

# BIM正向设计在复杂立体交通设计阶段的应用

王博,祝兴虎,裴王简,戈普塔

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司,陕西 西安 710075)

**摘要:**为提高复杂立体交通设计精度和效率,为全生命周期提供数字化的基础数据,以广东深圳沿江高速公路前海段与南坪快速路衔接工程为依托,就BIM技术在复杂立体交通设计阶段中的应用进行研究与探索,针对道路、桥梁、隧道各专业提出BIM正向设计解决方案,进行二次开发,构建三维参数化模型,优化设计成果,并进行设计分析应用,减少传统设计易出现的“错漏碰缺”问题,提升了设计质量,可为相关项目的BIM正向设计提供一定的参考。

**关键词:**交通工程;三维模型;BIM正向设计;参数化;设计分析应用

**中图分类号:**U491

**文献标志码:**A

## 0 引言

交通基础设施是国家经济中基础性、支柱性、战略性的产业<sup>[1]</sup>。近年来,随着交通建设的发展,逐渐形成了大规模、高密度的立体交通系统<sup>[2]</sup>。尤其是城市立体交通成为解决城市地上空间拥堵,高效利用地下空间的重要手段。

传统二维设计在进行复杂立体交通设计时存在信息化程度低、设计意图表达不清晰、专业协调困难等问题,一旦设计出现变更,导致工作量增加,经济损失严重,且设计成果无法数字化传递到施工、运营养护阶段,难以适应现阶段交通智慧化、数字化的发展趋势<sup>[3]</sup>。

2019年,交通运输部发布的《数字交通发展规划纲要》提出要加快交通运输向数字化、网络化、智能化发展,为交通强国提供支撑<sup>[4]</sup>。BIM技术作为交通基础设施向数字化、智能化方向发展的技术手段,为城市立体复杂交通系统的设计、施工及运营管理提供了精确的设计数据。但在BIM实施中大多数都是采用“翻模”方式的反向设计,导致BIM工作量大,效率和精度也相应降低<sup>[5]</sup>。因此,必须采用BIM正向设计,才能实现立体交通从方案、设计到交付的三维数字化设计,提供准确的三维信息模型,

打破传统设计信息传递的壁垒,实现信息的无损流转与多向交流<sup>[6]</sup>。通过正向设计、自动出图、数字化移交实现信息传递共享,为工程全生命周期管理提供基础数据,实现城市复杂立体交通智能建造、智慧运管<sup>[7]</sup>。

## 1 工程概况

沿江高速公路前海段与南坪快速衔接工程项目位于深圳前海合作区,是粤港澳大湾区的核心节点。项目主要工程内容包括沿江高速公路下沉改造、南坪快速路衔接路大铲湾(AB匝道)、南坪快速路衔接沿江高速公路(CD匝道)及现有收费站北移,总投资159亿元,如图1所示。沿江高速公路下沉起于大铲湾互通,在前海湾隧道,采用沉管法施工,隧道断面限界总宽度17.25 m。南坪快速路二期西延及水下互通隧道长度为7 351 m,采用叠层盾构。

项目整体规模大,含海域隧道、海域立交、陆域隧道、海陆连接和隧桥连接、下穿复杂地下管网区域,涉及多种结构形式和复杂的地质条件,周边控制因素多,设计、建设与运营维护都涉及复杂的立体空间位置关系,参与单位多、设计界面多、协同难度大、数据共享要求高,因此采用BIM技术来满足项目高品质、高目标的创新设计要求。

收稿日期:2022-07-15(修改稿)

基金项目:BIM软件行业标准化及公共服务平台资助项目(编号:TC19083WA第2包)

作者简介:王博,男,硕士,工程师.E-mail:445955155@qq.com



图1 沿江高速公路前海段与南坪快速衔接工程布置图

## 2 BIM 正向设计

传统的道路设计在面临复杂立体交通设计时通常难度较大,因为平纵断面等数据信息是分开发设计,不能实现参数化联动,经常出现“错漏碰缺”问题。BIM正向设计能够实现参数化设计,平纵联动设计。在设计阶段通过BIM技术进行正向设计,首先建立完备的三维BIM模型,再进行设计优化调整,最后通过横断面剖切,典型纵断面数据提取出图,基于模型输出二维图纸。由于各专业在同一平台上进行协同工作,对于复杂的立体空间位置关系隧道群可以进行参数化模型设计,通过可视化的平纵联动分析,保证了设计质量和水平,极大地提高了设计速度和准确性,同时考虑到方案的变更,参数化模型驱动二维图纸关联更改,提高图纸准确性和出图效率。

## 3 正向设计过程

BIM正向设计首先要建立设计环境模型,根据设计环境模型形成真实的基础设计环境,随后进行路线总体设计,秉承着影响最小、安全适用、经济环保的设计原则,通过采用二次开发的设计软件,进行平纵横参数化设计,不断调整设计参数,优化设计方案,确定主线平面最小半径、最大纵坡等参数,最终确定设计方案。然后各个专业基于路线模型进行专业BIM正向设计,创建设计模型。设计过程中基于三维模型的模拟性、可协调性与可出图性进行方案

比选论证、可视化分析、设计图表输出,最后进行数字化交付。

### 3.1 基础设计环境构建

设计阶段首先创建环境模型,通过无人机倾斜摄影结合三维实景建模技术,创建实际现场详尽的三维实景模型,还原真实的项目周边环境和地形地貌,为各专业的三维设计提供真实的设计环境(图2)。



图2 实景模型

本项目下穿海域,地质条件是关乎项目设计质量的重要因素。基于勘探的原始钻孔数据、地质剖面图数据、地质平面图、地形图等数据,快速构建项目区域三维地质模型,三维地质模型与实景模型为项目选线提供参考,为后续模型集成分析提供数据(图3)。

### 3.2 道路专业BIM正向设计

中国目前的道路BIM设计软件大多采用国外的主流软件,但这些软件均无法满足中国本地化需求,因此,基于Bentley平台进行二次开发,在二次开发的软件CNCCBIM中进行道路设计,建立工作空间,读取路线模型,通过建立项目本地化的道路参数化标

准横断面,进行道路参数化三维设计,快速完成全线复杂平、纵、横断面及三维道路(包含路基、路面、护坡道、护栏等)BIM模型的构建与设计,最终进行数字化交付(图4)。

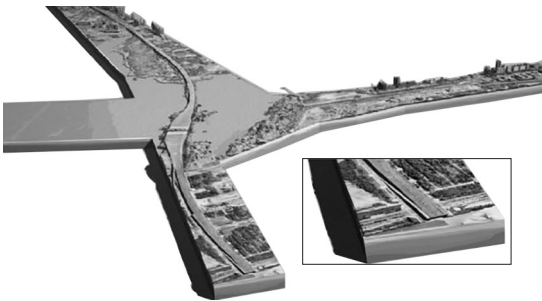


图3 三维地质模型

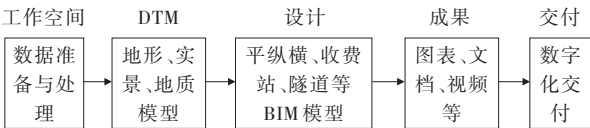


图4 道路BIM正向设计流程

通过BIM模型横断面剖切、典型纵断面数据提取,一键输出满足行业规范的设计图表,由于道路设计采用参数化的正向设计,基于模型输出各类图表与模型是关联的,模型中参数发生调整改变,图纸可以自动改变。

3.3 桥梁专业BIM正向设计

本项目桥梁设计重点为桥梁主体、桥隧连接段、旧桥利用等。针对控制性桥隧节点和旧桥拆除节点,结合实景模型,利用可视化的设计环境,进行桥梁BIM设计。桥梁BIM设计也是采用自主研发的CNCCBIM软件,首先构建符合本地化设计需求的桥梁BIM设计工具集,其次建立参数化的桥墩、桥台、支座、墩台、桥跨等桥梁构件库,为桥梁BIM设计提供基础工具。

桥梁设计过程中采用软件直接读取路线平纵数据,道路宽度数据、横坡数据、地面模型等所有需要的数据信息。通过桥梁快速设计工具输入桥梁设计参数,选择构件库中上、下部及附属设施等参数化构件快速构建桥梁BIM模型,且该BIM模型与路线数据动态关联,可联动修改。利用模型可视化的优点调整设计成果,优化设计方案,最后将桥梁设计模型数据导入到出图系统软件(如桥易)生成桥梁设计图,计算工程数量等(图5)。

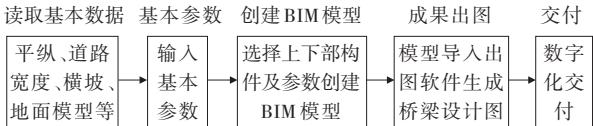


图5 桥梁BIM正向设计流程

3.4 隧道专业BIM正向设计

项目陆域明挖多层隧道、海底沉管隧道及大直径盾构隧道构成复杂的地下立体交通隧道群。隧道BIM设计面临参数化断面形式多样、约束关系复杂、三维边界条件不规则、立交连接关系复杂等难题,如何采用BIM进行精准设计,是对设计水平和设计工具的极大挑战。中国现有BIM软件对于隧道建筑限界参数化、内轮廓参数化控制、选型及多层隧道的参数化设计均不支持,需要针对立体隧道群的需求进行定制开发才能满足设计要求。通过对隧道参数化断面模板几何构造、构建依赖关系、点约束等进行研究,建立了隧道建筑限界参数化、隧道内轮廓参数化选型、衬砌结构、路基路面、边沟、电缆槽断面等参数化设计工具。

利用二次开发后的隧道BIM设计软件直接读取道路、地面模型等所有需要的数据信息,利用参数化设计工具对隧道的整体走向、平面、纵断面、净空等进行设计,输入隧道相关参数(界限、内轮廓等)设计参数,快速实现构建隧道主体结构、衬砌、通风井、横通道、附属设施等隧道BIM模型。

4 设计分析应用

利用BIM正向设计的参数化、可视化与集成性的特点,通过三维模型可视化浏览,进行方案论证与展示,模型集成与参数化联动分析、净空分析、碰撞分析、二维图纸输出等分析应用。

4.1 方案论证与展示

沿江高速公路大铲湾互通段,在隧道入口和大铲岛连接的地方有两种方案,分别为隧道方案和桥梁方案,通过建立三维模型,与实景模型等基础模型结合,可视化地分析两个方案的优劣性,最终选出最优方案,并进行三维展示。通过建立多方案的三维模型,对隧道盾构机架段、交叉口等复杂节点进行可视化比选,对工程结构进行动态演示,对结构的尺寸、相符度进行考察,从而确定最优设计方案。



## 4.2 模型集成与参数化联动分析

由于是参数化设计,对于路线专业,路线模型的平纵参数调整后,模型会立即更新,基于模型输出的图表也会自动更新,这使设计更加方便,可以不断调整参数,达到最优的设计效果。

沿江高速公路跨海段下沉设计需拆除下沉段桥梁,新建海底隧道。将地质模型与桥梁模型进行整合,在桥梁设计时,快速查看三维地质信息(包括桥梁位置、钻孔信息、底层岩性、底层承载力、水文信息等),评选桥梁设计最优方案。基于地质模型,根据地质情况、隧道断面大小、开挖深度、坡度、开挖方法等因素,构建不同方案隧道模型,利用三维可视化的优势,方便项目参与方之间的沟通交流,自动输出各土层、岩层开挖工程量,比选造价,综合评选最优隧道方案。

## 4.3 净空分析

通过将环境模型与三维设计模型集成,进行净空分析。此处以新建桥梁与既有收费大棚为例,将设计之前构建的环境模型,其中包括地形、地质模型、管线模型、控制因素模型等与设计模型进行整合集成,根据集成后的整体模型横断面测量出桥梁底标高和收费大棚顶标高的位置关系,再调整路线方案,使路线对收费大棚的影响降到最小。通过动态分析收费站的净空距离,优化设计方案,使新建桥梁仅仅入侵收费站 9 m,原有的收费大棚不需要拆除,收费站仅需要将 8 通道压缩为 6 通道即可,达到了最优设计效果。

## 4.4 碰撞分析

高速公路设计涉及土建、电气、通信、桥隧等不同专业,由于复杂性和设计专业多样性,图纸常常出现“碰撞冲突”问题,造成后期返工和变更现象,导致工期延长和成本增加。在设计完成后,利用 BIM 管理软件,进行各专业设计成果模型的碰撞检测,查找模型中的冲突点,生成碰撞检查报告,检查图纸缺陷,发现问题,进行图纸修正,优化设计,同时为业主降低建造成本。

模型碰撞一般分为硬碰撞与软碰撞,为了设计更加精确,减少后续变更,此处以桥梁与管线碰撞为例,通过模型集成分析,避让现状桥墩与既有管线,减少对现状建筑物影响,节省造价。采用 BIM 技术,通过将 14 000 多个物探点数据进行分析,确定管线具体位置及管径,构建现状给水、再生水、污水、雨

水、燃气、电力、电信等管线模型,与新建桥梁和隧道模型集成分析,共分析出碰撞点 143 处,根据碰撞分析结果确定需要迁改或保护的管线。

## 5 结语

完全实现全专业的 BIM 正向设计是未来二维转向三维设计的发展方向,本文仅探索了复杂立体交通设计阶段主要专业进行 BIM 正向设计的流程与应用内容,进行了主要专业 BIM 模型设计与分析应用,并针对 BIM 正向设计时缺少本地化工具、参数化构件库等问题,进行了软件的二次开发,满足 BIM 设计要求。通过 BIM 正向设计,使各专业基于统一的信息源,确保了信息的准确性和一致性,实现各设计专业之间的信息交流和共享,减少了传统基于纸质方式进行信息交流形成的信息孤岛及错漏碰缺问题,实现了各专业的高度协调,并通过数字化的方式进行设计交付,为项目后续施工及运营维护提供了数据基础。

同时,由于立体交通的复杂性,现有解决方案无法满足全专业 BIM 正向设计要求,但随着研究的进一步深入,未来主要专业的 BIM 正向设计逐渐成熟,今后需进一步研究全专业的 BIM 正向设计解决方案,推进公路行业 BIM 全生命周期的落地应用的进程。

## 参考文献:

- [1] 余湘耘,苏志欣.“十四五”交通发展前瞻与重点任务[J].中国投资,2020(9):24-26.
- [2] 姚晓霞,荣朝和.我国综合立体交通网规划性质及作用分析[J].城市规划,2020,44(5):104-110.
- [3] 王学峰,赵永锋.BIM技术在霍永高速公路芝河大桥施工管理中的应用[J].中外公路,2018,38(3):335-338.
- [4] 中华人民共和国交通运输部.关于印发《数字交通发展规划纲要》的通知(交规划发[2019]89号)[EB/OL].(2019-07-25)[2022-07-15].[https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/zhghs/202006/t20200630\\_3321233.html](https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/zhghs/202006/t20200630_3321233.html).
- [5] 黄成岑,李洋溢,袁通.BIM技术在桥隧相接部位方案设计中的应用[J].中外公路,2020,40(5):236-239.
- [6] 周永川,于立军,彭建伟.基于BIM的港澳大桥交通工程施工进度管理系统应用研究[J].公路交通科技,2017,13(S1):91-96.
- [7] 王建伟,高超,董是,等.道路基础设施数字化研究进展与展望[J].中国公路学报,2020,33(11):101-124.