

无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中的应用

王瑜 王超 张玉晨 吴清华
山西三建集团有限公司第一分公司

摘要: 本研究并应用无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中的应用。传统的地形地貌测量方法存在许多局限性,难以应对复杂地形地貌的测量需求。而无人机与全站仪组合测量技术的出现为解决这一问题提供了新的途径。本文介绍了无人机与全站仪组合测量技术的概述及应用现状,详细阐述了无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中的应用和实际应用案例分析。

关键词: 无人机; 全站仪; 复杂地形地貌; 应用研究
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.120

前言

地形地貌是地球表面的形态和特征,对于地质勘探、环境保护、城市规划等领域具有重要意义。然而,传统的地形地貌测量方法存在许多局限性,如受制于地形复杂性、测量精度有限等问题。随着科技的发展,无人机与全站仪结合的测量技术应运而生,为解决这些问题提供了一种新的途径。无人机作为一种灵活、高效的航空平台,能够快速采集大范围的地表特征图像数据,通过载荷携带的相机或激光雷达设备,实现对地表的三维重建和点云获取。全站仪则能够测量地面上某一点的平面坐标和高程信息。将无人机与全站仪结合使用,可以克服传统测量方法的限制,提高地形地貌测量的精度和效率。

一、无人机与全站仪组合测量技术的概述

无人机与全站仪组合测量技术是一种结合了无人机和全站仪的测量方法,旨在提高测量效率和准确性。无人机是一种能够在空中自主飞行的飞行器,它可以搭载各种传感器和设备,用于获取地面或建筑物的图像、视频、激光扫描等数据。全站仪是一种高精度的测量仪器,用于测量地面或建筑物的位置、坐标、高程等参数。无人机与全站仪组合测量技术的基本原理是将无人机与全站仪进行无缝集成,通过无人机搭载的传感器获取地面或建筑物的数据,并将这些数据与全站仪的测量结果进行融合和处理,从而得到更准确和全面的测量结果。无人机能够快速、自主地飞行到目标区域,获取大范围的数据,大大提高了测量效率;全站仪是一种高精度的测量仪器,能够提供准确的位置和坐标信息^[1]。通过将无人机获取的数据与全站仪的测量结果进行融合,可以得到更精确的测量结果;无人机可以飞行到人类难以到达或危险的区域进行测量,减少了人员的风险;无

人机可以搭载各种传感器和设备,如高分辨率相机、激光扫描仪等,可以获得多种类型的数据,满足不同测量需求。无人机与全站仪组合测量技术在土地测量、建筑测量、工程测量等领域具有广泛的应用。

二、无人机与全站仪组合测量技术的应用现状

(一) 地质勘探与矿山测量

无人机和全站仪组合测量技术可以用于勘探矿山储量、评估地质灾害风险和监测岩体变形等。通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据,可以生成高精度的数字地形模型(DTM)和数字地貌模型(DEM),辅助地质勘探和资源管理工作。

(二) 建筑与城市规划

无人机和全站仪组合测量技术可以用于建筑物和城市规划的测量和监测。通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据,可以进行建筑物立面测量、地形测量和三维建模,为规划和设计提供准确的数据支持。

(三) 土地调查与农业管理

无人机和全站仪组合测量技术可以用于土地调查和农业管理。通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据,可以进行农田面积测量、作物生长监测和灌溉规划等,为农业生产提供精确的数据支持。

(四) 环境监测与资源管理

无人机和全站仪组合测量技术可以用于环境监测和资源管理。通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据,可以进行森林资源调查、湿地监测、水质评估和自然灾害预警等,为环境保护和资源管理提供及时有效的数据支持^[2]。

(五) 基础设施检测与监测

无人机和全站仪组合测量技术可以用于基础设施的检测和监测。通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据,可以进行道路和桥梁检测、电力线路巡检和建筑物结构监测等,提高安全性和降低维护成本。

总体而言,无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中具有广阔的应用前景,可以提供高精度、高效率的测量解决方案,为各个领域的研究和应用带来诸多优势。随着技术的不断进步,预计在未来会有更多创新和发展。

三、无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中的应用

(一) 三维建模

无人机与全站仪的组合测量技术在复杂地形地貌中

的三维建模应用领域是一项快速发展的技术。在野外环境中进行地形数据的获取和三维建模需要高精度和全面性的数据，而无人机与全站仪的组合测量技术提供了一种高效、准确的方案。首先，无人机的航拍影像是三维建模的重要数据来源。无人机可以搭载高分辨率的相机，在空中以不同角度、高度和航线进行航拍。通过对多个航拍影像进行处理和拼接，可以生成大尺度、高分辨率的地表影像和正射影像。这些影像可以为三维建模提供基础，展现地表的细节和质地。其次，全站仪是进行地面测量和控制的关键工具。全站仪通过激光或光学测量技术，能够在地面上获取点位的坐标和高程等数据。全站仪具备高精度测量的能力，可以实时获取地面的三维坐标，提供一系列控制点用于地形地貌的几何校正和精度控制。基于无人机的航拍影像和全站仪的测量数据，可以进行复杂地形地貌的三维重建和建模。根据航拍影像的纹理和质地信息，可以实现影像与三维模型的纹理映射，使得建模结果更加真实^[3]。同时，通过全站仪提供的几何控制数据，可以对建模过程进行精度校正和几何约束，确保建模结果的准确性。在复杂地形地貌的三维建模中，需要应对一些挑战和困难。

（二）坡面稳定性评估

无人机与全站仪的组合测量技术在复杂地形地貌中的坡面稳定性评估应用中发挥着重要作用。这是一项关键的工作，旨在评估地表坡面的稳定性，并预测可能的滑坡、崩塌和地质灾害风险。通过无人机进行航拍，可以获取高分辨率的地表影像数据。这些影像可用于生成精确的数字表面模型（DSM）和数字高程模型（DEM），以及地表纹理信息^[4]。同时，全站仪可提供地面测量数据，包括地形点位的坐标和高程等。这些数据将为坡面稳定性评估提供重要的支持和基础。利用无人机航拍的影像和全站仪测量的数据，可以进行地形分析以获取关键的地貌信息。通过分析地形数据，可以计算并量化地形的坡度和坡向情况。这有助于确定潜在的坡面稳定性问题，并识别可能存在的滑坡和崩塌风险区域。通过结合地质学和工程力学的知识和理论，可以对坡面进行进一步的分析和评估。根据地质构造、土壤性质和坡面几何特征等因素，可以进行稳定性分析，计算出坡面的安全系数。此外，根据地形数据的变形情况，还可以预测可能的地质灾害风险。基于对坡面稳定性的评估结果，可以预测可能的滑坡、崩塌和地质灾害风险。这有助于制定相应的预防和治理措施，包括加固工程、护坡、排水和监测系统的建设等。同时，相关的风险信息还可以为地方政府和决策者提供重要的参考，用于规划和管理相关地区的土地利用和开发。

（三）施工监测

通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据，可以实时获取工程进度的信息。无人机可以在空中进行定点

航拍，捕捉施工现场的影像和视频。这些数据可以用于监测施工过程中的进度和各个施工阶段的完成情况。全站仪的测量数据可以用来验证工程进度的准确性，确保工程按计划进行。无人机的高分辨率影像可以用于对施工质量进行检查。通过航拍影像，可以对施工过程中的细节进行观察和分析，如建筑物结构的完成度、道路平整度以及土方工程的坡度等。全站仪的测量数据可以提供更加精确的几何信息，支持对施工质量的定量评估。

无人机可以用于监测施工现场的安全状况。通过航拍影像，可以识别可能存在的安全隐患，如高空作业、斜坡稳定性等问题。全站仪的测量数据可以用来对施工现场的地形和土壤变化进行监测，以预防土壤滑坡和崩塌等安全风险。在复杂地形地貌中进行施工时，地形的变化是一个重要的监测对象。通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据，可以观察和记录施工过程中地形的变化情况，包括土方工程、挖掘和填筑等。这有助于及时发现地形变化引发的问题，并采取必要的措施进行调整和修正。无人机航拍影像可以提供高分辨率的地表照片，用于比对施工前后地形的变化和差异。全站仪的测量数据可以提供准确的地面变形信息，包括坡度、高程和体积等指标。通过对地形变化的监测，可以及时发现土方工程的下沉、坡面的滑动等问题，并进行相应的调整和处理，确保施工的安全性和稳定性。另外，地形变化监测也有助于施工进度控制和管理。通过对地形变化的监测，可以了解施工进度情况，及时发现施工延误或不合理的情况。在施工过程中，可能会遇到一些意外情况，如地质条件变化、复杂地形特征等，这可能导致施工进度的延迟或需要采取额外的安全措施。通过地形变化监测，可以及时调整施工计划，并做出相应的决策，以确保施工进度控制和项目的顺利进行^[5]。总而言之，无人机与全站仪的组合测量技术在复杂地形地貌中的施工监测应用中是一种强有力的工具。通过航拍影像和测量数据的采集和分析，可以实现工程进度的监测、施工质量的检查、安全状况的监测和地形变化的监测。这些信息能够为工程管理人员提供准确的数据支持，使其能够及时发现并处理潜在的问题，确保施工的顺利进行。

（四）自然资源管理

通过无人机的航拍影像和全站仪的测量数据，可以获取地形的高程、坡度、坡向等关键参数。这些参数对于自然资源管理至关重要，特别是在涉及水文和水资源管理的领域。地形分析可以提供有关水流路径、水源涵养区和潜在的水资源脆弱区域的信息，有助于科学规划和管理水资源。利用无人机航拍影像，可以获取大面积的植被分布数据。植被信息是自然资源管理中的重要组成部分，对于林业、农业和生态保护等方面具有重要意义^[6]。通过对航拍影像的处理和分析，可以得到植被覆

盖的类型、分布和面积等信息，帮助进行植被监测和评估。全站仪的测量数据可以提供土壤的特征信息，如土壤类型、质地和厚度等。这些信息在农业和土地管理中起着重要作用。根据土壤特征的评估，可以确定土地的适宜用途，如农田、林地和建筑用地等，为农业生产和土地资源管理提供科学依据。通过对地形、植被和土壤等自然资源的分析，可以制定适当的自然资源规划和保护措施。

四、无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中的应用实例

(一) 九天无人机的简介

九天无人机广阔的全向视野和在高空的不受限制的优势使其在建筑工程中具有更大的应用前景。安装在九天无人机上的五摄像头倾斜摄影系统可以从各个角度快速获取正在施工或预制项目形态的关键点云数据。在施工阶段为数字施工、工程图像进度、施工安全监控等提供高精度3D地理数据库。结合BIM信息管理平台，它可以同步提供施工所需的信息，如施工过程分析、部件加工和安装、施工进度模拟、施工组织模拟、数字施工、施工方案优化、材料跟踪、联合施工和竣工交付^[7]。

(二) 项目背景

中铁建工集团和深圳市九天创新科技有限责任公司总承包铁道第三勘察设计院集团有限公司研发基地工程，项目中充分应用BIM+GIS+无人机技术对铁道研发基地及周边环境展开了地形勘测和三维建模。经过项目合作伙伴的广泛审查，决定使用创新的九天五摄像头倾斜摄影系统，用于获取高分辨率航空图像数据，设置外部检查点，并对施工区域和周边进行三维空气处理，通过符合项目使用要求的专业软件完成1:500地形图和3D模型制作。

(三) 项目过程

熟悉无人机九天的施工技术图纸和性能，提前规划测绘路线，讨论测绘范围、基站布局、飞行高度和路线规划等，制定详细的无人机测绘计划，并选择晴天执行无人机测绘工作。图像数据采集本项目使用九天无人机作为航空摄像系统的载体平台，飞机的操作区域和参数如图1所示。密集的多图像数据匹配，导出3D结果使用ContextCapture软件自动加载航空图像数据，设置图像控制点的坐标和高度，使用三重空加密技术恢复对象之间的空间位置关系。使用密集匹配技术，所有图像的同名点根据高精度图像匹配算法进行匹配，并从图像中提取更多特征点以形成密集的点云，从而实现对象细节的更精确表达，并生成逼真的3D场景。获得的GIS图像数据导入CAD，整个项目被划分为区域并进行核算，从而可以清楚地控制现场施工条件，并为施工前土壤计算和施工价格提供科学依据。GIS+无人机+BIM技术辅助铁路施工基地方案设计将根据无人机地图技术获得的施工现场点源数据，将基地施工的三维BIM模型导入Revit。基

地施工BIM三维模型建立利用基地施工三维模型创建，辅助施工方中铁建集团完善方案设计优化，并通过BIM模型进行施工工序跟踪、节点控制、构件跟踪、属性查找、项目信息汇总、质量管控等，从而严谨把控整个施工流程和工程进度，及时发现和解决问题，减少了后期因图纸错误而需要调整进行的大量协调、拆改等工作。此次项目通过无人机航飞快速获取施工区域高分辨率影像，并通过外业控制点布设校正方案和专业软件处理得到其施工区域1:500大比例尺的三维模型图，辅助中铁建集团生成BIM模型，通过此方式指导总平面管理，对施工过程严格把控，直观快捷向铁道集团实时汇报进度，方便项目施工过程中实时掌控和调整施工部署，做到将整个项目的建造影像资料、现场数据即时获取，永久保存，实现最真实的布置现场、规划施工路线、减少施工组织错误，提高项目实施的高效性、准确性，给该铁道研发基地的施工发展和周边环境规划提供了精确的数据依据和支撑，得到了铁道第三勘察设计院集团和中铁建集团的一致好评和认可。

测绘区域范围	200000m ²	旁向重叠率	80%
航线带	9条	作业架次	1架次
地面分辨率	2.12cm	起飞重量	6.8KG
相对航高	100m	作业时长	11分钟
航向重叠率	80%	巡航速度	30km/h
相机最大像素	一亿	测量精度	最大达1.6cm

图1 作业区域与飞机参数设置

总结

总之，无人机与全站仪组合测量技术在复杂地形地貌中的研究与应用方面具有重要意义，能够提供高精度、高效快速的测量解决方案，为各个领域的工程设计、规划与管理提供支持。

参考文献

- [1]高星月. 矿井测绘中全站仪测量精度的提升研究[J]. 山西冶金, 2023, 46(05): 228-230.
- [2]杨永乐. 全站仪在铁路测量中的精度控制[J]. 工程建设与设计, 2023(08): 104-106.
- [3]黎亮. 无人机摄影测量在尾矿堆场库容测定中的应用[J]. 地理空间信息, 2022, 20(11): 103-106.
- [4]杨龙君. 无人机、影像扫描全站仪在地质灾害施工治理中的运用[J]. 西部资源, 2022(03): 58-60.
- [5]刘安兴, 李志军. 无人机机载LiDAR航测技术在地形地貌复杂区的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(05): 74-76.
- [6]张恒玉. 复杂地形地貌区对流层延迟的时空建模及应用[D]. 西南交通大学, 2020.
- [7]孙浩天, 许东革, 蔡文欢. 无人机、rt K与全站仪自动测量技术在基础施工中的应用[J]. 建筑技术, 2019, 50(09): 1143-1145.