

BIM 技术在水利施工现场全过程控制中的实践应用

李艳喜

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：水利水电工程结构异形、多工序、多资源、多风险叠加，传统的平面图及离散的账簿很难在开工前完成冲突演练，也很难实现开挖、浇筑、金结、机电等多个阶段的动态精细化调整。可以将 BIM 与施工准备、过程监控、变更管理、质量追溯、安全预控、资源调度等六大环节有机结合起来，实现设计意图-施工状态-监控-验收的实时比对，现场控制由经验驱动向数据驱动的转变，减少返工概率，压缩关键路径，提高合规闭合速度，为复杂水工建筑高质量交付提供可借鉴的路径。

【关键词】：BIM 技术；水利施工；全过程控制；实践应用

DOI:10.12417/3083-5526.25.05.013

水利施工过程中 BIM 技术的应用已经实现从可视化辅助到全过程重构的转变。模型精度与建造粒度的匹配、多源异构数据的实时融入、参建各方权限边界动态划分、数字化交付与实体验收同步机制等问题成为制约其深度应用的核心矛盾。因此，应从多维度展开研究，以流程重组消除信息断点，提升施工控制精度和安全水平，形成数字孪生水利建设的可重用控制体系。

1 施工准备阶段的 BIM 技术应用

1.1 施工场地规划与布置优化

以水利水电工程建设前期场地规划为研究对象，用可视化、数字化的方式解决场地规划问题，实现场地资源高效配置和施工过程优化。针对水利水电工程地形复杂、施工场地分散、临时设施需求大等特点，将地形地貌、地质调查、周边环境等基础资料引入 BIM 软件，建立场地三维模型，将施工场地地形、水系分布、现有建筑等信息直观地展现出来。

根据施工总进度计划和各个施工阶段的场地要求，对施工道路、物料堆场、搅拌站、办公生活区、临时水电管线等进行模拟布局。通过对设施的位置和布置进行动态调整，优化场地交通流线，保证物料运输通道的畅通，最大限度地减少施工区域之间的干扰^[1]。开展场地排水系统仿真设计，结合地形坡度、降雨强度等因素，对排水路径和排水设施进行合理规划，避免施工过程中产生积水，保证施工条件。

针对水利水电工程建设场地多靠近河道、水库等特殊环境，采用 BIM 模型对防洪、防冲等安全防护设施进行布局仿真，验证设计方案的合理性和有效性。通过可视化展示场地规划方案和多主体协同评价，及时发现和纠正规划中的不合理问题，提高场地使用效率，减少施工扰动和安全风险，为后续建设的顺利进行打下基础。

1.2 施工方案模拟与可行性验证

水利工程施工方案是否科学可行直接关系到水利水电工程建设的质量、安全和进度。针对水利水电工程中的关键施工环节，如基坑开挖、围堰施、混凝土浇筑、边坡支护、设备安装等，采用 BIM 技术建立详细的施工流程模型，在模型中融入施工工艺、施工机械、人员配备、时间节点等因素^[2]。

通过动态仿真的方法，直观地展现各个施工环节之间的衔接关系和工作流程，找出施工方案中的冲突、漏洞和不合理性。如在对混凝土浇筑施工方案进行仿真时，可以对浇筑顺序、布料方式和振捣路径的合理性进行验证，避免出现冷缝、漏振等质量问题。通过对大型设备安装方案的仿真，实现设备的运输路径、吊装工艺和安装精度的仿真，保证设备的安装。

在 BIM 模型可视化的基础上，组织技术、安全、质量、进度等相关部门联合评审，全面分析施工方案在技术、安全、经济等方面的合理性。根据模拟和评审结果，对施工方案进行了调整和优化，细化了施工技术参数和安全保障措施。采用 BIM 技术对施工方案进行仿真验证，大大提高了施工方案的科学性和可操作性，降低了施工过程中的变更和返工，为整个施工过程的控制提供了可靠的保证。

2 施工过程中的 BIM 技术应用

2.1 施工进度动态管控

水利水电工程建设周期长，涉及多个专业，受自然环境影响大，施工进度控制困难。将整个施工计划分解成每月、每周、每天三个阶段的进度计划，并将其引入 BIM 软件，并将其绑定到三维模型中，生成 4D 施工进度模型，将每个施工阶段的进度目标和施工内容都直观地展现出来。

在施工过程中，将现场数据采集设备和 BIM 平台进行对接，实现施工进度信息的实时更新，实现对实际施工进度和计划进度的比较和分析^[3]。利用 BIM 模型可视化功能，将施工

作者简介：李艳喜，1990-02，女，汉，新疆，本科，研究方向：水利工程试验检测。

过程中出现的偏差情况直观地展现出来，并对造成偏差的原因进行分析，包括气候变化、资源短缺、技术问题等，及时提出有针对性的纠正措施。如在施工进度滞后的情况下，利用 BIM 模型对后续施工工序逻辑关系进行仿真调整，并增加施工机械和人员投入，对纠偏措施进行验证，以保证总进度目标的实现。

基于 BIM 进度模型对资源需求进行分析，结合施工进度计划和各个施工阶段的资源消耗定额，对劳动力、材料、机械等资源的总需求量和时间分布进行精确的计算，为资源的采购、调配和储备提供科学的依据，避免资源短和浪费，保证建设项目的顺利实施。运用 BIM 技术对工程进度进行动态控制，提高工程进度管理的科学性和准确性，保证水利工程按期竣工。

2.2 施工质量实时监控

水利水电工程建设的核心是施工质量控制，BIM 技术可以对施工过程进行全过程的数字化管理和实时监控，达到对施工质量进行精细控制的目的。在施工前，把质量标准、技术要求和验收规范等信息整合到 BIM 模型中，使施工人员能够更好地进行质量控制。在 BIM 模型中设置质量检测节点和验收标准，用于指导施工和质量检验。

通过移动终端和 BIM 平台的联动，实现施工质量数据的实时采集和上传。施工人员利用移动设备对施工现场进行拍照和录像，对浇筑混凝土厚度、保护层厚度、构件尺寸偏差等质量检测数据进行实时上传，并与 BIM 模型中相应部位相关联^[4]。质量管理人员利用 BIM 平台对施工质量进行实时监控，对发现的质量问题进行标注，并发出整改通知，对整改过程和结果进行跟踪，形成质量控制的闭环。

当出现质量隐患时，组织技术人员通过 BIM 模型进行三维可视化分析，追溯问题产生的根本原因，制定科学、合理的处置方案。同时，通过 BIM 模型对质量问题和处置结果进行建模，形成质量档案，为项目竣工验收和后期运营管理提供依据。利用 BIM 技术对水利工程施工质量进行实时监控和精细控制，使水利水电工程建设质量水平得到显著提高。

2.3 施工安全风险预警与防控

水利水电工程建设环境复杂、施工难度大、安全隐患多，BIM 技术可通过风险辨识、仿真分析和实时预警等手段，为工程安全风险防控提供有效手段。在施工前，以 BIM 为基础，开展全过程安全风险辨识，针对高空作业、深基坑、水上、临电等高危作业环节，以及恶劣天气、地质灾害等风险因素，在 BIM 模型中标注安全风险点，明确风险等级和防控要求。

运用 BIM 技术，对高风险作业过程进行安全仿真分析，识别作业过程中的安全隐患和隐患。如在进行深基坑边坡支护施工仿真时，可以对边坡进行稳定分析，并对支护方案的安全性和可靠性进行验证^[5]。该仿真系统可以模拟高空作业人员的

行走路径，安全防护设施的布局，辨识坠落、物体撞击等安全隐患，在此基础上，对施工方案和安全防护措施进行优化，以减少安全隐患。

利用 BIM 平台与现场传感设备、监测设备对接，实时监测基坑沉降、边坡变形、临电线电压电流、施工机械运行状态等安全风险信息。当监测数据超过预警阈值时，BIM 平台会自动给出预警信号，提醒管理者采取相应的预防和控制措施。同时，通过 BIM 模型可视化功能，将安全风险点和防护要求直观地呈现给施工人员，强化安全技术交底，增强工人的安全意识和操作规范性。项目拟采用 BIM 技术，对水利水电工程建设中的安全风险进行精确识别、实时预警和有效防控。

2.4 施工资源优化配置

水利水电工程建设资源需求巨大且配置复杂，BIM 技术通过对资源需求的精确分析和动态调配，可以有效地优化建设资源，提高资源使用效率，降低建设成本。在 BIM 进度模型和施工计划的基础上，结合各个施工阶段的资源消耗定额，运用 BIM 软件的资源分析功能，对人力、料、机、资等资源的总需求量和时间分布进行精确的计算，从而形成资源需求计划。

根据资源需求计划和市场供应状况，制定科学、合理的资源采购和调配计划。在物料管理上，将 BIM 模型与物料管理系统相结合，对物料的进、出、用进行全程跟踪管，根据施工进度和现场需要，对材料进行精确的调配，避免出现材料的积压和短缺^[6]。同时，通过 BIM 模型实时监测材料使用状态，实现材料损耗的有效控制，提高材料利用率。

在机人管理方面，基于 BIM 模型对施工过程和资源需求进行仿真，对施工机械和人员进行合理分配，对机器调度 and 人员分配进行优化。根据各工段的工作量和施工强度，对机械和人员进行动态调整，防止机器闲置，人员窝工等现象。利用 BIM 技术，实现对施工资源的精确预测、动态调度和高效使用，降低建设成本，提高工程效益。

表 1 某水利工程施工资源需求计划表（部分）

施工阶段	主要施工内容	劳动力需求 (人)	混凝土需求 (m ³)	挖掘机 (台)	计划工期 (天)
基坑开挖	土方开挖、外运	60	-	8	30
混凝土浇筑	基础、墩墙浇筑	80	5000	2	45
设备安装	闸门、启闭机安装	40	-	3	25

3 竣工验收阶段的 BIM 技术应用

3.1 竣工模型构建与资料整合

施工期间，要对施工期间的变更签证、质量验收记录、试验测试报告、进度报告等信息进行收集和整理，并将其与 BIM 模型相关联，以保证竣工模型能充分反映工程的实际施工状

况。

针对施工过程中出现的设计变更和现场签证问题，及时对 BIM 模型进行修正和更新，以保证模型和实体的一致性。对施工过程中的关键环节，如混凝土浇筑、钢筋绑扎、设备安装等质量验收资料，并将其输入到 BIM 模型相应部位，形成一套完善的质量可追溯系统。同时，通过对施工现场的照片、视频等影像数据和 BIM 模型的关联，直观地展现项目的施工过程和实体质量。

构建一个包含工程地质、结构尺寸、材料特性、设备参数、施工记录、质量验收等多个方面的信息。利用 BIM 平台，可以方便地对竣工数据进行查询、共享和管理，为竣工验收提供全面准确的技术数据，还能为以后的维修、维修和改造提供可靠的依据。

3.2 竣工验收协同管理

水利水电工程竣工验收利用 BIM 技术搭建协同验收平台，对水利工程竣工验收进行高效协同和精确评审。竣工验收阶段，将 BIM 模型和验收规范和规范导入协同验收平台，并组织建设、设计、施工、监理、勘察等相关单位的人员协同验收。各参建单位通过该平台对竣工的 BIM 模型进行访问，检查项目实体是否符合设计图纸，是否符合验收标准。

参考文献：

- [1] 黄明铎.探究科学技术在水利工程技术管理中的应用[J].城市建设,2025,(25):41-43.
- [2] 袁媛,刘杨,张国文,卢聪飞.基于 BIM 技术的数字孪生水利[J].水利技术监督,2025,(12):26-28+66.
- [3] 刘德平.数字化时代水利水电工程施工技术的优化研究[J].水上安全,2025,(20):64-66.
- [4] 梁晓鹏.BIM 技术在水利工程中的应用[J].散装水泥,2025,(05):70-72+75.
- [5] 焦刘霞,侯高升.浅析 BIM 技术在水利工程造价管理的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(30):199-201.
- [6] 刘松.水利工程项目施工成本管控体系研究[J].黑龙江水利科技,2025,53(10):168-171.

在 BIM 模型可视化的基础上，对整个项目的结构尺寸，安装精度，材料使用，外观质量等方面进行全面的检测。各参建单位可以在 BIM 模型上对发现的问题进行标注，并提出整改意见，实现验收意见的实时传递和共享。施工单位按照验收意见整改，整改完毕后，将整改后的数据和模型上传到平台上，由参建单位审核确认。

运用 BIM 模型的数据分析功能，对验收资料进行统计、分析，形成竣工验收报告。在 BIM 技术的协作管理下，竣工验收的效率得到极大提升，同时也可降低验收过程中的交流费用和争议，保证竣工验收工作的顺利开展，确保项目的正式投入使用。

4 结语

综上所述，通过 BIM 技术对水利建设项目进行全过程控制，将设计、施工、监测、验收和运维一体化，将几何冲突、资源浪费、质量波动、安全隐患等治理关口前移，可实现工程实体和数字资产的同步交付，大幅提高建设效率和运行可靠性。未来，可通过边缘计算普及化、智能设备下沉等手段，与感知网络、进度算法、质量知识库等深度融合，形成自适应反馈式施工控制系统，持续减少复杂水工建筑全寿命周期内的不确定性，为数字孪生流域建设与智慧水利建设提供支撑。