BIM 技术在水库除险加固工程施工管理中的应用研究

张宇[1]，王松叶[1]，陆春荣[2]，臧亮[1]
1. 新沂市乡镇供水有限公司，江苏 徐州 221400
2. 新沂市帝方水利工程有限公司，江苏 徐州 221400
DOI:10.61369/ETQM.2026090039

摘　　要： 除险加固工程是修复水库病害、恢复工程功能、延长水利设施使用寿命的重要手段，相比新建水库工程，它的施工范围小、新旧结构衔接难、施工干扰因素多，对施工过程的精准化管理、工序统筹、风险防控有更高的要求。传统的水库除险加固施工管理大多依靠二维图纸、人工统筹的方式，存在着信息传递滞后、空间布局预判不够、工序衔接混乱、协同管理效率低下的诸多问题，不能满足现代化水利工程施工控制的要求。BIM 技术是建筑工程数字化转型的主要技术，可以将工程信息进行集成化存储、可视化呈现、全周期动态控制，可以很好地适应水库除险加固工程复杂的施工环境。

关 键 词： 除险加固；施工；BIM 技术

Research on the Application of BIM Technology in Construction Management of Reservoir Risk Removal and Reinforcement Projects

Zhang Yu[1], Wang Songye[1], Lu Chunrong[2], Zang Liang[1]
1. Xinyi Township Water Supply Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu 221400
2. Xinyi Difang Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu 221400

Abstract: Risk elimination and reinforcement engineering is an important means of repairing reservoir diseases, restoring engineering functions, and extending the service life of water conservancy facilities. Compared with new reservoir engineering, its construction scope is smaller, the connection between new and old structures is difficult, and there are more construction interference factors. It has higher requirements for precise management, process coordination, and risk prevention in the construction process. The traditional construction management of reservoir hazard removal and reinforcement mostly relies on two-dimensional drawings and manual coordination, which has many problems such as lagging information transmission, insufficient spatial layout prediction, chaotic process connection, and low efficiency of collaborative management, and cannot meet the requirements of modern water conservancy engineering construction control. BIM technology is the main technology for the digital transformation of construction engineering, which can integrate and store engineering information, visually present it, and dynamically control it throughout the entire cycle. It can adapt well to the complex construction environment of reservoir reinforcement projects.

Keywords: risk elimination and reinforcement; construction; BIM technology

引言

水库除险加固工程属于水利基础设施运维保障的重要部分，施工场景繁杂，工序交叉频繁，管控标准高，传统的施工管理模式不能满足精细化、规范化工程建设的要求。BIM 技术依靠三维可视化、协同化、模拟化的主要特点，可以重新塑造水库除险加固工程施工体系，贯穿施工全过程实现管理升级。本文以水库除险加固工程施工管理场景为研究对象，对 BIM 技术应用的原则和内涵进行系统的阐述，从多个方面研究 BIM 技术的应用路径，根据水利工程施工逻辑建立适应性强的 BIM 施工管理体系，为提高水库除险加固工程施工质量、改善施工流程、加强管理效能提供理论支持和实践参考，促进水利除险加固工程施工管理的数字化、智能化转型。

一、BIM 技术在水库除险加固工程施工管理中的应用原则

（一）精准适配性原则

精准适配性原则是 BIM 技术赋能水库除险加固工程施工管理的基本原则，主要依据水库除险加固工程特有的施工特点，对 BIM 技术进行有针对性的应用，避免出现技术套用、同质化、形式化的现象。水库除险加固工程不同于常规水利新建工程，其主要施工内容是针对原有的工程病害进行修复、结构补强和设施更新，施工过程中要兼顾原有水库结构的安全性和加固改造的合规

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

性，每一个施工环节都要符合既有工程的结构参数、地质条件、运行状态[1]。应用 BIM 技术开展施工管理工作时，不能采用通用化的工程建模和管理方式，要根据项目实际情况，准确获取水库原有的结构信息、病害分布特点、加固施工工艺标准等重要数据，建立一个完全符合项目需要的数字化模型。用模型精确还原坝体、溢洪道、输水建筑物等主要结构原来的形态，按照除险、补强、防渗等不同的施工工序要求来匹配 BIM 模型的创建、模拟、分析等功能，使 BIM 模型的创建、模拟、分析功能完全服务于水库除险加固施工管控的核心目标，保证技术应用与工程实际需求高度契合，充分发挥数字化技术的管控价值。

（二）全程协同性原则

全过程协同性原则贯穿于 BIM 技术在水库除险加固工程施工管理中的全过程，是解决传统工程管理信息孤岛、各方面的脱节问题的主要标准。水库除险加固工程施工参与主体众多，包含建设单位、施工单位、设计单位、监理单位和水利质量监督部门等，各个主体各自承担着不同的任务，即方案设计、现场施工、质量监督、工程统筹等，施工工序包含土方开挖、结构加固、防渗处理、设备安装等诸多交叉环节，信息传递的及时性和准确性直接影响到施工管理的效果。依靠 BIM 技术创建一体化数字化协同管理平台，可以冲破各个参与主体、各个施工环节之间的信息壁垒，把工程模型、施工方案、工序安排、管控标准等主要信息整合到数字化系统里。各方主体可以借助平台及时获取工程信息、同步施工进度、反馈现场问题、共同调整施工方案，从而达成施工前期筹备、中期现场控制、后期验收归档等各个环节的协同作业，较好地避免了由于信息不对称而造成的工序冲突、施工偏差、整改滞后等问题，进而全面提高水库除险加固工程施工管理的协同效率。

二、BIM 技术在水库除险加固工程施工管理中的应用内涵

（一）施工信息数字化集成内涵

施工信息数字化集成是 BIM 技术应用到水库除险加固工程施工管理的主要内容，彻底改变传统工程信息纸质化、碎片化、分散化的存储和管理模式。水库除险加固工程所涉及的工程信息量大、种类多，既有原有的水库结构图纸、地质勘察数据、历年运行监测信息，又有加固工程的施工设计方案、工艺参数、质量标准、进度计划等新的工程资料，传统管理模式下各种信息分散存储、查找困难、更新迟缓，容易造成信息丢失、数据错误等状况。BIM 技术把工程几何信息、工艺信息、质量信息、进度信息、安全信息等各方面的数据整合成一个参数化、可视化的工程信息数据库，用三维数字化模型作为主要的载体[2]。在施工管理全过程里，所有的工程信息都可以和对应的模型构件建立关联关系，从而达成信息与实体工程一一对应的效果，管理人员可以借助模型来快速调取、更新并核查各种施工信息，使水库除险加固工程的施工管理由原来的依靠经验、纸张进行管理转变成以数据为基础、精准化的数字化管理，给后续施工模拟、质量控制、进度改善赋予有力的数据支撑。

（二）施工过程可视化管控内涵

施工过程可视化管控是 BIM 技术相比于传统管理模式最大的优势内涵，可以很好地解决水库除险加固工程隐蔽工序多、现场管控难、施工预判不准的管理痛点。水库除险加固大量施工内容集中在地下、坝体内部等隐蔽区域，坝基防渗处理、内部裂缝修补、地下管线改造等工序不能用肉眼直接观察到，传统的施工管理很难提前预知施工风险、精确控制施工细节，很容易造成施工不规范、加固不到位等质量隐患。BIM 技术可以依靠工程实际参数创建出高精度的三维可视化模型，可以很好地体现水库原有的结构形态以及加固施工的整体布局，而且可以清楚地看到各个施工工序所处的空间位置以及相互之间的衔接状况。管理人员通过可视化模型可以全方位地对施工全过程进行观察，及时发现工序冲突、空间干涉等问题，掌握隐蔽工程各方面的施工情况，还可以通过模型与实际施工情况的对比，对水库除险加固施工全过程、全区域的施工状况进行可视化监管，大大提高施工管控的准确性、直观性。

（三）施工方案动态化优化内涵

施工方案动态化优化属于 BIM 技术改善水库除险加固施工管理科学性的关键内容，符合除险加固工程施工工况多变、方案调整频繁的工程特性。水库除险加固工程现场环境复杂，施工过程中经常会出现原结构病害程度超过预期、地质条件和勘察数据不符、现场施工空间受限等突发状况，传统的固定化施工方案很难适应动态变化的施工现场，如果强行按原来的方案施工，容易造成质量问题、进度滞后和安全问题[3]。BIM 技术具有很强的施工模拟和动态优化能力，可以将现场实际情况纳入施工模拟之中，对原来的施工方案做三维动态模拟，推演各个工序的施工过程、施工速度和资源配置情况。通过模拟结果准确找到方案中不合理的地方，针对性地优化工序排布、施工工艺、资源配置等，根据现场施工动态变化及时调整模型参数和施工方案，使施工方案始终保持适应水库除险加固工程现场施工的需求。

三、BIM 技术在水库除险加固工程施工管理中的应用

（一）在施工前期筹备管理中的应用

施工前期筹备是保证水库除险加固工程顺利开展的基础性工作，对后续施工管理起着决定性的作用，BIM 技术可以从模型建立、方案审核、交底控制等各方面全方位地改善前期筹备工作。在工程筹备阶段，技术人员可以将水库原始勘察资料、竣工图纸、病害检测报告和加固设计方案进行整合，创建高精度 BIM 三维参数化模型，对整个水库坝体、溢洪道、输水洞、启闭设备等所有的构筑物结构形态及空间关系进行全方位的呈现，并且准确地显示出了原有的工程病害位置、破损程度以及加固施工的范围。依靠搭建好的数字化模型，可以对施工设计方案进行全面的核验，发现设计图纸中存在空间冲突、工序矛盾、设计疏漏等各方面的问题，提前完成设计优化和方案整改工作，防止施工过程中出现设计变更、返工整改等情况。同时可以利用 BIM 可视化模

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

型进行可视化技术交底，摒弃传统的文字交底、二维图纸交底的模糊性、局限性，使施工人员直观、清楚地掌握各个部位的加固工艺、施工标准、操作要点。

（二）在施工过程动态管控中的应用

施工过程动态管控属于水库除险加固工程管理的关键部分，BIM 技术可以对施工进度、施工质量、施工安全实施全方位的动态管控，破解传统现场管理的滞后性以及片面性[4]。进度控制上可以将 BIM 三维模型和施工进度计划相联系，建立4D 可视化施工进度模型，对各个阶段、各个工序的施工推进情况进行动态模拟，及时发现实际施工进度与计划进度之间的差异，一旦出现进度滞后问题，可以迅速找到滞后的原因，通过改善工序衔接、调配资源、调节施工节奏等方法及时纠正偏差，保证工程按时完成。质量控制依靠 BIM 模型的参数化特点，把各个工序的施工质量标准、工艺参数输入到模型中，施工时对照模型参数对现场施工质量进行检查，重点对坝体加固、防渗施工、结构修补等关键工序的施工质量进行控制，及时发现并纠正施工不规范、加固质量不合格的问题，实现质量控制的精细化。在安全控制上，利用 BIM 模型对施工现场的空间布置、施工路线、高危作业区进行模拟，提前发现边坡施工、高空作业、深基坑施工等环节的安全隐患，提前设置安全防护设施和危险区，实时监控施工过程中存在的安全隐患。

（三）在施工竣工归档管理中的应用

传统的水库除险加固工程竣工归档主要依靠纸质资料，该种模式在实际应用中暴露出诸多不足之处，其中最为明显的是资料整理工作繁杂费时，需要投入大量的人力物力进行分类、装订、编号等操作，大量的纸质图纸、报告、记录等存储于物理空间之中，管理成本高企，而且当需要查询或者调取某一时期的历史资料时，往往效率低下，不能迅速准确地检索到所需信息，纸张在长期保存的过程中容易受到潮气、虫蛀、磨损以及丢失等损害，从而造成珍贵工程记录的损坏风险增大[5]。更重要的就是静态的纸质载体不能动态、立体地完整地再现工程施工全过程中的各种细节信息和时空联系。依靠 BIM 技术开展竣工归档管理，就可从根本上改变这个流程。该技术可以将施工全过程产生的全部数字化信息整合成一个闭环，即施工全过程信息闭环。除了最终优化定版的施工方案外，还有施工过程中的各种工序参数的调整、现场质量检查和验收记录、全周期安全风险控制数据、根据实际进展情况调整的进度资料、所有的工程变更洽商信息等。将所有的结构化和非结构化的施工信息用属性关联、模型挂接的方式，统一集成到三维的 BIM 竣工模型里，形成一个逻辑清晰、信息互联的一体化数字化竣工档案库。由此产生的 BIM 竣工模型，其主要价值就是可以以数字化的方式，完整、真实、准确地反映水库除险加固工程竣工后最终的三维形态、几何尺寸、材料属性和隐蔽工程构造，并且可以保存与之有关的所有施工信息。相比于传统的纸质档案，数字化档案在存储的安全性方面得到了很大的提高，可以采取多重备份和权限管理的方式来避免丢失或者被篡改的情况发生，查阅的便捷程度也达到了前所未有的高度，能够进行关键词检索、三维可视化定位以及信息的快速调取，而且在信息完整性和关联性方面还具备了无法比拟的优势，形成了一个可以追溯、可以分析的“数字孪生”资产。

四、结束语

BIM 技术以数字化集成、可视化控制、动态化优化为特点，很好地适应了水库除险加固工程施工场景复杂、工序多、精度高、管控精度高的工程特点，将其应用于施工管理全过程，可以有效地革新传统施工管理模式，规范施工准备、现场管理、竣工验收等各个环节的管理流程，解决传统管理中信息孤岛、管理滞后、精度不够等问题。通过对 BIM 技术在水库除险加固工程施工管理中主要的应用原则和内涵进行梳理，对 BIM 技术在前期准备、过程控制、竣工归档这三个主要场景下的具体应用路径进行细化，并且创建起一套完整的 BIM 数字化施工管理体系。

参考文献

[1] 何聪 . 水库除险加固工程施工管理关键要点与质量监督策略研究 [J]. 水上安全 ,2025,(20):139-141.

[2] 乔守江 . 燃灯寺水库除险加固工程施工管理要点分析 [J]. 工程与建设 ,2025,39(4):951-953.

[3] 王仕春 . 解析水库除险加固工程施工管理中的注意事项 [J]. 水上安全 ,2024,(22):160-162.

[4] 秦博 . 三角山水库除险加固工程施工风险管理措施研究 [J]. 工程技术研究 ,2024,9(19):153-155.

[5] 李中朋 . 小型水库除险加固工程施工管理存在的问题及对策研究 [J]. 水上安全 ,2024,(8):137-139.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.