

# 数字孪生在水利工程总承包项目开发与应用

许洪健 谢玉强

中水淮河规划设计研究有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6697

**[摘要]** 在水利工程总承包项目数量增多、范围扩大且需精细化管理的背景下,总承包事业部面临管理人员有限、降本增效压力大的挑战。本文以数字孪生为核心架构,整合BIM、GIS等技术,设计开发了涵盖BIM轻量化管理、人员考勤、进度质量安全管理等多模块的智慧项目管理系统,实现了工程全要素数字化映射与全生命周期信息化管控。通过PC端、移动端、展示大屏多终端协同,解决了数据互通、远程监管等痛点,为水利工程总承包项目提供科学决策支撑,助力管理水平与效率双重提升。

**[关键词]** 数字孪生; 水利总承包; BIM; 项目管理

中图分类号: TV93 文献标识码: A

## Development and Application of Digital Twin in Water Conservancy Engineering General Contracting Project

Hongjian Xu Yuqiang Xie

China Water Huaihe Planning and Design Research Co., LTD.

**[Abstract]** Against the backdrop of the growing number, expanding scope, and increasing demand for refined management of EPC (Engineering, Procurement, Construction) projects in water conservancy engineering, the EPC Division faces challenges such as limited management personnel and intense pressure for cost reduction and efficiency improvement. Taking Digital Twin as the core architecture, this paper integrates technologies including BIM (Building Information Modeling) and GIS (Geographic Information System) to design and develop an Intelligent Project Management System covering multiple modules such as lightweight BIM management, personnel attendance tracking, and schedule-quality-safety management. The system realizes digital mapping of all engineering elements and information-based management and control throughout the entire project life cycle. Through multi-terminal collaboration (PC terminal, mobile terminal, and display screen), it addresses key pain points such as data intercommunication and remote supervision, provides scientific decision-making support for water conservancy EPC projects, and helps dual improvements in management level and efficiency.

**[Key words]** Digital Twin; Water Conservancy EPC; BIM; Project Management

### 引言

在水利工程总承包模式逐渐普及的背景下,随着总承包项目的高速发展,如何在管理人员有限、项目多、范围广的现实情况下,实现降本增效、统一决策、科学管理的目标,已成为总承包未来可持续发展的关键。

引入智慧项目管理系统,借助数字孪生技术实现BIM模型与工程项目管理中进度、质量、安全等数据的互融互通,实时仿真现有工程进度和状态,实现工程管理水平提升。

### 1 需求分析

#### 1.1 需求架构图

系统构建了PC端、移动端、展示大屏多终端协同的需求架

构,核心功能模块包括BIM轻量化管理平台、人员考勤、进度管理、质量管理、设计管理、安全管理、文件管理、权限管理,各模块根据不同终端的使用特性进行功能适配,满足多样化场景操作需求。

#### 1.2 需求详情

针对用户在PC端和移动端不同的使用特性,现将各功能模块的需求按终端特性进行详细划分,以满足不同场景下的操作需求。

##### 1.2.1 BIM轻量化管理平台

依托PC端计算能力与大屏优势,采用几何简化、纹理压缩等技术对BIM模型进行轻量化处理,保留高精度细节的同时降低数

据量,支持Web端多视角旋转、截面剖切、尺寸测量、沉浸式漫游等操作。管理层构建三级分类管理体系(项目维度、工程阶段、专业类别)与版本控制体系,支持历史版本对比、回滚,保障多团队协作数据安全。

移动端优化加载机制,采用流式加载技术,支持单指浏览、双指缩放等触屏交互,提供模型快速检索、简易测量与漫游功能,满足现场移动办公需求。

### 1.2.2 人员考勤

移动端集成人脸识别与GPS定位打卡功能,确保身份识别准确与打卡位置真实,考勤数据实时同步至系统。系统支持异常情况实时提醒,可集中处理考勤数据并生成可视化图表,提供灵活的考勤规则配置与异常处理流程设置,支持数据批量导出与报表生成,为管理决策提供数据支撑。

### 1.2.3 工程数字展示大屏

融合BIM与GIS技术,整合影像地图、倾斜摄影等多源数据,实现工程全貌高精度三维可视化呈现<sup>[1]</sup>。支持多维度态势分析,提供投资趋势曲线、质量问题热力图、进度偏差对比表等图表,支持数据下钻与指标自定义筛选,助力管理层深度洞察工程状态。

### 1.2.4 进度管理

将工程划分为单位工程、分部工程、单元工程三级架构,支持录入关键时间节点信息<sup>[3]</sup>。单元工程与BIM模型深度关联,通过不同着色直观展示进度状态(绿色正常、黄色滞后、红色延误),支持施工单位按规范格式上传周月报并执行审核流程,保障进度数据可靠。

### 1.2.5 质量管理

质量问题可通过系统拍照上传并记录详细信息,按预设流程自动流转形成闭环管理。结合BIM技术预估工程量,精准计算材料用量以控制成本<sup>[2]</sup>,集成视频监控功能对重点部位实时监控,支持实时查看与历史回放,实现施工过程监督与质量追溯。

### 1.2.6 设计管理

为重点工程提供三维BIM展示与工艺视频展示,全方位呈现设计细节与施工关键工艺。BIM模型支持沉浸式漫游,便于各方人员理解设计理念与空间结构,提升沟通效率与工程品质。

### 1.2.7 安全管理

采用LECS法对危险源进行评估管理,标记重大危险源以明确防控重点。安全问题可实时拍照上传记录,按既定流程分类处理并形成闭环,严格把控各环节时间节点,保障施工现场安全。

### 1.2.8 文件管理

支持上传不涉密的规章制度、工程信息等各类文件,通过文件加密、访问权限控制保障安全共享。支持常见办公文件在线查看,实现工程信息跨端、跨单位共享,提升协作效率。

### 1.2.9 权限管理

按部门与个人细化各模块查看、编辑权限,根据岗位职责分配权限级别。提供数据恢复备份功能,采用定期自动备份与手动备份相结合的方式,应对误删等操作风险,保障数据完整性。

## 1.2.10 移动端

全面支持质量与安全问题上上传录,操作简便快捷,问题分配后通过手机消息推送提醒责任人。与PC端数据实时同步,支持视频监控查看与BIM模型在线浏览、基础操作,满足现场实时获取工程信息的需求。

## 2 开发架构

### 2.1 开发架构图

系统采用前后端分离的B/S架构,前端分为Web端与移动端,后端提供接口服务与数据存储支持,数据库负责基础数据、BIM轻量化数据、地理信息数据的存储管理,通过外部接口调用与数据库服务访问实现数据互通。

### 2.2 技术选型

#### 2.2.1 前端

Web端选用Umi.js框架,基于React.js优化,支持配置式与约定式双路由模式,搭载全生命周期插件体系,可快速集成状态管理、组件库适配等功能,适配复杂中后台系统开发需求。

移动端选用Uni-APP跨端框架,基于Vue.js构建,实现“一套代码,多端运行”,适配IOS、Android、鸿蒙等系统及H5、小程序等端形态,支持调用原生API,降低多平台开发成本<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.2 后端服务端

采用Egg.js框架,基于Koa扩展,遵循“约定优于配置”理念构建标准化MVC架构,具备高度可扩展的插件机制,可快速集成数据库适配、缓存管理等功能,提升后端开发效率与系统可维护性。

#### 2.2.3 数据库服务

选用MySQL作为核心存储方案,采用结构化存储方式,通过规范化设计减少数据冗余,支持复杂多表关联查询与事务控制,配合索引优化、查询缓存等机制提升读写性能,具备灵活的结构扩展能力,适配业务需求变化。

## 3 研发重难点

### 3.1 BIM与GIS的结合

选用天地图作为地图服务基底,其免费使用权限与高分辨率影像展示优势适配项目需求。BIM模型与倾斜摄影模型经轻量化处理后,依托BIMFace的JavaScript接口创建三维容器组件,实现二者融合渲染,构建一体化场景网页。



图3.1 工程数字大屏

服务端对建筑物进行三级分级处理,网页端为不同层级配置差异化图片标签并绑定交互事件,用户点击标签可触发视角调整与工程信息联动更新,实现三维场景与业务数据双向交互。

依托BIM与GIS深度融合,构建的水利工程数字孪生可视化大屏,可实现工程电子沙盘三维交互演示,通过空间地理信息与工程建筑信息精准叠加,完成全要素、宏观尺度数字孪生映射,为规划与调度决策提供数字化支撑(图3.1)。

### 3.2 工程进度数据与BIM数据的关联展示

将进度计划表中分部工程与BIM的文件ID、构件ID关联,为每个构件ID绑定预计开工、竣工时间及实际开工、竣工时间字段,划分提前竣工、延期竣工、正在施工、暂未施工四种进度状态。点击BIM模型时,通过BIMID调用API接口反查进度时间,获取构件进度信息(图3.2)。



图3.2 工程进度BIM展示

## 4 结语

水利总承包事业部处于起步高速发展阶段,引入数字孪生信息化管理平台不仅是管理手段的提升,更是管理思维模式的革新。随着管理内容深化,需求与系统功能将持续优化迭代,以流程优化、人效提升、成本降低为目标,实现项目总承包全生命周期信息化管控<sup>[5]</sup>。

### [参考文献]

[1]张毅,陈健,吴新宇.BIM与GIS融合技术在工程总承包项目管理中的实践[J].施工技术,2021,50(12):145-148+153.

[2]李君,王浩,刘昌军.数字孪生技术在水利工程中的应用研究[J].水利学报,2022,53(7):821-830.

[3]王建华,李丽,张伟.智慧水利项目管理系统的设计与开发[J].水电能源科学,2023,41(3):167-171.

[4]刘勇,赵亮,陈明.跨端开发技术在工程管理APP中的应用[J].计算机工程与应用,2022,58(18):234-240.

[5]陈丽,黄强,周刚.水利工程全生命周期信息化管理关键技术[J].人民黄河,2020,42(9):102-106.

### 作者简介:

许洪健(1994--),男,汉族,安徽蚌埠人,硕士研究生,工程师,研究方向:软件开发、水利信息化。

谢玉强(1990--),男,汉族,安徽太和人,大学本科,工程师,研究方向:水利信息化、工程测量。