

煤矿信息化与智能化要求与关键技术

孙继平

(中国矿业大学(北京)北京 100083)

摘要: 分析总结了煤矿信息化与智能化特点,提出煤矿信息化与智能化 3 层应用架构,即监控监视与通信层、生产与安全管理层、经营管理与决策支持层。提出煤矿信息化与智能化的总体要求,如按照“安全可靠、先进适用;易维护、可扩展;总体设计、分步实施”的原则进行整体设计;统一信息传输平台、接口规范、数据编码、数据库、信息处理平台等。提出煤矿信息化与智能化的关键技术及要求,如矿井监控网应通过网闸等网络安全设备与办公网络和互联网互联互通;矿井有线调度通信系统的电缆必须专用;严禁矿井监控系统与视频监控同芯;煤矿安全监控系统和有线调度通信系统等主干光缆和电缆应分设 2 条,从不同的井筒或同一井筒具有一定间隔的不同位置进入井下;图像监视系统应具有智能识别功能等。

关键词: 煤矿;信息化;智能化;无人化;监控;监视

中图分类号: TD67 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2014)09-0022-04

Requirement and Key Technology on Mine Informationalization and Intelligent Technology

SUN Ji-ping

(China University of Mining and Technology (Beijing) Beijing 100083 China)

Abstract: The paper analyzed and summarized the mine informationalization and intelligent features and provided mine informationalized and intelligent three layer application architecture, including monitoring, control, surveillance and communication layer, production and safety management layer, operation management and decision support layer. A general requirement of mine informationalization and intelligence was provided and an integrated design should be designed according to the principle of safety reliable, advance in application, easy maintenance, expansible, general design and step by step implementation. The information transmission platform, interface specification, data coding, database, information processing platform and others should be unified. The key technologies and requirements of mine informationalization and intelligence were provided, for example, a mine monitoring and control network should be interconnected with the office network and internet via a net gap and other network security equipments. The cable of a mine wire dispatching communication system should be special. The mine monitoring and control system and the visual surveillance system should be strictly forbidden to be concentric. The mine safety monitoring and control system and the wire dispatching communication system should have two main optical fiber cables and two cables individually and those cables should be sent to the underground mine through different mine shaft or a same mine shaft in different locations with a certain interval. An image surveillance system should have an intelligent discernment function.

Key words: coal mine; informationalization; intelligent; unmanned; monitoring and control; surveillance

0 引 言

煤炭是我国主要能源,约占一次能源 70%,2013 年全国煤炭产量约 37 亿 t,全国煤矿发生死亡事故 604 起,死亡 1 069 人,百万吨死亡率 0.288,事

故总量、较大事故、重特大事故和百万吨死亡率均大幅下降,但仍高于美国等国家。2012 年我国煤炭百万吨死亡率是美国的 19 倍^[1],我国煤矿机械化、自动化、信息化和智能化程度低,井下作业人员多,是造成百万吨死亡率高于美国等国家的主要原因之

收稿日期:2014-05-23;责任编辑:赵瑞 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2014.09.005

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(51134024);国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2012AA062203)

作者简介:孙继平(1958—),男,山西翼城人,教授,博士,博士生导师,现任中国矿业大学(北京)副校长。E-mail: sjp@cumtb.edu.cn

引用格式:孙继平.煤矿信息化与智能化要求与关键技术[J].煤炭科学技术,2014,42(9):22-25,71.

SUN Ji-ping. Requirement and Key Technology on Mine Informationalization and Intelligent Technology[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 22-25, 71.

一。据统计,我国现有煤矿 13 158 处,共有从业人员 525 万人,其中井下作业人员 304 万人^[2]。因此,通过应用自动化、信息化和智能化技术,减少煤矿井下作业人员,实现瓦斯、水、火、围岩等灾害监测与预警,实现供电、排水、通风、压风、运输、提升、瓦斯抽采等固定岗位无人值守和地面远程控制,实现采掘工作面少人作业和地面远程控制,是安全高效现代化矿井的必然选择。基于此,笔者通过分析煤矿信息化与智能化的特点,提出了煤矿信息化与智能化 3 层应用架构,煤矿信息化与智能化的总体要求,以及煤矿信息化与智能化的关键技术及相关要求,期为煤矿科研工作者提供技术参考。

1 煤矿信息化与智能化特点

煤矿井下环境特殊,有甲烷、一氧化碳等易燃易爆气体,有矿尘、淋水,环境潮湿,空间狭小,电磁波传输衰减严重,电网电压波动范围大等。煤矿井下的特殊性,制约着地面自动化、信息化、智能化技术直接在煤矿井下应用。因此,需要针对煤矿井下特殊环境和特殊要求,研究煤矿自动化、信息化与智能化技术。

1) 煤矿井下有甲烷、一氧化碳等可燃性气体和煤尘,用于煤矿井下的电气设备必须防爆。矿用监控、通信与监视等小功率设备应优选本质安全型,电缆上传的信号必须是本质安全型信号。无线通信设备的发射功率应不大于 6 W,防止引爆瓦斯和电雷管。

2) 煤矿井下为受限空间,电磁波传输不同于地面,电磁波传输受巷道截面大小、截面形状、围岩介质、弯曲、分支、倾斜、支护、粗糙度、纵向导体(电缆、水管、铁轨等)、横向导体(工字钢支护等)、阻挡体(风门、机车等)等影响,电磁波传输衰减大。

3) 煤矿井下空间狭小,设备相对集中,机电设备功率大,单台设备功率达数兆瓦,煤矿井下电磁环境复杂。大功率变频设备和大功率电气设备启停、架线电动机车火花等,严重影响监控、通信和监视等设备的正常工作。

4) 采掘工作面不断推进变更,需要移动监控、通信与监视终端与之适应。煤矿井下工作场所分散且距离远,矿井无中继无线传输距离难以满足 10 km 需求。

5) 瓦斯爆炸、顶板冒落等事故,会造成电缆断缆、设备损毁。煤矿安全监控、有线调度通信等关键系统应具有一定的抗灾变能力,减少事故的影响。

6) 煤矿井下有淋水、空气湿度大,监控、通信与

监视等设备应具有较好的防尘、防水、防潮、防腐等性能,防护性能应不低于 IP54。

7) 煤矿井下空间狭小,用于煤矿井下的监控、通信与监视等设备,应体积小,以减小对通风、行人和行车等影响。煤矿井下作业人员需携带矿灯、自救器等,在井下长距离行走。因此,便携式监控、通信与监视等设备,应体积小、质量小。

8) 煤矿井下电网电压波动范围大。矿井监控、通信与监视等设备应具有较强的电源电压波动适应能力。当电网停电后,由备用电源维持系统和设备正常工作时间应不小于 2 h。

2 煤矿信息化与智能化应用架构

根据煤矿安全生产需求,煤矿信息化与智能化可分为监控监视与通信层、生产与安全管理层、经营管理与决策支持层 3 层。

2.1 监控监视与通信层

监控监视与通信层主要包括矿井监控、通信和监视系统。

1) 矿井监控系统包括以下子系统:煤矿井下人员定位、煤炭产量监测、采煤工作面监控、掘进工作面监控、带式输送机监控、立井提升监控(用于立井提升)、斜井提升监控(用于斜井提升)、矿用无轨胶轮车运输监控(用于无轨胶轮车运输)、架空乘人运输监控(用于架空乘人运输)、电动机车运输监控(用于电动机车运输)、压风机监控、主要通风机监控、煤矿供电监控、矿井排水监控、煤矿安全监控、瓦斯抽采监控(用于高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井)、矿井火灾监控、矿山压力监测与预警、水文监测等子系统。

2) 矿井通信系统包括调度通信、移动通信、广播通信和救灾通信等子系统。

3) 矿井监视系统包括图像监视与智能识别等子系统。

2.2 生产与安全管理层

生产与安全管理层包括地测管理、生产管理、调度管理、机电管理、“一通三防”管理、防治水管理、安全管理(安全质量标准化、危险源、应急救援等)、采矿和机电设备选型设计、煤质管理、节能环保管理、综合分析、三维展示等子系统。

2.3 经营管理与决策支持层

经营管理与决策支持层包括销售管理、物资管理、财务管理、人力资源管理、设备管理、项目管理、供应商关系管理、客户关系管理、产运销协调调度、计划与全面预算管理、绩效管理、审计管理、综合统

计、科技管理、档案管理、制度管理、煤炭生产监管、安全监管、战略资源管理、行政后勤管理、党群管理、办公自动化、决策支持等子系统。

3 煤矿信息化与智能化总体要求

煤矿信息化与智能化应满足下列要求。

1) 以减少煤矿井下作业人员,避免或减少死亡事故发生,实现煤矿安全高效生产为目的,实现供电、排水、通风、压风、运输、提升、瓦斯抽采等固定岗位无人值守,采掘工作面少人作业,地面远程控制;瓦斯、水、火、围岩、煤尘等灾害监测与预警。

2) 按照“安全可靠、先进适用;易维护、可扩展;总体设计、分步实施”的原则进行设计。

3) 统一宽带信息传输平台、统一接口规范、统一数据编码、统一数据库、统一信息处理平台。

4) 建设具有调度指挥和远程控制功能的矿调度控制中心。

5) 建设融合监控、通信、监视等多种信息的综合数据中心。

6) 装备具有远程控制和预警功能的监控系统,具有调度、移动和广播功能的通信系统,具有智能识别功能的图像监视系统等^[2]。

7) 建设有线和无线宽带传输网络。主干网络应采用具有冗余功能的千兆或千兆以上矿用以太网网络。矿井移动设备和无线接入等应优选 WiFi、ZigBee、4G 等技术。有线接入应优选 CAN、PROFIBUS、LONWORKS、FF 等工业现场总线。

8) 矿井有线调度通信系统的电缆必须专用,严禁矿井监控系统与视频监视系统同芯。煤矿安全监控系统和矿井有线调度通信系统等主干光缆和电缆应分设 2 条,从不同的井筒或同一井筒具有一定间隔的不同位置进入井下。系统光缆和电缆应具有防护措施;底鼓不严重的矿井,系统光缆和电缆应埋入巷道底板与巷帮夹角处^[3]。

9) 矿用交换机宜安装于井下中央变电所、机电硐室、采区变电所等便于供电的场所。核心网络交换机等设备宜放置在煤矿数据中心。

10) 供电电源在规定的电压波动范围内变化时,系统应能正常工作,系统性能和技术指标等应符合要求。

11) 系统应进行工作稳定性试验,通电时间不小于 7 d,系统应能正常工作,系统性能和技术指标等应符合要求。系统平均无故障工作时间(MTBF)应不小于 800 h。

12) 系统应满足煤矿井下电磁兼容性要求,能

通过国家标准规定的试验等级不低于 1 级的射频电磁场辐射抗扰度、电快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌(冲击)抗扰度试验^[4-6],系统应能正常工作,设备应可靠接地^[7]。

13) 系统中用于煤矿井下的设备应为防爆型电气设备,在电缆和光缆上传输的信号必须是本质安全型信号。防爆电气设备应优选本质安全型,便携式仪器设备应为本质安全型防爆电气设备,用于煤矿井下的设备应取得煤矿安全标志准用证和防爆合格证。

4 煤矿信息化与智能化关键技术与系统

4.1 矿井传输网络

煤矿应建设有线和无线宽带传输网络,满足监控、通信、监视、管理等需求和下列要求。

1) 矿井有线宽带传输网络应满足传输带宽大、便于无线接入、传输距离远、抗故障能力强、可靠性高、标准化程度高、安全性好、电源电压波动适应能力强、防护性能好等要求。煤矿井下有线传输网络应采用双树或双环冗余结构;采用具有冗余功能的基于无源光网络或基于有源光网络的矿用以太网^[8]。

2) 矿井无线宽带传输网络应满足传输带宽大、便于接入有线宽带网络、中继设备少、设备体积小、发射功率小(不大于 6 W)、电磁兼容性好、标准化程度高、安全性好、防护性能好、工作稳定、性能可靠、故障率低等要求^[9]。

3) 办公网络与工业控制网络应能互联互通,并采用网闸等网络安全设备隔离。当办公网络接入互联网时,应配备路由器、防火墙等网络安全设备以保证网络安全。

4) 关键设备应具有冗余功能,核心业务服务器应热备份冗余。

5) 具备 VPN 联接功能,核心交换机应支持虚拟局域网 VLAN 功能。

6) 具有网络流量监测与控制、掉电保护、故障诊断、故障报警、电源管理等网管功能。

4.2 矿井无线传输

1) 矿用无线电系统及设备应优先选用工业、科学及医疗设备频段和业余频段;若与地面业务一致或相近时,宜选用与地面一致或相近的频段;严禁使用广播、电视、射电天文、安全救助、无线电导航等频率^[10]。

2) 矿井图像监视等宽带无线传输宜采用 WiFi、4G 等技术,矿井语音移动通信宜选用 4G、WiFi、

WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 等技术。

3) 煤矿井下人员、胶轮车、电动机车等动目标精确定位, 煤矿物联网, 矿用设备管理和防碰撞等宜选用 RFID、ZigBee 和 WiFi 等技术。

4) 煤矿井下应急通信和救灾通信宜选用 WiFi 等技术。

4.3 矿井监控系统与技术

煤矿应装备矿井监控系统^[11], 系统及设备应满足下列要求。

1) 系统传输距离应不小于 10 km; 矿井电网停电后, 备用电源应能保持系统连续工作时间不小于 2 h。

2) 矿井监控主干网络应采用具有冗余功能的千兆或千兆以上矿用以太网网络。

3) 矿井移动监控和无线接入等宜采用 WiFi、ZigBee、4G 等技术。

4) 矿井监控有线接入宜采用 CAN、PROFIBUS、LONWORKS、FF 等工业现场总线接口。

5) 监控系统软件应采用组态软件, 宜选用国际先进主流的组态软件, 应具有 GIS 功能。

6) 矿井监控网络应通过网闸等网络隔离设备与其他网络互通互联。

4.4 矿井通信及监视系统与技术

煤矿必须装备矿用有线调度通信系统、矿井移动通信系统和矿井广播通信系统, 宜装备全矿井综合通信系统; 矿山救护队应装备矿井救灾通信系统, 严禁使用矿井移动通信系统和矿用 IP 电话通信系统替代矿用有线调度通信系统; 用于煤矿井下的电话机必须是矿用本质安全型防爆电话机^[12-13]; 煤矿应装备图像监视系统, 系统应采用光缆和(或)无线传输(宜采用 WiFi 或 4G), 应具有图像智能识别功能^[2]。

5 煤矿数据中心与调度控制中心

1) 煤矿数据中心。煤矿应建立融合监控、通信、监视等多种信息的综合数据中心, 且 1 处矿只建 1 个, 宜采用服务器虚拟架构和统一的数据库, 核心

业务服务器应热备份冗余。核心交换机应采用 3 层及以上交换机, 具有身份认证、授权、加密等机制, 具备时间日志、数据备份和病毒防护等功能^[10]。

2) 煤矿调度控制中心。煤矿应建设具有调度指挥和远程控制功能的矿井调度控制中心^[10], 并满足下列要求: 具有矿井安全、生产、运销等信息显示、报警、记录和调度等功能; 具有采煤、掘进、供电、排水、通风、压风、运输、提升、瓦斯抽采等远程控制功能; 具有生产计划/调度数据的分级录入和报表自动生成、调度指令下达、信息反馈等功能; 具有安全、生产、运销等报警和对应作业现场工业电视画面联动显示功能; 具有设备的故障诊断与提示、应急救援指挥及专家辅助决策功能。

6 结 语

煤矿井下无线传输衰减大、电气防爆等制约着地面信息化与智能化技术直接在煤矿井下应用。因此, 要根据煤矿信息化与智能化特点, 研究矿井传输网络、矿井无线传输、矿井监控、矿井通信、矿井监视等技术。根据煤矿信息化与智能化需求和应用架构, 建设具有调度指挥和远程控制功能的矿井调度控制中心; 建设融合监控、监视、通信等多种信息的综合数据中心; 建设监控监视与通信系统、生产与安全管理系统、经营管理与决策支持系统等。

参考文献:

- [1] 孙继平. 煤矿井下紧急避险与应急救援技术[J]. 工矿自动化, 2014(1): 1-4.
- [2] 孙继平, 田子建. 矿井图像监视系统与关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(1): 65-68.
- [3] 孙继平. 《煤矿安全规程》监控、通信与监视修订意见[J]. 工矿自动化, 2014(3): 1-6.
- [4] GB/T 17626.3—2006, 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验[S].
- [5] GB/T 17626.4—2008, 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验[S].
- [6] GB/T 17626.5—2008, 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验[S].

(下转第 71 页)

机按照综采工作面顶板倾角最大限制,切割岩面强行通过,如图 5c 所示。

6) 采煤机下滚筒自主控制算法根据上滚筒控制算法原理,综合下滚筒调高油缸压力、下滚筒电动机电流、综采工作面底板控制角度要求以及采煤机牵引速度、滚筒转速等信息实现自动控制。

7) 沿工作面走向方向,依据上滚筒控制算法原理以及综采工作面走向方向角度要求,基于采煤机的切割记忆,实现采煤机自主控制策略^[13-14]。

3 监控系统工业性试验效果分析

晋煤集团古书院矿 152304 工作面煤层以亮煤为主,夹煤镜条带,玻璃光泽。煤层从上往下依次为松软、较硬、松软,整体质软、疏松。宏观煤岩类型以半亮-光亮型煤为主,局部可见半暗型,宏观煤岩组分以亮煤为主,夹少量的暗煤或镜煤。走向长 600 m、倾斜长 180 m、平均煤层厚度 2.1 m、煤层倾角 2°~5°、煤质均一,易分选。基本顶为砂质泥岩,直接顶为细粒砂岩,伪顶为砂质泥岩。煤层结构简单、稳定,工业储量 32 万 t,可采储量 30 万 t。

配套监控系统的采煤机在 152304 工作面进行试生产,该采煤机及配套的监控系统在采煤过程中表现出截割方式先进、割煤效率高、性能稳定等突出特点,工业性试验煤岩识别准确率达到 80%。采煤机在古书院矿共试验 120 d,累计采煤 30 余万 t。

4 结 语

笔者研究的采煤机监控系统是专为 MG250/595-WD 电牵引采煤机设计开发的,其是否适用于其他型号的采煤机还有待研究。井下工作环境复杂,可以增加传感器类型,例如增加瓦斯浓度监测传感器,完善监测内容。研究的监控系统所采集数据来自采煤机本身,传输的数据量不是很大,应考虑在数据量增大时的系统处理数据能力。新型煤岩识别技术还需要更多次的工业性试验,以提高其煤岩识别准确率,相应的煤岩识别软件也需要进一步完善。

参考文献:

[1] 梁 宵,袁艳斌,张 帆,等. 数字矿山应用及其现状研究[J].

中国矿业 2010,19(9):94-97.

- [2] 王金华. 我国煤矿开采机械装备及自动化技术新进展[J]. 煤炭科学技术 2013,41(1):1-4.
- [3] 龙祖根,周 岩. 对我国煤机装备发展的思考与展望[J]. 矿山机械 2009,37(14):7-10,27.
- [4] 葛红兵. 大功率采煤机的应用及技术发展展望[J]. 煤矿开采, 2010,15(1):4-7.
- [5] 路 璐. “采煤机监控系统”数据可视化技术的研究与实现[D]. 上海:复旦大学 2009.
- [6] 牛文斌,王明勇. 电牵引采煤机网络远程监控控制系统[J]. 科技传播 2011(20):175,165.
- [7] 李 胜. 采煤机监控系统的现状及组成原理研究[J]. 科技资讯 2009(12):97.
- [8] 谭 超. 电牵引采煤机远程参数化控制关键技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学 2009.
- [9] 封平安,滕 文. 基于多传感器的少人、无人工作面采煤机记忆截割的实现[J]. 煤矿机械 2013,34(1):214-216.
- [10] 赵学雷. 基于多传感器信息融合的载荷及煤岩判定与识别技术研究[D]. 北京:中国矿业大学(北京) 2011.
- [11] 杨健健. 采煤机工作状态参数与煤岩硬度影响关系研究[D]. 北京:中国矿业大学(北京) 2013.
- [12] 杨文萃. 基于多传感器数据融合的采煤机定位[J]. 硅谷, 2012(1):37.
- [13] 苏秀平. 采煤机自动调高控制及其关键技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学 2013.
- [14] 王忠宾,徐志鹏,董晓军. 基于人工免疫和记忆切割的采煤机滚筒自适应调高[J]. 煤炭学报 2009,34(10):1405-1409.

(上接第 25 页)

- [7] 孙继平. 煤矿用电子产品电磁兼容性要求及试验方法[J]. 煤炭科学技术 2013,41(6):68-72.
- [8] 孙继平. 煤矿井下有线宽带信息传输研究[J]. 工矿自动化, 2013(1):1-5.
- [9] 孙继平. 煤矿井下宽带无线传输技术研究[J]. 工矿自动化, 2013(2):1-5.
- [10] 孙继平,伍云霞. 矿用无线电系统及设备工作频段选择[J]. 工矿自动化 2013(4):1-4.
- [11] 孙继平. 安全高效矿井监控关键技术研究[J]. 工矿自动化, 2012(12):1-5.
- [12] 孙继平. 现代化矿井通信技术与系统[J]. 工矿自动化 2013(3):1-5.
- [13] 孙继平. 安全高效矿井通信系统技术要求[J]. 工矿自动化, 2013(8):1-5.