

BIM 技术在水厂改扩建工程中的研究与应用

文 / 张建才 深圳市横岗自来水有限公司

摘要: 随着城市化进程的加速, 水厂改扩建工程日益增多, 对工程管理提出了更高要求。本文聚焦 BIM 技术在水厂改扩建工程中的应用, 从设计、施工到运营维护阶段, 剖析模型搭建、优化协同、进度管控等关键环节, 结合实际案例阐述技术落地路径与效益, 为同类工程提供可借鉴的数字化解决方案。

关键词: BIM 技术; 水厂改扩建工程; 实际案例

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.035

引言

随着市政工程建设行业的迅速发展, 大型公共项目具有周期长、成本高、管理难度大等特点, 传统依赖二维图纸和碎片化信息的管理模式, 已难以应对多专业协同、复杂工序衔接及全周期管控的需求, 尤其在水厂改扩建这类涉及新旧设施融合、不停产施工的项目中, 极易出现设计冲突、进度滞后、成本超支等问题。BIM 技术以三维模型为载体整合全周期数据, 可实现从设计到运维的可视化协同与精细化管理, 为破解上述难题提供技术支撑。研究其在水厂改扩建中的应用, 既能提升工程建设效率与质量, 也为市政基础设施数字化转型提供实践参考, 具有重要的现实意义与行业价值。

一、水厂改扩建工程特点及需求分析

(一) 水厂改扩建工程特点

水厂改扩建工程具有显著的复杂性, 首先体现在工程环境上, 既有原有老旧设施的布局限制, 又需结合新规划区域的地质条件、管线分布, 施工空间常受周边建筑和现有构筑物制约。其次, 多数项目需在保证水厂正常运营的前提下进行施工, 需精准协调施工时段与供水调度, 避免影响居民用水。同时, 对原有水池、管道、设备等设施的保护与利用要求严格, 既要判断其保留价值, 又要确保改造中结构安全。此外, 工艺系统升级涉及新旧设备兼容、自动化控制整合等问题, 不同年代的技术标准差异增加了衔接难度, 需平衡升级效果与改造成本。

(二) BIM 技术对水厂改扩建工程的适用性分析

BIM 技术高度契合水厂改扩建工程的复杂特性, 通过构建三维模型可整合地形、既有设施、管线走向等多维数据, 直观呈现空间关系, 帮助设计人员避开冲突点, 减少施工中的返工。同时, 其参数化特性能动态模拟结构受力、水流状态等, 为旧设施改造方案提供科学依据。在满足多阶段协同需求方面, BIM 平台可实现设计、施工、运营团队的信息共享, 设计阶段的模型可直接用于施工进度模拟, 施工中遇到的问题也能实时反馈至模型进行调整, 运营阶段还能基于模型开展设备维护管理, 实现从前期规划到后期运维的全流程协同, 有效提升工程效率与质量。

二、BIM 技术在水厂改扩建工程设计阶段的应用

(一) 建立 BIM 模型

构建 BIM 模型首先要全面收集整理资料, 包括原水厂竣工图纸、设备参数、水管走向、地质报告及改扩建的工艺要求、布局规划等, 将纸质资料转为可编辑电子文件, 确保数据完整精确。建模按“分层细化”步骤, 先建厂区地形场地模型, 再依次构建沉淀池、滤池等构筑物, 水泵、阀门等设备, 输水管、排水管等管线, 每个部件需标注材质、大小、性能参数。最后通过 BIM 平台汇总给排水、结构、电气、自动化等专业模型, 系统自动检查管道与梁柱位置重合、电线与设备干扰等问题, 为施工提供可靠依据。

(二) 基于 BIM 的设计优化

可视化设计审查通过三维模型直观呈现水厂整体布局及细节构造, 设计人员可多角度查看新旧设施的空间关系, 如沉淀池与新增过滤系统的衔接方式、管线在有限空间内的排布等, 便于发现平面图纸中易被忽略的不合理之处。BIM 技术还支持对不同改造方案进行参数化模拟, 例如针对旧滤池改造, 可分别模拟保留主体结构升级滤料与整体重建两种方案的工期、成本及运行效果, 通过数据对比选出最优方案。最后, 整合后的 BIM 模型能自动识别各专业间的冲突, 如电气管线与工艺管道的交叉、设备基础与原有地基的尺寸矛盾等, 系统会定位冲突位置并提示解决方案, 显著提升设计精度与效率。

三、BIM 技术在水厂改扩建工程施工阶段的应用

(一) 施工进度管理

基于 BIM 的施工进度计划制定, 需将三维模型与施工工序、时间节点关联, 把整体工程分解为基础施工、设备安装、管线敷设等细分任务, 明确各环节的起止时间与资源配置, 形成可视化的进度计划模型。实际进度跟踪与偏差分析则依靠现场数据与模型的实时比对实现, 施工人员将每日完成的工程量录入 BIM 平台, 系统自动与计划进度对比, 生成偏差报告, 为及时调整施工方案提供依据, 保障工程按计划推进。

(二) 施工质量管理

通过将混凝土强度等级、管道焊接工艺、设备安装精度等规范要求嵌入 BIM 模型构件, 使每个施工环节都有明确的参数基准, 比如沉淀池浇筑时, 模型会自动关

联抗渗混凝土的配比标准和养护周期，施工人员可直接从模型中调取质量要求。质量检查与验收流程信息化则通过移动端设备记录现场数据，检查人员在滤池内壁平整度检测时，将实测值录入模型对应位置，系统自动与标准值比对，生成合格与否的判定结果，验收文件直接关联模型形成电子档案，避免纸质记录的遗漏或篡改。

(三) 工程量统计与成本控制

用 BIM 模型统计工程量，系统能快速算出混凝土用量、钢材重量、管道长度等数据，比如沉淀池改造时，直接从模型里就能提取池壁体积和预埋件数量；做成本预算和监控成本时，主要是把工程量数据和市场价格信息关联起来，先做出初始预算模型，再随着施工进度不断更新，比如采购设备时，模型会自动根据市场价格变化调整，若可能超预算就发出预警。最后若发现管道安装费用超了预算，系统能直接找到是哪段施工出了问题，找到原因后就能有针对性地解决，从而保证项目成本不超支，让资金使用更有效率。

四、BIM 技术在水厂改扩建工程运营维护阶段的应用

(一) 设施设备管理

在水厂改扩建工程的运营维护阶段，通过将所有设备的型号、采购时间、维修记录等信息集成到 BIM 模型中，能实现设备信息的可视化查询，如需了解某台水泵的参数，直接点击模型即可获取，无需翻查纸质档案。系统还会根据设备的使用情况和保养周期，自动生成维护计划，避免错过最佳维护时间。并且，通过模型可以模拟管道堵塞、电机故障等情况，提前规划好抢修步骤和疏散路线，真遇到问题时，工作人员能按方案快速处理，减少故障对水厂运行的影响。

(二) 空间管理

在水厂运营中，借助可视化展示水厂空间布局，能清晰标注沉淀池、过滤池、设备间等区域，明确操作区与管道区的位置，在电脑上点击即可查看；同时，通过该模型能发现空间闲置或使用不合理的情况，例如某个设备间因堆放过多杂物影响操作时，模型会予以标注，进而可据此调整布局，使空间使用更便捷。基于空间信息的资源调配，比如要检修某个区域，模型能快速找到

最近的工具存放点和空闲的维修人员位置，规划出最快的路线。

(三) 数据分析与决策支持

在水厂运营维护中，数据分析与决策支持是提升效率的关键，而 BIM 技术让这一过程更直观、精准。首先是运营数据与 BIM 模型的关联分析，像水泵的运行功率、沉淀池的水位变化这些实时数据，都会对应到模型里的具体设备或区域，比如哪台水泵耗电量突然增加，模型上就能直接标出位置并显示历史数据，方便快速找到异常原因。性能评估与预测分析也很实用，通过模型整合的长期数据，能看出各系统的实际表现，比如过滤系统的出水水质是否在慢慢下降，还能预测未来几个月的变化趋势，提前判断是否需要更换滤料。这些分析结果最终会为运营决策提供切实的数据支持。

五、案例分析

(一) 项目概况

1. 水厂基本信息

本次案例选取的是某城市建成于 2005 年的自来水厂，位于城市东北部，占地面积约 8.5 万平方米，设计日供水能力为 15 万吨，主要负责周边 3 个行政区约 40 万居民的生活用水及部分工业用水。水厂现有构筑物包括 2 座沉淀池、3 座滤池、1 座清水池及配套的加药间、泵房等，工艺采用“混凝-沉淀-过滤-消毒”传统流程。随着城市人口增长及水质标准提升，原设施存在处理能力不足、自动化程度低、部分设备老化等问题，其中滤池反冲洗效率下降导致出水浊度波动，加药系统精度不足影响水质稳定性，亟需通过改扩建提升供水保障能力。

2. 改扩建工程内容

本次改扩建工程以“提升产能、优化工艺、保障运营”为核心，主要内容包括：将日供水能力提升至 25 万吨，新增 1 座沉淀池、1 座 V 型滤池及 1 套深度处理系统（臭氧-活性炭工艺）；对原有 3 座滤池进行自动化改造，更换老旧阀门与控制系统；升级加药系统为智能投加设备，实现水质在线监测与自动调节；改造厂区管网网络，新增 2 条 DN1200 输水管，同步更新配电及自控系统。

表 1 该项目的目标、重难点

项目目标	项目重点	项目难点
1. 日供水能力提升至 25 万吨 2. 出水水质达到最新国家标准 3. 实现全流程自动化控制	1. 新旧工艺系统的衔接与兼容 2. 智能设备与原有设施的联动调试 3. 深度处理系统的高效运行	1. 施工期间需保持 10 万吨 / 日供水，作业面与运营区交叉干扰大 2. 老旧管线分布复杂，改造中易引发渗漏风险 3. 新增构筑物与既有设施的空间布局冲突，需精准规划

工程还涉及厂区道路翻新、绿化调整及辅助设施扩建，整体工期为 18 个月，计划通过 BIM 技术实现设计、施工与运营的全流程协同，确保在不中断供水的前提下完成改造。

(二) BIM 技术应用过程

1. 应用流程与组织架构

本项目 BIM 技术应用遵循“全周期协同”原则，流

程分为三个阶段：前期筹备阶段（组建团队、制定标准）、实施阶段（设计建模→施工模拟→运维数据集成）、总结阶段（效果评估与经验沉淀）。为保障落地，设立了跨主体的组织架构，以业主方为核心，联合设计、施工、监理及 BIM 咨询单位成立专项小组，明确各角色职责：业主负责统筹协调与需求对接，设计单位承担模型搭建

与优化，施工单位负责现场模型应用与数据反馈，监理单位监督模型与现场的一致性，BIM咨询单位提供技术支持与标准培训。

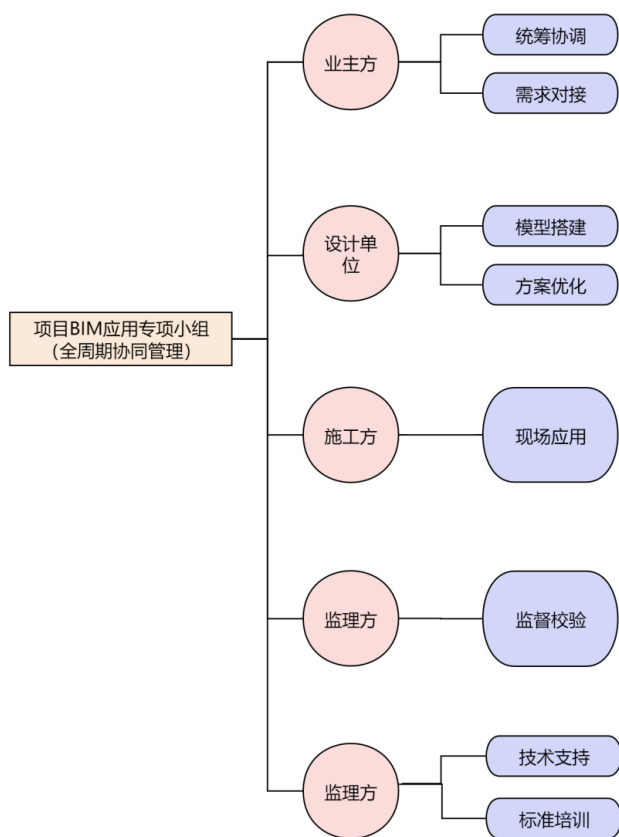


图1 组织架构图

2. 各阶段 BIM 应用的具体实施情况

①设计阶段：通过BIM技术解决“新旧设施冲突”与“工艺衔接”问题。首先收集原有水厂的CAD图纸、设备参数等数据，搭建包含地形、构筑物、管线的三维模型，利用碰撞检测功能发现原有滤池与新增V型滤池的管线交叉点12处，提前调整管道走向；针对深度处理系统与原有工艺的衔接，用BIM模拟臭氧投加量与活性炭吸附效率的匹配关系，优化设备布置间距，使管道水头损失降低15%。

②施工阶段：聚焦“施工与运营并行”的难点，基于BIM模型进行4D进度模拟，将施工任务分解为286个工序，标注与供水相关的关键节点（如旧管道切割需避开用水高峰），通过模型可视化交底，让施工团队明确各阶段的空间占用范围。质量控制中，将混凝土强度、管道压力等标准嵌入模型，现场验收时用移动端扫描构件二维码录入实测值，系统自动比对并标记不合格项，共发现滤池底板钢筋间距超标、阀门安装角度偏差等问题37项，整改效率提升40%。

③运营阶段：构建“BIM+物联网”运维平台，将在线监测数据与模型关联，点击模型中任意设备即可查看实时运行参数及历史曲线。针对加药系统易堵塞的问题，通过模型关联的药剂浓度、流量数据，预测管道清洗周期，提前安排维护；模拟清水池水位异常下降时，系统快速

定位可能的渗漏点如阀门故障或管道接口松动，并推送应急抢修路径。平台运行半年内，设备故障处理时间缩短50%，能耗降低6.5%，验证了BIM技术对长期运维的支撑作用。

（三）应用效果评估

1. 设计阶段效果评估

设计阶段应用BIM技术后，方案精准度和协同效率显著提升。通过三维模型整合各专业信息，累计检测出管线交叉、空间冲突等问题38处，其中新旧设施衔接矛盾14处，提前优化后避免了施工阶段的返工风险。模型自动统计的工程量误差率控制在2.5%以内，较传统手工计算（误差率8%）大幅降低，为成本预算提供了可靠依据。

2. 施工阶段效果评估

施工阶段BIM技术有效破解了“边运营边施工”的难题。基于4D进度模拟优化工序，将交叉作业时间压缩18天，全程未影响居民用水。质量管控中，数字化验收体系让不合格项整改率达100%，滤池混凝土抗渗性、管道焊接合格率较同类项目提升7%和10%。成本方面，材料损耗率从4.8%降至2.1%，加上返工减少，项目造价较预算节约28万元，工期提前12天完成，充分体现了BIM在提升效率、控制成本中的实际价值。

3. 运营维护阶段效果评估

在运营阶段，借助“BIM+物联网”平台，查询任何设备的信息只需点击即可实现。通过对各类数据进行关联分析，还能够优化设备的运行参数。以近半年为例，每吨水的耗电量减少了0.25度，药剂使用量降低了10%，一年可节省22万元的运营成本。设备出现故障时，处理速度比以往快45%，供水稳定率能达到99.8%。

结语

总的来说，BIM技术在水厂改扩建工程里，能把整个工程各个阶段的数据整合到一起，还能让大家通过可视化的方式协同工作，解决了传统方式里设计老出冲突、施工管理不细致、运营维护效率低等问题。以后，随着物联网、大数据这些技术跟它结合得更紧密，应进一步完善BIM的使用标准，让模型数据能在不同阶段顺畅传递，为城市基础设施的高质量发展不断添力。

参考文献

- [1] 陈彦明, 胡良军, 李昂. 南方水厂工程中BIM技术驱动的精化管理实践[J]. 广东土木与建筑, 2025, (05): 8-10+14.
- [2] 廖剑涛. 基于BIM技术的拓展平台在机场工程中的应用[J]. 安装, 2025, (04): 55-57.
- [3] 刘发辉, 刘子毅, 柯奕健, 等. BIM技术在污水厂节能设计中的应用[J]. 上海节能, 2025, (03): 414-421.
- [4] 解晓虎, 王培成, 肖扬. BIM驱动的水厂工程设计与施工优化[J]. 科技与创新, 2025, (04): 142-145.

作者简介：张建才（1988.6-），男，汉，广东惠州人，大专，助理工程师，研究方向为建筑管理。