

基于批量-时间原则的 VMI Hub 配送柔性

马士华, 洪生, 黄焜

(华中科技大学 管理学院 湖北 武汉 430074)

摘 要: 批量-时间原则是一种既考虑配送经济批量又考虑配送时间要求的配送原则, 基于此原则, 本文对 VMI Hub 运作模式下的配送柔性进行了研究, 引入加权配送松弛时间(Weighted Slack Time, WST)以度量配送柔性。验证了 VMI Hub 运作模式在原材料配送方面的优势: VMI Hub 运作模式具有配送上的集聚效应(Pooling Effect)和统一配送的特点, 可以有效解决多供应商配送存在交叉时间而使加权配送松弛时间减少的问题, 从而保证了稳定的配送松弛时间, 体现了良好的配送柔性。

关键词: 供应链; 配送柔性; 批量-时间原则; VMI Hub; 加权松弛时间

中图分类号: F224.31

文章标识码: A

文章编号: 1007-3221(2012)04-0103-09

VMI Hub's Delivery Flexibility Based on Quantity-Time Dispatching Policy

MA Shi-hua, HONG Sheng, HUANG Kun

(School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Quantity-time dispatching policy contains both time and quantity dimension. This paper analyzes the VMI Hub's operating model from the perspective of delivery flexibility based on this policy. Weighted Slack Time(WST) is introduced into delivery flexibilities' measurement. The paper reveals VMI Hub's strength on dispatching. VMI Hub's characteristic of Pooling Effect and uni-dispatching can avoid WST decrease caused by the un-matched multiple suppliers' delivery time. VMI Hub can always retain a good WST and a better delivery flexibility.

Key words: supply chain; delivery flexibility; quantity-time policy; VMI hub; weighted slack time

0 引言

VMI(Vendor Managed Inventory)作为供应链管理中的创新举措之一在企业管理实践中已经取得了很好的运作效果^[1~4]。在 VMI 的实践中,为提高其运营效率企业会集中多个分散的 VMI 个体(即‘分散 VMI 运作模式’)形成 VMI Hub 运作模式。VMI Hub 也被称为 Supplier Hub、Supply Hub 等,是指位于制造厂附近,用于储存所有或部分供应商原材料的物流配送中心^[2]。VMI Hub 将制造商与供应商的关系从原来的一对多关系,转变为了是一对一的关系,简化了业务流程,提高了供应链的协同性。

与本文相关的配送绩效方面的研究可见于文献[1]、[5]、[6]等。这些文章重点研究了 VMI 模式补货过程中库存水平与配送量控制问题。例如,文[1]基于时间配送原则^注和(0, S)的库存策略讨论了 VMI

收稿日期: 2010-10-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71072035)

作者简介: 马士华(1956-),男,天津人,教授,博士生导师,研究方向: 供应链物流管理,项目管理;洪生(1986-),男,安徽人,研究生,研究方向: 供应链物流管理;黄焜(1982-),男,湖北人,博士研究生,研究方向: 供应链物流管理。

注: 配送原则多分为三种: 批量原则,订单中累积的货物量达到理想数量时即安排车辆配送;时间原则,订单等待时间到达一定时间点时必须安排车辆进行配送;批量-时间原则,订单在允许等待的时间范围内,如果所在订单累积的货物量达到理想数量时就安排车辆进行配送,任何超过等待时间范围的订单都必须立刻安排车辆进行配送^{[1][6]}

库存管理的最优策略,包括最优配送时间及 S 值的确定。文[5]在文[1]的基础上,分别对批量配送原则、时间配送原则下 VMI 的配送与库存最优决策进行了比较分析。与这些文章不同,本文基于批量-时间的配送原则重点探讨 VMI Hub 模式下的配送柔性。

配送柔性体现了配送系统处理配送订单、有效满足客户变化配送需求的能力,尤其可以反映对紧急配送订单的处理能力,是反映配送绩效的重要考量。因此,配送柔性也得到了许多学者的关注与研究^[7-10]。

配送柔性既包含了时间维度,也包含了数量维度。简单地说,配送柔性可理解为安排订单配送的灵活程度^[7,8]。现有对于配送柔性的研究多停留在定义或者是将其作为考量之一加入到其它问题的研究中^[10-15],对于配送柔性本身的研究却相对较少,尚较大的理论研究空间。

Beamon^[7]是较早提出配送柔性的概念的学者之一,将其定义为处理紧急配送订单的能力,并且强调其在供应链绩效中的重要地位。也有学者将配送柔性作为供应链柔性或者运作柔性中的组成要素(如 Francis Fantasy 等^[8,9])。可见,配送柔性是企业运作绩效的重要衡量指标,具有实际的研究意义。

那么,VMI Hub 运作模式在配送方面的绩效究竟如何?企业如何构建自身的柔性配送平台?本文将特别引入加权松弛时间(Weighed Slack Time, WST)以度量 VMI Hub 模式的配送柔性,探究其具体表现及提升方法,为企业提升配送柔性提供理论依据。

1 问题描述与符号定义

为了便于研究,本文将比较分析传统的分散 VMI 运作模式与 VMI Hub 运作模式的配送表现。本文考虑 1 个制造商 2 个供应商的简单供应链结构,得到分散 VMI 运作模式(如图 1)与 VMI Hub 运作模式(如图 2)。分散 VMI 运作模式下,每个 VMI 仅配送制造商所需的一种原材料;VMI Hub 运作模式下,VMI Hub 对两种原材料进行集中管理,集中配送。

制造商向上游(分散 VMI 个体或者 VMI Hub)下达配送订单,上游按照先到先服务的原则处理各配送订单。两种运作模式下均按批量-时间的配送原则来安排原材料的配送。为便于比较两种运作模式下的配送柔性而不失一般性,本文忽略各供应链节点间的配送时间,并且假设无缺货现象存在,系统时间从 0 时刻开始。

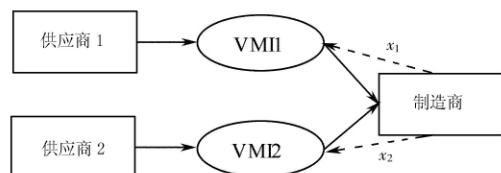


图 1 分散 VMI 运作模式

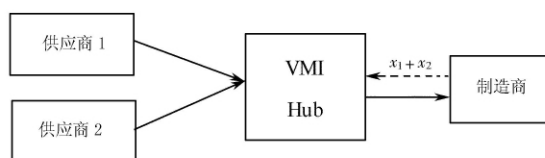


图 2 VMI Hub 运作模式

具体的参数如下:

i : 运作主体序号,分散 VMI 运作模式下为 1 或 2,对应 VMI1 或 VMI2,同时对应两种原材料,对于分散 VMI 运作模式则用 v 表示,VMI Hub 运作模式下为 vh 表示 VMI Hub;

Δt : 可触发配送的订单最长允许等待时间,即批量-时间配送原则下的时间参考量;

V_i : 运作主体 i 可触发原材配送的理想配送量,即批量-时间配送原则下的批量值;

x_i : 单位时间内,制造商对上游各运作主体的原材料配送需求量,符合均值为 u_i ,方差为 σ_i 的正态分布,其概率密度函数为 $f_i(x_i)$;

t_1^{\min} : 第一批订单未等到 Δt 并进行配送的时间长度;

w_{ij} : 运作主体 i 第 j 配送周期的时间跨度,或称为配送间隔 $j=1, 2, 3, \dots$,如图 3 所示;

q_{ij} : 运作主体 i 第 j 配送周期完成的配送量;

t_{ij} : 运作主体 i 第 j 配送周期的配送时刻;若系统从 0 时刻开始,则 $t_{ij} = \sum_{k=1}^j w_{ik}$;

τ_i : 原材料 i 需求量离散系数,需求标准差与均值之比;

由上可记 x_{it} 为在时间间隔 Δt 制造商对各运作主体原材料需求量,同样其符合均值为 u_{it} ,方差为 σ_{it} 的正态分布,其概率密度函数为 $f_{it}(x_{it})$ 。

2 VMI Hub 配送柔性分析

2.1 加权松弛时间(Weighted Slack Time, WST)

文献[7]提出的松弛时间(Slack Time)以评价配送柔性,本文在此基础上加入原材料配送需求量因子,得到加权松弛时间(Weighted Slack Time, WST)如式(1)所示,以求更加准确评价系统的整体配送柔性:

$$WST = \frac{\sum_j o_j (L_j - E_j)}{\sum_j o_j} \quad (1)$$

其中 j 表示配送订单序号, o_j 表示在第 j 个配送订单原材料配送量, L_j 表示客户要求订单 j 的最晚配送时间, E_j 表示系统可以对订单 j 进行配送的最早时间。当已知每批订单的最长允许等待时间为 Δt 时,可进一步定义加权配送柔性率 F 如式(2)所示:

$$F = \frac{\sum_j o_j (L_j - E_j)}{\sum_j o_j \Delta t} = \frac{WST}{\Delta t} \quad (2)$$

$L_j - E_j$ 为剩余松弛时间,即订单最晚配送时间与系统最早可以安排订单配送的时间之差。剩余松弛时间占松弛时间的比例越大,反映出系统的配送柔性越好,意味着系统处理紧急订单的能力也将越强,安排订单配送的灵活程度也就越高。本文中,由于 Δt 为定值,可见 WST 直接决定了加权配送柔性率 F 的大小,以下将具体分析各运作模式下各周期的 WST 。

2.2 多配送周期的 WST 分析

批量-时间配送原则下的各配送周期过程类似,如图3所示:各运作主体在各配送周期之初积累的订单配送需求量为0,待积累的订单配送需求量达到理想水平 V_i 或者存在某订单超过最长允许等待时间 Δt 时,便完成一次配送,进入下一个配送周期,如此不断往复。本文通过具体分析第一配送周期的具体情况,并递推至各周期来分析多配送周期的 WST 。

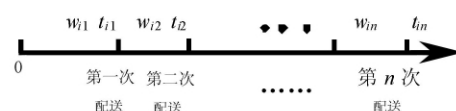


图3 多周期配送周期示意图

2.2.1 第一配送周期 WST 分析

在第一配送周期内,系统从0时刻开始,若在 Δt 内所有订单的需求量之和没有超过 V_i 时,则有 $w_{i1} = \Delta t$; 若 Δt 内所有订单的需求量超过 V_i 时,则存在时刻 t_1^{\min} ,此时累积的订单配送需求量之和第一次到达 V_i ,且 $w_{i1} = t_1^{\min} < \Delta t$ 。

即 $w_{i1} = \begin{cases} \Delta t, & x_{\Delta t} \leq V_i \\ t_1^{\min}, & x_{\Delta t} > V_i \end{cases}$; 在完成第一次配送时,根据式(2)可得第一周期的 WST :

$$WST_{i1} = \frac{\sum_j o_j (L_j - E_j)}{\sum_j o_j} = \frac{\int_0^{\Delta t} \int_0^{\infty} [\Delta t - (w_{i1} - t)] x_i f_i(x_i) dx_i dt}{\int_0^{\Delta t} \int_0^{\infty} x_i f_i(x_i) dx_i dt} = \Delta t - \frac{1}{2} w_{i1} \quad (3)$$

近似计算 $E(w_{i1})$ 可得:

$$\begin{aligned} E(w_{i1}) &= p(x_{\Delta t} \leq V_i) \Delta t + p(x_{\Delta t} > V_i) E(t_1^{\min}) \\ &= \Phi\left(\frac{V_i - u_{i1}}{\sigma_{i1}}\right) \Delta t + [1 - \Phi\left(\frac{V_i - u_{i1}}{\sigma_{i1}}\right)]^2 \frac{V_i}{\frac{\sigma_{i1}}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{(V_i - u_{i1})^2}{2\sigma_{i1}^2}} + u_{i1} [1 - \Phi\left(\frac{V_i - u_{i1}}{\sigma_{i1}}\right)]} \end{aligned} \quad (4)$$

式(4)的结果相当复杂,为了便于进行推导分析,这里假设 $V_i = u_{i1}$,即可以触发配送的理想配送量大小等于 Δt 时间段内的平均原材料配送需求量。这一假设合乎实际运作,并且在文献[15]中,也有类似的假设。此时,分散 VMI 运作模式下, $V_1 = u_{1t}$, $V_2 = u_{2t}$; VMI Hub 模式下 $V_{sh} = u_{1t} + u_{2t}$ 。

通过以上假设,可得:

$$E(w_{i1}) = 0.5\Delta t + 0.25 \frac{1}{\frac{\sigma_{ii}}{\sqrt{2\pi}u_{ii}} + 0.5} \Delta t \quad (5)$$

$$E(WST_{i1}) = 0.75\Delta t - 0.125 \frac{1}{\frac{\sigma_{ii}}{\sqrt{2\pi}u_{ii}} + 0.5} \Delta t, \quad i = 1, 2, \dots, h \quad (6)$$

由于需求存在波动(σ_{ii}),第一配送周期的 w_{i1} 也会存在波动,需求相对较大时, μ_{i1} 会相对较小,从而获得较大的 WST ;反之相反。通过式(5)、(6)可以看出,第一配送周期 WST_{i1} 的期望值与需求波动程度(离散系数 τ :方差与均值之比)直接相关。批量-时间配送原则下,配送需求量锐增可能使单个运作主体在某个配送周期内尽早地积累到足够的配送量,而获得较大的 WST ;在需求量锐减的情形下,这样不会影响最长的等待时间 Δt ,即 WST 不会因此锐减为负值。可见,波动程度的增加会使得单个运作主体的 WST 期望值升高。

考虑原材料配送齐套性时,对制造商来说,发出的一批原材料订单在到货齐全才是真正其完成了原材料的配送过程。因此,VMI Hub 运作模式下的 WST 期望值可由式(6)得到,但分散VMI运作模式 WST 相对复杂,见以下分析。

(1) 分散VMI运作模式与VMI Hub运作模式的比较分析

分散VMI运作模式下,原材料需求存在较大差异,往往使VMI1与VMI2配送时刻不同步,出现配送上的交叉时间,如图4所示, t_{11} 至 t_{21} 的时间即为交叉时间($t_{11} < t_{21} < t_{12} < t_{22}$)。

对于分散VMI运作模式来说, $0-t_{11}$ 时刻制造商产生的订单完成最终配送的时刻由 t_{21} 决定; $t_{11}-t_{21}$ 时刻制造商产生的订单完成最终配送的时间由 t_{12} 决定;后面各周期依此类推。

第一配送周期内,可以得到:

$$E(WST_{v1}) < \frac{\int_0^{\max(w_{11}, \mu_{v21}) + \infty} \int_0^{\infty} [\Delta t - (\max(w_{11}, \mu_{v21}) - t)] x_i f_i(x_i) dx_i dt}{\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} x_i f_i(x_i) dx_i dt} = \Delta t - \frac{1}{2} \max(w_{11}, \mu_{v21}) \quad (7)$$

由式(3)、(7)得

$$E(WST_{v1}) \leq \max(E(WST_{11}), E(WST_{21})) \quad (8)$$

VMI Hub 运作模式下,可以证明在第一配送周期内,存在 $E(WST_{v1}) \geq \min(E(WST_{11}), E(WST_{21}))$ 。如图5所示,假设在第一配送周期的配送时刻有 $t_{21} < t_{11} \leq 0 + \Delta t$,则由批量时间原则,可知 $q_{11} \leq u_{1t}$, $q_{21} = u_{2t}$ 。由于在 t_{21} 至 t_{11} 仍产生对VMI2的需求订单,即 $m \geq 0$,可知应有 $t_{21} < t_{vh1} \leq t_{11}$ 。

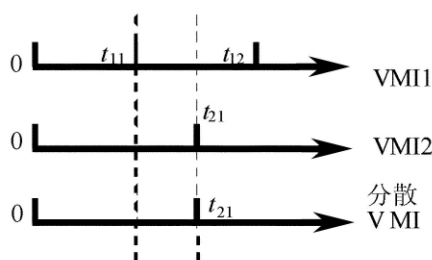


图4 分散VMI运作模式订单配送时刻分析

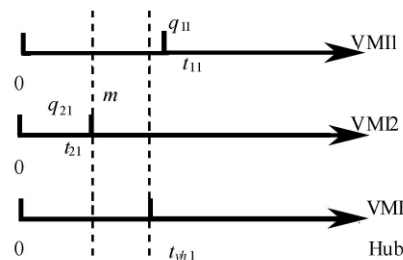


图5 VMI Hub运作模式订单WST分析

同样考虑其他情形,始终存在 $\min(t_{11}, t_{21}) \leq t_{vh1} \leq \max(t_{11}, t_{21})$;则有

$$\min(WST_{11}, WST_{21}) \leq WST_{vh1} \leq \max(WST_{11}, WST_{21}), \quad E(WST_{vh1}) \geq \min(E(WST_{11}), E(WST_{21}))$$

(2) 第一配送周期相关结论

由以上分析可得,在第一周期内始终存在 $E(WST_{v1}) \leq E(WST_{vh1})$ 。

结论1 第一配送周期内,VMI Hub 运作模式要较分散VMI运作模式获得更多的 WST ,显示出更好的配送柔性。

从图4、图5的分析过程可得,当两种原材料需求量是线性相关时,如 $x_2 = Ax_1 + B$,有 $V_2 = AV_1 + B$,此

时 VMI1 与 VMI2 第一周期配送时刻将相同; 同时 $V_{vh} = V_1 + V_2 = (A+1)V_1 + B$, VMI Hub 与 VMI1、VMI2 第一周期配送时刻也将相同: $t_{vh1} = t_{11} = t_{21}$, $WST_{vh1} = WST_{11} = WST_{21}$; 由于后续周期是不断重复第一周期的过程, 因此 $t_{vhj} = t_{1j} = t_{2j}$, $WST_{vhj} = WST_{1j} = WST_{2j}$, 从而得出结论 2。

结论 2 在两种原材料需求线性相关时, 分散 VMI 运作模式和 VMI Hub 运作模式配送表现相同, 具有相同的配送柔性。

很显然, 当原材料的需求波动较小时讨论 WST 将没有意义。因为需求相对确定时, 配送能更加精确, 讨论柔性的意义也不大。为探究 VMI Hub 配送柔性, 以下主要讨论两种原材料需求非线性相关且各周期配送需求量存在较大波动的情况。

2.2.2 后续配送周期 WST 分析

为了得到后续配送周期更一般性的结论, 以下先证明: 一般条件下, 各配送周期 VMI Hub 的配送时刻总在两个 VMI 个体之间, 即 $t_{1j} \leq t_{vhj} \leq t_{2j}$ 。

为便于分析, 假设在第一配送周期的分散 VMI 运作模式下两 VMI 个体间配送时刻存在差异, 不妨令 $t_{21} < t_{11}$ ($t_{21} < t_{vh1} \leq t_{11}$)。根据 t_{12} 与 t_{22} 之间可能存在的大小关系, 可将第二配送周期及后续周期分为以下三类情况进行讨论:

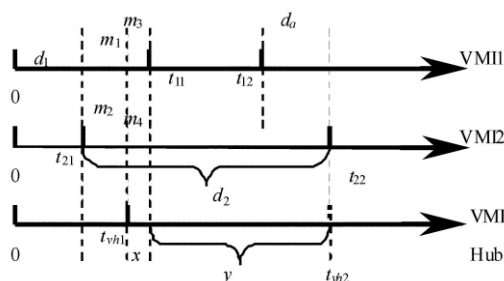


图 6 第二配送周期配送时刻分析(1)

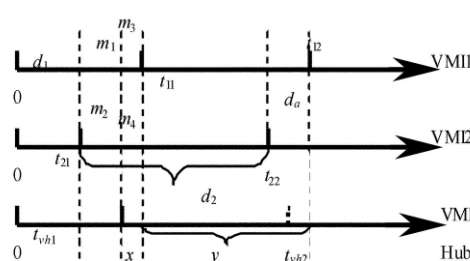


图 7 第二配送周期配送时刻分析(2)

(1) 若经过第二周期, $w_{22} > w_{12}$, 有 $t_{12} \leq t_{22}$ 如图 6 所示。

a) $q_{12} = u_{1t}$, $q_{22} < u_{2t}$ 时, 则有 $t_{12} - t_{11} \leq \Delta t$, $t_{22} - t_{21} = \Delta t$, 通过分割处理不同时间段的不同运营主体下需求量, 可以得到以下过程:

$$d_1 + m_1 + m_3 = u_{1t}, \quad d_1 + m_1 + m_2 + u_{2t} = u_{vht}, \quad u_{1t} + u_{2t} = u_{vht}$$

可得 $m_2 = m_3$ 如图 6 假设 t_{vh2} 与 t_{22} 相同, 可得 $x = m_3 + m_4 = m_2 + m_4$, $y = d_2 - m_2 - m_4 + u_{1t} + d_a$, 最终可得 $x + y = u_{1t} + d_2 + d_a$ 。当 $d_a + d_2 \geq u_{2t}$, 即交叉时间内原材料的需求量 d_a 足以使得 VMI Hub 达到配送需求量,

则必存在 $t_{12} < t_{vh2} \leq t_{22}$; 反之, 则 $t_{vh2} > t_{22}$ 。计算可得 $d_a + d_2 \geq u_{2t}$ 依 $p = \Phi\left(\frac{u_1(t_{22} - t_{12})}{\sqrt{(t_{22} - t_{12})^2 \sigma_1^2 + \Delta t \sigma_2^2}}\right) > 0.5$ 的概率

成立, 存在 $t_{12} < t_{vh2} \leq t_{22}$ 。

b) $q_{12} = u_{1t}$, $q_{22} = u_{2t}$ 时, 同样通过需求量的分割处理, 可以得到此时必然存在 $t_{12} < t_{vh2} \leq t_{22}$ 。

(2) 若经过第二周期, 有 $t_{12} > t_{22}$ 如图 7 所示, 此时两 VMI 个体第二周期的 w_{12} 关系不定, 可能发生如下情况:

c) $q_{12} = u_{1t}$, $q_{22} < u_{2t}$, 通过类似的过程与 (1) - a 相似, $t_{12} < t_{vh2} \leq t_{22}$ 依 $p > 0.5$ 的概率成立。

d) $q_{12} \leq u_{1t}$, $q_{22} \leq u_{2t}$, 通过类似 (1) - a 的需求量分割过程可以证得必然存在 $t_{12} < t_{vh2} < t_{22}$ 。

(3) 若经过第二周期有 $t_{12} = t_{22}$, 此时交叉时间已在第一周期抵消, 过程相对简单, 存在 $t_{12} = t_{vh2} = t_{22}$ 。

通过以上的讨论过程可以发现, VMI Hub 运作主体可以平衡 VMI1 与 VMI2 需求的波动, 两原材料配送需求集中使 VMI Hub 可以先于某个 VMI 个体集中到可以进行配送数量的原材料, 并且始终有 VMI Hub 的配送间隔不大于其中一个 VMI, 或任一 VMI。总结得, 一般情况下存在 $t_{12} \leq t_{vh2} \leq t_{22}$ 。第二周期之后的其他周期可以通过类似于第二周期的讨论, 得到后续周期中存在 $t_{1j} \leq t_{vhj} \leq t_{2j}$ 。

从而, 在一般条件下, 各配送周期的配送时刻总存在 $t_{1j} \leq t_{vhj} \leq t_{2j}$ 。

(1) 分散 VMI 运作模式与 VMI Hub 运作模式的比较分析

更一般地, 根据分散 VMI 个体和 VMI Hub 配送时刻的大小关系可以分为图 8 与图 9 两类情况进行讨论。

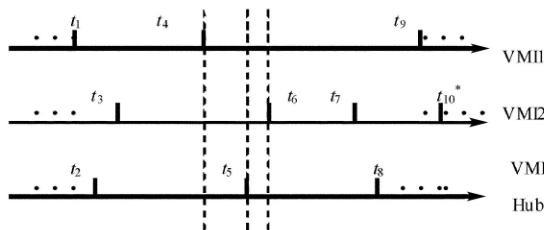


图8 多配送周期的WST分析(1)

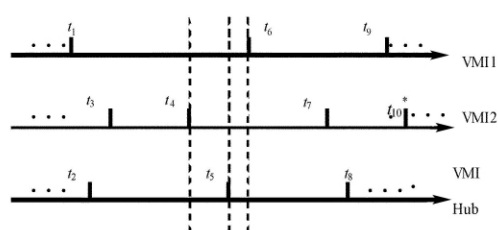


图9 多配送周期的WST分析(2)

先考虑如图8所示的情况,标注时刻 $t_1 < t_2 \cdots < t_9$,前文已论证,在 t_1 至 t_2 时刻间产生的订单的WST,存在关系 $E(WST_{vj}) < E(WST_{vhj})$,现直接分析VMI Hub于分散VMI模式下两个配送周期(t_2 至 t_8 时刻)产生订单的WST的具体情况。

分散VMI运作模式下 t_2 至 t_8 时刻间产生订单的WST为:

$$E(WST_{vk}) = \frac{\left(\int_{t_2}^{t_4} [\Delta t - (t_6 - t)] dt + \int_{t_4}^{t_7} [\Delta t - (t_9 - t)] dt + \int_{t_7}^{t_8} [\Delta t - (t_{10}^* - t)] dt \right) \int_0^{+\infty} x_i f_i(x_i) dx_i dt}{\int_{t_2}^{t_8+\infty} \int_0^{+\infty} x_i f_i(x_i) dx_i dt} \\ = \Delta t - \frac{t_4 - t_2}{t_8 - t_2} t_6 - \frac{t_7 - t_4}{t_8 - t_2} t_9 - \frac{t_8 - t_7}{t_8 - t_2} t_{10}^* + \frac{1}{2}(t_2 + t_8) \quad (9)$$

VMI Hub运作模式下 t_2 至 t_8 时刻间产生订单的WST为:

$$E(WST_{vhk}) < \frac{\left(\int_{t_2}^{t_5+\infty} \int_0^{+\infty} [\Delta t - (t_5 - t)] x_i f_i(x_i) dx_i dt + \int_{t_5}^{t_8+\infty} \int_0^{+\infty} [\Delta t - (t_8 - t)] x_i f_i(x_i) dx_i dt \right)}{\int_{t_2}^{t_8+\infty} \int_0^{+\infty} x_i f_i(x_i) dx_i dt} \\ = \Delta t - \frac{t_5 - t_2}{t_8 - t_2} t_5 - \frac{t_8 - t_5}{t_8 - t_2} t_8 + \frac{1}{2}(t_2 + t_8) \quad (10)$$

由各时刻间的关系,可知 $E(WST_{vk}) < E(WST_{vhk})$,并且周期越多,显示出两者的差距也越明显。

再考虑如图9的情况,可按照类似的分析方法得到关系: $E(WST_{vk}) < E(WST_{vhk})$ 。

由于各周期相互独立,过程类似,可以通过式(11)估算出各运作主体的WST期望值,可以得到在整体上,总是存在VMI Hub运作模式下的WST水平优于分散VMI运作模式。

$$E(WST_{in}) \approx \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij} E(WST_{ij})}{\sum_{j=1}^n q_{ij}} = E(WST_i) = E(WST_{il}), \quad i = 1, 2, \dots, ph \quad (11)$$

(2) 多周期下的相关结论与解释

由表达式(9)与(10)可以看出,分散VMI运作模式下整体完成订单配送的时刻几乎总是要落后于VMI Hub运作模式。而产生这种现象的原因主要是由于两VMI个体间存在的交叉配送时间。而且,若交叉时间越长,即配送时刻较晚的VMI个体落后得越远,就会大大降低分散VMI运作模式下WST期望值。

通过以上分析,本文给出以下相关结论:

结论3 VMI Hub运作主体可以通过平衡两种原材料需求波动,获得较多且较为稳定的WST,体现了VMI Hub配送的集聚效应(Pooling Effect)。由文献[16],可知VMI Hub库存问题上的集聚效应明显,本文指出在配送问题上,VMI Hub同样存在集聚效应。

VMI Hub运作模式下,当一种原材料需求较低时,如果另一种原材料需求相对较高,依然能够达到配送的规模经济效益,尽早配送客户订单。

结论4 配送交叉时间的存在使得分散VMI系统的各周期的WST大幅度降低,而VMI Hub实施集中配送,有效避免了这种情况的发生,各周期WST相对稳定。

虽从整体均值来看,各个供应商之间的配送间隔相差不多,但每一周期的配送时刻却相差较远。VMI

Hub 先集中各供应商的原材料,再安排统一配送,保证了各供应商的原材料同时到达制造商。VMI Hub 的配送柔性不仅体现在能够平衡需求,可以尽早达到理想配送需求,还在于 VMI Hub 这种组织形式使配送更有效率。

结论 5 结论三与结论四共同决定了 VMI Hub 运作模式的 $E(WST)$ 要大于分散 VMI 的 $E(WST)$,显而易见,VMI Hub 运作模式的配送柔性要优于分散 VMI 运作模式。

由以上的分析可知,原材料需求的波动程度(离散系数 τ) 直接影响了两种运作模式下的配送表现,第 3 部分的数据分析将作出相应分析。

3 实验数据分析

本文进行了 Matlab 仿真模拟实验,对上述的各项结论进行了针对性的分析。设定订单最长允许等待时间 $\Delta t = 30$, Δt 作为外生变量,其值对以下数据验证结论并没有影响。其他参数均在以下各部分进行了说明。

3.1 多周期 WST 分析验证

为了验证多配送周期 WST 的分析过程,这里随机模拟产生了两组不同参数下的前十个配送周期的配送时刻及总周期的 $E(WST)$ 如表 1 至表 2 所示:

表 1 $u_1 = 15, \sigma_1 = 3, \mu_2 = 35, \sigma_2 = 10.5$ 情形下的配送时刻及 $E(WST)$

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | $E(WST)$ |
|-------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| VM11 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 15.681 |
| VM12 | 28 | 58 | 88 | 118 | 148 | 178 | 208 | 238 | 268 | 298 | 16.272 |
| V-Hub | 29 | 59 | 89 | 119 | 149 | 179 | 209 | 239 | 269 | 299 | 15.992 |

表 1 显示 VMI Hub 各周期配送时刻始终在 VM11 与 VM12 之间,存在 $t_{2j} < t_{vhj} < t_{1j}$,而配送间隔存在 $w_{2j} \leq w_{vhj} \leq w_{1j}$ 。而总周期的 $E(WST)$ 存在 $E(WST_1) < E(WST_{vh}) < E(WST_2)$ 。

表 2 $u_1 = 15, \sigma_1 = 4.5, \mu_2 = 35, \sigma_2 = 21$ 情形下的配送时刻及 $E(WST)$

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | $E(WST)$ |
|-------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| VM11 | 30 | 59 | 89 | 119 | 149 | 178 | 208 | 237 | 267 | 296 | 16.0336 |
| VM12 | 26 | 51 | 81 | 111 | 137 | 166 | 196 | 222 | 250 | 278 | 16.8634 |
| V-Hub | 27 | 54 | 84 | 112 | 139 | 168 | 198 | 224 | 252 | 282 | 16.1088 |

表 2 显示当两需求 τ 值增大时,依然存在 VMI Hub 各周期配送时刻始终处在 VM11 与 VM12 之间,存在 $t_{2j} < t_{vhj} < t_{1j}$ 。总体上,各配送周期存在 $w_{vhj} < \max(w_{1j}, w_{2j})$,总周期 $E(WST)$ 依然满足 $E(WST_1) < E(WST_{vh}) < E(WST_2)$ 。

表 2 还表明,VMI Hub 各周期的配送时刻与较早的 VMI 个体较为接近,可见 VMI Hub 配送的集聚效比较明显。并且实验数据表明 VMI Hub 各周期配送时刻与该个体相近。以上验证了结论 3 与结论 4。

3.2 τ 值差异两种运作模式 WST 的影响

从表 1 与表 2,同样还可以发现 τ 值的显著变化对各运作主体的配送间隔期都产生了比较大影响,虽从数据上看,这种波动使得单个的运作主体 WST 的期望值有所增加,但对分散 VMI 运作模式整体来说却并非如此,其 WST 随 τ 值的增大反而降低,如表 3:

表 3 τ 值差异对两种运作模式 WST 的影响

| $\frac{\tau_1}{\tau_2}$ | u_1 | σ_1 | u_2 | σ_2 | $E(WST)$ | | | | |
|-------------------------|-------|------------|-------|------------|----------|--------|--------|---------|----------------|
| | | | | | VM11 | VM12 | 分散 VMI | VMI Hub | $\Delta WST\%$ |
| 1 | 15 | 1.5 | 35 | 3.5 | 15.859 | 15.951 | 15.645 | 15.862 | 1.4% |
| 1.5 | 15 | 1.5 | 35 | 5.25 | 15.746 | 15.964 | 15.037 | 15.849 | 5.4% |
| 2 | 15 | 1.5 | 35 | 7 | 15.807 | 16.084 | 13.879 | 15.985 | 15.2% |
| 2.5 | 15 | 1.5 | 35 | 8.75 | 15.865 | 16.1 | 14.554 | 16.058 | 10.3% |
| 3 | 15 | 1.5 | 35 | 10.5 | 15.75 | 16.081 | 13.101 | 16.016 | 22.3% |
| 3.5 | 15 | 1.5 | 35 | 12.25 | 15.791 | 16.605 | 14.267 | 16.339 | 14.5% |
| 4 | 15 | 1.5 | 35 | 14 | 15.837 | 16.845 | 11.759 | 16.597 | 41.1% |
| 4.5 | 15 | 1.5 | 35 | 15.75 | 15.805 | 17.307 | 12.145 | 16.356 | 34.7% |
| 5 | 15 | 1.5 | 35 | 17.5 | 15.936 | 16.804 | 11.575 | 16.445 | 42.1% |
| 5.5 | 15 | 1.5 | 35 | 19.25 | 15.935 | 16.811 | 12.471 | 16.239 | 30.2% |
| 6 | 15 | 1.5 | 35 | 21 | 15.929 | 16.502 | 11.711 | 16.402 | 40.1% |

表 3 显示 ,虽然随着 τ 值差异的增大 ,VMI1 与 VMI2 各自 $E(WST)$ 相差不大 ,但分散 VMI 运作模式下整体的 $E(WST)$ 却明显减少 ,说明 VMI1 与 VMI2 各个周期配送时刻的的差异的确显著影响了分散 VMI 运作模式的整体 WST 水平 ,并随着 τ 值差异的增大而越来越显著。而 VMI Hub 运作模式 WST 较为稳定 ,并且随着方差的增大 , WST 有一定幅度的升高。根据表 4 绘制的图 10 显示了两种模式 WST 的差异 ,同时 VMI Hub 的 WST 均值处于 VMI1 与 VMI2 之间 ,与第 3 部分的推导过程相符。

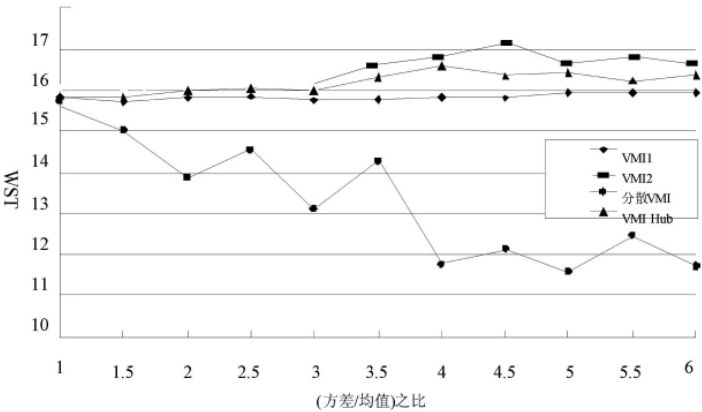


图 10 WST 比较

以下通过表 4 进一步检验这种差异对分散 VMI 系统的影响:

表 4 τ 值差异对两种运作模式 WST 的影响

| $\frac{\tau_2}{\tau_1}$ | σ_2 | σ_1 | $E(WST)$ | | | |
|-------------------------|------------|------------|----------|--------|--------|---------|
| | | | VMI1 | VMI2 | 分散 VMI | VMI Hub |
| 1 | 3 | 7 | 15.828 | 16.046 | 15.921 | 15.985 |
| 1 | 4.5 | 10.5 | 16.189 | 16.449 | 15.646 | 16.225 |
| 1 | 6 | 14 | 16.435 | 16.918 | 15.648 | 16.493 |
| 1.25 | 6 | 17.5 | 163.680 | 16.857 | 14.619 | 16.710 |
| 1.333 | 4.5 | 14 | 16.023 | 16.403 | 13.887 | 16.288 |
| 1.6 | 3 | 10.5 | 16.159 | 16.68 | 13.761 | 16.349 |

可见 ,当 τ 之比为 1 时 ,分散 VMI 与 VMI Hub 的 $E(WST)$ 差别不大 ;但当 τ 之比稍增大 ,VMI Hub 较分散 VMI 的 $E(WST)$ 将明显增大。通过比较第 2、第 6 组数据 ,第 3 组、4 组数据可以验证 τ 值差异对分散 VMI 的 WST 影响比单个 τ 值增大对分散 VMI 的影响要大得多 ,VMI1 与 VMI2 之间的 τ 值差异使分散 VMI 运作模式的 WST 显著减低。这也更加说明分散 VMI 运作模式下配送不统一对系统 WST 的负面影响 ,进一步验证结论 4。

4 小结

本文基于批量-时间的配送原则 ,对比分析了分散 VMI 运作模式与 VMI Hub 模式下配送绩效。研究结果表明 VMI Hub 运作模式相比分散 VMI 运作模式具有良好的配送柔性。当企业需采购多种原材料时 ,原材料需求的波动会使各供应商的配送时刻不一致 ,从而导致分散 VMI 系统的加权松弛时间(WST) 降低 ,配送柔性大大削弱 ;相反 ,由于 VMI Hub 存在集聚效应(Pooling Effect) ,整体加权松弛时间(WST) 较为稳定 ,依然保持良好的配送柔性。企业在构建自身的柔性配送平台时 ,应该从原材料间的需求特点出发 ,应用适当的存储组织形式来缓和原材料需求波动对配送柔性的负面影响。比如 ,在原材料间需求非相关且原材料需求波动较大时 ,VMI Hub 的组织模式可以确保系统良好的配送柔性。

同时 ,从全文的分析我们还可以发现批量-时间配送原则本身就可以很好地控制系统的配送柔性 ,关于批量配送原则与时间配送原则又如何影响系统的配送柔性值得后续研究进一步探讨。

参考文献:

- [1] etinkaya S ,Lee C Y. Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems[J]. Management Science ,2000 ,46: 217-232.
- [2] Shah J ,Goh M. Setting operating policies for supply hubs [J]. International Journal of Production Economics ,2006 ,100: 239-252.
- [3] 王彧 ,马士华. 供应链环境下集配商供应模式的探讨 [J]. 管理评论 ,2005 ,17(2) : 33-36 ,50.
- [4] Cheong M L F ,Bhatnagar R ,Graves S C. Logistics network design with supplier consolidation hubs and multiple shipmen options[J]. Journal of Industrial and Management Optimization ,2007 ,3(1) : 51-69.
- [5] Wang T ,Toktay B L. Inventory management with advance demand information and flexible delivery [J]. Management Science ,2008 ,54(4) : 716-732.
- [6] Gervasi O. Lecture notes in computer science[A]. Ching W K ,Tai A H. A Quantity-Time-Based Dispatching Policy for a VMI System[C]. Germany: Springer Verlag ,2005 ,3483: 342-349.
- [7] Beamon B ,Measuring supply Chain performance[J]. International Journal of Operations & Production Management ,1999 ,19(3) : 275-292.
- [8] Francis P ,Smilowitz K ,Tzur M. Flexibility and complexity in periodic distribution problems [J]. Naval Research Logistics ,2007 ,54: 136-150.
- [9] Fantazy K A ,Kumar V ,Kumar U. An empirical study of the relationships among strategy ,flexibility ,and performance in the supply chain context[J]. Supply Chain Management: An International Journal ,2009 ,14(3) : 177-188.
- [10] Chen S ,Tseng M M. Aligning demand and supply flexibility in custom product co-design [J]. International Journal of Flexibility Manufacturing System ,2007 ,19: 596-611.
- [11] Buzacott J A ,Yao D D. Flexible manufacturing systems: a review of analytical models [J]. Management Science ,1986 ,32(7) : 890-905.
- [12] Kumar V ,Fantazy K A ,Kumar U ,Boyle T A. Implementation and management framework for supply Chain flexibility [J]. Journal of Enterprise Information Management ,2006 ,19(3) : 303-319.
- [13] Mandlebaum M ,Brill P E. On measures of flexibility in manufacturing systems [J]. International Journal of Production Researcher ,1989 ,27(6) : 747-756.
- [14] Chen F Y ,Wang T ,Xu T Z. Integrated inventory replenishment and temporal shipment consolidation: a comparison of quantity-based and time-based models [J]. Annals of Operations Research ,2005 ,135: 197-210.
- [15] Jordan W C ,Graves C S. Principles on the benefits of manufacturing process flexibility [J]. Management Science ,1995 ,41(4) : 575-590.
- [16] Eynan A ,Fouque T. Capture the risk pooling effect through demand reshape [J]. Management Sciences ,2003 ,49(6) : 704-717.