

测绘工程中特殊地形的测绘技术探讨

陈 伟 石北庚 胡 玄*

湖北天地云地信科技集团有限公司 湖北 武汉 430010

摘 要：针对测绘工程中特殊地形的技术难题，结合繁茂林地、城镇房屋密集区、山地、泥泞滩涂等场景，提出针对性方案。繁茂林地采用导线推进断面测量与GPS-RTK结合技术；城镇密集区运用全站仪与倾斜摄影建模；山地依托GPS预设坐标与数字化建模；泥泞滩涂通过基准站布设与无人机LiDAR融合。技术优化层面，多源数据融合建立标准化机制，三维建模结合BIM与VR实现可视化，人工智能赋能智能采集、路径规划及无人化作业，显著提升特殊地形测绘的精度、效率与安全性，为工程建设提供可靠数据支撑。

关键词：测绘工程；特殊地形；测绘技术

引言：随着科技的不断进步，传统测绘方法在高精度、高效率需求下的局限性日益凸显，推动测绘技术持续创新发展。在特殊地形测绘中，复杂地理环境带来严峻挑战：繁茂林地与隐蔽区域的植被遮挡导致信号传输受阻，城镇房屋密集区的空间狭窄限制设备操作，山地地形起伏加大数据采集难度，泥泞滩涂和湿地的不稳定地质条件则增加作业风险。为突破这些瓶颈，测绘行业积极引入无人机测绘、激光雷达、遥感技术及人工智能等现代手段。通过多源数据融合与智能算法优化，这些新技术有效克服环境干扰，在提升测绘效率的同时，显著增强数据准确性与可靠性，为特殊地形测绘提供了强有力的技术支撑。

1 特殊地形测绘技术概述

特殊地形测绘技术是测绘工程中的一个重要分支，它主要针对那些具有复杂地理特征或特殊环境条件的区域进行测绘工作。这些区域包括山地、高原、峡谷、水域、湿地、沙漠以及城市密集区和工业区等。由于这些地形的复杂性，传统的测绘技术往往难以满足高精度、高效率的要求，因此需要采用更加先进和适应性强的测绘技术来完成任务。特殊地形测绘技术的发展与测绘技术的整体进步密切相关，随着科技的不断进步，新的测绘技术和方法不断涌现，为特殊地形测绘提供了更多的选择和解决方案^[1]。例如，无人机测绘技术利用其灵活性和高分辨率成像能力，能够在复杂地形中快速获取地形数据；遥感测绘技术通过卫星或航空遥感平台，可以覆盖大面积的区域，获取高分辨率的影像数据，适用于沙漠、湿地等难以进入的区域；激光雷达测绘技术则以其高精度和高密度的点云数据，能够精确地描绘出地形的三维结构，特别适合于城市密集区和森林等复杂环境。在实际应用中，特殊地形测绘技术的选择需要根据具体

的地形特点和测绘要求来确定。

2 典型特殊地形的测绘技术方案

2.1 繁茂林地/隐蔽区域测绘

2.1.1 无人机测绘技术的应用

无人机测绘技术在繁茂林地和隐蔽区域测绘中发挥着重要作用。无人机具备出色的机动性和灵活性，能够轻松进入复杂地形区域，快速获取高分辨率的影像数据。通过搭载先进的传感器，如多光谱相机和激光雷达，无人机不仅能够穿透植被，获取地面信息，还能生成详细的三维地形模型。在森林资源调查中，无人机测绘技术可以精确测量树木的高度、冠幅等参数，为森林资源管理和生态保护提供科学依据。此外，无人机测绘技术的高效性使其能够在短时间内完成大面积测绘任务，显著提高工作效率，降低人力成本。

2.1.2 激光雷达测绘技术的应用

激光雷达测绘技术在繁茂林地和隐蔽区域测绘中具有独特的优势。激光雷达通过发射激光脉冲，能够穿透植被层，直接获取地面高程数据，生成高精度的数字高程模型（DEM）。这种技术在处理复杂植被覆盖区域时，能够有效避免传统测绘方法因视线受阻而产生的误差。例如，在山区和森林区域，激光雷达可以精确测量地形起伏和植被分布，为地形分析和生态保护提供详细数据。激光雷达测绘技术的高精度和高密度点云数据，使其在复杂地形测绘中具有不可替代的地位，能够满足高精度测绘需求。

2.1.3 数据融合与处理技术

在繁茂林地和隐蔽区域测绘中，数据融合与处理技术是确保测绘数据准确性和完整性的关键环节。通过将无人机获取的影像数据与激光雷达生成的点云数据进行融合，可以生成更加全面和精确的地形模型。数据融合

技术能够有效弥补单一数据源的不足,例如,影像数据可以提供丰富的纹理信息,而激光雷达数据则提供精确的高程信息。在数据处理阶段,利用专业的软件工具进行数据校正、滤波和分类,能够进一步提高数据质量。

2.2 城镇房屋密集区测绘

城镇房屋密集区因建筑遮挡、信号干扰严重,传统测绘技术效率低且精度受限,需采用多技术融合方案。

(1) 无人机倾斜摄影与三维建模:利用多镜头无人机获取建筑立面及屋顶全要素影像,通过ContextCapture等软件生成实景三维模型,解决通视障碍问题,模型精度可达1:500比例尺要求。(2) 地面三维激光扫描(TLS)补测:对无人机无法覆盖的隐蔽区域(如狭窄巷道、建筑阴影区)进行点云数据采集,结合Cyclone软件实现点云与影像的精准配准,弥补空中测绘盲区。(3) 移动测量系统(MMS)快速采集:搭载激光雷达与全景相机的车载平台沿街道行驶,同步获取道路、管线及建筑立面数据,单日可完成5km²区域测绘,效率较传统方法提升3倍。(4) GNSS+全站仪联合控制网布设:在开阔区域布设GNSS基准站,密集区采用全站仪进行特征点加密测量,通过“整体平差”确保控制网精度均匀性。(5) AI辅助地物分类与矢量化:基于深度学习算法自动识别建筑轮廓、门窗等地物要素,减少人工勾绘工作量,矢量数据提取准确率达92%以上。

2.3 山地地形测绘

山地地形测绘因其复杂的地形特征和多变的自然环境而极具挑战性,需要综合运用多种测绘技术和方法来确保数据的准确性和可靠性。在山地测绘中,采用卫星遥感技术获取大范围的地形概览,为后续的详细测绘提供基础数据。利用无人机测绘技术,凭借其灵活性和高分辨率成像能力,深入山区获取详细的地形影像,尤其适用于陡峭山坡和难以到达的区域。同时,结合地面控制测量,使用全站仪和GPS设备进行高精度的点位测量,确保地形数据的精确性。在数据处理阶段,运用地理信息系统(GIS)软件对多源数据进行整合与分析,生成高精度的数字地形模型(DTM)。考虑到山地地形的复杂性,还需特别注意数据的校正和验证,以应对地形起伏和植被遮挡带来的误差。

2.4 泥泞滩涂/湿地测绘

泥泞滩涂与湿地测绘面临环境与技术的双重挑战:地表承载能力低导致传统测绘设备易沉降,测站难以稳定架设;潮水涨落引发地形动态变化,高程数据易受水位干扰;植被覆盖(如芦苇、沼泽植物)进一步遮挡测点,增加数据采集难度。针对上述问题,需分区域采用

差异化技术方案:面积较小时,通过周边稳定区域布设基准站,利用GPS-RTK技术测定边界范围线,结合内插等高线法绘制地形轮廓,同步记录泥深、含水率等参数以修正高程误差;面积较大时,采用“测站+移动终端”协同模式,在滩涂边缘设置固定测站,作业人员携带免棱镜全站仪或RTK移动台,沿预设测线采集数据,重点监测潮间带地形变化,同时利用声速剖面仪校正水深测量值,确保水下地形数据准确性^[2]。此外,引入无人机搭载激光雷达(LiDAR)技术,通过穿透植被间隙获取地表点云数据,结合GIS系统整合多源数据,生成包含高程、底质类型、植被分布的综合地形图,有效提升测绘效率与数据完整性。

3 特殊地形测绘技术的优化与创新

3.1 多源数据融合技术

3.1.1 数据标准化与预处理机制

多源数据融合需建立统一的数据标准体系,首先对不同来源数据(如卫星遥感影像、无人机航拍数据、地面实测数据)进行格式转换与坐标统一,采用WGS-84坐标系或地方独立坐标系作为基准,通过高斯-克吕格投影消除投影变形。针对数据质量差异,采用统计滤波法剔除异常值,利用插值算法(如克里金插值)填补缺失数据,并通过均方根误差(RMSE)校验数据精度,确保融合前各数据源的一致性与可靠性,为后续融合分析奠定基础。

3.1.2 融合算法与模型构建

结合地形特征选择适配的融合算法:在地形复杂区域,采用基于贝叶斯估计的多传感器数据融合模型,通过概率分布函数整合GPS与全站仪数据,降低信号干扰导致的误差;在大范围测绘场景中,运用小波变换融合遥感影像与LiDAR点云数据,保留高分辨率纹理信息与精确高程数据。同时,引入深度学习技术构建地形特征提取模型,通过卷积神经网络(CNN)自动识别地物类型,实现多源数据的智能匹配与特征层融合,提升复杂地形的测绘精度。

3.1.3 动态融合与实时更新技术

针对特殊地形的动态变化(如湿地水位涨落、矿区地表沉降),建立实时数据融合机制:通过物联网传感器实时采集环境参数(水位、土壤含水率),结合无人机动态航测数据,利用卡尔曼滤波算法实现多源数据的动态加权融合,生成时序化地形变化模型。开发云端数据处理平台,集成边缘计算与5G传输技术,实现外业数据实时上传、融合与可视化反馈,确保测绘结果能及时反映地形动态特征,为工程决策提供动态数据支持。

3.2 三维建模与虚拟现实技术

三维建模与虚拟现实技术通过多维度数据整合与沉浸式可视化,为特殊地形测绘提供创新解决方案。在数据采集阶段,采用无人机倾斜摄影技术从五个视角同步获取影像,结合空中三角测量生成高密度点云,精准还原地形起伏与地物细节,较传统建模效率提升40%以上。针对复杂地貌(如山地、溶洞),引入BIM技术构建参数化模型,将地质属性(岩性、坡度)与空间坐标关联,实现地形信息的结构化表达^[3]。虚拟现实技术通过三维场景渲染与交互设计,突破传统二维图纸的局限:利用Unity3D引擎搭建虚拟测绘环境,支持用户以第一视角漫游特殊地形区域,实时查询任意点位的坐标、高程及植被覆盖数据;结合手势识别与VR设备,可模拟极端环境下的测绘作业流程,辅助制定外业实施方案。此外,通过数字孪生技术构建地形动态模型,整合实时监测数据(如滑坡位移、水位变化),实现地形演变过程的可视化预测,为灾害预警与工程规划提供直观决策依据。

3.3 人工智能与自动化测绘技术

人工智能与自动化测绘技术的结合是特殊地形测绘技术发展的重要方向,它能够显著提高测绘效率和数据处理精度,为复杂地形测绘提供更高效、更可靠的解决方案。(1)智能数据采集与处理:基于深度学习的图像识别算法,可自动提取无人机影像中的地形特征点(如山脊线、水系边界),结合LiDAR点云数据实现地物分类,较人工判读效率提升3倍以上,同时降低因视觉疲劳导致的误差。(2)自适应路径规划技术:通过强化学习训练无人机测绘路径模型,根据实时地形数据(如坡度、障碍物分布)动态调整飞行航线,在复杂山地环境中实现90%以上测点覆盖率,减少人工干预成本。(3)异常数据智能诊断:利用神经网络构建误差预测模型,

对GPS、全站仪等多源数据进行实时监测,自动识别粗差数据并触发重测机制,将数据异常率控制在0.5%以下,保障测绘结果可靠性。(4)自动化成图与更新:集成自然语言处理技术解析外业观测日志,结合GIS数据库自动生成标准化地形图,支持要素分层管理与一键更新,成图周期缩短至传统方法的1/4。(5)无人化作业装备应用:研发搭载AI芯片的自主测绘机器人,配备多光谱传感器与机械臂,可在泥泞滩涂、高海拔山区等危险环境中完成自主采样与数据回传,实现“零人工干预”的全流程测绘作业。

结语

未来,科技的持续进步将推动测绘技术向更智能、更自动化方向发展,为特殊地形测绘带来更多创新突破。人工智能与机器学习的深度应用,将实现数据采集、处理与分析的全流程智能化,大幅提升复杂环境下的测绘效率。无人机、激光雷达等装备的小型化与集成化,结合5G与物联网技术,可实现特殊地形的实时动态监测。同时,数字孪生与元宇宙技术的融合,将构建高精度虚拟测绘场景,为工程规划与决策提供沉浸式可视化支持,助力测绘工程在智慧城市、灾害防治、资源开发等领域发挥更关键的作用。

参考文献

- [1]李一鸣.测绘工程中特殊地形的测绘技术探讨[J].中国宽带,2020(12):38-38.
- [2]张云启.测绘技术在特殊地形测绘工程中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3):038-041.
- [3]刘明星.针对测绘工程中特殊地形的测绘技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):049-052.