

三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展

哈那提·巴哈提

博州自然资源勘测规划院

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2449

[摘要] 本论文对三维测绘技术的概念以及其技术架构进行论述,对三维激光扫描仪、全站仪、近景摄影测量三种技术所基于的理论以及使用场景进行了详细的剖析,重点阐述了工程测量技术对于提升精度准确性,实现自动化作业和增强图库信息量的优势,同时对两种技术未来的发展趋势做出预测。通过分析可以发现,三维测绘技术和工程测量技术正在快速的发展成为智能化、自动化、精准化的趋势,基于人工智能的技术支持使得测绘行业的传统作业方式正在朝着智能探测、数字化孪生的新时代转变。

[关键词] 三维测绘技术; 工程测量技术; 三维激光扫描; 应用与发

中图分类号: P2 文献标识码: A

Application and Development of 3D Mapping Technology and Engineering Surveying Technology

Hanati·Bahati

Bortala Mongolian Autonomous Prefecture Institute of Natural Resources Surveying and Planning

[Abstract] This paper discusses the concept and technical architecture of 3D mapping technology, and conducts an in-depth analysis of the theories and application scenarios of three technologies: 3D laser scanning, total station, and close-range photogrammetry. It focuses on the advantages of engineering surveying technology in improving measurement accuracy, realizing automatic operation, and enriching the information content of maps and databases. Meanwhile, it forecasts the future development trends of the two technologies. The analysis shows that 3D mapping technology and engineering surveying technology are rapidly developing toward intellectualization, automation and precision. Supported by artificial intelligence, the traditional operation mode of the surveying and mapping industry is transforming into a new era of intelligent detection and digital twinning.

[Key words] 3D mapping technology; engineering surveying technology; 3D laser scanning; application and development

引言

三维测绘技术强调的是利用非接触式的方法来采集物体外表的空间三维坐标信息从而构建精确的三维模型,而工程测量技术则是以工程建设全生命周期中的精确定位及实时监控为主。了解两种技术的发展历程及其应用特点对促进测绘地理信息事业高速发展有着重要的意义。根据自然资源部公布的消息,“十四五”末我国地理信息产业总产值将超过9000亿元,比“十三五”增长超过30%,从业人员超过400万人,产业发展水平不断提高的同时也提升了自主创新能力。

1 三维测绘技术的概述

三维测量指的是针对自然地理实体或者地面人造建筑物表面的形状特征和尺寸特征以及空间位置坐标特性等信息,采集

三维空间数据并对之进行数据处理、建模、保存、检索、计算分析和提供服务,主要是使用真实的三维空间模型去解决实际的地理空间问题。三维测量技术已经在工业制造业中的零件检验,文化遗产保护中的文物数字化建档,测绘中的数字地面模型生成等方面得到应用,在传感器技术,计算机视觉以及人工智能算法的技术不断发展的带动下,2025年,全球3D测绘与3D建模市场规模将达到76亿美元,预计2026年全球市场规模达到86.4亿美元,到2034年全球市场将达到244.7亿美元,年均复合增长率达到13.90%。

2 三维测绘技术的具体应用

2.1 三维激光扫描仪

三维激光扫描仪是三维测量的主要仪器,它的工作方式是

由装置内部的激光测距仪往空中射出一束激光,以飞行时间的方式来准确测定仪器同物体的距离从而迅速形成毫米级精度的三维点阵模型,在文物保护方面有着举足轻重的地位。上海城建职业学院师生小组运用三维激光扫描及无人机航拍等多种数字化测绘手段为奉贤区内的51座古桥进行详细精确地测量并已对14座古桥建立起了完整的数字化档案,形成了古桥“电子身份证”的作用对古桥进行及时有效的维护以及传播^[1]。在工业制造方面,先临三维的3D扫描仪可以做到整个零件的尺寸测量,在原来需要一个小时进行的质量检验现在缩减到15分钟,而且精度达到微米级,在大型桥梁检测、数字地形制作、桥梁建设过程中非接触式检测等方面也有应用。

2.2 全站仪

全站仪是能够进行角度、距离以及数据存储等多重功能的测量设备,在工程建设以及三维测绘工作中有着举足轻重的作用。目前市场上出现了一种名为全站仪智能测量及数据分析系统的装置,其由智能测控软件和Web端数据分析软件构成,智能测控软件基于安卓平台设计,具有注册登录、蓝牙连接、新建项目、收集信息、测站校验等多项功能;数据处理系统是基于云端数据库以及web开发的一种软件产品,可以对用户信息进行维护,测量数据的保存与导出,生成导线电子观测记录手簿,测量平差,坐标的输出等。AI智能辨识测量全站仪使用了高分辨率专用拍摄镜头以及恒定放大的技术,在进行测量的过程中拍摄地上的放大照片,借助AI的技术来实现对于地物的辨识并为其分配相应的代码及属性赋予到测量成果中去;附带配套的测图助手软件,测绘同步、及时制图,一边测量一边绘制。

2.3 近景摄影测量

近景摄影测量以摄影器材拍摄目标物体的照片,在相应的程序及软件上进行运算分析从而获得被拍物体的空间信息,特别适合制作结构复杂,纹理明显的物体的三维模型,在当前对实景三维建模的需求越来越高的今天,它在智慧城市建设、数字孪生技术、基础测绘以及古建筑模型复原等方面发挥越来越重要的作用。传统的倾斜摄影测量由于其固定的观察角度、有限的视野范围以及遮挡等原因不能够得到地物的整体信息,尤其是在古建筑建模的时候会存在空洞、变形的问题^[2]。

表1 三维测绘主要技术对比

技术名称	工作原理	主要优势	局限性	典型应用场景
三维激光扫描仪	发射激光束测量回波 时间获取三维坐标	非接触、高精度、采集 速度快、点云密度高	设备昂贵、数据 处理复杂	大型桥梁检测、古建筑 保护、工业部件检测
全站仪	通过角度和距离测量 计算坐标	精度高、稳定性好、操 作成熟、成本适中	需逐点测量、效 率较低	施工放样、变形监测、 轨道测量
近景摄影测量	从多张重叠影像中提 取三维信息	成本低、纹理真实、可 获取色彩信息	受光照影响大、 需布设控制点	文物数字化、建筑立面 测绘

3 三维测绘技术的发展前景

三维测绘技术有着良好的应用前景,在技术方面其有三个发展方向:第一是从单传感器测量转向多源信息整合的方向,移动测绘装置结合了探地雷达可以同时获得地面和地下信息;第二是数据分析转向云端、人工智能方向,基于深度学习的点云分类、目标检测、自动建模等功能正在提升后续分析工作效率;第三是仪器装置向小型化、经济化方向转变。在应用上,三维测绘正逐渐渗透到智慧城市建设、数字孪生等各个领域之中。我国已基本形成了实景三维中国,有300多个地级以上城市完成了LOD1.3三维建模工作,有67个城市在进行智慧城市时空大数据平台建设试点,建立了100多个应用场景,包括了防灾减灾、智慧交通、智慧旅游等行业。测绘仪器设备研制实现了新突破,无人机航测系统、北斗接收机以及高精度全站仪都达到了世界先进水平。

4 工程测量技术的概述

工程测量技术是工程建设全过程必不可少的基础性技术,伴随工程的设计、施工、运维管理全程。传统工程测量以全站仪、水准仪、GNSS接收机等为主要测控设备实施点位放样及测量、地形测绘、变形监测等任务。伴随着新技术的飞速发展,工程测量技术也在发生着巨大的改变。2026年天津测绘学会自动化监测技术研讨会意在加强测绘内自动化监测技术研讨,解决好基础设施建设和维护的难点问题,更好地发挥自动化智能监测技术对城市建管、市政道路、码头运维、文物维护等工作的“护航”功效,促进测绘行业数字化转型、智能化升级。人工智能与大数据技术已经成为测绘行业数字化转型、智能化升级的重要引擎。

5 工程测量技术的具体应用

5.1 保障测量目标的精准性

精确性就是工程测量的价值体现,在高速铁路、大桥、摩天大楼等大型工程项目中,毫米或者亚毫米级别的测量精度就是其工程质量以及安全性的重要前提条件。而中铁六局北京公司开发的“BIM+无人机激光雷达”工程测绘新技术,它的激光脉冲可以穿过树木空隙捕捉地面三维点云信息,自带高精度惯导技术可以在失联状态下做到厘米级别定位精度。通过它可以很快建立数字高程模型和地形图,自动化地进行横剖面划分和挖填土方量,还可用于道路曲线设计及桥梁转体演练等工作,从而帮助我们实现工程项目的初步规划时的立体化分析判断^[3]。手持三维激光扫描仪用上SLAM技术,达到了在无GPS情况下的持续不断的三维信息获取,在精度上也完全可以达到1:500地形图测量标准的要求。

5.2 利用自动化促进操作性能的提升

自动化是最有效的提高工程测量工作效率的方法之一。测量机器人的运用把野外测量由“众多人相互配合”变成了“一个人单独操作”。极大节省了劳动力投入。应用于建筑领域中的放线机器人包含高频测量全站仪、测量放线控制平板、放线机器人本体,实现“全站仪标定—数据输入—自动放线作

业”, 双人一组一天可以放线400平方米, 大大节约了劳动力, 同时提高了放线速度。针对非固定测站边坡自动化监测手段, 安装Trimble机器人全站仪, 设置三维精测网, 实时监测边坡移位与变形情况。对于1600m涵洞的量测来说, 传统的全站仪不能进行作业, 而采用SLAM技术的方法只需要1个人就可以实现对它的数据收集, 在后期建模里面它的精度可以达到厘米级别。

5.3 图形信息更加丰富多样

工程测量成果的表示方法正在由二维平面图向三维图像、实景化的发展, 传统的测量用点、线、面等形式作为表示单位, 现代测量通过采集能够得到大量的点云、实景三维模型及数字表面模型等多种丰富的图形信息结果, 中铁二局成达万铁路3标使用的是UAV+BIM+GIS的方法, 在精度上使用无人机安装RTK/PPK模块, 平面精度在2~5cm之间, 三维建模精度达到1cm左右; 并且可以使用激光雷达(LiDAR)穿透树木、获取隐蔽建筑结构, 无测量死角。同时它也实现了多源异构的数据融合。技术创新围绕着“高精度实景三维建模”、“BIM多维仿真分析”, 形成以无人机航测及BIM软件系统结合为一体的技术体系, 工程管理正在由“靠经验、2D图纸”到“用数据、3D可视化”的转变, 加强了工程建设精细化管理水平。

6 工程测量技术的发展前景

工程测量技术未来大有可为, 正在向智慧化、泛在化以及融合化的趋势快速发展中, 在智慧化方面, 人工智能已经开始全方位覆盖整个工程测量领域, 并且2026年的“数智共融 生态赋能”装备技术研讨会也着重研究了国产测量机器人、低空数字化应用、北斗高精度定位服务等相关前沿技术, “数据交换共享、自动化智能计算处理、快速协作配合、无死角共享使用”的特性也是如今测量行业智能化的重要标志。而在泛在化方面, SLAM技术等新技术正逐渐解决对于复杂场景下的工程测量难题[4]。在融合性上, 实景三维测量技术和工程测量技术之间的界限越来越小了, 相互之间已经达到了融合共生的状态, 在此基础之上对实景三维中国的建设和数字孪生城市的建设都起到了很大的作用。随着国家“数字中国”, “实景三维中国”的战略规划逐渐深入, 测绘业作为空间信息的主要入口, 正在从过去单纯的信息采集方式转变为融合感知与智能化等转变。

表2 三维测绘技术与工程测量技术发展趋势对比

对比维度	三维测绘技术	工程测量技术	融合发展趋势
数据采集	向“空天地”一体化、实时化发展	向智能化、自动化方向发展	多传感器融合采集, 实现全域覆盖
数据处理	云平台+AI自动建模与识别	移动端+实时解算	数据互通、协同处理、边采边算
硬件设备	轻量化、小型化、低成本化	高精度、高可靠性、智能化	测量机器人+三维扫描集成于一体
应用场景	从特殊场景向普适化拓展	从单一工程向全生命周期延伸	智慧城市+数字孪生+低空经济

7 结语

三维测绘技术和工程测量技术是当代测绘地理信息服务行业最主要的两个重要组成部分, 在技术原理方面各有所长。三维测绘技术和工程测量技术都应用广泛, 而且两者相辅相成。本文全面归纳总结了两种技术的结构框架、应用特性以及发展趋势。从三维激光扫描仪、全站仪与近景摄影测量三种三维测绘技术及其工作原理出发, 讨论了工程测量技术所具备的高精度、高自动化程度及高图形信息量这三个显著优点, 同时对未来两种技术的发展趋势也进行了探讨。研究发现: 在新一代信息技术如AI人工智能、大数据、云计算等的加持下, 三维测绘技术和工程测量技术正在向智能化、自动化、泛在化的方向迅猛发展。

[参考文献]

- [1]刘中伟. 三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展[J]. 工程技术研究, 2019, 4(14): 117-118.
- [2]肖克俭. 三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展研究[J]. 中国房地产业, 2025, (36): 26-29.
- [3]侯雷. 三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展研究[J]. 科技资讯, 2023, 21(08): 83-86.
- [4]叶勇. 研究三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展[J]. 低碳世界, 2021, 11(03): 74-75.

作者简介:

哈那提·巴哈提(1987--), 男, 哈萨克族, 新疆阿勒泰人, 中级工程师, 毕业于新疆工业高等专科学校工程测量专业, 现任职于博州自然资源局勘测规划院, 担任测量工程师。研究方向: 工程测量。