

煤矿井下供电系统安全管理研究

贾宝华

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要：针对煤矿井下供电系统高危、复杂的特点，本文系统研究了其安全管理策略与技术保障体系。文章分析了井下供电系统的构成与安全风险，从法规标准、组织体系、管理制度及运行规程四个维度构建了完善的安全管理体系。同时，重点探讨电气保护配置、防爆设备管理、电缆线路维护及智能监测预警等关键技术措施，并规范停送电与检修作业流程。研究表明，通过技术与管理的双重强化，能有效提升井下供电可靠性，防范电气事故，保障煤矿安全生产。

关键词：煤矿井下；供电系统；安全管理；电气安全

引言：煤矿井下供电系统是维持矿井通风、排水、运输及采掘作业的生命线，其运行稳定性直接关系到矿井的安全生产与人员生命安全。然而，井下环境潮湿、狭窄且伴有瓦斯煤尘爆炸危险，供电系统面临严峻的安全挑战。本文旨在深入探讨井下供电系统的安全管理，通过分析系统构成与风险特征，从制度建设、技术保障及作业管控三个方面提出针对性策略。研究对于构建全方位供电安全防护体系、提升煤矿本质安全水平具有重要的现实意义。

1 井下供电系统构成与安全风险

1.1 供电系统基本构成

井下供电系统是煤矿生产的核心动力保障体系，整体采用地面变电、井下分级配电的多级供电架构，主要由地面变电所、井下中央变电所、采区变电所、移动变电站四大供电枢纽组成，搭配高低压供电电缆、各类开关、电机、变压器及配套电气附属设备构成完整供电网络。地面变电所负责将高压市电进行降压处理后输送至井下，井下中央变电所承担全矿井电力分流、管控职能，采区变电所和移动变电站则针对性为采掘工作面、运输、通风、排水等生产设备提供适配电力。同时系统包含照明、信号、通讯专用供电支路，保障辅助系统稳定运行^[1]。整套系统层级分明、分区供电，可有效规避大范围停电风险，但井下封闭潮湿的特殊环境，也让各组成设备易受环境侵蚀，为供电故障和安全隐患埋下基础。

1.2 供电系统安全特点

井下供电系统相较于地面供电，具备高危性、复杂性、密闭性等鲜明安全特点，安全管控难度极大。首先，井下空间狭窄、湿度高、粉尘浓度大，且存在瓦

斯、煤尘等易燃易爆物质，电气设备运行产生的电弧、火花、高温外壳，一旦超标极易引发爆炸、火灾事故，造成重大人员伤亡和财产损失。其次，井下供电线路敷设路径复杂、分支繁多，设备长期处于潮湿、淋水、围岩挤压环境中，绝缘层易老化破损、设备易受潮漏电，故障发生率远高于地面系统。另外，井下供电直接关联通风、排水、提升等关键系统，供电中断会直接导致矿井停产，甚至引发透水、窒息等次生灾害。

2 供电系统安全管理制度建设

2.1 供电安全管理法规与标准

井下供电安全管理严格遵循国家、行业出台的各类法律法规及技术标准，是规范供电作业、防范安全风险的核心依据。目前核心适用法规包含《煤矿安全规程》《安全生产法》《矿山安全法》等，明确了井下电气设备选型、供电运行、作业操作、隐患排查的强制性要求，划定了井下供电安全的底线红线。同时配套执行《煤矿井下供电设计规范》《防爆电气设备通用要求》等行业技术标准，细化了设备安装、调试、检修、验收的技术参数和操作规范。各类法规与标准形成了全方位、多层次的管控体系，既明确了企业的安全生产主体责任，也规范了管理人员、作业人员的岗位职责与操作行为。企业需实时对标最新法规标准，动态修订内部管理制度，杜绝违规作业、设备违规运行，保障井下供电系统合规、安全、稳定运行。

2.2 供电安全管理组织体系

完善的组织体系是井下供电安全管理落地的核心保障，煤矿企业需搭建层级清晰、权责明确的专项供电安全管理组织架构。企业层面设立安全生产领导小组，统

筹全局供电安全管理工作,制定整体管控规划与年度工作目标;机电管理部门作为核心执行部门,专职负责井下供电系统的日常运维、隐患排查、设备管理、作业监管等工作^[2]。各采掘区队设置专职机电班组长和电气作业人员,落实一线供电设备巡检、日常维护工作。建立安全监督小组,对供电系统运行、作业操作、制度落实情况进行全程监督。该组织体系实现了从管理层、技术层到作业层的全覆盖管控,权责层层压实,有效避免管理缺位、责任悬空问题,筑牢供电安全管理组织基础。

2.3 供电安全管理制度

健全的供电安全管理制度是规范井下供电全流程工作的核心准则,覆盖设备运维、作业操作、隐患治理、人员管理等各个环节。核心管理制度包含供电设备定期巡检制度、设备定期检修保养制度、隐患排查治理闭环制度、停送电管理制度、电气设备准入管理制度等,全面规范供电系统日常管理工作。巡检制度明确巡检频次、巡检内容、责任人员,确保及时发现线路老化、设备异常、漏电等隐患;检修制度规范检修周期、检修流程、验收标准,保障设备性能稳定;隐患闭环制度要求隐患排查、登记、整改、复查、销号全流程可追溯。同时建立安全考核奖惩制度,将供电安全工作纳入员工绩效考核,倒逼人员落实岗位职责。整套制度形成常态化、规范化、标准化的管理模式,有效杜绝随意操作、违章运维等问题,从制度层面规避供电安全事故。

2.4 供电系统安全运行规程

供电系统安全运行规程是指导井下供电设备操作、系统运行、故障处置的专项技术规范,是保障供电系统稳定运行、防范人为事故的关键依据。规程针对井下变电所、移动变电站、开关设备、电缆线路等各类供电设施,明确了日常运行操作、启停管控、参数监控的标准流程,规范设备正常运行状态下的管控要求。同时细化了供电系统常见故障、异常工况的判断方法与应急处置流程,针对漏电、短路、过载、停电等突发问题,明确处置步骤、安全注意事项,避免故障扩大引发安全事故。规程明确了系统运行期间的监护、巡查、记录要求,规定运行数据台账、设备状态记录的填报标准。所有电气作业人员必须严格遵照规程操作,定期开展规程培训与考核,杜绝违章操作、盲目操作,保障供电系统全程合规稳定运行。

3 供电系统安全技术保障

3.1 电气保护装置配置

电气保护装置是井下供电系统的安全防护核心,可

在系统出现故障时快速切断电源,规避爆炸、触电、火灾等安全事故。井下所有高低压供电设备、供电线路必须按标准配齐专属保护装置,核心包含漏电保护、短路保护、过载保护、接地保护、欠压过压保护等类型,各类保护装置各司其职、协同防护。漏电保护装置可实时监测线路漏电情况,及时切断故障电源,防止人员触电和瓦斯爆炸风险;短路保护针对线路短路故障快速跳闸,避免大电流烧毁设备、引燃线路;过载保护可防止设备超负荷运行引发发热、老化、损坏;接地保护能够疏导设备外壳静电和漏电电流,降低触电隐患。所有保护装置需做到选型合规、安装到位、参数精准,每日开展功能试验,定期校验整定参数,确保保护装置灵敏可靠、正常投用,杜绝保护失效、拒动误动问题^[3]。

3.2 防爆电气设备管理

井下易燃易爆的特殊环境,决定了所有井下电气设备必须采用防爆型设备,规范防爆设备管理是供电安全的关键环节。煤矿需严格执行防爆设备准入制度,所有入井电气设备必须具备合格防爆资质、完好防爆性能,严禁非防爆设备、防爆失效设备入井使用。设备安装过程中,严格按照防爆标准做好密封、接线、接地处理,保证设备外壳无破损、螺丝齐全、密封垫完好,杜绝电火花外泄。日常管理中,建立防爆设备台账,详细记录设备型号、安装位置、检修时间、运行状态等信息,落实专人定期巡检,重点检查设备防爆面、接线腔、密封部件的完好情况。定期开展防爆性能检测与检修,及时更换老化、破损配件,修复防爆缺陷。

3.3 电缆线路安全管理

电缆线路是井下供电系统的传输载体,线路敷设规范、运维到位是保障供电稳定的重要基础。井下电缆需选用阻燃、防腐、防爆专用矿用电缆,严格按照规范标准敷设,做到悬挂整齐、间距合规、无挤压、无拖拽、无积水浸泡,避开巷道顶板破碎、淋水严重、设备碾压区域。对于高低压电缆、信号电缆分类敷设,避免混挂、交叉干扰,减少线路故障隐患。日常运维中,作业人员定期对电缆线路开展全面巡检,重点排查绝缘层破损、接头松动、线路老化、漏电、积尘受潮等问题,及时修复破损线路、紧固松动接头。建立电缆动态管理台账,记录敷设长度、敷设位置、检修更换记录,对超期服役、性能下降的电缆及时淘汰更换。同时规范施工现场电缆防护,采掘作业时做好电缆避让、防护措施,杜绝机械碾压、人为损坏线路,保障供电传输安全。

3.4 供电系统监测与预警

供电系统监测与预警是实现隐患提前预判、故障快速处置的智能化安全保障手段,能够有效提升井下供电安全防控水平。煤矿需搭建全覆盖的井下供电在线监测系统,对变电所、移动变电站、供电线路、核心电气设备的运行参数进行24小时实时监测,重点监控电压、电流、负荷、绝缘电阻、设备温度等关键数据。系统可自动识别过载、漏电、短路、电压异常等故障隐患,一旦参数超出安全阈值,立即触发声光预警信号,并同步上传数据至监控平台。运维人员可通过后台实时掌握系统运行状态,精准定位故障位置、分析故障原因,提前开展隐患整改,避免小隐患演变为大事故。

4 供电作业安全管理

4.1 停送电作业安全

停送电作业是井下供电最频繁、风险最高的作业环节,必须严格执行标准化作业流程,严防触电、电弧伤人、设备损坏等安全事故。井下所有停送电作业必须坚持“先停电、后验电、再放电、挂接地线、设警示标识”的标准化流程,严禁简化作业步骤、违规操作。停电作业时,需确认停电设备、线路范围,逐级切断电源,锁定开关手柄,悬挂“禁止合闸、有人工作”警示标识;送电前必须全面检查作业现场,确认无人员作业、无工具遗留、隐患全部整改完毕,方可逐级解除闭锁、恢复供电。严格执行停送电审批制度,所有停送电作业必须提前报备、审批,明确作业负责人、监护人、操作人,严禁无票作业、私自停送电。作业全程安排专人监护,严控作业风险,同时做好停送电记录,确保作业全程可追溯,杜绝违章停送电引发的安全事故。

4.2 电气检修作业安全

井下电气检修作业涉及设备拆解、线路调试、故障修复等操作,作业环境复杂、安全风险极高,必须落实全流程安全管控。检修作业前,需编制专项检修方案和安全技术措施,明确检修内容、作业流程、风险点及防控措施,对作业人员开展专项安全技术交底。严格执行停电、验电、放电、接地、挂牌闭锁安全措施,确认设备完全断电、无残余电压后方可开展检修作业^[4]。检修过程中,严格按照技术规范操作,严禁擅自更改设备接线方式、调整保护参数、拆除安全防护装置,杜绝野蛮施工、违规拆解设备。作业现场配备齐全安全防护工具

和消防器材,做好防爆、防火、防触电防护。检修完成后,全面检查设备安装质量、线路连接状态、保护装置性能,开展试运转检测,确认无异常后方可收尾。

4.3 电气作业现场管理

电气作业现场环境复杂、危险因素集中,强化现场闭环管理是防范作业事故的关键举措。作业前需对施工现场进行全面隐患排查,清理作业区域杂物、浮煤积水,排查周边瓦斯、粉尘浓度,确保作业环境符合安全标准,瓦斯超标时严禁开展电气作业。合理规划作业区域,设置安全警示围挡、警示标识,划定作业禁区,禁止无关人员、设备进入作业现场。作业过程中严格落实专人监护制度,监护人全程在岗履职,实时监控作业操作、环境变化,及时制止违章操作,预判处置突发风险。规范现场工具、材料管理,分类摆放电气工具、配件,杜绝工具遗落、杂乱堆放引发设备故障。作业结束后,全面清理现场,回收工具物资,检查设备运行状态,确认现场无安全隐患。同时做好现场作业记录,实现作业现场全流程规范化、闭环化管理。

结束语

本文对煤矿井下供电系统的安全管理进行了全面探讨,构建了涵盖制度体系、技术保障与作业管控的综合安全防线。通过完善管理组织架构、落实防爆与电缆管理、强化电气保护及规范停送电作业,有效降低了供电系统故障率与事故风险。同时,引入智能监测预警技术实现了隐患的主动防御。该研究为煤矿企业优化供电管理提供了科学依据,对保障矿井持续稳定供电、实现煤炭工业安全高效发展具有重要的工程应用价值。

参考文献

- [1] 王永. 井下机电设备防爆检查管理制度框架[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(17): 10-11.
- [2] 袁淑光, 许锋. 煤炭供电系统安全运行管理问题及对策[J]. 大众标准化, 2026(10): 112-114.
- [3] 常春雷. 煤矿井下供电系统的优化[J]. 能源与节能, 2024(2): 55-58.
- [4] 闫恪想, 张志峰, 靳先飞. 煤矿井下供电系统防爆电气性能测试研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025(5): 22-24.