

轻工清洁生产

万端极 编著
徐国念
孙俊逸 主审



**LIGHT INDUSTRY CLEANER
PRODUCTION**

中国环境科学出版社

高等院校环境类系列教材

轻工清洁生产

万端极 徐国念 编著

孙俊逸 主审

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

轻工清洁生产 / 万端极, 徐国念编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2006.8
ISBN 7-80209-399-6

I. 轻… II. ①万… ②徐… III. 轻工业—无污染技术 IV. TS05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 107579 号

责任编辑 黄晓燕 任海燕
责任校对 刘凤霞
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 9 月第一版
印 次 2006 年 9 月第一次印刷
印 数 1—4 000
开 本 787×960 1/16
印 张 15
字 数 285 千字
定 价 21.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序

“十五”期间我国经济社会的诸多方面取得令世人瞩目的进展，但国家确定的环境保护的计划却没有完成，环境问题引起了党和政府的高度重视，已成为人民群众关注的热点问题，成为影响百姓生活、制约经济社会发展的主要因素。在我国环境污染中，工业企业排放的污染物占有非常大的比重。工业污染中轻工业是一家大户，主要是排放高浓度的有机物和一些难降解的物质，造成环境污染。据环境统计，轻工行业 2005 年排放的 COD 占工业 COD 排放量的 34.7%。

如何解决这些污染？不应该仅仅采取产生了污染物再处理的办法，而是应该从产品设计、原料选择到生产过程综合考虑来防治污染，即通过采用先进的技术对传统工艺进行改造、降低原材料消耗（包括不用或少用有毒有害材料）、降低能耗和水耗、提高产品质量来减少和杜绝污染物的产生，这就是清洁生产。“十一五”期间我国为解决资源、能源及环境对经济发展的制约，大力提倡发展循环经济，建立资源节约和环境友好型社会。发展循环经济的实践证明，在企业层次要推动清洁生产，这是当今世界解决工业污染的趋势，也是工业技术发展的方向。

轻工行业推广清洁生产大有可为。轻工行业门类广而杂，技术更新快，大多数为中小企业，在改进生产和环境管理、推广新技术、减少污染方面有很大的空间，这从国家到地方，从环保部门到轻工行业部门都做了大量工作，取得了一些明显的成效。

湖北工业大学作为一所以工科为主的多学科院校，为轻工行业的企业培养应用型人才，特别注重培养学生的动手能力和工程实践锻炼，

把轻工行业工业企业存在的普遍性的工艺难题和污染问题作为学术探讨、科技创新、课题研究的出发点和落脚点。该校轻工技术工程中心、化学与环境工程学院、生物工程学院、膜技术研究所的教师们经过多年坚持不懈的努力，在对轻工行业清洁生产的大量研究和技术改造实践的基础上，编写出版了《轻工清洁生产》一书。

国内关于轻工行业清洁生产的文章和书籍不少，但这本书有三个特点：一是比较新，其中许多工艺技术都是在国内甚至国际上比较新的；二是比较全，涉及轻工行业众多门类，这在过去我见到的著作中是不多的；三是，这本书的内容是老师们在大量清洁生产工程实践基础上的总结，不是纯理论的介绍，对企业来讲更有参考价值。

我对轻工行业众多的工艺技术并不在行，但我认为这些老师们在大学里把学科教育与工程实践结合起来、把推进产业技术进步与解决环境问题结合起来的做法值得提倡。他们是教育工作者中实施清洁生产、源头治污的一群先行者。为此，欣然接受孙俊逸副校长的请求，给这本书作序。

国家环境保护总局 王玉庆

2006年3月

前 言

环保行业有一句流行的话：“世界上原本没有废物，只是放错了地方。”因此，对于工业企业来讲，解决工业企业的污染问题就有了两种方法：一是产生污染后想办法去治理，这就是传统意义上的末端治污；二是采用先进的科学技术对传统工艺进行改造，在降低原材料消耗、降低能源消耗、提高产品质量的前提下，减少和杜绝污染物的产生，这就是联合国环境与发展大会提出的清洁生产。这一科学的观念，是从宏观上保持生态平衡的前提下来保证经济的可持续发展。如果把清洁生产的概念局限在污染治理上就叫源头治污。

本书系统地介绍了清洁生产的概念及清洁生产审计办法、清洁生产的内容、实施清洁生产的相关技术及手段、实施清洁生产的切入点、清洁生产的工业化过程及效果以及清洁生产的发展方向及展望。

本书的作者是湖北工业大学化学与环境工程学院、生物工程学院、轻工技术工程中心、膜技术研究所的教师和研究人员。他们针对国内轻工行业不同产业存在的共性问题以及本行业的一些企业提出的工艺难题及污染问题，承担过数十项清洁生产创新工艺的课题研究，大部分完成了中试和工业化过程。各课题组对研究的课题进行了理论上的总结后写成了此书。期望能为轻工行业的生产企业在推进和实施清洁生产时提供一些可供借鉴的参考。

本书第一章由高林霞、王秀霞编写；第二章由李祝、王梅编写；第三章由凌秀菊、张学军编写；第四章由皮科武、万端极编写；第五章由徐国念、万端极编写；第六章由赵春玲、吴正奇编写；第七章由赵静涛、王秀霞编写；第八章由范明霞、张学军编写；第九章由周国

华、徐国念编写。

在本书的写作过程中，原中国环境管理干部学院副院长、现湖北工业大学副校长孙俊逸教授就本书的指导思想、结构框架提出了指导性意见，并对书稿进行了修改和审定。国家环保总局王玉庆副局长在百忙之中欣然命笔为本书作序，在此一并表示衷心的感谢！

由于时间仓促，水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请读者和同行专家批评指正。

编著者

2006.03.18

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 清洁生产的定义和实现途径	1
一、清洁生产的由来和发展	1
二、清洁生产的定义	2
三、清洁生产的实现途径	3
第二节 清洁生产的意义、目标和特点	10
一、清洁生产的意义	10
二、清洁生产的目标	12
三、清洁生产的特点	13
第三节 清洁生产与可持续发展	13
一、可持续发展的含义	13
二、循环经济的概念	15
三、我国可持续发展所面临的问题	16
四、推行清洁生产和循环经济是可持续发展的必经之路	17
第四节 清洁生产审计	19
一、清洁生产审计的概念和意义	19
二、清洁生产审计的目的	20
三、清洁生产审计程序	20
四、可行性分析	27
五、方案实施	29
六、持续清洁生产	30
第五节 创新与清洁生产	31
一、工艺创新与清洁生产	31
二、观念创新与清洁生产	33
三、体制创新与清洁生产	34
参考文献	35
第二章 高新技术与清洁生产	36
第一节 膜分离技术	36

一、概述	36
二、膜分离技术基本流程与特点	37
三、几种常见的膜分离技术	38
第二节 生物化工技术	41
一、概述	41
二、生物酶解技术	41
第三节 超临界流体萃取技术	43
一、概述	43
二、超临界流体萃取的基本过程	43
三、超临界流体萃取的特点	44
第四节 色谱分离技术	45
一、概述	45
二、色谱分离原理	45
三、几种常见色谱分离技术	46
第五节 吸附分离技术	46
一、吸附分离的特点和类别	47
二、吸附剂	47
三、几种常见吸附分离方法	48
第六节 超声波和微波辅助萃取技术	51
一、超声辅助萃取分离技术	51
二、微波辅助萃取分离技术	51
参考文献	52
 第三章 食品行业清洁生产	53
第一节 大豆加工清洁生产	53
一、概述	53
二、大豆植物油的提炼	55
三、大豆磷脂的提取	62
四、大豆蛋白的提取	64
五、乳清的处理	66
第二节 棉籽加工清洁生产	69
一、棉籽的概述	69
二、棉籽的主要化学成分、结构与性质	70
三、棉酚和醋酸棉酚的用途	71
四、棉籽传统加工工艺	72

五、醋酸棉酚的清洁生产工艺	74
第三节 淀粉清洁生产	76
一、概述	76
二、淀粉及玉米淀粉	77
三、玉米淀粉传统生产工艺	79
四、玉米淀粉的清洁生产工艺	80
参考文献	84
第四章 饮料行业清洁生产	86
第一节 番茄加工清洁生产	86
一、概述	86
二、产品的性质、用途	87
三、番茄汁生产工艺	89
第二节 葡萄加工清洁生产	90
一、概述	90
二、葡萄汁的性质和用途	91
三、葡萄汁生产工艺	92
第三节 茶叶加工清洁生产	94
一、概述	94
二、茶多糖的加工与生产	96
三、茶多酚加工与清洁生产	99
参考文献	101
第五章 制药行业清洁生产	103
第一节 制药行业概述	103
一、现代生物技术在制药行业中的应用	103
二、我国生物制药行业状况	104
三、我国生物制药产业发展方向	105
第二节 黄姜皂素清洁生产	107
一、黄姜皂素介绍	107
二、黄姜皂素的发展动态	108
三、黄姜皂素的市场状况	109
四、黄姜皂素的清洁生产	111
第三节 维生素 B ₂ 清洁生产工艺	116
一、概述	116

二、维生素 B ₂ 的市场状况	116
三、维生素 B ₂ 的性质	119
四、主要用途	119
五、维生素 B ₂ 的生产工艺	119
第四节 林可霉素清洁生产工艺	124
一、概述	124
二、林可霉素的生产现状	124
三、林可霉素的性质	127
四、林可霉素的传统生产工艺	128
五、林可霉素的清洁生产工艺	129
参考文献	130
第六章 中成药行业清洁生产	131
第一节 中成药的提取和分离技术	131
一、概述	131
二、中药有效成分的提取、分离技术	133
三、膜分离技术的应用	138
四、膜分离技术与传统技术的比较优势	139
第二节 甘草酸清洁生产工艺	140
一、甘草中的有效成分	141
二、甘草酸及其他有效成分的清洁生产工艺	143
第三节 青蒿素清洁生产	146
一、概述	146
二、青蒿素的性质	147
三、清洁生产工艺	147
第四节 板蓝根的清洁生产工艺	153
一、板蓝根的主要成分及性质	154
二、质量控制的重要指标——指纹图谱	155
三、经典水提醇沉工艺	156
四、清洁生产工艺	158
第五节 绿原酸的清洁生产	160
一、概述	160
二、绿原酸分离提取的传统工艺	163
三、绿原酸分离提取的清洁生产工艺	164
参考文献	165

第七章 生物农药行业清洁生产	166
第一节 生物农药行业概述	166
一、生物农药发展状况	166
二、生产过程绿色化	169
第二节 Bt 农药的清洁生产	169
一、发展现状	169
二、产品性质	170
三、传统生产工艺	170
四、清洁生产工艺	171
第三节 吡啶-1-羧酸的清洁生产	171
一、产品概述	171
二、吡啶-1-羧酸的传统生产工艺	172
三、吡啶-1-羧酸的清洁生产工艺	174
第四节 杆菌肽的清洁生产	175
一、杆菌肽及其锌盐概述	175
二、杆菌肽锌的药理作用	176
三、杆菌肽锌的作用和特点	176
四、杆菌肽及其锌盐的传统生产工艺	177
五、杆菌肽及其锌盐的清洁生产工艺	178
参考文献	178
第八章 精细化工行业清洁生产	180
第一节 钛白粉清洁生产	180
一、概述	180
二、钛白粉生产的传统工艺	184
三、钛白粉的清洁生产工艺	185
第二节 芦荟	188
一、芦荟的概述	188
二、芦荟的种类及其化学成分	189
三、芦荟的功效	191
四、芦荟产品开发的前景	192
五、芦荟的传统生产工艺	194
六、芦荟的清洁生产工艺	196
第三节 味精清洁生产工艺	198
一、概述	198

二、市场状况	198
三、味精的性质	200
四、味精的用途	200
五、味精清洁生产工艺	201
参考文献	204
第九章 酸碱行业清洁生产	206
第一节 烧碱清洁生产	206
一、传统工艺	206
二、离子膜电解法	207
三、双极膜法	208
第二节 有机酸清洁生产	209
一、氨基酸	209
二、葡萄糖酸	211
三、酒石酸	212
四、乳酸	214
五、维生素 C	216
六、柠檬酸	217
第三节 废酸碱处置与资源化技术	221
一、钢铁清洗废酸回收	222
二、铜电解贫液中硫酸的回收	223
三、烟道气脱硫碱液再生利用	224
参考文献	226

第一章

绪论

清洁生产是联合国环境规划署提出的环境保护由末端治理转向生产的全过程控制的全新污染预防策略。它以节能、降耗、减污为目标，以技术管理为手段，通过对生产过程的排污审计，筛选并实施污染预防措施，以削减工业生产对人类健康与生态环境的影响，达到预防工业污染、提高经济效益双重目的的综合措施。

第一节 清洁生产的定义和实现途径

一、清洁生产的由来和发展

清洁生产自诞生以来，经不断创新、丰富、发展成为国际环境保护的主流思想，有力地推动了世界各国的环境保护。清洁生产由何而来呢？

在人类历史的长河中，工业革命标志着人类的进步，但在烟囱林立、烟尘滚滚、钢花四溅、生产规模不断扩大给人类带来巨大财富的同时，也在高速消耗着地球上的资源，在向大自然无止境地排放着危害人类健康和破坏生态环境的各类污染物。大自然承受能力是有限的，当消纳不了这些污染物时就出现了 20 世纪 50 年代相继发生的恶性污染事件，如马斯河谷烟雾事件、伦敦烟雾事件、四日市哮喘事件等八大公害事件。面对这严峻的危害，人们震惊了，认识到只顾单纯地消耗资源来发展经济不行了。20 世纪 70 年代人们开始广泛关注由于工业飞速发展带来的一系列环境问题，各国针对工业排出的污染物展开了攻势——治理污染，即对各工业排放的污染物进行末端治理，人们付出了巨大代价，对排出的各种污染废水、工业废气进行治理，然而工业迅速发展，排放污染物急剧增加，这种末端治理显示出其局限性，近 20 年来又发生了一系列的公害事件，如墨西哥气体爆炸事件、莱茵河污染事件、维索化学污染事件等，又一次震撼了人们。面对环境污染日趋严重、资源日趋短缺的局面，工业发达国家在对其经济发展过程进行反思的基础上，认识到不改变长期沿用的大量消耗资源和能源来推动经济增长的传统模式，单靠一些补救性的环境保护措施，是不能从根本上解决环境问题

的, 解决的办法只有从源头全过程考虑。为此, 清洁生产应运而生。

清洁生产的概念由联合国环境规划署 (UNEP) 于 1989 年 5 月首次提出, 但其基本思想最早出现于 1974 年美国 3M 公司曾经推行的“污染预防有回报计划”中。UNEP 于 1990 年 10 月正式提出清洁生产计划, 希望摆脱传统的末端控制技术, 超越废物最小化, 使整个工业界走向清洁生产。1992 年 6 月在联合国环境与发展大会上, 正式将清洁生产定为实现可持续发展的先决条件, 同时也是工业界达到改善和保持竞争力和可赢利性的核心手段之一, 并将清洁生产纳入《二十一世纪议程》中。随后, 根据此会的精神, 联合国环境规划署调整了清洁生产计划, 建立示范项目及国家清洁生产中心, 以加强各地区的清洁生产能力。1994 年 5 月, 可持续发展委员会再次认定清洁生产是可持续发展的基本条件。自从清洁生产提出以来, 每两年举行一次研讨会, 研究和实施清洁生产, 为未来的工业化指明了发展方向。

而中国对清洁生产的探索和实践最早在 20 世纪 70 年代, 曾经提出了“预防为主, 防治结合”、“综合利用, 化害为利”的环境保护方针, 该方针充分体现和概括了清洁生产的基本内容; 从 20 世纪 80 年代开始推行少废和无废的清洁生产过程; 20 世纪 90 年代提出的《中国环境与发展十大对策》中强调了清洁生产; 1993 年 10 月第二次全国工业污染防治会议将大力推行清洁生产、实现经济持续发展作为实现工业污染防治的重要任务; 2003 年 1 月 1 日, 我国开始实施《中华人民共和国清洁生产促进法》, 进一步表明清洁生产现已成为我国工业污染防治工作战略转变的重要内容, 成为我国实现可持续发展战略的重要措施和手段。

二、清洁生产的定义

《中华人民共和国清洁生产促进法》中规定, 所谓清洁生产, 是指不断采取改进设计, 使用清洁的能源和原料, 采用先进的工艺技术与设备, 改善管理、综合利用, 从源头削减污染, 提高资源利用率, 减少或避免生产、服务和使用过程中污染物的产生和排放, 以减轻或消除对人类健康和环境的危害。

联合国环境规划署的清洁生产的定义是: 清洁生产是指在生产过程中和产品寿命中持续地应用整体预防的环境战略, 以期减少对人类和环境的风险。

① 对生产过程, 要求节约原材料和能源, 淘汰有毒原材料, 减降所有废弃物的数量和毒性;

② 对产品, 要求减少从原料提炼到产品最终处置的全生命周期的不利影响;

③ 对服务, 要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。

从上述定义可以看出, 实行清洁生产包括清洁生产过程、清洁产品和服务三个方面。对生产过程而言, 它要求采用清洁工艺和清洁生产技术, 提高能源、资源利用率以及通过资源削减和废物回收利用来减少和降低所有废物的数量和毒性。

对产品和服务而言,实行清洁生产要求对产品的全生命周期实行全过程管理控制,不仅要考虑产品的生产工艺、生产的操作管理、有毒原材料替代、节约能源和资源,还要考虑产品的配方设计、包装与消费方式,直至废弃后的资源回收利用等环节,并且要将环境因素纳入到设计和所提供的服务中,从而实现经济与环境协调发展。

三、清洁生产的实现途径

清洁生产主要有两个实现途径:一是通过国家相关管理政策;二是通过对整个生产过程的实际改造。

(一) 国家管理政策

1. 清洁生产审计

清洁生产审计是企业实施清洁生产最直接、最有效的途径。清洁生产审计是对企业现在的和计划进行的工业生产实行预防污染的分析程序。它通过分析污染来源、废弃物产生原因及其解决方案的思维方式来寻找尽可能高效率的利用资源,同时减少或消除废物的产生和排放的方法。它是从污染预防的角度对现有的或计划进行的工业生产活动中物料的走向和转换所实行的一种分析程序。

清洁生产审计没有特定的审计准则,只是发现推行清洁生产的机会,从原辅材料和能源、技术工艺、设备、过程控制、管理、员工、产品、废弃物八个方面入手解决问题。企业要实施清洁生产还必须注意以下一些问题。

要开展清洁生产审计,必须要取得企业领导的真正支持。通过领导的支持与参与,才能发动职工找问题、提意见,并通过职工的参与,使清洁生产防治污染的措施得到落实、执行。

企业要实施清洁生产,必须首先对生产现状、污染源和环境状况进行分析、评估。必须通过历史资料和现状调查找出污染所在,制定削减污染和防治污染的措施。调查越充分,开展清洁生产的机会就越多,真正解决问题取得成功的可能性就越大。这对于粗放型经营的企业来说,也是加强科学管理、提高管理人员素质的极好的学习机会。在此基础上建立各个工序和整个流程的物料平衡和能量平衡,计算出单位产品的物耗、能耗、水耗以及废料排放、污染物排放的数据。以此与国内外同类产品 and 同类工艺进行比较,摸清该企业所处的水平,为科学制定清洁生产目标奠定基础。

对产生的方案应分门别类加以整理并进行初步的筛选,剔除明显不现实的方案,对其余方案即可开展可行性分析。可行性分析包括技术评估、经济评估和环境评估三部分内容。通过方案的比较,选择花费少、效益高的项目实施。

特别需要指出的是清洁生产审计过程中产生的一些无费、低费方案,必须遵

循边审计边实施的原则。这些无/低费方案产生的效益对于企业的领导乃至员工来说都是一个鼓励。同时，一轮清洁生产审计工作的完成并不意味着这项工作的结束，而是应适时地提出新的目标，展开新一轮的努力，这是一个螺旋上升的过程。

2. 环境管理体系 ISO 14000

环境管理体系 ISO 14000 认证是推行清洁生产的又一有力工具。环境管理体系是组织全部管理体系的一个组成部分，包括为制订、实施、实现、评审和保持环境方针所需的组织机构、规划活动、机构责任、程序、过程、惯例和资源。环境管理体系 ISO 14000 的框架类似于质量管理体系 ISO 9000，都是企业自愿采取的一种管理模式。

环境管理体系 ISO 14000 中明确要求待认证的组织实施清洁生产，这无疑从制度上以文件化的形式规定了组织必须实施清洁生产。环境管理体系与清洁生产在某些程度上有很好的结合点，即环境管理体系的环境管理目标、指标可以和清洁生产的近期、远期目标相结合；环境管理方案可以和清洁生产的无/低费、中/高费方案相结合。这样就以文件化的形式把清洁生产与环境管理体系很好地结合起来了。环境管理体系从制度上，清洁生产审计从技术上都给企业良好的环境管理创造了条件，从而为企业带来经济效益。

3. 产品生命周期评估 (LCA)

产品生命周期是指一个产品系统从原料采集和处理、加工制作、运销、使用、复用、再循环，直至最终处置和废弃等环节组成的生命链。亦即体现产品从自然中来又回到自然中去的物质转化全过程。生命周期有时也被形象地称做“从摇篮到坟墓”。从 LCA 强调全面认识物质转化过程中的环境影响，这些环境影响不但包括各种废料的排放，还涉及物料和能源的消耗以及对环境造成的破坏作用。将污染控制与减少消耗联系在一起，这样既可以防止环境问题从生命周期的某个阶段转移到另一个阶段或污染物从一个介质转移到另一个介质，也有利于通过全过程控制实现污染预防。

LCA 的目标不仅仅是实现达标排放，而是改善产品的环境性能，使其与环境相容。因此，我们可以说 LCA 的思想原则导致了新的环保战略——推行清洁生产。

首先，LCA 可促进企业认识与企业活动相联系的所有环境因素，正确全面理解自己的环境责任，积极建立环境管理体系，制定合理可行的环境方针和环境目标。其次，LCA 可协助企业发现与产品有关的各种环境问题的根源，发现管理中的薄弱环节，提高物料和能源的利用率，减少排污，降低产品潜在的环境风险，实现全过程控制。