

基于CIM平台的数字化交通规划设计探索 ——以深研云(SuTPC)平台为例

林涛^{1,2}, 丘建栋^{1,2}, 屈新明¹, 董绍轩¹, 徐祥¹

(1. 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 广东 深圳 518021; 2. 广东省城市交通数字孪生企业重点实验室, 广东 深圳 518021)

摘要: 城市信息模型(CIM)在GIS基础上融合三维物理空间数据、物联网(IoT)数据和出行活动数据于一体, 为推进数字化交通规划设计提供了全新思路。以深研云(SuTPC)平台为例, 探讨基于CIM平台构建数字化交通规划设计平台的技术路径。以城市交通大数据和三维空间数据为基础底座, 整合交通规划设计方案图层与汇报成果, 使方案得以立体呈现于一个高聚合的云平台中。SuTPC平台实现了交通规划设计方案可视化表达和汇报, 支持多用户视角开展成果协同会商, 快速甄别影响敏感区域的交通指标, 优化交通规划设计成果的决策流程。深圳、广州等城市重点项目案例的实践表明, 该平台可有效提升规划设计人员的成果表达和方案汇报水平、提高交通规划设计方案会商的科学决策效率。

关键词: 交通规划设计; 数字化; CIM平台; 数据底座; 规划决策

CIM Platform-Based Digitalized Transportation Planning and Design: A Case Study of SuTPC Platform

LIN Tao^{1,2}, QIU Jiandong^{1,2}, QU Xinming¹, DONG Shaoxuan¹, XU Xiang¹

(1. Shenzhen Urban Transport Planning Center Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518021, China; 2. Key Laboratory of Digital Twin Enterprises of Urban Transportation in Guangdong Province, Shenzhen Guangdong 518021, China)

Abstract: The City Information Modeling (CIM), on the basis of GIS, integrates three-dimensional physical spatial data, Internet of Things (IoT) data, and travel activity data to provide a new concept that facilitates digitalized transportation planning and design. Taking SuTPC platform as an example, this paper proposes a technical path to develop digitalized transportation planning and design platform using a CIM platform. Based on urban transportation big data and three-dimensional spatial data, transportation planning and design layers and reporting results are incorporated to stereoscopically display the schemes on a highly aggregated cloud platform. The visualized presentation and reporting of transportation planning and design schemes can be realized in the SuTPC platform. Collaborative consultation of results from multi-user perspectives is also supported, while transportation influence indicators in sensitive areas can be rapidly identified to improve the decision-making process of transportation planning and design. The practical cases of major projects in Shenzhen, Guangzhou, and other cities has shown that the platform can effectively improve the result presentation and scheme reporting of planners and designers, and enhance the efficiency of scientific decision-making in transportation planning and design scheme consultation.

Keywords: transportation planning and design; digitalization; CIM platform; data foundation; planning decision-making

收稿日期: 2022-08-22

基金项目: 国家重点研发计划项目“城市交通智能治理大数据计算平台及应用示范”(2018YFB1601100)

作者简介: 林涛(1975—), 男, 湖南长沙人, 博士, 教授级高级工程师, 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司董事长, 主要研究方向: 城市交通规划、智能交通。E-mail: lint@sutpc.com

0 引言

近年来, 大中城市交通发展进入立体复

杂网络阶段。一方面, 交通规划设计需要聚焦出行者的体验, 在数据分析中更加关注基于个体全出行链及路径的有效服务; 另一方

面,在城市建成区进行精细化的交通设计和综合治理以及在与空间布局的协调上,交通规划设计还面临多种会商主体主观模糊诉求的挑战。传统的交通规划设计方法往往涉及众多繁杂的表格和图纸,不易直观总结规律、更难以在会商决策中快速形成共识。

城市信息模型(City Information Modeling, CIM)以建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)、地理信息系统(Geographic Information System, GIS)、物联网(Internet of Things, IoT)等技术为基础,整合城市多维尺度信息模型数据和城市感知数据,构建起三维数字空间的有机综合体^[1-3]。自2007年CIM概念被提出以来,随着三维GIS、IoT、大数据云计算、VR等技术的快速发展,CIM在中国由概念阶段推进到建设阶段。2020年住房和城乡建设部在总结各地CIM平台建设经验基础上印发了《城市信息模型(CIM)基础平台技术导则》,2021年CIM平台建设纳入《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》。相对于传统的基于GIS的数字城市,通过构建基于泛在感知、高速连接的网络,汇聚融合多维多源异构时空大数据,融合BIM与三维GIS,并结合VR技术,CIM将传统静态数字城市升级为可感知、可动态监控并实现虚拟现实交互的数字孪生城市^[4-5]。近年来,北京、广州、上海、深圳等地陆续开展CIM平台建设^[6-8],并在工程建设、城市治理、规划决策等方面加以应用。

中国现有数字化交通规划设计平台以二维GIS空间图层分析表达与指标计算为主,汇集交通设施、交通运行、城市规划等多维数据,涵盖交通模型、网络监测、交通运

行、年鉴报告等模块功能。随着大中城市交通发展进入立体复杂网络阶段,对三维立体交通方案的改善需求日益增加,现有平台难以对复合立体交通网络的规划设计改善提供有效支撑^[9]。构建大数据分析、模型测试、方案表达、成果制图、规划决策等场景应用,已经成为当前数字化交通规划设计平台建设的重要内容^[10-11]。

本文基于深圳市CIM平台搭建数字化交通规划设计平台——深研云(SuTPC,以下简称“SuTPC平台”),开展精细化交通规划设计。SuTPC平台基于CIM技术,依托GIS加载BIM三维模型数据、IoT数据、交通动态监测感知数据和出行活动数据,实现交通规划设计成果表达、规划设计过程协同会商,为数字化交通规划设计提供新思路和方法。

1 CIM平台底座概述

CIM平台最初设想是在城市规划建设中整合BIM应用,将BIM从建筑层面拓展应用到整个城市层面^[12]。CIM平台与既有城市数字化信息平台相比有以下优势。

1) 统一城市数据底座。

CIM平台涵盖了城市三维模型、BIM、IoT实时感知数据和动静态城市运行指标。稳定且高效运行的CIM平台必须解决海量数据汇聚和融合的问题,以关键技术为支撑建立统一的城市CIM数据底座。这需要对底层数据建构分类分级体系、设置通用数据格式标准、优化数据存储方式,以达到轻量化建模,实现数据无损接入、海量IoT实时数据接入。相对于建筑构件级的BIM,CIM平台包含的数据类型和数据体量均超过既有城市数字化信息平台,因此面向城市级应用应进行轻量化及平台化技术革新。

以深圳市CIM平台建设为例,一期已建成“地、楼、房、权、人”专题数据库,覆盖全市15万宗土地、65万栋建筑物、1300万套(间)房屋、2100万人口,6000km高精路网,2万路视频,3000个道路交叉口,累计建设近1万根多功能杆,构建了全国首个海陆空一体化的三维时空基准体系,奠定了深圳市CIM平台数字基础底座(见图1)。

CIM平台与现有以二维GIS空间图层为底座建立的城市数字化信息平台最显著的差异在于BIM与三维模型的承载能力。通过接



图1 典型CIM平台底座

Fig.1 Foundation of typical CIM platform

资料来源:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

入承载海量BIM的轻量化模型、道路立交隧道三维模型、倾斜摄影以及其他通用格式的三维模型，依托对BIM与三维模型的承载能力，CIM平台可精细化还原虚拟城市运行的全流程，包括城市建筑、动态感知、交通管廊、市政水务等三维立体空间形态和动态城市运行要素。依托海量三维模型的加载渲染，CIM平台可实现身临其境映射与还原，有效提升各类型城市治理应用的效率与精度。

2) 实现IoT数据孪生映射。

海量IoT数据接入和动态映射加载是CIM平台的关键能力。BIM与三维模型从静态维度还原了虚拟城市全貌，而通过海量IoT数据接入，可将城市实时运行态势和特征映射到CIM平台中，使其成为动态、实时运行的数字孪生城市。依托强大的物联感知能力，CIM平台可以有效向上支撑各类型城市感知、决策、评估的精细化应用(见图2)。

3) 应用支撑能力强。

CIM平台建立的核心目的是提供向上支撑各类型城市管理决策业务应用的数据和服务。CIM平台是城市规划、建设、治理、运行的基础性操作平台(Based OS)，支撑行业跨度较大，覆盖智慧城市“规一建一管一养

一服”多行业应用^[13-15]。

2 基于CIM平台的数字化交通规划设计平台(SuTPC)构建

2.1 平台架构

SuTPC平台技术架构包含基础设施层、服务中台层、CIM服务层和数字规划层4个层次(见图3)。

1) 基础设施层：整个平台的底层支撑环境包括基础设施即服务(Infrastructure as a

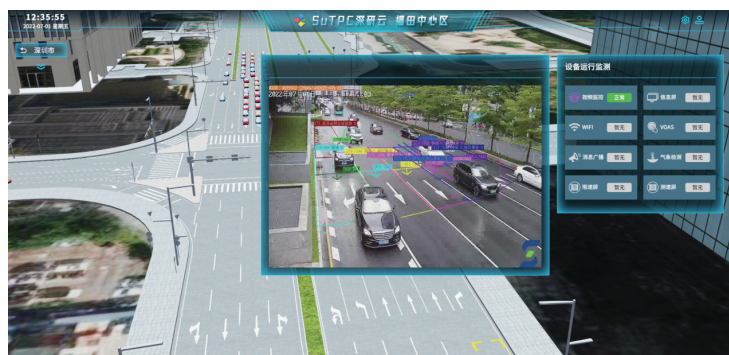


图2 CIM平台与AI视频实时感知同步

Fig.2 Synchronization of real-time perception of CIM platform and AI video

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

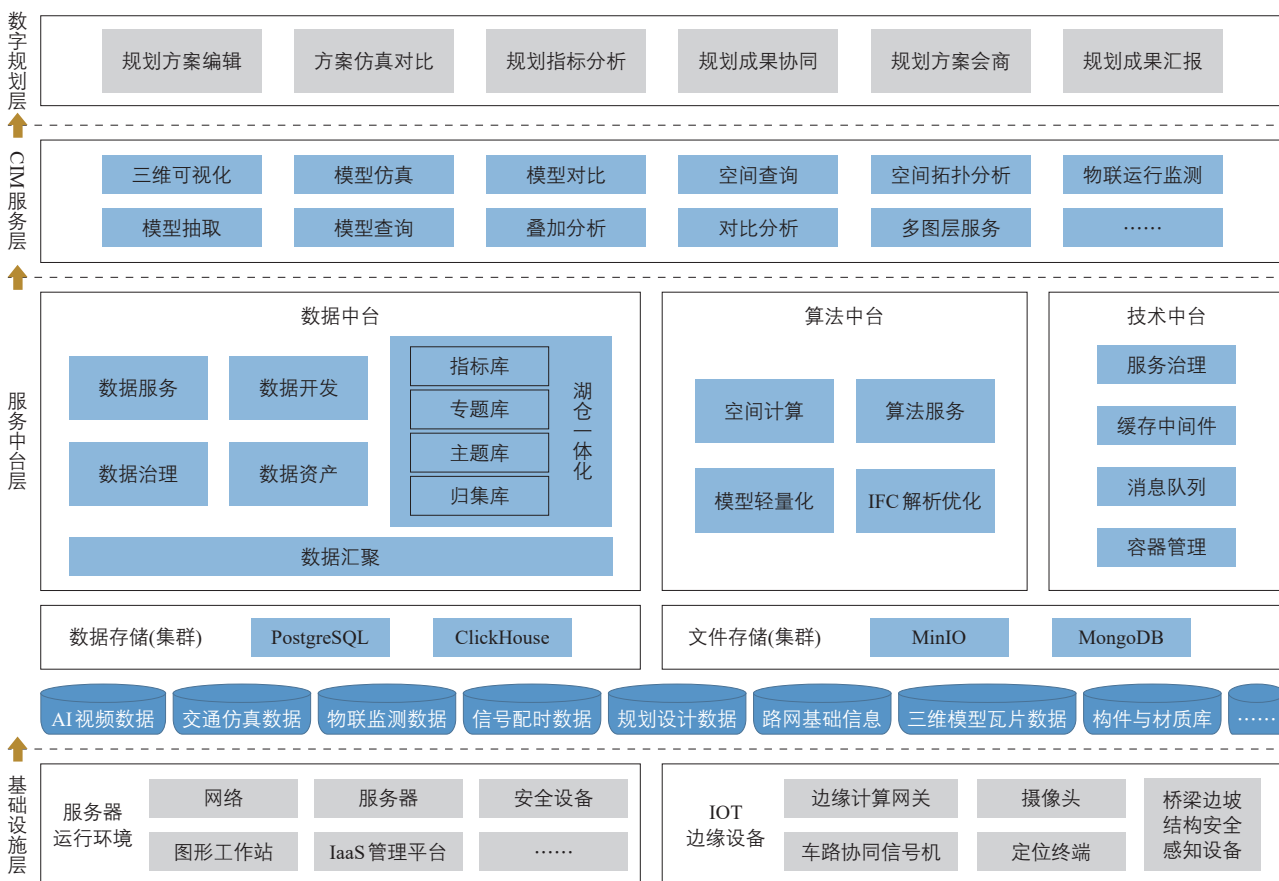


图3 平台技术架构

Fig.3 Technical framework of the SuTPC platform

Service, IaaS)、硬件网络环境和IoT边缘设备。

2) 服务中台层：包括数据中台、算法中台和技术中台。数据中台负责城市数据底座汇聚与接入、结构化数据与非结构化数据存储，按照湖仓一体化整合设计归集库、主题库、专题库、指标库等，提供数据服务、数据开发、数据治理和数据资产全流程工具。根据上层CIM服务与数字化交通规划设计业务应用对算法模型的要求，算法中台提供空间计算、模型轻量化、算法服务(主要指交通宏中微观模型测算)、工业基类标准(Industry Foundation Classes, IFC)解析优化等能力。技术中台包含服务治理、缓存中间件、消息队列以及容器管理，是整个平台底座的通用技术组件管理层。

3) CIM 服务层：作为平台端面向用户交互，提供包括BIM与三维模型的快速渲染可视化、交通模型仿真、模型空间拓扑分析、模型查询叠加、空间数据多图层调用等服务，基于数据和业务应用算法提供通用的CIM服务及应用程序接口(Application Program Interface, API)等。

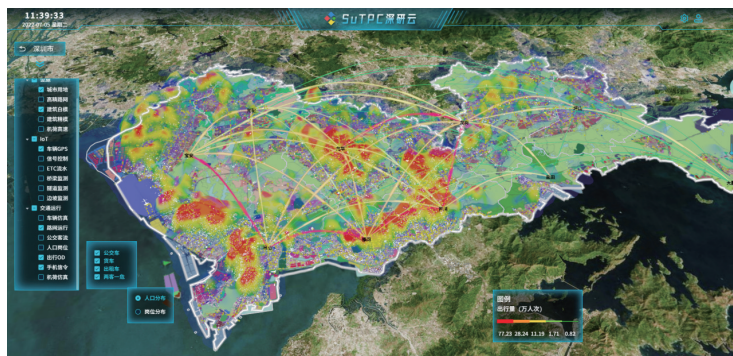


图4 三维空间图层及出行热力图层叠加研判

Fig.4 Assessment of the overlay of three-dimensional spatial layers and travel heat map layers

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

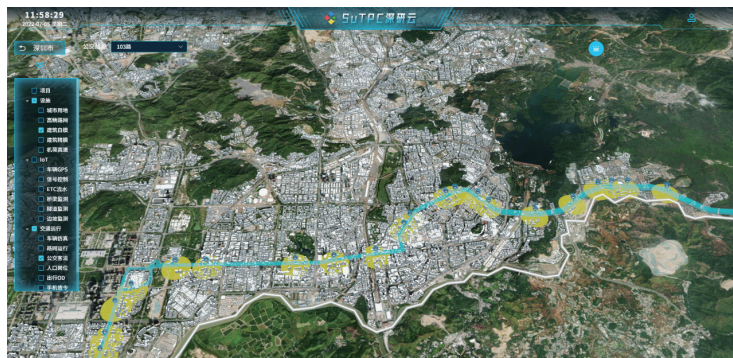


图5 公共汽车站沿线300 m覆盖人口和就业岗位

Fig.5 Population and employment within 300 meters along bus stops

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

4) 数字规划层：直接面向数字化规划方案编辑、方案仿真对比、指标分析、成果协同、方案会商、方案在线汇报等成果全流程管理业务应用。

2.2 关键技术

大数据、云计算、IoT等技术为平台提供了强大空间数据治理和服务能力，3D绘图(Web Graphics Library, WebGL)、游戏引擎等渲染技术为多场景应用提供了友好展示和交互体验。

1) 多源数据融合技术。

场景数据与空间三维实体进行关联融合，将海量不同来源、不同数据结构、不同坐标及不同分辨率的城市空间数据高效统一到一个场景和平台，呈现多尺度场景特征，实现人、车、路等多专题指标整合。

2) 空间大数据处理、存储管理和地图服务发布。

基于大数据和云计算技术支持，平台实现大规模二维/三维数据的处理分析：使用PostgreSQL, GeoMesa等空间数据引擎对矢量和结构化指标数据进行存储；使用MinIO对象存储和MongoDB数据库对倾斜摄影、激光点云、地形、手工模型等海量非结构化三维数据进行有序管理。

为更好地实现数据安全和共享，SuTPC平台同时提供二/三维地图发布服务，包括地图服务(Web Map Service, WMS)、地图瓦片服务(Web Map Tile Service, WMTS)、三维瓦片(3DTiles)等形式。

3) 三维可视化渲染技术。

采用B/S架构，使用基于WebGL的CesiumJS框架在浏览器端进行三维空间应用场景渲染；通过3DTiles服务实现各类型空间数据轻量化加载展示，便于进行多场景应用；客户端渲染也可提供灵活的交互体验。

同时，通过与Unreal游戏引擎跨界融合，充分发挥游戏引擎沉浸式的视觉体验优势。结合最新的云渲染和网页实时通信(Web Real-Time Communication, WebRTC)技术，实现海量大规模三维场景的实时渲染和交互，并支持在不同类型终端流畅展示。

4) 三维模型轻量化技术。

深入应用模型轻量化技术，对三维数据源文件特别是高精度的BIM数据进行轻量化转换，降低模型数据量大小，实现数据无损压缩，提升网络端传输效率，优化模型展示

和操作体验。

3 数据驱动的交通规划设计技术应用

3.1 三维空间图层叠加研判

交通规划设计项目需根据城市用地、人口和就业岗位、出行OD分布、道路交通运行速度与交通量、公共汽车和城市轨道交通客流等多维度指标进行综合研判分析。SuTPC平台构建多维度的三维空间图层加载应用,实现对重点片区BIM与三维模型、多维度空间数据指标图层的快速叠加分析,还可在三维空间维度快速研判分析交通规划设计项目相关联的城市动静态交通运行特征(见图4)。

3.2 空间数据图层关联计算

三维空间图层叠加可从定性角度快速研判交通规划设计方案在数据指标层面的合理性。针对空间图层之间的关联量化计算,平台提供缓冲区计算、空间拓扑分析等计算功能,可以对公共交通线路和车站规划方案周边的规划指标进行快速查询分析。例如SuTPC平台提供的缓冲区分析功能可对公共汽车站和城市轨道交通车站300 m及500 m覆盖人口和就业岗位、覆盖用地进行快速叠加分析(见图5),对通道沿线拆迁量进行快速匡算,对公共汽车和轨道交通线路的改善优化、选线方案、敏感地区影响分析进行快速决策。

3.3 整合交通仿真运行轨迹

常见的仿真演示过程是将仿真运行录制的视频动画进行静态化展示。SuTPC平台打通了各类型微观交通仿真软件(例如VISSIM, TransModeler和Sumo)的轨迹导入,并提供快速化的BIM高程匹配工具。根据统一坐标系设定,仿真运行轨迹可一键导入平台与BIM无缝衔接,并支持实时在线交通仿真(RealSim平台)轨迹接入(见图6),实现对交通规划设计方案的仿真演示。

4 直观协作的交通规划设计会商与汇报

4.1 交通规划设计方案沉浸式表达

现有交通规划设计方案表达依托CAD图纸打印或者BIM设计软件三维环视(见图7),仅能展现方案本身,难以叠加展示规划

方案相关的数据分析、项目背景、规划分析过程、决策研判等。交通规划设计方案分析涵盖大量背景分析、数据分析、需求预测、方案测试、仿真分析、规划设计逻辑与依据。而交通规划设计项目汇报时,依托在PPT中对方案进行截图或对BIM方案录制视频的方式,难以精确表达复杂立体化的方案。

SuTPC平台可实现完整交通规划设计方案的沉浸式汇报体验,通过整合BIM三维环视与规划分析过程表达,提升项目汇报的精度与呈现效果,实现所见即所得,方便快速研判决策(见图8)。

4.2 交通规划设计方案多人协作

长期以来,交通规划设计项目成果内容编制主要通过桌面端的文档编辑软件工具完成,缺乏多人协作编辑的在线平台,项目成果难以及时打通。这种模式针对中小型项目尚不存在太大问题,但是在面对复杂度高、立体化交通规划设计项目时,在多团队协作生产、规划分析成果内容版本管理、项目进度与质量管理等方面提出了高质量交付



图6 RealSim平台仿真轨迹接入

Fig.6 Simulation trajectory access of the RealSim platform

资料来源:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

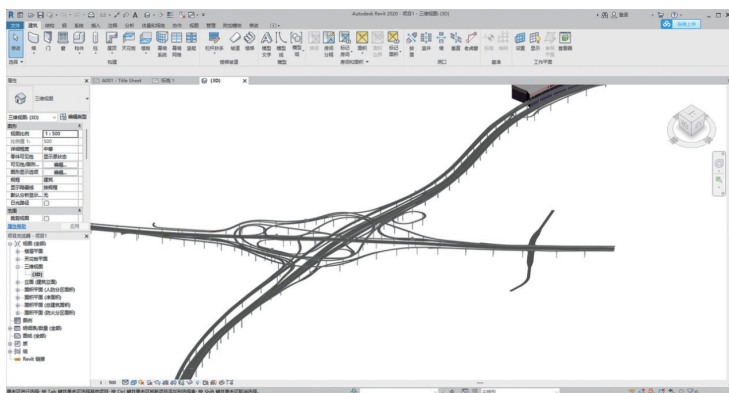


图7 传统BIM设计软件的交通规划设计方案表达

Fig.7 Transportation planning and design proposals based on traditional BIM design software

的挑战,同时也增加了项目管理成本。

SuTPC平台可实现由项目负责人创建项目并分配项目组成员权限,支持多人协作编辑项目成果内容,在平台端实现项目内容、项目进度、项目版本在线管理,让平台成为提高交通规划设计核心生产力的有效工具(见图9)。



图8 交通规划设计方案的沉浸式表达

Fig.8 Immersive expression of transportation planning and design proposals

资料来源:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

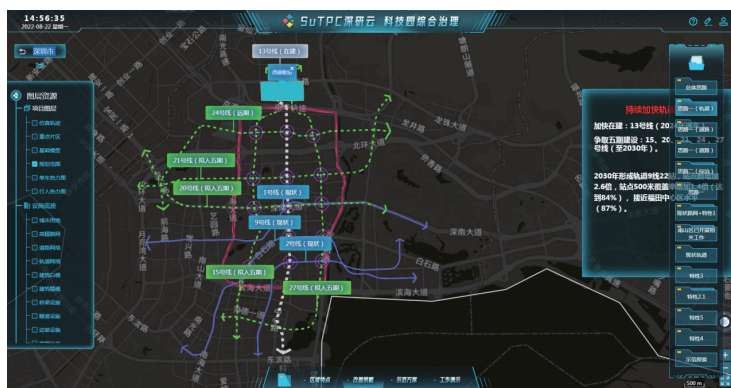


图9 交通规划设计方案成果多人协作编辑

Fig.9 Multi-person collaborative editing of transportation planning and design outcomes

资料来源:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。



图10 交通规划设计方案协同会商

Fig.10 Collaborative consultation on transportation planning and design proposals

资料来源:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

4.3 交通规划设计过程协同会商

复杂交通规划设计项目的研究过程涉及多专业协同配合与多方案会商讨论。现阶段交通规划设计项目会商主要是在CAD打印图纸或者在幻灯片中以固定视角对各类型方案以及限制条件进行平面展示。会商人员需要依靠个人经验在脑海中对方案进行重构、研判和对比,无法快速对各种方案进行自由对比分析。方案存在问题的协同标注、规划设计方案叠加空间指标图层的辅助分析,尤其是复杂方案的多专业协同过程中如何让各方对各种方案进行快速商讨决策,仍然是大难题。

针对多人协同会商的情形,SuTPC平台整合BIM与三维设计方案,并叠加多空间指标图层,使各会商人员快速了解方案,并对方案疑问进行点、线、面要素与内容的自定义标注,从而方便快速收集意见并进行针对性调整,使交通规划设计项目会商的效率提升30%以上(见图10)。

4.4 多方案比选

交通规划设计项目需常态化开展现状方案与改善方案、多种改善方案的比选。现有方法多采用提前录制好相同角度的三维环视视频进行静态化展示对比,缺乏动态方案比选的响应性。

SuTPC平台构建了多方案自定义比选窗口工具,在方案对比中整合空间指标图层、方案BIM展示,叠加交通仿真运行轨迹(见图11),可辅助交通规划设计人员对各类型方案和运行指标进行快速研判。

5 实践案例

SuTPC平台已经服务于深圳乃至华南地区十余个交通规划设计项目,涵盖片区综合治理改善、重大通道改扩建与交通拥堵改善规划设计。

5.1 深圳市梅林关通道交通拥堵改善

梅林关是深圳中部走廊重要节点。近10年,结合执勤检查通道、检查大楼拆除工程,梅林关通道优化了道路交通组织,并开通新彩隧道、坂银通道、城市轨道交通6号线和10号线。交通持续改善使梅林关通道的交通拥堵有所缓解但仍然较为严重,早高

峰时段进关方向，道路交通拥堵里程达到1.8 km，持续时间为2 h；城市轨道交通4号线拥挤里程4.2 km，持续时间为1.8 h。

在SuTPC平台中对梅林关通道交通拥堵改善全过程构建汇报系统(见图12)，包括项目背景、近期改善、周边道路改善和中远期改善方案。SuTPC平台整合BIM与交通规划设计数据分析过程，对改善方案进行直观展示分析。相对三维视频演示平台的汇报呈现节约了规划设计人员50%以上时间成本。

5.2 深圳市机荷高速公路立体改扩建优化

机荷高速公路作为深圳市二圈层东西向唯一贯通的干线道路，承担了深圳市内组团间的交通联系功能和周边路网的交通集散功能。2022年机荷高速公路日均交通量为13.6万pcu，运行速度仅为40~50 km·h⁻¹，主要路段服务水平为五/六级，交通拥堵日益常态化，改扩建势在必行。

在工程设计阶段，迫切需要开展立体复合高速公路交通运行研究。改扩建工程复杂程度及难度极高，空间分层的形式带来了交通量巨大、节点密集、复杂交通转换及交通运行安全等问题。通过SuTPC平台导入BIM与周边三维地形，整合现状多源数据，并与各类型工程设计方案进行仿真比选，最终形成了依托仿真推动正向工程设计的案例(见图13)。

5.3 广州市黄埔区交通拥堵治理

广州市黄埔区香雪站片区交通拥堵治理项目涉及规划决策、拥堵监测、人口和就业岗位预测、拥堵成因诊断、治理实施方案提出、预期成效评估多个维度。通过实现IoT感知设备整合、改善方案的仿真对比分析、建筑级细化的人口和就业岗位研判，SuTPC平台构建了该片区交通拥堵治理系统(见图14)。

6 结语

通过整合BIM三维模型数据、IoT数据、交通动态监测感知数据和出行活动数据，SuTPC平台构建了城市统一数据底座，面向交通规划设计项目需求研发了三维空间图层叠加研判、空间数据图层关联计算、整合交通仿真运行轨迹等关键技术，面向交通

规划设计项目开展过程构建了交通规划设计方案沉浸式表达和多人协作、规划设计过程协同会商以及多方案比选与研判工具，实现交通规划设计从静态走向动态、从聚合分析走向个体追踪、从二维平面走向三维立体空间。通过整合数据汇聚、CIM服务、项目生产、内容协同，SuTPC平台打造形成了数字



图11 交通规划设计项目多方案对比

Fig.11 Multi-scheme comparison of transportation planning and design projects

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。



图12 深圳市梅林关通道交通拥堵改善方案示意

Fig.12 Traffic congestion mitigation plan of Shenzhen Meilin corridor

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。



图13 深圳市机荷高速公路改扩建优化仿真评估

Fig.13 Simulation-based evaluation of reconstruction, expansion, and optimization of the Jihe Expressway in Shenzhen

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。



图14 广州市黄埔区交通拥堵治理系统

Fig.14 Traffic congestion control system of Huangpu District in Guangzhou

资料来源：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司深研云(SuTPC)平台。

化交通规划设计的核心生产力工具，同时强调可生长、可编辑、可使用，在提升交通规划设计效率的同时，助力咨询单位构建核心的数字化资产，实现快速数字化转型。华南地区重点城市项目案例实践表明，该平台可有效提升规划设计人员的成果表达和方案汇报水平，提升交通规划设计分析精度与汇报效率。

参考文献：

References:

- [1] 王永海, 王宏伟, 于静, 等. 城市信息模型(CIM)平台关键技术研究与应用[J]. 建设科技, 2022, 448(7): 62-66.
WANG Y H, WANG H W, YU J, et al. Research and applications for key technologies of city information modeling (CIM) platform [J]. Construction science and technology, 2022, 448(7): 62-66.
- [2] 季珏, 汪科, 王梓豪, 等. 赋能智慧城市建设的城市信息模型(CIM)的内涵及关键技术探究[J]. 城市发展研究, 2021, 28(3): 65-69.
JI J, WANG K, WANG Z H. Research on the connotation of city information modeling (CIM) enabling smart city construction[J]. Urban development studies, 2021, 28(3): 65-69.
- [3] 党安荣, 王飞飞, 曲葳, 等. 城市信息模型(CIM)赋能新型智慧城市发展综述[J]. 中国名城, 2022, 36(1): 40-45.
DANG A R, WANG F F, QU W, et al. City information model supporting the development of new smart city[J]. China ancient city, 2022, 36(1): 40-45.
- [4] 韩青, 樊焜, 宋少贤, 等. 基于CIM平台的智能建造数字仿真综合管理系统[J]. 中国建设信息化, 2022(4): 30-35.
- [5] 王明省, 邓兴栋, 郭亮, 等. 基于智慧时空信息云的CIM平台搭建及应用[J]. 软件,

2020, 41(5): 83-86.

WANG M S, DENG X D, GUO L, et al. Construction and application of CIM platform based on intelligent spatiotemporal information cloud[J]. Software, 2020, 41(5): 83-86.

- [6] 广州市住房和城乡建设局. 广州市：城市信息模型(CIM)平台助力城市高质量发展[J]. 城乡建设, 2021(24): 36-41.
- [7] 许浩, 蔡明豪, 谢胜波. 省级CIM平台建设模式及应用场景研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(4): 14-16.
XU H, CAI M H, XIE S B. Research on provincial CIM platform construction mode and application[J]. Intelligent building & smart city, 2022(4): 14-16.
- [8] 吴开达, 吕令聪, 王振东, 等. CIM平台的多源数据处理研究分析[J]. 电子技术与软件工程, 2021(23): 134-135.
- [9] 冯川, 陈胜男, 陈元锴. 基于BIM/CIM的工程建设项目审查审批平台建设方案：以深圳为例[J]. 中国建设信息化, 2022(5): 64-67.
- [10] 杨东援, 郭继孚, 顾煜, 等. 城市综合交通规划的数字化转型：中国城市交通发展论坛第28次研讨会[J]. 城市交通, 2021, 19(6): 107-124.
YANG D Y, GUO J F, GU Y, et al. Digital transformation of urban comprehensive transportation planning: highlight of the 28th urban transportation development forum in China [J]. Urban transport of China, 2021, 19(6): 107-124.
- [11] 汪光焘, 单肖年, 张华, 等. 数字化转型下的城市交通治理[J]. 城市交通, 2022, 20(1): 1-9.
WANG G T, SHAN X N, ZHANG H, et al. Urban transformation in urban transportation governance[J]. Urban transport of China, 2022, 20(1): 1-9.
- [12] 吴志强, 甘惟, 臧伟, 等. 城市智能模型(CIM)的概念及发展[J]. 城市规划, 2021, 45(4): 106-113.
WU Z Q, GAN W, ZANG W, et al. Concept and development of the city intelligent model (CIM)[J]. City planning review, 2021, 45(4): 106-113.
- [13] 高颖. 基于CIM的智慧交通与智慧道路感知体系[J]. 中国交通信息化, 2021(1): 113-115.

(下转第47页)