

水电站电气设备技术改造与运维管理协同优化研究

黄灿灿

贵州北源电力股份有限公司 贵州 遵义 563400

摘要：为解决水电站电气设备老化性能衰减、技改与运维工作脱节、资源配置失衡、设备运行稳定性不足等核心问题，本文立足水电站电气系统运行特性，探究技术改造与运维管理的协同耦合机制。通过剖析当前设备技改落地短板、运维管理模式弊端，从流程融合、资源统筹、机制优化、技术赋能多维度构建协同优化体系，提出针对性优化策略。研究结果可有效提升电气设备运行效率、延长设备服役周期，助力水电站机电系统高效、稳定、经济运行。

关键词：水电站；电气设备；技术改造；运维管理；协同优化

引言：电气设备是水电站能量转换、电能输送与系统调控的核心载体，其运行状态直接决定水电站整体运行效能与安全稳定性。现阶段，多数水电站服役年限逐步增加，电气设备普遍出现部件老化、性能劣化、智能化水平不足等问题，常态化技术改造成为设备性能升级的核心手段。当前行业普遍存在技改方案与运维体系脱节、前期改造规划未衔接后期运维需求、运维数据无法反哺技改优化的问题，形成工作壁垒。基于此，本文聚焦二者协同发展，探索适配水电站运行场景的优化路径，破解协同短板。

1 水电站电气设备技改与运维管理协同发展核心内涵

水电站电气设备技术改造与运维管理的协同优化，核心是打破两类工作的独立运行壁垒，实现设备全生命周期内改造升级、日常管护、状态监测、隐患治理的深度融合，是适配现代化水电站运维发展的新型管理运行模式。电气设备全生命周期涵盖选型投运、日常运行、检修维护、升级改造、报废更替全流程，各环节并非独立割裂，而是存在紧密的逻辑关联与数据联动关系。技术改造并非单一的设备硬件更新、性能升级工作，其方案设计、技术选型、改造落地需要充分依托日常运维积累的设备状态数据、故障规律、运行短板，保障改造方案的针对性与适配性。运维管理也并非传统的故障检修、定期巡检工作，需要结合前期技改的设备参数、性能升级方向、结构改造特点，优化运维流程、调整监测重点、完善管护标准，提升运维工作的精准性与有效性。二者协同的本质是实现数据互通、流程衔接、资源统筹、目标统一，以技改补齐设备硬件性能短板，以精细化运维巩固改造成效，形成“改造优化设备状态、运维反馈改造问题、迭代升级设备性能”的良性循环。相较于传统独立运作模式，协同模式能够有效规避技改盲目性、运维滞后性问题，减少设备重复故障、无效改

造、资源浪费等现象，全方位提升水电站电气系统的可靠性与经济性，为水电站长效稳定运行提供核心支撑^[1]。

2 水电站电气设备技改与运维管理协同现存短板

2.1 技改与运维前期规划衔接缺失

规划衔接层面的脱节问题，是造成水电站电气设备技改与运维协同性不足的首要因素，多数水电站在编制技改规划时，规划制定的侧重点，大多集中在设备当下存在的故障缺陷、硬件老化问题以及行业通用的技术升级方向，整体方案设计较为片面，很难结合设备长期运行积累的工况数据与运维规律开展统筹规划。技改优化工作普遍侧重设备运行性能提升、整体结构升级与硬件更新，往往忽略设备改造完成后，运维流程、监测标准与管护模式产生的变化，传统运维体系很难适配全新设备的管护要求。日常运维工作大多依照固定流程常态化推进，管护方案处于长期固化的状态，很难跟随阶段性技改成果做出动态调整，也无法针对性管控改造后设备的运行薄弱环节，这种双向脱节的规划模式，会持续降低技改工作的精准度，也会让运维工作难以适配设备升级后的运行节奏，制约设备整体管控质量。

2.2 全流程工作衔接机制不完善

设备技改与运维的全流程衔接体系，在多数水电站中都没有标准化建设，两项工作的岗位边界、对接流程都不够清晰，整体存在明显的工作断层。运维人员很少参与技改施工过程，仅会参与最终验收环节，对设备改造的参数变动、结构调整等核心内容不够熟悉，设备投运后容易出现运维疏漏。一线运维积累的设备运行缺陷、性能变化等数据，也无法及时反馈至技改工作中，会造成同类设备问题反复出现；同时两类工作的数据台账标准不一、互不互通，进一步阻碍了工作协同推进^[2]。

2.3 人才与资源配置统筹性不足

人才与资源的统筹调配不合理，会直接制约两项工

作的协同发展,技改技术人员擅长方案设计与设备升级,却缺少一线运维实操经验,运维人员熟悉设备日常运行状态,却匮乏技改相关专业知识,复合型技术人才的缺口较为明显,岗位交流机制的缺失也加剧了技术壁垒。此外,技改与运维的工具设备、技术资料、物资储备等资源都是独立管控,会出现资源闲置、重复采购的情况,设备整体管控成本会随之增加。

2.4 智能化技术融合应用程度较低

智能化技术的碎片化应用,是限制两项工作深度协同的重要原因,部分水电站仅完成设备智能化技改升级,并没有配套更新运维体系,传统运维模式难以适配智能设备的管控需求。运维环节的海量监测数据,大多只用于简单故障排查,缺少系统化的数据整理与反馈流程,无法为技改优化提供支撑。统一的数字化管理平台处于缺失状态,两类工作的数据无法联动共享,智能技术的赋能价值难以发挥,设备管控工作依旧依赖传统人工模式。

3 水电站电气设备技改与运维管理协同优化实施策略

3.1 构建双向联动的协同规划体系

规划层面的协同推进,是打通技改与运维工作壁垒的基础条件,行业传统的单向规划模式存在明显局限,所以整套工作体系需要建立运维反哺技改、技改带动运维的双向联动规划逻辑。技改方案的编制工作,需要跳出单纯整改故障、更替老旧硬件的固有思维,设备全周期运行产生的各类运维数据,都可以作为方案设计的核心参考依据。工作人员可以整合历年设备巡检记录、故障统计台账、性能衰减特征以及常规检修数据,精准定位不同型号、不同服役年限电气设备的运行短板,梳理设备性能瓶颈、高频故障点位以及运行适配性缺陷,以此为依据制定差异化、贴合现场工况的技改方案,避免盲目开展智能升级与设备更换工作,让技改内容更加贴合设备实际运行需求,有效提升技改工作的精准度与实用性。运维方案的优化工作,需要结合阶段性技改成果动态调整,设备完成结构改造、性能升级与智能更新后,自身的运行参数、工作特性、薄弱点位以及管护标准都会发生变化,运维体系需要同步更新巡检重点、检修周期与监测指标。老旧固化的运维流程可以做适当精简与调整,针对改造后的全新设备,强化新型隐患的监测排查力度,让运维工作内容适配设备升级后的运行状态。水电站可以设置季度、年度的规划对接机制,常态化梳理技改升级需求与运维管控难点,让两类规划内容同步更新、动态适配,为协同工作推进打下基础^[1]。

3.2 完善全流程协同衔接工作机制

标准化的流程衔接体系,能够有效弥补技改与运维的协同短板,整套机制需要覆盖设备全生命周期的各项工作,以此打通各环节的工作断点,形成闭环式的协同管控模式。岗位对接规范可以做进一步细化,技改与运维两大工作模块的岗位职责、工作范围以及协作流程,都需要做出清晰界定,以此改善岗位割裂、互不衔接的工作现状。运维岗位人员可以深度参与技改的前期调研、方案编制、施工落地与竣工验收全部环节,一线运维积累的实操经验,能够辅助优化技改方案细节,减少设备改造完成后运维难度上升、设备适配性不足等各类问题。设备验收阶段,验收标准需要结合日常运维规范制定,不仅需要核查设备性能升级效果,还需要考量后期运维工作的可行性与便捷性,保障改造成果可以适配常态化的设备管护工作。现场可以搭建常态化的问题反馈渠道,运维人员在日常巡检、设备监测、故障处理过程中收集的设备适配问题、性能短板与运行缺陷,能够及时归档汇总并同步至技改工作模块。技改工作人员可以依托一线反馈数据,持续优化后续技改方案,同时对已改造设备开展针对性整改,逐步形成改造、运维、反馈、优化的闭环工作模式。除此之外,两类工作的数据台账、记录标准需要统一规范,设备参数、故障信息、改造内容与运维数据的归档格式可以统一调整,以此实现数据互通、信息共享,为协同管控提供稳定的数据支撑。

3.3 统筹优化人才与物资资源配置

岗位技能壁垒、资源分散管理等问题,会持续影响两类工作的协同效率,复合型人才培养、一体化资源管控模式,可以有效提升整体保障能力。人才培养层面,水电站可以搭建双向的技能交流与培训机制,打破岗位之间的专业壁垒。技改岗位技术人员可以定期深入运维作业现场,参与设备巡检、故障排查、日常检修等基础工作,熟悉设备真实运行状态与常态化运行问题,积累一线实操经验,能够让后续技改方案的落地性更强。运维岗位人员可以定期参与技改技术培训,系统学习电气设备改造原理、结构特点、参数标准以及智能设备运行逻辑,加深对技改成果的认知程度,保障日常运维工作可以精准匹配设备升级需求。岗位轮岗、交叉学习的模式可以常态化推行,重点培育同时掌握技改技术与运维实操能力的复合型人员,搭建综合性的设备管控团队。资源管理层面,技改与运维涉及的备品备件、检测仪器、检修工具、技术资料,可以纳入统一管控体系,搭建通用的资源调度平台。工作物资可以根据现场需求灵活调配,能够有效改善资源闲置、重复采购、调配滞后

等问题;设备图纸、技术手册、运维规范、故障台账等资料可以统一归档存储,方便全体技术人员查阅使用,持续提升各类资源的利用效率,强化整体工作效能^[4]。

3.4 依托数字化技术深化协同融合程度

数字化、智能化技术的落地应用,是深化技改与运维协同融合的重要方式,零散化、碎片化的智能建设模式需要逐步优化,整体可以搭建一体化的数字管控体系,依靠数据驱动提升协同质量。电气设备智能化技改推进过程中,变压器、断路器、开关柜、继电保护装置等核心设备的智能升级工作,可以同步配套搭建数字化运维监测体系。现场布设的智能传感设备与数据采集终端,能够全天候采集设备运行温度、负荷状态、工作参数与故障信号,替代传统人工粗放巡检方式,让运维数据的采集更加全面、精准。水电站可以搭建适配技改与运维工作的一体化数字管理平台,设备改造资料、实时运行数据、故障处理记录、台账信息可以统一录入平台完成集中存储,系统能够对各类数据开展联动分析与动态更新。平台的数据研判功能,可以精准总结设备性能衰减规律、故障诱发因素与技改优化空间,为方案迭代、运维策略调整提供数据参考。同时,线上化的流程管控模式,能够实现工作任务派发、施工进度跟进、设备状态查询、故障信息同步等功能,打通各岗位、各环节的信息壁垒,实时同步技改施工进度、设备投运状态、运维监测数据与故障处置情况,全面提升技改与运维工作的协同精度和工作效率。

3.5 建立常态化协同考核与优化机制

为保障各项协同优化策略长效落地,需建立配套的考核评价与动态优化机制,规避协同工作流于形式的问题。首先,构建适配协同工作模式的考核评价体系,打破传统单一岗位、单一模块的考核模式,将技改与运维的衔接配合、数据反馈、资源共享、工作适配成效纳入核心考核指标。重点考核技改方案对运维需求的适配度、运维数据对技改优化的支撑度、跨岗位协作效率、

设备故障整改成效、资源利用效率等核心内容,将考核结果与岗位绩效挂钩,倒逼工作人员落实协同工作职责。其次,建立常态化复盘优化机制,定期对电气设备技改落地效果、运维管控质量、协同工作衔接情况开展全面复盘,梳理协同工作中存在的流程漏洞、衔接短板、技术缺陷、人才问题,针对性制定整改优化方案,动态完善协同工作体系。同时,结合水电站设备更新迭代、行业技术升级趋势、运行工况变化,持续优化协同规划、流程机制、技术应用、资源配置模式,实现技改与运维协同体系的动态升级、长效优化,持续提升水电站电气设备全生命周期管控水平^[5]。

结束语:电气设备技术改造与运维管理的协同优化,是现代化水电站突破传统设备管控瓶颈、提升机电系统运行稳定性与经济性的核心路径。本文系统梳理了当前二者协同发展的规划、流程、资源、技术短板,立足设备全生命周期管控逻辑,构建了多维度协同优化体系。通过双向联动规划、全流程衔接、资源统筹、数字赋能与长效保障,可彻底打破工作壁垒,实现技改提质、运维增效的双向赋能,为水电站电气设备精细化、智能化、长效化管控提供理论支撑。

参考文献

- [1]黄福强,杨海,张攀.干冰清洗技术在水电站电气设备维护中的适应性研究[J].水电站机电技术,2026,49(3):138-140.
- [2]李强,刘震.抽水蓄能水电站电气设备安装阶段的进度管理优化分析[J].中国地名,2026,(2):0130-0132.
- [3]蔡天宏.电气设备在线监测与状态检修技术探讨[J/OL].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026,(4):115-119.
- [4]官玉兰.苦竹坪水电站扩容改造工程实践与效益分析[J].小水电,2026,(4):77-80+53.
- [5]戴怡雯.基于工业互联网的电气设备全生命周期管理平台开发策略研究[J].自动化应用,2025,66(5):274-277.