



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

有机化学

(第2版)

(环境类专业适用)

主编 聂麦茜



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

有机化学

(第2版)

(环境类专业适用)

主编 聂麦茜

参编 苏俊峰 李红 杨敏鸽 聂红云

北 京

冶金工业出版社

2014

内 容 提 要

本书从有机化合物结构特点、成键方式及其分类等方面系统地介绍了有机化学的基础知识;按照官能团分类方法,系统地介绍了各类有机化合物的结构特点、物理性质、化学性质及其重要的有机化合物的性质和用途;结合环境类专业特点,有意识地将环境学科中涉及的相关性质编入相关章节,着重选择各类对环境影响和危害较大、在环境学科及其相关学科知识体系中频繁出现的有机化合物的相关知识,在相关章节进行了介绍;同时在相关章节中简要介绍了各类化合物对水、大气、土壤等的污染问题。在此基础上,简要介绍了高分子化学和立体化学的基础知识。此外,为实验教学环节编写了8个实验。

本书可作为环境工程、环境科学、给水排水及相关专业的本、专科学生的有机化学课程教学及实验用书;还可供从事有机污染物处理工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/聂麦茜主编. —2版. —北京:冶金工业出版社,
2014.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6489-9

I. ①有… II. ①聂… 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(2013)第315762号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6489-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京印刷一厂印刷

2008年3月第1版,2014年1月第2版,2014年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;17.75印张;430千字;269页

36.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

第2版前言

“有机化学”是环境工程、环境科学、给排水专业本、专科学生的一门专业基础课。本书针对48~60h总学时（授课40~50学时、实验8~12学时）的教学计划，依据环境工程、环境科学、给排水专业特点及“有机化学教学大纲”而编写。

有机物种类繁多、结构复杂，通过化学合成不断出现新的物质。环境中有机物污染严重，环境类专业学生及从事环境保护的工作者，在学习和工作中会遇到环境样品预处理及其分析监测、有机污染物处理和处置、有机污染物保管和管理、绿色环境材料制备等方面的工作，常涉及有机化合物的显色反应、配合反应、氧化反应、还原反应、聚合反应等化学性质知识，也涉及有机化合物的水溶性、酸碱电离性、荷电性、表面吸附性等物理性质知识。编者多年来一直为环境工程、环境科学、给排水等专业本、专科学生教授“有机化学”、“环境监测”、“水质分析”等课程。为了让学生的学习过程中能使“有机化学”的知识与所学专业密切结合，激发学习的兴趣，本书根据专业特点、教学大纲、课程学时及多年的教学经验，在丰富的有机化学教学材料中进行了仔细筛选和补充。在保证涵盖基本知识、基本内容的前提下，书中尽量选择常见的有机污染物作为例子进行相关分析和讨论。同时书中还穿插编入了典型有机物的英文名称，以便于学生了解。

本书是按照学生最容易接受的方式，即官能团分类的方式编写的。将具有特定化学性质、含特定官能团的化合物编写在相应章节中，这样便于学生归纳、记忆及复习总结。

本书包括15章课堂讲解内容及8个有机化学实验两大部分。在15章课堂讲解内容编写过程中，第1章绪论部分主要讲解有机化合物的一些共同性质、共同的结构特征等。第2~第13章每章均介绍具有相似结构的一类化合物的内容，并按照化合物的官能团结构及其性质、化合物命名、异构现象、物理性质、化学性质、重要化合物及其污染问题，讨论每一类化合物。第14章介绍了

立体化学的基础知识。第15章介绍了高分子化学的基础知识。在介绍各类重要化合物时,尽量多地选择对环境影响较大的有机化合物。每章后的习题是对每章内容的总结和归纳。

本书在第1版的基础上,作者对以下章节进行了补充和修改:烷烃,重要的醛和酮,蛋白质、糖蛋白及脂蛋白,碳水化合物及其糖缀合物。同时还补充了典型有机物的英文名称。

本书由聂麦茜任主编,苏俊峰、李红、杨敏鸽、聂红云参编。第1章、第2章、第10~12章等由西安建筑科技大学环境与市政工程学院聂麦茜编写;第4章、第9章、第13章由西安建筑科技大学环境与市政工程学院苏俊峰编写;第5章、第7~8章由西安工程大学环境与化工学院李红编写;第6章、第16章实验内容由西安工程大学环境与化工学院杨敏鸽编写;第3章、第14、15章由西安建筑科技大学聂红云编写。

由于作者水平有限,不当之处,敬请读者予以指出,另外为了提高教学质量,衷心希望学生和老师在使用本教材时,提出宝贵的建议和意见,以利于不断完善。

编 者

2013年10月于西安

第1版前言

“有机化学”是环境工程、环境科学、给水排水专业本科学生的一门专业基础课。

多年来编者一直为环境工程、环境科学、给水排水等专业本科学生讲授有机化学课程，本书是根据专业特点、教学大纲及多年的教学经验，对丰富的有机化学材料进行了仔细筛选后编写的，总学时为48~60，其中课堂教学40~50学时，实验8~12学时。在保证涵盖基本知识、基本内容的前提下，书中尽量选择常见的有机污染物作为例子进行讨论。同时为了使學生更多地了解典型有机化合物的英文名称，书中还穿插了典型有机物的英文名称。

本书是按照学生容易接受的方式，即按官能团分类的方式编写的，将具有特定化学性质、含特定官能团的化合物编写在相同章节，以便于学生归纳、记忆及复习总结。

本书包括15章课堂讲解内容及8个有机化学实验两大部分。第1章绪论部分，主要讲解有机化合物的一些共同性质、共同的结构特征等。第2章~第13章的每一章内容，基本上是关于具有相似结构的一类化合物的相关知识，在讨论每一类化合物时，是按照化合物的官能团结构及其性质、异构现象、化合物命名、物理性质、化学性质、重要化合物及其有关这类化合物的污染问题的顺序编写的。第14章介绍了立体化学的基础知识，第15章介绍了高分子化学的基础知识。在介绍各类重要化合物时，尽量多地选择对环境影响较大的有机化合物。每章后的习题可以看作是对每章内容的总结。

本书由聂麦茜任主编，郭育涛任副主编。第1章由西安建筑科技大学环境与市政工程学院朱维晃编写；第4章，第10章由西安建筑科技大学环境与市政工程学院聂麦茜编写；第11章、第12章、第14章由西安建筑科技大学理学院郭育涛编写；第5章、第6章、第7章由西安工程大学环境与化工学院杨敏鸽

编写；第2章、第3章、第13章等由西安科技大学建筑土木工程学院万琼编写；第8章、第9章、第15章由长安大学环境科学与工程学院赵红梅编写；16.1、16.2.1、16.2.2、16.2.7、16.2.8节由西安建筑科技大学环境与市政工程学院温晓玫编写；16.2.3~16.2.6节由西安建筑科技大学环境与市政工程学院蒋欣编写。

由于作者水平有限，错误和不当之处敬请读者指正。另外，为了提高教学质量，衷心希望学生在使用本教材时，能够提出宝贵的建议和意见，以利于再版时完善。

编 者
2007年12月于西安

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
材料化学实验教程	汪丽梅 窦立岩 主编	16.00
大学化学(第2版)	牛 盾 主编	32.00
大学化学实验	牛 盾 王育红 王锦霞 主编	12.00
分析化学简明教程	张锦柱 主编	23.00
工业分析化学	张锦柱 等编著	36.00
化工基础实验	马文瑾 编	19.00
煤化学(第2版)	何选明 主编	49.00
煤化学产品工艺学(第2版)	肖瑞华 白金铎 主编	46.00
煤焦油化工学(第2版)	肖瑞华 编著	38.00
水分析化学(第2版)	聂麦茜 吴蔓莉 编	17.00
无机化学	邓基芹 主编	36.00
无机化学实验	张 霞 主编	26.00
无机化学实验	邓基芹 主编	18.00
物理化学	邓基芹 主编	28.00
物理化学(第4版)	王淑兰 主编	45.00
冶金电化学原理	唐长斌 薛娟琴 编著	50.00
冶金物理化学教程(第2版)	郭汉杰 编著	45.00
有机化学	聂麦茜 主编	28.00
有机化学实验绿色化教程	刘 峥 等主编	28.00
有色金属分析化学	梅恒星 编著	46.00

目 录

1 绪论	1
1.1 有机化合物和有机化学	1
1.1.1 有机化合物及其特点	1
1.1.2 有机化学及其任务	2
1.2 有机化合物的结构特点	3
1.2.1 有机分子结构的基本原则	3
1.2.2 碳原子成键的基本方式	4
1.2.3 共价键的性质	8
1.3 有机化合物的分类	11
1.3.1 无环化合物	11
1.3.2 碳环化合物	11
1.3.3 杂环化合物	12
习题	13
2 饱和烃	14
2.1 烷烃的来源及重要性	14
2.2 烷烃的异构现象及命名	14
2.2.1 烷烃的异构现象	14
2.2.2 烷烃的命名	15
2.3 乙烷的构象	17
2.4 烷烃的性质	18
2.4.1 烷烃的物理性质	18
2.4.2 烷烃的化学性质	19
2.5 自由基反应机理	22
2.6 烷烃的污染及其危害	23
习题	23
3 不饱和烃	25
3.1 烯烃	25
3.1.1 烯烃的异构及命名	25
3.1.2 烯烃的性质	27
3.2 炔烃	32

3.2.1 炔烃的异构、命名及物理性质	32
3.2.2 炔烃的化学性质	33
3.3 二烯烃	35
3.3.1 二烯烃的分类和命名	35
3.3.2 共轭二烯烃的结构及共轭效应	36
3.3.3 共轭二烯烃的化学性质	37
3.3.4 天然橡胶、合成橡胶及其橡胶生产应用中的污染问题	39
3.4 共振论与共轭效应的几种形式	40
3.4.1 共振论	40
3.4.2 共轭效应的几种形式	41
3.5 含不饱和键脂肪烃的共性	43
3.6 石油烃的污染及其危害	44
3.6.1 石油类物质在水体中的迁移过程	44
3.6.2 环境中石油烃的污染及其危害	45
习题	47
4 芳烃	50
4.1 苯的结构	51
4.2 苯的同系物的异构、命名及物理性质	52
4.2.1 苯的同系物的异构和命名	52
4.2.2 苯及其同系物的物理性质	53
4.3 苯及其同系物的化学性质	53
4.3.1 取代反应	54
4.3.2 氧化反应	56
4.3.3 加成反应	57
4.4 苯环上取代基的定位规则	58
4.4.1 苯环上取代基的类型	58
4.4.2 定位规则的解释	58
4.4.3 芳环上定位规律的应用	61
4.5 多环芳烃和稠环芳烃	61
4.5.1 联苯	62
4.5.2 萘	62
4.5.3 蒽	64
4.5.4 菲	64
4.6 多环芳烃的污染及其危害	64
4.6.1 多环芳烃的污染源及其污染途径	64
4.6.2 环境中多环芳烃的污染状况及其危害	65
习题	66

5 卤代烃	68
5.1 卤代烃的分类、异构及命名	68
5.1.1 卤代烃的分类	68
5.1.2 卤代烃的同分异构现象及命名	68
5.2 一卤代烃的性质	69
5.2.1 一卤代烃的物理性质	69
5.2.2 一卤代烃的化学性质	71
5.3 对环境有重要影响的卤代烃	76
5.3.1 三氯甲烷	76
5.3.2 四氯化碳	76
5.3.3 卤代脂肪烃化合物	76
5.3.4 三氯苯	77
5.3.5 二氯二氟甲烷	77
5.3.6 多氯联苯	77
5.3.7 含卤阻燃剂	77
5.4 卤代烃的污染及其危害	78
5.4.1 卤代烃的污染源	78
5.4.2 环境中卤代烃的污染状况及其危害	79
习题	80
6 醇、酚、醚	82
6.1 醇	82
6.1.1 醇的分类, 异构及命名	82
6.1.2 醇的物理性质	83
6.1.3 醇的化学性质 (以一元醇为主)	84
6.1.4 重要的醇	87
6.2 酚	89
6.2.1 酚的命名	89
6.2.2 酚的物理性质	91
6.2.3 酚的化学性质	91
6.2.4 重要的酚类	96
6.3 醚	97
6.3.1 醚的命名及物理性质	97
6.3.2 醚的化学性质	99
6.4 醇、酚、醚对环境的污染与危害	100
6.4.1 环境中醇和醚的污染及危害	100
6.4.2 环境中酚类物质的污染及危害	100
习题	101

7 醛和酮	105
7.1 醛、酮的分类、异构、命名及物理性质	105
7.1.1 醛和酮的分类、异构及命名	105
7.1.2 醛、酮的物理性质	106
7.2 一元醛、酮的反应	106
7.2.1 加成反应	107
7.2.2 α -氢的反应	112
7.2.3 还原和氧化反应	113
7.3 醌	115
7.4 重要的醛、酮	117
7.4.1 甲醛	117
7.4.2 苯甲醛	117
7.4.3 丙酮	117
7.5 醛、酮的污染及其危害	117
7.5.1 醛、酮类和醌类化合物对环境的污染途径	117
7.5.2 醛、酮污染物的危害	118
习题	119
8 羧酸及其衍生物	122
8.1 羧酸	122
8.1.1 羧酸的分类和命名	122
8.1.2 羧酸的结构	124
8.1.3 羧酸的物理性质	124
8.1.4 羧酸的化学性质	125
8.2 羧酸衍生物	130
8.2.1 羧酸衍生物的命名	130
8.2.2 羧酸衍生物的物理性质	131
8.2.3 羧酸衍生物的化学性质	131
8.3 油脂和蜡	134
8.3.1 油脂	134
8.3.2 蜡	136
8.4 对环境有重要影响的羧酸及其衍生物	136
8.4.1 聚- β -羟基烷酸酯	136
8.4.2 邻苯二甲酸酯	137
8.4.3 富里酸和腐殖酸	137
8.4.4 农药及其他化合物	137
8.5 水体中羧酸及其酯的污染	139
8.5.1 废水中的羧酸及其酯	139

8.5.2 天然水中的羧酸	139
习题	140
9 含硫有机化合物	143
9.1 硫醇、硫酚和硫醚	143
9.1.1 硫醇及硫酚	143
9.1.2 硫醚	145
9.2 磺酸	146
9.2.1 芳香族磺酸的制法	147
9.2.2 芳香族磺酸的性质	147
9.3 表面活性剂概念	151
9.3.1 阴离子表面活性剂	152
9.3.2 阳离子表面活性剂	152
9.3.3 两性表面活性剂	153
9.3.4 非离子型表面活性剂	153
9.4 含有机硫化化合物的废水	153
习题	154
10 含氮有机化合物	156
10.1 硝基化合物	156
10.1.1 硝基化合物的命名、结构及物理性质	156
10.1.2 硝基化合物的化学性质	157
10.2 胺类化合物	159
10.2.1 胺的分类、命名及其官能团的结构	159
10.2.2 胺的物理性质	161
10.2.3 胺的化学性质	161
10.2.4 重要的胺	169
10.3 腈	171
10.3.1 腈的命名	171
10.3.2 腈类化合物的性质	171
10.3.3 丙烯腈	172
10.4 重氮和偶氮化合物	172
10.4.1 芳香族重氮盐的制备	173
10.4.2 芳香族重氮盐的性质	173
10.5 有色物质的结构特征	177
10.6 含氮有机化合物废水	178
10.6.1 含酰氨类化合物废水及其危害	178
10.6.2 含腈类化合物的废水及其危害	178
10.6.3 含硝基类化合物的废水及其危害	178

10.6.4 含胺类化合物的废水及其危害	179
10.6.5 印染废水简介	180
习题	180
11 蛋白质	183
11.1 蛋白质的化学组成	183
11.1.1 蛋白质的组成	183
11.1.2 氨基酸分类和构型	183
11.1.3 氨基酸的化学性质	186
11.2 肽	188
11.2.1 肽的分类、结构及名称	188
11.2.2 多肽的化学性质	189
11.2.3 活性肽	190
11.3 蛋白质的化学概念及分类	191
11.3.1 蛋白质的化学概念	191
11.3.2 蛋白质的分类	191
11.4 蛋白质的结构	191
11.4.1 蛋白质一级结构	192
11.4.2 蛋白质的三维结构	192
11.5 蛋白质的性质	194
11.5.1 蛋白质的两性解离	194
11.5.2 蛋白质的胶体性质	194
11.5.3 蛋白质的腐败	195
习题	196
12 碳水化合物及其糖缀合物	197
12.1 糖的定义与分类	197
12.2 单糖	198
12.2.1 单糖的结构和构型	198
12.2.2 单糖的环状结构	199
12.2.3 单糖的物理性质	201
12.2.4 单糖的化学性质	201
12.2.5 非碳水化合物的单糖	205
12.3 二糖	205
12.3.1 蔗糖	205
12.3.2 乳糖	206
12.3.3 麦芽糖	206
12.3.4 纤维二糖	207
12.3.5 海藻糖	207

12.4 多糖	207
12.4.1 淀粉	208
12.4.2 纤维素	210
12.5 糖缀合物	211
12.5.1 糖蛋白	211
12.5.2 糖脂类化合物——鼠李糖脂及其在环境中的应用	212
习题	214
13 杂环化合物	216
13.1 杂环化合物的分类、命名及结构	216
13.1.1 分类和命名	216
13.1.2 结构和芳香性	217
13.2 重要的杂环化合物及其性质	218
13.2.1 吡啶	218
13.2.2 呋喃、噻吩、吡咯	222
13.2.3 喹啉、异喹啉	223
13.2.4 吲哚、咪唑和噻唑	224
13.2.5 参与核苷酸组成的杂环-嘌呤及嘧啶	225
13.3 杂环化合物的污染及其危害	226
习题	227
14 立体化学	228
14.1 手性分子和对映异构体	228
14.1.1 手性分子的特性与特点	228
14.1.2 手性碳原子和手性分子的分类	229
14.2 具有手性碳原子的手性分子	229
14.2.1 含有一个手性碳原子的手性分子	229
14.2.2 对映异构体构型的标记法	230
14.2.3 构型与旋光方向	232
14.2.4 对映体的物理及化学性质特点	232
14.2.5 具有两个手性碳原子的手性分子	232
14.3 不含手性碳原子的手性分子	233
14.3.1 含有其他手性中心的手性分子	233
14.3.2 不含手性中心的手性分子	234
习题	234
15 合成高分子化合物	236
15.1 概述	236
15.2 高分子化合物的合成及性能	238

15.2.1	高分子化合物的合成方法	238
15.2.2	高分子化合物的一般性质	238
15.3	主要的高分子化合物	240
15.3.1	工程塑料	240
15.3.2	有机玻璃	241
15.3.3	聚四氟乙烯	242
15.3.4	环氧树脂	243
15.3.5	功能高分子	243
	习题	246
16	有机化学实验室基础知识与实验	247
16.1	有机化学实验室基础知识	247
16.1.1	实验室的安全	247
16.1.2	有机化学实验常用的玻璃仪器	250
16.2	有机化学实验	251
16.2.1	官能团的性质实验(Ⅰ)(实验一)	251
16.2.2	官能团的性质实验(Ⅱ)(实验二)	255
16.2.3	己二酸制备(实验三)	258
16.2.4	乙酰苯胺制备和提纯(实验四)	260
16.2.5	乙酰水杨酸(阿司匹林)(实验五)	263
16.2.6	溴乙烷的制备(实验六)	264
16.2.7	有机化合物的物理性质实验(实验七)	266
16.2.8	综合设计性实验(实验八)	267
	参考文献	269

1 绪 论

1.1 有机化合物和有机化学

1.1.1 有机化合物及其特点

有机化合物 (organic compound) 就是碳的化合物, 绝大多数有机化合物中都含有碳 (carbon) 和氢 (hydrogen)。此外常见的元素还有氧 (oxygen)、氮 (nitrogen)、卤素 (halogen)、硫 (sulfur)、磷 (phosphor) 及一些金属元素。但一些简单的含碳化合物如 CO_2 、 CO 、 HCN 等, 同典型的无机化合物 (inorganic compound) 相似, 一般把它们看作无机化合物。

若要对有机化合物下定义, 我们可以说: 有机化合物是指碳氢化合物及其衍生物 (derivative)。或者说: 有机化合物是指烃 (hydrocarbon) 及其衍生物。

典型的有机化合物与典型的无机化合物在性质上有明显的差别, 碳元素处于周期表的第二周期, 恰在电负性极强的卤素和电负性极弱的碱金属之间, 所以碳化合物具有不同于无机化合物的以下特点:

(1) 分子组成复杂: 很多有机物在组成上与无机物相比要复杂得多, 例如从自然界分离出来的维生素 B_{12} , 它的组成是 $\text{C}_{63}\text{H}_{90}\text{N}_{14}\text{O}_{14}\text{PCo}$ (Co 为钴元素), 而无机物往往是由几个原子组成。

(2) 易燃烧: 除少数外, 一般的有机物都易燃烧。若分子中只含有碳、氢两种元素, 则燃烧的最终产物是二氧化碳和水, 我们常利用这一性质区别有机物和无机物。把样品放在一小块白金片上, 在火焰上慢慢加热, 假若是有机物, 立即着火或炭化变黑, 最终完全烧掉, 白金片上不留残余物 (residues)。大多数无机物不能着火, 也不能烧尽。

(3) 熔点和沸点低: 有机物在室温下常为气、液或低熔点固体。很多无机物是固体, 其结晶体是由离子排列而成的, 带电荷的正负离子间以静电相互吸引, 若要破坏这一有规则的排列需要比较高的能量, 因此它们的熔点一般表现得比较高。非离子性化合物与离子性化合物完全不同, 其原子间是由共价键结合起来的, 因而所形成的晶体或一般性固体的结构单位是分子, 而不是离子, 只要克服了分子与分子之间的结合力 (范德华力, Van der Waals attraction), 这类化合物所形成的结晶体或一般性固体就能熔化。由于分子间的作用力与离子间的结合力相比, 通常要弱得多, 所以很多有机物熔点较低, 实验室中便于测定。多数纯有机物都有一定的熔点。因此鉴别有机物时, 熔点是一个非常重要的参数。

沸腾是个体分子或带相反电荷的离子从所组成的液体中脱离的过程。当温度达到某一点时, 质点的热能大到足以克服液体内部束缚它们的内聚力时, 沸腾就发生了。非离子性化合物与离子性化合物不同, 在液态时它们的单位仍然是分子, 由于这种分子间的作用力