

“中国煤炭科工自动化与安全装备技术成果”专题

【编者按】煤矿自动化与安全装备技术的发展和有效应用有效减少了煤矿井下作业人员,提高了生产率和事故防范能力,对保证煤矿安全、绿色、高效、智能生产起到了积极作用。中国煤炭科工集团有限公司(简称中国煤炭科工)是国际知名、国内一流的创新型煤炭科技企业,积极推动煤矿自动化与安全装备技术的研发和成果转化,为我国煤矿自动化及安全技术的发展做出了积极贡献。为了充分展示中国煤炭科工在煤矿自动化与安全领域的新技术、新装备等成果,切实发挥科技期刊服务于科技创新、服务于科研人员、服务品牌建设的作用,本刊组织策划了“中国煤炭科工自动化与安全装备技术成果”专题,报道了中国煤炭科工在煤矿安全监测监控、煤矿重大灾害监测预警及防治、煤矿机械电气控制、煤矿机电设备状态监测与故障诊断、矿井钻探、煤矿信息化等技术方面取得的研究成果。衷心感谢各专家学者在百忙之中为本刊撰稿!

文章编号:1671-251X(2019)08-0048-07

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2018100063

煤矿安全隐患风险评价研究

何桥, 许金, 陈清

(中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039)



扫码移动阅读

摘要:现有的煤矿安全隐患风险评级只是简单的隐患叠加,隐患风险评价没有考虑时间因素,不能达到实时预警目的,更不能反映不同时刻隐患的状态,且风险评价没有与隐患排查闭环管理流程紧密结合,不能反映风险的动态变化。针对以上问题,分析了煤矿安全隐患的形成、发展到事故发生的隐患生命周期,并结合隐患排查及预警管理流程,对单个隐患风险和区域隐患风险进行了综合评价,并建立相应的应急处理机制。采用评点法,从隐患排查辨识难度、隐患易发性、隐患可控性等方面对单个隐患风险进行评价,将隐患整改持续时间纳入到隐患风险评价中,实时反映出不同时刻隐患的状态,更加符合隐患的发展规律;根据煤矿安全隐患排查治理能力与动态显性隐患的制约关系对区域隐患风险进行综合评价,根据区域综合隐患风险值,结合区域实际可分别设置不同的预警等级,实现区域隐患综合预警,将隐患排查治理能力因素考虑在区域隐患风险评价中,更能准确反映出区域隐患的风险程度和风险趋势。

关键词:煤矿安全隐患;隐患生命周期;区域隐患风险;动态显性隐患;隐患排查辨识;隐患治理;风险评价;预警

中图分类号:TD76

文献标志码:A

Research on risk assessment of coal mine safety hidden dangers

HE Qiao, XU Jin, CHEN Qing

(CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: The existing risk rating of coal mine safety hidden dangers is simply superposition of hidden dangers, risk evaluation of hidden dangers does not consider time factor, so it cannot achieve purpose of real-time early warning, nor reflect state of hidden dangers at different times. Moreover, risk evaluation is

收稿日期:2018-10-26;修回日期:2019-03-25;责任编辑:张强。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2018YFC0808300);重庆市煤炭发展专项资金资助项目(煤矿安全移动智能管理系统)。

作者简介:何桥(1991-),男,四川三台人,研究实习员,硕士,主要从事煤矿安全和矿山信息化方面的研究工作,E-mail:13366600192@163.com。

引用格式:何桥,许金,陈清.煤矿安全隐患风险评价研究[J].工矿自动化,2019,45(8):48-53.

HE Qiao, XU Jin, CHEN Qing. Research on risk assessment of coal mine safety hidden dangers[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(8): 48-53.

not closely integrated with closed-loop management process of hidden dangers identification, and it cannot reflect dynamic changes of risks. For the above problems, the life cycle of coal mine safety hidden dangers was analyzed, including its formation, development and evolved into an accident, the single hidden dangers risk and regional hidden dangers risk were comprehensively evaluated combing with the process of hidden dangers identification and warning management, and corresponding emergency treatment mechanism was established. Using evaluating-point approach, the single hidden dangers risk was evaluated from the difficulty of identification, vulnerability and controllability, the duration of hidden dangers rectification is included in the hidden dangers risk evaluation, so as to reflect hidden dangers status at different times in real time, which is more in line with the development law of hidden dangers. According to restrictive relationship between identification and management ability and dynamic dominant hidden dangers, the regional hidden dangers risk was evaluated comprehensively, on the basis of risk value and characteristics of region, different early warning levels can be set to realize comprehensive early warning of regional hidden dangers. Considering factors of hidden dangers identification and management ability in the regional hidden dangers risk evaluation, can more accurately reflect the risk degree and risk trend of regional hidden dangers.

Key words:safety hidden dangers in coal mine; life cycle of hidden dangers; regional hidden dangers risk; dynamic explicit hidden dangers; hidden dangers identification; hidden dangers management; risk assessment; early warning

0 引言

煤矿安全隐患的状态和发展趋势直接影响煤矿事故发生的可能性^[1],随着隐患排查治理制度的开展和推进,各煤矿安全生产形势明显好转,然而煤矿安全隐患排查治理的科学性和有效性还有待加强,主要存在如下问题:① 隐患风险评价不足,风险评级只是简单的隐患叠加。② 隐患风险评价没有考虑时间因素,不能达到实时预警目的,更不能反映不同时刻隐患的状态。③ 风险评价没有与隐患排查闭环管理流程紧密结合,不能反映风险的动态变化等^[2-4]。

基于以上原因,本文从隐患形成机理出发,分析隐患生命周期,并结合隐患排查闭环管理流程,对单个隐患风险和区域隐患风险进行评价,并建立了相应的应急处理机制。

1 煤矿安全隐患风险因素分析

1.1 隐患生命周期

隐患是煤矿生产过程中出现的不稳状态和不安全状态,具体包括人的不安全行为、物(设备)的不安全状态、环境的不安全性和管理缺陷,是由危险源转化而来,且不是独立存在的,它必须以显性危险源或其他形式的物质作为载体,本质上是一种危险的状态,其从孕育、发展到被发现、消亡需经过一定的周期^[4]。本文将危险源状态开始发生变化到不能依靠当前技术辨识出来的这一时间段称为隐患形成阶

段,将隐患能被辨识到诱发为事故这一阶段称为隐患发展阶段,隐患生命周期如图 1 所示。

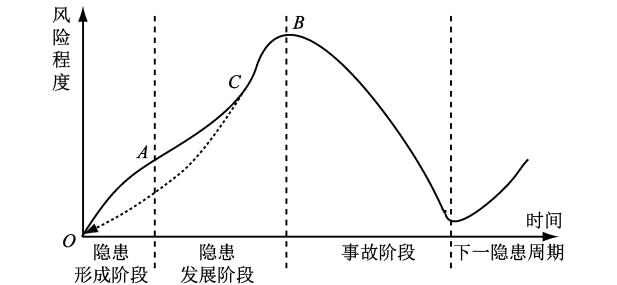


图 1 隐患生命周期

Fig. 1 Life cycle of hidden dangers

在隐患形成阶段,其隐蔽性较强,不易被察觉,随着内部危险因子量变的叠加导致阶段性的质变,其隐蔽性逐渐减弱。当隐患形成后,进入隐患发展阶段,在该阶段,若隐患不能及时被排查出并得到有效整改,将诱发为事故,事故的发生使得隐患内部聚集的能量得到突然释放,使得该隐患危险程度降低,随着时间的推移,内部危险因子再次集聚,进入下一隐患周期^[5-7]。在隐患发展阶段,即 B 点前的 C 点时刻,若能辨识出隐患并有效整改,则其风险程度将会降低,即在 B 点前的任意时刻,隐患的发展都是可逆的,如图 1 中曲线 CO 段。由于不同隐患内部风险集聚的速率不同,在进入发展阶段时其风险程度也是不同的,所以,需要区别对待。对于煤矿企业来说,A 点越靠前,则可供隐患整改的时间越多,越有利于隐患的控制。因此,通过加强隐患排查力度,提高隐患辨识能力来提高隐患管理能力是可行的。

1.2 隐患风险因素分析

根据对隐患生命周期的分析可知,损失并不是事故独有的特性,在隐患的任一时刻都伴随着损失的产生,即可以简单地认为隐患是没有造成直接损失的事故^[8-10]。从图 1 可知,在隐患形成阶段,虽然没有造成事故,但仍然会对煤矿生产带来负面影响,比如降低生产效率、诱发次生隐患等,而在隐患发展阶段,若隐患没有被排查人员及时发现或发现后没有得到有效控制,最终将会导致事故的发生。由此建立如图 2 所示的指标体系,对隐患风险进行评价^[11-12]。

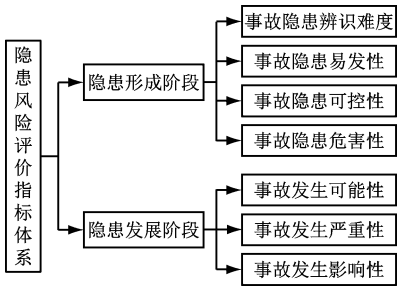


图 2 隐患风险评价指标体系

Fig. 2 Risk evaluation index system of hidden dangers

1.3 区域隐患风险分析

1.3.1 区域显性隐患风险

显性隐患是指已经被识别排查出的隐患,区域的隐患风险由各个隐患的风险值通过线性或非线性的方式组合叠加而成。显然,区域的煤矿安全隐患数量越多,安全隐患风险越高,安全隐患暴露时间越长,该区域的风险等级就越大。随着安全隐患数量的增加和时间的推移,风险积累的速度会加快,一旦发生事故,会造成更大的破坏。因此,笔者认为在隐患数量和时间增加到一定值时,区域的危险程度与隐患数量、隐患风险值和时间近似呈指数关系。

1.3.2 区域隐性隐患风险

若某区域由于辨识能力较低,对隐患排查不彻底,可能当前的隐患数量较少,呈现“伪安全”状态;而当大量隐患发展到难以控制阶段才被发现时则会使得评价区域由安全突然变为高度危险区域。由此可知,能否及时将安全隐患转化为危险源状态,将煤矿事故扼杀在安全隐患阶段,隐患控制是否得当起关键作用。既要保障系统的当前安全,又要保障系统的未来安全。而对隐患的控制包括隐患的辨识、整改、验收和消解等,其统称为隐患排查治理能力。隐患排查治理能力能反映出对当前已排查出来的隐患的控制能力,还可反映区域内的隐性致灾风险程度。显然,一个区域的隐患排查治理能力越高,未能排查出的隐性隐患就越少,对动态显性隐患的控制

能力就越强,其区域就越安全。因此,通过对区域的隐患排查治理能力的评价可以从侧面反映出区域的安全状态和安全风险发展态势。

2 隐患排查及预警流程

煤矿的隐患排查组织机构按层级一般分为班组级、科段级、专业排查会级、矿级排查会级,各层级的隐患排查治理人员由各自所属部门构成。除了班组级外,各层级均设置有各自的排查人员、整改人员和验收人员等。煤矿安全隐患预警响应即是当排查人员排查出隐患时,根据隐患的预警等级和隐患的类别不同将隐患推送给不同机构的负责人,再由负责人根据隐患预警等级的不同指定不同隐患整改责任人、督办人并采取不同整改措施等。由隐患排查系统跟踪每一条隐患的动态,根据不同级别隐患整改情况,计算出区域的隐患风险值。对于整改经常超期的隐患,需对其进行重新评价。隐患排查及预警流程如图 3 所示。

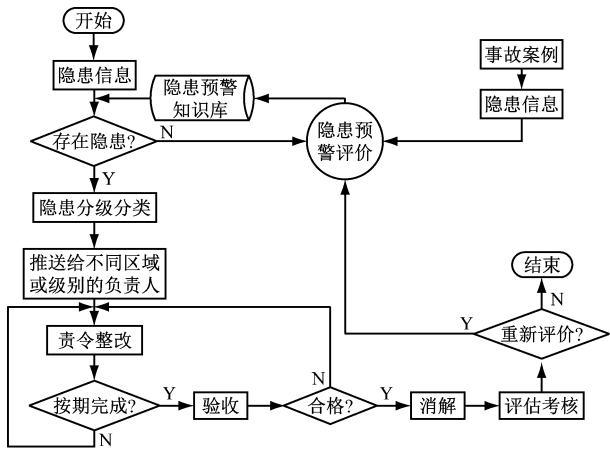


图 3 隐患排查及预警流程

Fig. 3 Flow of hidden dangers identification and early warning

3 单个隐患风险评价

由于隐患风险评价的指标基本都是定性或半定量的,很难客观地对隐患进行评价。结合隐患排查组织机构和流程,隐患排查辨识难度通过隐患来源来反映;隐患的易发性通过周期时间内同一隐患发生的频率来衡量;隐患的可控性通过隐患的整改时间来反映。参考危险源风险评价方法,本文采用评点法对单个隐患风险进行评价,各指标的评点数由煤矿领域的专家确定,并且需根据实际情况进行调整。隐患风险值计算公式为

$$S = \prod S_i \tag{1}$$

式中 S_i 为隐患各阶段的风险, $i=1,2,\cdots,7$ 。

结合隐患排查闭环管理流程和某煤矿隐患排查组织机构实际情况,建立表 1 所示的隐患因子风险评价。

表 1 隐患因子风险评价		
Table 1 Risk assessment of hidden dangers factors		
指标	评价集	评点数
隐患辨识难度	很容易(班组排查)	0.2
	较容易(科、区段排查)	0.5
	较难(专业排查会)	0.8
	很难(矿级及以上部门)	1
隐患易发性	经常发生(>7 次/月)	1.5
	较常发生(4~7 次/月)	0.8
	偶尔发生(3~4 次/月)	0.5
	很少发生(<2 次/月)	0.2
隐患可控性	很容易(整改时间<1 d)	1
	较容易(整改时间为 1~3 d)	4
	较难(整改时间为 3~7 d)	7
	很难(整改时间>7 d)	10

其余指标则需要结合历史事故案例和专家经验进行综合评分,评价集可分为{对系统有严重影响、对系统有局部影响、对系统产生轻度影响、对系统基本不产生影响},对应的评点数分别为{10,7,4,1}。根据隐患风险值设定相应的预警机制,见表 2。

表 2 隐患风险预警机制				
Table 2 Early warning mechanism of hidden dangers				
风险值	预警级别	整改级别	整改责任人	计划整改时间/d
>320	红	矿级	矿领导	7~10
160~320	橙	专业排查会	专业分管领导	3~7
60~160	黄	科段级	科段长	1~3
<60	蓝	班组级	班组长	现场整改

4 区域隐患风险评价

4.1 显性隐患风险评价

本文采用改进的线性加权法对区域内的显性隐患风险进行评价。

$$y=\sum_{i=1}^nf(X_i^*)$$

(2)

式中: y 为区域显性风险值; X_i^* 为第 i 个隐患固有风险值; n 为隐患个数。

为了方便累加计算,需对所有值做归一化处理,可采用单一隐患预警等级来近似归一化处理,见表 3。

表 3 各预警等级隐患风险归一化值				
Table 3 Normalized values of hidden dangers risk for each warning level				
预警等级	红	橙	黄	蓝
风险归一化值	1	0.8	0.5	0.2

根据隐患生命周期分析可知,当隐患被成功整改前,其风险会随着时间推移而增加。式(2)和表 3 的风险计算,只考虑了隐患的计划整改时间。对于特定的某个隐患,如果隐患未能按期整改完成,则隐患的风险增加也应被实时反映出来。因此,根据风险流突变规律,本文采用知识函数对其进行修正。

$$f(X_i^*)=\begin{cases}I_i&x=0\\I_i\exp(0.1x)&x>0\end{cases}$$

(3)

式中: I_i 为第 i 个隐患的归一化风险值; x 为超过第 1 次计划完成天数。

4.2 隐患控制因子评价

4.2.1 指标体系

隐患控制因子即隐患排查治理能力,其包括计划排查过程、排查过程、整改过程、验收过程、消解过程和评估反馈等关键子过程。整改过程可划分为管理和人员两大类。本文认为评估隐患排查治理能力应从管理制度和团队人员两方面考虑,同时根据指标选取的原则,并结合现阶段隐患排查标准化系统设计与运行情况,以煤矿企业隐患排查闭环管理标准化流程为基础建立煤矿安全隐患排查治理能力评价指标体系^[12-14],见表 4。

表 4 煤矿安全隐患排查治理能力评价体系		
Table 4 Evaluation system of identification and control ability of coal mine safety hidden dangers		
分类	指标名称	属性
人员与团队	文化程度指数(A_1)	正
	工龄指数(A_2)	正
	作业人员培训合格率(A_3)	正
	三违指数(A_4)	负
	从业人员职称指数(A_5)	正
	从业人员资质指数(A_6)	正
制度与管理	安全隐患排查机构覆盖指数(B_1)	正
	排查人员配置率(B_2)	正
	排查人员覆盖指数(B_3)	正
	安全隐患排查落实率(B_4)	正
	一次整改合格率(B_5)	正
	安全隐患超期整改率(B_6)	负
	重复发现安全隐患频率(B_7)	负
	安全隐患未闭环率(B_8)	负
	新发现安全隐患指数(B_9)	正

借鉴软件能力成熟度^[15]和项目管理成熟度的等级划分,结合煤矿安全隐患排查闭环管理的特点,将隐患排查治理能力划分为 5 个层级,即优化级、已管理级、已定义级、可重复级和初始级。

4.2.2 评价方法

本文采用改进的一元四次集对分析评价方法^[15]、隐患排查治理能力等级进行评价,其步骤如下:

- (1) 以月(季度/年)为单位获得各指标体系的值,并进行归一化处理。
- (2) 根据隶属度函数计算出各指标的值得。
- (3) 根据各指标的联系数计算出各指标的联系数度。
- (4) 由各指标联系数函数组成总的评价矩阵,获得各等级的联系数。
- (5) 根据同一度判定规则,依据各等级联系数,确定最终的等级。

4.3 区域隐患风险综合评价

根据煤矿安全隐患排查治理能力与动态显性隐患的制约关系,为了准确地评估各区域当前所处的风险等级,及时排查治理隐患,本文根据区域的隐患排查治理能力来修正煤矿隐患排查治理风险,风险值计算式为

$$S^* = \omega S \tag{4}$$

式中: S^* 为修正后的区域隐患风险值; ω 为风险修正系数,由隐患排查治理能力决定。

根据隐患治理能力的定义,结合某煤矿实际,风险修正系数 ω 取值见表 5。

表 5 风险修正系数

Table 5 Revision coefficient of risk

隐患排查治理能力等级	风险修正系数
I(优化级)	1
II(已管理级)	1.1
III(已定义级)	1.3
IV(可重复级)	1.5
V(初始级)	2

根据区域综合隐患风险值,结合区域实际可分别设置不同的预警等级,实现区域隐患综合预警。根据不同的预警等级,各部门应设置相应的预警响应,如升级督办,加大隐患排查治理培训力度等。结合某煤矿实际设定区域预警区间值,见表 6。

表 8 采煤 6 段某月隐患排查治理能力指标值

Table 8 Indicator values of identification and control ability of hidden dangers in sixth department during some month

指标	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9
指标值	0.338	0.912	0.967	0.104	0.234	1	1	0.198	0.998	0.987	0.964	0.012	0.127	0	0.097

表 6 各层级隐患预警区间值

Table 6 Hidden dangers warning interval values at all levels

层级	区间值			
	红色预警	橙色预警	黄色预警	蓝色预警
班组	0.8~1	0.5~0.8	0.2~0.5	<0.2
科段	>5	3~5	1.5~3	<1.5
专业	20~25	12~20	8~12	<8
全矿	>60	40~60	30~40	<30

5 实例

以北京地区某矿为例,对本文所述的区域隐患风险评价模型进行应用。该矿建立了较完善的隐患排查制度,并配备了隐患排查系统。该矿主要采用柔性掩护支架采煤法进行采煤,隐患主要集中在采煤和掘进工作面,主要为顶板类隐患。

隐患评价的主要步骤:首先根据单一隐患评价方法对工作面可能存在的所有隐患进行评价,并保存至知识库;然后以月或季度为周期评价各层级的隐患排查治理能力;最后根据实时的隐患数量、各隐患风险值、隐患暴露时间和当月所在部门的隐患排查治理能力进行实时综合风险评价。从隐患排查系统中获取到该矿采煤 6 段某天隐患情况,见表 7。

表 7 采煤 6 段隐患风险情况

Table 7 Risk situation of hidden dangers in sixth department of coal mining

隐患描述	风险	等级	状态	超期天数
8053 工作面 4 号仓 50—110 号支架顶板拐弯挂架,支架下放困难	269	橙	二次整改	3
693 工作面拆架队,西四片切巷 180—190 号支架离开顶板,拆架、运架时易发生窜矸,造成伤人事故	257	橙	整改中	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(1) 区域动态显性隐患风险:根据式(2)、式(3)计算出该科段当天的隐患风险值。

$$S = 0.8e^{0.3} + 0.8 + 0.8 = 2.68 \tag{5}$$

(2) 区域隐患排查治理能力:按照 4.2 节中隐患控制因子评价方法,整理得到该科段当月的隐患排查治理能力指标数据,见表 8。

根据治理能力评价方法计算出该科段当月隐患排查治理能力等级为已管理级。

(3) 综合风险预警:根据式(4)计算出该科段综合风险值为

$$S^* = 2.68 \times 1.1 = 2.95$$

(6)

根据预警等级划分,可知该科段当天预警等级为黄色预警。同时,根据风险判定机制可知,如第2天第1条超期隐患仍未整改,则隐患的风险值就会变为

$$S = 0.8e^{0.4} + 0.8 + 0.8 = 2.79$$

(7)

加权后为

$$S^* = 2.79 \times 1.1 = 3.07$$

(8)

此时该科段预警等级就会变成橙色预警,应启动橙色预警响应。由此可以看出,对于同一区域的隐患,如果没有得到及时整改,则该区域的隐患风险会随着时间的推移而增加,这也符合隐患风险演变规律。同理,对于不同区域的相同数量及级别的隐患,若整改情况不同,则煤矿区域风险预警等级也不同。煤矿安全管理人员可以有针对性地制定隐患排查计划,加强煤矿隐患排查治理和风险管控。

6 结论

(1) 通过分析隐患形成过程,揭示了隐患生命周期,并指出在诱发为事故前的某一关键点之前,隐患的发展都是可逆的。

(2) 从事故隐患的形成和发展2个方面评价单个隐患风险,结合隐患排查治理中隐患来源、整改时长、发生频次等对其进行量化评价,使得评价结果相对客观。

(3) 将隐患整改持续时间和隐患排查治理能力因素纳入煤矿区域隐患风险评价中,实时反映出不同时刻隐患的状态,更加符合隐患的发展规律,更能准确反映出区域隐患的风险程度和风险趋势,更加有利于管理者做出决策。

参考文献(References):

[1] 何国家,刘双勇,孙彦彬.煤矿事故隐患监控预警的理论与实践[J].煤炭学报,2009,34(2):212-217.

HE Guojia, LIU Shuangyong, SUN Yanbin. Theory and practice of coalmine accident hidden danger monitoring and early warning[J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(2): 212-217.

[2] 韦钊,赵红泽,何桥.某煤矿事故隐患排查治理数据分析及探讨[J].煤炭技术,2017,36(1):170-173.

WEI Zhao, ZHAO Hongze, HE Qiao. Analysis and

discussion on data of hidden dangers investigation and management of coal mine[J]. Coal Technology, 2017, 36(1): 170-173.

[3] 李要锋.煤矿安全隐患排查治理分析[J].中国管理信息化,2015,18(15):137-139.

LI Yaofeng. Investigation and treatment analysis of hidden danger in coal mine[J]. China Management Informationization, 2015, 18(15): 137-139.

[4] 吴兵,许正东,王紫薇,等.基于流程管理的煤矿隐患闭环管理系统的研究[J].中国煤炭,2015,41(1):73-77.

WU Bing, XU Zhengdong, WANG Ziwei, et al. Study on closed-loop management system of hidden dangers in coal mines based on workflow management[J]. China Coal, 2015, 41(1): 73-77.

[5] 韦钊,赵红泽,何桥.煤矿企业班组隐患排查体系研究及实践[J].煤炭工程,2017,49(1):135-137.

WEI Zhao, ZHAO Hongze, HE Qiao. Study and practice of hidden dangers inspection system in coal mine teams and groups[J]. Coal Engineering, 2017, 49(1): 135-137.

[6] 赵红泽,原江涛,韦钊,等.煤矿班组隐患排查系统构建技术[J].煤矿安全,2017,48(1):228-230.

ZHAO Hongze, YUAN Jiangtao, WEI Zhao, et al. Construction technology of hidden danger investigation system in coal mine group[J]. Safety in Coal Mines, 2017, 48(1): 228-230.

[7] 韦钊.煤矿事故隐患排查与管控关键技术及应用研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2018.

[8] 王龙康.煤矿安全隐患层次分析与预警方法研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2015.

[9] 刘年平.煤矿安全生产风险预警研究[D].重庆:重庆大学,2012.

[10] 张明剑.煤矿安全生产闭环管理技术研究与应用[J].煤炭科学技术,2011,39(10):58-61.

ZHANG Mingjian. Study and application of closed loop management technology in mine safety production[J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(10): 58-61.

[11] 张建航,程五一,杨延昭,等.事故隐患两阶段风险评价方法的研究[J].中国安全科学学报,2009,19(1):150-155.

ZHANG Jianhang, CHENG Wuyi, YANG Yanzhao, et al. Study on the two stage risk evaluation on methods for potential hazards [J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(1): 150-155.

[12] 王欣艳.煤矿安全隐患治理能力评估与预测方法研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2013.

[13] 王欣艳.基于CMM的隐患治理能力成熟度模型研究

与应用[J]. 微型机与应用,2015,34(2):7-10.

WANG Xinyan. Research and application on a novel method for assessment of hidden danger governance capability maturity based on CMM [J]. Microcomputer & its Applications,2015,34(2):7-10.

[14] 张瑞新,王群,王欣艳. 基于组合赋权法的隐患排查治理能力体系评价研究[J]. 煤炭技术,2014,33(5):58-61.

ZHANG Ruixin, WANG Qun, WANG Xinyan. Evaluation system of investigation and risk management ability based on method of combination weighting[J]. Coal Technology,2014,33(5):58-61.

[15] 赵红泽,何桥,韦钊,等. 煤矿安全隐患排查治理能力集对分析评估模型[J]. 工矿自动化,2017,43(2):81-85.

ZHAO Hongze, HE Qiao, WEI Zhao, et al. Set pair analysis and evaluation model of security risks investigation and govern ability of coal mine [J]. Industry and Mine Automation,2017,43(2):81-85.