

配电二次回路隐患排查及安全运检管控策略

徐 辰 高圣凯

国网宁夏电力有限公司宁东供电公司 宁夏 银川 750000

【摘 要】：配电二次回路作为配电系统的核心控制单元，其运行状态直接影响电网安全稳定。当前回路普遍存在接线接触不良、绝缘劣化、元件性能漂移等技术问题，易引发保护误动与信号异常。通过构建标准化排查流程、量化检测体系及智能监测手段，可实现隐患精准定位与处置。经多维度技术管控与闭环改进，回路绝缘、导通及动作特性均维持在额定参数区间，显著提升配电二次系统运行可靠性。

【关键词】：配电二次回路；隐患排查；运检管控；智能监测；回路检测

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.083

1 配电二次回路常见隐患类型及成因

1.1 接线与接触类隐患

配电二次回路接线及接触隐患多来自回路连接节点物理状态劣化与接线工艺不规范，端子排压紧力矩不达标、多股软铜线未搪锡处理引发线芯散股断股，会使回路接触电阻持续增大。CT、PT 二次接线端存在不同线径导线同端子压接、临时接线未及时拆除等情况，易形成寄生回路与分流回路，干扰保护及测量信号传输精度^[1]。跳合闸回路、信号回路连接触点出现氧化层堆积、弹片应力衰减，会造成回路通断状态不稳，回路极性接反、线缆编号与实际走向不符等问题，会直接破坏二次回路电气逻辑完整性，造成控制指令传输失效与电气量采集异常。

1.2 绝缘及环境类隐患

二次回路绝缘性能受外部环境与自身材质老化共同作用，配电室湿度过高、凝露附着会使电缆绝缘层表面生成导电水膜，降低回路绝缘阻抗。电缆敷设时与坚硬构件摩擦造成外皮破损，或长期处于高温辐射环境引发绝缘材质脆化开裂，会使芯线裸露并产生局部放电。二次线缆与高压动力电缆并行敷设间距不足，强电磁辐射会干扰弱电信号传输，屏蔽线缆接地端连接不规范、多点接地形成环流，会加重信号畸变情况。粉尘、腐蚀性气体附着在端子与元件表面，会逐渐侵蚀绝缘结构，使回路绝缘水平不断下降，诱发接地与短路类隐性故障。

1.3 元件装置与定值逻辑隐患

二次回路核心元件存在性能衰减与参数漂移问题，继电器线圈长期通断运行出现匝间绝缘劣化，辅助触点烧蚀粘连会直接影响回路动作可靠性。综合保护装置、测控装置内部采样模块与逻辑运算单元老化，会导致电气量采集精度偏离标准范围。保护定值参数未结合电网运行方式变化完成动态校核，定值整定偏差、压板投退状态与运行需求不匹配，会破坏保护动作的选择性与速动性。装置通信接口传输速率衰减、数据校验机制失效，会造成遥测、遥信数据传输中断或失真，自动控制逻辑与现场设备运行状态不协同，进而引发保护误动或拒动风

险。

1.4 运维管理类隐患

二次回路运维管控存在流程执行不严谨与技术标准落地不到位问题，设备台账与现场实际接线状态更新不同步，改造检修后未及时修正回路图纸，导致运维依据与现场工况存在偏差。定期检测周期设置不合理，绝缘测试、接触电阻检测、回路传动试验未按规范频次开展，无法及时识别早期隐性隐患。运维过程中缺乏精细化状态监测手段，对回路温度、绝缘参数、电气量波动的实时跟踪不足，隐患识别依赖人工巡检导致时效性偏低。二次回路检修作业未执行标准化工艺管控，拆接线、短接操作缺乏精准管控措施，易造成回路状态紊乱，形成持续性运行风险。

2 配电二次回路隐患排查方法与实施流程

2.1 常规现场排查方法

常规现场排查以物理状态核验与回路直观检测为核心，通过目视与工具辅助相结合的方式完成回路状态判定。排查过程中对端子排、转接箱、设备接线端等关键节点进行逐点核验，检测接线端子压紧力矩是否满足 $8\text{N}\cdot\text{m}$ 至 $12\text{N}\cdot\text{m}$ 区间要求，核对导线搪锡处理完整性与线芯压接密实度，确认单端子压接导线数量不超过两根且线径规格保持一致^[2]。对继电器、接触器、空气开关等元件进行外观检测，记录触点烧蚀深度、弹片形变位移量以及壳体温升情况，同步核查 CT、PT 二次接线标识与回路走向对应关系，确认无临时跨接导线与冗余接线残留。对控制电缆、信号电缆敷设路径进行全程检查，测量电缆与金属构架间距不小于 15mm ，核对电缆弯曲半径不低于电缆外径的 10 倍，排查绝缘外皮划伤、挤压变形等物理缺陷。对回路压板、切换开关进行位置核验，确认操作行程与接触状态满足回路导通要求，同时检测元件安装牢固度，消除振动引发的接触状态波动，实现对二次回路显性隐患的全域覆盖识别。

2.2 专业检测与试验方法

专业检测与试验依托高精度电气仪器完成二次回路参数定量测试，通过多维度数据采集实现隐性隐患精准定位。采用

500V兆欧表对直流控制回路进行绝缘电阻检测,测得回路绝缘值不低于 $1\text{M}\Omega$,交流测量与保护回路绝缘值不低于 $0.5\text{M}\Omega$,潮湿工况下绝缘值不低于 $0.2\text{M}\Omega$,分区域分段测试锁定绝缘薄弱区段。使用微欧计对端子连接点、触点接合面进行接触电阻测试,测得接触电阻数值控制在 $5\mu\Omega$ 以内,超出阈值区段开展重新压接与触点修复处理。通过标准信号源向保护回路注入额定值为5A的交流电流与100V的交流电压,校验回路采样精度与动作响应特性,记录装置采样误差范围控制在 $\pm 0.5\%$ 以内。开展回路传动试验时,施加额定直流220V操作电压,检测跳合闸回路动作时间不超过40ms,信号回路响应时延不超过20ms。利用相位检测仪对CT、PT二次回路进行极性与相位校验,确保回路电气相位偏差角度不超过 5° ,同时对直流电源回路进行纹波系数测试,保证直流母线电压波动幅度维持在额定值上下10V范围内,通过量化参数判定实现二次回路隐患的精准判别与深度定位。

2.3 标准化隐患排查流程

标准化隐患排查流程按照回路功能分区与检测时序逐级推进,以全域覆盖、分段核验、参数量化为核心执行路径。排查启动前先完成图纸与现场接线的对应标定,按控制回路、保护回路、信号回路、电源回路划分为四个独立检测单元,依次开展状态核查与数据采集^[3]。先对各回路外部接线与元件外观进行全域遍历,记录端子力矩、线缆形态、元件形变等基础状态参数,随后转入电气参数检测环节,依次完成绝缘电阻、接触电阻、导通压降、动作时延等指标测试。单条回路检测完成后立即开展传动校验,注入额定电气量并记录装置反馈数据与回路动作时序,确保各环节数据同步留存。全部单元检测完毕后对采集数据进行横向比对,将实测值与标准阈值逐一匹配,对偏离基准参数的点位进行复测,复测间隔控制在15分钟以内,排除环境干扰造成的数据漂移,最终形成完整的回路状态参数序列,实现隐患定位与参数判定的标准化闭环执行。

2.4 隐患分类处置与整改验证

隐患分类处置依据参数偏离程度与回路影响范围实施分级处置,对接触电阻超出 $5\mu\Omega$ 的连接节点直接进行重新搪锡与压接,将端子紧固力矩校准至 $10\text{N}\cdot\text{m}$ 标准值。对绝缘电阻低于 $0.2\text{M}\Omega$ 的线缆区段采取局部绝缘包覆或整段更换处理,更换后线缆弯曲半径保持不小于线缆外径10倍,消除绝缘薄弱点。对回路动作时延超过40ms的元件进行内部触点打磨或整体更换,确保回路响应速度恢复至标准区间。整改完成后开展全参数复核测试,重新测量绝缘电阻、接触电阻、导通电压等关键指标,确保各项数值均满足运行阈值要求,同步开展回路联动传动试验,在额定220V直流电压下验证回路逻辑连贯性与动作准确性。对整改后的回路进行连续3次重复测试,每次测试间隔5分钟,确认参数稳定无波动,同时核对接线标识、回路走向与电气相位,确保整改后回路状态与设计参数完全一

致,实现隐患处置后的技术状态精准复位。

3 配电二次回路安全运检管控实施策略

3.1 常态化运维巡检管控

常态化运维巡检管控以回路状态参数连续监测为核心,构建按周期、分维度、量化的巡检执行体系,每日对二次回路直流母线电压、装置采样值、回路导通状态进行实时采集,记录直流电压波动范围控制在 $220\text{V}\pm 10\text{V}$ 区间,对异常波动点位进行即时标记并追加复测^[4]。每周开展一次端子节点状态核验,使用力矩扳手逐点校验端子压紧力,维持 $8\text{N}\cdot\text{m}$ 至 $12\text{N}\cdot\text{m}$ 的稳定力矩值,同步检测线缆外皮完整性与弯曲形态,保证电缆弯曲半径不低于线缆外径10倍。每月完成全回路绝缘电阻检测,采用500V兆欧表对控制回路、保护回路、信号回路分段测试,确保绝缘参数稳定高于 $1\text{M}\Omega$,对接近阈值的区段进行重点跟踪。每季度开展一次回路传动校验,注入额定5A电流与100V电压信号,记录回路动作时延不超过40ms,信号反馈时延不高于20ms,通过高频次、定参数、全流程的技术巡检手段,持续捕捉回路性能衰减趋势,提前处置隐性电气缺陷,维持二次回路长期稳定运行状态。

3.2 现场作业安全风险管控

现场作业安全风险管控依托纯技术手段实现回路作业过程的精准约束,作业前通过电气隔离装置对CT二次回路实施可靠短接,短接截面不小于 4mm^2 ,确保回路运行中无开路风险,PT二次回路采用电气闭锁结构阻断短路通路,避免电压回路异常导通。拆接线操作前对目标导线进行电气参数标定,记录线芯导通压降、对地绝缘值等基础数据,接线时严格执行单端子单根导线压接规则,线芯经搪锡处理后接入端子,压接深度控制在6mm至8mm,杜绝散股、断股与虚接现象。回路改动后立即开展导通测试与绝缘检测,接触电阻控制在 $5\mu\Omega$ 以内,对地绝缘不低于 $1\text{M}\Omega$,同时进行相位校核,保证回路相位偏差不超过 5° 。作业全过程采用电气参数实时监测手段,对回路电压、电流、阻抗变化进行连续采集,监测采样间隔设置为1秒,一旦出现参数突变即刻终止操作并溯源排查,通过电气约束、参数锁定、实时监测的技术路径,从物理连接与电气特性层面消除作业过程中的回路扰动,保障二次回路运行状态不受破坏。

3.3 技术防护与智能监测管控

技术防护与智能监测管控通过硬件加固与在线监测相结合的方式提升二次回路运行稳定性,二次回路线缆全部采用双层屏蔽结构,屏蔽层单端接地且接地引线截面不小于 6mm^2 ,与高压动力电缆保持不小于300mm的敷设间距,降低电磁耦合干扰。在端子排、接线盒等关键节点加装绝缘封堵组件,封堵厚度不低于3mm,阻断潮气与粉尘侵入路径。智能监测装置以1秒为周期采集回路绝缘电阻、接触点温度、电气量波形等

数据,温度监测精度达到 0.5°C ,绝缘监测分辨率不低于 $0.01\text{M}\Omega$,当回路温度超过 60°C 或绝缘电阻低于 $0.2\text{M}\Omega$ 时即刻触发特征信号上传。监测系统内置波形比对算法,将实时采样波形与基准波形进行逐点匹配,识别幅值偏移与时延异常,实现隐性故障的提前预警,全程以电气参数与物理状态监测为核心,构建不间断的回路状态感知体系。

3.4 人员管理与责任落实

人员管理与责任落实以技术能力量化评定与操作技能标准化执行为核心,建立二次回路作业技能等级评定机制,围绕回路接线工艺、仪器操作精度、参数判读准确性设置量化考核指标,仪器操作误差需控制在允许量程范围内,兆欧表、微欧计等设备操作步骤需与标准流程完全契合^[5]。作业人员需熟练掌握 500V 兆欧表测试规范、端子力矩校准方法、CT/PT回路接线规则,搪锡作业温度稳定在 280°C 至 320°C 区间,压接深度偏差不得超过 1mm 。技能评定实行参数化达标机制,未满足绝缘测试、传动校验、相位校核等实操指标不得开展对应作业。所有操作行为均以技术规程为唯一执行依据,通过操作精度、数据准确性、工艺合规性的量化约束,实现作业能力与技术执行标准的精准匹配,保障二次回路运维作业的技术一致性。

3.5 运维成效管控与闭环改进

运维成效管控与闭环改进依托全维度电气参数比对实现

运维质量的持续优化,对每次巡检、检测、整改后的绝缘电阻、接触电阻、动作时延、温度特性等数据建立档案库,将历史数据与实时数据进行纵向比对,绝缘电阻波动幅度控制在 $\pm 0.1\text{M}\Omega$ 以内,接触电阻变化不超过 $1\mu\Omega$ 。对连续三次运维周期内性能持续劣化的区段开展深度技术分析,定位材质老化、结构疲劳、电磁影响等内在诱因,针对性实施线缆更换、触点修复、屏蔽优化等技术措施。改进后持续采集72小时运行数据,验证参数稳定性与逻辑一致性,确保各项指标均处于标准区间内。通过数据驱动的技术迭代机制,不断修正运维检测方式与处置方案,提升二次回路隐患识别精度与处置有效性,实现运维技术体系的持续优化。

4 结语

配电二次回路作为配电系统的控制与保护核心,其技术状态直接决定电网运行的稳定性与可靠性。回路隐患类型、排查方法及运检管控策略展开系统性技术分析,通过量化检测、标准化作业、智能监测及闭环改进等技术措施,可有效解决接线接触、绝缘性能、元件特性等方面的隐性故障。以精准参数管控与全过程技术约束为支撑,持续优化运维检测体系,能够从根源上提升二次回路运行质量,为配电系统安全稳定运行提供坚实技术保障,同时推动配电运检技术向精细化、智能化方向持续完善。

参考文献:

- [1] 徐东梅.继电保护设备电气二次回路隐患排查[J].光源与照明,2025,(06):102-104.
- [2] 赵祥旭.继电保护设备电气二次回路隐患排查技术研究[J].电气技术与经济,2025,(05):140-142.
- [3] 江荧.35 kV 配电变压器二次回路设计优化和改进[J].现代制造技术与装备,2024,(S2):10-12.
- [4] 张鹏.10kV 配电变压器二次回路设计优化和改进[J].电器工业,2024,(05):75-82.
- [5] 丁健,王兴佳.变电站二次回路带电测量端子可靠性分析及应用[J].电气技术与经济,2024,(04):73-75.