

文章编号:1671-251X(2018)05-0001-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17328

物联网技术在金属矿山的应用思考

韩志磊^{1,2}, 张达^{1,2}

(1.北京矿冶科技集团有限公司,北京 100260;

2.金属矿山智能开采技术北京市重点实验室,北京 100260)

摘要:分析了中国金属矿山物联网建设存在的问题,提出了构建适应中国金属矿山特点的金属矿山物联网生态体系的理念,指出金属矿山物联网生态体系是实现矿山安全、高效、绿色、可持续发展的必然之路。介绍了国内外金属矿山物联网技术的发展现状。给出了金属矿山物联网生态体系的技术内涵及其架构,并从方案设计及系统建设,生产作业及数据应用,系统维护、优化控制及升级改造等环节阐述了金属矿山物联网生态体系建设的要点。

关键词:金属矿山;物联网;智能采矿;精准采矿;绿色采矿;生态体系;体系架构;体系建设

中图分类号:TD67 文献标志码:A

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180416.0830.001.html>

Thinking about application of Internet of things in metal mine

HAN Zhilei^{1,2}, ZHANG Da^{1,2}

(1.BGRIMM Technology Group, Beijing 100260, China;

2.Beijing Key Laboratory of Nonferrous Intelligent Mining Technology, Beijing 100260, China)

Abstract: Problems existed in constructing Internet of things (IoT) of metal mine in China were analyzed. A concept of constructing IoT ecosystem of metal mine adapting to characteristics of Chinese metal mines was proposed, which was an inevitable way to realize safety, efficiency, green and sustainable development of mine industry. Existing development conditions of IoT technology of metal mine at home and abroad were introduced. Technology connotation and architecture of the IoT ecosystem of metal mine were given. Key points about construction of the IoT ecosystem of metal mine were expounded including links of scheme design, system construction, production operation, data application, system maintenance, optimization control and upgrading.

Key words: metal mining; Internet of things; intelligent mining; precision mining; green mining; ecosystem; system architecture; system construction

0 引言

目前,金属矿山行业经济运行一度呈现局部企

稳回暖兆头,但受市场波动影响,回升势头不足。在当前经济条件下,矿山企业通过扎实推进供给侧结构性改革,认真落实“三去一降一补”五大任务,着力

收稿日期:2018-04-08;修回日期:2018-04-12;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFC0804402)。

作者简介:韩志磊(1985—),男,河北邯郸人,硕士,现主要从事矿山安全监测、信息化技术研究工作,E-mail:hanzhilei2006@126.com。

引用格式:韩志磊,张达.物联网技术在金属矿山的应用思考[J].工矿自动化,2018,44(5):1-6.

HAN Zhilei, ZHANG Da. Thinking about application of Internet of things in metal mine[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(5): 1-6.

转型升级、提质增效,并依托“一带一路”、“中国制造2025”等国家重大战略布局,取得了一定成绩^[1-2]。

然而,与其他资源大国相比,中国金属矿产资源禀赋总体呈现矿贫、物性复杂的特点,经过多年粗放开采,地表优质矿产资源消耗殆尽,大量金属矿山正在筹划或已进入地下开采甚至深部开采阶段,金属矿山开采不得不面临复杂的地质环境和多变的边界条件,开采难度日益加大。为了提高金属矿山企业的综合竞争力,充分结合自动化、信息化、智能化技术,构建矿山物联网生态体系,是实现矿山企业安全、高效、绿色、可持续发展的必然之路^[3-4]。

根据当前形势,智能采矿、精准采矿、绿色采矿已成为中国矿业后续发展的主旋律,结合中国金属矿山的现状和条件,走有中国特色的开采路线,才能真正释放矿山潜能,激活矿山活力,提高矿山企业国际竞争力。构建金属矿山物联网生态体系,正是基于这一需求提出的。

1 金属矿山物联网建设存在的问题

中国金属矿山在物联网建设方面虽然取得了一些突破和进展,但仍面临诸多问题,主要表现为以下6个方面。

(1) 缺乏完善的顶层设计。在矿山企业集团层面,缺少总体功能性设计和时间规划,各个矿山根据自身业务需求自主开展工作,造成接口不统一、技术不兼容、业务不连通,后期可能需要重新规划,造成经济和时间浪费。

(2) 信息孤岛问题凸显。矿山企业目前建立的信息化系统呈现严重的条块化,特别是数据库、发布服务、三维展示等,造成大量的重复建设。建成的系统之间彼此独立,缺少数据交互,形成信息孤岛,致使系统维护量居高不下。

(3) 技术人员严重匮乏。矿山企业在地质、信息化、自动化方面的高级技术人才极其缺乏,且人才流失严重。现有人才队伍无法保障物联网系统的正常运行、数据应用和系统维护,导致矿山信息化与智能化规划无法实施。

(4) 生产成本日益增高。随着矿山优质资源的消耗,资源开发难度加大,地压风险加剧,通风、降温、支护及维护等成本增加。矿山企业需要通过引进先进的技术手段和装备来降低生产成本。

(5) 企业安全风险加剧。在深部开采、陡帮露天开采、大规模开采和残矿回采过程中,运营风险激增,作业人员面临的危险越来越突出。同时,国家对

矿山企业安全风险控制要求越来越高,国务院安全生产委员会办公室、原国家安全生产监督管理总局下发的一系列强制性标准也迫使企业进一步提高安全管控水平。

(6) 装备智能水平落后。企业采矿装备陈旧、自动化投运率低下、自动化水平落后,现有装备水平无法支撑后续数字矿山、智能开采规划的实施,需要进行升级改造甚至更新换代。

中国金属矿山在技术、人员和管理方面尚存在诸多问题,与矿业发达国家的差距较大。目前,部分矿山引进了 Micromine, Datamine, Atlas Copco, Sandvic 等公司的技术、软件和装备,却因维护、操作不到位,与工艺结合不足,技术人员水平有限等原因被迫放弃,造成了极大浪费。若不结合中国金属矿山实际,一味地照搬照抄别国技术手段和措施,只能导致引进技术在中国“水土不服”。因此,构建适应中国金属矿山特点的物联网生态体系显得愈发重要^[5]。

2 国内外金属矿山物联网技术发展现状

芬兰、加拿大、瑞典、澳大利亚等矿业发达国家均已建成或正在建设实用的矿山物联网系统及完善的产业链生态体系。在国家战略层面,芬兰开展了智能矿山技术研究和实施计划,建立了融合采矿过程控制、矿山信息网建设、新机械应用和自动控制等技术的物联网体系;加拿大开展了采矿自动化项目“五年计划”,开发了中央集控的多矿山无人采矿、掘进、运输的矿山开采方案;瑞典开展了以物联网为目标的 Grounteknik2000 战略计划;澳大利亚开展了 Mining3, Caving2040 等远景规划,推进了矿山物联网技术的不断前行。在企业策略层面, Sandvic 公司研发了 Automine, Optimine 等开采物联网系统, Atlas Copco 公司通过 Optimine 和 ABB 系统融合实现了矿山开采装备的智能化作业。欧洲建立了国际岩石开挖数据交互标准(IREDES),保障了产学研用单位之间的无缝协同^[6-7]。

“中国制造2025”战略为中国矿山物联网技术的发展进行了顶层设计。随着工业化和信息化深度融合政策的实施,中国矿山企业进入了传统产业转型升级的关键时期。国务院发布了《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》(国发[2015]40号)^[8]、《国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》(国发[2015]50号)^[9],工业和信息化部发布了《工业和信息化部关于印发信息化和工业化深

度融合专项行动计划(2013—2018 年)的通知》(工信部信〔2013〕317 号)^[10],原国家安全生产监督管理总局下发了《国家安监总局关于开展“机械化换人、自动化减人”科技强安专项行动的通知》(安监总科技〔2015〕63 号)^[11],推进了矿山物联网的发展和落地。同时,中国在矿山物联网方面的研究自 20 世纪 80 年代始已取得了阶段性进展。“十一五”期间,中国重点攻克了远程监测监控、工业以太网、矿山高速通信等物联网关键技术;“十二五”期间,在金属矿山安全生产物联网方面取得了突破性进展,实现了无轨运输无人驾驶、采矿智能爆破、铲运机无人驾驶、矿山智能监测预警等,建立了智能矿山产业技术创新联盟,推动了地下矿山安全生产物联网技术的发展和进步^[12-14];“十三五”期间,正在开展矿山安全生产物联网关键技术与研发攻关,打造完整的生态体系。

3 金属矿山物联网生态体系技术内涵

金属矿山物联网生态体系的构建思路缘于自然生态系统。自然生态系统是在一定时间和空间范围内,依靠自然调节能力维持相对稳定的系统。与之相对应,金属矿山物联网生态体系是在一定空间内,被控对象与环境构成的统一整体,在一定时期内,生态系统中的被控对象和环境之间、多个被控对象之间,通过协同作业、物质循环和信息交互,相互之间达到高度适应、协调和统一的状态。金属矿山物联网生态体系是以先进的自动化、网络通信、物联网、大数据等技术为基础,以信息化、自动化、智能化的矿山装备为核心,以矿山安全、高效、绿色、可持续发展为目标,以智能化的设计、排产、生产管控与调度软件系统为平台,通过对矿山生产对象(矿石资源、人与装备)和生产过程进行实时、动态、智能的监测、控制和管理,最终实现地下矿山生产的智能化、矿山产业的互联化、矿山管理的高效化。其主要包含生产工艺、辅助工艺和安全保障 3 个方面内容。其中,生产工艺是关键,包括开拓、采准、爆破、出矿、运输、提升等工作流程;辅助工艺为生产工艺提供服务,包括通风、排水、充填、支护等方面;安全保障是生产和辅助工艺得以正常运行的保证,主要包括地压、边坡、“六大系统”、尾矿库、沉陷、设备故障等方面的监测和检测。从自然生态系统到金属矿山物联网生态体系如图 1 所示。

金属矿山物联网生态体系架构如图 2 所示。采矿主体装备通过矿山综合监测监控系统获取工作区

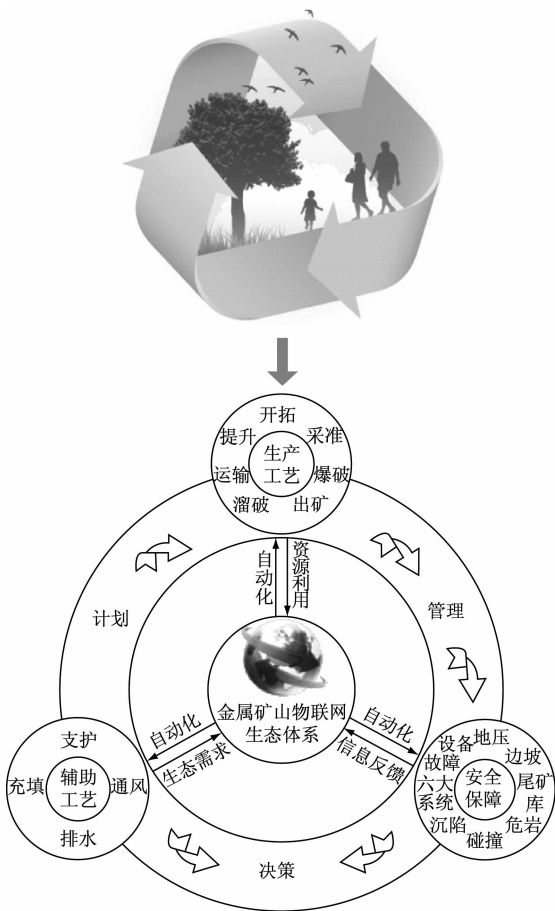


图 1 从自然生态系统到金属矿山物联网生态体系
Fig. 1 From natural ecosystem to Internet of things ecosystem of metal mine

域的环境状态、系统运行状态和作业目标状态,通过远程操控模块进行本地控制、视距控制、远程控制甚至全自动控制,通过定位导航系统实时反馈自身位置信息,通过高可靠通信系统实现与地面智能控制中心之间的数据传输。整个金属矿山物联网生态体系与矿山生产调度系统连接,实现生产作业过程优化管控和智能决策,并通过数据采集系统获取实时数据,支持智能化分析和决策。

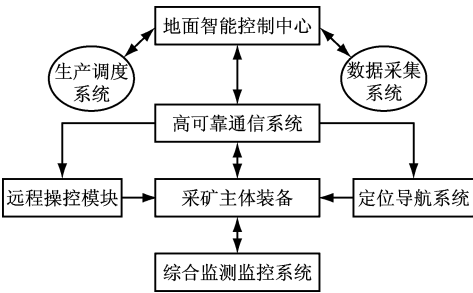


图 2 金属矿山物联网生态体系架构
Fig. 2 Architecture of Internet of things ecosystem of metal mine

4 金属矿山物联网生态体系建设要点

结合中国金属矿山行业现状,一套完善的金属矿山物联网生态体系必须可根据客户需求定制,与现有信息化系统无缝整合,对生产工艺进行针对性优化,使之可真正服务于矿山生产过程。典型的金属矿山物联网生态体系主要分为智能化的生产作业装备、装备监控系统、固定设施无人值守系统三类,如图3所示。智能化的生产作业装备主要包括矿山铲运机、钻机、凿岩台车、装药车、电铲、牙轮钻机、运矿汽车等,主要技术方向为智能作业和无人驾驶技术。装备监控系统主要实现矿山已有装备的升级改造,实现状态监控、远程控制、产量统计等。固定设施无人值守系统主要实现矿山破碎、通风、排水、运输、提升、充填、称重等的自动化、智能化和无人化。为保障系统运行效果,一般由第三方技术服务商提供专业化的安全分析、运行维护等增值技术服务。

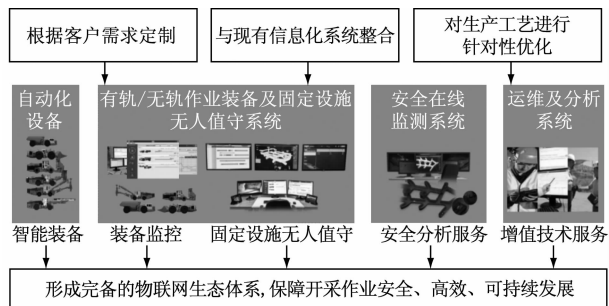


图3 典型的金属矿山物联网生态体系

Fig. 3 Typical Internet of things ecosystem of metal mine

金属矿山物联网生态体系建设过程中需重点考虑矿山的采矿工艺特点、被控对象特点和作业环境特点,重点把控方案设计、系统建设、生产作业、数据应用、系统维护、优化控制、故障处置、升级改造等环节,如图4所示。通过方案设计及系统建设保障系统的有效性和可靠性,通过系统维护保障其工作在最佳状态,通过生产作业和数据应用提高智能化技术的投用率,通过优化控制、故障处置和升级改造使系统长期稳定、可靠运行。各环节密不可分,是一个

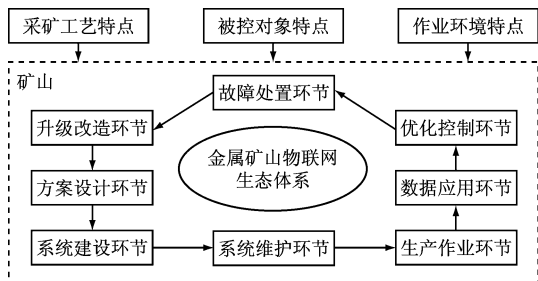


图4 金属矿山物联网生态体系建设关键环节

Fig. 4 Key links in construction of Internet of things ecosystem of metal mine

有机的整体。

(1) 方案设计及系统建设环节。需做好总体规划,进行综合一体化设计,实现系统的有效集成和统一。横向打通矿山地质、采矿设计、生产计划、采矿作业等环节的数据流,实现全流程的闭环管理;纵向保障管理层及各部门可实时、按需、动态调用各类数据,有效支撑生产运行管理。通过金属矿山生产全流程和全生命周期的自动化与智能化管控,以业务流协同化、数据流集成化和设备控制智能化为主线,实现矿山生产管理的高效化,打造安全、绿色、智能、高效的金属矿山物联网综合解决方案。

针对系统新建内容,制定金属矿山物联网标准体系,确定技术范畴与深度、核心支撑技术、主体框架、接口标准,为矿冶工艺优化、装备协同作业和跨平台多团队开发提供依据。针对改造内容,统一接口规范,并实现多系统整合。标准体系的制定应基于国家和行业标准规范,从底层到顶层进行制定,主要包含地下矿山应用层标准(面向采矿、运输、通风等应用层系统)、矿山工业传输层标准(面向工业以太网、IP网、移动通信等)、矿山工业数据存储层标准(面向数据元、数据库规范、数据类型等)、矿山工业信息安全标准(面向应用、传输和存储等)、总体标准(各类概念、定义和规范指南等)。

(2) 生产作业及数据应用环节。主要包括数据获取、数据管理和数据服务3个层级。数据获取层将获取的历史数据和实时数据传输至数据管理层数据中心,数据管理层对不同种类的数据进行存储管理,数据服务层对数据中心的数据进行分析、挖掘和应用,最终实现矿冶大数据的分析和应用,为预测和决策提供技术手段。生产作业及数据应用环节如图5所示。

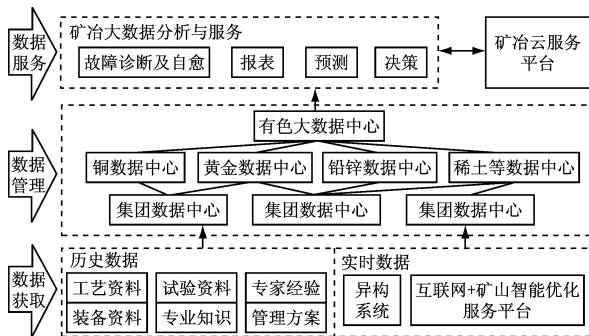


图5 生产作业及数据应用环节

Fig. 5 Links of production operation and data application

在金属矿山生产过程中,将各类数据通过特定的接口和数据格式进行自动采集和及时录入、加工处理、存储与发布,保证数据及时、准确和共享。金属矿山物联网生态体系采用分散控制和集中管理的

分布式控制模式,具有数据采集、顺序控制、过程控制、参数指示、超限报警、设备状态画面显示、数据存储等功能,构成一个功能分担合理,层次清晰,集生产管理、过程控制为一体,安全、高效、开放的自动化控制系统。在自动化控制方面,有的矿山企业按照生产需求,已建成自动化系统,如通风自动化系统、提升自动化系统、运输自动化系统等。这些系统有的自成体系,独立存在,有的进行了整合,形成了初步的集合管控,但是都没有从矿山生产角度出发,形成对生产过程的整体控制及管理,也就无法对企业的经营管理进行辅助。因此,需对矿山生产过程进行梳理,基于分布式环境,搭建综合自动化调度平台,实现以矿山生产流程为基础的自动化生态体系。在安全管理方面,有的矿山企业根据前期的不同需求已经逐步建设了许多系统,如人员定位系统、气体及风速监测系统、地压监测系统、视频监控系统等,在设计之初就进行一体化综合设计,构建地下矿山安全监测综合平台,以有效保障生产工艺和辅助工艺的安全有效运行。

(3) 系统维护、优化控制及升级改造环节。金属矿山物联网生态体系建设是一项系统工程,规模大、涉及专业多、技术复杂,为保证其高效稳定运行,需要进行系统维护、优化控制和升级改造工作。在系统维护方面,有条件的矿山企业可考虑建立专业化的技术团队,为物联网提供全方位的支持和服务,保证系统有效运行。矿山企业也可委托相关咨询服务机构,将生产、安全及大型设备运行数据推送至矿冶云服务平台^[15],进行远程运行维护、数据分析与在线优化,使矿山维持在最优状态和最佳水平。在优化控制方面,随着矿山生产的运行,生产计划、生产执行、生产过程等环节会发生相应变化,这就要求开采自动化体系能够通过信息实时反馈进行优化控制,适时调整系统运行,以适应生产变化。在升级改造方面,随着技术不断发展,物联网设备和系统也要不断升级改造,使系统对生产工艺流程具有更好的适应性,保证矿山开采自动化体系有效运行。

5 结语

金属矿山物联网生态体系是离散作业和流程作业相互交织的复杂系统,而凿岩爆破和铲装运作业装备的智能化、协同化乃至无人化是矿山未来发展的重点和难点问题。通过物联网生态体系构建,可为这些问题找到技术突破口。受制于矿山的恶劣作业条件,矿山开采作业必须以被控对象及作业人员的安全为基础,因此采矿安全监测系统是金属矿山物联网生态体系不可或缺的保障措施。随着智能制

造时代的到来和矿业形势逐渐走出低谷,通过物联网生态体系建设来实现减员增效、调结构促转型,已成为金属矿山生产新常态,有必要从产学研用各环节加强金属矿山物联网生态体系建设,切实提高中国金属矿山企业的安全生产水平和国际竞争力。

参考文献(References):

- [1] 国务院. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知:国发〔2015〕28 号[EB/OL]. (2015-05-19)[2018-03-05]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm.
- [2] 工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发有色金属工业发展规划(2016—2020 年)的通知:工信部规中心〔2016〕316 号[EB/OL]. (2016-09-28)[2018-03-05]. <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1146592/n3917132/n4061512/c5288595/content.html>.
- [3] 王安,杨真,张农,等. 矿山工业 4.0 与“互联网+矿业”:内涵、架构与关键问题[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版),2017,19(2):54-60.
WANG An, YANG Zhen, ZHANG Nong, et al. Connotation, framework and critical issues of mine industry 4.0 and Internet plus mining[J]. Journal of China University of Mining & Technology (Social Science), 2017, 19(2): 54-60.
- [4] 张达. 关于矿山智能化开采新模式的思考[J]. 矿业装备, 2016(6):18-23.
- [5] 陈何,万串串,张达,等. 数字化全信息驱动的安全高效采矿技术研究[J]. 矿冶, 2016, 25(4):1-5.
CHEN He, WAN Chuanchuan, ZHANG Da, et al. Study on safe and efficient mining technology driven by full digital information [J]. Mining and Metallurgy, 2016, 25(4): 1-5.
- [6] 吴立新,殷作如,邓智毅,等. 论 21 世纪的矿山——数字矿山[J]. 煤炭学报, 2000, 25(4):337-342.
WU Lixin, YIN Zuoru, DENG Zhiyi, et al. Research to the mine in the 21st century: digital mine[J]. Journal of China Coal Society, 2000, 25(4): 337-342.
- [7] 吴立新. 中国数字矿山进展[J]. 地理信息世界, 2008, 6(5):6-13.
WU Lixin. Progress of digital mine in China[J]. Geomatics World, 2008, 6(5): 6-13.
- [8] 国务院. 国务院积极推进“互联网+”行动的指导意见: 国发〔2015〕40 号[EB/OL]. (2015-07-04)[2018-03-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm.
- [9] 国务院. 国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知: 国发〔2015〕50 号[EB/OL]. (2015-09-05)[2018-03-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-09/05/content_10137.htm.

- [10] 工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发信息化和工业化深度融合专项行动计划(2013—2018年)的通知:工信部信〔2013〕317号[EB/OL]. (2013-09-05) [2018-03-20]. http://www.gov.cn/zwggk/2013-09/05/content_2481860.htm.
- [11] 国家安全生产监督管理总局. 国家安全监管总局关于开展“机械化换人、自动化减人”科技强安专项行动的通知:安监总科技〔2015〕63号[EB/OL]. (2015-06-12) [2018-03-20]. http://www.chinacoal-safety.gov.cn/newpage/Contents/Channel_6288/2015/0612/252177/content_252177.htm.
- [12] 张申,丁恩杰,赵小虎,等. 数字矿山及其两大基础平台建设[J]. 煤炭学报,2007,32(9):997-1001.
ZHANG Shen, DING Enjie, ZHAO Xiaohu, et al. Digital mine and constructing of its two basic platforms[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(9):997-1001.
- [13] 张达,王利岗. 三维激光扫描仪井下安全监测技术[J]. 有色金属(矿山部分),2011,63(4):1-4.
ZHANG Da, WANG Ligang. Underground safety monitoring technology based on 3D laser scanner[J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 2011, 63(4): 1-4.
- [14] 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.
- [15] 卢新明,阚淑婷,张杏莉,等. 矿山物联网云计算与平台技术[J]. 工矿自动化,2018,44(2):1-5.
LU Xinming, KAN Shuting, ZHANG Xingli, et al. Cloud computation and platform technology for mine Internet of things[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(2):1-5.