92	【知识拓展】 一种定香剂—— β -蔡乙醚的 合成方法	123
二、不饱和烃的加成	92	习题	124
三、由醇制备	92	第七章 醛、酮、醌	127
四、卤-卤置换反应和重氮盐的卤置换 反应	93	第一节 醛和酮的结构、分类和命名	127
思考与练习	93	一、醛和酮的结构	127
第三节 卤代烃的物理性质	93	二、醛和酮的分类	128
第四节 卤代烃的化学性质	94	三、醛和酮的命名	128
一、取代反应及亲核取代反应的机理	94	思考与练习	129
二、消除反应	97	第二节 醛和酮的制法	129
三、与金属镁反应	98	一、炔烃的水合	130
		二、羰基合成	130

三、醇的氧化和脱氢	130
四、芳烃的酰基化 (傅-克反应)	130
思考与练习	131
第三节 醛和酮的物理性质	131
思考与练习	132
第四节 醛和酮的化学性质	132
一、羰基的加成反应及亲核加成反应	
机理	132
思考与练习	137
二、 α -氢原子的反应	137
三、氧化-还原反应	139
思考与练习	141
第五节 重要的醛和酮	142
一、甲醛	142
二、丙酮	142
三、麝香酮	142
四、鱼腥草素	143
* 第六节 醌	143
一、醌的构造、分类和命名	143
二、重要的醌——维生素 K	143
思考与练习	144
【知识拓展】 第一种人工合成的高分子——	
酚醛树脂	144
习题	146
第八章 羧酸及其衍生物	149
第一节 羧酸	149
一、羧酸的结构、分类和命名	149
二、羧酸的制法	151
三、羧酸的物理性质	152
四、羧酸的化学性质	152
五、重要的羧酸	155
思考与练习	156
第二节 羧酸衍生物	157
一、羧酸衍生物的分类和命名	157
二、羧酸衍生物的物理性质	158
三、羧酸衍生物的化学性质	159
四、重要的羧酸衍生物	161
思考与练习	163
* 第三节 油脂和表面活性剂	163
一、油脂	163
二、表面活性剂	165
* 第四节 碳酸衍生物	167
一、尿素、胍、巴比妥酸	167
二、碳酸二甲酯	168
【知识拓展】 取代光气和氢氰酸的绿色	
化学技术	169
习题	170
第九章 取代酸	173
第一节 羧酸	173

一、醇酸	174
二、酚酸	175
第二节 羧基酸	176
一、 α -酮酸与 β -酮酸	176
二、乙酰乙酸乙酯	177
三、丙二酸二乙酯	179
【知识拓展】 有机化合物合成大师——	
伍德沃德	181
习题	182
第十章 含氮有机化合物	184
第一节 芳香硝基化合物	184
一、芳香硝基化合物的结构和命名	184
二、芳香硝基化合物的制法	185
三、芳香硝基化合物的物理性质	185
四、芳香硝基化合物的化学性质	185
五、重要的芳香硝基化合物	187
第二节 腈	187
一、腈的结构和命名	187
二、腈的制法	188
三、腈的物理性质	188
四、腈的化学性质	188
五、重要的腈——丙烯腈	189
思考与练习	189
【知识拓展】 合成纤维	189
第三节 胺	191
一、胺的分类、同分异构和命名	191
二、胺的制法	192
三、胺的物理性质	193
四、胺的化学性质	194
五、季铵盐和季铵碱	198
六、重要的胺及其衍生物	199
思考与练习	200
第四节 芳香族重氮化合物和偶氮化	
合物	201
一、重氮化合物和偶氮化合物的结构和	
命名	201
二、芳香重氮化合物	201
三、偶联反应与偶氮化合物	202
思考与练习	203
【知识拓展】 合成染料	204
习题	205
第十一章 杂环化合物	208
第一节 杂环化合物的分类和命名	208
一、杂环化合物的分类	208
二、杂环化合物的命名	208
思考与练习	209
第二节 五元杂环化合物	210
一、呋喃、噻吩、吡咯的结构	210
二、呋喃、噻吩、吡咯的性质	210

思考与练习	212	二、沸点及其测定	248
第三节 六元杂环化合物	212	三、折射率及其测定	251
一、吡啶的结构	212	实验一 熔点的测定	253
二、吡啶的性质	213	实验二 沸点的测定	254
思考与练习	214	实验三 液体折射率的测定	255
第四节 重要的杂环化合物及其衍生物	215	第十四章 有机化合物的制备和分离	
一、呋喃衍生物	215	纯化技术	257
二、吡啶衍生物	216	第一节 混合物的分离提纯技术	257
三、嘧啶	217	一、结晶和重结晶	257
四、嘌呤	217	二、蒸馏和分馏	260
思考与练习	218	三、萃取和洗涤	266
【知识拓展】 生物碱	218	四、升华	267
五、重要的生物碱	219	实验四 液体混合物丙酮和水的分离	268
习题	221	实验五 八角茴香的水蒸气蒸馏	270
第十二章 萜类和甾族化合物	223	实验六 从茶叶中提取咖啡因	271
第一节 萜类化合物	223	第二节 有机化合物的制备技术	273
一、萜类化合物的结构和分类	223	一、确定合理的制备路线	273
二、重要的萜类化合物	224	二、选择适宜的反应装置	274
思考与练习	227	三、选择产物的分离纯化方法	276
第二节 甾族化合物	227	四、计算实验产率	277
一、甾族化合物的基本结构	227	实验七 阿司匹林的制备	277
二、甾族化合物的分类和命名	228	实验八 乙酰苯胺的制备	279
三、重要的甾族化合物	229	实验九 乙酸异戊酯的制备	281
思考与练习	232	实验十 1-溴丁烷的制备	283
【知识拓展】 让食品更完美——食品添		第十五章 有机化合物的分析方法	287
加剂	232	第一节 主要官能团的鉴别方法	287
习题	234	一、脂烃和芳香烃的鉴别方法	287
第十三章 有机化学实验的基本知识		二、卤代烃的鉴别方法	289
和物理常数的测定技术	237	三、含氧衍生物的鉴别方法	289
第一节 有机化学实验的基本知识	237	四、含氮衍生物的鉴别方法	293
一、有机化学实验的基本要求	237	五、杂环化合物的鉴别方法	294
二、有机化学实验室常识	240	思考与练习	294
三、常用玻璃仪器及其洗涤与干燥		第二节 色谱分析方法	294
方法	242	一、气相色谱法	295
四、有机化学实验文献资料简介	244	二、液相色谱法	298
第二节 物理常数的测定技术	246	思考与练习	301
一、熔点及其测定	246	参考文献	302

第一章 绪 论

学习目标

知识目标

- ◆ 掌握有机化合物的特性、结构特点、结构表示法及分类方法。
- ◆ 理解共价键的本质、基本属性和断裂方式；理解有机反应中的酸碱理论。
- ◆ 了解有机化合物、有机化学的含义及其与医药的关系；了解反应机理的描述方法。

能力目标

- ◆ 会正确表达有机化合物的构造式。
- ◆ 能根据分子间力和氢键的特点判断化合物的沸点和熔点的变化情况；根据相似相溶原理判断液体化合物的相溶性。
- ◆ 能区分不同类型的酸、碱，会运用酸碱平衡常数判断酸碱的强弱。
- ◆ 能认识官能团，并初步确定有机物的类型。

第一节 有机化合物和有机化学

一、有机化合物和有机化学的含义及发展概况

有机化合物，简称“有机物”，最初是从有生机之物——动植物有机体中得到的物质，故命名为“有机物”。随着科学的发展，越来越多的由生物体中取得的有机物，可以用人工的方法来合成，而无需借助生命体，但“有机”这个名称仍被保留了下来。由于有机化合物数目繁多，且在性质和结构上又有许多共同特点，使其逐渐发展成为一门独立的学科。

有机化合物在结构上的共同点是：它们都含有碳原子，因此有机化合物被定义为“碳化合物”，有机化学即是研究碳化合物的化学。但有机化合物中，除了碳，绝大多数还含有氢，且许多有机物分子中还常含有氧、氮、硫、卤素等其他元素，因此，确切地说，有机化合物是碳氢化合物及其衍生物，有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

随着社会的发展，有机化学的发展已呈现出新的趋势。建立在现代物理学和物理化学基础上的物理有机化学，可定量地研究有机化合物的结构、反应活性和反应机理，这不仅指导了有机合成化学，而且对生命科学的发展也有重大意义。有机合成化学在高选择性反应方面的研究，特别是不对称催化方法的发展，使得更多具有高生理活性、结构新颖分子的合成成为可能。金属有机化学和元素有机化学的丰富，为有机合成化学提供了高选择性的反应试剂和催化剂及各种特殊材料和加工方法。近年来，计算机技术的引入，使有机化学在结构测定、分子设计和合成设计上如虎添翼，发展更为迅速。另外，组合化学的发展不仅为有机化学提出了一个新的研究内容，也使高能量的自动化合成为现实。

有机化学从它的诞生之日起就是为人类合成新物质服务的，如今由化学家们合成并设计的数百万种有机化合物，已渗透到了人类生活的各个领域。在对重要的天然产物和生命基础物质的研究中，有机化学取得了丰硕的成果。维生素、抗生素、甾体和萜类化合物、生物碱、糖类、肽、核苷等的发现、结构测定和合成，为医药卫生事业提供了有效的武器。高效低毒农药、动植物生长调节剂和昆虫信息物质的研究和开发，为农业的发展提供了重要的保

证。自由基化学和金属有机化学的发展,促使了高分子材料特别是新的功能材料的出现。有机化学在蛋白质和核酸的组成与结构的研究、序列测定方法的建立、合成方法的创建等方面的成就为生物学的发展奠定了基础。

二、有机化合物的来源

有机化合物的天然来源有石油、天然气、煤和农副产品,其中最重要的是石油。

1. 石油

石油是从地底下开采出来的深褐色黏稠液体,也称原油。其主要成分是烃类,包括烷烃、环烷烃、芳烃等,此外还含有少量烃的氧、氮、硫等衍生物。原油的组成复杂,因产地不同或油层不同而有所差别。

石油是工业的血液,是现代工业文明的基础,是人类赖以生存与发展的重要能源之一。原油通常不能直接使用,经过常压或减压分馏,可以得到不同沸点范围的多种产品,由这些产品经进一步加工,可制备一系列重要的化工原料,以满足橡胶、塑料、纤维、染料、医药、农药等不同行业的需要。

我国石油分布广泛,不仅有陆地石油资源,也有海底石油资源,近几年的原油年产量均在1.6亿吨以上。但随着我国经济的高速增长,原油消耗逐年上升,目前已成为世界第二大原油消费国。因此,每年仍需从国外进口大量原油。

2. 天然气

天然气是蕴藏在地层内的可燃性气体,其主要成分是甲烷。根据甲烷含量的不同,可分为干气和湿气两类。干气甲烷的含量为86%~99%(体积分数);湿气除含60%~70%(体积分数)的甲烷外,还含有乙烷、丙烷和丁烷等低级烷烃以及少量氮、氢、硫化氢、二氧化碳等杂质。

天然气是国内外很有发展前景的一种清洁能源,也是一种化工原料,可由此制取甲醛、甲醇、炭黑、氨、尿素等有机化工原料及产品。专家预计,21世纪天然气将超过石油成为世界上第一大能源。我国天然气地质资源量估计超过38万亿立方米,主要分布在中西部地区和近海地区。虽然储量不小,但需求更大,这使我国将正式成为天然气进口国。

3. 煤

煤是埋藏在地底下的可燃性固体。通过对煤的干馏,即将煤在隔绝空气的条件下加热到950~1050℃,就可得到焦炭、煤焦油和焦炉气。由煤焦油可以制得苯、二甲苯、联苯、酚类、萘、蒽等多种芳香族化合物及沥青。焦炉气的主要成分是甲烷、一氧化碳和氢气,还含有少量苯、甲苯和二甲苯。焦炭可用于钢铁冶炼和金属铸造及生产电石。

煤炭是我国的主要能源,被誉为“乌金”。我国煤炭资源比石油等其他资源相对更为丰富,但由于煤质、生态、环境等诸多因素的制约,煤炭资源的开发利用仍需不断优化。

4. 农副产品

许多农副产品是制备有机化合物的原料。如淀粉发酵可制乙醇;玉米芯、谷糠可制糠醛;从植物中可提取天然色素和香精;由天然植物经过加工可制得中成药;从动物内脏可提取激素;用动物的毛发可制取胱氨酸等。

从长远来看,农副产品是取之不尽的资源。我国农产品极其丰富,因地制宜综合利用农副产品,必将使天然有机化合物的提取大有可为。

三、有机化学与医药的关系

有机化学是医药的基础,它为制药专业的后续课程奠定理论基础。我国对药物的研究历史悠久,早在战国秦汉时期,就著有《神农本草经》,这是世界上最早的一部药书,其中的几百种药物大部分来源于植物和动物,其大多数的药用成分为有机化合物。目前国内外的各类药物,绝大多数是由有机化合物通过化学方法合成得到的,药物合成在很大程度上是一个有机合成过程。学习药物合成,不仅要了解药物的组成、结构、性质、配制和药效,还要开

发和研制新药，为此都需要具备丰富的有机化学知识。

制药的目的是为了身体健康，组成人体的物质除水和一些无机盐以外，绝大部分也是有机物。例如构成人体组织的蛋白质，与体内代谢有密切关系的酶、激素和维生素，人体储藏的营养——糖原、脂肪等。这些有机化合物在体内进行着一系列复杂的变化（也包括化学变化），以维持体内新陈代谢作用的平衡。因此要了解药物对人体的药理作用，也必须要有有机化学知识。

第二节 有机化合物的特点

有机化学作为化学科学的一个分支，独立成一门学科，是由有机化合物的结构和性质特点决定的。

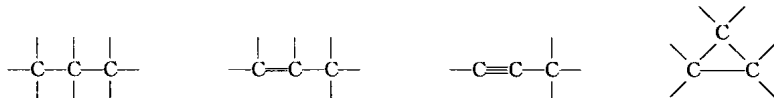
一、有机化合物在结构上的特点

1. 碳原子是四价的

碳元素是形成有机化合物的主体元素，它位于元素周期表的第二周期第ⅣA族。碳原子的最外层有4个电子，可与其他原子形成4个化学键，所以说，碳原子是四价的。

2. 碳原子与其他原子以共价键结合

由于碳元素在周期表中的特殊位置，使它的原子既不容易得电子，也不容易失电子，即不易形成离子键。碳原子是以共用电子对的形式与其他原子形成分子的，形成的这种键称为共价键。碳原子可以与其他原子相结合，也可以自身相结合。碳原子间的连接方式可以是链状，也可以是环状。通过共用电子对形成共价键时，可以共用一对、两对或三对电子，分别称为单键、双键或三键结合。如：

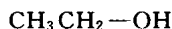


3. 分子中的原子按一定的次序和方式相连接

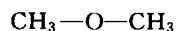
有机化合物分子中的原子是按一定的顺序和方式相连接的。分子中原子间的相互连接方式和排列顺序叫做分子的构造，表示分子构造的式子叫构造式。

4. 同分异构现象

在有机化合物中，同一分子式可以代表原子间几种不同的排列次序和连接方式的几种不同物质。如分子式 C_2H_6O 可以代表以下两种化合物：



乙醇



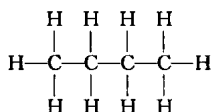
二甲醚

这种分子式相同而构造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。

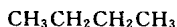
5. 有机化合物构造式的表示方法

有机化合物构造式的表示方法常用的有3种：价键式、缩简式、键线式。

价键式是用短线代表共价键，并完整地表示出价键上原子的连接情况。“—”、“=”、“≡”分别代表共价单键、双键和三键。有时，为了书写方便，在不引起理解错误的情况下，可省略一些代表单键的短线，并将同一碳原子上相同的原子合并，以阿拉伯数字表示相同原子的数目，这就是缩简式，或称结构简式。键线式是不写出碳原子和氢原子，仅用短线代表碳碳键，短线的连接点和端点代表碳原子。如丁烷有以下几种表示方法：



价键式



缩简式



键线式

二、有机化合物在性质上的特点

1. 容易燃烧

大多数有机化合物都容易燃烧，燃烧时生成二氧化碳、水和分子中所含碳、氢元素以外的其他元素的氧化物。正是由于这一特点，在人类常用的燃料中，有很多含有有机化合物，如汽油、天然气、酒精、煤等。人们也常用引燃方法初步鉴别有机化合物和无机化合物。

2. 熔点、沸点较低

有机化合物的熔点一般在 400°C 以下，沸点也较低，这是因为有机化合物分子是共价分子，分子间是以范德华力结合而成的，破坏这种晶体所需的能量较少。也正因为如此，许多有机化合物在常温下是气体、液体。而无机化合物通常是由离子键形成的离子晶体，破坏这种静电引力所需的能量较高，所以无机化合物的熔点、沸点一般也较高。例如，苯酚的熔点为 43°C ，沸点为 182°C ；氯化钠的熔点为 801°C ，沸点为 1413°C 。

3. 受热易分解

一般有机化合物的热稳定性差，许多有机化合物在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 时即逐渐分解，随着温度的升高甚至碳化而变黑。而多数无机物加热至几百度高温也无变化。

4. 难溶于水，易溶于有机溶剂

有机化合物大多为非极性或极性很弱的分子，根据相似相溶原理，有机化合物难溶于极性的水，而易溶于非极性的有机溶剂。如石蜡不溶于水，但可溶于汽油。

5. 反应速率慢

有机化合物的反应速率一般较慢，需要一定时间，有的可长达几十个小时才能完成。这是因为大多数有机物以分子状态存在，分子间发生化学反应，必须使分子中的某个键断裂才能进行。而无机物的反应一般为离子反应，反应速率较快。

在进行有机反应时，为了提高反应速率，常采用加热、加压、使用催化剂等方法。

6. 副反应多

有机物分子大多是由多个原子形成的复杂分子，当它与另一试剂反应时，分子中受试剂影响的部位较多，因此在主反应之外，还伴随着不同的副反应，使反应产物为混合物。有机化合物的这一特征给研究有机反应及制备纯的有机物带来很多麻烦。

三、有机化合物中的共价键

物质的性质取决于物质的结构，在有机化合物的结构中，普遍存在着共价键。

1. 共价键的本质

路易斯经典共价键理论认为：共价键是原子间通过共用电子对所形成的化学键，这一理论初步揭示了共价键的本质。1926 年以后，在量子力学基础上建立起来的现代价键理论，对共价键的本质有了更深入的理解。

现代价键理论认为：共价键是由成键的两个原子间自旋方向相反的未成对电子所处的原子轨道的重叠或电子云的交盖而形成的。即当两个含有自旋相反的未成对原子相互接近到一定距离时，不仅受自身原子核的吸引，同时也受另一原子核的吸引，使得相互配对的电子均可出现在两个原子轨道上，同时这两个原子轨道相互重叠，重叠的程度越大，核间排斥力越小，系统能量越低，形成的共价键越稳定。

一般来说，原子核外未成对的电子数就是该原子可能形成的共价键的数目。例如，氢原子外层只有 1 个未成对电子，所以它只能与另 1 个氢原子或其他一价的原子结合形成双原子分子，而不能与第 2 个原子结合，这就是共价键的饱和性。

而共价键又是由参与成键原子的原子轨道的最大重叠而形成的，根据这一原理，共价键形成时将尽可能采取轨道最大重叠方向，这就是共价键的方向性。

共价键的饱和性和方向性决定了每一个有机分子都是由一定数目的某几种元素的原子按

特定的方式结合而成的，这使得每个有机物分子都有特定的大小及立体形状。

2. 共价键的基本属性

共价键的属性可通过键长、键角、键能以及键的极性等物理量表示。

(1) 键长 是指成键两原子的原子核间的距离。它除了与组成键的两个原子种类有关外，还与原子轨道的重叠程度有关，重叠程度越大，键长越短。键长越长，也越易受外界影响而发生极化，易发生化学反应。

应用电子衍射、光谱等近代物理方法，可测定键长。一些常见共价键的键长见表 1-1。

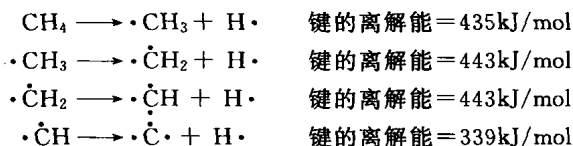
表 1-1 一些常见共价键的键长和键能

共价键	键长/nm	键能/(kJ/mol)	共价键	键长/nm	键能/(kJ/mol)
C—F	0.142	485	C=O	0.122	736
C—Cl	0.177	339	C≡N	0.116	880
C—Br	0.191	285	C—H	0.109	415
C—I	0.213	218	C—N	0.147	305
C—C	0.154	347	C—O	0.143	360
C=C	0.133	611	N—H	0.103	389
C≡C	0.120	837	O—H	0.097	464

(2) 键角 是指二价以上的原子与其他原子所形成的共价键之间的夹角。它是有机化合物分子空间结构和某些物理性质的重要因素。如甲烷分子中 4 个 C—H 键间的键角都是 109.5° ，所以甲烷分子是正四面体。

(3) 键能 共价键的形成或断裂都伴随着能量的变化。原子成键时需释放能量使体系的能量降低，断键时则必须从外界吸收能量。气态原子 A 和气态原子 B 结合成气态 A—B 分子所放出的能量，也就是 A—B 分子（气态）离解为 A 和 B 两个原子（气态）时所需吸收的能量，这个能量叫做键能。1 个共价键离解所需的能量也叫离解能。但应注意，对多原子分子来说，即使是一个分子中同一类型的共价键，这些键的离解能也是不同的。

例如，将 1mol 甲烷分解成 4 个氢原子与 1 个碳原子，要打开 4 个 C—H 键，每打开 1 个 C—H 键所需的能量是不完全一样的。



因此，离解能指的是离解特定共价键的键能，而键能则泛指多原子分子中几个同类型键的离解能的平均值。例如，一般把 C—H 键的键能定为 $(435 + 443 + 443 + 339)/4 = 415.2$ (kJ/mol)。

键能是化学强度的主要标志之一，在一定程度上反映了键的稳定性，在相同类型的键中，键能越大，键越稳定。一些常见共价键的键能见表 1-1。

(4) 键的极性 由于形成共价键原子的电负性差别，使共价键有极性和非极性之分。相同元素的原子间形成的共价键为非极性共价键；不同元素的原子间形成的共价键为极性共价键。共用电子对偏向于电负性较大的元素的原子，而使其显部分负电性，另一电负性较小的元素原子显部分正电性。

可以用 δ^+ 表示正电性， δ^- 表示负电性，用 $\rightarrow$ 表示其方向，箭头指向负电中心。例如：

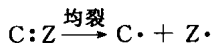


3. 共价键的断裂方式和有机反应类型

有机反应总是伴随着旧键的断裂和新键的生成，按照共价键断裂的方式可将有机反应分

为相应的类型。共价键的断裂主要有两种方式，下面以碳与另一非碳原子 Z 间共价键的断裂说明这一问题。

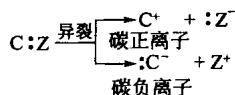
一种方式称为共价键的均裂，是成键的一对电子平均分给两个原子或基团。



均裂生成的带单电子的原子或基团称为自由基或游离基，如 $\cdot\text{CH}_3$ 叫甲基自由基。常用 $\text{R}\cdot$ 表示烷基自由基。

共价键经均裂而发生的反应叫自由基反应。这类反应一般在光和热的作用下进行。

另一种方式称为共价键的异裂，是共用的 1 对电子完全转移到其中的 1 个原子上。



异裂生成了正离子或负离子，如 CH_3^+ 叫甲基碳正离子， CH_3^- 叫甲基碳负离子。常用 R^+ 表示碳正离子， R^- 表示碳负离子。

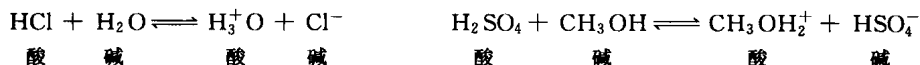
共价键经异裂而发生的反应叫离子型反应。这类反应一般在酸、碱或极性物质（包括极性溶剂）催化下进行。

四、有机反应中的酸碱理论

在无机反应中，采用阿伦尼乌斯酸碱理论，它能较好地适用于水溶液中。而在有机反应中，很多是非水溶液体系，广泛应用的则是布朗斯特酸碱理论和路易斯酸碱理论，简单介绍如下。

1. 布朗斯特酸碱概念和路易斯酸碱概念

布朗斯特酸碱理论认为：凡是能给出质子的叫做酸，凡是能接受质子的叫做碱。例如：



从上两式可以看出，1 个酸给出质子后即变为碱，这个碱称为原来酸的共轭碱；反之，1 个碱与质子结合后即变为酸，这个酸称为原来碱的共轭酸。

路易斯酸碱理论认为：凡是能接受外来电子对的叫做酸，凡是能给予电子对的叫做碱。例如：

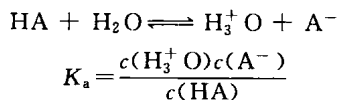


路易斯酸能接受外来电子对，它们具有亲电性，常作为亲电试剂；路易斯碱能给出电子对，它们具有亲核性，常作为亲核试剂。

按以上两种酸碱概念，布朗斯特定义的碱也是路易斯定义的碱，布朗斯特酸和路易斯酸略有不同。例如质子 H^+ ，按布朗斯特定义它不是酸，按路易斯定义它因能接受外来电子对而是酸。又如 HCl 、 H_2SO_4 等，按布朗斯特定义它们都是酸，按路易斯定义它们只有所给出的质子是酸，而本身不是酸。

2. 酸碱的强弱与酸碱反应

有机化学中所说的酸碱强弱，一般指布朗斯特酸所给出质子能力的强弱，其大小可在多种溶剂中测定，但最常用的是在水溶液中，通过酸碱反应的平衡常数来描述。



酸性强度常用 $\text{p}K_a$ 表示， $\text{p}K_a = -\lg K_a$ 。强酸具有较低的 $\text{p}K_a$ ，弱酸具有较高的 $\text{p}K_a$ 。

同理，碱的反应可表示为：