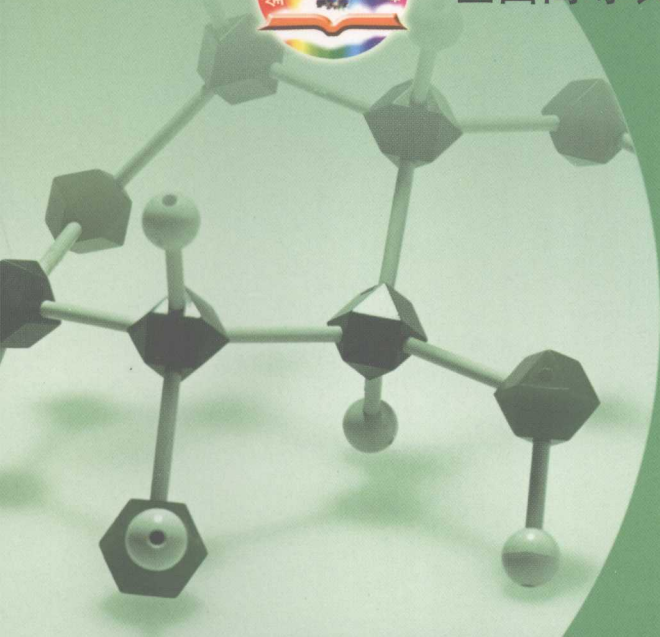




全国高等农林院校“十一五”规划教材

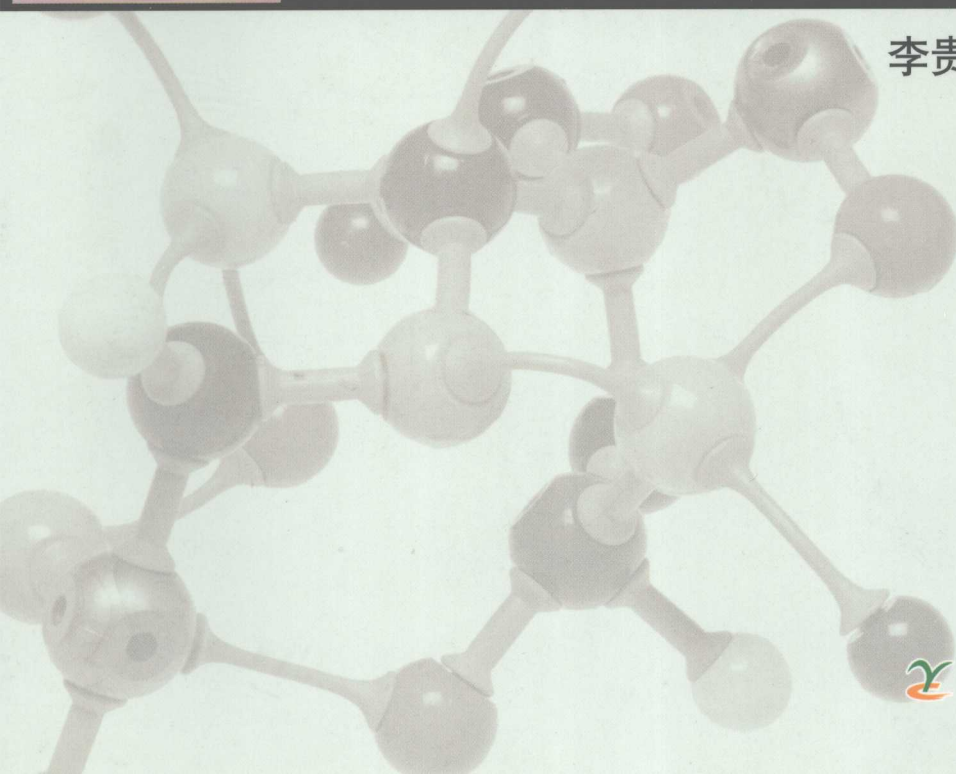


有机化学

第二版

YOUJI HUAXUE

李贵深 李宗澧 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学 / 李贵深, 李宗澧主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-109-11972-7

I. 有… II. ①李…②李… III. 有机化学-高等学校-教材 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 179468 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 曾丹霞 郭元婕

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2003 年 12 月第 1 版 2008 年 1 月第 2 版

2008 年 1 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 25.75

字数: 609 千字

定价: 37.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 李贵深 李宗澧

副主编 (按姓氏笔画顺序排列)

叶 舟 李 华 张英群 董新荣

参 编 (按姓氏笔画顺序排列)

王 春 刘卉闵 刘涌洲 苏金为

苏学素 李 咏 杨旭哲 杨建奎

张凤秀 岳 俊 黄长干 董宪武

主 审 胡 槐

第一版编者名单

主 编 李贵深 李宗澧

副主编 叶 舟 董新荣 张英群 李 华

参 编 (按姓氏笔画顺序排列)

王 春 刘卉闵 刘涌洲 苏金为

苏学素 张凤秀 陈鸿兵 罗华云

黄长干 董宪武

主 审 胡 槐

第二版前言

高等农业院校“十五”规划教材《有机化学》自2003年出版以来,在许多高等农林院校的教学实践中,得到了相当的重视和好评,于2005年获“全国高等农业院校优秀教材奖”。在近4年的教学实践中,各学校积累了许多有益的经验,也提出了许多宝贵的意见和建议。在此基础上,为适应高等农林教育事业发展的需要,受中国农业出版社委托,组织8所高等农林院校重新修订、编写本教材,并作为全国高等农林院校“十一五”规划教材《有机化学》(第二版)出版。

本教材仍遵循第一版以21世纪对本科生的培养目标,即培养和造就一批“厚基础、强能力、高素质、广适应”的创造性专门人才为指导思想,广泛收集并借鉴了国内外同类教材的优点,结合编者多年的教学经验,并根据教育部考试中心颁布的“2008年全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考考试大纲”精神要求编写的。在基本保留原教材的总体框架的基础上,增加新材料,删除陈旧内容,纠正一些错误之处,添加新章节,重写部分章节,部分内容做了重新编排,使得本教材无论在内容上还是编排上,都更具有作为一本好教科书的价值,更能反映当今有机化学的发展方向,更具有广泛的适用性。本教材可作为高等农林院校各相关专业本、专科生的教学用书,也可作为考研学生、函授生、农业科技工作者的参考用书。

与第一版相比,本教材在内容选择和体系编排上,主要有如下改变:

(1) 新增“有机合成”一章。有机合成是有机化学的重要组成部分,涉及各种各样的单元反应,包括碳碳键的形成和官能团的转化,以及如何将这些单元反应组合起来,设计出合理的合成路线。在学习完本教材的前两部分后,增加有机合成的学习,非常有利于学生理解有机化学的科学价值,了解有机反应的方法学,尤其对如生命科学、材料科学、环境科学、能源科学和生物技术的学科交叉、渗透和结合都是十分有益的。

(2) 重写“不饱和烃”一章。在有机化学教学中,教师应引导学生理解各类有

机化合物的结构与性质之间的相关性,学会从化合物的结构来分析各类化合物可能发生的反应。将该章中反应类型和反应历程都类似的烯烃与炔烃的内容合并编排,无疑有利于学生通过类比的方法,掌握亲电加成反应,更好地理解有机物结构与性质之间的关系。

(3) 在“旋光异构”一章中,增加了判断旋光活性物质旋光方向的方法,并进一步充实了旋光纯度的内容。

(4) 在“芳香烃”一章增加了“富勒烯”一节内容,使新教材内容与有机化学的新发展、新成果接轨。

(5) 对涉及的重要反应机理,都做了文字或编排上的修改,使其更简明扼要,更有利于学生学习、理解。

(6) 在大多数章节中,增加了诸如“白色污染”、“生物柴油”等有利于提高学生有机化学兴趣的内容。

(7) 重写或修改了部分章节的“问题与思考”和“习题”,使其更有利于学生理解本教材的内容,并能适当扩展到本教材之外的有机化学知识。

(8) 新增“索引”。将反应、历程、试剂、化合物、人名、概念、名词等,按汉语拼音索引附于书末,更方便学生查阅、学习。

此外,本次修订还重画了部分图,重新核对了各表中数据,纠正了第一版中的错误。

本教材教学时数为 60~70 学时,小字体排版内容各学校可根据具体情况作适当取舍。

本教材由河北农业大学、西南大学、福建农林大学、湖南农业大学、新疆农业大学、江西农业大学、山西农业大学、吉林农业科技学院等 8 所院校联合编写。初稿完成后,由李贵深、李宗澧通读、统稿、修改,并由胡槐教授主审后定稿。本教材的编写和出版得到了中国农业出版社、参编各院校领导和教研室同志们的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中不妥之处,恳请批评指正。

编者

2007 年 9 月

第一版前言

本书是全国高等农业院校“十五”规划教材。是以 21 世纪对本科生的培养目标，即培养和造就一批“厚基础、强能力、高素质、广适应”的创造性专门人才为指导思想，广泛收集并借鉴国内外同类教材的优点，结合编者的教学经验编写的。可供高等农林院校农、林、水、牧、渔及其他生物类学科各专业本、专科生教学用书，也可作为函授生、农业科技工作者参考用书。

有机化学是高等农业院校重要的基础课，内容十分丰富，在有限的教学时数内，既要考虑本学科的系统性、规律性，又要兼顾生物类各专业对有机化学的不同要求。因此，本书在教材内容选择和编排体系上都有较大改革，主要有如下几个方面：

(1) 改变教材创作思路，把培养学生综合能力，加速适应素质教育的需要放于编写的首位，自始至终作为课程体系改革、教材内容更新的宗旨。

(2) 除绪论一章外，本教材主要包括有机化合物的母体——烃、烃的衍生物、天然有机化合物和有机化合物的波谱等四部分内容，着重介绍了有机化学的基本理论和基本知识，特别注意了内容的更新。反映了近、现代有机化学发展的新知识、新成果和新技术，突出了能力的培养，适应了素质教育的需要。

(3) 以现代价键理论和电子效应为主线，阐明了各类有机化合物的结构和性质的相关性，在讨论各类化合物性质之前，都从化合物的结构、化学键的断裂和形成的角度，分析各类化合物可能发生的有机反应，引导读者用理解的方法和分析问题的方法来学习、掌握有机反应。

(4) 尽早引进了有机分子的立体概念。主要反应历程不设单节讨论，而是穿插结合于各类有机反应中加以介绍，这样既可分散难点，又可加深读者对有机反应的理解，避免了死记硬背，便于学习。

(5) 突出学生应用有机化学的研究方法和能力的培养。在介绍各类有机化合物性质时，以典型、简单的有机化学反应为例，讲清有机反应的规律。并以生物体内

存在的典型物质为例,运用所学的理论知识,认识生物体中的化学反应。有利于提高学生学习有机化学的兴趣,有助于提高学生解决实际问题的能力。

(6) 为有助于加深理解和增强可读性,本教材在文字叙述上力求精练,表达严谨,层次分明,由浅入深,循序渐进,通俗易懂。在叙述中插有一定分量和难度的问题与思考题,每章后附有本章小结,便于学生复习、巩固、提高。

本书适应了 21 世纪我国高等农林院校培养高素质人才,为他们打好应有的有机化学基本理论和基本知识的需要,适应了我国社会主义市场经济新形势下对学生创新精神和适应能力培养的需要。无疑,本教材将对高等农林院校有机化学的教学改革起到积极的促进作用。

本教材教学时数为 60~70 学时,各校可根据具体情况作适当取舍。教材中有★号的内容供学有余力的学生选读。

本书由河北农业大学、西南农业大学、福建农业大学、湖南农业大学、新疆农业大学、江西农业大学、山西农业大学、北华大学等 8 所院校联合编写。初稿完成后,由李贵深教授、李宗澧副教授通读、统稿。经主编、副主编、主审组成的审稿会审查,主编根据审稿会代表提出的宝贵意见和建议进行了认真的修改,并由胡槐教授主审后定稿。本书的编写和出版得到各院校领导和教研室同志们的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中不妥甚至错误之处,恳请批评指正。

编 者

2003 年 8 月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一节 有机化学和有机化合物	1
一、有机化学的研究对象	1
二、有机化学与农业科学的关系	2
三、有机化合物的特性	2
四、研究有机化合物的程序和方法	4
第二节 共价键的一般概念	5
一、共价键理论	5
二、共价键的属性	11
三、共价键的断裂方式和有机反应类型	14
第三节 有机化合物的分子结构	15
第四节 有机化学中的酸碱理论	16
一、布朗斯特酸碱质子理论	17
二、路易斯酸碱电子理论	18
第五节 有机化合物的分类	18
一、根据碳架不同分类	18
二、根据官能团不同分类	19
本章小结	20
习题	21

第一部分 有机化合物的母体——烃

第一章 饱和烃	23
第一节 烷烃	24
一、烷烃的通式、同系列和同分异构现象	24
二、烷烃的命名	25
三、烷烃的分子结构	27
四、烷烃的物理性质	31
五、烷烃的化学性质	32

六、烷烃的来源和用途	37
第二节 环烷烃	37
一、环烷烃的分类、异构和命名	37
二、环烷烃的物理性质	39
三、环烷烃的化学性质	39
四、环烷烃的分子结构	41
五、环烷烃的立体化学	42
本章小结	44
习题	45
第二章 不饱和烃	47
第一节 单烯烃和炔烃	47
一、单烯烃和炔烃的结构	47
二、单烯烃和炔烃的异构现象	48
三、单烯烃和炔烃的命名	49
四、单烯烃和炔烃的物理性质	52
五、单烯烃和炔烃的化学性质	53
六、个别化合物——乙烯和乙炔	64
第二节 二烯烃	64
一、二烯烃的分类和命名	64
二、1,3-丁二烯的结构	65
三、共轭体系和共轭效应	67
四、共轭二烯烃的化学性质	69
第三节 萜类化合物	70
一、异戊二烯规律和萜的分类	71
二、萜类化合物简介	71
三、天然橡胶和合成橡胶	74
本章小结	74
习题	75
第三章 芳香烃	78
第一节 单环芳烃	79
一、苯的结构	79
二、单环芳烃的异构和命名	81
三、单环芳烃的物理性质	82
四、单环芳烃的化学性质	83
五、苯环上亲电取代反应的定位规律	88
第二节 稠环芳烃	92
一、萘	92

二、其他稠环芳烃	95
第三节 休克尔规则与非苯芳烃	96
一、休克尔 (E. Hückel) 规则	96
二、非苯芳烃	97
三、富勒烯	98
本章小结	99
习题	100

第二部分 烃的衍生物

第四章 卤代烃	103
第一节 卤代烷烃	103
一、卤代烷烃的分类和命名	103
二、卤代烷烃的物理性质	104
三、卤代烷烃的化学性质	105
四、个别化合物	111
第二节 卤代烯烃和卤代芳烃	112
一、分类和命名	112
二、化学性质	113
三、个别化合物	114
本章小结	115
习题	116
第五章 旋光异构	119
第一节 物质的旋光性	119
一、平面偏振光和旋光性	119
二、旋光仪和比旋光度	120
三、分子的手性与物质的旋光性	122
第二节 含手性碳原子的化合物的旋光异构	124
一、含一个手性碳原子化合物的旋光异构	124
二、含两个手性碳原子化合物的旋光异构	128
三、环状化合物的立体异构	130
第三节 不含手性碳原子的化合物的旋光异构	130
一、丙二烯型化合物	131
二、单键旋转受阻的联苯型化合物	131
第四节 旋光异构体的性质和生理功能	132
第五节 动态立体化学简介	133
一、烯烃与溴的亲电加成反应的立体化学	133
二、卤代烷亲核取代反应的立体化学	135

本章小结	137
习题	138
第六章 醇、酚、醚	140
第一节 醇	140
一、醇的分类和命名	140
二、醇的物理性质	142
三、醇的化学性质	144
四、个别化合物	148
第二节 酚	150
一、酚的分类和命名	150
二、酚的物理性质	151
三、酚的化学性质	153
四、个别化合物	156
第三节 醚	157
一、醚的分类和命名	158
二、醚的物理性质	159
三、醚的化学性质	160
四、个别化合物	161
第四节 含硫化合物	162
一、硫醇、硫酚、硫醚的物理性质	163
二、硫醇、硫酚、硫醚的化学性质	163
三、自然界中的含硫有机化合物	164
本章小结	165
习题	166
第七章 醛、酮、醌	169
第一节 醛、酮	169
一、醛、酮的分类和命名	169
二、醛、酮的物理性质	171
三、醛、酮的化学性质	172
四、个别化合物	183
第二节 醌	185
一、醌的结构和命名	185
二、醌的化学性质	186
三、自然界的醌	187
本章小结	187
习题	188

第八章 羧酸、羧酸衍生物和取代羧酸	192
第一节 羧酸	192
一、羧酸的分类和命名	192
二、羧酸的物理性质	193
三、羧酸的化学性质	195
四、个别化合物	202
第二节 羧酸衍生物	204
一、羧酸衍生物的命名	205
二、羧酸衍生物的物理性质	205
三、羧酸衍生物的化学性质	206
四、个别化合物	209
第三节 取代酸	210
一、羟基酸	210
二、羧基酸	215
本章小结	219
习题	221
第九章 含氮和含磷有机化合物	224
第一节 胺	224
一、胺的分类和命名	224
二、胺的物理性质	225
三、胺的化学性质	226
四、重氮化合物和偶氮化合物	232
五、个别化合物	234
第二节 酰胺	236
一、酰胺的结构和命名	236
二、酰胺的物理性质	236
三、酰胺的化学性质	237
四、碳酸的衍生物	238
五、苯磺酰胺	240
第三节 其他含氮有机化合物	240
一、硝基化合物	240
二、腈	243
第四节 含磷有机化合物	243
一、含磷有机化合物的主要类型	243
二、含磷有机农药简介	244
本章小结	245
习题	246

第十章 有机合成	248
第一节 有机合成的任务和意义	248
第二节 设计有机合成路线的基本原则	249
第三节 有机合成路线的设计	250
一、逆合成分析法	250
二、碳架的建立	253
三、官能团的转化	255
四、官能团的引入	258
五、官能团的除去	259
六、官能团的保护	260
七、基团的占位和导向的应用	261
八、选择性反应的应用	263
九、立体构型的控制	265
第四节 工业合成	265
本章小结	266
习题	267

第三部分 天然有机化合物

第十一章 油脂和类脂化合物	269
第一节 油脂	269
一、油脂的存在和生理作用	269
二、油脂的组成和结构	270
三、油脂的性质	272
第二节 生物柴油	274
第三节 类脂化合物	275
一、蜡	275
二、磷脂	275
第四节 肥皂和表面活性剂	277
一、肥皂的组成及乳化作用	277
二、表面活性剂	277
第五节 甾体化合物	278
一、甾体化合物的结构	279
二、重要的甾体化合物	279
本章小结	281
习题	282
第十二章 杂环化合物和生物碱	284
第一节 杂环化合物	284

一、杂环化合物的分类和命名	284
二、杂环化合物的结构	287
三、杂环化合物的化学性质	288
四、与生物有关的杂环化合物及其衍生物	291
第二节 生物碱	297
一、生物碱的存在及提取方法	297
二、生物碱的一般性质	298
三、重要的生物碱举例	299
本章小结	301
习题	302
第十三章 碳水化合物	304
第一节 单糖	304
一、单糖的构型	304
二、单糖的环状结构	307
三、单糖的物理性质	312
四、单糖的化学性质	312
五、重要单糖和单糖的衍生物	318
第二节 双糖	321
一、还原性双糖	321
二、非还原性双糖	323
第三节 多糖	324
一、淀粉和糖原	324
二、纤维素	327
本章小结	328
习题	329
第十四章 氨基酸、蛋白质和核酸	332
第一节 氨基酸	332
一、 α -氨基酸的构型、分类和命名	332
二、 α -氨基酸的物理性质	334
三、 α -氨基酸的化学性质	335
第二节 蛋白质	339
一、蛋白质的分类	340
二、蛋白质的结构	340
三、蛋白质的理化性质	346
第三节 核酸简介	349
一、核酸的组成	349
二、核苷酸——核酸的基本结构单元	350

三、核酸的结构	352
四、核酸的性质	355
本章小结	355
习题	356

第四部分 有机化合物的波谱知识

第十五章 紫外和红外吸收光谱	359
第一节 紫外与可见吸收光谱 (UV)	359
一、紫外光谱的表示方法	360
二、紫外光谱与分子结构的关系	360
三、紫外光谱在有机化合物结构鉴定中的应用	362
第二节 红外吸收光谱 (IR)	364
一、分子振动与红外吸收光谱	364
二、红外吸收光谱与分子结构的关系	366
三、红外吸收光谱在有机化合物结构鉴定中的应用	367
本章小结	370
习题	370
第十六章 核磁共振谱和质谱	372
第一节 核磁共振谱 (NMR)	372
一、核磁共振的基本原理	372
二、化学位移	373
三、自旋偶合和自旋裂分	375
四、核磁共振谱在有机化合物结构鉴定中的应用	377
第二节 质谱 (MS)	378
一、基本原理及表示方法	378
二、质谱在有机化学中的应用	379
本章小结	380
习题	380
索引	381
主要参考文献	391

绪 论

第一节 有机化学和有机化合物

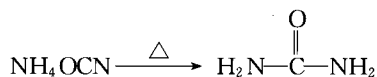
一、有机化学的研究对象

有机化学是化学学科的一个重要分支，它诞生于 19 世纪初期，迄今不足 200 年，但已成为与人类生活有着密切关系的一门学科。有机化学的研究对象是有机化合物。有机化合物大量存在于自然界，如粮、油、棉、麻、毛、丝、木材、糖、蛋白质、农药、塑料、染料、香料、医药、石油等大多数都是有机化合物。

早在 2 000 多年前，人们就知道利用和加工这些由自然界取得的有机物。例如，我国古代就有关于酿酒、制醋、制糖及造纸术等的记载。但是，当时人们并不认识这些过程的实质，对有机化合物的认识是随着生产实践的发展、科学技术的进步而不断深化。

17 世纪中叶，人们把自然界的物质依其来源分为动物、植物和矿物质三大类。随后，又将来自动物、植物体，且具有生命现象的物质称为有机物；把来自矿物质，且不具有生命现象的物质称为无机物。当时，由于宗教思想的束缚和科学水平的限制，人们对生命现象的本质没有认识，认为有机物不能用人工方法合成，必须在“生命力”的作用下才能生成。一段时间内，“生命力”学说限制了人们对有机物的深入研究，阻碍了生产力的进一步发展。

1828 年，德国化学家伍勒 (F. wöhler) 在研究氰酸盐的过程中，意外地发现了有机物尿素的生成。



这是世界上第一次在实验室的玻璃器皿中从无机物制得有机物。无疑，这一事实是对“生命力”学说的有力冲击。伍勒的发现开辟了人工合成有机物的新纪元，此后，许多天然有机物被合成出来，许多自然界不存在的有机物也被制造出来。这样，“生命力”学说被彻底否定了，有机物的含义也发生了根本变化。

有机合成的迅速发展，使人们清楚地知道，在有机物和无机物之间并没有一个明显的界限，但在组成和性质上，它们之间确实存在着某些不同之处。从组成上讲，元素周期表中大部分元素都能互相结合形成无机物；而在有机物中，绝大多数都含有碳、氢两种元素，有些还含有氧、硫、氮、磷、卤素等其他元素。所以，现在人们认为，有机化合物就是碳氢化合物及其衍生物，