

基于BIM技术的水利工程全生命周期运维管理模式探索

蒋传伟

武义县水务局, 中国·浙江 金华 321200

摘要: 水利工程是保障水安全和优化水资源配置的核心基础设施, 其科学高效的运维管理直接影响着工程运营的安全性和使用效益。传统水利水电工程运行管理存在着信息碎片化、各阶段衔接不畅、运行效率低下、风险管控滞后等突出问题, 难以满足水利水电工程高质量运行管理的需求。BIM模型是设计-施工-运营一体化的数据载体, 为解决传统运维难题提供了一条有效的技术途径。以水利水电工程全生命周期运维管理中的痛点问题为核心, 以BIM技术为核心支撑, 探索建立一套科学完备的BIM运维管理模式, 从平台构建、模型应用、流程重构三个层面对其进行具体部署, 并结合相关的实践场景对模式细节进行完善, 以表格形式对核心内容进行梳理, 为水利工程全生命周期运维管理的数字化、精细化、协同化发展提供理论借鉴和实践参考。

关键词: BIM技术; 水利工程; 全生命周期; 运维管理

Exploration of Full Life-Cycle Operation and Maintenance Management Model for Water Conservancy Projects Based on BIM Technology

Jiang Chuanwei

Wuyi County Water Affairs Bureau, China Zhejiang Jinhua 321200

Abstract: Water conservancy projects are core infrastructure for ensuring water security and optimizing water resource allocation. Their scientific and efficient operation and maintenance directly affect the safety and effectiveness of project operations. Traditional operation and management of water conservancy and hydropower projects face prominent problems such as fragmented information, poor coordination across different stages, low operational efficiency, and lagging risk control, making it difficult to meet the requirements for high-quality operation and management. BIM models serve as integrated data carriers for design, construction, and operation, providing an effective technical approach to address the challenges of traditional maintenance. Focusing on the pain points in the full-lifecycle operation and maintenance management of water conservancy and hydropower projects, and taking BIM technology as the core support, this study explores the establishment of a scientifically complete BIM operation and maintenance management model. The model is specifically deployed on three levels: platform construction, model application, and process reconstruction. Additionally, practical scenarios are used to refine the details of the model, and core content is summarized in tabular form, providing theoretical reference and practical guidance for the digital, precise, and collaborative development of full-lifecycle operation and maintenance management of water conservancy projects.

Keywords: BIM technology; Water conservancy projects; Full lifecycle; Operation and maintenance management

0 引言

随着智慧水利建设的不断推进, 水利水电运维管理正在由“被动维护、分散管理”向“主动预测、协同管控”转变, 全生命周期管理理念已经成为水利水电运维管理的核心指导思想。水利水电工程建设周期长, 结构复杂, 运行环境特殊, 涉及多个专业, 整个生命周期包含设计、建设和运营等各个阶段, 各个阶段的信息都是独立的, 很难共享, 这就造成了在运维阶段, 设计和施工阶段的核心数据不能得到很好的利用, 造成了运维决策的盲目、隐患的排查和浪费。BIM技术具有可视化、参数化、协同性和全生命周期等优点, 可以将工程各个阶段的几何、属性、管

理等信息进行集成, 建立统一的数字化模型, 实现设计、施工和运营各阶段的信息无缝连接和延续。

1 浙江山区县水利水电情况分析

浙江省是我国水利现代化和智慧水利的先行省, 其山地县多, 分布广, 以小型水库、山塘、堰坝、乡村供水、小水电站等为主要特点, 呈现出点多面广, 布局分散, 交通不便, 通讯条件有限, 运维力量薄弱的点。由于受地理环境、管理制度、技术水平和人员配备等方面的限制, 浙江山区县级水利水电工程运营管理存在着较为突出的问题: 项目信息分散, 纸质数据占大多数, 数字化程度较低; 由于维护人员数量和专业能力的限制, 很难实现日常

的、精细的巡检；在汛期，山洪、边坡和工程渗漏等灾害频发，应急响应和处置效果不佳；在设计、施工和运行过程中存在数据缺口，使得早期的信息很难对后期的管理提供有效的支持，导致维护决策的科学性不够。浙江山区县域水利水电运营压力不断加大，数字化改革持续深入，迫切需要引入 BIM 技术，建立适合山地特色的全生命周期运营管理模型，以突破传统管理瓶颈，提高山地水利水电项目的安全运营和高效管控。

2 基于 BIM 技术的水利工程全生命周期运维管理模式具体部署

2.1 平台搭建：构建 BIM 协同运维管理平台

2.1.1 硬件部署

根据水利水电工程的分布特点，对硬件设备进行合理布置，保证硬件系统的稳定可靠。对服务器、数据存储设备、网络设备、监控设备等进行重点的部署。其中，服务器是用来进行平台运行和数据处理的，使用一台高性能的服务器，以保证平台可以对大量的维护和维护数据进行高效的处理。数据存储设备主要用于对 BIM 模型、运行维护、监控等数据进行存储，并使用安全可靠的存储设备，并建立数据备份机制，保证数据的安全性和稳定性；网络设备被用来实现信息在各个主体和各个环节之间的传输，建立高速稳定的网络环境，达到有线和无线两种网络的覆盖，保证在偏远的水利水电工程中也可以实现实时的信息传输；监测设备主要用于对工程结构、设备运行状况、水文环境等相关信息进行采集，并部署于各关键节点上，实现实时数据采集和上传，为平台提供准确的数据支持。根据浙江山区县域地形复杂，部分地区网络信号微弱，供电不稳定等问题，还可以对硬件配置进行进一步的优化，利用边缘计算节点和云计算相结合的分布式结构，减轻山区野外的硬件负担。为解决边远山区 4G、5G 信号覆盖不足的问题，配备了北斗短消息通讯模块；针对山区高温高湿、雷击等恶劣条件，选择功耗低、防护等级高的监控终端，保证小水库、山塘、小水电站等重点项目的可靠数据采集和传输。

2.1.2 软件开发

软件开发要遵循标准化和模块化的原则，保证软件具有良好的兼容性和扩展性，以适应不同类型和规模的水利工程项目。主要功能模块包括：模型管理模块，实现 BIM 模型的引入、更新、查询和展示等功能；协同运维模块，实现各主体间的信息共享，交流合作，任务分派，进度控制等功能。隐患控制模块，实现对隐患的检查、报告、处

理和追踪，对隐患进行全过程控制；设备管理模块实现了设备信息的输入，运行情况的监控，维修记录的管理，故障的处理等功能，实现了设备的整个生命周期的维护；数据分析模块实现了对运行和监测数据的分析，并对其进行分析，为维护管理决策提供科学的依据^[1]。以浙江山区县为例，在软件上增加轻量化模型浏览、离线监测、小水电站生态流量监测、山洪灾害预警、农村供水管网监测等多个功能，以满足山区县实际运营管理的需要。

2.1.3 数据集成

数据集成是构建水利水电工程全生命周期内各类数据的关键，需要对水利工程全生命周期内的各种数据进行统一管理 and 共享，为水利水电工程运维管理提供全面准确的数据支持。其中，BIM 模型数据包含了工程几何、材料属性、结构参数等信息；设计与施工资料主要包括设计图、施工记录、隐蔽工程资料、质量测试资料等；运行数据包括设备维修记录，隐患处理记录，运行任务记录等；监测资料主要包括工程结构监测、设备运行监测、水文环境监测等；外部资料包括气象资料、水文资料、工业标准资料等。针对浙江山区县的实际情况，将山地小流域水文资料、地质灾害隐患点资料、山塘巡查日志、小水电站运行日志、农村供水水压与水质资料进行整合，并与浙江省水利数字平台进行数据融合，实现省、市、县三级数据的互联，为山地水利水电项目的全域管理提供数据支持。

2.2 模型应用：深化 BIM 模型在运维管理中的落地应用

2.2.1 隐患管控中的模型应用

通过对 BIM 模型的深入研究，实现对隐患的精确识别、快速处置和全过程跟踪，提高隐患控制水平^[2]。在隐患排查阶段，运维管理者可以利用 BIM 模型对项目各个部分的结构特征进行查看，并与监测数据相结合，对工程结构和设备运行中存在的隐患进行精确的识别，并对隐患的位置、种类、严重性等进行标注，并将其与 BIM 模型相关联；在隐患处置阶段，依据 BIM 模型所展现出的隐患信息，制定有针对性的处置计划，对处置过程、人员、时限等进行详细说明，并通过平台对处置任务进行实时追踪；在隐患追踪阶段，对隐患的处理过程和处理结果等进行更新，实现对隐患的控制闭环，便于对后续的隐患进行排查和管理，防止类似的隐患再次发生。以浙江山区县域为研究对象，通过 BIM 技术，对水库坝体渗漏、泄洪道堵塞、边坡滑坡、山塘险情、引水渠道破损等山区高频次灾害进行精确定位和可视化管理，并结合山区汛期灾害特征，实

现对山区工程灾害的自动化预警和分级处理,提高山区工程灾害的防治水平。

2.2.2 设备管理中的模型应用

将设备信息、维修记录、运行数据等信息与 BIM 模型相结合,使运维管理者能够快速获得设备型号、安装地点、技术参数、维修记录等详细信息^[3]。同时,与实时监测数据相结合,对设备的运行状况进行实时监控,并在设备发生异常时发出警报,提醒运维管理人员及时采取措施;在此基础上,结合 BIM 模型,制定设备维修计划,确定维修周期、维修内容和维修标准,使设备维修工作标准化、规范化,降低设备故障率,减少设备维修费用。以浙江山区县为对象,结合大量小型水电站机组、灌溉水泵、供水增压设备、阀门仪器等设备,采用 BIM 技术,可以对设备位置进行可视化,实时监测运行状态,并自动预警维修计划,以解决山区设备分散、巡检困难、维修不及时等难题,确保小水电稳定发电和农村供水安全。

2.2.3 应急处置中的模型应用

在应急预案编制阶段,根据 BIM 模型对工程结构、设备布置、水文环境等信息进行分析,制定有针对性的应急预案,对应急处理过程、职责划分、物资调配等进行详细的分析;当突发事件发生时,利用 BIM 模型快速定位事故发生地点,查看周边工程结构和设备分布状况,支持应急处置决策;在此基础上,利用 BIM 模型对应急处置过程进行仿真,对应急处置方案进行优化,引导应急救援人员开展工作,提高应急处置的效率和科学性,将突发事件带来的损失降到最低。针对浙江山地小流域洪涝、滑坡、工程险情等灾害频发的特点,基于 BIM 的洪水演化模拟、避险路径分析、应急物资调配可视化等技术手段,能够为县级水利部门的应急决策提供技术支持,提高山地复杂环境下的应急救援效能。

2.3 流程改造:优化水利工程全生命周期运维管理流程

2.3.1 设计与运维衔接流程改造

设计阶段,运营部门提前介入,根据运营的实际需

要,为设计者提供相应的维护建议,以保证设计过程的便利性和经济性。设计单位将运维管理相关的信息,包括设备的安装位置、维修空间、监测点布置等,作为运营阶段的基础数据;设计结束后,设计单位将完整的 BIM 模型、设计图和技术规范等信息传递给运营方,运营方审核和整理这些数据,并把相关的信息集成到 BIM 运维管理平台中,实现设计和运营的有效衔接^[4]。结合浙江山区县域水利工程的特点,在设计与运维的衔接中,需要着重解决山区建设条件、运维通道设置、监测设备供电和通信方案、生态流量保障设施等方面的问题,以保证设计方案贴合山区实际,降低后期运维难度,见表 1。

2.3.2 运维实施流程改造

通过对传统运维实现流程的优化,结合 BIM 技术和平台应用,构建“监测—分析—预警—处置—反馈”的闭环运维实施流程,实现运维管理的精准化和高效化。首先,利用监测设备对工程结构、设备运行状况和水文环境等进行实时采集,并将其上传到 BIM 协同运维管理平台;其次,平台数据分析模块分析收集到的数据,结合 BIM 模型信息,识别异常情况并给出预警;在此基础上,运维管理人员根据预警信息和 BIM 模型所呈现的相关内容,制订处置计划,并在平台上发布处置任务,确定责任人和处置时限;处置结束后,相关人员将处置结果上传到平台,并进行 BIM 模型和运行记录的更新;最后,评估处置效果,总结经验教训,优化运维方案,实现闭环管理。针对浙江山区乡镇运维力量薄弱、项目分布分散的问题,通过本项目的闭环,可以简化移动端的业务流程,实现离线巡检、语音上报和自动派单等功能,适合村级网格和基层运维人员,提高山区运维的执行效率。

2.3.3 协同管理流程改造

协同管理过程主要由任务分配、信息交流、进度控制和责任追溯四个部分组成。在任务发布环节,水利管理部门将运维任务发布到平台上,对任务内容、责任单位、完成时限等进行了详细的说明^[5]。在信息交流环节中,各主体利用平台进行有关信息的共享,对工作进展、存在的问

表1 设计与运维衔接流程改造内容表

衔接流程环节	核心实施内容	责任主体	实施目标
设计阶段提前介入	运营部门提前参与设计过程,结合实际运维需求,为设计方提供维护便利性、经济性相关建议	运营部门、设计单位	确保设计方案贴合运维实际,降低后续运维成本,提升设计合理性
设计信息传递与集成	设计单位梳理运维相关基础数据,设计结束后提交完整BIM模型、设计图及技术规范;运营方审核整理数据,集成至BIM运维管理平台	设计单位、运营方	实现设计信息向运维阶段有效传递,为运维管理提供基础数据支撑
常态协同交流优化	建立设计与运营常态交流机制,运营方反馈运维中出现的设计问题,设计方优化设计方案	设计单位、运营方	打破信息隔离,实现设计与运维协同优化,提升整体工程运维效能

题等进行及时的交流,保证信息的及时准确传递;在进度控制方面,各主体利用平台实现任务进度的实时更新,水利管理部门对进度实施监控和控制,及时发现和解决进度滞后问题;在可追溯性方面,平台将每个主体的工作内容和成果等都记录下来,一旦出现问题,可以追溯到责任人,保证责任的落实。通过在浙江山区县推广应用,明晰县级水利部门-乡镇水利站-村级网格-专业维护公司之间的权责界限,达到“县级监管,乡镇统筹,村级巡查,专业处置”的高效联动,解决山区管理链条长、响应不及时

3 结语

BIM技术是水利工程全寿命周期信息持续传递的统一数据载体,为破解水利行业传统运维管理难题,推动水利行业信息化转型提供了一条有效途径。以水利水电工程全生命周期运维管理为研究对象,以全生命周期管理理论、协同管理理论和数字管理理论为基础,结合水利水电工程运维管理现状和难点,以BIM技术为基础,构建水利水电工程全生命周期运维管理模式,明确其构建原则和总体框

架,从平台构建、模型应用、数据重构三个层面展开具体部署,通过硬件部署、软件开发、数据整合等手段,构建BIM协同运维管理平台,通过模型改进、可视化运维、隐患管控等方面深化BIM模型的应用,以实现项目的标准化和协同化。

参考文献:

- [1] 贺爽,张玉. BIM技术在水利工程全生命周期中的集成应用与管理[J]. 河南水利与南水北调, 2026, 55(01): 81-83.
- [2] 张洁芸,张帆,王晨等. 基于BIM与无人机技术的水利工程全生命周期设施设备运维管理优化策略[J]. 无人机电, 2026(01):123-125.
- [3] 杨双喜. 绿色金融政策下水利工程全生命周期造价管理模式创新研究[J]. 经济研究导刊, 2025(24):137-140.
- [4] 孙恒雨,郝倩. 水利工程建设与管理优化路径研究[J]. 治淮, 2025(10):80-81.
- [5] 厉莎,曾瑜. 全生命周期管理理念在水利工程EPC模式下工程造价管理中的应用[J]. 小水电, 2022(01):6-7+23.