



绿色化学与技术

LUSE HUAXUE YU JISHU

杨家玲 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

28

1-01

绿色化学与技术

杨家玲 主编

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

绿色化学是一门新兴的交叉学科,它吸收了当代化学、物理、生物、材料、信息等科学的最新理论和技术,是当今国际化学科学研究的前沿。绿色化学技术是未来化学工业发展的方向和基础,其核心是利用化学原理从源头上减少或消除化学工业对环境的污染。

本书从人类关心的环境保护出发,阐述了绿色化学对环境保护的重要性,详细地介绍了应用绿色化学技术和建立仿生群乐体的手段实现某些化学产品的洁净生产及零排放的方法和途径。

本书可供化学、化工、石油化工、环境保护等专业的科技工作者和大专院校的师生阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

绿色化学与技术/杨家玲主编. —北京:北京邮电大学出版社,2001.7

ISBN 7-5635-0517-2

I. 绿... II. 杨... III. 化学工业—无污染工艺 IV. X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 042929 号

书 名: 绿色化学与技术

主 编: 杨家玲

责任编辑: 孙伟玲

出版发行: 北京邮电大学出版社

北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

电话: 010-62282185(发行部)/010-62283578(传真)

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市源海印刷厂

开 本: 850 mm × 1 168 mm 1/32 印张: 9.25 字数: 247 千字

版 次: 2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0517-2/Z·30

定价: 18.00 元

前 言

绿色浪潮正在席卷全球,绿色技术、绿色消费、绿色产业、绿色产品……“绿色”象征着生态良性循环机制,已经深入到人们生活中的各个方面;“绿色”已经形成一个巨大的冲击波,正在涤荡着一切旧的传统的生产方式、生活方式、思维方式和价值观念。向一切传统观念和传统模式发起挑战。

绿色浪潮如此汹涌澎湃,绿色冲击如此广泛深入,这是因为以牺牲环境为代价实现自身发展的传统的生存模式已经招致大自然的报复,人们真正认识到人与自然的协调才是生存的必然。只有“绿色”才能拯救人类,只有实施可持续发展战略才是人类的必然选择。

当今人类以“效益”为根本宗旨的全球经济活动有着潜在的巨大危害,并给人类带来一系列不可克服的社会弊端,环境污染与生态破坏就是最突出的表现。因为传统的“效益”观念,使自然科学和工程技术活动失去了正确的标准,使人类社会不知不觉地走向灾难的深渊。过去,尽管人们已经关注到了这一点,但并未从更深的层次去反思这个问题,反而人们仍然以错误的“效益”观念为指导对生态危机进行补救。由于出发点未有根本的改变,所以人们的努力实际上只是放慢了走向灾难的步伐。

1992年联合国召开环境与发展大会,标志着人类开始走向新的文明。一个新的时代即将来临,拯救地球将成为21世纪的世界主旋律。

实施可持续发展战略已被世界各国所接受,环境问题已深入到国民经济和社会生活的各个方面,环境问题已经直接关系到国家的根本利益。我们如果不去积极地了解、捕捉和研究分析新的与环境

有关的信息,我们的思维就会滞缓,决策就会被动,机遇就会延误,工作就会困难。

世界变化如此迅速,为使各条战线、各级领导获得快捷而准确的信息以指导生产和经济的发展,也为使广大群众正确地安排好自己的衣、食、住、行,并为化学工作者们能够高屋建瓴地展望 21 世纪化学的研究方向,及早地看到发展的苗头,跟踪热点,以期尽早实现我们的生存发展同地球生态系统的和谐,建立起新的“绿色文明”。因此我们编写了《绿色化学与技术》一书。

由于条件和水平所限,在编写过程中不免有疏漏及错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2001 年 6 月

目 录

第一章 化学前沿——绿色革命

第一节 绿色化学概述	1
一、引言	1
二、历史追溯	2
三、绿色化学的概念	3
四、绿色化学大有可为	5
第二节 绿色化学的今天	7
一、绿色浪潮	7
二、绿色设计	10
第三节 绿色化学的明天	11
一、新的化学反应过程研究	11
二、传统化学过程的绿色化学改造	12
三、能源中的绿色化学问题和洁净煤化学技术	12
四、资源再生和循环使用技术	12
五、综合利用的绿色生化工程	13

第二章 化学反应的原子经济性及化工生产的洁净性

第一节 原子经济性	14
一、Wittig 反应与原子经济性	15
二、有机化学反应的原子经济性比较	16
三、避免不必要的衍生步骤与原子经济性	19

四、实例	23
第二节 无废生产工艺	27
一、无废生产的概念	27
二、组织无废生产的基本原则	31
三、组织无废生产的主要途径	35
第三节 化工生产的洁净性	43
一、清洁生产工艺	43
二、绿色能源工业生产工艺	51
第四节 洁净煤技术	65
一、有机硫脱除技术的研究	66
二、煤的气化技术	82

第三章 绿色化学的反应条件和介质

第一节 安全的辅助物质	93
一、采取无毒无害的溶剂	93
二、环境友好介质——绿色的辅助剂	94
第二节 高效的催化剂	98
一、高选择性的定向合成方法	99
二、无机盐催化剂的改进	100
三、高转化率的合成方法	102
四、均相和多相化学催化	103
五、酶催化和仿生催化	104
第三节 能量的有效利用	106
一、化学工业的能量问题	107
二、能量的综合利用	107
第四节 保持功效与降低毒性	111
一、化学合成原料的选择	111
二、化学合成产品的功效与毒性	112

三、化学反应实例	114
第四章 绿色化学与仿生群乐体	
第一节 从绿色生产工艺到仿生群乐体	117
一、仿生群乐体的提出	117
二、仿生群乐体的概念	118
三、仿生群乐体	120
第二节 仿生群乐体的建立	126
一、建立原则	126
二、建立的基本程序	127
三、示范举例	131
第三节 分析与展望	134
一、有说服力的证明	134
二、经济分析	135
三、展望	138
第五章 可持续发展的绿色化学	
第一节 环境的可持续发展	141
一、资源开发与利用	141
二、资源使用对环境的影响	145
第二节 污染防止技术	146
一、生物技术与绿色环境	146
二、绿色纯碱工艺改革与利用废物	151
三、绿色化肥工业的综合利用技术	155
四、化工生产中的水循环	159
第三节 污染控制技术	161
一、大气污染控制技术	162
二、水污染控制技术	167

三、固体废弃物污染控制技术	170
四、固体废渣污染控制	174

第六章 绿色化学和新的产业革命

第一节 新型绿色农药	176
一、光活化农药	177
二、土壤中农药的生物降解	182
第二节 绿色环境保护涂料	192
一、挥发性有机化合物和绿色环境保护	192
二、对应于环境保护的涂料——低 VOC 涂料	195
第三节 制革工业中的绿色化学与技术	199
一、制革工业现状	199
二、制革污染的来源及排污量估算	200
三、粗放型工业带来的严重后果	200
四、制革工业中的绿色化学与技术	201
第四节 降解塑料	206
一、降解塑料发展史	206
二、生物降解塑料	208
三、光降解塑料	214
四、降解塑料地膜	220
第五节 环境友善化学品的开发与生产	225
一、环境友善的石油产品	225
二、炼油催化技术	229
三、大气臭氧层的破坏和对策	232
四、CFCs 替代物的开发	235

第七章 绿色食品添加剂

第一节 食品添加剂的选用原则及使用标准	243
---------------------------	-----

第二节 天然防腐剂	244
一、海藻糖	245
二、甘露聚糖	245
三、壳聚糖	246
四、溶菌酶	246
五、鱼精蛋白	247
第三节 抗氧化剂	247
一、抗氧化剂的作用机理	248
二、天然抗氧化剂	249
第四节 发色剂	253
一、发色剂的发色原理	254
二、硫酸亚铁结晶及干燥品	257
第五节 呈味剂	259
一、酸味剂	260
二、甜味剂	264
三、苦味剂	266
第六节 凝固剂	267
第七节 生物疏松剂	269
第八节 天然增稠剂	271
一、琼脂	273
二、食用明胶	274
第九节 天然着色剂	277
第十节 食用乳化剂	279
一、酪朊酸钠	281
二、硬脂酸乳酸钙	282
参考文献	283
后 记	284

第一章

化学前沿——绿色革命

第一节 绿色化学概述

一、引言

化学研究的进展和化工科技的进步，为人类带来了巨大的益处，如药品的发展有助于治愈疾病，延长人类的寿命；聚合物技术的创新，有助于制衣和建筑材料的更新换代；农药化肥的发展，控制了虫害，提高了产量。然而，制造这些化学品时，亦带来了新的问题，即能源的浪费和环境的污染。

今天，人类正面临有史以来最严重的环境危机。由于人口急剧增加，资源消耗日益扩大，人均耕地、淡水和矿产等资源占有量逐渐减少，人口与资源的矛盾越来越尖锐；此外，在人类物质生活随着工业化而不断改善的同时，大量排放的生活污染物和工业污染物使人类的生存环境日益恶化。最近进行的一系列检测表明，我国城市中已有一半左右儿童的血铅含量超过了国际公认的铅中毒标准，而血铅含量增高导致智能降低和注意力缺失，我们的子孙后代正受到平均智能降低的严重威胁！

今天，研究人员正努力应付各种环境问题，探讨各种物质对环境造成的影响及研究怎样清除污染。对持久的发展来说，补救环境工作是必要的，但仍有不足之处。

近年来,可持续发展这个理念已经得到社会、经济及环境方面的重视。人类正面临着大气污染、臭氧层破坏、全球变暖、海洋污染、淡水资源紧张和污染、土地退化和沙漠化、森林锐减、生物多样性减少、环境公害、有毒化学品和危险废物十大环境问题,其中的大部分问题直接与化学和化工产品的化学物质污染有关。因此,从根本上治理环境污染的必由之路是大力发展无污染的绿色化学。

二、历史追溯

迄今为止,化学工业的绝大多数工艺是 20 多年前开发的,当时的生产成本主要包括原材料、能耗和劳动力的费用。近年来,由于化学工业向大气、水和土壤等排放了大量有毒、有害物质,人们已经注意到化学物质的生产对人类健康和环境造成的危害,认识到化学物质的使用可能导致意想不到的副作用。因此,有害化学物质的处理和环境保护受到重视,并成为主要的研究方向。

1993 年美国仅按 365 种有毒物质排放量估算,化学工业的排放量为 30 亿磅(1 磅 = 0.453 6 千克)。生产成本中增加了废物控制、处理和埋放,环保监测和达标,事故责任赔偿等费用。据统计 1992 年,美国化学工业用于环保的费用为 1 150 亿美元,清理已污染地区花去 7 000 亿美元。美国 Dupont 公司 1996 年化学品销售总额为 180 亿美元,环保费用为 10 亿美元。所以,从环保、经济和社会的要求看,化学工业不能再承担使用和产生有毒、有害物质的费用,需要大力研究与开发从源头上减少和消除污染的绿色化学。

1990 年美国颁布了污染防治法案(Pollution Prevention Act),将污染防治确立为美国的国策。所谓污染防治就是使得废物不再产生,不再有废物处理的问题。

1995 年 4 月美国副总统戈尔宣布国家环境技术战略,其目标为:至 2020 年地球日时,将废弃物减少 40% ~ 50%,每套装置消

耗原材料减少 20% ~ 25%。1996 年, 美国设立了“总统绿色化学挑战奖”, 奖励在利用化学原理从根本上减少化学污染方面卓有成就的个人或企业。所设奖项包括变更合成路线奖、改变溶剂/反应条件奖、设计更安全化学品奖、小企业奖和学术奖, 以表彰他们在绿色化学领域中的杰出成就。这些政府行为都极大地促进了绿色化学的蓬勃发展。

1997 年由美国国家实验室、大学和企业联合成立了绿色化学学院; 美国化学会成立了“绿色化学研究所”。日本也制定了以环境无害制造技术等绿色化学为内容的“新阳光计划”。欧洲、拉美地区也纷纷制定了绿色化学与技术的科研计划。总之, 绿色化学与技术研究已成为国外企业、政府和学术界的重要研究与发展方向。这对我国既是严峻的挑战, 也是难得的发展机遇。

在我国, 绿色化学的提出已有 6 年的历史。1995 年中国科学院化学部确定了《绿色化学与技术——推进化工生产可持续发展的途径》的院士咨询课题, 并“建议国家科技部组织调研, 将绿色化学与技术研究工作列入‘九五’基础研究规划”。此后, 以绿色化学为主题相继召开了多次学术讨论会, 推动了研究工作的进行。

1996 年, 中国科技大学利用信息和人才优势, 在朱远清院士的组织领导下, 成立了跨系、跨学科的“绿色科技与开发中心”, 并在大气污染与控制、可降解高分子材料、仿生化学减轻环境污染等方面取得了较高水平的研究成果。四川大学也成立了“绿色化学与技术研究中心”, 并在清洁的制革生产及制革废弃物利用等方面取得了相当的研究成果。

三、绿色化学的概念

1. 绿色化学的定义

绿色化学 (green chemistry) 又称环境无害化学 (environmentally

benign chemistry)、环境友好化学 (environmentally friendly chemistry)、清洁化学 (clean chemistry)。绿色化学即利用化学的原理、技术和方法减少或消灭对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂、试剂、产物、副产物等的使用和产生。绿色化学的理想在于不再使用有毒、有害的物质,不再产生废物,不再处理废物。它是一门从源头上阻止污染的化学。

2. 绿色化学的重要特点

化学可以粗略地看作是研究从一种物质向另一种物质转化的科学。传统的化学虽然可以得到人类需要的新物质,但是在许多场合中却既未有效地利用资源,又产生大量排放物造成严重的环境污染。

绿色化学是更高层次的化学,它的主要特点是“原子经济性”。即在获取新物质的转化过程中充分利用每个原料原子,实现“零排放”,因此既可以充分利用资源,又不产生污染。传统化学向绿色化学的转变可以看作是化学从“粗放型”向“集约型”的转变。

绿色化学是一门具有明确的社会需求和科学目标的新兴交叉学科。从科学观点看,绿色化学是对传统化学思维方式的更新和发展;从环境观点看,绿色化学从源头消除污染;从经济观点看,绿色化学合理利用资源和能源、降低生产成本,符合经济可持续发展的要求。因此绿色化学的目的是把现有化学和化工生产的技术路线从“先污染、后治理”改变为“从源头上根除污染”。

总之,绿色化学以体现当代最新科学技术的物理学、化学、生物学手段和方法,突出从源头上根除污染,实现化学与生态协调发展的宗旨,研究环境友好的新反应、新过程、新产品。

3. 绿色化学的核心问题

绿色化学的核心问题是研究新反应体系,包括研究新的合成方法和路线,寻求新的化学原料(物质资源),探索新的反应条件,设计和研制绿色产品等。从理论上讲,绿色化学要求通过对相关化

学反应热力学和动力学的研究，探索新兴化学键的形成和断裂的可能性及其选择性的调节与控制，发展新型化学反应，推动化学学科的发展。

四、绿色化学大有可为

化学工业在国民经济发展中扮演着非常重要的角色，同时，又是一个污染大户，它每年排放了大量的“废气”、“废水”、“废渣”，危害人类健康和社会的可持续发展。从长远的发展观点看，放弃污染严重的传统化学工业，支持传统化学工业的“绿色化”改造，及早认识绿色化学化工是人类生存和发展的必然趋势，迎接可持续发展的明天。因此，绿色化学将大有可为。

1. 绿色化学与环境治理

绿色化学与环境治理是完全不同的概念。环境治理是对已被污染的环境进行治理，使之恢复到被污染前的面目；而绿色化学则是从源头上阻止污染物的生成的新策略——污染预防，亦即没有污染物的使用、生成和排放，也就没有环境被污染的问题。因此，通过绿色化学途径，从科学研究出发，发展环境友好的化学、化工技术，可以解决环境污染与经济可持续发展的矛盾。

发展绿色化学将吸收和应用许多其他学科，如物理学、生态学等的最新理论、技术和手段，尤其是应用生物技术。对于生物技术的重视是必要的，但是这并不是说所有涉及生物的都是绿色的。生物原料并非全是对环境无害的绿色原料，生物反应过程并非都是绿色的过程，而生物制品也并非都是绿色产品。

2. 可持续发展的绿色化学

绿色化学化工的目标是寻找充分利用原材料和能源，且在各个环节都力求洁净和无污染的反应途径和工艺。过去的化工生产往往需要利用剧毒或有害的化工原料来生产有用的化工产品。如今，通过变更合成路线，即可从无毒、无害的原料中制取同样的产品。

如：美国 Dow 化学公司用二氧化碳代替破坏臭氧层的氯氟烃作为苯乙烯泡沫塑料的发泡剂；美国伊斯曼化学公司以煤为原料生产乙二醇等化学品，废渣用作建筑材料，副产品的二氧化碳经过净化用作饮料，全部原料“吃干榨净”，实现“废气”、“废水”、“废渣”的“零排放”。

美国的能源公司将生物工程用于石油产品的脱硫工艺，通过把专门的微生物放进各种油品进行“生物脱硫”，效果奇佳。这种新工艺比传统工艺投资节省 50%，操作费用减少 20%。

石油化工企业是用水和“废水”排放大户。我国原油企业每加工 1t 原油，平均耗水 3.41 t，排放工业废水 2.37 t。而国外炼油厂每加工 1t 原油，排放废水不足 0.5 t。日本千叶炼油厂每加工 1t 原油，排放废水 0.25 kg，废水基本充分利用。

绿色化学将不仅为传统化学工业带来革命性的变化，而且必将推进绿色能源及绿色农业的建立和发展。因此绿色化学是更高层次的化学，化学工作者不仅要研究化学品生产的可行性和现实用途，还要考虑和设计符合绿色化学要求、不产生或减少污染的化学过程。

化学的绿色革命是一个难题，也是化学工作者面临的一项新挑战。我国的工业企业特别是化工、染料、造纸、皮革等污染较严重行业的中小企业，应从环境保护大局出发，一方面研究和改进工艺流程，采用符合绿色化学要求的化学过程，减少和消除污染；另一方面要重视现有废物的处理，严格控制排放标准，解决“三废”治理问题。我们要从对人类负责和关心的态度出发，保护环境，造福后代。

21 世纪的化学、化工技术要满足环境、健康和社区安全的要求，只有不断培植发展绿色化学才能实现化学工业持续、健康的发展。

第二节 绿色化学的今天

在我们的地球上，“绿色”是生命的象征。绿色文化是人与自然协调发展的文化，绿色文化从狭义上讲，是人类适应环境而创造的一切以绿色植物为标志的文化，包括采集——狩猎文化、农业、林业、城市绿化以及所有的植物科学等。随着生态学和环境科学研究的深入，环境意识的普及，绿色文化产生了更为广义和深层次的内涵，即绿色文化是人类与环境协同发展、和谐共进，并能使人类可持续发展的文化，既包括持续农业、生态工程、绿色企业，也包括有绿色象征意义的生态意识、生态哲学、环境美学、生态艺术、生态旅游，以及生态伦理学、生态教学等。

近半个世纪以来，绿色革命的呼声日益高涨。它实质是提倡人类社会的可持续发展，强调自然资源的合理开发、综合利用和保护增值；强调清洁生产和无污染的绿色产品，提倡文明、适度的消费和生活方式。即“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。

一、绿色浪潮

人类的繁衍生息无时无刻不在消耗物质和能量，而人类的很多生产活动又是以牺牲环境这一不可替代资源为代价的。长期掠夺性开发，已经遭到大自然的报复，人们逐渐认识到人与自然的协调是生存的必然选择。

绿色技术、绿色产业迅速崛起，“绿色”正在成为 21 世纪的主流，人们称 21 世纪为“绿色世纪”。

1. 绿色技术

绿色技术是指根据环境价值并利用现代化科学技术全部潜力的无污染技术。在 1994 年美国环保局的科技计划中，把绿色技术分