

教育部高等学校轻化工程教学指导委员会推荐特色教材

造纸工业清洁生产原理与技术

何北海 主编

何北海 林鹿 刘秉钺 童国林 徐清华 编著

ZAOZHI GONGYE QINGJIE SHENGCHAN YUANLI YU JISHU



中国轻工业出版社

教育部高等学校轻化工程教学指导委员会推荐特色教材

造纸工业清洁生产原理与技术

何北海 主编

何北海 林 鹿 刘秉钺 童国林 徐清华 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

造纸工业清洁生产原理与技术/何北海主编. —北京:
中国轻工业出版社, 2007. 1

教育部高等学校轻化工程教学指导委员会推荐特色
教材

ISBN 7-5019-5681-2

I. 造... II. 何... III. 造纸-生产工艺-无污染
技术-高等学校-教材 IV. TS75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 126248 号

责任编辑: 林 媛

策划编辑: 林 媛 责任终审: 滕炎福 封面设计: 刘 鹏

版式设计: 马金路 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 利森达印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17

字 数: 392 千字

书 号: ISBN 7-5019-5681-2/TS·3294 定价: 34.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30900J1X101ZBW

前 言

我国造纸工业正处于一个高速发展的时期,造纸工业产值的增长高于同期国民生产总值的增长水平。2005年,我国纸和纸板的产量达到5600万t,引起世界造纸界的高度关注。但是另一方面,我国造纸工业的高速发展又受到资源、能源和环境等问题的严重制约,因此在我国造纸工业推行清洁生产,是我国造纸工业可持续发展的必由之路,并已成为我国广大造纸工业者的广泛共识。

鉴于我国造纸工业清洁生产的蓬勃发展,有必要在高等学校轻化工程专业的本科教学中开设有关造纸工业清洁生产方面的课程。受教育部轻化工程教学指导委员会的委托,由华南理工大学主编,联合南京林业大学、大连轻工业学院和山东轻工业学院等院校共同编写《造纸工业清洁生产原理与技术》一书,作为该门课程的教材。

全书由华南理工大学何北海教授主编(ppebhhe@scut.edu.cn)。第一章(绪论)、第二章和第六章由华南理工大学何北海教授编著;第三章和第五章由山东轻工业学院徐清华教授编著;第四章由南京林业大学童国林教授编著;第七章和第九章由大连轻工业学院刘秉钺教授编著;第八章由华南理工大学林鹿教授编著。

为了全面地阐述造纸工业清洁生产的理论体系和介绍清洁生产技术,本书收集的资料和涉及的内容较多。作为本科教学教材,各校可根据实际教学情况进行取舍。为方便教学,本书还设置了各章概要并给出了一定的思考题以供参考。

由于我国造纸工业清洁生产正处于一个加快发展的阶段,关于清洁生产的理论体系和技术进步也处于一个不断发展和提高的阶段,对造纸工业清洁生产的认识也需要一个逐步学习和认识的过程,因此要准确表述造纸工业清洁生产的理论和全面概括清洁生产的技术,是一件较为艰巨的任务。本书编写组成员经过一年多的努力,克服了许多困难,完成了本书的编著,但其中还难免存在问题。我们衷心希望各位专家和广大师生对本书提出宝贵的意见和建议,以便于再版时进一步修正和完善。

编著者
2006年8月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 清洁生产问题的提出	1
一、工业活动与环境问题	1
二、解决工业污染方法的历程回顾	2
第二节 清洁生产的定义和内容	3
一、清洁生产的定义	3
二、清洁生产的主要内容	3
三、清洁生产的成本、效益和实施	5
第三节 清洁生产的发展历程	6
一、国际清洁生产进展	6
二、中国的清洁生产	7
第四节 造纸工业的清洁生产	8
一、推行清洁生产是造纸工业可持续发展的必由之路	8
二、我国造纸工业的清洁生产	10
思考题	11
第二章 清洁生产的基本原理	13
第一节 可持续发展与清洁生产	13
一、可持续发展的历史渊源和思想演化	13
二、可持续发展的基本概念	15
三、可持续发展与清洁生产	15
第二节 工业生态学与清洁生产	18
一、工业生态学的形成和发展	18
二、工业生态学的基本概念	19
三、工业生态学的基本思想	19
四、工业生态园	21
五、工业生态学与清洁生产的关系	22
第三节 循环经济与清洁生产	23
一、循环经济的思想起源	23
二、循环经济的内涵及核心原则	23
三、循环经济的三个循环层面	24
四、我国循环经济的发展与清洁生产	25
第四节 产品生命周期理论	26
一、产品生命周期理论与产品生命周期评价	26
二、产品生命周期评价的含义、技术框架和内容	27
三、产品生命周期评价方法	30

四、产品生命周期评价与清洁生产	33
第五节 清洁生产管理与审计（审核）原理	34
一、我国环境管理的制度体系	34
二、清洁生产与环境管理体系	35
三、清洁生产管理	38
四、清洁生产审计原理	39
五、清洁生产审计程序	40
六、造纸行业的清洁生产审计	43
思考题	45
第三章 清洁生产的评价体系与方法	47
第一节 工业环境中污染物的性质和归宿	47
一、有机污染物	47
二、无机污染物	50
三、制浆造纸工业中主要的污染物	54
四、环境中污染物质的迁移和转化	58
第二节 环境影响评价与清洁生产过程	65
一、环境影响及其评价	65
二、清洁生产评价与环境影响评价的结合	69
三、清洁生产概念引入环境评价的优势	70
第三节 清洁生产指标评价体系	71
一、评价指标的选取原则	71
二、清洁生产评价指标	72
第四节 清洁生产评价方法	74
一、清洁生产评价程序	74
二、清洁生产评价方法	75
三、某造纸企业清洁生产评价范例	76
思考题	78
第四章 造纸工业清洁生产测评原理与技术	80
第一节 造纸工业原料测评原理与技术	80
一、植物纤维原料的形态分析	81
二、原料中水分的测定	81
三、原料中灰分的测定	81
四、原料中抽出物含量的测定	82
五、原料中纤维素含量的测定	82
六、原料中综纤维素含量的测定	83
七、原料中聚戊糖含量的测定	83
八、原料中酸溶木质素和酸不溶木质素含量的测定	83
第二节 造纸工业生产特征指标测评技术	84
一、制浆过程生产特征指标测评技术	84
二、造纸生产过程特征指标及测评原理与技术	94
第三节 造纸工业废水的测评技术	97

一、制浆造纸工业废水排放及测控指标	97
二、造纸工业废水测评技术	98
第四节 制浆造纸行业清洁生产技术要求	106
思考题	109
第五章 制浆过程的清洁生产原理与技术	111
第一节 清洁的制浆造纸原料	111
一、原料在采伐、收购、运输和储存过程中的质量控制和清洁生产技术	111
二、回用纤维的质量控制	113
第二节 清洁的制浆生产工艺过程	113
一、备料工段	113
二、化学法制浆	114
三、高得率制浆	120
四、纸浆洗涤与废液提取的清洁生产技术	127
五、漂白工段	129
第三节 废纸制浆的清洁生产原理与技术	139
一、酶法脱墨	139
二、超声波脱墨	139
三、蒸汽爆破碎浆技术	140
四、中性脱墨	140
五、浮选前浓浆揉搓处理	141
思考题	141
第六章 造纸过程的清洁生产原理与技术	143
第一节 造纸清洁生产与节水	143
一、水与造纸生产	143
二、国际造纸工业的先进用水水平	144
三、我国造纸工业的节水	145
第二节 造纸工业清洁生产与用水封闭循环	146
一、造纸工业清洁生产与水系统封闭循环	146
二、白水封闭回用和零排放的基本概念	147
三、白水系统封闭后的影响分析	149
第三节 白水封闭系统的过程分析与控制	153
一、纸机湿部的非过程元素的来源分析	153
二、白水系统中的溶解和胶体物质 (DCS)	154
三、封闭循环系统中固态有害物质的去除与控制	159
第四节 白水回用工艺的高效分离净化技术	162
一、白水回用工艺方案的确定	162
二、白水系统的回收技术与装置	163
三、白水回用的高效净化技术	166
第五节 造纸机系统的节水技术	170
一、造纸机网部喷淋工段的节水技术	170

二、造纸机压榨部喷淋工段的节水技术	172
三、密封水、冲洗水的节水技术	174
四、真空泵用水的节水技术	174
第六节 造纸过程的用水管理	175
一、“瓶颈理论”与用水管理的理念	175
二、“瓶颈技术”理论与回用水质标准	176
三、用界定参数评价回用水质的研究	177
思考题	182
第七章 制浆造纸工业废弃物的资源化利用	183
第一节 黑液碱回收过程的清洁生产	183
一、高温高浓黑液的提取	184
二、黑液的除硅和降黏	185
三、除臭	187
四、燃烧炉的 TRS、SO ₂ 控制与除尘	189
第二节 中段废水的处理和回用	190
一、中段废水的特点	190
二、中段废水的好氧生物处理	192
三、中段废水的厌氧生物处理	193
四、中段废水的回用	195
第三节 制浆废液的资源化利用	195
一、概述	195
二、制浆废液在农业上的利用	198
三、制浆废液在建筑业上的利用	200
四、制浆废液在石油工业上的利用	201
五、制浆废液在高分子材料领域的利用	202
六、制浆废液在其他行业上的利用	203
第四节 固体废弃物的资源化利用	204
一、制浆造纸厂的固体废弃物	204
二、有机废弃物的资源化综合利用	205
三、动力锅炉灰渣的综合利用	206
四、有机废物的焚烧处理	208
五、无机废物的资源化利用	210
思考题	211
第八章 制浆造纸生物技术	214
第一节 生物制浆	214
一、生物化学制浆	214
二、生物机械制浆	215
三、生物化学机械制浆	216
四、纤维酶对纸浆的作用	217
五、腐浆的形成及防止	218
六、木质纤维原料的霉变	218

第二节 纸浆的生物漂白与生物脱墨	219
一、纸浆的微生物漂白	219
二、纸浆的半纤维素酶漂白	220
三、纸浆的木素过氧化物酶漂白	222
四、纸浆的漆酶漂白	224
五、纸浆的酶脱墨	225
第三节 制浆造纸污染物质的生物降解	226
一、制浆漂白过程产生的污染物质类型	226
二、制浆漂白污染物质的微生物降解机制	227
思考题	231
第九章 制浆造纸工业节能与清洁生产	234
第一节 制浆造纸工业的能量利用	234
一、造纸工业能源的构成	234
二、造纸工业能源的消耗	235
三、我国造纸工业的能耗情况	236
四、热电循环提高能源利用率	238
五、采用高效设备和提高设备使用效率降低能耗	240
六、加强保温减少热损失	240
第二节 制浆造纸节能技术	243
一、热泵技术	243
二、中、高浓技术	246
第三节 制浆系统节能	247
一、高得率制浆与节能	247
二、化学制浆过程的节能	249
三、碱回收过程的节能措施	250
第四节 造纸过程的节能	252
一、打浆节能	252
二、纸机网部生产的节能	254
三、压榨脱水的节能	255
四、纸机干燥节能	256
思考题	260

第一章 绪 论

本章概要

本章概述了在高速发展的工业活动中引发的环境问题，回顾了治理工业污染实践历程，比较了传统的“末端治理”与清洁生产的“污染预防”的观念和实践效果，并指出了清洁生产是现代工业可持续发展的必由之路。

本章简要阐述了清洁生产的定义和内容，概述了国内外清洁生产活动的起源、发展过程和发展趋势，介绍了《21世纪议程》和《国际清洁生产宣言》等的出台以及对国际清洁生产活动的推动作用，着重说明了我国政府制定《中国21世纪议程》和《中华人民共和国清洁生产促进法》的情况，并概述了近年来我国清洁生产活动的总体情况。

我国造纸工业正处于一个快速增长的时期，同时受到资源、环境和能源等三大因素的制约。本章最后重点阐述了我国造纸工业要可持续发展，必须实行清洁生产的观点，并对我国造纸工业推行清洁生产的现状和问题进行了分析。

第一节 清洁生产问题的提出

一、工业活动与环境问题

以蒸汽机为代表的18世纪的工业革命，开始为人类带来工业化的大生产方式和先进的物质文明，产生了巨大的生产力，并推进了人类文明史的进程。然而当人们惊叹和赞美这些奇迹的时候，生态破坏和环境污染的危害也悄悄降临到人间。从20世纪30年代起接连发生的闻名世界的重大污染事件（见表1-1），直至20世纪80年代才逐渐发觉

表 1-1 20 世纪世界工业活动引发的重大污染事件举例

年代	国别	事 件 概 况
1930	比利时	马斯河谷工业区的有害气体和粉尘在气温逆转时积累于地表层，引起 SO_2 浓度高达 $25 \sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ ，一周内有 60 多人死亡
1940	美国	洛杉矶市 250 万辆汽车尾气排放引起光化学烟雾，导致人和动物眼睛受刺激，感觉头痛、呼吸困难，儿童心肺功能异常
1952	英国	伦敦发生严重烟雾事件，并导致英国全境几乎为浓雾覆盖，尘埃浓度为平时的 10 倍， SO_2 浓度为平时的 6 倍，并形成酸雾。当时 4 天中的死亡人数同比增加 4000 人，肺炎、肺癌、流感及其他呼吸道病患者死亡率均有成倍增加
1953~1956	日本	熊谷县含汞和甲基汞的工业废水污染水体，使水俣湾的鱼中毒，人食后受害，中枢神经受损，出现痉挛、麻痹、意识障碍等急性症状并导致 60 多人死亡。后被命名为水俣病
1955~1972	日本	高川县神通流域水体受镉污染，灌溉稻田使稻米含镉，居民食用含镉的稻米、鱼类和饮用含镉的水后中毒，人体内镉积累导致肾损害，进而引起骨软化症，最后死亡于并发症。截止到 1968 年 5 月，日本死亡 128 例，到 1977 年年底又死亡 79 例
1968	日本	九州市爱知县米糠油事件。当地生产米糠油时用多氯联苯作脱臭工艺中的热能载体，因管理不慎使氯联苯混入米糠油中，人食用后中毒。患者多达 13000 人，其中 16 人死亡

的直接威胁人类生存条件的温室效应、臭氧层破坏和酸雨等全球性问题（见表 1-2），均是人类贪婪和疯狂的工业活动向自然界无节制地索取的恶果。人类对大自然的不友好行为，最终遭到了大自然无情的报复。

表 1-2 影响人类生存和发展的全球性问题举例

问 题	起 因	危 害
温室效应	大气中的二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、臭氧以及氟氯烃类等痕迹气体，在地-气系统的辐射收支和能量平衡中起着决定性的作用。这些气体起着类似温室玻璃的作用，只吸收热能，而不反射产生热能的红外辐射，因此产生温室效应，使地球不断变暖。其中二氧化碳对温室效应的影响最大，占 49% 以上。能源、冶金、化学、建材、运输业等大量使用化石燃料（煤、石油、天然气）的行业是主要温室气体的排放源	由于温室效应，在过去的 100 年里，地球平均气温升高了 0.3~0.7℃。可以预料，在今后的几十年里，全球气候将会在降雨、风、云层、洋流以及南北极冰帽大小等方面出现严重的混乱与反常。旱涝灾害将进一步加剧，世界粮食生产的稳定性与分布状况也将变化，生态环境将受到严重破坏，世界经济将为此付出巨大的代价
臭氧层破坏	大气层中距地面 20~50km 的臭氧层能吸收太阳辐射中 99% 以上的危害生命机体的紫外线辐射。1984 年，科学家首次发现南极上空出现臭氧层空洞。多数科学家认为，作为制冷剂、发泡剂、洗洁剂等用途的氟氯烃类物质，是破坏臭氧层的主要元凶	现已证实，大气中的臭氧层每减少 1%，辐射到地面的紫外线就会增加 2%，皮肤癌的发病率则增加 4% 左右。此外臭氧层的变化也会损害人体的免疫系统，使患白内障和呼吸道疾病的人增多；还会损害海洋生物，阻碍植物生长
酸雨	酸雨一般指 pH 低于 5.6 的降水。工业生产的矿物燃烧和冶炼过程中产生的硫和氮的氧化物，排入大气后与大气中水蒸气作用生成硫酸和硝酸等，随雨、雪、冰雹等降落到地面，就形成了酸雨	酸雨会造成森林树木枯萎死亡、湖水酸化、水生物死亡，并对土壤、水体等生态均造成严重破坏，甚至对人类构成威胁

同时，世界范围的工业活动，也造成了资源浪费和废物污染等问题。特别是大多数发展中国家在工业化过程中，为追求经济的发展速度和效益，使用了能源消耗高、资源浪费大和废物污染严重的传统和落后的生产方式，并为此付出了比发达国家更加昂贵的资源和环境的代价。虽然这些国家已经意识到这种危害，并力图改变这种落后的局面，但由于技术、资金和人才等问题，短时期内还无法或无力完全解决。

二、解决工业污染方法的历程回顾

随着人们对工业污染原因及其本质认识的不断深化，解决工业污染的方法也在不断地向前发展。回顾人类解决工业污染方法的演化历程，大致可以分为三个阶段。

1. “先污染，后治理”阶段（18 世纪末到 20 世纪 60 年代）

“先污染，后治理”是人类对待工业污染问题的初期策略，并经历了漫长的发展历程。在这一阶段，人们把工业发展的数量与速度的追求放在第一位，同时把工业对环境的污染仅仅看作一个局部的生产技术问题。此时的工业生产以产品为中心来确定对资源的取舍，而不考虑资源的消耗和对环境的影响，把当时无利用价值的物质视为废物而弃置于环境。除有毒废料外，此时的工业废料均不加处理而直接排入环境，而仅对产生较大危害的工业污染才进行治理。“先污染，后治理”的策略模式，有其形成和存在的历

史原因与历史作用，但是在很多情况下，这种策略模式导致的是“先污染而后无治理”，实际上放纵了工业对环境生态的污染和侵蚀。

2. “末端治理”阶段（20 世纪 70 年代）

“末端治理”是指对产生的工业污染物集中在生产末端实施的物理、化学以及生物方法的治理。末端治理的任务通常包括废弃物毒性的去除和废弃物本身的处置，如废弃物的焚烧和填埋等。“末端治理”是工业高度发展阶段人类对工业污染问题的紧急应对策略，其着眼点主要是企业层面上的污染物治理。由于“末端治理”没有触及工业污染的源头问题，因此虽然花费了大量的人力、物力和财力，也取得了一些局部的成效，但是面对随着工业迅速增长而日益增加的新污染源，却显得束手无策。

3. “清洁生产”阶段（20 世纪 80 年代起）

世界工业进入 20 世纪 80 年代后，环境和生态问题日趋严峻，以往工业排污物积累的潜在危害开始凸现，引起了全世界的高度重视和理性反思。以往治标不治本的解决工业环境问题的经验教训促使人们逐渐形成一种共识，即彻底的解决方法必须是“将综合预防的环境策略持续地应用于生产过程和产品中，以便减少对人类和环境的风险性”，这就是清洁生产的核心思想和主导理念。清洁生产主张从产品设计、原料替代、设备更新与工艺改造和生产管理等全过程着手，从生产的源头开始考虑资源、能源的节约和废物的最小化，变被动的污染治理为积极的污染预防，将粗放经营的生产方式转变为循环经济的工业模式，使得工业生产逐步走上一条可持续发展的道路。

第二节 清洁生产的定义和内容

一、清洁生产的定义

清洁生产的概念由联合国环境规划署在 1989 年正式提出，并在 1996 年进一步明确：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。对生产过程，要求节约原材料和能源，淘汰有毒原材料，减少降低所有废弃物的数量和毒性。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。对服务，要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。

在 1994 年我国国务院通过的《中国 21 世纪议程》中，也对清洁生产进行了定义：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、清洁生产的主要内容

清洁生产的主要内容可概括为“三清洁一控制”。具体来说，就是清洁的原料与能源、清洁的生产过程、清洁的产品以及贯穿于清洁生产的全过程控制。

1. 清洁的原料与能源

清洁的原料与能源，是清洁生产的首要条件，是指在产品生产中选择能被充分利用而极少产生废物和污染的原料和能源。

清洁的原料和能源包含两重意义。其一，所谓清洁的原料和能源，是指其能在生产过程中被充分利用。一般的生产原料中，通常含有部分在生产中不能充分利用的“杂质”，从而作为废弃物扔掉。一些能源也由于存在不能转化的“杂质”，影响能源的充分转化和利用。而在清洁生产中，则要求尽量选择杂质少的原料和能源，减少废物的排放，提高资源和能源的利用率和转化率。其二，清洁的原料和能源不含有毒物质，即原料中不含有毒物质，能源及其使用过程中也不产生有毒物质。清洁生产通过有效的技术和手段，淘汰有毒的原料和能源，采用无毒或低毒的原料和能源。如采用洁净燃煤技术，逐步提高液体燃料和天然气的使用比例；尽量利用可再生能源，如水力资源的充分开发利用；新能源的开发，如太阳能、生物能、风能、潮汐能、地热能和核能等。

2. 清洁的生产过程

清洁的生产过程是指采用先进的技术、工艺和完善的管理，实现生产过程废物的减量化、资源化和无害化，直至将废物消灭在生产过程之中。废物的减量化，要求采用先进的生产技术、工艺和设备，提高原材料的利用率，使其尽可能转化为产品。废物的资源化，则要求生产过程中的废物综合和高效利用，将废物变为资源，循环利用。废物的无害化，则要求减少和消除将要离开生产过程的废弃物的毒性，避免其危害环境和生命。

3. 清洁的产品

清洁的产品是指该产品在生产、使用和处置的全过程中，不产生任何有害的影响。清洁产品在国外又称为绿色产品、环境友好产品以及可持续发展产品等（见图 1-1），我国也有相应的环境标志（见图 1-2）。清洁的产品要求有利于资源的有效利用，如少用昂贵和稀有原料，利用二次资源作原料；清洁产品的设计要满足人们的需要和功能实用的原则，使产品既容易使用又容易回收和循环再用；清洁的产品还要求产品在整个生命周期中对环境的影响最小，对生产人员和消费者无害。

4. 清洁生产中的全过程控制

清洁生产的全过程控制包含两方面的内容，即产品生命周期的全过程控制和生产组织的全过程控制。

产品生命周期的全过程控制，是指生产原料和物料转化成产品，以及产品的使用直至报废处置的整个过程的污染预防和控制。

生产组织的全过程控制，是指工业生产的全过程控制。即从产品的开发、规划、设计、建设直至运营和管理，全过程采取的防止污染发生的有效措施。

在上述清洁生产的主要内容中，“三清洁”是环环相扣，而要点是“全过程控制”。如清洁的原料和能源，是清洁生产过程的首要保证；清洁的生产过程，则为清洁的产品打下了良好的基础；而清洁的产品，不仅仅是对产品本身的要求，而是在产品的整个生命周期内对所有环节都有清洁生产的要求，也是清洁生产成果的最终体现。而“全过程控制”是清洁生产的核心，并贯穿在清洁生产的始终，为清洁生产提供重要的原则指导和实施保障。



(a) 德国



(b) 加拿大



(c) 美国



(d) 日本



(e) 北欧诸国



(f) 欧共体



(g) 新加坡



(h) 澳大利亚



(i) 新西兰

图 1-1 一些国家的产环境标志图形

清洁生产除了强调“预防”外，还体现了两层含义：其一是防止污染物转移，即将气、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；其二是可持续性，正如清洁生产的英文名称 Cleaner Production 中表述的，Cleaner 一词为比较级，表达了一个“没有最好，只有更好”的理念，即清洁生产是一个相对的、不断的、持续进行和不断追求完善的过程。随着社会经济的发展和科学技术的进步，将会适时采取更新的清洁生产方法和手段，争取达到更高的清洁生产目标。

三、清洁生产的成本、效益和实施

清洁生产是在考虑污染预防的前提下进行生产，在追求经济效益的前提下解决污染问题。清洁生产

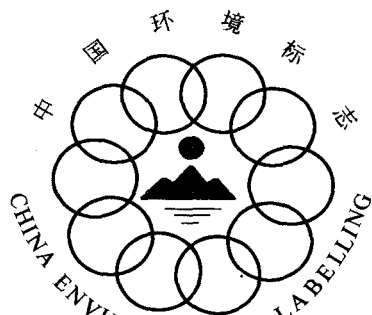


图 1-2 我国的环境标志图案

主张在保障同等经济效益或提高经济效益的前提下，尽量采用无费或低费的方案预防和治理污染，因而清洁生产往往具有低成本、高效益的特点。

与传统的末端治理相比，清洁生产的成本大大低于末端治理，适合于可持续发展。传统的“末端治理”，是对工业污染的一种消极的、被动的应对模式，且治理的投入与企业的经济效益没有明显关系，因此其成本代价是昂贵的。

在企业推行清洁生产的过程中，其实施成本是逐渐增加的，初期投入较小，往往只考虑无费和低费方案，主要是涉及一些小的工艺改进与许多管理方面的内容，成本往往比较低。随着企业清洁生产的进程，必然会提出和采用一些中高费的清洁生产方案。但从整体上来讲，提出的中高费方案占总体方案的30%以下，而在真正实施时，中高费方案不超过20%。从企业的长远利益考虑，采用中高费方案的投入和实施，将会给企业带来更大的环境效益和经济效益。

清洁生产的实施，一般是通过对工业企业实施清洁生产审计进行的。通过审计，发动企业领导和员工关注清洁生产工作，制定出企业的清洁生产方案，并进一步将可行的清洁生产方案付诸实施。

从1993年3月开始至1995年12月，在联合国环境规划署、联合国工业发展组织、中国国家环保局和联合国中国国家清洁生产中心的指导下，在部分行业协会的帮助下，我国已经在北京、烟台、绍兴等城市和山东、陕西、黑龙江等省区的10个行业中51家企业（其中包括6家造纸企业）进行了清洁生产审计的示范工作，并选择了其中27家为重点示范企业。通过对358个清洁生产方案的实施，污染物排放量平均减少30%，运行费平均节省20%，初步估计年收益可达1200万~2000万元，取得了较好的环境效益和经济效益。

在清洁生产审计（审核）工作方面，我国已经摸索和制定了一套较为完整的清洁生产审计（审核）程序，关于这部分内容，将在第二章进行介绍。

第三节 清洁生产的发展历程

一、国际清洁生产进展

清洁生产的起源来自于1960年美国化学行业的污染预防审计，而“清洁生产”概念的出现，最早可追溯到1976年。当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“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三次拨款支持建立清洁生产示范工程。清洁生产一经提出后，在世界范围内得到许多国家和组织的积极推进和实践，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惟一途径。

1989年5月联合国环境署工业与环境规划活动中心（UNEP IE/PAC）根据UNEP理事会会议的决议，制定了《清洁生产计划》，在全球范围内推进清洁生产。该计划的主要内容之一为组建两类工作组：一类为制革、造纸、纺织、金属表面加工等行业清洁生产工作组；另一类则是组建清洁生产政策及战略、数据网络、教育等业务工作组。该

计划还强调要面向政界、工业界、学术界人士，提高他们的清洁生产意识，教育公众，推进清洁生产的行动。1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上，通过了《21世纪议程》，号召工业提高能效，开发清洁技术，更新替代对环境有害的产品和原料，推动实现工业可持续发展。

自1990年以来，联合国环境署已先后在坎特伯雷、巴黎、华沙、牛津、汉城、蒙特利尔等地举办了六次国际清洁生产高级研讨会。在1998年10月韩国汉城第五次国际清洁生产高级研讨会上，出台了《国际清洁生产宣言》，包括13个国家的部长及其他高级代表和9位公司领导人在内的64位代表共同签署了《国际清洁生产宣言》。参加这次会议的还有国际机构、商会、学术机构和专业协会等组织的代表。《国际清洁生产宣言》的主要目的是提高公共部门和私有部门中关键决策者对清洁生产战略的理解及该战略在他们中间的形象，它也将激励对清洁生产咨询服务的更广泛的需求。《国际清洁生产宣言》是对作为一种环境管理战略的清洁生产公开的承诺。

20世纪90年代初，经济合作和开发组织（OECD）在许多国家采取不同措施鼓励采用清洁生产技术。例如在德国，将70%投资用于清洁工艺的工厂可以申请减税。在英国，税收优惠政策是导致风力发电增长的原因。自1995年以来，经合组织国家的政府开始把它们的环境战略针对产品而不是工艺，以此为出发点，引进生命周期分析，以确定在产品寿命周期（包括制造、运输、使用和处置）中的哪一个阶段有可能削减或替代原材料投入和最有效并以最低费用消除污染物和废物。这一战略刺激和引导生产商和制造商以及政府政策制定者去寻找更富有想像力的途径来实现清洁生产和产品。

美国、澳大利亚、荷兰、丹麦等发达国家在清洁生产立法、组织机构建设、科学研究、信息交换、示范项目和推广等领域已取得明显成就。特别是近年来发达国家清洁生产政策有两个重要的倾向：其一是着眼点从清洁生产技术逐渐转向清洁产品的整个生命周期；其二是从多年前大型企业在获得财政支持等方面拥有优先权转变为更重视扶持中小企业进行清洁生产，包括提供财政补贴、项目支持、技术服务和信息等措施。

二、中国的清洁生产

1993年10月在上海召开的第二次全国工业污染防治会议上，国务院、国家经贸委及国家环保总局的领导提出清洁生产的重要意义和作用，明确了清洁生产在我国工业污染防治中的地位。

1994年3月，国务院常务会议讨论通过了《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》，专门设立了“开展清洁生产和生产绿色产品”这一领域。1996年8月，国务院颁布了《关于环境保护若干问题的决定》，明确规定所有大、中、小型新建、扩建、改建和技术改造项目，要提高技术起点，采用能耗物耗小、污染物排放量少的清洁生产工艺。1997年4月，国家环保总局制定并发布了《关于推行清洁生产的若干意见》，要求地方环境保护主管部门将清洁生产纳入已有的环境管理政策中，以便更深入地促进清洁生产。为指导企业开展清洁生产工作，国家环保总局还会同有关工业部门编制了《企业清洁生产审计手册》以及啤酒、造纸、有机化工、电镀、纺织等行业的清洁生产审计指南。

1999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》,选择北京、上海等10个试点城市和石化、冶金等5个试点行业开展清洁生产示范和试点。与此同时,陕西、辽宁、江苏、山西、沈阳等许多省市也制定和颁布了地方性的清洁生产政策和法规。1996年陕西省环保局和省经贸委联合下发了《关于积极推行清洁生产的若干意见》,提出将部分排污费返回给企业开展清洁生产审计;1997年辽宁省政府制定了《关于环境保护若干问题的决定》,明确指出各地区要将排污收费总额的10%以上用于清洁生产试点示范工程。沈阳市、本溪市政府也都制定了相应的清洁生产政策。1999年江苏省出台了《关于加快清洁生产步伐的若干意见》,从支持立项审批、加大资金扶持力度、信贷支持、科研推广扶持等10个方面制定了具体的优惠、扶持政策。2000年山西省人大批准颁布了《太原市清洁生产条例》。

总体来说,我国前期开展的清洁生产活动对推动我国可持续发展及环境保护发挥了很大的作用,主要体现在以下几个方面。

(1) 清洁生产企业示范。自1993年以来,在环保部门、经济综合部门以及工业行业管理部门的推进下,全国共有24个省、自治区、直辖市已经启动和开展了清洁生产示范项目,涉及的行业包括化学、轻工、建材、冶金、石化、电力、飞机制造、医药、采矿、电子、烟草、机械、纺织印染以及交通等行业,取得了良好的效果。

(2) 清洁生产培训。截止到2000年5月,国内通过不同途径已组织了550个清洁生产培训班,共有16000多次人次接受了清洁生产培训,使不同层次的管理者了解了清洁生产,清洁生产技术人员也获得了专门的清洁生产知识和技能。

(3) 清洁生产机构建设。自2000年年末,全国已建立了21个行业或地方的清洁生产中心,其中包括1个国家级中心、4个工业行业中心(包括石化、化工、冶金和飞机制造业)和16个地方中心。

(4) 清洁生产法制建设。我国1995年颁布的《固体废物污染环境防治法》、1995年和1996年先后修订和颁布的《中华人民共和国大气污染防治法》和《中华人民共和国水污染防治法》均明确规定:国家鼓励、支持开展清洁生产,减少污染物的产生量。1998年11月,国务院令(第235号)《建设项目环境保护管理条例》明确规定:工业建设项目应当采用能耗物耗小、污染物排放量少的清洁生产工艺,合理利用自然资源,防治环境污染和生态破坏。中共中央十五届四中全会《关于国有企业改革若干问题的重大决定》明确指出:鼓励企业采用清洁生产工艺。1999年,全国人大环境与资源保护委员会将《清洁生产法》的制定列入立法计划。2002年6月29日,第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》,并于2003年1月1日起开始实施。

第四节 造纸工业的清洁生产

一、推行清洁生产是造纸工业可持续发展的必由之路

现代造纸在世界上被列为第三大制造业,位居信息工业和汽车工业之后。造纸工业也是我国的支柱产业之一,目前我国制浆造纸产量仅次于美国位居世界第二。在古代,