

# 基于效用的备品备件优化库存控制法

张晋豫<sup>1</sup>, 杨 维<sup>1,2</sup>, 张顶立<sup>3</sup>

(1. 北京交通大学计算机学院, 北京 100044; 2. 东南大学移动通信国家重点实验室, 江苏南京 210096;

3. 北京交通大学隧道中心, 北京 100044)

**摘 要:** 在 $(s, Q)$ 的故障替换概率分布模型基础上, 提出了基于最小补充周期效用的优化补充周期定义算法和基于最小订货周期效用的优化订购周期定义算法, 在保持了 $(s, Q)$ 机制强调费用节省和可用性优点的同时, 克服了它对资金积压、技术折旧损失和缺货损失、冗余库存维护损失缺乏调控能力的缺点. 仿真结果很好验证了本机制的优点.

**关键词:** 备品备件; 优化; 效用; 库存控制法

**中图分类号:** TP393.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2010) 11-2708-06

## Optimal Inventory Control Method for Spare Part Based on Utility

ZHANG Jin-yu<sup>1</sup>, YANG Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Ding-li<sup>3</sup>

(1. School of Computer and Information Technology, BJTU, Beijing 100044, China;

2. National Mobile Communications Research Laboratory, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096, China;

3. Research Center of Tunnel and Underground Engineering, BJTU, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Based on the probability distribution model of fault replacement of  $(s, Q)$ , an optimal replenishment cycle algorithm targeted to minimize the replenishment cycle utility and an optimal ordering cycle algorithm targeted to minimize the ordering cycle utility are introduced, they not only keep the saving expense merit and the improving availability merit in  $(s, Q)$ , but also overcome the disadvantages of lacking of adjusting ability to overstocking of capital losses, device depreciation losses, the shortage loss and the surplus maintenance losses. The simulation result verifies our mechanism merits well.

**Key words:** spare part; optimized; utility; inventory control method

## 1 引言

周期补充是目前很多企业普遍采用的备品备件管理模式, 订购量和订购点是周期补充控制法的两个基本控制参数<sup>[1]</sup>. 其中, 订购量表示单次的购买量, 由补充周期大小决定. 如果周期太长, 购买量过大, 则不但会造成资金积压, 同时对于价格下降比较快的器件, 还会产生过多的技术折旧和技术淘汰损失; 如果周期过短, 则购买次数过多, 订购费用增加. 目前普遍使用的优化方法是最小花费优化法<sup>[1,2]</sup>. 订购点表示启动订货过程的库存量, 由订购周期决定. 如果订购点太大, 订购周期过长, 则发生库存冗余的概率和维护费用损失相应提高; 订购点过小, 则缺货发生的概率和缺货损失增加. 目前普遍使用的优化方法是最大可用性优化法<sup>[1,2]</sup>.

本文提出了一个基于效用的备品备件控制法 $(\tau, T_m)$ , 它包括两部分: (1) 提出了一个由资金积压、库存

维护和管理费用、技术折旧和订购费用组成的补充周期效用算法, 在此基础上, 提出了一个基于最小补充周期效用的补充周期优化算法  $T_m$ . 它在保持最小花费优化法强调节省资金优点的同时, 克服它不计价格变化, 忽略资金积压以及技术折旧和技术淘汰影响的缺点; (2) 提出了一个由故障率和采购周期大于期望值引发的缺货损失算法和一个由故障率和采购周期小于期望值引发的库存冗余维护损失算法, 并基于它们提出了一个由缺货损失和库存冗余维护损失组成的订购周期效用算法, 在此基础上, 提出了一个基于最小订购周期效用的订购点优化算法  $\tau$ , 它在保持基于最大可用性优化算法强调生产安全性优点的同时, 克服了它不计供货周期概率分布, 没有充分重视库存冗余维护损失影响的缺点. 论文最后利用 $(s, Q)$ <sup>[2]</sup>的仿真参数进行仿真, 并和 $(s, Q)$ 算法进行了比较.

2 相关工作

Diallo C 等提出了一个 $(s, Q)$ 备品备件优化库存管理模型<sup>[2]</sup>.  $s$  表示订货点,  $Q$  表示订货量. 该模型基于花费最小化定义了一个订购量优化算法, 基于在预算限制下的可用性最大化定义了一个订购点优化算法. 可用性定义为停产时间和总时间的比率, 表示为:

$$SA = \frac{E[Uptime]}{E(Cycle)} = 1 - \frac{E[Downtime]}{E(Cycle)} \tag{1}$$

订购点的优化算法表示为:

$$\text{Maximize: } SA = 1 - \frac{T_p + QT_C + T_a}{T_m} \tag{2}$$

$$\text{Subject to: } B(s, Q) - B_L \leq 0, T_m \geq \tau, s \geq 0, Q \geq s$$

其中,  $SA$  表示生产的安全性,  $T_p$  表示预防性替代停产时间,  $T_C$  表示故障替代的停机时间,  $T_a$  表示  $T_m$  时间内缺货停机的时间,  $B(s, Q)$  是实际的花费,  $B_L$  是预算, 在  $B(s, Q)$  中包含了故障率高于期望值时的脱货损失和故障率低于期望值时的库存冗余维护损失. 故障的时间等于  $T_p + QT_C + T_a$ .

$(s, Q)$  机制具有以下优点: (1) 以最大限度减少停产时间为目标, 充分考虑了生产的安全性; (2) 利用器件的生命周期的概率分布和故障持续时间的概率分布来建立备品备件需求模型, 充分考虑了故障的随机性, 具有一定的合理性. 但算法也存在以下缺点:

(1) 在优化补充周期算法里, 假设购买价格不变, 花费主要包括维护管理费、订购费和购买费用, 因此, 算法在强调减少企业运营成本的同时, 忽略了资金积压和技术折旧的影响.

(2) 在优化订购点算法里, 虽然通过减少脱货时间增加了设备的可用性, 但库存冗余维护损失只用于评估花费是否满足预算限制, 影响被低估.

(3) 在优化订购点算法里, 假设供货周期恒定, 脱货仅仅是由故障率过高引起的. 但实际上供货周期受供货渠道、技术发展、订货和配送等随机因素影响, 供货周期过长也可能引起脱货, 算法考虑不全面.

(4)  $SA(s, Q)$  算法中包括  $T_p + QT_C$ , 它们都属于人为或自然(必不可少)的停机时间, 不能算作影响生产安全性的因素.

3 基于效用的补充周期优化算法

表 1 描述了本文中用到的基本变量.

补充周期为两次连续的订货入库时间间隔, 订货周期为订购点到补充周期结束的时间间隔.

单次故障的发生具有随机性, 但故障分布具有统计稳定特征, 订购量可以由补充周期大小确定. 订购量不影响生产的安全性, 因为脱货或冗余是由订货点确

定的, 但它关系到企业的资金分布的合理性<sup>[3,4]</sup>. 在周期补充系统中, 订货点和订货量, 以及补充周期和订货周期的关系如图 1 所示.

表 1 基础变量描述

符号	名字	符号	名字
$c_i$	单件 $i$ 备件 $i$ 单位时间的资金积压	$\pi_i$	单件 $i$ 单位时间的缺货损失
$N_i$	在线设备 $i$ 的总数量	$Q$	补充周期的订购量
$T_m$	补充周期的长度	$T_r$	参考时间长度
$w_i$	单件备件 $i$ 单位时间内的库存管理费用	$N$	参考时间内补充周期的数量
$r_i(t)$	器件 $i$ 在 $t$ 时刻的价格	$\tau$	订货周期的长度
$A$	单次的订购费用	$s$	订货点的大小

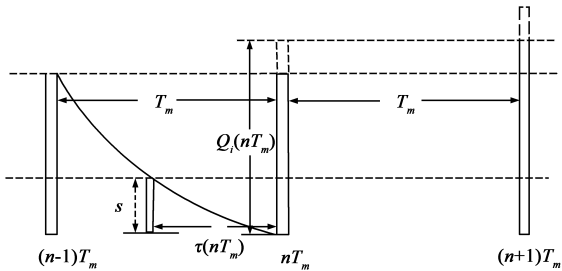


图 1 备品备件周期补充库存管理模型

**定义 1** 对于周期性补充系统, 定义补充周期内新购买的所有备品备件的技术折旧费、资金积压、维护和管理费用、订购费用之和为该周期的补充周期效用.

**优化补充周期定义法:** 补充周期效用最小的补充周期为优化的补充周期.

按照文献[2]提出的方法, 对一个器件  $i$ , 假设器件的平均故障持续时间的概率密度函数为  $h_i(x)$ , 器件生命周期概率密度函数为  $f_i(x)$ , 在  $y$  时刻, 发生故障的概率密度函数为:

$$p_i(y) = \int_0^y f_i(y-x)h_i(x)dx \tag{3}$$

在  $[0, t]$ , 发生故障的累积分布函数为:

$$P_i(t) = \int_0^t p_i(y)dy \tag{4}$$

每次发生故障, 只要备品备件库中有备件就发生替换, 则在  $[0, t]$  内总的替换量为:

$$Q_i(t) = N_iP_i(t) = N_i\int_0^t p_i(x)dx$$

在  $[0, T_m]$ , 订购量  $Q$  为:

$$Q = Q_i(T_m) = N_i\int_0^{T_m} p_i(x)dx \tag{5}$$

在  $[0, T_m]$ , 备品备件产生的资金积压<sup>[4,5]</sup>为:

$$C_i^h(T_m) = c_iN_i\int_0^{T_m} (T_m-x)p_i(x)dx \tag{6}$$

在  $[0, T_m]$ , 备品备件库存管理费用为:

$$C_i^m(T_m) = w_iN_i\int_0^{T_m} (T_m-x)p_i(x)dx \tag{7}$$

在  $[(n-1)T_m, nT_m]$ , 技术折旧费为:

$$C_i^d(nT_m) = Qr_i((n-1)T_m) - \int_{(n-1)T_m}^{nT_m} r_i(x)p_i(x)dx \quad (8)$$

在  $[0, T_m]$ , 设备品备件的订购费用为  $A$ .

在  $[0, T_r]$ , 总的补充周期效用为:

$$\Delta F_i(0, T_r) = \frac{T_r}{T_m} C_i^h(T_m) + \frac{T_r}{T_m} C_i^m(T_m) + \frac{T_r}{T_m} A + \sum_{n=1}^N C_i^d(nT_m) \quad (9)$$

其中,

$$N = \frac{T_r}{T_m} - (\text{int}) \frac{T_r}{T_m} = 0? \quad \frac{T_r}{T_m} : (\text{int}) \frac{T_r}{T_m}$$

优化的条件为:

$$\frac{d(\Delta F_i(0, T_r))}{dT_m} = 0 \quad (10)$$

如果以上方程的解为  $T_m = T_m^o$ , 同时满足:

$$\forall : T_m > T_m^o, \frac{d(\Delta F_i(0, T_r))}{dT_m} < 0$$

$$\forall : T_m < T_m^o, \frac{d(\Delta F_i(0, T_r))}{dT_m} > 0$$

则在  $T_m = T_m^o$ ,  $\Delta F_i(0, T_r)$  为最小值.

$T_m^o$  就是优化的补充周期, 优化的订购量为:

$$Q^o = Q_i(T_m^o) = N_i \int_0^{T_m^o} p_i(x)dx \quad (11)$$

$$s = Q_i(T_m^o) \quad (12)$$

本节提出的订购量优化算法从各个方面反映了投入资金的效果, 不但保持了  $(s, Q)$  重视节省资金的优点, 同时克服了它们没有考虑技术折旧费和资金积压影响的缺点.

## 4 基于效用的订购点优化算法

### 4.1 冗余维护费用算法

供货周期为从订货到交货之间的时间间隔, 设供货周期的概率密度函数为  $e_i(t)$ , 在  $[0, \tau]$  发生库存冗余事件的两种情况为: (1) 故障率小于统计分布, 故障数小于  $s$ ; (2) 供货周期小于统计分布, 也就是小于  $\tau$ , 订货提前到达.

(1) 故障率低于统计分布时的库存冗余损失

在器件的平均故障持续时间的概率分布和生命周期分布不变时, 如果生命周期增加, 则发生故障的次数减少, 故障的概率密度函数为:

$$p_i^r(t) = -p_i(t) + \int_0^t \left( \int_{t-x}^t f(y)h(x)dy \right) dx \quad (13)$$

在  $[0, t]$  内, 发生库存冗余事件的累积分布函数为:

$$P_i^r(t) = \int_0^t (p_i(x) - p_i^r(x))dx \quad (14)$$

在  $[0, \tau]$  内, 维护冗余备品备件的费用为:

$$B_m^1(\tau) = w_i N_i \int_0^\tau (T_p - x)(p_i(x) - p_i^r(x))dx \quad (15)$$

(2) 供货周期小于统计分布时的库存冗余损失

如果器件的故障满足统计分布, 在  $[0, \tau]$ , 供货周期小于  $\tau$  时产生的库存冗余事件的概率为:

$$\int_0^\tau p_i(x)e_i(y)dy,$$

冗余的备品备件的维护费用为:

$$B_m^2(\tau) = w_i Q \int_\tau^\infty (E(\tau) - x)e_i(x)dx \quad (16)$$

其中  $E(\tau)$  为供货周期相对于  $e_i(x)$  的期望值.

在  $[0, \tau]$  内, 备品备件冗余维护总损失为:

$$B_m(\tau) = B_m^1(\tau) + B_m^2(\tau) \quad (17)$$

在  $[(n-1)\tau, n\tau]$  内, 备件冗余维护总损失为:

$$B_m(n\tau) = B_m^1(n\tau) + B_m^2(n\tau) \quad (18)$$

### 4.2 缺货损失算法

缺货是造成生产不安全的主要原因, 表现为停产造成的经济损失, 缺货发生的概率越小, 生产安全性越高. 在  $[0, \tau]$  内发生缺货事件的情况为: (1) 故障率大于统计分布, 故障数大于  $s$ ; (2) 供货周期大于统计分布, 也就是大于  $\tau$ , 订货推迟到达.

(1) 故障率大于统计分布时的缺货损失

在器件的平均故障持续时间概率分布不变和生命周期分布不变时, 如果器件的生命周期减少, 则发生故障的次数增多, 故障的概率密度函数为:

$$p_i^l(t) = -p_i(t) + \int_0^t \left( \int_0^{t-x} f(y)h(x)dy \right) dx \quad (19)$$

在  $[0, t]$ , 发生缺货事件的累积分布函数为:

$$P_i^l(t) = \int_0^t p_i^l(x)dx \quad (20)$$

在  $[0, \tau]$ , 由故障数超过  $s$  造成的脱货损失为:

$$B_l^1(\tau) = \pi_i N_i \int_0^\tau (\tau - x)(p_i^l(x) - p_i(x))dx \quad (21)$$

(2) 供货周期大于统计分布时的缺货损失

如果器件的故障率满足统计分布, 供货周期大于  $\tau$  时, 产生的缺货事件的概率密度函数为:

$$\int_\tau^\infty p_i(x)e_i(y)dy,$$

在  $[0, \tau]$ , 缺货的损失为:

$$B_l^2(\tau) = \pi_i N_i Q \left( \int_\tau^\infty (x - E(\tau))e_i(x)dx \right) \quad (22)$$

在  $[0, \tau]$ , 由备品备件短缺造成的总缺货损失为:

$$B_l(\tau) = B_l^1(\tau) + B_l^2(\tau) \quad (23)$$

在  $[(n-1)\tau, n\tau]$ , 由备品备件缺货造成的总的缺货损失为:

$$B_l(n\tau) = B_l^1(n\tau) + B_l^2(n\tau) \quad (24)$$

4.3 优化订货点算法

定义 2 对于周期补充系统,定义补充周期内所有的缺货损失和冗余维护损失的和为该周期的订购周期效用.

优化订购周期定义法:订购周期效用最小的订购周期为优化的订购周期,表示为:

Min(B<sub>m</sub>(τ) + B<sub>l</sub>(τ)) (25)

也就是 d(B(τ))/dτ = 0 (26)

其中: B(τ) = B<sub>m</sub>(τ) + B<sub>l</sub>(τ)

方程的解为: τ = τ<sup>0</sup>, 如果满足:

∀ : τ < τ<sup>0</sup>, d(B(τ))/dτ < 0 ∪ ∀ : τ > τ<sup>0</sup>, d(B(τ))/dτ > 0

则 τ = τ<sup>0</sup> 时, B(τ<sup>0</sup>) 为最小值.

优化的订货点为:

s<sup>0</sup> = Q<sub>i</sub>(τ<sup>0</sup>) (27)

订购点优化算法从各个方面反映了损失的影响,不但保持并扩展了(s, Q)强调可用性的优点,同时克服了它不重视库存冗余维护损失影响的缺点.

5 仿真实验

仿真了 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)的备品备件管理<sup>[6]</sup>.

仿真参数:使用文献[2]的仿真参数:

器件故障的持续时间服从指数分布: h<sub>i</sub>(t) = λe<sup>-λt</sup>, 其中, λ = 20; 器件的生命周期服从 Gamma 分布: f<sub>i</sub>(t) = β<sup>2</sup>te<sup>-βt</sup>, 其中 β = 4. 订货周期的分布服从正态分布<sup>[1]</sup>: e<sub>i</sub>(x) = 1/√(2πσ) e<sup>-(x-κ)<sup>2</sup>/2σ<sup>2</sup></sup>, 其中: κ = 1, σ = 1/√(2π); 价格变化服从摩尔定律<sup>[4,5]</sup>: r<sub>i</sub>(x) = r<sub>i</sub>(0)/2<sup>x/ε</sup>, 其中: ε = 1

(月), 初始价格 r<sub>i</sub>(0) = \$ 1000, A = \$100, c<sub>i</sub> = \$1, w<sub>i</sub> = \$ 1, N<sub>i</sub> = 20000(台), T<sub>r</sub> = 120(月), π<sub>i</sub> = \$20.

5.1 优化的补充周期及订货量仿真

令: z(T<sub>m</sub>) = d(ΔF<sub>i</sub>(0, T<sub>r</sub>))/dT<sub>m</sub>, 通过图 2 的程序求解式(10).

解得: T<sub>m</sub><sup>o</sup> = 9.17. 并且求得:

∀ : T<sub>m</sub> > 9.17, d(ΔF<sub>i</sub>(0, T<sub>r</sub>))/dT<sub>m</sub> < 0  
∀ : T<sub>m</sub> < 9.17, d(ΔF<sub>i</sub>(0, T<sub>r</sub>))/dT<sub>m</sub> > 0

因此, 当 T<sub>m</sub> = T<sub>m</sub><sup>o</sup> = 9.17 时, ΔF<sub>i</sub>(0, T<sub>r</sub>) 最小.

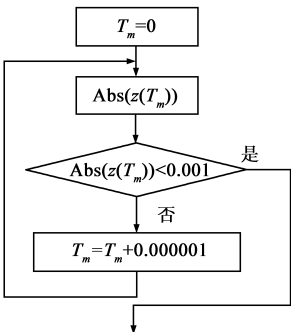


图2 优化方程求解流程图

在[0, T<sup>r</sup>]内总花费为购买费用、维护费用和订购费用的和:

D<sub>i</sub>(T<sub>r</sub>) = T<sub>r</sub>C<sub>i</sub><sup>m</sup>(T<sub>m</sub><sup>o</sup>) + T<sub>r</sub>A + ∑<sub>n=1</sub><sup>N</sup> Qr<sub>i</sub>(0) / (2<sup>(n-1)T<sub>m</sub>/ε</sup>) | T<sub>m</sub> = T<sub>m</sub><sup>o</sup> (28)

按照(τ, T<sub>m</sub>)算法, D<sub>i</sub>(T<sub>r</sub>) ≈ \$22292129.74.

按照文献[2]提出的算法, 在没有预算限制的条件(由于我们的仿真没有预算限制)下, T<sub>m</sub><sup>o</sup> = 2.06, 在[0, T<sup>r</sup>]时间内总共花费的费用为: D<sub>i</sub>(T<sub>r</sub>) ≈ \$27997345.38. 也就是说, (τ, T<sub>m</sub>) 在[0, T<sup>r</sup>]花费的总费用比(s, Q)减少了 20.38%.

从图 3 可以看到, 在参考时间不变的情况下(T<sub>r</sub> 不变), 随着价格下降速度变大(ε 变小), 本文提出的机制的补充周期变短, 机制通过增加购买频率来减少技术折旧和技术淘汰, 说明本机制对价格的变化比较敏感.

从图 4 可以看到, 在参考时间不变的情况下(T<sub>r</sub> 不变), (τ, T<sub>m</sub>) 和(s, Q) 机制相比, 都节省了资金, 节省的资金超过一倍. 随着价格下降速度变慢(ε 增大), 本文提出的机制能维持一个稳定的值(略有减少), 主要原因是充分考虑了技术折旧的影响, 当价格下降速度变快时, 通过减少补充周期来提高采购频率和减少单次采购量, 说明机制对技术折旧损失、资金积压损失具有比较好的调节能力. 随着价格下降速度变慢(ε 增加), (s, Q) 机制花费的代价线形增加, 主要原因是没有考虑技术折旧的影响, 仍然维持相同的补充周期, 所以花费代价增加, 说明机制对资金积压损失和技术折旧损失调节能力不足.

从图 5 可以看出, 在价格不变(ε 不变)的情况下, 本文提出的机制的补充周期几乎维持不变, 同样, 花费的代价也将几乎维持不变, 说明参考时间对系统的影响比较小, 具有比较好的稳定性.

5.2 优化的订货周期及订货点仿真

通过图 2 的程序求解式(26), 可以求得方程的解: 解得 τ<sup>o</sup> = 2.44. 并且求得:

∀ : τ < 2.44 时, d(ΔB(τ))/d(τ) < 0  
∀ : τ > 2.44 时, d(ΔB(τ))/d(τ) > 0

因此, 当 τ = τ<sup>o</sup> = 2.44 时, ΔF<sub>i</sub>(0, T<sub>r</sub>) 最小. (τ, T<sub>m</sub>) 比(s, Q) 减少了 \$464891.23 的损失.

从图 6 可以看出, 在维护价格不变的情况, 随着缺货损失价格的增加(π<sub>i</sub> 增大), 订货周期长度增加, 系统通过提前订购来减少缺货的危险, 说明本机制对缺货损失比较敏感.

从图 7 可以看到, 在维护价格不变的情况下(w<sub>i</sub> 不变), 随着损失代价的增加(π<sub>i</sub> 增大), (τ, T<sub>m</sub>) 花费成本

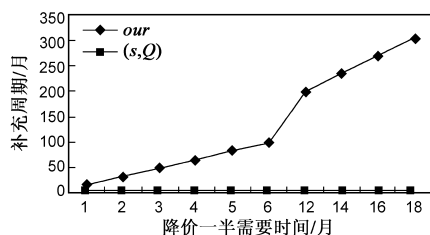


图3 补充周期(参考时间120月)

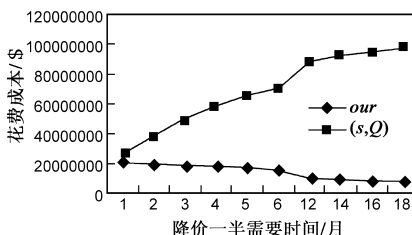


图4 花费成本(参考时间120月)

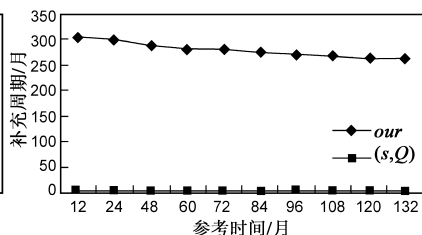


图5 补充周期(降价一半花费时间18个月)

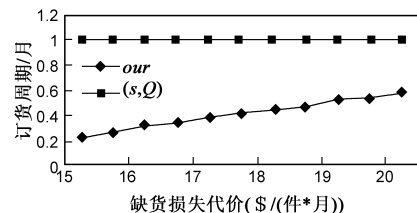


图6 订货周期(维护价格15 \$/(件\*月))

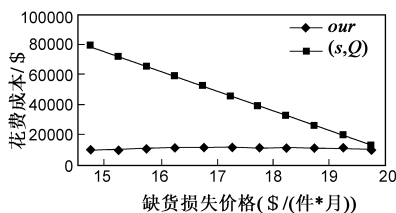


图7 损失代价(维护价格15 \$/(件\*月))

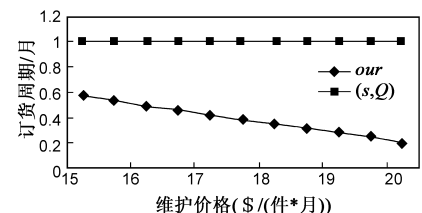


图8 订货周期(缺货损失价格20 \$/(件\*月))

始终要低于 $(s, Q)$ 机制,大约减少接近一半,且能够维持一个恒定值,原因是机制充分考虑了冗余维护损失和缺货损失的影响,当缺货价格增加时,通过提前订货(增加订货周期长度)来减少缺货的概率,从而减少缺货损失,说明机制对缺货损失具有比较好的调控能力。 $(s, Q)$ 机制的花费成本线性降低,原因是它是基于可用性设计的,缺货损失价格越大,机制采取的防范措施越有效,但缺货损失价格越小,机制的防范效果不好,说明对缺货损失的调控能力有限。

从图8可以看到,在缺货损失价格不变的情况下( $\pi_i$ 不变),随着维护费用的提高( $w_i$ 增大),订购周期数减少,系统通过推迟订货时间来减少库存冗余发生的概率,以减少维护费用,说明本机制对冗余维护损失比较敏感。

从图9可以看到,在缺货损失价格不变的情况下( $\pi_i$ 不变),随着维护价格增加( $w_i$ 增加), $(\tau, T_m)$ 的花费成本始终要低于 $(s, Q)$ 机制,大约减少一半以上,且能够维持一个恒定的值,原因是机制充分考虑了冗余维护损失和缺货损失的影响,当维护成本增加时,它通过减少订购周期来减少库存冗余发生的概率,从而减少维护成本,说明机制对库存冗余维护损失具有较强的调控能力。 $(s, Q)$ 机制的花费成本线性增加,原因是它只强调缺货损失,没有考虑库存冗余维护损失,因此当维护价格增加时,它没有减少库存冗余发生概率的

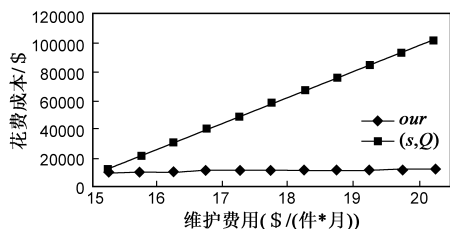


图9 损失代价(缺货损失价格20 \$/(件\*月))

措施,因此,维护费用增加,说明对库存冗余维护损失具有比较弱的调控能力。

## 6 结论

基于 $(s, Q)$ 的故障持续时间分布和生命周期分布模型,本文提出了一个基于效用的优化的库存管理模型 $(\tau, T_m)$ 。模型通过基于最小补充周期效用的补充周期优化算法,在保持了 $(s, Q)$ 重视节省花费的优点的同时,克服了它忽略技术折旧和资金积压影响的缺点。提出了基于最小订购周期效用的订购周期优化算法,在保持了 $(s, Q)$ 强调可用性优点的基础上,克服了它忽略供货周期的随机性引起的缺货损失和库存冗余维护损失,以及忽略故障率过低引起的库存冗余维护损失的影响的缺点。

利用 $(s, Q)$ 的仿真参数对SDH设备的备品备件库存管理进行了仿真,并和 $(s, Q)$ 模型进行了比较。仿真结果很好验证了机制的优点。

## 参考文献:

- [1] Y Akcay, S H Xu. Joint inventory replenishment and component allocation optimization in an assemble-to-order system [J]. Management Science, 2004, 50(1): 99 - 116.
- [2] Diallo C, Ait-Kadi D, Chelbi A.  $(s, Q)$  Spare parts provisioning strategy for periodically replaced systems [J]. IEEE Transactions on Reliability, 2008, 57(1): 134 - 139.
- [3] 张晋豫, 刘犁. 一个动态 NGN 价格决策支撑系统实现机制 [J]. 电子学报, 2007, 35(2): 256 - 260.  
Zhang Jin-Yu, Liu Li, Ge Hong-Hui. Research on implement mechanism on an active NGN service pricing decision support system [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(2): 256 - 260. (in Chinese)
- [4] 张晋豫, 孟洛明, 邱雪松, 等. 一个基于多策略的 IP-Diff-

Serv 业务量工程实现机制研究[J]. 电子学报, 2006, 34 (7): 1194 - 1198.

Zhang Jin-yu, Meng Luo-ming, etc. Research on a multi-policy-based traffic engineer implementing mechanism in IP-DiffServ network[J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34 (7): 1194 - 1198. (in Chinese)

- [5] 张晋豫, 刘犁, 刘峰. 一个基于 SLA 的 NGN 定价 KSS 实现机制研究[J]. 计算机应用, 2007, 27(3): 656 - 658.

Zhang Jin-yu, Liu Li, Liu Feng. SLA-based implementation mechanism of pricing knowledge support system on next generation network[J]. Computer Application, 2007, 27(3): 656 - 658. (in Chinese)

- [6] 张晋豫, 杨维. 电信网络备品备件库存优化控制法[J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(4): 90 - 93.

Zhang Jin-yu, Yang Wei. Research on the optimal spare part inventory control method for telecom network[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2009, 32(4): 90 - 93. (in Chinese)

#### 作者简介:



张晋豫 男, 1967 年生于河南洛阳, 副教授. 2004 年毕业于北京邮电大学, 获通信与信息系统专业工学博士学位. 现为北京交通大学计算机学院网络教研室教师, 主要从事网络管理、网络新技术研究.

E-mail: zjy@bjtu.edu.cn



杨 维 男, 1964 年生于辽宁阜新, 教授、博士生导师. 2000 年在中国矿业大学获工学博士学位. 现为北京交通大学电子与信息技术学院传感器网络研究室主任, 主要从事无线技术方面的研究工作.

E-mail: wyang@bjtu.edu.cn

# 电子学报

2010 年第 11 期 Acta Electronica Sinica No.11 2010

(总第 332 期) (Monthly) (Series No.332)

主管单位 中国科学技术协会

主办单位 中国电子学会

编辑 《电子学报》编辑委员会

主编 王 守 觉

总编辑 刘 力

通信处 北 京 1 6 5 信 箱  
(邮政编码 100036)

电 话 (010)68279116, 68285082

传 真 (010)68173796

China Association for Science and Technology

Published by the Chinese Institute of Electronics, Beijing

Edited by Editorial Board of Acta Electronica Sinica

Chief Editor: WANG Shou-jue

Director: LIU Li

Add: Editorial Office of Acta Electronica Sinica  
(P O Box 165, Beijing 100036, China)

Tel: 86-10-68279116, 68285082

Fax: 86-10-68173796

Home page: <http://www.ejournal.org.cn>; <http://dxu.chinajournal.net.cn>

Email: [new@ejournal.org.cn](mailto:new@ejournal.org.cn); [wanghui@ejournal.org.cn](mailto:wanghui@ejournal.org.cn)

排 版 印 刷 北京墨禹天成印刷有限公司

国内总发行 北京市报刊发行局

国外总发行 中国国际图书贸易总公司

国内订购处 全 国 各 邮 电 局

Printed by Moyutiancheng Co. Ltd., Beijing, China

Distributed by

Domestic: Beijing Baokan Faxingju, China

Foreign: China International Book Trading Corporation

Subscription Office—All Local Post Offices in China

国内统一刊号: CN11 - 2087/TN

邮发代号(国内/国外): 2 - 891/M436

国内定价 ￥40.00