

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.03.002

无人机遥感技术在公路不良地质判识中的应用研究

张兴宇, 孟维伟, 郭丽苹

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘要:为应对山区地质复杂区公路勘察效率低、安全风险高的局面,探讨基于无人机遥感技术的公路不良地质判识技术框架、应用方法。首先系统介绍无人机技术原理及其优势,并探讨无人机遥感不良地质判识的流程方法。以现场案例为基础,重点介绍利用无人机遥感技术在崩塌、滑坡、泥石流等不良地质判识中的应用。结果表明:①利用无人机遥感进行勘察精度较高,相比于人工勘察可降低安全风险,提高勘察效率,提升数据时效性及可靠性;②可快速构建三维模型,突破传统二维不良地质体解译技术,提升了不良地质识别精度;③利用构建的不良地质体三维模型,可对不良地质体的空间特征进行量测,为方案的选择与处理提供可靠的数据。

关键词:无人机遥感技术;公路不良地质;公路勘察;解译

随着中国公路交通建设的不断发展,公路行业快速向西南山区,尤其是高山峡谷、人烟稀少,交通落后的地区纵深发展,但其复杂的地质环境条件制约着公路的规划建设,而且山区地质灾害频发,对当前的公路勘察设计技术与防灾减灾能力都提出了更高的要求。公路勘察设计需综合考虑人文、环境、地质等多方面因素,其中,工程地质问题对公路选线的经济性与安全性具有重要的影响,能否适当处理选线过程中所遇到的不良地质问题往往决定着公路选线设计与建设的质量及后期的安全运营。

无人机具有成本低、使用便捷、空间分辨率高等优势,是继遥感和激光雷达扫描之后,又一个可以快速获取范围广、精度高的真实地面数据的技术方法。近几年,在大数据时代背景下,随着无人机遥感技术和图像识别技术的飞速发展,利用无人机影像开展不良地质勘察已有较多应用探索,如王帅永等于2016年开展了无人机在强震区地质灾害精细调查中的应用研究;同年王栋等将无人机三维影像技术应用在藏川滇等地形复杂地区的铁路勘察中;陈天博等于2017年开展了无人机遥感数据自动提取滑坡信息的研究;方留杨等于2018年提出了针对山区公路典型地质灾害的无人机倾斜摄影三维建模与分析方法。这些研究为无人机遥感技术在不良地质勘察中的应用研究奠定了基础。

基于上述分析,该文将以无人机遥感技术原理为基础,提出其在公路不良地质判识中的应用思路,为无

人机遥感技术在公路沿线不良地质判识中的应用提供一种可行的技术方法,以期实现大数据时代的可视化、智能化的公路勘察设计新理念。

1 无人机技术概述

1.1 无人机遥感技术原理

无人机遥感技术是利用先进的无人驾驶飞行器技术,通过搭载高性能数码相机、传感器等来获取地面像片,并对影像数据进行分析处理,来实现对地面信息的实时调查与监测的一门应用技术。

一个完整的无人机遥感系统由地面部分、空中部分和数据处理3部分组成。其中地面和空中是无人机系统构成的核心,用于获取地面像片。空中部分包括遥感传感器系统、空中控制系统和无人机平台,地面部分包括地面显示系统、地面控制系统和航迹规划系统。数据处理系统包括影像数据预览系统、影像数据后处理系统,主要是利用计算机对获取的影像进行分析、处理,得到目标物的形状、大小、位置等三维特征信息,实现对不良地质体模型的构建与特征分析。

1.2 无人机遥感技术优势

山区公路沿线区域地质条件复杂多样,常遇陡坡、深谷、河流,不良地质现象发育,传统的人力勘察危险性较高、工期长,目前较多工程勘察已配合采用卫星、载人航空、无人机等遥感技术手段。其中无人机遥感

收稿日期:2020-10-12(修改稿)

作者简介:张兴宇,女,工程师。E-mail:276209338@qq.com

技术成图精度高、时效性好,与卫星、载人航空等现代遥感平台相比,具有明显优势。

(1) 监测受限小,安全性强,山区地形和气候较为复杂,常年受积雪、云层影响,相比于卫星遥感与载人航空,无人机航测一般处于低空飞行,受气候条件影响较小,成图质量较好。此外无人机对起降地的要求限制少,且不用考虑飞行员的安全,对于地形复杂地区如陡坡、深谷等,可降低勘察风险。

(2) 数据精度高,时效性好

无人机一般在云下平稳飞行,可实现垂直、倾斜等多角度成像,弥补了卫星正射影像只能从垂直角度成像的不足;与传统的卫星遥感、载人飞机测绘相比,利用无人机遥感技术可随时拍摄获取地表信息,时效性高;空间分辨率高,可达到分米级甚至厘米级精度,从而更加直观、真实、全面地反映公路沿线的地表现状。

(3) 快速测绘,自动处理成果

无人机遥感系统测绘效率较卫星、载人航空手段有所提高,且数据处理更为便捷。对于公路工程等线

状构造物,一般情况下,1台无人机可以在12h内获取约300km公路工程走廊带范围内的高精度航拍影像。同时可自动处理原始影像,生成制作DEM、DOM等成果数据。通过专业建模软件,实现对滑坡、崩塌体等三维模型属性信息的浏览,以及体积、高度、坡度、坡向等空间特征信息的量测。

2 基于无人机遥感技术的公路不良地质判识工作流程

公路沿线走廊带常见的不良地质现象有滑坡、泥石流、岩崩、岩溶、冻土、水害、采空区以及强震区(高地应力)等。相比于现场踏勘和钻孔等传统手段,无人机遥感影像技术为从宏观至微观、从定性至定量了解区域不良地质的情况提供了便捷的方法,极大地提高了野外勘察的工作效率与成本。其工作流程主要分为3个阶段,见图1。

(1) 无人机航空影像采集

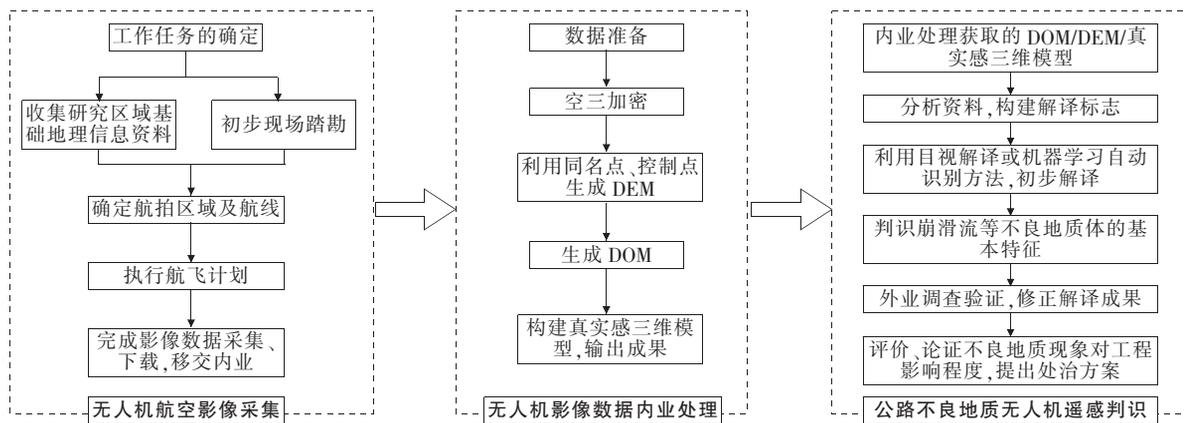


图1 基于无人机遥感技术的公路不良地质判识工作流程

根据公路建设项目建议书确定需要航拍的工作任务及精细程度,充分收集研究区域的地形地貌、地质等资料并进行初步现场踏勘;确定需要航拍的区域位置及航线,执行航飞计划,完成影像数据采集。

(2) 无人机影像数据内业处理

利用无人机航拍影像处理软件对影像进行统一匀色处理,并利用采集的像控点坐标数据通过区域网平差方法进行空三加密,使其达到规范要求。在完成空三加密之后,利用同名点和控制点制作生成DEM,根据DEM制作正射影像,并构建真实感三维模型。

(3) 公路不良地质无人机遥感判识

基于无人机遥感的公路不良地质判识工作基本流

程为:利用遥感图像目视解译或利用先进的计算机识别技术与算法,根据正射影像的纹理、色调、形状、阴影等解译标志,人机交互判识出沿线区域崩塌、滑坡、泥石流等不良地质体的类型、位置、分布范围等基本特征;对遥感解译发现的不良地质现象进行外业地质调查验证;综合评价、论证不良地质现象对公路路线及构造物的影响程度,提出工程绕避或优化方案等。

3 无人机遥感技术在公路不良地质判识中的应用

不良地质现象尤其是崩塌、滑坡、泥石流等较大

型的灾害个体的判识是山区公路工程地质遥感判识的重点,也是工程地质遥感判识内容中效果最好的一种,特别是由无人机高分辨率影像得到的解译结果,对公路地质勘察工作具有实际的指导和应用意义。以下就这三类灾害个体的无人机遥感判识应用进行论述。

3.1 崩塌无人机遥感判识

传统崩塌勘察需要耗费较多的人力资源,且一般发生崩塌现象处坡度较大,人工勘察容易发生安全事故。而采用无人机进行多点航拍,结合 DEM 数据构建不良地质体三维模型,构建解译标志,通过三维多角度显示可以快速识别出发生崩塌的位置。同时还可以对陡坡几何尺寸、地质特征等进行量测、分析,评价其失稳概率。

在无人机遥感图像中,崩塌解译标志主要依据纹理、色调进行判读。研究表明:在山地丘陵地区,崩塌发生在 $55^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的陡坡上概率较大,在二维影像图上纹理粗糙,呈灰白色调不规则斑块,无植被覆盖。结合 DEM 数据构建真实感三维模型,则可全方位展示崩塌特征。如对湖南资兴市省道 S1 813 线沿线进行无人机勘察,通过对二维影像与三维影像观察与分析,解译出崩塌 2 处(图 2),与野外实地调查结果吻合,识别准确率为 100%。



图 2 湖南资兴市 S1 813 线沿线崩塌判识图

通过该案例分析,无人机在识别崩塌不良地质现象方面的优势主要表现在:①勘察精度较高,构建真实感三维模型,突破传统二维解译方法,同时可以对陡坡的几何空间特征进行量测;②受地形限制较少,辅助开展复杂地区的勘察工作,可降低人员勘察的安全风险。

3.2 滑坡无人机遥感判识

滑坡的无人机遥感判识主要通过遥感图像的形态、色调、阴影、纹理等进行。滑坡大多分布在河谷、陡坡等地段,在影像上滑坡体一般呈簸箕形、舌形、弧形等不规则形状,色调偏浅,植被稀少。同时结合 DEM 数据构建三维模型,利用三维分析技术可以更清晰地在三维模型中判识滑坡壁、滑坡台阶、滑坡舌、滑坡周

长、封闭洼地等,并量测坡度和体积等特征参数。

滑坡段工程地质选线应尽可能绕避大型复杂滑坡,若绕避有困难,应结合稳定程度、处治难易,对绕避和整治方案综合比较后进行选择;对于中、小型滑坡,一般可考虑通过,但应采用必要的工程处治措施。

无人机在识别滑坡不良地质现象方面的优势主要表现在:相比于人工勘察,可快速构建滑坡体的三维模型,并计算坡度、体积等空间特征参数。

3.3 泥石流无人机遥感判识

传统的泥石流地质勘察主要是人工实地勘测,虽能获得较高的精度和置信度,但是具有花费大、工作强度高、效率低和信息不及时等不足之处,而无人机勘察则可避免这些缺陷。

泥石流在平面上可以分为物源区、流通区、堆积区。在影像上物源区一般呈瓢形、条带状、树枝状等,色调深浅不一,有大量松散固体呈浅色,无植被生长。堆积区一般呈浅色调,略显流动纹理,于沟谷出口处形成洪积扇。利用无人机遥感技术,结合先进的机器学习算法等可实现对泥石流灾害的裸露、松散堆积物进行自动提取;再利用研究区 DEM 数据进行三维空间分析,进而可提取出泥石流隐患沟的沟系范围,并可对物源区、堆积区的几何特征进行量测(图 3)。



图 3 湖南资兴市 S1 813 线沿线泥石流判识图

经实践证明,无人机在识别泥石流不良地质现象方面的准确性较高,其优势与前文叙述类似,表现为提高勘察效率,精确获取不良地质现象的空间几何特征。

4 结语

山区公路存在勘测难度大、勘测效率低下等问题,高山峡谷地区,利用传统勘测方法存在设备搬运困难、人员安全风险高、勘察周期长、信息收集不全面、对走廊带宏观地质条件把握不足等问题,尤其是对走廊带内崩塌、滑坡、泥石流等不良地质的勘察和评价程度不足。无人机遥感技术具有自动化程度高、真实还原度