

煤矿电力系统运行现状及技术优化措施

刘 威

中国大唐集团有限公司 北京 100033

摘 要：煤矿电力系统作为煤矿生产的核心动力支撑，其稳定运行对安全生产和经济效益至关重要。当前，煤矿电力系统存在供电设备老化、可靠性不足、智能化水平低及能源效率不高等问题，严重制约行业发展。为改善现状，文章提出一系列技术优化措施，包括供电设备更新升级、完善供电系统可靠性、应用智能化技术及实施能源效率提升策略。通过这些措施，可有效提升煤矿电力系统的安全性、稳定性与能源利用效率，推动煤矿行业向安全、高效、智能化方向迈进。

关键词：煤矿电力；系统运行；现状；技术优化；措施

引言：煤矿电力系统是保障煤矿安全生产与高效运行的关键基础设施，其稳定性与技术水平直接影响煤矿的产能、安全及经济效益。随着煤矿开采向深部化、复杂化发展，电力系统面临着设备老化导致的故障风险增加、供电可靠性不足影响生产连续性、智能化程度低难以适应现代化管理需求，以及能源浪费严重等现实挑战。在此背景下，深入分析煤矿电力系统运行现状，探索针对性的技术优化路径，对提升煤矿生产效率、降低安全隐患、实现绿色低碳发展具有重要的现实意义。

1 煤矿电力系统运行的概述

煤矿电力系统作为煤矿生产的“动力心脏”，其稳定运行直接关系到煤矿的安全生产与经济效益。煤矿电力系统的主要功能是为煤矿开采、运输、通风、排水等环节提供稳定电力供应，系统涵盖供电电源、输电线路、变配电设备以及各类用电负荷，各部分相互关联、协同运作。煤矿生产环境具有高湿度、多粉尘、瓦斯浓度高等特点，对电力系统的安全性及可靠性提出了严苛要求。在开采作业中，井下巷道狭长、设备分布分散，电力系统需通过多级变配电网络将电能精准输送至各作业点，保障采掘设备、通风机、排水泵等关键设备的持续运转。一旦电力供应中断，不仅会导致生产停滞，还可能引发瓦斯积聚、井下积水等严重安全事故。此外，随着煤矿开采规模的扩大和开采深度的增加，电力需求不断攀升，传统电力系统逐渐暴露出供电能力不足、智能化水平低等问题。因此，深入理解煤矿电力系统的运行特点与需求，成为探索技术优化路径、提升系统性能的重要基础，对推动煤矿行业安全、高效、智能化发展具有深远意义^[1]。

2 煤矿电力系统运行现状

2.1 供电设备老化问题突出

煤矿电力系统中，供电设备老化问题根深蒂固。部分矿区变压器、开关柜等核心设备服役超 20 年，绝缘材料老化、机械部件磨损严重，导致短路、接触不良等故障频发。井下特殊的潮湿、高粉尘环境，加剧了设备金属部件的腐蚀和电气元件的性能衰退。老旧设备不仅故障风险高，且难以适配智能监测与控制技术，无法满足煤矿安全生产与高效运行的需求，成为制约电力系统稳定运行的重大隐患。

2.2 供电可靠性有待提高

煤矿供电可靠性受多重因素制约。一方面，井下供电线路复杂且分布广，易受地质灾害、采掘活动影响，发生电缆破损、线路中断；另一方面，部分矿区采用单回路供电，缺乏备用电源与冗余设计，一旦主线路故障，易导致大面积停电，严重影响安全生产。同时，传统人工巡检效率低、漏检率高，难以快速定位和处理潜在隐患，供电中断事件时有发生，给煤矿生产带来巨大经济损失与安全风险。

2.3 智能化水平较低

当前煤矿电力系统智能化程度普遍不足。多数矿区仍依赖人工操作与经验判断，设备状态监测主要依靠巡检人员肉眼观察和简单仪器测量，数据采集不全面、不及时。智能传感器、物联网等先进技术应用比例低，缺乏统一的数据管理平台和智能分析系统，无法实现设备故障的早期预警与精准诊断。电力调度也多采用固定模式，难以根据实时负荷和生产需求灵活调整，与现代化智能矿山建设要求存在较大差距。

2.4 能源效率不高

煤矿电力系统能源浪费现象严重。设备选型不合理，大量高耗能电机、变压器仍在使用，运行效率低下；采掘、通风、排水等设备启停缺乏科学调度，存在

“大马拉小车”和空转现象。供电系统的设计不完善,无功损耗大、功率因数低,导致线路损耗严重。此外,煤矿缺乏系统的能源管理体系,对能源消耗缺乏精准监测与分析,无法有效识别高耗能环节,能源利用效率远低于行业先进水平^[2]。

3 煤矿电力系统技术优化措施

3.1 供电设备更新与升级

3.1.1 淘汰老旧设备

老旧供电设备是煤矿电力系统运行的重大隐患,淘汰这些设备迫在眉睫。煤矿应建立完善的设备老化评估机制,依据设备服役年限、故障频率、维护成本等指标,精准识别需淘汰的设备。对于超期服役、绝缘性能严重下降的变压器,频繁出现触头过热问题的高压开关柜,以及保护装置失效的配电设备,应果断停用并报废处理。淘汰过程需严格遵循安全规程,做好设备拆除、处置工作,避免废旧设备中有害物质对环境造成污染。通过淘汰老旧设备,可从根源上降低漏电、短路等故障风险,为电力系统安全稳定运行奠定基础。

3.1.2 引入先进设备

引入先进供电设备是提升煤矿电力系统性能的重要手段。在变压器选型上,可采用非晶合金变压器等低损耗、高可靠性设备,降低电能传输损耗;高压开关柜选用具备智能监测功能的真空断路器开关柜,实时掌握触头温度、绝缘状态等关键参数。同时,引入智能电表、智能配电终端等设备,实现电力参数的精准采集与远程监控。此外,先进的防雷、防漏电设备可增强系统抗干扰能力,保障设备在恶劣环境下稳定运行。先进设备的应用不仅能提升供电效率,还可借助设备自带的智能化功能,为电力系统的智能化管理提供数据支持和技术保障。

3.2 供电系统可靠性提升

3.2.1 完善双回路供电

双回路供电是保障煤矿持续供电的关键架构,但部分煤矿存在线路冗余不足、切换机制不完善的问题。优化时,需确保两回路电源来自不同变电站或同一变电站的不同母线段,降低同时故障风险。同时,升级线路自动化设备,安装智能联络开关与故障检测装置,实现故障线路的快速隔离和备用回路的毫秒级自动切换。此外,定期开展双回路供电系统的带负荷演练,模拟各类故障场景,测试切换逻辑与响应速度,及时修复线路老化、杆塔倾斜等隐患,确保双回路供电真正成为煤矿电力供应的“双保险”。

3.2.2 优化应急电源配置

应急电源是市电中断时保障煤矿安全的最后防线。

煤矿应根据井下关键设备(如通风机、排水泵、安全监控系统)的总功率需求,科学配置柴油发电机组、UPS不间断电源等应急设备,确保其容量满足至少72小时的连续供电需求。同时,引入智能应急电源管理系统,实时监测电池状态、燃油储量、机组运行参数,通过算法预测潜在故障并自动报警。此外,建立应急电源定期维护与充放电制度,避免长期闲置导致性能下降,确保在突发断电时,应急电源能够迅速启动并稳定运行,保障井下人员生命安全与设备安全。

3.2.3 加强安全防护

煤矿特殊环境下,供电系统易受瓦斯、粉尘、潮湿等因素威胁,需强化安全防护体系。在设备防护层面,选用矿用隔爆型电气设备,确保设备外壳具备防爆性能,防止电火花引发瓦斯爆炸;对电缆线路进行防潮、防腐蚀处理,采用铠装电缆并安装密封接头。同时,构建多层次的继电保护系统,设置速断保护、过流保护、漏电保护等功能,实现故障的精准定位与快速切除。此外,利用红外测温、局放监测等技术,对高压设备进行实时状态感知,提前预警过热、绝缘劣化等隐患,全方位筑牢供电系统安全防线。

3.3 智能化技术应用

3.3.1 智能感知与监测技术

智能感知与监测技术是煤矿电力系统智能化的“神经末梢”。通过在变压器、开关柜、电缆等设备关键点部署智能传感器,如温度传感器、振动传感器、局部放电传感器等,可实时采集设备运行参数。例如,某煤矿在110kV变电站变压器上安装红外测温传感器后,成功捕捉到一次因接触不良导致的局部过热隐患,避免了设备烧毁事故;在高压开关柜部署局放传感器,提前3天预警绝缘故障,使运维人员得以在计划检修时及时处理。同时,借助物联网技术将分散的感知数据统一传输至监控平台,实现对设备状态的全天候、无死角监测,替代传统人工巡检模式,大幅提升故障预警的及时性与准确性,保障电力系统稳定运行^[3]。

3.3.2 大数据分析处理技术

煤矿电力系统运行过程中产生海量数据,大数据分析处理技术可挖掘数据背后的价值。利用大数据平台整合设备运行数据、环境参数、故障记录等多源信息,通过聚类分析、关联分析等算法,可识别设备故障模式与能耗规律。例如,某矿区通过分析近三年主通风机的振动数据、温度曲线和故障记录,发现轴承异常磨损与环境湿度存在强关联性,据此优化润滑周期,将设备故障率降低40%;结合用电负荷数据,制定采煤机错峰启动

策略,每月减少电费支出超15万元。此外,通过大数据建模,还能对电力系统未来运行状态进行模拟推演,为设备维护、供电调度等决策提供科学依据,实现从“被动运维”到“主动管理”的转变。

3.3.3 云计算与边缘计算技术

云计算与边缘计算技术协同,为煤矿电力系统智能化提供高效算力支持。云计算平台可集中存储与处理海量电力数据,通过弹性扩展资源,满足系统高峰时期的数据处理需求。而边缘计算则在靠近设备端完成数据的实时分析与初步处理,减少数据传输延迟与云端压力。例如,某煤矿井下中央变电所部署边缘计算节点后,实现对电缆温度、开关柜局放信号的毫秒级响应。一次监测到某馈电线路温度骤升时,边缘节点0.5秒内触发断电指令,避免了电缆起火事故,同时将预警信息同步至地面监控中心。

3.3.4 人工智能与机器学习技术

人工智能与机器学习技术赋予煤矿电力系统“智慧大脑”。通过构建深度学习模型,可对设备运行数据进行深度分析,实现故障的精准诊断与预测。例如,某煤矿采用基于LSTM神经网络的故障诊断模型,对主排水泵的振动、电流数据进行训练,诊断准确率达98%,提前72小时预测轴承故障,减少非计划停机时间;利用强化学习算法优化供电调度策略,根据实时负荷、电价等因素动态调整用电方案,在某季度电价高峰时段降低用电成本23万元。此外,借助自然语言处理技术,可将设备维护手册、故障报告等非结构化数据转化为知识图谱,辅助运维人员快速定位问题、制定解决方案,推动煤矿电力系统运维向智能化、自主化方向发展。

3.4 能源效率提升策略

3.4.1 负荷优化管理

煤矿电力系统负荷波动大,负荷优化管理是提升能源效率的关键。通过安装智能电表与负荷监测装置,实时采集各区域用电数据,分析设备用电规律与峰谷特性。基于数据分析结果,对采掘、通风、排水等设备进行错峰启停与协同调度。例如,某煤矿根据井下水位变化曲线,将排水泵启停时间与用电低谷时段匹配,每月减少运行时长120小时;在夜班非生产期,将主通风机转速从100%降至70%,同时保障通风安全,年节约电量超50万度。同时,引入需求侧响应机制,根据电网电价波动调整煤矿用电计划,将部分可中断负荷转移至低谷时

段,既降低用电成本,又优化系统整体负荷曲线,提升能源利用效率。

3.4.2 能效提升技术改造

针对煤矿电力系统中高能耗设备与落后工艺,实施能效提升技术改造迫在眉睫。一方面,某煤矿将主井提升机的异步电机替换为高效永磁同步电机,配合变频调速系统,提升效率从82%提升至92%,年节约用电80万度;另一方面,对35kV变电所进行无功补偿改造,将功率因数从0.82提高到0.95,减少线路损耗12%。此外,应用余热回收技术,将压风机冷却余热用于矿区供暖,替代燃煤锅炉,年减少标煤消耗300吨,实现能源的二次利用,从设备与系统层面全方位降低能源消耗。

3.4.3 能源管理与监测

完善的能源管理与监测体系是实现节能目标的重要保障。某矿区搭建能源管理平台,整合电力、热力、燃气等多类型能源数据,通过可视化界面实时展示能源流向、消耗分布与能效指标。平台通过数据挖掘发现某采区胶带输送机存在空载运行现象,经优化启停逻辑后,月均节电1.2万度;同时,建立能源绩效考核机制,将能耗指标分解至各生产部门,定期评估考核,激励员工参与节能工作。此外,通过定期开展能源审计,分析能源利用效率,为后续节能改造与管理优化提供科学依据,推动煤矿能源管理向精细化、规范化发展^[3]。

结束语

综上所述,煤矿电力系统在设备老化、供电可靠性、智能化及能源效率等方面存在诸多问题,制约着煤矿的安全生产与经济效益。而针对性的技术优化措施,如设备更新升级、智能化技术应用等,为系统的改善指明了方向。未来,随着技术的不断发展,煤矿电力系统需持续探索创新,将先进技术与实际需求深度融合,逐步实现从传统粗放型向安全、高效、智能、绿色型转变,为煤矿行业高质量发展筑牢坚实的电力保障基础。

参考文献

- [1]刘路琴.煤矿电力系统中漏电检测技术研究[J].矿业装备,2023,(07):108-110.
- [2]张瑞斌.矿山供电系统技术改造及优化[J].能源与节能,2022,(05):144-146.
- [3]沈家宇,张文斌.煤矿电气节能技术研究应用[J].内蒙古煤炭经济,2021,(19):111-112.