

标准化水电站设备检修管理平台建设

杨方银

甘肃电投九甸峡水电开发有限责任公司 甘肃 定西 743000

摘要:水电站设备检修管理长期依赖传统模式,存在流程不规范、数据分散、资源调配不科学等问题。本文提出构建标准化水电站设备检修管理平台,涵盖设备台账、检修计划、流程标准化、工单与任务、数据分析等核心模块,采用分层架构与物联网、大数据等关键技术,保障数据安全。通过渐进式实施策略、跨部门协同保障及标准化体系配套建设,实现设备检修全生命周期规范化管理,提升检修效率与质量,降低运维成本,保障水电站安全稳定运行。

关键词:水电站;设备检修管理;标准化平台;技术架构;实施策略

引言:水电站作为能源供应的关键基础设施,其设备检修管理至关重要。传统检修模式依赖人工记录与经验判断,存在检修流程不统一、数据利用率低、资源调配缺乏科学依据等诸多痛点,难以满足现代水电站对设备可靠性、运行效率及安全性的要求。随着数字化技术的发展,构建标准化水电站设备检修管理平台成为必然趋势。该平台通过整合设备数据、优化资源配置、强化决策支持,可有效解决传统模式的问题,提升水电站检修管理水平。

1 平台建设背景与目标

1.1 行业现状与痛点分析

水电站设备检修管理长期依赖传统模式,以人工记录与经验判断为主导,存在显著局限性。检修流程缺乏统一规范,不同部门或人员对同一设备的维护标准存在差异,导致操作重复性高且质量参差不齐^[1]。设备运行数据分散存储于纸质台账、本地系统或个人设备中,难以实现集中管理与动态更新,数据利用率低下且易丢失。检修计划制定依赖历史经验,缺乏对设备实际状态的精准分析,导致过度检修或漏检现象频发,资源浪费与安全隐患并存。跨部门协作过程中,信息传递依赖线下沟通或非标准化文档,导致任务分配不清晰、进度跟踪困难,影响整体执行效率。资源调配缺乏科学依据,备件库存管理依赖人工盘点,常出现库存积压与短缺并存的问题,增加运维成本。此外,传统模式对设备故障的响应多为事后处理,缺乏前瞻性维护能力,难以满足现代水电站对设备可靠性、运行效率及安全性的要求。

1.2 平台建设目标

通过构建标准化水电站设备检修管理平台,实现设备检修全生命周期的规范化管理。从设备入厂登记、运行监测、故障预警到检修计划制定、工单执行、质量验收,形成闭环管理流程,确保每一环节均有明确标准可

依。借助数字化工具整合设备数据,打破信息孤岛,提升数据采集、存储与分析的效率,为检修决策提供全面支撑。优化检修资源配置,通过智能算法对检修任务进行优先级排序与资源动态调配,减少非必要停机时间,提升检修效率与质量。构建数据驱动的决策支持体系,利用历史检修数据与设备运行参数,挖掘故障规律与优化空间,降低运维成本。强化设备可靠性与安全性保障,通过实时监测与预警机制,提前识别潜在风险,实现从被动维修到主动维护的转变,为水电站安全稳定运行提供坚实基础。

2 平台核心功能模块设计

2.1 设备台账管理模块

设备台账管理模块聚焦设备全生命周期信息的规范化整合。通过建立统一的设备分类与编码体系,实现设备身份的唯一性标识,避免信息混淆与重复录入。基础信息涵盖设备名称、型号、生产厂商、投运日期等静态数据,技术参数包括额定功率、运行范围、性能指标等动态数据,运行记录则整合设备启停次数、故障历史、维修记录等过程数据。系统支持多维度数据关联,实现设备状态的实时追踪与可视化展示,管理人员可通过图表或仪表盘直观掌握设备健康程度、剩余寿命及关键指标变化趋势,为检修决策提供基础支撑。

2.2 检修计划管理模块

检修计划管理模块以设备运行数据为核心驱动,通过分析历史检修周期、故障频率及运行负荷,智能生成符合设备实际状态的检修计划^[2]。系统将检修任务拆解为可执行的子任务,并依据人员技能、备件库存、工时安排等资源约束条件,优化任务分配方案,减少资源闲置与冲突。计划执行过程中,系统实时监测设备运行参数与环境变化,当检测到异常波动或突发故障时,自动触发计划调整机制,重新计算检修优先级与时间窗口,同

时向相关人员推送预警信息，确保计划灵活性与适应性。

2.3 检修流程标准化模块

检修流程标准化模块通过数字化手段固化检修作业规范。该模块将检修作业的各个环节进行标准化，确保检修工作的质量和安全性，减少人为因素对检修结果的影响。将检修作业指导书转化为结构化数据，明确每一步骤的操作要求、安全注意事项及质量标准。系统控制工序衔接逻辑，前序任务未完成或质量不达标时，自动锁定后续任务，避免操作遗漏或违规。关键节点嵌入质量检查与验收规则，通过数据比对或人工确认方式，确保检修结果符合预设标准，形成可追溯的质量闭环。

2.4 工单与任务管理模块

工单与任务管理模块实现检修任务的全流程数字化管控。此模块能够提高检修任务的执行效率和管理水平，通过精细化流程设计，确保检修工作按时、按质完成。系统根据检修计划自动生成工单，明确任务内容、执行人员、时间要求及关联设备信息，并通过多渠道派发至责任人。任务执行过程中，系统实时采集进度数据，标记已完成、进行中或异常状态，支持通过移动端上传现场照片、视频或检测数据，增强信息传递的及时性与准确性。备品备件管理功能与工单联动，根据任务需求自动匹配库存备件，触发领用流程或生成采购申请，同时跟踪备件消耗情况，为库存优化提供依据。

2.5 数据分析与决策支持模块

数据分析与决策支持模块通过多维度数据挖掘，为检修管理提供量化依据。该模块利用先进的数据分析技术，为管理人员提供科学、准确的决策支持，优化检修资源配置，降低运维成本。系统整合设备运行、检修历史、成本消耗等数据，生成统计报表与趋势分析图表，揭示故障分布规律、检修效率瓶颈及成本构成。基于机器学习算法，识别设备故障模式与早期征兆，预测潜在故障发生时间，提出预防性维护建议^[3]。成本效益分析功能动态评估检修投入与产出，帮助管理人员优化资源配置，平衡设备可靠性与经济性需求。

3 平台技术架构与实现路径

3.1 技术架构设计

平台采用分层架构设计，通过数据层、服务层、应用层与展示层的逻辑划分，实现功能解耦与性能优化。这种分层架构设计能够提高平台的可扩展性、可维护性和性能，满足水电站设备检修管理的复杂需求。数据层负责设备运行数据、检修记录及管理信息的集中存储与处理，支持结构化与非结构化数据的混合管理，满足高并发访问与实时分析需求。服务层基于微服务架构构建，

将设备监测、计划生成、工单管理等核心功能拆分为独立服务模块，通过标准化接口实现服务间通信，提升系统扩展性与容错能力。应用层聚焦具体业务场景，提供设备台账管理、检修流程执行等交互功能，支持多终端适配与个性化配置。展示层通过可视化技术呈现设备状态、检修进度及分析结果，为管理人员提供直观决策依据。架构设计遵循模块化原则，各层功能独立开发与部署，降低系统复杂度与维护成本，通过开放接口设计，支持与ERP、SCADA等第三方系统的数据交互与业务协同。

3.2 关键技术选型

物联网技术通过部署传感器网络与边缘计算节点，实现设备运行参数的实时采集与预处理，减少数据传输延迟，提升监测时效性。物联网技术是平台实现设备实时监测的关键，能够为检修决策提供及时、准确的数据支持。大数据分析技术整合设备历史数据与实时流数据，构建多维数据模型，支撑故障模式识别与剩余寿命预测。机器学习算法基于历史检修记录与设备状态数据，训练预测模型，提前识别潜在故障风险，为预防性维护提供依据。移动应用技术通过开发检修人员专用终端，支持工单接收、现场数据录入、质量检查等操作，结合离线缓存与同步机制，确保网络不稳定环境下的数据完整性。区块链技术应用用于关键数据存储与审计，通过分布式账本与加密算法，保障检修记录、备件流转等数据的不可篡改性及可追溯性，增强数据可信度与合规性。

3.3 数据安全与隐私保护

数据安全体系覆盖数据全生命周期，采用对称加密与非对称加密结合的方式，对传输中的数据与静态存储数据进行加密处理，加密强度达256位，防止数据泄露与非法访问。数据安全的平台运行的重要保障，必须采取严格的安全措施确保数据的保密性、完整性和可用性。用户权限管理基于角色访问控制模型，划分8类角色，根据岗位职责分配数据操作权限，支持权限动态调整与细粒度控制。审计日志功能记录所有数据访问与系统操作行为，包括操作时间、用户身份及操作内容，日志留存时间不少于180天，为安全事件追溯提供依据^[4]。灾备机制通过异地多活部署与定期数据备份，每日执行1次全量备份、每6小时执行1次增量备份，确保系统在硬件故障或自然灾害等极端情况下快速恢复业务连续性。恢复策略支持全量恢复与增量恢复结合，根据数据重要性与恢复时效要求，优化备份周期与存储介质选择，数据恢复时间不超过4小时，平衡数据安全性与存储成本。

4 平台实施与推广策略

4.1 实施阶段规划

平台实施遵循渐进式推进原则,分阶段完成从需求梳理到全面落地的完整闭环。渐进式推进能够降低实施风险,确保平台能够逐步适应水电站的实际需求,提高实施的成功率。需求调研阶段通过访谈、问卷及流程梳理,全面掌握现有检修管理模式、数据流转路径及业务痛点,形成详细需求规格说明书。现状分析环节结合水电站设备类型、运行环境及管理特点,评估平台功能适配性,识别技术实现难点与资源需求。系统开发阶段采用敏捷开发方法,以模块化方式构建核心功能,通过迭代测试验证系统稳定性与业务匹配度,确保功能交付质量。试点运行阶段选取代表性机组或部门开展应用测试,重点验证检修计划生成、工单派发及数据采集等关键流程的可行性,收集用户反馈并优化系统交互逻辑。全站推广阶段基于试点经验制定推广计划,明确时间节点与责任分工,通过分批次部署与培训支持,逐步覆盖所有设备与业务场景。持续迭代阶段建立用户需求反馈机制,定期评估平台运行效果,结合新技术发展与管理模式创新,动态优化功能模块与性能指标。

4.2 组织与人员保障

平台顺利实施依赖跨部门协同与专业化团队支撑。跨部门协同和专业团队是平台实施的关键,能够确保各个环节的顺利推进和问题的及时解决。建立由设备管理、生产运维、信息技术等部门组成的联合项目组,明确各成员职责与协作界面,通过定期联席会议与进度同步机制,保障需求对接与问题解决效率。关键用户培训采用“理论授课+实操演练”结合模式,覆盖系统功能操作、数据维护及异常处理等内容,通过考核认证确保用户具备独立使用能力。运维团队构建采用“内部骨干+外部专家”协同模式,内部人员负责日常监控与基础维护,外部专家提供技术指导与疑难问题支持,形成快速响应的技术保障体系^[5]。建立知识转移机制,通过文档共享、案例库建设及定期复盘会议,沉淀平台运维经验,提升团队自主解决问题能力。

4.3 标准化体系配套建设

标准化是平台长期有效运行的基础保障。标准化体

系能够确保平台的各项功能和操作都有明确的标准和规范,提高平台的稳定性和可靠性。检修管理流程标准化文件编制结合行业规范与水电站实际,明确设备分类编码、检修周期设定、工单执行标准等关键环节的操作要求,形成可执行的管理规则。数据采集与录入规范制定统一数据格式、采集频率及质量校验标准,解决数据分散、口径不一致等问题,为数据分析与决策提供可靠基础。平台操作手册与维护指南采用图文结合方式,详细描述系统功能模块、操作步骤及常见问题处理方法,支持用户快速上手与自助排查。建立标准化文件动态更新机制,根据平台功能升级或管理需求变化,及时修订相关文档,确保标准化体系与实际业务保持同步。

结束语

标准化水电站设备检修管理平台的建设,为水电站设备检修管理带来了全新的变革。通过核心功能模块的设计、先进技术架构的应用以及严格的数据安全保障措施,平台实现了设备检修全生命周期的规范化管理。在实施与推广过程中,渐进式推进策略、跨部门协同与专业化团队保障以及标准化体系配套建设,确保了平台的顺利落地与长期有效运行。平台的成功应用将显著提升水电站检修效率与质量,降低运维成本,为水电站的安全稳定运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1]李光华,周洪杰,向文平等.标准化水电站设备检修管理平台建设研究[J].电子元器件与信息技术,2023,7(11):42-45.
- [2]黄立芹.标准化水电站设备检修管理平台建设[J].福建水力发电,2024(2):78-81.
- [3]徐正刚,陶春华,陈功娥等.水电站设备检修作业标准化管理平台的探析[J].设备管理与维修,2024(14):1-3.
- [4]方红伦.水电站机电设备维护与检修管理措施探讨[J].建筑与施工,2025,4(18):156-158.
- [5]妮鹿菲尔·毛吾田.水电站电气设备运行维护与故障检修研究[J].光源与照明,2023(1):156-158.