

数字化技术在皂市电站的应用与研究

熊志强 郭自恒 余中文 武永和

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司 湖南 长沙 41000

【摘要】：在新型电力系统建设与水利水电行业数字化转型的大背景下，皂市电站原有生产管理信息系统已连续运行 12 年，面临技术平台停服、功能适配性不足、管理标准化落地难等核心痛点，已无法适配电站安全生产、精益管控与智能化发展的核心需求。本文结合皂市电站生产管理实际工况，系统分析了电站数字化转型的核心需求，全面阐述了生产运行、设备管理、智能巡检、物资管控、全景可视化五大核心模块的数字化应用方案，并对项目实施后的预期成效进行了全面分析。研究成果可为中小型水电站数字化升级改造提供实践参考，助力电站实现“无人值班、少人值守”的现代化管理目标。

【关键词】：皂市电站；数字化转型；生产管理；智能巡检；可视化管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.086

1 引言

皂市水电站是澧水流域防洪、发电、航运综合利用的核心枢纽，同时也是湖南电网调峰调频的重要电源点，其安全稳定运行直接关系到流域防洪安全与区域电网供电可靠性。随着“双碳”战略的深入推进，新型电力系统对水电站的调节能力、响应速度、管控精度提出了更高要求，水电站生产管理从传统人工驱动向数字化、智能化转型，已成为行业发展的必然趋势。皂市电站原有电力生产管理信息系统 V8.0 平台自 2013 年投运以来，已稳定服务 12 年，为电站初期信息化管理提供了重要支撑。但随着《澧水公司水库工程标准化管理手册》的全面落地实施，原有系统在技术架构、功能覆盖、流程适配、数据应用等方面的短板日益凸显，已无法满足电站精细化管理与智能化发展的核心需求。为此，皂市电站以平台升级为核心，以业务数字化重构为抓手，全面推进生产管理全流程的数字化改造，着力破解传统管理模式的痛点难点，最终实现电站管理提质、安全提级、效益提升的核心目标。

2 皂市电站数字化转型核心需求分析

2.1 技术平台迭代的刚性需求

原有 V8.0 平台技术架构老旧，已停止版本更新与功能开发，无法适配新一代信息技术的应用需求。系统核心可视化模块基于已淘汰的 Flash 技术开发，当前主流浏览器已全面终止对该技术的支持，直接导致指标分析、数据展示功能无法正常使用；同时平台不支持微服务、云计算等先进架构，系统扩展性、兼容性严重不足，与澧水公司现代化水库运行管理矩阵平台的数据共享存在显著技术壁垒，亟需通过平台升级实现技术架构的迭代更新，保障系统长期稳定运行。

2.2 生产运维提质增效的现实需求

传统管理模式下，电站生产运维存在大量人工重复操作与

管理盲区：值班日志需人工逐项录入，工作效率低且易出现数据遗漏；点巡检管理缺少漏项提醒、差异化巡检计划配置功能，存在漏检、巡检不到位的风险；仓库物资管理无库位信息、无条码化管理，出入库、盘点依赖人工台账，库存管控精度不足；各业务模块数据相互独立，形成数据孤岛，设备台账、缺陷记录、工作票、巡检数据无法联动，数据价值无法有效释放，亟需通过数字化改造实现业务流程的自动化、数据的一体化贯通。

2.3 安全生产管控升级的监管需求

水电站作为高危行业，安全生产是运营管理的底线。原有系统在作业安全管控、风险预警、应急处置方面存在明显短板，缺少危险点库、作业安全先决条件校验、现场作业智能管控等功能，无法实现对高风险作业的全流程闭环管控；同时缺少生产数据全景监控与异常预警能力，难以及时发现设备运行与生产管理中的安全隐患，亟需通过数字化技术构建全方位的安全生产管控体系，提升电站本质安全水平。

3 皂市电站核心功能模块的数字化应用

结合电站数字化转型核心需求，本次升级以 V10 智慧云平台为基础，围绕生产管理全业务链条，重点推进五大核心模块的数字化重构与应用，实现电站生产运营全流程的数字化管控。

3.1 发电运行管理数字化应用

发电运行是电站生产管理的核心环节，本次数字化改造以“两票三制”为核心，全面重构运行管理全流程。一是优化两票全流程管理，调整工作票、操作票审批流程以适配标准化管理要求，新增有限空间作业票、危险作业许可证辅票模块，建立危险点库与典型票库，实现危险点智能引用与作业安全先决条件自动校验，同时统一优化打印格式为 A4 纸模式，提升现

场使用便捷性；二是升级值班日志管理，新增日志自动生成功能（见图1），实现缺陷填报、两票办理、巡检完成、机组状态变更等业务动作自动同步生成日志记录，支持业务记录一键穿透查询，彻底替代传统人工逐项录入模式；三是完善定期工作管理，建立定期工作自动推送机制，按预设周期向执行人员推送待办任务，新增定期工作执行日历看板，直观展示任务完成情况，对逾期未执行任务自动预警，确保定期工作100%落地执行。



图1 工作票、操作票值班日志同步生成示意图

3.2 设备全生命周期管理数字化应用

以设备台账为核心，构建设备从采购、安装、运行、维护到报废的全生命周期数字化管理体系。一是优化设备台账管理，以设备树的唯一设备编码为核心纽带，建立设备台账与全业务模块的强关联机制，实现数据双向穿透与全生命周期追溯。二是升级缺陷闭环管理，优化缺陷分类体系，新增D类非运行设备缺陷分类，强制缺陷登记与消缺环节上传音视频附件(见图2)，建立缺陷逾期自动转交机制，实现缺陷全流程闭环管控。三是新增定值管理模块，建立设备定值库，实现定值变更申请、审批、更新全流程线上管理。



图2 设备缺陷管理示意图

3.3 智能点巡检管理数字化应用

针对传统人工巡检的痛点，构建智能化、标准化的点巡检管理体系。一是实现巡检点位数字化管理，通过 NFC 电子标签对巡检点位进行唯一标识，区分设备、消防、水工等标签类型，从技术上杜绝漏检、代检行为；二是优化巡检执行功能，新增在线巡检漏项实时提醒、离线巡检数据自动同步功能，异常巡检项可自动生成缺陷记录,实现巡检与缺陷管理的高效联动；三是完善巡检考核与分析功能，新增漏检申诉、人员替班审批流程，自动统计巡检到位率、漏检率、设备完好率三大核心指标，以鱼刺图、趋势图等形式直观展示巡检结果，实现巡检工作全流程数字化管控（见图3）。



图3 巡检统计示意图

3.4 仓库物资管理数字化应用

以条码化管理为核心，实现电站物资全流程数字化管控。一是搭建物资条码管理体系，通过条码打印机为物资、库位生成专属二维码，实现“一物一码、一位一码”精细化管理（见图4）；二是优化物资管理流程，完善需求申请、采购、入库、领用、盘点全流程线上审批，新增物资批次管理、库存货龄分析、物资利用率统计功能，为采购计划制定提供数据支撑，有效减少库存积压与资金占用；三是新增库存金额统计功能，在盘点单中自动核算物资单价与总价，满足财务年终盘点需求，实现物资管理与财务管理的高效协同。



图4 “一物一码”示意图

3.5 生产全景可视化与指标管理数字化应用

基于 HTML5+CSS3 技术搭建 BDP 可视化分析平台，全面替代原有 Flash 技术，实现生产数据的全景可视化与深度分析应用。一是新增生产全景总览看板，集中展示电站发电量、机组运行状态、水情态势、缺陷消缺情况、两票执行情况等核心生产数据（见图 5）；二是搭建多维度管理看板，针对管理层决策需求，开发两票统计、巡检执行、消缺统计、定期工作完成情况、库存情况等专项看板；三是完善报表管理功能，针对电站 13 类月度固定报表，实现报表自动生成、定时推送、线上审批，支持自定义报表模板与零代码数据导出。

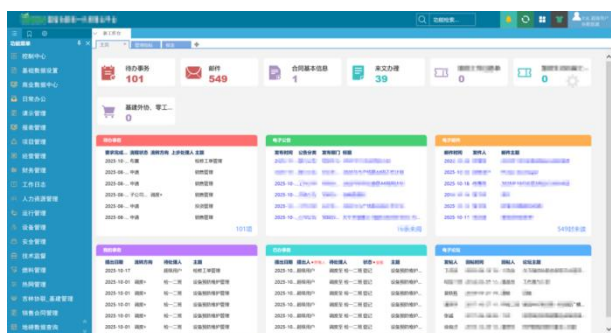


图 5 系统主页面示意图

4 数字化技术应用的预期成果

4.1 管理标准化水平全面提升

通过数字化改造，将水库工程标准化管理要求全面嵌入系统流程，实现两票管理、缺陷处理、设备运维等核心业务的流程固化、标准统一，推动电站生产管理从“人治”向“数治”转变，全面满足上级单位标准化监管要求。

4.2 生产运维效率大幅提高

数字化技术的全面应用，将大幅减少人工重复操作。值班日志自动生成、报表自动编制、物资扫码管理等功能，可降低运维人员 60% 以上的事务性工作量；两票线上化办理、巡检

智能提醒、缺陷自动流转等功能，可缩短业务办理周期 40% 以上，实现运维工作提质增效，为电站“无人值班、少人值守”模式落地奠定坚实基础。

4.3 安全生产管控体系持续完善

通过危险点库、作业安全校验、高风险作业专项管理等数字化功能，实现现场作业全流程安全管控，从源头规避违章作业风险；生产全景监控与异常预警功能，可及时发现生产过程中的安全隐患，提升电站应急处置能力，构建“事前预警、事中管控、事后追溯”的全方位安全生产管控体系，助力实现电站安全生产“零事故”目标。

4.4 数据价值实现深度释放

本次数字化改造彻底打破原有数据孤岛，实现生产运行、设备管理、巡检、物资等各模块数据的一体化贯通，通过 API 接口与澧水公司水库运行管理矩阵平台实现数据共享，让生产数据转化为管理决策依据，为电站运行优化、管理提升、科学决策提供全面的数据支撑。

5 结论

本次数字化技术在皂市电站的应用，以解决电站生产管理实际痛点为核心，以平台升级、功能优化、数据贯通为抓手，全面覆盖电站生产运营全业务流程，是中小型水电站数字化转型的针对性实践。通过数字化改造，不仅能解决原有系统技术落后、功能不足的问题，更能推动电站生产管理模式的根本性变革，实现管理标准化、运维智能化、管控可视化、决策科学化。

后续，皂市电站将以本次数字化升级为基础，持续探索数字孪生、人工智能、大数据分析等新一代信息技术在电站运行管理中的深度应用，不断优化数字化管控体系，全力打造流域内中小型水电站数字化转型标杆，为新型电力系统建设提供坚实的水电支撑。

参考文献:

- [1] 叶宏,孙勇,韩宏韬,等.抽水蓄能数字化智能电站建设探索与实践[J].水电与抽水蓄能,2021.
- [2] 石朝夕,赵书君,王曦钊,等.国华九江数字化电站建设设想[J].电力信息化,2011.
- [3] 张翔宇.基于 3D 可视化的数字化智能巡检及监测在呼蓄电站的应用研究[J].水电设备,2023.
- [4] 李福东,苏欣,张涛.数字化电站设备管理系统的研究[J].华电技术,2015.
- [5] 刘鹤,刘芬香,伍林.水电站智能巡检系统设计[J].水电站机电技术,2019.
- [6] 王旭,黄海军.新能源电站数字化建设路径[J].电力安全技术,2024.
- [7] 陈初龙,熊志刚,陈闽华,等.数字化管理在呼蓄电站机电设备管理中的应用[J].水利水电技术,2023.