

测绘工程中无人机遥感技术的应用研究

徐家虎

彝良县洛旺苗族乡国土和村镇建设服务中心，云南 昭通

收稿日期：2024年5月4日；录用日期：2024年5月24日；发布日期：2024年5月31日

摘要

随着科技的进步，无人机遥感技术在测绘工程中的应用日益广泛，其高效的数据采集能力和精确的测量结果为工程测绘带来了革命性的变化。无人机遥感技术通过搭载多种传感器，能够自主完成空间数据的捕获，极大地提高了测绘工作的效率和精度。本文首先介绍了无人机遥感技术及其应用；接着，本文探讨了无人机遥感技术在实际应用中还存在航线规划、摄像控点布置、参数设定和数据处理上的难点，因此本文针对性地提出了四项应对措施：合理规划航线、科学布置摄像控点、精准设定航测参数和高效实施内业处理。最后，本文采用德兴铜矿生态修复项目的测绘案例对措施的可行性进行了验证。

关键词

工程测绘，无人机遥感技术，数据采集

Research on the Application of UAV Remote Sensing Technology in Surveying and Mapping Engineering

Jiahu Xu

Land and Rural Construction Service Center of Luowang Miao Ethnic Township, Yiliang County, Zhaotong Yunnan

Received: May 4th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

With the advancement of science and technology, UAV remote sensing technology is increasingly used in surveying and mapping engineering projects. Its efficient data collection capabilities and accurate measurement results have brought revolutionary changes to engineering surveying and mapping. UAV remote sensing technology can independently capture spatial data by carrying a variety of sen-

sors, greatly improving the efficiency and accuracy of surveying and mapping work. This article first introduces UAV remote sensing technology and its applications; then, this article discusses the difficulties in route planning, camera control point arrangement, parameter setting and data processing in the practical application of UAV remote sensing technology. Therefore, this article proposes four targeted countermeasures: reasonable planning of routes, scientific arrangement of camera control points, precise setting of aerial survey parameters and efficient implementation of in-house processing. Finally, this article uses the surveying and mapping case of the Dexing Copper Mine ecological restoration project to verify the feasibility of the measures.

Keywords

Engineering Surveying and Mapping, UAV Remote Sensing Technology, Data Collection

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着科学技术的不断发展，测绘工程行业也在不断地更新和进步，以往采用的测绘方式受限，无法满足多方现实需求。但测绘工程行业的数字化也在不断发展，在传统测绘方式受限的情况下，采用无人机遥感技术，可以有效地收集、监测数据，实现数据的共享，解决在测绘工程中的难点问题(林凯，2023) [1]。

无人机遥感技术具有提高数据监控效率、加快信息处理、提高航空和相机分辨率、扩展监测范围和提升传感器准确性的优点(郭海杰，2021) [2]。现阶段，无人机遥感技术在建筑工程测绘中的应用越来越广泛，例如应用在测绘工程中，工作人员可通过无人机遥感技术处理数据，挑选所需的数据信息(付钟，2024) [3]；可以通过基站实现数据；又比如应用在城市规划中，工程技术人员可巧妙运用无人机遥感技术，快速且精确地收集指定区域的地形信息，通过综合不同视角的数据分析，创建出高分辨率的地形图，进而使城市的三维地形模型更加接近实时状态(邵亦睿，2023) [4]。

通过梳理文献发现，学者们大多研究了无人机遥感技术的应用优势及应用领域[5] [6] [7]，如罗青青等(2022)就系统地研究了无人机遥感技术具有高效、快速等特点，应用在茶乡工程地形测绘有利于茶田智能生产和茶田复垦。但在实际应用中，无人机遥感技术仍然存在一些应用难点，如无人机的航拍航线规划的难点就在于如何精准参数，确保图像和数据的质量。因此，本文针对无人机遥感技术在测绘工程中的应用难点，提出应用措施，并结合案例进行分析。

2. 无人机遥感技术及应用

2.1. 无人机遥感技术及优点

无人机遥感技术是一种结合无人机操作、传感器搭载、遥感数据采集与处理以及通信技术的集成系统。该技术能够自主飞行并捕获空间遥感数据，为相关领域提供高效的数据支持和技术支持。

无人机遥感技术克服了传统建筑工程测绘方法的缺陷。在传统建筑工程测绘中，有很多种测绘方法，包括有人驾驶飞机、激光扫描测量、CPS 点测等，但其缺点也很明显(具体见表 1)。无人机遥感技术可以克服传统工程测绘方法的缺陷，有效地提高工作效率，并且不需要人工操作即可自动完成任务。

Table 1. Disadvantages of traditional mapping methods
表 1. 传统方法映射的缺点

传统方法	有人驾驶飞机	激光扫描测量	测速(经纬仪)	旋翼无人机	GPS 点测
缺点	消耗大量的时间成本,且不准确	昂贵,测绘质量低,耗时长	测量耗时长,人员多,结果不准确	成本高,耗时长,噪音水平高,需要超强磁场	不准确且信息不密集

2.2. 应用要点

在工程测绘领域,无人机遥感技术扮演着至关重要的角色,特别是在数据采集与处理方面。该技术通过对采集到的图像数据进行一系列的处理步骤,如校正、配准、分类和变化检测等,从而有效地提取地表覆盖的变化、资源的分布情况以及环境质量的现状等多个方面的关键数据。例如,利用图像配准和校正技术,可以实现从不同视角和高度获取的图像的精确对齐,从而显著提升图像数据的质量和解析度。此外,变化检测技术能够识别地表覆盖的变异,为城市规划和资源管理等领域提供重要的参考依据。

通常在实施无人机航测任务前,需要做好充分的准备工作,尤其是对作业现场的实地勘察,分析飞行环境,检查无人机及相关设备的状态,以及确定适当的航测高度和图像重叠度。

在实施飞行时,会运用到无人机遥感技术,主要涉及内业和外业两种数据的处理。内业数据处理主要包括数据的预处理、空间三角测量和模型构建等环节,而外业数据处理则主要依赖于无人机平台进行实地航测。

如图 1 所示的无人机遥感技术数据传输与处理流程图,展示了如何通过图像增强和恢复技术提升图像质量,以及如何运用点云滤波和分类技术对点云数据进行深入分析。在数据配准方面,可以采用坐标转换和插值等方法来实现数据的整合和统一。

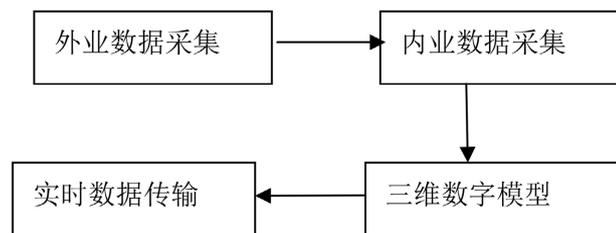


Figure 1. Flowchart of data transmission and processing of UAV remote sensing technology
图 1. 无人机遥感技术数据传输与处理流程图

2.3. 应用领域

地形测量与制图是工程测绘中的关键环节,而无人机遥感技术在这一领域展现出了其独特的优势。相较于传统的地形测量手段,无人机遥感技术能够高效、准确地获取地表高程和地形特征数据。在应用上,通过合理规划航拍策略和搭载高清晰度相机等设备,无人机能够采集关键数据。随后,数据经过处理与分析,形成精确的地形图和数字高程模型(DEM),为城市规划、土地资源管理、环境保护等提供数据支撑。

在工程建设与监测的领域内,无人机遥感技术通过高效的数据采集与精确的分析能力,为工程量的测量与实时监测提供了坚实的技术基础。具体来说,无人机遥感技术通过精确航拍和数据采集,明确测量目标,制定策略,提取关键工程量信息,生成详细报告。在监测方面,无人机通过定期获取图像与数据,与施工计划和设计对比,实现进度监控和评估,及时发现并处理质量问题,确保工程质量达标。

此外，无人机遥感技术还可以应用于对建筑物、道路、桥梁等基础设施的长期变形监测。通过实时获取目标的高清图像和精确定位数据，可以对目标是否存在沉降、倾斜、裂缝等变形情况进行分析。这为项目管理者提供了及时的预警信息，使其能够采取必要的措施，确保工程的安全与稳定性。

3. 无人机遥感技术在工程测绘中的应用难点

3.1. 航线规划上的难点

在工程测绘中，无人机的航拍航线规划对于数据采集的全面性和精确性至关重要。但在实践中，航线规划上的难点就是如何根据项目的具体要求，精确设定无人机的飞行高度、速度、拍摄角度和图像分辨率等关键参数。如果飞行高度过低，可能会导致无人机受到地形的遮挡，从而无法获取完整的图像；而飞行速度若过快，则可能影响无人机对目标的精确定位和图像的清晰捕捉。

3.2. 摄像控点的布置难点

在实践过程中，摄像控点的布置难点在于如何根据项目的独特需求和特性，选择最佳的拍摄角度和位置，以及如何加强控制点分布密度的考量，以实现对项目区域的全面覆盖。

不当的摄像控点布置可能导致关键区域的数据缺失，影响图像的完整性和准确性。若拍摄角度和位置选择不当，可能造成视域盲区，降低数据的可用性。此外，控制点分布密度不足会削弱对项目区域的全面覆盖，导致细节信息的遗漏，进而影响分析和决策的可靠性。

3.3. 航测参数设定难点

在工程测绘领域，无人机遥感技术的应用对航测参数的精确设定提出了严格要求，如对飞行速度、飞行高度、图像采集分辨率、曝光时长、影像重叠度以及侧向重叠度等参数都有严格设定。这些参数的设定对于测绘成果的分辨率和精度具有直接影响，特别是在影像重叠度方面，若重叠度不足，可能导致拼接图像出现断裂或不连续，进而降低测绘成果的精度。相反，过高的重叠度虽然能够提升图像匹配的准确性，但也会增加数据处理的复杂性和工作量。同样地，侧向重叠度不足，可能会在垂直方向上产生错位或扭曲现象，影响测绘成果的准确性。

3.4. 数据处理难点

在工程测绘实践中，无人机遥感技术还包括了复杂的数据处理工作，如图像拼接、地物识别等，而如何利用自动化图像处理软件和算法提升数据处理的速度和精确度，进行高效的图像处理和地物提取成为了一个难题。如果处理不当，将导致数据拼接的不连贯和地物识别的误差，进而影响测绘成果的准确性和可靠性。这不仅会降低工程效率、增加成本，还可能对工程决策和规划造成误导，带来潜在的风险。

4. 无人机遥感技术在工程测绘中难点的应对策略

在详细探讨了无人机遥感技术在工程测绘中所面临的航线规划、摄像控点布置、航测参数设定以及数据处理等难点后，本节将重点介绍针对性的应对策略。这些策略旨在通过科学的方法和先进的技术，克服现有挑战，优化无人机遥感技术的应用效果，从而在工程测绘领域实现更高效、更精确的数据采集与处理。

4.1. 合理规划航线

在工程测绘的背景下，无人机的航拍航线规划成为确保数据采集全面性和精确性的关键步骤。精心设计的航线规划不仅能够确保项目区域的完整覆盖，还能提升拍摄成果的质量和效率。在制定航线规划

时，需综合考虑多种关键因素。

基于项目的具体要求，来确定无人机的飞行高度、速度、拍摄角度和图像分辨率等关键参数。首先，依据图像覆盖的广度和所需细节的精细度来确定飞行高度，以保障图像的清晰度和分辨率。其次，无人机的飞行速度需兼顾稳定性与图像的连续性，防止速度过快造成图像失真。再者，拍摄角度的选取应依据目标区域的地理特征和结构特性，以捕捉到最有利的视角。最后，图像分辨率的确定应综合考虑数据的精细需求与存储资源的约束，以达到数据精度与处理效率的平衡。此外，航线规划还需要根据项目的具体目标和需求进行个性化调整。对于追求高精度数据的项目，航线规划应更加精细，确保无人机的每一次拍摄都能达到高度的精确度。通过这种方式，可以最大限度地减少误差，提高数据的可靠性和有效性，为后续的数据分析和处理打下坚实的基础。

4.2. 科学布置摄像控点

在工程测绘领域，摄像控制点的合理布置对提高测量成果的精确度和信赖度起着至关重要的作用。为了确保所采集的图像和数据满足项目的具体要求，在进行工程测绘时，必须采取科学且合理的措施来安排摄像控制点。在安排这些控制点时，应充分考虑项目的独特需求和特性，因为不同的工程项目对摄像控制点的布置标准和要求存在差异。

以建筑工程测绘为例，为了精确测量建筑物的尺寸、形状和结构等关键特征，应选择最佳的拍摄角度和位置。此外，在布置摄像控制点的过程中，应加强对控制点分布密度及其分析的考量，力求使控制点分布更加密集，以实现对整个项目区域的全面覆盖，确保无遗漏和盲区的出现。通过这种方式，可以最大限度地提高测量结果的准确性和可靠性，为后续的数据处理和分析提供坚实的基础。

4.3. 精准设定航测参数

根据上述难点可知，在工程测绘实践中，精准设定航测参数对于获取高质量的遥感数据至关重要。在实践中需要精准设定航测参数，具体可参考如下措施：

首先，应基于项目需求和目标地物的特性，通过预调研确定合适的飞行速度和高度，以确保图像的清晰度和覆盖范围。其次，根据所需的数据精度和存储能力，合理选择图像采集的分辨率和曝光时长，以平衡数据的详细程度和处理效率。此外，为提升数据的冗余度和可靠性，应适当增加影像的前后重叠度和侧向重叠度，以避免信息缺失并提高数据的连续性。通过综合考量这些因素，并运用专业的遥感软件进行模拟和优化，可以实现航测参数的精确设定，从而获取高质量的遥感数据，为后续的分析和应用提供坚实的数据基础。

4.4. 高效实施内业处理

为了提高一系列复杂的数据处理工作，如图像拼接、地物识别以及数据分析等的效率和准确性，可以采用多种高效的技术和方法。具体如下：

首先，利用自动化图像处理软件和算法能够有效提升数据处理的速度和精确度。例如，结构光技术通过投射特定的光模式来捕获物体的深度信息，从而加速图像拼接的过程。

其次，使用 Structure from Motion (SfM) 技术，能够从多角度拍摄的图像中提取场景的结构信息，通过自动化的三维模型重建过程，减少了人工操作的需求，从而提高了整体的处理效率。

最后，在软件工具的选择上，可以采用 CAD (计算机辅助设计)、CASS (地理信息系统基础软件平台) 和 ArcGIS (地理信息系统软件) 等专业软件进行图像处理、地物提取和地图制作。这些软件提供了强大的数据处理和分析功能，使得从无人机采集的数据能够被有效地转化为可用的地理信息和地图产品。

5. 案例分析

以德兴铜矿为例,应用上述策略检验是否用无人机遥感技术可以实现高效、高精度的数据采集和处理。

5.1. 德兴铜矿 300 排土场生态修复项目简介

德兴铜矿位于江西省德兴市,为了解决矿区存在的环境问题,如重金属含量高、土壤酸化、营养物质缺乏、植被稀少以及水土流失等问题,实施了 300 排土场生态修复项目,因此需要对其地形进行测绘。

5.2. 使用无人机遥感技术对项目测绘的措施

基于德兴铜矿地质条件复杂,首先,在选择航线上先对德兴铜矿 300 排土场生态修复项目涉及区域中心位置进行确定,将航测半径设定为从边界到中心点的距离,并对其扩大 10%~30%,尽可能促进测绘精确度的提升。

其次,在布置摄像控点上,一般小范围区域控点布控为 4 个,但由于德兴铜矿 300 排土场含有高层梯田,测绘面积大、难度也大,同时充分考虑了对控制点分布密度及其分析,在使用无人机遥感技术时布控了 7 个摄像控点,以实现对整个项目区域的全面覆盖,确保无遗漏和盲区的出现。

再次,在设定航测参数上,设置同向飞行的无人机重合率在 70%,对于旁向飞行的重合率设置在 35%。同时,正式航测时加大对航测速度和高度的观察,当无人机在测绘地形的倾斜方向上测量时,无人机的飞行高度保持在 180 m,飞行速度适中控制在 6 m/s~8 m/s;在正向测量时,无人机飞行高度保持在 85 m,飞行速度始终处于匀速飞行状态,同时同向飞行的重合率设置在 90%,旁向飞行设置在 45%。

最后,在实施数据处理时采用高精度摄像头,对德兴铜矿进行图像采集,在近距离拍摄时自动校正获取的影像效果,并使用 CAD、ArcGIS 作为处理软件,为测绘人员提供精准的数据支持。

5.3. 测绘结果

通过使用无人机遥感技术进行工程测绘,较好地解决了在实践过程中的应用难点,实现了高效、高精度的数据采集和处理,具体可在德兴铜矿 300 排土场生态修复项目地形测绘图中体现出来。对比项目初期,工作人员对标有高层点的梯田区域进行了为期一天的测量,该区域面积约 200 亩(图 2),由于地形复杂,导致测量进度缓慢。



Figure 2. Topographic surveying and mapping map of Dexing Copper Mine 300 dumpsite ecological restoration project (1:1000)
图 2. 德兴铜矿 300 排土场生态修复项目(1:1000)地形测绘图

项目团队随后采用无人机遥感技术进行数据采集,根据上述实施要点,仅用不到半天便完成了约 1500 亩区域的地形测绘(图 3)。对比两图,可以看出,在实践中根据上文提出的措施,解决了无人机遥感技术的应用难点,不仅加快了数据收集的速度,而且提高了地形测绘的覆盖范围和效率。



Figure 3. UAV remote sensing slope analysis diagram of Dexing Copper Mine 300 dumpsite ecological restoration project (1:1000)

图 3. 无人机遥感德兴铜矿 300 排土场生态修复项目(1:1000)坡度分析图

6. 结论与展望

无人机遥感技术在测绘工程中的应用展现了巨大的潜力和价值。通过高效的数据采集、精确的测量和先进的数据处理技术,无人机遥感技术不仅提高了测绘工作的效率,还降低了成本,提升了成果的精度和可靠性。但在实际应用中,无人机遥感技术还存在航线规划、摄像控点布置、参数设定和数据处理上的难点,因此本文提出了要合理规划航线、科学布置摄像控点、精准设定航测参数和高效处理业内数据的措施,并通过案例分析进行了验证。

未来,无人机遥感技术有望与人工智能、大数据等技术相结合,进一步提升测绘工作的智能化水平,为测绘工程提供更加全面和高效的解决方案。然而,也应注意无人机遥感技术在应用过程中可能遇到的问题,如数据安全、隐私保护等,需要相关领域的专家和学者共同努力,不断探索和完善无人机遥感技术,以推动其在测绘工程中的广泛应用和发展。

参考文献

- [1] 林凯. 计算机无人机遥感技术在建筑测绘工程中的应用[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(14): 115-117.
- [2] 郭海杰. 论无人机航空摄影测量技术在工程测量和地质测绘中的应用[J]. 世界有色金属, 2021(10): 155-156.
- [3] 付钟. 无人机遥感技术在测绘测量工程中的有效运用探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(5): 165-167.
- [4] 邵亦睿. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(9): 109-111.
- [5] 罗青青, 张海燕, 王俊智. 无人机遥感技术在茶乡工程地形测绘中的实践探究[J]. 福建茶叶, 2022, 44(1): 32-34.
- [6] 厉争艳. 无人机遥感技术在测绘工程中的应用研究[J]. 西部资源, 2023(4): 139-141.
- [7] 奎春香, 周玉秀, 王永菊. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的运用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(19): 96-97.