

三维激光扫描在测绘工程中的创新应用

胡建瑜 杜勇

江西省自然资源测绘与监测院

DOI:10.12238/gmsm.v7i8.1919

[摘要] 三维激光扫描技术凭借其高精度、高效率和非接触测量等优势,在测绘工程领域得到了广泛应用。本文通过分析三维激光扫描技术的原理,探讨了其在地形测量与三维建模、古建筑保护与修复、工程测量与监测以及土方与体积测量等方面的应用。研究表明,三维激光扫描技术能够有效提高测绘工程的效率和精度,为工程建设提供高质量的数据支撑,推动测绘工程向数字化、智能化方向发展。

[关键词] 三维激光扫描; 测绘工程; 高精度; 非接触测量; 创新应用

中图分类号: P25 文献标识码: A

Innovative application of 3D laser scanning in surveying and mapping engineering

Jianyu Hu Yong Du

Jiangxi Provincial Institute of Natural Resources Surveying and Monitoring

[Abstract] Three-dimensional laser scanning technology has been widely used in the field of surveying and mapping engineering due to its advantages of high precision, high efficiency and non-contact measurement. This paper analyzes the principle of 3D laser scanning technology, and discusses its innovative applications in topographic survey and 3D modeling, protection and restoration of ancient buildings, engineering survey and monitoring, and earthwork and volume measurement. The research shows that 3D laser scanning technology can effectively improve the efficiency and accuracy of surveying and mapping engineering, provide high-quality data support for engineering construction, and promote the development of surveying and mapping engineering in the direction of digitization and intelligence.

[Key words] three-dimensional laser scanning; Surveying and mapping engineering; High precision; Non-contact measurement; Innovative application

随着现代科技的不断进步,测绘工程领域也在不断创新和发展。三维激光扫描技术作为一种新兴的测绘技术,以其高精度、高效率和非接触测量等优势,在测绘工程领域得到了广泛的应用和推广。与传统的测绘方法相比,三维激光扫描技术能够快速获取被测对象的高密度三维点云数据,通过点云数据处理可以生成高精度的三维模型,为测绘工程提供更加全面、精确的数据支撑。三维激光扫描技术在测绘工程中的应用前景广阔,将为测绘工程的创新发展提供重要的技术支撑。本文将从三维激光扫描技术的原理出发,重点探讨其在测绘工程中的创新应用,旨在为测绘工程的创新发展提供参考和借鉴。

1 三维激光扫描技术的原理与特点

1.1 技术原理

三维激光扫描技术的基本原理是利用激光测距的方法获取目标物体表面的三维坐标数据。三维激光扫描仪发射激光束,激光束在物体表面产生散射,散射光被扫描仪接收并记录激光束的发射方向和飞行时间。根据激光束的飞行时间可以计算出

激光束到达物体表面的距离,进而可以确定物体表面散射点的三维坐标。扫描仪通过快速旋转和转动,在极短的时间内可以获得目标区域内大量的散射点坐标,形成高密度的点云数据。点云数据经过配准、滤波、三角网格化等一系列处理,最终生成物体的三维模型^[1]。

1.2 技术特点

(1) 快速扫描。与传统的测量方法相比,三维激光扫描技术具有扫描速度快的优势。现代三维激光扫描仪的扫描频率可达到每秒数十万点甚至更高,能够在极短的时间内获取大量的散射点数据。这种高速扫描能力使得三维激光扫描技术能够快速、高效地完成大范围、高密度的数据采集工作,大大提高了测绘工程的效率。即使在复杂地形条件下,三维激光扫描仪也能够快速获取高质量的点云数据,为后续的数据处理和应用提供了坚实的数据基础。

(2) 非接触测量。三维激光扫描技术是一种非接触式的测量技术,无需与被测物体直接接触即可获得其表面的三维坐标数

据。这种非接触测量的特性使得三维激光扫描技术能够对一些难以接近或不宜直接接触的物体进行测量,如高压输电线路、文物古迹等。与传统的接触式测量方法相比,非接触测量避免了对被测物体的破坏和影响,保证了测量过程的安全性和可靠性。同时,非接触测量也使得三维激光扫描技术能够对一些复杂、不规则的物体进行全面、精确的测量,获得其完整的三维几何信息,这是传统测量方法难以实现的。

(3)高精度。三维激光扫描技术具有极高的测量精度,是进行高精度三维测量的重要手段。现代三维激光扫描仪的测距精度可达毫米级,部分高端设备甚至可以达到亚毫米级,远超传统测量方法。三维激光扫描仪获得的高密度点云数据,可以准确、真实地反映物体的三维几何特征,为高精度三维建模提供了可靠的数据基础。高精度的三维模型对于工程设计、施工、监测等环节具有重要的指导意义,能够有效提高工程质量效率。此外,高精度的三维激光扫描数据还可以用于工程变形监测、精密制造等领域,为相关工程提供高精度的数据支撑。

2 三维激光扫描在测绘工程中的创新应用

2.1 地形测量与三维建模

在地形测量与三维建模领域,三维激光扫描技术得到了广泛应用,为高效、高质量地获取地形数据提供了有力的技术支撑^[2]。传统的地形测量主要采用全站仪、GPS等设备进行野外数据采集,通过人工操作和数据处理生成地形图和三维模型,工作效率较低,数据精度和完整性难以保证。而采用三维激光扫描技术进行地形测量,可以快速获取地形的高密度点云数据,通过点云数据处理可以自动生成高精度的数字地形模型(DEM)和三维地形模型。与传统方法相比,三维激光扫描测量具有数据采集效率高、数据精度高、人工劳动强度低等优势。在实际应用中,可以利用车载、机载、手持等不同类型的三维激光扫描系统,根据测区环境条件和测量精度要求,选择合适的扫描方式和参数,获取测区的三维点云数据。利用点云处理软件对原始点云数据进行噪声滤波、点云配准、三角网格化等处理,生成高精度的三维地形模型。基于三维地形模型可以进行地形分析、地物提取、断面生成等应用,为工程规划设计、施工管理等提供直观、准确的地形信息。

2.2 古建筑保护与修复

古建筑是历史文化遗产的重要组成部分,对于古建筑的保护与修复具有重要意义。传统的古建筑测绘主要采用手工测绘的方式,测绘效率低,数据精度和完整性难以保证,难以全面、准确地反映古建筑的整体结构和细部特征。三维激光扫描技术以其高效、高精度、非接触等特点,为古建筑测绘提供了行之有效 的技术手段^[3]。在实际应用中,利用三维激光扫描仪对古建筑进行多站点、多角度的扫描,获取古建筑的高密度点云数据。通过点云数据的拼接、配准等处理,生成古建筑的三维实景模型,真实再现古建筑的整体风貌和精美细节。利用三维激光扫描数据,可以生成古建筑的正射影像,开展古建筑病害检测和分析,查明古建筑的损毁情况,为古建筑的保护和修复提供可靠的依据。在

古建筑修复过程中,可以将三维激光扫描获得的准确空间数据导入到BIM等设计软件中,利用三维模型进行修复方案的设计和优化,提高修复的针对性和有效性。同时,在文物和旅游领域,可以利用三维激光扫描数据开发古建筑的数字展示和漫游系统,为公众提供身临其境的文化体验。三维激光扫描技术在古建筑保护与修复中的应用,为古建筑的数字化保护和传承提供了有力的技术支撑,推动了文物保护事业的创新发展。

2.3 工程测量与监测

在工程建设领域,测量和监测工作贯穿于工程建设的全过程,是确保工程质量和安全的重要手段。传统的工程测量和监测主要采用全站仪、水准仪等设备,通过人工操作和数据处理获得测量结果,工作效率较低,数据精度和时效性难以满足日益提高的工程建设要求。三维激光扫描技术凭借其高效、高精度、非接触等特点,为工程测量和监测提供了行之有效的技术手段,在工程建设的各个环节得到了广泛应用,具体如下:

(1)监理测量。在工程施工阶段,利用三维激光扫描仪对施工现场进行全面扫描,获得高精度、高密度的三维点云数据。通过专业软件对点云数据进行处理,去除噪点,拼接不同站点的点云,生成施工现场的三维实景模型^[4]。监理人员可以通过三维实景模型,直观地了解施工进度,检查施工质量,如结构尺寸偏差、外观缺陷等。利用三维激光扫描数据,可以方便地提取建筑物的角点、轴线等关键信息,计算建筑物的垂直度、平整度等重要指标,评估施工质量是否满足设计要求。当发现问题时,可以在三维实景模型中标注,形成整改通知,要求施工单位进行整改。通过将不同时期的三维实景模型进行对比,可以直观地显示施工进度的变化情况,及时发现进度滞后等问题。同时,将三维实景模型与设计模型进行对比,可以精确量化施工偏差,识别施工质量隐患。

(2)竣工测量。工程竣工验收是工程建设的重要环节,采用三维激光扫描技术进行竣工测量,能够快速获取竣工建筑物的准确三维数据,大幅提高测量效率和精度。利用三维激光扫描仪,对竣工建筑物进行多站点扫描,获得完整的建筑物点云数据。通过点云数据拼接、净化等处理,生成建筑物的高精度三维模型^[5]。在三维模型中,可以方便地提取建筑物的空间几何信息,如长度、高度、面积等,评估是否满足设计要求。对于一些异形结构、复杂装饰,传统测量难以准确获取其三维信息,而采用三维激光扫描测量,能够逼真地记录其几何细节,为工程验收提供翔实的数据支撑。此外,将竣工模型与设计模型进行精确对比,能够直观评估工程实体与设计的符合程度,验证是否存在尺寸偏差、缺失构件等问题。竣工三维模型不仅可用于工程验收,还可归档到工程信息管理系统中,为运维管理、改扩建等提供基础数据,实现工程全生命周期的信息化管理。

(3)隧道测量。隧道工程建设对测量精度和效率要求较高,采用三维激光扫描技术进行隧道测量,可以快速获得隧道内部的精细三维模型,全面评估隧道的施工质量和安全状态。利用三维激光扫描仪,对隧道内部进行连续断面扫描,获得隧道的点云

数据。通过隧道断面拟合分析软件,可以自动拟合隧道的标准断面,计算隧道的欠挖量和超挖量,评估隧道开挖质量是否满足设计要求。利用连续多期的隧道断面扫描数据,可以分析隧道的收敛变形趋势,评估隧道结构的稳定性。当隧道变形超过预警值时,可以及时采取加固措施,避免隧道坍塌等严重质量事故。隧道三维激光扫描测量可以实现隧道全断面、高密度的精细化测量,大幅提高隧道质量评估的精度和可靠性。同时,利用三维激光扫描数据,可以方便地提取隧道轮廓线、拱脚线等关键特征,评估隧道轮廓的对称性、平顺性。

(4) 变形监测。工程结构的安全性评估离不开变形监测,采用三维激光扫描技术可以实现结构物高精度、动态化的三维变形监测^[6]。以基坑监测为例,利用三维激光扫描仪,对基坑边坡进行定期扫描,获得不同时期的高密度点云数据。通过点云配准和变形分析,可以得到边坡表面各点的三维位移向量,生成边坡位移云图,直观表现边坡的位移分布规律。通过对分析不同时期的位移云图,可以掌握边坡变形的时空演化规律,评估边坡的稳定性趋势。当位移速率超过预警值时,可及时采取加固措施,确保基坑施工安全。与传统的变形监测方法相比,三维激光扫描监测可获得结构表面高密度的全域位移场,不依赖于预埋监测标志,布设灵活,全面性和空间分辨率大大提高。利用高密度的三维位移场数据,可以开展变形机理分析,研究结构的变形规律。基于三维激光扫描技术的变形监测流程简单,测量自动化程度高,非接触式测量避免了人工登高作业的安全隐患,是一种先进的变形监测新技术。

2.4 土方与体积测量

土方工程是工程建设中的重要组成部分,准确计算土方量是工程量清单编制和工程结算的重要依据。传统的土方量计算主要采用人工测量和计算的方式,工作量大、效率低,难以适应大规模土方工程的需求。三维激光扫描技术以其高效、高精度的特点,为土方量计算提供了行之有效的技术手段。在实际应用中,利用三维激光扫描仪对场地进行扫描,获得场地的高密度点云数据。通过点云数据处理软件,可以快速构建场地的三维地形模型,并自动计算土方开挖和回填的工程量。与传统方法相比,基于三维激光扫描的土方量计算具有速度快、精度高、人工劳

动强度低等优势。扫描一次即可获得上万个散射点的三维坐标,无需人工布设大量控制点,大大提高了外业工作效率。利用高密度的散射点数据构建的三维地形模型,能够真实反映场地的地形单元,挖填方计算结果更加准确可靠。此外,将三维激光扫描与倾斜摄影等技术相结合,可以获得更加丰富、直观的场地影像资料,为土方开挖和运输管理提供直观的影像依据。在土石方工程施工过程中,定期开展三维激光扫描,可以动态监测挖填方的施工进度和工程量,为施工进度控制和工程量统计提供可靠的数据支撑。

3 结语

三维激光扫描技术凭借其独特的技术优势,在测绘工程的各个领域得到了广泛应用,极大地提高了测绘工程的效率和质量,推动了测绘工程的数字化、智能化发展。随着三维激光扫描技术的不断创新和完善,其在测绘工程中的应用领域必将进一步拓展,为测绘工程高质量发展注入新的动力。测绘工程应积极拥抱三维激光扫描技术,加强技术创新和应用研究,不断提升测绘工程的技术水平和服务能力,为经济社会发展提供更加优质、高效的测绘保障。

参考文献

- [1] 杨红亮,甄鑫强,杨磊.测绘新技术在历史建筑测绘中的应用[J].测绘与空间地理信息,2024,47(10):193-196.
- [2] 刘进芳.三维激光扫描技术在建筑物立面测绘中的应用[J].科技资讯,2024,22(18):21-23.
- [3] 厉争艳.测绘新技术在测绘工程中应用的常见问题及对策分析[J].西部资源,2023,(03):166-168.
- [4] 蔡小勇.三维激光扫描技术在道路测绘中的应用研究[J].运输经理世界,2021,(09):77-78.
- [5] 王欣.工程测量与三维测绘技术发展探析[J].中国金属通报,2021,(02):143-144.
- [6] 温伟.测绘工程技术在不动产测绘中的现状及思考[J].居业,2020,(10):21-22.

作者简介:

胡建瑜(1985--),男,汉族,江西省吉安市人,本科,工程师,研究方向:测绘工程。