



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

有机化学

杨爱萍 王 辉 徐鲁斌 主编

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

有机化学

杨爱萍 王辉 徐鲁斌 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学 / 杨爱萍, 王辉, 徐鲁斌主编. —北京:
中国农业出版社, 2011.12

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16164-1

I. ①有… II. ①杨…②王…③徐… III. ①有机化
学-高等学校-教材 IV. ①062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 207615 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 100125)

策划编辑 曾丹霞

文字编辑 曾丹霞

北京中新伟业印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 20.5

字数: 522 千字

定价: 33.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书共 17 章，包含四部分内容。第一部分介绍烃类化合物及相关的有机化学基本概念、基本理论和立体化学知识等；第二部分介绍烃类衍生物的结构特征和性质；第三部分介绍天然有机化合物的结构和性质；第四部分介绍有机化合物的波谱知识。内容编排上注重理论知识与实际应用相结合，注重有机化学与其他学科的相互交叉、相互渗透及本学科的发展趋势。各章节中有思考题，每章后有习题。

本书可作为高等农林院校相关专业的基础有机化学教材，也可供相关科研技术人员参考。

主 编 杨爱萍 王 辉 徐鲁斌

副主编 闫世凤 杨曼丽 高吉刚 刘晓宇

参 编 魏红涛 孙 健 刘清芝 王 强

潘风美 牛永盛 李红春 于曙光

主 审 李 楠 史美丽

前 言

本书为普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材。2008年教育部实行了农学门类硕士研究生统一入学考试制度，本教材参照教育部编制的全国高等农林院校考研大纲编写而成。

为适应高等农林院校各相关专业本科生的实际需要，本教材的编写在体系和内容方面主要体现以下特点：

1. 除绪论、旋光异构、波谱分析独立设章外，其余各章以官能团的分类原则编写。建立结构、性质、典型反应机理为主线的理论体系，重视有机化学的科学性和系统性。注意总结有机化学中的规律性，便于学生学习、归纳和应用。

2. 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，反映有机化学与其他学科的相互交叉、相互渗透及本学科的发展趋势与研究动态，达到厚基础、宽口径的目的。

3. 各章节中穿插有适量针对性强的思考题，并且每章后均附有一定数量的综合练习题，以便于学生深入理解所学知识，更好地培养和提高科学的思维能力、分析问题及解决问题的能力。

4. 重要的有机化学专业词汇加有英文标注，为课程的学习和查阅相应英文文献提供方便。

5. 部分章节后增加了与之相应的或与有机化学有关的一些知识性阅读材料，既激发学生学习有机化学的兴趣，又能拓宽视野、扩大知识面。

6. 概念清晰准确，全书各章编写风格一致、文字通俗简练、图表制作规范严谨。

青岛农业大学、山东农业大学和沈阳农业大学三所高等院校的十几位教师参加了本教材的编写工作。编写的教师都工作在有机化学教学的第一线，有着丰富的教学经验。参加本书编写工作的有：王辉、徐鲁斌、杨曼丽、闫世凤、魏红涛、孙健、刘清芝、王强、潘风美、杨爱萍、牛永盛、李红春、于曙光、高吉刚、刘晓宇。

教材的初稿经主编、副主编审阅、修改；中国农业大学李楠教授、青岛农业大学史美丽教授审阅了全稿；书中的结构示意图由徐鲁斌博士绘制；阅读材料由王辉和杨爱萍选编；最后由杨爱萍教授统稿和定稿。

本书编写过程中得到编写学校的相关领导、中国农业出版社的大力支持，编写过程中，编者参考了一些国内外出版的相关教材并引用了其中的一些图表、数据和习题等，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免有错漏之处，恳切希望读者和专家批评指正。

编 者

2011年9月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
一、有机化合物和有机化学	1
二、有机化合物的特点	2
三、有机化合物构造式及表示方法	2
四、共价键的基本概念	3
五、有机化学中的酸碱理论	7
六、有机化合物的分类	9
习题	10
第 2 章 饱和烃	11
第一节 烷烃	11
一、烷烃的同系列和同分异构现象	11
二、烷烃的命名	12
三、烷烃的结构	14
四、烷烃的物理性质	18
五、烷烃的化学性质	20
六、自由基取代反应机理	22
七、自然界的烷烃	26
第二节 环烷烃	26
一、脂环烃的分类和单环烷烃的异构现象	26
二、脂环烃的命名	27
三、单环烷烃的物理性质	29
四、单环烷烃的化学性质	29
五、环烷烃的结构与稳定性	31
六、环己烷及取代环己烷的构象分析	33
阅读材料 可燃冰	36
习题	36
第 3 章 不饱和烃	38
第一节 烯烃	38
一、烯烃的结构和同分异构现象	38
二、烯烃的命名	40

三、烯烃的物理性质	41
四、烯烃的化学性质	42
五、亲电加成反应机理	47
六、重要的烯烃	50
第二节 炔烃	50
一、炔烃的结构和同分异构现象	50
二、炔烃的命名	52
三、炔烃的物理性质	52
四、炔烃的化学性质	53
第三节 二烯烃	55
一、二烯烃的分类和命名	55
二、二烯烃的结构	56
三、共轭体系与共轭效应	57
四、共轭二烯烃的化学性质	59
阅读材料 白色污染及可降解塑料	61
习题	61
第4章 芳香烃	64
第一节 单环芳烃	64
一、单环芳烃的异构现象和命名	64
二、苯的分子结构	66
三、单环芳烃的物理性质	68
四、单环芳烃的化学性质	68
五、亲电取代反应机理	72
六、亲电取代反应的定位规律及应用	74
第二节 稠环芳烃	78
一、萘及其衍生物的命名	78
二、萘的结构	79
三、萘的性质	79
四、萘环上二元取代反应的定位规律	81
五、其他稠环芳烃	82
第三节 非苯芳烃	83
一、休克尔规则	83
二、非苯芳烃离子	83
三、轮烯	84
四、足球烯	84
阅读材料 苯并芘	85
习题	86
第5章 旋光异构	88
第一节 物质的旋光性与分子结构的关系	88

一、平面偏振光与旋光性	88
二、旋光度与比旋光度	89
三、手性分子与对称因素	90
第二节 含有手性碳原子化合物的旋光异构	91
一、含有一个手性碳原子化合物的旋光异构	91
二、含有两个手性碳原子化合物的旋光异构	94
三、含手性碳原子的环状化合物的立体异构	96
第三节 不含手性碳原子化合物的旋光异构	97
一、丙二烯型化合物	97
二、联苯型化合物	98
第四节 旋光异构体的性质	98
第五节 外消旋体的拆分	99
阅读材料 手性药物：用外消旋体还是纯的对映体	100
习题	101
第 6 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	103
三、卤代烷烃的化学性质	104
四、亲核取代反应机理	107
五、消除反应机理	110
第二节 卤代烯烃和卤代芳烃	112
一、卤代烯烃和卤代芳烃的分类和命名	112
二、三类卤代烯烃和卤代芳烃化学活性分析	113
三、重要的卤代烃	115
习题	116
第 7 章 醇酚醚	118
第一节 醇	118
一、醇的分类和命名	118
二、醇的物理性质	119
三、醇的化学性质	120
四、重要的醇类化合物	124
第二节 酚	125
一、酚的分类和命名	125
二、酚的物理性质	126
三、酚的化学性质	127
四、重要的酚类化合物	131
第三节 醚	132

一、醚的分类和命名	132
二、醚的物理性质	132
三、醚的化学性质	133
四、环醚	134
五、冠醚	135
阅读材料 酒的度数及表示方法	136
习题	136
第8章 醛酮醌	138
第一节 醛和酮	138
一、醛、酮的分类和命名	138
二、醛、酮的结构	139
三、醛、酮的物理性质	140
四、醛、酮的化学性质	140
五、重要的醛、酮化合物	148
第二节 醌	150
一、醌的命名	150
二、醌的物理性质	150
三、醌的化学性质	150
四、重要的醌类化合物	152
阅读材料 化学家——黄鸣龙	152
习题	153
第9章 羧酸及其衍生物	155
第一节 羧酸	155
一、羧酸的分类和命名	155
二、羧酸的物理性质	156
三、羧酸的化学性质	157
四、重要的羧酸	161
第二节 羧酸衍生物	163
一、羧酸衍生物的命名	163
二、羧酸衍生物的物理性质	163
三、羧酸衍生物的化学性质	164
四、碳酸衍生物	168
五、重要的羧酸衍生物	169
阅读材料 台湾“起云剂”事件	170
习题	170
第10章 取代酸	172
第一节 羟基酸	172

一、醇酸	172
二、酚酸	175
第二节 羧基酸	176
一、羧基酸的分类和命名	176
二、重要的羧基酸及性质	177
习题	180
第 11 章 含氮有机化合物	182
第一节 胺	182
一、胺的分类和命名	182
二、胺的结构	184
三、胺的物理性质	184
四、胺的化学性质	185
五、重要的胺类化合物	190
第二节 重氮和偶氮化合物	191
一、芳香族重氮盐的反应及其在合成中的应用	192
二、偶氮染料和指示剂	194
第三节 硝基化合物和腈	196
一、硝基化合物的分类和命名	196
二、硝基化合物的物理性质	196
三、硝基化合物的化学性质	196
四、腈的命名和性质	198
第四节 生物碱	198
一、生物碱概述	198
二、生物碱的一般性质和提取方法	198
三、重要的生物碱	199
阅读材料 烟草的化学成分及吸烟的危害	202
习题	203
第 12 章 含硫和含磷有机化合物	205
第一节 含硫有机化合物	205
一、含硫有机化合物的分类	205
二、硫醇、硫酚、硫醚的命名	205
三、硫醇、硫酚、硫醚的物理性质	206
四、硫醇、硫酚、硫醚的化学性质	206
五、磺酸	207
六、磺酰胺	208
第二节 含磷有机化合物	209
一、含磷有机化合物的分类	209
二、生物体中的含磷有机化合物	210

三、有机磷农药	211
阅读材料 大蒜和含硫化合物	213
习题	213
第 13 章 杂环化合物	215
一、杂环化合物的分类和命名	215
二、杂环化合物的结构与芳香性	217
三、杂环化合物的化学性质	218
四、重要的杂环化合物及其衍生物	222
阅读材料 三聚氰胺与毒奶粉事件	227
习题	228
第 14 章 糖类化合物	230
第一节 单糖	230
一、单糖的构型	231
二、单糖的环状结构	233
三、单糖的物理性质	237
四、单糖的化学性质	238
五、重要的单糖及衍生物	243
第二节 二糖	245
一、还原性二糖	245
二、非还原性二糖	247
第三节 多糖	248
一、淀粉	248
二、纤维素	250
三、糖原	251
四、果胶质	251
五、甲壳素	252
六、琼脂	252
阅读材料 功能性甜味剂——糖醇	253
习题	253
第 15 章 氨基酸、蛋白质和核酸	255
第一节 氨基酸	255
一、氨基酸的分类和命名	255
二、氨基酸的物理性质	257
三、氨基酸的化学性质	257
第二节 多肽	259
一、多肽的结构和命名	260

二、多肽结构的测定	260
三、多肽的合成	262
第三节 蛋白质	262
一、蛋白质的结构	263
二、蛋白质的性质	266
第四节 核酸	268
一、核酸的组成	268
二、核酸的结构	270
阅读材料 甜味剂——阿斯巴甜	273
习题	273
第 16 章 油脂和类脂化合物	275
第一节 油脂	275
一、油脂的存在和用途	275
二、油脂的结构与组成	275
三、油脂的物理性质	277
四、油脂的化学性质	278
五、肥皂及表面活性剂	280
第二节 类脂	282
一、磷脂	282
二、蜡	284
第三节 萜类化合物	284
一、萜类化合物的特点和分类	284
二、重要的萜类化合物	285
第四节 甾族化合物	289
一、甾族化合物概述	289
二、重要的甾族化合物	289
阅读材料 反式脂肪酸及危害	292
习题	292
第 17 章 有机化合物波谱知识	294
第一节 波谱学基础知识	294
一、光的基本性质	294
二、能级跃迁与分子吸收光谱	294
第二节 紫外光谱	295
一、紫外光谱产生的基本原理	295
二、紫外光谱图与朗伯-比尔定律	295
三、常用术语	296
四、紫外光谱在有机化学中的应用	297
第三节 红外光谱	298

一、红外光谱产生的基本原理	298
二、红外光谱图	299
三、基团频率和特征吸收峰	299
四、红外光谱图解析	300
第四节 核磁共振谱	302
一、核磁共振波谱的基本原理	302
二、核磁共振谱图的表示方法	302
三、核磁共振谱与有机化合物结构的关系	303
四、核磁共振谱的解析和应用	306
第五节 质谱	307
一、质谱基本原理	307
二、质谱仪与质谱图	308
三、分子离子峰和同位素峰	308
习题	310
主要参考文献	312

第 1 章 绪 论

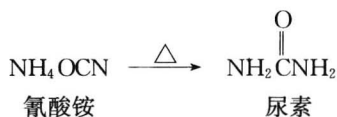
一、有机化合物和有机化学

有机化学 (organic chemistry) 是化学中的一个分支学科, 是研究有机化合物的制备、结构、性质及其应用的科学。

17 世纪中叶, 人们根据物质的来源将其分为动物物质、植物物质和矿物物质三大类。18 世纪末, 通过化学分析发现, 动物物质和植物物质都含有碳、氢、氧等元素, 并且有些物质既可以来源于动物, 又可以来源于植物。如油脂既存在于动物中, 也存在于植物中。这使得物质的分类产生了困难。到了 19 世纪初, 瑞典化学家 J. Berzelius (柏齐利乌斯, 1779—1848 年) 把动物物质和植物物质合并称为有机化合物 (organic compounds), 把矿物物质称为无机化合物 (inorganic compounds)。于是科学史上首次出现了有机化合物的名称。

18 世纪下半叶至 19 世纪初, 随着科学技术的进步和社会的需要, 化学家从天然动植物中分离出了许多纯的有机化合物如酒石酸、草酸、吗啡、奎宁等, 并测定了不少有机化合物的组成, 但是对于有机化合物如何形成缺乏正确的认识。当时在化学界享有盛名的化学家柏齐利乌斯——“生命力”论的代表者, 曾断言道: 有机化合物只能在生物体内通过神秘莫测的“生命力”作用才能产生, 而不能由无机物在实验室人工合成。这种“生命力”学说在一段时期内严重阻碍了有机化学的发展。

1828 年, 德国化学家 F. Wöhler (维勒) 首次在实验室由无机物氰酸铵的水溶液加热分解得到了有机化合物尿素。



直到 1845 年, H. Kolbe (柯尔伯) 合成了醋酸, 1854 年, M. Berthelot (柏赛罗) 合成出油脂, 而后其他一些有机化合物相继被合成出来后, “生命力”学说被彻底否定。从此, 有机化学进入了有机合成时代。

通过对众多有机化合物的组成和结构的研究发现, 碳是组成有机化合物的基本元素。因此, L. Gmelin (格美林) 和 F. Kekulé (凯库勒) 等化学家把碳化合物称为有机化合物, 把有机化学定义为“碳化合物的化学”。后来, K. Schörllemmer (肖莱马) 在化学结构学说的基础上提出, 有机化合物可以看作是碳氢化合物以及从碳氢化合物衍生而得的化合物, 把有机化学定义为研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

有机化学的研究任务之一是提取自然界存在的各种有机化合物, 测定它们的结构和性质, 以便加以利用。例如, 从中草药中提取其有效成分, 从昆虫中提取昆虫信息素等。另一任务是研究各类有机化合物的组成、结构、性质、合成方法等。第三项任务是在了解有机化合物结构与性质的基础上, 以石油或煤焦油中取得的许多简单有机化

合物为原料,创新发展具有优良性能和用途的新型有机化合物,以满足人类生存发展以及对物质文明的需求。

二、有机化合物的特点

有机化合物与无机化合物虽然没有截然不同的界线,但有机化学能够成为化学中一门相对独立的学科,除因为其数量繁多和用途广泛之外,主要由于典型的有机化合物在结构和性质上与典型的无机化合物有着明显的差别。

1. 结构上的特点

组成有机化合物的元素种类不多,但有机化合物数量繁多、结构复杂。

碳位于元素周期表第二周期第Ⅳ主族,它最外层有四个电子,既不容易得到也不容易失去电子。碳原子的这种特殊性质,使得碳原子之间以及碳原子与其他原子之间可以形成稳定的共价键,以单键、双键、三键连接成链状或环状化合物,并且参与的碳原子数可多可少;同时,即使组成相同也可以连接成结构不同的化合物,即有机化合物的同分异构现象很普遍。这也是造成有机化合物的数量非常之多的一个原因。

所谓同分异构现象是指化学组成相同(即分子式相同),但是结构不同,因而形成了不同化合物的现象。

2. 性质上的特点

(1) 多数有机化合物容易燃烧 例如汽油、酒精等。对于碳氢化合物,完全燃烧后生成 CO_2 和 H_2O 。

(2) 有机化合物的熔点、沸点较低 有机化合物分子中原子间多以共价键相结合,分子之间作用力主要为 van der Waals(范德华)力,相比较离子键或金属键结合的无机化合物而言,有机化合物的熔点和沸点要低得多。

(3) 多数有机化合物难溶于水而易溶于有机溶剂 化合物的溶解性能通常遵循“相似相溶”规则,即极性化合物易溶于极性溶剂中,非极性或极性弱的化合物易溶于非极性溶剂中。一般有机化合物的极性较弱或无极性,而水的极性较强,所以一般有机化合物难溶于水,而易溶于极性较弱或非极性的有机溶剂。

(4) 化学反应速率较慢,副反应较多,产物较复杂 多数有机化合物的化学反应速率较慢。为了加快反应,常采用加热、加催化剂或光照等手段来促进反应的发生和进行。有机反应涉及分子中共价键的断裂和形成,专一性的断键较难控制,即反应过程中,通常伴随副反应发生,产物较复杂。为此有机反应需要注意选择最佳反应条件,尽量减少副反应发生。

上述有机化合物的这些特性都是与典型无机化合物相比较而言的,不是绝对的。例如,四氯化碳不但不易燃烧,而且可用作灭火剂;糖和酒精极易溶于水等。

三、有机化合物构造式及表示方法

在有机化学中,组成分子的各原子按照一定的次序和方式互相结合,分子中的这种原子间的相互关系称为化学结构(chemical structure)。表示有机化合物分子中原子之间相互连接顺序和方式的化学式,称为构造式(constitution formula),也称为结构式。表示构造式的方法主要有短线式、简写式和键线式三种,如表1-1所示。