

互联网+智慧矿山发展方向

霍中刚^{1,2,3}, 武先利^{1,2,3}

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 安全装备技术研究分院, 北京 100013; 2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室, 北京 100013; 3. 北京市煤矿安全工程技术研究中心, 北京 100013)

摘要: 针对目前国内智慧矿山还处于起步建设阶段, 各个煤矿存在的多系统缺乏统一规范标准, 不能及时挖掘大数据潜在价值, 大部分矿井没有三维实景综合信息展示平台, 不能有效解决实时感知重大灾害的预警预报, 有效及时搜救决策等迫切需要解决的问题, 讨论了互联网+智慧煤矿的建设应该着重推进综采工作面智慧感知、“一网一站”综合智慧通信、三维实景智慧管理平台、智慧矿山数据挖掘及增值利用等方面的建设内容, 并介绍了以山西王坡煤矿为示范工程的智慧矿山建设成效及下一步的发展方向。

关键词: 智慧矿山; 互联网+; 一网一站; 三维实景; 数据挖掘; 增值服务

中图分类号: TD67 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2016)07-0028-06

Development tendency of internet plus intelligent mine

Huo Zhonggang^{1,2,3}, Wu Xianli^{1,2,3}

(1. Safety Equipment and Technology Branch, China Coal Research Institute Company Limited, Beijing 100013, China;
2. State Key Laboratory of Coal Resource High Efficient Mining and Clean Utilization, Beijing 100013, China;
3. Beijing Research Center of Coal Mine Safety Engineering and Technology, Beijing 100013, China)

Abstract: According to the present domestic intelligent mine is in an initial construction stage, there were multi systems without an unified normative standard existed in each coal mine and the potential value of the big data could not be timely mined. There was no comprehensive information display platform with the 3D real scene in the most mines. The early warning of the real time perception major disaster could not be effectively solved. The effective and time rescue decision making and other urgent solved problems could not be effectively solved. The paper discussed that the construction of the internet plus intelligent mine should highly promote the intelligent and perception of the fully mechanized coal mining face, the comprehensive intelligent communication with "one network and one station", the 3D real scene intelligent management platform, the data mining and the value-added utilization of the intelligent mine and other construction content. The paper introduced the intelligent mine construction effect and further development orientation based on Shanxi Wangpo Mine as the demo project.

Key words: intelligent mine; internet plus; one network and one station; 3D real scene; data mining; value-added services

0 引言

早在2008年由职业安全健康协会牵头, 中国神华集团、中煤集团、中国矿业大学、煤炭科学研究总院等单位依据《关于推动产业技术创新战略联盟构建的指导意见》(国科发政〔2008〕770号)联合发起成立的产业技术创新战略联盟称为智慧矿山联

盟, 其目的是组织智慧矿山的关键科技攻关, 建设智慧矿山示范工程, 推广智慧矿山的理念和技术, 制定智慧矿山标准, 推动矿山设备制造业的转型升级, 实现矿山的本质安全、高产高效、绿色环保。煤炭工业协会在“十二五”期间提出建立煤炭行业信息化标准体系, 推进智慧矿山和数字矿山建设要求下, 目前国内各个煤矿已经建成的矿山自动化、信息化、监控

收稿日期: 2016-02-04; 责任编辑: 赵瑞 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2016.07.005

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(2016ZX05045007-001-002)

作者简介: 霍中刚(1968—)男, 吉林长春人, 研究员, 博士, 现任煤炭科学技术研究院有限公司安全装备技术研究分院院长。E-mail: huozhonggang@ccrise.cn

引用格式: 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. 63.

Huo Zhonggang, Wu Xianli. Development tendency of internet plus intelligent mine[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(7): 28-33. 63.

系统在安全生产过程中发挥了重要作用^[1-3],在“十三五”期间,尤其是“互联网+”增值服务在各行各业的发展应用,加快我国全数字化智慧矿山建设,强化信息资源综合利用,必将成为煤炭行业转型升级的重要途径及有效手段^[4-7]。

智慧矿山是采矿科学、信息科学、人工智能、计算机技术和3S(地理信息、定位、遥感)技术与高度结合的产物,智慧矿山的本质是建设安全矿山、高效矿山、清洁矿山。具体对于煤矿生产来讲,智慧矿山是将煤矿中的矿井原始数据和煤层、围岩等地质信息数字化,并采用三维实景融合全面详尽展示矿山及矿体;在三维全景中嵌入采掘、通风、运输、供电、给排水等生产系统,生产过程中产生的设备状态、环境、人员信息、生产经营管理信息等,实现全过程的主动感知、自动分析、快速处理,达到安全生产全过程的基础信息数字化、管理控制一体化、决策处理集成化^[8-11]。智慧矿山建设是采矿发展的高级阶段,是推动煤炭安全、高效、环保开发的新手段,也是未来煤矿建设的发展趋势。

1 国内智慧矿山建设内容

智慧矿山的建设是一个庞大的系统工程,并且因为国内煤矿分布广泛,每个矿山地质条件、采矿现状、环境参数区别很大,因此智慧矿山建设需遵循不同层次和不同标准,先期智慧矿山的建设主要选择各种采矿条件好、自动化程度高的矿井建设示范系统、示范项目、示范工程。

智慧矿山建设包括了矿山的各个方面,最主要的是指生产、安全、管理的信息化和矿山机械的智能化,矿山生产、安全、管理的信息化主要体现在物联网、大数据、“互联网+”等信息技术的应用;矿山机械智能化主要体现在采掘设备智能化的升级换代。

1.1 建立统一规范及标准

智慧矿山建设的第一步是煤矿信息及设备管控的数字化,现有井下网络通信方式及协议种类繁多、兼容性差,系统各类设备信息缺乏统一规范、统一标准。采集煤矿在生产、运营、管理过程中现有设备基础信息,根据设备类别、设备型号、生产厂家、设备特征及生产批次,建立易于理解、变动灵活、便于扩展的唯一编码标识体系,构建数据编码管理平台,实现对矿用设备的信息编码、信息采集、信息处理标准的统一管理,并形成规范的行业标准统一执行,为智慧矿山数据融合提供前提。

总结煤矿现有井下主流通信方式的各类装备之间数据交换类型、协议链路结构、寻址方式、传输模式、工作过程、差错检验的模式,规范煤矿信息数据采集,制定出适合现有煤矿所有系统的统一协议及标准,实现井下现场各种设备统一协议、统一标准接入。该规范要具有通用性、差异性处理方法。统一规范及标准需要定义煤矿基础信息、数字化设备管控制术语定义、适用范围、一般要求、数据元素组成及文件规则等;规定数据集中的数据校验、数据缓存、断网续传模式、软件数据接口、数据采集频率等,实现煤矿所有数据融合到同一数据仓库,打通各系统之间的数据流,实现了多系统数据融合。

智慧矿山统一技术规范及标准的制定是推进煤矿“互联网+”技术应用的基础,可避免各煤矿智慧矿山建设过程中的信息孤岛、各自为政,为推进煤矿企业大数据、矿业集团大数据和国家煤矿大数据在信息共享、数据挖掘应用等方面做好准备。

1.2 综采工作面智慧感知

综采工作面设备经历了机械化、自动化、数字化、智能化的发展阶段,近几年综采工作面自动化已经基本实现,部分控制技术与设备初步具备智能化,但是由于综采系统、煤机装备控制动作多,且对动作准确性、顺序性、响应速度等要求严格,且现有综采装备多为单机分散控制,不能实现快速、准确的配合,无法充分发挥智能设备的性能。

综采工作面智能化控制围绕综采设备姿态定位、综采设备安全感知、工作面直线度控制、视频图像处理等关键问题,采用传感、通信、自动化、信息化等一系列技术高度集成,实现具有主动感知、自主决策、自动执行、三机联动、环境实时监测与控制等功能,满足就地、集中、远程三级网络管理控制、设备故障自诊断系统,逐步实现综采工作面的自动化、少人化、无人化的智能开采。智慧综采工作面支撑系统如图1所示。

综采工作面的智慧感知融合人、机、环、管等过程数据的控制,将工人从工作面回撤到工作面巷道监控中心,尽量减少工作面工人数量。在地质条件较好的矿井,试点工作面巷道控制中心的控制人员通过实时监视、自动控制主要采掘设备,完成遥控式无人智能开采,工作面采场内没有人员,只设置巡检人员,特殊情况下做少量干预。

煤矿智慧开采推进煤炭行业技术创新发展,实

现劳动密集型向人才技术密集型转变,智慧化高端综采装备必然是未来工作面的主流设备。

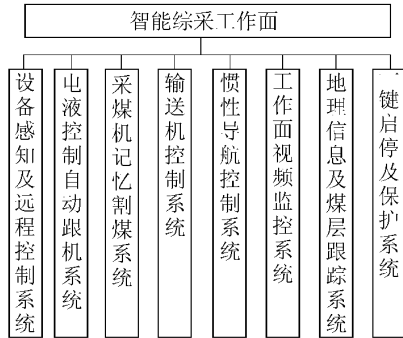


图1 智慧综采工作面支撑系统

Fig. 1 Support system of wisdom fully mechanized mining face

1.3 “一网一站”综合智慧通信

智慧矿山的建设需要在煤矿应用并推广“一网一站”综合智慧通信系统,将煤矿采掘生产、安全监控、信息管理等多个通信系统扁平化,实现对井下各个分系统的统一接入、统一传输、统一承载、统一管控、统一联动的一体化管理体系,解决过去煤矿“六大系统”多系统独立并存部署,带来传输接口及通道不统一、设备及线缆多、管理分散、维护困难等问题,“一网一站”紧凑的综合智能信息系统为安全生产提供更有效力的决策手段。

现有井下异构系统网络通信方式及协议种类繁多、兼容性差,建立可靠、实用的数据链路层统一协议传输,井下各种设备的一站式接入,为矿井的安全生产信息提供高速、可靠传输保障。“一网一站”系统中“一网”是矿井有线/无线无缝对接覆盖的可靠网络,实现统一传输的功能,有线网部分具有独立模块快速故障检验和传输倒换功能,接口类型丰富,业务扩展满足综采工作面智慧感知设备接入、安全监测监控系统接入、远程控制系统接入,包括矿井视频联动的实时接入,“一站”内包括无线3G/4G通信模块(含WiFi)、数字式安全监控(含各类传感器)、人车精确定位、视频联动、语音扩播、程控调度、IP电话调度、顶板监测等系统,该多功能基站实现统一数据接入、统一共网回传、联动调度管理,以及共网管控和共同维护平台,实现一体化通信、远程指挥调度。与现有的业务支撑系统实现无缝对接,为现有的决策分析和流程改进提供支撑。“一网一站”综合智慧通信如图2所示。

1.4 三维实景智慧综合管理平台

数字煤矿三维实景可视化平台是一种全新的矿

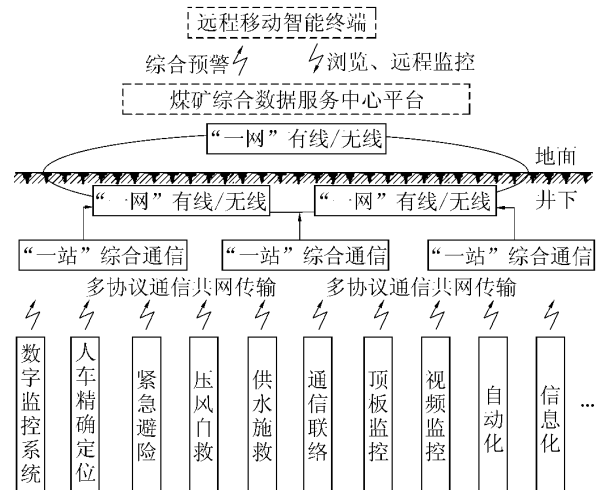


图2 “一网一站”综合智慧通信示意

Fig. 2 Schematic diagram of "one network one station" integrated intelligent communication

山管理手段,将矿山地形地貌、地表设施、井巷工程、矿山地质等空间构造在三维实景平台中真实再现,同时接入矿山采掘工作面、监测监控、生产自动化、风险预控、经营管理等各类专业子系统,并在该平台植入实时动态监测监控数据、生产数据、设备信息、人员信息、管理信息,从而构建能真实反映煤矿复杂生产环境状态的三维实景智慧煤矿;实现安全监测数据预警分析和风险信息跟踪,对矿山企业危险源、隐患、事故等信息的定位记录和管理;并在突发事件时为决策者提供全面的应急决策信息支持,最大程度降低发生事故的的概率和减少事故所造成的损失。

三维实景煤矿综合管理平台如图3所示,通过该平台完成对煤矿各生产自动化系统动态实时数据的采集,同时构架数据存储与支撑平台,挖掘实时/历史数据库存储各生产系统过程数据,将零散数据信息系统有效共享综合利用,实现矿区地理信息、井

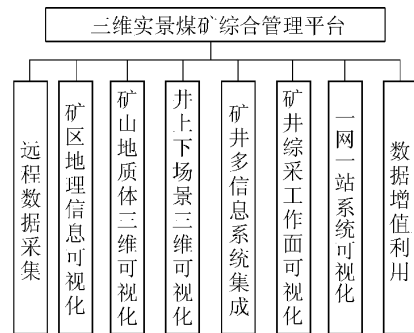


图3 三维实景煤矿综合管理平台

Fig. 3 Real three-dimensional integrated management platform of coal mine

下地质体、井上下空间、井下安全监控、人员定位、瓦斯抽放、综采、煤流运输、选煤等信息监测监控,生产自动化系统的动态监测与三维可视化展示,数据与场景融合,多系统联动,避灾路线动态规划等,实时数据自动汇总处理、实时报警提示等。实现对煤矿宏观与微观信息的直观反映,缩短认知与决策时间,是矿山安全生产管理与应急指挥的新手段。

1.5 智慧矿山数据挖掘及增值利用

数据挖掘是对实时数据库中的大量业务数据进行抽取、转换、分析和其他模型化处理,从中提取安全生产辅助决策的关键性数据,数据挖掘实现过程如图4所示。通过相关算法及关联规则提取给定数据之间的有价值信息。智慧矿山构建自己的数据仓库,将不同系统平台之间的大量数据信息集成到一起,进行合理的组织管理,并为联机分析处理和数据挖掘提供数据基础,矿山数据仓库面向矿山生产、经营和管理等主题的大型数据管理信息系统,集成矿山地质、环境、管理、市场和企业资源等多源信息,为矿山经营和管理提供科学依据和决策支持。

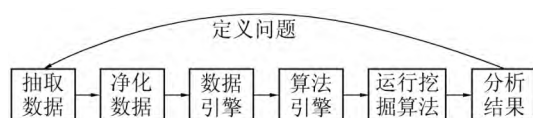


图4 数据挖掘实现示意

Fig. 4 Realization schematic of data mining

数据挖掘是利用各种分析工具在海量数据中发现模型和数据间关系,使用这些模型和关系可以实现预测,并利用大数据技术对传统系统的不足之处加以修正,寻找数据间潜在关联,发现被忽略的因素。将数据挖掘分析结果加载到三维实景综合管理平台,在三维实景中实时显示对参数重组和计算得出的评价结果,结合现有其他系统(如采掘设备传感系统、通风系统、瓦斯监控系统、安全风险预控系统、人员定位系统等)区域状态的综合评定,实时准确地判断井下系统运行状态及事故隐患,起到对矿井安全多层防护的作用。传统的煤矿安全监测系统只是在检测量超出标准水平后发出故障报警,并不能在出现危险趋势时发出预报,智慧矿山数据挖掘可以加快安全事故隐患排查效率,达到事前预警,从而提高矿井灾害预防能力。

1.6 互联网+智慧矿山

“互联网+”时代的智慧矿山是指将互联网技术

和互联网思维应用到煤矿领域,使得煤矿安全生产及管理运作与互联网结合起来,与“互联网+”的加值形成聚合效应。互联网+智慧煤矿将重点促进以云计算、大数据为代表的新一代信息技术与煤矿安全生产经营的融合发展。互联网+智慧矿山的建设先期选择具备智慧矿山建设条件好的煤矿进行,至少需要完成以下4个方面的内容。

1) 建立煤矿安全生产和经营管理实时基础数据中心库,利用云计算、大数据并结合专家预测模型进行集中分析,实现煤矿安全生产环境全过程透明展示。

2) 建立实时判断煤矿井下安全生产状况、灾害早期发现与预警、专家远程事故诊断、区域安全形势专项预测评估等的功能平台。

3) 建立不同层级、不同区域的煤矿安全生产技术远程服务平台,形成煤矿企业、煤矿集团、全国煤矿的时空多维数据共享机制,实现煤矿安全生产信息的跨区域、实时远程监测及诊断的共享服务。

4) 建立煤矿安全产业链协同数据交换服务中心,实现监察、执法、隐患排查治理及应急救援等政府监管工作,促进传统煤炭工业向智慧能源的转型升级。

煤矿企业在经营状况困难的现状下,需要重新挖掘过去长期积累的海量数据,采用综合的可视化工具,从时空多维度挖掘大数据中隐含的知识、规律、价值,指导煤矿安全生产决策,将煤矿安全生产提升到精细化管理的新层面。

2 王坡煤矿示范工程智慧矿山建设成效

山西王坡煤矿智慧矿山示范工程主要建设万兆工业以太环网、数字式安全监控系统、煤流、电力分控中心系统、移动通信系统、设备故障诊断系统、井下设备全生命周期管控系统、三维实景管理系统、煤矿数据中心和全矿井三维模型等。

建成的一体化安全生产管控系统,包括动态集成安全监控、人员定位、工业视频监控、产量监控、瓦斯抽采监控、通信联络、综采工作面监控、主通风机监测、副井提升监控、供电监控、主运输监控、选煤厂监控等系统。完成了多系统融合、智能报警提示、多系统互联互通、多维度动态监测监控及展示,三维实景展示数字矿山综合管理系统,实现了全矿山地理信息、地质体、井上下场景、生产过程、监测监控过程动态监测及可视化展示、信息查询、预测预报等。王

坡煤矿智慧矿山建设的成效主要集中在以下3点。

2.1 井上井下三维实景可视化

基于矿区现有的地面工业广场图纸,整合现场采集的数字化信息,实体建模构建三维实景矿区工业广场、采煤工作面、永久避难硐室、中央变电所、水泵房等。平台提供场景编辑、维护功能,可由用户根据需要调整设备位置,添加新的设备,更新掘进巷道和回采工作面位置等,可以对照井下生产进度来调整场景保持对应一致。地面工业广场三维可视化界面如图5所示。



图5 地面工业广场三维可视化界面

Fig. 5 3D visualization interface of ground industrial plaza

2.2 实现远程监测监控预警

将矿山现有的安全监控、人员定位、瓦斯抽采、顶板压力、产量监测等系统的数据和信息从单个系统标准化集成规范,同步采集单个系统实时动态监测数据,整合到数据中心的关系数据库系统中,采用数据挖掘显示在三维实景管控平台,对超限或者危险操作等实时报警,在监测点报警的同时,快速定位到报警位置、周边三维场景,自动触发对该隐患信息相关联信息,逐项排查,确定问题发生原因,实现隐患数据的综合监测分析,帮助调度人员和管理者寻找解决方案。瓦斯监测可视化界面、煤流监测可视化界面、主通风机监测可视化界面分别如图6、图7、图8所示。



图6 瓦斯监测可视化界面

Fig. 6 Visualization interface of gas monitoring



图7 煤流监测可视化界面

Fig. 7 Visualization interface of coal flow monitoring



图8 主通风机监测可视化界面

Fig. 8 Visualization interface of main fan monitoring

2.3 综合信息大数据挖掘应用

王坡煤矿大数据挖掘应用主要实现对井下环境监测易报警位置的自动筛选,重点监测,易报警位置特征分析;传感器校验报警数据与真实报警数据的自动辨识;根据矿井采掘图,生成井下巷道网络拓扑图;结合井下巷道3D GIS数据、实时动态环境监测数据,井下作业人员位置等,动态规划井下避灾路线,自动图文提示最优避灾路线及长度;根据矿井的地质条件、生产技术、井下装备、作业人员分布、实时环境监测数据等,进行井下作业区域瓦斯灾害危险性综合评估。井下避灾路线智能规划效果如图9所示,数据报表界面如图10所示。



图9 井下避灾路线智能规划效果

Fig. 9 Intelligent planning effect of underground disaster prevention route map

山西王坡煤矿在智慧矿山建设方面具有示



图 10 数据报表界面

Fig. 10 Data report interface

范效应,在国内处于领先水平,但是还缺乏“互联网+”应用的内容,需在下一步智慧矿山建设中继续完善。

3 结 论

1) 以传感技术、数字化、物联网、大数据、云计算、“互联网+”等高科技为支撑的智慧矿山,在数字矿山的基础上对信息实时精准采集、远程网络传输、数据规范集成、三维实景展现,具有透彻的感知、全面的互联互通、深入的智能管控,实现从井上到井下、从整个矿区到具体设备、从现场到远程、从生产到安全到决策的多层次立体有序衔接^[12-17]。

2) 在国内智慧矿山还仅处于起步建设阶段,存在各系统的通信标准、接口协议各异;各业务系统间的数据存在信息孤岛、无法协同;信息区域性流动无法在多层次、多矿井的集团内共享;大数据分析手段落后,不能及时挖掘大数据潜在价值;大部分矿井尚没有形成三维实景的安全生产综合信息展示平台,不能有效解决实时感知重大灾害的预警预报、矿井灾害及时搜救等问题^[18-20]。

3) 随着大数据、“互联网+”技术在各行各业的推广增值应用,加快推进建设基于“互联网+”的高效智能化安全生产管控、调度指挥、风险追踪和预测预警功能的智慧矿山,最终实现灾害预警、安全生产、少人或无人开采的智慧矿山模式。

参考文献(References):

[1] 马小平,胡延军,缪燕子.物联网、大数据及云计算在煤矿安全生产中的应用研究[J].工矿自动化,2014(4):5-9.
Ma Xiaoping, Hu Yanjun, Miu Yanzi. Study on the application of Internet of things, big data and cloud computing in coal mine safety production [J]. Industry and Mine Automation, 2014 (4): 5-9.

[2] 叶旭东,王震,梁壮等.智慧煤矿的概念和内涵[J].煤炭

经济研究,2015,35(10):25-28.

Ye Xudong, Wang Zhen, Liang Zhuang et al. Concept and connotation of intelligent coal mine [J]. Coal Economic Research, 2015, 35 (10): 25-28.

[3] 严萧凤,张德馨.大数据研究[J].计算机技术与发展,2013,23(4):168-172.

Yan Sufeng, Zhang Dexin. Big data research [J]. Computer Technology and Development, 2013, 23(4): 168-172.

[4] 申学易,买晓琴,刘超.基于互联网平台的大数据收集在社会认知研究中的应用[J].科学通报,2015,60(11):986-993.

Shen Xueyi, Mai Xiaojin, Liu Chao. Application of large data collection based on Internet platform in social cognition research [J]. Science Bulletin, 2015, 60(11): 986-993.

[5] 赵刚.大数据:技术与应用实践指南[M].北京:电子工业出版社,2013.

[6] 张良,李首滨,黄曾华等.煤矿综采工作面无人化开采的内涵与实现[J].煤炭科学技术,2014,42(9):26-31.

Zhang Liang, Li Shoubin, Huang Zenghua et al. Definition and realization of unmannde mining in fully-mechanized face [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 26-31.

[7] 王虹.综采工作面智能化关键技术研究现状与发展方向[J].煤炭科学技术,2014,42(1):60-64.

Wang Hong. Development orientation and research state on intelligent key technology in fully-mechanized coal mining face [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(1): 60-64.

[8] 孙继平.煤矿监控新技术与新装备[J].工矿自动化,2015(1):1-5.

Sun Jiping. New technology and new equipment of coal mine monitoring [J]. Mining automation, 2015(1): 1-5.

[9] 徐静,谭章禄.智慧矿山系统工程与关键技术探讨[J].煤炭科学技术,2014,42(4):79-82.

Xu Jing, Tan Zhanglu. Smart mine system engineering and discussion of its key technology [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(4): 79-82.

[10] 牛剑峰.大型煤炭综采成套装备智能系统研究[J].煤炭机械,2015,36(3):64-66.

Niu Jianfeng. Research on the intelligent system of large scale coal fully mechanized coal mining equipment [J]. Coal Mine Machinery, 2015, 36(3): 64-66.

[11] 李乔,郑啸.云计算概念和影响力解析[J].计算机科学,2011,38(4):32-37.

Li Qiao, Zheng Xiao. Cloud computing concepts and impact analysis [J]. Computer Science, 2011, 38(4): 32-37.

[12] 孙继平.“互联网+煤炭”与煤矿信息化[J].煤炭经济研究,2015,35(10):16-19.

Sun Jiping. "Internet plus coal" and coal mine informatization [J]. Coal Economic Research, 2015, 35(10): 16-19.

[13] 董喆.基于互联网金融平台的大数据挖掘研究[J].现代经济信息,2014(22):40-41.

Dong Ze. Research on large data mining based on Internet banking platform [J]. Modern Economic Information, 2014(22): 40-41.

(下转第63页)

- 徽大学, 2011.
- [6] 姚宏宇, 田溯宁. 云计算: 大数据时代的系统工程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013: 40-43.
- [7] 维克托·迈尔·舍恩伯格, 肯尼斯·库克耶. 大数据时代[M]. 盛杨燕, 周涛, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2013.
- [8] 王铃丁, 张瑞新, 赵志刚, 等. 煤矿应急救援指挥与管理信息系统[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2006, 8(10): 20-23.
Wang Lingding, Zhang Ruixin, Zhigang Zhao, et al. Emergency rescue command and management information system for coal mine [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2006, 8(10): 20-23.
- [9] 于雷, 胡雪坤. 国外应急救援体系研究[C]//矿山救护队训练与管理研究. 北京: 煤炭工业出版社, 2015.
- [10] 刘晓婷. 国内外矿山应急救援体系的对比分析及启示[C]//矿山救护队训练与管理研究. 北京: 煤炭工业出版社, 2015.
- [11] 李学来, 胡敬东. 煤矿应急救援技术的研究及应用现状[J]. 煤炭工程, 2005(4): 43-40.
Li Xuelai, Hu Jingdong. Research and application status of coal mine emergency rescue technology [J]. Coal Engineering, 2005(4): 43-46.
- [12] 胡敬东, 李学来, 刘凤茹. 煤矿应急救援技术研究若干新进展[J]. 煤矿安全, 2005, 36(5): 50-54.
Hu Jingdong, Li Xuelai, Liu Fengru. Some new advances in the re-
search on the technology of coal mine emergency rescue [J]. Safety in Coal Mine, 2005, 36(5): 50-54.
- [13] 周兴龙. 煤矿应急救援技术研究现状综述[J]. 科技资讯, 2007(27): 62-63.
Zhou Xinglong. Summary of the research status of emergency rescue technology in coal mine [J]. Scientific & Technical Information, 2007(27): 62-63.
- [14] 赵正宏, 田水承. 煤矿应急救援必读[M]. 北京: 中国石化出版社, 2008.
- [15] 李文峰, 李淑颖, 代新冠, 等. 安全生产应急平台的建设与实践[C]//中国煤矿应急救援基础研究. 北京: 煤炭工业出版社, 2014.
- [16] 肖文儒. 我国矿山应急救援工作现状及发展规划[C]//矿山救护队训练与管理研究. 北京: 煤炭工业出版社, 2015.
- [17] 邱雁. 浅析我国专兼职矿山应急救援队伍的现状与发展[C]//矿山救护队训练与管理研究. 北京: 煤炭工业出版社, 2015.
- [18] 吴宗之, 刘茂. 重大事故应急预案分级、分类体系及其基本内容[J]. 中国安全科学学报, 2003, 13(1): 15-18.
Wu Zongzhi, Liu Mao. Gradation and Categorization System of emergency plan for major accidents and their main contents [J]. China Safety Science Journal, 2003, 13(1): 15-18.
- [14] 佚名. 全球大数据分析: 75%的企业在做数据分析工作[EB/OL]. [2015-12-19]. http://news.xinhuanet.com/unfo/2014-0217/c_133120556.htm Prolongation = 1.
- [15] 赵勇, 林辉, 沈寓实. 大数据革命: 理论、模式与技术创新[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [16] 曲来超, 许江涛. 用于数字矿山的复杂地质体三维建模方法[J]. 地理空间信息, 2015, 13(1): 59-61.
Qu Laichao, Xu Jiangtao. Three dimensional modeling method for complex geological bodies in digital mine [J]. Geo Spatial Information, 2015, 13(1): 59-61.
- [17] 薛霄, 常静坤, 曾志峰. 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): 36-42.
Xue Xiao, Chang Jingkun, Ceng Zhifeng. Research on intelligent mine service system based on context aware [J]. Computer Engineering and Science, 2013, 35(9): 36-42.
- [18] 黄世秀, 高飞, 朱大勇. 矿山三维地质模型及数字化仿真[J]. 测绘科学, 2015, 40(6): 77-80.
Huang Shixiu, Gao Fei, Zhu Dayong. Three dimensional geological model and digital simulation of mine [J]. Surveying and Mapping Science, 2015, 40(6): 77-80.
- [19] 雷高. 智慧矿山建设的探讨[J]. 铜业工程, 2013(4): 43-46.
Lei Gao. Discussion on the wisdom of mine construction [J]. Copper Project, 2013(4): 43-46.
- [20] 叶旭东, 王震, 梁壮, 等. 智慧煤矿的概念和内涵[J]. 煤炭经济研究, 2015, 35(10): 25-28.
Ye Xudong, Wang Zhen, Liang Zhuang, et al. The concept and connotation of intelligent coal mine [J]. Coal Economic Research, 2015, 35(10): 25-28.

(上接第33页)