

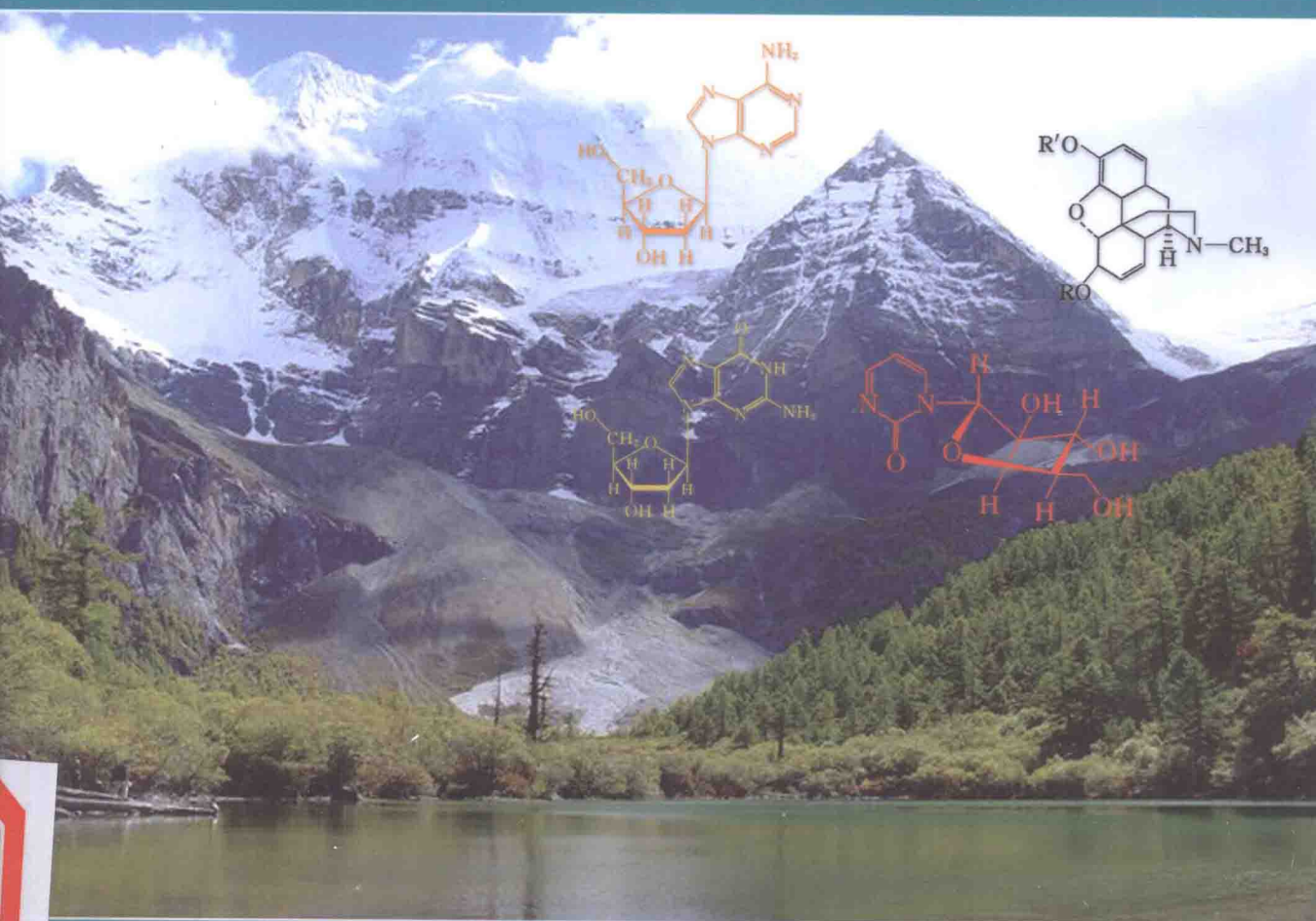


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国普通高等院校工科化学规划精品教材

绿色化学 (第二版)

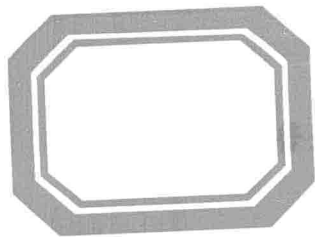
Green Chemistry

● 主编 张龙 贡长生 代斌



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



通高等教育“十一五”国家级规划教材

绿色化学

(第二版)

主 编:张 龙 贡长生 代 斌
副主编:张恭孝 杨建新 李忠铭 李再峰
参 编:徐 军 刘晓庚 杜光明 刘 欣
尹学琼 晋 梅 马晓伟

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

绿色化学是 20 世纪 90 年代出现的具有重大社会需求和明确科学目标的新兴交叉学科,是当今国际化学化工科学研究的前沿和发展的重要领域。本书以绿色化学原理为主线,系统地介绍了具有先进性、实用性和前瞻性的绿色化学技术及其在现代化学工业中的应用,全面地论述了实践绿色化学原理、发展循环经济和构建生态工业园的若干重大关联问题,充分体现了绿色化学的内涵和外延,展示了绿色化学化工的辉煌前景。本书共分 14 章,内容包括绿色化学的兴起和发展、绿色化学原理、绿色无机合成、绿色有机合成、高分子材料的绿色合成技术、精细化工的绿色化、化学工艺过程的绿色化、能源工业的绿色化、化工过程强化技术、二氧化碳资源化利用与减排、生物质利用的绿色化学化工过程、海洋资源开发利用的绿色化学、绿色化学化工过程的评估,以及循环经济和生态工业园等。

本书可作为化学化工类专业及相关专业大学本科教材,也可作为研究生选修教材。同时,还可以供从事科学研究与开发、化工生产和企业管理的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

绿色化学/张龙,贡长生,代斌主编. —2 版. —武汉:华中科技大学出版社,2014.7
ISBN 978-7-5680-0230-1

I. ①绿… II. ①张… ②贡… ③代… III. ①化学工业-无污染技术-高等学校-教材 IV. ①X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 155187 号

绿色化学(第二版)

张 龙 贡长生 代 斌 主编

策划编辑:王连弟 王新华

责任编辑:王新华

封面设计:刘 卉

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:26.25

字 数:686 千字

版 次:2008 年 5 月第 1 版 2014 年 8 月第 2 版第 6 次印刷

定 价:54.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第二版前言

绿色化学是当今国际化学学科研究的前沿,它吸收了当代化学、化工、物理、生物、材料、环境和信息等学科的最新理论成果和技术,是具有重大社会需求和明确科学目标的新兴交叉学科。

《绿色化学》为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,自2008年6月华中科技大学出版社出版发行以来,被全国许多高校广泛采用,获得一致好评。经多次印刷,仍不能满足广大读者的需求。随着全球绿色产业和绿色经济的快速发展,绿色化学化工理念为越来越多的人所接受,绿色技术和产业的发展为各国政府和企业所重视,新思维、新技术和新成果不断涌现,从而赋予了绿色化学新的时代内涵和更加丰富的内容。为此,本书编委会商定在《绿色化学》第一版的基础上进行充实修订,出版第二版,以反映绿色化学学科的最新进展和应用,特别是增加了二氧化碳的资源化利用与节能减排、生物质和海洋资源绿色化利用方面的最新研究成果及进展,力求做到与时俱进,跟踪时代,立足国情,注重发展。

《绿色化学》(第二版)共分14章。第1章简要叙述绿色化学产生和发展的时代背景及绿色化学的内涵和特点。第2章论述绿色化学的12条基本原则。第3章和第4章分别介绍在无机合成和有机合成中应用的具有先进性、实用性、前瞻性的绿色化学化工技术。第5章介绍高分子材料合成的绿色化技术。第6章重点介绍制药工业、农药工业和新型功能材料等的绿色合成化学。第7章以典型产品的绿色工艺为例,介绍化学工艺过程的绿色化和绿色工程概念。第8章介绍了二氧化碳的资源化利用与节能减排。第9章介绍了生物质资源利用的绿色化学与化工过程。第10章介绍了海洋资源利用的绿色化学。第11章论述洁净煤燃烧技术和生物质能源等的研究与开发利用,以及可再生能源与可持续发展的关系。第12章介绍循环经济和生态工业园。第13章叙述化工过程强化技术在绿色化学化工中的应用。第14章根据绿色化学评估的基本准则,重点论述化学化工过程“绿色化”的评价指标及其应用。总之,全书以绿色化学原理为主线,突出理论创新、知识创新和技术创新。除了保持第一版基本构架外,较大篇幅地增加了近年来绿色化学方面的新成果、新技术和新进展,尤其是二氧化碳的资源化利用与节能减排、生物质和海洋资源绿色化利用方面的最新研究成果等内容,充分展示绿色化学化工的广阔发展前景和重要应用。因此,本书具有较强的前瞻性、实用性和可读性。书中加*的内容为选讲内容。

本书由张龙、贡长生、代斌担任主编,由张恭孝、杨建新、李忠铭、李再峰任副主编。本书编写分工如下:第1章、第14章贡长生(武汉工程大学),第2章徐军(郑州大学),第3章、第4章张龙(长春工业大学),第5章李再峰(青岛科技大学),第6章杨建新(海南大学),第7章李忠铭(江汉大学)、晋梅(江汉大学),第8章刘晓庚(南京财经大学),第9章杜光明(新疆农业大学)、刘欣(长春工业大学),第10章尹学琼(海南大学),第11章、第12章代斌(石河子大学)、马晓伟(石河子大学),第13章张恭孝(泰山医学院)。全书由张龙、贡长生统一修改定稿。

在编写过程中,得到了长春工业大学、武汉工程大学、石河子大学、青岛科技大学、郑州大学、江汉大学、海南大学、泰山医学院、南京财经大学、新疆农业大学等单位的大力支持,特别是华中科技大学出版社的热情帮助,同时还得到了海南省中西部高校提升综合实力工作基金项

目(hdjy1332)的支持,在此特致以诚挚的谢意!同时,向书中所引用文献资料的中外作者表示衷心的感谢!

由于绿色化学是一个新兴、多学科交叉的研究领域,涉及的学科知识面广,加之编著者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

2014年5月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 绿色化学的兴起与发展	(1)
1.1.1 生态环境的危机呼唤绿色化学	(1)
1.1.2 环境保护的宣传和法规推动绿色化学	(1)
1.1.3 化学工业的发展催发绿色化学	(2)
1.1.4 可持续发展促进绿色化学	(3)
1.1.5 绿色化学和技术成为各国政府和学术界关注的热点	(3)
1.2 绿色化学的研究内容和特点	(5)
1.2.1 绿色化学的含义	(5)
1.2.2 绿色化学的研究内容	(5)
1.2.3 绿色化学的特点	(5)
1.3 绿色化学在国内外的的发展概况	(6)
1.3.1 绿色化学在国外的的发展概况	(6)
1.3.2 我国十分重视绿色化学的研究工作	(12)
1.4 绿色化学是我国化学工业可持续发展的必由之路	(13)
1.4.1 绿色化学所引发的产业革命	(13)
1.4.2 绿色化学是我国化学工业可持续发展的优选模式	(15)
1.4.3 发展对策	(16)
复习思考题	(17)
参考文献	(18)
第 2 章 绿色化学原理	(19)
2.1 防止污染优于污染治理	(20)
2.1.1 末端治理与污染防治	(20)
2.1.2 污染防治的措施	(20)
2.2 原子经济性	(21)
2.2.1 原子经济性的概念	(21)
2.2.2 反应的原子经济性	(21)
2.3 绿色化学合成	(23)
2.3.1 无毒、无害原料	(23)
2.3.2 改变合成路径	(23)
2.3.3 绿色化学合成	(24)
2.4 设计安全化学品	(25)
2.4.1 安全化学品的含义	(25)
2.4.2 设计安全化学品的一般原则	(26)
2.4.3 设计安全化学品的方法	(26)
2.5 采用安全的溶剂和助剂	(27)

2.5.1 常规有机溶剂的环境危害	(27)
2.5.2 水	(27)
2.5.3 二氧化碳	(27)
2.5.4 离子液体	(28)
2.5.5 固定化溶剂	(28)
2.5.6 无溶剂系统	(29)
2.6 合理使用和节省能源	(29)
2.6.1 化学工业中的能源使用	(29)
2.6.2 新的能源利用技术	(29)
2.6.3 优化反应条件	(30)
2.7 利用可再生资源合成化学品	(30)
2.7.1 可再生资源与不可再生资源	(30)
2.7.2 利用可再生资源合成化学品	(30)
2.8 减少不必要的衍生化步骤	(31)
2.8.1 保护基团	(31)
2.8.2 暂时改性	(31)
2.8.3 加入官能团提高反应选择性	(31)
2.9 采用高选择性的催化剂	(32)
2.9.1 催化作用优于化学计量关系	(32)
2.9.2 环境友好催化剂	(32)
2.9.3 环境友好催化过程	(33)
2.10 设计可降解化学品	(33)
2.10.1 化学品废弃物的危害性	(33)
2.10.2 化学品设计应考虑降解功能	(34)
2.11 预防污染的现场实时分析	(34)
2.12 防止生产事故的安全工艺	(35)
复习思考题	(35)
参考文献	(36)
第3章 无机合成反应的绿色化技术	(37)
3.1 水热合成法	(37)
3.1.1 概述	(37)
3.1.2 水热合成法的原理	(37)
3.1.3 水热合成法的应用实例	(37)
3.2 溶胶-凝胶法	(38)
3.2.1 概述	(38)
3.2.2 溶胶-凝胶法的原理	(38)
3.2.3 溶胶-凝胶法的应用实例	(39)
3.3 局部化学反应法	(39)
3.3.1 脱水反应	(40)
3.3.2 嵌入反应	(40)

3.3.3 离子交换反应	(40)
3.3.4 同晶置换反应	(41)
3.3.5 分解反应	(42)
3.3.6 氧化还原反应	(42)
3.4 低热固相反应	(42)
3.4.1 概述	(42)
3.4.2 低热固相反应的反应机理及化学反应规律	(43)
3.4.3 低热固相反应的应用	(44)
3.5 流变相反应	(45)
3.5.1 概述	(45)
3.5.2 流变相反应的原理	(45)
3.5.3 流变相反应的应用	(45)
3.6 先驱物法	(46)
3.6.1 概述	(46)
3.6.2 先驱物法的应用	(47)
3.7 助熔剂法	(47)
3.8 化学气相沉积法	(48)
3.8.1 概述	(48)
3.8.2 化学气相沉积法的原理	(48)
3.8.3 化学气相沉积法的应用	(48)
3.9 聚合物模板法	(50)
3.9.1 概述	(50)
3.9.2 聚合物模板法的原理	(50)
3.9.3 聚合物模板法应用实例	(51)
复习思考题	(51)
参考文献	(52)
第4章 绿色有机合成	(54)
4.1 高效化学催化的有机合成	(54)
4.1.1 固体酸催化的有机合成	(54)
4.1.2 固体碱催化的有机合成	(67)
4.1.3 离子液体催化剂	(70)
4.2 生物催化的有机合成	(74)
4.2.1 概述	(74)
4.2.2 酶催化的基本原理	(75)
4.2.3 生物催化剂的主要种类	(77)
4.2.4 生物催化反应的典型工艺	(77)
4.3 不对称催化合成	(78)
4.3.1 概述	(78)
4.3.2 不对称催化合成反应的原理及过程分析	(79)
4.3.3 不对称催化反应中的催化剂体系	(82)

4.4 氟两相系统的有机合成	(94)
4.4.1 氟两相系统的反应原理	(94)
4.4.2 氟两相系统的主要应用实例	(94)
4.5 相转移催化的有机合成	(96)
4.5.1 概述	(96)
4.5.2 相转移催化反应原理	(96)
4.5.3 相转移催化反应的应用	(97)
4.6 组合化学合成	(98)
4.6.1 概述	(98)
4.6.2 组合化学合成原理	(98)
4.6.3 组合化学合成的应用	(99)
4.7 有机电化学合成	(101)
4.7.1 概述	(101)
4.7.2 有机电化学合成原理	(101)
4.7.3 电化学合成的典型工艺	(102)
复习思考题	(104)
参考文献	(104)
第5章 高分子材料的绿色合成技术	(108)
5.1 以水为分散介质的聚合技术	(108)
5.1.1 以水为介质聚合的特点	(109)
5.1.2 水相聚合系统的组成及其作用	(109)
5.1.3 水相聚合反应原理	(111)
5.2 离子液体中的聚合技术	(113)
5.2.1 自由基聚合	(113)
5.2.2 离子聚合	(114)
5.2.3 缩聚和加聚	(114)
5.2.4 配位聚合	(114)
5.2.5 电化学聚合	(115)
5.3 超临界流体中的聚合技术	(115)
5.3.1 超临界二氧化碳中的聚合反应	(115)
5.3.2 超临界介质中聚合物的解聚反应	(116)
5.4 低残存 VOC 的水性聚氨酯合成技术	(116)
5.4.1 水性聚氨酯的分类	(117)
5.4.2 水性聚氨酯的原料	(118)
5.4.3 水性聚氨酯树脂的制备	(118)
5.4.4 水性聚氨酯的性能	(121)
5.4.5 水性聚氨酯的应用	(122)
5.5 辐射交联技术	(123)
5.5.1 辐射交联与裂解的基本原理	(123)
5.5.2 辐射聚合的主要特点	(124)

5.5.3 辐射交联对聚合物性能的影响	(125)
5.5.4 辐射交联技术的工业化应用	(125)
5.5.5 辐射交联技术在生物医用材料方面的应用	(125)
5.6 等离子体聚合技术	(126)
5.6.1 等离子体的种类及特点	(127)
5.6.2 等离子体聚合机理	(127)
5.6.3 等离子体聚合的应用	(128)
5.7 酶催化聚合技术	(130)
5.7.1 酶催化开环聚合	(130)
5.7.2 酶催化缩聚反应	(132)
复习思考题	(133)
参考文献	(133)
第 6 章 精细化工的绿色化	(135)
6.1 制药工业的绿色化	(135)
6.1.1 概述	(135)
6.1.2 绿色化学制药	(135)
6.1.3 绿色生物制药	(140)
6.1.4 绿色天然药物	(142)
6.2 农药工业的绿色化	(145)
6.2.1 绿色农药的含义及分类	(145)
6.2.2 绿色生物农药	(145)
6.2.3 绿色化学农药	(152)
6.2.4 绿色农药制剂	(155)
6.3 功能材料的绿色化*	(156)
6.3.1 聚苯胺材料	(156)
6.3.2 石墨烯	(157)
6.4 电子化学品的绿色化*	(160)
6.4.1 辐射线抗蚀剂	(160)
6.4.2 聚酰亚胺封装材料	(161)
6.4.3 环氧模塑料	(161)
6.4.4 超净高纯化学试剂	(163)
6.4.5 绿色电池材料	(163)
复习思考题	(169)
参考文献	(169)
第 7 章 重要中间体和产品的绿色合成工艺	(172)
7.1 概述	(172)
7.2 重要中间体的绿色合成	(172)
7.2.1 碳酸二甲酯	(172)
7.2.2 1,3-丙二醇	(179)
7.2.3 己二酸	(184)

7.3 典型产品的绿色合成工艺	(189)
7.3.1 过氧化氢的绿色合成工艺	(189)
7.3.2 聚天冬氨酸的绿色合成工艺	(192)
7.3.3 聚乳酸的绿色合成工艺	(193)
7.4 绿色工程	(195)
复习思考题	(195)
参考文献	(195)
第8章 二氧化碳的资源化利用与减排绿色过程	(197)
8.1 全球二氧化碳的排放概况	(197)
8.1.1 二氧化碳的来源	(197)
8.1.2 世界各国二氧化碳排放的现状与趋势	(197)
8.1.3 中国的能源利用和温室气体的排放	(199)
8.2 二氧化碳的分离和固定	(200)
8.2.1 二氧化碳的特性	(200)
8.2.2 二氧化碳的分离技术	(201)
8.2.3 二氧化碳的固定技术	(204)
8.2.4 二氧化碳的封存技术	(204)
8.3 二氧化碳的化学转化原理	(206)
8.3.1 二氧化碳的结构	(206)
8.3.2 二氧化碳的活化方法	(206)
8.4 二氧化碳资源化利用及其实例	(209)
8.4.1 二氧化碳在无机合成中的应用	(211)
8.4.2 二氧化碳在有机合成中的应用	(214)
8.4.3 二氧化碳在材料合成中的应用	(216)
8.4.4 二氧化碳作为超临界流体技术的应用	(217)
8.5 二氧化碳的节能减排	(224)
8.5.1 能源合理利用与环境的可持续发展	(224)
8.5.2 实施二氧化碳减排的发展对策	(225)
复习思考题	(228)
参考文献	(229)
第9章 生物质利用的绿色化学化工过程*	(231)
9.1 概述	(231)
9.1.1 生物质的自然状况	(231)
9.1.2 生物质概念	(231)
9.1.3 生物质的分类	(231)
9.1.4 生物质的用途	(232)
9.1.5 生物质的分布	(233)
9.1.6 生物质的综合利用	(233)
9.2 生物质主要成分的性质及分析方法	(235)
9.2.1 纤维素的物理化学性质	(235)

9.2.2 半纤维素的物理化学性质	(238)
9.2.3 木质素的物理化学性质	(240)
9.2.4 生物质的溶剂体系及规律	(242)
9.2.5 生物质结构分析方法	(243)
9.2.6 生物质组成分析方法	(247)
9.3 生物质主要成分的化学转化原理	(248)
9.3.1 纤维素组分的化学转化	(248)
9.3.2 半纤维素组分的化学转化	(249)
9.3.3 木质素组分的化学转化	(251)
9.4 生物质组分清洁分离原理及工艺	(252)
9.4.1 组分分离的基本原理	(252)
9.4.2 基于蒸气爆破的组分分离过程	(253)
9.4.3 基于碱-过氧化物体系的组分分离过程	(254)
9.4.4 基于超临界介质体系的组分分离过程	(255)
9.4.5 基于能量场强化的组分分离过程	(255)
9.5 生物质化工利用的绿色过程	(255)
9.5.1 生物质制乙醇	(256)
9.5.2 生物质制丁醇与丙酮	(257)
9.5.3 生物质制多元醇	(258)
9.5.4 生物质制乙酰丙酸	(259)
9.5.5 生物质制己二酸	(259)
9.5.6 生物质制氢气	(260)
9.5.7 基于生物质的功能材料	(262)
9.6 天然油脂的绿色化学转化过程	(264)
9.6.1 简介	(264)
9.6.2 天然脂肪酸(酯)的性质及化学转化原理	(265)
9.6.3 天然脂肪酸绿色转化典型产品与过程	(267)
复习思考题	(269)
参考文献	(269)
第 10 章 海洋资源开发利用的绿色化学	(272)
10.1 海洋资源储量及其利用进展	(272)
10.1.1 海洋资源储量	(272)
10.1.2 海洋资源利用进展	(273)
10.2 从海洋资源中提取和制备食品添加剂	(274)
10.2.1 海藻多糖	(274)
10.2.2 鱼肝油	(276)
10.3 从海洋资源中提取和合成药物	(278)
10.3.1 甲壳素/壳聚糖的提取及降解	(278)
10.3.2 海洋药物的全合成	(281)
10.3.3 从微生物次生代谢产物中提取活性物	(281)

10.4 从海洋资源中提取稀有元素·····	(283)
10.4.1 钾元素·····	(284)
10.4.2 溴元素·····	(285)
10.4.3 锂元素·····	(285)
10.4.4 铀元素·····	(287)
10.5 海水淡化·····	(288)
10.6 海洋资源开发利用的战略意义和发展对策·····	(290)
10.6.1 海洋资源开发利用的战略意义 ·····	(290)
10.6.2 海洋资源开发利用的发展对策 ·····	(291)
复习思考题·····	(291)
参考文献·····	(291)
第 11 章 能源工业的绿色化 ·····	(294)
11.1 化石燃料清洁利用技术·····	(294)
11.1.1 能源消耗对环境的影响 ·····	(294)
11.1.2 煤的洁净燃烧与高效利用技术 ·····	(294)
11.2 生物质能的研究与开发·····	(301)
11.2.1 生物质能利用现状 ·····	(302)
11.2.2 生物质能利用技术 ·····	(303)
11.2.3 生物质能发电 ·····	(305)
11.3 清洁能源的开发利用·····	(308)
11.3.1 太阳能·····	(308)
11.3.2 风能 ·····	(310)
11.3.3 地热 ·····	(311)
11.3.4 海洋能·····	(312)
11.4 可再生能源与可持续发展·····	(314)
11.4.1 可再生能源 ·····	(314)
11.4.2 能源可持续利用战略研究 ·····	(314)
复习思考题·····	(316)
参考文献·····	(317)
第 12 章 循环经济与生态工业园 ·····	(319)
12.1 生态工业的理论基础·····	(319)
12.1.1 生态工业的概念与特点 ·····	(319)
12.1.2 传统工业的两重性 ·····	(320)
12.1.3 工业生态经济系统 ·····	(320)
12.1.4 生态工业的理论依据 ·····	(320)
12.2 循环经济·····	(321)
12.2.1 循环经济的产生背景 ·····	(321)
12.2.2 循环经济的基本原则 ·····	(324)
12.2.3 循环经济的典型实例 ·····	(325)
12.2.4 循环经济的实施办法 ·····	(328)

12.3 生态工业园	(330)
12.3.1 国内外发展概况	(330)
12.3.2 生态工业园的规划原则及内容	(332)
12.3.3 生态工业园的构建	(333)
12.3.4 生态工业园示范项目	(334)
12.4 发展循环经济,建设和谐节约型社会	(338)
复习思考题	(341)
参考文献	(341)
第13章 化工过程强化技术	(343)
13.1 概述	(343)
13.1.1 化工过程强化的起因	(343)
13.1.2 化工过程强化的概念	(343)
13.1.3 化工过程强化的起源和发展	(344)
13.2 多功能反应技术	(345)
13.2.1 膜催化反应技术	(345)
13.2.2 催化蒸馏技术	(349)
13.2.3 悬浮床催化蒸馏技术	(350)
13.2.4 交替流反应技术	(352)
13.2.5 磁场稳定流化床反应技术	(353)
13.3 分离耦合技术	(355)
13.3.1 反应分离耦合技术	(355)
13.3.2 膜分离耦合技术	(355)
13.3.3 吸附蒸馏技术	(357)
13.4 微化工技术	(357)
13.4.1 微化工技术的研究	(358)
13.4.2 微型反应器	(358)
13.4.3 微化工技术的应用	(360)
13.4.4 微化工技术的展望	(360)
13.5 水力空化技术	(361)
13.5.1 水力空化作用机理	(361)
13.5.2 水力空化反应器	(361)
13.5.3 水力空化技术的应用	(362)
13.6 超重力技术	(363)
13.6.1 超重力技术简介	(363)
13.6.2 超重力反应/分离器	(363)
13.6.3 超重力技术的应用	(363)
13.6.4 超重力技术展望	(364)
13.7 超临界流体技术	(364)
13.7.1 超临界流体技术简介	(364)
13.7.2 超临界流体技术的应用	(365)

13.7.3 超临界流体的问题与展望	(365)
13.8 脉动燃烧干燥技术	(366)
13.8.1 脉动燃烧干燥系统	(366)
13.8.2 脉动燃烧干燥技术的特点	(367)
13.8.3 脉动燃烧干燥技术的应用	(367)
13.9 基于能量场的强化技术	(368)
13.9.1 微波技术	(368)
13.9.2 超声波技术	(371)
13.9.3 辐射技术	(373)
13.9.4 等离子体技术	(375)
13.10 化工过程强化设备	(376)
13.10.1 静态混合反应器	(376)
13.10.2 整体式反应器	(378)
13.10.3 旋转盘反应器	(379)
13.10.4 振荡流反应器	(380)
复习思考题	(382)
参考文献	(382)
第14章 绿色化学化工过程的评估	(384)
14.1 绿色化学评估的基本准则	(384)
14.1.1 绿色化学的12条原则	(384)
14.1.2 绿色化学的12条附加原则	(384)
14.1.3 绿色化学工程技术的12条原则	(384)
14.2 生命周期评估	(385)
14.2.1 生命周期评估的含义	(385)
14.2.2 生命周期评估的步骤	(386)
14.2.3 生命周期评估的用途	(387)
14.3 绿色化学化工过程的评估量度	(387)
14.3.1 化学反应过程的绿色化	(388)
14.3.2 化学化工过程绿色化的评价指标	(389)
14.3.3 绿色化学化工过程的评估实施	(394)
14.4 打造绿色化工,推进绿色发展	(400)
14.4.1 绿色化工产业的崛起	(400)
14.4.2 绿色化工产业的内涵	(401)
14.4.3 绿色化工产业的构建和发展	(401)
复习思考题	(403)
参考文献	(403)

第 1 章 绪 论

绿色化学是 20 世纪 90 年代出现的具有明确的社会需求和科学目标的新兴交叉学科,已成为当今国际化学科学研究的前沿,是 21 世纪化学化工发展的重要方向之一。

绿色化学的核心就是要利用化学原理和新化工技术,以“原子经济性”为基本原则,从源头上减少或消除污染,最大限度地从资源合理利用、生态平衡和环境保护等方面满足人类可持续发展的需求,实现人和自然的协调与和谐。因此,绿色化学及其应用技术已成为各国政府、学术界及企业界关注的热点。

1.1 绿色化学的兴起与发展

1.1.1 生态环境的危机呼唤绿色化学

随着世界人口的急剧增加、各国工业化进程的加快、资源和能源的大量消耗与日渐枯竭、工农业污染物和生活废弃物等的大量排放,人类生存的生态环境迅速恶化,主要表现为大气被污染、酸雨成灾、全球气候变暖、臭氧层被破坏、淡水资源紧张和被污染、海洋被污染、土地资源退化和沙漠化、森林锐减、生物多样性减少、固体废弃物造成污染等。

目前,人类赖以生存的自然环境遭到破坏,人与自然的矛盾激化。绿色象征着生命,象征着人与自然的和谐,绿色化学是人类生存和社会可持续发展的必然选择!

1.1.2 环境保护的宣传和法规推动绿色化学

人类只有一个地球。“保护我们的家园,加强污染治理,保护生态环境”已成为世界各国人民的共同心声和关注的大事,环保法规的颁布推动了绿色化学的兴起和发展。

1962 年美国女科学家 Carson R. 所著的《寂静的春天》(《Silent Spring》)出版,书中详细地叙述了 DDT 和其他杀虫剂对各种鸟类所产生的影响。DDT 等杀虫剂通过食物链使秃头鹰的数量急剧减少,同时也危及其他鸟类,使原来叶绿花红、百鸟歌唱的春天变得“一片寂静”。此外,这些杀虫剂通过皮肤、消化道进入人体,使人中毒;同时,在地球大气循环的作用下,被带到世界各地,甚至在北极的海豹和南极的企鹅体内也发现了 DDT。这强烈地唤醒了人类对生态环境保护的关注,这本书被誉为警世之作。

1972 年,联合国召开了人类环境会议,发表了《人类环境宣言》。

1987 年,联合国环境与发展委员会公布了《我们共同的未来》的长篇报告书。

1990 年,美国国会通过《污染预防法》,提出从源头上防止污染的产生。

1991 年,美国化学会(ACS)和美国环保署(EPA)启动了绿色化学计划,其目的是促进研究、开发对人类健康和生态环境危害较小的新的或改进的化学产品和工艺流程。

1992 年 6 月,在巴西里约热内卢举行了举世瞩目的联合国环境与发展大会,102 个国家的元首或政府首脑出席了会议,共同签署了《关于环境发展的里约热内卢宣言》《21 世纪议程》等 5 个文件。这是 20 世纪末人类对地球、对未来的美好而庄严的承诺!

1994年,我国政府发表了《中国21世纪议程》白皮书,制定了“科教兴国”和“可持续发展”战略,郑重声明走经济与社会协调发展的道路,将推行清洁生产作为优先实施的重点领域。

由联合国环境署等机构参与,中国绿色发展高层论坛组委会承办的“第五届中国绿色发展高层论坛”于2013年4月20—22日在海南省五指山举办,会议主题为“生态文明,绿色崛起和绿色发展”。

1.1.3 化学工业的发展催发绿色化学

化学作为一门创造性的学科,从诞生至今已取得了辉煌的成就。化学工业给人类提供了极为丰富的化工产品,迄今为止人类合成了600多万种化合物,工业生产的化学品已经超过5万种,目前全世界化工产品年产值已超过15000亿美元。我国生产的化学品近4万种,2001年石油和化工产品总产值达10990亿元,占全国工业总产值的9.8%。这些化工产品为人类创造了巨大的物质财富,极大地丰富了人类的物质生活,促进了社会的文明与进步。因此,化学工业在国民经济中占有极为重要的地位,成为国民经济的基础工业和支柱产业。但是也应该看到,大量化学品的生产和使用造成了有害物质对生态环境的污染,当代全球生态环境问题的严峻挑战都直接或间接与化学物质污染有关。表1-1列举了20世纪30年代以来世界范围内的八大公害事件。

表 1-1 20 世纪世界八大公害事件

事 件	污染物	发生时间、地点	致害原因和症状	公 害 成 因
马斯河谷烟雾	二氧化硫、 烟尘	1930 年 12 月 比利时马斯河谷	SO ₂ →SO ₃ →胸疼、咳嗽、流 泪、咽痛、呼吸困难等	工厂多,工业污染物 积聚,加之遇雾天
多诺拉烟雾		1948 年 10 月 美国多诺拉	SO ₂ +烟尘→硫酸→眼痛、 咳嗽、胸闷、咽喉痛、呕吐	
伦敦烟雾		1952 年 12 月 英国伦敦		
洛杉矶光化学烟 雾	光化学烟雾	1955 年 5—12 月 美国洛杉矶	石油工业、汽车尾气/紫外 线作用→眼病和咽喉发炎	氮氧化物、碳氢化物 排入大气
水俣病事件	甲基汞	1953—1979 年 日本九州	鱼吃甲基汞、人吃鱼→失 常	化工厂生产汞催化 剂
四日市哮喘病事 件	SO ₂ 、煤尘	1955—1972 年 日本四日市	重金属微粒、SO ₂ →眼痛、 支气管哮喘	Co/Mn/Ti 粉尘,SO ₂
米糠油事件	多氯联苯	1968 年 日本九州爱知县等 23 个府县	食用含多氯联苯的米糠油 →全身起红疙瘩、呕吐、恶 心、肌肉疼痛	生产中多氯联苯进 入米糠油
富山骨痛病	镉	1955—1965 年 日本富山	食用含镉的米和水→肾脏 障碍、全身骨痛、骨骼萎缩	炼锌厂含镉废水

还应该指出,西方国家工业化发展的经验、教训值得我们注意和吸取。那种“先污染,后治理”的粗放经营模式,不仅浪费了自然资源和能源,而且投资大、治标不治本,甚至有可能造成二次污染。因此,传统化学工业的发展,使得迫切需要寻求减少或消除化学工业对环境污染问题的措施和良策,而绿色化学及技术正是解决此问题行之有效的办法。从源头上防止污染,实施清洁生产技术,实现废物的“零排放”(zero emission),这是绿色化学的核心和目标。