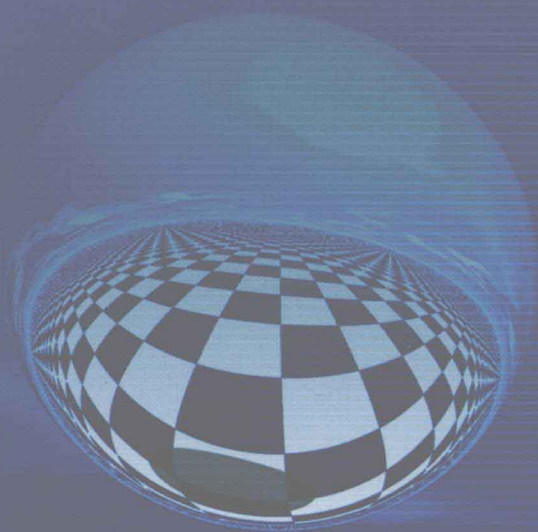




世纪高等教育环境工程系列规划教材

循环经济

曲向荣 李辉 王俭 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育环境工程系列规划教材

循 环 经 济

曲向荣 李 辉 王 俭 编著

机械工业出版社

本书是一本较全面阐述循环经济理论与实践的教材。主要内容分为两部分,第一部分是循环经济的基础知识和相关理论,包括循环经济的产生与发展,循环经济的内涵、特征与原则,国内外循环经济发展概况,循环经济的可持续发展理论、生态学、环境科学、经济学、清洁生产、环境伦理学和产业生态学的相关理论基础;第二部分是循环经济理论的应用与实践,包括农业循环经济、工业循环经济、服务业循环经济、循环型社会建设及固体废物减量化与资源化的理论与实施方法,循环经济的政策制度体系等。

本书可作为高等院校本科生、研究生教材,也可作为从事“三产”的技术人员和管理人员的培训教材或参考书,还可作为环境保护从业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

循环经济/曲向荣,李辉,王俭编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 1

21 世纪高等教育环境工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-36130-5

I. ①循… II. ①曲…②李…③王… III. ①自然资源—资源经济学—高等学校—教材 IV. ①F062. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 208949 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 臧程程

版式设计:霍永明 责任校对:王欣

封面设计:王伟光 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 331 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-36130-5

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

随着世界各国可持续发展实践的不断探索,清洁生产、污染预防、产业生态等各种全新的环境保护理念出现并成熟,循环经济理念作为其中最有代表性的思想之一,受到广泛的认可和重视。

循环经济思想起源于20世纪60年代,作为一种全新的经济发展模式,对人类社会运行从微观到宏观各层面进行了深入阐释,从而成为人类社会追求可持续发展的必然选择。循环经济思想经过几十年的发展,逐渐与可持续发展理论、生态学、环境科学、经济学、清洁生产、环境伦理学和产业生态学等相关理论交叉融合,形成了一套自有的理论体系和技术方法,并在实践中不断得到发展和丰富。

自20世纪末循环经济理念引入我国并与我国具体国情相结合以来,我国循环经济在理论研究和实践探索等方面均取得了丰硕的成果。

进入21世纪,我国政府对环境保护、可持续发展和循环经济更加重视,将循环经济作为一项重要的发展战略写入各级政府国民经济和社会发展规划之中,强调要加强能源资源节约和生态环境保护,提出了建设资源节约型、环境友好型社会的奋斗目标。2008年《中华人民共和国循环经济促进法》的颁布,标志着我国循环经济工作也步入了规范化、法制化的轨道。循环经济作为可持续发展的重要实践途径,对处于经济增长方式转型期的中国具有重要的现实意义,必然成为资源节约型、环境友好型社会建设的核心内容之一。

本书是在循环经济领域的教学与科研成果的基础上编著而成的,逻辑思维清晰,结构合理,理论与实际结合,内容丰富,全面系统。全书共分8章,主要内容包括循环经济的产生与发展,循环经济的内涵、特征与原则,国内外循环经济发展概况;循环经济的理论基础;农业循环经济;工业循环经济;服务业循环经济;循环型社会;固体废物减量化与资源化和循环经济的政策制度体系等。本书由曲向荣、李辉、王俭编写,全书由曲向荣统稿。

本书可作为高等院校本科生、研究生教材,也可作为从事“三产”的技术人员和管理人员的培训教材或参考书,还可作为环境保护从业人员的参考书。

本书在编写过程中引用了大量的国内外相关领域的最新成果与资料,在此向这些专家、学者表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 循环经济的产生与发展	1
1.2 循环经济的定义和内涵	7
1.3 循环经济的技术特征及主要原则	9
1.4 发展循环经济的战略意义和支持 体系	12
1.5 国内外循环经济发展概况	16
复习与思考	25
第2章 循环经济的理论基础	26
2.1 可持续发展的理论基础	26
2.2 生态学的理论基础	33
2.3 环境科学的理论基础	46
2.4 经济学的理论基础	48
2.5 清洁生产的理论基础	49
2.6 环境伦理学的理论基础	56
2.7 产业生态学的理论基础	63
复习与思考	69
第3章 农业循环经济	70
3.1 农业循环经济概述	70
3.2 生态农业与农业循环经济	71
3.3 生态农业的主要类型及典型模式	76
3.4 生态农业园的规划与建设	89
3.5 我国生态农业发展战略与对策	92
复习与思考	96
第4章 工业循环经济	97
4.1 生态工业概述	97
4.2 生态工业园	103
4.3 生态工业园规划与设计	105
4.4 生态工业园评价指标体系	113

4.5 国内外生态工业园的发展	116
复习与思考	126
第5章 服务业循环经济	127
5.1 服务业及其功能和地位	127
5.2 生态化的服务业取向	128
5.3 生态旅游	132
5.4 循环物流	139
复习与思考	150
第6章 循环型社会	151
6.1 循环型社会的内涵	151
6.2 循环型社会建设	154
6.3 循环型社会建设实践案例	156
复习与思考	169
第7章 固体废物减量化与资源化	170
7.1 固体废物的管理	170
7.2 固体废物减量化对策与措施	176
7.3 固体废物资源化再利用对策与措施	178
复习与思考	188
第8章 循环经济的政策制度体系	189
8.1 建立生态型政策体系和综合决策 机制	189
8.2 循环经济的自然资源管理政策	192
8.3 循环经济的经济政策和机制	193
8.4 循环经济和公众参与	197
8.5 循环型社会的法律体系	202
8.6 循环经济的科学技术战略	203
8.7 循环经济的消费模式	206
复习与思考	207
参考文献	208

第 1 章

绪 论

1.1 循环经济的产生与发展

1.1.1 当今世界面临的资源生态环境问题

1. 资源问题

资源问题是当今人类发展所面临的一个主要问题。全球资源匮乏和危机主要表现在：

(1) 土地资源在不断减少和退化 土地资源损失尤其是可耕地资源损失已成为全球性的问题，发展中国家尤为严重。目前，人类开发利用的耕地和牧场，由于各种原因正在不断减少或退化，而全球可供开发利用的后备资源已很少，许多地区已经近于枯竭。随着世界人口的快速增长，人均占有的土地资源在迅速下降，这对人类的生存构成了严重威胁。据联合国人口机构预测，到 2050 年，世界人口可能达到 94 亿，全世界人口迅猛增加，使土地的人口“负荷系数”（为某国家或地区人口平均密度与世界人口平均密度之比）每年增加 2%，若按农用面积计算，其负荷系数则每年增加 6% ~ 7%，这意味着人口的增长将给本来就十分紧张的土地资源，特别是耕地资源造成更大的压力。

(2) 森林资源在不断缩小 历史上世界森林植被变化最大的是温带地区。自从大约 8000 年前开始大规模的农业开垦以来，温带落叶林已减少 33% 左右。但近几十年中，世界毁林集中发生在热带地区，热带森林正在以前所未有的速度减少。

(3) 淡水资源出现严重不足 目前，世界上有 43 个国家和地区缺水，占全球陆地面积的 60%。约有 20 亿人用水紧张，10 亿人得不到良好的饮用水。此外，严重的水污染更加剧了水资源的紧张程度。当前，水资源正面临着水资源短缺和用水量持续增长的双重矛盾。正如联合国早在 1977 年所发出的警告：“水不久将成为一项严重的社会危机，石油危机之后下一个危机是水。”

(4) 某些矿产资源濒临枯竭 化石燃料是指煤、石油和天然气等地下开采出来的能源。当代人类的社会文明主要是建立在化石能源的基础之上的。无论是工业、农业或生活，其繁荣都依附于化石能源。而由于人类高速发展的需要和无知的浪费，化石燃料逐渐走向枯竭，并反过来直接影响人类的文明生活。与化石能源相似，人类不仅无计划地开采地下矿藏，而且在开采过程中浪费惊人，资源利用率很低，导致矿产资源储量不断减少甚至枯竭。

2. 生态破坏

全球性的生态破坏主要包括植被破坏、水土流失、沙漠化、物种消失等。

1) 植被是全球或某一地区内所有植物群落的泛称。植被的破坏(如森林和草原的破坏)不仅极大地影响了该地区的自然景观,而且带来了一系列的严重后果,如生态系统恶化、环境质量下降、水土流失、土地沙化以及自然灾害加剧,进而可能引起土壤荒漠化;土壤的荒漠化又加剧了水土流失,以致形成生态环境的恶性循环。

2) 水土流失是当今世界上一个普遍存在的生态环境问题。据最新估计,最近几年全世界每年有 700~900 万 hm^2 的农田因水土流失丧失生产能力,每年有大约几十亿吨流失的土壤在河流河床和水库中淤积。

3) 土地沙漠化是指非沙漠地区出现的以风沙活动、沙丘起伏为主要标志的沙漠景观的环境退化过程。目前全球土地沙漠化的趋势还在扩展,沙化、半沙化面积还在逐年增加。沙漠化的扩展使可利用土地面积缩小,土地产出减少,降低了养育人口的能力,成为影响全球生态环境的重大问题。

4) 生物物种消失。由于森林、湿地面积锐减和草原退化,使生物物种的栖息地遭到了严重的破坏,食物来源枯竭,生物物种正在以空前的速度灭绝。在过去的 4 个世纪中,人类活动已使全球 700 多个物种绝迹,包括 100 多种哺乳动物和 160 种鸟类,其中 1/3 是 19 世纪前消失的,1/3 是 19 世纪灭绝的,另 1/3 是近 50 年来灭绝的,明显呈灭绝加速之势。

3. 环境污染

环境污染作为全球性的重要环境问题,主要指的是温室气体过量排放造成的气候变化、臭氧层破坏、酸雨或酸沉降等。

由于人类生产活动的规模空前扩大,向大气层排放了大量的微量组分,称为温室气体(如 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、CFCs 等),大气中的这些微量成分能使太阳的短波辐射透过,地面吸收了太阳的短波辐射后被加热,于是不断地向外发出长波辐射,又被大气中的这些组分所吸收,并以长波辐射的形式反射回地面,使地面的辐射不至于大量损失到太空中去。因为这种作用与暖房玻璃的作用非常相似,称为温室效应。温室气体的增加可导致气候变暖。研究表明, CO_2 含量每增加一倍,全球平均气温将上升 $(3 \pm 1.5)^\circ\text{C}$ 。气候变暖会影响陆地生态系统中动植物的生理和区域的生物多样性,使农业生产能力下降。干旱和炎热的天气会导致森林火灾的不断发生和沙漠化过程的加强。气候变暖还会使冰川融化,海平面上升,大量沿海城市、低地和海岛将被水淹没,洪水不断。气候变暖会加大疾病的发病率和死亡率。

处于大气平流层中的臭氧层是地球的一个保护层,它能阻止过量的紫外线到达地球表面,以保护地球生命免遭过量紫外线的伤害。然而,自 1958 年以来,发现高空臭氧有减少趋势,20 世纪 70 年代以来,这种趋势更为明显。1985 年英国科学家 Farman 等人在南极上空首次观察到臭氧含量减少超过 30% 的现象,并称其为“臭氧空洞”。造成臭氧层破坏的主要原因,是人类向大气中排放的氯氟烷烃化合物(氟利昂 CFCs)、溴氟烷烃化合物(哈龙 CFCB)及氧化亚氮(N_2O)、四氯化碳(CCl_4)、甲烷(CH_4)等能与臭氧(O_3)起化学反应,以致消耗臭氧层中臭氧的含量。研究表明,平流层臭氧含量减少 1%,地球表面的紫外线强度将增加 2%。紫外线辐射量的增加会使海洋浮游生物和虾蟹、贝类大量死亡,造成某些生物绝迹,会使农作物小麦、水稻减产,使人类皮肤癌发病率增加 3%~5%,白内障发病率将增加 1.6%,这将对人类和生物造成严重危害。

酸雨或酸沉降导致的环境酸化是目前全世界最大的环境污染问题之一。伴随着人口的快速增长和迅速的工业化,酸雨和环境酸化问题一直呈发展趋势,影响地域逐渐扩大,由局地问题发展成为跨国问题,由工业化国家扩大到发展中国家。目前,世界酸雨主要集中在欧洲、北美和中国西南部三个地区。酸雨的形成主要是由人类排入大气中的 NO_x 和 SO_x 的影响所致。

酸雨对环境和人类的危害是多方面的。酸雨可引起江、河、湖、水库等水体酸化,影响水生动植物的生长,当湖水 pH 值降到 5.0 以下时,湖泊将成为无生命的死湖。酸雨可使土壤酸化,有害金属 (Al、Cd) 溶出,使植物体内有害物质含量增高,对人体健康构成危害,尤其是植物叶面首当其冲,受害最为严重,直接危害农业和森林草原生态系统,瑞典每年因酸雨损失的木材达 450 万 m^3 。酸雨可使铁路、桥梁等建筑物的金属表面受到腐蚀,缩短其使用寿命。酸雨会加速建筑物的石料及金属材料的风化、腐蚀,使主要成分为 CaCO_3 的纪念碑、石刻壁雕、塑像等文化古迹受到腐蚀和破坏。酸化的饮用水对人的健康危害更大、更直接。

人类对全球资源掠夺式的开发利用造成的生态环境破坏,早已经超出了全球或地区生态环境的承载能力,超出了保障人类可持续发展所能够允许的自然极限。如果人类不改变传统的发展模式,全球生态系统将会因此全面崩溃,人类文明将会毁于一旦。因此,人类发展必须走可持续之路。可持续发展呼唤一种全新的经济发展模式,一种善待地球的经济模式,一种环境友好的经济模式,一种人与自然和谐的经济模式。人类已到了当机立断,改弦易辙,重新设计经济运行系统,从根本上改变传统的、粗放型的、不可持续的线性经济发展模式的时候了。幸运的是,人类在对可持续发展理论与实践不断探索和总结的基础之上,找到了通向可持续发展之路的一种崭新的经济发展模式——循环经济。

1.1.2 循环经济的产生

循环经济思想最早萌芽于环境保护运动思潮崛起的时代。

首先,从理论溯源上讲。经济学和生态学是当代的两个既密切关联又对立紧张的学科和领域。在世界范围内颇有影响的美国后现代思想家小约翰·B·科布 (John B. Cobb Jr.) 认为,经济学家和生态学家之间的争论乃是一种现代主义者和后现代主义者之间的争论。经济学和生态学之间的关系是人类今天面临的最重要问题。争论的实质是有关环境与发展的关系问题,并为彻底解决全球性问题提供最佳方案。生态学家们的思想虽然仍受到传统势力的挑战,但是他们的判断更接近于客观事实,即经济发展最重要的目标必须具有可持续性,否则当达到增长的极限时,整个人类将被卷入一场由可怕的破坏而导致的灾难之中。不管这场争论如何,但“后现代的绿色经济思想”“后现代的稳态经济思想”“后现代的可持续发展经济理论”等思想的出现,都是循环经济理念的萌芽,它的目的在于寻求一个“既是可持续的,又是可生活的社会”。

20 世纪 60 年代,美国经济学家肯尼思·E·鲍尔丁 (Kenneth E. Boulding) 提出了“宇宙飞船经济理论”,这是循环经济理论的雏形。鲍尔丁受当时发射的宇宙飞船的启发,用来分析地球经济的发展。他认为,宇宙飞船是一个孤立无援、与世隔绝的独立系统,靠不断消耗自身原存的资源存在,最终它将因资源耗尽而毁灭。唯一使之延长寿命的方法就是实现飞船内的资源循环,尽可能少地排出废物。同理,地球经济系统如同一艘宇宙飞船,尽管

地球资源系统大得多,地球寿命也长得多,但是也只有实现对资源循环利用的循环经济,地球才能得以长存。显然,宇宙飞船经济理论具有很强的超前性,但当时并没有引起大家的足够重视。即使是到了人类社会开始大规模环境治理的20世纪70年代,循环经济的思想更多地还是先行者的一种超前性理念。当时,世界各国关心的仍然是污染物产生后如何治理以减少其危害,即所谓的末端治理。20世纪80年代,人们才开始注意到要采用资源化的方式处理废弃物,但是对于是否应该从生产和消费的源头上防止污染产生,还没有统一的认识。

20世纪90年代以后,特别是可持续发展理论形成后的近几年,源头预防和全过程控制代替末端治理开始成为各国环境与发展政策的真正主流。人们开始提出一系列体现循环经济思想的概念,如“零排放工厂”“产品生命周期”“为环境而设计”等。随着可持续发展理论的日益完善,人们逐渐认识到,当代资源环境问题日益严重的根源在于工业化运动以来高开采、低利用、高排放为特征的线性经济模式,为此提出了人类社会的未来应建立一种以物质闭环流动为特征的经济,即循环经济,从而实现环境保护与经济发展的双赢,真正体现“代内公平”和“代际公平”这一可持续发展的公平性原则。随着“生态经济效益”“工业生态学”等理论的提出与实践,标志着循环经济理论初步形成。

1.1.3 循环经济的发展历程

循环经济的发展经历了三个阶段:20世纪80年代的微观企业试点阶段、20世纪90年代的区域经济模式——生态工业园阶段和21世纪初的循环型社会建设阶段。换言之,循环经济的发展趋势也正经历着由企业层面上的“小循环”到区域层面上“中循环”再到社会层面上的“大循环”的纵向过渡。

1. 单个企业的早期响应阶段

在企业层面上,可以称之为循环经济的“小循环”。根据生态效率的原则,推行清洁生产,减少产品和服务中物料和能源的使用量,实现污染物排放的最小化。20世纪80年代末,当时世界500强的杜邦公司开始了循环经济理念的应用试点。公司的研究人员把循环经济“3R”原则发展成为与化工生产相结合的“3R制造法”,即资源投入减量化(Reduce)、资源利用循环化(Recycle)和废物资源化(Reuse),以少排放甚至“零排放”废物。他们通过放弃使用某些环境有害型化学物质、减少某些化学物质的使用量,以及发明回收本公司副产品的新工艺等,到1994年已经使生产造成的塑料废物减少了25%,空气污染物排放量减少了70%。同时在废塑料(如废弃的牛奶盒和一次性塑料容器)中回收化学物质,开发出了耐用的乙烯材料等新产品。

2. 新型区域经济模式——生态工业园的实践阶段

在区域层面上,可以称之为循环经济的“中循环”。20世纪80年代末到90年代初,一种循环经济化的工业区域——生态工业园应运而生了。它是按照工业生态学的原理,通过企业或行业间的物质集成、能量集成和信息集成,形成企业或行业间的工业代谢和共生关系而建立的。特别是丹麦卡伦堡生态工业园在循环经济的生态型生产中脱颖而出,它通过企业间的废物和副产品交换,把火电厂、炼油厂、制药厂和石膏厂联结起来,形成生态循环链,不仅大大减少了废物的产生量和处理的费用,还减少了新原料的投入,形成了生产发展和环境保护的良性循环。

目前,生态工业园(Ecological Industrial Parks, EIPs)已经成为循环经济的一个重要发

展形态,成为许多国家工业园改造的方向,也正在成为我国第三代工业园的主要发展形态。

3. 循环型社会建设阶段

在社会层面上,可以称之为循环经济的“大循环”。它通过全社会的废旧物资的再生利用,实现消费过程中和消费过程后物质和能量的循环。在该阶段,许多国家通常以循环经济立法的方式加以推进,最终实现建立循环型社会。

1.1.4 人类发展进入经济社会转型期

1. 从环境的角度来分析社会发展

原始社会中,人类主要依靠狩猎技术来获取生活资料,是人类对自然的一种直接索取,但由于当时生产力水平非常低,而自然界的恢复能力又很强,故没有对自然环境造成明显的影响。随着生产力的发展和技术进步,人类建立起农业文明,推动了经济社会发展,并建立了相应的生产关系。由于人口的不断增长,低下的劳动生产率难以满足人们对食物的需求,于是便引发了大规模的开荒、过度放牧,使森林和草原遭到破坏,导致水土流失、土壤沙化。历史上曾经灿烂的玛雅文明、西亚的巴比伦文明、中国的西域文明,就是这样先后湮灭的。

18世纪中期,伴随着第一台蒸汽机在英国的诞生,工业文明蓬勃兴起。随着工业文明的不断发展,它在给人们衣食住行和社会生活各方面带来翻天覆地变化的同时,也带来了环境污染。特别是到工业社会后期,一方面环境污染已成为社会公害,受害范围从局部扩展到全球;另一方面,能源和资源的消耗速度空前加快,生物物种急剧灭绝,气候变暖,臭氧层耗减,自然环境已不堪重负,环境问题严重威胁着人类的生存和发展。这首先从工业发达国家开始,如很有代表性的伦敦烟雾事件、日本水俣病事件等八大公害,给人类社会的发展带来很大的负面影响。人们开始从挫折和教训中觉醒,逐渐认识到人类对自然资源的不适当开发利用是使环境造成严重破坏的主要原因,并逐步深刻地认识到人类同大自然和谐共处的重要性,而一味地强调人是第一位的观点是错误的、有害的。

要解决生态环境问题,实现人与自然的和谐共处,必须以一种新的文明取代工业文明。1992年召开的联合国环境与发展大会,历史性地提出了可持续发展战略,这一先进思想迅速被全球认可,这标志着生态文明的逐步兴起,也开始了人类社会由工业文明向生态文明过渡的转型。

2. 从经济发展模式来分析社会发展

人类的生存与发展,就是不断地从自然界获取资源,进行经济再生产和社会再生产的过程,因此人与自然环境关系的基础和相互作用表现,就是人与自然构成的系统中的物质和能量流动,这也是一切经济活动的基础。

原始社会和农业社会,主要是直接从自然界获取生活资料,是对资源的直接取用,且其影响多在自然界本身恢复、补偿能力之内,这种经济模式属于自然经济,对应的文明就是农业文明。

在工业社会,人类主要是通过对自然物质的加工来获取生活资料,并且利用原料的方式多是一次性的,物质要素的流动形式具有线状特征,即“资源→产品→废物”,把这种经济模式称为线性经济,它对应的是工业文明阶段,如图1-1所示。社会经济以空前的规模和速度发展,自然生态相对稳定的循环链条被一次次强烈而粗暴地打破,环境污染、生态破坏的

问题也逐步积累起来。该阶段采取的治理措施是“末端治理”。线性经济遇到了环境要素的严重制约，使工业文明陷入窘迫的境地。

随着对环境与发展问题认识的不断深入，对环境污染和生态破坏的不断反思，人类逐渐认识到，要扬弃 18 世纪以来的经济发展模式，必须转变获取生活资料的方式。要尽可能使物质得以循环使用，能量得到尽可能充分利用，替代原料和可再生能源得到充分开发，环境问题通过全过程控制得以解决，物质要素流动形式就应具有网状（立体交叉）特征，即“资源→产品→再生资源→再生产品”，我们把这种经济发展模式称为循环经济，它对应的文明将是一种全新的文明，即生态文明，如图 1-2 所示。

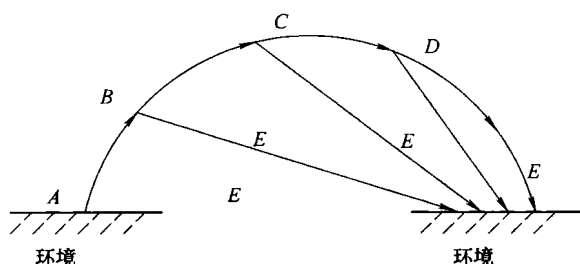


图 1-1 传统经济模式下的物质流动示意图

A—人类从环境中索取自然资源的经济行为 B—人类加工资源的经济行为 C—物质产品的流通分配活动 D—使用和消费产品活动 E—各阶段废物置入环境

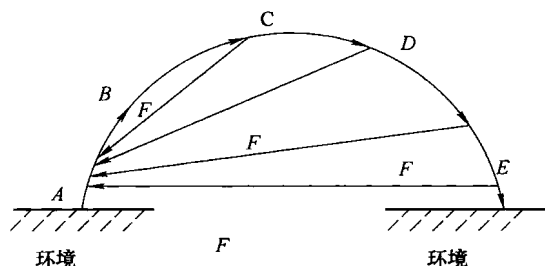


图 1-2 循环经济模式下的物质流动示意图

A—人类从环境中索取自然资源的经济行为 B—人类加工资源的经济行为 C—物质产品的流通分配活动 D—使用和消费产品活动 E—末端产生的“废物” F—将各阶段产生的废物再资源化投入加工环节

总之，人类获取生活资料的方式决定了经济发展模式，根据参与经济活动的物质要素流动形式，经济发展模式可分为自然经济、线性经济和循环经济，它们所对应的文明分别是农业、工业和生态文明，对污染治理的方式分别是自然净化、末端治理和全过程控制，如图 1-3 所示。

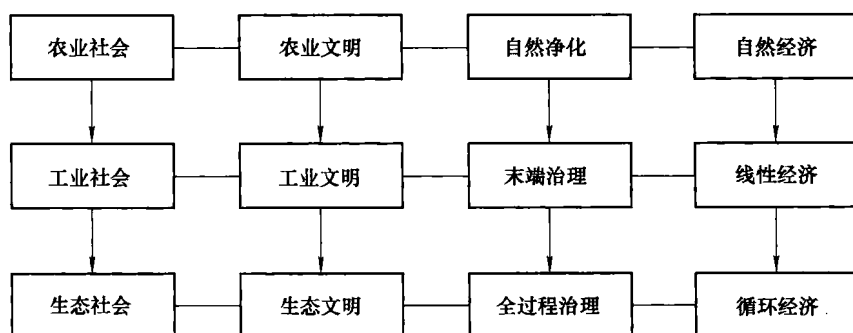


图 1-3 社会、经济、环境对应示意图

3. 人类开始进入工业社会向生态社会的转型期

随着对环境与发展问题的深刻反思，人们逐步认识到，人类要更好地生存与发展，必须善待自然。1972 年人类环境会议的召开，是人类对环境问题认识的转折点；1992 年世界环境与发展大会的召开，标志着可持续发展已成为全世界人们的共同追求；2002 年在约翰内

斯堡召开的世界可持续发展首脑会议,标志着生态经济的模式、循环经济理念已逐渐被人们接受,经济发展模式正在由线性经济转向循环经济,人类社会正处于线性经济向循环经济的转型期。

循环经济使经济活动组成了一个物质反复循环的流动过程,最低限度地产生污染,最高效率地利用资源能源。循环经济理念作为社会文明进步的标志,逐渐成为经济转型期的重要理论特征。

1.2 循环经济的定义和内涵

1.2.1 循环经济的定义

目前,循环经济的理论研究正处于发展之中,还没有十分严格的关于循环经济的定义。一般而言,循环经济(Circular Economy或Recycle Economy)一词是对物质闭环流动型(Closing Material Cycle)经济的简称,是以物质、能量梯级和闭路循环使用为特征,在资源环境方面表现为资源高效利用,污染低排放,甚至污染“零排放”。

德国1996年出台的《循环经济和废物管理法》中,把循环经济定义为物质闭环流动型经济,明确企业生产者和产品交易者担负着维持循环经济发展的最主要责任。

《中华人民共和国循环经济促进法》中将循环经济定义为:循环经济是指将资源节约和环境保护结合到生产、消费和废物管理等过程中所进行的减量化、再利用和资源化活动的总称。减量化是指减少资源、能源使用和废物产生、排放、处理处置的数量及毒性、种类等活动。还包括资源综合开发,不可再生资源、能源和有毒有害物质的替代使用等活动。再利用是在符合标准要求的前提下延长废旧物资或者物品生命周期的活动。资源化是指通过收集处理、加工制造、回收和综合利用等方式,将废弃物质或者物品作为再生资源使用的活动。在一般情况下,应当在综合考虑技术可行、经济合理和环境友好的条件下,按照减量化、再利用和资源化的先后次序,来发展循环经济。

从这个定义中可以看出,循环经济在经济运行形态上强调了“资源→产品→再生资源”的物质流动格局;在过程手段上,强调了减量化、再利用和资源化的活动。同时,定义强调了循环经济在经济学意义上的范畴,即循环经济依然是指社会物质资料的生产和再生产过程,只不过这些物质生产过程以及由它决定的交换、分配和消费过程要更多地、自觉地纳入资源节约和环境保护的因素。事实上,只有从经济角度而非单纯的环境管理角度,循环经济才能担负得起调整产业结构、增长方式和消费模式的重任。

循环经济倡导的是一种建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式,它要求把经济活动按照自然生态系统的模式,组织成一个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物。

简言之,循环经济是按照生态规律利用自然资源和環境容量,实现经济活动的生态化转向,它是实施可持续发展战略的必然选择和重要保证。

1.2.2 循环经济的内涵

所谓循环经济,本质上是一种生态经济,它要求运用生态学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→废物”单向流动的线性经济,其特征是高开采、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,然后又把污染物和废物毫无节制地排放到环境中去,对资源的利用是粗放性的和一次性的,线性经济正是通过这种把部分资源持续不断地变成垃圾,以牺牲环境来换取经济数量型增长的。而循环经济所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→再生产品”的反馈式流程,其特征是低开采、高利用、低排放。所有物质和能源要能在这个不断进行的经济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。循环经济为工业化以来的传统经济转向可持续发展的经济提供了战略性的理论范式,从而从根本上消解长期以来环境与发展之间的尖锐冲突、循环经济和传统经济的比较可见表 1-1。

表 1-1 循环经济和传统经济的比较

比较项目	传统经济	循环经济
运动方式	物质单向流动的开放性线性经济 (资源→产品→废物)	循环型物质能量循环的环状经济(资源→产品→再生资源→再生产品)
对资源的利用状况	粗放型经营,一次性利用;高开采、低利用	资源循环利用,科学经营管理;低开采,高利用
废物排放及对环境的影响	废物高排放;成本外部化,对环境不友好	废物零排放或低排放;对环境友好
追求目标	经济利益(产品利润最大化)	经济利益、环境利益与社会持续发展利益
经济增长方式	数量型增长	内涵型发展
环境治理方式	末端治理	预防为主,全过程控制
支持理论	政治经济学、福利经济学等传统经济理论	生态系统理论、工业生态学理论等
评价指标	第一经济指标(GDP、GNP、人均消费等)	绿色核算体系(绿色GDP等)

循环经济力求在经济发展中遵循生态学规律,将清洁生产、资源综合利用、生态设计和可持续消费等融为一体,实现废物减量化、资源化和无害化,达到经济系统和自然生态系统的物质和谐循环,维护自然生态平衡。简要说,循环经济就是把清洁生产和废物的综合利用融为一体的经济,它本质上是一种生态经济,要求运用生态学规律来指导人类社会的经济活动。只有尊重生态学原理的经济才是可持续发展的经济。

循环经济的发展模式表现为“两低两高”,即低消耗、低污染、高利用率和低循环率,使物质资源得到充分、合理的利用,把经济活动对自然环境的影响降低到尽可能小的程度,因此循环经济是符合可持续发展原则的经济发展模式,其内涵要求做到以下几点。

(1) 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,使物质充分循环利用,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对经济社会生活的本质要求。

(2) 提高环境资源的配置效率 循环经济的根本就是保护日益稀缺的环境资源,提高环境资源的配置效率。它根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、提高经济发展规模和质量的目的;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。

(3) 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。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的产业结构,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。

但是,从内涵上讲,不能简单地把循环经济等同于再生利用,“再生利用”尚缺乏做到完全循环利用的技术,循环本质上是一种“递减式循环”,而且通常需要消耗能源,况且许多产品和材料是无法进行再生利用的。因此,真正的“循环经济”应该力求减少进入生产和消费过程的物质量,从源头节约资源和减少污染物的排放,提高产品和服务的利用效率。

1.3 循环经济的技术特征及主要原则

1.3.1 循环经济的技术特征

循环经济的技术体系是以提高资源利用效率为基础,以资源的再生、循环利用和无害处理为手段,以经济社会可持续发展为目标,推进生态环境的保护。

循环经济是我国新型工业化的高级形式,主要有四大技术经济特征:

1) 提高资源利用效率,减少生产过程的资源和能源消耗。这既是提高经济效益的重要基础,也是减少污染排放的重要前提。

2) 延长和拓宽生产技术链,即尽可能地在生产企业内利用污染物,以减少生产过程中污染物的排放。

3) 对生产和生活中用过的废旧产品进行全面回收,可以重复利用的废弃物通过技术处理成为二次资源无限次的循环利用。这将最大限度地减少初次资源的开采和利用,最大限度地节约利用不可再生的资源,最大限度地减少废弃物的排放。

4) 对生产企业无法处理的废弃物进行集中回收和处理,扩大环保产业和资源再生产业,扩大就业,在全社会范围内实现循环经济。

1.3.2 循环经济的主要原则

1. 循环经济的七大基础原则

(1) 大系统分析的原则 循环经济是比较全面地分析投入与产出的经济,它是在人口、

资源、环境、经济、社会与科学技术的大系统中,研究符合客观规律,均衡经济、社会和生态效益的经济。人类的经济生产从自然界取得原料,并向自然界排出废物,而自然资源是有限的,生态系统的承载能力也是一定的,如果不把人口、经济、社会、资源与环境作为一个大系统来考虑,就会违反基本客观规律。

(2) 生态成本总量控制的原则 如果把自然生态系统作为经济生产大系统的一部分来考虑,就应该考虑生产中生态系统的成本。所谓生态成本,是指当经济生产给生态系统带来破坏后再人为修复所需要的代价。在向自然界索取资源时,必须考虑生态系统有多大的承载能力,人为修复被破坏的生态系统需要多大的代价,因此要有一个生态成本总量控制的概念。

(3) 尽可能利用可再生资源的原则 循环经济要求尽可能利用太阳能、水、风能等可再生资源替代不可再生资源,使生产循环与生态循环耦合,合理地依托在自然生态循环之上。如利用太阳能替代石油,利用地表水代替深层地下水,用生态复合肥代替化肥等。

(4) 尽可能利用高科技的原则 国外目前提倡生产的“非物质化”,即尽可能以知识投入来替代物质投入,就我国目前发展水平来看,即以“信息化带动工业化”。目前称为高技术的信息技术、生物技术、新材料技术、新能源和可再生能源技术及管理科学技术等都是大量减少物质和能量等自然资源的投入为基本特征的。

(5) 把生态系统建设作为基础设施建设的原则 传统经济只重视电力、热力、公路、铁路等基础设施建设,循环经济认为生态系统建设也是基础设施建设,如“退田还湖”“退耕还林”“退牧还草”等生态系统的建设。通过这些基础设施建设来提高生态系统对经济发展的承载能力。

(6) 建立绿色 GDP 统计与核算体系的原则 建立企业污染的负国民生产总值统计指标体系,即从工业增加值中减去测定的与污染总量相当的负工业增加值,并以循环经济的观点来核算。这样可以从根本上杜绝新的大污染源的产生,并有效制止污染的反弹。

(7) 建立绿色消费制度的原则 以税收和行政等手段,限制以不可再生资源为原料的一次性产品的生产与消费,促进一次性产品和包装容器的再利用,或者使用可降解的一次性用具。

2. 循环经济的三大操作原则

循环经济以“减量化(Reduce)、再利用(Reuse)、再循环(Recycle)”作为其操作准则,简称为“3R”原则。

(1) 减量化原则 减量化原则属于输入端方法,目的是减少进入生产和消费流程的物质质量。换言之,人们必须学会预防废物的产生而不是产生后再去治理。在生产中,厂商可以通过减少每个产品的物质使用量、重新设计制造工艺来节约资源和减少污染物的排放。如对产品进行小型化设计和生产,既可以节约资源,又可以减少污染物的排放,再如用光缆代替传统电缆,可以大幅度减少电话传输线对铜的使用,既节约了铜资源,又减少了铜污染。在消费中,人们可以通过选购包装少的、可循环利用的物品,购买耐用的高质量物品,来减少垃圾的产生量。

(2) 再利用原则 再利用原则属于过程性方法,目的是延长产品服务的时间;也就是说人们应尽可能多次地以多种方式使用人们生产和所购买的物品。如在生产中,制造商可以使用标准尺寸进行设计,使电子产品的许多元件可以非常容易和便捷地更换,而不必更换整

个产品。在生活中,人们在把一样物品扔掉之前,可以想一想家中、单位和其他人再利用它的可能性。通过再利用,人们可以防止物品过早地成为垃圾。

(3) 再循环原则 再循环原则即资源化原则,属于输出端方法,即把废弃物变成二次资源重新利用。资源化能够减少末端处理的废物量,减少末端处理(如垃圾填埋场和焚烧场)的压力,从而减少末端处理费用,既经济又环保。

需要指出的是,“3R”原则在循环经济中的作用、地位并不是并列的。循环经济不是简单地通过循环利用实现废弃物资源化,而是强调在优先减少资源能源消耗和减少废物产生的基础上综合运用“3R”原则。循环经济的根本目标是要求在经济流程中系统地避免和减少废物,而废物再生利用只是减少废物最终处理量的方式之一。德国在1996年颁布的《循环经济和废物管理法》中明确将其规定为:避免产生—循环利用—最终处置。首先,要减少源头污染物的产生量,因此产业界在生产阶段和消费者在使用阶段就要尽量避免各种废物的排放;其次,是对于源头不能削减又可利用的废弃物和经过消费者使用的包装废物、旧货等要加以回收利用,使它们回到经济循环中去;只有当避免产生和回收利用都不能实现时,才允许将最终废物(称为处理性废物)进行环境无害化的处置。以固体废弃物为例,循环经济要求的分层次目标是,通过预防减少废弃物的产生;尽可能多次使用各种物品;完成使用功能后,尽可能使废弃物资源化,如堆肥、做成再生产品等;对于无法减少、再使用、再循环或者堆肥的废物进行无害化处置,如焚烧或其他处理;最后剩下的废物在合格的填埋场予以填埋。

“3R”原则的优先顺序是,减量化→再利用→再循环(资源化)。减量化原则优于再使用原则,再使用原则优于再循环利用原则,本质上再使用原则和再循环利用原则都是为减量化原则服务的。

减量化原则是循环经济的第一原则,其主张从源头就应有意识地节约资源、提高单位产品的资源利用率,目的是减少进入生产和消费过程的物质流量、降低废弃物的产生量。因此,减量化是一种预防性措施,在“3R”原则中它是节约资源和减少废弃物产生的最有效方法。

再使用原则优于再循环利用原则,它是循环经济的第二原则,属于过程性方法。依据再使用原则,生产企业在产品的设计和加工生产中应严格执行通用标准,以便于设备的维修和升级换代,从而延长其使用寿命;在消费中应鼓励消费者购买可重复使用的物品或将淘汰的旧物品返回旧货市场供他人使用。

再循环利用原则本质上是一种末端治理方式,它是循环经济的第三原则,属于终端控制方法。废物的再生利用虽然可以减少废弃物的最终处理量,但不一定能够减少经济活动中物质和能量的流动速度和强度。再循环利用主要有以下特点:

1) 依据再循环利用原则,为减少废物的最终处理量,应对有回收利用价值的废弃物进行再加工,使其重新进入市场或生产过程,从而减少一次资源的投入量。

2) 再循环利用是针对所产生废物采取的措施,仅是减少废物最终处理量的方法之一,它不属于预防措施而是事后解决问题的一种手段,在减量化和再使用均无法避免废物产生时,才采取废物再生利用措施。

3) 有些废物无法直接回收利用,要通过加工处理使其变成不同类型的新产品才能重新利用。再生利用技术是实现废弃物资源化的处理技术,该技术处理废弃物也需要

消耗水、电和化石能源等物质，所需的成本较高，同时在此过程中也会产生新的废弃物。

1.4 发展循环经济的战略意义和支持体系

1.4.1 发展循环经济的战略意义

1. 发展循环经济是实现可持续发展的必由之路

1992 年联合国环境与发展委员会在巴西里约热内卢召开的“环境与发展大会”，通过了《环境与发展宣言》和《21 世纪议程》两个纲领性文件，标志着可持续发展的理念已得到全世界的普遍认可。可持续发展战略强调的是环境与经济的协调，关注资源的永续利用和生态环境的保护，而循环经济则是从资源环境是支撑人类经济发展的物质基础出发，通过“资源→产品→废弃物→再生资源”的反馈式循环过程，使所有的物质和能量在这个永续的循环中得到持久合理的利用，实现用尽可能小的资源消耗和环境成本，获得尽可能大的经济效益和社会效益。因此，循环经济与可持续发展在根本上是一致的，发展循环经济是实现可持续发展的必由之路。

2. 发展循环经济是解决环境危机的根本途径

大量的事实证明，水、大气、固体废物的大量产生，与资源利用效率低密切相关，同粗放式的经济增长模式存在着内在联系。废物只不过是另一种形式的资源，用合理的方式循环利用资源，不仅可以避免废物的大量产生，减少污染，还能减少新鲜资源的开采量，提高资源的利用效率。据测算，我国能源利用率若能达世界先进水平，每年可减少排放 SO_2 400 万 t；固体废物综合利用率如果能提高 1%，每年可减少 1000 万 t 废物的排放；粉煤灰综合利用率若能提高 20%，就可以减少废物排放近 4000 万 t，这将使环境危机得到很大程度的缓解。

3. 推行循环经济模式是适应国际贸易发展的需要

世界许多国家的发展已经显示出，迫切需要通过能源、资源的有效利用和多次回收、再利用、再循环来设计、改造产品，并且改变相应的生产和消费模式。因此，国际贸易中也显示了未来的趋势是把社会发展从不断加剧的物耗型模式转向高效、循环利用资源的生产与消费模式。目前具有代表性的贸易—环境政策有：绿色标志、包装回收、再循环的环境法令和政策。也就是说，环境因素将成为国际贸易中的贸易壁垒。

发展循环经济是国际经济一体化和环境一体化趋势对于发展中国家的必然要求。正处于高速发展的工业化阶段的发展中国家，若不适应国际经济发展的要求将面临难以同他国竞争，贸易条件日益恶化的局面。因此，发展中国家应当积极适应国际经济、贸易发展中对产品生产和服务的生态化要求，抵御绿色贸易壁垒的消极影响，改变粗放的单向型线性特征的发展模式，提高经济增长的质量，从而提高国家在国际贸易中的竞争力。

4. 发展循环经济是全面实现小康社会的目标和建立和谐社会的必然选择

改革开放以来，我国在经济建设上虽取得了瞩目的成就，但我国的环境问题也越来越突出，如 1990 年到 2001 年，废水排放量从 354 亿 t 上升到 428 亿 t，增长 20.9%；工业废气排放量从 85000 亿 m^3 上升到 160863 亿 m^3 ，增长 89.3%；工业固体废物产生量从 5.8 亿 t 上