

公路 BIM 三维正向设计应用与研究

陈泰中

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:笔者以岷江老木孔航电枢纽工程为依托,将 3D EXPERIENCE 平台(简称为 3DE 平台)的 BIM(建筑信息模型)三维技术应用于交通工程正向设计,采用软件二次开发的工具对多专业 BIM 模型进行参数化设计,分别从路线、路基路面、桥梁、隧道和交通安全工程进行三维正向设计,获得有关数据资料。三维正向设计有效提高了设计人员对项目的理解和把控,多专业开展协同设计提升了工作效率和数据传递的准确性,为该项目的 BIM 全生命周期应用打下基础。

关键词:3DE 平台;三维正向设计;参数化设计

中图分类号:O343.2

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2024)01-0132-06

Application and Research on 3D Design of Highway BIM

CHEN Taizhong

(PowerChina Chengdu Engineering Co. Ltd, Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: This paper is based on Laomukong Navigation-Power Junction in the Minjiang River, and applies BIM (Building Information Modeling) three-dimensional technology based on the 3DE (3D EXPERIENCE) platform to the forward design of transportation engineering. The secondary development of the software is used to parameterize the design of multiple professional BIM models, and three-dimensional design is carried out from the routes, roadbeds, pavements, bridges, tunnels and traffic safety engineering. Three-dimensional forward design effectively improves designers' understanding and control of the project, and collaborative design across multiple disciplines improves working efficiency and accuracy of data transmission, laying the foundation for the full life-cycle application of BIM in the project.

Keywords: 3DE platform; Three-dimensional design; Parametric design

0 引言

建筑信息模型(BIM)是指通过创建并利用数字模型对项目进行设计、建造及运营管理的过程和技术。对于工程勘察设计阶段而言,BIM 技术应用要点是:基于工程实体模型的三维设计(多专业协同设计)、工程仿真分析(可视化建模)、BIM 模型构建与移交(即向业主或施工方提交工程 BIM 模型)等。

最近几年,随着 BIM 技术在交通工程中的应用趋势越发普及,三维设计也由传统的“二维设计,三维翻模”逐渐向人机交互、协同正向设计方向发展。技术团队基于 3DE 平台的二次开发工作基本完成,道路、桥梁、隧道专业的 BIM 三维设计软件已完成主要部分功能的二次开发,现在通过实际设计项目对相关功能进行应用并同步迭

代,实现敏捷开发。

1 3DE 平台简介

3DE 平台是法国达索公司使用云端技术、基于浏览器开发的三维设计与管理平台。3DE 平台是一个开放互联、数据驱动、基于模型、虚实融合的业务平台。该平台提供协同管理、数字建模、分析仿真、信息智能等方面的多个 APP 应用,3DE 平台软件工具模块见图 1。

这些应用以数字化方式覆盖了土木工程在设计、分析、施工、运营维护等全生命周期中的主要环节^[1]。3DE 平台的主要特征如下:

(1)完全基于云系统架构。3DE 平台同时提供企业云和公有云服务,用户可根据企业需求进行灵活快速的部署。面向中国市场,达索系统目前提供的主要是 3DE 的企业云版本,即将数据库部署在企业自己的服务器上。

收稿日期:2023-09-25



图 1 3DE 平台软件工具模块

(2)众多的行业解决方案。3DE 平台基于一系列的三维设计、分析、仿真和商业智能软件工具为各行业提供专业解决方案,并服务于企业的业务流程,其中提供的服务既包括工程设计、分析、建造,也包括项目管理、商业运营以及供应链管理。

(3)提供统一的用户界面。3DE 平台为所有软件产品设计了简单一致、易于使用的用户界面。

此外,3DE 平台为不同角色的使用者提供了协同工作环境,解决了以往企业不同平台间无法相互协作的问题。

2 工程概况

老木孔航电枢纽工程位于四川省乐山市境内,是岷江(乐山~宜宾)干流下游航电梯级开发中的第一级,坝址位于乐山市大渡河河口下游直线距离约 12.3 km 处,其下游与东风岩枢纽相衔接,是一座以航运为主,航电结合且兼顾防洪、供水、旅游和环保等综合利用的大型水利枢纽工程,主要由航电枢纽主体工程、库区防洪堤工程、涌斯江生态电站以及库区河道疏浚工程组成。该地区公路、铁路、航道等交通设施发达。G93(成乐宜高速)通过乐山市和该工程,并与 G5(京昆高速)、G85(内宜高速)、S66(乐自高速)、S40(遂洪高速)、G4203 等高速公路和国省道形成网络。成都市和乐山市通过进港大道和 S104 均可到达老木孔枢纽坝区。

3 应用研究目标

(1)基于传统的道路设计业务流程,通过该次应用研究,探索 3DE 平台三维的道路设计的业务流程。按照当前的项目管理的特点,研究和梳理

3DE 平台的资料管理和项目管理流程。

(2)在 3DE 平台统一数据源的环境下开展多专业三维协同设计,完成交通相关工程基于 3DE 平台的 BIM 三维技术进行正向设计,建立三维模型,实现公路工程路线、路基、路面、桥梁、隧道、交安工程建模,寻找和开拓出适用于公路的三维设计技术方案。

(3)通过 3DE 平台产品在三维设计应用中的深化,帮助提高项目交付速度、减少成本,降低环境影响,实现无纸化办公。

(4)应用三维设计,有效减少传统二维图纸的错漏碰缺问题,减少由于后期返工造成的成本增加,节约工期,从而实现更多的经济效益。

(5)提高成本控制中工程量计算环节的工作效率和精度,为工程的智慧运营管理创造条件。

4 骨架模型建立

根据专业分工搭建结构树整体骨架,明确上下游专业设计顺序,项目结构树由地形、地质、线路、路基、挡墙、桥梁和隧道节点组成,项目结构树骨架见图 2。



图 2 项目结构树骨架

通过搭建项目结构树,各专业设计可以开展

协同设计,实现基于“同一个设计平台、同一个数据架构、同一个设计模型”的三维正向设计。一个设计平台,为形成属性真正融合一体的三维信息模型提供保障;各个专业在同一个三维模型上进行三维设计,才能保证模型的完整性和准确性。统一的数据架构,是模型真正准确发布、剖切出来的图纸正常使用的前提条件^[2]。在 3DE 平台上,达索实现了前台和后台的双重整合:后台的所有数据存储在同一套数据库内,不同人员、不同软件模块都共享同一数据,不再需要进行数据交通或者格式转换;前台的各应用模块都基于同一个 3D 图形引擎,使用统一的操作方式和图形展现方式,不需要在不同的图形平台之间切换。

5 专业设计协同

5.1 地形地质

(1)三维地形创建。首先,转化 CAD 图纸后导入 3DE 生成点云数据文件;然后,通过处理好的点云数据生成地形 MESH 面,修复地形 MESH 面以创建地形 PHM 面,确保其与各专业开挖可正常操作;最后,通过 PHM 功能生成三维地形模型。基于三维地形模型创建的等高线、颜色云图和地域分析功能可应用于辅助线路选线,为后续工程出图投影等高线提供数据;同时,通过导入点云格式数据并定义局部区域,可以截取用户指定使用的地形范围。三维地形创建见图 3。

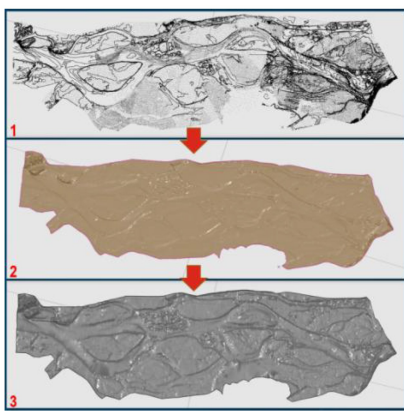


图 3 三维地形创建

(2)地形贴图。地形贴图的功能可以更“直观展示”项目周边的情况,点击“导入文件”,选择本地图片并打开,图片被上传到 3DE 服务器中,点击“勾选图标”重新回到“地形图像映射”对话框

中。如果图片格式为 jpg、png 等,需要设置目的地坐标,左上方代表图片的左上角坐标,右下方有代表图片的右下角坐标,点击“确定”完成贴图。如果图片格式为 tif,则图片自带地理坐标,点击“确定”完成贴图。

(3)地貌地物表达。导入处理好的 CAD 图纸,生成地物参考,如房屋模型的创建、水面面的创建和卫星影像。在进行线路设计时,可以参考地物轮廓进行设计。

5.2 线路设计

平曲线设计功能支持纬地数据导入到 3DE 平台,还可以根据需要更改线路参数,更改后点击“绘图”按钮重新生成线路平曲线,道路平曲线可以实时显示各交点的参数数据,便于查看、确认和修改;支持设置桩号信息、标注;支持对已有的道路平曲线进行编辑。

纵曲线设计功能也支持纬地数据导入到 3DE 平台,点击“垂直对齐”按钮,弹出“垂直对齐创建”对话框,设置平曲线和地形面,点击“确定”,进入纵曲线设计操作界面;点击“道路数据导入”按钮,弹出“导入纵曲线”对话框,选择本地纬地数据,点击“确定”纵曲线导入完成。

最后,通过平曲线和纵曲线创建中心线,为各专业设计提供输入条件。

5.3 道路路面

通过得到的中心线创建道路曲面,用户可以点击工具栏“道路曲面”按钮,弹出“道路曲面”对话框,选择道路中心线,超高和加宽默认读取后台配置的线路规则,点击“确定”,完成道路曲面创建;点击线框和曲面工具栏中“提取”按钮,依次提取路面的四条边线,并命名为左侧行驶路线边线、右侧行驶路线边线、左肩边线、右肩边线。

5.4 路基横断面

横断面在路基节点下,采用参数化进行设计。路基横断面设计基于 3DE 平台原生态功能,支持路基与地形自动填挖计算。具体流程为:选择道路中心线,搜索查找路基模板,选择模板回到道路路基命令中;设置模板输入条件,调整模板参数和实例化模板的里程区域,选择开挖的地形面,点击“确定”开始填挖运算;路基运算结果会自动挂在路基节点下道路几何图形集中,数据包含:已修改

的地形、挖掘工程、填充工程、边界以及路基模板

中定义的输出对象。横断面设计见图 4。

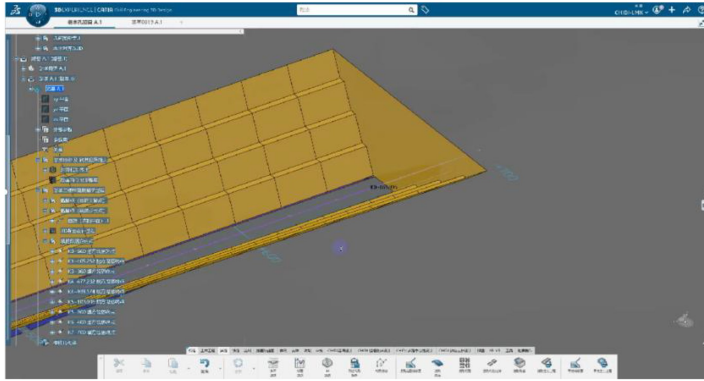


图 4 横断面设计

目前的参数化横断面设计模块基本满足使用,未来需要继续开发更灵活易操作的横断面模板创建工具。除此之外,为方便设计,未来还需开发平纵多视角窗口联合调整的相关功能。

5.5 挡墙

通过输入条件调用挡墙模板,用户可修改相

关参数完成模型更改。在调用挡墙时,3DE 平台可以根据地形和设计规则自动、快速生成挡墙排水孔。可实现三维快速布置挡墙,该功能支持多种类型挡墙,动态显示挡墙立面图和横断面图,实时显示挡墙与地形线、水位面、地质面的位置关系。参数化挡墙设计见图 5。

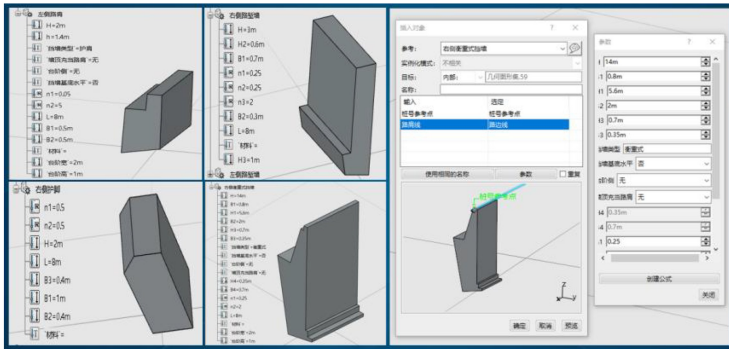


图 5 参数化挡墙设计

5.6 涵洞

基于路线总体设计,用户可以在指定位置处布置涵洞。该功能支持多种类型的涵洞结构、洞口类型,还支持多种方式设置涵洞位置、涵洞长度。用户可以实时预览横断面情况,从而确认涵洞位置、长度、角度等是否合理。

5.7 排水

排水沟设计采用参数化模板,填写各种参数,建立涵洞三维模型。结合线路设计,在整体骨架环境中调用模型进行实例化生成。相关参数化模板应用适应性广泛,可实现多种自定义设计需求;同时,参数化设计的关联关系可以辅助查询设计数据流向,适应设计变更,还可以根据各类边沟设计数据创建排水工程数量表。

5.8 交通安全设计

交通安全设计内容主要包含防护栏、标志标牌、标线和突起路标的布置。用户可以在指定位置插入指定的交通标志,从而完成标牌、标线设置,标牌包括“指示标牌”“警告标牌”“禁令标牌”和“指路标牌”四种交通标志类型。标牌模板支持多种交通标志的支撑方式,包括:“单柱式”“L 型悬臂式”和“F 型悬臂式”。用户可以根据路线的公路等级、设计时速、边坡坡度和路堤高度等,自动布置防护栏。标志标牌及其模板库见图 6。

6 三维正向设计带来的效率提升

6.1 三维出图效率提升

利用建立的 BIM 三维设计模型对各阶段设计资料复核校对,如路线平纵面指标复核和路基

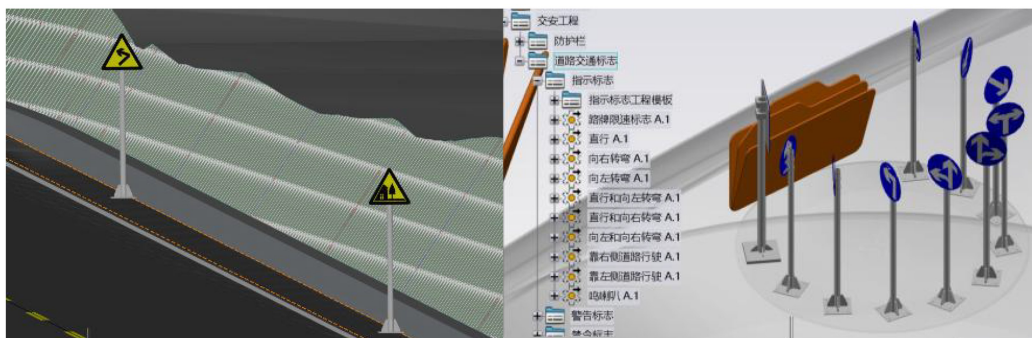


图 6 标志标牌及其模板库

专业挡墙高度复核,检查各工点空间关系、标高、净空核查等,检查无误后可以生成各专业相应的二维设计图纸^[3]。三维正向设计将设计工作从抽象地用线条在二维画布上描绘,转变为具象地用各种元件在三维空间里拼装;从抽象的“勾勒”到具象的“搭建”体现了设计工作的信息化与可视化;而且三维正向设计的项目在设计、建设、运营中都可以在可视化的状态下进行分析与决策,极大地提高了效率^[4]。具体包括:

(1)平曲线出图。可以实现一键式出图;自动标注各类信息;自动生成桥梁、隧道、涵洞符号;自动生成指北针、等高线等信息;自动生成“曲线元素表”和“注释信息”。

(2)纵断面出图。可以实现一键式出图;自动标注各类信息;自动生成桥梁、隧道、涵洞符号;自动生成“纵断面信息表”。

(3)横断面出图。可以实现一键式出图;自动标注横断面各类信息;自动计算填方量和挖方量。

(4)挡墙出图。可以实现一键生成挡墙立面图、平面图、断面图;自动标注挡墙高度、高程等信息;自动生成泄水孔、沉降缝等。

(5)总体设计出图。可以根据三维模型,自动创建总体设计图。

6.2 协同设计效率提升

三维正向协同设计相比传统二维设计,优势明显。传统二维的设计模式,各专业之间沟通机制单一且效率低下,甚至会出现未及时同步信息而导致的“错碰落差”问题,从而导致返工,浪费人工和时间;而基于用一个平台的三维正向设计可以通过“碰撞检查”功能实时对各专业的设计成果进行检查并生成报告,如果存在“错碰落差”等类

似问题,设计人员可以及时发现并调整,避免了低效率的返工,节约了宝贵的设计时间。

6.3 项目管理效率提升

通过搭建项目结构树,项目负责人可以按照项目类别把具体设计任务分配给各专业负责人。专业负责人又可以把专业设计任务进一步向下分配,从而形成树状结构,设计人员根据自身职责开展设计工作。3DE 平台上所有的数据都存储在协同空间中,协同空间是组成安全环境定义的重要组成部分。协同空间和组织一起可以定义出复杂的组织架构和权限。用户被加入协同空间的同时,就已经获得了读取的权限。当用户在协同空间中创建数据,用户自动获得数据在协同空间中的对应权限,随着数据成熟度不断变化,数据的权限也不断变化。由于 BIM 建模信息量巨大,项目层 BIM 应用应制定协同设计标准手册,对 BIM 模型的构件选择、尺寸标注、模型整合、视口创建、模型显示、碰撞检查及文档管理等内容进行规范化管理^[5]。

6.4 方案展示效率提升

传统二维设计模式的成果方案展示主要通过图纸和效果图,该类二维图纸缺点是展示效果单一,效率较低;如果想实现较好的展示效果,需要的打印会消耗大量纸张,不够环保;而且如果方案存在修改变动的情况,已经打印出来的方案就作废,导致纸张浪费;因此,如果后期存在方案频繁修改变动的情况,三维正向设计的方式显然更加合适。

三维正向设计可以通过线路漫游对相关方案成果进行展示,使观看者有更加直观的视觉体验。还可以结合 BIM+VR 和 BIM+AR 技术,VR 技

术可以提供更加真实的体验效果,使观看者沉浸其中,可以感知到虚拟世界的刺激(包括视觉、声

音、运动感知等),产生身临其境的效果,仿佛本人置身于工程现场。线路漫游视角见图 7。



图 7 线路漫游视角

另外,VR 技术还可以让使用者和环境进行交互,当使用者进行某种操作时,周围的环境也会相应做出反应。当使用者通过 VR 技术进入虚拟空间,可根据自己的感觉与认知能力,发散拓宽思维,创立新的概念和环境,当设计人员使用该功能时,有助于设计创新工作。AR 技术将计算机窗口与图标叠加映射到现实对象,并可由用户进行手势指点等操作。此外,用户可以让三维物体根据需要交互地改变其形状和外观;可对现实目标通过叠加虚拟景象产生透视的增强效果;可以将地图信息直接插入现实场景进行辅助驾驶;可以通过虚拟窗口调看室外景象,使墙壁仿佛变得透明。AR 技术让用户可以通过交互设备直接与虚拟物体或虚拟环境进行交互,增强用户对环境的感知,从而使简单的人面对屏幕交流发展到将用户融合于周围的空间与对象中。AR 技术通过虚、实两个摄像机的全方位对准,使虚、实场景融合为一体,可让用户在三维空间中自由增添、定位虚拟物体。

7 结 语

通过该次三维正向设计的实践应用,相比于二维设计,三维设计优势很明显:可准确查看工程真实的外观及属性,可便捷地剖切出施工图纸;有效减少二维图纸的错漏碰缺,减少由于返工造成的成本增加,从而节约工期;同时提高工程量计算环节的精度和效率,为后期工程的智慧运营管理创造条件。通过该项目的三维正向设计应用与探

索,梳理了三维设计流程,初步实现了“同一个设计平台、同一个数据架构、同一个设计模型”三维正向设计目标的应用实践。

该次项目主要应用的重点专业是地形地质、线路设计、道路路面设计、路基横断面设计、挡墙设计、交通安全设计等,涵洞、桥梁和隧道等仅实现了初步的布设和简单的设计。目前的应用深度暂时不能满足实际设计需求,部分专业的设计流程和相关功能仍需进一步迭代完善;展望未来,不仅需要完善三维正向设计的标准和体系,还需要解决设计的效率以及性能问题;最终实现进行设计建模,设计管理、项目管理、施工仿真、计算分析等功能的融合使用目标。

参考文献:

- [1] 袁胜强. 3D EXPERIENCE 平台的市政交通工程 BIM 解决方案[M]. 上海:同济大学出版社,2020:88-89.
- [2] 吴付标. 不断攀登中国工程数字化的新高峰——访中国水电顾问集团华东勘测设计研究院有限公司 IT 总监、副总工程师王金锋[J]. 中国勘察设计,2014(3):64-67.
- [3] 张大琦. 基于 BIM 技术的公路正向设计研究和探讨[J]. 运输经理世界,2020(8):106-107.
- [4] 马志骁,李玉兴. 基于 Bentley 平台的三维正向设计在供热工程中的应用[J]. 区域供热,2023(3):126-131.
- [5] 苏方磊,张建航,杨昆. BIM 技术在湿地公园 EPC 项目管理中的应用[J]. 现代园艺,2023,46(11):194-196.

作者简介:

陈泰中(1993-),男,云南昆明人,硕士研究生,工程师,从事工程数字化的应用与研究的工作。

(编辑:吴永红)