

MEITAN QIYE
WUZI CAIGOU
YU PEISONG CELUE

煤炭企业



物资采购 配送策略

郭修甫 翁克瑞
诸克军 郭海湘

● 编著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

开业务费专项资金资助项目

煤炭企业物资采购与 配送策略

郭修甫 翁克瑞 诸克军 郭海湘 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

煤炭企业物资采购与配送策略/郭修甫,翁克瑞,诸克军,郭海湘编著. —武汉:中国地质大学出版社,2010.5

ISBN 978-7-5625-2463-2

I. ①煤…

II. ①郭…②翁…③诸…④郭…

III. ①煤炭工业-工业企业-采购-研究②煤炭工业-工业企业-物流-物资管理-研究

IV. ①F407.216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 016814 号

煤炭企业物资采购与配送策略

郭修甫 翁克瑞 编著
诸克军 郭海湘

责任编辑:赵颖弘

技术编辑:阮一飞

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511 传真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本:850 毫米×1 168 毫米 1/32

字数:130 千字 印张:5

版次:2010 年 5 月第 1 版

印次:2010 年 5 月第 1 次印刷

印刷:武汉中科兴业印务有限公司

印刷:1—500 册

ISBN 978-7-5625-2463-2

定价:25.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

随着我国煤炭工业的整合与规模化生产,煤炭工业的物资管理日益重要。为提高生产效率,煤炭企业需要科学地考虑物资采购、库存控制、物流配送的优化。然而,面对煤矿物资需求的不确定性、物资种类的复杂性,传统的推式策略与拉式策略在煤炭企业的物资采购与库存控制过程中,难以做到“降低成本、满足生产”的目标。推式策略需要精确的预测与先进的配送整合技术;拉式策略同样需要较短的采购提前期与先进的管理手段。而我国众多煤炭工业仍然存在管理效率低、采购提前期长、需求预测偏差大,甚至许多部门为了避免缺货责任,人为地夸大物资需求,导致库存积压增多,生产成本放大。为了解决这一矛盾,笔者围绕煤炭企业的物资管理,设计了推拉结合式采购策略,该策略以推式为主,根据终端用户的需求计划制定最初的采购与库存计划,随着实际发生的需求偏差,逐步调整采购与库存数量,实现推式与拉式相结合的供应链管理模式。该模式充分地挖掘了传统策略的优势,而尽量避免了它们的弊端。本书为不同特征的3类物资,分别设计了3种不同的推拉结合式采购策

略。郑州煤炭工业(集团)有限责任公司(以下简称为郑煤集团)的实证研究表明,该策略在保证满足生产需要的同时,多数物资可以实现降低 50% 的库存水平。因此,这一研究结论具有重要的理论意义与明显的现实意义。

此外,煤炭企业的生产点分布较广,如何将物资低廉、快速地运到子矿,是另一个重要的研究课题。为解决这一问题,本书研究了煤炭企业物资配送的闭合式与开放式车辆路径问题,设计了多种启发式智能算法,并以郑煤集团为实例进行了算法测试,取得了令人满意的效果。

本书内容安排如下:首先绪论部分介绍了煤矿物资管理的特点,说明了本书的选题背景动机,归纳研究了现实与理论意义;第二章介绍了多重指标下物资模糊分类算法及煤矿物资分类指标选取内容。以此为理论基础,说明郑煤集团煤矿物资分类的计算过程;第三章研究了最大安全库存的推拉结合式采购策略,建立了推式采购批量模型,然后对尽量不缺货的物资设计采购修正算法,最后将问题应用于郑煤集团一类重要物资的采购与库存控制;第四章研究了固定安全库存推拉结合式采购策略;第五章研究了可变安全库存的推拉结合式采购策略,将缺货的物资引入缺货成本,设计推式采购批量模型,然后对该物资设计采购修正算法,最后将问题应用于郑煤集团三类物资的采购与库存控制,并比较了该策略与其他

策略的不同效果;第六章研究了煤矿物资由中央仓库到地方仓库的闭合式车辆路径优化;第七章研究了煤矿物资由中央仓库到地方仓库的开放式车辆路径优化;最后,对全书内容及研究结论进行了总结,并对书中有待进一步深入研究的地方提出日后研究的方向和展望。

本书是在中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“面向资源管理的系统工程理论与方法”,以及郑煤集团资助项目“郑煤集团公司供应物流系统工程研究”的基础上完成的。感谢郑州煤电物资供销有限公司计划科、企管科、总库的领导,在本书的撰写过程中,他们自始至终参加了项目的研究工作,并对本成果提出了宝贵意见。尤其感谢郑煤集团领导宋广太同志的支持和建议。感谢中国地质大学经济管理学院的李兰兰、杜鹃、杨娟、王倩、田芬、王祥等同学的帮助和建议。感谢中国地质大学出版社的支持,使本书得以按时出版。

本书的读者范围包括从事煤炭行业的相关管理者、企业家,从事物流与供应链管理职业的管理者,以及这类专业的大学本科生、研究生。由于笔者水平有限,书中内容难免有不完善之处,恳请同仁不吝赐教。

笔者

2010年3月

目 录

第一章 绪论

§ 1.1 研究背景、目的和意义	1
§ 1.2 国内外研究现状	3
§ 1.3 研究目标、研究路线和研究内容	15
§ 1.4 本书主要创新点	18
§ 1.5 本书总体结构	19

第二章 煤矿物资分类研究

§ 2.1 问题背景	21
§ 2.2 物资分类方法	22
§ 2.3 郑煤集团煤矿物资分类	28

第三章 最大安全库存的推拉结合式采购策略

§ 3.1 问题背景	41
§ 3.2 采购模型与修正算法	43
§ 3.3 郑煤集团煤矿一类物资采购计算实例	45

第四章 固定安全库存的推拉结合式采购策略

	57
§ 4.1 问题背景	57
§ 4.2 采购模型与修正算法	58
§ 4.3 郑煤集团煤矿二类物资采购计算实例	59

第五章 可变安全库存的推拉结合式采购策略

	81
§ 5.1 问题背景	81
§ 5.2 采购模型与修正算法	82
§ 5.3 郑煤集团煤矿三类物资采购计算实例	83

第六章 煤矿物资配送的闭合式车辆路径优化

	95
§ 6.1 问题背景	95
§ 6.2 闭合式 VRP 模型	99
§ 6.3 求解闭合式 VRP 的算法	101
§ 6.4 郑煤集团物资配送的闭合式车辆路径优化	119

第七章 煤矿物资配送的开放式车辆路径优化

	124
§ 7.1 问题背景	124
§ 7.2 开放式 VRP 模型	126

§ 7.3	遗传算法求解	128
§ 7.4	郑煤集团物资配送的闭合式车辆路径优化	133
 第八章 总结与展望		
		138
§ 8.1	主要结论	138
§ 8.2	研究展望	140
参考文献		142

第一章 绪论

§ 1.1 研究背景、目的和意义

对现代企业来说,如何以最小的库存灵活地满足生产需要,是竞争取胜的必要条件,也是供应管理的目标。为实现这一目标,美国与日本的企业开创了两条不同的道路。一是以 IBM(国际商业机器公司)为代表的推式供应链管理系统,该系统以需求预测为基础,通过 MRP(物料需求计划)计算零部件及中间产品的需求,并制定最优的采购、生产、库存计划。二是以丰田为代表的拉式供应链管理系统,该模式受实际需求而非预测驱动,按订单制定生产与采购计划,根据与用户的信息交换,按照最终用户的需求实现定制化服务。推式系统的优点在于通过计划充分制造运输、采购的规模效益,由于存在预测偏差,往往需要保持较大的安全库存;拉式系统的优点在于降低库存,如通过看板管理、VMI(供应商管理库存)实现或接近零库存,但操作难度大,且无法充分发挥采购与运输的规模效益。

然而,对大型煤炭企业来说,这两种供应链管理系统都不能达到“降低成本、满足生产”的目标。这是因为煤炭企业的供应链管理存在两个特征。一是需求不可预测性。受地质条件的影响,远离采掘工作面的供应链管理无法预计某一台挖掘机的电机何时需要更换;在地质条件未查清前,更无法预计下一段坑道需要何种型号的支护材料。这就意味着推式系统的预测机制不能发生作用,导致计划偏离最优状态。二是物资种类的多样性。如

郑州煤炭工业(集团)有限责任公司(以下简称为郑煤集团)涉及 53 349 种不同型号、名称、种类的物资。如此多的物资,小到螺丝钉,大到提升井筒,若全部进行拉式补货,则操作起来难度过大,同时,单一的 VMI 管理模式则无法充分发挥运输、采购的规模效益,导致采购价格较高。

在这个背景下,笔者希望建立一种推拉结合式采购策略。该策略以推式为主,根据终端用户的需求计划制定最初的采购与库存计划,随着实际需求的发生,逐步调整采购与库存计划,实现推式与拉式相结合的供应管理模式。这一系统的关键是围绕实际需求与计划需求的偏差,逐步调整安全库存。围绕这一研究目标,在本书中将分别对最大安全库存的推拉结合式采购策略、固定安全库存的推拉结合式采购策略、可变安全库存的推拉结合式采购策略进行系统研究。

煤炭企业的供应链系统除了物资采购这个部分,另外一个重要的内容就是物资配送(即如何把采购回来的物资及时、方便、安全和低成本地配送给使用者)。与其他系统相比,煤矿物流系统信息具有特殊性。首先,煤矿物流是一个大范围的活动,信息源点多,信息量大;其次,煤矿物流信息动态性强,信息的价值衰减很快;最后,煤矿物流信息种类很多,不仅局限于煤矿物流系统本身,而且和其他系统也密切相关。正因如此,煤矿物流信息系统必须借助于现代科学技术,特别是计算机技术、信息技术以及网络技术等,实现对信息的收集、加工和应用。煤矿物流信息系统应该包括:供应链上相关企业的供应库存、配送、煤矿仓储、运输、销售等主要功能模块和基础数据维护、综合信息查询、财务管理,以及系统维护等辅助功能模块,从而才能实现物流、资金流、数据流和信息流的统一。物资配送是物流活动中直接与消费者(各子矿)相连的环节。煤炭企业不像其他工业企业,物流节点、物流方式一般是固定不变的。而在煤炭企业中,采掘工作面及施工现场

是随着采掘的推进和施工的进展而不断发生着变化。另外,矿井地理条件、岩石状况的千变万化,也导致了物流的多样化。物流节点、搬运工具、运输方式等都会随着采掘现场、生产方式以及自然条件的变化而变化。在物流的各项成本中,配送成本占了相当高的比例。配送线路安排的合理与否(是否选取恰当的车辆路径)对配送速度、成本、效益影响很大,特别是多用户配送线路的确定更为复杂。采用科学、合理的方法来进行配送线路优化,是物资配送中非常重要的一项活动。在计算机高度发展的今天,如何优化计算机物流的配送过程,并最终给出最简洁、最高效的配送方案,是本书的另一部分,即从郑煤集团现状入手,分析郑煤集团物资供应有限公司配送中心的基本管理情况,把智能算法引入到该公司物资配送路径优化的问题上。

上述研究成果对煤炭物资采购与配送具有较好的学术参考价值,相应算法对物流系统的开发也有很好的应用价值。

§ 1.2 国内外研究现状

1.2.1 采购与库存控制研究

20 世纪 90 年代以来,由于科学技术的进步和经济的全球化、企业形态的变化、客户需求的个性化和信息技术的发展,企业所面临的外部环境压力越来越大,企业所面临的不确定性(市场、政策、消费者需求、竞争等)越来越高。因此,如何管理与控制企业之间的信息流,降低库存,加速物流及资金流的流通,提高企业生产及产品流通的效率,成为迫切需要解决的问题。市场需求的不确定及随时间变化给企业的生产和库存决策造成阻碍,需要针对这样的问题制定相应的库存控制策略。

库存控制问题的研究最早可以追溯到 19 世纪末研究的银行

保持多少流通现金的问题。1915年, Harris 将这种思想应用于一般的物资库存问题, 建立了经典的经济订货量(Economic Order Quantity, 简称 EOQ)公式, 很快便引起了运筹学研究者以及库存管理工作者的广泛关注, 但库存控制真正作为一门理论发展起来, 还是 20 世纪 50 年代以后, 1953 年 Whitin 的题为《Theory of Inventory Management》(《库存管理的理论》)一书标志着库存控制理论研究的开始。几十年来, 经过许多研究者的大量理论与实验分析, 库存控制理论研究取得了较大的进展, 概括起来, 这些进展主要表现在以下几个方面。

(一)按需求性质的不同, 主要分为平稳需求和非平稳需求的研究

需求对库存系统来说是一种外生变量, 可划分为平稳需求和非平稳需求。平稳需求又可分为常数需求和时变需求等, 非平稳需求即随机需求又可分为线性分布、指数分布、正态分布、泊松分布以及任意分布等。

1) 平稳需求: 常数需求和时变需求

(1) 常数需求研究。最经典的是 Harris 所建立的经济订货批量模型, 模型假设: 经营单一物品; 需求率连续均匀且为常数; 订货提前期已知且为常数; 不允许缺货(缺货成本无穷大); 瞬时补充(补充率无穷大), 全部订货一次交付; 采购、运输均无价格折扣; 每次订货量、订购成本、单位保管成本均不变。通过求解得到最佳订购周期 T 、最佳订购批量 Q 和最佳单位时间总成本 TC 。

(2) 时变需求研究。郑惠莉提出了一种需求率随时间指数增长和采购价格随时间指数下降的 EOQ 库存模型, 计划销售期 H 内总库存成本目标函数 $TC(n, k)$ 为: $TC(n, k) = \text{采购成本} + \text{保管成本} + \text{缺货成本}$ 。该文章证明了该模型的总库存成本目标函数在给定条件下为服务水平的凸函数, 给出了寻找最优采购次数及服务水平的算法, 并进行了数值仿真和灵敏度分析。

2) 非平稳需求即随机需求

这类问题研究一般是基于需求不确定或者没有明确的需求函数,在这类问题中需求往往服从或者近似服从某种随机分布,甚至有时候根本找不到分布规律,所以增加了建模分析的难度和复杂程度。其中具有代表性的就是报童问题及其扩展模型的研究。Berman 和 Perry 研究了需求率是库存水平指数随机函数 $[r(x)=\alpha x^\beta, \alpha>0, \beta \text{ 为任意实数}]$ 的库存模型,对模型最优解进行了讨论,并给出了数值算例和灵敏度分析。Strijbosch 和 Moors 提出了一种连续性检查条件下需求服从正态分布,安全库存和服务水平均为时变的存贮模型。Dominey 和 Hill 建立了一种以单个顾客需求为独立随机变量,整体需求近似服从复合泊松分布的单周期库存模型。Moon 和 Gallego 运用最小化最大值法,解决了在连续性和周期性检查条件下,需求服从任意分布(均值和方差已知,分布函数未知)的报童问题。刘还恩讨论了随机需求和随机提前期的库存控制模型,并用仿真的方法拟合出需求和提前期的概率分布,从而用仿真对模型中的参数进行优化。

(二) 多级库存控制研究

国外供应链库存控制的研究,始于对多阶段库存的研究,Clark 和 Scarf 在 1960 年对多阶段的库存控制问题进行了研究,他们提出“级库存”这个概念:供应链的级库存=某一库存节点现有库存+转移到或正在转移给其后续节点的库存。这样在检查库存状态时不但要检查本库存点的库存数据,而且要检查其下游需求方的库存数据。级库存策略的库存决策是基于完全对其下游企业的库存状态掌握的基础上的库存决策,是一种中心化策略,它避免了需求信息的扭曲现象。

瞿建军和高建民等对多级联合库存系统建立了数学模型,并采用一种变适应度函数的遗传算法进行求解,通过算法寻优,最终获得模型的满意解。其算法对库存级数有很好的伸缩性,库存

级数的增加不会导致算法的复杂度增加。试验结果证明了用该方法求解多级库存优化问题的可行性。

周曙光和田征以多级仓库的串行系统为例,通过对允许缺货、瞬时补充情况下多级库存的分析,找到使多级库存中的各级库存订购批量、最高存储数量的最优值。

王瑛和孙林岩基于核心制造企业的多级库存控制系统,提出了采用合作需求预测确定订购临界点,并建立了由供应网络、核心企业、分销网络组成的多级库存系统优化模型。该模型在满足供应链上各节点企业订单执行率的条件下,通过确定最佳订购批量,有效地控制库存量,实现供应链的总库存成本最小化。

曹桂林、孙见荆和吴磊研究了基于核心企业的三级库存优化控制问题。假设一种生产成品由多种原材料制成,市场需求在一定条件范围内与产品价格呈线性关系,综合考虑各级的订购费、存贮费、缺货损失费,并适当考虑批量运输费用,以总费用最低为目标,建立三级库存优化模型来确定最佳订购时点和最优订货批量,并用穷举法来调整价格,让需求在适当范围内变动,找出最佳价格条件下的需求量,使供应链上总的库存费用最低、利润最高。

(三)供应链环境下的库存控制研究

供应链的概念出现之后,供应链库存控制一直是国外学者研究的重点。著名的供应链库存控制专家、斯坦福大学教授 Lee Hau 在 1992 年提出了供应链库存控制所面临的 14 种问题,并于 1997 年对牛鞭效应的表现、来源、解决方式进行了研究。

基于供应链的库存控制不是简单的需求预测与补给,而是要通过库存控制获得用户服务与利润的优化,同时降低库存成本,进而达到减少整个供应链的运行成本。库存控制的重点是作为平衡有限的生产能力和适应用户需求变化的缓冲手段,通过各种协调手段,寻求把产品迅速、可靠地送到用户手中,并达到所需库存费用与生产、库存管理费用之间的平衡,确定最佳的库存投资

额,使供应链上的节点企业分担不同的职能,使相关企业成为一个不可分割的整体。一条供应链往往包括多级供应商和经销商以及用户,所以供应链环境下的库存控制研究大都是多级库存研究的问题,这也是目前国内外学者研究供应链库存问题的热点。库存管理的目标是实现供应链企业的无缝连接,以消除供应链企业高库存现象。要消除供应链企业之间高库存的状态,国外很多学者开始研究采用现代的库存管理方法:供应商管理库存(Vendor Managed Inventory,简称 VMI),联合管理库存(Jointly Managed Inventory,简称 JMI),协同计划、预测与补给(Collaboration Planning, Forecasting and Replenishment,简称 CPFR)。VMI 是一种在用户和供应商之间的合作性策略,对双方来说都是最低的成本优化产品的可获性,在达成共识的目标框架下由供应商来管理库存,这样的目标框架被经常性监督和修正,以产生连续改进的环境。JMI 是一种供应链集成化运作的决策代理模式,在共享库存信息的基础上,以消费者为中心,共同制定统一的产品生产计划与销售计划,将计划下达到各制造单元和销售单元执行。CPFR 是一种面向企业之间的合作业务流程模型,通过一系列合作伙伴认同的业务流程,制定共同的销售和运作计划,并通过网络的交流与沟通合作修改销售计划和补给计划,提高计划的前瞻性和准确性。

马国忠、肖燕研究了供应链管理环境下新的库存策略,建立了基于 VMI 的有初始库存、允许库存短缺、缺货需补充、补充具有延时的供应链利润模型,并对该模型进行了供应链总的库存相关成本及供应商的库存相关成本分析。

王槐林、杨敏才、张晓凤、张向阳通过分析 VMI 和 JMI 在概念原理上的本质差异,讨论了 VMI 在管理思想、决策方式、预测体系、补货模式、延迟策略方面的优越性和先进性。在此基础上,详细描述了 VMI 工作流程中的 8 个关键环节,并结合实际指出

实施 VMI 的步骤和注意事项,最后总结了 VMI 在实践中给供应商、零售商以及供应链整体带来的收益和竞争优势。

李玉良、邵新宇、李培根、高亮在简要分析了以前的供应链库存管理技术的基础上,详细介绍了 CPFR 模型及其步骤流程图,并结合一个案例阐述了 CPFR 能有效地处理合作伙伴间的预测异常的特点,最后介绍了 CPFR 的研究现状,并指出 CPFR 是今后库存管理技术发展的方向。

1.2.2 物资配送研究

物资配送包括配送设施的选址问题(配送中心选址和配送节点选址)和配送路径优化的问题。在本书中所关注的是物资配送路径优化的问题。物资配送路径优化问题又可以称为车辆路径问题(Vehicle Routing Problem,简称 VRP),一般可描述如下:对一系列给定的客户(送货点或取货点),确定适当的配送车辆行驶路线,使从配送中心出发的车辆以一定秩序访问客户,最后返回配送中心,并满足一定约束条件(如车辆载重量、客户需求量、时间窗等),使总运输成本达到最小(或车辆数最少,车辆行驶路程最短,配送时间最短等)。

自 20 世纪 50 年代末以来,VRP 的求解算法经过了 3 个层次的飞跃。在 20 世纪 60 年代的古典 VRP 研究阶段,各种形式的节省算法是求解 VRP 的主流,这类算法虽然求解速度快,但往往只对小规模的 VRP 有效,而且求解精度不高;随着 20 世纪 70、80 年代数学规划和网络分析的发展,人们提出了各式各样的基于数学规划的算法,这类算法对小规模 VRP 可以求出精确解,但对于大规模 VRP 往往无能为力;从 20 世纪 80 年代后期至今,各种智能算法站到了求解 VRP 的最前沿。回顾整个 VRP 求解算法的历程,可将其归纳为如下几类算法。

(1)精确算法。主要有分支定界法、动态规划方法等。精确