

全国高等农业院校教材

有 机 化 学

浙江农业大学 主编

农、林、牧、渔各专业用

农 业 出 版 社

内 容 简 介

本书共十五章,包含三部分内容:有机化学的基础原理、各类重要有机化合物、天然产物。章节次序基本上按官能团系统编排。内容以结构一性质为主线,选择与生物科学和农业科学有关的化合物进行剖析,为读者学习后继课程和从事科技工作奠定必要的基础。

本书深广度基本上符合全国农林口高等院校有机化学教学研讨会(1981,保定)所拟订的教学大纲的要求。内容注意与普通化学和生物化学衔接,说理清楚,便于自学。本书除可作为农口高等院校教学用书和自学进修用书外,也可供生物类有关专业教学参考。

主 编 施亚夫 (浙江农业大学)

编写者 施亚夫 (浙江农业大学)

方雪先 (浙江农业大学)

叶孟兆 (浙江农业大学)

孙淑英 (浙江农业大学)

韩关佑 (浙江农业大学)

董淡如 (浙江农业大学)

序

一本合适的教科书无疑是提高教学质量的一个重要条件。所以读者总是欢迎一本好的教材；编者也总是以编写出一本高质量教材为努力目标。

近几十年来，有机化学这门学科有了很大的进展。反映在国外的教科书里是篇幅成倍扩大，新内容大量增加并日益理论化。这种情况对编写一本供我国农业院校用的有机化学教材来说，确也增加了些困难。

例如，对一本供授课仅 50~60 学时的非化学专业用教材，要求做到加强基础理论和密切联系实际，同时还要反映现代科学水平；这中间存在的矛盾又不能单纯地靠扩充篇幅或浓缩内容来解决。这样，在材料的选择取舍和深广度的权衡掌握上如何去芜存精，深浅适当；在内容编排和表达上如何由浅入深，有思路、有次序地把要求读者掌握的知识展现出来，就需要编者更多的思考和斟酌了。又如，培养学生的独立思考能力本是一本教材的根本任务，但又不是轻易可实现的。教材应启发读者能从表面上似乎互不相关的事实中理解到这不过是同一原理或同一因素的不同表现，并能举一反三。促进这个由表及里、由此及彼的认识过程，也就是帮助读者融会贯通、形成概念的过程。只有形成概念，读者才能进行判断与推理，才能提高独立思考、分析问题和解决问题的能力。这就给教材的编写增加了难度。再如，教材还应引导读者在学习过程中自己体会出有机化学的基础理论和基本知识对生物科学、农业科学和农业生产实践的重要性和密切相关性，这对调动一个入门者的主动性和积极性是至关重要而又不是靠简单说教所能办到的。

浙江农业大学曾于 1979 年主编过一本农业院校《有机化学》试用教材；1981 年后又编写和修订过一本有机化学讲义在全国交流。在教材编写和教学实践上积累了一些经验和教训；对上述各种问题的看法和处理方式是比较成熟的。我希望这本教材在今后的使用过程中继续修订，以臻完善，使它更能适合农口有关院校教学的需要。

胡秉方

1987 年 8 月

编写说明

本书早在1981年初就开始酝酿编写了。当时在提高教育质量、加强基础理论的思想指导下,我们曾根据许多专业课老师的意见和一些本科毕业生的反映,并参考国内外一些有关教材和资料,采用分章起草、集中讨论、主编人全权统稿的办法编写了一份讲义初稿。此后在1981~1985级五届试教和与各地兄弟院校交流过程中,又根据试教体会、兄弟院校老师的意见和教育改革形势发展的需要,对讲义进行了数次修订。1986年,编写组在职成员又重新组织分工,以讲义修订稿为蓝本,进行较全面的修订改写,完成了本书定稿。

作为应用生物科学的基础课程,有机化学教材的深广度当然只能从应用生物科学当前需要和发展前景出发来考虑,不能与化学专业的课程相比。本书对一些较深的理论性内容基本上采用从简从粗、适可而止的办法。而对一些基本概念,则即使多花些笔墨也力求解释清楚,希望初学者能看得懂、学得会、把得住、用得上。这也是多数后继课对我们的基本要求。我们认为,控制深度,扩大知识面,加强与其他课程的联系,才能使有机化学真正成为专业教学计划中的有机组成部分。

随着教育体制改革和教学方法改革的深入发展,学生的学习已逐步从被动接受型转向主动探索型;老师的教学也从单纯传授知识转向传授知识与培养能力并重。这样,就要求教材除了提供必要的知识信息外,还应该提高自学能力、培养求索精神、树立正确的思想方法等方面有所诱导和启发。我们在编排方式和文字处理上也对此作了一些尝试。

全国农口高等院校有机化学教学研讨会(1981,保定)上,曾拟订了一份《有机化学教学大纲》。这份大纲虽然对各校教学实践没有约束力,但它毕竟是经过各校与会代表充分讨论的,因而也就具有很好的参考价值。这次定稿时,我们力求做到使教材深广度基本符合该大纲的要求。大纲标明的和我们增补的一些选择性和参考性内容,在书中都作了*号,供不同专业或不同层次的读者选择,也供老师在设计教案时参考。

中西人名对照集中为附录一,这样可能比注在首次出现处更易查找。附录二的习题选答只给出一部分题目的答案或提示,供学生在独立完成作业后校对参考。有些题目容易在书中找到现成答案,有些则可能有别的解法。我们希望读者用“自己的语言”和“自己的见解”来处理这些问题,以锻炼自己的思考能力和表达能力。

我们尽了自己的主观努力,但限于水平,本书一定还会有错误或不妥之处。我们恳切希望使用本书的同志们和同行们对它提出不见外的批评和指正。

在编写和修订过程中，承蒙有关兄弟院校和兄弟教研组的老师们大力支持。特别是北京农业大学胡秉方教授仔细审校了全稿，并为本书作序，谨在此表示衷心的感谢！

编者

• 1987年8日

目 录

序

编写说明

绪言	1
一、有机化学的产生和发展	1
二、有机化学与农业科学	2
三、有机化合物的一般研究方法	2
四、有机化合物的基本特点和特性	3
第一章 有机化合物的结构和性质	5
第一节 共价键	5
一、原子轨道	5
1. 原子轨道的涵义	
2. 原子轨道的形状	
3. 电子密度和电子云	
4. 基态时电子的排布	
5. 轨道杂化	
二、价键理论	8
1. 共价键的形成	
2. σ 键和 π 键	
三、分子轨道理论简介	10
四、键长、键角和键能	12
1. 键长	
2. 键角	
3. 键能	
五、键和分子的极性	13
1. 键的极性	
2. 分子的偶极	
3. 分子间力	
六、氢键	15
第二节 有机分子	15
一、分子的构造和构型	15
1. 构造和构造式	
2. 构型和透视式	
3. 同分异构现象	
二、有机分子的骨架和官能团	17
1. 基本骨架	
2. 重要官能团	
3. 有机化合物按骨架和官能团的分类	

第三节 有机化合物的性质	21
一、物理性质和物理常数	21
1. 密度	
2. 沸点	
3. 熔	
4. 溶解度和水溶性	
5. 折光率	
6. 颜色	
二、化学性质和化学反应	26
1. 反应和反应式	
2. 反应的实质	
3. 反应的机理	
4. 反应的类	
5. 反应的热效应	
三、酸碱性和亲电亲核性	30
1. 布朗斯特概念和物质的酸碱性	
2. 路易斯概念和试剂的亲电亲核性	32
习题	33
第二章 饱和脂肪烃	36
第一节 烷烃	36
一、烷烃概述	36
1. 烷烃的结构和结构异构	
2. 烷烃的命名原则	
3. 分子结构中碳原子和氢原子的类型	
二、烷烃的物理性质	39
三、烷烃的化学性质	40
1. 燃烧和氧化	
2. 热裂	
3. 卤代反应	
四、游离基取代反应	41
1. 烷烃卤代反应的机理	
2. 不同卤素的反应活性	
3. 不同氢原子的反应活性	
五、天然烷烃	43
1. 甲烷	
2. 沼气发酵	
3. 石油	
* 4. 生物体中的烷烃	
第二节 环烷烃	45
一、环烷烃概述	45
1. 单环烷烃	
2. 多环烷烃	
二、环烷烃的物理性质	46

* 本书凡在某一标题或段落前注有星号 (*), 则表示该标题或该段内容为选讲或选读内容。

三、环烷烃的化学性质	47
1. 卤代反应	
2. 开环加成	
3. 燃烧	
四、分子的张力	48
1. 角张力	
2. 扭转张力	
3. 范德华张力	
第三节 构象和构象分析	50
一、链烷构象	50
1. 构象和纽曼投影式	
2. 优势构象	
二、环烷构象	52
1. 环丁、戊、己烷的优势构象	
2. 环己烷的其他构象	
3. 直立键和平伏键	
三、构象分析	55
习题	56
第三章 不饱和脂肪烃	58
第一节 单烯烃	58
一、单烯烃概述	58
1. 结构特点和命名原则	
2. 异构现象	
二、顺反异构现象	59
1. 顺反异构体的结构特点	
2. 顺反异构体的构型表示法和次序规则	
三、烯烃的物理性质	62
四、烯烃的化学性质	62
1. 加成反应	
2. 聚合反应	
3. 氧化反应	
4. 还原反应——催化加氢	
5. 饱和烃基上的卤代反应	
五、亲电加成反应	65
六、诱导效应	67
1. 诱导效应的产生	
2. 诱导效应的特点	
3. 马氏加成和反马氏加成	
七、乙烯和聚乙烯	69
第二节 炔烃	70
一、炔烃概述	70
二、炔烃的性质	70
1. 加成反应	
2. 聚合反应	
3. 氧化反应和还原反应	

4. 金属炔化物的生成	
三、乙炔	72
第三节 二烯烃	72
一、二烯烃概述	72
二、共轭体系	73
1. π - π 共轭和 p - π 共轭	
2. 共轭体系的结构特点	
3. 共轭体系的分子轨道	
三、共轭效应	76
1. 共轭效应的特点	
2. 共轭效应的产生	
四、超共轭	77
1. σ - π 超共轭	
2. σ - p 超共轭	
五、共轭二烯烃的化学性质	79
1. 1,2-加成和1,4-加成	
* 2. 双烯合成	
第四节 萜烯和萜类化合物	81
一、异戊二烯和萜	81
二、萜类化合物选述	82
1. 蒎烯	
2. 茨醇和茨酮	
3. 昆虫保幼激素	
4. 维生素A	
5. 松脂酸	
6. 胡萝卜素	
7. 橡胶	
习题	85
第四章 芳香烃	87
第一节 单环芳烃	87
一、芳烃概述	87
1. 苯的结构	
2. 单环芳烃的命名法	
二、苯及其同系物的物理性质	90
三、苯及其同系物的化学性质	90
1. 取代反应	
2. 加成反应	
3. 氧化反应	
4. 还原反应——催化加氢	
四、亲电取代反应	94
五、苯环亲电取代的定位规则	95
1. 定位基和定位效应	
2. 定位效应的初步解释	
3. 二元取代物的定位效应	
六、苯和甲苯	9

• 七、共振论简介.....	99
第二节 其他芳烃.....	102
一、稠环芳烃.....	102
1. 萘	
2. 蒽和菲	
3. 其他稠环芳烃	
二、非苯芳环.....	105
1. 休克尔规则	
• 2. 轮烯	
习题.....	107
第五章 卤代烃.....	109
第一节 卤代烷.....	109
一、卤代烷概述.....	109
二、卤代烷的物理性质.....	110
三、卤代烷的化学性质.....	110
1. 取代反应	
2. 消除反应	
3. 与金属的反应	
4. 烷基上的反应	
四、亲核取代反应.....	113
1. 单分子亲核取代反应	
2. 双分子亲核取代反应	
五、消除反应.....	114
1. 单分子消除反应	
2. 双分子消除反应	
3. 消除反应与亲核取代反应的竞争	
六、重要个别化合物.....	116
1. 卤代甲烷	
2. 氟代烷	
3. 有机氟杀虫剂	
第二节 卤代烯烃和卤代芳烃.....	118
一、卤代烯烃和卤代芳烃概述.....	118
二、乙烯基型和芳基型卤代烃.....	118
三、烯丙基型和芳甲基型卤代烃.....	119
习题.....	120
第六章 醇、酚、醚.....	122
第一节 醇.....	122
一、醇类概述.....	122
二、醇的物理性质.....	123
三、醇的化学性质.....	123
1. 亲核取代反应	
2. 消除反应	
3. 酸性反应	
4. 酯化反应	
5. 氧化反应	

四、分子重排	128
* 五、烯醇	129
六、重要个别化合物	130
1. 甲醇	
2. 乙醇	
* 3. 三十烷醇	
* 4. 乙二醇	
5. 丙三醇	
6. 肌醇和植酸	
七、硫醇	132
第二节 酚	134
一、酚类概述	134
二、酚的物理性质	134
三、酚的化学性质	135
1. 羟基的反应	
2. 芳环的反应	
3. 氧化反应	
四、重要个别化合物	138
1. 苯酚和甲苯酚	
* 2. 苯二酚	
* 3. 苯三酚	
第三节 醚	139
一、醚类概述	139
二、醚的物理性质	139
三、醚的化学性质	140
1. 锌盐的生成	
2. 醚键的断裂	
3. 过氧化物的生成	
四、重要个别化合物	141
1. 二乙醚	
2. 环氧乙烷和环醚	
* 3. 冠醚	
* 4. 除草醚	
五、硫醚	143
习题	144
第七章 醛、酮、醌	147
第一节 醛和酮	147
一、醛、酮概述	147
二、醛、酮的物理性质	148
三、亲核加成反应	148
四、醛、酮的化学性质	150
1. 碳氧双键的亲核加成	
2. 加成-消除反应	
3. α -氢的反应	
4. 氧化反应和还原反应	

五、重要个别化合物	159
1. 甲醛	
2. 乙醛和三氯乙醛	
3. 苯甲醛	
4. 丙酮	
* 5. α, β -不饱和醛	
第二节 醌	161
一、醌类概述	161
二、醌的性质	162
1.	
2. 加成反应	
3. 还原反应	
* 三、醌-酚氧化还原电对	164
习题	165
第八章 羧酸和取代酸	167
第一节 羧酸	167
一、羧酸概述	167
二、羧酸的物理性质	167
三、羧酸的化学性质	168
1. 酸性	
2. 羧酸衍生物的生成	
3. 脱羧反应	
4. α -氢的卤代	
5. 还原反应	
四、重要个别化合物	173
1. 甲酸(蚁酸)	
2. 苯甲酸(安息香酸)	
3. 乙酸(醋酸)	
4. 乙二酸(草酸)	
5. 丁二酸(琥珀酸)	
6. 丁烯二酸	
* 7. α -萘乙酸(NAA)	
第二节 羧酸衍生物	175
一、羧酸衍生物概述	175
二、羧酸衍生物的物理性质	176
三、羧酸衍生物的化学性质	176
1. 水解反应	
2. 醇解反应	
3. 氨解反应	
* 4. 酯缩合反应	
* 5. 还原反应	
四、酯水解反应和酯化反应机理	178
1. 酯的碱催化水解——皂化	
2. 酯的酸催化水解	
3. 酯化反应	

五、重要个别化合物	180
• 1. 乙酰氯和苯甲酰氯	
2. 乙酸酐和邻苯二甲酸酐	
3. 一元脂肪酸的酯	
• 4. 丙二酸二乙酯	
• 5. 除虫菊酯	
第三节 取代酸	182
一、羟基酸	182
1. 羟基酸分类和命名	
2. 醇酸的化学性质	
二、羧基酸	184
1. 羧基酸分类和命名	
2. 羧基酸的化学性质	
三、互变异构现象	186
四、重要个别化合物	187
• 1. 氯乙酸等	
2. 2,4-二氯苯氧乙酸	
3. 乳酸	
4. 多元醇酸	
5. 水杨酸	
• 6. 没食子酸和单宁	
• 7. 赤霉酸	
8. 乙醛酸和丙酮酸	
• 9. 乙酰乙酸乙酯	
习题	191
第九章 旋光异构现象	194
第一节 旋光性和比旋光度	194
第二节 手征性分子和旋光异构体	195
一、分子构型的对称性和手征性	195
二、手性因素	196
三、旋光异构体	197
第三节 旋光异构体构型的测定和表示法	197
一、费歇尔投影式	197
二、构型的测定, 相对构型和绝对构型	198
三、D、L-命名法和R、S-命名法	199
第四节 含多个手性碳原子的化合物	200
一、含多个不同手性碳原子的化合物	200
二、含多个相同手性碳原子的化合物	201
*第五节 外消旋体的拆分	202
一、化学拆分	202
二、生物拆分和生化拆分	203
三、物理拆分	203
第六节 化学反应过程中的构型变化	204
一、瓦尔登转化	204

• 二、外消旋化	205
三、反式加成 (从顺反异构体变成旋光异构体)	207
四、反式共平面消除 (从旋光异构体变成顺反异构体)	209
习题	210
第十章 含氮和含磷化合物	212
第一节 胺	212
一、胺类概述	212
1. 分类和命名	
2. 胺和铵的构型	
二、胺的物理性质	214
三、胺的化学性质	215
1. 酸碱性	
2. 氨基的烷基化反应	
3. 氨基的酰化反应	
4. 与亚硝酸的反应	
* 5. 异腈反应	
四、重要个别化合物	218
1. 苯胺	
2. 二甲胺	
3. 胆胺和胆碱	
4. 氯代胆碱	
第二节 酰胺	220
一、酰胺概述	220
二、酰胺的物理性质	220
三、酰胺的化学性质	221
1. 酸碱性	
2. 水解反应	
3. 与亚硝酸反应	
4. 霍夫曼反应	
四、碳酸的酰胺	222
1. 氨基甲酸酯	
2. 尿素	
* 3. 胍	
* 五、苯磺酰胺	224
第三节 其他含氮化合物	224
一、硝基化合物	224
1. 硝基化合物的结构	
2. 硝基化合物的性质	
二、重氮盐和偶氮化合物	226
1. 重氮盐	
2. 偶氮化合物	
三、腈和氰氨	228
1. 腈和异腈	
* 2. 氰氨	
第四节 含磷有机化合物	229

一、含磷有机化合物概述	229
二、磷酸和磷酸酯	230
1. 乙烯利	
2. 敌百虫	
三、磷酸酯和硫代磷酸酯	231
1. 敌敌畏	
2. 对硫磷 (1605)	
3. 乐果	
习题	233
第十一章 杂环化合物和生物碱	235
第一节 杂环化合物	235
一、杂环概述	235
1. 杂环的分类和命名	
2. 杂环的芳香结构	
3. 富电子芳杂环和缺电子芳杂环	
二、芳杂环的化学性质	238
1. 亲电取代	
2. 酸碱性和对酸的稳定性	
3. 氧化	
4. 还原 (加氢)	
三、杂环衍生物的性质	241
四、重要杂环化合物选述	242
1. 呋喃及其衍生物	
2. 吡咯及其衍生物	
3. 吡啶及其衍生物	
4. 吡啶及其衍生物	
5. 嘧啶和嘌呤的衍生物	
6. 苯并吡喃的衍生物	
第二节 生物碱	247
一、生物碱概述	247
二、生物碱选述	248
习题	250
第十二章 脂质	252
第一节 油脂	252
一、油脂概述	252
二、油脂的性质	253
1. 水解和皂化	
2. 酸败和氧化	
3. 加成和硬化	
4. 干化作用	
三、肥皂和表面活性剂	256
1. 肥皂	
2. 肥皂的表面活性作用	
3. 表面活性剂	

第二节 类脂	258
一、蜡	258
二、磷脂	259
1. 磷脂酸	
2. 卵磷脂和脑磷脂	
3. 神经磷脂	
三、甾醇和甾体化合物	260
1. 甾环	
2. 甾醇	
* 3. 动物激素类甾体化合物	
习题	263
第十三章 碳水化合物	265
第一节 单糖	265
一、单糖的构型	266
1. D-系列单糖和L-系列单糖	
2. α -单糖和 β -单糖	
3. 吡喃型糖和呋喃型糖	
二、单糖的物理性质	271
三、单糖的化学性质	272
1. 异构化反应	
2. 氧化反应	
3. 还原反应	
4. 成脎反应	
5. 脱水反应和呈色反应	
6. 糖酯的形成	
7. 糖苷的形成	
四、重要单糖	279
1. 葡萄糖和维生素C	
2. 核糖和脱氧核糖	
3. 其他重要单糖	
第二节 低聚糖和多糖	281
一、双糖和三糖	281
1. 双糖的组成和结构	
2. 麦芽糖和乳糖	
3. 蔗糖	
* 4. 棉籽糖	
二、多糖	284
1. 淀粉	
* 2. 糖原	
3. 纤维素	
* 4. 杂多糖简介	
习题	289
第十四章 蛋白质和核酸	292
第一节 氨基酸和肽	292

一、组成蛋白质的氨基酸	292
二、 α -氨基酸的物理性质	294
三、 α -氨基酸的化学性质	295
1.两性性质	
2.氨基的反应	
3.羧基的反应	
4.氨基与羧基共同参与的反应	
四、肽	298
1.小肽和多肽	
2.肽的命名	
3.谷胱甘肽	
4.肽的结构测定	
* 5.肽的合成	
第二节 蛋白质	302
一、蛋白质概述	302
二、蛋白质的分子结构	303
1.天然高分子结构的一般概念	
2.蛋白质分子的一级结构	
3.蛋白质分子的二级结构	
三、蛋白质的理化性质	306
1.两性性质	
2.胶体性质	
3.变性	
4.水解	
5.颜色反应	
* 四、蛋白质的分类	310
1.单蛋白	
2.结合蛋白	
第三节 核酸	311
一、核酸概述	311
二、核苷酸和脱氧核苷酸	311
1.核苷酸和脱氧核苷酸的组	
2.核苷酸和脱氧核苷酸的命名	
3.生物体中的单核苷酸	
三、核酸的结构	314
1.核酸的一级结构	
2.核酸的二级结构	
* 四、核酸的理化性质	317
1.变性	
2.水解	
3.颜色反应	
习题	318
第十五章 波谱基础	321
第一节 波谱概述	321