

清洁生产与
循环经济
丛书

CLEANER PRODUCTION &
CIRCULAR ECONOMY

1

PRINCIPLE AND METHOD
OF CLEANER PRODUCTION

清洁生产 理论与方法

张凯 崔兆杰 编著



科学出版社
www.sciencep.com

清洁生产与循环经济丛书 1

清洁生产理论与方法

张 凯 崔兆杰 编著

内 容 简 介

本书是《清洁生产与循环经济丛书》之一;介绍和论述了清洁生产的理论和基础知识,包括清洁生产的产生与发展,概念的内涵和外延,清洁生产的环境经济学基础及末端治理与全过程控制理论,清洁生产指标体系,清洁生产法律法规和政策体系等同时还介绍了实施清洁生产的方法学,包括清洁生产的实施途径,清洁生产审核和清洁生产审核范例分析等。

本书能够帮助企业管理和工程技术人员以及从事清洁生产审核工作的有关人员了解清洁生产的理论与方法,掌握实施清洁生产的基本途径,以便自行开展清洁生产审核活动,同时本书也可作为工业部门、环保部门、行业协会的管理人员、研究院所的科研人员以及大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

清洁生产理论与方法/张凯,崔兆杰编著. —北京:科学出版社,2005

(清洁生产与循环经济丛书 1)

ISBN 7-03-014831-2

I. 清… II. ①张… ②崔… III. 无污染工艺-研究 IV. X383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 141985 号

责任编辑:朱 丽/责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年3月第一次印刷 印张:15 1/4

印数:1—3 000 字数:278 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序 一

改革开放以来,我国经济持续快速发展,取得了举世瞩目的成就,人民生活水平显著提高。但伴随着经济高速发展的同时,环境问题也日益突出。我国人口多,资源匮乏,生态环境脆弱,环境承载能力低;而粗放式的经济增长方式,忽视了经济结构内部各产业之间的有机联系和共生关系,忽视了经济社会与自然生态系统间的规律,不仅造成了对资源的过度消耗,而且造成了严重的环境污染和人体健康的重大损害。发达国家上百年分阶段出现的环境问题,在我国快速发展的二十多年中集中显现,呈结构型、复合型、压缩型的特点。环境保护与治理的难度进一步加大,环境问题仍然是制约经济社会健康发展的重要因素。

在我国总体进入工业化中期的现阶段,要继续保持经济的持续快速增长,发挥后发优势,实现全面建设小康社会的目标,就必须实现发展方式的根本性转变。正是基于对当前经济、社会和环境发展状况的深刻认识,党和国家将环境保护摆到更加重要的位置,坚持以人为本,人与自然和谐发展,坚持全面协调可持续的科学发展观。

从根本上解决环境问题,就必须将污染消除在生产、生活过程中,实现污染物的零排放和废物的循环与综合利用。清洁生产作为一种全新的生产模式,通过对企业生产全过程控制,从源头上减少甚至消除污染物的产生和排放,是对污染防治末端治理和传统发展模式的根本变革,是走新型工业化道路,实现企业经济效益和环境保护双赢的可行办法,是发展循环经济的基础和切入点,是实现可持续发展战略的有效途径。

自 20 世纪 90 年代初以来,国家先后采取一系列措施推动清洁生产,在企业示范、人员培训、机构建设、法制建设和国际合作等方面取得了巨大的进展,积累了丰富的经验。2003 年 1 月 1 日,《中华人民共和国清洁生产促进法》的正式实施,标志着我国清洁生产走向法制化和规范化管理,这是我国清洁生产工作十多年来最重要和最具有历史意义的成果。

随着清洁生产的深入开展,它作为企业污染防治和可持续发展的有效途径日

益为各国所采纳,但它作为一种新兴的理念,无论是从理论还是从实践,尚还存在许多有待发展完善的方面。《清洁生产理论与方法》一书对清洁生产的基础理论与实施方法做出了系统全面的论述,这将对我们学习和推广清洁生产,进一步推进循环经济提供极大的帮助,希望此书的出版能为我国清洁生产工作的开展做出积极的贡献。

何松华

序 二

随着经济的快速发展,环境问题日益成为制约社会进步的重要因素。传统的粗放型经济发展模式以牺牲环境和资源为代价换取经济发展,通过对资源的高强度开采和粗放式、一次性的利用来实现经济数量型增长。作为一种物质单向流动的线性经济发展模式,曾为社会发展起到一定的积极作用,但随着社会的不断进步,传统的经济发展模式弊端日益显露。如粗放经营、高消耗、高污染、高投入、低产出、低效益,片面考虑经济发展,忽视了人口、资源、环境的协调发展,决策缺乏科学性和持续性等。传统发展模式在推动经济发展的同时,向自然环境直接排放了大量废物并极大地浪费了资源,造成生态环境的严重破坏和资源的枯竭,如果继续按照这种模式发展下去,自然环境和资源将无法适应经济发展的要求,最终将严重影响经济社会的发展。再者,传统的环境管理模式以末端治理为重点,随着经济规模的不断壮大,污染负担日益加重,污染的末端治理费用在 GDP 中所占比重逐年增加,已使企业不堪重负,而环境污染问题却未得到有效解决。特别需要提出的是,当代的污染已经由单因素污染向复合型、持久性有机污染物和二次污染发展。其影响的规模越来越具有全球性的特点。面对这种严峻的局面,人类不得不对未来进行慎重的思考。

20 世纪 80 年代,人类在全面总结经验和教训的基础上,重新审视了自己的社会经济行为,提出了一种全新的“可持续发展”战略。它强调经济、社会、环境的协调发展,追求人与自然、人与人之间的和谐,其核心思想是既满足当代人的需求,又不损害子孙后代生存和发展的需要;既满足本区域发展的需要,又不对其他区域的发展构成危害,使人类能够持续、健康地发展下去。

我国正处在现代化、工业化和城市化的进程中,资源短缺和环境污染已成为制约我国经济社会可持续发展的关键因素,如何协调经济发展与环境保护之间的关系,成为保障我国经济持续快速健康发展所要面对和深入探索的重要课题。党的十六届三中全会明确提出树立科学发展观,统筹人与自然和谐发展,建立促进经济和社会可持续发展的机制,坚持以人为本,树立全面、协调、可持续的科学发展观,

促进经济、社会和人的全面发展。发展循环经济,建设生态产业,真正体现了科学发展观的内在要求,是一条符合我国国情的新型工业化道路。清洁生产作为一种全新的生产模式,以可持续发展理论为指导,顺应经济、社会和自然发展规律,倡导污染治理由以末端治理为主的污染控制转向生产全过程的污染预防,改变传统的污染治理方式,通过原材料替代、工艺改进、设备更新、技术改造、优化控制和科学管理以及废物的资源化循环利用等途径,从源头上减少污染物的产生,最终从根本上消除污染。实践证明,清洁生产具有良好的社会、经济和环境效益,是实现经济、社会和环境协调发展的重要手段。

清洁生产作为实施可持续发展战略的优先行动领域和有效途径之一,在国内外得到了广泛和深入实施。迄今为止,清洁生产工作在我国绝大多数省市已全面推行,取得了巨大的经济、社会和环境效益,正在逐渐占领经济发展和环境保护的主战场。当前,我国政府正在大力提倡发展循环经济、建设生态产业,清洁生产是实现这一目标的有效载体和基本途径,将该书作为清洁生产与循环经济系列著作的开篇之作,真正体现了清洁生产在可持续发展研究领域的基础地位。

《清洁生产理论与方法》从清洁生产工作实践出发,对当前清洁生产中所面临的众多问题进行了系统的研究,全面论述了清洁生产的理论知识,深入研究了清洁生产指标体系的建立和赋值方法,对清洁生产的众多促进工具和政策法规手段的运用进行了探索,并选择部分行业进行了清洁生产审核范例分析,极大地丰富和完善了清洁生产的理论体系,拓展了清洁生产的研究领域,无论在理论上还是方法上都有诸多创新和突破,对清洁生产的具体实践具有重要的指导意义和现实意义。该书的出版必将对我国清洁生产工作的深入实施起到积极的推动和促进作用。

李文华

前 言

进入 20 世纪以来,工业化与城市化进程飞速发展的同时也加剧了环境污染和生态破坏,能源危机和资源短缺已成为全球性的重大问题,严重制约了经济发展,危及到人类自身健康、生存和发展。人们已经认识到,只有将经济发展与环境保护协调起来,实施清洁生产,走可持续发展道路,才能达到既发展经济又保护和改善环境的目的。

清洁生产是在末端治理方法不能有效解决环境问题背景下首先由发达国家提出的一种创造性的思维方式,它要求把污染预防的战略持续运用于生产过程、产品和服务中,通过源头削减和全过程控制,以提高原材料和能源的利用效率,减少污染物对人类和环境的风险。20 世纪 80 年代后期,联合国环境规划署在总结了各国开展清洁生产活动并加以分析和提高后,提出了完整的清洁生产内容和方法框架,并迅速得到了国际社会普遍认可和广泛采纳。

清洁生产已成为工业发展阶段解决环境污染问题的最佳途径。对政府部门而言,清洁生产是制定经济和环境政策的理论基点;对于企业而言,它是实现经济效益和环境效益统一的有力工具;对于公众来说,它是衡量政府部门和工业企业环境表现及可持续性的尺度。

清洁生产是实现经济和环境协调发展的一项重要战略措施,已被确立为可持续发展的优先行动领域。特别是自 1992 年联合国环境与发展大会以来,越来越多的国家积极响应并主动实施,导致了一场全新意义的工业革命,同时我国政府也作出积极响应,出台了一系列政策。

1992 年党中央和国务院批准的《环境发展十大对策》明确提出新建、扩建、改建项目技术起点要高,尽量采用能耗物耗小,污染物排放量少的清洁工艺。1993 年召开的第二次全国工业污染防治工作会议提出了工业污染防治必须从单纯的末端治理向对生产全过程控制转变,实行清洁生产。1994 年国务院通过的《中国 21 世纪议程》把推行清洁生产作为优先实施的重点领域。1996 年召开的第四次全国环境保护会议,会后颁发的《国务院关于环境保护若干问题的决定》再次强调了推行清洁生产。1997 年 4 月国家环保局正式行文[环控(1997)232 号]“关于印发国

家环保局关于推行清洁生产若干意见的通知”,通知明确提出了推行清洁生产。

朱镕基总理在第九届全国人大第二次会议上所作的《政府工作报告》指出:要强化全民族的环境保护意识,继续增加环境保护投入,加强对重点城市、区域、流域、海域的污染治理,鼓励清洁生产。

温家宝总理在第十届全国人大第二次会议上所作的《政府工作报告》指出:加大执法力度,强化生态环境监管,严格控制主要污染物排放,抓紧解决严重威胁人民群众健康安全的环境污染问题。大力发展循环经济和清洁生产。

2003年1月1日起,《中华人民共和国清洁生产促进法》颁布实施,这是世界上第一部关于清洁生产的专门立法,将极大程度地推进我国的清洁生产工作,确保清洁生产的质量。

以上政策说明,我国政府对清洁生产的重视程度逐年加大,推行清洁生产势在必行。实施清洁生产的核心是从源头抓起,贯彻预防为主和全过程污染控制。因此,实施清洁生产是防治工业污染的最佳模式,是实现经济增长方式转变的重要措施,是实现经济与环境协调可持续发展的必由之路。

本书由张凯、崔兆杰编写完成,谢锋、殷永泉、于萍、张波、宋薇、刘长灏、刘雷等也参加了编写工作。阿姆斯特丹大学依万姆(IVAM)研究所的莱乃·范·贝克尔先生(Rene Van Berkel)及德瑞询环境能源咨询公司(INTEGRATION Environment & Energy)的多比亚斯·贝克尔先生(Tobias Becker)等对本书的编写提出了许多富有建设性的意见,在此表示诚挚的谢意。同时,本书的出版也得到了国内有经验的清洁生产专家、政府管理人员的关心和帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误及不妥之处在所难免,敬请广大读者不吝指正。

编 者

2004年6月

目 录

序一

序二

前言

第一章 清洁生产的产生与发展	1
第一节 人类社会的发展及环保历程	1
一、人类社会的发展与环境问题的产生	1
二、人类社会发展中的环保历程	3
第二节 清洁生产概念的产生和发展	5
一、清洁生产概念产生的基础	5
二、清洁生产的发展现状	7
第三节 清洁生产概念及内涵	13
一、清洁生产与末端治理的关系	13
二、清洁生产的定义	14
三、清洁生产原则	15
四、清洁生产的目的	16
五、清洁生产的内涵	17
六、清洁生产的作用	18
第四节 中国实施清洁生产的必要性	18
一、清洁生产是解决环境污染问题的最有效途径	18
二、实施清洁生产的重要意义	20
三、国内外实施清洁生产的效益分析	28
第五节 国内外清洁生产的发展趋势	31
一、生态工业园区的建设和循环经济理念的兴起	31
二、政策法规的建立和完善	32
三、与现行的环境管理制度相结合	33
四、向第三产业延伸	33
第二章 清洁生产的方法学原理	34
第一节 清洁生产方法学的理论基础	34
一、废物与资源转化理论(物质平衡理论)	34
二、最优化理论	34

三、科学技术进步理论	35
第二节 清洁生产的环境经济学基础	35
一、环境经济学概论	35
二、微观经济学和福利经济学基础	39
三、环境与资源经济学的基本理论	42
四、环境费用—效益分析方法	49
五、清洁生产环境效益的经济评价	53
六、环境经济政策与手段	57
第三节 末端治理与全过程控制理论	61
一、末端治理	61
二、全过程控制	61
第四节 推进清洁生产的相关理论	62
一、可持续发展	62
二、生命周期评价	67
三、污染预防	76
四、工业生态学(产业生态学)	79
五、综合污染控制	89
六、ISO14000 环境管理标准	92
第三章 清洁生产的目标与指标体系	97
第一节 构建清洁生产目标和指标体系的重要性	97
第二节 清洁生产目标和指标体系的构建	98
一、清洁生产的目标	98
二、清洁生产指标体系的构建方法	98
第三节 国外清洁生产指标体系及研究现状	107
一、国外常用的清洁生产指标	107
二、OECD 环境指标体系与压力-状态-响应模型	109
三、美国产品生命周期评价中的指标体系	111
四、ISO14000 系列标准中的环境管理指标	112
第四节 国内清洁生产指标体系的研究与构建现状	113
一、清洁生产指标的分类	113
二、清洁生产指标的类型	113
三、清洁生产指标体系	114
四、工业企业常用的清洁生产指标体系	121
第四章 清洁生产的实施方法学	124
第一节 企业实施清洁生产的主要途径	124

一、改进产品的设计	124
二、选择环境友好材料	124
三、改进技术工艺、更新设备	124
四、资源综合利用	125
五、加强科学管理	125
六、提高技术创新能力	125
第二节 推行清洁工艺和技术	125
一、产业结构的优化调整	125
二、改造提升传统产业	126
三、大力发展高新技术产业	128
四、延伸产品产业链,构建生态产业链网体系	130
第三节 推广清洁能源	130
一、清洁能源的概念和分类	130
二、国内外清洁能源利用现状和发展趋势	131
三、推广节能技术	131
四、加快清洁能源的开发	132
第四节 推广清洁产品	133
一、环境标志	133
二、绿色环境友好型产品	140
三、产品的生态设计	144
四、生态包装和绿色服务	148
第五章 清洁生产审核方法简介	151
第一节 清洁生产审核概述	151
一、清洁生产审核的内涵	151
二、清洁生产审核的目的	151
三、开展清洁生产审核的思路	152
四、清洁生产审核的技巧	152
五、清洁生产审核的人员与作用	154
六、清洁生产审核的特点	154
第二节 清洁生产审核的过程	155
一、清洁生产审核的程序	155
二、清洁生产审核程序各阶段工作内容简介	157
第三节 清洁生产审核障碍及克服方法	158
一、障碍分析	158
二、克服障碍的方法	159

第六章 清洁生产的政策法规	161
第一节 清洁生产政策法规的研究进展	161
一、国际清洁生产政策法规概况	161
二、我国清洁生产政策法规的进展	162
三、《中华人民共和国清洁生产促进法》	163
四、我国清洁生产政策法规的发展趋势	164
第二节 清洁生产的经济政策	164
一、税收政策	164
二、财政政策	165
三、清洁生产基金	166
四、信贷投资政策	166
第三节 清洁生产的产业政策	167
一、将清洁生产纳入国民经济与社会发展规划	167
二、将清洁生产纳入技改政策	168
第七章 清洁生产的促进工具	169
第一节 清洁生产与环境管理制度	169
一、环境影响评价制度	169
二、三同时制度	169
三、排污许可证制度	170
四、限期治理制度	170
五、环境保护目标责任制	171
六、非正式规章/自愿手段	171
第二节 清洁生产与 ISO14000 体系	171
一、ISO14000 体系	171
二、清洁生产与 ISO14000 的联系	172
三、推行 ISO14000 有利于实施清洁生产	172
四、具体措施	173
第三节 清洁生产与环境标志	174
一、环境标志与清洁生产	174
二、利用环境标志制度促进清洁生产的措施	175
第四节 清洁生产的监督与管理	175
第五节 清洁生产试点及示范工程	176
一、示范工作应遵循的基本原则	176
二、清洁生产试点具体实施措施	176
三、实施情况	177

第六节 清洁生产的宣传、教育措施	177
一、宣传	178
二、培训	178
三、教育	179
第七节 清洁生产的技术支持	179
第八节 清洁生产的信息交流与信息系统	180
一、清洁生产中心建设	180
二、清洁生产信息网络建设	181
三、实施情况	181
第九节 清洁生产的国际合作	181
第八章 清洁生产审核范例	183
第一节 啤酒行业清洁生产审核范例	183
一、企业概况	183
二、筹划与组织	183
三、预评估	184
四、评估	185
五、方案的产生与筛选	190
六、可行性分析	196
七、方案的实施	197
八、持续清洁生产	198
第二节 炼油行业清洁生产审核范例	198
一、企业概况	198
二、筹划与组织	199
三、预评估	199
四、评估	201
五、方案的产生与筛选	207
六、可行性分析	214
七、方案的实施	215
八、持续清洁生产	216
第三节 水泥行业清洁生产审核范例	216
一、企业概况	216
二、筹划与组织	217
三、预评估	217
四、评估	218
五、方案的产生与筛选	219

六、可行性分析	220
七、方案的实施	221
八、持续清洁生产	222
第四节 造纸行业清洁生产审核范例	222
一、企业概况	222
二、清洁生产的实施情况	223
第五节 印染行业清洁生产审核范例	223
一、企业概况	223
二、清洁生产的实施情况	223
参考文献	225

第一章 清洁生产的生产与发展

第一节 人类社会的发展及环保历程

一、人类社会的发展与环境问题的产生

人类社会存在和发展的基础是物质生产。原始社会由于生产力低下,只能被动适应自然。随着智慧的积累和工具的发展,人类进入农业生产时代,形成了第一产业,人类的世代定居生活培育出了浓重的乡土观念,因而萌发了环境意识,由于对土地的依赖和生产力的落后,人们的活动还未对自然产生巨大的影响,人类史进入自然社会的初始和谐阶段,出现了第一个“天人合一”的时代。

随着农业的发展,社会出现了分工,生产力和科学技术的进步使人类由农业社会进步到工业社会。此时的生产活动已由生活资料的生产向生产资料的生产转变,资源由地表延伸到地下,能源由可再生的分散能源转化为集中的不可再生能源,经济形式由自然经济转化为商品经济。随着工业化的普及和发展,人们的观念由“天人合一”转到“主宰自然、人定胜天”上来,人类开始了第一次向自然掠夺资源。尤其是人类社会进入工业化以后,科技的飞速发展和生产力的大大提高使人们占有自然、征服自然的欲望日益强烈,不合理开发、成片毁灭和一味消耗型的生产生活方式对自己的生存环境产生了严重影响。世界上先后出现了众多环境污染事件,影响重大的主要有:

(1) 马斯河谷烟雾事件

1930年12月1~5日,比利时马斯河谷工业区因 SO_2 与 SO_3 烟雾和金属氧化物粉尘的综合作用,造成环境污染,导致一周内几千人出现呼吸道疾病,60多人死亡,主要症状是咳嗽、流泪、胸痛、呕吐、呼吸困难。

(2) 多诺拉烟雾事件

1948年10月26~31日,美国宾夕法尼亚多诺拉镇因 SO_2 、 SO_3 、金属元素及硫酸盐气溶胶的综合作用而出现大气污染,对人呼吸道造成影响,使人出现喉痛、头痛、咳嗽、胸闷、呕吐、腹泻等症状,结果四天内镇内有43%(5911人)的居民发病,17人死亡。

(3) 伦敦烟雾事件

1952年12月5~8日,英国伦敦市因数日受高气压控制,地面无风、雾大,工厂及住所排出的大量 SO_2 、粉尘无法散去, SO_2 及在金属颗粒催化作用下生成的 SO_3 、 H_2SO_4 ,凝结在烟尘上形成的酸雾,使人出现胸闷、咳嗽、呕吐、喉痛等症状,最

终造成四天内有 4 000 多人死亡,呼吸道疾病患者为平时的 4 倍。

(4) 洛杉矶光化学烟雾事件

20 世纪 40 年代初期的每年 5~11 月,美国洛杉矶的居民经常出现眼病、呼吸道病、头痛等病症,严重时 2 天内死亡 400 多人。造成这种状况的原因是洛杉矶市位于三面环山的盆地,很少有风,5~10 月份阳光强烈,全市 250 多万辆汽车向大气排放大量的 CO 、 NO_x 及碳氢化合物在太阳紫外线作用下易形成以臭氧为主的光化学烟雾,刺激眼、鼻、喉、气管、肺部,引发病症。

(5) 水俣病事件

20 世纪 50 年代初期,日本九州熊本县水俣镇发生居民中毒的事件,其主要症状是口齿不清、步履不稳、面部痴呆,进而耳聋眼瞎,全身麻木,最后精神失常,身体弯曲至死亡。后经查实,事情发生的原因是工厂生产氯乙烯和醋酸乙烯时采用了 HgCl_2 和 HgSO_4 催化剂,工厂的含汞废水被排入了水俣湾,使鱼、贝等受到污染,人食用甲基汞中毒的鱼类而发生甲基汞中毒。结果最终导致 283 人中毒,其中 60 人死亡。

(6) 富山疼痛病事件

1955~1972 年间,日本富士县神通川流域的居民出现关节痛、神经痛、最后骨骼软化萎缩等症状,在 1963~1979 年间共 130 人发病,81 人死亡。经调查发现其原因是 Zn 和 Pb 冶炼废水污染了农田和水体,导致流域内居民镉中毒。

(7) 四日市哮喘事件

1961~1972 年间,日本四日市因工厂排放含有 Co 、 Mn 、 Ti 等重金属粉尘的 SO_2 而形成酸雾,刺激呼吸道,引起哮喘,结果造成 817 人发病,死亡 10 多人。

(8) 米糠油事件

1968 年日本北九州市爱知县一带居民由于误食含多氯联苯的米糠油而导致 5 000 多人中毒,16 人及几十万只鸡死亡,其症状主要是眼皮肿,掌心出汗,全身起红疙瘩,重者呕吐、咳嗽、肌肉痛、肝功下降。造成污染的原因是企业使用多氯联苯做热载体,将其混入米糠油中。

(9) 切尔诺贝利核电站大爆炸

1986 年 4 月 26 日,在原苏联乌克兰境内切尔诺贝利核电站由于反应堆燃料棒的结构设计和保护系统不合理而引发大爆炸,使周边超过 20 万 km^2 的区域遭受核污染,直接导致 27 万人背井离乡,约 700 万人直接或间接地成为事故受害者,核电站周围地区癌症患者,尤其是儿童甲状腺癌以及血癌患者急剧增多,其后患将会影响人类一百年。

(10) 博帕尔毒气泄漏惨祸

1984 年 12 月 3 日,印度市北郊一个生产农药和杀虫剂的工厂发生了严重毒气泄漏事故,储存有 45t 剧毒原料异氰酸甲酯的不锈钢储罐爆炸,结果导致 3 000