

产业生态学的一种经济学解释

邓伟根 陈 林

摘要:通过分析产业生态学的理论发展历程及其基本原理,为产业生态学、产业共生系统两个学科基本概念提出崭新的释义。同时结合中国实际国情,论证了生态工业园如何通过运用产业生态学理论实现规模经济与竞争活力的耦合,为产业生态学提供了经济学理论支撑。从这种角度,我们可以把产业生态学理解为研究地区产业关联的经济学科。

关键词:产业生态学 产业共生系统 经济学解释 规模经济

一、西方产业生态学的发展与现状

产业生态学(Industrial Ecology)的理论起源可以追溯至19世纪60年代末,美国学者Ayres致力于研究工业生产系统(产业系统)的物质材料流动(Materials Flow),首创性地提出了“产业新陈代谢(Industrial Metabolism)”的概念,并于1972年提出了“产业生态学(Industrial Ecology)”的概念。不久之后,一些比利时学者出版了一本意义重大的小册子,该书以材料流、能源流而不是传统的货币作为当时比利时国民经济运行的绩效评价工具。然而在学说发展初期,“产业生态”这个概念是非常模糊的,与其说它是一门学科还不如说是一种“比喻”,以生态系统原理把理想的、合意的、运作的产业系统比喻成一个可持续的生态系统。但这种尝试无疑是意义重大的,曾任《产业生态学杂志》编辑的学者John Ehrenfeld认为,“这种比喻对产业生态学的早期发展起着重大作用”。

到了1989年,《科学美国人杂志》刊登的一篇经典论文标志着产业生态学的诞生。这篇由Frosch与Gallopoulos执笔的关于生产战略的论文清晰地确立“产业生态学”的学科意义。该论文深化并普及了产业共生系统(Industrial Ecosystem,现时国内称之为“产业生态系统”)这个理念,并把产业生态学定义为一门把自然界的物质循环、能量层递消耗、多样性等生态系统原理在产业系统中的应用,从而使产业系统、社会生产更有效率、具可持续性。1995年,Brad Allenby与Graedel一起编写产业生态学领域里的第一本专著《产业生态学》,该书建立并深化了质能流(Material Flow、Energy Flow)、信息流(Information

Flow)、质能循环等概念。学者Korhonen发展了由Robert所倡导的战略可持续发展模型,并把产业生态学原理整合在其中。Korhonen的理论为产业生态学与可持续发展学奠定了共同理论基础,使产业生态学成为一门上承宏观层面的可持续发展学,下接微观层面清洁生产的学科。

产业生态学最基础的原理是物质循环使用、能源层递使用,这个原理是产业生态学的研究对象,同时也是产业生态学最重要的研究工具。产业共生系统(Industrial Ecosystem或Industrial Symbiosis,国内学者亦称之为“产业生态系统”或“产业共生网络”)通过各企业间的产业共生式关联,进行副产品交换、能源层递使用使产业系统(工业园)内部的物质资源、能源资源被循环地、层级地有效使用,最终达到在自然资源使用效率最大化、资源消耗最小化的同时获得不少于原工业系统的生产力。

然而,研究质能循环不能只停留在工程学、系统学层面,不能独立于循环所属的经济、社会、文化系统。因此,产业生态学有个被学界广为接受的共识:产业生态学是一门社会学科。这是因为以社会科学的视角理解产业生态,相对于以自然科学的视角理解它更贴切、准确。在其社会学科属性中,产业生态学有着其根本经济属性,正如学者Boons和Roome在其论文中提及,产业共生系统中生态的概念应该是“人类生态”而不是简单的自然生态。其主要原因就是所有人类行为都是由人类的思想与行动引导的。^①因此,当我们研究可持续发展时就有必要使用社会价值,如金钱、劳动投入等社会要素,来作为可持续发展指标。^②

经过20年的学术探讨之路,新兴产业生态学已

经成为了一门较为完整的学科。综观产业生态学发展历程与现状,当今西方学界的研究对象与成果不单包括理论研究,也包括产业生态学原理的应用研究,也就是生态工业园建设的研究。产业生态学的主要研究对象可以分为三大类:(1)理论与概念研究;(2)工具与模型研究;(3)案例分析及生态工业园实践研究。

二、产业生态学中的两个重要概念

(一)关于“Industrial Ecology”的意义

中国现代科学起步较晚,国内很多新学科的早期研究都是基于翻译国外研究成果,以国外新理论的推广为开端。然而中国毕竟是一个汉语国家,西方学术发达国家的科学文献主要采用拉丁语系的英语、法语、德语,国内学者在早期的研究工作中对专业词汇的翻译往往是采取直译办法。在学科发展初期,直译出来的专业词汇在短期内便于推广学科在国内发展,但当学科发展到了一定时候,研究达到一定深度时,直译出来的专业词汇往往会显得词不达意,有碍于学科继续发展。

在 Industrial Ecology(产业生态学)理论被引入国内之初,国人便本能地把“ecology”理解为“生态”,把“Industrial Ecology”直译为“产业生态学”。但事实上“ecology”在西方主流产业生态学中,其意义或许只是一种比喻,以生态系统原理把理想的、合意的、运作的产业系统比喻成一个可持续的生态系统。事实上产业生态学研究的内容,除了早期对产业生态的基本原理的哲学性分析外,产业生态的研究内容、中心、重点并不是纯粹的“生态”。

西方主流产业生态学是一门把生态学基本原理——物质循环、能量层递消耗原理应用于产业系统中,从而使产业系统、社会生产更有效率、具可持续性的学科。而事实上质能循环理念不单单是生态系统原理,更是人类社会由来已久的生产方式,其中在中国有上千年历史的“桑基鱼塘”就是质能循环近乎完美的农业样板。因此我们不能只把质能循环单纯地看作是自然界生态系统原理的运用,还要把质能循环等产业生态学原理看作是人类自身生产方式的一种复古的或超前的寻求人类社会最优发展的途径。

“ecology”这一源自希腊文的英语单词,在牛津英语词典中的第一个解释是:研究动植物之间经济活动的学科;作为生物学的分支学科,它主要研究生物体与周边环境、周边物种、生物习性之间的关系。而“ecology”的第二个解释为:“used with reference to ecological issues such as industrial pollution considered in

political context; spec. applied to various political movements which represent the environmental or ‘green’ interest. [A. Huxley(title) The Politics of Ecology]”^⑩,这段话的意思是,“(ecology 应用)在一些政治文献中,当提及工业污染等生态问题时的使用方式,特别是应用在各种表达出强烈环境意识与‘绿色环保’意识的政治运动中,例如:A. Huxley 的文章《政治生态学》”。

我们知道,现代主流的政治生态学是运用生态学的原理研究社会政治现象的一种理论和方法,其研究主题与重点并不是生态学,“生态”二字着重的是其喻义。因此,从牛津英语词典“ecology”的定义中,可以看出“Industrial Ecology”中的“ecology”含有比较强烈比喻意义。我们把这门关于产业关联的“Industrial Ecology”称为“产业生态学”,恐怕是由于直译而诞生的,是过分着重其表征的比喻意义,而忽略学科的真正研究领域与研究中心。其实为着重表达“Industrial Ecology”的核心理念——产业共生式关联(Industrial Symbiosis),我们可以尝试把“Industrial Ecology”理解为“产业生态(共生)关联学”。

“产业生态学”这个直译名在中国使用已久,因此我们把这门关于产业关联的产业生态学称为“产业生态学”。但正如在当年的“Industrial Economics”翻译争论中,“产业经济”完善“工业经济”一样,学科译名的专业水平或许应该与该学科在国内的发展水平与时俱进。关于“产业生态学”的“正名”工作还有待各位经济学者、从事产业生态学研究的专家学者的共同努力。

(二)关于“Industrial Symbiosis”的意义

“Industrial Symbiosis”(产业共生式关联,国内一般称之为“产业共生”)是产业生态学中一个极为重要的基础理念。其中“symbiosis”是生态学术语,牛津英语词典为其下了两个定义,第二个为其生态学定义:两个或多个不同种类的物种之间的紧密的、长时间的的合作生存现象。而“symbiosis”的第一定义是“living together, social life”,即“一起生活,社会生活”,含有合作的意思。^⑪而在其他一些词典中“symbiosis”还有“合作关联”的意思。

由此可见,“产业共生”是“Industrial Symbiosis”的直译名,但这样的专业术语直译往往会忽视了名词本身在产业生态学中的意义。从“symbiosis”强调“共生”、“合作”的角度来看,产业生态学的研究重点是产业间关于质能循环的共生式关联,因此我们可以尝试把“产业共生”这个富含生态学意义的翻译,重新定义为强调“合作”与“产业关联”的“产业共生式关联”。把“Industrial Symbiosis”翻译为“产业共生

式关联'更能体现该专业词汇的具体学术意义与价值。值得我们注意的是,当我们使用“Industrial Symbiosis”表达企业间共生式合作时,该词的意义应该是“产业共生式关联”;而我们使用它表达由这种关联构成的产业系统时,该词的意义应该是“产业共生系统”。因此,读者在阅读产业生态学英文文献时,应该结合上下文语境理解“Industrial Symbiosis”。

另外,前文提及,本文把“Industrial Ecosystem”理解为与“Industrial Symbiosis”一样意思的“产业共生系统”。这是因为在西方产业生态学理论中,二者的意义是基本一样的,只是表述的方法不同而已。正如学者 Winter 提及的“丹麦的 Kalundborg 工业园由于园内企业多种关联,而被定性为‘Industrial Ecosystem (产业生态系统)或‘Industrial Symbiosis (产业共生系统)’”^⑤。因此,综合一系列研究成果,我们认为,“Industrial Ecosystem (产业生态系统)”与“Industrial Symbiosis (产业共生系统)”所表达的意思相同。

在产业生态学理论中,产业系统对生态系统的模拟应该是集中在生物种群共生现象,而不是对所有生态系统原理进行模拟,因此本文认为,“产业共生系统”比“产业生态系统”更能体现“Industrial Ecosystem”与“Industrial Symbiosis”这两个专业词汇的学科意义。

综上所述,本文认为:西方的“Industrial Symbiosis”可以理解为“产业共生式关联”,其意义为,产业共生系统中的产业共生式的合作、关联方式。而在表述由企业之间产业共生关联联结成的共生网络时,我们可以称“Industrial Ecosystem”与“Industrial Symbiosis”为“产业共生系统”。

三、产业生态学的经济学意义

(一) 产业生态学研究的主要对象是“产业”

“产业生态学”在中国往往被视作是环境保护的手段、工具甚至口号,生态工业园建立与运营属于环保局的管治范围(反观国外生态工业园项目大都非常注重经济可行性。生态工业园的审批、运营主管政府单位是经济职能部门而不是环保部门,环保部门只是监管生态工业园建设、运营的其中一个单位)。国内研究产业生态的学者在要用产业生态学理论来保护环境还是要先发展经济后治理的问题上,与部分对产业生态学应用研究持保留意见的学者争论不休。部分学者过分强调产业生态中“生态”二字,提倡中国的经济发展不能再无视环境的日益恶化,必须重视“生态”、“环境”保护。另一部分经济学者却不认同这种观点,他们认为,鉴于各种国内外社会、经济、政治形势,中国是一个发展中国家,经济实力还没达到可以大范围牺牲经济利益去治理环境

的水平。

其实经验表明,只要是打着“生态”、“环保”旗号的项目,企业就只会联想到排污费用、污染罚单。在企业眼中,中国政府现时任何的“环保”行为,只意味着损害企业经济利益。因此企业对关于“环保”、“生态”、“可持续发展”等项目有着本能的抗拒,更不要说自觉参与损害自身利益的产业“生态”项目。由于政治体制、财政包干等因素存在,如果产业生态不能吸引企业参与,不能为地方政府带来税收等经济效益,产业“生态”项目对以经济发展为中心的地方政府而言可谓毫无吸引力。

这样一来,无论是在学术层面还是实践层面,在企业微观层面还是政府宏观层面,产业生态学理论发展与应用、生态工业园建设都遇到了重重阻力。

综观西方产业生态学四大基本原理(由于产业生态学起源于自然界生态系统原理,因此这四大原理其实也就是生态学中自然界生态系统基本原理):以企业、产业间合作形成的物质循环、能源层递使用(Roundput 或 Aroundput);企业、产业种类及它们之间合作方式的多样性(Diversity);^⑥产业共生系统(生态工业园)建设的渐变原则(Gradual Change);产业共生系统区域化(Locality,主要是关于建设地方生态工业园的理论);^⑦我们不难看出产业生态学的侧重点应该是“产业”及它们之间的关联,而不是“生态”、“环保”。

国内产业生态学研究过分强调“生态”,就会多多少少曲解了源自西方的产业生态学的真正意义,使产业生态学在中国发展陷入了学术误区,某种程度上阻碍了产业生态学在中国的发展。因此,今后我国产业生态学研究应该在“产业”与“生态”之间找到一个折中点,既不能过分强调产业生态学的“生态”、“环保”属性,亦不能忽略产业生态学可以为社会带来巨大环境效益这个优点。这样的产业生态学才可以既能为企业、国家带来经济效益,又能为人民群众带来舒适的生活环境与健康的生存空间;既强调发展,又兼顾“可持续”,真正成为一门可以从根本上转变我国粗放的经济增长方式,使我国迈向可持续发展的学科。

(二) 产业生态学的研究重心是“经济”,是产业系统改进的经济可行性研究

在“可持续发展”这一概念中,如果说“可持续”是学科的环保意义的话,那么“发展”就是学科的经济意义,可以说可持续发展从来否定经济增长。

同样道理,把产业生态学投入实践应用,建设生态工业园必须在经济上是可行的,这一点在西方产业生态学界中已经达成共识。也就是说,产业生态

学的应用必须以不损害经济增长为前提。因此在推行产业生态化改造、建设生态工业园过程中,经济利益激励是最重要的手段和目的。经验表明,每当环保局向企业推介环保、治污项目时,企业首先考虑到的就是项目的经济可行性。当项目不能为企业带来利润时,“环保”对企业来说无疑与“罚款”无异。即使有强制性法规存在,如果缺乏利益激励是不可能让企业自觉地投入到产业生态化建设中去。因此,只有利润、收益才可以真正让企业接受新式生产方式,只有遵从利益激励机制才能保证生态工业园项目的开展。

对于企业和政府来说,把产业生态学投入实践应用,建设生态工业园的最大收益应该是经济绩效提升,环境改善是其最大副产品。或许这些绩效提升不一定以货币为评价标准,而是以能源、资源使用效率为评价体系(这很可能是由于价格管制、政府失效等因素存在,大部分稀缺资源的价格不能反映资源的真实社会成本,如工业生产的污染税征收偏低现象)。当产业系统以质能循环提高资源使用效率,减少资源投入时,即使不能在短期内为部分企业带来效益,从长期角度来看,生态工业园必定会为系统内外部带来很多正外部性,社会生产成本肯定可以降低;当进行共生合作的企业逐渐增多,质能循环达成规模经济时,就必定会为产业系统带来更大的经济效益。

产业生态学中“生态”二字的意义既不是单纯的“保护生态”,也不是牺牲经济利益的环保行为,而是通过对生态系统运作模式的比拟,提高社会、产业系统的经济效益。产业生态学研究的侧重点是产业系统改进的经济可行性,直接目的是改善经济运行绩效而不只是纯粹的环境保护。当然,产业生态项目的实施可以大大提高生产效率,节约资源,在增大输出、减少输入的同时,它还必然为人类带来生存环境改善与实现可持续发展。

四、产业生态学的经济学解释——解决“马歇尔矛盾”

在产业生态学发展初期,工程师、社会学家曾为产业生态学发展作出过巨大贡献。但当产业生态学涉及的层面不只是技术、工程,而是更多涉及社会、经济层面,涉及到产业生态学最终目标——投入实际应用的时候,单纯的工程技术并不能解决现实中技术应用的经济可行性问题。正如无论实验室的技术水平多高多好,是否可投入应用还是由市场决定,正如原子物理这门基础学科,只有当科学家用它建设核电站去发电而不是停留于实验室研究或用来制

造核武器时,它才会对社会发展作出贡献。因此,具有经济学科属性的产业生态学才是可以投入应用的、完整的学科。

前文提及,产业生态学有其根本的社会科学属性与经济学属性,我们也可以分析产业生态学中“ecology”的中文意思来进一步理解产业生态学的经济属性。“ecology”这一源自希腊文的英语单词,在牛津英语词典中的第一个解释是“The science of the economy of animals and plants; that branch of biology which deals with the relations of living organisms to their surroundings, their habits and modes of life”^⑧。上文可以翻译为:生态学是研究动植物之间经济活动(生产、交换活动)的学科;作为生物学的分支学科,它主要研究生物体与周边环境、周边物种、生物习性之间的关系。因此,我们看出“economy(经济)”与“ecology(生态)”的密切关系,也不难理解产业生态学与经济学的联系。

西方产业生态学在理论研究方面,还远未形成一个完整的经济学理论支撑体系。作为一种新型的经济、工业生产的发展理论,中国的产业生态学急需从经济学理论中建立起一套以经济学理论为基础的支撑体系,并且用这一理论体系指导中国的产业生态学实践研究,这将是今后中国可持续发展战略研究工作的重要内容。为此,本文在产业生态学寻找经济学解释方面,作出了初步尝试。

(一)关于规模经济与竞争活力的矛盾

自经济学诞生以来,稀缺与效率就是经济学的双重主题。自莱昂内尔·罗宾斯的《论经济科学的性质和意义》一书于1935年问世以来,大多数经济学家认为,经济学是研究如何将稀缺资源有效地配置给相互竞争者(理性人)的社会学科。^⑨

从生产者的角度分析稀缺资源的配置时,生产与市场的“效率”就可以表现为规模经济与竞争活力的不同方式。英国经济学家马歇尔(1842-1924年)认为,企业规模扩大不但增进企业内部经济,也带来外部经济性,大企业通过内部分工能提高专业化程度和管理效率;但规模超过一定限度,信息传导不畅通会使企业的内部管理成本大增。同时高价格带来的超额利润又使企业失去改进技术和降低成本的动力,产生“X无效率”^⑩。企业追求规模导致的垄断使价格缺乏弹性,扼杀市场竞争活力,不利于资源的合理、有效配置。主流经济学中这种规模经济与竞争活力之间的两难选择,学界称之为“马歇尔矛盾”。

规模经济是社会化大生产的追求目标,但是又不可能在每个产品市场都实现规模经济的同时,又不损害市场竞争活力。在既追求竞争活力的同时,

又需要达成规模经济,这个“马歇尔矛盾”迫切需要经济学家予以解答。

(二) 产业共生系统——规模与竞争共存的企业集群生产模式

一些具有垄断势力或具备规模经济的大型企业,它们都在一定程度倾向于生产纵向一体化——或建设属于自己的上下游厂商,或兼并与之关联的上下游厂商,以节省企业交易成本及增加市场势力。当节省的边际交易成本大于损失的边际管理成本时,我们说这些垄断企业的规模经济是有效的。而在横向方面,有垄断势力的企业倾向于兼并、消灭其竞争对手。

在之前的论述中,我们知道,产业生态学是研究企业间以副产品交换、能源层递使用等产业共生式关联技术来实现企业间合作生产经济可行性的学科。而正是这种共生关联式合作可以使各个中小企业在某种程度上实现“一体化”,特别是生产一体化。下文对通过垄断与生态工业园建设达成规模经济的两种不同方式进行比较。

在纵向一体化方面,垄断企业——广西贵糖集团内部,集团建设下属的纸浆、造纸企业利用生产主要产品砂糖后剩余的可用来造纸的废弃物——蔗渣来生产纸浆;在芬兰 Jyväskylä 生态工业园中,纸厂、夹板厂收购当地木材加工企业生产过程中的副产品——废木料来生产纸浆、合成夹板。这两者实现规模经济的过程与效果相似,但最重要的区别是,在芬兰的生态工业园中,进行交易副产品的企业是相互独立的企业,而在贵港市,参与交易的是同属一个集团的公司。

以质能循环系统为基础的产业共生系统,给予中小企业之间进行“纵向”的生产合作机会——企业之间把生产过程中产生的合意或不合意的副产品、产品进行交易,从而实现不需要兼并、不需要丧失竞争活力的纵向一体化。

在横向一体化方面,垄断企业不断吞并竞争对手或与竞争对手进行企业并购,而产业共生系统中的企业可以通过生产设备共享达成规模经济。最典型的例子有佛山市高明区沧江生态工业园美华宝与顾地企业即将进行生产合作的例子,两家同为生产高分子材料的厂家,虽然在销售方面可能是竞争对手,但在处理其有毒废弃物——甲苯的时候,它们可以是合作伙伴。两企业通过自由协商,共用一套由美华宝投资的回收甲苯设备,双方的经济效益都得到提高。

因此,无论是在以纵向还是横向一体化达成规模经济方面,产业共生系统都有如下明显的优点。

第一,垄断企业新建属于自己的上下游企业时,不能保证集团可以生产出足够多的副产品以满足新建子公司的最优产能需要,如蔗渣、甲苯。这意味着实行纵向一体化后,虽然集团总体生产达到规模经济,但纸厂、甲苯回收设备的局部生产可能未达到规模经济。倘若从产业系统外部进口废物,无论蔗渣还是甲苯,对于企业来说,都是非常不理性的行为,更不能保证新项目从外部输入投入品后使盈利得到改善。

而在工业园的产业生态化改造中,促成副产品交易是以园内原有企业生产为基础的,接收副产品的企业本来就有投入品固定来源(如芬兰生态工业园中,造纸厂一直以当地林木为主要原料,而木材加工企业的废木料只是其中一种廉价的投入品)。但这些纸厂接收园内其他企业的副产品时,既可以使接收企业的运输成本降低,又不必大规模转变接收企业原有的生产方式。而且参与副产品交易的企业数目可以是灵活多变的,当甲苯回收能力有盈余时,回收设备投资者可以邀请其他企业参与合作,以实现规模经济;当甲苯回收能力不足时,回收设备投资者又可以提高设备使用费以刺激其他企业建设属于自己的回收设备,或者各企业共同投资回收设备,以增大回收设备的产能。因此,产业共生系统中的合作生产,既能达到规模经济,又有着灵活、稳定的特点,更能发挥竞争活力。

第二,产业共生系统在实现规模经济的同时,避免了因企业规模扩张而带来管理成本增加、丧失改进技术和降低成本的动力、降低资源配置效率等缺点,就是说规模经济之余不会损害到地区经济的竞争活力。这一优点正是生态工业园区区别于以垄断企业、大型企业生产实现规模经济的最显著优点,也是解决生产的规模经济与竞争活力——“马歇尔矛盾”的途径。

因为,在产业共生系统中,企业之间在进行生产合作,达成规模经济之时,它们的合作是以自由谈判、协商为前提的。在以中小企业为主的生态工业园,各方都没有足够的市场势力、政治势力让自己在谈判中获得额外租金。企业之间的合作是自愿的、灵活可变的。在企业交易成本可以被企业接受的前提下,作为独立的企业,其管理费用既没有大型企业高,又可以发挥企业间竞争活力。因此,企业以质能循环技术构建产业间的副产品交换、能源的层递使用,既使产业系统内的企业联合生产达成规模经济,仿佛让企业集聚起来成为一个达成规模经济的“大型企业”,又保留了企业自身的独立性、经济系统的多样性,充分发挥竞争活力。

如果把生产杂乱无章的中小企业集聚工业园看作是“完全竞争市场”,而把由少数市场势力大的大型企业组成的工业园看作是“垄断市场”时,那么我们就可以把集规模经济、竞争活力优点于一身的生态工业园比喻为“有效竞争市场”或“可竞争市场”。可以说,产业生态学以其质能循环、能源层递使用学说为“马歇尔矛盾”的解决开拓了一条崭新的道路。

(三) 产业生态学的经济学内蕴——解决规模经济与竞争活力冲突之道

“规模”和“竞争”的“马歇尔矛盾”可以在产业生态学中找到理想的缓冲区,以产业生态学为工业发展找到一个既发挥规模经济效益,又发挥市场竞争活力的耦合点。以产业生态学解决“马歇尔矛盾”,既是一种为产业生态学寻找经济学理论基础支撑体系的尝试,又为“马歇尔矛盾”的解决找到一种新的解释。

综上所述,本文认为,解决“马歇尔矛盾”是产业生态学中的一种经济学解释。一旦以“马歇尔矛盾”为切入点,结合产业生态学的理论研究成果,我们完全可以尝试把产业生态学理解为一个研究地区产业关联的经济学科。

因此,在今后的研究中,我们应逐步强化产业生态学的经济学含义和理念,为推动中国可持续发展与新经济增长方式战略的顺利实施提供指导性理论工具。当然这还有赖于今后产业生态学学者、经济学学者的共同努力,使产业生态学进一步深化与扩展其理论内涵,拓展其应用空间。

注释:

Ayres, R. U. and Kneese, A. V., 1969. *Production, Consumption, and Externalities*. Washington D. C.: Resources for the Future.

Ayres, R. U., 1989. *Industrial Metabolism: Technology and Environment*. Washington D. C.: National Academy Press.

Wallner, H. P., 1999. "Towards Sustainable Development of Industry: Networking, Complexity and Eco-clusters" *Journal of Cleaner Production*, 7, pp. 49 - 58.

Ehrenfeld, J., 2003. "Putting the Spotlight on Metaphors and Analogies in Industrial Ecology." *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 7, No. 1, pp. 1 - 4.

Frosch, R. A. and Gallopoulos, N. E., 1989. "Strategies for Manufacturing." *Scientific American*, 261(3), pp. 94 - 102.

Korhonen, J.; Huisingh, D. and Chiu, A. S. F., 2004. "Applications of Industrial Ecology - an Overview of the Special Issue." *Journal of Cleaner Production*, 12, pp. 803 - 807.

Watanabe, C., 1972. *Industrial - ecology: Introduction of Ecology into Industrial Policy*. Tokyo: Ministry of International Trade and Industry(MITI).

Gaedel, T. E. and Allenby, B. R., 1995. *Industrial Ecology*. New Jersey: AT&T, Prentice Hall.

Ehrenfeld, J., 2004. "Industrial Ecology: a New Field or Only a Metaphor?" *Journal of Cleaner Production*, 12, pp. 825 - 831.

⑪Boons, F. and Roome, N., 2001. "Industrial Ecology as a Cultural Phenomenon - on Objectivity as a Normative Position." *Journal of Industrial Ecology*, 4, pp. 49 - 54.

⑫Côté, R. P. and Cohen - Rosenthal, E., 1998. "Designing Eco - industrial Parks: a Synthesis of Some Experiences." *Journal of Cleaner Production*, Vol. 6, pp. 181 - 188.

⑬⑭⑯Oxford English Dictionary, 1989. Oxford: Clarendon Press, Second Edition, Volume 5/ 17.

⑰Ehrenfeld, J. R. and Gertler, N., 1997. "Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg." *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 1, Issue 1, pp. 67 - 79.

⑱孙儒泳、李庆芬、牛翠娟、姜安扣:《基础生态学》,143页,北京,高等教育出版社,2002。

⑲Korhonen, J., 2001. "Four Ecosystem Principles for an Industrial Ecosystem." *Journal of Cleaner Production*, 9, pp. 253 - 259.

⑳Samuelson, Paul A. and Nordhaus, William D., 1998. *Economics*. 16th Edition, China Machine Press.

㉑朱江:《论收敛于马歇尔缓冲区的有效竞争——中外电信改革理论与实证研究》,载《财经研究》,2003(9)。

参考文献:

1. 邓伟根:《区域产业经济分析》,广州,暨南大学出版社,1993。

2. 邓伟根:《产业经济学研究》,北京,经济管理出版社,2001。

3. 邓伟根、王贵明:《产业生态理论与实践——以西江产业为例》,北京,经济管理出版社,2005。

4. 邓伟根:《大力弘扬求真务实精神 推动后发地区跨越发展》,载《南方经济》,2005(4)。

5. 王兆华、尹建华:《生态工业园中工业共生网络运作模式研究》,载《中国软科学》,2005(2)。

6. 朱江:《论收敛于马歇尔缓冲区的有效竞争——中外电信改革理论与实证研究》,载《财经研究》,2003(9)。

7. Ayres, R. U. and Kneese, A. V., 1969. *Production, Consumption, and Externalities*. Washington D. C.: Resources for the Future.

8. Ayres, R. U., 1989. *Industrial Metabolism: Technology and Environment*. Washington D. C.: National Academy Press.

9. Boons, F. and Roome, N., 2001. "Industrial Ecology as a Cultural Phenomenon - on Objectivity as a Normative Position." *Journal of Industrial Ecology*, 4, pp. 49 - 54.

10. Frosch, R. A. and Gallopoulos, N. E., 1989. "Strategies for Manufacturing." *Scientific American*, 261(3), pp. 94 - 102.

11. Gaedel, T. E. and Allenby, B. R., 1995. *Industrial Ecology*. New Jersey: AT&T, Prentice Hall.

12. Watanabe, C., 1972. "Industrial - ecology: Introduction of Ecology into Industrial Policy." Tokyo: Ministry of International Trade and Industry(MITI).

(作者单位:暨南大学管理学院产业经济研究所
广州 510632)
(责任编辑:K、Q)