

BIM与GIS融合技术在水利枢纽工程全生命周期管理中的实践

杜尚争

中电建（禄丰）抽水蓄能开发有限公司，云南 昆明 650000

DOI:10.61369/WCEST.2025050006

摘要：本文聚焦BIM与GIS融合技术在水利枢纽工程全生命周期管理中的实践，系统探讨了BIM与GIS融合的关键技术，深入研究了数据融合中的格式衔接、逻辑关联与基准统一技术，以及平台集成中的松散与紧密耦合模式。结合规划设计、施工建造、运营维护三大阶段的具体实践，阐述了BIM+GIS融合技术在坝址比选、进度管控、资产管理和应急响应等场景中的应用价值，有效解决了各阶段的业务痛点，显著提升了决策效率、工程安全性和管理水平，为推动水利工程的数字化转型与智慧化升级提供了有力的技术支撑与实践参考。

关键词：BIM；GIS；技术融合；水利枢纽工程

Practice of Integrated BIM and GIS Technology in the Full Life Cycle Management of Water Conservancy Projects

Du Shangzheng

PowerChina (Lufeng) Pumped Storage Development Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650000

Abstract : This paper focuses on the practice of integrated Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS) technology in the full life cycle management of water conservancy projects. It systematically explores the key technologies for integrating BIM and GIS, delving into the techniques for format alignment, logical association, and benchmark unification in data fusion, as well as the loose and tight coupling modes in platform integration. Through specific practices in the three stages of planning and design, construction, and operation and maintenance, the paper elaborates on the application value of BIM+GIS integration technology in scenarios such as dam site comparison, progress control, asset management, and emergency response. It effectively addresses business pain points at each stage, significantly enhancing decision-making efficiency, project safety, and management levels, providing robust technical support and practical references for promoting the digital transformation and intelligent upgrading of water conservancy projects.

Keywords : BIM; GIS; technology integration; water conservancy projects

引言

水利枢纽工程普遍具有投资规模巨大、建设周期漫长、技术结构复杂、涉及专业众多、安全风险突出以及运营维护成本高等问题，随着信息技术的飞速发展，建筑信息模型（BIM）和地理信息系统（GIS）作为两大核心数字化技术，为破解上述难题提供了新的思路。本文旨在系统研究BIM与GIS融合技术在水利枢纽工程全生命周期管理中的实践应用，深入剖析BIM与GIS融合的驱动力与互补性，并重点探讨数据融合与平台集成的关键技术；设计并构建一套面向水利枢纽工程特点的BIM+GIS一体化融合平台架构与核心功能模块；通过在规划设计、施工建造、运营维护三大阶段的具体应用案例，验证该技术体系的有效性与应用价值，以期为推动我国水利工程的数字化转型和智慧化管理提供理论参考与实践借鉴。

一、BIM与GIS融合的关键技术

（一）BIM与GIS融合的驱动力与互补性分析

GIS与BIM融合不是将传统的三维模型直接导入GIS，本质

上两者还是孤立开来。两者真正融合应该考虑不同数据中几何信息的转换、属性信息的保留及空间的尺度变化等问题^[1]。水利

枢纽工程周期长、规模大、数据杂、风险高，传统割裂管理模式存在三大核心痛点，一是信息孤岛导致数据无法贯通，规划、施

工、运营阶段数据难以共享；二是“宏观-微观”协同缺失，流域防洪调度与坝体应力安全无法兼顾；三是多主体协同效率低下，勘测、设计、施工、运维等环节数据格式与平台不兼容，人工录入耗时且易出错。正是这些痛点凸显了BIM与GIS的技术互补性，形成“双向互补”关系，实现“1+1>2”的融合效果^[2]。针对BIM宏观空间分析能力缺失，可通过集成GIS地形、水系数据或调用其缓冲区分析功能弥补；针对GIS微观构件信息不足，可嵌入BIM精细化模型，实现点击GIS要素查看BIM属性；通过绑定BIM构件ID与GIS要素ID，还能实现“GIS空间位置→BIM动态信息”的联动查询，如施工进度可视化与设备状态监控。

（二）BIM与GIS数据融合技术

数据融合是BIM与GIS融合的核心瓶颈，二者在数据格式、坐标系、精度上的差异，需通过“格式衔接→逻辑关联→基准统一”三层技术路径实现整合，尤其要兼容水利工程“大场景GIS数据”与“高精度BIM数据”^[3]。数据转换技术通过IFC、KML/KMZ、glTF等中间格式实现基础衔接，适用于中小型工程；数据集成技术则通过建立唯一标识关联，采用联邦数据库或数据仓库模式，实现跨库查询与联动分析，保留双方数据特性；数据同化技术则通过“七参数法”统一坐标系，并根据工程阶段调整数据精度，解决模型偏移与分析失真问题，确保规划、施工、运营各阶段数据精准匹配与高效加载。

（三）BIM与GIS平台集成技术

平台集成技术需根据水利工程规模与融合深度需求，选择“松散耦合”或“紧密耦合”两种模式^[4]。松散耦合模式基于API接口实现“浅层交互”，不改变底层架构，具有成本低、周期短、灵活性高的特点。其通常以一个平台为主，通过API调用另一平台的功能或数据，满足“宏观地理背景+微观构件查看”的基础需求。紧密耦合模式则构建“BIM+GIS一体化平台”，采用“数据层-服务层-应用层”三层架构，实现数据无缝流动与功能协同计算。该模式需突破三大关键技术，统一三维可视化引擎以解决TB级数据流畅渲染；构建一体化数据模型，将BIM构件定义为带地理坐标的空间实体；建立协同计算框架，集成BIM与GIS核心算法，实现如洪水调度中“宏观决策与微观管控”的实时协同，大幅提升决策效率与安全性。

二、面向水利枢纽工程的BIM+GIS融合平台构建

（一）总体架构设计

平台采用分层架构设计，各层级独立承担核心职责，并通过标准化接口协同联动，确保数据无缝流转与可扩展性^[5]。感知层作为数据入口，全面采集地理环境、工程实体及实时监测等水利特色数据，并对接业务系统获取流程数据。数据层采用“分类存储+统一关联”模式，将BIM模型、GIS地理数据、实时监测及业务数据分别存入专用数据库，并通过时空关联引擎实现逻辑绑定^[6]。服务层封装数据服务、空间分析、BIM功能、协同计算及协同管理等标准化能力，供应用层调用。应用层围绕规划设计、施工建造、运营维护等全生命周期场景开发功能模块，以

“BIM+GIS融合视图”为交互载体支撑业务决策。用户层则根据设计、施工、运维、政府等多参与方需求，提供个性化界面与权限配置，支持PC、移动、大屏等多终端访问，满足现场巡检与宏观指挥等不同场景需求。

（二）核心功能模块设计

核心功能模块紧密贴合水利枢纽工程“规划-施工-运维”的业务痛点，以“BIM+GIS融合”为支撑，实现从数据呈现到决策辅助的升级。三维可视化与场景漫游模块作为基础交互载体，实现“宏观地理环境+微观工程设施”的一体化展示，支持从流域全景到构件细节的切换、不同工程阶段场景对比及“空间位置-构件属性-业务数据”的一站式查询^[7]。规划设计优化模块通过GIS空间分析筛选候选坝址，结合BIM模型计算工程量与投资，并整合淹没范围等数据生成多维度比选报表；在坝型优化中，则结合GIS水文数据与BIM应力模拟，评估不同坝型的库容、防洪能力与结构安全性，辅助科学决策。施工动态管控模块实现“进度、质量、安全”协同管理，通过4D-BIM与无人机航测影像对比计划与实际进度；利用BIM构件标注与GIS定位实现质量追溯闭环；结合GIS电子围栏与BIM风险标注进行安全预警与防护检查。运维资产化管理模块构建“BIM构件-资产信息-GIS位置”关联的可视化台账，支持资产筛选与统计；基于维护周期自动生成计划并跟踪执行闭环；对接实时传感器数据，在GIS与BIM中联动展示设施状态并触发预警^[8]。安全监测与应急响应模块整合多源监测数据，在GIS地图中展示监测点状态，并结合BIM模型分析异常原因；针对突发事件，通过GIS模拟洪水淹没范围，BIM评估闸门调度方案安全性，并规划救援路线、调度物资，实现“监测-预警-处置”的快速联动。

（三）数据标准与接口规范

数据标准与接口规范是保障平台稳定运行与数据有效流转的核心，需结合水利行业标准，针对BIM+GIS融合特性制定，确保数据“可采集、可整合、可共享、可应用”^[9]。数据标准覆盖三大维度，分类上采用“工程阶段-数据类型-数据来源”三级体系，明确各阶段数据归属；编码上采用层级规则，为每个数据对象赋予唯一标识，实现BIM构件与GIS要素的相互追溯；精度上根据阶段需求，对BIM模型按LOD分级，对GIS数据按场景设定分辨率，并规范业务数据精度。接口规范分内外部，内部接口采用JSON/XML格式和REST API协议，保障平台各层级高效协同；外部接口需兼容BIM/GIS软件、监测设备、行业监管系统及第三方业务系统，支持多格式数据交互与功能调用，并遵循相关标准。

三、BIM+GIS在水利枢纽工程全生命周期管理中的实践应用

（一）规划设计阶段的应用

规划设计是水利枢纽工程的“顶层设计”阶段，核心需求是坝址选址、坝型比选、淹没范围评估与生态影响分析。传统模式依赖人工勘测与二维图纸，存在决策周期长、方案对比不直观、

宏观与微观协同缺失的问题^[10]。BIM+GIS融合技术通过“GIS宏观筛选+BIM微观建模+三维可视化论证”，实现规划设计的科学性与高效性提升。在坝址选址环节，GIS通过叠加分析，基于地形、地质、生态等多因素筛选候选坝址，BIM则构建简化模型计算工程量与投资，平台整合淹没影响与经济数据，通过三维可视化直观对比，将决策周期大幅缩短。在坝型比选中，BIM构建不同坝型模型并关联设计参数，GIS提供地质与水文数据，平台协同计算安全性与功能性，生成三维报告进行量化论证，显著提升方案可信度。在淹没范围与移民安置规划中，GIS模拟不同水位下的淹没范围并统计影响，BIM则建立安置区规划模型，平台将淹没区与安置区数据叠加，直观展示“淹没-安置”空间对应关系与迁移路线，提高了规划精度与协同性。

（二）施工建造阶段的应用

水利枢纽工程施工具有规模大、周期长、多专业交叉、环境复杂的特点，传统管理面临进度滞后难预警、质量问题难追溯、安全隐患难排查的痛点。BIM+GIS融合技术通过“BIM进度关联+GIS现场监测+实时数据联动”，实现施工过程的精细化、可视化管控。在施工进度动态管控方面，融合技术构建“4D-BIM+GIS航测”体系，将Project进度计划与BIM模型绑定生成4D模型，再通过无人机航测获取实际进度，平台自动对比分析偏差并预警，大幅缩短响应时间，降低进度偏差率。在施工质量管控方面，通过“BIM构件标注+GIS定位追溯”，为每个构件分配唯一编码，现场扫码上传检测数据，平台实现“空间位置-构件属性-检测记录”一体化追溯，质量问题整改闭环率显著提升。在施工安全管控方面，结合“GIS电子围栏+BIM风险标注+人员定位”，划定危险区域并关联防护措施，通过人员定位手环与AI视频监控实时预警违规行为，有效降低安全事故发生率。在施工场地布置优化方面，利用“GIS地形分析+BIM设施建模”，分析地形并模拟不同布置方案的物流路线，优化临时设施布局，提升物流效率与空间利用率，降低搬迁成本。

（三）运营维护阶段的应用

水利枢纽工程运营维护周期长，传统模式存在资产账实不符、安全隐患难预警、应急响应慢等痛点。BIM+GIS融合技术通过“BIM资产关联+GIS空间定位+实时监测联动”，实现智能化、长效化管理。在设施资产化管理方面，构建“BIM资产台账+GIS空间定位”体系，完善设施资产信息并关联空间位置，基于维护周期自动生成计划并跟踪执行闭环，显著提升台账准确率与维护效率。在大坝安全监测方面，通过“实时监测+GIS可视化+BIM结构分析”，实时采集位移、渗压等数据并在GIS地图中展示状态，关联BIM模型分析异常原因，自动生成预警报告，实现安全隐患的实时发现与评估。在核心设备运维方面，结合“BIM设备建模+GIS位置关联+状态监测”，构建精细化模型并关联实时运行数据，预测故障、推送维修建议，提升故障预测准确率并降低维修成本。在应急响应处置方面，构建“GIS模拟+BIM推演+联动调度”体系，以洪水为例，GIS模拟淹没范围，BIM评估闸门调度方案安全性，规划救援路线并推送指令，大幅缩短响应时间，提升处置效率。

四、结语

本文围绕BIM与GIS融合技术在水利枢纽工程全生命周期管理中的实践应用，系统性地阐述了其融合的驱动力、关键技术、平台构建方法以及在规划、施工、运维各阶段的具体应用路径。随着物联网、大数据、人工智能、数字孪生等新一代信息技术的不断发展，BIM与GIS的融合将迈向更深层次、更广领域。这不仅是技术发展的必然趋势，更是推动新阶段水利高质量发展、保障国家水安全的战略要求。持续深化BIM+GIS融合技术的研究与应用，必将为我国水利事业的现代化注入更加强劲的动力。

参考文献

- [1] 史艾嘉. BIM技术与GIS技术融合应用研究[J]. 价值工程, 2019, 38(21):179-181.
- [2] 高洋. BIM与GIS技术在建筑工程中的融合应用研究[J]. 中国厨卫, 2024, 23(11):323-325.
- [3] 刘思微. 基于BIM与三维GIS融合的数字孪生技术在水库调度中的应用研究[D]. 山东: 济南大学, 2024.
- [4] 赵杏英, 陈沉, 杨礼国. BIM与GIS数据融合关键技术研究[J]. 大坝与安全, 2019(2):7-10. DOI:10.3969/j.issn.1671-1092.2019.02.003.
- [5] 金拯昱. 基于BIM+GIS技术的三维场景构建与应用分析[D]. 江西: 江西理工大学, 2023.
- [6] 陈宇, 孙辉, 张卫兵, 等. BIM与GIS融合的工程数字孪生平台研究及应用[J]. 西部交通科技, 2023(11):200-202. DOI:10.13282/j.cnki.wccst.2023.11.059.
- [7] 吕华权, 郭小玉. GIS+BIM融合探讨与应用展望[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(2):98-100. DOI:10.3969/j.issn.1672-5867.2024.02.028.
- [8] 袁耀, 袁浩. 基于BIM+GIS技术融合应用及关键点研究[J]. 智能建筑与工程机械, 2023, 5(2):122-124.
- [9] 谢明坤, 贺东旭, 孔莉莉, 等. 水利工程视角下的BIM与GIS数据融合研究[J]. 水利信息化, 2023(6):45-50. DOI:10.19364/j.1674-9405.2023.06.008.
- [10] 苏本谦, 于德湖, 孙宝娣, 等. 水利工程信息化与BIM+GIS融合应用的研究进展[J]. 青岛理工大学学报, 2020, 41(5):126-132. DOI:10.3969/j.issn.1673-4602.2020.05.019.