

三维实景测绘技术在市政工程建设中的应用

邹鹏

广东省冶金建筑设计研究院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i3.2205

[摘要] 随着城市化进程不断加快,市政工程建设对测量精度与效率提出了更高要求。基于传统测绘手段的局限性,三维实景测绘技术为市政工程提供了一种全新的解决方案。本文从技术原理入手,结合实际工程案例,系统探讨了三维实景测绘在道路桥梁、管线布设、绿化景观等领域的应用价值与优势,分析了其在数据采集、处理与成果应用过程中的关键环节,并对未来发展趋势进行了展望。研究表明,三维实景测绘技术能够显著提升施工前期勘测效率、降低返工风险、提高成果精度,为市政工程建设各阶段提供可靠支撑。本文旨在为工程技术人员与管理者提供参考,推动三维实景测绘技术在市政领域的深度融合与推广。

[关键词] 三维实景测绘; 市政工程; 点云数据; 数字孪生; 工程管理

中图分类号: TL372+.3 文献标识码: A

Application of 3D Real – scene Surveying and Mapping Technology in Municipal Engineering Construction

Peng Zou

Guangdong Metallurgical Architectural Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] With the accelerating process of urbanization, higher requirements have been put forward for the measurement accuracy and efficiency in municipal engineering construction. Due to the limitations of traditional surveying and mapping methods, 3D real – scene surveying and mapping technology provides a brand – new solution for municipal engineering. Starting from the technical principle, this paper systematically discusses the application value and advantages of 3D real – scene surveying and mapping in the fields of roads and bridges, pipeline layout, greening and landscape, combined with practical engineering cases. It also analyzes the key links in the process of data collection, processing and result application, and looks forward to the future development trend. The research shows that 3D real – scene surveying and mapping technology can significantly improve the survey efficiency in the early stage of construction, reduce the risk of rework, and enhance the accuracy of results, providing reliable support for all stages of municipal engineering. This paper aims to provide references for engineering and technical personnel and managers, and promote the in – depth integration and popularization of 3D real – scene surveying and mapping technology in the municipal field.

[Key words] 3D real-scene surveying and mapping; municipal engineering; point cloud data; digital twin; engineering management

引言

随着城市基础设施建设规模不断扩大,市政工程涵盖道路、桥梁、供排水管网、绿化景观等多个子领域,施工环境复杂多变,传统测绘方式多依赖地面测量、二维图纸与人工核实,难以满足高精度、高效率、高安全性的需求。近年来,无人机、移动测量系统、激光扫描等技术迅速发展,为三维实景测绘提供了可靠技术支持,成为工程测量领域的重要变革方向。当前市政工程测量大多仍沿用全站仪、水准仪等传统仪器,时间成本与人工成本较

高,数据更新难以及时同步,成果往往以二维图幅或简单三维模型形式呈现,无法充分反映现场实际情况;在复杂地形、管线密集区域,盲区与遮挡现象突出,数据存在缺失,影响后续设计与施工决策。由于信息孤岛与数据不完整,往往导致返工频率上升、管理效率下降。

三维实景测绘技术^[1-5]通过融合激光扫描与高分辨率影像获取完整点云与纹理信息,结合地理信息系统(GIS)与建筑信息模型(BIM)技术,为市政工程提供三维可视化数据平台,实现现

场“数字孪生”与施工进度、质量、成本、安全管理的深度融合。基于此,探索三维实景测绘技术在市政工程中的应用,不仅能够提高勘测效率与精度,还能为可视化决策与智慧城市建设提供数据基础,对提升工程质量与降低风险具有重要意义。

本文旨在分章节系统阐述三维实景测绘技术的原理与方法,结合典型市政工程实例,深入分析其在道路桥梁、管线布设、管网维护、绿化景观等场景的应用流程与效果,并对数据处理、成果应用与技术挑战进行探讨,最后展望未来发展方向,以期为行业提供可借鉴的技术思路与实践经验。

1 三维实景测绘技术概述

1.1 技术原理与关键设备

三维实景测绘技术通常以激光扫描(LiDAR)与照片测量(Photogrammetry)为核心,实现空间点云数据与高分辨率影像的融合。激光扫描仪通过发射测距脉冲并接收回波信号,获取目标物体表面精确三维坐标,点云数据具有距离精度高、采集速度快、抗环境干扰能力强等优点;照片测量则通过航拍或地面拍摄获取多幅重叠影像,借助图像匹配算法提取特征点,并将其转换为三维坐标,实现影像与点云的像素级配准。关键设备包括固定式激光扫描仪、便携式三维激光扫描仪、无人机搭载机载激光雷达系统以及高像素相机等。不同设备在测量范围、精度与灵活性上各有侧重,需根据工程需求进行合理配置。最终生成的三维实景模型,如同一片“数字森林”,将建筑等外在模型数据全部生成模型,鼠标放在模型的“树叶”(即模型细节部分)上,能读出对应的坐标,相当于一个包含坐标的三维立体模型。

1.2 数据采集与预处理流程

数据采集阶段首先进行测区布设,包括选取适宜的扫描点位与航线规划,以保证场景覆盖全面、交叉重叠率满足后续建模需求。固定式激光扫描通常用于桥梁下部、隧道内部等局部精细测量,而无人机影像与机载LiDAR适用于道路、广场等大范围场景。采集过程中要实时监控数据质量,针对遮挡与盲区进行补点扫描或补拍,确保点云密度与影像覆盖率。在数据预处理环节,对原始点云进行去噪、滤波与配准处理,去除飞点与异常离群点,采用迭代最近点(ICP)算法实现多站点点云拼接。影像则需进行内外方位元素解算、去畸变、正射校正等处理,以便与点云数据建立一致坐标空间。经过处理后的数据,为生成包含精确坐标的三维立体模型奠定基础。

1.3 成果生成与精度控制

在完成点云与影像融合后,通过分割、分类与建模生成三维实景模型。首先,应对点云进行地面与非地面分类,将地面点提取出来以辅助地形生成;对建筑物、道路、桥梁构件等进行语义分割,生成分类标签,方便后续提取特定要素;最后基于计算机辅助设计(CAD)或BIM软件生成三维模型,并利用纹理映射技术将真实影像投射至模型表面,实现可视化表达。精度控制方面,通过设置控制点与检查点,实现边测边验;依托RTK差分技术或GNSS基准站进行实时定位,加强无人机航拍的绝对定位精度;采用地面控制点与空三加密技术,保证整体模型的平面与高程误

差控制在国家规范要求范围内。最终生成的三维实景模型,是一个精确的、包含坐标的三维立体模型,如同前面提到的“数字森林”,每个细节都有准确的坐标信息。

2 三维实景测绘技术在城市道路与桥梁工程中的应用

2.1 道路平面测量与设计优化

在道路工程前期勘测环节,通过无人机航测与地面激光扫描相结合的方法,可快速获取道路中心线两侧的高程信息与现状要素。无人机获取的正射影像与数字正射影像(DOM)为设计人员提供了真实地貌参考,而高密度点云数据则可用于提取道路边坡、排水沟渠等重要特征。借助三维实景模型,可以直观呈现道路曲线、纵断面变化,辅助设计人员进行平面与纵断面优化,减少道路挖填方量。同时,通过三维对比分析技术,可将设计方案与现状点云进行偏差分析,获取交叉线、错台差等参数,以便及时调整设计方案。这个三维实景模型是一个包含坐标的三维立体模型,设计人员可以像在“数字森林”中漫步一样,从各个角度观察道路情况,进行精准设计。

2.2 桥梁检测与施工监测

桥梁作为市政交通网络的重要节点,其施工与后期维护对测量精度要求极高。基于三维实景测绘技术,可获取桥梁桥墩、桥面板、梁体等关键部位的三维点云,并结合高分辨率纹理图像进行裂缝、锈蚀、变形的自动识别与评估。在施工过程中,定期开展无人机与人工携带式激光扫描仪扫描,实现对桥梁结构形变的动态监测,及时发现预应力钢绞线松弛、桥面挠度超限等风险。此外,通过搭建数字化信息模型,能够将三维测量数据与有限元分析结果进行关联,提高工程安全性与维护效率。生成的三维实景模型,如同桥梁的“数字镜像”,每一个细节都包含坐标信息,方便进行精准检测与监测。

3 三维实景测绘技术在市政管网与地下管线管理中的应用

3.1 城市供排水管网三维建模

城市供排水管网通常埋设在道路下方,受限于地形与环境,传统测量方式难以实现大范围管线信息同步获取。运用三维实景测绘技术,可对道路路面进行高精度扫描,再结合地质雷达(GPR)探测成果,实现地上与地下数据的融合。通过点云与地质雷达数据配准,提取管线埋深、走向与连接关系,进而构建三维管网模型。这种建模方式能够为管网设计、维护与应急抢修提供可视化依据,提高工作效率并减少人为误差。构建的三维管网模型,是一个包含坐标的三维立体模型,如同管网的“数字脉络”,每个管线节点都有准确的坐标信息。

3.2 地下管线碰撞检测与风险评估

在进行市政道路开挖与管线铺设过程中,常常面临多部门管线叠加的问题。基于三维实景测绘技术,可将现状地面模型与地下管线三维模型叠置,通过交互式三维可视界面实现管线碰撞检测。一旦发现管线冲突、穿越不当或管线埋深不足等问题,系统可自动生成碰撞报告,提示设计或施工单位进行优化调整。此外,通过三维模型进行模拟开挖与水力分析,可对塌方风险、沉

降影响等进行预评估,为施工方案提供可靠依据。这个包含坐标的三维立体模型,就像一个“数字沙盘”,能清晰展示管线位置关系,方便进行碰撞检测与风险评估。

3.3 管网日常运维与智能决策

三维实景测绘技术不仅在建模和施工阶段发挥作用,还可在管网日常巡检与维护管理中发挥重要价值。利用定期无人机航拍与激光扫描结合巡检,可以快速获取管道周边环境变化信息,及时发现地表沉降、管道裂缝、渗漏等潜在问题。结合地理信息系统(GIS)与大数据分析技术,实现管线健康状态评估和故障预测,进而制定科学的维修计划。同时,将智能传感器安装在关键节点,与三维模型实时联动,构建基于三维可视化的智能化管网运维平台,提高决策质量。这个包含坐标的三维立体模型,如同管网的“健康档案”,能实时反映管网状态,为智能决策提供支持。

4 三维实景测绘技术在绿化景观与公共空间规划中的应用

4.1 公园绿地及广场三维现状分析

在市政公园、街心公园、广场等公共空间规划与管理中,三维实景测绘技术可对树木、花坛、座椅、水景等景观要素进行高精度三维建模。通过无人机航拍获取覆被率、冠幅信息,与地面激光扫描点云相融合,可定量分析植被覆盖率、植株健康状况等指标,为绿化更新改造提供依据。此外,通过动态点云对比分析,能够监测季节性植物生长变化、绿地利用情况以及人流密度变化,为城市绿化管理与负荷评估提供数据支持。为了提高分析精度,可进一步引入多时相点云数据,对同一绿地在不同生长期进行对比,从而获得植被密度、枝叶分布、树高变化等更细致的参数;针对地面设施(如花坛、座椅)可结合纹理映射技术,实现材质识别和老化程度评估,为维护与更换提供决策依据。借助三维模型,管理者可在虚拟三维视图中直接计算草坪面积、花坛形状,甚至借助光照模拟评估树荫覆盖对人流分布的影响。对于大型广场,结合人群热力图与三维地形模型,能实现动态流线分析,评估不同时段的空间使用效率;在重点时节(如节假日/重大活动)前后,可开展对比分析,量化场地负荷程度,为防止超载风险提供预警。此外,利用三维数据构建的数字孪生系统,可实时融入传感器数据(如空气质量、温湿度等),实现环境状态与三维景观要素的联动监测,为智慧绿化管理提供更全面的支撑。生成的三维实景模型,是一个包含坐标的三维立体模型,如同公园绿地及广场的“数字全景图”,每个景观要素都有准确的坐标信息,方便进行各种分析与规划。

4.2 三维可视化辅助规划设计

三维实景测绘成果不仅能为现状分析提供数据支持,还可与BIM、虚拟现实(VR)等技术结合,实现城市公共空间规划的可视化表达。在规划阶段,通过搭建虚拟漫游场景,设计人员与公众可直观感知项目效果,提升设计沟通效率;在施工阶段,可将设计图纸与三维实景模型叠加,实施可视化放样与质量检验,有

效减少误差。基于三维数据的智慧景观管理平台,可实现公园设施维护提醒、绿化养护路径规划与应急预案演练等多种功能,为市政管理部门提供综合决策支持。为增强设计准确性,可将三维测绘成果与地形高程数据融合,通过坡度分析、排水分析等模块,模拟雨水径流路径与积水风险,指导地表硬化与排水设施布置;在场地改造或扩建时,借助三维可视化,可动态调整绿地边界、步道宽度、功能分区,并实时更新占地面积与成本估算。进一步将三维模型导入BIM协同平台后,可在模型中嵌入管线、照明、喷灌等子系统信息,进行碰撞检测与施工工序模拟,提前发现设计缺陷;结合VR交互设备,项目评审会上相关人员可在虚拟环境中“行走”公园路径,体验不同季节植被效果与视线通畅,提供更具沉浸感的决策参考。同时,三维可视化还可与移动端应用结合,为市政管理人员提供现场巡检辅助工具,通过平板或智能眼镜实时查看三维模型与属性信息,实现快速定位与问题反馈。通过持续更新测绘数据并同步至云端平台,能够形成以“三维+时序”视角的公园运维数据库,为长期规划与生态监测提供可靠历史对比与趋势分析。这个包含坐标的三维立体模型,如同城市公共空间规划的“数字蓝图”,为规划、设计、施工、运维等各个环节提供直观、准确的数据支持。

5 结语

三维实景测绘技术凭借高效、精准、可视化优势,正改变市政工程建设与运维方式,为各环节提供数据支撑与决策依据,但面临数据处理复杂、设备成本高、人才短缺等挑战。未来,随着相关技术成熟,其应用将更多元精准,多源数据融合与云平台共享将构建城市“数字底座”。为推动技术普及,需建立标准规范体系,降低数据互操作难度;政府与企业加大支持,培养复合型人才;采用“试点示范+经验共享”模式推广;加强行业协作与信息共享,实现测绘数据闭环管理,让三维立体模型更好地服务城市建设与管理。

参考文献

[1] 刘盈.浅谈地面三维激光扫描技术在市政工程测量中的应用[C]//中国测绘学会工程测量分会,中国GPS协会环境监测委员会.现代空间定位技术应用研讨交流会论文集(第5卷第3集).北京市政建设集团有限责任公司,2007:233-235.

[2] 刘盈.浅谈地面三维激光扫描技术在市政工程测量中的应用[J].北京测绘,2008,(01):67-68+61.

[3] 陈永剑.地面三维激光扫描系统在露天矿监测的应用研究[D].太原理工大学,2009.

[4] 顾汉忠.基于激光三维技术的城市工程测量技术研究[J].科技资讯,2010,(14):6.

[5] 王增福,谢谋文,董晨曦,等.基于3S技术的地质灾害野外调查三维辅助系统的研究[J].工程勘察,2011,39(12):42-45+62.

作者简介:

邹鹏(1991--),男,汉族,江西赣州人,大学本科,职务:技术负责人,研究方向:工程测量。