

基于多级物元分析法的弹药维修安全评价

姜欣明¹, 罗兴柏¹, 张玉令¹, 许凯²

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003; 2. 广元弹药仓库, 四川 广元 628000)

摘要: 针对弹药维修安全的特殊性, 运用多级物元分析法, 在综合考虑基础条件建设、业务管理水平、环境以及弹药本身等因素的基础上, 提出了一种新的弹药维修安全评价方法, 对弹药维修的安全性进行了评价。在明确了主要包括制定指标体系、一级评价和二级评价的弹药维修安全评价的方法与步骤的基础上, 以某工厂进行某典型弹药维修为例, 进行验证。结果表明, 该方法能得到合理的评价结果。

关键词: 弹药维修; 安全评价; 多级物元分析法

中图分类号: E932 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)03-0086-04

Ammunition Maintenance Safety Assessment Based on Multidimensional Matter Element Analysis Method

JIANG Xin-ming¹, LUO Xing-bai¹, ZHANG Yu-ling¹, XU Kai²

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Ammunition Warehouse of Guangyuan, Guangyuan 628000, China)

Abstract: Aimed at the particularity of ammunition maintenance, a new safety evaluation method of ammunition maintenance was put forward under the consideration of the influence of basic condition construction, operation management level, environment, and the ammunition. The safety of ammunition maintenance was evaluated. The method was verified with the example of some typical ammunition maintenance based on definitude of the main method and steps of ammunition maintenance safety evaluation which includes establishment of the evaluation index systems, first-order evaluation, and second-order evaluation. The result indicated that the method can get rational evaluation result.

Key words: ammunition maintenance; safety evaluation; analysis method of multidimensional matter element

弹药维修是我军军械维修工作的重要组成部分, 这项工作对保证弹药质量、延长弹药存储寿命、确保弹药储运和使用安全起着十分重要的作用^[1]。由于弹药具有燃烧和爆炸特征, 且在修理的过程中

涉及到人员、场地、物资、设施设备等一系列因素, 如果任意因素呈现不安全状态, 都可能会导致弹药意外发火, 轻则财产受损, 重则威胁人员生命, 造成重大事故, 因此, 对弹药维修系统的安全评价显得尤为

收稿日期: 2011-01-11

作者简介: 姜欣明(1986—), 男, 吉林公主岭人, 硕士研究生, 研究方向为弹药技术与保障。

重要。目前,有关弹药维修安全性评价方法主要有灰色层次分析法和模糊决策法^[2-3]。灰色层次分析法适用于评价对象不太多的情况,否则工作量太大,且没有结合多方面的经验数据;而模糊决策法主观性太强,评价精度不高。由于弹药维修系统是一个复杂的多因素系统,其安全评价内容是多方面的,采用多级物元分析模型对其进行评价,可以将众多因素进行分类、比较,利用关联度进行分析,可使评价结果更加客观准确。

1 多级物元模型分析过程^[4-7]

1.1 建立评价指标体系

1.1.1 评级指标建立

弹药维修工厂的安全体系是一个复杂多因素系统,且是一个动态过程,涉及到的评价指标较多。为了更有效地对其安全体系进行评价,根据相关法规制度,结合工厂安全生产的实际,按照系统性、科学性、可测性、可操作性的原则,建立了弹药维修安全评价指标体系,见表1。这些指标是保障弹药维修安全的重要基础,是完成弹药维修的必要条件。一级指标用 $V=(V_1, V_2, V_3, V_4)$ 表示;二级指标用 V_{ij} 表示,其含义为第 i 类中的第 j 个评价因子。

1.1.2 指标权重的确定

在弹药维修安全评价指标体系中,各个指标的

权重值将直接影响评价结果的准确性。文中采用模糊层次法确定各个指标的权重值,模糊层次法能够克服层次分析法中存在的诸如检验判断矩阵是否具有一致性的困难、检验判断矩阵是否缺乏科学依据等不足之处,从而大大提高判断的可靠性,具体计算过程这里不再赘述,最终各指标的权重结果见表1。

1.2 一级评价

一级评价是指对指标体系中的每一类别的 V_i 进行评价,评价步骤如下。

1) 确定经典域(即给出 V_i 关于各等级特征的取值范围):

$$\mathbf{R}_{oj} = (N_{oj}, V_{oj}, X_{oj}) = \begin{bmatrix} N_{oj} & V_{oj1} & x_{oj1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N_{oj} & V_{ojn} & x_{ojn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{oj} & V_1 & \langle a_{oj1}, b_{oj1} \rangle \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N_{oj} & V_{ojn} & \langle a_{ojn}, b_{ojn} \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $\mathbf{R}_{oj}$ 为弹药维修的第 j 级安全状况的物元模型; N_{oj} 表示为研究对象 V_{oj} 的第 j 个安全水平的等级($j=1, 2, \dots, m$); x_{oji} 表示 N_{oj} 关于特征的量值范围,即各个等级关于对应特征 V_{oj} 的经典域 $\langle a_{oji}, b_{oji} \rangle$ 。

2) 确定节域,节域是指安全指标体系 V_o 各特征

表1 弹药维修安全指标体系(N)权重及得分

Table 1 The weight and score of the safety index system for ammunition maintenance

一级指标	权重 ω_i	二级指标	权重 ω_{ij}	得分
基础条件建设(V_1)	0.213	专业队伍建设(V_{11})	0.352	90.5
		业务设施建设(V_{12})	0.386	89.3
		配套设备建设(V_{13})	0.262	84.6
业务管理水平(V_2)	0.426	计划管理(V_{21})	0.012	94.5
		技术作业管理(V_{22})	0.263	88.4
		设施设备管理(V_{23})	0.162	86.2
		物资管理(V_{24})	0.186	90.5
		安全管理(V_{25})	0.324	85.4
		信息管理(V_{26})	0.053	90.0
环境因素(V_3)	0.154	作业环境(V_{31})	0.498	78.6
		自然环境(V_{32})	0.297	85.6
		社会环境(V_{33})	0.205	93.5
待修弹药(V_4)	0.207	弹药类别(V_{41})	0.642	85.4
		作业数量(V_{42})	0.358	86.7

值等级的值域,用式(2)表示。

$$\mathbf{R}_{op} = (N_{op}, V_{op}, X_{op}) = \begin{bmatrix} N_{op} & V_{op1} & x_{op1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N_{op} & V_{opn} & x_{opn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: $\mathbf{R}_{op}$ 为弹药修理安全评价物元模型的节域; N_{op} 是弹药修理安全等级的全体; x_{opi} 为 N_{op} 关于特征 V_{oi} 的量值范围,即 $\langle a_{opi}, b_{opi} \rangle$ 。

3) 确定待评物元,待评对象为 V_o , 将对其分析得到的数据用物元表示为:

$$\mathbf{R}_o = (N_o, V_{oi}, Y_{oi}) = \begin{bmatrix} N_o & V_{oi} & y_{oi} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N_o & V_{oin} & y_{oin} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: $\mathbf{R}_o$ 是弹药维修安全的待评物元; N_o 为待评对象; y_{oi} 为待评对象 N_o 关于特征 V_{oi} 的量值,即待评对象 N_o 经分析得到的具体值。

4) 确定关联函数。根据文献[4]可知,点 x_0 与有限实区间 $X = \langle a, b \rangle$ 的距 $\rho(x_0, X)$ 的表达式: $\rho(x_0, X) = \left| x_0 - \frac{1}{2}(a+b) \right| - \frac{1}{2}(b-a)$, 则待评对象的特征 V_{oi} 关于第 j 等级的关联度为:

$$k_j(y_{oi}) = \frac{\rho(y_{oi}, x_{oji})}{[\rho(y_{oi}, x_{opi}) - \rho(y_{oi}, x_{oji})]} \quad (4)$$

式中: $\rho(y_{oi}, x_{oji})$ 表示 N_o 与 N_{oj} ($j=1, 2, \dots, m$) 关于特征 V_{oi} 的距; $\rho(y_{oi}, x_{opi})$ 表示 N_o 与 N_{op} 关于特征 V_{oi} 的距,其算法如下:

$$\rho(y_{oi}, x_{oji}) = \begin{cases} a_{oji} - y_{oi}, & y_{oi} \leq (a_{oji} + b_{oji})/2 \\ y_{oi} - b_{oji}, & y_{oi} > (a_{oji} + b_{oji})/2 \end{cases} \quad (5)$$

$$\rho(y_{oi}, x_{opi}) = \begin{cases} a_{opi} - y_{oi}, & y_{oi} \leq (a_{opi} + b_{opi})/2 \\ y_{oi} - b_{opi}, & y_{oi} > (a_{opi} + b_{opi})/2 \end{cases} \quad (6)$$

5) 计算待评对象 N_o 关于等级 j 的关联度:

$$K_{oj}(N_o) = \sum_{i=1}^n \omega_{oi} k_j(y_{oi}) \quad (7)$$

式中: ω_{oi} 为 V_{oi} 的权重。

1.3 二级评价

所谓的二级评价是指计算待评事物 N 关于等级 j 的关联度 $K_j(N)$, 其计算公式为:

$$K_j(N) = \sum_{i=1}^n \omega_{oi} k_j(N_o) \quad (8)$$

式中: ω_{oi} 为 V_{oi} 的权重。

1.4 评定等级

关联度的大小表示对象符合标准对象等级的程度,其值越大,符合度越高。由最大隶属度原则 $K_{j_0} = \max K_j(N)$ 可知, N 属于 j_0 级别。如果对于所有的 j 都有 $K_j(N) \leq 0$, 则说明 N 的等级已经不在所划分的各个等级范围内,应该按照下述方法进行确定。

令:

$$K_j^*(N) = \frac{K_j(N) - \min[K_j(N)]}{\max[K_j(N)] - \min[K_j(N)]} \quad (9)$$

$$j^* = \frac{\sum_{j=1}^n j K_j^*(N)}{\sum_{j=1}^n K_j^*(N)} \quad (10)$$

式中: j^* 为 N 所述等级的特征值,它表示待评对象属于等级 j_0 的程度。

综上所述,可以得到基于多级物元法的弹药维修安全评价的基本程序,如图1所示。

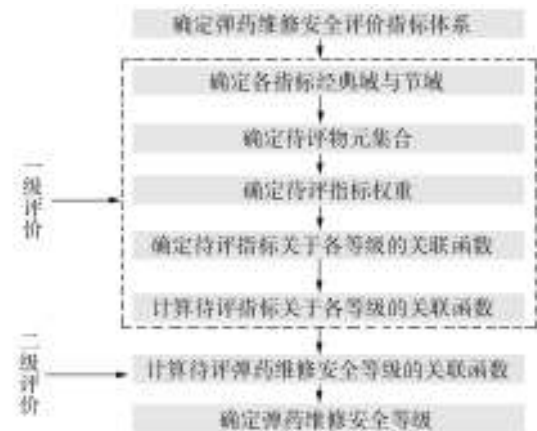


图1 弹药维修安全评价的基本程序

Fig. 1 Basic process of the safety risk assessment for ammunition maintenance

2 应用实例

以某弹药维修工厂进行某典型炮弹维修为例,进行验证。

1) 确定安全等级及各指标得分。将该弹药维修工厂的安全等级划分为4个,分别为:“很安全”、“安全”、“较为安全”、“不安全”。其安全性取值分别为[90,100],[80,90],[70,80],[60,70]。各指标的实际

得分见表1。

2) 确定经典域。以基础条件建设为例, 根据上述所分安全级别, 可用以下4个矩阵表示弹药维修经典域:

$$R_{01} = \begin{bmatrix} \text{很安全} & \text{专业队伍建设} & [90 \ 100] \\ \text{很安全} & \text{业务设施建设} & [90 \ 100] \\ \text{很安全} & \text{配套设备建设} & [90 \ 100] \end{bmatrix}$$

$$R_{02} = \begin{bmatrix} \text{安全} & \text{专业队伍建设} & [80 \ 90] \\ \text{安全} & \text{业务设施建设} & [80 \ 90] \\ \text{安全} & \text{配套设备建设} & [80 \ 90] \end{bmatrix}$$

$$R_{03} = \begin{bmatrix} \text{较为安全} & \text{专业队伍建设} & [70 \ 80] \\ \text{较为安全} & \text{业务设施建设} & [70 \ 80] \\ \text{较为安全} & \text{配套设备建设} & [70 \ 80] \end{bmatrix}$$

$$R_{04} = \begin{bmatrix} \text{不安全} & \text{专业队伍建设} & [60 \ 70] \\ \text{不安全} & \text{业务设施建设} & [60 \ 70] \\ \text{不安全} & \text{配套设备建设} & [60 \ 70] \end{bmatrix}$$

3) 确定节域。根据定义可知, 该体系的节域为:

$$R_V = \begin{bmatrix} \text{安全等级} & \text{专业队伍建设} & \langle 60 \ 100 \rangle \\ \text{安全等级} & \text{业务设施建设} & \langle 60 \ 100 \rangle \\ \text{安全等级} & \text{配套设备建设} & \langle 60 \ 100 \rangle \end{bmatrix}$$

4) 确定待评物元, 以基础条件建设为例, 可得待评物元为:

$$R_V = \begin{bmatrix} \text{基础条件建设} & \text{专业队伍建设} & 90.5 \\ \text{基础条件建设} & \text{业务设施建设} & 89.3 \\ \text{基础条件建设} & \text{配套设备建设} & 84.6 \end{bmatrix}$$

余下类推。

5) 将有关数据代入式(4)中, 得到各个评价因子对于各等级的关联度, 具体计算过程不再赘述。

6) 将得到的值代入式(7)进行一级评价, 可得:

$$\begin{bmatrix} K_{11}(V_1) & K_{21}(V_2) & K_{31}(V_3) & K_{41}(V_4) \\ K_{12}(V_1) & K_{22}(V_2) & K_{32}(V_3) & K_{42}(V_4) \\ K_{13}(V_1) & K_{23}(V_2) & K_{33}(V_3) & K_{43}(V_4) \\ K_{14}(V_1) & K_{24}(V_2) & K_{34}(V_3) & K_{44}(V_4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.071 & -0.101 & -0.054 & -0.281 \\ 0.121 & 0.238 & -0.024 & 0.413 \\ -0.358 & -0.381 & -0.181 & -0.293 \\ -0.432 & -0.488 & -0.472 & -0.524 \end{bmatrix} \quad (11)$$

7) 将数据代入式(8)进行二级评价, 求得各类等级的关联度, 如式(12)。很显然, 0.208最大, 故由最大隶属的原则可知, 该弹药维修工厂的安全等级应该评为“安全”。

$$\begin{bmatrix} K_1(V) \\ K_2(V) \\ K_3(V) \\ K_4(V) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.125 \\ 0.208 \\ -0.327 \\ -0.481 \end{bmatrix} \quad (12)$$

3 结语

建立了弹药维修安全评价的多级物元分析模型, 并且运用该模型对某弹药维修工厂的某典型炮弹维修的实际情况进行等级评估。结果表明, 由该模型能够得到客观合理的结论, 能够全面、直观地反映出该厂安全综合水平。相对其他方法, 多级物元分析模型的计算量小, 对于多指标复杂问题, 可以通过编程实现。多级物元分析模型, 能够较好地将事物的质和量有机结合起来, 并且考虑了相关性对安全等级的影响, 使得分析更全面, 精度更高。将多级物元分析模型引入弹药修理安全评价中, 从而为解决类似问题提供了一种新方法, 可以为进一步完善弹药安全管理体系提供理论支撑。

参考文献:

- [1] 麻全士. 弹药修理技术[M]. 石家庄: 军械工程学院, 1997.
- [2] 梁波, 易建政, 蔡俊锋, 等. 基于AHP的野战弹药防护效果评价[J]. 装备环境工程, 2007, 4(2): 151—155.
- [3] 宣兆龙, 易建政, 吴建华. 灰色模糊综合理论在弹药安全管理系统评价中的应用[J]. 军械工程学院院报, 2005, 17(2): 4—6.
- [4] 高扬, 吴建多. 基于多级物元分析的机场安全评价[J]. 中国安全生产科学技术, 2009, 5(6): 79—84.
- [5] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [6] 郭瑞林, 张进忠, 张爱芹. 作物品种多维物元分析法[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(1): 115—120.
- [7] 张吉军. 模糊层次分析法[J]. 模糊系统与数学, 2000, 14(2): 80—88.