

环境战略

- ◆ 发展循环经济是 21 世纪环境保护的战略选择
- ◆ 21 世纪初的中国水污染防治战略分析
- ◆ 西部大开发战略面临的环境挑战及其对策
- ◆ 中国农业发展对环境的影响分析
- ◆ 中国“十五”期间经济发展与环境保护的展望
- ◆ 关于中国未来 10 年环境战略问题的思考

发展循环经济是 21 世纪环境保护的战略选择

王金南 余德辉

经济发展与保护环境之间的矛盾是传统社会发展模式的一个重要症结。为解决这一矛盾症结，国际社会和各国政府提出了一系列的发展模式和战略，而循环经济就是目前国际上反映这一思潮的一种战略模式。循环经济的基本趋向是，按照生态规律利用自然资源和环境容量，实现经济活动的生态化和绿色化转向。发展循环经济是 21 世纪世界各国环境保护必然的战略选择。

1 发展循环经济的国际实践

随着 1960 年代以来生态学的迅速发展，使人们产生了模仿自然生态系统的愿望，按照自然生态系统物质循环和能量流动规律重构经济系统，使得经济系统和谐地纳入到自然生态系统的物质循环过程中，建立起一种新的经济形态。到 1990 年代，随着可持续发展战略的普遍采纳，发达国家正在把发展循环经济、建立循环型社会，作为实现环境与经济协调发展的重要途径。

在发达国家，循环经济正在成为一股潮流和趋势。循环经济已经在一些发达国家中取得了成功的实践。目前，从企业层次污染排放最小化实践，到区域工业生态系统内企业间废弃物的相互交换，再到产品消费过程中和消费过程后物质和能量的循环，都有许多很好的成功实例。

从企业层次来看，最典型的循环经济实例是杜邦化学公司采用的“减量化（Reduce）、再使用（Reuse）、再循环（Recycle）”3R 制造法。通过循环经济和 3R 制造法的实践，杜邦化学公司 1994 年生产造成的塑料废弃物和排放的大气污染物，相对 1980 年代末分别减少了 25% 和 70%。通过企业间的工业代谢和共生关系，形成生态工业园区。最为典型的是丹麦卡伦堡生态工业区。该园区以发电厂、炼油厂、制药厂和石膏制板厂四个厂为核心企业，通过贸易的方式把另一家企业的废弃物或副产品作为本企业的投入或原料，建立工业横生和代谢生态链关系。这样，不仅降低了治理污染的费用，而且企业也获得了可观的经济效益。

从国家层次来看，比较成功的国家主要有德国和日本。德国分别于 1991 年和 1996 年颁布《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置。德国法律明确规定，自 1995 年 7 月 1 日起，玻璃、马口铁、铝、纸板和塑料等包装材料的回收率全部达到 80%。在德国的影响下，

欧盟和北美国家相继制定旨在鼓励二手副产品回收、绿色包装等法律，同时规定了包装废弃物的回收、复用或再生的具体目标。法国法令提出 2003 年应有 85% 的包装废弃物得到循环使用。荷兰提出到 2000 年，废弃物循环使用率达到 60%。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。丹麦要求到 2000 年，所有废弃物要有 50% 必须进行再循环处理。为了推动包装废弃物的回收再生和重复使用，欧洲设计了一组包装回收象征性标记，供包装商将其标示在包装主要面。这些标志包括：可以重复周转再用的包装标记、可以回收再生（再循环）的包装标记、使用再生材料超过 50% 的包装的标记以及绿点标记（Green Dot）等。

日本是发达国家中循环经济立法最全面的国家，立法的目标是建立一个资源“循环型社会”。目前，日本已经颁布了《推进建立循环型社会基本法》《有效利用资源促进法》《家用电器再利用法》《食品再利用法》《环保食品购买法》《建设再利用法》《容器再利用法》等七项法律。从 2001 年 4 月开始，日本开始实施这七项法律，争取一边控制垃圾数量、实现资源再利用，一边为建立“循环型社会”奠定基础。日本将走出大量生产、大量消费和大量废弃的社会，逐步走向“循环型社会”。日本七项法律的基本精神就是体现三个要素，即资源再利用（Reuse）、旧产品和旧零件再利用（Recycle）和减少废弃物（Reduce）的 3R 原则。

2 发展循环经济就是保护环境

循环经济是对物质闭环流动型经济的简称，是以物质、能量梯次和闭路循环使用为特征的，在环境方面表现为污染低排放，甚至污染零排放。循环经济把清洁生产、资源综合利用、生态设计和可持续消费等融为一体，运用生态学规律来指导人类社会的经济活动，因此本质上是一种生态经济。循环经济的根本就是保护日益稀缺的环境资源，提高环境资源的配置效率。

循环经济与传统经济相比较，它们的不同之处在于：一是传统经济是由“资源—产品—污染排放”所构成的物质单行道（One Way）流动的经济。在这种经济中，人们以越来越高的强度把地球上的物质和能源开采出来，在生产加工和消费过程中又把污染和废物大量地排放到环境中去，对资源的利用常常是粗放的和一次性的。而循环经济倡导的是一种建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式，它要求把经济活动按照自然生态系统的模式，组织成一个“资源—产品—再生资源”的物质反复循环流动的过程，使得从整个经济系统以及生产和消费的过程基本上不产生或者只产生很少的废弃物。二是传统经济通过把资源持续不断地变成废物来实现经济的数量型增长，这样最终导致了诸多自然资源的短缺与枯竭，并酿成了灾难性的环境污染后果。而循环经济从根本上消解长期以来环境与发展之间的尖锐冲突。循环经济不但要求人们建立“自然资源→产品和用品→再生资源”的经济新思维，而且要求在从生产到消费的各个领域倡导新的经济规范和行为准则。

发展循环经济是实现可持续发展的一个重要途径，同时也是保护环境和削减污染的根本手段。发展循环经济就是保护环境，其主要的体现就是它的 3R 原则。循环经济要求

以“减量化、再使用、再循环”为社会经济活动的行为准则。减量化原则（Reduce）要求用较少的原料和能源投入来达到既定的生产目的或消费目的，在经济活动的源头就注意节约资源和减少污染。在生产中，减量化原则常常表现为要求产品体积小化和产品重量轻型化。此外，要求产品包装追求简单朴实而不是豪华浪费，从而达到减少废弃物排放的目的。再使用原则（Reuse）要求产品和包装容器能够以初始的形式被多次使用，而不是用过一次就了结，以抵制当今世界一次性用品的泛滥。再循环原则（Recycle）要求生产出来的物品在完成其使用功能后能重新变成可以利用的资源而不是无用的垃圾。很显然，通过再使用和再循环原则的实施，反过来强化了减量化原则的实施。

3 生态工业是循环经济的重要形态

循环经济下的工业体系在实践上述 3R 原则时，主要有三个层次，即单个企业的清洁生产、企业间共生形成的生态工业园区以及产品消费后的资源再生回收，由此形成“自然资源—产品—再生资源”的整体社会循环，完成循环经济的物质闭环运动。在这三个层次中，生态工业园区（Eco-Industrial Parks, EIPs）已经成为循环经济一个重要的发展形态。生态工业园区正在成为许多国家工业园区改造的方向，同时也正在成为我国第三代工业园区的主要发展形态。

生态工业园区是依据循环经济理念和工业生态学原理而设计建立的一种新型工业组织形态。生态工业园区的目标是尽量减少废物，将园区内一个工厂或企业产生的副产品用作另一个工厂的投入或原材料，通过废物交换、循环利用、清洁生产等手段，最终实现园区的污染“零排放”。生态工业园区采用的环境管理是一种直接运用工业生态学的生态管理模式。所谓工业生态学是指用生态学的理论和方法来研究工业生产，把经济视为一种类似于自然生态系统的封闭体系。在这个体系中，一个企业产生的“废物”或副产品是另一个企业的“营养物”。这样，区域内彼此靠近的工业企业或公司就可以形成一个相互依存、类似于自然生态食物链过程的“工业生态系统”。通常用“工业共生”、“要素耦合”和“工业生态链”概念来表征工业生态系统中工业企业之间的关系。生态工业园区是工业生态思想的具体体现。因此，从环境角度来看，生态工业园区才是最具环境保护意义和生态绿色概念的工业园区。

丹麦卡伦堡生态工业区是目前国际上最成功的一个生态工业园区。在加拿大、美国等工业园区环境管理先进的国家，从 1990 年代开始规划建设生态工业示范园区。从工业生态学的概念和生态工业园的要求来看，建设生态工业园区必须在园区的设计上体现循环经济和工业生态学思想，根据生态园区的要求选择入园企业。同时，要真正实现工业园区的生态化，还必须有生态工业园区的特定技术作为支持。这些技术包括：信息技术、水重复利用技术、能源综合利用技术、回收和再循环技术、重复利用和替代技术、环境监测技术以及网络运输技术等。

在工业园区的生态管理方面，一些国家的工业园区也颇具特色。在加拿大的 Burnside 工业园区，建立一个清洁生产中心，专门为园区的工商企业提供有关废物削减、污染防治和清洁生产等信息。该中心也考虑了工业生态思想对现有工业园区的应用；在泰国，

专门设有工业园区管理局，其总部正在建立一个基于地理信息系统的工业园区管理系统。该系统通过所有工业园区的联网，收集每个园区的基本环境信息，从而提高工业园区的环境管理效率。

在我国，也开始了基于循环经济理念的生态工业示范园区的建设。最典型的一个案例就是广西贵港国家生态工业（制糖）示范园区。该园区正以上市公司贵糖（集团）股份有限公司为核心，以蔗田系统、制糖系统、酒精系统、造纸系统、热电联产系统、环境综合处理系统为框架，通过盘活、优化、提升、扩张等步骤，建设生态工业（制糖）示范园区。该示范园区的六个系统，各系统内分别有产品产出，各系统之间通过中间产品和废弃物的相互交换而互相衔接，从而形成一个比较完整和闭合的生态工业网络，园区内资源得到最佳配置、废弃物得到有效利用，环境污染减少到最低水平。其中，甘蔗→制糖→蔗渣造纸生态链、制糖→糖蜜制酒精→酒精废液制复合肥生态链以及制糖（有机糖）→低聚果糖生态链这三条园区内的主要生态链，相互间构成了横向耦合的关系，并在一定程度上形成了网状结构。物流中没有废物概念，只有资源概念，各环节实现了充分的资源共享，变污染负效益为资源正效益。

除了贵港生态工业（制糖）示范园区建设之外，广东省南海市也正在根据循环经济的理念建立南海国家生态工业示范园区。该示范园区将以华南环保科技产业园为核心，根据循环经济的思想对园区进行规划和设计，通过环保科技产业园和虚拟生态工业园的工业生态链建设，分步建立资源再生园、零排放园和虚拟生态园，实现园区、企业和产品三个层次的生态管理，为全国树立一个最能体现循环经济的生态工业园区示范。

4 建立我国的循环经济势在必行

我国人口众多，资源相对贫乏，生态环境脆弱。在资源存量和环境承载力两个方面都已经不起传统经济形式下高强度的资源消耗和环境污染。从表 1 可以看出，如果继续走传统经济发展之路，沿用“三高（高消耗、高能耗、高污染）”粗放型模式，以末端处理为环境保护的主要手段，那么只能阻碍我国进入真正现代化的进程。从长期角度来看，良性循环的社会应从发展阶段开始塑造，才不会走弯路，才会得到更快的发展。我国的消费体系仍在形成阶段，建立一个资源环境低负荷的社会消费体系，走循环经济之路，已成为我国社会经济发展模式的必然选择。

随着未来工业化、城市化的快速发展以及人口的不断增长，也必然要求我国选择建立循环经济。根据《国民经济与社会发展第十个五年计划纲要》，到 2010 年，我国国内生产总值要在 2000 年的基础上再翻一番，今后 10 年的经济依然需要保持较快的增长速度。很显然，如果继续沿用传统“三高”发展模式来带动经济高增长，那么只能继续削弱我国社会经济发展的可持续性。换言之，我国现有的资源和能源供给几乎不可能继续满足传统“三高”模式下的未来 10 年经济的高速发展。正确的选择应该是，利用高新技术和绿色技术改造传统经济，大力发展循环经济和新经济，使我国经济和社会真正走上可持续发展的道路。

表 1 我国主要产品的能源和资源消耗水平

项 目	中国	世界
国内生产总值 /kg(油当量)/美元	1.85	0.37
能源利用率 (%)	33	50
矿产资源利用率 (%)	45	—
钢材利用率 (%)	60	80
工业用水循环率 (%)	50	80
燃煤电厂 /g(标煤)/kWh	427	321 (先进)
钢铁 /kg(煤)/t(钢)	1 640	1 000 (先进)
炼铁焦比 /kg(焦炭)/t(生铁)	500 (大型) 800 (中型)	425 (先进)
水泥 /kg(煤)/t(水泥)	201.0	113.2 (先进)
纸浆 /kg(煤)/t(纸浆)	680	
钢铁 t(水)/t(钢)	63	10 (先进)
合成氨 t(水)/t(氨)	500~1 000	12 (先进)
造纸 t(水)/t(纸)	450	50~200
100 万 kW 火电厂 t(水)/s	50	3 (先进)
石油炼制 t(水)/t(石油)	2.4	0.5 (先进)

资料来源：王金南等，2000 年。

5 关于发展我国循环经济的建议

循环经济是一种新型的、先进的经济形态，是集经济、技术和社会于一体的系统工程。现阶段，我国循环经济的进展，还更多地停留在概念层次上。发展我国的循环经济，需要政府、企业、科学界、公众共同努力，通过建立法规制度、推行绿色核算、开发绿色技术等措施来推动。

5.1 建立促进循环经济的法规制度

根据发达国家的经验，在取得循环经济和生态工业实践的基础上，必须加快制定必要循环经济法规，通过法规对循环经济加以规范，做到有法可依，有章可循。建立循环经济特别要注意使用经济激励和刺激手段，如价格、税收和财政政策。目前，全国人大正在起草《清洁生产法》。应该说，这是我国推行循环经济在法律方面一个良好的开端。在这方面，可以充分借鉴日本的经验，制定《国家绿色消费法》和《资源循环再生利用法》，同时，建立具体资源再生行业（如家用电器、建筑材料、容器等）法律。

循环经济要实现环境资源的有效配置，需要建立一套绿色保障制度体系。该体系可以归结为三个方面：一是绿色环境制度，包括绿色资源制度、绿色产权制度、绿色市场制度、绿色产业制度、绿色技术制度等；二是绿色规范制度，包括绿色生产制度、绿色消费制度、绿色贸易制度、绿色包装制度、绿色回收制度等；三是绿色激励制度，包括

绿色财政制度、绿色金融制度、绿色税收制度、绿色投资制度等。

5.2 探索建立绿色国民经济核算体系

要建立循环经济，关键之一就是要改革现行的经济核算体系，从企业到国家建立一套绿色经济核算制度，包括企业绿色会计制度、政府和企业绿色审计制度、绿色国民经济核算体系等。核算体系改革的核心是改变传统国民生产总值（GDP）统计的方法，因为这种统计方法没有扣除资源消耗和环境污染的损失，是一种不真实、非绿色的统计核算。目前，一些国家已采用了新的绿色国民经济核算方法，在计算国民生产总值时，要扣除资源的消耗和环境污染破坏的损失。

目前，应该加快绿色国民经济核算体系的试点和总结。建议采用绿色国内生产总值（EDP）概念。EDP 比较全面地体现了环境与经济综合核算的框架。EDP 等于国内生产总值减去产品资本折旧、自然资源损耗、环境资源损耗（环境污染损失）之值。通过全国（1999 年和 1995 年）以及三明市和烟台市（1990 年、1993 年和 1996 年）的初步核算表明，建议的绿色国内生产总值核算方法基本可行。这种核算结果可供各级政府领导部门使用，让它们看到传统国民生产总值和绿色国内生产总值之间的巨大差异，促使它们抛弃传统的经济发展模式，选择循环经济和清洁生产道路。

5.3 开发建立绿色技术支撑体系

循环经济的技术思路，是通过对经济系统进行物流和能流分析，运用生命周期理论进行评估，旨在大幅度降低生产和消费过程的资源、能源消耗及污染物产生和排放。在这一意义下，“绿色技术”体系包括用于消除污染物的环境工程技术，包括用以进行废弃物再资源的资源化技术，更包括生产过程无废少废、生产绿色产品的清洁生产技术。

建立绿色技术体系的关键是积极采用清洁生产技术，采用无害或低害新工艺、新技术，大力降低原材料和能源的消耗，实现少投入、高产出、低污染，尽可能把对环境污染物的排放消除在生产过程之中。推行清洁生产技术要密切与产业结构调整相结合，通过清洁生产实现“增产减污”。同时，要把清洁生产的着眼点从目前的单个企业延伸到工业园区，建立一批生态工业示范园区。

5.4 以绿色需求推动循环经济发展

绿色消费是推动循环经济的火车头。通过绿色消费教育，引导公众积极参与绿色消费运动，使循环经济的观念深入人心。在消费引导方面，各级政府要起保护环境的表率作用，通过政府的绿色采购、消费行为影响事业单位、企业和公众。例如在政府采购中，优先采购经过生态设计或通过环境标志认证的产品，优先采购经过清洁生产审计或通过 ISO14001 认证的企业的产品；在使用中，注意节约及多次重复使用，在办公用品等废弃物后主动回收等。

5.5 积极开展循环回收利用的试点

循环回收利用是循环经济的一个起点。我国可以首先选择与群众生活密切相关的电池产品，进行循环回收利用的试点。我国电池产量于 1980 年代初超过美国，成为世界第一生产大国。1999 年我国电池总产量为 150 亿只，当年出口 100 亿只，进口 20 亿只，国内实际消费量约 70 亿只，其中含汞电池约 40 亿只（主要是低汞电池）。由于废电池中含有汞，如不妥善收集处理，会污染大气、土壤和地下水。可以通过开展“电池”产品的循环经济试点，建立废电池循环利用机制，一则取得经验，进行循环经济的技术、制度积累，二则强化公众参与，推动绿色消费。

参考文献

- 1 Clean Japan Center. *Recycling-Oriented Society: Towards Sustainable Development*. 2001
- 2 王寿兵等产业生态学与生态产业建设战略研究. 上海环境科学, 2001(7)
- 3 王金南等. 中国环境保护技术政策设计. 中国环境科学出版社, 2000

21 世纪初的中国水污染防治战略分析

王玉庆* 陆新元* 刘鸿志* 吴舜泽 王金南

概要 严重的水环境污染和水资源短缺已经成为影响和制约中国社会经济可持续发展的一个重要障碍。本文在对中国的水环境污染现状、水污染危害以及水污染防治工作评估的基础上，对 2010 年、2030 年和 2050 年不同方案（高污染、中污染和低污染）下的中国水污染趋势进行了预测。预测结果表明，只有 2010 年城市（包括建制镇）污水处理率达到 50% 以上，同时工业废水及其污染物排放量控制在 1997 年的排放水平，才能控制住中国水污染继续恶化的发展趋势，2010 年水污染状况与 1997 年基本持平，而且到 2030 年左右水环境质量才能得到明显好转。否则，将会出现水污染继续恶化（2010 年城市废水化学需氧量比 1997 年上升 26%）甚至灾难性（2010 年城市废水化学需氧量比 1997 年上升 42%）的水污染后果。因此，中国的水污染防治将是一个长期的、艰巨的和需要巨大资金投入的工作。为实现水污染防治的近中期目标，避免水污染状况继续恶化，本文提出了以下 11 条对策和措施：

1. 加快城市污水处理与污水资源化步伐。2005 年全国城市污水处理率应达到 45%，50 万以上人口的城市污水处理率达到 60% 以上。2010 年全国城市污水处理率必须达到 60%，全国 113 个环境保护重点城市的污水处理率达到 70%。同时，城市的排水管网应与废水处理厂同步甚至是超前建设。通过提高用水效率、重复使用率、污水回用与污水资源化等措施，来解决城市新增用水量需求。鼓励城市污水处理设施建设投资多元化、运营市场化、设备标准化和监控自动化的方向发展，推行运行和服务的市场化、规模化和专业化。

2. 建立节水减污型的绿色工业体系，建设节水型城市。对重点污染行业，通过产业和产品结构调整、技术进步，做到“增产不增污”甚至“增产减污”。对水污染重点排放行业严格实行用水定额、循环水定额和节水标准，降低单位产值和产品的用水量和废水排放量，到 2005 年和 2010 年，全国工业用水重复利用率分别达到 60% 和 65%，工业万元产值用水量分别下降到 65m³ 和 30m³。对城镇生活用水，应重点推动大中城市的生活节水和污水回用。

3. 以生态农业建设为契机，综合防治面源污染：合理施用化肥，减少化肥的流失。发展城市垃圾高温堆肥、有机食品和绿色食品认证，制定和实施农药、化肥减量控制标准。实施虫害综合防治，减少化学农药施用量。② 重视畜禽养殖场的污染控制。据世界银行预测，我国 2010 年由生猪养殖场排放的化学需氧量将达到 1030 万 t 为 2000 年全国化学需氧量排放总量的 70%。因此，在未来 10 年，必须高度重视畜禽养殖业的污染控制问题。畜禽养殖业应遵循生态规律，

* 王玉庆、陆新元、刘鸿志：现在国家环境保护总局工作。

以生态农业为契机，利用畜禽粪便生产有机肥料和沼气。大型畜禽养殖场要建设污水处理设施，有效控制废水和废渣的排放。加强小城镇建设，控制农村环境污染。建立乡镇企业工业小区，结束乡镇企业布局分散的局面。在小城镇建设中，配套建设城市环境基础设施，集中控制乡镇企业污染。把污染的小型乡镇企业纳入小型污染企业进行分类管理。

4. 继续加强重点流域水污染防治。未来 10 年，重点流域的水污染防治依然是水环境保护的工作重点。要充分认识到流域水污染防治工作的艰巨性和长期性，按照淮河、太湖等流域治理经验和国际上的成功做法，继续抓好“三河三湖”水污染防治，结合“南水北调”工程治理沿线水污染，同时启动三峡库区、黄河中上游的水污染防治以及松花江流域的水污染防治。在流域水污染防治方面，重点加强统一规划、统一立法、统一监督管理和落实地方政府责任制。

5. 继续优先保护好集中式饮用水源水质。重点防治城市和农村集中式水源地的环境污染，确保人民的饮水安全。要依法划定城市和农村生活饮用水水源地，特别是要加快广大农村地区的集中式水源地的划定工作，组织制定全国城市和农村水源地保护规划，防治乡镇企业和农业面源污染集中式水源地。

6. 科学合理利用水资源，保证生态环境用水。国际经验认为，河流的开发利用系数不应超过 40%。在这方面，应积极总结黄河、塔里木河和黑河流域统一调水的经验和国际上的成功经验，首先要解决水资源供需矛盾十分突出的流域，如黄河、海河、淮河和辽河以及塔里木河和黑河等流域。

7. 充分利用市场手段，增加水污染防治投入。在市场经济条件下，应按照“污染者付费”和“使用者付费”的原则，制定和实施有利于水污染防治的价格、税收、信贷等经济政策，切实增加水污染防治的投入。首先，加快现行的水价政策的改革。第二，加快排污收费制度的改革，完善现行的排污收费标准，实施水污染物排放总量收费。第三，全面征收城市污水处理费，改革城市污水处理收费制度。第四，制定和实行污染产品税政策，逐步降低或取消化肥农药的补贴，开征含磷洗涤剂税和水资源税。第五，积极吸收社会民间资本和国际资本，推进城市污水处理的企业化经营。第六，运用财政政策支持水污染防治，建立生态环境补偿机制和流域污染补偿机制。

8. 完善水污染防治法规，依法加强监督管理。逐步完善水污染控制的法律、规章和制度并严格实施。把实际管理中成熟有效的制度用法律形式明确下来。建立适应市场经济条件下的政府、市场、公众相互制衡的环境管理新模式。定期向全社会公布行政区断面和饮用水水源地等水环境质量情况、重点企业的环境行为。鼓励公众和社会舆论监督水污染防治，提高全社会水环境保护意识。

9. 完善污染物排放总量控制，全面推行排污许可证制度。流域相关政府应根据国家批准的流域水污染防治规划，制定本辖区的污染物排放总量控制计划。同时，省级政府和城市政府应分别根据国家和省政府下达的水污染物排放总量控制指标，结合本地区的环境质量要求、环境质量现状和水环境容量，制定本地区的水污染物排放总量控制计划，并把排放总量分解下达各排污单位。全面加快推行基于水污染物排放总量的水污染物排放许可证制度。结合水污染物排放许可证，试行流域水污染物排放交易制度。

10. 加强科学技术研究，提高水污染防治水平。继续加强水环境容量和生态环境承载能力、重要河流流域生态用水和生态流量、重点污染物的环境基准、水污染物总量控制管理技术、酸

雨污染与湖泊污染机理、农业面源污染和食品环境安全以及湖泊富营养化和水源地污染等研究。继续开展对环境高新技术和污染防治技术的科技攻关。

11. 提高公众水环境意识，引导绿色消费方式。利用多种形式对公民进行环境宣传教育，增强公众环境法制观念和保护环境权益的意识。加强消费引导，提倡绿色消费方式，在全社会形成节约用水、保护水环境的良好风尚。鼓励厂家和消费者生产和使用无磷洗涤剂和节水产品。建设一批示范性的绿色饭店和生态旅游景点。

1 水污染状况及其危害分析

1.1 水质变化分析

目前，我国七大水系、湖泊、水库、部分地区地下水和近岸海域受到不同程度的污染，有机污染普遍，生活和面源污染日益突出，辽河、海河流域以 V 类和劣 V 类水为主，污染严重；淮河干流满足 III~IV 类水质要求，支流水质仍然较差；黄河流域水土流失严重，生态用水不足，干流悬浮物含量很高；松花江以 III~IV 类水为主；珠江流域水质总体良好，以 II 类水质为主，仅广州段水质较差；长江干流及主要一级支流水质良好，以 II~III 类水为主，但干流上游江段悬浮物含量偏高。主要湖泊富营养化严重，城市河流污染严重，地下水超采严重，部分城市地下水受到不同程度的污染。

1.1.1 流域水质

1990 年代以来，所有河流均不同程度地受到以 COD 为代表的有机污染，氨氮对河流水质的影响越来越大，重金属和石油类等特殊污染现象比 1970 年代有明显减轻，一般限于局部河段。河流支流水质普遍差于干流，北方河流污染程度远远高于南方河流。2000 年各流域干流有 57.7% 的断面满足 III 类水质要求，21.6% 的断面为 IV 类水质，20.7% 的断面属 V 类和劣 V 类水质。近 10 年，7 大流域水质类别变化情况如表 1-1 所示。

长江干流年径流量大，达 9513 亿 m^3 （1998 年），水体自净能力强，水质较好且比较稳定。干流高锰酸盐指数浓度变化总体平稳在 2.94~3.85mg/L 之间微有波动，1991—1999 年高锰酸盐指数和氨氮均基本符合 II 类水质要求。1998 年、1999 年与 1990 年代初相比，I~II 类水质增加，V 类和劣 V 类水质所占的比例明显降低。近年来，长江上游因水土流失严重，导致上游部分河段悬浮物超标较重，1998 年度长江干流出现洪水，悬浮物超过 III 类水质的比例达到 44.6%。

珠江干流年径流量达 3338 亿 m^3 （1998 年），珠江水量丰沛，加上上游地区人为活动影响较小，水质良好，多年来水质较为稳定，以 II~IV 类水质为主。近 10 年来珠江流域高锰酸盐指数浓度变化总体平稳，均优于 II 类标准值，1991—1996 呈逐渐下降的趋势，以后浓度有所提高。氨氮浓度值时有超标。流域上游广西境内经济欠发达，污染物总量

小；下游广州段水质则明显变差，基本以 V-劣 V 类水质为主。

表 1-1 七大流域水质类别比例年际变化表

流域	水质类别比例 (%)	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
淮河	I—II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	22.2	10.1	9
	III—IV	87.5	100.0	88.9	80.0	44.4	33.3	66.6	66.6	25.8	45.7
	V—V ⁺	12.5	0.0	11.1	20.0	55.5	66.6	22.2	11.1	64.1	45.2
海河	I—II	20.0	0.0	31.6	20.0	15.0	14.3	9.5	21.0	16.8	25
	III—IV	40.0	52.4	21.0	35.0	20.0	28.6	42.9	17.0	12.8	7.2
	V—V ⁺	40.0	47.6	47.3	45.0	65.0	57.1	47.6	62.0	70.4	67.8
辽河	I—II	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	6.7	11.1	6.25	6.3
	III—IV	20.0	20.0	37.5	28.6	16.7	35.7	13.3	33.3	25	25
	V—V ⁺	80.0	80.0	62.5	71.4	77.8	64.3	80.0	55.6	68.75	68.7
长江	I—II	4.5	15.8	29.2	31.0	30.0	42.9	33.3	31.3	35.8	
	III—IV	72.7	79.0	66.7	65.5	66.6	42.8	60.0	53.1	61.5	
	V—V ⁺	22.7	5.3	4.2	3.4	3.3	14.2	6.7	18.6	2.56	
黄河	I—II	0.0	0.0	0.0	16.7	8.3	8.3	8.3	8.3	16.7	28.6
	III—IV	50.0	22.2	58.4	50.0	58.4	50.0	66.7	25.0	75	57.1
	V—V ⁺	50.0	77.8	41.6	33.4	33.3	41.7	25.0	66.7	8.3	14.3
珠江	I—II	0.0	18.2	4.5	8.3	12.0	43.4	45.8	31.0	64.4	85.7
	III—IV	91.3	72.6	77.3	83.3	84.0	43.4	45.9	54.7	17.8	14.3
	V—V ⁺	8.7	9.1	18.2	8.3	4.0	13.0	8.4	14.8	17.8	0
松花江	I—II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0
	III—IV	83.3	50.0	100.0	92.3	64.7	74.8	76.5	47.1	82.4	100
	V—V ⁺	16.1	50.0	0.0	7.7	35.3	24.8	23.5	52.9	11.7	0

注：长江、黄河、松花江、辽河主要统计干流断面，V⁺代表超 V 类。

资料来源：中国环境监测总站，2000 年。

淮河流域多年年均径流量 622 亿 m³，1980 年代水质良好，1990 年代前半期水质逐年恶化，90 年代后半期水质有所改善。1991—1996 年，淮河水质呈逐渐恶化的趋势，劣 V 类水体所占的比例由 1991 年的 12.5% 增加到 1996 年的 66.6%。1997—1998 年，水质有所好转，劣 V 类水体所占的比例由 1996 年的 66.6% 下降到 1998 年的 11.1%；1999 年淮河干流枯水期水质有所恶化，水质以 III~IV 类为主。流域主要污染指标是高锰酸盐指数和氨氮，淮河干流近年来水质有所改善，有机污染程度明显减轻，但面源污染日益突出，支流污染仍较重，氨氮指标浓度值较高。流域内山东境内水质很差，河南、安徽境内部分支流水质较差，江苏境内水质相对较好。

海河流域常年径流量 288 亿 m³，流域内水系多数为季节性河流，水资源匮乏，水资源的开发利用程度高，供需矛盾突出，水污染纠纷不断。近 10 年来，海河干流（含滦河、

北运河等)始终以 V类、劣 V类水质为主,主要污染指标高锰酸盐指数和氨氮等都严重超标。高锰酸盐指数浓度值有升有降,变化趋势不明显,但均在高污染水平上波动,氨氮浓度 1993 年以后总体上有下降的趋势。河北沧州南运河、漳卫南运河、北京北运河、天津南运河、山东徒骇马颊河等区域污染严重,流域北部河流水质好于南部河流。

辽河流域常年径流量 487 亿 m^3 ,水资源贫乏,降水量小且主要集中在 6~9 月份,是我国重工业基地,耗水型企业多,结构性污染突出,地表水污染严重;辽河干流 V~劣 V类水质比例均在 50%以上,近几年干流水质总体呈逐年缓慢变好的趋势,但有机污染程度仍相当严重。高锰酸盐指数浓度基本保持稳定(1998 年数据偏高在一定程度上是由于当年洪水造成的影响)但均超过 III类标准,氨氮均属劣 V类。

黄河流域常年径流量 661 亿 m^3 ,黄河流域水土流失严重,生态用水不足,悬浮物含量很高。1990 年代以来,黄河干流 I~III类水质比例一般为 20%左右,V类和劣 V类水质比率一般在 30%~60%之间变化。干流石油类和氨氮超标普遍,高锰酸盐指数基本符合 II~III类水质要求,浓度值年际间有所波动。1998 年小浪底发生污染事故,浓度值上升明显,属劣 V类水质。支流渭河、汾河污染十分严重。

松花江流域常年径流量 762 亿 m^3 ,在我国七大流域中仅次于长江和珠江。其中嫩江和第二松花江流域区域多为经济欠发达地区,污染物总量不大。松花江干流多年来以 IV类水质为主。1990 年以来松花江流域高锰酸盐指数大多以 III~IV类水质为主,而氨氮浓度则在 0.02~0.07mg/L 间波动(1996 年除外)。松花江汞含量背景值较高,部分河段有超标现象。

我国城市河流污染形势严峻。1999 年监测数据显示,141 个国控城市河段中的 36.2%为 I类至 III类水质,63.8%为 IV类至劣 V类水质。其中 47 个环保重点城市的典型水域中,IV类、V类和劣 V类水质比率分别 25.5%、10.6%、29.8%。华东地区和长江、黄河沿岸城市地表水径流较大而水质较好,海河、辽河等沿岸城市地表水水质较差。各城市水域仍以氨氮和有机污染为主,主要污染指标为氨氮、高锰酸盐指数和生化需氧量等。

由于严重的水污染,城市饮用水源地水质也不容乐观,城乡居民生活饮用水受到威胁。在 1996 年调查的 329 个地表水水源中,水质不符合《地面水环境质量标准》(GB3838—88) II类的水源有 222 个,其供水量为 79.6 亿 m^3/a 占总水供量的 83.3%。综合污染指数大于 0.6 的水源共计 113 个,其水量累计为 152.6 亿 m^3/a 占地表水总供水量的 52.2%。

1.1.2 湖泊水质

全国湖泊和水库有机物污染面广,普遍受到总磷、总氮的污染。湖泊富营养化严重,而且在近 30 年来呈迅速增长趋势。1984 年调查的 34 个湖泊中,富营养化占 26.5%;1988 年达到 61.5%;在 1996 年 26 个国控湖泊(水库)调查中,总体处于富营养化的高达 85%。大型湖泊污染程度由重到轻依次为滇池、巢湖、南四湖、洪泽湖、太湖、洞庭湖、镜泊湖。全国九座大型水库水质变化不大。其中,于桥、董铺和崂山水库为 III类水质,石门、门楼、大伙房、密云、新安江、丹江口 6 座水库为 II类水质。新安江、丹江口和密云水库处于贫营养状态,其他 6 座水库处于中营养状态。

太湖湖体 1980 年代初期,属中-中富营养状态,以 II类水为主;1980 年代后期,属中富-富营养状态,富营养化指数维持在 60 以上,以 II~III类水为主;1991—1997 年太湖湖

体则处于富营养状态，以Ⅲ类水为主。1998 太湖工业污染源治污达标排放以来，湖体富营养化状况有所改善，1998 和 1999 两年湖体处于中富营养状态，湖体有机污染有所减轻（ COD_{Mn} 以Ⅲ类水为主）。从总磷、总氮指标分析，1991—1995 年，总磷、总氮基本成逐年增高的趋势，1995—1998 年，总磷、总氮呈下降趋势，分别下降了 47.4% 和 41.4%。2000 年统计的 101 个监测点位中，80% 的点位高锰酸盐指数达到规划要求，湖体 22 个点位中，总氮、总磷等超标突出，属富营养化状态，环湖主要河流及环湖交界水体污染严重。

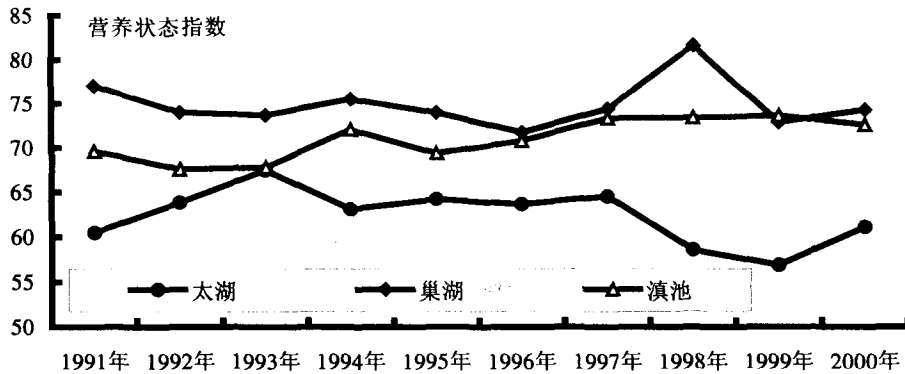


图 1-1 三湖营养状态指数年际变化

数据来源：中国环境监测总站

滇池 1960 年代属 II 类水，1970 年代属 III 类水，1980 年代草海已属 V 类水，外海达 IV 类，1990 年代草海为劣 V 类，外海也达 V 类。近 30 年，滇池水质下降了 2 个等级。草海目前已属超富营养化。1991—1993 年间，滇池处于富营养化状态，富营养化指数低于 70；1994 年以后（1995 年富营养化指数为 59.28，为富营养化状态）则基本上处于重富营养状态，富营养化指数均在 70 以上。滇池的有机污染问题也比较严重，1999 年有机污染指标高锰酸盐指数和生化需氧量分别达到 IV 类和 V 类水质。2000 年湖体 13 个监测点位均为劣 V 类水质，草海污染突出，外海高锰酸盐指数基本可达 III 类水质要求，总氮、总磷污染仍很严重，处于重富营养化状态。

巢湖近 10 年来污染一直十分严重，不仅富营养化程度高，有机污染问题也比较突出。近 10 年来，巢湖西半湖一直处于重富营养状态，1998 年度更是处于超富营养状态，12 个测点的水质均为劣 V 类。1991—1999 年，巢湖富营养化指数、总氮总磷污染指标变化不大，但都处在高污染水平。从高锰酸盐指数浓度的变化来看，1991—1997 年，浓度总体呈升高趋势，到 1997 年达到 7.08mg/L；1998 年，高锰酸盐指数浓度明显回落，浓度值为 4.96mg/L，优于 III 类水质。2000 年湖体 12 个监测点位中，54.0% 的点位为 V 类水质 46.0% 的点位属劣 V 类水质，总氮、总磷超标严重，属中富营养状态。经过工业污染源治理，高锰酸盐指数达到 III 类标准。但巢湖富营养化问题突出，西半湖更甚，其营养状态指数达 74.0，属重富营养状态，东半湖营养状态指数为 54.0，属中一富营养状态。

1.1.3 近岸海域水质

我国近岸海域水环境状况总体较差，局部海域环境质量有继续恶化的趋势。1999 年，

近海水域以超四类和二类海水为主，近岸海水水质比 1998 年略有好转。四大海区中，东海污染最重，其次是渤海、南海，黄海水质相对较好，1999 年超四类海水比例最高的是东海海区，达 53.0%，其次是南海海区（占 34.7%）、渤海海区（占 18.6%）、黄海海区（占 18.2%）。沿海省市中，上海、江苏和浙江沿岸海域污染较重。

“九五”期间近岸海域海水水质总体较“八五”末期略有改善。渤海、黄海、东海和南海四大海区中，渤海近岸污染程度明显减轻，近岸海域超三类海水比例有所下降，二类海水比例有所增加，但仍处于较重污染水平。东海近岸污染加重。黄海和南海近岸水质基本稳定，水质较好。

1984 年以后我国海域赤潮频率加快，次数增多，赤潮发生面积扩大。我国海域记录到的赤潮总共有 466 次，1960 年代以前曾发生过 3 次赤潮，1970 年代赤潮次数为 9 次，1980 年代增加至 74 次，1991 年到 1995 年就发生 154 次，1998 年赤潮次数略有下降，但也发生了 22 次。1999 年，记录到 15 起赤潮。渤海已成为我国发生赤潮最严重的海域之一。从 1952—1999 年，渤海已记录到的赤潮共 27 次，其中 1990 年代就发生 21 次。1998 年 9 月 18 日至 10 月初，在锦州湾东部、天津新港海域发生了大规模的赤潮，面积达 5 000km²，造成的经济损失约 5 亿元；1999 年 7 月 13 日至 16 日，在辽东湾及渤海中部发生赤潮，范围约 6 000km²。

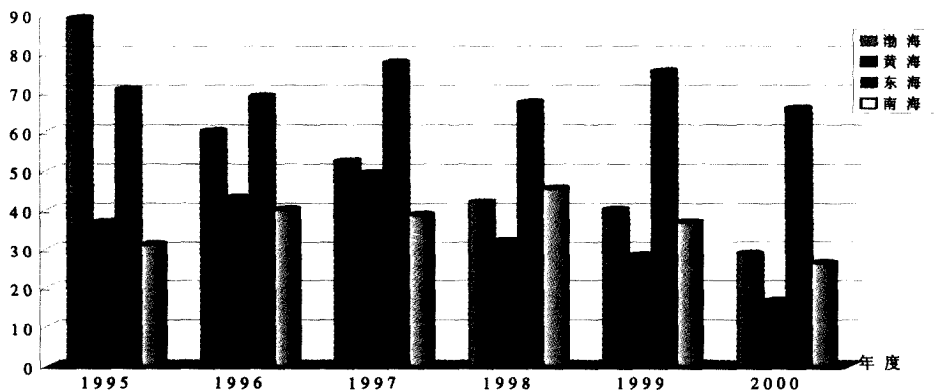


图 1-2 四大海区近岸超三类海水比例年度比较

我国近岸海域的水环境污染已经由 1980 年代的有机污染（COD）主导转为氨、氮营养盐主导型，主要污染因子是无机氮和活性磷酸盐，1994—1999 年的监测结果表明，六年来无机氮和活性磷酸盐（无机磷）一直是在较高污染水平上波动，无机氮超二类海水标准，无机磷超一类海水标准，“九五”期间无机氮和活性磷酸盐总体呈下降趋势。局部近岸海域油类污染较重，如六年来南海均在超二类海水标准以上波动，三亚、盘锦、珠海和葫芦岛沿岸等局部海域石油类污染均有样品超过一类海水标准 10 倍以上。

1.1.4 地下水水质

我国多数城市地下水受到一定程度的点状或面状的污染，主要污染指标有矿化度、总硬度、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、铁和锰、氟化物、pH 值等，地下水水质污染有逐年加重的趋势。近 20 年来城市地下水水质普遍呈恶化趋势，水质超标率较高的指标有硬度、

硝酸盐氮和氨氮、有机物、铬和酚等，主要表现在硬度及硝酸盐含量的增加上。

全国城市供水中有 30%源于地下水，北方城市供水 59%源于地下水。在 1996 年调查的 242 个地下水水源中，有 80 个水源地水质不符合《地下水环境质量标准》Ⅲ类，其供水量为 15.93 亿 m³/a，占地下水总供水量的 27.71%。主要超标项目为：大肠菌群、高锰酸盐指数、氨氮及氟化物。

1.2 水污染物排放变化分析

“九五”期间，我国加大了水污染综合整治力度，水污染物排放总量逐年减少，化学需氧量从 1995 年的 2233 万 t 下降到 2000 年的 1346 万 t，较 1995 年下降了 39.7%。但是，水污染的结构发生了变化，随着工业废水及其化学需氧量下降的同时，城市生活污水及其化学需氧量逐年上升，面源污染日益严重。

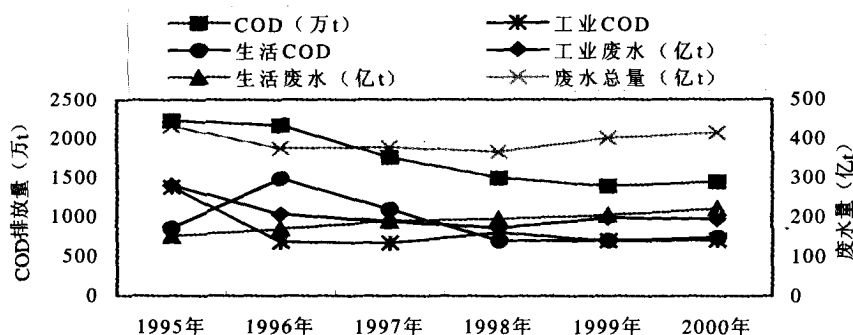


图 1-3 我国近年废水和 COD 排放总量变化图

12.1 工业污染源

自九十年代以来，我国经济继续保持较快增长势头，用于水污染治理的投资额及投资比重基本与 GDP 同步增长，重点工业污染源排放污染物基本上得到了控制，工业废水排放量、污染物排放量及其污染强度都呈下降态势。1990 年以来，工业废水和污染物排放量呈下降趋势，尤其是 1995 年以后，工业废水排放量直线下降，工业废水中 COD 的排放量也呈下降态势，工业废水中重金属的排放量多年来基本保持不变或大幅下降。这主要与产业结构调整、污染治理和环境监管的力度加大有关。

乡镇企业规模小而分散，生产工艺和技术水平较低，产业结构不合理，污染物的排放强度大，环境管理薄弱，污染防治难度大，应给予充分重视。1995 年全国乡镇企业工业废水排放量占全国工业废水排放量的 21.0%，而 COD 排放量占当年全国工业废水 COD 排放量的 44.3%。1998 年调查数据显示，2.5 万家乡镇企业的污水排放量为 29.2 亿 t，占全国的 14.7%；COD 排放量为 291.5 万 t，占全国的 36.7%，污水排放量、COD 排放量所占比率比 1995 年分别下降了 6.3% 和 7.6%。