

doi: 10.7690/bgzdh.2013.11.009

## 装备质量管理单一风险评估模型

李元左, 杨晓段, 郭瑞平

(装备学院基础系, 北京 101416)

**摘要:** 针对装备质量管理风险评估的问题, 建立一种装备质量管理风险的评估模型。在装备质量管理风险指标体系的基础上, 设计了适合装备质量管理风险评估的风险矩阵, 将风险发生概率和风险影响后果输入到风险矩阵中, 根据风险等级对照表确定单一风险等级, 再由 Borda 序值法确定了单一风险的风险等级和所有风险的关键性排序, 并对  $\times \times$  大型复杂国防战略武器装备质量管理风险进行评估。实例分析的结论表明了该模型的实用性和有效性。

**关键词:** 装备质量管理; 风险矩阵; 指标体系; 评估模型; 排序

**中图分类号:** TJ03 **文献标志码:** A

## Single-Risk Evaluation Model of Equipment Quality Management

Li Yuanzuo, Yang Xiaoduan, Guo Ruiping

(Department of Basic Theories, The Academy of Equipment, Beijing 101416, China)

**Abstract:** Aiming at risk evaluation model difficulty for equipment quality management, on the basis of risk-index system of equipment-risk management, designs a risk matrix suited for risk assessment of equipment quality management, and construct a single-risk evaluation model of equipment quality management. The probability of risk and the risk consequences inputs to the risk matrix. According to the level of risk control table to determine the single risk level, then by the Borda value key sorting method to determine the single risk and all risks, and to evaluate the  $\times \times$  of large and complex defense strategic weapons and equipment quality risk management. Example analysis result shows the method is practical and effective.

**Key words:** equipment quality management; risk matrix; index system; evaluation model; sorting

### 0 引言

质量管理水平直接影响武器装备建设质量。开展装备质量管理风险的评估研究, 分析产生武器装备质量风险的管理因素<sup>[1]</sup>, 建立装备质量管理风险评估模型及方法体系, 对掌握装备质量管理风险水平、规避、控制装备质量管理风险<sup>[2]</sup>, 具有重要的理论意义和应用价值。

要解决装备质量管理风险评估的问题, 并完全刻画装备质量管理风险的全貌, 掌握装备质量管理风险水平, 必须建立起装备质量管理风险的评估模型, 计算出风险值, 判断出风险等级。并需要根据构建的三类风险评估指标体系, 深入地探讨装备质量管理单一风险评估模型、装备质量管理综合风险评估模型和装备质量管理总风险评估模型。基于此, 笔者在给出装备质量管理风险指标体系的基础上, 探讨分析单一风险评估模型与应用分析。

### 1 影响因素与评估指标体系<sup>[3-5]</sup>

装备质量管理的风险是对由于装备质量管理因素引起损失产生不确定性的描述, 从目前公开的文

献资料来看, 从管理这一角度, 系统、全面地研究装备质量风险理论与方法的成果尚不多见。为此, 开展对装备质量管理风险的评估研究, 分析产生武器装备质量风险的管理因素, 建立装备质量管理风险评估模型及方法体系, 对掌握装备质量管理风险水平、规避、控制装备质量管理风险的机制研究提供决策参考具有重要意义。

指标和指标体系是评估的前提。笔者对装备质量管理风险影响因素进行精简和优化, 找出主要的影响因素, 再应用粗糙集理论, 通过构造决策表、数据的离散化及知识约简等步骤, 对装备质量管理各阶段的风险影响因素进行分析, 得到主要的 8 类 21 个装备质量管理风险: 体制机制风险、法律法规风险、制度措施风险、技术手段风险、组织机构风险、沟通协调风险、人力资源风险和决策风险等。

装备质量管理风险评估指标体系反映了装备质量管理过程各相关组成、内容之间相互间的关联与交互作用<sup>[6-7]</sup>。根据装备质量管理风险的特点、评估的目标以及装备质量管理风险的组成结构, 构建以下 3 类风险评估指标体系: 单一风险评估指标体系

收稿日期: 2013-07-11; 修回日期: 2013-08-22

作者简介: 李元左(1957—), 男, 福建人, 硕士, 教授, 从事应用数学、军事运筹学研究。

(图 1)、综合风险评估指标体系(图 2)和装备质量管理总风险的评估指标体系(图 3, 以立项论证阶段为例)。其中, 单一风险评估指标体系由装备质量管理单一风险组成, 各指标之间相互独立, 又互相影响。根据评估阶段的不同, 单一风险评估指标体系也不

尽相同, 要根据不同阶段的风险组成来构建<sup>[8]</sup>。

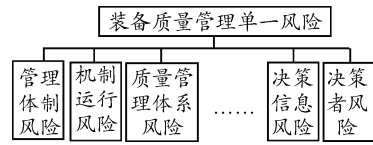


图 1 装备质量管理单一风险评估指标体系

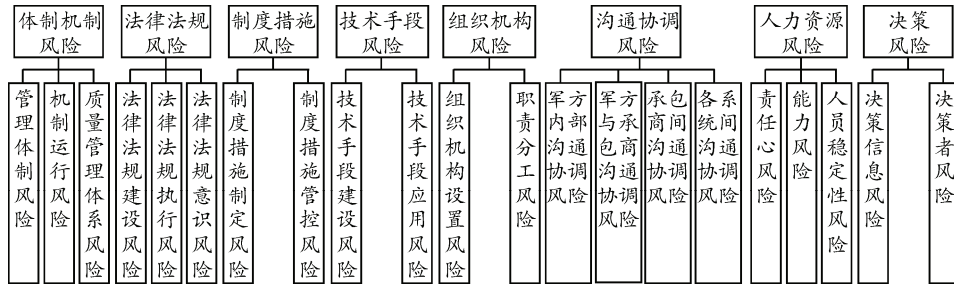


图 2 装备质量管理综合风险评估指标体系

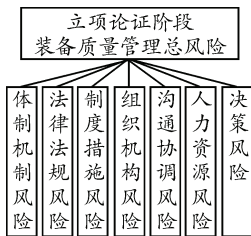


图 3 立项论证阶段总风险评估指标体系

## 2 装备质量管理单一风险评估模型

### 2.1 基本思路

风险的大小通过风险发生的概率和风险影响后果来衡量, 其计算公式为  $R = f(P, C)$ 。风险矩阵法作为一种简单、易操作的风险评估方法, 应用于装备质量管理单一风险评估中, 主要有以下考虑:

- 1) 风险矩阵方法充分考虑了风险的影响大小和风险发生的概率 2 个方面, 更为全面和客观。
- 2) 风险矩阵法既能对受各种因素影响的事物做出全面的定量刻画, 又能对难以定量分析的模糊现象进行主观上的定性描述, 把定性描述和定量分析紧密地结合起来。

表 1 装备质量管理单一风险矩阵

序号	风险	风险概率/%	风险概率序值	风险影响值	风险影响程度	风险影响序值	Borda 数	Borda 序值	风险等级
1	管理体制风险								
2	机制运行风险								
...	...								

表 1 中各栏项目内容说明如下。

- 1) 序号: 装备质量管理风险因素的序号值。
- 2) 风险: 各阶段的装备质量风险名称, 详见参考文献[1]。
- 3) 风险概率: 装备质量管理风险发生的概率, 其确定方法见文献[1]。

3) 风险矩阵法计算简便, 可靠度高, 通过输入风险发生概率和风险影响后果, 可以直观地分析出单一风险的风险等级, 应用 Borda 方法, 可以对单一风险的关键性程度进行排序, 识别出对装备质量管理影响最为关键的风险, 为风险控制提供决策。

基于以上考虑, 基于风险矩阵的单一风险评估的思路如图 4。

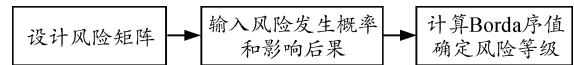


图 4 风险评估的思路

### 2.2 风险矩阵的设计

风险矩阵方法(risk matrix)是美国空军电子系统中心(esectronic system center)的采办工程小组于 1995 年 4 月提出的一种基于采办全寿命周期的风险评估和管理方法<sup>[9]</sup>。初始的风险矩阵包含有风险栏、风险影响栏、风险发生概率栏、风险等级栏、Borda 序值、风险应对栏等<sup>[10]</sup>。根据装备质量单一风险评估的需求, 将风险影响序值、风险概率序值、Borda 数加入到初始风险矩阵中, 构成装备质量管理单一风险评估的风险矩阵, 如表 1 所示。

- 4) 风险概率序值: 装备质量管理风险因素, 按照其发生概率可能性大小进行排序的结果。
- 5) 风险影响值: 风险发生的后果产生的影响。
- 6) 风险影响程度: 风险影响后果等级级别。
- 7) 风险影响序值: 按照风险对质量管理目标的影响进行排序的结果。

8) Borda 数: 装备质量管理过程中风险事件的风险重要程度的度量。

9) Borda 数字值: 比该风险程度更为严重的风险数目。

10) 风险等级: 由风险影响等级和风险发生概率共同决定的风险大小或高低程度的级别。

2.3 风险等级的说明

1) 风险发生概率的说明

风险发生概率分为 5 个等级, 各等级的划分及说明如表 2。

表 2 风险发生概率等级说明

风险概率范围/%	说明
0~20	几乎不会发生
21~40	不太可能发生
41~60	可能发生
61~85	很可能发生
86~100	几乎肯定发生

2) 风险影响后果等级说明。

把风险影响分为“关键、严重、一般、微小、可忽略”等 5 个等级, 每个等级的量化值及说明如表 3 所示。

3) 风险等级的确定。

表 3 风险影响等级说明

风险影响等级	风险影响值	等级说明
关键	4~5	一旦风险发生, 质量管理的最低目标将不能实现。
严重	3~4	一旦风险发生, 将导致预定目标不能完全实验。
一般	2~3	一旦风险发生, 受到中度影响, 目标部分达到。
微小	1~2	一旦风险发生, 装备质量管理受到轻度影响, 目标仍能过到。
可忽略	0~1	一旦风险发生, 对装备质量管理没有影响, 质量管理目标能完全达到。

表 4 风险等级对照

风险发生概率/%	风险影响程度				
	可忽略 (0~1)	微小 (1~2)	一般 (2~3)	严重 (3~4)	关键 (4~5)
0~20	低	低	较低	中	中
21~40	低	较低	中	中	较高
41~60	较低	中	中	较高	高
61~85	中	中	较高	较高	高
86~100	中	较高	较高	高	高

风险等级的划分是由风险的发生概率和风险影响两方面因素共同决定的, 风险矩阵方法中, 原始风险等级划分为低、中、高 3 个等级。为了有效促进装备质量管理风险评估结果更加合理和科学, 结合装备质量管理风险管理的客观需要和实际, 重新划分风险等级, 新的风险等级划分为低、较低、中

等、较高、高 5 个等级尺度, 如表 4 所示。

2.4 风险矩阵表中各种值的计算

1) 风险概率序值。

设  $h$  为风险发生概率范围(等级)的数目,  $G_i(i=1,2,\dots,h)$ 为风险因素(事件)的第  $i$  种风险发生概率范围, 如  $G_1=86\% \sim 100\%$ 。  $N_i(i=1,2,\dots,h)$ 代表装备质量管理风险中拥有  $G_i$  这种风险概率范围的风险因素(事件)个数。则属于第  $i$  种风险概率范围的风险因素(事件)的风险概率序值  $P_i$  由下式得到。

$$P_i = \frac{1}{2}(2B_i + 1 + N_i) \tag{1}$$

式中  $B_i = \sum_{j=1}^{i-1} N_j (i>1, B_1 = 0)$ 。

2) 风险影响序值的计算方法。

设  $l$  代表风险事件的可能影响等级的数目,  $Q_j(j=1,2,\dots,l)$ 代表第  $j$  种风险影响评估等级, 如  $Q_1=$ 关键。令  $M_j$  代表装备质量管理风险中是  $Q_j$  这种风险等级的风险事件的个数, 则属于第  $j$  种风险等级的风险事件的风险影响序值 ( $I_j$ ) 的计算如下:

$$I_j = \frac{1}{2}(2C_j + 1 + M_j) \tag{2}$$

式中  $C_j = \sum_{r=1}^{j-1} N_r (j>1, C_1 = 0)$ 。

3) Borda 数。

通过 Borda 数来确定风险事件的重要程度。一个风险事件的 Borda 数越大, 在装备质量管理中该风险也越为关键。Borda 数 ( $b_i$ ) 的计算方法如下:

$$b_i = (N - r_{i1}) + (N - r_{i2}) \tag{3}$$

式中:  $N$  为装备质量管理单一风险的总数;  $r_{i1}$  为第  $i$  个风险的风险概率序值;  $r_{i2}$  为第  $i$  个风险的风险影响序值。

4) Borda 序值的确定。

根据 Borda 数可以确定 Borda 序值。把风险 Borda 数按照由大到小的顺序排列, 其相应的 Borda 序值为  $0,1,2,\dots$ 。Borda 序值是指比其风险程度更为严重的风险数目, 如某一风险的风险 Borda 数最大, 那么其对应的 Borda 序值为 0, 即比其更为严重的风险个数为 0。

5) 确定单一风险等级和关键性排序。

将风险发生概率和风险影响后果填入风险矩阵中, 计算风险概率序值和风险影响序值, 得到 Borda 序值, 查风险等级对照表 4, 可以确定单一风险的风险等级和所有风险的关键性排序。

### 3 实例分析

××型号装备是某型大型复杂国防战略武器型号，该型号装备在攻击能力、突防能力、机动性等方面具有很大程度的提高。经过充分的论证，该型号装备研制周期长，采用了较多的新技术，承制方是多年来一直承担军品研制生产任务的企业，实力较为雄厚。此外由于是大型号装备，涉及到跨地区、行业的若干协作单位，必须对其采取较好的控制和管理措施，保证其质量，拟对该型号装备质量管理风险进行评估。

装备质量管理单一风险评估的目标，就是对各阶段单一的风险进行评估，确定其风险等级和风险重要性的排序，为制定风险防范的优先顺序提供理论支持。以立项论证阶段装备质量管理单一风险评估

估为例，建立风险评估指标体系如图 5 所示。

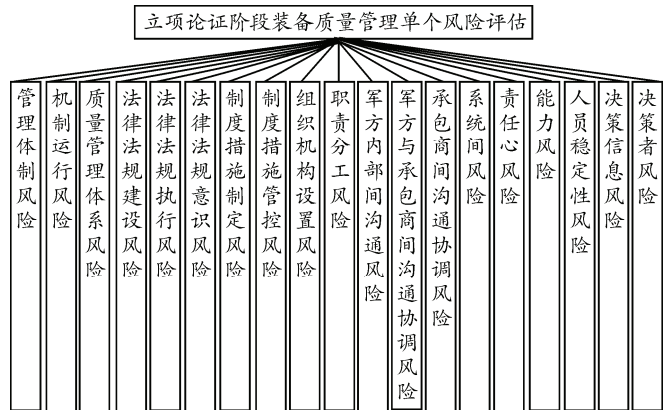


图 5 立项论证阶段装备质量管理单一风险评估指标体系

应用前面给出的单一风险评估模型，对该型号的装备质量管理单一风险进行评估，得到立项论证阶段装备质量管理单一风险评估矩阵如表 5 所示。

表 5 立项论证阶段装备质量管理单一风险评估矩阵

序号	风险	风险概率/%	风险概率序值	风险影响值	风险影响程度	风险影响序值	Borda 数	Borda 序值	风险等级
1	管理体制风险	46	11.5	1.82	微小	18.5	8	18	中
2	机制运行风险	66	4.5	2.42	一般	10.5	23	1	较高
3	质量管理体系风险	57	11.5	2.12	一般	10.5	16	8	中
4	法律法规建设风险	48	11.5	2.15	一般	10.5	16	8	中
5	法律法规执行风险	86	1.0	3.55	严重	5.0	32	0	高
6	法律法规意识风险	42	11.5	2.06	一般	10.5	16	8	中
7	制度措施制定风险	31	16.5	2.38	一般	10.5	11	15	中
8	制度措施管控风险	48	11.5	2.62	一般	10.5	16	8	中
9	组织机构设置风险	48	11.5	2.38	一般	10.5	16	8	中
10	职责分工风险	75	4.5	2.27	一般	10.5	23	1	较高
11	军方内部之间沟通协调风险	73	4.5	2.28	一般	10.5	23	1	较高
12	军方与承包商之间沟通协调风险	60	11.5	2.95	一般	10.5	16	8	中
13	承包商之间沟通协调风险	72	4.5	2.28	一般	10.5	23	1	较高
14	系统间风险	74	4.5	2.34	一般	10.5	23	1	较高
15	责任心风险	8	18.5	2.13	一般	10.5	9	16	较低
16	能力风险	72	4.5	1.96	微小	18.5	15	14	中
17	人员稳定性风险	12	18.5	2.08	一般	10.5	9	16	较低
18	决策信息风险	44	11.5	3.00	严重	5.0	21.5	6	较高
19	决策者风险	26	16.5	3.50	严重	5.0	16.5	7	中

如图 6，在结果分析、立项论证阶段，单一风险分为 3 个层次，其中有高风险 1 个，较高风险 6 个，中等风险 10 个，较低风险有 2 个。按风险关键性排列，有 9 个层次，第 1 层次为法律法规执行风险；第 2 层次为：机制运行风险、职责分工风险、军方内部之间沟通协调风险、承包商之间沟通协调风险、系统间风险；第 3 层次为决策信息风险；第 4 层次为决策者风险；第 5 层次为：质量管理体系风险、法律法规建设风险、法律法规意识风险、制度措施管控风险、组织机构设置风险、军方与承包商之间沟通协调风险；第 6 层次为能力风险；第 7 层次为制度措施制定风险；第 8 层次为：责任心风险、人员稳定性风险；第 9 层次为管理体制风险。由于篇幅所限，实例中其他阶段的单一风险进行评估过程和结果分析略去。

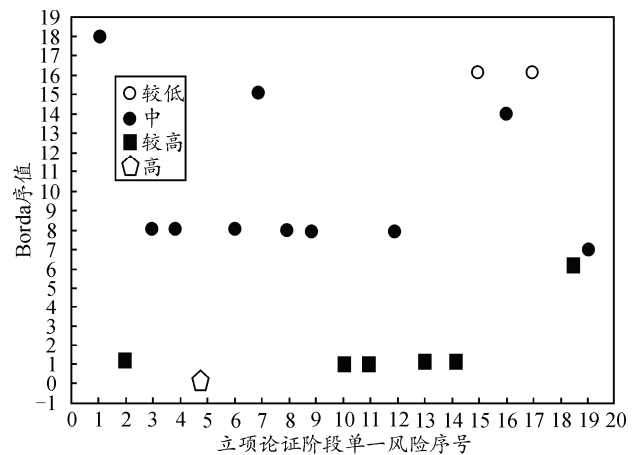


图 6 立项论证阶段单一风险等级分布

### 4 结语

应用风险矩阵法对单一风险进行评估，既可以

掌握各个风险所处的风险等级，又可以根据 Borda 序值，进一步掌握各个风险的关键程度。如在立项论证阶段，最关键的风险是法律法规执行风险，其次为机制运行风险、职责分工风险、军方内部沟通协调风险、承包商之间沟通协调风险、系统间风险等。2 种方法的结合，使得评估的结果更加合理。

**参考文献:**

[1] 李元左, 郭瑞平, 杨晓段. 装备质量管理风险分析与评估模型研究[J]. 中国软科学, 2012 (增刊): 341-346.  
 [2] 刘增勇, 陈祥斌, 赵坤, 等. 军民一体化装备维修保障风险评估[J]. 兵工自动化, 2012, 31(9): 27-31.  
 [3] 吕彬, 李晓松, 陈庆华. 装备采购风险管理理论和方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011: 8.

\*\*\*\*\*

(上接第 33 页)

图 3 给出气室容积不变膛内运动阶段不同气孔面积对应气室充排气情况，其中气孔直径  $D_1(2\text{ mm})$ ,  $D_2(4\text{ mm})$ ,  $D_3(6\text{ mm})$ ,  $D_4(8\text{ mm})$ 。图 4 为气孔面积一定下膛内运动阶段不同气室容积对应的气室充排气情况，其中气室容积  $V_1$  为  $0.000\ 314\ \text{m}^3$ ,  $V_2$  为  $0.000\ 8\ \text{m}^3$ ,  $V_3$  为  $0.001\ 57\ \text{m}^3$ 。从图中曲线看出，气孔面积和气室容积对气室贮存的气体压力影响显著。气室容积保持不变(如图 3)，气孔面积较小，则气室充气不足，贮存的压力不大，将达不到膛外弹托的气动脱壳力，影响破片与弹托的顺利分离；而气孔面积过大，则气室气体压力在排气阶段将迅速衰减，影响破片的膛外脱壳。气孔面积保持不变(如图 4)，气室容积过大，膛口气室贮存气体压力较小；气室容积较小，虽然膛口气室贮存压力较大，但膛外同时经历弹托与破片的相对运动和气室向外界的排气过程，导致气室压力迅速衰减，最终不利于膛外破片的顺利脱壳。不同气孔面积和气室容积对应的气室压力如表 1。结果表明：适宜的气孔面积和气室容积是实现破片高速发射自动脱壳弹设计的关键，是保证破片发射弹道稳定性的重要条件。

表 1 不同情况下弹丸出炮口后气室压力 MPa

气室容积/ $\text{m}^3$	气孔直径/mm			
	$D_1=2$	$D_2=4$	$D_3=6$	$D_4=8$
$V_1=0.000\ 314$	2.25	6.99	8.14	6.54
$V_2=0.000\ 800$	0.88	3.53	6.57	8.12
$V_3=0.001\ 570$	0.45	1.80	4.05	6.18

[4] 郑怀洲. 军事装备管理[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2007: 48.  
 [5] 龚源. 军品质量工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 189.  
 [6] 王玉泉. 装备质量管理概论[M]. 北京: 装甲兵工程学院, 2006: 120.  
 [7] 杨建军, 龙光正, 赵保军. 武器装备发展论证[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 222.  
 [8] 杨斌. 武器装备维修管理中的知识构成[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(3): 145.  
 [9] Garvey P R, Lansdowne Z F. Risk matrix: an approach for identifying ,assessing, and ranking program risk[J]. Air force Journal of Logistics, 1998, 22(1): 16-23.  
 [10] Pamela A. Engert, Zachary F. Lansdowne. Risk Matrix User's Guide[R]. Bed ford: The MITRE Corporation, 1999.

**4 结论**

该弹体结构中气孔面积和气室容积对膛外弹托的气动脱壳力起着非常重要的作用，是这种气动脱壳弹体设计的关键。在实际应用当中，可根据不同的装药方案，调整气孔面积和气室容积，使气孔面积和气室容积达到很好的匹配性，从而使破片获得足够的气动脱壳力，达到弹托与破片在膛外顺利脱壳的要求，最终实现破片的高速发射，弹道稳定性。

**参考文献:**

[1] 李旭锋. 含能破片对模拟战斗部的引爆机理研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2006.  
 [2] 蔡春生, 黄贡献, 王晓兵. 射弹破片三维空间飞散矢量模型[J]. 兵工自动化, 2012, 31(4): 15-16.  
 [2] 张柏生, 李云娥. 火炮与火箭内弹道原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.  
 [3] M.J.左克罗, J.D.霍夫曼. 气体动力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1984.  
 [4] 何立明, 赵罡, 程邦勤. 气体动力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.  
 [5] 臧国才, 李树常. 弹箭空气动力学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1989.  
 [6] 丁祖荣. 流体力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.  
 [7] 金志明. 枪炮内弹道学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2004.  
 [8] 王泽山, 何卫东, 徐复铭. 火药装药设计原理与技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.