

GREEN TECHNOLOGY & EXPERIENCE

绿色技术 及其应用

A large, vibrant green leaf with numerous water droplets is the central visual element. The leaf is positioned diagonally, with its stem pointing towards the bottom center. The background is a dark, textured green, creating a sense of depth and focus on the leaf. The overall composition is clean and modern, emphasizing the theme of green technology.

顾国维 主 编 何 澄 副主编

同济大学出版社

GREEN TECHNOLOGY AND APPLICATION

绿色技术

及其应用

中国环境科学出版社

中国环境科学出版社

中国环境科学出版社

238
/

主 编 顾国维
副主编 何 澄

绿色技术及其应用

GREEN TECHNOLOGY & EXPERIENCE



同济大学出版社

FB66/14

内 容 提 要

本书是由我国环境保护的资深专家主编的、对绿色技术的理论和实践进行全面论述和深入介绍的学术专著。它探讨了绿色技术概念的内涵和绿色技术的理论体系；详尽介绍了绿色技术在绿色产品、清洁生产、废弃物资源化等方面的实际应用；总结了实施和推广绿色技术过程中涉及的各种问题，并提出相关对策。本专著集学术性、知识性、政策性为一体，适合于环境保护的各级管理人员、各行业的技术和管理人员、在校教师和学生以及对环境保护和科学技术发展感兴趣的读者参考。

绿色技术及其应用

主编 顾国维 副主编 何 澄

同济大学出版社出版

(上海市四平路 1239 号 邮编:200092)

新华书店上海发行所发行

常熟市印刷八厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张:26.25 字数:670 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

印数:1-4 000 定价:37.00 元

ISBN7-5608-2062-X/X·19

如遇印装质量问题,可直接向承印厂调换

地址:常熟市梅李镇通江路 21 号 邮编:215511

本书的撰写和出版得到

台湾财团法人冯瓚华林清凉环境保护基金会的热情赞助
在此谨表谢意

主 编 顾国维
副主编 何 澄

编写组成员

马卫东 张亚雷 李咏梅 李春杰 李春鞠 胡龙 唐文伟 秦晓春 高淑民 蓝梅

序

绿色是充满希望的颜色。

当 21 世纪向我们走来时，全世界的人都在思考，我们将给予孙后代留下一个什么样的地球？

这本书正是在这样的背景下产生的。它由一群从事科学技术的研究人员编写，但又充溢着对社会的人文关怀，具有强烈的时代责任感。该书作者掌握了丰富的知识，以大量翔实的资料，向人们介绍先进的技术，同时也通过深入浅出的说理、生动优美的语言，展示一种新的理念和新的生活方式的种种可能。阅读该书，不仅能学到各种与环境保护相关的专业知识，也能够使更广泛层面的读者从中受益。

很高兴有许多同志通过自己的努力对环境保护进行系统的研究和积极的宣传。随着人民生活水平的提高，广大群众的环境意识会不断增强，绿色的概念也会越来越深入人心。许多工业先进国家是在付出沉痛的代价后才开始重视这个问题的，而我们今天的努力，是否正是为了少走这些弯路呢？

我们讲可持续发展，最终会有越来越多的人领悟到，不仅山水草木是绿色的，农业、工业可以是绿色的，能源、产品以至我们的衣食住行都可以冠以绿色。我相信，人类将通过技术的不断创新，建立起一个人与自然更为和谐的关系，真正迎来一个美好的明天。

中华人民共和国环境保护总局局长

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '解', '波', and '平'.

1998 年 11 月 7 日

前 言

1997 年的中国环境状况公报称：“我国加强了城市和重点区域环境污染的治理，淮河流域污染防治取得了阶段性成果，部分地区的环境质量有所改善。由于人口增长、经济发展，给资源带来巨大压力，部分地区生态环境继续恶化。”

这个公报和以前的“局部有所改善、整体还在恶化，前景令人担忧”的提法有所不同。“局部改善”变成了“部分地区”；“整体恶化”也变成了“部分地区”。表明我国在环境污染的防治上前进了一步。

令人瞩目的淮河污染治理是一个典型。经中央和流域四省的共同配合、艰苦努力、软硬兼施，淮河治理取得了可喜的阶段性成果。公报说“淮河干流水质有所改善”，这个改善来之不易。但“支流污染仍然严重”，治理任务仍然相当艰巨。

在淮河的治理中，全流域取缔和关停了 4987 家污染严重的小企业，其中小造纸厂就达 1111 家。这在防治中起了重要作用。对日排放废水 100 吨以上的 1562 家超标排污企业，实行限期治理，完成任务 1140 家，占 73%，其它的则关停并转。对日排放量在 100 吨以下的 1844 家超标排污企业，实行限期治理，完成 1506 家，达 81.7%，其它则关停并转。

以上数字表明：关闭的小企业很多，都属于污染严重、从技术经济上分析简直无法治理者。因而淮河的污染属于一种企业结构性污染，其工业废水能治的都治了，不能治的则关停并转了。工业污染治理总投资约 50 亿元左右。

淮河流域还规划建设 47 座城市污水厂，日处理能力 333 万吨，估计投资 70 亿元左右。

随着改革开放，在工业化和城市化的过程中，必然会引起农村人口向城市的转移，生活方式由农村型转向城市型，这就是城市化过程。大量农村剩余劳动力的处置十分重要，解决不好，就会制约农村的规模经济和农业的现代化，并形成大量的民工潮，造成社会问题。乡镇企业的崛起，为国家经济发展和吸纳大量剩余劳动力作出了贡献，但规划用地、布局、产业结构和环境污染等方面还存在不少问题。应加强指导和调控，防患于未然。

环境质量显然和经济发展水平是相关的。发达国家环境质量好，发展中国家环境质量一般相对较差，这是共知的事实。技术水平低、设备落后、物耗和能耗高，相应排污量就大，治理投资和运行费用就高。在这种状态下，高标准的治理，显然本末倒置。因而，对

发展中国家来说，技术进步、设备更新、管理水平的提高，意味着污染物排放量的下降，是最有效的源头控制。

环境污染控制贯穿于整个经济发展过程。这是因为随着科学技术的发展，新合成的化合物不断产生；同时随着认识水平和监测技术的提高，会发现某些化合物对环境的严重危害，例如温室气体、破坏臭氧层的氯氟烃类化合物以及三致物等。这就要求污染的控制深入到分子水平。水污染中，消除水体黑臭仅是水体环境保护的一个基本方面：即使水很清，并不能说明此水无危害，因为有些有毒有害的污染物是无色的，且在自然界很难降解。这种情况迫使科学家和技术专家越来越感到，要经济有效地控制日益复杂的环境污染，就要发展绿色技术和清洁生产，并从产品生命周期的全过程贯彻绿色观念，控制污染。环境污染的防治已进入新的更高层次，污染防治从末端治理转为从源头控制到末端治理的全过程，而关键是源头控制。

发达国家在发展绿色技术和清洁生产方面开展了不少工作，国内正在起步。为适应这种形势，及时介绍绿色技术和清洁生产方面的思路、方法和成果是很必要的。一年来，我的硕士和博士研究生在研究工作之余，通过广泛收集材料编辑成此书，以供读者参考。

博士生何澄为此书的编写和日常组织工作花费了大量的精力，马卫东、张亚雷、李咏梅、李春鞠、胡龙、唐文伟、秦晓春、高淑民、蓝梅参加了本书的编写工作。

本书的出版还得到台湾冯璜华林清凉环境保护基金会的热情赞助，在此谨表谢意。

由于书的内容涉及各行各业的技术和工艺，限于作者的专业面和水平，谬误之处在所难免，敬请读者赐正。

顾国维

1998年8月

目 录

第一章 绿色技术总论

第一节	科学技术的成就和影响	1
第二节	为什么需要绿色技术	2
第三节	绿色技术的意义和内容	4
	一、可持续发展和绿色技术	4
	二、绿色技术的主要内容	5
第四节	绿色技术的特征	6
	一、绿色技术的动态性	6
	二、绿色技术的层次性	7
	三、绿色技术的复杂性	7
第五节	绿色技术的理论体系	8
	一、绿色技术的覆盖范围	8
	二、绿色技术的理论体系	9
第六节	本书各章节的内容	10

第二章 重要的绿色产品

第一节	绿色产品概念之辨析	12
	一、绿色产品概念的一般含义及其现实意义	12
	二、绿色技术理论体系中绿色产品概念的理论含义	12
	三、应当提升绿色产品概念的地位	13
第二节	绿色汽车	13
	一、汽车与环境	13
	二、绿色汽车应运而生	15
	三、世界著名汽车公司发展绿色汽车的实践动态	21
第三节	绿色能源	25
	一、概述	25
	二、能源与环境	26
	三、绿色能源计划	27
	四、绿色能源技术	28
第四节	绿色建筑	36

	一、概述·····	36
	二、绿色建筑的具体内容·····	38
	三、绿色建筑实例·····	49
第五节	绿色冰箱·····	51
	一、改进隔热材料·····	51
	二、改进制冷剂·····	52
	三、提高压缩机运行效率·····	53
	四、先进的制冷系统·····	54
	五、运行过程的优化·····	55
第六节	绿色新材料·····	56
	一、概述·····	56
	二、可降解塑料·····	57
	三、超微粉末·····	60
	四、特种陶瓷·····	64
	五、智能材料·····	67
	六、工程塑料·····	68
	七、绿色建筑材料·····	70
第七节	绿色照明·····	73
	一、概述·····	73
	二、绿色照明的意义·····	73
	三、我国实施绿色照明工程的可行性·····	74
	四、我国绿色照明工程的框架内容·····	75
	五、实施绿色照明的技术措施·····	76
	六、我国推行绿色照明的动态·····	79
第八节	绿色化学及绿色化学品·····	80
	一、绿色化学·····	80
	二、绿色化学品·····	81
第九节	绿色农业·····	91
	一、概述·····	91
	二、基因技术在农业中的应用·····	93
	三、特种肥料、农药和薄膜·····	95
	四、水资源的有效利用·····	99
	五、有害生物的自然控制·····	101

六、农作物产品的深加工技术——以玉米为例	102
七、农业废弃物的资源化利用——以秸秆为例	103

第三章 清洁生产技术

第一节 清洁生产概述	107
一、清洁生产的定义	107
二、清洁生产的目标	108
三、清洁生产的内容	108
四、实现清洁生产的主要途径	109
五、清洁生产的评价	111
第二节 清洁生产的审计	113
一、筹划和组织	113
二、预评估	114
三、评估	115
四、方案的产生和筛选	115
五、可行性分析	116
六、方案实施	117
七、持续清洁生产	118
第三节 工业排放物和废弃物的采样和检测技术	118
一、液体的采样	119
二、气体和颗粒物的采样	119
三、泥浆的采样	123
四、流动固体颗粒物或流动粉末的采样	124
五、样品的预处理和保存	126
第四节 电子工业的清洁生产技术	128
一、概述	128
二、电子元件的生产过程	128
三、主要废弃物及其环境影响	132
四、清洁生产策略	134
五、清洁生产技术	135
第五节 化工行业的清洁生产技术	140
一、概述	140
二、化学工业与环境污染	141

	三、化工发展的趋势和必然选择·····	142
	四、化工清洁生产技术·····	142
	五、化工清洁生产审计及政策保证·····	147
第六节	煤炭开采和利用过程的清洁生产技术·····	151
	一、概述·····	151
	二、采煤过程中的粉尘防治技术·····	152
	三、煤层气开发技术·····	153
	四、煤炭的地下气化技术·····	154
	五、选煤技术·····	156
	六、型煤技术·····	158
	七、煤炭脱硫技术·····	159
	八、水煤浆技术·····	161
	九、煤的液化技术·····	163
	十、高效洁净的燃煤发电技术·····	165
	十一、副产品和废弃物的资源化利用技术·····	167
第七节	建材工业的清洁生产技术·····	172
	一、概述·····	172
	二、水泥的清洁生产技术·····	173
	三、墙体材料的清洁生产技术·····	182
	四、平板玻璃的清洁生产技术·····	185
第八节	造纸行业的清洁生产技术·····	186
	一、概述·····	186
	二、造纸技术原理以及常规生产工艺·····	188
	三、制浆造纸排放的污染物及其危害·····	193
	四、制浆造纸废水的厂内处理·····	197
	五、制浆造纸废水的厂外处理·····	201
	六、制浆造纸废水处理新技术发展动态·····	203
	七、污泥的脱水与处置·····	204
	八、国内造纸废水处理的进展情况·····	204
第九节	冶金行业的清洁生产技术·····	207
	一、概述·····	207
	二、清洁生产技术·····	211
第十节	机械制造行业的清洁生产技术·····	230

一、概述·····	230
二、传统机械制造技术的改进·····	231
三、促进清洁生产的先进制造技术·····	235
第十一节 工业废水、废液的综合利用技术·····	242
一、概述·····	242
二、电镀废水的综合利用·····	245
三、纺织印染废水的综合利用·····	246
第十二节 工业废气的回收和再利用技术·····	250
一、钢铁企业转炉烟气的回收和再利用·····	250
二、炼油及石油化工废气的回收和再利用·····	253
三、焦炉煤气中氨和硫的回收和再利用·····	259
四、燃煤烟气中二氧化硫的回收和再利用·····	262
五、有色金属冶炼废气的回收和再利用·····	269
六、废气中碳氧化物(CO _x)的回收和再利用·····	279
第十三节 工业废渣的综合利用技术·····	285
一、粉煤灰的综合利用·····	285
二、煤矸石的综合利用·····	285
三、钢渣的综合利用·····	285
四、铅锌废渣的回收和利用·····	287
五、铬渣的综合利用·····	289
六、废铜料的回收和利用·····	289
七、从含金废料中回收金及其提纯·····	291
八、从虾蟹加工废弃物中回收甲壳素·····	292

第四章 生活废弃物的资源回收和再利用技术

第一节 固体废弃物和废旧物资的综合利用·····	297
一、概述·····	297
二、固体废弃物的综合利用·····	297
三、废旧物资的回收和再利用·····	306
第二节 城市污水的再净与回用·····	316
一、概述·····	316
二、农业灌溉·····	317
三、地下水回灌·····	325

四、工业生产和空调制冷冷却水·····	328
五、非饮用市政中水·····	330
第三节 生活废弃物资源化利用的实例·····	332
一、开采废弃电子产品·····	332
二、香港的废油再循环·····	334
三、英国的玻璃再循环·····	334
四、纺织品的回收、重复利用和再制造·····	337
五、橡胶轮胎再循环·····	338
六、使用甘蔗渣作为优质肥料·····	340
 第五章 清洁生产的实施和推广	
第一节 对实施和推广的理论分析·····	343
一、清洁生产的实施类型·····	343
二、对清洁生产示范项目的分析·····	347
三、清洁生产的普遍推广·····	353
四、清洁生产是我国可持续发展的必然选择·····	360
第二节 清洁生产项目的实例介绍·····	367
一、上海市某化纤厂的清洁生产审计·····	367
二、台湾茂矽电子股份有限公司的清洁生产·····	385
三、国外的清洁生产实例·····	390
附录 有关国际机构的联系地址·····	400

第一章 绿色技术总论

第一节 科学技术的成就和影响

如果把人类文明的发展史浓缩为 30 分钟，原始的采猎文明占去 29 分 51 秒，接下来的 8 秒多时间是定居的农业文明，现代工业文明只占最后不到 1 秒钟的时间。然而，18 世纪开始的现代工业革命至今，人类文明发生的变化超过了以往人类历史两百多万年中变化的总和。究其原因，现代科学在 17 世纪的产生和发展，以及科学发展推动的技术革命在现代工业革命中起到了重要作用。近 300 年来，科学技术以难以置信的加速度发展，不断创造出新成就。

在科学的先导下，20 世纪发展了五大尖端技术：核技术、航天技术、电子计算机技术、激光技术和基因重组技术。五大技术都创造了奇迹：原子弹（1945 年），氢弹（1952 年），核电站（1954 年），人造地球卫星（1957 年），载人宇宙飞船绕地球一周（1961 年），阿波罗登月（1969 年），载人航天飞船（1977 年），电子计算机（1946 年），通用微型机（1971 年），红宝石激光器（1960 年），半导体激光器（1963 年），气体激光器（1964 年），自由电子激光器（1977 年），基因重组（1973 年），利用大肠杆菌制造人的生长激素抑制因子（1976 年），利用大肠杆菌产生人的胰岛素（1978 年），外源基因安全转移到患者体内（1989 年）。最新的科学技术发展更是令人眼花缭乱：1997 年至今，电脑“深蓝”战胜了世界冠军卡斯帕罗夫；信息高速公路正在把世界连成一个整体；英国爱丁堡罗斯林研究所运用克隆技术培育的小羊“Dolly”改变着人类对生命和自身的看法；880 千克的美国“火星探路者”经过 5.56 亿千米的征程将在火星表面着陆，在太空中开辟人类的第二故乡……

科学技术的成就使人们信服它对客观世界的巨大能动作用。同时，人们也认识到科学创新对人类思想意识形态、技术普及对普遍社会文化的引导。美国学者哈特写了一本《世界 100 名人排行榜》，将世界历史上 100 位名人排了一个次序。该书把科学家牛顿排在亚历山大大帝、华盛顿等人物之前。因为牛顿推动的科学技术所产生的力量在更大范围和更深层次上改变了世界。无独有偶，心理学家霍华德的新作《领导之心（Leading minds）》中，开宗明义点出：与第二次世界大战结束之际的英美苏三巨头相比，同时期的爱因斯坦更可成为一个领袖。因为爱因斯坦提出了影响全球的相对论思想，他比政治人物更早看到限制核武器发展的必要，他比政治人物有更大的影响力。

第二节 为什么需要绿色技术

科学技术的发展改变着客观世界和人类社会，在许多方面使人们的生活更加舒适便利。但是，近 50 年来地球上出现了一个严重的问题——环境污染（见专栏：世界的环境问题）。

专栏：世界的环境问题

第二次世界大战以后，世界经济进入高速增长阶段，也正是环境污染问题出现、加剧、并在全球蔓延的时期。从 50 年代开始，发达国家出现了一系列因水体、大气污染而引发的公害事件。著名的八大公害事件为：马斯河谷烟雾事件，多诺拉烟雾事件，伦敦烟雾事件，洛杉矶光化学烟雾事件，水俣事件，富山事件，四日事件，米糠油事件。这些污染事件严重影响了当地居民的健康和生命，后续影响维持了相当长时间。70—80 年代，发达国家的公害事件有增无减，严重恶化当地的生态和生存环境，造成巨大的经济损失：1975 年 3 月，美国阿拉巴马布朗轮渡核电厂起火，经济损失 1.5 亿美元；1979 年 3 月，美国三哩岛核电站发生事故，释放出放射性物质，经济损失 20 亿美元；1986 年 4 月，苏联切尔诺贝利核电站发生事故，周围大片地区受放射性物质污染，损失 30 亿美元；1989 年美国阿拉斯加州威廉王子湾发生油轮泄露事件，附近的海面和滩涂被石油覆盖，大批海鸟和水生动物死亡，估算经济损失为 30 亿美元。

与此同时，广大发展中国家也出现了环境问题，即所谓“贫困型污染”，其深层次的根源在于人口、经济、资源、环境四个系统之间的恶性循环。在最近十年里，富国的人口年增长率为 5%，而穷国为 21%，人口压力给发展中国家带来了粮食、教育、卫生、环境等方面的一系列问题。人口的健康水平和科技文化素质难以提高，不能够依靠科技进步推动经济发展，只能依赖于不断开发自然资源。一方面资源的有效利用率很低，另一方面初级资源在国际市场上只能以较低价格出售。因此这些国家往往在没有摆脱贫困以前，就已出现了水土流失、土地荒漠、生态破坏、污染严重、卫生条件恶劣等问题。这些问题加剧了贫困，贫困又导致了人口数量过度增长、素质难以提高，形成恶性循环。

70 年代以来，全球性环境问题出现，而且还在不断发展：由于 CO₂ 等温室气体在大气中浓度升高，形成温室效应。从 1860 年到目前，全球平均气温上升了 0.5℃，南极气温上升了 2.5℃。根据全世界 84 个记录站 37 年的记录，海平面平均每年上升约 1.75 毫米。热带森林以每年 1130 公顷速度消失。1990—2000 年间，由于毁林使全球物种消失 5%~15%，平均每天减少物种 40—140 种。每年有 600 万公顷土地不可逆地变成沙漠，2100 万公顷半沙漠化。由于大量使用和排放 CFC 类物质，大气中的臭氧层受到破坏，空洞面积逐年扩大。

对此，人们不禁提出两个问题：（1）是不是科学技术在使世界许多方面变得更好的同时要以牺牲环境为代价？（2）是否科学技术发展到更深层次，经济水平更高以后，环境问题会自发得以解决？即存在所谓“先污染后治理”模式。上述第一个问题是关键，因为它涉及科学技术与环境保护的关系以及科学技术在环境保护方面怎样发挥作用。第二个问题是第一个问题的延伸，弄清楚第一个问题之后，第二个问题就比较容易解答。

首先简单分析一下人类是如何引导和促进科学技术发展的。现代科学在17世纪的欧洲开始萌芽，当时，在文艺复兴和自然主义的影响下，一些出类拔萃的学者在经院之外建立学会，以“认识论”标准——出于对理性的尊重和向往而不断推求世界的客观规律——推动了当时科学研究的发展。哥白尼、布鲁诺、伽利略、开普勒的连续努力，提出并证实日心说，即是典型的一例。当科学技术的涉及面越来越广、作用越来越强大时，科学技术的推动力不仅来源于科学的内在逻辑，即“认识论”标准，而是主要来源于科学之外的“价值论”标准，即社会发展对科学技术的需求。例如，在本世纪40年代中的三年，全世界花在原子弹研究上的款项约5亿英镑，远远超过有史以来所有科学研究上的花费，这正是由当时特定的社会背景所决定的。“认识论”标准与“价值论”标准往往并不一致。例如，“认识论”标准推动的克隆技术可能使人的复制成为现实，而“价值论”标准却倾向于阻止克隆人技术的发展。

随着科学技术与社会的联系日益密切，现代科学技术发展越来越受到各种价值观的影响。那么，保护环境的价值在科学技术发展中起的作用如何呢？在本世纪70年代以前的相当长一段时间，环境保护问题没有受到重视，爱护自然、保护环境的价值未能形成。例如，直到宇宙飞船将人类带入太空之后，人类才真切认识到：地球是有限而脆弱的。又如，马尔萨斯在1789年提出的控制人口增长的观点长时间内受到冷落。再如，在工业革命时期，烟囱高耸、浓烟滚滚被当作工业文明和社会进步的象征。

人类长期忽视环境问题并非偶然。由于环境保护需要投入，要占用一定的社会资源，因此，只有当社会产生了环境保护的需求之后，环境保护的投入才能实现。因此，环境污染的出现和扩展有其必然性：在经济发展初期，环境问题并不明显，环境保护需求不会自发产生；当环境问题扩展到了一定程度，环境保护需求又不可避免。世界各国的实际情况证实了上述观点。本世纪五六十年代，发达国家的人均国民生产总值达到2000~5000美元，环境问题明显暴露，公害事件接连不断，史称“公害时期”；进入70年代，由于发展经济过程中对资源开发的过分依赖，“贫困型污染”在许多发展中国家出现。当污染发展到一定程度，环境问题开始受到各国重视：60年代在发达国家出现了一系列大规模的环保宣传运动；1972年召开了斯德哥尔摩人类环境会议；70年代初各国相继设立了环境保护机构。至此，爱护自然、保护环境的价值开始显现。

环境价值观对科学技术的影响表现为环境科学的出现。人们的关注点首先集中在污染治理方面。如早在1973年，国务院就指出：“有关大专院校要设置环境保护的专业和课程，