

Application of Intelligent Technology in Coal Mine Underground Power Supply System

Xun Gong Yong Zhao

Tiefa Coal Industry Group Construction Engineering Co., Ltd. Mining Construction Engineering Branch, Diaobingshan, Liaoning, 112700, China

Abstract

With the rapid development of intelligent technology, the underground power supply system in coal mines, as a core component of mine safety production, is facing increasingly high requirements. The introduction of intelligent technology can not only effectively improve the reliability, flexibility, and safety of underground power supply systems in coal mines, but also reduce human operation risks to a certain extent and improve energy utilization efficiency. This article delves into the application of intelligent technology in the underground power supply system of coal mines, with a focus on analyzing technological innovations in intelligent control, remote monitoring, fault diagnosis, and intelligent protection. By reviewing the current status of technological development and combining it with the actual needs of underground power supply systems in coal mines, the application prospects and challenges of intelligent technology in improving the intelligence level of power supply systems are proposed.

Keywords

intelligent technology; Underground coal mine; Power supply system; application

智能化技术在煤矿井下供电系统中的应用

龚勋 赵勇

铁法煤业集团建设工程有限责任公司矿山建设工程分公司，中国·辽宁 调兵山 112700

摘 要

随着智能化技术的快速发展，煤矿井下供电系统作为矿山安全生产的核心组成部分，面临着越来越高的要求。智能化技术的引入，不仅可以有效提高煤矿井下供电系统的可靠性、灵活性和安全性，还能在一定程度上降低人为操作风险，提高能源利用效率。本文深入探讨了智能化技术在煤矿井下供电系统中的应用，重点分析了智能化控制、远程监测、故障诊断及智能化保护等方面的技术创新。通过对当前技术发展现状的梳理，结合煤矿井下供电系统的实际需求，提出了智能化技术在提升供电系统智能化水平方面的应用前景与挑战。

关键词

智能化技术；煤矿井下；供电系统；应用

1 引言

煤矿井下供电系统是煤矿生产过程中不可或缺的重要组成部分。井下供电系统的稳定运行直接关系到矿井的生产效率与矿工的生命安全。传统的煤矿井下供电系统在面对多变的矿井环境及复杂的电力负荷需求时，存在着一定的安全隐患和运行不稳定性。而随着信息技术、自动化技术及大数据等智能化技术的蓬勃发展，将其应用于煤矿井下供电系统中，有望大幅提高系统的智能化水平、运行效率及安全性。本文旨在探讨智能化技术在煤矿井下供电系统中的具体应用，并分析其带来的技术创新与挑战。

2 煤矿井下供电系统的现状与挑战

煤矿井下供电系统通常包括变电站、配电装置、供电线路、自动化保护装置等组件，供电系统的稳定性和安全性对煤矿的生产至关重要。然而，传统的供电系统存在诸多问题。首先，由于煤矿井下环境复杂，供电线路容易遭遇短路、断电、过载等问题，导致生产停滞。其次，由于井下人员分散，供电系统的监控与管理多依赖人工操作，难以实时掌握系统的运行状态，导致系统故障未能得到及时处理。再者，煤矿井下供电系统面临着极高的电力负荷需求，且负荷波动较大，容易引发设备的损耗与故障。因此如今在实践中工程师需采用智能化技术来优化现有供电系统，提高其运行效率与安全性。^[1]

【作者简介】龚勋（1982-），男，中国河南泌阳人，本科，工程师，从事电气工程研究。

3 智能化技术在煤矿井下供电系统中的应用

3.1 智能化控制系统

智能化控制系统是煤矿井下供电系统的核心组成部分如表 1。传统煤矿井下供电系统通常依赖人工设定与手动调整,存在一定的滞后性、操作误差及响应时间长等问题。而智能化控制系统通过引入先进的自动化控制技术,能够实时感知井下环境及电力负荷的变化,从而根据实时需求智能调节供电参数,优化系统运行。智能化控制系统的核心技术包括基于物联网 (IoT) 的传感器网络、自动化控制算法、大数据分析和人工智能 (AI) 技术。例如,智能化负荷预测

模型能够利用大数据分析对未来负荷进行预测,通过对历史负荷数据的深度学习,预测煤矿井下电力需求的波动趋势,进而实现智能调度和负荷平衡,避免出现电力过载或设备闲置的现象。这种动态调节机制能够有效提升电力资源的使用效率,减少电力浪费。而智能化控制系统还可通过集成自动化设备和智能算法,实现供电系统的故障预警与自动切换。当系统检测到电压异常、电流超载或设备故障时,能够自动启动备用电源或进行负荷调整,确保供电系统的稳定性和连续性。通过自适应控制,智能系统能够对供电系统进行实时调整,从而最大限度减少人为操作失误和系统运行中的安全隐患。

表 1 智能化控制系统的工作原理示意图

功能模块	描述	技术支持
传感器网络	实时监测电流、电压、温度等关键参数	物联网 (IoT) 技术
数据采集与处理	收集并处理采集到的数据,分析负荷趋势	大数据分析、云计算平台
负荷预测模型	基于历史数据预测未来负荷需求	机器学习、深度学习
自动调节机制	根据实时需求调整供电参数,防止过载或设备闲置	自适应控制、人工智能 (AI) 技术
故障预警与响应	监测系统状态,检测并预警故障发生,自动启用备用电源	自动化控制、智能保护系统

3.2 远程监测与数据采集

煤矿井下供电系统的设备数量庞大、分布广泛,且作业环境复杂,人工巡检不仅效率低下,而且容易受到环境限制,难以及时发现潜在的故障或异常。而远程监测技术通过结合传感器、无线通信技术、云计算和大数据平台,实现了对煤矿井下供电系统各项参数的实时监控,极大提升了系统运行管理的效率和可靠性。远程监测系统通常由分布式传感器网络、通信模块、数据采集终端和云计算平台等组成。在供电系统的关键节点,如变电站、配电箱、电缆、开关设备等处安装多种传感器,实时采集电流、电压、温度、湿度、振动等数据。这些数据通过无线通信模块传输至地面监控中心,形成实时的数据流。通过大数据分析平台,监控人员可以直观地查看煤矿井下供电系统的运行状态,包括设备运行参数、负荷波动、环境变化等。基于云计算技术,监控中心能够进行数据的实时存储、处理和分析。数据分析平台通过历史数据的对比分析,可以识别出电气设备的运行趋势,发现潜在的故障隐患。同时智能化系统还具备预测分析功能,通过对设备运行数据的建模与分析,能够提前识别出设备可能发生故障的趋势,进行主动维护,避免突发性故障对系统的影响。

3.3 故障诊断与智能保护

煤矿井下供电系统的故障诊断和智能保护是确保系统稳定运行的重要技术手段。传统的故障诊断依赖人工经验和定期检查,往往存在响应慢、精确度低等缺陷。随着智能化技术的引入,尤其是人工智能 (AI) 和机器学习算法的发展,智能化故障诊断技术能够自动识别、定位并分析供电系统中的故障,极大提高了故障诊断的效率与准确性。智能化故障诊断系统通过采集并分析供电系统的实时数据,利用机器学

习算法识别出故障模式。如通过对电流、电压波动、设备运行状态等数据的分析,智能系统能够准确判断是由于电压不稳、设备老化、接触不良等原因导致的故障^[1]。基于人工智能的深度学习算法,系统能够不断从大量历史故障数据中学习,提升故障诊断的准确性与预测能力。一旦故障被检测到,智能保护装置能够迅速反应,通过自动切断电源、启用备用电源、调整负荷等手段,保护系统免受进一步损害。智能保护系统采用高精度的电流、电压保护算法,能够在过载、短路、接地等故障情况下,快速切断电路或触发保护机制,从而避免事故的扩大,保障煤矿井下供电系统的安全运行。与传统保护装置相比,智能保护装置的响应速度大大提高,能够在毫秒级别内做出反应,大幅度降低设备损坏的风险。

3.4 能效优化与节能管理

随着煤矿生产规模的扩大及能源消耗的增加,如何提高煤矿井下供电系统的能效成为亟待解决的问题。智能化技术通过优化负荷分配、调节设备运行模式、监测能耗数据等手段,有效提升了煤矿井下供电系统的能源利用效率,降低了能源浪费。智能化能效优化系统利用大数据分析技术,实时监测煤矿井下的电力负荷、设备运行状态和能源消耗情况。通过对电力负荷的实时监测与数据分析,智能系统能够识别出用电高峰与低谷,并根据负荷情况合理调配电力资源。而在负荷较高时,则能够自动调度备用电源或通过调节负荷分配确保供电系统的稳定性^[2]。智能化系统还可通过调节设备的运行模式,降低能耗。通过对能耗数据的采集与分析,智能系统能够生成详细的能效报告,帮助煤矿企业评估能源使用效率,发现能效瓶颈,从而采取更有效的节能措施。如今随着科技发展在一些煤矿企业中,智能化节能管理系统已成功实现了能效提升。^[2]

4 智能化技术的挑战与发展前景

4.1 技术难度与实施成本

煤矿井下环境复杂且危险,实施智能化技术面临着较大的技术难度。煤矿井下的工作环境常常湿度大、温差悬殊、气体浓度高,且工作面狭小,这些因素极大地增加了传感器、控制设备、通信设备等智能化硬件的安装、维护及运维的难度。特别是在高温、高湿、高粉尘等恶劣条件下,许多智能化设备的寿命和稳定性面临严峻考验。而智能化技术的应用需要大量的硬件设施(如传感器、智能电表、控制器、摄像头等)和软件平台(如数据分析平台、控制系统、云计算平台等)。这些硬件和软件的建设需要大量的资金投入,而对于一些资金不足的小型矿企来说,如何平衡技术投入与经济回报,成为亟待解决的问题。智能化设备和系统的购置、安装及后期维护成本较高,尤其是在矿井建设初期,企业可能面临着资金压力,难以立即实现智能化升级。还有在实践中智能化技术的应用还需要进行系统集成和调试,确保各个环节的兼容性与协同运行。这也对技术人员提出了较高的要求,增加了系统实施的复杂度。因此如何降低技术实施成本,提高投资回报率,成为推动智能化技术广泛应用的关键因素。

4.2 数据安全和隐私保护

智能化技术的核心在于数据驱动,煤矿井下供电系统通过大量的传感器和监控设备采集实时数据,涉及设备状态、故障信息、生产作业数据等关键信息。虽然这些数据对提高系统的稳定性、预测故障和优化资源配置具有重要作用,但也面临着数据安全和隐私保护的巨大挑战。煤矿井下供电系统的传输网络涉及多个层级的数据交换,数据传输过程中容易受到外部黑客攻击或内部分析错误的影响。若没有有效的加密措施和安全机制,可能导致敏感数据泄露,甚至引发网络攻击,破坏供电系统的安全稳定运行。与此同时,系统中产生的大量数据可能涉及企业的运营机密或人员隐私,如何保证数据传输和存储的安全性,防止数据泄露、篡改或丢失,是智能化系统应用中的一项重要课题。目前虽然已经有一些行业标准和框架开始涉及数据安全,但在煤矿行业,数据安全防护技术尚未得到广泛普及,部分企业在

数据保护方面的投入仍显不足。

4.3 标准化与兼容性问题

智能化技术的应用面临的另一个重要挑战是设备和系统之间的标准化问题。目前,煤矿井下供电系统涉及的设备种类繁多,市场上有不同厂商提供的设备和技术方案,且各个设备的技术参数、接口协议、通信标准等常常存在差异。由于缺乏统一的行业标准,导致这些设备之间的兼容性问题较为突出,难以实现设备与设备、系统与系统的有效对接和协同工作。在实际应用中,煤矿企业可能会面临多种智能化设备的“孤岛”现象,无法形成统一的数据共享平台和控制系统,从而影响整个供电系统的效率和稳定性^[1]。如一些传感器和执行器可能只支持特定厂商的通信协议,而其他厂商的设备无法直接接入,导致系统集成时出现障碍。此外,由于不同厂商在技术和协议上的差异,也可能导致系统的稳定性和安全性问题,增加了后期的运维成本。为了确保煤矿井下供电系统的智能化设备能够实现高效协同,行业标准化工作显得尤为重要。通过建立统一的技术标准,制定兼容性测试规范,推动设备的互联互通,能够有效降低系统的复杂度,提升智能化系统的稳定性和可维护性。^[3]

5 结语

智能化技术在煤矿井下供电系统中的应用,代表了煤矿行业向现代化、智能化转型的趋势。通过智能化控制、远程监测、故障诊断与能效优化等技术手段,煤矿井下供电系统的安全性、稳定性和能源利用效率都得到了显著提升。然而在智能化技术的应用过程中,仍然存在诸如技术实施难度、数据安全、设备兼容性等挑战。未来随着技术的不断发展和标准化的推进,智能化技术有望在煤矿井下供电系统中发挥更大的作用,推动煤矿行业的高效、安全与可持续发展。

参考文献

- [1]许广楠.煤矿综采工作面机电智能化控制技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(23):151-153.
- [2]张浩.煤矿智能化工作面采煤机-支架协同跟机控制技术探讨[J].煤,2024,33(12):81-83+99.
- [3]陈慧妍.新时期煤矿安全监控系统技术及智能化发展趋势[J].内蒙古煤炭经济,2024,(22):175-177.