

井下高压配电装置继电保护整定研究

雷广

江西铜业股份有限公司武山铜矿，江西 九江 332000

DOI:10.61369/EPTSM.2026020013

摘 要： 矿山井下高湿、高尘、空间狭小的特殊环境，造成高压配电装置容易受到故障冲击，继电保护整定值不合理容易造成越级跳闸、设备损坏等安全事故。本文基于《煤矿安全规程》以及电力保护设计规范，结合井下供电系统结构特点，对继电保护整定的基本原则和技术措施进行研究。明确分级整定逻辑、优化参数适配机制，解决传统整定灵敏性差、动作不协调的问题，建立差异化的整定体系，准确切除故障、保护非故障区供电的稳定，为井下高压配电系统安全、可靠运行提供技术支持。

关 键 词： 井下；高压配电装置；继电保护整定

Research on Relay Protection Setting of Underground High Voltage Distribution Device

Lei Guang

Jiangxi Copper Co., Ltd. Wushan Copper Mine, Jiujiang, Jiangxi 332000

Abstract： The unique underground mining environment—characterized by high humidity, dust, and confined spaces—exposes high-voltage distribution equipment to frequent faults. Improper relay protection settings may trigger over-level tripping and equipment damage. This study investigates fundamental principles and technical measures for relay protection configuration, based on the Coal Mine Safety Regulations and power protection design standards, while considering the structural features of underground power systems. By clarifying hierarchical setting logic and optimizing parameter adaptation mechanisms, it addresses the limitations of traditional settings (e.g., poor sensitivity and uncoordinated actions). A differentiated setting system is established to ensure accurate fault isolation and stable power supply to non-fault zones, thereby providing technical support for the safe and reliable operation of underground high-voltage distribution systems.

Keywords： underground; high-voltage distribution device; relay protection setting

引言

井下高压配电装置是矿山供电系统的中枢神经，其担负着采掘、通风、排水等重要设备的电力输送和分配工作，继电保护整定则是保证装置发生故障时能够正确响应的技术。矿山井下高压供电系统的保护措施包括过流、漏电、接地和高压欠压保护。过流保护通过配置过载与短路保护装置，迅速切断异常电流；漏电保护监测绝缘子状态，预防高温导致绝缘性能下降；接地保护通过连接接地系统，防止设备外壳损坏；高压欠压保护实时监测电压变化，异常时启用保护装置。合理的整定方案能够防止故障扩大，整定偏差容易造成保护误动、拒动，危及生产安全。只有根据井下工况特点来优化整定逻辑，才能筑起供电安全防线，为矿山高效生产提供基础保障。

一、井下高压配电装置继电保护整定原则

（一）合规性与标准适配原则

继电保护整定应以现行的行业规范和技术标准为根本遵循，保证整定方案的合法性和科学性。核心依据涵盖《煤矿安全规程》2025版第四百八十七条、第四百八十八条规定，井下高压控

制设备应具有短路、过负荷、接地、欠压释放保护功能，需要使用最大三相短路电流校验设备的分断能力，利用最小两相短路电流校验保护动作的可靠性，同时还要符合《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》中关于灵敏系数、动作时限的规定^[1]。整定过程需要严格对标规范的阈值，例如高压电网单相接地电容电流的控制、保护装置动作时限的级差等参数，防止由于偏离标准

而造成保护失效。

（二）层级协同与选择性原则

选择性原则的核心是实现上下级保护装置动作的协调，准确确定保护范围，防止越级跳闸造成大面积停电^[2]。整定要确定各级装置的动作范围，上级保护和下级保护的动作范围无重叠冗余，故障发生时只切断故障元件所在的回路，保证非故障区域能正常供电。对高压馈电线、移动变电站、电动机等不同的设备要按回路分层划分保护任务，经由改变动作电流和时限参数来形成梯度配合。主干线保护和分支线保护要设定合理的时限差，分支线故障时下级装置先动作，上级装置只起后备保障作用，使故障影响范围最小化，提高供电系统稳定性^[3]。

（三）工况适配与动态平衡原则

井下供电系统的工作环境千变万化，负荷变化、设备开关、电网结构调整等因素都会对保护效果造成影响，整定时保证参数与工况动态对应。最大运行方式下要校验设备的分断能力和速断保护参数，最小运行方式下主要保证保护装置的灵敏系数，使设备在不同的运行工况下均能可靠动作。还要平衡速度和可靠性，在发生短路故障的时候要迅速切断电源减少设备损坏，而在正常工作的时候要避免误动^[4]。对风机、水泵等重要设备，应根据其启动电流特性及过载耐受能力来调节整定参数满足设备运行要求，保证保护的有效性，实现工况适配与保护性能的动态平衡。

二、井下高压配电装置继电保护整定措施

（一）过流保护分级整定措施

过流保护是井下高压配电装置的重要保护方式，基于故障严重程度分等级整定，构成主备配合的保护系统。一级瞬时速断保护主要针对严重短路故障，其整定核心就是快速响应故障并切断电源，动作电流需要根据最大运行方式下的保护安装处三相短路电流来确定，通过可靠系数修正来避免误动，可靠系数根据线路类型来定，电缆线路取1.2~1.3，对应6kV电缆线路常见的最大三相短路电流可达12kA ~ 15kA；二级限时速断保护是用来补充一级保护的盲区，覆盖一级保护不到的短路故障，其动作电流要考虑被保护设备启动电流与其他设备额定电流之和，如单台400kW高压电动机启动电流可达3kA ~ 4kA，动作时限按照下级一级保护时限加0.3 ~ 0.5s级差来定，保证选择性动作^[5]；三级定时限过流保护是对过载和轻微短路故障的保护，整定时需要考虑自启动系数和返回系数，根据负荷特性确定动作电流和时限，一般按设备额定电流的1.1倍 ~ 1.2倍来设定基准值，可以保证对轻微故障的正确识别和切除，又不会造成设备正常启动时的误动。

（二）漏电保护精准整定措施

井下高温高湿的恶劣环境容易使绝缘子老化受潮，造成绝缘性能下降而产生漏电故障，精准漏电保护整定是防范这种风险的主要办法^[6]。相比其他保护类型，漏电保护不仅要考虑绝缘状态的预判，还要考虑故障的快速响应，整定逻辑要符合高压电网电容电流特性及绝缘劣化规律。按照行业安全标准，人体触电电流与作用时间的乘积安全阈值为30mA · s，以此为依据设定动作

电流和动作时限，摒弃统一的阈值设定方式，根据6kV及以上高压电网运行要求，将生产矿井和新建矿井的单相接地电容电流分类管控，分别控制在20A和10A以内，对应660V供电系统总的绝缘电阻危险值定为11000欧，以此为基准标定漏电动作电流临界值，实现漏电隐患的早期触发与处置^[7]。为了适应不同的供电回路电容电流差异化的分布，可通过改进零序电流互感器的测量精度来弥补由于线路长度、负荷分布不同所造成的测量误差，消除保护盲区。同时将漏电闭锁功能和整定参数融合起来，创建起“预警→切断”双重防护体系，在精准校验各个位置漏电故障灵敏性的基础上，有效遏制漏电引发的火灾、触电事故，保证供电系统绝缘安全。

（三）接地保护协同整定措施

接地保护的核心价值在于依靠系统协同防控，杜绝由于设备外壳带电而引发的安全事故，接地保护的整定工作不能孤立地设定参数，必须和接地系统可靠性构建形成联动闭环。接地保护作为保护体系的重要兜底环节，需要以接地系统合规性校验为前置条件，保证井下高压设备外壳通过专用接地干线可靠连接，接地电阻符合行业规范，其中高压设备接地电阻小于2欧，移动变电站接地电阻小于4欧，为后续参数整定提供基础保障。针对移动变电站、电动机等不同的供电对象，采用分类整定的方法，对向其供电的高压馈电线重点配置选择性单相接地跳闸保护，精确确定保护范围，实现接地故障时只切断故障回路，保证整体供电的稳定性。整定时考虑接地电流幅值对动作时限的影响，单相接地故障电流大于5A时缩短动作时限，通过时序参数优化实现与过流保护、漏电保护的配合，防止多重保护动作冲突^[8]。考虑多台设备并联运行时接地电流叠加效应的影响，对参数进行修正以防止误动，围绕移动变电站流动性特点，对保护参数进行优化，保证设备在移动过程中保护性能的稳定，实现接地故障的全场景精准防控。

（四）欠压保护自适应整定措施

电压波动是井下高压配电系统运行中经常出现的问题，瞬时跌落、持续欠压都会造成设备损坏、生产中断，欠压保护的自适应整定就是解决这一问题的关键技术手段。自适应整定和固定参数整定模式不同之处在于前者利用电压实时监测数据，根据电网运行状态和设备工作需求变化而变化，达到保护精度与运行稳定性的平衡。动作电压阈值的设定不能只用单一的比例来衡量，应该根据井下设备额定电压的耐受范围来确定，6kV系统设备正常工作电压波动范围为5.7kV到6.3kV，低于5.4kV时要触发保护动作，考虑不同设备的电压适应性不同，有针对性地调整阈值参数，不会因为电网瞬时波动而造成误动作，能够及时切断电源，防止设备烧毁。对通风、排水等主要的生产设备要打破常规时限设定逻辑，采用短延时动作方式，延时设置为0.2s ~ 0.3s，在避免不必要停机的同时，严格防止由于长期欠压造成设备不可逆的损伤^[9]。根据电网负荷变化所造成电压的变化，动态调整保护参数，建立电压和电流异常综合防护体系，消除欠压保护和过流保护之间的矛盾，保证设备在复杂的电压环境之下可以正常工作。

（五）整定值校验与优化措施

继电保护整定的科学性、有效性，最终需要依靠全流程校验

和动态优化来实现，这是对整定方案的检验，也是适应工况变化、提高保护性能的关键手段。不同于单故障校验机制的是，全周期校验机制应该覆盖到整定前准备、整定中测试、整定后运维这三个重要时期，从而形成一个闭环式管理。整定前期要进行准确的短路电流计算，确定最大和最小运行方式下的电流参数，6kV 电网最小两相短路电流一般不低于 3kA，还要进行设备动热稳定性校验，保证整定参数与设备性能精确匹配，为方案设计提供数据支持^[10]。整定过程中根据不同故障类型做多场景的模拟试验，主要针对最小运行方式下末端故障的响应能力，严格控制 1.3 到 1.5 的灵敏系数规范要求，使用 CDEGS 仿真软件和 8000S 测试系统联动校验，全面校验保护装置的准确性、灵敏性、选择性。整定完毕之后，还要围绕井下实际运行数据实施持续优化，经由剖析保护装置动作记录来判定参数同工况的契合程度，对频繁出现误动、拒动情况下的参数展开针对性调整。建立定期校验制度，每月复核一次动作值、每季度对整定范围内的动作时间做全量程

测试，及时纠正参数漂移，根据电网结构调整、设备更新等变化情况，对整定方案做动态迭代整定，使继电保护系统始终保持最佳的运行状态。

三、结论

社会的飞速发展对煤炭的需求量越来越大，因此保证井下煤炭开采连续性，确保矿山井下高压供电系统的安全性、可靠性非常关键。井下高压配电装置继电保护整定要依据工况特点和行业规范，合理设置整定原则，优化差异化的整定措施来达到对各种故障进行精确控制的目的。合理整定方案可以提高保护系统的选择性、灵敏性、可靠性，防止越级跳闸、设备损坏等风险。以合规性、协同性、适配性为依据建立的整定体系，为井下高压配电装置的安全运行提供核心支撑，保障矿山生产的连续性、安全性。

参考文献

[1]李志乾.煤矿井下低压供电系统漏电保护研究[J].能源与节能,2025,(02):33-35+39.
[2]王传会.煤矿井下成套智能高压真空配电装置研究与应用[J].矿山现代化,2024,33(04):96-100.
[3]姜明学.煤矿井下供电系统漏电保护配置问题及对策[J].能源科技,2024,22(03):32-35.
[4]姚智翔,尚春民,俞嘉栋,等.应用于井下安全阀试验的高压气源控制系统设计[J].液压气动与密封,2024,44(04):93-100.
[5]王二强.井下开采中高压供电控制中心的应用[J].矿业装备,2023,(11):80-81.
[6]李蔷薇.煤矿井下低压供电系统漏电保护探讨[J].矿业装备,2023,(10):102-104.
[7]辛磊.云岗矿井下高压供电网络绝缘监测研究[J].山东煤炭科技,2023,41(09):169-172.
[8]张敏.煤矿井下高压电缆故障监测与预防[J].矿业装备,2023,(09):105-107.
[9]闫秀军.煤矿井下高压供电保护整定分析及应用[J].当代化工研究,2022,(21):177-179.
[10]庞伟.煤矿井下高压供电系统故障安全作业流程分析[J].能源与节能,2022,(04):185-187.