

南京林业大学

博士学位论文

工业生态学理论与实践——以江苏为例

姓名：韩庆华

申请学位级别：博士

专业：生态学

指导教师：姜志林

20070601

摘要

在推动人类的进步中,工业制造业起到了决定性的作用。但进入 20 世纪 70 年代后,人口急剧增长,资源的需求过快和过度开采,导致了能源危机、资源破坏和生态退化,严重制约了经济的发展。美国人首先提出了绿色制造的概念和模式,引起了世界的广泛关注,可能成为 21 世纪制造业发展的主要方向。改革开放以来,中国经济有了突飞猛进的发展,目前中国正处于重工业化时期,资金投向又以资源消耗大的投资项目为主,因此中国的环境问题也日趋凸显,沙尘暴肆虐、水质污染、资源紧缺等问题已经成为制约中国经济发展的瓶颈。

本文以绿色制造为基础,紧紧围绕江苏的经济建设和环境保护这一主线,综合运用生态与经济协调发展、可持续发展、循环经济等多方面的理论与方法,综合分析江苏省制造业的环境污染情况、能源消耗情况和环境资源保护能力,对江苏制造业进行综合评价,并从社会、政府与政治、产业、企业、园区等不同层面上提出了推动江苏绿色制造的对策。全文共分八章,从四个方面详细阐述了绿色制造产生的背景和理论基础,绿色制造的动力机制、市场机制及其内涵、体系和结构,绿色制造的空间形态,以及绿色制造的对策。

(1) 绿色制造的背景和理论基础。包括第 1 章、第 2 章内容。分析了中国经济发展过程中出现的环境污染、资源短缺等诸多问题,阐述生态经济、循环经济、绿色制造三者之间的关系,解析了生态环境中外部性理论及产权理论。

(2), 绿色制造的动力机制、市场机制及其内涵、体系和结构。包括第 3 章、第 4 章、第 5 章。分析了绿色制造的产出、主体及动力机制,论述了实施绿色制造的市场机制基石,绿色制造的现状,并对绿色制造的概念、模型与其它制造业的概念、模型进行了对比分析研究。

(3) 绿色制造的空间形态——以江苏为例进行实证研究。包括第 6 章、第 7 章。分析了产业生态学的基本内涵,生态工业园类型存在的主要障碍及生态工业园区的规划与设计。并以江苏省为例,在分析评价江苏制造业分行业环境保护能力及分区域环境污染状况的基础上,对江苏区域绿色制造发展进行了总体评价,具有极为重要的理论和实际应用价值。

(4) 推动绿色制造的对策及展望。包括第 8 章、第 9 章。从社会、政府与政治、产业、企业、园区等不同层面上提出了推动江苏绿色制造的对策,并对中国进行新型工业化道路即绿色制造进行了总结展望。

绿色制造是 21 世纪制造业发展的主要方向,本文在以下方面取得了进展。

(1) 详细阐述了与绿色制造有关的理论基础,分析了绿色制造的动力机制、市场机制内涵及结构,提出了自然资源定价目前面临的诸多问题及相关模型,拓展了绿色制造研究的范围,丰富了绿色制造的研究方法。

(2) 以江苏省为例,结合中国目前制造业发展的现状,分析了中国制造业发展过程中出现的诸多问题,提出了推动中国绿色制造业发展的对策,为中国新型工业的发展提供了新的思路。

关键词: 工业生态学; 绿色制造; 循环经济; 江苏

The practice and theory of industry ecology

----A case study in Jiangsu

Abstract

The industry manufacturing played the decisive role in the development of humanity's society. But after 1970's, the population has been increasing quickly, the resources demanded and mined excessively which had caused the energy crisis, the resources destruction and the ecological environment degradation, all of these have restricted the economical development seriously. On the base of fact, Americans first proposed the conception and pattern of green manufacture which attracted wide attention from all over the world, it maybe becomes the 21st century's main direction of manufacture industry's development. Since the open-up policy, Chinese economy has developed double-quickly, at present ,China has been in the heavy industry time and the fund was mainly interested to those projects which consumed great resources, therefore more and more environment questions appears in China, the sand storm-wreaked havoc, the water pollution, the resources shortage and so on which has restricted the economy's development of the China now.

On the base of green manufacture, the article took Jiangsu province as the example, using the theory of ecology and economy coordinated and sustainable development synthetically, environmental pollution energy consumption and the ability of environment resources conservation were analyzed, and Jiangsu's manufactures were appraised synthetically. inheritance industry situation, y has carried on the analysis, and "the green chromaticity" carries on the appraisal to Jiangsu manufacturing industry dividing an inheritance industry, from and so on in the different stratification plane proposed impels the Jiangsu's green manufacture. Many countermeasures were put forward which may propose green manufacture of Jiangsu province from different aspects of society, government, politic, industry, enterprise and the garden area. This article had four parts.

The first, green manufacture background and rationale was discussed including 1st chapter, 2nd chapter of content. The environmental pollution and resources shortage which appeared in the Chinese economy developing process were analyzed, the relations among the ecology economy and the circulation economy and the green manufacture and the theory of exterior and property right in the ecological were elaborated and analyzed.

The second, was green manufacture power mechanism, market mechanism and its connotation, system and structure including 3rd chapter, 4thchapter, 5th chapter. The green manufacture's deliver, the main body and the power mechanism were analyzed, elaborated

the implementation green manufacture market mechanism cornerstone, the green manufacture present situation, and to the green manufacture concept, the model and other manufacturing industries concepts were contrast researched.

The third, was the green manufacture spatial shape, conducts the real diagnosis research and took Jiangsu as the example including 6th chapter, 7th chapter. The industrial ecology basic connotation, main barrier and plan ,the design of the ecology industry garden were analyzed, carrying on the overall appraisal to the Jiangsu region green manufacture development, Jiangsu's manufacturing industry branch industry environmental protection ability and the minute region environment pollution situation were analyzed and appraised.

The fourth, was the forecast and the countermeasure to impel the green manufacture including 8th chapter, 9th chapter. The countermeasure From aspects of society, the government and politic, industry, the enterprise, the garden area and so on were proposed which could impel the development of Jiangsu's green manufacture, and the new industrialization path to China was forecasted.

The green manufacture was the 21st century manufacturing industries development main direction, this article has made the progress in the below aspects.

(1) The article elaborated the green manufacture's theory in detail, the green manufacture power mechanism and the market mechanism connotation and the structure were analyzed and proposed the natural resource fixed price at present faces many questions and the correlation model, developed the green manufacture research scope, enriched the green manufacture research technique.

(2) Taking Jiangsu Province as the example , it analyzed many questions which appeared in the manufacturing industry developing process of China with it's present situation, proposed countermeasures and new mentality for the Chinese new industry development.

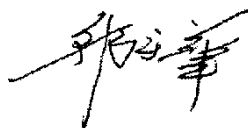
Keyword: industry ecology; green manufacture; the circulation economy; Jiangsu

本学位论文知识产权声明

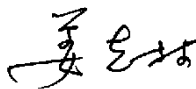
本学位论文是在导师（指导小组）的指导下，由本人独立完成。文中所引用他人的研究成果均已注明出处。对本论文研究有所帮助的人士在致谢中均已说明。

基于本学位论文研究所获得的研究成果的知识产权属于南京林业大学。对本学位论文，南京林业大学有权进行交流、公开和使用。

研究生签名：



导师签名：



日期：

2007.6

致 谢

本文是在导师姜志林教授悉心指导下完成的，从论文的选题，研究技术路线的确定和论文的具体实施及成文无不凝聚了恩师的心血。导师渊博的学识，严谨的治学态度，一直激励着我去崇尚科学、追求真理、勇于创新。值此论文完成之际，谨向恩师致以最崇高的敬意和衷心的感谢。

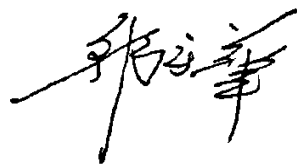
在这里我还要特别感谢南京林业大学党委书记陈景欢教授，副书记聂影教授，副校长薛建辉教授在三年学习过程中给予的关心和帮助。

在论文的选题和具体实施过程中，国家环保总局潘岳副局长，上海经济研究所沈晗耀教授，南京大学党委书记洪银兴教授，南京工业大学校长欧阳平凯院士，南京航空航天大学校长胡海岩教授，江苏省现代经济管理学学会常江明副理事长，著名的经济学家高尚全教授给予作者许多具体指导并解决了不少疑难问题，作者在此向他们表示最诚挚的谢意。

在论文完成过程中，南京林业大学研究生院院长叶建仁教授，森林资源与环境学院院长张金池教授给予了许多关心和无私的帮助，张金池教授在帮忙中评阅全文，并亲自修改英文摘要；还有叶镜中教授、周思国教授、汤庚国教授、阮宏华教授、张银龙教授、关庆伟教授等给本文提出许多积极和建设性意见，作者在此一并表示衷心感谢。

最后还要感谢我的夫人刘顺才，她几十年如一日站在我的身后，关心我的生活，支持我的工作，鼓励我学习进取，我永远感谢她。

感谢长期以来所有关心、支持、理解我的领导、朋友和各位同仁。



2007年6月16日于南京

前言

自 20 世纪以来，人类文明得到了迅猛的发展，但是传统的发展观往往片面地追求经济的增长，在一定程度上都是以牺牲自然环境为代价去换取经济和社会的繁荣，给环境造成了巨大的影响。人们在日常生活中，也已深切感受到生态问题的严峻性。20 世纪 30 年代到 20 世纪中叶，工业化国家相继出现的“八大公害事件”，让世人开始认识到工业革命给人类带来的灾难。到 20 世纪 60 年代，发达国家不断恶化的环境污染问题，开始激起世界范围内对传统经济增长方式的质疑与批判。进入 20 世纪 70 年代以后，人口的急剧增长、资源需求的过快和过度开采，导致能源危机、资源破坏和生态环境退化，制约了经济的发展，并开始出现了人类与自然、生态与经济的不协调现象。全球性的生态问题日益突出，主要表现在：植被退化、生物多样性减少、土地荒漠化、水土流失、地下水位下降、温室气体增加、全球气温升高、自然灾害增多及人口增长过快等等。

很明显，沿袭传统的经济学和生态学的理论已经难回答和解决这些问题，这就促使越来越多的经济学家、生态学家和其他一些关心这些问题的学者开始重新审视传统的发展模式，并试图寻找生态与经济协调发展的新出路，生态经济学正是在这种背景下应运而生，建立在生态经济理论基础上的循环经济也在这种背景下出现。

在推动人类进步的过程中，工业制造业起到了决定性的作用。但是，以扩大自然资源和无偿利用环境为主要标志的旧的制造方式在创造巨大物质财富和社会文明的同时，也造成全球性的生态破坏、资源短缺、环境污染等重大问题，从根本上削弱和动摇了现代经济社会赖以生存的基础，这种方式如不改变势必危及人类的生存环境，使得在其他领域发展所取得的成绩变得毫无意义，并给未来造成灾难性的甚至难以挽回的后果。20 世纪中后期，随着人们的环保意识不断增强，各国政府纷纷通过法律和经济手段，干预微观企业的制造、市场销售环节，保护消费者权益，有效利用资源、保护环境、可持续发展已经成为人类社会发展的主题。

十年前后，美国人提出绿色制造概念和模式，立即引起世界各国的广泛重视，世界各国投入大量人力和财力发展绿色制造技术。绿色制造是一个综合考虑环境影响和资源消耗的现代制造模式，其目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、销售、使用到报废处理的整个生命周期中，对环境负面影响最小化，资源利用率最大化，并使企业经济效益和社会效益协调优化。绿色制造实质上是人类社会可持续发展战略在现代制造业中的体现。有人预言，绿色制造将成为 21 世纪制造业发展的主要方向，21 世纪的经济竞争将是一场“绿色的竞争”。未来制造业既应满足当代人的需要，又不对后人赖以生存的基础和发展能力构成破坏和障碍，并应促进人与环境的和谐。

改革开放以来，中国经济取得了举世瞩目的成就。但随着经济的迅猛发展，工业化、城市化进程的日益加速，中国的环境污染问题也日趋凸现。目前中国经济增长方

式尚未从根本上转变，在很大程度上仍是依赖资源的高消耗来实现。中国是世界人口大国，但资源相对不足。然而，中国现阶段正处于重化工业时期资金投向又以资源型消耗大的投资项目为主，如石化、冶金、汽车等。粗放型的经济增长方式导致中国经济资源约束的矛盾突出。从空气质量的下降，沙尘暴的肆虐，大江大河水质的大面积污染，到城市煤、电、水、气供应不断告急……环境的恶化、资源的高耗，危及我们生活的家园，制约着经济的增长，成为中国发展的瓶颈。种种危险的信号表明，我们的资源和环境再也无法支撑粗放型经济发展模式。

按产业发展规律，人均 GDP 为 1000-10000 美元时就进入了以重化工业为主推动经济增长的阶段。2005 年中国的人均 GDP 已经达到 1703 美元。东部沿海的经济发达地区人均 GDP 较高，2005 年浙江 3400 美元，江苏超过 3000 美元，上海更是高达 7600 美元。东部沿海地区的大中型城市已经形成了以现代重化工产业为重要支柱产业的快速增长。世界发展进程的规律表明，当国家和地区人均 GNP 处于 500 美元至 3000 美元的发展阶段时，往往对应着人口、资源、环境等瓶颈约束最为严重的时期，这使中国在进入重化工业增长阶段的同时，也由于“人口密度高、资源短缺、环境容量有限”，而给经济社会的可持续发展带来更加严峻的挑战。因此，树立和落实科学发展观，提高资源的使用效率，降低开采自然资源的总量，减少废物的排放量，建立绿色制造体系，打造一个从生态经济、循环经济到绿色制造的绿色经济体系，是可持续发展必须解决的重要问题。

正是基于上述的思考，笔者认为在当前中国正处于工业化加速发展的时期，在这样大背景下，绿色制造是中国构建资源节约型和环境友好型社会的关键环节，也是建设可持续发展社会重中之重的任务。因此，系统地研究绿色制造时代背景、理论基础、动力机制、空间形态，并重点探讨了绿色制造的核心内涵、主要体系和结构，以及实施绿色制造的市场机制基石—资源环境定价，并在对江苏省绿色制造的实证分析基础上，从社会、政府和法治、产业、企业和园区层面提出推行绿色制造的对策，既有理论意义，又有现实意义，同时也具有相当的迫切性。

第 1 章 绿色制造提出的背景

生态经济、循环经济和绿色制造是相关的概念，它们都是在相同的背景下产生和发展的。20 世纪 60 年代以来，随着科学技术进步和社会生产力水平的极大提高，人类创造了前所未有的物质财富，推进了社会文明发展的进程。但是，世界性人口膨胀、粮食短缺、能源紧张、环境污染、资源匮乏等问题，向人类敲响了生存环境危机的警钟。随之世界上第一次掀起了旨在拯救人类生存和发展的生态环境的绿色运动。对此，理论界围绕着生态与经济协调发展的问题，展开了激烈的讨论，形成了“百家争鸣”的绿色思潮。绿色制造理论正是在这样的背景下应运而生，成为指导许多发展中国家进行工业化的重要理论。

1.1 绿色经济:工业与环境协调发展的理想模式

1.1.1 “黑色”经济：困扰当今中国发展的毒瘤

2005 年，中国经济总量达 182321 亿美元，比上年增长 9.9%。中国经济取得的成就举世瞩目。但是，经济的高速发展也带来了严重的环境污染和生态破坏，尤其因为中国经济长期以来沿用粗放型的增长方式，投入多、产出少，消耗高、浪费大，经济增长的质量和效益不高，环境污染尤为严重。中国环保总局提供的数据显示，工业废水排放量的不断增加，造成了严重的水污染，工业发达城镇附近的水域污染更为突出。七大水系中，符合《地面水环境质量标准》1、2 类的占 32.2%，符合 3 类的占 28.9%，属于 4、5 类的占 38.9%。78%的城市河段不适宜作饮用水源，50%的城市地下水受到污染。主要湖泊富营养化严重。近岸海域海水污染严重，环境状况总体较差，赤潮频繁等等。

中国的大气环境污染状况也极为严重。2005 年全国年废气以煤烟型为主，其中二氧化硫排放约 2549.3 万吨，酸雨污染范围波及国土面积达 100 多万平方公里，年均降水 pH 值低于 5.6 的区域仅占全国面积的 40%。环境污染对中国经济造成了重大损失。据国家环保局估计，中国环境问题所造成的总损失约占中国国民生产总值的 8-10%！环境污染严重地影响着人民生活质量的提高。据世界银行估计，在中国的主要城市，每年约有 17.8 万人因大气污染的危害而过早死亡；水污染加剧了水的供需矛盾，威胁着人民的健康，流行病中有 80% 由污染水传播；在沈阳、上海及其它一些主要城市，受调查儿童血液中的平均铅含量超过被认为对智力发展不利水平的 80% 左右。直接受“黑色产品”影响致死致伤的案件更是层出不穷。另一方面，按人均指数，中国是个资源短缺国家。中国经济总体上属于资源依赖型产业结构，如何节约资源、再生资源也成为中国发展所面临的问题。

所有这一切，我们称之为“黑色”经济，也即高污染、高能耗的粗放型经济增长

模式，成为中国良好经济发展形势下的一颗毒瘤，严重困扰和威胁着中国未来的发展前景。如何摆脱这种毒瘤，走上可持续发展之路，已经成为党和国家考虑的重大问题。

中共十六大指出，中国要在本世纪头二十年，集中精力全面建设惠及十几亿人口的更高水平的小康社会，要走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路，实现经济、社会和环境的协调发展。

胡锦涛同志更强调指出：“要加快转变经济增长方式，将循环经济的发展理念贯穿到区域经济发展、城乡建设和产品生产中，使资源得到最有效的利用。最大限度地减少废弃物排放，逐步使生态步入良性循环”。实际上，这就提出了走绿色经济、发展绿色工业的指导思想。

1.1.2 绿色经济：中国经济发展的战略选择

绿色经济既注重环境保护，又加强资源节约与再生，从而实现人与自然的协调发展。这既是指具体的单位经济，又是指一个国家的国民经济，甚至是全球规模的经济。

绿色化是可持续发展的内核，其最基本的含义是指“既能满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害。”其主要内涵是，健康的经济发展应建立在生态可持续能力、社会公正和人民积极参与决策的基础之上；对资源环境有利的经济活动应给予鼓励，反之则予以摒弃；不以 GNP 或 GDP 作为衡量发展的唯一指标，而以社会、经济、文化、环境等多项指标来综合评价；即使以 GDP 为衡量指标，也应该引入绿色 GDP 或者 EDP（绿色国内生产总值）的概念。这样，将人类的眼前利益与长远利益、局部利益与全局利益协调统一好，就有可能使人口、资源、环境和发展实现良性互动，改进人类的生活质量，同时不会超过支持发展的生态系统的负荷能力。

因此，要发展绿色经济，需要三个层面的支持：在工业发展思路上，我们必须坚持走绿色工业化道路，它是实现绿色经济的主体；在企业层次上，需要建立绿色评价标准，这是实现绿色经济的微观基础；在社会层面上，需要政府、群众、社团的大力协助，只有这样，才能营造发展绿色经济的社会氛围和保障。

1.1.3 绿色工业：绿色经济的实现主体

如前所述，正是外部性不经济性的存在导致中国现有的“黑色”经济现象，要实现从“黑色”经济到绿色经济的转变，首要需要转变的是经济发展思路，走绿色工业、绿色农业、绿色服务业的道路。在三大产业的绿色化过程中，工业的作用毋庸置疑，是承担主角。目前农业所带来的生态问题主要来源于工业产品，服务业的绿色化同样需要绿色工业产品的配套发展。因此，走绿色工业化道路是实现绿色经济的主体，也是最重要、最关键的部分。

绿色工业包括三个层次：一是清洁生产的环保经济。二是节约资源的循环经济。

三是预防污染的再制造业

(一)清洁生产的环保经济

美国世界资源研究所提出，可持续发展就是“建立极少废料和污染物的工艺和技术系统。”由此可见，清洁生产是实施可持续发展战略的核心内容之一。清洁生产的概念可以追溯到 20 世纪 70 年代，它有两个来源：一是来自理论思维，即从揭示目前人工的技术圈和自然的生物圈之间的对抗性关系，提出了要将技术圈纳入生物圈使两者兼容的任务，欧洲、日本、前苏联乃至中国的一些学者逐渐构筑了“工业生态学”的学科框架，试图通过仿效自然生态系统的结构原则和运行规律，致力于提高工业生产中的资源的利用效率，削减废料，组织再循环以及实现能源脱碳、脱硫，从而促进工业发展模式的转变；二是来自工业的实践活动，面对日益苛刻的达标排放的压力，美国 3M 公司率先制定了污染防治的环境方针和行动计划，确认采取预防性战略不但更容易满足有关的环保要求，而且可以赢得可观的经济效益，综合生产过程和改革产品的原料削减措施，使环保投入变成一种回报丰厚的经营活动。

目前清洁生产的关注领域正在不断扩展。例如，它最初的关注对象是生产过程，现在逐渐延伸到对产品的关注，这意味着清洁生产从生产领域扩展到了消费领域；从对有形产品的关注，逐渐延伸到对无形产品—服务的关注，亦即清洁生产扩展到了第三产业，涵盖了社会的所有经济活动；从企业层次上升到了区域层次，亦即开始仿效生态系统的原理，创建生态工业园，谋求工业群落的优化；从工业活动正在推向宏观经济的规划和管理，组织循环经济，促进物料的再循环；从原本着眼于污染防治而进一步强调抓源头的资源利用，推进非物质化进程。与此相应的，很多国家提出了物耗、能耗零增长，污染物零排放以及污染物零填埋的奋斗目标。

这样，通过颁布一系列的法律法规，中国确立了清洁生产在新型工业化过程中的重要地位。

(二)再生资源的循环经济

如前所述，清洁生产的领域正在扩展，从工业活动正在推向宏观经济的规划和管理，形成再生资源的循环经济，这才是清洁生产的最终目标，也是环保经济的高级和理想阶段。

循环经济起源于工业经济，其核心是工业物质的循环。循环经济是对物质闭环流动型经济的简称，本质上是一种生态经济。它倡导在物质不断循环利用的基础上发展经济，建立“资源-产品-再生资源”的新经济模式，以彻底改变“资源-产品-污染排放”的直线、单向流动的传统经济模式，从而把经济活动对环境的影响降低到尽可能小的程度。

循环经济的建立依赖于“减量化（reduce）、再使用（reuse）、再循环（recycle）为内容的行为原则（称为 3R 原则），每一个原则对循环经济的成功都是必不可少的。

但是，3R 原则在循环经济中的重要性并不是并列的。因为循环经济的根本目标是要求在经济流程中系统的避免和减少废物，而废物再生利用和重新循环只是减少最终废物产生的方式之一。

循环经济是一种“三赢”经济。衡量可持续发展有三个目标：经济上要创造更多价值、环境上要减少环境影响、社会上要解决人口就业。事实表明，循环经济能够把经济、环境、社会三者的发展有机结合起来：它可以使资源得到可持续利用，从而解决环境问题；它使社会生产从数量性的物质增长转变为质量性的服务增长，从而促进经济发展；它还可以拉长生产链，增加就业机会，从而有利于社会发展。

在工业经济系统中，循环经济有以下三种循环、或称三个层面上的物质循环：小循环—企业内部的物质循环；中循环—企业之间的物质循环；大循环—整个社会的物质循环。

（三）防治污染的再制造业

从西方国家发展循环经济的实践看，发展再制造业是节省资源、预防污染的一条重要途径。其也是循环经济一部分，之所以单独表述，是因为中国再制造业尚未起步，而再制造资源又极其丰富。全球再制造企业已达 7.3 万余家，中国专门从事再制造企业只有 2 家，中国经济社会发展面临资源和环境的严峻挑战，迫切需要加快再制造业发展。其意义大体是四个方面：

第一，缓解自然资源紧张矛盾。中国是一个资源消耗大国，又是一个资源匮乏的大国。据统计，中国 45 种主要资源的人均占有量不足世界平均值的一半。400 多处主要矿区大都进入开发中晚期，20 年内只剩下 6 种尚能自给。经过数千年的开发和利用，中国有形矿资源大部分实际上已不再埋在地下，而是以废旧物的形态堆积地面，构成了“都市里的矿山”。未来的出路就是将主要废弃物再次回收再制造，形成新财富。据测算，中国每回收 1 万吨废弃物资源，可以节约自然资源 4.1 万吨，节约能源 1.4 万吨粉煤；每利用 1 万吨废钢，相当节约铁矿石 2 万吨，节约 0.4 万吨标准煤。

第二，缓解设备报废高峰期带来的环保压力。中国在改革开放初期从国外引入了大批大型成套设备。按照一般设备寿命 20-30 年计算，陆续达到报废期，2010 年左右达到高峰期。与此同时，随着保有量增加，中国每年报废的电子产品、计算机、汽车、摩托车等相应增多，这些废弃物不及时妥善处理，将给环境保护带来巨大压力。

第三，在减少资源投入情况下，实现产业结构升级。发展再制造业，以较少投入可实现产业升级。以机床为例，中国现有机床约 400 万台，其中数控化只占 10-20%，而美国已达 80%。从本世纪初，这些机床陆续进入报废期。如果采用纳米表面工程技术和数控化仪器技术对这些机床进行再制造，有效恢复旧机床的机械性能，改善其控制及加工能力，实现设备的精确化和智能化加工，有关费用可比购买新机床节约六至八成，每年可产生数百亿的经济效益。这些中国东部沿海地区，在减少能耗与污染情况

下，实现产业升级更具紧迫性和现实意义。

第四，缓解就业压力。再制造业属于典型的劳动密集型产业，一个完整的再制造过程是指旧产品的回收、拆解、分类、清洗、修复（或升级）、检测等环节。由于回收的废旧资源种类繁多，数量差异悬殊，新旧程度不一，拆解、清洗、零件检测及分类等流程的工作常常只能由人工来完成。国外实践证明，与传统制造业相比，生产相同产品的再制造企业要节约 3-5 倍劳力。

1.1.4 绿色制造：建立绿色经济的微观基础

国家环保总局已经制定了生态县、生态市、生态省建设指标体系，将环保业绩作为考察官员的一个重要方面。但是走绿色工业道路，实现经济的良性发展，归根结底要靠各行各业的企业。只有各个企业真正做好了环保措施，实现了企业内部和企业之间的良性循环，才能获得宏观经济和保护环境双重发展的效果。为了达到绿色制造企业的标准，我们认为企业应该做到以下两个方面：

(一) 保护环境

1、绿色产品

所谓绿色产品，就是符合环境标准的产品。即产品本身的质量要符合环境、卫生和健康标准，其生产、使用和处置过程也要符合环境标准，既不会造成污染，也不会破坏环境。关于绿色产品的主要评价包括：产品及生产中不得含有或使用禁用的物质、产品及生产中不得含有或使用中国签署国际公约中禁用物质、产品安全、卫生和质量要求应符合标准的要求。

2、清洁化生产

如前所述，要使产品符合环保要求，其生产过程同样需要符合环境标准，实施清洁化生产。

这方面的评价指标主要是生产过程中的废气处理、噪音控制等方面必须保证生产工人的安全。因此，一个重要的方面就是生产过程的机械化与电子化。

企业内部生产清洁化有利于生产工人的健康与安全，体现了以人为本的思想。同样，一个有强烈社会责任感的企业还得保证对外部环境的污染达到最低，从而赢得企业与社会的双重发展。

这方面的主要评价指标包括：环保投入占其总产出的比例（这是非常重要的指标，一方面说明了该企业对环保的重视程度，另一方面也说明了单位产出分担的环保成本，从而可以计算出一个环保企业规模）；大气污染；水污染；固废污染等。

(二) 资源节约、资源再生

1、节约资源

全球资源短缺的时期即将到来，真正的环保企业还必须做到节约资源。节约资源包括两个方面：一是生产过程中的资源节约，二是产品的回收再利用。

主要的评价指标有：单位产品消耗自然资源（包括可再生资源和不可再生资源）；单位产品消耗能源；废品回收利用率等。

2、再生资源

再生资源，才是缓解资源危机的根本之计。环保经济的最高阶段就是做到再生资源，实现真正的循环经济。每个企业在消耗资源的同时，应该努力做到再生资源。当然这是针对那些能够再生资源的行业而言。如造纸业的原料之一木材就是可再生资源。

再生资源的主要考察指标应包括：再生资源投入占总产出的百分比；再生资源占总消耗资源的百分比（对于某些以再生资源为主要原料的行业，可以设定一个最低比例作为市场准入的门槛）等。

以上的两方面四层次评价体系只是初步设想，各个行业可以根据这个五层评价体系，建立行业的环保企业标准，制定严格的评价指标体系。当然，这些评价体系的制定同样需要政府部门法律法规的密切配合。如日本就制定了《废弃物管理法》、《资源有效利用法》、《容器包装回收利用法》、《家电回收利用法》、《建材回收利用法》、《食品回收利用法》、《绿色采购法》等多部环保法律法规。

1.2 绿色制造：中国经济可持续发展的根本要求

1.2.1 中国环境污染问题严重

中国经济的发展产生了大量的工业污染和环境污染，具体情况如下：

(一)工业废水污染

1. 全国工业废水排放总量情况

2005 年，全国废水排放总量 524.5 亿吨，比上年增长 8.73%，其中工业废水排放量 243.1 亿吨，比上年增长 22 亿吨，比上年增长了 9.95%；工业废水排放量占废水排放总量的 46.3%，工业废水排放量的增长率高于上年。从表 1.1 可见，工业废水相对于生活污水来说，尽管其排放量近几年增加幅度较为缓慢，但是工业废水仍然是一个重大污染源。

表 1.1 全国废水及其主要污染物排放量年际对比

项目 年份	废水排放量（亿吨）			COD 排放量（万吨）			氨氮排放量（万吨）		
	合计	工业	生活	合计	工业	生活	合计	工业	生活
2000	415.2	194.3	220.9	1445.0	704.5	740.5	-	-	-
2001	433.0	202.7	230.3	1404.8	607.5	797.3	125.2	41.3	83.9
2002	439.5	207.2	232.3	1366.9	584.0	782.9	128.8	42.1	86.7
2003	460.0	212.4	247.6	1333.6	511.9	821.7	129.7	40.4	89.3
2004	482.4	221.1	261.3	1339.2	509.7	829.5	133	42.2	90.8
2005	524.5	243.1	281.4	1414.2	554.8	859.4	149.8	52.5	97.3

原始数据来源：据中国环境统计年报 2004 及全国环境统计公报 2005 整理而得。

2003 年，工业废水中化学需氧量排放量 512 万吨，比上年减少 72 万吨，降低了 12.3%，工业废水中化学需氧量排放量占化学需氧量排放总量的 38.4%，所占比例持续下降。工业废水中氨氮排放量 40 万吨，比上年减少 4.0%，占氨氮排放量的 31.1%。2003 年，工业废水中石油类排放量 2.4 万吨，与上年持平。工业废水中其他主要有毒有害污染物（包括汞、镉、六价铬、铅、砷、挥发酚、氰化物）排放量为 0.4 万吨，其中汞、铅、砷的排放量比上年有较大幅度的增加，不同于近年来这些污染物排放量持续下降的趋势（见表 1.2）。排放汞、铅、砷污染物的行业主要为有色金属行业、化工行业、黑色金属行业、非金属矿物制造业以及电力行业等，均属于当年迅猛发展的能源和原材料行业。

表 1.2 全国废水中其他有毒有害污染物排放量年际对比 单位：吨

项 目 年 度	汞	镉	六价铬	铅	砷
1998 年	12.2	158.2	234.0	1063.8	844.1
1999 年	10.9	163.2	117.6	778.3	672.6
2000 年	10.1	138.5	119.7	655.2	578.7
2001 年	5.6	110.5	121.4	489.9	408.4
2002 年	4.8	105.6	111.1	484.8	346.2
2003 年	5.5	84.5	103.1	568.5	373.7
增减率（%）	14.1	-20.0	-7.2	17.3	7.9

资料来源：同表 1.1

2. 工业行业的废水排放状况

2003 年，在 41 个工业行业中，废水排放量前四位的行业依次为造纸业、化工制造业、电力业、黑色金属冶炼业，这四个行业排放的废水占重点统计企业废水排放量的 61.4%。工业行业废水中化学需氧量排放量前四位的行业依旧为造纸业，食品、烟草

表 1.3 重点行业废水中化学需氧量污染贡献率变化趋势 单位：%

行业	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
造纸业	43.2	43.8	40.8	35.3	34.5
食品、烟草加工及食品、饮料制造业	24.3	24.7	20.5	23.0	22.3
化工制造业	8.2	7.4	9.3	10.5	10.8
纺织业	5.3	5.9	4.8	5.7	5.6
累计	80.9	81.8	74.9	74.6	73.2

资料来源：同表 1.1

注：污染贡献率指该行业某种污染物排放量与统计行业此污染物排放总量之比，下同。

表 1.4 重点行业经济贡献率变化趋势（按总产值计算） 单位：%

行业	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
造纸业	2.2	2.3	2.3	2.2	2.4
食品、烟草加工及食品、饮料制造业	11.6	11.3	10.3	10.2	10.1
化工制造业	9.1	9.6	9.2	7.8	9.5
纺织业	6.6	6.1	5.6	5.0	4.8
累计	29.5	29.3	27.4	25.2	26.8

资料来源：同表 1.1

注：经济贡献率指某行业的工业总产值（现价）与统计行业总产值（现价）的比值，下同

表 1.5 重点行业化学需氧量排放强度变化趋势 单位：吨/万元

行业	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
造纸业	0.332	0.249	0.168	0.121	0.094
食品、烟草加工及食品、饮料制造业	0.035	0.029	0.019	0.017	0.014
化工制造业	0.015	0.010	0.010	0.010	0.007
纺织业	0.013	0.013	0.008	0.009	0.008

资料来源：同表 1.1

注：排放强度指某行业或地区污染物排放量与相同范围内统计工业总产值（现价）的比值，下同
加工及食品、饮料制造业，化工制造业，纺织业，四个行业废水中的化学需氧量排放量占全国重点统计企业化学需氧量排放量的 73.2%。占重点统计企业废水中氨氮排放量前四位的行业为化工制造业、农副食品加工业、造纸业和食品制造业，四个行业共占重点统计企业氨氮排放量的 70.9%。其中，化工和造纸行业所占比率比上年有所下降，食品行业与上年持平。

表 1.3~1.5 说明，造纸行业的化学需氧量污染贡献率排在各行业之首，而其经济贡献率在四个行业中最低，化学需氧量排放强度也是各行业中最大的。但是，从五年变化趋势看，造纸行业正在向良性的方向发展，其化学需氧量污染贡献率和排放强度下降比较明显。另外，化工行业化学需氧量污染贡献率呈缓慢上升趋势，纺织行业经济贡献率呈缓慢下降趋势，几个重点行业的化学需氧量排放强度均逐年有所下降。

（二）工业废气污染

1. 全国工业废气排放总量情况

从表 1.6 中可知全国近年废气中主要污染物排放量。2005 年，全国二氧化硫排放量为 2549 万吨，比上年增加 13.1%，其中工业二氧化硫排放量为 2168 万吨，比上年增加 14.6%，工业二氧化硫排放量占全国二氧化硫排放量的 85.1%。由于工业二氧化

硫排放量占全国二氧化硫排放量的 80% 以上，因此，全国二氧化硫排放量的年度变化趋势与工业二氧化硫排放量相同，也呈大幅增加趋势。

2005 年，烟尘排放量为 1183 万吨，比上年增长 8.0%，其中工业烟尘排放量为 948.9 万吨，比上年增长 7.0%，工业烟尘排放量占全国烟尘排放量的 80.2%。工业粉尘排放量为 911.2 万吨，比上年增长 0.7%。烟尘和工业粉尘的历年排放趋势与二氧化硫相似。2005 年工业烟尘和工业粉尘比上年的增加幅度小于工业二氧化硫，说明在相同的工业生产形势下，工业烟、粉尘的去除水平高于工业二氧化硫。

表 1.6 全国近年废气中主要污染物排放量 单位：万吨

项 目 年 度	二氧化硫排放量			烟尘排放量			工业粉尘排 放量
	合计	工业	生活	合计	工业	生活	
2000 年	1995.1	1612.5	382.6	1165.4	953.3	212.1	1092.0
2001 年	1947.8	1566.6	381.2	1069.8	851.9	217.9	990.6
2002 年	1926.6	1562.0	364.6	1012.7	804.2	208.5	941.0
2003 年	2158.7	1791.4	367.3	1048.7	846.2	202.5	1021.0
2004 年	2254.9	1891.4	364	1095	886.5	208.5	904.8
2005 年	2549.3	2168.4	381	1182.5	948.9	233.6	911.2

资料来源：同表 1.1

2. 工业行业废气中主要污染物排放情况

2003 年，二氧化硫排放量排名前五位的行业是电力业、非金属矿物制品业、化工制造业、黑色金属冶炼业和有色金属冶炼业，与上年占前五位的行业相同，五个重点行业共排放二氧化硫 1389 万吨，占重点统计企业二氧化硫排放量的 85.0%。烟尘排放量排名前三位的行业是电力业、非金属矿物制品业、化工制造业，三个烟尘重点排放行业占重点统计企业烟尘排放量的 69.5%，其中，电力业占 46.4%，比上年增长 1 个百分点。非金属矿物制品业和黑色金属冶炼业工业粉尘排放量占重点统计企业工业粉尘排放量的 87.8%，其中非金属矿物制品业占 75.1%，黑色金属冶炼业占 12.7%，所占比率与上年持平。

表 1.7 重点行业二氧化硫污染贡献率变化趋势 单位：%

行业	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
电力业	42.1	43.2	53.5	54.9	61.7
非金属矿物制品业	20.1	20.4	11.6	11.4	9.5
化工制造业	5.5	5.0	5.8	5.4	5.1
黑色金属冶炼业	4.7	4.6	5.4	5.9	5.1
有色金属冶炼业	4.4	4.4	4.5	4.9	3.6
总计	76.8	77.6	80.8	82.5	85.0

资料来源：同表 1.1

表 1.7 说明，五个行业二氧化硫污染贡献率逐年升高。其中，电力业和黑色金属冶炼业二氧化硫污染贡献率呈现升高趋势，尤其是电力业五年间上升了 16 个百分点，而黑色金属冶炼业近三年已基本保持平稳；有色金属冶炼业和化工制造业二氧化硫污染贡献率基本不变；非金属矿物制品业二氧化硫污染贡献率下降约 10 个百分点。

表 1.8 全国重点行业经济贡献率变化趋势 单位：%

行业	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
电力业	6.7	5.7	6.4	5.7	3.85	6.05
非金属矿物制品业	4.5	5.9	4.5	4.1	3.91	3.32
化工制造业	9.6	9.0	7.8	9.5	6.95	7.33
黑色金属冶炼业	7.2	7.8	8.7	9.8	12.85	9.53
有色金属冶炼业	3.0	3.4	2.9	3.0	4.06	3.91
总计	31.0	31.8	30.3	32.1	31.62	30.14

资料来源：同表 1.1

表 1.9 全国重点行业二氧化硫排放强度变化趋势 单位：吨/万元

行业	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
电力业	0.211	0.229	0.185	0.218	0.110	0.065
非金属矿物制品业	0.104	0.049	0.056	0.054	0.024	0.019
化工制造业	0.022	0.016	0.016	0.012	0.009	0.008
黑色金属冶炼业	0.067	0.017	0.015	0.012	0.007	0.07
有色金属冶炼业	0.020	0.034	0.038	0.027	0.0006	0.003

资料来源：同表 1.1

从以上三个表分析可以看出，电力业二氧化硫排放强度为 0.065 吨/万元，高于其他四个行业 4~18 倍。五年来，电力业二氧化硫排放强度有下降趋势，但其下降趋势不稳定，尤其是 2003 年比上年有较大幅度的增长。随着中国火电厂的不断建设，电力业二氧化硫污染贡献率还会逐年升高，而其经济贡献率却呈现下降趋势。因此，必须加快电力业的脱硫力度。其他四个行业排放强度逐年下降并保持在较稳定的水平，黑色金属冶炼业是唯一一个经济贡献率逐年稳步增加的行业。

(三)工业固体废物

1. 全国工业固体废物排放总量情况

2005 年，全国工业固体废物产生量 13.4 亿吨，比上年增加 12%；工业固体废物排放量 1654.7 万吨，比上年减少 6.1%。全国危险废物产生量 1162 万吨，比上年增加 16.8%。工业固体废物综合利用量 7.7 亿吨，与上年持平；工业固体废物贮存量 27876 万吨，比上年增加 7.2%，其中危险废物贮存量 337 万吨，比上年减少 1.7%；工业固体废物处置量 31259 万吨，比上年增加 17.4%，其中危险废物处置量 339 万吨，比上

年增加 23.3%，详见表 1.10

表 1.10 全国工业固体废物产生及处理情况 单位：万吨

年度	产生量		排放量		综合利用量		贮存量		处置量	
	合计	危险废物	合计	危险废物	合计	危险废物	合计	危险废物	合计	危险废物
2000	81608	830	3186	2.6	34751	408	28921	276	9152	179
2001	88746	952	2894	2.1	47290	442	30183	307	14491	229
2002	94509	1000	2635	1.7	50061	392	30040	383	16618	242
2003	100428	1170	1941	0.3	56040	427	27667	423	17751	375
2004	119643	995	1762	-	77000	-	26004	343	26626	275
2005	134000	1162	1655	-	77000	-	27876	337	31259	339

资料来源：同表 1.1

注：在“综合利用量”和“处置量”中含有综合利用和处置往年量。

2. 行业工业固体废物排放情况

2005 年，工业固体废物排放量超过 100 万吨的行业依次为煤炭采选业、黑色金属冶炼业、黑色金属矿采选业、有色金属矿采选业、化工制造业，五个行业工业固体废物排放量占重点统计工业行业固废排放总量的 74.5%。可以说作为发展中国家的中国在制造业上面临着国际上发达国家面临的问题，而且这种问题似乎更加严重。因此走绿色制造道路一定是中国经济进一步发展的根本要求和重要举措。

1.2.2 中国的资源短缺问题凸显

20 世纪 80 年代以来，中国的经济发展十分迅速，工业化过程大大加快，实现了国内生产总值翻两番的战略目标，然而仍然没有摆脱传统的高投入、高消耗、高污染、低效益的发展模式，导致了对资源和能源需求的急剧增长，在经济高速增长的同时，资源和能源的短缺问题日益突出。这种需求增长态势对中国的资源和能源供给形成了越来越大的压力，特别是在中国资源总量较小可耗竭的资源种类方面。更为严重的是，在资源和利用过程中存在着严重的资源和能源浪费，以及过低的资源和能源利用率。如果这种状况持续下去，将十分不利于资源和能源的可持续利用。

关于资源问题，多数的研究者关注的是其总量或人均水平，因为它们是发展的基础，同时也与资源的稀缺性有关，总量问题涉及资源的承载能力，而人均水平则反映资源拥有的真实状态。对于中国来说，资源问题主要集中在和发展问题相联系的资源合理利用问题，资源的总量与其人均水平恰好构成一对矛盾：多数资源的总量丰富，但所有资源的人均水平普遍偏低。这意味着中国并不缺少资源，只是在庞大的人口总量面前这种资源总量仍然是短缺的。中国资源的数量和品种，从总体而言在世界上居于前列，但人均资源量都明显位于世界后列，比如水资源，中国总量居世界第六位，

人均却排在 88 位。

中国是化石能源紧缺的国家，煤、石油、天然气只占世界可开采资源量的 12%、3% 和 2%，人均占有量分别只占世界人均占有量的 56%、15% 和 10%。在国民经济快速增长的带动下，中国能源需求和能源生产增长迅猛，2005 年一次能源生产总量为 20.6 亿吨标准煤，比 2000 年增长 88.6%，但能源生产的高速增长仍然不能满足需要。中国能源工业除了满足不断增长的能源需求外，还面临能源发展和环境保护尖锐矛盾的严峻挑战。

2005 年中国已经成为世界第一大煤炭消费国和第二大石油、电力消费国。钢铁、电解铝、水泥等 9 种重要工业原材料生产量大幅度增长，电力、煤炭等能源供不应求，高能耗、高污染行业的快速发展，对环境造成重大压力。据全国环境统计，2005 年中国煤炭消费总量 21.4 亿吨，比上年增长 10.6%；2005 年全国发电量达 24747 亿千瓦时，增长 12.3%；用电量 24689 亿千瓦时，增长 13.5%；当年的 GDP 增长为 9.9%，GDP 电力弹性系数 1.36（GDP 电力弹性系数为 13.45%/9.9%），造成电力供应紧张的主要原因是电力建设滞后于电力需求增长。当前，中国国民经济正处于重工业化快速增长的阶段，投资主导型经济拉动了工业增长，同时，消费结构升级带动了装备工业和基础原材料工业的快速扩张，钢铁、建材、有色金属、化工等高耗电工业迅速膨胀，这些用电大户行业的快速增长成为工业用电高速增长的主要因素，如 2003 年河北某地区用电量增长 30%，其中钢铁用电占了 80%。同时消耗占世界当年消耗总量近 50% 的水泥、35% 的铁矿石、20% 的氧化铝和铜，只创造了占世界 4% 的 GDP。由于中国的资金、技术、管理等原因造成资源的不合理开发和利用，使能源和资源的利用效率低下。目前，中国综合能源利用率约为 33%，比发达国家低 10 个百分点；单位产值能耗是世界平均水平的 2 倍多，是日本的 11.5 倍，是德国和法国的 7.7 倍，是美国的 4.3 倍，主要产品单位能耗平均比国外先进水平高 40%。又比如，以 GDP 需要能源拉动消耗强度来看（即标油吨/百万美元 GDP），中国是 1067，世界平均为 281，日本仅为 95.6，中国能源拉动消耗强度是世界平均值的 3.8 倍，是日本的 11.2 倍。这些数据一方面表明中国的经济效益偏低，另一方面也揭示了节约资源有相当大的空间。

而在资源、能源短缺的同时，资源的破坏和浪费又非常突出。滥采滥挖屡禁不止，资源的产出率、回收率和综合利用率低，生产、流通、生活和消费的浪费惊人，进一步加剧资源不足的矛盾。中国目前共生、伴生矿的利用率只有 20% 左右，矿产总回收率只有 30%，而国外先进水平都在 50% 以上。中国铜、铅、锌伴生金属冶炼回收率为 50% 左右，而发达国家的平均水平在 80% 以上。中国每年平均约有 200 万~300 万吨废钢铁、10 万~15 万吨废杂有色金属等未被合理回收。

《矿产资源与中国经济发展》的报告第一次以触目惊心的数据，彻底颠覆了“中国地大物博”的常规理念。报告称，除煤以外，中国主要的矿产资源都已告急。据统

计，中国现有的石油探明储量为 25 亿吨，天然气为 5.4 亿吨，而中国在未来 10 年内累计需石油 85-92 亿吨，天然气 9.2-10 亿吨。也就是说，中国油气资源的现有储量将不足 10 年消费，最终可采储量勉强可维持 30 年消费。到 2020 年，中国石油的年进口量将超过 5 亿吨，天然气将超过 1000 亿立方米，两者的对外依存度分别将达到 70% 和 50%。该报告还显示，在铁、铜、铝等储量上，无论是相对还是绝对，中国已无大国地位。而中国原储量、产量和出口量均占世界首位的钨、稀土、锑和锡等优势矿种，因为滥采乱挖和过度出口，绝对储量已下降 1/3 和 1/2，按现有产量水平保障程度已不超过 10 年。中国铁矿石资源大多是品位低、杂质多，无法满足生产高精尖钢产品的需要。难以直接利用的贫矿占 95% 以上，含铁平均品位只有 33%。2005 年中国钢产量达到 34936.2 万吨，进口矿石 27526 万吨左右，占总消耗量的 39.6% 左右。目前，中国铜矿资源保有储量为 6300 万吨，可利用的储量只有 3500 万吨，人均储量只有 13.2 克，仅相当于世界水平的 18%。而根据预测，到 2010 年中国铜的累计需求量将达到 3000 万吨，到 2020 年将达到 8000 万吨。2003 年，中国 60% 的铜矿资源依赖进口。中国已成为世界最大铝合金生产国，而中国铝土资源的人均占有量仅为 283 千克，相当于世界水平的 7.3%，而且几乎全部都属于难以冶炼的硬铝石。随着国内铝合金产量的快速增长，中国的氧化铝需求 1/2 依靠进口。

2004 年 7 月，吴敬琏提出了对先行工业化国家的早期经济增长模式和旧型工业化道路的质疑，他指出，“重化工业化”的“必经阶段”并不是中国不能绕过，而且各国的工业化过程都不存在这样一个必经阶段。因而，把重化工业当作带动国民经济发展的支柱产业，不符合中国国情。北京大学教授厉以宁随即对吴敬琏的观点进行了回应，他表示，工业重型化仍然是中国经济发展的必经阶段，“大国的发展不能绕开重化工的道路，尤其是中国这样一个拥有 13 亿人口的国家”。很快，争论“重化工业化道路”的正反两大派别形成。

而中国经济发展的态势，似乎正在逐步倾向重化工业化道路。有数据表明，近 8 年来，中国重工业产值增速一直高于轻工业，重工业占工业增加值比重逐年提高，至 2004 年已达 67.59%。2005 年上半年最新发布的统计数据更是令人惊叹。作为中国民营经济最活跃的区域浙江，经济投资和经济增长大幅放慢，甚至出现了 1998 年以来的首次负增长；当年第二季度，因为增速较低，广东规模以上工业总产值和增加值都被山东超过，丢掉了第一的位子。在巨大的压力下，长三角、珠三角纷纷呈现“由轻转重”的趋势，广东和浙江等省纷纷提出“工业重型化”的目标，汽车、石化、重型装备等企业得到倾斜式发展。当前，学界对重化工业化道路的共识在增强。

重化工业发展是部门分工深化的结果，也是提高劳动生产率的重要途径。但是，重化工业的发展也会带来诸多问题。首先，最突出的一个问题就是重化工业部门对能源和资源高度的消耗，使中国正成为全球能源和资源消耗的大国；大量的进口能源，

带来的问题必然是市场的高风险，而且威胁经济安全。此外，从铁矿石进口的教训来看，国际矿业集团可能联手抬高价格，还会出现成本攀高的问题。其次，就是环保问题。重化工业发展，污染物的排放量会很大。尽管我们在环境处理技术上已经有所发展，也在主张发展循环经济，但排放的增长绕不过去。怎么解决重化工业发展带来的生态环境问题，是必须考虑的问题。

严峻的形势表明，在当前，在快速工业化和城市化背景下，中国经济正进入重化工业化新一轮的发展阶段，资源和环境问题正成为困扰我们进一步发展的瓶颈。构建绿色制造体系是中国经济可持续发展的根本要求和迫切取向。

1.2.3 绿色制造是解决中国资源和环境问题的重要手段

长期以来，中国传统制造业追求的目标通常都集中在降低成本、提高产量或获取最大利润上，很少考虑生产活动对自然环境产生的影响和破坏作用，企业采用的是高投入、高消耗、高污染的传统发展模式；由于中国目前工业发展主要沿用粗放型发展模式，导致资源能源浪费严重，很少考虑资源回收和重用，加速了自然资源的耗竭；当前中国在工业经济与环境协调发展存在问题严峻，例如：工矿企业破坏土地、砍伐森林现象严重；能源、原材料消耗高，工业三废排放量大、综合利用率低、环境污染严重；矿产资源综合回收率低下、损失浪费大，据统计，到 2020 年，绝大多数矿产将出现缺口，使本身发展难以维持。环境是人类生存和发展的物质基础，环境污染严重，不仅影响人类的生活和生存质量，而且也会延缓甚至阻碍经济进一步发展。因此，必须利用高新技术装备制造业的各个环节，彻底改造传统产业，使其由传统发展模式向可持续发展模式转变。

实现可持续发展需要统筹考虑经济、资源、环境三大因素的优化，确保三者的协调发展。绿色制造是实现由传统发展模式向可持续发展模式转变的关键。只有从源头开始，致力于减少物料投入、控制污染和废弃物的发生，才能改变以往传统产业那种仅在污染发生后才进行末端治理的被动状态，实现经济效益和社会效益的双赢目标，此外，作为发展中的国家，实施绿色制造也是抵御绿色贸易壁垒、扩大产品出口、赢得市场竞争的最有效手段。

随着环境保护意识的增强，绿色制造的理念已逐渐成为人们的共识，绿色制造是彻底解决资源环境问题的根本途径和方法，是 21 世纪制造业可持续发展的必由之路。

1.3 绿色制造：全球化背景下开放经济的必然选择

当今经济全球化、新科技革命浪潮和产业结构新一轮大调整趋势，其本质是全球经济一体化。各国通过开放国内市场、开拓国际市场，使本国经济与国际经济联系日益密切。由此所产生的产业资本跨国流动加速、产业技术跨国转移和扩散效应增强、信息跨国界传播速度加快，使产业发展路径不再单纯依赖本国的资源禀赋结构、技术

进步状况和国内市场需求，而是更多地取决于国际贸易、产业转移、外国直接投资所产生的各种渗透和扩散效应。随着经济全球化进程的加速，对一国的产业生态化影响存在着两面性：一方面，污染密集、生态密集和资源密集的产业并不会随着经济发展而逐渐消退，而是向环境和资源消费标准低的发展中国家转移，由于生态的全球性特征而导致产业生态化并不能随着产业技术进步和经济发展同步推进；另一方面，发展中国家和发达国家间的贸易结果，会迫使发展中国家采用和发达国家相同的环境标准，这类贸易的结果会提升全球的环境标准，从而推动产业生态化，同时，绿色壁垒也成为国际贸易中最为常用的武器。

当前，随着人均收入的提高，居民对生态环境的需求不断上升，为了迎合消费者的需求，企业在生产的各个环节都开始追求较高的环境标准，政府也会充分考虑公众的意愿不断提高环境标准，造成本国产业因环境成本的提高而降低国际市场竞争力。为了保护本国产业，各国会利用贸易措施来对付环境标准低于本国的国家(Michael. J. Ferrantino. 1997)。他们通过制定种种措施，如设置贸易禁令、生态关税或称绿色贸易壁垒(Green Barriers, GBs)、边境税调节和绿色补贴等，反对他国的产品进入本国市场实行生态倾销(eco-dumping)，从而迫使他国在进入本国市场时采用该国的环境标准。发达国家采取种种措施，迫使发展中国家在和发达国家的贸易中采用更为严格的环境标准。如从1996年4月1日起，德国就正式禁止偶氮燃料染色的纺织品进入本国，违反该法将视为犯罪，不但进口的纺织品要全部焚毁，进口商和生产厂商还要受到严惩。自德国这一禁令颁布之后，许多国家如荷兰、丹麦、瑞典、法国等国纷纷效仿。而发展中国家的产品要进入这些发达国家的市场，就必须遵照以发达国家为首的环境标准并取得“绿色环境认证”的标志。贸易连锁反应的结果最终导致“竞争领域的均等化”(level the playing field)，导致发展中国家至少在从事国际贸易的产业领域能够执行发达国家的环境标准。

环境标准较低的国家在和发达国家的贸易中，一方面为发达国家提供生态密集的产品。另一方面，如果发达国家对进口产品有较高的环境标准，则出口国就会要求提高其环境标准，甚至会提高该国的资源再用水平和资源利用效率。如中国出口到德国的冰箱不但要求禁止使用佛里昂，而且要求冰箱所用材料中要有40%是再生材料。许多发达国家在和发展中国家的贸易中，要求发展中国家在各个方面都能提高其环境标准：不仅在有形产品领域，而且在金融、信息等服务贸易领域；不仅涉及中间产品和工业制成品，而且涉及包括研发、加工、包装、运输、销售和消费在内的整个产品生命周期的各个环节。为此，发展中国家必须通过加强绿色招商，提高循环技术创新能力、加快循环技术的产业化进程、加大污染密集和资源密集产业的循环技术改造力度、通过绿色制造等发展具有环保竞争力的产品，从而推动中国出口的竞争力。

此外，由于生态消费量大，许多发达国家都希望从他国尤其是对生态环境要求不

高的发展中国家进口生态密集产业来满足国内需求。改革开放以来中国商品的出口的绿色含量正在发生迅速变化，但和发达国家相比，中国的出口商品中大多是具有劳动密集、资源密集和污染密集的产品。劳动密集型产品的生产过程所具有的粗放式特征，缺乏对资源的节约和环境的保护。据统计，中国出口产品的污染密集度在 30% 以上，大部分行业在贸易出口额上升的同时，废气、废水和固体废弃物的排放呈持平或上升趋势。发展中国家在和发达国家的贸易中虽然能够提高环境标准，但环境标准的提高并非表现在所有产业中，如果发达国家对某些污染密集和生态密集型产业的产品仍然存在较旺盛的市场需求，这部分产业就会转移至环境标准可能降低或生态环境产权不明晰的国家或地区。中国的制革业和羊绒业因贸易开放而在短期内急剧发展起来就是很有说服力的佐证。

随着世界范围产业转移的深入发展，以及发展中国家经济实力的上升，发展中国家在面对全球产业转移过程中已开始有意识的筛选和引导那些符合环保标准的产业和产品。发展中国家可以通过加强绿色招商，提高循环技术创新能力、加快循环技术的产业化进程、加大污染密集和资源密集产业的循环技术改造力度、着力发展具有比较竞争优势的产业等一系列措施，全面推动产业生态化进程，发展绿色经济是全球化背景下开放经济的必然选择。

第2章 绿色制造的理论基础

任何一种经济增长模式的提出都是以某种理论为基石的。绿色制造理论也是人类在长期思考经济增长与资源环境关系以及人类的可持续发展等问题的结晶。从最早的生态经济、循环经济到可持续发展理论,这些构成了绿色制造提出的理论逻辑。而外部性理论和产权理论则为人们提供了经济增长过程中资源环境问题的产生提供了理论解释,并也成为绿色制造理论的重要理论基础。从生态经济、循环经济到绿色制造体系,是人类在发展道路上哲学思考的“螺旋式”上升。

2.1 绿色制造提出的理论逻辑

2.1.1 生态经济概念的提出

20 世纪 60 年代中期,美国经济学家 Kenneth Boulding 发表了《宇宙飞船经济观》,引起了世界的巨大轰动,60 年代后期,在他的一篇论文《一门科学:生态经济学》中正式提出了“生态经济学”的概念。而生态经济学真正作为研究生态系统和经济系统关系的一门学科走上国际舞台是在 20 世纪 80 年代,以 1989 年国际生态经济学会(International Society for Ecological Economics)的创立和《生态经济》杂志的创刊为标志。自那以后,成立了两个著名的生态经济研究机构,一个是位于美国马里兰大学的国际生态经济学研究所(International Institute for Ecological Economics),另一个是位于瑞典斯德哥尔摩瑞典皇家学会的北界国际生态经济学研究所(Beijer International Institute for Ecological Economics)。这两个研究所及学会会员的研究动向大体代表和左右着西方英语国家生态经济学的动向。他们的研究进展对世界生态经济学界亦有重大影响。

2.1.2 循环经济的产生

随着生态学的迅速发展,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。这种新的经济形态就是所谓的“循环经济”,它本质上仍然是一种生态经济。

“循环经济”是相对于传统的物质单向流动的线性经济模式而言的,代表了新的发展方向和发展趋势。在传统工业社会的“自然资源—产品—消费—污染排放”单向流动的线性经济中,人们高强度地把地球上的物质和能源提取出来,经过生产以及消费,然后又把污染和废物大量地抛弃到空气、水体、土壤等这些被当作地球“垃圾箱”的地方。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,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。20 世纪 90 年代以来,随着可持续发展战略思想的传播,发达国家正在把发展循环经济、建立资源节约型和环境友好型社会,作为实现环境与经济协调发展的重要途径。

2.1.3 绿色制造的提出和发展

随着工业化进程的加快,第二产业在许多国家的国民生产体系中占据越来越重要的地位。与此同时,制造业在将制造资源转变为产品的制造过程以及产品的使用过程和废弃处理过程中,一方面消耗大量人类社会有限的资源,另一方面造成环境污染。“绿色制造”理念正是旨在解决制造业的资源消耗和所带来的环境问题而提出的。

有关绿色制造的研究可追溯到 20 世纪 80 年代,但比较系统地提出绿色制造的概念、内涵和主要内容的文献是美国制造工程师学会(SME)于 1996 年发表的关于绿色制造的专门蓝皮书《Green Manufacturing》(Melngk S A, Smith R T, 1996)。1998 年 SME 又在国际互联网上发表了绿色制造的发展趋势的网上主题报告(Duffie N, 1998),对绿色制造研究的重要性和有关问题又作了进一步的介绍。绿色制造及其相关问题的研究近年来非常活跃。特别是在美国、加拿大、西欧等一些发达国家,对绿色制造及相关问题进行了大量的研究。

2.1.4 三者产生的关系

生态经济、循环经济和绿色制造是相关的概念,三者都是对传统的环保理念的冲击和突破。三者的产生和发展过程,是我们对人与自然的协调关系越来越明确的过程。随着人与自然关系的矛盾的出现,环境保护越来越受到人们的重视,提出了生态经济学的概念,运用生态与经济学理论,研究社会再生产过程与生态系统之间相互关系的规律及其应用,从理论上提出了解决人与自然之间的矛盾的方法。资源短缺问题的显现,如何有效地利用资源问题变得越来越重要,循环经济倡导的就是一种建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式,研究的是资源反复循环利用以及在利用过程中不产生或只产生很少的废弃物,从根本上消解长期以来环境与发展之间的尖锐冲突。绿色制造的提出主要是为了解决制造业的环境污染问题,是综合考虑环境保护因素和资源利用效率的一种现代制造模式,主要是对微观企业的环境保护工作提出了解决办法。

2.2 绿色制造的理论渊源

2.2.1 生态与经济协调发展理论

绿色经济的理论基础是生态经济学。在生态经济学的理论中,各种生态经济学的理论综合成一个整体,其中,生态与经济协调理论是一个基本的、起着核心作用的理论,因此,研究绿色经济的理论渊源首先要研究此理论。生态与经济协调理论研究的

是人类的经济活动如何与自然生态环境相协调的问题，归根到底研究的是人与自然关系的协调。

（一）人与自然关系的历史变迁

自人类出现以来，就开始存在着人与自然的关系问题，并且随着人类社会和自然界的不断演进，人与自然的关系也随之发生了巨大的变化。

在原始时代，原始人以现成的自然物为生活资料，意识到人类对自然的依赖，人类受外部自然的驱使处于屈从、被支配的状况。在强大的自然力面前这种异己的力量逐渐演化成了图腾崇拜的对象和自然神灵观。图腾崇拜是古代人的哲学思考，也是对人与自然关系问题的最早思考。图腾崇拜，说明了古代人把自己与自然界融合在一起，人与自然的这种原始结合，体现了当时人与自然关系的一种天然的、纯朴的和谐，以及生态环境仍然处在一种自然平衡的状态。

到了农业时代，由于生产力的发展，人类改造环境的主动性、积极性不断提高，虽然对自然的干预往往也造成了始料不及的后果，有时达到可以破坏人类自己生存条件的地步。但总的来看，在以自然经济为基础的农业社会，人类对自然环境的影响还是有限的，人类对它的改变尚未超出其容量，人与自然的关系总体上仍维持着大体的平衡。这时，农业文明给人类带来的是一种悠然的“田园诗”生活。

随着工业文明的兴起，开始了真正的大规模的人作用于自然的时代，征服自然的逐步胜利和对自然认识的深化，在加快了人类对自然索取的同时，使人类产生了主宰自然、奴役自然、支配自然的行为哲学，人类逐渐成为了自然的主人。马克思指出，工业文明造成了人与自然的“异化”。培根也曾揭示：自然的奥秘也是在技术的干扰之下比在其自然活动时容易表露出来。人与自然的紧张关系在工业文明时代突现出来了。西方工业化虽然为人类创造了灿烂的物质文明，但导致了人与自然的紧张关系，威胁到人类社会的可持续发展，人与自然的紧张关系突出表现为资源枯竭和环境问题。

（二）生态与经济协调理论

生态与经济协调理论是随着当代社会经济的发展而建立起来的一个重要生态经济学理论，它是人与自然协调发展的具体化。它的建立体现了当代经济社会发展中生态与经济实现协调发展的迫切需求，也指明了生态时代人类社会经济发展的必然方向。

1、生态与经济协调是经济社会发展的必然趋势

人类的生产活动是人与自然关系的纽带，正是通过这个纽带才使自然生态系统和社会经济系统结成有机的统一体。社会再生产所需的一切物质和能量都来自于自然生态系统，因此，生态系统是经济系统赖以发展的物质源泉。当经济系统的调节机制破坏了生态系统的生物资源和环境资源的结构、布局和自我更新能力时，经济系统本身就会陷入恶性循环之中。

对于生态与经济的关系和发展前景，著名的“罗马俱乐部”1981年在其第九个报

告《略谈财富和福利问题》中提到：“经济和生态是一个不可分割的总体，在生态遭到破坏的世界里是不可能有利和财富的。旨在普遍改善福利条件的战略，只有围绕着人类固有的财产（即地球）才能实现；而筹集财富的战略，也不应与保护这一财产的战略截然分开。”并且说：“一面创造财富，一面又大肆破坏自然财产的事业，只能创造出消极的价值或‘被破坏’的价值”（奥尔利欧·佩奇，1985）。他们经过对近代人类经济社会发展实践过程的深刻研究，概括出了在经济社会发展中经济与生态两者的紧密联系不可分割，指出现代经济的发展要受生态环境制约的密切关系性和人类必须保护地球生态环境的客观必要性，同时也指出了人类社会最终要走上生态与经济协调的发展前景。这就初步阐明了生态与经济协调发展的客观必然趋势。

2. 生态与经济协调理论是经济与生态矛盾运动的产物

从人类社会发展的客体看，生态环境是人类社会发展的物质基础。人类社会的发展不能脱离生态环境，人要依靠生态环境而生存，也要依靠利用生态环境而发展。生态环境的实质是自然生态系统，其组成要素是各种自然资源，这就决定了发展经济必须要依托生态环境来进行。客观生态系统具有有限性的特点。自然生态系统所蕴涵的自然资源是十分丰富的，但同时它们又都是有限的。因此利用自然生态环境发展经济不能超过自然生态系统所蕴涵自然资源的阈限，超过了这一阈限就会造成生态环境的破坏。

从人类社会发展的主体来看，人是经济社会发展的主导。发展经济和建立人类社会都是人类有意识的经济活动。它由人的意志所引起，由人的经济活动所推动，其方向和结果也由人的目的所左右。人的发展经济的需求是无限的。人类社会要不断进步，人的物质和文化生活要不断提高，因此人向生态环境取用自然资源的要求也是无限扩大的。由此在人类的经济社会发展活动中，发展经济对自然资源需求的无限性与生态系统对自然资源供给的有限性之间，就必然会出现愈来愈尖锐的矛盾，从而就会出现生态与经济的日趋严重的不协调。

在人类社会发展的主体与客体之间的关系来看，要依靠人发挥正确的主观能动作用，使生态与经济的关系从不协调走向协调。在人类社会长期发展的实践过程中，人与自然（即经济与生态）的关系要经历三个相互联系和相互衔接的发展阶段：一是低水平的生态与经济协调阶段；二是生态与经济不协调和严重不协调阶段；三是高水平的生态与经济协调发展阶段。其中第一和第二阶段是人类社会已经走过的历程，这是从人类屈从于自然和走向征服自然的盲目过程。第一阶段，人们没有生态与经济协调的正确思想作指导。只是由于当时经济的发展水平很低，对自然生态环境的破坏不大，才维持着两者的低水平协调状态。第二阶段，人类依然没有生态与经济协调的正确思想作指导。她们为了无限地扩大发展经济，不顾生态环境存在的有限性的特点，在社会生产力愈来愈强大的情况下，就严重地损坏了生态环境这一人类经济发展的自然基

础，其结果就产生了愈来愈多的严重生态经济问题。而第三阶段则是当今人类社会正在走向的历程，这是生态与经济协调发展的理论已经建立，人们在正确的生态经济学理论指导下所要经历的自觉过程。

2.2.2 可持续发展理论

（一）可持续发展的概念

在人与自然关系的认识和环境与发展思想的演变中，可持续发展理论的提出是一个重要的里程碑。1987年，以布鲁兰特夫人为主席的世界环境与发展委员会公布了《我们共同的未来》研究报告，提出可持续发展是“既要满足当代人的需求，又不损害后代人满足其需求的能力的发展”；强调资源的公平分配，兼顾代际之间人的需求，建立在保护自然生态系统基础上的经济可持续发展模式，以达到人与自然的和谐相处。这一定义得到广泛的接受，并在1992年联合国环境与发展大会上取得共识。中国有的学者对这一定义作了如下补充：可持续发展是“不断提高人群生活质量和环境承载能力的、满足当代人需求又不损害子孙后代满足其需求能力的、满足一个地区或一个国家的需求又不损害别的地区或国家人群满足其需求能力的发展”。

可持续发展既不是单指经济发展或社会发展，也不是单指生态持续，而是指以人为中心的自然经济复合系统的可持续。因此，从三维结构复合系统出发，定义可持续发展：可持续发展是能能动地调控自然社会复合系统，使之人类在不超越资源与环境承载能力的条件下，促进经济发展、保持资源永续和提高生活质量。发展就是人类对这一复合系统的调控过程。可持续发展没有绝对的标准，因为人类社会的发展是没有止境的。它反映的是复合系统的运作状态和总体趋势。根据上述定义，第一，调控的机制能促进经济发展；第二，发展不能超越资源与环境的承载能力；第三，发展的结果是提高人的生活质量，创建人类美好的社会。

（二）可持续发展的两个基本要素

可持续发展定义包含两个基本要素或两个关键组成部分：“需要”和“对需要的限制”。满足“需要”，首先是要满足贫困人民的基本需要。“对需要的限制”主要是指对未来环境需要的能力构成危害的限制，这种能力一旦被突破，必将危及支持地球生命的自然系统如大气、水体、土壤和生物。决定两个基本要素的关键性因素是：1. 收入再分配以保证不会为了短期生存需要而被迫耗尽自然资源；2. 降低主要是穷人对遭受自然灾害和农产品价格暴跌等损害的脆弱性；3. 普遍提供可持续生存的基本条件，如卫生、教育、水和新鲜空气，保护和满足社会最脆弱人群的基本需要，为全体人民，特别是为贫困人民提供发展的平等机会和选择自由。

（三）可持续发展的基本理念

可持续发展的基本理念包含如下三种思想：1. 人与自然共同进化的思想——要求人类与自然和谐共处，呼唤生态道德；2. 世代伦理思想——不但要实现同代人发展机

会的平等，而且要实现代际间的平等，今日的发展要为明日的发展留下充足的空间，不以危害后代的发展为代价来维持当代的发展；3. 效率与公平兼容的思想——既重视效率，又追求社会公平，使每个人都有平等发展的权利，使每个人都有高质量的生活。此外，还有一些其他发展理论，如人与环境协调发展的综合发展观和以人为核心的新发展观。所有这些可持续发展理论所包含的积极思想成果，为制定可持续发展战略提供了一些值得借鉴的有益内容。可持续发展理论就是要打造一种人与自然和谐的新型关系。

（四）可持续发展理论的发展

在可持续发展的实践过程中，经济增长的评价指标也从以往的生态无价和资源低价，转向将生态消费作为投入，计入经济增长成本。由此导致了許多专家学者对全球生态系统服务价值估算的研究。其中一个具有较大影响的估算结果认为：全球生态系统每年所提供的各种服务总价值为 16-54 万亿美元，相当于 1997 年全球 GDP 的 1-4 倍 (Costanza, et al., 1997)。这一结果引起了国际社会广泛的关注和进一步的深入研究 (Loomis J, et al., 2000)，并将生态系统服务纳入综合国力的分析框架，认为具有可持续发展的综合国力是一个国家经济能力、科技创新能力、社会发展能力、政府调控能力、生态系统服务能力的综合体现 (李文华等, 2002)。生态系统服务能力是生态系统及其运转过程所形成的和所维持的人类赖以生存的环境条件和效用。而生态系统服务则是指人类直接或间接从生态系统所得到的利益，包括向社会经济系统输入有用的物质和能量、接收和转化来自社会经济系统的废弃物，以及直接向人类社会成员提供清洁空气、水、物种等舒适性资源和生物。它与传统经济学意义上的服务不同，生态系统服务只有很少一部分能够进入到许可的市场交易系统，大多数的生态系统服务是游离于市场之外的公共产品或准公共产品。

可持续发展理论提出后，人类的经济活动开始逐渐融入了生态有价的观念，强调经济活动中的生态特征和发展的可持续性。认为经济系统本身就是生态系统，或是生态系统的—个组成部分，这个系统的运行依靠物质和能量的循环、以及传导和操作这种循环的信息、机器和组织。经济系统的运转效率依赖资源和环境；而生态系统平衡的维持也同样依赖人类社会和经济的运转方式 (EI Serafy, S, 1989)。在可持续发展的生态经济学理念中，生态资本其本质是衡量代际之间分配自然资产的公平性。维持这种代际间的公平就要将当代人对现存的自然资产采用一定的贴现率将其折算到未来某—些时点进行衡量。当然在实践中，即使生态消费具有可循环性和可恢复性，由当代人所决定的代际间贴现率，也不可避免的带有当代人的主观偏好。也有学者认为自然生态环境一旦被人为的改变就难以恢复原貌，如地貌的破坏和物种的消失，人为的力量永远都不可能造成生态恢复的可逆过程。因此生态资本的使用并非如前述所言，可以采用循环资本加以替代。这种由不可逆性导致的不可替代性，使循环资本和固定

资本的相互替代理论在现实中不能成立。

但是,可持续发展的公平理念却由于这种不可逆性和不可替代性的存在而无法实现真正的公平,只能借助于制约资源消费数量和限制人口规模等方面,在不同代际之间寻求一个“契约”。契约的确定由于生态消费后恢复的不可逆性,可以采用经济成本和不可逆程度给予量化。尽管它的可操作性可能较差,但却为不同代际之间提供了一种道德选择,使人类在制定经济决策时会相应考虑生态资本,从而减缓了生态消费。为了履行代际公平的契约,当代人应首先避免将资源消耗成本和生态恢复不可逆性的积累超过某一标准。其实现的前提是对自然资源的损耗进行合理定价。

生态系统可持续性的服务由于其公共产品,或准公共产品的属性而使其计价存在许多技术和制度上的难点。但还是有许多经济学家,特别是资源经济学家和环境经济学家,都在不断探索经济福利和自然资源储备之间的相互关系,指出环境质量对经济福利的提高与经济活动的投入都具有重要的意义。因此要测算环境资源的总经济价值 TEV (Total Economic Value)。其价值由直接使用价值 DUV(Direct use value)、间接使用价值 IUV(Indirect use value)、选择价值 OV(Option value)和存在价值 NUV(Nature use value)组成。DUV 是指能直接进入当前消费和作为生产要素的那部分环境资源的价值;IUV 是指以间接方式参与消费和生产过程的那部分环境资源价值,即前述的生态服务功能;OV 是指人们愿意为保护环境资源以备未来之用的支付愿望;NUV 则与既不现在使用也不与选择使用有关的环境资源价值相关(戴维·皮尔斯等,1996)。由于上述的分析结论,使这种计价仍停留在理论研究的层次上,在实际中应用并加以推广仍尚待时日。但毕竟在公众对生态环境需求上升为需求重要组成部分之后,这一计价方式能够为生态环境保护提供相应的理论依据。

生态资源的不可逆性和不可替代性对经济决策的一个重要启迪,就是认为真正有效率的资源配置方式是采用生态效率做为衡量经济增长的重要标准之一。经济决策应反映出人类需求和资源环境之间的动态关系,如果某种自然生态景观在人们的心目中具有很高的价值,那么,投资决策的优化就应充分考虑这种生态价值(Norgaard, R, 1992)。因此可持续发展理论中所强调的固定资本和循环资本的可替代性,可以给人们在理论上提供了一种分析方法,它的存在使生态能够以资本的形式计算在人类社会经济的运转过程,资本节约和资本效率等人类社会经济中固有的观念,在一定程度上能够带来生态的节约,从而达到可持续发展的目的。

总之,人类社会生活在发展,自然界本身也在演化着。社会生活和自然界都有自己的规律,这些规律又不是单值决定性的。如何使人类争取社会生活进步的一切活动,都能与自然界由此而引起的变化相适应,即在认识和利用自然规律而不违反自然界规律的前提下,使自然界的演化更加有利于人类社会的发展,这就是可持续发展。换句话说,可持续发展并非简单地维持或恢复某种自然平衡,而是通过人的干预,或利用

自然界本身的力量，使自然平衡能为人类社会的长远发展提供经济利益和环境利益。

2.2.3 循环经济理论

美国经济学家鲍尔丁曾经作过一个比喻，说地球好比是宇宙中一个孤立无援的系统，与太空中的飞船一样。两者的共同特征都是不断消耗其内部的有限资源，一旦资源殆尽，就会毁灭。为了生存，飞船必须不断重复利用自身有限的资源，才能延长运转寿命。因此地球也为了可持续发展必须考虑重复利用地球自身的资源，于是循环经济理论被提了出来。

循环经济是对物质闭环流动型经济的简称，是一种新型的、先进的世界经济形态，是集经济、技术和社会于一体的世界系统工程经济，其发展是以实施可持续性的生态化和绿色化经济活动，以实行环境与资源保护法规制度、绿色制度和开发绿色技术措施及开展循环回收利用等活动为推动的，其实质是为了进一步保护人类赖以生存的环境，其存在的形式是以生态工业为重要形态的。

(一) 循环经济概念

最先明确提出循环经济（Circular Economy）一词的英国环境经济学家戴维·皮尔斯。而中国许多关于循环经济的概念界定更多地开始反映在国家的政策性文件或一些官员的观点之中。如解振华（2005）将循环经济定义为：循环经济呈现‘资源—产品—再生资源’的模式，从生产的源头和全过程削减污染，把废弃物作为放错了地方的资源，对最终产生的废弃物实行无害化处理，从根本上解决了经济增长与资源环境的矛盾；循环经济以最有效利用资源和保护环境为基本特征；其内涵和目标可以从技术和经济两个层次界定。在技术层次上，发展循环经济就是要在生产实践中，通过生产技术与资源节约技术相融合，减少单位产出的资源消耗，最高效率地节约使用资源；通过清洁生产技术和环境保护技术的融合，最大限度地减少生产过程中的污染排放；通过各种废弃物综合回收利用和循环使用，在最大程度上实现物质资源的循环使用；通过对所有垃圾的无害化处理，实现生态环境平衡。目标是实现经济和社会可持续发展。在经济层面上，发展循环经济需要一种新的制度安排和经济运行机制。需要把自然资源和生态环境看成稀缺的、社会大众共有的自然福利资本，因而要求将生态环境纳入经济循环过程中参与定价和利益分配。它要求改变生产的社会成本与私人成本的不对称性，使外部成本内部化；要求改变环保企业治理污染的内部成本与外部获利的不对称性，最终目标是实现经济增长、资源供给与生态环境的均衡，实现社会福利最大化和社会公平。

曲格平（2002）认为：所谓循环经济，本质上是一种生态保护型经济，它要求运用生态学规律而不是机械论规律来指导人类社会的经济活动。与传统经济相比，循环经济的不同之处在于：传统经济是一种由“资源—产品—污染排放”单向流动的线性

经济，其特性是高开采、低利用、高排放。在这种经济中，人们高强度地把地球上的物质和能源提取出来，然后又把污染和废弃物大量地排放到水、空气和土壤中，对资源的利用是粗放的和一次性的，通过把资源持续不断地变成废弃物来实现经济数量型增长。与此不同，循环经济倡导的是一种与环境和谐的经济发展模式。它要求把经济活动组织成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程，其特征是低开采、高利用、低排放。所有的物质和能量要能在这个不断进行的循环中得到合理和持久的利用，以把经济活动对自然环境的影响降低到尽可能小的程度。马凯对循环经济的定义则是针对工业化进程中的“大量生产、大量消费和大量废弃”现象，是用循环经济的3R原则，提出生产环节资源投入减量化、资源使用高效化和废气排放减量化，并认为只有采用了这种循环利用资源的生产方式才是符合可持续发展的增长模式（国家发改委经济体制与管理研究，2005）。

诸大建（1998）对循环经济的定义上升到了可持续发展理念的高度，认为“循环经济是一种善待地球的经济发展模式”，这种发展思路的产生是针对“工业化运动以来高消耗、高排放的线性经济而言的”。由于传统工业化过程极大程度地耗竭了自然资源和生态环境，因此人类要实现可持续发展，就必须把经济活动组织成为“自然资源—产品消费—再生资源”的闭合循环流程，从而将“经济活动对自然环境的影响控制在尽可能小的程度”。周宏春（2002）认为循环经济就是“通过废弃物和废旧物资的循环再生利用来发展经济”，但其目标却是通过废弃循环再用达到“使生产和消费过程中投入的自然资源最少，向环境中排放的废弃物最少，对环境的危害或破坏最小”的目标，并以此来全面改观经济增长模式，即：“实现低投入、高效率 and 低排放的经济发展。方莉华等人（2005）认为“循环经济是对物质闭环流动型（closing materials cycle）经济的简称，是相对于传统的线形经济而言的。循环经济是以资源的反复利用为核心，其依据是可持续发展的理论体系。所以，资源循环利用是循环经济的核心内涵，其中心要义是围绕‘循环’二字而展开的。‘循环’的直接意思不是指经济循环，而是指经济赖以存在的物质基础—资源在国民经济再生产体系中各个环节的不断循环利用。可见，循环经济倡导的是一种建立在物质不断循环利用的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，组织成为一个‘资源—产品—再生资源’的物质反复循环流动的过程，使得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。陈德敏（2005）采用了可持续发展的理念，指出发展循环经济的目的是为了“为保护环境，实现物质资源的永续利用及人类的可持续发展”，但他认为循环经济的推进依然要让市场经济制度起基础的调控作用，在此基础上辅之以社会调控，从而促进物质资源再生产和生活中循环利用。至于循环经济的经济形态，他认为是“以资源的反复利用为核心，依托于科技进步之上的，促进经济、环境与人类社会协调发展的运行状态，其依据的是可持续发展的理论体系，是从总体上对经济发

展与资源、环境的协调，而从国民经济宏观体系上提出的新概念、新观点。”因此，循环经济的核心内涵就是“资源循环”，这种资源是指“经济赖以存在的物质基础——资源在国民经济再生产体系中各个环节的不断循环利用(包括消费与使用)”。

左铁镛(2004)对循环经济的概念界定涵盖了自然生态、经济发展和社会和谐的内容，指出：“循环经济是运用生态学规律来指导人类社会的经济活动，是以资源的高效利用和循环利用为核心，以“减量化、再利用、再循环”为原则，以低消耗、低排放、高效率为基本特征的社会生产和再生产范式，其实质是以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价实现最大的发展效益；是以人为本，贯彻和落实科学发展观的本质要求；是实现从末端治理转向源头污染控制，从工业化以来的传统经济转向可持续发展的经济增长方式，从单纯的科技管理转向经济—社会—自然复合生态系统，从多部门分兵治理转向国家统一部署，与经济目标、社会目标和文化目标的有机结合，通过人文社会伦理教育、法律制度建设和科技创新“三剑齐发”，整合和优化经济系统各个组成部分之间的关系，走新型工业化道路，从根本上缓解日益尖锐的资源约束矛盾和突出的环境压力，全面建设小康社会目标，促进人与自然和谐发展的现实选择；是实现由依靠物质资源为主转向依靠智力资源为主，由生态环境破坏型转向生态环境友好型的历史性和突破性的重大革命；是建设物质文明、精神文明和政治文明，乃至生态文明的有效途径；是人类对人与自然关系深刻反思的积极成果。”

(二)循环经济的原则

循环经济的基本指导原则有三条(即3R原则)：(1)减量化(Reduce)原则。J是指在产品生产和服务过程中尽可能减少资源的消耗和废弃物、污染物的产生，采用替代性的可再生资源，以资源投入量最小化为目标，以提高资源利用率为核心。(2)再使用(Reuse)原则。是指产品多次使用或修复、翻新后继续使用，以延长产品的使用周期，防止产品过早成为垃圾，从而节约生产这些产品所需要的各种资源投入。要求消费群体改变产品使用方式，有效处长产品的寿命和产品的服务效能。即要求生产者将产品及其包装当作一种日常生活器具来设计，以达到再三使用的目的。因此制造商应尽量延长产品的使用期，并非更快地更新换代而淘汰原产品。如纸板箱、玻璃瓶、塑料袋的包装材料的再利用，有时甚至可以多达数十次循环。生产者应采用产业群体间的精密分工和高效协作，加大产品到废弃物的转化周期，最大限度地提高资源产品的使用效率。(3)再循环(Recycle)原则。是指废弃物最大限度地变成资源、变废为宝，化害为利。通过对产业链的输出端一废弃物的多次回收和再利用，促进废物多级资源化和资源的闭合式良性循环，实现废弃物的最小排放。即要求生产出来的产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不可恢复的垃圾，按照循环经济的思想，生产者的责任应该包括解决废弃制品的处理问题(诸大建，1998)。

3R原则是循环经济发展必须遵循的准则，它体现了循环经济的基本要求，它们的

重要性不是并列的，减量化原则是首要的原则，这是因为，循环经济以避免废物产生为经济活动的优先目标。在 1996 年生效的德国《循环经济与废物管理法》中规定，对待废物问题的优先顺序为：避免产生→循环利用→最终处置。这个顺序反映了人们对环境与发展问题的认识的质的飞跃，即从单纯的末端治理、利用废物到减少废物。3R 原则和避免废物产生是在实践中应用循环经济战略思想的两个指导性原则。

（三）循环经济与传统经济的区别

循环经济与传统经济的不同之处在于：

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(图 2.1)。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发出来，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。

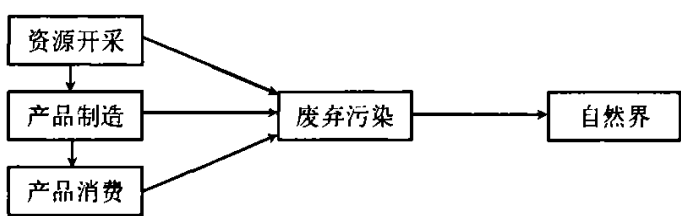


图 2.1 传统线性技术范式经济系统的运行模式

资料来源的：孔令丞，2005

二是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，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（图 2.2）。

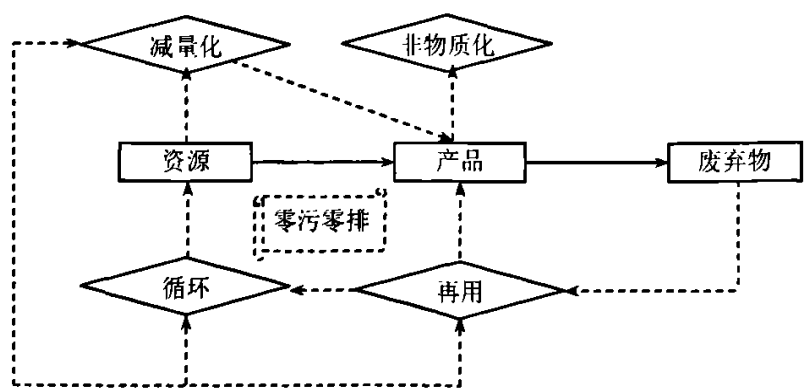


图 2.2 资源和能量循环的经济运行模式

资料来源的：谢家平，2005

三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，这样最终导致了許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（翟峰，2002）。

（四）循环经济的内在要求

第一，要符合生态效率。把经济效益、社会效益和环境效益统一起来，充分使物质循环利用，做到物尽其用，这是循环经济发展的战略目标之一。循环经济的前提和本质是清洁生产，这一论点的理论基础是生态效率。生态效率追求物质和能源利用效率的最大化和废物产量的最小化，正是体现了循环经济在对经济社会活动的本质要求。通过“3R”的经济活动准则，实现生产过程中和消费过程后物质和能量的循环，通过其循环过程，实现经济效益与生态效益的“双赢”。

第二，提高环境资源的配置效率。循环经济的根本之源就是保护日益稀缺的环境资源，提高环境资源的配置效率。它依据自然生态的有机循环原理，一方面通过将不同的工业企业、不同类别的产业之间形成类似于自然生态链的产业生态链，从而达到充分利用资源、减少废物产生、物质循环利用、消除环境破坏，达到提高经济发展规模和质量的目。另一方面它通过两个或两个以上的生产体系或环节之间的系统耦合，使物质和能量多级利用、高效产出并持续利用。

第三，要求产业发展的集群化和生态化。大量企业的集群，使集群内的经济要素和资源的配置效率得以提高，达到效益的极大化。由于产业的集群，容易在集群区域内形成有特殊的资源优势与产业优势和多类别产业结构。这样才有可能形成核心的资源与核心的产业，成为生态工业产业链中的主导链，以此为基础将其他类别的产业与之连接，组成生态工业网络系统。

（五）循环经济的三个层面体系

在不断进行的经济循环中，所有的物质和能量都应得到合理和持久的利用，从而把经济活动对自然环境的影响降低到尽可能小的程度。为了推进循环经济模式的应用，中国应该从保护环境和资源的节约与再生这两个方面入手，建立起企业内部—企业之间—社会整体这三个层面的循环经济体系。

企业内部的物质循环。主要是指企业内部层面的资源循环利用，尤其以生态工业和持续农业为代表。生态工业是以清洁生产为导向的工业，它根据循环经济的思想设计生产过程，促进原料和能源的循环利用，实现经济增长与环境保护的双重效益。

企业之间的物质循环。主要是指各个企业间进行生产链上的衔接，互为补充，循环利用各个企业生产过程中产生的副产品。这一般以生态工业链为代表。生态工业链是在更大的范围内实施循环经济的法则，把不同的工厂联接起来，形成共享资源和互

换副产品的产业共生组合，使得这家工厂的废热、废水、废物成为另一家工厂的原料和能源。

社会整体循环。这可以分两个视角来看，一是从消费的角度看，要大力发展绿色消费市场和资源回收产业；一是从生产角度来看，要发展环境消耗补偿机制，由企业自己再造环境进行补偿；或者由企业支付环境消耗成本，而社会则把这笔费用统一安排再造环境。

从生产角度出发的社会大循环是现阶段最值得发展的，也是最为重要的。显然，环境保护从源头治理总是优于末端治理。由利用资源的企业完成对资源的再生的投入现在已经存在，比如企业自己再造环境的林纸一体化生产项目。林纸一体化循环发展，即在市场机制的促使下，将原本分离的林、浆、纸三个环节整合在一起，让造纸企业负担起造林的责任，自己生产木材原料，发展生态造纸，形成以纸养林、以林造纸的产业格局，促进造纸企业永续经营和造纸工业可持续发展。

而由企业支付环境消耗成本，社会把这笔费用统一安排再造环境的方法，在中国暂时还不能实现。这主要是由于中国环境资源所有者缺位，没有部门来收取费用并投资于环境资源的培养。但同时，这种社会统一收支进行环境再造的方法又是极其重要的。因为企业的环境再造，毕竟受其资金的规模和企业动机的限制，往往只是停留在同水平再造的基础上。而作为社会统一再造，则可以运用其资金规模优势，投资新的技术，甚至开发新的能源，从根本上实现资源的技术升级，起到更好的环保作用。

2.3 生态环境问题的两大理论解析

绿色经济的兴起主要源于生态环境问题，绿色制造的发展也主要是为了解决生态环境问题。生态环境问题是由于人类长期的生产和生活等社会经济行为所引起的生态环境破坏而反作用于人类社会经济生活的不良影响，其实质是经济发展与环境保护、人与自然关系失调。因此，生态环境问题或生态环境灾害不仅是一种自然现象，更重要的是一种社会经济现象。环境效益的公共性和环境影响的外在性，成为环境问题的两个基本特征。经济理论关于生态环境问题的性质、产生的经济根源和解决办法的系统和深刻揭示，为人类彻底解决生态环境问题提供了重要的理论指导。

2.3.1 外部性理论解析

外部性是生态环境问题的本质经济特征，外部性理论是解释经济活动与生态环境问题成因的基础理论。一方面，外部性理论揭示了市场经济活动中一些低效率资源配置的根源；另一方面，它又为如何解决环境外部不经济性问题提供了可供选择的思路和框架。

但是，现阶段的中国，环境保护与节约资源还主要依赖企业家们的社会责任感。主要的原因在于环境保护和资源节约存在外部性问题，即由于社会成本（效益）与企

业成本（效益）不同，企业对外部造成的损失无需承担责任，给外部带来了受益也得不到奖励。甚至可以说，我们现有机制在某种程度上存在某种鼓励环境污染和资源浪费的倾向。

（一）外部性的概念

从经济学理论研究的角度来说，外部性（externality）这个概念直接来源于 20 世纪 30 年代由庇古创立的旧福利经济学，即在分析边际私人纯产值与边际社会纯产值相背离的条件时提出的。本世纪初马歇尔提出了经济外部性理论，随后，他的学生庇古丰富和发展了外部性理论。庇古在其所著的福利经济学中提出：“经济外部性的存在，是因为当 A 对 B 提供劳务时，往往使其他人获得利益或受到损害，可是 A 并未从受益人那里取得报酬，也不必向受损者支付任何补偿。”。鲍莫尔在《环境经济理论和政策设计》中定义外部效应如下：其活动影响他人效应水平或进入他人生产函数的经济主体，如果没有以补偿的形式为其获得（支付）等于对他人造成的效益（或费用）的价值量，就会产生外部效应。简单的说，外部性就是实际经济活动中，生产者或消费者的活动对其他生产者和消费者产生的超越活动主体范围的影响。它是一种成本或效益的外溢现象。与外部性相对应的另一个概念是内部性（internality），包括内部经济性和内部不经济性。

简单地说，外部性就是实际经济活动中，生产者或消费者的活动对其他消费者和生产者产生的超越活动主体范围的利害影响。外部性效应广泛存在于人的活动当中，米德将外部性定义为，一种外部经济（或外部不经济）指的是这样一种事件：它使得没有参加做出某事件的人从该事件中获益（或受损）。即当在做某项决策时，那些处于决策之外的人却不得不承担该决策的某些后果时，便产生了外部效应。严格地说，外部性是在没有市场交换的情况下，一个生产单位的生产行为（或消费者的消费行为）影响了其他生产单位（或消费者）的生产过程（或生活标准）。如果 $F_i = f(X^1_i, X^2_i, X^3_i, K, X^m_i, X^n_j), i \neq j$ ，则可以说生产者（或消费者）j 对生产者（或消费者）i 存在外部影响。

按照传统福利经济学的观点来看，外部性是一种经济力量对于另一种经济力量的“非市场性的”附带影响，是经济力量相互作用的结果（王金南，1994）。这种影响有好的作用，也有坏的作用。好的作用称为外部经济学或者正外部性，坏的作用称为外部不经济性或负外部性。外部经济是指 i 因为 X^n_j 的存在而受益，希望 j 能增加 X^n_j 。例如，上游居民植树造林，保护水土，下游居民得到质量和数量有保障的生产和生活用水，这时社会效益大于私人效益，产生外部经济性。相反的，外部不经济性是指 i 因为 X^n_j 的存在而受损，希望 j 能减少 X^n_j 。

（二）外部的标志和特征

1、外部性的标志

从外部性的定义可以看出，外部性有两个明显的标志：第一，它们是伴随生产或消费的活动而产生的；第二，它们或者是积极的影响（即带来正效益），或者是消极的影响（即带来负效益或损失），二者必居其一。从这两个标志出发，可以把外部性分成生产的外部经济性和外部不经济性、消费的外部经济性和外部不经济性。

外部性，除了按上述生产与消费、经济性和不经济性的原则划分外，广义上说，还可以分为货币外部性和技术外部性两种类型。货币外部性是外部效果通过价格变化转换来体现的一种外部性，在市场经济条件下，这种外部性是不会导致市场失效的；技术外部性是不能反映在价格变化或通过市场体系表现的外部现象。与环境相关的外部性，主要是生产和消费上的外部不经济性，尤其是生产的外部不经济性，且都不是货币外部性，因为其影响并非通过价格来转换。

2、外部性的特征

外部性有四个基本特征：（1）外部性独立于市场机制之外，即外部性的影响不属于于买卖关系范畴，它仅指那些不需要支付货币的收益或损害。（2）外部性产生于决策范围之外，而且具有伴随性。它是伴随着生产或消费产生的某种副作用，而不受本原性或预谋性影响。（3）外部性具有一定的不可避免性。外部性产生时，所产生的影响会通过关联性强制的作用于受影响者，而受影响者一般难以回避。（4）外部性难以完全消除。受信息不完备、技术、管理等多种因素的影响，要完全消除外部性需要较大的成本。

（三）环境外部不经济性对资源配置的影响

环境外部性一般指的也就是环境外部不经济性。需要指出的是，不要误解为外部不经济性表现的是一种低效率状态，而外部经济性体现的是一种高效率状态。应该说，无论是外部经济性还是外部不经济性，它们都是一种低效率的资源配置状态，而且游离于市场之外，即市场失灵问题。因此我们主要考虑不经济性。

在分析环境外部性影响资源配置之前，首先要搞清楚几个概念：外部费用和环境费用。按照传统福利经济学的观点，某一种经济活动的外部不经济性，就是改种活动的社会影响与个人（或私人）影响之差。这种外部不经济性所表现的外部费用，就是社会费用与私人费用之差值。社会费用是该经济活动带来的社会真正承担的全部费用，私人费用就是通过市场表现反映在产品或服务价格之中真正发生或支付的费用。当外部费用表现形式主要是环境污染、环境破坏或其他环境问题恶化现象时，这种外部费用就是环境费用。

当存在环境外部不经济性时，边际社会费用 MSC 大于边际私人费用 MPC 。差额是外部环境费用 MEC 。以伐木为例（如图 2.3）：由图可知，私人的砍伐水平由边际私人成本 MPC 和 MB （ MB 为木材市场的需求曲线）决定，为 Q_1 ；而由边际社会成本 MSC 和 MB 决定的有效水平为 Q 。由图可知， Q_1 明显大于 Q ，即私人砍伐水平大于有效水平，最后

导致大量砍伐森林，给环境带来破坏。

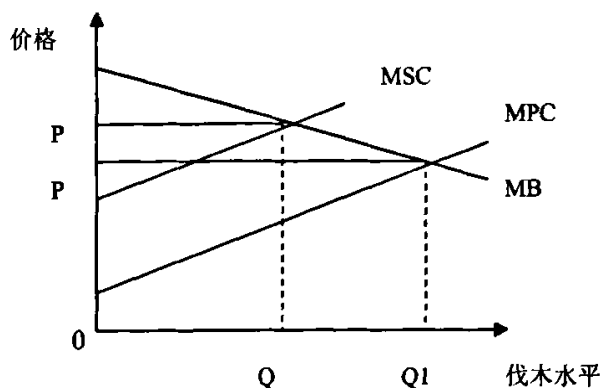


图 2.3 外部不经济性导致过度砍伐

由上面分析可得，当存在环境外部不经济性时，边际私人费用不能包括边际外部费用，导致了生产的产品数量过多，而其价格偏低，从而导致了低效率或无效率的资源配置。

（四）环境外部不经济性内部化

1、环境外部不经济性内部化概念及内涵

简单地说，所谓环境外部不经济性内部化，就是使生产者或消费者产生的外部费用，进入它们的生产和消费决策，由它们自己承担或“内部消化”，即环境政策领域中普遍接受的“污染者负担”或“污染者付费”原则（王金南，1994）。各国在确定生态消费的付费制度上所采取的措施虽然不尽相同，但相应的原则却有着一致性。。这些原则的实施早在可持续发展战略提出以前就开始实施了。庇古首先提出采用向环境污染者征税，即“庇古税”，以此来缩小私人成本和社会成本之间的差距，将外部成本内部化，从而纠正负的外部性，实现资源配置的优化。鲍莫尔继承了庇古的观点，运用一般均衡分析方法寻求可持续发展的最优途径，认为要使企业外部成本内部化，需要对企业的排放征税，以实现帕累托最优状态。

2、环境外部不经济性内部化的手段

现实生活中，外部不经济性比外部经济性更常见，当前人类面临的环境问题就是外部不经济性造成的后果。为此，如何将外部不经济性内部化，使企业成本与社会成本相一致，成为环境经济学家研究的重要课题。从目前环境政策领域已实施或拟议的手段来看，环境外部不经济性内部化方法，大体上可分为直接管制(direct regulatory)手段和经济刺激(economic incentive)手段两大类。管制就是指有关行政当局根据相关的法律、规章条例和标准等，直接规定活动者产生外部不经济性的允许数量及其方式。直接管制是直接对污染物排放进行规定。经济刺激主要是借助政府的强制力量，通过价格、税收、信贷和收费等手段，向使用环境资源的企业或消费者征收一笔费用，

以维护政府拥有环境资源所有权的主权权利，迫使生产者和消费者把它们产生的外部效果纳入它们的经济决策之中。根据环境经济学的现有理论，外部不经济性内部化的主要途径有五种，这也是各种政策建议的理论基础。

(1) 管制

管制可分为直接管制和间接管制，前者是直接对污染物排放进行规定，而后者一般是通过对生产投入或消费的前端过程中，可能产生的污染物数量进行规定，最终达到控制污染物排放的目的。

在环境管理政策中，管制（尤其是直接管制）在发达国家和发展中国家都是传统的、占主导地位的环境管理手段。管制的前提必须有一些污染控制法律。

(2) 财产或权益损失的直接赔偿

这种方法简称损失赔偿法，它是通过法律途径补救和校正外部不经济性的一种法院仲裁的方法。损失赔偿法来源于西方发达国家，目前已被大多数国家广泛用于解决环境外部不经济性和污染损失赔偿纠纷。这是西方“私有财产权神圣不可侵犯”思想的具体体现。

(3) 庇古税

庇古是英国新古典学派的代表人物，他对经济外部性进行了深入的分析，提出了通过税收或收费（即庇古税）的方式将外部经济内部化。当存在外部经济性时，对行为人进行补贴；当存在外部不经济性时，对行为人进行征税。中国实施的排污收费制度就是一种典型的庇古税。

(4) 科斯手段

科斯提出解决外部性的方案是产权安排，这一办法被成为科斯定理。科斯定理的主要内容是：（1）当环境资源产权明晰时，无论初始产权如何确定，经济活动的私人成本与社会成本必然相等，经济外部性就被内部化了；（2）当交易成本为零时，无需政府干预，当事者双方通过协商，进行自愿交易，就可解决问题，此时，当事者双方的边际受益达到最大化；（3）当交易成本不为零时，需要通过政策手段解决外部不经济性问题。

3、环境外部不经济性内部化的困难

从理论上讲，通过征收排污税的方式达到将外部成本向个体内部转化具有可行性。但在实践中却由于厂商行为的边际社会成本和边际社会收益难以计量，使厂商确定的生产规模和相应的污染排放难以在边际私人收益和边际社会成本之间取得平衡。此外，庇古税的征收需要政府掌握完全的信息，包括每个厂商污染的边际社会成本、厂商负责治理的边际私人成本和边际私人收益，等等。环境信息的稀缺和不对称，导致的逆向选择和隐匿信息的行为，通过征收环境税达到净化环境的目的也难以实现。即使现在有众多的“环境税”和“排污许可证”制度，也不可能完全解决环境污染的外部性

问题，而且还会导致机会主义行为。科斯对这种负的外部性问题进行了研究，认为应采用让当事人双方通过自愿交易的市场化方式解决。但这种方式的实施需要具有实现资源有效配置从而消除外部性的制度前提，即交易成本为零、产权界区明确和自愿交易。但对于生态环境这种公共资产的模糊性和非排他性，在现实中难以严格具备。尤其是在涉及后代人权益的可持续发展问题时，产权理论中关于通过市场交易解决外部性的设计也不具有可行性。因此单纯依靠市场的力量实现帕雷托最优，在现实条件下具有一定程度上的不可行。

外部性是市场失灵的表现，同时又是政府失灵的表现，解决外部性问题并不必然地要由政府直接干涉。一般地，人们将研究外部性的注意力放在个人或企业行为上，其实公共物品决策、税收与补贴政策也都应纳入外部性研究范围，这对于正确选择政府干涉手段具有很重要的意义。

另一个重要问题是，外部效应常常呈现双向性，一方的成本可能是另一方的利益，维护一方的利益则损害另一方的利益。外部效应的双向性增加了政策协调的难度。同样一片造林地，一方想利用土地多生产木材，以利于就业和增加收入，但是单一的树种、较多的采伐、大面积采伐会给其他人带来环境单调、水土流失、水质变坏、农业减产等负效应；而另一方则想利用土地来维护生态多样化，提供游憩场所，享受清洁空气，但这会使前者收入减少，甚至失去生活和生产资料。如果这块林地的产权界定是清楚的，且交易费用又不高的话，双方就容易通过“自愿”交易达成一致，使外部效应内在化。若前者拥有土地产权后，后者就必须向前者支付一定费用，才能使其减少或停止木材采伐；若后者拥有产权，则前者必须向后者支付一定费用，才可能进入林地，进行木材生产。看起来，解决此类外部性问题的方式取决于优先权在哪一方。实践中，无论将优先权授予双方中的任何一方，都会面临不同的难题，有时候很难确定谁该为环境保护付费。

2.3.2 产权理论解析

以科斯为代表的产权理论打破了人们固有的思维框架，把生态环境问题与整个资源配置体系的必然联系及其制度原因联系起来，拓展了对外部性问题的传统认识，在更大范围内研究外部侵害造成的“社会成本问题”，为用经济学的方法研究生态环境外部性问题的制度根源提供了重要思路，为环境问题的解决开辟了新的途径。

（一）财产权的概念及科斯定理

财产权是指规定财产所有者和非所有者之间，对该物品使用的合理关系以及破坏这些关系时的处罚规定。财产权是一个法律概念，在完全自由竞争市场下的有效财产权可以得到这样一个结论，有效的财产权结构，要求所有的资源或物品，都归私人拥有或所有。

没有产权的社会是一个效益绝对低下、资源配置绝对无效的社会。能够保证经济

高效率的产权应该具有以下特征：(1)明确性，即它是一个包括财产所有者的各种权利及对限制和破坏这些权利时的处罚的完整体系；(2)专有性，它使因一种行为而产生的所有报酬和损失都可以直接与有权采取这一行动的人相联系；(3)可转让性，这些权利可以被引到最有价值的用途上去；(4)可操作性，没有操作的可能，就是根本没有这种权利。

科斯定理是指在一个有效的或不减弱的财产权规定条件下，处于外部性或外部效果的有关双方之间的权利交易，将消灭帕累托相关外部性¹，而且产生一个高效率的结果或均衡状态，使得偏离该结果时至少有一方要受到损失。科斯定理提出了一个更为广泛的市场概念，这种市场主要建立在权利交易的基础上，而不是一般的单纯物物交易。

（二）产权理论解决外部性问题

产权理论关于交易费用理论认为交易活动是稀缺的、可计量的，也是可比较的，为分析环境破坏的权利安排过程提供了前提。产权理论所要解决的外部侵害问题，实际上是一个用何种方式正确地度量和界定利益边界的问题。解决方式可能有三种：自愿协议、组织一体化和政府干预。产权理论认为，无论最初的权利如何界定，都可以通过市场交易达到资源的最佳配置，因而在解决外部侵害问题时，可以采用市场交易形式。在市场活动中，横向和纵向一体化的联合也可以实现外部效应的内部化。现实生产中大量存在的是竞争不充分和交易费用高昂的情况，以致企图解决这类负外部性问题的自愿交易和组织联合根本无法实现，这时人们只得求助于司法程序和政府管制。

产权理论的核心是，一切经济交往活动的前提是制度安排，这种制度实质上是一种人们之间行使一定行为的权力。因此，经济分析的首要任务是界定产权，明确规定当事人可以做什么和不可以做什么，然后通过权利的交易达到社会总产品最大化。

但在实际生活中，依照有效的财产权标准界定自然资源的产权，从而解决生态环境外部不经济问题的理论是难以实现的。主要的难题是，明晰产权虽然是经济与法律的事，但事实上它受文化和政治因素的制约。制度结构与社会道德和伦理体系牢不可分地交织在一起，在社会的道德和伦理价值与产权制度一致的情况下，制度是比较容易实行的，人们的服从是自觉自愿的。相反，与社会的价值观念大相径庭的制度就很少有人愿意服从，实施制度的社会成本也就会很高。因此，虽然明晰产权在许多情况下会导致高效率，但如果其规定与社会道德伦理体系之间差异很大时，这种产权规定就是不现实的、无效的。另外，有些要素和资源属于公共产品，具有消费不可分的非专有性的特点，如大气、河流、湖泊和海洋以及地下石油、天然气和地下水资源等，以及一些实际上无法专有的不舒适和具有负价值的资源，如害虫、病菌、大气和水文系统中含有的污染物等，显然难以明确其私人产权，因此也就不可能通过市场

¹ 帕累托相关外部性是指这样一种情况，只有当以这样一种方式改变经济活动，即使得受影响的一方得到好处，同时又不让行动一方受到损失。

手段来解决。再有，交易成本的存在以及信息的不完备，也给产权的界定带来了困难。从理论上讲，要消除外部侵害，就需要每个人聚集起来达成互利的协议，自愿使外部效应内部化。但成本可能是巨大的，并且进行组织活动，其本身也是一种公共产品，当交易费用大于这一交易将产生的潜在收益时，交易就不会发生。这样，资源配置的均衡结果就是产权格局最初所规定的那种配置方式，外部负效应一点也不会消除。由于存在上述的一些因素，使得空气、水等公共资源要素市场难以形成。正是由于市场体系不尽完善，产生了一些独立于市场体系之外，不受市场规则约束的外部效应，结果是空气、水、环境等资源要素被随意无偿使用，受到严重破坏和污染。

总之，传统外部性理论和在其基础上发展起来的产权理论，针对生态环境问题具有的外部性和公共物品的性质，提出了解决生态环境问题的不同思路。传统外部性理论主张向造成生态环境问题（外部不经济或负效应）的生产者征税（费），使其私人成本等于社会成本，从而把其强加给他人的外部成本内部化，同时对正的外部环境影响予以补贴，补偿其生产成本和应得收益，从而达到治理和保护生态环境的目的。产权理论则认为生态环境问题产生的根本原因是市场体系不健全，而建立健全的市场体系的前提和条件是产权界定。因此，只有推进包括空气、水、环境等公共资源要素市场的建设，通过产权的自由交易使外部效应内部化，才能从根本上解决生态环境问题。

2.4 绿色制造的理论发展

绿色制造的研究正在全球迅速兴起和发展，绿色制造理论体系的研究也进行得如火如荼，中国非常重视对这方面的研究。清华大学、重庆大学等许多单位都对绿色制造的理论体系、专题技术进行了大量的研究，国家 863 和国家自然科学基金也支持了大量绿色制造方面的课题，有力地推动了该领域的研究工作。

2.4.1 绿色制造理论体系涉及的相关基础理论

（一）可持续发展战略的“三度”理论

国内外对可持续发展战略的理论作过大量研究，其中中国科学院可持续发展研究组（1999）已建立了可持续发展战略的理论体系，其中，可持续发展的“三度”（发展度、持续度、协调度）问题是可持续发展战略理论的基础。

1、发展度

发展度是指人类社会发展的程度，主要指是否在发展，是否在健康地发展。可持续发展决非反对发展，而只是反对以牺牲环境利益和子孙后代利益的发展，强调健康地发展。

2、持续度

持续度是从“时间维”上去把握发展度，强调人类长远发展的需要，强调了自然生态环境的需要。

3、协调度

协调度强调了发展度与持续度的平衡关系，强调了当代人的利益与子孙后代利益的协调、发展速度与生态环境效益的协调。“三度”之间的关系见图 2.4。

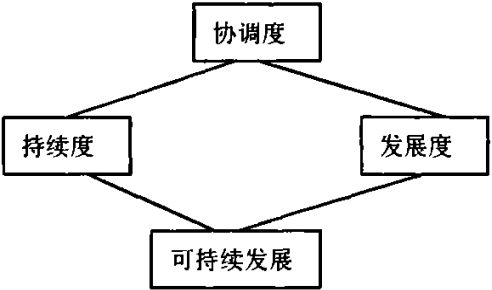


图 2.4 可持续发展的“三度”关系

(二)绿色与绿色度的概念

目前“绿色”这个概念应用很广，如绿色制造、绿色产品、绿色设计等。“绿色”被认为是一个显而易见的概念，至今没有一个明确的定义。美国制造工程师协会（SME）的 Green Manufacturing 蓝皮书中对“绿色”进行了讨论，认为对“绿色”作出明确的定义是绿色制造发展中的一个难点和障碍。综合国内外的研究，我们认为“绿色”是一个与环境影响紧密相关的概念，具有绝对和相对两种含义。根据影响程度的不同，环境影响可以分为负面环境影响和正面环境影响。从理论和绝对意义上讲，“绿色”应该是指正面环境影响。然而在实际情况中，所造成的环境影响往往是负面的，因此取“绿色”的相对概念。如当前对绿色产品的评价，通常是以相关的环境标准和法规为基准，当产品的环境影响符合要求时，即认为是绿色的。又如产品甲的负面环境影响比产品乙小，则可认为产品甲的绿色性比产品乙更好。

为了对“绿色”与环境影响程度进行量化和评价，我们引入“绿色度”的概念。绿色度可定义为绿色的程度或对环境的友好程度。负面环境影响越大则绿色度越小，反之则越大。相应地，绿色度也具有绝对和相对两层含义。在绝对绿色度中，负面环境影响对应的绿色度为负值，正面环境影响对应的绿色度为正值，因此在实际情况中，绝对绿色度往往是负的。在相对绿色度中，可以取相应标准的最低要求作为零值。需要指出的是，这里的环境影响是一个广义的环境影响，包括资源消耗和一般意义上的环境影响（对人体健康和生态环境的影响）。当前绿色度研究的重点和难点是其量化问题。

2.4.2 绿色制造理论的基本内涵

(一)绿色制造的“三度”理论

绿色制造的“三度”理论是借用可持续发展的“三度”理论相对应提出的，可持续发展的“三度”（发展度、持续度、协调度）问题是可持续发展战略理论的基础。绿

色制造的“三度”理论，可用图 2.5 进行描述。

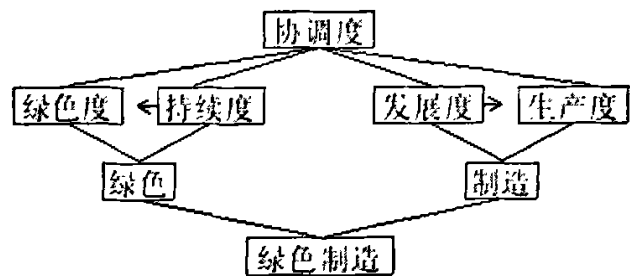


图 2.5 绿色制造的“三度”理论示意图

“制造”的目的是创造财富，推动人类社会的发展，因此，“制造”对应着“发展度”；结合制造业的特点，可用“生产度”来代替“发展度”，这里“生产度”表示的是生产量的大小。“绿色”强调的是“环境影响极小”、“资源效率极高”，应与“持续度”相对应；结合制造业的特点，以及绿色工艺、绿色产品等一系列的习惯性叫法，可用“绿色度”来代替“持续度”。仍采用“协调度”表示“绿色度”与“生产度”的协调关系，因此绿色制造中的“三度”为“生产度”、“绿色度”和“协调度”。

(二)绿色制造的资源主线论

当前，环境问题的主要根源是资源消耗后的废弃物，因此，资源问题不仅涉及人类世界有限的资源如何可持续利用问题，而且它又是产生环境问题的主要根源。

制造业在将制造资源转变为产品的制造过程中和产品的使用与处理过程中，同时产生废弃物(也称废弃资源)，废弃物是制造业对环境污染的主要根源。由于制造业量大面广，因而对环境的总体影响很大。因此，绿色制造的根本途径是优化制造资源的流动过程，使得资源利用率尽可能高，废弃资源尽可能少，这就是文提出的源主线论，见图 2.6。

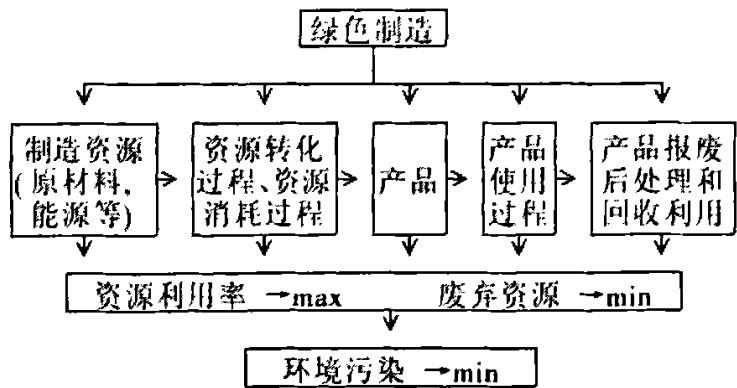


图 2.6 绿色制造资源主线示意图

(三)绿色制造的物质闭环特性

传统制造的物料流是一个开环系统。物料流的终端是产品使用到报废为止，绿色制造的物料流是一个闭环系统，见图 2.7。

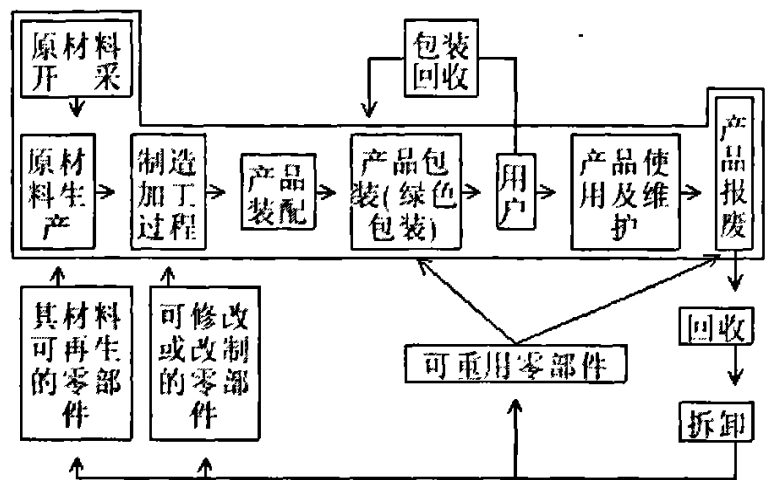


图 2.7 绿色制造的物流闭环特性

其中开环物料流和产品报废后的反馈形成大闭环系统。在此过程中，又可能形成若干小闭环系统：如图中的绿色包装，加上包装件的回收就形成了一个小闭环系统。

(四) 绿色制造的时间维特性：产品生命周期的外延

传统制造中的产品生命周期是到产品使用报废为止。绿色制造则将产品生命周期大大外延，提出了产品多生命周期和产品多生命周期工程的概念。

产品多生命周期不仅包括本代产品生命周期的全部时间，而且还包括本代产品报废或停止使用后，产品或其有关零部件在多代产品中的循环使用和循环利用的时间(以下统称为回用时间)。产品多生命周期工程是指根据产品多生命周期来综合考虑环境影响与资源综合利用问题和产品寿命问题的有关理论和工程技术，其目标是在产品多生命周期内，使产品回用时间最长，对环境的负影响最小，资源综合利用率最高。

由于科学技术的迅猛发展，产品生命周期将越来越短，因此，为了实现产品多生命周期工程的目标，必须在综合考虑环境和资源效率问题的前提下，高质量地延长产品或其零部件的回用次数和回用率，以延长产品的回用时间。

(五) 绿色制造的空间维特性：制造系统空间的外延

制造系统是一个十分复杂的大系统，至今尚无公认的统一定义。目前用得较多的是 CIRP1990 年公布的定义：“制造系统是制造业中形成制造生产(简称生产)的有机整体；在机电工程产业中，制造系统具有设计、生产、发运和销售的一体化功能”。以上可看出，制造系统的主要空间范围还在企业内部，当然与外部有着各种物料、信息和能量的交换。

绿色制造及相应的绿色制造系统将传统制造系统的空间范围大大外延，与外部的

各种交换也大大拓展。由于此问题的复杂性，此处只举出几个例子加以说明。

(1) 由于产品制造过程和产品使用过程中产生的废弃物对环境的污染往往没有明确的空间界限，因此绿色制造必须在更大的空间范围内来考虑产品制造问题。

(2) 产品寿命终结后的回收处理，是绿色制造系统的重要组成部分，这就可能导致企业、产品和用户三者之间的新型集成关系的形成。例如，有人建议，需要回收处理的主要产品，如汽车、电冰箱、空调、电视机等，用户只买了其使用权，而企业有所有权而且必须进行产品报废后的回收，为此导致一个回收系统的形成。

(3) 现代产品的生产模式往往是多个企业参与的供应链运作模式，绿色制造要求必须从更大的系统范围内考虑绿色制造问题。例如，某企业产品包装由白色泡沫改为纸板包装，这样使得产品包装大大减少了环境污染，但是纸板包装材料的生产过程及其企业又可能增加对环境的污染，因此产品包装方案的考虑应从一个更大的系统范围内来思考。

所有上述内容，体现了绿色制造系统空间的外延。

综上所述，可汇总和建立绿色制造的一种理论体系框架，见图 2.8。

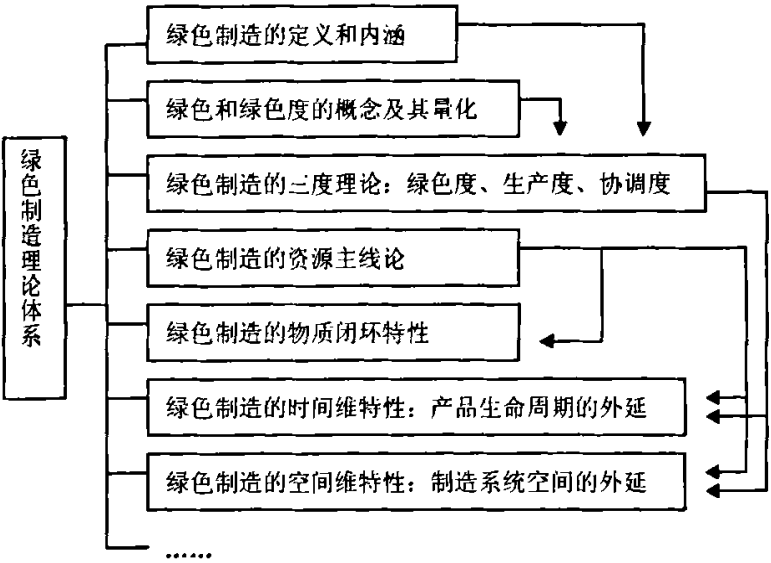


图 2.8 绿色制造的理论体系框架

图 2.8 的各理论要点之间有着密切的联系，如绿色制造的三度理论直接决定着绿色制造的决策属性，并在很大程度上影响着集成特性，在一定程度上决定着时间维特性和空间维特性。顺便指出，上述理论体系框架仅是一个初步框架，内容上有待于丰富和完善，各理论要点之间的关系也有待于进一步研究和完善。

第3章 实施绿色制造的动力机制

从绿色制造的内涵和系统结构，我们可以认识到实施绿色制造不是仅限于工业范畴，其最终目标是在整个社会经济系统中实施绿色制造。仅仅有几个企业或几个行业实施了绿色制造是不够的、不完整的，只有在整个社会经济系统中全面实施了绿色制造系统才能真正实现“绿色制造系统”所蕴藏的价值，展现其应有的经济效益和社会效益，当然这是一个长期的过程，需要社会各方面的共同努力。与此同时，我们也看到企业是实施“绿色制造系统”的实体和起点，没有制造企业的积极参与和实施，也就谈不上在整个社会经济系统中实施绿色制造系统，企业是实施绿色制造的核心力量，企业在进行制造模式的选择决策中，其行为对整个社会绿色制造系统的形成具有关键的作用。因此，从分析实施绿色制造系统的产品经济特性入手，理清实施绿色制造系统的各种社会影响力量和企业内部影响力量的特征和关系，研究社会和企业实施绿色制造系统的伦理和经济方面的动力机制，为促进形成实施绿色制造系统的良好社会经济环境作一理论铺垫。

3.1 绿色制造的产出分析

企业实施绿色制造系统，是要在两个层次即物料转化过程和产品生命周期全过程实现两大目标，即资源消耗的最小化和环境污染的最轻化。这一过程的结果有三大类：绿色产品、资源的有效利用和环境保护。

3.3.1 绿色产品

绿色产品是绿色制造系统具体的物料转化过程的产物，是企业满足市场的需求，实现价值增值的现实载体。这类产品是私人物品，其供给和需求受市场价格的影响，通过市场调节可以实现高效率。

绿色产品的私人性，决定了企业在进行绿色产品制造时，必须关注产品的成本、性能、品牌、价格、竞争力等因素，在满足消费者需求的同时，实现企业的经济效益。

3.3.2 资源的有效利用

企业在制造过程中需要消耗各种资源，其中一部分资源是具有私人性的资源，可以通过市场来获得，企业使用资源的方式在市场价格的影响下，可以实现高效率。

但是，也有一些资源具有共有性资源的特点，如清洁的空气和水、一些矿藏资源及能源等，企业在使用这些资源时会带来“负的外部效应”，对整个社会而言，不能实现高效率。这就需要政府的参与，来改善市场结果，实现高效率。

企业实施绿色制造，不仅追求对私人性资源的有效利用，同时追求对共有性资源的有效利用，这一行为仅仅靠企业以社会公民的责任感去自我要求是不够的，更需要

政府用各种手段去约束和引导，创造一定的环境，才能实现。

3.3.3 环境保护

环境保护包括：环境影响中性，即对环境不产生影响（既无害也无益）；环境影响正面，即对环境具有改善作用。显然，环境保护是一种公共物品，对于这样的公共物品会存在“市场失灵”现象，需要政府来提供。而实施绿色制造的企业在提供私人物品（绿色产品）的同时，也提供了公共物品（资源有效利用和环境得到保护），客观上起到了增进整个社会福利的效果。因此，企业通过绿色制造来提供这样的产品需要得到来自政府的激励，无论这种激励是正面的还是负面的。

3.2 绿色制造的主体分析

我们可以将实施绿色制造系统理解为社会的一个共同目标，在实现这一目标的过程中，各种社会影响力量都对其产生着作用。请参见图 3.1。

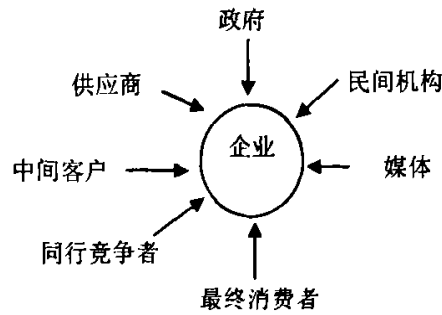


图 3.1 实施绿色制造系统的各种社会影响力量

3.2.1 企业

企业是实施绿色制造系统的主体，其对自身制造模式的选择决定了整个社会绿色制造系统的实施。

企业作为一个理性的经济人，它的行为更主要的是受经济利益的驱动，所以，实施绿色制造系统的成本效益分析结果对企业是否选择绿色制造模式具有举足轻重的影响，这是企业内在的动力。企业实施了绿色制造系统，它的绿色产品在市场上竞争力增强，企业综合能力也得到提升，绿色制造的经济性是企业实施绿色制造系统的根本动力源泉。

由于企业毕竟是社会经济系统中的一分子，其行为也会受到其他相关利益团体的影响，同时企业所秉承的伦理价值观的影响也是很大的。当然，企业是实施绿色制造系统的关键，是整个社会成功实施绿色制造系统的保证，其影响方式是通过自身的实际行动来实现绿色制造，其影响力是很强的。

3.2.2 政府

政府在实施绿色制造系统中扮演的角色是非常重要的。从伦理角度来看，理性的政府可以代表未来人、保证资源在代际间分配公平、实现人类的持续生存与发展。从经济角度来看，由于绿色制造具有公共物品的特性，公共物品的提供仅仅依靠市场的参与显然是不够的，政府可以在“市场失灵”的情况下从公众利益出发，为企业实施绿色制造提供公平的市场竞争环境，引导企业实施绿色制造。

政府对实施绿色制造系统的影响主要通过立法、执法、税收、市场准入、规划、价格杠杆、社会宣传等方式，其影响具有很强的方向性和导向性，是整个社会高效率地推进实施绿色制造的重要力量。

3.2.3 供应商

供应商是企业实施绿色制造的支持，这里的供应不仅是指绿色的原材料和零配件的供应，也包括绿色制造技术和工艺的提供，这是实施绿色制造系统的重要环节。

3.2.4 同行业竞争者

同行业竞争者给企业带来的是竞争性的压力。

当同行业中的竞争者实施了绿色制造，并形成了一定的市场优势的时候，企业就会感到来自市场的压力，企业会将竞争者作为标杆，与其相关的产品标准、生产工艺、管理流程就会成为学习的榜样甚至于成为行业的标准，这对其他企业跟进实施绿色制造具有强大的推动和促进作用。

3.2.5 中间客户

中间客户是指用本企业的产品作为原料或配件进行再生产的企业。如果企业的中间客户实施了绿色制造，就会对本企业的产品提出“绿色度”的要求，这也将形成企业实施绿色制造的动力，为了满足客户的需求而作出努力和改进，是理所当然的。

3.2.6 最终消费者

最终消费者是透过对绿色产品的偏好来推动企业实施绿色制造的。

按理说，消费者是实施绿色制造的最大收益者，消费者应该用手中的货币投票权义无反顾地支持绿色产品，驱逐非绿色产品，但是在现实中，由于信息的不对称，也由于消费者消费行为的特殊性（一些市场研究者发现，对环境友好产品的兴趣并不等于实际购买这种产品），这一影响力作用没有得到真正发挥。

3.2.7 民间机构

民间机构以促进环境保护和资源节约为宗旨，开展宣传教育、研究讨论、立法建议等各种形式的活动，通过影响整个社会经济系统中其他力量的方式，促进社会形成

良好的环境价值观，推进企业实施绿色制造系统。民间机构的影响虽然是间接的，但是其作用呈现增大的趋势。

通过表 3.1 我们对各种社会影响力量的影响方式和影响强度进行比较，发现政府和产品生产制造供应链中各类企业的影响力是比较大的，下文在研究动力机制时，这些力量也将是我们关注的重点（参见表 3.1）。

表 3.1 社会力量的作用方式和影响强度对比

社会影响力量	作用方式	影响强度
企业	直接实施绿色制造	大
政府	间接通过立法等手段促进企业实施绿色制造，直接通过科技开发创新绿色制造的方式。	大
供应商	直接提供绿色产品	大
同行业竞争者	直接实施绿色制造	大
中间客户	直接要求绿色产品	大
最终消费者	偏好购买绿色产品	小
民间机构	宣传教育科学研究立法建议	小

3.3 绿色制造的动力机制分析

3.3.1 基于伦理视角的分析

(一)绿色制造的伦理价值

绿色制造作为一种先进的制造模式，具有了某些能使人类得以永续生存与持续发展的伦理价值。从伦理方面来看，绿色制造反映了代际公平观。

绿色制造利用创新使资源的利用效率最大化及废弃物最小化，从而减少了对有限资源的开发、降低了对环境的负影响，为未来人的生存与发展保留了空间、提供了条件。

绿色制造实质是指制造商处于“代际无知”的状态。“代际无知”是指，假定人们不知道自己所处的代际、资源在代际间的分配情况和自己应用资源的能力等特殊情况，但清楚资源利用对人类福利的影响和科技进步可以使资源的潜在的价值不断的开发出来的规律。在“代际无知”中资源利用的代际公平得到保证。

在此之上，绿色制造同时强调生存环境的代际公平。这种代际公平观为实施绿色制造系统提供了伦理约束基础。

(二)现实中的矛盾

由于未来人的缺位，制造模式的选择缺乏权利制衡。

在当代人选择制造模式时，由于未来人缺位，无法制衡当代人选择有利于自己的制造模式。且当代人并不处在“代际无知”中，知道自己在制造模式的选择中的特殊

地位，当绿色制造模式与当代人经济利益冲突时，他们就失去了选择绿色制造模式的利益激励。

要让当代人选择绿色制造模式只能依靠伦理约束，尤其是代际公平观的约束。当多数当代人代际公平观的伦理约束不足时，当代人完全可以根据当代人的社会福利最大化选择有利于当代人的传统制造模式，而不是有利于未来人的绿色制造模式。

(三) 政府作为未来人的代理人的作用

从某种意义上讲，只有让理性的政府来代表未来人。政府作为未来人的代表弥补了未来人缺位的状态，对当代人形成一定的制衡作用，监督当代人的行为，不让当代人为了自身现时的利益而去损害未来人的生存环境、发展空间和基础。如果发现有人产生了损害行为，就对其进行严厉的处罚。

政府从未来人角度出发采用立法的方式明确未来人的权益，采用严格的执法保护未来人的权益，采用建立新的社会环境伦理价值观的方式提高当代人的觉悟，使具有代际公平观的伦理意识成为制造哲理的意识基础，促进企业实施绿色制造系统，实现人类长期持续发展。

这也可以说是人类提出经济可持续发展理论的伦理出发点，也是政府实施绿色制造系统的动力源泉。

(四) 企业在实施绿色制造过程中伦理方面的选择

企业在商业和生产经营中会根据自身目的，选择自己持有的伦理价值观。为了清楚的说明这一点，我们可以将绿色制造的实施想象成一个光谱。在它的一端是严格的“服从者”，严格按照政府法律法规所做的要求去做。另一端，是环境“领先者”。在这里，企业持有更高的伦理要求，做得很好，超出了法律中所做的最低要求。企业作为一个领先者，它会创造出新的、进取的政策和实践。它设法为它所处的行业和市场创造一种新的气氛。

当然，如果一个企业连最起码的严格遵守（服从者）都做不到的话，它就不可能成为一个环境领先者。严格遵守（服从）是企业实施绿色制造的底线。

对于服从者，企业只要对绿色制造进行最小的投资。如果绿色制造与最大化股东的利益不一致，那么这种方法是很合算的。然而服从处在被动地位，存在潜在的危险。因为许多法律法规的变化特性。最终，企业可能会发现它不断地花钱去服从法律。

对于领先者，相反地，强调比所要求的做得更多。作为领先者，企业尽力保持其领先地位，这样可以获得许多良好的公众注意，帮助企业影响法规和标准的制定。虽然如果企业行为导致了严重的环境行为，其影响也更大，并受到关注，带来更多的失望。但是总的来说，领先优于服从。

(五) 面临的挑战

当代人从代际公平的伦理价值观出发，为未来人考虑，也会由于自身认知和科学

水平的限制，出现难以选择的困境。

例如，我们来看看下面产品的决策。这里有两条途径进行零件的制造。其一是采用金属作为原材料，金属很重，会消耗更多的资源，它产生的废物形式是制造过程中的铁屑，但在产品寿命终期后它能被回收。相反，如果采用石墨做原材料，零件就很轻，意味着在使用中它需要更少的能量，它可以用模型来制作而不是金属加工，而产生很少的废物，然而当产品寿命终期后它必须送往垃圾填埋池，因为它不能被回收。

哪种选择是更为绿色的产品呢？许多设计者和制造者希望获得更为绿色的方案。然而他们不能分辨这种情况下，何者更绿？

3.3.2 基于经济视角的分析

(一) 绿色制造的经济价值

综合分析，绿色制造相较于传统的制造模式具有巨大的经济价值。

传统制造模式以低效率开发有限的资源、降低了资源的存在量，科技进步将使资源的利用效率与开发价值随时间的持续而增长，绿色制造为通过科技进步提高资源的开发价值提供了时间上的可能与技术上的可能，同时废弃物的减少降低了治理环境污染的投入。

对企业而言，实施绿色制造可以形成企业独特的竞争优势，为企业确立更有利的市场地位；树立新时代的最佳企业形象，更加受到公众的欢迎；有利于企业打破绿色壁垒，尽快与国际接轨，拓展更加广阔的发展空间；绿色制造是有巨大的商机，为企业重新确立自身的发展战略和定位提供了条件。

(二) 现实中的矛盾

1、企业制造模式的选择存在“囚徒困境”

由于企业自利性与市场竞争的存在，企业在制造模式的选择中存在“囚徒困境”。假设某一市场存在 A、B 两家制造商，现有 2 种制造模式：绿色制造模式与传统制造模式，我们分别用 G、C 来表示。其支付矩阵见表 3.2。如果 A、B 两者均选择绿色制造模式，则分别得到 $1+\delta$ 的利益，其中 1 为当前的利益， δ 为由于实施绿色制造模式为未来人带来的利益对于当代人的贴现值；如果 A、B 选择传统制造模式两者分别得到 1 个单位的当前利益；如果 A 选择绿色制造模式而 B 选择传统制造模式则 A 得到 $-1+\delta$ 个单位的当前利益，而 B 得到 2 个单位的当前利益；反之亦然。一般地 $\delta \in [0, 1]$ ，即当代人由于伦理约束不够对未来人利益考虑得不够充分，在大多数情况下 $\delta \rightarrow 0$ 。在以上的博弈中，其博弈的纳什均衡是 (C, C)，即 A、B 均选择传统制造模式。

从以上的分析可知，由于自利性与竞争的存在，制造模式的选择结果往往是传统制造模式。

表 3.2 企业制造模式选择的支付矩阵

制造商	B		
A	模式	G	C
	G	$1+\delta, 1+\delta$	$-1+\delta, 2$
	C	$2, -1+\delta$	$1, 1$

2、没有认识到绿色制造的战略性影响

没有认识到绿色制造的战略性影响是绿色制造被接受和成功实施的主要障碍。从根本上来说，这反映了企业管理者对绿色制造的态度。企业管理者们将绿色制造看作是不会对其公司完成主要目标价值的能力构成切实影响的一个事物。这些主要的目标价值包括生产时间、成本、质量和柔性。同时，管理者们并不认为绿色制造能帮助他们完成面向最终客户的工作：设计、制造和运送产品。

绿色制造所带来的效益，如果有的话，也只是其他人的效益，而不是作为投资者的公司的效益。结果，绿色制造是一种对政府法规、行业标准、公众关注所做出的一种反应。绿色制造被看成只要不引起有关方的注意而带来相关的环境问题，则尽量少实施。

这种态度是由多种因素导致的，其中包括缺乏绿色制造方面明确和客观的成本/效益分析，还缺少反映绿色制造同其他价值目标之间关系的理论体系。

3、没有认识到绿色制造的紧迫性而得不到必须的资源投入

绿色制造系统和工具开发的投资需要同其他项目竞争。绿色制造同其他项目竞争存在三方面的劣势。首先，它被认为没有其他竞争项目那么紧急。其次，公司可能没有足够的资金，而不得不减少投入。第三，由于通常的投资决策都要计算回报率，而与绿色制造有关的总的成本和效益很难量化，于是给人留下这样一种印象，即对绿色制造的投资不能产生和其他项目一样的回报率。

绿色制造需要人力、时间、系统（软件、程序）、设备和政策支撑等资源。由于如前所述的种种原因，这些资源不能得到满足。

4、支持者和使用者之间沟通的困难妨碍了绿色制造系统实施

绿色制造是两个群体走到一块。一方面是绿色制造的拥护者。这些人向其他人宣传绿色制造——什么是绿色制造以及它的利润。另一方面就是绿色制造技术的使用者。这些用户可以是工程师、生产管理者、生产计划员、车间工人。通常绿色制造的接受受到限制是由于这两者之间的隔阂和相互不理解。绿色制造的拥护者认为每个人天生都应该对绿色制造感兴趣，并且如果他们能做到以下几点的话他们就会做得更多：①对绿色制造的成本和利益受过正确的教育；②意识到绿色制造产生的效益；③给予正确的工具和措施。

然而，使用者并不认同这些观点。在很多情况下，使用者将绿色制造看成与其自

己的兴趣相左。只要有以下几点原因：①使用者只是将绿色制造作为另一种时尚；②使用者在工作成绩的衡量与绿色制造没有关系；③如果他们注重绿色制造将影响他们在时间、成本、质量和柔性（在这些方面他们进行衡量和评估）方面的工作成绩；④绿色制造同时间、成本、质量和柔性之间的关系没有明确建立起来；⑤绿色制造没有给他们带来利益，反而大大增加了他们的工作量；⑥这里有一个环境部门，绿色制造被认为是他们的责任，而不是使用者的责任。

除非这些差异被意识到并得到解决，绿色制造的原理、时间、系统才有一定的机会得到制造工艺师和工程师们的接收和使用。

(三) 市场激励

根据经济人的理性假说，企业的基本目标是获取利润的最大化。在给定企业的经营有效的假设下，企业的利润与其所面对的市场、政府的政策等外部因素有关。

1、来自市场需求方面

市场激励是指市场的力量推动制造商不断创新、实施绿色制造以求得自身的生存与发展。消费者对绿色产品需求的发展是绿色制造的直接推动力之一，如消费者对绿色产品的需求是空调业制造商实施绿色制造(生产无氟空调)的直接原因。市场经济的逐步完善、竞争的充分以及买方市场的形成，制造商对市场的反应将越来越敏感，故正确的市场导向与消费观是市场对制造商实施绿色制造的有效激励的前提。

消费者与制造商之间的信息存在明显的不对称；因此消费者不可能、也不会付出很大的成本去监督制造商的行为，消费者能识别产品的绿色化程度，但实际的情况是消费者并不具有对产品识别的专门知识，更进一步加剧了消费者与制造商之间的信息不对称。显然只要能够改善消费者与制造商之间的信息不对称就能够改进市场对制造商的激励水平。这些措施是加强市场的竞争程度、改善市场的竞争环境等，对于制造商而言，有必要通过各种媒介宣传、发布企业产品的有关信息，使顾客能够以较低的成本或者零成本识别产品的绿色化程度。

2、来自供应链中各企业之间的激励

绿色制造模式的顺利实施要求在产品的整个生命周期内的各个环节上均遵循“与环境相容”的原则，其制造哲理存在于制造、供应及消费的各个子系统之中。上文中已经对市场对制造商的激励进行了分析，在其分析过程中是将制造商作为一个整体来分析的，对制造团队内部的激励问题没有进行分析，“团队”(team)是指一组代理人，他们独立地选择努力水平但创造一个共同的产出，每个代理人对产出的边际贡献依赖于其他代理人的努力，不可独立的观测，本文所指的是以生产绿色产品为目标的由供应商与制造商组成的制造系统。从有关团队的激励理论与绿色制造的有关理论来分析，制造团队内部较其他团队的成员更有动机“偷懒”，绿色制造模式其私人成本或私人收益与社会成本或社会收益往往不一致，制造团队成员易因为利益分配不当而导致“与

环境相容”的原则不能得到遵循或者其制造系统不稳定，因此制造团队内部的激励相容与否关系到绿色制造模式能否顺利实施。相反地，如果制造团队内部能够实现激励相容，那么制造团队内部易形成共同的战略目标(实施绿色制造)、系统具有稳定性，从而形成正反馈。

我们应该在团队内部引入一个监督者，为了使监督者有动机监督，监督者应该成为剩余索取者。在绿色制造模式中具有关键的技术为代表的核心竞争力的制造商应该成为剩余索取者，没有一核心企业，供应链的战略伙伴关系就不能形成或者供应链的运行效率低下。一般地在行业中具有较强影响力、持续有效的产品开发能力、良好的产品结构、商业信誉的制造商可以成为制造团队中的剩余索取者。核心企业以合约的形式选择相应的合作成员，对于核心企业而言，在制定合约时必须充分考虑对合作伙伴的激励。

(四)政府激励

政府的激励是实施绿色制造的一个重要因素，在“市场失灵”的情况下政府从公众利益出发，推动绿色制造模式的实施具有积极的现实意义与长远的战略意义：理性的政府能充分认识到绿色制造的经济价值，而制造商可能认识到绿色制造的经济价值但由于其外部竞争环境使其实施绿色制造的动机弱化，只有政府才能为制造商实施绿色制造提供公平的竞争环境。

政府激励的具体措施可以包括政策引导、税收优惠、专利制度、对推动绿色制造的关键技术直接投入研究等方式，政府激励的根本目标是为绿色制造的实施提供一个公平的市场环境，使企业选择绿色制造模式更具竞争力。在对绿色制造进行激励的同时，政府应弱化环境污染严重、资源耗费极大的模式的市场竞争力，甚至使其不具备竞争力。必要时，可动用市场准入措施。这样，在自利机制的作用下传统制造模式将退出市场。

表 3.3 政府激励下的企业制造模式选择的支付矩阵

制造商		B	
A	模式	G	C
	G	$1+\delta+f(t, g), 1+\delta+f(t, g)$	$-1+\delta+f(t, g), 2-f(t, c)$
	C	$2-f(t, c), -1+\delta+f(t, g)$	$1-f(t, c), 1-f(t, c)$

上述思路可以借助博弈论有关知识加以说明：假设某一市场存在 A、B 两家制造商分别生产一个单位的产品，假定其产品均能在市场中实现商品化；现有 2 种制造模式：绿色制造模式与传统制造模式、分别用 G、C 表示，政府激励的机制为税收，其参数为 $t, t>0$ 。其支付矩阵见表 3.3。如果 A、B 两者均选择绿色制造模式，则分别得到 $1+\delta+f(t, g)$ 单位的当前利益；如果 A、B 选择传统制造模式两者分别得到 $1-f(t, c)$ 单位的当前利益；如果 A 选择绿色制造模式而 B 选择传统制造模式则 A 得到 $-1+\delta+f(t, g)$ 单位

的当前利益，而 B 得到 $2-f(t, c)$ 单位的当前利益；反之亦然。其中 δ 为由于实施绿色制造模式为未来人带来的利益对于当代人的贴现值， g 与 c 分别表示为绿色化与对环境的污染程度， $f \geq 0, f' > 0$ ，即 t 随 g, c 的增长而增长。在此博弈中只要 $\delta + f(t, g) \geq 1 - f(t, c)$ ，其纳什均衡即为 (G, G) ；而政府可以通过调整 t 来达到这一条件。从上面的分析来看，政府激励的关键在于界定制造商提供的产品的绿色化程度，或者其对环境的污染程度，以及相应的奖惩标准。⁴

3.4 企业内部的影响因素分析

企业内部不同层次的人员对企业实施绿色制造的影响也有很大的差别。这其中最关键的人员是公司的高层管理者。

绿色制造的成功实施很重要的一点是得到企业中高层管理者的支持。而之所以大多情况下没有能得到很多企业领导的支持，可能是由于以下几种原因：首先，管理者们看不到绿色制造的重要性。绿色制造没有被看成同质量、时间、柔性和成本一样重要。当管理者们为这些价值目标投资其他项目时，没能看到来自绿色制造的同样利益。其次，他们害怕实施绿色制造。如果他们考虑绿色制造，并做出了“错误”的决策和投资，他们就有可能被检举或起诉。在这种情况下，他们不如放弃绿色制造而万事大吉。第三，他们可能没有时间投入到绿色制造。管理者们，特别是高层管理者的支持被要求放在那些需要立即实施或者必须停止的重大项目上面。最后，很难确定绿色制造环境责任的程度，因为它受到政府法规的影响，而这些法规又很难预料和控制。

一个有趣的看法是获得中层管理者的支持较高层管理者要容易些。因为高层管理者主要考虑大局和宏观的决策；相反中层管理者就没有这种眼光，而只考虑如何把产品销售出去。如果对他们的任务产生负影响，他们就反对；如果不产生任何影响，他们对此就漠不关心；如果绿色制造能对他们的任务产生积极的影响，他们就会采纳。

一般来说，公司员工是企业实施绿色制造的收益者，会成为企业实施绿色制造的支持者，特别是当企业实施了绿色制造后，员工的工作环境等切身感受明显的方面得到了改善时，员工们会积极按照绿色制造的要求去进行工作。但是，当企业实施绿色制造系统，员工在某些方面增加了工作量或工作内容，提高了工作要求时，员工参与的积极性将会受到影响，因为从员工角度更难认识企业实施绿色制造的经济价值和意义。企业实施绿色制造时，唤醒员工在这方面的自觉意识是很重要的工作(图 3.2)。

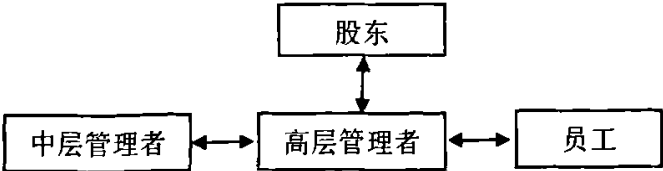


图 3.2 企业内部影响力量

一个有趣的看法是获得中层管理者的支持较高层管理者要容易些。因为高层管理

者主要考虑大局和宏观的决策；相反中层管理者就没有这种眼光，而只考虑如何把产品销售出去。如果对他们的任务产生负影响，他们就反对；如果不产生任何影响，他们对此就漠不关心；如果绿色制造能对他们的任务产生积极的影响，他们就会采纳。

第4章 实现绿色制造的市场机制基石：资源环境定价

自然资源是国民经济与社会发展的重要物质基础。随着经济的发展，很多环境资源由初始的无限丰富变成了相对稀缺，而稀缺性使其必然面对竞争性需求下合理配置问题。在经济学理论中，合理的资源配置要求“效率”和“最优”，即满足自然资源利用富有经济效率的动态条件，并根据效用社会福利函数的特殊形式实现帕累托最优。这两个条件的实现前提或者说基本假定就是不存在外部性。根据物质平衡理论，由于物质流动关系的存在，外部不经济是现代经济系统所固有的正常现象。如果我们把资源视为稀缺资源，考虑外部性，就有必要对一般均衡模型做出修正，即把环境加入经济系统的投入产出分析，找出这一系统的物质平衡关系。而这种关系则向我们揭示了环境污染的经济学原因，即环境资源的免费使用。因此，解决环境污染的经济学方法正是环境资源的合理定价。

4.1 自然资源的概念、分类和特征

4.1.1 自然资源的概念

人们对自然资源的概念有不同的解释。一些国内外权威性著作对自然资源作过精辟论述。例如，《中国大百科全书·地理学》的解释是：“广泛存在于自然界的能为人类利用的自然要素。它们是社会生产的原料和燃料的来源，或是社会生产力布局的必要条件和场所。”英国大百科全书提出的自然资源的概念是：“人类可以利用的自然生成物及生成这些成分的环境的功能，前者如土地、水、大气、岩石、森林、草场、矿产、陆地、海洋等，后者如太阳能，地球物理的环境机能（气象、海洋现象、水文地理现象），生态学的环境机能（植物的光合作用、生物的食物链、微生物山分解作用），地球化学的循环机能（地热现象、化石燃料，非金属矿物生成作用等）。”这是一种广义的自然资源概念，把周围自然条件也看做是资源。

国内外一些学者也对自然资源作了不同论述。中国有的学者认为：“人在自然介质中可以认识的、可以萃取的、可以利用的一切要素及其集合体，包含这些要素互相作用的中间产物或最终产物，只要它们在社会系统中构成必需的‘投入’并产生积极效益；只要它们在社会系统中带来合理的福祉、愉悦和文明，即称之为自然资源。”前苏联有的学者认为自然资源是：“人类用来满足自身需要和改善自身的净福利条件和原料。”

尽管对自然资源的表达各有不同，但都表达了这一科学概念有如下共同的内涵：一是自然资源具有生产性和时空性，它不能脱离开生产应用和社会需求，不能超越一

定的时空范围；二是自然资源的动态性，它的概念和范畴不是一成不变的，随着社会和科技的发展，其包括的范围和种类会不断扩大。

4.1.2 自然资源分类

根据能否进行再生，可将自然资源分为可耗竭资源和可更新资源（可再生资源）。

（一）可耗竭资源

假定在任何对人类有意义的时间范围内，资源质量保持不变，资源蕴藏量不再增加的资源称为可耗竭资源。耗竭既可以看作是一个过程，也可以看作是一种状态。可耗竭资源的持续开采过程也就是资源的耗竭过程。当资源的蕴藏量为零的时候，就达到了耗竭状态。可耗竭资源按其能否重复使用，又分为可回收的可耗竭资源和不可回收的可耗竭资源。

资源产品的效用丧失后，大部分物质还能够回收利用的可耗竭资源是可回收的可耗竭资源。主要指金属等矿产资源，例如：汽车报废后，汽车上的废铁可以回收利用。不过，资源的可回收利用程度是由经济条件所决定的。只有当资源的回收利用成本低于新资源的开采成本时，回收利用才有可能。

使用过程不可逆，且使用之后不能恢复原状的可耗竭资源是不可回收的可耗竭资源。主要指煤、石油、天然气等能源资源，这类资源被使用后就被耗竭掉了。不可回收的可耗竭资源的特点决定了它的耗竭速度必然快于其它资源。减缓不可回收的可耗竭资源耗竭速率的重要措施是提高资源利用率。

（二）可更新资源（可再生资源）

能够通过自然力以某一增长率保持或增加蕴藏量的自然资源是可更新资源。例如太阳能、大气、森林、鱼类、农作物以及各种野生动植物等。许多可更新资源的可持续性受人类利用方式的影响。在合理开发利用的情况下，资源可以恢复、更新、再生产甚至不断增长。根据财产权是否明确，可更新资源可以分为可更新商品性资源和可更新公共性资源。

财产权可以确定，能够被私人所有和享用，并能在市场上进行交易的可更新资源是可更新商品性资源。例如私人土地上的农作物、森林等。这类可更新资源主要具有以下特点：（1）财产权明确；（2）专有性；（3）可转让；（4）可实施。

不为任何特定的个人所有，但是却能为任何人所享用的可更新资源是可更新公共性资源。如公海鱼类资源、物种、空气等。这类可更新资源具有下列两个特征中的一个或两个：（1）消费不可分性或无竞争性，是指某人对某物品的消费完全不会减少或干扰他人对同一物品的消费；（2）消费无排他性，是指不能阻止任何人免费消费该物品。非专有性是财产权的一种减弱，它将导致低效率。在这种情况下，价格既不能在使用者之间对分配和利用资源起调节作用，也不能为生产或保护资源以提高收入提供刺激作用。这种可更新资源配置的结果是可更新资源开发过度，以及在管理、保护和

提高生产能力方面投资不足。

4.1.3 自然资源的基本特征

为了更好地利用自然资源，发展生产，必须了解自然资源的特性和它的发展规律。每一种自然资源都有其自身的特点及特殊的规律性，但作为自然资源的整体，还具有一些共同的特征和规律。这些特征和规律主要是（杨上广，2002）：

（一）自然资源分布的规律性和不均衡性

地球表面上构成自然环境的日光、大气、水、岩石、矿物、土壤、生物等要素，对于资源的形成有着巨大的影响和制约作用。在一定的自然条件下，便会形成一定的资源环境。由于各种自然要素的分布具有一定的规律性，因而使各种自然资源的分布也具有一定的规律性。各种可再生资源受地球表面各地水热条件的影响，它们的分布一般具有明显的地带性规律。矿产资源的形成受地质作用的制约，它们的分布也是有规律可循的。无论可再生资源，还是非可再生资源，它们的地区分布都是不均衡的。例如，中国北方多煤，南方多磷；北方平原多，热量少，水分少，南方平原少，热量多，水分多；西北干旱，多风沙，光照强；西南湿润，光照少，垂直地域差异显著。严格说来，不同的地区具有不同的资源环境；资源环境只有相似的地区，没有完全相同的地区。

（二）自然资源的多宜性

自然资源是由多种资源要素复合而成的自然综合体，具有多宜性、区域性、稀缺性、公共性、开发利用的关联性和敏感性。自然资源的多宜性，说明了自然资源的价值可以从其不同利用方式中多侧面地体现，即同一种自然资源在不同的利用方式中所获得的收益是不同的，其表现出来的价值也应有所不同。如在土地资源评价，有许多土地往往宜农、宜牧、宜林等。而中国的许多深水海湾，既可能是未来的深水海港的备选地，在当前又可能是当地水产养殖基地，同时可以做一块良好的围垦备用地等。在对这种多宜性的自然资源开发利用方式进行区划，或者进行利用方式选择时，就需要一套评价标准将对各种利用方式进行量化计算，从而择优选择。而以往自然资源利用方式的区划或利用方式选择往往是根据定性认识，主观选定，这就可能导致资源无法达到一种最优利用状态。

（三）自然资源的资产性

自然资源不仅是国民经济与社会发展的重要物质基础，而且是国家一项重要的自然资源资产。作为人类一种重要的资源和资产，它的合理利用和优化配置对于人类可持续发展具有重要意义。在古典经济学中，土地作为与劳动、资本并列的三大财富源泉之一，自古以来，就受到人类的重视。但在中国，按照宪法，自然资源除法律特别规定所有权外，都是属于国家的，这就使自然资源所有人格化代表不明确，产生错位现象，造成产权管理上的混乱。自然资源的所有权管理被使用权管理所代替、所淡化，

造成所有权管理的缺位，这使得长期以来存在资源无价的观念，使自然资源一直被排除在资产化管理之外，使用者基本上是无偿或低价占有资源，造成了资源开发的“无偿、无序、无度”状况。随着工业化的进展，自然资源的稀缺性和重要性日益凸显。因此，资源经济一体化核算的可持续发展理念应运而生，在这样的背景下，把自然资源作为一项重要的资产或生产要素，纳入生产成本核算中，从而体现资源的稀缺性和效用性就显得十分重要。

(四) 自然资源利用的外部性

自然资源的另一个突出特点在于它具有关联性和敏感性，即组成自然资源的各个要素、各个系统之间，各系统、各小区域的上下层次之间，以及相邻资源之间，又都是相互作用、相互联系、相互制约的，任何一部分的变化，都会影响其它部分的变化，往往会引起一连串连锁反应。自然资源一旦因人类的不合理开发破坏了某种自然资源的生存状况，那将危及整个区域资源、环境和经济协调发展。自然资源之间的这种联带作用，使自然资源开发暗含着极大的风险性，稍有不慎，可影响全局和长远，破坏整体生态环境。自然资源的关联性和敏感性，使得自然资源开发利用中存在外部性问题。这种开发中的外部性，使得资源的任何一种开发都要求其必须建立在对区域基础功能和价值的客观了解与分析基础之上，尽量地考虑到各种开发可能造成的资源成本和环境成本。

(五) 自然资源的潜力性

地球上的土地面积、矿产资源和水资源的数量，以至到达地面的太阳辐射，在一定地区、一定时间内都只有一定的数量；同时在一定的技术条件下，人们利用资源的能力、范围和种类也都具有一定的局限性。但随着科学技术的进步，人们可以应用现代科学技术改善生产条件，发挥生产潜力，提高资源的利用率，还可不断扩大资源利用的范围，使自然资源发挥更大的作用。例如，改良沼泽地、盐碱地，利用水域、滩涂发展养殖业，以提高自然资源的生产潜力；研究利用太阳能，淡化海水，以扩大水热资源利用的范围等。

(六) 生态环境资源的特殊性

在中国经济发展整体进入小康社会和全面建设小康社会之时，人们的物质生活水平和质量得到了很大的提高。同时，人们对文化教育、精神消费的需求以及干净的河流，清新的空气，花园和草地等生态需求将越来越重要。这些都说明，人类在经历了狩猎社会、农业社会、工业社会到如今的信息社会以后，将进入一个以关注文化精神、生态环境以及情感梦想的社会。

西方经济学历来比较重视对生活质量问题的研究。美国经济学家加尔布雷斯在他1958年出版的《丰裕社会》一书中，首先提出了“生活质量”的概念。但真正将生活质量问题纳入理论研究框架的是美国经济学家罗斯托。他在1971年出版的《政治和成

长阶段》一书中，将追求生活质量作为其划分经济成长阶段的最后一个阶段的特有标志。罗斯托认为，生活质量主要包含这样一些内容：其一，服务业的发展将越来越重要，成为主导部门。与医疗、教育、文化娱乐、旅游有关的服务部门加速发展，服务业提供的是“丰富居民生活”和“提高生活质量”的劳务。其二，汽车工业部门的发展和汽车的大量使用造成了社会环境问题。因此，“追求生活质量”必须认真处理和解决环境污染、城市交通拥挤和人口过密等问题，如果这些问题得不到解决就谈不到所谓“生活的质量”。从罗斯托的生活质量理论中，我们不难看出生活质量包含的主要内容：在物质文明极大提高的基础上，能够提高和满足人们不断的文化教育消费和环境生态需求。

人类社会的进步是与人类的生态需求密不可分的。人类社会愈进步，人类对生态需求的质量要求也愈高。生态经济学家认为，从人类的生态需求来看，人类现代文明社会的这种生态需求包括洁净的空气、水和无污染的食物；无污染、无噪音的生活空间；优良的人工或自然植被环境、数量充足、质量精良的环境资源和生态景观。生态需求是现代人类的最基本的需求，它是随着现代化生产力一起发展起来的，并不纯粹是自然需求，而是随着现代经济社会进步而变化的需求，是对现代人类创造的物质文明、精神文明和生态系统完善的优美环境的一种依赖和渴求。保护生态环境，发展无废物工业、生态农业、生态工业、生态建筑，推进现代社会生态化和保护生态环境方面的科学技术革命，大力发展循环经济，其目标是为了实现生态与经济、社会与环境、人与自然界的和谐互补。换言之，人类经济社会的进步是与其自然生态环境的全面需求不可截然分开的。

随着中国经济进入新的发展阶段，中国居民的消费也步入了一个新的周期，上了一个新的台阶。人的消费除了对物的消费外，教育消费、文化消费、生态消费将成为重要的组成部分。并且随着经济的发展，人们对于良好的生态环境支付意愿的提高，生态环境将成为一种最为重要的产品、商品，成为一种绿色财富。在追求生活质量的高级阶段，环境作为一种消费品，就是目的和主体。正是生态环境的这种重要性，决定了其作为自然资源的特殊性。

4.2 资源环境定价的意义

4.2.1 资源环境定价是循环经济得以开展的前提

合理的定价必然是循环经济得以实行的前提。我们从以下两个方面来说明：资源的定价和环境容量的定价。

（一）自然资源的定价

目前对自然资源的认识，在中国有着很大的误区，存在着“产品高价，原料低价，资源无价”的现象；即原材料型的资源价格不反映其环境成本，机会成本等，而公共

型资源则基本只反映获取成本。因此合理的自然资源定价便显得尤为重要。

以水资源为例。长期以来，中国的水资源被无偿或低价使用，事实上水资源所有权被废除或削弱。1988 年水法颁布实施后，开始征收水资源费，但由于水价计算方法不科学，不规范，水仍然是极其廉价的资源。生活上，由于水价的低廉，居民无动力去节水。工业上，在生产者的费用效益分析中，只要直接无节制利用水资源的成本低于循环利用或添置节水工艺的成本，他就会选择直接无节制的利用水资源；而目前低价的水资源也确实无法正确反映其应有的价值，不足以刺激生产者采取节水或循环用水，循环经济的实现无从谈起。

只有资源都拥有合理的价格，生产者才能在使用自然资源与“减量化，再循环，再使用”之间做出正确的权衡；循环利用的材料和原材料之间才能进行正确的成本比较，以找出最符合“费用一效益”的方案；才可能将能源结构从化石能源转向可再生利用的绿色能源；才能促使企业减少原材料的消耗以及选用能够回收利用的材料和结构。自然资源的合理定价是向整个市场体系提供准确信号刺激的前提条件，唯有脱离了扭曲的价格体系，循环经济才能得以发展。

（二）环境容量的定价

循环经济以避免和减少废物产生为经济活动的优先目标，要求企业在生产阶段尽量避免废物排放，源头不能削减的污染物要使它们回到经济循环中去，避免产生和回收利用都不能实现时，需要进行环境无害化处置。而在排放成本界定不合理的情况下，企业很可能能够实现免费或低成本排放，造成外部不经济。由于循环利用，清洁生产本身就有着工艺，设备，人员等多方要求，当实施循环经济的成本高于循环经济本身所节约的原材料成本时，由于排放是免费或低廉的，厂家会更倾向于选择废物的终端处理或是付费排放。由此可见，排放成本也在很大程度上决定着循环经济的可行性，而排放成本则是由环境容量价格所决定的。

唯有以合理的环境价值为基础，将经济行为中产生的“外部成本”予以内部化，才有可能对生产者提供正确的刺激，以从利益上鼓励其采用循环经济的生产模式。

4.2.2 资源定价是绿色 GDP 核算的关键

多年来，许多国家都在研究绿色 GDP 核算方法，但至今尚无一个国家政府正式公布绿色 GDP 数据。因为对资源耗竭和环境污染很难找到合适的价格。中国人民大学环境学院马中教授认为，即使真切地知道经济活动和社会行为给环境造成损坏的程度，也仍然无法阻止外部性问题的发生。因为环境破坏和资源耗竭的经济回报主要体现在当代，而影响却是跨世代持续的。就生物资源而言，如果当前的市场价格低于保证林木生长的长期均衡价格，而市场利率高于林木的自然生长利率，就必然导致过度砍伐。因此说，实行绿色 GDP 的关键，是如何为资源环境定价。

长期从事绿色 GDP 核算研究工作的国家统计局国民经济核算司官员吴优、曹克瑜

提出：资源环境核算是测算绿色 GDP 的基础和前提，绿色 GDP 是资源环境核算的最终目标²。根据《综合环境与经济核算手册 2003》（《SEEA 2003》）的基本思路与框架，绿色 GDP 核算主要由四个步骤组成：第一步，核算以反映为保护资源环境而付出的实际成本；第二步，编制自然资源流量与存量的实物量核算表，对自然资源进行估价并编制货币型账户；第三步，编制残余物或污染物排放量的实物量账户，对所造成的环境损失进行估价；第四步，以前三项核算内容为基础，对传统的经济总量 GDP 进行调整，即测算出绿色 GDP，重新评价经济发展成就。显而易见，绿色 GDP 的核算依赖各种资源环境核算的建立与完善，没有前三项扎实的基础性工作，就无法实现对 GDP 的调整，即无法测算出科学可靠的绿色 GDP。

4.2.3 资源定价是用经济手段管理环境资源的前提

从计划经济向市场经济转型，就是要充分发挥市场对资源的基础性配置作用。自然资源作为一种重要的资源和资产，越来越引起管理者、使用者和经营者的重视。但由自然资源有偿使用制度尤其是资源使用金收取标准评估机制的不完善或未建立，加上全国统一的资源使用管理技术规范制度和自然资源有偿使用管理的法律制度等未建立，因而目前资源的开发利用大多还处于“无价、无偿、无序、无度”开发状况。

自然资源合理定价是资源环境经济一体化核算、资源资产化管理、资源的有偿使用制度建立和资源合理开发的重要前提。只有对资源合理定价，才能建立合理的资源标准金收取评估制度（资源使用费制度），才能使自然资源作为国家的一种能够为人类带来财富的“财富”或称为“资源性资产”得以保值和增值，改变资源无偿使用状况和避免某些领导“一言定价”的盲目性，避免国有资产流失，并为人类带来更多的福利。也只有对资源合理定价，才能将开发中的资源成本纳入生产成本中，对资源开发各种利用方式进行合理选择。因此，对资源合理定价就成为利用市场价格机制，用经济手段代替过去行政手段管理环境资源的前提。

4.3 资源环境定价的理论基础

4.3.1 传统资源价值理论

传统的资源价值观的理论基础是西方的效用价值论和被曲解的马克思劳动价值论，由于理论本身的缺陷或者将有关理论错误理解，导致传统的资源价值观只适应特定的历史形势，难以符合现代经济社会发展的需求。

（一）效用价值论

效用价值论是从物品满足人的欲望能力或人对物品效用的主观心理评价角度来解释价值及其形成过程的经济理论。所谓的效用是指物品满足人的需要的能力，效用价

²来源：新华网 <http://news.tom.com>，绿色 GDP：关键是如何为资源环境定价，2004 年 07 月 16 日

值论认为，一切物品的价值都来自它们的效用，物品的效用在于满足人类天生的欲望，无用之物，没有价值。效用论主要观点是：①价值起源于效用，效用是形成价值的必要条件又以物品的稀缺性为条件的时候，才构成人的福利（甚至生命）的不可缺少的条件，从而引起人的评价即价值。②价值取决于边际效用，即满足人的最小欲望的那一单位商品的效用，价值纯粹为一种主观心理现象，“价值就是经济人对于财货所具有的意义所下的判断”。③边际效用递减和边际效用均等，所谓的边际效用递减规律是指人们对某种物品的欲望程度随着享用的该物品数量的不断增加而递减；边际效用均等也称边际效用均衡定律，它是指不管几种欲望最初绝对量如何，最终使各种欲望满足的程度彼此相同，才能使人们从中获得的总效用达到最大。④效用是由供给和需求之间的状况决定的，其大小与需求强度成正比例关系，物品的价值最终由效用性和稀缺性共同决定的。

传统的资源价值观就是在效用价值论的影响下形成和发展的。根据效用价值论，自然资源是否具有价值，取决于两个因素，其一是它是否效用，其二是它是否短缺，只有既短缺又具有效用的东西才具有价值。由于受人类认识的局限和社会经济发展的限制，人们对自然资源数量、质量上存在着错误判断，由于丰富的自然资源完全能够满足当时经济的发展需求，因而对自然资源的认识存在着盲目乐观性，认为它不存在短缺，所以产生自然资源没有价值的结论。毋庸置疑，该种结论在特定的社会经济条件下是正确的。随着经济社会的飞速发展和人口的迅速增加，原有的资源、经济、社会矛盾格局被打破，资源短缺成为制约社会经济发展“瓶颈”之一，但是人们的价值观念并没有完全迅速地适应新的形势，还停留在原有的认识基础上，不可避免地导致相关系列理论和决策的失误。

（二）劳动价值论

劳动价值论是物化在商品中的社会必要劳动量决定商品价值的理论。马克思的劳动价值论是在批判地继承了古典政治经济学的劳动价值论的基础上建立起来的科学的价值理论。他论述了使用价值和交换价值间存在的对立统一关系，首创了劳动二重性理论，指出价值与使用价值共处于同一商品体内，使用价值是价值的物质承担者，离开使用价值，价值就不存在了。使用价值是商品的自然属性，它是由具体劳动创造的，价值是商品的社会属性，它是由抽象劳动创造的。“物的有用性使物称为使用价值”，价值“只是无差别的人类劳动的单纯凝结”，价值是“抽象人类劳动的体现或物化”。“这些物现在只是表示，在它们的生产上耗费了人类劳动力，积累了人类劳动，这些物，作为它们共有的这个社会实体的结晶，就是价值即商品的价值”。在此基础上，马克思还论述了价值是如何转换为价格的三种转形理论，价值转形理论确立，标志着科学劳动价值论真正地完成。

运用马克思的劳动价值论来考察自然资源的价值，关键在于确认自然资源是否凝

结了人类劳动。长期以来，由于人们对马克思论述片面的理解，产生了自然资源没有价值的传统的资源价值观。

诚然，马克思在阐述使用价值与价值的关系时曾论述道：“如果它（指自然资源——引者注）本身不是人类劳动的产品，那么它就不会把任何值转给产品。它的作用只是形成使用价值，而不形成交换价值，一切未经人的协助就天然存在的生产资料，如土地、风、水、矿脉中的铁、原始森林的树木等，都是这样”。

正因为如此，传统的资源价值观很盛行：处于自然状态下的自然资源，是自然界赋予的天然产物，不是人类创造的劳动产品，没有凝结着人类的劳动，它没有价值。

诚然，马克思劳动价值理论最本质的内容之一是价格取决于价值，而价值是由社会必要劳动时间决定的。但马克思从未否定不是劳动产品的东西不可以有价格，相反，他曾明确地指出：“……价格毕竟可以完全不是价值的表现。……一种东西尽管没有价值，但能在形式上有一个价格，在这里，价格的表现是虚幻的。”

我们可以认为，没有价值的自然之物之所以在形式上具有价值，主要是由于其垄断性、稀缺性和不可或缺性所决定的。那种认为资源没有价值进而得出没有价格的结论，是对马克思理论的片面理解，我们必须予以纠正，只有这样，才能促进自然资源的合理开发利用。

4.3.2 传统资源价值观的批判

传统的自然资源价值观念由于与现实的经济生活产生了尖锐的冲突，受到严重挑战，已经渐渐衰落，主要表现在：

（一）传统的资源价值观念不适应现代经济社会的要求

财富通常指国民财富或称之为社会财富，它是一定时期内一国或一个社会所拥有的物质资料的总和，它们可以分为劳动产品和自然资源两大类，此处所指的劳动产品是历史上积累下来的全部生产资料和消费资料的总称，自然资源是指人生产过程的水资源、土地、森林、太阳能、矿产等等，资源无价的传统价值观念，实质上将自然资源排出在国民财富范围之外，过分地强调了人工资本即劳动产品，割裂了资源财富与劳动产品之间的密切关系，这是很不表现，即人的劳动力表现”，“人在生产过程中只能像自然本身那样发挥作用，就是说，只能改变物质的形态。不仅如此，它在这种改变形态过程中还要经常依靠自然力的帮助，因此劳动并不是它所产生的使用价值即物质财富的唯一源泉，因此，正如威廉·配第所说‘劳动是财富之父，土地是财富之母’”。现代经济社会的发展，它以合理利用资源为主要特征，将自然资源作为重要的自然财富高效配置，如果将其排除在外，自然资源通过市场的形式进行调节分配是不可能的，必须改变这种状况。

（二）环境会计学新学科的诞生，对传统的资源价值观念提出了新的挑战

环境会计学是一种把自然资源消耗及退化的费用包括在政府的国民经济中的有效

工具，它对资源环境的破坏及资源环境的变化进行统计分析，并将这些结果同经济指标联系起来，修正传统的经济指标数值，使决策者赋予资源环境合理的成本。联合国环境规划署围绕这个中心以指导各国政府、经济学家、投资者、商人的行动，最终目标是使地球上所有的人都进行持续经济实践而不对环境构成威胁。环境会计学的诞生，有其深厚的社会背景，它是在资源环境等问题日益严重并威胁社会经济可持续发展的背景下逐渐发展和完善起来的。如现行的经济统计中所包括的仅是当木材出售时，或者鱼被捕获时出售的市场价值，并没有包括过度砍伐森林或过度捕捞对生态系统的影响，也没有把它从国民生产总值中剔除或从经济增长率中扣除，在这种情况下，国民经济是虚假增长的。自然资源价值的研究，使环境会计学基本任务之一，今后必将随着资源环境问题日益突出而得到重视和广泛深入地发展，并应用于社会经济生活实践。随着社会的发展，人们对自然资源认识的逐步深入，越来越感到传统的价值观念束缚了人类的美好未来，环境会计学新学科的诞生对传统的价值观念提出了新的挑战。

(三)传统的资源价值观念与可持续发展理论背道而驰

可持续发展理论是在资源环境日益严重的背景下产生的。18世纪后半叶发源于英国的工业革命，为人类摆脱贫困发挥了巨大作用，但是，由于人类对自然界缺乏足够的认识，人类在充分享受工业革命所带来的物质文明的同时，对资源环境给予了强烈冲击，导致环境污染、资源枯竭、生态环境恶化、粮食短缺、能源危机等等世界性环境问题的出现和加剧，经济的发展受到资源环境的制约，最终威胁了人类生活福利的进一步改善和自身生存。在这种背景下，可持续发展的理论渐渐诞生并且不断得到完善，现在几乎已经成为指导世界各国经济发展的指南。可持续发展理论要求自然资源的开发利用限定在资源环境可承受的阈值之内，并不影响下一代人的利益，即当代与后代具有均等的发展机会，而在传统资源价值观念下产生的经济发展模式，生产体系以粗放经营、大量消耗资源特征，生活体系以高消费为主要特色，它们是掠夺性开发自然资源的根源，不仅威胁了当代人的利益，也严重地侵犯了后代人的生存权，如果这种状况长期发展下去，人类的不断延续且生活得更加美好的理想就会变成泡影，后果不堪设想。由此可见，传统的资源价值观念与可持续发展理论背道而驰，必须予以扭转。

(四)传统的资源价值观念是造成资源退化的根本原因之一

在传统的资源价值观念下产生的资源无价的理论，是形成资源退化的最根本原因，它产生了诸多弊端。首先，不仅严重地制约了基础材料工业的发展，使国民经济发展出现了原材料供应紧张的“瓶颈”，而且导致基础材料工业发展步履蹒跚，日趋萎缩，造成恶性循环；其次，它导致人们对资源的开发利用不加珍惜，乱采乱挖、乱砍乱伐，以野蛮的粗放型经营方式换取经济的高速发展，使人类赖以生存的珍贵资源过度开发和严重浪费；第三，难以用经济手段加强对资源的管理和保护，由于缺乏对资源价值

的正确评估，资源的消耗速度和紧缺程度在价格信号中难以表现出来，在决策中也没有考虑资源的耗竭，资源的变化情况在国民经济核算体系中没有得到正确反映，从而在客观上造成了缺乏对资源短缺与否的关注，运用经济手段管理和保护自然资源成为一种幻想，资源退化是不可能避免的。

4.3.3 现代资源资产价值理论

(一)现代资源资产价值理论体系框架

对传统的资源价值观念进行批判，引起了世界各国的关注，目前，对传统的资源价值观的处理不仅仅局限在反思上，而是在反思的基础上研究如何加以改进和处理。英国皇家学会会员安伦·科特雷尔教授指出：“无论什么样的社会形式，都必须承认有限的、会枯竭的自然资源都有价值。因此必须以这样或那样的形式给资源制定价格，以便限制消耗和给予保护关系。”联合国环境规划署前执行主任托尔巴博士在1990年8月环境署理事会的一次特别会议上强调：“对一个健康的生态体系的各个组成部分进行价值量化不是一件容易的事，但是我们必须修订经济核算方法以允许各个国家把环境审计包括在国民经济计划中，尽管这样做还有困难。”1991年2月，马来西亚总理穆罕默德·马哈蒂尔博士在槟城热带臭氧和大气变化会议上说：“我们过去一直被衡量经济发展水平的计算方法错误引导，消耗自然资源，对于我们来说，这就是资本折旧，当我们进口机器设备和技术，我们必须计算它们的折旧，这种折旧对一个国家来说就是成本，但人们从来没有计算环境资本的折旧。”

综合各方面分析，笔者认为，现代资源资产价值理论体系至少应包括以下几个方面的内容：

1、完善的资源价值理论体系

自然资源具有价值，这是现实的迫切要求，但如何从理论上阐述清楚，还需要多方努力。目前，探讨自然资源价值的理论有多种，如效用价值论、劳动价值论、生态价值论、哲学价值论、价值工程论、资源环境论等，这些理论都不同程度地存在各种问题，因此有必要进行深化。李金昌（1994）对自然资源价值的探讨富有创造性和启发性，他将西方的效用价值论和马克思的劳动价值论进行有效地结合，取得了可喜的成果，这是资源价值理论研究值得关注和重视的进展，尽管如此，自然资源价值理论的构建尚没有结束，仍然处于“百花齐放、百家争鸣”的时代，建立完善的自然资源价值理论还任重道远。

2、资源价值量化理论体系

自然资源具有价值，如何对其价值进行计量，这是实现自然资源价值的前提和基础，现有的一些理论如边际机会成本模型，由于本身存在着各种缺陷，尚不能完全解决自然资源价值量化问题，必须进行改进和创新。不同的自然资源由于分布、特征、供求状况等存在差异，他们是否具有统一计算范式，这是价值量化过程中不可回避的

问题，必须予以明确回答，完善创新资源价值量化理论是资源走向市场的必经之路。

3、资源资产管理体系

资产是能够给所有者带来效益的有形或无形物质，自然资源具有资产的某些特征，为了加强自然资源的管理，必须采取资产化方式来经营和管理自然资源。将自然资源视为资产，在人们的意识深处会产生自然资源是一种财富，它的浪费与损失，意味着财富的耗减与折损，同时为自然资源取得价格寻找一条新的理论途径，也为其核算及将其纳入国民经济核算体系之中提供了一种新的接口。

4、资源资产折补理论体系

按照现行的经济运行体制，无论是西方国家还是中国，资产特别是固定资产是按照不同的折旧率进行折旧，最终得以报废和更新。资源资产同资产相比存在着特殊性，其“折旧”方式不可能沿用资产折旧的理论体系。例如，水资源资产，其可更新可以通过水的循环方式进行，也可以通过污染的治理恢复原有状态方式来进行，或者通过自然进化的形式进行（指未超过环境容量的水系），所以，自然资源折补理论与资产折旧理论存在着很大差异，必须努力建立新的折旧理论体系解决这种问题。

5、资源资产核算及其纳入国民经济核算体系的理论体系

对自然资源开展核算研究已经开展了一段时间，也取得了一定成绩，但纵观全局，单项资源的实物量核算较成熟，其成果较丰富，但价值量核算、质量核算及综合性资源核算由于理论上的缺陷和各部门之间缺乏有利的配合远远难以实现，特别是将自然资源纳入国民经济核算体系的“接口”问题、可操作性问题，科学性问题、还没有得到彻底解决，因此，建立不同于原有的资源核算体系和含有资源核算内容的国民经济核算体系的理论体系是构建现代资源价值观的重要组成部分。

上述内容可以用图 4.1 进行描述。

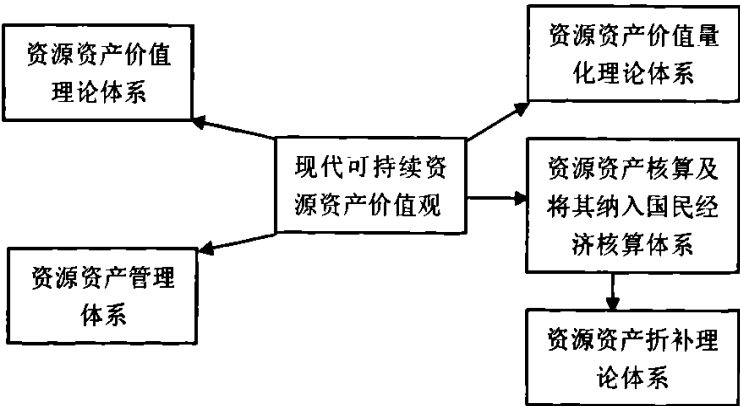


图 4.1 资源资产价值理论体系示意图

上述各理论是一个不可分割的整体，它们之间相互协调作用，促进资源资产的可持续利用。如资源资产价值量化体系，它是构成资源资产理论的重要组成部分，它不仅与价值来源密切相关，而且可以用于资源资产的核算及将其纳入国民经济核算体系，也和资源资产折旧相伴随，最终影响国民资源资产的可持续利用。

4.4 现有的自然资源价格理论模型

所谓自然资源价格理论模型是指包括了自然资源内在价值来源和外在价格形成在内的系统设计，其形成的资源价格既可以是市场交易的价格，也可以是资源价值所体现的资源价格，或是二者的综合价格。由于价格理论的不同，对自然资源价格的来源和构成说明不同；即使运用同一价格理论，由于自然资源的复杂性，从不同的角度，对自然资源定价的思路和方法也不同。因而形成了不同的自然资源定价理论模型。本着定价思想和定价方法相统一的原则，本文概括总结了 7 种有代表性的自然资源定价的理论模型，并对其各自定价思想、模型结构、优越性和局限性进行了比较和分析。

4.4.1 影子价格模型

影子价格是针对现实市场价格的缺陷，为实现合理分配稀缺资源而提出的一种理论价格。它是 20 世纪 30 年代分别由荷兰的詹恩·丁伯根(Jan Tinbergen)和苏联的康托罗维奇(Kantofovitch)提出的，前者主要是针对市场经济中的市场缺陷而提出的，因而在国外常称之为“效率价格”；后者主要是针对计划经济体系中如何实现全社会资源的最优配置而提出的，因而也称“最优计划价格”。二者都是从资源有限性出发，以资源充分合理分配并有效利用作为核心，以最大经济效益为目标的一种测算价格，是对资源使用价值的定量分析。萨缪尔森发展了丁伯根的影子价格理论。从 3 个方面对影子价格作了补充：第一，影子价格是以线性规划为计算方法的计算价格；第二，影子价格是一种资源价格；第三，影子价格以边际生产力为基础。

自然资源影子价格的具体计算方法是（王舒曼，王玉栋，2000）：

$$\text{目标函数: } Z_{\max} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{约束条件: } a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n \leq b_i$$

式中： $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ； C_j 为各类自然资源单位数量收益系数； x_j 为各类自然资源数量； a_{ij} 为约束系数； Z 为目标值（生态、经济效益等）； b_i 为自然资源总量。

利用该规划的对偶规划求解自然资源的影子价格： (U_i) 。即：

$$\text{目标函数: } Y_{\min} = \sum_{i=1}^m b_i u_i$$

约束条件: $a_{1j}U_1 + a_{2j}U_2 + \dots + a_{ij}U_i + \dots + a_{mj}U_m \geq C_j, U_i \geq 0$

式中: $i=1, 2, \dots, m$; Y 为生产总成本; U_i 为决策变量即影子价格。

从数学规划角度看, 影子价格即是线性对偶规划的最优解。其经济含义是: 在资源得到最优配置, 使社会总效益最大时, 该资源投入量每增加一个单位所带来社会总收益的增加量。由于影子价格是根据资源稀缺程度对现行资源市场价格的修正, 反映了资源利用的社会总效益和损失, 符合资源定价的基本准则, 影子价格反映了资源的稀缺程度, 为资源的合理配置及有效利用提供了正确的价格信号和计量尺度。自然资源的影子价格, 可以根据上述有关理论进行测算。

但是影子价格模型在资源定价中仍有很大局限性。主要表现在:

(1) 理论上可以通过求解线性规划来获得资源影子价格, 该方法所需资源和经济的数据量大, 计算复杂, 在实践上存在很大困难。因而实际工作中, 影子价格的获得常采用以下几种方法: 以国内市场价格为基础进行调整; 以国际市场价格为基础确定; 机会成本法等。

(2) 从线性规划模型来看, 影子价格反映的只是一种静态的资源最优配置价格, 不能表现资源在不同时期动态配置时的最优价格。

(3) 根据影子价格的定义, 影子价格与生产价格、市场价格差别很大, 它只反映某种资源的稀缺程度和资源与总体经济效益之间的关系, 因此, 它不能代替资源本身的价值。

4.4.2. 边际机会成本模型

机会成本的概念是新古典经济学派提出的。是指在其他条件相同时, 把一定的资源用于某种用途时所放弃的另一用途的效益其中最高的一种就是它的机会成本。用机会成本确定自然资源价格, 不仅意味着将一部分资源开发利润计入成本, 也意味着必须将未来所牺牲的收益计入成本。在无市场价格的情况下, 用机会成本来间接计算资源价格, 是一个可行的方法, 因而机会成本理论被广泛地用于自然资源定价。其中边际机会成本定价模型就是较为先进和流行的一种。

边际机会成本(中国环境与发展国际合作委员会编, 1997) (Marginal Opportunity Cost, 简称 MOC) 理论认为: 自然资源的消耗使用应包括 3 种成本: ①边际生产成本 (Marginal Production Cost, 简称 MPC), 它是指为了获得资源, 必须投入的直接费用; ②边际使用者成本 (Marginal User Cost, 简称 MUC), 即将来使用此资源的人所放弃的净效益; ③边际外部成本 (Marginal External Cost, 简称 MEC), 外部成本主要指在资源开发利用过程中对外部环境所造成的损失, 这种损失包括目前或者将来的损失。上述 3 项可以用下式来表示: $MOC = MPC + MUC + MEC$ 。MOC 理论认为: MOC 表示由社会所承担的消耗一种自然资源的全部费用, 在理论上应是使用者为资源消耗行为所付出的价

格 P ，即 $P = MOC$ 。而当 $P < MOC$ 时会刺激资源过度使用， $P > MOC$ 时会抑制正常的消费。

MOC 将资源与环境结合起来，从经济学的角度来度量使用资源所付出的全部代价，它弥补了传统的资源经济学中忽视资源使用所付出的环境代价以及后代人或者受去者利益的缺陷，可以说是一个新突破。另外， MOC 可以作为决策的有效判据用来判别有关资源环境保护的政策措施是否合理，包括投资、管理、租税、补贴以及自然资源的控制价格等。但将其应用于自然资源价格测算仍存在着严重的缺陷，主要表现在（姜文来，1998）：

(1) 应用较困难。在公式 $MOC = MPC + MUC + MEC$ 中， MPC 的获取比较容易，而 MUC ， MEC 则比较困难。

(2) 缺乏可比性。由于同一资源在不同地区 MUC ， MEC 的计算的内容方法不同，这样使 MOC 缺乏可比性，难以进行时空分析和宏观上把握资源价格变化。

4.4.3 可计算一般均衡模型

可计算一般均衡模型 (Computable General Equilibrium Model，也称模 CGE 型)，它是一种宏观经济的自然资源价格计算模型。它是应用市场经济的一般均衡理论，分析自然资源供需达到均衡时的资源价格或自然资源边际贡献。CGE 模型源于瓦尔拉斯的一般均衡理论，但又不同于这一理论。它取消了完全竞争的必要性假定，把政策的干预引入了模型，使之适合当今许多国家混合经济的条件。因此，它使一般均衡理论更接近经济现实。CGE 模型作为一种建模技术，吸收了投入产出、线性规划等方法的优点，体现了部门间的联系，同时又克服了投入产出模型忽略市场作用等弊端，把要素市场、产品市场通过价格信号有机地联系在一起，既反映了市场机制的相互作用，又突出了部门间的经济联系。CGE 模型 20 世纪 60 年代末出现于宏观政策分析和数量经济领域，随着经济理论的不断丰富、计算技巧的逐步完善，CGE 模型的研究和应用日渐广泛。能有效应用于包括自然资源和环境在内的各种商品价格的计算（王慧炯，1996）。

由于 CGE 模型能有效地模拟宏观经济的运行情况，因此，它能用来研究和计算某一区域的经济在均衡条件下各部门商品的相对价格，以及在均衡条件下的各部门的生产和消费情况。但把 CGE 模型应用于自然资源商品价格的研究，不仅需处理的数据量非常巨大，更主要的是在中国目前的经济统计工作中，还没有把各类资源及开发状况作为一个单独的部门来处理，因而，无法把资源商品纳入模型直接计算资源产品的相对价格。较为现实的是，建立宏观经济的投入占用自然资源模型，通过可供资源量的变化，推求 GDP 的变化值；然后确定 GDP 变化值由于自然资源量变化的贡献量，推求资源的边际价格。这种方法只需在现有的 CGE 模型中加入自然资源条件变化的方程，实际操作较方便。沈大军和李善同等曾分别采用此方法，计算邯郸市的水价和研究中国的污染限制政策（污染排放税率合理确定）问题。

4.4.4 市场估价模型

市场估价模型也称效益换算定价模型，它是基于人们对自然资源的开发利用既会给人类带来经济正效益，也会造成环境负效应的认识，通过自然资源在市场上的价值表现将两种效益进行换算，通过直接或间接的市场价格来估算自然资源和环境资源的经济价值的定价模型。市场估价理论模型由一系列以市场为主的价值评估方法组成。根据市场信号完备与否，可分为直接市场方法(收益现值法、生产率变动法、疾病成本法和人力资本法、重置成本法、预防支出法等)、间接市场方法(后果阻止法、保护费用法、旅行费用法、工资差额法等)以及以调查为主的主观性较强的模拟市场方法(直接询问调查法、间接询问调查法、德尔斐法等)(张帆, 1998)。除了模拟市场法采用问卷调查外，以上每种定价方法都有其特定的经验模型或具体模型。其中较为常用的模型有：收益现值模型、疾病成本和人力资本模型、旅行费用模型、资产价值模型等。

(1)资源价值的收益现值模型(邱德华, 沈菊琴, 2001): 根据某种自然资源的收益(或地租)来推算该资源的价格。

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+r)^i}$$

式中: P 为自然资源价格; P_i 为未来第 i 年的资源预期收益额 ($i=1, 2, 3, \dots, n$); n 为收益年限; r 为折现率。当 $n \rightarrow$ 无穷大时, 即资源部门无限期收益时, 则上式可表示为: $P = p/r$ 。

(2)人力资本模型: 人力资本理论用于资源定价的思路是用收入的损失, 估算由于环境污染引起的过早死亡的成本, 进而推算出环境资源的价值。根据边际生产力理论, 人失去寿命或工作时间的价值等于这段时间中个人的劳动价值, 一个人的劳动价值是在考虑年龄、性别、教育程度等因素的情况下, 每个人的未来收益经贴现折算成的现值。假设一个人在正常情况下可以活到 t 年, 由于环境污染而于 T 年过早死亡, 则该个人过早死亡的人所损失的劳动力的价值可描述为:

$$L_T = \sum_{t=T}^{\infty} Y_t P_T' (1+r)^{-(t-T)}$$

式中: L_T 为一个年龄为 T 的人未来收入的贴现值; Y_t 为预期个人在第 t 年内所得到的总收入扣除他拥有的非人力资本的收入; P_T' 为个人在第 T 年活到第 t 年的概率; r 为预计到第 t 年有效的社会贴现率。

(3)旅行费用模型: 旅行费用模型的定价思路是以游客的支付意愿(旅行费用), 作为替代物来衡量旅游景点的价值。以单景点旅游为例, 消费者对该景点的支付意愿(W_i)

即该景点对消费者 i 的价值为: $W_i = \int_{p^0}^{\infty} F(p, Z) dp$

式中：p 为从出发点到景点的旅行费用；Z 为人口的社会经济特性。

因为有许多消费者参观景点，该景点的总价值等于不同消费者支付意愿之和：

$$W = \sum_{i=1}^n W_i$$

市场定价模型不仅是以资源使用的市场价值为基础进行定价，比较直观；而且定价的具体方法众多，在实际定价工作中，无论在计算资源商品价值还是计算资源服务价值方面，都有广泛的应用。但它也有明显的局限性：

(1) 无论是直接市场法还是间接市场法，都是有关商品和劳务的市场价格计算，但许多资源根本没有相应的市场和价格。即使有，市场价格也多是扭曲的，无法真实地反映消费者的支付意愿或受偿意愿，不能充分衡量自然资源开发的全部成本。因而必须把扭曲价格订正为有效价格，而这经常是很困难的。

(2) 模拟市场法主观性较强，且每种方法的使用都有严格的前提和限制，因而调查结果也存在着产生各种偏倚的可能性。

4.4.5 李金昌模型

中国学者李金昌先生在综合效用论、劳动价值论和地租论的基础上，建立独具特色的自然资源的定价模型。该模型的基本内容是（李金昌，1994）：

自然资源的价值 P 包括两个部分：一是自然资源本身的价值，即未经人类劳动参与的天然产生的那部分价值 P_1 ；一是基于人类劳动所产生的价值 P_2 。即： $P = P_1 + P_2$ 。根据地租论，设 R_0 为基本地租或租金；a 为代表自然资源过度和开采利用条件即地区差别、品种差别和质量差别的等级系数，则该自然资源的地租或租金 $R = aR_0$ ；I 为平均利息率。则该自然资源本身的价值 $P_1 = aR_0 / I$ ； P_2 可以根据生产价格理论来确定。设 A 为支付在该自然资源上的人则物投入总额（折成资金），Q 为受益自然资源总量，N 为受益年限。则资源产业活动对该自然资源的总投入的每年中一位资源量的分摊额为 $A/N \times Q$ ，再考虑投入资本的平均利润率 ρ ，即为社会投入单位资源所产生的成本加利润，它相当于 $(c+v+m)$ ，即

$$\frac{A}{N \times Q} (1 + \rho) = c + v + m$$

式中：c—物质消耗，v—活劳动消耗；m—利润。

这部分价值是该自然资源每年的生产价值，它与地租或租金是同一层次的问题。所以，该自然资源由于社会投入部分产生的价值 P_2 只要考虑平均利息率即可求得：

$$P_2 = \frac{A(1 + \rho)}{N \times Q \times I} = \frac{c + v + m}{I}$$

因此，该自然资源总的价值 P 即为：

$$p = P_1 + P_2 = \frac{1}{I} \left[aR_0 + \frac{A}{N \times Q} (1 + \rho) \right] = \frac{1}{I} (aR_0 + c + v + m)$$

其次，再考虑自然资源价值的大小。这主要取决于它的稀缺性。稀缺性主要体现在供求关系上。在供给量 Q_s 一定时，其价格(价值)与需求量 Q_d 大致成正比关系；在需求量 Q_d 一定时，其价格(价值)与供给量 Q_s 大致成反比关系。而在实际上，无论 Q_s 还是 Q_d 它们与价格之间并不是都是固定关系。在不同的价格水平下， Q_s 与 Q_d 具有不同的伸缩性；在相同的价格水平下， Q_s 与 Q_d 的伸缩性也不尽相同。把这种伸缩性分别用供给量变化率与价格变化率的比值，即供给弹性系数 E_s 和需求量变化率与价格变化率的比值，即需求弹性系数 E_d 来表示。 E_s 表示供给量变化对价格的灵敏程度， E_d 表示需求量变化对价格变化反映的灵敏程度。加入上述关系，. 则上式变为：

$$p = \frac{1}{I} \left[aR_0 + \frac{A}{N \times Q} (1 + \rho) \right] \times \frac{Q_d \times E_d}{Q_s \times E_s} = \frac{1}{I} (aR_0 + c + v + m) \times \frac{Q_d \times E_d}{Q_s \times E_s}$$

第二，凡是资本，都应考虑时间价值。设 P 为现值， P_t 为第 t 年的价值，贴现率用 i 表示，则有

$$P_t = P(1+i)^t \quad t=1,2,3,L, n$$

所以有

$$p_t = \frac{(1+i)^t}{I} \left[aR_0 + \frac{A}{N \times Q} (1 + \rho) \right] \times \frac{Q_d \times E_d}{Q_s \times E_s}$$

或者

$$p_t = \frac{(1+i)^t}{I} [aR_0 + c + v + m] \times \frac{Q_d \times E_d}{Q_s \times E_s}$$

上述两式即为确定自然资源价值(价格)的基本理论模型。它符合完全的生产价格应该等于成本加利润再加地租的原则，尤其是从资源租金角度把自然资源本身的价值考虑进去，使自然资源本身的价值有所体现。有关影响自然资源价值(价格)的其他因素均可以在这个公式的基础上加以考虑，对公式作出扩展。但是，要将这个模型付诸实际应用，尚有较大困难。这是因为：

(1) 有关参数(如 a 、 R_0 、 Q_s 、 Q_d 、 E_s 、 E_d 等)的确定，在实践中常常是比较困难的。

(2) 其定价方法前后所依据的经济学理论互相矛盾，如劳动价值论和效用价值论等，可能影响模型的内在统一性和严谨性。

4.4.6 能量定价模型

能量定价的基本思路是：通过计算自然资源中所含有的总能量来确定自然资源价格。能量价值模型是根据自然资源经济系统所生产的总能量折算成货币价格的定价模型。其基本设想是(刘文，1996)：自然资源是人类社会经济系统的组成部分，而能量

与货币的转换在经济学上又是完全可能的。实际上一个国家国民生产总值与它的总能耗的比例可以使能量同货币联系起来。确定能量单位价值的公式为：

$$UVF(\text{能量单位价值}) = GNP(\text{国民生产总值}) / TEC(\text{总能耗})$$

按照资源经济学的方法，首先计算出一种自然资源所生产的总能量，然后乘以能量单位价值，就可以得出这种自然资源的总能量价值，其公式即：

$$TFV(\text{总能量价值}) = TF(\text{总能量}) \times UVF(\text{能量单位价值})$$

能量定价理论用能量这个统一标准，将自然环境系统和人类经济系统联系起来，解决了经济学家和资源经济学家在资源价值评估中所遇到的统一性和准确性问题，是一种较好的计量资源价值的方法。但是，自然资源除了物质循环和能量交换外，还可以有其他的功能，如景观、保健和科研等价值。对于一个低能量价值的自然资源来说，如果它具有风光明媚、整洁安宁的特色，也可能有一个较高的经济价值。这是能量定价的局限所在。

4.4.7 能值定价模型

所谓能值(Energy)是指某种流动或贮存的能量包含另一种流动或贮存的能量之量，它与能量有着本质的不同，是一种比值定义的概念。20世纪80年代后期，美国著名生态学家 H. T. Odum 在对不同生态系统中的能量流动进行系统研究的基础上，根据不同自然资源对能量吸收转换的效率差异，提出能值转换率(Transformity)的概念，并以此作为评价自然资源和环境价值的尺度(李寒娥，蓝盛芳，1997)。由于地球上各种自然资源的能量都直接或间接来源于太阳能，所以实际应用的是太阳能值转换率，它指形成每单位某种自然资源的能量所需的太阳能数量。因而，太阳能值转换率是一个比值，比值越大，说明某种资源的太阳能值转换率越高，则在能量系统中的等级就越高，其经济效益就越大，价值也就越大。例如，太阳光能的能值转换率为1，风能的能值转换率为623，海浪能为 $17 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3$ ，燃料的为 $18 \times 10^3 \sim 40 \times 10^3$ ，人类劳务为 $80 \times 10^3 \sim 50 \times 10^8$ ，信息资源为 $10 \times 10^4 \sim 10 \times 10^{12}$ 等。能值转换率的大小，从本质上揭示了不同资源能量、商品劳务和技术信息等存在价值差别的根本原因。

能值理论解决了一般能量单位难以解决不同类型、不同性质的自然资源的能量相互加减和比较问题，以太阳能值作为资源财富(资源资本)统一度量标准，从而为客观地评价和比较多种类型的自然资源的内在价值及其对人类经济系统的贡献提供了一种新思路。但需要指出的是，能值理论固然承认自然资源 and 环境的开发利用离不开货币能值的中介作用，但它摒弃了自然资源和环境价值的传统货币尺度，而是提出了用能值转换率(Transformity)、能值投入率(Energy investment ratio)、能值净产出率(Net energy yield ratio)等一系列客观的指标来衡量各具体自然资源 and 环境的内在价值(隋春花，蓝盛芳，1999)。由于能值和货币价值是两种完全不同的尺度，中间也没有过渡的桥梁，因而在现实资源管理和经济生活中还难以直接应用。

4.4.8 期权定价模型

在矿产资源的开发中还兴起了一种基于期权定价理论的定价模型。

所谓“期权”(option)，是一种能在未来某特定的时间以特定的价格买进或卖出一定数量的某种特定商品的权利。

1973 年，布莱克和斯哥尔斯提出了期权定价模型(Black-Scholes 模型)，该模型在保险合约，可转换债券，租赁合约等估价方面的应用非常广泛。并有学者注意到期权买卖与矿石开采之间的类似之处，开始将该理论引入矿产资源价值评估之中。在金融交易中，期权持有者具有在既定执行价格条件下买入或卖出标的资产的权利。如果在到期日，标的物价格高于执行价，期权持有者就会执行这一权利并获利。类似地，在矿石开采中，矿山企业管理部门有进行矿石采掘的权利。矿山生产成本可大致地视为其执行价格。当矿石价格高于生产成本时，管理部门便会决定进行生产，也即执行其权利。或者，当矿石价格跌到成本以下时，便会决定不进行生产(当然这种类比是比较粗略的)。

1985 年，Brennen 和 Schwartz 在《自然资源投资评估》一文中利用这种相似性提出了一种用以评估矿物工程投资项目的方法(谢英亮，陈南，2000)。他们同 Black 和 Scholes 一样，假设矿产品价格变动符合布朗几何漂移运动方程，在此基础上构造了一个虚拟的证券组合以代表矿山价值，然后依据期权定价的方法，导出一组偏微分方程，及其边界条件。求解此方程组，即可得到矿产资源评估价值及相应的矿山生产经营策略，即在何种价格情况下应暂时停产，何种价格下可开启，何种价格下应永久性废弃。Brennen 模型中对矿山的运营假定虽较完全，但是其偏微分方程的求解较复杂。只有当假定矿山储量无限大时，才能获得解析解，否则需要采用数值解法。在运用数值解的情况下，因为要考虑众多的影响因素，因此计算量极大。

4.5 自然资源定价面临的困境

4.5.1 定价理论与研究方法的滞后性

自然资源定价理论与方法研究，尽管取得一定进展，但在资源价值理论方面，包括价值来源、价值确定方法等，认识仍然不统一，且争论较大。同时由于自然资源系统是一个由多侧面、多层次、多要素组成的复杂系统，研究的内容涉及众多领域，如资源学、生态学、环境学、经济学等等，同时也会遇到各种不同的问题，这些都增加了自然资源定价的难度。当前比较成熟的自然资源定价只有陆上的矿产、水、森林、土地等，而海洋资源的估价还很少有人涉及，即使涉及，也还只是在理论和方法探讨较多，实际操作困难。此外，对自然环境容量的价值及其价值量评估，以及对自然环境容量的价值进行货币化评估也仅停留在理论层面。

4.5.2 自然资源特点的复杂性

自然资源是由多种资源要素复合而成的自然综合体，具有多宜性、区域性、稀缺性、公共物品性、开发利用的关联性和敏感性。自然资源最重要的两个特点是多宜性和关联性。多宜性是指一种自然资源拥有多种价值，能够满足多种需要。对于这些多宜性的资源以何种用途作为定价的依据？是分别定价，还是综合定价？这些都是资源定价工作者最为头痛的问题。自然资源的另一个突出特点在于它具有关联性和敏感性，即组成自然资源的各个要素、各个系统的上下层次之间，以及相邻区域之间，又都是相互作用、相互联系、相互制约的，任何一部分的变化，都会影响其它部分的变化，往往会引起一连串连锁反应。因此，如果以某种自然资源开发的独立的收益作为定价依据，而不把其开发对周边资源的影响纳入定价中，即不考虑其开发过程中的关联性和外部性，那么这种定价方式是否合理呢？这同样也是自然资源定价中企待解决的问题。

4.5.3 自然资源产权的不明晰性

现代产权理论认为，产权界定清晰与否是决定市场交易及资源配置有效性的根本条件。按照宪法，自然资源除法律特别规定所有权外，都是属于国家的，这就使自然资源所有权的人格化代表不明确，造成产权管理上的混乱，使用权与所有权混为一谈。自然资源的所有权管理被使用权管理所代替、所淡化，造成所有权管理的缺位。在公有制中，资源管理权是由国家或集体所选择的代理人来行使的。中国的自然资源管理模式是将管理权划分为国家、地方、部门、行业四大系列，从中央到地方自上而下地设立相应机构。在当前对自然资源的管理中有农业、国土、水利、海洋、交通、农垦、财政等十多个部门行使着相应权力。不同机构不同部门之间不可避免地出现权限的重叠交错，这就造成自然资源的产权不明确和管理混乱。自然资源的这种管理体制的弊端和产权关系的残缺，使得没有一个权威的管理机构有权利代表国家对自然资源从全社会效益最佳的角度来对不同的开发利用方式加以评价、论证和择优选择，也没有一个权威性的机构组织专家学者开展自然资源定价工作。

产权理论对外部性问题的解决，就是将外部性问题看作是以外部性形式表现出来的新的产权设置和界定问题，其解决办法就是通过对外部损害或外部收益进行权利界定，然后推向市场，进行产权交易，从而在市场中为外部边际成本定价。当外部收益的权利边界界定清楚之后，就意味着人们必须为外部性的权利付费，从而使外部成本内在化。环境资源市场配置中外部性问题的产生，就在于环境资源产权不明晰导致环境资源市场价格与相对价格的严重偏离，但这种价格偏离所形成的外部利润也正是环境资源产权明晰的动力，而环境资源产权一旦明晰，就能使环境资源的相对价格市场中反映出来，从而纠正价格扭曲，使外部成本内在化，实现环境资源的优化配置。人类对产权制度的需要是与资源稀缺程度及其要素相对价格的变化有着内在联系的，

在环境资源充裕的情况下人们没有为环境资源界定产权的动力，因为无产权的资源其市场价格必然为零，而环境资源在充裕状况下其相对价格也为零，因此，在环境资源充裕的情况下不界定其产权也不会导致其市场价格与相对价格的偏离，即不会导致外部性问题的产生。而外部性的存在是产权制度创新的源泉。从某种程度上说，产权制度演进的历史，实际上就是一个不断地外部性内在化的过程。新的产权的形成就是相互作用的人们对新的收益——成本的预期进行调整的回应。但随着人口增加经济增长，环境资源的稀缺程度在不断上升，其相对价格不断提高，此时，由于环境资源依然被作为公共财产无偿使用，导致了环境资源的市场价格与其相对价格之间的巨大偏差，这种偏差就是外部边际成本，即潜在的外部利润。当外部性内在化的收益即潜在外部利润大于内在化的成本时，就产生了对环境资源产权界定的强烈需求。而环境资源产权一旦明晰，就能使环境资源的相对价格在市场交易中反映出来，使环境资源的市场价格等于相对价格，从而纠正价格扭曲，使外部成本内在化，使价格机制可以发挥正常作用，从而实现市场对环境资源的优化配置。产权理论对价格理论的完善以及对外部性问题的全新解释，找到了环境资源市场配置中外部性问题产生的根本原因，为环境资源市场配置奠定了理论基础。

4.5.4 自然资源市场体系不健全性

中国经济体制改革的最终目标是建立社会主义市场经济新体制，这种体制的根本特征就是要在政府宏观调控下充分发挥市场机制在资源配置中的基础性作用，通过市场的价格机制、竞争机制、供求机制、利益机制与信息机制能有效地引导资源从低效率部门（地区）向高效率部门（地区）流动，达到资源优化配置的目标。资源经济学认为：要实现合理的配置资源，让各种生产要素形成最佳组合并发挥最大效能，必须建立充分竞争的市场体系。中国自然资源产权市场，是以自然资源所有权和使用权分离为基础的。中国自然资源市场实际上是自然资源使用权出让或租赁的市场。中国自然资源的一级市场是国家，因而自然资源的所有权不能作为商品进行买卖，这就在一定程度上妨碍我们运用市场机制来对自然资源进行基础性配置，按照价值规律通过市场实现其价值和使用价值，并通过市场机制反映资源的稀缺性，以及通过市场手段对其进行定价，实行有偿使用。

4.6 资源环境合理定价的内容、原则、方法和思路

4.6.1 资源环境合理定价的内容

对环境资源的定价可分为自然资源的定价和环境容量的定价。

（一）自然资源的定价

自然资源既包括原材料型的资源，如矿石、林木，也包括传统上被视为公共物品

的自然资源，如水和大气。目前对自然资源的认识，在中国有着很大的误区，存在着“产品高价、原料低价、资源无价”的现象。即原材料型的资源价格不反映其环境成本、机会成本等，而公共性资源则基本只反映获取成本。

以水资源为例。长期以来，中国的水资源被无偿或低价使用，事实上水资源所有权被废除或削弱。1988年水法颁布实施后，开始征收水资源费，但由于水价计算方法不科学、不规范，水仍然是极其廉价的资源。生活上，由于水价的低廉，居民无动力去节水。工业上，在生产者的费用效益分析中，只要直接无节制利用水资源的成本低于循环利用或添置节水工艺的成本，他就会选择直接无节制的利用水资源；而目前低价的水资源也确实无法正确反映其应有的价值，不足以刺激生产者采取节水或循环用水，循环经济的实现无从谈起。

合理的资源价格应该包括两部分。第一部分是估算与资源的生产、供给以及消费有关的真实社会成本。这种真实社会成本可以更加精确地定义为边际机会成本。它不仅包括边际生产成本还包括资源耗竭的边际成本——通常称之为“边际使用者成本”，还包括来自别处的、没有相应补偿的边际损害——通常称之为边际外部成本。边际外部成本中最显著的是环境质量的下降。

只有资源都拥有合理的价格，生产者才能在使用自然资源与“减量化，再循环，再使用”之间做出正确的权衡；循环利用的材料和原材料之间才能进行正确的成本比较，以找出最符合“费用—效益”的方案；才可能将能源结构从化石能源转向可再生利用的绿色能源；才能促使企业减少原材料的消耗，以及选用能够回收利用的材料和结构。自然资源的合理定价是向整个市场体系提供准确信号刺激的前提条件，唯有脱离了扭曲的价格体系，循环经济才能得以发展。

（二）环境容量的定价

循环经济以避免或减少废物产生为经济活动的优先目标，要求企业在生产阶段尽量避免废物排放；源头不能削减的污染物要使它们回到经济循环中去；避免产生和回收利用都不能实现时，需要进行环境无害化处置。而在排放成本界定不合理的情况下，企业很可能能够实现免费或低成本排放，造成外部不经济。由于循环利用、清洁生产本身就有着工艺，设备，人员等多方要求，当实施循环经济的成本高于循环经济本身所节约的原材料成本时，由于排放是免费或低廉的，厂家会更倾向于选择废物的终端处理或是付费排放。由此可见，排放成本也在很大程度上决定着循环经济的可行性，而排放成本则是由环境容量价格所决定的。

环境容量价格的形成，狭义上说是由于残余物流对环境系统施加负荷，造成环境容量的稀缺性，进而使容量资源成为经济物品，具备价格。目前在中国实行的排污收费制度就是这种环境容量价格的反映。从广义上说的环境容量定价，我们认为还应包括自然资源的开发所造成环境容量影响的度量。

由于前一部分讨论的自然资源价格已计算了这部分环境影响，所以，这里的环境容量价格仅考虑残余物造成的损害部分。残余物造成的损害程度主要取决于环境介质的吸收或同化能力、环境受体的本底负荷、环境受体的位置及由此决定的居民数量和受影响生态系统的特点等因素。

在这个问题上，庇古提倡根据边际损害成本和边际消减成本，采用向污染者收税的政府干预形式。又有人提出了排污许可证制度，提议确定总的削减额，提供污染者交易许可证的机会，以使污染消减成本达到最低。观点的主旨是一致的，即消除外部性，科学界定环境的价值。唯有以合理的环境价值为基础，将经济行为中产生的“外部成本”予以内部化，才有可能对生产者提供正确的刺激，以从利益上鼓励其采用循环经济的生产模式。

4.6.2 资源环境合理定价的基本原则

现在人们已经认识到自然环境资源是有价值的。考虑到自然资源的特殊性，给自然资源定价应遵循以下原则

(一) 体现自然资源的稀缺性

在经济学中只有稀缺的东西才是有价值的。合理的资源价格，应充分体现出资源的自然丰度、稀缺性、供求关系和开发条件等差异。资源价格合理化，可以使开发者有效地保护资源，使利用者精心地节约资源。资源的价格随稀缺度上升而上调，有利于强化人们对资源的珍惜和合理利用。自然资源的种类很多，不同的类型有着不同的稀缺性；同一类型的资源由于区位不同其稀缺性也会不同。因此，在对某种自然资源进行定价时，应在基准定价的基础上乘以区位系数。而对于像深水岸线这样宝贵的稀缺性资源，其定价时更应体现其独特性，否则在某些地区就有可能被占做它用，使得其不能“地尽其力”。

(二) 体现自然资源的多宜性

自然资源的多宜性，说明了自然资源的价值可以从其不同利用方式中多侧面地体现，即同一种自然资源在不同的利用方式中所获得的收益是不同的，其表现出来的价值也应有所不同。如许多深水海湾，既可能是未来的深水海港的备选地，在当前又可能是当地水产养殖基地，同时可以做一块良好的围垦备用地等。在对这种多宜性的自然资源定价时将很难对其多宜性的价值进行综合定价。因此，最好依据其不同的利用方式分别定价。在收取资源有偿使用费时，可根据其利用方式进行分别收取。但要注意的是当某种开发方式与其最佳利用方式有不兼容性时，应取最佳的开发利用方式的定价作为收费的标准，这样就可能避免资源的不当使用，从而运用收费方式使得资源得了最优利用。

(三) 体现自然资源利用的可持续性

根据可持续发展的原则，在自然资源的利用过程中要保证自然资源的总存量基本

保持不变，以便后一代能够获得跟我们同样的利用自然资源的机会。为了遵循这条准则，如果一种自然资源的减少或耗竭，必须进行经济补偿，使自然资源的产品价格体现资源补偿费。因此，如果是不可再生的自然资源，其资源价格就应体现其耗竭费或其它替代品的价格。如果是对可再生的自然资源定价，则应利用当前广泛运用于对水资源、土地资源、矿产资源和森林资源等的边际机会成本理论进行定价。即对某种自然资源来说，其价格应等于边际社会成本。边际社会成本不仅应包括了生产者收获自然资源所花费的生产成本，而且还包括资源耗竭成本和环境成本。也就是说，自然资源的边际社会成本从理论上反映了收获利用单位自然资源全社会所付出的全部代价。

(四)体现市场定价和人为定价结合

资源分配的市场机制主要表现在合理的资源定价机制，它通过供给和需求之间的关系反映资源的稀缺性。充分发挥市场机制对资源的基础性配置和定价工作能减少交易成本和人为定价中的信息不对称。但是由于市场本身的缺陷，使其在“公共产品”的生产、经济行为“外部性”的克服，“公平竞争”的保证和社会收入“分配合理化”等方面失灵，政府必须适时和适当的介入才能够弥补市场机制的不足，保证市场经济的正常运行。市场经济和计划经济的发展历史表明，单纯依靠市场机制或政府垄断社会资源的配置都不能使资源配置达到“帕累托最优”，必须使政府与市场在资源配置中相互协调。自然资源定价亦应采取市场定价和人为定价相结合的原则。如政府先建立各种资源的基准价格，然后运用市场手段进行竞价。

(五)体现资源定价的区域统筹性

首先，自然环境资源价值的地域性决定必须整体统筹考虑，针对地区差异，适当补偿。从宏观上讲自然环境资源的价值理应相同（生态价值），但由于各地经济实际发展的不均衡，往往是自然资源丰富的地区经济发展落后，经济发展落后地区在现行考核评价制度下思谋将本地丰富自然资源变为经济发展腾飞的发动机是极其正常的，所谓因地制宜、地方特色。这样使当地自然资源廉价化用来吸引投资开发建设就成为必然趋势，加之各同样落后地区互相竞争，其中重要的竞争砝码就是竞相廉价其境内的自然资源，因而对不同地域自然环境资源定价就变得更加困难。因此自然环境资源定价必须克服地域性差异，设定一个基础门槛，由国家统一定价，特别是制订最低价，防止无序过度竞争对自然资源的损害。对经济发展落后、自然环境资源丰富完好、对区域环境有重要生态意义的地区，采取国家补贴政策。从而使所有的经济开发发展活动在国家范围内任何地区所付出的自然环境成本是相对一致的。这样一方面有利于杜绝各地从局部眼前利益出发，在招商引资发展经济的过程中自由廉价自然环境资源价值的行为；另一方面有利于各地珍惜本地资源，开动脑筋转变思路走出一条人与自然和谐共生、局部与整体共同受益的经济发展之路。

其次，自然环境资源的生态功能性使用价值决定必须大区域、整体范围定价环境

价值。自然环境资源的使用价值表现在两个方面。即比较实的物质性的使用价值，比如矿产、土地等自然资源表现就突出一些；比较虚的环境调节方面舒适性服务价值，比如空气、水体、森林等在环境容量、生态平衡调节等功能性使用价值方面表现就突出一些。这里讨论的主要是自然环境资源在功能性使用价值方面的定价。强调自然环境资源功能性价值一定是一个大范围的整体价值（比如整个国家），然而这种大范围的整体价值可能是由许多的局部构成的（比如各种级别的自然保护区、水源上游区的生态环境、原始森林等）。显然具有整体的巨大生态功能性使用价值的区域自然资源不能由身处其中的局部地方以不发展不开发、为保护而保护地承担经济生活相对落后贫穷的代价，这既不合理，实际也行不通。因此被确定为以环境功能性使用价值为主的区域，必须得到相应的生活经济补偿，以便开展与自身环境相适应的经济活动。这样才能使其功能性环境资源价值得到有效保护，才能使其功能性环境价值在大范围整体性上得到体现，同时自身的落后经济面貌也得到相应改善，这符合持续、和谐的发展理念。所以自然环境资源定价既要统一性，又要特殊性，全盘考虑，合理补偿才有利于经济社会的良性发展。

4.6.3 资源环境合理定价的方法

实现资源环境的合理定价，要解决资源环境所有者缺位的问题，要建立完善的市場，也需要政府适当的管理。其中，最为重要的当务之急，就是解决资源环境所有者缺位问题。

（一）解决资源环境所有者缺位

前面我们谈到了，对资源的合理定价是建立在产权明晰的基础上的，而中国现在环保的最大问题就是环境资源的所有者缺位。显然环境资源的产权应该是属于国家，环境资源既然作为国家的财富，就应该和国有资产一样，有一个专门的部门负责环境资源的“保值升值”。也正是由于长期以来中国缺少一个专门的部门来对环境资源负责，才使得我们前面提出的，从生产角度来看，发展环境消耗补偿机制，由企业支付环境消耗成本由社会统一安排再造环境的社会大循环无法进行。

所以解决环境资源所有人缺位是中国的当务之急，我们认为，从中国 98 年国务院机构改革的情况来看，国土资源部具有土地资源、矿产资源、海洋资源等自然资源的规划、管理、保护与合理利用的主要职能。因此，由这个部门来代表国家履行对环境资源的所有权是合适和必要的，但必须扩权并明晰职责。

（二）建立完善的市场

1、完善市场机制

从市场机制的角度分析，中国由于长期计划体制的影响，目前的市場仍不够完善，存在着政企不分、信息不畅、法规不明等一系列问题，难以提供有效的刺激信号，致使循环经济的市場拉动力有限，循环经济实行的动力不足。健全的市场机制是循环经

济的温床，只有在信息通畅、透明公正的市场条件下，价格才能反映市场各主体的准确信息，才可能实现资源的有效配置，循环经济才能充分发挥其优势，实现经济环境的双赢。

2、建立资源生产要素市场

要素市场是指资金、劳动力、土地、信息等生产要素商品化过程中的交易关系或买卖关系的总和，以及这些生产要素交易的场所或领域。但在中国，自然资源归国家所有的法律地位，决定了所有权及其连带的收益权只能属于国家，但其余各项权利，如使用权、支配权、交易权仍可以有偿转让或以协议方式建立排它性的权利，也就是说，产权的部分权利可以在不同的主体之间进行分割。当前资源的生产要素市场是很不健全的。这就使得资源作为国家的一项重要的生产要素未能进入市场进行流通，并通过市场机制对其进行合理定价。因此，当务之急是逐步建立各类资源要素市场，并对资源的使用权进行招标拍卖，发挥市场定价作用反映资源的稀缺性和效用性。

3、建立一些专业的交易市场

比如排污权交易就需要这类专业市场。排污权交易比较典型，而且已在美国取得成功实践的例子。排污权交易的主要思想是在满足环境质量要求的条件下，由政府确定环境容量使用上限，并将允许排放的污染物总量分配到各个污染源，借此明确排污单位对容量资源的产权(使用权)，为利用市场手段再配置容量资源提供了产权制度基础；产权明晰之后允许污染者在市场上像商品一样交易排污权，利用市场供求关系就可以直接获得环境容量的动态价格，实现环境容量资源的优化配置。只要污染源间存在边际治理成本差异，排污权交易就可能使交易双方都受益；当企业治理最后一单位污染物的边际成本相等时，交易停止。通过市场交易，排污权从治理成本低的污染者流向治理成本高的污染者。结果是社会以最低成本实现污染物减排，环境容量资源实现高效率的配置。

(三)加强政府的管理

对于解决外部性的问题，不可避免会面临市场失灵的状况，所以政府必须要做出一定的准备。

1、税收制度

环境税在许多国家已经采用，在中国比较普遍的定义是：它是国家为保护环境与资源而凭借其主权利对一切从事开发、利用环境资源的单位和个人按其开发、利用环境资源的强度或对环境的污染、破坏程度征收得一个税种。主要有开发、利用环境资源的行为税和有污染的产品税两种。前者如垃圾税、森林砍伐税，后者如水污染税、碳税等。其实，环境税的征收还能够在中间环节对循环经济的实行予以调节，如润滑油税，税金由制作商负责缴纳，废油收集与循环使用情况越好，税赋越低；饮料容器税，规定所有不能回收的饮料容器必须负担 30%税收，容器重复使用的次数越多，负担

的税收越少。

可见，税收可以渗透到经济活动的每个环节，是保证环境资源合理定价、消除外部性的重要手段。目前中国对煤、石油等征收的资源税及城镇土地使用税等，主要针对使用自然资源所获收益而征，其目的主要是调整企业间的级差收入，促进公平竞争，而不是促进环境资源的合理利用与保护，因而并非真正意义上的环境税。

2、补贴制度

补贴与税收和收费相反，旨在促进对有益于环境的产品和服务的消费，以及促进循环经济的生产生产方式的推广。如，对非常规发电(如风能发电)的补贴；对植树造林形成林纸一体化，实现循环发展的企业进行补贴。

3、押金退款制度

旨在鼓励一种可能会产生污染的商品的使用者和生产者安全地处置这一商品。它们通过提高商品的价格，收取一定的费用。当这件商品将被退还或安全处置时押金退还。

4、直接干预定价

政府还可以通过直接干预定价来校正不合理的价格体系，比如供水价格。与其他部门产品相比，水资源关系国计民生，而且水的供应与消费，一般都具有固定的关系，供给价格弹性小。通常，由政府划定供水营业区域，授权某一供水企业垄断经营是世界各国通行的做法。因此，虽然各国社会经济发展水平、水资源条件、水价形成机制不同，但在水价形成中都或多或少地存在政府干预定价。

为了避免直接定价对资源配置造成的扭曲，可以考虑针对不同消费量、不同地域特征、不同经济发展水平、不同用水部门等设立多级价格；或者在一定的价格范围内给予调整的灵活性；以保证使用者能在给定的价格体系内选择于己最有利的消费方式。比如英国水价的制定完全按市场经济条件下投入产出模式运作，确保回收成本，并有适度盈余，国家设定一个价格上限进行宏观调控。澳大利亚水价由与用水量无关的固定费用和基于用水量的可变费用构成，水价不仅与供水成本有关，而且与用户的用水要求有关，农业水价是由实行补贴政策向着用户付费的制度转变。

当然，政府管理的手段和方法还有很多，与此同时政府还承担着信息供给、教育研究、构建明晰的产权体系和法律体系、协调国家和地方的政策等其他责任。

4.6.4 自然资源定价的基本思路

(一)资源定价的传统思路

从定价的角度上看，对自然资源定价时应考虑“资源”的价格和“资源性产品”的价格之间的区别。前者是指资源本身内在价值，它是由资源的稀缺性和效用性决定的；后者是指经过人类社会必要劳动时间进行加工的资源性产品的价格。

对于“资源”定价，主要考虑如何对资源本身内在价值，即对资源自身的稀缺性

和效用性来定价。对于资源定价的思路有：1) 资源评估采取的价值类型一般有资源补偿价、地租本金化、资源底价等；2) 可再生的自然资源，其价格公式为 $P=A/i$ ，其中 A 为年现值收益，即用收益法来对其进行定价；3) 不可再生或称为损耗的自然资源，其价格公式为 $P=F-C(1+i)^{-T}$ ，其中 F 为国际市场价或修正价， C 为总成本， T 为运输价格；4) 可以出让使用权的自然资源，如海面 and 作为土地的滩涂，其价格公式为 $V=a/r[1-1/(1+i)^n]$ ，其中 V 为地价， a 为平均地租， r 为利率， n 为出租年限。

对于有经过社会必要劳动时间加工的资源性产品的价格，目前定价方法主要是劳动价值理论：1) 自然资源的价值 P 包括自然资源天然的价值 P_1 和基于人类劳动投入的价值 P_2 ，即 $P=P_1+P_2$ ；2) 假设 R_0 表示天然资源产生的年收益， a 为自然资源的等级系数， i 为还原率，则 $P_1=a \cdot R_0/i$ ，再设每年因劳动投入资源产业的那部分增值为 R_1 ，则 $P_2=R_1/i$ ；3) 自然资源的总价值量 $P=P_1+P_2=(a \cdot R_0+R_1)/i$ 。

(二)可持续发展观的资源定价思路

可持续发展观的资源定价，主要是指在资源的开发利用时，要考虑资源利用的全部社会成本和代际成本。当前，边际机会成本理论是一种较为流行也是具有较强操作性的可持续发展观的资源定价理论。它认为：1) 自然资源的价格 (P) 应等于边际机会成本 (MOC)；2) 边际机会成本由 3 个部分组成：边际生产成本 (MPC)、边际使用者成本 (MOC)、边际外部成本 (MEC)。用公式来表示，就是： $P=MOC=MPC+MUC+MEC$ 。边际机会成本理论的定价核心思想认为，在对资源性产品定价，收取资源使用费时，应从全社会成本和可持续发展的角度出发，进行定价，从而才能弥补资源的损耗费和资源开发的外部成本，此外，代际之间的公平性也应当考虑。

由于市场的供给与需求决定的均衡价格，在一定程度上可体现资源的价值。因此，在某些时候，可在对资源基准定价的基础上，通过自然资源要素市场竞标拍卖的手段，来对资源合理定价的一种替代手段。

4.6.5 环境资源定价的基本思路

地球上各类生态系统是人类可持续生存和发展所依赖的环境，即生态环境，从可持续发展战略出发，在资源开发的环境影响评价中应注重生态环境影响评价。目前世界上还没有关于生态价值的成熟的定价方法，现在，国际上有的只是一些替代法计算生态价值的事例。而且，人们对生态价值的认识、重视的程度和为之支付的意愿，是随着生活水平的不断提高而发展。在自然资源开发的生态环境影响评价中，要研究生态环境功能并努力计量其价值，但由于自然生态环境功能量化及货币化或者更确切地说是“估量”在理论、方法、模型上目前还处于起步阶段，因而当前只能关于生态环境功能价值计量的方法更多还停留在探索层面。

(一)环境经济损益分析常用的方法

环境资源定价的关键在于建立损害函数时，环境污染对受体影响的估计以及估算由于受体受到损害所造成的经济损失。常用的环境经济损益分析方法包括直接市场法、替代性市场法、意愿评估法等，具体测算时，环境成本（MEC）可视不同情况采取下列不同方法进行：

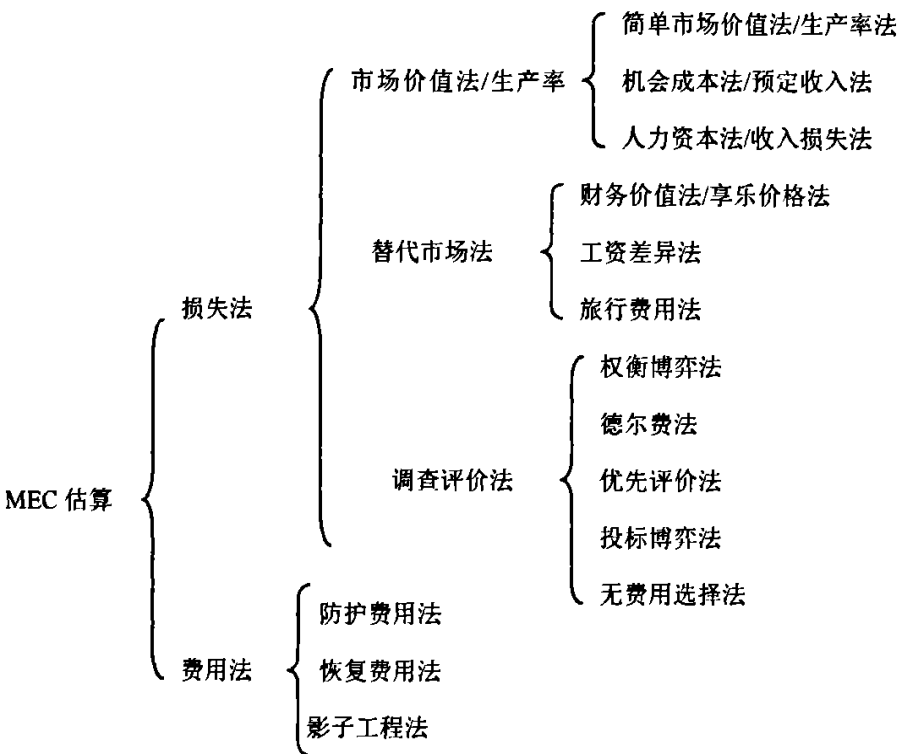


图 4.2 环境经济损益常用分析方法

1、直接市场法

直接市场法的基本思路是：环境质量的变化会直接导致生产成本和生产率的变化，进而导致投入和产出水平的变化。而投入和产出水平的变化不仅是可以直接观察和度量的，而且是可以市场价格或影子价格来加以测算的。

属于直接市场法的具体评估方法有：

(1) 市场价值法或生产率法

这种方法首先计算因环境质量的变化而导致的产出水平的变化，然后用产出水平的变动量乘以市场价格或影子价格，计算出该功能开发的边际外部成本。

(2) 人力资本法或收入损失法

人力资本是指体现在劳动者身上的资本，它主要包括劳动者的文化技术程度和健康状况。人力资本法被用来计算因环境质量的变化而导致的医疗费开支的增加，以及因为劳动者过早生病或死亡而导致的个人收入损失。

(3) 防护费用法

这种方法用治理环境污染所需要的费用额来计算边际外部成本。

(4) 恢复费用法或重置成本法

恢复费用或重置成本是指将受到损害的自然资源或各类资产恢复到环境受到污染以前的状况所需要的费用。

(5) 影子项目法

影子项目法是恢复费用法的一种特殊形式。当原有环境恶化，而且在技术上无法恢复或恢复费用太高时，人们可以同时设计另一个作为原有环境质量替代品的补充项目，以便使环境质量对经济发展和人民生活水平的影响保持不变。在原有的环境质量被破坏，而由此造成的损失难以直接评估时，可以采用影子项目法。

2、替代性市场法

替代性市场法的基本思路是：某些商品和劳务的价格中，间接包含着厂商和消费者对相应的环境的评价，因而其价格可以间接反映人们对环境的支付意愿。

属于替代性市场法的具体评估方法有：

(1) 后果阻止法

当环境污染无法对症下药地加以消除时，人们往往用增加其它投入或支出的办法，来抵消因环境污染而造成的恶果。例如，用增加农业投入的办法来抵消或减轻因环境污染而造成的单产下降。在这种情况下，可以认为其它投入或支出的变动额就反映了人们对环境的一定程度变化的支付意愿，因而可以用这种变动额来衡量边际外部成本。

(2) 资产价值法

固定资产（如土地、房屋等）的价格体现着人们对其的综合评价，其中包括当地的环境质量。环境质量的差异将影响到消费者的支付意愿，进而影响到这些固定资产的价格。所以，当其它条件相同时，可以用因周围的环境质量的不同而导致的同类固定资价格的价格差异，来衡量边际外部成本。

(3) 工资差额法

在其它条件相同时，劳动者工作场所环境条件的差异会影响到劳动者对职业的选择。为了保证工作环境恶劣的企业的正常运转，厂商就不得不在工资、工时、休假等方面给劳动者以补偿。因此，就可以用工资水平的差异（工时和休假的差异可以折合成工资）来衡量环境污染造成的外部成本。

(4) 旅行费用法

这种方法认为，旅游者前往诸如名山大川、奇峰怪石、珍禽异兽生存地等舒适性环境资源的旅行费用（其中既包括了旅游者所支付的门票价格，又包括了旅游者前往这些地方所需要的费用和旅行期间所用时间的机会成本）既反映了旅游者对这类舒适性资源的支付意愿，又在一定程度上间接地反映了旅游者对其工作和居住地环境质量

的不满，因而就可以用旅行费用来间接衡量边际外部成本。

3、意愿调查评估法

意愿调查评估法的基本思路是：通过对调查对象的直接调查，来评估他们的支付意愿或受偿意愿。所谓受偿意愿，是指消费者或厂商接受一定数量的货币赔偿以交换一定程度的环境质量恶化的意愿。

属于意愿调查评估法的具体评估方法又可以分成两类。一类方法直接询问调查对象的支付意愿或受偿意愿，其中包括通过调查者的反复叫价来确定调查对象意愿的叫价博弈法，和通过调查对象对环境质量与货币支出的不同组合所做出的选择来判断调查对象意愿的权衡博弈法。另一类方法则询问调查对象对某些商品和劳务的需求，从中推断出调查对象的支付意愿或受偿意愿，其中包括模拟市场上均衡数量决定的无费用选择法，和模拟在既定支出约束下购买最佳商品组合的优先评价法。除此以外，得到广泛应用的德尔斐法（专家调查法）也是意愿调查评估法中的一种具体评估方法。

4、评估方法的比较

以上三类方法同样各有其长处和局限性。直接市场法是建立在充分的信息和明确的因果关系基础之上的，所以用直接市场法进行的评估比较客观、争议较少。但是，采用直接市场法，不仅需要足够的实物量数据，而且需要足够的市场价格或影子价格数据。而在因环境污染而造成的损失中，相当一部分或者根本没有相应的市场，因而也就没有市场价格；或者其现有的市场价格严重扭曲，因而无法真实地反映其外部成本。在这种情况下，直接市场法就很难应用。此外，直接市场法所采用的是有关商品和劳务的价格，而不是消费者相应的支付意愿或受偿意愿因而不能充分衡量自然资源开发的外部成本。

替代性市场法能够利用直接市场法所无法利用的信息，这些信息本身是可靠的，衡量时涉及的因果关系也是客观存在的。但这种方法涉及的信息往往反映了多种因素产生的综合性后果，而环境因素只是因素之一，因而排除其它方面的因素对数据的干扰，就成为采用替代性市场法时不得不面对的主要困难。所以，与直接市场法相比，用替代性市场法得出的结果可信度要低得多。此外，替代性市场法所采用的同样只是有关商品和劳务的市场价格，而不是消费者相应的支付意愿或受偿意愿，因而同样不能充分衡量自然资源开发的外部成本。

意愿调查评估法直接评价调查对象的支付意愿或受偿意愿，从理论上来说，所得结果应该最接近外部成本的数值。但也正因为这种方法所评估的是调查对象本人宣称的意愿，而非调查对象根据自己的意愿所采取的实际行动，因而调查结果存在着产生各种偏倚的可能性。当调查对象相信他们的回答能影响决策，从而使他们实际支付的私人成本低于他们所预期的值时，调查结果可能产生策略性偏倚；当调查者对各种备选方案介绍得不完全或使人误解时，调查结果可能产生资料偏倚；问卷假设的收款或

付款的方式不当,调查结果可能产生手段偏倚;调查对象长期免费享受环境资源而形成的“免费搭车”心理,会导致调查对象将这种享受看作是天赋权利而反对为此付款,从而使调查结果出现假想偏倚。由此可见,如果不进行细致的准备,意愿调查评估法是最可能出现重大偏差的一类方法。

所以,在计算外部成本时,应该尽可能地采用直接市场法;如果采用直接市场法的条件不具备,则采用替代性市场法;只有在上述两类方法都无法应用时,才不得不采用意愿调查评估法。

(二)环境资源定价的案例

厦门大学陈伟琪、洪华生等(2001)对近岸海域环境容量的价值及其价值量评估进行了一些初探并选择厦门西海域为研究案例,尝试对其水环境容量的价值进行初步的货币化评估。

其主要思路如下:(1)认为海域水环境容量资源其价值的大小,实际上与自然、社会、经济以及科学技术水平等诸多因素密切相关,水环境容量的价值是自然、社会、经济以及科技等诸多变量的函数,即 $V_{\text{wec}}=f(X_n, X_s, X_e, X_t, t)$; (2)认为从海域水环境容量的功能及其作用来看,其价值应包括两部分,一部分是由于利用水环境容量使水质达到一定标准而节省的污水人工处理费用,另一部分是由于水环境容量的净化作用使水质改善而增加的对人类及自然环境的效益(在海洋生态、旅游娱乐、美学景观等多方面得以体现)。即单位水环境容量的价值可表示为 $\Delta V_{\text{wec}}=\Delta C_i+\Delta B_i$ 。 ΔV_{wec} 包括污染物的人工处理费用 ΔC 与环境改善效益 ΔB 两部分(ΔC 则可尝试应用市场价格信息进行估算); (3)某一特定的海域其水环境容量资源的总价值应等于单位水环境容量的价值(ΔV_{wec})与其总资源量(Q_{wec})之积: $V_{\text{wec}}=\Delta V_{\text{wec}}\times Q_{\text{wec}}$; (4)选择厦门西海域进行案例研究,通过求算西海域单位水域体积对 COD、TP 这两种典型的污染物的平均值作为单位水域体积平均容量的价值即 1.5×10^{-3} 元/ $\text{m}^3\cdot\text{d}$,则西海域水环境容量的价值可用下式粗略估算: $V_{\text{wec}}=1.5\times 10^{-3}(sh)\cdot t$,其中, s 为用海面积(m^2), h 为所用海区的平均水深(m), t 为用海时间(d)。在此基础上,引入行业系数,再依据用海行业的不同性质,取不同的 I 值,建立该海域环境容量有偿使用的计算公式: $C_{\text{wec}}=I\cdot 1.5\times 10^{-3}sht$ 。

第5章 绿色制造的内涵、体系和结构

在资源环境问题日益凸显的时代,国内外政府、学界等各方面人士一直都在思考绿色制造研究的主体结构。从绿色制造的概念、内涵和主要内容,不同学者给出了不同答案。在辨析众多理论的基础上,并对绿色制造的核心要义、相关概念比较、相关制造模型对比的基础上,绿色制造的结构特点可以分为两大目标、两大层次、三大要素和三项内容加以概述。剖析绿色制造研究的主体结构的目的在于揭示绿色制造的整个概念框架和深层次的内涵及研究方向。

5.1 绿色制造的研究现状

绿色制造有关内容的研究可追溯到 20 世纪 80 年代,但比较系统地提出绿色制造的概念、内涵和主要内容的文献是美国制造工程师学会(SME)于 1996 年发表的关于绿色制造的专门蓝皮书《Green Manufacturing》。1998 年 SME 又在国际互联网上发表了绿色制造的发展趋势的网上主题报告,对绿色制造研究的重要性和有关问题又作了进一步的介绍。

绿色制造及其相关问题的研究近年来非常活跃。特别是在美国、加拿大、西欧等一些发达国家,对绿色制造及相关问题进行了大量的研究。

在美国,从一些国家重点实验室到国家研究中心,从东海岸的麻省理工学院到西海岸的伯克利加州大学,大量的研究工作正在进行,如 Berkeley 加州大学不仅设立了关于环境意识设计和制造的研究机构,而且还在国际互联网上建立了可系统查询的绿色制造专门网页 Greenmfg。卡奈基美隆大学的绿色设计研究所从事绿色设计、管理、制造、法规制定等的研究和教育工作,并与政府、企业、基金会等广泛合作。

不少企业也进行了大量研究,如 1996 年美国 SME 学会关于绿色制造研究的圆桌会议的大多数骨干是来自企业界的负责人或代表。美国 AT&T 公司还在企业技术学报上发表了关于绿色制造的研究论文。美国国家科学基金会也对绿色制造中的相关问题的研究给予了高度重视和支持,如美国国家科学基金会 1999 年资助课题报告会(NSF Design & Manufacturing Grantees Conference)所报告的与绿色制造相关的研究课题就有十余项。在此届大会上,NSF 设计与制造学部主任 Martin-Vega 博士在大会主题报告中还指出了未来制造业面临的六大挑战性问题,环境相容性问题就是其中之一,而且指出目标就是减少制造过程中的废弃物和把产品对环境的影响降到最低限度;随后, Martin-Vega 博士又提出未来的“十大关键技术”,其中包括“废弃物最小化加工工艺”。加拿大 Windsor 大学建立了环境意识设计和制造实验室(ECDM lab)和基于 WWW 的网上信息库,发行了 International Journal of Environmentally Conscious Design and Manufacturing 杂志,对环境意识制造中的环境性设计、生命周期分析(Life Cycle

Analysis, LCA)等进行了深入的研究。ECDMlab1995年开发了一套有关环境性设计的设计软件 EDIT(Environmental Design Industrial Template)。在欧洲,国际生产工程学会 CIRP 近几年每年均有不少论文对环境意识制造、多生命周期工程等与绿色制造本质一致的问题进行了研究。英国 CfSD(The Center for Sustainable Design)对生态设计、可持续性产品设计等进行了集中研究,并开展了有关的教育工作,发行了 The Journal of Sustainable Product Design 杂志。总之,绿色制造的研究正在国际上迅速开展。特别是近年来,国际标准化组织 ISO 发布了有关环境管理体系的 ISO14000 系列标准,推动着绿色制造的研究更加活跃和迅速发展。

在中国,近年来在绿色制造及相关问题方面也进行了大量的研究,国家自然科学基金和国家 863/CIMS 主题均支持了一定数量的绿色制造方面的研究课题,已取得了不少研究成果。国家 863/CIMS 主题还在中国现代集成制造系统网络(CIMS Net)开辟了绿色制造专题,对国内外绿色制造研究情况进行了综合介绍(<http://www.cims.edu.cn>)。国内不少高校和研究院所对绿色制造的理论体系、专题技术等进行了大量的研究。国家环保局于 1996 年 1 月批准成立了国家环保总局华夏环境管理体系审核中心,专门负责 ISO14000 系列标准在中国的实施、培训工作以及同国际有关机构的交流,并建立了专门的网站——中国环境管理体系认证信息网。ISO14000 环境管理体系标准引起了中国众多企业的重视,根据最新统计,截至 2005 年,全国共有 12683 家企业获得 ISO14000 标准认证,其中,江苏有 1460 家。

当前,全球又掀起了 SA8000 标准认证。SA8000 即社会责任国际标准体系(Social Accountability 8000 International Standard),是指一种基于国际劳工组织宪章(ILO 宪章)、联合国儿童权利公约、世界人权宣言而制定的,以保护劳动环境和条件、劳工权利等为主要内容的管理标准体系。内容主要包括:童工、强迫劳动、健康与安全、结社自由及集体谈判权利、歧视、惩戒性措施、工作时间、报酬和管理系统九个方面,主要是解决生产链/供应链的内部劳资问题。SA8000 问世以来逐渐被国际社会所认可,企业申请认证在增加。欧盟及美国政府非常重视,开始推动此项工作,该标准正在对出口企业的国际竞争力产生越来越大的影响。

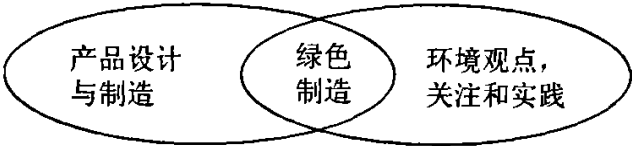
截止 2004 年 5 月,全世界共有 27 个国家的 354 家组织获得 SA8000 认证书。既有生产型企业、专业外贸公司,也有提供咨询服务的机构,范围包括计划、研发、生产、加工、销售、安装、服务等各个方面,涉及 28 个行业,以劳动密集型行业为主,主要包括服装、纺织、玩具、化妆品、家用器皿、化工、食品等,其中服装、纺织、玩具行业企业位居前三位,占总量的 38%。在获证组织中,亚洲国家获证组织所占比例最高,中国、印度、巴西等发展中国家获得此项认证的组织占绝大多数。虽然欧美等国家在劳工标准方面呼声很高,但是获得证书的组织并不多。

截止 2005 年,中国有 55 家企业通过了 SA8000 认证,以生产企业为主,主要分布

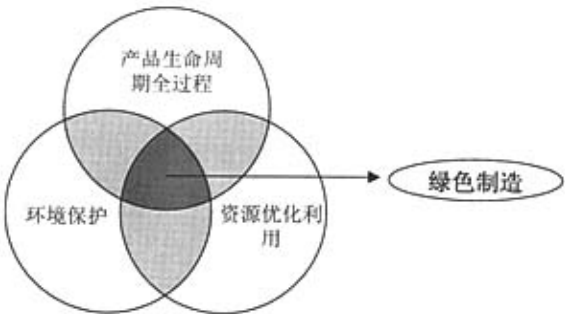
在东南沿海对外贸易比较发达的省份，其中，广东省获证企业最多（30 家），其次山东（含青岛合计 10 家）、上海（4 家）等省市。获证企业主要集中在劳动密集型行业，如玩具、服装、珠宝、钟表、箱包等，也有提供资产管理服务的房地产公司和专业贸易公司，深圳高新区物管公司成为全球第一家通过 SA8000 体系国际认证的物业管理公司。

5.2 绿色制造的概念及其核心要义

美国制造工程师学会（SME）在 1996 年发表的蓝皮书中将绿色制造定义为：绿色制造是产品制造与工艺实践同环境观点与考虑的交叉，由图 5.1 所示，绿色制造所研究的问题就是二者的重叠面积部分，那么重叠面积越大，则在产品制造过程中考虑的环境因素越多。Meling, Smith(1996)将产品生产过程中对环境的负面影响达到最小程度的制造模式称为环境意识制造。它不仅要了解产品的生命周期全过程各个阶段对环境的影响，而且要从产品的设计阶段着手进行基于环保的决策，使产品和制造过程的环境属性能够保持在预定水平。



刘飞（1998）综合国外对绿色制造的研究提出了绿色制造的概念，绿色制造是一个综合考虑环境影响和资源消耗的现代制造模式，其目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个生命周期中，对环境负面影响最小，资源利用率最高，并使企业经济效益和社会效益协调优化^[1]。这一定义认为制造系统中的资源消耗和废弃物的产生是导致环境污染的根本原因，于是绿色制造很自然就与资源和环境紧密结合了起来。因此按照这种定义，刘飞（2001）提出一个分析绿色制造或者说绿色制造研究问题领域的结构图（图 5.2）：绿色制造是研究制造问题，包括产品生命周期全过程；环境保护问题和资源优化利用问题的交叉问题。



尽管绿色制造的概念出现的时间并不长，关于绿色制造定义也存在一些差异，但是把制造和环境以及资源结合起来考虑是绿色制造一个较为基本的特征已经成为共识。广义的绿色制造和狭义的绿色制造的差别在于如何定义制造领域，如果把单纯从产品生产制造过程与环境 and 资源结合起来则是狭义的绿色制造，如果把结合范围扩展到整个产品生命周期，即从产品研发设计、生产制造、包装、运输、使用以及回收处理过程结合起来则是广义的绿色制造（图 5.3）。

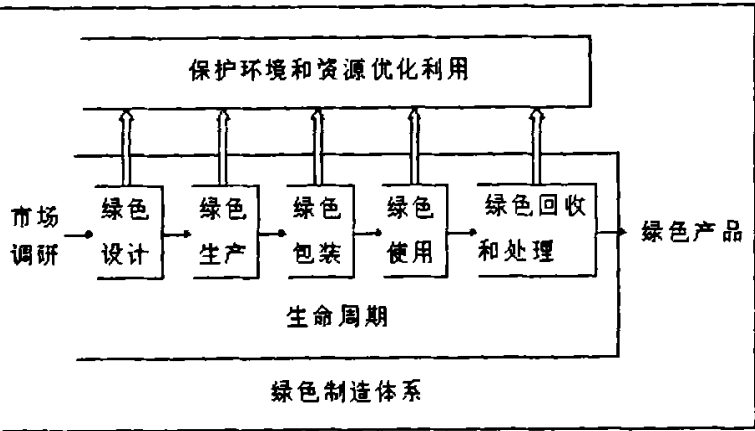


图 5.3 广义的绿色制造体系

但是，我们认为从产品生命周期来定义绿色制造也仅是一个相对广义上的绿色制造，如果从一个企业所处的供应链的角度看，则可将绿色制造拓展到整个供应链上，即绿色制造仅从单个企业层面进行定义是不够的，应该从供应链角度将企业上下游的供应商、分销商以及客户纳入到整个绿色制造体系之中。事实上，在广义的绿色制造中也已经将用户的使用纳入该体系进行思考。进而，将供应链的概念再次进行拓展到整个网络系统中，那么就可以将绿色制造界定为以制造企业为核心的，以供应链为主线的，包含多个企业组织在内的网状结构特征，因为在原材料、半成品及其供应商的选择、产品制造、装配、运输、销售、使用维护、拆卸回收、焚烧掩埋等生命周期各个阶段必然会涉及多个企业组织，或者是供应商，或者是竞争者，或者是分销商，或者是整个社区等。因此这种定义是从制造业对整个环境影响的角度进行的。

在“制造业对环境影响模型”（图 5.4）中，制造业对环境和资源的影响集中体现在产品的制造和产品的使用/处理中，这两个环节是直接环节，但是影响的效果还将由产品的设计，再往前追溯的资源，原材料和能源的选择，再追溯即是该企业的供应商产生的影响；往后推延，如果直接面对最终消费者，那么就是涉及产品的使用和处理，如果是作为别的企业的供应商，那么就会对别的企业的制造产生影响。

综上所述，我们认为一个更广义的绿色制造应该是包含多个企业组织在内的网络结构的组织网与资源的利用和环境的保护结合思考的制造过程（图 5.5）。

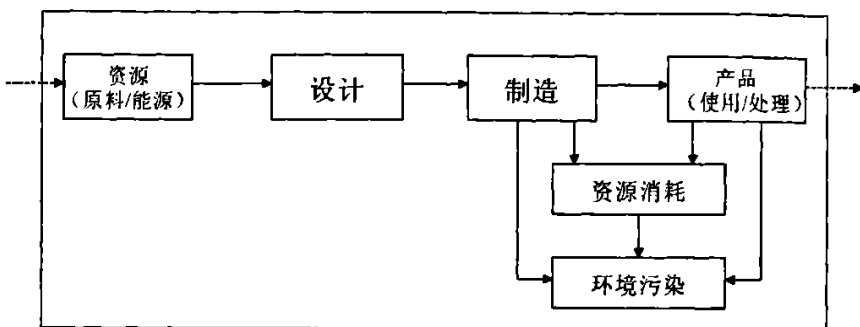


图 5.4 制造业对环境影响模型

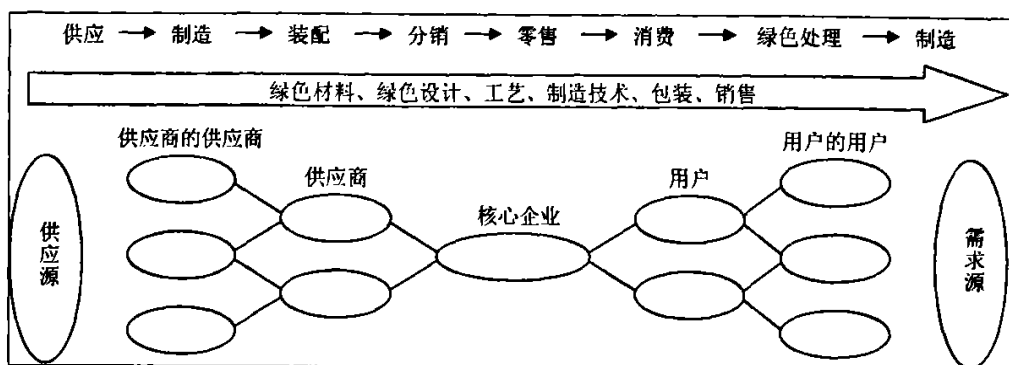


图 5.5 绿色制造的网络结构

绿色制造在本质上是一种先进制造模式，这种先进制造模式蕴涵着与其他制造模式存在差异的制造哲理和思想。从绿色制造的理论渊源看，绿色制造是社会可持续发展思想在制造领域的具体化，而不仅仅只是一些先进制造技术手段和管理方法的加和，仅仅从制造领域来理解绿色制造必然会带来许多片面性和狭隘性。正如国际商用机器公司前董事长 T·J·华森所论述：“最后我认为如果一个组织在不断变动的世界中遇到的挑战，它必须在整个寿命周期内随时准备变革它的所有一切，但唯有信念却永远不会变。”同样，对于制造业、制造系统来说，在它的发展过程中不变的是制造哲理。所以绿色制造是一种制造哲理的思想。制造业是国民经济的支柱产业，制造是直接创造社会财富的基础，是社会财富的直接源泉，是实现人类和自然物质交换的直接过程。从哲学上来看，人类和自然关系的思想有两种根本不同的立场：一是提倡征服自然，另一是主张人与自然和谐。可持续发展思想就是主张人与自然和谐发展，人类在改善生活质量和生存环境获得社会经济进步的同时，不是去掠夺、破坏自然生态环境，而是和自然生态环境协调发展。绿色制造就是这种人和自然协调发展的思想在制造领域的体现。它强调制造业和制造系统所涉及的所有要素和自然的协调和共生，而不仅仅是制造过程、制造技术和具体的管理方法。

因此，从绿色制造的概念内涵看，绿色制造通过绿色制造减少或降低对环境的污染，提高资源和能源的利用效率在本质上强调的是人与自然的和谐发展。从哲学的角度讲，人与自然的的关系是人类生存发展中要认识和处理的诸多关系中最重要、最基本

的关系。人与自然是一对永恒的矛盾，也是一种永恒的关系。科学发展观也要求保持人与自然的和谐发展，不能只向自然索取，不治理和保护环境而必然遭受自然界的惩罚。唯物辩证法也要求用发展的观点，而不是静止的观点看问题。科学发展观同样坚持了马克思主义发展观，它强调可持续发展，把全面发展建立在可持续发展的基础上，在强调当前利益的同时，更强调长远利益，防止“吃祖宗饭，造子孙孽”的行为。它要求在发展中使生态环境得到改善，资源得到有效利用，促进经济发展与人口、资源、环境相协调，从而实现可持续发展。这就从根本上纠正了不顾后代利益，为追求当前目标、经济增长而牺牲资源，破坏环境的形而上学的观点，从而确立了马克思主义的辩证发展观。

5.3 绿色制造与其他类似概念的比较研究

绿色制造涵盖清洁制造 (Clean Manufacturing)、环境意识制造 (Environmentally Conscious Manufacturing, 国家自然科学基金)、环境负责制造 (Environmentally Responsible Manufacturing)、面向环境的制造 (Manufacturing For Environment, MFE)、全面环境质量管理 (Total Quality Environmental Management) 和工业生态 (Industrial Ecology, AT&T) 等ⁱⁱⁱ，但更广泛、更全面、更深刻。

美国《绿色制造蓝皮书》(1998)总结了类似的概念并进行了深入的剖析。《蓝皮书》认为与绿色制造类似的概念主要有：清洁技术、清洁制造、绿色生产、工业生态、环境中性制造、环境意识制造、环境责任制造、环境友好制造、环境尽责制造、环境尽责制造技术、生态意识制造等。这些概念表述不一，其内涵本质也是一致的，即强调通过设计和制造使得产品在其使用、生产和处理过程中对环境的负面影响最小，但还是存在一定的差异，各个概念之间存在一定的细微的层次上的差别。《蓝皮书》把这些概念划分为五个层次(图 5.6)：(1) 环境中性制造；(2) 清洁技术、绿色生产；(3) 绿色制造、清洁制造、环境意识制造、环境责任制造、环境友好制造、环境尽责制造；(4) 生态意识制造技术；(5) 工业生态、生态意识制造、生态责任制造^{iv}。

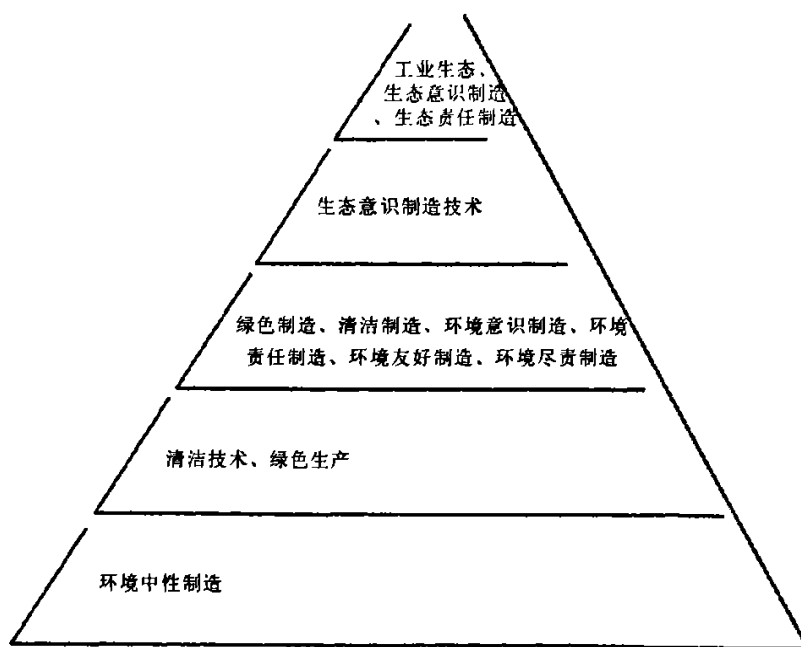


图 5.6 绿色制造相关概念层次

加黑的概念是各层次中具有代表性的。《蓝皮书》从制造方向、环境影响和环境范围三个指标对上述概念加以比较。制造方向主要是其强调制造工艺方面的，而忽略了产品本身，如清洁技术主要研究的是产品制造过程中的有关技术。与之相对，其他术语如环境意识制造既研究产品的制造过程，也研究产品的设计。环境影响从三个方面进行理解：（1）负面的，即造成负面的环境影响；（2）中性的，即对环境不产生影响（既无害也无益）；（3）正面的，对环境具有改善作用。各个概念中，除了环境中性制造而外，其他的术语都被认为是追求环境的正面影响。环境范围是，在评价一个制造行为时，需要从一个什么范围进行考察。这个范围可以限制在制造过程本身，如清洁技术，也可以将范围扩大到一个公司范围之内内的所有设计、制造和销售过程。这一点反映在环境责任制造和绿色制造上。更进一步，可以扩大到整个系统，包括与产品相关的所有造成环境影响活动。这一点反映在包含“生态”这一词的术语上，如生态责任制造”。

表 5.1 按指标对绿色制造术语进行分类

术语	制造方向		环境影响			制造范围		
	产品设计	制造过程	负面	中性	正面	制造过程	企业	整个系统
环境中性制造	X	X		X		X	X	
绿色生产		X			X	X		
绿色制造	X	X			X	X	X	
环境意识制造技术		X			X	X		X
生态责任制造	X	X			X	X	X	X

上述三个指标即可对绿色制造方面的概念进行分类。上表表明了不同术语之间的明显不同的内涵和侧重点。从图中还可以看出，各术语之间的包含关系，这些关系体现在绿色生产、绿色制造和生态责任制造之间（如图 5.7 所示）。

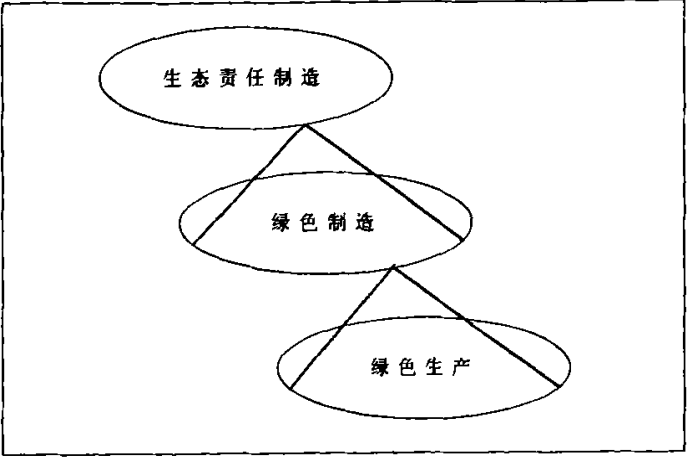


图 5.7 绿色生产、绿色制造、生态责任制造之间的关系

5.4 绿色制造与其他制造模型的分析

与绿色制造对应的还有几种具有典型意义的制造模式，如大规模制造、精益制造与敏捷制造等，这些概念都是随着技术的进步，经济的发展而产生的在工业史上有重要意义的制造模式。徐和平（2003）从制造哲理、执行主体、市场环境、生产方式、管理思想、组织特征以及竞争模式等角度进行比较（见表 5.2）。

表 5.2 绿色制造与其他制造模型的分析

	大规模制造	精益制造	敏捷制造	绿色制造
制造哲理	分工、规模经济效应	消灭浪费、精益求精	快速有效的资源集成、快速响应	和自然的协调发展，减少污染、提高资源的利用率
执行主体	单个企业	单个企业	单个或多个企业	单个或多个企业、政府、公众
市场环境	规模化的需求、区域性的卖方市场	激烈的个性化产品竞争、区域性买方市场	多变、难预测的市场需求，全球化买方市场	环保性绿色产品需求、全球性买方市场
生产方式	少品种、大批大量	大批量	多品种、多批量	多品种、变批量
管理思想	对员工进行控制	员工参与、以人为本	营造协同环境	以人为本、社会协同制造
组织特征	层级结构	自治、分布式团队工作	可快速重组的工作单元构成扁平组织	灵活使用
竞争模式	成本竞争	成本、质量竞争	成本、质量与市场响应速度竞争	成本、质量与市场响应速度竞争、产品的绿色性竞争
企业与社会的关系及企业之间的关系	以企业自身为中心、竞争关系	以企业自身为中心、竞争关系	以市场需求为中心、合作竞争	以社会发展和市场需求为中心、合作竞争

资料来源：徐和平等，2003

制造哲理的具体体现，是作为制造业有机单元细胞——制造企业的生产制造模式，从而企业制造模式的比较就能够表征不同制造哲理之间的差异。

从制造工具的应用角度看，这些先进的制造模式都是建立在相同的产品设计软硬件基础上，应用很多数字化模型，利用 CAD、CAM、CAE、CIM 和 DSS 等计算机技术、并行技术、虚拟技术，进行面向环境、装配、制造、质量、使用、维护、拆卸、回收等设计和产品开发。而且，都是利用先进生产制造装备和技术，通过对企业人、财、物等资源的管理和整合，以及组织的管理和整合，从而实现企业物流、资金流、信息流和人流的统一协调，减少产品全生命周期的环境污染和资源浪费，提高产品的竞争力，从而实现企业的人、组织、技术的有机继承，缩短产品生命周期（并行工程）；满足不同类型和规模的市场需求（订单生产），快速响应迅速变化的国际国内市场（敏捷制造）；精简一切不必要的过程、流程和环节、机构（精益制造、精良生产、精益生产）；最终实现企业和社会可持续发展（绿色制造）。

绿色设计在综合利用已有设计理论和方法的基础上，重点研究产品全生命周期过程环境影响特性和资源优化利用特性，设计出技术、经济、环境综合性能最优的产品，在满足市场需求和企业发展的需要时，满足社会可持续发展的需要。绿色设计的开展基础是现有的设计理论、方法和工具，各种先进的设计方法和工具进一步为绿色设计提供了实施的高效和高可靠性保证。绿色设计要求产品设计者、企业决策者、环境分析专家等组成开发团队进行产品研发，其中，考虑的因素涉及到原材料、半成品及其供应商的选择、产品制造、装配、运输销售、使用维护、拆卸回收、焚烧掩埋等生命周期各个阶段，因此，必然牵涉到企业及其上下游供应链的多个部门，研究工作流程必须并行进行，信息的制定、发放、更改等必须进行有效的管理，并行工程的集成技术、协同技术、 workflow 管理技术可以得到有效的利用。而敏捷制造、精益制造、虚拟制造等技术也从目标、管理、流程、手段等方面对绿色设计起到补充、促进和推动作用。

5.5 绿色制造的系统结构

绿色制造的结构特点可以用图 5.8 中两大目标、两大层次、三大要素和三项内容加以概述。剖析绿色制造结构的目的在于揭示绿色制造的整个概念框架和深层次的内涵及研究方向。

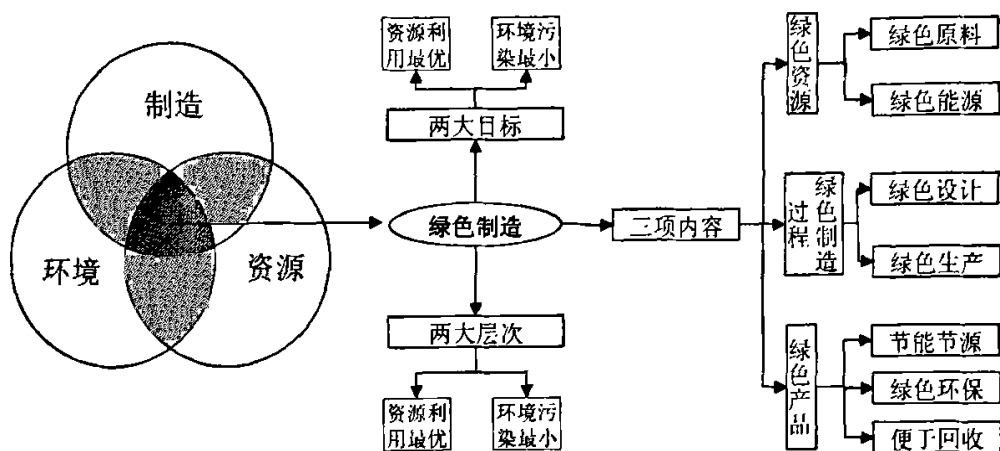


图 5.8 绿色制造的系统结构

5.5.1 两大目标

绿色制造的两大目标分别是资源的最小化消耗和环境污染的最小化。从绿色制造的概念内涵看，绿色制造所研究的对象是制造、环境和资源三者的交叉部分，而三者所能够交叉的内在逻辑在于制造业能够对环境 and 资源产生重大影响。一方面，制造业是最大的资源利用者，另一方面制造业又是最大的污染产生源。统计数据已经表明，20 世纪 60 年代以来的环境问题，如臭氧层破坏、酸雨、空气污染、水源污染、土地沙化等等向人类提出了严峻的考验，在这些污染源中造成全球环境污染的 70% 以上的排放物来自制造业，它们每年约产生 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物。由于消费品的大量普及，产品使用寿命的缩短，废弃产品的数量也在急剧增长。整个人类的生存环境面临着迅猛增长的废弃机电产品的压力。另外以汽车为例，96 年全球有 2400 万辆汽车报废。因此，绿色制造所研究的对象和其所要实现的目标就是要实现资源利用的最高效率，以实现相同资源投入下的最大产出，或者一定产出下的最低资源消耗；以实现相同污染下的最大产出，或者一定产出下的最小环境污染，乃至降低污染。

5.5.2 两大层次

两个层次的全过程控制，一是指具体的制造过程即物料转化过程中，充分利用资源，减少环境污染，实现具体绿色制造的过程；另一是指在构思、设计、制造、装配、运输、销售、售后服务及产品报废后回收的整个产品周期中每个环节均充分考虑资源和环境问题，以实现最大限度地优化利用资源和减少环境污染的广义绿色制造过程。

绿色制造的两大层次的概念是源于狭义绿色制造和广义的绿色制造。狭义绿色制造认为绿色制造所关注的是在产品或商品生产过程中的绿色化问题，应清楚的是这也是绿色制造的核心环节。广义的绿色制造所指的是从企业供应链角度来考虑的以企业为核心形成的供应链网状结构的绿色化问题，因此这是较高层次的绿色制造。

5.5.3 三大要素

三大要素是指绿色制造所包含的三个要素制造、资源和环境。这从绿色制造的概念可直接得出，也是绿色制造的研究问题的范围。由图 5.8 可见，绿色制造所研究的范畴就是三者的交叉阴影部分。

制造是绿色制造的核心组成，从语义学的角度讲绿色制造本身研究的就是制造业的绿色化问题，探讨制造业如何在面临的新的外部环境，包括政府、法律法规、消费者、股东、员工等绿色压力下如何实施新的制造战略和改造现有的制造模式问题，从而实现最低资源消耗和最小环境污染的目标。而资源和环境是制造业所紧密相关的两个对象，前者是制造业的原材料来源和动力基础，后者是制造业所面临的环境也是制造业的产生影响的对象，因此在绿色制造体系结构中我们将绿色制造概括为三个要素：制造、资源和环境。

5.5.4 三项内容

三项内容是用制造系统工程的观点，综合分析产品生命周期从产品材料的生产到产品报废回收处理的全过程各个环节的环境及资源问题。三项内容包括：绿色资源、绿色生产过程和绿色产品。

(一)绿色资源

绿色原材料主要是指来源丰富(不影响可持续性发展)，便于充分利用，便于废弃物和产品报废后回收利用等。绿色能源，应尽可能使用贮存丰富，可再生的能源，并且应尽可能不产生环境污染问题。绿色制造原材料的选择要求设计人员改变传统的选材方法，在满足基本功能的前提下，要考虑具有良好的环境兼容性的材料，尽量选用无毒、低能耗、少污染材料，选用可再生材料及可回收材料，提高资源利用率。

(二)绿色生产/制造过程

绿色生产/制造过程包括绿色设计、绿色技术以及绿色生产环境等。这是一种广义角度的理解，而不仅仅指绿色制造第一层面上的制造/生产过程。

从绿色生产过程看，对一般工艺流程和废弃物，一般采用的措施有：开发使用节省资源和良好环境的生产设备；放弃使用的机溶剂，采用机械技术清理金属表面；使用水基材料代替有毒的有机溶剂为基体的材料；减少制造过程中排放的污水等。在开发制造工艺时，制造企业的组织结构、工艺流程以及设备都必须适应企业向“环境安全型”组织化，以达到大大减少废弃物的目的。

1、绿色设计

传统的设计是以人为中心，终端是人的需求和解决问题为出发点，无视产品生产和使用过程中的资源和能源消耗以及对生态环境的影响。绿色设计是一种全新的设计理念，又称为生态设计(Ecological Design, ED)、环境设计(Design for Environment, DFE)、生命周期设计(Life Cycle Design, LCD)，是在产品全部生命周期内，着重考

虑产品环境属性（节能性、可拆卸性、长寿命、可回收性、可维护性、可重复利用性等）。刘志峰等（1999）认为绿色设计是指在对产品生命周期全过程的设计中，充分考虑对资源和环境的影响，在考虑产品的功能、质量、开发周期和成本的同时，优化各有关设计因素，使产品及其制造过程对环境的总体影响减到最小。绿色产品设计的过程如图 5.9 所示。

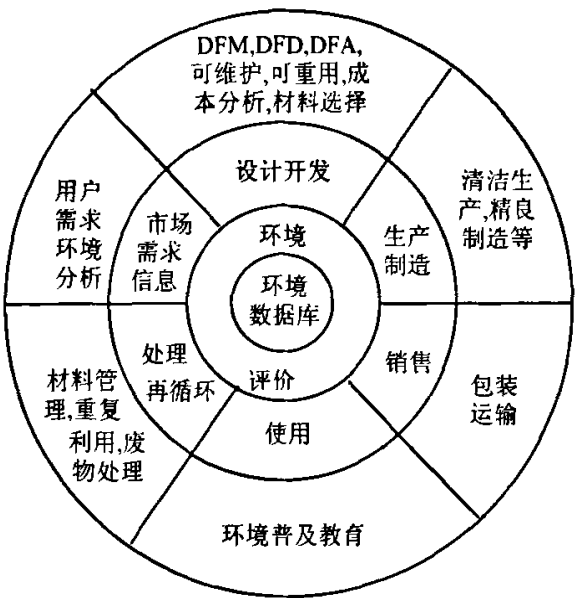


图 5.9 绿色产品设计过程图

资料来源：谢家平，2004

传统产品生命周期包括“产品制造到投入使用”的各阶段，即“从摇篮到坟墓”的过程，而绿色设计将产品的生命周期延伸到了“产品使用结束后的回收重用及处理处置”即“从摇篮到再现”的过程，是一个并行过程，要求产品在生命周期的各个阶段并行考虑。

因此，绿色设计是在产品及其生命周期过程的设计中，在满足功能和质量、使用寿命、经济可靠的前提下，以产品的可制造性、可装配性、可测试性、可维修性、可运输性、可循环利用性和环境友好性等作为设计目标，从而达到缩短新产品上市时间、提高产品质量、降低成本、改进服务、加强环境保护意识，实现社会可持续发展。在产品的生命周期全过程中，充分考虑产品的功能、质量、开发周期和成本的同时，优化各有关设计的因素，使得产品在生命周期全过程中对环境的总体影响最小、资源效率最高。绿色设计，应从以下几个方面全盘考虑，以使“绿色”特性贯穿于产品全生命周期：（1）绿色材料选择设计；（2）可回收性设计；（3）绿色模块化设计；（4）可拆卸性设计；（5）可维修设计；（6）节能设计；（7）绿色包装设计。

2、绿色制造技术

所谓绿色制造技术，是指在从产品设计、制造、运输、使用、报废以处理的整个产品生命周期的过程中综合考虑环境影响和资源利用的现代制造模式。绿色制造技术是以传统制造技术为基础，结合环境科学、材料科学、能源科学、控制技术和现代管理方法等学科的先进制造技术，是绿色制造工程的重要组成部分。它所追求的目标是：将产品在生命周期中对环境的破坏或危害降到最小，并使资源综合利用率达到最高，实现资源、能源的综合利用和环境保护，对生产制造活动的全过程进行最优控制，全面合理配置资源，最大限度地减少污染，充分发挥制造系统的效能，利用先进的制造技术和工艺方法，最终实现绿色制造的目标要求。

根据绿色制造工艺技术的目标特征，可分为 3 种主要类型，即节约资源型工艺技术，降低能耗型工艺技术（也可称为面向能源的绿色制造技术）和环境保护型工艺技术（也可称为面向环境的绿色制造技术）。实施绿色制造技术的主要途径是优化和改进现有流程工艺，开发替代流程工艺和新型流程工艺，提高生产效率和制造质量，降低成本，合理利用资源，减少废物和污染，使加工过程具有良好的环境性。

从发展趋势看，绿色制造主要有以下方向：

(1) 快速原型制造技术

发展迅速的快速激光原型制造技术可将 CAD 三维模型快速直接转换成实物模型和零件，整个成形过程不仅不需要刀具、模具和其它人工干涉，而且不受零件几何形状的限制，可以实施真正的“自由”制造。它从根本上改变了零件制造的传统概念，将传统的“去除式”加工方式转变为“渐增式”的生产模式。该项制造技术可用于新产品设计试制过程中产品设计和功能验证，可制造性和可装配性检验，供货寻价及市场宣传等，也可用于形状复杂、批量小的金属零件的快速铸造及翻造各种快速经济型模具。它的应用有助于缩短产品开发周期，减少资源消耗，降低开发费用，提高产品的一次成功率，以及减少污染和环境影响。

(2) 虚拟制造技术

虚拟技术是以计算机支持的仿真技术为基础，对设计、加工、装配等工序统一建模，形成虚拟的环境、虚拟的过程、虚拟的产品和虚拟的企业。应用虚拟制造技术，在真正产品生产之前，在虚拟环境下，生成软产品模型（Soft Prototype）以代替传统的硬样品（Hard Prototype），并进行实验和试验，对其性能和可制造性进行预测和评价，实现快速响应市场需求的目标，并且可节约能源和原材料，缩短产品开发周期，降低成本，减少污染。

(3) 成型制造技术

成型制造技术包括铸造、连接、塑性加工（如锻造、冲压）等制造工艺方法。目前，成型制造技术正从接近零件形状（Near Net Shape Process）向直接制成零件，

即精密形或净成形（Net Shape Process）方向发展。采用这项制造技术可使有些零件（或毛坯）直接或稍加处理即可用于组成产品，从而大大减少原材料和能源的消耗，缩短生产周期，提高效率，降低成本，改善对环境的负面影响。

（4）工艺模拟技术

模拟技术目前主要应用于热加工过程。对于热加工工艺以往通常必须做大量的试验才能初步控制和保证零件的加工质量。采用工艺模拟技术进行多项数值模拟、物理模拟，并与工艺专家系统相结合，可优化工艺流程，确定最佳的工艺参数，对预测加工过程中可能产生的缺陷采取相应的措施，有效地控制和保证加工质量，并最大限度的控制污染物的产生以及减小对环境的负面影响。

（5）干式切削加工技术

就机械制造业而言，绿色机械加工的主要内容是干式切削加工，这是对现行加工工艺改革的一个典型实例。干式切削加工技术就是切削加工过程中不使用任何切削液，如干式车削、干式钻削等。其最大特点是：简化了工艺系统，降低了加工成本，消除了因切削液的使用所带来的一系列的环境污染问题。目前，干式切削加工技术的应用尚有一定的局限性，大多采用准干式切削加工（介于湿式切削与干式切削之间）或最少切削液切削加工。只要使用得当，刀具、工件和切屑仍能保持干燥，因而可避免切削液的处理过程。同时，也应积极推广干式磨削加工技术，以改善作业环境，节省磨削液和磨削液的后期处理费用。

（6）特种加工技术

近年来，特种加工技术发展很快，它改变了传统方法难以实现的加工（如高强度、高硬度材料、工业陶瓷的加工，精密、微细、复杂零件的加工等），已成为航空航天、汽车、机床、电子电器等制造业不可缺少的制造技术。特种加工技术（尤其是激光、超声波等）的应用，有利于能量的多元化、综合化，极大地扩展了传统加工的范围，应用越来越广，而且提高了生产效率和加工质量，节约资源，改善环境。

按照上述理解，我们将制造技术划分为四种技术，即面向环境的绿色制造技术、面向能源的绿色制造技术、面向材料的绿色制造技术和面向再循环的绿色包装技术：

（1）面向环境的绿色制造技术

使产品在使用过程中能满足水、气、固体三种废弃物减量化、降低振动与噪声等环境保护要求的相关技术。

（2）面向能源的绿色制造技术

能源消耗优化技术、能源控制过程优化技术等以达到节约能源、减少污染的目的。

（3）面向材料的绿色制造技术

材料无毒、无害化技术，针对高分子材料，研究废旧高分子材料回收的绿色技术，高分子过滤材料——功能膜材料，玻璃纤维毡增强热塑性复合材料等。对现有材料的

环境性能改进技术等。

绿色生产/制造是将绿色设计的思想转化为最终产品的过程，主要包括绿色工艺、绿色生产设备、绿色环境、绿色管理等。绿色生产要求比常规方法能显著地节约能源、节省资源。同时在生产过程中，最大限度地避免或减少对人体的危害，如电磁辐射、噪音、有毒气体、有毒液体对环境的污染。如日本的清洁制造、美国的敏捷制造、德国的“制造 2000”战略都强调了生产过程中应无污染或少污染，减少生产对环境的负面影响。

(4) 绿色包装技术

绿色包装消费者购买产品后，其包装一般来说是没有用的，如果任意丢弃，既对环境产生污染，又浪费包装材料。绿色包装是环保发展的趋势，没有绿色包装，也就没有绿色产品。

实施绿色包装主要考虑从环境保护的角度出发，摒弃那些求新立异的消费理念，优化产品包装方案，使得资源消费和废弃物产生最少。实施绿色包装设计，减少包装材料，考虑包装材料的回收、处理和循环利用；使用无毒、无污染、可以再生和降解的材料。使包装做到“3RID”（Reduce 减量化、Refuse 回收重用、Recycle 循环再生、Degradable 可降解）。

在实施绿色包装设计，优化包装结构，减少包装材料，考虑包装材料的回收、处理和循环使用。选择绿色包装材料。使用绿色包装材料是实施绿色包装的关键，应该使用无毒、无污染、可以再用和再生及易降解的材料。重点推广纸包装，因为纸易回收，无污染，易降解，且资源相对丰富。产品的包装本身在原材料购买、材料加工和生产、运输、回收、再生过程中都不应产生环境污染。加强宣传，强调绿色包装是绿色产品的一个重要组成部分，防止顾此失彼，这一点往往被忽视。

(三) 绿色产品

1、绿色产品的概念

绿色产品是绿色制造技术的应用结果。在有关资料或文献中常见的绿色产品的定义有以下几种：绿色产品是指以环境和资源保护为核心概念而设计生产的、可以拆卸分解的产品，其零部件经过翻新处理后可以重新利用(张华，2000)。刊登在美国《幸福》双周刊上的一篇题为“为再生而制造产品”的文章认为：绿色产品是指那些旨在减少部件、合理使用原材料、部件可以再用并能安全处理的产品(Vijay, 1995)。刘志峰等人认为：如果一件产品在其使用寿命完结时，其部件能够拆卸、翻新和再用，或安全处理，那么这样的产品就是绿色产品(刘志峰，刘光复 1997)。绿色产品是泛指对生态环境中的生命体有益无害的无污染、无公害的产品，即符合人与自然和谐共处的环保型产品。绿色产品是产品本身不会造成环境污染和生态破坏的产品。

我们认为所谓绿色产品，是相对于传统产品而言的，在其生命周期全程中，符合

特定的环境保护要求，对生态环境无害或危害极少，资源利用率最高，能源消耗最低，并且便于回收的产品。即绿色产品应有利于保护生态环境，不产生环境污染或使污染最小化，同时有利于节约资源和能源，且这一特点应贯穿于产品生命周期全程。

2、绿色产品的内涵

绿色产品也是制造绿色化的最主要体现，特别是在市场营销和国际贸易中。国外特别是西方发达国家为了自己的利益，根据自己的实际情况，设置“绿色贸易壁垒”，从而使发展中国家在国际贸易中处于不平等的地位，其主要表现形式有提高进口产品的环境监测标准，在数量和价格上限制没有“环境标志”的产品进口和严格审查进口产品在其生产过程中对自然环境的影响等。中国由于长期忽视绿色产业的发展，盲目开放出口产品，放松对产品安全和防污染标准的监督检验工作，没有形成无公害的管理体系，造成中国的产品在生产和使用中环境的破坏很大，因此绿色贸易壁垒对中国的产品出口影响巨大，据统计，中国每年因不符合环境标准要求而造成的出口损失高达 40 亿美元且有增长趋势。这即是产品没有实现绿色化的主要体现之一。随着电子产品的环境问题逐渐受到人们的重视，国外大公司已经开始从电子产品的绿色设计、清洁生产工艺、电子废料再资源化开展工作，并已经有了一定的技术积累。因此对于中国企业而言要想打开世界市场，必须研发绿色制造技术，生产符合国际标准的绿色产品，这是提高产品的国际竞争力的主要举措之一。

绿色产品及其使用的绿色性主要考虑以下几个方面：

(1) 宜人性。利用人机工程学的原理，让使用者感到舒适、方便、无压抑感；另外，也要避免电磁辐射、噪声、有毒气体、有刺激性的气体和液体对人的危害。

(2) 清洁性。在使用过程中应无污染、少污染，尽量减少和消除“三废”的排放，达到使用环境的清洁化。

(3) 绿色能源。产品使用过程中与产品生产过程中一样应选择绿色能源，尽量使用可再生能源和清洁能源，如太阳能、风能、电能、天然气等。例如，用液化天然气或电能作为汽车的能源，以减少尾气对大气的污染。

(4) 合理使用。应认真按照产品说明书使用，防止野蛮使用或操作不当，避免提前报废。因为提前报废意味着产品的使用数量增加，就是增加材料的消耗，增加废弃物，也就增加了产品在生产过程中的能源消耗和对环境的污染。

而谢家平等(2004)则认为绿色产品的内涵主要表现在以下几个方面：

(1) 环境友好性。产品全生命周期的各个环节都对环境无害或危害甚小。这就要求企业选用绿色材料，采用清洁的生产工艺，产品使用时环境污染最小化，对使用者不会造成危害，产品报废后回收处理是能够节约资源和减少废弃产生。

(2) 资源有效性。绿色产品应具有非物资化(Dematerial)的特征。即尽量减少材料使用量，最大限度地利用材料资源，减少使用材料的种类，特别是稀有的贵重材料和

有毒、有害材料。这就要求设计产品时,在满足产品基本功能的条件下,尽量简化产品结构,合理使用材料,并使产品中零件材料能最大限度地再利用。

(4)能源节约性。绿色产品应在其生命周期的生产、使用、回收、处理等各个环节所消耗的能源应最少,并且尽可能采用太阳能、风能等可再生的清洁能源。

(5)全生命周期性。绿色产品的“绿色程度”应体现在整个生命周期的各阶段。传统设计的产品生命周期包括原料选取、生产制造、装配成产品、流通给消费者使用,包括从“摇篮到坟墓”(Cradle-to-Grave)的所有阶段,即正向供应链的物流过程。为了消除或减轻环境负担,许多企业越来越多地思考如何通过将产品回收后的零部件再用、材料再生、安全获能等策略来处置报废后的产品,即逆向供应链的物流过程。因此绿色产品的生命周期是指从原料获取、生产制造、装配包装、运输销售、使用维护直至回收处理 5 个阶段,也就是从摇篮到再现(Cradle-to-Reincarnation)的过程。

3、绿色产品的度量指标

由绿色设计评价的目标集分析可知,其评价指标所包含的因素很多,既要考虑产品设计方案的性能属性指标 U_i 和经济属性指标 U_j ; 同时也要兼顾生产、使用、回收处理的环境属性 U_k 、资源属性 U_l 、能源属性 U_s 等绿色性指标。既有定性指标,又有定量指标,且指标体系具有明显的多层次性特点,可以按类别、属性分层排列 (Srinivasan,M.,Wu,T, 1995):

(1)性能属性指标

产品的性能代表产品的使用价值。正是使用价值满足了顾客的需要,没有使用价值的产品就没有市场,就是资源的极大浪费。因此,产品的性能属性是企业 and 消费者关注的焦点,是所设计的产品应具有的基本属性。性能属性指标涉及目标体系结构中的 $FQTSV$ 目标,包括:功能指标 V_{11} 、质量指标 V_{12} 、品种多样性 V_{13} 、交货及时性 V_{14} 、操作安全性 V_{15} 、维修简便性 V_{16} 等。

(2)经济属性指标

与传统的经济性(成本)评价明显不同,绿色产品的成本属性要反映产品生命周期的所有特性。经济性指标可分为生产成本、用户成本和社会成本,即它是一个广义成本概念,包括:企业生产成本(设计成本 V_{21} 、制造成本 V_{22} 、储运成本 V_{23} 、售后服务成本 V_{24} 等)、用户使用成本(使用运行费 V_{25} 、维护保养费 V_{26} 等)、生态环境成本(污染治理成本 V_{27} 、污染排放成本 V_{28} 、职业保健成本 V_{29} 、报废回收处理成本 V_{210} 等)。

(3)环境属性指标

环境属性反映了绿色产品不同于非绿色产品的重要特征,主要考察产品全生命周期过程中所引起的环境污染问题,要求设计的产品具有环境友好的特性,即产品全生命周期对环境无害或危害很小。也就是说,既要考察设计的产品在其生命周期过程中对生态环境的影响,又要考察对生产工作环境的影响,以及对使用环境的影响,还要考

考虑组成产品的材料生产过程对生态环境的影响。环境属性指标应该根据行业差异设立不同的评价指标，一般包括：

水体污染 V_{31} ，如：沉积物、漂浮物、浑浊物等物理性污染物，硫酸盐、氯化物、溶解性铁、锰、铜、锌、硝酸盐、亚硝酸盐、磷、氟化物等化学性污染物，滋生水生生物的生物性污染物；

大气污染 V_{32} ，一般以污染物的浓度值(mg/m^3)作为评价参数，如：硫氧化物、碳氧化物、氮氧化物、碳氢化合物、废气(臭氧等)，颗粒物(烟尘)；

土壤污染 V_{33} ，可分为固体废弃污染物、化学性污染物；

噪声污染 V_{34} ，包括生产噪声、使用噪声、回收处理过程所产生的噪声；

放射性污染或电磁辐射污染 V_{35} 等。

(4)资源属性指标

资源包括物料资源、设备资源、信息资源和人力资源，这些资源都是有限的，且要求在满足一定功能的前提下，资源应具有良好的环境兼容性。物料资源的评价指标如下：材料的种类数 V_{41} 、单位产品的资源消耗量 V_{42} 、加工过程的设备工具消耗情况 V_{43} 、资源的利用率 V_{44} 、废弃资源的回收率 V_{45} 、资源的可再生性 V_{46} 、材料的易降解性 V_{47} 、材料的有毒有害性 V_{48} 等。

(5)能源属性指标

能源是一种重要而特殊的资源。产品的制造、包装、运输、使用以及回收处理过程，都要大量消耗能源，对环境产生一定的影响。节约和充分利用能源是绿色产品的一大特性之一。一般而言，加工制造企业的能源消耗过程就是对环境产生负面影响的过程。减少能源的使用量，也就节约了资源，减少了环境污染。能源属性指标如下：

能源的种类 V_{51} 、材料本身生产过程的能耗 V_{52} 、产品加工过程的能耗 V_{53} 、产品使用过程的能耗 V_{54} 、废弃后回收处理过程的能耗 V_{55} 、能源的可再生性 V_{56} 、能源的清洁性 V_{57} 等。

第6章 绿色制造的空间形态：园区生态化

循环经济作为资源节约和环境保护的经济学，为产业生态化发展提供线性技术向循环技术范式转变模式。循环经济的产业生态化实现，在产品和服务的生产、消费和回收的不同环节，出于生态性和经济性相融合的考虑，规模不同的循环会导致不同的生态效果和经济效益。因此，需要对循环经济的实施层面进行分析。而人类社会生产和消费方式都是从产品入手，产品生产、消费和回收的生态性决定着一切。因此，一定区域内的生态循环应首先着眼于产品层面的绿色设计，从而保证产品在其整个生命周期的全过程都具有生态化效应，这是循环经济模式的基石。其次，针对企业生产的工艺过程，实现清洁生产和绿色生产。而且，企业内部也可以在不同工艺环节之间实现能量和物质循环再用。再次，在产业层面，是建立产业共生链的循环模式。而在区域层面的循环模式，则应按照工业生态学的原理，建立或形成与企业间有共生关系的工业生态园区或虚拟园区，使资源得到充分利用；在社会层面上(大循环)，通过废旧物资的再生利用，实现物质和能量的循环。绿色制造和产业生态化创新的实现，需要一定的空间载体来支撑，这就是生态产业园或称为园区生态化。

6.1 产业生态学的基本内涵

6.1.1 产业生态学的产生

产业生态学起始于 Robert Frosch(通用公司)和 Nicolas Gallopoulos 模拟生物新陈代谢和生态系统再生过程所开展的“产业代谢”研究，他们在《可持续工业发展战略》(1989年，发表于(Scientific American))一文中首次提出“产业生态系统”的概念，并受到广泛关注。1996年，Judy L. Meyer 在美国生态学会第81届年会上将产业生态学列为未来生态学发展的5个前沿领域之一。1997年，由耶鲁大学和麻省理工学院联合出版了全球第一本关于产业生态的学术期刊——《产业生态学》，标志着产业生态学作为一门真正意义上的学科为学术界所接受。欧洲的英国、德国、荷兰和芬兰以及美国、印度、日本是研究产业生态比较深入的国家，国内对于产业生态学的研究起步较晚。同时，作为一门新兴学科，产业生态学从理论、方法到实践都正处于发展完善之中，并未形成成熟的学科体系。

关于产业生态学的概念目前还未形成共识，不同的学者和研究机构从不同的角度或侧重点对其做出了种种阐释。美国国家科学院(1991年)将产业生态学定义为“产业生态学是对各种产业活动及其产品与环境之间相互关系的跨学科研究”。国际电机与电子工程师协会(IEEE)在《可持续发展与产业生态学白皮书》(1995年)中，对产业生态学的定义作了如下界定：“产业生态学是对产业和经济系统及其与基本的自然系统间相互

关系的跨学科研究。它可看作‘可持续性的科学’。”《产业生态学》杂志主编 Lifset (1997 年) 在发刊词中提出: “产业生态学是一门迅速发展的系统科学分支, 它从局部、地区和全球三个层次上系统研究产品、工艺、产业部门和经济部门中的能流和物流, 其焦点是研究产业界在降低产品生命周期过程中的环境压力的作用。产品生命周期包括原材料采掘与生产、产品制造、产品使用和废弃物管理。”耶鲁大学 Thomas Graedel 教授与 AT&T 公司 B. R. Allenby 在《产业生态学》教材中对于 1995 年提出的概念进行了完善: “产业生态学是人类在经济、文化和技术不断发展的前提下, 有目的、合理地去探索和维护可持续发展的方法。它要求不是孤立而是协调地看待产业系统与其周围环境的关系。这是一种试图对整个物质周期过程——从天然材料、加工材料、零部件、产品、废旧产品到产品最终处置——加以优化的系统方法。需要优化的要素包括物质、能量和资本。”中国著名学者王如松认为: 产业生态学是研究社会生产活动中自然资源从源、流到汇的全代谢过程、组织管理体制以及生产消费、调控行为的动力学机制、控制论方法及其与生命支持系统相互关系的系统科学。

综合以上如何定义产业生态学的基本观点, 我们可以看到其中的共通之处(王薇薇, 2006): 首先, 产业生态学是将自然界生物系统的有机循环机理引入产业经济的研究形成的新兴的交叉边缘学科, 它不是生态学与经济学的简单叠加, 而是相互渗透与融合, 是一种有机的结合。第二, 产业生态学是研究产业活动以及经济行为与自然环境之间的关系, 并据此对产业生产的全过程进行优化的应用型学科。第三, 对产业生态的研究最终是为了增强经济系统对生态环境的适应性, 进而实现人类社会的可持续发展。

易成栋(2002)则认为产业生态化, 就是依据生态经济学原理, 运用生态、经济规律和系统工程的方法来经营和管理传统产业, 以实现其社会、经济效益最大、资源高效利用、生态环境损害最小和废弃物多层次利用的目标。其基本要求是综合运用生态经济规律, 贯彻循环经济理念, 利用一切有利于产业经济、生态环境协调发展的现代科学技术, 从宏观上协调整个产业生态经济系统的结构和功能, 促进系统物质流、信息流、能量流和价值流的合理运转, 确保系统稳定、有序、协调发展; 微观上, 通过综合运用清洁生产、环境设计、绿色制造、绿色供应链管理等各种手段, 大幅度提高产业资源能源利用效率, 尽可能降低产业物耗能耗水平和污染排放水平。

6.1.2 产业生态学的研究概况

产业生态学的基础研究是学科发展的基石, 也是产业生态学从理论向科学实践推进的先决条件, 其中, 国内外学界及产业界的学者、机构和经济实体做了大量的研究工作。

B. R. Allenby 通过大量研究, 于 1999 年提出了产业生态理论基本的知识框架。其中的最高层为产业生态学研究的目标, 即可持续发展; 第二层是产业生态学, 它可为改进当前的行动提供理论依据; 第三层是产业生态学的基石, 是政府部门和社会要

促使企业和消费者个人用环境友好的方式来从事各自活动时所应采取的措施，这些措施包括法律的、经济的以及其他有关激励措施；开发和实施能判定并支持环境友好行为的技术方法、工具、数据和信息等。

耶鲁大学 Thomas Graedel 教授与 AT&T 公司 B. R. Allenby 在《产业生态学》教材(2003 年第 2 版)中提出了产业生态学的主要研究内容：产业系统与生态自然系统关系；产业生态系统结构分析与功能模拟；产业生态系统的低物质化；工业代谢过程的模拟与改进；产品生态评价与生态设计；产业生态学教育问题的研究。

相对来说，国内对于产业生态学的研究起步较晚。王如松从“社会—经济—自然复合生态系统”的理论出发，提出了产业生态学的特征，即产业生态学是一种系统观；产业生态学强调一种观；产业生态学提倡一种未来观；产业生态学倡导一种全球观。

6.1.3 产业生态学研究的主要内容

目前，产业生态学的研究领域主要有：原料与能量流动、物质减量化、生命周期评价、环境设计、生态工业园等。主要解决以下一些问题(张艳辉，2006)：(1)不同产业部门之间有什么联系？这种联系对应哪些环境机会和挑战？(2)哪些由技术主导的基本循环受到环境影响的制约？(3)如何才能通过产品设计来控制技术的资源消耗？(4)企业如何管理其与环境的相互作用？可见，产业生态理论旨在倡导一种全新的、一体化的循环观念。这种物质的总体循环应贯穿于从原材料开采到产品生产、包装、使用以及废料最终处理的全过程。它的循环优化不仅仅局限在一个企业内部，更注重更高级别系统(城市或地区间整个产业系统)的循环优化。

根据生态学原理，在一定的空间内。生物的成分和非生物的成分通过物质的循环和能量的流动互相作用、互相依存而构成的一个生态学功能单位称为生态系统。产业生态系统是指产业中的企业联合体或共生体。产业生态系统至少包括相互关联的一些企业，为了各自的经济利益(减少固定投资或降低成本)而在某些方面(如能源共享、原材料或副产品的再利用)实现合作。

产业生态学的本质是在一定区域内建立企业群落，来创造一种类似局部区域内生态系统的产业系统“小生境”模式。在这种模式中，某一企业的投入可能使用另一企业的排放或废弃物；众多企业共享相同的包括安全预警系统在内的基础设施，使基础设施的建设和运转具有一定的规模效益；热能在不同的企业中梯次使用，使能量达到最大的利用效果；水资源在使用过程中根据对水的要求不同而梯次使用。这些情形之所以在局部区域中实行才可能达到节约资源和环境的目的，是由于循环半径的缩短产生的回用某种废弃品能够带来经济效益。

尽管产业生态学在经济系统中的应用为产业微观组织的运转提供了经济动力，但生态产业系统(Eco-Industrial System, EIS)由于是模仿自然生态系统而建立的公司间的投入产出关系，这种关系形成了产业共生和资源共享模式，因此其本质上是对某

个特定区域内产业运转对环境影响的研究，而并非集中在降低公司水平上的物质消耗和废弃产生(OECD 1998; Lovins, 1999)，这种区域层次上的生态产业系统，其目标追求的是区域生态性和经济性的双重优化。但对某些个体企业而言，可能无法同时实现对经济利益最大化的经营目标。也因而使区域层面上的产业生态化成为了主要由地方政府加以推动。这一系统的独特运行模式，使得以企业群落为主要内容的循环经济实践模式得以产生，并以生态产业园的形式出现。它模仿自然生态系统的食物链，将某个流程的排放和废弃作为另一个流程的投入，或再循环为另一种产品。和生态系统相类，一定区域内的产业生态系统也能通过提供一种称为“小生境模式”(niche species)，产生能够将废弃转换成有用输入的特殊功能。

6.2 园区生态化的基本内涵

6.2.1 园区生态化的概念

生态工业园区作为可持续发展研究领域的新事物，其概念的来源尚无定论，故关于生态工业园区定义也说法不一。近十几年来，世界各国建设者和学者根据各自对生态工业园区的理解做出了不同的定义。

生态工业园区概念最早是由美国 Indigo 发展研究所 Ernest Lowe 教授于 1992 年提出的。Lowe 认为生态工业园区是一个由制造业企业和服务业企业组成的群落，它通过理包括能源、水和材料等基本要素在内的环境与资源方面的合作来实现生态环境与经济的双重优化和协调发展，最终使该企业群落寻找一种比每个公司优化个体表现所实现的个体效益的总和还要大得多的群体效益。

1995 年，美国 Cote and Hall 对生态工业园区定义：生态工业园区是保存自然和经济资源，并减少生产、物质、能量、风险和处理的成本与责任，改善运作效率、质量、工人的健康和公共形象，而且它还提供由废物的利用和销售获利的机会。1996 年 10 月，美国可持续发展总统委员会(PCSD)在 Virginia 召开的生态工业园工作会议上，与会者对生态工业园有两种不同的认识：一种认为生态工业园是一个市场共同体，其中各部分相互合作，并有效地分享资源(信息、原料、水、能源、基础设施和自然环境)，从而导致经济的增长和环境质量的改善，使市场和区域共同体发展所需资源合理配置。另一种认为生态工业园是一个计划好的原材料和能源交换的工业体系，它寻求能源、原材料使用以及废物的最小化，并建立可持续的经济、生态和社会关系。

2003 年，中国国家环保总局发布《国家生态工业示范园区申报、命名和管理规定(试行)》，对生态工业园区做出了如下的定义，生态工业园区(Eco-Industrial Park, EIP)是依据清洁生产要求、循环经济理念、工业生态学原理而设计建立的一种新型工业园区；它通过物流或能流传递等方式把不同工厂或企业连接起来，形成共享资源和互换副产品的产业共生组合，使一家工厂的废弃物或副产品成为另一家工厂的原料或

能源,模拟自然系统,在产业系统中建立“生产者—消费者—分解者”的循环途径,寻求物质闭环循环、能量多级利用和废物产生最小化。

以上几个关于生态工业园区的定义较具代表性,并受到普遍认同。此外还有多位学者对生态工业园区做出不同的定义,尽管定义内容不一,但在本质上没有大的区别。各种生态工业园区定义都在生态环境保护、可持续发展思想渗透到工业体系的建立和运行之中,同经济效益建立紧密联系。

因此,生态产业园,就是指在生态学、生态经济学、产业生态学原理的指导下,将在一定区域内的多种具有不同生产目的企业,按物质循环、工业生物群落之间的协同与共生关系。这种系统内的生产者、消费者、还原者的产业生态链,从而构成一个从摇篮到坟墓利用资源的具有完整生命周期的产业体系,从而实现了园区内物质和能量的封闭循环利用,提高了物流、能流和信息流的利用效率,形成一个低消耗、无(低)污染、经济增长与生态环境相协调的可持续发展的产业生态体系,改变以往先污染后治理的被动治理方式。

生态产业园概念强调在一个园区中各企业间的合作,以使资源得到最优化利用,特别是相互利用废料(一个企业的废料作为另一企业的资源),以减少甚至消除对环境的污染。而且,这里的“园区”的概念及其所指的“一定区域”,不能理解为一定是某个在地理上相毗邻的区域。一个生态产业园区完全可以包括附近的居住区,或者包括一些离得很远的企业。从更为广义的角度说,生态产业园区还包括原料的生产者以及产品流通营销网络。

变“工业园区”为“生态园区”,需要按照工业生态学的原理,通过企业间的物质集成、能量集成和信息集成,形成产业间的代谢和共生耦合关系,使一家工厂的废气、废水、废渣、废热或副产品成为另一家工厂的原料和能源,建立工业生态园区。从整治工业园区的生态环境着手,积极推动现有工业园区的生态化建设,提高绿化密度,加强三废治理,改善生态环境;根据区域性环境污染综合治理的需要,把园区结构性污染和产业结构调整结合起来,把治理粗放型发展模式产生的大量污染和帮助企业采用高新技术结合起来;把控制小规模企业产生的大量污染和推动企业资产重组结合起来,在特定工业区内,通过企业间共生关系形成生态工业园,以实现“工业园区”变“生态园区”的目标,建立循环经济发展模式。在本质上,生态工业园区是通过模拟自然系统建立产业系统中“生产者—消费者—分解者”的循环途径,构建园区内物质流动和能量流动的“食物链”和“食物网”生态工业链网关系,形成互惠共生的工业生态系统,从而实现资源和能源利用最大化、废物产生最小化,建设可持续发展的经济、生态和社会关系。

6.2.2 园区生态化的特征

对生态工业园区而言,描述最多的是系统、合作、互相作用、效益资源与环境等,这些显然是与传统工业园区所不同的特征。与传统工业园区相比,生态工业园区具有

以下特征(邱德胜等, 2005):

(1) 具有明确的主题, 紧密围绕当地自然条件、产业优势和区位优势, 围绕某一或多个主题进行生态工业园区中工业生态系统的设计和运行;

(2) 通过不同产业或企业间存在着物质和能量的关联和互动关系, 构成各产业或企业间的生态工业链(网), 生态工业链(网)进行各单元间的副产物和废物交换、能量和废水的梯级利用以及基础设施的共享, 实现资源利用的最大化和废物排放的最小化;

(3) 通过园区环境基础设施、园区内外信息交流系统的建设与运行, 克服了线形经济发展模式中企业生产各自为政、信息不通畅的弊端, 使区域内的资源和信息共享;

(4) 通过现代化管理手段、政策手段以及新技术(如信息共享、节水、能源利用、再循环和再使用、环境监测和可持续交通技术)的应用, 保证园区的稳定和持续发展;

(5) 生态工业园区不是一个地理上的概念, 而是多个企业或产业之间互相关联的概念, 因此, 它不受地域的限制, 也没有明确的地域界线;

(6) 生态工业园区不单纯着眼于经济发展, 而是着眼于工业生态关系的链接, 把环境保护融于经济活动过程中, 实现环境与经济的统一协调发展。

6.3 国内外生态工业园区的实践进展

随着生态工业园区概念的提出和清洁生产、生态工业等思想的推广, 尤其是进入 20 世纪 90 年代以来, 无论是美国、加拿大、日本等发达国家, 还是泰国、菲律宾等发展中国家都积极开展有关生态工业园区的理论和实践研究, 并取得一定成果。此外, 中国也开始积极探索园区生态化的理论与实践案例。

6.3.1 国外生态工业园区的实践进展

(一) 丹麦

目前, 丹麦卡伦堡(Kalundborg)生态工业园区被公认为国际上最早最成功的生态工业园区, 作为范例被广为引用和研究, 对推动世界生态工业园区发展具有重大意义(图 6.1)。卡伦堡工业共生体系是从 20 世纪 70 年代初逐步形成的, 以发电厂、炼油厂为核心, 包括生物制药厂、硫酸厂、水泥厂、地区农业、养鱼场以及居民区域供热, 且其工业网络得到不断改进, 至今仍成功运行着。在卡伦堡工业共生体系中, 通过贸易方式利用对方生产过程中产生的废物和副产品, 实现了物质的部分循环和能源的逐级利用, 不仅减少了废物产生量 and 处理费用, 并产生了较好的经济效益, 形成了经济发展与环境保护的良性循环(Ehrenfeld J, Gertler N, 1997)。

(二) 美国

美国是当前世界上最为积极投身于生态工业园区规划和建设的国家。在美国环境保护署(EPA)和可持续发展总统委员会(PCSD)的支持下, 美国的生态工业园区项目逐渐

建立。1993 年美国已有 20 个城市的市政当局与大公司合作规划建立生态工业园区，

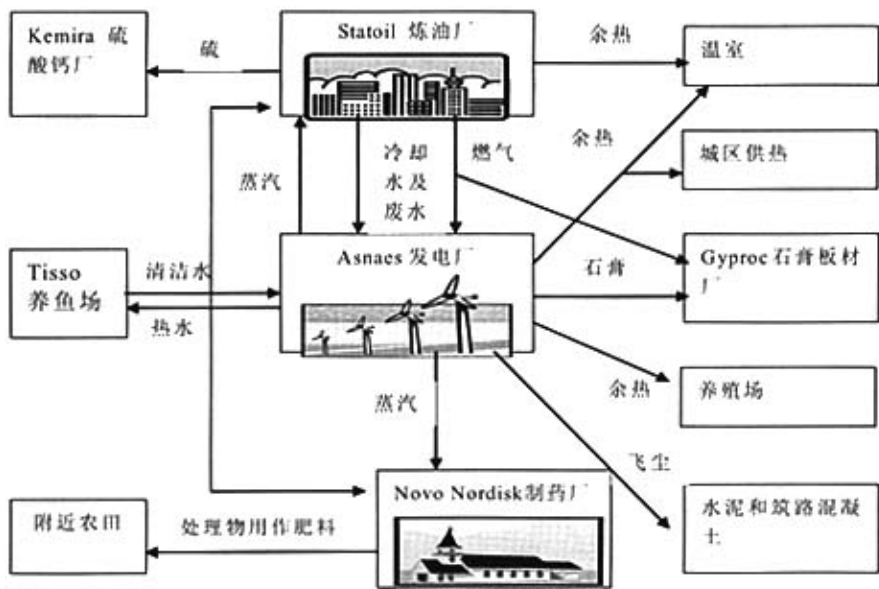


图 6.1 卡伦堡生态产业园区产业共生链

1994 年美国可持续发展总统委员会(PCSD)计划进行 4 个生态工业园示范点建设，分别为：马里兰州的费尔菲尔德(Fairfield)，弗吉尼亚州的查尔斯角港口(Port of Cape Charles)，德克萨斯州的布朗斯维尔(Brownsville)和田纳西州的查塔诺加(Chattanooga)。据有关调查研究，截至 2004 年美国共有 34 个生态工业园区项目，其中 6 个正在运行，5 个处于规划阶段，7 个处于计划或考虑阶段，其余 16 个项目被延迟或未按生态工业规划建设(Gibbs D, Deutz P, 2005)。美国部分生态工业园区项目具体情况见表 6.1。

表 6.1 美国的部分生态工业园区项目

EIP 名称	所在位置	主要特征
Pairfield EIP	Fairfield Baltimore, Maryland	现有工业区的转型，共生，废料再利用，环境技术
Brownsville EIP	Brownsville, Texas	虚拟工业区域，区域废物交换
Port of Cape Charles Sustainable Technologies Industrial Park	Port of Cape Charles, Virginia	可持续技术，自然的海岸特色
Chattanooga EIP	Chattanooga, Tennessee	老工业区改造，环境技术，绿色区域
Choctaw EIP	Choctaw Oklahoma	地区特定资源开发，废物资源化技术
Devens EIP	Massachusetts	绿色建筑，Eco-stat 组织
Redhills EIP	Mississippi	构筑食品、农业多产业生态网络

资料来源：Gibbs D, Deutz P, 2005

(三)加拿大

加拿大于 1992 年在 Burnside 工业园启动“生态系统与工业园区”项目，走产学研合作道路，对 Burnside 工业园进行生态化改造，并进行生态工业园区生态特征和规律研究。1995 年在多伦多 Portland 工业区开展生态工业园区的建设项目，之后其他工业园区也逐步开展向生态工业园区转型项目。且加拿大政府对国内 40 个工业园区进行研究，其中 9 个园区被认为有很大的生态工业园发展潜力(Thermoshare, 1997)，具体见表 6.2。

表 6.2 加拿大 9 个具有发展潜力的生态工业园区项目

园区所在省	骨干企业
Vancouver, British Columbia	火力发电厂, 纸浆厂, 包装厂, 工业园
Fort Saskatchewan, Sask	化学品, 动力生产, 苯乙烯, PVE, 生物燃料
Sault Ste Marie, Ontario	动力生产, 炼钢铁厂, 纸浆, 胶合板, 工业园
Nanticoke, Ontario	供热站, 炼油厂, 钢铁厂, 水泥厂, 工业园
Cornwall, Ontario	能源, 纸浆厂, 化学品, 食品, 电子设备, 塑料, 混凝土构件
Becancour, Quebec	Co-generation Plant, 化学品, 镁, 铝
Montreal East, Quebec	Co-generation Plant, 石化产品, 精炼厂, 压缩空气, 石膏板, 金属冶炼, 沥青
Saint Jofin, New Brunswick	发电厂, 纸浆厂, 燃油厂, 啤酒厂, 制糖厂, 工业园
Point Tupper, Nova Scotia	Generating Station, 纸浆与造纸, 构件厂, 燃油厂

资料来源: Thermoshare, 1997

(四)日本

日本是循环经济立法很全面的国家，以建立一个资源“循环型社会”为目标。目前已颁布了 7 项相关法律，集中体现了循环经济的 3R 原则。虽在日本生态工业园的概念使用较少，但据估计约有 60 个项目在运行和开发(包括那些仍在计划和考虑阶段的项目)：主要为生态工业园区、生态城镇、生态工业群落和零排放努力项目等 3 种类型，其中目前较为典型的有 EBARA 公司的藤泽生态工业园、山梨市 Kokub. 生态工业园、川崎生态城、太平洋水泥公司等项目[10]。

(五)其他国家和地区

1、法国

作为欧洲环境合作伙伴组织的发起机构之一，法国 Oree 正致力于它的 PALME 计划，该计划旨在为生态工业园区的建立提供技术支持和规范。PALME 是一个园区的生态标志，主要强调对园区的环境管理而不是各产业之间的相互合作和相互作用。

2、德国

早在 1986 年制定《废物管理法》时，把避免废物产生作为废物管理的首选目标：1996 年公布《循环经济和废物管理法》，把资源闭路利用的循环经济思想，从包装问题推广到所有的生产部门：循环经济实践对世界产生了很大的影响。此外，与泰国、印

度等国合作进行生态工业项目研究建设。目前正在规划建设的莱茵河一卡内河区域生态工业项目，将建设区域性可持续性工业生态系统(Thomas S, 2004)。

3、英国

于 1996 年规划建设 Londonderry 生态工业园区，此外英国经济和社会研究委员会建立了“可持续发展和本地经济:生态工业园的作用”项目研究基金，于 2002 年开始，为期两年，主要从两个方面进行研究，一方面是经济地理学和区域经济学的理论研究，侧重于诚信和共生，另一方面是从理论概念和政策执行出发，研究建立和发展生态工业园区的实际问题。

4、荷兰

1996 年开始规划建设鹿特丹港生态工业园区，该工业园包括 85 家大中型企业，将建成以石油工业和石油化工工业及其支持行业为主的生态工业园区(Bass L, 1998)。此外 Den Bosch, Moerdijk 生态工业园区等项目进展较顺利。

5、澳大利亚

目前生态工业园区主要有布里斯班 Synergy 工业园区和 Shenton 可持续发展园区。布里斯班 Synergy 工业园区是澳大利亚的第一个生态工业园区；该园区于 1998 年正式开始实施，基于当地发展食品加工业的优势，园区以促进生产食品、饮料、药品等产业集聚为目的，集中建设仓储、能源供应、污水处理及相关生产生活服务等基础设施，从而减少建设和操作成本，形成园区整体规模经济效益(Roberts B H, 2004)。

6、泰国

工业园主管部门对现有 29 个工业园进行生态化改造，并与德国技术合作组织(GTE)计划将邦浦工业园、北方工业园、马塔浦工业园、东海岸工业园等 4 个工业园建成生态工业园区，作为示范项目；此外，还有亚洲银行资助的 SanmutPrakarn 省 C PIE 项目(Chiu A S F, 2004)。

7、菲律宾

积极进行多项生态工业园项目计划，例如以建立一个副产品交换和资源循环系统为目标的 PRIME 项目，目前该项目主要参与有 Laguna 国际工业园、轻工业科技园、Carmelray 工业园、LIMA 高科技工业园、Laguna 高科技工业园等；以及清洁城市中心计划项目(Chiu A S F)。

8、印度

Narida 工业区的工业生态网络建设项目，及科技交流与分析研究所对 Haoro 铸造厂、Tirupur 纺织工业中心、TamilNadu 制革业、造纸与制糖业的联合体等 4 个不同工业系统进行工业代谢研究。

9、新加坡

于 1998 年开始规划建设 Jurong Island 生态工业园项目，将 Jurong Island 石油化工

工业园区进行生态化改造。

此外，印度尼西亚、越南、南非、波多黎各、韩国、芬兰等国家正积极进行生态工业园区建设或相关计划。

6.3.2 中国生态工业园区的实践进展

中国的生态工业园区建设起步较晚，自 1999 年开始启动生态工业示范园区建设试点工作，建立了第一个贵港国家生态工业(制糖)示范园区。但在国家高层领导的重视和推动下，生态工业思想的影响逐步扩大，全国各地生态工业园区建设项目开展迅速，生态工业园区成为继经济技术开发区、高新技术开发区之后的第三代工业园区发展模式。

2001 年 4 月清华大学化工科学与技术研究院成立了过程工程与生态工业研究中心，在国家自然科学基金项目等支持下，率先开展了生态工业研究工作，主要包括工业生态系统规划、物质和能量集成、废物资源化、生态工业园区建设规划等。2001 年 12 月中国生态经济学会成立了生态工业经济与技术委员会。据不完全统计，中国环境科学研究院、北京化工大学、大连理工大学、南京大学等研究机构相继开展了生态工业园区相关课题研究。

国家环保总局在 2002 年正式确认广西贵港生态工业(制糖)园区和广东南海生态工业园区为国家生态工业示范园区，并予以挂牌昭示；随后通过了包头国家生态工业(铝业)示范园区、黄兴国家生态工业示范园区、鲁北国家生态工业示范园区等建设规划论证：截至 2005 年 12 月底已共批准建设十五个国家生态工业园区(瑞贤，2003)。国内部分生态工业园区及其特征见表 6. 3。

表 6.3 国内的部分生态园区

生态工业园区	主要特征
贵港国家生态工业（制糖）示范园区	制糖产业工业生态系统
南海国家生态工业示范园区	虚实结合、全新规划，高新技术环保产业为主导
包头国家生态工业（铝业）示范园区	“铝电联营”工业生态系统
黄兴国家生态工业示范园区	高新技术产业主导，零排放工业试点
山东鲁北国家生态工业示范园区	石膏制硫酸联产水泥、海水一水多用技术
天津经济技术开发区国家生态工业示范园区	开发区生态改造，发展静脉产业
苏州高新区国家生态工业示范园区	“绿色高新区”、ISO14000 环境管理体系，清洁生产审核
四川醴牌酿酒生态工业园区	酿酒生态工业系统

资料来源：国家环境保护总局科技标准司，2004

(一)贵港国家生态工业(制糖)示范园区

广西贵港国家生态工业(制糖)示范园区是我国第一个试点。该园区以贵糖(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建设生态工业示范园区。园区各系统之间通过中间产品和废弃物的相互交换而相互衔接,形成一个较完整和闭合的生态工业网络(图 6.2)。

近几年来,贵港市通过逐步制定出台财政政策、税收政策、招商投资政策、发展甘蔗生产扶持政策、土地税费优惠政策、排污费返还政策等一系列的配套政策和措施,并在现有的生态工业雏形的基础上,通过 12 个重点优化项目的建设充分高效地利用上游生产过程产生的废弃物进行物质集成、能源集成以及水系统集成,实现甘蔗制糖、蔗渣造纸、废糖蜜制酒精的传统产品向高附加值的精制糖、低聚果糖、有机糖、CMC、酵母精等产品结构的战略性调整,增强园区市场竞争力与抗风险能力。

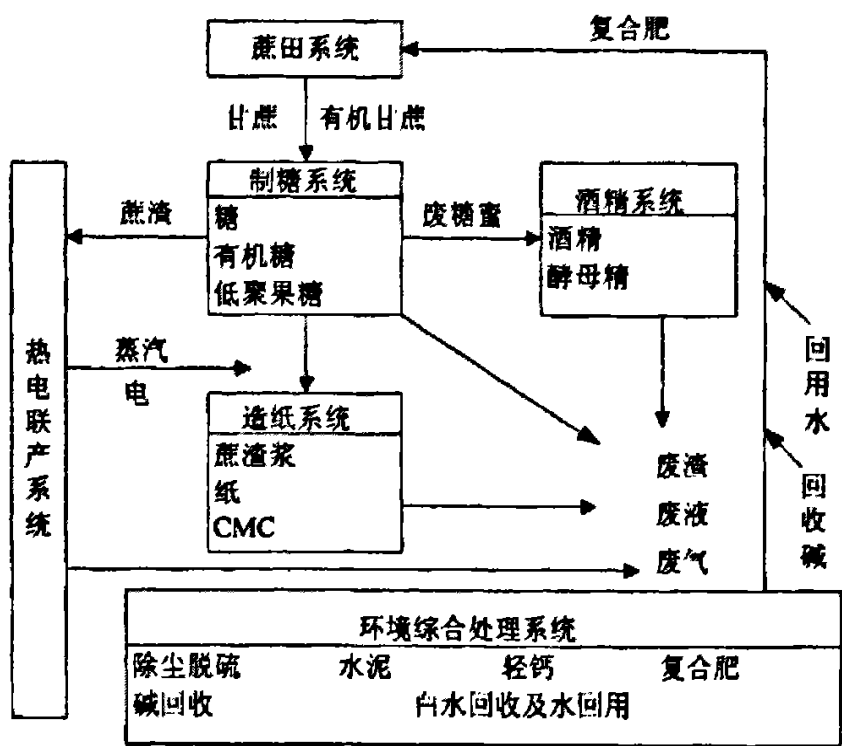


图 6.2 贵港工业生态园区工业生态网络总体结构

资料来源: Zhu Q, Cote R P, 2004

(二)南海国家生态工业建设示范园区

南海国家生态工业建设示范园区是我国第一个全新规划、实体与虚拟结合的生态工业示范园区,包括核心区的环保科技产业园区和虚拟生态工业园区。园区以循环经济和生态工业为指导理念,以环保产业为主导产业,将制造业、加工业等传统产业纳入生态工业链体系。规划以核心区 12 家和虚拟区 7 家企业为基础建成园区生态工业系

统的雏形,通过园区生态工业链丰富和完善,建成一个生产-消费-分解-闭合的循环系统(图 6.3)。

(三)黄兴国家生态工业示范园区

湖南省长沙县黄兴工业园区将以高新技术产业为主导产业,高标准、高起点地建立国家生态工业示范园区。黄兴生态工业园区既是中国第一个多产业的生态工业园区,也是我国中部地区的第一个生态工业园区。已经过专家论证的园区建设规划表明(孟伟,罗源,2006):

①黄兴生态工业园区将主导产业定位为高新技术产业,包括电子信息产业、新材料产业、生物制药产业、环保产业等 4 类,突出电子信息产业的核心地位,重点发展新材料产业和生物制药产业,适度发展环保产业等特色产业,这样可以立足长沙地区,弥补湖南省高新技术产业供给和市场需求之间的巨大缺口,并逐步向华中地区辐射与扩展,最终走向国际市场。

②园区发展对生态环境具有潜在的影响,特别是“高新技术污染”应该给予高度关注。园区的生态环境问题如果处理不当,就会损害园区及其周边的生态环境,降低当地居民的生活质量,减弱区域可持续发展态势。

③园区的景观生态规划,一是合理开发利用环境资源,适当保留丘陵和湖泊,保护当地的生物多样性,建立起景观生态安全格局,突出中亚热带植被特色,以园区内的自然组分作为生态环境质量的控制组分来建设,维持和恢复生态过程及格局的连续性和完整性;二是以提高生态环境质量为重点,通过绿化设计、水土保持、生态道路建设和生态住宅建设等手段,促进工业园区结构布局、组织功能与自然景观的协调一致,实现园区生态环境的良性循环,创造独特的生态工业园区形象。

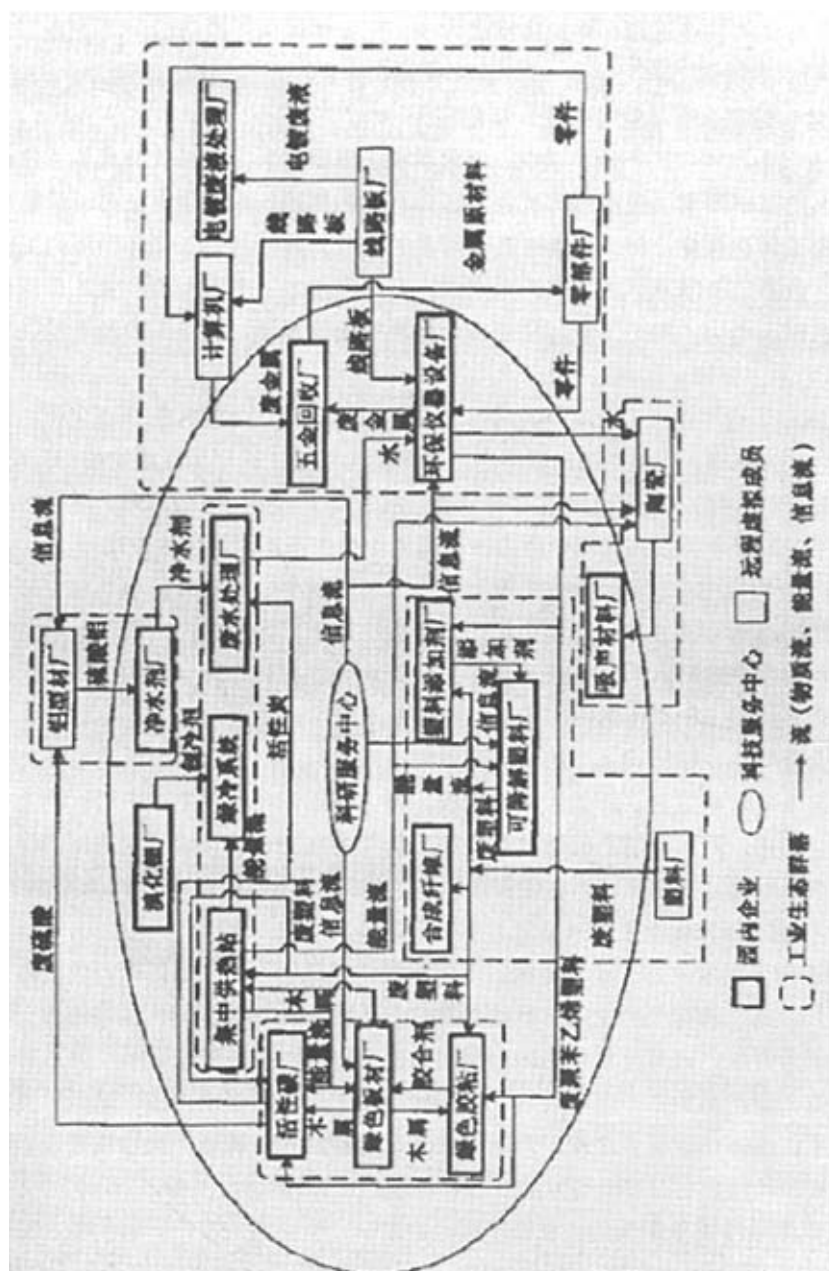
5 个园区建设规划将初步发展园区内 33 家企业和园区外虚拟的 10 多家企业,构建 12 条主要的工业生态链,今后还可以逐步丰富园区工业生态链网。整个工业生态系统中的 4 类不同行业,它们可以各自形成相对独立的工业生态群落,通过物质流、能量流和信息流相互连接在一起,构成了多种物质能量链接的生态链网络,基本形成生态工业雏形。

⑤短期内,要达到整个园区的废物零排放是困难的,但可以在园区内先期进行零排放单元试点,如建立远大空调城零排放单元和园区垃圾循环处理单元。

⑥基于县域循环经济理念,值得发展与推广一些产业生态链,如利用“太阳能蔬菜大棚—沼气—猪舍—厕所”、“无公害蔬菜—净菜加工—超市”、“草—牛—牛粪—茶叶—茶—加工”等现有模式,积极发展生态农业。另外,结合该县的工业、农业和园区内的企业,便可以构成一个大的生态产业集合。

⑦园区建设初期,工业生态系统将以远大空调等几家现有企业为基础,依据市场机制进行绿色招商从而进一步丰富、完善和发展。通过工业生态支持系统、园区绿色

图 6.3 南海工业示范园区生态工业链网总体框架



管理系统和绿色招商系统，园区的工业生物多样性可以逐渐丰富，园区将按照产业化、绿色化、生态化的发展道路，逐步建设成为一个充分体现循环经济的国家生态工业示范园区。

(四)包头国家生态工业（铝业）示范园区

内蒙古包头市现有的产业关联度、区位优势、资源优势、地域优势具备了建设生态工业园区的基本要素。目前包头工业园区内有包铝集团、东恒热电公司、长征建材厂和一些加工铸造企业，将来还要进驻一些新的企业。园区将引入循环经济和工业生态学理念，改造现有的高耗能、高污染产业，开发高技术、高附加值产业，盘活传统的冶金、机械、电力、稀土工业，从而带动配套产业的发展，为包头的经济发展注入新的活力(孟伟，罗源，2006)。

包头国家生态工业（铝业）示范园区计划以包铝集团作为园区的核心企业，铝业为龙头，电厂为基础，实施“铝电联营”，并通过各系统之间产品或废物的相互交换，形成工业生产链（网），使园区内资源得到最佳配置、废物得到有效利用、环境污染降到最低水平。这是中国以高载能企业为核心的第一个生态工业园区建设规划。

园区主要有发电和制铝两大产业系统，在发电系统中，电厂直供电实现“热电联产”，园区所在地东河区将实现集中供热，可拆除全部“小锅炉”，还市民以蓝天。电厂粉煤灰可生产建材，园区生活污水和工业废水处理后可作为电厂的冷却水，电厂蒸汽用于加气混凝土的高压蒸汽养护等；在铝业系统中，主要有炭素、电解铝、铝深加工、铝合金铸造、精铝等上下游的产业系统，形成铝的产业链。园区建设能加快淘汰现有的自焙电解槽工艺，降低污染物排放。电力和铝业在各自系统中进行物质循环和能量梯级利用，两大系统之间通过电力和废水（中水回用）形成互利共生的横向耦合关系，从而在园区构建起以铝电联营系统为中心的较为稳定的生态工业网状结构。

(五)石河子国家生态工业（造纸）示范园区

新疆石河子国家生态工业（造纸）示范园区将立足于石河子垦区的特色资源，综合考虑第一、第二和第三产业的有机结合及生态化发展，以从沙漠、盐碱地人工种植芨芨草种植为开端，以对芨芨草的综合利用构建生态链，依托天宏造纸厂，以种植、造纸、养殖、畜产品加工、污水处理、生态旅游六大系统，带动种植、造纸、养殖、畜产品加工、生态旅游五大产业，力求达到既改造沙漠和盐碱地，又合理开发和有效利用自然资源，保护生态环境和发展经济相协调的目标(孟伟，罗源，2006)。

芨芨草本是沙漠里生长的一种很不起眼的野草，生态适应度广，喜生长在生态环境严酷的地区，耐盐碱、耐旱、耐土壤贫瘠，在含碱量3%以上的盐碱地不仅能够成活，还具有改良土壤降低盐碱的作用。经芨芨草种植后的土地可以种植棉花、甜菜。芨芨草木素含量、纤维含量均优于其他草类原料，容易蒸煮和漂白，是造纸的优良原材料。用芨芨草做造纸原料，吨浆省碱22%，吨浆省氯30%，细浆得率提高12%，从而降低

造纸废水处理的碱回收成本。同时，芨芨草开花前粗蛋白、胡萝卜素含量丰富，又是营养丰富的牲畜饲料原料。

芨芨草作为造纸原料，造纸产生的废水浇灌农田，草叶添加精饲料可以作为饲料。园区规划将在石河子辖区内种植 100 万亩芨芨草。100 万亩芨芨草每年将产芨芨草秆 50 万吨，芨芨草叶 50 万吨；50 万吨芨芨草秆经蒸煮可以得到 23 万吨芨芨草浆，可造纸 30 万吨；50 万吨芨芨草叶添加部分精饲料可以供 3 万头奶牛、1 万头肉牛、27.4 万只羊食用。

在芨芨草生态工业园区中，六大系统的副产品及其废弃物都能资源化、梯级使用。养殖系统中产生的排泄物回用于种植系统，提高土壤的肥力，改良新疆贫瘠的土壤特性；由于芨芨草适合种植在盐碱地和荒漠土壤中，芨芨草的种植又可以改善弃耕的盐碱地，促进荒漠土地的生态功能的恢复。各产业系统通过芨芨草、水肥代谢等连接起来，系统之间存在上下游的物质代谢关系，形成比较稳固的产业链。由于各系统间的特殊关系，每个系统的原料供给相对得到保障以及产品多元化，使得整个园区的安全性和抗外界风险能力得到提高。

芨芨草生态工业园区将采取绿色工艺，尽量不让有毒、有害的物质进入物质循环流动中。园区将采用达到农田灌溉水质标准的水浇灌芨芨草，采用无氯漂白工艺来造纸，以保证后续的饲料加工、畜产品加工等生产的一系列产品和整个园区的生态安全。

该园区的建设不仅能够促进石河子的循环经济及生态工业的发展，而且对于调整、优化西部地区的产品及产业结构，推动西部地区的生态环境建设具有较好的示范和先导作用。

6.4 生态工业园区类型及存在主要障碍

6.4.1 生态工业园区类型和发展模式

纵观国内外生态工业园区规划及建设情况来看，生态工业园区类型可归纳如下三种：(1)全新规划型生态工业园区。以建设生态工业园区为目标，通过园区总体建设规划，从无到有进行开发建设，企业可通过物质、能量、信息等交流构建园区工业生态系统；(2)现有改造型生态工业园区。在现有的工业园区建设基础上，通过现有企业间潜在共生关系进行适当技术改造，或引进补链企业构建生态链网络，进行生态化改造；(3)虚拟生态工业园区。由不同地域的企业构成松散的联系，或由有关地域的公司构成生态工业链网络；典型如美国布朗斯维尔(Brownsville)生态工业园。

按照运行目的和方式，则园区发展模式可总结以下两种：(1)“零排放”工业系统，以实现园区所有企业组成的工业系统向自然生态系统的排放为零为目标。目前世界各国生态工业园区建设模式绝大部分属“零排放”生态工业园区发展模式；(2)生态发展，非产业公司应用工业生态学的原理，这种模式可通过团体、地方政府和非赢利组

织或公司推动，典型如日本 Kokubo 生态工业园。

6.4.2 生态工业链网构建模式

生态工业链网是生态工业园区的主要表现形式，园区建设过程实际上也就是生态工业链网构建过程。综合各国园区生态工业链网构建模式，可分为主导型生态工业链网和综合型生态工业链网。

(一) 主导型生态工业链网

具体可分为企业主导型和产业主导型。

1、企业主导型生态工业链网，通常以某一大型的联合企业为主体，围绕联合企业所从事的核心行业构造生态工业链和工业生态系统，典型的如美国的杜邦模式、贵港国家生态工业(制糖)示范园区等。对于冶金、石油、化工、酿酒、食品等不同行业的大型企业集团，非常适合建设企业主导型的生态工业园区。

2、产业主导型生态工业链网，基于区域经济和资源特点，以某一产业为园区主导产业，构建园区生态工业链网。如美国的 Choctaw 生态工业园区，新加坡 Jurong Island 生态园区，南海国家生态工业示范园区。

(二) 综合型生态工业链网

该类型园区内存在各种不同的产业，企业间的共生关系更为多样化，典型的如丹麦的卡伦堡工业区。目前大量的传统工业园区适合朝综合型生态工业园区的方向生态化发展。

6.4.3 生态工业园建设存在主要障碍

作为可持续发展模式理论探索的新产物，生态工业园区实践处于摸索中前进。近十年来，世界各国生态工业园区建设取得一定的初步成果，积累了许多宝贵的经验。但各国建设实践也表明目前生态工业园区建设仅处于早期阶段，且建设过程存在多方面的障碍和问题，需要逐步解决。存在主要障碍如下：

(1) 鼓励生态工业发展的政策体系尚不健全，相关政策如现行的环境法规和工业园区管理办法等，与生态工业园区建设理念相冲突，不利于废物资源化处理和交换利用等，也使园区生态工业链建设难以进行。

(2) 信息交流缺乏是阻碍园区建设的重要因素。由于企业出于商业竞争考虑，怕泄露商业秘密，不愿透露其废弃物组成和数量，无法确定其潜在联系；此外企业间相互缺乏了解，不知道潜在协作机会，因此给园区生态工业链创建带来很大难度。据有关学者对北美、欧洲生态工业园区建设实践研究，均发现企业的参与积极性高低和企业间有否建立良好联系对园区建设能否顺利开展至关重要(Heeres R R,2004; Desrochers P, 2004)。

(3) 生态工业链构建的经济可行性是决定生态工业园区建设顺利与否的关键因素。

经济利益是企业发展的动力，经济利益未被强调，园区按生态工业规划招商引资或改建建设难度大，以致许多生态工业园区建设项目推迟或搁浅。

(4)生态工业园区建设中的技术障碍尚待解决。一是经济可行的废物资源化技术；二是生态工业链网的稳定性问题，因一旦形成工业共生系统，任何企业的经营活动都可能会受到相关成员的制约和供应链的影响，若其中一家企业不能正常生产或因市场供求关系而产品变动，都可能波及上下游企业、甚至整个园区工业生态系统的稳定和发展(王兆华等，2002；汪毅等，2004)。

生态工业园区建设是一个循序渐进的过程，需要政府、园区、企业等成员相互配合、相互促进，从政策、观念、组织、技术等多方面克服障碍，加强生态工业相关理论研究和环境绿色技术开发，以促进工业可持续发展，实现经济与环境和谐发展。

6.5 生态工业园区的规划与设计

6.5.1 三维一体的规划与设计理论

随着生态工业园的兴起，对它的研究也越来越迫切而必要，生态工业园代表着未来工业园区的发展方向，传统的工业园区或开发区的先划红线、规划，后盖房子的规划开发模式显然不应再重复。鉴于其在社会经济可持续发展中的重要地位和作用，对于它的包括规划与设计在内的研究都是必不可少的。

对于生态工业园区的规划设计研究，至少有几个问题需要阐明：首先，什么是生态工业园的特性。美国总统可持续发展委员会(PCSD)指出生态工业园为一种工业系统，它有计划地进行材料和能源交换，寻求能源与原材料使用的最小化，废物最小化，建立可持续的经济、生态和社会关系，此外 PCSD 还认为生态工业园是商务(企业)群体，其中的商业企业互相合作，而且与当地的社区合作，以实现有效地共享资源(信息、材料、水、能源、基础设施和天然生境)，产生经济和环境效益，为商业企业和当地社区带来可平衡的人类资源。由此可见，生态工业园的本质在于企业间的相互合作，企业与社区以及自然环境间的作用，对生态工业园主要的描述是系统、合作、相互作用、效率、资源和环境，这些显然是传统工业园难以同时具有的本质特(Lowe Warren J, 1998)。其次，生态工业园是社会经济发展的产物，作为可持续经济社会的新“细胞”，它必然涉及到经济、技术、环境、文化、政策、地理、管理组织等多种因素的共同作用，它更类似于一个机制而非只是一个实体。因此，对于生态工业园而言，其机制建设要重于纯粹的物质条件，因此在生态工业园的建设过程中，其工业系统、交换系统、社会网络、文化氛围的营造更重于它在道路、厂房等各种基础设施的物质空间环境的建设。但这绝对不是对其物质规划可以听之任之，毫无重要可言；相反地，可以说物质规划是发展的基础和必要条件，有时甚至可以成为其发展成败的关键因素。而且，如何通过物质条件的创造，为形成物质、能源、信息的循环型网络，营造园区人的行

为及园区生态文化等，同样也是生态工业园区规划设计中的重要课题。此外，还有一个问题，即是生态工业园规划概念研究范围界定。就生态工业园规划设计的狭义范围而言，它包括了园区的功能定位及规模等发展计划以及以之相适应的土地使用、交通组织、设施配置与建筑设计等物质环境的规划，亦包括了园区产业生态系统、自然生态系统、社会生态系统以及包括制度建设等的各种支持系统等软环境的规划建设；但从广义而言，生态工业园的规划还应涉及到园区外部大环境，即影响生态工业园的社会产业发展、技术进步、自然环境、社会文化等，这些与生态工业园区构成密不可分的环境系统。

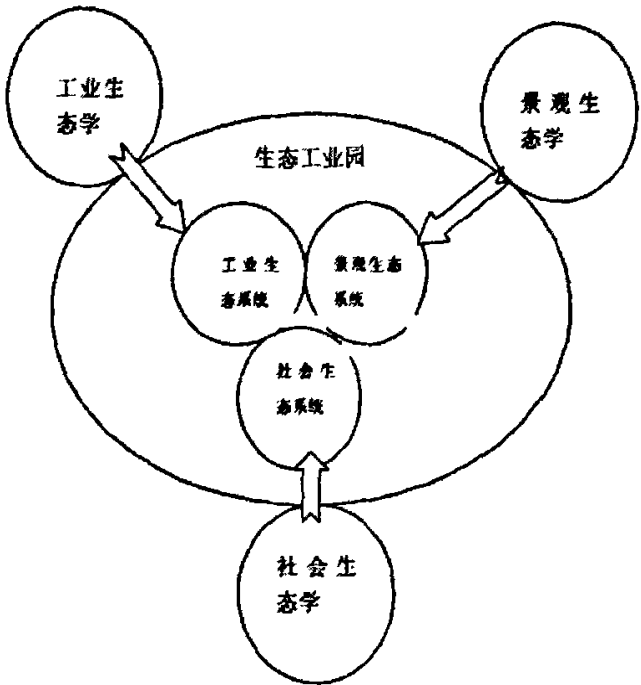


图 6.4 生态工业园三维一体规划设计框架

资料来源：Lowe Warren J, 1998

当前多数工业园规划设计仍然没有跳出原来偏重于物质及土地利用规划的模式，这与实现真正意义的生态型工业园区还有相当的距离。要实现园区经济、社会、环境的协调发展，在规划阶段必须充分考虑经济系统、社会系统及自然环境的可持续性发展问题。因此，生态工业园的规划设计应以工业生态学、景观生态学、社会生态学为基础理论，对园区的工业生态系统、景观生态系统及社会生态系统进行三维一体的设计。以工业生态学为理论基础的工业生态系统的规划设计，核心在于模拟自然生态系统的运行，构建企业生态链网，使物质、能源、信息、水等能循环有效利用，最终解决园区工业活动中产生的固体废弃物、废水、废气问题，实现经济与环境的协调发展。景观生态系统规划，则主要运用景观生态学的原理与方法，对园区包括斑块、廊道、基质和缘等四类的景观要素进行生态化设计，以实现景观格局的安全和环境可持续发

展。以社会生态学为理论基础的社会生态系统规划,应通过社区文化和社区基础设施两个层次的建设,促进传统文化与现代生态文明有机地结合,引导市民的价值取向、生产方式和消费行为从消费型向持续发展型转变,形成提倡节约和保护环境的价值观念。生态工业园三维一体的规划设计中,工业生态系统、景观生态系统和社会生态系统各自的地位和作用是不同的,如果将生态工业园视为一个人,那么工业生态系统规划更类似于人的“机理”,是整个生态工业园区规划的基础;景观生态系统规划就似人的“外表”,赋予园区美丽的环境;社会生态系统规划重在园区生态文明建设,提高区内外居民的生态意识,因此社会生态系统规划就似人的“灵魂”,能赋予园区勃勃生机和活力。

6.5.2 生态工业园区规划和设计的原则

与传统的工业园区有着重要的区别,生态工业园区的运作是由体现生态学原则的园区设计来实现的,这些原则主要包括以下内容(罗宏,孟伟,2004):

(一) 循环性

这是生态工业园区的重要原则,其目标是把最主要的营养物质保存在系统内部。它包括三方面的内容:

①物质循环。目前工业发展所依赖的石化、矿物资源是有限的,但工业生产总是在不断地消耗这些资源,同时经过生产和消费等环节后又大量地产生废物,解决这一矛盾的关键就是要实现废物资源化和工业体系内的物质循环,构筑工业共生系统。

②合理用能量。能量虽然不能循环使用,但是可以根据能量的品质的不同实现梯级用能、回收生产过程的废热或利用废弃物充当能源,合理用能是节约能源的重要途径。

③信息共享与反馈。现代社会中,信息作为一种特殊的资源,可以被无限分享,信息的传播将部分减少物质和能量的流动,同时也是实现生态工业稳定发展的有力保证。

(二) 链接性

设计生态工业园必须首先考虑园区成员间在物质和能量的使用上是否形成类似自然生态系统的生态链或食物链。只有这样才能实现物质与能量的封闭循环和废物最少化。园区的组织是由在地域上邻近的有市场供需关系的成员组成的,园区成员间是否具备供需关系以及供需规模、供需的稳定性均是影响生态工业园区发展的重要因素。特别是废物、副产品的供需关系影响到园区的废物再生水平,如果供大于需,即废物产生量大于相关企业的需求、消化吸纳能力或者是种类上不匹配,废物减量化目标将难以实现。生态链原则要求工业园区成员的匹配,因此生态工业园区设计的关键是企业、行业的匹配。在区域已有的企业中或者区域外有发展潜力的行业中找出已有或可能的废物流动关系,通过专家分析,筛选出类别、规模、方位上相匹配的设计或改造

方案。

原料链在生态工业园区中的配比取决于园区中不同产品、不同生产过程和不同的企业对资源和能源需求的差异。原料链上、下游企业间灵活、高效的合作关系是园区得以生存的基础。因此，相互耦合的企业所属行业必须要具有一定相关度，要做到废物有“用武之地”，并且可能“一废多用”，即一个企业排出的废料可应用到两个以上的原料链中，分别与两个或多个行业的企业耦合构成循环系统，确保所有物质都得到循环往复的利用，凸现最大的生态经济效益。

(三)多样性

多样性原则是建设园区生态工业链网结构的基础。以经济价值作为唯一目标将使生态工业的多样性大打折扣。要实现工业经济的多样性，首先要目标多元化，它确保了工业生态系统具有较高的柔性和适应性。因此，在发展经济的同时必须兼顾环境、生态、社会等多重目标，政府在制定政策的过程中可考虑将这些内容涵盖进去。在园区建设中，可以引进不同的产品、不同的生产过程和不同的企业，利用它们对资源和能源需求的差异，实现优势互补，形成灵活、高效的合作关系。园区成员组成和相互间的联系要多样化，而且要有创新，不能一成不变，这样才能保证工业生态系统的平衡和稳定发展。此外，多样性原则对建设稳定、丰富的景观生态系统以及社会生态系统建设同样具有指导意义。

(四)高效性

在追求经济成本和环境成本优势的市场里，仅仅是地域上的邻近已不足以确保现代企业竞争力。生态工业园区的设计在于形成高效的工作系统。园区内部有着很好的友邻关系，这主要指园区内企业、政府和社区间有着紧密、高效的合作和交流关系。因此，为确保生态工业园区的效率，园区在设计上必须考虑这种合作和交流的流畅。园区通道包括公路、轻轨、铁路和管道应靠近废物、废水或能量的利用者或供应者，同时对希望购买或售卖废物的个人和小商业者保持良好的通达性，包括物资流通和信息交流。

生态工业园区区别于传统的废物交换项目，它并不满足于简单地进行一来一往的资源循环，旨在系统地增加一个地区的总体资源。因此，园区将承担所在区域的经济的发展、资源永续、社会安定的任务，它的运作将以园区所有成员包括企业、政府、社区为了减少废物和增加经济效益而进行的密切合作为基础。在运转机制上，生态工业园则是一个有着高效的物质、能量和信息流动的网络，而网络的组织和各个节点的绩效则是决定生态工业园区效率的关键因素。

(五)地域性

生态工业园区要根据当地实际的自然条件和技术条件，科学合理地选择和调整产业结构和产业布局，以获得地尽其利、物尽其用的最大经济效益，同时保护良好的生

态环境。生态工业园区不是封闭的个体，它通过生态链将周边区域内的企业纳入到整体生态工业大循环中来，使地区经济发展和环境保护融为一体，共同繁荣。

(六)进化性

生态工业的实现具有进化性。生态工业系统中的进化思想主要体现在更多地依靠可再生资源的持续利用以及废弃物资源和能源的开发，以达到物质的循环。人们的观念是在不断更新，对资源和环境问题的认识也逐步深入。工业生态系统将调整自身以适应当地自然资源的再生周期，减少使用不可再生资源，当然这种调整要受到技术、经济等各种因素的制约，并不是短期内能够完全实现的。此外，生态工业园的发展也是一个动态过程，必然会有成员的更新、调整和淘汰，成员间的合作关系也需要经过一段时间的磨合和适应。

6.5.3 生态工业园区规划和设计的要素

(一)工业生态系统

传统的工业经济活动是一种从环境中调入原材料而将大量多余的副产品以废物的形式排放到环境中去的开放体系，无法实现环境与经济的协调发展。针对这种开放的经济活动及其对自然环境的影响，工业生态学通过比拟生物新陈代谢过程和生态系统的结构与功能(特别是物质流与能量流运动规律)，提出了工业生态系统(汤惠兰，孙德生，2003)。生态工业系统是指在一定区域或范围内，由制造企业和服务企业组成，通过企业间物质循环和能量流动的功能流(物质流、能量流、信息流和价值流)相互作用、相互联系而形成的生态工业体系，即把工业经济活动视为一种类似于自然生态系统的循环体系，其中一个企业产生的废物(或副产品)作为下个企业的“营养物”(原料)，形成企业“群落”(工业链)。因此可以说工业生态系统是一个循环体系，其物质流和能量流可以多层次循环利用，而使工业系统的熵值不断减少，遵循耗散结构原理，达到系统良性循环。生态工业系统这一本质特征，决定了它是生态工业园区的建设的核心所在，是生态工业园区正常运营、稳步发展的关键因素。因此，生态工业园区规划设计首要而关键的工作就是要做好生态工业系统的构建。即是在建立生态工业园区及生态工业网络的过程中如何更好地构筑企业共生体、构筑生态工业链、提高生态工业园及生态工业网络中企业的竞争能力、提高生态工业园区或网络的稳定性。生态学理论、工业生态学理论及生态系统多样性理论等，在规划设计生态工业园或网络中具有综合指导作用，运用这些理论指导构筑企业共生体、构筑生态产业链、提高企业竞争力和工业生态系统的稳定性，使建立的生态工业园区或网络不是自然生态系统的模仿，而是集物质流、水、能量流、信息流等的高效生态系统。

(二)景观生态系统

生态工业园区的景观生态系统规划应运用景观生态学原理及其他学科的知识，通过研究园区景观格局与生态过程以及人类活动与景观的相互作用，对原有景观要素进

行优化组合或引入新的成分,提出景观最优化利用方案,调整或构建合理的景观格局,使景观整体功能最优,达到人的经济与自然过程的协同进化(傅伯杰等,2001)。

对生态工业园区进行景观生态规划,其目标一是合理开发利用山、林、田、河、湖、城等环境资源,适当保留丘陵和湖泊,保护当地的生物多样性,建立起景观生态安全格局,以园区内的自然组分作为生态环境质量的控制组分来建设,维持和恢复生态过程及格局的连续性和完整性;二是以提高生态环境质量为重点,通过绿化设计、水土保持、生态道路建设和生态住宅建设等手段,促进工业园区结构布局、组织功能与自然景观的协调一致,实现园区生态环境的良性循环,创造独特的生态工业园区形象。

其规划原则为(傅伯杰等,2001):(1)整体性优化的原则。以生态系统综合平衡作为社会、经济可持续发展的基础和核心,将开发区作为一个完整的生态体系进行规划,将工业生态系统的思想贯穿于园区的工业生产、居民生活等各个方面。(2)空间异质性的原则。空间异质性是园区景观良性发展,便于维持和管理的核心问题之一,异质性有利于抵御内外干扰,实现自然体系的波动平衡。(3)以人为本的共生原则。共生的概念来源于自然界中植物与动物,指的是不同种生物基于互惠关系而共同生活在一起。该理论可以使人类通过共生,控制人类——环境系统,实现与自然的合作、与自然协同进化。一个系统内多样性程度越高,其共生的可能性越大。小尺度空间结构的镶嵌常导致共生,大的单一结构缺乏共生机制及相应的稳定效应。生态园区建设不仅重视经济发展与生态环境协调,更注重对人类生活质量的提高,将生态园区的建设最终落实于公众生活环境质量的改善上。(4)预防与保护为主的原则。园区景观生态规划的目的不是限制各相关产业的发展,而是分析支持园区经济、生活可持续发展的生态系统基础,重在提出实现可持续发展的预防思想、保护措施,落实于政府部门的具体的生态环境监管措施。(5)统一规划与因地制宜的原则。根据生态系统分异性基本原则,需要在统一规划的基础上,提出分区建设和管理方针,突出重点。景观生态规划必须注意因地制宜、繁简得当,并突出地方特色,不可一味追求“完善”而添加各种枝节,致使整体设计主次不分、特色不明,降低了可行性。

(三)生态文明建设

生态工业园区的功能不仅仅局限于工业生产,同时它也应满足园区员工的居住需求,在此意义上生态工业园区的生态化建设,同时也意味着园区居住区的生态化,形成生态型社区。但是,工业园区内的社区不仅是一个简单的地域概念,它还涵盖了人与自然、人与社会的关系,被看作是社会—经济—自然三个子系统相结合的复合生态系统,要达到这样的目标,运用生态学原理指导工业园社区的规划和建设生态社区是社会发展的必然趋势(杨芸,祝龙彪,1999)。李天华(中科院院士,中国生态学会理事长)在其《西部大开发中有关生态学的几点思考》一文中(2002)认为,广义的生态建

设不仅应该包括生态环境的改善和生态产业的内容，同时也应包括生态文化的建设。生态工业园区生态社区的建设主要包括生态文明文化的建设和生态基础设施建设两大部分。

6.5.4 生态工业园区构建的内容

生态工业园区的构建主要包括系统成员构建、系统集成和生态工业链(网)构建等三个方面(罗宏等, 2004):

(一) 成员构成

系统成员构成即工业生态系统中行业(企业)组成, 是构成生态工业链网络的物质基础。对于一个全新规划的工业生态系统, 须根据当地区域资源、产业等特色, 结合相关规划、政策及市场供求等方面寻找和确定工业系统一个或几个核心行业(企业), 并围绕核心行业(企业)派生出一系列以物质或能量交换为纽带的企业, 从而构建园区的工业生态系统。

按照在整个工业生态系统中所起的作用, 比照自然生态系统, 生态工业系统成员可划分为三类, 即资源生产(生产者)、加工生产(消费者)和还原生产(分解者)。生产者: 包括物质生产者和技术生产者。物质生产者指利用基本原料生产直接消费品或生产初级产品供给其它厂家作为原料的企业。而技术生产者, 不以可见的物质产品为目标, 通过对园区各企业提供无形的技术支持, 更加丰富和完善企业和整个生态链。如: 化纤原材料生产、农业种植养殖业等。消费者: 不直接生产“物质化”产品, 但利用生产者提供的产品, 供自身运行发展, 同时产生生产力和服务功能等, 如加工工业、商业及服务业等。分解者: 把工业企业产生的副产品和“废物”进行处置、转化、再利用等, 如废水处理系统、废物回收与资源化系统等。

(二) 系统集成

系统集成是建立工业生态系统的核心。在生态工业园区的系统集成中, 以减量化、再利用、资源化为原则, 通过在企业、园区等不同层次物质集成、水集成、能量集成和信息集成, 以及园区产业的非物质化方向发展, 达到园区内物质和能量最大程度利用和对环境最小影响化。

1、物质集成

物质集成是工业生态系统的核心。物质集成主要是按照园区总体产业规划, 确定成员间的上下游关系, 同时根据物质供需方的需求, 运用各种策略和工具对物质流动的路线、能量和组成进行调整, 构建原料、产品、副产品与废物的生态工业链网, 实现资源回收利用或梯级利用, 最大限度地降低对物质资源的消耗。

物质集成可从三个层次来体现生态工业的思想: 在企业内部, 实施 3R 原则, 推行清洁生产; 在企业之间, 通过企业之间物资交换、副产品与废物作为潜在的原料相互交换利用, 建立共生藕合关系; 在园区层次上, 充分利用物质需求信息, 形成辐射区

域与相应的虚拟生态工业链，使园区在整个经济循环中发挥链接作用，拓展物质循环空间，实现更大范围的经济与环境的协调发展(国家环保总局，2003)。

2、水系统集成

水系统集成是物质集成的特例。在生态工业园区，水系统集成主要通过企业、园区二个层次上实现：在企业层次，主要通过清洁生产，直接回用，提高水循环率，达到减耗减排目的；在园区层次，废水、地下水园区内外资源化利用、废水集中处理回用，同时调整产业结构，从根本上减少水资源消耗与废水量。

3、能源集成

能源集成基于对整个系统的能量供求关系进行分析，从全局观点出发，进行能量的有效匹配，达到合理利用能量目标，并对环境造成的影响最小。能源集成不仅要求各企业采用节能技术工艺减少能耗，寻求各自的能源使用实现效率最大化，且园区要根据不同行业、产品、工艺的用能质量需求，规划和设计能源梯级利用流程，实行能量品位逐级利用、集中供热，优化用能结构，提高能源利用效率。

4、信息集成

园区内各企业之间有效的物质循环和能量集成，必须以了解彼此供求信息为前提，同时生态工业园的建设是一个逐步发展和完善的过程，其中需要大量的信息支持。信息集成指利用先进的信息技术对生态工业园区的各种信息进行系统整理，建立完善的信息数据库、计算机网络和电子商务系统，并进行有效的集成，充分发挥信息在园区运行、与外界信息交流、管理和长远发展规划中的多种重要作用，以促进园区内物质循环、能量有效利用、环境与生态协调，向成熟的工业生态系统迈进。

(三)生态工业链(网)构建

生态工业链(网)是模拟自然生态系统的食物链、食物网原理，依据工业系统中物质、能量、信息流动的规律和各成员之间的类别、规模、方位上是否相匹配，在各企业部门之间构筑生态工业链，实现物质、能量和信息的交换，完善资源利用和物质循环，建立工业生态系统。

生态工业链(网)是生态工业园区的骨架，是园区工业生态系统的表现形式。具体包括物质循环生态工业链、能量递级利用生态工业链、水循环利用生态工业链和信息链。园区的生态工业链(网)通常以图形的方式表达出来，从图中可直接看出各企业之间是如何进行物质、能量和信息流动，可以看出各企业在整个工业生态系统所扮演的不同角色。

在生态工业链(网)构建时，应注意以下几点：(1)构筑生态工业链的各企业，内部要实现清洁生产，所生产的产品是生态(绿色)产品；(2)园区内成员之间的类别、规模、方位上要相匹配；(3)生态工业链的长短依据技术经济分析而定；(4)具有灵活性的弹性，当园区内任何一个企业生产状况的变化，如废料构成、性质改变时，与其相

联系的企业能及时调整，保证整个系统的平衡。

1、主导产业链优选

丹麦卡隆堡工业共生体是以火电厂、炼油厂为核心企业，不断派生其它产业链，构成稳定的生态工业共生体。贵港国家生态工业示范园区是以制糖业为核心产业，由三条主导产业链(甘蔗—制糖—蔗渣造纸、制糖—糖蜜制酒精—酒精废液制复合肥、制糖—低聚果糖)支撑整个园区。鲁北生态工业园区以磷胺硫酸水泥联产纵向主链、海水“一水多用”纵向主链、盐碱电联产横向主链，构成了资源共享、产业共生、结构紧密的工业生态系统。可见生态工业园区的稳定发展离不开园区主导生态产业链的核心作用。主导产业链是工业区或企业的核心链条，维系着工业区或企业生态产业链稳定和发展。

因地制宜，优选出突出地方产业优势或反映出园区产业建设主题的主导产业链。根据关键种原理，优选出“关键种企业”，“关键种企业”就是能源、资源和水消耗较大，废物和副产品排放量大，对环境影响较大且带动和牵制着其它企业、行业发展的重点企业。优选出“关键种”企业后，分析其工业代谢及补链，对其进行生态产业链的构建。

2、引入补链企业

分析以“关键性企业”为核心的主导产业链，以其副产品和废物为突破点，有针对性引入补链企业或工厂，把主导产业链产生的副产品和废物作为补链企业的原材料，延伸主导产业链，构建生态产业链。引入的补链企业作为生态产业链的一个重要节点，其生产规模应匹配与其产业对接的企业，并建立长期合作伙伴，同时补链企业在满足其对接企业需求的前提下，应建立原材料多方供应渠道，满足生产，从而稳定生态产业链。通过发展关键补链项目和创建资源回收型企业来丰富工业系统的多样性，以增强工业生态系统的稳定性，提高区域产业整体竞争能力与实力。

3、横向共生、纵向藕合

依据生态系统中的结构原理，注重工业园区分解者和再生者的地位，在构建中体现如下几点：鼓励各企业从产品、企业合作、区域协调等多层次上进行物质、信息、能量的交换，降低系统内物质、能量流动的比率，减少物质、能量流动的规模，建设并持续运行工业共生的生态链(网)的各种政策，强化对园区生态系统的人工调控，为园区的物质流、能量流、信息流等形成网状运动创造必要的条件。也就是说，生态产业链设计要本着促进企业内部或企业间形成横向共生、纵向耦合的原则，利用不同企业之间的共生与耦合以及与自然生态系统之间的协调来实现资源的共享，物质、能量的多级利用以及整个园区的高效产出与可持续发展。只有如此才能达到包括自然生态系统、工业生态系统、人工生态系统在内的区域生态系统整体的优化和区域社会、经济、环境效益的最大化。

6.5.5 生态工业园的支持系统

生态工业园区的正常运行离不开现代化的基础设施作为支持系统,其为工业园区的物质流、能量流、信息流、价值流和人流的流畅运动创造必需的条件,从而使工业园在运行过程中,减少经济损耗和对生态环境的污染,因为在人工复合生态系统中,支持系统已在相当程度上代替了自然生态中部分功能,其质量的高低对整个系统功能的运行具有决定性作用(沈清基,2000)

(一) 道路交通

道路交通是基础设施的基本组成,犹如工业园区的骨架连结着园区不同功能区,其规划布局极大地影响着整个工业园区的规划布局。工业园区的用地组织能否做到配置得当,结构清晰,功能合理,整体协调,在很大程度上取决于道路网组织功能发挥得如何。具体地,生态工业园区内道路网规划布局要考虑以下几个原则:

①要首先满足交通的需要,道路系统应该构架清楚,分级明确,一方面与区外城市干道有便捷的联系,使园区内外的物质流、能量流等亦可顺畅流动,另一方面,区内也要形成完整协调的系统,应充分考虑园区工业生态系统中企业间的生态链性质。

②要满足工业园区生产、生活的日常需求,防止交通对工业园区的干扰,要通过道路网规划,制止区外交通穿越工业区,保持园区空间结构的完整性。要便于区内各功能区、各种设施以及各种用地之间的联系,满足区内交通的要求。

③要充分考虑工业园区未来发展趋势,尤其要考虑园区企业未来规模而带来的生产规模的扩大以及带来区内外运量的急剧增长所带来的交通压力,同时也要考虑未来企业之间物质流、能量流、信息流等交换规模的扩大趋势。

④要满足消防、救护、抗灾、避灾等特殊需求,还要结合其他市政设施的布局,尤其要考虑地下管线的布局需要。其他市政基础设施的布局要注意配套齐全,各种工程管线(包括电力、电讯、给排水、雨水、污水、燃气、供热等)应该地下敷设,同时考虑物质、能量的回流利用问题。各种设施之间要相互协调,便于其功能的充分发挥。

(二) 信息网络

园区的物质交换的供需关系离不开复杂多样的信息网络的链接,这一点对于园区远程虚拟成员尤为突出,创新技术的引进和应用也是在信息网络的支持下完成的,信息的收集、处理、加工和反馈也构成了一条信息生态链,通过信息链的作用,将使物质链更加精细、稳定和完善。

生态工业园作为一个复杂的区域产业共生体,要求政府部门、园区管委会、园区现有企业、投资者、园区规划人员和园区居民等所有参与者的密切合作。信息在这些园区的参与者之间流动,园区管委会处于信息网络的中心地位,负有信息组织、集成与处理、调配的责任。因此,开发服务于园区管委会的生态工业园区管理信息系统,实现计算机化管理,提高园区的信息管理水平极为重要。

生态工业园区管理信息系统要依托区域信息网络优势，构建数字园区系统，包括管理信息数据库、物流信息数据库、相关专家知识数据库、信息处理分析软件、园区信息网站和计算机管理系统和计算机网络等，形成以高新环境技术产业网、废弃物交换网、远程教育网、园区内部局域网为主体的数字园区系统，并由园区信息网络中心作为园区内外信息交流的管理枢纽。数字园区系统能够充分利用发挥区域的信息资源优势，在协助园区高效管理、企业间信息的交流、为企业提供强有力的技术支持、建设虚拟生态工业园区等各方面发挥重要作用。

(三)管理服务

生态工业园建设是一项综合性、整体性的系统工程，涉及多个层面和不同对象，而且各方面的关系相互交织，需要有关管理部门有效地协调组织，从政府、园区、企业 3 个层面进行生态化管理。政府着眼于宏观方面的战略管理、政策导向、法规建设和建立激励机制。园区生态管理则应侧重协调生产企业和技术、产品、环境、经济等多个部门的关系，保证物质、能量和信息在区域范围内的最优流动，并对其进行指标考核；企业生态管理主要推行清洁生产，节能降耗，按照废物交换关系优化原料—产品—废物的关系，保证高效、稳定的正常生产活动。

第7章 绿色制造的实证研究：江苏案例

一般对制造业发展的评价指标，通常局限于制造业的经济方面，主要是规模和效益两个指标纬度，重点是描述单项和总量指标，可以反映制造业对国民经济发展和地区经济发展的贡献。然而，越来越多的资源、能源超限耗费，越来越严重的环境污染，单独的经济指标已经不能客观全面反映制造业的发展程度，尤其是对环境资源的影响。

为此，我们主要依据本报告界定的“绿色制造”的内涵来设定评价指标体系，从“制造业绿色度”角度，即从经济、环境、资源三个方面对江苏各区域和制造业行业进行系统评价，反映其绿色化程度。

在此，我们首先分析了建立制造业绿色度指标体系的定位、原则、指标体系的基本构成、数学方法处理后的指标体系；进而在此基础上，应用主成分分析方法、相关分析法和聚类分析方法对江苏各区域和制造业行业的绿色化程度进行了评价分析。

7.1 江苏制造业绿色度的评价指标

7.1.1 评价指标体系的定位与原则

（一）定位

根据可持续发展的要求，制造业发展必须实现经济效益与资源和环境的协调发展。因此，评价制造业的绿色化程度，必须结合江苏的资源、能源和环境的承载能力，按照可持续发展的要求进行客观评价。

（二）原则

指标的客观性。指标统计值必须从江苏制造业发展的现实状况出发，特别是面临的主要问题出发，构建评价指标体系。

指标的可行性。指标的选择应该易于数据的采集和应用，具有可操作性；指标应具有统一性和可比性，即同一指标的涵义、口径范围、计算方法等要始终保持一致，应尽可能用相对数、比例数、指数和平均数进行比较。

指标的综合性。制造业绿色度评价指标体系，涉及的范围广，综合性强，指标的设置应弥补传统制造业统计体系反映资源环境成本能力较弱的空缺，包括有关制造业活动对自然生态系统的影响。

指标的动态性。评价指标，应体现静态与动态的统一，具有时间和空间变化的敏感性；指标体系的构建应当能够反映一般、突出重点；指标选择能够与时俱进，把符合绿色制造发展要求的制造业发展看作一个逐步实现的过程进行考察。

7.1.2 区域评价指标体系

绿色制造的推行必然要落到具体的空间范围即区域，必须充分考虑到区域这一研究领域。区域对绿色制造发展具有以下基本作用：(1)区域为绿色制造提供发展空间环境；(2)制造业与区域协调发展是推行绿色制造的目的。传统制造业高增长、高消耗、高污染的粗放型生产造成江苏资源匮乏、生态急剧恶化的重要原因。因此，必须寻找资源消耗低、环境污染小的新型生产方式，绿色制造是以区域社会、经济、生态环境等各种因素的协调发展为宗旨的，制造业的发展要在区域各种因素协调发展的基础上实现时间上的持续性。

基于指标的选取原则，我们选取了 7 个指标，构建了江苏区域绿色度指标体系，如表 7.1 所示。

表 7.1 江苏区域绿色度评价指标体系		
序号	指标名称	单位
Q1	单位产值工业废水排放指数	(万吨/亿元)
Q2	工业废水排放达标量	(万吨)
Q3	工业二氧化硫去除量	(万吨)
Q4	工业烟尘去除量	(万吨)
Q5	工业固体废物综合利用率	(%)
Q6	“三废”综合利用指数	(%)
Q7	污染源治理本年投资指数	(%)

其中单位产值工业废水排放指数表示各地区污染物的产生，用单位产值废水排放指数等于各地区工业废水排放量除以各地区工业总产值。因数据经过反向处理，故数值越大表示该产业污染物总的排放越少。

工业废水排放达标量、工业二氧化硫去除量、工业烟尘去除量、工业固体废物综合利用率、“三废”综合利用指数表示各地区污染物的处理能力。工业固体废物综合利用率是指各地区工业固体废物利用量与工业固体废物产生量的比例；“三废”综合利用指数是指各地区工业固体废物回收利用产品产值除以各地区工业总产值乘以 100 的值。

污染源治理本年投资指数是指各地区污染源治理本年投资额除以各地区工业总产值乘以 100 的值，它表示该地区污染源治理的资金投入。

7.1.3 行业评价指标体系

本研究报告采集了江苏制造业 2004 年相关样本数据，评价结果体现了江苏制造业各行业当前的绿色化程度。江苏制造业行业绿色度评价指标体系如表 7.2 所示。

其中工业废水排放指数、工业废气排放指数、二氧化硫排放指数、工业固体废物

产生指数表示各产业污染物总的排放程度，因数据经过反向处理，故数值越大表示该产业污染物总的排放越少。工业废水排放指数是用各行业工业废水排放量的最大值减去各行业工业废水排放量得到的；工业废气排放指数是用各行业工业废气排放量的最大值减去各行业工业废气排放量得到的；二氧化硫排放指数是用各行业二氧化硫排放量的最大值减去各行业二氧化硫排放量得到的；工业固体废物产生指数是用各行业固体废物产生量的最大值减去各行业固体废物产生量得到的。

工业废水排放达标量、工业固体废物处置量、工业固体废物综合利用量表示各产业污染物处理能力，数值越大表示该产业污染物处理能力越强。

表 7.2 江苏制造业行业绿色度评价指标体系

序号	指标名称	单位
Q1	工业废水排放指数	
Q2	工业废水排放达标量	(万吨)
Q3	工业废气排放指数	
Q4	二氧化硫排放指数	
Q5	工业固体废物产生指数	
Q6	工业固体废物处置量	(万吨)
Q7	工业固体废物综合利用量	(万吨)
Q8	单位产值废水排放指数	
Q9	单位产值废气排放指数	
Q10	单位产值固体废弃物排放指数	
Q11	单位产值原煤消耗指数	
Q12	单位产值电力消耗指数	

单位产值废水排放指数、单位产值废气排放指数、单位产值固体废弃物排放指数表示各产业牺牲环境而取得的经济效率，因数据经过反向处理，故数值越大表示该产业效率越高。单位产值废水排放指数等于各行业工业废水排放量除以各行业工业总产值；单位产值废气排放指数等于各行业工业废气排放量除以各行业工业总产值；单位产值固体废弃物产生指数等于各行业固体废弃物产生量除以各行业工业总产值。

单位产值原煤消耗指数、单位产值电力消耗指数表示各产业单位产值能源消耗情况，同样经过反向处理，故数值越大表示该产业能源使用效率越高。

7.2 江苏区域绿色制造发展总体评价

7.2.1 江苏制造业分区域环境保护能力评价

从表 7.3 中可以看出，2005 年江苏省 13 个城市对制造业污染源治理投资额大小的总体排序情况，苏北的城市大多位居前列，苏南城市投入相对较少。其中南京位列第一，投资总额达到 66.84 亿元，其次是徐州、无锡、淮安等，污染源投资额最少的是

盐城。这说明像南京、徐州、无锡这样工业发展尤其是重化工业等发展较快的地方，造成的环境问题相对严重，因此对环境污染治理的投入也较大。

“三废”综合利用产品产值反映了产业资源重复利用产生的经济效益。表 7.4 中常州的“三废”综合利用产品产值位居江苏省首位，达到 16.36 亿元；宿迁位居末位，产值为 0.11 亿元，仅为常州的 0.7%，可见江苏省各城市之间资源重复利用产生的经济效益差距较大。

表 7.3 2005 年江苏制造业各地区污染源治理本年投资额排序

城 市	污染源治理本年 投资额（亿元）	排名	城 市	污染源治理本年 投资额（亿元）	排名
南京市区	66.84	1	宿迁市区	3.69	8
徐州市区	23.66	2	镇江市区	2.44	9
无锡市区	12.96	3	南通市区	1.18	10
淮安市区	9.38	4	泰州市区	0.97	11
连云港市区	5.87	5	苏州市区	0.79	12
扬州市区	5.91	6	盐城市区	0.70	13
常州市区	4.86	7			

注：本章表格数据来源：江苏能源白皮书 2005，下同。

表 7.4 2005 年江苏制造业各地区“三废”综合利用产品产值排序

城 市	“三废”综合利用 产品产值（亿元）	排名	城 市	“三废”综合利用 产品产值（亿元）	排名
常州市区	16.36	1	连云港市区	0.77	8
南京市区	15.08	2	泰州市区	0.50	9
无锡市区	3.47	3	盐城市区	0.50	10
镇江市区	3.43	4	淮安市区	0.41	11
南通市区	3.16	5	徐州市区	0.29	12
苏州市区	1.43	6	宿迁市区	0.11	13
扬州市区	1.00	7			

废水排放达标量是指各项指标都达到国家或地方排放标准的外排工业废水量，包括未经处理外排达标和经过处理后外排达标两部分，反映了对废水的处理水平。从表 7.5 中可以看出，南京的工业废水排放达标量较高，为 40524 万吨，一方面反映了南京的工业废水排放量较大，另一方面也反映了其对工业废水的处理规模较大；宿迁的工业废水排放达标量较低，为南京的 1/30 多，说明宿迁经济发展的空间很大，推行绿色制造的潜力有很大的提升空间。

表 7.5 2005 年江苏制造业各地区废水排放达标量排序

城 市	工业废水排放 达标量（万吨）	排名	城 市	工业废水排放 达标量（万吨）	排名
南通市区	59706	1	盐城市区	9847	8
苏州市区	44904	2	淮安市区	9563	9

无锡市区	31094	3	连云港市区	8967	10
南京市区	23887	4	常州市区	7126	11
扬州市区	14537	5	徐州市区	5298	12
泰州市区	12055	6	宿迁市区	3313	13
镇江市区	11205	7			

二氧化硫去除量可以直观的反映各城市对工业废气的治理水平和规模。值得注意的是, 2003 年南京的二氧化硫去除量在江苏省 13 个城市中排第 9 位, 工业废气的治理水平及规模处于中下游水平, 与位居第 1 的苏州差距较大。但是 2005 年南京的二氧化硫去除量却排第 1 位(图 7.6)。这说明南京作为省会城市, 2003 年以来加大了对环境治理的力度。

表 7.6 2005 年江苏制造业各地区二氧化硫去除量排序

城 市	工业二氧化硫 去除量(万吨)	排名	城 市	工业二氧化硫 去除量(万吨)	排名
南京市区	31.48	1	扬州市区	1.28	8
徐州市区	2.62	2	淮安市区	1.02	9
苏州市区	2.49	3	宿迁市区	0.86	10
镇江市区	2.03	4	南通市区	0.56	11
无锡市区	1.78	5	盐城市区	0.52	12
常州市区	1.48	6	泰州市区	0.26	13
连云港市区	1.33	7			

烟尘去除量主要反映了对工业固体废物的处理水平。从表 7.7 中可以看到, 南京的烟尘去除量达到 282.71 万吨, 位居第一, 镇江排第二, 宿迁最后。南京从 2003 年在江苏省 13 个城市中仅名列第 9 上升为第 1 位, 说明南京对于污染治理在不断加大。

表 7.7 2005 年江苏制造业各地区烟尘去除量排序

城 市	工业烟尘去 除量(万吨)	排名	城 市	工业烟 尘去 除量(万吨)	排名
南京市区	282.71	1	常州市区	44.68	8
镇江市区	145.75	2	扬州市区	42.46	9
淮安市区	99.34	3	盐城市区	36.43	10
南通市区	94.38	4	徐州市区	27.79	11
苏州市区	79.41	5	泰州市区	8.73	12
连云港市区	61.43	6	宿迁市区	0.48	13
无锡市区	60.45	7			

固体废物综合利用率反映了对固体废物综合利用的水平。从表 7.8 中可以看到,

江苏整体固体废物综合利用率水平还是比较高的，其中宿迁和淮安的工业固体废物综合利用率都达到或接近 100%，连云港位居末位，也达到了 85.7%。值得关注的是，南京、扬州该项指标排位较后，分别排在倒数二、三位，这与三个城市的制造业发展水平极不相称，未来实施绿色制造的过程中，对工业固体废物综合利用的水平必须大力加强。

表 7.8 2005 年江苏制造业各地区固体废物综合利用率排序

城 市	工业固体废物综合利用率 (%)	排名	城 市	工业固体废物综合利用率 (%)	排名
宿迁市区	100	1	常州市区	97.5	8
淮安市区	99.7	2	镇江市区	96.4	9
盐城市区	98.8	3	徐州市区	96.3	10
南通市区	98.7	4	扬州市区	91.8	11
泰州市区	98.6	5	南京市区	87.9	12
苏州市区	98.4	6	连云港市区	85.7	13
无锡市区	98.3	7			

7.2.2 江苏制造业分区域环境污染情况评价

工业废水排放总量是指经过企业厂区所有排放口排到企业外部的工业废水量，包括生产废水、外排的直接冷却水、超标排放的矿井地下水和与工业废水混排的厂区生活污水，不包括外排的间接冷却水（清污不分流的间接冷却水应计算在内）。表 7.9 反映了江苏省各城市由于工业废水排放对环境造成的污染状况。我们可以看到，苏南比苏北的工业废水污染情况严重，其中南京的工业废水排放总量较高，位居全省首位，达到 4.05 亿吨；常州、无锡、苏州分列 2、3、4 位。

单位产值工业废水排放量是指产业废水排放总量除以制造业产值，反映了产业的废水产生强度。从表 7.10 中我们不难看出，宿迁制造业的废水产生强度较高，达到 14.82 万吨/亿元，未来在绿色制造的推行过程中需要加大对工业废水的治理力度；其次是常州、南京位居 2、3 位；徐州的单位产值工业废水排放量较低，仅为宿迁的 9.31 %。

表 7.9 2005 年江苏制造业各地区废水排放总量排序

城 市	工业废水排放总量 (亿吨)	排名	城 市	工业废水排放总量 (万吨)	排名
南京市区	4.05	1	淮安市区	0.22	8
常州市区	2.83	2	连云港市区	0.20	9
无锡市区	2.55	3	泰州市区	0.18	10
苏州市区	2.33	4	盐城市区	0.14	11
镇江市区	0.64	5	宿迁市区	0.12	12
扬州市区	0.58	6	徐州市区	0.10	13
南通市区	0.46	7			

表 7.10 2005 年江苏制造业各地区单位产值工业废水排放量排序

城 市	单位产值工业废水排 放量(万吨/亿元)	排名	城 市	单位产值工业废水 排放量(万吨/亿元)	排名
宿迁市区	14.82	1	南通市区	7.46	8
常州市区	13.92	2	苏州市区	6.95	9
南京市区	10.61	3	淮安市区	5.44	10
镇江市区	10.22	4	泰州市区	4.07	11
扬州市区	8.97	5	盐城市区	3.43	12
无锡市区	8.86	6	徐州市区	1.38	13
连云港市区	8.45	7			

7.2.3 江苏制造业分区域“绿色度”评价

根据表 7.1 江苏区域绿色度评价指标体系,本报告对单位产值工业废水排放指数、工业废水排放达标量、工业二氧化硫去除量、工业烟尘去除量、工业固体废物综合利用率、“三废”综合利用指数、污染源治理本年投资指数等这 7 个指标,取 13 个大市的数据进行了主成分分析,分析过程如下:

1、利用 SPSS 软件的数据处理功能,对解释变量进行分析。由表 7.11,我们可以发现:以 Q1~Q7 为基础指标,处理结果前 4 个主成分的累计方差贡献率达到 92.795%,置信度为 100%,其精度令人满意,权重指标也比较均衡,因此提取 4 个公因子完全可以替代全部信息。

表7.11 Total Variance Explained

Component	Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.646	52.079	52.079
2	1.630	23.281	75.360
3	.745	10.642	86.002
4	.476	6.794	92.795

Extraction Method: Principal Component Analysis.

2、利用 SPSS 软件,进行主成分载荷矩阵分析。研究主成分与指标相关系数发现,第一主成分中 Q3、Q6 Q4 的系数较大,可以认为氧化硫去除能力、工业烟尘去除能力和“三废”综合利用程度对于地区环境保护能力影响很大,这些指标直接关系各地区制造业绿色度的排名;第二主成分中 Q2、Q5 的系数也比较大,这些代表工业废水排放达标量和工业固体废物综合利用率;其他主成分中无过度突出指标,暂不考虑(7.12)。

表7.12 主成分载荷矩阵

序号		F1	F2	F3	F4
Q1	单位产值工业 废水排放指数	-0.878801	0.224343	-0.168068	0.300411
Q2	工业废水排放 达标量	0.652444	0.517214	0.475192	-0.065876
Q3	工业二氧化硫 去除量	0.929161	0.167718	-0.153736	-0.182819
Q4	工业烟尘去除 量	0.733296	0.375140	0.147151	0.479752
Q5	工业固体废物 综合利用率	-0.600621	0.622902	0.154106	-0.330847
Q6	“三废”综合利 用指数	0.826060	-0.178714	-0.433815	-0.088544
Q7	污染源治理本 年投资指数	0.058179	-0.850296	0.483374	-0.008969

3、利用 SPSS 软件，进行主成分得分矩阵分析。根据上述 7 个指标得到各个样本地区环境资源保护能力关于四个主成分综合得分，汇总排序结果如表 7.13。江苏区域环境资源保护能力的排序依次为南京、苏州、无锡、徐州、南通、镇江、常州、连云港、扬州、淮安、泰州、盐城、宿迁市区。

表7.13 区域主成分综合得分表

城市	F1	F2	F3	F4	综合得分	排名
南京市区	10.8560	0.1499	-0.5432	-0.3729	5.6054	1
苏州市区	1.7839	3.0916	1.0820	0.3136	1.7852	2
无锡市区	0.6366	0.1257	0.9915	0.1132	0.4740	3
徐州市区	-0.2175	0.9127	-0.3292	1.0627	0.1364	4
南通市区	-0.3850	0.9723	-0.8934	0.1537	-0.0588	5
镇江市区	-0.0275	-0.7931	-0.9570	-0.2827	-0.3200	6
常州市区	-0.4585	-0.9587	1.3125	-0.6878	-0.3690	7
连云港市区	0.5840	-3.8711	0.0974	0.6340	-0.5436	8
扬州市区	-0.8632	-1.5616	0.3865	-0.0244	-0.7736	9
淮安市区	-2.1939	-0.0672	0.0489	0.0170	-1.1518	10
泰州市区	-2.8588	0.7152	-0.4507	-0.3636	-1.3950	11
盐城市区	-3.2584	0.9435	-0.2649	-0.1023	-1.5124	12
宿迁市区	-3.5978	0.3408	-0.4803	-0.4606	-1.8768	13

而图 7.1 可以直观反映出江苏 13 个地级市制造业绿色度的高低。南京的制造业绿色度远高于江苏其它地区，此外，苏南地区的苏州和无锡也排在前三位。苏北地区的制造业绿色度总体排位都比较靠后。

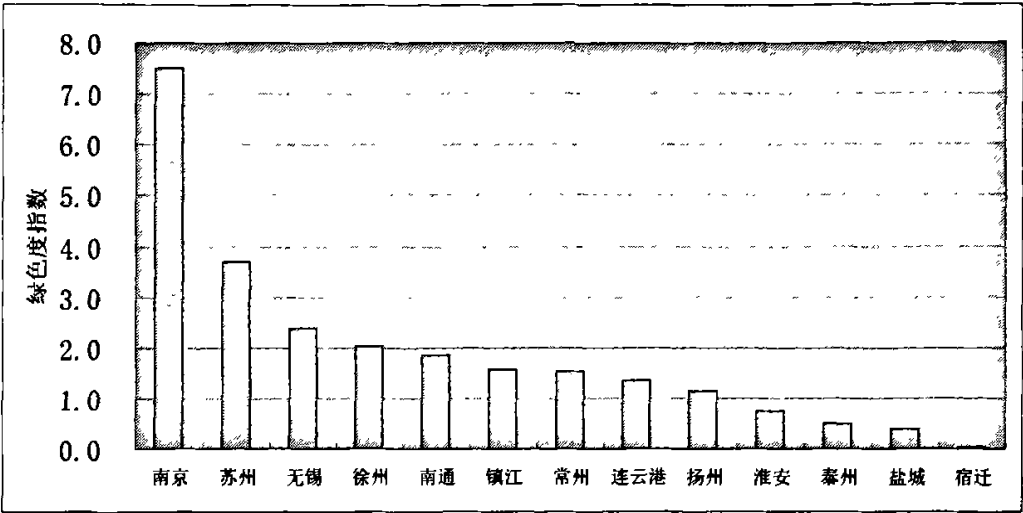


图7.1 江苏区域制造业“绿色度”

由于可获得数据有限，本文的制造业绿色度主要以环境保护能力为主要依据。这里采用绿色度高、较、中等、较低、低五级评价方式，各地区制造业绿色度分布见表 7. 14。

表7.14 江苏制造业绿色度分布

地区	绿色度	
	苏南地区	苏北地区
制造业绿色度高	南京市、苏州市	
制造业绿色度较高	无锡市	徐州市
制造业绿色度中等	镇江市、常州市	南通市、连云港市、扬州市区
制造业绿色度较低	淮安市、泰州市、盐城市区	
制造业绿色度低	宿迁市区	

相对而言，苏南制造业的环境资源保护能力要强于苏北地区。但苏南地区和苏北地区的能力略强的基础不同：苏南在大力发展制造业的基础上，通过调整产业结构、强化科技应用来提升环境资源保护能力；苏北多是制造业发展规模较小、环境破坏力还没有达到高峰，故其制造业环境资源保护能力表现良好。

7.3 江苏产业绿色制造发展总体评价

7.3.1 江苏制造业分行业环境污染情况分析

(一)工业废水排放总量排名

由表 7. 15 可见，2005 年江苏省在工业废水排放总量排名中，化学原料及化学制品

制造业、纺织业、黑色金属冶炼及压延加工业、造纸及纸制品业和医药制造业位居前列，特别是化学原料及化学制品制造业废水排放量占三分之一强。烟草加工业、印刷业和记录媒介的复制、废弃资源和废旧材料回收加工业以及文教体育用品制造业和家具制造业由于排水污染控制情况较好，这可能与这些行业本身的特点有关。

表7.15 2005年江苏省制造业各行业废水排放总量排名

行业名称	工业废水排放总量（万吨）	排名	行业名称	工业废水排放总量（万吨）	排名
制造业	222673.39				
化学原料及化学制品制造业	73948.88	1	交通通信设备制造业	1603.89	16
纺织业	47929.86	2	通用设备制造业	1567.50	17
黑色金属冶炼及压延加工业	34654.80	3	有色金属冶炼及延压加工业	1076.21	18
造纸及纸制品业	16624.95	4	电气机械及器材制造业	1415.42	19
医药制造业	6550.15	5	专用设备制造业	941.90	20
食品制造业	5514.85	6	皮革、毛皮、羽毛（绒）及其制品业	570.55	21
化学纤维制造业	5484.60	7	橡胶制品业	537.41	22
金属制品业	4476.78	8	塑料制品业	428.40	23
石油加工、炼焦及核燃料加工业	3622.15	9	木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	347.96	24
非金属矿物制造业	3136.78	10	工艺品及其他制造业	212.76	25
饮料制造业	3101.33	11	家具制造业	107.63	26
通信设备计算机及其他电子设备制造业	2973.94	12	印刷业和记录媒介的复制	101.24	27
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	1936.62	13	烟草加工业	85.56	28
纺织服装、鞋、帽制造业	1904.01	14	废气资源和废旧材料回收加工业	84.59	29
农副食品加工业	1685.85	15	文教体育用品制造业	46.81	30

(二)工业废气排放总量排名

从废气排放总量排名看（表 7.16），江苏省 2005 年制造业各行业总体排放总量为 12099.92 亿标立方米，其中黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业和化学原料及化学制品制造业位居前三位，属于重污染源，三者排放量总和约占总排放量的 77 %。同样，工艺品行业、文教体育用品制造以及家具制造由于行业特性在废气排放量上则比较少。

表 7.16 2005 年江苏省制造业各行业废气排放总量排名

行业名称	工业废气排放总量 (亿标立方米)	排名	行业名称	工业废气排放总量 (亿标立方米)	排名
制造业	12099.92				
黑色金属冶炼及压延加工业	4485.06	1	农副食品加工业	60.74	16
非金属矿物制造业	3152.86	2	木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	57.78	17
化学原料及化学制品制造业	1671.82	3	食品制造业	53.16	18
化学纤维制造业	515.72	4	通用设备制造业	46.96	19
纺织业	400.50	5	饮料制造业	43.50	20
通信设备计算机及其他电子设备制造业	363.12	6	医药制造业	27.56	21
造纸及纸制品业	264.78	7	塑料制品业	23.71	22
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	170.82	8	纺织服装、鞋、帽制造业	11.50	23
石油加工、炼焦及核燃料加工业	148.04	9	工艺品及其他制造业	4.94	24
金属制品业	145.52	10	皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	3.94	25
电气机械及器材制造业	117.76	11	家具制造业	2.75	26
有色金属冶炼及延压加工业	98.83	12	烟草加工业	2.10	27
橡胶制品业	89.36	13	印刷业和记录媒介的复制	1.82	28
交通运输设备制造业	70.07	14	废气资源和废旧材料回收加工业	1.38	29
专用设备制造业	62.67	15	文教体育用品制造业	1.04	30

(三) 工业固体废物排放量排名

表 7.17 是 2005 年江苏各行业固体废物排放量的排名, 与废气和废水排放排名有一定的类似之处, 黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业、纺织业、非金属矿物制品业等具有很强矿物利用特点和化学化工特点的行业仍然占据工业固体废物排放的主要大户, 产生固体废物量分别为 1460.93 万吨、649.17 万吨、142.46 万吨、130.13 万吨。

表 7.17 江苏省制造业各行业固体废物产生量排名

行业名称	工业固体废物产生量(万吨)	排名	行业名称	工业固体废物产生量(万吨)	排名
制造业	2832.48				
黑色金属冶炼及压延加工业	1460.93	1	专用设备制造业	11.77	16
化学原料及化学制品制造业	649.17	2	通信设备计算机及其他电子设备制造业	11.15	17
纺织业	142.46	3	橡胶制品业	5.99	18
造纸及纸制品业	130.13	4	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	4.69	19
非金属矿物制造业	93.38	5	木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	4.53	20
化学纤维制造业	67.96	6	电气机械及器材制造业	4.21	21
食品制造业	57.51	7	纺织服装、鞋、帽制造业	3.91	22
饮料制造业	42.85	8	皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	2.93	23
有色金属冶炼及延压加工业	37.59	9	塑料制品业	2.44	24
金属制品业	16.57	10	工艺品及其他制造业	2.16	25
通用设备制造业	16.34	11	印刷业和记录媒介的复制	0.70	26
石油加工、炼焦及核燃料加工业	15.87	12	废气资源和废旧材料回收加工业	0.49	27
农副食品加工业	15.50	13	文教体育用品制造业	0.35	28
医药制造业	15.38	14	烟草加工业	0.19	29
交通运输设备制造业	15.18	15	家具制造业	0.16	30

(四) 工业单位产值废水排放指数排名

单位产值废水排放量是指各行业每亿元产值所产生的废水排放量，这是属于能源消耗效率的重要指标，显然该指数值越小越好。从表 7.18 可见，2005 年江苏省制造业总体单位产值废水排放指数为 7.226 万吨/亿元。其中造纸及纸制品业、食品制造业、化学原料及化学制品制造业、纺织业、医药制造业、饮料制造业、黑色金属冶炼及压延加工业的单位产值远在平均排放水平之上。造纸及纸制品业跃居第一，这与该行业

在排放总量排放排名中位于第四相比，从单项指标表看显然其效率要高于其他行业。

表 7.18 2005 年江苏省制造业各行业单位产值废水排放指数排名

行业名称	单位产值废水排放指数(万吨/亿元)	排名	行业名称	单位产值废水排放指数(万吨/亿元)	排名
制造业	7.226				
造纸及纸制品业	35.062	1	橡胶制品业	2.081	16
食品制造业	28.492	2	纺织服装、鞋帽制造业	1.812	17
化学原料及化学制品制造业	23.494	3	工艺品及其他制造业	1.513	18
纺织业	15.832	4	有色金属冶炼及延压加工业	1.288	19
医药制造业	14.081	5	木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	1.206	20
饮料制造业	13.246	6	家具制造业	1.143	21
黑色金属冶炼及压延加工业	11.414	7	交通运输设备制造业	1.142	22
化学纤维制造业	6.97	8	专用设备制造业	1.094	23
石油加工、炼焦及核燃料加工业	5.853	9	印刷业和记录媒介的复制	1.001	24
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	4.227	10	通用设备制造业	0.81	25
金属制品业	3.894	11	电气机械及器材制造业	0.676	26
非金属矿物制造业	3.775	12	塑料制品业	0.652	27
废气资源和废旧材料回收加工业	2.488	13	通信设备计算机及其他电子设备制造业	0.563	28
农副食品加工业	2.387	14	烟草加工业	0.503	29
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	2.31	15	文教体育用品制造业	0.205	30

(五) 工业单位产值废气排放指数排名

表 7.19 是 2005 年江苏省单位产值废气排放指数排名，该项指数是每亿元产值所排放的废气量。江苏全年平均指数为 0.393，其中非金属矿物制品业高达 3.794，远远高于平均水平，黑色金属冶炼及压延加工业也达到 1.477，两个行业的排名与其在废气排放总量上的排名一致，从整个排名情况看，各行业的单位产值废气排放指数与排放总量的排名大体上是一致的。

表 7.19 2005 年江苏省制造业各行业单位产值废气排放指数排名

行业名称	单位产值废气排放指数(亿标立方米/亿元)	排名	行业名称	单位产值废气排放指数(亿标立方米/亿元)	排名
制造业	0.393				
非金属矿物制品业	3.794	1	农副食品加工业	0.086	16
黑色金属冶炼及压延加工业	1.477	2	专用设备制造业	0.073	17
化学纤维制造业	0.655	3	通信设备计算机及其他电子设备制造业	0.069	18
造纸及纸制品业	0.558	4	医药制造业	0.059	19
化学原料及化学制品制造业	0.531	5	电气机械及器材制造业	0.056	20
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.373	6	交通运输设备制造业	0.050	21
橡胶制品业	0.346	7	废弃资源和废旧材料回收加工业	0.041	22
食品制造业	0.275	8	塑料制品业	0.036	23
石油加工、炼焦及核燃料加工业	0.239	9	工艺品及其他制造业	0.035	24
木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	0.200	10	家具制造业	0.029	25
饮料制造业	0.186	11	通用设备制造业	0.024	26
纺织业	0.132	12	皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	0.016	27
金属制品业	0.127	13	纺织服装、鞋帽制造业	0.010	28
烟草加工业	0.120	14	文教体育用品制造业	0.005	29
有色金属冶炼及压延加工业	0.118	15	印刷业和记录媒介的复制	0.002	30

(六) 工业单位产值固体废弃物排放指数排名

表 7.20 是 2005 年江苏各行业单位产值固体废弃物排放指数的排名, 该排名与这些行业固体废弃物排放量排名大致上也是一致的, 黑色金属冶炼及压延加工业、食品制造业、造纸及纸制品业、化学原料及化学制品制造业、饮料制造业和非金属矿物制品业位居前六, 其中黑色金属冶炼及压延加工业单位产值固定废弃物排放指数达 0.481, 远高于制造业总体水平 0.092。

表 7.20 2005 江苏省制造业各行业单位产值固体废弃物排放指数排名

行业名称	单位产值固体废弃物排放指数(万吨/亿元)	排名	行业名称	单位产值固体废弃物排放指数(万吨/亿元)	排名
制造业	0.092				
黑色金属冶炼及压延加工业	0.481	1	金属制品业	0.014	16
食品制造业	0.297	2	专用设备制造业	0.014	17
造纸及纸制品业	0.274	3	废弃资源和废旧材料回收加工业	0.014	18
化学原料及化学制品制造业	0.206	4	皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	0.012	19
饮料制造业	0.183	5	交通运输设备制造业	0.011	20
非金属矿物制品业	0.112	6	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.010	21
化学纤维制造业	0.086	7	通用设备制造业	0.008	22
纺织业	0.047	8	印刷业和记录媒介的复制	0.006	23
有色金属冶炼及压延加工业	0.045	9	塑料制品业	0.004	24
医药制造业	0.033	10	纺织服装、鞋、帽制造业	0.004	25
石油加工、炼焦及核燃料加工业	0.026	11	通信设备计算机及其他电子设备制造业	0.002	26
橡胶制品业	0.023	12	电气机械及器材制造业	0.002	27
农副食品加工业	0.022	13	家具制造业	0.002	28
木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	0.016	14	文教体育用品制造业	0.0015	29
工艺品及其他制造业	0.015	15	烟草加工业	0.001	30

7.3.2 江苏制造业分产业能源消耗情况分析

(一)制造业原煤消耗排名

表 7.21 是 2005 年江苏省制造业各行业的原煤消耗排名表,江苏省制造业全年消耗原煤 4883.58 万吨,其中化学原料及化学制品制造业占 1225.19,约四分之一,而非金属矿物制品业和黑色金属冶炼及压延加工业也是属于能耗大户,二者总和也近三分之一强。显然与前面的废气、废水和废物排放量排名看,这些主要的制造行业都是位居前列,因此能源消耗与其产生的污染是有一定关系的。

表 7.21 2005 年江苏省制造业各行业原煤消耗排名

行业名称	原煤(万吨)	排名	行业名称	原煤(万吨)	排名
制造业	4883.58				
化学原料及化学制品制造业	1225.19	1	塑料制品业	57.74	16
非金属矿物制品业	1166.67	2	专用设备制造业	49.25	17
黑色金属冶炼及压延加工业	574.76	3	橡胶制品业	42.16	18
造纸及纸制品业	372.76	4	电气机械及器材制造业	36.77	19
化学纤维制造业	329.47	5	有色金属冶炼及压延加工业	33.13	20
石油加工及炼焦及核燃料加工业	178.09	6	皮革、毛皮、羽绒及其制品业	29.66	21
饮料制造业	118.58	7	交通运输设备制造业	24.87	22
金属制品业	105.7	8	通信设备计算机及其他电子设备制造业	16.41	23
服装及其它纤维制品制造业	82.94	9	文教体育用品制造业其他制造业	5.68	24
纺织业	77.04	10	印刷业、记录媒介的复制	2.97	25
医药制造业	76.38	11	工艺品及其他制造业	2.58	26
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	73.6	12	烟草加工业	1.82	27
通用设备制造业	70.37	13	废气资源和废旧材料回收加工业	1.57	28
食品制造业	63.07	14	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	1.5	29
农副食品加工业	62.28	15	家具制造业	0.57	30

(二)制造业电力消耗排名

从江苏省制造业各行业的电力消耗排名(表 7.22)看,江苏省 2005 年电力消耗为 1405.74 亿千瓦小时,其中纺织业、黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业是属于重要能耗单位,分别列居前三。

表 7.22 2005 年江苏省制造业各行业电力消耗排名

行业名称	电力(亿千瓦小时)	排名	行业名称	电力(亿千瓦小时)	排名
制造业	1405.74				
纺织业	228.39	1	农副食品加工业	16.61	16
黑色金属冶炼及压延加工业	224.9	2	专用设备制造业	16.03	17
化学原料及化学制品制造业	210.26	3	石油加工及炼焦业	13.09	18
非金属矿物制品业	118.77	4	医药制造业	13.04	19
通信设备计算机及其他电子设备制造业	84.13	5	木材加工及竹、藤、棕、草制品业	12.68	20
金属制品业	72.26	6	食品制造业	8.47	21
化学纤维制造业	54.86	7	工艺品及其他制造业	8.39	22
造纸及纸制品业	53.04	8	饮料制造业	7.7	23
通用设备制造业	51.36	9	印刷业、记录媒介的复制	6.72	24
塑料制品业	46.3	10	文教体育用品制造业	5.71	25
有色金属冶炼及压延加工业	43.11	11	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	4.61	26
电气机械及器材制造业	36.5	12	皮革、毛皮、羽绒及其制品业	4.38	27
交通运输设备制造业	22.87	13	废气资源和旧材料回收加工业	1.9	28
服装及其它纤维制品制造业	19.31	14	家具制造业	1.37	29
橡胶制品业	17.87	15	烟草加工业	1.11	30

7.3.3 江苏制造业分产业环境资源保护能力评价

(一)制造业废水排放达标量排名

表 7.23 是 2005 年江苏省制造业各行业废水排放达标量排名,该指标所反应的是各行业废水处理的达标水平,从统计数据看,2005 年江苏制造业废水排放达标量为 216691.08 万吨,其中化学原料及化学制品制造业、纺织业、黑色金属冶炼及压延加工业位居前三名,而且远远高于其他行业的废水排放达标量,三者废水排放总量总和约占 70%,这主要与这三个行业的废水排放总量有关。

表 7.23 2005 年江苏省制造业各行业废水排放达标量排名

行业名称	工业废水排放达标量(万吨)	排名	行业名称	工业废水排放达标量(万吨)	排名
制造业	216691				
化学原料及化学制品制造业	71299.23	1	交通运输设备制造业	1573.72	16

纺织业	46796.69	2	通用设备制造业	1546.72	17
黑色金属冶炼及压延加工业	33481.03	3	电气机械及器材制造业	1404.36	18
造纸及纸制品业	16355.15	4	有色金属冶炼及压延加工业	1069.78	19
医药制造业	6542.36	5	专用设备制造业	940.70	20
食品制造业	5377.56	6	皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	570.55	21
化学纤维制造业非	5344.16	7	橡胶制品业	532.24	22
金属制品业	4439.22	8	塑料制品业	416.91	23
石油加工、炼焦及核燃料加工业	3487.26	9	木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	328.74	24
非金属矿物制品业	3132.75	10	工艺品及其他制造业	212.76	25
饮料制造业	3087.55	11	印刷业和记录媒介的复制	99.07	26
通信设备计算机及其他电子设备制造业	2903.17	12	家具制造业	98.16	27
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	1934.00	13	烟草加工业	85.56	28
纺织服装、鞋、帽制造业	1898.96	14	废弃资源和废旧材料回收加工业	84.06	29
农副食品加工业	1602.34	15	文教体育用品制造业	46.33	30

(二)制造业固体废物综合利用量排名

从 2005 年江苏省制造业各行业的固体废物综合利用量排名(表 7.24)可见,江苏 2005 年固体废物处理量为 71.60 万吨,处理效率仅为 2.53%,这也表明固体废弃物的处理是江苏所面临的比较关键的问题。从各行业的排名及其处理效果看,化学原料及化学制品制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、纺织业以及饮料制造业名列前四,其处理效率分别为 4.49%、0.64%、6.31%和 14.37%,处理效率都很低,应当引起重视。

表 7.24 2005 年江苏省制造业各行业固体废物综合利用量排名

行业名称	工业固体废物 处置量(万吨)	排 名	行业名称	工业固体废物综 合利用量(万吨)	排 名
制造业	71.60				
化学原料及化学制品 制造业	29.20	1	仪器仪表及文化、办 公用机械制造业	0.64	16
黑色金属冶炼及压延 加工业	9.35	2	农副食品加工业	0.50	17
纺织业	8.99	3	有色金属冶炼及压延 加工业	0.47	18

饮料制造业	6.16	4	非金属矿物制品业	0.43	19
化学纤维制造业	2.04	5	专用设备制造业	0.39	20
电气机械及器材制造业通	1.72	6	橡胶制品业	0.25	21
食品制造业	1.47	7	专用设备制造业	0.20	22
通信设备计算机及其他电子设备制造业	1.46	8	印刷业和记录媒介的复制	0.08	23
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	1.38	9	木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	0.07	24
医药制造业	1.37	10	塑料制品业	0.03	25
金属制品业	1.32	11	烟草加工业	0.03	26
交通运输设备制造业	1.07	12	家具制造业	0.03	27
石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.01	13	工艺品及其他制造业	0.00	28
纺织服装、鞋、帽制造业	1.01	14	废弃资源和废旧材料回收加工业	0.00	29
造纸及纸制品业	0.94	15	文教体育用品制造业	0.00	30

7.3.4 江苏制造业分产业“绿色度”评价

根据表 7.2 (江苏制造业行业绿色度评价指标体系), 本报告对工业废水排放指数、工业废水排放达标量、工业废气排放指数、二氧化硫排放指数、工业固体废物产生指数、工业固体废物处置量、工业固体废物综合利用量、单位产值废水排放指数、单位产值废气排放指数、单位产值固体废物排放指数、单位产值原煤消耗指数、单位产值电力消耗指数, 这 12 个指标取江苏省 30 个制造业行业的数据进行了主成分分析, 分析过程如下:

1、利用 SPSS 软件的数据处理功能, 对解释变量进行分析。由表 7.25, 我们可以发现: 提取 5 个公因子, 累计贡献率就高达 93.492%, 完全可以替代全部信息, 同时其置信度为 100%, 其精度令人满意。在这五个主成分中我们发现第一个主成分的贡献率高达 52.735%, 几乎为指标总贡献度的 2/3。

表7.25 Total Variance Explained

Component	Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6.328	52.735	52.735
2	1.936	16.134	68.869
3	1.099	9.160	78.029
4	1.027	8.555	86.584
5	.829	6.908	93.492

2、利用 SPSS 软件, 进行主成分载荷矩阵分析。研究主成分与指标相关系数发现(表 7.26), 第一主成分与 C3、C4、C5、C10 的相关系数较大, 第一主成分主要代表工业废

气排放量、二氧化硫排放量、工业固体废物产生量、单位产值固体废弃物排放量；第二主成分与 C9 的相关系数较大，代表单位产值废气排放指数；第三主成分与 C12 的相关系数较大，代表单位产值电力消耗量；第四主成分与 C1 的相关系数较大，代表废水产生量，第五主成分与 C8 的相关系数较大，代表单位产值废水排放指数。

表7.26 主成分载荷矩阵

序号	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
C1	工业废水排放指数	0.010	0.419	-0.384	0.645	-0.357
C2	工业废水排放达标量(万吨)	-0.807	0.468	-0.075	-0.297	0.036
C3	工业废气排放指数	0.845	0.446	-0.094	-0.227	-0.120
C4	二氧化硫排放指数	0.928	0.148	0.015	0.170	-0.041
C5	工业固体废物产生指数	0.893	-0.199	-0.088	-0.250	-0.265
C6	工业固体废物处置量(万吨)	-0.764	0.475	-0.052	-0.328	0.126
C7	工业固体废物综合利用量(万吨)	-0.898	0.200	0.087	0.243	0.258
C8	单位产值废水排放指数	0.646	-0.334	0.129	0.221	0.523
C9	单位产值废气排放指数	0.634	0.728	-0.055	-0.116	0.108
C10	单位产值固体废弃物排放指数	0.864	-0.004	-0.044	-0.283	0.151
C11	单位产值原煤消耗指数	0.586	0.595	0.308	0.264	0.295
C12	单位产值电力消耗指数	-0.071	0.140	0.896	0.014	-0.368

3、利用 SPSS 软件，进行主成分得分矩阵分析。根据上述 12 个指标得到各个样本产业环境资源保护能力关于五个主成分综合得分汇总排序结果表 7.27。

表7.27 行业主成分得分表

行业	F1	F2	F3	F4	F5	综合得分	排名
文教体育用品制造业	3.776429	0.318430	0.269628	0.340746	0.136701	2.104988	1
家具制造业	3.805324	-0.108471	0.702218	-0.351099	0.545555	2.059995	2
印刷业和记录媒介的复制	3.652191	0.339963	0.193596	0.402227	0.047630	2.035127	3
专用设备制造业	3.562525	0.363863	0.249778	0.314156	0.102146	1.993078	4
烟草加工业	3.729471	-0.590037	1.161858	-1.118166	0.940524	1.946060	5
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	3.442046	0.412640	0.220083	0.403177	0.036141	1.937808	6
废弃资源和废旧材料	3.196162	0.486277	0.218475	0.419302	-0.190904	1.805655	7

回收加工业							
通信设备计算机及其他电子设备制造业	3.311459	0.149487	0.049033	0.265747	0.125074	1.805202	8
交通运输设备制造业	3.100035	0.483495	0.234338	0.294703	0.120324	1.766767	9
电气机械及器材制造业	3.041186	0.337456	0.264760	0.334286	0.149938	1.720488	10
纺织服装、鞋帽制造业	3.015119	0.329332	0.212746	0.388875	0.033058	1.697287	11
塑料制品业	3.061749	0.249279	0.214100	0.150148	0.122711	1.694753	12
通用设备制造业	2.703009	0.606091	0.195624	0.264100	0.159224	1.573763	13
金属制品业	2.799895	0.388077	0.137939	0.157813	0.054226	1.568029	14
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	2.521131	0.265977	0.214172	0.396639	-0.188623	1.412258	15
农副食品加工业	2.490352	0.344497	0.247722	0.108732	0.063642	1.404412	16
橡胶制品业	2.675012	-0.197169	0.044662	0.307842	-0.185197	1.395792	17
木材加工及木、竹、藤、棕、草制造业	2.428774	-0.592235	-0.279027	0.062237	-0.434441	1.134320	18
工艺品及其他制造业	3.215073	-1.294535	-5.190817	-0.084930	1.636701	1.113997	19
医药制造业	1.359735	0.515438	0.020162	-0.145297	-0.539145	0.751724	20
有色金属冶炼及压延加工业	1.101115	0.219301	0.308789	0.713889	0.204976	0.719542	21
石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.857618	-2.288352	1.722280	-3.172970	1.378186	0.591209	22
饮料制造业	-0.498766	-0.093661	-0.410738	0.127341	-1.285563	-0.393469	23
化学纤维制造业	-0.404530	-0.713118	-0.361237	-0.004821	-0.638210	-0.405684	24
食品制造业	-1.227479	0.616506	-0.205730	-0.040615	-1.324193	-0.661413	25
纺织业	-5.056280	2.087870	-0.249576	-0.972149	0.016804	-2.433919	26
造纸及纸制品业	-5.359838	1.230211	-0.734993	-0.522328	-2.502096	-2.911755	27
非金属矿物制品业	-12.879580	-8.559564	0.010095	-0.147594	-0.697101	-8.225491	28
黑色金属冶炼及压延加工业	-17.692040	0.389029	1.099741	3.308558	1.599320	-8.765006	29
化学原料及化学制品制造业	-20.726900	4.303932	-0.559694	-2.200519	0.512584	-10.435510	30

分析发现：

(1) 环境资源保护能力综合排名前十位分别为：文教体育用品制造业，家具制造业，印刷业和记录媒介的复制，专用设备制造业，烟草加工业，皮革、毛皮、羽毛（绒）及其制品业，废弃资源和废旧材料回收加工业，通信设备计算机及其他电子设备制造业，交通运输设备制造业，电气机械及器材制造业。按类划分，环境资源保护能力呈现机械电子制造业>轻纺制造业>资源加工工业的特征；

(2) 环境资源保护能力综合排名最后三位全属于资源加工工业，最后十位中六位属资源加工工业，四位属轻纺制造业；

(3) 一般来说，传统产业对于环境的破坏力和资源的利用率明显低于新兴产业；

尤其是资源加工工业对生态环境的破坏力尤为严重；

(4) 主成分2与指标“单位产值废气排放指数”非常相关，其相关系数为0.728。单位产值废气排放指数石油加工、炼焦及核燃料加工业和非金属矿物制品业，特别是非金属矿物制品业对大气的污染尤为严重。

(5) 主成分3与指标“单位产值电力消耗量”的相关系数较大，其相关系数为0.896。根据数据分析结果我们发现工艺品及其他制造业的电力消耗是最大的，而烟草加工业和石油加工、炼焦及核燃料加工业对电能的消耗则是最小的。

(6) 主成分5与指标“单位产值废水排放指数”非常相关，其相关系数为0.523。单位产值废水排放率最高的产业为造纸及纸制品业。

图 7.2 直观地反映了江苏省 30 个制造业行业“绿色度”水平：

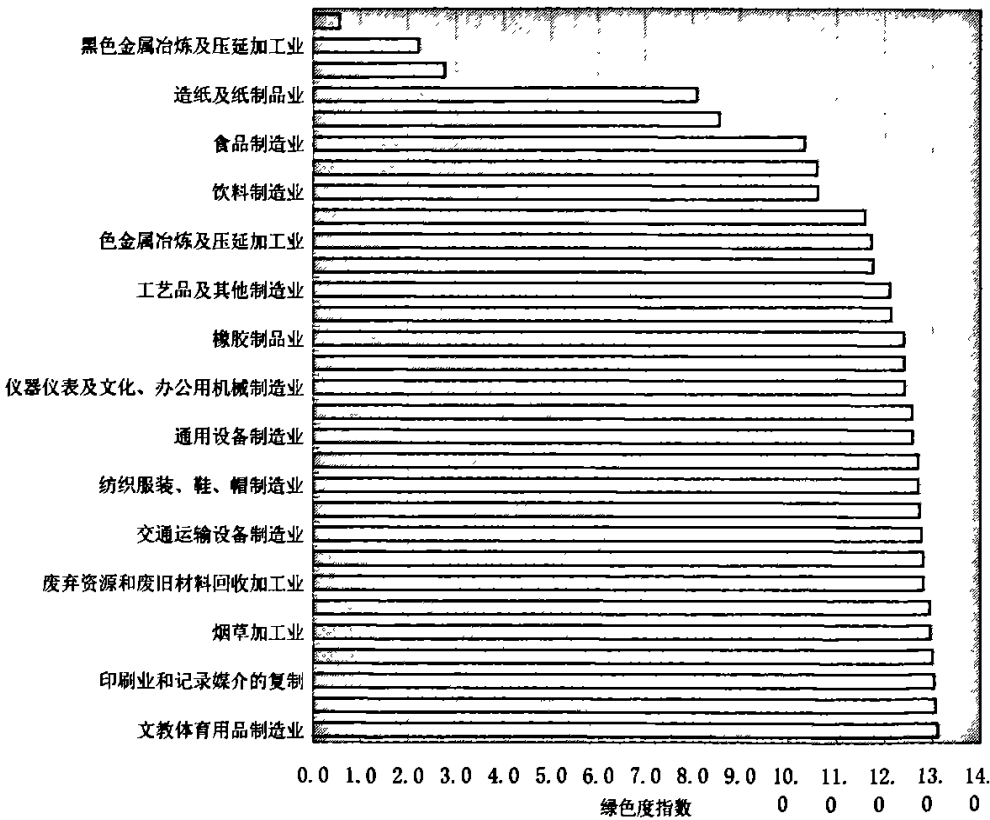


图 7.2 江苏制造业行业“绿色度”

第8章 推行绿色制造的对策

21世纪经济的主旋律将是绿色经济，绿色产品、绿色设计、绿色生产、绿色消费、绿色市场、绿色产业是绿色经济的重要特征，也是生态文明及可持续发展对经济生活的具体要求。我们看到，经过多年的努力，中国经济社会发展迅速，但资源浪费与环境污染问题并存，中国未来发展面临着资源不足与环境污染的双重压力，尤其是环境污染问题已经成为人们日益关注的社会问题。而绿色制造是从根本上解决经济社会发展过程中的资源与环境的制约，经济发展与环境保护之间的严重冲突的重要途径。因此，必须从社会、政府、产业和企业四个层面采取相应对策推行绿色制造，这是中国走可持续发展道路，落实科学发展观的必然选择。

8.1 社会层面

不管是绿色工业还是绿色企业，没有良好的社会氛围和实施机制，就不能保证获得经济与环境保护、节约资源双赢的结果，因此，作为一种重要理念，绿色经济的实施需要整个社会的共同努力来实现，绿色社会是发展绿色经济和推行绿色制造的主要实施机制与保障。

8.1.1 围绕绿色经济加强和完善环保立法

虽然中国各界已经普遍认识到绿色经济对于中国发展的重要性，但是中国在环保立法方面依然远远落后于发达国家。如日本已经形成了“环境基本法—促进建设循环型社会基本法—各项具体立法（如废弃物管理法、资源有效利用法、食品回收利用法、绿色采购法等）”的完善立法体系。因此，尽快完善环保立法，提高公众的环保意识成为中国政府和社会各界的当务之急。

8.1.2 充分发挥经济杠杆“胡萝卜”与“大棒”的作用

经济手段最主要应实行谁造成污染，谁来承担责任的奖惩机制。从污染源抓起，让造成污染的企业在经济上付出代价，提高产品的生产成本，依靠市场机制把企业的盈利与环保捆在一起，把环保当成企业义不容辞的责任、自觉的行动。但是惩罚只能做到“达标”企业，无法产生优秀企业，甚至可以说一定程度上惩罚机制存在某种“奖懒罚勤”的倾向。对于优秀企业要给予一定的奖励和政策倾斜，既可以是免税等方面的直接物质奖励，也可以授予“重点名牌产品”、“用户满意产品”等精神激励，有利于增加企业的无形资产。

8.1.3 发挥社会团体的作用，建立绿色基金

绿色经济的实现不仅需要政府的奖惩，还需要社会团体的积极配合与协助。一方面可以发挥诸如ISO14001标准的国际或区域组织的监督作用和专业咨询公司的协助作用，另一方面可以尝试发展绿色基金，由社团或者企业出任基金管理人，将重点投资在中国境内从事环境保护、清洁生产服务、节能和资源综合利用的企业，包括种子期、导入期、扩张期和成熟期的公司。

绿色基金采取国际通行的风险投资方式管理基金，通过对候选企业的发展背景、市场前景、管理团队、盈利模式和经营风险等方面进行调查，选择具有发展潜力的环保企业，对其进行股权投资并规范公司运作。再经过数年发展壮大后，通过上市、兼并重组等方式实现资本的退出，从而获得投资收益。基金在投资过程时要特别注重社会责任，要求投资的企业严格按照国际标准和模式运作，以实现经济效益、环境效益和社会效益的协同发展。

目前，中国的环保产业还处在发展初期，前景广阔。虽然企业数量众多，但规模较小。几乎所有的企业在发展中都面临着资金不足和自身技术研发能力不足的问题。绿色的投资一方面给具有快速发展潜力的公司带来发展所需的资金，另一个方面利用在国外环保投资领域合作伙伴的广泛资源，给投资的企业带来先进和适用的环保技术，通过对国内环保产业重点领域中的优质企业进行整合，造就数家在国内环保领域具有较大实力和影响力的环保公司。

8.1.4 行业环保标准与信息披露

在实施绿色制造中，应充分发挥行业协会的作用。各个行业协会可制定本行业的环保标准。对于那些不达标企业，要加强监督，督促它们在一定时间内达到标准。即使是已经符合标准的企业，行业协会要经常复查，做到严格控制。环保标准也应该随产业的发展水平不断提高，做到与时俱进，这样才能促使那些“达标”企业逐渐成为优秀企业。

对某些高污染产业而言，实施环保措施需要巨额投资，只有达到一定的产量规模，企业才能承担这笔成本。因此，对这类产业而言，行业协会可以制定一定的规模标准作为市场准入门槛。例如，造纸业是个高污染产业，环保成本在产品成本中的比重相对较大，一般的中小企业是不可能做到无污染的，设定一定的规模标准就显得非常必要。鼓励企业兼并是提高市场准入门槛的一个引申做法，建议政府给予政策或者税收方面的优惠，鼓励环保措施做得好的企业兼并那些已经进入市场但是环保不过关的中小企业。这样一方面减少了污染源，另一方面也使得兼并后的企业能够充分享受规模经济带来的好处。

对于已经上市的企业，如果其产品或者生产领域会对环境构成较大的威胁，行业协会应推动相关法律法规出台，强制该类企业披露有关环保措施方面的信息，或通过

股市效应来制约企业行为。对于没有上市的企业，如果其环保方面做的好，同样可以给予一定的鼓励，比如放宽一些上市的门槛，让企业能够通过资本市场得到更多的资金，扩大企业规模，发挥自身优势。另一方面，政府环保部门对管理过程中的政策、企业信息也要按时向企业或个人披露，做到信息互动，政务公开。

8.1.5 树立绿色制造的发展观、价值观、道德观、文明观

绿色制造是一种全新的观念，只有整个社会接受这种观念，才能更加顺利的发展绿色经济，为此，政府、社团、媒体必须引导社会树立新的发展观、价值观、道德观、文明观。

首先，改善环境就是发展生产力，节约资源、再生资源更是发展生产力。人和自然都是生产力的重要因素，劳动者在改造世界的同时也要受到劳动对象的自然因素的影响和制约。因此，节约资源、再生资源，保护环境，同样是发展生产力。其次，环境也具有价值，产品价格应该包括环保成本。这样，发展活动所创造的经济价值与其所造成的社会价值和环境价值相统一。鼓励绿色消费，使绿色产品成为消费者的首要选择，这样才能真正鼓励企业实施环保与节约资源的措施。再次，代际公平作为新的道德观应该得到普及。最后，作为一种重要的文明，必须像抓物质文明、精神文明一样狠抓生态文明，三个文明一起抓。生态文明主张生态利益既然是人类的最高利益，那么就应该实行生态优先的原则。因此，人类的一切活动必须把生态利益放在首位，正确处理生态效益、社会效益和经济效益三者之间的关系，实现三者的完美统一和动态平衡。

8.1.6 建立绿色公众教育宣传网络，培育绿色价值观念，促进绿色消费

在推进绿色制造的过程中，倡导绿色观念、实行绿色消费也是不可或缺的重要一环与内在动力。因此，应建立以政府各级环境保护机构为主，其它相关政府部门、民间绿色团体、大众传媒以及社区居委会共同参与的绿色公众教育宣传网络，在全社会广泛开展节约资源、保护环境的教育，并将绿色理念溶入到企业的生产研发和科研院所的技术研发之中。要建设绿色文明，树立人与自然和谐相处的理念，提高全国的环境保护意识；要继续深入开展环境警示教育，在全国树立环境忧患意识；此外，应当改变消费者只是社会弱者的陈旧观念，并改变现行的消费者权益保护法只为消费者赋予权利而不为其设定义务的陈旧模式，通过激励、惩罚机制促使消费者抛弃奢侈浪费的消费习惯，选择与可持续发展相适应的简约、科学、适度、不危害生态环境、不妨碍后代利益的消费方式，并鼓励消费者优先购买、反复使用经过生态设计与环境认证的生活、办公用品；再有，要积极推行政府绿色采购与绿色消费计划，充分发挥政府的示范引导作用，促进绿色消费。绿色制造主要以循环经济为理论基础，包括生产模式和消费模式两方面的改变。政府作为最大的购买团体和循环经济的推动者，应切实

推进政府绿色采购制度的贯彻实施，使绿色采购制度进一步法制化、规范化，并扩大实施的范围，发挥对社会绿色消费的推动和示范作用。同时，应大力培育绿色市场，鼓励和支持各行各业、各种消费群体改变消费意识和消费习惯，提倡反对奢靡浪费、节约一切自然资源的绿色消费观，最终使绿色消费在全国范围内得以顺利推进。

8.2 政府与法治层面

在实施绿色制造的动力机制研究中，我们提出政府在绿色制造推进上的积极而且重要的作用。理性的政府可以代表未来人、保证资源在代际间分配公平、实现人类的持续生存与发展。而且由于绿色制造具有公共物品的特性，政府在“市场失灵”的情况下从公众利益出发，为企业实施绿色制造提供公平的市场竞争环境。此外，政府对实施绿色制造系统的影响主要通过行政、政策、税收、规划等方式，其影响具有很强的方向性和导向性，是整个社会高效率地推进实施绿色制造的重要力量。因此，我们认为政府层面在推进绿色制造上最关键的是优化政策环境、完善法制环境和改善技术环境。

8.2.1 优化政策环境

对于政府而言，首要的是充分发挥政策供给主体作用，营造良好的政策环境，全面推进绿色制造，具体措施包括：

（一）制定绿色制造的战略目标和规划

各级政府应将推进绿色制造这项工作列入本地区规划框架之中，以可持续发展和循环经济理论为指导，以引导、鼓励和支持为主，将提高资源利用效率、减少资源消耗量和污染产生量纳入绿色经济发展的战略目标，由政府高度统筹规划绿色制造的总体发展框架和战略，认真组织编制绿色制造规划，并加紧编制如节能、节水、资源综合利用等与绿色制造密切相关的专项规划，从根本上创造实施绿色制造的动力机制，形成发展绿色制造的政府推进能力，加大绿色制造的推进力度。规划可以从两个层面上积极推行绿色制造，转换中国经济发展的路径和模式。一是在企业层面，发挥企业在绿色制造发展中的主体作用，积极推行绿色技术和清洁生产，将清洁生产贯穿于工业生产的产品研发、工艺设计环节，产前环节、产中环节、产后环节，使用环节和产品使用寿命终结环节，将工业经济纳入生态化轨道，为转变增长方式，实现污染源头控制创造前提条件。同时，继续大力开展清洁生产审核、ISO14000环境管理体系认证和环保标志产品认证工作，倡导绿色消费，推动建设一批循环经济型企业；二是产业层面，在工业集中区、开发区、乡镇园区层面，有计划、有步骤地开展绿色产业试点，形成绿色产业链，建立一批由共生企业群组成的生态工业园区。此外，要根据可持续发展的理念，对现有的各类发展与建设规划加以修订，使绿色制造的推进渗透到各项经济社会发展规划、城市总体规划、经济开发区规划之中。在经济发展规划中，注重

发展资源节约型的产业和资源回收利用的产业，限制发展资源消耗大、污染严重的产业；在城镇建设规划中，要集中规划工业园区，规划能够满足需要的废水、污水、垃圾处理基础设施，有利于资源充分回收的设施体系。

(二)构建绿色制造的新型管理体制与运行机制

建立对生产、消费和废弃物的回收利用等各环节进行综合性的规划、规范、协调、组织和监管的组织管理机构，构建与市场经济相适应的新型管理体制，避免形成多头管理，职责不清的局面。各县级以上城市应在政府系列中设立一个部门，专门对生产、消费和废弃物的回收利用等各环节进行统一的、综合性的规划、规范、协调、组织和监管，根本改变生产部门只管生产，流通、商业部门只管消费，环境卫生部门只管垃圾清运、污水排放，物资回收部门只管收购的传统的管理体制和模式，将推进绿色制造作为城乡的重要发展目标和政府的重要施政目标。此外，应完善市场机制，使得不同的利益主体与政府管理部门之间主要是通过法规政策、经济合同、执行污染控制标准的行政与经济手段相结合的管理关系，而非仅凭行政管理与道德意识来联结，这样就与主导社会运作的市场经济相一致。

(三)制定绿色制造综合评价指标体系

在有条件的省市，尝试率先建立绿色国民经济核算制度，并纳入各级干部考核体系中。现有的GDP体系只考核单纯的经济增长，而忽视了如社会、人文、基础教育、公共设施、能耗、环境生态等指标。因此，单纯用GDP衡量经济发展和考察政府政绩有很大片面性。因而在考核体系上，要彻底转GDP至上的政策目标，纠正传统GDP考核体系忽视生态环境保护和轻视社会发展对经济制约等认识上的偏颇，既要关注GDP，更要统筹对环境保护、生态建设、社会保障等的考核力度，以帮助各级干部树立科学发展观、资源观和政绩观，促进经济社会的可持续发展。建议绿色制造综合评价指标体系应包含经济增长、资源消耗、环境质量和人民福利等方面，以全面反映绿色制造的推进进程。为此，建议统计部门建立相应的综合性的数据统计和信息系统，收集整理经济、资源、环境和人民福利等多方面的信息，确保各类数据的完整性、准确性、可靠性和及时性。针对目前缺失的物料和能量利用的数据，借鉴德国和日本经验，建立多层次上的物流及能流平衡模型。同时，要建立有效的信息共享制度，用信息化促进新型工业化，不断提高绿色制造水平。国际上关于绿色国民经济核算目标模式的选择大致有3种：第一种是用环境的价值变化对国内生产总值（GDP）进行调整，形成GDP以及现存国民账户的良性指标，其尽可能维持了现有国民经济指标体系的概念和原则，在此基础上将环境损益因素加入GDP这样的指标中。第二种是为环境资源单独建立账户，在不改变现有国民经济核算体系的情况下，加入资源环境核算卫星账户（第二账户），提供相关数据，SEEA即是这种思路。第三种思路是重新建立一套国民财富核算体系。该体系与前两种思路共同点在于发展过程中的环境资源损耗要从总财富中扣除，但经济

增长和环境的变化被并置于同一框架内进行核算。鉴于目前资源耗竭和环境退化问题并存,可持续发展受到严重威胁的局面,建议绿色GDP目标模式的选择采用联合国推荐的综合环境与经济核算体系(SEEA),即将环境资源作为国民经济核算体系的卫星账户,分步实施,在完善实物量核算的基础上,开展环境价值量核算,最终建立实物量 and 价值量两套核算体系。”

(四)制定绿色制造的产业政策

首先,要在宏观经济管理层面,赋予绿色产业和其它产业同等重要的地位。其次,制订相关政策,鼓励、保护废弃物回收循环利用的各个环节均实行盈利性、商业化的运作;制订促进资源减量、重复使用和循环利用的产业政策以及行业技术标准和规范,以此为依据对各类绿色产品的成本进行核算;对于成本较高、微利和亏损的产品,应通过税费减免的政策使之可以获取平均利润;对非绿色产品征收资源税;当绿色产品价格不具备竞争力时,政府应通过政府采购或价格补贴的办法,确保绿色产品进入消费;合理征收和调高垃圾、污水处理费用,用以扶持绿色产业的发展。再次,要提高绿色产业的组织化程度,引导建立一批地域性的、大规模的、技术先进的资源回收、处理、加工、循环利用的骨干企业,提高产品质量,获取规模效益,形成投入产出的良性循环。以这些骨干企业为龙头,促进绿色产业的持续发展;加强绿色新技术、新产品的研究开发,通过科技进步降低生产成本,开拓市场空间,使绿色产业真正成为新的经济增长点。最后,政府相关政策应对绿色产品产业适当倾斜,从绿色产品基地建设到赋予绿色产品企业自营出口权均予以支持,积极促进绿色产品实现产业化,鼓励企业开发和生产优质的绿色产品,以冲破国际绿色贸易壁垒,拓展绿色产品在国际市场的贸易空间。建立绿色产品出口创汇基地,重点支持基础设施建设和环境保护,鼓励各种所有制形式的企业投资开发外向型绿色产品产业,凡是具有条件经营绿色产品出口贸易的,都应赋予其自营进出口经营权,支持具备条件的绿色产品出口企业进入国内外股票市场发行股票,扩大企业规模,提高绿色产品国际竞争力。政府有关部门要推动环保、轻工、外经贸、金融等有关部门一道参与绿色产品产业化发展工作,促进绿色产品出口贸易的发展。逐步提高企业排污收费标准,征收资源补偿费和生态补偿费,制定绿色奖励政策,建立绿色基金,作为扶持绿色产品产业的专项基金。

(五)加大对绿色制造的政策性投入

政府要加大对绿色产品生产的扶持力度和改革力度,着力优化绿色产品产业结构,加强对绿色产品生产的金融支持和税收优惠扶持,增强绿色产品产业的竞争优势。各级财政要按照事权财权相结合的原则,将推进绿色制造的资金列入本级预算,并保持每年按一定比例增长,重大的绿色制造项目应优先纳入经济社会发展计划;扩大社会投资渠道,积极鼓励、引导企业与民间资本直接投资,以发行债券、彩票以及设立开

放式环境发展基金等方式吸收社会闲散资金，进一步拓宽直接融资渠道，探讨以直接融资方式进入国内、国际资本市场筹措资金；积极争取国外的投资，充分利用国外银行贷款及各种环境保护专项基金，从国际货币市场获得资金或发行环保债券；采取BOT、BT以及BTOT等多元化的投资方式，筹集建设资金。

8.2.2 完善法制环境

全面实施绿色制造并进而落实可持续发展的科学发展观绝非一件轻而易举、一蹴而就的事情，它涉及到方方面面众多领域。因此，必须多管齐下，协同作战。而其中一个重要方面，就是在全社会尽快培育一种崭新的法治观念，全力变革现有法律中与可持续发展战略不相适应的精神与规定，用法律的手段保障、推进绿色制造的健康运行。这就要求政府加速与绿色贸易有关的环境立法，通过立法手段促进绿色制造的发展。

(一)全面实施绿色制造，必须在立法、司法、执法、守法的各个环节上树立起与之相适应的新型法治观

与可持续发展相适应的新型法治观必须站在更高的角度、以更加宽广的视角来审视与关照法律制度的功能与定位：它不能仅仅追求当代人的幸福与权利保障而且还应当追求后代人的幸福与权利保障；它不能仅仅着眼于现实社会人与人之间的平等而且还应当着眼于当代人与后代人、人与自然之间的平等。它应当致力于通过法律调节来寻求资源、环境与发展之间的契合点，将人类对环境资源的开发利用限制在其承载力以内；它主张人类在创造自身幸福生活的时候，不能采取耗竭资源、破坏生态、污染环境的手段。

(二)全面实施绿色制造，必须通过立法与制度安排，保障、促进绿色制造发展模式的建立与完善

毋庸讳言，现行法律制度在某种程度上所保障与维护的实质上是一种高投入、高消耗、高废弃的传统经济发展模式。在生态恶化日益严重的今天，面对环境污染与资源枯竭，现行的法律制度常常感到无可奈何，力不从心。因此，必须着手变革现行的法律制度，使其从保障传统经济发展模式迅速过渡到维护新型经济发展模式上来。而以自然资源的低投入、高利用和废弃物的低排放为特征的循环经济恰好为社会的协调发展提供了一种崭新的模式与思路。循环经济倡导的则是一种建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式，它把经济活动组织成一个“资源——产品——消费——再生资源”的物质反复循环的过程，使整个生产和消费的过程很少产生废弃物。在这里，环境合理性与经济效率性得到了有效的结合，从而消解了长期以来环境与发展之间的尖锐冲突。ⁱⁱⁱ

(三)建立绿色贸易与环境法制建设专门机构

可以在各级政府领导下，由外经贸、环保部门牵头，法制、内贸、工业、卫生、海关、检疫等部门参加，聘请环境法学家、国际贸易法学家等作为法律顾问，组成精

干的专门机构，及时掌握有关信息；研究发达国家的绿色贸易壁垒和中方存在的问题、漏洞；研究WTO / GATT多边贸易体系规则；快速反应地提出对策、方案，提供决策机构及时解决问题；促进应当制定或修订的法律、行政法规、部门规章、环境标准等能及时地制定或修订；协调各部门的动作，形成合力。

(四) 加快与绿色制造相关的环境立法

值得注意的是，国际社会在处理贸易与环境争端案件时，与贸易有关的国际环境法和国内环境法往往倍受重视，所引用过的几百个国际环境协议，都没有受到质疑和责难。从已处理的贸易与环境争端的一些案例的裁决来看，只要引用的国内环保法律规定准确、有权威性，维护环境利益的一方往往胜诉；对环境保护不利的一方则往往败诉。根据GATT1994（1947年的《关税及贸易总协定》被1994年的《关贸总协定》所代替，直到现在还适用，简称GATT1994）中“贸易条例的公布和实施”与透明度原则的规定，中国的绿色贸易保障体系应当以法律、行政法规、部门规章为主要构件，同时地方性法规、规章建设也要紧紧跟上，有的问题可以制定综合性法律，有的问题可以制定单行法律。因此，为促进与绿色制造的发展，应以国家法律为指导，以国家政策为基础，加快制订一系列促进推行绿色制造的法律、法规，形成较为完备的法律、法规体系，加快、加强资源循环再生利用方面的立法，通过法律的奖惩与引导作用推动容器包装、废旧家电、食品和建筑废物的回收与再利用。近期亟待制订的法规包括：《循环经济法》等相关综合性法规，对社会的目标，政府、生产者（生产企业和流通企业）、消费者（社会组织、社区和居民）的责任和义务，政府相关管理机构的职能和权限以及各行为主体的法律责任做出规定；同时，为了促进绿色制造的发展，建议制定一些单项法规，如《低资源消耗促进法》、《产品包装法》、《固体废弃物处理法》、《生产性污水处理法》、《回收利用再生商品促进法》等专项法规，对循环型社会建设相关领域的标准、规范、各行为主体责任、义务及法律责任做出规定。此外，有必要针对各地方现状，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》对各地区的地方性法规进行适当的修改，并落实执法机构。《中华人民共和国清洁生产促进法》是一部旨在动员各级政府、有关部门、生产和服务企业推行和实施清洁生产的专门法律。该法对涉及推行清洁生产的组织管理、规划、财政税收政策、资金支持和鼓励措施等方面的内容做出了具体规定，内容丰富，针对性强，为各地区、有关部门全面推行清洁生产提供了法律依据，对转变经济增长方式，提高企业竞争力，特别是在应对与环境相关的非关税贸易壁垒，在国际贸易中维护自己的合法权益，使企业在激烈的国际市场竞争中立于不败之地，促进经济社会可持续发展等方面具有重要的意义。建议总结国内外经验教训，研究制定能力建设、科技开发、税费改革、投融资机制等清洁生产配套政策，尽快出台清洁生产促进法实施细则，加大清洁生产推行和实施力度。

(五) 应当加大并强化企业的环境责任

在绿色制造的推行过程中，必须以法治企，将企业的环境责任由间接指向自然变为直接指向自然，改变以往企业的环境责任仅限于遵守相关标准以及排污缴费方面，并以法律的方式明确规定工业废弃物和产品包装物由生产企业负责回收，建筑废料与装修废物则由施工企业负责回收，通过税收、计划、投资、金融等方面的法律法规促进企业以与自然保持和谐友好的方式开展经营、创造财富。不能否认的是，生态危机在很大程度上是企业在生产经营过程中，因追求即期利润的最大化而造成的环境污染所致，如“三废”的超标排放和生态资源的滥采滥伐，以及假冒伪劣产品的屡禁不止。在绿色消费和绿色市场尚未成熟的时候，企业不可能在绿色产品的生产和开发中获得足够的超额利润，因此，在没有外力干预的情况下企业行为的改变缺乏内在依据。如果只是单纯的寄希望于企业生态意识的觉醒，放弃企业的眼前利益而去追求社会环保利益、实施绿色制造是不现实的。政府主导的绿色制造应从实际出发，通过政府职能来解决绿色经济中市场机制失效的问题，通过法制程序强制性地引导企业行为朝有利于生态环境改善的方向转化。据报导，2001年无锡市环保局对该市新上项目采取环保“一票否决制”，19个工业、房地产项目因为“环境影响评价”无法过关而下马，其中有的项目投资高达数千万元，能够带来丰厚的经济效益。这表明，只有在法制环境下，企业单纯的牟利行为才能得到有效的纠正。

(六)提高贸易与环境执法水平

由于中国的环境产权机制还不健全，政府的环境立法和司法制度存在诸多问题，特别是一些基层政府出于地方主义的利益保护，对环保法规执行不严，职能部门在生态环境的管理上亦缺乏力度。因此，应将国际标准化组织发布的ISO14000环境管理体系系列标准纳入地方行政法规，在全国实施；严格执行贸易与环境各项法律制度，提高贸易与环境管理水平和效率。

8.2.3 改善技术环境

应该以全面提高制造业的绿色制造能力和增强国际竞争力为目标，以整合科技资源为主线，建设具有战略性、基础性、专业性、综合性的公共绿色技术研发服务平台，完善科技创新的公共服务体系，充分发挥政府对绿色制造的科技服务能力，增强制造企业持续发展能力，为企业实现绿色制造提供强有力的科技支撑。

公共绿色技术研发服务平台是运用信息、网络等现代技术构建开放的科技基础设施和公共服务体系，主要由科学数据共享、科技文献服务、仪器设施共用、资源条件保障、试验基地协作、专业技术服务、行业检测服务、技术转移服务、创业孵化服务和管理决策支持的十大系统组成。平台的建设原则要遵循区域需求与国家布局相结合；政府扶持与市场导向相结合；统筹规划与分步实施相结合的原则。平台的建设总体目标是：布局合理、技术先进、功能完备、体系完备、运行高效，以满足科技创新要求；完善政策法律环境，健全运行机制，为推进绿色制造提供开放完备的科技基础设施和

公共服务体系。

公共绿色技术研发服务平台作为科技基础条件平台的重要组成部分，能够有效整合区域科技资源，促进科技资源的高效配置和共享利用，降低企业创新成本，提高创新效率，加快科技成果产业化进程，优化科技创新环境，完善科技创新体系，达到提升制造业的绿色制造能力和国际竞争力的目标。

公共绿色技术研发服务平台应着重于从社会、经济现状和发展需求出发，辨识已经或正在成为制约经济发展瓶颈的资源环境问题，进一步开发支持生产模式和消费模式转变的关键技术，重点关注大幅度提高能源和资源利用效率的技术；先进的、与环境友好的制造业关键技术；建立以废弃物为原料的新型工业技术及体系、以市场规律推动构建物质循环体系的经济和税收政策体系、绿色制造的跟踪评估机制和衡量可持续发展的指标体系，为实现绿色制造提供技术支持。

此外，公共绿色技术研发服务平台应加强和促进绿色制造的相关基础科学技术的研究和开发，促进绿色产业的技术创新。结合各地的实际情况，积极研究和开发适用有效的可以替代传统做法的资源节约型的新材料、新能源、新工艺、新产品，研究和开发各类回收的废弃物的新用途、新产品；积极扶持各类研发活动。依法保护研发机构成果的知识产权，用有偿转让、技术参股、政府购买等多种方式，使研发机构获取合理的经济效益，逐步使各类研发机构进入自负盈亏、自主研发、自我发展的轨道；加强绿色制造社会科学的研究，对发展理念、战略目标、经济关系、社会关系、增长方式、生活方式、消费模式、行为模式、社会政策、组织形式等方面进行研究，为政府决策和制订政策法规提供依据。

8.2.4 建立绿色企业的绿色通道

引导绿色企业的绿色通道旨在为绿色企业或即将设立的绿色企业提供高效投资服务的以政府为主导的一站式综合服务体系。这种综合服务主要有三部分组成：绿色企业投资免费咨询服务、专业中介机构的代理服务、政府审批部门高效公开公平的审批服务。具体内容包括：

(一)鼓励创办绿色企业

建议国家环保部门根据国际环保水平，结合国内的先进水平，对各行业，尤其是污染严重行业的环境保护指标经常性地、甚至逐年地进行修订，以保持指标的先进性与可操作性。对环保规划确实达到先进水平的企业的创建，在环保主管部门确认以后，政府各部门应该尽可能为其提供支持，如尽可能缩短立项审批时间，尽快落实配套资金到位等。

(二)鼓励绿色企业的发展

建议对于环保设备的进口，海关在进口、报关等手续上予以简化；绿色企业增加环保固定设备，可以在增值税上给予一定的优惠；随着环保指标的修订，将有部分污

染较严重的企业被逐步淘汰，对这些企业中有一定规模的，可以在政策引导下，鼓励同业中的绿色企业进行兼并，在兼并条件上给予优惠。对有意向扩大经营规模的绿色企业，也应该在审批、融资、用地、税收等各方面予以政策倾斜；其间涉及几个主管部门的，可以采用联署办公的形式，为绿色企业打开专用绿色通道。

(三)鼓励市场接纳绿色企业产品

对于绿色企业及其产品，政府可以给予“绿色企业”、“绿色产品”等精神激励，（如国家环境保护总局评选“国家环境友好企业”的活动），以提高企业的知名度和无形资产。并建议通过由政府统一发布的广告，宣传绿色企业及其产品，以政府的公信力提高绿色企业及其品牌的知名度。同时，鼓励创办专营绿色产品和绿色企业产品的销售企业，对这些“绿色营销公司”也给予一定的优惠政策。

8.3 产业层面

21世纪，发达国家企业面临来自环境保护方面的压力日益增加，迫使它们实行污染转移，将一些对环境具有较大负面影响的资源与劳动密集型传统制造业产业移向发展中国家，包括中国。因此，一方面，应抓住这次世界制造业中心转移的机遇，大力发展制造业，推进经济的发展；但另一方面，必须避免走入“先发展后治理”的陷阱，遵循可持续发展的原则，将环境保护从事后转移为事前。

制造业各行业，尤其是化学原料及化学制品制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、造纸及纸制品业、纺织业这五大绿色度较差的行业，更应该大力推行绿色制造。而在中国，这五大行业也是当前制造业绿色度较差的行业，因此，在产业层面，如何推进对这五大行业实施绿色制造是关键。

8.3.1 化学原料及化学制品制造业

(一)实施工业布局和产业结构的调整

化学原料及化学制品制造业行业应尽快对布局、企业结构和产品结构进行调整。结构的调整应符合环境保护的要求，新建项目应采用国际先进水平的生产工艺，达到经济规模优、效益好、能耗低、污染物产生量小的要求。对于现有污染严重、又无经济实力治理、在结构调整中无技术改造项目的一些企业，特别是给化工环保背上包袱、又没有发展前途的小农药、小染料、小油漆、小化工、小糖精、小钛白粉、小铬盐等，应实行关停。对于国家经济发展需要的产品，应通过企业重组和技术改造，淘汰落后工艺，实行生产集中化、大型化、减少污染点，缩小污染面。

(二)实施清洁生产，控制污染物排放

清洁生产主要强调清洁原料和能源、清洁生产过程、清洁产品，同时，它又是一个相对的概念，是一个不间断的过程。这就要求企业制定长期的防治污染计划，不间

断地研究开发新的清洁生产技术，并随着经济发展和技术更新不断完善工艺过程，在防止新污染源出现的同时，治理已有的污染物。

对于化工企业，实行清洁生产就意味着“从头至尾”的技术更新和改造，对全过程实行严格管理，以污染物排放量最小作为考核目标。为此，首先必须把清洁生产纳入到企业化工工艺和产品的研究开发与设计中，归根到底，要加强科研工作，依靠科学技术进步。应确定化工行业推行清洁生产的主攻方向，制定攻关项目计划，由政府支持研究经费，组织科研、设计人员攻关会，特别是设计人员一定要把好清洁生产这一关，因为任何先进有效的清洁工艺都是通过设计人员具体体现在生产装置中的，设计人员从设计工作一开始，就要优先选用清洁工艺，在工程上考虑能源、原料的合理利用，化工生产的优化控制和安全运行问题，以加快化工清洁工艺和清洁产品的科研成果的工业化步伐，把潜在的生产力变为现实的生产力。其次，依托技术改造现有重点项目。在现有化工企业中有重点地逐步推行清洁生产，针对各厂的实际情况，优选几个项目进行清洁工艺和清洁产品的生产试点，组织各有关研究所、大学、设计院等单位共同攻关，既要有基础研究、工艺研究，又要有开发研究、工程研究以及专用机械设备的研究等，在统一领导下组织力量攻关会战，拿出成套工业化技术，取得成果后再逐步推广。再次，要改变其生产方式，其中包括改进管理和操作、改进产品设计和、选择更清洁的原料、组织内部物料循环等。最后，必须实行污染物排放总量控制。总量控制的要求是增产不增污或增产减污，用较少的投入量最大限度地削减污染物排放量。要保证总量目标的实现，需建立污染源与环境目标之间的定量关系，制定企业控制目标和以总量控制为基础的措施。污染物排放总量的控制必须依靠技术创新，一是控制“二氧化硫”排放量的相关技术。在化工生产中，煤是主要的原料及燃料之一，也是造成废气中二氧化硫排放量较大的主要因素。国内虽然已开发一些相关技术，但脱硫效果与目标尚有较大差距。国外也有一些公司将自己的技术及设备介绍到中国来。特别是日本，在90年代初与国家计划委员会联合推出了绿色援助计划，无偿向化工系统提供了3套排烟脱硫装置，目前都已达到预期效果，脱硫效率均可达到80%以上。但是因投资过高，难以在企业中使用。因此急需将国外技术国产化，同时进一步开发适合化工企业使用的投资低、效果好的技术。二是急需开发高浓度含盐有机污水的处理技术，因为目前还没有这方面经济适用的技术。三是加快开发有难度的化工资源回收利用技术。在化工生产中，资源的流失是相当严重的，特别是农药、染料、精细化工行业，原材料转化率低，物料回收难度很大，许多有较高的经济价值的原料和副产物都随“三废”流入环境，虽然已开发了一些回收技术，但与环保目标尚有差距，急需组织科研人员改造相关工艺和开发回收技术。

(三)发展循环经济，实现生态发展战略

化工生产中产生的废弃物，一是由于技术不先进、设备落后、各工序不能完全反

应，原料不能够全部转化为产品而作为废物排出；二是反应后排出的生成物不是生产过程所需要的原料(如磷酸生产中产生的含氟尾气、磷石膏；铬盐生产中产生的铬渣、铝泥、芒硝等)作为废弃物排出；三是在反应过程中未反应或只起促进作用而未参与反应的物料(如硫酸生产中产生的二氧化硫尾气和催化剂、助剂等)；四是未能回收完全的产品(如尿素造粒塔的尿素粉尘等)；五是生产反应后的废弃物(如合成氨生产中产生的造气废渣等)。化学原料及化学制品制造业的企业在排放的废弃物中有很多有价值的物料，如果能够回收利用，不仅能减轻对环境的影响，而且能取得一定的经济效益，因此，化工企业亟须发展循环经济，实现生态发展战略。

8.3.2 黑色金属冶炼及压延加工业（以钢铁工业为例）

黑色金属冶炼及压延加工业的绿色化问题，参考绿色制造的过程及其技术，我们认为其核心也在于从制造系统由内而外的思考过程。首先是从内部生产流程（供应链）角度出发从资源利用和污染控制两个方面入手，然后考虑与该行业有关的相关行业的整个生态系统绿色制造问题。

以该行业的典型钢铁制造为例，钢铁生产过程属于现代制造过程，钢材的生命周期将涉及资源、能源的开采、输送过程、钢材制造过程、加工组装过程、使用过程、废弃过程、回收分类利用过程等因果链^[11]（图8.1）。

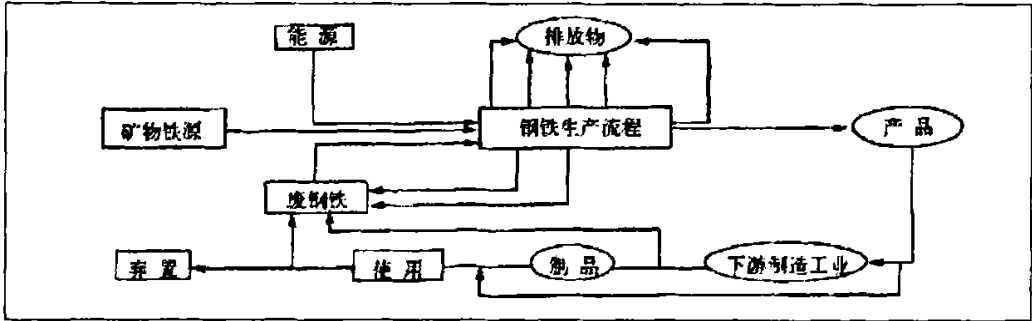


图8.1 钢铁工业生产流程图 资料来源：殷瑞钰，2002

因此，在考虑钢铁制造绿色化中首先必然是整体层面提高各个环节的资源 and 能源利用效率，优化内部制造流程提升效率，并控制整个流程中的排放，考虑循环发展问题，在生产中考虑绿色产品的设计，进而拓展到与钢铁制造有关的相关行业，最后从政府角度考虑适当出台相关激励政策。

（一）提高资源和能源利用效率

在制造中考虑少用矿石及其他天然矿物资源，多用可再生资源如废钢、钢厂粉尘等；少用不可再生资源，如煤炭、石油、天然气等，开发采用新的能源如氢、太阳能等；少用新水和淡水资源，发展节水技术，强化水资源的循环利用，减少废水排放。

（二）优化制造流程

钢铁制造流程优化既有助于提高钢的市场竞争力，又有助于环境友好、可持续发

展。全球钢厂正以积极推进最有效技术为动力，不断使钢铁制造流程从间歇—停顿—流程长向紧凑化—准连续化—流程缩短的方向发展，实际上也是一系列的节能技术、清洁生产技术运用的过程，更是源头治理的体现。从流程整体优化的高度出发，而不是简单地从单元工序、单个装备改造出发再简单相加，才可以使物质获得率最大化、能源效率最佳化和制造过程时间最小化的综合效果(图 8.2)¹⁸。当然，同时也得到清洁生产、降低环境负荷的效果。

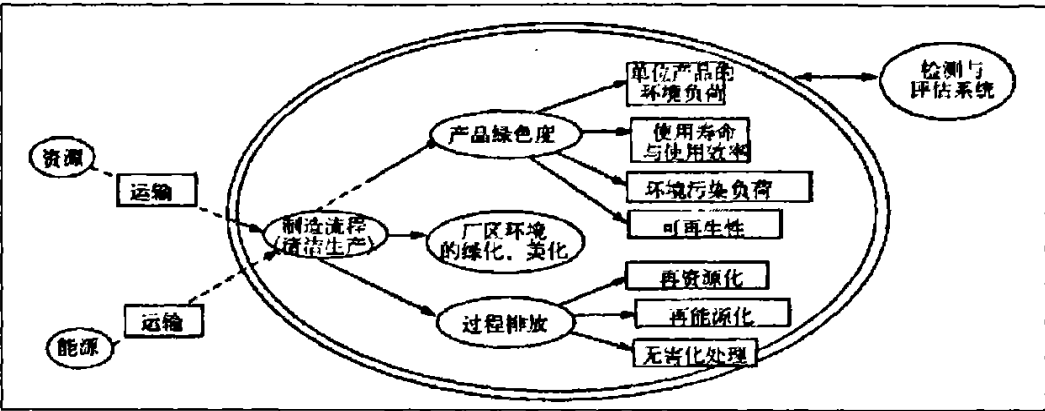


图 8.2 钢铁工业的绿色制造流程

资料来源：殷瑞钰，2002

当代钢铁生产主要以高炉—转炉和电炉两类流程为主。当然，高炉—转炉联合钢铁企业与废钢—电炉短流程企业在生产过程中的排放是不同的。因此，仅就钢厂的排放量而言，用废钢为资源、电为能源的电炉流程钢厂比以铁矿石—煤为源头的高炉—转炉钢厂的排放量要小很多。然而，流程的选择除了市场需求以外，资源、能源条件有着重要影响，必须因地制宜。

(三)控制制造过程的排放，对排放物进行再资源化、再能源化和无害化处理

钢厂生产流程的排放过程中节能、清洁生产的命题和措施与环境保护是一致的，而且更为积极、更为有效，它的内涵主要是对排放物质—能源首先进行再能源化循环处理、再资源化循环使用，最后是尽可能小的无害化处理。一是再能源化循环处理，主要集中在化学冶金过程中，特别是高炉炼铁系统中，在转炉、电炉乃至轧钢加热炉中对烟气的化学能、物理热也有非常好的再能源化处理工艺。二是再资源化处理与循环使用，主要体现在高炉、转炉、电炉对各类含铁物料和可用资源(废钢、铁皮、含铁尘泥、炉渣等)的处理和加工利用。三是无害化处理，主要集中在水处理和节水技术、烟气处理技术(特别是烟气脱硫)，还有其他有害气体的防止产生和处理技术等。当前从节能、清洁生产和环境保护角度看，钢厂的节水、水的闭路循环和污水处理技术、

热水社区供应技术等值得引起特别重视。

(四)开发和制造绿色化产品

开发和制造绿色化产品主要是制品的绿色度问题。制品的绿色度是指制造过程中单位产品环境负荷的标志及其在再加工过程、使用过程、废弃、回收过程中对环境友好的程度。其具体指标可分为：(1) 单位产品的环境负荷；(2) 产品的使用寿命与使用效率；(3) 钢材及其制品对环境的污染负荷；(4) 钢材及其制品的可再生性。

(五)与相关行业形成工业生态链并发挥社会友好功能

生态工业模式是运用生态学原理(图 8.3)，仿照自然界生态平衡过程中物质循环的方式来规划工业生态系统(生态工业链)的一种可持续发展的工业模式。在生态工业带(区)中，各种生产过程不是相互孤立的，而是通过物质流、能量流和信息流互相关联、互为因果的。即一个生产流程中的半成品、废弃物、排放物可以作为另一生产流程的原料、能源而加以利用(再资源化、再能源化、深加工)。生态工业追求的是把系统(生态流程)中各种生产过程从原料、中间产品、废弃(排放)物直至产品的物质循环，扩展到系统(生产流程)以外的生产流程中去，形成生态工业带(区)，达到资源、能源、投资的最佳利用，同时得到环境效益，实现环境友好。黑色金属冶炼及压延加工业绿色化对策可以考虑的方案之一就是 将钢厂、水泥厂、热电厂和石油化工厂、化肥厂、聚合物加工厂等综合起来，形成工业生态链，从而实现“最佳生产、最佳消费、最少废弃”的循环型经济社会。

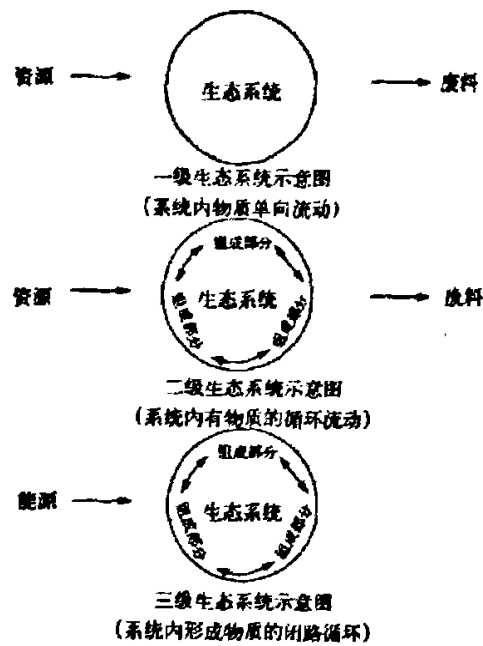


图 8.3 工业生态系统模式
资料来源：殷瑞钰，2002

8.3.3 非金属矿物制品业（以水泥工业为例）

（一）加强对矿山资源的保护，从资源供应角度做好水泥工业绿色化

矿山开采（包括修建上山公路、矿山工作面、工业场地及废石场）改变了原来的自然生态，有的把本来绿化得很好的森林植被破坏了，有的根本改变了原来的地势、地貌。矿山开完之后，许多矿山难于恢复植被，与周围形成很大的反差。所以矿山开采设计时就要有恢复植被方案，矿山开采和恢复植被同时进行，甚至没有植被的矿山开采之后，营造出一个新植被。矿山开采应“三同时”：修建上山公路与恢复生态同时进行；矿山采石与生态保护同时进行；建设工业场地与绿化同时进行。领导机关、环保部门在审批矿山设计的同时，审批恢复或改善矿山生态保护设计。以台湾水泥公司为例，在修建矿山上山公路的同时就搞公路绿化，设计矿山工业场地时就充分考虑要有利于开采后的绿化，矿山开采时将剥离的黄土运到需要绿化的地方，覆盖裸露的岩石，栽培上适于生长的树苗。

（二）实现水泥工厂的绿色化，改善水泥工业与生态环境的相容性

水泥厂绿色化，主要是制造过程减少粉尘排放，其次，是增加工厂的绿化面积，因为花草树木可以净化环境。据统计，每公顷绿地每天吸收二氧化碳 9000 千克，放出氧气 600 千克，有的树木每年可吸收二氧化硫 720 千克，树木还是空气的过滤器，粉尘和有害气体可被吸附或吸收。据测定，草坪的减尘作用比裸地大 70 倍，草坪中含尘量比街道低 1/3 以上，含挥发油的树木能释放杀菌素。国内水泥厂在这方面已有先例，如柳州水泥厂，从家属区、厂前区到车间周围，该厂对每一块地，每一条路的绿化都做了精心设计，大大减少了对环境的污染。水泥厂要与其周围的环境完全相容，和谐共存，减少水泥厂各种污染物的排放，实现零污染。

（三）推进生产过程绿色化，加大对散装水泥的投入

由于水泥生产、装卸、储运、使用等环节的粗放型运作导致的资源浪费和环境破坏特别突出。因此，应大力推广使用散装水泥。袋装改散装，仅一字之差，但使用节能和无污染的“绿色”散装水泥带来的经济、环境效益十分可观。据悉，充当江苏水泥推散工作急先锋的 50 万吨以上水泥企业，他们通过加大技改投入和拓展用散装市场，使年平均散装率高达 45%，年增幅在 10% 左右。江苏散装水泥的跨越式发展，还得益于各级政府的不断推进。截止 2006 年年末，江苏散装水泥供应量为 6563 万吨，散装率达 60%，比全国平均水平高 20 个百分点左右，全省 13 个省辖市以及 1/4 的县城城区均实现禁止现场搅拌任务。如在南京市雨花、鼓楼及市郊大厂、江宁等建筑工地，昔日高高堆放的袋装水泥被即时配送的混凝土所取代，过去令人窒息的弥漫着大量水泥灰的空气也不见了。

（四）实施技术改造战略，加强与科研院所的技术研发合作

据江苏省建材总公司对全省 11 个重点大中型水泥企业的调查统计,2000 年以来累计技改投入高达 4.2 亿元,引入高新技术超过 1120 项,超细、中热、低热和低碱等水泥新品脱颖而出,产销量逐年大幅攀升,三年几乎翻了一番,2002 年分别高达 1650 万吨和 1610 万吨。苏州金猫水泥公司不惜重金引入上百项高新技术,使生产成本降低 10% 以上,他们捧出看家产品与沪、京同行交流,换来的三个新产品经本地化改造,已成为新“苏帮水泥”的代表作,销售可谓“日进斗金”,令同行刮目相看。

各水泥企业应加强与各大学及相关科研机构的技术研发合作,因为科研院所的水泥研究成果,是水泥产业持续发展厚实的科技基础。例如,最近南工大成功开发一项新技术,成功解决了多年制约水泥企业发展的难题——水泥生产能耗资源多,大量排放的二氧化碳污染环境。这项新技术通过优化水泥熟料组成,提高熟料性能,并大幅度提高混合材掺量,从而达到低成本、低能耗、废渣高利用率的目的。实验证明,这项新技术能使水泥生产标准煤耗降低 50kg/t,电耗降低 10kw/h 泥以上,产量提高 30%,成本降低了 20~30 元/t 水泥。南京灵山水泥厂是老厂,随着能源和原材料价格的不断上涨,以及设计本身的缺陷,连续 63 个月亏损,已待破产。从南工大引进这项新技术用于改造企业的生产线,一个月就开始赢利,由过去每月亏损 20 万元变成每月赢利 20 万元,企业摆脱了困境。

(五)实施技术创新战略,降低能耗(热耗和电耗),扩大利废功能

降低能耗,一方面依靠开创新工艺和使用新装备,提高粉磨系统的粉磨效率和烧成系统的热效率;另一方面是创新余热回收技术,用以发电(或供暖、制冷),争取窑尾和冷却机废气余热的发电量基本与水泥的综合耗电量持平,实现水泥厂对电能的零消耗。现今中国水泥工业的余热回收技术与国外最先进的技术尚有一定差距,具有很大的创新空间。

水泥厂非但要实现废料废渣(窑灰)的零排放,而且还要广泛地循环再利用各种低品位原燃料,处理其他工业的废料,以及可燃废料和城市垃圾等,用作二次原材料,与相关工业组成仿生群体,协助减轻全社会的环境负荷,争取早日实现水泥厂对天然矿物燃料的零消耗,即熟料的煅烧 100% 由可燃废料取代天然矿物燃料。这是一个市场前景广阔,环保贡献显著,科技创新十分活跃的领域。

8.3.4 造纸及纸制品业

造纸术是中国古代四大发明之一,为人类创造了物质文明,但随着工业化进程的不断发展,造纸业同时也带来了一系列的环境问题,严重制约了经济的持续发展。造纸及纸制品业已经对中国江河流域造成了严重污染,造纸企业的排污量均高出国外先进企业数十倍甚至上百倍。因此,只有实施绿色制造,造纸业才能走上可持续发展的道路。

绿色制造是采用并行工程的闭环设计过程,是可持续发展思想的具体体现,要实

现这一目标，就要求造纸业改变传统的生产方式和经营观念，走可持续生产之路，即对每一种产品的设计、材料选择、生产工艺、生产设施、市场利用、废物产生和售后服务及处置都要有环境意识。造纸业必须做到五点：生产成本低、生产周期短、产品质量高、技术水平高、不影响生产环境，即实施绿色制造。在造纸业实施绿色制造应采取以下措施：

(一)大力宣传树立绿色制造观念，强化环境意识

企业的决策者和经营者必须要有绿色制造的观念。造纸业对周边环境及相应河流的污染是有目共睹的，形势告诉我们必须全面彻底治理，即必须实施绿色制造战略。

(二)政府支持并建立相应的法规

绿色制造本身是一种企业行为，但要使企业真正将绿色制造作为自觉的企业行为，法律行为和政府行为必须先行一步。首先是立法和行政法规的问题，中国对此非常重视，正在起草《中华人民共和国资源综合利用法》，将对资源优化利用和综合利用问题做出法律上的规定。此外针对造纸业对环境的污染，国家环保总局已发布了《造纸工业水污染物排放标准 GB 8966-1999》。各纸浆厂废弃污染物排放必须达标，这将有利地推动造纸业绿色制造的实施。其次，政府还可以制定经济政策，用市场经济的机制对造纸业绿色制造给予正确的导向。

(三)牢固树立绿色设计的基本思想

绿色设计包括产品从概念形成到制造、使用乃至废弃后的回收、重用及处理处置的各个阶段，即涉及产品全生命周期，是从摇篮到再现(cradle-to-reincarnation)的过程。也就是说，要从根本上防止污染，节约资源和能源，关键在于设计和制造，不能等产品或生产过程产生了不良的环境后果再采取防治措施(即先污染后治理)，要预先设法防止产品及工艺对环境的副作用，然后再制造。造纸业只有采取绿色设计的指导思想，设计上高标准、高起点、高科技含量，适当引进国外先进技术，符合国家环保政策、法规标准，严格贯彻“三同时”，同步配套回收及治污设施，包括三废的综合利用等，才能从根本上防止污染。

(四)面向环境选择原材料

造纸业的原材料决定了生产工艺，并且和是否能达到清洁生产以及不污染环境密切相关。造纸原料目前有两大类：草类原料、木类原料。木类原料制浆造纸少污染并有利于环保，且纸质好，能够满足纸产业日益高档化的需求，是目前的发展方向，应该大力提倡，但这与林业资源密切相关，林业和纸业应该相互促进、协调发展。草类制浆由于环境污染及纸张质量方面的原因，西方一些发达国家已先后在 20 世纪 70~80 年代基本放弃。对中国来说，草类原料(麦草、芦苇、甘蔗渣)尤其麦草是最经济的原料，在近 20 年内恐怕还难以实现“由以草为主向以木为主”的过渡。因此，草浆尤其是麦草浆的治污——碱回收技术还必须深入研究。

(五)实施清洁化生产，发挥污水处理场的治污补充功能

造纸业，主要是对浆碱线实施清洁化生产，就是要想方设法把生产过程中排出的废气、废料等尽可能多地收集起来送到碱炉去焚烧，同时回收热能和化学品。碱回收技术在治理黑液污染、保护环境、节约资源能源、实现江苏造纸业的清洁化生产中起着特别重要的作用。诸如国际上流行的干法剥皮、氧脱木素、封闭筛选、黑白水地沟分流、停机槽罐清洗液、CEF、TCF 漂白等技术均属于清洁化生产，可供我们借鉴。只有实现了清洁生产，才能使最少量的污染物和污水进入污水处理场，减少投资，降低运行费用，以最小的成本实现达标排放。

(六)结合环保，扩大造纸企业的规模效应

对纸浆厂而言，有规模才会有效益(包含社会效益和经济效益)。企业首先追求的是经济效益，其次才会考虑社会效益。要想使企业在考虑社会效益的同时，具有好的经济效益，对纸浆厂而言必须上规模，结合环保，调整产业结构。国际上木浆厂经济规模不小于年产 3×10^5 吨，草浆厂年产不小于 3.4×10^4 吨，并配套碱回收、污水处理场及热电站，才会有经济效益，且不污染环境。因为在此规模以下，纸浆厂配套碱回收、治污设施一般没有经济效益，需要从造纸效益中补贴，显然纸浆厂为了自身的经济利益不会这样做，致使污染环境。因此，造纸厂以绿色造纸为主要标志，以循环经济为主要特征，强调规模效应，以有利于采用新技术、新设备，提高产品质量，降低成本，创造更大的利润。

(七)加强造纸业的结构调整和技术进步

造纸工业在未来发展中应重点抓结构调整和技术进步。结构调整和技术进步应以市场为导向，以效益为中心，以有效供给为依据；依靠科技进步，加强技术创新；加大利用外资力度，走以木浆、废纸为主要原料的纸业发展道路；充分利用草类资源，逐步实现农纸一体化，攻破污染难关，发挥草浆低成本优势；优化产品结构，发展高档产品，保留市场需要的优质中档产品，逐步淘汰低档产品，生产市场急需的短缺产品；继续发展外资企业，推进重点内资企业实现大型化和生产现代化；根治染污，实现造纸工业可持续发展；努力使造纸工业融入国际市场竞争中去。

8.3.5 纺织业

(一)大力推行“绿色”纺织品概念，促进纺织品绿色化

“绿色”纺织品概念的提出，首先来自于“纺织生态学”的创立和研究的深入。而纺织生态学的创立又得益于欧洲一些媒体上一些关于服装、纺织品对人类健康影响的报告发表，这些毒理学的研究成果极大地刺激了某些纺织品的加工企业和研究单位，并且他们认为这也是扩大自己市场份额的好机会，于是就出现了“绿色”纺织品这一概论。起初这一概论并没有明确的定义，对此也有着不同的解释。但绝大多数的商人

们都是从纺织品的生物性、生态性、天然性等方面含糊地告知消费者“绿色”纺织品具有保护人体健康和环境的作用。现在“绿色”纺织品的概念十分明朗，特定的含义是指这类纺织品是经过毒理学测试、并且有相应的标志的纺织品。目前在世界范围内、出现了多达十多种“绿色”纺织品的标志，代表性的有，Oko-texstandard100（生态纺织品标准 100）、M. S. T（通过了有害物质测试的纺织品）和 GUT（环保型地毯协会）等。这些标志产品对纺织品上所含有毒、有害物质范围限制很广，也很严，从 PH 值、染色牢度、甲醛残留、致癌染料、有害重金属、卤化染色载体、五氯苯酚、农兽药残留、其他有机整理剂、某些挥发性物质、特殊气味等化学刺激因素和致病因素，到阻燃要求，安全性、物理刺激等众多方面都有规定。因此涉及面非常之广，仅染料涉及的致癌芳胺中间体达 22 种，相应的染料助剂、涂料等达 100 多种，中国常用的染料中含致癌芳胺的多达 192 种，重金属也涉及十多种，综合检测项目多达近 30 个。近年来特别在欧洲的一些报刊、电视台（尤其是在德国）时常出现一些关于纺织品对人类健康潜在危险的报导，并有一些实际案例，因此这就必然引起消费者、消费者协会以及政府当局及纺织品生产者的广泛重视，一般公众都相信这些报导具有一定的事实基础，再加上人们对纺织品加工属于典型化学加工过程的直接认识，同时许多病理学研究成果的发表，人们不得不承认这一铁的事实，再加上商家从营销利益出发纷纷响应“绿色消费”这一广告战役，因此工厂用环保方法生产的、穿着使用非常安全的纺织品就大行其道。一时间，许多政府以颁布法律的形式给予响应，这无形中又对“绿色”纺织品的消费起到了推波助澜的作用。

因此，纺织业必须得顺应国际潮流，大力在企业推行“绿色”纺织品，从根本上加大企业的技术投入、资金投入，增加产品的技术含量，同时政府应给予出口“绿色”纺织品享受优惠得出口倾斜政策，充分重视纺织业在产业政策中作为支持性产业的地位，促进纺织品绿色化。

（二）改组生产规模，实现纺织工业高度产业化和集约化

实现纺织品“绿色”化生产，要以环保高新技术，生产技术高科技化为依托，实施结果必然实现优胜劣汰，实现高度产业化、集约化，从而达到改组生产规模的目的。以电子信息、生物工程和新材料等为核心的高新技术的发展，将成为纺织工业发展的主流。纺织新材料的开发应用对世界纺织生产与消费将产生重大影响，运用复合、超细、多异、共聚、纳米等技术发展差别化、功能化纤维、高性能纤维将更为广泛地应用于农业、医疗、建筑、航空航天、国防等领域；在资源、环保约束日益加大的形势下，以加强生态环保为目标的生物工程，新型绿色纤维技术和节能降耗技术的开发应用将成为新时期发展的主要趋势；纺织行业应用高新技术对传统工艺进行改造，实现各生产工序的连续化、自动化和产品高质化；信息化技术将在企业生产、流通和管理等领域广泛应用，形成一套完整的快速反应和消费导向体系。

(三)制定系列“绿色”纺织品强制性标准，加强“绿色”纺织品的环保认证

结合中国的实际情况，参照 Oko-Tex 标准 100，制定系列“绿色”纺织品强制性标准，对纺织品上主要的有毒有害物质及其它安全项目实施限制。目前这一限制对中国纺织品的冲击是不可避免的，但要适应也不是高不可攀的。事实上，国内在许多农药、染料、化学助剂上已有明文禁止的规定，按目前初步的情况，不符合“绿色”要求的覆盖面大约在 20% 左右，加以控制后将会大面积减少。

此外，纺织品“绿色”化的最基本要求是要使企业通过 ISO14000 环保认证，而 ISO14000 认证是在 ISO9000 质量体系认证基础上增加了几个要素的控制，这就迫使企业在管理上向国际化管理水平靠拢，从而使企业从传统的低水平管理方式上产生一个质的飞跃。因此，政府要加大推动力度，在纺织行业普遍推行 ISO14000 认证工作。

对纺织品的“绿色”控制既是保障国人身体健康的需要，也是抢占国外市场、打破国外技术壁垒的需要，同时更是保护民族纺织工业的需要。在中国国门早已打开的今天，我们不可能指望通过关税限制国外纺织品的输入，更不可能实施数量限制来抵挡国外纺织品，唯有“绿色”控制这唯一且符合国际惯例的法宝。

(四)加强对绿色资源的开发

纺织业绿色资源开发的着眼点是，无公害新型能源、资源的开发，节省能源和资源的途径及工艺，采用新科技、新设备，提高利用率，废弃物的回收和综合利用等。从八十年代起，英国 Courtaulds(考陶尔)公司作为纤维素纤维新产品，开发研制了面向二十一世纪的绿色纤维——Tensely。Tensely 是将木质浆——粕的天然特性完全再现，分子结构是单纯的碳和水。因此，即便纤维燃烧、腐蚀，由于能生物降解仍可回归大地，无废弃物、无副产品。所使用的氧化胺溶剂对人体完全无害，可以完全回收使用，原料浆粕中所含的纤维素分子不起化学反应，因此将其称作生态纤维或绿色纤维。

(五)加大绿色生产的控制力度

绿色生产，控制是关键，它不但是对环境免受破坏、生产过程中人体健康免受侵害的关键，也是保证最终产品无“公害”的技术关键。生产控制过程包括：(1) 设计控制：绿色纺织品的的设计主要是从产品材料的选择、产品结构及功能的设计、综合考虑，使产品从生产、使用到回收处理整个过程符合特定的环保要求，绿色设计中还应注意品牌设计和包装设计。例如，国外和国内的一些企业也已经着手开发和生产多种绿色服装产品，如“生态服”的研制，这种服装从质地、色调、款式上都很贴近自然，服装的原料生产、漂染、辅料配饰都选用纯天然原料，它们既对人体无害，不污染环境，也符合人类回归自然的心态，要生产这种服装，就要求企业必须组织技术力量，从原料选择、纺纱、染色等环节上严格把关，采取定料、定纺，定织等管理，加大投入，把好绿色的质量关。(2) 消费控制：从保护消费者身体健康的角度出发，制定和

逐步实施禁止有毒、有害纺织品在市场销售的计划时间表，使企业在技术投入上有一段过渡期和准备期，同时各相关部门要加强控制力度，确保安全产品的上市销售。

8.4 企业层面

绿色制造是中国可持续发展战略的重要组成部分，是每个企业家必须考虑的企业行为。但是不少企业认为，绿色制造投入大，见效慢，经济效益不如直接抓成本，抓产量，抓品种等见效快，因而无视对环境的污染，甚至宁愿被罚款，也不愿采取措施。实际上，绿色制造不仅是一个社会效益显著的行为，也可能是取得显著经济效益的有效手段。实施绿色制造可最大限度地提高资源利用率，减少资源消耗，直接降低成本；减少或消除环境污染，减少或避免因环境问题引起的罚款；环境将全面改善，一方面可改善员工的健康状况和提高工作安全性，减少不必要的开支，另一方面在绿色制造环境下工作的员工心情舒畅，有助于提高员工的主观能动性和工作效率，以创造出最大的利润；将使企业具有更好的社会形象，为企业增加无形资产。根据国外经验，一方面，发达国家企业率先推出的绿色产品已经在引导公众的消费结构而有利于可持续发展的方向转变；另一方面，消费者面对极大丰富的商品和服务市场，其消费行为渐趋理性，使得消费绿色化的趋势日益显著。以环境和资源保护为核心的绿色产业正推动着绿色产品的开发与绿色市场的形成。

据预测，绿色产品在未来的 10 年内将主导世界主要工业市场。一些具有超前意识的企业正在顺应这一趋势，通过技术开发和营销策略，逐步为消费者开发出越来越多的绿色产品，绿色制造无疑将为那些行动最快的企业提供新的竞争机会^{*}。因此，对待绿色制造不应该被动地遵守政府和社会道德方面做出的规定，而应该把绿色制造看作是一种战略经营决策。建议各企业在推行绿色制造，开发绿色产品的过程中应重点抓好以下环节：

8.4.1 搜集绿色信息

企业推进绿色制造、实施绿色营销的第一步应该进行国内外绿色市场调查，搜集绿色信息，这样才能有目的、有计划地开发绿色产品，开拓和占领相应的国际绿色市场。绿色信息包括消费信息、资源信息、产品信息、科技信息、法规信息、组织信息等信息中与环境资源密切相关的内容^{xi}。此外，政府应尽快建立国外绿色壁垒的预警机制，加强对国外环保认证标准的研究，收集国外的绿色壁垒措施，建立绿色壁垒信息中心和数据库，并及时地将信息反馈给有关部门和企业，做好防范工作，采取积极措施，突破国外的绿色壁垒。

8.4.2 进行绿色设计

在全球性竞争日趋激烈的驱动下，利用高新技术和现代化管理来提高生产率，节

约自然资源投入，以及节约劳动和各种形式的资本，是促进经济增长与发展的主要源泉。事实上，无论从技术发展，还是从需求推动的角度，绿色制造已经在影响和引导当今的技术发展方向。决定绿色制造目标实现程度的根本因素是资源流，而影响制造系统资源流的因素是多方面的，诸如绿色设计、绿色生产、绿色包装等，其中绿色设计是关键。它是指在产品及其生命周期全过程的设计中，充分考虑对资源和环境的影响，在充分考虑产品的功能、质量、开发周期和成本的同时，优化各有关设计因素，使得产品及其制造过程对环境的总体影响减到最小，注重设计易于回收、节能、耐用、无污染或低污染、不影响健康的产品。绿色设计在很大程度上决定了材料、工艺、包装和产品寿命终结后处理的绿色性。而材料选择是实现绿色产品的关键和前提，如何改变现有设计中只注重材料技术性能和经济性的材料选择思路，将环境问题纳入设计开发之中，已经成为绿色设计的重要内容。在材料选择方面，企业应遵循优先选用可再生材料，尽量选用回收材料，尽量选择环境兼容性好的材料，尽量选用可降解材料等准则，实现设计材料绿色化。

从产品设计到制造技术，从企业组织管理到营销策略的制定，绿色制造技术主要是减少对环境的污染，合理利用资源，节约能源。它包括生产过程技术和末端治理技术，涵盖了技术诀窍、生产过程、产品和服务、装备、组织与管理的整个过程，其目标是以环境可接受方式最大限度地减少废物排放和污染。在全球 21 世纪议程中，明确鼓励企业和部门开发，使用和推广环境无害化技术，并支持建立环境无害技术转移合作网络，中国在这一方面的工作已经起步。

当今世界，谋求与大自然的协调发展，重视环境保护已经成为许多先导企业的共识，许多先进企业都在大力开发低污染、低能耗、无公害的生产工艺与最终产品。以汽车工业为例，当前全球汽车市场竞争激烈，全球各大汽车公司为抢占市场，竞相开发节约能源与低污染技术，不断推出低污染，甚至零污染的绿色汽车。据美国通用汽车技术开发中心介绍，该中心 50% 开发项目与环境有关。与此同时，节能节材技术、资源综合利用技术等的发展也都日新月异。本田汽车公司认为，只有与环境取得和谐一致，汽车大众化的发展才有可能。绿色汽车强调汽车的设计、生产、使用、最终处置等各个环节满足环境保护的要求，其主要特点是节约燃料，尾气排放少，在功能完备的前提下车辆轻型化，废旧车的综合回收利用率较高等。为此，各大著名汽车公司，如福特、通用、本田等都不惜投入巨资，大力开发以新能源、节能、清洁为目标的新型汽车，并已取得很大进展。如通用汽车公司的零排放电动车辆的开发；福特汽车公司最近提出的“新能源 2010”概念车等。

因此，政府与企业应形成共识，采取有力手段，增加绿色技术的研发投入，加强技术创新，在产品设计阶段就考虑到产品生命周期全过程的无污染，资源低耗、回收和对环境的适应性。同时，要结合中国的实际情况，积极研究和开发适用有效的可以

替代传统做法的资源节约型的新材料、新能源、新工艺、新产品，研究和开发各类回收的废弃物的新用途、新产品；重视不可再生材料的替代技术、节能技术、清洁生产工艺、产品可拆卸与回收技术、生态工厂循环制造技术。

8.4.3 实施绿色生产

主要是按照生态工业模式，实现清洁生产，尽量避免使用有害原料，减少生产过程的能源和材料浪费，减少废弃物。生态工业模式，是一种革新性的可持续工业战略。它涉及工业系统设计，从而最大限度地减少废物和提高材料与能源的循环利用，强调生产系统要尽可能封闭，以防止能源或有用材料的流失。生态工业模式企图按照自然系统来塑造工业系统，一种生物的产品成为另一种生物的投入，并使整个过程的效益最大化。这样，可以把若干个相互作用的公司和企业视为一个生态系统，减少废物排放，提高资源利用。清洁生产是实现绿色制造的重要一环。1992 年在里约联合国环发大会上，清洁生产被正式承认为可持续发展的先决条件，《中国 21 世纪议程》中也将其列入其中，并制定了相应的法律。清洁生产要求对产品及其工艺不断实施综合的预防性措施，它要求在提高生产效率的同时必须兼顾削减或消除危险废物及其它有毒化学品的用量，改善劳动条件，减少对操作者的健康威胁，并能生产出安全的与环境兼容的产品。清洁生产既可满足人们的需要，又可合理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，将废物量化、资源化和无害化，或消灭于生产过程之中。

企业实施绿色生产的主要途径有：改变原材料投入，有用副产品的利用，回收产品的再利用，以及对原材料的就地再利用，特别是在工艺过程中的循环利用；改变生产工艺或制造技术，改善工艺控制，对原有设备改造，将原材料消耗量、废物产生量、能源消耗、健康与安全风险以及生态的损坏减少到最低程度；加强生产管理，有效的生产管理被认为是经济有效地减少环境污染、节省资源能源的方法；进行产品的生命周期评价或清洁生产审计，对症下药地提出绿色生产方案并进行可行性分析。

8.4.4 创建绿色品牌

企业产品应符合环保要求，要取得国际环境标志，创造绿色品牌。品牌是企业的无形资产，而驰名品牌意味着可观的市场占有率，良好的社会信誉，较高的知名度，极佳的产品质量和企业形象，更重要的是可带来可观的经济效益和无形的价值。因此，企业应积极采取措施，有意识地扩大和宣传绿色产品商标，重视商标信誉价值的体现，进一步提高绿色产品标志的国际知名度，积极培育绿色产品驰名商标，在竞争激烈的国际市场上站稳脚跟，赢得全面的法律保护。

8.4.5 实行绿色包装

企业要按照进口国的要求，采取使用后利于回收再利用或易于自然分解的绿色包

装。目前，产品的包装已经成为绿色制造的一个研究热点，各式各样的废弃包装物占据了废弃物中很大的份额。据报道，1990 年美国约产生 2 亿吨城市固体废物，其中 1/3 为产品包装。这些包装材料的使用和废弃后的处置给环境带来了极大的负担，尤其是一些塑料和复合化工产品，很多是难以回收和再利用的，有的材料的降解周期甚至长达上百年，只能焚烧或掩埋处理，给环境带来了极大的危害。为此，许多发达国家都制定了新的规定，强调要在包装物的设计制造中就考虑包装品使用后能够尽量被回收，从而减少对环境的污染。欧共体则从包装品的生产及其成分、可被多次运输及使用和再利用三个方面实施新的环境标准。1993 年，德国还颁布了“回收”法令，强制要求制造商回收所有的包装材料。一方面要求制造商减少包装材料的使用，另一方面也要求减少有毒（害）材料的使用（税收相对较重）。产品包装一方面应摒弃求新、求异的消费理念，另一方面应该从设计的角度，去改善现有产品包装浪费资源、污染环境以及处置费用昂贵的不足。

企业实行绿色包装应从如下方面着手：第一，选择和开发绿色包装材料。第二，尽量使用回收得到的材料用于产品包装。回收重用包装材料，不仅能提高包装材料的利用率，减少生产成本，而且可以在包装材料的形成过程中节省大量的能源和其他的资源消耗，同时减少对环境的排放。第三，尽量选用无毒性材料，减少危险材料的使用，包装设计时应该尽量避免采用有毒有害的包装材料。欧美一些发达国家对此已有越来越严格的立法和规定，要求减少和避免使用含铅、铬、镉等对人体健康和生态环境有害的材料。一些国家和组织还限制 PVC（聚氯乙烯）等材料的使用，以减少其制造和废弃后对环境造成的危害。第四，改进产品结构，减少重量，也可改善包装，降低成本并减小对环境的不利影响。如增加产品的结构强度及其抗破坏能力，从而降低对包装材料的要求。DEC 公司的研究表明，增加其产品的内部结构强度，可以减少 54% 的包装材料需求，并可降低 62% 的包装费用^{xii}。

8.4.6 加强绿色认证

绿色认证工作主要有国际环境管理体系系列标准（ISO14000）认证、绿色标志认证等。1995 年 4 月国际标准化组织开始实施《国际环境检查标准制度》，要求企业产品达到 ISO9000 系列质量标准；欧盟也启动了名为 ISO14000 的环境管理系统，没有达标，就不予市场准入。由于该系列标准具有保护环境和消除绿色贸易壁垒的双重作用，因此受到世界各国的广泛关注。这类认证对企业是非强制性的，具有公证性质，企业申请认证有利于企业利益和效率的提高。为了使企业及产品适应国际市场的要求，应制订实施这种国际标准的管理法规，将该国际标准转化为国内标准，推广使用，使工作规范化，积极引导企业进行绿色认证。此外，要按照国际标准的要求，加强与更多国际权威认证机构的交流与合作，为企业取得国际认证创造更加有利的条件。

在积极向 ISO14000 接轨的基础上，在中小企业中扩大关于绿色产品、绿色营销、

清洁生产、环境标志等概念的宣传,提高企业绿色意识,使中小企业在生产经营活动中自觉兼顾经济效益、社会效益和环境效益,消除、减少产品与服务对生态环境的不良影响,鼓励中小企业自觉向 ISO14000 和国际相关产品环境标志的认证要求靠拢,并给予人力、物力、财力、技术和信息上的必要支持,依靠科学管理和科技进步,提高绿色产品的质量和水平,争取通过国际标准绿色认证或出口市场的绿色标志相互承认、相互协调,并通过签订条约、协议等从法律上保证绿色认证制度的顺利实施。主要措施有:(1)重视与环境有关的认证工作。ISO14000 认证和绿色标志认证是本国产品进入国际市场的“绿色通行证”。(2)积极采用国际环境标准,并健全环境标准体系。主要包括环境质量标准、污染物排放标准、环境监测标准以及产品质量环保标准等,这是绿色贸易保障体系的重要支柱。目前,中国环境标准不完备,而且比发达国家相对应的环境标准偏低,甚至差距很大。对此,我们必须及时研究改进,尚未制定的,应当抓紧制定;要求偏低的,应当抓紧修订。只有符合国际标准的产品在国际市场上才是合格产品,才可能具有国际竞争力。(3)加强宣传与环境有关的认证制度。向企业发布与环境有关的认证信息,在认证程序上指导和帮助企业,不收费或低收费^{xiii}。

8.4.7 推行绿色营销

所谓“绿色营销”,是指社会和企业充分意识到消费者日益提高的环保意识和由此产生的对清洁型无公害产品需要的基础上,发现、创造并选择市场机会,通过一系列理性化的营销手段来满足消费者以及社会生态环境发展的需要,实现可持续发展的过程。绿色营销的核心是按照环保与生态原则来选择和确定营销组合的策略,是建立在绿色技术、绿色市场和绿色经济基础上的、对人类的生态关注给予回应的一种经营方式。绿色营销不是一种诱导顾客消费的手段,也不是企业塑造公众形象的“美容法”,它是一个导向持续发展、永续经营的过程,其最终目的是在化解环境危机的过程中获得商业机会,在实现企业利润和消费者满意的同时,达成人与自然的和谐相处,共存共荣^{xiv}。

8.5 园区层面

绿色制造在空间上的载体表现为在一定地域空间形成一个产业共生链型的生态工业园区,通过模拟生态系统,形成一个产业、企业资源优化利用的“小生境”,因此,绿色制造的园区层面也十分重要。

8.5.1 加强政府管理

首先要确定生态工业园的管理模式问题,鉴于目前我国高新区仍然是三种主要类型的管理模式,即政府主导型、政企合型及企业主导型(李华,2001),生态工业园被誉为我国第三代工业园区,即是高新区的延续,因此高新区的管理模式对生态工业

园区的管理具有重要借鉴意义。较国外发达国家而言,我国生态工业园的规划及建设相对较晚且有颇多困难,鉴于生态工业园正处于草创阶段这一现状,为促进生态工业园区正常运营及快速发展,应采取政府主导型的管理模式,成立园区管委会,行使部分的政府管理职能和权限。

作为服务于生态工业园区的管理委员会,应重点处理以下五个方面问题:(1)维持企业构成的社区,把整个生态工业园区作为一个整体,维持这个社区的价值、文化,解决各公司之间、园区管委会和园区企业之间,以及实现园区未来发展的可持续性和保证当前生产效率之间的冲突。(2)保证生态工业园区未来的发展,确保园区企业之间的自我组织形式的社区发展过程顺利进行下去,适时招收新的企业加盟园区以使园区的土地得以充分利用,保证园区企业之间的副产品交换等。(3)管理当前生态工业园的运行,管理和维护生态工业园的基础设施以及获取系统间的合成;分配用于副产品系统、水系统和能源系统的资源,并提供相应的服务;通过提供现场和非现场交易的便利条件以支持园区企业的副产品充分利用;在园区现场执行有关监督操作和绩效要求的各项标准。(4)审计生态工业园区的绩效,主要通过生态工业园区的评价指标体系,对整个园区及企业进行评价,以适时调整战略。(5)协调管理和支持,主要是维持生态工业园的各项物业,包括景观、基础设施、建筑、街道和停车场等;运行一个应用整个园区的信息系统,以便于支持跨公司的联系;为园区企业通报本地的环境状况;监控能源和材料流动,并提供关于厂区和生态工业园绩效的反馈;运营用于紧急事故预防、准备和反应的系统等。

8.5.2 地方政策导向

地方政策的关键目标在于帮助工业园和园区企业有效地创建生态工业园,减少企业创建生态工业园过程中可能遇到的风险和成本,同时应着力于补充中央政策和行业政策的不足,并发挥有效的交流渠道作用,保证各项政策的顺利执行。地方政策导向应从诸如财政补贴、税收、审批等多方面进行,以保证政策的顺利实施。财政补贴可以鼓励向有环境投资项目、清洁生产项目的企业建设提供贷款、经费和补贴,亦应对大部分中小企业因无力独自承担安装污染控制的设备提供补贴,或对于按照在各种设备和系统上的用于最小化污染或保护自然资源的工业设施提供折旧补贴等。税收政策方面,政府可以为入园企业豁免或减少土地使用费或建筑费用,以帮助这些企业在新地方建设新的厂房和设备;对生产污染控制设备的厂家提供优惠税收政策,以降低企业成本;对循环使用物质、能源的企业进行减免税收。行政审批上,政府应尽力缩短各类项目的审批时间,帮助企业解决存在问题,以塑造企业服务者形象。

8.5.3 法规建设

法规建设应注重科技支持、市场保障、政府作用、环境教育等多个层面。中国在

科学技术方面的法律法规还是比较健全的,自1985年以来我国颁布了大量有关科技成果产生、管理、保护、转化、应用等方面的法律法规,为技术的创新、转化等,创造了良好的法制环境。但这些法律法规的共同缺点是对科学技术生态效益欠缺考虑。因此,必须按可持续发展的要求,对我国现行科技法制注入生态化理念,增加生态条款,使科技向生态科技转化,使之成为保障和促进可持续发展战略实现和生态工业园区发展的有力工具。

评价生态工业园区的成功除考虑其在环境影响方面的绩效,更重要的是要考虑其市场竞争力。没有强有力的市场竞争力带来的经济效益,生态工业园区的发展就会失去动力,生态工业园区就是建立在没有经济基础上的“空中楼阁”。因此借鉴国外一些行之有效的做法,建立诸如环境资源税制度,环境审计制度,污染权交易制度,强制回收制度,延伸生产者责任制度等,这些制度设置的目的在于使企业的外部不经济内部化,相对地降低生态工业园区的企业产品的价格,加强产品竞争力。此外给予生态工业园区更多的优惠政策,以降低生态工业园区产品和服务价格。由政府直接给予企业优惠政策,并用制度的形式加以规定,以降低生态工业园区的产品生产和销售价格,如贷款优惠政策、排污收费、财政补贴、营业税收等。

政府的本质应该是生态工业园区的服务者,这是现代行政的要求。政府为市场和市场主体服务,这种观念已逐渐为人们所认同。因此,政府提供准确的信息资料、充分的法律规章和透明的规则程序,最大限度地减少人为因素的影响,切实为生态工业园区创造一个公开、公平和公正的竞争环境。同时,完善投资项目的审批制度,简化政府的审批程序。另外重点发展一批为生态工业园区服务的中介机构或组织,如环境技术咨询、设计、审计、施工以及工程质量监理等。

有利于提高民众的环境意识和环境道德的环境教育,在生态工业园区发展中的作用同样不可忽视。因此应制定一个全国性的《环境教育法》,对环境教育的目标、任务、方式方法、具体措施及环境教育责任作出规定。同时应对我国现有的教育法律法规进行“生态化”改造。

8.5.4 园区激励机制

激励机制主要在于制定各类优惠鼓励政策,目的在于服务于技术提升,通过技术创新作用于整个生态工业园区。例如,鼓励企业、高等院校、科研机构联合创新,并对产学研相结合的技术创新活动给予资金支持。在生态工业园发展萌芽期,政府应鼓励企业成员设立创业资金,采取配套资金拨款、股权投资等方式支持中小企业的生态技术创新活动。此外,政府还应鼓励企业和其他市场主体的员工依法设立信用担保机构,为企业提供以融资为主的信用担保。制定优惠的招商政策,鼓励国外投资组织或个人在园区内投资兴办企业,所办企业在审批、登记、贷款、办理海关手续、人员出入境、场地使用、公用设施以及税收等方面享受优惠待遇,以促进生态工业园的快速发展。

8.5.5 园区生态管理

园区的生态管理不再是以行政管理为主，而是经济、技术等多种管理方式的综合运用，最终形成由管理机构为框架，法律法规为指导，管理制度为主体，多种管理手段并存的具有自身特色的综合管理体系，通过园区、企业和产品不同层次的管理框架体系的设计和实施，强化园区的环境管理，树立园区的良好环境形象，为工业生态系统的持续运转提供基础保障。

园区生态管理应是由生态管理方针和目标、园区的生态管理对象和不同的生态管理方法组成的三维系统(见图 8.4)。针对不同层次(园区—企业—产品)的生态管理对象，将分别设定其管理目标，同时选择采用不同的生态管理方法。在园区层次上，生态管理方法主要包括区域开发环境影响评价，区域 ISO14000 环境管理体系认证、环境信息公开计划、副产品或废物交换系统、生态文明建设等；在企业层次上，生态管理方法主要包括企业 ISO14000 环境管理体系认证、清洁生产、环境会计、绿色供应链管理、建设项目环境影响评价、资源综合利用等；产品层次上，生态管理方法主要包括生命周期评价、产品生态设计、环境标志认证等。

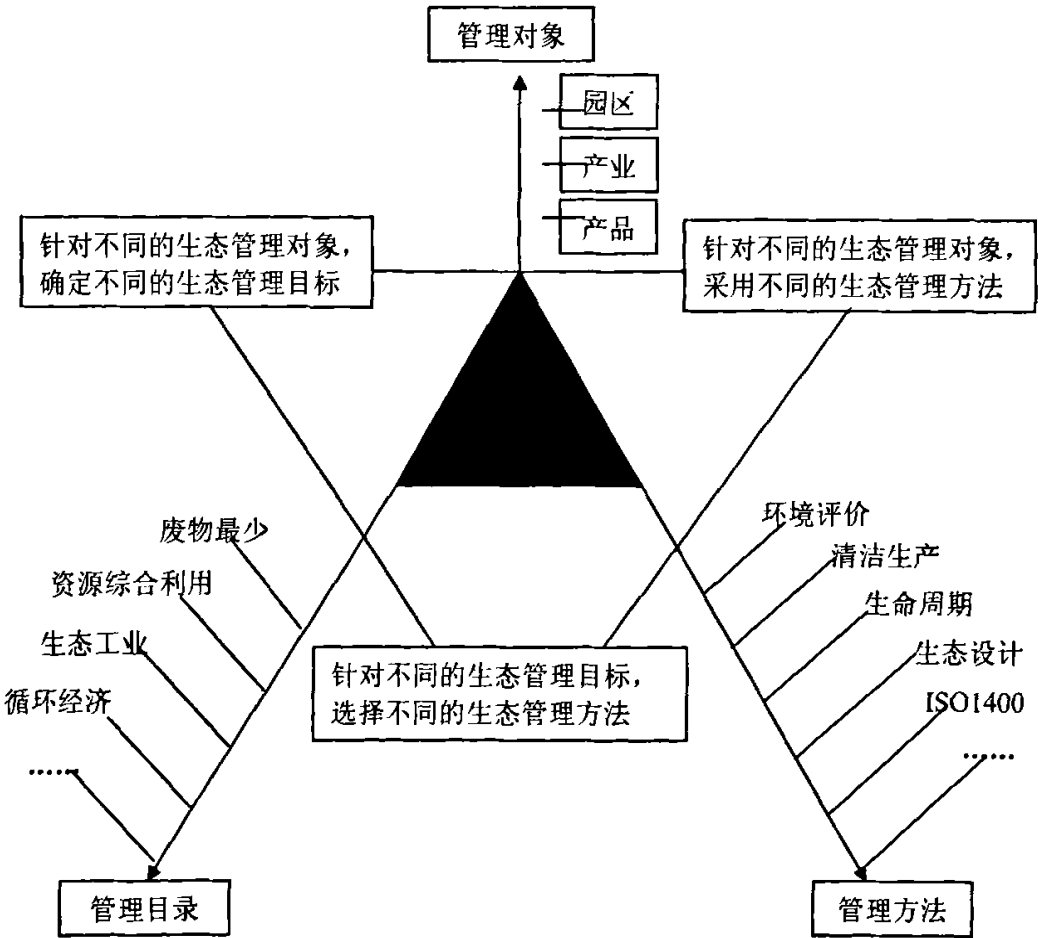


图 8.4 园区生态管理框架体系

8.5.6 企业生态管理

企业生态管理是园区次一级的生态管理，企业的生态管理可以采取多种方法，包括企业 ISO14000 环境管理体系认证、清洁生产、环境成本、绿色供应链管理、建设项目环境影响评价、资源综合利用等，这些方法从不同角度对于加强企业的生态管理、引导企业生态行为都会起到积极的作用。

企业建立环境管理体系，就必须以法律、法规为依据，以 ISO14000 系列标准为指南，目的是减少企业在生产及过程中多项活动所造成的环境污染，最大限度地节约资源、改善环境质量，保持环境与经济的协调发展，提高企业的环境管理水平，从而有效地提高整个园区的综合竞争力。

清洁生产在企业中的实施，即是将污染防治战略持续地应用于生产的全过程，通过不断地改善管理和改进工艺以及采用先进的技术，提高资源利用率，减少污染物的产生和排放，以降低对环境和人类的危害。实施清洁生产的核心从源头抓起，以预防为主，生产全过程进行控制，实现经济效益和生态效益的统一。企业通过实施清洁生产，实现企业内部的物耗、能耗的削减，减少有毒有害化学材料的使用及减少废弃物和污染物的产生，提高资源回收利用，以实现园区的生态管理目标。

环境会计则可以使企业更好地管理环境成本，制定企业的经营战略，更精确地计算产品和生产过程的成本，主要包括环境治理成本、环境保护成本、有关研究与发展费用、有关环境管理的业务费用以及因企业违反了环保法律而付出的罚款和赔偿支出等成本。

绿色供应链管理是企业有效的环境管理方法，企业应建立绿色供应链管理理念，把绿色管理作为企业的文化，渗透到企业的各个环节，从企业内部物流管理做起，逐步建立供应商的档案，实现对供应方的科学评估。同时，在企业的产品设计，尤其是材料选择中加强绿色管理，既降低成本，又达到环境标准。另外，还应加强企业信息化建设，以为企业建立、实施绿色供应链管理体系提供保障。

此外，企业在建设和规模扩大建设中应进行建设项目环境影响评价，以达到国家环保标准，最终优化整个园区的环境。同时还应注重资源综合利用，通过多种方法实现资源的回收利用，以达到资源的最优化利用，实现经济、环境的持续发展。

第9章 结语与展望

9.1 结语

Grossman, Krueger (1994) 总结和分析了 40 多个国家的城市大气和水体质量与经济发展水平的关系, 认为环境并不是一味地随着经济发展而恶化, 而是经历一个环境污染程度先变坏后转好的倒“U”型过程, 由于它与经济学中的库兹涅茨曲线具有相似的性质, 这个倒“U”形曲线后来称为环境库兹涅茨曲线 (EKC) (图 9.1)。

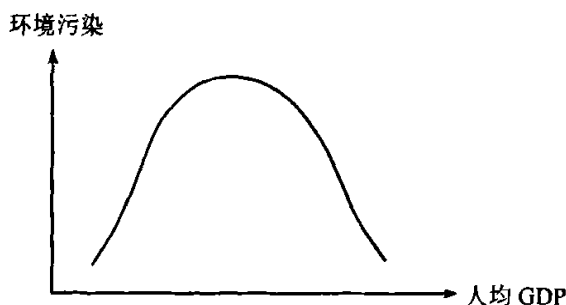


图 9.1 环境污染程度和人均 GDP 之间关系的库兹涅茨曲线

“倒 U 型”曲线表明：在人均 GDP 较低水平时，人均 GDP 的增长和环境污染成正比例关系；达到某一峰值后，人均 GDP 的增长不再引起环境的污染；当人均 GDP 继续增长时，公众对生活质量的追求使更多的投入放在了环保和生态平衡的维护之上，因而随着人均 GDP 的增长，环境污染反而会随之降低。由于这一曲线是对多国的统计实证结果，因此在很大的意义上是具有普遍性的。这对发展中国家人均收入水平较低的情况下，实现环境污染随人均 GDP 的增长而降低的可能性就很低，甚至在很多情况下都不具有可能性。事实上，库兹涅茨的研究隐含着前提是：发展中国家如果沿用发达国家曾走过的经济增长之路，那么，任何后发国家同样都不可避免的会走一条先污染、后治理的经济增长之路。

环境库兹涅茨曲线的提出，一方面为世界环境问题的解决带来了希望和信心，但是同时它也使环境与经济之间密切的原始逻辑关系受到混淆。经济对环境的投入在一定意义上是对在经济发展过程中受损害的环境质量的补偿和恢复。因此，在这个层面上，环境库兹涅茨曲线正好证明了经济的发展必然会带来对原始环境质量的破坏，那么也说明了“先污染，后治理”的发展模式的失败。因此，如何寻求人与自然的统筹发展便会成为人类永恒思索的主题。

在一定意义上，人类在经济社会发展过程中不断探寻各种经济社会发展模式，其实质是在寻求如何保持经济性和生态性的统一。人类在寻求发展道路过程中也走过了保持原始生态、破坏生态到再生生态的“否定之否定”的螺旋式上升的发展路径。

科学发展观，一方面要反对不顾资源浪费和环境破坏的“黑色经济”、“灰色经济”发展模式，另一方面也要反对环保主义的那种只要生态，不要经济增长的发展模式。而从生态经济学概念的提出，到循环经济理念的产生，到绿色制造的提出和发展，则反映人们已经认识到经济发展过程中，生态经济是原始的，循环经济才是解决经济性和生态统一的根本办法，而绿色制造则是其中的关键环节和核心所在。

当然，循环经济在实践中能否顺利推进，主要是建立在对物质和能量循环再用的经济性标准之上的，在强调产业生态化的同时只有遵循了产业发展的经济性原则才能顺利推进，否则任何“有循环、无经济”的实践方案都不能构成循环经济的完整内容。在产业生态化的理论研究和实践推进过程中，同样也可以看出，“有循环、无经济”的产业生态化模式，最终也会因无法取得经济力量的支持而不能推进下去。因此，让循环经济的产业生态化进程能够顺利推进，就必须强调产业系统运行过程的经济性和生态性统一思想。

党的十六大报告中明确指出：“实现工业化仍然是中国现代化进程中艰巨的历史性任务。信息化是中国加快实现工业化和现代化的必然选择。坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子。”这是对中国所处的发展阶段和国情准确定位后所做出的正确选择。

首先，从中国工业化所处的阶段来看，由于中国正处于工业化的中期阶段，实现工业化仍然是一项艰巨的历史性任务。从发展经济学的角度考察一个国家和地区所处的工业化阶段，其中一个重要的参考依据就是人均收入水平和产业结构变化的关系。按照钱纳里对工业化进程 6 个时期和 3 个阶段的划分来看，人均收入水平 280-560 美元进入工业化初期阶段；人均收入水平 560-1120 美元进入工业化中期阶段；人均收入水平 1120-2100 美元进入工业化成熟阶段。现阶段中国经济发展的主要指标特征是：2000 年中国人均国内生产总值为 856 美元，城镇居民家庭人均可支配收入 6280 元，农村居民家庭人均纯收入 2253.4 元。城镇人口占总人口比重为 36.2%。中国国内生产总值在第一、二、三产业所占比重分别为 15.9%、50.9%和 33.2%；全部就业人员在第一、二、三产业所占比重分别为 50%、22.5%和 27.5%。对比国内外经济学家的研究成果，我们可以清晰地看出，目前中国既具有各国工业化中期阶段的典型特征，同时又存在着一些明显的差距。

其次，从中国的基本国情来看，经济二元结构和人均资源禀赋的制约，决定了中国必须走新型工业化道路。中国的基本国情具有两个显著的特征：一是中国经济二元结构特征十分明显。目前中国城乡发展存在巨大差距，中国农村人口占总人口的 2/3，而农村居民家庭人均纯收入仅为城镇居民人均可支配收入的 1/3。二是中国是人口和资源总量的大国，但同时又是一个人均资源的贫国。中国是世界人口数量最多的国家，

但人均资源占有量却大大低于世界人均水平。人均矿产占有量约为世界人均水平的 1/2, 人均耕地、人均水资源约为世界人均水平的 1/3, 人均森林仅为世界人均水平的 1/6。由此可见, 中国实现工业化进程是在经济二元结构特征十分明显、人均资源并不十分富裕的条件下推进的。

此外, 中国经济发展的态势, 正在逐步倾向重化工业化道路。长三角、珠三角纷纷呈现“由轻转重”的趋势, 汽车、石化、重型装备等企业得到倾斜式发展。重化工业发展是部门分工深化的结果, 也是提高劳动生产率的重要途径。但是, 重化工业的发展也会带来诸多问题。首先, 最突出的一个问题就是重化工业部门对能源和资源高度的消耗, 使中国正成为全球能源和资源消耗的大国; 大量的进口能源, 带来的问题必然是市场的高风险, 而且威胁经济安全。其次, 就是环保问题。重化工业发展, 污染物的排放量会很大。尽管我们在环境处理技术上已经有所发展, 也在主张发展循环经济, 但排放的增长绕不过去。

严峻的形势表明, 在当前, 在快速工业化和城市化背景下, 中国经济正进入重化工业化新一轮的发展阶段, 资源和环境问题正成为困扰我们进一步发展的瓶颈。构建绿色制造体系是中国经济可持续发展的根本要求。但是, 要充分认识推行绿色制造的长期性、复杂性和艰巨性。绿色制造的推行, 覆盖范围大, 链接部门广, 涉及因素多, 见效周期长, 是一项涵盖经济、社会 and 环境的庞大的系统工程, 应当坚持理论联系实际, 本着实事求是的原则, 勇于探索, 敢于创新, 走出一条带有中国特色的绿色制造发展之路。

9.2 展望

改革开放以来, 中国经济高速增长已持续近 30 年, 年均增长率超过 9%, 但是当前, 中国经济正处一个十分重要的发展阶段。2003 年中国人均 GDP 突破 1000 美元, 到 2020 年实现全面建设小康社会的奋斗目标时, 人均 GDP 将达到 3000 美元, 标志着已建成中等收入国家并开始向中上收入国家迈进。国际经验表明, 从人均 GDP1000 美元到 3000 美元, 对任何国家的成长来说都是一个极为重要的阶段。在这个阶段, 面临两种可能: 一种是“黄金发展期”, 即保持一个较长时期的经济快速增长和实现国民经济整体素质的明显提高。因为随着人们由为“生存”奋斗转向求“发展”, 求“享受”, 物质、精神、文化和生态消费的需求也越来越高。这种消费结构的升级, 将会引起产业结构的大幅调整和升级, 促进服务业长足发展, 带动城市化加速。由于快速发展的各种基础条件已经具备, 如果处理得当, 就能抓住点略机遇期, 使经济社会发展再上一个新台阶。另一种是“发展徘徊期”。由于这一时期, 往往也是人口、资源、环境等矛盾突出, 瓶颈约束加剧的时期, 如果处理不当, 就可能丧失发展机遇, 导致经济增长徘徊。为此, 正确处理好人口、资源、环境的关系, 促进人与自然和谐发展, 是战略机遇期中

国经济持续快速协调健康发展的重要保障。

在战略机遇期,促进人与自然和谐发展,关键是转变高投入、高消耗、高排放、低效率的粗放增长方式。20多年的改革开放和经济建设,使中国已建立起较雄厚的工业基础。然而,当前中国工业发展还处于高投入、高消耗、重污染、低产出的粗放型发展模式,随着资源、环境压力的加大,国内外市场的加剧,这种模式难以为继。为此,我们要充分考虑中国资源短缺、环境脆弱的基本特点,不断提高工业化的科技含量、降低资源消耗和环境污染,建立起适合中国国情的资源节约、环境友好型的工业化发展道路,实现新型工业化与可持续发展战略的良性互动。

制造业是衡量国家综合实力和国际竞争力的重要标志。当今世界,无论是发达国家还是发展中国家,在经济全球化和信息革命的新背景下都重新审视制造业,并且高度重视制造业。目前各国普遍重视按可持续发展的要求构建现代制造模式,形成了生态工业、循环经济、绿色制造、清洁生产等重要理论和实践行为。特别是大力倡导绿色制造,其目标是使工业产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期,环境影响最小、资源利用率最高、不损害人体健康,并取得显著的经济效益和社会效益。

绿色制造已成为21世纪制造业发展的主要方向。近年来,中国制造业获得了快速发展,但与工业发达国家相比,总体上仍存在较大差距。未来几十年,以机械制造为主的制造业的较快增长,仍将是中国经济实现较快增长的重要因素,制造业仍将是中国经济的主导产业,绿色制造将成为制造业的重要特征。绿色制造是实现走新型工业化道路的重要模式。

新型工业化是中国经济建设和现代化的必由之路,而发展绿色制造业则是实现新型工业化的基本支撑点。绿色制造实质上是人类社会可持续发展战略在现代制造业的体现。在中国进入工业化中期阶段后,制造业的战略地位已经日益凸显,目前中国制造业已经拥有了最为庞大的产业体系,是中国需求最大的国民经济支撑产业,是决定中国国民经济和社会发展以及人民生活水平提高的物质基础。面对世界经济面临的严峻挑战,中国制造业必须要把握当前难得的发展机遇,着眼于从传统制造业逐步演进到现代制造业,缩小中国制造业与发达国家的差距。为此,必须把绿色制造业作为新型工业化的突破口。为了有力地推动绿色制造的实施,政府应制定相应政策,用市场的、经济的、法律的机制对绿色制造实施导向。

中国实现工业化进程是在改革开放20多年,具有巨大的体制、机制和市场活力的条件下推进的,同时又是与全球经济一体化进程同步发展的。这就使得中国在经济新发展阶段拥有了长期持续高速增长的空间。尤其需要强调的是,目前正在实施的“十五”计划是实现工业化和全面建设小康社会奋斗目标的重要开端,国内和国际的环境为我们这一重要开端提供了许多重大机遇:一是世界科学技术突飞猛进,为中国走上

科技含量高、经济效益好、资源消耗少的新型工业化发展道路创造了有利的条件；二是世界范围内结构调整力度加大，产业转移和升级步伐日益加快，为中国最大限度参与国际间资源分配提供了大量机会；三是资本国际间流量加大，流速明显加快，为中国扩大利用外资提供了机遇；四是跨国公司的影响力迅速增强，资本、技术和管理的融合能力进一步加大，使中国深化企业改革和经济战略性结构调整获得了更大的选择余地。

走新型工业化道路，要注意保护生态环境，坚持可持续发展，这实质上是要求人们树立科学的生态价值观，把经济发展与保护环境、控制人口、节约资源结合起来。经济建设与人口、资源 and 环境之间是相互影响和相互制约的关系。走新型工业化道路，推进科技进步和创新，促进产业结构调整，这要求人们充分发挥人的主观能动性；而走新型工业化道路，必须遵循自然规律和社会经济规律，把生态建设与经济建设结合起来，促进人和自然的和谐相处，走可持续发展的道路。

以人为本是科学发展观的本质和核心，是发展的最终目的，这就是要求不断满足人们的多方需求和促进人的全面发展。它不仅要通过经济的持续增长提供更多的物质产品，满足人民的物质需要，还要提高人民的生活质量，提供更优美的人居环境、更清洁的空气、更甜美的饮用水、更绿色的食品，使人们拥有更健康的身体。应该说，满足全体人民的物质文化生活和生态需要，是促进人的全面发展的基本要求。但是，以往的发展忽视人与自然的和谐发展，突出表现为一种粗放的经济增长方式：一是高消耗的增长，导致过度向自然索取，生态退化和自然灾害增多，从而使社会财富减少；二是高排放、高污染的增长，严重污染生态环境，给生产、生活和人民健康带来极大的损失；三是低效益的增长，这也是高消耗、高排放、高污染的必然结果，使人们得不到与经济增长相适应的收入增长。

环境污染和高度消耗能源资源，使得资源困境正在挑战中国发展，这也从另一侧面体现了中国在 21 世纪初的现代化的艰巨性。从生态经济、循环经济到绿色制造体系的提出，我们都在不断反思我们目前的经济增长方式。但仅仅依靠某一种方式，可能很难从根本上使中国摆脱资源困境。因此，如何找到一种长期的、综合的国家发展战略来实现可持续发展仍然任重道远。

注释：

ⁱ 王能民，孙林岩，汪应洛，绿色制造的激励机制研究，中国机械工程，2001.11，第 12 卷第 11 期

ⁱⁱ 刘飞，张华，岳红辉，绿色制造—现代制造业的可持续发展模式，中国机械工程，1998 年 09 期

ⁱⁱⁱ 参见 Green Manufacturing 绿色制造蓝皮书

^{iv} 同 10。

v 同 10。

vi 王金南, 於方等, 建立中国绿色 GDP 核算体系: 挑战与对策, 中国环境, 2004.7

vii 胡勇, 用法治手段推进绿色 GDP 的全面实施, 法制日报, 2004.9.13

viii 参见殷瑞钰, 节能、清洁生产、绿色制造与钢铁工业的可持续发展, 钢铁, 2002, 37 (8)。

ix 同 16。

x 卢岚, 齐二石, 王雪梅, 发展绿色制造势在必行, 机械设计

xi 李果仁, 中国应对绿色壁垒的战略建议, 中国环保产业杂志, 2002 年第 7 期

xii 国家自然科学基金重点项目: 机电产品绿色设计理论与方法

xiii 林汉川, 田东山, 国际绿色贸易壁垒及其突破对策探析, 经济研究参考, 2002.8.14

xiv 郑继方, 绿色营销: 变革、冲突与战略选择, <http://so.bylw.com>, 2003.2.9

主要参考文献

1. A. E. Freeny and D. A. James, etc., Validating Green Manufacturing: A Circuit Board Assembly Case Study, www.epa.gov/opptintr/epp/pdfs/statenlocal.pdf
2. Audra J P C. Chowta Eco-Industrial Park: an ecological approach to industrial land-use planning and design. *Landscape and Urban Planning*, 1998, 42: 239-257.
3. APO (2000). Green Productivity in Asia: APO's Demonstration Projects 1995-1999. Asian Productivity Organization.
4. Bass L. Cleaner production and industrial ecosystem: a Dutch experience. *J. of Cleaner Production*, 1998, 6:189-197.
5. Chiu A S F, Geng Y. On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries. *J. of Cleaner Production*, 2004, 12:1037-1045.
6. Costanza, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387:253-260.
7. Cote R P, Hall J. Industrial parks as ecosystems. *J. of Cleaner Production*, 1995, 39(1, 2):41-60
8. Cote R P, Cohen-Rosenthal E. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. *Journal of Cleaner Production*, 1998, 6:181 — 188.
9. Eco-Industrial Park Workshop Proceedings, October 17-18, 1996, Cape Charles, Virginia, [http://www. Whitehouse . Gov/PCSD](http://www.Whitehouse.Gov/PCSD).
10. Culaba, A. B. and M. R. I. Purvis. (1999). A Methodology for the Life Cycle and Sustainability Analysis of Manufacturing Processes. *Journal of Cleaner Production*. 7: 443 - 445.
11. Duffie N. Trends in green manufacturing. *CASA/SME Technology Trends*, 1998(8): ([http: www.sme.org](http://www.sme.org))
12. Desrochers P. Industrial symbiosis: the case for market coordination. *J. of Cleaner Production*, 2004,(12):1099-1110.
13. Environmental Management Systems, NC Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance <http://www.p2pays.org/iso/>
14. El Serafy, S. "The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources", in

-
- "Environ-mental Accounting for Sustainable Development", [M]. ed. By Ahmand, El Serafy and Luts. The World Bank, Washington D.C. 1989
15. Ehrenfeld J, Gertler N. The evolution of interdependence at Kalundborg. *J. of Industrial Ecology*, 1997, 1(1): 67-80.
 16. Green Manufacturing Is A Strategic Weapon, ManufacturingNews.Com, Sep 15 2000, Vol 7, No. 16, p1, <http://www.epa.gov/opptintr/dfe/tools/iemsguide.htm>
 17. Gibbs D, Deutz P. Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA. *Geoforum*, 2005, 36:452-464.
 18. Heeres R R , Vermeulen W J V, Walle F B. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *J. of Cleaner Production*, 2004 (12):985 — 995.
 19. Integrated Environmental Management Systems: Implementation Guide, US EPA (Oct 2000)
 20. ISO (1997). ISO 14040 : Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. International Organization for Standardization.
 21. Korhonen J. Regional industrial ecology: examples from regional economic systems of forest industry and energy supply in Finland. *J. of Environ. Man.*, 2001, 63:367-375.
 22. Lambert A J D, Boons F A. Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. *Technovation*, 2002, 22:471 — 484.
 23. Loomis J, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey [J]. *Ecol-Econ*, 2000, 33: 103-117.
 24. Lovins, A B, Lovins, L H and Hawken, P. *A road map for natural capitalism*, Harvard Business Review, May-June, 145-158. Organisation for Economic Cooperation and Development (1998) *Eco-efficiency*, Paris, OECD. 1999
 25. Lowe E A, Stephen R M, Douglas B H. *Eco — industrial parks: A handbook for local development teams*. Oakland .CA: Indigo Development , 1992, 13-14.
 26. Lowe E A. *Creating by-product resource exchanges: strategies for eco-industrial parks* . *J. of Cleaner Production* , 1997 (5): 57-65.
 27. Lowe E A. *Eco-Industrial Park Handbook for Asian Developing Countries: A report to Asian Developing Bank*. 2001 , <http://www.indigodev.com/Handbook.Html>.
 28. Manufacturing Grantees Conference, Los Angeles, U S A , 1999.
 29. Martin, V. L. A. D. M. I: Past, present, and future perspectives. Key Report 1999 NAF Design &
 30. Michael. J. Ferrantino. *International trade, environmental quality and public Policy* [J]. *The World Economy*, 1997, (20): 43-72.
 31. Melng S A, Smith R T. *Green Manufacturing* .Dearborn, USA: Society of Manufacturing Engineers, 1996: 2~5
 32. Melng S A, Smith R T. *Green manufacturing*. [M]. Society of Manufacturing Engineers, U.S.A., 1996
 33. Norgaard, R. "Coevolution of Economy, Society and Environment", in "Real-life Economics: Understanding Wealth Creation" [M] ed. By Ekins, Paul and max-neef. Manfred Routledge, England. 1992
 34. PalU. Identifying the path to successful green manufacturing [J]. *JOM , Journal of the Minerals Metals & Materials Society*, 2002, 54 (5) : 25.
 35. Pineda-Henson, R., A. B. Culaba and G. A. Mendoza (2002). Evaluating Environmental Performance of Pulp and Paper Manufacturing Using the Analytic Hierarchy Process and Life-Cycle Assessment.

36. Porter, M. E. and C. van der Linde (1995). Green and Competitive. Harvard Business Review. 120, 122, Sept-Oct 1995.
37. Ruby PINEDA-HENSON and Alvin B. CULABA(2001), Developing An Expert System for GP Implementation, working paper, www.ssrn.com
38. Roberts B H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks :an Australian case study. J. of Cleaner Production, 2004, 12:997-1010.
39. Oh DS, Kim KB, Jeong SY. Eco-Industrial Park Design:a Daedeok Technovalley case study. Habitat International, 2005, (29):269-284.
40. Yang P P, Lay O B. Applying ecosystem concepts to the planning of industrial areas: a case study of Singapore's Jurong Island. J. of Cleaner Production, 2004, 12:1011 — 1023.
41. YIN Ruiyu. Manufacturing Process Emission Environment Friendly Consideration of the Steel Industry vs. The Environment Friendliness. Proceedings of International Conference on Steel and Society (ICSS2000).Osaka, JAPAN. 2000.2.6
42. Srinivasan,M.,Wu,T., and Sheng,P., *Development of a scoring index for the evaluation of environmental factors in machining processes: Part. Health hazards score formation. Transaction of NAMRI/SME*, 23, 1995.
43. Steven A.Melngk,Richard T.Smith.Green Manufacturing.De-troit:Society of Manufacturing Engineers,1996.2
44. Sascha Kranendonk. PLAME: French industrial Eco-parks. <http://www.epe.be/epe/sourcebook/3.8.html>.
45. Thermoshare. Integrated eco-industrial parks with cogeneration, energy cascading and recycling. A report prepared for Environment Canada, Industry Canada and Natural Resources Canada,Ottawa, 1997.
46. Thomas S, Thomas . The industrial region as a promising unit for eco-industrial development-reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. J. of Cleaner Production, 2004, 12:947-965.
47. Zhu Q, Cote R P. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group. Journal of Cleaner Production, 2004, 12:1025-1035.
48. 奥尔利欧·佩奇:《世界的未来——关于未来问题一百页》,中国对外翻译出版社,1985年版,第71页。
49. 陈超. 周福章. 李力千, 机械工业中的绿色制造技术, 机械制造, 2000年07期
50. 陈茂熙. 顾新建, 新的制造战略——绿色制造, 中国机械工程 1997年03期
51. 陈伟. 张华. 张立华, 基于 TOPSIS 方法的绿色制造工艺综合评价, 机械制造, 2004年07期
52. 陈德敏,《循环经济的核心内涵是资源循环利用》,载《中国人口·资源与环境》,2004年第2期,第13页。
53. 陈伟琪, 洪华生等. 厦门岛东部海岸旅游娱乐价值的评估. 《厦门大学学报:自然科学版》, 2001(4): 914-921.
54. 谢英亮, 陈南. 一种基于期权定价理论的矿山资产评估简化模型[J]. 资源科学. 2000(1)
55. 翟峰. 循环经济微探. 国土经济. 2002年第十二期.

-
56. 段宁:《清洁生产、生态工业和循环经济》。《环境科学研究》, 2001, 14 (6):1-8。
 57. 方莉华、张才国,《循环经济概念的科学界定及其实质》, 载《华东经济管理》, 2005 年 3 月, 第 84 页。
 58. 傅志红, 胡爱武, 阳卫群, 产品的绿色设计与绿色制造, 机械设计与制造工程, 1999 年 04 期
 59. 傅伯杰, 陈利顶, 马克明等:《景观生态学原理及应用》。北京: 科学出版社, 2001: 173-176。
 60. 姜文来. 水资源价值模型研究[J]. 资源科学. 1998(1): 36-38
 61. 戴维·皮尔斯等. 世界无末日-经济学·环境与可持续发展. [M]. 中译本. 北京: 中国财政经济出版社.1996
 62. 国家发改委经济体制与管理研究所《中国循环经济发展战略研究》课题组:“发展循环经济是落实科学发展观的重要途径”, 宏观经济研究, 2005 年第 4 期, 第 3 页。
 63. 国家环保总局: 关于印发《国家生态工业示范园区申报、命名和管理规定(试行)》等文件的通知(环发[2003]208 号), 2003 年 12 月。
 64. 国家环境保护总局科技标准司. 循环经济和生态工业规划汇编. 北京: 化学工业出版社, 2004.
 65. 国家环境保护总局网站, 批准建设的国家生态工业示范园区名单, 2005, <http://www.zhb.gov.cn/eic/650217100396199936/20040910/1604.shtml>.
 66. 黄敏纯, 林述温, 范扬波, 聂晓根, 王后红, 李文江, 绿色制造评价系统的研究及应用, 福州大学学报(自然科学版), 2000 年 06 期
 67. 胡勇, 用法治手段推进绿色 GDP 的全面实施, 法制日报, 2004.9.13
 68. 孔令丞, 谢家平. 加强产业集聚效应, 推动工业区生态化. [J]. 科学学与科学技术管理. 2005(2): 95-99
 69. 林朝平, 绿色制造技术的进展, 常熟高专学报, 2002, 16 (2), 71
 70. 李文华等. 生态系统服务功能研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
 71. 李果仁, 中国应对绿色壁垒的战略建议, 中国环保产业杂志, 2002 年第 7 期
 72. 李金昌, 环境价值越来越大[J]. 国际技术经济研究. 1994(2): 31~33
 73. 李寒娥, 蓝盛芳. 一种衡量财富的新思路——以资源能值取代商品价值[J]. 经济地理, 1997, 17(4): 259
 74. 李华, 祁智宏, 代帆:《我国高新技术产业开发区管理模式创新探讨》。《科技进步与对策》, 2001, 1: 17-19。
 75. Lowe E A(著), 耿勇(译):《工业生态学和生态工业园》。北京: 化学工业出版社, 2003。
 76. 罗宏, 孟伟, 冉圣宏:《生态工业园区——理论与实证》。北京: 化学工业出版社, 2004,3。
 77. 林汉川, 田东山, 国际绿色贸易壁垒及其突破对策探析, 经济研究参考, 2002.8.14
 78. 刘文, 王炎序, 张敦富. 资源价格[M]. 商务印书馆, 1996: 55
 79. 刘飞, 杨丹, 陈进. 制造系统工程. 北京: 国防工业出版社, 1995 年 04 期
 80. 刘飞, 张华, 岳红辉. 绿色制造——现代制造业的可持续发展模式. 中国机械工程, 1998 年 09 期
 81. 刘飞, 曹华军, 何乃军, 绿色制造的研究现状与发展趋势, 中国机械工程, 2000 年 1 期
 82. 刘飞. 绿色制造的集成特性和绿色集成系统, 计算机集成制造系统, 1999 年 05 期
 83. 刘飞, 张华, 绿色制造的内涵及研究意义, 中国科学基金, 1999 年 06 期
 84. 刘飞, 张华, 陈晓慧, 绿色制造的决策框架模型及其应用, 机械工程学报, 1999 年 05 期
 85. 刘飞, 张华, 岳红辉, 绿色制造——现代制造业的可持续发展模式, 中国机械工程 1998 年 06 期
 86. 刘瑞素, 郭兰申, 王阳, 曲云霞, 绿色设计和绿色制造是机械行业的发展趋势, 江苏机械制造与自动化, 2001 年 04 期

87. 刘志峰, 刘光复, 绿色制造系统模型及绿色制造工艺开发, 机电一体化 1998 年 02 期
88. 瑞贤:《国家生态工业示范园区建设的新进展》。《环境保护》, 2003, 5 (3) :35-38.
89. 易成栋, 罗志军. 中国生态工业园初探[J]. 中国人口·资源与环境, 2002 年 12 期
90. 卢岚, 齐二石, 王雪梅, 发展绿色制造势在必行, 机械设计, 1999 年 05 期
91. 马琳, 全球兴起“绿色制造”浪潮, 电子展望与决策, 1994 年 04 期
92. 马祖军, 代颖, 刘飞, 绿色制造与现代企业战略, 机电一体化 1998 年 05 期
93. 孟伟, 刘宏. 论生态工业园区的进展与障碍. 中国创新网, 2006-8-4.
94. 秦少军, 中小企业实施绿色制造的思路, 机电产品开发与创新 1999 年 04 期
95. 曲格平,《发展循环经济是 21 世纪的大趋势》, 载《当代生态农业》, 2002 年第 21 期(增刊), 第 18 页。
96. 邱德华, 沈菊琴, 水资源资产价值评估的收益现值法研究[J]. 河海大学学报, 2001(3): 26-27
97. 邱德胜, 钟书华:《生态工业园区理论研究述评》。《科技管理研究》, 2005, (2): 176-178.
98. 沈剑英, 绿色制造的概念和内容, 机械制造, 2001 年 12 期
99. 沈清基:《工业园区生态环境规划探索——以浏阳市工业园为例》。《城市规划汇刊》, 2000, 3: 23-28.
100. 隋春花, 蓝盛芳. 环境—经济系统能值(Emergy)评价——介绍 Odum 的能值理论[J], 重庆环境科学. 1999(1): 18~21
101. 汤惠兰, 孙德生:《工业生态系统及其建设》。《中国环保产业》CEPI, 2003 (2): 14-16.
102. 汪劲松, 段广洪, 等, 基于产品生命周期的绿色制造技术研究现状与展望, 计算机集成制造系统, 1999 年 5 (4)
103. 汪劲松, 段广洪, 李方义, 杨向东, 张洪潮, 基于产品生命周期的绿色制造技术研究现状与展望, 计算机集成制造系统-CIMS, 1999 年 04 期
104. 王金南, 环境经济学, 清华大学出版社, 1994 年, p45
105. 王兆华, 武春友:《基于交易费用理论的生态园中企业共生机理研究》。《科学与科学技术管理》, 2002. 23 (8) :9-13.
106. 王家骥:《区域生态规划理论、方法与实践》。北京: 新华出版社, 2004.
107. 王慧炯, 甘师俊, 李善同等. 可持续发展与经济结构[M]. 科学出版社, 1999: 67-81
108. 王端民, 孙林岩, 等. 知识经济时代制造观念的更新及对制造业的启示, 西北大学学报, 1999 年 29 (4)
109. 王能民、孙林岩、汪应洛, 绿色制造的激励机制研究, 中国机械工程第 12 卷第 11 期 2001 年
110. 王薇薇、李仕良. 产业生态学文献综述, 引进与咨询, 2006 年 04 期.
111. 王如松, 循环经济建设的生态误区、整合途径和潜在产业辨析, 应用生态学报. 2005
112. 汪毅, 陆雍森:《论生态产业链的柔性》。《生态学杂志》, 2004, 23(6):138-142.
113. 吴翰林, 绿色制造及实施中的问题, 节能与环保, 2004 年 05 期
114. 夏绪辉, 张玉萍, 高全杰, 面向绿色制造的工艺种类选择的影响因素及选择模型, 武汉科技大学学报(自然科学版), 2003 年 01 期
115. 向东, 绿色制造在国民经济中的作用和战略意义, 机器人技术与应用, 2004 年 02 期
116. 解振华,《统一认识, 加快推进循环经济发展》, 载《中国党政干部论坛》, 2005 年第 2 期, 第 4 页。
117. 解振华:《建设生态工业园区推进环保产业发展》。《中国环保产业》, 2002, (1) : 28-29.
118. 谢家平, 陈荣秋. 企业产品绿色设计系统分析与评价[J]. 江西社会科学. 2003.4
119. 谢家平. 绿色设计评价与优化[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 2004 年 7 月
120. 谢家平, 孔令丞. 基于循环经济的产业园生态化研究. [J]. 中国工业经济. 2005(4):17

-
121. 徐和平, 孙林岩, 绿色制造模式的哲理与实施动力机制探讨, 系统工程理论方法应用, 2003 年 03 期
122. 薛东峰, 罗宏, 周哲:《海南生态工业园区的生态规划》,《环境科学学报》, 2003, 23 (2): 285-288.
123. 杨晓京. 绿色制造过程中的物能资源消耗过程研究, 机械工程师, 1999 年 04 期
124. 杨芸, 祝龙彪:《建设生态社区的若干思考》.《重庆环境科学》, 1999, 21 (5): 18-23.
125. 杨上广.海洋资源的绿色评价模型研究[D].福建师范大学硕士学位论文, 2002.
126. 杨上广.自然资源合理定价的理论研究.福建地理, 2006 (2): 1-8.
127. 殷瑞钰, 节能、清洁生产、绿色制造与钢铁工业的可持续发展, 钢铁, 2002, 37 (8)
128. 殷瑞钰, 绿色制造与钢铁工业, 钢铁, 2000 年 06 期
129. 尹宜英, 绿色制造——可持续发展战略的核心, 制造业自动化, 1999 年 04 期
130. 于海燕, 在纺织机械中实施绿色制造战略初探, 机械设计与制造, 2003 年 05 期
131. 张华,刘飞,梁洁.绿色制造的体系结构及其实施中的几个战略问题.计算机集成制造系统,1997 年 03 期
132. 张华. 绿色制造的体系结构及总体决策框架研究[D], 重庆大学博士论文, 2000 : 20
133. 张华. 刘飞. 梁洁, 绿色制造的体系结构及其实施中的几个战略问题探讨, 计算机集成制造系统-CIMS, 1997 年 02 期
134. 张华. 刘飞. 马祖军, 绿色制造的广义内涵和集成特性, 制造技术与机床, 1999 年 11 期
135. 张帆, 环境与自然资源经济学[M]. 上海人民出版社. 1998: 57~102
136. 张新民. 段雄, 绿色制造技术的概念、内涵及其哲学意义, 科学技术与辩证法, 2002 年 01 期
137. 张艳, 现代制造业的发展趋势——绿色制造, 国外建材科技, 2004 年 02 期
138. 张渔, 绿色制造——全新的设计概念, 世界科学, 1995 年 06 期
139. 江苏统计局编, 江苏统计年鉴 2004, 北京: 中国统计出版社, 2004 年
140. 中国科学院可持续发展研究组. 中国可持续发展战略报告. 北京: 科学出版社, 1999: 110~132
141. 中国环境与发展国际合作委员会编. 中国自然资源定价研究[M], 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 20-32
142. 王舒曼, 王玉栋. 自然资源定价方法研究[J], 生态经济, 2000(4): 25
143. 王金南, 於方等, 建立中国绿色 GDP 核算体系: 挑战与对策, 中国环境, 2004.7
144. 郑继方, 绿色营销: 变革、冲突与战略选择, <http://so.bylw.com>, 2003.2.9
145. 中国环境与发展国际合作委员会编 中国自然资源定价研究 北京: 中国环境科学出版社, 1997, 11
146. 周宏春,《循环经济: 一个值得重视的发展趋势》, 载《新经济导刊》, 2002 年第 9 期, 第 70 页。
147. 储开宇. 范孝良, 21 世纪绿色制造的生产模式及发展趋势, 煤矿机械, 2002 年 11 期
148. 诸大建, 循环经济的崛起与上海的应对思路[J], 社会科学, 1998, (10): 13-17。
149. 诸大建,《可持续发展呼唤循环经济》, 载《科技导报》, 1998 年第 9 期, 第 39 页。
150. 左铁镛,《发展循环经济 构建资源循环型社会》, <http://news.sina.com.cn/o/2004-11-21/10564301869s.shtml>.