

Design and Optimization Strategy of Efficient Power Supply System for Comprehensive Mining Face in Coal Mine Underground

Yong Zhao Xun Gong

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

Abstract

The stability and reliability of the power system in the comprehensive excavation working face of coal mines are directly related to the safety production and work efficiency of the mine. Although the existing power system can meet basic needs, there are problems such as equipment aging, large load fluctuations, and uneven power supply, which affect the operational efficiency and stability of the system. This article analyzes the current situation and problems of the power system in the comprehensive excavation working face of coal mines, and proposes an efficient power supply system design scheme based on intelligent control, load forecasting, and scheduling optimization. By reasonably configuring redundant power sources, optimizing load distribution, and combining intelligent scheduling and fault diagnosis technology, this study aims to improve the safety, reliability, and economy of coal mine power systems.

Keywords

underground coal mine; Comprehensive excavation working face; Power system; Load forecasting; Intelligent scheduling

煤矿井下综掘工作面高效供电系统设计及优化策略

赵勇 龚勋

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

煤矿井下综掘工作面电力系统的稳定性和可靠性直接关系到矿井的安全生产与工作效率。现有电力系统虽然能够满足基本需求,但存在设备老化、负荷波动大、电力供应不均等问题,影响了系统的运行效率和稳定性。本文通过分析煤矿井下综掘工作面电力系统的现状与问题,提出了一种基于智能化控制、负荷预测与调度优化的高效供电系统设计方案。通过合理配置冗余电源、优化负荷分配,并结合智能调度与故障诊断技术,本研究旨在提高煤矿电力系统的安全性、可靠性与经济性。

关键词

煤矿井下; 综掘工作面; 电力系统; 负荷预测; 智能调度

1 引言

煤矿井下综掘工作面是煤矿生产过程中至关重要的环节,涉及大量的机械设备、电力照明、通风等系统的运行。这些系统对煤矿的安全生产、工作效率以及能源消耗具有直接影响。因此,井下供电系统的设计与管理对煤矿的运营至关重要。本文的主要目的是设计和优化煤矿井下综掘工作面供电系统,提高其安全性、可靠性、经济性及智能化水平。系统性地探讨煤矿井下综掘工作面电力系统的优化设计,力求为煤矿行业提供一套具有实用性和前瞻性的供电系统优化方案。

【作者简介】赵勇(1982-),男,中国辽宁法库人,本科,工程师,从事电气工程研究。

2 煤矿井下综掘工作面电力需求与现状分析

2.1 现有供电系统的组成与问题

当前煤矿井下综掘工作面的电力系统主要由变电所、主配电系统、分配电路、应急电源系统和电气设备等构成。变电所是电力系统的核心组成部分,其作用是将地面高压电转换为适用于井下设备的低压电,并通过主配电系统向井下设备提供稳定电力。输配电系统负责将电力传输至各个工作面,确保采煤机、液压支架等设备能够正常运转。为了提升供电系统的可靠性,井下电力分配通常采用环网或辐射型结构,通过电缆和开关设备向各工作面分配电力。尽管现有的电力系统能够在一定程度上满足综掘工作面的基本电力需求,但仍存在一些突出问题^[1]。由于综掘工作面电力负荷波动大,现有供电系统在负荷较高时容易出现电力供应不均的

情况,造成部分设备电力不足或过载。这种情况尤其在设备启停时表现得尤为明显,电力供应的不均衡严重影响了设备的正常运行和生产的连续性。

设备老化问题也显著影响了电力系统的可靠性。煤矿井下的电气设备长期运行在高温、高湿和高粉尘等恶劣环境下,导致设备的老化速度较快。老化的设备故障频发,尤其在负荷较大的时候,更容易出现电力中断或故障停机的现象。这不仅降低了供电系统的稳定性,还增加了设备维护和更新的成本,进一步影响了系统的运行效率。与设备老化问题相关的是系统的能效问题。现有电力系统的运行效率较低,尤其在负荷较轻时,系统容易出现低功率因数现象,而造成电能浪费。这种低效率运行不仅增加了能源消耗,还降低了系统的经济性和可持续性。故障频发也是当前电力系统面临的另一大问题。由于缺乏有效的故障预警机制,系统在出现故障时往往无法及时响应,导致电力中断时间过长,影响生产效率和矿井的安全性。

2.2 存在问题的根源分析

煤矿井下综掘工作面电力系统存在的诸多问题,其根源可从技术、管理和外部环境等多个方面进行分析。从技术角度来看,负荷预测和调度技术的滞后是导致电力供应不稳定的关键原因。煤矿井下的电力负荷波动较大,现有的负荷预测模型难以准确捕捉到负荷的动态变化,导致电力资源的配置不合理,系统难以有效应对负荷波动。此外由于电力系统的智能化水平较低,设备运行状态和电力需求的实时监控不足,导致系统在负荷变化时无法及时调整和优化,进而影响供电系统的稳定性^[2]。从管理方面来看,煤矿井下电力系统的管理模式较为传统,依赖人工经验进行故障排查和设备维护,缺乏高效的管理系统。由于没有完善的智能化调度和监控系统,电力系统的管理无法适应井下复杂的作业环境和突发故障。传统的管理模式容易忽视系统的长远发展和优化,导致电力系统难以实现高效、智能化管理。

外部环境的影响也是导致电力系统问题的重要因素。井下环境的高温、高湿、瓦斯气体等因素对设备的影响较大,设备在恶劣环境下长期运行容易加速老化和损坏。此外,煤矿井下复杂的地理条件和作业环境也使得电力系统的设计与运行面临更高的难度。这些外部因素的干扰使得电力系统的稳定性和可靠性大大降低,需要采取更为先进的技术手段和管理方法进行应对。因此解决煤矿井下电力系统存在的问题,必须从技术、管理、环境等多方面着手,通过提升负荷预测与调度能力、优化设备管理和引入智能化控制技术,来提升电力系统的整体性能和可靠性。这些改进措施不仅能够提高煤矿井下生产的安全性和稳定性,还能有效降低电力系统的能耗和运行成本,为煤矿的可持续发展奠定基础。^[1]

3 高效供电系统设计原则与技术路线

在设计煤矿井下综掘工作面高效供电系统时,应遵循

以下基本原则,并明确技术路线,以确保系统的高效、安全、可靠运行。负荷平衡原则是设计中的核心要求。综掘工作面涉及众多设备,这些设备的功率需求差异较大,负荷波动性显著。为了应对这一挑战,必须合理配置电力资源,确保系统在不同负荷需求下保持平衡。通过精确分析设备功率需求、负荷波动规律及工作周期等因素,能够有效避免因负荷不均导致的过载或电力供应不足,确保系统在负荷变化的情况下稳定运行。图1展示了煤矿井下综掘工作面电力系统的智能调度与负荷预测模型框架。此框架图从数据采集、负荷预测、调度优化到实时反馈调节,完整描述了高效电力系统设计中的关键技术流程。通过这一技术框架,能够实现负荷波动的精准预测和电力资源的高效调度,确保煤矿井下综掘工作面电力系统在负荷变化时能够稳定运行。

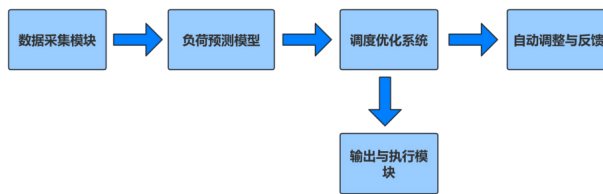


图1 电力负荷预测与调度优化框架图

煤矿井下环境复杂且具有较高的不确定性,这要求电力系统具备较强的应急能力。冗余设计通过增加备用电源、配电线路及关键组件配置,确保在主电源系统发生故障时,备用电源能够迅速切换,保障电力供应不中断。冗余不仅提高了电力系统的可靠性,还能显著降低单点故障的风险,确保矿井生产的连续性。智能调度与负荷预测是应对负荷波动的有效手段。电力负荷的预测技术通过对历史负荷数据的深入分析,能够精确捕捉负荷的变化趋势,进而实现电力需求的提前预判和系统的优化调度。在实际应用中,智能调度系统能够根据实时负荷动态调整电力分配,不仅能够平衡高峰负荷与低谷负荷之间的差异,还能根据负荷波动的预测结果,自动优化电力分配策略,提升整个系统的运营效率^[3]。故障预警与诊断是保障电力系统可靠性的关键环节。在电力系统中,设备故障的预警与及时诊断能够最大限度地减少故障对生产的影响。通过引入智能化的故障诊断技术,结合故障树分析(FTA)和模糊逻辑控制技术,能够有效识别潜在故障并提前发出警报,防止故障发生。此类技术不仅增强了电力系统的监测能力,还能够在故障发生的初期进行快速反应,减少系统停机时间,从而提升系统的应急响应能力和整体可靠性。

为了实现高效供电系统的设计目标,本研究提出了一套系统化的技术路线,涵盖从基础架构建设到智能化调度的多个方面。系统设计将重点构建一个冗余可靠的电力供应链条,确保煤矿井下综掘工作面各类设备在任何环境下均可稳定运行。电力系统的冗余配置将覆盖输配电系统、应急电源和负荷调度等关键环节,通过多层冗余机制增强系统的可靠

性与连续性。在设计过程中，特别强调主电源与备用电源之间的切换机制，以及负荷调度的精确管理，确保在出现突发故障时能够快速恢复供电。智能化控制技术将在系统中发挥重要作用。该技术通过集成传感器、执行器和控制设备，实时监控电力设备的运行状态，快速响应负荷波动并进行动态调节。电力系统将基于这些实时数据进行负荷调度，自动优化电力分配，确保在负荷波动的情况下系统能平稳运行，且电力资源能够得到高效利用。这一智能控制系统不仅能够优化资源配置，还能显著提高电力系统的自适应能力和响应速度。^[2]

负荷预测技术则为电力调度提供了精确的支撑。通过分析历史负荷数据并进行建模，负荷预测模型能够准确预测未来负荷需求的变化趋势。这一预测技术为电力资源的调度提供了科学依据，能够提前预判负荷波动，减少突发电力供应不足的风险。结合人工智能技术，负荷预测模型能够在实时运行中持续优化，提升预测的准确性和时效性，确保系统能够在负荷波动的情况下做出精准响应。综合来看，本研究的设计技术路线不仅注重电力系统的基础架构建设，还通过智能化控制、自动化调度和负荷预测等技术的融合应用，极大提升了系统的智能化水平和动态调节能力。这一系列技术的集成应用将确保煤矿井下综掘工作面电力系统在安全性、可靠性、经济性和智能化方面的全面优化，满足矿井生产对电力系统的高效要求。

4 煤矿井下综掘工作面高效供电系统的设计优化

4.1 电力来源与分配设计

煤矿井下综掘工作面的电力来源和分配是确保供电系统稳定运行的基础。电力来源配置需要充分考虑冗余设计，以应对可能发生的电力故障和供电中断。主电源系统主要来自地面变电站，电力通过井下主配电系统输送至各工作面。为了提高电力系统的可靠性，应设计冗余电源配置，确保在主电源系统发生故障时，备用电源能够迅速接入，保障电力供应不间断。冗余设计不仅仅是电源的配置问题，还涉及电缆网络的布置和配电系统的设计。电缆和配电线路的设计应尽量减少电力供应中断的风险，采用环网结构可以有效提高供电的稳定性和可靠性。当某一配电线路发生故障时，其他线路可以迅速承担起电力供应任务，避免出现电力供应中断

的情况。在电力分配的过程中，必须考虑到综掘工作面各类设备的电力需求差异。设备的负荷波动性要求电力系统在设计时进行精确的负荷预测与调度，以确保不同时间段的负荷能够得到合理分配。而电力分配系统需要具备实时监控和故障诊断能力，及时发现电力系统中的潜在问题并进行调整，确保电力供应的稳定性和高效性。

4.2 电力负荷分析与调度优化

电力负荷波动性是煤矿井下电力系统设计中的一个关键问题。为了有效应对这种负荷波动，必须进行精确的电力负荷分析，并制定优化的调度方案。负荷分析模型能够通过各类设备的功率需求、工作状态以及矿井环境等因素进行综合分析，预测未来电力需求的变化趋势，从而为电力调度提供可靠的依据。调度优化方案的核心目标是通过智能化的手段，提高电力资源的利用效率。基于负荷预测数据，调度系统可以自动调整电力分配策略，确保在负荷高峰时提供足够的电力，在低谷时实现节能降耗。智能调度技术还能够通过实时数据的采集和分析，预测负荷波动并及时调整供电策略，避免电力资源的浪费。在负荷优化调度过程中，系统还需考虑到设备的运行状态和维护周期，合理安排设备的启停时间，以减少设备运行过程中对电力系统的负担。通过智能调度和负荷预测相结合，能够实现煤矿井下电力系统的高效、稳定运行，并减少由于负荷波动带来的电力供应问题。^[3]

5 结语

综上所述，煤矿井下综掘工作面的电力系统面临着负荷波动、设备老化以及管理模式滞后的问题，影响了其安全性、可靠性和经济性。为此本文提出了一种基于智能化控制、负荷预测与调度优化的电力系统设计方案，旨在通过合理配置冗余电源、优化电力分配与调度策略，提升电力系统的整体性能。随着智能化技术的发展和应用，煤矿电力系统的智能化、自动化水平将得到进一步提升，推动煤矿生产的安全、高效和绿色发展。

参考文献

- [1] 任忠.综掘煤巷智能除尘控制系统研究[J].能源与节能,2024,(12):84-86.
- [2] 曹龙.提高煤矿供电系统可靠性的措施与对策[J].矿业装备,2021(04):146-147.
- [3] 丁江明,乔国强,张宝鹏.嵌入式智能分站技术在煤炭供电系统的应用[J].洁净煤技术,2024,30(S1):605-608.