

区域工业共生体 逆向物流规划与管理研究

◆ 张向东 马迁利 / 著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

区域工业共生体逆向 物流规划与管理研究

张向东 马迁利 著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

区域工业共生体逆向物流规划与管理研究 / 张向东, 马迁利
著. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6300 - 9

I. ①区… II. ①张… ②马… III. ①工业管理 - 物流 - 物资管理 - 研究 IV. ①F406

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 159409 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 889 毫米 × 1194 毫米 1/32

印 张 / 6.75

字 数 / 160 千字

版 次 / 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷 责任校对 / 杨 露

定 价 / 35.00 元 责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

近代工业的迅猛发展给人类社会创造了巨大经济财富并推动社会发展达到了前所未有的辉煌，与此同时也带来了严峻的资源短缺和环境恶化的全球共性问题。如何科学发展和可持续发展已成为各个国家关注的焦点。循环经济正是在适应当前经济发展的大背景下提出和实践的，各个国家和地区对循环经济的重视也达到了前所未有的高度。可以说一个国家或地区循环经济发展的好坏决定了这个国家和地区未来的社会发展。本书就是在这样的理论和实践需求的背景下写作的。

工业共生 (Industrial Symbiosis, IS) 是循环经济的重要内容之一，其主要研究工业企业之间废弃物/副产品的再循环和再利用，其理论主要应用形式是生态工业园 (Eco-industrial Park, EIP)。由于 EIP 在经济效益、稳定性、环境效益扩散和技术创新等方面有着先天性的缺陷。近年来，不少学者从空间分布的视角出发，提出应将工业共生的研究焦点从 EIP 转移到城市或者更大范围的区域副产品交换，形成一个更大范围的、空间布局相对分散的区域工业共生体，称之为生态工业网络 (Eco-industrial Net, EIN)。

要在更大范围的区域工业共生体内实现废弃物/副产品的交换，必然要更多地涉及到与之相关的装卸、运输、加工、仓储保管、可能的包装、配送、信息处理等系列活动，也就是说需要建设一个满足工业企业间进行废弃物相互交换的逆向物流 (Reverse Logistics, RL) 网络。我国的逆向物流研究还处于初级阶段，有关逆向物流的相关文献主要是研究与使用末期产品、

有缺陷、返修和退货产品相关的渠道、选址和分配问题。本书主要研究面向区域工业共生的逆向物流规划与管理问题。

本书共分为七章，各章的主要内容如下：第一章首先提出了研究的背景、动机、意义及主要创新点，然后对论文的基本内容框架进行了介绍。第二章在对大量相关文献进行总结的基础上，分析了目前逆向物流在工业废弃物/副产品再循环、再利用方面研究的不足。第三章在对工业共生内涵及其实践形式和逆向物流概念及研究维度进行分析的基础上，定性分析了逆向物流在工业共生体内的重要功能和作用机理，并对引入逆向物流部门的区域工业经济系统进行了投入产出量化分析。第四章研究了区域工业共生体内的逆向物流渠道选择与评价问题。首先根据区域工业共生体内不同的工业共生结构，建立了有针对性的三种不同逆向物流渠道模式。在此基础上，考虑到区域共生体发展的阶段性和持续性，将模糊群决策综合评价法引入具体企业逆向物流渠道决策过程。第五章研究了区域工业共生体内逆向物流网络的布局与优化问题。通过构造一个混合整数规划模型，并把环境成本纳入考虑，使得逆向物流网络的布局和优化更具现实合理性。同时，为政府对区域工业共生体内再生材料的使用比率进行调节提供了可供借鉴的依据。第六章设计了逆向物流链收益分配模型，以确定逆向物流相关主体间在非合作和联盟模式下的收益分配方案。第七章对本书的工作进行了回顾，总结了全书研究的几个主要结论，并对未来研究加以展望。

本书的研究对推动工业共生理论和逆向物流管理理论的不完善和更进一步地深入研究具有一定的理论意义，同时对于从操作层面上为区域工业共生体的形成和发展提供基础解决方案具有很强的借鉴意义和实际的参考价值。

作者

PREFACE

The rapid development of modern industry has brought tremendous economic wealth to human society and promoted social development to an unprecedented resplendence. At the same time, it has brought serious global common problems of resource scarcity and environment worsening. How to carry through scientific and sustainable development has become an attention focus to every country. Recycling economy was just proposed and practiced to adapt current economic development under this background. It was attached much importance by every country to an unprecedented degree. We can say that how the recycling economy develops in a country or a region determines their future social development. The writing of this book is just under the theoretic and practical demands background.

Industrial Symbiosis (IS) is one of the most important contents of recycling economy. It is a new organization form of modern industrial enterprises, which refers to the resource complementary activities between enterprises with the win-win of economy and environment. Eco-industrial Park (EIP), considered as the direct practice form of industrial Symbiosis, has been implemented all over the world. However, some practical problems are emerging. In the past few years, Eco-industrial Net (EIN) is becoming a hot research field because of its overcoming the obstacles of EIP.

Considering the exchange of waste/by-product in an EIN, a reverse logistics (RL) is needed to transport waste/by-product

materials from an origin (firm) to a destination (firm or disposal center). The research and management activities of reverse logistics are at the primary stage in China. By reviewing the available studies on reverse logistics, it is evident that they have been concentrated on the end-of-life product's recovery systems. This book studies another important subject in reverse logistics, which is managing the recovery of waste/by-product streams among industries.

This book is divided into seven chapters and the theme of each chapter is as follows: In chapter one, the background and the motivation of the study is firstly outlined. Then, the frame of this dissertation is introduced simply. In chapter two, we elaborate the related studies in the literature. In chapter three, the relationship between IS and RL is analyzed. In chapter four, we bring about three different RL channel pattern for the corresponding IS structure. The Group Decision Making and Fuzzy Colligation Evaluation are employed to choose appropriate channel. In chapter five, a mathematical model is developed to determine the location of the facilities and the flows of material on the network. The model captures environmental costs as well as the operational cost. Chapter six is dedicated to the solution approach of profit distribution in the RL chain and the summary of the study is provided in chapter seven.

The study of this book has a certain theoretic significance to promote industrial symbiosis theories and reverse logistic theories more perfectly and further study. Also, it has a significance of reference and practical reference value to provide fundamental solving project for regional industrial symbiosis in the operational level.

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与问题	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 问题提出	5
1.2 研究动机、意义和主要创新点	7
1.2.1 研究动机	7
1.2.2 研究意义	9
1.2.3 主要创新点	10
1.3 研究内容、方法和技术框图	11
1.3.1 主要内容	11
1.3.2 研究方法	13
1.3.3 技术框图	14
1.4 本章小结	15
2 逆向物流相关理论研究述评	16
2.1 逆向物流的理论基础	16
2.1.1 可持续发展理论	16
2.1.2 生态伦理理论	19
2.1.3 循环经济理论	22
2.2 逆向物流国外研究现状	26
2.2.1 历史起源和定义方面的研究	27
2.2.2 综合理论方面的研究	30
2.2.3 回收渠道方面的研究	31
2.2.4 定量建模方面的研究	33

2.2.5	生产与运作管理方面的研究	37
2.3	逆向物流国内研究现状	42
2.3.1	研究逆向物流的概念或框架结构	42
2.3.2	逆向物流中的配送、库存与运输问题	43
2.3.3	与电子商务有关的逆向物流	44
2.3.4	逆向物流管理方面相关的问题	44
2.3.5	再制造方面的研究	45
2.3.6	存在的问题和不足	46
2.4	本章小结	47
3	面向区域工业共生的逆向物流	49
3.1	工业共生的内涵与实践形式	49
3.1.1	工业共生的概念与起源	49
3.1.2	工业共生理论的应用形式	51
3.1.3	生态工业园内的资源循环	54
3.1.4	从生态工业园到生态工业网络	55
3.1.5	生态工业网络的空间分布形态	57
3.2	逆向物流的概念与研究维度	61
3.2.1	逆向物流的概念	61
3.2.2	逆向物流的研究维度	64
3.3	区域工业共生体内的逆向物流	71
3.3.1	副产品交换与逆向物流	71
3.3.2	典型案例：逆向物流在大连经济 开发区的应用	74
3.4	引入逆向物流部门的区域工业经济 系统投入产出分析	78
3.4.1	投入产出表原理及其在环境经济领域的应用	79
3.4.2	工业经济系统投入产出表基本构造及功能	84
3.4.3	理想条件下的分析	87
3.4.4	其他条件下的分析	90

3.5 本章小结	92
4 区域工业共生体内逆向物流渠道的选择与评价	94
4.1 依托型工业共生与逆向物流渠道选择	94
4.1.1 依托型工业共生	94
4.1.2 逆向物流渠道自营模式	99
4.2 平等型工业共生与逆向物流渠道选择	103
4.2.1 平等型工业共生	103
4.2.2 逆向物流渠道战略联盟模式	105
4.3 嵌套型工业共生与逆向物流渠道选择	109
4.3.1 嵌套型工业共生	109
4.3.2 逆向物流渠道第三方外包模式	112
4.4 工业共生结构与逆向物流渠道模式的比较	114
4.5 逆向物流渠道选择的模糊群决策综合评价	115
4.5.1 群决策与模糊数学	116
4.5.2 基于自然语言变量的模糊群决策方法	116
4.5.3 算例	119
4.6 本章小结	121
5 区域工业共生体内逆向物流网络的优化与布局	122
5.1 逆向物流优化与布局的基础	123
5.1.1 逆向物流作业流程分析	123
5.1.2 逆向物流网络的类型和结构特征	126
5.2 逆向物流与环境成本	130
5.2.1 环境损失与环境成本的概念	130
5.2.2 环境成本估算的技术方法	131
5.2.3 逆向物流涉及的环境成本	134
5.3 纳入环境成本的逆向物流网络模型	139
5.3.1 问题框架与模型假设	139
5.3.2 模型构建	141
5.3.3 算例	157

5.3.4 进一步的分析	161
5.4 本章小结	164
6 区域工业共生体内逆向物流链上的收益分配	166
6.1 非合作模式下收益分配问题与模型	166
6.1.1 模型描述	166
6.1.2 模型的精炼纳什均衡解	168
6.2 联盟模式下的收益分配问题与模型	173
6.2.1 联盟博弈及 Shapley 值	174
6.2.2 算例	176
6.3 本章小结	178
7 结论与展望	180
7.1 本书研究的结论	180
7.2 进一步研究方向	181
参考文献	183
后记	196

表 目 录

表 1.1	2003 年部分国家生态足迹供需关系	3
表 2.1	逆向物流的定义	28
表 2.2	逆向物流定量模型	34
表 3.1	大连开发区主要企业固体废弃物产出量及危险 废弃物产出量 (2005)	75
表 3.2	大连开发区引入逆向物流企业后的副产品 交换情况 (2005 年)	77
表 3.3	标有数学符号的投入产出简表	80
表 3.4	区域工业经济系统投入产出表	85
表 3.5	区域工业经济系统直接消耗系数表	85
表 3.6	区域工业经济系统投入产出分析 基本表 (北京 2005)	87
表 3.7	区域工业经济系统直接消耗系数表	88
表 3.8	区域工业经济系统直接消耗系数表	88
表 4.1	波恩赛德工业共生体中的主要行业类型	104
表 4.2	三种工业共生结构与相应的逆向物流渠道	114
表 4.3	语言价值变量及对应的三角模糊数	117
表 4.4	指标权重的语言变量及相对应的三角模糊数	119
表 4.5	评价矩阵的语言变量及相对应的三角模糊数	120
表 4.6	集成后指标权重与评价值的非模糊价值	120
表 5.1	逆向物流网络类型	127
表 5.2	国内资源税的征税范围和税额	138
表 5.3	欧盟各国不同电源的外部环境成本	153

表 5.4	美国 2001 年电力生产成本数据	154
表 5.5	各类电源的外部平均环境损失成本和全成本	154
表 5.6	运输对环境费用支出	155
表 5.7	汽车尾气排放导致的环境成本	155
表 5.8	大气中主要污染物导致的环境成本	156
表 5.9	工业废弃物产出企业和年生成量	159
表 5.10	再生材料需求企业和年需求量	159
表 5.11	相关参数（以工业废弃物/副产品 k_1 和 原生材料 k_2 为例）	159
表 5.12	各收集中心的调运数量	161
表 5.13	各增值处理中心的调运数量	161
表 6.1	共生体内逆向物流链中企业间的收益分配表	177
表 6.2	共生体内副产品生成企业 s 的收益分析表	177
表 6.3	共生体内副产品收集企业 c 的收益分析表	177
表 6.4	共生体内副产品增值处理企业 p 的收益分析表	178

图 目 录

图 1.1	本书技术框架示意图	15
图 3.1	生态工业园内理想的资源循环体系	56
图 3.2	工业共生空间分布形态的演进轨迹	58
图 3.3	工业共生的三种空间分布形态	59
图 3.4	闭环供应链示意图	63
图 3.5	逆向物流与绿色物流的比较	64
图 3.6	逆向物流价值恢复活动及层次	69
图 3.7	区域工业共生体内的副产品交换系统	72
图 3.8	工业共生体内的资源流动和循环	73
图 3.9	逆向物流提供商在副产品交换中的重要作用	74
图 3.10	大连开发区副产品通过逆向物流商 进行交换的流程图	78
图 3.11	资源提供部门产值变化	89
图 3.12	产品生产部门产值变化	89
图 3.13	循环回用部门产值变化	89
图 3.14	废弃物净产出量变化	89
图 3.15	资源提供部门产值变化	91
图 3.16	产品生产部门产值变化	91
图 3.17	循环回用部门产值变化	91
图 3.18	废弃物净产出量变化	91
图 4.1	单中心的依托型工业共生结构	96
图 4.2	多中心的依托型工业共生结构	96
图 4.3	广西贵糖集团的单中心依托型共生结构	98

图 4.4	丹麦卡伦堡的多中心依托型共生结构	98
图 4.5	逆向物流自营配送模式	100
图 4.6	平等型工业共生结构	103
图 4.7	逆向物流渠道战略联盟模式	106
图 4.8	嵌套型工业共生结构	110
图 4.9	奥地利 Styria 共生体中的嵌套型工业共生结构	111
图 4.10	逆向物流渠道的第三方外包模式	112
图 5.1	逆向物流作业流程图	124
图 5.2	逆向物流环境成本分项构成	134
图 5.3	区域逆向物流网络	140
图 5.4	规划设施位置示意图	158
图 5.5	设计优化前的某工业废弃物/副产品 逆向物流网络	160
图 5.6	优化后的某工业废弃物/副产品逆向物流 网络示意图	162
图 5.7	一次性卫生筷的回收示意图	163
图 5.8	共生体内再生材料使用比率示意图	164

绪 论

1.1 研究背景与问题

1.1.1 研究背景

源于 18 世纪后半叶的工业革命，使得现代工业从手工业和农业中分离出来，并给人类物质和精神生活带来巨大而深刻的变化。工业文明开采挖掘出蕴藏于地球内部的几百种矿产资源，将其转化为可供人类支配使用的财富，支撑着地球上人口的高速膨胀和消费的无限增长。整个 20 世纪，人类消耗了 1 420 亿吨石油、2 650 亿吨煤、380 亿吨铁、7.6 亿吨铝、4.8 亿吨铜（潘岳，2004）。然而，地球作为人类赖以生存的星球，其资源并不是取之不尽、用之不竭的。据测算，如果世界煤炭储量按低量即 2 000 万亿吨测算，2000—2200 年将消耗掉 80% 的煤炭储量；如果煤炭储量按高量即 7 600 万亿吨测算，则 2000—2300 年或 2400 年将消耗掉 80% 的煤炭储量；若石油储量为 2 万亿桶，则 1965—2025 年将消耗掉 80% 的石油储量；铁矿石的低位和高位预测储量为 2 500 万亿吨和 7 500 万亿吨，则消耗 80% 铁矿石的时间将与煤炭相似（陈丽娜，2003）。据总部设于瑞士格朗的世界自然基金会（WWF）于 2006 年 10 月 24 日发布的

《2006 地球生命力报告》显示,目前人类消耗自然资源的速度,已经远远超过了大自然再造资源的速度。也就是说,人类的生产和消费已经不再依靠自然的“利息”,而是靠消耗大自然的“本金”。在资源不会被耗尽的假设前提下,到 2050 年,地球上人类数量可能达到 90 亿,其每年消耗的资源需要两个地球才能满足(WWF, 2007)。不仅如此,自工业革命以来,世界工业经济活动一直沿袭资源开采、加工制造、废弃物排放、产品流通消费、废旧产品抛弃的线性开放过程,其直接后果就是我们赖以生存和发展的自然环境不断恶化。人类生态足迹(ecological footprint)^①的增长在 20 世纪 80 年代就已经超过了地球的生物承载力^②(表 1.1),支持人类生存空间和经济发展的四大生物系统——森林、海洋、耕地和草场,以及全球气候正持续遭到巨大破坏。森林以每年 1 400 万公顷的速度减少;全球土地荒漠化以每年 500 万至 700 万公顷的速度发展,有 100 多个国家面临荒漠化威胁;有 80 多个国家面临淡水资源匮乏;海洋污染日益严重,赤潮成为全球性公害;人类每天向大气中排放 1 500 万吨碳氧化物,排入自然环境中的氯氟碳化合物(CFCs)每天也有 2 700 吨(Orr, 1992);全球有 1/4 的哺乳动物、12% 的鸟类濒临灭绝,生命地球指数(LPI)^③在过去的逾 33 年中下降了 30%。现代工业文明对自然环境和生态系统持续增长的压力正在导致全球生物栖息地的破坏、恶化,以及生产能力的永久丧失,从而威胁到生物多样性和人类自身的利益。

① 生态足迹是指人类对于自然界能够提供生态资源和生态服务的具有生物生产力的土地和水的需求——包括食物、纤维、木材,建筑用地,以及吸纳由于燃烧化石燃料而产生的二氧化碳所需的土地。

② 地球的生物承载力是指能满足人类需求的、可用的、具有生物生产力的土地面积,包括农田、牧场、森林和渔场。

③ 生命地球指数(LPI)是衡量世界生物多样性的指标,根据全球 695 个陆栖物种、274 个海洋物种和 344 个淡水物种这三种不同的趋势数据计算,取其平均值。