



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

有机化学

第二版

■ 高占先 主编



高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

有机化学

第二版

高占先 主编



高等教育出版社

内容提要

本书是教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材,国家精品课程教材建设和高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材建设计划”立项研究项目的研究成果。

本书是在原版的基础上,结合教学改革与实践,并广泛征求使用学校意见后而修订的。全书分为7篇21章;第1篇有机化学概论;第2篇烃及卤代烃;第3篇有机含氧化合物;第4篇有机含氮化合物及杂环化合物;第5篇天然有机化合物;第6篇有机合成基础及绿色有机合成;第7篇有机化学教学资源。章后有习题,书后有索引和部分参考书目。

与本书配套的辅助教材还有《有机化学学习指导》、《有机化学电子教案》和《有机化学教学软件》等。

本书可作为化学工程与工艺、制药工程、生物化工和应用化学等专业教材,也可供相关专业选用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/高占先主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2007.8

ISBN 978-7-04-021933-3

I. 有… II. 高… III. 有机化学-高等学校-教材
IV. O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 075004 号

策划编辑 翟 怡 责任编辑 岳延陆 封面设计 于文燕 责任绘图 尹 莉
版式设计 张 岚 责任校对 杨雪莲 责任印制 陈伟光

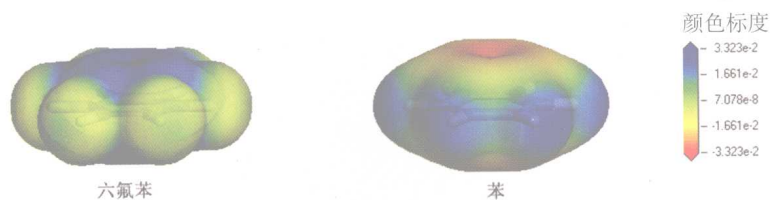
出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	涿州市京南印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	1999年6月第1版
印 张	44.5		2007年8月第2版
字 数	840 000	印 次	2007年8月第1次印刷
插 页	1	定 价	45.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

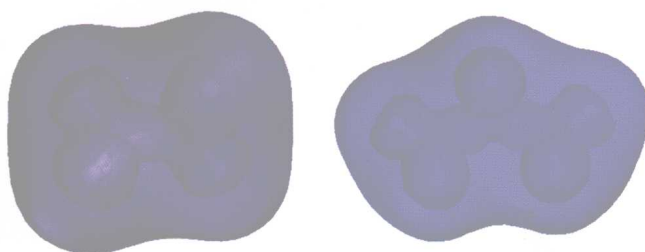
版权所有 侵权必究

物料号 21933-00

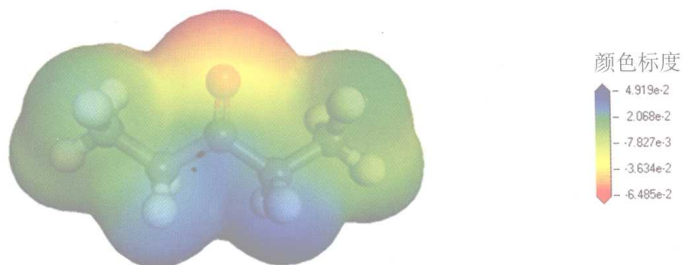
◆ 彩图 4 六氟苯和苯的静电势图模型



◆ 彩图 5 乙烷和丙烷的电子密度图模型



◆ 彩图 6 3-戊酮的静电势图模型



第二版前言

本书是教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材,“国家精品课程”教材建设和高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材建设计划”立项研究项目的研究成果。

本书在第一版提高起点、注重基础、强化官能团构效规律、突出工科教材的应用性和实践性、适度介绍学科前沿四大特点的基础上,吸收首批“国家精品课程”建设实践经验,进行了大幅度的修订。与第一版相比,调整编写体系,增加有机合成篇包括有机合成基础、绿色有机合成两章和阅读篇包括分子模型与化学软件、图书期刊专利文献与联机检索和网络化学与化学教学资源三章;将类脂与生物碱、萜及甾族化合物合并为一章;将烷烃的构象内容合并到同分异构一章中;将共振论和新编写的两类控制反应内容提前,构成有机化合物的结构与性质概述,强化有机化学概述篇内容,突出共性。本书修订的第二个特点,增写了有机化学学科新发展如立体化学某些内容、有机氟化合物等,新反应如烯烃的复分解反应等,新试剂如超临界、离子液体试剂等,新应用如生物柴油等和绿色合成,以及分子结构表示的新方法如静电势图等内容;删去了毒性大试剂的化学反应如烯烃羟汞化反应、毒性大的金属、重金属氧化物、盐为试剂的反应。本书修订的第三个特点是注意有机化学学科研究方法的介绍如芳烃的分类方法、苯的研究历史、动力学热力学控制反应等。精心设计每章的习题内容如增加结构性质方面前后章的呼应内容。本书修订的第四个特点是增写有机化学合成及有机化学教学资源篇,扩充教材功能,拓宽教学渠道。本书修订的第五个特点是将编者的科研成果如烯烃与溴化氢反应、某些绿色合成反应结果以及网络教学资源建设的成果等充实到教材中,增强教材的适用性。

本书目录带*号的章节供各校不同专业取舍用。舍去某些章节内容并不影响有机化学基本知识的完整性。

本书第1~7、18章由高占先修订编写;第8~11、14、16章由陈宏博修订;第12、13、15、17章及全部习题由姜文凤修订编写;第19~21章由于丽梅编写。全书由高占先策划、统稿。

天津大学高鸿宾教授审查了本书的修订大纲;本书第一版主编袁履冰教授审查了全书内容;高等教育出版社岳延陆、翟怡对本书的再次出版做了大量的工作;大连理工大学教务处对本书的编写给予了资助;承担首批“国家精品课程”有机化学课程建设的大连理工大学全体教师学生实践了本书修订内容。所有这些

工作都促进了《有机化学》(第二版)的完善、出版,在此编者一并表示衷心的感谢。

本书与《有机化学学习指导》、《有机化学电子教案》和《有机化学教学软件》同时由高等教育出版社出版,再加上先前出版的《有机化学网络课程》,构成有机化学立体化教材。

本套教材力图贯彻素质教育、能力培养、创新教学的教育教学思想。但由于编者水平所限,力不从心,希望适用本套教材的师生提出批评指正,使本教材在教学教改实践中不断完善内容,提高质量,体现当代有机化学学科发展特点,成为满足中国特色高等教育教学需要的工科基础有机化学教材。

编 者

2007 年春于大连理工大学

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话: (010) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京市西城区德外大街 4 号

• 高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100011

购书请拨打电话: (010)58581118

目 录

第 1 篇 有机化学概论

1

第 1 章 结构与性能概论	3	1.6.1 溶剂的分类	29
1.1 有机化合物和有机化学	3	1.6.2 溶剂化作用	30
1.1.1 有机化合物	3	习 题	31
1.1.2 有机化学	3	第 2 章 分类及命名	34
1.2 结构特征	5	2.1 分类方法	34
1.2.1 共价键的形成——价键法、 分子轨道法	5	2.1.1 按碳架分类	34
1.2.2 共价键的基本属性	9	2.1.2 按官能团分类	35
1.2.3 共振论简介	13	2.2 命名方法	36
1.2.4 构造式表示法	16	2.2.1 化学介词、基和表示链 结构的形容词	37
1.2.5 键的极性在共价键链上的 传递——诱导效应	16	2.2.2 命名法概述	41
1.3 反应类型和试剂的分类	20	2.3 系统命名法	43
1.3.1 共价键的断裂方式与反应 类型	20	2.3.1 基本方法	43
1.3.2 反应中间体的概念	20	2.3.2 烃的命名	45
1.3.3 试剂的分类	22	2.3.3 烃衍生物的命名	50
1.4 两类控制反应	23	习 题	55
1.4.1 动力学控制和热力学 控制	23	第 3 章 同分异构现象	60
1.4.2 广义的动力学控制	24	3.1 构造异构现象	60
1.5 酸碱的概念	25	3.1.1 骨(碳)架异构现象	60
1.5.1 质子酸碱理论	25	3.1.2 官能团位置异构现象	62
1.5.2 电子酸碱理论	28	3.1.3 官能团异构现象	63
1.5.3 试剂与酸碱	29	3.1.4 互变异构现象	63
1.6 溶剂的分类及溶剂化 作用	29	3.2 构象异构现象	63
		3.2.1 链烷烃的构象异构现象	63
		3.2.2 环烷烃的构象异构现象	67
		3.3 几何异构现象	70
		3.3.1 含双键化合物的几何异构	

现象	70	第 4 章 结构的表征	95
3.3.2 含碳环化合物的顺反异构		4.1 研究有机化合物结构的	
现象	73	基本程序	95
3.4 对映异构现象	73	4.2 红外光谱	97
3.4.1 含手性碳化合物的对映异		4.2.1 基本原理	98
构体	73	4.2.2 重要官能团的吸收	
3.4.2 手性碳的构型表示式与		区域	100
标记	75	4.2.3 红外吸收光谱图及其	
* 3.4.3 费歇尔投影式与分子		解析	101
构型	78	4.3 核磁共振谱	103
3.4.4 非碳原子为手性中心的化		4.3.1 ^1H -NMR 的基本原理 ..	103
合物的对映异构现象	78	4.3.2 ^1H -NMR 的化学位移 ..	105
* 3.4.5 含手性轴及手性面的化		4.3.3 ^1H -NMR 的自旋偶合与	
合物的对映异构现象	79	自旋裂分	108
3.4.6 碳环化合物的对映异构		4.3.4 ^1H -NMR 的谱图解析 ..	112
现象	80	* 4.3.5 ^{13}C -NMR 谱简介	114
3.4.7 构象对映体和构象非对		* 4.4 紫外光谱	116
映体	81	4.4.1 紫外光谱图	116
3.5 化合物的旋光性与旋光性		4.4.2 基本原理	117
化合物的拆分及合成	82	4.4.3 吸收带的分类	119
3.5.1 旋光性的测定	82	4.4.4 谱图的解析	119
3.5.2 含有一个手性碳原子化合		* 4.5 质谱	123
物的旋光性	84	4.5.1 基本原理	123
3.5.3 含有两个手性碳原子化合		4.5.2 质谱仪和质谱图	123
物的旋光性	85	4.5.3 烃化化合物的质谱特征	124
3.5.4 分子结构与旋光性	87	4.5.4 谱图的解析	125
3.5.5 外消旋体的拆分	88	习题	127
* 3.5.6 不对称合成概念	89		
习题	90		

第 2 篇 烃及卤代烃

131

第 5 章 饱和烃	133	5.3.1 卤代反应	138
5.1 烷烃的分类及结构	133	5.3.2 其它取代反应	142
5.2 链烷烃的物理性质	134	5.3.3 氧化反应	143
5.3 烷烃的化学性质	138	5.3.4 裂解及异构反应	144

5.4 小环烷烃的特殊性质	145	6.7 α -氢的反应	172
5.4.1 小环烷烃的结构及不稳定性	145	6.7.1 卤代反应	172
5.4.2 小环烷烃的化学性质	146	6.7.2 氧化反应	173
* 5.5 多环烷烃	148	6.8 炔烃的化学性质	173
5.5.1 十氢化萘	148	6.8.1 亲电加成反应	173
5.5.2 金刚烷	149	6.8.2 亲核加成反应	174
习题	150	6.8.3 其它加成反应	175
第6章 不饱和烃	153	6.8.4 催化加氢和还原反应	176
6.1 分类及结构	153	6.8.5 聚合反应	177
6.1.1 烯烃的分类	153	6.8.6 氧化反应	178
6.1.2 炔烃的分类	153	6.8.7 炔氢的反应	178
6.1.3 烯烃的结构	153	6.9 二烯烃的分类及结构	179
6.2 烯烃的物理性质	154	6.9.1 分类	179
6.3 烯烃的加成反应	154	6.9.2 结构	180
6.3.1 加氢反应	154	6.10 共轭体系及共轭效应	182
6.3.2 亲电加成反应	156	6.10.1 共轭体系	182
6.3.3 亲电加成反应机理	158	6.10.2 共轭效应	185
6.3.4 硼氢化反应	161	6.11 共轭二烯烃的化学性质	186
6.3.5 溴化氢自由基加成反应	163	6.11.1 1,4-加成反应	186
* 6.3.6 羰基化反应	164	6.11.2 聚合及共聚合反应	188
6.4 烯烃的聚合与共聚合反应	165	6.11.3 周环反应	190
6.4.1 聚合反应	165	* 6.11.4 环戊二烯的反应	194
6.4.2 共聚合反应	167	习题	195
6.5 烯烃的氧化反应	167	第7章 芳香烃	200
6.5.1 氧化剂氧化	167	7.1 分类	200
6.5.2 催化氧化	168	7.1.1 按苯环数目和结合方式分类	200
6.5.3 臭氧氧化	168	7.1.2 按 $4n+2$ 规则的 n 分类	201
6.5.4 过氧化氢氧化	169	7.2 苯的结构及芳香性	202
6.6 烯烃的复分解反应	170	* 7.2.1 苯结构研究的历史	202
6.6.1 复分解反应	170	7.2.2 价键理论对苯结构的处理	204
6.6.2 反应机理	171	7.2.3 分子轨道理论对苯结	
6.6.3 催化剂	171		

构的处理	204	习题	241
7.3 单环芳香烃的物理性质 ..	205	第8章 卤代烃	246
7.4 苯环上的亲电取代反应 ..	206	8.1 卤代烃的分类和结构	246
7.4.1 反应类型及反应机理	206	8.1.1 分类	246
7.4.2 定位规律	213	8.1.2 结构	247
* 7.4.3 哈密特方程及取代基的 常数	219	8.2 卤代烃的物理性质	248
7.4.4 二元取代苯的定位 规律	220	8.3 卤代烃的亲核取代反应 ..	250
7.4.5 定位规律的应用	221	8.3.1 亲核取代反应类型	250
7.4.6 热力学控制与动力学 控制	222	8.3.2 亲核取代反应机理及 影响因素	253
7.5 单环芳烃的加成及氧化 反应	223	8.4 卤代烃的消除反应	262
7.5.1 加成反应	223	8.4.1 反应机理	263
7.5.2 氧化反应	224	8.4.2 反应的取向和立体 化学	264
7.6 芳烃侧链上的反应	224	8.4.3 取代和消除反应的 竞争	267
7.6.1 α -氢的反应	224	8.5 不饱和卤代烃	268
7.6.2 共轭双键上的反应	226	8.5.1 卤代烯烃	268
7.7 多环芳烃	227	8.5.2 卤苯	270
7.7.1 稠环芳烃	227	8.6 多卤代烃	274
7.7.2 多苯代脂烃	234	8.6.1 多卤代烷烃	274
7.7.3 联环芳烃	235	8.6.2 有机氟化合物	277
* 7.7.4 富勒烯	236	8.7 金属有机化合物	280
* 7.8 烃的来源及加工	237	8.7.1 有机镁化合物	280
7.8.1 烃的来源	237	8.7.2 有机锂化合物	282
7.8.2 石油加工	237	8.7.3 有机铝化合物	284
7.8.3 天然气加工	239	* 8.8 卤代烃的还原	285
7.8.4 煤加工	240	习题	286

第3篇 有机含氧化合物

293

第9章 醇、酚、醚	295	9.1.2 分类	295
9.1 醇的结构和分类	295	9.2 醇的物理性质	296
9.1.1 结构	295	9.3 醇的化学性质	299

9.3.1 酸性和碱性	299	10.3 羰基的亲核加成反应	351
9.3.2 羟基的取代反应	300	10.3.1 与水加成	352
9.3.3 脱水反应	305	10.3.2 与醇加成	353
9.3.4 氧化和脱氢反应	308	10.3.3 与亚硫酸氢钠加成	355
9.4 酚的结构、分类和物理性质	312	10.3.4 与氢氰酸加成	356
9.4.1 结构	312	10.3.5 与金属有机化合物加成	357
9.4.2 分类	312	10.3.6 与氨及其衍生物的加成-消除反应	358
9.4.3 物理性质	313	10.3.7 与维蒂希试剂的反应	362
9.5 酚的化学性质	314	10.4 α -氢的反应	363
9.5.1 羟基上的反应	314	10.4.1 酸性及互变异构	363
9.5.2 环上的亲电取代反应	319	10.4.2 卤代反应	364
9.5.3 氧化和还原反应	326	10.4.3 缩合反应	366
9.6 醚的结构、分类和物理性质	327	10.4.4 珀金反应和安息香缩合	369
9.6.1 结构	327	10.5 醛、酮的氧化和还原	370
9.6.2 分类	328	10.5.1 醛、酮的氧化反应	370
9.6.3 物理性质	329	10.5.2 醛、酮的还原反应	373
9.7 醚的化学性质	329	10.6 α, β -不饱和醛、酮	378
9.7.1 碱性	329	10.6.1 亲电加成	378
9.7.2 醚键的断裂	330	10.6.2 亲核加成	379
9.7.3 氧化反应	331	* 10.6.3 烯酮	382
9.7.4 芳醚的反应	332	10.7 二羰基化合物	383
9.8 环醚	333	* 10.7.1 乙二醛	383
9.8.1 1,2-环醚	333	10.7.2 β -二酮	383
9.8.2 冠醚	336	* 10.8 醌	385
* 9.9 硫醇 硫酚 硫醚	337	10.8.1 结构和分类	385
9.9.1 硫醇和硫酚	337	10.8.2 化学性质	387
9.9.2 硫醚	340	习题	391
习题	342	第 11 章 羧酸及其衍生物	396
第 10 章 醛、酮、醌	348	11.1 羧酸及其衍生物的结构和分类	396
10.1 醛和酮的分类与结构	348	11.1.1 羧酸的结构和分类	396
10.1.1 分类	348	11.1.2 羧酸衍生物的结构和	
10.1.2 结构	349		
10.2 醛、酮的物理性质	350		

分类	398	11.4.2 酸酐的化学性质	413
11.2 羧酸及羧酸衍生物的		11.4.3 酯的化学性质	414
物理性质	400	11.4.4 酰胺的化学性质	417
11.2.1 羧酸的物理性质	400	11.4.5 羧酸衍生物的还原	419
11.2.2 羧酸衍生物的物理		11.4.6 羧酸衍生物与格利雅	
性质	401	试剂的反应	420
11.3 羧酸的化学性质	402	11.5 羧基酸和羧基酸	421
11.3.1 酸性	402	11.5.1 羧基酸	421
11.3.2 羧酸衍生物的生成	404	11.5.2 羧基酸	423
11.3.3 还原反应	408	* 11.6 碳酸衍生物	429
11.3.4 脱羧反应	408	11.6.1 碳酸酯及原酸酯	430
11.3.5 α -H 的卤代反应	410	11.6.2 碳酰氯	431
11.4 羧酸衍生物的化学		11.6.3 碳酰胺	433
性质	410	习题	434
11.4.1 酰氯的化学性质	411		

第 4 篇 有机含氮化合物及杂环化合物

439

第 12 章 有机含氮化合物	441	12.5.3 氮上的酰基化反应	454
12.1 硝基化合物的分类、结构		12.5.4 与亚硝酸的反应	455
与物理性质	441	12.5.5 芳胺环上的取代反应	456
12.1.1 分类与结构	441	12.5.6 氧化反应	458
12.1.2 物理性质	442	12.5.7 季铵盐及季铵碱	460
12.2 硝基化合物的化学		12.6 烯胺	463
性质	443	12.6.1 结构	463
12.2.1 α -H 的活泼性	443	12.6.2 烷基化和酰基化反应	464
12.2.2 还原反应	444	12.6.3 迈克尔加成反应	466
* 12.2.3 硝基对苯环的影响	446	12.7 腈	466
12.3 胺的分类及结构	447	12.7.1 物理性质	467
12.3.1 分类	447	12.7.2 化学性质	467
12.3.2 结构	448	12.8 异腈及异氰酸酯	469
12.4 胺的物理性质	450	12.8.1 异腈	469
12.5 胺的化学性质	451	12.8.2 异氰酸酯	470
12.5.1 碱性	452	12.9 重氮及偶氮化合物	472
12.5.2 氮上的烃基化反应	454	12.9.1 重氮盐的制备及其	

结构	472	13.3.3 吡咯	493
12.9.2 重氮盐的化学性质及 其应用	473	13.3.4 五元杂环亲电取代反应 定位规律	497
* 12.9.3 重氮甲烷	477	13.3.5 α -呋喃甲醛	498
习题	480	13.3.6 咪唑	499
第 13 章 杂环化合物	486	* 13.3.7 五元单杂环衍生物的 合成	500
13.1 分类与命名	486	13.4 重要的六元杂环化 合物	501
13.1.1 分类	486	13.4.1 吡啶及甲基吡啶	501
13.1.2 命名	486	13.4.2 嘧啶	505
13.2 结构与芳香性	488	13.5 重要的稠杂环化合物	506
13.2.1 五元单杂环	488	13.5.1 喹啉及异喹啉	507
13.2.2 六元单杂环	490	* 13.5.2 吡咯	510
13.3 重要的五元杂环化 合物	491	* 13.5.3 嘌呤	511
13.3.1 呋喃	491	习题	512
13.3.2 噻吩	492		

第 5 篇 天然有机化合物

517

第 14 章 糖	519	14.4.3 核糖	533
14.1 分类及命名	519	14.5 低聚糖	534
14.1.1 分类	519	14.5.1 蔗糖	534
14.1.2 单糖的命名	520	14.5.2 麦芽糖	535
14.2 单糖的结构	521	* 14.5.3 乳糖	536
14.2.1 开链结构和构型	521	* 14.5.4 纤维二糖和棉子糖	536
14.2.2 环式结构和构象	523	14.5.5 环糊精	538
14.3 单糖的化学性质	525	14.6 多糖	538
14.3.1 还原反应	525	14.6.1 多糖的结构	539
14.3.2 氧化反应	526	* 14.6.2 纯多糖和杂多糖	540
14.3.3 生成脎的反应	529	14.6.3 常见的多糖	542
14.3.4 差向异构化	529	习题	545
14.3.5 羟基的反应	530	第 15 章 氨基酸、蛋白质及 核酸	548
14.4 重要的单糖	531	15.1 氨基酸的分类及结构	548
14.4.1 葡萄糖	531	15.1.1 分类	548
14.4.2 果糖	532		

15.1.2 构型	550	酸的一级结构	569
15.2 氨基酸的来源及制法	551	15.9.2 脱氧核糖核酸的二级 结构	570
15.2.1 蛋白质水解	551	15.9.3 核酸的功能	571
15.2.2 α -卤代酸氨解	551	习题	572
15.2.3 斯特雷克合成法	551	* 第 16 章 类脂、萜、甾族化合 物及生物碱	574
15.2.4 盖布瑞尔合成法	552	16.1 类脂	574
15.3 氨基酸的性质	553	16.1.1 油脂及蜡	574
15.3.1 α -氨基酸的物理性质 ..	553	16.1.2 磷脂	579
15.3.2 化学性质	553	16.2 萜	583
15.4 肽的结构及命名	556	16.2.1 分类	584
15.5 多肽的结构测定及 合成	557	16.2.2 开链萜	584
15.5.1 结构的测定	557	16.2.3 单环单萜	585
15.5.2 合成	559	16.2.4 双环单萜	586
15.6 蛋白质的分类、组成和 性质	561	16.2.5 维生素 A 及胡萝卜 色素	586
15.6.1 分类	561	16.3 甾族化合物	588
15.6.2 组成	561	16.3.1 概述	588
15.6.3 性质	562	16.3.2 甾醇	590
15.7 蛋白质的结构	563	16.3.3 胆汁酸	590
15.8 核酸	565	16.3.4 激素	591
15.8.1 组成	565	16.4 生物碱	592
15.8.2 核糖及脱氧核糖	566	16.4.1 生物碱的涵义、存在及 制取	592
15.8.3 碱基	566	16.4.2 生物碱的通性	593
15.8.4 核苷	567	16.4.3 重要的生物碱	593
15.8.5 核苷酸	568	习题	597
15.9 核糖核酸和脱氧核糖 核酸	568		
15.9.1 核糖核酸和脱氧核糖核			

第 6 篇 有机合成基础及绿色有机合成

601

* 第 17 章 有机合成基础	603	17.2 碳骨架的建立	604
17.1 有机合成的意义和 要求	603	17.2.1 增长碳链的方法	604
		17.2.2 缩短碳链的方法	606

17.2.3 形成碳环的方法	608	溶剂	644
17.3 选择性控制	611	18.3.2 选择水作溶剂	646
17.3.1 化学选择性控制	611	18.3.3 选择离子液体作溶剂 ...	647
17.3.2 区域选择性控制	615	18.3.4 选择碳酸二甲酯作 溶剂	649
17.3.3 立体选择性控制	617	18.3.5 无溶剂反应	650
17.4 有机合成路线设计	618	18.4 选择原子经济性反应	652
17.4.1 逆合成法分析	619	18.4.1 加成反应	652
17.4.2 合成路线的选择	626	18.4.2 烯烃交互置换反应	652
17.4.3 典型合成举例	628	18.4.3 烯烃羰基合成反应	653
习题	636	18.4.4 烯烃为烷基化试剂的 反应	653
第 18 章 绿色有机合成	638	18.4.5 过氧化氢为氧化剂的 反应	653
18.1 绿色化学	638	18.5 合理选择合成反应 技术	654
18.1.1 原子经济性反应	638	18.5.1 光化学反应技术	654
18.1.2 绿色化学的原理	639	18.5.2 微波化学反应技术	654
18.1.3 绿色有机合成	640	18.5.3 超声波化学反应技术 ...	655
18.2 选择绿色合成原料或 反应起始物	640	18.5.4 使用高效无毒催化荆 催化技术	656
18.2.1 选择可再生性物质为 有机合成原料	640	18.5.5 两相催化技术	657
18.2.2 选择低危害物质为有 机合成原料	641	18.5.6 相转移催化技术	658
18.2.3 选择对环境有害的物 质为起始原料	643	18.5.7 生物催化和生物过程 技术	658
18.3 选择使用无毒无害的 溶剂和助剂与无溶剂 反应	644	习题	659
18.3.1 选择超临界流体作			

*第 7 篇 有机化学教学资源

661

第 19 章 分子模型与化学 软件	663	分类	663
19.1 有机化合物分子模型 简介	663	19.1.2 分子结构模型的应用 ...	665
19.1.1 分子结构模型及其		19.2 化学软件介绍	666
		19.2.1 平面结构排版软件	667
		19.2.2 三维结构显示和分子	

模拟软件	667	20.2.2 网络联机检索	674
19.2.3 网页三维化学结构显示		20.3 Beilstein 有机化学大全与	
插件	668	Beilstein 网上数据库	676
习题	669	20.4 网上专利资源	677
第 20 章 图书、期刊、专利文献		习题	678
与联机检索	670	第 21 章 网络化学及化学教学	
20.1 有机化学图书	670	资源	679
20.1.1 教科书、参考书、专著 ...	670	21.1 化学学科信息门户	
20.1.2 百科全书、词典、手册		网站	679
等工具书	671	21.2 化学教学网站	680
20.1.3 丛书	672	21.3 有机化学教学网站	680
20.2 期刊与网络联机检索	673	习题	681
20.2.1 期刊	673		
附录	682		
1. 本书所用符号及缩写	682		
2. 中文物名索引	683		
3. 英文人名索引	691		
参考文献	693		
后记	694		