
图书在版编目(CIP)数据

多元回收模式下再制造逆向物流网络选址规划及应用 / 周向红, 成鹏飞著. —西安: 西安交通大学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5605-9495-8

I. ①多… II. ①周…②成… III. ①机械制造—再生资源—资源利用—物流—网络系统—选址—研究 IV. ①F252.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第053000号

书 名 多元回收模式下再制造逆向物流网络选址规划及应用

著 者 周向红 成鹏飞

责任编辑 魏 杰 贺彦峰

出版发行 西安交通大学出版社

(西安市兴庆南路10号 邮政编码710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>

电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)

(029) 82668315 (总编办)

传 真 (029) 82668280

印 刷 长沙市宏发印刷有限公司

开 本 880mm×1230mm 1/32 印张 7.5 字数 202千字

版次印次 2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

书 号 978-7-5605-9495-8

定 价 68.00元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

版权所有,侵权必究

本书的出版得到以下资助或支持：

1. 国家社会科学基金一般项目（15BJY163）
2. 教育部人文社会科学研究青年基金项目（13YJCZH145）
3. 湖南省社会科学成果评审委员会重大课题（XSP2016040508）
4. 湖南省哲学社会科学基金项目（16YBQ026）
5. 湖南省哲学社会科学基金项目（12YBA195）
6. 湖南省哲学社会科学基金项目（15JD21）
7. 湖南省教育厅科学研究项目（16C0669）

前 言

随着科学技术的飞速发展，产品更新日趋频繁，废旧产品亦不断增加，已形成一座座隐形的“城市矿山”。若废旧产品未得到及时有效处理，不但导致资源的极大浪费，而且容易给生态环境带来严重的破坏和污染，回收处理废旧产品已十分必要。再制造作为废旧产品回收处理的一种高级形式，是战略新型产业的一部分。发展再制造产业不仅是建设资源节约型与环境友好型社会的需要，更是推动产业升级，促进经济转型发展的重要着力点。再制造逆向物流网络选址规划是再制造实践的必要环节，也是影响再制造逆向物流实施效益的重要因素。由于再制造面临的环境较为复杂，产品分散，参与主体多，技术难度大，而系统性研究尚不充分，因此，有必要对多元回收模式下再逆向物流网络选址规划进行深入研究。

本书在现有研究的基础上，以国家自然科学基金项目为选题内容，结合多元回收模式下再制造逆向物流的特点，旨解决逆向物流决策情形单一、动态性研究不够、算法不适应，以及缺少有针对性的实证分析等问题，引入模糊规划、双层规划、云理论和评价理论，对再制造逆向物流网络选址规划的相关问题展开研究。本书的



主要工作和创新如下。

(1) 通过对现有文献的归纳和整理,从原始设备制造商角度出发,划分了自营回收、第三方回收和联合回收等3种回收模式,界定了多元回收模式及再制造等相关概念,阐述了多元回收模式下的具体内容和特点,构建了相应模式下的再制造逆向物流回收网络结构模型,以及结合逆向物流实际,给出了自营模式下以整机再制造为主,第三方回收和联合回收以零部件再制造为主。

(2) 针对原始设备自营回收模式的特点,提出了自建、正逆向物流集成,以及正逆向物流集成动态网络选址规划模型,并从多个目标出发优化再制造逆向物流网络选址决策。考虑废旧产品回收数量以及废弃率为模糊数,以及自营回收模式下所具有的整机再制造条件,构建了多级多周期多目标非线性模糊规划。在给定的置信度水平下,采用模糊规划理论,将模糊机会约束转换为相应的清晰等价类,以及采用线性加权评价函数和目标调节系数将多目标转化为单目标。上述方法避免了将模糊数直接简单清晰化,以及消除了各目标量纲不一的影响。在自建和集成正逆向物流的基础上,研究了动态集成选址规划,从网络选址的结果看,动态集成选址优于静态集成选址,集成选址优于新建选址。

(3) 针对第三方回收模式的特点,提出了基于完全合作与不完全合作情形下多周期再制造逆向物流网络选址规划模型。模型中考虑第三方回收商与收集商的两种不同合作情形,并由第三方负责零部件再制造,废旧产品按物料清单比例进行分解,各逆向物流设施具有能力约束,以及可供回收的废旧产品数量具有模糊性。在不完全合作情形中,第三方回收商与收集商具有上下层关系,据此建立双层模糊规划模型,并利用整体满意度函数对模型进行求解。从网络选址结果看,合作情形下整体效益最大,不完全合作情形下,



收集商效益高于回收商。

(4) 针对联合回收模式的特点,提出了多产品多周期多目标静态与动态网络选址规划模型。考虑了联合回收模式下多个合作主体共同组建新公司或联合体,该主体负责回收多个废旧产品及其零部件的再制造,废旧产品回收数量受回收价格、距离、环保意识等因素的综合影响,构建了动态回收函数,并以此建立了基于废旧产品回收函数的动态网络选址规划模型。

(5) 针对现有遗传算法的不足,提出了一种适应于再制造逆向物流网络选址规划的双蜂群进化的云模型自适应遗传算法。根据各物流设施及其处理的废旧产品数量间的关联关系,采用了多参数级联编码或矩阵级联编码,并在初始化过程中对个体基因间的关联关系进行可行化处理,以减少无效解;采用X条件云发生器,对交叉和变异算子进行改进,以实现自适应动态调整。与现有文献所采用传统遗传算法相比,该算法具有更快的求解速度和更好的效果。

(6) 结合一个具体应用实例,给出了定性评价与定量评价相结合的回收模式选择方法,并在所选择的回收模式下进行再制造逆向物流选址决策。在定量分析中,通过问卷调查,得到回收模式评价指标的重要程度数据,采用主成分法确定指标权重,以及使用二元语义评价方法实现了对回收模式的选择。在确定的回收模式下,通过收集和分析有关数据,实现对再制造逆向物流回收网络的选址决策。

随着绿色经济逐渐兴起,以及原始设备制造商产品责任衍生制的落实,只追求单一的经济效益而忽视社会效益的制造模式已难以适应当前经济发展的需要。如何高效推动再制造的全面和深度发展已成为学术界和实业界共同关注的新课题。在此背景下,希望本书



成果能够对再制造物流实践有所帮助，也希望本书中的模型和方法能够在实际应用中得到修订、补充和完善。

本书的研究工作得到了国家社会科学基金一般项目(15BJY163)、教育部人文社会科学研究青年基金项目(13YJCZH145)、湖南省社会科学成果评审委员会重大课题(XSP2016040508)、湖南省哲学社会科学基金项目(16YBQ026、12YBA195、15JD21)、湖南省教育厅科学研究项目(16C0669)等资助和支持。本书的出版得到了湖南科技大学学术著作出版基金的资助，还得到了西安交通大学出版社的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

限于作者水平有限，书中难免存在不当或错误之处，恳请同行、读者批评指正。

周向红

2016年8月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 研究背景及意义	(1)
1.2 文献综述	(8)
1.3 现有研究的不足与值得研究的问题	(25)
1.4 逻辑结构与研究内容	(27)
第 2 章 再制造逆向物流及相关理论基础	(31)
2.1 再制造逆向物流的概念	(31)
2.2 复杂规划理论	(41)
2.3 遗传算法	(54)
2.4 云模型	(55)
2.5 蜂群算法	(58)
2.6 本章小结	(60)



第3章 自营回收模式下再制造逆向物流网络选址规划	
.....	(61)
3.1 新建再制造逆向物流网络选址规划	(62)
3.2 集成再制造逆向物流网络规划	(79)
3.3 集成再制造逆向物流网络动态规划	(93)
3.4 本章小结	(98)
第4章 第三方回收模式下再制造逆向物流网络选址规划	
.....	(100)
4.1 基于完全合作的多周期再制造逆向物流网络选址规划	(101)
4.2 基于不完全合作的多周期再制造逆向物流网络选址规划	(113)
4.3 基于不完全合作的多周期再制造逆向物流动态网络选址规划	(122)
4.4 本章小结	(129)
第5章 联合回收模式下再制造逆向物流网络选址规划	
.....	(130)
5.1 联合回收模式下多目标再制造逆向物流网络选址规划	(131)
5.2 基于动态定价的联合回收模式再制造逆向物流网络选址规划	(145)
5.3 联合模式下多周期多目标再制造逆向物流动态网络选址规划	(150)



目 录

5.4 本章小结	(160)
第6章 再制造逆向物流回收模式选择及网络选址规划的应用	(162)
6.1 湖南省工程机械发展及其再制造业基础	(163)
6.2 有色重机及再制造技术	(165)
6.3 再制造逆向物流回收模式选择	(167)
6.4 联合回收模式下再制造逆向物流选址规划	(179)
6.5 再制造逆向物流发展建议	(185)
6.6 本章小结	(188)
第7章 总 结	(189)
7.1 主要工作与创新点	(189)
7.2 研究展望	(193)
附录	(195)
附录1 问卷邀请信	(195)
附录2 回收模式评价指标权重调查数据	(199)
附录3 再制造产品认定管理暂行办法	(202)
附录4 再制造产品认定实施指南	(205)
参考文献	(213)

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着科技进步和工业化大生产的快速发展，人类创造了大量的物质财富，也带来了资源和能源过度消耗，生态环境破坏等问题。但同时，从科学发展观来看，长期大量开采、大量生产、大量消费和大量废弃的经济发展模式不可持续。据美国能源部报告显示，制造业的环境污染排放物占全球污染排放总量的比重已超过 70%，并且以每年约 7 亿吨有害废弃物和 53 亿吨无害废弃物的速度增长，由此导致废旧产品数量已十分巨大。实施废旧产品再制造是发展循环经济的内在要求，而研究再制造逆向物流是指导该领域良性发展的迫切需要，其背景如下。

1. 循环经济发展的内在要求

再制造是按照循环经济发展的“减量化、再利用、再制造、再循环”原则，在废旧产品回收的基础上进行修复与改造，使其



达到或超过新品的性能。它是一种资源节约的、追求先进制造和环境保护的绿色制造。越来越多的国内外学者和企业开始致力于再制造的研究与实践，以最有效的方式利用资源和最大程度地减少环境污染。对废旧产品实施再制造，不仅是企业获得良好的环境、资源和能源效益的重要途径，而且也是实现经济效益的重要举措。再制造能够节省劳动力、原材料及能源，缩短生产提前期，降低产品生产成本；同时也有利于提升企业公众形象、拓展新的市场。更为重要的是，再制造作为循环经济发展的一种重要内容，世界各国已越来越重视其发展，在立法上予以支持，要求原始设备制造商对自有产品在其整个生命周期内进行回收利用。再制造还是一种先进的生产形式，它不允许牺牲产品的品质和性能，而是要求再制造产品品质不低于甚至超越新产品，但其成本只有新产品的 50%，节能效果为新产品的 60%，原料损耗为新产品的 70%，废物排放量降低高达 80% 以上。因此再制造符合循环经济发展要求。

在工业化加速发展、工业产品大量增加的同时，其废旧产品数量也随之增长，这些废旧产品弃之则为害，用之则为宝。当前，废旧产品大量积累，有相当一部分资源已不在地下，而是以废弃品的形式分散于人们生活和工作的周围，尤其是位于人口聚集区的城市，已形成了一座座隐形的“城市矿山”，这为再制造提供了丰富资源。再制造技术的研发已受到了各国政府、企业以及科研院所的重视，众多新材料、新技术、新工艺和新设备不断开发应用，为再制造产业发展提供强大的支撑。因此，以再制造为手段来促进循环经济的发展，已经具备了两大必要条件——资源和技术。

进入 21 世纪以来，环境污染、资源短缺等各种问题凸显，通过再制造发展循环经济、促进产业转型升级，已迫在眉睫。



2. 国家政策的强制要求

早在 20 世纪 90 年代,美国、德国和日本等国家已通过立法,规定了汽车制造商对报废汽车承担回收义务,并相继推进了再制造工程的研究。自进入 21 世纪以来,有关产品召回制与生产者责任延伸制 EPR (Extended Producer Responsibility) 也开始在主要发达国家施行。日本已于 2001 年制定并实施了《家电再生利用法》。该法令要求制造商负责对其废旧产品进行回收和再生利用规划,主要包括电冰箱、电视机、洗衣机和空调等家电产品,其中洗衣机和电冰箱等产品回收率要求须突破 50%,电视机须在 55% 以上,空调则要求更高,必须达到 60% 以上。同时该法令还要求,除制造商外,零售商和消费者也应积极参与分担家电产品的回收责任。2005 年,《关于报废电子电气设备指令》在欧盟成员国开始实施,它要求自同年 8 月起,电子电气设备制造商必须对各自的废旧产品负责,并承担相应的回收费用。该环保法规是全世界最严格的。2006 年,另一项法令《关于在电子电气设备中禁止使用某些有害物质指令》又得以在欧盟颁布实施,该法令规定,自 2006 年 7 月起,欧盟市场上的电子电气产品将不得含有重金属铅、汞、铬等有害物质。

相对发达国家,我国再制造逆向物流起步较晚,有关立法近年才开始逐步建立。2006 年 5 月,《再生资源回收管理办法》颁布,2007 年 5 月施行。《关于深化再制造试点工作的通知》《再制造产品认定管理暂行办法》《关于支持循环经济发展的投融资政策措施意见的通知》《再制造产品目录》《废弃电器电子产品回收处理管理条例》等政策相继发布,这些政策为再制造产业的发展创造了良好的政策环境,也体现出国家对再制造的硬性要求。



3. 指导再制造逆向物流实施的理论需要

一旦严格执行生产者责任延伸制度，原始设备制造商将不得不作出再制造逆向物流的决策，以确保企业持续发展。选择何种回收模式，以及在具体回收模式下，如何开展逆向物流设施选址规划等一系列战略性问题，影响着再制造逆向物流投资的规模、再制造逆向物流网络运营与组织效率，以及再制造逆向物流的经济效益等，因此需要应用合适的理论和方法指导再制造决策。

回收模式选择是决策主体在作出再制造决策后的一个重要问题，它的选择受实施主体的自身情况（如经济实力、技术和人才、战略发展等）、所处的外部环境（如当地政府要求、外部逆向物流服务、可供回收的废旧产品数量等）以及决策者本身决策偏好等因素影响，需要综合考虑这些因素。如果仅仅比较回收模式的经济效益是不够的，也不切实际。回收模式本身并没有优劣之分，只有当其应用到具体实施主体和决策环境中时，才能去评估它是否合适。

回收模式确定后，即面临再制造逆向物流回收网络选址决策问题。根据废旧产品回收处理方式，逆向物流回收网络可划分为再利用、再循环和再制造网络。相对于再循环和再利用网络的结构简单性和产品低值性，再制造逆向物流回收网络的结构更为复杂，一般来说，其产品具有更高的经济价值，亦具代表性，更为常见。在再制造逆向物流网络中，通过对废旧产品的回收，以及对产品和零部件的再制造，实现废旧产品的增值。再制造过程中处理的废旧产品多为有较高附加值的组装型产品，如复印机、电冰箱和电脑等电子电器产品，以及汽车、工程机械和飞机等复杂装备产品。综合来看，再制造逆向物流网络呈现出集成、多层、闭环和动态性。面对



如此复杂的环境，若回收网络结构未得到合理设计，必然给企业带来沉重的成本负担，导致企业收益减少、销售业绩下降。有关数据表明，优化、高效的再制造逆向物流网络比低效的再制造逆向物流网络成本节省40%以上，库存下降33%以上，客户服务水平提高44%以上。一个合理高效的逆向物流网络不仅能够降低废旧产品的回收、再制造、废弃处理、库存以及运输等成本，而且还能够提高消费者的满意度和忠诚度，最大限度地保留客户。因此，通过选址优化研究，构建合理高效的再制造逆向物流网络，具有十分重要的指导意义。

4. 国家自然科学基金重点支持方向

在中国知网（CNKI）中，以“逆向物流”一词对标题、摘要或关键字进行检索，2004—2012年间的文献数量如图1-1所示。可见逆向物流的文献在逐年增加，已成为一个研究热点。

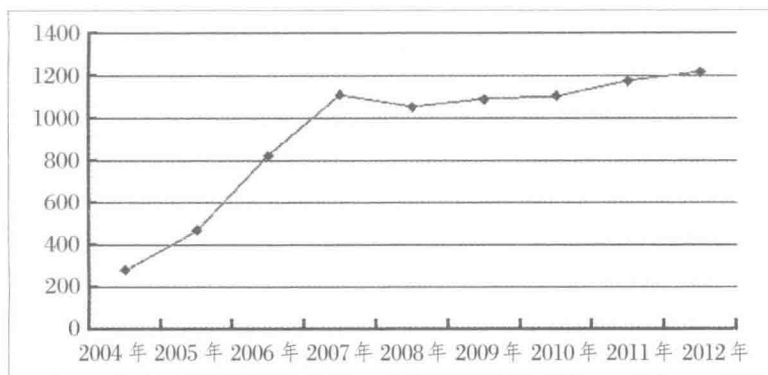


图 1-1 2004—2012 年“逆向物流”研究的文献数

自2004年以来，国家自然科学基金累计已投入301.5万元，相继支持了14个有关逆向物流领域内的课题研究。本书正是结合



笔者导师承担的国家自然科学基金项目“不确定环境下再制造逆向物流网络的多周期多目标设计研究”（基金号：71071163），提出以“多元回收模式下再制造逆向物流网络选址规划及应用”为题作为选题。

本书在分析现有回收模式及选址的基础上，拟深入研究多元回收模式下再制造逆向物流网络选址规划，以满足实际需要，提高决策效率和质量。

（1）通过对再制造逆向物流多元回收模式的研究，指导原始设备制造商选择合适的再制造逆向物流回收模式。

（2）结合原始设备制造商的实际，在选定的再制造逆向物流回收模式下，分别探讨不同决策情形，为逆向物流实施主体提供最优选址策略。

（3）在模糊不确定环境下，建立再制造逆向物流回收网络选址规划模型，并给出与之适应的求解算法，为决策者提供定量分析手段，丰富和完善再制造逆向物流选址决策的理论和方法。

（4）在方法与理论研究的基础上，拟通过实证，分析原始设备制造商的决策全过程，以及从不同利益相关者角度出发，给出发展建议。

2. 研究意义

在当前新的经济形势下，我国传统制造业面临产能过剩、供求失衡，这不仅带来经济问题，而且还造成资源和能源的巨大浪费，以及生态环境的恶化。随着资源的稀缺和环保要求的提高，循环经济、绿色发展和转型升级成为企业和政府关注的焦点。越来越多的企业开始从事废旧产品回收，承担社会责任，提升企业形象，以及增强制造企业差异化竞争能力。我国政府也在不遗余力推进再制造