

电力安装工程中局部放电高压试验问题分析与对策

吴学镠

桐庐电力开发有限公司 浙江 杭州 310000

【摘要】：局部放电高压试验是电力安装工程交接验收中识别绝缘隐患的重要手段。文章结合主变压器、气体绝缘金属封闭开关设备、中压开关柜及电力电缆等对象，分析设备匹配不足、接线接地不规范、现场电磁干扰、数据失真和缺陷判定偏差等问题，并从试验准备、设备校验、抗干扰布置、安全管理、数据分析及缺陷分级处置等方面提出对策。研究认为，建立方案审查、背景噪声测量、灵敏度校核、异常复测和资料归档相衔接的闭环流程，可提高局部放电信号可判读性与试验结论可靠性，为设备投运前的绝缘质量验收提供依据。

【关键词】：电力安装工程；局部放电；高压试验；抗干扰控制；绝缘缺陷识别

DOI:10.12417/2811-0536.26.09.060

引言

随着变电站建设及供配电系统改造项目增多，主变压器、气体绝缘金属封闭开关设备、电力电缆和开关柜的绝缘质量成为投运验收重点。局部放电信号幅值小、持续时间短且传播路径复杂，安装现场的临时电源、施工机具、无线通信和邻近带电设备又会形成多源干扰，易造成信号衰减、叠加与畸变。若仅依据单一放电量或固定阈值判定，可能出现误报、漏判和定位偏差。基于此，文章围绕设备接线、环境干扰及结果判定中的问题展开分析，并提出试验校验、抗干扰控制和缺陷处理措施，以提高交接试验的规范性与工程可信度。

1 工程概况

1.1 电力安装工程基本情况

本工程为满足区域负荷增长和重要用户供电可靠性要求建设，内容包括变电站一次设备安装、二次保护接入、站内电缆敷设及供配电系统联调。系统由高压进线、主变压器、气体绝缘金属封闭开关设备（Gas Insulated Switchgear, GIS）、中压开关柜、站用变和低压配电装置构成。被试设备涵盖主变压器及套管、GIS母线与断路器间隔、金属铠装开关柜、电缆终端、避雷器和互感器等，其绝缘介质、接地方式及试验接口不同，需分别核对接线边界和试验参数。工程处于交接试验和投运前验收阶段，土建收尾、电缆接线、保护调试与一次设备试验交叉进行，现场通道、临时电源和安全隔离区域需要协调。GIS、电缆终端及开关柜布置集中，试验引线、屏蔽线和接地线易受空间限制，邻近带电设备及施工机具还可能形成干扰源。局部放电试验可发现气隙、尖端、悬浮电位和界面污染等隐患，其实施质量直接影响验收结论与后续运行安全。

1.2 局部放电高压试验对象与技术要求

试验对象主要包括主变压器、GIS、中压开关柜、电力电缆及终端附件。电缆附件应重点检查应力锥、半导体层和界面气隙，GIS侧重盆式绝缘子、导体连接及金属尖端，变压器侧绕组、引线、套管和油纸绝缘。试验电压、升压程序、持续时间及测量灵敏度应符合交接规程、设计文件和厂家要求。检测方法可根据设备结构选用脉冲电流法、特高频法或超声法，并明确频带、校准和同步采样条件。判定时应结合起始电压、熄灭电压、相位分布、重复率及波形特征，同时落实围栏、警示、接地和安全距离要求。此外，不同设备的局部放电响应受绝缘介质、结构尺度和信号传播路径影响，试验方案不宜采用统一参数。现场应结合设备出厂资料和安装记录，明确重点检测部位、测点布置及复测条件，使试验范围与潜在缺陷分布相对应，并为后续异常信号定位提供基础

2 局部放电高压试验问题分析

2.1 试验设备与接线布置问题

局部放电试验要求试验电源、耦合单元、测量回路和接地系统相互匹配。现场受空间和交叉施工影响，若未按被试品电容量、试验电压及升压稳定性核算电源容量，可能出现输出不足、波形畸变或调压波动，干扰起始电压和熄灭电压判断。电缆、GIS与主变压器的等效电容、绝缘结构及接口差异较大，套用同一接线方案还会降低测量灵敏度或抬高背景信号。

耦合电容、检测阻抗和测试仪布置不当会造成高频脉冲反射、衰减和波形展宽。耦合单元距有效测量节点过远，或长引线、转接端子较多时，采集信号难以准确反映放电源特征。检测阻抗和测量频带若未适配被试品阻抗及现场噪声，开关电源、保护装置和临时电源产生的脉冲也可能进入测量通道，掩盖真实局

部放电信号。

校准环节的主要问题包括校准点选择不当、引线过长、注入回路与测量回路不一致,以及接线调整后未重新核验灵敏度。GIS盆式绝缘子、电缆终端和开关柜母排结构复杂,校准脉冲与真实放电的传播路径存在差异,若仍直接换算表观放电量,容易造成缺陷程度判断偏差。

接地与屏蔽不规范同样会引入测量误差。试验电源、被试设备、仪器及屏蔽层之间若未形成单点接地或等电位连接,可能产生地电位差和环流噪声;屏蔽线悬空、接地夹接触不良、高低压线路长距离并行,还会引入感应脉冲或形成附加放电点。因此,接线布置直接关系到高压回路稳定性和局部放电判读可靠性。

2.2 现场环境干扰与数据失真问题

安装现场缺少实验室屏蔽条件,外部干扰具有来源多、变化快和耦合路径复杂等特征。相邻带电设备的工频电场、开关操作暂态脉冲以及变频器和开关电源产生的高频谐波,可经空间辐射、金属构件或电缆屏蔽层进入测量回路。这些信号的幅值、相位或频谱可能接近局部放电脉冲,使图谱出现伪聚集、异常相位带和重复率升高,增加误报与漏判风险。

电焊机、切割机、升降设备和临时照明回路启停时产生的宽频脉冲,可沿接地网、桥架及临时电源线传播。高压引线、测量线、通信线距离过近时,干扰还会经电容耦合和电磁感应进入采样通道,造成表观放电量偏高。GIS室、开关柜室及电缆夹层内若屏蔽边界不连续或屏蔽层接地不一致,同一信号在不同测点也会呈现较大的幅值和波形差异。

对讲机、移动终端、无线网络和远程监控装置对特高频检测影响较大,突发无线信号可能被识别为离散脉冲,使重复率异常升高。触发阈值过低或滤波参数与现场频谱不匹配时,噪声会触发无效采样,压缩或覆盖有效波形,影响相位分布和缺陷类型识别。

湿度升高、绝缘表面污染、引线端部曲率不足或金具毛刺可能引发外部电晕,其相位和幅值与内部放电存在重叠。多点接地形成的环流还会引起基线漂移,使背景噪声随施工负荷变化。由此,现场数据失真是干扰源、传播路径和采集响应共同作用的结果,试验前应完成背景测量、频谱识别与隔离控制。

2.3 绝缘缺陷识别与结果判定问题

局部放电结果受缺陷类型、绝缘结构、试验电压、背景噪声和传播路径共同影响。主变压器、GIS、电

缆终端及开关柜的绝缘结构不同,相同表观放电量所对应的风险并不一致。若仅以单次幅值是否超限作为依据,可能将外部干扰误判为内部缺陷,也可能忽略位置隐蔽但具有发展性的早期隐患。不同缺陷具有相对稳定的放电特征。内部气隙放电常在特定工频相位重复出现;沿面放电多与受潮、污染或界面贴合不良有关,重复率可能随加压时间增加;尖端电晕通常源于金具毛刺和导体尖角,具有较强相位集中性;悬浮电位放电常由金属部件接触不良或屏蔽断续引起,幅值和重复率呈间歇变化。现场信号叠加后,上述特征可能相互混淆,不能仅凭单一图谱定性。现场判读还存在机械套用规程限值和厂家经验值的问题。设备电容量、测量频带、耦合方式及校准路径不同,信号传播过程中会发生衰减、反射和频谱变化,表观放电量并不等同于缺陷源强度。若未扣除背景噪声、核验灵敏度并比较不同测点的响应关系,判定结论缺乏足够的工程依据。相位分辨局部放电图谱应结合升压、稳压和降压过程分析。单次异常脉冲可能来自外部电晕、仪器触发、无线信号或接地接触不良,需采用改变测点、调整频带、分相加压或重复测量进行验证。最终判定应综合试验电压、背景噪声、图谱形态、出厂记录和安装质量信息,形成多源证据相互印证的分析链条。

上述问题之间具有明显关联性。电源波形、接线阻抗和接地状态会改变背景噪声及脉冲传输特征,环境干扰又可能放大图谱判读偏差。因此,问题排查应按照试验系统、传播路径、采集参数和设备本体的顺序逐层核验,避免在干扰来源尚未排除时直接认定绝缘缺陷。

3 局部放电高压试验优化对策

3.1 完善试验准备与设备校验流程

正式加压前应完成技术方案审查、设备状态确认、试验系统校验和安全条件核查。方案需明确被试范围、加压方式、接线边界、升降压程序及异常处置,并与设计文件、交接规程和厂家条件比对。针对主变压器、GIS、电缆终端和开关柜,应核实额定电压、绝缘水平、接地方式、附件质量和试验接口,确认清洁、干燥、紧固、隔离及挂牌等条件符合要求。

试验电源应按被试品电容量、目标电压和持续时间进行容量核算,并检查调压装置、试验变压器、保护电阻、分压器及过流保护的适配性。测试仪、耦合电容、检测阻抗、同步单元和信号电缆应完成绝缘、量程及功能校验,频带、采样率、触发阈值和滤波参

数需与检测方法相符。校验范围应覆盖高压、耦合、测量和接地回路，而非仅确认单台仪器状态。

校准脉冲应从靠近有效测量端的位置注入，引线保持短直并可靠接地，以接近真实放电的传播路径。完成校准后，若调整耦合电容、检测阻抗、屏蔽接地或仪器量程，必须重新校验灵敏度。正式试验前还应记录未加压、低电压和目标电压附近的背景噪声及频谱，并完成风险辨识、接线复核和安全交底。

3.2 强化现场抗干扰控制与安全管理

抗干扰控制应与施工组织和安全隔离同步实施。试验前排查相邻带电间隔、临时电源、变频设备、电焊机、升降机械及无线终端等干扰源，对非必要负荷实行停运或错峰，限制大功率设备频繁启停。特高频检测期间应控制对讲机、移动热点和无线监控的使用，必要时改用有线通信。高压引线、耦合单元、检测阻抗和仪器应按路径短、交叉少、强弱分离的原则布置，高压回路与信号线、通信线及临时电源线保持间距，避免长距离平行敷设。信号电缆宜采用屏蔽同轴线或专用测试线，接头应紧固并远离尖角和振动源。GIS室、开关柜室及电缆夹层还应检查柜门、盖板和屏蔽层连接，保持屏蔽边界连续。试验电源、被试设备、测量仪器和屏蔽层接地应遵循单点接地或等电位连接原则，接地线保持短直，接触面清洁牢固。对可能形成环流的多点接地，应在保证设备安全接地的前提下梳理回路。现场设置围栏、警示和专人监护，严格执行加压许可、唱票复诵、降压放电及紧急停电程序，使抗干扰措施与安全要求保持一致。

3.3 优化局部放电数据分析与缺陷处理机制

数据分析应按照背景识别、特征提取、趋势研判

和复测确认的顺序开展。分别记录未加压、升压、稳压和降压阶段的噪声水平，剔除与试验电压无关的无线脉冲和施工电源干扰。有效数据需综合相位、幅值、重复率、起始电压、熄灭电压及频谱特征，判断信号是否随电压和稳压时间呈规律性变化。对不同设备部位，还应结合传感器位置、耦合路径与衰减特征进行比对。

结果判定应综合规程限值、厂家条件、出厂记录、安装检查和现场复测。疑似异常可采用调整频带、改变测点、分相加压、缩短引线和重复升降压进行验证。对无发展趋势的轻微异常，安排跟踪复测并检查清洁、干燥和接地状态；对重复出现的明显异常，暂停加压，排查附件安装、导体连接、屏蔽接地及金具毛刺；对放电量超限、起始电压偏低或持续发展的严重缺陷，实施返工或更换。整改后按原条件复验，并归档波形、谱图、接线和处理记录。

4 结语

电力安装工程中的局部放电高压试验受设备参数、接线结构、接地方式、现场环境和判读方法共同影响，任一环节控制不足均可能造成数据失真或缺陷误判。工程实施时，应依据设备绝缘结构核算试验电源容量，规范耦合单元、检测阻抗、屏蔽线和接地回路布置，并在加压前完成系统校准与背景噪声测量。试验过程中还需限制施工负荷及无线干扰，结合相位分布、起始电压、熄灭电压、重复率和频谱特征综合判断。异常信号应采用调整测点、分相加压和重复升降压等方式复核，再按风险程度实施跟踪、排查、返工或更换，形成完整闭环。

参考文献:

- [1] 马成凤.冷缩中间连接技术在高压电力电缆安装工程中的应用[J].安装,2023,(5):39-41.
- [2] 贾夏明,李佳楠.高压直流电缆现场试验关键技术研析[J].电力设备管理,2026,(8):19-21.
- [3] 王雨辰.变压器高压试验中的关键技术分析[J].电子技术,2026,55(2):666-667.
- [4] 邱航.高压套管典型缺陷局部放电特性与缺陷类型识别方法研究[D].哈尔滨理工大学,2025.
- [5] 陈玮,刘红武,章红军.基于多小波抗干扰的高压电缆绝缘缺陷智能识别方法[J].中国新技术新产品,2026,(12):67-69.