

基于危险源理论的混药过程燃爆事故模糊综合评价

王 焘¹, 张双保¹, 李连强¹, 林新兵¹, 盘向军²

(1. 兵器工业卫生研究所, 西安 710065; 2. 淮海集团有限公司, 山西 长治 046012)

摘要:针对军工行业混药过程中易发生的炸药燃爆事故,应用3类危险源理论、层次分析法及专家调查表法,构建了其风险评价指标体系,确定了各指标的权值。运用模糊综合评价方法,对某军工企业的混药过程进行了风险评价,取得了良好的评价效果。

关键词:危险源理论;混药;炸药燃爆事故;模糊综合评价

中图分类号:TJ410.5

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2012)10-0057-04

混药工序是大多数武器弹药装配生产的头道工序,由于混药过程需将2种或多种性质不同的火炸药及黏合剂、添加剂等按一定比例混合,在待混合炸药称量、向混药机加料、将混合后炸药转移晾干等工艺环节中均需操作人员的参与,这使得搞好混药过程的安全,防止炸药燃爆事故的发生就显得尤为重要。本文以3类危险源理论、层次分析法及专家调查表法为基础,构建其风险评价指标体系,来对混药过程的炸药燃爆事故进行风险评价。

3类危险源理论是西安科技大学田水承教授首次提出的。第1类危险源指能量载体或危险物质;第2类危险源指物的故障、物理性环境因素,个人失误(侧重安全设施等物的故障、物理性环境因素);而由于安全管理决策、组织失误(组织程序、组织文化、规则)、不安全行为、失误等造成系统失衡的这种不安全因素称为第3类危险源。利用3类危险源理论对危险源进行分类可包括所有关于危险源分类的观点,全面反映危险存在的因素和根源,为从多角度辨识、评价危险源提供了强有力的理论工具。由于从3类危险源出发分析可能导致混药过程炸药燃爆事故发生的危险源,能彻底辨识事故发生的所有危险源,为其危险源辨识、评价与控制管理注入新的活力,因此,本文选用3类危险源理论辨识导致混药过程炸药燃爆事故发生的危险源。

以全面反映系统客观状况,因此,科学、客观、全面地建立指标体系具有重要意义。

基于3类危险源理论及层次分析法,全面分析与概括可能导致混药过程炸药燃爆事故的特征和诱发因素,确定了混药过程炸药燃爆事故危险源风险评价指标体系递阶层次结构,如图1所示。

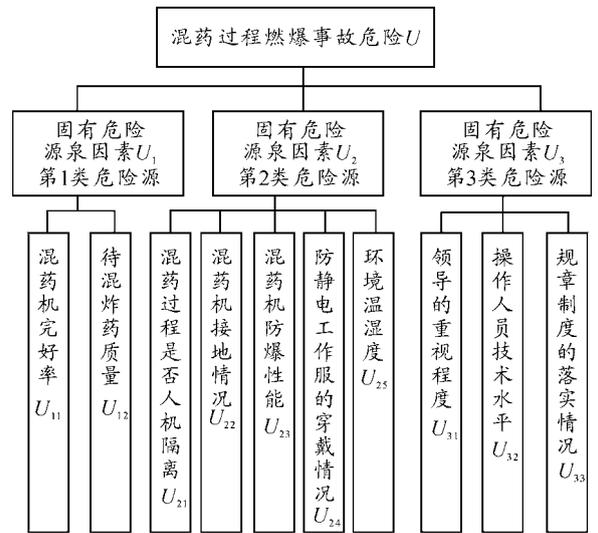


图1 混药过程燃爆事故危险源指标体系层次结构

1 混药过程炸药燃爆事故风险评价指标体系的建立

评价指标体系的建立是评价模型建立的基础和关键,直接影响评价的精度和结果。指标体系应能反映混药过程炸药燃爆事故的特征和基本状况,选择的因素太多,可能过分增加系统指标体系结构的复杂程度和评价的难度,并掩盖主要的因素;指标因素过少,评价过程虽然简单易行,但难

2 各指标权重的确定

1) 第1层次指标权值的计算

在风险评价指标体系的确立中,按层次结构,用3类危险源的划分方法将混药过程炸药燃爆事故划分为3个子集。把炸药燃爆事故危险源风险评价看作目标层,把3类危险源看作准则层,各指标看作指标层,构造判断矩阵。确定专家

判断矩阵。

对 U 层对 U_i 层各元素两两进行比较判断,构造出 $U \rightarrow U_i$ 判断矩阵

$$U = \begin{array}{c|ccc} U \rightarrow U_i & U_1 & U_2 & U_3 \\ \hline U_1 & 1 & 1/3 & 1/5 \\ U_2 & 3 & 1 & 1/3 \\ U_3 & 5 & 3 & 1 \end{array}$$

用求和法求权值,按列归一化得到:

$$B = \begin{bmatrix} 0.111 & 0.077 & 0.130 \\ 0.333 & 0.231 & 0.217 \\ 0.556 & 0.692 & 0.652 \end{bmatrix}$$

按行求和:

$$V = \begin{bmatrix} 0.318 \\ 0.781 \\ 1.900 \end{bmatrix}$$

归一化,求权值:

$$W = (0.106 \quad 0.260 \quad 0.634)^T$$

计算其特征值,得到:

$$UW = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.106 \\ 0.260 \\ 0.634 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.320 \\ 0.789 \\ 1.944 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{3} \left(\frac{0.320}{0.106} + \frac{0.789}{0.260} + \frac{1.944}{0.634} \right) = 3.040$$

进行一致性检验得到: $CI = \frac{3.040 - 3}{2} = 0.02$ 。

3 阶判断矩阵平均随机一致性指标 $RI = 0.52$, 则:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.020}{0.52} = 0.038 < 0.1$$

因此,第 1 层次指标权值如表 1 所示。

表 1 第 1 层次指标权值

指标	U_1	U_2	U_3
权值	0.106	0.260	0.634

2) 第 2 层次指标权值的确定

第 1 类危险源指标分为混药机完好率 (U_{11}) 和待混炸药质量 (U_{12}) 2 个指标,计算结果如表 2 所示。

表 2 第 1 类危险源指标权值

$U_1 \rightarrow U_{1i}$	U_{11}	U_{12}	W_1	λ_{\max}	CR
U_{11}	1	2	0.667	2.001	0.001
U_{12}	1/2	1	0.333		

第 2 类危险源指标分为混药过程是否人机隔离 (U_{21})、混药机防爆性能 (U_{22})、混药机接地情况 (U_{23})、防静电工作服的穿戴情况 (U_{24}) 和环境温湿度 (U_{25}) 5 个指标,计算结果如表 3 所示。

表 3 第 2 类危险源指标权值

$U_2 \rightarrow U_{2i}$	U_{21}	U_{22}	U_{23}	U_{24}	U_{25}	W_2	λ_{\max}	CR
U_{21}	1	2	3	4	6	0.420	5.063	0.014
U_{22}	1/2	1	2	3	5	0.266		
U_{23}	1/3	1/2	1	2	4	0.166		
U_{24}	1/4	1/3	1/2	1	2	0.095		
U_{25}	1/6	1/5	1/4	1/2	1	0.053		

第 3 类危险源指标分为领导的重视程度 (U_{31})、操作人员技术水平 (U_{32}) 和规章制度的落实情况 (U_{33}) 3 个指标,计算结果如表 4 所示。

表 4 第 3 类危险源指标权值

$U_3 \rightarrow U_{3i}$	U_{31}	U_{32}	U_{33}	W_3	λ_{\max}	CR
U_{31}	1	3	4	0.608	3.074	0.071
U_{32}	1/3	1	3	0.272		
U_{33}	1/4	1/3	1	0.120		

3 实例应用

1) 隶属度的确定

以某军工企业某弹药产品的混药工序为评价对象,首先

对炸药燃爆事故危险源编制安全检查表确定其隶属度。在编制安全检查表时,有的因素可以用“安全、较安全、一般安全、危险、很危险”来衡量,而有些因素只能用“好、较好、一般、差、很差”等模糊语言描述。因此,本文采取“安全(好)、较安全(较好)、一般安全(一般)、危险(差)、很危险(很差)”5 个等级的模糊表述方式。

由于安全检查表在现场的应用多为定性的,为了使评价人员更好地应用安全检查表进行风险评价,本文采用比值法确定单因素的隶属度,即每 1 级所占的数目与该指标所有评价项数目总数之比为该评价指标的隶属度。

依据相关法律法规、标准规范编制了安全检查表,评价者只需在相应的评语等级栏打“√”即可。对该军工企业的炸药燃爆事故危险源的评价情况见表 5。

表5 混药过程燃爆事故危险源风险评价统计

因素	详细检查项	评语等级				
		1	2	3	4	5
混药机完好率	混药机是否为有资质厂家生产的合格产品	√				
	混药机是否有出厂合格证,安装位置合适,混药装置与电机分室安装,采用传动轴联接,入厂时是否进行了厂内验收		√			
	混药机完好率指标的隶属度	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
混药机防爆性能	混药机电气线路、电气装置等是否整体防爆	√				
	混药机防爆性能指标的隶属度	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
混药过程是否人机隔离	混药机是否设置于抗爆室	√				
	混药过程是否人机隔离,混药间门与设备是否连锁、可靠				√	
	混药过程是否人机隔离指标的隶属度	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0
待混炸药质量	待混炸药的质量、感度、性能是否稳定、可靠		√			
	待混炸药质量指标的隶属度	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
混药机接地情况	混药机是否有接地	√				
	混药机接地是否可靠,是否有定期检测记录				√	
	混药机接地情况指标的隶属度	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0
防静电工作服的穿戴情况	操作人员是否正确穿戴防静电工作服,作业前,是否释放人体静电	√				
	防静电工作服的穿戴情况指标的隶属度	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
环境温湿度	混药间内环境温湿度是否可以达到要求		√			
	环境温湿度指标的隶属度	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
领导的重视程度	领导是否重视混药过程的安全工作		√			
	领导的重视程度指标的隶属度	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
操作人员技术水平	操作人员的文化程度及技术水平是否可以满足岗位的要求		√			
	操作人员技术水平指标的隶属度	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
规章制度的落实情况	混药过程相关的规章制度落实情况			√		
	事故应急救援预案的建立和演练情况				√	
	事故隐患排查整改落实情况			√		
	安全生产责任制的落实情况			√		
	规章制度的落实情况指标的隶属度	0.0	0.0	0.75	0.25	0.0

2) 混药过程燃爆事故模糊评价

由表1~表4可得到第1层次的模糊评价。

第1类危险源:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

又 $A_1 = (0.667 \quad 0.333)$, 则 $B_1 = A_1 \circ R_1 = (0.6665 \quad 0.3335 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$ 。同理,可以得到第2类危险源、第3类危险源的模糊评价结果。

第2类危险源:

$$B_2 = A_2 \circ R_2 = (0.388 \quad 0.319 \quad 0 \quad 0.293 \quad 0)$$

第3类危险源:

$$B_3 = A_3 \circ R_3 = (0 \quad 0.88 \quad 0.09 \quad 0.03 \quad 0)$$

进行模糊综合评价:

$$B = A \circ R = (0.106 \quad 0.26 \quad 0.634)$$

$$\begin{bmatrix} 0.6665 & 0.3335 & 0 & 0 & 0 \\ 0.388 & 0.319 & 0 & 0.293 & 0 \\ 0 & 0.88 & 0.09 & 0.03 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$(0.172 \quad 0.558 \quad 0.057 \quad 0.095 \quad 0)$$

由评价结果 B 可知,该军工企业混药工序隶属于“安全、较安全、一般安全、危险、很危险”的隶属度为“0.172、0.558、0.057、0.095、0”。根据最大隶属度原则,该军工企业混药工序属于较安全级。根据该军工企业的实际情况来看,混药工序无论从人员的操作技能及设备的本质安全程度,还是领导对安全的重视程度,都做得相对比较到位,所以自建厂以来从未发生过混药工序炸药燃爆事故,但也不可掉以轻心,企业应加强混药间门与设备的安全联锁、混药机接地、事故应急救援预案的演练等方面的检查和管理。

4 结束语

采用模糊综合评价方法对混药工序炸药燃爆事故进行评价,与企业实际相结合,可操作性强,评价效果好,可在军工企业混药工序安全评价中广泛应用。

(责任编辑 鲁进)

模糊综合评价方法是一种可对难以定量的多因素体系做出定量评价的方法,可将定性问题以及人们对问题的主观判断用数量形式表达出来,并进行模糊运算处理。他在一定程度上减少了人的主观错误。

在进行模糊综合评价时,所选取的隶属度、隶属函数、指标的权重对研究者经验具有一定的依赖性,还需寻求更好的方法来准确客观地确定隶属度,希望在这些方面能进行更深、更细致的研究,以便于得到更客观公正的评价结果。

参考文献:

- [1] 田水承,李红霞.关于危险源及第三类危险源的几点浅见.安全科学理论与实践[M].北京:北京理工大学出版社,2005:11-15.
- [2] 田水承,李红霞.煤矿应建立向事故学习的制度[J].中国煤炭,2002,28(1):47-48.
- [3] 王焘.基于危险源理论的采煤工作面风险评价研究[D].西安:西安科技大学,2008.
- [4] WJ2637—2005,兵器行业火箭生产安全评价[S].
- [5] 黄鑫,陈桂明,游园.模糊综合评判法在能力评价中的应用[J].四川兵工学报,2010(7):135-136.

(上接第56页)统一调用,任务完成后对各部件统一回收,以此提高整个体系的恢复能力,这是执行体系化任务的基础。

3) 任务模式总体设计

对任务模式进行总体设计,在任务单元体系化编队的基础上,根据作战任务的要求,对普通服务航天器和小型服务航天器、单个服务航天器和服务航天器进行合理调配,从横向的空间域和纵向的时间域上对任务模式统筹规划,构建网络化任务模式,这是执行体系化任务的核心。

5 结束语

本文基于在轨模块更换的作战目的,对其作战任务进行细化,并对其作战能力进行了深入分析,提出了可行的作战应用类型。通过军事需求分析可以得出,在轨模块更换在未来联合作战条件下的作战任务中能够发挥重要作用,在下一步的航天发展进程中,开展相关的在轨实验,对其进行在轨验证,具有重要的军事意义。

参考文献:

- [1] 梁斌,杜晓东,李成.非合作航天器在轨服务研究现状与发展趋势[J].863航天航空技术,2011(8):35-37.
- [2] 李岩,蔡元文,崔晓阳.在轨服务飞行器总体技术分析[J].兵工自动化,2011(4):1-4.
- [3] 林永健,谭春林,刘育强.空间平台能力发展趋势分析[J].航天器工程,2011(3):72-77.
- [4] 余世水.国外空间站发展历程[J].航天飞行控制技术,2011(4):47-49.
- [5] 魏成立.基于信息系统体系作战的通信兵作战运用基本问题研究[J].通信兵发展战略,2011(3):83-86.
- [6] 王凯,孙万国.武器装备军事需求论证[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [7] 陈小前,袁建平,姚雯,等.航天器在轨服务技术[M].北京:中国导航出版社,2009.

(责任编辑 鲁进)