

Clean Energy Production

曹英耀 曹曙 李志坚 编著

清洁生产理论与实务



中山大学出版社

清洁生产理论与实务

曹英耀 曹 曙 李志坚 编著

中山大学出版社

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

清洁生产理论与实务/曹英耀, 曹曙, 李志坚编著. —广州: 中山大学出版社, 2009. 12

ISBN 978 - 7 - 306 - 03548 - 6

I. 清… II. ①曹… ②曹… ③李… III. 无污染工艺 IV. X383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 214464 号

出 版 人: 祁 军

策划编辑: 周建华 李海东

责任编辑: 赵 婷

封面设计: 贾 萌

责任校对: 杨文泉

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84111997, 84113349, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 广州市新明光印刷有限公司

规 格: 787mm × 960mm 1/16 16.5印张 325 千字

版次印次: 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 2000 册 定 价: 25.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

内 容 简 介

清洁生产是当前经济与社会发展中最具战略意义的紧迫问题，关系到经济和社会能否可持续发展。本书从清洁生产的定义、目标和内容出发，阐述了清洁生产的战略意义和理论基础，介绍了产品的清洁生产、生产过程的清洁化和清洁生产审核的基本知识，并从实务意义上推荐了若干清洁生产方案和清洁生产技术以及清洁生产管理与典型案例。本书既具理论性，又具知识性和实用性，可作为企业开展清洁生产活动的培训教材，又可作为高等院校经济管理专业和环境管理专业的教学用书。

前言

世界的经济与社会发展像一列疾驰的特别快车，轰隆隆地驶进 21 世纪，生产规模迅速扩大，经济总量急剧增加，物质消费挥霍浪费；与此同时，人口膨胀，资源耗竭，“三废”泛滥，生态危机，人类社会将何去何从，令人忧思。值此危急关头，国际社会共研对策，终于祭出“清洁生产”这一倚天长剑，以排除地球世界经济、环境和社会发展的险情。清洁生产，这个几年前还非常新鲜的名词，现在却已被炒得沸沸扬扬了。的确，进入新世纪以来，清洁生产已成为经济与社会发展中最具战略意义的紧迫议题，谁也不敢等闲视之。正是从这一紧迫形势出发，本书力求通俗易懂地阐述清洁生产的目标内容、战略意义、基本理论和基本知识，并从实务意义上推荐清洁生产方案和清洁生产技术以及典型案例，以使广大读者和民众进一步认识清洁生产，积极投入清洁生产，为节能降耗、减污增效、保护环境、促进经济与社会可持续发展作出自己的贡献。

本书的特点是：条理清楚，结构紧密，材料新鲜；既有理论性，更具知识性、务实性和技能性；语言明白易懂，观点鲜明清晰。书中列述有 19 个行业的清洁生产方案和近百项具体的清洁生产单元技术，可直接用于生产实践。本书可用作企业清洁生产培训教材，也可以用作高等院校经济管理专业和环保专业教学用书。

本书主要作者曹英耀，20 世纪 60 年代毕业于中国人民大学工业经济管理专业，毕业后曾先后在工业企业工作十多年，在大学从事工商管理教学十多年，在地方政府从事工商管理十多年，几十年广泛涉足工业生产各行各业，知识面广，资料丰富，历练实践，现仍在大学任教。曹英耀负责本书的章节设计、提纲起草，并具体编写第一章、三章、六章、七章、八章。另外两位作者李志坚、曹曙均系 80 年代大学毕业后到大型工业企业工作至今的管理干部和教学人员，具有丰富的理论知识和实践技能。李志坚编写第二、四章，曹曙编写第五、九章。全书由曹英耀统一修改定稿。

本书编写时得到中国科学院研究员、现广东培正学院院长凌征海的关心和指点，得到广西玉柴机器集团有限公司董事局主席晏平的指导，在此衷心表示感激和感谢。本书编写过程中参阅了大量的图书资料和环保部门的总结材料，以及一些企业的清洁生产技术素材，从中获得了不少知识和材料，为本书编写提供了宝贵的参考。在此一并向有关图书作者、有关环保部门及生产企业表示衷心感谢。同时还要感谢出版社的编辑周建华、赵婷等同志，由于他们的热心帮助和辛勤劳动，才使本书更快与读者见面。

由于清洁生产在国内外都还是一个新鲜的课题，一些操作原理和方法技术还在不断实践和探索之中，更由于本书作者学识、实践有限，书中定有不妥乃至错误之处，望广大读者和专家指正。

作者

2009年10月于广州花都

目 录

第一章 清洁生产的定义和内容	1
第一节 清洁生产的由来和发展	1
一、工业文明既创造财富又带来危机	1
二、清洁生产概念的提出	2
三、清洁生产发展过程	2
第二节 清洁生产的定义及其实质	3
一、清洁生产的定义	3
二、清洁生产的内涵	5
三、清洁生产的实质	6
第三节 清洁生产的目标和特点	7
一、清洁生产的目的	7
二、清洁生产的目标	7
三、清洁生产的特点	8
四、清洁生产的原则	8
五、清洁生产的途径和方法	9
第四节 清洁生产的主要内容	10
一、产品设计的清洁化	11
二、原辅材料和能源利用的清洁化	11
三、生产工艺过程的清洁化	12
四、产品使用和服务的清洁化	12
第五节 企业清洁生产的阶段和模式	13
一、清洁生产初级阶段	13
二、清洁生产中间阶段	13
三、清洁生产高级阶段	13
四、企业清洁生产的基本模式	14

第二章 清洁生产的战略意义	16
第一节 清洁生产的作用和意义	16
一、清洁生产的作用	16
二、清洁生产的意义	17
第二节 清洁生产与可持续发展	19
一、可持续发展的定义及其内涵	19
二、可持续发展的思想观念	20
三、可持续发展的特征和原则	22
四、清洁生产是实现可持续发展的根本途径	24
第三节 清洁生产与循环经济	25
一、循环经济的概念及其内涵	25
二、循环经济的特征和基本原则	27
三、循环经济的活动层面和技术载体	29
四、清洁生产是循环经济的基石	31
第四节 清洁生产与环境保护	32
一、环境的概念及环境问题	32
二、环境污染及其危害	34
三、环境保护的内容和任务	36
四、清洁生产是环境保护的最佳生产模式	37
第三章 清洁生产的理论基础和推进实践	40
第一节 物质平衡理论	40
一、清洁生产的理论基石	40
二、物质平衡理论的基本思想	42
三、环境与经济系统的物质流动关系	43
四、清洁生产的物质循环利用原则	46
第二节 生态学理论	48
一、生态学及其基本规律	48
二、生态系统及其基本功能	50
三、工业生态学	54
四、生态工业园	56
第三节 绿色技术理论	58
一、绿色技术的内容和特征	58
二、绿色技术的理论体系	59

三、绿色产品	60
四、绿色 GDP	61
第四节 系统理论	63
一、系统的定义及其属性	64
二、系统的结构及其分类	65
三、系统工程方法	66
四、清洁生产的系统观点	67
第五节 《清洁生产促进法》的主要内容	68
一、清洁生产立法的必要性	68
二、制定《清洁生产促进法》的指導思想和基本原则	69
三、《清洁生产促进法》适用的领域	71
四、《清洁生产促进法》的主要内容	72
第六节 清洁生产的推进实践	73
一、联合国清洁生产高层研讨会	73
二、国际清洁生产发展概况和特点	74
三、我国清洁生产的发展概况和与发达国家的差异	75
四、清洁生产存在的突出问题 and 对策	77
 第四章 产品的清洁生产	79
第一节 产品的环境影响	79
一、产品及产品的生命周期	79
二、产品对环境的影响	79
三、清洁产品	80
四、发展清洁产品的意义	83
第二节 产品设计的清洁化	84
一、绿色设计的含义	84
二、绿色设计的需求和意义	85
三、绿色设计的战略和原则	86
四、绿色设计的目标和内容	86
五、绿色设计的途径和方法	88
第三节 原辅材料利用的清洁化	88
一、采用清洁原料	89
二、采用可再生、更新原料	89
三、采用低能耗原料	89

四、采用可再循环原材料	90
五、减少原材料使用量	90
六、原材料有效利用和替代	90
七、生产系统内部循环利用	91
第四节 能源利用的清洁化	91
一、能源及其分类	91
二、能源开发应用对环境的影响	92
三、清洁利用能源	94
四、节约利用能源	99
五、努力开发使用新能源	101
第五章 生产过程的清洁生产	104
第一节 生产过程的环境影响	104
一、生产过程及其特征	104
二、生产过程对环境的影响	106
三、生产过程的演变	107
四、生产过程的清洁生产内涵	108
第二节 生产工艺的清洁化	110
一、改革生产技术和工艺	110
二、采用先进的生产设备和清洁的生产设备	110
三、实施工艺创新	111
四、改进工艺方案	111
第三节 生产过程的清洁化	112
一、选择对环境影响小的生产技术	112
二、尽可能减少生产环节	112
三、减少生产过程能耗	112
四、减少生产废弃物	113
五、改进运行操作管理	113
第四节 产品销售的清洁化	114
一、减少包装品用量	114
二、发展绿色包装	115
三、推行绿色营销	117
第五节 产品使用和服务的清洁化	120
一、降低产品使用的能耗	121

二、使用清洁能源	121
三、减少辅助用品	121
四、减少消费过程中的废物产生	121
五、提供绿色服务	121
六、消费后垃圾的回收利用	122
第六章 清洁生产审核与实施	123
第一节 企业清洁生产的步骤	123
一、清洁生产准备	123
二、清洁生产审核	124
三、制订清洁生产方案	124
四、实施清洁生产方案	124
五、编写清洁生产报告	124
第二节 清洁生产审核的目的和特点	125
一、清洁生产审核的概念和意义	125
二、清洁生产审核的目的和目标	125
三、清洁生产审核的特点和作用	125
第三节 清洁生产审核的内容和思路	126
一、清洁生产审核的对象	126
二、清洁生产审核的内容和思路	128
三、清洁生产审核操作要点和实用技巧	130
第四节 清洁生产审核的主要程序	130
一、策划与组织（审核准备）	132
二、预评估（预审核）	132
三、评估（审核）	133
四、方案产生和筛选	135
五、可行性分析	136
六、方案实施	137
七、持续清洁生产	137
第五节 清洁生产的实施和评价	139
一、清洁生产的实施	139
二、清洁生产评价标准及原则	142
三、清洁生产评价的内容	143
四、清洁生产评价指标及方法	143

第七章 清洁生产方案	147
第一节 清洁生产方案的产生和选择	147
一、清洁生产方案的征集	147
二、备选方案的汇总	148
三、清洁生产方案的筛选	149
四、清洁生产方案的评估和选择	150
第二节 清洁生产实用方案	152
一、工业清洁生产通用方案	152
二、冶金行业清洁生产方案	154
三、机械工业清洁生产方案	154
四、汽车行业清洁生产方案	155
五、金属制品行业清洁生产方案	156
六、金属零件清洗业清洁生产方案	159
七、电镀行业清洁生产方案	160
八、化学行业清洁生产方案	161
九、有机化工行业清洁生产方案	164
十、涂料制造行业清洁生产方案	165
十一、丝绸印染行业清洁生产方案	166
十二、线路板行业清洁生产方案	168
十三、造纸行业清洁生产方案	170
十四、水泥行业清洁生产方案	173
十五、制药行业清洁生产方案	174
十六、农药加工行业清洁生产方案	175
十七、酒精行业清洁生产方案	176
十八、啤酒行业清洁生产方案	177
十九、酒店行业清洁生产方案	179
第三节 循环经济实用模式	180
一、矿产业的循环经济	180
二、煤炭工业的循环经济	181
三、钢铁工业的循环经济	182
四、高耗行业的循环经济	184
五、机电产品制造行业的循环经济	184
六、高污染行业的循环经济	184
七、包装行业的循环经济	185

八、农业生产的循环经济·····	185
九、城市公共服务的循环经济·····	185
十、再生资源处理的循环经济·····	185
十一、生活消费的循环经济·····	185
十二、社区“零能源发展”循环经济·····	186
第八章 清洁生产技术·····	187
第一节 清洁生产技术的采纳和开发·····	187
一、清洁生产技术概念及其类型·····	187
二、企业采纳清洁生产技术的决定因素·····	187
三、企业开发清洁生产技术的条件·····	188
第二节 清洁生产高新技术·····	189
一、膜分离技术·····	189
二、生物工程技术·····	190
三、超临界流体萃取技术·····	191
四、色谱分离技术·····	192
五、吸附分离技术·····	193
六、超声波和微波辅助萃取技术·····	194
第三节 清洁生产单元技术·····	195
一、矿山开采业清洁生产技术·····	195
二、石油天然气开采业清洁生产技术·····	197
三、钢铁行业清洁生产技术·····	200
四、焦化行业清洁生产技术·····	204
五、化工行业清洁生产技术·····	206
六、燃煤电厂清洁生产技术·····	207
七、酸碱行业清洁生产技术·····	208
八、水泥行业清洁生产技术·····	210
九、机械加工行业清洁生产技术·····	211
十、化纤行业清洁生产技术·····	212
十一、纺织印染行业清洁生产技术·····	213
十二、造纸行业清洁生产技术·····	215
十三、啤酒酿造业清洁生产技术·····	217
十四、食品行业清洁生产技术·····	218
十五、制药行业清洁生产技术·····	219

第九章 清洁生产管理与典型案例	224
第一节 清洁生产管理	224
一、清洁生产的企业管埋	224
二、清洁生产的行政管理	226
三、清洁生产的政策机制	229
四、清洁生产的策略措施	230
第二节 清洁生产典型案例	232
一、阜阳化工总厂：加强审计，狠抓实施	232
二、济南钢铁公司：工艺改造，节能降耗	234
三、北京啤酒厂：抓住重点，严加管理	235
四、贵港糖厂：综合利用，变废为宝	236
第三节 国家生态工业示范园区的清洁生产运作	237
一、贵港生态工业园区	238
二、南海生态工业园区	239
三、黄兴生态工业园区	240
四、包头生态工业园区	241
五、石河子生态工业园区	242
六、鲁北生态工业园区	243
七、衢州沈家生态工业园区	244
八、联合国在我国试点的生态工业园区	245
参考文献	247

第一章 清洁生产的定义和内容

清洁生产是 20 世纪 80 年代末期出现的一个新名词,是在当代环境和资源危机的背景下,国际社会总结了工业污染控制经验教训后提出的一个新概念和新生产模式。清洁生产自诞生以来,经过生产实践的创新、丰富和发展,现已成为国际社会环境保护和生产发展的主流思想,有力地推动了世界各地的环境保护事业和工业生产持续发展。

第一节 清洁生产的由来和发展

一、工业文明既创造财富又带来危机

在人类社会发展的历史长河中,工业文明标志着人类的不断进步。特别是 20 世纪以来,工农业生产高速发展,日以继夜地生产出大量的物质产品,提供了多方面的服务,极大地丰富着人类的物质文化生活。但是在烟囱林立、烟尘滚滚、生产规模不断扩大,给人类带来巨大财富的同时,也在高速地消耗着地球上的有限资源,并向大自然越来越多地排放着危害人类健康和破坏生态环境的各类污染物。大自然的承受能力是有限的,当它消化不了工业迅速发展所排放的大量污染物时,终于在 20 世纪 50 年代前后发生了震惊世界的八大公害污染事件,即比利时马斯河谷烟雾、美国多诺拉烟雾、英国伦敦烟雾、美国洛杉矶光化学烟雾、日本水俣病、日本富山骨痛病、日本四日市哮喘和日本米糠油事件。面对工业污染的严峻危害,人们逐渐认识到了工业生产的两面性:既能给人类提供新的物质享受和巨大财富,又可能给人类生存环境带来巨大的污染危害;认识到既要大力发展工业生产,又要大力抓好对工业排放污染的治理工作。因此,从 20 世纪 70 年代开始,世界各地纷纷开展了声势浩大的对工业“三废”(废水、废气、废渣)的治理工作,并为此付出了巨大的代价。但是,由于近几十年里世界工业迅速发展,各地排放污染物急剧增加,上述末端治污并没有从根本上解决环境恶化的问题,终于在 80 年代前后又出现了污染环境的十大公害事件,即意大利塞维索化学污染、法国阿摩柯卡的斯油轮泄油、美国三里岛核电站泄漏、英国威尔士饮用水污染、墨西哥气体爆炸、印度博帕尔农药泄漏、苏联切尔诺贝利核电站泄漏、瑞士莱茵河污染、美国莫农

格希拉河污染和美国埃克森·瓦尔迪兹油轮漏油事件。人们受到这些累治不绝的巨大污染公害的震撼,一些科学家甚至发出了骇人听闻的“预言”:人们如果不能有效地治理工业排放的污染,工业文明将最终毁灭人类自己。

二、清洁生产概念的提出

工业生产污染环境的问题一直伴随着工业文明的进程,且越来越严重。到了20世纪80年代,环境污染问题已由局部性、区域性发展成为全球性的生态危机,如二氧化碳剧增导致温室效应,气候变暖,自然灾害频发,以及酸雨、臭氧层破坏、生物多样性锐减、森林破坏等,已成为危及人类生存的最大隐患。20世纪中期,工业化国家开始通过各种方法和技术对工业生产过程产生的废弃物和污染物进行处理,以图减少对环境危害。但是这种先排污后治理的“末端治理”方式,虽然投入了昂贵的设备费用、惊人的维护开支和最终处理费用,而收效却并不理想。因此,从20世纪80年代开始,一些发达国家的企业相继尝试运用“污染预防”、“废物最小化”、“减废技术”、“源削减”、“零排放技术”、“零废物生产”和“环境友好技术”等方法 and 措施,来提高生产过程中的资源利用效率、削减污染物以减轻对自然环境和社会公众的危害。这些实践尽管还不够完善和普及,但已经在一些国家和地区取得了初步的效果,获得了良好的环境效益和经济效益,为全球防治工业污染提出了新的思路和努力方向。在总结预防为主、防治结合的工业污染防治理论和实践的基础上,联合国环境规划署于1989年提出了清洁生产的战略和推广计划,首次提出了“清洁生产”的名词和概念,并获得了绝大多数国家的认可和使用。

三、清洁生产发展过程

清洁生产的酝酿、提出和实行,经历了一个从时间、空间上和理论概括与实际推行的发展过程。1974年,美国3M公司提出与清洁生产相关的“污染预防”计划;1976年,欧洲共同体提出了“低废、无废技术”要求;1984年,美国国会通过了《资源保护与恢复法——固体及有害废物修正案》,明确提出了“废物最少化”的概念;1986年,美国环境保护署成立了污染预防办公室;1989年,联合国环境规划署工业与环境计划活动中心制定了《清洁生产计划》,提出了清洁生产的概念;1990年,美国国会又通过了《污染预防法》,正式确认了污染控制由末端治理向污染预防转变,清洁生产成为美国的一项国策;1992年,在巴西举行的联合国环境与发展大会将清洁生产纳入大会主要文件《21世纪议程》,表明清洁生产是可持续发展的关键因素;同年,联合国环境规划署举行的清洁生产部长级会议和高级研讨会——巴黎清洁生产会议,指出了目前工业不但面临着环境的挑战,同时也正获得新的市场机遇,会议还制定了推行清洁生产的计划和行动措施;1994年,在华沙召开的清洁生产高级研讨会,再次认定清洁生产

是可持续发展的基本条件；随后，根据会议的精神，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，以加强各国清洁生产能力和技术援助；1998年10月在韩国举行国际清洁生产会议，许多国家和跨国企业签署了《清洁生产国际宣言》。到目前为止，世界上已经出现了60多个国家清洁生产中心，清洁生产已经成为全世界各国关注的焦点。自从清洁生产提出以后，联合国环境规划署每两年举行一次全世界清洁生产研讨会，及时研究和指导全球各地的清洁生产，为未来工业化指明了发展的方向。

我国对清洁生产的探索和实践始于20世纪70年代，当时提出了“预防为主，防治结合”、“综合利用，化害为利”的环境保护方针；80年代开始推行“少废”和“无废”的生产工艺，体现和概括了清洁生产的基本内容。自从联合国提出清洁生产的概念和计划后，我国积极响应联合国的清洁生产计划和《21世纪议程》的倡导，1992年将推行清洁生产列入国务院发布的《环境与发展十大对策》；1993年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；1994年国务院通过了《中国21世纪议程》，推动着清洁生产在我国深入开展。2002年全国人大常委会通过《中华人民共和国清洁生产促进法》，并于2003年1月1日起施行，这进一步表明清洁生产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。

清洁生产在理论和实践上也经历了一个逐步明确、提高和完善的过程。它从人们最初对工业废弃物处理处置的朴素思想，逐步提高到对工业污染控制的认识和行动，再进一步发展到工业废弃物回收利用、变废为宝的思维和措施，然后再上升到对工业废弃物的减量化和污染预防，最终到清洁生产的理念和概念的形成和提出、清洁生产计划的制定和实施，使清洁生产为全球各国各地区政府和民众的共同认识，并得以广泛推行，为社会经济可持续发展提供了先决条件和有力保证。

但是，人类社会的发展是没有穷尽的，工业生产将以更快的速度和更大的规模进行，因此清洁生产也没有穷尽之时。按照物资平衡理论和技术进步支撑理论，清洁生产的高度发展将进入生态工业的理想状态，使工业生产与生态环境友好相处，永远造福于人类社会。

第二节 清洁生产的定义及其实质

一、清洁生产的定义

清洁生产的思想最初来源于世界上一些国家和地区对于提高资源利用率、削减污染