

逆向物流

运作模式研究

运作模式研究

交大
经管

逆向物流运作模式研究

赵 忠 著



YZLI0890198259

逆向物流运作模式研究

逆向物流



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

逆向物流运作

国家自然科学基金项目“EPR 下废旧产品再制造生产计划及应用研究”
研究成果(批准号:70972062)

逆向物流运作模式研究

赵 忠 著



YZLI0890198259

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书立足于逆向物流的企业实践,从管理者的视角,综合运用定性研究和定量研究方法,对逆向物流下的生产运作模式进行系统研究。主要内容包括产品回收运作模式、产品拆卸运作模式、再制造生产计划模式三个方面。本书可以指导企业的逆向物流实践,提高企业运作效率,降低运作成本,增加企业的经济效益;塑造企业环保形象,带来环境保护和降低资源消耗的社会效益,具有重要的现实意义及广阔的应用前景。

本书读者对象为专业研究人员和企业管理人员。

图书在版编目(CIP)数据

逆向物流运作模式研究/赵忠著. —上海:上海交通大学出版社,2013

(卓越管理论丛)

ISBN 978-7-313-09620-3

I. 逆... II. 赵... III. 物流—物资管理—研究
IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 081286 号

逆向物流运作模式研究

赵 忠 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

常熟市梅李印刷有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:10.25 字数:157千字

2013年5月第1版 2013年5月第1次印刷

ISBN 978-7-313-09620-3/F 定价:35.00元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:0512-52661481

序

为了应对资源不足的约束和环保法律法规的要求,各国企业开始绿色化发展,变革其运作模式。在这一背景下,逆向物流作为一种新兴物流运作模式,受到了广泛关注。它以节约资源和保护环境为指导思想,集中于对寿命终结的废旧产品进行回收再利用。逆向物流的运作和实施既可以降低制造企业的生产成本,增加企业的经济效益;同时又可以为企业树立环保形象,带来环境保护和降低资源消耗的社会效益。

目前,逆向物流在发达国家获得了长足发展,涉及了产品回收、拆卸、再制造等领域。以美国为例,从事回收再制造业务的公司有7万余家,直接参与的雇员达500万人,涉及的产品有50大类,年营业额近530亿美元。许多著名大公司,如施乐公司、惠普公司、通用汽车公司、IBM公司等均积极涉足参与逆向物流业务。

当前,我国正致力于构建资源和环境友好的两型社会,对环保的重视被提到了空前的高度,以优质、高效、安全、可靠、节能、节材为目标的先进制造理念和技术也正得到飞速的发展,为产品零部件的维修和再制造研究提供了理论与技术支持。因此,符合可持续发展战略要求的逆向物流必将越来越得到重视和发展,具有广阔的应用前景。在这样的背景下,我国企业也开始参与到逆向物流中,如上海大众联合发展公司动力总成公司开展了发动机回收再制造业务、北京中关村科技园实施了计算机回收再制造、苏宁电器等家电连锁企业也尝试着开展家用电器的回收工作。

赵忠博士以制造企业为研究对象,从管理者的视角,对逆向物流运作管理层面的产品回收、拆卸、再制造生产计划等问题进行了系统性研究,取得了既有理论意义又有实际参考价值的学术成果。

论著从三个方面进行了创造性的研究:

第一,将灰色预测 GM(1,1)模型与 BP 神经网络预测方法结合,构建了灰色神经网络组合的返回预测模型,对产品回收数量进行预测。并且运用随机网络理论,构建了废旧产品回收处理过程的 GERT 随机网络模型,该模型既可以预测出废旧产品返回数量,同时又可以预测出期望返回时间。

第二,根据零件间的关联度将不同的零部件组合成装配体,以装配体作为拆卸单元进行整体拆卸,运用模糊综合评价方法对装配体进行判别分析,从而可以节约拆卸时间,提高拆卸效率。详尽分析了产品拆卸线的影响因素,建立了拆卸线平衡问题的多目标优化模型,并运用遗传算法对模型进行了求解。

第三,详细分析了再制造生产计划的特点及其影响因素,建立了再制造生产计划的逻辑架构;进而,针对具有分销中心和回收中心的分布式多工厂闭环供应链的生产计划问题,构建了制造/再制造生产计划的混合整数规划模型;并且针对再制造过程的特点,建立了单一产品再制造生产计划的机会约束规划模型,并运用确定性近似方法对模型进行求解;考虑回收件拆卸过程和再装配过程的能力约束,构建了面向再制造的物料需求计划算法模型。

本书的出版,拓展了生产管理新的理论、技术和方法在逆向物流管理领域的应用,提高了逆向物流管理的科学性和适用性。本书的成果将有助于指导企业的逆向物流实践,提高企业运作效率,塑造企业环保形象,具有广阔的应用前景。

谢家平

2013年4月16日

前 言

自 20 世纪 90 年代以来,资源消耗和环境污染问题日益成为社会普遍关注的热点。为了从源头上保护环境和变废旧产品为制造资源,各国政府对企业的环境责任规制正不断加强,开始推行“生产者责任延伸制”(Extended Producer Responsibility, EPR),将制造商的责任延伸至废旧产品回收处理的全生命周期,它要求生产者不仅要生产过程中产生的环境污染负责,而且还要对产品全生命周期内的环境影响负责。逆向物流就是在这种形势下产生的一种新兴物流运作模式,它以节约资源和保护环境为指导思想,集中于对寿命终结的废旧产品进行回收再利用。

当前,逆向物流实践在各国广泛开展。但是,逆向物流管理系统无论从深度还是广度,其复杂程度都大大超过了传统物流系统。从广度上讲,逆向物流所要优化的系统不仅包含了正向系统,还包含了逆向系统。从深度上讲,整个系统不是简单的“正向+逆向”,它涉及从战略层到运作层的一系列变化。企业在逆向物流实践中面临信息收集量浩大、无法对产品回收有效预测、产品拆卸任务繁重、再制造生产计划主观性较强、生产运作成本高昂等诸多问题。

逆向物流实践的发展亟待相关理论的指导和支持。但是,目前国内外对逆向物流运作模式的研究还处在起步阶段,存在诸多不足,如:对逆向物流过程的不确定性特征认识不足、缺乏有效的产品回收预测方法、对再制造生产计划缺乏系统研究等等。本书立足于逆向物流的企业实践,从管理者的视角,综合运用定性研究和定量研究方法,对逆向物流下的生产运作模式进行系统研究。本书着力于探讨与完善逆向物流环境下运作模式的理论与方法,扩大新的管理理论、技术和方法在逆向物流管理领域的应用,以提高逆向物流管理的科学性和适用性,具有重要的理论意义。同时,本书的成果可以指导企业的逆向物流实践,提高企业运作效率,降低运作成本,增加企业的经济效益;塑造企业环保形象,带来环境

保护和降低资源消耗的社会效益,具有重要的实践意义及广阔的应用前景。

本书的研究内容包括以下方面:

一、产品回收运作模式

对废旧产品的回收是整个逆向物流运作的基础。但与传统正向物流过程不同,废旧产品的回收受到产品使用寿命、产品类型、产品销售数量、产品所处生命周期阶段、产品回收机制等因素的影响,这些不确定性因素导致产品回收运作模式的复杂性。在产品回收运作过程中,对产品回收的数量和时间进行准确预测是亟待解决的关键问题。

(1) 本书分析了产品回收的影响因素;比较了不同制度背景下各种产品回收模式的特点。

(2) 本书比较了各种预测方法,针对产品回收特点选择适当方法。

(3) 针对产品回收量数据较少、波动性较大、并且具有复杂的非线性特点,本书将灰色预测 GM(1,1)模型与 BP 神经网络预测方法结合,构建灰色神经网络组合预测模型对产品回收数量进行预测,该组合预测模型兼具两种预测方法的优点,预测效果优于各独立模型。

(4) 在阐述废弃产品回收处理业务流程的基础上,本书分析了回收处理过程的不确定性;依据各回收处理作业的参数分布,绘制 GERT 随机网络;进而运用梅森拓扑方程求出 GERT 网络的等价传递函数,再根据矩母函数的性质求其解析解,从而实现产品回收处理过程的 GERT 网络预测。该模型既可以预测出废旧产品返回数量、回收处理过程中的再造零件和可再生材料的比例和数量,又同时可以预测出它们的期望返回时间。

二、产品拆卸运作模式

产品拆卸是指从产品中系统地分离零件、组件、部件或其他零件集合体的过程,产品只有经过拆卸才能实现材料的回收和可用零部件的再造。产品拆卸是实现废旧产品回收再利用的重要手段,在整个逆向物流运作过程中起到重要的作用。由于拆卸是将产品分解成不同零部件的“发散”过程,具有不确定性、多样性、自动化水平低等特点。本书首先分析了产品拆卸过程的影响因素及主要特

点,然后从产品拆卸装配体判别和产品拆卸线平衡两个方面对产品拆卸运作模式进行研究。

(1) 影响产品有效拆卸的因素主要包括拆卸时间、拆卸能耗、拆卸可达性、拆卸路径及拆卸的经济性,本书对上述因素进行了详尽分析,并总结了产品拆卸的主要特点。

(2) 在产品拆卸时,将若干个相关零件作为装配体进行整体拆卸,可大大减少产品拆卸分析的复杂性。本书提出了零件间关联度的概念,将它作为零件之间关联程度的一个度量参数,关联度大的零件可以组合为一个装配体进行整体拆卸。运用模糊综合评价方法对装配体进行判别分析,从而达到节约拆卸时间,提高拆卸效率的目的。

(3) 拆卸作业的完成既可以在单个拆卸工作站或拆卸工作单元上进行,也可以在拆卸流水线上进行。产品拆卸线具有拆卸作业不确定的特点,远比传统的产品装配线复杂。本书详尽分析了产品拆卸线的影响因素,在此基础上,研究产品拆卸线的平衡问题,构建了产品拆卸线平衡问题的多目标优化模型,并运用遗传算法对模型进行了求解。

三、再制造生产计划模式

在再制造过程中,由于废旧产品回收时间、回收质量、回收数量、拆卸过程等均存在不确定性,使得传统的生产计划方法不能满足再制造生产过程的要求。在目前的文献中,对再制造生产计划影响因素的系统研究以及对再制造生产计划优化的研究还很欠缺。

(1) 本书分析了再制造的特性,总结了再制造的主要目标,并进一步分析了再制造的组织模式。

(2) 本书详尽分析了再制造生产计划的影响因素;在此基础上,分析了再制造生产计划的层次结构,建立了再制造生产计划的逻辑架构;并进一步阐述了再制造综合生产计划的特点及优化。

(3) 针对具有分销中心和回收中心的分布式多工厂闭环供应链,本书考察产品回收、拆卸及再制造,构建制造/再制造混合系统的生产计划模型,该模型为一混合整数规划模型,采用分支定界法,借助软件进行求解。实际应用表明了该模

型的有效性。

(4) 针对再制造过程的特点,本书建立了单一产品再制造生产计划的机会约束规划模型,运用确定性近似方法对模型求解,比较确定性近似问题与原问题的误差范围,并进一步给出产品回收量服从正态分布时的误差范围。算例表明使用该方法得到的结果,其误差在可接受的范围之内。最后将该方法推广到多产品情形下的再制造生产计划。

(5) 从再制造生产相对于一般生产过程的特殊性出发,研究再制造生产计划的逻辑结构层次,本书给出了其物料需求计划的基本架构。进而考虑回收件拆卸过程和再装配过程的能力约束,给出了面向再制造的物料需求计划算法模型;其次,运用线性规划法实现回收件各期拆卸计划的优化;再次,在回购计划中探讨安全库存的度量,以适应再制造的不确定性特点。

本书撰写过程中参考引用了大量国内外文献资料,参考文献中只列出了其中最主要的一部分,尚有许多没有一一列出,在此向这些文献资料的作者表示衷心谢意。本书对于逆向物流生产运作模式的研究多是探索性的,一些理论和方法尚需推敲和深入,如书中存在缺点和错误,敬请专家和读者指正。

作者

2013年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 选题背景	1
一、环保问题日益严峻	1
二、相关法规不断出台	2
三、逆向物流开始兴起	4
第二节 研究意义	5
一、理论意义	5
二、实践意义	7
第三节 研究方案	8
一、研究范围	8
二、研究目标	8
三、研究思路	9
四、研究方法	10
第四节 研究内容	10
一、研究架构	10
二、创新之处	12
本章小结	13
第二章 逆向物流相关理论及研究现状	14
第一节 逆向物流特性分析	14
一、逆向物流的内涵	14
二、逆向物流的特点	17
三、逆向物流实践分析	19
第二节 逆向物流运作过程的组织	22

一、废旧产品回收	22
二、产品拆卸	23
三、零部件处理	23
四、制造/再制造	23
第三节 国内外研究现状	24
一、产品回收研究综述	25
二、产品拆卸研究综述	28
三、再制造生产计划研究综述	30
四、目前研究中存在的问题	32
本章小结	33
第三章 产品回收运作模式	34
第一节 产品回收过程的组织	34
一、产品回收影响因素	35
二、非强制性的传统回收模式	36
三、EPR 制度下的产品回收模式	36
第二节 产品回收预测方法的选择	40
一、定性预测法	40
二、定量预测法	42
第三节 产品回收灰色神经网络组合预测	44
一、灰色神经网络组合预测模型	45
二、灰色神经网络组合预测模型的应用	50
第四节 产品回收 GERT 随机网络预测	51
一、回收处理过程的业务流程	52
二、回收处理过程的随机网络	54
三、GERT 随机网络结点的传递函数	57
四、GERT 随机网络回收预测模型的求解	59
五、GERT 随机网络回收预测模型的应用	61
本章小结	64

第四章 产品拆卸运作模式	66
第一节 产品拆卸过程的特性分析	66
一、产品拆卸的相关概念	66
二、产品拆卸的影响因素	67
三、产品拆卸的主要特点	69
第二节 拆卸装配体判别分析	70
一、零件间关联度的定义	71
二、评价指标的选取	71
三、评价权重的确定	72
四、零件间关联度的模糊综合评价	74
五、拆卸装配体判别分析的应用	76
第三节 产品拆卸线平衡问题研究	78
一、产品拆卸线的影响因素	79
二、产品拆卸线的平衡	82
三、基于遗传算法的模型求解	85
本章小结	89
第五章 再制造生产计划模式	90
第一节 再制造过程的组织	91
一、产品再制造特性分析	91
二、产品再制造的主要目标	92
三、产品再制造的组织模式	93
第二节 再制造生产计划的逻辑架构	95
一、再制造生产计划的影响因素	95
二、再制造生产计划的层次结构	97
三、再制造综合生产计划的制定	102
第三节 分布式多工厂制造/再制造生产计划	104
一、问题描述及模型假设	104
二、参数设定及符号说明	105

三、制造/再制造生产计划模型	107
四、模型应用	109
第四节 基于确定性近似方法的再制造生产计划	112
一、问题描述及模型假设	112
二、确定性近似方法求解	113
三、特殊分布下的相对误差	116
四、多产品情形下的推广	117
第五节 面向再制造的物料需求计划	118
一、再制造 MRP 逻辑结构	119
二、再制造零件需求计划	120
三、回收件的供给计划	122
四、再制造零件库存信息	124
五、再制造 MRP 案例分析	127
本章小结	130
第六章 总结与展望	132
一、研究工作的回顾与总结	132
二、研究工作的展望	134
索引	136
参考文献	138
后记	149

第一章 绪 论

第一节 选题背景

21 世纪,环境问题已逐渐成为人类社会面临的巨大威胁之一,各国政府为了保护环境、节约资源,制定了相关的法律法规。在这种背景之下,企业如何应对环保压力以及日益激烈的市场竞争是对企业传统运作模式的一个巨大挑战。

一、环保问题日益严峻

环境问题是当今人类社会面临的主要问题之一。自 20 世纪 70 年代以来,随着工业排放废弃物的大量增加,能源的巨大消耗,人类生存的生态环境日趋恶化,致使发生了一系列由于全球生态环境遭受破坏而对经济发展造成严重危害的事件,对人类社会的生存与发展造成严重威胁。

以电子产品为例,进入 21 世纪,各类电子产品的生产和消费与日俱增,我国已逐渐成为世界上最大的家电生产国和消费国,与此同时也迎来了电子产品报废的高峰期。从 2003 年起,我国每年至少有 600 万台电视机、400 万台冰箱、500 万台洗衣机面临报废。同时,近年来电脑、手机的消费量激增,并且电脑、手机的更新速度远快于其他电子产品,目前我国已有大量电脑、手机进入淘汰期。据估算(黄海华,2007),我国每年有至少 200 万台电脑、上千万部手机被淘汰。据中国计算机行业协会初步估算,预计未来 5 年中,PC 机及其外设每年的废弃量将以 25%~30% 的速度增长。

电子产品中含有大量可利用的聚酯、塑料、稀有贵金属等资源,是一种价值很高的再生资源,如计算机芯片和主板中含有金、银、铂、镍、钯等多种稀有贵金属。经专业化处置后,1 吨废弃电脑中,即使所有零部件均不能直接再利用,仍大约可回收塑料 270 千克、铜 128 千克、铅 58 千克、锡 39 千克,等等。

同时,这些电子产品中含有大量有毒有害物质,处理不当会对环境产生危害。如一台电脑含有 700 多种化学材料,其中一半是对人体有害的。一个纽扣电池泄漏后,可以污染 60 万升水,基本相当于一个人一生的饮用量。对于这些电子产品,如果随意废弃,不仅浪费资源,而且有毒有害物质一旦进入土壤和地下水,将产生严重的污染作用,对环境产生持久的负面影响,对人类的生存产生极大危害。因此如何更有效地对废旧产品进行回收处理,从而变废为宝、节约资源、保护环境已成为亟须解决的问题。

二、相关法规不断出台

为了从源头上保护环境和变废旧产品为制造资源,各国开始推行循环经济的发展。循环经济是建设资源节约型、环境友好型社会和实现可持续发展的重要途径。但在当前,循环经济的发展存在着诸多制约因素,其发展现状还不尽如人意。为了顺利推进循环经济的发展,各国政府对企业的环境责任规制正不断加强,开始推行“生产者责任延伸制”(Extended Producer Responsibility, EPR),将制造商的责任延伸至废旧产品回收处理的全生命周期,它要求生产者不仅要生产过程中产生的环境污染负责,而且还要对产品全生命周期内的环境影响负责,要求生产者加强对产品的回收利用。

在这方面,德国走在了世界前列。德国在 1986 年就通过并实施了废旧物品控制法案,该法案要求德国的厂商以及在德国从事商务活动的外国厂商尽量使用避免产生废弃物的技术和产品,对于难以避免的废弃物,应将其循环使用。1996 年德国推出了新的《循环经济与废物管理法》,并具体规定了建立循环经济的 3R 原则,即减量化(Reduce)、再利用(Reuse)和再循环(Recycle)。

日本是发达国家中对循环经济立法最全面的国家,其立法的目标是建立一个资源“循环型社会”。目前日本已经颁布了《推进建立循环型社会基本法》,作为调整循环经济的基本法,属于日本循环经济法律法规体系的基础层面。第二层面是两部综合性的法律,分别是《固体废弃物管理和公共清洁法》和《促进资源有效利用法》。第三层面是根据各种产品的性质制定的具体法律法规。从基本法、综合法、专项法多个层面制定了循环经济法律法规。

美国于 1989 年通过了《综合废弃物管理法令》,要求在 2000 年以前,实现

50%废弃物能够通过源头削减和再循环的方式处理,未达到要求的城市将被处以每天1万美元的行政罚款。

这些法规的共同特点是将生产商的责任延伸至产品的全生命周期,尤其要对寿命终结(End of Life, EOL)的产品进行回收、拆卸、再用、再生等处理,从而实现资源的循环利用和环境保护的目的。

在国外这些法律法规中,特别值得一提的是欧盟的 WEEE 法令。2003 年初,欧盟正式公布了《废弃电子与电器产品处理法令(WEEE 法令)》(Waste Electrical & Electronic Equipment),明确规定 2004 年 8 月 13 日以后所有在欧盟市场生产和销售家用电器、信息和通信设备、电子消费品等十大类产品的制造企业,必须在 2005 年 8 月 13 日以前建立相应的回收再生利用系统,并承担产品回收处理等责任。同时法令还要求在 2006 年 12 月 31 日前,整机回收利用率达到 75%,零部件和原材料的再生利用率达到 65%,否则将限制销售。

按照欧盟这一法令,生产者需要在产品的生命周期内承担环境责任,完成废弃产品的回收处理、再利用等一系列工作。这一法令对全球电子制造业产生了深远影响。鉴于欧盟市场在我国电子产品出口中的重要地位,这一法令无疑会对我国电子制造业产生直接冲击。如何应对这一压力,达到欧盟法令要求,是我国电子制造业面临的极大挑战。

我国政府也十分重视环境保护,为了推进循环经济的发展,近年来先后颁布了一系列的相关政策和法律法规。2002 年 6 月,第九届人大常委会通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》,该法于 2003 年 1 月 1 日起实施。另外,我国还制定了《环境保护法》、《固体废弃物污染环境防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等法律。2005 国务院颁布了《国务院关于加强发展循环经济的若干意见》,指出国家将大力“支持废旧机电产品再制造”。国家发改委酝酿出台的《废旧家电及电子产品回收管理条例》要求制造商和经销商负责废旧电器及电子产品的回收再利用。2006 年国家发改委、科技部和环保总局联合制定了《汽车产品回收利用技术政策》,允许有资质的企业对报废汽车上的零部件实施回收再制造。

我国“十一五”规划提出了节能降耗和污染减排目标。温家宝总理在 2007 年十届全国人大五次会议上的政府工作报告中特别提出,要大力抓好节能降耗、

保护环境,发展循环经济。这对企业的生产运作提出了更高的要求。企业必须加强对产品的回收再利用,通过废弃产品的循环再生,实现资源的可持续利用,进而实现保护环境的目的。

三、逆向物流开始兴起

为了应对环保压力 and 法律法规的要求,企业开始变革运作模式。逆向物流就是在这种形势下产生的一种新兴物流运作模式,它以节约资源和保护环境为指导思想,集中于对寿命终结的废旧产品进行回收再利用。实施逆向物流既可以降低制造企业的生产成本,增加企业的经济效益;同时又可以为企业树立环保形象,带来环境保护和降低资源消耗的社会效益。

目前,逆向物流在发达国家已形成一个产业并方兴未艾,涉及了产品回收、拆卸、再制造等领域。以美国为例,在美国从事回收再制造业务的公司有 7 万余家,直接参与的雇员达 500 万人,涉及的产品有 50 个大类,年销售额近 530 亿美元。例如,在美国汽车行业中,再制造技术得到了广泛应用。至 2006 年,汽车再制造公司总数达 50 538 个,年销售总额 365 亿美元,总雇员 337 571 人。再制造零部件包括内燃式发动机、传动装置、离合器、转向器、起动机、化油器、闸瓦、水泵、空调压缩机、刮水器马达、油泵、刹车动作筒、动力控制泵和缓冲器等。再制造产品都严格地按照再制造工艺和苛刻的检验和试验标准进行,保证了质量等同或优于新品。

美国军队是目前世界上最大的逆向物流受益者,许多军用装备均采用再制造部件,不但节约了制造费用,而且延长了装备的寿命,提高了装备的维修能力(徐滨士,2003)。例如,美军 F-16 战斗机从研制到生产只用了 3 年时间,奥秘之一一是充分利用再制造技术,对废旧零部件进行再制造。美国在对伊拉克的战争中,执行作战任务的许多轰炸机是早该退役的旧战机,但经过再制造,不仅重返战场,而且性能指标达到了新要求。再制造工程的快速发展受到了美国国防决策部门的重视。美国国防科学研究委员会在制定 2010 年国防工业制造技术框架时,将“新的再制造技术”和“有利于装备延寿的设计方法”列为重点发展的核心研究方向之一。

许多著名大公司,如施乐公司、惠普公司、通用汽车公司、IBM 公司等均积极