

基于BIM技术的水利工程施工全过程管理应用研究

张海忠

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710000

摘要：水利工程作为国家重要的基础设施，具有规模宏大、结构复杂、施工周期长、环境多变等特点，其传统管理模式在信息协同、过程控制和风险预判等方面面临严峻挑战。建筑信息模型（BIM）技术以其强大的可视化、协调性、模拟性和信息集成能力，为破解水利工程施工管理难题提供了全新的技术路径。本文系统探讨了BIM技术在水利工程施工全过程管理中的深度应用。研究首先阐述了BIM技术的核心内涵及其与水利工程管理需求的契合点；随后，从施工准备、深化设计、进度成本管控、质量安全监督到竣工交付等关键阶段，详细剖析了BIM技术如何赋能各环节的精细化、智能化管理；最后，文章深入分析了当前BIM技术在水利工程领域推广应用中的标准体系缺失、复合型人才匮乏、软件平台适配性不足及协同机制不健全等主要障碍，并针对性地提出了构建统一标准、加强人才培养、推动软硬件研发和优化组织协同模式等发展对策，旨在为推动BIM技术在水利行业的深度融合与价值释放提供理论参考。

关键词：BIM技术；水利工程；施工全过程管理；信息化；协同管理

引言

水利工程是保障水安全、支撑经济社会可持续发展的关键基础设施，具有投资大、技术难、生态社会影响深远等特点。传统施工管理模式依赖二维图纸与经验判断，存在信息割裂、沟通低效、风险预见性差等问题，难以满足现代工程对高质量、高效率、高安全性的要求。在此背景下，建筑信息模型（BIM）技术应运而生。BIM不仅是三维建模工具，更是集成几何、物理、功能及全生命周期数据的数字化表达方式，通过构建动态更新的“数字孪生”模型，实现设计、施工、运维各阶段及多方协同的信息高效流转。尤其在地质复杂、专业接口多、施工逻辑严密的水利工程中，BIM可将抽象数据可视化，提前发现设计冲突，精准模拟施工流程，实时监控现场状态，显著提升管理的科学化、精细化与智能化水平。因此，深入研究BIM在水利工程施工全过程中的应用模式与实施路径，具有重要理论价值和现实意义。

1 BIM技术的核心内涵及其在水利工程管理中的价值契合

1.1 BIM技术的核心特征

BIM技术的核心在于超越传统CAD的几何表达，具备一系列相互关联的先进特征。其最直观的是可视化，以逼真三维模型清晰展现复杂结构与空间关系，降低各方理解门槛。在此基础上，BIM具有强大的协调性，支持水工、机电、地质等多专业在同一平台协同作业，通过自动碰撞检查，在设计阶段解决管线、结构等空间冲突，避免施工返工。模拟性是另一关键优势，可将时间

（4D）、成本（5D）、能耗、安全等维度与模型结合，动态推演施工进度、资源投入及风险，为决策提供支持。依托模拟能力，BIM还体现优化性，使施工方案、资源配置和场地布置可通过反复比选实现最优，达到降本增效^[1]。此外，BIM具备高可出图性，能自动生成各类规范图纸与精确工程量清单，确保图模一致，减少人为错误。最根本的是，BIM是信息完备的载体，每个构件都附带材料、供应商、质保期、维护要求等非几何数据，为工程全生命周期管理奠定坚实基础。

1.2 BIM与水利工程管理需求的契合点

水利工程的特殊性决定了其对先进管理技术的迫切需求，而BIM的上述特征恰好能精准回应这些深层次的需求。水利工程通常涉及水工建筑物、金属结构、机电设备、输变电路等多个子系统，各专业之间的接口关系错综复杂，稍有不慎便会导致现场无法安装或功能失效。BIM技术所具备的协调性，能够有效整合各专业的信息模型，确保不同系统间的无缝衔接，从源头上解决了这一难题。同时，水利工程多地处偏远山区或峡谷地带，地质水文条件复杂多变，施工过程中面临滑坡、洪水、岩爆等多种高风险。BIM的模拟性允许管理者在虚拟的数字环境中“预演”整个施工过程，提前识别潜在的安全隐患和质量通病，并据此制定周密的应对预案，极大地提升了工程的风险预见性和防控能力。面对长达数年甚至数十年的施工周期以及天文数字般的人力物力投入，如何实现对项目进程的精准把控是管理的核心。BIM的4D/5D功能可将详细的进度计划与三维模型动态挂接，

实现对人、机、料、法、环等生产要素的实时跟踪与智能调度,确保项目始终沿着既定轨道高效推进。更为重要的是,在从勘测、设计到施工、运维的漫长链条中,信息传递极易失真和衰减,形成一个个信息孤岛。BIM技术通过构建一个唯一的、权威的、持续更新的信息源,确保了数据在整个生命周期内的一致性和可追溯性,真正打通了各阶段、各参与方之间的信息壁垒,为水利工程的高质量建设和智慧化运维奠定了坚实的数据基石。

2 BIM技术在水利工程施工全过程管理中的应用

水利工程施工全过程可划分为施工准备、施工实施和竣工验收三大阶段,BIM技术贯穿始终,发挥着不同但连贯的作用。

2.1 施工准备阶段:从蓝图到可执行方案的转化

2.1.1 施工图深化与碰撞检查

施工单位接收设计院的BIM模型后,需对其进行施工可行性深化。重点对钢筋排布、预埋件定位、模板支撑体系等进行精细化建模。利用BIM软件的碰撞检测功能,全面排查土建结构与机电管线、金结埋件之间的硬碰撞(实体冲突)和软碰撞(间距不足),生成碰撞报告,反馈给设计方进行优化,将大量问题消灭在施工前。

2.1.2 施工方案模拟与优化(4D BIM)

将批准的施工组织设计中的进度计划(如P6或Project文件)与BIM模型关联,构建4D施工模拟。通过动画演示,可以直观地审视施工顺序是否合理、大型机械设备(如塔吊、缆机)的作业范围是否存在盲区或冲突、施工道路规划是否满足运输需求^[2]。管理者可据此对施工方案进行多轮优化,选择最安全、高效的实施方案。

2.1.3 施工现场规划

基于BIM模型和地形数据,对施工营地、拌合站、加工厂、材料堆场、临时道路等进行三维规划。通过模拟不同布置方案,评估其对交通流线、安全距离、环境保护的影响,最终确定最优的平面布局,提高场地利用效率。

2.2 施工实施阶段:精细化、动态化的现场管控

2.2.1 进度与成本的集成管控(5D BIM)

在4D模型的基础上,将工程量清单和成本信息与模型构件绑定,形成5D模型。通过定期将现场实际进度(可通过无人机航拍、激光扫描等方式获取点云数据并与模型比对)录入系统,可实时生成S形曲线,直观对比计划与实际的偏差。同时,系统能自动计算已完成工作的预算成本(BCWP)和实际成本(ACWP),实现对项目成本的动态监控和预警,有效防止超支。

2.2.2 质量管理

BIM模型作为质量验收的基准。质检人员可携带移动

终端(如平板电脑)进入现场,调取对应部位的模型信息,核对构件尺寸、标高、材质等是否与模型一致。对于关键工序(如大体积混凝土浇筑、压力钢管焊接),可将工艺参数、检验批数据直接关联到模型构件上,形成完整的、可追溯的质量档案。

2.2.3 安全管理

利用BIM模型进行危险源辨识与可视化交底。在模型中高亮显示高处作业、深基坑、爆破区等高风险区域,并设置电子围栏。通过VR/AR技术,让工人沉浸式体验安全事故场景,提升安全意识。此外,可将应急预案与模型结合,模拟疏散路线和救援方案,提高应急响应能力。

2.2.4 物料与设备管理

将BIM模型中的物料清单与供应链管理系统对接,实现对大宗材料(如水泥、钢材)的需求精准预测和库存动态管理^[3]。对于大型施工设备,可将其运行状态、维护记录等信息集成到模型中,实现设备的全生命周期管理。

2.3 竣工验收与交付阶段:构建数字资产

2.3.1 竣工模型交付

施工单位需根据施工过程中的所有变更,更新初始设计模型,形成与实体工程完全一致的“竣工BIM模型”(As-Built Model)。该模型包含了所有隐蔽工程(如钢筋、管线)的精确位置信息,是未来运维不可或缺的数字资产。

2.3.2 数字化交付

竣工BIM模型连同相关的合同、图纸、检验报告、操作手册等非结构化数据,一并打包交付给业主。这为后续的智慧运维、设施管理和改扩建工程提供了完整、准确的数据基础,真正实现了工程全生命周期的信息贯通。

3 BIM技术应用面临的挑战与对策

3.1 主要挑战

当前BIM技术在水利工程推广的首要障碍是标准体系的严重不健全。水利行业至今缺乏一套统一、权威的BIM建模标准、分类编码标准以及数据交换标准,这直接导致了不同项目、不同参建单位所创建的模型在格式、深度和信息颗粒度上各自为政,彼此之间无法互通互用,形成了新的、更为复杂的技术壁垒和“信息孤岛”,极大地制约了BIM协同价值的发挥。其次,复合型人才严重短缺构成了另一大瓶颈。市场上极度缺乏既精通水利工程专业知识,又熟练掌握BIM技术应用与管理的跨界人才。现有的技术人员队伍中,许多人仅停留在使用软件进行三维建模的初级层面,普遍缺乏将BIM模型数据与工程管理的业务流程(如进度控制、成本分析、风险评估)进行深度融合的能力。再者,主流的商业BIM软件

平台大多是为房屋建筑工程量身定制的,它们在处理水利工程特有的复杂曲面结构(如双曲拱坝)、进行专业的水力学分析、构建精细的地质模型等方面显得力不从心。这种软件平台与行业需求的错配,迫使项目团队不得不投入大量资源进行二次开发或采用多个软件拼凑的解决方案,这不仅显著增加了应用成本,也提高了技术门槛和实施难度^[4]。最后,传统的项目组织与协同机制也滞后于BIM技术的要求。BIM的成功应用本质上依赖于各参建方打破壁垒、开放共享、深度协同,但现行的合同模式和组织架构往往以各自的利益为出发点,缺乏有效的激励和约束机制来推动各方主动共享信息、共同解决问题,使得BIM平台常常沦为单方面的建模工具,而非真正的协同工作环境。

3.2 发展对策

为应对上述挑战,需要采取多管齐下的综合策略。当务之急是加快行业标准体系的建设。应由水利行业的权威协会或政府主管部门牵头,组织专家力量,尽快制定并颁布覆盖水利工程全生命周期的BIM技术应用标准体系,明确从勘测、设计、施工到运维各阶段的模型详细程度(LOD)、信息交付内容与格式、以及标准化的协同工作流程,为行业的规范化发展提供指引。在人才培养方面,必须双管齐下。一方面,应在高等院校的水利工程、工程管理等相关专业中系统性地增设BIM技术课程,鼓励开展校企合作,定向培养具备实战能力的新型人才;另一方面,要大规模开展针对现有工程技术人员

的在职培训,全面提升其数字化素养和BIM应用能力。针对软件平台的短板,应大力鼓励和支持国内优秀的软件企业,聚焦水利工程的独特需求,投入资源开发或深度定制专用的BIM平台。特别是要加强BIM平台与水文、水力学、岩土工程等专业分析软件的数据接口和功能集成,打造真正贴合行业痛点的解决方案。最后,必须创

新项目的组织与管理模式。可以积极探索和推广IPD(集成项目交付)等新型合同模式,通过建立风险共担、收益共享的利益共同体机制,从根本上激励设计、施工、监理、业主等所有参与方,围绕项目的共同成功目标,充分利用BIM平台进行高效、透明的协同工作,从而最大化地释放BIM技术的综合价值。

4 结语

BIM技术正深刻地改变着水利工程施工管理的范式。它通过构建一个贯穿项目全生命周期的、信息完备的数字孪生体,为解决水利工程管理中的信息割裂、协同困难、风险难控等痛点问题提供了系统性的解决方案。从施工前的方案优化,到施工中的进度、成本、质量、安全精细化管理,再到竣工后的数字资产交付,BIM技术的应用价值已得到充分验证。然而,要实现BIM技术在水利行业的规模化、深度化应用,仍需克服标准缺失、人才断层、软件瓶颈和协同障碍等挑战。未来,随着相关标准的完善、人才队伍的壮大、软件生态的成熟以及管理模式

的创新,BIM技术必将在推动水利工程建设向更高质量、更高效率、更可持续的方向发展进程中,扮演愈发核心和关键的角色。

参考文献

- [1]丁竹青,石海棠,陈玥.基于BIM技术的水利工程施工全过程协同管理应用研究[C]//河南省豫商经济文化交流协会.2026中国建筑经济研讨会论文集(下册).江苏淮阴水利建设有限公司,2026:130-132.
- [2]张敬谦.BIM技术在水利工程施工质量全过程控制中的应用[J].建材发展导向,2026,24(05):58-60.
- [3]阮志毅.BIM技术在水利工程施工管理中的应用研究[J].水上安全,2025,(23):43-45.
- [4]王杨.BIM技术在水利工程施工中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(09):93-95.