引文格式：张佳威,石硕,武瑞宏,等. 基于Cesium实景三维可视化技术的铁路站区更新应用研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(9): 71-74. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2025.09.015

基于Cesium实景三维可视化技术的铁路站区更新应用研究

张佳威[1]，石　硕[1]，武瑞宏[1]，马凌宇[2]，杨宝成[2]
（1. 中铁第一勘察设计院集团有限公司，陕西 西安 710043；2. 中国铁路呼和浩特局集团有限公司，内蒙古 呼和浩特 010050）

摘　要：在智慧铁路与数字孪生站场建设背景下，基于实景三维可视化技术的铁路站区更新是未来规划发展的方向与趋势。首先利用无人机倾斜摄影技术采集某铁路站区更新区域的倾斜影像，获取该区域OSGB格式的倾斜模型数据，并将倾斜模型进行切片，转换为3DTiles文件；然后将无人机航摄获取的更新区域影像制作为DOM并进行栅格影像切片，根据DOM制作更新区域的建筑物矢量数据；最后利用Nginx统一发布数据服务，通过IndexDB建立Web端缓存机制，基于Cesium+Vue+TypeScript等技术搭建多源数据融合的实景三维可视化平台。该平台可为铁路站区更新提供高精度真实感三维地理数据，为相关管理人员提供实景浏览、单体化查询、卷帘对比、空间分析等应用服务。

关键词：数字孪生；铁路站区更新；实景三维；倾斜模型；应用服务
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）09-0071-04

Research on Railway Station Renewal Application Based on Cesium 3D Real Scene Visualization Technology

ZHANG Jiawei[1], SHI Shuo[1], WU Ruihong[1], MA Lingyu[2], YANG Baocheng[2]
(1. China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China;
2. China Railway Hohhot Group Co., Ltd., Hohhot 010050, China)

Abstract: In the context of smart railway and digital twin construction, railway station area renewal based on 3D real scene visualization technology is the direction and trend of future planning and development. Firstly, we used UAV oblique photogrammetry to collect oblique images of updated area, obtained 3D models in OSGB format for the region, sliced and converted the oblique model into 3DTiles files. Then, we made the images of updated area acquired by UAV aerophotogrammetry into DOM, sliced the raster images, and created the building vector data of updated area based on DOM. Finally, we used Nginx to uniformly publish data services, established a Web-based caching mechanism through IndexDB, and built a multi-source data fusion 3D real scene visualization platform based on Cesium+Vue+TypeScript. The platform can provide high-precision 3D real scene models for updated area, and provide relevant managers with application services such as real scene browsing, attribute query, split-screen comparison, and spatial analysis.

Key words: digital twin, railway station renewal, 3D real scene, oblique model, application service

随着城市数智化进程的加快，智慧城市与数字孪生底座建设逐渐成为“实景三维中国”政策实施中的重要一环[1]。在铁路站区更新与规划领域，利用5G、新型基础测绘、人工智能等新技术手段对站区内的地形地貌、景观绿化、建筑房屋、铁路基础设施等真实场景进行三维建模，并基于统一的时空基底进行可视化表达，可为铁路管理部门提供高精度、高时效性的基础地理底图，从而辅助规划设计与决策部署[2]。2023年2月国家印发的《数字中国建设整体布局规划》提出，以数字化驱动中国式现代化的工作部署[3]。国家铁路局发布的《“十四五”铁路科技创新规划》指出，运用北斗、云计算、人工智能、大数据等前沿技术推动铁路管理手段、模式与理念创新，助力铁路规划、建设、管理、服务等策略数字化、智能化，以提升智慧铁路长效运营水平[4]。

众多学者[5-11]利用倾斜摄影、激光扫描、新型基础测绘、人工智能等技术手段开展了实景三维平台的研究工作。以数字孪生技术为核心的铁路站区实景三维平台构建已成为智慧铁路发展的重要支撑，为实现铁路站区更新的可视化管理提供了新的技术手段[12]。本文以我国某铁路站区规划建设项目为例，基于Cesium+Vue+TypeScript等技术开发了融合倾斜模型、正射影

项目来源：中铁第一勘察设计院集团有限公司重大专项资助项目（2021KY73ZD(ZDZX)-01）；呼和浩特铁路局重点研发计划资助项目（2023.2B051）。
第一作者简介：张佳威（1996—），硕士，工程师，从事地理信息系统与铁路数智化平台研发工作，E-mail：zjw_giser@126.com。

像、房屋矢量、规划专题图等数据的实景三维可视化平台，实现了实景三维漫游、房屋单体化查询、资源服务管理、卷帘对比、空间分析等功能，探索了该平台架构在铁路站区更新中辅助规划设计、决策制定的可行性。

1 需求分析与总体框架

1.1 需求分析

1）铁路站区更新基础数据复杂。在规划设计阶段需要考虑的因素较多，如地形地貌、征地拆迁、线路管网、土地利用类型等，基础地理信息数据具有多维度、多尺度、多专业等特点，将来源不一、形式各异的二三维数据基于统一的时空基底进行集成管理难度较大[13]。

2）平面设计图纸可视化效果差。在前期规划设计阶段，通常需对更新区域的真实地理环境进行宏观和微观的展示分析。传统二维CAD设计图纸或二维专题地图种类繁多，表达要素较复杂，导致规划方案的视觉直观感受欠佳，限制了基础地理信息数据的可视化效果与共享效率。

3）更新区域大场景的倾斜模型数据加载效率低。铁路站区更新涉及范围较广，倾斜摄影采集的原始OSGB数据存储量大，通过传统切片技术获取的3DTiles数据在Web端加载渲染效率不高，用户体验与交互性受限。

本文通过研究基于Web端的铁路站区数字孪生底座构建技术，开发了集成多源异构数据的实景三维可视化平台，可使铁路管理人员足不出户，就能全方位、多视角地浏览规划设计方案，有效降低了现场踏勘工作频次，为铁路站区更新提供可视化展示和分析解决方案。优化和改进的内容包括：①构建针对铁路站区多源异构数据集成与空间协同的技术方案，将多源二三维数据进行标准化入库存储，并转换为统一的空间参考框架，实现基础地理数据的融合匹配与集成管理；②构建数据服务发布与前端数据缓存技术方案，通过对栅格影像、矢量、倾斜模型等二三维数据进行统一的服务发布，并利用IndexDB缓存策略管理上述数据资源，有效提升了铁路站区大范围场景前端渲染加载效率；③搭建面向铁路站区更新的实景三维可视化平台，基于Cesium+Vue+TypeScript技术框架开发系统平台，实现更新区域的实景浏览、征拆建筑查询、卷帘对比、空间分析等应用服务。

1.2 总体架构

本文开发了一套完整的面向铁路站区更新的实景三维可视化平台解决方案。系统平台基于B/S架构，用户端集成开源的WebGL技术，实现实景三维数据的前端渲染；服务端采用微服务架构，提供统一标准的二三维数据服务发布。总体架构分为4层，其中支撑层包括服务器、计算节点、数据库、地理引擎、网络传输等基础软硬件资源；数据层包括倾斜模型、正射影像、房屋矢量、规划专题图等基础数据；平台层整合各类数据和服务资源，包括数据集成、数据管理、数据可视化、服务注册、服务发布、服务更新等模块；应用层包括更新区域实景浏览、倾斜模型单体化、征拆改造房屋属性查询、二三维数据资源服务管理、规划设计方案卷帘对比、空间分析、空间量测、路径漫游等功能应用。

1.3 技术路线

技术路线分为基础数据准备和系统平台开发两个部分：在数据准备阶段，主要对栅格影像、地形、矢量、三维模型等铁路站区更新所需的基础地理信息数据进行整合、检核、存储和入库，形成分层级的数据组织形式，使其满足OGC、TMS、3DTiles等标准服务与数据的接入加载要求；在系统平台开发阶段，前端基于Cesium三维地图引擎构建铁路站区更新区域的数字孪生场景，后端基于微服务架构，利用Nginx独立部署数据服务，以提高系统运行的灵活性与稳定性，支撑实景三维数据在铁路站区更新场景下的深度应用。

2 关键技术研究

2.1 铁路基础地理信息数据集成

对铁路站区更新所需的基础地理信息数据进行一体化展示是搭建三维可视化平台的关键。通过研究多源异构数据的融合集成技术，可解决二三维数据难以在同一时空基底下展示的问题，为数据的分图层调用和可视化展示奠定基础。

1）倾斜模型切片。首先对更新区域优于0.05 m分辨率的无人机倾斜影像进行三维模型重建、自动化纹理贴图等处理，得到OSGB格式的实景三维模型；再对倾斜模型进行切片处理，并经过合并索引、重建顶层、顶点压缩等处理得到通用的3DTiles数据格式。

2）DOM切片。首先对更新区域的航测原始影像进行空三加密、正射纠正、镶嵌匀色等处理，得到DOM，格式为tif；再将tif影像进行金字塔切片处理（本文采用Google地图瓦片规则），配置坐标参考、缩

放级别、图块命名规则等参数，得到 PNG 格式的影像切片文件。

3）房屋矢量化。首先将 tif 格式的 DOM 作为矢量化底图，通过新建面矢量图层，对区域内独立建筑房屋进行矢量面绘制，并对每栋建筑物赋予名称、类型、权属等关键属性信息，得到 Shapefile 格式的房屋矢量面数据；再对从规划部门收集的其他专题矢量图进行坐标参考统一、矢量拓扑检查、属性信息编辑等处理；最后将所有 Shapefile 矢量文件统一转换为 GeoJSON 格式数据。

2.2　数据服务发布与缓存策略

铁路站区尺度下的 DOM、倾斜模型都是体量较大的数据，需发布为独立的 HTTP 服务以便于前端的快速调用加载[14]。为最大化提升二三维数据的可视化效率，需通过标准的 HTTP 数据分发服务传送到 Web 端进行渲染展示。Nginx 是一个开源、高性能的反向代理 Web 服务器，具有占有内存少、并发能力强的特点，可用于瓦片底图、地形数据、模型等数据的服务发布。利用 Nginx 将 3DTiles 数据分发为倾斜数据服务，将 GeoJSON 数据分发为矢量数据服务，将影像瓦片数据分发为栅格影像服务。

为进一步增强铁路站区大范围实景三维数据的可视化效果，利用 IndexDB 离线缓存技术（图 1）管理 3DTiles 模型、地形、栅格影像、矢量图层等资源数据。相较于 LocalStorage，IndexDB 能更好地满足大容量瓦片 MB 甚至 GB 的缓存需求。经实验验证，对于本文研究区域数据量约为 25 GB 的倾斜模型，在数据二次请求时，加载时长不到 2 s（未使用时约为 6~8 s）。因此，在 Cesium 请求资源服务时引入 IndexDB，采用缓存策略可显著提升场景的二次加载速率。

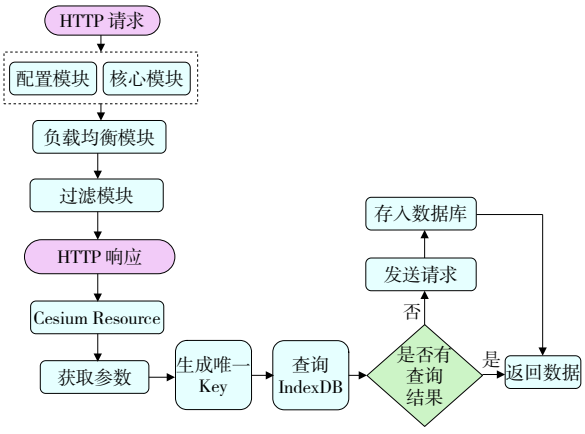


图 1　Nginx+IndexDB 缓存策略

2.3　实景三维可视化平台搭建

本文采用 Vue3 开发框架，结合 TypeScript 语法和 AntDesign UI 组件库，开发了前端页面结构、样式布局与交互行为等内容。Cesium 是一款开源的三维地图引擎，用以实现 Web 端的地图动态数据可视化[15]，是本平台的核心依赖库。三维渲染时将矢量图层动态叠加到倾斜模型上，选择贴地高度模式，使其附着在模型表面，从而实现倾斜模型的动态单体化。基于 CesiumJS 提供的 API 调用 Nginx 发布的数据服务 URL，实现瓦片图层对象、3DTiles 三维模型图层、矢量数据对象等的快速加载与渲染。

3　应用实践

3.1　更新区域实景三维浏览

平台依托倾斜摄影三维模型、矢量、卫星影像、专题图、电子地图等二三维数据，实现了铁路站区更新区域的现场环境、地形地貌、铁路基础设施、规划方案等要素的集成浏览，支持二三维切换、缩放旋转、场景漫游（图 2）、地图标绘、坐标定位、图层管理等基本操作，还支持对业务信息、属性信息进行查询、统计和分析，为用户提供全方位、多场景的基础地理信息服务。



图 2　铁路站区更新区域三维漫游

3.2　建筑物单体化查询

平台支持对征拆房屋建筑进行单体化查询（图 3），通过点选房屋建筑实体，可查看当前房屋的属性信息，包括房屋编号、房屋名称、产权归属、使用年限、结构、层数、建筑规模等信息；同时支持范围查询，通过框选空间范围（矩形、圆形、多边形等），查询结果高亮显示，并展示该范围内包含的房屋列表，便于用户对感兴趣区域进行精确定位；还支持条件查询，可按照房屋属性进行多条件查询，便于用户对目标房屋进行快速搜索，提高数据检索效率。



图 3　征拆房屋单体化查询

3.3 更新区域规划专题表达

平台支持空间量测、卷帘对比、坐标定位等GIS基础功能服务，用户可对不同数据进行分屏、卷帘操作（图4），以便展示不同时期或不同规划专题在同一区域的差异；同时支持缓冲区分析、叠加分析、可视域分析、剖面分析等常用的空间分析服务；还可基于精细化三维模型进行分层分户管理、征拆量统计、建设进度分析等。上述分析功能可辅助铁路相关管理部门实现三维场景模拟、前期规划设计与方案评审，为铁路区域更新提供一定的理论依据与决策支持。



图4 规划专题图层卷帘对比

4 结 语

随着智慧铁路建设脚步的不断加快，以实景三维模型为基础、数字孪生底座为载体的应用场景与业务需求愈发精细化、智能化。本文以我国某铁路站区为研究对象，基于Cesium+Vue+TypeScript等技术开发了融合多源异构数据的铁路站区更新区域实景三维可视化平台，实现了实景三维数据、业务数据和规划设计数据的集成浏览、管理与分析，验证了该技术框架应用于铁路站区区域更新的可行性。

1）多源数据集成方案有效解决了铁路站区更新所需的基础地理信息数据来源多样、形式各异、坐标参考不同等问题，实现了数据源的有效整合和统一管理。

2）利用WebGL相关技术构建实景三维可视化平台，满足大规模三维场景的数据承载和渲染能力需求，并可接入各类铁路基础地理信息数据进行一体化展示和管理，按需定制功能服务。

3）平台提供的GIS空间分析功能可辅助管理部门进行现状调查、规划设计、场景模拟，可为铁路站区更新进行数智化赋能。

智慧铁路是落实数字中国战略的重要组成部分，已成为推进新型基础设施建设、提升铁路治理水平、发展数字经济的战略选择，推动着数字孪生技术在铁路建设各领域更加广泛深入的应用。如何快速构建轻量化、可视性强、可辅助决策的数字孪生平台，并将其贯穿于铁路全生命周期管理之中，将是未来智慧铁路重要的研究方向。

参考文献

[1] 陈军,田海波,高鉴,等. 实景三维中国的总体架构与主体技术[J]. 测绘学报,2025,54(4):636-649

[2] 钟勇,谢刚生,段文周,等. 自然资源三维立体一张图建设技术探究[J]. 测绘通报,2024(2):165-169

[3] 杜佳涛,王凤艳,王明常,等. 基于多源数据融合的数字工厂三维模型重建与可视化[J]. 测绘通报,2024(2):95-99

[4] 朱庆,张利国,丁雨淋,等. 从实景三维建模到数字孪生建模[J]. 测绘学报,2022,51(6):1 040-1 049

[5] 罗振威,李骁,刘承承,等. 利用倾斜摄影与激光扫描技术构建城市级实景三维模型[J]. 测绘通报,2023(12):116-120

[6] 吴志伟,高达. 基于数字孪生的铁路货运站场资源可视化系统[J]. 铁路计算机应用,2023,32(9):54-58

[7] 姚健,郑鹏程,那嘉明,等. 基于Cesium的倾斜摄影数据景区信息平台服务发布[J]. 测绘技术装备,2023,25(4):165-171

[8] Zhong T. An Initial Exploration of Digital Twin Technology for Hydraulic Structures Based on Cesium[C]//Proceedings of the 2024 Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area International Conference on Digital Economy and Artificial Intelligence,2024

[9] 杨会敏,王长鹏. 基于实景三维的城市防汛应急一张图建设[J]. 城市勘测,2023(3):63-65

[10] 田梦然,储鼎,赵晓伟. 利用实景三维模型构建城市洪涝预警平台[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(增刊1):21-24

[11] 高俊,柳春生,淦立琴,等. 面向城市更新的实景三维平台设计与实现[J]. 地理空间信息,2023,21(9):120-123

[12] 郭泽,谭衢霖,秦晓春,等. 基于Cesium的铁路线路三维场景空间信息服务[J]. 测绘通报,2022(11):144-148

[13] Liu C B. Cesium-MRS: A Cesium-based Platform for Visualizing Multi-source Remote Sensing Data[J]. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,2023(48):15-19

[14] 刘朝晖. 基于GIS+BIM的铁路三维信息化管理平台研究[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(12):19-22

[15] Liu F, Zhang H, Hu Y, et al. Cesium Based Lightweight Web BIM Technology for Smart City Visualization Management[C]//Information Technology in Geo-engineering: Proceedings of the 3rd International Conference (ICITG), Guimarães, Portugal 3. Springer International Publishing, 2020