

文章编号:1671-251X(2020)01-0026-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019050074

智慧矿山信息可视化研究

谭章禄, 吴琦, 肖懿轩, 王震, 李烁

(中国矿业大学(北京)管理学院, 北京 100083)



扫码移动阅读

摘要:目前智慧矿山信息可视化研究主要围绕三维虚拟场景搭建和真实场景监控展开,忽视了从管理人员关注点的角度进行有选择性的可视化展示。针对该问题,基于“四横三纵”的智慧矿山总体架构,采用ISVE(信息-认知主体-可视化展示-效果)可视化方式选择模型构建了智慧矿山可视化信息框架,将智慧矿山信息系统划分为工程数字化系统、综合自动化系统及管理信息化系统,基于面向服务对象的思想对各系统中的信息进行分类,并研究了各类信息的属性;提出以认知主体为中心选择信息可视化方式,根据煤矿企业各层级管理人员的信息关注点来选择合适的信息可视化方式,从而提高管理人员认知效率,促进煤矿企业信息化和智慧化发展。

关键词:智慧矿山; 信息化建设; 信息系统; 工程数字化系统; 综合自动化系统; 管理信息化系统; 信息可视化; 可视化方式选择

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Research on information visualization of smart mine

TAN Zhanglu, WU Qi, XIAO Yixuan, WANG Zhen, LI Shuo

(School of Management, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Existing information visualization researches of smart mine focus on 3D virtual scene building and real scene monitoring, but ignore selective visual display considering focus points of managers. For the above problems, based on general structure of smart mine of four transversal layers and three longitudinal systems, visualization information framework of smart mine is built by use of visualization mode selection model of ISVE(Information-Subject-Visualization-Effectiveness). Information systems of smart mine are divided into engineering digitization system, integrated automation system and management informationization system. Information in each system is classified on basis of service-object-oriented thought, and attributes of each type of information are researched. A selection thought of information visualization mode is proposed which takes cognition agent as a core. Appropriate information visualization mode should be selected according to information focus points of executives in each management layer of coal mine enterprise, so as to improve cognition efficiency of executives and promote development of informationization and intelligence of coal mine enterprise.

Key words: smart mine; informationization establishment; information system; engineering digitization system; integrated automation system; management informationization system; information visualization; visualization mode selection

收稿日期:2019-04-19;**修回日期:**2019-12-22;**责任编辑:**李明。
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61471362)。
作者简介:谭章禄(1962—),男,江西赣县人,教授,博士,研究方向为信息化、可视化、大数据、信息标准化,E-mail:tanzl@vip.sina.com。
引用格式:谭章禄,吴琦,肖懿轩,等.智慧矿山信息可视化研究[J].工矿自动化,2020,46(1):26-31.
TAN Zhanglu, WU Qi, XIAO Yixuan, et al. Research on information visualization of smart mine[J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(1): 26-31.

0 引言

智慧矿山在当前煤矿信息化发展背景下应运而生,其是充分利用物联网、云计算、大数据、人工智能、多源异构数据融合、可视化等技术,结合现代管理方法进行流程再造,优化运行中的物质流、信息流、控制流、知识流、价值流,解决煤矿信息化建设中数据利用不充分、系统联动程度低、技术应用不到位等关键难题,实现矿山企业生产经营过程中的透彻感知、深度互联、高度自治、深度学习、智能服务、可视化展现,实现“本质安全、高产高效、绿色环保”新型矿山的信息化发展阶段。

智慧矿山最早出现在1992年芬兰智能矿山计划中。面对煤矿信息化发展的要求,越来越多的学者意识到智慧矿山是当前及未来矿山工程发展的趋势。近年来,学者分别从智慧矿山关键技术^[1-2]、整体架构^[3]、全局化发展^[4-5]等角度进行了研究。其中关于智慧矿山可视化方面的研究均围绕智慧矿山三维场景搭建问题进行论述和探讨,更多的是强调技术和实际应用^[6-8],且大多从三维虚拟场景搭建和真实场景监控两方面进行研究,忽视了从管理人员关注的角度进行有选择性的信息可视化展示。

智慧矿山是一个巨型系统,信息冗杂。不同管理人员关注的有效信息不同,应针对不同认知主体的需求有针对性地进行信息展示。本文基于以认知主体为中心的思想,提出了智慧矿山总体架构及其信息可视化管理思路,着重分析了智慧矿山可视化信息框架。

1 智慧矿山架构及其信息可视化管理

1.1 智慧矿山总体架构

智慧矿山总体架构可概括为“四横三纵”,如图1所示。“四横”包括应用层、数据及应用支撑层、网络通信层和感知控制层;“三纵”分别为信息系统标准化体系、管理运维体系 and 信息安全体系。感知控制层是智慧矿山最底层的支撑体系,以物联网等技术为核心,感知获取煤矿井下设备、人员、环境、灾害等信息。网络通信层负责将感知控制层采集的数据传递至数据及应用支撑层,是感知控制层和数据及应用支撑层的桥梁。数据及应用支撑层实现数据融合及应用融合,由基础信息、物联网信息、业务信息、共享交换信息、互联网信息及煤矿企业建立的各种数据库、数据中心等构成。应用层通过分析智慧矿山背景下的煤矿企业需求,明确各信息系统应实

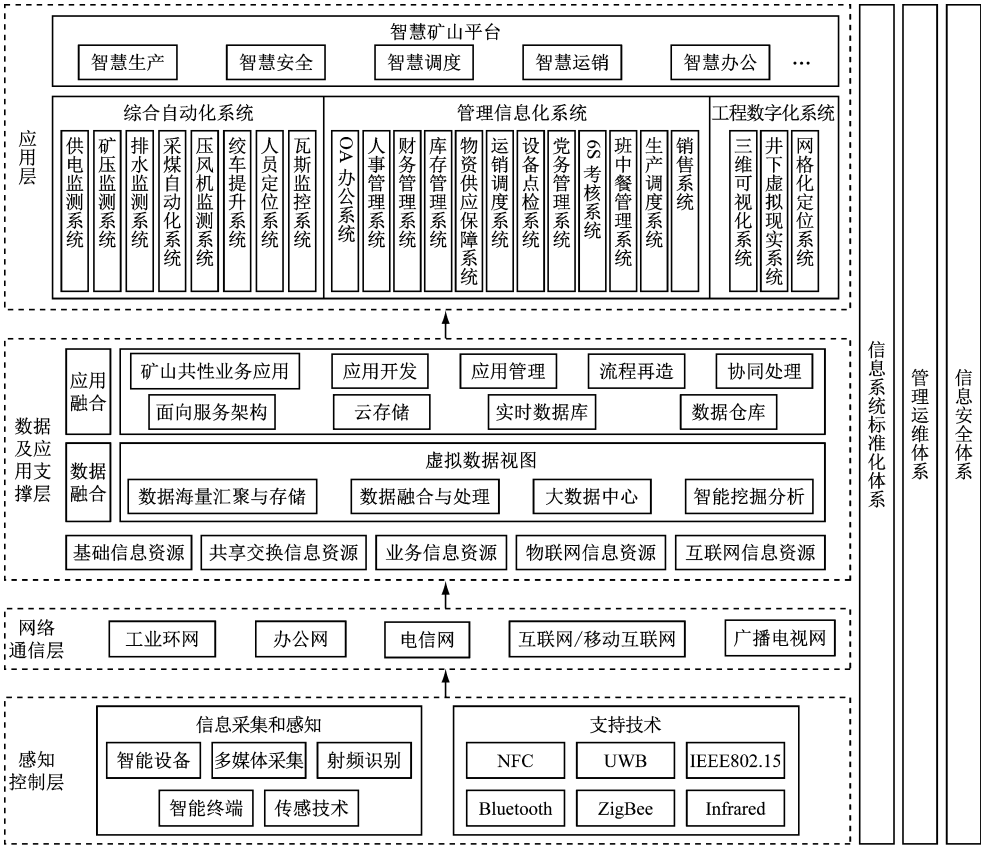


图1 智慧矿山总体架构

Fig. 1 General structure of smart mine

现的功能,按照业务流程进行关联,最终通过智慧生产、智慧安全、智慧调度等可视化平台实现其智慧化功能,为国家有关部门、行业协会、煤矿企业管理决策者及员工提供智能服务。“三纵”为智慧矿山各层面提供支撑,确保通过智慧矿山信息化建设实现煤矿企业生产自动化、管理高效化及网络基础设施智能化等,并全面保障智慧矿山信息化建设有效实施。

1.2 智慧矿山信息可视化

煤矿企业在生产经营过程中会产生海量的同源异构数据,这些数据无法直接被管理人员使用,需要进行加工处理。可视化技术^[9]将海量数据中隐含的信息以图形、图表等形式展示,方便管理人员直观查看,从而降低管理人员认知负荷,提高管理效率。可视化管理强调的是管理对象可视、管理问题可视、管理流程可视^[10]。因此,可视化管理的关键在于明确哪些信息适合可视化管理,管理人员需要哪种管理方式,在此基础上设计合适的信息系统。

可视化管理贯穿智慧矿山信息化建设的始终,可视化方式的选择对于建设智慧矿山信息系统具有重要意义。本文立足于管理人员关注点,基于智慧矿山下煤矿生产管理过程中产生的海量数据及管理人员所关注的信息,探讨信息可视化方式选择,并分析智慧矿山可视化信息框架。

2 智慧矿山可视化信息框架

基于认知科学与智慧矿山可视化需求,采用可视化方式选择模型 ISVE (Information-Subject-Visualization-Effectiveness,信息-认知主体-可视化展示-效果)^[11]构建智慧矿山可视化信息框架。

ISVE 模型描述认知主体对客体内容中以不同可视化方式展示的信息进行认知的过程。信息均以认知主体为中心进行可视化展示,选择最符合认知主体认知偏好和认知效率最高的可视化方式。智慧矿山信息可视化方式选择的基础是明确需要展示的信息,从而为后续认知场景的构建提供依据。因此,本文以智慧矿山可视化信息框架的构建为着眼点进行分析。

2.1 智慧矿山可视化信息框架及其属性

基于智慧矿山总体架构,立足于应用层,将智慧矿山信息系统按照面向服务对象划分为工程数字化系统、综合自动化系统和管理信息化系统 3 类,如图 2 所示。工程数字化系统主要从技术角度出发,为智慧矿山信息系统的构建提供信息化和数字化技术环境。综合自动化系统立足于为物质(人员、设

备、环境)的运动状态服务。管理信息化系统建立在上述 2 类系统基础上,主要为管理人员服务,对办公、生产作业、决策和考核等进行系统化设置。3 类系统之间相辅相成,旨在构建数据高度集成的信息化系统,实现从简单的物理整合向逻辑融合的过渡。

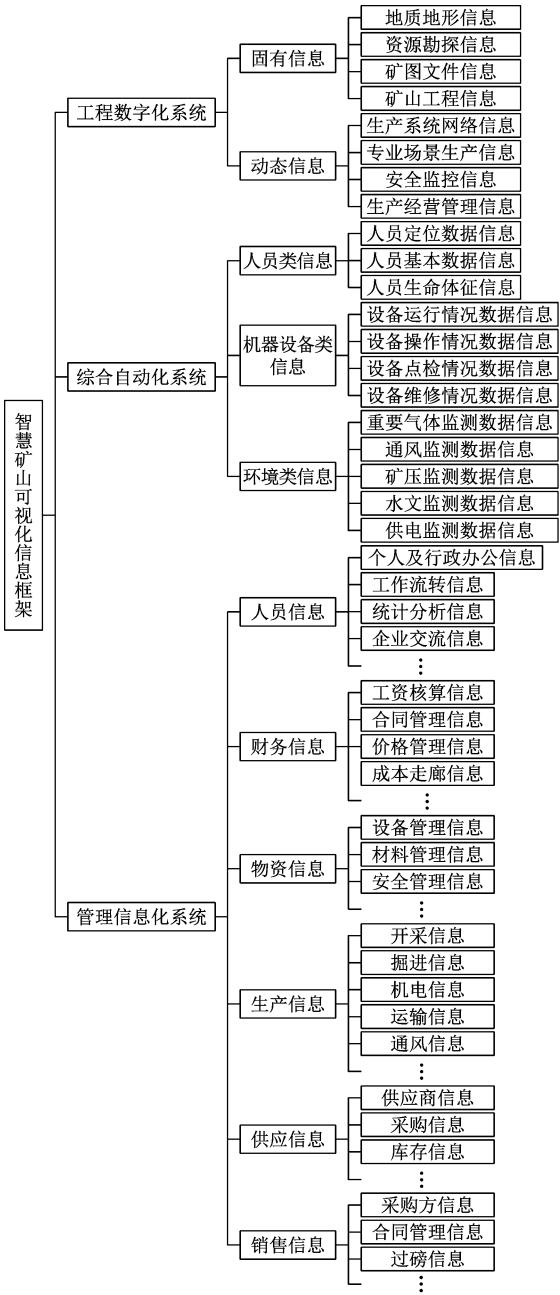


图 2 智慧矿山可视化信息框架

Fig. 2 Visualization information framework of smart mine

2.1.1 工程数字化系统

在智慧矿山应用层中,工程数字化系统涉及三维可视化系统、井下虚拟现实系统及网格化定位系统,体现了智慧矿山智能服务和可视化展示特征,通过直观、清晰地呈现煤矿安全信息,实现数据查询、在线浏览、图层控制、实时更新等功能,进而建立共享的采矿图形信息资源^[12],同时能够动态标志预警

信息,提高管理人员的认知效率。

矿山数据既包括图表和文档中展现的静态地质数据,也包括生产过程中随生产活动不断变化的动态数据。现阶段我国智慧矿山建设的主要任务是全面收集和整理矿山的地质数据与生产数据,将其按照统一的标准进行管理^[13]。煤矿生产中涉及很多时空信息,在工程数字化系统建设初步阶段,煤矿企业需基于3DGIS地理地测信息平台 and 地质信息数据库,将涵盖开拓、掘进、采煤、运输、排水、提升、选煤、外运、供电、通风、安全、通信、人员定位等各个作业环节^[14]的矿山地理、地质地形、矿山建设、矿山生产、矿山安全、产品加工与运销、矿山生态等信息全面数字化。

矿山信息分类既要考虑数据本身的属性,又要考虑数据之间的联系。在工程数字化系统中,按照信息状态将其分为固有信息和动态信息。固有信息包括原始数据、相关标准和地质空间信息,主要划分为地质地形信息、资源勘探信息、矿图文件信息及矿山工程信息。动态信息包括生产系统网络信息,通风、调度、供电等场景的生产信息,安全监控信息(“一通三防”数据、危险源管理情况等),生产经营管理信息^[15]。以采掘工程为例,其涉及的动态信息属性主要包括采掘工作面名称、类型、编号、日期、开采方法、采掘深度、作业人数等。

2.1.2 综合自动化系统

综合自动化系统视为能够对矿井人、机、环等各类数据进行实时监测监控,完成矿山所有信息的全面感知、高效传输、远程控制,并借助物联网、大数据、可视化、人工智能等技术实现采煤自动化及矿山的自感知、自分析、自决策,实现矿山生产管理等过程的可视化、智能化、自动化,最终达到无人化的智慧矿山信息系统。综合自动化系统采用自动控制、矿用传感器及智能设备、人工智能等技术,为实现生产经营数据的实时监测和故障自动报警,提升矿井自动化、信息化、数字化水平,评估矿山生产安全风险等提供技术支持。目前综合自动化系统处于按初始设定程序执行任务阶段,在系统或设备自学习方面需进行深入研究。

基于综合自动化系统的面向服务对象,将其信息按照自身的作用和特性,分为人员、机器设备、环境3类。

(1) 人员类信息。当管理者需要了解矿井各场所人员情况,以便进行合理、高效的调度安排等决策或井下救援时,需要人员类信息提供支撑。人员类

信息分为人员定位数据信息、人员基本数据信息、人员生命体征信息。人员定位数据信息属性包括井下人员数量、位置、移动方向、活动轨迹、高度、速度、下井时长、下井位置、行为状态等;人员基本数据信息属性包括人员ID(或卡号、编号等)、姓名、身份证号、职务工种(岗位)、所在部门等;人员生命体征信息属性包括呼吸频率、心率、皮肤温度等。

(2) 机器设备类信息。管理人员根据该类信息了解煤矿各台机器设备情况,以便设备出现故障时及时维修,保证煤矿生产顺利进行。对于井下机器设备,按照运行、操作、检查、维修4个方面,将其信息分为设备运行情况数据信息、设备操作情况数据信息、设备点检情况数据信息、设备维修情况数据信息4类。设备运行情况数据信息属性包括设备名称、所属部门、位置、检修员、参数动态运行情况、参数名称(电压、电流、功率等)等;设备操作情况数据信息属性包括操作名称、操作时长、操作次数、操作方式、操作人员等;设备点检情况数据信息属性包括点检员、设备名称、点检方式、点检异常值、点检值等;设备维修情况数据信息属性包括设备名称、位置、维修人员、维修时间、维修材料及工具等。

(3) 环境类信息。管理人员可根据该类信息全面了解井下环境状况,及时预测或发现问题并尽早解决,以降低煤矿安全事故发生率。将环境类信息分为重要气体监测数据信息、通风监测数据信息、矿压监测数据信息、水文监测数据信息及供电监测数据信息5类。重要气体监测数据信息属性包括气体名称、实时气体浓度、气体报警阈值、气体监测时间、气体浓度动态波动范围、气体浓度变化趋势等;通风监测数据信息属性包括通风机型号、风速、风量、报警阈值等;矿压监测数据信息属性包括测量深度、支护阻力、报警阈值等;水文监测数据信息属性包括涌水量、水位、水温、水质、环境温度等;供电监测数据信息属性包括电力负荷、馈电状态、断电闭锁控制、变电所位置等。

2.1.3 管理信息化系统

管理信息化系统以经营管理内容为主,其信息包括人、财、物、产、供、销6个方面。人员信息包括个人办公、行政办公、工作流转、统计分析、企业交流等信息;财务信息包括工资核算、合同管理、价格管理、成本走廊等信息;物资信息包括设备管理、材料管理、安全管理等信息;生产信息包括开采、掘进、机电、运输、通风等信息;供应信息包括供应商、采购、库存等信息;销售信息包括采购方、合同管理、过磅

等信息。根据信息内容可以对其属性进行归纳,以人员信息为例,其属性包括人员性别、民族、籍贯、出生日期、学历、员工类别、员工性质、年龄、参加工作时间、政治面貌、职务级别等。

2.2 信息分类下属性特点

基于面向服务对象的信息分类方式及相应属性描述,根据共有特征对属性分类,形成描述信息集合的基础,以便后续可视化展示。本文将智慧矿山可视化信息属性分为基本属性、状态属性和预警属性 3 类。

基本属性用来描述信息在静止状态下的固有属性,如人员性别、民族、ID、机器设备编号、型号、所在位置,工程数字化系统中涉及的矿床固有属性等静止参数。状态属性用来描述信息在当前状态下的实时属性,如人员位置,设备电压、功率、风速、风量,环境气体浓度等。预警属性用来描述监测监控信息的属性,如环境类信息涉及的报警、设备点检状态、井下人员生命体征等。预警属性建立在状态属性和基本属性基础上,通过比较临界值与预警值产生。

3 智慧矿山信息可视化方式

3.1 以认知主体为中心的可视化方式选择

煤矿安全事故频发是安全生产监管的一大难题,煤矿企业管理人员作为企业的领导核心,对煤矿企业安全生产负直接责任。由于各煤矿企业组织结构存在差异,所以不同企业的岗位设置不同。本文从管理层级的角度,将管理人员分为高层、中层和基层管理者。每一层级每一岗位的职责和要求不同。在智慧矿山信息化建设中,管理人员的层级不同,对信息类型的需求也不同,管理人员层级越高,关注的信息越综合。高层管理者关注综合信息及政策法规、企业文化等,所需信息可视化方式应承载尽可能多的信息量。对于高层管理人员,可视化展示的不是单独信息,而是经过整合后相关联的信息集合,呈现的是不同认知管理场景,如人员定位状态图、设备信息图、环境信息图等。中层管理者起上传下达作用,更关注部门综合信息,相应的信息可视化方式应实现对生产与管理过程的实时监控。基层管理者主要关注日常生产经营活动中产生的具体信息,对应的信息可视化方式应简洁直观,力求重点突出、清晰明了。

基于认知主体的管理层级,通过分辨各层级关注信息集合中的对象及属性,采用技术手段及煤矿安全管理专业知识,结合具体的管理需求场景选择

信息可视化方式,可最大化认知效率,便于管理人员快速高效地对安全隐患及灾害信息做出决策并制定措施。

3.2 可视化方式管理及效应评价

可视化方式管理主要包括可视化方式设计与选择。可视化方式设计主要从设计要素的角度出发。对认知场景中出现的所有数据进行加工处理后形成可被管理人员识别和使用的信息,而属性作为描述信息的元素,与管理人员的岗位职责、关注点等共同构成可视化方式的设计基础。可视化方式选择从管理人员认知偏好和认知效率的角度出发。信息可视化展示主要是管理主体认知识别客体的过程,应针对不同的信息及其属性选择符合管理人员认知需求的展示方式。影响管理人员认知需求的因素包括内在因素和外在因素。内在因素指管理人员自身的特质,如认知风格、先验知识、工作年限、专业背景、所在岗位及职责等,不因环境变化而转移;外在因素指管理人员所关注信息的复杂性、展示方式的可接受性、外界噪声等。

可视化方式的效应评价主要从主观和客观两方面进行。主观评价主要通过设计一系列评价量表,以认知主体评分的方式判断在通过可视化方式进行认知学习时的主观感受,如 PAAS 量表、SWAT 量表、OW 量表等。客观评价主要结合现代医疗设备测量和捕捉认知主体的脑电波、心率、眼动和皮肤电反应等相关指标。可采用主观与客观相结合,“事中客观,事后主观”的方式评价认知主体的认知效率,最终选择最科学的可视化方式。

4 结语

在煤矿信息化发展背景下,智慧矿山正向本质安全、高产高效、绿色环保的新型矿山发展。在智慧矿山应用层中采用可视化方式展示信息可提高管理人员的认知效率,进一步促进煤矿企业信息化和智慧化的发展。本文旨在倡导智慧矿山信息可视化管理理念,将智慧矿山信息系统分为工程数字化系统、综合自动化系统及管理信息化系统,通过对 3 类系统中信息进行分类,构建了智慧矿山可视化信息框架。基于该框架,下一步将重点研究如何针对不同类型信息和管理人员选择合适的可视化方式。

参考文献(References):

[1] 王莉. 智慧矿山概念及关键技术探讨[J]. 工矿自动化, 2014, 40(6): 37-41.

WANG Li. Study on concept and key technologies of smart mine[J]. Industry and Mine Automation,2014,40(6):37-41.

[2] 何敏. 智慧矿山定义探讨[J]. 工矿自动化,2017,43(9):12-16.

HE Min. Discussion on definition of wisdom mine[J]. Industry and Mine Automation,2017,43(9):12-16.

[3] 张锋,顾伟. 物联网技术在煤矿物流信息化中的应用[J]. 中国矿业,2010,19(8):101-104.

ZHANG Feng, GU Wei. Application of Internet of things in logistics informatization in coal mine[J]. China Mining Magazine,2010,19(8):101-104.

[4] 李梅,杨帅伟,孙振明,等. 智慧矿山框架与发展前景研究[J]. 煤炭科学技术,2017,45(1):121-128.

LI Mei, YANG Shuaiwei, SUN Zhenming, et al. Study on framework and development prospects of intelligent mine[J]. Coal Science and Technology, 2017,45(1):121-128.

[5] 吕鹏飞,何敏,陈晓晶,等. 智慧矿山发展与展望[J]. 工矿自动化,2018,44(9):84-88.

LYU Pengfei, HE Min, CHEN Xiaojing, et al. Development and prospect of wisdom mine [J]. Industry and Mine Automation,2018,44(9):84-88.

[6] 丁永禄,吕兆海,杨洋,等. 智慧矿山综合监控系统构建及数据处理[J]. 神华科技,2018,16(6):3-7.

DING Yonglu, LYU Zhaohai, YANG Yang, et al. Construction and data processing of intelligent mine comprehensive monitoring system [J]. Shenhua Science and Technology,2018,16(6):3-7.

[7] 段进超. 智慧矿山基础平台设计与应用研究[J]. 中国矿业,2018,27(增刊1):358-360.

DUAN Jinchao. Application and design of base platform for the intelligent mine[J]. China Mining Magazine,2018,27(S1):358-360.

[8] 霍中刚,武先利. 互联网+智慧矿山发展方向[J]. 煤炭科学技术,2016,44(7):28-33.

HUO Zhonggang, WU Xianli. Development tendency of Internet plus intelligent mine[J]. Coal Science and Technology,2016,44(7):28-33.

[9] 尹定邦. 图形与意义[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2001.

YIN Dingbang. Graphics and significance [M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2001.

[10] 谭章禄,刘婵. 企业信息化案例集[M]. 北京:清华大学出版社,2017.

TAN Zhanglu, LIU Chan. Case collection of enterprise informatization [M]. Beijing: Tsinghua University Press,2017.

[11] 谭章禄,吴琦,肖懿轩. 煤矿通风安全信息可视化方式选择研究[J]. 煤矿安全,2018,49(12):86-89.

TAN Zhanglu, WU Qi, XIAO Yixuan. Study on visualization options of coal mine ventilation safety information[J]. Safety in Coal Mines,2018,49(12):86-89.

[12] 谢祥志,郭秀才. 基于GIS技术的煤矿调度图形信息管理系统[J]. 煤炭工程,2010,42(3):109-112.

XIE Xiangzhi, GUO Xiucui. Graphic information management system of mine dispatching base on GIS technology[J]. Coal Engineering,2010,42(3):109-112.

[13] 王莉,杜久升,景海涛. 智慧矿山空间数据库建设研究[J]. 工矿自动化,2014,40(12):25-30.

WANG Li, DU Jiusheng, JING Haitao. Study of spatial database construction of smart mine [J]. Industry and Mine Automation,2014,40(12):25-30.

[14] 韩茜. 智慧矿山信息化标准化系统关键问题研究[D]. 北京:中国矿业大学(北京),2016.

HAN Qian. Research on key issues of information standardization system for smart mines[D]. Beijing: China University of Mining & Technology(Beijing), 2016.

[15] 薛霄,常静坤,曾志峰,等. 基于情境感知的智慧矿山服务系统研究[J]. 计算机工程与科学,2013,35(9):36-44.

XUE Xiao, CHANG Jingkun, ZENG Zhifeng, et al. Context-aware intelligent service system for mine industry[J]. Computer Engineering & Science,2013,35(9):36-44.