

# BIM 技术在水厂数字化转型中的应用 ——以福田水质净化厂项目为例

齐维丽 张辛平 戴龙

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 武汉 430010)

**【摘要】**随着物联网、移动互联、大数据等技术的飞速发展与规模化应用,智能建造引领了新一轮的建造业革命。然而,工程项目建设领域仍存在着协同效率低、工程资料查找难、信息同步慢以及各方数据信息共享难等诸多问题,而BIM技术是在三维几何模型的基础上,以数字化形式实现工程数据的时间和空间的可视化管理,是解决目前工程项目管理的重要手段之一。本文以福田水质净化厂二期工程项目为例,阐述了BIM应用需求与组织框架,明确了BIM施工管理平台在工程项目全生命周期中的应用优势,分析了平台的基本功能,从BIM应用、进度、质量、安全、协同办公、智慧工地和图文管理等方面最终探索出净水厂数字化和信息化的优化解决方案,达到减少设计变更、缩短工期及提高施工效率的成效。

**【关键词】** BIM技术; 施工管理; 数字化应用; BIM协同管理

**【中图分类号】** TU17

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1674-7461 (2024) 03-0030-06

**【DOI】** 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2024.03.06

## 引言

近年来,随着中国工业和制造产业的改造升级,“中国建造2025”的发展战略推动着我国新基建的大力发展<sup>[1]</sup>。BIM技术的出现为整个建筑业注入了新鲜血液,赋能于整个行业的建造模式<sup>[2]</sup>。项目管理由粗放式转变为精细化管理模式的过程中,BIM技术通过对建筑模型的具象化、数据化和信息化,实现了在项目的全过程生命周期中的信息互联、互通、互享,以“智慧模型”实现“智慧工程”建设,为各参建单位提供协同工作的基础<sup>[3]</sup>,从而提高生产效率、提高工程质量,提高项目管理决策等方面发挥重要作用。

目前,BIM技术已广泛应用于工程建设领域,在水务项目建设全生命周期中也有相应案例<sup>[4]</sup>。在经济持续快速增长以及人们对生态环境需求日益增长的背景下,对水环境治理和修复以及水处理工程的要求也达到前所未有的高度,不断促进污水厂数字化和智能化转型发展<sup>[5]</sup>。基于BIM技术的施工管理平台可以在

项目设计、采购、施工、验收及运维等各阶段实现全产业链一体化管控,以“数据精细化、决策智能化、进度可视化、协同线上化”的理念,提升现场作业和管理人员的水平,甚至整个企业的管理水平,实现降本增效,促进行业科技创新与产业升级<sup>[6]</sup>。

本文以福田水质净化厂二期工程项目为例,基于BIM技术自主研发的EPC协同管理平台的深度应用,实现项目数字化转型和精细化管理的目的,探索数字化解决方案,逐步形成和完善数字资产,为在后续项目中的应用和平台功能的完善提供借鉴和参考。

## 1 工程概况

### 1.1 项目概况

项目建设地点位于深圳市福田区。是亚洲最大的半地下水水质净化厂,本次工程建设共包括四个部分:扩建工程规模为30万m<sup>3</sup>/d,提标工程规模为40万m<sup>3</sup>/d,再生水工程规模5万m<sup>3</sup>/d,污水调蓄池有效容积8万m<sup>3</sup>。出水水质主要指标达到深圳地标B类标准(TN≤8

**【基金项目】**住建部研究开发类项目“市政工程BIM设计及施工应用技术”(编号:K20210574)

**【第一作者】**齐维丽(1990-),女,工程师,主要研究方向:市政BIM应用开发。

**【通信作者】**戴龙(1989-),男,高级工程师,主要研究方向:市政工程BIM正向设计方面研究。

mg/L)。建设工期为三年，主要建设内容包括常规二级处理、深度处理、污泥脱水、除臭工程、进出水管网及工程管理用房等。

### 1.2 业务痛点及解决方案

项目总投资大，集约化布局设计要求高，施工管理协调问题多，施工工艺繁琐，施工工期紧张，质量安全文明施工要求严格，且工程总承包内容包含 BIM 全生命周期应用，对整个工程提出了挑战。

智慧化水厂要求高，为打造科学化、精细化的智慧化水厂，实现后期智慧水务的智能化应用，打通设计-施工-运维一体化协同应用，将施工过程信息传递到后期运维管理中，深入贯彻“一模到底”的全方位 BIM 技术应用。

基于以上难点和建造要求，在对福田二期净水厂深入调研和分析业务需求，平台以基于 BIM 数据库为数字底座搭建 EPC 协同管理平台，结合该类型项目管理流程特点，使各参建方在平台上可进行规划、设计、采购、施工、试运行、验收及后期运维等。同时进行设计、进度、质量、安全、投资、会议管理、系统办公、协同办公及智慧工地等要素管理，从而实现不同部门和专业之间的协同工作。

## 2 平台概况

### 2.1 平台功能

BIM 施工管理平台以 EPC 总承包单位的现场管理为主，以 PC 端和移动端辅助，基于专业三维轻量化引擎，确保 BIM 平台的操作便捷性和时效性，全面实时掌握项目的进度、质量及安全等全生产过程数据，加强 EPC 项目建设全面把控工期、质量、安全、成本及

进度等方面，减少项目风险。每个模块可以权限及任务进行划分，做到分工合作和信息共享。为全面打通全生命周期数据接口，形成三维数字化应用标准体系，采用 4 个层级的体系。平台功能如图 1 所示。主要的优势体现在以下三个方面：

(1) 基于工作流的引擎为数字底座，对项目进行标准化、流程化、规范化管理；

(2) 专业三维轻量化引擎，实现快速浏览二维图纸、三维模型，进行缩放、测量、剖切、保存视角等操作；

(3) 支持移动设备，参建各方可以随时随地进行线上无纸化办公。

### 2.2 逻辑结构设计

平台采用 Spring Cloud 技术结构为基础的微服务框架。结合实际业务特性，将各个功能点拆分到离散的服务中，以此实现平台系统服务具有低耦合、高内聚的特性，提高平台运行的稳定性和安全性<sup>[7]</sup>。平台架构如图 2 所示，与常规的服务应用开发模式相比，具有以下优势：

(1) 以递归的方式将巨大单体式应用分解为离散服务的方法解决系统功能复杂性问题；

(2) 经分解后的各服务在开发手段、开发环境保持均保持各自的独立性，提高了各后台服务独立性；

(3) 独立进行每个微服务的部署，提高了部署效率；

(4) 每个独立的服务都具有可扩展性，增强了系统开发的弹性和扩展性。

### 2.3 核心技术

平台的主要核心技术有以下两个方面：

(1) 三维引擎技术

专业的三维轻量化引擎通过内建的触发器机制和

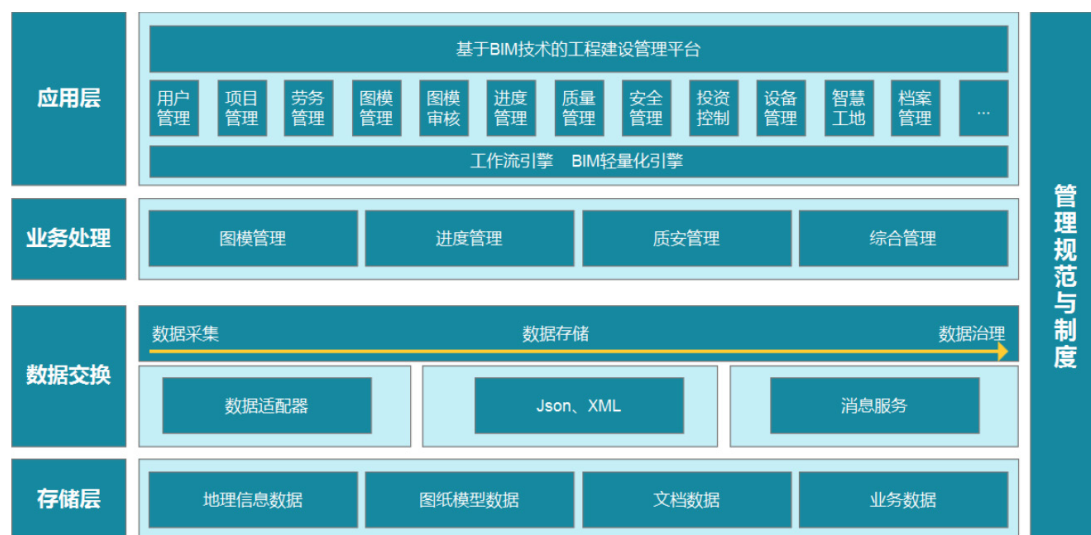


图 1 BIM 施工管理平台功能

跟随同步机制，可以模拟设备运行、施工进度、仿真等一系列孪生应用场景，实现工程的动态可视化管理和精细化把控。采用分布式计算图形引擎 WebGL 的实现路线，支持任意 BIM 模型构件及场景元素。通过引擎的强大性能支持超大三维模型的浏览与展示，是数字化资产移交、数字化智慧工厂的三维可视化优秀的数字载体。

### (2) 搜索引擎技术

EPC 工程数字档案信息数量巨大，通常用户需要在海量信息中快速定位所需的信息和文档，犹如大海捞针一般，搜索引擎技术出现则恰好解决了这一难题。该技术将平台内采集的各类型数字化档案，通过原始数据加工和处理，建立信息和索引数据库，实现对提出的各种检索操作的快速响应，其基于档案内容的搜索服务，为用户提供所需的信息或快速指引，缩短了信息检索所需的时间，极大地提高了检索效率。

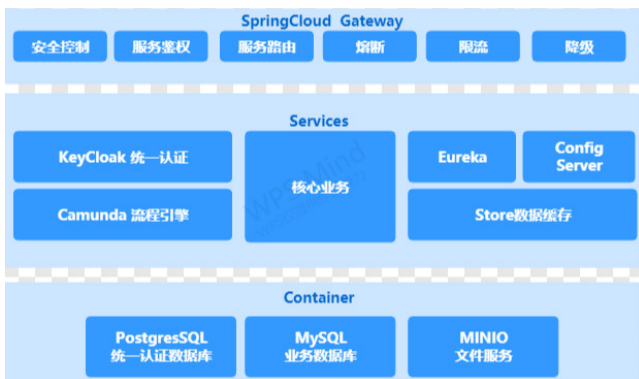


图 2 平台结构图

## 3 平台应用

本文主要介绍 BIM 在福田 EPC 协同管理平台中具体应用，以及如何使用 BIM 技术提高该项目的管理能力。通过将项目全流程管理中的各参建方纳入到统一的协调管理体系中，并将建造过程中产生的各类数据接入到 BIM 平台中进行数据整合和统一管理，从而实现将整个建设过程中产生的信息、资料构成结构化数据库。切实做到信息可追溯和易利用，最后将建造过程中的信息应用到运维阶段。

通过设计和施工阶段的 BIM 以及整体 BIM 模型的使用，达到加强 EPC 项目建设对于工期、质量、安全及成本的全方位把控，降低项目风险的目的，提高项目成功率。

### 3.1 进度管理

进度管理由总体进度、月进度、周进度、单体进度、形象进度及项目进度等功能模块组成。实现对进

度的查询、审批、查看以及模型单体构件的未建、在建、已完未验、已完已验及延期等状态。通过 Project 计划与 BIM 模型关联，可实现计划进度模拟，如图 3 所示，通过实际录入开始和结束时间，并赋予模型不同显示颜色与计划进度对照显示，可视化掌握项目的实时施工进度，分析项目进度滞后情况。

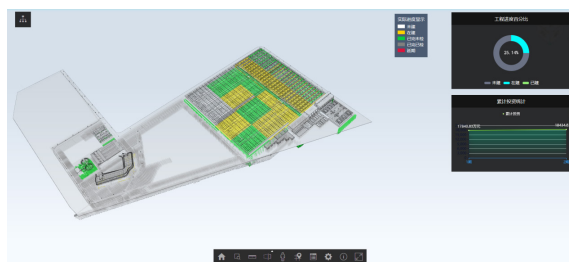


图 3 实际进度模拟

BIM 技术通过采取虚拟建造、施工进度模拟、进度挂接等技术，对专项施工方案和进行资源优化配置、场地协调，增强管理人员与施工人员的协同性。

### (1) WBS 分解

目前，WBS 任务分解是控制和管理工程项目作业内容的最重要工具之一<sup>[8]</sup>，在基于 BIM 的进度管理工作中同样适用。为解决现场施工生产和生产统计之间的差异，形成形象进度项标准，通过 WBS 与形象进度项的关联，实现进度计划与进度管理按工期、投资产值和形象进度项三个维度联动管理。

### (2) 计划编制

创建项目“总体进度计划 - 年度计划 - 月度计划 - 周计划”四级进度管理，通过明确工程建设的总工期，各主要施工阶段的开始与结束时间，确定了各单项工程和分项工程的施工顺序及相互衔接关系。年度计划根据总进度计划集合计划期的实际情况，确定计划期内应完成的工程建设项目的施工内容、工程数量、施工产值及工程内容，质量和文明施工应达到的指标及评分准则，对施工所需的人员、设备、材料及机械的进退场时间做出合理的安排，实现将最终施工任务落到实处，如图 4 所示。

计划ID	计划名称	计划开始时间	计划结束时间	计划产值	计划工程量
100	100-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
101	101-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
102	102-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
103	103-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
104	104-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
105	105-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
106	106-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
107	107-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
108	108-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
109	109-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
110	110-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
111	111-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
112	112-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
113	113-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
114	114-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
115	115-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
116	116-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
117	117-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
118	118-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
119	119-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000
120	120-101 总承包管理(前期)	2020-01-01	2020-12-31	1000000	1000000

图 4 年度计划



(3) 模型关联

进度管理模块显示导入的模型及显示模型层级结构，通过选取不同层级的模型，与平台内同步的总进度计划中选定的进度计划条目进行关联操作，为 3D 模型附上时间属性，成为 4D 模型<sup>[9]</sup>。BIM 协同管理平台根据进度计划中的计划时间、实际时间进行仿真模拟推演，实现进度三维可视化展示，如图 5 所示。通过 BIM 协同平台<sup>[10]</sup>实现展示项目计划进度与实际进度的模型对比，对施工进度提前或者延迟的工作项以不同颜色进行区分和显示。

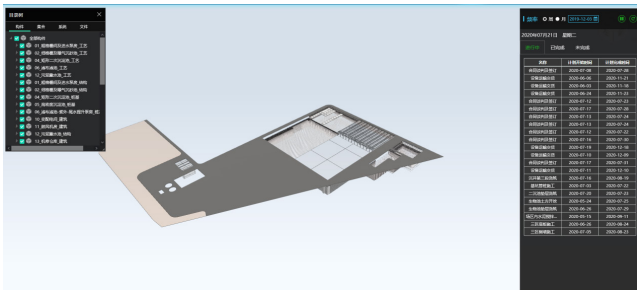


图 5 模型进度关联

(4) 进度管理

手机小程序端采集抓取现场生产数据、时间信息、质检验收数据。实时反馈实际进度，现场问题及时追踪，理清责任以及闭环管理。通过自动分析，形成统计分析报表，在进度周例会<sup>[11]</sup>，如图 6 所示，可提供丰富的数据参考，作为管理决策的依据，对当前生产进度做总结，为接下来的任务分派做进一步调整和安排，通过调配人、机、材料及资源等，为后续施工进度提供保证。重要的数据信息会同步至领导驾驶舱中进度看板进行展示，供管理层随时了解进度、监控数据、管理业务目标，促进部门协作，最终实现管理留痕和数据统计分析，促使项目管理从粗放型向精细化转变，如图 7 所示。



图 6 周进度统计分析

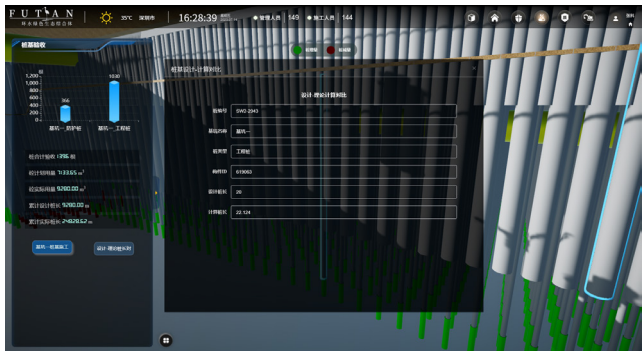


图 7 驾驶舱中的进度验收管理

3.2 质量安全管理

在质量安全管理和控制过程中，影响质量的因素很多，如施工场地的地质特征和气候变化、施工材料的供应是否按时到位、施工人员进场率、设计和勘察水平、设备和机械的完善程度、施工所需的方法和技术、甚至是管理和控制措施、投资限制和工期等。BIM 协同管理平台对质量管理方面具备以下功能：

(1) 质量安全巡检。日常巡查中对各项单体工程中可能存在的问题，将质检现场的照片作为附件进行上传，详细记录问题描述，明确整改时间和整改负责人。如图 8 所示，同时提出整改措施，确保检查和整改工作相结合，并及时提醒系统按时反馈整改情况和照片。进行整改项问题的实时追踪和问题回溯；

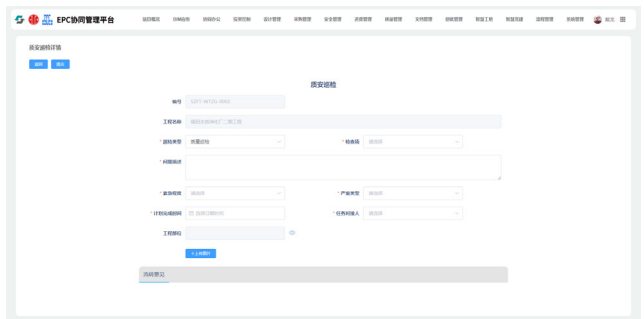


图 8 质安巡检填报

(2) 填写质量安全日志时落实到具体责任整改人，安全日志信息会记录每次填报的负责人，如果后续出现相关问题，可快速定位到相关责任人；

(3) 平台的质量安全日志报备：当日施工质量安全情况、质量安全教育情况、质量安全检查情况等内容可全面反映项目施工过程中出现的问题；

(4) 在质量安全列表中记录所有质量安全信息，上报现场检查情况和处理要求及措施；

(5) 危险作业。每日现场施工负责人填报的危险作业内容，并将危险作业关联的视频内容挂接到 BIM 模型上，便于管理者对此项危险作业内容进行闭环管

理和跟踪回溯。通过将质量安全管理内容与模型进行有机整合,如图9所示,通过添加视频锚点,管理人员可实时在线监控危险作业现场,也可对之前的危险作业内容和视频内容进行回溯,实现对危险作业内容的深刻理解和模型进度直观体现,做到进度和施工情况实时掌握,危险作业施工内容可追溯。

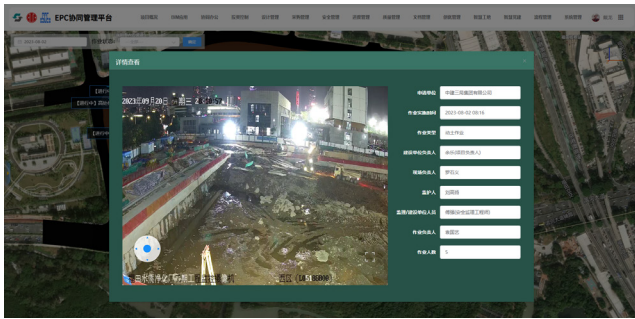


图9 危险作业

以上功能能够实现对施工过程中产生的质量安全管理进行闭环管理,以此提高现场质量安全问题的跟踪处理效率。此外,通过对施工单位、监理单位进行月度安全、质量施工内容的评分制度,如图10所示,直观地展示安全生产和质量行为的月度管理评分情况,提高质量安全管理人员的安全工作意识,以减少质量安全问题发生频次。



图10 质量安全过程评价

### 3.3 智慧工地

通过与智慧工地<sup>[12]</sup>的各类物联网设备系统对接同步,可实现对现场的人员、环境监测、水位监测、基坑沉降位移监测、大型机械设备安全运行数据进行同步显示、分析,以直观的形式对各类数据情况进行展示和分析,为后续各类生产决策提供数据支持。通过在BIM模型上添加锚点的方式,将数据与模型进行挂接,实现监测数据与BIM模型进行锚点挂接,直观形象地展示监测点点位情况及监测内容。基坑沉降位移监测如图11所示。

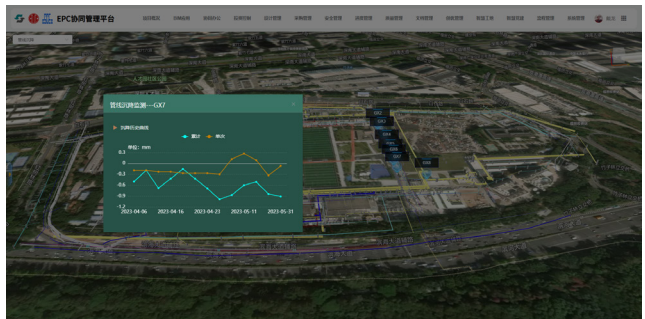


图11 管线/建筑物沉降监测

### 3.4 图档管理

传统的图文档管理中,大量的纸质版、电子版设计图纸,工艺文件、监测文档、设备台帐明细表等各类文件存储在各个科室、各单位及各专业设计人员个人电脑中,只能通过文件共享、拷贝或邮件等方式进行协同工作,缺乏统一有效的管理,导致图文档版本杂乱无序、技术资料丢失和版本管理错乱等诸多问题。

在BIM协同EPC管理平台中,工程项目过程中的各类文件将被统一归档到数据库中,工程技术人员可快速、便捷地预览、修改和管理这些文件。

文档版本控制功能使得用户对图文档的每次修改都会存储一份修改后的全新文件,便于以后根据需要进行文档内容恢复或文件版本历史回溯。每次上传已修订的文件时,系统为其自动分配唯一版本号,同时将其状态置为活动版本,并自动进行重命名,以此确保新文件的独立性和唯一性,互相不存在文件覆盖<sup>[13]</sup>。

### 4 总结

通过BIM施工管理平台在福田净化水厂二期项目工程中的实践,有效改进了传统建造过程粗放型的管理方式。项目组提供了项目进度、质量、安全等方面精准、高效、可视化的决策数据,助力水厂数字化转型发展,将传统施工和管理完美结合,形成一套完整统一的管理体系,以实现项目工程的精益建造。

随着平台的深入应用和需求的不断完善,下一步将逐渐打通施工数据传递到项目后期的运维阶段,将BIM与物联感知、GIS、大数据、AI及深度学习等领域有机结合,形成一套独特的智慧水务系统,从而全面提升福田净化水厂工程生产运维管理水平,助力企业全面数字化转型新实践,本项目也为后续类似项目提供了良好的指导和借鉴。

### 参考文献

[1] 叶子青. 智能建造技术在装配式项目建造中的应用实践

- [J]. 土木工程建筑信息技术, 2023.04(04):48-53.
- [2] 郑小云. BIM 技术在设计优化及智慧工地建设的应用研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- [3] 杨小高, 黄林青, 梁渝, 等. 基于 BIM 信息协同管理平台的研究 [J]. 土木工程建筑信息技术, 2021, 13(03):172-176.
- [4] 李子梦. 水厂智慧化建设与发展研究 [J]. 建筑技术, 2022, 53(10):1380-1392.
- [5] 李翊君, 黄静菲. BIM 技术在上海泰和污水厂工程中的应用 [J]. 土木工程建筑信息技术, 2021, 13(05):127-133.
- [6] 洪亮, 李华松, 张柯, 等. 基于 BIM 的潜江市文化中心 PPP 项目全生命周期管理平台建设研究 [J]. 土木工程建筑信息技术, 2023, 15(06):106-110.
- [7] 蔡亚楠. 基于微服务软件体系结构建模与开发方法研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
- [8] 郭奕婷. 基于 BIM 的进度计划自动编排研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2017.
- [9] 陈谦, 齐建, 张伟. 4D 信息模型对施工过程的影响分析 [J]. 山西建筑, 2010.202-204.
- [10] 王鹏飞. 基于 BIM 的大型 EPC 项目集成管理研究 —— 以桐乡市全民健身中心项目为例 [J]. 土木工程建筑信息技术, 2022, 14(03), 89-96.
- [11] 鲁有月, 何志明, 覃文波, 等. 基于 BIM 的武汉杨泗港长江大桥总控管理平台研究 [J]. 土木工程建筑信息技术, 2017, 9(6):16-21.
- [12] 丘涛. 智慧工地建设的数据信息协同管理研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [13] 余芳强. 面向建筑全生命周期的 BIM 集成与应用技术研究 [D]. 北京: 清华大学, 2014.

## The Application of BIM Technology in the Digital Transformation of Water Plants ——Taking the Futian Water Purification Plant Project as An Example

Qi Weili, Zhang Xinping, Dai Long

(China Municipal Engineering Zhongnan Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Thanks to the rapid development and large-scale application of technologies e.g. the Internet of Things, mobile internet, and big data, intelligent construction has led a new round of construction industry revolution. However, in the field of engineering project construction, there are still many problems e.g. low collaboration efficiency, difficulty in searching engineering data, slow information synchronization, and difficulty in sharing data information among all parties etc. BIM technology, based on three-dimensional geometric models, realizes the visualization management of engineering data in time and space in digital form, which is a method to handle current engineering project management. Taking the second phase of the Futian Water Purification Plant project as an example, this paper elaborated on the application requirements and organizational framework of BIM, and clarified the application advantages of BIM construction management platform in the entire lifecycle of engineering projects. Moreover, a detailed analysis was conducted on the basic functions of the platform including BIM applications, progress, quality, safety, collaborative office, smart construction sites, and image and text management. What's more, the paper explored some optimization solutions for digitalization and informatization of water purification plants, which were found available in reducing design changes, shortening construction periods, and improving construction efficiency.

**Keywords:** BIM Technology; Construction Management; Digitization; BIM Collaborative Management