



移动扫码阅读

高晓旭,申阳阳,门 鸿.煤矿双重预防机制信息系统研究与应用[J].煤炭科学技术,2019,47(5):156-161.

doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.05.025

GAO Xiaoxu, SHEN Yangyang, MEN Hong. Research and application of coal mine double preventive mechanism information system[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(5): 156-161. doi: 10.13199/j.cnki.cst.2019.05.025

煤矿双重预防机制信息系统研究与应用

高晓旭^{1,2}, 申阳阳¹, 门 鸿¹

(1.西安科技大学 能源学院,陕西 西安 710054;2.西部矿井开采及灾害防治重点实验室,陕西 西安 710054)

摘要:为了预防煤矿重特大事故的发生,解决现行风险和隐患信息系统在煤矿应用中存在的问题,在调研基础上,优化了风险预控流程和隐患闭环管理流程;设计了由数据采集层、通信传输层、信息服务层、应用层和接入层构成的系统总体架构;以J2EE为开发平台、SSM为开发架构,借助Java语言开发了包括安全风险分级管控、隐患排查治理、安全生产标准化以及系统管理在内的双重预防机制信息系统;采用熵权-灰色关联度评价方法评价系统的风险数据,隐患数据借助FP-Growth算法对其在多个维度间的关联关系进行挖掘,为煤矿提供辅助决策。结果表明:系统部署在云服务器上,员工可通过浏览器和手机APP登录进行随时随地办公;系统的业务流程符合煤矿实际工作需求,统计与分析模块能为煤矿风险管控和隐患治理提供可靠的决策建议。

关键词:双重预防机制;管理流程;信息系统;安全评价;数据挖掘;辅助决策

中图分类号:TD76

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2019)05-0156-06

Research and application of coal mine double preventive mechanism information system

GAO Xiaoxu^{1,2}, SHEN Yangyang¹, MEN Hong¹

(1.School of Energy and Resource, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2.Key Laboratory of Western Mine and Hazard Prevention of Ministry of Education, Xi'an 710054, China)

Abstract: The paper aims to prevent the occurrence of serious and extraordinary accidents and solve the existing problems in application of current risk and hidden danger information system in coal mines. The risk pre-control process and hidden danger closed-loop management process are optimized on the basis of investigation and research. Then the overall architecture of the system is developed, which includes the data acquisition layer, communication transmission layer, information service layer, application layer, and access layer. Using J2EE as the development platform, SSM as the development architecture, and Java as language, a dual preventive mechanism information system is developed which includes security risk grading control, hidden danger detection and management, safety production standardization, and system management. The risk data of the system is evaluated by the method of entropy weight-gray correlation degree and the hidden danger data is mined by FP-Growth algorithm which can provide assistant decision-making for coal mines. The results show that the system is deployed on the cloud server to ensure that employees can log in through browser and mobile APP at anytime and anywhere. The business process of the system meets the actual needs of coal mine work, and the statistical and analytical modules can provide reliable decision-making suggestions for coal mine risk management and hidden danger management.

Key words: double prevention mechanism; management process; information system; safety evaluation; data mining; assistant decision-making

0 引 言

为预防重特大事故的发生,国家要求对易发生重特大事故的行业实行风险分级管控、隐患排查治

理双重预防性工作^[1]。2017年7月1日,《煤矿安全生产标准化基本要求及评分方法》开始试行,它在质量标准化的基础上,增加了对双重预防机制工作的考核,要求采用信息化手段对其管理。

收稿日期:2019-04-10;责任编辑:王晓珍

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51604212);陕西省创新能力支撑计划(科技创新团队)资助项目(2018TD-038)

作者简介:高晓旭(1978—),男,山西吕梁人,副教授,博士。E-mail: s1262509943@126.com

通过对陕北一些煤矿双重预防机制信息系统的建设情况调研可知,少数国企有与此相关的系统,但大多是分割开来各成体系的,而未整合在一起。在双重预防机制信息系统的研究中,国内外学者都细致地研究了风险信息数据库的构建过程,为系统构建奠定了基础^[2-3],沈立^[4]把 GIS 地理信息系统应用于危险源和隐患监控领域,李贤功等^[5]根据风险预控和隐患管理流程,设计了满足煤矿安全风险预控与隐患闭环管理的信息系统,郑丽^[6]针对具体煤矿设计了安全风险管控云平台,这在一定程度上提升了煤矿风险在线监测能力,但是没有对风险隐患数据进行分析利用。随着大数据、云计算等技术的快速发展^[7-8],煤矿大量的风险隐患数据之间的关系迫切需要被挖掘^[9-10],为煤矿提供辅助决策,苟怡等^[11]设计了隐患闭环管理系统,只对隐患在多个维度间的关联关系进行挖掘。

基于上述情况,笔者提出通过对风险和隐患的管理流程进行分析设计,并设计出与之对应的系统软件架构,借助云计算、大数据等信息化技术进行煤矿双重预防机制信息系统开发与应用,同时对系统中的风险数据进行评价,对隐患数据进行挖掘,给煤矿提供可靠、便捷的辅助决策。

1 煤矿风险、隐患管理流程

1.1 煤矿风险管理流程

本流程在风险预控^[12]流程的基础上,明确了带班领导和科室领导对本矿辨识出风险的管控过程,做到管控过程有据可循,体现了风险的分级管控,并且将风险和隐患关联起来,便于在发生事故时责任的反向追溯,做到责任到人、责权分明,风险管控流程如图 1 所示。

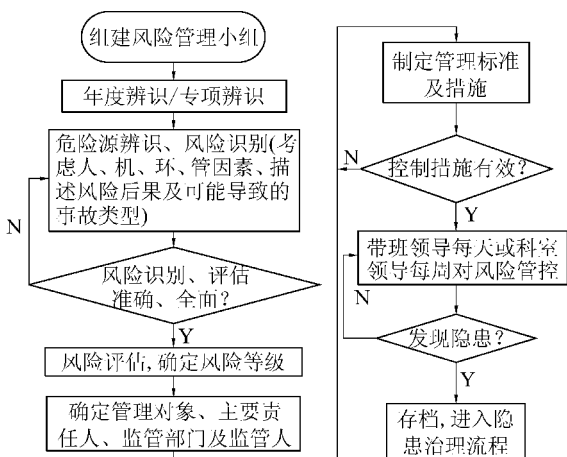


图 1 煤矿安全风险管控流程

煤矿首先要建立安全风险分级管控管理部门,每年底矿长组织分管负责人和相关科室、区队对全矿易发生群死群伤事故的危险因素开展年度安全风险辨识;新工作面设计前、生产系统(工艺)发生重大变化时、新技术应用前和本矿发生死亡或涉险事故等要进行一次专项辨识。辨识完成后形成风险清单,带班领导、科室领导定期对风险尤其是重大风险进行管控,并对管控效果进行评估,如发现隐患,进入隐患管理流程。

1.2 煤矿隐患闭环管理流程

隐患的闭环管理流程把上级领导、矿领导、科室或区队人员排查出的事故隐患从编号到确实按“五落实”要求完成整改的隐患进行销号的全过程记录下来,增加了隐患的延期申请过程,满足由于不可抗拒因素导致的在规定时限内不能完成整改的需求,还增加隐患的分析挖掘与辅助建议,完善了原有的隐患管理流程,隐患闭环管理流程如图 2 所示。

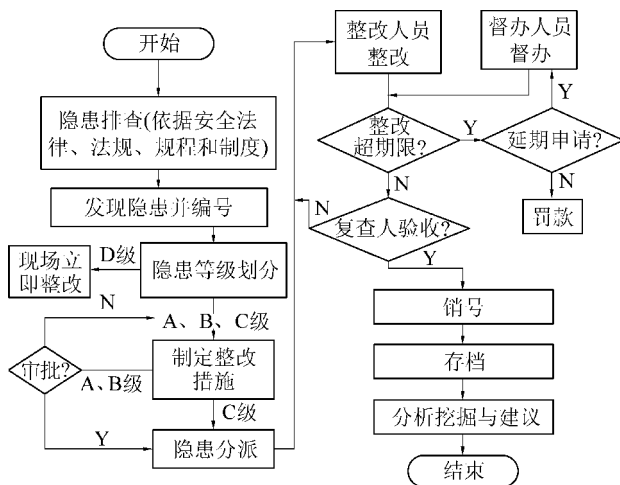


图 2 煤矿事故隐患闭环管理流程

Fig.2 Flow chart of closed-loop management of hidden dangers about coal mine accidents

2 煤矿双重预防机制信息系统

2.1 系统架构

系统将采用 B/S+C/S 相结合的方式,B/S 方式通过浏览器访问系统^[13],C/S 通过手机 App 操作系统,实现了随时办公。要实现随地办公,需要将系统布置在公网的服务器上,而 IaaS 云服务器恰好满足,而且此服务是按需购买使用,方便灵活,还省去了购买昂贵硬件的开支,因此本系统采用现成的云计算服务平台提供的基础设施即服务(IaaS)^[14],即云服务器来搭建系统,只需为用户提供访问接口即可。系统总体架构分为数据采集层、通信传输层、信息服务层、应用层和接入层 5 个层次,如图 3 所示。

1) 数据采集层主要实现煤矿井上下信息的采集。采集的数据分为资料性数据和检查业务类数据,资料性数据包括煤矿安全生产标准化材料、作业规程和操作规程等;检查业务类数据主要包括煤矿年度和专项辨识出的风险、矿领导和上级主管部门检查出来的隐患、安全生产标准化月度自评打分情况等数据。

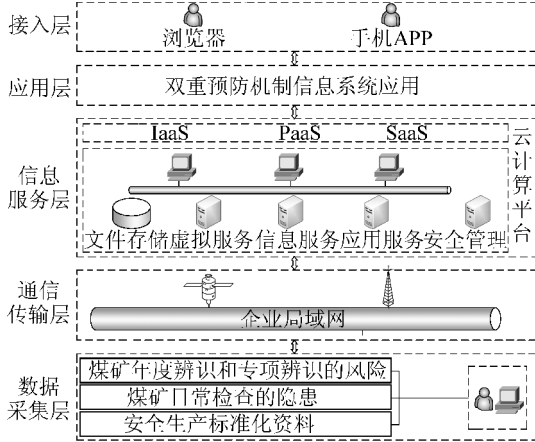


图3 煤矿双重预防机制信息系统总体架构设计

Fig.3 Overall architecture design of double preventive mechanism information system for coal mine

2) 通信传输层包含信息系统的主要传输网络,它是煤矿数据可靠、长距离传输的基础。通常由卫星网络、3G/4G 网络和有线局域网构成。

3) 信息服务层主要实现对数据的标准化处理和存储,并向上层应用提供服务访问的接口。煤矿数据经通信传输层传至云计算信息中心后,依托云平台进行集中处理,来解决异构信息融合、中性访问和端对端访问等一系列问题,具体为硬件管理、镜像管理、资源部署管理、SDK 与 API 运行环境、数据解析与处理、数据持久化存储、虚拟化服务、信息服务、

应用服务、安全管理服务及接口的提供等。

4) 应用层是双重预防机制信息系统的核心,系统的设计依照面向服务的核心思想,采用基于 MVC 设计模式的 SSM 框架^[15],遵循低耦合、高内聚的思想进行模块化开发。系统依托云计算平台,将安全风险分级管控、隐患排查治理、安全生产标准化等应用集于一体,为煤矿企业提供定制化信息服务。

5) 接入层根据接口的不同划分为浏览器和手机 APP,服务端通过监测不同的端口给手机 APP 和浏览器端提供无差别的数据和业务逻辑服务,用户可以随时随地进行办公。

2.2 系统功能实现

系统的功能模块如图 4 所示。安全风险分级管控子系统和隐患排查治理子系统是从前一节设计的风险管控流程和隐患闭环管理流程出发,在浏览器和手机 APP 端针对每个流程提供相关的操作,如图 5 所示。

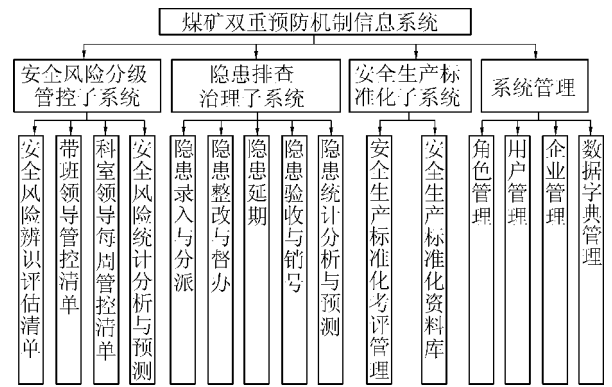


图4 煤矿双重预防机制信息系统功能模块

Fig.4 Function module of information system for coal mine double prevention mechanism



图5 浏览器端及手机 APP 界面

Fig.5 Browser and mobile APP interface

属于不同角色的人员,只拥有其相应的操作权限,系统管理员具有最高权限,能看到所有操作;安全风险统计分析和隐患统计分析模块则是对煤矿所有的风险和隐患,按照责任人、等级、类型、检查日期等不同的条件进行查询与统计并形成柱状、饼状和曲线图等多种类型的展示图表,其次,运用熵权-灰色关联评价方法对风险数据进行评价和FP-Growth数据关联规则挖掘算法对隐患数据进行挖掘,最终给出相应的建议。安全生产标准化子系统根据标准化自评打分表的要求,在自评完成后,自动汇总得分,还可以将标准化所需材料分类上传到系统中,形成一个资料库。系统管理主要是对系统的角色、用户、系统运行所必须的字典(字段)和企业的部门及员工进行管理,满足系统运行要求。

系统选用MySQL作为系统数据库服务器,采用J2EE技术实现软件开发,遵循面向服务的思想,运用组件式开发技术框架来进行业务应用的快速开发^[16],应用JDBC数据库访问技术实现数据存取,采用AJAX和JQuery技术使得界面友好,操作简单方便,使用Apach-Tomcat作为服务器端应用管理软

件,使得系统具有运行可靠、高效,查询方便、可扩展和易维护等特点。

3 数据分析与预测

缺乏对大量风险和隐患历史数据的深入分析与利用是目前双重预防机制信息系统普遍存在的问题。系统结合安全评价方法对风险数据进行评价和数据挖掘算法对隐患数据进行挖掘,最终给煤矿提供辅助决策。

3.1 风险分析与预测

煤矿是一个显著的灰色系统,灰色关联评价方法非常适合对煤矿风险状况进行评价,而熵权法属于客观赋权法,它避免了人为因素对各因素权重的确定,因此风险数据利用熵权-灰色关联度方法^[17-18]进行评价,用风险类型代替文献[18]中的工序层指标,对海湾煤矿2017—2019年3个年度322条风险进行挖掘,得出每个年度海湾煤矿的安全状况和本年度需要在哪些风险类型上提高重视程度。挖掘的灰色关联系数矩阵和熵权-灰色关联度结果见表1。

表1 灰色关联系数矩阵和熵权-灰色关联度

Table 1 Grey correlation coefficient matrix and entropy weight grey correlation

年度	灰色关联系数							熵权-灰色关联度	评价等级	
	水灾	火灾	瓦斯	煤尘	机电	运输	顶板			其他
2017	0.937 5	0.771 6	0.810 3	1.000 0	0.793 9	0.333 3	0.866 1	0.732 6	0.736 1	73.61(中等)
2018	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.393 2	1.000 0	0.353 0	1.000 0	1.000 0	0.819 7	81.97(较好)
2019	0.836 2	0.663 7	0.653 9	0.742 3	0.648 5	1.000 0	0.666 1	0.570 2	0.741 1	74.11(中等)

由表1可知,2017和2019年度海湾煤矿安全状况评价得分在(70,80],评价等级为中等(Ⅲ级),2018年度评价得分在(80,90],评价等级为较好(Ⅱ级),从整体来看,2017—2019年度海湾煤矿系统安全性为中等,2019年度较2018年度安全性下降,说明该矿本年度安全风险分级管控工作有不到位的地方,导致风险评价等级又有所上升,需引起重视。

灰色关联系数越小,说明和理想参考矩阵差距越大,笔者选取的都为接近1的参考矩阵,即假设每类风险类型的安全状态都为很好,所以从2019年度灰色关联系数矩阵可得出影响本年度海湾煤矿安全状况程度由强到弱的风险类型依次为其他、机电、瓦斯、火灾、顶板、煤尘和水灾。由此可知本年度安全风险分级管控工作的重点对象依次是机电和瓦斯。

通过熵权-灰色关联评价方法实现对信息系统中已有风险数据的评价,给煤矿管理人员决策提供辅助,使其在接下来的工作中有所侧重。

3.2 隐患分析与预测

隐患数据的挖掘目前有2种主流的研究方法,一种是基于文本数据挖掘,另一种是基于关联规则挖掘,代表方法有Apriori算法和FP-Growth算法,鉴于Apriori算法对大数据挖掘性能的劣势,本系统采用FP-Growth算法^[19],对已有隐患数据处理后存储在数据库中,从隐患地点、隐患等级、隐患类别、责任部门等4个维度进行关联规则的挖掘和发现,关联规则是支持度和置信度分别满足给定范围的规则,用形如 $A \rightarrow B$ 的式子表示(A 、 B 表示项集),其中支持度表示 $A \rightarrow B$ 关联规则在数据库中出现的频率,即 $\text{Support}(A \rightarrow B) = P(A \cup B)$, P 为频率,置信度表示 B 在包含 A 的事务中出现的频率,即 $\text{Confidence}(A \rightarrow B) = \text{Support}(A \rightarrow B) / \text{Support}(A) = P(B|A)$ 。在可参考的支持度和置信度范围内,发现隐患发生的主要地点及常见隐患类别,并与责任单位相结合,给出针对性的改进方案,减少同类型隐患出现的次数,为相关部门隐患预防预测提供数据

支持。

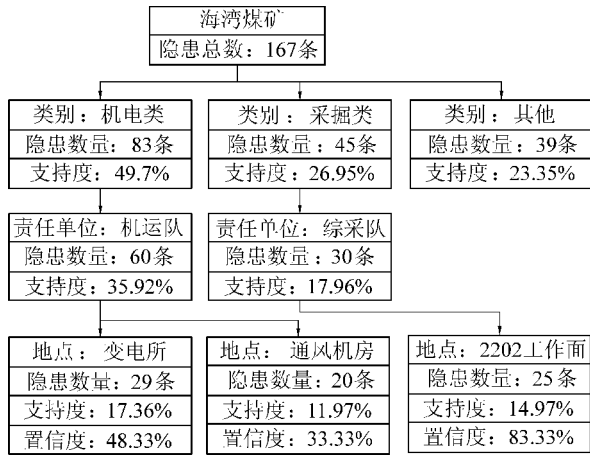


图6 隐患关联分析

Fig.6 Hidden danger correlation analysis

隐患关联分析如图6所示,以海湾煤矿现场一个月的隐患分析数据来看,总的隐患数量为167条,其中机电类的支持度为49.7%,采掘类的支持度为26.95%,而机运队和综采队2个部门下的3个地点的2类隐患之和的支持度为44.3%,置信度均在33.3%以上。

通过分析发现了机电类→机运队→变电所,机电类→机运队→风机房,采掘类→综采队→2202工作面这3条关联关系比较强,由以上数据的支撑,建议该矿下个月加强对以上3个地点的机电类和采掘类隐患的整治力度,对机运队和综采队相关人员开展安全管理教育培训,提高安全意识,增强作业规范的能力,这对减少煤矿隐患以及险兆事件的发生,起到了一定的积极作用,对辅助煤矿决策有着重要的指导意义。

4 结 论

1)在风险预控流程的基础上明确了带班和科室领导风险分级管控的具体过程,完善了原有的隐患管理流程,并将风险与隐患联系起来,形成煤矿双重预防机制工作流程。

2)系统设计遵循面向服务的设计思想,采用B/S+C/S相结合的技术架构,由安全风险分级管控子系统、隐患排查治理子系统和安全生产标准化子系统组成,可以在IaaS云服务器上部署,实现随时、随地访问和办公。

3)实际应用表明,系统业务流程符合煤矿实际情况,熵权-灰色关联度评价方法和FP-Growth挖掘算法可分别对系统中的风险和隐患数据进行评价和分析挖掘,给煤矿提供相应的辅助决策,且符合煤矿实际情况。

参考文献 (References):

- [1] 张冬阳.信息化助力风险分级管控与隐患排查治理工作[J].中国安全生产科学技术,2016,12(S1):296-299.
ZHANG Dongyang. Study on risk management and control with classification and potential hazards identification and control assisted by informatization [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2016, 12(S1): 296-299.
- [2] TAH J H M, CARR V. Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain [J]. Advances in Engineering Software, 2001, 32(10/11): 835-846.
- [3] 刘占乾, 陈全. 煤矿企业安全风险信息系统的建立 [J]. 煤矿安全, 2015, 46(1): 227-229.
LIU Zhanqian, CHEN Quan. Establishment of coal mine enterprise safety risk information system [J]. Safety in Coal Mines, 2015, 46(1): 227-229.
- [4] 沈立. 关于重大隐患监控GIS模式的研究 [J]. 中国安全科学学报, 2002, 12(5): 5-8.
SHEN Li. Study on GIS patterns for major risks supervision [J]. China Safety Science Journal, 2002, 12(5): 5-8.
- [5] 李贤功, 宋学锋, 孟现飞. 煤矿安全风险预控与隐患闭环管理信息系统设计研究 [J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(7): 89-95.
LI Xiangong, SONG Xuefeng, MENG Xianfei. Study on prevention and control of coalmine safety risk and design of hidden danger closing management information system [J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(7): 89-95.
- [6] 郑丽. 安全生产风险管控信息系统研究及设计 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(11): 127-129.
ZHENG Li. Research and design of safety production risk management information system [J]. Coal Engineering, 2017, 49(11): 127-129.
- [7] 王国法, 王虹, 任怀伟, 等. 智慧煤矿2025情景目标和发展路径 [J]. 煤炭学报, 2018, 43(2): 295-305.
WANG Guofa, WANG Hong, REN Huaiwei, et al. 2025 scenarios and development path of intelligent coal mine [J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(2): 295-305.
- [8] 姜福兴, 曲效成, 王颜亮, 等. 基于云计算的煤矿冲击地压监控预警技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(1): 199-206, 244.
JIANG Fuxing, QU Xiaocheng, WANG Yanliang, et al. Study on monitoring & control and early warning technology of mine pressure bump based on cloud computing [J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(1): 199-206, 244.
- [9] 谭章禄, 陈晓, 宋庆正, 等. 基于文本挖掘的煤矿安全隐患分析 [J]. 安全与环境学报, 2017, 17(4): 1262-1266.
TAN Zhanglu, CHEN Xiao, SONG Qingzheng, et al. Analysis for the potential hazardous risks of the coal mines based on the so-called text mining [J]. Journal of Safety and Environment, 2017, 17(4): 1262-1266.
- [10] 马明焕, 王新浩, 许晓辉, 等. 基于数据挖掘技术的事故隐患预警方法研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(7): 11-17.
MA Minghuan, WANG Xinhao, XU Xiaohui, et al. Research on

- early-warning method of potential safety hazard based on data mining techniques[J].*Journal of Safety Science and Technology*, 2017,13(7):11-17.
- [11] 苟 怡,陈运启.煤矿隐患闭环管理系统的研究与实现[J].*煤矿安全*,2016,47(5):245-247.
GOU Yi, CHEN Yunqi. Research and implementation of coal mine hidden hazard closed-loop management system [J]. *Safety in Coal Mines*, 2016,47(5):245-247.
- [12] 李光荣,田佩芳,刘海滨.煤矿安全风险预控管理信息化云平台设计[J].*中国安全科学学报*,2014,24(2):138-144.
LI Guangrong, TIAN Peifang, LIU Haibin. Coal mine safety risk pre-control management cloud platform design [J]. *China Safety Science Journal*, 2014,24(2):138-144.
- [13] 曹庆贵,张 静,孙启华,等.煤矿事故隐患管理与预警系统的设计与应用[J].*矿业安全与环保*,2016,43(3):107-110.
CAO Qinggui, ZHANG Jing, SUN Qihua, *et al.* Design and application of hidden danger management and early-warning system for coal mine accidents [J]. *Mining Safety & Environmental Protection*, 2016,43(3):107-110.
- [14] 康瑛石,吴吉义,王海宁.基于云计算的一体化煤矿安全监管信息系统[J].*煤炭学报*,2011,36(5):873-877.
KANG Yingshi, WU Jiyi, WANG Haining. Overall coal mine safety monitoring and management system based on cloud computing [J]. *Journal of China Coal Society*, 2011,36(5):873-877.
- [15] 刘海滨,李春贺.智慧矿山职业健康安全监管信息系统研究[J].*煤炭科学技术*,2019,47(3):87-92.
LIU Haibin, LI Chunhe. Research on occupational health and safety management information system in intelligent mine [J]. *Coal Science and Technology*, 2019,47(3):87-92.
- [16] 刘文革,于 雷,王 星.J2EE 架构的煤矿企业集团安全监管系统开发及应用[J].*中国安全科学学报*,2014,24(4):98-103.
LIU Wenge, YU Lei, WANG Xing. Development and application of J2EE framework-based work safety management system for coal mine group [J]. *China Safety Science Journal*, 2014,24(4):98-103.
- [17] 钱翰飞.基于相关—灰色关联分析的矸石山复垦适宜性评价指标体系构建[J].*矿业安全与环保*,2018,45(6):103-107.
QIAN Hanfei. The establishment of evaluation index system for reclamation suitability of coal gangue hill based on correlation-grey relational analysis [J]. *Mining Safety & Environmental Protection*, 2018,45(6):103-107.
- [18] 高晓旭,张 旭,董丁稳,等.煤矿危险源多层递阶模型及风险评价[J].*西安科技大学学报*,2015,35(2):175-180.
GAO Xiaoxu, ZHANG Xu, DONG Dingwen, *et al.* Multi-layer hierarchical structure model and risk evaluation for mine hazards [J]. *Journal of Xi'an University of Science and Technology*, 2015,35(2):175-180.
- [19] 陈运启.数据挖掘技术在煤矿隐患管理中的应用[J].*工矿自动化*,2016,42(2):27-30.
CHEN Yunqi. Application of data mining technology in coal mine hidden hazard management [J]. *Industry and Mine Automation*, 2016,42(2):27-30.