

高等学校教材

有机化学

药学类及医学检验专业用

胡 春 主编

高 等 学

有机化学

YOUJI

HUAXUE

药学类及医学检验专业用

胡 春 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书根据四年制本科药理学专业的培养目标以及高等药学人才的培养要求编写而成。全书分二十章,采用脂肪族和芳香族化合物混合编排的方式。以官能团为主线,系统地阐明有机化学的基础知识、基本反应和基本理论;强化有机化合物的结构与性质之间的关系,并注意联系医药、化工和环境保护等实际;适当介绍有机化学学科前沿及与药理学交叉的知识以体现现代有机化学的特征。

每章后均附有习题,供读者复习用。

本书不仅可作为高等医药院校药学、制药工程、中药学、药物制剂、临床药学、药物化学、药物分析等药学类专业及医学检验专业的本科有机化学教科书,还可供相关专业选用及专业科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学 / 胡春主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2013.12

药学类及医学检验专业用

ISBN 978-7-04-038649-3

I. ①有… II. ①胡… III. ①有机化学—医药院校—教材 IV. ①062

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第244751号

策划编辑 郭新华
插图绘制 尹莉

责任编辑 曹瑛
责任校对 窦丽娜

封面设计 张雨薇
责任印制 田甜

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京宏伟双华印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 40.75
字数 740千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2013年12月第1版
印次 2013年12月第1次印刷
定价 55.00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 38649-00

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进行严厉打击。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 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

《有机化学》编写委员会

主 编：胡 春

编 委：(以汉语拼音为序)

安 哲 (广东石油化工学院)

陈 彪 (北华大学)

侯 薇 (天津医科大学)

胡 春 (沈阳药科大学)

李发胜 (大连医科大学)

李勤耕 (重庆医科大学)

刘晓平 (沈阳药科大学)

罗素琴 (内蒙古医科大学)

石秀梅 (牡丹江医学院)

孙学斌 (哈尔滨医科大学)

肖 怀 (大理学院)

阎乾顺 (宁夏医科大学)

张 辉 (沈阳药科大学)

张喜轩 (中国医科大学)

周 雯 (湖北中医药大学)

前 言

有机化学是药学类专业的必修基础课,本教材是根据四年制本科药学类专业的培养目标以及高等药学人才的培养要求而编写的。

在编写过程中,我们吸纳了近年来国内外在有机化学教学方面取得的教学成果,吸取了广大药学类专业学生对有机化学教学的意见和建议,贯彻以有机化学的基础知识、基本反应和基本理论为指导思想,注重思想性、科学性、先进性、启发性和适用性的原则,采取脂肪族和芳香族化合物混合编写的方式。以官能团为主线,阐述各类有机化合物的结构与性质之间的关系。在内容安排上,注意重点突出、难点分散和循序渐进。一些基本概念和理论尽可能较早地介绍,以便在后续相关章节中进一步加强和应用。例如,将有机化合物中共价键的断裂方式和有机酸碱理论安排在第一章介绍;将立体化学安排在第三章介绍,并将丙二烯型和联苯型的对映异构分散到第五章和第六章介绍;共振论安排在第五章中介绍;将波谱知识基础安排在第七章介绍,以便在后续章节中应用。考虑到有机合成在新药物的发现、研究与开发中具有举足轻重的地位,编写了有机合成基础一章,同时对有机合成新方法和新技术进行了适当介绍。书中备有拓展性的知识内容,可供学有余力和感兴趣的同学学习和参考。

在编写过程中,力求取材恰当、内容精练、通俗易懂;同时注意内容有一定的广度和深度,以使本书能够体现自身特点,满足药学类专业教学需要。

参加本书编写的有沈阳药科大学胡春教授、广东石油化工学院安哲教授、北京大学陈彪教授、天津医科大学侯薇教授、大连医科大学李发胜教授、重庆医科大学李勤耕教授、沈阳药科大学刘晓平副教授、内蒙古医科大学罗素琴教授、牡丹江医学院石秀梅副教授、哈尔滨医科大学孙学斌教授、大理学院肖怀教授、宁夏医科大学阎乾顺教授、沈阳药科大学张辉副教授、中国医科大学张喜轩副教授和湖北中医药大学周雯副教授。

本书在编写过程中得到高等教育出版社和沈阳药科大学的鼎力支持。沈阳药科大学宋宏锐教授、徐莉英教授、张丽娟副教授、张美慧副教授和沈鸿雁副教授审读了本书的初稿,提出了不少宝贵意见,并参加了书稿的校订工作。此外,沈阳药科大学黄二芳老师、徐赫男老师、李凤荣老师和鲍莹老师也参加了书稿的校订工作,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,书中难免有不妥和错误之处,敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编者

2012 年 12 月

目 录

第一章 绪论 1

一、有机化学和有机化合物 1

二、有机化合物的一般特性 2

三、有机化合物的结构特征 3

(一) 有机化合物构造式

表示法 3

(二) 共价键理论 5

(三) 有机化合物中共价键

断裂的方式 13

四、有机化合物的分类 14

(一) 按碳架分类 14

(二) 按官能团分类 15

五、酸碱理论简介 16

(一) 勃朗斯特酸碱理论 16

(二) 路易斯酸碱理论 18

习题 19

第二章 烷烃 20

一、烷烃的同系列和同分

异构现象 20

(一) 烷烃的通式与

同系列 20

(二) 烷烃的异构现象 21

(三) 烷烃中碳原子和

氢原子的类型 22

二、烷烃的命名 22

(一) 普通命名法 22

(二) 系统命名法 23

三、烷烃的结构 26

(一) 烷烃的构型及 σ 键的

形成 26

(二) 烷烃的构象 28

四、烷烃的物理性质 32

(一) 物质状态 32

(二) 沸点 32

(三) 熔点 33

(四) 相对密度 34

(五) 溶解度 35

五、烷烃的化学性质 35

(一) 氧化和燃烧 35

(二) 热裂反应 36

(三) 卤化反应 37

习题 46

第三章 立体化学 48

一、平面偏振光及旋光性 49

二、旋光仪和比旋光度 50

三、手性与对称因素 52

四、含有一个手性碳原子

化合物的旋光异构 55

(一) 对映体和外消旋体 55

(二) 对映异构体的表示方法

与构型的标记方法 57

五、含有多个手性碳原子

化合物的旋光异构 61

(一) 含两个手性碳原子

化合物的旋光异构 61

(二) 含三个手性碳原子

化合物的旋光异构 63

(三) 含假手性碳原子

化合物的旋光异构 63

六、构象异构和构型异构 64

七、外消旋体的拆分和 不对称合成	64	(一) 端基炔氢的反应	102
(一) 外消旋体的拆分	65	(二) 还原反应	104
(二) 不对称合成	66	(三) 亲电加成反应	105
八、动态立体化学	67	(四) 亲核加成反应	107
(一) 产生手性碳原子的 反应	67	(五) 硼氢化反应	109
(二) 不涉及手性碳原子的 反应	67	(六) 氧化反应	109
(三) 涉及手性碳原子的 反应	68	(七) 聚合反应	110
习题	69	第二节 二烯烃	111
第四章 烯烃	71	一、分类和命名	111
一、结构	71	(一) 分类	111
二、同分异构现象	72	(二) 命名	112
(一) 构造异构	73	二、共轭二烯烃的结构	113
(二) 顺反异构	73	(一) 共轭二烯烃的 稳定性	113
三、烯烃的命名	75	(二) 杂化轨道理论的 解释	113
(一) 普通命名法	75	(三) 分子轨道理论的 解释	114
(二) 系统命名法	75	(四) 共振论的解释	115
四、物理性质	77	三、共轭二烯烃的反应	118
五、化学性质	77	(一) 1,2-加成和 1,4-加成 反应及影响因素	118
(一) 催化加氢	78	(二) 狄尔斯-阿尔德 反应	121
(二) 亲电加成反应	79	四、聚集二烯烃	123
(三) 自由基加成反应	90	五、共轭效应	123
(四) 硼氢化-氧化反应	90	(一) 共轭效应	123
(五) 氧化反应	91	(二) 常见的典型共轭 体系	124
(六) α -氢的卤代	94	(三) 共轭效应的应用	126
(七) 聚合反应	95	习题	128
习题	96	第六章 脂环烃	131
第五章 炔烃和二烯烃	99	第一节 脂环烃的命名和 同分异构	131
第一节 炔烃	99	一、脂环烃的命名	131
一、炔烃的结构	99	(一) 单环脂环烃的命名	131
二、炔烃的同分异构和 命名	101	(二) 桥环脂环烃的命名	132
三、物理性质	101		
四、化学性质	102		

(三) 螺环脂环烃的命名	132	中的应用	168
二、单环烷烃的构造异构和		四、核磁共振谱进展简介	170
立体异构	133	第三节 紫外-可见光谱	172
(一) 构造异构	133	一、基本原理	172
(二) 立体异构	133	二、电子跃迁	173
三、螺环脂环烃的对映		三、紫外特征吸收和分子	
异构	134	结构的关系	173
第二节 环烷烃的物理性质		四、UV 在有机化学中的	
和化学性质	135	应用	174
一、物理性质	135	第四节 质谱	177
二、化学性质	135	一、基本原理	177
(一) 取代反应	135	二、质谱图	177
(二) 加成反应	136	三、质谱进展简介	183
第三节 环烷烃的构象	137	四、谱图综合解析	183
一、单环烷烃的构象	137	习题	188
(一) 环张力和稳定性	137	第八章 芳香烃	191
(二) 环己烷及其衍生物		第一节 苯系芳香烃	191
的构象	139	一、分类	191
(三) 其他环烷烃的构象	145	二、苯的结构	192
二、十氢化萘的构象	147	(一) 苯的凯库勒结构	192
习题	148	(二) 苯的大 π 键	193
第七章 波谱知识基础	150	(三) 苯的分子轨道描述	193
第一节 红外光谱	150	(四) 苯的共振结构	194
一、基本原理	150	(五) 苯结构的表示法	195
二、分子振动形式和红外		三、命名	195
吸收频率	151	四、物理性质	196
三、峰数、峰位和峰强	152	五、化学性质	198
四、官能团的特征吸收峰	153	(一) 苯环上亲电取代	
五、红外光谱图谱解析	161	反应	199
第二节 核磁共振谱	164	(二) 加成反应	205
一、基本原理	164	(三) 氧化反应	205
二、 $^1\text{H-NMR}$ 的主要参数	165	(四) 芳香烃侧链上的	
(一) 化学位移	165	反应	206
(二) 峰面积	167	六、取代苯亲电取代反应的	
(三) 自旋偶合和自旋		活性和定位规律	207
裂分	168	(一) 一取代苯亲电取代反应	
三、 $^1\text{H-NMR}$ 在有机化学		的定位规律	207

(二) 定位规律的理论 解释·····	208	反应·····	241
(三) 二元取代苯的定位 规律·····	212	(三) 亲核取代反应的影响 因素·····	246
(四) 定位规律的应用 ·····	213	七、消除反应机理及其影响 因素·····	252
第二节 多环芳香烃和非苯 芳香烃·····	213	(一) 双分子消除机理 ·····	252
一、稠环芳香烃 ·····	213	(二) 单分子消除机理 ·····	253
(一) 萘 ·····	213	(三) 消除反应的取向—— 扎依采夫规则 ·····	254
(二) 蒽和菲 ·····	218	(四) 消除反应的立体 化学·····	256
(三) 其他稠环芳香烃 ·····	219	(五) 消除和取代反应的 竞争·····	259
二、联苯 ·····	220	八、卤代烯烃和卤代 芳香烃·····	262
(一) 命名与结构 ·····	220	(一) 卤代烯烃和卤代芳香烃 的分类·····	262
(二) 化学性质 ·····	221	(二) 化学性质 ·····	263
三、多苯代脂烃 ·····	221	九、多卤代烃和氟代烃 ·····	267
四、非苯芳香烃 ·····	222	(一) 多卤代烃 ·····	267
(一) 休克尔规则及理论 解释·····	222	(二) 氟代烃 ·····	268
(二) 重要的非苯芳香烃 ···	223	习题·····	269
习题·····	225	第十章 醇、酚、醚·····	274
第九章 卤代烃·····	228	第一节 醇·····	274
一、分类·····	228	一、分类·····	274
二、结构·····	228	二、结构·····	275
三、命名·····	229	三、命名·····	275
(一) 普通命名法 ·····	229	(一) 普通命名法 ·····	275
(二) 系统命名法 ·····	229	(二) 系统命名法 ·····	276
四、卤代烃的物理性质·····	230	四、物理性质·····	277
五、卤代烃的化学性质·····	232	五、化学性质·····	279
(一) 亲核取代反应 ·····	232	(一) 氢氧键断裂引起的 反应·····	279
(二) 消除反应 ·····	234	(二) 碳氧键断裂引起的 反应·····	280
(三) 与金属的反应 ·····	235	(三) 多元醇的特性 ·····	288
(四) 还原反应 ·····	238	六、硫醇·····	291
六、亲核取代反应机理及其 影响因素·····	238		
(一) 双分子亲核取代 反应·····	239		
(二) 单分子亲核取代			

(一) 命名	291	三、物理性质	321
(二) 物理性质	292	四、化学性质	323
(三) 化学性质	292	(一) 亲核加成反应	324
第二节 酚	293	(二) α -氢原子的反应	333
一、分类及命名	293	(三) 氧化反应和还原 反应	338
二、结构	294	(四) 其他反应	343
三、物理性质	295	五、醛、酮的制备	347
四、化学性质	295	(一) 醇的氧化与脱氢	347
(一) 酚羟基的反应	296	(二) 芳香烃的氧化	347
(二) 芳环上的亲电取代 反应	299	(三) 傅-克反应	347
(三) 氧化反应	304	(四) 瑞穆尔-梯曼反应	347
第三节 醚	304	(五) 加特曼-科赫反应	348
一、分类和命名	304	第二节 不饱和醛、酮	348
(一) 分类	304	一、 α, β -不饱和醛、酮	349
(二) 命名	305	(一) 结构	349
二、结构	306	(二) 化学性质	349
三、物理性质	306	二、烯酮	353
四、化学性质	307	第三节 醌类化合物	354
(一) 钡盐的形成	307	一、醌类化合物的分类和 命名	354
(二) 醚键的断裂	307	二、化学性质	355
(三) 过氧化物的形成	309	三、醌类化合物的制备	357
五、冠醚	309	习题	358
六、环氧化合物	310	第十二章 羧酸和取代羧酸	362
(一) 结构	310	一、分类和命名	362
(二) 化学性质	310	(一) 分类	362
七、硫醚	312	(二) 命名	363
(一) 命名	312	二、羧基的结构	364
(二) 物理性质	313	三、物理性质	365
(三) 化学性质	313	四、化学性质	369
习题	313	(一) 酸性和成盐反应	369
第十一章 醛、酮、醌	318	(二) 羧酸衍生物的生成	373
第一节 醛和酮	318	(三) 氧化还原反应	377
一、羰基的结构	318	(四) α -氢的卤代	378
二、醛、酮的分类和命名	319	(五) 脱羧反应	379
(一) 分类	319	(六) 二元酸的受热反应	379
(二) 命名	320		

五、取代羧酸	380	应用	425
(一) 卤代酸	381	八、碳酸衍生物和原酸	
(二) 羟基酸	382	衍生物	430
(三) 酮酸	385	(一) 碳酸衍生物	430
习题	387	(二) 原酸衍生物	434
第十三章 羧酸衍生物	391	九、油脂	434
一、结构	391	习题	436
二、命名	392	第十四章 有机含氮化合物	439
三、物理性质	394	第一节 硝基化合物	439
四、化学性质	399	一、分类、命名和结构	439
(一) 水解反应	399	二、物理性质	440
(二) 醇解反应	403	三、化学性质	441
(三) 氨解反应	404	(一) 硝基的还原	441
(四) 与有机金属化合物的		(二) 脂肪族硝基化合物	
反应	407	α -氢的反应	442
(五) 还原反应	408	(三) 硝基对芳环上取代基的	
(六) 酯缩合反应	409	活化作用	443
(七) 酰胺的特殊反应	413	第二节 胺	444
五、羧酸衍生物的制备	416	一、分类	445
(一) 羧酸及羧酸衍生物的		二、结构	445
相互转化	416	三、命名	447
(二) 贝克曼重排	416	(一) 简单胺的命名	447
六、乙酰乙酸乙酯及其在		(二) 复杂胺的命名	447
有机合成中的应用	418	四、物理性质	448
(一) 乙酰乙酸乙酯的		五、化学性质	451
制备	418	(一) 碱性及成盐反应	451
(二) 酮式-烯醇式互变		(二) 酰化和磺酰化反应	454
异构	418	(三) 与亚硝酸的反应	456
(三) 酮式分解和酸式		(四) 烃基化反应	458
分解	421	(五) 芳环上的取代反应	459
(四) 在有机合成中的		(六) 氧化反应	461
应用	422	(七) 与碳基化合物的	
七、丙二酸二乙酯及其在		反应	461
有机合成中的应用	425	(八) 异腈化反应	462
(一) 丙二酸二乙酯的		第三节 季铵盐和	
制备	425	季铵碱	463
(二) 在有机合成中的		一、季铵类化合物的命名	463

二、季铵类化合物的性质	463	化合物	502
(一) 季铵盐	463	一、含一个杂原子的五元杂环	
(二) 季铵碱	464	化合物	502
第四节 重氮化合物和偶氮		(一) 吡咯、咪唑和噻吩	502
化合物	467	(二) 吡啶	507
一、结构和命名	467	二、含两个杂原子的五元	
二、芳香重氮盐的性质	469	杂环化合物	508
(一) 取代反应	469	(一) 吡唑、咪唑、噻唑、噁唑、	
(二) 偶合反应	472	异噁唑	508
(三) 还原反应	474	(二) 噻吩	511
三、重氮甲烷的性质	474	习题	511
(一) 与含有活泼氢的		第十六章 糖类化合物	515
化合物的反应	474	第一节 单糖	516
(二) 与醛和酮的反应	474	一、单糖的开链式结构	516
(三) 分解生成卡宾	475	(一) 单糖的构造	516
习题	477	(二) 单糖的构型及	
第十五章 杂环化合物	480	标记法	517
第一节 分类和命名	480	二、单糖的环状结构	519
一、分类	480	(一) 氧环式结构	519
二、命名	481	(二) 哈沃斯投影式	520
(一) 具有特定名称的杂环		(三) 单糖的构象	522
化合物的命名	481	三、单糖的化学性质	524
(二) 无特定名称的稠杂环		(一) 醛糖的递升和递降	
化合物的命名	484	反应	524
第二节 六元杂环		(二) 碱性条件下异构化	
化合物	486	反应	526
一、含一个杂原子的六元		(三) 氧化反应	527
杂环化合物	486	(四) 还原反应	529
(一) 吡啶	486	(五) 成脎反应	530
(二) 喹啉和异喹啉	491	(六) 成苷反应	531
(三) 含氧原子的六元杂环		(七) 酸性条件下脱水	532
化合物	495	(八) 环状缩醛(酮)的	
二、含两个杂原子的六元杂环		形成	533
化合物	497	四、一些重要的单糖	533
(一) 哒嗪、嘧啶和吡嗪	497	(一) D-(+)-葡萄糖	533
(二) 蝶啶	501	(二) D-果糖	533
第三节 五元杂环		(三) D-半乳糖	533

(四) D-核糖和 D-2-脱氧核糖	534
(五) 氨基糖	534
第二节 寡糖	534
一、二糖	535
(一) 蔗糖	535
(二) 麦芽糖	535
(三) 纤维二糖	536
(四) 乳糖	537
二、环糊精	537
第三节 多糖	538
一、淀粉	539
(一) 直链淀粉	539
(二) 支链淀粉	540
二、纤维素	541
(一) 纤维素	541
(二) 纤维素酯	542
(三) 纤维素醚	542
三、糖原	543
四、葡聚糖	543
习题	543
第十七章 氨基酸、多肽、蛋白质和核酸	546
第一节 氨基酸	546
一、分类和命名	546
二、物理性质	549
三、化学性质	550
(一) 酸碱性和等电点	550
(二) 与水合茚三酮的显色反应	551
(三) 与亚硝酸的反应	551
(四) 脱羧反应	551
(五) 受热反应	551
第二节 多肽和蛋白质	552
一、多肽	552
二、蛋白质	554
(一) 组成和分类	554

(二) 分子结构	554
(三) 性质及应用	557
第三节 核酸	558
一、组成	558
(一) 戊糖	558
(二) 碱基	559
(三) 核苷	559
(四) 核苷酸	560
二、分类和结构	560
(一) 核酸的分类	560
(二) 核酸的结构	561
三、性质	563
(一) 物理性质	563
(二) 酸碱性	563
(三) 稳定性	564
四、三磷酸腺苷	565
五、核酸的生物功能	567
(一) DNA 的复制	567
(二) 蛋白质的生物合成	568
习题	569

第十八章 萜类和甾族

化合物	571
第一节 萜类化合物	571
一、定义和分类	571
二、链状单萜类化合物和单环单萜类化合物	572
(一) 链状单萜类化合物	572
(二) 单环单萜类化合物	573
三、双环单萜类化合物	573
(一) α -蒎烯和 β -蒎烯	574
(二) 樟脑	575
(三) 龙脑与异龙脑	575
四、其他萜类化合物	576
(一) 倍半萜类化合物	576
(二) 二萜类化合物	576
(三) 三萜类化合物	576
(四) 四萜类化合物	577

第二节 甾族化合物	578
一、甾族化合物的结构	578
(一) 基本骨架	578
(二) 基本骨架的编号	578
二、甾族化合物的命名	579
三、甾族化合物的构型与 构象	582
(一) 甾族化合物碳架的 构型	582
(二) 甾族化合物碳架的 构象	583
四、重要的甾族化合物 举例	584
习题	585
第十九章 周环反应	588
第一节 电环化反应	588
一、电环化反应的特点	588
二、电环化反应的理论 解释	590
(一) 能级相关理论	590
(二) 前线轨道理论	592
(三) 芳香过渡态理论	593
三、电环化反应实例	594
第二节 环加成反应	596
一、环加成反应的特点	596
二、环加成反应的理论 解释	597
(一) 能级相关理论	597
(二) 前线轨道理论	598
(三) 芳香过渡态理论	600
三、环加成反应实例	600
第三节 σ 迁移反应	602
一、 σ 迁移反应的特点	602
二、 σ 迁移反应的理论解释	603
(一) 前线轨道理论	603
(二) 芳香过渡态理论	604
三、 σ 迁移反应实例	605

习题	607
第二十章 有机合成基础	609
第一节 有机合成设计的 主要因素	609
一、碳骨架的构建	609
(一) 碳链的增长反应	610
(二) 碳链的缩短反应	610
(三) 重排反应	610
(四) 成环反应	610
二、官能团的转换	611
(一) 通过取代反应实现 官能团的转换	611
(二) 通过还原反应实现 官能团的转换	611
(三) 通过氧化反应实现 官能团的转换	611
(四) 通过其他官能团的加成 和消除反应实现官能团 的转换	612
三、官能团的保护	612
(一) 羟基的保护	612
(二) 羰基的保护	613
(三) 氨基的保护	613
(四) 羧基的保护	613
四、立体化学控制	613
第二节 有机合成设计的 方法	614
一、单官能团切断	614
(一) 醇的切断	614
(二) 烯烃的切断	615
(三) 酮的切断	615
(四) 羧酸及其衍生物的 切断	616
(五) 不带官能团化合物的 切断	617
二、多官能团的切断	617
(一) 1,1-二官能团化合物的	

切断	617
(二) 1,2-二官能团化合物的	
切断	617
(三) β -羟基羰基化合物和	
α, β -不饱和羰基	
化合物的切断	618
(四) 1,3-二官能团化合物的	
切断	618
(五) 1,4-二官能团化合物的	
切断	619
(六) 1,5-二官能团化合物的	
切断	620
(七) 1,6-二官能团化合物的	
切断	620
第三节 现代有机合成	
技术	621
一、电有机合成	621

二、光有机合成	622
三、声有机合成	623
四、微波有机合成	624
五、仿生合成	624
六、固相合成和组合合成	625
七、绿色有机合成	626
(一) 采用无毒、无害的原料、	
催化剂	626
(二) 采用超临界流体代替	
挥发性有机溶剂	627
(三) 原子经济的合成	
方法	628
八、工业有机合成	628
习题	629
主要参考书目	632
英文人名索引	633