

文章编号:1006 - 5911(2009)03 - 0553 - 05

# 供应商管理库存环境下库存与发货策略研究

刘端阳<sup>1</sup>, 刘长青<sup>1</sup>, 黄德才<sup>1+</sup>, 朱凌<sup>1</sup>, 张良燕<sup>2</sup>

(1. 浙江工业大学 信息工程学院, 浙江 杭州 310014;

2. 浙江邮电职业技术学院, 浙江 绍兴 312016)

**摘要:** 供应商管理库存是最先进的供应链库存管理模式,也是供应链发展的重要方向。在含有多零售商的供应商管理库存环境下,为了同时满足最小化企业运营成本和最大化顾客服务水平这两个目标,分析了原有发货策略的不足,提出了新的基于时间和数量的混合发货策略,通过理论分析和仿真实验表明,混合发货策略能较好地均衡企业运营成本和顾客服务水平,更好地支撑了企业决策。

**关键词:** 供应链管理; 供应商管理库存; 策略; 混合; 零售商

**中图分类号:** C931 **文献标识码:** A

## Inventory and dispatch strategies in vendor management inventory systems

LIU Duanyang<sup>1</sup>, LIU Changqing<sup>1</sup>, HUANG Decai<sup>1+</sup>, ZHU Ling<sup>1</sup>, ZHANG Liangyan<sup>2</sup>

(1. School of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;

2. Zhejiang Technical College of Posts & Telecom, Shaoxing 312016, China)

**Abstract:** Vendor Management Inventory (VMI) is one most advanced management model of supply chain's inventory, and it is also an important development trend for the supply chain. In the VMI system with multiple retailers, the shortcomings of original strategies were analyzed, and a new hybrid strategy based on time and quantity was proposed. The aim of the new strategy was to minimize operation cost as well as maximize customer service level. Through theoretical analysis and simulation experiments, it showed that the hybrid strategy could simultaneously balance the operation cost and the customer service level, and it could support administrator's decision-making.

**Key words:** supply chain management; vendor management inventory; strategy; hybrid; retailer

## 0 引言

随着信息技术的普及和供应链管理思想的深入,近年来出现了一种新型的供应链管理新模式——供应商管理库存(Vendor Managed Inventory, VMI)模式。它是指零售商和供应商在共享需求、库存等信息的基础上,供应商根据一个共同的框架协议对下游所有零售商的流通库存进行统一的管理和控制<sup>[1]</sup>。

在 VMI 管理模式下,供应商不仅要库存进行决策,而且还要监控下游零售商的库存,并在适当的时候予以补货,使之保持一定的库存水平<sup>[2]</sup>。在这种情况下,供应商将同时面对库存决策与运输协调的问题<sup>[3]</sup>。供应商只有采取高效的策略,才能提高供应链的整体效益,给企业带来更好的利益。

文献[4]是研究 VMI 环境下库存补货与装运调度联合决策问题的最早文献,文中建立了库存和发货模型,并在随机需求的情况下,研究了供应商采用

收稿日期:2008-04-16;修订日期:2008-06-23。Received 16 Apr. 2008;accepted 23 June 2008.

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(Y105109, Y108103)。**Foundation item:** Project supported by the Natural Science Foundation of Zhejiang Province, China(No. Y105109 & Y108103)。

作者简介:刘端阳(1975 - ),男,湖南双峰人,浙江工业大学信息工程学院副教授,博士,主要从事供应链管理、分布式计算的研究。E-mail: ldy@zjut.edu.cn; + 通讯作者 E-mail:hdc@zjut.edu.cn。

基于时间的发货策略,以达到最小化采购、运输、库存保管和客户等待等几项平均成本的目的。文献[5]简化并改进了文献[4]中的模型,并进一步研究了基于零售商需求总数的发货策略,以及基于时间和零售商需求总数的发货策略。文献[2]对基于时间发货策略和基于数量的发货策略作了进一步研究,并通过大量的数值实验对这两种发货策略的利弊进行了分析比较。但是,企业在追求运营成本减少的同时,客户的满意度同样重要。而上述研究虽然考虑了等待成本,但等待时间的计算为一个发货周期总的等待时间,并不是单位需求的等待时间,因而不能表现客户的满意度。

本文扩展了文献[4]中的库存和发货模型,从平均成本和单位需求等待时间两个方面对发货策略进行分析比较,并进一步研究了基于时间、单个零售商需求数量和总数的混合发货策略。最后通过模拟实验方法,将混合发货策略与其他发货策略进行比较,结果表明,混合发货策略较好地兼顾了顾客服务水平和企业运营成本。

## 1 模型

### 1.1 模型描述

本文提出的模型是在文献[4]的库存和发货模型的基础上加以改进的,把文献[4]考虑的一个地区的零售商扩展为  $N$  个独立的零售商。模型如图 1 所示。

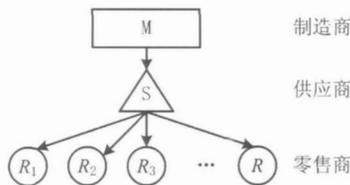


图1 VMI模型示意图

模型中有一个制造商、一个供应商和  $N$  个零售商。 $N$  个零售商都是相互独立的,且每个零售商的需求都服从泊松分布,即零售商的需求到达过程是强度  $\lambda$  的泊松流<sup>[6-8]</sup>。供应商作为决策中心,含有所有零售商的库存信息和需求信息,对零售商的需求信息进行汇总统一发货<sup>[9-10]</sup>。同时供应商采用  $(R_s, Q_s)$  库存管理策略向制造商订货,其中  $R_s$  为再订货点, $Q_s$  为订货批量。假设制造商拥有充足的库存,不会出现缺货;制造商到供应商、供应商到零售商的运输时间为常量,设为  $0^{[11]}$ 。

本文根据上面建立的模型,分析如何对库存补货和发货整合这两个方面进行有效的协调,以提高供应

链企业的效益和服务水平。提高供应链的效益主要是降低供应链的目标平均成本,主要包括补货成本、库存持有成本、顾客等待成本和发货成本;提高顾客服务水平主要是降低单位需求的平均等待时间。

### 1.2 参数和变量

模型有关的参数如下:

为需求强度; $A_s$  为固定补货成本; $s$  为从制造商到供应商一辆车的运输成本; $C_s$  为从制造商到供应商车辆的最大装载量; $A_D$  为固定发货成本; $D$  为从供应商到零售商一辆车的运输成本; $C_D$  为从供应商到零售商车辆的最大装载量; $h$  为单位时间单位库存持有成本; $w$  为单位时间单位库存等待成本; $R_s$  为供应商再订货点; $Q_s$  为供应商订货批量; $R_D$  为零售商再订货点; $Q_D$  为零售商订货批量; $Z_0$  为一个发货周期所有零售商总的需求量; $Z_i$  为一个发货周期零售商  $i$  的需求量; $N$  为零售商个数; $CR(\dots)$  为目标平均成本,其中“.”为待定参数; $TR(\dots)$  为目标平均等待时间; $FR(\dots)$  为目标值。因为  $N$  个零售商的需求是独立同分布的,所以所有零售商总需求服从强度为  $N \cdot \lambda$  的泊松分布。

## 2 发货策略

文献[2]~文献[5]研究的是一个地区所有零售商总需求条件下的库存与发货策略,忽略了单个零售商的需求,这种情况容易导致一些零售商的需求因为长时间得不到满足而失去客户,大大降低了顾客服务水平,也极大地影响了供应链的长期效益。另外文献[2]~文献[5]中关于运输成本的计算仅仅和发货数量有关,这不符合企业的实际情况。针对以上不足,本文提出的库存发货策略在考虑零售商总需求的同时,也考虑单个零售商的需求,这种发货策略避免了客户的流失。另外,运输成本的计算不仅考虑了发货数量,也同时考虑了运输工具的最大装载量,能够给企业决策提供更准确的信息。

### (1) 基于时间发货策略

供应商每隔  $T$  个单位时间对所有的零售商进行发货,满足所有零售商在时间段  $T$  内的所有需求。

基于时间的发货策略下的平均成本为

$$CR(S_T, T) = \frac{\left(A_s + \left[\frac{S_T}{C_s}\right] \alpha_s\right) N \lambda}{S_T + 1} + \frac{w N \lambda T - w}{2} +$$

$$\frac{hS_T + hN\lambda T - h}{2} + \frac{A_D + \left[\frac{N\lambda T}{C_D}\right] \alpha_D}{T}$$

基于时间的发货策略下的平均等待时间为

$$TR(S_T, T) = \frac{N\lambda T - 1}{2}$$

基于时间的发货策略注重达到一定的服务水平, 每个需求的最长等待时间不超过  $T$  个单位时间, 但是每次发货数量是随机的, 对于降低企业运营成本兼顾不足。

(2) 基于总数量的发货策略

当所有零售商的总需求累积到  $Q$  时, 供应商对所有零售商发货, 满足这  $Q$  个单位的需求。

基于零售商总需求的发货策略下的平均成本为

$$CR(S_Q, Q) = \frac{\left(A_s + \left[\frac{S_Q}{C_s}\right] \alpha_s\right) N\lambda}{S_Q} + \frac{w(Q-1)}{2} + \frac{h(S_Q + Q)}{2} + \frac{\left(A_D + \left[\frac{Q}{C_D}\right] \alpha_D\right) N\lambda}{Q}$$

基于零售商总需求发货策略下的平均等待时间为

$$TR(S_Q, Q) = \frac{Q-1}{2N\lambda}$$

基于总数量的发货策略的每次发货数量确定, 以取得规模经济为首要目标, 因此基于总数量的发货策略明显降低了企业运营成本, 但却牺牲了顾客服务水平。

(3) 基于单个数量的发货策略

当任意一个零售商的需求达到  $q$  时, 供应商进行发货, 满足所有零售商的需求。由于  $N$  个零售商的需求独立同分布地满足参数为  $\lambda$  的泊松分布, 则对任意的零售商  $i$  满足

$$P(Z_i \geq n) = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ \int_0^\infty \lambda p(n-1; \lambda t) [1 - P(q; \lambda t)]^{N-1} dt & 1 \leq n \leq q \\ 0 & n > q \end{cases}$$

其中:  $p(n-1; \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!}$ ,  $P(q; \lambda t)$  表示在  $[0,$

$t]$  时间内需求至少为  $q$  的概率,  $P(q; \lambda t) = \int_0^t \lambda p(q-1; \lambda t') dt'$ 。

每个发货周期的平均发货量为

$$E[Z_0] = q + \sum_{i=1}^{N-1} Z_i$$

基于零售商单需求的发货策略下的平均成本为

$$CR(S_q, q) = \frac{\left(A_s + \left[\frac{S_q}{C_s}\right] \alpha_s\right) N\lambda}{S_q} + \frac{w(E[Z_0] - 1)}{2} + \frac{h(S_q + E[Z_0])}{2} + \frac{\left(A_D + \left[\frac{E[Z_0]}{C_D}\right] \alpha_D\right) N\lambda}{E[Z_0]}$$

基于零售商单需求的发货策略下的平均等待时间为

$$TR(S_q, q) = \frac{E[Z_0] - 1}{2N\lambda}$$

基于单个数量的发货策略下的发货时间和发货数量都是不确定的, 但是考虑每个零售商的需求等待, 从而使每个零售商的需求等待时间都有限, 在这种发货策略下每个零售商不会因为等待时间太长而损失客户。

(4) 混合发货策略

由以上分析可知: 基于时间的发货策略侧重提高客户服务水平, 基于总数量的发货策略侧重取得一定的规模经济, 基于单个数量的发货策略侧重单个零售商的需求, 这三种策略均未综合考虑降低企业运营成本和提高顾客服务水平。混合发货策略综合考虑了时间、单个零售商需求数量和所有零售商总需求, 兼顾了顾客服务水平和企业运营成本, 目标是在降低企业运营成本和提高顾客服务水平之间取得均衡。

混合发货策略的思想是当间隔时间到达  $T_H$ 、单个零售商需求到达  $q_H$  或者所有零售商的总需求到达  $Q_H$  时, 供应商进行发货。

时间间隔到达  $T_H$  发货的概率为

$$F_T = P(Z_1(T_H) \leq q_H - 1, \dots, Z_N(T_H) \leq q_H - 1, \sum_{i=1}^N Z_i(T_H) \leq Q_H - 1) = \sum_{\substack{Z_1, Z_2, \dots, Z_N \leq q_H - 1 \\ Z_1 + Z_2 + \dots + Z_N \leq Q_H - 1}} \prod_{i=1}^N [1 - p(Z_i, \lambda T_H)]$$

总需求量达到  $Q_H$  发货的概率为

$$F_Q = P(Z_1(T_H) \leq q_H - 1, \dots, Z_N(T_H) \leq q_H - 1, \sum_{i=1}^N Z_i(T_H) \geq Q_H - 1) = \sum_{\substack{Z_1, Z_2, \dots, Z_N \leq q_H - 1 \\ Z_1 + Z_2 + \dots + Z_N \geq Q_H - 1}} \prod_{i=1}^N [1 - P(Z_i, \lambda T_H)]$$

单个零售商需求到达  $q_H$  发货的概率为  $1 - F_T - F_Q$ , 在这种情况下, 每个零售商的需求满足  $P(Z'_i \geq n) =$

$$P(Z'_i \geq n) = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ \int_0^{T_H} \lambda p(n-1; \lambda t) [1 - P(q_H; \lambda t)]^{N-1} dt & 1 \leq n \leq q_H \\ 0 & n > q_H \end{cases}$$

$$E[Z'_0] = q + \sum_{i=1}^{N-1} Z'_i$$

在混合发货策略下, 一个发货周期的平均发货量为

$$E[Z] = F_T N \lambda T_H + F_Q Q_H + (1 - F_T - F_Q) E[Z'_0]$$

混合发货策略下的平均成本为

$$CR(S_H, T_H, Q_H, q_H) = \frac{(A_s + \left| \frac{S_H}{C_s} \right| \alpha_s) N \lambda}{S_H} + \frac{w(E[Z] - 1)}{2} + \frac{h(S_H + E[Z])}{2} + \frac{(A_D + \left| \frac{E[Z]}{C_D} \right| \alpha_D) N \lambda}{E[Z]}$$

混合发货策略下的平均等待时间为

$$TR(S_H, T_H, Q_H, q_H) = \frac{E[Z] - 1}{2N\lambda}$$

混合发货策略是在间隔时间到达  $T_H$ 、单个零售商需求到达  $q_H$ 、所有零售商的总需求到达  $Q_H$  三个条件满足其一时, 供应商就对下游所有零售商进行发货。该策略在综合考虑了间隔时间和所有零售商总需求条件的同时, 也顾及了单个零售商的需求, 在降低企业运营成本的同时, 消除了损失客户的可能, 提高了供应链的顾客服务水平, 有利于供应链联盟取得长期效益。

### 3 发货策略的对比分析

以上分别给出了四种策略下平均成本和平均等待时间的计算公式, 因为需求的随机性, 以下通过数值实验方法对四种策略加以对比分析。

值实验方法对四种策略加以对比分析。

为了对四种策略下的平均成本和平均等待时间进行对比, 定义了发货策略下的目标函数  $f(\cdot)$ , 函数定义为:

以时间发货策略为例:

$$f(T) = \frac{CR(S_T, T)}{CR(S_T, T) + CR(S_Q, Q) + CR(S_q, q) + CR(S_H, T_H, Q_H, q_H)} + \frac{(1 - \alpha) TR(S_T, T)}{TR(S_T, T) + TR(S_Q, Q) + TR(S_q, q) + TR(S_H, T_H, Q_H, q_H)}$$

其中  $\alpha$  为平均成本的权重。基于所有零售商总需求发货策略、基于单零售商需求数量发货策略、混合发货策略的目标函数分别为  $f(Q)$ ,  $f(q)$  和  $f(H)$ 。

首先设定外部参数的基准值:  $\alpha = 1$ ;  $A_s = 225$ ;  $s = 5$ ;  $C_s = 20$ ;  $A_D = 50$ ;  $D = 2$ ;  $C_D = 5$ ;  $h = 2$ ;  $w = 20$ ;  $N = 10$ ;  $\lambda = 0.7$ ; 以间距 0.1 取值 0 ~ 1, 其余参数为基准值时, 各策略的结果如图 2 所示。

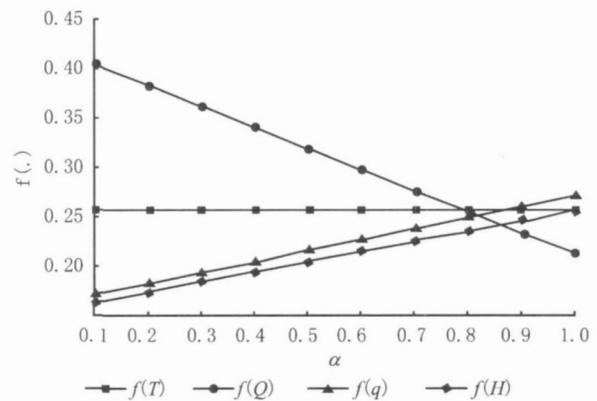


图2 参数  $\alpha$  对策略的影响

由图 2 可以看出, 多数情况下, 混合发货策略可以较好地均衡平均成本和平均等待时间, 当企业主要注重成本降低、设置  $\alpha$  的权重较大时, 基于所有零售商总需求的发货策略可以最好地降低费用。

以间距 1 取值 1 ~ 10, 其余参数为基准值时, 各策略的结果如表 1 所示。

表 1 参数  $\alpha$  的变化对策略的影响

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f(T)$	0.257 8	0.229 0	0.247 6	0.250 3	0.251 9	0.247 4	0.242 0	0.237 7	0.232 5	0.250 1
$f(Q)$	0.276 7	0.320 2	0.248 2	0.250 1	0.258 4	0.273 5	0.271 0	0.281 1	0.295 3	0.252 8
$f(q)$	0.239 0	0.233 2	0.277 7	0.268 3	0.256 7	0.246 7	0.258 9	0.253 1	0.244 1	0.257 5
$f(H)$	0.226 6	0.217 6	0.226 5	0.231 3	0.233 0	0.232 3	0.228 1	0.228 2	0.228 1	0.239 5

$N$  以间距 5 取值 5 ~ 50, 其余参数为基准值时, 各策略的结果如表 2 所示。

表 2 参数  $N$  的变化对策略的影响

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$f(T)$	0.242 0	0.258 2	0.248 0	0.237 1	0.239 1	0.257 9	0.257 0	0.259 7	0.259 1	0.258 4
$f(Q)$	0.289 8	0.276 8	0.242 2	0.247 1	0.236 4	0.254 4	0.252 7	0.249 7	0.248 9	0.249 8
$f(q)$	0.260 1	0.238 3	0.291 6	0.293 4	0.303 1	0.251 6	0.251 0	0.252 1	0.252 7	0.252 6
$f(H)$	0.208 1	0.226 7	0.218 2	0.222 4	0.221 4	0.236 1	0.239 3	0.238 5	0.239 3	0.239 2

$w$  以间距 2 取值 2 ~ 20, 其余参数为基准值时, 各策略的结果如表 3 所示。

表 3 参数  $w$  的变化对策略的影响

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$f(T)$	0.246 8	0.249 8	0.250 7	0.226 9	0.243 2	0.248 0	0.246 4	0.250 8	0.248 0	0.258 3
$f(Q)$	0.247 4	0.250 2	0.239 7	0.295 3	0.278 9	0.263 3	0.266 7	0.248 7	0.253 3	0.275 6
$f(q)$	0.272 8	0.267 5	0.281 1	0.260 8	0.252 1	0.263 5	0.263 5	0.279 0	0.278 1	0.239 5
$f(H)$	0.233 0	0.232 4	0.228 5	0.217 0	0.225 8	0.225 2	0.223 4	0.221 5	0.220 6	0.226 7

$A_s$  以间距 25 取值 25 ~ 250, 其余参数为基准值时, 各策略的结果如表 4 所示。

表 4 参数  $A_s$  的变化对策略的影响

	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
$f(T)$	0.260 3	0.260 8	0.259 8	0.247 5	0.247 9	0.247 3	0.246 5	0.246 5	0.258 2	0.246 0
$f(Q)$	0.277 8	0.276 0	0.279 0	0.257 8	0.256 6	0.259 1	0.256 7	0.258 3	0.276 7	0.255 5
$f(q)$	0.241 4	0.240 1	0.238 6	0.279 3	0.280 4	0.279 5	0.281 2	0.279 2	0.238 2	0.283 9
$f(H)$	0.220 6	0.223 0	0.222 6	0.215 4	0.215 1	0.214 0	0.215 7	0.215 9	0.226 9	0.214 5

由表 1 ~ 表 4 可以看出, 无论外部参数如何变化, 混合发货策略都能最好地兼顾顾客服务水平和企业的规模经济。这是因为混合发货策略综合考虑了发货时间间隔、单个零售商需求和所有零售商的总需求。混合发货策略在提高顾客服务水平和降低企业运营成本之间很好地取得了平衡。

#### 4 结束语

本文从权衡顾客服务水平与企业运营成本的角度, 对含有多个零售商的 VMI 环境下的四种库存与发货策略进行了分析与比较。在对四种策略进行理论分析后, 通过仿真实验, 对四种策略下的平均成本和平均等待时间进行比较。结果表明, 基于所有零售商总需求的发货策略可以很好地降低企业运营成本, 混合发货策略很有效地提高了顾客服务水平, 并在企业运营成本和顾客服务水平间可以最好地取得均衡。

本文还有若干需要进一步研究和扩展的余地, 例如, 可以根据需求的历史记录确定需求的走势, 根据预测理论对不同季节和未来几年的需求强度进行预测, 供应商可以综合考虑零售商多年的需求进行决策, 更有效地降低成本、提高服务水平。此外, 还可以在模型中加入原材料提供商, 从整个供应链的角度考虑库存和发货策略。

#### 参考文献:

- [1] LIU Liwen, ZHAO Huijun, YUAN Jiarui. Performance comparison among traditional, information sharing and VMI supply chain modes with one supplier and multiple retailers[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(11): 2154-2161(in Chinese). [刘丽文, 赵会军, 袁佳瑞. 一对多供应链在传统、信息共享和供应商管理库存模式下的绩效比较[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(11): 2154-2161.]

(下转第 597 页)

顾客需求	功能需求	重要性/技术特性	时间	力的方向	运动的方向	角速度	力的大小	运动的方向	速度
脚踏穴位按摩	0.2181								
放松脚腕	0.2511	0.40	0.40	0.60	0.50	0.70			
按摩力度可调节	0.0337								
空间范围内按摩	0.0405			0.75	0.63		0.38		0.25

图7 最终搜索结果显示窗口

## 4 结束语

本文提出了顾客需求自动转换系统。利用灰关联度检索相似实例实现了演进式搜索,使用 Apriori 算法挖掘实现了创新式搜索,完成了顾客需求到功能技术特性的自动转换。利用 Delphi 7.0 软件开发工具,实现了基于 QFD 的需求自动转换系统的开发。通过实例证明了系统有效可行,较好地解决了产品概念设计阶段顾客需求转换过程对设计人员经验过分依赖的问题,达到了加快产品设计进程和提高设计有效性的目的。

## 参考文献:

- [1] GRIFFIN A, HAUSER J R. The voice of customer[C]// Proceedings of MSI Working Paper Series, Report # 92-106. Boston, Mass., USA: Marketing Sciences Institute, 1992.
- [2] DAUGULIS A. Time aspects in requirements engineering: or every cloud has a silver lining[J]. Requirement Engineering, 2000, 5(3): 137-143.

## (上接第 557 页)

- [2] CHEN F Y, WANG Tong, 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(1): 197-210.
- [3] DU Shaofu. Inventory and dispatch strategies in VMI systems [D]. Hefei: China Science & Technology University, 2007 (in Chinese). [杜少甫. VMI 集成环境下的补货发货策略研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2007.]
- [4] CETINKAYA S, LEE C Y. Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems[J]. Management Science, 2000, 46(2): 217-232.
- [5] LIU Liwen, YUAN Jiarui. Inventory and dispatch models in VMI systems[J]. Chinese Journal of Management Science, 2003, 11(5): 31-36 (in Chinese). [刘丽文, 袁佳瑞. VMI 环境下的库存与发货模型研究[J]. 中国管理科学, 2003, 11(5): 31-36.]
- [6] GÜRB ÜZ M C, MOINZADEH K, ZHOU Yongpin. Coordinated replenishment strategies in inventory/distribution systems [J]. Management Science, 2007, 53(2): 293-307.

- [3] MCKAY A, DE PENNINGTON A, BAXTER J. Requirements management: a representation scheme for product [J]. Computer-Aided Design, 2001, 33(7): 511-520.
- [4] LI Yanlai, TANG Jiafu, PU Yun, et al. Final importance ratings determining of customer requirements in quality function deployment [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(4): 791-796 (in Chinese). [李延来, 唐加福, 蒲云, 等. 质量功能展开中顾客需求的最终重要度确定方法[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(4): 791-796.]
- [5] SHAN Hongbo, LIU Jihong, HUANG Zhengdong. Problem domain oriented requirement function description and transformation in product conceptual design process [J]. China Mechanical Engineering, 2005, 16(3): 234-238 (in Chinese). [单鸿波, 刘继红, 黄正东. 面向问题域的产品概念设计阶段需求功能的描述及转换研究[J]. 中国机械工程, 2005, 16(3): 234-238.]
- [6] SONG Huijun, LIN Zhihang. Hierarchical function solving framework with hybrid mappings in the conceptual design of mechanical products [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2003, 39(5): 82-87 (in Chinese). [宋慧军, 林志航. 机械产品概念设计多层次混合映射功能求解框架[J]. 机械工程学报, 2003, 39(5): 82-87.]
- [7] NAGAMACHI M. Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development [J]. Applied Ergonomics, 2002, 33(3): 289-294.
- [8] TSENG M M, JIAO Jianxin. Computer-aided requirement management for product definition: a methodology and implementation [J]. Concurrent Engineering: Research and Applications, 1998, 6(2): 145-160.
- [9] AGRAWAL R, SRIKANT R. Fast algorithms for mining association rules [EB/OL]. [2008-03-01]. <http://rakesh.agrawal-family.com/papers/vldb94apriori.pdf>.
- [7] SUN Xin, CHEN Qiushuang, LONG Lei, et al. Research on integrated scheduling algorithm for 3-tier supply chain [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 12(4): 590-595 (in Chinese). [孙鑫, 陈秋双, 龙磊, 等. 三层供应链联合调度算法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(4): 590-595.]
- [8] THANGAM A, UTHA YAKUMAR R. A two-level supply chain with partial backordering and approximated poisson demand [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187(1): 228-242.
- [9] HILL J, GALBRETH M. A heuristic for single-warehouse multiretailer supply chains with all-unit transportation cost discounts [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187(2): 473-482.
- [10] RIEKSTIS B Q, VENTURA J A. Optimal inventory policies with two modes of freight transportation [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 186(2): 576-585.
- [11] GEN M, IDA K, LI Yinzhen. Bicriteria transportation problem by hybrid genetic algorithm [J]. Computers and Industrial Engineering, 1998, 35(1/2): 363-366.