

第一篇 总论

1 清洁生产概念

1.1 定义和基本概念

《中华人民共和国清洁生产促进法》对清洁生产的定义是：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。

联合国环境规划署（UNEP）对清洁生产的定义谈及的是一种思想、一种理念、一种指导人们实践的原则，其定义如下：

清洁生产即是在过程、产品和服务中坚持不懈地应用综合性、预防性的环境策略，以增加全面的效率，减少对人类和环境的风险。清洁生产方法可应用于任何行业，包括产品及对社会提供的各种服务。

对于生产过程，以下过程中的一种或其组合都是清洁生产：节约原材料、水和能源；淘汰有毒和危险的原材料；从源头减少物料的排放量和毒性。

对于产品，清洁生产致力于减少产品在其全生命周期（从原材料来源到产品的制造和使用，直至产品的最终处置）中对环境、健康和安全的影

响。对于服务，清洁生产意味着将对环境的关注结合到设计和流通服务中。

UNEP认为，清洁生产是一种具有预防性作用的环境管理理念，它包含了被一些国家或机构称为生态效率（eco-efficiency）、减废工艺（waste minimization）、污染预防（pollution prevention）或绿色生产力（green productivity）等概念，但清洁生产有更深刻和更广泛的含义。它顾及现有的技术水平和经济条件，不仅考虑环境策略，而且考虑经济成长，但强调具有生态可持续性的成长。

1.2 背景和重要性

发达国家在其工业化进程中，由于忽略了环境污染和资源衰竭问题，当通过剥削环境和掠夺资源获取了大量财富之后，才发现原来环境容量是有极限的，地球上的大部分资源是不可再生的。从1900年到2000年人类的总耗水量增加了7.5倍，其中工业用水增加了62.3倍。近100年来，世界能源消耗增长了20倍。从20世纪50~80年代，世界能源年耗量从2.6Gt标准煤增加到10Gt标准煤，其中，石油消耗量从1953年的6.5亿t增加到1986年的38亿t。工业化时代人口的迅速增长也加剧了人类对环境以及资源的压力。地球人口数量增加到第一个10亿人，共花费了300多万年，到1930年代再增加10亿人所花费的时间是130年，增加第三个10亿人却只花费了约50年，而现在的地球，增加10亿人仅仅需时12年。

面对日益凸显的资源与环境问题，人们开始反思人类的行为准则。1970年以来，人们开始注意到，末端治理对于解决地球环境问题的作用极其有限，而且无法缓解资源和能源的大量消耗，如果不改变依靠大量消耗资源的生产方式，地球上的许多重要资源将在可

以预见的时间里（100~150a）被完全消耗掉，大量的废弃物则将使地球越来越不适合于人类以及其他生物的生存。其结果必然导致当代人对后代人的严重威胁。随着“罗马俱乐部”的诞生和《增长的极限》对人类发出的警告，“可持续发展”、“清洁生产”等概念应运而生，并成为世界许多国家今天的基本国策以及环境管理策略。

为了推广和实施清洁生产（或无废生产、污染预防等），联合国和各国政府采取了各种措施，通过立法、公约等方式确立了清洁生产在国家环境管理策略中的重要地位（表 1-1）。

部分国家和组织对确立清洁生产理念的贡献

表 1-1

时间/a	国家或组织	内 容
1976	欧共体	召开了“无废工艺和无废生产国际研究会”，提出了“消除造成污染的根源”的思想
1977	欧共体	制订了关于“清洁工艺”的政策
1979	欧共体	宣布推行清洁生产政策
1979	荷兰	Lansink 法案确定废弃物管理重点首先是预防
20 世纪 80 年代初	联合国工业发展组织	成立“国际清洁工艺协会”
1980	法国	设立了无污染工厂的奥斯卡奖
1984	欧共体	出台促进“清洁生产”的法规
1986	德国	制定了避免废物和废物管理法案
1988	荷兰	对荷兰公司进行了防止废物产生和排放的大规模清查研究
1990	荷兰	编制《防止废物产生和排放手册》
1990	荷兰	实行“污染预防项目”（PRISMA），给予开展少废、无废（清洁生产）技术的工厂提供新设备费用补贴（15%~40%）
1990	美国	通过了“污染预防法”，并将其作为美国的国家政策
1990	UNEP	召开第一次清洁生产研讨会，正式开始实施清洁生产计划。会中提出的清洁生产理念获得了各国的响应
1991	丹麦	颁布新的丹麦环境保护法（污染预防法），其中包含了清洁工艺和废物循环利用的章节，规定了政府资助的具体办法
1992	联合国环发大会	正式将清洁生产写入《21 世纪议程》
1992	UNEP	召开了巴黎清洁生产部长级会议和高级研讨会
1996	亚太经合组织	将清洁生产列为推动区域合作的重点工作之一
自 1994	UNEP	陆续在 26 个国家成立了国家清洁生产中心
1998	UNEP	67 个发起国家和组织发表了《国际清洁生产宣言》

中国的工业化过程起步较晚，但发展迅猛。我们用 20 多年的时间走完了发达国家需要 100 多年才走完的路，加上中国人口众多，生态系统脆弱，资源相对贫乏，因此，在很短时间里实现的爆发性成长对资源和环境造成了很大的压力。1953—1986 年，我国国民收入增长了 6.8 倍，而同期能源消耗增长了 14 倍，生铁消耗增长了 23 倍，有色金属消耗增长了 35 倍；全国用水总量从 1949 年的 1 000 多亿 m^3 增加到 1997 年的 5 566 亿 m^3 ，人均综合用水量从不足 200 m^3 增加到 458 m^3 。与此相呼应的是中国的总体环境质量急剧下降。

1995 年我国 SO_2 排放量达 2 370 万 t, 超过了欧洲和美国, 居世界首位; CO_2 排放量则居世界第二位。1998 年全世界空气污染最严重的 10 个城市中我国占了 7 个; 酸雨波及面积达 100 多万 km^2 , 年均降水 pH 值低于 5.6 的区域占全国面积的 40%。在被统计的 142 个城市河段中, 1996 年有 133 个河段受到不同程度的污染, 占统计总数的 96%; 饮用水源地污染严重, 符合饮用水卫生标准的仅占 10%。

为了应对环境质量的急剧恶化和资源的大量消耗, 中国政府自 1980 年起就开始关注资源节约和污染预防问题, 并成为清洁生产的积极推动者; 1999 年 10 月, 我国政府在新出台的《国际清洁生产宣言》上郑重签字; 全国人民代表大会于 2002 年通过了《清洁生产促进法》(2003 年 1 月 1 日开始实施) 确立了清洁生产在中国的法律地位(表 1-2)。

我国清洁生产发展历程

表 1-2

时 间/a	部门或机构	内 容
1983	国务院	批转国家经委《关于结合技术改造防治工业污染的几项规定》(国发[1983]20号)
1985	国务院	批转国家经委《关于开展资源综合利用若干问题的暂行规定》(国发[1985]117号)
1989		清洁生产的理念和方法开始引入我国
1992	国家环保总局	与 UNEP 共同举办了中国第一次清洁生产研讨会
1992	中共中央	批准了《环境与发展十大对策》, 其中包含了“新建、改建、扩建项目时, 技术起点要高, 尽量采用能耗物耗小、污染物排放量少的清洁生产工艺”等内容
1993	国家环保总局、国家经贸委	召开了第二次全国工业污染防治工作会议
1994	中国政府	在《中国 21 世纪议程》中将清洁生产作为实现可持续发展的优先领域
1996	国务院	发布了《关于环境保护若干问题的决定》, 重申了实行清洁生产的政策
1999	全国人大	《中华人民共和国清洁生产促进法》进入立法程序
2002	全国人大	审议通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》

1.3 概念的扩展和深化

20 世纪末, 资源与环境问题日益成为威胁人类可持续发展的主要问题, 世界各国日益重视清洁生产, 并且开始将视角延伸到整个社会行为, “3R”的理念(Reduce: 减量; Reuse: 重复利用; Recycle: 再生利用) 开始成为社会形态重建的重要指针, 由此逐渐形成了影响更为广泛和深远的“循环经济(Recycle economy 或 Circular economy)”的理念, 在一些发达国家, 建设“循环型社会”成为社会发展的重要目标, 并从法律上确立了其重要地位。

循环经济是一种运用生态学规律来指导人类社会的经济活动, 建立在物质不断循环利用基础上的新型经济发展模式。循环经济以“减量、重复利用、再生利用”为行为准则, 主张用较少的原料和能源达到既定的生产或消费目的, 在经济活动的源头节约资源和减少

污染；尽量延长产品的使用周期，产品和包装容器能被多次和反复使用；产品完成其使用功能之后能够重新变成可以利用的资源。

近年来，循环经济在我国同样受到了广泛的关注，根据国家发展和改革委员会的规划，到 2010 年，中国将建立起比较完善的循环经济法律法规体系、政策支持体系、技术创新体系和有效的约束激励机制。2004 年，国家发展与改革委员会组织编制了《节能中长期专项规划》，已报国务院审定。目前，正在抓紧编制《节约和替代石油规划》、《节水专项规划》、《海水利用专项规划》、《资源综合利用专项规划》。发展循环经济将成为政府投资的重点领域，并成为国家和各地制定“十一五”规划的重要指导方针。2004 年 9 月，贵阳市正式颁布了经市人大常委会通过、省人大常委会批准的《贵阳市建设循环经济生态城市条例》，被认为是我国第一部循环经济领域的法规。

由此可见，可持续发展、清洁生产等人类为了解决自身面临的环境和资源问题所提出的理念和方法已经逐渐发展成为具有法律地位的、综合性的社会行为。在不远的将来，随着循环经济体系的不断确立和完善，清洁生产有可能从指导性方针向强制性方针发展。在全球化的经济体系下，清洁生产必将日益成为企业不得不选择的发展之路。

2 国内外清洁生产的现状及发展趋势

2.1 国外清洁生产现状及发展趋势

在发达国家，清洁生产已经普遍成为企业的自觉行为和自身需求。一方面企业的社会责任和社会形象在现代国际商业领域与企业竞争力息息相关，促使企业按照一定的标准或规范进行内部管理。因此，近年来发达国家中通过 ISO14001 认证的机构数量急剧增加（图 2-1），说明越来越多的企业不仅注重产品质量，而且开始注重生产过程、产品和服务的环境效应；另一方面，清洁生产能够为企业带来实际的利益，例如，法国环境部早期对 100 多项无废工艺的技术经济情况进行的调查发现，有 68% 的无废工艺设备的运行费低于原工艺设备的运行费。荷兰的经验则表明，推行清洁生产技术可以削减 30%~60% 的废物，95% 的煤灰料被回收，推行这些技术的企业认为很值得。一方面节约了废物处理费用；另一方面社会名声得到改善，企业和产品有了好的信誉度。澳大利亚一家最大的生产纱线的企业，原工艺每生产 1kg 纱线需要使用 250 L 的水和 3kg 化学药剂，必须支付高额的排污费，该企业自 1992 年以来进行了清洁生产技术的调查，通过新技术的应用，投资 15 万美元对原工艺进行了 50 项改良，其后 3 年所获得的总回报达到 110 万美元；澳大利亚一家铸造企业每年使用的铸造用沙有 3 500t 成为固体废弃物，该企业投资 32.5 万美元引进清洁生产技术进行铸造用沙的再加工和回用，每年减少购买新沙的费用 7.5 万美元以及排放废沙的费用 4.8 万美元。加拿大林业和纸浆造纸行业是 GNP 的主要贡献者，也是最大的劳动力雇佣部门，1970 年起通过立法、技术革新等方法推行清洁生产。自 1970 年第一个制浆造纸法规实施以来，该行业的生产能力提高了约 20%，污染负荷却减少了约 90%。

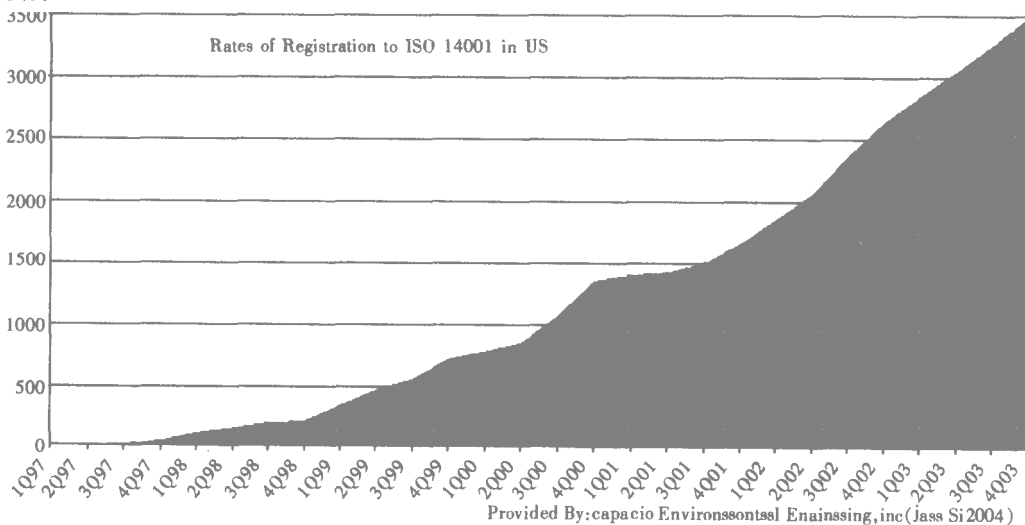


图 2-1 1997—2003 年通过 ISO14001 认证的美国机构的数量变化

（资料来源：<http://www.iso14000.com/>）

值得注意的是，发达国家一方面重视法规建设，关注企业的社会责任感，不断完善游戏规则；另一方面十分重视清洁生产技术的开发和应用。几乎所有成功的案例都需要应用清洁生产新技术。

发达国家的另一个发展趋势是，不仅将清洁生产的理念作为企业内部的行为，而且扩展到全社会。其表现形式主要在两个方面：一方面是循环经济（3R）的理念正在通过政府的立法行为而逐渐成为全社会的行为准则；另一方面是通过建立新的国际贸易秩序，设立国际贸易的绿色壁垒，强制性地推广清洁生产的理念，一可以提高本国产品的国际竞争力，二可以限制发展中国家产品的进口。这样，在重视环境保护的名义下，技术落后、仍在走着“先污染后治理”老路的发展中国家不得不付出沉重的代价，尽管发达国家在过去也走过这样的路。

在欧洲，德国于 1991 年和 1996 年先后颁布了《包装废弃物处理法》和《循环经济和废物管理法》，规定对废物管理的首选手段是“避免产生”，然后才是“循环使用”和“最终处理”法国制订法令规定到 2003 年必须有 85% 的包装废弃物得到循环使用；荷兰和丹麦提出废弃物循环使用率到 2000 年分别达到 60% 和 50% 的目标；奥地利的法规要求对 80% 回收包装材料必须进行再循环处理或再利用。为此，欧洲设计了一组包装回收象征性标记，包括“可以重复周转再用的”、“可以回收再生（再循环）的”、“使用再生材料超过 50% 的”标记和绿色标记等。

日本政府从 1990 年代起开始重视循环经济的建设（表 2-1），1991 年制定了《再生资源利用促进法》，确立了促进汽车及家电等的循环利用的判定标准以及事先评估、信息提供等体系。1993 年制定了《环境基本法》，1994 年政府又根据该基本法制定了《环境基本计划》，决定将循环政策作为环境政策的长期目标之一来实施，并把实现低环境负荷的可持续发展的经济社会体系作为目标。2000 年，日本制定了基于“生产者责任延伸制度”的《推进循环型社会形成基本法》以及《建筑材料循环利用法》、《食品循环利用法》、《绿色采购法》等，修订了《再生资源利用促进法》并更名为《资源有效利用促进法》修订了 1970 年制定的《废弃物处理法》，加强了控制废弃物的产生以及不正当处理的措施。因此，2000 年被定位为日本的“循环型社会元年”。2002 年，日本又制定了《汽车循环利用法》，使日本成为世界上具有最先进的循环经济法规体系的国家。在此基础上，政府又于 2003 年 3 月制定了建设循环型社会的长期指导方针《推进循环型社会形成基本计划》。

日本循环经济法规体系的制定年表

表 2-1

时间/a	内 容
1970	制定废弃物处理法
1991	制定再生资源利用促进法，修改废弃物处理法（明确写进控制排放、实施再生利用等减量化的措施）
1993	制定环境基本法
1994	制定环境基本计划
1995	制定容器和包装物循环利用法
1997	修改废弃物处理法（新规定了再生利用的认证制度、强化了控制非法倾倒的措施）

续表

时间/a	内 容
1998	制定家电循环利用法
2000	制定推进循环型社会形成基本法 修改再生资源利用促进法→资源有效利用促进法 修改废弃物处理法（强化控制废弃物产生及非法倾倒措施） 制定建筑材料循环利用法 制定食品循环利用法 制定绿色采购法 制定新的环境基本计划（1994 年环境基本计划的变更）
2002	制定汽车循环利用法
2003	制定推进循环型社会形成基本计划

日本政府认为，相对于日本的资源总投入量（大约 21 亿 t/a），循环利用量（大约 2 亿 t/a）仍处于较低水平，只占大约 10%，说明日本已形成了资源浪费型的社会经济结构。为此，日本政府希望通过国家、国民、NPO（非营利组织）、NGO（非政府组织）事业者、地方政府等采取切实执行有关法律的措施，在 2010 年达成以下预定目标：（1）资源生产率与 2000 年相比提高 40%；（2）资源的循环利用率与 2000 年相比提高 40%；（3）废弃物的最终处理量与 2000 年相比减少 50%；（4）每个人排放的垃圾量与 2000 年相比减少 20%；（5）循环型社会商务市场提高到 1997 年的 2 倍。日本的目标是从大量生产、大量消费和大量废弃的社会逐步走向“循环型社会”。

日本政府试图通过以引导为主的方式，也就是说使环境保护行动能够增加企业的经济效益以及企业的信誉和评价，而不是强制的方式，来推动循环经济的发展。因此，许多日本企业开发了支持循环经济的关键技术，一方面增加企业的竞争力；另一方面为应付未来可能出现的环境贸易壁垒作技术储备。欧美的许多发达国家也都加大了在这一方面的技术开发力度，这些动态都是非常值得我国政府以及企业关注的。

UNEP 长期以来致力于帮助发展中国家发展清洁生产，已经在世界范围内以发展中国家为主，通过技术和经济援助、人员交流等方式帮助建立了 26 个国家清洁生产中心，发达国家的企业在发展中国家投资建设的工厂也采取了能够获得经济利益的清洁生产工艺，从而促进了这些国家清洁生产的发展。例如，P.T. Pacific Indomas Plastic Indonesia 是道尔化学公司在印度尼西亚投资的工厂，于 1993 年正式投产。该厂在设计时就考虑了清洁生产技术，由于当地水价很高，该厂使用密闭冷却回收系统，只补充很少量的水，从而节省了水费；该厂的聚合反应过程采用减少稀释、回收浓稠有机蒸汽工艺也可以节省很多费用；在所有工艺过程中所产生的异体废弃物均通过加热器燃烧回收热值。

泰国从 1975 年到 1988 年的经济增长时期，各项污染的总和增加了 10 倍。1992 年以来，政府制订和修订了一系列环境保护相关法律，并进行了负责污染防治活动的机构建设，为推行清洁生产奠定了良好的社会基础。在一些国际机构的援助下，泰国进行了一系列清洁生产示范工作。如一个电镀车间采用清洁生产技术后，减少耗水 19%，每月节约 140 泰铢，同时节省废水处理费用 300 泰铢/月，铬、镍和铜在污水中的浓度分别下降了

74%、71%和 55%，综合起来每年节约的总费用达到 144 000 泰铢。又如一个制革厂投资 903 648 泰铢建设铬回收系统后，每年稳定回收 15.78t 铬，同时节约铬 12.3t，获利 472 471 泰铢，铬回收系统的投资在 3 年内可以回收，并每年稳定获得 16.38% 的利润

2.2 国内清洁生产现状和发展趋势

中国是国际上公认的清洁生产搞得最好的发展中国家，1980 年我国的清洁生产开始萌芽，1992 年在第一次国际清洁生产研讨会上，中国提出了“中国清洁生产行动计划（草案）”。国家有关部门和地方政府为清洁生产在中国的推广和实施做了大量工作，取得了显著成效。自 1993 年世界银行技术援助项目“推动中国的清洁生产”实施以来，重点在组织机构、宣传培训、清洁生产审核示范以及政策研究等能力建设方面开展了清洁生产的推动工作，实施了一批中美、中加、中挪、亚行等双边或多边合作项目。1995 年，在联合国工发组织和联合国环境规划署的支持下成立了中国国家清洁生产中心。截至 2000 年年底，全国已建立了 20 个行业或地方清洁生产中心。

中国在推行清洁生产的过程中十分重视示范企业的作用，在大多数省、市、自治区都启动了清洁生产示范项目，建立了 400 多个清洁生产示范、试点企业，涉及化学、轻工、建材、冶金、石化、电力、飞机制造、医药、采矿、电子、烟草、机械、纺织印染及交通等行业，减少了约 20% 的污染物排放，数百家企业通过了清洁生产审核。《中华人民共和国清洁生产促进法》于 2003 年 1 月 1 日开始实施后，清洁生产工作受到了更为广泛的关注。2003 年 12 月，国务院办公厅转发了国家发改委等 11 个部门提出的《关于加快推行清洁生产意见》，要求“加快推行清洁生产，提高资源利用效率，减少污染物的产生和排放，保护环境，增强企业竞争力，促进经济社会可持续发展”。该《意见》系统地阐述了我国今后加快推行清洁生产的政策和措施，指出“清洁生产是对传统发展模式的根本变革，是走新型工业化道路、实现可持续发展战略的必然选择，也是适应我国加入世界贸易组织、应对绿色贸易壁垒、增强企业竞争力的重要措施”，要求充分发挥市场在资源配置中的基础性作用，坚持以企业为主体，政府指导与推动，强化政策引导和激励，逐步形成企业自觉实施清洁生产的机制。2004 年 8 月，国家发改委和国家环保总局联合发布了《清洁生产审核暂行办法》该办法于 2004 年 10 月 1 日起施行，不仅倡导企业自觉进行清洁生产审核，而且规定对严重影响环境的企业要进行强制性清洁生产审核。

生态工业园模式是在企业内部推行清洁生产技术的基础上开展企业间协作以增强产业解决资源和环境问题的新型工业组织形态，在我国受到了政府的大力支持和推广。这种模式通过园内企业之间的副产物和废物的交换、能量和废水的逐级利用、基础设施的共享来实现园区在经济效益和环境效益方面的协调发展。为推进我国生态工业及生态工业园区的发展，国家环境保护总局从 1999 年开始启动生态工业示范园区建设试点工作，在全国确立了八大示范区。

但是，我国清洁生产的推行还存在着不少障碍，原国家经贸委资源节约与综合利用司有关专家指出，我国推行清洁生产中存在的突出问题包括：（1）各级领导特别是企业领导对清洁生产在可持续发展中的重要作用还缺乏足够的认识，重外延、轻内涵，重治标、轻治本，观念上还没有转到从源头抓起，生产全过程控制，减少污染物的产生的清洁生产上来；（2）已经开展清洁生产的企业绝大多数还停留在清洁生产审核阶段，重点放在无费和

低费方案，尚没有与结构调整、技术改造相结合，清洁生产的目标没有实现；（3）缺乏必要的配套政策，尤其是缺少鼓励企业开展清洁生产的优惠政策；（4）缺乏清洁生产的投融资渠道，清洁生产的投入严重不足；（5）清洁生产技术信息交流不畅，缺乏企业寻找清洁生产技术的正常渠道；（6）环境保护执法不严（资料来源：《国外清洁生产实施与启迪》学苑出版社，2002，北京）。面对经济和社会的迅速发展以及人口的不断增加，我国面临的资源与环境压力越来越大，与此并存的是我国工业技术普遍的落后及其所导致的资源效率的低下。2003年中国的GDP产出仅占世界GDP总量的4%，却消耗了相当于全球总产量30%的主要能源和原材料。我国创造1万亿美元GDP的能耗比发达国家高4~5倍，水耗高8~20倍，全员劳动生产率仅为发达国家平均水平的2%~3%。因此，资源与环境问题已经成为我国建设小康社会的瓶颈问题，如何更有效地推行清洁生产，厉行节约，从源头上减少污染物的产生和排放，是关系到我国经济、社会、环境协调发展的关键之所在，应该引起社会各界的关注。

在中国，鉴于科技进步对于推行清洁生产的重要意义，国家“十五”863计划于2001年首次将清洁生产技术列入国家高技术研究与发展计划，在化工、冶金和轻工行业共启动了10余项清洁生产技术研究课题。清洁生产技术专题的各个课题已经在铬化工、制革、造纸、制糖、石油化工、磷化工、印染、发酵工业以及稀土冶金工业等行业取得了重要突破，形成了化工、冶金和轻工行业清洁生产的若干平台技术和一系列关键技术，许多技术已经实现了产业化。例如，铬化工清洁生产技术方面的原创性成果已经形成了真正拥有自主知识产权的清洁生产技术平台，并建成了1万吨规模的示范工程，该示范工程与周边产业互动，形成了高效的物质链和能量链，一个生态工业园的雏形正在项目示范区出现。皮革清洁生产技术研究已经完成无铬制革技术、高吸收铬鞣技术、高吸收皮革染色加脂技术、准备工段的生化处理技术等4项制革清洁生产关键技术的研究和开发，开发了4类（7种）支撑清洁生产技术实施的新型化工/生化助剂，在11个不同生产规模和产品结构的制革企业进行了清洁生产新技术的中试和工业性实验。此外，依托磷酸二铵尾气净化联产磷酸一铵清洁生产技术成果的年产20万吨MAP工程已经在贵州完成了试车投产；依托酒精清洁生产技术成果的万吨级规模自絮凝颗粒酵母酒精连续发酵装置已经在安徽建成，并正在推动32万吨级装置的建设；利用冶炼厂尾气中乙烯制丙醛的清洁生产技术已经在新疆建成年产700吨丙醛中试装置。

清洁生产在不同的层次、不同的界面需要共性技术平台或普适性技术，我国目前正在探讨的平台技术包括：亚融盐技术、超临界技术、生物技术、膜技术、绿色化工中间体应用技术、器件和流程的微型化技术（减物质化技术）、反应条件的温和化技术等等。今后清洁生产技术的重要研究方向是：能够解决量大面广的环境污染问题的清洁生产技术、重要资源（尤其是中国特有资源）以及不可再生资源的循环利用、节约和替代技术、对于国家在制定法规、政策、标准等方面提供支撑的技术。重点支持的行业仍然是化工、冶金和轻工行业，尤其应该关注传统产业的技术和设备革新或改造，应该把应用创新科技成果的技术和设备的革新放在首位；同时也应该兼顾工业以外的行业，如建筑业、农业、交通业等。

由于清洁生产涉及各个行业，每个行业面临的问题不尽相同，因而在技术上具有多样性和复杂性。目前国际上共同的发展趋势是：

- (1) 重视产品生命周期的评估，实施绿色设计；
- (2) 重视有毒有害原料的替代，尽量利用绿色化学品；
- (3) 重视减物质化技术的应用，尽量减少生产过程中的物耗；
- (4) 重视生产过程的原子经济性，尽量实现物料的全组分应用；
- (5) 重视节水节能，尽量提高能量效率以及水的循环利用率；
- (6) 重视生产过程的安全性，尽量采用温和的反应条件。

3 广东省推行清洁生产的主要措施

3.1 基本情况

考虑到清洁生产是一项系统工程，需要全社会形成合力共同推进，广东省的清洁生产工作是在省经贸委、科技厅、环保局三部门相互支持、通力配合的基础上展开的。具体措施主要有：

(1) 建立工作机构，成立由省经贸委、科技厅、环保局职能处室参加的清洁生产联席会议制度。

(2) 确定目标，三部门于 2001 年 10 月以粤经贸资源 [2001] 972 号文的形式发出了《广东省清洁生产联合行动实施意见》，确定了“十五”期间建立一支队伍，实现三个 100，形成政策机制的工作目标，即：建立一支由企业经营者、专家和技术人员等组成的推行清洁生产的专业队伍；培植 100 家高标准、规范化的清洁生产示范企业；推出 100 个原污染严重、经治理效果明显的清洁生产典型案例；研发、推广 100 项以上成熟有效的清洁生产技术、产品；制定、配套清洁生产的地方性政策与法规，形成促进企业自觉实施清洁生产的有效机制。

(3) 设立专项资金，对开展清洁生产的企业给予资助。广东省科技厅自 2001 年起，实施了“传统产业清洁生产技术示范”重大科技专项，每年拨出专项经费 500 万 ~ 1000 万元，支持我省传统优势产业如纺织、建材、造纸、化工等行业的清洁生产关键技术突破与技术集成和示范，到 2004 年底已支持近 40 家企业开展清洁生产技术研究。为企业实施清洁生产提供了重要的技术支撑。

(4) 筛选试点企业和技术依托单位，二部门于 2002 年 4 月联合公布《广东省第一批清洁生产试点企业名单》试点企业共 55 家，涵盖了纺织、电镀、造纸、建材等八个重点污染行业。2002 年 7 月，联合公布《广东省第一批清洁生产技术依托单位名单》，共 12 家省内的行业协会、科研院所等成为协助企业开展清洁生产审核和制定清洁生产实施方案的专业队伍。这些技术依托单位在随后的企业清洁生产审核工作中发挥了积极的作用。

(5) 开展对企业清洁生产活动的管理，于 2003 年 5 月联合印发了《广东省清洁生产企业验收管理办法（暂行）》，明确了清洁生产企业申报要求和基本条件，规范了验收程序和相关内容。2003 年 8 月，三部门根据有关规定对第一批申请的清洁生产企业联合组织了现场验收，并于 2003 年 9 月公布了首批《广东省清洁生产企业名单》共 22 家，为广东省在清洁生产工作方面树立了具有代表性和先进性的典型。

(6) 开展清洁生产培训，逐步建立了一支由政府、企业、技术依托单位人员共同组成的专业队伍。2002 年 8 月和 2003 年 11 月分别举办了第一期和第二期广东省清洁生产培训班，共 270 余人参加了培训。2002 年 12 月和 2004 年 7 月，广东省环保局与国家清洁生产中心联合举办了两期“国家清洁生产审核师培训班”，共 100 余人参加培训并通过考试合格，获得了《国家清洁生产审核师培训证书》。2004 年 5 月举办了行业协会从业人员参加的清洁生产培训班。

(7) 《清洁生产审核暂行办法》第八条的规定，污染物排放超过国家和地方排放标准的污染严重企业，使用有毒有害原料和排放有毒有害物质的企业，应当实施强制清洁生产审核。据此，2004年6月，省经贸委、科技厅、环保局将33家省控重点污染源企业列入广东省第一批应依法实施清洁生产审核名单，督促企业限期完成清洁生产审核。

(8) 加大宣传力度和经验交流，提高全社会清洁生产意识。组织了一支清洁生产宣传队伍，深入到各地市，宣传清洁生产及节能降耗等方面的知识，通过面对面宣讲，使全省各地和社会各界广泛接受清洁生产的知识和理念；2004年5月在东莞召开了广东省化工行业清洁生产示范现场会；建立了广东省清洁生产网，并与国内其他清洁生产信息中心联网，为企业开展清洁生产提供信息服务。

广东省首批清洁生产企业通过工艺革新、技术改造、综合利用和强化管理，实施全过程污染控制，清洁生产工作如火如荼。22家清洁生产企业共涉及14个行业，其中电子及通讯设备制造业3家，电力3家，金属制品业2家，造纸及纸制品业2家，非金属矿物制品业2家，食品加工业2家，石油加工及炼焦业1家，化学原料及制品制造业1家，医药制造业1家，纺织业1家，家具制造业1家，饮料制造业1家，文教体育用品制造业1家，普通机械业1家。清洁生产投入为37277.5万元，清洁生产实现年经济效益为19818.7万元。

继第一批清洁生产企业验收并授牌后，2004年又有30家企业通过清洁生产企业验收。

3.2 主要特点

(1) 政府部门分工合作，协调一致，政令畅通。

广东省的清洁生产工作得到了省人大、省政府和省政协的大力支持，从一开始就是省经贸委、科技厅、环保局齐抓共管，三部门以《广东省清洁生产联合行动实施意见》为工作指导，依据有关环保法律、法规，利用现有的经贸优惠政策，从专项资金给予清洁生产技术支持，并启动省市联动的清洁生产活动。三部门分工合作，既有配合，又各有侧重，因而上行下效，政令畅通，使清洁生产工作能顺利有效地开展。

(2) 经济发达地区政府和企业投入多，外资企业积极性高。

首批22家清洁生产企业中，珠三角地区有9家，占总数的40.9%，东西两翼地区有13家，占总数的59.1%。在实施清洁生产过程中，经济较发达的珠三角地区企业的平均投入为3056.1万元，东西两翼为1267.1万元；企业年平均效益则为珠三角地区1666.0万元，经济相对落后的东西两翼地区670.9万元。企业清洁生产实施取得的效益与企业清洁生产中的投入成正比（表3-1）。

2003年广东省清洁生产企业实施清洁生产的情况

表 3-1

内容 地域	企业数	产值 /万元	清洁生 产投入 /万元	投入占 产值比例 (%)	实现经 济效益 /万元	效益占 产值比例 (%)	企业平 均投入 /万元	企业年 平均效益 /万元
珠三角	9	700 020	27 505.1	3.93	14 994.0	2.14	3 056.1	1 666.0
东西两翼	13	616 070	9 772.4	1.59	4 824.7	0.78	1 267.1	670.9
合 计	22	1 316 090	37 277.5	2.83	19 818.7	1.51	—	—

首批 22 家清洁生产企业中，外资企业开展清洁生产的积极性较高。例如，奥林巴斯（深圳）工业有限公司从 2000 年至今，已投入清洁生产资金 800 多万元，通过实施节能降耗减污的清洁生产方案，取得约 1900 万元的经济效益。该公司成为首批省清洁生产企业后，带动了深圳市内的其他日资企业，纷纷开展清洁生产审核工作。

(3) 已实施的清洁生产方案集中在工艺改进和设备更新，综合利用意识逐步加强。

首批 22 家清洁生产企业实施了切实可行的清洁生产方案，包括改进设计、能源和原材料的选择、生产工艺技术与设备的采用、废物综合利用等多个方面，其中工艺革新和技术改进及综合利用方面的清洁生产方案实施较多，分别占企业总数的 72.7% 和 63.6%。对改进产品和改善管理的方案实施比较少，分别只占企业总数的 9.1% 和 13.6%（表 3-2）。

2003 年广东省清洁生产企业实施方案统计表

表 3-2

方案分类	清 洁 生 产 方 案					
	改进产品	原辅材料的改变	工艺革新和技术改进	综合利用	改善管理	废弃物的无害化
企业数/家	2	10	16	14	3	8
占总企业数比例 (%)	9.1	45.5	72.7	63.6	13.6	36.4

(4) 把清洁生产审核作为推行清洁生产的主要工具。

目前实施清洁生产战略的工具主要有清洁生产审核、环境标志、产品生命周期评价以及生态设计等，其中清洁生产审核是较为成熟、应用较为广泛、也是最有成效的一种方法。清洁生产审核之所以能在世界范围内得到迅速推广，不仅仅是因为其有明显的环境保护作用，而且更重要的是能帮助企业发现按照一般方法难以发现或容易忽视的问题，而解决这些问题常常会使企业在经济、环境、管理等诸多方面受益，并大大增强企业自身未来发展的信心。广东省开展清洁生产工作以来，审核就一直是工作的核心内容之一。已有的 22 家清洁生产企业都将清洁生产审核作为中心内容，通过审核查清生产过程生产效率低和物料流失的原因，从加强生产管理和改进工艺过程控制入手，提高生产效率，减少物料流失，同时也就降低了物耗，减少了废物的产生。在企业清洁生产审核过程中，广东省确定的第一批清洁生产技术依托单位充分发挥了人才、科研和技术优势，在协助政府部门制定有关政策、指导企业开展清洁生产等方面发挥了重要作用。每年开展的清洁生产培训则为培养企业的清洁生产技术人员和管理人员、推动企业的清洁生产审核工作提供了保障。

(5) 引导为主，加强管理，使实施清洁生产成为企业的自觉行为。

以国家清洁生产技术导向目录为指导，结合广东省“传统产业清洁生产技术与示范工程”专项中重点支持的清洁生产技术和产品，联合公布广东省鼓励推广的清洁生产技术和产品目录，引导企业自觉实施清洁生产；省经贸委从技改项目中专门安排了清洁生产技改项目，与省中小企业局联合开展扶持中小企业的清洁生产工作，加大对中小企业清洁生产技术的支持力度；对符合《排污费征收使用管理条例》规定的清洁生产项目，省环保局在排污费使用上优先给予安排；省科技厅按照“广东省传统产业清洁生产技术与示范”重大专项的要求，重点支持清洁生产企业开展清洁生产技术科技攻关和示范。通过媒体向社会公布了污染物排放超标或者总量超过规定限额的污染严重企业的名单，为公众、社会监督企业实施清洁生产提供了依据，对这些企业以及使用有毒有害原材料进行生产或者在生产中排放有毒有害物质的企业开始实施强制性清洁生产审核，推进企业开展清洁生产。

4 清洁生产的基本方法及其在广东省推行的意义

4.1 清洁生产的基本方法

4.1.1 基本流程图（如图 4-1）

清洁生产应以企业内部的行为为主，政府行政主管部门制订引导企业实施清洁生产的政策、规划、指南和激励机制，并和企业相互配合，按照一定的程序推进清洁生产工作。

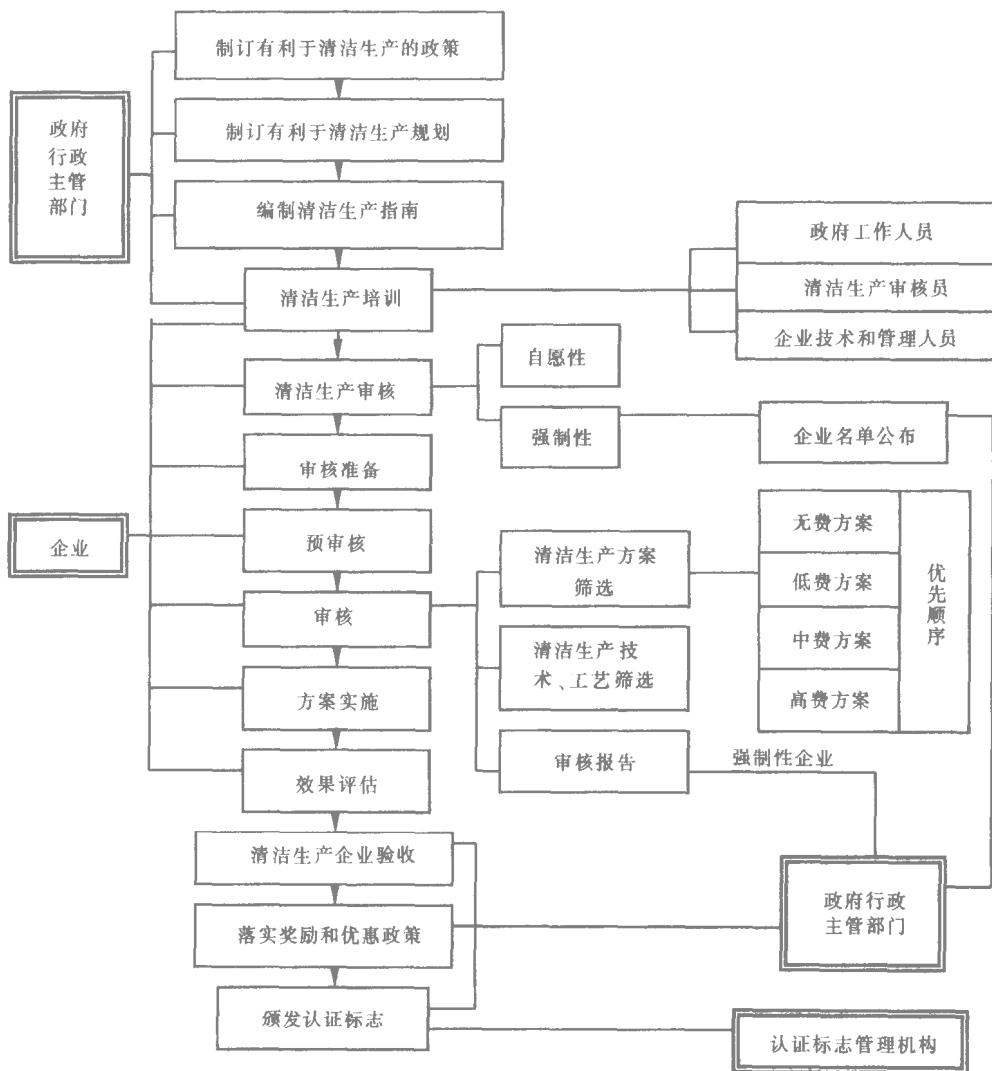


图 4-1 清洁生产的主要流程图

4.1.2 制订有利于推行清洁生产的政策和规划

政府行政主管部门制订清洁生产政策、实施规划、激励机制和清洁生产指南，鼓励企业自愿实施清洁生产审核以及在企业内部推行清洁生产。环保行政主管部门根据《清洁生产审核暂行办法》第八条第一项规定提出每年实施强制性清洁生产审核的企业初选名单，经法定程序批准后发布并书面通知企业；《清洁生产审核暂行办法》第八条第二项规定的强制性清洁生产审核企业则由环境保护行政主管部门会同发展改革（经济贸易）行政主管部门确定并公布。

4.1.3 清洁生产审核

根据《清洁生产审核暂行办法》，清洁生产审核是指按照一定程序，对生产和服务过程进行调查和诊断，找出能耗高、物耗高、污染重的原因，提出减少有毒有害物料的使用、产生，降低能耗、物耗以及废物产生的方案，进而选定技术经济及环境可行的清洁生产方案的过程。清洁生产审核分为自愿性审核和强制性审核，对于污染物排放达到国家或者地方排放标准的企业，可以自愿组织实施清洁生产审核，提出进一步节约资源、削减污染物排放量的目标。对于有下列情况之一的企业，则实施强制性清洁生产审核：（1）污染物排放超过国家和地方排放标准，或者污染物排放总量超过地方人民政府核定的排放总量控制指标的污染严重企业；（2）使用有毒有害原料进行生产或者在生产中排放有毒有害物质的企业。

4.1.4 清洁生产方案筛选和实施

根据“积极主动、先易后难、持续实施”的原则，在清洁生产审核的基础上制订切实可行的实施计划。优先实施无费、低费方案，积极创造条件实施对企业经济效益和环境效果有显著作用的部分中/高费方案，部分中/高费方案则纳入企业规划和固定资产投资计划，逐步实施。

4.1.5 清洁生产技术和工艺筛选

大多数清洁生产方案需要依靠技术革新或工艺改良，在某些场合下甚至采用全新的技术或工艺。新的技术或工艺通常包括有利于环境的生态设计方法、有毒有害原辅材料的替代技术和工艺、节能或节水（包括能源或水的循环利用）技术和工艺、废物的综合利用技术、过程优化控制等等

4.1.6 清洁生产管理

清洁生产管理是实施清洁生产方案的基础，有的清洁生产方案可以以加强管理和提高员工素质、实行清洁生产激励机制等管理措施为主，例如，加强设备的维护和更新、减少生产过程中不必要的能量和原辅材料的使用、减少生产过程中不必要的废弃物的排放等等。为了实施持续的清洁生产，企业应建立和完善清洁生产组织以及生产管理制度，并加强对企业员工的清洁生产教育和培训。