

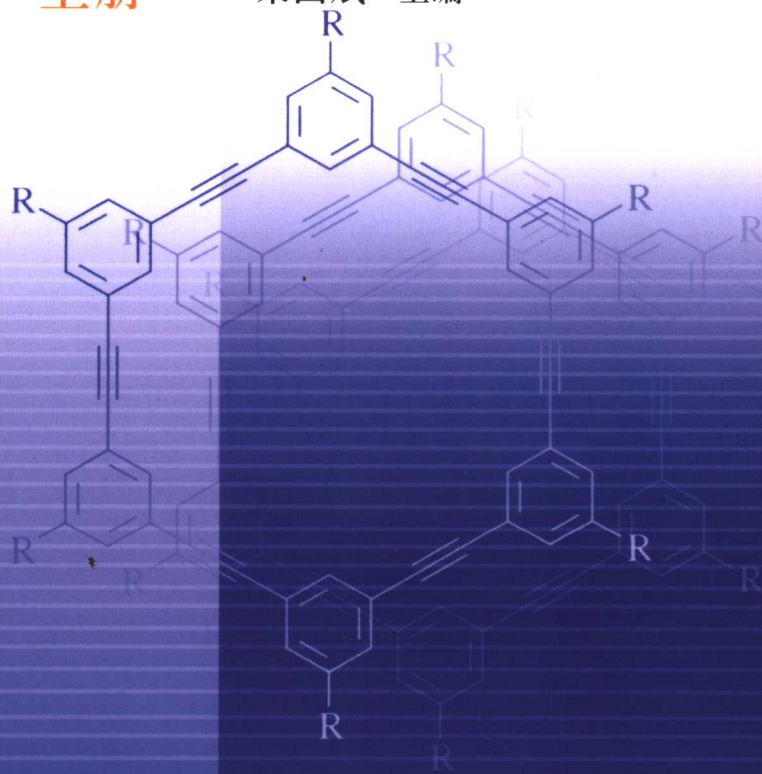


面向21世纪课程教材

# 大学有机化学基础

(第二版) 上册

荣国斌 主编



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



化学工业出版社

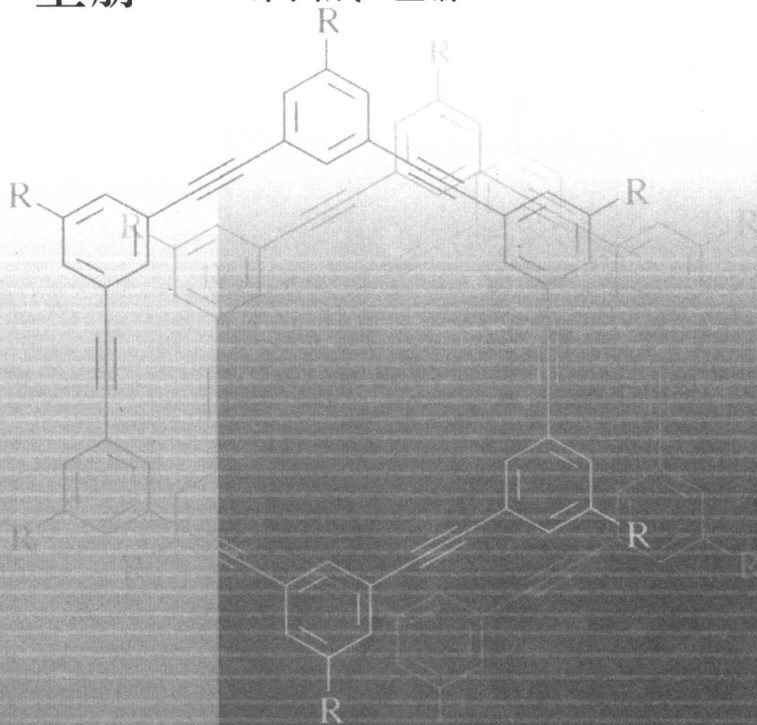


面向21世纪课程教材

# 大学有机化学基础

(第二版) 上册

荣国斌 主编



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



化学工业出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

大学有机化学基础：上册/荣国斌 主编. —2 版. 上海：华东理工大学出版社，  
化学工业出版社，2006. 8

ISBN 7-5628-1858-4

I. 大... II. 荣... 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(2006)第 015162 号

封面上的形状恒定的亚芳基亚乙炔基大环分子是一个近年来在超分子化学和材料科学上颇为引人注目的新颖分子。它可经由一步炔烃的复分解反应在室温以较高的产率制得。

面向 21 世纪课程教材  
**大学有机化学基础(第二版)上册**

.....

主 编/荣国斌

责任编辑/徐惠娟

封面设计/赵 军

责任校对/张 波

出版发行/华东理工大学出版社

地 址：上海市梅陇路 130 号，200237

电 话：(021)64250306(营销部)

传 真：(021)64252707

网 址：[www.hdlgpress.com.cn](http://www.hdlgpress.com.cn)

印 刷/常熟华顺印刷有限公司

开 本/787×1092 1/16

印 张/22

字 数/554 千字

版 次/2000 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 2 版

印 次/2006 年 8 月第 1 次

印 数/7031-11080 册

书 号/ISBN 7-5628-1858-4/O·163

定 价/34.50 元

(本书如有印装质量问题，请到出版社储运部调换)

## 内 容 提 要

本书是根据国家关于“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神以及教育部“化学类专业教学指导分委员会”制定的应用化学专业和化学专业化学教学基本内容中有机化学部分的要求而编写的。全书分上下两册共 25 章。上册包括有机结构理论和有机反应方程式；烷烃和环烷烃；立体化学；质谱；烯烃、紫外-可见吸收光谱和红外吸收光谱；炔烃；核磁共振谱；苯系芳香族化合物和芳香性；苯的化学反应；杂环化合物；卤代烃；醇和酚等章节。下册包括醚和环氧化物；醛和酮；羧酸；羧酸衍生物；含氮化合物；周环反应；糖；氨基酸、肽和蛋白质；核酸；类脂化合物；代谢有机化学和有机合成设计等章节。每章均有习题，书内附有有关反应在《Organic Reactions》和《Organic Synthesis》中的参考文献，书末附有主题词索引、西文(中文)人名索引、西文符号与缩写以及有机化合物的氢核磁共振谱、碳核磁共振谱的特征吸收峰索引。

本书可作为应用化学专业、化学专业及相关专业的学生学习基础有机化学的教材或教学参考用书，也可供有关科研工作者参考。

## 第二版修订说明

供本科应用化学专业和化学专业使用的“面向 21 世纪课程教材”《大学有机化学基础》于 2000 年出版以来已近六年。在此期间,该书曾获 2003 年度上海市优秀教材二等奖和华东地区大学出版者工作研究会 2002 年度优秀教材学术著作一等奖。最近几年来,有机化学学科依然保持着强劲的发展势头,高等教育的教学改革也在不断发展,各兄弟院校在使用《大学有机化学基础》中也提出了一些宝贵的意见,结合本人在教学过程中所发现的问题并参考国内外最新教材的优秀经验,深感已有必要对初版进行修订。为了适应新的教学改革的需要,原编著者邀请了一些兄弟院校中一直在教学第一线的具有丰富教学经验的老师来共同参编《大学有机化学基础(第二版)》,以进一步提高其科学性、先进性、实践性和新颖性。

### 改编思想

新编教材要努力适应有机化学学科的发展水平,正确反映学科的科学新理论和新概念并处理好与基础知识的结合关系,取材合适;要以读者为本,编写上循序渐进,富有启发性,也便于自学,有利于学生创新能力的培养。

### 结构特点

新版在章节安排上作了较大的调整。全书分为 25 章,分为上、下两册出版,使框架更为合理,更有利于专题教学和学习。

新版将努力做好立体化建设,本版将配有《大学有机化学基础习题与考研题解》(华东理工大学出版社出版,张力学主编)一书,提供所有的习题解答。另有配套的多媒体课件(光盘)(华东理工大学音像出版社出版),提供丰富的可供选择的 PPT(供教师上课用)、化学结构式、部分习题解答和 21 世纪的有机化学新进展等多样内容。

### 体例设计

强调以反应机理为基础来安排章节和介绍反应内容,使读者能更好地结合知其所以然来学习知其然,凡涉及机理的反应均以底纹显示。文中较醒目地以粗体给出了中英文对照的关键词。

### 选材内容

新版根据教育部化学类专业教学指导分委员会制订的化学教学基本内容中的有机化学部分的要求进行改编。与第一版相比,分别在不同的章内专节增设“有机合成反应”和“产生手性中心的反应”,又专设了“有机合成设计”及“周环反应”,增加了类脂、生物碱和代谢有机化学等与生命现象有关的内容,对糖、蛋白质、核酸等部分的内容也作了较大修改补充以适应 21 世纪生命科学时代对学生科学素养的要求。新版在篇幅上稍有缩减,删除了一些较为陈旧或不能适应当今可持续发展所要求的反应,但增加了近几年有机化学学科取得的一些科研成果,如离子液体、持久有机污染物、烯烃复分解反应、新发现的生物体带遗传信息密码的氨基酸等内容,主要目的还是希望能开阅读者视野,对有机化学学科能有较全面的了解。

新版编著工作由淮安师范学院周建峰教授(第 3 章)、华东理工大学苏克曼教授(第 4,6,8 章)、北京交通大学朱红教授(第 5,7 章)、上海大学郝健教授(第 9,10,11 章)、复旦大学王全瑞教授(第 16 章)、温州大学张力学教授(第 17,18 章)、华中科技大学龚跃发教授(第 19,20 章)和荣国斌(其余章节)共同完成。新版的策划、统稿和定稿工作由荣国斌负责。

编写一本好的教材不是一件容易的事情。教材的编写者应具备渊博的知识,丰富的教学经验、先进的教学理念、开阔的视野及对教材使用方法的指导能力。尽管编著者作了许多努力,但定稿者水平有限,书中肯定还有错误和疏漏不足之处,诚盼读者不吝指教。

荣国斌

2006 年 6 月于华东理工大学

## 第一版前言

《大学有机化学》是根据“面向 21 世纪理科应用化学专业(本科)教学内容和课程体系改革研究”项目组的研讨结果,以及教育部化学教学指导委员会制定的应用化学专业和化学专业化学教学基本内容中对有机化学部分的要求,有意识地对原先分别开设的基础和专业基础有机化学的教学内容作为一个整体进行系统深入的整理归纳和分析研究而编写的。本书力求达到基础性、新颖性、科学性的要求,总的指导思想是更新教学内容和体系安排,将专业基础知识下放,并与基础知识结合起来,注重当代有机化学整体知识的传授。

理科化学专业和应用化学专业关于基础和专业基础化学教学的安排,长期以来是分为基础和专业两个阶段进行的。这样的编排有台阶式串联前进的优点,但同时也存在着将系统的知识人为地割裂及低水平重复和教学课时数过长等不足之处。应用化学专业的学生应该掌握的基础和专业基础化学知识与化学专业的学生是一样的。在后续课程上,化学专业的学生将接受一些模块式的当代化学的某些分支前沿进展的学习,为他们将来进行学科型研究打好一定的基础。应用化学专业的学生将接受更多的化学工程技术方面和应用性、实践性知识的教育,因为他们将来从事的工作主要是用化学的基本原理和方法从事开发研究和解决与化学有关的实践问题。有机化学是化学专业和应用化学专业学生必须牢固掌握的一门化学课程。在“少而精”这个原则指导下,我们将一般分别开设的基础有机化学、高等有机化学、有机合成化学和有机化合物的波谱分析等几门课程的教学内容在引进和更新的基础上重新组合成一门系统有机化学课程。在编写教材时,注意了从以下几个方面考虑选材:

(1) 以现代有机化学的理论和成果为基础,反映当代有机化学的发展概貌,将有机化合物的命名、结构、物化性质、波谱分析、反应机理及合成应用等内容有机地结合起来作为一个整体予以论述。重要的基本理论和基础概念尽早引入,提高起点,增加必要的内涵和深度。有机化学教学中有许多内容是需要学生记忆的,在此基础上,又培养学生具备正确的理解和分析能力。这与学习外语光知道单词和词组的拼写和翻译并不能保证能写作和解释好一篇外语论文有相似之处。在教材内容安排上,本书先向读者指出在有机化学的学习和研究中必须正确理解和掌握的 10 个要点,即  $\sigma$  键、 $\pi$  键、共振论、电子和立体效应、主-客效应、酸和碱、立体化学、官能团、热力学、动力学,在各章节中再不断增强和展开这些概念的内涵、深度及应用。这样可为读者在开始学习阶段理解有机反应和有机化合物的性质是有规律可循这一认识上,打下较好基础,同时也能够逐步明了为什么有机化学中的某些现象有时会用不同的机理和理论来加以说明的原因。因为只有理解了化学变化的原因而不仅仅是记住一些知识才能真正学好有机化学。事实上,这些概念和要点也正是化学家在分析、研究和解释、预测实验事实时最为基本的和有用的。

(2) 以官能团分类,将脂肪族和芳香族化合物归在一个章节中介绍,应用近代的理论解释经典的经验知识,强调结构与其所对应的物理化学性能上的内在联系和差异所在。官能团的转化和反应有理论分析和机理解释,并结合有机合成问题说明其应用范围,读者将更容易掌握和熟悉各类有机反应。立体化学不再单独设章,在烷烃部分就开始不断引入,使读者清楚了解从构造、构型到构象分析的发展脉络和立体化学在当代有机化学中的重要性和不

可分离的属性。

(3) 反映时代特征和有机化学的当前学术和应用发展概况,有重点地介绍当代有机化学与其他学科领域,特别是生物、材料、环境、能源等领域的交叉发展及应用渗透。教材的许多材料取自当今世界最新的科研发现和应用成果。如,全碳分子、单电子转移反应、饱和 C—H 键的活化、三价胺的手性化学、超酸、不对称环氧化反应、磁手性二色性、超分子体系、磷脂、鞘氨脂、酶、多糖、人类基因组计划、光合作用、代谢作用、生源合成、核酸和蛋白质的生源先后、生命起源、活性氧、辅酶 Q 和辅酶 A 等生命科学中的有机化学;对生命现象的化学和生物理解之异同;绿色化学、无铅汽油、有机氯化物的发现及其功过;聚合物和新型功能材料、人造石油蛋白、表面活性剂、纤维素、甜味分子的结构理论等等。同时还介绍了几十位诺贝尔化学奖及生理和医学奖获得者的标志性工作。读者学完本教材后对当代有机化学的发展过程及前沿所在将有较正确的了解。

(4) 尽量挑选在 OS(Organic Synthesis)上发表的反应作为实例介绍。OS 上发表的每个反应都经过严格的挑选审核,有详尽的实验方案,指出一个重要的有机合成方法学上的新发展或给出一个人们广有兴趣的化合物的合成过程,包括标题、作者、原料、试剂、溶剂的选择及来源,反应条件的控制,产物的产率,用途及其分离分析方法,特殊装置仪器的装配和使用技术,防火防毒的安全注意点及方法的最佳替代方案等等。受过良好训练的应用化学专业和化学专业学生完全有能力重现这些实验。另一套著名的有机化学丛书 OR(Organic Reactions)则对其每一个所涉及的一类有机反应的发现及进展应用和实验方法要点均作出了精辟的论述,从中可以完整、全面地了解某个有机反应的全貌。这两套丛书均有大量的文献记载,我国许多学校的图书馆都有收藏,影响很大。本书给出了涉及这两套丛书中的有关内容的文献所在,希望通过这样的做法使本书不仅是理论教学用书,也能为读者从事实验教学和科研工作提供参考。

(5) 对有机化合物结构的波谱解析及 MS、UV、IR、 $^1\text{H}$  NMR 及  $^{13}\text{C}$  NMR 的基本应用原理有较为全面的介绍,以适应教学及科研实践工作的需要。

(6) 每一章有简短的内容要点介绍,并精选了以思考性为主的习题。最后有部分习题参考答案和关键词索引、西文(中文)人名索引及西文符号和缩写、质谱、红外光谱和氢核磁共振谱、碳核磁共振谱的主要峰值索引,便于读者对所需内容复习、总结和检索。

本书包含了基础有机化学的教学内容,是应用化学专业和化学专业学生必须掌握的部分。其后续教材为“大学有机化学选论”,包括周环反应、有机光化学、有机反应机理的测定、有机化合物的波谱综合分析及有机合成化学、天然产物化学和金属有机化学等内容。这两本教学用书互有联系但又是可以独立使用的。

学完本教材所涉及的内容,基本能够满足目前硕士有机化学课程入学考试的要求。教材中的部分内容超出了基本要求的范围,教师可以根据授课对象的实际水平适当取舍。21 世纪的化学仍然是一门核心科学,充满了实用性和创造性的机会。化学教学内容和课程体系的改革是提高教学质量、培养 21 世纪化学人材的核心和关键问题,同时也是一个重点和难点。作为一本教材,怎样将基础知识和前沿发展合理、恰当地结合编写,让读者知道怎样去获取和发展、创造新的知识并逐步提高发现问题和解决问题的能力是一个很重要的课题,我们将尽力而为,希望能取得一点成功的经验。有机化学学科范围广泛,发展迅猛,涉及到方方面面的学科知识。由于编者水平有限,在选材和编排方面会有不少过简过繁、叙述不清

的表现及不确之处,诚盼广大读者不吝指教并提出宝贵意见,以利改进提高。

本书的编写和出版得到上海市教育委员会世界银行贷款的资助;华东理工大学教材建设委员会及教务处亦给予了关心、支持,本书并经浙江大学黄宪教授、苏州大学曹正白教授和复旦大学陶凤岗教授审阅指正,编者在此一并致以衷心的感谢。书中的波谱分析部分由苏克曼编写,其余内容由荣国斌编写并负责全书统稿。编写过程中编者参考了以下国内外教材,并引用了其中的一些图表和数据、习题,特表谢意,它们有:

徐积功. 有机化学基础,北京:高等教育出版社,1986

胡宏纹. 有机化学,2版,北京:高等教育出版社,1990

陈光旭. 有机化学,北京:北京师范大学出版社,1990

邢其毅,徐瑞秋,周政,裴伟伟. 基础有机化学,2版,北京:高等教育出版社,1993

McMurry J. Fundamentals of Organic Chemistry, 3d Ed., Brooks/Cole Publishing Company, 1994

Bruice P Y. Organic Chemistry, 2d Ed., Prentice Hall Inc., 1998

Ege S N. Organic Chemistry, Structure and Reactivity, 4th Ed., Houghton Mifflin Company, 1999

Solomos T W G, Fryhle C B. Organic Chemistry, 7th Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2000

McMurry J. Organic Chemistry, 5th Ed., Brooks/Cole, 2000

荣国斌

2000年7月

于华东理工大学



# 目 录

## 1 有机结构理论和有机反应方程式

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 1.1 有机化合物 .....            | (1)  |
| 1.1.1 有机化合物的特点 .....       | (1)  |
| 1.1.2 有机化合物的分类和官能团 .....   | (2)  |
| 1.2 有机化合物的结构理论 .....       | (4)  |
| 1.2.1 原子轨道和八隅体 .....       | (4)  |
| 1.2.2 共价键理论和杂化轨道 .....     | (5)  |
| 1.2.3 分子轨道理论 .....         | (7)  |
| 1.2.4 键长、键角和键能 .....       | (8)  |
| 1.2.5 电负性、偶极矩和极性、极化 .....  | (9)  |
| 1.2.6 孤对电子和形式电荷 .....      | (10) |
| 1.2.7 有机化合物构造式的表示方式 .....  | (11) |
| 1.2.8 共振论 .....            | (12) |
| 1.3 有机化合物中比共价键弱的作用力 .....  | (14) |
| 1.3.1 范氏力 .....            | (14) |
| 1.3.2 氢键 .....             | (14) |
| 1.4 有机分子内的张力 .....         | (15) |
| 1.5 有机化学中的酸和碱 .....        | (15) |
| 1.5.1 Brönsted 质子理论 .....  | (16) |
| 1.5.2 Lewis 电子理论 .....     | (16) |
| 1.6 电子效应 .....             | (18) |
| 1.6.1 诱导效应和场效应 .....       | (18) |
| 1.6.2 共轭效应 .....           | (18) |
| 1.6.3 超共轭效应 .....          | (19) |
| 1.7 立体效应 .....             | (20) |
| 1.8 溶剂效应 .....             | (20) |
| 1.9 有机化合物的反应 .....         | (21) |
| 1.10 有机反应的表示方式和符号的应用 ..... | (23) |
| 1.11 怎样学习有机化学 .....        | (23) |
| 习题 .....                   | (24) |

## 2 烷烃和环烷烃

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| 2.1 烷烃的构造和同分异构 .....                 | (28) |
| 2.2 烷烃的命名 .....                      | (31) |
| 2.2.1 传统命名法 .....                    | (31) |
| 2.2.2 系统命名法 .....                    | (32) |
| 2.3 烷烃的构象分析 .....                    | (34) |
| 2.4 环烷烃的顺、反异构现象 .....                | (38) |
| 2.5 环烷烃的命名 .....                     | (39) |
| 2.6 小环环烷烃的张力 .....                   | (40) |
| 2.7 环丙烷、环丁烷和环戊烷的构象 .....             | (41) |
| 2.8 环己烷的构象 .....                     | (42) |
| 2.9 中环和大环的构象 .....                   | (44) |
| 2.10 构象分析 .....                      | (44) |
| 2.11 单取代环己烷的构象 .....                 | (45) |
| 2.12 双取代和多取代环己烷的构象 .....             | (46) |
| 2.13 多环分子的构象 .....                   | (48) |
| 2.14 饱和烃的来源与制备 .....                 | (50) |
| 2.14.1 开链烷烃的制备 .....                 | (50) |
| 2.14.2 环烷烃的制备 .....                  | (52) |
| 2.15 烷烃的物理性质 .....                   | (53) |
| 2.16 烷烃的化学性质 .....                   | (55) |
| 2.16.1 氧化反应 .....                    | (55) |
| 2.16.2 热解反应 .....                    | (56) |
| 2.16.3 磺化和硝化反应 .....                 | (57) |
| 2.16.4 卤化反应 .....                    | (57) |
| 2.16.5 环烷烃的开环和取代反应 .....             | (58) |
| 2.17 甲烷氯化反应的机理 自由基链式取代反应 过渡态理论 ..... | (59) |
| 2.18 烷烃的卤化反应 .....                   | (64) |
| 2.19 石油工业 .....                      | (65) |
| 习题 .....                             | (66) |

## 3 立体化学

|                     |      |
|---------------------|------|
| 3.1 对映异构和四面体碳 ..... | (69) |
|---------------------|------|

|   |       |
|---|-------|
| 3.2 偏振光和分子的旋光性 .....                          | (70)  |
| 3.3 对称元素和手性 .....                             | (71)  |
| 3.4 手性原子和手性分子 .....                           | (73)  |
| 3.5 比旋光度 .....                                | (74)  |
| 3.6 含一个手性碳原子的化合物 .....                        | (74)  |
| 3.6.1 手性分子的表示方式 .....                         | (74)  |
| 3.6.2 Fischer 投影式 .....                       | (75)  |
| 3.6.3 Cahn-Ingold-Prelog 次序规则和 R/S 命名体系 ..... | (76)  |
| 3.6.4 外消旋体 .....                              | (78)  |
| 3.7 相对构型和绝对构型 .....                           | (78)  |
| 3.8 含多个手性碳原子的化合物 内消旋体 .....                   | (80)  |
| 3.8.1 非对映异构体 .....                            | (80)  |
| 3.8.2 内消旋体 .....                              | (81)  |
| 3.9 对映异构体的性质 .....                            | (83)  |
| 3.10 同分异构现象小结 .....                           | (83)  |
| 3.11 外消旋体的拆分 .....                            | (84)  |
| 3.12 产生手性中心的反应(I):前手性碳原子上的卤化反应 .....          | (85)  |
| 习题 .....                                      | (86)  |
| <br>  |       |
| <b>4 质谱</b>                                   |       |
| 4.1 概述 .....                                  | (89)  |
| 4.2 样品的电离 .....                               | (90)  |
| 4.3 质谱离子的主要类型 .....                           | (91)  |
| 4.4 分子离子峰的判别和相对分子质量的测定 .....                  | (93)  |
| 4.5 分子式的确定 .....                              | (95)  |
| 4.6 质谱离子碎裂的机理和类型 .....                        | (97)  |
| 4.6.1 碎裂的一般规律 .....                           | (97)  |
| 4.6.2 碎裂的类型 .....                             | (97)  |
| 4.6.3 影响碎裂的因素 .....                           | (98)  |
| 4.7 质谱谱图解析 .....                              | (99)  |
| 4.8 饱和烃的质谱 .....                              | (100) |
| 4.8.1 烷烃的质谱 .....                             | (100) |
| 4.8.2 环烷烃的质谱 .....                            | (100) |
| 习题 .....                                      | (101) |

## 5 烯烃

|  |       |
|--|-------|
| 5.1 烯烃的结构 .....                          | (104) |
| 5.2 烯烃的顺-反异构和稳定性 .....                   | (105) |
| 5.2.1 烯烃双键产生的顺反异构 .....                  | (105) |
| 5.2.2 同分异构烯烃的稳定性 .....                   | (105) |
| 5.3 烯烃的命名 .....                          | (106) |
| 5.4 烯烃的物理性质 .....                        | (108) |
| 5.5 烯烃的制备 .....                          | (110) |
| 5.6 烯烃的亲电加成反应 .....                      | (112) |
| 5.6.1 加卤反应 .....                         | (112) |
| 5.6.2 与 HX 的加成反应 马氏规则 .....              | (115) |
| 5.6.3 与浓硫酸的反应和水合反应 .....                 | (117) |
| 5.6.4 碳正离子的结构及其后续的重排反应 .....             | (117) |
| 5.6.5 加次卤酸 .....                         | (118) |
| 5.6.6 羟汞化反应 .....                        | (118) |
| 5.6.7 硼氢化反应 .....                        | (119) |
| 5.6.8 与卡宾的反应 .....                       | (120) |
| 5.7 与 HBr 的自由基加成反应 .....                 | (120) |
| 5.8 烯烃的氢化反应 .....                        | (121) |
| 5.9 烯烃的氧化反应 .....                        | (123) |
| 5.10 烯烃的复分解反应 .....                      | (126) |
| 5.11 双键 $\alpha$ -H 的自由基取代反应 .....       | (127) |
| 5.12 烯烃烷烃烷基化反应 .....                     | (127) |
| 5.13 烯烃的亲核加成反应 .....                     | (128) |
| 5.14 环烯烃和 Bredt 规则 .....                 | (128) |
| 5.15 二烯烃 .....                           | (129) |
| 5.15.1 孤立二烯 .....                        | (129) |
| 5.15.2 累积二烯 .....                        | (129) |
| 5.15.3 共轭二烯 .....                        | (129) |
| 5.16 手性的连二烯和 $Caabb$ 、 $Caaab$ 类分子 ..... | (131) |
| 5.17 共轭二烯的反应 .....                       | (132) |
| 5.17.1 1,2-加成反应和 1,4-加成反应 .....          | (132) |
| 5.17.2 Diels-Alder 环加成反应 .....           | (134) |
| 5.17.3 二茂铁 .....                         | (135) |
| 5.18 聚合反应 .....                          | (135) |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 5.19 产生手性中心的反应(II):HX对烯烃的加成 ..... | (137) |
| 5.20 烯烃的质谱解析 .....                | (138) |
| 习题 .....                          | (138) |
| <b>6 紫外-可见吸收光谱和红外吸收光谱</b>         |       |
| 6.1 光的基本性质 .....                  | (142) |
| 6.2 分子吸收光谱的原理及产生、检测和记录 .....      | (143) |
| 6.3 紫外-可见吸收光谱 .....               | (145) |
| 6.4 红外光谱的基本原理 .....               | (148) |
| 6.4.1 分子的振动形式 .....               | (148) |
| 6.4.2 振动方程 .....                  | (149) |
| 6.4.3 红外光谱产生的条件 .....             | (149) |
| 6.5 红外光谱与分子结构 .....               | (150) |
| 6.5.1 红外光谱的分区和基团特征频率 .....        | (150) |
| 6.5.2 影响基团频率位移的因素 .....           | (150) |
| 6.6 红外光谱的解析 .....                 | (151) |
| 6.7 烷烃和烯烃的红外光谱 .....              | (152) |
| 习题 .....                          | (154) |
| <b>7 炔烃</b>                       |       |
| 7.1 炔烃的结构 .....                   | (156) |
| 7.2 炔烃的命名 .....                   | (156) |
| 7.3 炔烃的物理性质 .....                 | (157) |
| 7.4 端基炔烃的酸性 .....                 | (158) |
| 7.5 炔烃的制备 .....                   | (159) |
| 7.5.1 乙炔的制备 .....                 | (159) |
| 7.5.2 其他炔烃的制备 .....               | (160) |
| 7.6 炔烃的亲电加成反应 .....               | (161) |
| 7.6.1 和HX的加成 .....                | (161) |
| 7.6.2 和卤素的加成 .....                | (161) |
| 7.6.3 水合反应 .....                  | (162) |
| 7.6.4 硼氢化反应 .....                 | (162) |
| 7.7 炔烃的氢化还原反应 .....               | (163) |
| 7.8 炔烃与碱金属/液氨及负氢离子的还原反应 .....     | (163) |

|          |   |       |
|----------|---|-------|
| 7.9      | 炔烃的氧化反应 .....                                     | (164) |
| 7.10     | 炔烃的亲核加成反应 .....                                   | (164) |
| 7.11     | 炔烃的聚合反应 .....                                     | (165) |
| 7.12     | 炔烃的质谱和红外光谱解析 .....                                | (165) |
| 7.13     | 有机合成化学(I):反合成分析 .....                             | (166) |
|          | 习题 .....  | (167) |
| <b>8</b> | <b>核磁共振谱</b>                                      |       |
| 8.1      | 核磁共振的原理 .....                                     | (169) |
| 8.2      | 氢核磁共振谱 .....                                      | (170) |
| 8.2.1    | $^1\text{H}$ 的化学位移 .....                          | (170) |
| 8.2.2    | 自旋-自旋偶合和偶合常数 .....                                | (178) |
| 8.2.3    | 质子数目的测定 .....                                     | (182) |
| 8.2.4    | $^1\text{H}$ NMR 谱的解析 .....                       | (182) |
| 8.2.5    | 烃的 $^1\text{H}$ NMR 谱 .....                       | (185) |
| 8.3      | 碳核磁共振谱 .....                                      | (186) |
| 8.3.1    | $^{13}\text{C}$ 的化学位移 .....                       | (186) |
| 8.3.2    | DEPT 技术确定碳原子的类别 .....                             | (190) |
| 8.3.3    | $^{13}\text{C}$ NMR 的解析 .....                     | (191) |
|          | 习题 .....  | (192) |
| <b>9</b> | <b>苯系芳香族化合物和芳香性</b>                               |       |
| 9.1      | 苯的 Kekulé 结构、稳定性和共振结构 .....                       | (196) |
| 9.2      | 苯及其衍生物的命名 .....                                   | (198) |
| 9.3      | 苯的分子轨道、芳香性和 Hückel $4n+2$ 理论 .....                | (200) |
| 9.4      | 芳香性离子 .....                                       | (202) |
| 9.5      | 轮烯 .....  | (204) |
| 9.6      | 杂环芳香性 .....                                       | (205) |
| 9.7      | 多环芳烃 .....  | (206) |
| 9.7.1    | 联苯 .....  | (206) |
| 9.7.2    | 手性的联苯类分子和 C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> 型分子 ..... | (207) |
| 9.7.3    | 三苯甲烷 .....  | (209) |
| 9.7.4    | 蒽 蒽 菲 .....                                       | (211) |
| 9.7.5    | 稠环芳烃 .....  | (212) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 9.7.6 稠环芳性           | (213) |
| 9.8 芳香烃的来源、工业用途及安全性  | (214) |
| 9.9 全碳分子             | (215) |
| 9.10 芳烃的质谱和紫外、红外吸收光谱 | (217) |
| 习题                   | (218) |

## 10 苯的化学反应

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 10.1 亲电取代反应                     | (222) |
| 10.1.1 苯的卤代反应                   | (223) |
| 10.1.2 苯的硝化反应                   | (225) |
| 10.1.3 苯的磺化反应                   | (225) |
| 10.1.4 苯的烷基化反应                  | (226) |
| 10.1.5 苯的酰基化反应                  | (227) |
| 10.1.6 取代基效应和定位规则               | (229) |
| 10.1.7 反应条件和反应速率                | (234) |
| 10.2 有机合成反应(II):芳环上亲电取代反应的位置选择性 | (235) |
| 10.3 氧化反应                       | (236) |
| 10.4 还原反应                       | (236) |
| 10.5 加成反应                       | (237) |
| 10.6 多环芳烃的反应                    | (238) |
| 习题                              | (240) |

## 11 杂环化合物

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 11.1 杂环化合物的分类、命名和杂芳性   | (242) |
| 11.2 含氮杂环化合物的酸碱性       | (244) |
| 11.3 五元杂环单环体系          | (245) |
| 11.3.1 呋喃、吡咯和噻吩的亲电取代反应 | (245) |
| 11.3.2 呋喃的加成反应         | (247) |
| 11.3.3 五元杂环化合物上侧链的反应   | (247) |
| 11.4 六元杂环单环体系          | (247) |
| 11.4.1 吡啶的亲电取代反应       | (247) |
| 11.4.2 吡啶的亲核取代反应       | (248) |
| 11.4.3 吡啶盐的反应          | (249) |
| 11.4.4 吡啶衍生物侧链的反应      | (250) |

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| 11.5 含有一个杂原子的五元和六元苯并杂环体系 .....      | (251) |
| 11.5.1 吡啶的合成 .....                  | (251) |
| 11.5.2 喹啉的合成 .....                  | (252) |
| 习题 .....                            | (253) |
| <b>12 卤代烃</b>                       |       |
| 12.1 卤代烃的结构 .....                   | (256) |
| 12.2 卤代烃的命名 .....                   | (257) |
| 12.3 卤代烃的制备 .....                   | (258) |
| 12.4 卤代烃的物理性质 .....                 | (260) |
| 12.5 卤代烃的亲核取代反应 .....               | (261) |
| 12.5.1 $S_N2$ 反应 .....              | (262) |
| 12.5.2 $S_N1$ 反应 .....              | (263) |
| 12.5.3 影响 $S_N2$ 和 $S_N1$ 的因素 ..... | (264) |
| 12.6 卤代烃的消除反应 .....                 | (268) |
| 12.6.1 E2 反应和 E1 反应 .....           | (269) |
| 12.6.2 消除反应中的立体化学过程 .....           | (270) |
| 12.7 亲核取代反应和消除反应的竞争 .....           | (272) |
| 12.8 脱卤反应和还原反应 .....                | (273) |
| 12.9 卤代芳烃芳环上的亲电取代反应 .....           | (274) |
| 12.10 卤代芳烃芳环上的亲核取代反应 .....          | (274) |
| 12.11 苯炔 .....                      | (275) |
| 12.12 卤代烃与金属的反应 .....               | (276) |
| 12.12.1 有机镁试剂和格氏反应 .....            | (276) |
| 12.12.2 有机锂试剂 .....                 | (278) |
| 12.12.3 有机锌化合物和有机铝化合物 .....         | (279) |
| 12.13 几个常见的卤代烃及其用途 .....            | (280) |
| 12.14 有机氟化物 .....                   | (281) |
| 12.15 卤代烃的谱学解析 .....                | (285) |
| 习题 .....                            | (288) |
| <b>13 醇和酚</b>                       |       |
| 13.1 醇和酚的结构及命名 .....                | (294) |
| 13.2 醇和酚的制备 .....                   | (295) |



|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 13.2.1 醇的制备 .....           | (295) |
| 13.2.2 酚的制备 .....           | (299) |
| 13.3 几个常见的醇和酚 .....         | (299) |
| 13.4 醇和酚的物理性质 .....         | (301) |
| 13.5 醇的化学性质 .....           | (304) |
| 13.5.1 醇的酸性和碱性 .....        | (305) |
| 13.5.2 与氢卤酸反应 .....         | (306) |
| 13.5.3 与其他无机酸反应 .....       | (307) |
| 13.5.4 与卤化磷反应 .....         | (309) |
| 13.5.5 与氯化亚砷反应 .....        | (309) |
| 13.5.6 脱水消除反应 .....         | (310) |
| 13.5.7 氧化和脱氢反应 .....        | (311) |
| 13.6 有机化合物的氧化还原反应 .....     | (314) |
| 13.7 酚的化学性质 .....           | (315) |
| 13.7.1 酚的酸性和碱性 .....        | (315) |
| 13.7.2 酚醚和酚酯 .....          | (316) |
| 13.7.3 氧化反应 .....           | (316) |
| 13.7.4 卤代反应 .....           | (317) |
| 13.7.5 硝化反应 .....           | (318) |
| 13.7.6 磺化反应 .....           | (319) |
| 13.7.7 傅-克反应 .....          | (319) |
| 13.7.8 与氯仿的反应 .....         | (320) |
| 13.7.9 与二氧化碳的反应 .....       | (320) |
| 13.7.10 酚酯重排反应 .....        | (321) |
| 13.8 多元酚 .....              | (321) |
| 13.9 有机合成反应(Ⅲ):保护和去保护 ..... | (322) |
| 13.10 醇和酚的谱学解析 .....        | (323) |
| 13.10.1 质谱 .....            | (323) |
| 13.10.2 紫外和红外吸收光谱 .....     | (324) |
| 13.10.3 核磁共振谱 .....         | (326) |
| 习题 .....                    | (327) |