

城市部件三维一体化采集方法研究及工程应用

侯立叶 姚郑伟

核工业(天津)工程勘察院有限公司 天津 301800

摘要: 本文围绕城市部件三维一体化采集展开研究, 阐述其基础理论, 涵盖城市部件定义、三维激光扫描技术原理及三维模型构建理论。提出采集方案设计、数据采集与预处理、部件提取识别等方法, 并以某二线城市商业中心区为案例开展工程应用。实践表明, 该技术显著提升城市管理效率, 缩短部件维修响应时间。同时分析项目成本与效益, 探讨技术挑战及解决方案, 揭示其在智慧城市建设中广阔的应用前景与推广价值。

关键词: 城市部件; 三维一体化采集; 工程应用

1 城市部件三维一体化采集基础理论

1.1 城市部件定义

城市部件是构成城市空间的基本单元, 涵盖了城市基础设施、公共服务设施、交通设施等各类实体对象。从广义角度来看, 城市部件包括道路、桥梁、路灯、井盖、广告牌、公交站台等城市建设与管理中不可或缺的设施。这些部件不仅是城市正常运转的物质基础, 也是城市管理部门进行精细化管理的重要对象。城市部件的定义具有鲜明的层次性与系统性, 在城市管理的语境下, 城市部件被赋予了明确的功能属性与管理责任划分。通过对城市部件进行标准化定义, 能够实现城市管理的数字化与信息化, 为城市部件三维一体化采集奠定概念基础。随着城市的不断发展与更新, 城市部件的范畴也在持续拓展, 新型智慧城市建设中出现的智能传感器、5G基站等新型设施, 也逐渐纳入城市部件的管理体系。

1.2 三维激光扫描技术原理

三维激光扫描技术基于激光测距原理, 通过高速激光扫描测量的方法, 大面积、高分辨率地快速获取被测对象表面的三维坐标数据。该技术以激光发射器向目标物体发射激光束, 激光束遇到物体表面后反射, 由接收器接收反射光, 根据激光的飞行时间或相位差计算出目标点到扫描仪的距离, 结合扫描仪的角度测量系统, 确定目标点在空间中的三维坐标^[1]。三维激光扫描技术能够实现非接触式测量, 具有高效率、高精度、高分辨率等特点。在城市部件三维一体化采集中, 三维激光扫描设备可以快速获取城市部件的外形轮廓、尺寸等信息, 即使对于复杂形状的部件, 如不规则的雕塑、异形建筑结构等, 也能精确建模。另外, 该技术可在不同环境条件下作业, 无论是白天还是夜晚, 室内还是室外, 都能稳定采集数据, 为城市部件三维模型的构建提供可靠的数据支撑。

1.3 三维模型构建理论

三维模型构建是将采集到的城市部件数据转化为可视化、可操作的三维数字模型的过程, 其核心理论包括几何建模、纹理映射和数据融合等。几何建模是构建三维模型的基础, 通过点云数据处理, 将离散的三维坐标点构建成具有拓扑关系的几何模型, 常见的方法有三角网建模、曲面建模等。纹理映射则赋予三维模型真实的外观, 通过采集部件表面的纹理图像, 将其映射到几何模型上, 使模型更加逼真。在城市部件三维模型构建中, 准确的纹理映射能够提高模型的辨识度, 方便城市管理者识别部件的细节特征。数据融合理论解决了多源数据整合的问题, 在城市部件三维一体化采集中, 可能会同时使用三维激光扫描数据、航空摄影测量数据、无人机倾斜摄影数据等, 通过数据融合技术, 将不同来源的数据统一到同一坐标系下, 构建完整、准确的三维模型, 提升模型的质量与应用价值。

2 城市部件三维一体化采集方法

2.1 采集方案设计

采集方案设计是城市部件三维一体化采集的首要环节, 需综合考虑采集目标、采集区域、采集设备与采集时间等多方面因素。在确定采集目标时, 要明确需要采集的城市部件类型, 如重点采集交通设施、公共服务设施等, 同时确定采集精度要求, 根据不同的应用场景, 精度要求可能从厘米级到毫米级不等。采集区域的划分需结合城市地理信息与部件分布情况, 对于城市核心区域、复杂地形区域等, 可采用不同的采集策略。在采集设备选择上, 需根据采集区域的特点与采集目标, 合理搭配三维激光扫描仪、无人机、单反相机等设备, 采集时间的安排要考虑天气、光照等环境因素, 以保证采集数据的质量与完整性。

2.2 数据采集与预处理

数据采集阶段,各类采集设备按照设计方案对城市部件进行数据采集。三维激光扫描仪获取部件的三维点云数据,无人机通过倾斜摄影获取部件的多角度影像数据,单反相机采集部件的高分辨率纹理图像。在数据采集过程中,要严格按照操作规范进行,确保数据的准确性与可靠性。数据预处理是对采集到的原始数据进行清洗、转换与整合的过程^[2]。原始点云数据中可能存在噪声点、冗余点,需通过滤波算法去除;采集到的影像数据可能存在畸变,需要进行几何校正;多源数据之间存在坐标系差异,需进行坐标转换与配准。

2.3 城市部件提取与识别

城市部件提取与识别是从预处理后的数据中分离出单个城市部件,并准确识别其类型与属性的过程。在点云数据中,可采用基于特征的提取方法,通过分析点云的几何特征,如曲率、法向量等,提取出城市部件的点云数据。对于影像数据,利用计算机视觉技术,如目标检测算法,识别部件的类型与位置。深度学习算法在城市部件提取与识别中发挥着重要作用,通过训练卷积神经网络(CNN)等模型,能够实现对城市部件的高效、准确识别。同时结合语义分割技术,能够更精细地提取部件的轮廓与细节信息,为城市部件的三维建模与管理提供精准的数据支持。

3 城市部件三维一体化采集的工程应用

3.1 应用背景与案例选择

随着城市化进程的加速和智慧城市建设的全面推进,城市管理正面临着前所未有的挑战与机遇。传统的城市管理模式已难以满足现代城市精细化、智能化管理的需求,城市管理部门亟需借助先进技术手段,实现对城市部件的高效管理。城市部件三维一体化采集技术通过构建高精度的三维数字模型,将城市部件的空间位置、形态结构、属性信息等进行数字化整合,成为提升城市管理水平的关键技术手段。在实际应用场景中,不同类型的城市区域存在着显著差异,老城区由于建设年代久远,基础设施老化严重,部件信息档案缺失或不准确,管理工作存在诸多漏洞;而新城区虽然在规划建设上更加科学合理,但随着城市的快速发展,新的城市部件不断涌现,如何实现对这些部件的动态管理也是一大难题。为了探索切实可行的解决方案,选取某二线城市极具代表性的商业中心区作为案例研究对象。该商业中心区占地面积约8平方公里,日均人流量达20万人次,汇聚了购物中心、写字楼、酒店等多种业态。区域内城市部件种类繁多,涵盖交通信号灯、广告牌、监控摄像头、消防设施等超过20000个部件,且由于商业活动频

繁,部件更新迭代速度极快,平均每月新增或更换部件达150余件,管理难度远超普通城市区域。通过在此区域实施城市部件三维一体化采集项目,旨在探索出一套适用于商业中心区复杂环境的采集方法与管理模式,为其他类似区域提供可复制、可推广的经验。

3.2 工程实施步骤

在确定以某二线城市商业中心区为案例研究区域后,项目团队严格遵循科学规范的流程开展工程实施工作。首要任务是进行全面细致的采集方案设计,项目组组织城市规划、测绘地理信息、计算机技术等多领域专家,结合商业中心区建筑密度高、人流量大、空间结构复杂等特点,制定了详尽的采集方案。明确采集目标为获取区域内所有城市部件的三维空间信息与属性信息,精度要求达到厘米级;依据区域功能分区与建筑分布,将采集区域划分为12个网格子区域,以便于数据采集与管理;在设备选型上,选用Trimble TX8地面三维激光扫描仪用于地面部件扫描,大疆智图无人机倾斜摄影系统进行高层建筑外立面及空中部件数据采集,同时配备高分辨率单反相机采集部件纹理信息。进入数据采集阶段,作业人员在夜间人流量较少时,使用地面三维激光扫描仪对街道上的路灯、垃圾桶、路牌等部件进行扫描,平均每天可完成约8000平方米区域的扫描工作,获取高密度的三维点云数据^[3]。利用无人机在天气晴朗、风力适宜的条件下,对高层建筑进行多架次、多角度倾斜摄影,累计飞行30余架次,获取影像数据超过12000张。数据采集完成后,通过专业的数据预处理软件,运用中值滤波、高斯滤波等算法对原始点云数据进行去噪处理,采用相机标定技术对影像数据进行几何校正,使用基于特征点匹配的算法实现多源数据的坐标转换与配准。随后,借助深度学习框架,训练YOLOv5目标检测模型对城市部件进行提取与识别,模型在测试集上的平均精度均值(mAP)达到92.5%。最后,将提取的部件数据导入三维建模软件,构建出高精度的三维模型,并集成到城市管理系统中,实现对城市部件的可视化管理、维护保养规划、空间分析等功能。

3.3 应用效果与社会价值

通过在商业中心区实施城市部件三维一体化采集项目,项目取得了显著的应用效果,彰显了其在提升城市管理效率与精度方面的重要作用,并产生了深远的社会价值。在应用效果方面,三维模型的构建为城市管理部门提供了直观、立体的管理工具。城市部件如路灯、垃圾桶、交通信号灯等,在三维模型中得以清晰展现,其位置、形态、属性等信息一目了然。这一改变极大简化

了部件的日常管理与维护工作。例如,在路灯维修中,管理人员能迅速在三维模型中定位故障路灯,并获取其详细信息,从而大幅缩短了维修响应时间,提高了维修效率。此外,三维模型还为城市规划、空间分析等领域提供了精确的数据支持,有助于优化城市资源配置,提升城市整体运行效率;在社会价值方面,城市部件三维一体化采集技术的应用,不仅提升了城市管理的科学性与智能化水平,还增强了市民的满意度与幸福感。通过直观的三维模型,市民能更清晰地了解城市空间结构,参与城市规划与管理的讨论,从而增强市民的参与感与归属感。同时,三维模型的应用还有助于提升城市应急响应能力,为灾害救援、公共安全等领域提供有力支持。另外,随着技术的不断推广与应用,还将带动相关产业的发展,如数据处理、软件开发、设备制造等,为城市经济注入新的活力。

4 城市部件三维一体化采集的挑战与展望

4.1 技术挑战与解决方案

城市部件三维一体化采集面临着诸多技术挑战。一方面,数据采集过程中,复杂环境因素如光照变化、天气条件、遮挡物等会影响数据采集的质量与完整性。例如,在雨天或大雾天气下,三维激光扫描数据的精度会受到影响,无人机飞行安全也存在隐患。另一方面,多源数据融合难度大,不同类型数据的格式、坐标系、分辨率等存在差异,如何实现高效、准确的数据融合是技术难点之一。针对这些挑战,可采取相应的解决方案,在数据采集方面,研发适应复杂环境的采集设备与技术,如具有抗干扰能力的三维激光扫描仪,以及能够在恶劣天气下稳定飞行的无人机^[4]。在数据融合方面,研究更先进的数据融合算法,利用人工智能技术实现多源数据的自动配准与融合,提高数据处理效率与融合精度。

4.2 应用前景与推广价值

城市部件三维一体化采集技术,凭借其独特的优势,展现出极为广泛的应用前景与重大的推广价值。在智慧城市的宏伟蓝图中,这一技术扮演着至关重要的角色。它能为城市规划者提供精确的三维数据支撑,助力

他们在城市设计中更加直观地评估规划方案对各类城市部件的实际影响,从而做出更为科学合理的决策。在城市管理的复杂场景中,该技术同样发挥着不可替代的作用,它使得管理人员能够实时掌握城市部件的详细信息,为高效管理提供了强有力的数据保障。尤其在应急救援这一紧急领域中,城市部件三维一体化采集技术更是凸显了其独特的价值。通过精准的三维模型,救援人员能够迅速了解灾害现场的部件布局,为制定迅速有效的救援方案提供了宝贵的时间优势。随着技术的持续进步与成本的不断降低,这一技术的适用范围正在迅速扩大,未来将广泛应用于更多城市与不同领域^[5]。展望未来,城市部件三维一体化采集技术有望成为推动城市数字化、智能化升级的关键技术,引领城市管理迈向更高水平,为构建更加智慧、宜居的城市环境贡献力量。

结束语

本文系统研究了城市部件三维一体化采集的理论、方法与应用,通过商业中心区案例验证了该技术在城市管理中的有效性和实用性。研究成果为城市部件精细化管理提供新思路与技术支撑,对推动智慧城市建设具有重要意义。随着技术不断创新与成本持续降低,城市部件三维一体化采集将深度融入城市管理各环节,助力城市数字化、智能化迈向新高度,值得进一步深入研究与广泛推广。

参考文献

- [1]张晨辉,陈珂,周宁,等.城市部件三维一体化采集方法研究及工程应用[J].城市勘测,2023(5):93-98.
- [2]陈功亮,朱律,陈赛楠.面向新质生产力的超大城市实景三维地下管线建设路径[J].测绘通报,2024(12):178-182.
- [3]姚惠云.智慧园区三维数字化建设的探讨与设计[J].江苏科技信息,2022,39(33):56-59.
- [4]曾诗晴,陈凯,陈文典,等.以道路高精地图建设为例的部件级实景三维探索[J].测绘通报.2025,(2)..02-05.
- [5]董明泽,王冕,李婷婷.基于BIM与3DGIS集成的智慧园区规划与管理[J].电子技术与软件工程.2021,(24).176-180.