



中国物流专家专著系列

ZHONGGUO WULIU ZHUANJIA ZHUANZHU XILIE

回收产品再生 物流理论模型及协商机制

周三元◎编著

中国物资出版社



中国物流专家专著系列

ZHONGGUO WULIU ZHUANJIA ZHUANZHU XILIE

北京市教育委员会、北京物资学院

北京流通体系与物流系统研究项目资助

回收产品再生物流理论 模型及协商机制

周三元 编著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

回收产品再生物流理论模型及协商机制/周三元编著. —北京: 中国物资出版社, 2009. 9

(中国物流专家专著系列)

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3205 - 7

I. 回… II. 周… III. 废物回收—物流—研究 IV. F713.2 X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 154437 号

策划编辑: 胡郁林

责任编辑: 朱琳

责任印制: 何崇杭

责任校对: 孙会香 杨小静

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

中国农业出版社印刷厂印刷

开本: 710mm × 1000mm 1/16 印张: 14.75 字数: 249 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5047 - 3205 - 7/F · 1258

印数: 0001—2000 册

定价: 30.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

随着社会化大生产的发展,生产领域、流通领域和消费领域每时每刻都会产生大量的废旧物资。随着社会对环境资源的日益关注,人们越来越重视对废旧物资的回收和再利用。当务之急是如何更好地对废旧物资进行回收、处理和再利用。许多国家已经立法规定生产者对其产品的整个生命周期负责,包括产品废旧后的回收处理。随着我国环保立法的健全,诸如汽车、电力、电子等行业的许多制造商将很快面临如何对回收产品进行管理的问题。

在我国,尽管有很多企业对这一领域表示关注,但总体上是理论宣传多、付诸实际行动少,回收产品的实际开发利用(如再生、再造等)还存在巨大的潜力和发展空间。

本书对逆向物流中回收产品再生理论、模型及协商机制等问题进行了较为系统的研究和探讨,主要内容包括以下几个方面:

第1章、第2章对逆向物流和产品回收的概念、理论及应用进行了探讨。

第3章从供应链设计和竞争战略角度,分析了再生对于供应链的重要意义,提出了再生的4种模式。

第4章对回收产品再生评价指标体系及评价模型进行了分析。

第5章讨论了再生系统中回收产品的定价模型。

第6章通过引入废旧产品处理、再生、生产和回收成本的线性函数对传统的EOQ库存模型进行扩充,在扩充模型的基础上对回收产品再生库存模型中的纯策略(生产或再生)和混合策略的库存进行比较分析,对模型中与再生相关的再生批量的最优化问题进行了讨论。

再生物流系统中网络设计是一个非常重要的问题,第7章从再生服务和运输成本入手,提出了双目标再生网络优化模型及相关的组合求解方法,并

以某手机制造商回收产品的再生网为实例，对双目标再生网络模型问题进行了实证分析。

第8章建立了一种结构化的、层次的、环境立法驱动的回收产品再生协商机制，借助这种协商或协调机制来完成环保立法所规定的产品回收再生任务。并从再生公司的成本、能力和专业以及再生公司的数目和供应废旧产品数目两个方面对再生协商模型进行实证分析。

第9章讨论了再生物流信息系统的集成与应用。

本书最后的附录提供再生逆向物流涉及的相关法律、条令等。

本书是作者在北京物资学院从事物流教学与科研工作多年的基础上，参阅并引用了大量国内外相关文献资料（部分文献见参考文献），并从公开出版的报纸、杂志及网站上选取了部分案例与资料，在此谨向有关作者与单位致以衷心的感谢！

本书在编著过程中得到北京现代物流基地孙前进博士的大力支持，本书的出版得到了北京物资学院北京流通体系与物流系统研究项目的资助，在此一并表示感谢！

由于编者知识与经验积累有限，书中缺点与问题在所难免，恳请各位专家与读者批评指正。

周三元

2009年8月

目 录

1 绪论	1
1.1 循环经济与循环物流	1
1.2 循环物流与企业逆向物流管理	4
1.3 本书研究对象、范围和内容	7
2 产品回收逆向物流基础	10
2.1 逆向物流含义	10
2.2 产品回收逆向物流	13
2.3 产品回收逆向物流的业务流程	19
2.4 产品回收逆向物流模式	22
2.4.1 生产商负责模式	23
2.4.2 生产商联合体负责模式	24
2.4.3 第三方负责模式	26
2.4.4 三种逆向物流产品回收模式的对比	29
2.5 产品回收逆向物流的作用	30
2.6 产品回收存在的问题	31
2.7 产品回收物流的发展阶段与策略	31
2.8 产品回收管理	33
3 产品回收再生物流	35
3.1 产品回收再生物流的意义	35

3.2 产品回收再生物流的分类与特点	37
3.2.1 产品回收再生物流的分类	37
3.2.2 产品回收再生物流的特点	38
3.3 产品回收再生物流选择模式	38
3.4 回收产品再生物流实践与发展	43
3.4.1 回收产品再生物流的实践	43
3.4.2 产品回收再生物流的发展	46
4 回收产品再生评价指标体系及评价模型	50
4.1 再生物流系统绩效评价	50
4.2 再生物流系统绩效评价指标体系的构建	52
4.2.1 评价指标体系的构建原则	52
4.2.2 评价指标体系的构建方法	54
4.3 回收产品再生模式选择模型的建立	59
4.4 模型案例分析	67
4.5 小结	75
5 再生系统中回收产品的定价模型分析	76
5.1 引言	76
5.2 回收产品定价相关理论	77
5.2.1 几何布朗运动及相关概念	77
5.2.2 再生产品价格变化的概率分布	80
5.2.3 回收产品期权定价理论基础	81
5.3 回收产品定价模型	84
5.4 回收产品定价模型应用	89
5.5 小结	93
6 回收产品的再生库存模型研究	94
6.1 回收产品库存模型相关理论研究	95
6.2 逆向物流库存特点与管理策略	99

6.2.1 回收产品库存特点	99
6.2.2 产品回收库存管理策略	100
6.3 回收产品的再生库存模型分析	106
6.3.1 需求和回收率确定情况下的回收产品再生库存模型	107
6.3.2 需求确定和回收率不定情况下的回收产品再生库存模型	117
6.4 小结	125
7 逆向物流中产品回收再生服务双目标网络模型	126
7.1 回收产品逆向物流网络设计相关研究	127
7.2 逆向物流网络模型分析	129
7.3 再生逆向物流网络数学模型	130
7.4 再生逆向物流网络模型问题求解	132
7.4.1 分散搜索算法	133
7.4.2 非劣质解解决方案	137
7.5 案例分析	140
7.5.1 案例数据分析	140
7.5.2 案例实验结果分析	141
7.5.3 敏感性分析	143
7.6 小结	144
8 产品回收再生协商机制研究	146
8.1 产品回收协调机制相关研究	146
8.2 立法驱动的产品回收再生协商	147
8.3 产品回收协商模型框架分析	148
8.4 协商机制	150
8.4.1 集中式协商模型	150
8.4.2 结构化、层次分解的协调方法	152
8.4.3 再生协商激励分析	157
8.5 协作网络实例分析	157
8.5.1 问题描述	157

8.5.2 协商机制实现	158
8.5.3 实例结果偏离全局优化分析	159
8.6 从管理视角对协商机制分析	161
8.7 小结	164
9 回收产品再生物流信息系统集成模型	166
9.1 信息化的普及推广为再生物流信息集成奠定了基础	166
9.2 再生物流与再生物流信息技术	168
9.3 再生物流信息	170
9.3.1 再生物流信息的来源及特点	170
9.3.2 再生物流信息的作用	172
9.3.3 再生物流信息的共享模式	174
9.4 再生物流信息集成平台	176
9.4.1 Internet 与跨组织信息系统	176
9.4.2 基于 Web 的再生物流信息集成模型平台	178
9.5 小结	186
参考文献	187
附录 1 中华人民共和国循环经济促进法	194
附录 2 WEEE 指令全文	205
附录 3 RoHS 指令全文	216
附录 4 废弃电器电子产品回收处理管理条例	223

1 绪论

传统观念认为，供应链中的实物流终结于消费者。然而在现实生活中，供应链中的许多功能都是在产品最终到达消费者手中之后才发生的。EOL（End Of Life）产品回收、商品退货、产品召回等这些与一般物流方向相反的物流活动日渐增多，我们把这种物流形态称为逆向物流，它是当今物流研究的新趋势。

在研究逆向物流时我们常把它与绿色物流联系起来，绿色物流的实质是在正向与逆向的物流过程中减少物流活动对环境的影响。逆向物流中的一些活动也属于绿色物流的范畴，如：再使用、再制造、再生等。但是，逆向物流不仅仅是强调环保，同时也强调企业与社会资源节约以及企业竞争力的提高。

从宏观角度来看，通过废旧物回收可以降低对生态环境的损害，有利于国民经济的可持续发展；从微观角度看，企业通过对回收产品的维修、翻新、再造和再生循环等方式，可以有效利用资源，节省成本。而且，企业通过支持环保可以塑造自己的形象，从而提升企业的市场竞争力；通过收集退货信息，可以为企业的市场预测、决策提供基础数据，从而把握顾客需求。此外，随着公众环保意识的增强，政府的环境立法对企业的约束力度加大，生产商责任制迫使许多生产企业不得不正视逆向物流，逆向物流的重要性和必要性逐渐凸现出来。由此可见，有效实施逆向物流无论是对社会还是对企业来说都具有非常重要的意义。

1.1 循环经济与循环物流

20 世纪 90 年代以来，随着人们对资源环境问题的不断认识，提出了人类社会应建立一种以物质闭环流动为特征的经济，即循环经济。循环经济是指遵循自然生态系统的物质循环和能量流动规律，将经济系统和谐地纳入自然

生态系统物质能量循环利用过程。

循环经济是以资源的高效利用和循环利用为基本特征的社会生产和再生产活动，以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价实现最大的经济效益、社会效益和环境效益。即遵循“减量化、再利用、资源化和无害化”原则，调控社会生产和消费活动中从资源到废弃物的物质流动方式，转变传统的“大量开采、大量生产、大量消费、大量废弃”的发展模式，提高资源生产率，减少社会经济活动对生态环境的不利影响，促进人与自然的和谐发展。

循环经济本质上是一种生态经济，要求按照生态学规律，将人类的经济活动从传统工业社会以“资源—产品—废弃物”的物质单向流动为基本特征的线性经济，转变为“资源—产品—再生资源”的反馈式或闭环流动的经济增长模式，从而达到物质在反复循环利用的过程中，资源得到充分、合理的利用，提高经济运行的质量和效益。它把经济活动对自然环境的影响降到尽可能低的程度，达到经济发展与资源、环境保护相协调的可持续发展战略目标，从而实现可持续发展所要求的环境与经济的“双赢”。自从20世纪90年代以来，德国、日本、美国等国家已经把发展循环型经济、建立循环型社会看作是实施可持续发展战略的重要途径和实现形式。许多国家加大了立法力度，要求生产商对自己产品的整个生命周期负责，包括产品废旧后的回收处理，如各类电子、包装、汽车等产品采取相应的强制回收措施。通过提升物料循环利用的理念，达到资源再生、物料增值和成本节约的目的。我国政府也及时提出了“大力发展循环经济，建立资源节约型社会”的战略。

循环经济是以物质、能量梯次和闭路循环使用为特征的，在环境方面表现为低污染排放，甚至零污染排放。循环经济是一种新型的经济增长模式，它与传统的粗放式的经济增长模式明显不同。传统经济是一种由“资源—产品—污染排放”所构成的物质单向流动的经济。其后出现的“生产末端治理”模式的物质流动方式是“先污染，后治理”，强调在生产过程的末端采取措施治理污染。而循环经济是对现有资源精细、清洁、循环利用的经济发展模式，它运用生态学规律来指导人类社会的经济活动，要求人类社会的经济活动模仿自然生态系统的运行模式来进行。以“资源—产品—再生资源”的物质反复循环利用的形式达到人类可持续发展的目的。

循环经济的基本理念具体表现为以减量化（Reduce）、再利用（Reuse）

和再循环（Recycle）为内容的“3R”原则。

1. 减量化原则

作为循环经济的第一原则，就是通过提高资源利用效率，减少进入生产和消费流程的物质质量。在资源开采和生产制造过程中，制造商通过对产品的合理设计和减少每个产品的物质使用量来节约资源，减少排放；在消费过程中，要求人们减少对物品的过度消费。

2. 再利用原则

循环经济的第二个有效原则就是尽可能多次或以多种方式使用一件产品，尽可能地延长产品和服务的使用周期，防止其过早成为垃圾，延缓废弃物的产生。

3. 再循环原则

再循环原则是以生产绿色化为目标，并最大限度地利用无使用价值的废弃物，力争做到排放的无害化，实现资源的“闭合式”良性循环。

循环经济是与传统经济模式相比较而言的。传统工业社会的经济是一种单向流动的线性经济，即“资源—产品—废物”。这种线性经济的增长，依靠的是高强度开采和消耗资源，同时高强度地破坏生态环境。在资源日益稀缺、环境承载压力日益严峻的社会环境中，这种粗放式的线性增长模式是不能维持人类永续发展的，是一种必须加以改正的经济发展模式。相反，循环经济是一种“资源—产品—再生资源”的反馈式经济增长模式，投入到经济社会系统的所有物质和能源要在这个不断进行的循环中得到合理和持久的利用，最大限度地提高资源环境的配置效率，把经济活动对自然环境的影响尽可能降到最低程度，实现“减量化、再利用、资源化”。

循环经济这种新型经济增长模式对各行各业提出了更高的要求和挑战，对物流领域的未来发展产生了深刻的影响，即物流活动和物流管理符合循环经济要求，向资源节约型、环境友好型的循环物流转变，改变原来经济发展与物流、消费生活与物流的单向作用关系，在抑制物流对环境造成危害的同时，形成一种能促进经济和消费生活健康发展的物流系统——循环物流。

循环物流至少包含以下几方面内容：

（1）循环物流是正向物流和逆向物流的有机结合。

（2）循环物流与生态和心理的环境协调和谐。从环境保护与可持续发展的角度，求得环境与经济发展共存；通过物流组织方式创新与技术进步，减

少或消除物流对环境的负面影响，抑制和减少对环境的污染。

(3) 循环物流与资源的协调和谐。循环物流不仅注重物流过程对环境的影响，而且强调对资源的节约，以最小的代价或最少的资源维持物流的需求。

(4) 循环物流与未来发展的协调和谐。循环物流必须适应未来的发展。

(5) 循环物流与社会的协调和谐，从而达到社会的安全和以人为本。

在循环物流中流动的物质，既有消费者需要的物品，也有消费者使用过的废弃物品。循环物流中逆向物流和正向物流一起构成了资源和产品循环流动的渠道，周而复始，使资源达到了最大程度地利用，循环物流的整个过程如图 1-1 所示。

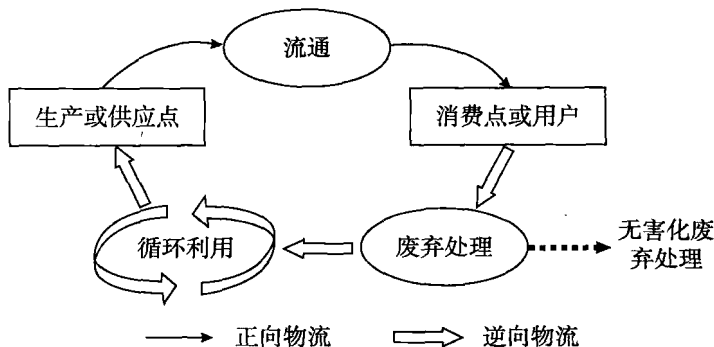


图 1-1 循环物流的整个过程

1.2 循环物流与企业逆向物流管理

循环经济下的物质和能量流动方式是闭环形式。在现实生产和生活中，传统的物品仅仅以正向的流动方式显然无法达到物质、能量闭环流动要求，因此提出了循环物流的概念，循环物流中存在两种不同流向的物流：一种物流是通过“生产—流通—消费”的途径，满足用户的需要，称为正向物流；另一种和正向物流相反是对正向物流衍生物进行回收、分拣、净化、提纯、维修退回、包装等再加工、再利用和废弃物处理等，其流动的方向与前者相反，故称为逆向物流。狭义的逆向物流是指对那些已经废弃的产品翻新、再制造、再生以及物料回收的过程。广义的逆向物流除了包含狭义的逆向物流

内容之外,还包括减少使用资源,而且通过减少使用资源可以达到废弃物减少的目标,同时还能够使得正向以及逆向的物流有更高的效率。

逆向物流这种物流活动其作为循环物流的一个重要组成部分,早已存在于人们的经济活动中。但长期以来,学者和企业管理者更多关注的是产品的正向流动,即供应商—生产商—批发商—消费者,而对这些物品沿供应链的反向流动却不太关心。直到近些年,随着资源成本和社会环境成本的不断提高,逆向物流才开始受到政府、社会、企业界和理论界的关注。随着资源环境观和经济观的演变,逆向物流的战略价值和经济价值才逐步显现,逆向物流发展进入了突破性阶段,逆向物流成为各国政府、国际学术界和企业界日益关注的焦点问题之一。

从物流学理论我们知道物流成本“冰山”理论揭示的是企业对巨额物流成本的忽视,它要求企业经营者应加强对物流成本的管理;循环物流理论站在另一个角度同样也说明了企业物流的社会成本受到了忽视,它要求企业经营者在审视企业内部物流成本的同时,也同样应审视企业物流结构的不合理对社会造成的成本,这个成本就是环境污染。任何形式的环境污染都来源于物质的不适当流动,且流动的量达到了一定规模,超过了环境的负载能力。比如,大气、土壤和水质所受到的污染,就是因为有太多物质的流入,尤其是有毒物质的流入。企业在经营活动中所引起的有害物渗入常常会产生灾难性的后果。居民消费作为企业产品的物流末段,意味着消费后的残渣(生活垃圾)已彻底离开了企业物流渠道,流向自然生态系统,这种残渣的流入逐步成为环境污染的主要因素,尤其是在人口集中的城市区域。因此,企业在进行物流管理时不能不考虑由此产生的环境污染而带来的巨大的社会成本。

近几年,随着企业之间竞争的日益激烈,购买方在供应链上地位的上升,使企业已开始采用宽松的退货政策来吸引顾客。同时,企业还不断推出新产品,使得产品的生命周期大大缩短。企业也不断开拓新的分销渠道,如电视购物、网上购物、电子商务,等等。上述种种措施使企业在扩大销售量的同时,也导致了进入逆向物流系统的退货和废旧物品数量的激增。在我国,仅以家电行业为例,按1994年的统计,全国电冰箱保有量1.2亿台,洗衣机1.7亿台,电视机4亿台,电脑1600万台。这些电器大多是在20世纪80年代中后期进入家庭的,按家电产品正常使用寿命10~15年计算,其中的大部

分已经进入或即将进入报废期。从 2003 年起,我国已进入家电废弃高峰期,电冰箱、洗衣机、电视机的年均报废量都将达到 400 万~500 万台,再加上空调、手机、电脑等,每年总计将有 200 万台左右的家电报废。这些逆向物流物品数量和种类繁多,成分复杂,一方面,是重要的可再利用资源,企业从中可以获得价值和利润;但另一方面,一旦处理不当,不但会造成资源的严重浪费,而且还将对人类赖以生存的环境造成严重污染,使社会成本大大增加。为了从根本上控制废弃物的增长,促进资源的回收利用、降低社会成本,并且有效保护环境,许多国家和地区,如欧盟、北美、日本纷纷针对逆向物流进行立法。如:德国的《包装条例》、《循环经济与废物法案》,日本的《推进形成循环型社会基本法》、《促进资源有效利用法》、《容器包装循环法》、《废弃物处理法》等,欧盟的《废旧电子电器设备指令》(附录 2WEEE 指令)。这中间,一种被称为生产者责任延伸(Extended Producer Responsibility, EPR)的制度受到了广泛地关注。生产者责任延伸的概念最早是由瑞典环境经济学家 Thomas 在 1990 年给瑞典环境署递交的一份报告中正式提出的。所谓生产者责任延伸原则是传统的“污染者付费原则”的深化和延伸,其中心思想是指将原始设备生产者(Original Equipment Manufacturing, OEM)对于产品的环境责任扩展到产品的整个生命周期之中,不仅包括产品的生产和使用过程,还包括产品废弃后的回收和处置。将废弃物的管理与生产者有机联系起来,促进经济、环境与社会的协调发展。

目前,生产者责任延伸制度已被大多数欧盟国家所接受,许多国家和地区关于逆向物流的立法都采用了这一制度。我国发改委联合多个部门起草的《废旧家电及电子产品回收处理管理条例》也采用了国际上广泛承认的生产者责任延伸制度。通过提升物料循环利用的理念,把经济活动对自然环境的影响降到尽可能低的程度,以达到经济发展与资源、环境保护相协调的可持续发展战略目标,从而实现可持续发展所要求的环境与经济的“双赢”。

尽管有企业将逆向物流管理看作是成本增加的烦心事,但在法律法规和经济利益驱动下,有不少知名企业积极应对,纷纷制定了严格的环境保护措施将逆向物流纳入企业发展的战略规划中,如伊士曼·柯达制造再生循环照相、惠普和爱普生重复填充利用的墨粉盒等。其他企业,如:通用汽车、IBM、3M、雅诗兰黛等也纷纷开始发展逆向物流业务,使其成为提高企业竞

争力、取得经济利益与社会效益的有效手段。

在中国,除了一些跨国公司已经开始关注逆向物流管理外,中国企业还较少关注到这一领域,国内企业对这一领域的开发利用存在着大量的空白,此项活动也一直被排斥在企业经营战略之外。但随着中国加入 WTO,中国的企业要与国际接轨,以及我国相关法律法规的健全,许多诸如汽车、电子等行业的制造商将很快面临如何管理逆向物流问题,建立逆向物流体系也是势在必行。

在我国,逆向物流的研究尚处于起步阶段,大多数已有的文献也是站在政府的角度来分析阐述政府应该如何制定以及如何实施有关逆向物流制度的问题,而站在企业的角度,探讨企业逆向物流管理问题,而且进行系统研究还较少,逆向物流管理层面上蕴涵的许多问题远未得到充分的考虑和解决。

1.3 本书研究对象、范围和内容

1. 研究对象和范围

逆向物流是相对正向物流提出的,从物流视角来看,逆向物流一般是指产品或物料因为各种原因从消费者或供应链下游合作者手中返回,并对其进行处理和再利用的整个过程。逆向物流的整个流程正好与正向物流相反,它和正向物流一起构成了资源和产品循环流动的渠道,使资源达到了最大程度地利用。逆向物流大致可以分为退货逆向物流和回收逆向物流。退货逆向物流一般是因为各种原因而产生的从消费者回到零售商的退货,以及从零售商手中返回批发商以及生产厂家的商品。回收逆向物流一般是指将最终消费者所持有的废旧物品回收至供应链上游各节点企业,再进行分类处理和再利用的过程。本书中研究产品回收包括逆向物流的两个方面,回收的产品可以是退货,也可以是废旧物品,但主要研究的还是废旧物品的再生问题。

从 20 世纪 90 年代开始,逆向物流日益受到重视,对逆向物流的研究也主要是从 20 世纪 90 年代以后开始的。石川认为回收物流是能为企业从经济上带来利润和竞争优势的企业战略。美国逆向物流专家 Rogers 出版了第一部物流专著,对以前的理论和实践加以总结,展望了今后的发展,将更多的关注引入到逆向物流这一物流新领域。此后,学者们针对逆向物流展开了广泛

的研究, 这些研究从政府、企业以及第三方等视角展开, 研究内容覆盖逆向物流战略、逆向物流运作管理、逆向物流支撑技术等层面。其中逆向物流运作管理主要关注逆向物流活动的计划和控制, 具体涉及维修、再造、翻新、再生、填埋和焚烧处理等问题, 这些问题主要集中在三个方面: 逆向物流回收处理, 逆向物流库存管理和逆向物流计划与调度。本书研究范围对应图 1-2 所示, 重点是对逆向物流运作管理层面的回收产品再生的相关问题展开研究。

2. 研究内容

企业在进行产品回收处理过程中, 面临要解决的问题很多, 如回收产品收集、分类或检测、再利用、维修、翻新、再生、再造等。而仅仅从再生角度考虑回收产品处理就涉及很多相关问题, 先要搞清楚再生的供应链含义、再生物料的库存如何管理以及再生的网络如何规划等。

在逆向物流产品回收再生处理过程中, 往往有众多参与者共同完成再生处理活动, 制造企业面临的一个重要决策就是选择谁来完成特定的功能, 这些参与者可能是正向供应链合作伙伴 (如分销商), 也可能是专门的第三方物流再生公司, 至于如何在核心企业与第三方之间进行协商和协调必须要充分考虑。

本书将主要围绕下面几方面问题展开研究。

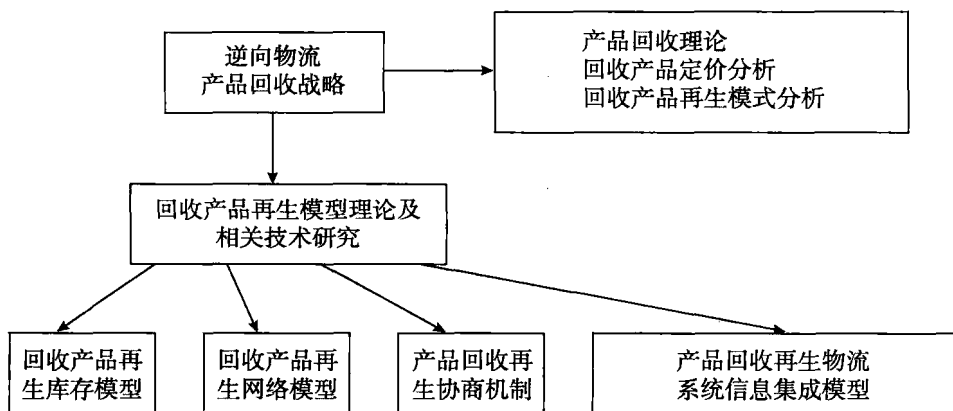


图 1-2 回收产品再生模型及协调机制研究