

BIM+GIS 技术在分岔特长隧道设计中的应用研究

伍宏宇, 齐飞, 秦春伟

(四川公路桥梁建设集团有限公司勘察设计分公司, 四川 成都 610093)

摘要: BIM+GIS 技术主要应用在设计阶段,包括通风方案优化、排水设计优化、分岔隧道数字化设计与虚拟建造、桥隧相接精细化设计等。通过二、三维设计结合,提高隧道复杂节点设计质量,设计意图更容易传达;动态模拟隧道通风、排水设计方案及效果,为后期运营提供科学指导;BIM+GIS 技术高效选择最优路线;虚拟建造,优化设计方案,规避后期施工安全风险。某项目运用 BIM 技术解决超特长隧道设计痛点,提出解决方案,收到较好的效果,对同类型项目具有较强的借鉴意义,具有一定的推广应用价值。

关键词: BIM+GIS;设计阶段;数字化设计;动态模拟;虚拟建造

中图分类号: U452.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0250-04

0 引言

在 2017 年,交通运输部发布《推进智慧交通发展行动计划(2017—2020 年)》,其中明确提到推进 BIM 技术在重大交通基础设施包括设计阶段在内的全生命周期的应用。2021 年,中华人民共和国交通运输部连续发布三部公路工程 BIM 应用标准^[1-3]。国家和交通运输部对 BIM 技术的鼓励和支持,加上 BIM 技术在隧道工程建设中取得了突飞猛进的发展,加速了隧道技术水平在信息化方面的进步^[1-6]。

目前有许多行业专家学者将 BIM+GIS 技术运用在隧道设计取得了一定成效:万事付等将 BIM 技术应用在优化原有设计、可视化技术交底、工程数量与成本控制等方面都取得了良好的应用效果^[7]。曹建涛等基于 Revit 软件平台,开展了基于 BIM 技术的公路隧道正向设计研究,提升隧道工程领域的信息化和集成化水平^[8]。吴继峰等研究了基于 BIM 技术的新型设计方式,建立隧道项目三维设计应用流程^[9]。戴林发宝等以江阴靖江长江隧道工程为例,探讨 BIM+GIS 技术在隧道工程设计各阶段的应用^[10]。

虽然行业专家学者在隧道 BIM 技术的运用取得不错的成果,但是随着相关软件的不断更新发展和从业工程师对 BIM 建模与应用的不断探索,BIM 技术在隧道设计中的应用将会更加高效、便捷并更加深入。同时 BIM 与 GIS 技术互补的特点决定了 BIM+GIS 集成及应用是隧道工程 BIM 设计进一步

发展的必然趋势。

1 工程概况

宁巧隧道是宜宾新市至攀枝花沿江高速公路金阳至宁南段巧家支线的重要组成部分。该隧道进口位于宁南县骑骡沟乡正坝村 1 组,出口位于宁南县葫芦口镇银场村 1 组。隧道左线长 9 069.37 m,设计纵坡为 1.5%/4130,0.7%/4570,1.1%/369.37;右线长 9 103 m,设计纵坡为 1.44%/4 146,0.64%/4 590,1.1%/367。隧道最大埋深 650 m,洞身主要穿越下古生界奥陶系中统大箐组至寒武系下统泥质砂岩、灰岩、白云岩、页岩。隧址区地震动峰值加速度为 0.30g,场地基本地震烈度为Ⅷ度,地震动加速度反应谱特征周期为 0.40 s,设防烈度为 IX 度。隧道出口接宁南金沙江特大桥,出口与桥梁起点相距仅 0.25 m。受宁南金沙江特大桥影响,出口段(202 m)左右线间距最大为 2.65 m,采用整体式直中墙连拱隧道,直中墙厚为 1.4 m。隧道出口段与宁南金沙江特大桥隧道锚平面搭接长度为 116 m,两者竖向净距仅 16.6 m。隧道采用斜井分段纵向式通风。

受地形和地质条件限制,宁巧隧道在设计中除了考虑地震烈度的影响外,还需考虑线间距变化带来的隧道净距设计影响,以及纵向凹形曲线对通风和排水的影响。在设计中面临的难题则主要体现为三个方面,分别是:

(1)隧道纵坡采用凹型竖曲线排水及通风设计。目前,山岭特长公路隧道多采用人字坡,而该隧道受两边接线控制和地形限制,需采用凹形坡,由此带来

收稿日期:2022-11-21

作者简介:伍宏宇(1993—),男,硕士,助理工程师,从事隧道工程设计工作。

了施工和运营期的排水问题和运营期通风问题。而在通风方面,则主要体现为污染物浓度沿纵向分布规律以及火灾条件下烟气分布和蔓延规律。

(2)连拱隧道超薄中墙设计。隧道出口受金沙江特大桥影响,出口段(125 m)左右测量线重合,仅能设置成整体式直中墙连拱隧道(直中墙厚仅 1.4 m)。

(3)近接隧道锚施工相互影响及施工方案的确定。宁巧隧道与金沙江特大桥隧道锚平面搭接长度为 116 m,最小竖向净距仅 16.6 m。

基于以上特点及难点,运用 BIM+GIS 技术:数字模拟斜井两区段送、排纵向式通风方案进行,验证及优化隧道纵坡采用凹型竖曲线排水及通风设计方案;多视角、全方位、可视化、精细化设计分岔连拱隧道,精准查阅中墙渐变段横断面二维图纸、精准算量;通过连拱隧道、金沙江特大桥隧道锚虚拟建造,设计与施工深度融合,突出关键施工工艺,规避后期工程安全隐患。

运用 BIM+GIS 技术开展数字化应用研究,为该隧道的精细化设计提供科学支撑,提升隧道设计质量,同时为类似工程设计提供技术参考。

2 BIM 应用实施

依托宁巧隧道项目探索投建一体化 BIM 应用新模式。应用 BIM 技术提高项目设计质量,减少隧道施工阶段变更。通过信息化手段,把设计信息传递到建、管、养全生命周期的各个阶段,发挥投建一体化的优势。

2.1 BIM 模型

根据项目特点,采用 CivilStation Designer、OpenRoads Designer、MicroStation 等软件完成全隧道建模工作。该项目隧道全线进行 BIM 技术应用,隧道长、埋深大,出口连拱段结构复杂。按照设计图纸全尺寸、全信息建模,包括车行横通道 9 处、人行横通道 20 处、交通转换带 1 处、通风斜井 1 处。建模精度 LOD300,并对模型赋予几何、设计等属性(见图 1)。

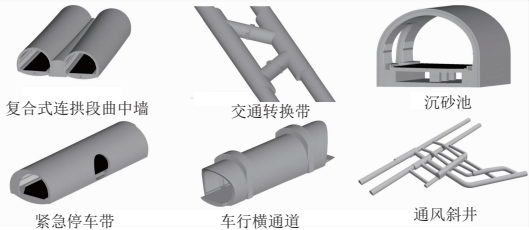


图 1 隧道 BIM 模型

2.2 主要关键方案及技术创新

2.2.1 凹型竖曲线通风及排水方案优化

宁巧隧道主洞及地下通风系统均通过斜井排水,

而斜井设置于主洞最低点,需要在斜井与主洞交汇处设置沉砂池及检查井。通过 BIM 模型结合 3DMax 建立可视化动态效果辅助设计,对隧道排水进行优化,斜井中央排水沟由单条改为双条,提高排水能力 50%,减少岩溶涌水事故处理时间,并且优化沉砂池位置,将沉砂池设置于纵坡最低点较缓侧 20 m 处,同时排水效果可视化,合理安排后期运营期排水组织(见图 2)。

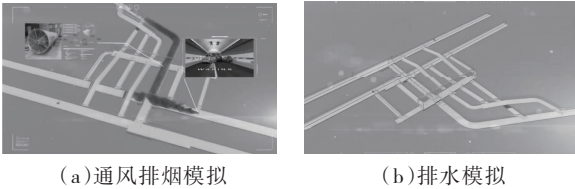


图 2 通风及排水方案动态效果展示图

2.2.2 分岔隧道数字化设计与虚拟建造

隧道出口受金沙江特大桥、地形、省界接线等因素影响,左右测量线重合,缺少足够的过渡段,只能设置为直墙连拱隧道;而长大隧道全部设置为连拱不经济,采用分岔隧道解决(桥梁→直中墙连拱→曲中墙连拱→小净距隧道→分离式隧道),其中整体式直中墙连拱段 202 m,测量线间距范围 0~2.65 m;复合式曲中墙连拱段 48 m,测量线间距 2.65~4 m;小净距隧道长 44 m,测量线间距 4~8.16 m。中墙渐变段连拱隧道设计空间结构及施工工序复杂,传统设计手段难以表达,以及渐变的中墙工程量难于精确统计的难点。

运用 BIM 技术多视角、全方位、可视化、精细化设计分岔隧道,精准查阅横断面二维图纸、精准算量;通过虚拟建造,BIM 模型应用于优化连拱隧道施工工序,有效地指导后续施工。

2.2.2.1 分岔隧道精细化设计(见图 3)

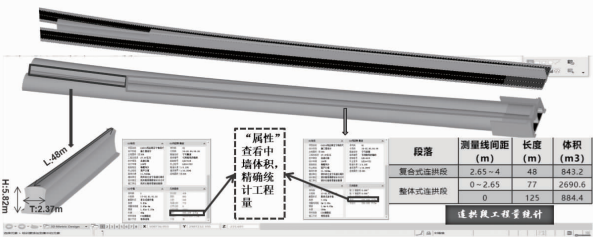


图 3 分岔隧道精细化设计图示

通过参数化建模,动态调整设计参数,辅助实现快速设计;通过查看构件属性,借助二次开发工具精确算量,减少传统算量误差。

2.2.2.2 中墙渐变段精准设计(见图 4)

运用 BIM 模型,采用 OpenRoads Designer 软件相关功能快速实现分岔连拱隧道中隔墙渐变段任意

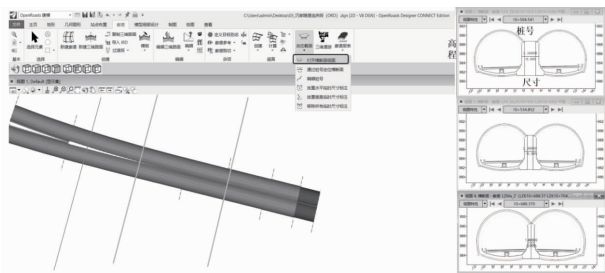


图4 中墙渐变段精准设计图示

桩号处的横断面二维图纸精准查阅,包括桩号、设计高程、中墙尺寸等,有效指导后续施工。

2.2.2.3 分岔隧道虚拟建造

分岔隧道工艺流程:中导洞贯通→反向浇筑中墙→台阶法开挖侧壁导坑及主洞→主洞初期支护封闭成环→拆除中导洞临时支护并回填先行洞对侧中导洞→施作仰拱及拱墙→左右洞交错施工。模拟连拱隧道施工工艺,细化隧道开挖工序,突出重点及难点,有效指导施工;通过虚拟建造,明确施工过程中存在的风险点,规避后续施工风险。

2.2.3 桥隧相接精细化设计

2.2.3.1 主线方案比选

通过 BIM+GIS 三维数字技术辅助路线方案设计,高效选择最优路线。该项目路线方案共 2 条,其中方案 I 为两隧道方案,方案 II 为连拱分岔式隧道单隧道方案(见图 5)。运用三维可视化及云勘察快速分析各路线的优缺点、控制性工程,综合考虑工程规模和技术可行性,推荐路线方案 II。通过 BIM+GIS 技术解决现场踏勘困难,避免不良地质体,提高路线设计方案合理性,节约设计周期 10 d;高效优化初步设计两个隧道合并为 1 个隧道,截弯取直,减少工程规模。

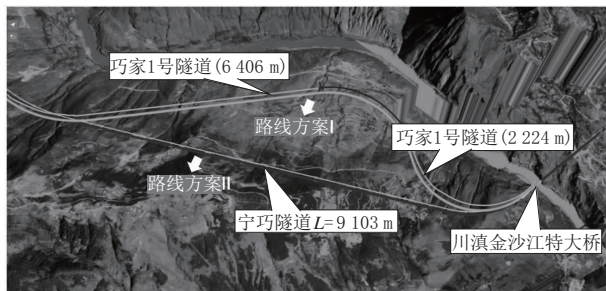


图5 主线方案比选图示

2.2.3.2 地下群洞施工方案动态模拟

宁巧隧道出口段涉及连拱隧道、金沙江特大桥隧道锚、隧道锚排水洞室、施工横洞等多个洞室的空间复杂群洞结构,各分项工程近接,作业交叉多,工序极为复杂,施工组织难度大。运用 BIM 技术进行虚拟建造(见图 6),制定科学的施工组织方案,合理规

划施工工序,实现资源的最优配置。设计与施工深度融合,突出关键施工工艺,规避工程安全隐患。

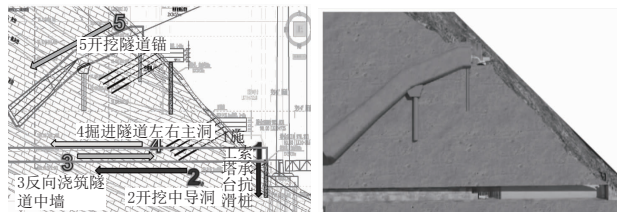


图6 地下群洞施工方案动态模拟图示

2.2.3.3 基于 BIM 模型的有限元计算方法一分岔隧道与隧道锚相互施工影响分析

工作流程:BIM 模型导出 ACIS (*.sat) 文件→ANSYS(网格划分、材料、边界条件等参数设置)→FLAC3D。

进行隧道近接隧道锚施工中相互作用规律有限元计算分析时,建立有限元计算模型、划分网格等前期工作量大;建立地质模型复杂、难度大。通过 BIM 设计的成果模型经过处理即可转化为有限元计算模型,提高地形模拟的准确性以及计算分析效率。利用 BIM 模型提高地形模拟的准确性以及有限元计算分析效率,拓展 BIM 模型应用场景,延伸数字模型应用价值(见图 7、图 8)。

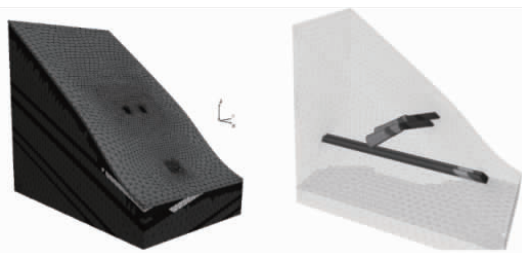


图7 导入 ANSYS 地形及隧道模型

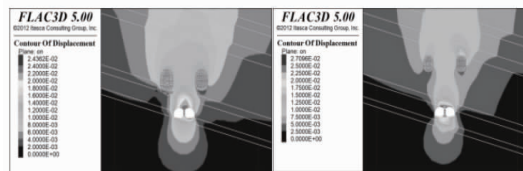


图8 导入 FLAC3D 模型计算云图

2.2.4 交通转换带交叉口精细化设计

传统设计:交叉口结构空间搭接,不能准确反映交叉口的顶部构造、锚杆布置方式难以精准设计,主洞及横通道的洞身材料未考虑交叉口剪切部分,存在重复计量。

三维设计:交叉口顶部结构设计意图更容易传递,减小施工难度及风险;工程量精确统计,避免重复计量,减小误差;优化锚杆布置方式,提高设计质量,指导后续施工。

2.2.5 洞门精细化设计

利用数字技术精细化设计洞门,极大提高设计

的效率和统一同类型洞门标准化。运用 BIM+GIS 技术,精确定位洞门位置,有效控制边仰坡开挖高度;通过三维可视化设计,精准算量,提高设计效率;模拟洞口真实环境,优化洞门设计的装饰方案(见图 9)。

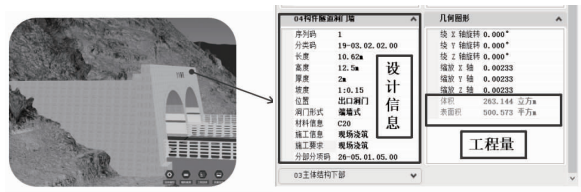


图 9 精确定位洞门位置及洞门端墙可视化设计图示

2.2.6 可视化应用,VR 虚拟呈现

通过 VR 设备结合隧道模型漫游虚拟展现隧道竣工后内部附属设施整体视觉效果;通过 LumenRT 软件结合 BIM 模型以及 VR 设备进行仿真驾驶,检验隧道停车带及横通道设计是否满足要求,反光环、标线及照明设备设置是否合理醒目。

3 总结及展望

宁巧隧道将 BIM 技术贯穿工程设计整个阶段,以 BIM 模型为载体,深化模型应用,挖掘数据价值,实现投资项目综合利润的最大化,切实达到企业提质、增效、降本的目标。

该隧道通过二、三维设计结合,提高复杂节点设计质量,设计意图更容易传达;动态模拟隧道通风、排水效果,为后期运营提供科学指导;BIM+GIS 技术高效选择最优路线、定位洞门;BIM 模型用于数值分析,提高计算效率;虚拟建造,优化施工方案,规避安全风险;通过 VR 技术检验隧道竣工后整体效果。

隧道数字化设计,提高设计质量。虚拟建造,提高后续施工效率。优化隧道通风及排水设计方案,改善通风效果、提高排水能力。图纸校审:精细建模,及时发现错、漏、空、缺,提前发现问题,避免后期变更及返工。

运用 BIM 技术解决分岔特长隧道设计痛点,提出解决方案,收到较好的效果。对同类型项目具有较强的借鉴意义,具有一定的推广应用价值。

同时为进一步实现 BIM 技术在投建一体化项目中的全生命周期管理,应在以下方面加大力度:

(1)深化应用。深度研究数字高速、智能建造技术,助力企业投建一体化的高质量发展。

(2)上游扩展。从设计延伸 BIM 应用,争取打通正向设计,实现多阶段应用。

(3)人才培养。BIM 技术的推广应用,关键在于 BIM 人才的培养。为加快推进 BIM 技术的应用步伐,制定人才培养机制,设立专项资金,全力保证 BIM 人才的培养。

(4)全面推广。不断总结投建一体化 BIM 技术在特大隧道建设各阶段应用的经验,整理形成标准流程,以 BIM 模型为载体,将 BIM 技术贯穿于工程建设全过程的目标,实现项目的全生命周期管理。

参考文献:

[1] JTG/T 2420—2021,公路工程信息模型应用统一标准[S].
[2] JTG/T 2421—2021,公路工程设计信息模型应用标准[S].
[3] JTG/T 2422—2021,公路工程施工信息模型应用标准[S].
[4] 赵连平.隧道 BIM 技术应用与现状分析[J].四川建材,2020,46(8): 117-118.
[5] 尹平,李乐,刘冲.BIM 技术在交通工程建设中的应用[J].产业创新研究,2021(24):48-50.
[6] 张高海.设计施工一体化模型在隧道 EPC 工程中的应用[D].广州:广东工业大学,2022.
[7] 万世付,仇文革,黄琦茗,等.BIM 技术在隧道工程全生命周期的应用研究[J].现代隧道技术,2020,57(S1):63-69.
[8] 曹建涛. BIM 技术在公路隧道正向设计中的应用研究[D].北京交通大学,2019.
[9] 吴继峰,黄冉,王鹤霖.BIM 技术在公路隧道工程设计中的应用探索[J].隧道建设(中英文),2019,39(S1):310-320.
[10] 戴林发宝,薛光桥,李海亮.基于 CAD/BIM+GIS 技术的江阴靖江长江隧道设计[J].铁路技术创新,2020(4):140-145.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com