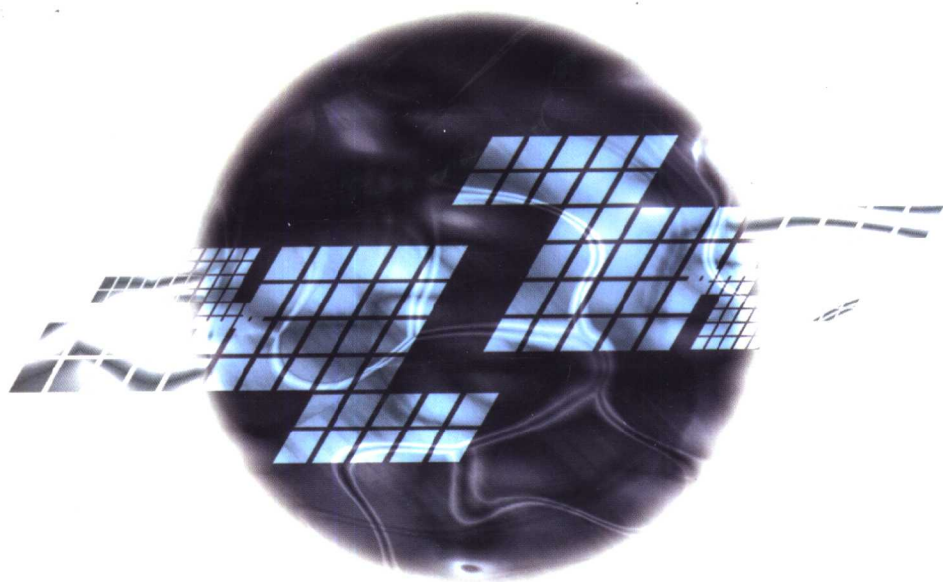


清洁生产工艺

郭 斌 庄源益 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

清洁生产工艺

郭 斌 庄源益 编著

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

清洁生产工艺/郭斌,庄源益编著. —北京:化学工业出版社,2003.4

ISBN 7-5025-4376-7

I. 清… II. ①郭…②庄… III. 无污染工艺
IV. X383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 021288 号

清 洁 生 产 工 艺

郭 斌 庄源益 编著

责任编辑:董 琳 徐 娟 刘兴春

责任校对:陶燕华

封面设计:潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19½ 字数 486 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4376-7/X·260

定 价:46.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

在全球范围内，清洁生产被越来越多的国家认为是一预防污染的最佳战略，已得到人们的重视，环境保护工作由过去的单一末端治理转向清洁生产及综合利用为主的预防治理战略。为配合《清洁生产促进法》的执行和清洁生产的教育及宣传，加强清洁生产工艺的推广应用而编写此书。

本书编写的主要目的，一是介绍清洁生产的概念、原则及清洁生产审计的程序，提高人们对清洁生产重要性的认识，以更好地贯彻执行《清洁生产促进法》；二是通过一些典型工业的清洁生产技术和方法，提供一种实行清洁生产的新的思维，即必须从了解现有工艺入手，通过审计确定清洁生产的目标。因此，在本书中简述了典型工业的基本原理和工艺，只有了解掌握该工艺过程才能更好地实施清洁生产。在执行清洁生产过程中首先应从改变原材料考虑，将有毒有害的原材料变为无毒无害的替代材料；其次，从改变、改革工艺方面考虑，开发新的、先进的生产工艺以减少或不产生污染物；第三是加强污染物的末端治理，对已产生的污染进行治理，减少污染物的排放，以实现清洁生产。

本书共分十章，第一章为清洁生产概述，叙述了清洁生产的定义、目的及意义等概念知识；第二章清洁生产审计，讲述了清洁生产的审计目的及方法，并举例说明了审计的简要过程（郭斌编著）；第三、第四、第五章分别介绍了产品生产系统、技术经济分析和清洁生产管理等内容（庄源益编著）；第六章化工工业清洁生产，介绍了硫酸、合成氨、氯碱等工业的清洁生产（郭斌、吴根编著）；第七、第八章为轻工业清洁生产、制药工业清洁生产（胥俊杰编著）；第九章为钢铁工业清洁生产（刘恩志编著）；第十章为电力工业清洁生产（任爱玲编著）。在本书编写过程中，力求多采用先进的和实用性的清洁工艺技术，以符合科学技术进步的要求。

本书适用于化工、轻工、环保等行业的科研技术人员及管理人员参考，也适用于高等院校环境类专业的专业课教材和清洁生产培训宣传教材。

本书在编写过程中得到了俞磊、崔宁、马建立、王珍等同志的大力帮助，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，查阅资料及接触行业不足，编写过程中难免会有一些缺点和不足，恳请有关同仁批评指正。

编著者
2003.2

目 录

第一章 清洁生产概述	1
第一节 清洁生产的定义及主要内容	1
第二节 清洁生产的意义及发展	3
第三节 清洁生产与可持续发展	6
第四节 清洁生产的实施	9
第五节 绿色化学与清洁生产	15
第二章 清洁生产审计	20
第一节 清洁生产审计程序	20
第二节 行业清洁生产审计要点说明	21
第三节 某酿酒厂清洁生产审计实例简述	28
第三章 产品生产系统	41
第一节 生产系统	41
第二节 生产系统的物质流及物质平衡	42
第三节 系统的能量平衡	46
第四章 技术经济分析	50
第一节 基本概念	50
第二节 技术经济分析的指标体系	50
第三节 技术经济分析	52
第四节 产品替换与二艺改进	55
第五节 废物利用经济效益	58
第五章 清洁生产管理	60
第一节 产品的寿命周期评价和费用分析	60
第二节 相关政策	65
第三节 管理内容及实施	67
第六章 化工工业清洁生产	74
第一节 硫酸工业清洁生产	74
第二节 合成氨工业清洁生产	97
第三节 氯碱工业清洁生产技术	156
第七章 轻工业清洁生产	164
第一节 轻工业概述	164
第二节 制革工业清洁生产	164
第三节 造纸工业清洁生产	170
第四节 发酵工业清洁生产	189
第八章 制药工业清洁生产	206
第一节 制药工业概述	206

第二节	中草药制药的清洁生产	206
第三节	抗生素制药清洁生产	208
第四节	生物制药清洁生产	227
第九章	钢铁工业清洁生产	232
第一节	钢铁工业生产概述	232
第二节	钢铁生产工艺过程	239
第三节	钢铁工业清洁生产技术	253
第十章	电力工业清洁生产	262
第一节	电力工业概述	262
第二节	火力发电厂的基本生产过程	264
第三节	火力发电厂的主要设备	268
第四节	电力工业的清洁生产	273
附录	中华人民共和国清洁生产促进法	299
	参考文献	304

第一章 清洁生产概述

第一节 清洁生产的定义及主要内容

一、清洁生产的定义及主要内容

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 公司曾经推行的实行污染预防有回报“3P（Pollution Prevention Pays）”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 月在联合国环境与开展大会上，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盈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，根据环发大会的精神，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。

中国对清洁生产也进行了大量有益的探索和实践，早在 20 世纪 70 年代初就提出了“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 年代就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》，这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

清洁生产是一项实现与环境协调发展的环境策略，其定义为：“清洁生产是一种新的创造性的思想”。该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中，以增加生态效率和减少人类及环境的风险：

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，要求减少从原材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产生技术，提高能源、资源利用率以及通过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。

在《中华人民共和国清洁生产促进法》中也明确规定，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，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害，并对清洁生产的管理和措施进行了明确的规定。

三、清洁生产的主要内容

清洁生产要求实现可持续发展的经济发展，即经济发展要考虑自然生态环境的长期承受能力，使环境与资源既能满足经济发展要求的需要，又能满足人民生活的现实需要和后代人的潜在需求；同时，环境保护也要充分考虑到一定经济发展阶段下的经济支持能力，采取积极可行的环境政策，配合与推进经济发展进程。

这种新环境策略要求改变传统的环境管理方式，实行预防污染的政策，从污染后被动治理变为主动进行预防规划，走经济与环境可持续发展的道路。

据此，清洁生产应包括如下主要内容：(a) 政策和管理研究；(b) 企业审计；(c) 宣传教育；(d) 信息交换；(e) 清洁技术转让推广；(f) 清洁生产技术研究、开发和示范。

清洁生产强调的是解决问题的战略，而实现清洁生产基本保证是清洁生产技术的研究和开发。因此，清洁生产也具有一定的时段性，随着清洁生产技术的不断研究和发展，清洁生产水平也将逐步提高。

从清洁生产的概念来看，清洁生产的基本途径为清洁生产工艺和清洁产品。清洁生产工艺是既能提高经济效益，又能减少环境问题的工艺技术。它要求在提高生产效率的同时必须兼顾削减或消除危险废物及其他有毒化学品用量；关键是改善劳动条件，减少对人体健康的威胁，并能生产安全的、与环境兼容的产品，是技术改造和创新的目标。清洁产品则是从产品的可回收利用性、可处置性和可重新加工性等方面考虑，要求产品设计者本着产品促进污染预防的宗旨设计产品。

根据清洁生产的不同侧重点，形成了清洁生产的多种战略与方法，主要有污染预防、减少有毒品使用、为环境而设计。

1. 污染预防 (pollution prevention)

通过源削减和就地再循环避免和减少废物的产生和排放（数量或毒性）。污染预防可降低生产的物料、能源的输入强度和废物的排放强度。

源削减的途径主要为：(a) 产品改进，即改变产品的特性（如形状或原材料组成），延长产品的寿命期，使产品更易于维修或产品制造过程的污染排放更小，包装的改变也可看作是产品改进的一部分；(b) 投入替代，在保证产品较长服务期的同时，采用低污染原材料和辅助材料；(c) 技术革新，工艺自动化，生产过程优化，设备重设计和工艺替代；(d) 内部管理优化，废物产生和排放的管理，如工艺指南和培训等。

原材料的就地再利用，在企业工艺过程中循环利用其本身产品的废弃物或副产品。近年来，污染预防的内涵也在扩展，逐步包括了“资源的多级利用”和“生命周期设计”等一些新的概念。

2. 削减有毒品使用 (toxic use reduction, TUR)

削减有毒品使用是清洁生产发展初期的主要活动，也是目前清洁生产中很重要的一部分，而且在实践上削减有毒品使用常常与污染预防很相似。TUR 与污染预防最大的区别在于所关注的原材料的范围不同，TUR 一般以有毒化学品名录为依据和目标，尽可能使用有

毒化学品名录以外的化学品；污染预防的范围则要宽得多。目前，国际上有毒品名录主要有美国的 33/50 项目，我国列入名录的有 47 项，欧盟也在制定相应的有毒品名录。

TUR 通常有以下技术：(a) 产品重配方，重新设计产品使得产品中的有毒品尽可能少；(b) 原料替代，用无毒或低毒的物质和原材料替代生产工艺中的有毒或危险品；(c) 改变或重新设计生产工艺单元；(d) 改善工艺现代化，利用新的技术和设备更新现有工艺和设备；(e) 改善工艺过程和管理维护，通过改善现有管理和方法高效处理有毒品；(f) 工艺再循环，通过设计，采用一定方法再循环，重新利用和扩展利用有毒品。

3. 为环境而设计 (design for environment, DfE)

为环境而设计的核心是在不影响产品性能和寿命的前提下，尽可能体现环境目标。相近的概念有“可持续的产品开发”、“生命周期设计”、“绿色产品设计”等。目前 DfE 主要涉及以下几种：

- ① 消费服务方式替代设计，如利用电子函件替代普通邮件；
- ② 延长产品寿命期设计，包括长效使用，提高产品质量，利于维修和维护；
- ③ 原材料使用最小化和选择与环境相容的原材料，降低单位产品的原材料消耗，尽可能使用无危险、可更新或次生原材料；
- ④ 物料闭路循环设计；
- ⑤ 节能设计，降低生产和使用阶段的能耗；
- ⑥ 清洁生产工艺设计；
- ⑦ 包装销售设计。

上述清洁生产的主要类型在实践上常常互相有交叉，主要是因为它们的侧重点不同。主要可以归纳为面向产品、面向生产工艺和面向产品寿命期的战略，它们之间的相互关系如图 1-1 所示。

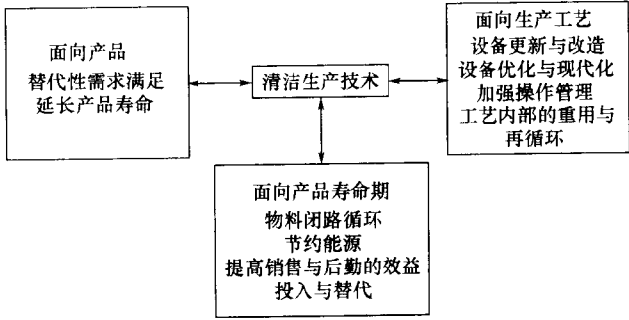


图 1-1 清洁生产技术系统框架

第二节 清洁生产的意义及发展

一、清洁生产的意义

长期以来，我国经济发展一直沿用以大量消耗资源、粗放经营为特征的传统发展模式，通过高投入、高消耗、高污染，来实现较高的经济增长。据估计，20 世纪 50~70 年代国民生产总值年均增长率为 5.7%，而主要投入，包括能源、原材料、资金和运转的投入，平均每年的增长率比国民生产总值增长率高 1 倍左右。从 20 世纪 80 年代开始，才强调提高经济效益，从粗放型增长向效益型增长转变，在 1981~1988 年期间，国民生产总值平均增长率

为 10%，主要投入平均增长率比国民生产总值年平均增长率低 1/2 左右。特别是 20 世纪 90 年代以来，随着改革开放不断深化，我国经济得到了迅猛发展，经济效益也有了很大提高，但从总体上看，我国工业生产的技术经济指标仍大大落后于发达国家。传统的生产模式导致资源利用不合理，大量资源和能源变成“三废”排入环境，造成严重污染。20 世纪 70 年代以来，虽然我国明确提出了“预防为主，防治结合”的工业污染防治方针，强调通过合理布局调整产品结构、调整原材料结构和能源结构、加强技术改造、开发资源和“三废”综合利用、强化环境管理等手段防治工业污染，但这一“预防为主”的方针并没有形成完整的法规和制度，而且预防的侧重点也有偏差，不是侧重于“源头削减”，而是侧重于末端治理，环境管理也侧重在末端控制，即侧重在污染物产生后如何处理达标上。这种末端处理的措施很多，如“三同时”、“限期治理”、“污染集中控制制度”、“浓度达标排放”等，都是以末端治理为依据的。

尽管 20 多年来我国在环境保护方面做了巨大的努力，使得工业污染物排放总量未与经济发展同步增长，甚至某些污染物排放量还有所降低，但我国总体环境状况仍趋向恶化。在我国的环境污染中，工业污染占全国负荷的 70% 以上，每年由工厂排出 1.6×10^7 t SO_2 使我国酸雨面积不断扩大，工业废水每年排放量达 231×10^8 t，固体废物达 7×10^8 t。每年由于环境污染造成的经济损失达 1000 亿元，如此惊人的数字，已达到使社会难以承受的程度。环境和资源所承受的压力，反过来对社会经济的发展产生了严重的制约作用。这种经济发展与环境保护之间的不协调现象，已经越来越明显，不容继续存在。

纵观环境保护问题，它已不再仅仅是环境污染与控制的问题，实质上它是一个国家国民经济的整体实力与素质的综合反映，是关系到经济发展、社会稳定、国际政治与贸易以及人民生活水平的大事。要实现我国 21 世纪中叶达到中等发达国家水平的奋斗目标，也必须解决环境问题，根本改变我国环境严重污染的状况。转变传统发展模式，推行持续发展战略与清洁生产，实现经济与环境协调发展的历史任务已经摆在我们面前。

化学工业是我国国民经济的重要基础工业，其生产的化工产品已达 45000 多种，对我国工农业生产的发展和国防现代化具有重要作用。由于化工产品种类繁多，而且中小型化工企业占绝大多数，加之长期以来采用高消耗、低效益、粗放型的生产模式，使我国化学工业在不断发展的同时，也对环境造成了严重污染；化工排放的废水、废气、废渣分别占全国工业排放总量的 20%~23%、5%~7% 和 8%~10%。在工业部门中，化工排放的废水量居第二位，废气量居第三位，废渣量居第四位，排放的汞、铬、酚、砷、氟、氰、氨氮等污染物居第一位。从行业来讲，氮肥行业是化工系统的用水和排放污染物大户，其废水排放量占化学工业排放量的 60%；小氮肥废水排放量又占氮肥行业废水排放量的 70%，每年全行业流失到环境的氨氮达 100×10^4 t 以上。染料行业工艺落后，收率低，每年排放工艺废水 1.57×10^8 t、废气 257×10^8 m³、废渣 28×10^4 t；染料废水 COD 浓度高，色度深，难生物降解，缺少有效的治理技术。农药生产目前主要以有机磷农药为主要品种，全行业每年排放废水上亿吨；这类废水含有机磷和难生物降解物质，目前还没有较为成熟的处理方法。染料与农药生产对环境的污染非常严重，已成为制约这两个行业生产发展的重要因素。铬盐行业每年约排 $(13 \sim 14) \times 10^4$ t 铬渣，全国历年堆存的铬渣已达 200×10^4 t，流失到环境中的六价铬每年也达 1000 t 以上，对地下水水质造成很大的威胁。磷肥行业主要的污染物是氟和磷石膏，每年排入大气中的氟 $(1 \sim 2) \times 10^4$ t、磷石膏约 1.0×10^6 t，不仅占用了大量土地，也污染了地下水。有机化工行业排放的废水、废气的量虽然较小，但含有毒有害物质浓度高，成分复

杂，使工厂职工和周围居民深受其害。

10 多年来，原化学工业部在污染防治方面做了大量工作，取得了一定的成绩，“七五”期间投资 32.5 亿元；“八五”期间增加到 52.7 亿元，安排环保项目 1691 项。尽管如此，还远远不能解决化工生产的污染问题。

化学工业是我国工业污染大户，化工生产造成的严重环境污染，已成为制约化学工业持续发展的关键因素之一。我国化学工业距中等发达国家的水平仍有很大距离。由氯乙烯、乙苯等八种产品国内外同类装置的排污系数比较见表 1-1，可以看出国内装置排污系数比国外同类装置排污系数高出几倍乃至数千倍，因此清洁生产的推广对环境保护和经济的发展起着重要的作用。

表 1-1 八种产品国内与国外同类装置排污系数比较

产 品	生产工艺	排污系数/(kg/t 产品)					
		废 气		废 水		固 体 废 物	
		国 外	国 内	国 外	国 内	国 外	国 内
氯乙烯	氧氯化法	4.9~12	113~220	0.33~4.35	837	0.05~4.0	211
乙苯	烷基化法	0.29~1.7	4.8	1.9~21.5	2867		
丙烯腈	氨氧化法	0.017~200	5882	0.002~34.1	2592		
环氧丙烷	氧醇法、氧化法	0.005~8.5	178~560				
环氧乙烷	氧化法	0.25~47.5	630				
丙烯酸乙酯	酯化法	0.265~265	22.7				
乙醛	氧化法			0.6~13.9	10800~40000		
对苯二甲酸二甲酯	酯化法			微量~54	1170		

清洁生产与过去的环境政策不同，过去的环境政策强调末端治理，即当污染产生后在排污口和烟囱口通过处理和处置进行污染控制；这种方法具有严重的经济与环境上的弊端。

首先，污染控制方法通常以单一环境介质（如空气、水和陆地）为目标对污染物进行控制，这种方法鼓励污染向未控制的介质中转移，例如在解决空气污染和水污染过程中可能产生粉尘和污泥的陆地污染问题。

其次，污染控制方法通常只集中在控制大型污染源，但是未受控制的小污染源可能超过受控制的大污染源。

第三，这种方法按照固定要求（排放标准）接近污染物的排放标准，未能鼓励排污者将污染减少到最小量排放。

第四，污染控制方法鼓励企业花费巨额环境投资用于污染控制技术，而不是用于改进生产方式，改变原料，加强设备维护等花费低、效益高的污染预防技术。

这样，我们面临着一个相互矛盾的环境问题，一方面，我们花费大量资金与资源处理污染，而处理的结果又有新废物产生，又需要资源来处理它；另一方面，我们的环境质量只得到局部改善，而更严重的全球性环境问题，如臭氧层破坏、温室效应等对人类与环境造成新的威胁。因而，只有实行污染预防的办法预防废物（污染物）的产生才能解决上述矛盾。

由表 1-1 可以看出，我国在清洁生产方面与发达国家相比有着较大的距离，尤其体现在

原材料的消耗、“三废”的产生及清洁生产的管理等方面，因此在我国提倡和发展方面有很大的空间，将对我国社会主义建设和可持续发展有着重要的意义。

二、清洁生产的发展

清洁生产已被认为是工业界实现环境改善，同时保持竞争性和可盈利性的核心手段之一，正受到越来越多的国家和国际组织的重视。例如，1990年秋季美国国会通过了污染防治法案，法案中明确宣告美国环境政策是必须在污染的产生源预防和削减污染的产生；无法预防的污染物应当以环境安全的方式再生利用；污染物的处置或向环境中排放只能作为最后的手段，并且应当以环境安全的方式进行。目前，美国已有26个州相继通过了要求实行污染防治或废物减量化的法规，13个州的立法要求工业设施呈报污染防治计划，并将废物减量计划作为发放废物处理、处置、运输许可证的必要条件。污染防治已经形成一套完整的法规、政策、计算和实施体系。

在欧洲，欧洲联盟委员会从1991年起开始实施第五环境行动纲领和走向可持续性文件并发布了综合污染防治指令。荷兰、丹麦、英国和比利时还开展了清洁工艺和清洁产品的示范项目，例如，荷兰在技术评价组织（NOTA）的倡导和组织下，主持开展了荷兰工业公司预防工业排放物和废物产生示范项目，并取得了较大成功；示范项目证实了把预防污染付诸实践不仅大大减少污染物的排放，而且会给公司带来很大经济效益。丹麦政府和环保局颁布了环境法，对促进清洁生产提出具体规定，并制定了环境和发展行动计划，自1986年以来，已开展了250多个清洁工艺项目；丹麦政府还拨出专款用于支持工业企业进行清洁生产示范工程。

现在联合国环境署、开发组织和世界银行等国际组织都在大力倡导清洁生产，把这看成是防治工业污染、保护环境的根本出路。

1989年5月，联合国环境署理事会会议决定在世界范围内推进清洁生产。1992年6月在巴西举行的联合国环境与发展大会已将清洁生产纳入了大会主要文件《二十一世纪议程》。1994年10月在华沙召开了第三次清洁生产高级研讨会，联合国环境署工业与环境规划活动中心还制定了清洁生产计划，主要包括五项内容：（a）建立国际清洁生产信息交换中心（ICPIC）；（b）出版“清洁生产简讯”等有关刊物；（c）成立若干工业行业工作组致力于废物减量的清洁生产审计，编写清洁生产指南；（d）进行教育和培训；（e）开展清洁生产援助，帮助发展中国家和向市场经济转轨国家建立国家清洁生产中心等。

我国从20世纪80年代就开始研究推广清洁生产工艺，如硫酸工业的水洗流程改为酸洗流程，一转一吸改为两转两吸，减少了酸性废水及SO₂废气的排放；又如氯乙烯生产中由乙炔法改为乙烯氧氯化法避免了废汞触媒的污染等。陆续研究开发了许多清洁生产技术，为清洁生产的实施打下了基础。

我国对清洁生产的管理也日益重视，专门成立了中国国家清洁生产中心、化工部清洁生产中心及部分省市的清洁生产指导中心，逐步建立和健全了企业清洁生产审计制度，在联合国环境规划署的帮助下进行了数十家企业的清洁生产审计，并取得良好效果。建设（改扩）项目的环境影响评价工作，以此为立项审批的重要依据。随着科学技术和国民经济的发展，我国的清洁生产水平将会不断地提高。

第三节 清洁生产与可持续发展

一、可持续发展含义及其提出

20世纪80年代末，在世界经济陷入持续滞胀的窘迫态势下，人们认识到人类生存环境

开始出现危机，生态环境恶化、全球性环境问题等的出现，迫使人们重新审视自己的经济社会行为，如何实现社会的、自然的协调发展，使人类社会进入一个更高的境界，成为迫在眉睫的问题。在全面总结了自然发展的历程之后，人们提出了一种新的发展观和发展战略——可持续发展战略。决策者制定的政策，必须建立在保护生态环境而不被破坏的基础上，只有这样才能保持其长期的增长，这一点已成为世界各国的共识。

可持续发展作为一种新的发展观，人们对其有不同的理解，普遍接受的是 1987 年联合国世界环境与发展委员会（WECO）通过的“可持续发展”定义：所谓可持续发展，就是指既满足当代人需要，又不对后代满足其需要的能力构成危害的发展。1995 年，我国在山西运城召开了“全国资源环境与经济发展研讨会”，会上将可持续发展定义为：可持续发展的根本点就是经济社会的发展与资源环境相协调，其核心在于生态与经济相协调。而另一种观点则认为：可持续发展即谋求在经济发展、环境保护和生活质量的提高之间实现有机平衡的一种发展。

无论何种对可持续发展的表述，其基本理论大致都包含了以下 4 方面内容：(a) 可持续发展并不否定经济增长（尤其是经济落后国家的经济增长），但需要重新审视经济增长方式；(b) 可持续发展以自然资源为基础，同环境承载能力相协调；(c) 可持续发展以提高人民生活水平为目标；(d) 可持续发展承认并要体现出环境资源的价值。

可持续发展的关键是处理好经济发展与资源环境的关系。经济发展与资源环境二者相互促进而又彼此制约，一方面，资源环境是经济发展的前提，只有保持资源环境不被破坏，才能保证经济的持续快速发展；另一方面，持续快速的经济发展又为资源环境的保护提供技术保证和物质基础。可持续发展战略总的要求如下：(a) 人类以人与自然相和谐的方式去生产；(b) 把环境与发展作为一个相容整体出发，制定出社会、经济可持续发展的政策；(c) 发展社会科学技术、改革生产力方式和能源结构；(d) 以不损害环境为前提，控制适度的消费和工业发展的生态规模；(e) 从环境与发展最佳相容性出发确定其管理目标和优先次序；(f) 加强和发展资源环境保护的管理；(g) 发展绿色文明和生态文化。

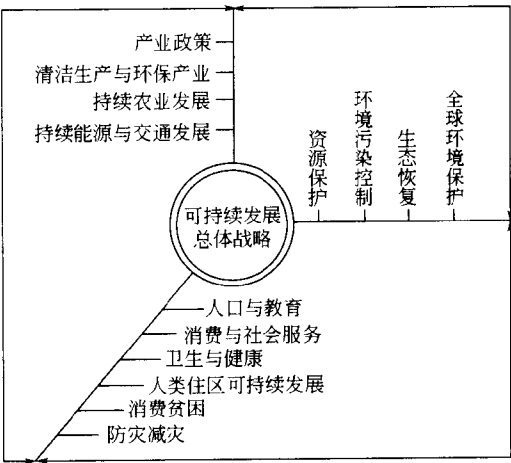


图 1-2 可持续发展总体战略

可持续发展总体战略实施的内容如图 1-2 所示。

二、我国可持续发展所面临的问题

“先污染，后治理”是西方发达国家在环境治理方面经历过的一种模式，由于其存在许多弊端，现已逐步淘汰，在我国这种问题却依然存在。

长期以来，企业的污染防治一般采用末端控制，即把污染物全部集中在尾部进行处理。其主要缺点为：(a) 一次性投资和运行费用高，由于污染物量大，处置负荷高，特别是对分散的污染源，规模效益和综合效益差；(b) 不利于原材料的节约，末端控制只注意末端净化，不考虑全过程控制；只重视污染物排放量，不考虑资源、能源最大限度的利用和减少污

染物的产生量，资源能源浪费严重；(c) 受技术、经济等条件的制约易造成二次污染，在很大程度上，末端控制是污染物在介质间的转移，特别是有毒、有害物质往往转化为新的污染物，形成治标不治本的恶性循环，不能从根本上消除污染。例如，净化污水，产生污泥；净化废气产生废水；焚烧固体废弃物造成大气污染；填埋有害废物又有可能造成土壤污染和地下水的污染。

这种主要侧重于对企业的末端污染治理，而忽视对生产全过程控制的环境治理方式已远远不能适应社会发展的要求。我国作为发展中国家，要从根本上解决环境问题，就必须吸取西方发达国家的教训，在环境治理方面寻求新思路，走“预防为主、防治结合、综合利用、化害为利”的道路。这也就提出了清洁生产的发展方向，使其尽量将污染消除在生产工艺过程中以满足人类社会发展的需求。

三、推行清洁生产是实现可持续发展的内在要求

清洁生产是一种新的创造性思想，该思想是从生态经济系统的整体优化出发，将整体预防的环境战略应用于生产过程、产品和服务中，以提高物料和能源利用、降低对能源的过度使用、减少人类和环境自身的风险。这与可持续发展的基本要求、资源的永久利用和环境容量的持续承载能力是相符合的，这也是实现资源环境和经济发展双赢的惟一途径。

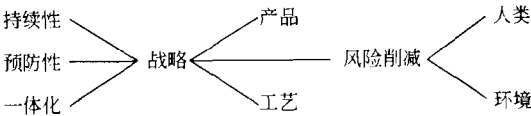


图 1-3 可持续发展的基本要素

可持续发展的基本要素如图 1-3 所示。

清洁生产主要体现在以下三个方面：

一是对生产过程，要求节约原材料和能源，淘汰有毒原材料，减低所有废弃物的数量和毒性；二是对产品，要求减少从原材料产品最终处置的全生命周期的不利影响；三是对服务，要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。清洁生产在不同的发展阶段和不同的国家有不同的叫法，如“源削减”、“低废”、“无废工艺”、“污染预防”、“废物减量化”及“清洁工艺”等；其基本内涵是一致的，就是要从病因入手，从根本上解决问题。所以说，推行清洁生产是实现可持续发展的内在要求。

我国已在各行业推广清洁生产工艺，并已取得了初步成效。例如，某啤酒厂通过清洁生产审计，测算物料平衡，摸清原辅料及废物产量确定重点部位：发酵工序耗水问题、原辅料贮存与运输等，确定出削减方案筛选见表 1-2，其效果见表 1-3。

表 1-2 削减方案

内 容	项 目	预计污染物 削减比例/%	内 容	项 目	预计污染物 削减比例/%
原材 料管理	贮存、运输、损失降低能耗	10	内部 管理	控制链道速度、减少酒业损失	1.3
	加强验瓶岗位,降低空瓶损失	2		采用计算机管理系统控制投入、产出	2
	专人保管投加润滑剂,控制用量	1.2	技术 改造	回收热凝固物	21
	利用自动添加剂控制器,定量洗涤液	1.5		改造发酵过滤设备,酵母离心机,精滤	40
	研究啤酒原料的替代品,生化合成			酵母压榨回收酒精和酵母	16
	开发贴标胶水品种			麦糟挤压回收麦汁,干式排糟	7.5
内部 管理	将酒损排污负荷纳入经济责任制考核	15		洗瓶水、逆流漂洗	3
	控制装瓶酒液量减少损失	0.5		使用高压喷射冲洗糖化、发酵设备	0.1
	杜绝长流水,考核车间用水选择	13		增加废商标低压榨烘干机	4
	增加设备润滑、停机率、考核制度	5		增加硅藻土调节定量和回收装置	2
	减少物料流失,回收酒头、酒尾	25		表计冷却水回收利用	
	控制瓶子与酒漏、温差、防止溢酒	0.5			

表 1-3 方案实施效果

项 目	效 果	COD 排污量削减/t
调整产品结构	比上年增加 320t,增加利润 366 万元	35.2
加强原材料控制,降低原材料损耗	增利 103.3 万元	20.5
强化管理,降低啤酒损失	由原 10.55%降至 8.47%,减少酒损 765t,增收 54 万元	19.94
技术改造,引进国外先进工艺设备,降低吨酒耗水	年增利 103 万元,吨酒耗水从 16.3t 降至 12.1t	COD 削减量 40%

由此可见,节约原材料的同时也削减了废水和废弃物。节约能源与减少污染两目标在清洁生产中是相统一的,且投资少,有一定的经济效益,由于节约资源、能源,提高生产率和削减污染等带来一定的经济效益,再次证明清洁生产这一新兴的环境模式,无疑是环境与经济协调发展的最佳选择,它将保护环境与发展经济有机结合起来,使环境经济协调稳定发展,也是实施可持续发展不可缺少的有效措施。

第四节 清洁生产的实施

清洁生产的实施可以从加强内部管理、改进生产工艺、废物回收利用、替换原材料等方面入手,分步实施。

例如,对化工企业清洁生产审计中发现各企业废物产生的原因及其相应的清洁生产方案如表 1-4 所列。

表 1-4 废物产生原因及清洁生产实施方案

废 物 产 生 原 因	清 洁 生 产 机 会 和 方 案
原材料贮运管理 (1)原料质量不稳定,杂质多,造成物料消耗高,催化剂中毒副产物多 (2)原料贮运管理不当,物料损失率高 (3)设备备件质量差,阀门内漏,压盖不严,造成泄漏 (4)使用有毒物料,工作环境差,废物污染严重	原材料改变 (1)加强原料质量控制,实行精料政策,进行原料提纯加工,提高原材料品质 (2)加强原料进出厂计量和贮运管理,将原料在厂内加工,改进包装运输方式,贮槽加溢流报警装置,减少原料流失 (3)加强备件质量检验和改进采购程序,杜绝不合格备件进厂,定期进行检查维修 (4)改变产品配方,替代有毒原材料,加强员工健康监护
工艺技术和操作 (1)生产工艺落后,流程过长,能耗高,收率低,废物产生量大 (2)设备器材陈旧,造成物料泄漏和事故停车 (3)仪表系统老化,计量不准,工艺指标不能及时调控,造成原料浪费和产品不合格 (4)设备管线布局不合理,管路控制阀门少,无法消除局部泄漏 (5)设备选型不当,大马拉小车;设备热效率低,能源浪费严重 (6)催化剂使用多年,活性下降,产品收率低,副产物多 (7)水、电、气公用工程供应不稳定,夏季制冷系统达不到工艺要求,造成事故停车和废物产生	工艺改进和优化操作 (1)改革生产工艺,采用无废/低废工艺,局部改进工艺技术,使用高效反应器,分离精制技术等 (2)更新设备,定期进行预防性维护保养 (3)仪表改造与更新,加强仪表设备管线维修保养,及时校正 (4)适当调整管线布局,使之有序化,增添必要的控制仪表和阀门,提高自控水平 (5)改换设备,节电降耗或安装变频器,降低能耗,进行余热回收提高热效率 (6)更换或采用新型高效催化剂提高反应效率 (7)改造制冷系统,增加制冷设备,加强调度,保证水、电、气供应,消除废物产生

续表

废物产生原因	清洁生产机会和方案
(8)工艺靠手工控制,自动监控不及时,工艺参数温度、压力、流量等不能控制在最佳状况下	(8)增加必要的仪器仪表,实现生产自动控制,优化工艺条件
(9)市场需求变化造成产品品种改变,增加设备清洗次数,增大废水、废溶剂产生量	(9)合理安排生产,改进清洗程序,减少设备清洗次数
生产管理与维护 (1)员工不重视安全环保,清洁生产意识差,不注意节水节能 (2)工人不按要求操作,工艺条件控制不稳,物料称量不准确,劳动纪律松懈 (3)设备管线跑、冒、滴、漏严重,生产、生活用水长流,浪费大 (4)工人违章操作,安全意识差,事故发生频繁	强化内部管理 (1)加强清洁生产教育,提高责任心 (2)严格工艺控制和操作条件,按操作规程操作,加强岗位责任制和培训 (3)严格巡回检查和设备维护,及时消除跑、冒、滴、漏现象 (4)将生产经济指标、能源、资源消耗与个人奖金挂钩,定期进行员工技术培训,提高员工素质
废物回收利用 (1)工艺冷却水和蒸汽冷凝液直接排放 (2)冷凝系统不凝气,真空系统安全排放,设备挥发性有机物释放,工艺粉尘无组织排放 (3)固体废物和蒸馏残液存放处置不当	废物厂内回收利用 (1)实行清污分流,间接冷却水循环使用 (2)采取吸收吸附措施,回收有用物质的循环利用;采用专用集尘装置,分别收集粉尘回收用于生产 (3)采取防渗、防扬散措施,厂内进行资源化

一、强化内部管理

在实施过程中强化内部管理是十分重要的,对生产过程、原料贮存、设备维修和废物处置的各个环节都可以强化管理,这是一种花钱少、容易实施的做法。

1. 物料装卸、贮存与库存管理

检查评估原料、中间体和产品及废物的贮存和转运设施,采用适当程序可以避免化学品的泄漏、火灾、爆炸和废物的生产。这些程序包括:

① 对使用各种运输工具(铲车、拖车、运输机械等)的操作工人进行培训,使他们了解器械的操作方式、生产能力和性能;

② 在每排贮料桶之间留有适当、清晰空间,以便直观检查其腐蚀和泄漏情况;

③ 包装袋和容器的堆积应尽量减少翻裂、撕裂、戳破和破裂的机会;

④ 将料桶抬离地面,防止由于泄漏或混凝土“出汗”引起的腐蚀;

⑤ 不同化学物料贮存应保持适当间隔,以防止交叉污染或者万一泄漏时发生化学反应;

⑥ 除转移物料时,应保持容器处于密闭状态;

⑦ 保证贮料区的适当照明。

实施库存管理,适当控制原材料、中间产品、成品以及相关的废物流已被工业部门看成是重要的废物削减技术。在很多情况下,废物就是过期的、不合规划的、玷污了的或不需要的原料、泄漏残渣或损坏的制成品;这些废料的处置费用不仅包括实际处置费,而且包括原料或产品损失,这可能给任何公司都造成很大的经济负担。

控制库存的方法可以从简单改变订货程序直到实施及时制造技术,这些技术的大部分都为企业所熟悉,但是,人们尚未认为它们是非常有用的废物削减技术。许多公司通过压缩现行的库存控制计划,帮助削减废物的生产量,这种方法将显著影响到三种主要的由于库存控制不当生产的废物源,即过量的、过期的和不再使用的原材料。例如,国外一家聚氯乙烯的

生产厂通过库存控制，减少了过期的和不合规格原材料产生量 50% 以上；采用的技术包括购买容器盛装的原料而不是散装原料，减少购买量，可能情况下分离和重复使用过剩的原料。这项计划以很小的费用实施 6 个月后，预计每年可节省 5 万美元的原材料和废物管理费用。

在许多生产装置中，一个普遍忽视或没有适当注意的地方是物料控制，包括原料、产品和工艺废物的贮存及其在工艺和装置附近的输送。适当的物料控制程序将保证原料避免泄漏或受到玷污进入生产工艺中，以保证原料在生产过程中有效使用，防止残次品及废物的产生。

2. 改进操作方式，合理安排操作次序

用间歇（分批）方式生产产品对废物的产生有重要影响，而批量生产的量和周期对废物的产生也有重要影响。例如，设备清洗废物与清洗次数直接相关，要减少设备清洗次数，应尽量加大每批配料的数量或者一批接一批地配制相同的产品，避免相邻两批配制之间的清洗。

这种办法可能需要调整安排生产操作次序和计划，因而会影响到原料、成品库存和装运。

3. 改进设备设计和维护，预防泄漏的发生

化学品的泄漏会生产废物，冲洗和用拖布擦抹都会额外生产废物，减少泄漏的最好办法是预防其发生，结合设备的设计和的操作维护制定预防泄漏计划。

预防泄漏计划的内容主要有：

① 在装置设计时和试车以后进行危险性评价研究，以便对操作和设备设计提出改进意见，减少泄漏的可能性；

② 对容器、贮槽、泵、压缩机和工艺设备以及管线适当进行设计并保持经常性维护保养；

③ 在贮槽上安装溢流报警器和自动停泵装置，定期检查溢流报警器；

④ 保持贮槽和容器外形完好无损；

⑤ 对现有装料、卸料和运输作业制定安全操作规程；

⑥ 铺砌收容泄漏物的护堤；

⑦ 安装联锁装置，阻止物料流向已装满的贮槽或发生泄漏的装置；

⑧ 增强操作人员对泄漏严重后果的认识。

4. 废物分流

在生产源进行清污分流可减少危险废物处置量。

（1）将危险废物与非危险废物分开 当将非危险废物与危险废物混在一起时，它们将都成为危险废物，因而不宜使两者混合在一起，以便减少需处置的危险废物流量，并大大节省费用。

（2）按废物中所含污染物，将危险废物分离开，避免相互混合。

（3）将液体废物和固体废物分开 将液体废物和固体废物分开，可减少废物体积并简化废水处理。例如，含有较多固体物的废液可经过过滤，将滤液送去废水处理厂，滤饼可再生利用或填埋处置。

（4）清污分流 将接触过物料的污水与未接触物料的废水，如间接冷却水分开，清水可循环利用，仅将污水进行处理。