

Research on BIM in the Whole Life Cycle Management of Water Conservancy and Hydropower Projects

Yanan Guo¹ Yang Wang²

1. Water Affairs Bureau of Donghai County, Lianyungang, Jiangsu, 222300, China

2. Donghai Wanlian Water Engineering Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222300, China

Abstract

The application of BIM technology in the field of engineering construction is becoming increasingly common, and its potential in the whole lifecycle management of hydraulic and hydropower projects is increasingly prominent. This paper mainly explores how BIM technology can enhance the scientific nature and management efficiency of project management in hydraulic and hydropower engineering. The paper points out the current status of water conservancy project management, analyzes the theoretical framework and practical paths of applying BIM technology in hydraulic and hydropower project management, and discusses how BIM technology can realize value in optimizing project design, construction, and maintenance stages. By briefly analyzing the performance of BIM technology in actual engineering cases, the research findings are summarized, providing new theoretical perspectives and practical solutions for the management of hydraulic and hydropower projects, laying a foundation for further exploration of BIM technology applications.

Keywords

BIM; Hydraulic and hydropower engineering; Whole lifecycle management; Information management

BIM 在水利水电工程全生命周期管理的研究

郭亚楠¹ 王阳²

1. 连云港市东海县水务局, 中国·江苏 连云港 222300

2. 东海县万联水务工程有限公司, 中国·江苏 连云港 222300

摘要

BIM技术在工程建设领域的应用日渐普遍, 潜力在水利水电工程的全生命周期管理中日渐凸出。本文主要探讨BIM技术在水利水电工程中如何提升项目管理科学性和管理效率^[1]。本文指出了当前水利工程管理的现状, 分析了BIM技术应用于水利水电工程管理的理论框架和实践路径, 探讨了BIM技术如何在优化工程设计、施工和维护阶段实现价值。通过简析BIM技术在实际工程案例中的表现, 总结了研究成果, 提供了水利水电工程管理新的理论视角和实践方案, 为深入探究BIM技术的应用打下了基础。

关键词

BIM; 水利水电工程; 全生命周期管理; 信息化管理

1 引言

1.1 研究意义与现状

国民经济和社会发展中水利水电工程项目的地位越来越重要。水利水电工程项目具有多重特点, 不仅建设周期长, 而且投资额度大、影响范围广。项目全生命周期的管理质量直接影响着项目的成败、社会效益大小、环境影响范围。然而, 在传统的项目管理实践中, 诸如信息隔阂、沟通协调的障碍以及资源配置效率低下等问题层出不穷, 这些问题显著制约了项目管理的效率与成效^[2]。因此, 引入BIM技术对

于提升水利水电工程全周期管理的质量显得十分关键。BIM技术广泛应用于建筑领域, 特别是在欧美等地, 众多研究项目已成功将BIM技术的应用拓展至水利工程范畴, 并实现了显著成果^[3]。国内对BIM技术的研究起步晚、发展比较快, 目前在建筑行业广泛使用。然而, BIM技术针对水利水电工程项目的全生命周期管理的深度应用仍处于探索阶段, 迫切需要进行更为深入细致的探讨与实践^[4]。

1.2 主要研究内容

本研究主要探讨在水利水电工程全生命周期管理中, BIM技术如何展现应用潜能。核心内容包括: (1) 构建一个基于BIM的水利水电工程全生命周期管理框架, 从而为工程项目从规划设计到运营维护各个阶段提供全面支持; (2) 详细分析BIM技术如何在设计、施工及维修养护这几

【作者简介】郭亚楠(1993-), 女, 中国江苏连云港人, 本科, 助理工程师, 从事水利工程管理研究。

个关键时期促进效率提升与成本控制。通过案例研究验证 BIM 的实际效用和优势；(3) 透过具体工程实例展示 BIM 技术如何解决传统方法难以克服的问题，从而推动行业发展。通过对上述内容的系统性探索，揭示 BIM 技术对于提高水利水电项目管理质量的重要性、必然性，推动 BIM 技术在水利水电领域的深度融合与广泛应用，为提升工程管理水平提供坚实的理论支撑和技术参考^[5]。

2 BIM 技术在水利水电工程全生命周期中管理应用方案

BIM 技术能够整合项目多个参与方的多学科信息。它以数据为基石来数字化模拟工程全生命周期表现，从而对工程的设计、施工和运行维护进行指导。提升项目管理质量^[6]。主要管理流程如图 1 所示。在设计阶段：利用三维建模可视化与多方协同作业，能实现减少多个学科之间的碰撞、冲突，避免了设计变更。结合有限元分析，BIM 技术可以实现校核验证与优化设计；在施工阶段：BIM 5D 技术实现精准施工管理、进度管理、合同管理、造价管理^[7]；在运营维护阶段：基于“互联网 + BIM”模式综合展示 BIM 模型，能够集成安全监控、资产管理等功能，保障设施长期健康平稳运行^[8]。

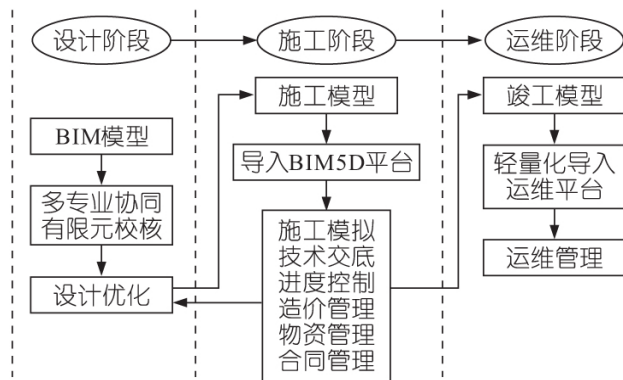


图 1

2.1 工程设计阶段的应用

在水利水电工程的规划设计阶段 BIM 技术广泛应用，主要用于建立详尽的三维数字化模型。这种模型集成了设计参数、性能指标以及构造细节等多种信息数据^[9]。BIM 平台为使用者提供了多种功能，主要优势体现在可视化审查、碰撞检测和能量分析等方面，使用 BIM 平台能够确保设计的可行性和合理性。BIM 模型的应用，能够协助使用者在项目初期阶段提前识别出多种潜在的设计和施工方面的问题，这一前瞻性的识别过程显著减少后期的修改需求和施工开始后的返工现象^[10]。

2.1.1 建模阶段

基于 Revit 软件“族”工具运用放样融合命令能完成坝体等构筑物实体建模，直接区分不同坝段，断面形状^[11]。如在坝段中可对每个部位进行绘制，内容包括砼面板、过渡层、垫层、主堆石区、次堆石区在内，具体为分别以建“族”

为操作步骤，并对各类族赋予相关参数信息，其中赋予的多属性特征信息能便于后期调取使用。通过生成的剖面，可以方便地获取到所有 2D 平面图，调整三维模型后也能实时更新这些对应的剖面，减少发生普通 CAD 绘图时存在的更改某一部分引发修正其他剖面图的问题。

2.1.2 协同设计与深化

BIM 能够实现协同设计、实时交互。统一的协作平台（如 Vault）能够轻易实现所需的设计参数和信息数据的唯一性和及时性，避免专业间重复更新，直接减少信息传输造成的错误，从而有效提升设计的效率和质量^[12]。不同专业通过 BIM 实现数据共享，共同分享数据参照和关联的便利，实现了模型更新的实时传递和并行设计，节省了不同专业工作人员沟通时间的耗费。

在设计深化阶段，可以实现不同专业的成果集成，具体能使用 Navisworks 软件操作。集成建筑、结构、机电等多领域设计，可以实现碰撞检查和施工模拟，进而有效解决不同专业间的冲突，并把施工过程中的设计变更减少到最低水平，工程的施工效率明显提高，工程质量进行相应提升，投资控制水平显著提升^[14]。

比如，由长江勘测规划设计研究院参与建设的乌东德水电站枢纽工程，工程设计初期就借助 CATIA 平台的 BIM 技术，实现了设计、施工无缝对接。应用时融入了研究所的 BIM 标准体系，以各专业全参数化的建模方法^[13]。通过建立丰富的模板库和骨架关联设计技术的应用，结合高效的协同作业机制和权限管理体系的支持，从而提高建模效率，加快图纸生成速度，同时 BIM 的应用解决了多专业碰撞问题和工程量计算复杂结构的难题，提升了方案优化效率^[15]。

2.2 工程施工阶段的应用

运用 BIM5D 技术（BIM3D 模型 + 进度 + 造价），能够将 BIM 模型与现场数据无缝对接，从而实现施工过程的全面、实时监控和管理^[16]。监控和管理内容包括进度控制、合约控制、物资控制、工程量计取、造价文件编制、施工模拟等诸多环节^[17]。将施工 BIM 模型在管理平台进行融合，能够实现图纸、设计变更、合同、签证、工作联系单等资料上传操作，实现轻量化。BIM 的使用还能帮助管理人员实现实时查阅和优化施工计划、管理物料供应链、监控安全和质量控制过程，从而指导施工^[18]。施工人员则可以访问移动设备上的 BIM 模型，来获取最新的施工信息和施工操作指令，从而保证施工步骤合理、规范、准确，减少可能存在的返工与质量检测不合格情况的发生^[19]。

比如，位于上海国际航运服务中心的西船闸工程，在工程设计时创建了第一个 3D 打印的可拆卸模型。该模型的创建就是融合了 BIM 与 3D 打印技术来实现。模型的构建主要优势是达到了多方协同设计和管理的效果^[20]，为前端输水廊道模板安装和设计带来了革命性的解决方案。该项目还通过首创的 PPIM 系统和标准编码的水工预埋件，优化验

收流程和方式,提高了预埋件埋设的精确度,提高了工程施工精度,最大限度降低了工程建设成本。BIM技术应用到工程中能达到显著提升各参与方之间的沟通效率的效果,极大程度提高分部、分项工程的验收合格率。通过缩短项目工期、优化船闸设计以及解决水工预埋件验收和复杂异形多曲面结构施工等难题,并开发、建立船闸实时监控,实现了BIM技术应用于工程设计、施工、运维等阶段的新模式。

2.3 工程运营维护阶段的应用

2.3.1 设备监控与预警

通过将BIM技术与物联网及传感器技术相结合,可以实现对工程设备进行实时的数据采集、数据监控。通过部署安装各种传感设备来实时捕获设备的工作状态和环境参数,将数据通过BIM模型进行整合和可视化,能便于操作人员在三维环境中直观地查看设备运行情况。综合利用BIM技术、大数据分析技术和机器学习算法进行处理能够实现对设备的历史数据的趋势分析和预测,识别出潜在的设备设施故障,从而实现早期预警,有效提升设备的可靠性,减少设备的维护成本和缩减由于设备停机时间长造成的损失。

2.3.2 运维过程追溯与管理优化

BIM模型可以实现优化维修保养流程,详细标记每次维护活动的信息到BIM平台,包括维护内容、责任人、使用的材料和备件等,可以实现高效的运维管理。系统化进行存储和管理以上信息能方便后续查询和审计,做到可追溯、易找到根源。在BIM平台上制定并细化维护保养计划,可以实现自动提醒未来的维护任务。将设备的实时监控数据和使用情况进行结合,并动态调整维护周期和内容,能够确保设备始终能够处于最佳的运行状态。尤其对于一些关键的转动性机械根据实际运行时间和维护记录来动态调整润滑周期,能够减少过度维护或欠维护现象发生,达到延长设备的使用寿命,显著降低运维成本的效果。

比如位于黑龙江省西南部的某田间工程项目采用Powercivil与BIM相结合的方式,建立对应的农田水利BIM三维模型,把工程所涉及的建筑采用CATIA的参数化功能进行建模,运用过程是由Flow master进行相应参数的输入,获得水面曲线,并通过AR实现最终的图纸交付。在工程运行维护阶段,通过开发后期运行管理平台的开发,农田水利工程信息化管理已实现。

3 结论与建议

本文对BIM技术在整个水利水电工程全生命周期管理中的应用进行了分析。结果表明,引进BIM技术能显著提高水利水电工程项目的工程效率,降低项目成本,提高项目质量。同时,BIM作为一种动态更新的强大信息库,制作的模型能够持续为项目运营提供可靠的数据支持。

参考文献

[1] 牛博生.BIM技术在工程项目进度管理中的应用研究[D].重庆大学[2024-12-17].DOI:10.7666/d.y2152537.

- [2] 褚洪英.基于BIM的装配式建筑全生命周期管理方法研究[J].工程机械与维修,2023.
- [3] 冯斤.BIM技术在水利工程中的应用[J].工程技术研究,2019,4(19):3.DOI:CNKI:SUN:YJCO.0.2019-19-040.
- [4] Li X, Zhang X, Shen Y, et al. Application Status and Analysis of BIM in Pit Engineering[J]. Journal of Physics Conference Series, 2020, 1710:012006. DOI:10.1088/1742-6596/1710/1/012006.
- [5] 王朔.BIM技术在装配式建造中应用效益评价研究[D].华中师范大学,2023.
- [6] 赵志浩.建筑信息模型(BIM)技术基础 建筑设计[M].黄河水利出版社,2022.
- [7] Ahmad A, Fathi M S. 5D BIM Implementation to Overcome Cost Management Issues in Upstream Oil and Gas Projects in Malaysia: A Review[J]. Journal of Technology Management & Business (JTMB), 2024, 11(1). DOI:10.30880/jtmb.2024.11.01.007.
- [8] 崔麟.基于工程管理信息化与BIM技术应用[J].建筑发展,2022,6(4):66-68. DOI:10.12238/bd.v6i4.3946.
- [9] 董洁.BIM技术在精装修设计中的应用[J].新材料·新装饰,2023,5(3):70-72. DOI:10.12203/j.xclxzs.1671-9344.202303020.
- [10] 李应来.BIM技术在城市地下综合管廊中的应用研究[J].安徽建筑,2021,28(7):2. DOI:10.16330/j.cnki.1007-7359.2021.07.074.
- [11] 邓玉星,李进平,苏凯.基于Revit二次开发的水轮机蜗壳自动建模方法研究[J].水利水电快报,2022,43(1):7.
- [12] 侯勇,洪亮,史春勇,等.一种基于BIM技术的LNG接收站取水口协同设计方法:CN201911374534.X[P].CN111199068A[2024-12-17].
- [13] 路佳欣,程雷梓.BIM技术在乌东德水电站施工阶段的应用研究[J].葛洲坝集团科技,2021(1):75-79.
- [14] 蒯鹏程;赵二峰;杰德尔别克·马迪尼叶提;李培聪;张恒;李家田;基于BIM的水利水电工程全生命周期管理研究,《水电能源科学》.
- [15] Liu B. Application Research on the Integration of Civil Engineering and Computer-aided Building System Based on the Development of BIM[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1881. DOI:10.1088/1742-6596/1881/4/042013.
- [16] 马征,卢小山,任盘小.BIM技术与现场施工结合措施探索[J].中国标准化,2019(14):2. DOI:10.3969/j.issn.1002-5944.2019.14.016.
- [17] Guosheng Z, Zhili C, Jiafu Y W. Study on the Application of BIM5D in Modular Prefabricated Building Project in Changsha Makeshift Hospital[J]. Science Discovery, 2023, 11(1):1-6. DOI:10.11648/j.sd.20231101.11.
- [18] 姜立,王瑶,周盼.基于自主BIM技术的智能建造体系研究应用[J].中外建筑,2023(12):14-22.
- [19] 王苗苗.建筑工程管理中BIM技术的应用[J]. International Architecture, 2023, 5(2). DOI:10.37155/2661-4669-0502-55.
- [20] 赵渊,吴鹏程,傅瑜.上海国际航运服务中心西船闸工程BIM技术的实践与应用[J].港口科技,2014(11):4. DOI:10.3969/j.issn.1673-6826.2014.11.007.