

基于 G_1 -DEMATEL 法的煤矿顶板事故 风险因素分析

陈晓勇¹,施式亮^{1,2*},李润求^{1,2},李岩¹

(1.湖南科技大学 资源环境与安全工程学院,湖南 湘潭 411201;2.煤矿安全开采技术湖南省重点实验室,湖南 湘潭 411201)

摘要:为定量分析影响煤矿顶板事故的风险因素,进而更好地对煤矿顶板事故进行有效的预防,从人、物、环、管理等4大类20个组成要素出发,构建煤矿顶板事故风险指标体系.基于 G_1 -DEMATEL 法建立煤矿顶板事故风险因素分析模型,得到各个风险因素指标的权重值和综合影响矩阵,计算煤矿顶板事故风险因素的中心度、原因度.结果表明:煤矿顶板事故最为关键的风险因素是内部管理机制(C_{43})、违章指挥(C_{44})、监督体系不完善(C_{46}),以及人的因素中的三违行为(C_{11})、人员进入冒落区(C_{12}).最后,提出相应的对策建议,可以为煤矿安全生产管理和煤矿顶板事故预防提供理论参考.

关键词:顶板事故;风险因素; G_1 -DEMATEL;安全风险

中图分类号:TD712.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2018)01-0016-07

Study on Risk Factors of Coal Mine Roof Accident Based on G_1 -DEMATEL Method

Chen Xiaoyong¹, Shi Shiliang^{1,2}, Li Runqiu^{1,2}, Li Yan¹

(1.School of Resource Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2.Coal Mining Safe Production Technology Hunan Provincial Key Laboratory, Xiangtan 411201, China)

Abstract: For the quantitative analysis of risk factors of coal mine roof accident, so as to effectively prevent the coal mine roof accident, from the human, material, ring, management and other four major categories of 20 elements of constructing the risk index system of coal mine roof accident. Based on the analysis model of coal mine roof accident risk factors to establish a G_1 -DEMATEL method to get the weight of each risk factor index value and comprehensive influence matrix, the coal mine roof accident risk factors and the cause degree centrality were calculated. The results show that in the coal mine roof accident, the most critical risk factors are the internal management mechanism (C_{43}), illegal command (C_{44}), the supervision system is not perfect (C_{46}), three violations behavior and human factors in (C_{11}), enters the caving area (C_{12}). Finally, the corresponding countermeasures and suggestions are put forward, which provide theoretical reference for coal mine safety production management and coal mine roof accident prevention.

Keywords: roof accident; risk factor; G_1 -DEMATEL; safety risk

我国是世界能源生产和消费大国,煤炭资源丰富,煤炭产业也是我国经济和社会发展的重要支柱之一.伴随着煤矿开采强度的不断增大,煤矿事故屡屡发生,而在瓦斯、煤尘、水害、火灾和顶板事故等灾害中,顶板事故发生的次数和导致的伤亡人数一直居高不下,是煤矿安全生产过程中的重大隐患^[1],且一旦井下发生顶板事故,不仅会造成安全生产中断、工程设备毁坏,更严重的还会直接威胁到作业人员的人身

收稿日期:2017-04-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51774135;51274100);湖南省教育厅科研一般资助项目(15C0553)

*通信作者,E-mail: xtpussl@vip.sina.com

安全,如 2012 年 5 月 20 日,辽宁沈阳焦煤集团清水二井煤矿发生巷道顶板事故,导致 9 人死亡,2014 年 7 月 5 日 18 时,黑龙江省鹤岗市一煤矿发生顶板事故,造成 7 人死亡,一人重伤,2017 年 1 月 17 日,山西朔州市朔城区,中煤集团担水沟煤业公司发生顶板事故,致使 10 人罹难.这些事故给社会和煤矿安全生产带来了恶劣影响.因此加强对煤矿顶板事故风险因素的辨识、分析和控制是非常有意义的.

当前有许多学者运用不同方法进行了不少研究,彭成^[2]等对我国 2004~2008 年煤矿顶板事故做了归类分析,对事故发生地域、易发时期等进行了总结概述,程亮^[3]等基于 F-N 曲线对顶板事故风险准则进行修正,给出了合理的顶板事故风险曲线,戴林超^[4]等针对我国煤矿顶板灾害,进行安全分级评价,DUZGUN^[5]针对宗古尔达克煤矿顶板进行了风险评估分析,明崧崧^[6]等运用解释结构模型对顶板事故成因进行了研究,张超^[7]等探讨了煤层顶板岩性、地质构造、煤层赋存特征等地质因素对煤矿顶板事故的影响,张勇^[8]、李建婷^[9]等重点针对煤矿技术层面研究煤矿顶板事故,李贤功^[10]等运用贝叶斯网络研究煤矿顶板致因,这些研究对煤矿顶板事故的风险分析具有一定的意义,但某些方法和分析并未考虑到煤矿顶板事故风险因素间的多维性以及关联性,因此,本文结合 G_1 法和决策试验与评价实验法,构建煤矿顶板事故风险因素分析模型,量化煤矿顶板事故风险因素之间的影响关系,分析影响煤矿顶板事故的关键风险因素,并提出相对应的对策建议,为煤矿安全管理决策和煤矿顶板事故的预防奠定理论基础.

1 煤矿顶板事故风险因素指标体系

1.1 煤矿顶板事故风险因素识别

煤矿顶板事故的发生通常是由于物的不安全状态、人的不安全行为、环境缺陷以及管理失效所造成的.我国煤矿顶板事故频率比较高,且煤矿顶板事故风险因素较多,本文基于国家安全生产监督管理局事故调查报告^[11]与文献[1]中关于我国 2006~2012 年煤矿顶板事故统计分析数据可知,造成煤矿顶板事故的主要风险因素包括:支护质量差,敲帮问顶不到位,支护失效,支护设计不合理,空顶作业,违章操作、违章放顶、未按相应的煤矿安全规程支护等三违行为,作业人员进入冒落区.发现冒顶征兆不撤人,操作技术不熟练、操作失误,冒险蛮干、侥幸心理、疲劳过度、身体不适,安全意识不强、自保能力差,生产工艺落后、巷道长久失修、各类监测监控设备不完善,岩层层理结构不了解,安全生产制度不健全、顶板管理不到位、煤矿企业文化管理不到位、激励制度不完善等,以及为生产效益而违章指挥,法律法规、政府部门的监督不到位等因素造成.

1.2 构建煤矿顶板事故风险因素体系

根据识别的煤矿顶板事故风险因素,采用德尔菲法征求和总结 20 名煤矿安全管理人员、煤矿作业人员及相关煤矿安全生产专家的意见,以及从安全系统工程中关于事故发生的通常是由人为因素、物的因素、环境因素、管理因素,即“4M”因素^[12]导致的观点考虑出发,对诱导煤矿顶板事故的风险因素进行筛选和验证,综合考虑,总结归纳出人、物、环境、管理等 4 个层面共 20 个风险因素指标,具体如图 1 所示.

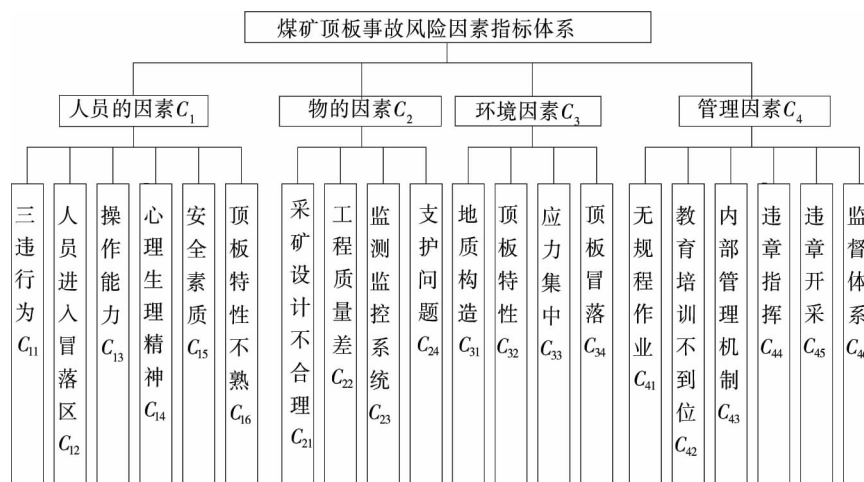


图 1 煤矿顶板事故风险因素指标体系

2 基于 G1-DEMATEL 法的顶板事故风险因素分析模型

为更好的实现指标因素间相互影响关系及影响程度的量化分析,结合评价指标及体系的特点,利用 G₁ 和 DEMATEL 法的优点,构建了基于 G₁-DEMATEL 法的煤矿顶板事故风险因素分析模型. DEMATEL 法是一种用来筛选复杂系统、简化系统结构分析过程而提出来的方法论,它也是一种运用矩阵理论和图论思想来研究系统影响因素间的结构性相关关系的方法^[13].但 DEMATEL 法要求专家判断每个因素对其他因素的影响程度,且当因素过多或较为复杂时,专家在判断过程中难免出现误差,导致建立的直接影响矩阵与实际出入很大.为了避免这个问题,所以本文采用 G₁ 法先确定各风险因素的权重,通过风险因素间权重的比值来建立 DEMATEL 法所需的直接影响矩阵,再通过计算得到综合影响矩阵,得出风险因素的影响度和被影响度以及中心度和原因度,以实现 G₁ 法和 DEMATEL 法计算的相互修正.

2.1 G₁ 法基本原理

G₁ 法是在层次分析法的基础上提出的一种改进的权重赋值法,其计算方便直观,可操作性强,同时无需构造判断矩阵及进行一致性检验^[14].由于所构建的煤矿顶板事故风险因素指标体系具有一定层次性,所以专家可采用 G₁ 法分别对各因素层的指标进行比较判断和定量赋值. G₁ 法主要步骤如下:

2.1.1 序关系的确定

定义若评价指标 x_i 相对某评价准则的重要程度优于 x_j 时,则记 $x_i > x_j$ (“>”表示优于关系);若评价指标 x_1, x_2, \dots, x_m 相对某评价准则具有关系式 $x_1^* > x_2^* > \dots > x_m^*$ 时,则称评价指标 x_1, x_2, \dots, x_m 之间按“>”确立了序关系.此时 x_i^* 表示按序关系“>”排定顺序后的第 i 个评价指标 ($i = 1, 2, \dots, m$),对于评价指标集 $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$,专家从中依次选出认为是最重要的一个指标,依次标记为 $x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*$,唯一确定了序关系.

2.1.2 相邻指标的相对重要度

对于某些问题而言,仅仅给出序关系还不够,还需要确定出指标相对于某个准则(或目标)的权重系数,判断指标间的相对重要程度.采用重要程度之比来表征专家对相邻指标 x_k 与 x_{k-1} 之间的相对重要程度的比较判断可以表示为: $r_k = x_{k-1}^*/x_k^*$ ($k = m-1, m-2, \dots, 2$) ($k = m, m-1, \dots, 3, 2$),其中 r_k 的取值参考表 1.

表 1 r_k 赋值参考

r_k	重要程度
1.0	指标 x_{k-1} 与 x_k 同样重要
1.2	指标 x_{k-1} 与 x_k 稍微重要
1.4	指标 x_{k-1} 与 x_k 明显重要
1.6	指标 x_{k-1} 与 x_k 强烈重要
1.8	指标 x_{k-1} 与 x_k 极端重要

2.1.3 权重系数计算

根据专家给出的 r_k 值,即可计算第 m 个指标的初始权重系数:

$$\omega_m = \left[1 + \sum_{k=2}^m \prod_{i=k}^m r_i \right]^{-1}, (k = m, m-1, \dots, 3, 2); \quad (1)$$

$$\omega_{k-1} = r_k \omega_k (k = m, m-1, \dots, 3, 2). \quad (2)$$

2.1.4 群组判断

专家在对风险因素指标重要性进行判断时,有可能存在一定的主观因素.为了减弱专家主观因素的干扰,更客观、更准确的给出各个指标的权重系数,可以同时让 n 位专家对同一问题进行比较判断,然后“综合”出一个比较理想的结果^[15].一般情况下 n 位专家中可能有 n_1, n_2, \dots, n_h ($1 \leq n_s \leq n; s = 1, 2, \dots, h; \sum_{s=1}^h n_s = n$) 位专家对于指标 x_1, x_2, \dots, x_m 给出的序关系为 $x_{k1}^{(s)} > x_{k2}^{(s)} > \dots > x_{km}^{(s)}$ ($k = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, h$),同时又给出 $x_{a-1}^{(s)}$ 与 $x_a^{(s)}$ 的重要程度之比为 $r_{ka}^{(s)}$ ($k = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, h$),再由公式(1)计算出 $x_{kb}^{(s)}$ 的权重系数 $\omega_{kb}^{(s)}$,对于每一个 b ($1 \leq b \leq m$),将 n_s 个 $\omega_{kb}^{(s)}$ 的均值作为“综合”结果,记为 $\omega_{bb}^{(s)}$ ($b = 1, 2, \dots, m; s = 1, 2, \dots, h$),即:

$$\omega_b^{(s)} = \left(\prod_{k=1}^n \omega_{kb}^{(s)} \right)^{\frac{1}{n}} \text{ 或 } \omega_b^{(s)} = \frac{1}{n_s} \left(\sum_{k=1}^n \omega_{kb}^{(s)} \right). \quad (3)$$

这时,指标 x_b 的权重系数为

$$\omega_b = k_1 \omega_b^{(1)} + k_2 \omega_b^{(2)} + \cdots + k_h \omega_b^{(h)}, (b = 1, 2, \dots, m). \quad (4)$$

式中: $k_s = \frac{n_s}{n} (s = 1, 2, \dots, h)$.

2.1.5 全局权重计算

根据群组判断得出因素层权重向量为 \mathbf{W} , 因素层下指标权重向量为 $\mathbf{W}_b (b = 1, 2, \dots, m)$. 则各指标的
全局权重为

$$\mathbf{W}' = \mathbf{W}^T \times \mathbf{W}_b. \quad (5)$$

2.2 G₁-DEMATEL 因素分析模型

2.2.1 构建直接影响矩阵

根据G₁法计算出各个指标权重,再根据各因素间的全局权重比值来判断因素间的影响程度^[16].设直
接影响矩阵为 $\mathbf{A} (\mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times n})$, 则根据权重比值构建的直接影响矩阵为

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} = (a_{ij})_{n \times n}, (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n). \quad (6)$$

式中: $a_{ii} = 0, a_{ij} = W_{ij}'/W_{ij}$ 表示某一因素权重与另一因素权重比值.

2.2.2 建立综合影响矩阵

通过式(7)可将直接影响矩阵 \mathbf{A} 进行规范化处理,得到直接影响矩阵 \mathbf{X} :

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} / \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} = (x_{ij})_{n \times n}. \quad (7)$$

根据式(8)可计算综合影响矩阵 \mathbf{Z} :

$$\mathbf{Z} = \sum_{i=1}^{+\infty} \mathbf{X}^i = \mathbf{X}(\mathbf{E} - \mathbf{X})^{-1}. \quad (8)$$

式中: \mathbf{E} 为单位矩阵; \mathbf{X} 为初始直接影响矩阵.

2.2.3 计算相应的指标中心度和原因度

根据以上得到的综合影响矩阵,计算各要素的影响度 R 和被影响度 F , 其中:

$$R_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij}, F_j = \sum_{i=1}^n Z_{ij}. \quad (9)$$

式中: R_i 为要素 i 对所有其他要素影响的综合; F_j 为要素 j 受其他要素影响的综合. 计算各要素的中心度
($R + F$) 和原因度 ($R - F$). 要素的中心度表示 i 对其他要素影响程度和被影响的综合, 中心度越大, 表
示要素 i 在系统中对系统的影响越重要, 原因度表示 i 对系统的净影响, 若原因度大于零, 表明该要素对其
他要素影响较大, 如小于零, 表明该要素受其他要素影响较大.

2.3 计算结果分析

本文邀请了20名具有5a以上煤矿安全生产经验的专家来配合完成分析. 每位专家根据G₁法, 分别对
因素层及相应各指标进行序关系确定, 并按表2的赋值标准对相邻指的相对重要度进行赋值. 最后, 按照
式(1)~式(4)对专家赋值结果进行处理, 经混合群组判断后, 得到因素层和相应各指标的权重. 以因素
 C_1, C_2, C_3, C_4 为例, 一位专家确定的序关系为 $C_4 > C_1 > C_2 > C_3$, 记为 $x_1 > x_2 > x_3 > x_4$; 根据表2给出的
相邻指标重要程度之比为

$$r_2 = 1.4; r_3 = 1.2; r_4 = 1.4,$$

根据式(1)和式(2)计算出权重, $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ 分别为 0.261 4, 0.218 7, 0.155 6, 0.357 6, 对其他专家赋值进行同样的权重计算, 最后按式(4)进行混合群组判断, 得出权重向量的综合结果:

$$W = (0.295 7, 0.204 3, 0.179 8, 0.319 4).$$

同理, 分别对因素层下的各指标进行权重计算, 得到权重向量的综合结果分别为

$$W_1 = (0.329 6, 0.231, 0.180 7, 0.276 4, 0.235 6, 0.214 7);$$

$$W_2 = (0.306 7, 0.233 2, 0.275 1, 0.184 3);$$

$$W_3 = (0.341 0, 0.360 2, 0.298 3, 0.213 6); W_4 = (0.141 8, 0.265 4, 0.331 5, 0.151 7, 0.127 3, 0.113 6).$$

则由式(5)计算出各因素的全局权重:

$$W' = \begin{pmatrix} 0.097 5, 0.068 3, 0.053 4, 0.081 7, 0.069 7, 0.063 5, 0.062 7, \\ 0.047 6, 0.056 2, 0.037 7, 0.061 3, 0.064 8, 0.053 6, 0.038 4, \\ 0.045 3, 0.084 8, 0.105 9, 0.048 5, 0.040 7, 0.036 3 \end{pmatrix}.$$

由以上各个指标的全局权重, 按式(7)和式(8), 并运用 MATLAB 计算函数得到煤矿顶板事故风险因素综合影响矩阵, 具体见表 2, 由于篇幅有限不再列出直接影响矩阵.

表 2 综合影响矩阵

要素	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}	C_{45}	C_{46}	R	F
C_{11}	0.060	0.072	0.062	0.063	0.066	0.061	0.057	0.062	0.062	0.061	0.057	0.058	0.054	0.126	0.072	0.062	0.057	0.063	0.063	0.060	1.295	2.284
C_{12}	0.078	0.144	0.060	0.062	0.065	0.058	0.057	0.061	0.057	0.057	0.055	0.055	0.054	0.069	0.069	0.057	0.056	0.058	0.061	0.058	1.290	2.026
C_{13}	0.104	0.073	0.036	0.064	0.066	0.060	0.061	0.065	0.057	0.060	0.057	0.059	0.056	0.075	0.070	0.062	0.059	0.062	0.067	0.060	1.272	1.375
C_{14}	0.140	0.129	0.065	0.047	0.073	0.069	0.065	0.070	0.066	0.067	0.065	0.064	0.062	0.113	0.080	0.068	0.065	0.069	0.074	0.066	1.517	1.531
C_{15}	0.139	0.129	0.066	0.089	0.047	0.064	0.065	0.071	0.067	0.063	0.060	0.060	0.059	0.086	0.078	0.067	0.065	0.070	0.072	0.066	1.482	1.587
C_{16}	0.128	0.128	0.088	0.072	0.073	0.040	0.064	0.070	0.067	0.063	0.060	0.060	0.059	0.083	0.076	0.067	0.064	0.068	0.071	0.065	1.466	1.354
C_{21}	0.088	0.070	0.062	0.067	0.070	0.061	0.036	0.097	0.063	0.059	0.057	0.057	0.055	0.078	0.076	0.064	0.061	0.063	0.067	0.063	1.315	1.328
C_{22}	0.087	0.077	0.062	0.067	0.070	0.062	0.062	0.041	0.064	0.062	0.059	0.059	0.058	0.120	0.076	0.065	0.063	0.063	0.068	0.064	1.349	1.498
C_{23}	0.139	0.075	0.063	0.069	0.071	0.063	0.062	0.114	0.039	0.063	0.060	0.060	0.059	0.085	0.079	0.066	0.063	0.067	0.070	0.064	1.432	1.338
C_{24}	0.086	0.073	0.061	0.067	0.069	0.063	0.062	0.066	0.058	0.036	0.058	0.057	0.057	0.115	0.072	0.063	0.060	0.063	0.066	0.059	1.312	1.336
C_{31}	0.084	0.073	0.064	0.066	0.068	0.064	0.060	0.065	0.059	0.059	0.033	0.057	0.056	0.115	0.075	0.063	0.058	0.063	0.066	0.060	1.309	1.219
C_{32}	0.086	0.078	0.063	0.067	0.065	0.062	0.062	0.065	0.060	0.060	0.057	0.033	0.057	0.116	0.076	0.063	0.062	0.064	0.067	0.061	1.326	1.225
C_{33}	0.081	0.075	0.062	0.066	0.064	0.061	0.056	0.064	0.059	0.059	0.057	0.056	0.032	0.117	0.075	0.060	0.060	0.063	0.068	0.062	1.296	1.195
C_{34}	0.087	0.170	0.062	0.065	0.063	0.061	0.058	0.063	0.059	0.060	0.057	0.057	0.056	0.049	0.072	0.059	0.058	0.062	0.065	0.058	1.341	1.934
C_{41}	0.136	0.077	0.063	0.070	0.068	0.062	0.061	0.067	0.062	0.062	0.059	0.058	0.059	0.080	0.049	0.062	0.061	0.065	0.067	0.060	1.348	1.819
C_{42}	0.161	0.144	0.110	0.085	0.131	0.122	0.076	0.081	0.076	0.075	0.072	0.072	0.071	0.095	0.140	0.053	0.074	0.079	0.080	0.076	1.873	1.426
C_{43}	0.149	0.123	0.099	0.152	0.155	0.097	0.142	0.104	0.142	0.142	0.086	0.088	0.085	0.120	0.162	0.148	0.068	0.149	0.156	0.143	2.510	1.316
C_{44}	0.144	0.135	0.076	0.130	0.132	0.075	0.071	0.082	0.075	0.075	0.072	0.074	0.068	0.098	0.139	0.077	0.072	0.054	0.130	0.077	1.856	1.449
C_{45}	0.135	0.081	0.068	0.072	0.074	0.067	0.070	0.103	0.066	0.068	0.064	0.065	0.062	0.087	0.126	0.068	0.064	0.069	0.048	0.068	1.254	1.563
C_{46}	0.172	0.100	0.085	0.092	0.095	0.083	0.082	0.086	0.081	0.084	0.077	0.077	0.076	0.104	0.156	0.131	0.125	0.134	0.138	0.057	2.033	1.346

在根据 $R_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij}, F_j = \sum_{i=1}^n Z_{ij}$ 求得煤矿顶板事故致因系统中各组成要素的影响度 R 与被影响度 F . 继而求得各要素的中心度和原因度, 结果见表 3.

表 3 煤矿顶板事故致因系统指标中心度和原因度

要素	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}	C_{45}	C_{46}
中心度	3.58	3.32	2.648	3.049	3.068	2.82	2.6432	2.846	72.769	2.647	2.528	2.551	2.491	3.275	3.166	3.299	3.826	3.605	3.08	3.378
原因度	-0.99	-0.74	-0.1	-0.01	-0.12	0.113	-0.101	-0.1490	0.934	-0.024	0.09	0.101	0.102	-0.59	-0.471	0.447	1.195	0.407	-0.039	0.686

为能更加直观的分析导致煤矿顶板事故的关键因素, 本文以影响煤矿顶板事故发生的风险因素中心

度为横坐标,原因度为纵坐标,绘制煤矿顶板事故风险因素的因果关系图,如图 2 所示.

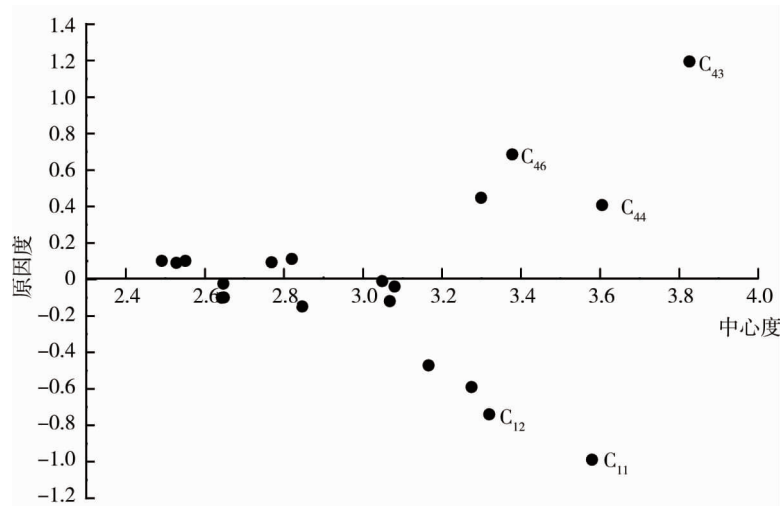


图 2 因果关系

2.4 煤矿顶板事故风险因素分析

通过表 3 和图 2 可以看出,在影响煤矿顶板事故发生的风险因素中,以内部管理机制(C_{43})的中心度最大,表明这个因素在煤矿顶板事故风险因素中对其他风险因素影响作用显著,属于关键风险因素,其次违章指挥(C_{44})、监督体系不完善(C_{46})中心度也偏大,同样属于煤矿顶板事故风险因素中的关键因素,而在人的因素中以三违行为(C_{11})、人员进入冒落区(C_{12})对煤矿顶板事故风险影响最为突出,因此在对于煤矿顶板事故风险因素中,应加强对这方面的预防.由原因度分析可知顶板特性不熟悉、监测监控系统、地质构造、顶板特性、应力集中、教育培训不到位、内部管理机制、监督体系等属于正原因度,表明这些因素除了影响自身外,对其他因素也会造成一定的影响,如果不能较好的控制或改善这些因素,造成事故的可能性会大大增加.

3 结论

1) 影响煤矿顶板事故发生的风险因素为管理因素,因此为更好的预防顶板事故的发生,需建立健全内部管理机制,强化“安全第一”的意识,落实事故问责制度,明确各部门和管理人员的安全生产责任,逐步形成包保责任体系,激励和引导好工作人员的责任意识.

2) 加大对煤矿工人的培训和教育力度,加强煤矿安全知识宣传,提高安全和自保互保意识,提高对顶板风险辨识和分析能力,制定相应的规章制度,杜绝三违行为、人员进入冒落区等事情的发生.

3) 完善安全监督监管体系,依照国家最新制定的煤矿安全规程制定法律法规,对生产过程中的敲帮问顶不到位等违章行为进行批评,禁止违章指挥和违章作业.

参考文献:

- [1] 明峻峻. 基于 ISM 的煤矿顶板事故致因研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2013.
- [2] 彭成. 2004-2008 年全国煤矿顶板事故分析[J]. 中国煤炭, 2010(1): 104-105.
- [3] 程亮, 张杨. 基于 F-N 曲线的顶板事故风险接受准则研究[J]. 煤, 2011(7): 14-16.
- [4] 戴林超. 我国煤矿顶板灾害事故安全分级评价及应用[J]. 矿业安全与环保, 2016(2): 50-53.
- [5] Duzgun H S B. Analysis of roof fall hazards and risk assessment for Zonguldak coal basin underground mines[J]. International Journal of Coal Geology, 2005.

- [6] 明崧崧,李亨英,李忠卫. 基于 ISM 法对煤矿顶板事故致因研究[J]. 煤矿安全,2013(9):238-240.
- [7] 张超. 影响煤矿顶板事故的地质因素[J]. 现代商贸工业,2011(4):295-296.
- [8] 张勇. 顶板动态监测集成技术研究[D]. 青岛:山东科技大学,2009.
- [9] 李建婷. 无线矿井顶板压力传感器网络研究与实现[D]. 西安:西安科技大学,2011.
- [10] 李贤功,葛家家,胡婷,等. 煤矿顶板事故致因分析的贝叶斯网络研究[J]. 中国安全科学学报,2014(7):10-14.
- [11] <http://www.chinasafety.gov.cn/newpage>
- [12] Coulter S, Bras B. Reducing environmental impact through systematic product evaluation[J]. The International Journal of Environmentally Conscious Design & Manufacturing,1997, 6(2):1-10.
- [13] 王晓燕,申桂香,张英芝,等. 基于 DEMATEL 方法的数控装备故障相关性分析[J]. 吉林大学学报(工学版),2012(s1):100-103.
- [14] 陈述,余迪,吴黎明. 基于 G_1 法的高危作业疲劳风险模糊综合评判[J]. 中国安全生产科学技术,2014,10(4):90-95.
- [15] 李敬强,赵宁. 基于 G_1 -DEMATEL 的飞行员心理健康评价指标体系研究[J]. 航天医学与医学工程,2014,27(6), 413-418.
- [16] Liou J, Yen L, Tzeng G. Building an effective safety management system for airlines [J]. Journal of Air Transport Management,2008,14(1):20-26.