

# 资源型工业区域的企业 网络与产业生态学实践 ——以白银市为例

ZIYUANXING GONGYE  
QUYU DE QIYE  
WANGLUO YU CHANYE  
SHENGTAIXUE SHIJIAN

李勇进 著

本书作者把社会网络分析方法应用于环境问题研究，并以资源型城市白银市为例，对产业生态学领域的产业循环网络和产业共生网络的环境要素及区域背景给予特别关注，开拓性地提出了产业循环网络在资源型城市的适用性问题及其解决办法。



兰州大学人文、社会科学学科建设基金项目资助

(批准号: LZUHQ07008)

# 资源型工业区域的企业网络与 产业生态学实践 ——以白银市为例

李勇进 著

中国社会科学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

资源型工业区域的企业网络与产业生态学实践/李勇进著.  
—北京: 中国社会科学出版社, 2008. 5  
ISBN 978 - 7 - 5004 - 6864 - 6

I. 资… II. 李… III. ①工业区—企业—互连网络—研究—中国②工业区—产业经济学: 生态经济学—研究—中国  
IV. TP393.18 F424

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 047709 号

策划编辑 卢小生 (E-mail: georgelu@vip.sina.com/georgelu99@yahoo.cn)  
责任编辑 卢小生  
责任校对 修广平  
封面设计 高丽琴  
技术编辑 李 建

---

出版发行 中国社会科学出版社

社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号

邮 编 100720

电 话 010 - 84029450 (邮购)

网 址 <http://www.csspw.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京新魏印刷厂

装 订 丰华装订厂

版 次 2008 年 5 月第 1 版

印 次 2008 年 5 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16

插 页 2

印 张 11.75

印 数 1 - 6000 册

字 数 200 千字

定 价 22.00 元

---

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社发行部联系调换  
版权所有 侵权必究

# 代 序

当代科学发展表明，在经历了工业社会的分化思潮使学科划分越来越细之后，由于若干全球环境问题的日益突出，又出现了新综合思潮，产生了许多边缘学科或交叉学科。边缘学科或交叉学科的研究者受到主观条件的限制而往往不自觉地偏重自己本来的研究领域，或重经济学，或重管理学，或重社会学，或重生态学，或重地理学。研究者以专业化知识储备应对综合问题，不免显得力不从心，使许多热点问题陷入众说纷纭、莫衷一是的状态。本书作者以资源型城市白银市为例，对产业生态学领域的产业循环网络和产业共生网络的环境要素及区域背景给予特别关注，开拓性地提出了产业循环网络在资源型城市的实用性问题及其解决办法。这一选题具有重要意义，使白银、金昌、嘉峪关等资源型城市均可借鉴。

产业生态学较多地注意物质流和能量流而相对忽视环境要素与区域背景。地理学重视环境要素和区域背景却忽视了企业行为。本书把社会网络分析方法应用于环境问题的研究，弥补了不同学科各有所重的不足，是一种创新，应充分肯定。这一研究可能为资源型城市实践产业生态学开辟一条新的发展途径。

本书也不是没有缺点，比如，研究区域仅以白银市为例，显得比较单一，假设检验部分还显得比较薄弱。希望作者在后续的研究中能在这些方面做更进一步的研究。

伍光 and

2007 年 10 月于兰州大学

# 目 录

代序 /1

## 第一章 绪论 /1

- 第一节 国内外相关研究综述 / 1
- 第二节 目前研究中存在的问题 / 25
- 第三节 本书研究的目的和意义 / 26
- 第四节 本书采用的方法和研究的技术路线 / 27
- 第五节 本书的创新之处 / 30

## 第二章 从传统企业网络到环境管理网络

——通向可持续发展的合作途径 / 33

- 第一节 网络与合作对于可持续发展的意义 / 33
- 第二节 从传统企业网络到环境管理网络 / 42
- 本章小结 / 47

## 第三章 产业循环网络

——区域层面产业生态学实践的基本范式 / 48

- 第一节 产业循环网络的概念及延伸 / 48
- 第二节 产业循环网络形成的制度经济学模型 / 51
- 第三节 产业循环网络的典型实例——丹麦·卡伦堡 / 57
- 本章小结 / 60

## 第四章 白银市的企业网络 / 61

- 第一节 白银市的自然、社会经济概况 / 61

第二节 白银市工业企业概况 / 64

第三节 重点研究的企业 / 68

第四节 白银市重点企业的空间布局 / 69

第五节 白银市企业网络分析 / 73

本章小结 / 88

第五章 白银市企业环境管理 / 89

第一节 企业环境管理的概念 / 89

第二节 白银市企业环境管理的途径和成效 / 96

第三节 白银市主要企业的产污、排污现状 / 105

第四节 白银市企业环境管理的不足 / 113

本章小结 / 115

第六章 产业循环网络的区域适用性研究 / 117

第一节 研究产业循环网络区域适用性的意义 / 117

第二节 白银市企业网络的现状特征 / 118

第三节 各企业对废弃物回收利用的预期 / 119

第四节 各企业对循环经济发展的设想 / 121

第五节 产业循环网络在资源型工业区域的适用性 / 122

第六节 对本书中提出的假设的检验 / 123

本章小结 / 124

第七章 在资源型工业区域实践产业生态学原理的基本途径 / 125

第一节 在资源型工业区域创新实践产业生态学原理的一般途径 / 125

第二节 构建环境管理网络的基本原则 / 128

第三节 构建环境管理网络的方法与过程 / 130

第四节 途径之一:行业内部的垂直环境管理网络 / 133

第五节 途径之二:区域层面的侧向环境管理网络 / 147

第六节 途径之三:从全球层次上创新改造资源型工业区域 / 150

本章小结 / 152

第八章 全书总结与研究展望 / 153

第一节 全书总结 / 153

第二节 研究展望 / 154

附录 1 企业调查问卷 I / 155

附录 2 企业调查问卷 II / 159

参考文献 / 169

后记 / 179

# 第一章 绪论

## 第一节 国内外相关研究综述

### 一、“循环经济”在世界范围内的促进与推广

#### (一)“循环经济”及相关概念

##### 1. 可持续发展的概念及其面临的挑战

自 20 世纪 80 年代以来,“可持续发展”(Sustainable Development)已成为一个家喻户晓的概念,它主要是指“在满足当代人需要的同时不损害后代人满足他们需要的能力”(World Commission on Environment and Development, 1987)。随着人们对可持续发展认识的加深,可持续发展最终把落脚点定在了自然资产或称自然资源上。

自然资源大致可以分为可更新自然资源和不可更新自然资源两类。可更新资源的使用原则是必须保证最小保存量,并在此基础上控制使用速度不大于更新速度。这种原则迄今为止在全球诸如森林资源、鱼类资源等可更新自然资源的管理中取得广泛的共识,并得到了广泛的应用(罗杰·珀曼等, 1998)。

另一类诸如金属矿产、原油等不可更新资源是可耗竭的。在传统的环境经济学理论中,对不可更新资源的管理原则是替代原则,即用人造资本替代自然资本;根本的解决措施是技术;而这个原则的根本前提是自然资本和人造资本具有可比较的货币价值(罗杰·珀曼等, 1998)。如今,这



种观点受到越来越多的挑战，即使是经济学家本身也开始怀疑这种观点（罗杰·珀曼等，1998），并且认为，如果人生活在像月球那样的环境中，至少福利是降低的（罗杰·珀曼等，1998）。即便是对于技术本身，乔治斯库-罗根（Georgescu-Roegen）已警告人们不应“狂想”式地乐观。虽然人类曾采用过的生产技术是如此之多，然而，实际上只有三种技术推动了我们工具的进步。按时间顺序，它们分别是农牧技术、火的掌握和蒸汽引擎（乔治斯库-罗根，1992）。乔治斯库-罗根称这些技术为普罗米修斯<sup>①</sup>技术，然而，当乔治斯库-罗根对蒸汽引擎的奇妙发明史做进一步讨论时，做了如下的描述：

在普罗米修斯之火的帮助下，人们可以保暖、烹调、制陶，更重要的是可以冶炼金属。……就这样，到17世纪中叶，基于普罗米修斯之火的技术耗尽了它的燃料——木材。……从13世纪起，人们就知道煤也可以用做热源。但煤虽可利用，却不经济。即使是在一般深度之下，地下水也会淹没任何矿场，要开采必须把地下水抽干，这需要的能量相当可观。煤矿开采者开始向伽利略求助，他建议开采者采用真空压缩泵……但反馈回来的消息是，无论怎样鼓捣水泵，水位也升不到10米以上。……后来命运之神插手其间，普罗米修斯二世——托马斯·赛弗利和托马斯·纽卡门两位——发明了蒸汽机，赢得了这场斗争。蒸汽引擎也是一种普罗米修斯技术：仅仅给它添加一点煤，就可以完全抽干矿井里的水，并且可采出比维持引擎运转所耗多得足以另开矿井的煤。然而，能量主义新手容易忘记，绝对没有一种技术可以生产出附加的可利用的能量和可利用的物质。……假定另一个地球1000万英尺深处存有大量的烟煤。由于开采一磅煤所耗能量超过一磅煤自身的能量，此时任何蒸汽引擎都不复是普罗米修斯式的技术。……现在严峻的问题是：普罗米修斯三世能否及时来到，用一种全新的普罗米修斯技术拯救我们人类？

即使撇开技术和能量的问题来看不可更新资源。人们也容易这样认为，不可更新资源一旦被开采出地面，它的价值就在下降。这并不是意味

<sup>①</sup> 普罗米修斯为希腊神话英雄，他从上帝那里为人类偷来了火种。

着物质消失了,不管怎样,它是符合物质守恒定律的。但是,在对这些物质加工的过程中,物质的物理大小必然在下降,因为它的凝聚度越来越低。显然,循环的次数越多,所需的能量越大。正因为如此,乔治斯库-罗根认为:“物质的完全循环是不可能的”,这也就是为人们所熟知的“乔治斯库-罗根第四定律”(Georgescu - Roegen's "Fourth Law") (Georgescu - Roegen, 1979)<sup>①</sup>。

从乔治斯库-罗根第四定律引申出的结论是极端悲观的。任何经济活动都无能为力,而且只能增加熵。无论我们怎么做(包括循环)都会减少能量和/或物质的价值,留给后代的是越来越少的可以使用的能量或物质。不仅经济增长是一个幻想,就连稳态经济也将不可避免地增加熵从而变得不可持续[费伯(Faber), 1996]。

乔治斯库-罗根的假设不断地受到批判,因为乔治斯库-罗根仅仅是与物理学中的适用于孤立系统的热力学第二定律进行类比得到他的第四定律的。此外, Bianciardi、Tiezzi 和 Ulgiati (1993) 已经用一个简单的例子说明乔治斯库-罗根热力学第四定律(“物质的完全循环是不可能的”)与物理学定律的原则并不一致,也就是说,它与热力学第二定律相矛盾。进一步地,它与从生物系统研究中获得的经验证据并不一致(Bianciardi、Tiezzi and Ulgiati, 1993)。生物圈是一个封闭系统,它与外界有能量的流入和流出,但没有物质的交换。在它的内部,物质是完全循环和升级的(有序),例如,碳、氮、磷(以及其他元素)通过利用太阳能在生物圈内的完全循环[艾尔斯(Ayres) 1999]。基于这样的原因,批判者有理由拒绝乔治斯库-罗根第四定律(费伯, 1996)。

但是,乔治斯库-罗根理论的缺陷并不能抹杀它的价值:在经济学中开创性地利用热力学理论进行思考(费伯, 1996)。

的确,如果不考虑他的第四定律,乔治斯库-罗根的论述在第二定律的背景上是重要的……只要有足够的能量可以获得,完全循环在物理上是可能的。问题是如此的,能量消耗必将导致外部环境熵值的巨额增加,这对于生物圈来说,也许不是可持续的(Bianciardi, Tiezzi and Ulgiati, 1993)。

<sup>①</sup> 有关乔治斯库-罗根第四定律的详细论述,请参考费伯(1996),第115~136页。

著名产业生态学家 R. U. 艾尔斯 (1999) 认为, 乔治斯库 - 罗根的论文 (1979) 包含几个没有争议的观点和一个有误的推论。这几个没有争议的观点是: ①人类的福利在一定范围内是经济产出 (产量) 的函数。②产量固有地具有物质密集性。③加工物质需要可获得的能量 (如可放能)。这是通过将低熵物质 (如化石燃料、金属矿石) 转变成高熵物质 (如废弃物) 获得的。④地球上高质量的 (低熵) 物质 (包括燃料) 储量是有限的。⑤循环物质或燃料——将高熵物质转变为低熵物质——需要外部的低熵能量流 (如可放能)。⑥物质永远不能被 100% 循环, 因为必然有熵的散失。

实际上, 乔治斯库 - 罗根强调的是即使可获得能量没有限制, 永久的循环也是不可能的, 因为存在熵的散失 (观点⑥)。考虑上述观点, 只要我们考虑那些决定福利的非物质的服务, 观点①显然有争议。如此看来, 观点②虽然是对当下经济系统的准确描述, 但却不是对理想的未来的“太空飞船经济”的真实描述。这是因为在最终的分析中, 人类福利是归结于非物质的服务。换句话说, 即使服务具有物质基础 (虽然不是全部), 一定数量的物质产出所能提供的服务也并非有一个固定的上限, 这主要归功于减量化 (Dematerialization)、再利用 (Reuse)、修复 (Renovation)、复原 (Recovery) 和循环 (Recycling) 的可能性 (R. U. 艾尔斯, 1999)。

总体上看, 观点③~⑥并没有争议, 但观点⑥却导出了错误的推论: 即使是最有效率的循环过程也会产生一些具有较高熵的废弃物。随着时间的推移, 这些废弃物将在一个仓库或一个垃圾箱中不断累积。这个仓库或垃圾箱也许是地壳, 也许是海洋, 也许是太空飞船中的一节船舱。进一步地, 在缺乏进一步复原时, 循环过程中的有用物质和产品每时每刻都在减少, 它们变成废弃物, 被丢弃到垃圾箱中。在这样的情形下, 乔治斯库 - 罗根宣称经济必将“崩溃”。

但是, 这样的理解有一个致命的缺陷 (艾尔斯, 1999)。很简单, 假如有足够的能量 (可放能) 可以获得, 将“垃圾箱”看做是矿山并从中获得物质就没有障碍。根据第二热力学定律, 二手资源的复原永远不可能 100% 有效是对的, 从而复原过程也会产生废弃物。然而, 这些废弃物仅仅是返回了垃圾箱。但是, 当废弃物堆变得足够大的时候, 不管品位如

何,这都有可能补偿那些损失。

据此,R. U. 艾尔斯(1999)对乔治斯库-罗根的观点⑥提出了新的引论:不是地球(或一个太空飞船)上的所有物质在任何时候都处于“活性服务”状态,因为垃圾箱永远不可能完全被清空。进而,艾尔斯得出这样的结论:

对于产业社会,只要有足够的非活性物质贮存<sup>①</sup>以及足够的可放能的外部来源(如来自太阳),就可以获得一个稳定的稳态循环系统。

在这个基础上,人们逐渐将注意力集中到德国环境问题专家委员会在1994年提出的“循环经济”(Circular Economy)的概念。他们认为,为了确保环境安全的未来,人类经济必须是循环的,以使生产过程从一开始就被综合到自然循环中去。一个与生态不相兼容的经济系统与其内在逻辑是相悖的,因为它破坏了人类得以生存的一些条件(Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1994)。循环经济的概念既有基于德国环境问题专家委员会的工作的科学性,又有政治上的可接受性,因此,它成为德国废弃物立法的基础。因为循环经济是面向自然过程的,而自然是面向可持续性的,所以,循环经济的概念对可持续发展也是有贡献的。

## 2. 循环经济

循环经济的思想来源于自然。数百万年来,自然在固定的物质存量的基础上进化。除了作为进化过程的重要的太阳能之外,自然原则上算得上是个“闭合系统”(Closed System),肯尼恩·博尔丁(Kenneth Boulding)称之为宇宙飞船地球(博尔丁,1966)。在这个系统中,生物是通过所谓的食物链进行物质和能量的交换流动联系起来的。通过这些食物链,物质几乎被完全利用,而且原则上,废弃物没有出现。与人类活动相对比,自然过程在技术上和经济上都是最好的解决方案。因此,自然不仅是一位卓越的工程师,而且也是一位伟大的经济学家。

为了说明“循环经济”,在本书中的概念范畴,有必要对“Circular Economy”抑或“循环经济”的来源做一个梳理。奥地利学者海周因·斯

---

① 在一个太空飞船中,一个关键资源也许是铜、铂,甚至是硅;活性物质也许是铜线,或者是一些催化剂,或者是电脑芯片;非活性物质可能是报废的或者丢弃的电机或电子设备,或者是使用完的催化剂(艾尔斯,1999)。

特雷贝尔 (Heinz Strebel) 将 “Kreislau fwirtschafts/Abfallgesetz” 翻译成英文时, 认为最恰当的是翻译成 “Circular Economy/Waste Law” (斯特雷贝尔, 2000)。而实际上, 单就 “Circular Economy” 这个词组来说, 最早应该出现在熊彼特 (Schumpeter) 1934 年的著作 “*The Theory of Economic Development*” 中 (熊彼特, 1934)。但在那里, “Circular Economy” 指的是商品和货币的循环流动, 均衡时的状态被称为 “循环均衡” (Circular Equilibrium)。显然, 在那里, “Circular Economy” 不具备现在所指的意思。1990 年, 美国学者皮尔斯 (Pearce) 和特纳 (Turner) 在其著作 *Economics of Natural Resources and the Environment* 中阐述了一个 “循环经济模型” (皮尔斯和特纳, 1990)。在这个模型中, 有环境、自然资源、生产、消费和效用等主要变量, 环境在为生产提供必需的资源的同时也具有吸纳废弃物的功能。模型的核心概念是: 不可更新资源是耗竭性的, 可更新资源需要控制其被开采速度, 使其小于更新速度; 生产和消费过程中的废弃物如果被循环利用, 可以提高资源存量, 反之, 则会增加环境负载; 如果排放到环境中的废弃物小于环境的吸纳能力, 环境会继续为生产提供资源, 而如果大于环境的吸纳能力, 环境会减少资源的供给, 而且会降低效用; 增加的用于生产的资源量能增大效用, 而降低的环境质量会降低效用; 反之则相反 (见图 1-1)。

1994 年 12 月, 日本在《环境基本计划》中首次提出: “实现以循环为基调的经济社会体制”, 并于 2000 年 5 月修订通过了《推进建立循环型社会基本法》等法规, 以加快推进循环经济型社会的发展。

目前, 中国学术界普遍认为, 中国于 20 世纪 90 年代后期引入循环经济理念, 诸多学者对循环经济的概念、内涵、准则、重点、措施等进行大量的研究 (诸大建, 1998; 曲格平, 2000; 张思峰, 2002; 陆钟武, 2003)。但实际上, 循环经济的理念与实践在中国绝不是 20 世纪 90 年代才有的事情, 它至少可以再向前推 20 年。K. 威廉·卡普 (K. William Kapp) 早在 1975 年就在著名的 SSCI 来源刊杂志《世界发展》(*World Development*) 上发表了题为 “*Recycling in Contemporary China*” 的文章。这篇文章综述了当时中国为保护和改善她的社会和自然环境而采取的 “循环政策” (Recycling Policies)。作者从解释中国的传统农业入手, 认为它是一个 “循环的” 和生产能源的经济, 各种旨在提高有机废料在农业生产



康社会,而且要有较低的环境影响(江泽民,2002<sup>①</sup>)。近年来,许多中国城市的电荒,国际市场上石油和原材料价格的上涨都增强了中国对于“循环经济”的兴趣(世界银行,2004)。

目前,在中国的学术界,几乎每个人都能为“循环经济”下个定义,这表明中国学术界对“循环经济”的定义还没有达成共识,更重要的是,表明了“循环经济”不管在理论方面还是在实践方面都方兴未艾。这里,作者旨在总结几种具有代表性的定义,说明“循环经济”与其他诸如“产业生态”、“清洁生产”和“污染预防”等概念的联系,以及本书所使用的“循环经济”的概念范畴。

国家发展和改革委员会(NDRC)在其清洁生产的网站上<sup>②</sup>对“循环经济”的概念做了如下定义:

(循环经济)能够被接受的可行定义往往与制造业和服务业相关,他们在管理环境和资源问题的过程中通过协作以寻求经济与环境表现的提升。循环经济概念的主题是物质(包括能源、水和材料以及信息)的交换,这些物质是一个单位的废弃物,却成为另一个单位的投入品。通过共同运作,事业共同体得到的总收益要大于每个企业、产业、团体在个体基础上优化自身表现所得个体收益的总和。

中国环境与发展国际合作委员会(CCICED)在其最近一次报告中(CCICED 2005<sup>③</sup>)对循环经济是这样定义的:

循环经济是一种经济发展模式,它旨在通过资源保护、再利用和再循环以从源头将污染减到最少以及减少单位产出的总体损耗,从而达到环境保护、污染预防和可持续发展的目的。……在企业层次上,循环经济主要集中在清洁生产、全面的废弃物循环与恢复和废弃物的无害化处置。它强调材料和能量的“减量化、再利用和再循环”(即3R原则)。在区域层次上,循环经济强调构建一个以产业链为载体的物质循环网络,通过建立一个全面的废弃物收集、再制造、再循环和废弃物无害化处置的产业系统,

① 《江泽民文选》第三卷,人民出版社2006年版,第528页。

② [http://www.chinacp.com/eng/cppolicystrategy/circular\\_economy.html](http://www.chinacp.com/eng/cppolicystrategy/circular_economy.html).

③ CCICED, 2005. Task Force Report on Circular Economy. <http://www.harbour.sfu.ca/dlam/Taskforce/circular%20economy2005.htm>.

实现区域资源的最优配置和再利用。在国家层次上,循环经济描绘了一个新的经济运作模式,它由政府参与协助,目的在于可持续的经济和社会发展。这个模式使废弃物和环境要素进入市场系统,利用市场机制,借助法律、规章和政策以及其他的资源保护和环境意识原则进行管制。

段宁(2005)认为,循环经济是以人类可持续发展为增长目的、以循环利用的资源和环境为物质基础,充分满足人类物质财富需求,生产者、消费者和分解者高效协调的经济形态。循环经济的唯一属性是“循环经济是建立在循环利用物质这一物质基础上的经济形态”。

从以上几种对于“循环经济”的定义可以看出,虽然各种定义有所差别,但却有以下两个共同点:

第一,强调物质循环。传统经济是一种从“原料—消费—废弃物”的线性经济;而循环经济则试图构建一种从“原料—消费—残留物—原料”的循环经济,这里的“循环”与“线性”相对。传统经济中也谈到“循环”,但那里的“循环”是指商品和货币的循环;而循环经济中的“循环”是指物质的循环。另外,“循环经济”模式中的“残留物”就相当于“传统经济”中的“废弃物”,我们应该认识到“废弃物”只是我们的社会目前还无法有效利用的“残留物”。

第二,强调可持续发展。传统经济的实践和理论研究都与环境要素较少相关,而循环经济旨在建立一种系统经济模式,协调经济发展与环境的关系。传统经济的最终目的是“经济增长”,而“循环经济”的最终目的是“可持续发展”。

### 3. 产业生态学

在格雷德尔(Graedel)和艾伦比(Allenby)的《产业生态学》一书中(格雷德尔和艾伦比,2003),他们为产业生态学下了这样一个简要的定义:

产业生态学是人类在经济、文化和技术不断发展的前提下,有目的地、合理地去探索和维护可持续发展的方法。产业生态学要求不是孤立而是协调地看待产业系统与其周围环境的关系。这是一种试图对整个物质循环过程——从天然材料、加工材料、零部件、产品、废旧物品到产品最终处置——加以优化的方法。需要优化的要素包括物质、能量和资本。

“产业生态学”这个名词本身就传达了这个领域的一些内容[R. 利



夫塞特 (R. Lifset) 和 T. E. 格雷德尔, 2002]。首先, 产业生态学是“产业的”, 它聚焦于产品设计和制造过程。它将企业看做是环境提升的主体, 因为它们拥有对有效实施环境友好的产品设计和制造过程最为关键的技术专家。产业, 作为生产绝大部分产品和服务的社会的一部分, 是关注的焦点, 因为它是环境破坏的重要的但不是唯一的原因。

另一方面, 产业生态学至少可以从以下两个方面看是生态的。

第一, 产业生态学期望产业活动按照非人类的“自然”生态系统模式运作 [R. A. 弗罗施和 E. G. 尼古拉斯 (R. A. Frosch and E. G. Nicholas), 1989]。很多生物生态系统在循环利用资源方面相当有效, 这就为产业中材料和能量的有效循环树立了样板。最为大家熟知的产业中再利用和再循环的例子就是著名的丹麦·卡伦堡产业区 (Industrial District in Kalundborg, Denmark) [J. R. 埃伦费尔德和 E. G. 尼古拉斯 (J. R. Ehrenfeld & E. G. Nicholas), 1997]。在这个地区的产业设施集群中, 包括一个炼油厂, 一个电厂, 一个药品发酵工厂和一个石膏板工厂。这些工厂相互交换副产品 (也可以称做“废弃物”)。这种交换网络被称做“产业共生” (Industrial Symbiosis), 这实际上就是对自然中生物共生, 互利关系的类比。

第二, 产业生态学置人类技术活动 (最广义上的产业) 于支撑其运作的较大的生态系统背景之中, 考察在社会中使用的资源之“源”和能吸纳或无害化废弃物的“汇”。“汇”的生态学意义使产业生态学与承载力 (Carrying Capacity) 和生态恢复力 (Ecological Resilience) 联系起来, 试图回答“为人类提供关键服务的技术社会是否、怎样、到何种程度上能影响或破坏生态系统”。简单地说, 经济系统不再被看做孤立于其外围系统, 而是与之关联。

早在 1994 年, 美国前国家工程研究院主席罗伯特·怀特 (Robert White) 在总结了以上所述要素后为产业生态学下了这样一个定义 (R. 怀特, 1994):

……研究产业和消费活动中材料和能量的流; 这些流对环境的效应; 经济、政治、管制和社会因素对资源的流、使用和转换的影响。

无论从哪个定义来看, 产业生态学的核心要素包括以下几个方面:

(1) 生物学类比。