

互联网+煤矿开采大数据技术研究与实践

张科利,王建文,曹 豪

(陕煤集团神木柠条塔矿业公司 陕西 神木 719300)

摘要: 针对煤炭市场需求持续下滑,煤矿企业安全生产与成本管理的基本矛盾日趋突出,企业经营压力剧增的现状,为解决煤矿企业煤炭资源、人力资源、机电装备、生产技术等多要素、多参数、多目标的立体动态复杂系统协调管理问题,提出运用“互联网+”、大数据和现代管理理论,整合煤矿采、掘、机、运、通、地质、防治水等专业信息,构建安全生产协同管理大数据平台,研究柠条塔煤矿安全生产经营大数据的互动关系。研究结果表明:借助大数据技术,结合煤矿特点,深度挖掘分析其生产管理中的海量数据,可实现煤矿安全生产经营决策及时科学化、安全标准化、生产精细化、经营利润最大化。

关键词: 互联网+; 大数据; 安全生产; 协同管理

中图分类号: TD76

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2016)07-0123-06

Study and practice on big data technology of internet plus coal mining

Zhang Keli, Wang Jianwen, Cao Hao

(Shenmu Ningtiaota Mining Company, Shaanxi Coal and Chemical Industry Group, Shenmu 719300, China)

Abstract: According to the demands of the coal market continuously declined, a basic contradiction between the safety production and the cost management of the coal enterprises becoming obvious day by day and the operation pressure seriously increased status of the enterprises in order to solve the coordinated management problems of the three-dimensional dynamic complex system with the coal resources, human resources, electromechanical equipment, production technology and multi factors, multi parameters, multi targets of the coal mine enterprises, the "internet +", big data and modern management theory were applied to integrate the mining, heading, machinery, transportation, ventilation, geology, water prevention and other professional information of the mine, to establish the big data platform of the mine safety and production coordinated management and to study the interaction between the safety production and operation data of Ningtiaota Mine. The study results showed that with the big data technology and in combination with the mine features, the mass data from the mine production management were deeply dug and analyzed and the time scientificity of the mine safety production and operation decision, safety standardization, production refinement and maximum operation profit could be realized.

Key words: internet plus; big data; production safety; collaborative management

0 引 言

煤炭开采是一个特殊性的行业,煤矿企业是集煤炭资源、人力资源、机电装备、生产技术、综合管理等多要素、多参数、多目标紧密结合的立体动态复杂系统^[2]。其生产属井下生产作业,在生产的同时,受水、顶板、瓦斯、煤尘等自然灾害的威胁,安全管理难度大是其显著的特征。在目前市场需求持续下滑

的形势下,煤矿企业安全生产与成本管理的基本矛盾日趋突出,企业经营压力剧增,若缺乏正确合理的战略指导和管理,在越来越激烈的市场竞争面前,只能疲于应付,将永远难以超越,甚至面临被淘汰出局的危险^[3-5]。随着近几年来大数据技术突飞猛进的发展,大数据的“廉价、迅速、优化”优势日显突出^[6-9]。借助互联网大数据技术,结合煤矿特点,深度挖掘其生产管理中的海量数据,是解决煤矿安全

收稿日期: 2016-03-11; 责任编辑: 赵 瑞 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2016.07.021

作者简介: 张科利(1962—),男,陕西周至人,高级工程师,硕士,现任陕煤集团神木柠条塔矿业公司副总经理。Tel: 15909122650, E-mail: zkl_888@163.com

引用格式: 张科利,王建文,曹 豪.互联网+煤矿开采大数据技术研究与实践[J].煤炭科学技术,2016,44(7):123-128.

Zhang Keli, Wang Jianwen, Cao Hao. Study and practice on big data technology of internet plus coal mining[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(7): 123-128.

生产经营管理面临问题最有效的途径^[10-11]。基于此,笔者深度剖析煤矿安全生产经营管理的内涵和特征,创新性运用“互联网+”、大数据和现代管理理论,构建安全生产协同管理大数据平台,研究柠条塔煤矿安全生产经营大数据的互动关系,运用大数据优化安全生产系统运行、优化生产辅助运行管理、实行全时空的现场岗位管理。

1 安全生产协同管理大数据平台建设

遵循大数据理念,应用大数据技术,以绿色高效矿井建设为目标,构建“大数据、大支撑、大安全、高效益”管理平台,分“采、掘、机、运、通、地质防治水”等专业建设各子系统^[12],实现煤矿安全生产经营数据采集层点多、面广,作业现场指挥层多专业交互综合,决策战略层技术与经济融合、信息与现代化管理融合的管控体系。柠条塔煤矿应用协同管理、“互联网+”、大数据分析等先进管理理论和技术手段,对采、掘、机、运、通等环节所涉及安全生产的全因素(人、机、料、法、环、管等方面以及矿压、水文、地质等安全信息)连续进行数据收集分析,实时掌控生产过程中各环节的运行状态和各种信息,做到安全生产条件清晰,变未知为可知,变灰色为透明,做到安全生产状况数量清、状态明。

按照管理与信息化相结合,管理设计先行,信息化随即跟进的原则,建立大数据支持下的煤矿安全生产过程管理体系,实现“全时空无遗漏、全过程无间隙、全精准无差错”,从时间、空间的连续性和关联性上对现场安全(水文、瓦斯、矿压等)环境、生产过程等方面的管理,从多角度、全方位进行数据采集,在矿井数字化和信息化、生产系统自动化建设的基础上,构建大数据管理平台,实现“前期预防”、“实时控制”、“动态监测”的目的^[13]。

1.1 煤矿大数据特点分析

由于煤矿开采的特殊性,对安全、生产、管理等方面的数据和信息进行归类,发现各方面数据均有其自身的特点,通过分析主要表现在以下5个方面。

1) 多种数据源。在安全生产过程中,有以地质资料为主的开拓设计数据,有采煤作业数据、掘进作业数据、主运输运行数据、无轨胶轮车辅助运输数据,还有以生产环境在线监测为主的安全监测监控系统,有以自动控制为主的自动化系统,以人工活动为主的多种专业综合作业系统等,信息源多,信息形式多样。

2) 信息分散,交互多。煤矿生产环节多,作业协作性及关联性程度高,安全生产管理要考虑多元离散数据的随机性和互动性。

3) 信息面广,数据量大。煤矿安全生产是一个多专业协同运行的过程,各专业(地质、水文、安全、生产、机电、物资供应等)产生的各类数据面广、量大且各不相同。

4) 信息传递受区域影响。柠条塔煤矿是多煤层同时开采,多采高并存,南北翼均衡生产,作业区域分散,信息传递距离远,条件不一。

5) 信息实时性要求高。由于井下作业环境恶劣,20 h不间断生产,因此生产环境安全监测监控系统、各生产环节的自动化系统等实时数据与信息需要安全、准确、及时地传至数据处理中心。

1.2 大数据平台建设

针对柠条塔煤矿大数据特点,为实现各类数据的高效、实时传输和集成、快速处理,消除信息孤岛,统一建设了数据网络传输通道和数据处理中心。

1) 网络传输通道的建设。建设地面和井下南、北翼各一个光纤以太环型网络,同步建设有覆盖厂区主要建筑的信息发布网络,各网络之间采用可靠的安全防护设备链接。网络平台提供万兆交换、千兆主干、百兆接入的数据传输服务^[14],各个自动化子系统和监测监控系统均通过环网进行数据传输,实现数据、视频、语音三网合一,为数据传递提供快速、稳定的传输通道(图1)。

2) 数据处理中心的建设。建立统一的数据处理中心,由4台虚拟化服务器、2台数据服务器和配套的在线存储、备份存储设备组成统一的数据处理资源池。通过虚拟化技术,合理划分各数据处理系统所需资源,实现资源的高度整合利用,为数据处理提供高性能的处理平台。

1.3 大数据采集与处理

柠条塔煤矿围绕生产调度综合管理、生产技术综合管理和安全生产环境开展数据采集工作。安全生产运营管理平台建立在GIS、WebGIS、数据库技术的支持下,统一地理信息系统平台,安全、地质、测量、采矿、供电、通风等专业数据统一存储管理于后台数据库管理系统,实现专业应用软件组件式开发,基于矿井生产技术层、管理层以及公司管理决策层等多层面管理集成开发系统,真正实现围绕实时数据动态变化而达到生产专业应用数据的共享与交换^[15]。实现了数据的分类和集成,包括基础数据

(二维和三维空间数据、地质/测量/水文/通风/生产/机电等静态数据),实时性数据(水/火/瓦斯/顶板/人员定位等在线监测监控系统产生的动态数

据) 事务性数据(采煤、掘进、机电、运输、通风、气象、地测防治水等专业管理信息系统产生的日常报表台账等数据) 如图2所示。

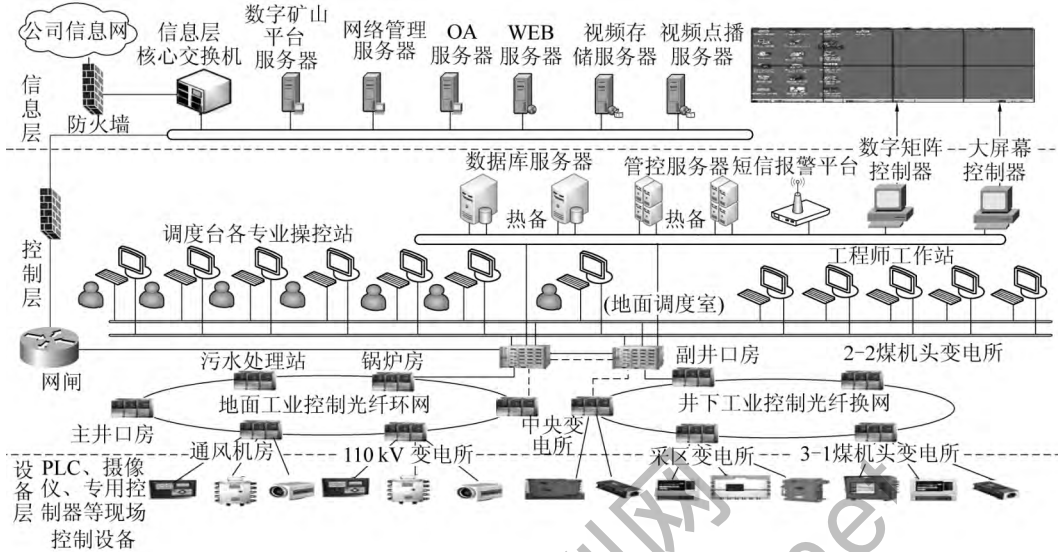


图1 柠条塔煤矿大数据平台硬件组成

Fig. 1 Composition of big data platform hardware in Ningtiaota Mine

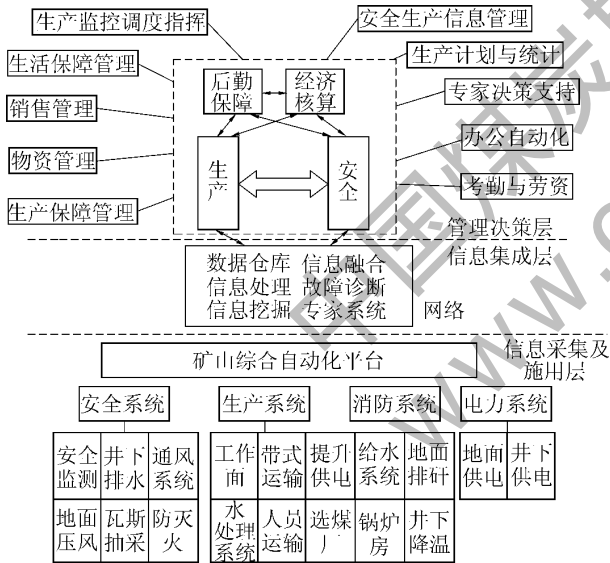


图2 柠条塔煤矿大数据采集与处理

Fig. 2 Big data acquisition and processing of Ningtiaota Mine

1) 安全生产调度综合管理系统主要包括矿井原煤产量、矿井掘进进尺情况、生产准备工作情况、班组出勤情况、矿领导值班情况、基层单位干部跟班情况、调度记录及安全生产汇报情况、煤炭外运情况、入选煤量及外运情况、生产预测预报、重点区队生产任务完成情况、当日安全情况、领导指示及重大问题和班组生产分析等内容的管理。及时检查安全生产的各项准备工作和生产进度,发现和消除影响

生产计划完成的不利因素,并对生产中出现的不平衡情况加以调整,克服生产中的薄弱环节,加强生产与辅助部门的联系和协调配合。

2) 生产技术综合管理系统根据煤矿安全管理体系和标准,利用计算机、通信、WebGIS 技术开发,制定科学的生产计划,合理安排、组织生产,提高工作效率和生产技术管理水平,实现生产技术管理的数字化和智能化。其具体业务涵盖矿井的开拓掘进技术、采煤安全技术监督管理、质量标准化、技术创新管理、地质测量管理、水文管理、储量管理、一通三防管理和科研项目管理等内容。

2 运用大数据优化安全生产系统运行

运用云平台、物联网和大数据的结合,建立整合采、掘、机、运、通各专业知识资源平台,建立技术、经济一体化管控平台,实现科学决策、及时决策、有效决策。完成电力调度系统的自动化建设,实现变电所无人值守,有人巡查;建设主运输顺煤流启动、动载调速、南北翼均衡给煤的优化节能自动控制系统;实现单点无人自控,系统分级管控、动态调节的自动化排水控制系统;建设并整合综采工作面设备监控数据的综采工作面集控系统,可在地面中心站实时对综采工作面煤机、泵站、组合开关等设备信息进行监控;实现辅助运输车辆的位置精确化、调度合

理化、运行经济化的全面管控系统。

1) 强化综采工作面安全运行。根据煤层赋存条件,柠条塔煤矿运用大数据合理布置开采方式,科学选择综采综掘设备。采用先进的综采设备,对设备配套除必需的技术要求外,按照信息化建设的要求,提出设备运行工况参数的就地显示及远程传输要求,强力推进设备升级,实现综采工作面机电设备各种参数与状态的数据收集、显示及传输,故障的预测预报以及“三机”(采煤机、刮板输送机和液压支架)远程同步自动协同控制,为综采工作面机电设备大数据分析提供基础,提升综采工作面系统生产能力、减少操作人员。

2) 强化主运输系统经济运行。柠条塔煤矿主运输全部采用带式输送机,南、北翼同时运煤,运输距离长,控制环节多。主运输系统大数据建设立足于高起点、高技术和高质量,将PLC控制系统和分布式网络结构相结合,实现以“地面控制为主,井下监控为辅”的控制模式,建设地面集中控制、可视化和语音通话三位一体的自动化控制系统体系,实现带式输送机高效、稳定、可靠地运行。

运用大数据分析手段,实时采集各部带式输送机负荷变化信息,通过变频调速,做到动态伺服控制,达到节能经济运行的效果,实现带式输送机在运输小煤量时低转速运转,从而降低输送带的无功功耗和降低输送带磨损;在运输大煤量时高转速运转,实现输送带最大运转能力,从而提高输送带效率,降低输送带的无功功耗。

3) 强化供电系统安全运行。柠条塔煤矿运用大数据采集井下变电所高压开关、移动变电站、低压开关(含照明综保)等综合保护器的数据,通过光纤环网将井下各变电所的“遥测、遥控、遥信、遥调、遥视”五遥信息传至供电调度中心,实现供电调度中心对井下所有变电所的五遥和供电系统防越级跳闸功能,完成供电系统的自动化和信息化建设,同时将防越级跳闸闭锁信号通过GOOSE交换机传至地面变电所相应下井线路继电保护装置,建立基于GOOSE的分布式供电区域保护机制,将故障锁定在最小范围内,实现变电所无人值守,有人巡查,减人提效。

3 运用大数据优化生产辅助运行管理

在生产辅助系统的各个环节进行了大数据建设,实现“通风、水文、地质、供排水、安全监测监控、

防治水、辅助运输、采空区自然发火光纤综合监测、水文监测、微震监测”等整个安全生产辅助保障业务的信息化管理,开展了多项信息化建设工作。将接入的各子系统信息通过标准的数据交换方式与安全生产控制平台进行数据传输、处理、存储、发布,并对各类信息进行综合分析,获得涉及安全生产各系统、环节及薄弱危险区域的各类致灾因素的动态数据和分布信息,实时分级、分类、统一进行信息发布,对灾害危险性进行预警报告,达到对矿井安全生产过程全面的监控,为矿井安全生产及时高效管理提供有力的保障。

1) 优化通风系统运行。运用大数据对矿井通风网络实施全方位和全时空监测,实时仿真出井下巷道中通风流场信息,提供风量平衡与风压平衡方法,通风技术人员在日常工作中只需将测定和分配的风量、巷道的风阻输入系统中,便可完成系统的现状模拟,获取了新增井巷的风阻值。利用基于灵敏度的风量异常值分析模型,对通风网络监测数据进行实时解算,实现对矿井全风网风量异常值的在线实时分析,弥补了常规安全监控系统在通风监测方面的不足,提高矿井通风管理中对风量异常现象处理的准确性和及时性。解决了通风网络解算在矿井通风管理中的瓶颈问题,弥补了阻力测定工作难以获取全风网风阻的缺点。

2) 优化水文信息管理。运用大数据实时采集井下水文观测孔水压、水温、放水孔流量、水仓排管道流量、排水明渠流量及矿井地面水文孔水位、水温等数据,建立了实时性强、运行可靠、精度高、自动化程度高,能够连续长期测量并自动进行数据分析、辅助决策的水文实时监测系统。及时掌握全矿井涌水量、含水层水压、水位等矿井所有水文信息,实时展现矿井涌水量等信息变化情况,为矿井水防治和安全生产等提供及时准确的基础资料。

3) 优化地质信息管理。运用大数据手段和GIS空间数据模型方法,以二维图形技术为基础,建立面向对象的一体化实体数据模型和可扩展的二三维可视化引擎。为矿井巷道设计提供计算机辅助制图、计算机辅助决策、空间专业数据管理等方面的支持。实现矿井全巷道图元“组件式”的辅助设计,在此基础上设计开发“插件式”的地测、通风、水文、机电、设计等专业应用模块,用以满足各级管理人员灵活多样的个性化定制需求。

4) 优化供排水系统运行。采用PLC设备对供、

排水泵房设备进行集中控制。由超声液位传感器连续检测水仓水位,根据水仓水位、管道水压等因素,自动控制开停水泵及其阀门。在正常水位时,各台水泵能自动轮换工作,最大涌水及突出涌水时,自动投入所需数量的水泵运行。系统具有自诊断功能,可显示各水泵及闸阀工作状况和故障。实现单点无人自控、系统分级管控、动态调节的自动化供、排水控制系统。

5) 建立采空区综合监测系统。运用光纤、光栅传感器对煤矿采空区内部温度、气体组分、水位进行监测,消除人员检测不连续性和数据误差。随时掌握采空区致灾因素变化趋势,防止煤炭自燃,为采空区防灭火提供数据支持,使采后防灭火工作更加可靠有效。

6) 优化辅助运输系统运行。运用精确定位技术和大数据分析手段,对矿井辅助运输车辆进行精确定位,按照各区域对车辆的需求和路况信息,优化调度车辆的运行路线,并通过无线通信系统将信息传至车辆综合信息显示屏,实现辅助运输车辆调度合理化、运行经济化。

4 运用大数据实行全时空的现场岗位管理

柠条塔煤矿按照管理设计先行,信息化随即跟进的原则,运用大数据对现场安全、生产、成本等方面进行多角度、全方位管理,形成本质安全型过程管理。在人、机、环三要素的过程管理中实现人机互补、机环互补,将员工主观失误导致的伤害降至最低^[16];对现场岗位管理各方面,实行关键节点、程序、流程、岗位、创新控制,使各要素围绕全时空的现场岗位管理。从时间和空间的连续性、标准和流程的严密性等方面入手,以安全生产精细化管理为突破口,将国家有关安全生产法律法规、行业标准规范和柠条塔煤矿安全管理制度等落实到现场和岗位管理中。建立人员不安全行为信息化数据库,收集人员血压、体温、酒精测试等体征数据,填报情绪、睡眠等身体状态数据,并从人力资源管理系统采集持证情况、新入或调整岗位情况、休假时间等数据,由系统按照既定的判定规则进行自动判定是否可入井和安全注意事项。引入安全生产隐患排查治理信息系统,规范隐患排查、治理等5个环节,形成事故隐患闭环管理。

5 基于大数据安全生产协同管理实施效果

运用大数据技术,建立了信息集中管控、发布的

大数据管控平台。提高了整体工作效率和管理水平,发挥科技对降低成本、增加效益、促进企业健康发展的核心驱动作用。形成日产万吨综采工作面的安全高效生产格局。利用大数据手段对生产过程进行精细化管理,对安全生产调度、生产技术、安全管理等环节实现了全方位的信息管理。围绕实时数据动态变化,建立生产专业应用数据的共享与交换,形成大数据的集成和智能分析。达到整个系统高层决策、管理和生产过程无缝连接,数据管理从静态到动态,业务管理从分散到统一,管理理念从应对到预防的巨大转变。

在当前市场对煤炭需求和价格大幅度下跌的情况下,大数据建设的优势就突显出来。2012—2015年以来,借助大数据分析的手段,杜绝了安全事故,提升了资源回采率,降低了设备故障率,提升了工作效率和管理水平,保障了安全生产,为柠条塔煤矿带来了巨大的经济效益,累计节支创效1.252亿元。

1) 确保安全。杜绝了轻伤及以上人身安全事故,实现连续3年安全生产。机电事故率从2012年至2015年逐年降低:2012年0.65 h/万t,2013年0.43 h/万t,2014年0.29 h/万t,2015年0.21 h/万t。

2) 提高产能。形成了6万t/d的生产规模,3年来产量从1200万t/a提升到1800万t/a,净增产能600t/a,相当于又建成了一个特大型矿井;矿井实现分区域分时段生产,扩大了品种,品种从3个扩大到5个,树立了“柠条塔煤炭”品牌,开拓了市场,拓展了用户。

3) 提升煤质。多种措施并举,将煤质从22.18 kJ/kg提升至23.02 kJ/kg,又从23.02 kJ/kg提升至23.86 kJ/kg,自2014年以来持续稳定在24.28 kJ/kg以上。

4) 降低生产成本。煤炭产品完全成本逐年降低:2012年151.65元/t、2013年143.5元/t、2014年132.62元/t,完全成本年均降幅超过5%。

6 结 语

柠条塔煤矿利用大数据、物联网、互联网+等技术,形成涵盖矿井采掘、供电、通风、排水、输送带状态等信息管理系统及其故障诊断系统,将自动化监测监控与离线点检结合起来,对井下环境、灾害、人员和设备等相关信息进行分析,对煤矿生产安全风险进行预测预警;通过动态连续监测,对安全生产全因素进行数据收集分析、预测预警,优化并改进安全

生产运营管理、综采工作面运行管理、主运输系统运行管理、生产辅助系统运行管理、全时空的现场岗位管理等,保障动态生产始终在确保安全的环境中进行,形成独具特色的柠条塔安全生产协同管理模式:“用数据、显状态、指隐患、强协同、灭事故、保安全、增效益”。自2012年该项目建设以来,大数据系统在优化作业管理、确保安全生产、降低生产经营成本、企业综合管理等方面取得巨大成效:杜绝了安全事故,提高资源回采率,降低设备故障率,提高了工作效率和管理水平,实现绿色矿山建设。

参考文献(References):

- [1] 国务院.关于积极推进“互联网+”行动的指导意见[EB/OL]. [2015-12-27]. <http://www.itsec.gov.cn/export/sites/itsec/news/domestic/262d56-29e6-11e5-b846-4fa1ffc236df/>.
- [2] 孙继平.煤矿信息化与自动化发展趋势[J].工矿自动化,2015(4):1-5.
Sun Jiping. Development trend of coal mine informatization and automation[J]. Industry and Mine Automation, 2015(4):1-5.
- [3] 王莉.智慧矿山概念及关键技术[J].工矿自动化,2014(6):37-41.
Wang Li. Study on concept and key technologies of smart mine[J]. Industry and Mine Automation, 2014(6):37-41.
- [4] 王向星.智慧矿山建设体系讨论[J].科技资讯,2014(20):96-97.
Wang Xiangxing. Discussion on the construction system of intelligent mine[J]. Science & Technology Information, 2014(20):96-97.
- [5] 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.
- [6] 廖建新.大数据技术的应用现状与展望[J].电信科学,2015,31(7):7-18.
Liao Jianxin. Big data technology: current applications and prospects[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(7):7-18.
- [7] 刘鹏,吴兆峰,胡谷雨.大数据:正在发生的深刻变革[J].中兴通讯技术,2013,19(4):2-7.
Liu Peng, Wu Zhaofeng, Hu Guyu. Big data: profound changes taking place[J]. ZTE Technology Journal, 2013, 19(4):2-7.
- [8] 孟小峰,慈祥.大数据管理:概念、技术与挑战[J].计算机研究与发展,2013,50(1):146-169.
Meng Xiaofeng, Ci Xiang. Big data management: concepts, techniques and challenges[J]. Journal of Computer Research and Development, 2013, 50(1):146-169.
- [9] 马建光,姜巍.大数据的概念、特征及其应用[J].国防科技,2013,34(2):10-17.
Ma Jianguang, Jiang Wei. The concept, characteristics and application of big data[J]. National Defense Science & Technology, 2013, 34(2):10-17.
- [10] 魏忠奎,袁传增.大数据分析时代的煤矿安全生产信息化建设[J].山东煤炭科技,2015(3):177-178.
Wei Zhongkui, Yuan Chuanzeng. The informatization construction of the coal mine production in big data analysis era[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2015(3):177-178.
- [11] 李德富,陈运启,彭波.数据挖掘与云计算技术及其在煤矿中的应用[J].山东煤炭科技,2016(1):166-168.
Li Defu, Chen Yunqi, Peng Bo. Data mining and cloud computing technology and its application in coal mine[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2016(1):166-168.
- [12] 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 technologies and new equipments of coal mine monitoring[J]. Industry and Mine Automation, 2015(1):1-5.
- [13] 孙继平.煤矿信息化自动化新技术与发展[J].煤炭科学技术,2016,44(1):19-23.
Sun Jiping. New technology and development of coal mine information automation[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(1):19-23.
- [14] 于富东.大数据平台的关键技术及组网方案[J].电信科学,2015,31(7):164-169.
Yu Fudong. Key technology and networking program of big data platform[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(7):164-169.
- [15] 顾君忠.大数据与大数据分析[J].软件产业与工程,2013(4):17-21.
Gu Junzhong. Big data and big data analysis[J]. Software Industry and Engineering, 2013(4):17-21.
- [16] 孟小峰,李勇,祝建华.社会计算:大数据时代的机遇与挑战[J].计算机研究与发展,2013,50(12):2483-2491.
Meng Xiaofeng, Li Yong, Zhu Jianhua. Social computing: opportunities and challenges in the era of big data[J]. Journal of Computer Research and Development, 2013, 50(12):2483-2491.