

BIM 技术在高速公路隧道机电工程中的应用

谭静霓, 曾丽娟*

(广西经贸职业技术学院, 广西 南宁 530021)

摘要 隧道在改善公路技术状态、缩短运行距离、提高运输能力、减少事故等方面起到重要作用。但由于交通拥堵、设备设施老化、道路地下管线交叉等难题, 导致道路与基础设施维护存在操作空间狭窄、施工困难、施工现场周边行人和车辆有安全隐患问题。本文以广西崇左某高速公路隧道机电工程为例, 研究了 BIM 在其设计施工、深化设计、技术交底、材料管理、成本管理、运营维护等方面的应用, 提出隧道机电工程设计施工的新思路, 意在提高机电工程设计施工的准确性和精细度, 减少返工, 降低工程成本, 提高工程质量。

关键词 BIM; 高速公路; 隧道机电工程; 成本材料管理; 设备运营维护

基金项目: 本文来自于广西经贸职业技术学院校级中青年教师科研基础能力提升项目, 项目名称“BIM 技术在高速公路隧道机电工程中的应用”, 项目编号: JMKY202103。

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)01-0067-03

自“交通强国”战略实施以来, 我国高速公路建设得到飞速发展, 截至 2022 年底, 中国高速公路总里程已达 17.73 万公里, 居世界第一。根据《广西高速公路网规划(2019-2035)》为有效支持广西经济社会发展, 全区高速公路将建成“1 环 12 横 13 纵 25 联”的布局建设, 至 2030 年全区高速公路总规模 15200 公里, 高速公路网密度将达 6.4 公里/百平方公里。截至 2022 年 12 月 29 日, 全区高速公路里程突破 8000 公里, 全区 111 个县(区)全部通达高速公路。而广西地貌多山地、丘陵, 隧道对公路建设至关重要。本文以广西崇左某高速隧道机电工程为例, 研究 BIM 技术在其设计、施工、运维中的应用。

1 项目概况

广西崇左某高速对接“一带一路”倡议及融入中南半岛的新通道, 是生态优美、景观绮丽的风景线, 是连接西南与东盟最便捷的通道, 全长 146 公里。主线为双向四车道, 共有 40 余座隧道, 包含监控系统、通风消防系统、照明系统、供配电系统等机电工程项目。其中, 监控系统又包含中央控制系统、交通监控系统、闭路电视系统、紧急电话系统、有限广播系统、火灾报警系统、环境监测系统等子系统。由于隧道施工环境复杂, 而其机电系统为多系统、多专业相融合, 各系统、各施工单位的施工人员流动性大, 且信息沟通不及时、不顺畅, 多专业同时施工易导致施工技术

交底质量低、施工作业不规范, 项目的整体施工质量隐患多、项目工程后期维护难度高等问题频发, 影响机电系统运行稳定性, 增加维护维修成本^[1]。

与传统的隧道机电工程施工及管理办法相比, BIM 能有效解决机电管线综合、设计图与施工现场不一致等机电工程难题, 创造智能化的隧道施工管理环境, 提高质量、经济、社会效益。

2 BIM 在项目中的应用

目前隧道的设计施工基本上仍采用二维的 CAD 图纸, 由于每个专业设计精度不同, 各种管线错、漏、碰、缺在所难免, 现场施工人员需要做大量的协调和变更工作, 不仅影响工程进度, 而且施工场地混乱给管理增加难度。BIM 技术是在工程项目设计、施工、管理、运维等全过程采用三维实时动态模型对项目进行全周期全方位的管理。它具有可视化、模拟、仿真等技术, 能在工程项目中起到预测和控制的作用, 采用 BIM 工程建模不仅能有效解决传统机电工程安装中工程美观度不足、管线碰撞、预留空洞位置偏移、预制件误差或漏项等常见问题, 更能及时发现施工管理中可能出现的问题, 以便尽早沟通、控制, 避免返工、整改而影响工程施工进度。

1. 本项目模型需创建隧道机电设备族库, 族库包括隧道所需中央控制系统、交通监控系统、闭路电视系统、紧急电话系统、有限广播系统、火灾报警系统、

*本文通讯作者, E-mail: 120926151@qq.com。

环境监测系统、通风消防系统、照明系统、供配电系统等各专业的各种设备。其次,根据规范及初步设计文件,精确定位隧道及设备机房等体量中所有机电设备的空间位置,让机电设备、桥架、管线与隧道结构模型相结合,检查设备与隧道结构之间是否存在冲突,根据反馈信息调整设备、管线的模型,优化设备族库^[2]。

2. 技术人员必须深入了解机电系统的实际情况,梳理每条管道的分布及走向,随后按照“小管让大管,有压管让无压管,无坡度让有坡度,风管为主,桥架次之,水管为辅”的原则布置管线,并尽量避免管线交叉,优化管线净高,初步形成隧道机电工程模型。随后进行碰撞检查、空间净高分析、模型优化、管线综合排布等操作使得模型更合理化。其中,空间净高分析主要完成以下两点:(1)分析项目现场空间能否满足施工要求,管线走向是否合理,是否存在明显的误差以便及时调整;(2)分析净高是否满足设计、施工需要,哪个节点的支架可以综合排布,哪个节点的需要上下分别排布,明确可以预制的支架和管件。

3. 不同专业可以通过BIM模型观察到管线之间的空间距离,也能看到施工完成后的效果图,从而确定管线的规格、分布、走向,再次进行优化设计,以达到最合理、最完善的效果。

2.1 隧道机电工程深化设计

设备机房由于设备众多、管线密集,不可避免地会出现管道与设备、管道与管道、管道与建筑结构之间的碰撞,还会有因临时变更而导致的布局不合理、项目竣工图纸与实际不符等,通过BIM建立的三维立体化模型不仅能确定设备外形尺寸、设备基础、管线的摆放、支架的位置、预留孔洞的位置等具体参数,还能精确设计阀门、管件、仪表及预制加工配件的长、宽、深等具体参数。此外,还可以对支架进行整体综合设计,避免各专业杂乱无章的支架安装,不仅节约钢材,节约成本,也节约空间,提升净高。按照BIM设计的模型来施工不仅能有效避免各部件的误差、错漏,使设计更加精确,减少返工,也能减少现场打磨、修理设备安装配件的时间,加速设备安装,并使设备机房布局更合理、简洁、美观^[3]。

机房深化设计是BIM机电应用的核心内容,在优化过程中需各专业协调沟通,其建模步骤如下:(1)各专业各系统叠加,找出碰撞点;(2)调整及优化管线及设备、阀门等位置,消除碰撞;(3)检查管线布置是否符合规范,是否合理、美观。优化管线可以遵

循合理、便于操作、便于维修的原则来确定设备、阀门的位置及朝向。管线布局应横平竖直,尽量贴近墙和梁以取得更大的净高。深化设计完成后应现场确认并预制配件以节约工期;(4)在优化模型的基础上,导出各系统、各专业预留孔洞的施工图,用以指导现场建筑结构洞口的位置,精确预留预埋,避免后期开凿,为机电工程施工提供便利,也使机房更加合理、美观^[4]。

2.2 可视化技术交底

利用BIM的三维模型漫游功能或虚拟动画功能为项目全过程的现场安装作业提供可视化、立体化的现场技术交底,也可以分阶段、分步骤地进行交底,可以让施工人员身临其境般地感受复杂点的管线排布,对复杂部位的施工技术、施工工艺与工序了如指掌,也可以提前了解施工过程所需的施工机械设备、材料、施工重难点、注意事项等,极大地减轻了项目对一线施工队伍技术交底的难度^[5]。此外,管理人员还可以通过BIM管理平台实时掌握项目的工程进度及施工动态,以便各专业及时沟通调整。

第一,BIM的可视化技术交底可以通过计算机动态显示整个项目的施工、运营环节,并进行模拟施工,比如:根据施工进度及施工方案合理布置不同专业的进场时间,库房、材料区、加工区的物资摆放,避免二次搬运造成的物料损失。第二,还可以根据优化的BIM模型在主体结构中标注预留空洞的具体参数,如孔洞直径、标高等。第三,在模拟施工过程中还有一项重要工作,即确定施工过程是否准确、安全,施工方案是否存在安全隐患。如果有施工不利因素则应优化调整施工方案与技术,以达到最优施工方案。第四,利用BIM三维模型的可视化技术交底和模拟施工还可以根据施工工序列出各施工步骤的重点、难点,以制定相应的安全管理措施,保证工程项目安全进行。例如,利用BIM模型:(1)制定隧道的大型机械设备消防管道连接及其支架预制的施工方案及安全管理方案;(2)制定通风系统射流风机安装及其支架预制的施工方案及安全管理方案;(3)消防与通风等大型系统共同进场安装的工作面、材料堆放布置方案等。第五,BIM还能对某些特殊情况进行模拟操作,比如:高速公路隧道发生火灾后消防联动报警系统如何工作?消防报警联动系统、隧道风机、车道指示灯、视频监控联动系统、未进洞车辆预警等系统的启动模式及工作状态是否符合以人为本的原则,逃生路线及逃生方案是否合理等问题都可以通过模拟操作获得更好的体验感。

可视化的技术交底加强了项目全生命周期各专业、各系统之间的沟通理解,及时发现问题,解决问题,有效降低人为理解偏差造成的返工,预测了项目施工、运行、维护过程中可能出现的问题,并加以调整控制,提高项目建设施工管理水平与质量。

2.3 工程量统计及材料精细化管理

机电安装专业多、系统多,呈现多元化特征。各系统的配件、耗材不胜枚举,传统的通过人工测量以计算工程量的统计方法不可避免地会出现偏差。引用 BIM 技术,对隧道及其内部设备分布情况进行 3D 建模后,可同步设计各类管线、预制加工配件及手孔位置并生成各专业准确的工程量及各种附属工程的明细表,如:各类通风管道及管件的规格型号,各种光、电缆线的规格型号、电缆桥架、配件、消防管道的附件及管道防腐、刷油等,避免人工现场测量的错漏,还能根据工程进度生成材料统计表,从而制定科学的机械、材料采购方案,以提升施工进度,为现场材料使用提供更精细化的管理,进一步降低材料损耗。BIM 生成的各专业工程量明细表不但减少了现场管理人员的工程量计算还能实现动态控制跟踪,使他们对工程变更及施工成本增减更敏感,更能有效把控成本,及时评估、监控项目。

2.4 施工成本管理

BIM 技术在成本管理中依然能发挥非常重要的作用。首先,在设计阶段,选用性价比高,施工安全、进度、质量关系协调的设计方案能减少项目资金投入,降低工程成本。在施工模拟过程中将项目所需人员、材料、机械等数据输入系统,完成施工进度、装配、材料跟踪等操作,从而获取最优的成本控制方案。如果施工过程中出现工程变更,可以在 BIM 管理平台调整通过调整施工工序参数等措施保证其他相关工作顺利变更,防止因变更出现返工,增加施工成本。其次,不再使用传统的出入库登记形式的材料管理方法,在施工过程中管理人员将每天消耗的施工材料输入 BIM 模型中,与实际成本进行比较分析,可以直观地看到工程实际成本与预算之间的差距,随时掌握材料的使用情况,从而动态控制成本。如若出现施工变更,可以通过 BIM 修改相关工序的参数,以确保其他后续工序的参数同步调整,防止出现返工而增加施工成本^[6]。

2.5 机电设备运维管理

隧道机电工程各子系统设备的安全运行关系到整条高速公路的安全通行,在引入 BIM 技术前,这些设

备的运行与维护都要靠高速公路工作人员人工完成,定时巡查并记录,按周期对设备进行维护维修,工作复杂且繁重。引入 BIM 技术后可以在 BIM 系统上获取设备运行的相关数据并进行统计分析,将其按运行状态分区管理,重点设备重点区域进行重点检测。为了提高高速公路机电设备运维管理的效率和准确性,可以利用 BIM 模型构建一个由运维系统。

该系统由三部分组成:一是由传感器、I/O 模块(输入输出模块)、控制器、执行器等组成的前端数据采集部分。它通过传感器采集现场数据,如温度、湿度、流量等传输给控制器,控制器收集、整理、分析这些数据,并将其逻辑运算的结果发送给执行器以执行管理层传来的命令;二是网络通信部分,它承担现场设备层与管理层之间的数据传输;三是管理层,由交换机、服务器、工作站等设备组成,负责监控及分析、存储设备的运行状态,并可以控制及调整现场设备的工作,及时发现问题并提醒相关工作人员进行维护维修,保证高速公路隧道机电工程的设备安全高效运行^[7]。

3 结语

本文引入 BIM 技术优化高速公路隧道机电工程的设计方案,提升技术交底效率,对施工项目的材料、设备及成本进行精细化管理,并利用物联网与 BIM 技术提升高速公路机电设备运营维护效力,不断探索 BIM 技术在施工进度、成本、施工动态管理及设备设施运行维护方面的应用,为提升高速公路隧道机电工程效能提供较大帮助。

参考文献:

- [1] 苟春林.高速公路隧道工程中的机电系统施工技术[J].甘肃科技纵横,2017(10):53-54.
- [2] 廖峻,丁浩,夏诗画.BIM 技术在金门特长隧道中的应用研究[J].公路,2020(04):373-376.
- [3] 吴鑫,于琪,李发,等.BIM 技术在机电施工管理过程中的应用[J].数字化与信息化,2021(03):84-85.
- [4] 代端明,孔祥刚,庞毅玲.BIM 技术在大型建筑机电安装中的应用研究[J].广西城镇建设,2021(03):46-50.
- [5] 唐震霖.BIM 技术在机电安装施工中的应用[J].工程技术研究,2021(06):68-69.
- [6] 余智飞.基于 BIM 技术的机电安装工程精细化管理分析[J].住宅与房地产,2021(09):159-160.
- [7] 刘博.BIM 技术在高速公路机电工程项目管理中的应用探究[J].科技咨询,2022(13):73-75.