

市政水务工程三维会商平台建设与应用研究

季慕州

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 针对市政水务工程行业的方案汇报与会商需求, 重点解决传统汇报模式中设计信息表达不充分、方案展示不直观、三维汇报材料制作困难的问题。以数字孪生模型为基础底座, 开发基于BIM+GIS的三维会商平台, 辅助工程设计人员快速搭建三维汇报预案, 助力工程精细化管理。成功应用于无锡市太湖新城污水处理厂三期扩建工程等诸多项目的汇报与会商实践中, 平台技术路线可行、汇报形式新颖、效果良好, 业主和其他参建单位评价良好。

关键词: 数字孪生; VDBIM; 平台; 三维会商

中图分类号: TP39

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0230-05

Research on the Construction and Application of a 3D Collaborative Platform for Municipal Water Engineering Projects

Ji Muzhou

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The presentation and collaboration needs of the municipal water engineering industry is addressed, focusing on solving the problems of insufficient expression of design information, non-intuitive presentation of plans, and difficulties in creating 3D presentation materials in traditional presentation modes. Based on the digital twin model as the foundation, a 3D collaborative platform based on BIM + GIS is developed to assist engineering designers in quickly building 3D presentation plans and promoting refined management of engineering projects. The platform solution has been applied in the presentation and collaboration practices of many projects, such as the third-phase expansion project of Wuxi Taihu New Town Sewage Treatment Plant. The platform's technical route is feasible, the presentation form is novel, and the effect is good, receiving unanimous praise from the owner and other participating units.

Keywords: digital twin; VDBIM; platform; 3D collaborative

0 引言

近年来, 建筑信息模型 (building information model, BIM) 技术在水务工程建设领域得到了快速发展和广泛应用, 已经成为工程设计和施工领域的重要工具^[1]。住建部、工信部等诸多主管部门的信息化政策文件中均明确表示要促进以BIM为核心的三维技术在工程规划、设计、建设和运维等阶段的全方位应用, 实现精细化的规划设计、动态化的工程施工管理和智慧化的运营养护。

目前已有众多国内外学者对于水务工程建设领域的BIM应用展开了研究。杨帆^[2]以污水处理工程实例为依托, 从设计阶段与施工阶段两方面, 研究

BIM技术在污水处理工程中的典型应用; 汪结春^[3]通过水利泵闸深基坑工程项目, 探索BIM技术在政府安全质量监督管理中的应用方法及路线, 为类似工程的政府监管提供实践参考; 赵启涵等^[4]针对当前排水管理重难点问题, 开展基于BIM的智慧排水平台研究, 贯彻落实水务高质量发展的智慧化实践。当前市政水务工程具有结构复杂、专业协同要求高、地下隐蔽工程多等特点, 传统二维图纸和静态PPT汇报模式存在设计意图表达不充分、多专业协同效率低、动态方案调整响应慢等问题: (1) 三维模型与汇报材料分离, 需频繁切换软件; (2) 定制化场景开发周期长, 难以适应方案快速迭代; (3) 缺乏针对水务工程特点的空间分析工具。本文基于数字孪生技术, 提出“可配置+轻量化”三维会商平台架构, 重点解决水务工程方案汇报中的动态可视化、多源数据融合与交互式协同问题。

收稿日期: 2025-01-29

作者简介: 季慕州(1992—), 男, 硕士, 工程师, 从事智慧水务工程、市政工程数字化研究工作。

1 市政水务工程三维会商平台建设需求

市政水务工程具有“结构立体化、专业集成化、环境敏感化”的典型特征,传统二维图纸与静态汇报模式难以满足现代工程管理需求^[5]。通过调研的已建水务项目,提炼出三大核心可视化需求。

1.1 空间关系表达需求

地下式水务工程普遍采用3~4层箱体结构,涉及工艺管线、电气桥架、通风系统等多专业空间协调^[6],包括:

分层展示:支持分层(1层至-3层)独立展示与透明叠加显示,解决传统剖面图信息割裂问题。在地下污水厂中,需单独展示生物池、二沉池等工艺单元的空间布局,同时支持多层透明叠加,验证管线穿墙位置的合理性。

动态剖切:提供XYZ三轴自由剖切工具,验证管线路由避让关键结构如桩基、剪力墙。在泵站工程中,需通过剖切工具检查水泵进出水管与结构梁的冲突情况,确保施工可行性。

人机交互:实现第一人称漫游视角,模拟运维人员巡检路径,验证通道净高与设备检修空间。如在地下箱体中,需模拟运维人员行走路径,检查通道宽度是否满足设备搬运需求。

1.2 多源异构数据集成展示需求

水务工程需融合多类型数据实现协同表达^[7-8],包括以下内容。

BIM模型数据:包含建筑、结构、工艺、电气等全专业模型,精度需达到LOD400,支持构件级属性查询。在污水处理厂中,需通过BIM模型查询鼓风机尺寸、功率参数及维护要求。

GIS地理数据:包括地形高程、卫星影像、道路管网等,分辨率不低于0.5 m,用于宏观空间分析。在厂区规划中,需基于GIS数据验证厂区与周边敏感构筑物(如学校、居民区和河流)的安全距离。

1.3 三维自定义会商需求

基于BIM+GIS的数字孪生底座进行方案汇报演示,具有可视化效果好、集成能力强、数据精度高、沟通效果好等特点。通过立体化展示项目的实际情况,不仅提供了主要构筑物的几何信息,还包含了材料、设备、空间关系等非几何信息,及地理环境信息(地形、地貌、地质等),为决策者提供全面信息支持^[9],包括:

定制化三维场景:提供预制模板(如规划评审、

施工交底、运维培训),支持拖拽式添加标注(箭头、云线、测距)、一键切换昼夜模式。在规划评审中,快速构建包含厂区布局、交通流线、景观绿化的三维场景,辅助决策。

人性化操作方式:提供多种浏览模式包括自由模式、第一人称模式和第三人称模式,支持触控屏手势操作、VR头显设备和键盘鼠标的灵活切换,适应不同用户的操作习惯。在施工交底中,施工人员可通过触控屏手势操作查看关键节点模型细节。

轻量化发布功能:生成可独立运行的汇报包,支持移动端扫码预览,满足现场会商的便捷需求。在施工现场,工程师可通过手机扫码查看三维模型,实时指导施工。

2 平台关键技术:基于Unity的交互式图形引擎

为有效保障三维模型查看的持续稳定和安全运行,考虑超大体量模型承载能力和展示效果等因素,通过自主研发VDBIM引擎进行多源模型数据的整合。

平台采用“1+3+N”架构^[10]:1个数字底座,基于IFC标准实现BIM/GIS/倾斜摄影多源数据融合,LOD分级加载保障水务工程的流畅展示。

3个关键技术:(1)动态测量引擎:支持距离、面积、体积实时测量的;(2)轻量化汇报系统:提供PPT式场景编排功能,支持幻灯片新增、排序与版本追溯,支持BIM模型、GIS数据、图片、视频、文字等多类型素材的融合展示;(3)多端协同接口:兼容PC端、VR端、移动端,支持触控屏手势操作;提供云端同步接口,支持多用户在线会商。

N种水务场景:涵盖规划比选、工艺论证、安全审查等6类典型应用。

2.1 VDBIM特点:多源文件整合

VDBIM图形引擎能够兼容多种主流模型格式,包括rvt、nwd、skp、3ds、fbx等^[11]。工程项目模型具有多源异构、精细度高、结构复杂、模型体量大等特点,VDBIM引擎强大的格式兼容能力能够将过程中的多源模型充分运用,搭建内容全面、数据完善的数字孪生底座。

2.2 VDBIM特点:浏览操作方式人性化

VDBIM采用LOD(level of detail)加载方式,完美平衡了整体细节的呈现与大场景构建的丰富度^[12],同时采用先进的图形渲染技术,提供高清晰度的3D渲染效果,使用户能够获得逼真的视觉体验。

根据用户的需求和习惯,VDBIM 提供多种浏览模式和操作方式,如自由模式、第一人称模式、第三人称模式等,以满足不同用户的浏览和操作需求。VDBIM 还支持行车、行人等漫游方式,用户可以在三维场景中自由探索和交互,增强了用户的沉浸感和参与感。

2.3 VDBIM 特点一高可扩展性与定制性

VDBIM 提供了插件和扩展功能,用户可根据自身需求进行定制化开发。引擎提供网页端、客户端和移动端等丰富 API 接口,用户通过简单编程即可将 VDBIM 引擎的功能集成到自己的系统中,从而实现基于三维的专业应用。

2.4 VDBIM 特点一多场景应用

如图 1 所示,VDBIM 结合了工程项目的展示需求,基于游戏引擎进行开发,打造了多维 BIM 应用场景,包括模型树、模型浏览、测量、剖切、水面设置、标签定义、行人行车漫游、驾驶交互、VR 交互等功能,沉浸式交互,使用户能更加深入地了解工程项目现场^[13]。

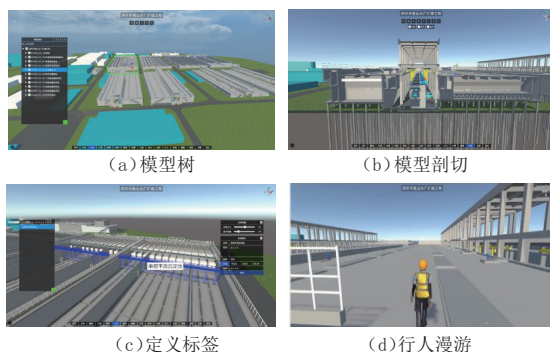


图 1 VDBIM 功能场景

3 平台关键技术:可配置的三维汇报系统

在工程建设过程中,方案汇报与会商往往是必不可少的环节。即使随着 BIM 技术深度的应用,在传统的汇报模式下,BIM 元素仍然以截图或定制化的动画视频形式存在于 PPT 中。项目汇报形式单一,难以充分实现模型信息的传递与共享价值,各参与方针对方案的动态模拟和优化过程需要来回切换 PPT 文件和 BIM 模型,设计方案与模型之间存在一定脱节。

本文以 VDBIM 引擎为技术底层,基于现有三维场景,研究建设可配置的三维汇报系统,使用户可以在三维场景中将多样化数据进行组合搭配、基于模型进行一体化展示汇报,使汇报方案立体化、专业化,显著提高汇报质量。汇报系统融合了 BIM+GIS

模型数据、PPT、渲染视频、文字脚本、草图等多种素材形式,使非计算机专业的工程设计人员可以基于此平台快速构建满足需求的汇报方案,有效降低方案制作成本与时间,提高沟通和协同效率^[14]。

3.1 汇报功能

用户通过汇报功能制作汇报材料,包括新增/编辑幻灯片、建立卡片、设置快照等功能,也可以基于已建汇报集进行翻页式演示汇报。

(1)制作汇报材料

系统支持新建汇报、从本地导入汇报材料、从云端导入汇报材料。

在汇报制作时,已经制作好的幻灯片支持在浮层中被鼠标拖动的方式进行前后排序,系统支持调用 VDBIM 引擎中模型、快照、标签、路径、体量、水面、树木、光源、行人、车辆、测量、剖面、设置等已有功能进行快照制作,支持添加卡片、图表或者二三维标绘,以满足不同场景的汇报方案制作需求。

(2)汇报材料演示

系统支持在 BIM+GIS 场景下进行汇报演示,按照设置好的顺序,对相应的场景画面进行演示汇报,包括图片展示、动画视频播放,或直接操作三维模型进行演示说明。

3.2 卡片设置

图文信息卡片是汇报场景包含的一个重要组成部分,承担着详细介绍当前场景的功能。用户可以通过在三维场景中添加图片和文本卡片对设计方案进行辅佐说明。

(1)文本卡片

文本卡片用来在场景中制作添加纯文本显示,用户可以对卡片的位置、尺寸、背景、边框等属性进行自定义设置,可以对卡片中文本进行配置,包括字体、字号、行距、段落排版等,以达到个性化展示的需求。

(2)图片(视频)卡片

系统支持在三维场景中添加图片(视频)卡片,用户可选择本地图片(视频)文件进行上传,对卡片的位置和尺寸进行设置和调整。

3.3 图表设置

如图 2 所示,图表采用柱状图、饼状图、折线图的呈现方式,以二维图表的形式悬浮在三维场景之上,对关键的指标数据进行提炼展示,增强场景的信息表达能力,也能够使界面内容更加丰富直观。



图2 添加二维图表

3.4 标绘设置

标绘功能能够在三维场景中进行点、线、面、体等元素的绘制,增强模型的展示效果,从而对特定的三维场景进行突出标示。常用于项目概况、区位分析、功能分析、配套分析、位置标注、交通状况、雨污排水动画等。

如图3所示,该系统支持基础线标绘、抛物线标绘、矩形标绘、多边形标绘、椭圆标绘等多种形式的标绘效果。

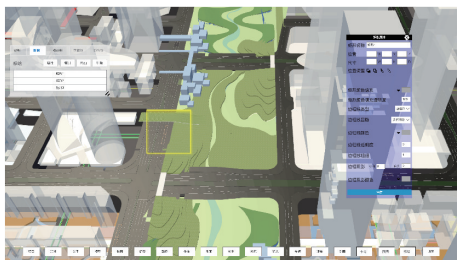


图3 添加标绘

3.5 方案发布

对于制作完成的汇报方案,VDBIM汇报系统支持两种方式进行发布共享:第一种,支持把制作好的汇报材料的.json文件以离线包导入到项目资料包根目录下,汇报人员可以再次打开进行编辑或者汇报演示;第二种,支持制作人员把汇报材料资源包发布至于VDBIM服务器。设计人员可直接从云端导入,将汇报材料加载到本地进行再编辑和汇报,二次编辑的汇报方案也可以同步至云端,有效解决了设计人员异地协同的难题。

4 项目应用

无锡市太湖新城污水处理厂三期扩建工程,建设规模为10万m³/d(土建按20万m³/d一次建成,设备按10万m³/d规模安装),是无锡市标准最高、规模最大的地下污水厂,工程效果图如图4所示。

该项目工程体量大、重难点多、设计方案复杂,项目方案沟通协调困难。项目组基于可配置的三维会商平台,根据实际需求定制汇报方案,直观地进行演示和讲解,促进各参建单位最大限度了解设计细



图4 工程效果图

节,掌握关键要素,极大的提高了沟通效率,辅助项目决策落地,应用场景如下。

(1)环境协调性审查

基于VDBIM引擎,将工程模型和周边实景模型进行渲染展示,搭建数字孪生底座,实现了宏观地理信息与微观工程模型的协调性审查与集成显示,为管理人员提供数字化、可视化、三维化、精细化管理和决策的基础,孪生底座正视图、俯视图、分层视图如图5至图7所示。

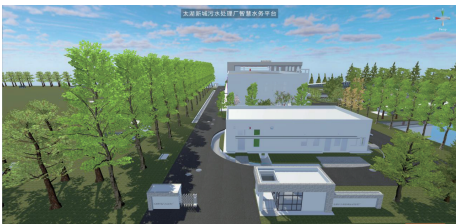


图5 太湖厂数字孪生底座(正视图)

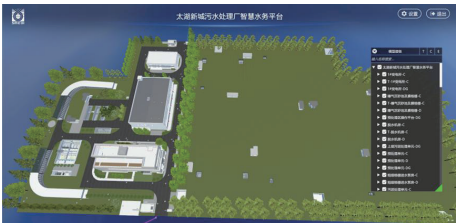


图6 太湖厂数字孪生底座(俯视图)



图7 太湖厂数字孪生底座(分层视图)

(2)方案合理性审查

通过在三维场景中融合图片、文本、PPT等二维元素,既能够实现三维实体的空间展示,又能够对工程细节进行佐证说明,二三维对照,极大地提高了汇报效率,应急通道展示、施工进度展示如图8和图9所示。



图8 应急通道二三三维对照展示



图9 ppt辅助三维场景汇报

(3) 方案优化比选

通过在数字孪生底座上添加标绘,能够更加清晰地展示工程的功能分区、与现状构筑物的空间关系,便于进行方案可视化比选、优化和汇报展示,风险分区如图10所示。

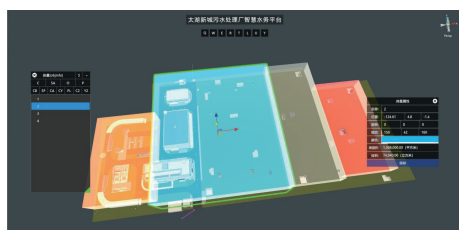


图10 利用形状标绘展示风险分区

5 结 语

本文针对市政水务工程建设过程中,传统的汇报模式汇报形式单一、难以充分表达设计意图、汇报会商需要频繁切换PPT文件和BIM模型等问题,基于VDBIM图形引擎创造性地搭建了一套基于BIM+GIS的三维会商平台,用户可以在三维场景中将多样化的数据元素进行组合搭配,快速生成沉浸式的二三维汇报方案。目前,该平台方案已经应用于无锡市太湖新城污水处理厂三期扩建工程等诸多项目的汇报与会商实践中,平台技术路线可行,是数字孪生技术与传统汇报模式的有机融合,在一定程度上推动了水务工程行业的精细化数字化管理。为了进一步拓展平台的功能和应用,未来可从汇报方案高效生成和AI技术融合两方面进行深化创新。

(1) 聚焦效率提升,优化可视化汇报制作流程。针对三维可视化汇报材料制作相对耗时的问题,可通过以下途径显著提高制作效率:a. 深化数据处理智能化:进一步利用自动化脚本和算法,结合VDBIM

引擎的扩展能力,实现模型数据的自动轻量化、格式转换、以及初步的冲突检测与修正建议,大幅缩短前期数据准备时间;b. 推广标准化与模块化复用:加速构建面向市政水务工程典型场景包括工艺流程展示、管线综合排布、施工模拟、风险区域标示等的可视化模板库和可复用三维组件库。设计人员可通过拖拽、参数配置等方式快速搭建汇报场景,减少重复性劳动;c. 强化云端协同与版本管理:完善平台的云端部署与协同编辑功能,支持多用户实时在线协作、版本追溯与管理,打破地域限制,提升跨部门、跨专业团队的协同制作效率。

(2) 拥抱AI赋能,探索智能化汇报新范式。人工智能(AI)技术与三维可视化的融合是重要的发展方向,将为汇报内容的生成与交互带来革命性变化:

a. AI驱动的自动化内容生成,利用自然语言处理^[15]和计算机视觉技术,使AI能够理解设计文档、图纸或语音指令,自动在三维模型中识别关键元素、生成标注、路径动画或特定分析视图,例如自动高亮显示特定管径的管道;b. 智能化场景理解与交互,结合机器学习,让平台具备一定的场景理解能力。系统可根据用户当前的视点和交互行为,智能推荐相关的构件信息、设计规范或历史问题记录,提升汇报的深度和信息价值;c. 预测性分析与可视化:集成AI算法,对工程数据进行更深层次的分析,基于历史数据的风险预测、能耗模拟等,并将分析结果以直观的可视化方式呈现在三维场景中,为决策提供更强的数据支持。

综上所述,通过持续优化制作效率和积极融合AI技术,市政水务工程三维会商平台将能更好地服务于工程建设全生命周期,推动行业向更高效、更智能、更精细化的方向发展。

参考文献:

- [1] 李亭亭,吴献,尹莉,等.BIM技术在工程建设项目中的应用研究[J].土木建筑工程信息技术,2014(1):96-100.
- [2] 杨帆.BIM技术在污水处理工程建设中的应用研究[J].建筑科技,2024(803):69-73.
- [3] 汪结春.BIM技术在水利深基坑工程安质监过程中的应用研究[J].建筑科技,2020,4(4):78-82.
- [4] 赵启涵,刘庆伟,徐震.基于BIM的智慧排水平台建设与应用[C]//中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会.第八届全国BIM学术会议论文集,2022:366-369.
- [5] 吴军伟.交通基础设施BIM全景展示平台应用[J].城市道桥与防洪,2024(1):233-236.
- [6] 李思博.污泥处理厂站BIM正向设计应用[J].城市道桥与防洪,2023(8):161-164.

(下转第242页)