

循环经济与绿色发展丛书



国家社会科学基金重点项目 (编号 11AZD102)

国家自然科学基金资助项目 (编号 71173157)

“985工程”同济大学城市发展创新基地项目

产业共生网络的结构 特征研究

王少平 凌 岚 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

产业共生网络的结构 特征研究

王少平 凌 岚 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

产业共生网络的结构特征研究/王少平,凌岚著.

—上海:同济大学出版社,2012.6

(循环经济与中国绿色发展丛书/诸大建主编)

ISBN 978-7-5608-4897-6

I. ①产… II. ①王…②凌… III. ①产业经济学

—生态经济学—研究 IV. ①F062.9 ②X196

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 128198 号

循环经济与中国绿色发展丛书 诸大建 主编

产业共生网络的结构特征研究

王少平 凌 岚 著

责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销 全国各地新华书店
印 刷 江苏句容排印厂
开 本 787 mm×960 mm 1/16
印 张 21.25
字 数 425 000
版 次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-4897-6

定 价 48.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

循环经济与中国绿色发展丛书
编写委员会

主 编 诸大建

副主编 臧漫丹 朱 远

编 委 朱 远 邱寿丰 陈 华

臧漫丹 吴 怡 孟维华

陈 飞 谌 伟 王少平

凌 岚

策 划 凌 岚

我们是从什么角度开展 循环经济研究的(丛书序)

本丛书是我们所承担完成的教育部哲学社会科学重大课题攻关项目和国家自然科学基金资助项目的成果。1998年,笔者随上海市政府代表团访问德国,受到德国基于循环经济原理的废弃物处理法的启发,回来后结合产业生态学的理论与方法,在国内发表了几篇讨论循环经济及其对于中国发展意义的论文。自那以来,国内开展循环经济的研究与实践已经有10年的时间了。令人高兴的是,2008年全国人大通过了《循环经济促进法》,决定2009年正式开始实施。这标志着中国的循环经济,从最初的理论研究和试点实践状态,进入到了制度化的全面推进阶段。

目前,虽然有关循环经济的研究和论著在雪片般增加,但是对循环经济的一些重要问题还没有形成比较清晰的认识,还需要进行深入的研究和探讨。这里,我想指出,我们的研究团队是按照什么样的视角和原则来开展循环经济研究的。

第一,在研究意义上,我们认为,循环经济作为一种整合经济效益和环境效益的绿色发展模式,是对传统的“经济增长+末端治理”的发展方式的变革。虽然20世纪70年代以来以末端治理为特征的环境保护取得了一定的成绩,但是,这种处理途径对于从根本上解决资源环境问题存在着先天的局限。2008年美国环境体制的开拓者和见证者——现任耶鲁大学森林与环境学院院长的J. Speth教授,在他的新著 *The Bridge at the Edge of the World* 中说到,20世纪70年代以来,虽然美国和世界的环境主义活动轰轰烈烈,但是并没有获得所期望的成果,是“赢了许多战役,输了整个战争”,就像国内经常说的那样:“局部有所改善,总体趋于恶化。”问题的关键在于,主流的环境治理不是从经济系统本身去防止环

境问题的发生,而是在经济过程之外作一些修理性和善后性的工作。因此,从经济方面切入的循环经济研究与实践具有重要的变革性意义。

第二,在理论依据上,我们认为,循环经济所依赖的经济理论与传统的经济理论是有很大差别的。如果过去的环境治理是把经济看做环境问题的原因,那么,现在的循环经济则是要把经济看做环境问题的解药。这里,作为污染原因的经济模式与作为预防之道的经济模式是完全不同的。传统的末端治理需要应对的是唯经济增长论的传统经济信条,在学术形态上主要以新古典经济学为代表,他们认为经济增长不存在地球生物物理极限,因此,主张经济系统可以持续地扩张,由此导致了不断增大的环境压力。循环经济所依赖的经济理论应该是崛起中的生态经济学,经济增长存在着地球生物物理的限制,因此,发展循环经济就是要在地球承载能力的范围内促进经济增长和社会福利,以达到预防 and 大幅度减少资源环境问题的效果。多年来,我们就是在生态经济学和可持续发展的理论基础上探索循环经济的经济学理的。

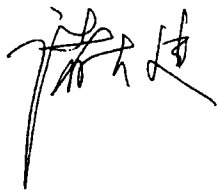
第三,在操作方式上,我们认为,传统的经济增长虽然也在提高经济过程中的资源环境利用效率,但是他们关注的是线性过程中的生态效率(eco-efficiency),无法克服虽然效率得以提高但是规模却在扩张的所谓反弹效应(rebound effect)。我们提倡的循环经济是要在生态效果(eco-effectiveness)的意义上推进经济发展,即首先确定经济增长可能的物质规模,然后在这个规模的范围内提高非物质化的生态效率。不同于许多研究仅仅将循环经济等同于各种形式的垃圾经济,我们认为循环经济的操作形式,按照非物质化水平的依次提高,可以有废弃物的循环(recycle of wastes)、产品的循环(reuse of products)和服务的循环(service instead of products)三种方式。而发展循环经济的最高目标是要通过物质产品的服务化,实现产品功能与物质消耗的脱钩,实现经济增长与物质消耗的脱钩。

第四,在实施战略上,我们认为,循环经济的发展需要区分两种不同的经济类型。对于发达国家的成熟型经济,由于满足生存的物质方面的

基本需求已经达到,因此,需要通过循环经济更多地控制经济增长的规模,以实现绝对意义上的减物质化;对于发展中国家的增长型经济,由于人们的基本物质需要尚未得到满足,因此,需要通过循环经济实现生产方式和消费方式的变革,首先实现相对意义上的减物质化,然后再进一步向高阶阶段的减物质化目标作出努力。前者是发达国家学者提出的 B 模式,后者是我们在中国循环经济研究中提出的 C 模式。

以上四点,既是我们多年来开展循环经济研究的指导思想和基本视角,也是我们的研究与国内外许多同类研究的不同之处。我们真心希望,这套丛书的成果能够对中国循环经济和绿色发展的理论研究、政策研究和实践研究提供有意义的启示。

是为序。

A handwritten signature in black ink, appearing to be '朱镕基' (Zhu Rongji), written in a cursive style.

2008 年 12 月 25 日

序

建设生态工业园区是世界和我国发展循环经济的重要内容。1999年开始,我国启动生态工业示范园区建设的试点工作,截至2011年底,通过验收批准命名的国家生态工业示范园区共15个,批准建设的国家生态工业示范园区共44个。然而,作为新生事物的生态工业园的发展并非一帆风顺,其中存在着许多来自产业共生网络结构的挑战,如过多强调园区内部的废物关联;随着关键节点的变化,网络结构破碎的风险概率增加;共生网络成员间共生关系逐渐减弱,甚至不再是真正意义上的工业共生,部分企业放弃共生模式;等等。

王少平博士和凌岚博士所著的《产业共生网络的结构特征研究》一书,运用社会网络分析方法,对产业共生网络的结构特征、稳定性及低碳性等问题进行了理论研究和实证研究,提供了一些有新意的看法。

本书强调了社会网络理论的研究与产业共生网络的研究可以有机结合。因为,社会网络与产业共生网络无论在含义、性质还是结构上,均存在相似性。社会网络是由多个点(社会行动者)和各点之间的连线(行动者之间的关系)在特定的边界(社会环境)内组成的集合。产业共生网络也是由多个点(共生单元)和各点之间的连线(共生关系)在一个特定的边界(共生环境)内组成的集合。无论是社会网络还是产业共生网络,其形成和发展均存在自发性、内在性和长期性。自发性和内在性强调了网络成员为了追求更大的利益而自发形成相互关系(不排斥外部因素的影响);长期性说明了网络内个体间的联系需要建立长效机制予以保障。从网络结构看,两种网络个体既有独立性又有依赖性,同时网络关系可通过各种形式而存在,例如物质流动、信息共享等方式。20世纪90年代

以来,基于复杂网络理论的社会网络分析及其运用得到快速发展和深化,为利用社会网络分析的优势开展产业生态共生网络的研究提供了可能。

本书基于社会网络分析方法,以复杂网络的结构特征作为研究主线,开展了产业生态共生网络的结构特征及演化稳定性的研究。指出生态工业共生体是一群从事相关产业的企业集聚形成的经济体,共生体内的组织结构决定了共生体内在的稳定性及企业的行为,而企业的行为又进一步影响共生体的稳定性。组织结构是在共生体发展过程中逐渐形成的,反过来又会影响共生体内企业的行为以及相互之间的竞争与协作关系。从组织结构的角度研究产业共生网络的结构特征,定量刻画不同产业共生模式的特征,突破了传统研究中对产业共生模式的定性研究,有利于分析产业共生网络演化中关键企业的变化、稳定性特征和波动,为解决生态工业园区的网络结构特征问题提供了理论思路和解决方案。

本书研究的问题在生态工业园区和循环经济发展中至关重要。虽然书中的讨论是初步的,研究结论也存在着许多不足,但是相信研究的视角和路径可以给生态工业园区的理论和实践带来有益的启示。

是为序。



同济大学特聘教授
可持续发展与管理研究所所长

2012年6月

前 言

改革开放 30 多年来,中国经济实现了持续的高速增长。但是,在发展经济的同时,如何有效地保护资源与环境,如何实现可持续发展,是我国必须面对和亟待解决的一个重要课题。目前,我国经济快速发展正面临着能源与环境方面日益严峻的挑战:粗放型的发展模式带来能源的巨大消耗,由此对生态与环境产生了巨大的压力,这些压力又威胁着中国可持续的经济增长进程。所有这些更加凸显我国可持续发展议题的重要性和紧迫性。《产业共生网络的结构特征研究》正是在这样的背景下孕育而生的。

全书共分 7 章,以专题的形式对产业生态网络的基础理论、网络结构的理论框架、基于无向网络和有向网络的产业共生结构特征与模式、产业共生网络演化的稳定性和低碳性等领域进行了深入的研究。各部分内容承前启后、环环相扣,系统地解释了产业生态网络的结构特征、分类模式以及演化的稳定性特征规律。

(1) 首先对产业生态网络结构特征研究的基础-复杂网络理论进行了描述,随后对产业生态学、自然生态系统中食物链网和关键种概念、系统稳定论等内容进行了描述。

(2) 对产业共生网络演化的含义进行了界定,对共生网络演化的分类、动力等进行了分析。结合复杂网络理论,提出了共生网络结构的基本特征、中心性、复杂性的度量方法。

(3) 选取了 10 个产业共生网络案例,建立了基于无向网络的结构特征数据库,剖析了 4 类共生模式的网络结构特征。

(4) 选取了 22 个产业共生网络案例,建立了基于无向网络和有向网络的结构特征值的数据库,进行无向网络和有向网络的结构分析。同时结合实际的案例进一步分析有向网络与无向网络对产业共生网络结构的研究的适宜性。

(5) 对产业共生网络演化中稳定性的内涵进行界定,对利用网络节点度的分布来考察网络结构演化的稳定进行分析,提出了结合节点影响力分析,构建破碎度的分析方法识别网络关键种企业的网络稳定性评判方法并进行了实证研究。

(6) 对产业共生网络低碳化的内涵进行了界定,分析低碳化演化的模式,构建了共生网络低碳化的度量方法。最后,以上海市莘庄工业区产业共生网络为案例,通过未来共生网络演化的四种清洁设计,进行未来产业生态链网的设计,在对计算方法与计算数据进行简化的同时,对不同情景方案进行了低碳性评估,并结合工业区产业共生网络的结构特征与稳定性演化分析,分析了产业共生网络的低碳性与稳定性的一致性。

本书的特点可以归纳为:

(1) 以复杂网络的结构特征作为产业生态网络研究的主线,突破了对产业共生模式的传统研究模式,分析了产业共生网络演化中关键种企业的变化、稳定性的波动等,并探索性地研究了产业共生网络演化中的结构稳定性与低碳化的关系。

(2) 研究不拘泥于某一种特定的形式,采用规范研究与实证研究相结合、定性与定量相结合的方式,以复杂网络分析为基础框架,融合了产业生态学、生态学、网络组织理论、区域可持续发展、演化论等相关管理理念及思想,使得研究取得了较为丰硕的成果。

(3) 研究中使用了大量的实证数据,并进行演算,突出产业共生网络演化的定量研究,大大证实了本研究成果的可信性。

本书在整个研究撰写过程中融合了课题组的共同努力。第 1 章和第

2 章由凌岚博士撰写,第 3 章由曹俊和凌岚博士撰写,第 4 章由曹俊撰写,第 5 章和第 6 章由贾玮和凌岚博士撰写,第 7 章由钟刚撰写。此外,凌岚博士在前期研究中参与了整体研究设计,后期参与完成了书稿的整理和校对,并提出了修改意见和建议。王少平对本书进行了统稿工作。出版社的编辑对本书的出版倾注了大量的心血,在此对他们无私的关心和帮助表示感谢。希望本书的出版发行,能在推动我国循环经济发展、生态工业建设和区域可持续发展的理论和实践方面尽绵薄之力。因为本书是探索性的工作,疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

著 者

2012 年 6 月

目 录

丛书序

序

前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.2 问题提出	(4)
1.3 研究内容	(6)
第 2 章 产业生态网络研究的相关理论	(9)
2.1 物质流分析	(9)
2.2 复杂网络理论	(11)
2.3 产业生态学	(18)
2.4 自然生态系统相关理论	(31)
2.5 系统稳定论	(35)
2.6 相关分析方法	(41)
第 3 章 产业共生网络结构的理论框架	(47)
3.1 产业共生网络演化的一般机理	(47)
3.2 产业共生网络结构的基本特征	(66)
3.3 产业共生网络结构的中心性表征	(70)
3.4 产业共生网络结构的复杂性表征	(80)
3.5 产业共生网络结构的研究方法	(81)
第 4 章 基于无向网络的产业共生结构特征与模式分析	(86)
4.1 样本选取与数据说明	(86)

产业共生网络的结构特征研究

4.2	产业共生网络的基本特征	(88)
4.3	产业共生网络的中心性分析	(94)
4.4	产业共生网络的复杂性分析	(97)
4.5	基于结构特征的产业共生模式分类	(105)
4.6	典型产业共生模式的结构特征分析	(111)
4.7	小结	(150)
第 5 章	基于有向网络的产业共生结构特征与模式分析	(156)
5.1	样本选取与数据说明	(156)
5.2	无向网络与有向网络结构特征的差异分析	(167)
5.3	无向网络与有向网络结构特征的相关性比较	(172)
5.4	无向网络与有向网络结构特征的聚类分析	(176)
5.5	基于结构特征的产业共生模式分析	(178)
5.6	小结	(191)
第 6 章	产业共生网络演化的稳定性分析	(194)
6.1	产业共生网络演化的稳定性度量	(194)
6.2	不同产业共生模式的稳定性比较分析	(201)
6.3	卡伦堡产业共生网络演化的稳定性分析	(205)
6.4	潍坊海洋化工共生网络演化的稳定性分析	(222)
6.5	日照工业经济共生网络演化的稳定性分析	(229)
6.6	小结	(237)
第 7 章	产业共生网络演化的低碳性分析	(239)
7.1	低碳经济相关研究述评	(239)
7.2	共生网络演化的低碳化理论	(255)
7.3	网络演化的低碳性与稳定性的实证分析	(265)
7.4	小结	(315)
参考文献		(316)

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 生态产业园区的推广

在现代工业化进程以及全球经济发展中,产业园区具有至关重要的地位,已成为许多国家发展战略的一个重要组成部分,对所在国经济发展起到不可替代的作用。目前,无论在发达国家还是在发展中国家,产业园区的发展继续推进,尤其在工业化或现代化发展迅速的国家或地区,这种趋势尤为明显。

自工业革命以来,发达国家采取“末端治理”的方式发展经济,在取得社会经济发展的同时也带来了严重的污染,经济发展和资源短缺的矛盾日益突出,严重影响经济的可持续发展。联合国环境规划署认为,解决产业园区环境问题的有效方法是加强环境规划和搞好环境管理(UNEP, 1997)。产业园区的环境管理是个复杂而重要的工作,对产业园的可持续发展至关重要。20 世纪 70 年代,丹麦卡伦堡产业共生体的出现及其发展进程,使产业生态学的倡导者和政府部门管理者看到了通过产业生态学构建生态产业园区(Eco-industrial Park, EIP)实现工业可持续发展的现实希望(范志杰, 1995)。

生态产业园区要求园区内各企业内部实现清洁生产,减少废物源,

在各企业之间实现废物、能量和信息的交换,完善资源利用和物质循环,使得区域对外界的废物排放趋于零,生态产业园区正是实行产业园区环境管理的有效途径。随着可持续发展战略的推进,对生态产业园区的研究引起国内外越来越多学者的关注。

生态产业园区正在成为许多国家产业园区改造和完善的方向。丹麦、美国、加拿大等产业园区环境管理先进的国家,很早就开始规划和建设生态产业示范区,其他国家如泰国、印度尼西亚、菲律宾、纳米比亚和南非等发展中国家也正积极兴建生态产业园区。

但是,生态产业园区的创建不同程度地受到政策、技术、资金等方面的制约,建设进展缓慢。目前这些制约主要包括:推进生态产业园区发展的政策措施不到位、资金制约、生态产业关键技术创新不足、管理支撑体系有待完善等^①。事实上,学术界对于生态产业园区的结构和功能认识还不够全面,政府、企业等操作实体对生态产业园区的建设和管理还处于探索尝试阶段,这在很大程度上制约了生态产业园区的成熟与健康运转。

1.1.2 复杂网络研究的扩展

当代传奇式的物理学家史蒂芬·霍金(Stephen Hawking)曾于2000年指出:21世纪将是一个复杂性的世纪^②。这预示着复杂性科学将成为21世纪的主流科学,并将带动还原论主导下的科学体系的革命。

许多系统在其演化过程中能够形成相当复杂的网络,其“节点”就是系统部件,“边”表示它们之间的相互作用关系。近年来,基于实际系统的复杂网络的研究得到了各个领域研究者的普遍关注,这是因为:第一,

① 2008年国家生态产业园区建设存在的问题和下一步工作建议. http://www.mep.gov.cn/tech/stgyyq/xcg/200902/t2009220_134484.htm.

② Hawking S. “‘Unified Theory’ is Getting Closer, Hawking predicts”, in San Jose Mercury News, 2000.

各类事物作为系统而存在,其结构都能抽象为网络。如英特网、万维网、生物食物链网、生态网、销售网、无线通讯网、公路网、航空网、电力网、细胞神经网络以及流行病传播网等都是复杂网络。复杂网络的节点可以是任何具有特定动力和信息内涵的系统的基本单位,而边则表示这些基本单位之间的关系或联系。第二,复杂网络不仅表现了复杂系统的结构形态,还能作为系统结构拓扑特性的模型。通过把系统抽象为网络,就可以运用已经成熟的图论和网络分析理论、方法和工具进行系统结构的拓扑特性研究。正因为如此,对于复杂网络的研究才受到人们越来越多的关注。

1.1.3 低碳经济发展的兴起

2003年,英国能源白皮书《我们能源的未来:创建低碳经济》首次提出了“低碳经济”一词。究其提出的背景,主要包括三个方面:①全球人口增长与经济增长的过程中向空气中排放了大量废气和烟雾,大气中二氧化碳浓度迅速上升带来全球气候变化;②过多过滥、粗放式地使用资源,单位能耗与单位资源耗量过高,资源枯竭进一步加深;③企业生产排放出未经过处理的废水、废气、废渣等高污染物威胁人类健康和动植物生命,破坏生物多样性,这些对人类社会赖以生存和发展的环境造成严重破坏。自英国提出低碳经济以后,德国、意大利、欧盟、日本、澳大利亚、美国等纷纷提出了低碳发展政策。

《我们能源的未来:创建低碳经济》中将实现低碳经济作为英国能源战略的首要目标——到2050年将英国CO₂的排放量削减60%,并于2020年取得实质性的进展(在2007年3月发布的《气候变化法案》中,2020年的目标被确定为削减26%~32%)。

我国在“十一五”期间提出了单位生产总值能耗下降20%的约束性指标,试图通过能源的高效利用、清洁煤技术的推广、清洁能源的多元化缓解能源及碳排放问题。由此掀起的以高能效、低排放为核心的新技术