

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.10.002

基于风险矩阵法的封闭空间空气安全风险评估模型

杜文正, 丁刚乐
(第二炮兵工程学院二系, 西安 710025)

摘要: 为提高城市人防工程等地下大型封闭空间空气质量评估的客观性, 提出基于风险矩阵法的封闭空间空气安全风险评估模型。构建二维矩阵, 定量计算出受评实体的风险要素, 再利用 Borda 序值理论和层次分析法 (analytical hierarchy process, AHP) 得出各风险要素的权重, 最后利用风险矩阵得出实体风险等级值, 以某人防工程为评估对象进行实例计算。计算结果证明: 该方法将定性的过程量化, 很大程度上减少了人为失误带来的损失。

关键词: 空气质量安全风险评估; Borda; 层次分析法; 风险矩阵
中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Risk Assessment Model of Air of Enclosure Space Security Based on Risk Matrix

Du Wenzheng, Ding Gangle
(No. 2 Department, Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: A assessment model which based on risk matrix is proposed in this paper, for improving objectivity of the air security assessment on big enclosure space such as defense construction. Risk factors of the enclosure space are counted quantitative by two dimension matrix. The weight of the risk factor is got by Borda and AHP (analytical hierarchy process). The risky numerical value is reckoned by the risk matrix and a storehouse is taken for an example. It proves that the assessment model can quantify qualitative process and reduce factitious loss in a large part.

Keywords: air security assessment; Borda; AHP; risk matrix

0 引言

地下封闭空间空气安全风险评估的方法有定性和定量 2 种。为了解决定性评估客观性问题, 笔者提出基于风险矩阵的封闭空间空气质量安全风险评估模型, 并详细阐述了利用风险矩阵进行风险评估的流程^[1-3]。

1 空气安全风险矩阵风险评估模型

风险矩阵法 (risk matrix) 是美国空军电子系统中心 (electronic system center) 的工程小组于 1995 年 4 月提出的一种风险评估管理方法。在工程管理过程中, 它能够对风险 (风险集) 的重要性进行识别, 并进一步对风险潜在影响进行评估, 从而可以为风险决策提供科学依据。根据我国相关准则, 笔者结合风险矩阵的特点, 提出了封闭空间空气安全风险矩阵风险评估模型, 如图 1。

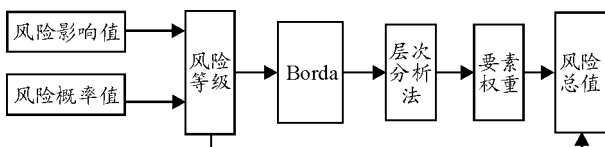


图 1 封闭空间空气安全风险矩阵风险评估模型

1) 确定风险矩阵栏^[4]

依照提出的风险评估模型, 得出可用于封闭空间空气安全风险评估的风险矩阵, 具体栏目如表 1。

表 1 封闭空间空气安全风险矩阵栏

风险项	风险概率等级	风险影响等级	风险等级		风险权重
			量化值	等级	

2) 确定风险要素

以我国空气质量评估的相关准则和封闭空间的实际情况为基础, 总结出封闭空间空气安全的 6 个风险要素, 各要素具体内容如表 2。

表 2 风险要素及其属性

风险要素	属性
人	人数过多产生大量二氧化碳及生活垃圾
通风系统	通风系统损害导致封闭空间空气不流通
发动机	发动机长时间工作产生大量的废气
岩体	封闭空间的岩体释放氮气和其他的有害气体
装修	装修材料释放苯, 甲醛等有害气体
易燃易爆泄漏品	燃烧和泄漏都会产生有害气体

3) 风险概率和风险影响栏的说明

风险发生概率和风险影响是确定风险等级的基础^[5], 根据 GB/T 20984-2007 中的等级划分规则, 将其各分为 5 个等级。表 3 是风险概率等级说明, 表 4 是风险影响等级说明。

收稿日期: 2011-05-07; 修回日期: 2011-06-14

作者简介: 杜文正 (1974—), 男, 山东人, 博士, 副教授, 从事自动检测、发射系统仿真训练研究。

表 3 风险概率等级说明

风险影响等级	说明
关键 5	一旦风险事件发生, 封闭空间不能使用
严重 4	一旦风险事件发生, 会导致部分空气指标严重下降, 封闭空间不可以使用
一般 3	一旦风险事件发生, 会导致部分空气指标下降, 封闭空间可以使用
微小 2	一旦风险事件发生, 对封闭空间空气指标轻微受到影响, 封闭空间可以使用
可忽略 1	一旦风险事件发生, 对封闭空间没有影响

表 4 风险影响等级说明

风险概率范围/%	风险概率等级	说明
0~10	1	非常不可能发生
11~40	2	不可能发生
41~60	3	可能在项目中期发生
61~91	4	可能发生
91~100	5	极可能发生

4) 风险等级的确定

根据 GB/T 20984-2007 以及第 3 步中风险概率等级和风险影响等级的确定过程, 建立了风险等级对照表如表 5。表 5 中的数字表示等级量化, 文字表示等级描述。将风险概率等级和风险影响等级带入表 5, 将确定风险等级^[6]。

表 5 风险等级对照表

风险影响	风险概率				
	1	2	3	4	5
1	0很低	0.5很低	1低	1.5中	2中
2	0.5很低	1低	1.5低	2中	2.5中
3	1低	1.5低	2中	2.5中	3高
4	1.5中	2中	2.5中	3高	3.5很高
5	2中	2.5中	3高	3.5很高	4很高

5) 风险权重的确定

权重的确定是定性到定量的关键步骤, 由于在风险矩阵中会出现风险结, 即存在处于同一风险等级的风险要素, 所以先应用 Borda 序值法对风险项进行重要性排序, 消除风险结, 然后利用 Borda 序值和层次分析法定量计算出各风险要素的权重。

① Borda 序值的确定^[7]

基于风险矩阵理论, 根据每一项风险的风险影响和风险概率计算每一项风险的 Borda 数, 具体计算过程如下: 设 N 为总的风险要素数, 某一风险 i , 用 k 表示某一准则, 风险矩阵只有 2 个准则, $k=1$ 表示风险影响 I , $k=2$ 表示风险概率, 表示风险 i 在准则 k 下的风险级别 r_{ik} , 则风险 i 的 Borda 数为:

$$b_i = \sum_k^n (N - r_{ik}) \quad (1)$$

将 Borda 数按从大到小的顺序排列可得出 Borda 序值, 用来表示风险的重要程度。Borda 数最高的风险, 其 Borda 序值为 0, 说明对该风险而言, 其余的关键风险因素的个数为 0, 该风险是最关键的风险, 以此类推。

② 基于层次分析法的权重确定

由于 Borda 序值本身就是相对数值, 故易于建立 AHP 判断矩阵, 计算权重并得出各风险项的权重值 RW_i 。

③ 安全的综合评估

参照已完成的风险矩阵, 依照公式 (2) 得出最后该受评组织的安全风险等级, K 为风险项目数。

$$RRT = \sum_{i=1}^k RR_i \times RW_i \quad (2)$$

2 实例应用

根据封闭空间空气安全风险矩阵模型, 笔者用某地下人防工程为例进行计算。该封闭空间有生活区和工作区。生活区主要是人员的居住; 工作区有物资储藏室、操作大厅、配电室等。封闭空间空气安全评估步骤^[8]如下:

1) 确定风险矩阵栏目以及风险要素, 见表 1 和表 2。

2) 根据对封闭空间空气的分析, 对风险要素的风险概率和影响进行评估, 根据表 5 确定某个风险要素的风险等级及量化值。以风险要素“人”为例: 专家评估其风险概率为 2, 影响等级为 3, 根据表 5, 其风险等级为低, 量化值为 1.5。

同理可根据其他 5 项风险要素的风险概率和风险影响的等级得出其风险等级及量化值, 并直接给出评估数据, 如表 6。

表 6 风险要素及其风险等级

风险要素	风险概率	风险影响	风险等级
易燃易爆泄漏品	4	5	3.5高
通风系统	3	5	3高
发动机	5	4	3.5高
岩体	4	3	2.5中
装修	2	2	1低
人	2	3	1.5低

3) 根据 Borda 定义, 有 6 个要素, 故 $N=6$, 风险要素为 $i(i=1,2,\dots,6)$ 的 Borda 数用 b_i 表示, 涉及的信息安全风险的风险矩阵只有 2 个准则, 用 $k=1$ 表示风险影响准则 I , $k=2$ 表示风险概率准则 P 。以

“人”为例，人的风险影响比装修因素大，即 $r_{11}=3$ ，人的风险概率最小，即 $r_{12}=4$ ，所以 b_1 为：

$$b_1 = (6-3) + (6-4) = 5$$

同理可以求出其他 5 个风险因素的 Borda 数，最后留大风险因素的 Borda 数为：11、9、10、8、3、5。根据 Borda 数，取相对数，其 Borda 序数为：0、2、1、3、5、4。

4) 由 Borda 序值作为最后判断矩阵的相应元素，得到最后的综合判断矩阵，计算风险模块权重。根据 AHP 法，最后的综合判断矩阵为 A ：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 4 & 6 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{2} & 2 & 4 & 3 \\ \frac{1}{2} & 2 & 1 & 3 & 5 & 4 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 2 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

利用层次分析法的求根法计算各风险要素的权重计算步骤^[9]如下：

① 按行相乘得：

$$A_1 = \begin{bmatrix} 720 & 4 & 60 & \frac{1}{4} & \frac{1}{720} & \frac{1}{60} \end{bmatrix}$$

② 开六次方得：

$$A_2 = \sqrt[6]{A_1} = [2.9938 \quad 1.260 \quad 1.9786 \quad 0.7937 \quad 0.3340 \quad 0.5054]$$

③ 归一化得：

$$A_3 = [0.3806 \quad 0.1602 \quad 0.2516 \quad 0.1009 \quad 0.0425 \quad 0.0643]$$

将所有信息填入封闭空间空气质量安全风险矩阵如表 7。

表 7 封闭空间空气质量安全风险矩阵

风险项	风险概率等级	风险影响等级	风险等级		风险权重
			量化值	等级	
易燃易泄漏品	4	5	3.5	高	0.3806
通风系统	3	5	3.0	高	0.1602
发动机	5	4	3.5	高	0.2516
岩体	4	3	2.5	中	0.1009
装修	2	2	1.0	低	0.0425
人	2	3	1.5	低	0.0643

5) 依照公式 (2)，最后得出该封闭空间空气质量安全的综合安全风险等级：

$$A_3 = \sum_{i=1}^6 RR_i \times RW_i = 3.5 \times 0.3806 + 3 \times 0.1602 + 3.5 \times 0.2516 + 2.5 \times 0.1009 + 1 \times 0.0425 + 1.5 \times 0.0643 = 3.0845 \approx 3$$

6) 根据风险权重的排序得出：该封闭空间的易燃易泄漏品、通风系统、发动机是关键的风险因素，应提前在这几方面做好预防措施。由于风险矩阵的数据是基于专家的测评，比较定性，如果要提高数据的准确性，必须向更多的有经验的专家咨询。

3 结束语

基于风险矩阵^[10]的风险评估过程利用 Borda 序值法^[11]和 AHP 得出风险等级值，在传统的评估方法上融入了更多的定量计算成分，很大程度上减少了人为失误带来的损失，步骤清晰，有一定的可操作性。

参考文献：

[1] Lansdowne Z F, Woodward B S. Applying the Borda method[J]. Air Force Journal of Logistics, 1996, 20: 27-29.

[2] Paul R, Garvey P R, Lansdowne Z F. Risk matrix: an approach for identifying, assessing, and ranking program risks[J]. Air Force Journal of Logistics, 1998, 25: 16-19.

[3] Burns J, Noonan J, Kichak L, et al. NASA risk assessment and management roadmap[R]. Systems Engineering Capstone Conference, Hampton, VA, 2001.

[4] 刘清珺, 陈婷, 张经华, 等. 基于风险矩阵的食品安全风险监测模型[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 86-90.

[5] 李聪波, 刘飞, 谭显春, 等. 基于风险矩阵和模糊集的绿色制造实施风险评估方法[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(1): 209-214.

[6] 任帅, 慕德俊, 姚磊, 等. 一种基于风险矩阵法的信息安全风险评估模型[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(5): 93-95.

[7] 朱启超, 匡兴华, 沈永平. 风险矩阵方法与应用述评[J]. 中国工程科学, 2003, 5(1): 89-94.

[8] 任帅, 慕德俊, 姚磊, 等. 一种基于风险矩阵法的信息安全风险评估模型[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(5): 93-95.

[9] 于志鹏, 陆愈实. 模糊层次综合评价法在企业安全评价中的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2006(6): 119-121.

[10] 李柏年. 模糊数学方法及其应用[M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2007: 24-50.

[11] 刘林, 曹艳平, 王婷, 等. 应用模糊数学[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2008: 30-75.