

面向建筑施工深化的道桥 BIM 设计信息集成研究

夏良波

(云南天指道建设有限公司, 云南 昆明 650221)

摘要 在我国交通基础设施建设升级与智能建造发展的背景下, 道桥工程对设计与施工阶段的信息协同、数据贯通提出更高要求。传统道桥工程设计信息分散、传递效率低、模型与施工脱节等问题, 严重制约施工深化质量。BIM 技术凭借三维可视化、信息集成化等优势, 为解决上述问题提供了可行路径。本文针对当前道桥 BIM 信息集成的现存问题, 从标准体系、数据架构、协同平台及支撑技术四个维度, 构建面向施工深化的道桥 BIM 设计信息集成体系, 以期同道桥工程施工深化的数字化、精细化管理提供技术参考。

关键词 道桥工程; BIM 设计; 施工深化; 信息集成; 数据协同

中图分类号: U412.6; U442.5-39; TU17 **文献标志码**: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.20.008

0 引言

我国道桥及市政基础设施建设规模持续扩大, 工程结构日趋复杂、施工环境多样, 对设计成果的可施工性与协同管理能力提出严格标准。施工深化设计作为连接设计意图与现场施工的关键环节, 承担节点细化、碰撞排查、工程量核算等核心任务, 其信息质量直接影响工程质量、进度与成本。BIM 技术以三维数字化模型为核心, 可集成工程全生命周期的多维度数据, 已在建筑、轨道交通等领域广泛应用, 但道桥工程领域的 BIM 技术应用仍存在“重建模、轻应用”“重设计、轻施工”的现象。多数项目仅将 BIM 技术用于简单可视化与碰撞检查, 模型信息深度不足、多专业数据割裂、标准不统一等问题突出, 设计信息难以顺畅传递至施工环节, 造成信息重复录入、变更频繁, 制约了 BIM 技术价值的充分发挥。基于此, 本文围绕施工深化需求, 开展道桥 BIM 设计信息集成研究, 旨在破解信息壁垒, 提升道桥工程施工深化的效率与质量。

1 当前道桥 BIM 信息集成存在的主要问题

1.1 专业专属信息标准缺失, 体系衔接性不足

国内现行 BIM 相关标准多面向建筑工程, 道桥工程专用标准不完善、针对性弱, 未结合道桥工程线形化、构件标准化程度低的特点制定规范。不同设计、施工单位的建模规则、信息分类及编码体系差异显著, 如桥梁主梁编码, 部分单位采用“桥梁—主梁—材质”

三级编码, 部分采用“结构类型—构件名称—规格”编码方式, 导致跨项目、跨专业模型整合时, 构件信息无法精准关联, 信息集成效率大幅降低, 形成“数据互通难”的行业痛点。

1.2 多专业信息碎片化, 信息孤岛现象突出

道桥工程涉及道路、桥梁、给排水、交通工程等多个专业, 各专业通常由独立团队建模、分散存储数据, 缺乏统一的信息管理平台进行整合。设计阶段的模型与信息仅在专业内部流转, 跨专业信息共享与协同不足, 施工深化时工作人员需从多渠道获取信息并重复整理, 不仅耗时耗力, 还易出现信息错漏、数据不一致问题。例如: 道路专业的线形数据与桥梁专业的桥墩位置数据未联动, 易导致桥路衔接处线形偏差, 影响施工精度, 增加现场返工成本。

1.3 软件数据格式不兼容, 信息转换损耗严重

道桥 BIM 设计常用 Civil 3D、Revit、Bentley、Tekla 等软件, 各软件原生数据格式无法直接互通, 行业内主要依靠 IFC 通用格式进行数据转换。但 IFC 格式在转换过程中易出现几何变形、属性丢失、关联关系断裂等问题, 信息损耗率可达 15%~20%。例如: Revit 模型转换为 IFC 格式后, 构件的钢筋属性、施工工艺等关键信息易丢失; Civil 3D 的道路线形数据导入 Bentley 时, 易出现坐标偏移, 无法满足施工深化对数据精度的要求^[1]。

作者简介: 夏良波 (1986-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 道桥设计。

1.4 模型信息深度不足,与施工深化需求脱节

多数道桥项目的 BIM 模型仅实现外观可视化,属于“空心模型”,未覆盖施工深化所需的细节信息与关联数据。模型仅包含构件基本几何尺寸,缺少节点详图、钢筋明细、预埋件位置等构造信息,未嵌入施工工艺、验收标准、成本数据等非几何信息,且与施工进度、现场管控等业务数据脱节。此类模型无法支撑施工深化设计、工艺模拟、工程量精准核算等实际工作,最终沦为“可视化摆设”,难以发挥 BIM 技术的实际价值。

1.5 协同管理机制不完善,信息传递效率低下

设计、施工、监理、业主等参与方缺乏统一的协同工作平台,信息传递仍依赖线下会议、邮件、纸质文件等传统方式,存在信息滞后、错传漏传、沟通成本高等问题。设计变更无法及时同步至各参与方,施工方发现的设计问题也难以快速反馈给设计方,导致变更响应慢、问题处理不及时。同时,各参与方权限划分不清晰,缺乏有效的信息安全管理机制,易出现信息泄露、数据篡改等风险,影响信息集成的安全性与可靠性^[2]。

2 面向施工深化的道桥 BIM 设计信息集成体系构建

2.1 统一信息标准体系建设

标准化是道桥 BIM 设计信息集成的基础,结合道桥工程专业特点,从信息分类编码、模型精度、数据格式、交付管理四个方面,构建道桥 BIM 专用标准体系,确保信息集成的规范性与高效性。

1. 统一信息分类与编码标准:在《建筑信息模型分类和编码标准》(GB/T 51269-2017)基础上,补充道桥工程专属分类,形成“大类—中类—小类—细类”四级分类体系,涵盖道路工程、桥梁工程、交通工程、附属设施、施工资源、管理信息 6 个大类。采用 8 位层级编码方式,为每个构件、每项信息赋予唯一识别码(大类 2 位—中类 2 位—小类 2 位—细类 2 位),如预制简支梁编码为“02-01-01-01”,实现构件信息的可定位、可检索、可关联。

2. 规范模型精度与信息深度标准:按施工深化阶段制定 BIM 模型 LOD 分级标准,施工深化初步阶段(方案优化、碰撞检测)模型精度达 LOD300,包含构件详细尺寸、主要构造及基础材料属性;施工深化详细阶段(节点深化、构件加工)精度达 LOD400,细化钢筋布置、预埋件位置、施工工艺等信息;复杂节点、预制构件加工场景精度提升至 LOD500,确保直接指导现场作业。同时明确各精度等级的信息交付清单,避免

设计向施工阶段传递时的关键信息丢失。

3. 统一数据交换与格式标准:以 IFC4.3 为基础交互格式,扩展道桥工程专属性集,补充道路桩号、桥梁跨径、支座参数、预应力参数等专用信息;开发 Civil 3D、Revit、Bentley 等软件的针对性数据转换插件,实现原生数据与 IFC 格式的无损转换,减少信息损耗,确保道路线形与桥梁结构模型、钢结构深化模型与协同模型的无缝对接。

4. 制定交付标准与管理流程:明确交付内容(三维 BIM 模型、属性数据表、碰撞检测报告、工程量清单等)、统一交付格式(IFC4.3 版本模型、PDF 图纸、Excel 数据表);建立模型版本管理机制,记录修改人、时间及内容,确保版本可追溯;制定多方审核流程,设计、施工、监理方按职责审核交付成果,审核通过后方可用于施工深化^[3]。

2.2 多层次数据集成架构设计

构建“数据层—融合层—应用层”三级数据集成架构,实现多源信息的有序整合、高效传递与深度应用,各层级独立且协同,形成完整的信息集成闭环。

1. 数据层:作为信息集成基础,汇集道桥工程全生命周期多源原始数据,采用分布式数据库分类存储,建立数据索引实现快速查询。数据源分为四类:基础地理与勘察信息(地形地貌、地质勘察、地下管线等)、设计模型数据(多专业 BIM 模型的几何与材料属性)、施工相关数据(工艺参数、进度计划、质量检测记录等)、管理与标准数据(工程定额、造价数据、验收标准等),为后续信息融合提供全面数据支撑。

2. 融合层:作为核心处理层,通过数据融合引擎对数据层的异构数据进行标准化处理、关联性构建与融合整合。一是数据清洗、格式转换与语义统一,消除数据冗余与不一致;二是通过语义关联、属性映射,建立构件几何与非几何信息、设计与施工信息的关联关系,实现“一处修改、处处同步”;三是将标准化数据融合为统一的道桥工程数字化信息集,为应用层提供规范数据源。

3. 应用层:面向施工深化实际业务需求,将融合后的数据转化为可直接应用的功能模块,覆盖施工深化全流程。核心模块包括:碰撞检测模块(多专业模型冲突识别与优化)、施工模拟模块(4D/5D 工序模拟与场地规划)、工程量计算模块(自动提量与成本分析)、深化设计模块(节点与预制构件深化出图)、现场管控模块(移动端质量与进度管控)、变更管理模块(设计变更审核与追溯),各模块数据实时互通,确保集成信息服务于施工实践。

2.3 多参与方协同集成平台搭建

依托云计算、大数据、物联网技术,搭建“云端服务器+客户端+移动端”的道桥BIM多参与方协同集成平台,打破信息壁垒,实现多方在线协同、信息实时共享。平台核心功能与运行流程如下:

1. 核心功能:一是多专业模型在线集成与管理,支持模型上传、整合、可视化展示及在线批注、测量,实现模型实时更新与版本管理;二是权限分级管理,按设计、施工、监理、业主的职责划分操作权限,搭配数据备份与恢复机制,保障信息安全;三是协同沟通与变更管理,内置即时通信、问题反馈功能,建立标准化设计变更流程,变更信息审核通过后自动同步至所有参与方;四是移动端适配,开发平台APP,支持现场人员查看模型、调取构件信息、上传施工数据、反馈现场问题,实现“模型指导施工、施工反馈模型”的闭环管理。

2. 运行流程:设计方完成多专业建模后,将模型与信息上传至平台;施工方结合现场条件提出深化需求与问题;设计方优化模型并同步更新;监理方审核深化成果,审核通过后施工方依模型开展施工;施工过程中,施工方上传现场数据,监理方实时核查、业主方监控进展;若发生设计变更,设计方发起申请,经审核后同步至各方,确保协同推进施工深化^[4]。

2.4 关键支撑技术

道桥BIM设计信息集成的落地,需依托针对性的关键技术,保障信息集成的高效性、准确性与实用性,核心采用四项技术:

1. 参数化建模技术:以Grasshopper、Dynamo为工具,结合道桥构件特征构建标准构件库(梁、柱、墩、支座等),为每个构件设置可修改参数(尺寸、材料、规格)。设计人员调用构件库并修改参数,即可快速生成模型,且构件参数与几何形态、属性信息联动,参数修改时相关信息自动更新,大幅提升建模效率与模型一致性。例如:在桥梁连续梁建模中,修改梁长、梁高参数后,混凝土用量、钢筋重量等信息可自动计算并关联至模型。

2. 多软件数据互通技术:针对软件格式不兼容问题,开发专用数据转换插件,实现Civil 3D与Revit、Tekla与Navisworks等软件的原生数据无损互通,确保道路线形与桥梁结构模型的衔接精度、钢结构深化模型的信息完整性。同时,采用API接口开发技术,实现协同平台与各BIM软件的实时对接,减少人工重复处理工作。

3. 数据库关联技术:将BIM模型与MySQL、SQL Server等关系型数据库连接,实现模型信息与数据库数据的双向关联、同步更新。将材料价格、施工工艺、进度计划等非几何信息批量导入数据库,与模型构件一一对应,实现信息的批量查询、统计与更新。例如:材料价格变动时,仅更新数据库数据,模型中的成本信息即可自动同步,确保信息时效性。

4. 4D/5D集成技术:4D技术将三维BIM模型与施工进度结合,构建施工模拟模型,实现工序可视化模拟与动态跟踪;5D技术在4D基础上集成成本数据,实现进度与成本的协同管控。通过该技术可直观展示施工工序、进度推进及成本消耗,为方案优化、进度管控提供依据。例如:在桥梁主跨吊装施工中,4D模拟可优化吊装机械站位与路径,5D集成可实时统计吊装阶段成本,动态调整施工计划^[5]。

3 结束语

面向施工深化的道桥BIM设计信息集成体系,从标准、架构、平台、技术四个维度破解了道桥工程信息分散、标准不统一、协同不足等问题,有效打破专业壁垒与阶段隔阂,减少设计变更与现场返工,提升施工深化质量与效率,降低工程成本,为道桥工程数字化转型提供了核心支撑。随着大数据、人工智能与数字孪生技术的深度融合,道桥BIM信息集成将向智能监测、自动化施工、全生命周期管理方向拓展。未来需加强政产学研用协同,加快道桥BIM专用标准的制定与落地,强化关键技术研发与工程实践的结合,培养兼具道桥专业知识与BIM技术能力的复合型人才,推动BIM信息集成技术在道桥工程全生命周期的深度应用,为我国交通基础设施高质量发展提供更有力的技术保障。

参考文献:

- [1] 周健,郑刚.基于BIM的桥梁工程全生命周期信息集成管理研究[J].中国公路学报,2025,38(07):123-131.
- [2] 马涛,赵亮.建筑工程施工深化中BIM信息集成的应用流程与实践[J].施工技术,2025,54(11):89-93.
- [3] 刘浩,陈晨.BIM技术在大型桥梁施工深化中的应用研究[J].铁道工程学报,2025,42(05):78-83.
- [4] 赵阳,周宇.智能建造背景下道路桥梁工程BIM信息集成技术探讨[J].建筑经济,2025,46(12):112-116.
- [5] 吴迪,孙明.智慧交通下路桥协同设计BIM信息整合方法研究[J].交通标准化,2025,49(08):76-81.