

文章编号:1671-251X(2014)07-0045-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.07.013

李基隆,刘炳锋,林吉飞,等.两阶段法在矿井通风系统评价中的应用研究[J].工矿自动化,2014,40(7):45-47.

两阶段法在矿井通风系统评价中的应用研究

李基隆¹, 刘炳锋², 林吉飞³, 董娟³, 夏建波³

(1.同煤浙能麻家梁煤业有限责任公司,山西 朔州 036000; 2.会理财通铁钛有限责任公司,四川 会理 615100; 3.昆明冶金高等专科学校 矿业学院,云南 昆明 650033)

摘要:分析了两阶段法的原理,并以某矿通风系统优化指标体系为研究对象,采用两阶段法计算其指标权重。将两阶段法与层次分析法进行对比分析,结果表明,采用2种方法确定的指标权重重要性序列相同,两阶段法的计算结果可靠性高,且计算过程简捷。

关键词:矿井通风系统;两阶段法;指标权重

中图分类号:TD672 文献标志码:A 网络出版时间:
网络出版地址:

Application research of two-stage method in evaluation of mine ventilation system

LI Jilong¹, LIU Bingfeng², LIN Jifei³, DONG Juan³, XIA Jianbo³

(1.Majialiang Mine Company Joint-stock by Datong Coal Industry and Zhejiang Provincial Energy Co.,Ltd., Shuozhou 036000,China; 2.Huili Caitong Iron and Titanium Co.,Ltd., Huili 615100, China; 3.Faculty of Mining, Kunming Metallurgy College, Kunming 650033, China)

Abstract: The paper analyzed principle of two-stage method, and took index system optimizing of a mine ventilation system as study object, used two-stage method to calculate its index weights. It did contrastive analysis of two-stage method and analytic hierarchy process, and the results showed that the two methods got the same sequence of importance of the index weights, and the two-stage method has high reliability and simple calculation process.

Key words: mine ventilation system; two-stage method; index weight

0 引言

在矿井地下开采中,通风系统起着为井下提供新鲜风流、稀释排除污风和调节作业面气候等重要作用,是提供舒适安全作业环境的重要保证。优化矿井通风系统方案时,需要考虑多种因素,而各种因素的影响程度也不相同。因此,评价矿井通风系统时,需要确定具体的指标来体现各个因素,并选用一定的量值(即权系数,也称权重)来体现各指标的重要程度^[1]。一般来说,作为评价准则的指标可以分为定性指标和定量指标。在矿井通风系统评价中,基本是采用定性指标。根据国内学者提出的标度以

及所得判断矩阵的性质差异,针对定性指标,可将标度分为2类^[2]:①“互反性”标度,包括1—9标度、9/9—9/1、10/10—18/2标度和指数标度等;②“互补性”标度,包括0.1—0.9标度、0—1标度、0—2标度、-1—1标度、-2—2标度等。

针对定性指标,在选择标度方法时有2个要求:①方便专家进行判断,得到的调查结果能够真实地体现人们头脑中的实际标度系统;②将专家得到的比较矩阵转换为判断矩阵的时候,能够客观体现出专家的判断。参考文献[3-4]指出1—9标度法难以满足上述要求,且需对判断结果进行修正方能满足一致性检验要求,而应用两阶段法处理专家给出的

收稿日期:2013-11-12;修回日期:2014-05-04;责任编辑:胡娴。

基金项目:云南省科技厅研究项目(2011FZ201)。

作者简介:李基隆(1984—),男,山西广灵人,助理工程师,现主要从事矿井通风技术与管理工, E-mail:416680744@qq.com。通讯作者:林吉飞(1985—),男,四川大竹人,助教,硕士,研究方向为矿山数字化及矿井通风应用, E-mail:564456406@qq.com。

比较矩阵,可以将其合理转化成完全满足一致性要求的判断矩阵。将两阶段法应用在煤矿通风系统指标权重确定上,能够更加客观地体现专家的判断,确保对通风方案的评价客观、合理。因此,本文采用两阶段法来确定矿井通风系统方案优化指标的权重。

1 两阶段法原理

两阶段法构造判断矩阵的原理:第 1 阶段采用(0,1,2)三标度法对每一元素进行两两比较后,建立一个比较矩阵并计算出各元素的排序指数;第 2 阶段通过变换将比较矩阵转换为判断矩阵,且转换的判断矩阵完全满足一致性的要求^[5]。

1.1 比较矩阵构建

采用(0,1,2)三标度法建立比较矩阵 E :

$$E = (e_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1n} & r_1 \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2n} & r_2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ e_{n1} & e_{n2} & \cdots & e_{nm} & r_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$e_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{指标 } i \text{ 比 } j \text{ 重要} \\ 1, & \text{指标 } i \text{ 与 } j \text{ 同样重要} \\ 0, & \text{指标 } i \text{ 不如 } j \text{ 重要} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $i, j=1, 2, \dots, n$; $r_i = \sum_{j=1}^n e_{ij}$ 。

1.2 判断矩阵构建

采用极差法将比较矩阵 E 转换为判断矩阵 C ,其元素为

$$c_{ij} = c_b^{(r_i - r_j)/R} \quad (3)$$

式中: c_b 为参数,一般取 $c_b=9$; R 为极差。

极差 R 计算公式为

$$R = R_{\max} - R_{\min} \quad (4)$$

式中: $R_{\max} = \max \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$; $R_{\min} = \min \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ 。

1.3 指标权重计算

采用混合最小二乘法(MLSM)计算排序权向量具有置换不变性、相容性、对称性和协调性等性质^[6]。因此,本文用混合最小二乘法计算矿井通风系统评价指标的权重^[7]。指标 i 的权重计算公式为

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n c_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n (\prod_{j=1}^n c_{kj})^{\frac{1}{n}}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

以 $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 作为权向量,取

$$\lambda_{\max} \approx \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij} w_j}{w_i} \quad (6)$$

2 两阶段法的应用

为体现各指标对矿井通风系统的影响程度的差异性,以参考文献[1]建立的平顶山煤业集团六矿通风系统优化指标体系为研究对象,采用两阶段法计算其各指标权重。

2.1 通风系统评价指标体系创建

矿井通风系统评价指标一般可分为定性指标和定量指标两类。定性指标没有计量单位,是从程度上反映系统状况和质量的指标,其中蕴含着相互关联的众多因素。好的评价指标要能够确切地反映出通风系统的状况和质量特征,具有独立的物理意义,尽量消除人为因素的影响,而且能够符合科学、可测、可比、简明等要求^[8]。考虑通风系统必须满足技术先进、经济合理和安全可靠 3 个方面的要求,选取 11 项评价指标,如图 1 所示^[9-10]。

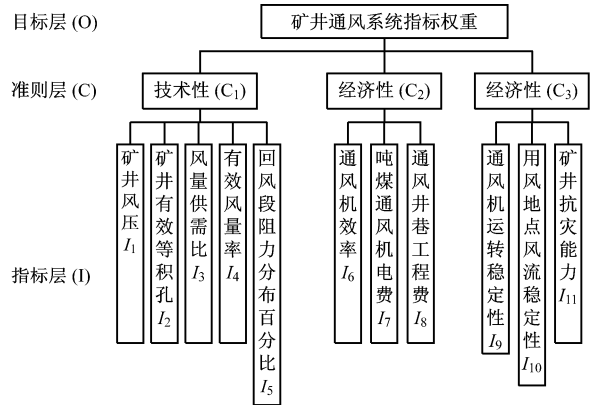


图 1 矿井通风系统评价指标体系

2.2 矿井通风系统指标权重计算

根据建立的矿井通风系统评价指标体系,各指标权重确定如下^[1]。

(1) $O-(C_1, C_2, C_3)$, 采用两阶段标度法构造判断矩阵:

$$E_O = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 5 \end{bmatrix} \rightarrow C_O = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 0.33 \\ 0.33 & 1 & 0.11 \\ 3 & 9 & 1 \end{bmatrix}$$

将判断矩阵代入式(5)、式(6)得

$$W_O = (0.231, 0.077, 0.692), \lambda_{O\max} = 3$$

(2) $C_1-(I_1, I_2, I_3, I_4, I_5)$, $n=5$, 采用两阶段标度法构造判断矩阵:

$$E_{C1} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 0 & 2 & 7 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2 & 3 \\ 0 & 2 & 1 & 0 & 2 & 5 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow$$

$$\mathbf{C}_{C1} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1.73 & 0.58 & 5.2 \\ 0.33 & 1 & 0.58 & 0.2 & 1.73 \\ 0.58 & 1.73 & 1 & 0.33 & 3 \\ 1.73 & 5.2 & 3 & 1 & 9 \\ 0.19 & 0.58 & 0.33 & 0.11 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{W}_{C1} = (0.261, 0.087, 0.151, 0.452, 0.050)$$
$$\lambda_{C1\max} = 5$$

(3) $C_2 - (I_6, I_7, I_8), n=3$, 采用两阶段标度法构造判断矩阵:

$$\mathbf{E}_{C2} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \mathbf{C}_{C2} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 0.33 & 1 & 3 \\ 0.11 & 0.33 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{W}_{C2} = (0.692, 0.231, 0.077), \lambda_{C2\max} = 3$$

(4) $C_3 - (I_9, I_{10}, I_{11}), n=3$, 采用两阶段标度法构造判断矩阵:

$$\mathbf{E}_{C3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix} \rightarrow \mathbf{C}_{C3} = \begin{bmatrix} 1 & 0.11 & 0.33 \\ 9 & 1 & 3 \\ 3 & 0.33 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{W}_{C3} = (0.077, 0.692, 0.231), \lambda_{C3\max} = 3$$

(5) 最终得到的指标权重:

$$\mathbf{W}_{O-1} = (0.060, 0.020, 0.035, 0.104, 0.012, 0.053, 0.018, 0.006, 0.093, 0.404, 0.194)$$

3 两阶段法与层次分析法对比分析

将采用两阶段法得到的指标权重与采用层次分析法所得的指标权重进行比较,结果见表1,其中 I_1-I_{11} 为评价指标层。从表1可知,采用两阶段法计算的权重结果与采用层次分析法计算的权重结果重要性序列相同,说明采用两阶段法的计算结果可靠,能够为矿井通风系统的进一步优化提供基础。

表1 层次分析法和两阶段法计算的指标权重对比

分析方法	指标权重										
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}
层次分析法	0.077	0.031	0.049	0.152	0.012	0.066	0.032	0.011	0.150	0.240	0.180
两阶段法	0.060	0.020	0.035	0.104	0.012	0.053	0.018	0.006	0.093	0.404	0.194
权重排序	5	9	7	3	10	6	8	11	4	1	2

4 结语

(1) 采用两阶段法计算矿井通风系统评价指标的权重,计算的各指标重要性排序与层次分析法计算结果相同,说明两阶段法的分析结果能够体现多数矿井实际情况,并且与专家意见相符合。因此,采用两阶段法能够为矿井通风系统评价提供基础,为日常矿井通风系统管理和决策提供参考性意见。

(2) 在采用两阶段法计算指标权重的过程中更能够体现人们对事务的认识。在进行专家意见调查时,由9个标度变为2个标度,对2个指标进行重要性判断,结果更加可靠。

(3) 采用两阶段法可以构造自然满足完全一致性的判断矩阵,其计算过程简捷,可靠性高。而层次分析法计算指标权重过程中要对判断矩阵进行完全一致性检验,反复征求专家意见,才能够最终确定判断矩阵。因此,在实际应用中,两阶段法更具有其优越性,可操作性更强。

参考文献:

[1] 武卫东,伍贻文,景国勋,等.应用AHP法确定通风

系统方案优化指标的权重[J].上海理工大学学报,2002,24(2):127-130.

[2] 张文鸽,黄强.层次分析法(AHP)的标度分析及其在水利工程评价中的应用[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(3):152-156.

[3] 牛肖铮,吕力行,林吉飞,等.基于模糊数学法的矿井通风系统评价方法研究[J].矿冶,2013,22(2):19-23.

[4] 林吉飞.基于三维可视化技术的淌塘铜矿开采方法优化研究[D].昆明:昆明理工大学,2012.

[5] 朱茵,孟志勇,阙叔愚.用层次分析法计算权重[J].北方交通大学学报,1999,23(5):119-122.

[6] 贾兰香,陈宝谦.层次分析决策方法排序问题的一般性质[J].南开大学学报:自然科学版,1991(2):19-28.

[7] 彭祖赠,孙钰玉.模糊(Fuzzy)数学及其应用[M].武汉:武汉大学出版社,2001.

[8] 耿爱平.矿井通风系统可拓综合评价方法的研究与应用[D].南宁:广西大学,2008.

[9] 钱旭,刘枫.基于模糊层次分析法的WIA-PA健康评估方法[J].工矿自动化,2011,37(10):63-66.

[10] 赵伏军,谢世勇,杨磊,等.基于层次分析法-模糊综合评价(AHP-FCE)模型优化矿井通风系统的研究[J].中国安全科学学报,2006,16(4):91-96.