

数字化创新技术赋能徐明高速公路建设的应用

范磊

(徐州市公路事业发展中心,江苏 徐州 221000)

摘要:为解决传统高速路项目建设管理模式,进度、质量、计量、现场等各项业务管理效率低下、极易出现错漏等问题,及项目管理过程中缺乏高效的沟通、协同管理平台的问题,依托徐州东部绕越高速公路工程项目,设计开发了基于 BIM 技术的数字化项目管理平台。应用结果表明,BIM 项目管理平台在项目协同管理、管控项目工程质量、进度、自动化中间计量、软基处理等方面具有较高的实用价值,为项目施工管理高效化、数字化提供了重要帮助。

关键词: 项目管理平台;高速公路;BIM 模型;数字化

中图分类号: U495

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)10-0177-05

0 引言

当前数字化转型正在推动生产和管理方式的变革,在这种趋势下,公路建设和管理迫切需要向数字化、智能化方向发展,从而支持交通强国建设^[1]。BIM 技术作为近年来崛起的信息化技术,通过 BIM 设计模型连接设计、施工和运维的各个阶段,实现了信息的动态和可视化管理^[2]。在公路工程建设行业,传统管理方法无法实现工程的精细化管理。然而,BIM 技术的引入促使这一状况得到重大改变。BIM 技术在国内很多大型土建工程中得到了应用,并取得了显著成效^[3]。本文依托正在建设中的徐州东部绕越高速公路工程(后简称徐明高速),自主研发了一套基于 BIM 数字化技术的高速公路建设项目管理平台,最终实现关键业务的全过程实时管控,以及各阶段信息的透明和平台内的信息共享。

1 工程背景概况

1.1 工程概况

徐明高速公路项目路线起点位于京台高速苏鲁省界以南约 3.4 km 处,终点止于与淮徐高速交叉处的睢宁西枢纽,接已建的徐明高速睢宁至明光段,路线全长 63.697 km,总投资 119.82 亿元;全线设置特大桥 6 129.5/5 座,大桥 10 505.1/18 座,中小桥

1 463.6/20 座(含互通主线桥),涵洞 138 道,互通式立交 7 处,通道 66 道,服务区、管理分中心、养护工区、综合执法站、排障大队各 1 处,匝道收费站 4 处。徐明高速是《江苏省高速公路网规划(2017—2035)》中“十五射六纵十横”中“纵六线”的组成部分,项目于 2022 年 7 月开工建设,预计 2024 年 12 月完工,徐明高速公路项目 1 处节点效果图如图 1 所示。



图 1 睢宁西枢纽节点效果图

1.2 BIM 项目管理平台建设必要性

(1)参建单位沟通协调难度大

高速公路项目管理中,共有 39 家参建单位,各参建单位间的信息共享和协同管理非常困难,各参建单位之间的信息如无法及时共享,将导致项目管理效率低下,工作进度缓慢,质量难以保证。在高速公路此类的大型项目建设中,施工协调所需投入的时间成本通常占比最高。而且,沟通协调工作的不足往往是项目中遇到问题的主要原因^[4]。

(2)施工管控工作量大

徐明高速公路项目管理涉及到多个专业领域,如土建、机电、交通、安全、环保等,项目全长 63.67 km;

收稿日期: 2024-03-27

作者简介: 范磊(1978—),男,学士,高级工程师,从事桥梁建设工作。

同时项目途径水资源保护区多,森林生态管控区多,环境敏感点分布,软土路基在施工 6~12 标段广泛存在,处理不好将会造成极大的安全隐患,上述多种因素决定该项目施工难点多而杂,其攻克过程异常艰难。若以通常手段自上而下进行施工过程管控,需投入极高人力成本并容易出现疏漏^[5]。

(3)传统管理方式未得到根本性改变

本项目规模庞大、参建单位众多,施工过程中将产生数量庞大的资料文件。近年来,信息化技术突飞猛进,公路工程的施工管理也应朝着智慧化及无纸化方向发展^[6]。由于多种原因,公路工程的施工管理方式仍未得到有效改变,依然按上世纪的传统管理方法进行管理,管理依靠个人经验,决策时缺少科学有效的数据分析作为支撑。

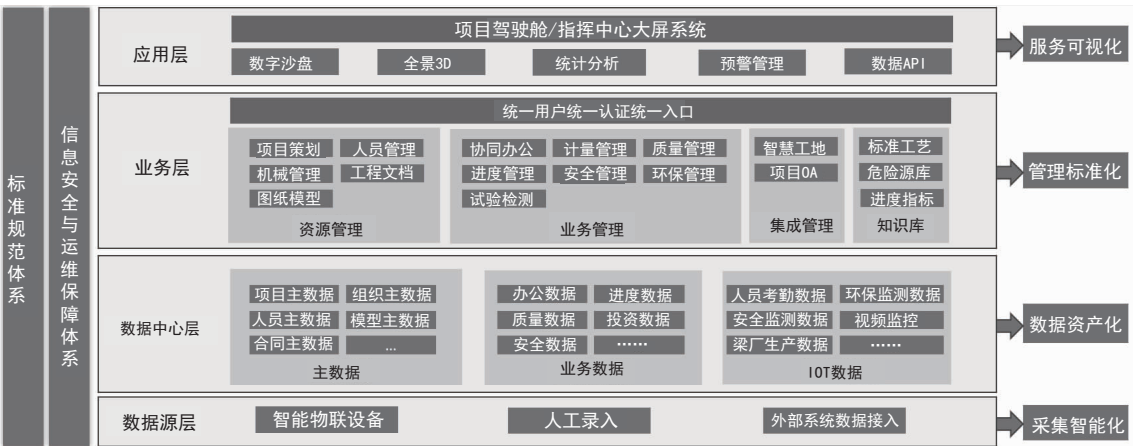


图2 BIM项目管理平台系统架构

本项目通过 BIM 数据中心实现了在网页端和移动终端间数据的协同管理。其中网页端主要是批量操作和系统管理;移动终端主要实现现场数据录入与现场过程管控。

2.2 技术架构

本项目基于微服务技术体系架构,使用前后端分离的开发方式开发项目。如图 3 所示,将先进的领域驱动设计,六边形分层架构,测试驱动开发等设计理念灵活集成于技术架构之中,将微服务技术带来的额外工作量降至最低,同时遵循:最小成本原则,安全性、可靠性、先进性原则等。

2.3 网络架构

本项目网络架构主要包括本地端,云服务器端,应用程序端,整体架构如图 4 所示。

本地各类数据在本地网络防火墙内部传输,包括摄像头实时视频流数据、传感器数据等通过数据采集服务器统一经 SSL 通道传输至云服务器中,云

2 平台设计

2.1 系统架构

在 BIM 项目管理平台的设计方面,以数据集成和协同工作管理为基础,旨在实现 BIM 技术在工程中的应用。本平台利用三维信息模型和数据库作为支撑,通过数字化协同管理,对参与各方的工作进行整合和统一管理。这包括数据的收集、整理、存储和统计分析,实现对项目多目标的综合管理。此外,针对项目的特殊需求,平台还进行了调研以更好地理解 and 满足实际需求。本项目平台系统架构为 2 纵 4 横。2 纵为标准规范体系、信息安全与运维保障体系;4 横为数据源层、数据中心层、业务层、应用层。系统架构如图 2 所示。

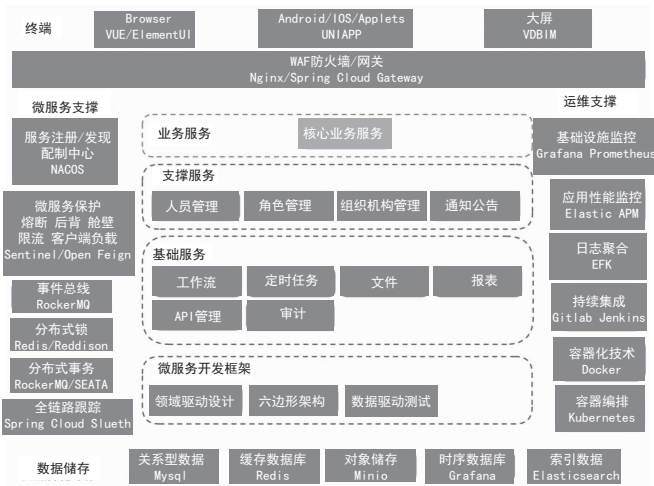


图3 平台技术架构图

服务器统一架设在 WAF 防火墙后,经过 SLB/NG- INX 反向代理组件由网关统一认证转发请求至微服务集群相对应的服务中。而微服务集群应用本身的安全,则交由入口网关处,通过 OAuth 协议统一认证

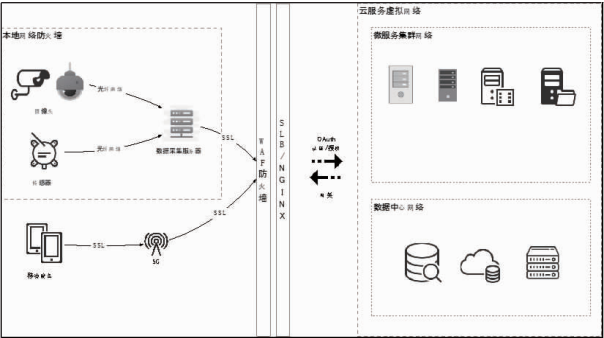


图 4 网络架构图

授权后,携带 Token 访问被授权的微服务。云平台控制台都会配备完善的虚拟网络管理,ECS 安全组管理功能,可以方便快速配制服务器安全相关的内容,包括:入出网端口、访问白名单等。

2.4 功能架构

为满足实际需要,设计平台功能架构时,细分为质量、进度、计量、安全环保、现场管理等 14 个功能系统,70 余个功能模块。功能架构图如图 5 所示。

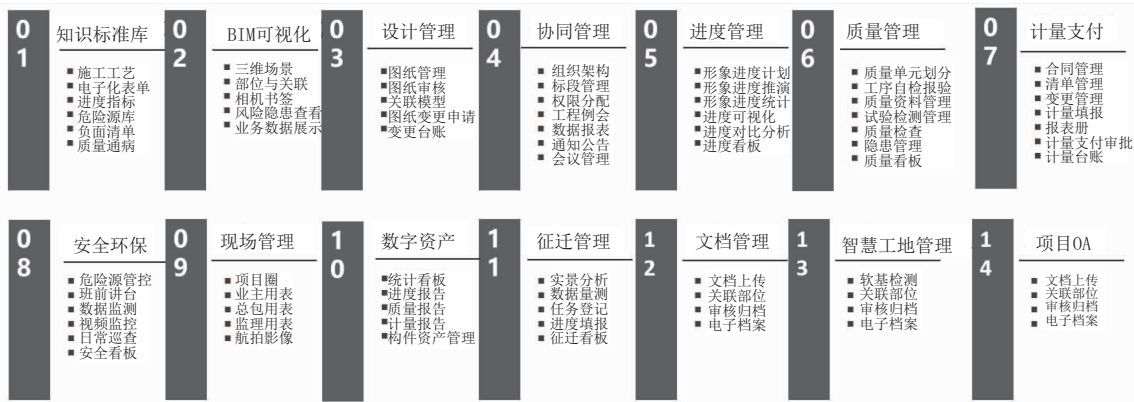


图 5 协同管理

3 平台应用

3.1 协同管理

(1)功能介绍

业主单位、设计单位、施工单位、监理单位、检测单位等项目参建单位共同参与组成平台内虚拟组织,通过模块化的账号角色,赋予相应权限,实现项目各参与方基于 BIM 模型的协同工作,形成全面在线的信息化管理,为工作留痕、透明化提供便利。协同管理界面如图 6 所示。



图 6 协同管理

(2)应用效果

截止至投稿当天,项目 39 家单位均已在平台创建虚拟组织,项目管理账号累计 645 人,近期日均登录次数 160 次,累计登录次数 80 781 次,累计登录时长 26 896 小时;累计发送 8 662 条短信;累计已审批 60 183 项流程。协同管理在本项目中应用效果见表 1。

表 1 平台协同管理应用效果

维度	应用效果
信息共享	可以集中管理和共享项目信息,减少信息传递错误
实时更新	实现实时更新和同步,保持信息的准确性和最新性
版本控制	提供版本控制功能,确保所有参建单位人员都在使用最新版本的信息
文档管理	提供集中式的文档管理系统,方便文件的存储、检索和共享
任务分配和追踪	提供任务分配和追踪功能,使得项目团队能够更有效地管理工作任务

3.2 进度管理

(1)功能介绍

平台进度管理核心流程遵循“编制—审核—执行—分析—调整”的全闭环控制模式,实现了对工程进度精细化管理过程控制。施工单位定期上传施工进度计划,并通过具有唯一性的编码绑定到模型构件,BIM 管理系统通过模型构件工序报验实时抓取项目实际进度,比较实际进度与计划进度,并进行统计分析。同时,在数字化场景内进行可视化的形象展示及图形化的对比分析,实时反映构件的进度状态,包括未开工、已开工、已完工等状态,同时以不同颜色标识构件实际进度相对于计划进度的状态,实时识别进度滞后风险,自动进行预警。工序报验如图 7 所示。

(2)应用效果



图7 工序报验

本项目进度管理功能共产生开工工序 8 万余项,开工滞后 1 556 项,完工滞后 1 689 项、提前完工 1 827 项,详细进度开累数据见表 2 所示。

表 2 平台进度管理开累数据统计

维度	数量	平均、滞后及提前天数 /d
工序开工(工序级)	80 257	—
工序报验(工序级)	79 681	—
工序完成(工序级)	79 281	—
开工滞后(构件级)	1 556	17
完工滞后(构件级)	1 689	21
提前完工(构件级)	1 827	2
正常(构件级)	27 690	0

在本项目施工初期,由于人力、设备调配问题、技术问题等多种因素导致导致实际进度偏离原先制定的计划,后期通过运用平台进度对比、进度预警等功能帮助管理人员提前发现进度滞后问题,帮助管理人员提出必要的进度调整措施。此外,项目进度管理功能充分发挥三维可视化优势,通过读取各个构件的工序报工进度,将工程进度以三维形式展示,帮助建设单位更深入地了解现场施工的实际进展情况。通过进度管理功能的应用,项目的形象进度逐渐与实际进度越来越相符,从 8—12 月正常完工准确率提高 15%,帮助项目整体进度更加可控。

3.3 质量管理

(1)功能介绍

本平台质量管理方面基于统一的 EBS 和 WBS 分解,完成项目工程划分、工序报验、检验批的创建以及与部位的关联。施工单位创建检验批时与三维模型进行挂接并将质检资料上传至质量最小工序控制点处,线上提交监理审核。所有质检资料都可通过三维模型对应构件直接查看,确保业主单位对工程质量的有效可控。同时,质量管理功能中隐患管理应用能够对隐患进行发布、整改、验收,隐患发布时登

记关联至 BIM 模型构件,可以对质量隐患的数量、类别、趋势进行汇总统计分析,为管理者提供决策依据。质量管理首页面如图 8 所示。



图8 质量管理

(2)应用效果

本项目质量管理功能共产生电子表单 699 625 份、工序报验 79 681 条。质量管理在本项目中应用效果见表 3。

表 3 平台质量管理应用效果

维度	应用效果
效率提升	工序报验和质量资料管理的在线流转,在线审批,节省大量时间和人力成本
数据可视化	BIM 模型与质量管理信息的关联使得质量数据、审核情况在三维场景中可视化展示
实时监控和预警	实现工序报验的实时监控,对工序验收滞后的部位进行预警,能够及时发现并解决质量问题,避免问题扩大化
质量持续改进	质量隐患管理能够对隐患进行发布、整改、验收,为质量管理的持续改进提供数据支持

3.4 计量管理

(1)功能介绍

平台计量管理采用 BIM 信息集成技术,将质检资料、工程量清单、进度资料、现场施工影像等与 BIM 构件进行直接关联,构件清单计量会受到质检资料、工程量清单等多种维度数据权限控制,实现触发式计量,自动判定是否可以计量。通过批量生成中间计量,可将具备计量条件的构件批量生成中间计量,同时自动调取与构件相关联的质检资料、进度资料等佐证资料。同时,平台自动计算生成电子报表册,支持打印留存,在线发起监理—造价咨询—建设单位审核、签字、签章流程。有效避免传统计量工作流程中施工过程造价分配失调、超计、多计、早计问题。自动计量流程如图 9 所示。

(2)应用效果

当前,平台计量管理功能已完成 16 期计量,共计 29.87 亿元。在本项目中,计量管理在本项目中应用效果见表 4 所列。

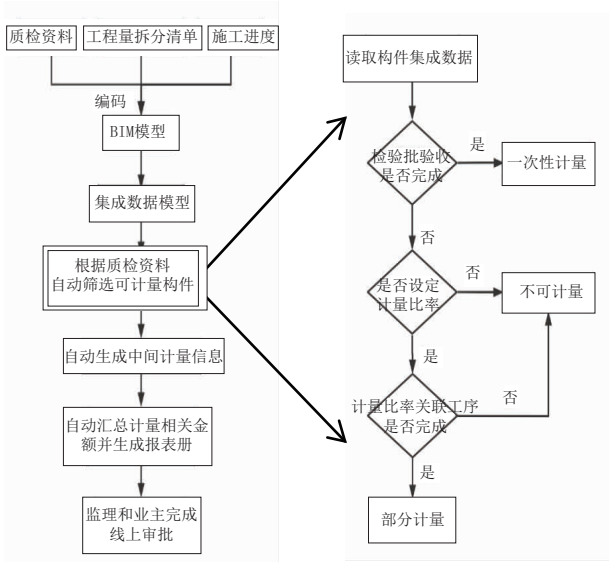


图 9 自动计量流程

表 4 平台计量管理应用效果

维度	应用效果
效率提升	自动化流程和批量生成中间计量功能提高了计量管理的效率,减少了手动操作的时间和工作量。报表册自动计算及电子签章功能进一步提升了计量管理的效率,节省了人力资源
数据一致性	计量管理中的质检资料、工程量清单、进度资料、现场施工影像等与 BIM 构件直接关联,确保了数据之间的关联性和一致性。构件清单计量受到质检资料、工程量清单等多种维度数据权限控制,保证了数据的安全性和可控性
减少错误和失调	自动化流程和数据关联功能有效避免了传统计量工作流程中的施工过程造价分配失调、超计、多计、早计等问题,减少了错误和失调的发生

3.5 现场管理

(1)功能介绍

现场巡查时,巡查人员可对现场发现的安全、环保、质量、进度、试验、综合及其他等问题通过移动端项目圈采用照片或视频形式进行上报,同时可与相应模型进行链接或详细描述地点,传达给相应的负责人,责令限时整改,整改后拍照回复留存归档形成闭环。

(2)应用介绍

目前累计已分享 6 259 条项目圈,其中 129 项安全处理事项,累计 31 项质量处理事项,累计,92 项环保处理事项。

现场管理项目圈极大的方便了现场施工管理,提高了 BIM 应用的便捷程度,解决现场可以直接利用移动终端进行资料的采集、录入、查询及施工过程的管理,方便了现场施工管理,提高了施工信息化管理水平。

3.6 软基处理

(1)功能介绍

软基处理系统结合物联网技术、电子工程技术、传感器技术、大数据技术,以数字化施工代替传统的经验施工。通过记录统计高程、桩长、下 / 提钻速度、垂直度、钻杆电流、累计浆量、平均浆量、累计灰量、平均灰量等工艺参数,对每 25 cm 深度段进行详细统计合算,实现施工全流程的实时监测、预警、检测、分析反馈的管理功能。软基处理系统主要硬件配置组成如表 5 所示。

表 5 系统主要硬件配置组成

类型	序号	产品名称	备注	安装位置
人机交互部分	1	深层搅拌桩监控仪	ZL-M3	操作平台
	2	深度传感器	ZL-C101	钻机机架
数据采集部分	3	流量传感器	JDK300	后台泵送站
	4	电流传感器	FZ25	配电箱内
	5	倾角传感器	ZL-XY	桩机井架上

(2)应用介绍

目前本项目已累计生产总桩 185 863 根,总桩长 1 992 440 延 m,总浆量 98 751 400 L,总灰量 117 113.7 t,平均浆量 49.56 L/m,平均灰量 58.77 kg/m。现场对 30 根水泥搅拌桩进行抽检,对实际桩长、灰量与软基处理检测系统桩长与灰量进行对比,30 根随机桩监测准确率为 98.55%,灰量监测准确率为 98.67%,使用软件监测系统能较好的反应实际施工数据,可有效解决以往无法检测和记录地下水泥搅拌桩施工缺陷问题,提高水泥搅拌桩施工质量。

4 结 语

本项目通过基于 BIM 的项目管理平台,实现了以 BIM 模型为基础,各参与方协同工作的平台,为建设单位和各参与方提供了项目信息共享、信息交换及协同工作的环境,实现了对项目建设过程中的进度、质量、计量等多维度的全面数字化管控,有力提高了项目的数字化应用水平、管理效率与管理水平,本系统结合徐明高速公路项目,有力推动了 BIM 在交通领域应用。

参考文献:

[1] 张基成,孙杰.BIM 管理平台在快速路项目建设中的应用[J].城市道桥与防洪,2021(10):172-176.
[2] 李晓波. 基于高架快速路施工的 BIM 技术及数字孪生应用探索[J]. 土木建筑工程信息技术,2021,13(2):132-138.
[3] 林述涛.跨海集群工程 BIM 协同管理平台架构研究[J].公路交通科技,2018,35(8):80-88.

站仪的观测精度,从而间接影响沉桩精度。

5 沉桩效率分析

永宁大桥钢护筒及临时钢管桩采用全回转打桩船进行沉桩,自2022年5月27日—2022年8月1日,共计66 d,完成主桥139根钢护筒、平台361根钢管桩的沉桩作业,平均每天沉桩8根,最快单日插打钢护筒8根,插打钢管桩达20根。其沉桩工效远超常规“钓鱼法”施工,也比固定桩架式打桩船效率更高。

沉桩效率影响因素分析:

(1)挪船:不同墩位沉桩需要采用拖轮进行挪船,尤其是跨航道挪船需要跟海事部门报备,相关程序手续办理需3 d,经海事部门允许后方可挪船,挪船一般需1 d时间完成起锚、移位、抛锚等过程。而对于非航道挪船,仅需花费1 d时间完成。

(2)更换桩帽:钢护筒与钢管桩交替施工,由于桩径不一致,需要更换桩帽,且每墩更换一次,每换

一次桩帽基本耗时在半天左右,影响整体效率。

6 结 语

实践证明,永宁大桥项目主桥钢护筒和平台钢管桩采用“海力801”全旋转打桩船沉桩取得了显著的效果。因其工作精度高、沉桩速度快,环境适应性强等特点,更适用于群桩数量多的海上及江上桥梁施工。

参考文献:

- [1] 永宁大桥项目经理部.永宁大桥水中钢平台安全专项施工方案[Z].银川:永宁大桥项目经理部,2022.
- [2] 王永东,杨胜龙.全旋转打桩船“海力801”超长超重钢管桩沉桩技术[J].中国港湾建设,2011(4):42-46.
- [3] 谢诗咏.大直径环氧涂层钢护筒关键施工技术[J].公路交通科技,2012(12):239-242.
- [4] 汪德隆,曾平喜,宋向荣.杭州湾外海沉桩施工技术[J].水运工程,2005(4):75-80.

~~~~~  
(上接第181页)

- [4] 梁庆学,李新星,熊诚.BIM技术在市政道路设计中的应用及难点分析[J].城市道桥与防洪,2018(3):43-45.
- [5] 朱伟南.BIM技术在综合管廊建造过程中的应用[J].城市道桥与防

- 洪,2020(6):255-259.
- [6] 石胜华.融合BIM与GIS技术的高速公路项目动态管理平台[J].中国交通信息化,2017(11):137-139.