

变电站高压开关柜发热原因分析与防范治理措施

吴好特劳 王 静

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘 要】：高压开关柜局部发热多集中于断路器触头、母排连接、隔离插接部位和电缆终端，其温升受接触电阻、负荷电流、相间不平衡、通风条件与表面污染共同影响。依据焦耳热及热传递关系，分析紧固力衰减、触头烧蚀、导体选配和柜内散热不足的形成路径，提出负荷归一化测温、同类相比较、停电接触电阻测试、连接面处理和复测销项办法。治理重点是把红外或在线测温结果同运行电流、环境温度及检修记录对应，防止只根据瞬时温度更换部件。

【关键词】：高压开关柜；局部发热；温度监测；治理措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.057

引言

开关柜载流连接点数量多、空间封闭，接触面轻微劣化便可能在大电流下形成持续热积累。早期发热通常不触发保护，却会加速镀层氧化、绝缘老化和弹簧压力衰减，最终演变为放电或烧损。现场巡检若只记录最高温度而不记录负荷、环境和相邻相温差，难以区分正常负荷升温与局部缺陷。发热诊断应先确认测温条件，再核对电流和连接结构，停电后用接触电阻、紧固状态及外观证据验证，维修完成还要在相近负荷下复测。

1 高压开关柜发热的电热特征

载流回路产生的热量与电流平方、接触电阻和通流时间相关。连接面电阻只增加少量，在高负荷下也会造成明显局部升温；柜体封闭、风道受阻时，热量不能及时经传导和对流散出，热点周围绝缘件持续受热。判读应同时记录热点温度、环境温度、同柜其他相温度、负荷电流和持续时间。相同负荷下某一相长期高于其余两相，比单一绝对温度更能提示接触缺陷。开关柜过热诊断需要结合结构位置与运行状态^[1]。红外测温还受发射率、视角、柜门观察窗和反射背景影响，测点、距离与参数应固定，不能拿不同条件下的数值直接比较。

2 高压开关柜发热原因分析

2.1 触头接触压力下降与接触面劣化

断路器梅花触头、静触头和隔离插接件依靠弹簧压力维持有效接触面积。频繁分合、机械偏心、弹簧疲劳或触指变形会使载流集中在少数接触点，局部电阻升高。触头镀层磨损后，铜或铝基体暴露并氧化，氧化膜进一步压缩导电面积；曾发生过热的部位还可能因退火而失去弹性，形成“发热—压力下降—继续发热”的循环。低压一次接插件实时测温资料显示，连接部位持续监测可较早发现温度异常^[2]。停电检查不能只看表面颜色，应测量插接尺寸、触指压力或回路电阻，发现烧蚀、麻点、镀层脱落时按制造要求成组处理，避免仅打磨最明显的

一片触指。

2.2 母排连接和电缆终端安装缺陷

母排搭接面不平、螺栓紧固力不足、不同金属直接接触和防松件装配错误都会提高连接电阻。螺栓过紧也可能使母排局部塑性变形，运行冷热循环后预紧力反而衰减。电缆终端压接尺寸不匹配、导体切伤、压接次数不足或端子孔位受力，会在接线鼻与母排交界处形成热点。柜内施工遗留粉尘、油污和潮气加快接触面腐蚀，并可能造成爬电。检修时应按连接结构规定的扭矩和顺序紧固，铝铜连接使用适配过渡件，搭接面处理后及时装配，不能用增加垫片或随意延长螺栓补偿尺寸误差。处理前后分别测量回路或接触电阻，为复测提供量化依据。

2.3 负荷不平衡、谐波与柜内散热不足

长期过负荷和三相不平衡会使某相导体持续高温，非线性负荷产生的谐波还会增加集肤效应及邻近效应损耗。并柜母排布置过密、隔板开孔不足、滤网堵塞或电缆沟热气回流，会抬高柜内整体温度。此时多个测点可能同步升温，并非每个连接点都存在接触缺陷。诊断应查看三相电流、负荷曲线和谐波水平，比较进出风口温差；风机型柜体还要核查风机方向、启停逻辑和轴承状态。若环境温度和各相温度整体上升，应先解决负荷与散热问题；只有单点温差突出时，再把重点放在连接部位。导体截面或柜型不适应新增负荷的，不能靠临时开孔降温代替容量复核。

3 发热缺陷的检测与判读

3.1 红外巡视与在线测温联合应用

红外巡视适合快速比较多个柜位，但金属表面反射强，封闭柜还常受观察窗限制。巡检应选择负荷较高且稳定的时段，固定测温路线，记录热点、同类点和环境参照值；同一连接结构按三相和相邻柜比较。在线测温可在触头、母排搭接和电缆

终端长期采集趋势,弥补人工巡检间隔。早期远程温度监测研究已验证柜内节点连续观察的可行性^[3]。无线测温适合封闭柜内的连续趋势记录^[4]。传感器松动、供电衰减和通信丢包会产生假异常。系统应保存原始温度、时间、负荷及信号质量,报警后用红外复核;红外发现异常而在线点位无变化时,则检查传感器安装位置是否偏离实际热点。

3.2 负荷归一化与缺陷分级

温度随电流变化明显,不能用低负荷历史值直接评价高峰期数据。现场可把同类设备在相近环境、相近电流下的温升作为基线,并关注单位负荷变化对应的温升斜率。热点温度上升速度加快、相间温差持续扩大,或负荷下降后热点仍长时间不回落,说明接触或散热状态正在恶化。分级时同时考虑位置重要性、温差趋势、负荷余量、绝缘变色、异味和放电迹象。存在冒烟、熔融、明显放电或保护异常时立即按运行规程处置;无伴随现象且温差轻微时缩短复测周期。每次分级都写明测量条件和处置期限,避免报警值脱离现场条件成为机械判据。发热诊断治理流程见图1。

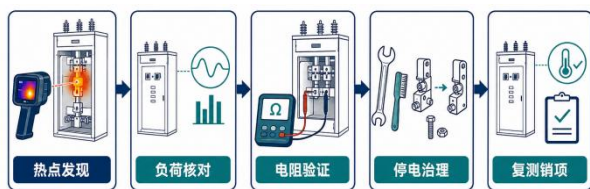


图1 高压开关柜发热诊断与治理流程

4 发热缺陷的防范治理措施

4.1 停电检查与连接部位修复

停电、验电和接地措施完成后,依据热点位置拆检触头、母排或电缆终端。检查变色、氧化、烧蚀、松动和绝缘热损伤,测量接触电阻并与同相、同型设备比较。轻微氧化可按工艺清洁连接面,更换失效防松件并按规定扭矩紧固;触头弹簧衰减、

镀层严重破坏或导体退火时更换成套部件。电缆终端存在压接缺陷应重新制作,不能只在外部补紧螺栓。处理过程记录材料规格、扭矩、接触电阻和更换件批号,装复后检查相间距离、隔板和机构行程。若热点由结构偏心造成,还要校正断路器推进和静触头同轴度,否则新触头仍会快速磨损。

4.2 运行维护与复测销项

开关柜清扫、紧固和测温计划按负荷、环境与历史缺陷分级安排。高粉尘、潮湿或负荷波动大的柜列提高检查频次,检修后在投运初期和高负荷时各复测一次。复测沿用原测点和发射率设置,记录同一时刻电流;温度恢复但负荷明显降低时,缺陷不能销项。在线测温装置定期核对时钟、通信和传感器牢固度,异常数据保留而非删除。负荷调整、增容或电缆改接后重新建立温度基线。运维台账将热点照片、曲线、接触电阻、维修动作和复测结论关联到设备间隔,使同类触头或同批连接件出现重复问题时能够扩大排查,避免逐点被动维修。

5 结语

变电站高压开关柜发热治理应把温度现象还原到电流、接触电阻和散热条件。触头压力下降、母排或电缆终端装配缺陷通常形成局部热点,负荷不平衡和风道受阻则可能造成多点同步升温。红外巡视负责快速比较,在线测温负责连续趋势,停电接触电阻和结构检查用于确认原因。维修后只有在相近负荷、相同测点下温差恢复稳定,缺陷才能销项。完整保存测温条件、修复参数和复测结果,可使治理由临时降温转为连接状态管理。对于同一柜列反复出现的热点,还应追查母排设计、断路器同轴度、柜内温升和负荷分配,不把多次紧固当作长期措施。备品更换后记录制造批次和接触面处理方法,便于判断缺陷是否与部件批次或检修工艺相关。运行值班人员发现异味、柜门局部变色、在线温度突升或三相温差扩大时,应保存当时负荷并立即复核,使早期热缺陷在绝缘损伤前进入检修计划。

参考文献:

- [1] 孙亚栋,方莹.融合 WGAN 与多尺度分析的变压器声纹故障诊断方法[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2026,43(2):139-147+180.
- [2] 余金龙.电力变压器异常故障智能声纹监测与诊断系统研究及应用[J].科技创新与应用,2024,14(8):149-152.
- [3] 闵万雄,严意成,王久银,等.融合双阈值初筛与边级动态图卷积的故障诊断方法[J/OL].计算机应用,2026:1-9.
- [4] 樊芬.高速公路机电设备绝缘状态监测与故障诊断技术探讨[J].电工技术,2026,(9):28-30+33.