

改进层次分析法在矿井粉尘治理中的应用

刘兵¹, 郁钟铭², 司中应³

(1. 贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 六盘水师范学院, 贵州 六盘水 553004; 3. 贵州盘县煤炭管理局, 贵州 盘县 553500)

摘要: 粉尘是影响矿井安全的一个重要原因, 而影响井下气体中粉尘含量的因素很多, 经过分析并结合矿方工作人员的经验, 选取煤层赋存条件等 12 个影响因素来建立矿井粉尘评价指标体系. 以分析各因素对矿井粉尘含量的影响为研究目的, 通过改进的层次分析法对以上影响因素进行分析对比, 得出采煤方法、通风状况、采掘机械化程度和防尘理念与培训对矿井粉尘含量的影响最大. 针对各因素对井下气体中粉尘含量的影响程度轻重, 提出粉尘的治理方案, 同时为治理者提供一定的科学依据.

关键词: 粉尘; 治理; 改进层次分析法

中图分类号: TD714.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2014)03-0076-04

The application of improved AHP method in the dust control for mines

LIU Bing¹, YU Zhongming², SI Zhongying³

(1. School of Mines, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, China;

3. Coal Administration of Guizhou Pan County, Pan County 553500, China)

Abstract: Dust is an important factor affecting mine safety, and there are many influence factors about the dust content from the downhole gas. After analysis and with the experience of the mine workers, this paper selects twelve influencing factors, such as coal seam occurrence condition, to establish mine dust evaluation index system. To analyze the impact of various factors on the dust content of mine for research purposes, the paper uses the improved AHP method to analyze and contrast the above factors, obtain the mining methods, ventilation, affecting mining mechanization and dust philosophy and training for mine dust content of the largest. According to various factors to the influence degree of the dust content from the downhole gas, this paper puts forward the dust control scheme, and provides certain scientific basis for the controller.

Key words: dust; control; improved AHP method

安全是煤矿企业最重视的一个环节, 大多数管理者都把安全放在瓦斯、水、火方面, 而往往忽视了粉尘对煤矿安全的影响, 粉尘不仅能对人身健康造成危害, 还可能引起煤尘爆炸、腐蚀设备、污染环境等, 因此, 粉尘对矿井的危害不容小觑, 管理者应予以高度重视^[1]. 以往都是从个人的主观来判断粉尘的来源, 对于粉尘的治理缺乏针对性, 粉尘治理是一个长期的过程, 找准其根源, 不仅能保障矿井

人员的安全, 还能节约治理的费用. 以前对粉尘的来源多数采取定性分析, 很少采用定量分析, 视所有影响因素同等重要, 没有找出根本原因, 因此, 很有必要对影响井下气体中粉尘含量的因素进行量化研究^[2]. 故本文应用了改进的层次分析法, 对矿井粉尘的来源做了合理的权重分析, 有利于矿井管理人员做出恰当的治理方案, 促使矿井能健康、有序的发展.

1 矿井粉尘治理指标体系分析

由于矿井工作环境的复杂性,加之每个矿的影响因素不同,因此,很有必要根据该矿的实际情况及工作人员的建议来确定影响井下气体中粉尘含量的因素^[3].为了简化结构,主要选择以下12个因素来进行分析比较,并将其分为3个方面的影响因素:自然因数(A₁)、生产因数(A₂)和人为因数(A₃),其中,自然因数(A₁)包括:煤层赋存条件(A₁₁)、地质构造(A₁₂)、煤岩物理性质(A₁₃)、环境温度(A₁₄)、环境湿度(A₁₅);生产因数(A₂)包括:采掘机械化程度(A₂₁)、采煤方法(A₂₂)、截割参数(A₂₃)、通风状况(A₂₄);人为因数(A₃)包括:操作水平(A₃₁)、管理制度(A₃₂)、防尘理念与培训(A₃₃).矿井粉尘治理指标体系^[4]如图1示.

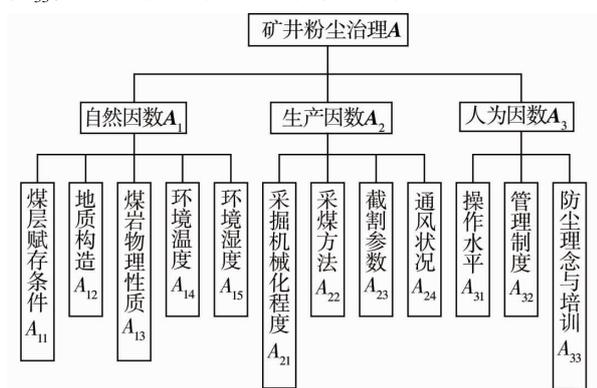


图1 矿井粉尘治理指标体系

2 对层次分析法判断标度进行改进

层次分析法又称为AHP方法或多层次权重解析方法.是由T·L·Saaty教授在20世纪70年代初期提出来的,我国于1982年引进,该方法是一种针对多层次目标决策的定性与定量相结合的方法,它能够合理的分析出各层次间的非序列关系,为决策者提供综合的、有效的依据^[5].Saaty给出的1~9标度含义见表1所示.

表1 层次分析法原标度

标度	标度定义
1	对某标准,A _i 与A _j 同样重要
3	对某标准,A _i 与A _j 稍微重要
5	对某标准,A _i 与A _j 明显重要
7	对某标准,A _i 与A _j 强烈重要
9	对某标准,A _i 与A _j 极端重要
2,4,6,8	相邻两标度间的折衷标度

该标度法具有一定的科学依据,比较符合人们对事物的认识规律,但是,由于判断矩阵构造是通过专家经验和个人的主观判断结合而来的,而专家

经验具有不足性,个人判断具有盲目性,加上其他的未知因数,常常使构造出的判断矩阵不满足一致性的要求,这就要反复的进行构造、计算,直到满足要求,这样不仅加大了计算量,还降低了结果的精度.因此,对层次分析法判断标度进行改进,将原来的1~9标度,改为1~3标度,其优点在于专家或个人能相对准确地对两因数的相对重要性做出评价,而且最后不需要进行一致性的检验,还能减少计算量^[6,7].

改进层次分析法的步骤如下:

- 1) 构建指标体系模型.
- 2) 构造比较矩阵A(见表2).

表2 比较矩阵A的构造

A _{ij}	标度定义
1	对某准则,i因素没有j因素重要
2	对某准则,i因素与j因素同等重要
3	对某准则,i因素比j因素重要

表2中,A_{ij}:i因数与j因数相对重要性的比较,且A_{ii}=1或A_{ij}=1

- 3) 排序指数R_i的计算.

$$R_i = \sum_{j=1}^n A_{ij}, \tag{1}$$

式中,R_i:矩阵A中第i行元素的总和,R_{max}为R_i中的最大值,R_{min}为R_i中的最小值.

- 4) 判断矩阵B的构造.

由比较矩阵A做变换构成真正的判断矩阵B.对每组因数构造判断矩阵,其元素B_{ij}遵循式(2).

$$\begin{aligned} \text{当 } R_i \geq R_j \text{ 时, } B_{ij} &= \frac{R_i - R_j}{R_{\max} - R_{\min}} \times (K_m - 1) + 1; \\ \text{当 } R_{\max} = R_{\min} \text{ 时, } B_{ij} &= 1; \\ \text{当 } R_i < R_j \text{ 时,} \end{aligned} \tag{2}$$

$$B_{ij} = \left[\frac{|R_i - R_j|}{R_{\max} - R_{\min}} \times (K_m - 1) + 1 \right]^{-1}.$$

式中^[8],K_m = $\frac{R_{\max}}{R_{\min}}$.

- 5) 判断矩阵B的最优传递矩阵C的构造.

$$C_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\lg \frac{B_{ik}}{B_{jk}} \right). \tag{3}$$

- 6) 判断矩阵B的拟优一致矩阵D的构造.

$$D_{ij} = 10^{C_{ij}} \tag{4}$$

7) 计算矩阵D的最大特征值对应的特征向量,再进行归一化处理,即可得出各因数的权重.

3 改进层次分析法在矿井粉尘治理中的应用

由上述可知,影响井下气体中粉尘含量的主要

因数总共为 12 个,现依据改进层次分析法步骤来对这 12 个影响因素的权重进行分析.

- 1) 构建矿井粉尘治理指标体系模型(见图 1).
- 2) 对两两因数进行比较,根据其对井下气体

中粉尘含量影响的重要程度来分别确定它们的权重^[9,10].根据矿方工作人员经验及矿井生产中的实际情况,得出影响井下气体中粉尘含量各因数的比较矩阵 **A**(见表 3).

表 3 矿井粉尘治理影响因素的比较矩阵 **A**

A	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{31}	A_{32}	A_{33}
A_{11}	2	3	1	3	3	1	1	3	1	3	3	1
A_{12}	1	2	1	3	3	1	1	3	1	3	3	1
A_{13}	3	3	2	3	3	1	1	3	1	3	3	1
A_{14}	1	1	1	2	2	1	1	3	1	1	1	1
A_{15}	1	1	1	2	2	1	1	3	1	1	1	1
A_{21}	3	3	3	3	3	2	1	3	1	3	3	3
A_{22}	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
A_{23}	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
A_{24}	3	3	3	3	3	3	1	3	2	3	3	3
A_{31}	1	1	1	3	3	1	1	3	1	2	1	1
A_{32}	1	1	1	3	3	1	1	3	1	3	2	1
A_{33}	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3	3	2

- 3) 对排序指数 R_i 的计算,由式(1)计算得:
 $R_1 = 25, R_2 = 23, R_3 = 27, R_4 = 16, R_5 = 16, R_6 = 31,$
 $R_7 = 35, R_8 = 13, R_9 = 33, R_{10} = 19, R_{11} = 21, R_{12} =$

$29, R_{\max} = 35, R_{\min} = 13.$

4) 对判断矩阵 **B** 的构造,由公式(2)计算得出的判断矩阵 **B**(见表 4).

表 4 判断矩阵 **B**

B	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{31}	A_{32}	A_{33}
A_{11}	1	1.153 8	0.866 7	1.692 3	1.692 3	1.012 8	0.565 2	1.923 1	0.619 0	1.461 5	1.307 7	0.764 7
A_{12}	0.866 7	1	0.764 7	1.538 5	1.538 5	0.619 0	0.520 0	1.769 2	0.565 2	1.307 7	1.153 8	0.684 2
A_{13}	1.153 8	1.307 7	1	1.846 2	1.846 2	0.764 7	0.619 0	2.076 9	0.684 2	1.615 4	1.461 5	0.866 7
A_{14}	0.590 9	0.650 0	0.541 7	1	1.000 0	0.464 3	0.406 3	1.230 8	0.433 3	0.812 5	0.722 2	0.500 0
A_{15}	0.590 9	0.650 0	0.541 7	1.000 0	1	0.464 3	0.406 3	1.230 8	0.433 3	0.812 5	0.722 2	0.500 0
A_{21}	1.461 5	1.615 4	1.307 7	2.153 8	2.153 8	1	0.764 7	2.384 6	0.866 7	1.923 1	1.769 2	1.153 8
A_{22}	1.769 2	1.923 1	1.615 4	2.461 5	2.461 5	1.307 7	1	2.692 3	1.153 8	2.230 8	2.076 9	1.461 5
A_{23}	0.520 0	0.565 2	0.481 5	0.812 5	0.812 5	0.419 4	0.371 4	1	0.393 9	0.684 2	0.619 0	0.448 3
A_{24}	1.615 4	1.769 2	1.461 5	2.307 7	2.307 7	1.153 8	0.866 7	2.538 5	1	2.076 9	1.923 1	1.307 7
A_{31}	0.684 2	0.764 7	0.619 0	1.230 8	1.230 8	0.520 0	0.448 3	1.461 5	0.481 5	1	0.866 7	0.565 2
A_{32}	0.764 7	0.866 7	0.684 2	1.384 6	1.384 6	0.565 2	0.481 5	1.615 4	0.520 0	1.153 8	1	0.619 0
A_{33}	1.307 7	1.461 5	1.153 8	2.000 0	2.000 0	0.866 7	0.684 2	2.230 8	0.764 7	1.769 2	1.615 4	1

- 5) 构造判断矩阵 **B** 的最优传递矩阵 **C**,由式(3)计算得出最优传递矩阵 **C**(见表 5).

表 5 最优传递矩阵 **C**

C	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{31}	A_{32}	A_{33}
A_{11}	0	0.061 5	-0.032 9	0.222 3	0.222 3	-0.124 5	-0.208 9	0.284 9	-0.167 9	0.155 0	0.108 6	-0.079 3
A_{12}	-0.061 5	0	-0.094 4	0.160 7	0.160 7	-0.186 0	-0.270 4	0.223 4	-0.229 4	0.093 4	0.047 1	-0.140 8
A_{13}	0.032 9	0.094 4	0	0.255 1	0.255 1	-0.091 6	-0.176 0	0.317 8	-0.135 0	0.187 8	0.141 5	-0.046 4
A_{14}	-0.222 3	-0.160 7	-0.255 1	0	0.000 0	-0.346 7	-0.431 1	0.062 6	-0.390 1	-0.067 3	-0.113 7	-0.301 5
A_{15}	-0.222 3	-0.160 7	-0.255 1	-0.000 0	0	-0.346 7	-0.431 1	0.062 6	-0.390 1	-0.067 3	-0.113 7	-0.301 5
A_{21}	0.124 5	0.186 0	0.091 6	0.346 7	0.346 7	0	-0.084 4	0.409 3	-0.043 4	0.279 4	0.233 0	0.045 2
A_{22}	0.208 9	0.270 4	0.176 0	0.431 1	0.431 1	0.084 4	0	0.493 8	0.041 0	0.363 8	0.317 5	0.129 6
A_{23}	-0.284 9	-0.223 4	-0.317 8	-0.062 6	-0.062 6	-0.400 6	-0.493 8	0	-0.452 7	-0.129 9	-0.176 3	-0.364 1
A_{24}	0.167 9	0.229 4	0.135 0	0.390 1	0.390 1	0.043 4	-0.041 0	0.452 7	0	0.322 8	0.276 5	0.088 6
A_{31}	-0.155 0	-0.093 4	-0.187 8	0.067 3	0.067 3	-0.279 4	-0.363 8	0.129 9	-0.322 8	0	-0.046 4	-0.234 2
A_{32}	-0.108 6	-0.047 1	-0.141 5	0.113 7	0.113 7	-0.233 0	-0.317 5	0.176 3	-0.276 5	0.046 4	0	-0.187 9
A_{33}	0.079 3	0.140 8	0.046 4	0.301 5	0.301 5	-0.045 2	-0.129 6	0.364 1	-0.088 6	0.234 2	0.187 9	0

6) 构造判断矩阵 B 的拟优一致矩阵 D (见表6).

表6 拟优一致矩阵 D

D	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{31}	A_{32}	A_{33}
A_{11}	1	1.1522	0.927 1	1.668 2	1.668 2	0.750 8	0.618 2	1.927 0	0.679 4	1.428 7	1.284 1	0.833 1
A_{12}	0.867 9	1	0.804 6	1.447 9	1.447 9	0.651 7	0.536 5	1.672 5	0.589 7	1.240 1	1.114 5	0.723 1
A_{13}	1.078 7	1.242 8	1	1.799 5	1.799 5	0.809 9	0.666 8	2.078 6	0.732 9	1.541 2	1.385 1	0.898 7
A_{14}	0.599 4	0.690 7	0.555 7	1	1.000 0	0.450 1	0.370 6	1.155 1	0.407 3	0.856 5	0.769 7	0.499 4
A_{15}	0.599 4	0.690 7	0.555 7	1.000 0	1	0.450 1	0.370 6	1.155 1	0.407 3	0.856 4	0.769 7	0.499 4
A_{21}	1.331 9	1.534 5	1.234 7	2.221 8	2.221 8	1	0.823 3	2.566 4	0.904 9	1.902 9	1.710 2	1.109 6
A_{22}	1.617 7	1.863 8	1.499 7	2.698 6	2.698 6	1.214 6	1	3.117 2	1.099 1	2.311 3	2.077 2	1.347 8
A_{23}	0.519 0	0.597 9	0.481 1	0.865 7	0.865 7	0.397 6	0.320 8	1	0.352 6	0.741 5	0.666 4	0.432 4
A_{24}	1.471 9	1.695 8	1.364 5	2.455 4	2.455 4	1.105 1	0.909 9	2.836 2	1	2.103 0	1.890 0	1.226 3
A_{31}	0.699 9	0.806 4	0.648 9	1.167 6	1.167 6	0.525 5	0.432 7	1.348 7	0.475 5	1	0.898 7	0.583 1
A_{32}	0.778 8	0.897 3	0.722 0	1.299 2	1.299 2	0.584 7	0.481 4	1.500 6	0.529 1	1.112 7	1	0.648 8
A_{33}	1.200 3	1.382 9	1.112 7	2.002 3	2.002 3	0.901 2	0.742 0	2.312 9	0.815 5	1.714 9	1.541 2	1

7) 计算得出 D 矩阵的最大特征值为 12, 对应的特征向量: (0.085 0, 0.073 8, 0.091 7, 0.050 9, 0.050 9, 0.113 2, 0.137 5, 0.044 2, 0.125 1, 0.059 5, 0.066 2, 0.102 0).

因此, 影响井下气体中粉尘含量各因数的权重分别为 (0.085 0, 0.073 8, 0.091 7, 0.050 9, 0.050 9, 0.113 2, 0.137 5, 0.044 2, 0.125 1, 0.059 5, 0.066 2, 0.102 0).

4 结论

1) 由改进层次分析法分析得出影响井下气体中粉尘含量各因数的权重, 其中, 采煤方法、通风状况、采掘机械化程度和防尘理念与培训的影响最大, 矿井管理者应着重对这些因数进行治理.

2) 生产因数对井下气体中粉尘含量的影响极大, 但人为因数的影响也不可小视, 所以对矿井粉尘治理的培训与宣传以及管理制度的落实也至关重要.

3) 针对不同的矿井, 应根据其实际情况对影响因数的权重进行部分调整, 采取不同的治理措施和力度来进行治理.

参考文献:

[1] 李德文, 郭胜均. 中国煤矿粉尘防治的现状与发展方

向[J]. 金属矿山, 2009(s): 747 - 752.

[2] 郑伟, 李晓民, 张团部, 等. 矿井粉尘治理的创新与应用[J]. 中州煤炭, 2010(7): 107 - 108.

[3] 李艳强, 杨炯照, 周勇. 矿井粉尘扩散系数及其规律[J]. 矿业工程研究, 2012, 27(2): 49 - 51.

[4] 李劲, 王华. 目标层次法在城市固废综合处理厂选址中的应用[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2008, 23(4): 118 - 123.

[5] 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(5): 149 - 153.

[6] 张天军, 苏琳, 乔宝明, 等. 改进的层次分析法在煤与瓦斯突出危险等级预测中的应用[J]. 西安科技大学学报, 2010, 30(5): 537 - 547.

[7] 李凤伟, 杜修力, 张明聚, 等. 改进的层次分析法在明挖地铁车站施工风险辨识中的应用[J]. 北京工业大学学报, 2012(2): 168 - 172.

[8] 王培光, 关秀翠, 王清霞. AHP 法中判断矩阵的一种构造方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998(8): 135 - 138.

[9] 薛希龙, 王新民, 刘奇, 等. 基于 AHP - 灰色聚类模型的采空区危险性分析研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2011, 26(2): 5 - 10.

[10] 贺晨, 陈建宏. 基于 AHP 的基坑支护方案的优选研究[J]. 矿业工程研究, 2011, 26(3): 73 - 77.