

第八章 循环经济 培育产业共生生态

进入 20 世纪下半叶，全球人口激增，经济飞速发展，对自然资源的消耗速度明显加快。同时环境污染和生态恶化也不断加剧，人类的生存环境和发展空间都受到严重威胁。近 30 年来，中国经济成为了世界经济增长的领头羊，但其粗放式发展模式也使得中国的发展能耗高、资源利用率低。在这种严峻的形势下，中国及全人类不得不重新审视传统的经济发展模式。

知识经济下走新型工业化道路是在发展中解决环境问题的一条根本途径，实现新型工业化就必须发展循环经济。单从物质角度来说，传统经济呈现“资源——产品——废物”的线性增长方式，经济增长越快，资源消耗越大，污染排放越多；循环经济则是一种表现为“资源——产品——再生资源”的循环发展模式，是以地球有限的资源支撑人类社会发展需求日益增长的必然选择。发展循环经济不仅是提高经济效率的有效途径，更是关系社会可持续发展的重大战略，从线性经济转向循环经济，有利于实现经济、社会、环境的“共赢”的和谐社会，和谐社会是一个耗散结构的耦合巨系统，其中各种才能、各种职业的人都有适当的位置，发挥适当的作用，人人都同样地感到满意，彼此没有冲突。

中国正在加速工业化进程，面临着经济快速增长与资源和能源短缺的矛盾、环境污染严重的矛盾更加突出。传统的思维方式和发 展道路很难解决这一对突出矛盾，走新型工业化道路，发展循环经济不失为正确的选择。

第一节 中国传统经济增长模式面临挑战

中国自 1978 年实行改革开放的政策以来，经过 20 多年的努力，达到了年均超过 9% 的经济增长率，2003 年的国内生产总值达到了 14100 亿美元，是 1980 年的 3 倍，人均国内生产总值首次突破 1000 美元。高速发展的经济是以对资源和能源的过度消耗以及对生态环境的破坏为代价的，而且，中国政府还制定了 10 年后将 2000 年的国内生产总值翻一番，20 年后国内生产总值翻两番的目标。如果这一系列目标都得以实现的话，2010 年的国内生产总值将达到 20000 亿美元；到 2020 年则将达到 40000 亿美元。而要达成这一系列目标，也就意味着在 21 世纪的前 20 年里，中国的年平均经济增长率要一直维持在 7% 的高水准。

一、中国人均自然资源严重短缺是不争的事实

长期以来，“中国地大物博、资源丰富”的说法掩盖了中国资源总量不足的事实，实际上，中国人口众多，人均资源不但不丰富，甚至可以说是贫乏，而且分布不均。除煤炭外，主要矿产资源人均占有量基本上都低于世界平均水平，人均资源占有量仅为世界平均水平的一半，其中石油为 8%、铝为 10%、铜为 26%、铁为 45%。据分析，按照现在的消费速度，在 45 种重要矿产资源中，2010 年可以满足的只有 21 种，可保证的仅有 6 种，到 2050 年则完全没有保证。人均耕地资源即将接近联合国警戒线。而另一方面，中国资源利用粗放，50% 的自然资源被当成废物处理，能源利用率只有 35%，与国外相差 10 个百分点，各类资源消耗过快，现有国内资源已经远远不能满足发展需求（见表 8-1）。人们常说，20 世纪，人类为石油而战，21 世纪，人类为水而战。目前，中国人均水资源拥有量 2200 立方米，只及世界平均水平的 1/4，特别是北方和西部部分地区已处于国

际公认的极度缺水的程度。全国 600 多个城市中有 2/3 供水不足，其中 1/6 的城市严重缺水。很多河流开发利用超过国际警戒线（30%），辽河、淮河、黄河地表水资源利用率分别为 62%、60%、56%。海河接近 90%，生态用水被大量挤占，环境容量很小。江河断流、地面沉降不仅发生在少雨的北方地区，而且出现在多雨的南方地区；不仅发生在小河小溪，也出现在大江大河，有些地区甚至是“无雨则旱，有雨则涝”。如 20 世纪 50 年代初长江流域中下游的通江大湖 22 个，面积 17 万平方公里，20 世纪 80 年代仅剩 6605 平方公里，湖面减少近 2/3，湖泊容积减少 600 亿~700 亿立方米。中国湿地总面积 3838 万公顷，据不完全统计，沿海地区丧失湿地面积 219 万公顷，相当于沿海湿地总面积的 50%。全国围垦湖泊面积达 130 万公顷以上，失去调蓄容量 350 亿立方米以上，因围垦而消失的天然湖泊近 1000 个。地下水超采引发地面沉降，2000 年华北地区形成较大地下水漏斗 20 处，总面积 7 万多平方公里，地下水下降还导致海水倒灌、生物多样性减少和土壤干旱化等问题。中国以占世界不到 6% 的可更新水资源，3%~4% 的森林资源，养活 22% 的世界人口，到 2020 年中国人口预计达到 14.5 亿~14.9 亿，压力比现在还要大。

表 8-1 中国与其他国家的资源效率比较

	中国	日本	奥地利	荷兰	德国	美国
人口（百万）	1250	127	8	16	82	273
面积（千平方公里）	9597	378	84	41	357	9364
人口密度（人/平方公里）	134	336	98	466	235	30
GDP（10 亿美元）	980.2	4078.9	210.0	384.3	2079.2	8351.0
人均 GDP	3291	24041	23808	23052	22404	30600
地均 GDP（亿美元/千平方公里）	1.02	107.9	25.0	93.7	58.2	8.9
TMR（百万吨）	50000	5461	560	1056	6150	21840
人均 TMR（吨/人）	40	43	70	66	75	80
物质强度（公斤/美元）	51.01	1.34	2.67	2.75	2.96	2.62
资源生产率（美元/吨）	19.6	746.3	374.5	363.6	3378	381.7

二、能耗过大，资源浪费触目惊心

中国科学院可持续发展战略小组研究得出的数据表明：2003年，中国国内生产总值对世界总贡献率为4%，而这四个百分点的贡献，是以全球7%的石油、30%的原煤、27%的钢材、25%的铝材和40%的水泥等能源与自然资源的消耗构筑；数据还表明：中国共生矿产资源综合利用率不到20%，矿产资源总回收率只有30%，中国单位产值能耗是发达国家的3~4倍（见表8-2）。

表8-2 欧洲工业化国家1970—1985年期间经济增长与物质消耗情况表

国 家	一次能耗	取钢消耗	水泥消耗	道路运输量	国内生产总值
比利时	7.1	-24.5	-17.6	-2.2	42.7
丹麦	-2.7	-15.6	-33.2	20.1	40.8
法国	30.3	-34.8	-23.4	-14.5	51.6
瑞典	26.4	-37.9	-41.2	-21.4	32.7
英国	-2.3	-43.5	-28.7	-18.2	32.4

中国能耗高，单位产值能耗比世界平均水平高2.4倍，是德国的4.97倍，日本的4.43倍，美国的2.1倍，印度的1.65倍；中国资源消耗大，每万美元消耗的铜、铝、铅、锌、锡、镍合计70.47公斤，是日本的7.1倍，美国的5.7倍，印度的2.8倍；中国水资源浪费严重，农业灌溉用水利用系数为0.4，是国外先进水平的一半，工业万元产值用水量为100立方米，是国外先进水平的10倍。

按购买力平价换算，中国的国内生产总值规模在2020年有可能超过美国和加拿大的总和。2003年，从海外进口1亿吨石油和成品油、1.4亿多吨铁矿石。据测算，目前全球的石油和天然气的可采储量，其静态保障年限分别仅为40年和60年。如果考虑到我国的国际支付能力、对于资源的全球竞争力与安全保障能力，以及高消耗水平下产品的国际竞争力等因素，很显然，中国的高增长是难以为继的。我国与发达国家相比，每增加单位国内生产总值的废水排放量要高出

4 倍，单位工业产值产生的固体废弃物要高出 10 倍以上。我国正处在快速工业化阶段，如果继续沿袭粗放型经济增长方式，能源和资源以及环境承受力的双约束，经济增长和社会发展将难以为继。

三、技术装备落后，环境污染和生态破坏严重

中国水污染严重，生活用水和工业用水处于短缺状态。据《2001 年国民经济和社会发展统计公报》显示，中国七大江河水系均遭受不同程度的污染，干流地表水水质有 48.3% 的监测断面属于 V 类以下水质，65.6% 的城市超过国家空气质量二级标准^①。据国家环保局统计数据，2003 年全国“工业三废”中废水排放总量为 460.0 亿吨，生活污水占 53%，比上年增加 4.7%，江河湖海遭受污染。2003 年全国七大水系 409 个监测断面，38% 的符合三类以上水质标准，可作为集中式饮用水源，劣五类水质占 30%，属严重污染，有的基本丧失使用价值。全国有 3.6 亿农村人口喝不上符合标准的饮用水。2003 年符合一、二类海水水质标准的近岸海域占 50%，四类及劣四类的占 30%；20 世纪 90 年代平均每年发生赤潮 34 次，2002 年发生 79 次，2003 年达 119 次，累计面积近 14550 平方公里，赤潮高发区在东海浙江、福建等沿海地区，赤潮中有毒有害藻类呈增加趋势，直接威胁海洋生物，食用含有赤潮海素的海产品会造成食物中毒。酸雨影响中国国土面积 1/3 左右，主要分布在长江以南、青藏高原以东地区和四川盆地。国家将污染较重的地区划定为酸雨和二氧化硫污染控制区，占国土面积的 11.4%。近年来，“两控区”二氧化硫排放和酸雨污染有所控制，但 2003 年酸雨控制区面积在扩大，浓度在增加，PH 值最低的江西萍乡地区达 3.67，酸雨污染有加重趋势。随着煤炭消耗量和汽车尾气排放量的增加，中国酸雨污染将由硫酸型向硫酸和硝酸混合型转变。

^① 费伟伟：“循环经济：必由之路”，《人民日报》，2002 年 6 月 17 日。

四、工业废品处理能力低下

固体废物减量化、资源化、无害化水平较低，净化能力远远不足。2003年，二氧化硫、烟尘、工业粉尘的排放量均比2002年增长10%以上，其中二氧化硫排放量2120万吨，超过环境承载能力77%。城市空气污染严重。2003年监测的340个城市中，空气质量良好、轻微污染和严重污染的分别占41%、32%、27%。人口规模在100万人~200万人的特大型城市空气污染最重。空气中的主要污染物是可吸入颗粒物和二氧化硫。55%的城市可吸入颗粒物浓度超过国家空气质量二级标准，北方城市可吸入颗粒物污染重于南方城市。有的城市颗粒物和二氧化硫浓度曾接近当年伦敦烟雾事件的水平。

中国城市垃圾清运量由1998年的1.13亿吨增加到2002年的1.36亿吨，处理率达到54.2%。垃圾处理大部分采用填埋，但水平不高。小城镇和农村垃圾基本上是露天堆放。抽样监测的329个生活垃圾处理厂中，基本达到无害化处理的仅为15.6%。垃圾填埋场二次污染普遍，全国47个环保重点城市垃圾填埋场渗滤液及地下水污染物超标率分别达71%和89%；对7个垃圾焚烧厂的二恶英（具有强致癌性、生殖毒性、免疫毒性和内分泌毒性）进行监测，其中4家超标。

2002年，全国工业危险废物产量1000万吨，没有安全处置的达360万吨，1996年以来累计堆存的已达2600多万吨，产生的废气、渗滤液、淋溶水严重污染地下水，危害人体健康。医疗废物年产生量62万吨，是危害最大的一种危险废物，安全处置水平很低。由于危险废物的潜在危害难以确定，一旦显现，后果严重。电子垃圾产生的高峰期已经来临，每年报废电冰箱400万台、电视机500万台。电视、电脑、手机、音响等产品含大量有毒有害物质。例如，制造一台电脑需要700多种化学原料，50%以上对人体有害。目前中国废电器处理量很大，并逐年增加。据报道，美国处理1吨电子废物的成本是400美元，而运到发展中国家处理只需40美元，美国回收的电子废

物的80%被运到亚洲，其中，一些非法流入广东、福建沿海的手工作坊。废电器的处理主要采用手工拆解和焚烧等原始方式，用“19世纪的技术处理21世纪的废物”。

总之，中国污染排放强度高，单位国内生产总值氮氧化物是日本的27.7倍、德国的16.6倍、美国的6.1倍；单位国内生产总值二氧化硫排放量是日本的68.7倍、德国的26.4倍、美国的6.0倍。如果继续延续传统经济发展模式，仅以二氧化硫为例，2020年煤炭消耗22亿吨；如果电厂不采取严格的脱硫措施，预计二氧化硫排放量将达3060万吨，超过环境承载能力1.6倍。

五、循环经济是不二选择

第一轮工业化国家在经济起飞中都探寻到了新的发展路径，许多国家都选择了发展循环经济的道路。

循环经济要求加大资源的循环利用，强化废旧产品和废弃物的再生利用，做到在不增加甚至减少原始资源消耗，不增加甚至减少污染排放，不破坏甚至不断恢复生态环境的基础上实现经济快速增长。在发达市场经济国家，循环经济已经成为潮流和趋势；有的国家甚至以立法的方式加以推进。1996年德国颁布了《循环经济与废物管理法》，规定对废物问题首先是避免生产，然后是循环使用和最终处置。2001年4月，日本开始实施《推进建立生态型社会基本法》。根据联合国环境规划署报告，在过去10年中，欧洲27个国家中有17国的CO₂排放量已大幅减少，其中法国减少41%；同一时期法国工业产值增加25%，污染物却减少了一半。德国垃圾再利用行业每年要创造410亿欧元的价值，德国在冶金行业，95%的矿渣、70%以上的粉尘和矿泥已得到重新利用，废钢回收率也十分高。2002年，德国有2000万吨废旧钢铁被重新利用。实践证明，促进循环经济的发展能够大量地降低环境污染。

循环经济的发展模式不仅能够治理环境，而且能够形成新兴产业，取得了显著的经济效益、社会效益和生态效益。据统计，20世

纪末发达国家再生资源产业规模为 2500 亿美元，21 世纪初已增至 6000 亿美元，预计 2010 年可达 18000 亿美元。美国经过几十年的发展，循环经济已经成了美国经济中的重要组成部分，美国的循环经济涉及多个行业，既包括传统的造纸业、炼铁业、塑料、橡胶业，也包括新兴的家用电器、计算机设备业，还包括办公设备和家居用品等。根据美国全国物质循环利用联合会公布的数字，全美共有 56 万家公私企业涉及该行业，为美国人提供了 110 万个就业岗位，每年的毛销售额高达 2360 亿美元，为员工支付的薪水总额达 370 亿美元，在一定程度上，该行业的规模已经与美国的汽车业相当。日本“关于建设循环型经济社会的专门调查会”发表的调查报告指出，到 2010 年，日本包括循环经济在内的环保产业将从现在的 480000 亿日元（约合 3862 亿美元）增加到 70 万亿日元（约合 5632 亿美元），就业人数将从现在的 128 万人增加到 150 万人，环保产业将成为国民经济的重要支柱之一。

中国要打破世界上屡屡出现的发展“怪圈”，人均收入在 1000 美元~3000 美元的经济增长阶段，资源和环境的紧约束导致经济滞缓甚至逆增长的状况，就必须转换发展路径和模式。循环经济模拟自然生态系统运行方式和规律，可以充分提高资源和能源的利用效率，最大限度地减少废物排放，降低经济发展的环境代价，提高经济增长的质量。因此，走循环经济之路，有助于从根本上减轻经济增长对环境的压力，实现环境与资源对经济建设的持续支撑。

第二节 把握循环经济 构建生态型社会

在漫长的人类文明发展史中，适应环境和更好地解决生存问题一直是人类所面临的首要问题。在生产力相对低下的农业文明时期，自然资源似乎是无限的，工业革命后的严酷事实，迫使人类自己在对待自然的態度上做一次全面的反省。人类发展只有合理地利用自然界，

才能维持和发展人类所创造的文明，才能同自然界的协调与和谐，与自然界共生共荣。循环经济的提出，是人类认识上的一次巨大转折，它标志着人类从只关注社会内部的发展问题向着对人与自然的关系问题进行慎重思考的重大转变。

一、把握循环经济的内涵

循环经济是以人类可持续发展为增长目的，以循环利用的资源和环境为物质基础，充分满足人类物质财富需求，生产者、消费者和分解者高效协调的经济形态。循环经济中的物质包括自然资源和环境质量两大部分。自然资源以及以其为原材料的各种产品在使用后不是作为废物丢弃、而是经各种措施循环成可以重新利用的物质，是构成循环经济的重要物质基础。例如，建筑物拆毁后，其钢筋可用以重新生产一系列新的钢铁的产品，其混凝土墙体可用以重新生产建筑材料等。环境质量在使用后经各种措施循环成可以重新利用的物质，是构成循环经济的另一类重要物质基础。循环经济（circular economy）是物质闭环流动型（closing materials cycle）经济的简称，是一种建立在物质不断循环利用基础上的生态经济。它倡导的是人类社会、经济发展与生态环境和谐统一的发展模式，把经济活动组成一个“资源——产品——再生资源”的反馈流程，所有的物质及其价值在这个不断进行的经济循环中得到合理持久的利用，从而使经济活动对自然环境的负面影响降低到最小。循环经济要求遵循生态学规律，合理利用自然资源和环境容量，在物质不断循环利用的基础上发展经济，使经济系统和谐地纳入到自然生态系统的物质循环过程中，实现经济活动的生态化；它还要求把人类对自然资源的索取量控制在自然环境的生产能力之内，把排放到环境中的废弃物量压缩到自然环境的消化容纳能力之内，在环境资源不退化甚至改善的情况下促进经济发展，实现环境与经济双赢。循环经济的建立不仅是一次技术经济活动的范式革命，而且也是一次全面性的社会变革：只有整个社会在思想认识上得到根本转变，建立起有利于推动循环经济实现的社会价值、文化、

道德、伦理和制度框架等社会环境，并具有资源投入、技术、信息和组织结构等方面的社会物质技术保障，循环经济才能真正地得到落实。

循环经济有别于传统的经济发展模式。传统的经济发展模式以“资源——产品——废物”线性发展模式为特点，经济发展速度越快，付出的资源环境代价越大，最终将丧失发展的基础和后劲。循环经济改变了线性发展模式，呈现“资源——产品——再生资源”的技术特征，在环境与生态亲善的条件下，取得最大的经济社会效益。发展循环经济是统筹经济、社会、环境协调发展的一种新的发展模式；为了构筑这种循环经济，本着减量化（Reduce）、再利用（Reuse）和再循环（Recycle）的3R原则，一系列从技术角度促进物质循环的方法和手段被采用。经济系统中的生产都是以交换为目的的，交换过程不仅是一种物质的传递，同时必然伴随着价值的运动，传统经济不能构筑完整的物质循环，是因为在传统经济体系中资源、环境都是免费的，没有价值的，因此不可能参与经济系统的价值循环，资源、环境也就不可能在价格信号的引导下实现有效的配置。在自然资源相对比较丰富，经济规模较小的情况下，把物质循环的任务交给自然界循环经济是实施可持续发展战略的重要体现，它体现出经济发展与环境和社会相协调的发展观。

第一，循环经济型发展模式体现出环境法中的预防性原则。在传统的经济发展模式下，人们也注意到了环境问题，看到了污染的严重性，并大多采用了末端治理方式。这种治理方式虽然也起了一定的积极作用，如采用末端控制污染后，环境状况在一定程度上得到改善，企业的环保意识也得到提高，但从长远看来，这种末端治理毕竟是在污染产生后才进行的，具有权宜性、应急性特点，因其不强调生产过程中的污染控制和资源节约，不利于自然资源的永续利用。长期采用这种方式，我们的自然资源还是会慢慢减少，不利于人类社会可持续发展目标的实现。而循环经济强调的是生产从头到尾，产品从产生到被消费掉的整个过程不产生或少产生废物，对资源实行低开采和低消

耗，最大限度的提高资源利用率，从源头上控制污染产生，以实现物质和能量的永续利用。这真正体现了环境法中的预防原则和全过程控制原则。

第二，循环经济的实现体现出循序渐进的特点。循环经济的实现体现在企业、区域和社会三个层面。企业层面（主要是指单个企业）是实现循环经济的初级阶段，指在单个企业内部实现资源和材料的循环利用，即企业通过采用先进技术和设备，最大限度地利用已有资源和已生产的产品甚至已消费过但还有利用价值的产品，防止资源浪费和环境污染。单个企业内部资源循环利用的实现是区域循环经济和整个社会循环经济实现的基础。区域层面是指通过企业间的物质能量交换和防污节能技术共享，组成生态工业园区，使一家企业的废物或没有价值的物品成为另一家企业的生产资源，实现物质和能量在本区域内的良性循环。因为企业是社会财富的生产者，是市场中的基本实体，它们的生产和交换行为关系到整个社会经济是否正常运转，因此区域层面循环型发展模式的建立是非常关键的一环，它使得整个社会循环经济的形成成为可能。社会层面循环经济的建立即循环经济在一个国家范围内的建立，这就涉及到更多相关领域。除工业以外，农业、第三产业在各自领域内要实现物质和能量的良性循环，不仅如此，三大产业之间也要实现物质和能量的良性流动，人们的消费模式也应朝着绿色循环型模式转变，这样整个社会都渗透在循环经济发展的模式之中，生态型社会也就慢慢建立起来。

第三，循环经济体现出很高的技术性要求。我们要彻底改变以往的生产模式和消费模式就要引进环保技术和设备，学习先进管理经验，企业应充分利用这些环保技术设备进行生产，把可能产生的污染控制在初始阶段，减少污染排放量，制造出科技含量高和真正环保的产品。同时设立完善的产品跟踪机制，采取有效措施回收产品和废品，以供循环利用。在处置残余废物的过程中，尽量把对环境和人类健康的影响降到最低。

二、循环经济的运行框架

循环经济的理论要指导社会经济实践，就必须把其理念贯穿于整个社会经济体系当中，并切实纳入到社会经济发展的总体规划和各项政策立法，以及公众的思想意识、行为方式等各个层次当中去。从目前的发展趋势看，循环经济理念将会以较快的速度渗透到社会经济生活的各个方面，将导致社会、经济发展模式和人们行为方式全方位、多层次的转变（见图 8-1）。因此，建立起一套以经济学、生态学、社会学、法学、政治学、以及多种相关学科理论为基础的综合理论体系，从社会的发展理念、思想认识、行为方式和制度规范等各个方面来指导和谐社会的构建过程，引导整个社会经济向着循环型的经济发展模式转变，是当前实现社会可持续发展，成功构建和谐社会的客观要求。

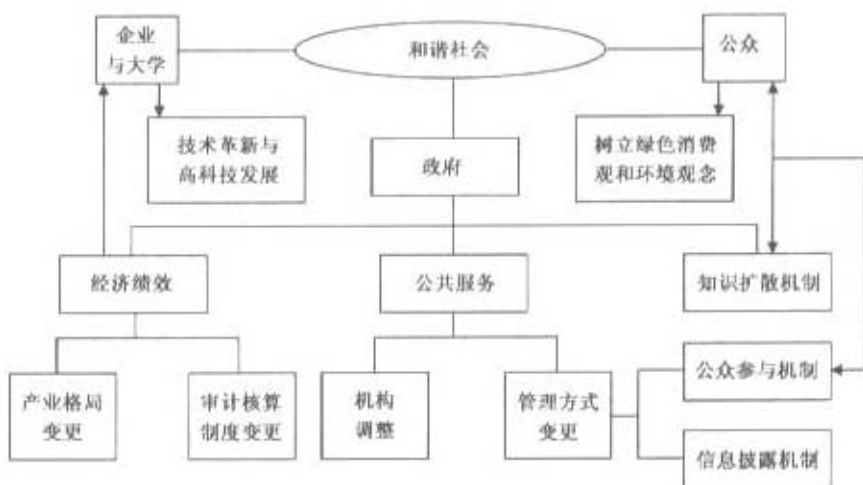


图 8-1 基于循环经济基础的和谐社会运行模式

发展循环经济，从政府管理体制的角度看，一定要从追求短期化发展目标、过分突出发展短期物质成果的片面发展观念转到更为注重全面降低发展成本，减少发展代价的可持续发展的科学发展观上来。一

是降低生态环境的成本，坚决摒弃以破坏生态环境为代价来谋求发展的做法；二是降低资源成本，坚决摒弃不顾质量和效益，以大量消耗自然、人文和经济资源为代价来支撑发展的做法；三是降低社会成本，贫困、失业、分配差别等会带来社会危机和动荡，会大大提高发展的社会成本。政治、道德、教育、科教、文化、卫生等落后，也会加大发展的社会成本。泰勒认为，“最好的可能世界”是人类文明与自然和谐的世界秩序，是一个非人类存在物和人类价值的共同圆满实现的地方。近年来，国内学者已就循环经济的以下四个方面达成共识：一是确立了3R即减量化（Reducing）、再利用（Reusing）、再循环（Recycling）为循环经济的操作原则；二是把循环经济视为环境与发展关系的第三阶段，它不同于以前的传统的线性经济发展模式和末段治理模式；三是从可持续生产的角度出发，对企业内部、生产之间和社会整体三个层面的循环进行整合；四是从新型工业化的角度审视循环经济的发展意义，认为循环经济是经济、环境和社会以及人的全面进步“四赢”的发展模式。布朗又认为，生态学家与经济学家之间的关系，犹如建筑师与建造商之间的关系，理应有生态学家给经济提供蓝图，因为他们懂得一切经济活动和所有生物对地球生态系统的依赖关系，而经济学家懂得如何把目标变成切实可行的政策。因此，生态规律和经济规律的协调统一是循环经济的首要特征。生态规律是社会可持续发展的根本要求，经济规律是经济运行的内在机理。在现实中，政府所制定的政策、制度和规范是引导社会经济发展方向的重要力量，而发挥市场机制的作用则符合经济运行规律的内在要求。因此，循环经济中生态规律与经济规律的协调统一问题，实质上就是如何把握和处理市场与政府的关系问题。概而言之，循环经济从点至面、再从面而至立体空间。

三、生态型社会保障循环经济顺利运行

生态型社会理念的出现与循环经济是密不可分的。到了20世纪90年代，源头预防和全过程治理逐渐成为一种广泛普及的经济模式，

并逐步扩大到社会的各个部分，不仅是生产，还包括政府政策导向、消费理念等，整合成为一种系统的生态型社会模式。其主要内容是在生产过程中尽力将污染限制从末端治理转向源头控制，全社会采用预防原则保护环境，减少资源的使用，使废弃物资源化。“生态型社会”有广义和狭义之分。广义的“生态型社会”也称“循环型经济社会”，即注重发展循环型经济的社会，包括经济增长和社会生活两大领域；狭义的“生态型社会”专指以保护和节约资源为取向的社会生活方式，大体上包括公共消费、团体消费和居民生活消费领域中使用资源节约型的产品以及对这些产品的消费前的包装物和消费后的废弃物中的资源的减少使用、重复使用和回收利用^①。所谓生态型社会（本书采用广义的概念）就是在考虑环境效益的基础上发展经济，使经济、环境、社会以及人的潜能的同步可持续发展的一种社会模式，它不仅包括经济增长、社会生活的领域，同时包括政府政策导向的转变、企业社会义务的承担和社会公众参与等多个方面。

美国生态学家莱斯特·R·布朗认为，从破坏生态的经济转入可持续发展的生态经济，有赖于我们经济思想经历一次哥白尼式的变革，这就是认识到经济是地球生态系统的一部分，只有调整经济使之与生态系统相契合才能持续发展。生态型社会作为一种社会发展的模式，充满综合系统性。建构生态型社会要从多方面着手，从整个社会的生产模式、观念意识、政府职能等各个方面进行变革，而这些方面是相互交叉渗透的，必须综合的考虑问题，使对于环境的利用与生态系统相吻合。目前我们从生态系统中取得自然资源来支撑社会子系统、经济子系统、环境子系统和人文子系统的发展，各系统之间互相作用、相互影响，取得动态平衡，以实现人、自然与科学技术相和谐，共同可持续发展的总目标。

生态型社会的目标不仅在于人与自然的和谐，更应该体现包括社会公平在内的社会方面的和谐，在着力解决资源、环境与人口问题的

^① 黄源：“生态型社会和城市现代化”，《江海学刊》，2003年第5期。

同时，也要处理好社会内部局部与全局、国内与国际、经济与社会以及社会各阶层之间的关系，在社会关系整体协调、平稳运行中，实现人类社会的可持续发展。为了实现从传统经济运行模式向循环经济运行模式的转变，生态型社会需要建立一个能够促进物质的减量化、再利用、再循环为目标的，有众多功能单元组成的，具有合理的层次和结构、功能完善的社会经济技术体系。这个社会经济技术体系是循环经济的物质技术保障，也是生态型社会的重要物质基础。输入端的减量化，表现在产品逐渐非物质化（Dematerialization）或者环境友好型的物质替代（Substitution），降低生产和消费过程中投入的物质量，提高生产的物质利用效率和改变传统消费模式与产品结构，再利用是提倡产品及零部件的多次、多级重复利用，再循环是从输出端通过再生利用的方式实现废弃资源的资源化，最终建立生态型社会物质循环体系。

为了适应可持续发展，建立生态型社会的要求，需要对传统的价值观进行重新审视，并建立一种追求人与自然以及人与人之间和谐为目标的新型价值体系，以指导人们的日常行为方式。生态型社会的价值观具有多重的意蕴，贯穿于社会经济生活的各个层面，它既包括新的环境价值体系，又包括对人类社会自身新型的价值体系（发展观、生存观、消费观等）。在这种新型的价值观的指导下，生产者以提供绿色产品为生产理念，实行绿色生产模式；消费者改变传统的生活消费模式，主动选择绿色产品，注重消费过程中对环境的友好性，自觉履行废弃物分类回收处理的责任与义务，最终形成人与自然和谐发展的价值观，建立环境友好的生活方式。

生态型社会的“人本主义”伦理观把人与自然的伦理关系转化为以环境为中介的人与人的伦理关系；把可持续发展定义为“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”就是这种伦理转化的反映。这里环境问题所反映出的人与人的伦理关系有：一是代内人与人之间的伦理关系，包括环境权的分配、环境损害的补偿和环境责任的分担等内容；二是代际之间伦理关系，这是

可持续发展所主要关注的。特别是，环境公正的提出从一个侧面反映了通过环境引发的现代社会伦理危机的严重性。问题不在于人类应不应该对自然负责，而在于人类成员之间应不应该承担彼此的环境责任。它不仅要求消除阶级、种族和国家间的环境歧视，而且要求当代人和后代人平等地分享环境利益和负担。

建构生态型社会的起因是经济与环境冲突，在其建立过程中最为重要的是循环经济的运用和生态产业的建立，因此在生态型社会中保护环境的措施大多体现了经济性。一个生态型社会的运作更多的是使用经济手段来进行控制，要使企业通过市场的驱动担负起相应的责任和义务。通过政府的引导，制定一个法律、经济、行政互相补充的管理体系，形成强制和利益的驱动机制，培育环境保护的氛围，让市场来管理环境。这样不仅使政府不再是环境的最终决策者，避免过重的负担，而且可以激发企业和个人的主观能动性，更好的保护环境。

第三节 创新指标体系 提高循环经济效能

可持续发展呼唤着循环经济，循环经济发展的程度反映了社会发展进步的程度，因此对循环经济发展状况的评价日趋重要。由于循环经济是一个新生事物，目前，循环经济发展的量化评价方法国内外尚处在探索研究之中，也一直是环境管理理论界探讨的重要问题之一。不论针对一个国家或一个区域，还是针对一个都市型城市，其循环经济发展的状态都需要有一套较科学的定量评价方法。只有这样，才能对不同主体达到循环经济的程度和水平做出明确的评判。

一、进行绿色 GDP 核算，建立循环经济的衡量标准

绿色 GDP 核算体系是以货币为主要计量单位，以相关环境法规为依据，研究经济发展与环境之间的关系，计量、记录环境污染、环境防治、开发、利用的成本费用，评估环境绩效及环境活动对国民经

济结果的影响。将环境作为一种资源，纳入绿色 GDP 核算体系分类项的组成部分，是一种非经济、非生产的自然资产。由此种概念而展开的环境核算与国民经济的主体框架之间是一种相对独立的关系：通过对绿色 GDP 核算体系资产向环境资产的拓宽来调整国民生产指标，以期在得到国内生产总值的同时，了解自然资源的耗损和环境质量的变化。

尽管绿色 GDP 核算体系在概念理解上仍然存在分歧，但目前对绿色 GDP 核算体系的研究仍倾向于将自然资源与环境综合核算纳入绿色 GDP 核算体系，这一实际操作的问题已摆到议事日程上来。因此，将自然资源存量价值与耗竭价值核算、环境污染损失价值核算及环境质量恢复与改善价值核算理解为绿色 GDP 核算体系。

综上，绿色 GDP 核算体系指标体系包括两部分内容：一是自然资源核算指标体系；二是环境保护核算指标体系（见表 8-3）。自然资源核算指标体系还可进一步细分为森林资源核算指标体系（见表 8-4）。

表 8-3 绿色 GDP 核算体系指标体系

绿色 GDP 核算体系指标体系 (Index system of green - national - economic accounting)																							
自然资源核算指标体系									环境保护核算指标体系														
土地资源核算			森林资源核算			水资源核算			矿产资源核算			环境污染损失核算			自然保护区核算			环境污染治理核算			生态效益核算		
耕地	荒地	草地	可利用草地	森林	有林地	林木蓄积量	农业用水	工业用水	生活用水	保有储量	已开采量	大气污染	水污染	固废污染	珍稀动植物	各类保护区	大气治理	污水处理	固废处理	经济效益	环境效益	社会效益	

绿色 GDP 核算体系的基本指标包括两部分：一是自然资源经济用途指标，包括：土地资源核算指标、森林资源核算指标、水资源核算指标、矿产资源核算指标和草地资源核算指标等；二是环境保护核算指标，包括：环境污染治理核算、环境污染损失核算、环境保护支出核算、环境保护效益核算和环境资产变动核算等。

表 8-4

森林资源核算指标体系

森林资源价值体系 (Index system of forest resource accounting)													
直接经济价值			环境保护价值							社会效益价值			
林木生产价值	林木果实价值	植被利用价值	涵养水源价值	保土价值		固定 CO ₂ 和释放 O ₂ 价值	营养元素积累价值	净化环境污染价值			平衡防护价值		
				固土	保肥			净化 SO ₂	净化粉尘	病虫害防治	保护农田	保护牧场	防风固沙
							景观价值	生活能源价值	吸纳就业价值		林地价值		
									林木生产	多种经营			

随着可持续发展研究的深入开展,绿色 GDP 核算体系将纳入自然资源耗竭损失和环境污染损失以及对自然资源的资产化管理,从而提出循环经济的衡量标准:尽量人工合成和生产满足人类各种活动所需功能的部分甚至全部原材料,提高矿物质利用率,减少矿物质开采量;各种生产和经济过程所需的物质达到最小化;各类物质代谢产生的废物在数量上低于环境容量,在毒性上小于动植物阈值;经济增长速度快,提供的产品、服务和就业机会达到人类期望值。加速建立绿色 GDP 核算体系,要将经济发展过程中的环境成本纳入绿色 GDP 核算体系范围,综合评价中国可持续发展的质量和水平。由此,再将当地环境质量的优劣纳入干部政绩考核体系。

二、进行循环经济城市评估,变政治 GDP 为绿色 GDP

由于生态学科正在发展成为一门研究人类与自然的综合学科,循环经济城市理论具有极强的综合性和极大的发展空间,20 世纪 80 年代发展起来的循环经济城市理论认为城市发展存在生态极限。其理论

从最初在城市中运用生态学原理，已发展到包括城市自然生态观、城市经济生态观、城市社会生态观和复合生态观等的综合城市生态理论，并从生态学角度提出了解决城市弊病的一系列对策。城市循环经济建设是一个涉及政治、经济、社会、人居环境、生态环境等各方面等大的复合系统。因此，循环经济城市的指导思想是零排放思想，城市循环经济评价指标体系的构建目的是生态型城市建设，其内容是通过发挥当地优势产业的以生态型产业为主的地方经济发展，以及推进垃圾减量化与再资源化。欧盟提出的可持续发展人类住区（sustainable human settlements）十项关键原则是：资源消费预算、能源保护和提高能源使用效率、发展可更新能源的技术、可长期使用的建筑结构、住宅和工作地彼此邻近、高效的公共交通系统、减少垃圾产生量和回收垃圾、使用有机垃圾制作堆肥、循环的城市代谢体系以及在当地生产所需求的主要食品。这些也被生态设计专家们认为是循环经济城市的基本概念。

城市作为人们改造自然最彻底的一种人居环境，是人类在不同历史阶段改造自然的价值观和意志的真实体现。循环经济城市（英文说法有 eco-city, ecological city, eco-polis, eco-ville, eco-village 等），又称生态社区（eco-community），它不仅反映了人类谋求自身发展的意愿，最重要的是，它还体现了人类对人与自然关系的更加丰富的规律的认识。

城市发展循环经济的目标是实现循环经济城市。城市发展涉及经济、人口、环境、资源、社会等诸多方面，在设计指标时，所考虑的因素众多，要体现城市发展的各个方面，但核心思想是城市的可持续性发展。因此，根据上述原则，城市循环经济评价指标体系分为目标层、准则层、状态层和基本指标层。目标层综合反映城市发展循环经济的能力水平，代表循环经济发展总体运行情况和效果。准则层将循环经济发展指标体系分解为相互联系的五个方面，即经济水平、人居环境、结构特征、资源利用和社会发展。状态层指标是评价以上五个子系统状态的指标，具体包括发展水平、经济效益、发展潜力、人口

环境、自然环境、环境建设、产业结构、循环利用、人民生活、社会进步与保证措施等 11 个方面，基本层用来表述状态层的具体变量，对其状态的数量、强度等进行度量，共设计基本指标 38 项。循环经济市指标体系如表 8-5 所示。

表 8-5 循环经济城市评价指标体系

目标层	准则层	状态层	基本层
城市循环经济指标体系	经济水平	发展水平	人均 GDP
			GDP 年增长率 (%)
			城市居民人均年可支配收入
		经济效益	全员劳动生产率
			财政收入占 GDP 比重 (%)
			万元 GDP 平均综合能耗
		发展潜力	出口额占 GDP 比重 (%)
			固定资产投资增长率 (%)
			科技进步贡献率
	人居环境	人口环境	人口自然增长率
			劳动力资源占总人口的比例 (%)
			万人拥有大中专学历人员比重 (%)
			科技、教育经费占 GDP 比重 (%)
		自然环境	空气质量达到二级标准的天数 (天)
			城市水质达标率 (%)
			机动车尾气达标率 (%)
			噪声达标区覆盖率 (%)
			城镇绿地覆盖率 (%)
		环境建设	人均公共绿地面积 (m^2 /人)
			基础设施投资占固定资产投资的比重 (%)
城市污水处理率 (%)			
环保投资占 GDP 的比例 (%)			
结构特征	产业结构	第三产业占 GDP 比例 (%)	
		生态工业园产值占工业增加值的比例 (%)	

续表

目标层	准则层	状态层	基本层
城市循环经济指标体系	资源利用	循环利用	工业重复用水率 (%)
			可再生能源使用率 (%)
			工业固体废物综合利用率 (%)
			退化土地恢复治理率 (%)
			能源消费弹性系数
			水消费弹性系数
	社会发展	社会进步	失业率
			恩格尔系数 (%)
			城市化水平 (%)
			犯罪率
		人民生活	人均居住面积 ($\text{m}^2/\text{人}$)
			万人拥有医生数 (人/万人)
		保证措施	循环经济推进机构 (信息交流中心、废物回收交换中心)
			循环经济宣传教育普及率 (%)

第二届和第三届循环经济城市国际会议都通过了国际循环经济城市重建计划,提出了指导各国建设循环经济城市的具体行动计划,即国际生态重建计划(The International Ecological Rebuilding Program)。该计划得到各国循环经济城市建设者们的一致赞成,应该说集中体现了以上各种循环经济城市理念的共同点。该计划的主要内容包括:重构城市,停止城市的无序蔓延;改造传统的村庄、小城镇和农村地区;修复自然环境和具有生产能力的生产系统;根据能源保护和回收垃圾的要求来设计城市;建立步行、自行车和公共交通为导向的交通体系;停止对小汽车交通的各种补贴政策;为生态重建努力提供强大的经济鼓励措施;为生态开发建立各种层次的政府管理机构——城市、州和国家层次。作为循环型社会建设措施之一,日本1997年开始采取了循环经济城市项目制度。该制度主要内容为获国家批准后将补助金资助给再利用产业项目,目的是以再利用产业为主的环保产业发展、当地经济发展以及优化经济结构,目前有22个地区获批准。

项目实施过程中，发现了一些问题，如进口问题（原材料的稳定供应问题）、出口问题（再利用产品销路问题）以及政策性问题。但这些问题是在建设循环型社会的过程中不可避免的问题，也迫使我们按照循环型社会理念调整产业结构，因此研究此项目及其问题是至关重要的，对中国也有一定的借鉴价值。

根据以上指标体系和国际实践，中国要建立循环经济城市，首先要将自己的生态产业化（清洁生产）。为了顺利进行再利用，上游企业应该考虑容易再利用的产品设计方式，以大企业为主，进行塑料瓶、办公设备、汽车、照明、医疗工具、建筑混合垃圾等再生利用事业，形成虚拟的综合环境联合厂；其次，产业间联合化。政府政策重点放在生态型产业集群项目，进而促进企业联合化和企业集群的“零排放”。建立再生利用企业集群，以中小企业为主，进行食用油、洗涤剂（有机溶剂）、空罐、废纸等再生利用事业。除了企业以外，还有大学与科研机构等参与；最后，循环经济城市信息公开化，争取最大的公民参与度。当地居民、相关单位、当地产业界是否参与项目计划制定过程，能否定期举办环保技术与设备展览会、洽谈会、环保市场调查、提供给相关企业与居民的信息公开事业等，对当地循环型社会建设以及当地可持续发展都会产生相应的影响。

三、建立循环经济工业园指标，促进生产生态化

当前，在世界经济发展的同时，自然环境也遭到了极大的破坏，工业化正处于资源消耗的高峰期，资源匮乏、能源短缺、环境污染已成为经济可持续发展的严重障碍。因此，循环经济、生态工业成为综合解决资源利用和环境经济协调发展的有效途径，并作为一种先进的新的经济发展模式日益得到各方面的重视。自20世纪70年代丹麦建立卡伦堡生态工业园以来，许多国家积极投身于以循环经济、生态工业为理论基础的传统工业的改造和转型，至20世纪90年代，生态工业园区成为世界工业园区发展领域的主题。我国对于推行生态工业和循环经济也是十分重视，在国家领导部门的推动下，生态工业思想的

影响正在扩大并逐渐深入人心，生态工业园区将成为中国第三代工业园区的主要发展形态。

根据上述原则，通过预选指标，运用鉴别力分析、相关分析及主成分分析等方法，对各个预选指标的可行性进行量化判断，最终确定了四个方面 33 个评价指标，构成了生态工业园区循环经济发展指标体系（见表 8-6）。

表 8-6 循环经济生态工业园区评价指标体系

目标层	准则层	状态层	基本层
生态工业园区循环经济指标体系	经济效益	发展水平	GDP 年平均增长率 (%)
			人均 GDP
			年平均经济产投比
			万元 GDP 平均综合能耗
			工业总产值占 GDP 比例 (%)
		发展潜力	高新技术产业在第二产业中所占比重 (%)
			工业全员劳动生产率
			工业产值增加值率 (%)
			R&D 占 GDP 的比例
	生态效益	环境控制	能源消费弹性系数
			水消费弹性系数
			工业废水、废气固体废弃物排放达标率
			废水、废气、固体废弃物处理率
			COD 排放弹性系数
			地下水超采率
		生态建设	人均道路面积
人均公共绿地面积			
园区绿地覆盖率 (%)			
环境保护投资指数 (%)			
循环特征	循环利用	工业重复用水率 (%)	
		工业固体废物综合利用率 (%)	
		原材料重复利用率 (%)	
		能源重复利用率 (%)	

续表

目标层	准则层	状态层	基本层
生态工业园区循环经济指标体系	循环特征	产业特征	规划项目实施率 (%)
			产品关联度 (原材料的可替代性)
			产业链上产品产值比例 (%)
	管理能力	政策制度	地方政策法规的制定
			园区内部管理制度的制定与实施
		管理程度	园区管理机构、信息交流中心
			清洁生产企业所占比例 (%)
			清洁生产无低费方案执行率 (%)
			规模化企业通过 ISO14001 认证率
			工业园区信息系统建设

纵观国内外各生态工业园,没有一个统一的模式,而是因地制宜,各具特色。在中国开展生态工业园建设的园区主要是以山东鲁北化工、广西贵糖、包头铝业等为代表的联合企业型和以天津、大连、苏州等经济技术开发区为代表的综合园区型。自1992年联合国环境与发展大会后,“循环经济城市得到了世界各国的普遍关注和接受”。循环经济城市的概念是随着人类文明的不断发展,对人与自然关系认识的不断升华而提出来的。

四、进行循环经济公众参与度评估,亲和人与自然

为便于比较、评价社会公众对于企业环境管理的参与程度,有必要建立相应判据,将模糊化的信息加以处理,使其量化、具有可比性,进而进行较为客观准确的一致性评估。首先要符合我国企业的管理现状,结合公众参与的方式,力求建立相关评估指标与企业环境管理操作的对应联系,以使其反映实际情况、具有指导作用;其次信息应具有领先性和统计性,便于进行比较;第三是信息的可获得性,应选用真实、全面的数据,以全面反映实际情况。

评估指标的设定主要根据参与的过程,从公众对环境的认知与意识、参与具体行动,以及参与的绩效等几方面依次展开,一直落实到可具体执行的行动,形成基础指标、二级指标、具体指标以及相应行动方案的系统。上级指标为下级指标提供方向和框架,下级指标则支持上级指标,并通过具体数据逐级汇总成为总体的评价指标。表8-7介绍了一种可能的评估指标系统。

表 8-7 公众环境保护参与程度指标系统

基础指标	二级指标	具体指标	备 注
对环境的认知与意识	对环境知识的了解	基本概念	
		环境问题与影响	
		环境事件	
		法律、政策及标准	
	对环境问题的反应	对环境问题的了解与关注	
		对污染/不良行为的态度	
		对环保活动的态度	
	参与的意愿	了解/关注意愿	
		参与活动意愿	
支付意愿			
参与行动	参与种类	学习环境知识	
		参与环保宣传	
		谴责、制止,检举不良行为	
		提出环境改善建议	
		监督环境执法	
		参与环境立法/问询/听证	
		参加环保社团/集会	
		执行有关规定,遵守环保法规	
参与行动	参与频次与程度	参与频次	
		被动响应	
		主动发起	
		个人投入	

续表

基础指标	二级指标	具体指标	备注
参与的绩效	舆论影响	获取环境信息	
		环境宣传	
	环境保护	治理污染	
		减少排放	
		守法运营	从执法单位获得
	环境改善	生态保护	
		节约降耗	阶段对比
		改善环境质量	阶段对比
		提高绩效	阶段对比

信息收集的方法包括数据的来源、实施的人员、收集的频率等内容。当评价指标确定之后，需要建立搜集信息的方法和渠道，以有效地掌握外部和内部公众参与的程度。具体可通过向主管单位、相关政府机构收集，与企业进行合作，实地调查获取信息，走访公众团体和个人，从新闻报道、行业分析、企业公开信息等各种途径收集。在确认信息的来源后，还需要确定信息收集的人员和频率，以便于对比，增进分析的有效性。

（一）信息分析方法

对信息分析一般经过：评价指标选择、指标定量化、分配权重、数据收集、多因子综合分析、结果验算、指标方法修正、形成结论或建议等过程。

在建立评价指标体系后，要对以上因子进行定量化。定量化的方法很多，可以考虑选用5级李克特量表，根据参与程度不同分为5个级别，并设定判定基准。例如，对于参加次数指标，可定级为：总是、经常、有时、很少、从不，相应赋值为5、4、3、2、1；对于绩效类的指标，则需要选取一定的时间截面进行对比，并设定辅助目标参数，以便于将其转化成相应级别，然后通过汇总计算每个指标的相对评价价值。

所有指标的重要程度可能是不同的，为了明确各指标在评价体系

中所具有的不同的重要性程度，需要分别赋予各指标以不同的权重值。可选择的方法很多，主要有层次分析法、主观赋权法、客观赋权法等，本文选用层次分析方法进行分析。

层次分析法是美国著名运筹学家塞迪（T. L. Saaty）等人在 20 世纪 70 年代提出的，在把各级指标按隶属关系分级后，请有经验的专家根据各指标的重要程度给出定量数值，然后用数学方法综合专家的意见，计算出各层次要素的相对重要性权值，作为综合分析的基础。

（二）加权合成法

按照评价指标体系中各个指标的排列序号和权数，城市循环经济总体实现程度的计算公式为：

$$F = \sum_{i=1}^{38} f(X_i) \times b_i$$

$f(X_i)$ 为第 i 个评价指标的发展能力； b_i 为第 i 个评价指标在整个评价指标体系中所占的权重； F 为城市循环经济发展的总能力水平。

（三）灰色综合评估方法

众所周知，城市系统是一个复杂的巨系统，其循环经济指标体系包含的因素众多，涉及自然、经济和人文等方面。个别因素边界模糊，具有不分明性，所以系统包含的信息不能完全确知，各因素在系统中的作用也不能完全确定。使用加权合成法等人为清晰化城市循环经济发展水平的界限，抹杀其模糊性，这有可能损失部分有用信息，造成最终评价结果趋同的现象。因此，引入灰色综合评估方法以尽可能多地包含有用信息，并客观、准确地反映城市循环经济发展总能力水平。

首先将各评价指标分为不同的灰类型，然后建立隶属于各灰类型的权函数，以定量地描述某一评价对象隶属于某个灰类的程度。对具有多层次评价指标的体系，可在子系统评价的基础上再对上一层次加权综合，以反映系统的整个状况。其计算步骤具体如下：

1. 给出白化数。设 L 子系统有 $k=1, 2, \dots, n$ 个评价对象，有

$i=1, 2, \dots, m$ 个评价因子, 每个因子分为 $j=1, 2, \dots, h$ 个灰类, d_{ki} 为第 k 个评价对象对应第 i 个指标的实测值, 则评价对象 $k=1, 2, \dots, n$ 对应所有指标 $i=1, 2, \dots, m$ 的实测值构成白化数矩阵 D :

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} \quad 8-1$$

2. 确定白化权函数。其数学表达为:

当灰类 $j=1$ 时, k 对象 i 指标的白化权函数为:

$$f_{kiq}^1 = \begin{cases} 1 & d_{ki} \leq X_j \\ \frac{X_{(j+1)} - d_{ki}}{X_{(j+1)} - X_j} & X_j < d_{ki} < X_{(j+1)} \\ 0 & d_{ki} \geq X_{(j+1)} \end{cases} \quad 8-2$$

当灰类 $j=2, 3, \dots, (h-1)$ 时, k 对象 i 指标的白化函数为:

$$f_{kiq}^j = \begin{cases} 0 & d_{ki} \leq X_{(j-1)} \\ \frac{d_{ki} - X_{(j-1)}}{X_j - X_{(j-1)}} & X_{(j-1)} < d_{ki} < X_j \\ 1 & d_{ki} = X_j \\ \frac{X_{(j+1)} - d_{ki}}{X_{(j+1)} - X_j} & X_j < d_{ki} < X_{(j+1)} \\ 0 & d_{ki} \geq X_{(j+1)} \end{cases} \quad 8-3$$

当灰类 $j=h$ 时, k 对象 i 指标的白化函数为:

$$f_{kiq}^h = \begin{cases} 0 & d_{ki} \leq X_{(j-1)} \\ \frac{d_{ki} - X_{(j-1)}}{X_j - X_{(j-1)}} & X_{(j-1)} < d_{ki} < X_j \\ 1 & d_{ki} \geq X_j \end{cases} \quad 8-4$$

在 8-2~8-4 式中: $k=1, 2, \dots, n$; $i=1, 2, \dots, m$; f_{kiq}^k 为

L 子系统 k 对象 i 指标 j 灰类的白化函数： X_j 、 $X_{(j-1)}$ 、 $X_{(j+1)}$ 分别为 j 灰类、 $(j-1)$ 灰类、 $(j+1)$ 灰类的灰类值（即循环经济市指标体系分级标准值）。

3. 对各子系统进行灰色评价。设 L 子系统 i 评价指标的权重为 W_i^L ，得出白化权系数矩阵：

$$A^k = \left[\sum_{i=1}^m f_{ki1}^L W_i^L, \sum_{i=1}^m f_{ki2}^L W_i^L, \dots, \sum_{i=1}^m f_{kih}^L W_i^L \right] \quad 8-5$$

$$k=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, h$$

4. 在各子系统灰色评价的基础上进行综合。

设 L 子系统的权重为 R^L ，计算系统综合权系数矩阵：

$$A = \sum_{L=1}^S A^L R^L \quad 8-6$$

式中 A 为系统综合权系数矩阵， S 为系统所包含的子系统数。

与指标分级标准相对应，将白化权函数中的灰类定为 3；另外，循环经济指标可分为赋值越大循环经济发展能力越高的指标和赋值越大循环经济发展能力越低的指标两大类。在将所有实测指标值代入各级灰类白化函数（公式 8-2 ~ 8-4）中进行计算时，对于值越大循环经济发展能力越低的指标，如万元 GDP 平均综合能耗、人口自然增长率、能源消费弹性系数、犯罪率等，应取其倒数，相应的分级标准也取倒数。

应用灰色系统综合评估方法，首先分别对各子系统进行评估，其次将各子系统的评估结果进行综合评估，得到系统的综合权系数向量。通常采用最大隶属度原则，从该向量中选出最大分量作为评价结果，其对应的等级即为城市循环经济发展总能力水平。

（四）综合评价结果的分析

依据上述模型计算结果即可进行综合评价结果的分析。城市循环经济建设和发展水平，即为在城市建设循环经济进程中的能力及实际走过的路程，发展水平从零分到 100 分反映了城市社会经济从局部建设循环经济走向全面发展循环经济的过程。建设水平与“100”之

差，即为目前的现状与全面发展循环经济标准之间的差距。

将同一城市的“循环经济建设与发展水平”进行不同年份的纵向比较，可以分析出全面发展循环经济的进程及全面建设循环经济的效果快慢及具体速度，进而可以预测出实现全面发展循环经济的具体年限。

将各类型城市的“循环经济建设与发展水平”进行横向比较，城市之间的“建设与发展水平”相差的数值即为全面建设循环经济进程中的差距。分析各个城市具体的评价指标之间的差距，可以分析出各自的优势、劣势、差距和不足，有利于找出全面建设循环经济进程中的问题和薄弱环节，分析问题产生的原因，进而可以有针对性地提出加快城市循环经济建设措施。

循环经济关注的目标不再是单纯的经济增长，而是生态效率（Eco-efficiency）的提高。生态效率是经济社会发展的价值量（即GDP总量）和资源环境消耗的实物量比值（如公式①），它表示经济增长与环境压力的分离关系（decoupling indicators），是一国绿色竞争力的重要体现。

$$\text{生态效率（资源生产率）} = \frac{\text{经济社会发展（价值量）}}{\text{资源环境消耗（实物量）}} \quad \text{①}$$

根据式①可得，生态效率的指标和资源生产率（或资源效率）的指标以及环境生产率（环境效率）的指标密切相关。由此进一步得出与资源生产率相关的指标：单位能耗的GDP（能源生产力）、单位土地的GDP（土地生产力）、单位水耗的GDP（水生产力）和单位物耗的GDP（物质生产力）；而与环境生产率相关的指标是：单位废水的GDP（废水排放生产力）、单位废气的GDP（废气排放生产力）和单位固废的GDP（固废排放生产力）。通过这些指标可具体计算出中国的资源效率，并可由计算结果得出，中国的资源生产率与世界上发达国家的差距比较明显。

循环经济就是按照生态规律利用自然资源和環境容量，将资源开发、清洁生产和废弃物综合利用融为一体的经济，实现经济活动的生

态化导向。从而从根本上消除长期以来环境与发展之间的尖锐冲突，将经济系统和谐地纳入到自然生态系统的物质循环过程中。循环经济运用生态学规律来指导人类社会的经济活动，把人类社会的生产方式看成是人类与自然界之间的物质能量交换，因此循环经济在本质上是一种生态经济，是人类对经济增长与生态环境关系的进步。它认为人类社会只是生态系统的一个子系统，一切经济活动和所有生物都对地球生态系统有着依赖关系，人类社会子系统的存在依赖于生态大系统的平衡和自我调节机制，强调生态平衡与经济平衡的关系、生态效益与经济效益的关系、生态供给与经济需求的矛盾等，以此来探索经济系统和生态系统持续稳定的发展方式。

第四节 发展循环经济 促进人与自然的和谐

世界环境与发展委员会的《我们共同的未来》文件强调：“从广义上讲，可持续发展的战略旨在促进人类之间以及人与自然之间的和谐”。《里约宣言》第一条原则也强调：“人类处于普受关注的可持续发展问题的中心，他们应享有以与自然相和谐的方式过健康而富有生产成果的生活的权利”。由此可见，人与自然的和谐是可持续发展方式建立的基础，而人与自然的和谐是可持续发展追求的最高目标。只有实现了人与自然的和谐，才能实现人类社会的持续发展。

一、以可持续发展统领社会发展

可持续发展的概念，最初于1980年出现在世界自然保护联盟起草的《世界自然保护战略》的文件之中。该文件提出把资源保护与经济发展结合起来的方针，认为“发展和保护对于我们的生存以及履行我们作为后代所享用自然资源的保管人的责任来讲是同等重要的”。1987年，联合国还通过了世界环境与发展委员会起草的文件《我们共同的未来》，在这个关系着人类社会未来发展的挑战与策略

的划时代纲领性文件中，提出可持续发展是“既能满足当代人的需要，又不对后代人满足需要的能力构成危害的发展”，并论述了可持续发展的原则、要求、目标和策略，从而为可持续发展思想奠定了基础。1992年6月，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》。这两个文件是将可持续发展思想和理念付诸行动的开始，它充分肯定了可持续发展道路，把实现可持续发展作为人类共同追求的目标。至此，可持续发展思想已经成为影响人类文明和人类进步的基本指导原则。

加强环境保护与可持续发展重大问题的研究，提高对自然规律的认识水平。重点发展循环经济、清洁生产、生态农业、节能降耗和可持续消费等领域的先进技术，提高可持续发展的科技支持能力。充分利用高新技术，提高环境治理的效率。据不完全统计，2002年底“有效益的环境管理”在全世界五个洲29个国家都有自己的试点项目，在11个国家的19个行业中总结出了56个成功案例。在这些案例所有措施中，34%的措施无需企业投资，仅仅是管理和组织方式上的改变，14%的措施投资低于100美元，32%的措施投资在100到1000美元之间，仅有20%的措施投资高于1000美元。这些措施主要分布在下列领域：降低原材料的损失（28%），减少原料和材料的投入量（18%），减少包装材料和废物（9%），减少用水量（9%），废物的再利用（7%），其他类型的措施占13%。这些方面都是企业生产中非常重要的部分，采取改进措施对企业降低生产成本意义重大。如果改进措施的投资回收期过长，占压企业资金，也会令企业失去改进的动力。在上面提到的所有措施中，43%的措施可以立刻收回投资，资金回收期在1天到6个月之间的措施占总数的30%，23%的措施回收期在7个月到18个月之间，只有4%的措施投资回收期超过18个月^①。

通过上面几组数字不难看出，“有效益的环境管理”手段具有投

① 上述数据来源于P3U项目组提供的统计资料。

资少、见效快、效果明显的特点。由于减少了能源和材料等资源的消耗，也减少了环境污染，同时实施过程中可以改进企业的组织管理状况，提高管理水平，可以轻松实现经济效益、环境效益与组织效益的“三赢”。这对于改进目前大多数中小企业的管理状况，提高生产率，增强企业竞争力很有帮助。

二、发展原创技术，走生态型工业化道路

原创技术本身就可以孵化为新的产业。在过去的十年里，主要发达国家的原创产业在制造业领域中的比重翻了一番，且发展趋势不断加快，原创产业已成为推动世界经济发展的主要动力。目前，美国信息产业创造的增加值已占国内生产总值的50%以上，高新技术部门在美国国内销售和出口中已成为最大的部门，其产值占国内生产总值的80%。1971年至1996年期间，西欧高技术产业的总产值由50亿美元上升到2000亿美元，增长40倍；而日本由30亿美元上升至3200亿美元，增长106.7倍；韩国的高新技术产业发展也很快，1990年以来高新技术产值年均增长率达到19%，今后的增长趋势将更快。

在整个高新技术产业中，信息产业与生物技术产业发展最为迅猛。从整个世界范围来看，最近20年来，新兴信息产业创造的生产力提高了近100倍；目前，全球信息技术产业的产值超过10000亿美元，并且每年以15%~20%的速度增长。美国在世界信息产业中依旧处于领先地位，尽管美国人口只占世界人口的5%，但所产生的科学信息总量已占世界的50%以上，年增长率已相当于传统产业的3~5倍，几乎成为美国最大的产业之一。经过短短20年时间的的发展与应用，生物技术已成为人类解决所面临的农业、医疗保健、资源、能源、环境等诸多重大问题的重要手段。据生物技术分析家预测，今后十年中，仅农业生物技术一项的全球销售额就将超过3000亿美元。生物技术领域内的国际竞争也像信息技术一样激烈。据统计，仅美国、日本和欧洲在20世纪90年代中期就有6000多家生产生物高技术产品的公司，其年销售额已近100亿美元。

人类通过科技进步，在资源史和工业发展史上实现了一次次重大发现，实施了一次次跨越性突破，促进了经济与社会的发展。然而，虽然科技进步能够一次次突破资源限制，但是科技新发现毕竟有一个过程，有时甚至是一个漫长的过程。而在新的科技发现没有出现之前，资源条件的限制，对经济与社会的发展都形成了巨大的拖曳作用。从这个角度来看，在长期的发展趋势中，通过科学进步而不断发现新的资源，保证人类社会发展的需要，而在一个特定的历史时期，资源有限与资源短缺又是一个经常出现的现象。因此，正是在资源短缺——科技进步——发现新资源的交替更换中，经济与社会过程被一次次推向前进。卡恩认为，人类通过科技的进步，健全的管理和明智的政策，能够解决所面临的各种严重问题。正是由于对人类的未来充满信心，他认为如果不出现惊人的、出乎意外的“革新和进步”，到20世纪末和21世纪初，那些先发国家将进入超工业社会，然后进入后工业社会，最后所有国家都会进入到超工业经济和后工业经济阶段（即我们所说的知识社会阶段）。

三、建立生态型工业生产系统，减少环境压力

工业生态学强调综合解决工业系统与自然生态系统之间相互作用问题，寻求工业系统可持续发展的理论与方法。其基本思想来源于工业系统与自然生态系统的对比。把工业系统看成是生态系统的一种特定形式，即所谓的“工业生态系统”，其具有生态系统的四个基本原则（物质与能量的流动性、组成的多样性、地域性和渐变性）。在工业生态系统中存在多种多样的由多个相互关联的工业企业联合形成的工业生态群落。在工业生态群落中包括了物质与能量的生产者、消费者和分解者三类具有不同行为的成员，它们之间应当建立类似“食物链”的营养结构关系，从而在工业系统内实现物质的封闭循环。同时，在一定时期内，能量流动和物质循环在生产者、消费者和分解者之间应当保持动态平衡，这种平衡的内在机制是市场价值规律，而平衡的实现要靠系统内部具有自动调节的机制和能力。

工业生态学的基本宗旨是推动工业系统的演进，使之由低级生态系统向三级生态系统转化，这种旨在推动工业体系演进的战略，被称为“生态重组”，即按生态学方式对工业系统进行重组，有的泛指经济重组。生态重组会在宏观、中观和微观三个层次上发生作用。生态重组的方式主要包括工业系统内物质的封闭循环和物质减量化与能源脱碳。

实行更为严格的环境保护政策与法律。既要利用法律手段加大对环境违法行为的处罚，又要充分利用经济手段发挥市场机制的作用；严格实行环保准入，实施环境影响评价制度和污染物排放总量控制制度；促进产业结构优化升级，淘汰落后生产工艺和设备，逐步解决结构性污染问题；不断开展专项整治行动，切实解决危害人民生产生活的突出环境问题。按照生态功能区划合理组织产业布局，认真落实重要生态功能保护区、重点资源开发区和自然保护区的生态保护措施。随着社会经济的高速发展，生态环境的不断改善，产业污染仍然是影响经济、社会健康发展的主要问题。人工生态系统是自然生态系统的一部分，大力发展静脉产业，可以调整资源、能源的流动方式，最大限度地降低人类经济活动对自然生态系统的负面影响，促进工业、农业生态化发展，走生产发展、生活富裕、生态良好、人与自然相和谐的文明发展道路。因此，要继续发展静脉产业推进生态工业、农业的生态化发展，这是建立生态型社会，实现可持续发展的重要基础工作。未来所谓“无重量”的经济成为主流、实现循环型生产和循环型消费的较高发展阶段。该阶段在继续推进经济社会发展的同时，争取资源消耗和污染排放相对于 21 世纪初有稳定减少，实现倍数 4 的生态经济效率，达到可与发达国家相比较的水平。

深化产品生命周期经济，从可持续生产与消费的层面进行整合。当前的小循环和中循环仅仅涉及生产领域，大循环也只是涉及处理领域。与联合国提出的可持续生产和消费联合原则还有很大的差距。

四、构建生态型社会，促进人与自然和谐发展

当前推动循环经济发展，一要把循环经济纳入科学发展观，二是

深化产品生命周期经济，从可持续生产与消费的层面进行整合，三要从城市、区域、国家等不同的空间规模发展循环经济，四要从技术变革延伸到社会变革，深化循环经济的支持体系。总之，发展循环经济是从理念、政策到行动的全方位改革，需要社会各类主体的积极参与；另外，不仅要求从技术角度提供支撑，更要求从管理的角度提供制度安排和政策支持，以便决策者、企业家、消费者可以内生性地将循环经济的理念纳入产业提升、企业产品开发、生活模式更新的实践之中。

建立生态型社会是发展循环经济的最高级形式，也是发展循环经济的高层次目标，是我国实现经济社会可持续发展战略的有效手段。积极推动企业进行清洁生产、发展生态工业的工作，促进企业间形成生态产业链，引导循环经济、生态工业园建设的试点示范，为推进循环经济发展创造政策环境和外部条件，把工作重点从过去单纯的行政管理向公共服务职能转变，从经济效益和环境效益角度引导企业走生态工业、循环经济之路，促进我国经济、环境的良性发展，努力把中国建成生态型社会。

循环经济是一种经济发展模式，建立生态型社会是循环经济发展的最终目标。生态型社会要求将社会生产与消费活动作为一个整体考虑，所以要在提高资源与能源生产效率的同时，改变社会的消费习惯与结构。要利用产品生命周期分析、物流分析与管理、清洁生产审核、绿色 GDP 核算、绿色消费的鼓励政策以及结束机制等，将传统的线形经济模式转变为循环型经济模式，传统的消费模式转变为环境友好的绿色消费模式，更好地促进产品的绿色设计、生产与消费。循环经济是一个系统工程，需要政府主导、市场推进、法律规范、科技支撑和公众参与，因此，政府必须建立起一个与此相适应的推进机制，组织、协调各部门、各环节的关系，将发展循环经济的各项措施落到实处，才能保证社会经济稳步向生态型社会迈进。