

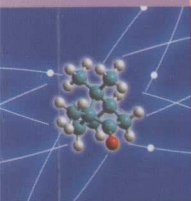


iCourse · 教材  
高等农林院校基础课程系列



自主创新  
方法先行

# 有机化学



10111010110

主编 侯士聪 徐雅琴

10111

01

0101101010101010111

010 010 010 010 1001 010

0100000000000000

高等教育出版社

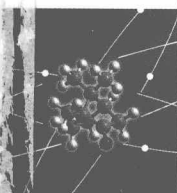


iCourse · 教材  
高等农林院校基础课程系列



自主创新  
方法先行

# 有机化学



主 编 侯士聪 徐雅琴  
副主编 邹 平 周文明 陈红艳  
肖玉梅 王丽波  
编 者 (按姓氏拼音排序)  
边庆花 段新红 马晓东  
王广途 杨新娟 赵李霞

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书共分17章,按官能团分类系统,脂肪族与芳香族混合编写。在内容取材上,面向大学本科生物类及相关专业的有机化学教学,在理论体系的构建、化学反应的选择、反应机理的阐述、化合物的性质等方面的介绍均以此为出发点。本书每章均含导言、知识小结、思考题、习题、中英文词汇对照等,便于学生自主学习。本书配套数字资源包括电子教案和思考题答案等,以引导学生自主学习,掌握相关知识点。

本书可作为高等农林院校生物类及其相关专业大学本科专业教学用书,也可供农业生产类和生命科学类领域研究人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

有机化学 / 侯士聪, 徐雅琴主编. — 北京: 高等教育出版社, 2015.4

iCourse·教材. 高等农林院校基础课程系列

ISBN 978-7-04-042310-5

I. ①有… II. ①侯… ②徐… III. ①有机化学—高等学校—教材 IV. ①O62

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第042632号

Youji Huaxue

项目策划	王 瑜 李光跃 陈琪琳 李艳馥 吴雪梅		
策划编辑	郭新华	责任编辑	岳延陆
插图绘制	杜晓丹	责任校对	殷 然
		封面设计	张 楠
		责任印制	田 甜
		版式设计	童 丹

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 北京铭传印刷有限公司  
开 本 850mm×1168mm 1/16  
印 张 32.75  
字 数 690千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2015年4月第1版  
印 次 2015年4月第1次印刷  
定 价 45.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 42310-00

iCourse · 数字课程 (基础版)

# 有机化学

主编 侯士聪 徐雅琴

<http://abook.hep.com.cn/1248044>

## 登录方法:

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1248044>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。
2. 课程充值: 登录后点击右上角“充值”图标, 正确输入教材封底标签上的明码和密码, 点击“确定”完成课程充值。
3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程, 点击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。

使用本账号如有任何问题, 请发邮件至:

[zhangshan@hep.com.cn](mailto:zhangshan@hep.com.cn)。

iCourse · 教材  
高等农林院校基础课程系列

自主创新  
方法先行

## 有机化学

主编 侯士聪 徐雅琴

用户名

密码

验证码

进入课程

数字课程介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

“有机化学”数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖课程介绍、教学大纲、电子教案、思考题答案等板块。充分运用多种形式媒体资源, 极大地丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

高等教育出版社

# 出版说明

“十二五”是继续深化高等教育教学改革、走以提高质量为核心的内涵式发展道路和农林教育综合改革深入推进的关键时期。教育教学改革的核心是课程建设,课程建设水平对教学质量和人才培养质量具有重要影响。2011年10月12日教育部发布了《教育部关于国家精品开放课程建设的实施意见》(教高[2011]8号),开启了信息技术和网络技术条件下校、省、国家三级精品开放课程建设的序幕。作为国家精品开放课程展示、运行和管理平台的“爱课程(iCourse)”网站也逐渐为高校师生和社会公众认知和使用。截至目前,已启动2911门精品资源共享课和696门精品视频公开课的立项建设,其中的1000多门精品资源共享课和600多门精品视频公开课已经在“爱课程(iCourse)”网站上线。

高等教育出版社承担着“‘十二五’本科教学工程”中国家精品开放课程建设的组织实施和平台建设运营的重要任务,在与广大高校,特别是高等农林院校的调研和协作中,我们了解到当前高校的教与学发生了深刻变化,也真切感受到课程和教材建设所面临的挑战和机遇。如何建设支撑学生自主学习和校际共建共享的课程和新形态教材成为现实课题,结合我社2009年以来在数字课程建设上的探索和实践,我们提出了“高等农林院校基础课程精品资源共享课及系列教材”建设项目,并获批列入科技部“科学思维、科学方法在高等学校教学创新中的应用与实践”项目(项目编号:2009IM010400)。项目建设理念得到了众多农林高校的积极响应,并于2012年12月至2013年6月,分别在北京、扬州、武汉、哈尔滨、福建等地陆续召开了项目启动会议、研讨会和编写会议。2014年,项目成果“iCourse·教材:高等农林院校基础课程系列”陆续出版。

本系列教材涵盖数学、物理学、化学化工、计算机、生物学等系列基础课程,在出版形式、编写理念、内容选取和体系编排上有不少独到之处,具体体现在以下几个方面:

1. 采用“纸质教材+数字课程”的出版形式。纸质教材与丰富的数字教学资源一体化设计,纸质教材内容精炼适当,并以新颖的版式设计和内容编排,方便学生学习和使用;数字课程对纸质教材内容起到巩固、补充和拓展作用,形成以纸质教材为核心、数字教学资源配合的综合知识体系。

2. 创新教学理念,引导自主学习。通过适当的教学设计,鼓励学生拓展知识面和针对某些重要问题进行深入探讨,增强其独立获取知识的意识和能力,为满足学生自主学习和教师教学方法的创新提供支撑。

3. 强调基础课程内容与农林学科的紧密联系,始终抓住学生应用能力培养这一重要环节。教材和数字课程中精选了大量有实际应用背景的案例和习题,在概念引入和知识点讲授上也总是从实际问题出发,这不仅有助于提高学生学习基础课程的兴趣,也有助于加强他们的创新意识和创新能力。

4. 教材建设与资源共享课建设紧密结合。本系列教材是对各高校精品资源共享课和教学改革成果的集成和升华,通过参与院校共建共享课程资源,更可支持各级精品资源共享课的持续建设。

建设切实满足高等农林教育教学需求、反映教改成果和学科发展、纸质出版与资源共享课紧密结合的

新形态教材和优质教学资源,实现“校际联合共建,课程协同共享”是我们的宗旨和目标。将课程建设及教材出版紧密结合,采用“纸质教材+数字课程”的出版形式,是一种行之有效的方法和创新,得到了高校师生的高度认可。尽管我们在出版本系列教材的工作中力求尽善尽美,但难免存在不足和遗憾,恳请广大专家、教师和学生提出宝贵意见与建议。

高等教育出版社

2014年7月

# 前 言

根据教育部高等农林院校教学指导委员会制定的《高等农林院校教学基本要求》，我们编写了《有机化学》这本教材，供高等农林院校生物类、动植物生产类、生态环境类、食品科学类等本科生学习有机化学课程使用，也可供相关院校及农林科技工作者参考。

本书的编写理念是以学习者为中心，努力将学科线索、社会应用和认知规律相结合，在保持学科知识系统性的基础上，根据学习对象选取内容；强调实例的真实性，体现有机化学知识的应用价值；注重知识的传承、知识呈现时的循序渐进及知识之间的连接。

本书在编排上按官能团分类，采用脂肪族与芳香族混编体系。全书共 17 章，前 11 章系统阐述有机化学的基本理论和研究方法，包括有机化合物命名、立体化学、烃及其含氧、含氮和含卤衍生物为主要内容的典型分子结构及化学反应。之后，介绍生命现象的基础物质“类脂、糖类、蛋白质和核酸”的基本结构和基本性质；最后一章介绍有机化合物分子的结构测定基础。

教材以中学《化学》及大学《普通化学》为基础，在编排内容上减少知识重复性叙述，只在使用这些知识前作简要回顾。注重运用电子效应和空间效应对反应活性的分析，对自由基取代反应、亲电反应、亲核反应等典型反应机理进行了系统阐述。教材给出大量思考题和一些典型案例，为展开教学讨论提供素材，力图使学生在思考、讨论中加深对基本理论和基本知识的理解，培养学生分析问题和解决问题的能力。教材介绍了经典理论的发展史和前沿探索进展，化学家的生平事迹等内容，以拓展知识面和提高学习兴趣。为了便于进行学科资料的检索，书中常用名词和术语加注了英文，并在章后附有索引。本书采用“纸质教材+数字课程”新型出版模式，在纸质教材知识构架基础上，利用数字课程辅以相关教学资源。建议教师引导学生充分利用这些资源进行自主学习。

本书的编写由中国农业大学、东北农业大学、西北农林科技大学、四川农业大学和北京林业大学五所农林院校具有丰富教学经验的教师完成。编写人员有主编侯士聪、徐雅琴；副主编邹平、周文明、陈红艳、肖玉梅、王丽波；编委有边庆花、段新红、马晓东、王广途、杨新娟、赵李霞。编写具体分工为：侯士聪（第一、二、三章）、杨新娟（第四章）、周文明（第五章）、边庆花（第六章）、段新红（第七章）、王丽波（第八章）、邹平（第九章）、陈红艳（第十章）、赵李霞（第十一章）、肖玉梅（第十二、十五章）、王广途（第十三、十六章）、徐雅琴（第十四章）、马晓东（第十七章）。全书由侯士聪统一整理定稿。

本书承蒙中国农业大学李楠教授审阅，并提出了许多宝贵的修改意见，在此致以衷心的感谢。中国农业大学教务处和化学系有机化学教研室的老师都给予了热情的支持和帮助，使本书得以顺利出版，在此一并致以真诚的谢意。

由于编者的水平和经验有限，书中不妥之处恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

# 目 录

## 第一章 绪 论

第一节 认识有机化合物和有机化学 .....	2	二、有机化学面临的挑战与对策 .....	8
一、自然界和人类社会中的有机化合物 .....	2	三、有机化学与生命科学的关系 .....	10
二、有机化学及其研究内容 .....	3	第三节 学习有机化学的建议 .....	11
第二节 有机化学的发展历史 .....	4	参考文献 .....	12
一、有机化学的产生与发展 .....	4		

## 第二章 有机化合物的分子结构与基本性质

第一节 有机化合物的主要特征 .....	14	第四节 有机化学的反应类型 .....	21
一、易于燃烧 .....	14	一、自由基型反应 .....	21
二、熔点较低 .....	14	二、离子型反应 .....	21
三、难溶于水 .....	14	三、协同反应 .....	22
四、反应较慢,产物复杂 .....	14	第五节 有机化合物结构探索的一般方法 .....	22
五、同分异构 .....	14	一、分离提纯 .....	23
第二节 有机化合物的分子结构 .....	15	二、检验纯度 .....	23
一、现代化学键的价键理论 .....	15	三、确定分子式 .....	23
二、现代化学键的分子轨道理论 .....	17	四、确定结构式 .....	24
第三节 共价键的基本属性 .....	18	五、结构式的表示方法 .....	24
一、键长 .....	18	第六节 有机化合物的分类 .....	25
二、键角 .....	19	一、根据碳骨架分类 .....	25
三、键能 .....	19	二、根据官能团分类 .....	26
四、键的极性和键矩 .....	20	参考文献 .....	27

## 第三章 烷烃和环烷烃

第一节 烷烃 .....	30	四、烷烃的物理性质 .....	40
一、烷烃的同系列及同分异构现象 .....	30	五、烷烃的化学性质 .....	43
二、烷烃的命名 .....	31	六、烷烃卤代的反应机理 .....	47
三、烷烃的结构 .....	36	七、自然界的烷烃 .....	53



第二节 环烷烃 .....	54	四、环烷烃的结构与稳定性 .....	58
一、环烷烃的分类和命名 .....	54	参考文献 .....	65
二、环烷烃的物理性质 .....	57	习题 .....	65
三、环烷烃的化学性质 .....	57		

#### 第四章 烯烃、炔烃和二烯烃

第一节 烯烃 .....	70	四、炔烃的化学性质 .....	90
一、烯烃的结构 .....	70	第三节 共轭二烯烃 .....	95
二、烯烃的异构与命名 .....	70	一、共轭二烯烃的特性 .....	95
三、烯烃的物理性质 .....	73	二、共轭二烯烃的结构 .....	96
四、烯烃的化学性质 .....	74	三、共振论简介 .....	97
第二节 炔烃 .....	88	四、共轭二烯烃的反应 .....	99
一、炔烃的结构 .....	88	第四节 不饱和烃的来源 .....	102
二、炔烃的异构与命名 .....	89	参考文献 .....	106
三、炔烃的物理性质 .....	90	习题 .....	106

#### 第五章 芳香烃

第一节 苯的结构 .....	110	第五节 稠环芳香烃 .....	137
一、凯库勒结构式 .....	110	一、稠环芳香烃的结构 .....	137
二、苯环结构的现代解释 .....	111	二、萘的化学反应 .....	137
三、苯的结构式的表示方法 .....	112	第六节 休克尔规则和非苯芳香烃 .....	139
第二节 芳香烃的分类、命名 .....	113	一、休克尔规则 .....	139
一、芳香烃的分类 .....	113	二、非苯芳香烃 .....	140
二、芳香烃的命名 .....	114	第七节 芳香烃的来源 .....	142
第三节 苯及其同系物的物理性质 .....	117	一、煤焦油分馏 .....	142
第四节 苯及其同系物的化学性质 .....	118	二、石油芳构化 .....	142
一、烷基苯侧链的反应 .....	118	三、生物质转化 .....	142
二、苯环大 $\pi$ 键断裂的反应 .....	120	参考文献 .....	145
三、苯环的亲电取代反应 .....	120	习题 .....	145
四、亲电取代反应的定位规律 .....	127		

#### 第六章 对映异构与非对映异构

第一节 旋光性与手性 .....	150	第二节 含一个手性碳原子化合物的对映 异构 .....	154
一、平面偏振光与物质的旋光性 .....	150	一、对映异构体的表达方法 .....	154
二、手性与手性分子 .....	151	二、对映异构体的构型标记 .....	155
三、手性与分子的对称性 .....	153		

第三节 含两个手性碳原子化合物的对映异构 .....	157	第六节 对映异构体的物理性质 .....	161
一、含有两个不同手性碳原子的化合物 .....	157	第七节 对映异构体的生物活性与手性药物 .....	162
二、含有两个相同手性碳原子的化合物 .....	158	第八节 获得单一对映异构体的方法 .....	163
第四节 取代环烷烃的对映异构 .....	159	一、外消旋体的拆分 .....	163
第五节 不含手性碳原子化合物的对映异构 .....	159	二、不对称合成 .....	165
一、含手性轴的手性分子 .....	159	三、对映体过量与光学纯度 .....	166
二、含手性面的手性分子 .....	161	参考文献 .....	168
		习题 .....	169

## 第七章 卤代烃

第一节 卤代烃的结构、分类和命名 .....	172	二、影响亲核取代反应的因素 .....	178
一、卤代烃的结构 .....	172	三、消除反应及其机理 .....	180
二、卤代烃的分类 .....	172	四、消除反应与取代反应的竞争 .....	181
三、卤代烃的命名 .....	173	五、卤代烃与金属反应 .....	182
第二节 卤代烃的物理性质 .....	173	第四节 重要的卤代烃 .....	184
第三节 卤代烃的化学性质 .....	174	参考文献 .....	187
一、亲核取代反应及其机理 .....	174	习题 .....	187

## 第八章 醇、酚和醚

第一节 醇 .....	192	四、重要的酚 .....	208
一、醇的结构、分类和命名 .....	192	第三节 醚 .....	210
二、醇的物理性质 .....	194	一、醚的结构、分类和命名 .....	210
三、醇的化学性质 .....	195	二、醚的物理性质 .....	211
四、重要的醇 .....	202	三、醚的化学性质 .....	212
第二节 酚 .....	203	四、环醚 .....	213
一、酚的结构、分类和命名 .....	203	五、冠醚 .....	214
二、酚的物理性质 .....	204	参考文献 .....	217
三、酚的化学性质 .....	205	习题 .....	218

## 第九章 醛、酮和醌

第一节 醛、酮 .....	222	一、醌的结构与命名 .....	240
一、醛、酮的结构、分类和命名 .....	222	二、醌的化学性质 .....	240
二、醛、酮的物理性质 .....	223	三、重要的醌 .....	242
三、醛、酮的化学性质 .....	224	参考文献 .....	246
四、重要的醛、酮 .....	238	习题 .....	246
第二节 醌 .....	240		

## 第十章 羧酸及其衍生物

第一节 羧酸 .....	250	一、碳酸衍生物的结构与名称 .....	271
一、羧酸的结构、分类和命名 .....	250	二、碳酰氯 .....	271
二、羧酸的物理性质 .....	252	三、碳酰胺 .....	272
三、羧酸的化学性质 .....	253	第四节 取代羧酸 .....	274
四、重要的羧酸 .....	260	一、取代羧酸的结构与分类 .....	274
第二节 羧酸衍生物 .....	262	二、羟基酸 .....	275
一、羧酸衍生物的结构 .....	262	三、羧基酸 .....	276
二、羧酸衍生物的命名 .....	262	四、重要的取代羧酸 .....	281
三、羧酸衍生物的物理性质 .....	264	参考文献 .....	285
四、羧酸衍生物的化学性质 .....	265	习题 .....	286
第三节 碳酸衍生物 .....	271		

## 第十一章 含氮有机化合物

第一节 硝基化合物 .....	292	二、胺的物理性质 .....	298
一、硝基化合物的结构、分类及命名 .....	292	三、胺的化学性质 .....	299
二、硝基化合物的物理性质 .....	292	四、重要的胺类化合物 .....	307
三、硝基化合物的化学性质 .....	293	参考文献 .....	311
第二节 胺 .....	295	习题 .....	311
一、胺的结构、分类与命名 .....	295		

## 第十二章 含硫和含磷有机化合物

第一节 含硫有机化合物 .....	314	一、含磷有机化合物的结构、分类和命名 .....	320
一、含硫有机化合物的结构、分类和命名 .....	314	二、含磷有机化合物的化学性质 .....	323
二、硫醇、硫酚和硫醚 .....	315	三、生物体内的磷酸酯 .....	324
三、磺酸 .....	319	四、有机磷农药 .....	325
四、重要的含硫有机化合物 .....	320	参考文献 .....	328
第二节 含磷有机化合物 .....	320	习题 .....	328

## 第十三章 杂环化合物及生物碱

第一节 杂环化合物的结构、分类和命名 .....	332	一、化学性质 .....	33
一、杂环化合物的结构 .....	332	二、重要的五元杂环衍生物 .....	33
二、杂环化合物的分类 .....	333	第三节 六元杂环化合物 .....	33
三、杂环化合物的命名 .....	334	一、吡啶的化学性质 .....	33
第二节 五元杂环化合物 .....	335	二、重要的六元杂环衍生物 .....	33

第四节 重要的稠杂环化合物 .....	342	三、生物碱的理化性质 .....	345
第五节 生物碱 .....	343	参考文献 .....	348
一、生物碱概述 .....	343	习题 .....	348
二、重要的生物碱 .....	344		

## 第十四章 糖 类

第一节 糖类的分类 .....	352	二、环糊精 .....	371
第二节 单糖 .....	352	第四节 多糖 .....	372
一、单糖的开链结构与构型 .....	352	一、淀粉 .....	372
二、单糖的环状结构与构象 .....	354	二、糖原 .....	374
三、单糖的物理性质 .....	359	三、纤维素 .....	374
四、单糖的化学性质 .....	359	四、甲壳素 .....	375
五、重要的单糖及其衍生物 .....	367	参考文献 .....	378
第三节 寡糖 .....	368	习题 .....	379
一、二糖 .....	368		

## 第十五章 氨基酸、蛋白质及核酸

第一节 氨基酸 .....	382	二、蛋白质的结构 .....	395
一、氨基酸的结构、分类和命名 .....	382	三、蛋白质的性质 .....	398
二、氨基酸的物理性质 .....	385	第四节 核酸 .....	400
三、氨基酸的化学性质 .....	386	一、核酸的分类 .....	400
第二节 多肽 .....	391	二、核酸的化学组成 .....	400
一、多肽的结构与命名 .....	391	三、核酸的空间结构 .....	402
二、多肽结构的测定 .....	392	四、核酸的性质 .....	404
三、生物活性肽 .....	394	参考文献 .....	406
第三节 蛋白质 .....	395	习题 .....	406
一、蛋白质的组成和分类 .....	395		

## 第十六章 类脂化合物

第一节 油脂 .....	411	二、鞘磷脂 .....	419
一、油脂的组成、结构和命名 .....	411	第四节 萜类 .....	420
二、油脂的物理性质 .....	412	一、萜类化合物的结构、分类和命名 .....	420
三、油脂的化学性质 .....	413	二、单萜 .....	421
第二节 蜡 .....	417	三、倍半萜 .....	423
第三节 磷脂 .....	418	四、二萜 .....	424
一、甘油磷脂 .....	418	五、三萜 .....	424

六、四萜 .....	424	四、甾族激素 .....	429
第五节 甾族化合物 .....	426	五、其他甾族化合物 .....	431
一、甾族化合物的结构和构型 .....	426	参考文献 .....	434
二、甾醇 .....	427	习题 .....	434
三、胆甾酸 .....	428		

## 第十七章 有机化合物结构测定基础

第一节 电磁辐射 .....	438	第五节 核磁共振谱 .....	453
第二节 X射线衍射 .....	440	一、核磁共振的基本原理 .....	453
一、晶体结构 .....	440	二、核磁共振氢谱 .....	454
二、X射线衍射原理 .....	440	三、核磁共振氢谱的解析 .....	458
三、单晶衍射实验方法简介 .....	442	四、核磁共振碳谱 .....	459
第三节 紫外光谱 .....	443	第六节 质谱 .....	461
一、紫外光谱的基本原理 .....	443	一、质谱的基本原理 .....	462
二、紫外光谱与有机化合物分子结构的 关系 .....	444	二、质谱中的离子类型 .....	463
三、紫外光谱在结构分析中的应用 .....	446	三、分子离子峰的确定 .....	466
第四节 红外光谱 .....	446	四、质谱中的裂解方式 .....	468
一、红外光谱的基本原理 .....	447	五、质谱解析的一般程序 .....	470
二、红外特征吸收频率及其影响因素 .....	448	六、质谱技术的新进展 .....	470
三、常见有机化合物的红外特征吸收 频率 .....	450	第七节 综合谱图解析 .....	471
四、红外光谱的解析 .....	451	参考文献 .....	474
		习题 .....	474

部分章节习题答案 .....	477
参考书目 .....	507

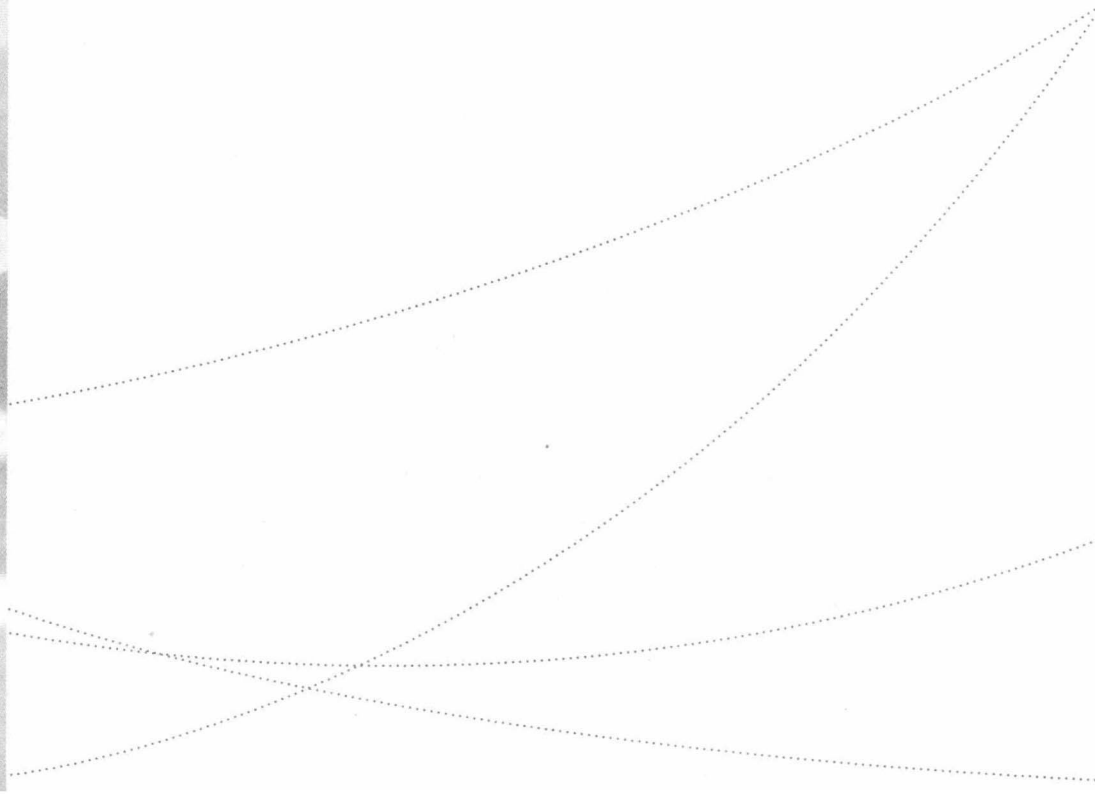
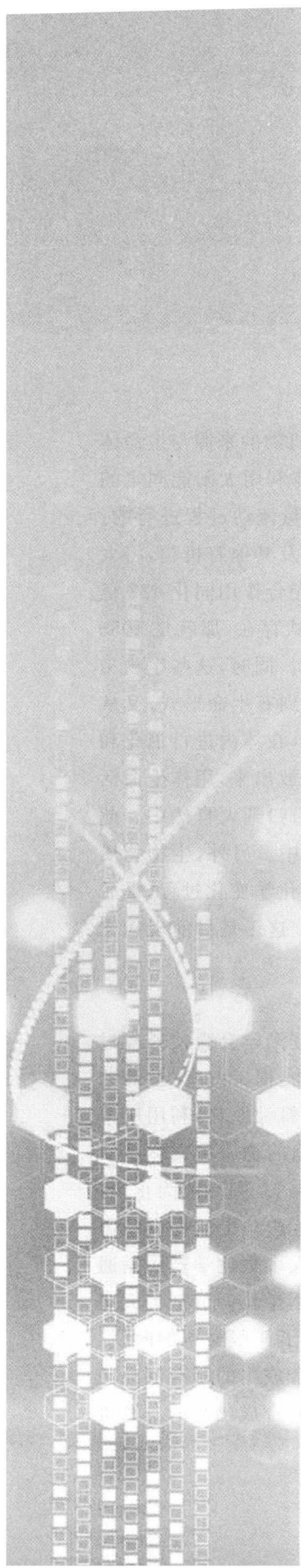
# 第一章 绪论

## 导言

从太空回望地球——这颗蔚蓝的星球，它就是我们赖以生存的美丽家园。大自然孕育了地球上的生命，提供了维持生命及其发展的全部物质基础。在生机勃勃地球的地表面覆盖着一层绿色的植被，生活着物种丰富的动物和难以计数的微生物。生物体与水、大气、岩石、土壤和阳光一起构成了地球环境的结构单元。生物体与环境之间通过物质和能量的交换，相互作用、相互依赖，形成了动态平衡的生态系统。除了水以外，生命体的绝大部分组成成分是有有机化合物，生命体内部及其与环境之间的物质和能量交换都离不开有机化合物。



本章主要介绍有机化合物与自然界和人类社会的联系，研究有机化合物的科学——有机化学及其发展历程，学科的任务及应对挑战的可持续发展策略。



## 第一节 认识有机化合物和有机化学

### 一、自然界和人类社会中的有机化合物

#### (一) 有机化合物的来源

有机化合物(organic compounds,简称有机物)是含碳化合物。有机物的来源与生命体的存在及其活动有着密切的联系。可以笼统地说,有机物来源于生物体利用太阳能固定的碳。在地球环境中,生态系统的碳循环基本上是伴随着光合作用和能量流动过程进行的。地球上的自养生物利用自然界的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,通过光合作用合成糖类及其他有机物,将太阳能以生物物质的形式储存起来。据估计,全球陆地和海洋植物每年光合作用同化 422 亿吨碳。它们储存在各种含碳的有机物中,如果这些碳是以葡萄糖的形式存在,那就是 1055 亿吨,所储存的太阳能为 464.2 万亿千瓦时,比全世界的年发电量还多。同时,这些生物又通过呼吸作用把产生的  $\text{CO}_2$  释放到大气中,完成了一个从无生命形式到有生命形式,又从有生命形式到无生命形式的循环。异养生物则通过摄取糖类等有机物,在体内进行消化和吸收,满足自身生命的营养需求,并通过呼吸作用将储存的化学能量释放出来,用作生命活动的能量来源。在这个过程中,有机物中的碳也被氧化分解成  $\text{CO}_2$  回归到大自然中。此外,动物排泄物和动、植物遗体中的碳,经微生物分解同样被返回大气中。另外,生物物质经过较长时间的地质运动,被深埋于地下之后,经过极其复杂的生物和化学变化过程,最后演变为煤、石油和天然气等,存储起来形成了巨大的物质和能量宝库。这正是目前现代文明主要依赖的能量源泉。

#### (二) 有机化合物与社会生活

人类的现实生活离不开有机物。在地球生命的演化过程中,人们逐渐学会直接或经过加工后利用天然的有机物,如富含糖类、蛋白质、油脂、维生素等的食物,棉、毛、麻、丝等的衣料。从近代有机化学的兴起开始,人们以天然有机物特别是化石燃料为原料,利用所掌握的知识和技能合成大量的有机化学品,满足自己衣、食、住、行等方面的物质和文化生活需求,形成石油化工和多种应用化工行业,并辐射到国民经济的各个部门。到目前为止,有机物与人类的生产和生活已密不可分。现代新兴的石油工业为社会生产与生活提供动力能源和工业原料;合成色泽鲜艳的染料品种大大超过了天然染料;绝大多数化学药品是通过各种途径合成的有机物;农业上使用的杀虫剂、杀菌剂、除草剂和植物生长调节剂等大多是合成有机物。20 世纪 40 年代兴起的合成高分子材料,使人类进入了征服材料的时代,目前合成纤维和合成橡胶的使用已远远超过了天然纤维和天然橡胶,合成出的塑料制品随处可见。地球上的有机物部分是从生物体提取得到的,但更多的是人工合成出来的。有机物的数目非常庞大,据统计目前已经超过 3 000 万种。

人类大规模地利用化石燃料提供能源、制造有机化学品的行为,对地球原本的碳循环造成极大的冲击。可以看出,生命体在地球碳循环中扮演着至关重要的角色。在这个大环境中,作为高等动物的人类不仅要保持好自身体内的碳平衡和碳循环,同时更有责任保护好大自然正常的碳循环,倡导“低碳”生活,与环境友好相处,正是我们共同的责任。

---

【思考题 1-1】 结合自己的生活经历,列举你所熟知的有机化合物的现实应用。

---

## 二、有机化学及其研究内容

有机化学(organic chemistry)是研究含碳化合物的化学。一些简单的含碳化合物,如一氧化碳、二氧化碳和碳酸盐等,因具有无机化合物的性质,常放在无机化学中讨论。有机化学的研究对象是有机物,它主要研究有机物的组成与结构、性质及制备、机理及应用。其研究的主要内容和基本方法可以大体概括为

- (1) 对自然界存在或人工合成的有机物进行分离纯化。
- (2) 探究有机物的元素组成、有机物分子的基本结构及空间形象。
- (3) 探究有机物的物理性质及化学性质;探究各类有机物之间的相互转化关系。
- (4) 进行反应过程监测,探寻有机物结构与性质之间的关系;阐明有机反应的机理,进行合理的反应设计与条件控制。
- (5) 探索新的学科规律,发展新的合成方法和技巧,合成新的具有特定功能的有机物。
- (6) 进行有机物的社会应用,在生命科学、材料科学、环境科学等诸多领域,为国民经济和科学技术的发展提供工业和实验材料。

在有机化学的发展过程中,逐渐形成了天然产物有机化学、有机合成化学、高分子化学、物理有机化学、金属与元素有机化学、生物有机与药物化学、有机分析化学等分支学科和交叉学科,极大地拓展了有机化学研究的疆域。

总之,有机化学的任务与使命归根到底就是要满足社会的需求。在人类社会发展的进程中,有机化学作为工具,需要不断地探索未知世界,拓展学科知识与技术的深度和广度,更好地利用天然有机物和合成有机物,为实现社会的可持续发展奠定基础。

---

【思考题 1-2】 有机化学研究的对象与内容是什么?

---



## 第二节 有机化学的发展历史

### 一、有机化学的产生与发展

#### (一) 近代有机化学的起源

人类很早就开始在生产生活中使用一些源自天然的有机物质,并在制造和使用的过程中对其进行加工,得到一些诸如糖、酒、醋、染料等混合物。对这些有机物质化学变化的探索却是在近代才开始的。这些研究的开始是制得一些较纯的有机物,然后对其组成进行分析,最后发展成为有机物的人工合成。到19世纪中叶,以有机合成为标志的近代有机化学建立起来。

在18世纪下半叶,有机物的分离和提纯工作发展较快。1767—1785年,以瑞典化学家舍勒(C W Scheele, 1742—1786)为代表的研究者们利用有机酸的钙盐和铅盐难溶于水的特性,先后从葡萄汁内取得酒石酸,从柠檬汁内取得柠檬酸,由尿里提取出尿酸,从酸牛奶里取得乳酸;还有草酸、苹果酸、没食子酸等其他有机酸。由于有大量的有机物质作为研究对象,极大地推动了对其组成进行元素分析的研究工作。拉瓦锡(A Lavoisier, 1743—1794)于1777年前后首次弄清了燃烧的概念,即燃烧是物质和空气中的氧结合。他继而又研究了分析有机物的方法,确定了一般的植物物质都含有碳、氢、氧,而动物物质除这三种元素外,很多都含有氮。在有机物元素定量分析的探索中,法国化学家盖·吕萨克(J L GayLussac, 1778—1850)等人于1811年对蔗糖、乳糖、淀粉、蛋白、明胶等十几种有机物质进行燃烧分析,得到较为精确的结果。1814年,享有盛誉的瑞典化学家贝采里乌斯(J J Berzelius, 1779—1848)对一系列有机酸的组成进行了定量分析。1830年,德国著名有机化学家李比希(J von Liebig, 1803—1873)在前人工作的基础上,对有机定量分析方法进行彻底的改进,建立了精确的碳氢分析定量技术,设计了有机分析仪器——燃烧仪。他还据此写出了有机化合物的化学式。

19世纪初,当化学刚刚成为一门科学的时候,化学家们把从动、植物体内得到的物质与从矿物界得到的物质区分开来,分别称为有机物和无机物。贝采里乌斯于1806年首先引用了“有机化学”这个名字。但是,他认为有机物只能在生物的细胞中受一种特殊力量——生命力——的作用才会产生出来,人工合成是不可能的。这种思想无形中在无机物和有机物之间划定了一条不可逾越的鸿沟,一度曾牢固地统治并阻碍了有机化学的发展。1824年,德国有机化学家维勒(F Wöhler, 1800—1882)在研究无机物氰酸铵的合成中发现了有机物——尿素。其化学反应为