

控制与低压配电融合技术在地下采矿智能化应用初探

白光辉,李 硕,郭 帅,马文利

(中国恩菲工程技术有限公司,北京 100038)

[摘 要] 随着国内智能矿山建设的不断推进和深入,各种先进技术和智能装备在国内许多智能矿山建设中不断投入使用,有些收到很好的效果。控制作为智能矿山的基础,电力作为矿山的主要能源,两者的技术升级已经迫在眉睫。本文针对我国地下采矿智能化建设对控制系统和电力系统的实际需求,为地下采矿智能化探索一种利用工业总线通讯和工业物联网,以控制系统为主体去融合电力系统的融合技术。本文仅就地下采矿涉及的控制与低压配电融合技术内容展开初探。

[关键词] 融合技术;融合系统;智能矿山;智能采矿

[中图分类号] TD82; TD67

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2021)03-0004-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.03.002

1 国内地下采矿控制和供配电的技术现状与问题浅析

地下采矿是由若干个相互关联的独立子系统有机组合而成的一个庞大和复杂的生产系统,虽然众多子系统彼此之间相互独立,但这些子系统之间仍存在着紧密的“木桶效应”。因此,要提高地下采矿生产水平和效率,就必须关注到每一个子系统在整个采矿生产系统中的作用,并给出恰当的技术解决方案。

另外,地下采矿生产系统中还包含着许多非常零散的小系统和设备,这些零散小系统和设备几乎没有常规系统概念可言。例如:一台污水泵、一台巷道局扇、巷道动力配电箱、巷道检修电源等等。这些零散小系统和设备独立存在和运行,似乎与地下采矿整体生产流程没有任何关系,与地下采矿智能化建设关系更加遥远。但在实际生产运行中这些零散的小系统和设备与地下采矿整体效益紧密相连,也

与地下采矿整体智能化息息相关。

融合技术研发的初心就是将地下采矿涉及到的控制系统和供配电系统,以及全部零散小系统和设备看做一个整体,通过融合技术实现对两者全面信息化和远程遥控化,再逐步提升到智能化,进而促进地下采矿智能化。

1.1 国内地下采矿控制技术现状与问题浅析

随着控制技术的进步,国内地下采矿在控制技术应用方面也有了长足的进步。地下采矿多数固定设备都配备了自动化控制系统;地下中央水泵房实现了自动运行和无人值守,有些矿山还实现了利用波谷电价排水运行的省钱模式;地下破碎系统和皮带运输系统等也实现了自动控制和远程遥控和监视运行;地下通风作为地下采矿的用电大户通过各种技术手段,许多矿山也取得了不错的节电效果。

因国内矿山的建设模式和系统的划分等因素,目前国内地下采矿的各个控制系统几乎都是彼此相互独立的子系统,各个子控制系统之间没有实现信息共享和配合运行,这也就是国内普遍存在的“信息化孤岛和自动化孤岛”。另一方面即使一个系统本身,限于控制系统与供配电系统也是彼此相互独立,控制系统仅负责设备的启停和逻辑保护联锁控制,设备负荷保护全部由供配电系统承担。这也就造成了控制系统由于缺乏设备供配电系统的信息和数据,从而无法根据设备负荷的状态而采取更加智能的控制和保护。在设备处于过载运行状态时,控

[收稿日期] 2021-02-08

[作者简介] 白光辉(1963-),男,北京市人,教授级高级工程师,大学本科,主要从事智能矿山“地下矿有轨运输无人驾驶运输技术”和“融合控制技术”研发和推广应用工作,现任中国恩菲工程技术有限公司矿山事业部副总工程师。

[引用格式] 白光辉,李硕,郭帅,等.控制与低压配电融合技术在地下采矿智能化应用初探[J].有色设备,2021,35(3):4-8.

制系统由于缺乏信息而不能采取类似减载等智能控制策略。当然,控制系统也无法提供准确过载故障判断信息,从而需要花费更长的时间和更多的人员进行故障诊断和处理。控制系统和供配电系统相互独立使得地下采矿生产过程需要更多的人员维护众多的系统。

小结:目前我国地下采矿虽普遍采用了自动化技术和控制系统,但单个自动化系统的智能化水平还处于较低水平,各个自动化系统之间缺乏信息和数据共享,也无法实现各个系统之间优化运行,自动化总体水平距离智能化水平还有很大差距。

1.2 国内地下采矿供配电技术现状和问题浅析

国内地下采矿生产的供配电系统的普遍特点是分布范围广且用电点非常分散,一般由处于最深中段的中央变电所向各个中段采区变电所提供电源,中央变电所和各个中段采区变电所共同构成整个地下供配电系统。中央变电所和各个中段采区变电所之间除了动力电缆外不再有任何其它关联,多数也没有任何供配电联动调度机制。

国内地下供配电系统是由于电气设备的本身性能和质量的提高,再加上人工成本过高和供配电系统不需要频繁操作等因素,多数变电所迫不得已都采用了无奈和粗放的无人值守,目前国内地下供配电技术水平现状如下。

(1)国内地下采矿中压供配电系统均采用电子综合保护装置(以下简称“综保”),应该说综保为实现中压供配电系统实现信息化和智能化提供了硬件基础。国内少有充分发挥综保功能的应用案例。

(2)国内有些矿山中压供配电系统配备了电力监视后台(以下简称“后台”),但大多数后台应用仅停留在对中压供配电系统监视和提供少量报警信息的层级上,很少实现远程或自动根据负载情况对供电进行调度。

(3)大多数矿山地下低压供配电系统几乎处于无信息、无遥控、无记录、无智能的“四无”无人值守运行状态。一些供电回路因接入过多负载或接入负载同时工作而时常发生过载跳闸,有些回路存在着过载火灾隐患。

(4)国内大多数矿山依靠地下现场人工反馈供配电系统信息,依靠人工现场诊断故障,并完成故障后送电工作。因地下各个变电所分布范围广,30分钟处理完故障恢复供电属于非常快水平。一般从故

障发生到处理故障完毕送电,一两个小时是很正常的事;如果是需要更换设备的严重故障恢复供电的时间会更长,有些严重故障会直接导致地下采矿生产停止。供电的稳定性直接影响着企业的经济效益。

(5)小结:目前国内地下供配电系统信息化和管控技术水平非常落后,不具备电能管控和负荷预测功能,存在着发生严重事故的风险和安全隐患,较严重阻碍着智能矿山建设。

2 国内地下采矿对控制系统和供配电系统技术需求浅析

2.1 国内地下采矿对控制系统需求浅析

控制技术和控制系统是地下采矿的重要组成部分,也是实现地下采矿智能化的基础。因此,要提高地下采矿整体效率,进一步实现采矿智能化,首先要提高地下采矿控制系统的整体技术水平。随着国内智能矿山建设的不断推进,本文提出以下地下采矿智能化对控制系统技术水平需求。

(1)需要采集和使用供配电系统信息,从而提高现有控制系统的智能化水平,通过供配电信息智能调节设备负载或逻辑控制,降低设备因过载而发生生产流程停止或大型设备损坏的风险。

(2)需要在实现和提供操作、动作、报警、故障等各个方面的智能诊断和记录,缩短维护时间和降低维护人工成本。

(3)需要地下各个控制系统之间通过地下公共网络互通互联,彻底消除各个子系统之间的信息孤岛和自动化孤岛,并实现各个子系统采集的信息和数据在全矿范围内真正实现共享,根据地下整体系统生产需求管控各个子系统。

(4)需要全面实现固定设备和部分半移动设备远程监视、远程故障分析、远程遥控、工艺设备和供配电设备本体的健康诊断,实现更高层次的无人值守。

(5)需要最大限度实现控制系统与供配电系统硬件资源共享,简化控制系统硬件构成和减少控制系统数量,提高控制系统可靠性和降低维护成本。

(6)需要智能化水平高且让矿山用户用得起来的技术和相关设备。

2.2 国内地下采矿对供配电系统需求浅析

风、水、电是一座矿山最主要的动力来源,而电又是风和水动力来源,所以供配电系统的技术水平

直接关系到全矿的动力来源的水平。本文从地下采矿智能化角度出发,提出对供配电系统技术水平需求。

(1)需要全面实现地下采矿中央变电所和各个中段采区变电所每条低压配电回路信息化和智能化,有条件的实现巷道动力配电箱每条低压配电回路信息化和智能化。

(2)需要全面实现上述每条回路电动或电磁分合闸操作,为地下供配电系统远程遥控、智能化管控、快速排除和恢复供电提供基础。

(3)需要供配电系统借助控制系统全面提升自身信息化和智能化水平。

(4)需要通过提高供配电的技术水平保证供全矿供电的连续性,特别是对那些价格昂贵的大型电动采矿设备供电的连续性,确保地下采矿生产的连续性和稳定性。

(5)地下供配电系统维护人员使用移动智能终端可以获得和查看地下整个供配电系统的运行情况、报警信息、故障信息,可以实施规定范围内的对供配电系统的远程操作。

(6)需要提高全矿供电系统信息化和电能管控水平,降低用电成本实现降本增效。

3 国内外智能配电技术现状简介

目前国内外智能配电技术一般仅指低压智能配电系统。由于国内外在中压供配电系统普遍采用综保设备,中压供配电系统已经具备了智能配电水平。

3.1 国外智能配电技术现状简介

目前国外以施耐德、ABB、Rockwell、西门子等知名公司提出智能配电系统是结合控制技术、云计算和大数据分析与服务等,将配电系统中的智能设备互联互通,实现主动性高效维护,保障设备运行更加安全、可靠,全方位改善配电系统,针对不同的用电场所提供针对性的解决方案,让不同类型的用户尽享配电数字化潜能。

这些大公司都各自研发了构建智能配电的专用智能设备,这些智能设备包含控制器、通讯设备、智能配电设备、管控软件等,各家公司提供的低压配电设备品种和规格一般有 20 个左右,低压智能配电系统和设备整体价格昂贵,国内多数矿山用户较难承受,目前国内地下采矿尚无使用国外低压智能配电设备的案例。

3.2 国内智能配电技术现状简介

目前我国智能配电整体水平还处于较低水平,特别是在专项智能配电设备研发方面非常欠缺。常用智能配电设备有一些通讯网关和马达保护器,智能配电还多以采集供配电系统数据和监视为主。目前国内多数采用通用 PLC 控制设备与低压配电系统集成成为智能配电系统。这样的智能配电系统虽然在价格上具备一定的优势,但在整体技术架构上仍属于控制系统与配电系统的集成,不是真正意义上的智能配电系统,在整体智能化技术水平上也无法与国外技术相比。智能配电设备和技术在国内地下采矿领域应用几乎处于空白。

4 融合技术介绍

4.1 融合技术的提出和目的

本文在充分研究了目前国内地下采矿对供配电系统和控制系统实际需求的基础上,结合国内低压供配电技术和设备的发展水平,从 2012 年开始研发融合技术。研发融合技术的目的就是根据国内地下采矿智能化对控制系统和供配电系统的实际需求,借助总线技术和工业物联网技术将控制系统与供配电系统实现信息和硬件两个方面深度融合构成融合系统;融合技术在满足地下采矿智能化发展需求的同时,借助边缘技术进一步扩充融合系统的功能;融合技术提供在国内矿山用得起融合系统,价格远低于国外智能配电设备。

4.2 融合系统硬件设备

(1)配电动操作机构的自动开关:融合系统的主要硬件之一,可以实现自动开关电动分合。

(2)智融单元:提供 4 个 DI 开关量输入接口接收外部信号,内部采用通讯方式再提供 4 个信号可用于逻辑控制;提供 3 个 RO 开关量输出接口完成自动开关分合闸和接触器控制;每块智融单元完成一条低压回路的数据采集和控制;具备对配电系统数据采集功能,数据采集功能达到多功能电力仪表的水平;具备对电动机过载保护功能;通过 Modbus_RTU 通讯接口接入智融网关。

(3)智融网关:具备多个 Modbus_RTU 和多个 Modbus_TCP 通讯接口;通过 Modbus_RTU 接口最多接入十块智融单元;用户控制设备(PLC 或 DCS)通过 Modbus_RTU 或 Modbus_TCP 与智融网关通讯。

(4)人机接口:采用工业级触摸屏,提供融合系

统参数设定以及各种数据和信息查询。

(5)常规供配电设备:接触器、电流互感器、电压互感器、信号灯、转换开关、端子等。

4.3 融合系统构成

融合技术的主要内容是以传统的控制技术为主,借助工业总线技术和工业物联网技术采集中低压供配电系统信息,将传统的控制系统和供配电系统深度融合为融合系统,控制系统在拥有供配电数据的基础上,通过智能算法获得更加智能的控制效果。

智融网关和智融单元是融合技术的两类关键设备,每台智融单元完成一条低压供配电回路的数据采集和控制,一台智融网关管控十台智融单元;每套融合系统由 N 个智融网关以及配套智融单元和电气设备构成,同时配备一台人机接口,完成该融合系统的参数设定以及信息查询等功能;用户控制设备通过 Modbus_RTU 或 Modbus_TCP 通讯直接管控 N 个智融网关,从而构建一个具备电能采集管控功能和工艺控制功能为一体的融合系统。

4.4 融合技术主要功能

融合技术在以智融网关和智融单元硬件的基础上,充分利用智能控制算法以及边缘技术等,再结合各类传感器应用,主要具备以下功能。

(1)边缘操作功能:融合系统对回路允许远程遥控、回路允许就地操作、自动开关就地合闸、自动开关就地分闸、自动开关远程合闸、自动开关远程分闸、外部急停操作、复位操作、清除操作等 9 个操作进行了记录。每个操作采用堆栈方式最大存储 20 次,每个操作具备年、月、日、时、分、秒时间戳,通过智融网关可以查询。

(2)边缘动作功能:融合系统对自动开关合闸动作、自动开关分闸动作、接触器合闸动作、接触器分闸动作等 4 个提供记录功能,每个动作最大存储 20 次,每个动作具备年、月、日、时、分、秒时间标签,可以逐个查询。

(3)边缘保护功能:融合系统对每条回路具备外部急停保护、设定过载保护、电机单元过载保护、轻过载保护、重过载保护、短路保护、接触器粘连、查主回路、切除次要负载保护、三相不平衡报警、三相不平衡保护、智融单元通讯失败、智融单元失联过多、自动开关三相上下接线端子温度高报警(共计 6 个)、接触器三相上下接线端子温度高报警(共计 6

个)、电缆沟浸水等 26 个保护或报警记录功能,每个保护和报警最大存储 20 次,每个保护和报警具备年、月、日、时、分、秒时间标签,可以逐个查询。

(4)边缘设备管家功能:智融网关分别提供接触器和自动开关动作次数、设定过载状态下动作次数、轻过载状态下动作次数、重过载状态下动作次数、短路状态下动作次数、运行时间等数据,为维护 and 更换电气元件提供数据。

(5)每条回路电度记录功能:智融网关可以提供每条回路 12 个月有功、无功、视在电度。

(6)电能监视和管控功能:通过融合系统可以采集每条回路的供电信息,同时可以对每条回路实现远程遥控。增加一台电能管理控制器,通过融合系统可以实现对全矿供配电系统具备了电能监视和管控功能。

4.5 融合技术应用

(1)融合技术中供配电系统具备的特点

从上面对融合技术介绍可以看出,控制系统与供配电系统深度融合为一个系统,供配电系统具备了以下四个特点。

信息电:融合系统采集了每条供配电回路的信息。

可控电:由于自动开关配备电动操作机构,所以每条回路均可以实现电磁操作。

遥控电:由于控制每条回路的智融单元采用通讯方式接入智融网关,智融网关具备 Modbus_RTU 或 Modbus_TCP 通讯接口,通过地下网络系统可以实现远程遥控。

智能电:通过控制与供配电深度融合,再结合智能算法,每条供配电回路达到了智能化水平。

(2)独立融合系统应用

融合系统已经具备了对供配电系统的控制功能,建议采用现场总线式控制箱与融合系统衔接,采用常规硬件接口采集现场仪表信号,即可构建起完整的控制系统。本文建议选用具备通讯接口的检测仪表。

(3)N 个融合系统数据共享

如果有 N 个融合系统,那么利用融合系统的控制器通过网络可以实现系统之间数据互通互联,从而彻底消除了信息化孤岛和自动化孤岛。对于哪些使用独立控制器的系统,独立控制器通过与融合系统的控制器衔接,同样可以实现各个控制系统之间

数据共享。

(4) 融合系统和融合技术的应用

用户可以选择具备 Modbus_RTU 或 Modbus_TCP 控制设备与本文介绍的智融网关和智融单元构建起融合系统。本文介绍的融合技术功能用户可以直接使用,并结合项目需求在融合系统上开发各自的功能。融合技术和系统已经成功应用于 400 万吨铜矿,取得了良好的使用效果。

4.6 融合系统的可靠性、价格、实施、运营、维护简析

(1) 融合系统可靠性简析

由于融合技术中采用总线通讯技术,大幅度减少了硬接线的使用,控制设备与供配电设备硬件共享,从而简化了控制系统和供配电系统的硬件结构,融合系统的可靠性高于传统的控制系统与供配电系统。

(2) 融合系统价格简析

由于融合技术实现了控制设备与供配电设备硬件共享,减少了控制系统与供配电系统硬件数量的使用,总体价格低于传统的控制系统和供配电系统。

(3) 融合系统实施简析

由于融合技术中大量使用总线通讯技术,并大幅度减少铜缆的使用,控制系统与供配电系统之间原有的 90% 现场工作改在设备制造厂完成,可以节省大量实施工作量。

(4) 融合系统运营简析

在融合技术中仅使用了智融网关和智融单元两类设备,与实现同等性能采用传统控制技术的系统相比,可以大幅度减少备件的品种,从而降低运营费用。

(5) 融合系统维护简析

通过上面对融合技术和融合系统介绍可知,融合系统实现了信息化和智能化,在有效降低故障发生率的同时,还可以提供准确的故障诊断信息,为维护提供方便。

5 结束语

随着科学技术的进步采矿业也在发生着翻天覆地的变化,从传统的自动化采矿到前几年的数字化采矿,再到现在的智能化采矿和 5G + 智能采矿,国内对高层级的采矿热情空前高涨。目前虽然对智能采矿或智能矿山还没有清晰性的界定,但给企业带来效益作为衡量一项技术先进与落后、适合与不适合的标准始终没有改变。

最后,智能矿山是今后矿业发展的必由之路,人们在积极尝试各种智能装备和先进技术建设智能矿山的同时,更要重视作为智能矿山基础的控制系统和供配电系统智能化的提高,为建设更高层次的智能矿山打下坚实的基础。

Preliminary Study on Integration of Control and Low Voltage Technology in Intelligent Underground Mining

BAI Guang-hui, LI Shuo, GUO Shuai, MA Wen-li

Abstract: With the continuous development of intelligent mine construction in domestic, various advanced technologies and intelligent equipments have been used, some of which have produced fairly good effects. As the basis of intelligent mine, it is extremely urgent to update control technology, as well as electric power technology, which is the main energy of mine. In view of actual demand of control and electric power system for the intelligent construction of underground mining in domestic, this paper explores a integration technology, which combines industrial bus communication and industrial internet of things, to take the control system as the main body to integrate the electric power system. But just a preliminary study on integration technology of control and low voltage technology in underground mining has been made in this paper.

Key words: integration technology; integration system; intelligent mine; intelligent mining

