



文章编号:1671-251X(2019)09-0061-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019020046

智慧矿山基本内涵、核心问题与关键技术

罗香玉¹, 李嘉楠¹, 郎丁²

(1. 西安科技大学 计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710054;

2. 西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 710054)



扫码移动阅读

摘要:归纳了智慧矿山基本内涵,即具备对矿山的主动感知能力、自动分析能力及快速处理能力,数字矿山是智慧矿山的基础和依托,无人矿山是智慧矿山的高级阶段和终极目标;指出了智慧矿山待解决的三大核心问题,即矿山状态深度感知、矿山数据深度挖掘及矿山安全生产与管理决策支持;分析了智慧矿山所依托的三大关键技术,即煤矿物联网技术、煤矿大数据技术及煤矿智能决策支持技术。

关键词:智慧矿山; 数字矿山; 无人矿山; 深度感知; 数据挖掘; 物联网; 大数据; 智能决策支持

中图分类号:TD67

文献标志码:A

Basic connotation, core problems and key technologies of wisdom mine

LUO Xiangyu¹, LI Jianan¹, LANG Ding²

(1. College of Computing Science and Technology, Xi'an University of Science and Technology,

Xi'an 710054, China; 2. College of Energy Engineering, Xi'an University of Science and

Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract:Basic connotations of wisdom mine were summarized, which were having active perception ability, automatic analysis ability and quick processing ability, digital mine was the foundation and support of wisdom mine, while unmanned mine was the advanced stage and ultimate goal of wisdom mine. Three core problems to be solved in wisdom mine were pointed out, which were deep perception of mine state, deep mining of mine data and decision support for mine safety production and management. Three key technologies that wisdom mine relied on were analyzed, namely coal mine Internet of things technology, coal mine big data technology and coal mine intelligent decision support technology.

Key words:wisdom mine; digital mine; unmanned mine; deep perception; data mining; Internet of things; big data; intelligent decision support

0 引言

未来与空间信息相关的高科技发展有三大方向,即航空航天、深海探测与采矿工程^[1]。目前,国内外在航空航天和深海探测领域已取得巨大突破,

但采矿工程高科技含量相对较低。矿山地质环境复杂多变,且随着矿山机械化和信息化的变革,掘进、开采、运输、安全、管理等系统日益庞大复杂,矿山生产和安全面临的问题极具挑战性,亟需借助高科技创新途径来实现矿山生产的高效性和安全性。另

收稿日期:2019-02-26;修回日期:2019-08-12;责任编辑:盛男。

基金项目:国家自然科学基金项目(51634007)。

作者简介:罗香玉(1984—),女,河北邢台人,讲师,博士,主要研究方向为分布式计算和大数据,E-mail:luoxiangyu@xust.edu.cn。

引用格式:罗香玉,李嘉楠,郎丁. 智慧矿山基本内涵、核心问题与关键技术[J]. 工矿自动化,2019,45(9):61-64.

LUO Xiangyu, LI Jianan, LANG Ding. Basic connotation, core problems and key technologies of wisdom mine[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(9): 61-64.

外,我国经济发展已步入新常态,依靠资源要素投入、规模扩张的粗放式发展难以为继,创新驱动成为能源行业新的发展主题^[2]。

随着智慧化成为继工业化、自动化、信息化之后科技革命的新突破,能源行业提出智慧矿山的理念,以为矿山的高效、安全生产带来新的助益。智慧矿山的理念虽已提出多时,但人们对其基本内涵尚未形成统一认识^[3],对智慧矿山建设面临的关键问题和需要进行科技攻关的关键技术亦不十分明确。这些因素直接阻碍着智慧矿山理念的真正落地和智慧矿山建设的快速发展。本文在调研大量文献和综合分析的基础上,对智慧矿山的基本内涵、核心问题和关键技术进行探讨,有助于准确把握智慧矿山的发展方向,推动智慧矿山建设更快发展。

1 智慧矿山基本内涵

把握智慧矿山基本内涵,需要厘清智慧矿山与数字矿山及无人矿山的联系与区别:数字矿山是智慧矿山的基础,离开矿山的数字化,矿山的智慧化就无从谈起;无人矿山则是智慧矿山的高级阶段和终极目标;无人矿山必须建立在矿山高度智慧化的基础上才能实现。

(1) 数字矿山是智慧矿山的基础和依托。数字矿山的核心要义是在统一的时间参照和空间框架下,通过三维可视化表达等不同手段获取海量、异质、异构、多维、动态的矿山信息,并对其进行科学有序的组织、管理、维护,进而建立矿山信息的分布式共享、协同和利用机制^[4]。由此可见,数字矿山的核心目标是矿山相关各类信息的数字化表征、存储与共享。这些信息是实现智慧化决策的根本依据。

(2) 智慧矿山的核心要义在于“智慧”。数字矿山实现了生产、安全和管理数据的集中采集、存储与展示,但未考虑数据价值的深度挖掘,对数据的综合利用能力欠缺,为煤矿精细化管理提供决策支持的能力不足^[5]。智慧矿山则强调对数据的深度利用能力,借助大数据、人工智能等技术,由数据上升为“智慧”,使整个矿山具有自我分析和决策的能力,为煤矿安全生产与管理提供强大的决策支持,使矿山的“人、机、环、管”处在高度协调的统一体中运行。

(3) 无人矿山是智慧矿山的高级阶段和终极目标。随着矿山智慧化水平的进一步提升,矿山掘进、开采、运输、安全、管理等各类决策对人的依赖程度进一步降低,最终借助机器人等技术实现无人矿山的目标。无人矿山是矿山安全的根本保障。地下完

全无需人工作业,代之以机器人作业。少量高素质从业人员则主要工作在矿山调度指挥中心。

智慧矿山是在原有数字化建设的基础上,将感知技术、传输技术、信息处理、智能计算等与现代采矿技术紧密结合,实现对真实煤矿的全面感知,构成煤矿中人与人、人与物、物与物相联的网络^[6-7],动态、详尽地描述并控制煤矿安全生产与运营全过程,实现矿井开拓、采掘、运通、洗选、安全保障、生态保护、生产管理等全过程智能化运行^[8],并最终实现少人以至无人矿山。智慧矿山是解决矿山安全问题、管理问题和效益问题的必然选择,是多学科交叉融合的前沿研究领域^[3],有着广阔的发展前景。

2 智慧矿山建设核心问题

从智慧矿山的基本内涵出发,有助于聚焦智慧矿山建设的核心问题。智慧矿山的“智慧”包含对矿山主动感知能力、自动分析能力及快速处理能力。以开采工作面为例,要能主动感知煤岩层变化及支架受力变化等,自动分析支护强度是否达标,并能实时给出支护方案的调整策略。从主动感知能力、自动分析能力及快速处理能力出发,建设智慧矿山需要着力解决如下三方面的核心问题。

(1) 矿山状态深度感知。数字矿山阶段已经具备部分感知能力,如部署了一些感知环境参数的传感器等^[9-10],但总体感知能力尚不充分。智慧矿山的第一项能力便是主动感知能力,只有在感知的基础上才能进行自动分析与快速处理。这种感知应该是更加全面和深入的感知,涉及矿山的人员、设备、环境、管理等各方面参数的动态变化。同时,这种感知应该是更精准的感知,能够确认变化发生的具体部位,如巷道形变发生的具体位置。

(2) 矿山数据深度挖掘。原始的感知数据体现出量大而价值密度低的特点,必须通过数据分析和挖掘获知对设备和环境状态的判断、对异常事件的监测及对潜在危险的预警等。矿山数据类型繁多^[11],如反映各类设备工作状态的数据,反映温度、瓦斯浓度、压强等环境参数的数据,反映工作面支架受力、煤岩层状态的数据,反映工作人员地理位置等信息的数据,因此矿山数据深度挖掘必须具备对多源数据的挖掘能力。此外,矿山数据深度挖掘尤其要注重对不同数据之间关系的挖掘。

(3) 矿山安全生产与管理决策支持。在状态判断、异常监测、危险预警的基础上,必须结合矿山专业知识,自动做出合理决策,以实现对人员、设备和

环境的调整与控制,从而保证生产的高效性与安全性。

3 智慧矿山关键技术

与智慧矿山的三大核心问题相对应,智慧矿山的
关键技术包括煤矿物联网技术、煤矿大数据技术
及煤矿智能决策支持技术。

(1) 煤矿物联网技术。煤矿物联网技术主要解
决矿山状态深度感知问题,核心在于获取更全面数
据,为“智慧”的产生提供源泉。矿山数据来源复杂,
包括地质、采矿、测绘、生产、机器设备、人员、财务等
方面,数据类型包括影像、图形、文字、表格等^[12],在
矿山开采过程中数据呈动态变化。煤矿物联网要在
扩展网络、存储等设施的基础上,采用智能传感器、
智能摄像头、RFID 读写器、三维激光扫描仪^[13]等设
备进一步拓宽数据采集的方位。借助煤矿物联网技
术,可实现对矿山各方面状态深度、动态感知,最终
汇聚为海量数据。

(2) 煤矿大数据技术。要由数据上升为“智
慧”,必须依赖煤矿大数据技术,该技术主要用于预
测地质环境的变化、检测设备工作状态的异常及预
测环境中可能发生的危险事件等^[14-16]。煤矿大数
据技术应重点考虑所分析数据的全面性,并基于该
要求设计一种能够容纳结构化、非结构化各类数据
共同参与的
分析平台,将传感器数据、监控视频流、
音频流和人工产生的数据相结合,共同参与到大数
据分析平台中^[5,17]。允许不同的
大数据分析应用在同一
个集群内共享计算资源,但在逻辑上又互相隔
离,保证异构业务的正常运行。利用大数据技术,可
分析矿山地质环境变化趋势,检测生产设备状态异
常,预测环境中危险事件发生等,有助于更科学地进
行安全生产管理^[18]。

(3) 煤矿智能决策支持技术。在捕获环境变化
趋势、设备状态异常和危险事件发生后,智慧矿山必
须自动快速地进行处理和响应,如进行煤与瓦斯突
出危险区的自动报警,完成设备、线路和通风系统的
自动故障诊断,实现应急预案和救援方案的自动生
成和动态更新等,这些需要依赖煤矿智能决策支持
技术。该技术具体包括 3 个方面:① 借助煤矿专家
的经验构建矿山安全、生产、洗选、设备维保、经营管
理等各种专家知识库^[19],形成煤矿自动诊断与响应
系统,保障智慧矿山决策的可靠性;② 通过虚拟现
实和增强现实技术,对掘进工艺、瓦斯抽放工艺、应
急救援和人员疏散等进行模拟仿真,从而积累新的

经验,以不断扩充知识库;③ 通过识别煤矿领域的
本体并抽取本体之间关系^[20],构建煤矿领域知识图
谱,有利于构建更完善的专家系统,为煤矿安全生
产与管理提供强大支撑。

4 结语

智慧矿山在数字矿山的基础上,融合物联网、云
计算、大数据、人工智能等技术,具备全面感知、趋势
预测、灾害预警及生产管理与安全管理智能决策支
持等能力,是实现少人或无人化矿山的必经阶段。
未来应紧密围绕矿山状态深度感知、矿山数据深度
挖掘、矿山安全生产与管理决策支持这 3 个智慧矿
山核心问题,综合运用煤矿物联网技术、煤矿大数据
技术及煤矿智能决策支持技术,形成对智慧矿山的
强大支撑,为最终实现无人矿山奠定坚实基础。

参考文献(References):

[1] 毛善君.“高科技煤矿”信息化建设的战略思考及关键技术[J].煤炭学报,2014,39(8):1572-1583.
MAO Shanjun. Strategic thinking and key technology of informatization construction of high-tech coal mine [J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39 (8) : 1572-1583.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 贺耀宜.智慧矿山评价指标体系及架构探讨[J].工矿自动化,2017,43(9):16-20.
HE Yaoyi. Discussion on evaluation index system and architecture of smart mine [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(9):16-20.

[5] 高文.智慧矿山智能决策支持技术架构设计[J].工矿自动化,2017,43(9):21-25.
GAO Wen. Design of intelligent decision support technology architecture for wisdom mine[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(9):21-25.

[6] 杨韶华,周昕,毕俊蕾.智慧矿山异构数据集成平台设计[J].工矿自动化,2015,41(5):23-26.
YANG Shaohua, ZHOU Xin, BI Junlei. Design of heterogeneous data integration platform of smart mine

- [J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(5): 23-26.
- [7] 张旭平,赵甫胤,孙彦景. 基于物联网的智慧矿山安全生产模型研究[J]. 煤炭工程, 2012, 44(10): 123-125.
ZHANG Xuping, ZHAO Fuyin, SUN Yanjing. Study on safety production model of intelligent mine base on Internet of things [J]. Coal Engineering, 2012, 44(10): 123-125.
- [8] 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.
- [9] HU Shushan, TANG Cunchen, YU Riji, et al. Intelligent coal mine monitoring system based on the Internet of things [C]//The 3rd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks, Xianning, 2013: 380-384.
- [10] YE Yalin, ZHANG Lin, SONG Xiaofeng, et al. A novel coal mine security monitoring system based on ZigBee[C]//International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City, Halong Bay, 2015: 39-42.
- [11] YU Wanjun, WANG Jian, ZHAO Huailin. Research on risk management of gas safety based on big data [C]//International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences, Bangkok, 2018: 90-92.
- [12] 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.
- [13] 雷斌,李俊,雷磊. 三维激光扫描测量技术在智慧矿山中应用[J]. 世界有色金属, 2017(16): 92-94.
LEI Bin, LI Jun, LEI Lei. The application of three-dimensional laser scanning and surveying technology on intelligent mine [J]. World Nonferrous Metals, 2017(16): 92-94.
- [14] LIU Shuangyue, PENG Li. Analysis of coal mine hidden danger correlation based on improved a priori algorithm[C]//The 4th International Conference on Intelligent Systems Design & Engineering Applications, Zhangjiajie, 2014: 112-116.
- [15] LIU Shuanhong, SHAO Liangshan, LU Lin. Research on forecast method of coal mine emergencies base on rough sets-neural network and case-based reasoning [C]//The 3rd International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications, Hong Kong, 2013: 1171-1174.
- [16] LI Guangrong. Research on coal mine safety risk assessment based on ART-2 neural network[C]//The 5th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, Hangzhou, 2013: 424-428.
- [17] LIU Xianglan. Digital construction of coal mine big data for different platforms based on life cycle[C]//IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis, Beijing, 2017: 456-459.
- [18] 张长鲁. 基于对应分析的煤矿隐患时空分布特征研究[J]. 煤矿安全, 2017, 48(2): 230-233.
ZHANG Changlu. Study on temporal and spatial distribution characters of coal mine hidden troubles based on correspondence analysis[J]. Safety in Coal Mines, 2017, 48(2): 230-233.
- [19] 何敏. 智慧矿山重要特征与实现途径[J]. 工矿自动化, 2018, 44(3): 31-35.
HE Min. Important characteristics and realization ways of wisdom mine [J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(3): 31-35.
- [20] 杜嘉,刘思含,李文浩,等. 基于深度学习的煤矿领域实体关系抽取研究[J]. 智能计算机与应用, 2019, 9(1): 114-118.
DU Jia, LIU Sihan, LI Wenhao, et al. Research on entity relationship extraction in coal mine based on deep learning [J]. Intelligent Computer and Applications, 2019, 9(1): 114-118.