

典型生态产业园区发展模式及其借鉴

韩 良^{1,2}, 宋 涛^{1,2}, 佟连军¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 生态产业园区作为可持续发展理念走向实践的重要方向之一, 在世界范围内得到了广泛推广, 20 世纪 90 年代以来中国也开始着手生态产业园区的建设和发展, 并将其作为实现产业生态化与区域产业绿色化的重要手段。生态产业园区发展模式是对生态产业园区的一种综合与概括, 集中体现了个体特色与整体差异。对国内外现有的生态产业园区类型进行归纳和划分, 在此基础上分析和比较国内外典型生态产业园区的发展模式, 指出不同模式的优长与局限, 并将其与中国的实际相结合, 为中国生态产业园区的整体差异化发展以及不同地区选择适宜的生态产业园区发展模式提供借鉴和参考。

关键词: 生态产业园区; 发展模式; 借鉴

中图分类号: X22 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2006)02-0237-07

生产是人类社会与自然生态系统之间联系的主要界面, 产业活动则是人类发展与生态环境最敏感的结合点。人类在对传统的产业发展观进行反思和扼势创新的基础上提出了仿照自然生态系统重构产业系统的产业生态思想, 生态产业园区则是产业生态思想在实践层面的具体体现。

目前对生态产业园区的概念还没有统一的定义。综合来看, 产业园区是一组概念的集合, 包括产业区、产业群、产业园、产业带和商业园等, 与一般产业园区不同, 生态产业园区是一个包括自然、产业和社会的地域综合体, 是依据循环经济理论和产业生态学原理设计而成的一种新型产业组织形态。Lowe 和 Warren 等人指出生态产业园区最本质的特征在于企业间的相互作用以及企业与自然环境间的作用。对生态产业园区主要的描述是系统、合作、相互作用、效率、资源和环境, 这些显然是传统产业园区难以同时具备的特征^[1]。

20 世纪 90 年代以来, 生态产业园区开始成为世界产业园区发展领域的主题, 一些发达国家如丹麦、美国、加拿大、德国、奥地利、瑞典、爱尔兰、荷兰、法国、英国、意大利、澳大利亚, 日本等很早就开始规划建设生态产业示范园区, 其它国家如泰国、印度尼西亚、菲律宾、印度、纳米比亚和南非等发展

中国家也正积极兴建生态工业园区^[2,3], 中国目前正处在工业化快速发展的中期阶段, 迫切需要减少工业化过程中巨大的资源和环境成本, 提高经济效益和环境资源的配置效率, 以实现产业发展的生态化和绿色化转向。因此, 生态产业园区建设已经成为中国不同地区实现区域生态化的主要途径和未来工业园区建设和改造的主要方向。在此条件下, 本研究试图将复杂的生态产业园区研究简化并集中于中观尺度的模式研究, 在对国内外典型生态产业园区的类型及发展模式进行归纳和比较的基础上, 总结可供借鉴的成功经验, 避免中国当前生态产业园区建设的盲目性和重复性, 这对于不同地区的生态产业园区建设乃至区域经济的发展都具有重要意义。

1 生态产业园的类型归纳及划分

纵观国内外各生态产业园区, 其间并没有统一的模式, 而是因地制宜, 各具特色。尽管国内外的学者如 Marian Walther 和柯金虎等人以及美国可持续发展总统委员和中国环境保护总局等研究机构对生态产业园的类型划分进行了不同的尝试^[4-6], 但都是基于特定的分类标准下进行的, 虽然对生态产业园区的类型进行了有益的探索, 但

收稿日期: 2005-02-12 修订日期: 2006-01-06

基金项目: 中国科学院东北地理与农业生态所前沿领域项目资助 (KZCX3-SW-NA-07) 和国家自然科学基金资助项目 (40571041)。

作者简介: 韩 良 (1968-), 男, 吉林省长春市人, 博士研究生, 研究员, 主要研究方向为产业生态与生态经济。E-mail: hanlance68@

尚不足以为生态产业园区的实践提供行动指南。因此本研究在综合以上研究成果及近期国内外产业生态园区建设实践的基础上,试图从不同的角度对生态产业园区的类型作以全面划分。

表 1 生态产业园区的类型划分
Table 1 Types of eco industrial parks

| 分类依据 | 类型 | |
|------|-------|----------------|
| 产业构成 | 农业型 | |
| | 工业型 | |
| | 混合型 | |
| | 资源回收型 | |
| 形成路径 | 自发形成型 | |
| | 人为规划型 | 全新规划型 现有改造型 |
| 政府角色 | 政府服务型 | |
| | 政府主导型 | |
| 组织方式 | 企业集团型 | |
| | 综合园区型 | |
| 园区布局 | 实体型 | 紧凑型 分散型 |
| | 虚拟型 | |
| | 虚实结合型 | |
| 废物处理 | 内理型 | 串联型 并联型 |
| | 外包型 | |

2 典型生态产业园区分析

2.1 国外的典型生态产业园区

2.1.1 菲律宾玛雅 (Maya) 农场

玛雅农场将面粉厂 - 养畜场和鱼塘 - 肉食加工以及罐头制造厂形成了一个良性循环的农业生态系统。农场建有沼气生产车间为农场生产和家庭生活提供所需能源,产气后的沼渣中可回收牲畜饲料,其余用做有机肥料,产气后的沼液经藻类氧化塘处理后,送入水塘养鱼养鸭,最后再取塘水、塘泥去肥田,农田生产的粮食又送面粉厂加工,进入又一次循环^[7]。玛雅农场是以农业为主题的生态产业园区的典型,该类园区无论在生态脆弱区、生态资源优势区、农业生产区还是沿海城郊经济发达区皆可以通过多种经营和多级循环利用形成一个良性循环的生产网络,从而获得较高的经济效益和生态效益。

2.1.2 印度 Seshasayee 造纸及制板有限公司

Seshasayee 造纸及制板有限公司最初建设了一个可利用其废弃物作造纸原料的糖厂,糖厂的另一种废物糖蜜则被酿酒厂用来生产酒精。同时公司组织该地区农民种植甘蔗,并收购他们的甘蔗并负责给他们供水,部分耕种用水采用处理过的生产废水。公司也利用甘蔗渣髓(造纸废弃物)和其他可燃农业废弃物作为能量来源^[8]。

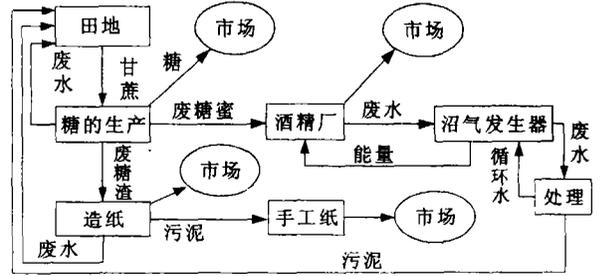


图 1 Seshasayee 农业 - 工业生态综合体模式示意图^[12]
Fig 1 Seshasayee agro industrial ecology complex

Seshasayee 是一个农业 - 工业的生态综合体模式。园区企业间通过交易和废物形成了第一产业和第二产业的纵向关联。这种模式也可以运用到中国大型的农副产品深加工领域,建立起一种种植业和加工业纵向闭合的循环方式,在不增加资源消耗和环境负荷的前提下,通过加工业与种植业的联动式发展实现种植业和加工业利润的最大化。

2.1.3 波多黎各 (Porto Rico) 的资源再生园

波多黎各生态工业园区的核心企业是一家利用低排放技术从废物中制造能源的企业。其它企业包括 1 个再生纸厂、1 个小型钢厂、1 个轮胎粉碎厂、1 个水泥厂和其它使用城市固体垃圾的企业。该生态产业园区主要运用先进的废弃物转化技术,在解决垃圾处理问题的同时在资源回收和能源可持续利用方面寻求合作^[9,10]。

波多黎各的资源再生园以资源回收和再生为主题明显区别于其它生态产业园区,这类生态产业园区一方面对废弃物的处理和转化技术具有较高的要求,另一方面从布局来看,它益选择在废弃物产生较多且对废弃物转化后的产品具有市场需求的地区发展。

President's Council On Sustainable Development Eco-industrial park workshop proceeding [EB/OL]. (1996-10-17). <http://clair.tn2.nara.gov/PCSD/Publications/index.html>
 国家环境保护总局. 生态工业示范园区规划指南(试行) [EB/OL]. (2003-12-31). <http://www.zhb.gov.cn/ec/650217096101232640/20040419/1048824.shtml>
 Low E. A. Eco-industrial park handbook for Asian developing countries [EB/OL]. (2001-10-03). <http://www.indigodex.com/Handbook.html>

2.1.4 美国乔克托 (Choctaw)生态工业园区

美国全新规划型的乔克托 (Choctaw)生态工业园区, 主要依托俄克拉荷马州大量的废轮胎资源, 利用现代化的处理技术进一步衍生出不同的产品链, 这些产品链与辅助的废水处理系统一起构成一张生态工业网^[10, 11]。

全新规划型园区的特点是基于园区所在地丰富的特定资源, 在良好的规划和设计基础上从无到有地进行建设, 主要吸引那些具有“绿色制造技术”的企业入园并通过采用废物资源化技术构建出核心生态工业链, 进而扩展成生态工业网。这一类工业园区对入园成员的要求较高, 前期投入较大, 同时成员迁移和改变的灵活性不高, 但具有较高的建设起点, 因而适合在工业发展水平较高的地区建设和发展。

2.1.5 美国查塔诺加 (Chattanooga)生态工业园区

查塔诺加 (Chattanooga)是美国的老工业区, 由于以杜邦公司的尼龙线头回收为核心推行企业零排放改革, 在很大程度上, 不仅减少了污染而且带动了环保产业的发展, 在老工业区发展了新的产业空间^[12]。其突出特征是通过重新利用老工业企业的工业废弃物, 建立起生态工业网络, 以减少污染和增进效益。

这种革新方式对老工业区改造很有借鉴意义, 并且更能适应老工业企业密集的城市。不过这种改造型生态工业园的局限性也是非常明显的: 首先, 企业的内部推行生态工业革新, 要求企业具有相当的规模; 其次, 工业生态系统中的大量物质循环往往需要跨行业的协作, 因而在企业内部非常难于实现。

2.1.6 丹麦的卡伦堡 (Kalnborg)生态工业园区

卡伦堡生态工业园区中的 4家核心企业在政府的引导下通过交易的方式把其他企业的废弃物或副产品作为本企业的生产原料, 从而建立工业横生和代谢的生态链关系^[13]。

卡伦堡生态工业园区特点是共生体系未经规划和设计而自发形成, 并在市场机制作用下实现自组织和自协调, 政府的职能主要集中于法律法规的制定和政策扶持上, 而并不参与园区具体经营管理, 这种政府在生态产业园区建设过程中充当服务者和间接支持者角色的定位具有较高的借鉴价值。

2.1.7 美国布朗斯维尔 (Brownsville)生态工业园区

布朗斯维尔生态工业园是一种“虚拟”生态工业园区, 它不严格要求成员在同一地区, 而是通过在计算机上建立起成员间的物料或能量关系的数学模型和数据库, 来选择适当的企业组成工业生态链, 区外企业不一定要通过废物交换方式与区内企业在空间上形成紧密联系, 只要能够相互共享物质与能源, 就可以参与园区的运作^[14]。

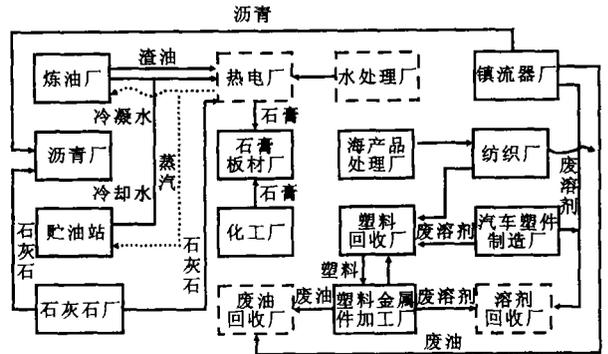


图 2 布朗斯维尔虚拟生态工业园区示意图

Fig 2 Virtual eco-industrial park (VEIP) of Brownsville

园区最大的特点在于其打破了地域界限, 实现了建立在快速信息流交换基础上的物流交换; 同时, 由于众多企业的参加, 丰富了网络结构, 使生态网的柔性也大大增强; 另外, 企业不必通过废物直接交换方式形成紧密联系, 也使这一模式的适应范围大大增加。虚拟园区可以省去一般建园所需要的购地费用, 避免建立复杂的相互关系和进行困难的工厂迁址工作, 因而具有很大的灵活性; 其缺点是可能降低分工效率并产生由运输带来的交易成本。综合来看, 虚拟型生态产业园区适合布局在工业用地紧张, 地租较高而交通和科技都较为发达的地区。

2.1.8 日本井底瘦 (Kokubo)生态工业园区

Kokubo生态工业园区是在由工业承租商、山梨大学和山梨市政府共同建立的“政府 - 工业 - 学术”联盟的促成下发展起来的。Kokubo工业区缺少像其他生态工业园区那样的典型核心企业; 园区内只有部分企业之间以产业链形式形成紧密联系, 其他企业则相互间没有直接关联, 园区不但有内部交换, 而且其活动与外部企业相结合。园区企

业通过废物的集中收集、统一处理和循环利用形成纵向闭合循环,而企业之间主要是并联关系^[14]。

Kokubo 模式对中国开发区的生态化建设具有积极的借鉴意义,因为中国很多开发区由企业群构成的,没有核心企业,而且企业间也没有产业链条的上下游关系,对于这类并联关系的企业群,可以考虑采取废物集中处理、循环使用的方式建设生态工业园区; Kokubo模式的借鉴意义还在于当地的大学或科研机构与生态工业园区的开发与建设紧密结合,并为之提供智力支撑。

2 1 9 鹿特丹 (Rotterdam)生态工业规划项目

荷兰鹿特丹港口地区是典型的重化工业集群,为改善环境问题,四家来自化工、铝加工业和水泥行业的企业由于内部环境管理资源的约束而选择资源外包战略,即将压缩空气生产系统外包给同一家压缩空气系统供应商,这样生产企业通过将废弃物处理或循环利用业务通过承包合同交给外部专业组织处理,从而将外部优势资源整合到企业内部的污染防治活动中。

这一模式利用小企业经营较低的进入和退出成本解决了产业生态联系的刚性问题,同时设备共享和废物流集中项目的资本投入也相对较少。但由于废物处理采用外包的模式,从而无法为外包供应商提供生态效率增长的机会,重要的是由于废弃物处理或循环利用业务要交由外部专业组织处理,

因此这种模式只能在环保产业发展相对较为成熟的地区实现。

2 2 中国的典型生态产业园区

目前中国的生态产业园区主要以生态工业园区为代表。由 2001年开始,国家环境保护总局陆续正式确认包括广西贵港生态工业(制糖)园区和包头钢铁国家生态工业示范园区在内的 15个国家生态工业示范区。通过这些不同模式生态产业园区的建设,试图探索出适合中国国情的生态产业发展模式。

2 2 1 贵港国家生态工业(制糖)示范园区

贵港国家生态工业(制糖)示范园区是以贵糖(集团)股份有限公司为核心,通过产业生态学设计整合贵港市其它制糖及相关企业共同组成的企业集团型生态产业园区。

园区的主要特点是园区内的成员企业隶属于同一家大型公司,相互间不必通过市场化的交易达成协作,信息公开程度高,能有效避免由资产专用性导致的相互依赖和机会主义行为问题,易于形成规模经济和行业进入壁垒,阻止其它企业模仿和恶性竞争,降低交易成本,方便内部协调利益关系,同时核心企业相对庞大而稳定的生产规模和较强的抗风险能力有助于园区产业生态网络的稳定;贵港模式一般要求以大型企业为核心,区内的企业要具有相对的同质性方能进行构建,因此条件较为苛

表 2 国家级生态工业示范园区及其类型划分

Table 2 Types of national eco industrial parks

| 名称 | 类型 | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 贵港国家生态工业(制糖)建设示范园区 | 混合型 | 现有改造型 | 政府主导型 | 企业集团型 | 紧凑型 | 串联型 |
| 鲁北国家生态工业建设示范园区 | | | | | | |
| 包头钢铁国家生态工业示范园区 | | | | | | |
| 抚顺矿业集团国家生态工业建设示范园区 | | | | | | |
| 包头国家生态工业(铝业)建设示范园区 | | | | | | |
| 大连经济技术开发区国家生态工业建设示范园区 | | | | | | |
| 天津经济技术开发区国家生态工业建设示范园区 | | | | | | |
| 苏州工业园区国家生态工业建设示范园区 | | | | | | |
| 烟台经济技术开发区国家生态工业示范园区 | | | | | | |
| 潍坊海洋化工高新技术产业开发区国家生态工业示范园区 | | | | | | |
| 苏州高新区国家生态工业建设示范园区 | 全新规划型 | 虚实结合型 | 综合园区型 | 紧凑型 | 分散型 | |
| 贵阳市开阳磷煤化工国家生态工业示范基地 | | | | | | |
| 郑州市上街区国家生态工业示范园区 | | | | | | |
| 南海国家生态工业建设示范园区暨华南环保科技园 | 混合型 | | | | 紧凑型 | 分散型 |
| 长沙黄兴国家生态工业建设示范园区 | | | | | | |

国家环境保护总局. 批准建设的国家生态工业示范园区名单 [EB/OL]. (2004- 12- 01). <http://www.zhb.gov.cn/eic/650217100396199936/20040910/1604.shtml>

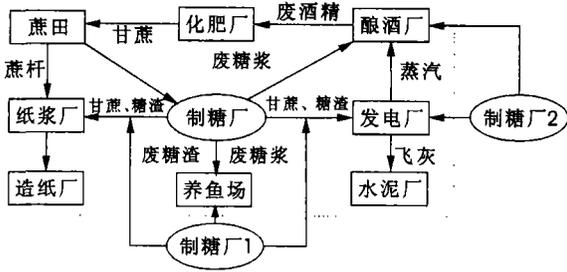


图 3 贵港企业集团型生态产业园区示意图
Fig 3 Enterprise group EIP of Guigang

刻,同时集团公司的决策失误可能直接导致系统的瓦解。

2.2.2 天津经济技术开发区国家生态工业建设示范园区

天津经济技术开发区国家生态工业建设示范园区是在原天津经济技术开发区的基础上改造而成,园区依据循环经济和产业生态思想将其内的支柱产业进行重新构架形成生态工业链,在区域内成员间建立废物和能量的交换关系,同时大力发展水资源和固体废物资源化等静脉产业,从而创造生态企业集聚的升级工业园区。

改造型生态工业园区可利用原有工业园区的基础,在资金上不需要太大的投入,但相对来说改造在技术上存在一定难度,这种生态工业园建设模式尤其适于那些存在一定产业关联且有较好基础或生态工业雏形的工业区域。

2.2.3 贵阳开阳磷煤化工国家生态工业示范基地

开阳磷煤化工生态工业园区由金中、永温、双流(下含 5个工业组团)和城关 4个工业群落以及基地信息科研中心等部分组成,其中双流群落距城关群落 15 km、距永温群落 13 km;永温群落距金中群落 5 km。群落之间通过产品链、信息流以及其他行业的共生关系等形成一个有机整体。

开阳磷煤化工生态工业园区在传统资源型产业发展的基础上采取分散群落型布局建设生态工业园区,解决了传统资源型产业难于搬迁以及由此产生搬迁成本的问题,虽然这一模式对群落间的生态产业关联以及空间距离都存在一定程度的要求,但仍不失为其他资源型及老工业基地城市进行生态工业园区建设的有益借鉴。

3 生态产业园区发展模式的特点

3.1 国外生态产业园区发展模式的特点

纵观国外生态产业园区的建立和发展,已经涵盖农业型、工业型、混合型以及资源回收型等多种类型,生态产业园区的发展模式与区域发展特点紧密结合,不仅有效规避了同类园区间可能产生的竞争,而且通过生态产业园区的特色经营为区域发展注入了活力;园区的形成和发展多以市场机制为导向自发形成,政府主要充当服务者和间接支持者的角色,而并不参与园区和企业的具体经营;生态产业园区中以双边治理结构的综合园区型生态产业园居多,一体化治理结构的企业集团型相对较少;科研机构与大学在生态产业园区的发展过程中起着重大的促进作用,为生态产业园区的规划与建设提供智力支持。

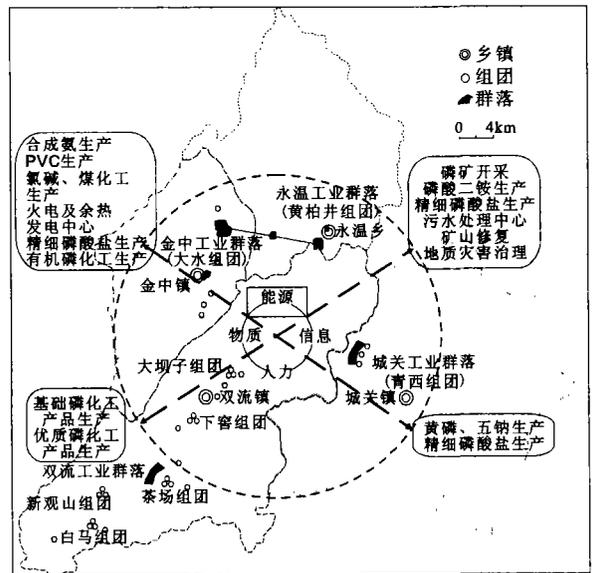


图 4 开阳磷煤化工分散布局型生态工业园区示意图

Fig 4 Dispersed distribution of Kaiyang phosphorous & coal chemical EIP

3.2 中国生态产业园区发展模式的特点

与国外生态产业园相比中国的生态产业园发展模式上具有以下特点:

1) 从产业构成上看,中国的生态农业发展早于

郭 莉. 工业共生进化及其技术动因研究. 大连: 大连理工大学, 博士学位论文, 2005 9 66~68.

清华大学化工系生态工业研究中心. 贵阳市开阳磷煤化工(国家)生态工业示范基地规划(摘要) [EB/OL]. (2004-08). http://www.gygov.gov.cn/chinagy/72904226765_799424/20051212/4030_1.htm

生态工业,由国家各部委组织实施的可持续发展实验区、生态示范区和生态农业县成为生态农业建设的典型模式,相对而言生态产业园区主要以生态工业园区为主,以农业为特色和主体以及混合型的生态产业园较少,资源回收型生态产业园区尚不多见。

2) 从形成路径和政府角色上看,由于中国的生态产业园区发展处在社会主义市场经济的大环境下,因而受政府宏观调控较强,生态产业的市场机制没有得到充分的发挥,生态产业园区皆是在政府的规划和指导下建设和发展;在人为规划的园区中由于全新规划型生态产业园区的资金投入、建设起点以及对入园企业的要求都比较高,因而并不多见;相对而言现有改造型生态产业园区由于富于操作性也更易实现,因而所占比重较高。

3) 从组织方式上看,由于受文化认知、市场发育和法律法规等条件的限制,中国生态产业园区中企业集团型生态产业园区比重较高,综合园区型生态产业园区则主要是以对原有开发区进行生态化布局和改造为主。

4) 从园区布局上看,由于受技术和运输条件的限制,中国生态产业园区的建设以实体型为主,少数园区尝试虚实结合的发展模式;在实体型园区中目前主要采用紧凑布局,分散的群落布局尚不多见。

5) 从废物处理上看,主要以内理型为主,多数园区采用串联的方式,园区成员间由于存在废弃物或副产品的交换关系而彼此联系,采用并联方式构建生态产业园的较少,而外包型的生态产业园区尚未引起重视。

4 对中国生态产业园区布局的启示

生态产业园区的发展没有固定模式可言,因各个国家和地区的情况不同,生态产业园区各具特色,通过对典型生态产业园区发展模式的比较研究,对中国未来生态产业园区的建设有以下几点启示:

1) 中国目前正处在工业化中期阶段,产业生态化以工业生态化为主,同时作为农业大国,中国在生态农业发展方面有着悠久的历史,因此对于农业发展基础较好的地区,如东北、华北和西南等地区应重视以农业为主题以及混合型生态产业园区的发展;此外在工业活动频繁、废弃物产生较多、环境负担较重的东南沿海地区可以考虑建设资源回收型生态产业园区。

2) 由于全新规划型生态产业园的前期资金投入较高,适合在具有一定资金基础和招商吸引力的地区发展,东南沿海地区的生态产业园区建设可以考虑采用此种模式;中国现有国家级的经济开发区和高新技术开发区 107 个,包括未核减的省级和地市级的开发区共有约 6 866 个^[16],这些开发区大多拥有一定的工业发展基础,但却由于企业间缺乏关联和合作,环境污染严重等问题陷入发展困境,因而对其进行生态化改造,不仅可以节约生态工业园区的前期建设成本,更为提升老工业园区创造了新的发展机会,尤其对于中西部地区来说,对原有开发区进行生态化改造不失为明智之选;同时对于市场和制度发育相对成熟的东南沿海地区应当鼓励、支持和引导自发型生态产业园的建设。

3) 企业集团型与综合园区型两种生态产业园区各有利弊,综合来看在大型企业布局较多的地区易以大型企业为核心发展联合企业型生态产业园区,而中小企业密集的地区发展综合园区型生态产业园区则拥有更大的优势;较为理想的模式应当是将二者结合起来,既鼓励各企业积极寻求共生伙伴,同时也需要园区的管理者和协调者从总体上对整个系统进行规划,实现该共生系统健康、持续的发展。

4) 紧凑实体型生态产业园区一般要求成员在地理空间上毗邻,这也成为实体型生态产业园区构建的限制条件之一,而分散群落布局型生态产业园区在这方面则明显拥有更大的灵活性,因此可为不同地区广泛借鉴;虚拟性生态产业园区的发展需要一定的技术和交通条件作为保证,同时在操作过程中会产生相应的运输费用,因而不具备普适性,但对于交通运输和科技都较为发达而地价较高的京津塘地区、长江三角洲以及珠江三角洲地区来说则可作为理想的选择,同时虚实结合型生态产业园区由于兼备了实体型与虚拟型生态产业园区的特点因而具有相对更为广泛的布局空间。

5) 由于园区内各成员间的废弃物形成严格的串联闭合循环较难实现,而企业间通过废物的集中收集、统一处理和循环利用形成纵向闭合循环更为容易和具有操作性,因而形成广泛意义上并联关系的生态产业园区值得各地区借鉴和推广;同时在环保产业相对成熟地区以及大型重化工业园区的生态化建设中可以考虑采用外包型的发展模式。

参考文献:

- [1] Love Ernest A, Warren John L, Moran Stephen R. Discovering Industrial Ecology: an executive briefing and sourcebook [M]. Cleveland OH: Battelle Press, 1997.
- [2] Cohen Rosenthal E. Eco-industrial Development Program, Cornell Work and Environment Initiative [N]. EDP Update, Cornell University, 2001. 5
- [3] 王瑞贤, 罗 宏, 等. 国家生态工业示范园区建设的新进展 [J]. 环境保护, 2003, 3: 53~ 56.
- [4] Marian R. Chertow. Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy [J]. Annu Rev Energy Envir, 2000, 25: 313~ 317.
- [5] Wallner H p. Towards sustainable development of industry: networking, complexity and eco-clusters [J]. Journal of Cleaner Production, 1999, 7: 49~ 58.
- [6] 柯金虎. 生态工业园区及其案例分析 [J]. 规划师, 2002, 18 (12): 42~ 45.
- [7] 任爱华. 国外生态农业发展的比较借鉴 [J]. 农村·农业·农民 (A 版), 2004, 12: 26~ 27.
- [8] 罗 宏, 孟 伟. 生态工业园区——理论与实证 [M]. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2004. 133.
- [9] Love Ernest A, 耿 勇. 工业生态学和生态工业园 [M]. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2003. 268~ 269.
- [10] 钟书华. 生态工业园区: 可持续发展经济布局的新探索 [J]. 科学管理研究, 2004, 22 (1): 1~ 4.
- [11] Audia J, Potts Carr Choctaw. Eco-industrial park: an ecological approach to industrial land-use planning and design [J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 42: 239~ 257.
- [12] 杨 咏. 生态工业园区述评 [J]. 经济地理, 2000, 20 (4): 31~ 35.
- [13] Ehrenfeld J, Gertler N. The evolution of interdependence at Kalundborg [J]. Journal of Industrial Ecology, 1997, 1 (1): 67~ 80.
- [14] 邓南圣, 吴 峰. 工业生态学——理论与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2002. 359~ 361.
- [15] 陈 璐, 姚胜菊. 我国开发区过度竞争的经济学分析与抑制政策 [J]. 开发研究, 2005, 2: 14~ 25.

Models of Typical Eco-industrial Parks and References to China

HAN Lian^{1,2}, SONG Tao^{1,2}, TONG Lian-Jun¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Changchun, Jilin 130012; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences Beijing 100049)

Abstract Following the development of Industrial Ecology (IE) and the widespread promotion of Circular Economy (CE), Eco-industrial Parks (EIPs) have been rapidly developed throughout the world and become a new industrial paradigm of 21st century. An EIP is a district where enterprises are organized according to industrial symbiosis and Circular Economy. It aims to optimize the integrated benefits of environment, economics and society in the park. With the exchange of all kinds of flows including materials, energy and information etc., eco-industrial park forms a mutually beneficial network. Through the infrastructure and information share, members of EIP can realize energy cascading and material recycle. EIP is considered to be an important approach to sustainable development. Nowadays, EIP is undergoing a fast development in many countries. In China, EIP has rapidly been developed since the late 1990s. Up to the present, 15 national EIPs have been approved and about 100 EIPs on local levels have been planned or built. It is important for China to research on the practices of EIP and use the experiences of successful cases for reference, which makes great significance to the development of EIP and regional economy. The development models embody the features and differences of EIPs in some measures. Based on summarizing and classifying the types of EIPs, analyzing and comparing the advantages and disadvantages of typical EIPs, and then combining the conclusions with the practice of EIPs in China, this paper gives some references to the diverse development of EIPs in the whole country and choices of appropriate development models of EIPs in different regions.

Key words eco-industrial parks; models; references