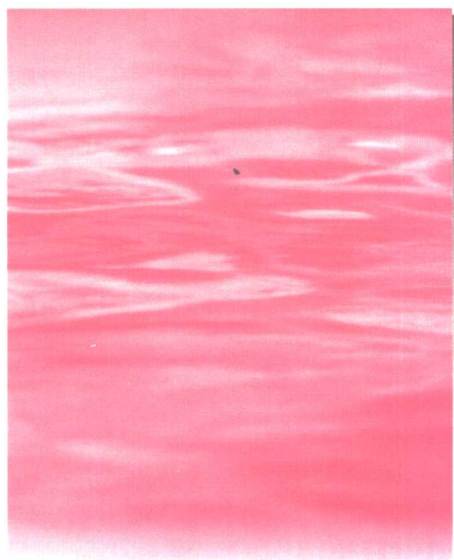


环境工程
实用技术丛书

HUANJIANGONGCHENG SHIYONG JISHU CONGSHU

清洁生产导论



朱慎林 赵毅红 周中平 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心



环境工程实用技术丛书

清洁生产导论

朱慎林 赵毅红 周中平 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

清洁生产导论/朱慎林, 赵毅红, 周中平编著. —北京:
化学工业出版社, 2001.5
(环境工程实用技术丛书)
ISBN 7-5025-3201-3

I. 清… I. ①朱… ②赵… ③周… III. 无污染
工艺-概论 IV. X383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 17558 号

环境工程实用技术丛书

清洁生产导论

朱慎林 赵毅红 周中平 编著

责任编辑: 管德存 白洁

责任校对: 顾淑云

封面设计: 郑小红

*

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) 64918013

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 9 字数 238 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3201-3/X·89

定 价: 24.00 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

20 世纪 90 年代初,联合国环境署工业与环境中心在一次由英国政府主办的国际研讨会(坎特伯雷,1990 年 9 月)上启动了它的清洁生产计划,其目标是使全球重点从末端处理转向源头清洁生产。此后,联合国环境署工业与环境中心致力于定期监测和向国际社会报告其进展。因此,在联合国环境署的积极倡导下,清洁生产已成为当今的一种世界潮流,被公认为是实现社会可持续发展的惟一途径。联合国环境署于 1998 年又推出了《国际清洁生产宣言》,更是把各国的清洁生产推向了一个新的水平。与此同时,1996 年 9 月国际标准化组织(ISO)正式发布了环境管理体系的 ISO14000 国际标准。推行清洁生产和适时实施 ISO14000 系列标准,是实施经济和环境可持续发展战略的需要。我国也积极响应国际社会的号召,在 1996 年 7 月国务院召开的第四次全国环境保护大会上,确定了《国家环境保护“九五”计划和 2010 年远景目标》,发布了《国务院关于环境保护若干问题的决定》,部署了《污染物排放总量控制计划》和《跨世纪绿色工程规划》。在这样的背景下,本书比较系统、全面、科学地阐述了清洁生产的概念,它与 ISO14000 国际环境管理体系标准及生态工业的关系,并通过一些案例说明清洁生产的可行性和现实性。本书的目的是帮助读者进一步提高对清洁生产的认识,积极行动起来,踊跃投入到清洁生产的实践中来,为实现我国的经济和环境持续发展作出新贡献。

在本书的编写过程中,得到了许多同事和同行的关心和帮助,本书中的部分内容参考了同行的著作及研究报告,在此谨向他们致以诚挚的谢意。

参加本书编写的人员还有胥晓瑜、徐向阳、周湘梅、王桂华、朱昕昊等。

限于作者的水平，书中的缺点和错误在所难免，期待着广大读者给予批评和指正。

编著者

2001 年 3 月

内 容 提 要

在清洁生产日益受到世界各国关注的形势下，本书阐明了推行清洁生产是实现可持续发展战略的惟一途径的观点。书中介绍了清洁生产的内容、特点、实施方法等相关内容，并介绍了清洁生产与 ISO14000 及生态工业的关系，通过丰富的案例分析，指明了清洁生产的可行性和有效性。

本书内容丰富，较准确地反映了国内外清洁生产的现状和发展，具有较强的可读性和可操作性。

本书可供化工、轻工、环保等行业的科研技术人员及管理人员参考，也可作为大专院校相关专业的教学参考书。

目 录

第 1 章 引言

1.1 清洁生产的由来	1
1.2 清洁生产的概念	5
1.2.1 工业化带来的环境问题	5
1.2.2 清洁生产的成因	6
1.2.3 清洁生产的定义	7
1.2.4 清洁生产的内容	9
1.2.5 清洁生产的特点	10
1.2.6 实施清洁生产的途径	11
1.2.7 清洁生产的推行	14
1.2.8 国外、国内清洁生产概况	16
1.2.9 清洁生产的意义	20
1.3 资源、能源与清洁生产	21
1.3.1 资源	21
1.3.2 能源	23
1.3.3 清洁能源	23
1.4 清洁生产与可持续发展	24

第 2 章 实行清洁生产

2.1 企业实行清洁生产的程序	29
2.2 企业实行清洁生产的步骤	29
2.2.1 准备阶段	29
2.2.2 审计阶段	32
2.2.3 制定方案	40
2.2.4 实施方案	49
2.2.5 编写清洁生产报告	51

第 3 章 企业清洁生产的实施及实例

3.1 企业清洁生产的实施	55
---------------------	----

3.1.1	组织保证	55
3.1.2	转变传统观念	57
3.1.3	完善管理措施	58
3.1.4	加强原料、燃料管理	61
3.1.5	改进、完善工艺和设备	62
3.1.6	更新设备	63
3.1.7	综合利用	64
3.1.8	扩大资金来源	66
3.1.9	企业实施清洁生产遇到的问题	67
3.2	企业实施清洁生产技术实例	70
3.2.1	氯碱行业实施清洁生产技术	70
3.2.2	塔式好氧微生物法处理含氰废水	71
3.2.3	尿素的深度水解	74
3.2.4	催化裂化装置实施清洁生产	77
3.2.5	甲醇生产装置实行清洁生产	78
3.2.6	化学工业推行清洁生产	79
3.2.7	用电行业实行清洁生产	86
3.2.8	电讯行业实行清洁生产	87
3.2.9	汽车工业实行清洁生产	90
3.2.10	造纸工业废水处理污泥资源化途径	95
3.2.11	钢铁工业清洁生产技术	96
3.2.12	金属铸造工业清洁生产技术	97
3.2.13	涂装工业清洁生产技术	97
3.3	清洁生产项目目录及信息查询	98
3.3.1	化工清洁生产技术	98
3.3.2	石油化工清洁生产技术	99
3.3.3	冶金清洁生产技术	99
3.3.4	轻工清洁生产技术	100
3.3.5	纺织清洁生产技术	101

第4章 清洁生产与环境管理体系——ISO 14000

4.1	概念	103
4.1.1	ISO 14000 产生背景	103
4.1.2	ISO 14000 简介	104

4.1.3	ISO 14000 的指导思想	104
4.1.4	ISO 14000 系列标准实施的意义	105
4.1.5	ISO 14000 推行的必要性	105
4.1.6	ISO 14000 与国际贸易	106
4.2	清洁生产与环境管理体系 (ISO 14000)	107
4.3	环境管理体系的审核认证	110
4.3.1	ISO 14001 介绍	110
4.3.2	环境管理体系审核认证的术语	122
4.4	审核	124
4.5	环境管理体系认证的实施程序	127
第 5 章 生命周期评价		
5.1	引言	131
5.2	生命周期分析的定义	133
5.3	产品生命周期的主要阶段	134
5.4	生命周期评价的技术框架	135
5.5	LCA 和其他几种环境管理工具的比较	145
5.6	LCA 在环境管理中的应用	146
5.7	LCA 的局限性和今后的发展	152
5.8	LCA 应用的一些实例	153
5.9	结语	155
第 6 章 生态工业		
6.1	工业生态学	156
6.1.1	概述	156
6.1.2	工业的两重性	157
6.1.3	工业发展的三种模式	160
6.1.4	工业生态学	161
6.2	生态工业园区	164
6.3	生态工业园区与工业生物群落	169
6.4	可持续的工业生态系统	170
6.5	积极发展生态工业	171
第 7 章 实施清洁生产实例		
7.1	北京燕山合成橡胶厂	174
7.2	德州第二建材厂	182

7.3	山东滨州造纸厂	191
7.4	北京燕山石化公司炼油厂	198
7.5	安徽六十铺造纸厂	209
7.6	安徽种子酒厂	219
7.7	鲁北化工厂磷铵副产磷石膏制硫酸联产水泥新技术	227
7.8	湖南安淳高新技术公司醇醚混合物的双甲精制新工艺	231
7.9	饮料厂废水回收再利用	238
7.10	德国 G&P 公司以废纸为原料的全封闭无废水造纸技术	243
7.11	德国某制革厂阶梯式均匀加工法制革新工艺	247
7.12	华通电脑公司清洁生产工艺	251
7.13	水处理流程零排放工艺	257
7.14	废有机溶剂回收工艺	260
7.15	塑胶废弃物资源化工艺	263
7.16	纺织印染厂清洁生产工艺	265
7.17	旅游业可持续发展战略及旅馆的清洁生产	271
主要参考文献		274

第1章 引言

1.1 清洁生产的由来

在人类历史的长河中，工业革命标志着人类的进步，但在烟囱林立、烟尘滚滚、钢花四溅、生产规模不断扩大给人类带来巨大财富的同时，也在高速消耗着地球上的资源，在向大自然无止境地排放着危害人类健康和破坏生态环境的各类污染物。大自然承受能力是有限的，当消纳不了这些污染物时就出现了20世纪50年代相继发生的恶性污染事件（见表1-1）。面对这严峻的危害，人们震惊了，认识到只顾单纯地消耗资源而发展经济不行了，这威胁人类生命。70年代人们开始广泛关注由于工业飞速发展带来的一系列环境问题，国家针对工业排出的污染物展开了攻势——治理污染，即对各工业排放的污染物进行末端治理，人们付出了巨大代价，对排放的各种污染废水、工业废气进行治理，然而工业迅速发展，排放污染物急剧增加，这种末端治理显示出其局限性，近20年来发生的十大公害事件（见表1-2）又一次震撼了人们。人们明确地认识到在人类社会大大进步的同时，因为人们对大自然的任意掠夺而付出的惨痛代价，自工业革命100年来，困扰人类的下列十大环境问题说明着一切。

表 1-1 20 世纪中叶国外八大公害事件

事件名称	主要污染物	发生地点	发生年份	危害情况	公害原因
马斯河谷烟雾	烟尘，SO ₂	比利时	1930	几千人病，60人亡	山谷厂多、逆温天气
多诺拉烟雾	烟尘，SO ₂	美国	1948	42%人病，17人亡	厂多、逆温、雾日

续表

事件名称	主要污染物	发生地点	发生年份	危害情况	公害原因
伦敦烟雾	烟尘, SO ₂	英国	1952	5 天内 4 千人亡	烟煤取暖、逆温
洛杉矶光化学烟雾	石化尾气、汽车尾气	美国	1943	多数病, 400 老人亡	尾气在紫外线作用下生成光化学烟雾
水俣病	甲基汞	日本	1953	180 人病, 50 人亡	氮生产中的催化剂
富山骨痛病	镉	日本	1931~1972	280 人病, 34 人亡	炼锌厂含镉废水
四日市哮喘	SO ₂ 、烟尘、重金属粉尘	日本	1955	500 人病, 36 人亡	工厂排放量多
米糠油	多氯联苯	日本	1968	万人病, 16 人亡	有害有机物多 氯联苯进入食油

表 1-2 近 20 年来的十大公害事件

事件名称	发生年份	发生地点	危害情况	公害原因
维索化学污染	1976	意大利	多人中毒, 居民搬迁, 几年后婴儿畸形多	农药厂爆炸, 二噁英污染
阿摩柯卡的斯油轮泄油	1978	法国	藻类、潮间带动物、海鸟灭绝, 工农业生产、旅游业损失大	油轮触礁, 22 万吨原油入海
三哩岛核电站泄漏	1979	美国	周围 50 英里 200 万人口极度不安, 直接损失 10 多亿美元	核电站反应堆严重失水

续表

事件名称	发生年份	发生地点	危害情况	公害原因
威尔士饮用水污染	1985	英国	200 万居民饮用水污染, 44% 的人中毒	化工公司将酚排放入河
墨西哥气体爆炸	1984	墨西哥	4200 人伤, 400 亡, 300 栋房毁, 10 万人被疏散	石油公司一个油库爆炸
博帕尔农药泄漏	1984	印度	1408 人伤, 2 万人严重中毒, 15 万人接受治疗, 20 万人逃离	45t 异氰酸甲酯泄漏
切尔诺贝利核电站泄漏	198 年	前苏联	31 人亡, 203 人伤, 13 万人疏散, 直接损失 30 亿美元	4 号反应堆机房爆炸
莱茵河污染	1986	瑞士	事故段生物绝迹, 100 英里鱼类死亡, 300 英里不能饮用	化学公司仓库起火, 磷、汞、大量硫、剧毒物入河
莫农格希拉河污染	1988	美国	沿岸 100 万居民生活受严重影响	石油公司油罐爆炸, 350 万吨原油入河
埃克森·瓦尔迪兹油轮漏油	1989	美国	海域严重污染	漏油 26.2 万桶

(1) 全球变暖 由于大量排放温室气体, 全球气温上升了 0.6°C 。全球变暖是一种大规模的环境灾难, 它会导致海洋水体膨胀和两极冰雪融化, 使海平面上升, 危及沿海地区的经济发展和人民生活, 影响农业和自然生态系统, 加剧洪涝、干旱及其他气象灾害, 并会影响人类健康, 加大疾病危险和死亡率, 增加传染病。

(2) 大气污染 主要污染物有悬浮颗粒物、一氧化碳、臭氧、二氧化硫、氮氧化物、碳氢化物、铅等。大气污染会导致气候变暖、酸雨、臭氧层破坏, 对动植物产生危害, 对人类健康也会产生有害

影响。

(3) 水体污染 全世界多数河流都受到不同程度的污染，其中约有 40% 的河流稳定流量受到较为严重的污染。全球每年水污染导致 10 亿人患各类病，300 万儿童因腹泻死亡。

(4) 酸雨蔓延 被称为“空中恶魔”的酸雨目前已成为一种范围广、跨越国界的大气污染现象。酸雨会破坏土壤，使湖泊酸化，危害动植物生长；会刺激人的皮肤，诱发皮肤病、肺水肿、肺硬化；会腐蚀金属制品、油漆、皮革、纺织品和含碳酸盐的建筑。我国目前已有 30% 的地区有降酸雨的现象，主要集中在长江以南。

(5) 海洋污染 目前，全球每年都有数十亿吨的淤泥、污水、工业垃圾和化工废物等直接流入海洋，河流每年也将近百亿吨的淤泥和废物带入沿海水域。海洋污染造成赤潮频频发生，使近海鱼虾锐减。

(6) 臭氧层破坏 1985 年，英国科学家观测到南极上空出现臭氧空洞，并证实其同氟利昂分解产生的氯原子有直接关系。臭氧层耗损使大量紫外线直接辐射到地面，导致人类皮肤癌、白内障发病率增高，并抑制人体免疫系统功能；农作物受害而减产；破坏海洋生态系统的食物链，导致生态平衡的破坏。高空中臭氧虽在减少，但低空中臭氧含量的增加还会引起光化学烟雾，危害森林、农作物、建筑物等，并会造成人类的机体失调和中毒。

(7) 生物物种减少 当前地球上生物种类多样性损失的速度比历史上任何时候都快，鸟类和哺乳动物现在的灭绝速度可能是它们在未受干扰的自然界中的 100~1000 倍。大面积地砍伐森林，过度捕猎野生动物，工业化和城市化发展造成的污染、植物破坏，无控制的旅游，土壤、水、空气的污染，全球变暖等人类的各种活动是引起大量物种灭绝或濒临灭绝的原因。这将逐渐瓦解人类生存的基础。

(8) 森林锐减 20 世纪 50 年代后，全球森林面积的减少，1980 年至 1900 年期间全球平均每年损失森林 995 万公顷，约等于韩国的面积。

(9) 土地荒漠化 这是目前世界上最严重的环境与社会经济问题，全球每年有 600 万公顷的土地变为荒漠。亚太地区是荒漠化比较突出的一个地区，中国、阿富汗、蒙古、巴基斯坦和印度是受荒漠化影响较重的国家。荒漠化是引起沙尘暴的原因。

(10) 固体废物污染 固体废物堆放侵占大量土地，对农田破坏严重；严重污染空气和水体；垃圾传播疾病；危险废物诱发癌症。

这一切使人们清醒地认识到，由于我国处于社会主义初级阶段，人口众多，经济增长速度过快，加之落后的经济增长方式和技术管理，使资源、能源浪费和短缺，成为我国经济可持续发展的重要障碍。末端治理措施已付出沉重代价，人们意识到单纯依靠末端治理已不能有效地遏制环境的恶化，不能根本解决污染问题，环境恶化在继续，在相当大程度上制约了经济进一步发展，面对现实，人们寻求一种节约资源、能源，排污少和经济效益最佳的生产方式，探索一条既落实环境保护基本国策、实施可持续发展战略，又使经济、社会、环境、资源协调发展的新途径——清洁生产应运而生。

1.2 清洁生产的概念

1.2.1 工业化带来的环境问题

传统的粗放式工业发展模式使自然资源造成了巨大消耗，目前很多资源已经枯竭，到了走投无路的地步，其后果使人类遭到了大气污染、水污染、有毒有害化学品的污染。

工业废气的污染主要来自冶金、电力、建材、化工行业。以北京为例，这四种行业排放的 SO_2 、烟尘、粉尘分别占全市工业排放总量的 57.2%、83%、99.8%。

工业废水的污染主要来自造纸、化工、纺织、电力、冶金、食品酿造行业，这些行业废水排放量占北京市工业废水排放量的 58.7%，废水中的 COD 占全市废水 COD 的 48.2%。

工业固体废物主要来自冶金等行业的粉煤灰、采矿业的煤矸石和矿渣等。

我国工业生产存在着以下一些问题。

① 产业结构不合理,使污染会长期存在,导致整体工业水平长期停留在粗放型经营阶段。

② 工业布局不合理,城市集中了 80% 的工业企业,功能区划不清,不少产生污染的工厂建在居民区、文教区、水源地等环境质量要求较高地区,这样加重了工业污染的危害。

③ 技术水平、企业生产运营管理水平低,生产工艺陈旧落后,造成了企业高投入、浪费资源、低产出、高消耗、低效率的状况,物料流失现象严重,增加了污染。

④ 中小企业众多,乡镇企业发展过快,而其工艺、技术相对较落后,设备简陋,操作管理水平低,会造成更多的污染。

1.2.2 清洁生产的成因

由于工业生产规模的不断扩大,工业污染、资源锐减、生态环境破坏日趋严重。20 世纪 70 年代人们开始广泛地关注由于工业飞速发展带来的一系列环境问题,采取了一些措施治理污染。一般采用的都是传统的末端治理方法。企业虽然在污染源排放口安置了治理污染物的设施,但是常常因为人力的短缺和较高的操作管理成本影响设施的使用和治理效率,加之管理的力度不够、执法不严导致一些废弃物直接排入环境。这样进行的环境保护污染治理工作,投入了大量的人力、物力、财力,结果并不十分理想。此时,人们意识到仅单纯地依靠末端治理已经不能有效地遏制住环境的恶化,不能从根本上解决工业污染问题。环境恶化的问题得不到有效的解决,在相当大的程度上制约了经济的进一步发展。

高消耗是造成工业污染严重的主要原因之一,也是工业生产经济效益低下的一个至关重要的因素。在工业生产过程中的原料、水、能源等过量使用导致的结果是产生更多的废弃物,它们以水、气、渣的任何一种形式排放环境,到了一定的程度就会造成对环境的污染。若是对废弃物进行末端处置,将要进行生产之外的投入,增加企业的生产成本。假如通过工业加工过程的转化,原料中的所有组分都能够变成我们需要的产品,那么就不会有废物排出,也就达到了原材料利用率的最佳化,达到经济效益和环境效益统一的目的。人们

正在不断地努力缩小实际与理论最佳点的距离，同时考虑其他费用成本的最小化问题。从生产工艺的观点来看，原料、能源、工艺技术、运行管理是对特定生产过程的投入，它是影响和决定这一特定过程产品和工业废物产出的要素，改变过程的投入，可以影响和改变产出，即产品和工业废弃物的收率、组成、数量和质量，从而减少废弃物的产生量。

环境污染已严重威胁到人类的生存与发展。其中大气污染、水污染和有毒化学品污染危害尤为突出，而造成环境污染的重要来源是工业生产。人类经过多年的寻求探索，思考工业发展造成这些环境问题的根本原因，渴望寻求一条能够推进工业可持续发展的最佳途径：在发展工业的同时，削减有害物质的排放，减少人类健康和环境的危险，减少生产工艺过程中的原料和能源消耗，降低生产成本，使得经济与环境相互协调，经济效益与环境效益统一。

走可持续发展道路就成为必然的选择，“清洁生产”是实施可持续发展战略的最佳模式。而人类科学技术进步为解决环境污染、降低消耗提供了新的技术手段，使“清洁生产”成为了现实可能。

朱镕基总理在人大九届二次会议上所作的《政府工作报告》中，提出了“鼓励清洁生产”的新主张，这是在国家最高级讲坛上，在政府最高层次的报告中第一次提出清洁生产。这就是说，清洁生产已正式提上国家的议程。

1.2.3 清洁生产的定义

为了保证在获得最大经济效益的同时使工业的工艺生产过程、产品的消费、使用以及处理对社会、生态环境产生最小的影响，1989年，联合国环境署率先提出“清洁生产”，亦被称为“无废工艺”、“废物减量化”、“污染预防”，得到国际社会普遍响应，是环境保护战略由被动转向主动的新潮流。

清洁生产有如下一些定义。

① 清洁生产是在产品生产过程和产品预期消费中，既合理利用自然资源，把对人类和环境的危害减至最小又充分满足人们的需要，使社会、经济效益最大的一种生产方式；