

基于 BIM 的隧道工程数字化施工控制技术与应用

王金国¹, 罗朝华², 丛培², 柳峰¹, 郭长青³

(1.宁夏交投工程建设管理有限公司, 宁夏 银川 750001; 2.中铁五局集团 第一工程有限责任公司, 湖南 长沙 410117;

3.宁夏公路建设管理局, 宁夏 银川 750001)

摘要: 高速铁路隧道工程具有作业空间受限、风险因素较多、管理难度较大等特点, 如何进行安全、优质、高效施工成为隧道建设的重点和难点。文中以张吉怀(张家界—吉首—怀化)铁路隧道(凤凰段)工程项目为背景, 研究 BIM5D 技术与智能平台的应用, 阐述基于 BIM 技术的进度管理、安全管理、质量管理、物料管理、BIMVR 等关键技术及其应用。

关键词: 工程管理; 隧道; BIM 技术; 数字化

中图分类号: U415.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)05-0157-02

建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 通过信息化手段, 将与建设项目相关的各专业信息进行集成和协同管理, 对数据资源进行基于 BIM 标准的传递和共享, 实现参建各方信息共享和资源协同、建设项目各施工阶段信息化管理及信息化技术在全寿命周期的应用。BIM 技术通过建立 BIM 模型对建设项目信息进行 3D 表达, 利用模型对项目进行设计、建造和运营管理, 实现建设项目建造和管理的可视化、协同化, 依托模型对施工进行预演, 提前发现安全隐患, 优化施工方案, 提高工程质量和效率。

1 BIM 的应用现状

BIM 技术是当下建筑行业信息化发展的一次革命, 近年来政府、行业、研究机构、软件企业都在积极推动其发展。2016 年 8 月 9 日, 中国铁路总公司出台《铁路工程项目 BIM 试点实施纲要(讨论稿)》, 对完善铁路工程领域 BIM 体系结构和标准、建设基于 BIM 技术的施工管理平台、将 BIM 技术贯穿于铁路建设项目的全寿命周期等提出了具体要求。

目前国内 BIM 技术在住房建设领域的应用优先于其他建筑工程领域, 近几年才开始应用于铁路工程项目。朱江提出在铁路项目中分阶段、分步骤实现 BIM 设计的构想; 卢祝清提出将 BIM 技术贯穿于铁路建设项目全寿命周期的设想。李俊松等将 BIM 技术应用于宝兰客专(陕西段)石鼓山隧道, 建立三维模型进行动态模拟和工程量统计等, 是较早的铁路项目 BIM 应用实例。刘鹏等提出建立基于 BIM 技术的带状铁路工程真实场景模型协同设计

平台, 实现各专业在同一全线真实三维场景模型下的协同设计。赵璐等针对铁路隧道施工特点及管理需求, 研究施工阶段 BIM 应用模式和模型, 建立了从设计阶段向施工阶段 BIM 转换的建模规则; 综合应用 BIM 及三维数字技术, 研究隧道 4D-BIM 施工集成管理技术, 结合进度信息构建 4D-BIM 模型, 施工过程中, 现场数据(包括进度、质量、安全等信息)与 4D-BIM 模型相关联, 形成集成化管理环境; 开发基于 BIM 的铁路隧道施工管理平台, 并应用于西成铁路清凉山隧道工程项目, 实现隧道工程施工的数字化、可视化和集成化管理。智鹏等突破 BIM 技术与物联网、三维扫描、超前地质预报和隧道围岩量测等核心技术融合难题, 自主研发基于 BIM 的隧道工程云服务远程监控中心和现场轻门户管理系统, 并应用于京张(北京—张家口)高速铁路八达岭隧道和正盘台隧道等项目, 解决了高铁隧道工程建设管理信息技术集成应用难题。

综上, BIM 技术已开始应用于隧道建设工程, 为提高隧道建设工程信息化水平注入了活力。当下, 研发基于 BIM 技术的隧道施工管理平台仍然是热点, 但少有文献研究 BIM5D(3D+进度+成本)技术。该文以张吉怀(张家界—吉首—怀化)铁路隧道(凤凰段)工程项目为背景, 阐述 BIM5D 技术, 探讨基于 BIM 的隧道建设工程数字化施工关键控制技术与应用。

2 工程概况

张吉怀铁路隧道(凤凰段)工程项目起于湖南省凤凰县, 止于麻阳县, 起止里程为 DK175+908—

DK193+000,长 16.166 km。该项目结构物众多,其中:桥梁 11 座,包括大桥 5 座、中桥 6 座;涵洞 1 处(1.5 m 框架涵);隧道 11 座、13 895.5 m,占线路长度的 83.71%;路基 12 段。隧道中,4 km< L ≤10 km 隧道 2 座、7 908 m;2 km< L ≤3 km 隧道 1 座、2 241 m;1 km< L ≤2 km 隧道 1 座(杨家湾隧道); L ≤1 km 隧道 7 座、2 675 m。

为达到隧道工程建设安全、高效、优质的要求,引入 BIM 技术解决张吉怀隧道工程施工涉及的进度红线、安全风险、质量、成本等一系列重大难题。鉴于 BIM 技术应用于铁路工程的时间较短,技术相对不成熟,建模存在局限,全线应用 BIM 技术存在模型巨大和投资大的缺陷,选择地质结构较为简单的凤凰隧道进口作为 BIM 技术的应用试点项目。

3 BIM 关键技术

3.1 进度管理

为传统的 3D 模型赋予时间轴,以动态 3D 模型的形式展示施工过程,使施工关键节点在动态 3D 模型中得以体现,以更好地掌控施工关键时间节点,对比实际施工进度与计划施工进度,从而更好地进行进度管理。进行工序循环考核,摸查各工序进度及延时原因,严格控制超、欠挖。提取工程量信息,对工程量进行统计,方便管理人员考核,满足定期向业主报量、分包审核的应用需求。

3.2 质量管理

利用 BIM 技术制作三维模拟动画或直接导出三维 BIM 照片,协调相关部门进行三维可视化交底,形成三维技术交底报告,提高技术交底质量。利用 BIM 模型辅助进行图纸质量把控,提前发现图纸中存在的问题,进行设计与施工交底,减少现场修改及返工现象,提高工程质量。同时利用 BIM 技术进行关键工序验收和质量检查。

3.3 安全管理

利用 BIM 技术进行人机定位,实时掌控隧道人员数量、位置、工作状态和机器工作状态,实现人、机作业动态监控,确保人员安全施工、机器安全运行。

3.4 物资管理

通过对物资进场、出场、运输过程的动态监控,对搅拌站材料进行多维核算、动态库存、偏差台账对比分析,实现材料“收、发、用、盘”在线管控。

3.5 碰撞检测

对施工图模型内所有元素进行碰撞检查,利用

3D 模型及时发现图纸中的错误及各专业间的冲突。采用 BIM 技术将复杂工程可视化,利用虚拟三维模型模拟施工,使各专业协同工作。通过各专业之间三维碰撞检测,及时发现问题并调整设计,预测施工中可能出现的问题并加以解决,从而避免施工浪费,降低风险。

3.6 BIMVR 技术

利用 BIMVR 技术对工程重点和难点部位进行虚拟预施工,提前发现施工中可能存在的风险和隐患,从而提前优化施工方案,有效避免事故发生。利用 BIMVR 系统建设安全教育体验馆,实现动态实景交底、现场观摩体验等功能。

3.7 数据、信息共享

通过 BIM 技术完成工程数据共享和重复利用,做到真正意义上的施工现场一项目部一公司机关本部的从基层到高层的信息共享。

4 工程应用

基于 BIM5D+智能工地平台,实现张吉怀隧道工程施工进度管理、质量管理、安全管理、物资管理、碰撞检测等功能;通过平台轻量化转换,将 BIM 真正应用到施工一线,进行智能拼模、三维场地布置、三维技术交底、生产进度模拟及 BIM 成果展示、技术交流学习等,为张吉怀隧道工程施工的进度、安全、质量及成本等控制提供三维可视化手段,提高工程建设信息化管理水平。

5 结语

BIM 技术的出现,极大地推动了隧道工程建设向安全、高效、优质这一目标发展的进程。但目前 BIM 技术的应用还不成熟,在平台研发阶段仍存在一些瓶颈需要突破。只有通过在实际工程建设中不断探索,才能实现真正意义上的基于 BIM 的隧道工程全生命周期应用管理,全面提升隧道建设信息化、智能化管理水平。

参考文献:

- [1] 周翠.BIM 技术应用现状与发展概述[J].建筑技术,2018,49(增刊 2).
- [2] 朱江.BIM 在铁路设计中的应用初探[J].铁道工程学报,2010,27(10).
- [3] 卢祝清.BIM 在铁路建设项目中的应用分析[J].铁道标

(下转第 165 页)

- quantitative assessment of risk events in the construction industry using fuzzy fault-tree analysis[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2011, 137(4).
- [14] Mendes A, Helvacioğlu I H. An application of fuzzy fault tree analysis for spread mooring systems[J]. Ocean engineering, 2011, 38(2-3).
- [15] 李文峰, 游庆和, 廖强, 等. 基于 T-S 模糊 FTA 的远程故障诊断方法研究[J]. 土木工程与管理学报, 2018, 25(9).
- [16] Zadeh L. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8.
- [17] Braglia M, Frosolini M, Montanari R. Fuzzy criticality assessment model for failure modes and effects analysis[J]. International Journal of Quality & Reliability Management, 2003, 20(4).
- [18] Pillay A, Wang J. Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2003, 79(1).
- [19] Vario J K. Fault tree analysis of phased mission system with repairable and non-repairable components[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2001, 74(2).
- [20] Vidal L A, Marle F, Bocquet J C. Using a delphi process and the analytic hierarchy process (AHP) to evaluate the complexity of projects[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(5).
- [21] Wang Y M, Liu J, Elhag T M S. An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment[J]. Computers & Industrial Engineering, 2008, 54(3).
- 收稿日期: 2019-03-11

(上接第 120 页)

可从桥梁构造的角度采取措施预防桥梁桩基破坏。

参考文献:

- [1] 郑新亮, 王东升, 唐亮, 等. 液化场地桥梁桩基础震害及其抗震研究概述[J]. 中外公路, 2008, 28(4).
- [2] Kawashima K, Unjoh S. Impact of Hanshin Awaji Earthquake on seismic design and seismic strengthening of highway bridge[J]. Structural Engineering and Earthquake Engineering, JSCE, 1996, 13(2).
- [3] 鲁晓兵, 谈庆明, 王淑云, 等. 饱和砂土液化研究新进展[J]. 力学进展, 2004, 34(1).
- [4] 刘汉龙, 周云东, 高玉峰. 砂土地震液化后大变形特性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(2).
- [5] Baziar M H, Dobry R, Alemi M. Evaluation of lateral ground deformation using sliding block model[A]. Proceedings of the 10th World Conference on Earthquake Engineering[C], 1992.
- [6] 周云东. 地震液化引起的地而大变形试验研究[D]. 南京: 河海大学, 2003.
- [7] 马远刚, 茜平一. 横向土运动作用下群桩的性状研究[J]. 岩土力学, 2000, 21(4).
- [8] 陈鹏, 李文华, 范涛, 等. 土体冲刷对桥梁桩基影响的三维差分模拟计算分析[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2007, 26(4).
- [9] 童立元, 王斌, 刘义怀. 地震地基液化大变形对桥梁桩基危害性二维数值分析[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(3).
- [10] JTG/T B02-01-2008, 公路桥梁抗震设计细则[S].
- [11] JTG B02-2013, 公路工程抗震规范[S].
- [12] 日本道路协会. 道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説[S].
- 收稿日期: 2018-10-12

(上接第 158 页)

- 准设计, 2011(10).
- [4] 李俊松, 喻渝, 胖涛, 等. BIM 技术在铁路隧道工程全生命周期中的应用研究[A]. 第八届中国智慧城市建设技术研讨会论文集[C], 2013.
- [5] 刘鹏. 铁路工程设计 BIM 技术的差异化与解决方案[J]. 铁道工程学报, 2014, 31(2).
- [6] 赵璐, 翟世鸿, 陈富强, 等. BIM 技术在铁路项目隧道施工中的应用研究[J]. 施工技术, 2016, 45(18).
- [7] 智鹏, 史天运, 王万齐, 等. 高速铁路隧道工程精益化建设管理关键技术[J]. 现代隧道技术, 2018, 55(6).
- [8] 孙建诚, 蒋浩鹏, 朱双晗. 基于 BIM 技术的三维公路模型设计探讨[J]. 重庆: 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2019, 38(1).
- [9] 喻钢, 胡珉, 高新闻, 等. 基于 BIM 的盾构隧道施工管理的三维可视化辅助系统[J]. 现代隧道技术, 2016, 53(1).
- [10] 邓小军, 刘肖群, 董春晖. 基于 BIM 技术的隧道工程施工信息集成与管理应用研究[J]. 浙江建筑, 2018(8).
- 收稿日期: 2019-05-26