

清洁生产

汪应洛 刘旭 著

机械工业出版社

清 洁 生 产

汪应洛 刘旭 著



机 械 工 业 出 版 社

自从1989年联合国提出清洁生产的概念以来,清洁生产已经成为全球关注的热点。本书在概要介绍清洁生产的概念和原则、国外发展状况、各种国际组织对清洁生产的推动作用以及在对环境污染进行经济学分析的基础上,通过四种生态-经济发展方案的比较,深入探讨清洁生产的宏观环境经济效果,为现阶段我国推行清洁生产提供理论基础;从清洁生产的技术机制、管理机制和政策激励机制等方面深入、系统地研究清洁生产的理论、模式和政策,为促进清洁生产在我国的实施和推广提供对策和建议。

图书在版编目 (CIP) 数据

清洁生产/汪应洛,刘旭著. —北京:机械工业出版社,1998.10
ISBN 7-111-06494-1

I. 清… II. ①汪… ②刘… III. 生产过程-环境保护 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98)

出版人:马九荣 (北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 版式设计:冉晓金 责任校对:李汝庚

封面设计:方芬 责任印制:王国光

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年8月第1版第1次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·5印张·124千字

0 001—1500册

定价:11.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换



序

可持续发展战略是在 80 年代末世界经济陷入持续滞涨的窘迫态势下，人类全面认真总结自己的发展历程，重新审视自己的经济社会行为而提出的一种新的发展观和发展战略，并在 1992 年 6 月召开的联合国环发大会上，成为世界各国的共识。实施可持续发展战略，走可持续发展之路，是中国实现民族振兴、国家富强、长治久安的自身需要和必然选择。

从某种意义上讲，一个国家的现代化进程，就是工业化的进程。工业的规模、结构和水平，在相当程度上决定着这个国家国民经济的面貌。因此，可持续发展的内涵首先是工业的可持续发展。随着我国国民经济的飞速发展，传统依靠大量消耗资源、污染环境、粗放经营、不注重质量和效率的工业发展模式将会受到资源、环境支持能力衰减和生产成本不断上升的严重困扰，束缚阻碍着经济的进一步发展。从国际贸易和国际竞争的角度看，各经济发达国家对产品、生产工艺和技术制定出日益严格的环境要求和标准，国际贸易组织不断加强贸易中环境保护的要求和条款。需要我国企业高度重视的是，1996 年 10 月开始陆续出台的 ISO 14000 国际环境管理标准系列，针对企业生产经营过程中所产生的环境影响，要求企业全面考察其环境行为，并有计划地采取有效的改进措施。从近年国际贸易和环境保护协调发展的趋势来看，采用 ISO 14000 系列标准的国家会陆续增多，并相应地构成新的“技术贸易壁垒”。可以预料，ISO 14000 系列标准普遍实施后，国际贸易秩序将有重大变化。这些变化将使得以高投入、高消耗、粗放经营所支持的工业生产方式在激烈的国际贸易竞争中处于不利地位。

面对经济发展和环境保护的双重挑战，加强工业生产与环境

保护的协调统一已成为实施可持续发展战略的首要任务。为了取得主动，使这项战略更有效地、更经济地、更彻底地得到实现，就必须调整围绕单纯末端控制、偏重被动补救方式的工业污染防治体系，将战略重心转移到面向污染预防的生产全过程上来。只有实施工业污染预防，从工业生产本身去解决工业环境问题，才是实现工业可持续发展的根本途径。清洁生产正是这种融转变工业发展模式与深化工业污染防治为一体的最佳结合。

深入研究和广泛推行清洁生产，对于实现中国工业可持续发展具有十分重要的意义。《清洁生产》一书正是适应这一客观要求，比较全面地介绍了清洁生产的基本概念和理论基础；建立了系统的生态—经济模型，使得清洁生产的环境经济效果分析具有较强的说服力；特别是在清洁生产机制方面，做了深入和有益的探讨。整个框架体系的设计科学、完备、富有新意，对许多问题的探讨也很有深度。尽管在某些问题上还有待深入，但我深信，本书对于宣传推广清洁生产，促进工业生产与资源、环境的协调发展，实现我国国民经济持续、快速、健康的发展，都将起到积极的促进作用。

蒋正华

1998年4月7日

前 言

自从1989年联合国环境署提出清洁生产的概念以来，清洁生产已逐渐成为世界各国关注的热点问题之一。

清洁生产作为与现行工业污染防治模式截然不同的一种新型生产方式，强调污染预防和废弃物循环利用以及资源和能源的节约，着眼于从根本上解决环境污染问题，是实现工业可持续发展的有效途径。这一点已被越来越多的人所承认。

在我们将清洁生产确定为自己的研究主题时，首先面临的一个问题是清洁生产的宏观环境经济效果究竟如何？

在西方发达国家，这一问题似乎是不成疑问的。清洁生产的本义就是具有良好的环境经济效果的生产方式，至于推行清洁生产会对国民经济产生什么样的影响，则是次要的。但中国是一个发展中国家，在环境与发展问题上，发展是第一位的。事实上，中国从来没有将环境保护置于与经济增长同等重要的位置上。因此，是否应在现阶段推行清洁生产，是首先要解决的政策选择问题。这也是我们在本书第3章中试图回答的问题。

在如何推动清洁生产这一问题上，我们认为，技术和管理（主要是企业管理）是推动清洁生产的手段，政策是推动清洁生产的动力。在本书的第4章至第6章，我们分别从清洁生产的机制、管理机制和政策激励机制方面展开论述，探讨如何建立有效的清洁生产机制。在第7章中，我们结合有关案例和数据，提出我国现阶段推行清洁生产的一些构想。

国务院发展研究中心李泊溪研究员为本书提出了不少有益的建议，并提供了许多资料，我们在此表示由衷的感谢。此外，我们在写作过程中曾参阅了大量文献，这些文献基本上都列在书后，我们也要向这些文献的作者们致以谢意。胡华清为本书提

供、整理了大量资料，承担了部分书稿的修改、排版工作。这些都是本书能够顺利出版的重要条件。

作者

目 录

序

前言

第 1 章 引论	1
1 清洁生产概念的提出	1
1.1 清洁生产的几种定义	2
1.2 清洁生产的基本理论基础	4
1.3 清洁生产原则	5
2 清洁生产是全球关注的热点	6
2.1 国外清洁生产概况	6
2.2 企业的清洁生产意识	8
2.3 清洁生产产业的兴起	11
3 联合国积极推动清洁生产	12
3.1 联合国清洁生产计划历史和清洁生产活动纲要	13
3.2 联合国清洁生产工作组	14
3.3 受联合国资助的国家清洁生产中心	15
3.4 其他国际组织对清洁生产的推动作用	15
第 2 章 环境污染的经济分析	17
1 帕累托效率与最大社会福利	17
1.1 经济效率的概念	17
1.2 帕累托效率	17
1.3 最大社会福利	19
2 环境外部性与市场失灵	20
2.1 外部性的概念和分类	20
2.2 环境外部性对资源配置的影响	21
3 政府干预及其失效的可能性	23
4 外部性与科斯定理	26
4.1 科斯定理关于外部性的主要内容	26

4.2 科斯定理存在的主要问题	28
5 环境污染的经济分析小结	30
第3章 清洁生产的环境经济效果	31
1 清洁生产与末端控制方式的对比	31
1.1 末端控制的主要弊端	32
1.2 清洁生产的主要优点	33
2 生态-经济模型	35
2.1 模型的设立	35
2.2 模型求解	39
3 四种生态-经济发展方案比较	40
3.1 方案一: 不采取任何环境保护措施	40
3.2 方案二: 末端控制方案	41
3.3 方案三: 清洁生产方案	41
3.4 方案四: 清洁生产+末端控制方案	43
3.5 结论	44
第4章 清洁生产技术机制	45
1 清洁生产技术的概念和分类	45
2 清洁生产技术进步的社会经济条件	46
2.1 技术范式和技术轨道	46
2.2 学习曲线与选择环境对清洁生产技术进步的影响	47
3 企业开发和采纳清洁生产技术的决定因素	52
3.1 企业开发清洁生产技术的决定因素	52
3.2 企业采纳清洁生产技术的决定因素	54
4 政府在清洁生产关键技术进步中的作用	56
4.1 清洁生产技术的研究与开发投入	56
4.2 清洁生产关键技术的选择	58
5 清洁生产技术案例: CFC _S 在制冷领域的技术替代	62
5.1 CFC _S 替代方案和制冷技术问题	62
5.2 影响 CFC _S 替代技术开发的因素	63
5.3 影响 CFC _S 替代技术采纳的因素	64
第5章 清洁生产管理机制	66
1 ISO 14000 国际环境管理标准和发展趋势	66
1.1 ISO 14000 系列标准	66

1.2	ISO 14000 系列标准的主要内容	67
1.3	ISO 14000 标准与其他环境保护标准的区别	68
1.4	ISO 14000 系列标准的实施方法	69
1.5	国际环境管理标准的发展趋势	71
2	企业内部环境质量标准	74
2.1	企业内部环境质量标准的制定	74
2.2	企业内部环境质量标准的分类	76
2.3	标准的适用性及范围	77
2.4	指标集成和权重	79
2.5	企业内部环境质量评价案例	79
3	清洁生产审计	80
3.1	清洁生产审计概念	80
3.2	清洁生产审计原理	80
3.3	清洁生产审计程序	84
3.4	操作要点	85
4	绿色产品与清洁生产设计	86
4.1	绿色产品的定义	86
4.2	绿色产品的现状与前景	86
4.3	绿色产品标志	88
4.4	清洁生产设计	91
5	清洁生产成本管理	94
5.1	环境质量的成本因素	94
5.2	清洁生产成本管理	95
6	全面质量环境管理	97
6.1	全面质量环境管理的概念	97
6.2	TQEM 的顾客模型	99
6.3	TQEM 体系的建立	99
7	案例	100
7.1	案例一: ××铁路分局	100
7.2	案例二: ××钢铁公司	104
7.3	案例三: ××船舶工业公司	106
第 6 章 清洁生产政策激励机制		109
1	环境政策工具的类型与使用原则	109

1.1	环境政策工具的主要类型	109
1.2	污染者付费原则与经济手段	111
1.3	环境政策工具的激励效果评价准则	113
2	环境政策工具对末端控制的激励效果比较	113
2.1	最优排污水平	113
2.2	政策工具经济效率比较	116
3	企业在不同政策工具下实施清洁生产所获得的收益	119
3.1	模型的假设	119
3.2	政府采用直接管制手段	121
3.3	政府采用排污税或排污削减补贴手段	122
3.4	政府采用无偿配置可交易排污许可证手段	122
3.5	政府采用拍卖可交易许可证手段	124
4	环境政策工具对清洁生产的激励效果比较	125
4.1	无偿配置可交易许可证与直接管制比较	125
4.2	排污税(或排污削减补贴)与无偿配置可交易许可证比较	129
4.3	拍卖可交易许可证与排污税(或排污削减补贴)比较	130
4.4	结论	131
第7章 中国现阶段实施清洁生产的主要构想		133
1	中国实施清洁生产的必要性	133
2	清洁生产在中国的实施状况分析	135
2.1	B-4 项目案例:北京化工三厂	136
2.2	示范企业的清洁生产实施效果	137
2.3	示范企业清洁生产揭示的问题	140
2.4	结论	140
3	我国企业清洁生产技术开发与应用的影响因素	141
4	清洁生产政策激励机制设计	142
4.1	环境政策工具应用的前提	142
4.2	排污权交易的体系设计	143
5	实施清洁生产的配套政策	145
参考文献		147

第 1 章 引 论

工业革命之前，人类在创造文明的同时，因毁林开荒、超载放牧与捕捞、不合理灌溉等行为，引起一系列严重的环境问题，如撒哈拉大沙漠地带曾经是埃及人的粮仓，就是因为长期不合理耕作而成为今日的不毛之地。工业革命开始之后，由于煤的大规模使用，产生大量的烟尘、二氧化硫和其他污染物质，而冶炼工业、化学工业生产排放的有毒有害物质，危害更大。马克思和恩格斯曾对英国当时的环境状况，包括泰晤士河的污染有过专门的论述。进入 20 世纪后，环境污染和生态破坏更是从局部地区转变成大范围，进而演变成全球性问题。

可持续发展是 80 年代随着人们对全球环境与发展问题的广泛讨论而提出的一个新概念。其正式定义是在 1987 年由世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中给出的：“可持续发展是这样的发展，既要满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害。”可持续发展概念自从诞生以来，已越来越受到社会各界的关注，其基本思想已经被国际社会广泛接受，并逐步向社会经济的各个领域渗透，成为当今社会最热点的问题之一。清洁生产作为可持续发展的工业生产方式，由于在实践中产生的显著的环境经济效果而引起了人们的密切关注。

1 清洁生产概念的提出

清洁生产的正式定义是由联合国环境署（UNEP）于 1989 年正式提出的。在此之前，清洁生产所包含的主要内容和思想早已被若干发达或较发达国家和地区采用，并在这些国家和地区有不同的叫法，如污染预防、废物最小化、清洁技术等等。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
预估和预防战略	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

1.1 清洁生产的几种定义

1.1.1 美国环保局的定义

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。同样 EPA 对废物最小化的定义为：在可行的范围内尽量减少最初产生的或随后经过处理、分类和处置的有害废弃物。这一定义包括任何形式的源削减和循环，只要这些活动：削减有害废物的总量和种类；减少有害废物的毒性。废物最小化包括了循环，但它主要是一个关于减少有害废弃物的概念。

1.1.2 联合国环境署的定义

1989年，UNEP 巴黎工业与环境活动中心在总结各国的经验后，对清洁生产概念定义如下：

(1) 清洁生产是对工艺和产品不断运用一种一体化的预防性环境战略，以减少其对人体和环境的风险。

(2) 对于生产工艺，清洁生产包括节约原材料和能源，消除有毒原材料，并在一切排放物和废弃物离开工艺之前，削减其数量和毒性。

(3) 对于产品，战略重点是沿产品的整个寿命周期，即从原材料获取到产品的最终处置，减少其各种不利影响。

UNEP 的定义将清洁生产上升为一种战略，该战略的作用对象为工艺和产品，其特点为持续性、预防性和一体化。该定义的基本要素可用图 1-1 来表示。

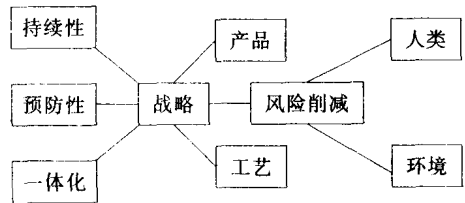


图 1-1 清洁生产概念的基本要素

1.1.3 《中国 21 世纪议程》的定义

清洁生产是指既可满足人们的需要，又可合理地使用自然资源和能源，并保护环境的实用生产方法和措施，其实质是一种物料和能耗最少的人类生产活动的规划和管理，将废物减量化、资

源化和无害化，或消灭于生产过程之中。同时对人体和环境无害的绿色产品的生产亦将随着可持续发展进程的深入而日益成为今后产品生产的主导方向。

1.1.4 其他定义

中国国家环境保护局的杨作精，根据我国长期以来的环境保护实践认为，清洁生产是以节能、降耗、减污为目标，以技术、管理为手段，通过对生产全过程的排污审计、筛选，并实施污染防治措施，以消除和减少工业生产对人类健康和生态环境的影响，从而达到防治工业污染、提高经济效益双重目的的综合性措施。这一概念是从清洁生产的目标、手段、方法和终极目的阐述的，相比而言，较为具体、明确，易被企业所接受。

1.2 清洁生产的基本理论基础

清洁生产有着深厚的理论基础，这些理论基础主要包括：

1. 废物与资源转化理论（物质平衡理论）

在生产过程中，物质是遵循平衡定理的，生产过程中产生的废物越多，则原料（资源）消耗也就越大，即废物是由原料转化而来的，清洁生产使废物最小化，也等于原料（资源）得到了最大利用。此外，生产中的废物具有多功能特性，即某种生产过程中产生的废物，又可作为另一种生产过程中的原料（资源）。资源与废物是一个相对的概念。

2. 最优化理论

清洁生产实际上是如何满足特定生产条件下使其物料消耗最少，而使产品产出率最高的问题。这一问题的理论基础是数学上的最优化理论。在很多情况下，废物最小化可表示为目标函数，求它在约束条件下的最优解。

3. 科技进步理论

马克思曾预言：“机器的改良，使那些在原有形式上本来不能利用的物质，获得一种在新的生产中可能利用的形式；科学的进步，特别是化学的进步，发现了那些废物的有用性。”当今世

界的社会化、集约化的大生产和科技进步，为清洁生产提供了必要的条件。因此，有利于社会化大生产和科技进步的工业政策，特别是有利于经济增长方式由粗放型向集约型转变的技术经济政策等，均可为推行清洁生产提供有利的条件。

1.3 清洁生产原则

1.3.1 持续性

清洁生产不是一时的权宜之计，而是要求对产品和工艺持续不断地改进，以达到节省资源、保护环境的目的，是人类可持续发展的重要战略措施之一。从清洁生产实现所需的时间来看，一条具体的清洁生产措施，可能涉及到清洁生产技术的研究与开发、清洁生产技术的采纳、配套的管理措施乃至企业文化的转变，因而其显著效果往往需要较长的时间才能显示出来。再从清洁生产的字面意义来理解，清洁意味着零污染，这在实际生产过程中是不可能做到的。因为所有废弃物都是潜在的污染源，而且有的废弃物是无法避免的。但对已有的产品和工艺持续不断地改进，逐步减少污染的产生和排放，最终使得污染排放水平与环境的承载力和转化能力相平衡，这一点还是有可能的。正是出于这种原因，有的国家用 Cleaner production 代替 Clean production，以强调清洁生产的持续性。

1.3.2 预防性

清洁生产强调在产品生命周期内，从原材料获取，到生产、销售和最终消费，实现全过程污染预防，其方式主要是通过原材料、产品替代、工艺重新设计、效率改进等方法对污染产生的源头进行削减，而不是在污染产生之后再行治理。

1.3.3 整合性

清洁生产不应看作是强加给企业的一种约束，而应看作企业整体战略的一个部分，其思想应贯彻到企业的各个职能部门。鉴于消费者的环保意识不断增强，清洁产品市场日益扩大，有关环保的政策和法律愈来愈严格，清洁生产已经成为提高企业竞争优

势、开拓潜在市场的重要手段。

2 清洁生产是全球关注的热点

清洁生产是在较长的工业污染防治过程中逐步形成的，也可以说是世界各国 20 多年来工业污染防治基本经验的结晶。自从 UNEP 提出清洁生产概念并积极推动清洁生产的实施以来，美国、丹麦、荷兰、英国、加拿大、澳大利亚等国都兴起了清洁生产浪潮，并获得了很大的成功。

2.1 国外清洁生产概况

2.1.1 美国的清洁生产

美国国会于 1990 年 8 月通过了《污染预防法》，1991 年 2 月 EPA 发布了《污染预防战略》。其具体目标为：

(1) 在现行的和新的指令性项目中，调查预防污染的具有较高投入产出效益的投资机会。

(2) 鼓励工业界的志愿行为，以减少 EPA 根据诸如有害物质控制条例采取的行动。

EPA 根据上述战略采取的行动包括：

(1) 设立了一个污染预防办公室，以协调各环境介质和各区域办公室有关污染预防的活动。

(2) 建立了美国污染预防研究所。该研究所的成员为工业界和学术界具备污染预防技能的志愿人员。

(3) 建立了污染预防信息交换中心。该中心向联邦、州、县及市的政府部门、工业界和商业协会、公共和私人机构和学术界，提供有关污染预防的信息；它同时通过 UNEP 的清洁生产信息交换中心获得国外清洁生产信息，并向国外传递美国清洁生产信息。

(4) 建立了一项支持污染预防项目的特殊计划。例如，EPA 在其 1991 年和 1992 年的财务预算中抽出 2% 资助这一计划，表 1-2 列出这个计划所资助的部分项目。