

国家自然科学基金项目 (70603005) 资助
中国博士后科学基金项目 (20060400964) 资助

工业共生进化及其 技术动因研究

◎ 郭 莉/著



经济科学出版社
Economic Science Press

国家自然科学基金项目 (70603005) 资助

中国博士后科学基金项目 (20060400964) 资助

工业共生进化及其 技术动因研究

郭 莉 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工业共生进化及其技术动因研究 / 郭莉著. — 北京:
经济科学出版社, 2008. 12
ISBN 978 - 7 - 5058 - 7736 - 8

I. 工… II. 郭… III. 工业区 - 生态环境 - 研究
IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 193073 号

责任编辑: 王冬玲
责任校对: 张长松
技术编辑: 董永亭

工业共生进化及其技术动因研究

郭 莉 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销
社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142
总编室电话: 88191217 发行部电话: 88191540

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

汉德鼎印刷厂印刷

华丰装订厂装订

880 × 1230 32 开 7.5 印张 190000 字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5058 - 7736 - 8/F · 6988 定价: 16.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

前 言

工业共生是现代工业企业面对环境问题的组织新模式,是指企业之间开展的以经济和环境双赢为目标的资源互补性活动。作为工业共生的直接实践形式,生态工业园已经在全球范围内广泛开展,但同时也暴露出一些现实问题。本书围绕工业共生空间分布形态的进化、模式的进化和技术动因三个专题,阐释了工业共生进化在环境效益、经济效益和技术创新三个角度的内涵,对解决生态工业园的环境扩散效应差、经济效益低、技术创新力薄弱等现实问题具有重要意义。

本书在对企业大量实地调研和文献回顾的基础上,采用了实证研究和规范研究、定量分析与定性分析相结合的研究方法,融合了产业生态学、生态学、自组织理论、网络组织理论、交易费用经济学、博弈论、委托代理理论等相关理论,综合运用了回归分析、因子分析、蒙特卡洛模拟等方法,主要开展了以下四项研究:

第一,提出并实证了工业共生在空间分布上的路径选择。目前学术界对工业共生的研究多聚焦在生态工业园,虽然取得了不少成果,但由于生态工业园本身存在环境扩散效应差等现实问题,如果盲目推崇生态工业园可能导致区域环境改善的片面性。基于此,本书建立了产业生态系统的路径依赖模型,分析了工业共生问题在我国特殊背景,表明空间分布的路径选择不能一概而论;测算了生态工业园的区域贡献率等指标,揭示了生态工业园的环境拉动效应的局限性,进而探讨了生态工业园和区域副产

品交换的异同点,同时发现区域副产品交换可能解决生态工业园的环境扩散效应问题,但区域副产品交换和生态工业园在管理手段、经济效益和环境效益三个方面各有利弊;由此提出并实证了工业共生空间分布的演进路径。通过对工业共生空间分布形态的进化研究,阐释了工业共生进化的环境效益内涵,为解决生态工业园的环境问题提供参考思路。

第二,重点剖析了工业共生的系统稳定性问题。目前有些生态工业园的实施状况并不如预期,其主要原因是由于缺乏对工业共生稳定性的充分考虑。为此,本书按照共生关系的不同,将工业共生划分为平等型、依托型、依赖型和单方获利型四种模式,论述了行为外部性、关键种理论、资产专用性和资源外包理论与工业共生的生成机理之间的内在联系;在此基础上,利用生物学 Logistic 模型分析了不同工业共生模式的稳定平衡条件,结果表明多样性的缺乏容易导致工业共生进入不稳定平衡状态,进而运用改进的威廉姆森启发性模型剖析了不稳定平衡状态的转换条件,由此构成了工业共生模式从稳定到转换的进化过程。通过对工业共生模式的进化研究,阐释了工业共生进化的经济效益内涵,解释了由于共生关系不明确而导致的系统失稳问题,对解决系统失稳所产生的经济效益问题具有借鉴意义。

第三,探讨了绿色技术创新的作用强度和内外部环境。技术创新和工业共生进化紧密相关,技术创新是工业共生进化的关键动因,又反映工业共生进化的特征,是工业共生进化的一个侧面。本书建立了产业生态系统进化模型,从理论上验证了技术创新是工业共生进化的主要推动力;以鲁北生态工业园的技术进化过程为例,剖析了绿色技术创新在工业共生进化中的作用及其动力因素;以全国 28 个省市自治区为样本,实证分析了 2002 年区域生态效率增长与环境科技进步的关系,结果表明,我国当前大部分地区环境科技对区域生态效率增长的作用不强,进而说明加强工业共生实践与绿色技术创新耦合作用的必要性;通过博弈分析和生态经济模型的实证分析,揭示了绿色技术创新的实现依赖于内

外部环境的交互作用。通过识别工业共生进化的技术动因，从技术角度阐释了工业共生进化的内涵，解决了绿色技术创新的作用强度无法量化的问题，弥补了以往生态工业理论中缺乏实证研究的不足，增强了工业共生进化主要依靠技术创新这一结论的可信性和说服力。

第四，阐释了绿色技术动因在工业共生进化中的作用机理。运用均衡价格理论分析了清洁生产和共生技术的相互作用，揭示了工业共生与技术创新的协同进化原理及其对我国生态工业园效率改进的启示。运用贝克乐—斯蒂格勒模型和技术创新投入与收益分析模型对工业共生进化中技术创新的影响因素进行理论探讨。建立基于 Bass 创新扩散模型的改进模型，讨论不同环境政策对绿色技术创新的作用，并结合上海市粉煤灰综合利用案例进行验证。通过剖析工业共生进化中绿色技术动因的作用机理，进一步丰富了工业共生进化的技术动因内涵，为解决生态工业园的技术创新问题提供了理论参考。

本书的创新在于：（1）提出并实证了生态工业园和区域副产品交换的异同点及其进化路径。（2）识别并验证了工业共生的不稳定平衡状态的产生条件及转换条件。（3）论证并检验了技术创新对工业共生进化的推动作用。

著者

2008 年 11 月

目 录

第1章 引言	1
1.1 选题依据	1
1.2 国内外相关理论的研究进展	6
1.3 研究方法与研究内容	22
1.4 主要创新点	28
第2章 工业共生进化的理论基础	30
2.1 工业共生进化的概念基础	30
2.2 工业共生进化的构成要素	35
2.3 工业共生进化的理论基石——协同学	40
2.4 本章小结	44
第3章 工业共生空间分布形态的进化研究	46
3.1 产业生态系统进化的路径依赖研究	46
3.2 生态工业园的环境扩散效应分析	55
3.3 生态工业园和区域副产品交换：两种基本的 空间分布形态	65
3.4 工业共生空间分布形态的演进路径研究	74
3.5 本章小结	83
第4章 工业共生模式的进化研究	85
4.1 互惠型工业共生的生成机理研究	86

4.2	单方获利型工业共生的生成机理研究	95
4.3	工业共生模式的稳定性分析	105
4.4	工业共生模式的转换机制研究	114
4.5	本章小结	124
第5章	工业共生进化的技术动因识别	125
5.1	工业共生进化的巨涨落——技术创新	125
5.2	技术创新在工业共生进化中的作用：以鲁北 生态工业园为例	135
5.3	基于统计分析的科技进步与工业共生的 耦合度研究	143
5.4	绿色技术创新环境分析	151
5.5	本章小结	173
第6章	工业共生进化中技术动因的作用机理分析	174
6.1	工业共生进化中“技术创新悖论”的 产生与破解	174
6.2	工业共生进化中技术创新的影响因素 理论研究	183
6.3	环境政策对绿色技术创新的影响的实证分析	193
6.4	本章小结	205
第7章	结论与展望	207
7.1	主要结论	207
7.2	研究展望	210
参考文献		212
附录 引用案例清单		226
后记		228

第1章

引言

据唐《岭表录异》记载，寄居蟹和丽海葵经常共同生活，前者受后者的毒刺伞的保护，而后者从前者的移动和进食中获得食物来源。可见，生物界的共生现象很早就为人所知。然而，工业系统开始借鉴生物界共生现象还是近十年的事情。布恩和巴斯(1997)指出^[1]，工业共生与生物界的共生存在两点本质的区别：一是工业共生关系因系统边界而异，二是工业共生进化的非自发性。这就需要我们对这种企业间的交互作用做深入的研究。

1.1 选题依据

1.1.1 问题的提出

随着生态环境的持续恶化和人们对环境问题的日益关注，工业系统已经很难继续维持传统的“线性”生产模式，即无偿的从生态系统中调入原材料，并将大量多余副产品以废物形式排放到生态系统中^[2]。自20世纪70年代以来，一些发达国家的实践表明，将经济活动转变为“资源—产品—再生资源—再生产品”的循环过程，有利于最大限度地减少从生产到消费全过程的资源使用和废物排放^{[3]~[6]}。1989年弗莱秋(Frosch)和伽罗珀罗(Gallopoulos)提出“产业生态学”和“产业生态系统”^[7]，由此，产业生态学迅速发展起来。随后，人们发现了20世纪70年代出现的丹麦卡伦堡工业共生体，“工业共生”的概念被正式提

出^[8]。学者们通过对丹麦卡伦堡工业共生体的研究,找到了产业生态学实践的直接方式——生态工业园^[9] (Eco-Industrial Park, EIP)。自此以后,生态工业园实践在全球范围内广泛开展。

但仔细分析,生态工业园实践中仍然有三个问题尚未很好解决。(1) 生态工业园的经济效益问题。由于生态工业园忽视了企业选址中对原材料供应、销售市场等因素的考虑,为搭建园区内产业链往往放弃园区外的低价货源或销售渠道,由此造成经济不合理现象^{[10][11]},而这一缺陷对以经济利益最大化为主要目标的企业而言往往是致命的;同时,由于园区企业数目和类型的限制,结点企业的经营状况欠佳、技术和政策环境的变化都可能造成系统的瘫痪^[12],进而威胁系统稳定性和安全性,因而生态工业园的生存基础是一个值得关注的问题。(2) 生态工业园的环境扩散效益问题。由于生态工业园经济活动的环境影响仅占所在区域的一小部分,而且某些生态工业园强调内部闭路循环,系统吸收外界环境的废弃物的机会相应减少,由此削弱了其对周边地区环境改善的作用,因而生态工业园的正面环境拉动效应是关系生态工业园发展的又一基本问题。(3) 生态工业园的技术创新问题。由于园区内上下游企业的相互依赖、某些下游企业对原料的严格要求以及工业共生为企业带来的额外收入,可能阻碍企业在生产工艺及产品上的创新。

近年来,生态工业园的三大问题逐渐受到学术界和实践领域的关注,很多学者从不同视角尝试找到解决办法,比较有代表性的有两个视角,即空间分布和组织关系。一方面,有些学者从空间分布的视角出发,提出将研究焦点从生态工业园转移到城市或者更大范围的区域副产品交换^{[10][11][13]}。由此,学术界对生态工业发展形成两大主要观点:一是空间布局相对集中的工业共生——生态工业园;另一个是更大范围的空间布局相对分散的副产品循环网络。迪斯罗群(Deroschers, 2002)指出,由于价值规律、市场机制等经济因素的作用,生态工业园强调的闭路循环很难实现,而分散企业间的区域副产品交换(By-Product Ex-

change, BPX) 是较易实现原料和排放物的减量化的。另外, 卡伦堡共生体是在特定情况下衍生的, 不可能适用于所有工业区或大企业集团^[10], 对卡伦堡共生体的盲目模仿可能误导决策者对工业共生在地域空间上的选择^[11]。在国内, 生态工业园理念刚刚传入, 有些地方和企业盲目推崇生态工业园, 缺乏与我国实际情况的紧密联系, 而且我国东西部地区产业布局差别迥异, 特别是中西部地区乡镇企业布局分散。在这样的背景下, “生态工业发展何去何从”、“工业共生如何进行空间布局”等深层次问题, 成为困扰我国产业生态化发展的关键问题。

另一方面, 有些学者基于组织关系的角度, 提出对工业共生关系的管理可以有效解决生态工业园的上述问题。布恩和巴斯(1997)指出, 工业共生与生物界的共生的一个本质区别是进化的非自发性, 即工业系统不像生态系统自发的朝向更高效率的目标进化^[1], 因而实现经济和环境的双赢必须对企业成员的组织关系进行管理。目前生态工业园的诸多实践恰恰忽略了这一问题。工业共生属于特殊的经济关系, 成员企业既具有追求利益最大化的经济特征, 也具有以废弃物为“食物”的生态特征。经济特征决定了成员企业利益关系的复杂性和协调管理上的困难性; 生态特征决定了工业共生系统的刚性和不稳定性, 因为工业共生联结的纽带是原来需要付费处理的废弃物, 而废弃物无论在性质、结构或者经济价值上都无法与产品或原料相比。因此, 只有把握工业共生关系的双重特征, 选择适当的工业共生模式, 生态工业园的经济效益、环境扩散效益和持续技术创新等问题才能得以解决。

综上所述, 在方兴未艾的全球范围的可持续发展战略的背景下, 生态工业园发展备受世界各地的关注。然而, 生态工业园本身存在经济效益、环境扩散效益和技术创新等三大问题, 虽然有学者从不同角度展开了研究, 但缺乏从动态和系统的观点把握工业共生进化的方式、途径、机理和动因, 而且理论体系框架尚不完善, 这可能导致生态工业实践的盲目性和片面性。由此, “如何解决生态工业园的某些现实问题”、“中国生态工业发展落后

的根源是什么”、“国际上一些生态工业项目的成功根源是什么”等问题困扰着中国的生态工业发展。基于以上原因,本研究围绕“工业共生的进化机理是什么”这一中心问题展开,无论对生态工业理论研究,还是对我国目前方兴未艾的生态工业(园)建设都具有重要意义。

1.1.2 研究的意义

工业共生是现代工业企业面对日益严峻的环境问题的组织新模式,是指模仿自然界生物种群的交互作用,在企业之间开展的废弃物交换、废物流集中和资源共享等活动。类似于种群共生进化,工业共生经历一个从简单到复杂、从不稳定到稳定、从局部最优到全局最优的进化过程。因而,工业共生可能成为工业体系的“突变细胞”,在生态工业发展中发挥举足轻重的作用。从生态工业实践的现状和趋势看,工业共生进化及其技术动因的研究具有深刻的理论意义和现实意义。

一方面,本研究对生态工业实践具有现实指导意义。20世纪70年代以来,丹麦卡伦堡工业共生体在环境和经济方面的卓越表现掀起了全球范围内生态工业园实践的高潮。根据安加—卡利恩(Anja-Kathrin)^[14]的研究表明,截至2001年上半年,在美国、加拿大、亚洲、非洲等地确立的生态工业园项目已经超过100项。近年来,我国的广西贵糖、山东鲁北、广东南海等生态工业园建设都取得了初步成果^{[15]~[17]}。但生态工业园实践中仍有三个问题尚未很好的解决,即经济效益问题、环境扩散效益问题、持续技术创新问题等。与此同时,绿色技术创新的加速扩散为工业共生进化提供了原动力。20世纪60年代,发达国家开始出现末端治理技术,由此推动了传统的技术创新从单一的经济价值目标向经济与环境的双赢目标转变,世界各国相继把开展绿色技术创新作为实现可持续发展的重大措施。此外,根据有关资料^[18],1987~1993年,在OECD国家,创新扩散速度提高了2~3倍。在北欧各国,这一指标从3.7升至11.58。从这个意义

上讲,科学技术的快速发展迫使企业为抢占市场而不断开发环保新技术,淘汰落后生产工艺和设备,进而促进产业升级和绿色技术扩散。而且,政府、科研机构、环保组织以及公众的角色转变大大推进绿色技术创新及其创新扩散,主要体现在:(1)政府对环境的干预^{[19][20]}。(2)公众的监督^[21]。(3)科研机构与企业的广泛合作^{[22][23]}。基于以上原因,本研究将研究视角转移到工业共生在地域空间和组织关系的选择问题上,对生态工业园发展缓慢等现实问题做出解释并提供实践指导,并力求通过绿色技术创新汲取工业共生进化的动力源泉。

另一方面,本书力求丰富和拓展生态工业的理论研究。工业共生进化研究属于生态工业理论范畴,目前的生态工业理论研究集中在:(1)生态工业园的物质、能源和信息流动关系研究^{[17][24]}。(2)生态工业园实施原则和策略研究^[25]。(3)生态工业园的成员角色和相互关系研究^[1]。(4)生态工业园的支撑机制研究^[26]。(5)生态工业园的运作效率研究^{[27][28]}。这些研究成果虽然对生态工业发展发挥了推动作用,但仔细分析,生态工业理论研究仍存在以下薄弱环节。关注物理空间聚集分布的产业群落的实施原则较多,对空间分布相对分散的副产品交换研究较少;关注技术层面的规划设计较多,对组织结构、企业行为和外部环境等技术管理层面的问题涉及较少;侧重企业层面的物资流、能源流的研究较多,而对企业之间的信任机制、知识管理等组织关系的研究较少。可见,生态工业理论研究尚未形成完备规范的理论体系,不能指导不同区域、不同发展状态的产业生态化实践。本研究融合产业生态学、生态学、自组织理论、网络组织理论、交易费用经济学、博弈论等相关理论,采用多元回归分析、综合评价、蒙特卡罗模拟等多种方法,建立一个适用于县域以上区域范围的工业共生进化的理论框架体系,对生态工业理论是有益的补充和发展。

综上所述,生态工业实践并非一蹴而就,对企业行为、地域空间、社会环境等因素的忽略或误解都可能导致生态工业项目中

途夭折、成员企业竞争力削弱等,进而阻碍生态工业实践的深入开展。尤其在我国,资源的短缺和环境的恶化已经成为制约经济发展的瓶颈因素,致力于将经济增长方式从粗放型向集约型和效益型转变的生态工业实践正处于起步阶段。因此,深入研究工业共生进化及其技术动因,分析国内外生态工业实践的成功经验和失败教训,探究中国生态工业的障碍和滞后原因,可以弥补生态工业发展研究的薄弱环节,为中国生态工业战略的实施提供基本思路,是一项既有学术价值又有现实意义的工作。

1.2 国内外相关理论的研究进展

目前,工业共生进化的研究尚处于探索阶段,但共生理论、产业生态学、网络组织理论和绿色技术创新理论的相关研究成果为工业共生进化问题的提出和发展奠定了坚实的基础。共生理论、产业生态学和网络组织理论对工业共生进化理论起到了支撑作用。其中,生物学范畴的共生进化研究(如互惠共生)与产业生态学相互交融,经济学范畴的共生进化研究(如资源外包)与网络组织理论相关。此外,绿色技术创新的相关研究推动了工业共生进化理论的发展,反过来,工业共生进化理论也丰富了绿色技术创新理论,相关理论的关系如图1-1所示。

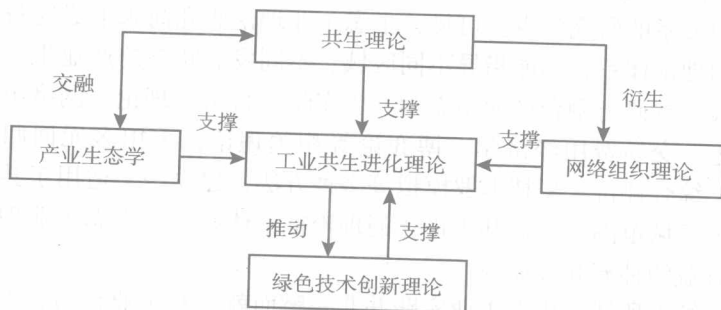


图1-1 工业共生进化理论与相关理论的关系

1.2.1 共生理论研究进展

1.2.1.1 生物学范畴的共生理论

“共生”(Symbiosis)一词源于希腊语,在生物学中最早由德国生物学家德贝里于1879年提出,是指不同种属的营养性联系,是一起生活的生物体的某种程度的永久性的物质联系。生物的共生同竞争一样,是一个普遍的现象^[29]。自共生概念提出以后,生物学界对共生的研究从未间断。范明特(Faminstsim)、科左波林斯基(Kozo-Polianski)和科斯基(Korskii)先后对共生引起的物种形态、生理变化展开深入研究^[30],其研究成果为共生进化学说奠定了基础。德国的生物学家保罗·布克纳对不同物种之间的内共生(Endosymbiotic)进行了研究,认为动物和植物、微生物(细菌)间的内共生代表了一种广泛的互补性机制,内共生能以多种方式提高宿主的存活可能性^[31],内共生理论使共生研究在生物进化理论上迈上了一个新台阶^{[32][33]}。科勒瑞(Caullery, 1952)和刘易斯(Lewils, 1973)定义了捕食、竞争、共生、寄生等生物种群间的不同相互关系^{[34][35]},对共生模式做出了清晰的分类。捕食是一个种群以另一种群为食,对被食种群有害而对自身有利;竞争关系是种群之间彼此发生有害的影响,尤其是在资源短缺的情况下,每个种群的存在都会抑制另一种群的生存和发展;寄生是一个种群以另一种群所提供的能量或物资为生;共生是指不同种群之间相互依存关系,包括互惠共生、偏利共生、偏害共生等三种形式。

1.2.1.2 经济学范畴的共生理论

经济学范畴的共生理论是由袁纯清(1998)在生物学的共生概念基础上发展而来的,是生物学范畴的共生理论在社会科学领域的延伸和补充。共生现象不仅存在于生物界,而且广泛存在于社会经济生活中,经济学范畴的共生是指经济主体之间连续性的物质联系^[36]。袁纯清这样界定共生的概念和本质^[37]:共生的要素包括共生单元、共生模式和共生环境。(1)共生单元是指构

成共生体或共生关系的基本能量和交换单位,不同共生体的共生单元的性质和特征是不同的,共生单元特征用质参量和象参量两个参数反映,质参量反映共生单元的内在性质,象参量反映共生单元的外部特征。(2)共生模式指共生单元相互作用的方式,其特征指标包括共生度、共生系数、亲近度、同质度、共生密度和共生维度。(3)共生单元以外的所有因素的总和构成共生环境。其中,共生度是指两个共生单元或共生系统之间质参量变化的关联度。反映两个质参量能量相互影响的程度,假设存在共生单元 A 和单元 B,它们分别有质参量 X_i 、 X_j ,则 A 和 B 的共生度 δ_{ij} 为:

$$\delta_{ij} = \frac{dX_i/X_i}{dX_j/X_j} \quad (1-1)$$

δ_{ij} 表示共生单元 A 和 B 的以质参量描述的共生度,其含义是共生单元 B 的质参量 X_j 的变化率所引起或对应的共生单元 A 的质参量 X_i 的变化率。

与此同时,袁纯清给出了共生理论的基本原理,反映共生体形成和发展中的一些内在必然联系,是共生体赖以形成和发展的基本规则,主要有质参量兼容原理、共生能量生成原理、共生界面选择原理等。共生三大原理基本反映了共生体产生和发展的基本规律,表 1-1 对此进行了简要的比较。

表 1-1 共生理论的三大原理的简要比较

原理	关键概念	基本思想	主要作用
质参量兼容原理	共生单元的质参量可以相互表达的特性即质参量兼容	质参量兼容与否决定共生关系形成的可能。质参量兼容的方式决定共生模式	1. 条件识别 2. 共生模式
共生能量共生原理	共生能量是共生过程产生的物质成果。全要素共生度是共生单元与系统的总的关联度,表述为 $\delta_s = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^m \delta_{si}$	共生能量是共生单元系统质量提高和数量扩张的前提条件。共生能量能否形成取决于共生体的全要素共生度。 $\delta_s > 0$ 是共生能量生成的充要条件	1. 共生体识别 2. 共生能量的最大路径设计

续表

原理	关键概念	基本思想	主要作用
共生界面选择原理	r 选择是指全部能量用于共生单元增殖的使用选择; k 选择是指全部能量用于共生单元质量改进的使用选择; 能量使用选择系统 $\beta = \frac{r}{k}$	共生对象选择在不完全信息下采用竞争性选择规则, 在完全信息下采用亲密度或关联度选择规则; 共生能量使用选择, 在完全非密度制约下采用 r 选择规则, 在完全密度制约下采用 k 选择规则	1. 共生对象选择 2. 共生能量使用选择

资料来源: 袁纯清 (1998)。

综上所述, 生物界中共生现象很早就被人们认识并研究探索, 虽然有些问题仍然存在争议, 但已取得的研究成果是较为丰富的。然而, 将其作为社会科学的方法的研究还是在最近几十年才刚刚开始。由此得到两点启示: 一是生物学范畴的共生理论研究成果对企业行为和工业共生的研究具有极大的借鉴作用; 二是经济学范畴的共生理论已取得了一些研究成果, 但对将生态环境因素纳入考虑范畴的研究还十分有限, 这也是本书研究的重点所在。

1.2.2 产业生态学的研究进展

1.2.2.1 产业生态系统的含义和特征

产业生态系统相关研究已经引起很多学者的关注, 但是这一领域的研究目前尚处于初级阶段, 甚至对产业生态系统的内涵尚存在不同的看法。表 1-2 列出了目前文献中较具代表性的产业生态系统定义。

表 1-2 产业生态系统的代表性定义^{[7][27][38][39]}

作者	年份	主要观点
弗莱秋、凯罗 (Frosch & Gallopoulos)	1989	工业系统可以仿照生态系统从生产者 (植物) 流向消费者 (动物), 并由分解者 (真菌、微生物) 和清除者 (秃鹫等) 再循环的物质循环过程, 在企业之间建立共生关系
考特、豪尔 (Côté & Hall)	1995	能够维持自然和经济资源, 减少生产、物质、能量等方面的成本, 提高运作效率、产品质量、工人健康状况和企业公共形象, 并能及时提供由废物利用而获利的机会