

特殊地形测绘工程中的测绘技术

卢娜

武城县自然资源局 山东 德州 253300

摘要: 本文探讨了特殊地形测绘工程中的测绘技术, 针对山地、丛林、城市密集区等复杂地形, 分析了传统测绘技术的局限性, 并提出了现代测绘技术需求。重点介绍了激光雷达、无人机倾斜摄影、惯性导航与SLAM、多源数据融合等关键技术及其在特殊地形测绘中的应用。通过工程案例分析, 验证了这些技术的有效性和优势。文章还提出了技术优化建议, 并展望了未来发展趋势, 为特殊地形测绘提供了技术参考和指导。

关键词: 特殊地形; 测绘工程; 测绘技术

引言: 随着工程建设和灾害监测等领域的快速发展, 特殊地形测绘的重要性日益凸显。特殊地形如山地、丛林、城市密集区等, 其复杂多变的地貌特征给测绘工作带来了巨大挑战。传统测绘技术在这些区域的应用受到诸多限制, 难以满足高精度、实时性的测绘需求。因此, 研究并应用现代测绘技术, 提高特殊地形测绘的效率和精度, 成为当前测绘领域的热点和难点问题。

1 特殊地形分类及测绘技术需求分析

1.1 特殊地形类型与特征

(1) 山地与高原地区地形复杂多变, 山体高耸, 坡度陡峭, 沟谷纵横交错, 高差悬殊巨大。这种复杂的地形使得测绘人员难以到达各个区域, 且不同位置的地形特征差异显著, 增加了测绘数据获取和处理的难度。(2) 丛林与沼泽地区植被极为茂密, 高大的树木和繁茂的枝叶形成了天然的遮挡屏障, 导致地面特征难以直接观测。沼泽地区地面松软, 人员和设备进入困难, 还容易陷入其中, 不仅影响测绘工作的开展, 还对测绘人员的安全构成威胁。(3) 城市密集区建筑物密集且高大, 信号反射复杂, 干扰了测绘信号的传播。地下空间则存在众多地下管线、隧道、地下室等设施, 空间封闭且结构复杂, 传统测绘手段难以深入其中获取全面准确的信息, 给城市规划、建设和管理带来挑战。

1.2 传统测绘技术的局限性

(1) 全站仪在复杂地形中使用, 需要频繁地设站和搬站, 操作过程繁琐, 耗费大量时间和人力, 导致测绘效率低下。而且, 受地形起伏和通视条件的限制, 在一些隐蔽区域难以获取有效的测量数据。(2) GPS信号容易受到地形、建筑物等因素的遮挡, 在山地峡谷、丛林以及城市密集区等区域, 信号强度会明显减弱, 从而影响定位精度, 甚至出现无法定位的情况, 无法满足高精度测绘的需求。(3) 传统摄影测量主要依赖航空影像, 对于

丛林、建筑物背后等隐蔽区域, 影像无法覆盖, 导致这些区域的信息缺失, 难以形成完整准确的地形测绘成果。

1.3 现代测绘技术需求与适配性

(1) 高精度与实时性需求分析: 特殊地形测绘需要高精度的数据来支持工程建设、灾害监测等工作, 同时, 在动态变化的场景下, 如地质灾害监测, 要求测绘数据能够实时更新, 以便及时掌握地形变化情况。(2) 多源数据融合的技术要求: 单一测绘手段获取的信息有限, 需要融合卫星遥感、航空摄影、地面测量、激光雷达等多源数据, 充分发挥各种技术的优势, 提高测绘成果的完整性和准确性。(3) 自动化与智能化处理能力需求: 面对海量的测绘数据, 传统人工处理方式效率低下且容易出错, 需要具备自动化与智能化处理能力, 实现数据的快速处理、分析和建模, 提高测绘工作的效率和质量^[1]。

2 特殊地形测绘工程中的测绘关键技术与方法

2.1 激光雷达(LiDAR)技术

(1) 机载LiDAR在山地地形中的应用原理: 机载LiDAR通过向地面发射激光脉冲, 利用激光与地面目标相互作用后的反射信号来获取地形信息。在山地地形中, 飞机搭载激光雷达设备按预设航线飞行, 激光脉冲以一定角度向地面发射, 遇到地形、植被等目标后反射回来, 被接收器接收。通过记录激光发射与接收的时间差, 结合飞机的位置和姿态信息, 可精确计算出地面目标的三维坐标, 从而快速获取大面积山地地形数据, 有效克服了传统测绘方法在山地通视困难的问题。(2) 地面LiDAR对隐蔽目标的穿透能力分析: 地面LiDAR发射的激光具有一定的穿透性, 对于一些植被覆盖区域, 部分激光能够穿透植被间隙到达地面, 获取地面真实地形信息。其穿透能力受植被类型、密度和激光波长等因素影响。例如, 对于稀疏的草丛, 激光穿透效果较好; 而对于茂密的森林, 穿透能力有限, 但通过多次扫描和数据

处理算法,仍能在一定程度上获取隐藏在植被下的目标信息,如建筑物、石块等^[2]。(3)点云数据处理与三维建模技术:获取的点云数据包含大量冗余和噪声信息,需进行滤波、分类等预处理。滤波可去除噪声点,分类则将点云分为地面点、植被点、建筑物点等不同类别。之后利用三角网建模、体素建模等方法构建三维模型,能直观展示特殊地形地貌,为工程规划、灾害评估等提供详细的三维空间信息。

2.2 无人机倾斜摄影测量技术

(1)无人机平台选型与航摄参数设计:根据特殊地形特点和测绘需求选择合适的无人机平台,如多旋翼无人机机动性强,适合小范围复杂地形;固定翼无人机续航时间长,适用于大面积测绘。航摄参数设计包括飞行高度、速度、航向重叠度和旁向重叠度等。合理设置这些参数可确保获取的影像具有足够的分辨率和重叠度,满足三维重建要求。(2)多视角影像匹配与三维重建算法:无人机从不同角度拍摄多张影像,通过特征提取与匹配算法,找出不同影像间的同名点。利用这些同名点的空间关系,结合相机参数,采用运动恢复结构(SFM)等算法计算相机位姿和场景三维结构,实现多视角影像的三维重建,生成高精度的实景三维模型。(3)复杂地形下的精度控制方法:在复杂地形中,地形起伏、植被遮挡等因素会影响影像质量和匹配精度。可采用布设地面控制点、增加影像重叠度、优化飞行航线等方法提高精度。同时,利用后处理软件对三维模型进行精度评估和修正,确保测绘成果满足精度要求^[3]。

2.3 惯性导航与SLAM技术

(1)IMU/GNSS组合导航在无信号区的应用:在无GPS信号区域,如丛林、地下空间等,惯性测量单元(IMU)可测量载体的加速度和角速度信息,通过积分运算得到载体的位置、速度和姿态信息。但IMU存在误差累积问题,与GNSS组合导航可在有信号时利用GNSS高精度定位信息对IMU进行校正,提高导航精度,实现无信号区的连续可靠导航。(2)即时定位与地图构建(SLAM)技术原理:SLAM技术通过传感器(如激光雷达、摄像头等)实时感知周围环境信息,同时估计自身的位置和姿态,并构建环境地图。在测绘过程中,载体一边移动一边利用传感器数据更新自身位置和构建地图,实现动态测绘,适用于未知环境的测绘任务。(3)地下空间测绘中的动态误差补偿:地下空间环境复杂,存在温度、湿度变化等因素,会导致传感器测量误差和载体运动误差。通过建立误差模型,结合实时监测数据,采用滤波、优化等算法对动态误差进行补偿,提高地下空间测绘的精

度和可靠性。

2.4 多源数据融合与协同处理

(1)卫星遥感与地面测量的数据融合策略:卫星遥感数据具有覆盖范围广、更新快的特点,但分辨率相对较低;地面测量数据精度高,但获取范围有限。将两者融合,可采用基于地理坐标的配准方法,将不同数据统一到同一坐标系下,然后通过加权融合、特征融合等策略,充分发挥各自优势,提高测绘成果的准确性和完整性。(2)众源地理数据(VGI)的辅助应用:VGI是公众参与创建的地理数据,具有数据来源广泛、更新及时的特点。在特殊地形测绘中,可利用VGI数据补充传统测绘数据的不足,如获取一些难以到达区域的信息。但VGI数据质量参差不齐,需进行质量评估和筛选后合理应用^[4]。(3)基于深度学习的数据质量优化方法:利用深度学习算法对多源数据进行质量优化,如去除噪声、填补缺失数据、提高分类精度等。通过构建深度学习模型,对大量标注数据进行训练,使模型学习到数据的质量特征和优化规则,从而实现测绘数据质量的自动提升。

3 工程应用与案例分析

3.1 山地地形测绘工程案例

(1)某山区水电站建设中的高精度地形建模。在某山区水电站建设前期,精准的地形数据是关键。该区域地形复杂,山峰林立、沟壑纵横。采用机载LiDAR技术,它能快速发射激光脉冲并接收反射信号,结合飞机精准定位,短时间内获取海量点云数据。通过专业软件处理,去除植被等非地面点,构建出高精度数字高程模型(DEM),清晰呈现地形起伏,为坝址选择、库容计算等提供可靠依据,保障了水电站规划的科学性。(2)LiDAR与无人机协同作业流程设计。为提升测绘效率与精度,设计了协同作业流程。先让无人机搭载高清相机进行大面积航空摄影,快速获取山地影像,初步了解地形并规划重点区域。接着,机载LiDAR对重点区域详细扫描,获取高精度点云。同时,地面LiDAR对隐蔽区域,如山谷、陡坡下目标补充测量。采集的数据经统一坐标系融合处理,充分发挥各技术优势,实现全方位、高精度测绘。(3)成果精度验证与效率对比分析。将协同作业成果与传统测绘方法对比验证。在实地布设大量控制点和检查点,发现协同作业成果平面和高程精度显著提高,满足水电站建设高要求。效率上,传统方法需大量人力外业测量和内业处理,耗时数月;而协同作业仅需数周,大幅缩短周期,加快了工程进度。

3.2 城市地下空间测绘案例

(1)地铁隧道三维扫描与变形监测。在城市地铁隧

道测绘中,采用三维激光扫描技术对隧道进行全方位扫描。扫描仪发射激光束,快速获取隧道内壁的点云数据,通过数据处理构建出隧道的三维模型,直观展示隧道的几何形状和结构特征。同时,定期对隧道进行扫描,对比不同时期的三维模型,能够精确检测隧道的变形情况,及时发现潜在的安全隐患,为隧道的维护和管理提供科学依据。(2) SLAM技术在复杂管网测绘中的应用。城市地下管网错综复杂,传统测绘方法难以准确获取其空间位置和走向。SLAM技术通过搭载在移动设备上的传感器,如激光雷达和惯性测量单元,在管网内移动时实时感知周围环境,同时估计自身的位置和姿态,并构建管网的三维地图。该技术无需提前布设控制点,能够在复杂的管网环境中快速、准确地完成测绘任务,提高了管网测绘的效率和精度^[5]。(3) 多传感器数据融合的误差控制。在地下空间测绘中,单一传感器的数据可能存在误差和局限性。将三维激光扫描数据、SLAM数据以及其他传感器数据,如倾角传感器数据进行融合处理。通过建立误差模型,采用数据融合算法对不同传感器的数据进行优化和校正,有效控制了测量误差,提高了测绘成果的可靠性和准确性。

3.3 特殊环境测绘技术优化建议

(1) 极端天气条件下的设备防护措施。极端天气影响设备正常工作。为设备配备防水、防尘罩,防止雨水和灰尘进入;采用隔热、保暖材料包裹,确保高温或严寒下正常运行。同时,合理安排作业时间,避开极端天气时段。(2) 数据传输与实时处理的技术改进。特殊环境下数据传输易受干扰。采用无线通信增强技术,如增加信号功率、多频段通信,提高传输稳定性。利用云计算和边缘计算,实现数据实时处理分析,减少传输延迟,提高工作效率。(3) 标准化作业流程与质量控制体系。建立标准化作业流程,明确各环节操作规范与质量要求,确保工作规范化。完善质量控制体系,加强对设备、数据采集处理和成果验收等环节监控,及时解决问题,保证成果质量。

3.4 未来发展趋势与展望

(1) 人工智能在测绘数据处理中的深化应用。未来,人工智能将深度参与测绘数据处理。通过深度学习算法,实现数据自动分类、特征提取和模型构建,提高处理效率精度。还能进行质量评估和异常检测,及时修正数据问题。(2) 量子测绘技术与新型传感器的研发方向。量子测绘技术具高精度、高灵敏度优势,是未来重要发展方向。研发量子激光雷达、量子惯性导航传感器等新型设备,将进一步提升测绘精度可靠性,满足特殊地形测绘更高需求。(3) 特殊地形测绘的国际化合作与标准制定。全球化下,特殊地形测绘国际化合作增多。各国应加强交流,共同制定统一标准和规范,促进技术共享交流,推动特殊地形测绘技术全球发展。

结束语

特殊地形测绘工程中的测绘技术研究具有重要的现实意义和应用价值。通过引入激光雷达、无人机倾斜摄影、惯性导航与SLAM、多源数据融合等现代测绘技术,有效克服了传统测绘技术的局限性,提高了测绘效率和精度。未来,随着人工智能、量子测绘等新技术的发展,特殊地形测绘技术将迎来更加广阔的发展前景。各国应加强合作,共同推动特殊地形测绘技术的国际标准化和全球化发展。

参考文献

- [1]徐新麟.测绘工程中特殊地形测量对策[J].中华建设,2025,12(3):118-120.
- [2]戴骏睿.测绘工程中特殊地形的测绘技术研究[J].工程技术研究,2024,9(24):212-214.
- [3]王亚勋.测绘技术在特殊地形测绘工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,21(13):180-182.
- [4]符永存.测绘技术在特殊地形测绘工程中的应用[J].中国高新科技,2023,16(7):158-160.
- [5]普巴.测绘工程中特殊地形的测绘技术探究[J].中国金属通报,2022,10(8):150-152.