

面向智能建造的设计施工一体化BIM应用 ——以凤里街南延工程为例

张琪峰, 黄杰, 袁超

[悉地(苏州)勘察设计顾问有限公司, 江苏 苏州 215123]

摘要: 为研究智能建造背景下的BIM数字一体化应用的具体内容和实现路径,以苏州凤里街南延工程为依托,总结形成了BIM的三大需求,即技术应用、数据传递和数据驱动智能化施工,并给出一体化BIM应用工作思路;提出了基于构件编码的数模分离信息传递与集成方法,提升数据传递的有效性和可操作性;实现了基于BIM数据驱动的钢筋加工、路基3D摊铺和可视化进度管理,提升施工作业效率和精度;形成了BIM数字一体化应用综合性解决方案,为同类工程的BIM和智能建造应用提供借鉴和参考。

关键词: BIM技术;智能建造;数模分离;数据驱动

中图分类号: U41

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)09-0432-05

BIM Application of Design and Construction Integration for Intelligent Construction in Fengli Street South Extension Project

ZHANG Qifeng, HUANG Jie, YUAN Chao

[CCDI (Suzhou) Survey and Design Consultant Co., Ltd., Suzhou 215123, China]

Abstract: In order to study the specific content and implementation path of BIM digital integration application under the background of intelligent construction, relying on Suzhou Fengli Street South Extension Project, three major requirements of BIM are summarized, namely technical application, data transmission and data-driven intelligent construction, and the working ideas of integrated BIM application are given. A method for information transmission and integration of digital-analog separation based on component coding is proposed to improve the effectiveness and operability of data transmission. The BIM data-driven steel bar processing, 3D roadbed paving and visual progress management are achieved to improve the construction efficiency and accuracy. The comprehensive solution for BIM digital integration application has been formed, which provides the reference and guidance for BIM and intelligent construction applications in similar projects.

Keywords: BIM technology; intelligent construction; digital-analog separation; data driven

0 引言

随着科技的飞速发展,建筑行业正经历着从传统建造模式向智能化、数字化建造模式的深刻转型。智能建造作为一种融合了计算机应用技术、工程管理、机械自动化等多领域技术的新型高度融合型技术,正逐步改变着建筑行业的面貌。在这个过程中,建筑信息模型(BIM)技术以强大的数字化建模、模拟优化和信息管理能力,成为推动智能建造发展的重要力量^[1]。本文将深入探讨BIM技术与智能建造相结合的理论与实践,以期为市政路桥行业的未来

发展提供新的方向与路径。

1 项目概况

苏州工业园区凤里街南延为现状凤里街在淞北路以南的延伸段落,是工业园区南北向城市主干路。位于苏州工业园区中环东线以东,道路等级为城市主干路,道路大致呈南北走向,北起淞北路以北(K0+240),南至金鸡湖大道以南衔接现状广贤街(K1+457.108),沿线分别与淞北路、淞北路南侧支路、雅微路、金鸡湖大道相交,凤里街南延沿道路涉及跨越斜塘河,并新建斜塘河大桥(见图1),全长1 217.108 m。

项目涉及道路、桥梁、隧道、交通、景观、绿化等主体内容。主桥采用预应力混凝土变截面连续

收稿日期: 2024-11-06

作者简介: 张琪峰(1986—),男,硕士,高级工程师,从事市政BIM与智能建造实践研究工作。

梁,是一个典型的城市路桥综合性改造项目。



图1 斜塘河大桥效果图

2 BIM需求分析与一体化应用

2.1 智能建造总体策划

根据住房城乡建设部发布的《智能建造技术导则(征求意见稿)》,智能建造主要涵盖数字勘察、数字设计、智能生产、智能施工和智能运维等内容,结合江苏省住房和城乡建设厅发布的智能建造实施方案,凤里街南延从BIM数字一体化应用、部品部件生产管理、智能施工管理、智能装备及机器人、产业互联网和数字交付与运维6个维度策划智能建造应用体系,具体应用项见表1。

表1 智能建造应用策划

序号	专项	应用项	场景
1	数字设计	BIM数字一体化应用	设计、施工阶段
2		物料管理	板梁预制、沥青
3	部品部件	数控加工设备	钢筋弯折加工
4	生产	工业机器人/机械臂	钢筋笼滚焊
5		智能运输交付	沥青、混凝土、板梁运输
6		安全隐患排查	整个施工阶段
7	智能施工	质检报验	整个施工阶段
8	管理	进度管理	整个施工阶段
9		计量管理	整个施工阶段
10		无人机巡检	整个施工阶段
11		测量机器人	整个施工阶段
12	智能装备及	3D挖掘机	河道、基坑开挖
13	机器人	3D摊铺机	道路水稳、沥青
14		3D压路机	灰土、水稳、沥青
15		3D平地机	道路清表及路床整理
16		3D推土机	道路清表及灰土
17	产业互联网	智能建造运管平台	整个施工阶段
18	智慧运维	数字交付	运维阶段

本文研究智能建造背景下的BIM设计施工一体化应用。由表1可知,首先,BIM数字一体化应用自成一个专项,重点内容是与智能建造密切相关的BIM应用,如结构钢筋、路基路面等;其次,在部品部件生产、智能施工管理、智能装备及机器人、智慧运维等专项,均有BIM发挥作用的空间,其核心是基于

BIM的数据管理与传递。

2.2 BIM需求分析

基于以上分析,总结形成智能建造背景下的BIM需求主要包括以下几点:

(1)BIM数字一体化应用

BIM数字一体化应用,要求在设计阶段创建BIM模型时,就要考虑BIM数据在后期施工阶段的应用,在软件建模、模型精细度、数据传递机制等方面都需提前谋划。在设计阶段,BIM的应用目的为提前深化,问题前置,优化设计方案,提升设计质量;在施工阶段,核查并深化BIM模型,提炼施工BIM数据,用于现场测量放样和智能化施工^[2]。

(2)基于BIM编码的数据传递与集成

BIM数字一体化应用强调数据的传递和共享,无论是跨阶段数据传递,还是跨平台数据传递,都需建立统一的BIM构件编码体系,打通设计、施工、平台的数据传递路径,实现基于BIM的数据挂接、技术应用和项目管理。

(3)实现基于BIM的智能化施工

智能建造的核心是机械化施工,即部品部件生产、施工机器人等硬件装备的应用,而BIM可以提供准确的基础数据,打通设计BIM数据与施工建造的数据流转,实现自动化施工作业,提升施工作业精度和效率。

2.3 一体化BIM应用思路

传统的设计、施工BIM应用内容较多,如方案比选、工程算量、管线综合、施工方案模拟等,但应用较为孤立,缺少数据互通。本文认为智能建造的核心是设计向施工的BIM数据传递,以及利用BIM数据进行高效、智能化的施工。按照BIM基本概念,总体分为项目级、功能级、构件级和零件级模型单元^[3]。本文认为用于智能建造的主要是构件级和零件级模型。

构件级模型,可用于模型的空间占位、算量、属性挂接等,如路基路面结构模型,设计阶段可用于工程算量、方案表达、碰撞检查等,施工阶段再提取各层结构的顶、底面数据,用于3D摊铺等智能化施工。同时,对于构件级模型进行编码管理,是信息传递和施工项目管理的基础,这将在本文“4 BIM数据驱动智能化施工”重点介绍。

零件级模型,主要用于部品部件生产,如钢筋、预制管井等。以钢筋为例,在设计阶段创建精细化钢筋模型,可进行碰撞检查,提前优化排布,减少现

场切割^[4];可自动生成钢筋明细表,统计工程量。在施工阶段,可直接提取钢筋加工数据,将其输入钢筋弯折设备进行下料加工。

除此之外,场地整平、桩基放样、施工方案模拟等BIM应用,均可以在设计阶段提前考虑,创建满足施工要求的设计BIM模型。

3 基于数模分离的信息传递

3.1 数模分离原理

从数据管理的角度,设计施工一体化应用要求基于统一的构件编码进行信息维护和传递^[5]。为此,本文提出基于构件编码的数模分离BIM应用,以常见的BIM管理平台应用为例,其原理如图2所示。

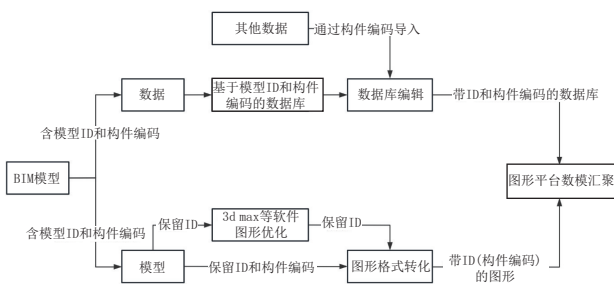


图2 数模分离原理

BIM模型可拆分为模型和数据两部分,在原始建模软件中对每个BIM构件进行编码,在此基础上将BIM模型导出为中间格式,如fbx、ifc等,模型上关联的编码信息仍然保留。在利用中间格式进行模型应用的过程中,一方面,BIM构件上挂载的数据可通过属性信息表的方式基于编码进行维护;另一方面,在保持编码不变的基础上,可对模型进行编辑处理。

3.2 数模分离应用

BIM模型在应用过程中的常见需求是给构件挂接属性信息,因为有些信息可以在BIM建模时同步挂接,而有时BIM已经转换了格式进入平台化应用阶段,此时又要添加新的信息,如果再从原始BIM模型中添加,就又要经过模型格式转换,非常不便。采用数模分离技术,则可以基于构件编码,快速地在平台中给构件挂接信息。以某预制小箱梁高架桥为例,演示如何运用数模分离技术高效挂接设计属性信息。

首先,创建桥梁BIM模型,按照构件级模型单元创建,并对构件进行编码。如图3所示,选中小箱梁模型的构件编码为“QL-ZXGJ_SY_XX_L1-2”,其中“QL-ZXGJ”代表“主线高架”的桥梁单位工程,“SY”代表“预制上部结构”,“XX”代表“小箱梁”,“L1-2”

代表“第1跨第2片小箱梁”。

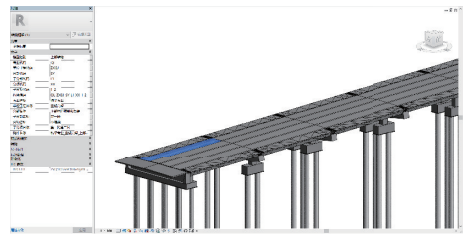


图3 Revit创建BIM模型并编码

其次,基于构件编码列表,相对应地编辑属性数据表,如可对小箱梁构件编辑“C50混凝土”“HRB400钢筋”“HPB300钢筋”“Q345钢板”等构件级的工程数量信息。这些数据可以在有需求的任意时候编辑,再通过构件编码与模型挂接。

最后,在平台中开发数据导入模块,将Excel数据表中的数据变为平台数据库中的数据,且属性信息仍与构件编码是关联的。那么,在模型界面中,点击某个构件,就能查询该构件所挂载的信息,如图4所示。

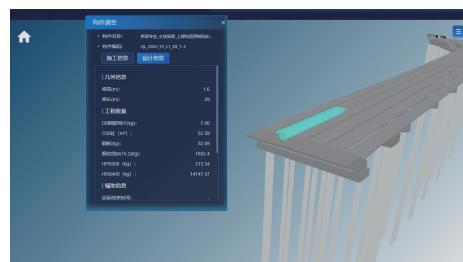


图4 模型信息查询

运用该方法,可以在数据管理的任意过程即刻编辑数据表,通过平台挂接到构件上,也可以将文件资料挂接到BIM构件上,实现基于BIM的数据管理。

设计向施工传递信息模型的分工界面大致如下。

(1)设计阶段创建设计BIM模型,按照统一规则对构件进行编码,并录入构件类型、名称、材质、几何尺寸、工程量等基本信息,并将该模型传递给施工方。

(2)施工方在设计模型基础上,根据构件编码,添加施工过程的进度、计量等信息,并搭建基于BIM的项目管理平台进行进度、质量等管控。

4 BIM数据驱动智能化施工

4.1 基于BIM钢筋数据的自动化加工

BIM数据用于钢筋自动化加工,核心是由BIM软件导出的数据格式,能直接导入钢筋加工设备进行生产。

目前常见的BIM钢筋建模软件有Tekla和Allplan。前者主要用于房屋建筑的钢筋建模,后者主要用于基础设施,因此在凤里街南延项目上,在项目设计阶段即采用Allplan创建钢筋BIM模型,如图5所示。

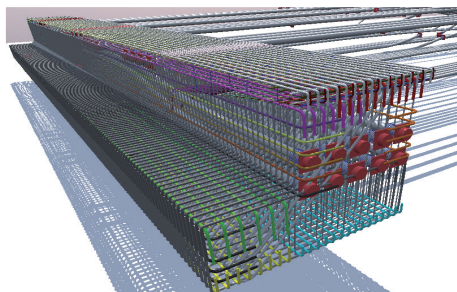


图5 钢筋建模

施工阶段考虑钢筋的实际搭接要求,对钢筋模型进行复核、调整,形成适用于下料加工的钢筋BIM模型。Allplan可一键提取钢筋参数,导出钢筋列表报告、工程量和下料格式文件等,如图6所示。提取钢筋数据生成钢筋加工设备识别的加工参数,抽检核对数据一致性并导入钢筋自动加工机。

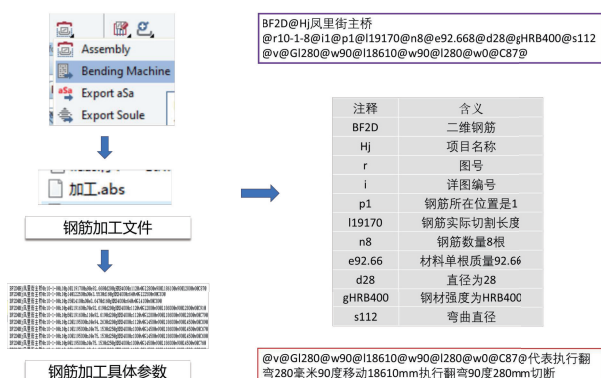


图6 Allplan导出钢筋自动加工数据

钢筋加工之后,生成BVBS数据扫描码,现场通过扫码获取数据信息指导钢筋成品堆放、取用。通过该技术的应用探索,实现了BIM钢筋数据直接用于加工生产,提升了工作效率。

4.2 基于BIM路基数据的3D智能摊铺

当前,3D摊铺设备已具备通过固定格式的数据导入,自动生成作业数据,进而开展高精度施工。而BIM是一种可靠的数据来源,具有连续性、高精度的特点。

首先,按照设计图纸中的平纵横数据,采用Bentley ORD创建道路精细化的分层结构模型,如图7所示。其次,将由Bentley ORD创建的DGN模型无损导入徕卡AGETK系统,直接作为理论高程数据模型使用,可自动生成作业数据,如图8所示。这一步骤确保了设计阶段BIM模型能够在施工阶段得到

直接应用,实现设计到施工的无缝对接,减少了从设计到施工的转换时间和因数据转换过程中可能出现的错误。激光数据导入大型设备实现自动作业,施工完成后,现场作业人员使用徕卡自动全站仪测量了道路施工质量,但单坡情况下,最大偏差在 ± 2 mm,符合施工质量要求。该技术应用提升了路基摊铺作业的施工效率和作业精度。

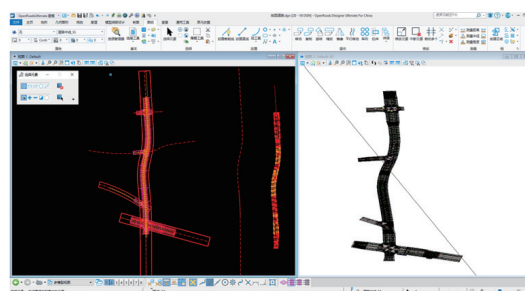


图7 道路BIM设计模型

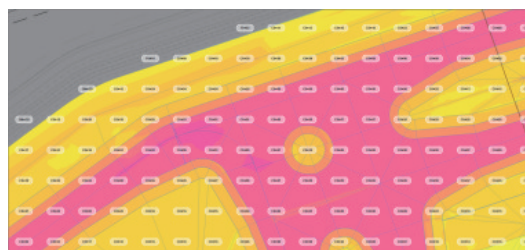


图8 基于BIM道路模型提取作业数据

4.3 基于数模分离的BIM可视化进度管理

基于网页端和轻量化引擎进行BIM进度管理,是BIM数据应用的重要方向,其核心是将进度管理的对象由“任务”转变为“构件”。为此,本文采用数模分离思路,形成Web端BIM进度管理的基本流程,具体如下:

(1)采用Revit等软件创建BIM模型,BIM构件拆分满足进度管理的颗粒度要求,并对构件进行唯一性编码。

(2)采用数模分离思路,导出构件信息表。在此基础上,根据施工组织计划,就要构件编码对每个构件进行计划进度信息编辑,生成“计划进度信息表”。

(3)开发完成网页端BIM进度管理平台,具备轻量化BIM模型展示和基于构件编码的模型管理能力,能实现基于BIM构件编码的计划进度编制、实际进度填报、计划进度模拟、形象进度展示、施工进度对比等功能。

(4)将BIM模型导入网页端进度管理平台,自动生成按照构件编码管理的BIM模型目录树。

(5)在“计划进度编制”模块,导入“计划进度信息表”,批量定义所有构件的计划进度信息,可进行

“计划进度模拟”展示。

(6)根据实际的施工进度,在“实际进度填报”模块中录入构件的实际进度信息,可进行“形象进度展示”展示。

(7)根据构件的计划进度和实际进度信息对比,可自动生成“施工进度对比”模块的可视化展示内容,状态主要分为“未开始”“进行中”“已完成”“滞后完成”和“滞后未完成”等状态,如图9所示。

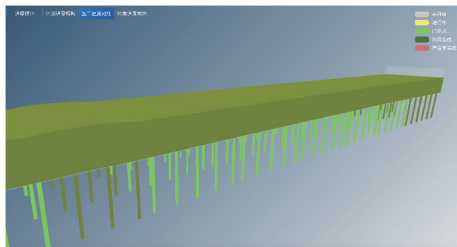


图9 施工进度对比

通过以上步骤,主要解决了构件的快速编码和进度信息高效填报,为基于BIM的可视化进度管理提供了实用解决方案。

5 结 语

以凤里街南延为工程案例,探索了智能建造背景下的BIM数字一体化应用和BIM数据驱动智能化

施工,取得的主要成果如下:

(1)基于智能建造的总实施框架,提炼总结了BIM数字一体化应用的三大需求,即BIM技术应用、数据传递和数据驱动智能化施工。

(2)明确BIM数字一体化应用的前提是模型的统一规划,按照构件级和零件级模型的应用方向,对软件选型、模型精细度、数据挂接等内容提前谋划。

(3)提出了基于构件编码的数模分离信息传递与集成方法,应用于信息挂接、数据传递和项目管理,提升了数据传递的高效性和准确性。

(4)在钢筋加工、路基3D摊铺、可视化进度管理等方面,探索并实现了基于BIM数据驱动的智能化工施工,提升了施工作业效率和精度。

参考文献:

- [1] 刘占省,刘诗楠,赵玉红,等.智能建造技术发展现状与未来趋势[J]. 建筑技术,2019,50(7):772-779.
- [2] 朱贺,张军,宁文忠,等.智慧工地应用探索——智能化建造、智慧型管理[J]. 中国建设信息化,2017(9):76-78.
- [3] 刘占省,孙啸涛,史国梁.智能建造在土木工程施工中的应用综述[J]. 施工技术(中英文),2021,50(13):40-53.
- [4] 刘占省,史国梁,孙佳佳.数字孪生技术及其在智能建造中的应用[J]. 工业建筑,2021,51(3):184-192.
- [5] 程雨婷,滕丽,喻钢,等.基于BIM的市政工程施工进度管理研究[J]. 施工技术,2016,45(增刊1):768-771.

(上接第422页)

展了定向钻技术在市政排水领域的应用。

参考文献:

- [1] 任安安.谈非开挖定向钻进拉管施工技术[J]. 山西建筑,2014(26):112-113.
- [2] 贺达.水平定向钻施工在市政排水管道施工中的应用[J]. 建材发展导向(上),2022,20(2):168-170.
- [3] 赵占强.大管径供热管道水平定向钻施工回拖作业技术[J]. 煤气与热力,2018,38(5):23-26.
- [4] 孟林.大管径水平定向钻回拖力计算[J]. 石油化工建设,2023,45(增刊2):184-185.
- [5] 王勇.水平定向钻进技术在大管径市政管网施工中的应用——以花溪湖水务工程为例[J]. 工程技术研究,2022,7(6):48-51.
- [6] 王荣馨,杨畅,张吉祥,等.水平定向钻施工大口径S曲线钻进技术分析[J]. 地质装备,2023,24(2):27-30;34.
- [7] 荣丽.有关大管径长距离水平定向钻施工在城市管道施工中的应用[J]. 建筑工程技术与设计,2021(5):221.
- [8] 周春.大管径拖拉管施工技术在连通沟渠横穿公路中的应用[J].

云南水力发电,2024,40(1):49-51.

- [9] 杨明,尹文喜.针对砂层中1016 mm大管径“二接一”回拖工艺的泥浆技术研究应用[J]. 中国化工贸易,2017,9(12):129.
- [10] 李彪,王再斌.市政工程PE排水管道水平定向钻施工技术[J]. 云南水力发电,2022,38(7):50-53.
- [11] 范春野.大管径PE管利用水平定向钻法长距离穿越河道施工工艺[J]. 建筑技术,2020,51(7):867-868.
- [12] 路昇.大管径供热管道水平定向钻施工回拖作业技术概述[J]. 建筑与装饰,2018(18):138-139.
- [13] 陈振,李雪艳.水平定向钻铺管技术在水利工程中的应用[J]. 水利规划与设计,2017(12):124-127.
- [14] 陈伟鹏.排水工程中定向钻导浆拉管、顶拉管的应用技术[J]. 城市道桥与防洪,2021(11):163-166.
- [15] 孙仲.大管径供热管道水平定向钻穿越安阳河设计[C]//2016供热工程建设与高效运行研讨会论文集,2016:184-186.
- [16] 李凤春,陈志刚,郭子彬,等.大口径长距离管道水平定向穿越黄河综合施工技术研究[Z]. 中国二冶集团有限公司,2021.