

无人机摄影测量在地形测量中的应用

赵欣伟

辽宁景华工程咨询有限公司 辽宁 丹东 118003

摘要：随着科技浪潮奔涌向前，无人机摄影测量技术正以破竹之势重塑地形测量格局。本文聚焦无人机摄影测量在地形测量中的应用。先介绍无人机摄影测量技术系统构成，涵盖无人机平台、传感器、地面控制站和数据处理软件。接着阐述应用方法，包括像控点布设、空中三角测量等。随后分析技术优势，如提升测量效率、精度，降低成本，适应性强。最后探讨其在复杂地形测量、应急测绘、工程建设测量和资源管理测量等场景的应用，旨在为相关领域提供参考，推动无人机摄影测量技术发展与应用。

关键词：无人机摄影测量；地形测量；技术优势；应用场景

引言：地形测量是众多领域开展工作的重要基础，精准的地形数据对规划、建设和管理意义重大。传统地形测量方法存在效率低、成本高、适应性差等问题，难以满足当下多样化、高效率的测量需求。随着科技发展，无人机摄影测量技术应运而生，它凭借独特优势，在地形测量领域展现出巨大潜力。本文将深入剖析无人机摄影测量技术系统构成，详细介绍其在地形测量中的应用方法，分析技术优势，并探讨不同应用场景，以全面展现该技术在地形测量中的价值。

1 无人机摄影测量技术系统构成

1.1 无人机平台

无人机平台作为无人机摄影测量的飞行载体，是整个技术系统的关键基础。它类型多样，按结构可分为固定翼、多旋翼和垂直起降固定翼等。固定翼无人机飞行速度快、航程远，适合大面积地形测量；多旋翼无人机操作灵活、能悬停，便于在复杂区域获取影像；垂直起降固定翼结合两者优势，应用场景更广。

1.2 传感器

传感器是无人机摄影测量获取地形信息的关键设备。常见的有光学相机、激光雷达和多光谱传感器等。光学相机通过拍摄地面影像，为后续地形分析提供直观资料；激光雷达能精确测量地面物体与无人机间的距离，生成高精度三维点云数据，可清晰呈现地形起伏；多光谱传感器可获取不同波段的光谱信息，用于分析植被覆盖、土壤性质等地形特征。

1.3 地面控制站

地面控制站是无人机摄影测量系统的指挥中枢，负责无人机的飞行控制、任务规划和数据传输。操作人员通过它设定飞行航线、高度、速度等参数，确保无人机按预定计划执行测量任务。在飞行过程中，地面控制站

实时接收无人机的状态信息，如位置、姿态、电量等，以便及时调整飞行策略。

1.4 数据处理软件

数据处理软件在无人机摄影测量中起着核心作用，它负责对采集到的原始数据进行处理和分析，将其转化为有用的地形信息。软件功能丰富，可进行影像匹配、空中三角测量、三维建模等操作。通过影像匹配，将不同视角的影像进行精准对齐；空中三角测量能确定影像的外方位元素，提高测量精度；三维建模则可生成直观的地形三维模型^[1]。

2 无人机摄影测量在地形测量中的应用方法

2.1 像控点布设

像控点布设是无人机摄影测量地形时确保成果精度的关键环节。它为后续数据处理提供精确的空间参考，使影像数据能与实际地理坐标准确对应。布设前，需综合考虑测区地形、比例尺和精度要求等因素。一般遵循均匀分布原则，在测区四周及内部合理布置。对于平坦地形，像控点间距可适当增大；而在地形起伏大、地貌复杂的区域，则要加密布设，以准确反映地形变化。像控点应选在特征明显、易于识别的位置，如道路交叉点、建筑物角点等，方便在影像上准确刺点。布设方式有全野外布点和稀疏布点结合内业加密两种。全野外布点精度高但工作量大；稀疏布点结合内业加密可减少外业工作量，但需保证内业加密的可靠性。合理布设像控点，能有效提高地形测量的精度和可靠性。

2.2 空中三角测量

空中三角测量是利用无人机拍摄的连续影像，通过计算确定影像外方位元素和加密点坐标的过程，对地形测量成果精度至关重要。其原理基于共线方程，利用少量地面控制点和大量连接点，构建数学模型进行平差

计算。操作时,先在影像上选取连接点,这些点在不同影像上应能准确对应。然后,将像控点坐标和连接点观测值代入平差程序,通过迭代计算,求解影像的外方位元素和加密点坐标。空中三角测量可分为解析法和数字法,数字法借助计算机和专用软件,能高效处理大量数据。经过空中三角测量,可获取高精度的影像定向参数,为后续的立体采编和外业补测提供准确的基础数据,大大减少外业工作量,提高地形测量效率。

2.3 立体采编

立体采编是借助无人机摄影测量获取的立体影像对,提取地形特征信息并编制地形图的过程。在进行立体采编时,需使用专业的立体测图仪器或软件,操作人员通过佩戴立体眼镜或利用软件的立体显示功能,在立体环境下观察地形。首先,识别并采集地形特征点,如山脊点、山谷点、山顶点等,这些点能准确反映地形的基本形态。然后,连接特征点形成地形特征线,如等高线、山脊线、山谷线等,以描绘地形的起伏变化。在采编过程中,要保证特征点和线的精度,严格按照地形实际情况进行采集。立体采编能直观、准确地获取地形信息,生成的数字地形图可满足不同领域对地形数据的需求,为地形分析和规划提供可靠依据。

2.4 外业补测

外业补测是无人机摄影测量地形过程中不可或缺的环节,用于补充和完善内业处理无法准确获取的地形信息。尽管无人机摄影测量技术不断进步,但仍存在一些局限性,如影像遮挡、阴影区域以及特殊地物无法准确识别等问题。此时,就需要进行外业补测。外业补测前,需对内业成果进行详细分析,确定需要补测的区域和内容。补测时,可采用全站仪、GPS等传统测量仪器,对内业成果中缺失或精度不足的地形要素进行实地测量,如一些隐蔽的建筑物、小型地貌特征等。外业补测能提高地形测量的完整性和准确性,确保最终成果符合精度要求。通过内业处理与外业补测相结合,可充分发挥无人机摄影测量的优势,提高地形测量工作的质量和效率。

3 无人机摄影测量技术优势分析

3.1 测量效率提升

无人机摄影测量显著提升了地形测量效率。传统地形测量方式,如全站仪测量,需人工逐点观测、记录,在复杂或大面积区域,作业时间长、效率低。而无人机可快速起飞,在短时间内覆盖大面积区域进行影像采集。其飞行速度快,能在数小时内完成传统方法数天甚至数周的工作量。同时,数据处理软件实现了自动化与

智能化,能快速对采集的影像进行拼接、匹配和三维建模,大幅缩短数据处理时间。并且,无人机可灵活调整飞行计划,根据实际需求随时进行测量任务,无需像传统方法那样进行繁琐的现场布设和准备。这种高效的作业模式,使得地形测量项目能够更快交付成果,满足工程建设、资源规划等对时间要求紧迫的场景需求,有效提升了整体工作效率^[2]。

3.2 测量精度提高

无人机摄影测量在测量精度方面具有明显优势。先进的传感器,如高分辨率光学相机和激光雷达,能够获取清晰、详细的地面信息。光学相机可捕捉地面的细微特征,为后续分析提供丰富数据;激光雷达通过发射激光束并测量反射时间,精确获取地面物体与无人机间的距离,生成高精度的三维点云数据,可准确反映地形起伏和物体形态。此外,像控点布设和空中三角测量技术的应用,进一步提高了测量精度。像控点为影像提供了精确的空间参考,空中三角测量通过数学模型精确计算影像外方位元素,减少误差积累。结合专业的数据处理软件,能够对采集的数据进行精准处理和分析,最终生成高精度的地形测量成果,满足各种对精度要求较高的应用场景。

3.3 测量成本降低

无人机摄影测量有效降低了地形测量成本。从人力成本来看,传统测量方法需要大量专业测量人员长时间在现场作业,人工费用高。而无人机操作相对简便,少量人员即可完成飞行控制和数据处理工作,减少了人力投入。在设备成本方面,虽然无人机及相关设备初始购置有一定费用,但长期来看,其可重复使用,且维护成本相对较低。与传统测量仪器相比,无需频繁更换和校准。同时,无人机测量无需大量现场布设控制点,减少了外业工作量,降低了交通、住宿等外业费用。而且,其高效的测量方式缩短了项目周期,减少了时间成本和相关间接费用。综合多方面因素,无人机摄影测量在保证测量质量的前提下,显著降低了地形测量的总体成本。

3.4 适应性强

无人机摄影测量展现出极强的适应性。在复杂地形方面,无论是高山峡谷、茂密森林还是沼泽湿地等传统测量难以到达的区域,无人机都能凭借其灵活的飞行能力轻松抵达并获取影像数据。它不受地面障碍物的限制,可按照预设航线进行飞行测量。在恶劣环境条件下,如高温、严寒、大风等,无人机也能在一定程度上正常作业。其小巧轻便的特点使其便于运输和部署,可快速响应各种测量需求。对于应急测绘场景,如自然灾

害后的地形变化监测，无人机能够迅速到达现场，及时获取受灾区域的地形信息，为救援和重建工作提供支持。此外，它还能适应不同比例尺和精度的测量要求，通过调整飞行参数和传感器设置，满足多样化的地形测量任务。

4 无人机摄影测量应用场景分析

4.1 复杂地形测量

复杂地形如高山峡谷、茂密丛林、沼泽湿地等，传统测量方式面临诸多困难，而无人机摄影测量展现出独特优势。在这些区域，地面通行艰难，人员和设备难以到达，传统测量方法效率低下且危险性高。无人机凭借灵活的飞行能力，可轻松穿越复杂地形，快速获取高分辨率影像。其搭载的激光雷达等传感器，能穿透植被获取地面真实信息，有效解决植被遮挡问题。通过空中三角测量和立体采编技术，可生成精确的三维地形模型，清晰呈现地形起伏、地貌特征。在复杂地形规划建设中，如山区道路选线、水利工程布局等，无人机摄影测量提供的数据能帮助设计人员准确了解地形条件，优化设计方案，减少施工难度和成本。同时，为地质灾害监测提供及时、准确的地形变化信息，助力提前采取防范措施，保障人民生命财产安全。

4.2 应急测绘

在自然灾害、事故灾难等突发事件发生后，及时获取受灾区域的地形信息对应急救援和灾后重建至关重要，无人机摄影测量成为应急测绘的有力工具。灾害发生后，现场环境往往复杂危险，传统测绘方法难以迅速展开。无人机可快速响应，在短时间内到达受灾现场进行影像采集。其高效的数据处理能力，能快速生成灾区的正射影像图和三维模型，直观展示灾害破坏范围、程度以及地形变化情况。这些准确的地形信息为应急指挥部门制定救援方案提供科学依据，帮助确定救援路线、疏散区域和临时安置点。在灾后重建阶段，无人机摄影测量持续发挥作用，监测重建工程进度，评估重建效果，确保重建工作按照规划有序进行，提高应急救援和灾后重建的效率与质量。

4.3 工程建设测量

工程建设各阶段都离不开精确的地形测量，无人机摄影测量为工程建设提供了高效、精准的测量解决方案。在工程规划阶段，无人机可快速获取建设区域的大比例尺地形图，为项目选址、总体布局提供基础数据，帮助设计人员充分了解地形地貌，优化设计方案。施工

阶段，无人机能定期对施工现场进行监测，实时掌握工程进度和地形变化情况。通过对比不同时期的影像数据，及时发现施工中的偏差和问题，以便调整施工计划。在工程验收阶段，无人机摄影测量生成的高精度三维模型可准确反映工程实际建设情况，与设计方案进行对比，评估工程质量。同时，无人机测量还能用于监测工程建设对周边环境的影响，为环境保护和可持续发展提供数据支持。

4.4 资源管理测量

资源管理涵盖土地、矿产、森林、水资源等多个领域，准确的地形测量数据是资源合理开发、利用和保护的基础，无人机摄影测量在其中发挥着重要作用。在土地资源管理方面，无人机可快速获取土地利用现状信息，监测土地变化情况，为土地规划、整治和保护提供依据。对于矿产资源，通过无人机测量可精确确定矿区范围、储量分布，辅助矿产资源勘探和开发。在森林资源管理中，无人机能获取森林覆盖、树种分布等信息，监测森林生长状况和病虫害情况，为森林资源保护和可持续经营提供支持。水资源管理上，无人机可测量水域面积、水位变化，监测水利设施运行情况，保障水资源合理调配和利用。通过无人机摄影测量，实现资源管理的精细化、科学化，提高资源利用效率，促进资源可持续发展^[3]。

结束语

无人机摄影测量技术为地形测量领域带来了革命性变革。其凭借测量效率的大幅提升、精度的显著提高、成本的切实降低以及超强的适应性，在复杂地形测量、应急测绘、工程建设测量和资源管理测量等众多场景中展现出巨大优势。随着技术的持续创新与发展，无人机摄影测量将不断突破局限，为地形测量提供更精准、高效、全面的解决方案。未来，它必将在更多领域发挥关键作用，助力各行业精准把握地形信息，推动地理信息产业迈向新的高度，为社会的可持续发展提供坚实有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 滕秀华. 无人机航空摄影测量在地形测绘中的应用[J]. 世界有色金属, 2020,(10):261-262.
- [2] 吴枚哲. 无人机航空摄影测量技术在地形测绘中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2020,(08):23-25.
- [3] 丁锐. 无人机测量技术在地形测量中的应用分析[J]. 科学技术创新, 2020,(09):41-42.