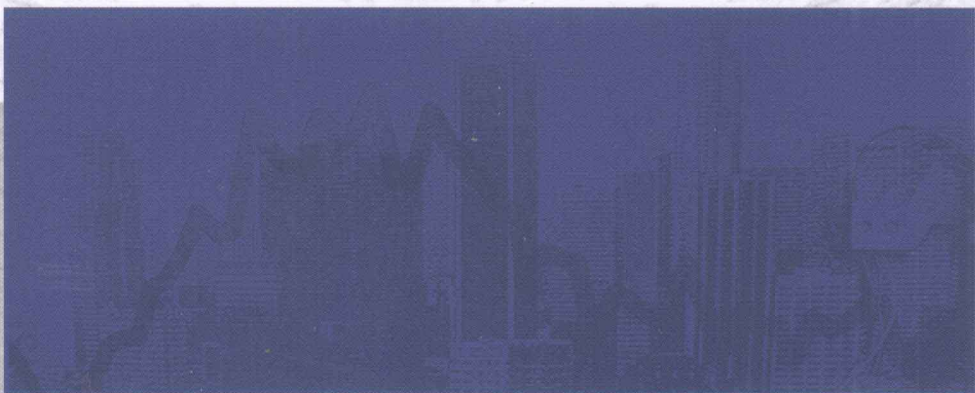


科学经管文库



产品制造与翻新 混合系统库存决策

袁开福 著



科学出版社

产品制造与翻新 混合系统库存决策

袁开福 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在总结作者近年来研究成果的基础上,介绍混合系统产生的时代背景以及混合系统库存决策的研究现状,提出混合系统制造与翻新批量决策的研究框架。具体内容包括存在旧产品处置和延迟交货的库存决策模型、考虑制造与翻新外部影响的库存决策模型、翻新能力有限的库存决策模型、期初有大量旧产品的库存决策模型、考虑修复时间与产品贬值的库存决策模型。

本书构建的模型尽可能反映企业运作实践,内容新颖充实,结构合理,可作为从事物流与供应链管理、工业工程、应用数学等专业的研究生和高年级本科生的参考书;同时,可供上述专业的教师、工程技术人员、研究工作者和管理人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

产品制造与翻新混合系统库存决策/袁开福著. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-030268-7

I. ①产… II. ①袁… III. ①制造业-库存-仓库管理:物资管理-高等学校-教材 IV. ①F407.406.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 022382 号

责任编辑:赵静荣/责任校对:钟 洋

责任印制:张克忠/封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 2 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 2 月第一次印刷 印张: 12 3/4

印数: 1—2 000 字数: 255 000

定价: 39.90 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

由于资源、能源的短缺和人力成本的上升,因此将集物料、能量和劳动附加值循环利用于一体的产品翻新方式引入传统生产系统是大势所趋,这已成为企业提升竞争优势、降低生产成本和培育新的利润增长点的重要手段。鉴于混合系统库存管理固有的复杂性、运作的独特性,导致客观上要求对传统的库存管理理论和方法进行修正。库存管理是混合系统生产运作管理的重要组成部分,其关键在于库存决策。在生产与销售阶段,本书针对混合系统中存在旧产品处置和延迟交货、制造与翻新的外部影响、翻新能力有限、期初有大量旧产品、修复时间不为零与产品贬值等现象和问题分别构建库存决策模型,并遵循问题提出—模型构建—模型求解—举例验证的研究思路展开。

第1章对混合系统的定义、混合系统与其他库存系统的区别与联系、混合系统的分类进行研究,并对需求确定的混合系统库存决策研究现状进行评述和总结。

第2章针对现有研究假定旧产品全部返回和全部翻新或者部分返回和全部翻新、没有考虑延迟交货策略的影响等局限,假定旧产品部分返回和部分翻新,存在旧产品处置且允许延迟交货。根据旧产品处置的原因和延迟交货策略的影响,应用 $(1, R)$ 与 $(P, 1)$ 策略分别构建非质量因素引起旧产品处置且无服务水平约束的库存决策模型和质量因素引起旧产品处置且有服务水平约束的库存决策模型,并将第二类模型细分为旧产品积累到一定数量开始翻新的库存决策模型和旧产品积累到一定时间成批翻新的库存决策模型。应用消元思想和差分函数的性质,当制造与翻新准备次数为正整数时,分别提出确定最优的制造与翻新准备次数、制造与翻新批量、制造周期与翻新周期最大缺货量等求解算法。分析发现,当其他参数恒定时,翻新比率决定最优策略的类型。选取适当的服务水平,有利于降低成本。与相关的研究比较,本书构建的模型更加普遍。

第3章针对现有研究在供应链库存决策方面主要局限于正向供应链、在混合系统制造与翻新业务协调方面主要集中在企业内部的偏向,分别将 $(1, R)$ 与 $(P, 1)$ 策略应用于闭环供应链系统制造商的库存决策,并推导出更加普遍的零售商、制造商、供应商和回收商的成本和利润函数。当制造与翻新准备次数为正整数时,分别给出完全分散决策情形在 $(1, R)$ 与 $(P, 1)$ 策略下系统最优策略的求解算法,并在此算法的基础上,给出完全集中决策情形和部分集中决策情形的系统最优策略求解

算法。分析发现,完全集中决策情形的系统最优利润比其他决策结构的高,系统利润提高的关键在于制造商与零售商之间的决策协调,成员决策协调的关键在于建立合理的利润增量分享机制,旧产品回报率的变化将引起最优策略类型的改变。与相关的研究比较,本书构建的模型更加普遍,研究的决策结构更加接近现实情况。

第4章针对现有研究假定旧产品全部返回、不能用于翻新的旧产品以恒定速率处置、没有考虑翻新准备次数为正整数等局限,假定旧产品部分返回且都满足翻新要求,对不能用于翻新的旧产品在模型周期的前面时段集中处置。应用 $(1, R)$ 与 $(P, 1)$ 策略分别构建库存决策模型,提出确定各产品翻新顺序和翻新比率的算法。当制造与翻新准备次数为正整数时,分别给出各产品最优的制造和翻新批量、最小总成本等求解算法。与相关的研究比较,本书改变了旧产品以恒定速率处置的方式,为多产品翻新提供了另一种策略选择,提高了库存决策的可操作性。

第5章针对现有研究假定制造与翻新准备次数已知、无法保证最优策略对应总成本最低的局限,假定制造与翻新准备次数未知,构建了未翻新旧产品保存到期末和未翻新旧产品期初进行处置两类库存决策模型,推导出不同转换期对应的最小总成本函数和最优转换期的存在范围,提出确定计划期间最优策略的算法。分析发现,当转换期一定,两类模型的最优策略相同。但是,旧产品处置成本、制造与翻新变动成本的引入将改变计划期间最优策略。与相关的研究比较,本书得到的最优策略对应的总成本最低,所用方法较为直观,便于企业使用。

第6章针对现有研究在退货批量翻新时没有考虑修复时间、在短生命周期产品库存决策方面主要集中于正向供应链的局限,对于长生命周期产品,从成本角度构建了考虑修复时间退货的定期与定量翻新库存决策模型;对于短生命周期产品,从利润角度构建了考虑产品贬值退货的定期与定量翻新库存决策模型。给出了期望平均成本函数取最小值与期望平均利润函数取最大值的充分条件,提出了确定最优订货与翻新策略的求解算法。分析发现,对于长生命周期产品,定期翻新方式较佳,适当延长修复时间,有助于降低成本;对于短生命周期产品,定期翻新与定量翻新都不占据绝对优势,但产品贬值率增加将引起销售周期缩短、订货量和期望平均利润下降。与相关的研究比较,本书构建的模型更加普遍,得到的订货与翻新策略较佳。

第7章对全书进行总结,包括本书的主要工作及结论、主要创新,并指出存在的问题和进一步研究的方向。

本书的研究工作得到了国家自然科学基金(编号70572060)、贵州财经学院在读博士学术研究资助基金(编号2006BS019)以及贵州财经学院省级重点学科企业管理第三期建设基金的资助,本书的编写和出版还得到贵州财经学院工商管理学院、贵州省经济系统仿真重点实验室和科学出版社的大力支持,在此一起

表示衷心的感谢！此外，作者在写作过程中参考了大量文献，并尽可能地将其收入参考文献，但难免有遗漏，这里特向漏列的作者表示歉意，并向所有文献的作者表示谢意。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，敬请读者批评、指正。

作 者

2010年11月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 旧产品大量产生引发的环境思考	1
1.2 混合系统的研究	6
1.3 混合系统库存决策的研究现状.....	11
1.4 章节安排.....	27
第 2 章 存在旧产品处置和延迟交货的库存决策模型	31
2.1 引言.....	31
2.2 问题描述与符号定义.....	32
2.3 非质量因素引起旧产品处置且无服务水平约束的库存决策模型.....	34
2.4 质量因素引起旧产品处置且有服务水平约束的库存决策模型.....	43
2.5 数值例子.....	57
2.6 小结.....	62
第 3 章 考虑制造与翻新外部影响的库存决策模型	64
3.1 引言.....	64
3.2 问题描述与符号定义.....	65
3.3 考虑制造与翻新外部影响的库存决策模型构建.....	67
3.4 考虑制造与翻新外部影响的库存决策模型求解.....	74
3.5 数值例子.....	85
3.6 小结.....	96
第 4 章 翻新能力有限的库存决策模型	98
4.1 引言.....	98
4.2 问题描述与符号定义.....	99
4.3 翻新能力有限的库存决策模型构建	100
4.4 翻新能力有限的库存决策模型求解	105
4.5 数值例子	109
4.6 小结	111
第 5 章 期初有大量旧产品的库存决策模型	112
5.1 引言	112
5.2 问题描述与符号定义	113

5.3	期初有大量旧产品的库存决策模型构建	114
5.4	最小总成本函数的导出	119
5.5	期初有大量旧产品的库存决策模型求解	126
5.6	数值例子	127
5.7	小结	129
第 6 章	考虑修复时间与产品贬值的库存决策模型	130
6.1	引言	130
6.2	基本假设和符号定义	131
6.3	考虑修复时间与产品贬值的库存决策模型研究	132
6.4	数值例子	149
6.5	小结	152
第 7 章	混合系统库存决策的结论与展望	154
7.1	主要研究结论	154
7.2	研究前景展望	158
参考文献	.....	159
附录 A	.....	165
附录 B	.....	167
附录 C	.....	188
附录 D	.....	192
后记	.....	194

第 1 章 绪 论

1.1 旧产品大量产生引发的环境思考

1.1.1 旧产品翻新的潜力和急待解决的问题

1. 旧产品翻新的巨大潜力

人口、资源与环境问题是 21 世纪人类社会面临的三大主要问题,全球经济的高速发展和世界人口的不断攀升,使社会对自然资源的需求急剧增加,自然环境的压力空前增大,全球生态破坏、资源浪费与短缺以及环境污染等重大问题突出。如何摆脱资源和环境约束,实现经济、社会 and 环境的可持续发展已提上各国政府的议事日程,继提出发展循环经济、节能减排的要求后,我国政府在 2008 年两会期间又提出建设资源节约型和环境友好型社会的主张。自然资源的有限可得性,特别是不可再生资源因加速消耗而面临枯竭的严峻现实已经对社会经济的可持续发展形成了强有力的制约。例如,当前的能源危机和资源危机已经昭示了这一点。为了使能源与资源能够支撑社会经济长期稳定发展,一方面尽可能找到新的能源与资源,改进产品设计和工艺流程,提高其利用效率,从源头上减少能源和资源的消耗;另一方面通过旧产品的再利用,实现原材料、能量附加值和劳动附加值的循环利用。二者相结合则构成了当前我国发展循环经济的内涵,即实现从“资源—产品—废物”的线性发展模式向“资源—产品—废物—再生资源”循环经济发展模式转变,后者已成为当前社会的关注焦点和研究热点。

一般而言,将原材料转化为产品的过程称为生产或制造,将废物转变为再生资源(原料、零件、产品和能量)的过程称为翻新。对于翻新,Johnson 和 Wang 将其定义为再制造、重用和物料循环的组合^[1]。Thierry 等将翻新分为修理、整修、再制造、拆卸用零件和物料循环等形式,而直接重用与废物管理(焚烧与填埋)不属于翻新的范畴。翻新的形式不同,拆卸程度也不同,修理拆卸量最小,而物料循环最大。修理、整修和再制造都保留原有的产品结构,涉及产品质量和技术的升级,修理升级的程度最弱,而再制造最强。修理是将旧产品恢复到“工作状态”;整修是将旧产品恢复到特定质量,但是质量标准比新产品低;再制造则将旧产品恢复到与新产品一样严格的质量标准^[2]。拆卸用零件和物料循环不再保留原有的产品结构,着眼于零件或原料的使用。另外,从工程技术角度,我国徐滨士院士将设备全寿命

周期分为论证设计、制造、使用、维修、报废等五个环节,指出再制造是整个设备报废阶段的再生处理,是一种具有专业性、互换性、规模化恢复性能的生产方式。为此,他将再制造定义为设备报废阶段更彻底的维修、高技术维修的产业化^[3]。从这个意义讲,修理、整修和再制造界限有时不是非常明显。为此,Fleischmann 等从实际翻新对象考虑,将翻新分为物料翻新和附加值翻新,前者是物料循环,目的是获取最初级的原材料,而后者包括修理与再制造,其目的是实现产品中能量和劳动附加值的循环利用^[4]。出于本书研究的目的,这里翻新定义为将旧产品转变成与新产品一样好的过程。本书定义的“翻新”与文献[2]的“再制造”相对应,但范围更广,属于文献[4]的附加值翻新层面。考虑到不同学者表述形式的差异,如 recycle、repair 与 remanufacture 都可以表示翻新。因此,这里“翻新”作为“将旧产品转变成与新产品一样好的过程”的代名词。本书之所以选择与旧产品相关的产品制造与翻新混合系统(简称混合系统)进行研究,主要基于以下考虑:

(1) 每年有大量废物产生。废物一般表现为多余的产品、副产品、有缺陷的产品或没有价值但需花费成本进行处置的旧产品。这些不同形式的废物可能是制造商、也可能是消费者引起的。据统计,造成全球环境污染 70% 以上的排放物来自制造业,每年约产生 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物。另外,因消费品大量普及,产品生命周期缩短,使得旧产品数量急剧上升。在德国,20 世纪 90 年代早期,每年产生的电子废物就达 800 万吨^[5]。全球每年至少有 2600 万辆汽车报废,已废弃的电脑超过 6 亿台。就中国而言,以汽车、家电、计算机为主的机电产品报废数量惊人。其中,2000 年达到报废标准的汽车共 210 万辆,2010 年前,年均汽车报废量在 200 万辆以上。废旧家电的年报废量:电视机 500 万台,电冰箱 400 万台,洗衣机 600 万台,手机 1000 万部^[6,7]。若这些旧产品不合理加以利用,则意味着极大的资源浪费,还可能造成水体和空气等环境污染。显然,变废为宝,走产品翻新之路,不失为一种明智的选择。

(2) 产品翻新可以节省原材料的采购成本与旧产品的处置成本。对那些处于附加值链顶端的公司,零部件采购成本通常占直接制造成本的较大比率,降低成本是其从事产品翻新的动力。另外,填埋场地的减少和有害废物填埋的限制,使得旧产品的处置成本相当高,因此,将旧产品变成一种廉价的原料或零部件来源,不仅节省原料的采购成本,还可避免大量的处置成本。例如,世界范围内因再制造节约的原料达到 1400 万吨/年^[8]。同时,避免处置产生的成本节余潜力也非常大。激光打印机的处置成本占到直接生产成本的 2%、汽车占到 3%,而冰箱和冷冻装置占到 12.5%^[9]。

(3) 产品翻新有利于保留附加值和减少环境污染。旧产品是一种廉价的原材料替代品,更重要的在于旧产品固化了许多附加值,如能量附加值和劳动附加值,若采用旨在获取初级原材料的物料翻新方式,这些附加值将消失殆尽。采用产品

翻新的方式,这些附加值得以保留。与制造新品相比,旧产品翻新将使得成本降低40%~65%。例如,再制造一件产品所需能量仅相当于从头开始生产相同新产品的15%。预计在世界范围内再制造在代替制造方面每年节能400万亿英热单位^①,相当于1600万桶原油。除节能外,再制造在减少温室气体排放方面,效果也相当显著,每100万英热单位能量消耗平均排放CO₂140磅^②,上述节能可以减少排放2800万吨CO₂^[10]。

(4) 模块化的产品设计和机械磨损的有限性为产品翻新提供了可能性。因为产品的使用寿命通常要比零部件的技术寿命短。因此,经拆卸旧产品得到的部分零部件可直接用到或经过再制造后用于新品制造或卖做维修部件,特别是那些因技术过时而淘汰的旧产品,其使用功能往往未完全丧失,零部件完好率相当高,这些为产品翻新提供了技术上的可能性。

(5) 废物是放错地方的资源。产品翻新存在巨大的经济效益。1996年Lund对美国再制造业的调查表明^[11],从就业与经济影响看,再制造业可以与家用电器行业、钢铁行业、计算机行业、配件行业和医药行业相媲美,再制造业涉及产品领域超过46个,再制造企业约为73000家,行业销售额达到530亿美元,直接雇用职员达48万人,其经济与社会效益相当显著。另外,从企业角度,再制造业的利润比较高,例如,汽车零部件再制造业可接受的最低平均净利润为20%~40%^[12]。

基于上述原因,企业从事旧产品翻新能够带来显著的经济效益、环境效益和社会效益。因此,加强此领域的研究将为我国建设资源节约型和环境友好型社会提供理论指导,为企业具体运作提供应对策略。

2. 旧产品翻新需解决的问题

随着资源、环境问题的日益突出,对旧产品的翻新利用正逐步提上了各国政府的议事日程,也涌现出了大量有关旧产品翻新的研究成果,当前研究主要集中在四个方面:

(1) 收集问题。这里涉及旧产品和包装的收集。旧产品收集通常由供应商、制造商、分销商、消费者和回收商来完成。可是,由于旧产品质量和数量的高度不确定性,使得逆向物流问题相当复杂,设计逆向物流网络是关键。

(2) 拆卸问题。由于拆卸在产品翻新中的作用,拆卸问题受到很大的关注。Gupta 和 Taleb 将拆卸定义为一种将产品分解为组件、元件、子组件等系统的方法^[13]。尽管拆卸过程与组装过程相反,但是对于复杂产品,二者的运作特点有很大不同。这方面研究主要集中在两个方面:①识别产品应当完成多大程度拆卸的

① 1英热单位=1.05506×10³焦

② 1磅=0.453592千克

研究,其目的是使得拆卸过程投入的资源与从拆卸中获得的收益达到平衡。例如, de Ron 和 Penev 分别就产品拆卸水平和顺序问题进行研究^[14,15]。②编制拆卸过程计划的研究。一个拆卸过程计划就是一个拆卸作业序列,这一序列从将被拆卸的产品开始,直到所有有价值的部件分开时为止。因此,产品可能被部分拆卸也可能被完全拆卸。编制拆卸过程计划的目的是找到一个最优或近似最优的拆卸计划,得到最佳的拆卸成本收益比。

(3) 生产计划与排程问题。由于传统生产系统与旧产品翻新系统存在明显差异,将传统生产计划与排程方法直接应用到这类系统的作用极为有限。为此,需要提出新方法或对传统方法进行修正来应对混合系统固有的复杂性,例如,应用逆向物料清单对物料需求计划进行研究^[16,17]。

(4) 库存管理问题。由于旧产品翻新涉及旧产品及其零部件的重用,库存决策需综合考虑返回品、部分拆卸的产品、拆卸的部件以及新部件的影响。而且,因旧产品的质量、数量、返回时机和翻新品市场需求的高度不确定性,这使得旧产品翻新系统的库存管理比传统生产系统困难。在旧产品翻新系统中,有时单纯靠旧产品翻新不能完全满足市场需求,需要制造或订购新产品进行补充。因此,这就引入了制造与翻新业务的协调问题,客观上要求对现有库存管理思想进行创新,并且对传统库存管理方法加以改进。

国内外研究文献分析表明,国内有关旧产品翻新的研究主要集中在逆向物流网络设计、拆卸计划,如申成霖^[18]、岳辉^[19]、秦小辉^[20]、黄进永^[21]、薛俊芳^[22]和王辉^[23]在这方面做了大量工作;而在生产计划与库存控制方面的研究相对薄弱。同时,截至 2008 年 5 月 19 日,利用 Web of Science 做查新分析发现,旧产品翻新库存方面的研究是当前的研究热点之一。由查询条件 Topic = (remanufacture * or recover * or recycl * or return * or rework or hybrid system or refurbishing or repair *) AND Topic = (lot-size or lotsize or lotsizing or inventory or EOQ); Timespan = All Years. Databases = SCI-EXPANDED, IC, CCR-EXPANDED [back to 1840]; Refined by: Subject Areas = (OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE OR ENGINEERING, INDUSTRIAL OR MANAGEMENT OR ENGINEERING, MANUFACTURING), 得到 392 篇相关的研究论文。分析发现,每年发表的论文整体呈现上升趋势,如图 1-1 所示。其中,与混合系统紧密相关的有 82 篇。其次,由于混合系统是一类较为复杂的旧产品翻新系统,该系统尚有许多库存问题有待进一步拓展和深化。基于上述考虑,本书选择对制造与翻新混合系统的库存决策问题进行研究。

1.1.2 开展旧产品翻新研究的价值

中国是一个制造大国,同时也是一个消费大国。大量因生产和消费产生的旧

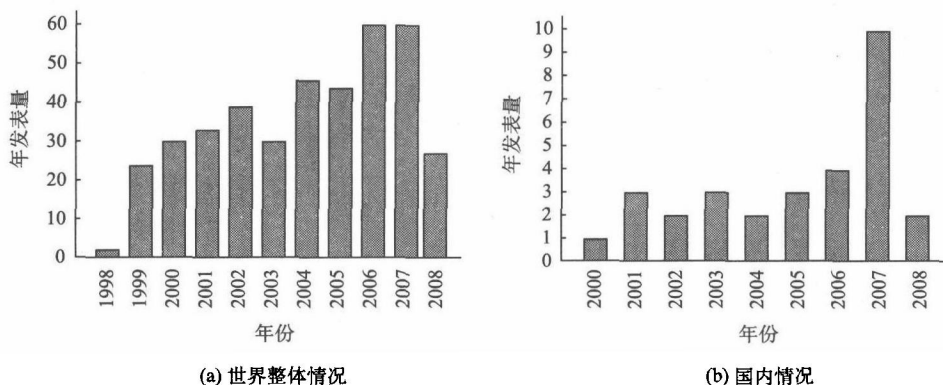


图 1-1 各年论文发表情况 Web of Science 查新报告

产品为产品翻新提供了现实可靠的物质基础,而生产商从事旧产品翻新不仅有可观的经济效益,还创造了良好的生态效益和社会效益,一举多得。《国家发展改革委办公厅关于组织开展汽车零部件再制造试点工作的通知》(发改办环资[2008]523号)确定了14家汽车零部件再制造试点企业。其中,有3家汽车整车生产企业和11家零部件再制造试点企业,这标志着我国以再制造为核心的旧产品翻新业务将进入一个新的发展时期,这将为旧产品翻新库存的研究提供难得的机会。另外,文献分析发现,国内有关旧产品翻新库存决策的研究成果少而分散,而国外对有些库存问题也未曾涉及。因此,对混合系统库存决策的研究具有以下理论意义和实践意义。

1. 理论意义

1) 深化和丰富混合系统的基本理论

至今,库存管理已取得大量的研究成果,如经济批量订货、ABC分类法、动态规划算法、准时生产制、物料需求计划、企业资源计划和供应商管理库存等理论、方法已广泛地应用于生产实践。但是,当产品经用户使用后返回到原来的生产系统进行翻新时,必将对库存决策产生影响,需要我们从观念上重视这种改变。尽管有关混合系统库存决策的研究已有相当长的时间,但对混合系统本身却缺乏系统的研究。为此,这里将对混合系统的定义、混合系统与其他库存系统的区别与联系、混合系统的类型以及混合系统库存决策的研究视角等问题进行提炼和归纳,补充和完善混合系统的基本理论,为混合系统的库存决策提供理论依据。

2) 拓展和完善混合系统的库存决策模型

尽管当前已提出了不少混合系统库存决策模型,但是有些模型的假设过于理想化,偏离实际;有些模型研究的问题过于特殊,适用范围较窄,有不少模型需要进

一步推广和拓展;更重要的是现有研究对有些库存决策问题较少涉及。鉴于此,这里将围绕混合系统存在旧产品处置选择、考虑旧产品的质量、考虑制造与翻新的外部影响、产品种类等因素进行建模,使构建的模型更加普遍、更切合实际,以推广和完善混合系统库存决策模型。

2. 实践意义

1) 推动混合系统库存决策的实践与研究

通过对混合系统概念的界定、库存管理特点的总结以及对相似库存系统进行比较,使人们认识到混合系统的库存决策有其自身的特点和规律,从而在做混合系统库存决策时有意识地对传统库存决策的理论和方法进行修正。另外,对混合系统库存决策相关问题进行清晰界定,便于研究人员开展针对性研究。

2) 为混合系统的库存决策提供理论指导

本书力求围绕混合系统的现象和特点进行建模,使构建的模型更好地反映企业实际运作情况,使做出的库存决策具有较强的可操作性和实用价值,为库存决策提供理论参考。

1.2 混合系统的研究

早在 20 世纪 60 年代混合系统库存决策的研究就已经开始,但是直到近十年来因环境、资源问题的突出和社会环保意识的提高,以致这方面研究受到了广泛的重视。比较而言,产品翻新业务开始的时间更早,例如,汽车零部件再制造开始于 20 世纪 20 年代,而且随着时间的推移,产品翻新的范围越来越广,如汽车发动机^[24]、航空设备^[25,26]、计算机^[27,28]、印刷电路板^[29]、轮胎^[30]、复印机^[31,32]、电冰箱^[33]、电动工具^[34]、一次性相机^[35]和手机^[36]等。对生产商而言,当其产品经用户使用后返回到原来生产系统进行产品翻新时,制造与翻新业务将并存于企业系统。此时,企业除了处理常规的制造业务之外,还需应对旧产品翻新带来的种种影响,库存管理变得更加复杂。这时,如何协调产品的制造与翻新业务是一项新的课题。

1.2.1 混合系统的定义

有关混合系统的定义,最早可追溯到 van der Laan 等提出的混合生产与库存系统,这个系统主要由四个过程组成,即拆卸过程、再制造过程、生产过程和组装过程^[37]。其运作情况如下:当废旧复印机从顾客之处返回,首先进入拆卸过程进行清洗和拆卸。拆卸后的模块进行质量测试,满足质量要求的模块进入再制造过程进行修理、升级和测试。经测试,高质量模块将被用做备件或物料翻新,而质量过低的模块将被处置。由于再制造过程的产出不能完全满足对新模块的需求,因此

需要启动生产过程生产新模块来满足其他需求。最后将生产的新模块和再制造模块组装便得到服务性产品。出于简化,他们只考虑单个元件构成的耐用品。换言之,生产的新模块与再制造模块无需组装就直接供顾客使用,这样的系统简称混合系统。Hedjar 等将混合系统作为具有产品和物料翻新选择逆向物流环境的代名词^[38]。比较而言,这类混合系统都包括了制造和翻新两个过程、可翻新品库存和服务性产品库存两类库存。这里由原料制造得到的新产品简称为制造新品,由旧产品翻新得到的新产品简称翻新品,制造新品和翻新品没有明显差异,可相互替换。这样的产品包括一次性相机、托盘和汽车维修配件等。服务性产品库存由制造新品或翻新品组成,共同满足顾客需求;可翻新品库存由满足翻新质量要求的旧产品组成,不满足要求的将被处置。这里制造与翻新分别作为一系列作业的代名词,前者代表从采购原料到生产出新产品的过程,后者代表从旧产品拆卸到翻新模块重新装配得到翻新品的过程。另外,制造与翻新也代表满足顾客需求两种不同的产品供应方式。因此,将包含制造与翻新两种产品供应方式、服务性产品库存和可翻新品库存两类库存的系统称为产品制造与翻新混合系统,简称混合系统(hybrid system),如图 1-2 所示。

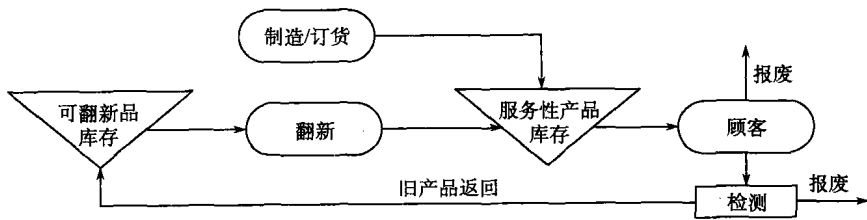


图 1-2 产品制造与翻新混合系统

图 1-2 中的顾客是广义概念,既包括终端消费者,也包括批发商与零售商等各类中间商。翻新可能是再制造也可能是简单的修理,这些活动都能够将旧产品恢复到与新产品一样好的状态。当然,新产品的制造可以在企业内部完成,也可以对外订货。从这个意义上讲,混合系统既可能出现在生产阶段,也可能出现在销售阶段。在混合系统中,通常情况下,为了满足顾客需求,除了通过旧产品翻新外,还须通过正常的制造或订货活动来满足顾客需求,如图 1-2 所示。这是因为:①出售的商品不能够全部返回,有些可能丢失在运输途中,有些在顾客使用后被丢弃。②不是所有旧产品都能够用于翻新,经检测,有些产品因物理损坏或经济上的过时使得翻新不经济;或者因为仓储容量和生产能力限制,有些旧产品只能用于物料翻新或填埋、焚烧处置。③当产品处于市场生命周期的导入期与成长期时,产品返回率往往小于需求率。这时,除了用翻新品来满足需求还需要制造新品来补充。这里应用了“与新产品一样好的原则”,即对顾客而言,翻新品与制造新品有相同的质量、

性能。一般情况下,顾客的一部分需求由翻新品满足,其余的由制造新品来满足。总之,混合系统具有两大鲜明特点:①存在一个由顾客向企业流动的旧产品流;②有两个可替换的供应选择,即旧产品翻新和新品制造或对外订货。这个系统与传统生产系统和完全旧产品翻新系统不同,传统生产商只需采购原料进行加工制造,而专业翻新公司只需从第三方采购旧产品作为原材料进行翻新,二者均将原料与旧产品作为一种投入资源,其质量、数量与时机相对可控,可直接应用传统的库存决策理论和方法。但是,当旧产品与原料分别作为生产新产品的两种资源时,情况将截然不同。其差异表现为:①旧产品回流使得介于两次制造新品补货之间的库存水平不一定单调下降,相反可能上升。这种单调性丧失使得潜在的数学模型变得更加复杂,如图 1-3 所示。②满足需求有两种方式,使得决策者增加了另一种选择,对外部订货或制造时必须考虑翻新可能性。③对可翻新品与服务性产品的进行区分使得系统由传统的单级库存系统变为两级库存系统。另外,根据图 1-2 所示,围绕旧产品进行分析发现,混合系统还具有一些与众不同的特征^[39]:①旧产品返回的数量、时机的不确定性;②需要平衡产品的需求量与旧产品的返回量;③返回品可翻新物料的不确定性,即旧产品质量的不确定性等。这些特征将使得传统的库存决策理论与方法不能直接应用于混合系统的库存决策问题,需要对现有库存决策理论和方法加以修正。

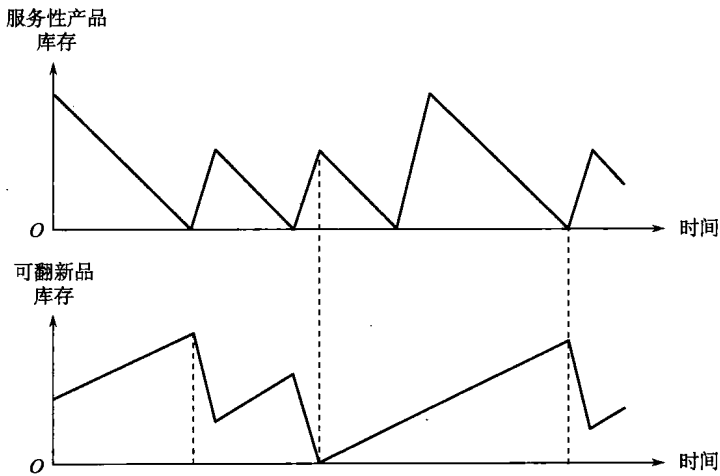


图 1-3 (1,2)策略下服务性产品库存和可翻新品库存变化的对应关系

1.2.2 混合系统与其他库存系统的区别与联系

与混合系统相似的库存系统很多,包括修理库存系统、两个供应商库存系统、备件库存系统以及混合物料翻新系统等。但是没有哪一类系统完全具备混合系统

的全部特点。

1. 修理库存系统与混合系统

修理库存系统与那些可修理或可恢复到可用状态而被丢弃的产品有关。修理库存一般由高成本、长寿命商品组成,如军事领域的飞机或飞机部件、商业领域的复印机和运输设备等,其目标是提供最有效的存储数量和最大化服务水平^[40]。在修理库存系统中,产品一旦失效,马上用新产品替换,产品需求与旧产品返回完全相关,即有一个缺陷产品产生就会引发对一个完好产品的需求,并假定有缺陷的产品完全可修复。例如,修理库存系统应用相当广泛的经典 METRIC 模型,通常假定没有报废产生^[41]。因此,系统中产品数目恒定,不必通过制造或对外订购新品来满足顾客需求。在混合系统中,当期需求与产品返回的关联性不大,主要表现为返回品对以前需求的依赖,因为产品使用与产品返回之间存在一定时间延迟。因此,许多研究者认为,出于库存控制的目的,假定二者相互独立,并且有些旧产品出于质量或经济考虑不能够翻新而被处置,这使得需要通过制造或对外订货来满足顾客的需求。从混合系统翻新的对象看,除了成本高、寿命长的资本品外,还包括一些成本低、寿命长的耐用消费品,如墨盒等。

2. 两个供应商库存系统与混合系统

两个供应商库存系统要解决的是采购成本与提前期的平衡问题。一般而言,这个系统包含了一个慢而廉价的供应商和一个快而昂贵的供应商。这种情形在单周期订货中应用比较普遍,通过两个供应商可以实现两阶段订货的合理搭配,以使订货总成本最低^[42,43]。但在混合系统中,因可翻新品的有限可得性,单纯利用旧产品翻新无法满足顾客的全部需求,需要利用制造或订货来补充,这里引入制造或订货不是为了缩短提前期,而是为了满足顾客需求,而且混合系统中较便宜的渠道翻新通常也是较快的供应源。

3. 备件库存系统与混合系统

备件库存系统的经典假设包括:①新产品的需求是由产品失效而引起的,隐含了需求与回收之间完全相关;②系统中备件的数量保持不变。尽管修理库存与备件库存都服务同一目的,即在产品失效时提供完好产品的可得性,其目标也是实现库存成本和服务水平之间的平衡^[44]。但备件问题通常不考虑产品回流或产品修理问题。在混合系统中,产品需求与旧产品返回不完全相关,而且系统中服务性产品库存水平或可翻新品库存水平均随时间而变化。对于从顾客处返回的旧产品,首先考虑对其进行翻新,对无法用于翻新的才考虑对其进行处置。