

# 大型连续性生产装置备件的合理化库存

钱才富<sup>1</sup> 姜忠军<sup>1</sup> 沈均<sup>1</sup> 孟邹清<sup>1</sup> 张焕秀<sup>2</sup> 赵晓彬<sup>2</sup>

(1. 北京化工大学机电工程学院, 北京 100029; 2. 吉林化学工业股份有限公司, 吉林 吉林 132022)

**摘要:** 针对大型连续性生产装置, 分析了影响备件库存的众多因素, 并对各影响因素进行分级, 给予不同的权重。为优化备件库存, 提出了一个简单实用的数学计算式, 用来计算反映备件库存必要性程度的备件库存必要性因子, 该因子的应用有助于提高企业的备件库存水平, 降低企业综合成本。

**关键词:** 备件; 库存管理; 生产装置

**中图分类号:** TQ050.7

在工程实际中, 为了提高经济效益, 确定备件库存的原则是: 在保证及时供应维修所需备件的前提下, 尽量减少储备品种及储备数量。备件库存费用包括订货费、存储费和缺货费。因此, 在理论上, 备件的库存应以总费用最小为准则, 并根据不同的供货速率和不同的库存量建立不同的库存模型, 求出最优库存策略<sup>[1-3]</sup>。

在大型连续性生产装置中, 涉及到上百台机器与设备, 其备件数量多达数千件, 库存资金过亿元。若以库存费用最小为准则或采用经济订货批量<sup>[4-7]</sup>建立库存模型来计算每个备件的最佳库存量, 所需备件信息多、难度大, 工程上不现实, 同时对于大型连续性生产装置来说, 也不尽合理。

本文对大型连续性生产装置中影响备件库存的因素进行分析。然后以此为基础, 提出一个简单实用的工程计算公式, 计算各备件的库存必要性因子。

## 1 备件库存影响因素

决定备件是否要库存以及库存多少的因素很多, 而且不同的装置, 影响因素也不一样。从大型连续性生产装置的实际出发, 对影响备件库存的因素进行分析, 得出的主要影响因素有: 备件在生产装置中的作用; 装置损坏后经修复再重新运行的难易程度; 备件购置的难易程度; 备件的购置价格; 备件的安装数量和现有库存量; 备件的使用周期或更换频率; 备件供应商的信用。

## 2 影响因素的分级及库存必要性因子计算

### 2.1 影响因子的分级

以上列出的各因素对备件库存的影响程度是不一样的, 若用影响因子(或权重)来表示这种影响程度, 则各因素对应的影响因子的大小不一样。同时, 各影响因子数值的大小只能根据具体的装置并经过大量工程调研, 包括查阅装置运行记录、维修记录、走访设备操作员、设备管理工程师及专家等, 才能确定。由于取决于实践经验, 一些影响因子的变化无法用连续函数表示, 但在不失工程应用精度的前提下, 可将影响因子数值进行分级, 并给予不同的权重。

1) 备件在生产装置中的作用影响因子  $f_i$ , 分5级, 即极其重要、重要、较重要、较不重要和不重要。用重要性指标  $m_i$  的数值大小来描述, 如果  $f_i$  的最高权重为  $w_i$  (对应于极其重要的情形), 最低权重为零 (对应于不重要的情形), 那么  $f_i$  的线性表达式为

$$f_i = \frac{m_i - 1}{4} w_i \quad (1)$$

2) 装置损坏后经修复再重新运行的难易程度影响因子  $f_r$ , 分5级, 即极难修复、难修复、较难修复、较易修复和容易修复。用修复难易性指标  $m_r$  的数值大小来描述, 如果  $f_r$  的最高权重为  $w_r$  (对应于极难修复的情形), 最低权重为零 (对应于容易修复的情形), 那么  $f_r$  的线性表达式为

$$f_r = \frac{m_r - 1}{4} w_r \quad (2)$$

3) 备件购置的难易程度影响因子  $f_p$ , 分5级,

收稿日期: 2004-10-11

第一作者: 男, 1959年生, 教授, 博士生导师

E-mail: qiancf@mail.buct.edu.cn

即极难购置、难购置、较难购置、较易购置和容易购置。用购置难易性指标  $m_p$  的数值大小来描述, 如果  $f_p$  的最高权重为  $W_p$  (对应于极难购置的情形), 最低权重为零 (对应于容易购置的情形), 那么  $f_p$  的线性表达式为

$$f_p = \frac{m_p - 1}{4} W_p \quad (3)$$

4) 备件价格影响因子  $f_c$ , 最高权重为  $W_c$ , 用下列函数表示

$$f_c = \frac{W_c}{P_{\max} - P_{\min}} (P_{\max} - P) \quad (4)$$

其中,  $P_{\max}$  为最高备件价格;  $P_{\min}$  为最低备件价格;  $P$  为备件价格。

5) 备件的安装数量和现有库存量影响因子  $f_s$ 。可用下式表示

$$f_s = \frac{n_u + c - n_s}{n_u} \quad (5)$$

式中,  $n_u$  为安装数量,  $n_s$  为现有库存量,  $c$  为安装数量影响常数。

备件的库存应该和备件的安装数量相关, 因为安装数量越多, 同时损坏的概率越小。这就意味着对于安装数量为一件的部件, 如果库存一件备件的话, 那么安装数量为三件的部件, 没有必要等比例的库存三件备件。安装数量影响常数  $c$  就是为了反映这种影响。

从式(5)可以看出, 如果安装数量大于库存量,  $f_s$  大于零; 如果安装数量小于库存量,  $f_s$  小于零。

6) 备件的使用周期影响因子  $f_t$ 。由于大型企业有不同类型的备件, 它们的正常更换周期差别很大, 最短的仅几个月, 最长的达几年。因此,  $f_t$  应反映出这种差别。 $f_t$  可用下式表示

$$f_t = \frac{m}{T} \quad (6)$$

式中,  $T$  为该备件的更换周期,  $m$  的取值取决于备件的类型。例如, 对于密封类备件, 更换周期一般为 6~12 个月,  $m$  取 6; 对于机泵其它备件, 更换周期一般为 12~36 个月,  $m$  取 12。

7) 备件供应商的信用  $f_d$ , 分 5 级, 即信用不好、信用一般、信用较好、信用好和信用很好。用供货信用指标  $m_d$  的数值大小来描述, 如果  $f_d$  的最高权重为  $W_d$  (对应于信用不好的情形), 最低权重为零 (对应于信用很好的情形), 那么  $f_d$  的线性表达式为

$$f_d = \frac{m_d - 1}{4} W_d \quad (7)$$

现令  $f_b = f_i + f_c + f_r + f_p + f_d$ ,  $f_b$  的最高值为  $f_{b,\max} = W_i + W_c + W_r + W_p + W_d$ , 达到  $f_{b,\max}$  备件是最应库存的备件;  $f_b$  的最低值为 0,  $f_b = 0$  的备件库存必要性最低。

## 2.2 库存必要性因子的计算

为反映备件库存必要性程度, 现定义备件库存必要性因子  $f$ ,  $f$  计算式为

$$f = \begin{cases} f_b \times f_s \times f_t & \text{当 } f_s > 0 \text{ 时} \\ (f_{b,\max} - f_b) \times f_s \times \frac{1}{f_t} & \text{当 } f_s < 0 \text{ 时} \end{cases} \quad (8)$$

从式(8)可以看出: 如果安装数量大于库存量,  $f$  大于零;  $f$  的代数值越大, 该备件越应该进行库存。

另外, 还应指出的是: 由于  $f_s$  中  $c$  的存在,  $f$  的最大值可大于  $f_{b,\max} = W_i + W_c + W_r + W_p + W_d$ 。

下面以某乙烯生产装置中位号为 C3101/ HP 的裂解气压缩机中部分备件为例, 计算备件库存必要性因子  $f$ , 并进行排序。在本例中,  $W_i = 48$ ,  $W_r = 20$ ,  $W_p = 16$ ,  $W_c = 12$ ,  $W_d = 4$ 。因此,  $f_{b,\max} = W_i + W_c + W_r + W_p + W_d = 100$ 。计算结果列于表 1。

从表 1 可以看出

1) 序号 2 和 3 的两备件分别排在第 5 和第 6 位, 这是因为它们在装置中的作用、维修及购买难易程度、安装数量和储备量等均相同, 只是价格不同, 3 号备件要便宜一些, 所以, 从减少积压资金的角度考虑, 此备件的购置顺序应在 2 号备件之前。再比较 7 和 9 号备件, 它们分别排在第 7 和第 8 位, 虽然 7 备件的重要性不及 9 号备件, 维修难度也较小, 但 9 号备件的安装数量和储备量都很大, 出现备件短缺的概率要小得多。1 号备件价格最低, 它排在最后一位是由于现有储备量已经是安装数量的 3 倍。

2) 表 1 中的备件的储备量都不少于安装数量, 这可能是该工厂的备件库存策略。假如此时某备件在维修中被领出, 使其储备量少于安装数量, 则其库存必要性因子  $f$  会上升。例如, 若处于第 2 位的 6 号备件被领出 3 件, 库存量只剩下 1 件, 则计算得出, 库存必要性因子  $f$  为 74.13, 上升到第一位。

通过以上分析可知, 库存必要性因子  $f$  这个指标综合地反映了各影响因素对备件库存的影响, 通过在库存消耗过程中各库存备件  $f$  值的动态变化可以及时合理地制定备件补充计划。

表 1 裂解气压缩机中部分备件库存必要性因子  $f$  计算与排序

Fig. 1 Calculation of stock necessity factors  $f$  of some spare parts for a cracked gas compressor and their ordering

序号	备件名称	件号	安装数量	正常更换周期/月	储备量	单价/元	$f_i$	$f_r$	$f_p$	$f_c$	$f_d$	$f_b$	$f_{b,max} - f_b$	$f_s$	$f_t$	$f$	排序
1	“O”环	P700D497	2	12	6	94	48	5	4	12.00	2	71	29	- 1.75	1	- 50.75	9
2	叶轮密封	E9180060-16	1	12	2	13 355	48	10	12	11.05	3	84.05	15.95	- 0.5	1	- 7.98	6
3	轴封	A961849-9	1	12	2	3 000	48	10	12	11.79	3	84.79	15.21	- 0.5	1	- 7.61	5
4	径向轴瓦	E8831107-31	2	12	4	40 600	48	20	16	9.11	3	96.11	3.89	- 0.75	1	- 2.92	4
5	止推轴瓦	E8831131-33	1	12	1	42 000	48	20	16	9.00	3	96	4	0.5	1	48	1
6	接触环	A824918-1	2	12	4	2 200	48	20	16	11.85	3	98.85	1.15	- 0.75	1	- 0.86	2
7	疏齿密封	ERP1594604-6214	1	12	2	27 000	24	10	12	10.08	3	59.04	40.96	- 0.5	1	- 20.48	7
8	碳环	A870441-3	2	12	4	8 600	48	20	16	11.39	3	98.39	1.61	- 0.75	1	- 1.21	3
9	锥形弹簧	A845094-1	16	12	32	3 000	36	15	12	11.79	3	77.79	22.21	- 0.97	1	- 21.54	8

3 结语

本文针对大型连续性生产装置,分析了影响备件库存的众多因素,对每个影响因素进行分级,并给予不同的权重,计算出了反映备件库存必要性程度的备件库存必要性因子。本文提出的数学计算公式,虽然不像许多文献那样通过建立复杂的库存控制模型而得到,但考虑了众多实际影响因素,而且更加简单实用。生产单位依据备件库存必要性因子大小进行备件购置和库存,便可达到以最小积压资金维持生产运行的目的,从而降低企业成本,创造经济效益。

参 考 文 献

[1] 黄津生,马继民. 强化备件科学管理保证设备高效运行

[J]. 金属矿山,1994(5):9 - 10  
[2] 杨超. 运筹学[M]. 北京:科学出版社,2004  
[3] 杨华龙,李德源. 远洋船舶备件的库存决策研究[J]. 大连海运学院学报,1994(3):64 - 66  
[4] 张丽勤. 论矿山企业设备备件库存数量的合理确定方法[J]. 中国钨业,2003,18(3):34 - 36  
[5] Rustenburg W D, van Houtum G J, Zijm W H M. Spare parts management at complex technology-based organizations[J]. Int J Production Economics, 2001, 71:177 - 193  
[6] Anis Chelbi, Daoud AmK t Kadi. Spare provisioning strategy for preventively replaced systems subjected to random failure[J]. Int J Production Economics, 2001, 74:183 - 189  
[7] Janne Huiskonen. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices[J]. Int J Production Economics, 2001, 71:125 - 133

Rational stock of spare parts for a large continuous operation plant

QIAN Cai-fu<sup>1</sup> JIAN G Zhong-jun<sup>1</sup> SHEN Jun<sup>1</sup> MENG Zou-qing<sup>1</sup>  
ZHANG Huan-xiu<sup>2</sup> ZHAO Xiao-bin<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;  
2. Jilin Chemical Industry Co., Ltd., Jilin Jinlin 132022, China)

**Abstract:** In this paper, factors affecting stock of spare parts for a large continuous operation plant were analyzed. Each factor was graded and weighted. A simple but practical linear equation was proposed to calculate the stock necessity factors defined to reflect the degrees for which the spare parts have to be stocked. Application of such factors can enhance the spare part management level and decrease the production cost for enterprises.

**Key words:** spare part; inventory management; production plant

(责任编辑 刘同帅)