

工业生态学与生态工业园论析

On Industrial Ecology and Eco - Industrial Park

柯金虎

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

工业的快速发展,加剧了城市生态环境的变化。而工业的规模化生产,使城市生态系统中有限的资源变得越来越稀缺。生态经济的不断发展又要求人们在追求经济效益的同时,兼顾与生态效益与社会效益的和谐统一。于是,人们开始对现行的工业体系产生了质疑:是否可以模仿自然生态系统,使城市工业生态系统在运行过程中提高资源利用率的同时,减少废物的产量呢?1990年,Frosch在英国工程师协会的报告中对工业生态系统提出了新的见解:“工业生态系统的概念与生物生态系统概念之间的类比不一定完美无缺,但如果工业体系模仿生物界的运行规则,人类将受益无穷”。在这一思想的启蒙下,工业生态学的概念在90年代开始盛行。生态工业园区是对工业生态学理论的具体应用,在工业生态学理念广为传播的同时,生态工业园区也在欧美等发达国家如雨后春笋般地崛起。

城市工业生态系统是城市生态系统的子系统,而城市工业园区则是城市工业生态系统的核心部分,也是城市工业发展的动力和方向。如何运用工业生态学的基本原理以及借鉴国外生态工业园区的成功经验,以完善我国城市工业园区建设,从而促进工业的可持续发展,是摆在我们面前的历史难题。

一、工业生态学和工业生态系统

1. 工业生态学概述 关于工业生态学的定义,不同的学者提出了很多不同的定义。Frosch认为工业生态学是一个相对于生物生态学的类似概念,用生物有机体代谢的一些理论来理解和分析工业活动的能流、物流及信息流等,而且很难用确切的文字加以描述和限定。尽管对工业生态学的定义尚未形成定论,但作者们至少认同了工业生态学的三大基本要素方面:(1)工业生态学是一个关于工业体系的所有组成部分及其同生物圈的关系问题的全面的、一体化的分析视角;(2)工业生态学的观点是主要运用非物质化的价值单位(或称功能经济)来考察经济效益;(3)科技的动力,有利于把现有的工

业体系转换为可持续发展的体系。

从工业生态学的基本要素中可以看出,工业生态学与传统的工业观点不同,它不是把工业体系看作是与生物圈相对立的体系,而是把工业体系当作一个特殊的生态系统。此外,工业生态学的研究对象是整个工业生态系统的可持续发展问题,而绝不仅仅是环境问题。工业生态学对工业体系的影响也是巨大的,并且工业生态学在宏观、中观、微观各个层次上产生了不同的作用。在管理方面,工业生态学亦将产生两大影响:一方面,它对传统企业把全部精力集中在销售产品的管理方式提出了质疑;另一方面,传统的管理科学在企业间激烈竞争的背景下树立了相互竞争的信念,而工业生态学要求企业间不仅仅是竞争关系,还要建立起一种“超越门户”(over the fence)的伙伴关系,即保证资源最优化利用的管理合作。

2. 工业生态学与工业生态系统 工业生态系统是工业生态学的研究对象,而引导和促进工业生态系统由低级阶段向高级阶段健康、稳定发展则是工业生态学的重要研究内容之一。工业生态系统的发展可以分为3个阶段,即一级工业生态系统(图1)、二级工业生态系统(图2)和三级工业生态系统(图3)。如果用生态学的词汇来解释工业体系的演变,那就是促使现行的工业体系由“年轻”的群落向“顶级群落”阶段演替。

从图1、图2和图3可以看出,随着工业生态系统向“顶级群落”的演替,工业生态系统的代谢方式也逐渐向生物生态系统的代谢方式接近。不仅代谢过程中所产生的废物少了,而且通过原料和废料的循环、再生和恢复,其利用率也明显提高了。然而,要使工业生态系统完全像生物生态系统一样,在代谢过程中不输入原料和不产生废物是不可能的,因此,出现了理想的工业生态系统(图4),即在资源利用最大化、废料最小化的原理下实现工业生态系统的可持续发展。

3. 工业生态学与环境问题 纵观工业生态系统中解决环境问题的途径和方法,大体经历了这样

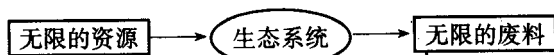


图 1 一级生态系统示意图

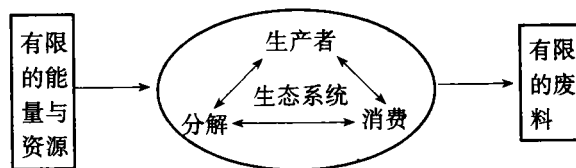


图 2 二级生态系统示意图

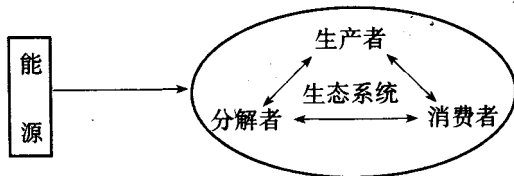


图 2 三级生态系统示意图

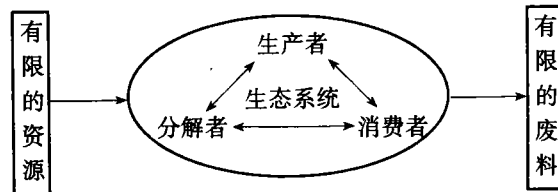


图 4 理想工业生态系统示意图

3 种阶段：废物的末端处理、清洁生产及生态工业。“先污染，后治理”的发展模式是末端处理的典型代表。末端处理的种种弊端已经在现行的工业生态系统中充分暴露无遗，人类也因此付出了惨重的代价。清洁生产是我们目前所重点推广的工业生产方式。有关清洁生产的定义很多，但不论他们的表达方式如何，清洁生产都是以经济效益最大化、资源利用高效化、废料的减量化和产品的无害化为基本原则。虽然清洁生产为改善环境质量起到了积极的作用，但清洁生产对象是单个的企业，所以无法在企业之间充分利用废弃的物质和能量。以工业生态学为指导的生态工业，它利用生物生态系统中类似食物链、食物网的方法来分析不同工业生产过程中的物质循环和能量流动，以实现废物的重复利用和能量的高效利用以及对环境的友好，最终促进某一地区的可持续发展。显然，以工业生态学为指导的生态工业及生态工业园区是工业生态系统的发展方向。

二、生态工业园区

1. 生态工业园区概述 “工业园区”是一组概念的集合，是 19 世纪末在工业化国家中作为一种促进、规划和管理工业发展的手段出现的。它包括工业区、工业群、工业园、工业带和商业园等。与工业园区不同，生态工业园区（Eco-Industrial Park, EIP）是对工业生态学的具体运用，是指在一个园区范围内，各企业进行合作，以使资源得到最优化利用，特别是相互利用废料（一个企业的废料当作另一个企业的原料）。EIP 作为一个工业系统，它有利于保存自然和经济资源；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，而且它还可提供由废物的利用

和销售来获利的机会。值得注意的是，“园区”的概念不应使他们被理解成一定是某个地理上毗邻的地区。生态工业园区的概念区别于传统的废料交换项目的地方是，它不满足于简单的一来一往的资源循环，而是旨在使一个地区的总体资源增值。90 年代初随工业生态学概念的提出而出现的工业生态园区，已经在美国等发达国家大规模地流行，但具体的成果则需要更长的时间才能展现出来。

2. 生态工业园区的类型 虽然目前全球的生态工业园区已为数不少，而且其建园目的及管理模式也各异，但可以把它总结、归纳为以下 3 类。

(1) 全新规划型 如 Cape Charles 生态工业园。该类园区在良好规划和设计的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，并创建一些基础设施，使得这些企业间可以进行废水、废热等的交换。这一类工业园投资大、起点高。

(2) 现有改造型 如 Fairfield 生态工业园。对现在已经存在的大量的工业企业通过适当的技术改造，在区域内建立废物和能量信息中心及交换机构。因为很多传统的工业园区都面临环境污染严重、企业之间的相互合作少等问题，所以这类 EIP 是目前研究最多的一类，也是最具有实际应用价值的。

(3) 虚拟 EIP 如 Brownsville 生态工业园。虚拟 EIP 不严格要求其成员在同一地区，它通过建立计算机模型和数据库，在计算机上建立起成员间的物料或能量联系。虚拟 EIP 的优点是可以省去一般园建所需的昂贵的购地费用，避免进行困难的工厂迁址工作，具有很大的灵活性和选择性。其缺点是可能要承担较高的运输费用。

3. 国外生态工业园区实践 EIP 自工业生态学的概念提出来之后就在北美和欧洲等一些发达国家兴起了规划和建设的高潮。尽管 EIP 的成果还

有待于历史去检验,但其符合可持续发展的规划理念为人类工业的发展描绘了美好的前景。丹麦的卡伦堡(Kalundborg)位于北海之滨,在20世纪50年代凭借其优良的港口开始发展,80年代通过发电厂和炼油厂之间相互利用废水、废汽等而自发形成了卡伦堡“工业共生体系”。卡伦堡“工业共生体系”是世界上第一个生态工业园,其成功的运行,为其他生态工业园区的实践提供了良好的榜样。澳大利亚伯恩赛德清洁生产中心及法国PALME生态园区的建设则为生态工业园区在全世界范围的推广起到了积极作用。尽管这些园区或中心的历史并不悠久,但其良好的经济效益、生态效益和社会效益得到了全球各界人士的好评,而且其运行模式也有不断发扬光大之势。

深入分析国外这些EIP的成功运行,可以总结出以下一些基本规律:(1)是在商业基础上逐步形成的,所有企业都从中得到了好处;(2)几个既不同又能互补的大企业相邻;(3)环境保护法规起重要作用;(4)良好的商业信誉是成功建立EIP的基础;(5)完善的风险管理,即参与“废弃物到原料”的贸易对买卖双方都存在着风险,这种风险主要来自“原料”的生产过程,因此没有市政当局及社区领导的经济与政治上的支持,EIP是很难成功的;(6)EIP的成功不仅在于其良好的环境效应,还在于它能满足市场的需求。

三、发展展望

工业生态学的发展为工业的可持续发展提供了理论参考,而EIP的成功运行则为工业的可持续发展提供了现实依据。尽管EIP并不是无可挑剔的,如卡伦堡工业共生体,其能量的输入还是依靠外界

的化石燃料,因此他对环境的污染在一定阶段内还是不可避免的。但EIP的产生和发展,是对传统工业理念的一次深刻变革,而且正在对工业生态系统产生着深远的影响。

国外有关工业生态学和生态工业园区的研究报道也越来越广泛和深入。美国一些著名的大学正在加紧开展相关的研究,如:麻省的技术、商业和环境计划,耶鲁的工业与环境管理计划,普林斯顿的能源、环境与智力研究中心所进行的一些研究等。此外,耶鲁还在1997年组织出版了第1份工业生态学杂志。总体而言,国外的研究工作主要集中在以下几个方面:(1)可减轻工业对环境影响的具体技术措施,包括废物零排放系统、物质替代、非物质化和功能经济;(2)对整个工业生态过程进行分析、监测和评价的方法;(3)可促进生态工业及生态工业园区规划和建设的管理制度。

国内的工业生态学及生态工业园区建设与国外还有一定差距。虽然目前我国工业园区的数量也不少,但效益好,尤其是经济效益、生态效益和社会效益能和谐统一的就屈指可数了。如何在现有的基础上把工业生态系统向理想的工业生态系统推进,从而把现有的工业园区建设成真正意义上的EIP是我国目前城市工业园区建设的首要问题,也是实现城市可持续发展所必须解决现实难题。

参考文献

- [1] Frosch R. A., Industrial ecology: a philosophical introduction, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1992, 89: 800-803
- [2] Seager T. P., T. L. Theis. A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology. Journal of cleaner production, 2002, 10: 225-235
- [3] 苏伦·埃尔克曼著,徐兴元译.工业生态学.北京:经济日报出版社,1999 (责任编辑 王宏章)

(上接第21页)

- 自组织理论面临的一个难题.科技导报,2001(11)
- [10] 李启斌.人类生存的外空环境,见《世界数据中心中国中心与地球系统科学数据》.北京:科学出版社,1995,88~90
- [11] 殷鸿福,徐道一,吴瑞棠.地质演化突变观.北京:中国地质大学出版社,1988,107
- [12] 槌田敦,室田武.水、生物、人类与熵的理论(洪时明译).世界科学,1984(9):4~11
- [13] 陈之荣.最新的地球圈层——人类圈.地理研究,1997(3):95~100
- [14] 陈之荣.人类圈与全球变化.地球科学进展,1993(3):63~69
- [15] 奥雷利奥·佩西.未来的100页——罗马俱乐部总裁报告(汪帼君译).北京:中国展望出版社,1984,34
- [16] 朱训,吕国平,周瑶琪,白屯.地球科学与可持续发展.北京:中国科学技术出版社,1999,54

- [17] P·Neumann—Mahlkau.人为物质流,见《地学与人类生存环境、自然灾害、全球变化》(籍传茂主编).北京:地质出版社,1999,63~67
- [18] 叶笃正主编.中国的全球变化预研究.北京:气象出版社,1992
- [19] Crutzen P J, Steerner E F. The “Anthropocene”. IGBP Newsletter, 2000, 41: 17~18
- [20] Moore B. Challenges of a Changing Earth: Towards a Scientific Understanding of Global Change. 地学前缘, 2002, 9(1), 41~47
- [21] 阿尔·戈尔.濒临失衡的地球——生态与精神文化(陈嘉映等译).北京:中央编译出版社,1997
- [22] 陈之荣.现代地球系统的突变期与可持续发展,见《地学·哲学·发展》(王子贤主编).北京:地震出版社,2000,80~87

(责任编辑 蔡德诚)