

水电站一次电气设备预防性试验问题与改进

田景霞 李 浩

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司江垭水电站 湖南 张家界 427221

摘 要：水电站一次电气设备预防性试验在作业执行、仪器应用、人员操作与管理流程层面均存在不同程度的问题。本文从试验作业的专项属性与流程特征切入，梳理工艺执行漏洞、仪器性能衰减、人员技能不足及管理体系缺陷等现存问题，并从标准落地不充分、设备运维滞后、技能培育体系不完善、现场管控机制不健全四个维度剖析成因。在此基础上，提出标准化流程细化、仪器运维升级、人员技能体系搭建与全过程管控模式优化等改进路径，为提升预防性试验作业质量提供系统性参考。

关键词：水电站；一次电气设备；预防性试验；作业问题；改进策略

引言：水电站一次电气设备承担电能转换与输送的核心职能，运行状态直接关乎电站整体安全。预防性试验作为排查设备潜在隐患的关键手段，作业开展受高湿、空间受限、工况多变等特殊条件约束，对工艺精度与操作规范提出了较高要求。然而当前试验工作在工艺执行、仪器管理、人员素养及流程管控等方面仍存在不少薄弱环节，制约了隐患排查的全面性与数据判别的准确性。梳理各类问题的具体表现与深层成因，探索切实可行的改进路径，对保障水电站一次设备长期稳定运行具有现实意义。

1 水电站一次电气设备预防性试验的作业特征

1.1 一次电气设备试验作业的专项属性

水电站一次电气设备承担着电能输送、电压调控与能量转换的关键任务，设备状态直接关系到电站运行的整体稳定。围绕这类设备开展的预防性试验，与普通电气检测有着明显区别，具备专属的专业特性^[1]。试验依托高压电气运行原理与绝缘结构理论推进，对作业人员的专业功底要求较高。检测内容紧扣设备绝缘状况、电气参数稳定性与机械结构完好度，着力排查设备内部潜藏的运行隐患。作业全程执行高压电气作业的严格标准，从环境洁净度到操作精细度都有明确要求。与故障后的检修不同，预防性试验以前置性隐患排查为导向，整套检测体系贴合高压一次设备的结构特点与运行规律，专业指向性强，在电站电气运维中有着不可替代的作用。

1.2 预防性试验的作业流程特点

预防性试验整体作业呈现规范化、闭环化的流程特质，所有操作环节依照科学的作业逻辑逐步推进。正式开展检测工作前，需要完成现场设备断电隔离、作业区域清理、检测器具调试校准等前置准备工作，为试验开展构建安全稳定的作业条件。检测实施阶段需要依照

不同电气设备的技术要求，有序完成数据采集、参数比对、状态核验等核心操作，保证每一项检测工序稳步落地。作业收尾阶段需要整理现场采集的各类数据，完成作业场地的清理与设备状态复原，让电气设备回归常规待机状态。各作业环节形成紧密衔接的整体链路，前期准备工作作为中期检测提供基础保障，后期核验工作依托前期检测数据开展。完整的流程体系层层递进，能够有效保障试验作业的规范性，维持检测工作的严谨秩序与作业质量。

1.3 水电站特殊工况对试验作业的约束特征

水电站生产运行环境具备鲜明的行业特殊性，会从多个维度对预防性试验作业形成制约。水工建筑内部长期保持高湿度空气环境，水汽会对高压电气设备的绝缘性能产生影响，干扰检测数据的准确性，增加试验作业的把控难度。站内一次电气设备排布密集，各类柜体与线路布局紧凑，试验作业可利用的操作空间相对有限，大型检测设备的布设与调试会受到明显限制。电站机组负荷会跟随电网调度需求产生动态波动，电气设备运行工况始终处于变化状态，对试验时机的选择提出更高标准。潮湿积尘的环境条件、受限的作业空间以及动态变化的运行工况，都会约束试验操作的开展形式，提升水电站一次电气设备预防性试验的整体作业难度。

2 水电站一次电气设备预防性试验现存作业问题

2.1 试验工艺执行层面的漏洞

预防性试验工艺执行过程存在诸多不规范的作业问题，影响试验工作的整体开展质量。部分试验作业未能严格贴合设备实际运行工况调整工艺细节，工艺执行标准落实不够细致。部分检测工序存在作业深度不足的情况，对设备隐蔽部位的隐患排查不够全面^[2]。不同设备对应的试验工艺存在细微差异，部分作业人员沿用统一工

艺模式开展检测,无法适配不同设备的检测需求。工艺执行的细致度不足,容易造成细微设备缺陷无法被及时识别,逐步积累为设备运行安全隐患。固化的作业执行模式难以适配水电站复杂工况的动态变化,让试验工艺的实际落地效果存在明显短板。

2.2 试验仪器设备应用存在的短板

试验仪器设备的日常应用与管理存在诸多不足,制约预防性试验工作的精准推进。部分电站投入使用的试验仪器服役时间较长,内部元器件出现老化损耗,仪器检测灵敏度逐步下降。仪器日常养护工作落实不到位,长期放置在潮湿多尘的厂区环境中,加速设备性能衰减。部分老旧仪器的检测精度难以适配新型电气设备的检测标准,数据采集精准度无法保障。仪器领用存放的管理模式较为松散,缺少常态化的性能校验机制。检测仪器存在的各类问题,会造成试验采集数据出现偏差,干扰设备运行状态的准确判别。

2.3 试验作业人员操作层面的不足

一线作业人员的实操能力与作业认知,对试验质量有着直接影响。部分作业人员对各类一次设备的试验原理掌握不够扎实,对不同工序的操作要点认知不够清晰。复杂工况环境下的实操应变能力有所欠缺,无法灵活调整操作方式适配现场作业条件。部分人员作业态度较为松懈,实操过程存在简化操作步骤、省略前置核查工序的行为。对新型试验技术与设备操作方式的学习力度不足,作业技能长期处于固化状态。专业能力的欠缺与实操行为的不规范,会直接降低试验作业的严谨性,弱化隐患排查的全面性。

2.4 试验管理流程存在的缺陷

预防性试验配套的管理体系存在明显短板,无法适配精细化试验管控需求。试验工作的任务排布缺少科学统筹,部分试验作业开展时机不够合理,与设备运行工况产生冲突。试验数据归档与资料管理较为松散,部分作业记录内容不够完整,不利于后续运维工作的开展。岗位权责划分不够清晰,部分交叉作业环节存在管理空档,问题出现后难以精准定位作业责任。常态化的作业督查机制不够完善,无法及时纠正不规范的试验作业行为,长期下来造成试验作业质量参差不齐。

3 诱发预防性试验各类问题的成因分析

3.1 试验作业标准落地不充分

水电站一次电气设备预防性试验拥有成套的规范化作业标准,标准落地执行层面存在明显的落实缺位情况。作业标准的普及宣贯力度不足,一线作业人员对细分工序的标准要求掌握不够透彻^[3]。作业执行过程存在弹

性操作空间,标准化条文无法贯穿全部试验工序。部分作业环节沿用传统作业习惯开展工作,规范化作业要求难以贯穿落实到现场实操中。针对标准落地的约束力度偏弱,缺少针对工艺执行细节的全过程监督手段。标准体系与现场复杂工况的适配衔接不足,部分细化要求难以贴合现场实际作业场景,造成标准执行流于表面,逐步引发各类工艺执行漏洞。

3.2 试验设备运维与更新滞后

试验仪器设备出现性能衰减与应用短板,根源在于设备运维迭代工作推进较为迟缓。电站对试验设备的运维工作重视程度不足,未建立常态化的养护检修机制。仪器长期处于高湿多尘的厂区环境,损耗问题无法得到及时处理,持续影响设备检测性能。仪器性能校验工作开展频次不足,检测精度偏差问题难以被及时察觉。设备更新迭代节奏较为缓慢,老旧设备长期投入一线作业,无法匹配新型电气设备的检测要求。设备运维与更新的滞后状态,持续造成试验仪器精度不足、性能不稳的各类问题,干扰试验工作有序开展。

3.3 人员专业技能体系不完善

试验作业人员出现操作不规范、专业能力不足的问题,源于整体专业技能培养体系存在短板。岗位技能培育内容较为单一,培训内容多聚焦基础操作,缺少复杂工况下专项作业技能的系统性培育。技能更新速度滞后于行业技术发展,新型试验工艺与设备操作知识无法及时普及。常态化技能考核机制不够完善,无法持续督促作业人员主动提升专业能力。岗位人才引进与梯队建设力度不足,人员整体专业素养层次不均。不完善的技能培育体系,造成作业人员实操能力固化,应变能力与专业水平难以适配高质量试验作业需求。

3.4 现场作业管控体系不健全

试验作业出现流程混乱、质量参差的问题,核心原因在于现场作业管控机制存在漏洞。现有管控模式侧重试验结果核查,对试验全过程的动态管控力度不足。作业统筹规划机制不够完善,试验任务编排缺少科学性与系统性。岗位职能划分与责任落实机制不够细化,交叉作业区间容易出现管控空白区域。现场作业监督力度不足,缺少全程化的过程督查手段,不规范操作行为无法得到及时约束。资料归档、作业复盘等配套管控环节不够完善,无法形成闭环管控模式,持续诱发各类试验管理与作业实操问题。

4 水电站一次电气设备预防性试验优化改进策略

4.1 规范现场试验标准化作业流程

针对现阶段试验工艺执行存在的各类漏洞,需要从

作业流程层面完成全面规整与细化优化。结合水电站复杂的现场运行工况,对现有试验作业流程进行细化拆分,补齐各工序的作业细节标准^[4]。依托高压电气设备的专业技术要求,细化不同类型一次设备的专属试验工序,消除通用作业流程带来的适配性不足问题。强化作业流程的前置管控,落实试验前期现场核查、状态确认、环境预处理等基础工作,从源头规避工艺执行偏差。细化试验中段各检测环节的操作细则,统一各类工序的操作尺度与作业标准,压缩人工操作的弹性空间。完善试验后期数据整理、现场复原、状态复核的作业内容,构建完整闭环的标准化作业链路。

4.2 完善试验仪器运维与升级机制

改善试验仪器应用短板需要建立长效化的运维管理与迭代升级机制,保障试验设备始终保持良好工作状态。构建常态化的仪器养护体系,根据水电站厂区环境特征制定适配的养护方案,定期开展仪器除尘、防潮、性能养护等基础工作。搭建常态化仪器校验机制,固定周期完成精度检测与性能校准,及时排查仪器存在的性能衰减与数据偏差问题。细化仪器存放与领用的管理规范,规整仪器存放环境,规避潮湿粉尘环境对设备元器件的持续损耗。结合电站设备更新迭代节奏,有序推进老旧试验仪器的更替工作,淘汰精度落后、性能不稳定的老旧设备。引入适配新型一次电气设备检测需求的试验器具,提升整套仪器体系的检测适配能力。

4.3 搭建常态化人员技能提升体系

全面提升试验作业人员专业能力,需要搭建系统化、常态化的技能培育与素养提升体系。优化岗位培训内容体系,打破单一基础操作的培训模式,增加复杂工况作业、异常数据判别、新型工艺操作等专项培训内容。结合水电站试验作业的独有难点,开展针对性的技能培育工作,提升作业人员应对复杂现场环境的实操适配能力。建立持续性的技术更新学习机制,及时普及行业新型试验工艺、仪器操作技术与专业理论知识,推动人员技能动态更新。完善岗位考核约束机制,围绕实操规范、理论储备、作业质量设置考核内容,以考核推进人员主动开展技能提升。构建良性的岗位人才培养梯

队,持续夯实整体人员队伍的专业素养基础。

4.4 优化全过程试验作业管控模式

针对现场试验管控体系存在的各类缺陷,需要重构全方位的全过程作业管控模式,填补现有管理漏洞。转变传统侧重结果核查的管控方式,推进试验作业全流程动态监管,覆盖作业准备、现场操作、数据采集、后期归档的全部环节。科学统筹试验作业任务,结合机组运行状态与现场工况合理排布试验工期,规避试验作业与设备运行的相互冲突。细化各岗位的工作职能与责任边界,厘清交叉作业环节的管理权责,杜绝管控空白区域的出现^[5]。强化现场过程监督力度,安排专职管理人员开展全程作业督查,及时发现并纠正不规范的操作行为。完善试验资料归档与作业复盘机制,规整各类试验记录档案,定期开展试验工作复盘总结。

结束语

水电站一次电气设备预防性试验面临的问题贯穿工艺执行、仪器应用、人员操作与管理流程多个层面,各环节相互关联、彼此制约。工艺执行不细致、仪器精度衰减、人员技能固化与管控体系缺位共同构成试验质量参差不齐的主要原因。从作业标准落地、设备运维更新、人员技能培育及现场管控重构四个方向同步发力,能够逐步补齐各环节短板。试验作业质量的持续提升需要在流程规范、硬件升级与人员素养三个维度协同推进,方能切实发挥预防性试验对设备安全运行的保障作用。

参考文献

- [1]陈丽娜.潭岭水电站电气一次系统设计分析研究[J].黑龙江水利科技,2021,49(11):49-51,137.
- [2]黄羽,张勋,王俊.水电站常见电气一次设备故障检修与故障处理研究[J].机械工业标准化与质量,2023(10):37-40.
- [3]何锴君,余位权,何科.大龙潭水电站电气一次设计[J].小水电,2023(6):39-42.
- [4]张平.水电站电气设备运行监测中的预防性试验分析[J].中国科技纵横,2025(1):104-106.
- [5]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.