

清洁生产的 理论与实践

主沉浮 孙良 魏云鹤 林秀丽 编著



山东大学出版社
Shandong University Press

清洁生产理论与实践

主沉浮 孙良 编著
魏云鹤 林秀丽

江苏工业学院图书馆
藏书章

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

清洁生产的理论与实践/主沉浮等编著. — 济南: 山东大学出版社, 2003. 7

ISBN 7-5607-2577-5

I. 清... II. 主... III. 无污染工艺 IV. X383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 050799 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)

山东省新华书店经销

山东安丘艺中印刷有限责任公司印刷

787×1092 毫米 1/16 15.75 印张 367 千字

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1-2000 册

定价: 20.80 元

内容提要

本书系统地介绍了清洁生产的概念、由来及发展现状,对清洁生产的理论、内容、构架以及实施方法等进行了较为详尽的阐述。并介绍了 ISO 14000 环境管理体系、可持续发展与清洁生产的关系。借助于具体实例,说明了行业与企业实施清洁生产的方法、内容与步骤。

本书可供工业企业管理人员、环保工作者及有关人员参考,也可作为大专院校相关专业本科生与研究生的教学参考书。

前 言

作为一种崭新的工业发展模式,清洁生产已在世界范围内广泛开展,并成为一种世界潮流,被公认为是实现社会可持续发展的惟一途径。

我国第九届全国人民代表大会常务委员会于2002年6月29日通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》,并于2003年1月1日开始实行。这标志着清洁生产运动在我国开始步入一个崭新的阶段,清洁生产在我国已被纳入法制轨道。

正是在这样的背景下,为帮助读者进一步提高对清洁生产的认识,帮助企业有意识、有目的的实行清洁生产,为实现我国经济和环境的可持续发展做出贡献,我们编写了此书。本书分为上下两篇。上篇系统地介绍了清洁生产的由来、内涵、概念及相应的理论,介绍了清洁生产在国内外的 development 情况,并对可持续发展、环境管理体系等与清洁生产的关系进行了论述;下篇则通过企业与行业实施清洁生产的具体实例,说明了推行清洁生产的具体方法和内容。

在本书的编写过程中,得到了许多同事和同行的关心与帮助,同时,本书部分内容参考和借鉴了许多同仁发表的论著,在此谨向他们致以诚挚的谢意。

限于作者的水平,书中缺点和错误在所难免,热情期待广大读者给予批评指正。

编著者

2003年3月



目 录

上篇 清洁生产理论

第一章 清洁生产概论	(3)
第一节 清洁生产的由来及概念	(3)
一、清洁生产的由来.....	(3)
二、清洁生产的概念.....	(7)
三、清洁生产的类型.....	(9)
第二节 清洁生产在国内外的的发展	(10)
一、国际清洁生产运动的开展.....	(10)
二、我国与发达国家实施清洁生产的背景比较.....	(17)
三、国外清洁生产实践对中国的启示.....	(18)
四、国内实施清洁生产的概况.....	(19)
第三节 推行清洁生产的意义	(22)
一、清洁生产是推行可持续发展的一项基本战略.....	(22)
二、清洁生产可加强企业内部管理,促进深化改革.....	(23)
三、清洁生产会带来良好的经济效益.....	(23)
四、清洁生产可提高企业竞争力.....	(23)
五、清洁生产可改善企业的形象.....	(24)
第二章 清洁生产的理论基础	(25)
第一节 工业发展的三种模式	(25)
一、工业系统.....	(25)
二、工业的两重性.....	(25)
三、工业社会的指数增长规律.....	(26)
四、工业发展的三种模式.....	(27)
第二节 工业生态学简介	(29)
一、工业生态学的概念.....	(29)
二、工业生态学的基本内容及研究重点.....	(30)
三、工业生态学的效益.....	(32)
四、促进工业生态学的方法.....	(32)
五、生态工业园.....	(32)
第三章 清洁生产战略的基本构架	(36)
第一节 清洁生产的目标和对象	(36)



一、清洁生产的目标	(36)
二、清洁生产的核心	(36)
三、清洁生产的对象	(37)
第二节 清洁生产的内容	(37)
一、概述	(37)
二、清洁的能源	(38)
三、清洁的产品	(40)
四、清洁的生产过程	(40)
五、清洁的服务	(40)
六、清洁的消费	(40)
第四章 清洁生产的组织与实施	(42)
第一节 清洁生产的实施原则	(42)
一、实施清洁生产的基本原则	(42)
二、工业污染的全过程控制与综合防治	(43)
第二节 清洁生产的主要方法和途径	(44)
一、资源的综合利用	(45)
二、改革工艺和设备	(46)
三、组织厂内的物料循环	(47)
四、加强科学管理	(48)
五、改革产品体系	(48)
六、必要的末端处理	(50)
七、组织区域内的清洁生产	(50)
第三节 清洁生产的实施步骤	(51)
一、准备阶段	(51)
二、审计准备阶段(预评估)	(51)
三、物料平衡(评估)	(51)
四、分析影响物料平衡的因素	(52)
五、方案的制定和筛选	(52)
六、方案的实施	(52)
第四节 清洁生产的实施工具	(53)
一、清洁生产审核	(53)
二、环境标志	(54)
三、生命周期评价	(61)
四、生态设计	(69)
五、环境管理体系	(75)
第五节 清洁生产的实现形式	(75)
一、企业自觉开展清洁生产	(75)
二、企业在国际环境公约约束下实现清洁生产	(76)



三、清洁生产示范点	(76)
四、企业发展中实现清洁生产	(77)
五、政府对清洁生产的推动	(77)
第五章 清洁生产审核	(79)
第一节 清洁生产审核概念	(79)
第二节 清洁生产审核的基本思路与特征	(80)
一、清洁生产审核的基本思路	(80)
二、清洁生产审核的基本特征	(81)
第三节 清洁生产审核程序与过程	(84)
一、筹划与组织	(84)
二、预评估	(86)
三、评估	(86)
四、备选方案的研制和筛选	(87)
五、可行性分析	(87)
六、方案实施	(88)
七、持续清洁生产	(88)
第四节 清洁生产审核的特点及应注意的问题	(89)
一、清洁生产审核的特点	(89)
二、清洁生产审核应注意的问题	(90)
第六章 清洁生产的评价方法	(92)
第一节 清洁生产的技术评价	(92)
第二节 清洁生产的环境评价	(93)
第三节 清洁生产的经济评价	(93)
一、经济分析的主要指标	(94)
二、经济分析的主要指标概念及计算方法	(94)
第七章 清洁生产的实施保障	(98)
第一节 中国实施清洁生产的主要障碍及对策	(98)
一、实施清洁生产的主要障碍	(98)
二、加快推广和应用清洁生产技术的对策	(99)
三、我国清洁生产驱动机制的构造	(99)
第二节 中国清洁生产政策的研究与制定	(102)
一、中国清洁生产的政策研究	(102)
二、中国清洁生产的政策制定	(105)
三、《中华人民共和国清洁生产促进法》简介	(109)
第三节 清洁生产的其他保障手段	(114)
一、清洁生产的资金支持	(114)
二、清洁生产的科研与技术开发	(114)
三、清洁生产的培训	(115)



四、清洁生产试点及示范工程	(115)
五、清洁生产的宣传、教育及公众参与	(115)
六、清洁生产的信息交流和信息系统	(116)
第八章 清洁生产与可持续发展	(117)
第一节 可持续发展理论概述	(117)
一、可持续发展的由来	(117)
二、可持续发展的概念	(120)
第二节 清洁生产与可持续发展	(123)
一、清洁生产是可持续发展战略的要求	(123)
二、清洁生产是人类总结环境保护经验教训的结果	(123)
第三节 中国与可持续发展	(125)
一、中国实施可持续发展战略的迫切性	(125)
二、中国的可持续发展与清洁生产	(126)
第九章 清洁生产与环境管理体系	(128)
第一节 ISO 14000 环境标准产生的背景	(128)
一、ISO 简介	(128)
二、ISO 14000 产生背景	(129)
三、ISO 14000 的指导思想	(130)
第二节 ISO 14000 环境管理标准的组成及特点	(130)
一、ISO 14000 系列环境管理标准的结构及主要内容	(130)
二、ISO 14000 系列环境管理标准的特点	(133)
三、ISO 14000 环境管理标准的运行模式与实施方法	(135)
第三节 清洁生产与环境管理体系的关系	(138)
第四节 实行 ISO 14000 系列标准的意义	(141)
一、减少环境危害, 节约自然资源	(141)
二、促进技术更新, 加速产业结构调整	(141)
三、统一标准, 增进公平, 消除贸易壁垒	(142)
四、增强组织(企业)市场竞争力	(142)
五、有利于提高民众的环境意识	(143)
第五节 ISO 14000 国际环境管理标准的发展趋势	(143)
一、ISO 14000 将逐步与 ISO 9000 统一, 成为统一的标准	(144)
二、ISO 14000 系列标准将成为“技术贸易壁垒”	(144)
三、ISO 14000 系列标准实施之际, 国际贸易秩序将有重大变化	(144)

下篇 清洁生产实践

第十章 国家层次上清洁生产所采取的措施	(149)
第十一章 行业层次上的清洁生产	(151)
第一节 行业实施清洁生产的主要步骤	(151)



第二节 若干行业清洁生产方案清单.....	(154)
一、我国重点行业清洁生产技术指南.....	(154)
二、美国环保局列出的若干行业清洁生产清单.....	(162)
第三节 行业实施清洁生产实例.....	(192)
一、化学工业污染状况分析.....	(192)
二、实施清洁生产的指导思想.....	(193)
三、化工行业清洁生产措施.....	(193)
第十二章 企业层次上的清洁生产.....	(197)
第一节 企业实施清洁生产实例.....	(197)
一、安徽阜阳化工总厂清洁生产案例.....	(197)
二、阜阳化工总厂清洁生产审核报告.....	(206)
第二节 企业清洁生产方案清单.....	(226)
一、良好操作核对清单.....	(227)
二、通用工业污染预防核对清单.....	(228)
附录：中华人民共和国清洁生产促进法.....	(231)
参考资料.....	(238)

上篇 清洁生产理论

第一章 清洁生产概论

第一节 清洁生产的由来及概念

一、清洁生产的由来

1. 清洁生产的提法

清洁生产在不同的国家和地区有许多不同而相近的提法。例如,欧洲国家有的称之为“少废无废工艺”、“无废生产”;日本多称为“无公害工艺”;美国则称之为“废料最少化”、“污染预防”、“减废技术”。此外还有“绿色工艺”、“生态工艺”、“环境无害工艺”、“与环境相容(友善)工艺”、“预测和预防战略”、“避免污染战略”、“环境工艺”、“过程与环境一体化工艺”、“再循环工艺”、“源削减”、“污染削减”、“再循环”等。这些不同的提法实际上描述了清洁生产概念的不同方面,其本质是一样的,其基本内涵都是对产品和产品的生产过程采用预防污染的战略来减少污染物的产生。表 1-1 汇集了部分与清洁生产相关的名称。

表 1-1 部分与清洁生产相关的名称

中 文	英 文
预防和预防战略	Anticipate—and—prevent strategies
规避战略	Avoidance strategy
首尾源管理	Front—end resource management
废物预防	Waste prevention
源削减	Source reduction
源控制	Source control
清洁工艺	Clean technology
低、无废物工艺	Low—and non—waste technology
低废物工艺	Low—waste technology
低污染工艺	Low—polluting technology
污染控制工艺	Pollution control technology
废物预防	Waste prevention
废物规避	Waste avoidance
废物削减	Waste reduction
污染预防	Pollution prevention
废物最小化	Waste minimization

我国以往比较通行“无废少废工艺”的提法。1989 年联合国环境规划署(UNEP)首次提出了“清洁生产”(Cleaner Production)这个术语,目前已得到全世界绝大多数国家的认可。



2. 清洁生产的发展概况

清洁生产的出现是历史的必然。自工业革命以来,工业化大生产不仅以前所未有的速率增加世界物质财富,壮大工业化国家力量,也以前所未有的规模消耗着全球有限的自然资源,制造出有损于自然生态和人类自身的污染物。但是,长期以来,人类对工业化大生产的这种负面作用缺乏足够认识。许多工业污染物或任其自流,让自然界稀释、化解;或为降低眼前污染物浓度,先经人为“稀释”,再行排放,最后靠自然界消纳。这种做法通常被称之为“稀释排放”。

工业化初期采取“稀释排放”,环境尚能承受。但是,自然界的容量和自净能力是有限的,超越这个限度必然引发严重后果。所以,至20世纪50年代,包括伦敦光化学烟雾、日本水俣病在内的一些恶性环境污染事件相继发生。面对严重事实,各工业化国家不得不由“排污”转向“治污”,即针对生产末端产生的污染物开发行之有效的治理技术,这也就是人们常说的“末端治理”。和“稀释排放”相比,“末端治理”是一大进步,不仅有助于消除污染事件,也在一定程度上减缓了生产活动对环境污染和生态破坏的势头。

随着工业化的进一步迅速扩展,污染物急剧增加,“末端治理”也很快显出其局限性。从20世纪50年代至70年代,尽管人类为治理污染付出了巨大代价,全球性的环境问题依然日趋严重。面对这种情况,人类开始醒悟到,与其治理“末端”污染,不如开发替代产品,调整工艺过程,优化系统配置,使污染物减至最少。

经过一个时期的孕育,“清洁生产”逐渐成型问世。1976年11~12月间欧洲共同体在巴黎举行了“无废工艺和无废生产国际研讨会”,标志着清洁生产正式提到人类议事日程。在这次会议上,与会者提出了协调社会和自然的相互关系应主要着眼于消除造成污染的根源,而不仅仅是消除污染引起的后果这一思想。

1979年4月欧洲共同体理事会宣布推行清洁生产的政策。同年11月在日内瓦举行的“在环境领域内进行国际合作的全欧高级会议”上,通过了《关于少废无废工艺和废料利用的宣言》,指出无废工艺是使社会和自然取得和谐关系的战略方向和主要手段。此后召开了不少地区性的、国家的和国际性的研讨会。1984,1985,1987年欧共体环境事务委员会三次拨款支持建立清洁生产示范工程。

美国国会于1984年通过了《资源保护与恢复法——固体及有害废物修正案》。明确规定:废物最少化,即“在可行的部位将有害废物尽可能地削减和消除”是美国的一项重要政策。这项法案要求产生有毒有害废弃物的单位应向环境保护部门申报废物产生量、采取削减废物的措施、废物的削减量,并制定本单位废物最少化的规划。源削减和再循环被认为是废物最小化的两个主要途径。1990年10月美国国会又通过了《污染防治法》,从法律上确认污染首先应当削减或消除在其产生之前。美国当时的总统布什针对这一法案发表讲话指出:着力于管道的末端和烟囱的顶端,着力于清除已经造成的损害,这样的环境计划已不再适用。我们需要新的政策、新的工艺、新的过程,以便能预防污染或使污染减至最小,亦即在污染产出之前即加以制止。

《污染防治法》明确指出:源削减与废物管理和污染控制有原则区别,且更尽人意。并再次宣布:污染物应在源处尽可能地加以预防和削减;未能防止的污染物应尽可能地以对环境安全的方式进行再循环;未能通过预防和再循环消除的污染物应尽可能地以对环境



安全的方式进行处理；处置或排入环境只能作为最后的手段，也应以对环境安全的方式进行，这是美国的一项国策。

1988年秋，荷兰技术评价组织在经济部和环境部的支持下，在工厂企业中进行了防止废物产生的大规模调查，并在10家工业公司中进行了污染预防的试点。这项由一些大学生参加称作PRISMA的研究项目取得了重大的成果。实践表明，防止废物产生可以通过多种途径得以实现，而且预防措施往往能获得可观的经济效益。研究中还估计了在企业中开展污染预防活动所遇到的障碍，并对制定有效的环境政策提出了建议。实施这一试点工作，荷兰以美国环保局的《废物最少化机会评价手册》为蓝本，编写了荷兰手册。荷兰手册又经欧洲预防性环保手段(PREPARE)工作组作了进一步修改，编成《PREPARE防止废物和排放物手册》，并译成英文，广泛应用于欧洲工业界。

实践活动确认实施清洁生产活动可以取得如下的效果：

- (1) 更容易达到环保法规的要求；
- (2) 通过节能、降耗、减污，降低生产成本，提高经济效益；
- (3) 有效保护工人安全，保护公众健康，保护生态环境；
- (4) 促进能源结构的调整和利用方式的改善；
- (5) 优化产业结构和布局；
- (6) 推动产品的升级换代，增强市场的竞争能力；
- (7) 发挥技术进步的作用，通过技术改造，实现经济的持续发展和经济与环境的良性循环。

1989年联合国环境规划署工业与环境计划活动中心(UNEP IE/PAC)根据UNEP理事会会议的决议，制定了《清洁生产计划》，在全球范围内推行清洁生产。这一计划主要包括五个方面的内容：

(1) 建立国际清洁生产信息交换中心，收集世界范围内关于清洁生产的新闻和重大事件、案例研究、有关文献的摘要、专家名单等信息资料，并建立了一个包含600个实例、1200篇出版物摘要的数据库。

(2) 组建工作组。专业工作组有制革、纺织、溶剂、金属表面加工、纸浆和造纸、石油、生物技术，业务工作组有数据网络、教育、政策以及战略等。

(3) 出版工作。包括编写、出版《清洁生产通讯》、培训教材、手册等。

(4) 开展培训活动。面向政界、工业界、学术界人士，以提高清洁生产意识，教育公众，推动行动，帮助制定清洁生产计划。

(5) 组织技术支持。特别是在发展中国家，协助联系有关专家，建立示范工程等。

1990年9月在英国坎特伯雷举办了“首届促进清洁生产高级研讨会”，会上提出了一系列建议，如支持世界不同地区发起和制定国家级的清洁生产计划，支持创办国家级的清洁生产中心，进一步与有关国际组织以及其他组织联结成网等。

此后，这一高级国际研讨会每两年召开一次，以便定期评估进展，交流经验，发现问题，提出新的目标。1998年在汉城举行了第五届会议，会上制定和签署了《清洁生产国际宣言》。

1992年6月联合国环境与发展大会发表的《里约环境与发展宣言》中确认“地球的整



体性和相互依存性”，“环境保护工作应是发展进程中的一个整体组成部分”，“各国应当减少和消除不能持续的生产和消费方式”。大会通过的《21世纪议程》中不少章节多次提及与清洁生产有关的内容，从不同角度勾画出了清洁生产的轮廓，表明清洁生产是实现可持续发展的“关键因素”。

巴西会议进一步推动了清洁生产在世界范围内的实施，对清洁生产的认识也逐渐深化。1992年10月，为落实巴西会议的精神，UNEP IE/PAC又在巴黎发起召开了关于清洁生产的部长级会议暨第二届高级研讨会。来自欧洲、美洲、非洲的9国环境部长或工业部长以及10余位国际组织的高级人士参加了部长级会议。UNEP的执行主席及其高级助手主持了会议。参加高级研讨会的有来自50多个国家的200多位学者、环保官员、工业界人士以及非政府组织的代表。会议回顾了自上届坎特波雷会议以来《清洁生产计划》的进展情况，就下一步应采取的行动自由交换了意见，对于在世界范围内“催化”清洁生产的实施取得了共识。

世界可持续发展工商理事会(WBCSB)于1992年从经济的角度提出了“生态效率”的概念。1994年在德国学者施密特·勃利克的倡议下，成立了《Factor 10》国际俱乐部，致力于将生态效率提高10倍的各项活动。一些对生产全过程控制的关注正逐渐向产品和服务生命周期的全过程控制扩展，使清洁生产的努力渗透到消费领域。

国际组织也开始参与推行清洁生产。联合国工业发展组织和联合国环境规划署(UNIDO/UNEP)在首批9个国家(包括中国)资助建立了国家清洁生产中心(NCPC)。目前，世界上已经出现了37个国家清洁生产中心。世界银行(WB)等国际金融组织也积极资助在发展中国家展开清洁生产的培训工作和建立示范工程。国际标准化组织(ISO)制订了以污染预防和持续改善为核心内容的国际系列标准ISO 14000。发源自美国的污染预防圆桌会议这种交流形式正在迅速向其他地区和国家扩散，地区性的研讨会使清洁生产的活动遍及世界各大洲。

在2002年9月于南非召开的可持续发展世界最高级会议上，联合国环境规划署公布了一份全球清洁生产现况报告，这份报告突出了自1992年联合国环境与发展大会(UNCED)以来取得的进展，其重点为已取得的成就和需要做更多工作的领域，这个现状报告包括有清洁生产的下述方面：

- (1) 政策框架(包括写进决议、规章和政策、实施和允许计划项目以及自愿的协议书中的内容，例如清洁生产国际宣言)；
- (2) 技能的发展和能力的建立(包括培训和教育、示范项目、清洁生产中心、指南和说明书)；
- (3) 信息交流(包括数据库、出版物、提高认识的研讨会、案例研究和技术指南)；
- (4) 主流化和利益攸关者的介入(包括不同水平和类型的利益攸关者：政府、工业、非政府组织、学术界和社会团体)；
- (5) 财政资助(包括上述活动以及清洁生产审计选择的资助)；
- (6) 结合其他现有环境管理工具(生命周期评价、EM和标准、能源、健康与安全 and 可持续消费)。



二、清洁生产的概念

尽管清洁生产已成为当前的热门话题,但至今仍没有一个完全统一、完整的定义。正如我们在前面所提到的,在不同的国家和地区、在不同的历史时期,关于清洁生产的名称就很不统一。因此,关于清洁生产的概念在其发展过程中也不会是惟一的。

1979年11月在日内瓦通过的《关于少废、无废工艺和废料利用宣言》中,对无废工艺作了如下描述:无废工艺乃是各种知识、方法和手段的实际应用,以期在人类需求的范围内达到保证最合理地利用自然资源和能量以及保护环境的目的。

1984年联合国欧洲经济委员会在塔什干召开的国际会议上对无废工艺又作了进一步的定义:无废工艺乃是这样一种生产产品的方法(流程、企业、地区-生产综合体),它能使所有的原料和能量在原料-生产-消费-二次原料的循环中得到最合理和综合的利用,同时对环境的任何作用都不致破坏它的正常功能。

这一定义明确了无废工艺的目标在于解决自然资源的合理利用和环境保护问题,把利用自然和保护自然统一起来,即在利用自然过程中保护自然,并指出了实现这一目标的主要途径是在可能的层次上组织资源的再循环,把传统工业的开环过程变成闭环过程,此外还强调了工业生产全过程和自然环境的相容性。

污染预防和废物最小化都是美国环保局(EPA)提出的。美国对污染预防的定义为:污染预防是在可能的最大限度内减少生产场地所产生的废物量。它包括通过源削减(源削减是指:在进行再生利用、处理和处置以前,减少流入或释放到环境中的任何有害物质、污染物或污染成分的数量,减少与这些有害物质、污染物或组分相关的对公众健康与环境的危害),提高能源效率,在生产中重复使用投入的原料,以及降低水消耗量来合理地利用资源。常用的两种源削减方法是改变产品和改进工艺(包括设备与技术更新、工艺与流程更新、产品的重组与设计更新、原材料的替代以及促进生产的科学管理、维护、培训或仓储控制)。污染预防不包括废物的厂外再生利用、废物处理、废物的浓缩或稀释以及减少其体积或有害性、毒性成分从一种环境介质转移到另一种环境介质中的活动。

污染预防这一概念主要在于鼓励不产生污染,但它未明显地包含现场循环。

美国环境保护局对废物最少化技术所作的定义是:在可行的范围内,减少产生的或随之处理、处置的有害废弃物量。它包括在产生源处进行的削减和组织循环两方面的工作。这些工作导致有害废弃物总量与体积的减少,或有害废物毒性的降低,或两者兼而有之,并与使现代和将来对人类健康与环境的威胁最小的目标相一致。

这一定义包括了循环,但它主要是针对有害废弃物而言的,未涉及资源、能源的综合利用和产品与环境的相容性问题。但提出以“源削减”和“再循环”作为最小化优先考虑的手段,对于一般废料来说,同样也是适用的。这一原则已体现在美国随后提出的“污染预防战略”之中。

欧洲专家倾向于下列提法:清洁生产为对生产过程和产品实施综合防治战略,以减少对人类和环境的风险。对生产过程来说,包括节约原材料和能源,革除有毒材料,减少所有排放物的排放量和毒性。对产品来说,则要减少从原材料到最终处理的产品的整个生命周期对人类健康和环境的影响。

上述定义概括了产品从生产到消费的全过程,为减少风险所应采取的具体措施,但比