

BIM技术在机荷高速工程初步设计中的应用

雷银辉, 何珊珊, 姚书奎

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要:以机荷高速公路改扩建项目为背景,针对BIM技术在初步设计阶段的应用进行研究。首先,在项目设计前面对专业众多、设计数据庞大问题,建立协同工作平台、创建统一工作空间及制定标准建模规则的技术构架;其次,为实现路线设计方案可视化分析和评价,对于道路设计过程中三维实景模型、管线及控制因素建模进行BIM技术论证,创建精细化场地模型;最后,以BIM正向设计为目的,在CNCCBIM OpenRoads软件及路、桥、隧集成开发平台下,进行道路、桥梁、隧道重要设计技术节点研究。创建BIM在公路正向设计中的科学、合理应用工作流程,为后阶段BIM实现正向设计提供经验借鉴。

关键词:初步设计、BIM应用;工作流程;正向设计

中图分类号: U41、U44、U45

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0199-06

0 引言

根据2015年,住建部发布的《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》,部分地区已开始逐步在公路、市政道路设计过程中引入BIM技术。目前,我国公路设计行业BIM发展正处于初期阶段。如何将BIM技术正确运用到项目初步设计过程,切实解决初步设计过程中二维图纸无法解决的三维空间问题,逐步将公路、市政BIM设计导入正向设计。形成一套可推广、可复制、可实行的BIM初步设计工作流程,尤为重要。

该项研究结合沈海高速公路深圳机场至荷坳段(机荷高速公路)改扩建工程,项目涉及专业众多,勘察、各专业设计等海量数据难以管理;整体规模大,涵盖道路、桥梁、隧道等多专业协同设计;国内首例城市化地区高速公路立体改扩建项目,空间结构复制、控制因素众多、技术难度大的特点,进行BIM初步设计应用探索研究。

1 项目概况

深圳机场至荷坳段高速公路(机荷高速公路)属于G15沈海高速公路深圳段,位于深圳市中心区域,是粤港澳大湾区东西向的交通中轴线,为深圳市交通强国建设重点项目。

其起点位于深圳市龙岗区的荷坳立交,顺接惠

盐高速;终点位于深圳市宝安区的鹤州立交,连接广深高速与深中通道顺接,路线长41.426 km。沿途共经过深圳市龙岗区、龙华区、宝安区等3个区。按照立体复合通道模式进行改扩建,高速公路标准设计,设计速度100 km/h,地面层采用双向8车道标准拓宽;立体层采用桥梁、隧道及路基方式新建立体通道,构成立体复合高速通道。项目地理位置图如图1所示。



图1 项目地理位置图

结合项目特点,机荷高速BIM设计主要工作内容包含:BIM正向设计技术构架建立;场地模型构建;BIM模型设计三方面。初步设计阶段BIM模型包含构建统一标准操作平台、数据信息输入、系统调试、系统评审、数据维护、地理空间信息(GIS)、BIM模型设计等内容,涉及勘测、道路、桥梁、隧道、景观绿化等多专业。项目建模流程图如图2所示。

2 BIM正向设计技术构架

2.1 项目组织架构

BIM在城市高速设计过程中具有规模大、涉及专业多、建设条件复杂、建模工作量大、时间紧迫的特

收稿日期: 2021-01-11

基金项目: 工信部重大专项(TC19083WA)

作者简介: 雷银辉(1987—),男,工学硕士,工程师,从事交通经济、道路交通分析、交通工程及BIM应用工作。

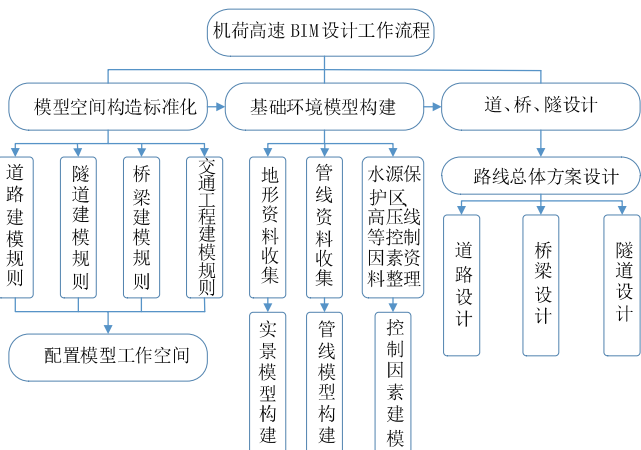


图2 建模工作流程图

点。为确保BIM工作高效展开,建议应建立BIM应用团队;并配置项目所需的软硬件等设施,为项目顺利推进,提供人员、设备保障。

2.1.1 人员组织

BIM建模过程工程量庞大,参与人员众多。因此,在BIM设计过程中,项目组建议主体分为三个团队进行协作完成,如图3所示。(1)BIM模型设计团队:涉及道路、桥梁、隧道、交安及管线等多个专业组成,主要完成模型的设计。(2)BIM软件开发团队:由于BIM软件多处于初级阶段,很难全面实现国内标准化,须结合相关软件建立开发团队,使软件在应用过程中能高效地按照国内标准进行建模及生成模型。(3)BIM评审团队:评审单位依据相关建模规范及交付标准,对模型进行实时核查,确保模型的精确性及方案的可行性,有效避免模型的返工,节约人力及时间成本。

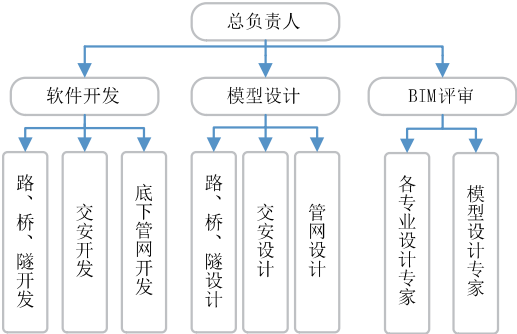


图3 人员配置图

2.1.2 硬件配置

为保证高质量、高效率地完成BIM建模应用工作,建议对相关硬件设施进行提前配置。为提高项目组各成员协同办公效率,保证项目文件安全共享,建议项目组配备高性能服务器1台;为各专业小组BIM建模工作,配置中等性能台式电脑若干;同时需配置一台高性能台式电脑,确保模型总装成果输出

的效率;由于须现场驻地办公,汇报等建议配置笔记本电脑,为项目展示交流服务。其中,中性能与高性能台式电脑建议配置比例为3:1。

2.1.3 软件配置

CNCCBIM OpenRoads(以下简称CNCCBIM)软件平台是中交一公院与Bentley公司联合开发的一款道路工程BIM正向设计的专业软件。软件符合国家相关设计规范,可处理地形模型,快速提供道路、管线平、纵、横三维BIM设计、实现自动化出图与图纸管理、并能较好地提供数字化交付的一款集多功能于一体的综合性软件^[1-2]。

机荷项目BIM技术应用基于Bentley平台开发的CNCCBIM系列软件,并针对不同应用阶段和BIM技术应用点采用相应的软件,最大限度地保证BIM模型准确性与数据完整性,从而建立了该项目完整的BIM软件应用方案。各阶段BIM软件应用情况如表1所列。

表1 软件配置一览表

阶段/过程	软件/工具名称	应用范围
项目协同环境搭建	Bentley ProjectWise	工作空间、项目数据协同管理
构建设计基础环境	Bentley Context Capture	项目区域实景模型构建与处理
	Bentley SUE	项目区域现状地下管网建模
	CNCCBIM OpenRoads	地面模型、地质模型
专业BIM正向设计	CNCCBIM OpenRoads	道路建模
	CNCCBIM Bridge	桥梁建模
	CNCCBIM Tunnel	隧道建模
可视化沟通展示	Bentley LumenRT	BIM三维可视化展示
BIM数字化交付	超图 GIS	BIM+GIS平台

2.2 建模准则

BIM初步设计面对结构复杂,互通、桥梁数量众多,BIM技术应用建模体量大,需要团队协作完成。为使成果文件满足项目信息化管理、方便后期模型整合,以及渲染视频等需求,形成数据、格式统一的成果,提高工作效率。道路、桥梁、隧道、景观等建立全线BIM模型,应根据项目特点及需求,制定出适合项目的建模准则。

2.2.1 配置工作空间

在复杂条件下多专业的高效协同设计尤为重要,需要指定标准化工作流程,解决资料处理的数据

接口问题以及数据重复利用问题^[1]。工作空间(Workspace),又称工作环境,是 CNCCBIM OpenRoads 软件中的重要组成部分。其作用是为了存储适用于工程标准化、可定制化的内容,包括图层、文字样式、线型样式、特征等,解决工程项目协同工作中标准化统一的问题^[3]。

在机荷项目中 BIM 初步设计参与人员多、专业多,为便于多人协作,配置了统一的工作空间,如图 4、图 5 所示。在工作空间中定义路、桥、隧等各专业涉及的种子文件、模板、材质、特征、配置文件等,建立标准化的三维环境。根据制定的建模准则,在定制的工作空间中建立全线模型,从而达到“标准统一、内容统一、风格统一”的目的,使设计成果符合项目要求。

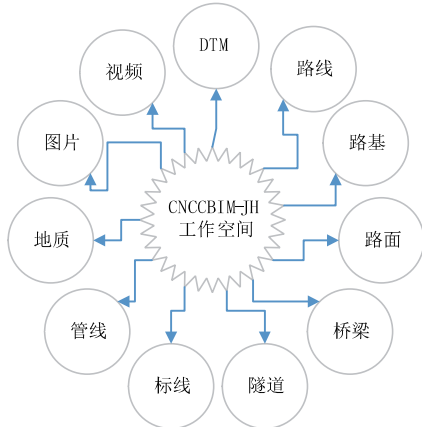


图 4 工作空间设置内容图示



图 5 软件工作空间图示

2.2.2 建模规则

在初步设计过程中,根据统一配置的工作空间,运用 CNCCBIM OpenRoads 软件建立项目信息模型的主要内容:路线、路基、路面、桥梁、交通安全设施等。以道路建模规则为例进行建模规则制定,模板包含行车道、硬路肩、土路肩、中分带护栏、排水沟、边沟、挖方边坡及填方边坡等,以及规定了各设施对应的特征定义、图层进行规则定义,项目规则创建见表 2 所列。

3 场地模型

精准的三维场地模型构建,对于道路路线方案设计可实现可视化分析和评价,可有效提高项目选线效率,形成较为直观的方案比选效果,有助于对路

表 2 道路横断面模板创建规则一览表				
序号	名称	特征定义	图层	备注
1	行车道,硬路肩	面层 JH-DM-新建面层	JH-DM-新建面层	地面层新建道路
		基层 JH-基层	JH-基层	
		垫层 JH-垫层	JH-垫层	
2	土路肩	JH-土路肩	JH-土路肩	
3	排水沟	JH-排水沟	JH-排水沟	
4	边沟	JH-边沟	JH-边沟	
5	挖方边坡	JH-挖方边坡	JH-TF-绿化草	
6	填方边坡	JH-填方边坡	JH-WF-绿化草	
...	...	...	...	...

注:表中字母代表含义如下:JH-机荷,DM-地面,LT-立体,TF-填方,WF-挖方。

线方案进行多方位的比选论证。针对复杂地下管网,构建现有阶段管线模型,对于后期地下管线设计及管线布设具有良好承接作用,且在路线布设过程中可有效地减少不必要的改迁,节省造价成本。

结合项目需求,公路市政项目 BIM 设计场地模型主要涵盖三个方面的内容:

(1)实景模型的构建。通过无人机倾斜摄影结合三维实景建模技术,创建项目影响区域三维实景地形模型^[4]。

(2)现状管线模型的构建。以 Subsurface Utilities 研发的工具集,根据物探资料,构建完整地下管线的 BIM 模型,准确清晰定位管线位置。

(3)控制因素模型的构建。采用 BIM 技术构建控制因素 BIM 模型,为合理优化设计方案、有效避让各项控制因素,提供基础模型。

3.1 数据资料收集

根据目前无人机倾斜摄影测量和 BIM 技术的三维建模在公路工程中已经基本普及。利用无人机倾斜摄影技术可以直观地得到三维实景模型,利用 BIM 技术则可以得到清晰的工程设计模型。因此,利用适当的手段把这两种技术进行融合便可以直观地得到市政公路工程模型,达到设计与实景完美结合的目的,从而减少施工中的误差,比如测量误差等,能够较好地确保工程中的相关数据的准确性与一致性。

对于地处经济发达的项目,道路两侧已经高度城市化,沿线道路网、高楼、电力线、高压燃气管线等星罗密布。道路的拓宽和两侧的立体改造受到各种因素的控制,线位的布设应尽量避免这些控制因素,以有利于项目的开展。利用 BIM 对现状及规划各类控制因

素进行模型建立,将有助于路线方案比选及优化。因此,须对现状控制因素、相关规划资料进行准确调查及收集。

3.2 地形模型构建

使用 Bentley 公司的 ContextCapture 软件根据航拍获取的影像数据制作三维模型成果,真实地还原地物的空间位置、形态、颜色和纹理。根据空间三维密集匹配生成的点云数据,如图 6 所示,倾斜模型制作软件会自动匹配出密集的三角网,然后可以对三角网进行自动纹理贴图,如图 7 所示。为匹配应用软件,真实三维模型数据成果输出通用的数据格式为:3 sm 格式和 3 mx 格式。

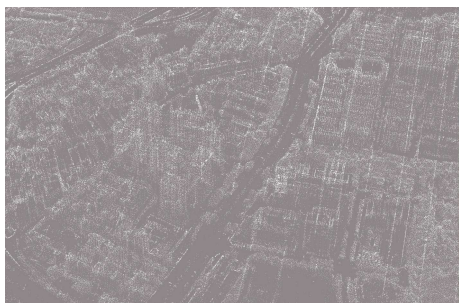


图 6 初始点云图示

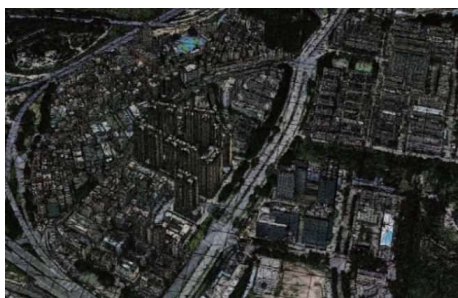


图 7 数字化实景模型成果图示

在三维建模的过程中,由于水面等特殊地物在空间三维加密时无法匹配到正确的连接点^[9],会导致生成的三维模型出现漏洞,须对这些模型漏洞进行编辑与修补。地形模型数据处理,地面分辨率应优于 5 cm。

3.3 地下管线模型构建

在 BIM 模型设计过程中,需要提前处理的主要管线包括:给水,再生水,污水,雨水,燃气,电力等。在机荷项目中,电力、电信、工业管线工等合计 1.7 万多条。且构造物管径大小不同,雨污水链接下水井须对应不同编号,数据量庞大,人工单个建模处理耗时耗力。

在 CNCCBIM 工作平台下,可利用 Subsurface Utilities 工作空间根据物探点数据确定管线具体位置及管径数据进行分类型、分批次导入,构建现状管线模型,如图 8 所示。模型可实时查看属性,如图 9

所示,进行准确定位。分析需要迁改的管线,且对后期设计管线模型进行模拟,避免管线交叉打架现象发生。



图 8 管线模型构建图示

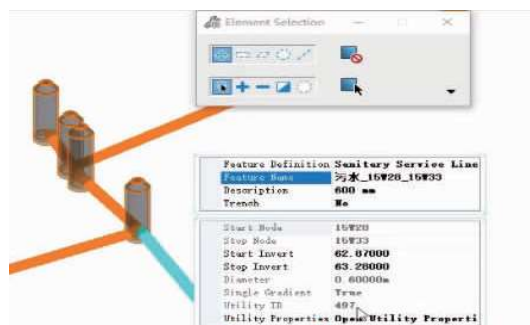


图 9 管线构造细部及属性图示

3.4 控制因素模型

在初步设计过程中,项目穿越高度城市化地区,沿线土地开发强度大,地铁、铁路、高压线等干扰大,控制因素多,征地拆迁、交通组织难度大。综合优化征地拆迁方案,如何全面考虑不利因素,合理组织交通,最大限度降低高密度城市区域拆迁量。如何处理好项目关键控制因素,将是顺利实施的关键问题。

项目考虑的控制因素众多,经归纳总结,其中主要控制因素为:(1)沿线的城市规划用地,商业用地,以工业园为主的工业用地众多,都对道路的扩建和立体层线位的布设造成较大影响;(2)相关的水源、湿地保护区;(3)基本农田的避让;(4)干扰的主要高压(110 kV 以上)电力线;(5)与项目相关的主要轨道交通;(6)与该项目交叉的主要公路。具体如图 10 所示。

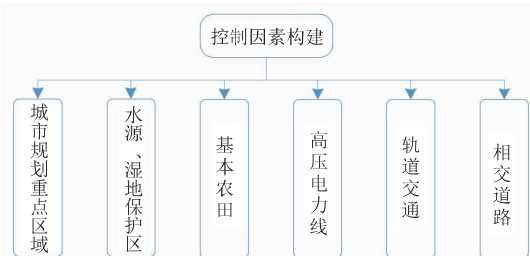


图 10 控制因素模型构建图示

BIM 建模实施过程中主要利用 MicroStation 软件对终点规划区域、保护区及基本农田进行面层覆盖,赋予不同材质及颜色以作明显区分。对于高压线路一比一参数化建模,创建 cell 文件,利用 MicroStation 沿路径阵列并用根据规划距离进行定位调

整。利用 CNCCBIM 软件对轨道及相关道路进行廊道设计,创建相关轨道路线及道路。具体模型实施情况如图 11~16 所示。



图 11 水源保护区分布图



图 12 基本农田分布图



图 13 高压线布设示意图



图 14 轨道交通关系示意图



图 15 主要公路关系图



图 16 控制因素模型示意图

4 BIM 正向设计

4.1 道路模型设计

道路模型的构建即根据相关道路设计规范,进行道路横纵断面的设计,要求路面宽度、路基填挖方、道路放坡,以及道路附属设施的装配与实际道路相符。利用 CNCCBIM 设计软件,定义道路横断面组件,通过特征定义点按照规则链接,建立参数化边界条件,创建道路横断面,如图 17、图 18 所示。根据道路设计横断面模块及道路设计中心,快速完成全线复杂平、纵、横断面及三维道路 BIM 模型的构建与设计。

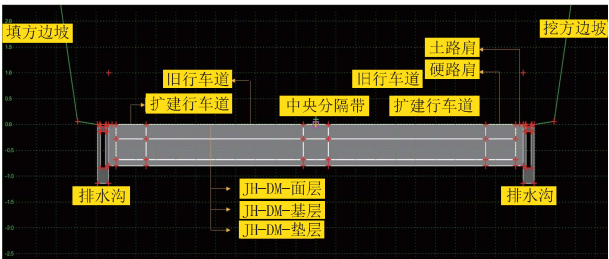


图 17 道路横断面模板创建图示

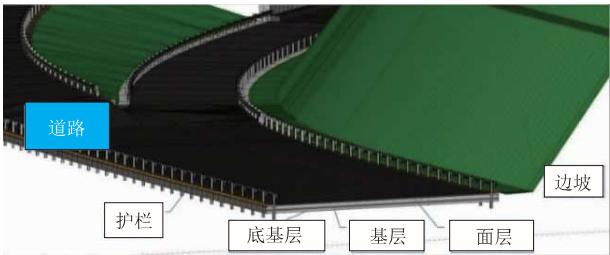


图 18 道路模型设计图示

4.2 桥梁设计

桥梁专业采用 BIM 正向建模技术方案,桥梁 BIM 建模过程中采用 CNCCBIM 平台直接读取道路、地面模型等所有需要的数据信息,输入桥梁设计参数及快速构建桥梁 BIM 模型,且该 BIM 模型与路线数据动态关联,可联动修改,桥梁 BIM 设计的技术路线如图 19 所示。

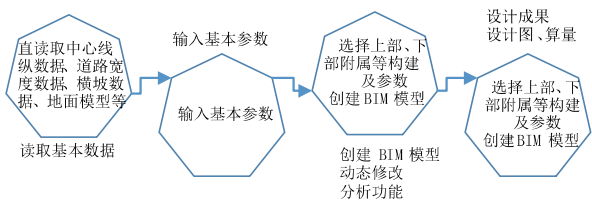


图 19 桥梁 BIM 设计技术路线图

应用 BIM 技术,针对项目进行二次开发桥梁 BIM 设计工具集,建立参数化的桥墩、桥台、支座、墩台、桥跨、附属设施与机电设备、收费站等构件,结合实景模型进行方案模拟对比分析,完成桥梁 BIM 模型构建及方案设计,如图 20 所示。

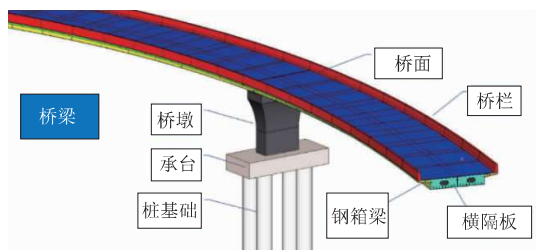


图 20 桥梁模型构建示意图

4.3 隧道设计

利用 BIM 技术对隧道的整体走向、平面、纵断面、净空等进行设计,构建洞身、洞门、明洞、衬砌、附属设施及机电设备等 BIM 模型,结合实景模型进行模拟分析对比,选取最合理的设计方案。采用 BIM 技术,利用其可视化、协调性、模拟性的特点,精确实现隧道主体及附属设施的方案优化^[6],解决项目中复杂隧道复杂节点设计难题,提高工作效率,提升设计品质。

隧道 BIM 建模 CNCCBIM 平台直读取道路、地面模型等所有需要的数据信息,基于 CNCCBIM-OpenRoads 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,快速实现构建洞身、洞门、明洞、衬砌、附属设施及机电设备等隧道 BIM 模型,且该 BIM 模型与路线数据动态关联,可联动修改。隧道 BIM 设计的技术路线及模型构造如图 21、图 22 所示。

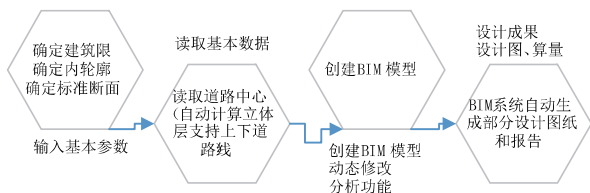


图 21 隧道 BIM 设计技术路线图

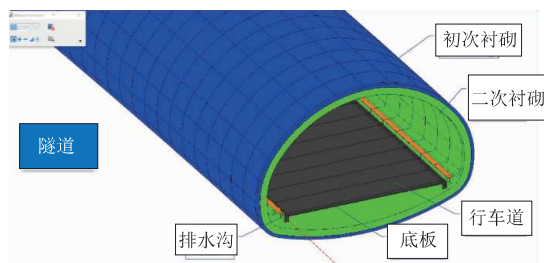


图 22 隧道模型构造图

4.4 BIM 在机荷项目中的应用

为了达到正向设计目的,首先构建了实景,现状管线,地质等环境模型,并集成在同一平台下,在真实三维环境中开展设计。利用现有地形合理布设机荷主线、互通立交、平交口、停车站。并设计多个纵断面方案,选择能同时满足立交、桥梁净空要求,规避控制因素等要求的路线方案。并建立参数化横断面

模板,关联项目级工作空间,满足断面放坡、边沟布置等不同需求,完成道路 BIM 模型设计。同时,软件支持动态智能标注功能,且标注随路线联动更新,快速完成方案调整,实现全线道路 BIM 正向设计。

为实现桥梁 BIM 正向设计,研发了桥梁设计工具集,实现多种桥型上部结构快速准确 BIM 设计,多种墩台构件批量化精准布设。为合理避免机荷高速立体层与地面层的冲突,并兼顾桥梁美观效果,项目组对多个方案进行可视化同步比选,充分分析和评估复杂桥梁方案间的优缺点。例如大悬臂斜撑桥,斜拉桥,连续刚构桥,钢箱梁,钢槽梁,钢板梁等多形式桥梁;双侧单层、单侧双层桥墩高 10 m、12 m 方案等。从而规避方案不合理、专业冲突、构件碰撞、净空不足等设计缺漏,提高设计品质。

运用 SYNCHRO 4D 的进度管理提高了项目的安全性、可靠性和可预测性,避免返工实现成本节约。为了直观表达设计方案与现状环境的变化情况等,项目组基于虚拟现实引擎技术实现 BIM 模型和各构件的具象性效果,使 BIM 模型与 VR 沉浸式体验完美融合,降低沟通成本,促进项目的顺利开展。

5 结 语

近年来随着 BIM 技术在公路行业逐步开始推广应用,针对项目道路、桥梁、隧道的专项研究逐步增多,但是实际应用于大型复杂项目 BIM 初步设计阶段的项目较少。此次借鉴机荷高速改扩建项目 BIM 设计的应用,从项目的模型规则建立、BIM 环境构建及模型正向设计多个方面对 BIM 在设计中的具体应用进行梳理分析,以期能打造一套可推广、可复制的 BIM 建模操作工作流程,对后续 BIM 正向设计在我国公路、市政项目初步设计的开展中起到借鉴作用。

参考文献:

- [1] 陈亚军,何文波,王浩民.三维协同设计在水利水电工程设计中的应用[J].工程建设与设计,2013:23-24.
- [2] CNCCBIM Openroads [EB/OL].<http://www.cnccbim.cn/SoftwareInfo.aspx>.
- [3] 陈晨,戈普塔.道路工程 BIM 设计指南—CNCCBIM Openroads 入门与实践[M].北京:机械工业出版社,2020:17-26.
- [4] 覃志浩. Bentley 软件在三维实景建模中的应用[J].广西水利水电: 2018:1003-1510.
- [5] 陈兴芳,马明霞,张海欢,等.基于倾斜摄影测量技术的高原地区三维城市建模研究[J].测绘与空间地理信息,2016:149-152.
- [6] 陈功奇. BIM 技术在城市越江隧道大修施工中的运用研究[J].中国市政工程,2016:89-91.