

●●● 黑龙江省自然科学基金 (B200813) 资助项目 ●●●

苏荣军 谷芳 车春波 编著 ●

工业企业清洁生产

理论与实践

*Theories & Practice of
Cleaner Production for
Industrial Enterprises*



化学工业出版社

黑龙江省自然科学基金 (B200813) 资助项目

工业企业清洁生产

理论与实践

*Theories & Practice of
Cleaner Production for
Industrial Enterprises*



化学工业出版社

·北京·

苏荣军 谷芳 车春波 编著

该书阐述了清洁生产的概念、内涵和相关理论,介绍了清洁生产审核的含义、思路、程序和特点,并结合具体的案例分析说明工业企业进行清洁生产的整个过程,介绍了清洁生产相关的法律法规、政策文件和评价方法,从多个方面论述工业企业清洁生产的原理和实施方式,通过分析总结提出了实际清洁生产中的—些障碍及克服方法、实用技巧及各种经验总结,列举了各行业的清洁生产方案及工程技术。最后列举了几个不同行业的清洁生产案例,供分析研究和学习。

本书适宜作为高等院校工科类学生清洁生产课程的相关教材或环境工程专业学生的参考学习用书,也适用于从事工业企业清洁生产实践工作的人员参考使用,或作为环保科技工作者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工业企业清洁生产理论与实践/苏荣军,谷芳,车春波编著.
北京:化学工业出版社,2009.9

黑龙江省自然科学基金(B200813)资助项目

ISBN 978-7-122-06540-7

I. 工… II. ①苏…②谷…③车… III. 工业生产-无污染
工艺 IV. X7

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第147974号

责任编辑:刘兴春 邹宁
责任校对:王素芹

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数338千字 2009年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00元

版权所有 违者必究

前 言

清洁生产是实现经济可持续发展的一项重要手段，也是近 20 年来国际社会努力实施的加强环境保护的重要环境战略措施。清洁生产的发展要求各国工业界提高能效，开发更先进的清洁技术，更新、替代对环境有害的产品和原材料，实现环境和资源的保护与合理利用。

清洁生产在我国已实施多年，作者结合多年来进行的工业企业清洁生产审核的实践和在高等院校从事的清洁生产课程的教学研究，依照国家清洁生产的相关部门制定的有关法规、标准、规范及要求，参考学习大量的清洁生产方面的书籍和文献资料，编著了本书。

本书的完成是集体讨论研究编著的结果，在各章的编著中也有所偏重。第一、三、四、五章及案例一、二主要由苏荣军编著；第二章主要由车春波编著；第六章及案例三主要由谷芳编著。全书由苏荣军统稿，三人互相校对、修改、定稿。

首先感谢被我们参考的众多书刊和参考文献的作者，没有他们辛苦劳动编写的各种书刊资料，完成本书是难以想像的。特别要感谢原哈尔滨清洁生产中心教师、现国家清洁生产中心特聘教师马建滨教授对本书的成稿提供的资料和给予的指导及帮助。也感谢在本书的编写过程中给予指导和帮助的哈尔滨工业大学市政与环境工程学院的各位老师。

限于编著时间及水平，书中难免有疏漏及不当之处，欢迎广大同行、读者朋友给予批评指正，在此表示衷心感谢！

编著者
2009 年 7 月

目 录

| | |
|------------------------------|----|
| 第一章 清洁生产及相关理论 | 1 |
| 第一节 清洁生产的产生 | 1 |
| 一、人类污染控制策略 | 1 |
| 二、清洁生产概念的发展 | 2 |
| 第二节 清洁生产的内涵 | 3 |
| 一、清洁生产的基本特征 | 3 |
| 二、清洁生产要求的环保原则 | 3 |
| 三、清洁生产内涵的表现 | 4 |
| 四、生产过程的清洁生产内涵 | 4 |
| 五、清洁生产的其他特点 | 5 |
| 第三节 清洁生产目标与工作内容 | 6 |
| 一、清洁生产目标 | 6 |
| 二、清洁生产的工作内容 | 6 |
| 第四节 清洁生产的意义与发展 | 8 |
| 一、开展清洁生产的意义 | 8 |
| 二、清洁生产的深化发展 | 9 |
| 第五节 可持续发展、循环经济与清洁生产 | 10 |
| 一、可持续发展的基本思想 | 10 |
| 二、循环经济 | 11 |
| 三、实现可持续发展的基本途径 | 12 |
| 四、可持续发展、循环经济与清洁生产之间的关系 | 13 |
| 第六节 生态学理论与清洁生产 | 13 |
| 一、生态学 | 13 |
| 二、生态系统 | 14 |
| 三、生态平衡 | 15 |
| 四、生态学基本规律 | 16 |
| 五、产业生态化 | 17 |
| 六、生态产业系统与工业生态学 | 18 |
| 七、生态工业 | 18 |
| 思考题 | 21 |
| 第二章 清洁生产审核 | 22 |
| 第一节 清洁生产审核概述 | 22 |
| 一、清洁生产审核的定义和目标 | 22 |
| 二、清洁生产审核的主要内容 | 22 |
| 三、清洁生产方案的基本类型 | 23 |
| 第二节 清洁生产审核步骤 | 23 |

| | |
|---------------------|----|
| 一、清洁生产审核思路 | 23 |
| 二、清洁生产审核主要程序 | 24 |
| 第三节 筹划和组织 | 26 |
| 一、目的 | 26 |
| 二、工作步骤 | 26 |
| 三、取得领导支持 | 27 |
| 四、组建审核小组 | 27 |
| 五、制订工作计划 | 27 |
| 六、开展宣传教育 | 27 |
| 思考题 | 28 |
| 第四节 预审核 | 29 |
| 一、目的 | 29 |
| 二、工作步骤 | 29 |
| 三、现状调研和现场考察 | 29 |
| 四、评价产污排污状况 | 30 |
| 五、确定审核重点 | 30 |
| 六、设置清洁生产目标 | 31 |
| 七、提出和实施无低费方案 | 32 |
| 思考题 | 33 |
| 第五节 审核 | 34 |
| 一、目的 | 34 |
| 二、工作步骤 | 34 |
| 三、准备审核重点资料 | 34 |
| 四、实测输入输出物流 | 35 |
| 五、物料平衡 | 36 |
| 六、清洁生产潜力与机会分析 | 37 |
| 七、提出与实施无低费方案 | 38 |
| 思考题 | 38 |
| 第六节 方案产生和筛选 | 40 |
| 一、产生方案 | 40 |
| 二、分类汇总方案 | 40 |
| 三、筛选方案 | 41 |
| 四、方案编制 | 42 |
| 五、实施无低费方案 | 43 |
| 思考题 | 43 |
| 第七节 可行性分析 | 44 |
| 一、市场调研 | 44 |
| 二、环境评估 | 44 |
| 三、技术评估 | 44 |
| 四、经济评估 | 45 |
| 思考题 | 49 |
| 第八节 方案实施 | 52 |
| 一、方案实施前准备 | 52 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 二、实施方案 | 53 |
| 三、评估方案实施效果 | 53 |
| 思考题 | 55 |
| 第九节 持续清洁生产 | 55 |
| 一、建立和完善清洁生产组织 | 55 |
| 二、建立和完善清洁生产管理制度 | 55 |
| 三、制订持续清洁生产计划 | 56 |
| 思考题 | 56 |
| 第十节 编写清洁生产审核报告 | 56 |
| 第十一节 快速清洁生产审核 | 57 |
| 一、快速清洁生产审核的意义 | 57 |
| 二、快速清洁生产审核的内容与方法 | 57 |
| 三、快速清洁生产审核的适应范围 | 58 |
| 四、总结 | 58 |
| 五、清洁生产快速审核报告要求 | 58 |
| 第三章 清洁生产的相关概念 | 59 |
| 第一节 ISO 14000 环境管理系列标准 | 59 |
| 一、ISO 14000 环境管理标准 | 59 |
| 二、ISO 14000 环境管理标准的分类和构成 | 59 |
| 三、ISO 14000 标准的特点 | 60 |
| 四、实施 ISO 14000 标准的意义 | 61 |
| 第二节 清洁生产与环境管理 | 61 |
| 一、清洁生产管理模式与传统管理模式 | 61 |
| 二、清洁生产与环境管理体系 ISO 14000 的关系 | 62 |
| 第三节 环境影响评价中清洁生产分析 | 63 |
| 一、环境影响评价中全过程贯彻清洁生产 | 63 |
| 二、清洁生产与环境影响评价 | 65 |
| 三、清洁生产与审核和环境管理体系及初始环境评审之间的关系 | 65 |
| 第四节 清洁生产相关的其他概念 | 66 |
| 一、全面环境质量管理 (TQEM) 与清洁生产 | 66 |
| 二、清洁生产与末端治理 | 67 |
| 三、扩展的生产者责任 | 68 |
| 四、环境会计 | 69 |
| 第五节 清洁产品、产品生态设计与生命周期评价 | 69 |
| 一、清洁产品 | 69 |
| 二、产品的生态设计 | 70 |
| 三、生命周期评价 | 71 |
| 第六节 绿色食品、有机食品及其他绿色产品 | 72 |
| 一、绿色食品 | 72 |
| 二、有机食品 | 73 |
| 三、其他绿色产品的涵义 | 76 |
| 四、绿色包装 | 77 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 第七节 环境标志 | 77 |
| 一、推行环境标志的意义 | 77 |
| 二、环境标志分类 | 77 |
| 思考题 | 78 |
| 第四章 清洁生产的法律法规及评价 | 79 |
| 第一节 清洁生产的有关法规条款 | 79 |
| 一、国家级法规及指导性文件 | 79 |
| 二、地方性清洁生产法规及指导性文件 | 79 |
| 三、国外法规及指导性文件 | 80 |
| 四、国家颁布的清洁生产标准及技术要求 | 80 |
| 第二节 清洁生产促进法 | 82 |
| 一、清洁生产促进法简介 | 82 |
| 二、清洁生产适用范围 | 82 |
| 三、政府及其有关主管部门推行清洁生产的责任 | 82 |
| 四、清洁生产的促进措施 | 83 |
| 五、对生产经营者的清洁生产要求 | 83 |
| 六、清洁生产的鼓励措施 | 84 |
| 七、清洁生产法律责任 | 85 |
| 第三节 清洁生产评价指标体系 | 85 |
| 一、清洁生产指标的种类 | 85 |
| 二、清洁生产指标体系的构成和层次结构 | 86 |
| 三、清洁生产评价指标 | 86 |
| 第四节 清洁生产的评价方法 | 93 |
| 一、评价等级 | 93 |
| 二、评价方法 | 94 |
| 第五节 清洁生产审核过程中的环保要求 | 96 |
| 一、总体要求 | 96 |
| 二、企业污染现状调研 | 97 |
| 三、清洁生产审核过程中污染物削减目标的设定 | 97 |
| 四、物料平衡过程中的环保要求 | 98 |
| 五、清洁生产方案的环境可行性分析以及环境绩效统计 | 98 |
| 思考题 | 98 |
| 第五章 清洁生产原理及审核技巧 | 99 |
| 第一节 系统工程与清洁生产 | 99 |
| 一、系统的属性与清洁生产 | 99 |
| 二、系统工程方法与清洁生产 | 100 |
| 第二节 质量守恒原理 | 101 |
| 一、能量守恒定理 | 101 |
| 二、物质守恒原理 | 102 |
| 第三节 创造学理论 | 103 |
| 一、概述 | 103 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 二、创造发明过程 | 104 |
| 三、创造工程 | 104 |
| 四、头脑风暴法 | 105 |
| 第四节 清洁生产审核原理 | 105 |
| 一、逐步深入原理 | 105 |
| 二、分层嵌入原理 | 106 |
| 三、物质守恒原理 | 106 |
| 四、穷尽枚举原理 | 107 |
| 第五节 清洁生产审核实用技巧 | 107 |
| 一、清洁生产审核要点 | 107 |
| 二、清洁生产各个阶段中的技巧 | 109 |
| 三、清洁生产审核相关问题 | 110 |
| 四、其他清洁生产技巧 | 111 |
| 五、障碍及解决 | 112 |
| 六、内部检查清单 | 114 |
| 七、通用检查清单 | 116 |
| 第六节 持续清洁生产 | 118 |
| 一、与全面质量管理 (TQM)、全面质量环境管理 (TQEM) 相结合 | 118 |
| 二、以清洁生产战略建立环境管理体系 | 118 |
| 思考题 | 120 |

第六章 清洁生产工程技术 121

| | |
|---|-----|
| 第一节 清洁生产工程技术概述 | 121 |
| 一、清洁生产工程与技术 | 121 |
| 二、工业生产中污染物的由来 | 121 |
| 三、工业污染防治的主要任务 | 122 |
| 四、传统污染控制技术绿色化升级 | 122 |
| 五、污染控制方法发展方向 | 123 |
| 第二节 节能 | 123 |
| 一、节能技术 | 123 |
| 二、能源梯级利用技术与设备 | 126 |
| 第三节 水循环利用和梯级使用 | 126 |
| 一、微污染水净化技术 | 127 |
| 二、中水回用技术及成套设备 | 127 |
| 三、蒸汽冷凝水净化回用技术 | 127 |
| 第四节 工业废气、固体废物的处理技术 | 128 |
| 一、控制及减少 NO _x 、SO ₂ 等气体的排放 | 128 |
| 二、工业固体废物处理技术 | 128 |
| 第五节 机械行业 | 129 |
| 第六节 复合肥清洁生产技术 | 130 |
| 一、复合肥生产概况 | 130 |
| 二、熔体造粒法制复合肥的生产工艺 | 130 |
| 三、熔体造粒法制复合肥生产工艺的优点 | 131 |

| | |
|-------------------|-----|
| 第七节 化工行业 | 131 |
| 一、概述 | 131 |
| 二、绿色化学品合成工艺 | 131 |
| 三、共用反应器技术 | 133 |
| 四、高效精制工艺及设备 | 133 |
| 五、化工行业清洁生产技术 | 133 |
| 第八节 冶金行业 | 135 |
| 一、行业概况 | 135 |
| 二、冶金行业清洁生产指导思想 | 135 |
| 三、冶金行业宏观清洁生产政策 | 135 |
| 四、冶金行业清洁生产技术 | 136 |
| 第九节 纺织印染行业 | 137 |
| 一、行业概况 | 137 |
| 二、纺织印染行业实行清洁生产的途径 | 137 |
| 三、纺织印染行业清洁生产技术 | 138 |
| 第十节 食品发酵行业 | 139 |
| 一、行业概况及生产过程 | 139 |
| 二、环境影响 | 139 |
| 三、行业技术改造方向 | 140 |
| 四、清洁生产工艺的需求 | 140 |
| 五、啤酒酿造业清洁生产技术 | 140 |
| 六、味精行业清洁生产技术 | 141 |
| 第十一节 造纸行业 | 142 |
| 一、行业清洁生产技术概况 | 142 |
| 二、行业清洁生产技术 | 142 |
| 第十二节 制革工业 | 144 |
| 一、制革生产工艺 | 144 |
| 二、制革工业的清洁生产技术 | 144 |
| 第十三节 制药行业 | 145 |
| 一、企业清洁生产的主要途径 | 145 |
| 二、制药企业清洁生产的重点 | 146 |
| 第十四节 其他各行业的清洁生产技术 | 147 |
| 思考题 | 148 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 案例一 某化工有限公司清洁生产审核报告案例 | 149 |
| 1 筹划与组织 | 149 |
| 1.1 取得高层领导的支持与参与 | 149 |
| 1.2 建立清洁生产审核小组 | 149 |
| 1.3 制订审核计划 | 149 |
| 1.4 宣传、发动和培训 | 149 |
| 1.5 克服障碍 | 149 |
| 2 预审核 | 149 |
| 2.1 企业基本情况 | 149 |
| 2.2 企业公用工程现状 | 150 |

| | | |
|-------------------------|--------------------------|-----|
| 2.3 | 企业生产工艺和产排污 | 151 |
| 2.4 | 环境保护现状 | 155 |
| 2.5 | 清洁生产审核前已实施的清洁内容 | 157 |
| 2.6 | 确定审核重点 | 158 |
| 2.7 | 设置清洁生产目标 | 162 |
| 2.8 | 清洁生产方案提出 | 162 |
| 3 | 审核 | 163 |
| 3.1 | 生产工艺分析 | 163 |
| 3.2 | 生产物料平衡 | 163 |
| 3.3 | 水平衡 | 163 |
| 3.4 | 实测物料平衡评估 | 163 |
| 3.5 | 进一步提出并持续实施简易的无/低费方案 | 164 |
| 4 | 方案的产生和筛选 | 165 |
| 4.1 | 备选方案的产生 | 165 |
| 4.2 | 方案筛选 | 166 |
| 5 | 可行性分析 | 167 |
| 5.1~5.2 | 略 | 167 |
| 5.3 | 方案 11: 合成工艺由中置法改为提温后置型工艺 | 167 |
| 6 | 方案实施 | 168 |
| 6.1 | 搬迁后企业在审核前已实施的清洁生产方案 | 168 |
| 6.2 | 制订方案实施计划与进度并落实责任 | 168 |
| 6.3 | 资金筹集 | 168 |
| 6.4 | 已实施无低费方案汇总 | 169 |
| 6.5 | 已实施的中高费方案汇总 | 170 |
| 6.6 | 方案实施后清洁生产水平对比 | 170 |
| 7 | 持续清洁生产 | 172 |
| 7.1 | 完善清洁生产的组织机构 | 172 |
| 7.2 | 完善清洁生产管理制度 | 172 |
| 7.3 | 制订持续清洁生产计划 | 172 |
| 案例二 某啤酒厂清洁生产审核报告 | | 174 |
| 1 | 筹划与组织 | 174 |
| 1.1 | 厂领导对清洁生产工作的重视 | 174 |
| 1.2 | 成立清洁生产工作组织机构 | 174 |
| 1.3 | 制订清洁生产审核工作计划 | 175 |
| 1.4 | 宣传发动和教育(略) | 175 |
| 1.5 | 克服障碍 | 175 |
| 2 | 预审核 | 176 |
| 2.1 | 企业概况 | 176 |
| 2.2 | 工厂生产状况 | 178 |
| 2.3 | 产污和排污现状分析 | 179 |
| 2.4 | 确定审核重点 | 180 |
| 2.5 | 设置清洁生产审核目标 | 180 |
| 3 | 审核 | 180 |

| | | |
|----------------------------------|-----------------------------|------------|
| 3.1 | 审核重点概况 | 180 |
| 3.2 | 审核重点输入、输出物料平衡情况 | 181 |
| 3.3 | 审核重点废弃物产生原因分析 | 181 |
| 4 | 方案的产生与筛选 | 182 |
| 4.1 | 方案汇总 | 182 |
| 4.2 | 方案筛选 | 182 |
| 4.3 | 方案研制 | 182 |
| 5 | 可行性分析 | 183 |
| 5.1 | 方案的技术评估 | 183 |
| 5.2 | 方案的环境评估 | 183 |
| 5.3 | 方案的经济评估 | 184 |
| 5.4 | 推荐可实施方案 | 185 |
| 6 | 方案实施 | 185 |
| 6.1 | 方案实施计划 | 185 |
| 6.2 | 汇总已实施方案的成果 | 185 |
| 6.3 | 已实施的清洁生产方案对企业的影响分析 | 186 |
| 6.4 | 成果宣传 | 186 |
| 7 | 持续清洁生产 | 186 |
| 7.1 | 建立和完善清洁生产组织 | 186 |
| 7.2 | 建立和完善清洁生产制度 | 186 |
| 7.3 | 持续清洁生产计划 | 187 |
| 案例三 哈尔滨制药某厂清洁生产审核案例 | | 188 |
| 1 | 前言 | 188 |
| 2 | 审核的准备 | 188 |
| 2.1 | 成立专门领导班子，全厂宣传动员 | 188 |
| 2.2 | 调研和资料收集 | 189 |
| 2.3 | 工厂的主要情况 | 189 |
| 3 | 初步审核 | 190 |
| 3.1 | 无低费方案的产生、实施和效果 | 190 |
| 3.2 | 确定下一步审核重点 | 191 |
| 3.3 | 发现的主要问题 | 192 |
| 4 | 审核重点基本情况 | 192 |
| 4.1 | 动力车间 | 192 |
| 4.2 | 环保车间制药废水的处理状况 | 192 |
| 4.3 | 其他环节清洁生产潜力分析 | 192 |
| 5 | 审核中产生的中/高费方案的可行性分析和实施 | 193 |
| 5.1 | 产生的中/高费方案 | 193 |
| 5.2 | 中高费方案的应用、实施和效果 | 193 |
| 5.3 | 准备实施的中高费方案的可行性分析和效果预测 | 195 |
| 6 | 实施持续清洁生产 | 195 |
| 7 | 结论 | 195 |
| 参考文献 | | 197 |

第一章 清洁生产及相关理论

第一节 清洁生产的产生

一、人类污染控制策略

1. 人类污染控制的不同阶段

自工业革命到 20 世纪 40 年代，人类以粗放型生产方式生产工业产品，造成自然资源与能源的巨大浪费，由此引起的工业废气、废水和废渣主要靠自然环境的自身稀释和自净能力消化。这种“稀释排放”方式对污染物毒性未加处理，数量也未加控制，引起了较为严重的环境污染，造成了环境公害等后果。进入 60 年代，工业化国家认识到稀释排放的危害，纷纷采取“废物处理”技术控制污染。即对生产中产生的各类废弃物采取一定的技术方法处理，使之达到一定的排放标准后再排入环境。废物处理注重了污染的末端控制，强调减少污染物的排放量，但未认识到可在污染物排放之前削减其产生量。由于废物末端处理技术常常只是污染物在不同环境、介质中的转移，容易造成二次污染，因此废物末端处理技术不能彻底解决环境污染问题，同时，废物末端处理的巨大投资和运行成本也给社会带来了沉重负担。20 世纪 70 年代，环境问题不断恶化的同时又发生了全球性的石油危机，迫使工业化国家纷纷采取废物资源化政策，发展废物“循环回收利用”技术，节约自然资源与能源，减少废物的产生和排放。废物循环回收利用最成功的实例是煤燃烧废物煤渣和粉煤灰的资源化，一直到今天，煤渣和粉煤灰回收利用作建筑材料、制造水泥仍供不应求。但是，由于技术和经济因素，不是所有的工业废物都能找到循环回收利用途径，特别是种类越来越多、成分越来越复杂的化学废物，其分离技术复杂，成本高，难以进行循环回收利用；同时很多废物在收集、储存、运输和回收加工处理过程中存在相当的环境风险，仍然可能对人类与环境造成危害。进入 80 年代，人们回顾了过去几十年工业生产与环境管理实践，深刻认识到“稀释排放”、“废物处理”、“循环回收利用”等“先污染后治理”的污染防治方法不但不能解决日益严重的环境污染问题，反而继续造成自然资源 and 能源的巨大浪费，加重环境污染和社会负担。因此，发达国家通过治理污染的实践，逐步认识到防治工业污染不能只依靠治理排污口（末端）的污染，必须“预防为主”，将污染物消除在生产过程之中，实行工业生产全过程控制。从 70 年代中期，欧洲人提出了“无废工艺和无废生产”的概念，80 年代中期，美国人提出了“废物最小量化”理论，引入了“源削减”概念，指出清洁生产是将综合预防的环境战略持续应用到生产过程和产品中，是一种在生产过程、产品和服务中最合理地利用自然资源 and 能源，追求经济效益的最大量化和对人类与环境危害最小量化的生产方式。

通过过去几十年的环境保护实践，人们逐渐认识到，仅依靠开发更先进的污染控制技术所能实现的环境改善十分有限，关心产品和生产过程对环境的影响，依靠改进生产工艺和加强管理等措施来消除污染更为有效，于是清洁生产战略应运而生。清洁生产是各国在反省传统的以末端治理为主的污染控制措施的种种不足后，提出的一种以源削减为主要特征的环境战略，是人们思想和观念的一种转变，是环境保护战略由被动反应向主动行动的一种转变。清洁生产是环境保护战略具有重大意义的创新，是工业可持续发展的必然选择。图 1-1 说明

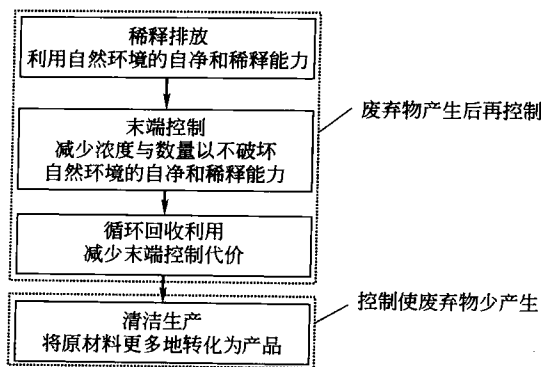


图 1-1 人类污染控制策略的演变过程
(转摘自张玉明, 清洁生产, 2005)

和服务过程, 意味着清洁生产更广泛的意义, “全过程控制”应当逐步扩展到经济领域的“全过程”。

二、清洁生产概念的发展

清洁生产这一术语, 最早由联合国环境署提出使用。随着清洁生产实践的不断深入, 其定义一再更新, 在其诞生后的近十年中不断完善。不仅适用于生产过程, 而且其原则和方法又逐步扩展到产品系统和服务活动, 向着产品和服务生命周期的全过程发展。已由针对一般工业行业到包括服务行业在内的整个国民经济体系。其定义由只阐述其环境重要性发展到阐述包括其经济效益和环境效益的分析, 形成了当前国际广为流行采用的术语。

1989 年联合国环境署工业与环境规划活动中心 (UNEP/IC/PAC) 提出清洁生产定义为: “清洁生产是指将综合预防污染的环境策略持续应用于生产过程和产品中, 以减少对人类和环境的风险性。”

1996 年时联合国环境规划署 (UNEP) 与环境规划中心对清洁生产重新定义为: 清洁生产是关于产品的生产过程的一种新的、创造性的思维方式。清洁生产意味着对生产过程、产品和服务持续运用整体预防的环境战略以期增加生态效率并降低人类和环境的风险。对于产品, 清洁生产意味着减少和减低产品从原材料使用到最终处置的全生命周期的不利影响。对于生产过程, 清洁生产意味着节约原材料和能源, 减少或不使用有毒原材料, 在生产过程排放废物之前减降废物的数量和毒性。对服务要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。

1998 年在第五次国际清洁生产研讨会上, 清洁生产的定义得到进一步的完善: 清洁生产是将综合性预防的环境战略持续地应用于生产过程、产品和服务中, 以提高效率, 降低对人类和环境的危害。对生产过程来说, 清洁生产是指通过节约能源和资源, 淘汰有害原料, 减少废物和有害物质的产生和排放; 对产品来说, 清洁生产是指降低产品全生命周期, 即从原材料开采到寿命终结处置的整个过程对人类和环境的影响; 对服务来说, 清洁生产是指将预防性的环境战略结合到服务的设计和提供服务的活动中。

《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, 其实质是一种物耗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。

2003 年 1 月 1 日起开始实施的《中华人民共和国清洁生产促进法》第二条对清洁生产

了人类污染控制策略的演变。

2. 人类污染控制策略演变的标志和特征

人类污染控制策略演变到清洁生产阶段是一个标志, 与前三个阶段比较有两个显著的特征。其一, 污染控制策略的出发点有着本质的不同。从稀释排放、末端控制到循环回收利用, 其特征均是在废弃物在生产过程产生后再采取措施, 减轻其对环境的危害, 而清洁生产/循环经济则是自生产过程就进行控制, 力图使原材料最大限度地转变为产品, 产生的废弃物量最小。其二, 清洁生产阶段将污染防治的范围从单纯的工业领域扩展到了所有生产、产品

给出了实用化的定义：“本法所称清洁生产，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、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品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。”

清洁生产一经提出后，在世界范围内得到许多国家和企业的积极推进和实践，其最大的生命力在于可取得环境效益和经济效益的“双赢”，它是实现经济与环境协调发展的根本途径。

第二节 清洁生产的内涵

一、清洁生产的基本特征

清洁生产在不同的发展阶段或不同的国家有不同的提法，如“污染防治”、“废物最小化”、“源削减”、“无废工艺”等，但其基本内涵是一致的，即对生产过程、产品及服务采用污染防治的战略来减少污染物的产生。

清洁生产的内涵可以概括为以下三个基本特征。

(1) 预防性 清洁生产体现的是“预防为主”的方针。传统的末端治理侧重于“治理”，与生产过程相脱节，先污染后治理；清洁生产侧重于“防”，从产生污染的源头抓起，注重对生产全过程进行控制，强调“源削减”，尽量将污染物消除或减少在生产过程中，减少污染物的排放量，且对最终产生的废物进行综合利用，通过生产过程及其产品与服务活动的全方位变革，实现生产与环境的逐步相容。清洁生产的这一基本特征，需要更积极主动的态度和更富有创造性的行动。无疑，这对转变人类自身活动行为，从根本上协调人类社会与生态环境大系统的关系，具有本质意义。

(2) 综合性 传统的末端治理投入多、治理难度大、运行成本高，难以产生经济效益；清洁生产则是从改造产品设计、替代有毒有害材料，改革和优化生产工艺和技术装备，物料循环和废物综合利用的多个环节入手，通过不断加强管理和技术进步，达到“节能、降耗、减污、增效”的目的，在提高资源利用率的同时，减少了污染物的排放量，实现了经济效益和环境效益的统一。传统的末端治理更着眼于单一形态的污染控制，其结果往往导致污染的跨介质转移，难以彻底消除来自生产方面的环境影响。而清洁生产将气、水、土地等环境介质作为一个整体，避免末端治理中污染物在不同介质之间进行转移。因此，清洁生产具有明显的系统综合性特征。只有采用综合集成的方式方法，才能有效发挥清洁生产的积极作用，获取清洁生产的效果。

(3) 持续性 清洁生产是一个相对的、不断的持续进行的深化过程。任何预防性措施都不可能是一次性或可以间断停顿的行动。同样，清洁生产也不可能期望通过一次或几次活动就能完成预防的目标，实现预防的效果。随着科学技术的进步，生产管理水平的提高，将会产生更清洁的改进生产系统的方法途径，从而促进生产过程、产品和服务向着更为环境友好的方向发展。所以，清洁生产将是一个持续改进、永不间断的过程。

大量的清洁生产实践表明，清洁生产持续利用资源、减少生产活动污染，不仅是保护环境的根本措施，而且能够极大地降低生产的成本，提高企业产品和服务的市场竞争力，达到环境效益和经济效益双赢的目标。

二、清洁生产要求的环保原则

适应清洁生产要求的环境保护体系框架原则是：①合理有效地利用资源能源、尽可能减

少废物（或污染物）的产生；②对无法避免产生的废物（或污染物），以对资源节约、环境安全的方式进行循环回用和综合利用；③对未被利用的废物（或污染物），采取适当的环境治理技术进行排入环境前的控制削减；④对残余的废物或污染物进行妥善的最终处置，以安全的方式排入环境。

这一新的环境保护体系模式，它所强调的优先顺序是：首先应避免废物或污染的产生。尽可能在生产全过程中减少废物或污染，要比废物或污染产生后运用多种治理技术更为可取。对于废物产生后在生产内部的循环回用以及不同生产过程或生产系统过程间的综合利用，由于这类活动一般仍优于废物或污染末端处理处置的方式，应得到积极的鼓励。但是，污染预防并不排除污染末端治理措施的必要性，它所要打破的是单纯末端控制的模式体系。作为实现环境保护目标的最后有效手段，末端治理措施还会继续发挥重要的作用。也正是在这一意义上，清洁生产被视为是一个转变传统污染末端控制体系模式的预防性环境战略。

三、清洁生产内涵的表现

清洁生产是从全方位、多角度的途径去实现“清洁的生产”的，与末端治理相比，它具有十分丰富的内涵，主要表现在：采用清洁的原料和能源，进行清洁的生产和服务和得到清洁的产品。

(1) 清洁的原料、能源 主要包括：①用无污染、少污染的，无毒或者低毒、低害的能源和原材料替代毒性大、污染重的能源和原材料；②尽量采用无毒、无害的中间产品；③最大限度地利用能源和原材料，实现物料最大限度的厂内循环；④节能降耗，淘汰有毒原材料；⑤节约原料和能源，少用昂贵和稀缺的原料；⑥利用二次资源作原料；⑦原材料和能源的合理化利用。

(2) 清洁的生产过程 主要包括：①用消耗少、效率高、无污染、少污染的工艺和设备替代消耗高、效率低、产污量大、污染重的工艺和设备；②强化企业管理，减少跑、冒、滴、漏和物料流失；③尽量减少生产过程中的各种危险性因素，如高温、高压、低温、低压、易燃、易爆、强噪声、强振动等；采用可靠和简单的生产操作和控制方法；④对物料进行内部循环利用（厂内，厂外）；⑤对必须排放的污染物，采用低费用、高效能的净化处理设备和“三废”综合利用措施进行最终的处理和处置；⑥完善生产管理，不断提高科学管理水平。

清洁的生产过程的实施依赖清洁生产工程，通过替代技术、减量技术等，采用新工艺和新设备，提高生产效率，削减生产过程废物的数量和毒性。

清洁的服务是将环境因素纳入服务过程中，减少服务过程的原材料、能源消耗和废弃物产生量。

(3) 清洁的产品 主要包括：①用无污染、少污染的产品替代毒性大、污染重的产品；②产品在使用过程中以及使用后不会危害人体健康和生态环境，易于回收、复用和再生；③合理包装，合理的使用功能和使用寿命，易处置、易降解。

四、生产过程的清洁生产内涵

所谓生产过程的清洁生产，是指在生产过程中实施的清洁生产活动。由于大量清洁生产实践是以企业为基础展开的，因此，围绕生产过程的清洁生产就成为目前最常见的清洁生产实践。

清洁生产的实践表明，在一个企业生产系统中实施清洁生产，其基本途径大体可归纳为五个主要方面：原材料替代、工艺改进、操作管理优化、废物循环利用、产品的再设计等，如图 1-2 所示。

从清洁生产的预防优先顺序看，废物首先应尽可能消除在自身生产过程中，因而，按照

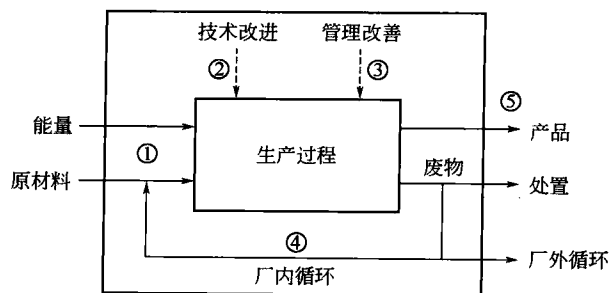


图 1-2 生产过程清洁生产的内涵及实施途径

(转摘自张天柱等. 清洁生产导论, 2006)

- ①—原材料替代；②—工艺改进；③—操作原理优化；
④—废物循环利用；⑤—产品的再设计

“源削减”的概念，由上述前四方面途径构成的措施是实施清洁生产中更为倡导的积极实践。

(1) 原材料（包括能源）有效利用和替代 原材料是工艺方案的出发点，它的合理选择是有效利用资源、减少废物产生的关键因素。

(2) 改革工艺和设备 工艺是从原材料到产品实现物质转化的流程载体，设备是工艺流程的硬件单元。在改革工艺与设备方面实施清洁生产的主要措施包括：利用最新科技成果，开发新工艺、新设备，如采用无氰电镀或金属热处理工艺、逆流漂洗技术等；简化流程、减少工序和所用设备；使工艺过程易于连续操作，减少开车、停车次数，保持生产过程的稳定性；提高单套设备的生产能力，装置大型化，强化生产过程；优化工艺条件，如温度、流量、压力、停留时间、搅拌强度。必要的预处理、工序的顺序等。

(3) 改进运行操作管理 除了技术、设备等物化因素外，生产活动离不开人的因素，这主要体现于运行操作和管理上。很多工业生产产生的废物污染，相当程度是由于生产过程中管理不善造成的。实践证明，规范操作强化管理，往往可以通过较小的费用而提高资源、能源利用效率，削减相当比例的污染。因此，优化改进操作、加强管理经常是清洁生产审核中最优先考虑、也是最容易实施的手段，具体措施包括合理安排生产计划；加强物料管理；保证设备完好等。

(4) 生产系统内部循环利用 这里指在一个企业生产过程中的废物循环回用。一般来说，物料再循环是生产过程流程中常见的原则。物料的循环再利用的基本特征是不改变主体流程，仅将主体流程中的废物，加以收集处理并再利用。这方面的内容通常包括将废物、废热回收作为能量利用；将流失的原料、产品回收，返回主体流程之中使用；将回收的废物分解处理成原料或原料组分，复用于生产流程中；组织闭路用水循环或一水多用等。

(5) 产品再设计 产品制取是工业生产的基本目的。它既是生产过程的产出，又可能是另一个生产过程的输入。因此，清洁产品是清洁的生产过程中的一项基本内容。它可包括改革产品体系，产品报废的回用、再生，产品替代、再设计等方面。例如无汞电池的设计制造、延长使用寿命或可拆卸产品的开发等。获得产品（服务）是生产活动的首要目标，产品决定着生产过程，因此，开展产品的再设计，进行“清洁”产品的生产制造，在企业清洁生产中占据重要的地位。

五、清洁生产的其他特点

(1) 清洁生产的相对性 清洁生产所称“清洁”是一个相对的概念，所谓清洁生产技术、清洁产品、清洁能源和清洁原料指相对于当前所采用的生产技术工艺、能源、原料和生