

农业循环经济：

政策与技术

刘荣章 翁伯琦 曾玉荣 编著

中国农业科学技术出版社

农业循环经济:政策与技术

刘荣章 翁伯琦 曾玉荣 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业循环经济:政策与技术/刘荣章,翁伯琦,曾玉荣编著. —北京:
中国农业科学技术出版社,2007.6

ISBN 978-7-80233-298-0

I. 农… II. ①刘…②翁…③曾… III. 农业资源-资源经济学-
研究-中国 IV. F323.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第077137号

责任编辑 冯凌云 杨玉文

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街12号 邮编:100081

电 话 (010) 68919704 (发行部) (010) 62150862 (编辑室)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68975144

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 850mm × 1 168mm 1/32

印 张 7

字 数 200千字

版 次 2007年6月第1版 2007年6月第1次印刷

定 价 22.00元

前 言

20 世纪 90 年代以来,循环经济理论正逐步完善,不仅成为人们的共识,而且已成为指导世界各国社会经济发展的重要理论。循环经济以减少资源消耗、减少环境污染为目标,遵循与倡导减量化(Reduce)、善利用(Reuse)、资源化(Recycle)的“三 R”原则和物质闭环循环的经济发展模式,其主体理念与综合配套技术可望成为解决世界面临的资源不足和环境污染的有效办法,贯彻循环经济战略必将成为社会经济可持续发展的必然选择。

农业是国民经济的基础。作为地球上最大的人工生态系统,农业在为人类提供食物的同时,也为人类和社会经济可持续发展发挥日益重要且不可替代的作用。农业的地位与特点决定了农业循环经济是全社会循环经济的基础与关键,农业循环经济也是农业自身发展和实现循环型社会的必由之路。发展农业循环经济与保护农村生态环境是人们关注的热点,也是一个整体的两个侧面。不可否认,循环经济不仅在工业上大有作为,而且在农业持续发展过程中也具有良好的前景。在建设社会主义新农村时期,必须从宏观引导与具体实施层面,推进农业循环经济发展,其作用与意义是不可言喻的。

我国的循环经济早先是由环保与管理部门推动,集中于工业与社会领域实施,理论探索也多集中于社科研究与环境保护部门。作为农业部门,相关的理论研究略显滞后。“循环农业就是农业废弃物利用”、“循环农业又回到了原始农业,与现代农业无关”、“农业循环经济就是微观上的生态种、养,而无现代与区域农业理念内涵”、“循环

农业就是中国生态农业,是重复多余的概念”等片面认识普遍存在,对什么是农业循环经济,农业循环经济包括哪些内涵等,缺乏全面的认识,对农业循环经济系统理论及发展策略研究有待进一步深化,尤其对农业循环经济的政策与技术的配套研究有待进一步重视与加强。

正是基于这一现状,我们在承担福建省科技厅有关农业循环经济重点课题研究,查阅了大量的文献书籍,作了比较全面研究的基础上,将有关研究内容与学术观点加以汇集提炼,并编辑成书。本书从循环经济的基本原则与农业自身发展特点出发,认知农业循环经济,并根据福建农业发展的客观现状与问题,提出适合农业循环经济发展的政策及技术模式,以期为福建及全国农业循环经济发展提供参与借鉴。

本书编写提纲由翁伯琦、刘荣章拟定,曾玉荣对提纲编写提出修改意见。各章节执笔与完成人分别是:第一章由翁伯琦、刘荣章执笔,第二、第四、第六章由刘荣章执笔,第三章第一、三节由臧春荣、刘荣章执笔,第三章第二节由李建华执笔,第五章由郑百龙、刘荣章、曾玉荣执笔,第七章由杨军、李伟伟执笔,第八章由李伟伟、刘荣章执笔,第九章由刘荣章、曾玉荣执笔,第十章由周江梅执笔。全书由刘荣章、翁伯琦、曾玉荣负责统稿。

本书是在福建省科技厅重点课题(编号:2004R006)研究的基础上完成的,因此,要特别感谢福建省科技厅在项目立项上给予的支持与帮助;课题组其他成员:张良强、王景辉、吴越、刘用场、翁志辉、周琼、邓启明、许正春、郑芳梅、林树文等同志帮助收集,提供了基础资料;福建省农业科学院农业经济与科技信息研究所丁中文所长等所领导在经费、人员、时间等方面给予支持;福建农林大学许文兴教授和福建省农业科学院生态研究所黄毅斌研究员等专家予以悉心的指导和有益的建议;本书的撰写,查阅了大量的资料,引用了大量文献数据、图表、甚至观点,作为书中观点的佐证,这些文献有的在参考文献中已经列举,有的则没能一一列出。在此,一并表示衷心的感谢。

由于受时间、精力的限制,精别是受到水平的限制,良好愿望与

实际效果的差距还是很大的,尤其书中尚有许多不足之处,甚至错误,希望专家与读者批评指正。我们希望抛砖引玉,引起更多专家与读者的关注农业循环经济,共同促进整个社会循环经济的发展。

作者

2006年12月

目 录

第一章	循环经济理论发展与创新	1
第一节	循环经济理论的产生与发展	1
第二节	循环经济的本质与特征	13
第三节	循环经济的科学发展观	16
第二章	循环经济的探索与实践	21
第一节	循环经济 4 种层次与典型模式	21
第二节	发达国家循环经济发展典型实例	27
第三节	中国循环经济发展典型	33
第三章	循环经济社会理念与行动	44
第一节	循环经济的社会理念与误区	44
第二节	循环经济与一次性消费	51
第三节	基于循环经济之绿色 GDP 的研究	59
第四章	农业循环经济的产生与特点	70
第一节	循环农业的产生背景分析	70
第二节	农业循环经济的基本原则	74
第三节	农业循环经济与其他现代农业理念	77
第五章	农业循环经济技术体系	82
第一节	循环经济与科学技术观	82
第二节	农业循环经济技术特点	89
第三节	农业循环经济主要配套技术	92

第四节	农业循环经济基本模式与技术	96
第六章	福建农业循环经济的发展策略	107
第一节	福建农业循环经济发展环境分析	107
第二节	农业循环经济的产业政策	114
第三节	农业循环经济的经济政策	118
第四节	农业循环经济发展的宣教政策	122
第五节	农业循环经济的法规制度	124
第七章	农业循环经济与节水农业技术	129
第一节	节水农业是农业循环经济的重要内容	129
第二节	我国节水农业技术研究进展	132
第三节	国外主要节水技术与政策	136
第四节	我国节水农业存在的主要问题	146
第五节	我国节水农业发展策略	149
第八章	农业循环经济与废弃物综合利用技术	153
第一节	废弃物综合利用是农业循环经济的重要内容	153
第二节	我国农业废弃物资源化利用技术现状	157
第三节	废弃物资源化存在的问题与对策	173
第九章	农业循环经济与生物质能源开发	180
第一节	生物质能源形式与特点	180
第二节	生物质能源开发是农业循环经济的重要内容	182
第三节	生物质能源的应用历程与发展现状	185
第四节	农业生物质能源开发技术体系	187
第五节	我国农业生物质能源的开发策略	190
第十章	福建农业循环经济实例	195
第一节	龙佳生态农业观光园实例分析	195
第二节	福建圣农集团实例分析	201
第三节	启示与建议	204
参考文献		207

第一章 循环经济理论发展与创新

第一节 循环经济理论的产生与发展

循环经济思想最早可以追溯到环境保护思潮兴起的 20 世纪 60 年代。1965 年美国经济学家鲍尔丁(K.E.Boulding, 1910~1993 年)提出的“宇宙飞船经济理论”成为循环经济思想萌芽的早期代表。然而,在 20 世纪 70、80 年代,世界各国关心的问题还是污染物产生之后如何治理以减少其危害,即仍停留在环境保护的末端治理方式。到了 90 年代,人类而临的人口爆炸、资源枯竭和环境污染三大问题日益严酷,人们在不断探索和总结的基础上,特别是可持续发展战略成为世界各国的共识以后,学者和政府官员们越来越认识到当代资源环境问题日益严重的根源在于工业化以来以高开采、高消费、高排放、低利用(“三高一低”)为特征的线性经济模式,于是,源头预防和全过程污染控制才逐步成为西方发达国家社会经济与环境发展政策的真正主流。

随着工业化的进程,生态学迅速发展。以资源利用最大化和污染排放最小化为目标,人们开始模仿自然生态系统。按照自然生态系统物质循环和能量流动规律重建经济系统,把经济作为自然系统的一个子系统,使得经济系统和谐地纳入到自然生态系统的物质循环和能量循环过程中。20 世纪 80 年代末以来,工业生态学理念萌芽,美

国学者罗伯特·福罗什(Robert Frosch)在《可持续工业发展战略》一文中,首次提出工业生态学概念。生态工业园区作为一个新兴的工业生产理念在美国引起了政府、科研机构及工商企业的重视。1991年,美国国家科学院举办了第一届关于生态工业的研讨会,美国政府在总统可持续发展委员会下面设立了“生态工业园区特别工作组”,推动工业生态园的发展。之后,发达国家逐渐将清洁生产、资源综合利用、生态设计和可持续生产与消费等融为一体,建立起一种以物质闭环流动为特征的新型经济发展模式,即循环经济模式,使所有的原料和能源能在不断进行的经济循环中得到合理利用,从而把经济活动对自然环境的影响控制在尽可能小的程度。

一、传统经济面临的问题与挑战

1. 人口急剧增长

世界人口 1930 年仅 20 亿,1974 年达到 40 亿,1987 年达到 50 亿,1999 年达到 60 亿,人口增长速度在 20 世纪一直呈加速状态。进入 21 世纪后,全球人口的增长速度已经放慢,但据美国人口资讯局预测,2050 年世界人口仍将达 93 亿。

人是社会最宝贵的财富与资源,可是由于人口的迅速增长,粮食、土地、水资源、住房、教育、就业等问题变得非常突出,特别是人口的增长与分布超过了当地环境的承受能力,已经使人口与环境之间的矛盾日益突出,人口增长过快是发展中国家实现经济发展和环境保护工作的重要障碍。

地球上的一切资源都是有限的,即使是可恢复的资源,如水、可再生的生物资源,在每年中可供量也是一定的。而其中一些资源如土地资源不仅是总面积有限,人类难以改变,而且还是不可迁移和重叠利用的。这样,有限的全球环境及其有限的资源,必将限定地球上的人口。如果人口急剧增加,超过了地球环境的合理承载能力,则必然造成生态破坏和环境污染。

2. 自然资源严重不足并呈减少之势

资源问题是当今人类面临的一个主要问题。自然资源是人类生存和发展不可缺少的物质依托和条件,自然资源与人类社会和经济发展存在着相互作用、相互制约的密切关系。然而,随着全球人口的增长和经济发展,对资源的需求与日俱增,人类正面临资源短缺或耗竭的严重挑战。土地资源在不断减少和退化,森林资源在不断缩小,淡水资源出现严重不足,生物物种锐减,某些矿产资源濒临枯竭等。由于污染和过度利用,淡水资源正走向枯竭。

据世界自然保护基金报告显示,从1970年到1995年短短的25年间,人类拥有的自然资源减少了30%,消耗量相当于过去几个世纪的总和。报告表明,1970~1995年,全球的森林面积减少了10%以上,每年消失的森林面积达15万 km^2 ,相当于希腊的国土面积。与此同时,环境的恶化造成物种灭绝速度加快。25年间,包括哺乳动物、鸟类、鱼类、两栖类在内的淡水动物数量减少了45%,海水动物的数量则减少了35%左右。

与世界人均占有量比较,我国的人均资源占有量更显不足。目前我国人均淡水资源量仅为世界人均占有量的1/4,有16个省(区、市)人均水资源拥有量低于联合国确定的1700 m^3 用水紧张线,其中有10个省(区、市)低于500 m^3 严重缺水线。人均耕地只有0.1 hm^2 ,不到世界平均水平的40%。其中,北京、天津、上海、浙江、福建、广东等省、市的人均耕地低于联合国规定人均耕地0.053 hm^2 的警戒线。人均森林占有面积为0.13 hm^2 ,仅为世界人均占有量的1/5,人均森林蓄积量为9.05 m^3 ,仅为世界人均蓄积量的1/8。45种主要矿产资源人均占有量不到世界平均水平的一半,石油、天然气、铁矿石、铜和铝土矿等重要矿产资源人均储量,分别为世界人均水平的11%、4.5%、42%、18%和7.3%。国内资源供给不足,重要资源对外依存度不断上升。2003年约50%的铁矿石和氧化铝、60%的铜资源、34%的原油依赖进口。

3. 生态环境日益恶化

生态环境是人类赖以生存的基本空间,也是人类寻求发展的物

质基础,人类一直肆无忌惮地破坏经济发展必须与环境相协调的原则,由此造成了严重威胁社会经济发展的生态环境恶化问题,人类赖以获得食物和工业原材料的四大生物系统——海洋渔场、草场、森林和耕地,都经受着沉重的环境压力。人类面临的十大环境问题是:水环境污染、大气环境污染、固体废弃物污染、酸雨蔓延、森林锐减、土地荒漠化、资源短缺、气候变暖、臭氧层破坏、生物多样性减少。其中温室效应、臭氧层破坏和酸雨已成为公认的三大全球性环境问题。

我国经济取得了举世瞩目的发展成绩,同时也带来了一系列的环境问题,环境污染状况日益严重。主要表现在:一是水环境每况愈下。2003年全国废水排放总量460亿t,其中化学需氧量1334万t,大量未经处理或不达标的废水直接排入江河湖泊。饮用水安全受到威胁,生态用水匮乏。二是大气环境不容乐观。全国烟尘排放总量近1000万t;二氧化硫排放量为2159万t,居世界第一位,大大超过环境容量。全国酸雨面积已占国土面积的1/3。三是固体废物污染日益突出。全国工业固体废弃物排放量1941万t,其中有3000t的危险废物未经任何处置排入环境,危害人民群众的身体健康。四是城市生活垃圾无害化处理率低,二次污染严重。2002年,全国660个建制市生活垃圾产生量1.36亿t,集中处理率为54%,仍有6200万t未经任何处理。监测结果表明,垃圾无害化处理率不足20%。此外,农村畜禽粪便、水产养殖污染,农药、化肥的不合理使用,使农村环境问题日益严重,直接威胁到农产品质量安全;生态环境恶化,草地退化、水土流失、森林生态系统质量下降、生物多样性锐减,生态安全受到严重影响。

4. 资源利用效益低下

从世界范围内看,现有资源的利用效益仍然比较低,特别是发展中国家,由于技术水平的限制,粗放生产,低水平经营,有限的资源没有得到充分有效的利用。我国资源利用效率与国际先进水平相比仍然较低。

一是资源产出率低。按当年汇率计算,2003年我国GDP约占世界的4%,但重要资源消耗占世界的比重却很高,石油为7.4%、原煤

31%、钢铁 27%、氧化铝 25%、水泥 40%。我国用水总量与美国相当,但 GDP 仅为美国的 1/8;消耗每吨标准煤实现的 GDP 为世界平均水平的 30%。

二是资源利用效率低。2000 年,我国冶金、有色、电力、化工等 8 个高耗能行业的单位产品能耗比世界先进水平平均高 40%以上。主要耗能设备能源效率低,如风机、水泵平均设计效率比国外先进水平低 5 个百分点,系统运行效率低下近 20%。机动车百公里油耗比欧洲高 25%,比日本高 20%,比美国高 10%;载货汽车百吨公里油耗比国外先进水平高 1 倍以上。单位建筑面积采暖能耗相当于气候条件相近的发达国家的 2~3 倍。2002 年我国每万元 GDP 取水量为 537m³,是世界平均水平的 4 倍;工业用水重复利用率不足 60%,比国外先进水平低 15%~25%;农业灌溉用水利用系数仅为世界先进水平的 1/2;多数城市供水管网跑冒滴漏损失率高达 20%以上。土地资源利用程度也很低且浪费严重。

三是资源综合利用水平低。目前,我国矿产资源总回收率为 30%,比国外先进水平低 20%。共伴生矿产资源综合利用率为 35%左右。煤系共生、伴生 20 多种矿产,绝大多数没有利用。一些超大型复杂多金属矿床的尾矿利用率仅为 10%。我国木材综合利用率约 60%,而发达国家一般都在 80%以上。与此同时,“三废”综合利用潜力很大。2003 年我国工业固体废弃物综合利用率只有 55.8%,累计堆存量已达几十亿吨,占用了大量土地。

四是再生资源回收利用率低。2003 年我国钢铁工业年废钢利用量为 5 800 多万 t,占粗钢产量的比例为 26%,而世界平均水平为 43%;再生钢产量 93 万 t,占钢产量的 22%,而世界平均水平为 37%;再生铝产量 145 万 t,占铝产量的 21%,而世界平均水平为 40%。轮胎翻新量仅占新胎产量的 4%,而发达国家一般为 10%,其中轿车轮胎基本不翻新,而欧盟翻新率达 18.8%。此外,我国每年还有大量的废旧家电和电子产品,废有色金属、废纸、废塑料、废玻璃等,没有实现资源的高效利用和循环利用。

实践证明,大力发展循环经济,提高资源的利用效率,增强国际

竞争力,已经成为我们面临的一项重要而紧迫的任务。

二、宇宙飞船理论与循环经济思想的萌芽

1965年5月10日,美国经济学家鲍尔丁在“地球像一艘宇宙飞船(EARTH AS A SPASH SHIP)”一文中提出,人类不应将地球看作垃圾场,人是生态系统中的一员,并用了“循环其废物(recycle its wastes)”及循环流(circular-flow)等词语,人的生存能力依赖于具有闭路循环特征的世界生态系统上所有元素和人的共生关系。但没有用到循环经济一词,却用了中央计划经济(centrally planned economy)。1966年鲍尔丁发表“未未宇宙飞船地球经济学(The Economics of the Coming Spaceship Earth)”一文。其中提出,“未来宇宙飞船地球经济”类似于“宇航员”经济。地球是一艘孤独的宇宙飞船,没有无限物质的贮备库,既没有开采也不能被污染。人类必须找到自己在循环生态系统中的位置,进行物质再生产。鲍尔丁被认为是循环经济理念的最早倡导者。

“宇宙飞船经济”是根据生态系统的思想而提出的。由于当时正在实施阿波罗登月计划,宇宙飞船经济理论就把地球看成一个巨大的宇宙飞船,除了能量要依靠太阳供给外,人类的一切物质需要靠完善的循环未得到满足;认为地球上的生命生生不息的奥秘,就在于地球是一个自给自足的生态系统,它在太阳能的推动下,日复一日,年复一年地进行着物质的周期循环,如此循环不已,构成一个宇宙飞船中的良性生态系统;“宇宙飞船经济”就是把这一生态学理念应用于人类社会的经济发展模式,要求人类按照生态学原理建造一个自给自足的、不产生污染的经济或生产体系,它将是一种循环反馈封闭型经济体系,其内部具有极完善的物质循环和更新代谢的功能。

鲍尔丁提出的宇宙飞船经济理论是指在人、自然资源、社会的大系统内,在资源投入、物质生产、社会消费等全过程中,把传统的依赖资源消耗的线性增长的经济,转变为资源循环利用的生态型经济,这一理论开启了循环经济思想的先河,是循环经济思想的萌芽。

三、可持续发展思想的确立与工业生态学思想的诞生

生存与发展始终是人类社会的两大主题。循环经济理论与可持续发展思想是一脉相承的。无论在 2 200 多年前的春秋战国时代,古代中国先辈们就有保护正在怀孕或产卵期鸟兽鱼鳖的思想,还是西方经济学家在 19 世纪对林业研究和 20 世纪对渔业研究中提出的“可持续产量”问题,都包含了可持续发展的思想萌芽。

工业革命以来,人类在创造巨大物质财富的同时,也付出了巨大的资源 and 环境代价。在推进工业化的初期,人类还没有深切体会到自然资源供给和环境容量的有限性。随着人口的持续增加,经济规模的不断扩大,传统的生产模式带来的资源短缺和环境污染,世界连续发生比利时马斯河谷烟雾事件、美国洛杉矶烟雾事件、美国多诺拉事件、英国伦敦烟雾事件、日本水俣病事件、日本四日市哮喘病事件、日本爱知县米糠油事件、日本富山痛痛病事件“八大环境公害”等一系列污染事件,迫使人类进行深刻反思。

20 世纪 50 年代末,美国海洋生物学家、美国生物学家蕾切尔·卡逊(Rachel Carson)在潜心研究美国使用杀虫剂所产生的种种危害之后,于 1962 年出版了环境保护科普著作《寂静的春天》一书,作者用触目惊心的案例阐述了大量使用杀虫剂对人类的危害,指出:“人类将生活在创造高度文明,另一方面又在毁灭已有的文明。生态环境恶化如不及时遏制,人类将生活在幸福的坟墓之中。”这为人们敲响了工业社会环境危机的警钟。

20 世纪 70 年代,先后发生了两次世界性能源危机。经济增长与资源短缺之间矛盾凸显,引发人们对经济增长方式的深刻反思。1972 年,罗马俱乐部以麻省理工学院 D·梅多斯(D.L.Meadows)为首的研究小组,发表了《增长的极限——罗马俱乐部关于人类困境的报告》,首次向世界发出了警告:如果在世界人口、工业化、污染、粮食生产和资源消耗方面按现在的趋势继续下去,这个行星上的增长的极限有朝一日将在今后一百年中发生。报告认为:由于影响经济增长的 5 个

主要因素,即人口增长、粮食供应、资本投资、环境污染和资源消耗变动的共同特征是指数增长而非线性增长,全球的增长将会因为粮食短缺和环境破坏于21世纪某个时段内达到极限。也就是说,地球的支撑力将会达到极限,经济增长将发生不可控制的衰退。该报告深刻阐明了环境的重要性以及与人口之间的关系,第一次系统地考察了经济增长与人口、自然资源、生态环境和科技进步之间的关系,认为要避免因超越地球资源极限而导致世界崩溃的最好办法是限制增长,即“零增长”。

增长极限理论因其反增长情绪而遭受到尖锐的批评和责难。许多经济学家对之做出了反驳和批评。增长极限理论对许多现实问题,如贫困、社会公平等均未涉及或没有提出切实可行的解决途径,结论是悲观的。但是,它将人口、资源、环境、生态、经济等问题进行了综合分析,提出全球观念,促使人们密切关注和解决当代世界存在的各种生态、经济和社会问题,表现出对人类前途的“严肃的忧虑”以及唤起人类自身的觉醒,使人们在自认为可以任意征服自然、盲目坚持经济增长的自我陶醉中醒悟过来,从而重新审视资源利用、环境保护与经济发展的关系,具有积极意义。《增长的极限》不失为环境保护史上的一座里程碑,它所阐述的“合理的、持久的均衡发展”,为孕育可持续发展的思想萌芽提供了土壤。

1972年6月5日,联合国人类环境会议于瑞典首都斯德哥尔摩召开,来自世界113个国家和地区的代表参加了这次会议。这是人类第一次将环境问题纳入世界各国政府和国际政治的事务议程。大会通过的《人类环境宣言》宣布了37个共同观点和26项共同原则。它向全世界呼吁:现在已经到达历史上这样一个时刻,我们在决定世界各地的行动时,必须更加审慎地考虑它们对环境产生的后果。由于无知或不关心,我们可能给生活和幸福所依靠的地球环境造成巨大的无法挽回的损失。因此,保护和改善人类环境是关系到全世界各国人民的幸福和经济发展的重大问题,是全世界各国人民的迫切希望和各国政府的责任,也是人类的紧迫目标。各国政府和人民必须为全体人民和自身后代的利益做出共同的努力。作为探讨保护全球环境战

略的第一次国际会议,联合国人类环境大会是世界环境保护的一个重要里程碑,它的意义在于唤起了各国政府共同对环境问题,特别是对环境污染的觉醒和关注。

1983年3月,世界环境与发展委员会(WCED)成立,由挪威首相的布伦特兰夫人(G.H. Brundland)任主席。该会的宗旨是研究自然的、社会的、生态的、经济的以及利用自然资源过程中的基本关系,确保全球发展。联合国要求其负责制定长期的环境对策,研究能使国际社会更有效地解决环境问题的途径和方法。经过3年多的深入研究和充分论证,该委员会于1987年向联合国大会提交了研究报告《我们共同的未来》。报告在系统探讨了人类面临的一系列重大经济、社会和环境问题之后,提出了“可持续发展”的概念,第一次把人们从单纯考虑环境保护引导到把环境保护与人类发展切实结合起来,实现了人类有关环境与发展思想的重要飞跃。

1989年,美国罗伯特·福罗什在美国科普月刊《科学美国人》(1989年9月)《可持续工业发展战略》一文中,首次提出工业生态学概念,他指出:在传统的工业体系中,每一道制造工序都独立于其他工序,消耗原料,产出将销售的产品和将堆积起来的废料;我们完全可以运用一种更为一体化的生产方式来代替这种过于简单化的传统生产方式,那就是工业生态系统……一个工业生态系统,完全可以像一个生物生态系统那样循环运行:植物吸取养分,合成枝叶,供食草动物享用,食草动物本身又为食肉动物所捕食,而它们的排泄物和尸体又成为其他生物的食物。当然,也许人们永远也达不到一个完美的工业生态体系的境界,但是,企业家与消费者完全可以改变他们的习惯,如果他们愿意保持或提高生活水准而又不去破坏环境的话。这样,通过将产业链上游的“废物”或副产品,转变为下游的“营养物”或原料,从而形成一个相互依存、类似于自然生态系统的“工业生态系统”。工业生态学理念为生态工业园建设和循环经济在工业上的发展奠定了理论基础。

1992年,在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会,通过了《里约宣言》和《21世纪议程》,正式提出走可持续发展之路,号