水利工程电气试验检测工作要点分析

陈伯渠
南水北调东线山东干线有限责任公司　山东　济南　250000

摘　要：水利工程电气设备长期处于高湿、多尘、温度交变的复杂工况环境，设备绝缘、接地结构及运行性能容易出现持续性劣化，常态化试验检测是保障水工设施稳定运行的重要手段。结合水利电气设备的组成类别与特殊运行环境，总结检测工作的独有属性，本文依托标准化作业流程，明确绝缘检测、接地检测、工况排查等核心作业内容，构建覆盖作业全流程的质量管控与缺陷闭环治理体系，优化适配水利场景的检测作业模式，可为水利电气设备常态化运维提供可靠的技术参考。

关键词：水利工程；电气设备；试验检测；质量管控；运维优化

引言：水利设施承担水资源调配、防洪减灾、农田供水的关键职能，电气系统作为各类水工设备运转的动力支撑，运行稳定性直接影响工程整体运行效能。临水、露天、地下布设的设备布局形式，叠加工程不间断值守的运行模式，持续增加电气设备的损耗概率，诱发各类隐性电气隐患。规范的试验检测工作可以精准甄别设备性能缺陷，把控设备运行状态。细化检测流程、明确作业重点、完善管控体系，能够持续提升电气系统运行可靠性，保障水利工程各项功能平稳发挥。

1 水利工程电气系统构成与检测特殊性

1.1 水利工程常用电气设备组成

水利枢纽、提水泵站及各类输水配套工程均配置完善的电气配套体系，整体设备品类区别于常规工业电气配置。系统设备主要包含变电设备、配电装置、动力传动设备以及各类辅助电气装置，覆盖工程电力转换、电能分配、设备驱动、信号传输的全部作业环节。变电设备负责电网电压等级转换，适配水利现场设备的用电标准。配电装置承担电能分区输送与回路管控，保障各区域电气设备有序取电。动力传动设备直接服务于水泵、闸门等核心水工设备，为机械运行提供电力支撑。各类电气设备依托水工建筑结构分散布设，布局跟随工程功能分区灵活调整。梳理各类设备的布设形式与运行属性，能够清晰区分水利场景电气设备与普通工业电气设备的应用差别，为现场检测工作的有序开展搭建扎实的认知基础[1]。不同功能的水工建筑对应差异化的电气配置标准，泵站侧重大功率动力配电设备，枢纽中控区域侧重精密控制与信号设备，输水附属设施以简易配电与启停设备为主，设备功能的差异化让检测项目需要针对性调整，杜绝通用化检测模式带来的漏检问题。

1.2 水利场景电气设备运行环境属性

水利工程电气设备的布设场景具备较强特殊性，露天布置、临水安置、地下机房集中排布是较为普遍的建设形式。这类布局模式让电气设备长期暴露在复杂外界条件中，持续受到高湿度、水汽侵蚀、粉尘堆积与昼夜温差变化的作用。水利设备运行区域年均空气相对湿度普遍高于70%，长期处于较高水平，会缓慢侵蚀电气设备的绝缘结构，改变绝缘介质固有性能。水面蒸发产生的水汽会附着在设备壳体与线路表层，加速金属构件氧化老化。现场漂浮的细微风尘会持续堆积在设备缝隙与散热结构内部，干扰设备散热与内部回路状态。现场昼夜温差最大可达到25℃以上，反复的温度交变也会让电气构件出现热胀冷缩形变，逐步积累结构性损耗。多重环境因素长期叠加作用，会持续改变电气设备的原始运行状态，提升设备性能劣化的概率。水汽与粉尘结合后会在设备表层形成污秽层，破坏绝缘结构的表面均匀性，改变局部电场分布，逐步诱发局部放电现象，加速绝缘介质老化失效，大幅提升电气故障的发生概率。

1.3 水利电气检测工作固有属性

水利工程承担防洪调度、水资源输送、农田供水等关键职能，多数站点需要保持常年值守、不间断运行的作业模式。电气设备作为整套工程运行的动力支撑，基本无法实现长时间停机检修，检测作业需要适配设备长期在线的运行工况。普通工业电气检测多依托设备停机窗口期开展全面检修，作业限制相对宽松。水利电气检测需要在保障工程正常调度、设备持续运行的前提下推进，对检测方式、作业流程、操作规范有着更为严格的约束。结合工程运行模式区分常规电气检测与水利专项检测的作业差异，可精准匹配现场检测工作的实施标准，让检测作业适配水利工程的实际运行需求。带电或不停机检测模式对仪器精度、操作手法的要求更高，作

业过程需要规避对设备正常工况、信号传输、负荷分配的干扰，形成区别于通用电气检测的专属作业规范。

2 水利工程电气试验检测作业流程体系

2.1 检测前期筹备工作内容

水利电气试验检测正式开展前，需要完成全面细致的前期筹备工作，筑牢现场作业的实施基础。工作人员系统整理作业区域内电气设备的布设信息，摸清设备整体构型、安装位置与功能分区，梳理设备长期积累的运行履历与检修记录。结合现场潮湿、多尘的环境特点，精准划定本次检测的覆盖范围与重点排查区域，明确各类设备的检测项目与操作优先级。针对现场复杂的作业环境，逐项排查各类外在干扰因素，清理作业区域内的杂物与遮挡设施，规避环境因素对检测精度的影响。提前对所需检测器具、仪器设备开展状态自查，校验仪器精度与运行性能，确认设备工况完好、参数精准。规整现场作业区域，划分操作空间与安全防护区域，严格落实前期各项筹备要求，为现场检测作业开展搭建合规、稳妥的作业条件。

2.2 现场标准化作业实施流程

现场检测作业需遵循标准化实施流程，按规范步骤逐层推进各项操作，维持作业开展的有序性。正式检测初期，优先完成电气设备的状态锁定，严格落实断电、隔离等防护操作，规避带电作业带来的安全隐患，保障现场操作安全可控。结合不同设备的检测要求，规范完成检测线路的搭接布设，保证接线方式贴合设备检测标准，杜绝接线失误引发的数据偏差与设备损伤。线路布设完成后，有序开展各项电气参数采集工作，按照规范频次与操作标准记录设备运行数据、电气性能指标。全部采集作业结束后，及时拆除检测线路，复位设备原有运行状态，核对设备工况是否恢复正常。统一各环节的操作标准与作业细节，规整整体作业流程，减少人为操作疏漏，规避不规范操作带来的检测偏差[2]。

2.3 检测后期资料归集流程

现场检测作业完成后，需要对各类检测数据与作业信息进行系统化归集处理。分类整理现场采集的电气参数、设备性能数据，统一资料记录格式与书写规范，摒弃杂乱无序的记录方式，保证各类数据清晰可查、真实有效。对照设备常规运行标准，细致梳理检测数据中反映的设备异常信息，标注性能波动、参数偏移等潜在问题，精准捕捉设备运行中的不稳定状态。按照行业归档要求，规整各类检测台账、数据记录与作业单据，细化资料分类归档标准，搭建条理清晰的作业资料体系。规范的后期归集流程可以留存完整的检测作业记录，为后续设备运维、状态研判提供可靠的数据支撑。

3 水利工程电气试验检测重点作业内容

3.1 电气设备绝缘状态检测

绝缘结构是水利电力设备防护体系的关键组成部分，绝缘性能的完好程度直接影响电气设备运行安全水平。水利现场特殊的运行环境会持续侵蚀绝缘结构，长期潮湿水汽、风尘附着、温度交替变化都会慢慢损耗绝缘介质性能，引发各类隐性缺陷。专项绝缘检测工作针对变压器、配电柜、电力电缆、电机装置等各类电力设备开展全方位排查，重点甄别绝缘层受潮变质、材质老化、表层破损及整体结构劣化等常见问题。检测作业依托专业仪器采集绝缘电阻、介质损耗等关键数据，结合设备运行环境与使用年限判断绝缘结构的衰减程度，精准识别不易直观发现的内部缺陷。及时处理绝缘破损、性能衰减问题，阻断漏电、短路、击穿等故障的滋生源头，长期保持电气设备绝缘体系的完整程度，削弱水利复杂环境对电气绝缘结构的持续侵蚀作用。

3.2 电气接地系统状态检测

接地系统承担电气设备故障泄流、电位平衡、防雷防护的重要职能，整体结构完好与通路通畅，是电气系统稳定运行的重要保障。水利工程接地网络覆盖范围广，接地构件多埋设于土壤或临水布设，长期接触潮湿介质与腐蚀性土质，容易出现各类结构隐患。检测作业覆盖全域接地网络、设备接地连接点位以及接地主体构件，细致排查金属构件锈蚀腐蚀、连接点位松动脱扣、接地体断裂变形等异常状况。逐一核查接地干线、分支线路、设备引接点的连接质量，确认通路连续完整，不存在虚接、断连、锈蚀增厚等影响导通效果的问题。针对排查发现的缺陷及时开展修复整改，规整接地结构布局，维持接地系统结构完整、通路通畅，保障故障电流可以顺利泄放，稳固电气设备整体安全防护能力。

3.3 电气设备运行工况检测

常态化工况检测可以持续掌握水利电气设备的运行动态，及时捕捉性能偏移与运行隐患，适配工程长期连续运行的作业模式。检测工作围绕设备运行过程中的各类真实工况参数展开，持续采集电压、电流、负载容量等电气数据，记录设备温升变化、负载波动、运行抖动等直观状态。跟踪不同时段、不同负荷阶段的设备运行参数变化规律，梳理状态波动特征，甄别正常工况浮动与异常性能偏移[3]。重点关注设备温升过高、负载超限、参数漂移等异常现象，分析状态波动背后的设备隐患与工况问题。细致落实常态化工况排查，能够持续掌握设备运行状态变化趋势，尽早捕捉各类不稳定运行苗头，为设备养护、工况调

节、缺陷处理提供可靠的作业依据。

4 水利工程电气试验检测质量管控与优化路径

4.1 检测全过程质量管控方式

水利工程电气试验检测结果的精准度，取决于全流程作业的规范程度，任意环节出现疏漏都可能影响整体检测质量。针对检测筹备、现场操作、数据记录等关键作业环节，搭建完整的质量管控标准体系，细化各阶段作业细则与操作要求，全方位约束现场作业行为。检测筹备阶段聚焦仪器状态、作业环境与方案准备，对检测仪器开展精度校验，清理现场环境存在的干扰因素，依据设备布设特点制定针对性检测方案，从源头规避前期准备不足带来的质量偏差。现场操作阶段严格遵循标准化作业流程，规范设备隔离、线路搭接、参数采集等操作步骤，统一各类设备的检测操作标准，减少人为操作习惯差异带来的作业误差。数据记录阶段规范信息采集、整理、标注的各项要求，保证现场数据如实记录、分类清晰、标注完整，杜绝数据涂改、遗漏或误记的情况。全流程管控模式可以有效削弱环境干扰、人工操作偏差带来的负面影响，长期维持水利电气检测作业的规范性与严谨性。

4.2 设备异常问题闭环管控方式

电气试验检测的核心价值，在于及时捕捉设备隐性缺陷并完成隐患治理，完善的闭环管理是提升设备运维水平的关键举措。对现场检测过程中发现的各类设备异常状态开展分类梳理，按照缺陷类型、风险等级、设备类别进行分层划分，搭建条理清晰的设备问题台账，明确各类异常的隐患属性与影响范围。台账内容详细记录异常发生位置、参数偏差情况、缺陷表现特征，为后续整改工作提供清晰参考依据。针对不同类型的设备问题制定对应的处置方案，匹配适配的检修手段与整改流程，有序推进缺陷治理工作。全程跟踪各类问题的整改进度，核查检修施工质量，确认异常隐患彻底消除后完成台账销号处理。完整落实隐患排查、问题登记、整改处置、复核销号的全链条流程，能够切实落地闭环管控模式，持续改善水利电气设备的整体运行状态，降低缺陷累积引发的电气故障概率[4]。

4.3 检测作业模式优化方向

传统电气检测模式多沿用通用作业流程，难以完全适配水利工程特殊的设备运行场景，存在一定的作业短板。结合水利电气设备临水布设、长期高负荷运行、停机窗口有限的运行特点，针对性调整现有检测作业体系，补齐常规检测模式的适配短板。依据露天设备、地下机房设备、临水设备的不同运行环境，细化差异化检测侧重点，针对潮湿腐蚀、粉尘堆积、温差交变等不同环境隐患，调整检测项目与检测频次。优化现有作业流程的细节内容，删减重复性作业环节，强化薄弱检测环节的作业力度，让检测流程更加贴合水利现场作业条件。结合水利工程不间断运行的作业特征，优化检测作业时序与施工方式，适配设备长周期在线运行的工况特点，减少检测作业对工程正常运行的影响。持续细化优化作业体系，能够稳步提升电气检测工作的场景适配能力与专业作业水平，适配水利电气设备长效运维的实际需求。

结束语

电气试验检测是水利电气运维体系的重要组成部分，特殊的现场环境与运行条件对检测作业精细度提出更高标准。通过梳理电气设备结构特征与检测工作属性，规范检测全流程作业内容，明确各类专项检测的作业重点，搭建全链条质量管控与缺陷闭环治理机制。结合水利现场作业短板优化检测模式，适配复杂工况下的设备运维需求，有效降低电气故障发生概率，持续提升水利工程电气系统运行的稳定性与安全性。

参考文献

[1]张昊,王达.水利工程水闸电气设备故障检测及处理技术研究[J].流体测量与控制,2026,7(2):46-48,53.

[2]王浩宇,戴萱,伏杰,等.水利工程电气设备故障自动检测方法设计[J].电工技术,2024(6):103-105.

[3]彭明勇. 小型水电站电气设备预防性试验[J]. 科技创新与应用,2024,14(36):63-65,70.

[4]金鑫. 水电站电气设备预防性试验重点分析[J]. 模型世界,2024(3):120-122.