

文章编号:1671-251X(2019)09-0065-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019040032

智慧矿山建设的演进及发展趋势

李小四¹, 马建民¹, 王莹莹²

(1. 国家能源集团宁夏煤业集团有限责任公司 羊场湾煤矿, 宁夏 银川 751409;

2. 徐州博林高新技术有限责任公司, 江苏 徐州 221100)



扫码移动阅读

摘要:结合各煤矿从综合自动化到智慧矿山的建设经验和教训,对智慧矿山建设进行了综述,强调智慧矿山建设是一个循序渐进的演进过程。从网络平台、数据平台、多专业协同工作平台,以及智慧矿山与新技术、新服务的衔接等方面论述了智慧矿山建设的演进过程及发展趋势,指出:主干网+接入网的异构网架构及扁平化、智能化、资源抽象化是智慧矿山网络平台的重要发展趋势;统一数据平台是智慧矿山发展的基本趋势,而大数据和云计算是统一数据平台应用的发展趋势;多专业协同工作平台带来的一个显著趋势是服务模式的变化,即矿山购买服务。通过上述论点说明了智慧矿山实际上是矿山物联网+承载的服务。随着智慧服务不断加入网络,矿山会越来越智慧,越来越安全,越来越高效。

关键词:智慧矿山; 数字矿山; 煤矿综合自动化; 矿山物联网; 网络平台; 数据平台; 多专业协同工作平台; 购买服务

中图分类号:TD67

文献标志码:A

Evolution of smart mine construction and its development tendency

LI Xiaosi¹, MA Jianmin¹, WANG Yingying²

(1. Yangchangwan Coal Mine, CHN Energy Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd.,

Yinchuan 751409, China; 2. Xuzhou Bolin Hi-Tech Co., Ltd., Xuzhou 221100, China)

Abstract: Combining with construction experiences and lessons of integrated automation to smart mine in each coal mine, smart mine construction was summarized, and it was emphasized that smart mine construction was an evolution process step by step. The evolution process of smart mine construction and its development tendency were discussed from the aspects of network platform, data platform, collaborative work platform of multi-speciality and connection with new technologies and services. Following viewpoints are pointed out: Heterogeneous network structure of backbone network plus access network, flattening, intelligence and resource abstraction are important development tendencies of network platform of smart mine. Unified data platform is basic development tendency of smart mine, and big data and cloud computing are development tendencies of unified data platform application. A definite tendency caused by collaborative work platform of multi-speciality is change of service mode, namely mine purchase service. Above viewpoints verify that the smart mine equals mine Internet of things plus carried services actually. As smart services join into network continuously, the mine would be smarter, safer and more efficient.

Key words: smart mine; digital mine; integrated automation of coal mine; mine Internet of things; network platform; data platform; collaborative work platform of multi-speciality; purchase service

收稿日期:2019-04-11; 修回日期:2019-08-19; 责任编辑:李明。

作者简介:李小四(1971—),男,河南长葛人,工程师,现主要从事煤矿机电管理工作,E-mail:jdklxs@163.com。

引用格式:李小四,马建民,王莹莹. 智慧矿山建设的演进及发展趋势[J]. 工矿自动化,2019,45(9):65-69.

LI Xiaosi, MA Jianmin, WANG Yingying. Evolution of smart mine construction and its development tendency[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(9): 65-69.

0 引言

从煤矿监测监控系统和调度电话开始,信息技术与我国矿山结合已有40多年历史。近年来,随着信息技术的迅猛发展,信息技术与矿山融合呈现出新的现象,反映矿山信息化的新名词、新概念不断被提出。这些提法基本可分为两大类:一类是反映矿山信息化所用的主要技术手段,如矿山综合自动化、数字矿山、信息化矿山、矿山物联网、矿山信息物理融合系统等;另一类则是反映矿山信息化要实现的目标,如智能矿山、智慧矿山、无人化矿山等。这些名词相互之间并不矛盾,很大程度上反映了信息技术与矿山融合的程度、矿山对信息技术的需求,也反映了智慧矿山的理念在不断变化和演进。以矿山物联网技术发展及概念演进的研究为例:文献[1]论述了矿山物联网的演进过程;文献[2-3]给出了神华集团有限责任公司智慧矿山实例;文献[4]描述了矿山物联网顶层设计;文献[5]明确指出矿山物联网的本质是服务,矿山物联网是一个承载服务的平台。从上述文献可看出,矿山物联网、智慧矿山的理论及技术是不断发展演进的。

为了对这种演进及其发展趋势有更清晰的认识,本文结合国家能源集团宁夏煤业集团有限责任公司(以下简称宁煤集团)羊场湾煤矿及国内其他煤矿从矿山综合自动化到智慧矿山的建设经验和教训,对智慧矿山建设进行简要的综述,从网络平台、数据平台、多业务协同工作平台及与新技术和新服务的衔接等方面论述智慧矿山建设的演进,分析技术演进的发展趋势,以此说明智慧矿山就是矿山物联网+承载的服务。

1 智慧矿山建设综述

我国煤矿综合自动化建设起步于2000年左右,神华神东煤炭集团大柳塔煤矿率先实现了综合自动化改造,采用双ControlNet总线作为主干传输网络,将主要生产与安全子系统分别接入2条ControlNet总线,每条总线基本上各承担系统1/2的数据量。大柳塔煤矿综合自动化系统改变了过去煤矿各监测监控系统相互独立的情况,起到了很好的示范作用。2004年,羊场湾煤矿将综合自动化设计与新矿井建设同步进行,采用基于Profibus DP总线的综合自动化系统,与大柳塔煤矿不同的是使用了具有冗余能力的DP环网,提高了系统可靠性。此后,煤矿综合自动化系统主干网基本都采用环网结构。

随着综合自动化系统的应用,煤矿企业进一步

提出了“三网合一”的需求,除监测监控系统外,希望将语音系统和工业电视也纳入统一传输网络平台。这暴露出了基于工业总线的主干网带宽窄、协议功能弱等问题,不能满足煤矿“三网合一”的需要。因此,工业以太网技术用于煤矿综合自动化系统网络平台成为首选。2006年左右,龙口矿业集团有限公司百皂煤矿首次将100 Mbit/s工业以太网用作煤矿综合自动化系统主干网。但理论与实践均证明,100 Mbit/s工业以太网用于矿山“三网合一”受到很大限制,主要原因在于井筒段网络:所有上行数据均需通过井筒上传,特别是视频数据量大,造成网络延时长,对监测监控数据传输的实时性造成影响。

2007年左右,新汶矿业集团有限责任公司和山西潞安矿业(集团)有限责任公司首先将1000 Mbit/s工业以太网用作煤矿综合自动化系统主干网。羊场湾煤矿于2008年将系统主干网改造为ProfiNet 1000 Mbit/s工业以太网环网。环网中接入了主运输系统、通风系统、压风系统、压风制氮系统、变电所远程监测监控系统、工业视频监控、井下无轨胶轮车调度定位系统、液氮降温灭火监测系统、新型节能型井下局部降温系统等。此后,宁煤集团将综合自动化建设陆续推广到枣泉煤矿、红柳煤矿、梅花井煤矿等。

2012年起,宁煤集团开始将物联网技术应用于数字化矿山建设。在硬件平台基础上,逐步加强软平台建设,如信息处理平台、数据仓库、接口规范、统一数据中心等,并将各种应用软件系统构建在软平台上,如人力资源管理系统、财务管理系统、资金管理系统、物资管理系统、设备管理系统、成本管理系统、煤质管理系统、销售管理系统、供应商关系管理系统、电子商务管理系统等。这些为建立专家决策支持系统,实现对重大危险源的识别、预测、预警做好了准备。

羊场湾煤矿综合自动化建设基本上反映了我国绝大部分煤矿综合自动化或智慧矿山建设的发展情况,区别仅在于规模和接入的软硬件系统不同、部分接入系统可能采用了更先进的技术等。2015年左右建成的神华神东煤炭集团锦界煤矿数字矿山是典型代表,其采用10 Gbit/s工业以太网作为主干网^[3]。但总体来看,目前智慧矿山建设基本上都是对煤矿已有系统进行集成,并在此基础上加入一些新建设的软硬件系统,体现了较多管理方面的功能^[3]。

随着对智慧矿山建设内涵要求的不断深入,近年来许多机构发布了一些对智慧矿山建设有指导意义的文献,如2017年河南省质量技术监督局发布的

DB41/T 1383—2017《智能煤矿建设规范》^[6], 2017年发表的《矿山物联网顶层设计》^[4], 2018年发布的GB/T 51272—2018《煤炭工业智能化矿井设计标准》^[7]等。这些文献都希望对智慧矿山建设有一个总体认识。通过对智慧矿山建设实例的分析及对相关文献的解读分析, 需要进一步思考: 智慧矿山不应该仅是众多系统的简单集成; 智慧矿山会给矿山带来什么革命性变化?

针对上述问题, 以下将从智慧矿山建设的网络平台、数据平台、协同工作平台、与新技术和新服务的衔接等方面进行综述与分析。

2 智慧矿山主要平台的演进及发展趋势

2.1 网络平台

智慧矿山发展到今天, 经历了单机自动化、综合自动化、矿山物联网的发展过程^[8]。这个发展过程本身就是一种演进, 而不是完全用新技术取代原有技术。其中发挥最大作用的是网络的使用。在网络技术能力较弱时, 煤矿只能实现单机自动化或基于专用通信线的单系统自动化, 当时的网络技术严重阻碍了煤矿自动化进程。工业总线技术的发展促使形成基于工业总线的综合自动化系统, 矿山不同用途的监测监控系统可以接入同一个总线进行传输和控制, 但工业总线基本上只适用于传输监测监控系统数据。随着工业以太网技术及网络多媒体技术的发展, 不同性质的信号可被统一打包成IP包进行传输, 由此形成了“三网合一”的煤矿综合自动化系统。同期出现过其他网络形式, 如光无源网络、MCTP (Management Component Transport Protocol, 设备管理协议) 网络等, 但基本上仍以1 000 Mbit/s或10 Gbit/s工业以太网为主。

在相当长一段时间内, 智慧矿山网络架构的发展趋势比较明确, 即工业以太网+接入网的异构网形式。主干网为工业以太网, 各设备可直接接入主干网, 也可形成小网络再接入主干网, 这些小网络统称为接入网。

接入网是局部范围的, 解决的是设备“最后1 km”连接和移动接入问题。接入网可以是以太网、工业总线、各种无线网络, 如WiFi、传感器网络、蓝牙、漏泄、3G、4G等。这种智慧矿山网络架构是多年演进形成的较稳定方式。混淆主干网与接入网功能, 甚至试图用接入网取代主干网是不明智的。5G、LoraWan、可见光通信等技术, 在智慧矿山中只能作为接入网技术。这些技术会使系统接入更为方便, 更有利于实现矿山全覆盖, 减少感知盲区。

除主干网+接入网的异构网架构外, 扁平化、智

能化、资源抽象化也是智慧矿山网络平台的重要发展趋势。网络平台的网络计算、语义网、软件定义网络、认知无线电等技术能力^[9]是目前煤矿综合自动化、数字矿山、智能矿山等所不具备的, 但又是智慧矿山必不可少的。如雾计算是比云计算更为底层的网络计算, 更强调网络计算的实时性^[10], 这对于实时性要求高的矿山监测监控尤为重要。此外, 智慧矿山需要对网络上各种资源进行统一管理和基于知识的决策控制, 语义网技术是目前很有前途的将矿山监测监控数据信息化、知识化的网络技术, 有利于实现基于知识的网络化决策控制。智慧矿山要求能实现矿山网络灾后重构, 而软件定义网络和认知无线电是网络灾后重构的重要技术手段。这些网络技术的实现均离不开智慧矿山数据平台。

2.2 数据平台

在煤矿综合自动化建设早期, 综合自动化系统基本只有通常的数据库, 甚至不同子系统使用不同的、相互独立的数据库。综合自动化系统只是在信息传输方面实现了集成, 各子系统实际上仍然是相互独立的, 没有统一的数据平台。截至目前, 许多煤矿的综合自动化系统仍有多个相互独立的数据库在运行, 存在严重的数据集成问题。2012年, 羊场湾煤矿曾试图在综合自动化系统上进行矿山安全形势评价。目前煤矿安全形势评价主要是人工填写调查表和数据库, 然后进行计算机辅助汇总分析。羊场湾煤矿考虑到已有很多数据存储和数据服务器中, 计划从中提取相关数据, 尽可能自动完成安全形势评价。然而在操作过程中发现数据分散在众多子系统和数据库中, 无法方便地提取所需数据, 最后仍需要大量人工收集数据。这就是没有统一数据平台的弊端。其结果是数据都有, 但无法利用, 更无法进行信息融合、大数据分析和专家系统评价。

统一数据平台是智慧矿山发展的基本趋势, 有利于实现智慧矿山信息增值利用, 提高对矿山灾害和风险预兆分析预判的能力, 从单一工作平台向多专业协同工作平台转变, 从简单的集成服务向高级智慧的服务转变。

根据目前羊场湾煤矿和其他煤矿的实践经验, 统一数据平台并不是要求各类子系统有统一的数据库, 而是要有一个统一管理的数据平台, 统一对数据的描述、数据间的相互转换, 以及对数据进行共性处理(如存取操作等), 从而打通各子系统不同数据库之间的通道, 实现数据互操作、互访问。在该过程中, 架构在各数据库之间的数据中间件是非常必要的, 各数据库只要和数据中间件实现转换与操作, 就能实现各种数据库之间的数据转换与管理。根据实

践经验,XML(eXtensible Markup Language,可扩展标记语言)是一种很好的数据中间件技术,既可用于描述数据,也可用于数据转换。

大数据和云计算是统一数据平台应用的发展趋势。目前,有些煤矿或矿业集团已经开始建设自己的私有云和大数据,许多服务已经在云平台上实现,并逐步积累矿山大数据,如兖矿集团正在建设集团大数据系统,私有云服务也开始运行^[10]。

矿山安全生产的严重挑战来自矿山的许多不确定因素,造成现有监测监控系统采集的数据可信度差、可利用价值低。这些数据往往会被直接丢弃。而统一数据平台有利于聚合大量低价值数据,形成大数据。各专业人员可通过分析长期积累的数据得出具有统计规律的结论。

智慧矿山所需的统一数据平台与大数据技术体现为物体的语义描述、知识表达、信息融合、知识挖掘,实现信息充分利用^[10]。在此基础上,建立安全隐患辨识模型,形成矿山安全信息判识、预警与控制机制,提高矿山安全性、生产效率及安全预警能力。要实现这些目标,多专业的协同工作是必不可少的。

2.3 多专业协同工作平台

过去在矿山安全生产中,当需要多专业共同研究与分析时,往往是临时组织一支队伍,集中到一起进行分析。这种现象目前仍很普遍。综合自动化或数字矿山建设到今天,实际上并没有形成协同工作平台。

在智慧矿山建设中,这显然是不行的。矿山安全涉及的对象往往具有随机性和不确定性,其研究与分析涉及多专业协同工作问题。而多专业协同工作不是一朝一夕的,需要几年甚至更长时间,因此,不太可能通过临时组织一支多专业的队伍来实现长时间的多专业协同工作,而必须要有一个协同工作平台。这是数据平台应用重要而革命性的发展趋势。例如对于矿山灾害预警,中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室已经将几十个矿的矿震监测系统数据发送到云端,登录云服务中心即可对煤矿灾害信号进行分析、解读与会商。目前这项工作仍处于数据积累阶段,今后可与相关专家签订相关协议,实现长期的矿山灾害分析服务多专业协同工作平台。

多专业协同工作平台带来的一个显著趋势是服务模式的变化,即矿山购买服务。矿山物联网本质上是一个服务承载平台,智慧矿山则有赖于各种应用服务在数据平台上实现数据的聚集、积累、信息共享和专家或专家系统的分析判断^[10]。因此,矿山物联网只是智慧矿山建设过程中必不可少的基础^[11]。

有了这样的基础,可为矿山提供更加专业化的服务,解决当前各专业协同工作的问题,逐步实现矿山智慧化。要实现各专业、各服务提供商都可在矿山物联网上提供服务,规范和标准是必不可少的^[12]。因此,智慧矿山就是矿山物联网+承载的服务,而所谓的智慧,更是明确地体现在各种各样的智慧化服务上。

矿山物联网将矿山的物、使用者、研究者及服务提供商等联接在同一个平台上,各个不同专业在该平台上共同保障矿山的安全生产。矿山将会逐步以购买服务的模式进行矿山生产、运营和管理,矿山将不再需要自己培养众多的特殊专业技术人才,而是通过购买服务解决矿山面临的问题。在这方面羊场湾煤矿已有初步体会。和许多煤矿一样,羊场湾煤矿建设了防灭火的注浆注氮系统。该系统与其他安全生产系统不同,只在需要时使用,平时基本不用。因此注浆注氮监测监控系统接入网络平台进行注浆注氮全过程实时监控时,存在需要时接入网络、不用时撤下的问题。这不仅需要培养专门的技术人员,还要专门保管撤下暂时不用的设备,以备下次使用。该模式下投资较大,不用的设备易丢失损坏,几乎每次都要购配新设备。后来羊场湾煤矿将注浆注氮监测监控服务交给专业化公司,需要时由其实现网络平台上的监测监控工作,不用时从网络上撤下服务。这样矿方不仅减少了投资,还享受了更为专业化的服务。

3 智慧矿山建设与新技术、新服务的衔接

物联网相关技术和智慧化技术在不断发展,新产品、新技术、新服务层出不穷。羊场湾煤矿综合自动化建设以来,仅是移动通信系统就经历过小灵通、WiFi、智慧线、3G、4G等。羊场湾煤矿在智慧矿山建设过程中也走过一些弯路,如小灵通系统的建设。从移动通信角度来说,小灵通系统是相对较好的。经过实地考察,煤矿购买、安装、使用了小灵通系统。但不久就发现了问题:小灵通系统不能通过智慧矿山的主干网传输,需要布置专门的网络系统,专门维护,人员投入工作量大;随着地面小灵通系统退网,元器件购买、维护及技术支持均出现困难,最后不得不撤下。有了小灵通系统的教训,羊场湾煤矿对移动通信系统的建设较为谨慎,先将某些移动通信系统接入网络试运行,看其能否作为主干网的接入系统,能否融入网络平台。试用一段时间后,有些系统直接撤下,有些系统保留。如目前在用的WiFi移动通信系统,能无缝接入主干网平台,同时能实现数据、语音、视频的移动接入传输。

除了与新技术、新产品的衔接外,智慧矿山建设还要充分准备与新服务的衔接。如前文所述物联网环境下煤矿安全形势评价服务、矿震监测与网络化专家决策服务、煤矿在用设备远程在线监测及故障分析服务等。

因此,在智慧矿山建设中,要充分考虑新技术、新产品、新服务与智慧矿山系统的衔接。这是一个复杂的问题,原因是智慧矿山技术本身在不断发展。生产厂商、服务提供商、煤矿企业都应该时时关注该衔接问题。

4 结语

从羊场湾煤矿及其他煤矿智慧矿山建设十多年来的经验教训出发,强调智慧矿山建设是一个循序渐进的演进过程,对其中网络平台、数据平台、多专业协同工作平台的演进及与新技术、新服务的衔接进行了论述。经验表明,智慧矿山建设是长期不断发展的,不会停留在一个水平上。随着智慧服务不断加入网络,矿山会越来越智慧,越来越安全,越来越高效。也就是说,所谓智慧矿山实际上就是矿山物联网+承载的服务。

参考文献(References):

- [1] 张申,赵小虎.论感知矿山物联网与矿山综合自动化[J].煤炭科学技术,2012,40(1):83-86.
ZHANG Shen,ZHAO Xiaohu. Comments on sensory mine Internet of things and mine comprehensive automation[J]. Coal Science and Technology,2012,40(1):83-86.
- [2] 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.
- [3] 韩建国.神华智能矿山建设关键技术研发与示范[J].煤炭学报,2016,41(12):3181-3189.
HAN Jianguo. Key technology research and demonstration of intelligent mines in Shenhua Group[J]. Journal of China Coal Society,2016,41(12):3181-3189.
- [4] 丁恩杰,施卫祖,张申,等.矿山物联网顶层设计[J].工矿自动化,2017,43(9):1-11.
DING Enjie,SHI Weizu,ZHANG Shen,et al. Top-down design of mine Internet of things[J]. Industry and Mine Automation,2017,43(9):1-11.
- [5] 张申.矿山物联网服务承载平台与矿山购买服务[J].工矿自动化,2016,42(4):7-11.
ZHANG Shen. Service carrying platform of mine Internet of things and mine buys service[J]. Industry and Mine Automation,2016,42(4):7-11.
- [6] DB41/T 1383—2017 智能煤矿建设规范[S].
- [7] GB/T 51272—2018 煤炭工业智能化矿井设计标准[S].
- [8] 张申.煤矿自动化发展趋势[J].工矿自动化,2013,39(2):27-33.
ZHANG Shen. Development of coal mine automation[J]. Industry and Mine Automation,2013,39(2):27-33.
- [9] 赵小虎,张凯,赵志凯,等.矿山物联网网络技术的发展趋势与关键技术[J].工矿自动化,2018,44(4):1-7.
ZHAO Xiaohu,ZHANG Kai,ZHAO Zhikai,et al. Developing trend and key technologies of network technology of mine Internet of things[J]. Industry and Mine Automation,2018,44(4):1-7.
- [10] 姚建铨,丁恩杰,张申,等.感知矿山物联网愿景与发展趋势[J].工矿自动化,2016,42(9):1-5.
YAO Jianquan,DING Enjie,ZHANG Shen,et al. Prospect of perception mine Internet of things and its development trend [J]. Industry and Mine Automation,2016,42(9):1-5.
- [11] 张杰文.矿山物联网与智慧矿山的联系与区别[J].科学技术创新,2018(16):73-74.
- [12] 李小四,马建民.智能矿山建设规范解读及其定位分析[J].科学技术创新,2018(31):140-141.