

SHENGTAI GONGYEYUAN DE
LILUN YU SHIJIAN

谢华生 包景岭 温娟 主编

生态工业园的 理论与实践

中国环境科学出版社



生态工业园的理论与实践

谢华生 包景岭 温 娟 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

生态工业园的理论与实践/谢华生, 包景岭, 温娟
主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2011
ISBN 978-7-5111-0545-5

I. ①生… II. ①谢… ②包… ③温… III. ①工
业园区—生态环境—研究—天津市 IV. ①X321.221

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 052286 号

策划编辑 肖 卫
责任编辑 刘 璐
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 6 月第 1 版
印 次 2011 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 17.75
字 数 330 千字
定 价 68.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

内容提要

本书在总结国内外生态工业园区的相关理论研究和实践成果的基础上,对已有的生态工业园理论和实践进行了认真的汇总和梳理,形成初步的理论体系和经验总结。全书共 11 章,首先,介绍了生态工业园的基本理论,包括生态工业园概述、国内外研究与实践的现状、国内外生态工业园比较研究、生态工业园学科理论基础与方法,研究并提出了适合当今发展趋势的、适应低碳发展要求的生态工业园的指导性指标体系;其次,从生态产业体系、资源高效利用体系、污染控制与生态景观体系、管理与保障体系这四大部分进行生态产业园的各子系统具体内容的论述;最后,分别以天津经济技术开发区、天津滨海高新技术开发区华苑科技园、天津空港物流加工区为例,论述了有关理论在综合加工区、高新区、研发加工混合区这三种类型的生态工业园中的具体应用,并总结了实践经验,结合园区特色展开生态工业园的实践。

本书兼顾生态工业园区的理论与实践,具有较强的理论性和应用价值,可供高等院校相关专业师生使用,同时也可供环境管理、工业园区管理、工业行业、区域规划等部门的管理人员、技术人员及科研人员参考。

序 言

1992 年里约热内卢环发大会掀起可持续发展浪潮之后，缓解和排除生产、生活与资源环境的矛盾便成为可持续发展的核心问题。工业活动作为环境污染和资源消费的主要根源，成为探索实现可持续发展途径的主要关注之一。在此背景下，1993 年 Indigo 开发团队以“卡伦堡共生体系”为模式，首次提出了生态工业园（Eco-Industrial Parks, EIP）的概念。之后，世界各国的工业园区均在不同程度上致力于园区的生态化改造和生态工业园区的建设，试图将生态学理念运用于工业、农业、服务业等系统，参照生物链网络的形成方式来构建互利共生的工业生态网络，追求最大限度的物质闭路循环，达到物质能量的最高效利用，最终减少生产活动对自然环境的影响和危害。

我国生态工业园的理论研究及实践起步较晚，但发展速度非常快。截至目前，我国已基本形成了较为完整的生态工业园的分类、政策、标准和规划体系；经国家生态工业示范园区建设协调领导小组批准创建的国家级生态工业示范园区已有 39 家，通过验收的国家级生态工业示范园区 8 家；从空间分布上，中国东部地区作为中国工业技术的先进代表，经济发达、科技进步、交通便捷、生态环境良好，成为生态工业园发展规模较大、速度较快的区域。

在生态工业园建设如火如荼进行的今天，对已有的生态工业园理论和实践进行一次全面、细致的汇总和梳理，形成较为完善的理论体系和经验总结，对生态工业园的建设和发展具有重要的意义。

本书分为三大部分：第一部分包括 1~4 章，主要对生态工业园的发展历程、基础理论与方法进行了简要介绍，并以环境保护部发布的《综合类生态工业园区标准》为基础，综合考虑生态工业园的发展现状、趋势，以及应对气候变化和低碳经济的发展，构建了适应低碳发展要求的生态工业园指导性指标体系；第二部

分包括 5~8 章, 主要对生态工业园的生态产业共生网络、资源能源利用、污染防治与生态景观建设、园区管理与保障等四大体系的规划和建设途径进行了详细的论述; 第三部分包括 9~11 章, 简要介绍了高新区、综合加工区、研发加工混合区等三种各具特色的典型工业园区的生态工业园建设规划, 为生态工业园的建设和发展提供理论和实践的参考。

本书参考了国内外生态工业园及其相关领域众多资料及研究成果, 引用了天津经济技术开发区、天津新技术产业园区华苑产业区、天津空港物流加工区等三个园区的国家生态工业示范园区建设规划作为典型案例, 并得到了“基于人与环境和谐的天津生态宜居高地构建战略研究”项目的大力支持, 在此向有关作者、各园区相关领导和规划编制人员致以诚挚的谢意。

由于时间及水平有限, 书中难免出现错误、疏漏之处, 敬请专家、学者及广大读者批评指教。

编 者

2010 年 9 月

目 录

第 1 章 生态工业园概述.....	1
1.1 生态工业园的发展历程	1
1.1.1 末端治理.....	1
1.1.2 清洁生产	3
1.1.3 生态工业.....	7
1.1.4 生态工业园.....	8
1.2 生态工业园的概念	10
1.3 生态工业园的类型与特点	12
1.3.1 类型.....	12
1.3.2 特点.....	13
1.4 发展生态工业园的意义	15
1.5 生态工业园未来的发展趋势	15
参考文献.....	16
第 2 章 生态工业园的研究与实践现状.....	19
2.1 生态工业园的研究现状	19
2.1.1 国外生态工业园的研究现状.....	19
2.1.2 国内生态工业园的研究现状.....	21
2.2 生态工业园的实践现状	22
2.2.1 国外生态工业园的实践现状.....	22
2.2.2 国内生态工业园的实践现状.....	29
2.3 国内外生态工业园的比较研究	34
参考文献.....	35
第 3 章 生态工业园的学科理论基础与方法.....	38
3.1 生态工业园的学科理论基础	38
3.1.1 生态学.....	38

3.1.2 产业生态学.....	39
3.1.3 生态经济学.....	39
3.1.4 环境科学.....	40
3.1.5 信息科学.....	41
3.1.6 系统工程学.....	42
3.1.7 景观生态学.....	43
3.2 生态工业园的基本理论.....	43
3.2.1 区域可持续发展理论.....	43
3.2.2 循环经济理论.....	44
3.2.3 清洁生产理论.....	45
3.2.4 低碳经济理论.....	45
3.3 生态学理论在生态工业园建设中的应用.....	46
3.3.1 “关键种”理论及其对构筑企业共生体的指导作用.....	46
3.3.2 食物链及食物网理论的应用.....	47
3.3.3 生态位理论及其应用.....	49
3.3.4 生态系统多样性理论的应用.....	51
3.3.5 生态系统耐受性理论的应用.....	52
3.4 生态工业园建设的基本方法.....	53
3.4.1 生命周期评价 (LCA).....	53
3.4.2 工业代谢分析.....	55
3.4.3 系统集成.....	56
3.4.4 地理信息系统 (GIS).....	57
参考文献.....	58
第4章 生态工业园的指导性指标体系.....	61
4.1 生态工业园的指标体系功能及流程.....	61
4.1.1 指标体系的功能.....	61
4.1.2 指标体系的构建流程.....	61
4.2 生态工业园现有的指标体系.....	62
4.2.1 标准类生态工业园的指标体系.....	62
4.2.2 学术类生态工业园的指标体系.....	65
4.3 生态工业园的评价方法.....	66
4.4 生态工业园评价体系存在的问题.....	66

4.5 适应低碳发展要求的生态工业园指导性指标体系	66
4.5.1 构建原则	66
4.5.2 生态工业园指导性指标的选取	67
4.5.3 生态工业园指导性指标的说明	69
参考文献	77
第5章 生态产业体系	79
5.1 基本概念	79
5.1.1 生态产业链	79
5.1.2 生态产业共生网络	80
5.2 生态产业共生网络模式	80
5.2.1 依托型工业共生网络的运作模式	80
5.2.2 平等型工业共生网络的运作模式	83
5.2.3 嵌套型工业共生网络的运作模式	84
5.2.4 虚拟型工业共生网络的运作模式	85
参考文献	86
第6章 资源高效利用体系	87
6.1 能源高效利用体系	87
6.1.1 低碳能源发展战略	88
6.1.2 提高能效, 节约用能	90
6.1.3 推广化石能源的洁净利用技术	94
6.1.4 充分利用可再生能源	98
6.2 水资源的高效利用体系	101
6.2.1 节约用水	102
6.2.2 分质供水	103
6.2.3 非传统水源的利用	104
6.3 土地及岸线资源的高效利用体系	110
6.3.1 土地的集约节约利用	110
6.3.2 岸线集约利用	111
参考文献	112

第7章 污染控制与生态景观体系	114
7.1 环境污染控制	114
7.1.1 水污染控制	114
7.1.2 大气污染控制	115
7.1.3 固体废物污染控制	116
7.2 生态景观建设	123
7.2.1 生态用地建设	123
7.2.2 工业园区的景观建设	127
7.2.3 工业旅游开发	131
参考文献	137
第8章 管理与保障体系	139
8.1 保障体系	139
8.1.1 组织保障体系	139
8.1.2 管理保障体系	140
8.1.3 政策保障体系	146
8.1.4 技术保障体系	150
8.1.5 人才保障体系	152
8.2 管理信息系统	153
8.2.1 管理信息系统的意义	153
8.2.2 生态工业园信息系统的研究现状	153
8.2.3 信息系统构建原则	154
8.2.4 信息系统分析	155
8.2.5 信息系统的实现	165
参考文献	167
第9章 高新区——天津滨海高新技术开发区华苑科技园	169
9.1 园区概述	169
9.1.1 社会经济现状	169
9.1.2 资源环境现状	170
9.2 生态工业发展的雏形	172
9.2.1 资源、能源节约与再生利用的雏形	172
9.2.2 重点产业生态工业的雏形	174

9.3 规划设计	176
9.3.1 总体设计	176
9.3.2 资源、能源循环利用规划	178
9.3.3 主要污染控制规划的设计	185
9.3.4 重点产业规划设计	187
9.3.5 现代服务业规划设计	198
9.4 园区特色	200
9.4.1 以信息和技术为媒介的工业共生网络	200
9.4.2 以优化配置为主体的水资源体系	202
9.4.3 以新能源为特色的能源利用系统	202
9.4.4 以标准化厂房为主的土地利用模式	203
9.4.5 引入建筑合同的能源管理实践	203
参考文献	204
 第 10 章 综合加工区——天津经济技术开发区	205
10.1 园区概述	205
10.1.1 社会经济现状	205
10.1.2 生态环境现状	206
10.2 生态工业发展的雏形	207
10.2.1 第二产业生态工业发展的雏形	207
10.2.2 再生产业生态工业发展的雏形	213
10.3 规划设计	215
10.3.1 总体设计	215
10.3.2 第二产业生态工业的发展规划	218
10.3.3 静脉产业生态工业的发展规划设计	226
10.4 建设成果	232
10.4.1 第二产业生态化的建设成果	232
10.4.2 静脉产业生态化的建设成果	233
10.5 园区特色	234
10.5.1 以现代制造业为主导的生态工业共生网络	235
10.5.2 一体化水资源管理模式	235
10.5.3 一体化固体废物管理体系	235
10.5.4 政府推动、企业主体、全民参与的发展格局	236

参考文献	237
第 11 章 研发加工混合区——天津空港物流加工区	238
11.1 园区概述	238
11.1.1 社会经济现状	238
11.1.2 资源环境现状	239
11.2 生态工业发展的雏形	241
11.2.1 资源能源综合利用的雏形	241
11.2.2 主要产业生态工业的雏形	241
11.3 规划设计	243
11.3.1 总体设计	243
11.3.2 生态产业链的构建规划	246
11.3.3 主要污染控制、资源循环利用与能源节约利用的规划	258
11.4 园区特色	268
11.4.1 产业转移承接导致产业结构不尽合理	268
11.4.2 总部经济作为新的经济增长点	268
11.4.3 处于开发建设初期，可塑空间大	269
11.4.4 广泛采用多种热泵技术	269
参考文献	270

第 1 章 生态工业园概述

1.1 生态工业园的发展历程

进入 21 世纪以来,世界城市化进程不断加快,全球经济以惊人的加速度向前发展。在 GDP 增长的同时,四通八达的交通、高耸入云的建筑、如雨后春笋般出现的工业区等,都为人类的工作和生活大大提高了效率,也增加了人类生活的舒适度。在人类征服自然、改造自然的过程中,我们向自然索取得越来越多,对自然资源的开发和索取大大超过了自然资源的负荷能力和承载能力。原有生态环境被人类肆意破坏,使得环境问题、气候问题、生态问题日益严重,洪涝、干旱、沙尘暴、水资源稀缺、物种多样性降低、气候变化失常等问题已经成为我们日常生活中常常见到的事情,资源和环境已经成为当今人类发展的限制因素。

从社会发展过程看,在过去的 200 年间,由于工业革命导致大规模的化石燃料的使用,全球 CO_2 排放量和城市化水平一直在同步稳定增长,目前均有加快的趋势。我国是世界最大的煤炭消费国,一次能源消费中煤炭的比例达到 95.3%。在能源消费的各部门中,工业能源消费所占比例最高,2007 年全国工业能源消费量占能源消费总量的比例达到 71.6%,工业 CO_2 排放比例最高,占全国的 82.57%。可见,在人类活动中对环境和生态影响最大的活动即为工业活动。

自 20 世纪 70 年代起,人们已经认识到环境问题的重要性,并开始治理环境。迄今为止,人类对环境的治理主要经历了三个不同的阶段,即末端治理、清洁生产和生态工业。

1.1.1 末端治理

工业活动是造成污染问题的主要根源,工业生产中会排出各种废弃物和副产品,超出了自然所能容纳的能力。随着化学工业的兴起,产生大量人工合成的产品,部分原先在自然界不存在的产品不能够被自然界分解,造成了严重的环境污染,破坏了生态平衡,危及人类的健康。20 世纪 50—60 年代,在“八大公害”

全面爆发、公众健康危害严重时，西方发达国家兴起了反污染运动。其后，随着环境问题的不断涌现和类型的多样化，人类意识到环境问题的严重性，并开始着手对污染进行治理，进而使反污染运动逐渐发展成为环境保护运动的重要部分。环境保护运动规模非常庞大，参与者也十分广泛，保护对象及涉及的领域也十分广泛。在各种环境保护运动和组织的促使下，各国政府及企业也逐渐重视环境保护工作。受对环境问题认识水平的限制，环境保护主要针对的是环境污染控制，其中政府以制定限制排放、经济控制等管理政策为主，企业则更多地是从技术角度开发减少污染物排放的途径和措施。这种针对污染物排放所采取的环境管理和污染控制技术，统称为末端治理。

自工业革命以来的环境治理主要集中在工业环境治理。长期以来，人们采用“先污染，后治理”的方式来减少污染物排放，即“末端治理”，也就是在污染物产生之后，再寻求适当的技术治理，对废水、废气、废渣进行处理，以减少对环境的污染，其模式如图 1-1 所示。

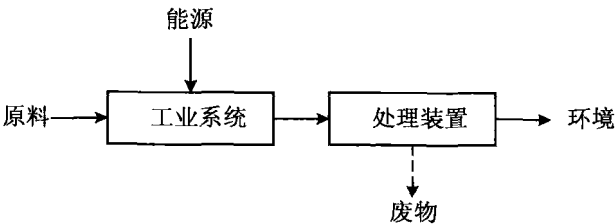


图 1-1 末端治理模式

从 20 世纪 70 年代开始，发达国家投入了大量的人力、物力、财力，实施了大气污染治理、水污染治理、固体废弃物治理、噪声污染治理等末端治理工作。但是末端治理并没有有效地遏制环境的恶化，如在水污染控制中，美国很早就发现在治理过程中发现末端治理效果不明显，在流域企业及城镇污染控制达到相当高的水平后，发现流域水质仍然没有得到显著的改善。由此可见，这一模式对于遏制工业污染的迅速扩展起到了一定的作用，但在实践过程中也暴露了很多缺点。第一，末端治理模式与生产过程相割裂，只对已生成的污染物做被动式处理；第二，排放标准的制定是依据当时的认识水平，对于污染造成的长期的、积累性的、协同性的、不可逆转的潜在影响可能估计不足，这样即使满足了排放标准，也未必能够达到有效保护环境的目的；第三，末端处理往往不能从根本上消除污染，而只是使污染物在不同介质中转移，还可能造成二次污染；第四，末端处理设施一般投资较大，运行费用高，既额外浪费了资源，又难以获得经济回报，常常成为

企业的沉重负担；第五，工业污染控制措施大多停留在企业生产过程的层次上，而较少进入宏观决策层，未能将环境因素作为政策制定、资源配置、产业结构、区域开发和生产力布局的依据和制约性因素，环保计划在某种程度上只是其他工作的陪衬，环境管理工作被动，管理人员疲于奔命，尽管企业和国家花费了巨资用于治理，但收效甚微，环境效益极差，甚至根本无法治理。

因此，这种模式造就了一大批高投入、低产出、高能耗、低效益、严重污染环境的企业，是不可持续的模式。

1.1.2 清洁生产

在环境治理投资巨大等诸多弊端与沉痛教训的启迪下，末端治理思维受到了质疑。20世纪70年代中后期，西方工业国家开始探索在生产工艺过程中减少污染的产生，并逐步形成了废物最小量化、源头削减、无废和少废工艺、污染防治等新的污染防治战略。1989年，联合国环境规划署为促进工业可持续发展，在总结工业污染防治正反两方面经验教训的基础上，首次提出清洁生产的概念，并制订了推行清洁生产的行动计划。1990年在第1次国际清洁生产高级研讨会上，正式提出清洁生产的定义。1998年在第5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。联合国环境规划署关于清洁生产的定义是：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，削减所有废物的数量和毒性；对产品，要求减少从原材料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。在我国《清洁生产促进法》中，将清洁生产定义为：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。这两个定义虽然表述不同，但内涵是一致的。从清洁生产的定义可以看出，对生产过程来说，清洁生产是指通过对常规能源的清洁利用和可再生能源的开发利用，节约能源和资源，淘汰有害原料；通过选择高效清洁的生产工艺和设备，使物料和能源高效率地转化为产品，并通过对生产过程产生的废物和能量的再利用，减少废物及有害物质的产生和排放，尽量降低生产过程中的各种危险性。对产品来说，清洁生产是通过对产品的全生命周期控制，即在产品设计时考虑节约原材料和能源，少用昂贵和稀缺原料，在产品使用过程中以及使用后不含危害人体健康以及破坏生态环境的因素，产品包装合理，使用后

易于回收、重复使用和再生，从原材料开采到寿命终结处置的整个过程对人类和环境所造成的影响。对服务而言，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。清洁生产既是一种战略，体现在宏观层次的总体污染预防，又是一种战术，体现在微观层次的企业所采取的预防污染措施。

1.1.2.1 清洁生产的层次与内容

目前，不论是发达国家还是发展中国家都在研究如何推进本国的清洁生产。总体而言，实施清洁生产大体上可以分为国家、行业（区域）和企业三个层次。

从国家政府的层次，主要从以下方面推行清洁生产工作：加强清洁生产基础研究工作，编制并发布清洁生产指南和相关技术要求，指导各行业推行清洁生产；制定清洁生产政策，鼓励企业推行清洁生产；完善现有的环境法律和政策，制定清洁生产标准；进行产业和行业结构调整；提高公众的清洁生产意识，发布年度清洁生产报告；支持工业示范项目；编写行业清洁生产技术要求，为工业部门提供技术支持；把清洁生产纳入各级学校教育之中；建立清洁生产公告制度。

从区域（行业）层次，管理者是政府和企业的桥梁。区域（行业）推行清洁生产，首先，应明确本行业、区域推行清洁生产目标，制定行业清洁生产政策；其次，应制定行业清洁生产标准；再次，应制定行业、区域清洁生产推进方案；最后，应建立示范工程，组织推广实施。

从企业层次，企业是清洁生产实施的主体，每个企业都存在着许多清洁生产机会，企业清洁生产的实施是寻找以前忽略或发现的清洁生产途径，具体包括进行企业清洁生产审计、制订长期的企业清洁生产战略规划、对职工进行清洁生产的教育和培训、进行产品全生命周期分析、进行产品生态设计和研究清洁生产的替代技术等。

由上述三个层次清洁生产的内容可以看出，在国家层面上，主要进行政策引导、宏观调整和制度建立；在区域层面上，主要体现在结合区域实际，落实国家清洁生产政策、制定标准与规范性方案，组织与推广实施；在企业层面上，主要以设计与技术为主，实施清洁生产审计、进行清洁生产推进。只有三个层面有效结合，才能全面推进清洁生产。

各国使用最早、最多的清洁生产工具是清洁生产审计。清洁生产审计是一套系统的、科学的和操作性很强的环境诊断程序，这套程序从原材料和能源、技术工艺、设备、过程控制、管理、员工、产品、废物等 8 条途径入手，不断优化，克服传统上生产与环保脱节的现象，将污染物消灭在产生之前。

1.1.2.2 清洁生产的成效

1992 年，中国积极响应联合国环境与发展大会号召，将推进清洁生产列入

《环境与发展十大对策》，拉开了中国实施清洁生产的序幕。1993年，国家环保局与国家经贸委在联合组织的第二次全国工业污染防治工作会议上，进一步明确提出了工业污染防治必须向生产全过程转变、实施清洁生产的要求。1997年之后，在进行清洁生产培训和审核示范的基础上，转向建立清洁生产的政策机制，集中体现在清洁生产政策研究与制定及国家、地方和企业三个层次的清洁生产推进。在国家层面上，国家出台了一系列清洁生产推进政策；在地方层面上，体现在如北京、吉林、陕西、四川等省（市）对国家清洁生产相关政策的响应，以及江苏、安徽、广东、沈阳、大连、太原等省（市）清洁生产意见和条例的制定；在企业层次上，各省（市）选择了一部分典型企业进行清洁生产审计与推进示范，以期在更大范围内推广。

2002年6月，《清洁生产促进法》的正式颁布标志着中国清洁生产政策推进机制的初步形成，意味着中国进入依法推进清洁生产的新阶段。以《清洁生产促进法》为指导，国家先后出台了制革（猪轻革）、炼焦、石油炼制等行业清洁生产标准，报批了电镀、啤酒、制浆造纸等行业清洁生产标准，编制了宾馆、氨纶、白酒（浓香型大曲）、餐饮等29个行业清洁生产标准征求意见稿。并针对废物源、废物类型等，制定了丝绸、农药、冶金、制药、化学、印制线路板、啤酒、有机化工、水泥、涂料、电镀、造纸、酒精、金属制品制造双面涂覆、金属零件清洗等行业的清洁生产方案及方案类型。

据统计，我国推行清洁生产以来，共实施清洁生产审计试点的企业达200余家，获得经济效益达5亿余元。清洁生产避开了末端治理的弊端，在国家和地区层面上，实现了政策推进和宏观控制，在部分试点企业实现了企业生产管理与环境保护的统一，促进了企业技术改造，降低了资源与能源消耗量，减少了经济发展对环境的危害，提高了经济效益。

1.1.2.3 清洁生产存在的问题

尽管我国在清洁生产推进中取得了令人瞩目的成就，但与期望效益还有很大的差异，清洁生产还存在许多亟待解决的问题。据亚洲银行发布的消息，在过去的20年中，中国是世界上经济增长最快的国家，同时环境的不断恶化也不可忽视。环境破坏造成的经济成本占GDP的3%~5%，对环境的破坏主要来源于工业污染。

据石芝玲等分析，清洁生产推进的首要问题是认识不足。目前环保部门、经济综合部门和行业主管部门各级领导、企业领导以及一线操作工人，对清洁生产以及清洁生产对环境保护、资源节约和提高经济效益的重要意义没有形成统一的认识。进一步的分析认为，妨碍清洁生产推进的因素主要体现在以下方面：法律