

项潜在隐患,其中5项需要立即整改。施工后,通过对每个施工阶段的安全数据进行汇总分析,项目团队能够全面评估施工过程中存在的风险控制缺陷。这些数据不仅帮助识别出具体的管理漏洞,还通过统计分析,发现了某些环节(如设备维护)的重复性问题。为了解决这些问题,项目方重新设计了安全管理流程,加强了施工后的定期检查和审核。在项目完成后的6个月内,进行了3次回访检查,确保施工后风险得到完全消除。通过这种全面的后评估体系,项目安全水平得到了进一步提高,为后续项目提供了宝贵的经验<sup>[4]</sup>。

## 5 水利工程施工安全管理体系的构建与完善

### 5.1 安全管理体系的管理制度构建

水利工程施工安全管理体系的构建需要科学的管理制度支持。在某水利项目中,通过对施工现场的详细调查和分析,提出了完善的安全管理制度,涵盖了从施工人员安全管理、设备安全管理到环境安全控制的各个方面。管理制度不仅包括施工人员的安全培训制度、设备操作规范,还涉及施工安全责任制的落实。通过设置安全管理岗位,明确责任,确保每一环节的安全责任都有专人负责。根据项目的复杂性,制定了分级安全管理制度,确保每一个施工阶段的安全都能得到精准监管。管理制度的构建,使得施工过程中的每个风险都能得到有效的规避和控制。

### 5.2 施工安全管理制度与操作流程

施工安全管理制度与操作流程是确保安全管理有序实施的基础。在2019年某水利项目中,项目团队制定了详细的施工安全操作流程,确保每一项施工操作都能符合安全标准。例如,在基坑施工中,详细规定了坑壁支护、深度控制、作业人员保护等措施,并为每个操作环节设置了专门的安全检查程序。这些操作流程的实施确保了每个环节都能得到有效监管,从而减少了施工中的潜在安全隐患。此外,通过建立全过程安全监督机制,对每个环节进行现场检查和记录,确保操作流程严格执行,保障了施工的顺利进行。施工安全管理制度和操作流程的完善,为项目的安全管理提供了强有力的保障。

### 5.3 安全管理信息化技术的应用

随着信息技术的发展,安全管理信息化技术的应用在水利工程施工中变得越来越重要。在某大型水利工程项目

中,通过引入信息化技术,建立了施工安全管理平台,实现了安全数据的实时采集、传输和分析。通过安装智能监控设备和传感器,能够实时监控施工现场的安全状况,及时发现并处理潜在风险。此外,通过安全管理平台,管理人员能够随时查看施工安全报告,并进行数据分析,及时调整施工计划和安全措施。这种信息化技术的应用,不仅提高了施工现场的安全管理效率,还确保了施工过程中的每个环节都能受到实时监控。信息化技术的引入,使得安全管理更加精准、透明,为水利工程的施工安全提供了全新的解决方案<sup>[5]</sup>。

## 6 结语

水利工程施工安全风险识别与全过程控制是确保工程顺利实施的重要保障。通过有效的风险识别、科学的风险评估与合理的控制措施,可以显著降低安全事故发生的概率,提高施工质量。施工前的风险评估与规划、施工过程中的实时监控以及施工后的安全检查与评估构成了完整的安全管理体系,有助于确保每个环节的安全。此外,信息化技术的应用为安全管理提供了更加高效、精准的手段。综上所述,只有通过全面的安全管理体系,才能有效控制施工过程中的安全风险,保障水利工程的顺利完成及相关人员的生命财产安全。

### 参考文献

- [1] 赵娟娟.水利工程施工安全风险预测与管控方法研究[J].水上安全,2025,(23):143-145.
- [2] 王文杰,高雁伟.水利工程施工现场安全生产风险预警与管控体系构建[A].2025(第四届)城市水利与洪涝防治学术研讨会论文集[C].河海大学、河北工程大学、浙江水利水电学院、江西水利电力大学、江苏省水利学会、江西省水利学会:2025:302-312.
- [3] 邱峰.风险管理技术在水利水电工程施工安全管理中的应用研究[J].水上安全,2025,(22):148-150.
- [4] 盛斌国,王雅琴.水利工程水上施工风险评估与安全管理路径分析[J].农业灾害研究,2025,15(11):151-153.
- [5] 孙传根.水利工程施工安全风险预警与项目管理优化策略[A].2025年第九届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流论文集[C].广西网络安全和信息化联合会:2025:657-658.

# Research on Delivery Experience of Digital Twin BIM Model for Large Linear Projects—a Case Study of Water Resources Allocation Project in the Pearl River Delta

Hongyang Ji

Shanghai Zhongzhi Kechuang Outsourcing Service Co., Ltd., Shanghai, 201100, China

## Abstract

With the deep penetration of digital transformation into the field of infrastructure, digital twin technology has become the core driving force to improve the life cycle management level of large-scale projects. Taking the water resources allocation project in the Pearl River Delta, a major national water conservancy project, as an empirical case, this paper systematically discusses the key path, core challenges and systematic solutions to realize the delivery of high-quality building information model (BIM) to build the engineering digital twin in the ultra long distance, multi participant and high complexity linear engineering projects. Firstly, the paper sorts out the theoretical connotation of digital twins and BIM delivery and its strategic value in major linear projects; Then, the successful practice and highlights of the project in the top-level design of “unified platform and standard”, “phased and hierarchical” model delivery system and “BIM+GIS” integration technology innovation are described in detail. The research focuses on analyzing the fundamental contradiction between the decentralization of model sources and the unification of integration requirements faced by model delivery in a multi-party heterogeneous ecosystem, which is specifically manifested in the severe challenges such as inconsistent implementation of standards, difficult technical modeling, fuzzy responsibility interface and lagging change management. In response to these challenges, the project explored and implemented a set of comprehensive solutions with “model delivery work breakdown” to clarify management rights and responsibilities, and a collaborative platform to support efficient mold closing and intelligent change. The conclusion of this study shows that for large-scale linear projects, the cornerstone of digital twin landing lies in the delivery of high-quality BIM models. Its success depends not only on advanced technical tools, but also on forward-looking management architecture design, strict standard system construction and efficient cross organizational collaboration mechanism. The experience and mode accumulated in this project provide a replicable and replicable methodology and practice paradigm for the digital construction of similar infrastructure projects.

## Keywords

digital twins; BIM model delivery; linear engineering; hydraulic engineering; collaborative management; water resources allocation project in the Pearl River Delta

# 大型线性项目数字孪生 BIM 模型交付经验研究——以珠江三角洲水资源配置工程为例

季洪阳

上海中智科创外包服务有限公司, 中国·上海 201100

## 摘要

随着数字化转型向基础设施领域深度渗透, 数字孪生技术已成为提升大型工程全生命周期管理水平的核心驱动力。本文以国家重大水利工程——珠江三角洲水资源配置工程为实证案例, 系统探讨了在超长距离、多参与方、高复杂度的线性工程项目中, 实现高质量建筑信息模型 (BIM) 交付以构建工程数字孪生体的关键路径、核心挑战及系统性解决方案。论文首先梳理了数字孪生与BIM交付的理论内涵及其在重大线性工程中的战略价值; 进而, 详细阐述了该工程在“统一平台与标准”顶层设计、“分阶段、分等级”模型交付体系以及“BIM+GIS”融合技术创新等方面的成功实践与突出亮点。研究重点剖析了在多方异构生态下, 模型交付面临的模型来源分散化与集成要求统一化之间的根本矛盾, 具体表现为标准执行不一、技术合模困难、责任界面模糊与变更管理滞后等严峻挑战。针对这些挑战, 项目探索并实施了一套以“模型交付工作分解”明确管理权责、以协同平台支撑高效合模与智能变更的综合性应对方案。本研究结论表明, 对于大型线性工程, 数字孪生落地的基石在于高质量的BIM模型交付, 其成功不仅依赖于先进的技术工具, 更取决于前瞻性的管理架构设计、严密的标准体系构建与高效的跨组织协同机制。本工程所积累的经验与模式, 为同类基础设施项目的数字化建设提供了可复制、可推广的方法论与实践范式。

## 关键词

数字孪生; BIM模型交付; 线性工程; 水利工程; 协同管理; 珠江三角洲水资源配置工程

## 1 引言

在全球新一轮科技革命与产业变革的浪潮下，以数字孪生（Digital Twin）为代表的数字化技术正重塑传统工程行业的规划、设计、施工与运营模式。在水利工程领域，特别是大型线性输配水工程中，数字孪生的引入标志着工程管理从依赖历史经验的定性模式，向基于数据驱动的定量、精细化模式的根本性转变。这类工程通常具有空间跨度大、地质环境复杂、构筑物类型多、运行调度要求高、参与建设方众多等特点，传统的以二维图纸和离散文档为主的管理方式，难以应对系统集成、风险预控和智慧运营的更高要求。构建覆盖工程全线的数字孪生体，实现从宏观流域水情到微观设备状态的虚实互动，已成为保障工程安全、提升运行效率、优化资源配置的战略选择。

建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）作为承载工程全要素数字化描述的核心载体，是构建数字孪生体的静态“骨架”与初始数据源。BIM模型交付，即在项目特定阶段，将符合约定标准的、包含几何与非几何信息的模型及相关数据资产，由创建方向接收方进行正式移交的规范化过程。这一过程是连接数字化设计、智慧化施工与智能化运维的关键桥梁，其质量直接决定了数字孪生体的完整性、准确性与可用性。

珠江三角洲水资源配置工程是国家水网骨干工程，旨在解决粤港澳大湾区中长期缺水问题，其具有线路超长、穿越环境极其复杂、技术难度高、参与单位众多等典型的大型线性工程特征。本项目在规划初期即将数字孪生作为核心目标，全面推进基于BIM的全生命周期数字化管理，其在模型交付阶段的探索与实践，集中反映了此类项目在数字化转型过程中的共性成就与深层挑战。本文旨在通过对该案例的深度剖析，系统总结其成功经验，深入探讨面临的问题，并提出相应的解决方案，以期为我国乃至全球同类工程的数字化建设提供有益的参考与借鉴。

## 2 工程概况与数字化战略背景

珠江三角洲水资源配置工程是从珠江三角洲西部向东部引水的重大水资源战略工程，输水线路总长百余公里，穿越众多城市、水域及复杂地质单元，包含深埋隧洞、大型泵站、精密阀室等多种结构。工程规模宏大、技术复杂、协调难度高，对建设与未来运营管理的精细化、智能化水平提出了前所未有的要求。

面对传统管理模式的局限，项目业主与管理方确立了“高标准、全周期、可孪生”的数字化战略。该战略的核心是：以构建服务于设计、施工、运维全过程的工程数字孪生系统为终极目标，以BIM技术应用作为实现这一目标的基础与主线。为此，项目在启动阶段即进行了顶层设计，明确了两

大基石：一是构建一个覆盖所有参建方的“工程数字孪生协同管理平台”，作为统一的数据汇聚、集成与协作环境；二是制定一套贯穿项目始终的《BIM模型交付与管理标准》，作为各方创建和交换数字资产的共同语言。这一战略为后续大规模的BIM模型创建、交付与集成工作奠定了坚实的基础，指明了清晰的方向。

## 3 模型交付的成功实践与亮点

### 3.1 “统一平台、统一标准”的顶层设计落地

项目成功的关键在于将顶层设计落到了实处。协同管理平台不仅是一个文件服务器，更是一个集模型整合、可视化、轻量化浏览、在线批注、碰撞检查、版本管理、流程审批于一体的“数字工作空间”。所有参建方均在此平台上作业，确保了数据源的唯一性与传递路径的标准化。同时，配套的交付标准不仅规定了通用的LOD（Level of Detail）等级，更创新性地针对线性工程特点，制定了“分部位、分专业”的属性信息交付矩阵。例如，为输水隧洞、泵站厂房、金属结构、机电设备等分别定义了必须包含的关键参数集，确保交付的模型不仅是“三维图形”，更是富含运维价值的“结构化数据库”。

### 3.2 “分阶段、分等级”的精细化交付机制

项目建立了与工程建设阶段紧密耦合的模型交付里程碑体系。从初步设计阶段的LOD200概念模型，到施工图阶段的LOD300精确模型，再到施工深化阶段的LOD350可建造模型，直至竣工阶段的LOD500“如实反映实体”的运维模型，每一阶段的模型交付都有明确的几何精度与信息深度要求。这种渐进明细的交付机制，使得数字资产能够随着工程实体的推进而同步生长、迭代，有效支持了各阶段的决策需求，避免了后期数据“返工”与“补录”的巨大成本。

### 3.3 “BIM+GIS”融合与4D施工模拟的技术创新

针对工程线路长、环境依赖度高的特点，项目深度融合BIM与地理信息系统（GIS）。在复杂的盾构隧洞施工中，项目团队利用整合的BIM模型进行4D（三维空间+时间）施工进度模拟，直观预演了盾构机始发、推进、接收以及管片运输、拼装的全过程，提前发现了工期逻辑矛盾、空间冲突及资源调配瓶颈，从而优化了施工组织设计，显著降低了施工风险与成本。

## 4 模型交付过程中面临的核心挑战

### 4.1 模型创建主体多元性与标准执行一致性的矛盾

工程的BIM模型来源高度分散，涵盖了数十家施工单位和三十多家设备供应商。各方在软件选用（如MicroStation, Revit, SolidWorks等）、建模习惯、对标准的理解与执行力度上存在天然差异。尤其是一些传统的设备制造厂商，其数字化能力薄弱，提供的模型往往仅为示意性几何体，严重缺乏运维所需的品牌、型号、性能参数、维护信息等关键属性，形成“数据贫瘠”模型，为数字孪生体的后期“血液灌注”带来巨大困难。

【作者简介】季洪阳（1996-），男，中国江苏连云港人，本科，从事水利数字化研究。