

无人机技术高精度地理信息测绘方法研究

黄振华 欧阳春 王春发

江西核工业测绘院集团有限公司, 江西省南昌市, 330100;

摘要: 无人机测绘技术凭借其灵活性强、成本低、分辨率高等优势, 已经成为现代高精度地理信息获取的重要手段, 其可以帮助研究人员进行地形测量、土地利用检测和环境监测等工作。本文系统探讨了无人机高精度测绘的技术体系, 结合实际应用案例, 分析了不同场景下无人机测绘的精度控制策略与优化方法。研究表明, 通过技术流程优化与多源数据融合, 无人机测绘在满足厘米级定位精度要求的同时, 显著提升了地理信息获取的效率与智能化水平。

关键词: 无人机; 地理信息测绘; 高精度; 方法研究

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 07. 047

引言

地理空间信息作为国家基础性战略资源, 其高精度获取能力在数字中国建设、自然资源管理、灾害应急响应、智慧城市等领域具有不可替代的关键作用。传统测绘手段如人工野外测量、航空摄影测量等, 常受到作业周期长、成本高昂、灵活性差的限制。因此, 无人机技术的突破性发展, 为地理信息高效、高精度、低成本获取开辟了新途径。深入研究无人机高精度地理信息测绘方法, 构建完善的技术体系, 具有十分重要的理论价值和广泛的工程应用前景。

1 无人机测绘技术的优点

随着科学技术的发展, 无人机测绘技术(图1)逐渐更新升级, 为地理信息的探测和研究工作提供了巨大便捷。无人机测绘的核心优势在于其高效性、高精度、安全性、成本效益以及其灵活性。无人机测绘技术通过快速获取高分辨率影像和三维建模能力, 显著提升了测绘效率和数据质量, 同时还能够避免传统测绘中存在的人员安全风险, 并且在复杂地形和大范围作业中具有独特的优势。



图1 无人机图示

1.1 有效提升测绘效率

无人机测绘从任务下达、规划航线到起飞作业, 流程大大缩短。在面对洪水、滑坡等应急救援、突发事件现场勘查时, 无人机都能够在第一时间到达, 快速获取相关地点的关键信息, 相比较于传统测绘技术, 对数据的采集和特殊情况的判断效率和速度都有显著提升。并且无人机在单架次飞行中就能够覆盖相当广阔的区域, 原本需要地面测量队数天甚至数周才能完成探测的区域, 无人机在几个小时就能完成对该区域的数据采集, 探测效率明显提升, 并且减少了人力和物力的使用, 可以将专业人员放在更加重要的工作中, 有效提升地理信息采集的准确性。对于大范围的普查工作、周期性监测活动也具有十分重要的意义。在数据采集后, 研究人员可以借助专业处理软件, 生成该区域的基础图件, 生成速度也显著加快, 缩短了整个项目周期, 节省了项目的时间成本和资金成本。

1.2 无人机测绘技术具有灵活性

无人机测绘技术可以对特殊地形或复杂地形进行快速探查, 无论是陡峭山崖、茂密丛林、沼泽湿地还是城市楼宇间的狭窄空间, 无人机都可以轻松达到, 并迅速开展安全作业。传统人工测量很难在这类高风险地区进行测量, 测绘效率极低甚至无法进行。无人机还可以进行低空作业, 飞行高度可低至几十米, 获取厘米级甚至更高分辨率的影像和点云细节。这使得精细的地物测绘、高精度土方量计算成为可能。虽然无人机容易受到天气的影响, 但相比较于传统航空摄影, 小型无人机在云层中的条件稍好一些、风速允许的情况下能够抓住短暂窗口期起飞, 灵活性明显提高。

1.3 能够提供更有效的数据

无人机可以为技术人员提供更加精准的地面细节,

清晰可见的地物纹理、微小变化都可以通过无人机拍摄下来,为地理测绘的精细化管理奠定基础。结合实时动态差分技术和后处理动态定位(PPK)、高精度IMU以及科学布设像控点,无人机测绘成果能够稳定达到厘米级的精度,完全满足大比例尺地形图测绘、高精度工程测量的规范要求。

2 技术挑战与发展趋势

2.1 面临的挑战

无人机的飞行范围受到实际空间的限制,在高楼林立的城区、茂密的林区或强电磁干扰地区,全球导航卫星系统(GNSS, Global Navigation Satellite System)信号容易受到遮挡或干扰,实时动态差分技术、后处理动态定位(PPK)以及IMU性能受限,影响了POS的精度和准确度。

无人机传感器检校残差、时间同步误差、POS与影像曝光时刻微小偏差等影响无人机数据采集的微小因素可能在长航线、大面积测绘中被累积放大,影响无人机对地理信息的采集和传输,造成采集数据的准确度降低。

自动化与智能化存在瓶颈。像控点布测仍依赖于人工,点云滤波分类、复杂地物,例如电力线、植被覆盖下的地形自动化精确提取仍然存在困难。并且大规模倾斜摄影或点云数据的处理对计算资源和算法效率要求极高,目前的技术尚未满足海量数据的处理需求,处理效率较低。

2.2 发展趋势

无人机测绘技术未来会进行多传感器的智能融合,深度结合高光谱、热红外等多种传感器进行数据采集和分析,利用深度学习算法进行特征级和决策级融合,提升信息提取的维度与精度。人工智能对其进行深度赋能,医用深度学习技术实现自动特征提取与匹配,提升弱纹理、重复纹理等困难区域的匹配成功率。从影像和点云中自动识别特定的目标并分析其变化。还会发展更加智能的自主路径规划,自动对复杂环境进行避障,保证无人机在测绘过程中的安全,并且可以采用多无人机协同作业的方式,进行任务分配细致化,进一步减少地理测绘作业的时间,提高测绘效率。

例如,对山西煤矿沉陷区的监测就是利用热红外相机对地下煤火区进行识别,加上利用LiDAR对地表下沉情况进行检测,再使用甲烷传感器对甲烷浓度和泄漏情况进行检测,三种传感器的融合运用监测出地表沉降速率每月超过3cm且温度高于65℃的区域,甲烷浓度超限概率提升8.7倍,为煤矿监测提供了更便利的方式和更

精密的数据,代替人工进入危险环境作业,保证了检测人员的安全。

3 无人机高精度测绘核心技术

无人机测绘技术(图2)是指利用无人驾驶航空器作为飞行平台,搭载各类遥感传感器,如可见光相机、多光谱相机、热红外传感器等,通过自动或半自动飞行控制,在目标区域上空按预设航线采集高分辨率空间数据,并且综合运用摄影测量、计算机视觉、GNSS、惯性导航、地理信息系统等技术进行数据处理与分析,最终获取高精度、高时效性的地理空间信息产品的综合性技术方法。

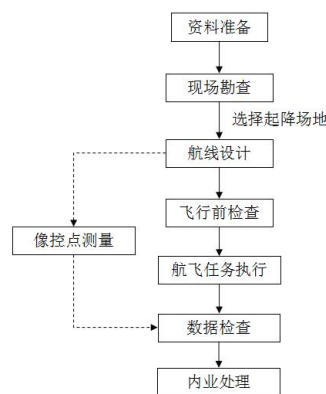


图2 无人机测绘技术流程图

3.1 高精度定位技术

无人机测绘技术利用RTK、PPK差分定位技术对地理位置或信息进行实时定位,这是保证无人机自身位置精度的核心。实时动态差分通过地面基准站实时向无人机发送差分改正数据,实现厘米级实时定位,保证定位的准确性,缩小定位偏差;后处理动态差分则记录无人机和基准站的原始观测数据,在飞行后通过专用软件进行高精度解算,对信号遮挡环境适应性更强,是当前主流的高精度定位方案。后处理动态定位(PPK)通常可实现平面1-2厘米、高程2-3厘米的定位精度,主要依赖于基线长度、观测时间、环境干扰等条件因素。无人机测绘技术高精度惯性测量单元与GNSS紧耦合,GNSS接收机与高精度测量角速率和加速度深度集成。GNSS能够提供绝对的位置但很容易受到外界因素的干扰,测量角速率和加速度提供高频的姿态和运动变化但存在累积误差。二者的紧耦合通过卡尔曼滤波等算法进行最优融合,即使在GNSS信号暂时缺失时,也能为无人机测绘工作持续提供高精度的位置和姿态信息,是获取高精度外方位元素的基础。

3.2 精细化像控点布设与量测

即使在地理测绘工作中使用实时动态差分或后处

理差分技术, POS数据仍然存在参与系统误差。地面像控点是连接影像坐标系与实地坐标系的物理纽带, 用于绝对定向和误差校正, 是消除系统误差、保证最终成果绝对精度的关键环节。地面像控点的布设需要遵循“区域网强度最优”的原则, 通常在测量区边缘、地形起伏处、兴趣目标区域进行加密布设, 并且多采用均匀格网综合特征点的方式。像控点中心坐标需要使用高精度GNSS接收机进行静态或快速静态测量, 平面和高程精度均应优于2厘米, 量测成果需要明确坐标系和高程基准。

3.3 多源传感器集成与数据获取

无人机测绘技术依靠传感器进行信息集成, 传感器的选择需要根据应用需求进行选择。获取垂直及多角度倾斜影像时, 可以利用高分辨率倾斜相机用于高精度三维实景建模, 可以为后续的实景分析提供支撑; 正射相机专为获取高重叠度、低畸变的垂直影响设计, 用于DOM的生成; 激光雷达则主动发射激光脉冲, 穿透部分植被, 直接获取高精度三维点云, 特别适用于地形测绘、电力巡检、林业资源调查, 精度可达到厘米级, 如平面精度 $\pm 3\text{ cm}$, 高程精度 $\pm 2\text{ cm}$; 多光谱或高光谱相机可以用来获取地物光谱信息, 用于农林监测、环境评估等等。

3.4 智能化数据处理与融合

无人机测绘技术在测绘过程中产生了海量原始数据需要通过专业软件进行分析。利用空中三角加密技术对检测特征点进行提取与匹配, 在运用专业软件自动提取影像中的尺度不变特征等特征点, 并在相邻影像间进行高精度匹配。光束法区域网平差是智能化数据处理的核心算法, 它同时优化所有影像的外方位元素和加密点的三维坐标, 使所有光线的重投影误差综合控制在最小范围内, 显著提升数据的稳定性和精度。

将激光雷达点云与摄影测量生成的密集匹配点云进行精确匹配与融合, 综合利用激光雷达的高程精度和光学影像的丰富纹理信息, 达到数据融合的准确性, 保证数据的可用性。基于密集点云, 通过滤波分类分离地面点与非地面点, 生成高精度数字表面模型和数字高程模型。还可以利用平差后的外方位元素和高精度数字表面模型或数字高程模型, 对原始影像进行几何纠正, 消除投影差和地形起伏影响, 并将其进行镶嵌拼接, 生成具有统一坐标系的数字正射影像图。基于空中三角加密成果和密集点云, 通过三角网构建、纹理映射等步骤生成逼真的三维实景模型。

在2020年雅安某山区突发山体滑坡阻断道路的突发事件中, 传统的勘察方法风险较高, 危险性大, 并且勘察效率低, 不利于对人员进行及时救助。因此救援人员使用大疆M300 RTK、DJI P1全画幅相机和激光雷达L1的方式, 在灾后2小时抵达现场, 快速规划仿地飞行航线, 快速通过无人机测绘技术进行对山体滑坡地区的信息采集和数据采集, 生成实景三维模型与滑坡体变化进行对比。基于倾斜摄影点云数据, 过滤植被和非地面点, 生成滑坡灾后高精度数字高程模型和数字表面模型。关键技术点在于点云分类, 在2小时内获取了 0.5 km^2 高精度点云与模型, 救援人员利用GIS空间分析工具计算两个DEM之间的差异, 得到滑坡体的侵蚀区和堆积区, 通过对差异体积进行积分, 精确计算出滑坡方量12万立方米, 识别潜在二次滑坡风险区域3处, 并且知道抢险路线规划, 为人们的安全保驾护航。

4 结论

综上所述, 无人机测绘技术为地理测绘作业带来了新的机遇, 有效提高了地理测绘作业的效率。并且代替了传统人工测绘在复杂环境和危险环境中的工作, 保护了研究人员的安全, 节约了测绘的时间成本和人力成本, 同时也减少了进行地理测绘作业的资金成本, 为地理探测和突发状况勘察等工作提供了较大的便捷。在未来无人机需要将数据进行融合, 保证数据的准确性和有效性, 并且与人工智能技术相结合, 进一步提高无人机测绘的效率。

参考文献

- [1] 叶彬彬, 戴矽妍. 无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(08): 145-147.
- [2] 宋利奎. 无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用[J]. 中国金属通报, 2023(03): 204-206.
- [3] 孟玲玲. 基于无人机航测的矿山地形测绘技术研究[J]. 世界有色金属, 2024(19): 151-153.
- [4] 尤培帅. 无人机倾斜摄影测量在地质灾害监测与评估中的应用[J]. 张江科技评论, 2024(10): 102-104.
- [5] 吴成真. 新时期工程测绘中无人机航空摄影测量应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(34): 180-182.
- [6] 刘阳. 测绘地理信息技术在城市建设中的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(35): 179-182.
- [7] 陈超盛. 基于无人机倾斜摄影数据的地理信息实景三维建模研究[J]. 江西建材, 2024(12): 164-166.