

内 容 简 介

本书是参照全国“面向 21 世纪课程教材”有机化学教学研讨会制定的教学大纲，结合面向 21 世纪高等农业院校有机化学课程体系和教学内容改革方案的要求编写的。内容以“基本”和“新”为原则，以价键理论和电子效应为主线，并辅以分子轨道理论，以结构和性质的关系为基础，着重介绍有机化学的基础知识和基本理论，充分反映了有机化学的最新技术和最新进展。内容安排既注重与中学化学、普通化学和后续课程的衔接，又注重与农业科学及相关学科的联系。

本书 15 章，包含四部分内容。第一部分为基本原理，第二部分为各类化合物的分类、命名、结构、性质及应用，第三部分为天然有机化合物及次生物质，第四部分为有机化合物的波谱知识。全书基本上按照官能团的分类编排。

本书除作为高等农业院校有机化学教学用书外，还可供有关院校师生和农林科研工作者参考。

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

有机化学

夏百根 黄乾明 主编

中国农业出版社

主 编 夏百根 (河南农业大学)
黄乾明 (四川农业大学)
副主编 翟萱麟 (云南农业大学)
李铁汉 (甘肃农业大学)
编 者 (以姓氏笔画为序)
李宗桓 (天津农学院)
李铁汉 (甘肃农业大学)
张金秀 (四川农业大学)
徐翠莲 (河南农业大学)
夏百根 (河南农业大学)
黄乾明 (四川农业大学)
翟萱麟 (云南农业大学)

序

我国《高等教育面向 21 世纪教育内容和课程体系改革计划》正在全面实施，教育教学改革正在深入进行。为了使我国的经济、文化、科学技术在新世纪与国际接轨，首先应该使我国的教育与国际接轨。21 世纪是化学学科飞速发展的时代，领域不断扩大，化学学科与其他学科的相互渗透愈来愈深入，形成了许多边缘学科。在新的世纪，文化教育面临着机遇与挑战，同时肩负着为高等教育献计献策的重任。教学改革给我们提出了“厚基础、宽口径、强能力、高素质、广适应”的高校人才培养模式，因此，首先应该提高我国的教育水平，培养更多优秀的德才兼备人才，以适应社会主义市场经济和科学技术发展的需要。

为了适应新的专业调整及教学改革的需要，组织编写符合实际的高质量教材是课程体系和教学内容改革的重要环节。本书是作者根据多年的教学经验，结合教学改革研究成果，同时吸取了近年来国内外教材的优点，在中国农业出版社的指导下，组织编写了这本《有机化学》教材。本书有以下特点：

1. 内容以“基本”和“新”为原则，注重基础知识和基本理论的介绍，适当拓宽知识面，以达到厚基础、宽口径的目的。同时介绍了有机化学的最新技术和最新进展。

2. 在介绍每类化合物时，以价键理论和电子效应为主线，辅以分子轨道理论，分析分子中原子和原子团之间的相互影响，突出结构和性质之间的关系，强化结构意识，让学生在掌握结构和基础理论的基础上对化合物的性质有明确的了解，不仅克服了学生死记硬背的现象，而且能够有效地提高学生分析问题和解决问题的能力。

3. 在内容编排上，把反应历程和动态立体化学内容放在各有关章节介绍，既解决了“空中楼阁”问题，又分散了难点，有利于学生学习。

4. 加强了与农业科学及相关学科的联系。在保证有机化学体系完整性的基础上，除与农林科学紧密联系外，还注重了与相关学科如能源、环境、营养、食品、医药等学科的联系，既能提高学生的学习兴趣，又能扩大学生的

序

知识面。

本书既有严密的科学性，又有先进性和实用性，既有经典理论，又体现现代科学技术的发展，安排上采用难点分散，编写上由浅入深，循序渐进，选材上体现农业院校特点和少而精的原则，文字精练，是一本具有我国农业院校特色的教材。

衷心祝愿这本书在教科书的百花园中长开不谢，芬芳永驻！

吴养洁
2002年1月

前 言

本书是参照全国“面向 21 世纪课程教材”有机化学教学研讨会制定的《有机化学》教学大纲，结合面向 21 世纪高等农业院校有机化学课程体系和教学内容改革方案的要求编写的。

本书根据作者多年的教学经验，吸取了近年来国内外教材的优点，认真组织，精选内容，精心编写而成。内容以“基本”和“新”为原则，以价键理论和电子效应为主线，以结构和性质之间的关系为基础，介绍了有机化学的基础知识和基本理论，充分反映了有机化学的最新技术和最新进展。在编排上，把反应历程和动态立体化学内容放在各有关章节介绍，以分散难点。内容安排既注意与中学化学、普通化学和后续课程的衔接，又注重与农业科学及相关学科的联系。

本书共 15 章，包含四部分内容。第一部分为基本原理，第二部分为各类化合物的分类、命名、结构、性质及应用，第三部分为天然有机化合物及次生物质，第四部分为有机化合物的波谱知识。全书基本上按照官能团的分类编排。

参加本书编写（按章节顺序）的有：河南农业大学夏百根教授（一，四，十四章），云南农业大学翟萱麟副教授（二，三章），河南农业大学徐翠莲副教授（五，十三章），四川农业大学黄乾明副教授（六，七，十五章），四川农业大学张金秀副教授（八章），天津农学院李宗桓副教授（九，十二章），甘肃农业大学李铁汉副教授（十，十一章）。

本书由夏百根教授、黄乾明副教授任主编，由夏百根教授整理定稿。

本书除作为高等农林院校有机化学教学用书外，还可供有关院校师生和农林科研工作者参考。

本书在编写过程中，承蒙有关兄弟院校和中国农业出版社各级领导的关心和大力支持，河南农业大学教务处和基础科学学院领导对本书的编写提供了许多便利条件，特别是郑州大学吴养洁教授认真审阅了全稿，并热情地写了序，谨在此一并表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中错误或不妥之处在所难免，恳请同行及读者批评指正。

编 者

2001 年 12 月于郑州

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 有机化合物和有机化学	1
一、有机化学的发展	1
二、有机化合物和有机化学	3
三、有机化合物的特点	3
四、共价键和共价键的属性	4
五、有机化学中的酸碱理论	9
第二节 研究有机化合物的方法	11
一、分离提纯	11
二、纯度的检验	11
三、分子式的确定	11
四、构造式的确定	11
第三节 有机化合物的分类	12
一、根据碳架分类	12
二、根据官能团分类	13
第四节 有机化学与农业科学的关系	14
习题	15
第二章 烷烃和环烷烃	17
第一节 烷烃	17
一、烷烃的结构	17
二、烷烃的命名	23
三、烷烃的物理性质	27
四、烷烃的化学性质	28
五、烷烃的卤代反应历程	29

目 录

六、天然烷烃	32
第二节 环烷烃	33
一、环烷烃的分类和命名	33
二、单环烷烃的物理性质	35
三、单环烷烃的结构	35
四、环烷烃的化学性质	40
习题	42
第三章 烯烃、炔烃和二烯烃	44
第一节 烯烃和炔烃	44
一、烯烃和炔烃的结构	44
二、烯烃和炔烃的异构现象及命名	47
三、烯烃和炔烃的物理性质	49
四、烯烃和炔烃的化学性质	51
五、烯烃的亲电加成反应历程	57
六、重要的烯烃和炔烃	60
第二节 二烯烃	61
一、二烯烃的分类和命名	61
二、共轭二烯烃的结构和共轭效应	62
三、共轭二烯烃的化学性质	67
第三节 萜类化合物	69
一、异戊二烯规则	69
二、萜类化合物的分类	69
三、萜类化合物举例	70
习题	73
第四章 芳香烃	77
第一节 单环芳烃	78
一、单环芳烃的异构现象和命名	78
二、苯的结构	80
三、单环芳烃的物理性质	82
四、单环芳烃的化学性质	83
五、亲电取代反应历程	86
六、苯环亲电取代定位规律	88

第二节 稠环芳烃	93
一、萘	93
二、蒽和菲	95
三、其他稠环芳烃	96
第三节 非苯芳烃	97
一、休克尔 (E. Hückel) 规则	97
二、非苯芳烃	98
习题	99
第五章 旋光异构	103
第一节 旋光性和比旋光度	103
一、物质的旋光性	103
二、比旋光度	105
第二节 分子的手性与旋光异构	106
一、物质的旋光性与分子构型的关系	106
二、含一个手性碳原子化合物的旋光异构	109
三、含两个手性碳原子化合物的旋光异构	115
第三节 外消旋体的拆分	119
一、机械拆分法	119
二、诱导结晶法	119
三、色谱分离法	119
四、化学拆分法	120
五、生化拆分法	120
第四节 烯烃亲电加成反应的立体化学	121
习题	122
第六章 卤代烃	124
第一节 卤代烷烃	124
一、卤代烷烃的分类和命名	124
二、卤代烷烃的物理性质	126
三、卤代烷烃的化学性质	127
四、亲核取代反应的立体化学	136
五、消除反应的立体化学	137
六、个别化合物	139

目 录

第二节 卤代烯烃和卤代芳烃	140
一、卤代烯烃和卤代芳烃的分类和命名	140
二、烃基结构对卤原子化学活性的影响	141
三、个别化合物	143
习题	143
第七章 醇、酚、醚	146
第一节 醇	146
一、醇的分类和命名	146
二、醇的物理性质	148
三、醇的化学性质	151
四、个别化合物	157
第二节 酚	158
一、酚的分类和命名	158
二、酚的物理性质	159
三、酚的化学性质	160
四、个别化合物	164
第三节 醚	165
一、醚的分类和命名	165
二、醚的物理性质	166
三、醚的化学性质	167
四、环醚和冠醚	168
五、个别化合物	169
第四节 硫醇、硫酚和硫醚	170
一、硫醇和硫酚	170
二、硫醚	172
习题	173
第八章 醛、酮、醌	176
第一节 醛和酮	176
一、醛、酮的分类和命名	176
二、醛、酮的物理性质	178
三、醛、酮的化学性质	179
四、个别化合物	192

第二节 醌	193
一、醌的结构和命名	193
二、醌的物理性质	194
三、醌的化学性质	194
四、个别化合物	196
习题	198
第九章 羧酸及其衍生物和取代酸	201
第一节 羧酸	201
一、羧酸的分类和命名	201
二、羧酸的物理性质	202
三、羧酸的化学性质	203
四、个别化合物	208
第二节 羧酸衍生物	211
一、羧酸衍生物的分类和命名	211
二、羧酸衍生物的物理性质	212
三、羧酸衍生物的化学性质	213
第三节 取代酸	216
一、羟基酸	216
二、羧基酸	221
三、互变异构现象	223
习题	224
第十章 含氮和含磷有机化合物	227
第一节 胺	227
一、胺的分类和命名	227
二、胺的结构	228
三、胺的物理性质	229
四、胺的化学性质	231
五、个别化合物	235
第二节 重氮盐和偶氮化合物	236
一、重氮盐	236
二、偶氮化合物	237
三、有机化合物的颜色与结构的关系	238

目 录

第三节 硝基化合物	239
一、硝基化合物的结构和命名	239
二、硝基化合物的物理性质	240
三、硝基化合物的化学性质	240
第四节 含磷有机化合物	240
一、含磷化合物的概述	240
二、有机磷杀虫剂	242
习题	243
第十一章 杂环化合物和生物碱	246
第一节 杂环化合物	246
一、杂环化合物的分类和命名	246
二、杂环化合物的结构和芳香性	249
三、杂环化合物的化学性质	251
四、重要杂环化合物	253
第二节 生物碱	257
一、生物碱概述	257
二、个别化合物	258
习题	259
第十二章 油脂和类脂化合物	262
第一节 油脂	262
一、油脂的存在和用途	262
二、油脂的组成和结构	263
三、油脂的性质	264
第二节 类脂化合物	268
一、磷脂	268
二、蜡	270
三、甾族化合物	271
第三节 肥皂和表面活性剂	276
习题	278
第十三章 碳水化合物	280
第一节 单糖	281

一、单糖的分类	281
二、单糖的结构	281
三、单糖的性质	288
四、重要的单糖和单糖的衍生物	295
第二节 双糖	297
一、还原性双糖	297
二、非还原性双糖	299
第三节 多糖	301
一、淀粉	301
二、纤维素	304
三、其他重要多糖	306
习题	309
第十四章 蛋白质和核酸	312
第一节 α -氨基酸	312
一、 α -氨基酸的分类和命名	312
二、 α -氨基酸的物理性质	315
三、 α -氨基酸的化学性质	316
四、个别化合物	320
第二节 蛋白质	321
一、蛋白质的分类	321
二、蛋白质的结构	323
三、蛋白质的性质	327
第三节 核酸	331
一、核酸的分类与组成	331
二、核苷	332
三、单核苷酸	333
四、核酸的一级结构	335
五、DNA 的二级结构	336
习题	339
第十五章 波谱知识简介	341
第一节 吸收光谱的基本概念	341
一、光的基本性质	341

目 录

二、分子能级与分子吸收光谱	342
第二节 紫外及可见光吸收光谱.....	345
一、基本原理	345
二、紫外光谱与有机化合物分子结构的关系	347
三、紫外光谱的应用	350
第三节 红外光谱	350
一、基本原理	350
二、红外光谱与有机化合物分子结构的关系	354
三、红外光谱的应用	355
第四节 核磁共振谱	356
一、基本原理	356
二、核磁共振谱与有机化合物分子结构的关系	358
三、核磁共振谱的应用	362
第五节 质谱	363
一、基本原理	363
二、质谱的应用	365
习题	365
主要参考文献	367

第一章 绪 论

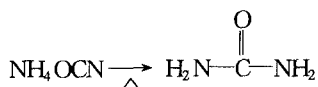
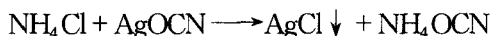
第一节 有机化合物和有机化学

一、有机化学的发展

有机化学是研究有机化合物的一门科学，它与人类的生活和工农业生产有着极为密切的关系。很早以前人类就开始了有机化合物的加工和利用，例如酿酒、制醋、制糖、造纸等。但当时并不理解这些过程的实质，仅仅停留在工艺阶段。

到了18世纪末，人们开始了对有机化合物的提取。1769年，德国著名的药剂师席勒（C. W. Scheele）从葡萄汁中取得酒石酸，后来相继得到了尿素（1773）、草酸（1776）、乳酸（1780）、吗啡（1805）等。当时人们只能从动植物体内提取有机化合物，还不能用人工的方法合成有机物。随着对有机化合物认识的不断深入，人们就试图用人工的方法合成有机物。这时生物学界流行的“生命力学说”闯入了化学界，“生命力学说”认为，有机化合物是生命过程的产物，只能存在于活的细胞中，有机物在生物体内的形成需借助于“生命力”，这就是著名的“生命力学说”。当时化学界的权威和一些化学家极力推崇“生命力学说”，这种思想曾一度牢固地统治着有机化学界，使人们抛弃了由人工合成有机物的想法，严重阻碍了有机化学的发展。

1828年，年轻的德国化学家伍勒（F. Wöhler）经过四年的实验，证明用无机物氯化铵和氰酸银一起加热，可以制得有机物尿素。



说明有机物不仅可以从动植物体提取得到，也可以由无机物转变而来。伍勒发现这个事实以后，曾写信告诉对化学做出巨大贡献，当时在化学界享有盛名的他的老师瑞典化学家柏尔蔡留斯（J. J. Berzelius）。这样重大的突破，并没有得到柏尔蔡留斯和当时一些化学家的重视，他们认为尿素是动物体的排

泄物，且易于分解为氨和二氧化碳，而氨和二氧化碳属于无机物，因此，可以把尿素看做是矿物质和有机物之间的联系环节，并且认为“生命力”就存在于伍勒所用的氰酸铵中。尽管如此，它毕竟激发了更多的人在这方面的探索。

到了 19 世纪中叶，许多化学家陆续合成了不少有机物。例如，1845 年德国化学家柯尔伯 (H. Kolbe) 合成了醋酸，1854 年法国化学家柏赛罗 (P. E. M. Berthelot) 合成了油脂。随着大量有机物被合成出来，“生命力学说”才彻底破产，人们才确信合成有机物是完全可能的。从此，有机化学进入了合成的时代。1850—1900 年，人们以煤焦油为原料，合成了以染料、药物和炸药为主的大量有机化合物。

随着大量实验材料的积累，人们对有机化合物的认识愈来愈深入。1858 年，德国化学家克库勒 (F. A. Kekulé) 和英国化学家库帕 (A. S. Couper) 先后提出了价键学说，认为分子中碳原子都是四价的，且碳与碳之间可以互相结合成碳链，构成了经典结构理论的核心。1861 年，俄国化学家布特列洛夫 (A. M. Бутлеров) 提出了化学结构的概念。认为分子中的原子是按一定的排列顺序和一定方式连接着，指出原子之间存在着相互影响。1865 年克库勒提出苯的结构。1874 年荷兰化学家范特荷夫 (J. H. Van't Hoff) 和法国化学家勒贝尔 (J. A. Le Bel) 分别提出了碳原子的正四面体学说，这个理论把有机化学推向了立体化学领域，并且说明了对映异构和顺反 (几何) 异构现象。

到了 20 世纪初，汤姆森 (J. J. Thomson) 发现电子之后，1916 年路易斯 (G. N. Lewis) 和柯塞尔 (W. Kossel) 提出了价键的电子理论。特别是 1926 年以后，海特勒 (W. Heitler)、伦敦 (F. London) 等人，用量子力学原理和方法处理分子结构问题，取得了极大成功，阐明了化学键的微观本质，建立了量子化学。20 世纪 60 年代，应用各种光谱对分子结构的测定提供了有力的手段。对共轭体系总结出了分子轨道对称守恒原理，使有机化学发展到了重要阶段，合成出了一些复杂的有机化合物。

1965 年，我国成功地用人工方法合成了世界上第一个具有生物活性的蛋白质——牛胰岛素，为蛋白质化学做出了巨大贡献。我国 1967 年开始用 X 射线衍射法研究胰岛素晶体结构，1971 年达到分辨率为 0.25 nm 的水平，1975 年分辨率达到 0.18 nm，能分辨除氢以外所有的原子。1981 年，我国又成功地用人工方法合成了摩尔质量约 26 000，具有与天然分子相同结构和完整生物活性的酵母丙氨酸转移核糖核酸。这是我国在 1965 年完成牛胰岛素人工合成之后，在生命科学研究领域中取得的又一重大成果。2000 年，我国科学家在国际人类基因组计划工程中，成功地破译了人类 3 号染色体部分遗传密码，

标志着我国在蛋白质和核酸的研究方面已进入世界先进行列。

二、有机化合物和有机化学

随着有机化合物纯品的增加，有机化合物的分析也得到了发展。1781年，法国化学家拉瓦锡（A. L. Lavoisier）用燃烧方法进行了有机化合物的分析，通过燃烧发现都生成二氧化碳和水，说明碳、氢两种元素是组成有机化合物的基本元素。1831年，李比希（J. von Liebig）把碳、氢分析发展为精确的定量分析，通过精密分析，证明分子中都含有碳元素。1848年，化学家葛美林（L. Gmelin）把有机化合物定义为碳的化合物，把有机化学定义为研究碳化合物的化学。根据组成有机化合物的元素除碳元素外，绝大多数都含有氢元素，而且有机化合物可以看做是碳氢化合物以及由碳氢化合物衍生的化合物。1874年德国化学家肖莱马（K. Schorlemmer）提出了一个比较确切的定义，碳氢化合物及其衍生物叫有机化合物，研究碳氢化合物及其衍生物的化学叫有机化学。有机化学这个名词首先是由著名的化学家柏尔蔡留斯在1806年提出来的，以区别于其他矿物质的化学——无机化学。现在绝大多数有机物已不是从天然的有机体中得到，而是由人工合成得到，但由于历史和习惯的原因，仍然沿用有机这个名词。

三、有机化合物的特点

有机化学逐渐从化学中分为一门独立的科学，不仅是因为有机化合物的数量繁多，更重要的是在组成、结构和性质上与典型的无机化合物有显著的区别。

（一）组成和结构的特点

组成无机化合物的元素包括了元素周期表中所有的元素，而组成有机化合物的元素主要是碳和氢两种元素，除此之外，还有氧、硫、氮、卤素和少量金属元素。由于有机化合物中碳与碳之间可以单键、双键、三键相连，双键、三键的位置也有不同，还可以形成链状和环状等等。因此，虽然组成有机化合物的元素比无机化合物少得多，但组成有机化合物的数目庞大，同时结构也显得十分复杂。

（二）性质的特点

碳原子在元素周期表中处于第2周期，ⅣA族，最外层有4个电子。当碳原子与碳原子或与其他元素的原子化合时，完全失去或者完全得到4个电子形成离子化合物较困难，通常是以共用电子对结合，形成共价键。有机化合物绝大多数是共价化合物，与离子型的无机化合物比较有以下特点：