



高职高专“十一五”规划教材

清洁生产及应用

▶ 雷兆武 申左元 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

清洁生产及应用

雷兆武 申左元 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书汲取了最新的清洁生产理论、实践和研究成果,以清洁生产的应用性为主旨,以清洁生产和清洁生产审核为核心内容。第一章介绍了清洁生产的产生和发展、概念与内涵、清洁生产理论基础和实施清洁生产的主要途径等;第二章介绍了清洁生产审核内涵,并对清洁生产审核过程进行了重点介绍;第三章以汽车和啤酒行业清洁生产审核为例,对审核过程进行介绍;第四章重点介绍了 ISO 14001 标准及相关内容;第五章介绍了生命周期评价思想和原理,并举例进行生命周期评价;第六章介绍了循环经济和生态工业基本原理,并列举典型案例进行具体介绍。

本书为高职高专院校清洁生产课程的教材,也可供从事清洁生产管理、审核的人员和环境保护工作者等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

清洁生产及应用/雷兆武,申左元主编. —北京:化学工业出版社, 2007.7

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-00681-3

I. 清… II. ①雷…②申… III. 无污染工艺-高等学校:技术学院-教材 IV. X383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 091413 号

责任编辑:王文峡

文字编辑:刘 艳

责任校对:李 军

装帧设计:于 兵

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:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14 $\frac{3}{4}$ 字数357千字 2007年8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:23.00 元

版权所有 违者必究

前 言

.....

人类在反复思考所面临的经济发展、环境污染、生态破坏及资源短缺的困境时,选择了可持续发展模式。我国《经济和社会发展的第十一个五年规划纲要》明确提出,加快建设资源节约型、环境友好型社会,这意味着人类社会需要改变以往的发展方式,建立新的生产和生活方式。清洁生产以其独特的理念,成为实现经济和环境协调发展的一项重要战略措施,并正在我国工业企业及其他领域逐步实施。

随着清洁生产工作的开展,清洁生产理论和实践都得到了极大的丰富。把最新的清洁生产理论和实践有机地纳入到高职高专清洁生产课程内容体系和教学内容中,是本书的重点所在。依据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》规定,高职高专教育培养适应生产建设、管理、服务第一线需要的高级应用型人才。应用性成为本书体系编排和内容组织的主旨和特征。

编者在结合多年的清洁生产教学和工业企业清洁生产审核等方面实践经验的基础上,以清洁生产和清洁生产审核为核心内容编写本书。第一章介绍了清洁生产的产生和发展、概念与内涵、清洁生产理论基础和实施清洁生产的主要途径等内容;第二章介绍了清洁生产审核内涵,并对清洁生产审核过程进行了重点介绍;第三章以汽车和啤酒行业清洁生产审核为例,对审核过程进行介绍;第四章重点介绍了 ISO 14001 标准;第五章介绍了生命周期评价思想和原理,并举例进行生命周期评价;第六章介绍了循环经济和生态工业基本原理,并列举典型案例进行具体介绍。附录中收录了《清洁生产审核暂行办法》、《清洁生产审核工作用表》、《年贴现值系数表》、《中华人民共和国环境保护行业标准 清洁生产标准 啤酒制造业》、《GB/T 24001—2004/ISO 14001: 2004 环境管理体系 要求及使用指南》,作为教学内容的必要补充和参考。

本书由雷兆武、申左元主编,雷兆武设计全书框架,拟定编写大纲。雷兆武编写第一章、第二章、第四章,杨高英编写第三章,申左元编写第五章、第六章。由雷兆武对全书进行统稿和定稿。

由于编者知识、能力及时间所限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 4 月于秦皇岛

目 录

第一章 绪论	1
第一节 清洁生产的产生和发展	1
一、人类社会的发展与环境问题	1
二、清洁生产的产生和发展	5
三、实施清洁生产的意义	5
第二节 清洁生产概念与内涵	8
一、清洁生产的定义	8
二、清洁生产的原则	9
三、清洁生产的内容	10
四、清洁生产评价指标	10
五、清洁生产的特点	14
六、清洁生产的目的和作用	15
第三节 清洁生产理论基础	16
一、可持续发展理论	16
二、废物与资源转化理论	18
三、最优化理论	18
四、科学技术进步理论	18
第四节 实施清洁生产的主要途径	19
一、工业污染的全过程控制与综合防治	19
二、实施清洁生产的七个方向	20
第五节 资源、能源与清洁生产	24
一、资源	24
二、能源	25
三、清洁能源	25
习题与思考题	26
第二章 清洁生产审核	27
第一节 清洁生产审核概述	27
一、清洁生产审核定义	27
二、清洁生产审核的目的和原则	28
三、清洁生产审核方式	29

四、清洁生产审核思路	29
五、清洁生产审核技巧	30
六、清洁生产审核的人员和作用	31
七、清洁生产审核的特点	31
第二节 清洁生产审核过程	32
一、筹划与组织	32
二、预评估	35
三、评估	40
四、方案产生和筛选	46
五、可行性分析	49
六、方案实施	53
七、持续清洁生产	55
习题与思考题	58

第三章 清洁生产审核案例

第一节 某汽车公司清洁生产审核案例	59
一、某汽车公司概况	59
二、筹划与组织	59
三、预评估	60
四、评估	62
五、方案产生和筛选	66
六、可行性分析	66
七、方案实施	72
八、清洁生产审核成效	76
九、持续清洁生产	77
十、问题及建议	78
第二节 某啤酒厂清洁生产审核案例	78
一、企业概况	78
二、筹划与组织	78
三、预评估	79
四、评估	80
五、方案产生和筛选	84
六、可行性分析	89
七、方案实施	90
八、持续清洁生产	91
习题与思考题	91

第四章 环境管理体系 (ISO 14000)

第一节 ISO 14000 环境管理系列标准概述	92
--------------------------------	----

一、ISO 14000 系列标准的产生	92
二、ISO 14000 系列标准的构成特点	93
三、部分标准简介	96
第二节 ISO 14001 环境管理体系要求	96
一、ISO 14001 概述	96
二、环境管理体系模式	98
三、ISO 14001 术语与定义	100
四、ISO 14001 标准要点与理解要点	102
五、环境因素	110
六、ISO 14001 标准要素间的系统化	112
第三节 环境管理体系审核概论	114
一、术语和定义	114
二、环境审核	115
三、环境管理体系审核	117
第四节 环境管理体系认证的实施程序	119
一、环境管理体系认证的申请及受理	119
二、审核策划和审核准备	121
三、审核实施	121
四、审核报告及纠正措施验证	122
五、审批发证与认证后的监督管理	122
习题与思考题	123

第五章 产品生命周期评价 124

第一节 生命周期评价概述	124
一、生命周期评价的起源和发展	124
二、生命周期评价的概念和特点	125
三、生命周期评价的意义	127
四、生命周期评价的局限性	128
第二节 产品生命周期评价原理	129
一、生命周期评价的基本原则	129
二、生命周期评价的技术框架	129
三、产品生命周期的主要阶段	131
四、生命周期清单分析	132
第三节 生命周期评价实例	136
一、啤酒生产生命周期分析	136
二、造纸产品生命周期分析	140
三、水泥生产生命周期分析	143
四、再生铜生命周期评价	150
习题与思考题	153

第六章 循环经济与生态工业	154
---------------	-----

第一节 循环经济	154
----------	-----

一、循环经济定义	154
----------	-----

二、循环经济的主要特征	155
-------------	-----

三、循环经济的“3R”原则	156
---------------	-----

四、循环经济的三种循环模式	157
---------------	-----

五、循环经济与传统经济的区别	159
----------------	-----

六、中国循环经济发展的阶段和面临的主要问题	159
-----------------------	-----

第二节 工业生态学	160
-----------	-----

一、工业生态学概念	160
-----------	-----

二、工业体系的进化过程	160
-------------	-----

三、生态工业与传统工业的对比	162
----------------	-----

四、生态工业园区的发展模式	162
---------------	-----

第三节 生态工业实践——生态工业园区	167
--------------------	-----

一、卡伦堡生态工业园	167
------------	-----

二、贵港国家生态工业园区	174
--------------	-----

三、天津经济技术开发区	178
-------------	-----

四、鲁北国家生态工业园区	180
--------------	-----

习题与思考题	186
--------	-----

附 录	187
-----	-----

附录一 清洁生产审核暂行办法	187
----------------	-----

附录二 清洁生产审核工作表	190
---------------	-----

附录三 年贴现值系数表	208
-------------	-----

附录四 中华人民共和国环境保护行业标准 清洁生产标准 啤酒 制造业	210
--------------------------------------	-----

附录五 GB/T 24001—2004/ISO 14001: 2004 环境管理体系 要求 及使用指南	216
--	-----

参考文献	223
------	-----

第一节 清洁生产的产生和发展

一、人类社会的发展与环境问题

人类文明的演进和对人与自然关系及发展模式的思考表明,人类生存繁衍的历史可以说是人类社会同大自然相互作用、共同发展和不断进化的历史。在人类征服自然、改造自然的过程中,科学技术无疑起了十分重要的作用。人类依靠先进的科学技术武装起来的强大生产力无节制地向自然索取,掠夺式地开发自然资源,损害了地球的基本生态,出现了滥伐森林、草场退化、沙漠扩大、水土流失、物种灭绝等严重现象;而另一方面,不断向环境排放废弃物,超越了自然的净化能力,出现了大气污染、水源污染,以及一系列严重的全球性问题,威胁着人类生存,使人们首次认识到,人类在地球上的持续生存有了危险。

环境问题主要是指由于人类活动作用于周围环境所产生的环境质量变化以及这种变化反过来对人类的生产和生活、健康产生影响的问题。环境问题可分为两类:一是不合理开发利用自然资源,超出环境承载力,使生态环境质量恶化和自然资源枯竭的现象;二是人口激增、城市化和工农业高速发展引起的环境污染和破坏。总之是人类社会发展与环境关系不协调所引起的问题。

(一) 环境污染和生态破坏

环境污染问题伴随着人类在地球上的出现而存在。自工业革命至 20 世纪 50 年代前,是环境污染问题的发展恶化阶段。进入 20 世纪,特别是第二次世界大战以后,科学技术、工业生产、交通运输都得到了迅猛发展,尤其是石油工业的崛起,导致工业分布过分集中、城市人口过分密集,环境污染由局部扩大到区域,由单一的大气污染扩大到气体、水体、土壤和食品等方面的污染,有的已酿成震惊世界的公害事件,如马斯河谷烟雾事件、伦敦烟雾事件、水俣病事件、富山痛痛病事件等。80 年代以后,环境污染日趋严重并造成大范围生态破坏。人们共同关心的影响范围大、危害严重的环境污染和生态破坏问题有三类:一是全球性的大气污染,如温室效应、臭氧破坏和酸雨;二是大面积森林毁坏、草场退化、土壤侵蚀和沙漠化;三是突发性的严重污染事件。

2005 年，全国废水排放总量为 524.5 亿吨（其中工业废水排放量为 243.1 亿吨，生活污水排放量为 281.4 亿吨），化学需氧量排放量为 1414.2 万吨（其中工业排放量为 554.8 万吨，生活排放量为 859.4 万吨），氨氮排放量为 149.8 万吨（其中工业排放量为 52.5 万吨，生活排放量为 97.3 万吨）。七大水系的 411 个地表水监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 41%、32% 和 27%。主要污染指标为氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数和石油类。我国近年来废水及主要污染物排放量见表 1-1。

表 1-1 全国近年废水及主要污染物排放量

项目 年度	废水排放量/亿吨			COD 排放量/万吨			氨氮排放量/万吨		
	合 计	工 业	生 活	合 计	工 业	生 活	合 计	工 业	生 活
2001	432.9	202.6	230.3	1404.8	607.5	797.3	125.2	41.3	83.9
2002	439.5	207.2	232.3	1366.9	584	782.9	128.8	42.1	86.7
2003	460	212.4	247.6	1333.6	511.9	821.7	129.7	40.4	89.3
2004	482.4	221.1	261.3	1339.2	509.7	829.5	133	42.2	90.8
2005	524.5	243.1	281.4	1414.2	554.8	859.4	149.8	52.5	97.3

2005 年监测的 522 个城市中，空气质量达到一级标准的城市 22 个（占 4.2%），二级标准的城市 293 个（占 56.1%），三级标准的城市 152 个（占 29.1%），劣于三级标准的城市 55 个（占 10.6%）。主要污染物为可吸入颗粒物。

2005 年，全国二氧化硫排放量为 2549.3 万吨（其中工业排放量为 2168.4 万吨，生活排放量为 381 万吨），烟尘排放量为 1182.5 万吨（其中工业排放量为 948.9 万吨，生活排放量为 233.6 万吨），工业粉尘排放量为 911.2 万吨。近年来我国废气中主要污染物排放量见表 1-2。

表 1-2 全国近年废气中主要污染物排放量

单位：万吨

项目 年度	二氧化硫排放量			烟尘排放量			工业粉尘 排放量
	合 计	工 业	生 活	合 计	工 业	生 活	
2000	1995.1	1612.5	383	1165.4	953.3	212.1	1092
2001	1947.8	1566.6	381	1069.8	851.9	217.9	990.6
2002	1926.6	1562	365	1012.7	804.2	208.5	941
2003	2158.7	1791.4	367	1048.7	846.2	202.5	1021
2004	2254.9	1891.4	364	1095	886.5	208.5	904.8
2005	2549.3	2168.4	381	1182.5	948.9	233.6	911.2

2005 年，全国开展酸雨监测的 696 个市（县）中，出现酸雨的城市 357 个（占 51.3%），其中浙江省象山县、安吉县，福建邵武市，江西瑞金市酸雨频率为 100%。

2005 年，全国工业固体废物产生量为 13.4 亿吨，比上年增加 12.0%；工业固体废物排放量 2 为 1654.7 万吨；工业固体废物综合利用量为 7.7 亿吨，综合利用率为 56.1%。

第六次全国森林资源清查结果表明，全国森林面积已达到 1.75 亿公顷，森林覆盖率为 18.21%，约为世界平均森林覆盖面积的 40%。

1998~2005 年全国耕地面积共减少 760 万公顷。2005 年，全国耕地净减少 36.16 万公顷；全国水土流失面积 356 万平方公里，占国土总面积的 37.1%，其中水力侵蚀面积 165

万平方公里，风力侵蚀面积 191 万平方公里。水土流失主要分布在山区、丘陵区 and 风沙区，特别是大江大河中上游地区。全国因水土流失每年流失土壤 50 亿吨。

2005 年，全国共发生特别重大环境事件 4 起、重大环境事件 13 起、较大事故 18 起、一般事故 41 起。按事件起因分类，安全生产事故次生的环境事件 26 起（占 34.2%），交通事故引发的环境事件 26 起（占 34.2%），企业违法排污 19 起（占 25%），其他 5 起（占 6.6%）；按污染类型分类，水污染事件 41 起，大气污染事件 24 起，土壤污染事件 13 起，固体废物污染事件 4 起，分别占总数的 53.9%、31.6%、17.1%、5.3%。

(二) 资源短缺

资源是人类赖以生存和经济赖以发展的基础，包括能源、水资源、工业资源（即矿物资源）、土地资源、生物资源、森林资源等。

人类在发展技术、文化，提高人们生活水平的同时，急剧大量地消耗了地球资源。整个 20 世纪，人类消耗了 1420 亿吨石油、2650 亿吨煤、380 亿吨铁、7.6 亿吨铝、4.8 亿吨铜。

2003 年中国的 GDP（按汇率计算）约占世界的 3.9%，但重要资源的消耗却占世界很高的比重，其中煤炭消耗量、钢材消耗量、水泥消耗量、常见有色金属消耗量、年淡水使用量（1987~2003 年）、化肥消耗量（2002 年）、海洋年捕捞生产量（1999~2001 年）等均为世界第一，分别占世界的 31.9%、26.6%、45.6%、19.1%、15.8%、28% 和 17.3%。有机水污染物排放量、SO₂ 排放量也位居世界第一。一次能源消耗总量、石油消耗量、精炼铝消耗量、精炼铅消耗量、精炼镍消耗量、纸和纸板总消耗量为世界第二，分别占世界的 12.3%、7.3%、19.0%、17.0%、10.7%、14.2%。燃料燃烧产生的 CO₂ 居世界第二，占世界的 14.9%。此外，中国消耗的天然气占世界的 1.3%（居世界第十八位），水电占世界的 10.5%（居世界第三位），核能占世界的 1.7%（居第十三位），氧化铝为世界的 25%，人为导致的土地退化面积（90 年代中期前后）占世界的 7.8%（居世界第三），荒漠化土地面积（1994）占世界的 7.2%。

2000 年我国能源消耗总量为 13.85 亿吨标准煤，2002 年为 15.18 亿吨标准煤，2000~2002 年期间每年新增需求 6622 万吨标准煤；到 2005 年能源消耗总量达到 22.33 亿吨标准煤，2002~2005 年期间，每年新增了 2.38 亿吨标准煤的能源消耗量。我国能源消耗水平和其他国家的比较见表 1-3，我国与发达国家的能源效率见表 1-4，我国主要产品单耗的国际比较见表 1-5。

表 1-3 能源消耗水平比较

国 家	日 本	意 大 利	法 国	德 国	英 国	美 国	加 拿 大	中 国
1 美元所消耗的能源	1.00	1.33	1.50	1.50	2.17	2.67	3.50	11.50

注：以日本为基数 1.00。

表 1-4 中国与发达国家能源设备效率比较

单位：%

设 备	中 国	发 达 国 家	差 距
火力发电站	28.5	36~38	6~10
工业锅炉	55~65	80~85	20~25
工业窑炉	5~37.5	40~60	40
风机	65~70	80~90	30
泵	65~80	78~90	10

表 1-5 我国主要产品单耗国际比较

名 称	单 位	1980 年			2005 年		
		国内 平均水平	国外 先进水平	国内外 差距/%	国内 平均水平	国外 先进水平	国内外 差距/%
火电供电煤耗	克标准煤/千瓦时	448	338	+32.5	374	312	+19.9
吨钢可比能耗	千克标准煤/吨	1201	705	+70.4	741	610	+21.5
水泥综合能耗	千克标准煤/吨	203.8	135.7	+50.2	149	127.3	+17.0
乙烯能耗	千克标准煤/吨	2013	1100	+83	986	629	+56.8
载货汽车油耗	升/百吨·公里	8.7	3.4	+155.9	6.0	3.4	+76.5

注：数据摘自《中国能源发展报告（2001）》，《实现“十一五”节能目标工业部门面临的挑战与对策研究》与能源研究所内部研究报告。国外先进水平数据摘自《可持续能源发展财政和经济政策研究参考资料之 2005 能源数据》。其中火电为 6000kW 以上，钢铁行业 2005 年数据为吨钢综合能耗，水泥为大中型回转窑，载货汽车油耗为 2004 年运营车辆数据。

2002~2004 年，我国能源消耗增长过快，年增长率分别达到 9.8%、10.1%和 15.2%，主要原材料消耗也大幅度超过 GDP 增长率，煤电运供求历史上第一次出现全面紧张，资源短缺对经济增长的刚性约束十分凸显。中国的能源和原材料已经越来越依赖国际市场。2002 年，中国铜产量 60%以上、铝产量 40%、铅产量 20%、锌产量 15%靠进口原料生产。2003 年，中国的铁矿石、氧化铝和镍的对外依存度分别达 36%、47%、55%。2004 年，中国石油消耗的对外依存度超过 40%。

据资料统计，现有开发的资源中，石油估计可使用 30 年，铁可以使用 93 年，天然气可使用 58 年，煤可以使用 226 年。《2000 年地球生态报告》显示，人类若依照目前的速度继续消耗地球资源，那么所有的自然资源会在 2075 年前耗尽。

（三）可持续发展

环境问题是 21 世纪人类面临的最严峻的挑战之一。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，认识到必须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。资源和高消耗不仅是造成企业成本上升、经济效益低下、缺乏竞争力的主要原因，又是大量排放污染物造成环境污染的主要原因。如何在发展经济的同时保护人类赖以生存和发展的生态环境，已成为当今世界普遍关注的重大问题。人类社会的发展使人类选择了可持续发展模式。

我国《经济和社会发展的第十一个五年规划纲要》明确提出，要把节约资源作为基本国策，发展循环经济，保护生态环境，加快建设资源节约型、环境友好型社会，促进经济发展与人口、资源、环境相协调，推进国民经济和社会信息化，切实走新型工业化道路，坚持节约发展、清洁发展、安全发展，实现可持续发展。

资源利用效率显著提高。单位国内生产总值能源消耗降低 20%左右，单位工业增加值用水量降低 30%，农业灌溉用水有效利用系数提高到 0.5，工业固体废物综合利用率提高到 60%。

4 《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》提出，到 2010 年，重点地区和城市的环境质量得到改善，生态环境恶化趋势基本遏制。主要污染物的排放总量得到有效控制，重点行业污染物排放强度明显下降，重点城市空气质量、城市集中饮用水水源和农村饮水水质、全国地表水水质和近岸海域海水水质有所好转，草原退化趋势有所控制，水土流失治理和生态修复面积有所增加，矿山环境明显改善，地下水超采及污染趋势减缓，重点生态功能

保护区、自然保护区等的生态功能基本稳定，村镇环境质量有所改善，确保核与辐射环境安全。到 2020 年，环境质量和生态状况明显改善。

第六次全国环境保护大会指出，为中华民族的生存和长远发展着想，必须加强环境保护。人类文明的发展和延续，与生态环境密切相关。生态环境的恶化不仅会破坏人们的生存条件，甚至会导致人类文明的消亡。

全面落实科学发展观，坚持保护环境的基本国策，深入实施可持续发展战略；坚持预防为主、综合治理，全面推进、重点突破，着力解决危害人民群众健康的突出环境问题；坚持创新体制机制，依靠科技进步，强化环境法治，发挥社会各方面的积极性。经过长期不懈的努力，使生态环境得到改善，资源利用效率显著提高，可持续发展能力不断增强，人与自然和谐相处，建设环境友好型社会。

二、清洁生产的产生和发展

清洁生产的概念最早大约可追溯到 1976 年。1976 年欧共体在巴黎举行了无废工艺和无废生产国际研讨会，会上提出了“消除造成污染的根源”的思想。1979 年 4 月欧共体理事会宣布推行清洁生产政策，1984 年、1985 年、1987 年欧共体环境事务委员会 3 次拨款支持建立清洁生产示范工程。清洁生产审核起源于 20 世纪 80 年代美国化工行业的污染预防审核，并迅速风行全球。

在各国政府的大力支持下，联合国工发组织和联合国环境署启动的国家清洁生产中小项目在约 30 个发展中国家建立了国家清洁生产审核中心，这些中心与十几个发达国家的清洁生产组织构成了一个巨大的国际清洁生产网络。现在，全球没有开展过清洁生产的国家或地区已为数不多了。

1997 年 4 月中国国家环保总局发布了《关于推行清洁生产的若干意见》，1995 年 5 月国家经贸委发布了《关于实施清洁生产示范试点的通知》。联合国环境规划署 1998 年 10 月在汉城举行第六届国际清洁生产高级研讨会，会上出台了《国际清洁生产宣言》，中国在《宣言》上郑重签字，表明了我国政府大力推动清洁生产的决心。1999 年全国人大环境与资源保护委员会将清洁生产促进法的制定列入立法计划。2002 年 6 月，九届全国人大常委会通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》。2003 年国务院办公厅转发了国家发展和改革委员会等 11 个部门《关于加快推行清洁生产的意见》，2004 年 8 月国家发展和改革委员会、国家环境保护总局颁布了《清洁生产审核暂行办法》，这标志着我国清洁生产跨入了全面推进的新阶段，使清洁生产工作更加具体化、规范化、法制化。

在 2001 年召开的中国清洁生产国际会议上总结并审议了中国过去 10 年在推广和培训清洁生产方面的经验。会议认为清洁生产主要的实施障碍包括：市场的失灵造成清洁生产供求相对较弱；工业界对清洁生产概念的冷漠；缺乏清洁生产知识和支持机制，特别是中小企业；环境法律的执行不力，包括低罚款已成为惯常做法的一部分；缺乏一个清洁生产整体运行系统，使各种规模的企业（包括私人企业）建立企业内部或行业间的关系以及区域和全球层次上的关系。

三、实施清洁生产的意义

（一）积极推行清洁生产是实施可持续发展的必然选择和重要保障

长期以来，我国一直沿用以大量消耗资源和能源、粗放经营为特征的传统发展模式，通

常是通过高投入、高消耗和高污染来实现较高的经济增长。如我国的啤酒行业的酒花、麦芽和大米的粉碎一般为干法，而国外多为加湿粉碎，这样可减少加工过程的挥发损失，减轻粉尘污染，改善操作环境；另外，我国的啤酒生产中的废物如酒糟、热废水等多数没有合理利用。这种以浪费资源和能源为代价的粗放型经营是不可持续的，必将导致经济发展和环境保护的对立，也将受到资源的严重制约，随着国家资源价格控制的加强，这种作用将越来越明显。清洁生产是一种持续地将污染预防战略应用于生产过程和服务中，强调从源头抓起，着眼于生产过程控制，不仅能最大限度地提高资源、能源的利用率和原材料的转化率，减少资源的消耗和浪费，保障资源的永续利用，而且能把污染消除在生产过程中，最大限度地减轻环境影响和末端治理的负担，改善环境质量。因此，清洁生产是实现经济与环境协调、可持续发展的有效途径和最佳选择。

(二) 清洁生产是促进经济增长方式转变，提高经济增长质量和效益的有效途径和客观要求

当前，我国经济发展面临的突出问题是经济效益低、增长的质量不高，主要原因在于多数企业尚未摆脱粗放型经营方式，结构不合理，技术装备落后，能源、资源和原材料消耗高、浪费大、利用率低等，且多数企业的管理缺乏科学性和量化最优参数指标，操作随意性、盲目性问题突出，员工素质和技能普遍较低。这就导致我国企业单位产品物耗高、排放量大，与国际先进水平差距明显等。

要有效地解决这些问题，必须实行新的生产模式，通过实施清洁生产为企业和工业发展提出全新的目标，即最大限度地提高资源和能源的利用率，减少污染物的产生和排放量。要实现这一目标，就必须加强企业结构调整，科学管理，革新工艺技术，优化生产过程控制，提高员工素质和技能，使企业真正走上合理、高效配置资源与能源的集约型经济模式。因此，清洁生产包含了企业深化改革、转变经济增长方式的丰富内涵，是实现粗放型经营向集约型发展模式转变的体现，必将有力地促进经济的运行质量和企业经济效益的提高。

(三) 清洁生产是防治工业污染的必然选择和最佳模式

中国作为世界上最大的发展中国家，在总结了国内外环境保护的经验教训后，认识到污染预防的重要性，发展中十分重视环境保护，明确提出“预防为主，防治结合”的方针，强调通过调整产业布局，优化产品、原材料、能源结构和通过技术改造、废物的综合利用及强化环境管理手段来防治工业污染。但由于认识和预防重点的偏差，人们把预防核心置于污染物的环境效应削减上，片面追求污染物达标排放。加之该方针未得到有效的法规、制度支持，缺少可行的操作细则，缺乏市场的激励机制，使其精髓未能得到有效贯彻。这一时期制定的许多末端治理的措施，如“三同时”、“限期治理”、“污染集中控制”等制度，由于责任明确、具有较强的可操作性，基本得到有效执行。而源削减方面的法规和制度措施很少，这也是我国环境质量在环保投资连续增长的情况下出现持续恶化的原因之一。

1. 中国与发达国家环境质量的差距在拉大

- 6 包括中国在内的许多国家都认为发展经济与保护环境互相矛盾冲突，但发达国家实实在在的成功并不支持这一观点。美国的一些人就认为美国经济发展与环境恶化之间没有必然的联系。如从1970年以来，美国的人口增长了22%，国民生产总值增长了约75%，而能源消耗量仅增长不到10%。考虑到在过去20多年私人汽车数量剧增等因素，美国的工业耗能量在此期间的实际增长率大大低于10%。同一期间内，大气中的铅、烟尘、一氧化碳和氮氧

化物均大幅度下降，其他气体排放物保持稳定。20 世纪 70 年代河流污染严重，甚至若干条河偶尔有河面燃烧的报道，现在绝大多数已经实现生态恢复，可以进行钓鱼和游泳等活动。美国过去 20 多年的经历证明，经济增长与环境保护是可兼容的。欧洲许多发达国家的成功经验也证实了这种观点。

2. 仅靠末端治理并不能有效解决环境问题

造成中国上述严重环境污染问题的因素很多，其中重要的一条是中国将污染控制的重点放在末端治理上，其主要弊病有：基建投资大，运行费用高，有残余污染物，有的造成二次污染，操作和管理水平不能很好地适应治污设备的要求。

最重要的是，从经济上讲，末端治理有投入、无产出，是企业经营的一种额外负担，从本质上讲与企业追求经济效益这一目标相抵触。

末端治理模式面临着严重的挑战，无法适应可持续发展的需要，而清洁生产以其预防污染、增加效益的特有方式，拓宽了环境保护的思路，开始了环保历史的新阶段。

3. 清洁生产能有效地协调经济发展与环境保护之间的矛盾

清洁生产对世界各国经济发展和环境保护的影响是广泛而深远的，将最终改变各国的工业结构，直接影响到各国经济总体发展方向和水平以及各国技术和产品的国际竞争力。

大量的清洁生产案例充分证明，清洁生产扬弃了末端治理的弊端，把污染物消除在生产过程中，提倡在源头上预防和消除污染，强调废物资源化利用和交换利用，在追求经济效益的前提下，促进经济发展与环境保护之间的协调发展，实现两者的统一。

（四）清洁生产是现代工业发展的基本模式和现代文明的重要标志，是企业树立良好社会形象的内在要求

（1）清洁生产克服了末端治理的固有缺陷，无论是思想观念、管理方式，还是技术工艺革新和设备维护与生产控制，都会得到较大的改善和提高。体现可持续发展的要求，是工业文明的重要标志。

（2）清洁生产有利于提高企业的整体素质，提高企业的管理水平。清洁生产不仅可为生产控制和管理提供重要的基础资料和数据，而且要求全员参加，强调管理人员、工程技术人员和劳动生产人员业务素质和技能的提高。

（3）清洁生产的开展还有利于改善企业工作环境，减少对职工健康的不利影响，消除安全隐患，减轻末端治理负担，减少污染物的产生和排放量，改善周边环境质量。

（4）企业要生产、发展和壮大，离不开社会各界的理解和支持。如果仍采用浪费资源、污染环境的粗放型经营模式，不仅会给企业带来沉重的经济负担，而且会造成更加严重的环境污染，且会给企业带来强大的社会压力，使企业的生产、经营处于被动局面，甚至于停产。而企业通过实施清洁生产，采用清洁的、无害或低害的原材料，通过清洁的生产过程，生产无害或低害的产品，实现少废或无废排放，不仅可提高企业的竞争力，而且有助于在社会上树立良好的环保形象，得到公众的认可和 support。

（五）实施清洁生产有利于消除国际环境壁垒

近年来，在国际贸易中，环境壁垒日益成为发达国家手中的一个贸易工具。经济全球化在进一步推动中国与国际市场接轨的同时，要求中国企业不断扩大对环境技术的需求，提高企业的环境保护水平，改善环境质量。由于我国产业结构不尽合理，高污染行业较多，面对日益严峻的资源和环境形势，面对国际市场激烈的竞争，面对“绿色壁垒”的压力，加快推

行清洁生产势在必行。

实现经济效益、社会效益和环境效益的统一，提高企业的市场竞争力，是企业的根本要求和最终归宿。开展清洁生产的本质在于实行污染预防和全过程控制，它将给企业带来不可估量的经济、社会和环境效益。清洁生产是一个系统工程，一方面提倡通过工艺改造、设备更新、废物回收利用等途径，实现节能、降耗、减污、增效，从而降低生产成本，提高企业的综合效益；另一方面它强调提高企业的管理水平。同时，清洁生产还可有效改善工人的劳动环境和操作条件，为企业树立良好的社会形象，促使公众对其产品的支持，提高企业的市场竞争力。在发达国家中清洁生产产品被等同于环境标志产品，在国际市场上颇具竞争力。开展清洁生产，不仅可改善环境质量和产品性能，增加国际市场准入的可能性，减少贸易壁垒的影响，还可帮助企业赢得更多的用户，提高产品的竞争力。

（六）推行清洁生产是实现工业污染源稳定达标和总量控制的重要手段，是提高全民族的环境意识的重要途径

单靠末端治理难以达到彻底治理污染的目的。为此，国家环境保护总局提出，通过实施清洁生产巩固“一控双达标”的成果，确保污染源稳定达标，实现总量削减的目的。清洁生产是对生产的全过程进行科学合理管理，要求人类的生产行为都要以确保资源的持续利用和区域环境质量的持续改善为前提条件，使生产过程中排放的废物不仅要达到国家规定的污染物排放标准，同时还要满足区域环境容量的要求。

推行清洁生产的一个重要方面就是通过广泛宣传教育，提高劳动者的环境意识，使清洁生产的思想转化为一种自觉行为，从根本上贯彻清洁生产思想。同时，清洁产品的大量出现，也会带动消费者选择和消费有利于环境的清洁产品，促进消费观念的根本转变。

（七）实施清洁生产可获得诸多优势和巨大效益

通过实施清洁生产可以促进企业整体素质的提高，增加企业的经济效益，提高企业的竞争力（生产成本的降低，产品质量的改进，用户的增加等），为企业生产、发展营造环境空间（通过实施清洁生产达到增产不增污甚至减污的目的），减免或减少企业的环境风险，改善职工的生产和生活环境，提高市场占有率并拓宽国际市场等。

第二节 清洁生产概念与内涵

一、清洁生产的定义

（一）《中华人民共和国清洁生产促进法》的定义

《中华人民共和国清洁生产促进法》第二条规定：“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。”

（二）联合国环境规划署的定义

1. 1989 年定义

1989 年，联合国环境规划署巴黎工业与环境活动中心在总结各国的经验后，对清洁生产定义如下：

■

清洁生产是对工艺产品不断运用一种一体化的预防性环境战略，以减少其对人类和环境的风险。

——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物离开工艺之前，削减其数量和毒性。

——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。

2. 1996 年定义

1996 年，联合国环境规划署在总结了各国开展的污染预防活动并加以分析提高后，完善了清洁生产的定义。其定义如下：

清洁生产是一种新的创造性思想，该思想将整体预防的环境战略持续地应用于生产过程、产品和服务中，以增加生态效率和减少人类和环境的风险。

——对于生产过程，要求节约原材料和能源，淘汰有毒原材料，减少所有废物的数量和降低废物的毒性。

——对于产品，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。

——对于服务，要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。

联合国环境规划署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、预防性和综合性。

（三）《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。

二、清洁生产的原则

（一）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，所谓的清洁是相对而言的，是对现有的生产状况的改进，经不断地持续改进，使企业的生产、管理、工艺、技术和设备等达到更高水平，达到节省资源、保护环境的目的。因此，清洁生产是人类可持续发展的重要战略措施之一。从清洁生产实施所需的时间来看，一条具体的清洁生产措施，可能涉及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时间才能显示出来。而从清洁生产的字面意义来理解，清洁意味着零排放，这在实际生产过程中是不可能做到的。因为所有废物都是潜在的污染源，而且有的废物的产生是无法避免的。但对已有的产品和工艺持续不断地改进，逐步减少污染物的产生和排放，最终使得污染物排放水平与环境的承载力和转化能力相平衡，这一点还是可能的。

（二）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替代、产品替代、工艺重新设计、效率改进等方法对污染物从源头上进行削减，而不是在污染产生之后再进行治疗。