

无人机航测技术在村庄规划中的应用研究

文 / 刘永来 云南导视地理信息系统工程有限公司

杨耀兴 云南导视地理信息系统工程有限公司

李超云 云南导视地理信息系统工程有限公司

摘要: 在当今社会, 随着乡村振兴战略的深入实施, 村庄规划作为推动农村经济社会全面发展的重要手段, 其重要性日益凸显。然而, 传统的村庄规划方法往往依赖于人工测绘和地面调查, 这些方法不仅耗时费力, 而且受地形、气候等自然条件的限制, 难以获取全面、准确的数据, 从而影响了规划的科学性和有效性。本研究将深入探讨无人机航测技术的基础、数据采集与处理流程, 以及其在村庄规划中的具体应用, 旨在为村庄规划提供高效、精准的技术支持, 推动乡村振兴战略的深入实施。

关键词: 无人机航测技术; 村庄规划; 地形测绘; 土地资源调查; 基础设施规划

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.113

引言

随着科技的飞速发展, 无人机航测技术以其高效、精准、灵活的特点, 为村庄规划带来了新的契机。无人机航测技术通过搭载高分辨率相机、激光雷达 (LiDAR) 等传感器, 能够在短时间内对大范围区域进行高精度测绘, 获取地表形态、土地利用、植被覆盖等详实数据, 这些数据为村庄规划提供了宝贵的空间信息支持, 有助于规划者更加全面、准确地了解村庄的现状和发展潜力。

一、无人机航测技术基础

(一) 无人机平台选择与性能要求

1. 固定翼与旋翼无人机比较

固定翼无人机以其高速、长航时的特点, 在大范围、连续测绘中表现出色。其飞行速度通常可达每小时数十至数百公里, 能够迅速覆盖广阔区域。然而, 固定翼无人机对起降场地有一定要求, 且在空中难以悬停, 对于细节捕捉和复杂地形的测绘存在局限。旋翼无人机则以其灵活性和悬停能力著称。它们能够在狭小空间内起降, 甚至实现定点悬停, 这对于村庄内部的精细测绘和特定目标的监测尤为重要^[1]。虽然旋翼无人机的飞行速度和航程相对较短, 但在村庄规划等小规模、高精度测绘任务中, 其优势更为显著。

表1 固定翼与旋翼无人机于关键性能方面的对比

性能指标	固定翼无人机	旋翼无人机
飞行速度	高速 (>50km/h)	低速 (<50km/h)
航程	长 (>100km)	短 (<50km)
起降条件	需要较大场地	可在狭小空间起降
悬停能力	无	有
适用场景	大范围连续测绘	精细测绘、特定目标监测

2. 载荷与续航能力分析

无人机的载荷能力决定了其能搭载的传感器类型和数量, 进而影响测绘的精度和范围。一般来说, 固定翼无人机由于体积和动力系统的优势, 具有更大的载荷能力, 可以搭载更重的传感器, 如高分辨率相机、激光雷达等。然而, 这也增加了无人机的能耗, 对其续航能力

提出了更高要求^[2]。续航能力是无人机执行测绘任务的重要指标。它决定了无人机在单次飞行中能覆盖的区域大小, 以及是否需要频繁更换电池或返航充电。在选择无人机平台时, 应综合考虑其载荷能力与续航能力, 以确保在满足测绘精度要求的同时, 实现高效、连续的测绘作业。

(二) 航测传感器及配置

1. 高清相机与多光谱相机

高清相机能够捕捉地表的高分辨率影像, 为村庄规划提供详细的纹理信息。其分辨率通常达到数百万像素甚至更高, 能够清晰展现村庄的建筑、道路、植被等细节。多光谱相机则能够捕捉地表在不同波段的光谱信息, 用于土地利用分类、植被健康监测等应用。通过结合高清相机和多光谱相机的数据, 可以更加全面地了解村庄的现状和发展潜力。



图1 多光谱相机

2. 激光雷达 (LiDAR) 与惯性导航系统

激光雷达是一种主动式遥感技术, 通过发射激光脉冲并接收其回波来测量地表的三维坐标。在村庄规划中, LiDAR 能够提供高精度的地表模型 (DEM) 和三维点云数据, 为地形测绘、建筑物高度测量等提供可靠依据。惯

性导航系统则负责记录无人机的飞行姿态和位置信息，确保测绘数据的准确性和一致性。通过集成 LiDAR 和惯性导航系统，可以实现高精度、三维立体的村庄测绘。

(三) 数据采集与处理流程

1. 飞行规划与航线设计

在进行无人机航测之前，需要根据测绘任务的要求和无人机的性能特点，制定合理的飞行规划和航线设计，这包括确定测绘区域的范围、设定飞行高度和速度、规划航线走向和转弯点等。

2. 数据预处理与质量控制

数据预处理是航测数据处理的重要环节，它包括数据校正、去噪、拼接等步骤。由于无人机在飞行过程中可能受到风、气流等外部因素的影响，导致采集的数据存在一定的误差和噪声。因此，需要通过数据预处理来校正这些误差，提高数据的准确性和可靠性。同时，还需要对预处理后的数据进行质量控制，确保数据的完整性和一致性，这包括检查数据的完整性、验证数据的准确性、评估数据的精度等^[3]。

二、无人机航测技术在村庄规划中的应用

(一) 地形测绘与高精度三维建模

1. 高精度地表模型的精细化生成

无人机航测技术凭借其高效、灵活的特点，能迅速对村庄区域进行全方位、高分辨率的影像采集。通过先进的图像处理算法与摄影测量技术，这些影像数据被转化为高精度的地表数字模型 (DEM)。该模型不仅准确反映了村庄的地形起伏、地貌特征，还精细捕捉到了植被分布、水系流向等自然要素，为后续的村庄规划提供了详实、可靠的基础数据支持，这种高精度的地表模型生成，极大提升规划工作的精确度和科学性，使得村庄的空间布局更加合理，与自然环境和谐共生。

2. 三维村庄的逼真重建与可视化展示

在获取高精度地表模型的基础上，无人机航测技术进一步结合三维建模技术，实现了村庄的三维立体重建。通过纹理映射、光影模拟等先进技术，构建出与现实高度一致的三维村庄模型，这一模型不仅包含了村庄的建筑布局、道路网络，还细致还原了房屋外观、植被覆盖等细节，为规划者提供了一个沉浸式的虚拟环境。借助这一可视化工具，规划者能够直观地理解村庄现状，模拟不同规划方案的效果，从而做出更加精准、前瞻的规划决策。

(二) 土地资源的高效调查与科学分类

1. 土地利用现状的全面监测与分析

无人机航测技术以其广阔的视野和高效的作业能力，能够快速完成村庄土地资源的全面监测。通过周期性的航拍与数据分析，可以准确掌握各类土地的使用情况，包括农田、林地、建设用地等，形成详尽的土地利用现状图，这不仅有助于发现土地利用中的不合理现象，如非法占用、土地闲置等，还为土地资源的合理配置与优化利用提供了科学依据。

2. 耕地保护策略的制定与规划建议

在全面监测土地利用现状的基础上，无人机航测技术还能对耕地保护提供有力支持。通过对耕地质量、数量、分布情况的深入分析，结合村庄发展规划，可以制定出针对性的耕地保护策略。同时，根据耕地资源的承载能力和发展潜力，提出合理的规划建议，如划定永久基本农田保护区、实施耕地轮作休耕制度等，以确保村庄的粮食安全与可持续发展，这种基于数据的耕地保护规划，既保护了宝贵的耕地资源，又促进了村庄经济的健康发展。

(三) 基础设施规划的科学与优化

1. 道路网络规划的精准设计与优化

无人机航测技术以其高精度、高效率的特点，为村庄道路网络的规划与设计提供了强有力的数据支撑。通过航拍获取的高分辨率影像数据，结合 GIS (地理信息系统) 分析，可以精确描绘出村庄现有的道路布局、宽度、路面状况以及交通流量等信息。在此基础上，规划者能够依据实际需求和未来发展趋势，科学规划新的道路走向、交叉口设计、拓宽方案等，以缓解交通拥堵，提升道路通行能力^[4]。例如，在某村庄的道路规划中，利用无人机航测数据发现，主干道在高峰时段的平均车速仅为 20km/h，远低于设计标准。基于此，规划者提出了拓宽主干道、增设辅道、优化信号灯控制等具体措施，有效提高了道路通行效率。

表 2 村庄道路网络规划关键指标

指标项	现状值	规划目标值
主干道平均车速	20km/h	35km/h
道路总面积 (平方米)	150,000	180,000
交叉口通行能力 (辆/小时)	800	1,200
非机动车道占比	15%	25%

2. 水系与排水系统的深入分析与改造建议

无人机航测技术同样在水系与排水系统的规划中发挥着重要作用。通过航拍影像，可以清晰地识别出村庄内的河流、湖泊、水渠等水体分布，以及潜在的排水不畅区域。结合地形高程数据，可以构建出村庄的水系模型，分析水流方向、流速、水位变化等关键参数，从而识别出易发洪涝灾害的风险区域。在此基础上，规划者可以提出针对性的排水系统改造方案，如增设排水管道、扩建排水沟、构建雨水花园等，以增强村庄的防洪排涝能力。在某村庄的排水系统规划中，通过无人机航测数据分析发现，低洼地区在暴雨期间积水深度可达 30cm，严重影响居民生活。针对这一问题，规划者设计了综合排水改造方案，包括新建排水管道 20 公里，扩建排水沟 15 条，并增设了多处雨水收集与利用设施，有效降低了洪涝风险。

(四) 生态环境保护与精细化评估

1. 植被覆盖度与生物多样性监测的精准实施

无人机航测技术以其独特的视角和高效的数据采集能力，为村庄的生态环境保护提供了强有力的监测手段。

通过搭载高分辨率相机和多光谱传感器,无人机能够定期对村庄及其周边的植被覆盖情况进行全面拍摄与分析。结合遥感图像处理技术,可以精确计算出不同区域的植被覆盖度,识别出植被退化、森林砍伐等环境问题,为生态修复与保护工作提供科学依据。同时,通过对航拍影像中的物种分布进行识别与统计,可以评估生物多样性的保护与管理提供决策支持。例如,在某村庄的生态监测中,无人机航测数据揭示了一片原本茂密的林地因过度开发导致植被覆盖度下降了20%,生物多样性也显著降低。基于这一发现,当地及时采取了植树造林、生态修复等措施,有效改善了生态环境。

2. 灾害风险评估与预防策略的科学制定

无人机航测技术还在灾害风险评估与预防中发挥着重要作用。通过对村庄地形、地质构造、水文条件等自然要素的综合分析,结合历史灾害数据,可以识别出潜在的滑坡、泥石流、洪水等灾害风险区域。无人机航测技术能够实时监测这些风险区域的动态变化,如地表形变、水位上涨等,为灾害预警与应急响应提供及时、准确的信息。此外,通过模拟灾害发生过程,可以评估不同灾害情景下的村庄受损程度,为制定防灾减灾策略、优化应急资源配置提供科学依据。在某村庄的洪水风险评估中,无人机航测数据揭示了河流沿岸多处低洼地带存在较高的洪水淹没风险。基于这一评估结果,当地提前制定了防汛预案,加强了防洪设施建设,有效降低了洪水灾害的损失。

(五) 乡村发展与空间布局优化的战略指导

1. 人口分布与迁移趋势分析的深度洞察

无人机航测技术为村庄的人口分布与迁移趋势分析提供了新的视角。通过结合人口普查数据、社会经济数据以及航拍影像数据,可以绘制出村庄的人口密度分布图,识别出人口集中区、稀疏区以及潜在的迁移趋势,这种分析有助于了解村庄的人口结构、年龄分布、职业构成等特征,为制定人口政策、优化公共服务资源配置提供数据支持。同时,通过监测人口迁移的动态变化,可以预测未来村庄的人口发展趋势,为乡村发展规划提供前瞻性指导。

2. 产业发展与空间布局规划的科学规划

无人机航测技术还在产业发展与空间布局规划中发挥着关键作用。通过对村庄的土地资源、交通条件、自然资源等要素的综合分析,结合市场需求和产业发展趋势,可以科学规划村庄的产业结构与空间布局。无人机航测技术能够提供精确的土地利用现状图,帮助规划者合理划分工业区、农业区、居住区等功能区域,优化产业布局,提高土地利用效率。同时,通过监测产业发展的动态变化,可以及时调整规划方案,确保村庄的产业发展与空间布局与市场需求相适应。在某村庄的产业发展规划中,无人机航测数据揭示了村庄周边拥有丰富的矿产资源,为发展矿业提供了有利条件。基于这一发现,

当地制定了以矿业为主导的产业发展规划,并合理规划了工业用地布局,有效促进了村庄经济的快速发展。

三、无人机航测数据管理与应用平台

(一) 航测数据处理与分析软件的自主研发与集成应用

航测数据处理与分析是无人机航测技术应用的关键环节,为提高数据处理效率和分析准确性,应自主研发或集成应用专业的航测数据处理软件,这些软件应具备强大的图像处理、摄影测量、遥感分析等功能,能够自动或半自动地完成影像拼接、校正、配准、三维建模等处理流程。同时,软件还应支持多源数据的融合分析,如将无人机航测数据与卫星遥感数据、地面观测数据等进行综合处理,以获取更全面、更准确的信息。在软件开发过程中,应注重用户体验和易用性设计,提供友好的操作界面和丰富的分析工具,降低使用门槛,提高工作效率。此外,还应加强软件的持续优化与升级,跟踪最新技术动态,确保软件功能的先进性和实用性。

(二) 规划决策支持系统的智能化构建与深度应用

基于无人机航测数据,构建规划决策支持系统是提升村庄规划水平的有效途径。该系统应整合航测数据处理与分析软件、GIS系统、人工智能算法等多种技术手段,实现数据的智能分析与决策支持。首先,系统应能够基于航测数据自动提取关键信息,如地形地貌、土地利用、人口分布等,为规划者提供直观、全面的数据展示。其次,通过引入人工智能算法,如机器学习、深度学习等,系统可以对历史规划案例进行学习分析,挖掘规划决策的规律和趋势,为规划者提供智能化的建议方案。同时,系统还应支持多方案对比评估,通过模拟预测不同规划方案的效果和影响,帮助规划者做出更科学、更合理的决策。

结语

随着科技的持续进步与乡村振兴战略的深入推进,无人机航测技术以其独特的优势,在村庄规划中展现出越来越重要的作用。同时也可以看到,无人机航测数据管理与应用平台的构建,是实现这些数据价值的关键。通过自主研发与集成应用航测数据处理与分析软件,以及构建智能化的规划决策支持系统,能够更加高效地管理和利用这些宝贵的数据资源,为村庄规划提供全方位、多层次的决策支持。

参考文献

- [1] 温光波. 无人机航测技术在10kV电力线路工程测量实践中的运用[J]. 机电信息, 2024, (24): 82-85.
- [2] 黄海燕. 无人机航测技术在村庄规划中的应用研究[J]. 农业工程与装备, 2021, 48(03): 46-48.
- [3] 邓科. 无人机航测技术在村庄规划中的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(02): 199-201+205.
- [4] 黄亚安. 无人机航测技术在村庄规划中的应用[J]. 江西测绘, 2020, (03): 36-39.