

如何做好煤矿井下供电安全管理

纪时宇

禹州枣园煤业有限公司 河南 禹州 461670

摘 要：煤矿井下供电管理涉及设备运维、作业规范、人员素质及技术支撑四个维度。设备管控层面需建立常态化巡检与标准化检修机制，作业安全层面聚焦停送电及带电操作等关键环节，人员管理层面强调职责明晰与技能持续提升，智能化技术则为供电系统提供实时监测与自动控制手段。围绕上述四个维度，本文构建系统性管理框架，以推动井下供电管理从被动应对转向主动防控。

关键词：煤矿井下供电；设备管控；作业安全；人员管理；智能化监测

引言：井下供电系统承担着采掘、通风、排水及运输的全部动力供给，其安全水平直接关乎矿井生产秩序与作业人员人身安全。井下环境潮湿多尘、空间受限，设备长期运行后绝缘性能下降、线路老化等问题难以完全避免，加之停送电操作频繁、交叉作业增多，供电管理面临的复杂程度持续上升。供电管理涉及设备、作业、人员与技术四个层面，设备是物质基础，作业是过程控制，人员是执行主体，技术是提升手段，四者相互支撑、缺一不可。如何将设备管控、作业规范、人员培训与智能技术有机整合，形成一套系统且可落地的管理方案，是当前井下供电领域需要解决的实际问题。

1 煤矿井下供电设备与线路管控措施

1.1 供电设备常态化运维管控

井下供电设备运行环境复杂，潮湿、粉尘与空间受限等因素对设备稳定性构成持续考验。常态化运维管控需建立以预防为导向的工作模式，将日常巡视、状态监测与维护作业有机结合。运维人员依照设备类型与运行年限制定差异化巡检周期，对变压器、配电开关、电缆接头等核心部件开展精细化状态评估。红外测温、局部放电检测等技术手段被引入日常运维流程，帮助发现早期隐患。设备运行参数记录形成完整档案，为后续维护决策提供依据。运维作业执行过程需严格遵循操作票制度，每个环节留有可追溯的痕迹。对于运行中出现的异常状况，现场人员依照分级响应机制处理，小故障当即排除，复杂问题则组织专项研讨后制定处置方案。设备冷却系统、绝缘性能及接地保护装置纳入常态化检查项目，确保各项指标处于合格区间。运维人员每日汇总设备运行数据，形成动态监控网络，保障供电系统连续可靠运转。

1.2 设备检修与更换标准化管控

设备检修与更换工作需以标准化流程贯穿始终。检修作业启动前，技术人员依据设备运行历史与当前状态编制检修方案，明确检修项目、技术标准与验收条件。检修过程实行工序化管理，拆解、清洗、检测、组装、调试各环节均按照统一技术规范执行。更换设备时，新设备入井前须完成地面测试，各项电气参数合格后方可下井安装。安装过程由专职人员全程监督，每一道工序经确认无误后进入下一环节^[1]。检修与更换完成后，系统须经过空载试运行与负载试运行两个阶段，全部测试数据达标方可投入正式运行。所有检修更换作业生成详细记录，涵盖设备名称、检修日期、更换部件、测试结果等信息，形成完整的设备履历资料。

1.3 井下供电线路巡检与养护管理

井下供电线路覆盖范围广、走向复杂，线路巡检工作需制定科学合理的路线与周期。巡检人员按照分区负责制对高压电缆、接线盒、中接头等线路设施进行全面检查，重点关注外护层完整性、接头温度及电缆悬挂状态。线路养护工作包括定期清理电缆表面煤尘、紧固松动接头、更换老化密封圈等内容，每项养护作业均有明确的操作指引与质量要求。针对线路运行中常见的绝缘降低问题，养护人员定期开展绝缘电阻测试与直流耐压试验，及时掌握线路绝缘水平变化趋势。巡检过程中发现的线路隐患按照严重程度实行分级处理，一般隐患当场处理，重大隐患则立即上报并采取临时防护措施后制定专项整改方案。线路巡检数据与养护记录纳入统一管理系统，形成线路运行状态的可追溯数据库。

1.4 老旧设备与线路升级优化

井下供电系统中部分设备与线路服役年限较长，技术性能与安全水平难以满足现行标准。升级优化工作

从系统评估入手,组织技术人员对老旧设备与线路的运行状态、故障频率、能耗水平进行综合研判,确定需要优先改造的项目。改造方案编制需充分考虑井下作业条件,合理选择设备型号与电缆规格,确保新设备与现有系统的接口匹配。升级作业实施过程中,施工人员依照作业规程有序推进,尽量减少对正常生产的影响。设备更换完成后,技术人员对升级后的供电系统进行整体调试与保护定值核算,保证系统运行参数协调一致。老旧设备升井后按规定进行报废处理,避免流入其他环节。

2 煤矿井下供电作业安全管控策略

2.1 井下停送电作业规范管理

停送电作业必须纳入统一管理流程,任何操作都需提前办理审批手续。操作票由申请人填写后交负责人签字确认,确保作业内容清晰、人员责任明确。停电操作按照既定顺序执行,先断开负荷开关再断开隔离开关,并在操作手柄处悬挂禁止合闸标识。验电环节使用与电压等级匹配的专用器具,确认无电压后方可进行后续操作。接地线的挂设位置选择在停电线路的进线端,接地极埋设深度符合现场实际条件。送电操作同样遵循既定顺序,操作前逐项确认线路及设备无遗留物品,接地线已全部拆除。监护人员全程注视操作过程,发现操作顺序错误或安全措施不到位时立即叫停^[2]。紧急停送电操作由现场负责人临机决断,事后再补充书面手续。2025年12月,某矿从业人员在馈电开关故障跳闸后未查明原因便强行送电,导致启动开关二次短路产生电弧击穿外壳,造成一氧化碳超限报警。同年10月,另一矿井下值班电工在漏电故障原因未排除前合闸送电,导致双回路同时停电、局部通风机停机时长超过14分钟。

2.2 带电作业安全管控要点

带电作业是在无法停电情况下的特殊操作,作业人员必须经过专业培训并持有相应资格证明。绝缘防护用品穿戴齐全,包括绝缘鞋、绝缘手套及绝缘袖套,使用前做外观检查和简单绝缘测试。作业过程中使用绝缘棒、绝缘夹钳等专用工具,工具与带电体保持适当接触角度以避免短路。作业区域周围用警示带圈定范围,非相关人员不得进入围栏以内。环境条件对带电作业影响较大,巷道内空气湿度偏高时需暂停作业或采取加强绝缘措施。操作人员每一步动作都需稳定缓慢,避免大范围移动引发相间短路。监护人员站在距离作业点3至5米位置,持续观察操作人员与带电体的距离变化。2025年6月,某矿电气作业工违章在带电状态下吊挂6KV铠装电缆,右手接触电缆冷补段漏电点导致触电身亡。调查发现该矿电缆长期使用老化破损产品,冷补工艺修复后

充当完好电缆运行,暴露出带电作业管控的严重缺失。

2.3 临时供电设施布设与管控

临时供电设施因生产需求频繁布设于井下各区域。布设前由技术人员根据负荷大小和用电位置确定电缆型号与开关容量,保证供电能力与实际需求匹配。电缆沿巷道壁悬挂固定,悬挂点间距均匀,避免电缆承受过大拉力或与尖锐物体接触。开关设备安放在地势较高、无积水的干燥地点,四周留出足够操作空间。漏电保护装置作为临时供电系统的必要配置,动作电流整定值按照负载特性单独设定。临时线路使用期间,专职人员每班进行巡视,重点检查电缆外护层有无损伤、接头温度是否正常。用电任务完成后,临时设施须在24小时内拆除完毕,所有电缆及设备升井入库。

2.4 交叉作业供电安全防护管理

井下多支作业队伍在同一区域平行施工时,供电安全问题更加突出。各施工方在进入共用区域前需指定各自供电电源点,每个电源点仅对本方负荷供电。电缆走向规划由各方负责人协商确定,原则是互不穿越对方作业空间,难以避免的交叉点加装护板或悬挂保护。各方配电开关均配置独立漏电保护与短路保护,各级保护定值按从大到小梯级整定,一方开关跳闸不应影响其他方正常用电^[3]。作业期间各方安全员建立信息沟通渠道,一方计划进行设备检修或线路切换时提前通知其余各方做好准备。交叉区域入口处设置供电布置示意图,标明各线路走向与开关位置。

3 煤矿井下供电安全人员管理体系建设

3.1 岗位人员职责细化划分

供电岗位职责划分越清晰,现场管理就越顺畅。每个岗位都编制详细的职责说明,把日常干什么、安全管什么、出了问题承担什么责任写清楚。值班电工负责运行监控和异常处置,巡检人员承担线路巡视和隐患报告,检修人员执行设备维护和更换作业,各岗位之间不交叉、不空档。职责说明每年修订一次,设备变了或者工艺调整了就及时更新。新员工到岗后对照职责说明就能清楚自己的工作边界,老员工也能随时查阅避免责任盲区。职责划分好了,各项工作才能有序推进,供电系统运行才有可靠的人员保障。

3.2 专业技能常态化培训体系

供电作业技术性强,技能提升不能靠临时突击。培训体系分成基础理论、操作技能、应急处置三大块,每块都有明确的培训内容和考核标准。基础理论培训讲电气原理和设备结构,操作技能培训在现场设备上进行,

由经验丰富的老员工手把手指导。应急处置培训重点练突发停电、设备故障、电气火灾等状况下的快速反应。培训每月都有安排,理论和实操两项都合格才算通过。培训档案详细记录每个人的学习经历和考核成绩,为后续岗位调整提供依据,也能及时发现技能薄弱环节进行针对性补强。

3.3 安全作业意识培育机制

安全意识靠日常工作中持续培育,不能指望一两堂课解决问题。班前会进行当班安全要点提醒,班后会总结当班安全作业情况,把安全要求融入每一天的工作节奏中。作业现场设置安全文化宣传栏,定期更新供电安全知识和典型经验介绍。管理人员在日常巡查中关注作业人员的行为表现,发现操作不规范当场指出并纠正,让作业人员在实践中逐步养成正确的安全习惯^[4]。安全培育注重正向引导,对长期安全作业表现突出的人员给予公开肯定,营造人人重视安全的氛围,使安全意识真正内化于心。

4 智能化技术在供电安全管理中的应用

4.1 供电运行状态实时监测技术应用

井下供电系统运行参数实时采集是智能化管控的基础环节。各类传感器部署于配电点、电缆接头及开关设备的关键位置,持续获取电压、电流、功率因数及温度等运行数据。监测终端将模拟信号转换为数字量后经由工业以太网传输至地面集控中心,值班人员通过人机界面查看各区域供电状态。馈电开关的分合闸位置、负荷变化趋势及三相不平衡度等指标以动态曲线和色块图形式呈现,异常数据自动高亮标注。监测系统具备数据存储与回放功能,历史运行曲线可供技术人员调阅分析,辅助判断设备性能变化轨迹。实时监测数据的完整采集为后续预警分析和自动控制提供了可靠的数据支撑。

4.2 故障智能预警与识别技术应用

采集到的运行数据经过算法分析后能够提前发现故障征兆。智能预警系统以内置的故障模型为判断依据,将实时数据与正常运行特征库进行比对,当某项参数偏离设定阈值时触发预警信号。系统能够识别过载、漏电、短路、绝缘下降等典型故障模式,并根据参数偏离程度划分预警等级。预警信息通过声光报警和手机终端推送两种途径送达相关人员,确保信息传递无延迟。系

统对历史故障数据进行积累学习,不断修正识别模型的准确性,使误报率和漏报率逐步降低。预警功能将被动抢修转变为主动维护,让作业人员在故障发生前获得处置时间窗口。

4.3 供电系统自动化管控技术应用

自动化控制技术赋予供电系统远程操作与自主调节能力。地面集控中心操作人员通过上位机向井下配电开关发送分合闸指令,实现远方停送电操作。系统根据负荷变化自动调节变压器分接头位置,维持输出电压在合格范围内。漏电保护与短路保护的整定值通过远程修改功能进行调整,减少了井下现场操作的安全风险^[5]。自动化系统与监测、预警功能联动,预警确认后自动执行预设的处置逻辑,如故障区域隔离、备用回路切换等操作。馈电开关内置的智能保护单元在检测到严重故障时自主执行跳闸,不依赖地面指令,确保故障切除的及时性。自动化管控将人工判断与机器执行有机结合,提升了供电系统响应速度与操作精度。

结束语:煤矿井下供电管理是一项系统性工程,设备、作业、人员与技术四个维度各有侧重又彼此关联。设备管控为供电系统提供硬件保障,作业规范防止人为操作失误,人员管理确保制度落地执行,智能技术则提升监测预警与自动响应能力。四个维度中任何一个出现短板,都可能削弱整体安全水平。将日常运维、停送电操作、职责培训与监测预警纳入统一管理框架,推动各环节协同运转,井下供电系统才能获得稳固可靠的安全基础。

参考文献

- [1] 唐志刚.煤矿井下供电系统安全稳定运行保障措施分析[J/OL].中国科技期刊数据库工业C,2026,(5):092-095.
- [2] 刘国平.煤矿井下高压供电系统安全性分析与优化[J].煤炭新视界,2026,(1):285-287.
- [3] 刘宁.煤矿井下高压供电系统安全防护技术与故障应急处置策略[J].河北安全生产,2026,(2):64-66.
- [4] 孟建兴.煤矿井下供电线路漏电故障快速诊断方法研究[J].能源与节能,2026,(3):109-113.
- [5] 陈凯,郑廷位,公洪祯.煤矿井下机电安全供电技术的管理探析[J].内蒙古煤炭经济,2025,(3):96-98.