

# 逆向供应链物流的内涵及研究发展趋势\*

夏绪辉

(武汉科技大学机械自动化学院 武汉 430081)

刘飞

(重庆大学制造工程研究所 重庆 400044)

摘要: 逆向供应链是实现制造业可持续发展、综合提高制造业的市场竞争能力的一种新策略。阐述了逆向供应链的广义内涵, 主要包括逆向供应链的基本概念、逆向供应链的路径、逆向供应链的开环和闭环特性、逆向供应链的特征、逆向供应链的含义以及逆向供应链的战略内涵等。在此基础上, 分析了逆向供应链物流技术主要包括逆向供应链物流网络设计技术、逆向供应链库存技术以及逆向供应链生产计划与调度技术的研究现状。最后论述了逆向供应链物流技术的发展趋势。

关键词: 逆向供应链 广义内涵 研究现状 发展趋势

中图分类号: TH399 TH16

## 0 前言

制造业信息化为制造业的发展提供了极大的支持, 并推动着制造业的变革与发展, 供应链管理技术的应用及其产业化是其中的重要组成部分。供应链管理技术为新产品快速进入市场起着积极的推动作用。然而, 消费品品种的增多, 产品生命周期的缩短, 造成废旧产品的猛增。制造业在创造巨大的社会财富的同时, 也成为了资源消耗大户和重要的污染来源。在许多企业纷纷投入大量的人力、物力、财力, 用于构建和完善自己的供应链系统时, 却忽略了从用户手中产品的回收直到最后的处置这条逆向“链”——逆向供应链。

随着人们环保意识的增强, 环保法规约束力度的加大, 企业被迫承担起更多回收产品的责任。在美国, 垃圾填埋场的数量急剧减少, 而相应的填埋费却持续上涨<sup>[1]</sup>, 而且允许使用填埋方式的产品数目由原来的7 683个减少到1993年的5 345个, 1995年更降至3 518个。在德国, 1991年的包装条例强制工业企业回收所使用的包装材料。强制性的法律法规使得企业不得不采取积极的应对措施, 加强逆向供应链物流的管理, 以期达到法律的要求。另一方面, 随着人类社会可持续发展的需要以及先进制造技术的迅速发展, 逆向供应链物流的经济价值也逐步得到显现, 国外许多知名企业把逆向供应链战略作为强化其竞争优势, 增加顾客价值, 提高其供

应链整体绩效的重要手段<sup>[2]</sup>。

## 1 逆向供应链的广义内涵

### 1.1 基本概念

逆向供应链起源于逆向物流。最早提出“逆向物流”这个名词是 Stock 在 1992 年给美国物流管理协会(CLM)的一份研究报告中, 他在报告中指出: 逆向物流为一种包含了产品退回、物料替代、物品再利用、废弃处理、再处理、维修与再制造等流程的物流活动。逆向供应链(Reverse supply chain, RSC)是相对于供应链提出来的, 并且提出和研究的历史很短, 其概念和内涵还处于探索和发展阶段, 目前还没有一个统一的提法。V. Daniel R. Guide Jr. 等<sup>[3]</sup>认为“它是指为了从客户手中回收使用过的产品所必需的一系列活动, 其目的是对回收品进行处置, 或者再利用”。根据供应链及逆向物流的定义, 逆向供应链可以理解为: 从用户手中回收产品、对回收产品进行分类/检测、直到最终处置或者再利用的一些企业或企业部门构成的网络<sup>[4]</sup>。从逆向供应链的构成来看, 参与逆向供应链的基本实体主要有用户、回收商、集中退货及回收中心、原制造商(OEMs)、供应商、服务商和销售商等, 集中退货及回收中心可以是原制造商的一个部门或者是一个独立的企业。逆向供应链的内容主要涉及参与逆向供应链的相关实体之间的逆向物流、信息流、资金流的同步、协调问题。

### 1.2 逆向供应链的路径

逆向供应链具有四条路径。

\* 国家 863 高科技资金(2003AA414024)和湖北省教育厅科学研究计划(2004D002)资助项目。20040630 收到初稿, 20041230 收到修改稿

(1) 第一条路径是沿供应链原路返回。有时产品可能会跳过中间的参与者而直接返回供应链的上游。

(2) 第二条路径是通过二级市场或其他渠道重新加入流通。二级市场通常指由融资人、经纪人、批发商和进出口商等组成的专门处理正常渠道无法进行再销售的产品的市场群体。二级市场目前主要处理高科技仪器如医疗仪器、运输工具如飞机和大宗废旧原材料如旧钢铁等商品,并且趋向国际化。往往有经纪人或批发商将手中的存货以低价转让给这些零售机构,然后由他们再进行销售。

(3) 第三条路径是将产品或其包装材料经过收集、分类和再制造加工,使得其全部或部分可以重新进入供应链循环。在收集、分类和加工的过程中,可能会有专业的第三方公司加入。

(4) 第四条路径是垃圾填埋。

### 1.3 逆向供应链的开环和闭环特性

(1) 逆向供应链的闭环特性体现在将使用后的产品返还并交由制造者处理。制造商对返回的产品、其中任意一个部件和任何可以再次使用的产品零件进行再利用。如企业可通过闭环处理系统,最大程度处理运输环节中运输供应商使用的包装物品。

(2) 逆向供应链的开环特性体现在产品由制造商回收,但由其他公司来进行处理,最终的产品不再由生产者使用。

下图所示为产品回收方式。

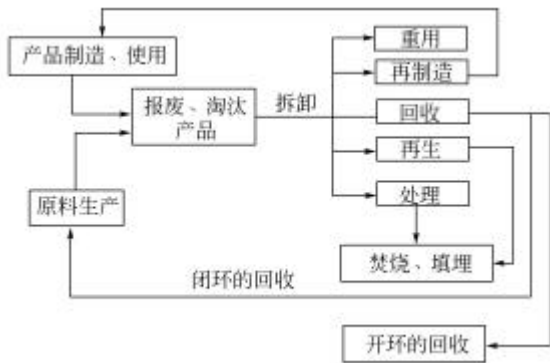


图 产品回收方式

### 1.4 逆向供应链的特征

(1) 逆向供应链中使用后产品产生的地点、时间和数量是难以预见的,正向供应链则不然,按量、准时和指定的发货点是基本要求。

(2) 发生地点较为分散、无序,不可能集中一次向接受点转移。

(3) 发生的原因通常与质量或数量异常有关。

(4) 处理的系统和方式比较复杂多样,不同的处理手段对资源价值的贡献有显著差异。

### 1.5 逆向供应链的含义

狭义的逆向供应链是指对那些废弃产品的再制造、再生以及物料的回收。广义的逆向供应链除了包含狭义的逆向供应链的基本含义之外,还包括减少使用资源,而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更有效率。

(1) 减少进入逆向流通的商品及包装材料。如绿色设计、绿色制造工艺规划技术就是在产品和生产过程的设计中充分考虑逆向供应链的需要,使其方便于将来的回收和利用。严格控制退货政策也可以达到减少退货量的目的。

(2) 可通过信息技术的应用帮助逆向供应链实现规范化。例如使用三维的条形码,可以储存更多的商品信息,这样有关商品的结构、生产时间、材料组成、销售状况和处理建议等信息就可以通过条形码加注在商品上,也便于对进入逆向流通的商品进行有效及时的追踪。

### 1.6 逆向供应链的战略内涵

(1) 企业运用逆向供应链的各种退货政策甚至无理由和自由退货方式来吸引和留住顾客,以此来保持客户的满意度,使竞争优势得以巩固和提升。

(2) 逆向供应链的战略内涵还体现在对产品信息的捕捉上,这些信息对于企业生产经营具有重要作用。如可促使企业质量管理体系的不断完善,ISO9001 2000 版将企业的质量管理活动概括为一个闭环的 PDCA 活动(计划、实施、检查、改进),逆向物流的活动恰好处在检查和改进这两个环节上,对此,ISO9001 的要求是对不合格品进行控制,采取有效的纠正措施,持续改进,同时制定预防措施防止不合格品的再次发生。从这次的改进到下一次的计划和研发,逆向物流是承上启下,作用于两端的。退货中产生的产品质量和服务质量问题通过逆向供应链信息系统的不断传递到企业的管理层,增加企业潜在事故的透明度,将有力地推动组织不断改进质量管理体系,从系统上根除隐患。

(3) 逆向供应链的战略内涵还表现在洁净渠道、合法处置问题、重新捕获价值和回收资产方面,对于企业长期利益目标而言,它的战略贡献是多维的。

(4) 目前,逆向供应链的相关管理软件似乎并非 IT 部门的优先开发项目,其软件的匮乏是一个普遍的现象,然而,它所孕育的商机却是惊人的,仅美国每年超过 350 亿美元的逆向物流成本,就可以想象这对软件业意味着什么。

## 2 逆向供应链物流的研究现状

逆向供应链物流方面的研究已经开始在全球兴起。有关逆向供应链的技术有很多,这里主要针对逆向供应链物流相关应用、逆向供应链物流网络设计技术、逆向供应链库存技术以及逆向供应链再制造生产计划与调度技术等几个方面进行综述。

### 2.1 相关应用概况

有效的逆向物流管理能够减少企业乃至整个供应链的运营成本、增加利润,改善企业的现金流,提高客户服务质量,并为企业赢得信用和通过企业与品牌的形象。近些年,许多国外的著名企业,如施乐、通用汽车、IBM、柯达、佳能、西尔斯、3M和强生等公司都通过实施一系列管理措施、引进信息技术和信息化系统,在逆向物流管理领域降低由退货造成的资源损失率。例如在施乐公司,退货被分成备件、零部件、替换物和具有竞争性的折价物四个部分进行管理,将“从退货到再销售可用性”(Return to available)的时段定义为用来衡量这种资产从退货到重新可用状态所需的周期时间,并致力于缩短这一时间;佳能公司投入大量财力物力对使用过的设备进行再生产,并通过减少原料、回收、替代、再利用及处置/清理等方法对保修期内的产品进行更换退回;柯达公司近10年来一直在回收其一次性相机产品。我国的神龙汽车公司对逆向物流作业也十分重视,该公司日常存在着大量的工业垃圾与生活垃圾、废包装件、废钢板及废焊接件、废机加工件及废旧工具、废油料、废油漆溶剂、工业流体和生活污水与工业废水等回收物和废弃物需要处理。在废物的物流作业中,公司遵循既不污染厂区及环境、又争取变废为宝的原则,充分利用废物的回收价值,前七类回收物都交由外包服务公司去进行专业化的处理,污水及废水则在公司内经过两次排污处理,达到了环保和净化的目的。

### 2.2 逆向供应链物流网络设计技术

逆向供应链物流网络是产品回收循环的载体。在逆向供应链中,无论采用什么样的回收分类方法,都必须基于一个优良的逆向供应链网络。在逆向供应链网络中经常涉及到的一个基本问题就是一个合适的物流结构<sup>[5]</sup>。正如传统的供应链一样,物流网络的设计通常被认为是策略性重要的问题。逆向物流网络设计中最主要问题与系统高度的不确定性和风险性相关,因为很难事先确定回收产品到达的时间,数量和质量等。这种不确定性严重影响着计划的安排,设备生产能力和物流网络的设计。

产品回收网络的功能是将产品从顾客端回收、预处理然后送达再制造(或其他再利用方式)地点,产品回收网络的构建是整个逆向供应链系统的基础。产品回收网络可以重新构建,也可以在正向物流网络基础上搭建,和正向物流网络组成一个有机的整体。从操作上说,回收网络增加了回收和预处理的环节。从拓扑结构上说,回收网络是源多目的地少,多对一的结构,并且,在每一个源,回收数量是随机的。从技术和管理上看,回收网络的设计要比正向物流网络设计更复杂,因为回收网络包含大量的加工步骤。现有研究,针对不同的情况给出了各种回收网络设计模型<sup>[6]</sup>。这些模型有单独考虑逆向物流部分的<sup>[7]</sup>,也有将正向物流和逆向物流结合考虑的<sup>[8]</sup>。这些模型大多是应用一般优化方法,优化的目标为成本最小化或收益最大化。

大部分研究在具体建模时一般将各种随机情况进行确定性的近似,将回收网络设计问题建模成混合整数规划问题,或者非线性规划问题<sup>[9]</sup>。SLi-H<sup>[5]</sup>提出了混合整数规划模型,得到了一个较优的逆向物流系统,该系统用于使用后电脑和家电的回收。这个逆向物流系统包括回收点、库存点、拆卸和回收工厂,最终的部署和再生原材料市场。其目标是总成本包括运输成本、操作成本、新设施的固定成本、最终的处理成本和掩埋成本等最小。

现有的文献表明,大多数逆向物流网络模型依赖于混合整数规划(MILP);几乎所有的模型都采用静态的,单一周期的观点<sup>[10]</sup>。大多数文献指出了时间,数量和质量的不确定性是逆向物流网络与传统的供应链的一个明显的区别,但是很少有文献涉及解决这一问题。总的来说,现有研究中模型的优化目标仅仅考虑了物流的成本的最小,而没有考虑物流成本的波动变化,而且数学模型没有反映逆向物流网络的不确定性。因此,能够解决不确定性的影响,针对逆向物流量和成本的逆向物流网络的鲁棒性设计,最小化物流成本和其波动是逆向供应链的关键问题之一。

### 2.3 逆向供应链库存技术

逆向供应链系统中的库存有成品库存和回收品库存,如果考虑再制造的中间过程则还有可维修零件库存。逆向供应链系统中的库存控制比供应链的库存控制更加复杂。如:不能主动去订购废旧产品,只能被动接受消费者报废的产品,这样导致返回废旧产品数量和时间上具有不确定性;废旧产品中零部件的回收率是随机的,给逆向供应链材料计划带来高度不确定性;回收零部件的性能在未检测之前是未知的,导致随机的准备时间;来料和需求的关

系不稳定；成品库存存储的不仅仅包括一般制造过程的新产品，而且包括再制造加工生产的产品，也就是说成品库存有两个补充源。因此，供应链库存控制方法不能在逆向供应链中直接应用，必须做出修改和提出新的方法。

研究者借鉴传统库存论中的模型和解决方法，推广建立了各种逆向供应链库存模型<sup>[11]</sup>，总体说来，逆向供应链库存可分为两种类型的控制模型。

### 2.3.1 周期性检查库存模型

这种模型假定产品需求与废旧产品返回率是随机且相关的。回收产品处置的时间和批量、回收产品再制造和外部采购是由产品返回情况、将来成品需求和库存位置控制，并不是产品一经回收就进入生产流水线。优化的目标函数是费用函数，主要包括变化的再制造和外部采购费用、回收产品和成品仓库保管费用、缺货损失费和处置费。这个模型的缺陷是假设再制造准备时间、以及外部订货准备时间为零，并且固定的制造和采购费用没有考虑在内。K. Inderfurth 等<sup>[12]</sup>提出了订货准备时间和再制造准备时间均非零的模型，表明两个时间的差别是库存费用的决定因子。

M. A. Cohen 等<sup>[13]</sup>提出的模型假设再制造准备时间是不变的，废旧产品在给定的时间段，返回的数量是固定的。这种模型是简单的随机库存模型的扩展，系统的成本考虑不全面，主要目标是减少库存成本与缺货损失费。

P. Kelle 和 E. A. Silver<sup>[14]</sup>提出的模型是假设成品的需求和回收产品的返回是完全独立的，并且所有回收产品都将被再制造。这种模型中库存控制策略不同，是指再制造完全由回收产品驱动，即只要有足够的回收产品，就开始再制造过程了。也就是再制造被安排的尽可能早。此外，他们还列出了基于每段时间的“净”需求的机会约束整数规划，讨论了将其转化为经典的动态规划模型的近似方法。

### 2.3.2 连续检查库存模型

J. A. Muckstadt 和 M. H. Isac<sup>[15]</sup>假设成品需求和回收产品返回数量服从 Poisson 分布，再制造时间是随机的，考虑的成本包括满足维修服务的库存成本、延期交货成本和固定的采购成本。固定的再制造费用和处置策略被忽略了。模型的控制规则采用两参数(s, Q)的 PUSH 策略，参考文献[16]扩展了 Muckstadt 的模型，考虑了回收产品被处置的方案。

在逆向供应链系统中，库存的作用和供应链有着同等重要的作用。由于正向流和逆向流物品具有明显不同的特征，使得逆向供应链库存管理也将不同于一般的库存管理。在实际运作中，逆向供应链

系统涉及到产品的修理和再制造，及最终处理，因此，逆向供应链库存应该与供应链库存联系在一起。逆向供应链物流库存应该在现有的再制造库存模型的基础上建立能够零部件补充的库存控制模型，可假设当回收产品的零部件数量不能满足再制造生产的需求时，通过采购传统制造的零部件来满足；利用泊松过程和马尔可夫链建立目标函数为逆向供应链物流库存的总体费用的数学模型。

### 2.4 逆向供应链再制造生产计划与调度技术

逆向供应链中的再制造是使报废产品经过拆卸、清洗、检验、进行翻新修理和再装配后，而恢复到或者接近于新产品的性能标准的一种资源再利用方法。再制造体现了良好的环境性，是符合可持续发展要求的生产方式。从产品再制造的工艺流程可知，产品由“旧”到“新”的过程也是较为复杂的。这些环节中的任意一个出问题都直接影响到再制造的效益和产品质量。

再制造过程有两个难点，一个是条件路径，即处理操作的必要与否依赖于其他操作，另一个是事件依赖，某些操作必须在前道工序操作完成以后。对于这些问题，系统的数学模型比较少，其中对于拆卸过程，现有研究主要是运用有向图模型、与或图模型和 Petri 网模型<sup>[17]</sup>等进行了分析，运用这些理论中现有的方法来选取成本最小的拆卸工艺路径。

工序操作各自具有不确定性，各工序之间的协调更加困难。拆卸工序与制造系统中的采购是完全不同的，每一个产品的拆卸会同时产生很多个元件，当修复能力有限时，就需要对拆卸的产品种类、数量和时间进行选择和控制，以尽量合理运用维修处理能力。同样，组装需要的零件是固定比例的，必须控制维修的过程和零件采购的数量，减少零件在库存等待的时间。为了协调再制造过程，需要运用各种调度规则进行仿真研究。再制造中的调度规则有两种，拆卸调度规则<sup>[18]</sup>和维修调度规则<sup>[19]</sup>。常用的拆卸调度规则有：先拆先加工、先拆后加工、批量加工和交货期优先等，也可根据具体情况将规则复合使用。维修调度规则包括所有一般加工车间的调度规则，如 FCFS, EDD 等。仿真试验表明，维修调度规则对性能影响不大，简单的规则即可达到较好的效果，但拆卸调度规则对性能影响较为明显，需要针对具体模型进行选择。

再制造的原材料计划也因为各种不确定因素变得复杂。为了运用 MRP 来处理再制造问题，需要引入逆向 BOM，记录每个回收产品包含的零件及需要的处理时间<sup>[20]</sup>。由于回收产品的很多零部件不能再使用，所以逆向 BOM 并不完全是产品原 BOM 的

对称形式。事实上，逆向 BOM 也不能处理再制造环境随机动态的特点。DBR 方法是一种基于约束理论的动态调度方法，思路和同步制造相似，主要是动态控制生产过程中的瓶颈，瓶颈前的操作必须及时，保证瓶颈的高效运行，这种动态调度方法比较适合于再制造的环境。

### 3 逆向供应链物流的相关问题及研究发展趋势

逆向供应链是国际上刚出现的一个新概念，在逆向供应链方面的研究和应用还仅仅处于起步阶段。逆向供应链是一个复杂的系统，除了上面三个主要方面的问题，还有很多相关的技术需要研究。分析国内外已有研究，可对逆向供应链物流的研究发展趋势总结如下。

(1) 逆向供应链物流的产品信息及研究方法研究的重要性日益突出。

逆向供应链活动涉及产品的拆卸、零部件的再利用、材料回收等过程。回收产品性能状况千差万别，导致每个产品的再制造过程上的差异。显然，对回收产品相关信息掌握得多，就能比较准确评估产品的再制造效率与效益。

对逆向供应链影响较大的主要包括产品基本信息、产品全生命周期信息、材料信息、其他如产品部件供应商信息及材料的相容性等信息。这些信息涉及许多的部门和人员，主要包括设计部门、制造部门、消费者和维修商等。这些信息分散在比较长的时间段，分布的地域广，经过的环节多。对一件产品而言，要准确收集所有这些信息需要花费很大的人力和财力；若对众多产品来说，采用传统的人力收集，那就更加困难了。

长期以来，企业界和学术界对回收产品信息没有系统的收集和管理。近年来由于绿色制造的兴起，要求对产品全生命周期环境影响进行评估，产品的全生命周期信息才引起人们的关注。随着逆向供应链的产生，企业从自身效益和效率出发，也逐渐重视收集管理产品全生命周期的信息。但是在方法上没有突破传统，多以采用调查的方式，以人力收集管理为主。欧洲正研究一种自动化的收集方法，该方法就通过产品本身带有部件来自动记录这些信息，就如同飞机的黑匣子一样。欧洲一些著名的家电商和环保技术部门联合进行的电子产品数据记录单元的研究，就属于这类方法。

(2) 从回收水平预测向主动回收管理方向发展。

就像预测需求水平一样，对产品回收水平的预测可以减少逆向供应链系统的随机性，改善性能。Julie Ann Stuart 等<sup>[21]</sup>将电子产品生命周期分为最终生命周期，可重用生命周期，可靠生命周期，市场生命周期，给出了一个估计产品回收水平的框架。M. G Jorge 等<sup>[22]</sup>根据历史数据，用模糊理论来进行产品回收水平的预测。比回收水平预测更有意义的工作是进行主动的回收管理，即不是当客户丢弃产品时被动的进行回收，而是在销售时就制定对应的回收计划和要求。这样，厂商可以更主动的掌握回收流的情况，对顾客提供更全面的服务。

(3) 闭环供应链多级库存优化技术将会成为重要的研究课题。

现有的模型都可以看成所谓的企业外部逆向供应链物流模型，实践表明，企业内部也存在着逆向物流。这包括产品的重入流加工，产品边角料的回收利用等。外部和内部产品回收可用作一般补充或者制造项目的替代品，这使得供应链网络中的物流合并复杂化。回收重用活动产生的额外库存取决于供应链在加工时间、服务水平和存储成本方面的所具有的属性。在有些情况下，在不同的参数环境下，可以使外部和内部的回收产品进入供应链库存，从而降低安全库存水平。这涉及到闭环供应链多级库存优化技术，现在还缺乏这方面的模型。

(4) 逆向供应链管理平台将会成为逆向供应链的技术支持工具。

逆向供应链管理平台的核心在于：一定是不同产权的企业，在一个共有的基础设施上面运行，对于使用者来说没有一家拥有唯一的产权；这个平台是在一个共同的软件系统上进行商业行为；逆向供应链的实现必然是不同企业同一平台上来进行运作，这里不是指逆向供应链管理的软件产品，而是指逆向供应链管理的实现。

逆向供应链物流与 IT 技术有着密切联系。产品回收水平预测系统、产品跟踪系统、再制造执行系统、逆向物流库存管理系统、再制造产品的销售系统、逆向供应链的评价系统等将构成逆向供应链管理平台的开发和利用无疑将为管理者和企业带来莫大的效益。基于 Intranet/Extranet/Internet 和数据库环境构成逆向供应链管理平台，不仅可以实现逆向供应链企业内部的信息集成和功能集成，而且可以实现产品回收和再制造等过程集成、资源集成和企业间集成<sup>[23]</sup>。

(5) ASP 和 Agent 模式将会成为逆向供应链物流的重要运行模式之一。

逆向供应链物流是个耗资巨大的产业。ASP-(Application service provider, 应用服务提供者)模式可使企业以较小的投资, 通过利用 ASP 提供的信息工具, 使用 ASP 提供的应用系统, 快速经济地实施逆向供应链物流管理。Agent 是功能实体利用的代表, 逆向供应链中各个 Agent 通过通信网络连接起来, 构成一个基于 Agent 的分布式再制造及流通环境, 实现逆向供应链的智能化和柔性化。

(6) 案例分析仍将是今后相当一段时间逆向供应链物流的实际研究课题。

案例分析对于引导学术研究, 使其更加接近实际有重要作用。目前一些文献讨论了具体企业的实施实践, 给出了一些经验分析, 如: 计算机的回收与再制造、车辆的回收与再制造、打印机耗材的回收与再制造以及纺织品的回收与再制造等<sup>[24, 25]</sup>, 但相对传统制造业而言, 尤其是从供应链的角度来进行研究的案例还比较少。

另外, 相关环境管理标准与立法需要进一步完善, 再制造工业界的统一标准也需要尽快制定。

## 4 结 论

分析了逆向供应链的广义内涵, 包括逆向供应链的基本概念、逆向供应链的路径、逆向供应链的开环和闭环特性、逆向供应链的特征、逆向供应链的含义以及逆向供应链的战略内涵。从逆向供应链物流网络设计技术、逆向供应链库存技术以及逆向供应链生产计划与调度技术等三个方面分析总结了逆向供应链物流的相关研究现状。在此基础上, 论述了逆向供应链物流技术的发展趋势, 主要包括: 逆向供应链物流的产品信息及管理方法研究的重要性日益突出; 从回收水平预测向主动回收管理方向发展; 闭环供应链多级库存优化技术将会成为重要的研究课题; 逆向供应链管理平台将会成为逆向供应链的技术支持工具; ASP 和 Agent 模式将会成为逆向供应链物流的重要运行模式之一; 案例分析仍将是今后相当一段时间逆向供应链物流的实际研究课题。

## 参 考 文 献

- 1 Anna N, Fuminori T. Reverse supply chain management and electronic waste recycling : a multitiered network equilibrium framework for e-cycling. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, In Press, Corrected Proof, Available online 22 January 2004
- 2 Carter Craig R, Kaufmann L, Beall S, et al. Reverse auctions—grounded theory from the buyer and supplier perspective. Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review, 2004, 40(3) : 229 ~ 254
- 3 Guide J V D R, Luk N, Van W. The Reverse Supply Chain. Harvard Business Review, 2002, 80(2) : 25 ~ 26
- 4 夏绪辉, 刘飞, 高全杰, 等. 逆向供应链的内涵及体系结构. 中国机械工程, 2004, 15(1) : 30 ~ 33
- 5 Li-H S. Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computer in Taiwan. Resources, Conservations and Recycling, 2001, 32 : 55 ~ 72
- 6 Moritz F, Hans R K, Rommert D, et al. A characterization of logistics networks for product recovery. Omega, 2000, 28(1) : 653 ~ 666
- 7 Krikke H R, van Harten A, Schuur P C. Business case : reverse logistics network re-design for copiers. OR Spektrum, 1999, 21(3) : 381 ~ 409
- 8 Jayaraman V, Guide V D R Jr, Srivastava R. Closed-loop logistics model for remanufacturing. Journal of the Operational Research Society, 1999, 50(5) : 497 ~ 508
- 9 Louwers D, Kaip Bert J, Peters E, et al. Facility location allocation model for reusing carpet materials. Computers & Industrial Engineering, 1999, 36(2) : 855 ~ 869
- 10 Mortiz F Reverse. logistics network structures and design. Erim Report Series Research in Management, 2001
- 11 Guider V Daniel R Jr, Srivastava R. Repairable inventory theory : models and applications. European Journal of Operational Research, 1997, 102(1) : 1 ~ 20
- 12 Inderfurth K. Simple optimal replenishment and disposal policies for product recovery system with lead times. OR, 19, 1997, 19(1) : 11 ~ 22
- 13 Cohen M A, Nahmias S, Pierskalla W. A dynamic inventory system with recycling. Naval Research Logistics Quarterly, 1980, 27(2) : 89 ~ 96
- 14 Kelle P, Silver E A. Forecasting the returns of reusable containers. Journal of Operation Management, 1999, 8(1) : 17 ~ 35
- 15 Muckstadt J A, Isaac M H. An analysis of single item inventory systems with returns. Naval Research Logistics Quarterly, 1981, 28(2) : 37 ~ 54
- 16 Van D L E, Dekker R, Sslomon M. An (S, Q) inventory model with remanufacturing and disposal. International Journal of Production Economics, 1996, 46 ~ 47(3) : 39 ~ 50
- 17 Erwin V D L, Marc S, Rommert D L V W. Inventory control in hybrid systems with remanufacturing. Management Science, 1999, 45(5) : 733 ~ 747
- 18 Guide J V D R, Jayaraman V, Srivastava. R The effect of

lead time on the performance of disassembly release mechanisms. *Computers and Industrial Engineering*, 1999, 36(3) : 759 ~ 779

- 19 Guide J V D R , Mark E K, Srivastava. R Scheduling policies for remanufacturing. *Int. J. Production Economics*, 1997, 48(1) : 187 ~ 204
- 20 Erwin V D L. An NPV and AC analysis of a stochastic inventory system with joint manufacturing and remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, 2003, 81 ~ 82 : 317 ~ 331
- 21 Stuart J A, Ming K L, Williams D J, et al. Challenges in determining electronics equipment take-back levels. *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology*——Part C, 1998, 21(3) : 225 ~ 232
- 22 Jorge M G, Claus R, Andreas N, et al. An approach to forecast returns of scrapped products to recycling and remanufacturing. *Knowledge-Based Systems*, 2002, 15(1) : 119 ~ 128
- 23 夏绪辉, 刘飞, 尹超, 等. 供应链、逆向供应链管理与企业集成. *计算机集成制造系统 - CIMS*, 2003, 9(8) : 652 ~ 656
- 24 Anon. New grinding technology boosts engine remanufacturing. *Manufacturing Engineering*, 2003, 130(4) : 36 ~ 37
- 25 Linton J D, Yeomans J S, Yoogalingam R, et al. Supply planning for industrial ecology and remanufacturing under uncertainty : a numerical study of leaded-waste recovery from television disposal. *Journal of the Operational Research Society*, 2002, 53(11) : 1 185 ~ 1 196

## CONNOTATION STATE OF THE ART AND RESEARCH TENDENCY OF REVERSE SUPPLY CHAIN LOGISTICS

*Xia Xuhui*

*(College of Mechano-automation, Wuhan University of  
Science and Technology, Wuhan 430081)*

*Liu Fei*

*(Institute of Manufacturing Institute, Chongqing  
University, Chongqing 400044)*

**Abstract :** Reverse supply chain is a new strategy of realizing the sustainable development and improving the market competition ability in manufacturing industry. The extensive connotation of reverse supply chain is analyzed, which includes the basic concept, route, the open loop and close loop specialty, character, signification and stratagem connotation of the reverse supply chain. On the basis of that, the collectivity technique of reverse supply chain is analyzed, which is mainly including the integration technology, the enabling technology, the basic technology and the supporting technology. Especially, the great attention is paid to network design technology, the storage technology, and the production plan and dispatching technology. At last, the research tendency of reverse supply chain is discussed. All that can offer the theory and method to the formation of the theoretical architecture of the reverse supply chain system, and the enterprise application of the reverse supply chain.

**Key words:** Reverse supply chain Extensive connotation  
State of art Research tendency

作者简介：夏绪辉，男，1966年出生，工学博士，副教授。研究方向为绿色制造、制造系统工程和供应链管理。

E-mail : xia,xuhui@163.com