

数字孪生技术在智慧园区中的实践

徐元晓, 娄欢, 陈殊

中通服咨询设计研究院有限公司, 江苏南京 210019

摘要: 通过分析某市开发区的地形地貌和园区安全生产需要, 提出了以倾斜摄影测量、地下管线探测、Cesium模型渲染等数字孪生技术为基础, 以数字化、智能化理念为目标, 考虑园区中的“建筑、设备、安全、环境”等因素, 结合物联网、大数据、可视化技术, 形成一套完整的实景三维数字化模型园区数字孪生解决方案, 即智慧园区数字孪生可视化平台。该平台既能提供厂区、楼宇、河流等区域宏观上的多级可视化, 又能进行微观逐层缩放, 实现园区从时间到空间的全方位展示和管理, 从而全面提升园区规划、建设、发展的信息化管理水平。

关键词: 数字孪生; 倾斜摄影; 地下管线探测; 三维建模

中图分类号: TN915

文献标识码: A

文章编号: 1672-0164 (2023) 06-0041-04

1 引言

在空间规划、建成效果与规划比对上, 一方面, 传统的园区建设一般停留在二维平面CAD(Computer Aided Design 计算机辅助设计)图纸或二维地图上, 基本采用肉眼观测的方式进行对比建成效果与规划效果的差别, 远远达不到实景细微的智慧化标准。另外一方面, 即使有地理信息系统建设, 表现在三维空间数据模型大多是针对单一数据类型, 这种模型无法表示多源异构数据, 且数据与软件耦合度高, 复用价值相对较低。智慧化园区需要实现园区三维空间的有效感知和实景可视化, 建立一套更高层次的三维空间模型, 如建筑楼宇模型、地下管线模型、地表景观模型等, 这些三维数据模型绝大多数是针对地上、地下等多粒度对象难以统一表达而设计的。因此, 以数字孪生技术为核心的园区信息模型构建是新型智慧园区的基础, 为实现智慧园区的三维可视化监控提供了全新的思路^[1]。

文中数字孪生技术主要聚焦在三个方面: 首先, 采用倾斜摄影技术+自动化建模+人工修模的技术建立第三建筑物实景三维建模; 其次, 采用仪器探测+钎探的方法探测+自动化建模的方式进行地下管线空间建模; 最后采用基于三维GIS(Geographical Information System 地理信息系统)引擎Cesium的Web技术进行三维可视化呈现天、地、空一体的数字孪生园区, 从而为该园区各部门的智慧应用提供时空数据服务以及其他相关应用支撑, 助力该园区新型基础设施建设。

2 数字孪生的定义

数字孪生(Digital Twins)概念源于工业制造领域, 通过与5G通信、物联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术相结合, 实现了数字孪生理论在多个行业领域的实际落地和转化, 并逐步延伸到智慧城市、智慧交通、智慧水利等应用领域^[3]。数字孪生智慧园区的构建, 将带来园区智能化管理和服务的颠覆性创新。数字孪生智慧园区应用场景中, 将园区所有的人、物、事件、建筑、道路等基础设施, 在数字世界均有对应的虚拟映像, 属性信息及动态变化信息可见, 轨迹可循, 状态可查; 虚实同步运转, 情景交融; 过去可追溯, 可进行安全事故预警和外来发展趋势的预期; 虚拟服务现实, 模拟仿真决策。

3 数字孪生关键技术

3.1 无人机倾斜摄影三维建模技术

无人机倾斜摄影三维建模是通过还原影像间的立体关系来构建真实的三维模型^[5], 利用无人机根据设计路线获取有序的、具有一定航向和旁向重叠度的影像资料。倾斜测量的操作流程一般分为三步: ①无人机一般携带1个垂直和4个倾斜的传感器设备进行图像采集, 使用无人机获得足够的图像数据; ②外业人员利用GPS-RTK测量像控点, 得到精确的像控点点位信息, 像控点点位的优劣、指示点位的精度等都会对结果的准确性产生直接影响; ③目标区

收稿日期: 2023年2月9日; 修回日期: 2023年10月7日

域实景三维模型,使用ContextCapture软件进行数据处理。ContextCapture支持多种类型的倾斜摄影模型导出格式,能够将原OSGB(Oen Scene Gragh Binary一种数据存储格式)格式数据转换为由Cesium支持的3DTiles格式。利用无人机倾斜摄影测量技术构建真实的3D模型,与传统的无人机摄影测量相比,其数据更加详细,可以看到真实的地形地貌、建筑、河流等地面信息。总体技术路线如图1所示。

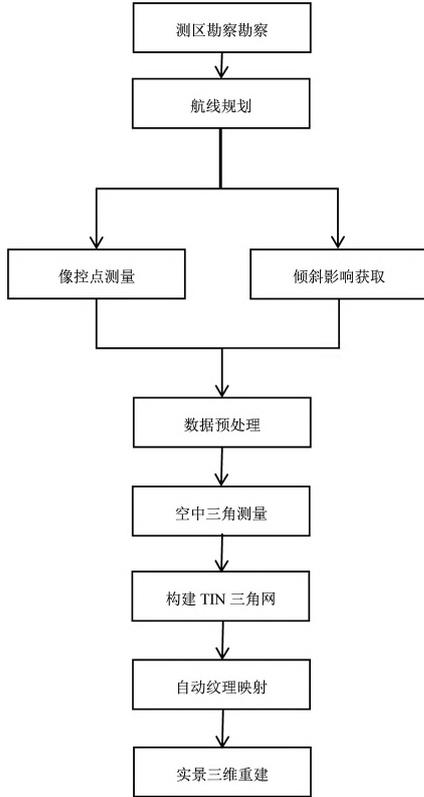


图1 倾斜摄影技术路线图

3.2 地下管线物探及三维模型技术

城市地下管线可分为八大类,即给水管类、排水类、电力类、电信类、热力类、燃气类、工业类和地下空间设施类。每一个大类也可以分成小类,比如自来水的管道,包括自来水的供应,循环水的供应,消防的供应,绿化的供应。电信管道包括市话,长途,有线,宽带等小类^[6]。整个地下管线物探技术上主要遵循以下几点:

①地下管道探测要遵循由简入繁,由已知入未知的探测原则。为了提高探测精度,优先采用最大限度地克服干扰的轻巧、有效、快速和低成本方法。在复杂条件下,采用多种探查手段进行互证是合适的方法。物探作业流程见图2所示。

②地下管道三维模型采用的数据集是利用3dsmax处理的探地雷达获取的轮廓数据,获取管点中心点坐标后再导出CAD二维模型,按规范对不同类型的管点模型进行逐一编号;根据管线横断面的不同,管线建模可以分为方形管线和圆形管线两大类,分别通过BOX和Cylinder的方式对这两类管线进行三维模型建立。制作好管点和管线模型文

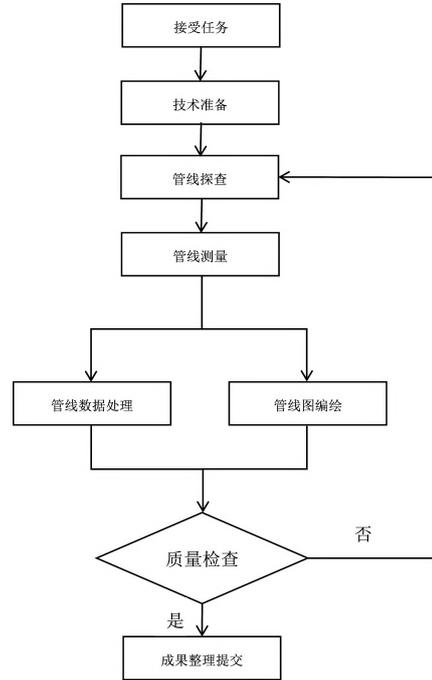


图2 管线物探工作流程图

件后,可以使用第三方插件将模型转换为最终的.gltf格式,其中.gltf格式文件中里的json格式文件可以直接在Cesium中加载使用。

③地下管线资料的现势性很强,随着时间的推移,不可避免地会不断发生管线变更、新增、废止等事件。项目采用MySQL关系数据库,结合Cesium引擎开发Web端系统,为提供地下管线数据规划、管理、决策和研究所需的信息,实现对地下管线的属性和空间数据的集中管理。

3.3 Cesium 三维 web 可视化技术

利用Cesium和WebGL图形渲染器在HTML5平台上进行可视化交互技术进行三维可视化开发。首先,Cesium能以二三维进行展示,支持加载3D Tiles、gltf格式数据、海量倾斜模型、点云模型数据以及符合OGC标准的WMS、WMTS等地图服务;其次,Cesium具有丰富的接口,在三维模型业务中一般只需调用接口即可满足工程建设的基本需求。最终,当程序运行时,客户端发出请求命令,从服务器中提取瓦片数据,服务器响应接收并传回客户端,客户端解析文件并调用图形绘制方法渲染到网页上,实现三维可视化交互,在网页上可以进行图像绘制和图像编辑等功能。整体开发技术如图3所示:

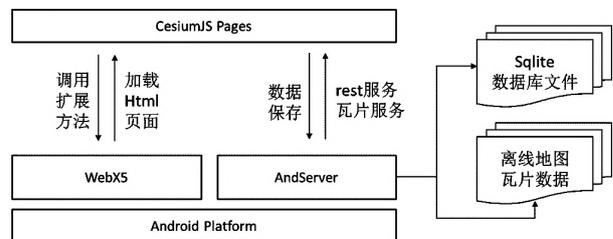


图3 Cesium Web技术图

4 数字孪生智慧园区实践

4.1 项目概况

随着数字城市建设工作的持续推进，各地政府与城市内辖区主管部门对于地理信息数据的重视程度也越来越高，都在利用地理信息、卫星遥感、地下管线等数据，辅助城市建设、规划与治理^[2]。地理信息数据的应用能够有效地解决新时期城市建设中存在的信息不畅通、专业数据支撑缺少等问题，并通过各种领域的资源共享，形成一种全新的城市信息系统和服务方式，为各区域的信息化和标准化建设工作提供依据。项目通过对某市经济开发区进行三维倾斜摄影测量以及地下管线探测，建设智慧园区数字孪生可视化平台，对整个园区以及管线情况进行实时动态监控，以助力经济开发区智能化发展。

4.2 系统设计

目前，凭借其分布式系统架构、数据共享服务、高效计算负载、独立客户端等优势，基于网络地理信息系统(WebGIS)技术的地图展示已经成为GIS的主流架构模式。项目采用B/S架构，以传统浏览器为客户端，方便访问客户端，共享数据。该系统基于Cesium三维引擎技术，通过搭建三维WebGIS地图服务，利用Cesium框架加载和可视化园区建筑轮廓数据、无人机倾斜摄影、地下管线3D、CAD等三种经过数据预处理的空间数据。实现可视化展示地形地貌、楼体模型，地下管线的功能。系统后端采用轻量级的容器Spring框架，前端以VUE和Cesium为基础实现二三三维模型数据的渲染显示。系统技术架构主要包括三个部分，如图4所示的浏览器客户端、服务层和数据层。

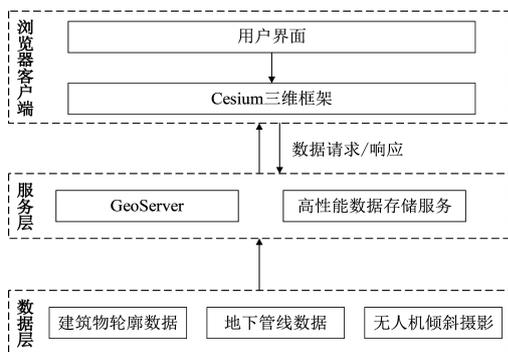


图4 系统技术架构图

4.3 功能设计

该系统设计的目标是在实现园区设施、地下管线属性信息查询的同时，实现对园区基础设施、立体建筑、地下管线等进行在线浏览的三维园区模型展示。系统包括图层管理、空间量测、信息查询、全景浏览、我的地图等模块，其中，园区范围、基础设施、路网、地名、地下管线三维模型、倾斜相等等数据由图层管理模块负责加载显示二三三维数据；空间测量模块主要功能是进行距离测量、面积测

量和三角测量等三维环境空间测量；信息查询主要功能是通过进行属性查询、空间查询等园区矢量数据信息查询；而全景浏览主要功能是通过能够关联二维矢量显示的真实影像来实现虚拟浏览。

5 数字孪生可视化平台实现

项目基于4.2小结系统功能设计，以传统浏览器为客户端，采用B/S架构，为实现园区“智慧管理”而建立智慧园区数字孪生可视化平台。

该系统功能实现如下：

(1) Web前端的基本功能实现

基于Vue的MVVM数据双向绑定机制，在Web前端展示平台系统界面及所有的二、三维可视化效果，主要包含了界面设计和功能插件设计。结合系统设计的总体目标，该平台通过引用Web前端显示层中的各种插件（如Element）来优化用户界面（UI），为用户提供良好的交互界面，如图5所示，在框架结构、交互性和视觉效果三个方面最大限度地满足了用户需求。



图5 系统平台界面

该平台完成了底图控制、坐标定位、测量、绘图、滚动、飞行和漫游等一系列基础地图操作。其中，绘图和测量功能主要由Cesium提供的Primitive和CesiumMath类实现。用户可以在交互时通过DrawHandler类完成回调，以实现动态绘图和测量操作。

(2) 多数据源加载与图层管理

利用OGC标准定制的WMS、WPS、WCS等网络在线服务，并通过服务器端的在线服务请求加载多个数据源，包括不同数据源的卫星图像和街景地图，如谷歌地图、高德地图、ArcGIS等。同时，它还可以支持不同等级的离线瓦片数据格式的图像加载功能，从而实现如图6所示的二维和多源数据的加载和管理。平台中的3D Tiles瓦片集由tileset.json文件和一系列对应单个瓦片的b3dm文件组成，在加载时，首先读取tileset.json中的配置，然后调用实际tile中的数据，以完成管道3D模型的渲染和可视化。



图6 图层加载与管理

(3) 浏览交互与属性查询功能

.glTF格式数据模型加载到场景中后,可以利用Cesium的浏览功能进行放大缩小平移和旋转模型的操作,实现用户多视角对管线模型进行浏览的目的。当用户使用鼠标在场景中拾取某一管道时,可以根据管道编号查询该管道信息,例如管道材质、管道类型、管道半径等信息。通过数据库可以对模型进行一个简单的查询,以显示管道所有的属性信息,如图7所示。



图7 浏览交互与属性查询实现

6 结语

以某市经济开发区智慧园区建设为背景,深入研究了与WebGIS相关的系统结构、实现方式及数据管理。在此基础上,利用Web前端作为数据可视化平台,结合开源3D地图引擎Cesium,在MySQL数据库支撑下,设计了一套集数据存储管理与可视化操作的智慧园区数字孪生可视化平台。该平台实现了基础地图操作、数据查询、图层管理和可视化表达等功能,实现了地下管线数据和资料的存储、处理、分析和利用,达到了资源整合的目的。随着未来基础数据的不断变化和技术的不断更新,该平台将在加载海量3D模型和用户交互方面得到改进,从而在园区的智能管理中发挥更大的作用。

参考文献

[1] 王育杰,施凯敏,娄书建.数字孪生三门峡水利枢纽综合设计与应用研究[J].水利信息化,2022(06):1-6+14.
 [2] 时英娜.数字城市建设中地理信息数据处理方法研究[J].科技创新与生产力,2022(11):71-73+77.
 [3] 王昊.基于数字孪生技术的水声信息处理平台可视化[J].电声技术,2022,46(05):25-28.
 [4] 吴泳,黄天勇,闻平.基于Cesium的虚拟旅游系统研究[J].地理空间信息,2021,19(11):155-157+10.
 [5] 吴英超,尤广然,孔重人,雷利元.无人机倾斜摄影测量技术和LNCORS在构建海岛三维可视化模型中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(12):240-242.
 [6] 王舒,宁芊.地下管线空间数据模型及三维可视化[J].软件导刊,2015,14(02):78-80.

作者简介

徐元晓(1979—),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:软件工程、数据治理、领导驾驶舱实施。
 娄欢(1983—),女,硕士,高级经济师,主要研究方向:智慧城市咨询与规划、数字政府顶层平台规划与实施、子平台建设规划与实施等。
 陈殊(1997—),男,硕士,助理工程师,主要研究方向:GIS空间分析与应用。

The practice of digital twin technology in smart park

XU Yuanxiao, LOU Huan, CHEN Shu

China Information Consulting and Designing Institute Co., Ltd, Nanjing 210019, China

Abstract: Based on the analysis of the topographic features of a city's development zone and the need for safe production in the park, this paper proposes a complete set of solutions based on digital twin technologies including oblique photogrammetry, underground pipeline detection, and Cesium model rendering, aiming at the concept of digitalization and intelligence. This method is composed of the Internet of things, big data and visualization technology, taking into account the factors such as buildings, equipment, security and environment in the park. Through the establishment of a three-dimensional digital model of the park, a digital twinning visualization platform of the smart park is designed. The platform provides multi-level visualization of the plant area, buildings, rivers and other areas, and realizes the visualization of the park's macro control and microscopic layer-by-layer scaling, and it also provides the all-round display and management from time to space, so as to comprehensively improve the informatization management level of the park's planning, construction and development.

Keywords: Digital twins, Oblique photography, Underground pipeline detection, Three-dimensional modeling