

马恒,王苏. 煤矿应急预案评估研究及在常村煤矿中的应用[J]. 矿业安全与环保, 2017, 44(4): 115-119.
文章编号: 1008-4495(2017)04-0115-05

煤矿应急预案评估研究及在常村煤矿中的应用

马 恒^{1,2}, 王 苏^{1,2}

(1. 辽宁工程技术大学 安全科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000;
2. 矿山热动力灾害与防治教育部重点实验室, 辽宁 阜新 123000)

摘要:为降低煤矿重特重大事故的影响及损失,不断完善应急预案的有效性、可操作性,根据矿井应急管理体系的实际情况和评估要求,设计出符合煤矿实际的应急预案评估指标体系,并运用层次分析法对评估指标完成赋值。提出一种基于改进的灰色系统评估方法,对常村煤矿瓦斯爆炸应急预案进行评估分析。结果表明,与应急演练相比,该方法便于操作,节约成本,相较于其他评估方法最大程度地减少了由多名专家参与评估带来的主观影响,对完善应急预案的有效性、可操作性有一定的指导意义。

关键词:应急预案;指标体系;灰色系统评估法;主客观赋权法;应急预案评估

中图分类号:TD79;X913.4 **文献标志码:**B **网络出版时间:**2017-08-03 14:46

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1062.TD.20170803.1446.050.html>

Research on Mine Emergency Plan Evaluation and Its Application in Changcun Coal Mine

MA Heng^{1,2}, WANG Su^{1,2}

(1. College of Safety Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China;
2. Key Laboratory of Mine Thermodynamic Disasters and Prevention of Ministry of Education, Fuxin 123000, China)

Abstract: In order to reduce the social impact and losses caused by the major accidents in coal mines and constantly improve the effectiveness and maneuverability of the mine emergency plans, a mine emergency plan evaluation indicator system tallying with the actual situation of the mine was designed according to the actual condition and evaluation requirements of the mine emergency management system, the analytic hierarchy process was used to complete the assignment of the evaluation indicators. An evaluation method based on the improved grey system was put forward and then used for the evaluation of the gas explosion emergency plan in Changcun Coal Mine. The results showed that as compared with the emergency exercise, this method was beneficial to operation and cost saving, and as compared with other evaluation methods, it can greatly reduce the subjective impact caused by several experts' evaluation, so it is of certain guiding significance for improving the effectiveness and maneuverability of the mine emergency plan.

Keywords: emergency plan; indicator system; grey system evaluation method; subjective and objective weighting method; emergency plan evaluation

随着我国经济水平的不断提升,人们的安全意识也逐渐增强,把安全生产纳入经济社会发展大局是安全发展的必然要求。但总体来看,我国的安全生产形势依然十分严峻,尤其是重特重大事故频发且危害严重,暴露出安全生产体制不够完善、安全发

展理念不牢固、企业主体责任不落实、安全监管执法不严格等问题^[1-3]。因此,全力遏制重特重大事故,根据事故发生的行业领域制订相应的应急预案,并评估预案的有效性、可操作性^[4],最大限度减少事故损失和社会影响变得至关重要。我国相关人员对应急预案的编制和应急能力评估研究较多,对应急预案评估的研究相对较少,大多强调演练的重要性^[5],但是演练的成本较高、耗时较长,不适合作为预案评估方法进行推广。基于替代应急演练的目的,使用综合评估的方法并结合煤矿实际情况,建立评估模型对应急预案进行评估有着重要的现实意义。

收稿日期:2017-01-18;2017-04-16 修订

基金项目:国家自然科学基金项目(51274115)

作者简介:马 恒(1972—),男,内蒙古乌盟人,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为矿井通风安全、安全信息工程等。E-mail:maheng@163.com。

1 煤矿应急预案评估指标体系的构建

煤矿应急预案评估指标体系的构建应遵循指标宜少不宜多、宜简不宜繁,并具有独立性、代表性、差异性和可行性的原则^[6-7]。

以常村煤矿为例,其隶属于山西潞安环保能源开发股份有限公司,是山西省重点监控的高瓦斯矿井。该煤矿创建了源头预防、过程控制、安全防护、应急救援“PCPR”的新型煤矿安全管理体系。应急预案评估指标的选取主要从煤矿安全管理体系要求、高层领导对管理体系的理解及评估要求、基层管理及员工对应急预案的认识3个方面入手。首先,依据对常村煤矿安全管理体系^[8]的了解,分别从危险源预防、应急管理、应急保障和应急响应4个方面,建立评估指标体系,对常村煤矿应急预案进行评估。其次,在与企业高层领导的沟通中了解到,由于对管理体系的充分自信,使得领导层忽略了对应急演练的重视,所以希望着重对应急响应中的信息处理、过程处置及应变能力等因素进行评估。最后,在对应急管理部门和员工的走访调查中发现,该矿在资金来源及资金管理、通讯方式和危险源分析预防上存在缺陷及不足,并且大部分员工对应急预案的起止条件、应急部门的职能作用,以及事故处置过程中自己所需尽到的职责不是很明确,这些问题的出现有可能是对应急预案的宣传和培训不到位,或者在预案的编制过程中缺乏专业性指导。因此,结合常村煤矿应急预案的编制结构和以上要求及存在的问题,笔者从危险源分析、应急管理、应急保障、应急响应和善后恢复5个方面对其进行评估,并对每个方面逐层展开,形成指标评估体系。其中针对煤矿事故危险源的不同,在进行预案危险源评估时,评估指标的分析内容要有灵活改动。再结合专家意见及矿井具体情况,建立煤矿应急预案评估指标体系,如图1所示。

对末级评估指标具体细化并给出评分标准^[9],不再采用多名专家评分法,而是由1名专家完成评分,减少主观因素对结果的影响。由于指标众多,这里以应急响应展开,并给出评分标准。

1.1 信息处理

1) 事故信息上报评估内容

- ①对事故上报信息的内容、时限有明确要求;
- ②对不同级别事故的上报流程有详细论述;
- ③上报途径受阻时的应急处置方案。

2) 事故信息审核与批复评估内容

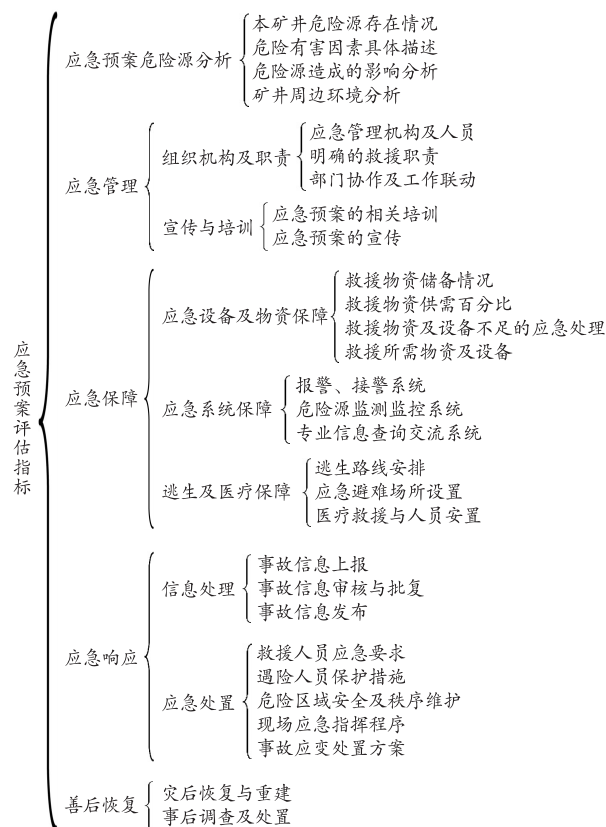


图1 煤矿应急预案评估指标体系

- ①向上级汇报事故信息的方式;
- ②不同级别事故信息的审核与批复流程说明;
- ③将事故后续情况及时以续报方式向上级报审。

3) 事故信息发布评估内容

- ①事故信息的发布人、方式有明确说明;
- ②明确事故发布信息内容的具体要求;
- ③事故信息发布流程。

1.2 应急处置

1) 救援人员应急要求评估内容

- ①救援人员出入现场的具体程序;
- ②救援人员在救援过程中的防护措施;
- ③救援人员现场救援的具体措施。

2) 遇险人员保护措施评估内容

- ①遇险人员的医疗救护措施;
- ②遇险人员的物资补给措施;
- ③遇险人员的周围生存环境改善措施。

3) 危险区域安全及秩序维护评估内容

- ①相关危险区域的封锁、警戒;
- ②事故点救援秩序的维护工作;
- ③地面工作秩序的维护工作。

4) 现场应急指挥程序评估内容

- ①对事故局部和整体信息变化的掌握及了解;

②对现场数据信息进行分析整理,并确定应对措施;

③各相关管理人员及组织部门的具体处置程序。

5) 事故应变处置方案评估内容

①事态严重程度发生变化时的应变处置方案;

②由于自然环境变化导致次生事故发生的应变处置方案;

③事故现场条件变化引发二次事故的应变处置方案。

评估指标的评分如表1所示。

表1 评估指标评分

评估标准	满足3项	满足2项	满足1项	基本满足1项	均不满足
评估等级	优秀	良好	一般	较差	差
分值	[8,10)	[6,8)	[4,6)	[2,4)	[1,2)

2 层次分析法确定评估指标权重

利用1~9标度法构造出判断矩阵,并通过判断其一致性比率 CR ,检验判断矩阵的一致性^[10-11]:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

式中: CI 为判断矩阵的偏离一致性指标; RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标,其取值见表2。

表2 平均随机一致性指标取值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当 $CR < 0.10$ 时,认为判断矩阵具有满意的一致性,该判断矩阵通过一致性检验;否则就需要对判断矩阵进行调整。

利用Matlab计算出应急响应各指标的权重值,结果如表3所示。

3 基于中心点三角白化权函数改进的灰色系统评估

3.1 评估方法

1) 中心点白化权函数^[12-15]就是将某一灰类影响值最大的点设为其灰类的中心点,并向左、右分别延伸出一个极优值点和极差值点,组成新的取值范围。设本中心点为 λ_k ,则同时连接 $(\lambda_k, 1)$ 与相邻区间的中心点 $(\lambda_{k-1}, 0)$ 和 $(\lambda_{k+1}, 0)$,构成该灰类下的白化权函数 $f_j^k(x)$:

表3 应急响应各评估指标权重值

二级评估指标	权重值	备注	三级评估指标	权重值	备注
信息处理	0.750 0		事故信息上报	0.761 2	$\lambda = 3.073 5$ $CI = 0.036 8$ $CR = 0.063 4 < 0.1$
			事故信息审核与批复	0.166 2	
			事故信息发布	0.072 6	
应急处置	0.250 0	$\lambda = 2$ $CI = 0$ $CR = 0 < 0.1$	救援人员应急要求	0.130 0	$\lambda = 5.164 3$ $CI = 0.041 1$ $CR = 0.036 7 < 0.1$
			遇险人员保护措施	0.489 1	
			危险区域安全及秩序维护	0.039 7	
			现场应急指挥程序	0.253 3	
			事故应变处置方案	0.087 9	

$$f_j^k(x) = \begin{cases} 0 & x \notin [\lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}] \\ \frac{x - \lambda_{k-1}}{\lambda_k - \lambda_{k-1}} & x \in [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{\lambda_{k+1} - x}{\lambda_{k+1} - \lambda_k} & x \in [\lambda_k, \lambda_{k+1}] \end{cases} \quad (2)$$

2) 计算灰色评估系数

对任意评估指标 C_{ij} ,其在该项目下属于各个灰类的总灰色评估系数为 x_{ij} ,则有:

$$x_{ij} = \sum_{e=1}^g x_{ije} \quad (3)$$

式中 x_{ije} 为指标 C_{ij} 第 e 个灰类的灰色评估系数。

3) 计算灰色评估权向量

专家评估完指标 C_{ij} 后,设第 e 个灰类的灰色评估权为 r_{ije} ,则有:

$$r_{ije} = \frac{x_{ije}}{x_{ij}} \quad (4)$$

故评估指标 C_{ij} 对各评估灰类的灰色评估权向量为 $r_{ij} = (r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijg})$,设评估指标 C_{ij} 属于各灰类的灰色评估权矩阵为 R_{ij} ,则有:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{ij1} \\ r_{ij2} \\ \vdots \\ r_{ijg} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{ij11} & r_{ij12} & \cdots & r_{ij1g} \\ r_{ij21} & r_{ij22} & \cdots & r_{ij2g} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{ijg1} & r_{ijg2} & \cdots & r_{ijgg} \end{bmatrix} \quad (5)$$

4) 对三级指标作出评估

用向量 C 表示各灰类等级的取值,设三级评估指标的综合评估结果为 $Z'_{C_{ij}}$,则有:

$$Z'_{C_{ij}} = R_{ij} \cdot C^T \quad (6)$$

5) 对二级指标作出评估

利用三级评估指标的综合评估值,对二级评估指标 B_i 进行综合评估,记其结果为 Z'_{B_i} ,则有:

$$Z'_{B_i} = V_{C_{ij}} \cdot Z'_{C_{ij}} \quad (7)$$

式中 $V_{C_{ij}}$ 是各三级评估指标相对应的权重值。

6) 对一级指标作出评估

利用二级评估指标的综合评估值,对一级评估指标 A 进行综合评估,记其结果为 Z'_A ,则有:

$$Z'_A = V_{B_i} \cdot Z'_{B_i} \quad (8)$$

式中 V_{B_i} 是各二级评估指标相对应的权重值。

3.2 实例应用

在常村煤矿评估指标体系构建给出的评分标准中,取值范围是 1~10,共分为优秀、良好、一般、较差、差 5 个等级。利用基于中心点三角白化权函数改进的灰色系统评估法,将取值范围分别向左和向右延伸至 0 和 11,得到不同灰类的白化权函数如下:

类别 1: $e=1$ (极差),设置灰数为 $\otimes_1 \in [0,1]$,其对应的白化权函数为 f_j^1 :

$$f_j^1(x) = \begin{cases} 1-x & x \in [0,1] \\ 0 & x \notin [0,1] \end{cases} \quad (9)$$

类别 2: $e=2$ (差),设置灰数为 $\otimes_2 \in [0,1,3]$,其对应的白化权函数为 f_j^2 :

$$f_j^2(x) = \begin{cases} x & x \in (0,1] \\ \frac{3-x}{2} & x \in (1,3) \\ 0 & x \notin [0,3] \end{cases} \quad (10)$$

类别 3: $e=3$ (较差),设置灰数为 $\otimes_3 \in [1,3,5]$,其对应的白化权函数为 f_j^3 :

$$f_j^3(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{2} & x \in (1,3] \\ \frac{5-x}{2} & x \in (3,5) \\ 0 & x \notin [1,5] \end{cases} \quad (11)$$

类别 4: $e=4$ (一般),设置灰数为 $\otimes_4 \in [3,5,7]$,其对应的白化权函数为 f_j^4 :

$$f_j^4(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{2} & x \in (3,5] \\ \frac{7-x}{2} & x \in (5,7) \\ 0 & x \notin [3,7] \end{cases} \quad (12)$$

类别 5: $e=5$ (良好),设置灰数为 $\otimes_5 \in [5,7,9]$,其对应的白化权函数为 f_j^5 :

$$f_j^5(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{2} & x \in (5,7] \\ \frac{9-x}{2} & x \in (7,9) \\ 0 & x \notin [5,9] \end{cases} \quad (13)$$

类别 6: $e=6$ (优秀),设置灰数为 $\otimes_6 \in [7,9,10]$,其对应的白化权函数为 f_j^6 :

$$f_j^6(x) = \begin{cases} \frac{x-7}{2} & x \in (7,9] \\ 10-x & x \in (9,10) \\ 0 & x \notin [7,10] \end{cases} \quad (14)$$

类别 7: $e=7$ (极优),设置灰数为 $\otimes_7 \in [9,10,11]$,其对应的白化权函数为 f_j^7 :

$$f_j^7(x) = \begin{cases} x-9 & x \in (9,10] \\ 11-x & x \in (10,11) \\ 0 & x \notin [9,11] \end{cases} \quad (15)$$

再利用上述方法的(2)~(6)步,得到各指标的评估值,并按照优秀[8,10)、良好[6,8)、一般[4,6)、较差[2,4)、差[1,2)的水平划分给出各评估指标的水平等级,如表 4 所示。

表 4 常村煤矿应急预案各评估指标的评估值

一级指标	评估值	二级指标	评估值	三级指标	评估值
应急响应	6.018 5	信息处理	5.866 3	事故信息上报	5.650 0
				事故信息审核与批复	6.700 0
				事故信息发布	6.600 0
		应急处置	6.475 0	救援人员应急要求	6.800 0
				遇险人员保护措施	5.450 0
				危险区域安全及秩序维护	5.950 0
				现场应急指挥程序	5.250 0
				事故应急处置方案	6.400 0

通过上述评估方法得出,应急响应作为整体重点评分为 6.018 5,属于良好水平,会对应急预案实施的有效性产生一定影响,需对重点环节进行改进。主要问题在于子准则层的信息处理。应从第一时间险情、后续险情汇报的流程、内容、途径、时间等多方面进行具体论述,同时还要配有应急通信工具的相关说明。对事故信息的审核和批复流程,以及信息对外发布的有关事项也需有简要表述。

4 结语

1) 从煤矿安全管理体系要求、高层领导对管理

体系的理解及评估要求、基层管理及员工对应急预案认识3个方面入手,结合指标选取原则,建立起以应急预案的危险源分析、应急管理、应急保障、应急响应和善后恢复5个一级指标、13个二级指标和23个三级指标的评估指标体系。虽是结合常村煤矿的实际情况,但仍适用于全国大多数矿井,可为煤矿应急预案的评估起到指导作用。

2)在对评估指标进行分级之后,又对各末级指标展开描述,改进了多名专家评分构建评估矩阵的方法,由1名专家根据实际情况结合评分标准对评估指标打分。不仅提高了指标的评估效率,还有效实现了评估矩阵的客观性,为以后的评估方法打开了新思路,有较高的研究意义。

参考文献:

- [1] 刘言,袁湘涛,文世元.煤矿事故监管人员问责机制研究[J]. 煤矿安全, 2015, 46(6):238-240.
- [2] 齐琪. 煤矿应急管理评价及提升研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2014.
- [3] 张军波,郭德勇,王立兵. 煤矿应急救援组织结构模式研究[J]. 煤炭学报, 2012, 37(4):664-668.
- [4] 吴晓涛. 中国突发事件应急预案研究现状与展望[J]. 管理学刊, 2014, 27(1):70-74.
- [5] 于瑛英,池宏,高敏刚. 应急预案的综合评估研究[J].

中国科技论坛, 2009(2):88-92.

- [6] 杜栋,庞庆华,吴炎. 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京:清华大学出版社, 2008:126-130.
- [7] 苗成林,孙丽艳,冯俊文. 煤矿突发事件应急能力评价指标赋权方法[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(16):55-62.
- [8] 李亚东,蒋曙光,邵昊. PCPR煤矿安全体系的研究与应用[J]. 煤矿安全, 2011, 42(5):173-176.
- [9] 张安睿. 高速公路隧道群应急预案制定与安全评估技术研究[D]. 成都:西南交通大学, 2011.
- [10] 宋国正. 基于AHP的煤矿瓦斯爆炸事故变化原因定量研究[J]. 矿业安全与环保, 2013, 40(1):115-118.
- [11] 郭金玉,张忠彬,孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5):148-153.
- [12] 黄冬梅,谭云亮,常西坤. 基于危险源理论的矿井瓦斯事故灰色—模糊综合评价[J]. 矿业安全与环保, 2016, 43(1):41-44.
- [13] 刘思峰,谢乃明. 基于改进三角白化权函数的灰评估新方法[J]. 系统工程学报, 2011, 26(2):244-250.
- [14] 林建伟. 城市突发公共事件应急管理能力评价研究[D]. 厦门:厦门大学, 2009.
- [15] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社, 2014:43-52.

(责任编辑:李 琴)

(上接第114页)

- [3] 李博杨,李贤功,吴利高,等. 基于熵权法和集对分析的煤矿安全事故人因失误分析[J]. 矿业安全与环保, 2017, 44(1):111-114.
- [4] 田军,邹沁,汪应洛. 政府应急管理能力成熟度评估研究[J]. 管理科学学报, 2014, 17(11):97-108.
- [5] 李树刚,王璐,成连华,等. 基于ANP-BP方法的煤矿应急能力评价研究[J]. 矿业安全与环保, 2014, 41(6):115-119.
- [6] 杨红宇. 关于矿井合并设置矿山救护队与消防站的探讨[J]. 煤炭工程, 2012(S1):106-108.
- [7] 胡善亭. 国有大型煤炭企业联合改造地方煤矿探讨[J]. 中国煤炭, 2008, 34(1):18-20.
- [8] 孔亮. 国家与区域矿山应急救援队伍体系建设研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学, 2012.
- [9] 郑新家. 走联合改造之路促进乡镇煤矿可持续发展[J]. 能源与环境, 2004(2):32-33.
- [10] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社, 1996.
- [11] 黄凌云,郑淑芳,王珏. 跨国企业和东道国政府协作共赢的演化博弈和决策研究[J]. 中国管理科学,

2015, 23(9):19-25.

- [12] 郭本海,李军强,刘思峰. 县域间土地供给竞合关系演化博弈模型[J]. 中国管理科学, 2015, 23(12):77-85.
- [13] 刘全龙,李新春. 中国煤矿安全监察监管演化博弈有效稳定性控制[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2015, 17(4):49-56.
- [14] 于国强. 我国煤矿安全生产行为的博弈分析[J]. 中国煤炭, 2015(11):106-110.
- [15] SCHOLZ J T. Cooperative Regulatory Enforcement and the Politics of Administrative Effectiveness [J]. American Political Science Association, 1991, 85(1):115-136.
- [16] 余吉安,陈哲,杨斌,等. 基于效用函数的煤矿企业安全投资博弈研究[J]. 中国软科学, 2014(1):115-125.
- [17] 杨继君,徐辰华. 应急资源联合调度博弈模型及优化[J]. 计算机应用, 2014, 34(7):2099-2102.
- [18] 张国兴. 基于博弈视角的煤矿企业安全生产管制分析[J]. 管理世界, 2013(9):184-185.
- [19] 乔根·W·威布尔,王永钦. 演化博弈论[J]. 上海:上海人民出版社, 2015.

(责任编辑:熊云威)