

安全生产

基于DEMATEL方法和ISM模型的煤矿安全管理评价体系研究

张学睦, 闫淑军, 姚庆国

(山东科技大学 经济管理学院, 山东 青岛 266510)

摘要: 煤矿安全管理是保证煤矿安全生产的第一要务。保证煤矿安全管理的有效实施, 寻找安全管理的有效途径, 就必须建立一套完整的安全管理评价指标体系。文章基于DEMATEL方法和ISM模型, 建立影响煤矿安全管理指标体系的系统结构, 并探讨实施安全管理的有效途径。

关键词: 煤矿安全管理; 评价指标体系; DEMATEL方法; ISM模型

中图分类号: X936

文献标志码: A

0 引言

安全管理是煤炭企业生产过程中的第一要务。随着挖掘技术、安全预防技术的进步和安全防范设备的加强, 我国煤炭行业的事故发生频率明显降低, 事故严重程度也在下降, 但是煤炭企业的安全问题仍然不容乐观。例如, 从2010年伊始, 我国的矿难就陆续发生。截止到3月份, 短短的两三个月内, 一次死亡10人以上的重大矿难事故就达到了9起, 更有像中煤集团山西临汾碟子沟项目部施工的王家岭矿透水事故这样特别重大事故。这些都表明我国的煤矿企业安全管理模式仍然存在许多漏洞, 需要进一步的加强和规范。

煤矿安全管理的目的就是提高企业的安全管理技术和安全管理水平以达到安全生产的目的^[1]。安全管理评价是进行安全管理的一个重要前提和依据。煤矿的安全管理涉及到地理、人、机器、技术和文化等组合而成的一个有机的复杂的系统, 这个系统中的因素相互联系、相互影响。为了使安全管

理的实施思路清晰、重点突出, 建立起一套完整的安全管理评价指标体系是十分必要的^[2]。本文利用DEMATEL方法对安全管理评价的各指标赋予权重, 筛选在安全管理评价中处于重要地位的指标, 并利用ISM模型对指标进行分层处理, 进一步使得安全管理的重点突出, 寻找煤矿安全管理的侧重所在, 最后在此基础上提出合理有效的煤矿安全管理模式, 探求有效的安全管理途径。

1 评价指标体系的建立

进行准确高效的安全管理评价, 就要设计一套完整的、科学的指标体系。只有指标体系的完善合理才能做出高质量的安全评估。因此, 本文全面考虑了影响安全管理的“人-设备-技术-文化环境-地理环境”这一个复杂的系统, 通过实地考察、询问专家等方法, 总结出了一套涉及多个范畴的综合性的指标体系^[1]。如图1所示。

2 基于DEMATEL方法和ISM模型的评价体系结构优化

DEMATEL方法是由美国Battelle研究所的学者提出的, 运用图论与矩阵论原理进行系统因素分析的方法, 通过系统中各因素之间的逻辑关系构建直接影响矩阵, 计算各因素对其他因素的影响程度以

基金项目: 山东省软科学计划项目(2007RKA072); 山东社会科学规划项目(10CJGJ65); 中国煤炭工业协会指导性科技指导计划项目(MTKJ08-330); 山东省教育厅人文社科项目(J08WF12)(S07YB14)(J10WG08); 青岛市社科规划项目(QDSKL090203); 青岛市双百调研工程项目(030602501); 山东科技大学“春蕾”计划项目(2008AZZ116)

及被影响程度，从而计算各因素的中心度与原因度。根据因素所对应的中心度和原因度，得出该因素所属种类（原因因素还是结果因素），也可根据中心度和原因度的取值调整整个系统的结构图，使得系统结构更加合理^[2]。

首先，本文用DEMATEL方法确定关键影响因素。将前面所列的25个影响因素分别表示为 F_1, F_2, \dots, F_{25} ，将“矿区安全管理”作为要素 F_{26} 。影响程度被划分为四个等级，以打分的形式给出，分别为0、1、2、3、4、5分，其中0分表示没有影响关系；1分表示影响力很弱；2分表示影响力较弱；3分表示影响力中等；4分表示影响力较强；5分表示影响力很强。如下，建立初始化直接影响矩阵 A 。

用变量 X_{ij} 表示矩阵中的分数元素，用变量 Y_i 表示矩阵中各行的和，即 $Y_i = \sum X_{ij} (j=1, 2, \dots, n)$ ， $1 \leq i \leq n$ 。令 $Y_{\max} = \max(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n)$ 。

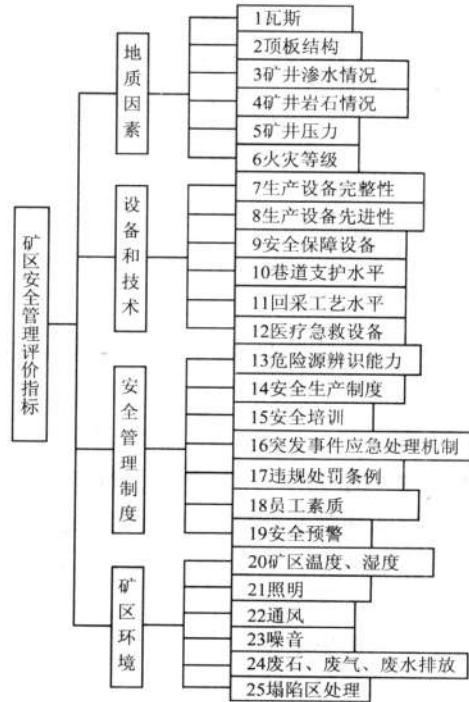


图1 矿区安全管理评价指标体系

表1 初始化直接影响矩阵A

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉	F ₂₀	F ₂₁	F ₂₂	F ₂₃	F ₂₄	F ₂₅	F ₂₆	行和	
F ₁	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	3	2	2	1	0	0	4	24	
F ₂	0	0	3	2	4	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	4	3	25	
F ₃	1	3	0	2	1	3	0	0	1	3	1	3	2	1	0	3	0	0	3	4	2	1	1	3	2	3	43	
F ₄	1	3	3	0	4	0	0	0	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	3	3	3	3	1	35	
F ₅	2	4	2	0	0	0	0	0	1	5	1	0	1	1	0	1	0	0	1	2	0	3	1	3	3	1	32	
F ₆	3	0	1	0	0	0	2	2	3	0	3	4	3	4	3	4	0	0	1	4	4	4	0	3	0	4	52	
F ₇	2	0	2	0	0	0	0	1	1	4	4	1	4	0	0	4	0	0	3	0	0	0	0	4	3	3	36	
F ₈	2	0	2	0	0	0	3	0	2	3	3	2	3	0	0	0	0	0	3	1	2	1	1	2	2	2	34	
F ₉	1	0	2	0	3	3	1	1	0	3	1	3	0	0	0	4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	30	
F ₁₀	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	3	1	17	
F ₁₁	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	10	
F ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	17	
F ₁₃	1	0	1	0	2	3	2	2	4	2	0	3	0	3	3	3	0	5	1	1	1	1	1	1	1	3	43	
F ₁₄	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	3	4	0	4	3	3	3	3	0	2	2	2	3	3	4	60	
F ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	18	
F ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	21	
F ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	8	
F ₁₈	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2	0	3	2	3	3	2	0	3	0	0	0	0	0	1	3	27	
F ₁₉	0	0	1	0	0	0	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	1	1	1	1	1	3	35	
F ₂₀	3	1	2	1	0	4	2	1	1	0	0	1	1	2	2	1	0	0	1	0	2	2	1	2	2	2	34	
F ₂₁	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	0	2	0	1	0	1	17	
F ₂₂	4	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2	0	1	15	
F ₂₃	0	0	0	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9	
F ₂₄	0	0	2	0	0	2	1	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	3	2	0	1	1	21	
F ₂₅	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
F ₂₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5

$Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}, Y_{15}, Y_{16}, Y_{17}, Y_{18}, Y_{19}, Y_{20}, Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}, Y_{24}, Y_{25}, Y_{26}$)

$$\therefore Y_{\max} = 60$$

用每一个分数元素去除以 Y_{\max} ，正规化直接影响矩阵，用 G_{ij} 表示正规化矩阵的元素。即

$$G_{ij} = X_{ij} / Y_{\max} \quad (1)$$

从而，得到正规化的矩阵 G 。计算综合影响矩阵 T 。

$$T = G + G^2 + \dots + G^n = G(E - G)^{-1} \quad (2)$$

其中 E 矩阵 n 阶为单位矩阵。然后，计算各个因素的影响度和被影响度。各个因素的影响度：

$$T_r(i) = \sum_{j=1}^n t_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

各个因素的被影响度：

$$T_c(i) = \sum_{i=1}^n t_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

最后，计算各因素的中心度与原因为度。

因素 i 的中心度：

$$M_i = T_r(i) + T_c(i) \quad (5)$$

因素 i 的原因为度：

$$R_i = T_r(i) - T_c(i) \quad (6)$$

原因为度指标反映了各个影响因素之间的关联程度，原因为度大于0说明该因素应该是首先值得注意的原因因素，原因为度小于0则为结果因素。原因因素是影响系统的关键因素。由上表可以选取 $F_2, F_3, F_4, F_6, F_7, F_8, F_{14}$ 作为关键的原因因素。

中心度反映了各个影响因素的重要程度，中心度越高说明该影响因素越重要。据此，选取 $F_1, F_3, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}, F_{13}, F_{14}, F_{16}, F_{18}, F_{19}, F_{20}, F_{24}$ 作为关键影响因素。

综上所述，通过利用 DEMATEL 方法计算出了各影响因素的中心度和原因为度，并根据中心度和原因为度的意义选取了关键的影响因素，它们是 $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}, F_{13}, F_{14}, F_{16}, F_{18}, F_{19}, F_{20}, F_{24}$ 。

然后，利用 ISM 模型对关键影响因素进行分层。通过绘制 17 个关键影响因素和 1 个被影响因素（煤矿安全管理）的有向图，得出表示其连接状态

的邻接矩阵 B 。然后通过矩阵运算得出 $B+I \neq (B+I)^2 \neq (B+I)^3 \neq (B+I)^4 = (B+I)^5$ ，即可达矩阵为 $M = (B+I)^5$ 。通过对可达矩阵的分解则可以建立系统的多级递阶结构模型，影响矿区安全管理的 16 个关键影响因素和 1 个被影响因素（矿区安全管理）的结构模型^[3]。如图 2 所示。

表 2 中心度和原因为度列表

因素 F_i ($i=1, 2, \dots, 26$)	中心度	原因为度
F_1	0.437 504	-0.021 397
F_2	0.387 323	0.116 516 2
F_3	0.626 604	0.198 761
F_4	0.436 368	0.329 410 7
F_5	0.607 48	0.059 078 6
F_6	0.748 089	0.259 718 6
F_7	0.589 315	0.177 197 3
F_8	0.517 868	0.144 578
F_9	0.527 783	0.053 827 6
F_{10}	0.543 829	-0.197 834
F_{11}	0.376 34	-0.188 278
F_{12}	0.352 246	-0.071 404
F_{13}	0.746 008	0.020 540 9
F_{14}	0.864 347	0.415 934 7
F_{15}	0.389 884	-0.065 298
F_{16}	0.562 721	-0.209 479
F_{17}	0.176 152	-0.024 538
F_{18}	0.449 864	0.067 320 1
F_{19}	0.664 373	0.009 085 2
F_{20}	0.561 823	0.007 579 8
F_{21}	0.331 622	-0.027 745
F_{22}	0.383 099	-0.143 819
F_{23}	0.222 943	-0.082 696
F_{24}	0.525 44	-0.128 515
F_{25}	0.356 768	-0.280 47
F_{26}	0.570 297	-0.418 075

我们可以很直观地发现瓦斯、顶板、火灾情况、设备情况、员工素质等处于基础层次的因素对于安全管理有着重要的作用，他们往往是事故的起因，因此我们要根据实际情况，结合关键影响因素

的层次结构，由基础层次的因素开始，逐层排查，侧重重点，做到万无一失。

3 矿区安全管理模式探究

通过上面分析发现，影响矿区安全的因素构成了一个复杂的相互影响的层次结构，抓好关键因素的预防与控制，建立起全面安全预警机制，形成一套完备的安全管理模式可以有效地排除事故隐患^[6]。本文通过对多家煤炭企业的调研分析，总结出来一套较为完善的安全管理模式，称之为“五七”模式。如图3所示。

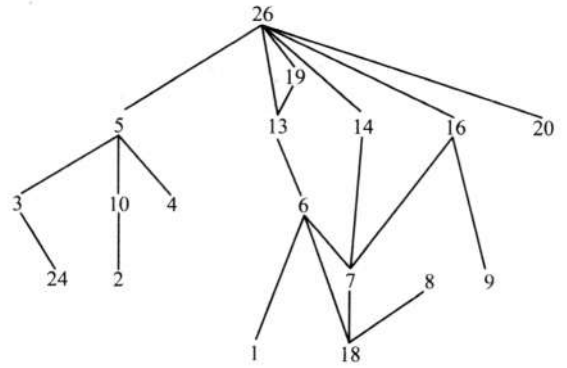


图2 关键影响因素的解析结构图



图3 “五七”安全管理模式

4 结 语

煤炭企业的安全可以说是生产经营的前提和保障，进行安全管理是重中之重。建立安全管理评价体系和打造安全管理模式也是每个煤炭企业的必要任务。希望本文关于矿区安全管理指标体系的构建与评价，以及“五七”安全管理模式的创建，能为煤炭企业实行全面有效的安全管理提供一定的借鉴和帮助。

参考文献：

[1] 梁 艳. 煤矿安全管理探讨 [J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7 (3): 149~151.
 [2] 李 俊. 煤矿安全管理要素探讨 [J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7 (2): 168~172.

[3] 钱 敏, 穆丹丹. 煤矿安全管理评价指标体系 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25 (3): 375~378.
 [4] Yang Yin-sheng, Li Hong-wei, Tong Jin. Analysis of the factors of the greenness of products based on DEMATEL[C]// Proceedings of 2002 International Conference on Management Science and Engineering, 2002: 922~926.
 [5] 周德群, 章 玲. 集成DEMATEL/ISM的复杂系统层次划分研究 [J]. 管理科学学报, 2008, 11 (2): 20~25.
 [6] 闫海英, 黄 波. 现代科学化的煤矿安全管理模式探讨 [J]. 矿业安全与环保, 2009, 36 (1): 81~83.

作者简介：张学睦（1975-），男，山东德州人，副教授，在读博士，研究方向为企业安全管理及安全经济学。Tel: 13698657991, E-mail: yanshujun1986@126.com

编辑：王应劬