

文章编号:1673-5005(2008)06-0161-04

一种新的基于供应商管理库存的成品油物流配送模型

李庆元, 李苏剑

(北京科技大学 机械工程学院, 北京 100083)

摘要:基于供应商管理库存(VMI)理论,提出了一种新的 VMI 模式下成品油物流配送模型。模型包括安全库存的动态管理模型、需求预测模型、基于路网的车辆配装模型和车辆路径问题(VRP)模型。给出了基于 VMI 的库存补给和安全库存动态管理的一体化解决方案,并将组合预测方法应用于成品油配送预测。应用结果表明,对于较大规模配送中心的配送活动,新模型优化结果良好。

关键词:物流配送模型;成品油;供应商管理库存

中图分类号: F 272; TP 301.6 **文献标识码:** A

A novel logistic distribution model of refined oil based on vendor managed inventory

LI Qing-yuan, LI Su-jian

(College of Mechanical Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the theory of vendor managed inventory(VMI), a novel logistic distribution model of refined oil was proposed. The model includes dynamic management model of safety stock, distribution forecast model, vehicle matching problem(VMP) model based on road-net, and vehicle routing problem(VRP) model. An overall solution for both safety stock and ordinary inventory was given, and the combined forecast method was applied in the forecast of distribution systems of refined oil. The application results show that those models can work well together when the scale of the distribution center is relatively big.

Key words: logistic distribution model; refined oil; vendor managed inventory(VMI)

随着我国成品油消费的持续增长,成品油消费市场逐渐扩大,成品油配送网络逐渐形成。但是,目前的成品油配送沿袭以往的成品油配送的落后手段,远远不能满足市场的需要^[1],因此需要系统地研究成品油配送的一系列理论和技术问题,建立相应的成品油配送的物流信息系统。建立成品油配送物流信息系统的关键在于系统所依据的物流配送模式。前人对成品油配送的研究往往局限于运输本身^[2,3],对成品油配送信息系统的研究还是全新的课题。笔者提出一种供应商管理库存(VMI)模式^[4,6]下成品油物流配送信息系统关键模型。

1 VMI 模式下成品油配送关键模型

1.1 安全库存的动态管理模型

采用通过需求预测趋势后验的方式来管理安全库存的方法,对安全库存和库存进行了统一、动态的有效管理。

VMI 模式下安全库存的动态管理模型为

$$S(\Omega) = \mu_{\Omega} + F^{-1}(\lambda)\sigma_{\Omega} \quad (1)$$

其中

$$F(x) = P(\xi < x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz,$$

收稿日期:2008-10-09

基金项目:山东省自然科学基金项目(Y2005H10)

作者简介:李庆元(1962-),男(汉族),山东肥城人,博士研究生,研究方向为应用数学、物流系统工程。

$$\begin{aligned}\mu_n &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_i, \\ \sigma_n &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\delta_i - \mu)^2}, \\ \delta_i &= |f_i - d_i|, \delta_i \sim N(\mu, \sigma^2), \\ \Omega &= \Omega_f \times \Omega_d, f_i \in \Omega_f, d_i \in \Omega_d.\end{aligned}$$

式中, λ 为所要求的库存管理精确标准; δ_i 为随机变量; Ω_f 为过去 N 天的预测数据集; Ω_d 为过去 N 天的实际需求数据集。

式(1) 即应设立的本期(在本期数据集 Ω 的基础之上的) 安全库存的设定值标准, 此函数是所依赖数据集 Ω 的函数。数据集随补货周期每期都是更新的, 因此体现出安全库存 VMI 模式下的动态管理特征。

VMI 模式下的库存整体解决方案如图 1 所示。

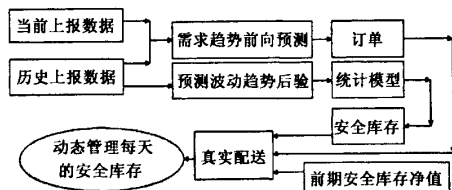


图1 VMI 模式下的库存整体解决方案

Fig.1 Overall solution for stock based on VMI

1.2 需求预测模型

由于成品油销售趋势经常会发生变化, 而不是一成不变地服从某一种趋势曲线, 为了能更精确地预测出需求结果, 采用组合预测的方法对成品油销售进行科学的预测^[7]。

设对于某单一储油罐未来日销售量的预测, 有 n 种预测方法(或模型) $\hat{y}_1(t), \hat{y}_2(t), \dots, \hat{y}_n(t)$, 并假设: $y(t)$ 为第 $t(t=1, 2, \dots, N)$ 期的实际观察值, $\hat{y}_i(t)$ 为第 i 个预测模型预测的第 t 期的值, $w_i(t)$ 为第 i 个预测模型第 t 期的加权值, 且满足 $\sum_{i=1}^n w_i(t) = 1, w_i(t) \geq 0, i=1, 2, \dots, n$, 则变权组合预测模型预测的第 t 期的值为

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^n w_i(t) \hat{y}_i(t). \quad (2)$$

第 i 个预测模型预测的第 t 期的误差值为

$$e_i(t) = y_i(t) - \hat{y}_i(t). \quad (3)$$

其中权系数的分配公式为

$$w_i(t) = \left(1 / \sum_{i=1}^N e_i^2(t)\right) / \left[\sum_{i=1}^n \left(1 / \sum_{i=1}^N e_i^2(t)\right)\right]. \quad (4)$$

式中, N 为用于计算的观测周期。

1.3 车辆配装问题模型

成品油配送具有多油源、多车场、多油品、多舱车运输、时间窗约束等特点, 因此其配送是一个多对多的复杂问题, 而首当其冲的就是车辆配装问题(vehicle matching problem, VMP)。

配装需要考虑的综合因素众多^[8]。配装流程的前端与预测订单相联系, 后端与对应的车辆路径问题紧密联系, 还要综合考虑运力的平滑使用。

(1) 首先规划路网。根据配送规划设置人工路网, 按照重要性划分若干一级加油站, 以一级加油站为中心按照重要性和距离远近划分二级加油站, 同理划分三级加油站, 至多到三级。

(2) 按照人工路网对订单做收池处理。收池原则是, 级别高的加油站(一级站) 优先于级别较低(二级、三级) 的加油站; 较远加油站优先较近加油站; 站内优先站外; 车型使用原则为按舱数由多到少、载重量由大到小的顺序使用, 其目的是保持一线多配; 长线先配; 重载先配。减少重载里程成为配送的优先目标。

(3) 对于每种车型每个舱的收池原则是:

$$\textcircled{1} V_{ik}(1 - \varepsilon) \leq S_j \leq V_{ik}.$$

式中, V_{ik} 为第 i 种车型的第 k 仓的容量; S_j 为预测需求; ε 为调整参数。

② 被收的每个任务处在同一路径中。

(4) 收池的不同仓配送任务队列与同车型多舱车队列匹配。

(5) 任务数与隔仓不匹配时的均衡处理。

1.4 车辆路径问题模型

在配装基础上需要进行进一步的优化, 优化工作分为线路内优化和线路间优化两部分。

1.4.1 线路内优化

利用旅行商问题(traveling salesman problem, TSP) 最小生成空间理论和算法进行线路内优化^[9-10]。只要线路超过 3 个加油站就需要进行线路内的路径优化。

由于线路内优化只牵涉到路径优化, 故该问题与完全 TSP 问题类似。对 TSP 问题进行了较充分的研究, 得到如下结果:

① 每一个 TSP 问题对应一个最小环路搜索空间的生成树, 如图 2(图中, 数字代表节点) 所示。

树的底层即是所有可能的 TSP 环路。底层所有环路的集合被定义为最小环路搜索空间。是 TSP 问题线路表达的最小集合。比如四点 TSP 问题采用的最小环路搜索空间为

$$R_{123}(G) = \{4123, 1423, 1243\},$$

只有 3 条候选环路。如果用普通排列表达环路会有 24 个环路,故可以快速搜索最优路径。

② 因为车本身容量空间有限,目前成品油配送线路内节点的数目都不多,用以上方法配合对应的快速搜索方法,完全可以满足线路内优化的要求。

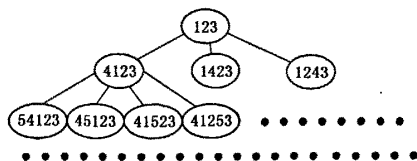


图 2 最小环路搜索空间生成树

Fig. 2 Tree of the least route searching space

1.4.2 线路间优化

根据成品油配送车辆优化调度问题的特点,采用禁忌搜索法进行线路间的优化^[11-12],对禁忌搜索算法的邻域函数、移步、禁忌对象、禁忌表、禁忌长度、藐视准则、终止准则等 7 个方面进行了特殊设计,将优化调度目标和约束规则灵活地内建在了算法里,同时从算法效率的角度,作了一定的优化。

① 邻域函数。在成品油配送中,调度解的可行邻域获得比较困难,不能够通过随机算法,或者简单的 k-opt 算法直接获得。基于初始解生成算法的启发规则,采用改进的 2-opt* 算法进行调度解邻域的生成。

② 移步。算法的移步操作根据候选集中可行移步的具体情况而定。如果最佳移步不在禁忌表中,则直接进行可行的移步交换,否则,判断其是否符合藐视准则,符合则进行移步,否则选择下一个可行的移步进行操作。移步之后,要判断当前解的状态是否较最优解有改进,进行相应的更新操作或未改进次数累加操作。

③ 禁忌对象。采用对解的简单变化(交换订单对)进行禁忌,这样既方便扩大搜索范围(可行域较小),也可以对算法本身既定搜索次序带来的解回跳现象进行禁忌。

④ 禁忌长度。由于禁忌搜索算法按照站点队列顺序进行,调度解可能在近邻站点间出现目标值回跳,即订单互换可能发生在同一对订单间,为此,禁忌长度设计为动态设定,根据站点队列中两站点间的距离(序差)指定禁忌长度。

⑤ 禁忌表。对应动态的禁忌长度,禁忌表的长度对应也设计为动态,以适应禁忌对象存储维护需求。对禁忌表的程序实现进行优化,加快禁忌表更新

维护速度。

⑥ 藐视准则。对于禁忌表中的禁忌对象,根据乐观原则,如果移步增量优于其被禁忌时的增量或者增量本身为负值,则此禁忌被解禁。

⑦ 终止准则。根据成品油配送的特殊要求,设计两个终止条件:a. 站点队列遍历次数达到指定数目,则算法终止;b. 站点队列遍历搜索过程中,连续改进失败次数达到指定数目,则算法跳出。算法在第一个条件下终止,调度解可能存在继续改进的空间;在第二个条件下跳出,说明调度解可能已经收敛。

2 模型应用

测试模拟一个区域配送中心的成品油调度,主要测试数据为:最短计划周期为 1 d,3 个油库,总计 200 个加油站(1 号、2 号油库各服务 50 个加油站,3 号油库服务 100 个加油站),每个加油站有 7 个油罐,8 种油品(每个加油站油品不超过 7 个),12 种(包括单舱车(舱容:15 t),2 舱车(舱容:10,15 t)和 3 舱车(舱容:10,15,20 t))总计 70 部槽车(1 号油库 7 部车,2 号油库 18 部车,3 号油库 45 部车),30 d 的历史数据(包括库存和销售数据),加油站和油库皆有发油卸油时间窗限制,已知路网信息,配送中心对属下加油站的服务精准标准设定为 0.85,上报数据的合理性阈值设为 25%,装卸油流率 1 t/min,每车可用车时为[6:00,24:00]。

表 1 中给出了以模式区分的高度优化参数默认取值,表 2 中给出了以问题规模区分的算法参数的建议值。运行的结果显示:

(1) 调度能力提高,调度周期缩短,以往人工调度均无法实现对如此规模的配送活动每天进行配送调度的安排。

(2) 与手工调度能力类似的小规模的调度活动(油库的管理幅度为 10 个加油站左右)的调度时间包括手工干预的时间比现有调度方式缩短近 2 h,但是优化活动在在线路安排质量和车时利用上的改善不是很明显。

(3) 加油站的安全库存量降低了 27%,与以往采用罐容 10% 的安全库存设定值比较,一个 20 t 的油罐可以节约 0.5 t 的安全库存量。

(4) 配送效率提高,车场罐车的车时利用率提高了 26%。

(5) 总配送成本比优化前的初始调度结果降低了 18%。

(6) 配送优化效果明显,对比无路径优化的初

始解,其线路里程节约平均可以达到 18%,有时可以达到 30%。

试验同时也发现了若干问题:

(1) 由于油罐彼此不连通,现有加油站的管理体制是按油罐而非按油品组织配送,但是现实销售却是以油品而非油罐销售的,使得优化的结果只能反应销售量比较小且销售较均衡的情况,反之则不能完全体现出模型所具有的优化潜力。

表 1 以模式区分的调度优化参数默认取值
Table 1 Implied parameters of dispatching optimization according to the modes

参数名称	模式 1	模式 2	模式 3
调度灵活性参数 min_range	20	20	30
候选车辆长度参数 truck_length	5	6	10
接受概率参数 opt_rate	0.5	0.5	0.5
负载均衡参数 bal_falg	True	True	True
随机参数 random	随机	随机	随机
候选集参数 b_ox	2	2	3
禁忌长度参数	动态	动态	动态
最大循环次数参数 cycle_times	50	100	100
连续改进失败次数参数 fail_times	90	100	200

(2) 现有成品油配送的集约化程度仍然不高,

表 2 以问题规模区分的算法参数的建议值

Table 2 Propositional algorithm parameters according to the problem scale

配送计划 单数日 N_0	调度灵活 性参数	候选车辆 长度参数	接受概 率参数	负载均 衡参数	候选集 参数	最大循环 次数参数	连续改进失败 次数参数
$N_0 < 50$	12	3	0.3	视车辆负载是否有均衡需要而定	2	30	100
$50 \leq N_0 < 100$	12	5	0.3	视车辆负载是否有均衡需要而定	3	30	200
$100 \leq N_0 < 150$	12	10	0.5	视车辆负载是否有均衡需要而定	5	30	300

3 结束语

对成品油配送问题关键模型的研究在我国起步较晚,可借鉴的核心模块的模型不多。篇幅所限,比如 VMI 模式下成品油配送的油源平衡问题,用于预测的上报数据的质量控制问题等无法一一罗列。相关研究涉及物流学、组合优化、运筹学、概率统计、统计学、离散数学和计算数学等许多学科,未来这一领域的研究应该更加侧重于在更大范围内的优化活动,以期取得更好的经济效益。建议成品油配送企业未来在管理模式上统一把按罐配送改为按油品配送,扩大配送中心的配送规模,扩大优化范围,加强加油站提报数据软硬件建设,以提高配送活动的准确性。

以中石油华北销售公司某分公司为例,拥有 4 个配送中心、12 个配送分站、12 座油库、97 座加油站,销售量占整个地区成品油市场总量 2.07 Mt 的 44.4%。平均每个配送中心管理 3 座油库,但是每个配送中心仅服务 30 多个加油站,每个油库仅服务 8.3 个加油站。在此基础上人工调度相对能够满足现实需要,但是由于优化范围较窄,以此规模进行优化,效果更多地体现在安全库存和车时利用的节约上。

(3) 调度工作得以滚动进行的前提是系统可以获得前一日销售库存信息,而预测的精度主要来自于销售库存数据提报的准确性。目前有些加油站在提报库存时因为没有液位仪等准确的计量装置而无法精确提报库存数据,但由于销售终端的广泛采用,销售数据的来源误差并不大。因此提报数据阈值参数建议保持在 20% ~ 30%。阈值太小需要经常化的人工干预,对于系统运行速度会有较大的影响;阈值太大则精度无法保证,从而影响调度的准确性。

参考文献:

- [1] 马志光,姚飞.我国石油石化企业物流发展研究[J].石油大学学报:社会科学版,2004,20(1):7-11.
MA Zhi-guang, YAO Fei. The research on the logistic development of Chinese petroleum and petrochemistry enterprise [J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Social Sciences), 2004, 20(1): 7-11.
- [2] 钟祎勋.基于 SCM 的成品油配送调度优化的研究与应用[D].武汉:武汉大学动力与机械学院,2004.
- [3] 宋洁蔚,荣冈.成品油配送中时间窗的确定和运输安排[J].系统工程理论与实践,2003,23(4):63-69.
SONG Jie-wei, RONG Gang. Time window confirmation and transportation arrangement of oil distribution[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2003, 23(4): 63-69.

(下转第 173 页)

- [5] COSTANTINI M. A phase unwrapping method based on network programming: Proc Fringe'96 Workshop, Zurich, Switzerland 30 September-2 October, 1996 [C]. Paris: European Space Agency, c1997:261-272.
- [6] GHIGLIA D C, ROMERO L A. Direct phase estimation from phase difference using fast elliptic partial differential equation solvers[J]. Optic Letters, 1989, 14(20):1107-1109.
- [7] 朱勇建, 刘立人, 栾竹, 等. 相位解包裹算法中基于调制制度的新质量图[J]. 中国激光, 2006, 33(5):667-672. ZHU Yong-jian, LIU Li-ren, LUAN Zhu, et al. New quality map based on modulation for phase unwrapping algorithm[J]. Laser of China, 2006, 33(5):667-672.
- [8] 惠梅, 王东生, 李庆祥, 等. 基于离散泊松方程解的相位展开方法[J]. 光学学报, 2003, 23(10):1245-1249. HUI Mei, WANG Dong-sheng, LI Qing-xiang, et al. Phase unwrapping method based on the solution of discrete poisson equation[J]. Acta Opt Sinica, 2003, 23(10):1245-1249.
- [9] GHIGLIA D C, ROMERO L A. Robust two-dimensional weighted and unweighted phase unwrapping that uses fast transforms and iterative methods[J]. Journal of the Optical Society of America A, 1994, 11(1):107-117.
- [10] 邹瑾. 数字全息技术在微结构形貌测试中的应用研究[D]. 天津: 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 2005.

(编辑 修荣荣)

(上接第164页)

- [4] HOLMSTROM Jian. Implementing vendor-managed-inventory the efficient way[J]. Production and Inventory Management Journal, 1998, 39(3):1-5.
- [5] DONG Y, XU K. A supply chain model of vendor managed inventory [J]. Transportation Research Part E, 2002, 38:75-95.
- [6] 牟德一, 陈秋双. 基于安全库存的二级库存系统的优化方法[J]. 系统工程, 2003(3):83-87. MOU De-yi, CHEN Qiu-shuang. An optimized method for bi-hierarchy inventory system based on safety stock [J]. Systems Engineering, 2003(3):83-87.
- [7] 曹长修, 王景, 唐小我. 一种模糊变权重组合预测方法——FVW法的研究[J]. 预测, 1996, 15(5):49-50. CAO Chang-xiu, WANG Jing, TANG Xiao-wo. Research on a fuzzy variable weight combination forecasting [J]. Forecasting, 1996, 15(5):49-50.
- [8] YOSSEI A. Planning models for the design of capacitated multi-stage production and distribution systems (semand, inventory, vendor managed inventory) [J]. Operation Research, 1998, 59(6):30-34.
- [9] 王凌. 智能优化算法及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001:62-78.
- [10] 姜大力, 杨西光, 杜文, 等. 车辆路径问题的遗传算法研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(6):40-45. JIANG Da-li, YANG Xi-guang, DU Wen, et al. A study on the genetic algorithm for vehicle routing problem [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 1999, 19(6):40-45.
- [11] 李军. 货运车辆优化调度理论与方法研究[D]. 成都: 西南交通大学经济管理学院, 2000.
- [12] 杨弋, 顾幸生. 物流配送车辆优化调度的综述[J]. 东南大学学报, 2003, 33(增刊):105-112. YANG Ye, GU Xing-sheng. A survey of logistics delivery vehicle scheduling [J]. Journal of Southeast University, 2003, 33(sup):105-112.

(编辑 修荣荣)

下期要目

- | | | | |
|--------|----------------------|--------|---|
| 于雯泉, 等 | 断陷盆地深层膏盐层系砂砾岩体细分层研究 | 狄勤丰, 等 | 疏水纳米 SiO ₂ 对微管道中流量特性的影响 |
| 周天伟, 等 | 渤海湾盆地南堡凹陷新生代断裂系统形成机制 | 李 伟, 等 | 热油管道防腐层大修期间热力参数的数值模拟 |
| 王大伟, 等 | 油田开发中声波阻抗界面反射系数变化规律 | 李方坡, 等 | 反应超音速火焰喷涂 TiC-TiB ₂ -Ni 涂层研究 |
| 宋洵成, 等 | 斜井岩屑运移临界环空流速力学模型 | 李术元, 等 | 含水条件下正己烷与硫酸镁化学还原反应体系的实验模拟 |
| 冯金德, 等 | 裂缝各向异性油藏渗流特征 | 郭爱军, 等 | 渣油组分的受热夺氢能力 |