



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育“十三五”规划教材

有机化学

(第四版)

董先明 杨卓鸿 罗 颖 主编



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
—普通高等教育“十三五”规划教材

有机化学

(第四版)

董先明 杨卓鸿 罗 颖 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据高等农业院校有机化学教学研讨会指定的教学大纲,结合有机化学发展动态和趋势、有机化学教学计划和培养目标及教学手段等综合改革而编写的。在内容上力争做到理论知识与实际应用相结合,能够反映有机化学与其他学科的相互交叉、相互渗透,并增设一些世界发展的前沿研究内容作为课后阅读,借以扩大学生知识面和提高自己的学习兴趣。本书共 15 章,在保证有机化学知识系统性的基础上,分散难点,突出重点,主要介绍各类有机化合物的结构、性质及其制备方法,以及立体化学、金属有机化合物等,并对各类化合物的典型代表进行介绍,旨在使学生掌握有机化学的基本反应原理,了解有机化学发展的历史和取得的成就,培养学生科学的思维能力、分析及解决问题的能力 and 创新能力。

本书可作为高等院校农、林、水及生物专业本科生的基础有机化学教材,也可供农业院校科技工作者及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/董先明,杨卓鸿,罗颖主编.—4 版.—北京:科学出版社,2017
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-051644-2

I. ①有… II. ①董… ②杨… ③罗… III. 有机化学-高等学校-教材 IV. ①O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 009075 号

责任编辑:赵晓霞 周岳峰 / 责任校对:林青艳

责任印制:赵 博 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 3 月第 二 版 印张:22

2012 年 10 月第 三 版 字数:524 000

2017 年 1 月第 四 版 2017 年 1 月第十四次印刷

定价:49.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第四版前言

在《有机化学》(第三版)的使用过程中,教师和学生提出了许多有益的意见和建议。同时,为了适应现代社会对学生能力和素质培养的要求,本书在第三版的基础上进行了整理、删改和调整,充实了部分内容,目的在于提高教材的整体层次和水平。

本书秉承第三版的难度分散、理论深度适当、具有农业院校特色等优点,结合教学实践经验,在第三版的基础上除旧推新,精简知识点,尽量避免重复。同时在保证有机化学知识系统性的前提下,突出重点、分散难点,对部分内容进行修改,对部分章节进行适当调整,以便更适合学生学习和有关人员参考。本书共 15 章,将第三版中的第 10 章核磁共振谱的内容并入醛、酮一章,并缩减相关内容。在书中增加课堂提问部分,以便学生及时练习并掌握所学的关键知识;增加关键词和重要有机化合物的中英文对照。在典型有机化合物介绍中增加了一些与实际生产和生活密切相关的内容,使学生在掌握有机化学基本知识的基础上,更好地了解有机化学的现状和取得的成就,为其今后的自学和在专业上的发展打好基础。

本书由董先明教授进行整体的修改策划和编写大纲,并修编第 1 章和第 11 章,杨卓鸿教授修编第 2 章和第 4 章,禹筱元教授修编第 3 章和第 5 章,罗颖副教授修编第 6 章和第 7 章,李春远副教授修编第 8 章,汤日元教授修编第 9 章和第 14 章,张淑婷副教授修编第 10 章,徐莉副教授修编第 12 章和第 13 章,丁唯嘉讲师修编第 15 章。

在本书的修编过程中,得到了华南农业大学材料与能源学院有机化学教研室和有机化学教学团队全体教师的大力支持与帮助,他们提出了许多宝贵意见;在第三版修编过程中担任主编的谷文祥教授提出了指导意见;并得到了“有机化学”省级精品资源共享课建设项目的资助;书中部分有机化合物结构模型图由郑文旭副教授绘制,在此一并表示衷心的感谢。

本书结合国内外专业参考书和教材,力求做到既符合农业院校各专业学生能力和素质培养的要求,又不失有机化学内容的系统性,对以前的不足进行适当的补充。虽然我们尽了最大努力,但书中难免存在疏漏和不妥之处,恳切希望同行和读者批评指正。

编 者

2016 年 9 月

第三版前言

自 2007 年《有机化学》(第二版)出版以来,使用教师和学生提出了一些有益的意见。同时,随着时代的进步和教学实践经验的增加,本书在第二版的基础上进行了整理、删改和调整,充实了部分内容,提高了教材的整体层次和水平。

本书继续保持第二版的优点,如难度分散,理论深度适当,具有农业院校的特点等。在原版的基础上除旧推新,对于前面课程讲授过的知识点,予以精简,尽量减少重复。同时和中学教学内容紧密衔接,在保证有机化学知识系统性的基础上,分散难点,突出重点。在保持原版风格的基础上,结合教学实践,对部分章节内容进行了修改和增补,并对编排次序进行了适当调整,以便更适合学生学习和有关人员参考。全书仍为 16 章,在第 1 章绪论中,对有机化学结构理论知识进行了比较详细的介绍。有机合成,含硫、含磷化合物和油脂类脂化合物仍不单独成章,而将其内容分散在有关章节。增加了有机化学基础知识的篇幅,在介绍典型化合物时增加了一些与生活有关的内容,同时增加课后阅读,以扩大学生的知识面,旨在让学生掌握有机化学的基本反应原理,了解有机化学发展的历史和取得的成就,为今后的自学和在专业上的发展打好基础。

本书由华南农业大学谷文祥教授作全书的整体修改策划,编写大纲,并修编前言,第 1、4、15 章,华南农业大学禹筱元教授修编第 2、13 章,罗颖副教授修编第 3、8 章,董先明教授修编第 10、12 章,李春远副教授修编第 14、16 章;天津农学院潘虹讲师修编第 5 章,李萍讲师修编第 6 章,明媚讲师修编第 7 章,徐晓萍讲师修编第 9 章,尹立辉副教授修编第 11 章。

在本书的修编过程中,得到了华南农业大学理学院应用化学系和天津农学院有机化学教研室全体教师的支持与帮助,他们提出了许多宝贵意见,还有在第二版修编过程中付出过辛勤劳动的杨卓鸿教授、张淑婷副教授、赵颖副教授,在此一并表示衷心的感谢。

本书结合国内外专业参考书和教材,力求做到既符合农业院校学生能力和素质培养的要求,又不失有机化学内容的系统性,对以前的不足进行了适当的补充。虽然我们尽了最大的努力,难免出现应当补充的内容没有写入,而不应该删去的部分被删去的情况,同时书中难免存在疏漏和不当之处,恳切希望同行和读者批评指正。

编 者

2012 年 5 月

第二版前言

在我国第十一个五年计划之际,《有机化学》迎来了再版的机会。随着对教材使用意见的收集以及近年来教学实践经验的积累,我们对第一版教材进行了整理、删改和调整,充实了部分内容,提高了教材的整体层次和水平。

本书继续保持第一版的优点,如难度分散、理论深度适当、具有农业院校的特点等。在第一版的基础上除旧推新,对于本课程之前讲授过的知识点予以精简,尽量减少重复。同时和中学教学内容紧密衔接,在保证有机化学知识系统性的基础上,分散难点,突出重点。在保持第一版风格的基础上,结合教学实践,对部分章节的内容进行了修改和增补,并对编排次序进行了适当的调整,以便更适合学生学习和有关人员参考。全书仍为16章,在第1章绪论中,对有机结构理论知识进行了比较详细的介绍。考虑到学生所掌握的有机化学知识较少,不适合一开始就进行现代物理方法在有机分析上的应用教学,因此将第一版第2章的内容分散到本书的各章中进行介绍,并在第10章单独介绍了核磁共振谱,以适应学科当前的发展趋势。有机合成,含硫、含磷化合物和油脂类脂化合物不单独成章节,而将其内容分散在有关章节中,增大了卤代烃、苯、醛酮等有机化学基础知识的篇幅,旨在让学生掌握有机化学的基本反应原理,为今后的自学和在专业上的发展打好基础。

本书由谷文祥教授制定编写大纲,并编写第二版前言,修编第1、3、4、5、6、8、9、16章;禹筱元讲师修编了第2章;杨卓鸿副教授修编了第7章;董先明副教授修编了第10、12章;张淑婷副教授修编了第11、13章;赵颖副教授修编了第14、15章。第一版作者王奎堂副教授、何庭玉副教授曾参与本书的编写,对很多章节付出过辛勤的劳动。

在本书修编过程中,得到了华南农业大学理学院应用化学系有机化学教研室全体教师的支持与帮助,他们提出了许多宝贵意见,在此向他们表示衷心的感谢。

本书结合国内外专业参考书和教材,力求做到既符合农业院校学生能力和素质培养的要求,又不失有机化学内容的系统性,对以前的不足进行了适当的改进。虽然我们尽了最大的努力,但限于水平和时间,本书难免存在错误和不当之处,恳切希望同行和读者批评指正。

编者

2006年11月

第一版前言

本书是根据高等农业院校有机化学教学研讨会指定的教学大纲,结合有机化学当前世界发展的动态和趋势、有机化学教学计划、培养目标、教学手段等的综合改革而编写的。在编写过程中,考虑到目前农业院校基础课程学时不断减少的情况,在基本内容上尽量与相关学科衔接,减少重复,将结构和灵活性的关系贯穿始终。力争做到理论知识与实际应用相结合,能够反映有机化学与其他学科的相互交叉、相互渗透,在内容上做到前呼后应,同时结合本学科的发展趋势与科研动态,增设一些世界发展前沿课题内容,借以扩大学生的知识面和提高学生的兴趣。除此之外,我们力求所编教材适合具有高中化学水平的学生自学,但绝不是知识的简单重复。全书共分16章。在内容上除旧推新,尽量减少重复,在保持系统性的基础上,分散难点,突出重点。在绪论后首先介绍了波谱技术,使学生了解现代物理分析方法在有机化学中的应用。根据有机化学在农业领域有广泛应用的特点,适当介绍一些与生产实际相关的化合物。本书始终把结构和活性的关系作为主线,分析结构特点,进行逻辑推理,借以培养学生分析问题、解决问题的能力。此外将有机合成、硫、磷元素有机化学部分分别组成章节,以利于学生的学习。

本书由华南农业大学谷文祥和王奎堂担任主编。参加编写的人员有:华南农业大学谷文祥(第1、2、3、9章)、王奎堂(第4、5、6、8章)、何庭玉(第15、16章)、万新(第13、14章)、张淑婷(第10、11、12章)、仲凯农学院陈睿(第7章)。全书统稿由谷文祥完成。

在本书的编写过程中,得到了华南农业大学理学院应用化学系及有机化学教研室教师们支持与帮助,以及华南农业大学“农科有机化学课程教学综合改革”校长基金项目资助,在此表示感谢。

本书主要以华南农业大学有机化学教学实践所积累的资料为依据,结合流行专业参考书和国内外农业院校有机化学教材,力求做到适合于学生素质和能力的培养。虽然我们尽了很大的努力,但由于水平所限,书中难免存在错误和不当之处,恳切希望同行与读者批评指正。

编 者

目 录

第四版前言

第三版前言

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 有机化合物与有机化学	1
1.1.1 有机化学的研究对象	1
1.1.2 有机化合物的特性	1
1.1.3 有机化学的产生和发展	2
1.2 有机化合物中的共价键	3
1.2.1 原子轨道、原子的电子构型	3
1.2.2 离子键和共价键概述	4
1.2.3 σ 键和 π 键	5
1.2.4 价键理论要点	6
1.2.5 杂化轨道理论	7
1.2.6 分子轨道理论	11
1.3 共价键的断裂和有机反应类型	11
1.3.1 均裂和游离基反应	11
1.3.2 异裂和离子型反应	12
1.4 有机化合物的分类	12
1.4.1 按碳架分类	12
1.4.2 按官能团分类	13
1.5 酸碱理论的扩展	13
1.5.1 酸碱质子理论	14
1.5.2 酸碱电子理论	14
1.6 研究有机化合物的一般步骤	15
1.6.1 分离提纯	15
1.6.2 纯度的检定	16
1.6.3 实验式和分子式的确定	16
1.6.4 构造式和结构式的确定	17
1.7 有机化学与农业的关系	17
1.7.1 农业创造了有机化学	17
1.7.2 农业的可持续发展需要有机化学	17
1.7.3 现代农业对人才知识结构的要求需要有机化学	18

阅读材料	18
习题	20
第2章 烷烃	21
2.1 烷烃的同系列及同分异构现象	21
2.1.1 烷烃的同系列	21
2.1.2 烷烃的同分异构现象	21
2.1.3 碳原子和氢原子的类型	22
2.2 烷烃的命名	23
2.2.1 普通命名法	23
2.2.2 系统命名法	23
2.3 烷烃的结构	25
2.4 烷烃的构型与构象	26
2.4.1 构型与构象概念及其表示方法	26
2.4.2 乙烷的构象	27
2.4.3 正丁烷的构象	28
2.5 烷烃的性质	29
2.5.1 烷烃的物理性质	29
2.5.2 烷烃的化学性质	30
2.6 烷烃的来源和用途	34
阅读材料	34
习题	35
第3章 烯烃和红外光谱	36
3.1 烯烃的命名与结构	36
3.1.1 烯烃的命名	36
3.1.2 烯烃的结构	38
3.1.3 烯烃的同分异构	38
3.2 烯烃的物理性质	39
3.3 烯烃的制备	39
3.3.1 由醇脱水制备	39
3.3.2 由卤代烃制备	39
3.4 烯烃的化学性质	40
3.4.1 催化氢化反应	40
3.4.2 亲电加成反应	40
3.4.3 氧化反应	43
3.4.4 游离基反应——反马氏规则加成	44
3.4.5 烯烃的聚合反应	44
3.4.6 烯烃 α -碳原子上氢原子的卤代反应	45
3.5 自然界中的烯烃	45
3.5.1 昆虫信息素	45

3.5.2 乙烯和植物内源激素	46
3.6 红外光谱	47
3.6.1 有机化合物结构的物理检测方法	47
3.6.2 分子的跃迁类型与吸收电磁波范围的关系	47
3.6.3 基本原理	47
3.6.4 红外光谱的表示方法	48
3.6.5 红外光谱在有机化学中的应用	48
阅读材料	50
习题	50
第4章 炔烃、共轭二烯烃和紫外光谱	52
4.1 炔烃的命名与结构	52
4.1.1 炔烃的命名	52
4.1.2 炔烃的结构	52
4.2 炔烃的性质	53
4.2.1 物理性质	53
4.2.2 化学性质	53
4.3 炔烃的制备	55
4.3.1 由二元卤代烷脱卤化氢	55
4.3.2 由炔化物制备	56
4.4 共轭二烯烃	56
4.4.1 二烯烃的分类	56
4.4.2 1,3-丁二烯的结构	57
4.4.3 1,3-丁二烯的反应	58
4.5 诱导效应和共轭效应	59
4.5.1 诱导效应	59
4.5.2 共轭效应	59
4.6 紫外光谱	60
4.6.1 概述	60
4.6.2 有机化合物的紫外吸收光谱与化学结构的关系	61
4.6.3 紫外光谱在有机化合物结构鉴定中的应用	62
4.7 烯烃和炔烃的光谱分析	63
4.7.1 紫外光谱	63
4.7.2 红外光谱	63
阅读材料	63
习题	64
第5章 脂环烃	66
5.1 脂环烃的分类与命名	66
5.1.1 脂环烃的分类	66
5.1.2 脂环烃的命名	66

5.2 环烷烃的性质和结构	68
5.2.1 环烷烃的物理性质	68
5.2.2 环的结构与稳定性	68
5.2.3 环烷烃的化学性质	70
5.3 环烷烃的立体化学	71
5.3.1 顺反异构	71
5.3.2 环己烷及其衍生物的构象	71
5.4 脂环烃的制备	74
5.4.1 分子内的偶联(小环的合成)	74
5.4.2 Diels-Alder 反应(双烯合成)	75
5.4.3 脂环烃之间的转化	75
5.5 萜类化合物	76
5.5.1 单萜类	76
5.5.2 倍半萜与二萜类	78
5.5.3 三萜类	79
5.5.4 四萜类	80
5.6 甾族化合物	81
5.6.1 甾族化合物的结构与命名	81
5.6.2 重要的甾族化合物	82
阅读材料	84
习题	85
第6章 芳香烃	87
6.1 芳香烃的分类与命名	87
6.1.1 芳香烃的分类	87
6.1.2 芳香烃的命名	87
6.2 苯的结构	89
6.2.1 凯库勒结构式	89
6.2.2 苯的分子轨道	90
6.3 单环芳烃的物理性质和波谱性质	92
6.3.1 物理性质	92
6.3.2 波谱性质	92
6.4 单环芳烃的化学性质	93
6.4.1 亲电取代反应	93
6.4.2 苯衍生物的亲电取代	97
6.4.3 芳香烃的其他反应	100
6.5 芳香性与 Hückel 规则	101
6.6 多环芳香烃	102
6.6.1 萘	103
6.6.2 蒽与菲	105

6.7 环戊二烯及其应用	106
6.7.1 环戊二烯的工业来源和制法	106
6.7.2 环戊二烯的化学性质	106
6.8 富勒烯	108
阅读材料	109
习题	109
第7章 对映异构	111
7.1 物质的旋光性	111
7.1.1 平面偏振光和旋光性	111
7.1.2 旋光仪和比旋光度	112
7.2 手性与对称因素	113
7.2.1 手性与手性分子	113
7.2.2 对称因素	114
7.3 含一个手性碳原子化合物的对映异构	116
7.3.1 对映体	116
7.3.2 分子构型表示方法	116
7.3.3 分子构型的命名方法	117
7.4 含两个手性碳原子化合物的对映异构	119
7.5 不含手性碳原子化合物的对映异构	120
7.5.1 丙二烯型化合物	121
7.5.2 联苯型化合物	121
7.6 手性化合物的制备	122
7.6.1 由天然产物提取	122
7.6.2 拆分外消旋体	122
7.6.3 不对称合成	123
7.7 立体异构与药物	125
7.7.1 两种对映体的药理作用相同,但药效差别很大	126
7.7.2 两种对映体药效相反	126
7.7.3 有的旋光异构体有毒或引起严重副作用	126
7.7.4 两种对映体具有完全不同的药理作用	127
阅读材料	127
习题	128
第8章 卤代烃	130
8.1 卤代烃的分类与命名	130
8.1.1 卤代烃的分类	130
8.1.2 卤代烃的命名	130
8.2 卤代烃的物理性质与红外光谱性质	131
8.2.1 卤代烃的物理性质	131
8.2.2 卤代烃的红外光谱	132

8.3 卤代烃的化学性质	132
8.3.1 卤代烃的反应活性	132
8.3.2 卤代烃的亲核取代反应	133
8.3.3 卤代烃的消除反应	134
8.3.4 与金属的反应	135
8.3.5 亲核取代反应机理	137
8.3.6 消除反应机理	140
8.4 卤代烯烃和卤代芳烃	144
8.4.1 乙烯型和苯型卤代烃	144
8.4.2 烯丙型和苄型卤代烃	144
8.4.3 孤立型卤代烃	145
8.5 卤代烃的制备	145
8.5.1 烃的直接卤代	145
8.5.2 由醇制备	145
8.5.3 烯烃与 HX 加成	146
8.5.4 卤素交换法	146
8.6 卤代烃的用途与危害	146
阅读材料	147
习题	148
第9章 醇、酚、醚	150
9.1 醇	150
9.1.1 醇的分类与命名	150
9.1.2 醇的结构和物理性质	151
9.1.3 醇的制备	153
9.1.4 醇的化学性质	155
9.2 酚	160
9.2.1 酚的分类与命名	160
9.2.2 酚的结构与性质	160
9.2.3 酚的制备	165
9.3 醚	166
9.3.1 醚的分类与命名	166
9.3.2 醚的结构与性质	166
9.3.3 醚的制备	168
9.4 醇、酚和醚的红外光谱	169
9.5 硫醇、硫酚与硫醚	170
9.5.1 硫醇与硫酚	170
9.5.2 硫醚	171
9.6 醇、酚和醚的代表化合物与应用	172
9.6.1 醇的代表化合物与用途	172

9.6.2 酚的代表化合物与用途	174
9.6.3 醚的代表化合物与用途	175
阅读材料	177
习题	177
第 10 章 醛、酮和核磁共振谱	179
10.1 醛和酮的命名	179
10.2 醛和酮的结构、物理性质和波谱性质	180
10.2.1 羰基的结构	180
10.2.2 醛和酮的物理性质	180
10.2.3 醛和酮的红外光谱	180
10.3 醛和酮的化学性质	181
10.3.1 亲核加成反应	181
10.3.2 涉及羰基 α -H 的反应	186
10.3.3 氧化还原反应	190
10.4 α, β -不饱和醛、酮*	193
10.4.1 α, β -不饱和醛、酮的共轭加成	193
10.4.2 有机金属试剂的 1,2-和 1,4-加成	194
10.4.3 烯醇负离子的共轭加成——Michael 加成和 Robinson 环化	195
10.5 醛和酮的制备	195
10.5.1 由烯烃制备	195
10.5.2 炔烃的水合	195
10.5.3 芳烃的侧链氧化	196
10.5.4 Friedel-Crafts 酰基化	196
10.5.5 由醇氧化或脱氢	196
10.6 核磁共振氢谱	197
10.6.1 基本原理	197
10.6.2 屏蔽效应和化学位移	198
10.6.3 影响化学位移的因素	199
10.6.4 常见有机化合物的化学位移范围	200
10.6.5 峰的裂分、偶合常数和积分曲线	200
10.6.6 核磁共振氢谱分析	202
10.7 ^{13}C 核磁共振谱简介	203
10.7.1 质子去偶 ^{13}C 核磁共振谱	203
10.7.2 ^{13}C 核磁共振谱的化学位移	204
10.7.3 偏共振去偶 ^{13}C 核磁共振谱	204
10.7.4 ^{13}C 核磁共振谱在有机分子结构分析中的应用	205
阅读材料	205
习题	206

第 11 章 羧酸、羧酸衍生物和质谱	209
11.1 羧酸的分类与命名	209
11.1.1 羧酸的分类	209
11.1.2 羧酸的命名	209
11.2 羧酸的结构、物理性质和波谱性质	210
11.2.1 羧酸的结构	210
11.2.2 羧酸的物理性质	211
11.2.3 羧酸的波谱性质	212
11.3 羧酸的制备	213
11.3.1 氧化法	213
11.3.2 水解法	213
11.3.3 合成法	213
11.4 羧酸的化学性质	214
11.4.1 酸性	214
11.4.2 取代基对酸性的影响	214
11.4.3 羧酸衍生物的生成	215
11.4.4 羧酸的还原	217
11.4.5 脱羧反应	217
11.4.6 α -卤代反应	217
11.5 自然界中的羧酸及其生物活性	218
11.5.1 自然界中的简单羧酸	218
11.5.2 自然界中的取代羧酸	219
11.5.3 生物体内的复杂羧酸	222
11.6 羧酸衍生物	223
11.6.1 羧酸衍生物的结构、物理性质与波谱性质	223
11.6.2 羧酸衍生物的化学反应	224
11.6.3 酰卤的化学反应	226
11.6.4 酸酐的化学反应	227
11.6.5 酯的化学反应	227
11.6.6 酰胺的化学反应	228
11.6.7 腈——特殊类型的羧基酸衍生物	229
11.7 β -二羰基化合物	230
11.7.1 Claisen 酯缩合反应	230
11.7.2 乙酰乙酸乙酯的性质与反应	231
11.7.3 Michael 加成	232
11.8 自然界中的羧酸衍生物	233
11.8.1 酯和蜡	233
11.8.2 油脂	233
11.9 有机化合物相对分子质量的测定——质谱	235

11.9.1 有机分子的分裂模式	236
11.9.2 质谱在有机化合物结构测定中的应用	237
阅读材料	239
习题	240
第 12 章 胺及其衍生物	243
12.1 胺的命名	243
12.2 胺的结构、物理性质和波谱性质	244
12.2.1 胺的结构	244
12.2.2 胺的物理性质	244
12.2.3 胺类化合物的波谱性质	246
12.3 胺的化学性质	247
12.3.1 胺的碱性和酸性	247
12.3.2 胺的烷基化和季铵化合物	248
12.3.3 季铵盐的 Hofmann 消除反应	249
12.3.4 酰化和磺酰化反应	249
12.3.5 与亚硝酸反应	250
12.3.6 Mannich 反应	251
12.3.7 芳香胺苯环上的反应	252
12.4 胺的制备	253
12.4.1 硝基化合物还原	253
12.4.2 卤代烃氨解	253
12.4.3 腈和酰胺的还原	253
12.4.4 醛酮的还原胺化	254
12.4.5 Gabriel 合成法	254
12.4.6 Hofmann 酰胺降级反应	255
12.5 重氮盐和偶氮化合物	255
12.5.1 重氮化反应	255
12.5.2 重氮基被取代的反应及在合成中的应用	255
12.5.3 重氮基被还原的反应	257
12.5.4 偶合反应及偶氮染料	257
阅读材料	258
习题	259
第 13 章 碳水化合物	261
13.1 单糖	261
13.1.1 单糖的分类	261
13.1.2 单糖的结构	262
13.1.3 单糖的性质	268
13.1.4 重要的单糖及其衍生物	276
13.2 二糖	278

13.2.1 还原性二糖	278
13.2.2 非还原性二糖	279
13.3 多糖	281
13.3.1 淀粉	281
13.3.2 纤维素	282
13.3.3 其他多糖	283
阅读材料	284
习题	285
第 14 章 杂环化合物	287
14.1 杂环化合物的分类与命名	287
14.1.1 杂环化合物的分类	287
14.1.2 杂环化合物的命名	287
14.2 五元芳杂环	289
14.2.1 五元芳杂环的结构	289
14.2.2 五元芳杂环的性质	290
14.3 六元芳杂环	292
14.3.1 吡啶	292
14.3.2 喹啉和异喹啉	294
14.4 自然界中重要的杂环化合物	295
14.4.1 呋喃及其衍生物	295
14.4.2 吡咯及其衍生物	295
14.4.3 噻吩及其衍生物	296
14.4.4 吡啶及其衍生物	296
14.4.5 吡啶和 1,2,4-三唑的衍生物	297
14.4.6 嘧啶和嘌呤的衍生物	297
14.4.7 苯并吡喃及其衍生物	298
14.5 生物碱	299
14.5.1 生物碱概述	299
14.5.2 生物碱的提取	299
14.5.3 生物碱选述	300
阅读材料	302
习题	303
第 15 章 氨基酸、蛋白质和核酸	305
15.1 氨基酸	305
15.1.1 氨基酸的分类、命名与结构	305
15.1.2 α -氨基酸的物理性质	307
15.1.3 α -氨基酸的化学性质	307
15.1.4 氨基酸的制备	311
15.1.5 氨基酸的天然来源	311