

自动化信息技术对水利水电工程优化作用的研究

王健翔

新疆新安顺达水利水电工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要] 自动化信息技术正在颠覆着水利水电工程建设和运营管理模式, 是推动行业发展质量变革的主要力量。本文围绕着工程建设的全寿命周期展开介绍了自动化信息技术的应用所带来的改进之处, 在工程的设计阶段利用 BIM 技术支持下的参数化设计以及协作平台提高了精确度和可视化的程度, 在施工阶段应用智能传感网, 无人设备以及人工智能监管形成了一个全方位管控体系; 在运营维护方面采用数字翻模平台以及智能诊断技术实现了调度智能化和运维预见性。

[关键词] 自动化信息技术; 水利水电工程; 智能建造; 智慧运维

DOI: 10.64635/ja.2026.1113

中图分类号: TV512

文献标识码: A

Research on the Optimizing Role of Automation and Information Technology in Water Conservancy and Hydropower Projects

Wang Jianxiang

Xinjiang Xin'an Shunda Water Conservancy and Hydropower Engineering Co., Ltd., Urumqi 830011, Xinjiang, China

Abstract: Automation and information technology is reshaping the construction and operation management models of water conservancy and hydropower projects and has become a major driving force for quality transformation in the industry. Focusing on the whole life cycle of engineering projects, this paper discusses the improvements brought by the application of automation and information technology. During the design stage, parametric design supported by BIM technology and collaborative platforms improves accuracy and visualization. During the construction stage, intelligent sensor networks, unmanned equipment, and AI-based supervision are applied to form a comprehensive control system. In the operation and maintenance stage, digital twin platforms and intelligent diagnostic technologies are adopted to realize intelligent dispatching and predictive maintenance.

Keywords: automation and information technology; water conservancy and hydropower engineering; intelligent construction; smart operation and maintenance

引言

水利水电工程作为我国防汛抗旱减灾、合理调配水源和开发利用绿色能源的重要载体, 在国民经济和社会发展中扮演着举足轻重的角色。长期以来传统的工程建设以及管理模式主要是依靠经验来支撑, 存在设计方案协作差、施工现场控制不到位问题突出以及运营维护需定期巡查等一系列弊端, 而随着物联网、大数据、AI 智能及数字孪生等相关技术的迅猛发展, 智能化信息技术与水利水电行业的深度融合势必要求成为行业发展新方向。国家 2026 年召开的水利工作会议明确提出把数字孪生水利工程建设作为未来五年水利发展的头号战略目标。大坝智慧建造是水利工程建设领域科技创新力、创造力和竞争力的新质资源, 是利用先进科学技术对大坝的设计施工及运行进行

彻底变革的一种全新方式。全面研究自动化信息技在工程建设全生命周期的应用优势, 对于引导行业发展到智能化服务阶段有着重要的意义。

1 自动化信息技术在水利水电工程中的应用框架

自动化信息技术应用于水利工程水电工程建设是一个包括感知层、传输层、平台层、应用层在内的多层次系统。感知层基于各类传感器、视频监控设备、无人机以及北斗导航等终端设备完成对“人机料法环”的全方位在线监测; 传输层利用 5G、光纤等方式保障信息有效传递; 平台层基于 BIM/GIS/数字孪生等建立全生命周期大数据基础平台; 应用层针对设计方案共享、施工现场管理、运行调度指挥等不同需求提供个性化解决方案^[1]。水利工程智能化建造的技术框架涉及智能感知、数据集成及分析、

智慧化方案选择及调控、智能机械设备、全生命周期协作、智慧型建材和绿色发展等方面的技术内容。目前，BIM、GIS、AIoT、数字孪生等技术正在分层次地应用到设计、施工及运营维护过程中去，在很大程度上提升了工程建设的速度、质量和安全。

2 自动化信息技术对工程设计阶段的优化作用

2.1 提升设计精度与效率

设计是工程建设全过程的第一步，设计方案准确性影响着建筑质量和使用寿命。传统的设计采用的是二维图纸为基础，各专业间的信息壁垒严重，方案选择依靠人为主观判断，而BIM技术就是利用三维数字模型来整合地质、水工，结构，机电等多个专业的信息，进行参数化的设计以及动态调整，在智能化设计方面，镜岭水库就是运用BIM技术建立大坝全要素三维模型，并对模型进行动态修改及调整，同时进行方案的选择性的对比，快速完成土方开挖回填工作，自动计算工程量等等一系列的参数化设计使得设计过程中出现问题可以及时做出调整并且优化设计，极大地提高了设计的工作效率；参数化设计可快速应对变化，直接生成工程量清单、施工图等设计成果从而大大压缩了设计时间。

2.2 增强方案协同与可视化

水利水电工程涵盖诸多专业，协作对设计至关重要。自动化信息技术搭建跨专业的协作环境，做到设计一体化。基于BIM的协作环境能够满足各个专业人员可以同时进行工作，变更信息能够及时传送，杜绝出现设计上的矛盾和重做。研究发现：BIM利用三维数字化模型来完成整个项目的集成管理，大大提高设计阶段的协作效能。BIM和虚拟现实相结合使得设计方案可视化达到一个新的高度，设计思路清晰地展现在眼前。古贤工程项目的设计交付平台可以达到BIM与图纸及报告的在线审核，自动出具^[2]。数字孪生技术支持精益排布，集成流域实景及重点建构筑物BIM模型，形成实时数据库，给予方案确定以图形化、最佳化指导，方案图示化便于方案的设计调整，同时对施工交底及运行维护也具有重要意义。

3 自动化信息技术对工程施工阶段的优化作用

3.1 实现施工过程智能监控

施工就是把图纸变成实物的关键步骤，施工精确控制直接影响着工程的质量以及时间、成本。自动化信息技术通过建立智能检测网络达到对整个施工过程的全程监测目的。水电十二局研发的数字大坝管理系统包括了坝料运输、加水、摊铺到碾压等所有施工环节并实时监控施工情

况，智能化管理并且严格质量管理，在天台抽水蓄能电站等多个项目上得到了运用。它可以实时检测碾压机械行驶路线、行驶速度、次数、是否开始震动等等一系列参数，同时对摊铺、碾压进行全面的数据采集、传输、统计分析、自动反馈以及三维动态施工模拟显示。镜岭水库建立参建单位协作的工作机制，“业务全覆盖、要素全管理、过程全记录”，基于数字孪生平台实现BIM与施工数据的关联，完成原材料检测、隐蔽工程验收等11个节点在线闭环管理，AI视频大模型提供大坝工程实时动态反馈，使工程实体在虚拟世界中实现同步映射。闭环管理模式把施工管理由“经验判断”变成“数据驱动”。

3.2 优化资源配置与调度

水利水电工程项目现场各类资源繁杂、调配繁琐，合理有效的资源配置决定着项目的工期以及造价，通过应用自动化的信息技术能够对人、材、机进行实时监控并了解其使用状况从而达到资源调度精准的目的，在古贤项目中工地上的车辆全部纳入智能管理之中，所有出入工地现场的车辆及驾驶员情况都可以查询得到，在洞内的摄像头可以实时获取到工地上面的工作场景，从而有针对性地调整避免出现交通堵塞的现象，提高了有限场地空间下的物资运输能力；无人碾压系统的集成运用了自动控制，物联网技术将人工操作碾压转变为自动化的碾压方式，实现了整个机群进行自动驾驶，碾压路线，碾压的速度，碾压的遍数以及碾压层厚等一系列重要的影响质量的因素都能够得到相应的分析以及及时的反馈。无人化装备应用降低人力耗费、人为失误概率，达到资源准确有效使用。

3.3 提高工程质量控制水平

水利水电工程建设施工质量标准极高，混凝土灌注、填筑碾压等重要过程出现的细微差异都会导致后期的安全隐患，智能化信息技术对重要的过程全程进行数字化管理，从而有效提高质量管理准确度和稳定性，镜岭水库开发了智能化建造一系列设备，在混凝土拌和过程中，研制智能拌和检测仪器，建立大坝混凝土拌合质量智能诊断、预报、调控的方法和技术体系，完成物料、出料口温度、含水量等参数实时采集、计算、识别、报警和处理；在控温方面，研制新一代混凝土大坝智能热控系统，完成通水降温、表面保温、仓面环境的智能化监测；对于振捣，在振捣过程中研制出智能振捣模型与系统，对工程质量进行智能化监控，智能碾压设备监测碾压路线，压实度以及遍数等参数并实时进行数据分析以及时判断施工质量，提高筑坝质量验收合格率，智能化使质量管理由“事后抽查”

变成“过程监管”。

3.4 强化施工安全管理

水利工程水电建设环境复杂、危险点位较多。自动化信息技术应用智能感知加人工智能识别相结合的方式形成了多层次的安全防御系统。通过视频监控利用 AI 智能视频分析和深度学习神经网络技术可以对工程项目现场进出口、施工区等场所人的动作行为分析判断并报警,大大提高施工现场的安全水平以及管理效能和决策准确度。金华市水利局把 AI 智能识别应用于水利工程建设监督管理当中,针对施工场地违规动火、未戴安全帽安全带、高处作业无防护等问题进行实时监控、自动判别和实时通知,形成闭合式管理机制^[3]。数字洞室安全生产管理系统对于人的不安全因素进行智能化识别管理和监控,对设备的状态进行 24 小时的在线检测,对环境变化发出警报提示,建立严密的洞室施工安全保障闭合系统;杨庄水库打造“无人机巡检+电子围栏+分区管理”的智慧型安全保障模式,实时采集大坝应力、沉降、渗漏等信息,及时发出违章进入、隐患提醒,杜绝了“盲区作业”的安全隐患。使安全管理由“事后处理”变为“事前防范”。

4 自动化信息技术对工程运行维护阶段的优化作用

4.1 实现智能化调度与调控

运维阶段占整个工程建设周期的大部分时间,管理水平决定了综合效果的好坏。传统的调度依靠规范和经验,应对极端事件的能力较弱。数字孪生技术让调度由以前的“经验为主”转变为现在的“数据为主”,在澧水流域江垭、皂市水库,“数字孪生澧水”平台可以做到对 3~5 天洪水规模精确预测,把洪水演进的时间模拟缩短到 5min,给调度争取了更多的时间。“数字孪生澧水”的系统平台可以完成对整个过程——“水文预报—联合调度—洪水演进—风险评估”的全过程仿真推演,智能化地输出最优方案,在 2025 年澧水洪水中,两库联合削减洪峰到 6500m³/s,使下游水位下降 2.5m 左右。数字孪生调度系统基于“三平台一中枢+N 个业务系统”的框架设计,将水调方案制定到闸门精确调控这一全过程进行智能化管控,智慧调度提高水资源利用率以及防汛抗旱水平。

4.2 提升设备状态监测与故障诊断能力

水电站机械设备运行条件恶劣,故障早期排查与判断对于生产安全影响重大。自动化信息技术搭建立体化检测及智能化诊断模型,引领水电设备维护迈向预防性维护模式,大唐水电科学技术研究所安装我国第一套水轮机转轮

室智能检测装置,应用 5G 通讯技术以及新的数据分析方法,以超精准探头采集转轮室各个重点位置的多种参数值信息,大大增强了监测数值的真实性准确性,加快了故障辨识速度,减少了突发停机率,帮助水电厂实现了由“救火式抢修”到“预见性检修”的转变^[4]。采用多种来源信息相结合式智能诊断装置综合了汽轮机振动、温度、电学指标以及环境因素等,构建出实时动态阈值调节机制;研制出分级决策体系结构式的诊断算法,进行多类型故障联合识别。开都河公司所使用智能诊断装置对设备故障初期预测正确率达 95% 以上,大大的降低了故障处理时长,维护本供电区电力系统可靠运行。

4.3 优化维护策略与成本控制

传统水利水电项目采用定期维护的方式容易产生过多维护或者过少维护的问题,自动化信息技术通过对设备进行实时监控并通过数据分析找到最合适的维护办法,基于 AI 的设备状态检测系统对设备的状态趋势预测、故障判断及维护建议都起到很大的作用。状态检测让运维人员可以清楚了解到设备当前的情况从而做出针对性的维护方案并将有限的资金投入重点设备上面来减少不必要的停电和零部件更换,大大减少了运维费用支出。闸门启闭机维护方面,全方位传感网络同时采集动力、运动、结构以及环境相关的信息,在此基础上构建多层次性能评价指标系统,通过灰色模型、支持向量机实现趋势判别,以实现最小化耗损率、最大化使用寿命的工况差异化管理方案。以数据为基础的保养减少了开支支出以及延长了其使用寿命并减少了意外性的停工造成的损失。

4.4 支持生态与环境可持续发展管理

水利工程发挥着整体效用的同时会对河流环境造成一定的影响,自动化技术对环境资源进行管理提供了精准化的方式方法。澧水流域江垭、皂市水库矩阵平台汇集了防汛调度、安全管理、库区巡视、生产经营等多种业务共 20 余项,支持“大屏、业务、移动”三位一体的应用,全方位的满足了“决策-管理-现场”多层次需求。巡管员利用手机 APP 实时拍摄、定位以及提交问题,做到问题闭环及时处理,无人机智能化检测让水库岸边巡逻效率从原来的 1 天变为现在半小时。数字孪生成像可以精确把握水体流动、湖泊水位及地下水位,助力母亲河复苏、干涸河道复活等重要工作的实施推进。生态流量精细化管理保障水生动物生存条件,减缓工程建设活动对下游水域生态环境影响。自动化信息技术帮助水利工程在开发利用水资源和保护生态环境之间取得合理均衡,在建设过程中实现与自

然环境相融合和谐共生的目标。表1列举自动化信息技术在水利水电工程建设各时期的应用及主要改进效果。

表1 自动化信息技术在水利水电工程各阶段的优化作用

阶段	核心技术手段	核心优化作用
设计阶段	BIM参数化设计、多专业协同平台、数字孪生建模	提升设计精度与效率，增强方案协同与可视化
施工阶段	智能感知网络、无人碾压系统、AI视频分析、数字建管平台	实现智能监控，优化资源配置，强化质量与安全管理
运维阶段	数字孪生调度平台、多源信息融合诊断、状态趋势预测、无人机巡检	智能调度调控，预测性维护，优化维护成本与生态管理

5 结束语

自动化信息技术对水利水电工程的优化影响是全方位的、贯穿始终的。设计上 BIM+数字孪生再造设计方式；施工上智能检测+无人设备打造闭环控制架构；运行上数字孪生指挥+智能化分析转变运维手段数据分析驱动型；水利工程建设智能化建造是基于数字信息时代下传统水利工程建设交叉融合的结果，其主要价值体现在新技术的应用和基于新的理论体系改革行业模式变革。将来随着自身智能和 AI 超大型语言模型等技术的突破，自动化信息技术将全面深入地引领水利水电工程建设全流程智能化转型升级，支持行业实现由被动管理到主动服务的飞跃，以科技力量护航国家水安全以及可持续发展的战略目标。

[参考文献]

- [1]赵倩,祁冬.自动化信息技术对水利水电工程优化作用的研究[J].水上安全,2025(22):58-60.
 - [2]季雪.水利工程中电气自动化技术的运用研究[J].水上安全,2025(19):136-138.
 - [3]胡秀才.浅谈无人机监测技术在水利行业中的应用[J].治淮,2025(10):76-77.
 - [4]卢生楠.无线通信技术在水利自动化监控系统中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025(12):201-203.
- 作者简介：王健翔（1993.12—）毕业院校：四川农业大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位名称：新疆新安顺达水利水电工程有限公司，职称级别：中级职称。