

基于优化 EOQ 模型的战备储备药品库存控制策略

舒丽芯, 陈盛新, 李捷玮, 孙庆文(第二军医大学, 上海 200433)

[摘要] 目的 构建优化的经济订购批量(EOQ)模型,探讨战备储备药品库存控制策略。方法 基于对战备储备药品生产数据分析和药品需求概率分析,对经典的 EOQ 模型进行优化,增加约束条件、调整假设条件、构建新的模型,运用 Matlab 软件求解,使用蒙特卡罗模拟进行敏感度分析。结果 构建了定量库存与不确定库存、参数已知与参数为随机变量等多种因素交叉的 3 个优化 EOQ 模型,实证研究表明,仓储管理水平和生产动员能力是影响战备储备药品库存决策的重要因素。结论 本研究构建的储备模型能够满足战备储备药品库存控制决策的基本需要。

[关键词] 优化经济订购批量模型;战备储备药品;库存控制

[中图分类号] R95 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1006-0111(2013)03-0187-05

[DOI] 10.3969/j.issn.1006-0111.2013.03.007

Inventory control strategy of combat reserve of medical supplies based on optimized EOQ model

Shu Li-xin, Chen Sheng-xin, Li Jie-wei, Sun Qing-wen (Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

[Abstract] **Objective** To set up optimized EOQ models for inventory control of combat reserve of medical supplies. **Methods** Based on the analysis of combat reserve of medical supplies production data and demand probability distribution, classic EOQ model was optimized through adding the constraints and adjust assumptions. Matlab software was used to obtain optimal solution; Monte Carlo simulation was used to insensitivity analysis. **Results** Three optimize EOQ models were built and the optimal solution for inventory control strategy were concluded through empirical research, which showed the warehouse management level and production capacity for mobilization were the important factor to affect the inventory control decisions. **Conclusion** The reserve model constructed in this study could meet the basic needs of inventory control of combat reserve of medical supplies.

[Key words] optimized EOQ model, combat reserve of medical supplies, inventory control

战备储备(以下简称战备)药品,是指为了解决突发的战争、重大自然灾害、重大公共卫生事件或其他重大突发事件引起的供求失调而建立的储备药品^[1,2]。战备储备药品中的核化生武器损伤防治药品尤为特殊,多数为军队特需药品^[3],具有需求概率难以预测、生产动员能力差等特点,储备过量会因核销过多,浪费储备资金;储备不足则容易造成应急事件保障失供。因此,储备控制策略一直是困扰战备药材管理的难题。经济订购批量(economic order quantity, EOQ)模型^[4]是目前医药产品最为普遍应用的库存管理模型,它通过平衡采购进货成本和储存保管成本,测得总库存成本最低的订货批量,继而可以测得安全库存、平均库存等库存控制的重要参数。但 EOQ 模型的假设条件过于简化,与战备药品存储的实际情况差别很大。包括:EOQ 模型假设需求是确定的,事实上多

数药品需求是随机的、离散的;EOQ 模型假设不允许缺货,但由于特殊品种药品的生产能力有限,突发应急情况下,缺货概率是客观存在的。本文在 EOQ 模型的基础上,增加需求分布、备运时间、缺货概率、缺货费用、储备过剩费用等变量约束和参数,运用 Matlab 6.5 编写了求解程序,最终获得战备药品库存控制参数,以期各级部门制定战备药品管理方案提供参考。

1 资料与数据来源

1.1 战备药品需求数据 核化生武器损伤防治药品需求数据来自于美国国土安全部(Department of Homeland Security, DHS)的报告《1950~2005 年全球核化生袭击或事故年代表》^[5]以及国内相关公开文献,其他战备药品需求数据根据储备定额测算。

1.2 战备药品生产、应用数据 药品生产周期数据来自于生产企业调研数据和专家访谈。药品的类别、剂型、适应症、用药注意事项等应用数据来自于药品说明书。

[作者简介] 舒丽芯(1976-),女,博士,讲师。Tel:(021)81871320, E-mail:shulixin@yahoo.com.cn.

2 方法

2.1 EOQ 模型

2.1.1 模型变量与假设条件 假设物品单价为 P , 一次订购批量为 q , 且满足以下条件: 需求为确定型需求, 并且单位时间(通常为 1 年)的需求量 d (可称为需求率) 已知; 无论订货量多寡, 订货费用 K 固定; 不允许缺货, 即缺货费用 b 无穷大; 计入仓储费用 h , 按每单位物资的年度保管存储费用计算, 或以单位货值的存储费率表示, 即 Ph_d ; 各份订单的前置期为 0。

2.1.2 EOQ 模型与求解 年总费用(Tc) = 购入费用 + 订货费用 + 仓储费用, 即

$$Tc = dp + K \frac{d}{q} + h \frac{q}{2}$$

在保障供应的前提下, 为获得库存总费用最低的批量 q , 可求 Tc 关于 q 的导数, 即

$$\frac{dTc}{dq} = -\frac{Kd}{q^2} + \frac{h}{2}$$

$$\text{令 } dTc/dq = 0, \text{ 则得: } q^* = \sqrt{\frac{2dK}{h}}$$

$$\text{年订货次数: } n = \frac{d}{q^*} = \sqrt{\frac{dh}{2K}}$$

此时年总费用 Tc 最少, $Tc = dp + hq^*$

2.2 优化方法 运用专家访谈法和现场调研法, 获取药品生产变量和参数变动范围; 运用数理统计与运筹学方法描述药品需求的分布规律; 在此基础上, 对 EOQ 模型增加约束条件、调整假设条件以及测算最优解。其中统计检验运用 SPSS18.0, 编程运用 Matlab 软件(v6.5)。

3 结果

3.1 模型变量与模型假设条件

3.1.1 缺货费用对于用药延迟可致人死亡的战储药品, 其缺货费用以烈士抚恤金测算, 按有关规定以 57 200 元计^[6], 对于用药延迟不影响伤病员生存的, 缺货费用为替代药物与储备药品的差价; 如果可以等待订单的延期支付, 则缺货费用为 0 元。

3.1.2 存储费的测算。 本研究依据 2010 年国家发改委经济运行局、国家统计局贸易外经司、中国物流与采购联合会调查结果^[7], 单位药材存储费按货值的 0.2% 计。

3.2 模型优化及求解

3.2.1 定期检查、缺货无法交付、固定订货费用 $K \geq 0$ 、多周期随机存贮模型的 (s, S) 策略。

3.2.1.1 适用范围 适用于缺货引起的用药延误会导致的死亡、伤残或生命质量严重下降等的核化

生武器损伤防治用药品, 如抗放药、促排药、止血药、抗化学战剂药、解毒药等。每间隔一个固定时间检查存储量, 当存储量高于最低库存量(s) 时不补充, 当存储量小于或等于最低库存量时补充库存到最大库存量(S)。

3.2.1.2 模型变量与假设条件 单位时间的需求量 X , 如果 X 是离散型随机变量, 输入 X 分布律, 即 $\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n & \dots \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n & \dots \end{bmatrix}$, 其中 $0 \leq x_1 < x_2 < \dots < x_n < \dots$ 。如果是连续型随机变量, 输入或指定 X 的密度函数 $f(x)$, 对于实际问题的需求量而言, 一般应该有 $\int_0^{+\infty} f(x) dx \approx 1$; 订货不足(每单位)的机会损失 u ; 订货过量(每单位)的机会损失 o ; 上一个周期的剩余物品数量 I 。

3.2.1.3 模型构建与求解

计算临界比值 $N = \frac{u}{u+o}$ 。

计算最优存贮量 S 。对 $n = 1, 2, 3, \dots$, 依次计算累积概率 $CDF = \sum_{j=1}^n P_j$ (适用于离散型随机需求), 直到 CDF 第一次超过临界比值 N , 即可求得最优存贮量 S , 或计算累积概率 $CDF = \int_0^S f(x) dx$ (适用于连续型随机需求), 通过解方程 $\int_0^S f(x) dx \approx \int_{-\infty}^S f(x) dx = N$ 求得最优存贮量 $S = x_n$ 。

计算再订货点(安全库存) s 。计算存贮过量及存贮不足的总机会损失的平均值 $\int_0^s f(x) dx + \int_0^{+\infty} u(x-s)f(x) dx$, 并求解关于 s 方程

$$\int_0^s o(s-x)f(x) dx + \int_0^{+\infty} 0 u(x-s)f(x) dx = G$$

$G = K + \sum_{j=1}^m o(S-x_j)P_j + \sum_{j=m+1}^{\infty} u(x_j-S)P_j$, G 为常数记, $H(s) = G - \int_0^s o(s-x)f(x) dx - \int_0^{+\infty} u(x-s)f(x) dx, s \in [0, S]$, $H(s)$ 是凹函数($H''(s) < 0$), $H(S) = K > 0$, 并且一般有 $H(0) = G - uEX < 0$ (否则永远不需要再订货), 可考虑用两分法, 并通过数值积分求解方程 $H(S)$ 获得 s 的解: ①指定误差限 ε (例), $\varepsilon = 10^{-3}, a = 0, b = S$; ②如果 $b - a \leq \varepsilon$, 则 $s = \frac{a+b}{2}$; ③令 $c = \frac{a+b}{2}$, 如果 $H(c) > 0, b = c$ 或 $a = c$; ④循环计算, 直到符合条件停止。

计算最优订货量: $q^* = S - I$ 。

以用于核辐射损伤防治药 DHJP 为例,对 DHS 的报告《1950~2005 年全球核化生袭击或事故年代表》为主要依据,去除牲畜伤害事件,并补充国内相关公开报道文献,汇总列 1961~2005 年核化生武器袭击、事故发生次数及伤亡人数频数分布。经 Kol-

mogorov-Smirnov 检验,核武器袭击/核事故/核临界事故的年发生频率符合 Poisson 分布($\lambda = 2.1556$, $\alpha = 0.159$),化学和生物袭击/事故的年发生频率、核化生袭击/事故伤亡人数均不服从常见(正态、均匀、指数、泊松)的分布,其需求分布律为

0	1	2	3	4	24	47	52	78	101	153	1 528	4 031
0.53	0.13	0.09	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

固定订货费用 K 为 100 元/次;订货不足会导致伤者死亡,机会损失 u 为烈士抚恤金 57 200 元/人份;订货过量(每单位)的机会损失 $o = P_0 - v + h = 6.024$ 元/人份;假设上一个周期的剩余物品数量 I 为 2 000 人份。求解 $s^* = S^* = 4 031$ 人份, $q^* = 2 031$ 人份。

3.2.2 连续检查、库存量连续下降、不确定需求、交付周期服从正态分布的 (s, q) 策略

3.2.2.1 适用范围 适用于价值低、用途固定、前置期短且独家或少数企业生产的药品,如战储药品 JWTDRY、FZSZXF(因药品近效期轮换而发生的需求是正态、连续的)等,前者缺货可延期交付,后者是止血急救药品,缺货不可能在库存补充后延期交付。本模型不需要连续的库存记录,对管理要求低,当观测消耗到 s 时即可订购 q 。

3.2.2.2 模型变量与假设条件 单位时间的需求量 X (单位/单位时间,假定为正态分布)的均值 $EX = \mu$, 方差 $VarX = \sigma^2$ 或标准差 σ ;固定订货费用 K ;存贮费用 h (或过量储备的损失 o);缺货费用 b (或储备不足造成的损失 u);订购的交付周期服从正态分布,均值为 L , 标准差为 σ_L 。若为固定交付周期,则取 $\sigma_L = 0$ 。

3.2.2.3 模型构建与求解 年总费用 = 预期年度存储费 + 预期缺货费 + 订货费。

引入变量 B 为再订购点 s 所对应的周期内缺货数量的随机变量。 $T_c(q, s) = h(\frac{q}{2} + s - \mu L) + \frac{bE(B) + E(X)}{q} + \frac{KE(X)}{q}$, 令 $dTc(q^*, s^*)/dq = dTc(q^*, s^*)/ds$, 求出最优解。

最优再订货点 s^* 和最优订货量 q^* 的计算过程如下:计算交付周期内需求量 Y 的期望 $EY = \mu L$ 、方差 $\sigma_L^2 = L\sigma^2 + \mu^2\sigma_L^2$, 则标准差为 σ_Y ;用 EOQ 公式近似计算的最优订货量 $q = \sqrt{\frac{2K\mu}{h}}$;计算临界值 $N = 1 - \frac{hq}{b\mu}$ 。如果 $N < 0$, 则再订货点为 $s = 0$, 即库存量降低为零时就立即订货,订货量为 q^* ;如果 $0 < N < 1$, 则最优再订货点 $s = \mu L + x\sigma_Y$ 。其中 $x = \phi^{-1}(N)$, 而 $\phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(t) dt$ 是标准正态随机变量的(累积)分布函数(CDF)。

表 1 JWTDRY 和 FZSZXF 储备模型最优解(时间单位:年)

参数	模型参数		理论最优解		
	JWTDRY	FZSZXF	参数	JWTDRY	FZSZXF
需求量 X	正态	正态	s^* (瓶)	979	684
μ	53 864	27 434	q^* (瓶)	3 982	789
σ	135.2	34.7	平均库存最小值(瓶)	243	308
K (元/次)	100	100	平均库存最大值(瓶)	4 224	1 097
P (元/瓶)	0.7	50	平均库存(瓶)	2 234	702
u (元/瓶)	0.9	57 200	安全库存(瓶)	242	308
o (元/瓶)	0.701 4	11	前置期内平均缺货量(瓶)	3.61	0.00
			前置期内平均缺货率(%)	5.60	0.00
			TK(元)	1 353	3479
			Th(元)	1 567	7 721
			Tb(元)	44	857
			药品总值期望值(元)	37 688	1 371 699
			c (元)	40 652	1 383 757

3.2.3 连续检查、库存量连续下降、不确定需求、延期交付、交付周期服从正态分布、根据服务等级确定

安全库存的 (s, q^*) 策略

3.2.3.1 服务等级 在缺货成本难以测量的情况

下,采取服务等级法来控制缺货问题^[8]。服务等级 SLM_1 指单位时间内能够按时满足需求的数量比例;服务等级 SLM_2 的含义是:单位时间内能按时满足需求的订货周期的比例。

3.2.3.2 模型变量与假设条件 单位时间的需求量 X (假定为正态分布) 的均值 $EX = \mu$, 方差 $VarX = \sigma^2$ 或标准差 σ ; 固定订货费用 K ; 存贮费用 h ; 订购的交付周期服从正态分布, 均值为 L , 标准差为 σ_L 。若为固定交付周期, 则取 $\sigma_L = 0$; 服务等级 SLM 。

3.2.3.3 模型最优解 最优再订货点 s 、最优订货量 q^* 的计算过程如下: 计算交付周期内需求量 Y 的期望 $EX = \mu L$ 、方差 σ_Y^2 , 则标准差为 σ_Y ; 用 EOQ 公式近似计算 $q = \sqrt{\frac{2K\mu}{h}}$; 计算临界值 $N = \frac{q(1 - SLM_1)}{\sigma_Y}$;

或 $N = SLM_2$; 解方程 $NL(x) = N$, 其中 $NL(x) = \varphi(x) - [1 - \Phi(x)]x$ 称为正态损失函数。正态损失函数 $[NL(x)]$ 由这样的—个事实来规定, 即如果交付周期内的需求量服从正态分布, 平均值为 EY , 标准差为 σ_Y , 再订购点为 $EY + x\sigma_Y$, 那么 $\sigma_Y NL(x)$ 为交付周期期间将要发生的缺货的预期次数。这里 $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$ 是标准正态随机变量的密度函数 (PDF),

$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(t) dt$ 是标准正态随机变量的 (累积) 分布函数 (CDF)。已经有人编制了正态损失函数表, 只需查表就可求出这个 x 。

最优再订货点。

以 JWDTRY 和 FZSZXF 为例, 测算对需求总量不同的满足率 (SLM_1) 和全部周期不同的订单满足率 (SLM_2) 最低库存 s 的最优解, 结果见表 2。

表 2 不同服务等级下 s^* 的最优解

服务等级 (%)	JWDTRY		FZSZXF	
	SLM_1	SLM_2	SLM_1	SLM_2
10	0	543.62	0	277.28
20	0	610.25	0	311.08
30	0	658.36	0	335.49
40	0	699.455 0	0	356.36
50	0	737.882 0	22.39	375.82
60	0	776.311	93.027	395.31
70	0	817.409 5	163.71	416.16
80	0	865.514 7	235.30	440.56
90	345.62	9 321.428	314.18	474.36
99	786.13	1 090.766	448.48	554.82

4 结论与讨论

4.1 本研究构建的储备模型能够满足战储药品库存控制决策的基本需要 本研究构建的 4 个优化 EOQ

模型, 从实际出发, 纳入了年需求量和前置期需求量两个随机变量, 同时考虑了库存控制策略、需求函数、订购费用、库存费用、缺货费用、生产供应的能力、生产供应速率等 7 个因素, 针对缺货费用难以测算的问题, 采用服务等级法为决策者提供最优解, 可基本满足各种类型战储药品库存控制决策需要。这些模型解得的安全库存量、订购点、最佳订购量、最大库存量等储备决策要素值, 为药材供应保障决策提供了依据, 也为库存辅助决策系统的开发提供了模型工具。

4.2 仓储管理水平和生产动员能力是影响战储药品库存决策的重要因素 从模型求解公式来看, 每次订货的固定订货费、生产速率不同, 对应的最佳经济订购批量、订货周期、最大库存量差异很大, 总成本也有变化。控制业务开支, 降低单笔订货费, 提高独家生产品种的生产速率, 可以减低库存量、减少每次订货量, 缩短订货周期。这对提高库房的效益和效率、减少药品过期报废的风险是有重大实际意义的。

4.3 成本的测量 本研究是从战储药品储备管理者的角度出发, 将因用药延误导致的死亡或其他健康损失纳入到缺货成本中。缺货造成的机会损失 (如死亡的损失、伤残的损失) 的测量尚有待商榷。如何将救治效率指标转化成货币单位? 理论上可以将生命质量调整年或伤残损失调整年与人力资本法结合测算药品失供造成的损失, 但实际上测量每种药品因用药延误而导致的效用损失是很困难的, 因此本研究采取了极值简化方法, 即缺货成本或者是导致死亡造成的损失, 或者微不足道, 可以看作零。同样, 在储备过量的情况下, 因药品是易变质商品, 过期即报废不可再利用, 因此本研究将药品的“折旧”纳入到储备过量的机会损失中来, 以期反映过期对成本的影响。

4.4 需求预测 若要解决库存控制关键问题, 做出最佳库存决策, 就必须先设法对战储药品的需求状况做作出详细的分析。然而, 关于战争或非战争军事行动的药材需求规律尚在研究和讨论中; 对于军队特需药品来说, 更是缺乏足够的历史统计数据用于构建需求函数。因此, 本研究的需求分布描述, 除三防药品外, 都是基于经验分析设定的理想状况, 可能与实际情况有出入。但这并不影响模型的科学性, 不同的决策者可以根据本级储备保障对象药品消耗的历史数据或经验数据, 输入需求函数或分布律, 测算本级机构药品储备库存最佳控制方案。也可运用专家咨询法确定需求概率分布, 进而进行测算。

4.5 测算结果的应用和推广 模型测算的结果是理论最优解, 然而实际中未必是可行解, 包括: 订购

(下转第 219 页)

为滴丸的最佳滴制工艺。即混合物温度(79 ± 1) °C,滴距8 cm,滴速45滴/min。

2.3 验证实验 按比例称取原料药与基质15 g,分为3份,置研钵中充分研磨混匀,80 °C水浴上熔融,按最佳工艺A,B,C,进行滴制,二甲基硅油为冷却液,冷却温度为15 °C冷凝管冷水浴、5 °C锥形瓶冰水浴。以平均丸重为10 mg,溶散时限≤5 min,测量两条粒径比为1作为评分标准。结果见表6。

表6 草乌甲素滴丸成型工艺验证实验

序号	外观	平均丸重(mg)	溶散时限(min)	圆整度
1	圆整	10.1	3.9	0.991
2	圆整	10.4	4.1	0.993
3	圆整	10.3	4.0	0.992

3 讨论

3.1 滴丸的成型性和质量 参照中国药典(2010版)中崩解时限检查法,采用5分制对其包括滴制成型性、外形、圆整度和硬度在内的外观质量评分。在试验过程中发现,水浴加热很难使原料药与基质混合均匀,采取先将二者研磨均匀后,再加热熔融的方法,效果良好。

3.2 固体分散技术的采用 固体分散技术对难溶性药物提高生物利用度应用较广泛。不少学者用水不溶性聚合物、肠溶性材料、脂质材料为载体,草乌甲素为原料制备成固体分散体的报道,使分散体的研究进入新的发展阶段,为缓释制剂的制备开辟了一条新的途径。本实验在总结相关报道的基础上制

得了草乌甲素滴丸。

3.3 冷却条件 实验中曾采用滴丸在液状石蜡中冷却,但由于温度过高混合物冷却不完全,滴丸发生黏连。且液体石蜡中下降速率较快,且冷凝液下部需用水浴降温冷凝,而滴丸在二甲基硅油中沉降速度较慢,使液滴在上部有充足的时间释放气泡收缩成型。但当二甲基硅油温度过低,混合物来不及收缩成丸,即会产生拖尾现象。同时,由于冷凝液下部不需用水浴降温冷凝,故选二甲基硅油为冷凝液,既缩短了冷凝柱高度,又方便操作。

本实验优化的草乌甲素滴丸成型工艺方法简单、操作容易、成品率高、质量稳定,可作为草乌甲素滴丸大规模工业生产的工艺条件。

【参考文献】

- [1] 中国药典2010版. 二部[S]. 2010:373.
- [2] 张源潮,杨清锐,尹宏恩,等. 草乌甲素治疗骨关节炎及类风湿性关节炎临床观察[J]. 中药药理与临床, 2000; 16(2):43.
- [3] Xiong X, Zhai S. Sensitive quantification of bulleyaconitine A in human serum by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2009; 73(7):1572.
- [4] 李春花,王丽萍,高艳芝,等. 连贞滴丸的成型工艺研究[J]. 中国医院药学杂志, 2008; 28(8): 631.
- [5] 林华庆,张蜀,邓红. 正交试验法优选雪胆素滴丸的成型工艺[J]. 广东药学院学报, 2006;22(1): 4.
- [6] 黄贤惠,邢建国,王新春,等. 正交设计法优选天山雪莲凝胶剂基质处方[J]. 中国中药杂志, 2010; 35(14): 1803.

[收稿日期]2012-07-19

[修回日期]2012-10-19

(上接第190页)

量和库存量与药品包装规格不一致,成套储备的各个药品订购周期不一致、库存量与配套量不一致等等。包装不一致问题的解决方法为:将需求函数 X 的单位调整为最小包装数或最小供应数,相应的 h 、 u 、 o 也折算成相同单位的费用,然后对模型重新求解。成套储备各品种不一致问题的解决方法为:对于需求概率不明、按人份量成套供应的品种(如核辐射损伤防治药品),可采取成套储备方案,并以人份量为单位进行模型求解,取单个药品中安全库存量最大值作为成套药品的安全库存限,用于订购和轮换决策;对于需求概率分布明确的药品则可直接应用模型最优解。

【参考文献】

- [1] 国家经贸委. 关于印发《国家医药储备管理办法》的通知(国经贸医药[1999]544号)[Z]. 颁布日期 1999-06-14.

[收稿日期]2013-04-02

[修回日期]2013-05-02

- [2] 中国军事后勤百科全书编审委员会编. 中国军事后勤百科全书:卫生勤务卷[M]. 北京:金盾出版社,2002. 8,278.
- [3] 中国人民解放军总后勤部. 军队特需药品管理办法[S]. 2005.
- [4] 胡运权. 运筹学教程[M]. 第3版. 北京:清华大学出版社, 2007. 4:322.
- [5] Mohtadi H, Murshid A. A Global chronology of incidents of chemical, biological, radioactive and nuclear attacks: 1950-2005[EB/OL]. <http://www.ncfpd.umn.edu/Ncfpd/assets/File/pdf/GlobalChron.pdf>. [2006-07-07],[2011-01-10].
- [6] 国务院中央军事委员会第413号令.《军人抚恤优待条例》[Z]. 2004.
- [7] 国家发改委经济运行局、国家统计局贸易外经司、中国物流与采购联合会. 2010年全国重点企业物流统计调查报告[EB/OL]. <http://www.ndrc.gov.cn/zjgx/t20110126-392628.htm>.
- [8] Waters D. 库存控制与管理[M]. 北京:机械工业出版社, 2008,103.