

【兵器与装备】

基于综合模糊评判法的装备备件品种需求分析*

程玉波¹, 杨作宾¹, 车建国¹, 李哲²

(1. 防空兵指挥学院, 郑州 450052; 2. 重庆大学 动力工程学院, 重庆 400030)

摘要:以实现装备备件品种需求的合理配置为目标, 结合综合模糊评判法的基本原理, 介绍了确定装备备件品种需求的一般步骤, 并举例证明了该方法的可行性, 为确定装备备件品种需求提供了一种科学有效的方法和依据。

关键词:综合模糊评判法; 备件品种; 需求

中图分类号: U664.3

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2008)02-0033-03

备件品种是关键的保障资源, 是构成装备使用与维修保障费用的主要因素, 是装备综合保障工程的重要组成部分, 在很大程度上制约着部队战斗力的生成和提高。因此, 科学合理地确定出备件品种和数量不仅能大量节约保障费用, 也是新装备部署部队时形成保障能力的重要工作内容。当装备出现故障后, 需要修复性维修备件来加以保障, 但并不是存在着故障率的产品都需要储备相应的备件。因此, 在确定修复性维修备件需求时, 应首先确定品种, 而后确定数量。如何准确合理地确定备件品种, 是摆在我们面前的一个问题, 综合模糊评判法很好地解决了这个问题。

1 综合模糊评判法的基本原理

综合模糊评判法认为, 影响备件品种确定的因素较多, 既有备件耗损性的影响, 又有重要程度和关键性的影响, 还需考虑经济性影响等。这些因素中, 有的不易量化, 它们与备件品种的关系是一种模糊的关系。此外, 是否储备某类备件, 本质上是看储备该类备件的效果, 效果好的应储备, 否则就不需要该类备件。但效果的好坏本身也带有模糊性。因此, 应采用综合模糊评价的方法来确定备件的品种。

综合模糊评判法就是通过综合分析影响备件效果的因素(如重要性、经济性、耗损性等), 定量判定是否需要将某种零部件作为备件储备, 通过计算出来的效果分类(如

效果好、效果一般、效果差), 来确定所需要储备的备件。

2 基于综合模糊评判法的备件品种需求分析

2.1 确定评语集. 确定某种零部件是否需要备件, 实质上是看储备该类备件的效果如何。如效果好, 则应储备为备件; 如效果差, 则可不储备该类备件。所以评语集选择为 $V = \{X, Y, Z\} = \{\text{效果好}, \text{效果一般}, \text{效果差}\}$ 。

2.2 明确评价因素集. 影响备件品种确定的因素很多, 主要因素有:

1) 零部件的关键性, 即指该件在装备系统中所起的作用以及对系统性能的影响程度, 通常分为关键件、重要件和一般件。越关键的零部件, 它的失效对整机的影响越大, 就越需要储备该类备件。

2) 零部件的耗损性, 即指零部件的耗损程度, 其中包括自然因素及人为因素所造成的耗损。它与零部件的固有可靠性、使用环境及条件因素有关。越易耗损的零部件, 就越需要储备该类备件。

3) 零部件的经济性, 即指零部件的成本或零部件价格的高低。贵重的零部件, 不仅购置价格高, 而且其库存费用往往也较高, 储备该类备件的效果较差; 而价廉的零件, 多存几个备件, 也不会造成过大的浪费。因此, 零部件经济性的好坏, 也影响着备件品种确定, 一般就基层级或中继级来说, 贵重零部件尽可能不配备, 而价廉的宜储备。

这里用 U_1, U_2, U_3 , 分别表示零部件的关键性、耗损

* 收稿日期: 2008-01-22

作者简介: 程玉波(1983—), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事防空兵武器装备综合保障研究。

性、经济性,则评价因素集为 $U = \{U_1, U_2, U_3\} = \{\text{关键性, 耗损性, 经济性}\}$ 。

2.3 各评价因素的权重确定. 对于一种零部件, 虽然关键性、耗损性和经济性都对其设置备件的效果有显著影响, 但影响的程度是不同的, 需要确定出各评价因素相应的权重系数. 因此, 可请 m 个专家, 利用如下方法确定各评价因素的权重系数.

	U_1	U_2	U_3
L_1	I	II	III
L_2	II	III	I
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
L_m	I	II	III

排在 I, II, III 的分别给 3, 2, 1 分, 可得系数矩阵:

$$K = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ K_{m1} & K_{m2} & K_{m3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

从而可得各因素的权重度:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^m K_{i1}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 K_{ij}}; a_2 = \frac{\sum_{i=1}^m K_{i2}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 K_{ij}}; a_3 = \frac{\sum_{i=1}^m K_{i3}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 K_{ij}}$$

则权重集为: $A = \{a_1, a_2, a_3\}$ 。

2.4 确定模糊矩阵.

2.4.1 评价因素分类. 确定模糊矩阵的关键是针对某一特定产品, 对 3 种评价因素选取适当的隶属度. 隶属度应该反映各零部件的每种属性(关键性、耗损性、经济性)对确定备件品种的影响程度. 为此, 首先将各因素进行 A, B, C 分类. 分类原则和方法为:

1) 关键性因素. 关键性因素主要依据零部件的故障严酷度来划分, 严酷度的判断可从 FMECA 得到. 零部件故障的严酷度越大, 关键性越高, 设置备件的效果越好. 因而关键性中 A 类对应于较大的严酷度, 而 C 类对应于较小的严酷度. FMECA 将严酷度分为 I, II, III, V 4 级, 其与关键性的对应关系如表 1 所示.

表 1 严酷度与关键性对应关系

关键性	A	B	C
严酷度	I, II	III	V

2) 耗损性因素. 耗损性因素用某零部件的消耗量来度量. 该消耗量既包括零部件的自然损耗, 也包括人为及环境导致的耗损. 显然, 易耗损的零部件, 设置备件的必要性大, 反之, 则必要性不大. 耗损性也分为 A, B, C 3 类, 新装备的耗损性可根据 FMECA 的数据, 换算出零部件年损耗率 E . 现役装备则可根据使用过程中统计出的耗损量进行分类. 分类原则是: A 类, $E \geq E_1$; B 类, $E_1 > E \geq E_2$; C 类, $E < E_2$. 其中: E_1 为 0.6~0.7, E_2 为 0.3~0.4, 为保守起见, 应

取 $E_1 = 0.7, E_2 = 0.4$.

3) 经济性因素. 可将零部件按经济性因素相应区分为 A, B, C 3 类. A 类零部件金额最低, C 类最高. 根据有关经济学原理和经验统计, 金额相对少的零件数占了零件的绝大多数(70%左右), 而其费用只占 10%左右; 而价格贵的零件只占零件数的 10%左右, 但费用却占了 70%左右. 根据这一统计规律, 可得出经济性分类的 2 个准则, 如表 2 所示.

表 2 经济性分类准则

	准则 1	准则 2
A	10%	70%
B	20%	20%
C	70%	10%

经济性分类依照的原则是: 以准则 1 (费用准则) 为主, 兼顾准则 2 (数量准则)。

根据这 2 个准则, 可以确定 3 类零部件的金额分界值 c_1, c_2 , 则分类依据为: A 类, $c < c_1$; B 类, $c_1 \leq c < c_2$; C 类, $c \geq c_2$ 。

2.4.2 确定隶属度. 按照以上 A, B, C 分类原则可以知道, A 类零部件属于对备件影响较大, 必须对其进行储备考虑, 如果将其设置为备件, 属于效果好的隶属度大, 而属于效果差的隶属度小. C 类属于效果好的隶属度小, 属于效果差的隶属度大. 按照这一原则及有关模糊数学原理, 可以确定出各类零部件影响效果的隶属度: A 类, $R_a = [0.6, 0.3, 0.1]$; B 类, $R_b = [0.2, 0.6, 0.2]$; C 类, $R_c = [0.1, 0.3, 0.6]$. 其中, 处于矩阵第 1 位的是隶属效果好的程度, 处于中间的是效果一般的程度, 而第 3 位的是效果差的程度. 所以, 隶属度对应着效果评语集.

2.4.3 确定模糊矩阵. $R = \begin{bmatrix} R_{u1} \\ R_{u2} \\ R_{u3} \end{bmatrix}$

其中: R_{u1} 为关键性隶属度向量, 就是依据关键性的分类原则, 确定出的该零部件隶属效果好坏的程度, 例如一个零部件在关键性上被区分为 A 类, 那么 $R_{u1} = [0.6, 0.3, 0.1]$. R_{u2} 为耗损性隶属度向量, 即按照耗损性来判断零部件的类型, 并确定出对应于效果评语集的隶属度向量. R_{u3} 为经济性隶属度向量, 即按照经济性原则, 判断出来的对应效果程度的隶属度向量.

确定出隶属度向量以后, 可根据关键性、耗损性、经济性的权重度 A , 计算综合评价矩阵 B .

2.4.4 综合评判矩阵的计算. 综合评判的结果可由下式得到:

$$B = AR = [a_1, a_2, a_3] \begin{bmatrix} R_{u1} \\ R_{u2} \\ R_{u3} \end{bmatrix} = [b_1, b_2, b_3]$$

经计算可得到设置某类备件的效果. b_1 代表效果好的程

度, b_3 是效果差的程度, 因此 b_1 越大, b_3 越小, 设置备件的效果就越好. 也就是说部件关键程度、耗损量越大, 以及经济性越好, 设置备件的效果就越好, 否则就可不设备件或权衡分析后而定. 效果一般的零部件则应结合备件数量计算结果和费用分析结果更进一步判定是否作为备件处理.

2.5 利用综合模糊评判法确定备件品种时依据的准则.

1) 当 $b_1 + b_2 \geq 0.90$ 时, 则确定该零部件为计算备件数量的项目.

2) 当 $0.90 > b_1 + b_2 \geq 0.70$ 时, 则确定该零部件可以作为备件也可以不作为备件, 具体情况需用户自己确定, 因为用户可以根据装备使用的具体情况, 以及手中经费的多少进一步考虑备件需求规划问题.

3) 当 $b_1 + b_2 < 0.70$ 时, 暂不作备件考虑, 待其发生故障后再对备件供应目录进行调整, 即使作为备件来考虑, 也应该配置在较高层次上, 如基地级、基层级, 由于多储存常用低价位的备件, 所以不在基层级考虑.

3 实例分析

例如邀请 3 名专家, 利用综合模糊评判法, 确定某装备弹射起飞分系统中, 作动筒是否作为备件考虑.

1) 确定权重集. 进行关键性、耗损性、经济性 3 个因素的排列分析, 专家中有 2 位认为关键性排在第 1 位、耗损性次之, 而另一位专家也认为关键性应放在第 1 位, 但将经济性排在第 2 位. 依据这样的排列, 可以得出权重集 $A = \{0.5, 0.28, 0.22\}$.

2) 将评价因素进行 A, B, C 分类. 按照关键性因素, 根据 FMECA 结果, 作动筒内部故障, 将影响到发射杆的伸出, 最终影响任务中断, 属于严酷度 III 级, 根据关键性分析原则, 属于 B 类.

按照耗损性因素, 作动筒的 MTBF = 1 732, 低于弹射起飞分系统其他零部件的平均故障间隔时间, 属于需求量较大的零部件, 按照 FMECA 数据, 换算出该零部件的年耗损

量, 可以判定其耗损性属于 A 级.

3) 确定隶属度向量模糊矩阵. 由上述分析可以得出作动筒的隶属度向量: $R_{u1} = [0.2, 0.6, 0.2]$, $R_{u2} = [0.6, 0.3, 0.1]$, $R_{u3} = [0.1, 0.3, 0.6]$, 则模糊矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.2 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.6 \end{bmatrix}$$

4) 确定综合评价矩阵.

$$B = AR = [0.5, 0.28, 0.22] \begin{bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.2 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.6 \end{bmatrix} = [0.32, 0.42, 0.26]$$

5) 依据判断准则, 由于 $b_1 + b_2 = 0.74$, 属于可作为备件考虑的情况.

4 结束语

在武器装备综合保障越来越重要的现代战争条件下, 综合保障为确定装备备品种需求提供了一个很好的解决办法, 可供部队参考.

参考文献:

- [1] 郝杰忠, 杨建军, 杨若鹏. 装备技术保障运筹分析 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [2] 单志伟. 装备综合保障工程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [3] 赵武奎. 装备保障学 [M]. 北京: 解放军出版社, 2003.
- [4] 陈学楚. 装备系统工程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [5] 张乃尧, 阎平凡. 神经网络与模糊控制 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [6] 蔡自兴. 智能控制 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

(上接第 32 页)

参考文献:

- [1] 甘茂治, 康建设, 高崎. 军用装备维修工程学 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [2] 刘家学, 陈世国. 基于主成分分析的投资决策 [J]. 运筹与管理, 2006, 15(2): 77-80.

- [3] 程力, 李勇, 韩国柱. 基于神经网络的装备维修资源保障能力评估 [J]. 军事运筹与系统工程, 2006, 20(3): 77-80.
- [4] 高尚. 基于神经网络的武器系统费用效能分析 [J]. 上海航天, 1999(6): 30-33.
- [5] 闻新, 周露, 李翔, 等. Matlab 神经网络仿真与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.