

# 基于 BIM 技术的水利工程施工管理效率提升研究

文 / 杨 杰 中国南水北调集团中线有限公司河南分公司

**摘要：**BIM 技术为水利工程施工管理效率提升提供创新路径，构建三维可视化模型可实现设计方案碰撞检测与优化，降低施工阶段返工成本；信息集成功能整合进度、成本、质量等数据，助力动态管控与资源合理调配，缩短施工周期；复杂工况模拟与安全风险预判中，BIM 技术提前识别潜在隐患，减少事故发生率，实践显示，BIM 技术深度融入水利工程施工全流程，显著提升管理协同性与决策科学性，为工程高效推进提供技术支撑。

**关键词：**BIM 技术；水利工程；施工管理；效率提升

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.083

## 引言

水利工程属于关乎国计民生的关键基础设施，其施工环境呈现复杂特性、技术层面要求颇高、管理环节较为繁杂，传统管理模式往往面临信息相互割裂、部门协同不够顺畅等现实问题，对工程整体效率的提升形成制约，伴随数字化技术的迅猛进步，BIM 技术凭借自身具备的可视化、集成化以及协同化等显著优势，逐步演变为破解行业管理难题的核心手段。本文紧密围绕水利工程施工管理的实际需求，在摘要所阐述的 BIM 技术应用价值根基之上，进一步深入且全面地探究该技术在施工全流程当中的具体应用途径以及效能提升的内在机制，致力于为推动水利工程管理朝着现代化方向发展提供切实可行的实践参考。

### 一、水利工程施工管理的现存问题及效率瓶颈分析

#### （一）施工进度管控缺乏精细化机制

水利工程施工周期长，受水文、气候等自然因素影响大。传统进度管理依赖静态计划，难应对动态变化，且施工节点划分粗放，对各工序衔接时间预估不足，易出现前序延误、后续无法及时补位的情况。进度跟踪靠人工报表汇总，数据反馈滞后，无法实时掌握各作业面实际进展，遭遇暴雨、汛期等突发情况时，缺乏快速调整进度计划的有效手段，进而导致整体工期延长。

#### （二）成本控制体系存在漏洞

水利工程成本构成复杂，涉及材料采购、设备租赁、人工费用等。传统成本控制侧重事后核算，事前预测与事中监控薄弱。材料价格受市场波动大，采购计划缺乏前瞻性，易因涨价增加支出。施工中签证变更管理不规范，部分额外工程未及时审批，结算易起争议。成本数据与施工进度、质量等信息未联动分析，难判成本偏差原因，导致超支时有发生。

#### （三）技术应用与施工管理衔接不畅

水利工程涉及多项专业技术，设计方案的技术要求需精准落实到施工中，但实际管理存在技术与施工脱节问题。施工人员对新型工艺理解不深，操作易出技术偏差，影响工程质量与进度。技术交底多为口头或文字形式，复杂节点技术细节难清晰传达，导致施工效果与设计预期不符<sup>[1]</sup>。新技术、新设备引进缺乏配套管理流程，优

势难发挥，甚至因操作不当增加管理难度。

### 二、BIM 技术的核心特性及其与水利施工管理的适配性

#### （一）BIM 技术的多维可视化与参数化特性

BIM 技术通过构建三维数字模型，将水利工程的地形地貌、结构构件、管线布置等要素可视化呈现，打破传统二维图纸的抽象局限。模型中每个构件都包含尺寸、材质、性能等参数，可依施工需求动态调整，实现设计方案直观校验。这能清晰展现复杂空间关系，如坝体与溢洪道的衔接、隧洞与取水口的布局等，助力管理人员快速掌握工程整体构造，减少因空间认知偏差导致的管理失误。

#### （二）BIM 技术的信息集成与协同共享能力

BIM 技术搭建覆盖设计、施工、运维全周期的信息平台，整合地质勘察钻孔数据、设计图纸三维参数、施工工序安排、材料检测报告等信息，构建含 12 个数据模块、5000+ 条记录的工程数据库。平台通过分级权限设置，让设计、施工、监理等参与方按角色访问数据，设计变更 30 分钟内同步至相关方终端，避免信息孤岛。水利工程中，各方数据可在同一界面交互，实现溯源，某项目应用后跨专业沟通效率提升，信息滞后导致的返工率下降。

#### （三）BIM 技术与水利施工管理需求的内在契合

水利工程施工环境复杂，要求管理具备动态适应性。BIM 技术的模拟分析功能可预演施工过程，如汛期水流冲击模拟、复杂地质开挖方案验证等，为风险预判提供支撑<sup>[2]</sup>。其数据追溯特性能满足质量终身责任制要求，记录各工序参数及责任人，实现全程可追溯。该技术特性与水利施工管理需求高度契合，为提升效率奠定基础。

### 三、基于 BIM 技术的水利工程施工管理优化路径设计

#### （一）构建基于 BIM 的施工全流程动态管控体系

依托 BIM 技术搭建施工数字化管控平台，融合设计模型参数与施工计划节点，构建全阶段动态管理链条，涵盖关键节点与细分工序。平台用参数关联算法实时比对进度，延误时触发预警并推送含资源调配与调整策略的报告。混凝土浇筑环节，模型关联多方数据，智能调

控发车与浇筑，稳定强度避免冷缝。各类文档按时空附着模型，点击可调取，实现全流程追溯，缩减信息查询时间与流程。

### （二）优化基于 BIM 的资源配置与成本控制机制

建立全面的 BIM 资源数据库，整合建材性能、设备参数，收录材料规格、价格曲线及设备能耗、作业范围，借参数化建模实现材料用量精准计算与设备智能调度。如土方开挖阶段，模型模拟开挖路径，结合多因素对比机械组合，最优方案随作业面自动调整，减少机械闲置<sup>[3]</sup>。引入 4D 进度模拟，绑定分项工程与时间轴生成动态成本曲线，偏差时自动分析定位原因，某水库工程应用后，降低库存积压，提升单机效率，有效控制损耗与能耗。

表 1 不同施工阶段 BIM 技术应用的资源消耗对比表

施工阶段	传统管理模式材料损耗量 (吨)	BIM 管理模式材料损耗量 (吨)	传统管理模式机械台班数	BIM 管理模式机械台班数
基础处理	280	160	420	310
主体结构	1250	890	1850	1420
设备安装	95	55	680	520
收尾工程	45	25	210	160

## 四、BIM 技术在水利工程施工关键环节的应用实践

### （一）BIM 技术在地基处理环节的应用实践

地基处理是水利工程施工根基，质量影响整体稳定性。BIM 技术整合钻孔数据、土工试验报告等勘察资料，构建含 23 类地质分层、58 项岩土力学参数的三维可视化模型，以色彩分层呈现断层、地下水位等隐蔽信息，为处理方案设计提供精准支撑<sup>[4]</sup>。桩基施工中，模型预设 3 种桩位方案，模拟并优化路径，减少 9 处潜在冲突点，施工时录入 28 项关键数据生成电子质量档案。某水利枢纽应用后，方案调整周期缩至 7 天，桩体合格率升至 96%，筑牢后续建设基础。

### （二）BIM 技术在混凝土施工环节的应用实践

混凝土施工是水利工程重要部分，其质量与效率关乎建设进度。运用 BIM 技术构建含强度等级、抗渗要求等参数的混凝土结构模型，科学划分 12 个浇筑分区，依坝体高程规划浇筑顺序，结合实时温控模拟浇筑强度，匹配拌合与运输能力。模板设计上，模型参数化生成尺寸，输出图纸对接工厂预制，现场按坐标定位减少调整。关键指标与模型绑定，数据实时传输，坍落度偏离即预警，运输车辆借模型规划最优路线。某重力坝应用后，缺陷率下降，接缝错台可控，浇筑效率显著提升。

### （三）BIM 技术在施工导流环节的应用实践

施工导流作为水利工程应对复杂水文条件的核心措施，其方案合理性直接关系到施工安全，基于 BIM 技术全面整合流域近 20 年水文观测数据、高精度地形地貌扫描信息，构建涵盖导流明渠、围堰、泄水建筑物的三维系统模型，可模拟丰水期、枯水期等不同季节，以及 5 年一遇、20 年一遇等不同频率水位下的水流速度、冲刷

### （三）创新基于 BIM 的质量与安全协同管理模式

研发 BIM 质量验收专用模块，将水利工程 200 余项质量控制点检查标准转化为模型可识别的参数阈值。验收人员通过移动端采集数据上传至模型对应位置，生成可视化质量档案，实现质量数据与实体工程空间绑定。模板支护检查中，三维激光扫描数据与模型参数毫米级比对，超差即高亮标记并推送整改清单。安全管理方面，78 项危险源信息按风险等级嵌入模型，关联 12 类传感器数据构建动态预警体系，超阈值时弹窗显示坐标、触发光声报警并推送应急预案。某堤防工程应用后，质量整改率从 35% 降至 12%，安全隐患排查响应时间由 90 分钟缩至 15 分钟内，大幅提升管理精度与效率，具体数据对比详见表 1 所示：

范围，据此对导流建筑物的轴线走向与断面尺寸进行优化设计。在导流洞施工过程中，通过将围岩物理力学参数导入模型，模拟不同开挖步序下的应力分布与变形趋势，提前精准识别 8 处潜在围岩失稳区域，为锚杆支护密度调整提供量化依据，将导流设施模型与坝体、溢洪道等主体工程结构模型进行叠加分析，校验交叉施工区域的空间干涉情况，进一步优化施工顺序，某水利工程实际应用后，导流方案调整次数明显减少，汛期施工时水流对基坑的冲击强度显著降低，工程安全冗余度得到大幅提升。

## 五、BIM 技术提升水利工程施工管理效率的保障措施

### （一）完善 BIM 技术应用的配套技术体系

搭建适配水利工程特性的 BIM 技术平台，需深度整合地质勘察地层岩性数据、设计施工结构参数信息、运维管理设备运行数据等多领域数据接口，通过统一数据标准与格式转换协议，保障不同来源信息无缝兼容与高效流通，针对水利工程复杂地形地貌、多样结构构件等特征，开发专项建模工具与插件，如坝体渐变段参数化建模插件、隧洞开挖三维模拟工具等，以此优化模型构建精准度，降低人工建模误差，提升建模效率<sup>[5]</sup>。建立 BIM 模型动态更新机制，通过现场传感设备实时采集施工进度与工况变化数据，自动关联至模型对应构件，及时调整模型参数，确保数字模型与实体工程结构形态、施工状态保持高度一致，同时引入云端存储与计算技术，依托分布式服务器搭建数据共享中心，突破地域与设备限制，支持设计、施工、监理等多参与方实时查看、修改与批注模型，为 BIM 技术在水利工程施工管理中的深度应用提供稳定高效的硬件与软件支撑。

**(二) 强化 BIM 技术应用的人才队伍建设**

构建分层分类的人才培养体系，对管理决策层开展 BIM 技术应用理念与价值认知培训，通过案例解析水利工程中技术应用对成本控制、进度管理的影响，使其掌握从项目规划阶段融入 BIM 技术的宏观思路；对技术执行层聚焦建模软件操作、数据处理等实操技能训练，结合水利工程典型构件建模实例，提升其将设计图纸转化为三维模型的能力，以及从模型中提取工程量、分析施工冲突的具体应用水平。建立校企合作机制，联合高等院校在水利工程专业课程中嵌入 BIM 技术模块，开发基于真实水利项目的实训课程，定向培养既通晓坝体结构、隧洞施工等专业知识，又能熟练运用建模工具的复合型人才。推行技术认证制度，依据水利工程 BIM 应用不同场景设置考核标准，通过模型精度校验、协同管理方案设计等环节评估从业人员技术水平，规范人才市场准入，组织行业内技术交流活动，选取成功应用 BIM 技术的水利工程案例进行现场观摩，促进从业人员分享建模技巧、数据协同经验，推动技能提升与知识更新。

**(三) 健全 BIM 技术应用的管理机制**

制定涵盖 BIM 模型创建、信息交付、协同管理等环节的标准化流程，明确设计单位在模型初始构建中的精度要求、施工单位在信息更新中的责任边界、监理单位在协同过程中的监督权限，通过细化操作规范确保各环节衔接有序，建立基于 BIM 技术的绩效考核体系，将模型构件参数完整性、不同参与方间信息传递及时性、多专业协同工作顺畅度等具体指标纳入考核，通过量化评估结果与奖惩机制挂钩，激发各参与方在技术应用中的主动性。设立专门的 BIM 技术管理部门，由具备水利工程经验与 BIM 技术能力的人员组成，负责统筹技术应用所需软硬件资源调配，协调解决建模过程中出现的专业冲突，跟踪技术应用进度并根据实际情况调整计划，保障技术落地节奏与施工节点相匹配<sup>[6]</sup>。同时完善技术应用的风险管控机制，针对模型数据传输存储中的泄漏风险建立加密防护体系，对不同版本软件间的技术兼容问题预设转换方案，制定突发故障时的应急响应流程，为技术持续稳定应用筑牢防线。见图 1 所示：

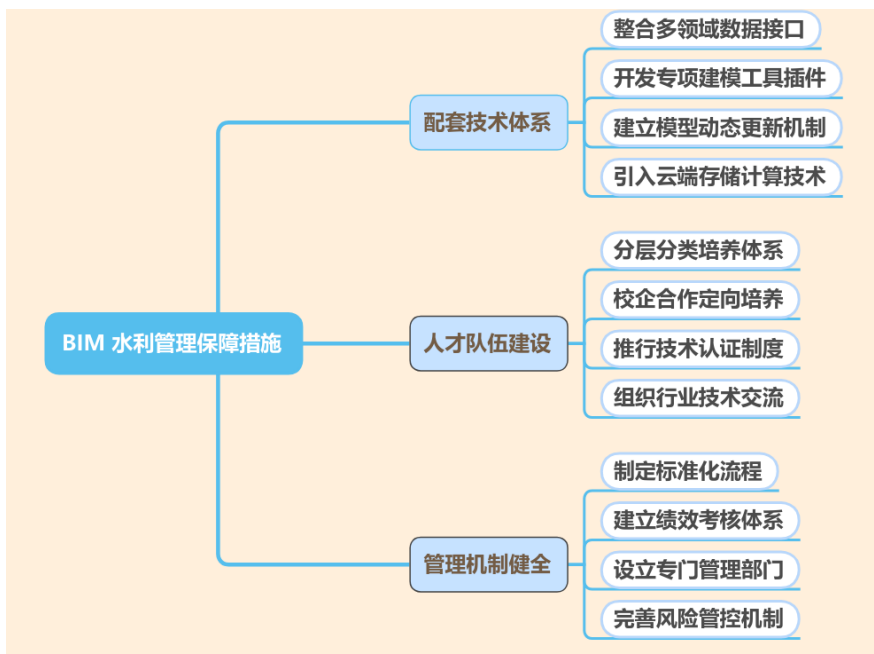


图 1 BIM 水利管理保障措施思维导图

**结语**

本文聚焦 BIM 技术提升水利工程施工管理效率，剖析现存问题与瓶颈，阐述 BIM 技术核心特性及适配性，设计优化路径，介绍关键环节应用实践并提出保障措施。内容系统呈现 BIM 技术在水利施工管理中的应用价值与实施路径，为行业提供实用参考，伴随技术发展与应用深入，BIM 技术将更深度嵌入水利工程全流程，推动管理模式变革，助力水利事业迈向更高质量发展。

**参考文献**

[1] 王彩宁. 基于 BIM 技术的水利工程施工动态监管方法研究 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(12): 150-152.

[2] 孟东. 基于 BIM 技术的水利水电工程施工管理体系研究 [J]. 科技创新与应用, 2025, 15(13): 185-188.

[3] 孙祥宾, 熊国庆. BIM 技术在水利工程施工中的应用 [J]. 农业工程技术, 2024, 44(29): 106-107.

[4] 杨曼. BIM 技术在水利水电工程施工安全管理中的实践应用研究 [J]. 水上安全, 2024, (16): 71-73.

[5] 江涛. BIM 技术在水利工程总承包项目中的应用 [J]. 水利科学与寒区工程, 2024, 7(08): 11-13.

[6] 江涛, 梁林, 李成. BIM 技术在水利工程施工管理中的应用研究 [J]. 内蒙古水利, 2024, (03): 98-100.

作者简介：杨杰 (1991 年 5 月)，男，河南焦作人，汉，本科，工程师，研究方向：水利工程。