

文章编号: 1001-0920(2009)10-1565-03

模糊随机决策环境下的核电站不常用条件(Q, r)库存模型

王 林¹, 江华莲¹, 王永刚²

(1. 华中科技大学 管理学院, 武汉 430074; 2. 大亚湾核电运营管理有限公司 合同处, 广东 深圳 518124)

摘 要: 针对固定提前期内的需求为三角模糊变量, 且用户总需求为梯形模糊随机变量的情形下, 构建了不常用备件连续盘点模式下的(Q, r)模型, 并推导出模糊成本最小化函数, 进而利用基于模糊数期望值理论的去模糊化方法, 求出最优订货点及订货量. 最后, 通过一个实例验证了模型的科学性和实用性.

关键词: 不常用备件; 模糊随机; 连续盘点; (Q, r)模型

中图分类号: F270 **文献标识码:** A

A (Q, r) inventory model for rarely-used spare parts in nuclear power station under fuzzy random environment

WANG Lin¹, JIANG Hua-lian¹, WANG Yong-gang²

(1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Department of Contract, Daya Bay Nuclear Power Operations and Management Company Limited, Shenzhen 518124, China. Correspondent: WANG Lin, E-mail: wanglin982@163.com)

Abstract: The lead-time demand is fuzzified as triangular fuzzy variable and the total demand is fuzzified as trapezoidal fuzzy random variable. Then, the continuous review (Q, r) inventory model is established and the fuzzy total cost is founded. Finally, the corresponding optimal order quantity and reorder point are obtained by using the defuzzifying method based on the theory of fuzzy expected value. A numerical example shows the effectiveness of the proposed model.

Key words: Rarely-used spare part; Fuzzy random; Continuous review; (Q, r) inventory model

1 引 言

备件是设备正常维护和应急处理的重要保障性物资. 核电生产运行系统的高安全性特征对备件供应的及时性提出很高要求, 企业不得不持有大量的库存来满足设备维修的需要. 如在某核电站, 所有保证机组日常维修的物资约为 1 亿美元, 种类多达 2 万余种, 其中 3 年未使用的备件品种约占 10%. 这些备件往往是不常用备件, 其库存资金占用高达 30%, 企业每年为此付出高昂的代价. 不常用备件常为核电站设备的核心部件, 具有重要性等级高、使用频次低、价格昂贵、寿命不确定等典型特征. 因此, 针对此类备件建立适用的库存模型就显得尤为重要.

不常用备件库存管理的难点在于准确确定订货点及订购量, 而基于连续盘点策略的(Q, r)模型正是解决这类问题的一种科学实用的数学模型. 事实上, 这些备件的需求往往为一些难以判断和控制的

不确定因素所影响, 如采购提前期内的需求通常是不明确、不精确并具有一定的灵活性. 经典的库存模型往往采用概率理论来描述这类不确定因素, 此方法有效的前提之一是, 必须收集到较多数量的精确历史数据, 否则就难以验证假设条件的合理性. 这对不常用备件需求分析而言, 恰恰是个致命的缺陷. 因此, 传统的(Q, r)模型应用的局限性就凸显出来. 而模糊理论对于描述难以精确化过程有着良好的适应性, 所构建的模型将更接近客观事物的真实反映. 如文献[1]建立了模糊 EOQ 模型, 通过中心法和 signed 距离法得到最优解; [2]构建了模糊随机环境下的单周期报童模型, 其中仅将需求视为模糊变量; [3]研究了模糊随机需求模式下的报童模型, 用遗传算法和模糊随机变量模拟技术求解模型; [4]构建了连续盘点(Q, r)模型, 其中年需求被定义为模糊随机变量, 提前期内的需求为模糊变量, 并利用模糊数

收稿日期: 2008-11-30; 修回日期: 2009-03-23.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70801030); 湖北省教育厅科研项目(B20081906).

作者简介: 王林(1974—), 男, 湖北枣阳人, 副教授, 博士, 从事物流与供应链管理的研究; 江华莲(1983—), 女, 湖北随州人, 硕士生, 从事物流管理的研究.

的 possibilistic mean value 方法得出最优解,但其计算过程过于复杂,一般管理人员难以掌握;[5,6]讨论了其他特定应用领域.

借鉴以上思路,本文根据核电站不常用备件需求的特征,通过广泛征求专家经验,构建了在固定提前期内的需求为三角模糊变量,并且用户总需求为模糊随机变量情况下的(Q,r)库存模型.进而,利用简单实用的基于模糊期望值理论的去模糊化方法给出了最优解,为解决此类备件库存控制难题提供了一种有效的途径.

2 模糊随机决策环境下的备件库存模型

1) 假设和术语

考虑连续盘点库存模型(Q,r),库存是被重复检查的,当库存降到订货点水平r时,就发出固定订货量Q,提前期内的需求是模糊随机的,需要使用的符号为:D为年需求量;h为单位年储存成本;Q为每批订购量;s为单位缺货费用;r为订货点;A为固定订购成本;d_L为提前期内的需求;E(d_L)为提前期内需求的期望值;b(r)为单周期内的缺货数量.

2) 模 型

经典的(Q,r)模型的总库存成本为

$$C(Q,r) = (D/Q)A + h\{Q/2 + r - E(d_L)\} + (D/Q)sb(r),$$

其中D̃代表备件需求,并假定其值是一系列梯形模糊数.将d̃_i作为D̃的模糊观测值,即D̃:d̃₁,d̃₂,...,d̃_n,且对应的概率p:p₁,p₂,...,p_n,则有

$$\tilde{D} = \sum_{i=1}^n \tilde{d}_i p_i, E(\tilde{D}) = \sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i.$$

记μ(d̃_i)为d̃_i的隶属度函数,则有

$$\mu(\tilde{d}_i) = \begin{cases} L_i(x), & \underline{d}_i \leq x \leq d_i; \\ R_i(x), & d_i \leq x \leq \bar{d}_i. \end{cases}$$

其中:d̃_i的范围为[d_i,d̄_i];L_i,R_i分别为左侧和右侧形态函数.

因为提前期是固定的,而总的年需求量是用模糊随机数描述的,所以在这个不确定的环境中,提前期内的需求可能会有些波动.在大多数情况下,提前期内的需求估计是基于管理者的主观决定,这种描述是不准确的.因此,提前期内的需求可用三角模糊数表示,本文用d̃_L表示提前期内的模糊需求,即

$$\tilde{C}(Q,r) = (\tilde{D}/Q)A + h\{Q/2 + r - E(d_L)\} + (\tilde{D}/Q)sb(r),$$

$$C(Q,r) = (E(\tilde{D})/Q)A + h\{Q/2 + r - E(\tilde{d}_L)\} + (E(\tilde{D})/Q)sb(r) =$$

$$(E(\tilde{D})/Q)A + h\{Q/2 + r - E(\tilde{d}_L)\} + (E(\tilde{D})/Q)s\bar{M}(\tilde{d}_L - r),$$

其中M̄(d̃_L - r)为单周期内的平均缺货数量.因为

如果r ≥ M̄(d̃_L),则安全库存总是可以满足需要,所以不会有缺货的情况发生.为了计算每周期内的缺货数,考虑r在[d_L,d̄_L]内的两种情况:

1) 若d_L ≤ r ≤ d_L,用α-截集来计算M̄(d̃_L - r),则有

$$(\tilde{d}_L)_\alpha = \begin{cases} [r, d_{L,\alpha}^+], & \alpha \leq L(r); \\ [\underline{d}_{L,\alpha}^-, d_{L,\alpha}^+], & \alpha > L(r); \end{cases}$$

由此可得

$$(\tilde{d}_L - r)_\alpha = \begin{cases} [0, d_{L,\alpha}^+ - r], & \alpha \leq L(r); \\ [\underline{d}_{L,\alpha}^- - r, d_{L,\alpha}^+ - r], & \alpha > L(r); \end{cases}$$

$$\bar{M}(\tilde{d}_L - r)_\alpha = \int_0^1 \alpha((\tilde{d}_L - r)_\alpha^- + (\tilde{d}_L - r)_\alpha^+) d\alpha =$$

$$\int_0^1 \alpha d_{L,\alpha}^+ d\alpha + \int_{L(r)}^1 \alpha \underline{d}_{L,\alpha}^- d\alpha - r(1 - \frac{(L(r))^2}{2}).$$

2) 若d_L ≤ r ≤ d̄_L,则有

$$(\tilde{d}_L)_\alpha = \begin{cases} [r, d_{L,\alpha}^+], & \alpha \leq R(r); \\ \emptyset, & \alpha > R(r). \end{cases}$$

由此可得

$$(\tilde{d}_L - r)_\alpha = \begin{cases} [0, d_{L,\alpha}^+ - r], & \alpha \leq R(r); \\ \emptyset, & \alpha > R(r). \end{cases}$$

同理有

$$\bar{M}(\tilde{d}_L - r)_\alpha = \int_0^{R(r)} \alpha d_{L,\alpha}^+ d\alpha - \frac{r}{2}(R(r))^2.$$

当d_L ≤ r ≤ d_L时,有

$$C(Q,r) =$$

$$(E(\tilde{D})/Q)A + h\{Q/2 + r - E(\tilde{d}_L)\} +$$

$$(E(\tilde{D})/Q)s\bar{M}(\tilde{d}_L - r) =$$

$$h\{Q/2 + r - E(\tilde{d}_L)\} + (\sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i / Q) \times$$

$$[A + s\bar{M}(\tilde{d}_L - r)],$$

$$dC(Q,r)/dQ =$$

$$\frac{h}{2} - \sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i / Q^2 [A + s\bar{M}(\tilde{d}_L - r)],$$

$$dC(Q,r)/dr =$$

$$h - (\sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i / Q) s(1 - (L(r))^2 / 2).$$

令dC(Q,r)/dQ = 0, dC(Q,r)/dr = 0,可得

$$Q^2 = \frac{2}{h} \sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i [A + s\bar{M}(\tilde{d}_L - r)], \quad (1)$$

$$Q = \frac{s(1 - \frac{(L(r))^2}{2})}{h} \sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i. \quad (2)$$

此时,隶属度函数为L(r) = $\frac{r - \underline{d}_L}{\underline{d}_L - \underline{d}_L}$.进而,由式(1)

和(2)可求出r*,然后再代入式(2)得出Q*.

当d_L ≤ r ≤ d̄_L时,有

$$C(Q,r) = h\{Q/2 + r - E(\tilde{d}_L)\} + (\sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i / Q) [A + s\bar{M}(\tilde{d}_L - r)],$$

$$dC(Q,r)/dQ = h/2 - (\sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i / Q^2) [A + s\bar{M}(\tilde{d}_L - r)],$$

$$dC(Q,r)/dr = h - (\sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i / (2Q)) s(R(r))^2.$$

令 $dC(Q,r)/dQ = 0, dC(Q,r)/dr = 0$, 可得

$$Q^2 = \frac{2 \sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i}{h} [A + s[\int_0^{R(r)} \alpha d_L^+(\alpha) d\alpha - \frac{r}{2}(R(r))^2]], \quad (3)$$

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n E(\tilde{d}_i) p_i s(R(r))^2}{2h}. \quad (4)$$

此时, 隶属度函数为 $R(r) = \frac{\bar{d}_L - r}{d_L - d_L}$. 进而, 由式(3)

和(4) 可求出 r^* , 然后代入式(4) 得到 Q^* .

3 算例及应用效果分析

1) 算 例

考虑如下库存系统: 备件年需求量用模糊随机数描述, 如 \tilde{D} 可用以下术语来表示: “需求大约是 3200”, “3500 左右”, “接近 4000” 等. 对此, 本文向各个专家咨询变量 \tilde{D} 的范围和取值. 假定 9% 的专家认为是“差不多 3000”, 14% “接近 3200”, 22% “大约 3400”, 25% “近似的 3500”, 18% “大约是 3700”, 12% “近似 4000”, 且所有的取值范围都在 [2800, 4200].

将以上模糊表达转换成如下梯形模糊数: “差不多 3000” 即 $\tilde{d}_1 = (2800, 2900, 3100, 3200)$, 且概率是 0.09; “接近 3200” 即 $\tilde{d}_2 = (2950, 3100, 3220, 3300)$, 且概率是 0.14; “大约 3400” 即 $\tilde{d}_3 = (3100, 3300, 3450, 3500)$, 且概率是 0.22; “近似 3500” 即 $\tilde{d}_4 = (3300, 3450, 3575, 3650)$, 且概率是 0.25; “大约是 3700” 即 $\tilde{d}_5 = (3500, 3600, 3750, 3900)$, 且概率是 0.18; “近似是 4000” 即 $\tilde{d}_6 = (3900, 4000, 4100, 4200)$, 且概率是 0.12.

对于某种轴承, 其他决策参数为: $A=100, s=$

表 1 决策参数及最优解

d_L	d_L	\bar{d}_L	$E(\tilde{d}_L)$	r 范围	r^*	Q^*	$C(Q^*, r^*)$
70	85	90	82.5	[85, 90]	85.07	375	1874.96
60	74	82	72.5	[74, 82]	79.37	373	1896.45
50	66	76	64.5	[50, 66]	59.66	470	2349.50
72	83	95	83.25	[83.3, 95]	91.06	374	1901.16

10, $h = 5$, 提前期 L 为 1 周. 由于 $d_L \leq r \leq \bar{d}_L$, 计算结果如表 1 所示.

2) 应用效果分析

本模型已在某核电站 50 余种不常用备件库存管理中试用. 因为缺乏必要的历史数据, 难以通过统计方法确定其需求规律进而建立库存控制模型, 所以此类备件库存品种和数量由维修人员经验决定购买数量和时机. 由于缺乏全面的考虑和科学分析, 不仅导致备件总体库存过高, 而且发现库存结构不合理(低价备件库存过高和重要性等级较高的高价备件库存不足), 潜在缺货风险较大. 采用本模型后, 发现了借助本模型得出的决策建议, 由此企业避免了 76 万美元的不必要采购, 统计发现这些备件总库存费用与传统方式相比下降了 4.35%, 同时供应服务水平亦得到满足, 取得了良好的经济效益.

4 结 论

本文以某核电站不常用备件库存管理为背景, 讨论了模型决策理论在库存控制中的应用. 在年需求量为模糊随机变量、提前期内的需要为模糊变量的情况下, 构建了连续盘点模式下 (Q,r) 模型, 推导出模糊成本最小化函数, 进而利用模糊数期望值理论进行去模糊化, 求出最优订货点及订货量. 实例验证了模型的科学性和实用性, 在应用中取得了良好的经济效益, 对提高此类备件库存管理的现代化水平有一定的借鉴意义.

参考文献(References)

[1] Yao J S, Chiang J. Inventory without backorder with fuzzy total cost and fuzzy storing cost defuzzified by centroid and signed distance [J]. European J of Operational Research, 2003, 148(2): 401-409.

[2] Dutta P, Chakraborty A R. A single-period inventory model with fuzzy random variable demand [J]. Mathematical and Computer Modeling, 2005, 41(8/9): 915-922.

[3] 于春云, 赵希男, 彭艳东, 等. 模糊随机需求模式下的扩展报童模型与求解算法[J]. 系统工程, 2006, 24(9): 103-107.

(Yu C Y, Zhao X N, Peng Y D, et al. Extended newsboy problem based on fuzzy random demand[J]. Systems Engineering, 2006, 24(9): 103-107.)

[4] Dutta P, Chakraborty A R. Continuous review inventory model in mixed fuzzy and stochastic environment [J]. Applied Mathematics and Computation, 2007, 188(1): 970-980.

[5] Lin Y J. A periodic review inventory model involving fuzzy expected demand short and fuzzy backorder rate [J]. Computers and Industrial Engineering, 2008, 54(3): 666-676.