

成都大运会开闭幕式仿真演练平台关键技术及应用

陆辉¹, 吴军², 刘恒孜², 罗斌²

(1.成都设计咨询集团有限公司, 四川 成都 610095; 2.成都市市政工程设计研究院有限公司, 四川 成都 610023)

摘要: 利用数字技术赋能大型赛事, 能够为赛事的科学决策、降低组织管理成本、高效实战演练提供支撑。提出了成都大运会开闭幕式仿真演练平台的技术架构, 包括基础支撑层、数字基底层和功能应用层三部分。通过将不同来源、不同坐标、不同数据结构的各类应用场景数据与三维实景模型进行多源数据融合, 实现了对大型赛事多维度场景的展示和应用; 融合 VISSIM 交通仿真模型和数字孪生模型, 实现了赛前演练的仿真可视化展示和评估。最后, 展示了一屏统揽、专项保障方案仿真演练和评估、场馆工程改造方案评估验证、开闭幕式人员培训等典型应用场景。应用结果表明, 该平台能够准确仿真成都大运会开闭幕式的真实运行状态, 仿真还原精度达95%以上, 有效提高了赛事组织效率, 节约了大量时间和人力物力成本。

关键词: 大型赛事; 仿真演练平台; VISSIM; 数字孪生; 成都大运会

Key Technologies and Applications of the Simulation Platform for the Opening and Closing Ceremonies of the Chengdu FISU World University Games

LU Hui¹, WU Jun², LIU Hengzi², LUO Bin²

(1. Chengdu Design Consulting Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610095, China; 2. Chengdu Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610023, China)

Abstract: Leveraging digital technologies to empower large-scale sporting events can enhance scientific decision-making, reduce organizational and management costs, and facilitate efficient practical rehearsals. This paper proposes a technical architecture of the simulation platform for the opening and closing ceremonies of the Chengdu FISU World University Games, which comprises three layers: the foundational support layer, the digital substrate layer, and the functional application layer. The platform integrates multi-source data from various origins, coordinates, and structures with a three-dimensional real-world model, enabling a multidimensional visualization and application of large-scale event scenarios. By incorporating VISSIM traffic simulation and digital twin modeling, the platform provides simulated visualization and evaluation of pre-event rehearsals. Finally, the paper presents typical application scenarios, including centralized command visualization, simulation training and evaluation of special support plans, venue engineering renovation evaluation validation, and personnel training for opening and closing ceremonies. The application results demonstrate that the platform can accurately simulate the real operational state of the opening and closing ceremonies of the Chengdu FISU World University Games, achieving a simulation accuracy of over 95%. This can significantly enhance event organization efficiency while saving substantial time, manpower, and material costs.

Keywords: large-scale events; simulation platform; VISSIM; digital twin; Chengdu FISU World University Games

收稿日期: 2024-05-31

作者简介: 陆辉(1972—), 男, 贵州都匀人, 博士, 正高级工程师, 党委副书记, 副董事长, 总经理, 研究方向为城市建设和运营全生命周期综合解决方案, 电子邮箱 407622881@qq.com。

通信作者: 吴军(1983—), 男, 四川成都人, 学士, 高级工程师, 研究方向为交通数字化仿真, 电子邮箱 2964401692@qq.com。

0 引言

在城市数字化转型的背景下, 大数据技

术的应用为交通问题的解决提供了高效手段和方法^[1-5]。基于物理模型、传感器数据和历史数据等, 数字孪生技术能够实现物理空间

到虚拟空间的映射^[6]，具有同步性和还原性。该技术广泛应用于演练、预防、评估、管理等场景，文献[7-10]根据不同场景的应用需求构建了数字孪生技术框架，实现了数字赋能。VISSIM作为一种微观仿真软件，在交通仿真评估分析中发挥着重要作用，文献[11-13]分别利用VISSIM对交通运行状态、道路网等进行仿真分析，为交通安全、交通管理和交通控制提供了直观有效的支撑手段。

举办大型赛事考验城市的组织管理、交通运输、安全运维等多方面能力。传统大型赛事的开闭幕式客群入离场、运动员走场仪式演练等环节主要依赖人工操作。为实现数字技术赋能成都第31届世界大学生夏季运动会(以下简称“成都大运会”)，打造“智慧蓉城”“智慧大运”的典型应用场景，成都大运会开闭幕式仿真演练平台(以下简称“仿真演练平台”)应运而生。该平台具备一屏统揽、仿真演练、评估验证和其他辅助功能，通过对东安湖体育公园(成都大运会开幕式举办地)和成都露天音乐公园(成都大运会闭幕式举办地)重点区域内客群入离场、运动员走场仪式等重点环节进行多维度仿真演练和评估验证，为开闭幕式科学决策、降低组织管理成本、高效实战演练提供了重要支撑。

1 仿真演练平台技术架构

仿真演练平台的技术架构由三个横向层和两个纵向层构成。横向层包括基础支撑层、数字基底层和功能应用层，纵向层则包括运行保障体系和标准规范体系(见图1)。

1.1 基础支撑层

基础支撑层包含多个模块，如数据采集、建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)、模型汇聚、矢量汇聚、倾斜摄影、激光点云、手工精模和VISSIM交通仿真等。通过无人机布设GIS像控点，利用多种摄影技术从垂直、倾斜视角同步采集影像，完成对成都大运会两个场馆及周边6 km²城市范围的数据采集，高精度还原城市和场馆的地形地貌特征。通过导入像控点坐标、匹配坐标系、像控刺点、空中三角测量和空三解算等技术，对采集的实景三维数据进行融合处理与二次加工，形成统一格

式、不同精度的数字实景三维模型。

1.2 数字基底层

数字基底层包括数字孪生、模型融合、数据融合、共性计算、时空引擎和API接口等模块。利用精细化建模与仿真技术，数字孪生从几何、功能和性能等方面对物理实体进行实景采集，并通过跨领域多学科融合、连接不同时间/空间物理过程构建虚拟模型，精确刻画物理实体的特性，具备多图形渲染引擎的混合架构。

通过高精地理信息数据，以三维渲染引擎为基础，利用精细化建模、图形处理、三维可视化等技术，采用倾斜摄影和精建模的方式对成都大运会两大场馆及周边地形数据进行二次加工合成，还原其地形地貌物理特征，呈现全景仿真渲染效果，构建成都大运会开闭幕式虚拟现实展示和演练场景，实现数字实景三维可视化。同时，基于激光点云数据的城市三维地形轻量化模型重建和基于AI的城市夜景泛光仿真技术，仿真演练平台可实现昼夜光照效果的高度还原，保障数字基底的精准性、完整性和多模态。

1.3 功能应用层

功能应用层分为开幕式和闭幕式2个展示窗口，包括一屏统揽、仿真演练、评估验证和辅助功能4个模块(见图2)。

1.3.1 一屏统揽

一屏统揽主要展示仿真演练平台主界面及主要功能，以构件级精度还原开闭幕式场馆模型、景观模型、城市道路网模型等，动态仿真场馆夜景灯光秀和烟花特效(见图3)。

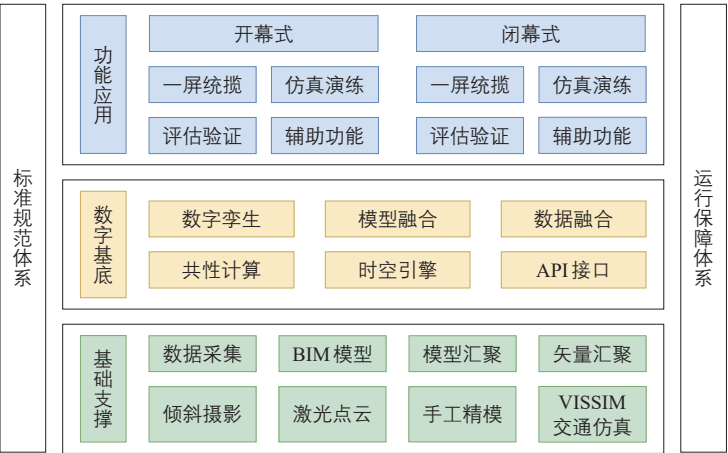


图1 成都大运会开闭幕式仿真演练平台技术架构

Fig.1 Technical architecture of the simulation platform for the opening and closing ceremonies of the Chengdu FISU World University Games

1.3.2 仿真演练

仿真演练包括动态仿真和静态仿真两种类型。以开闭幕式当日时间轴为基础,结合当日运行方案,动态仿真分别进行单要素、多要素和全要素综合仿真演练,包括车流仿

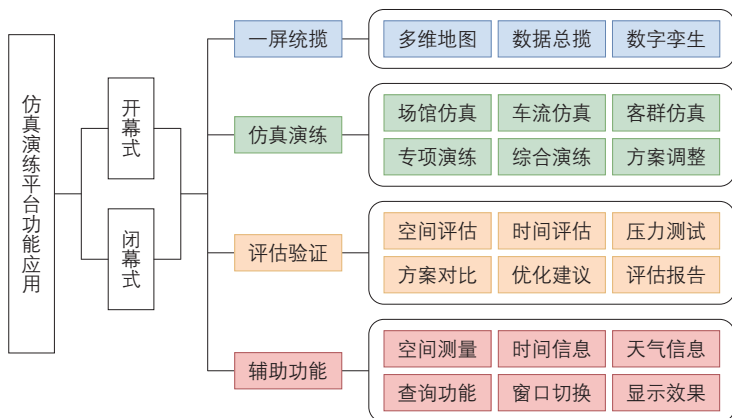


图2 成都大运会开闭幕式仿真演练平台功能应用层框架

Fig.2 Framework of the functional application layer of the simulation platform for the opening and closing ceremonies of the Chengdu FISU World University Games



图3 成都大运会开幕式场馆夜景灯光和烟花仿真界面

Fig.3 Simulated nighttime lighting and fireworks interface for the opening ceremony of the Chengdu FISU World University Games

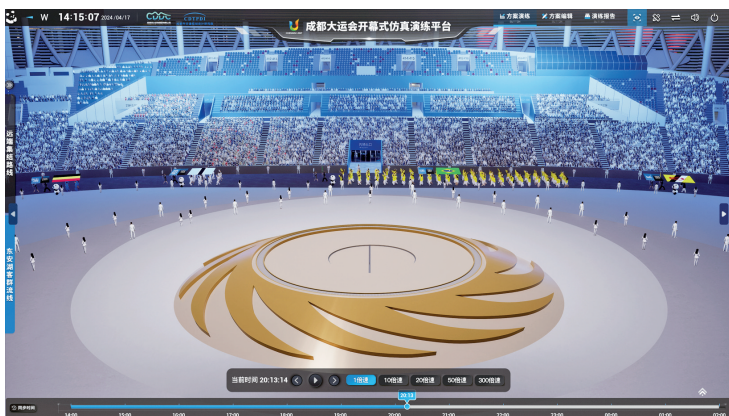


图4 成都大运会开幕式运动员走场仪式动态仿真

Fig.4 Dynamic simulation of athletes' entry at the opening ceremony of the Chengdu FISU World University Games

真、客群仿真、运动员走场仪式仿真(见图4)、烟花仿真、客群入离场仿真、日照夜景灯光仿真等。以空间要素布局为基础,静态仿真包括场馆及内部功能分区仿真、固定设施设备仿真、场馆周边环境及地形仿真、临建设施及特种车辆仿真、人员部署点位仿真等。

1.3.3 评估验证

评估验证以时间轴形式展示车辆路径流线和人物模型动画(见图5),分时段动态仿真演练流程,实现不同过程、时空、要素状态下的演练方案组合,输出各类场景下的演练方案和详细参数。通过不断仿真和调整开闭幕式各类客群入离场方案,评估验证不同类型客群在有限空间内和高级别安保条件下分时段、分批次到达场馆的可行性,确保有序进入和安全离场。

1.3.4 辅助功能

辅助功能包括空间测量、时间信息、天气信息、查询功能、窗口切换、显示效果等。空间测量可以实现距离、面积、路径和高度的实时测量;显示效果可以通过参数设置展示不同天气下的仿真状态;同时通过调节时间轴,可以实现全天24 h光照仿真场景切换。

2 关键技术

仿真演练平台是面向新型智慧城市的一套复杂技术和应用体系,多源数据融合、多门类技术集成是成功研发和应用的关键。核心技术是通过数字孪生技术融合 VISSIM 交通仿真结果进行可视化数字实景三维展示,同时结合矢量数据、二/三维模型构建开闭幕式场馆的基础要素,高度还原开闭幕式场馆基础设施、临建设施、保障点位、人员车辆动线等动静态可视化信息。通过二维地图、三维渲染引擎实现二/三维数据渲染,基于仿真时空引擎实现模型的计算与分析,并通过调用二/三维服务接口进行可视化展示。仿真演练平台可以从多维度、多视角、多层次一屏统揽开闭幕式场馆所有的仿真演练场景。

2.1 多源数据融合

数据类型主要包括基础类、仿真演练类和实时感知类数据。其中,基础类包括 CAD、BIM、SketchUp、测绘、GIS、VISSIM、



图5 成都大运会开幕式客群入场流线和时间评估验证

Fig.5 Crowd entry flow and time evaluation and validation for the opening ceremony of the Chengdu FISU World University Games

倾斜摄影和激光点云等数据；仿真演练类包括车辆、临建设施设备、客群、人员点位以及演练计划和运行方案等数据；实时感知类包括道路运行、信号控制、场馆视频、气象环境和车载设备卫星定位等数据。多源数据融合应用是仿真演练平台的关键基础，通过不同加工方式和API接口对不同类型数据进行处理衔接，并融合到数字基底层，实现多源数据的应用和展示。

多源数据融合过程主要分为4个步骤：1)静态数据预处理。使用GIS软件或中间件工具(如CityEngine、FME等)对数据进行预处理，包括坐标转换、格式转换等，确保数据的一致性和兼容性。2)导入数据至仿真演练平台后端开发环境。使用地形编辑、C++或蓝图脚本等工具，将导入的数据进行裁剪、合并、重投影等操作，之后与三维实景模型进行关联和融合。3)接入实时感知类数据。通过API对接智慧交通数据中台，实时获取指定数据，并利用特定的引擎插件和工具(如LowEntryHttpRequest、LowEntryJson等)读取和解析，然后与模型进行关联。4)可视化。利用仿真演练平台后端开发环境三维引擎的编辑器，创建自定义的视图和界面，以展示融合后的多维度场景，例如地形、建筑、道路、植被等地理信息的展示以及动态效果和交互功能的添加。

通过以上步骤，可以将不同来源、不同坐标、不同数据结构的各类应用场景数据与

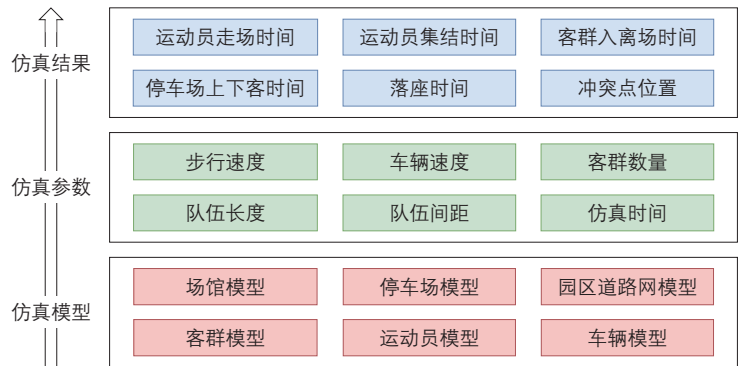


图6 成都大运会开闭幕式仿真演练平台 VISSIM 交通仿真流程

Fig.6 VISSIM traffic simulation process in the simulation platform for the opening and closing ceremonies of the Chengdu FISU World University Games

三维实景模型进行要素关联，并融合到仿真演练平台，呈现多维度场景展示和应用。仿真演练平台使用PostgreSQL空间数据引擎对矢量数据和结构化数据进行存储管理，使用MongoDB数据库对倾斜摄影、手工精模、激光点云、BIM、测绘等非结构化数据进行存储管理。

2.2 VISSIM 交通仿真与数字孪生模型融合及交互

仿真演练平台包含 VISSIM 交通仿真模型和数字孪生模型2种不同类型，二者分别满足场馆内部和外部精度要求，通过模型融合达到仿真演练交互效果。

2.2.1 VISSIM 交通仿真模型

VISSIM 可以仿真多种场景下的交通运

行情况, 仿真结果为决策者提供决策依据。仿真演练平台 VISSIM 交通仿真流程见图6。

VISSIM 建模时, 可以使用 bmp, jpg, png 等格式图片及 dwg, dxf 等矢量图文件作为背景文件。选用 dwg 格式文件作为背景文件, 搭建主场馆模型、综合馆模型和园区道路

路网模型。通过 SketchUp 将数字孪生模型进一步加工, 然后导入 VISSIM 模型中, 并与客群模型和车辆模型融合, 形成完整的高精度仿真模型(见图7)。

以高精度仿真模型为基础, 进行开闭幕式特定场景的仿真应用。以开幕式运动员离场仿真为例, 按照离开座位、离开场馆、步行离开园区、前往停车场乘车、乘坐车辆离开停车场的流程(见图8), 设置运动员和车辆离场路线, 输入运动员数量以及步行速度、车辆速度和间距等仿真参数。同时, 通过 VISSIM 提供的 COM 接口调用算法参数, 实现“车等人”的仿真效果。通过运行 VISSIM 仿真, 得到运动员离场各个流程的仿真结果数据。

2.2.2 数字孪生模型

数字孪生模型指具有城市语义信息的三维模型, 是语义建模的数据成果, 其核心功能包括模型数据采集、模型构建、数据呈现与渲染。数字孪生模型是仿真演练平台建设的核心, 是展现城市细节、呈现场馆状态、实现仿真演练功能的综合信息载体。

1) 模型数据采集。

模型数据采集是数字孪生模型构建的基础, 涉及多种数据源和采集技术。通过激光雷达扫描、无人机航拍、地面摄影测量等方式, 获取开闭幕式场馆及其周边环境的原始数据。这些原始数据与 GIS、BIM、CAD 等数据相结合, 确保模型基础数据的准确性和完整性。道路运行、信号控制、场馆视频等实时感知类数据需通过 API 接口进行实时对接处理, 保证数字孪生模型的实时性和动态性。

2) 模型构建。

模型构建主要包括以下步骤: 1) 基础数据优化处理。将收集到的航测遥感影像、数字高程模型、倾斜摄影数据进行转化、滤波、精度优化等二次处理, 生成可编辑的基础数据。2) 地理位置数据配准。基于地理信息数据, 完成基础数据的坐标纠偏, 生成 2000 国家大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System 2000, CGCS2000) 的基础数据。3) 三维模型构建。基于优化和地理配准的基础数据, 通过 AI 技术自动化生成地形、植被、建筑等三维模型, 基于航测遥感影像、设计图纸、设计模型等数据完成精细化建模。4) 完成模型渲染烘焙。采用可编辑程度高的三维渲染引擎还原场景画面、光照

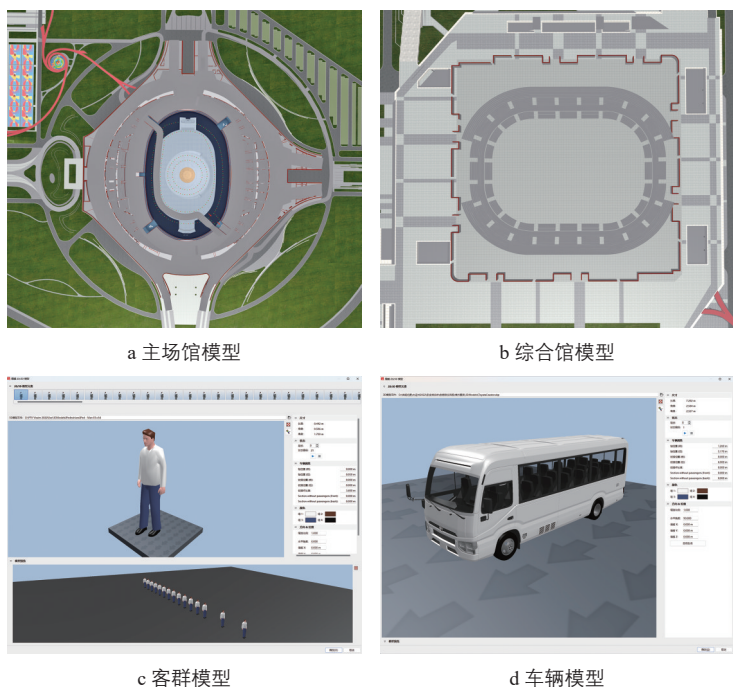


图7 成都大运会高精度仿真模型

Fig.7 High-precision simulation model of the Chengdu FISU World University Games

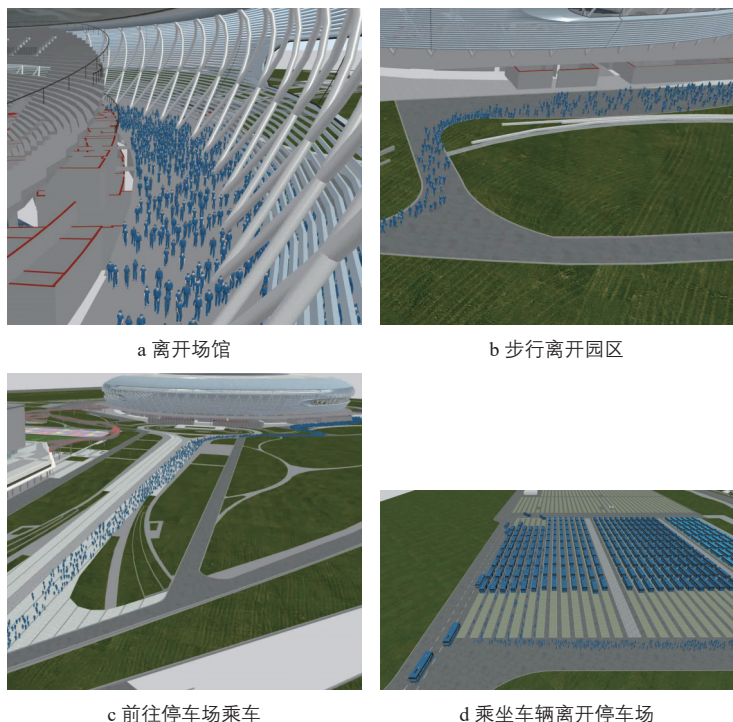


图8 成都大运会开幕式运动员离场仿真

Fig.8 Simulation of athletes' exit from the opening ceremony of the Chengdu FISU World University Games

和物理效果，保障画面的流畅性和高还原度。

仿真演练平台数字孪生模型的构建主要有3种等级：1)中高精度(L4级)模型。开闭幕式场馆周边3 km外建筑和场景采用L4级精度建模：对多源数据进行处理，利用AI技术采集成大面积开闭幕式举办地周边骨架、建筑及道路网海量场景，呈现基本模型体量；每个单体建筑模型按照建筑真实体量进行贴图呈现，保证外立面与真实建筑一致，适度还原外立面及顶面特征结构。2)高精度(L5级)模型。开闭幕式场馆周边3 km内及非核心区域的建筑和场景采用L5级精度建模：按建筑及场景真实体量进行单体化贴图，高精度还原外立面，与真实建筑外立面保持一致。3)超高精度(L6级)模型。开闭幕式场馆核心区域建筑内外部及相关动态场景采用L6级精度建模：呈现的山体、水面模型与真实的山体、水面保持一致，适度还原水面动态特征。通过对建筑空间纵向剖面结构进行全建模和建筑分层，实现开闭幕式举办地的全要素时空展示，包括空间分布、建筑材质、场地景观、总体规划设计等各项要素。

在数字孪生模型的构建过程中，面对海量数据的挑战，采用了细节层次(Levels of Detail, LOD)技术，以优化模型的渲染速度与运行效率。通过精心的模型简化处理，如

减少面片数量和降低纹理分辨率，LOD技术确保了模型在不同视距下的细节呈现，从而显著提升了渲染效果和用户体验。

3) 数据呈现与渲染。

数据呈现与渲染是数字孪生模型的核心功能之一。通过仿真演练平台的二维地图、三维渲染引擎等技术，将构建好的三维模型进行可视化展示，并结合实时感知类数据，实现模型的动态更新和交互功能。可以通过仿真演练平台界面进行模型的缩放、旋转、平移等操作，从多个角度和层级观察与理解模型。此外，仿真演练平台还支持多种数据格式的导入和导出，方便数据分析和共享。在数据呈现与渲染过程中，由于数字孪生模型涉及大量敏感信息和数据，采取数据加密、访问控制等安全措施进行数据保护，确保数据的安全可靠。

2.2.3 模型融合及交互技术

由于VISSIM交通仿真模型调用参数过程比较复杂，需要专业人员操作，且其结果呈现和表达效果较弱，因此利用数字孪生技术将VISSIM交通仿真结果通过数字化平台的形式进行融合呈现(见图9)。1)实现更加友好的操作界面，让用户使用时更加方便快捷，非专业人员也能通过调整少量参数实现人、车动态仿真推演和高效评估。2)实现高精度三维实景展示和表达，在汇报方案时能

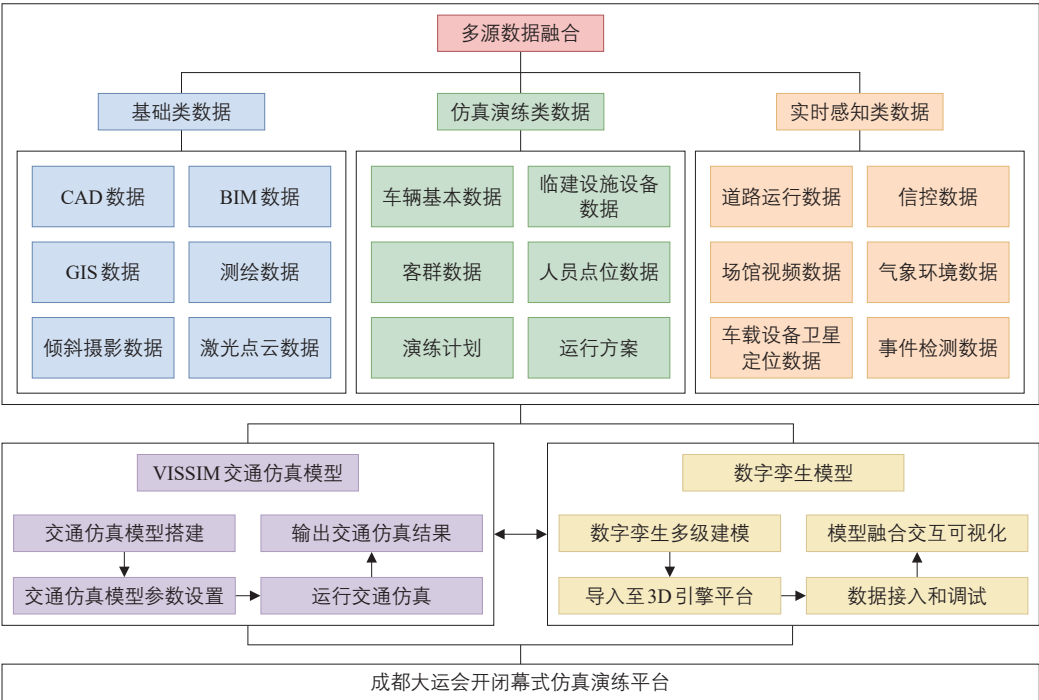


图9 VISSIM交通仿真模型与数字孪生模型融合及交互示意

Fig.9 Illustration of integration and interaction of VISSIM traffic simulation model with the digital twin model

运行计划)等5类运行保障要素信息统一汇集在仿真演练平台,包含医疗、停车、电力、通信、志愿者、交通、网络、安检、烟花、消防、转播、媒体、客群、气象、后勤等开闭幕式运行要素信息,实现仿真演练平台一屏观全局(见图10)。

3.2 专项保障方案仿真演练和评估验证

3.1 一屏统揽

3.2.1 开闭幕式客群入离场方案仿真演练和评估验证

将开幕式客群入离场的交通仿真结果以参数形式输入仿真演练平台并进行仿真演练(见图 11)。对比实际演练情况, 仿真演练平台能够准确地仿真成都大运会开幕式的

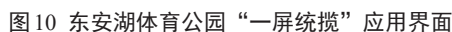


Fig.10 “Centralized Command Visualization” application interface of Dong’ an Lake Sports Park

表1 成都大运会闭幕式客群入场交通仿真结果

Tab.1 Traffic simulation results for crowd entry at the closing ceremony of the Chengdu FISU World University Games

客群	车辆到达停车场名称及时间	到达园区入口时间		到达场馆入口时间		落座时间	
		第一位	最后一位	第一位	最后一位	第一位	最后一位
志愿者代表	P7 17:30:00	17:37:42	17:44:04	17:44:28	17:56:44	17:45:17	17:57:48
媒体人员	P5 17:40:00	17:44:31	17:48:22	17:51:30	18:00:39	17:52:33	18:01:55
运动员第1代表团	P4 17:50:00	17:55:14	18:00:19	18:01:10	18:08:41	18:02:11	18:10:40
赞助商代表	P7 18:05:00	18:11:56	18:18:58	18:19:48	18:33:09	18:20:37	18:34:26
运动员第2代表团	P4 18:15:00	18:20:30	18:25:28	18:26:26	18:35:50	18:27:09	18:36:42
技术官员	P4 18:20:00	18:26:23	18:28:02	18:33:56	18:36:55	18:34:36	18:38:02
FISU代表团	P4 18:40:00	18:45:29	18:48:29	18:52:32	18:59:36	18:53:24	19:00:31
境内嘉宾	P3 19:20:00	19:23:50	19:25:06	19:25:32	19:28:35	19:26:43	19:30:06
境外嘉宾	P3 19:25:00	19:28:23	19:30:05	19:30:45	19:33:00	19:31:36	19:35:01

表2 成都大运会闭幕式客群离场交通仿真结果

Tab.2 Traffic simulation results for crowd exit at the closing ceremony of the Chengdu FISU World University Games

客群	场馆出入口	到达场馆出口时间		园区出入口	到达园区出口时间		上车时间	
		第一位	最后一位		第一位	最后一位	第一位	最后一位
志愿者代表	1/4号门	21:30:36	21:33:23	1号门	21:37:25	21:46:55	21:46:26	21:56:39
媒体人员	1号门	21:05:37	21:08:02	8号门	21:14:59	21:22:51	21:18:23	21:27:05
运动员第1代表团	1/4号门	21:15:27	21:18:20	8号门	21:21:27	21:30:12	21:23:12	21:31:39
赞助商代表	1号门	21:05:40	21:09:26	1号门	21:14:16	21:25:27	21:21:44	21:36:44
运动员第2代表团	1/4号门	21:15:27	21:18:20	8号门	21:21:27	21:30:12	21:23:12	21:31:39
技术官员	4号门	21:05:32	21:07:08	8号门	21:12:16	21:16:48	21:14:36	21:19:46
FISU代表团	3/4号门	21:05:50	21:07:16	8号门	21:13:18	21:19:55	21:14:54	21:20:56
境内嘉宾	2号门	21:01:13	21:04:03	3号门	21:05:42	21:08:32	21:04:17	21:08:16
境外嘉宾	2号门	21:01:14	21:03:40	3号门	21:02:59	21:05:43	21:01:56	21:04:13

真实运行状态，仿真还原精度达到95%以上。

3.2.2 开幕式运动员走场仪式方案仿真演练和评估验证

为保障开幕式运动员走场仪式环节按计划时间完成，仿真演练平台进行了12类30多种走场仪式方案的仿真评估，为确定最终方案起到了关键性作用。运动员走场仪式方案仿真参数设置如下：从东安湖体育公园开幕式综合馆(以下简称“开幕式综合馆”)至东安湖体育公园开幕式主场馆(以下简称“开幕式主场馆”)，运动员方阵的行进速度为 $4.5\sim5.0\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ，平均间距为6 m；在开幕式主场馆运动员方阵的走场速度为 $2.16\sim2.88\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ，平均间距为20~30 m。运动员走场仪式部分方案的交通仿真评估结果见表3。

按照不同演练方案，将运动员走场仪式交通仿真结果以参数的形式输入仿真演练平台并进行仿真演练(见图12)。对比实战化全要素综合演练结果，仿真演练平台的运动员走场仪式时间误差小于5%，符合设计预期。

3.2.3 开闭幕式全要素综合演练评估

根据成都大运会开闭幕式运行中心的工作安排，对数字化仿真演练与实战化全要素综合演练的结果进行了对比分析，并将评估验证结果、问题清单及反馈意见汇总，形成了全要素综合演练评估报告。该报告涵盖了200余项问题台账，为开闭幕式筹备冲刺阶段的各项运行保障工作提供了重要参考，发挥了关键作用。

3.3 场馆工程改造方案评估验证

3.3.1 临时停车场工程

在开幕式P1停车场、欢喜坡停车场等



图11 成都大运会闭幕式FISU代表团离场仿真

Fig.11 Simulation of the FISU delegates' exit at the closing ceremony of the Chengdu FISU World University Games

表3 成都大运会开幕式运动员走场仪式部分方案的交通仿真评估结果

Tab.3 Traffic simulation evaluation results of selected scenarios for athletes' entry process at the opening ceremony of the Chengdu FISU World University Games

方案	形式	人数/人	方阵队伍数/队	时长/min
方案1	从开幕式主场馆2/3号口进、1/4号口出	2 000	93	47~52
		5 000	93	62~68
		8 000	93	87~96
方案2	从开幕式主场馆3号口进、1/4号口出	2 000	93	50~55
		5 000	93	66~72
		8 000	93	92~101
方案3	从开幕式主场馆1号口进、4号口出	2 000	93	62~67
		5 000	93	78~85
		8 000	93	109~114
方案4	从开幕式主场馆1号口进、2/3号口侧面上看台	6 552	90	85~95
		6 604	112	91~101
		9 441	116	128
		9 458	117	129

成都大运会开闭幕式仿真演练平台关键技术及应用



图 12 成都大运会运动员走场仪式仿真

Fig.12 Simulation of the athletes' entry process at the Chengdu FISU World University Games

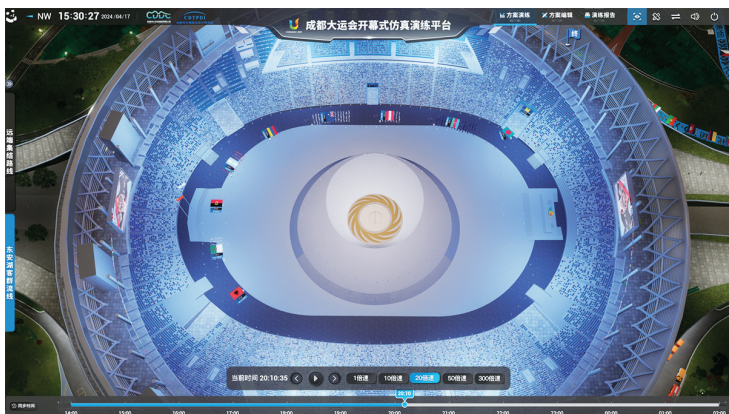


图 13 成都大运会开幕式主场馆增设步梯工程方案评估验证

Fig.13 Evaluation and validation of the additional staircase engineering plan for the main opening ceremony venue of the Chengdu FISU World University Games

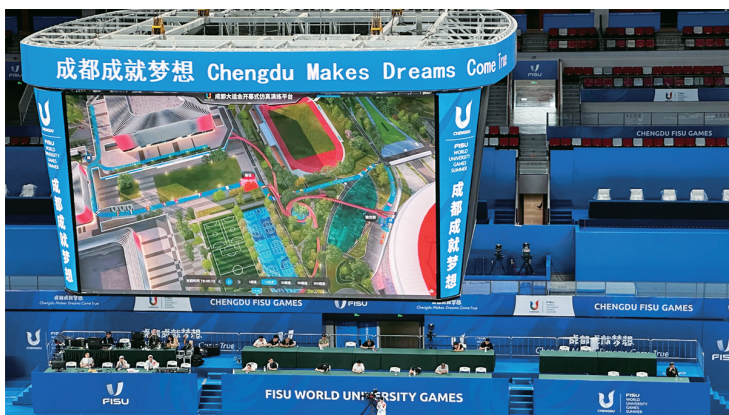


图 14 成都大运会开幕式综合馆培训演示应用场景

Fig.14 Training demonstration application scenario at the comprehensive venue for the opening ceremony of the Chengdu FISU World University Games

临时停车场工程设计过程中,利用仿真演练平台对多种交通和客群组织方案进行仿真运行。这一过程形成了不同客群规模下的关键数据,包括车行间距、车队编组、行驶速度、停车方式等。这些数据为临时停车场的

工程设计提供了多个方案场景下的数据支撑。

3.3.2 增设步梯工程

在开幕式主场馆增设1号、4号步梯的工程设计过程中,利用仿真演练平台对多种运动员走场仪式方案进行仿真运行(见图13)。这一过程形成了不同运动员规模下的关键数据,包括队伍间距、编组、速度等。这些数据为增设步梯工程设计提供了多个方案场景下的数据支撑。

3.4 开闭幕式人员培训

在成都大运会开闭幕式指挥中心、开幕式主场馆和开幕式综合馆(见图14)等区域,仿真演练平台为FISU代表、政府各级领导、工作人员、志愿者、运动员、技术官员、演职人员、安保人员、观众等参与者提供不同视角、不同运行方案条件下的辅助培训和演示支撑。

4 结束语

依托成都大运会开闭幕式仿真演练平台,构建了东安湖体育公园和成都露天音乐公园约6 km²的城市数字实景三维模型。此外,仿真演练平台被封装成完整的演示程序包,并存放于成都大运会博物馆及开幕式主场馆等区域,以此实现对开闭幕式盛况的永久展示。这一平台不仅作为成都大运会的重要数字资产进行宣传和推广,还不断丰富“智慧蓉城”的应用场景。

成都大运会开闭幕式仿真演练平台为解决大型赛事系统性保障问题提供了一套切实可行的方法。通过VISSIM交通仿真模型与数字孪生模型的融合,实现了二者间的双向交互应用,为大型赛事运行保障方案的制定提供了必要的技术支持。未来,在时间和空间条件有限的情况下,仿真演练平台的研发将重点关注大规模复杂人流和车流的疏散缓堵技术和方法,并进一步应用于交通枢纽、大型展会、应急疏散等城市运行场景。

参考文献:

References:

- [1] 张天然,朱春节,王波,等.上海市交通规划大数据平台建设与应用[J].城市交通,2023,21(1):9-16.
ZHANG T R, ZHU C J, WANG B, et al. Development and application of Shanghai big da-

- ta platform for transportation planning[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 9-16.
- [2] 甘勇华, 欧阳剑, 景国胜. 广州市交通规划决策支持平台构建实践[J]. 城市交通, 2023, 21(1): 17-25.
- GAN Y H, OUYANG J, JING G S. Practice of constructing a decision support platform for transportation planning in Guangzhou[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 17-25.
- [3] 张福勇, 樊嘉聪, 俞斌. 珠海市交通基础数据平台建设实践[J]. 城市交通, 2023, 21(1): 26-32.
- ZHANG F Y, FAN J C, YU B. Practice of Zhuhai basic transportation data platform construction[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 26-32.
- [4] 林涛, 丘建栋, 屈新明, 等. 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[J]. 城市交通, 2023, 21(1): 33-40.
- LIN T, QIU J D, QU X M, et al. CIM platform-based digitalized transportation planning and design: a case study of SuTPC platform[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 33-40.
- [5] 罗典, 王琢玉, 黄福恒, 等. 城市交通拥堵治理决策仿真平台构建及应用[J]. 城市交通, 2023, 21(1): 41-47.
- LUO D, WANG Z Y, HUANG F H, et al. Construction and application of urban traffic congestion control decision-making simulation platform[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 41-47.
- [6] 岳峰, 王立辉, 谭小松, 等. 数字孪生技术在防汛救灾中的应用[J]. 测绘通报, 2023(s1): 87-91.
- YUE F, WANG L H, TAN X S, et al. Application of digital twin technology in flood control and disaster relief[J]. Bulletin of surveying and mapping, 2023(s1): 87-91.
- [7] 辛佐先, 裴芳琼, 王柳. 城市轨道交通数字孪生技术架构及其应用[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(8): 213-217.
- XIN Z X, PEI F Q, WANG L. Urban rail transit digital twin technology architecture and application[J]. Urban mass transit, 2023, 26(8): 213-217.
- [8] 张宇琳, 尚可, 张飞舟. 基于数字孪生技术的异质交通流安全性研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2022, 58(5): 888-896.
- ZHANG Y L, SHANG K, ZHANG F Z. Application of digital twin technology to heterogeneous traffic flow security[J]. Acta scientiarum naturalium Universitatis Pekinensis, 2022, 58(5): 888-896.
- [9] 张艳丰, 欧志梅. 数字孪生技术驱动下智慧图书馆场景化服务模式研究[J]. 情报理论与实践, 2022, 45(8): 47-53.
- ZHANG Y F, OU Z M. Research on the scenario-based service mode of smart libraries driven by digital twin technology[J]. Information studies: theory & application, 2022, 45(8): 47-53.
- [10] 韩亮亮. 基于BIM+GIS技术的高铁动车运用所数字孪生关键技术研究[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(9): 160-165.
- HAN L L. Research on digital twin key technology of EMU depot of high-speed railway based on BIM and GIS technology[J]. Railway standard design, 2022, 66(9): 160-165.
- [11] 王晓飞, 丁振中, 刘永, 等. 基于Vissim建模的高速公路作业区混合车辆上游过渡区空间安全性研究[J]. 公路交通科技, 2022, 39(12): 163-170.
- WANG X F, DING Z Z, LIU Y, et al. Study on spatial security of expressway work area upstream transition zone with mixed vehicles based on Vissim modeling[J]. Journal of highway and transportation research and development, 2022, 39(12): 163-170.
- [12] 马庆禄, 张琳, 袁新新, 等. 城市道路交通多状态演化下的连续仿真技术研究[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(4): 847-855.
- MA Q L, ZHANG L, YUAN X X, et al. Continuous simulation technology for multi-state evolution of urban road traffic[J]. Journal of system simulation, 2022, 34(4): 847-855.
- [13] 袁洁, 崔博宽. 基于Vissim的共享电动汽车交通流出行仿真[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2021, 49(s1): 194-201.
- YUAN J, CUI B K. Traffic flow simulation of shared electric vehicles based on Vissim[J]. Journal of Tongji University (natural science), 2021, 49(s1): 194-201.