

无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的应用探讨

谢小摧

广州市城市规划勘测设计研究院

摘要:在露天矿区开发不断深入的前提下边坡数量正不断增加,无形中加大了滑坡、坍塌等事故发生的概率,因此在矿山安全生产中必须做好边坡变形监测与稳定性分析工作。其中无人机倾斜摄影技术作为一种高效、快捷的影像获取方式,目前已在地质调查等领域中得到了广泛应用。本文简要分析了无人机倾斜摄影技术内容及其应用优势,结合无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的应用概述、应用流程、应用策略,探讨了无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的数据分析结果,旨在第一时间发现并处理矿山边坡中潜在的风险。

关键词:无人机;倾斜摄影技术;边坡监测;应用
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.08.116

引言

随着高清智能技术的快速发展与普及,传统常规的测绘方法很难满足矿区边坡监测工作的实际需求,因此相关测绘人员应紧跟新时期测绘技术发展趋势,灵活运用无人机倾斜摄影等新型测绘技术,全方位采集影像数据资料,以此为矿山边坡测绘工作的顺利进行提供技术层面的支持。

一、无人机倾斜摄影技术内容及其应用优势

(一) 技术内容

无人机倾斜摄影测量技术需要用到无人机平台进行测量,利用多个航摄相机实现搭载处理后,还需要基于前后左右、垂直等多个倾斜角度采集测区影像及具体的测量过程。无人机倾斜摄影测量技术相比于常规测绘技术,其不仅可以通过多角度摄影精准捕捉地面物体情况,还能精确提取待测物体的纹理信息。最重要的是,无人机倾斜摄影测量技术还可以与三维建模、定位等先进的技术手段相融合,从而构建一个完整的三维模型。根据无人机倾斜摄影测量技术的应用流程,在实践过程中还可以围绕着航天摄影、pos信息获取等环节自动采集影像数据信息。当采集完毕后,即可有效加强外业相片控制测量效果。完成一系列的测绘工作后,还需要利用无人机倾斜摄影测量技术集中处理内业数据,通过加强控制点影像关联力图,采用空三运算的方式输出成果,最终构建一个完整的三维实景模型以及DEM模型。由此可见,科学应用无人机倾斜摄影测量技术可以充分满足测绘区域的监测管理需求及测量需求。

(二) 应用优势

1. 操作灵活

测绘人员应严格按照具体的项目测绘要求科学规划飞行航线,以此达到无人机起飞、航行、降落的物体。

在无人机航行过程中,应全面采集高山、丛林等险峻地形的数据信息。无人机倾斜摄影测量技术相比于传统人工调查等方式,前者可以有效突破外界环境带来的限制。

2. 测绘效率、精确度高

在实际测绘过程中可以根据项目地形情况,利用无人机倾斜摄影测量技术定向调整飞行速度、高度,同时结合工程测量需求对大范围、大面积的测区进行高速监测,以此有效提高测绘效率。由于无人机倾斜摄影测量技术可以利用多个航摄相机完成搭载处理,基于前后左右、垂直等多个倾斜角度对测区影像及测量过程进行采集,极大地提高了测绘精度。

3. 还原待测区域的地形地貌及细节特征

无人机倾斜摄影测量技术可以充分利用倾斜摄影的功能性、适应性特征,突破传统测绘技术存在的局限性,并在无人机智能操作功能的支持下,短时间内全方位勘察工程项目的全景。例如,在边坡监测中可以借助无人机倾斜摄影测量技术采集多个角度的地形地貌特征及相关数据信息,并根据最终获取的影像成果补充测绘过程在细节方面的内容。最后,采用批量提取、贴纹处理等方式提高工程测绘效率。由此可见,无人机倾斜摄影测量技术本身具备的功能性、适应性特征,可以为边坡监测工作提供信息层面的保障。

二、无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的应用概述

目前无人机边坡监测主要用到无人机航拍平台,利用图像技术将采集到的图像信息进行加工处理后,即可为各种不同类型的摄影测量应用提供信息层面的支持。利用无人机遥感技术采集到的多光谱数据进行校正后,还可以建立相应的数字高程模型与正射影像图,并将其作为矿山灾害分布及发育条件判断的重要参考依据。将监测数据进行对比分析,即可发现地质灾害隐患点的发生规律。

根据低空无人机拍摄的路面边缘影像,最终获得的路基边坡体稠密三维点云,可以使得路基边坡体形成一个完整的三维数字建模,同时全方位展现出路基坡度的总体形态特征与局部细节特点,极大地提高了边坡稳定性评估的合理性。但近景拍摄测量技术在实际应用过程中仍然存在多个方面的问题,如镜头仰角应控制在 45° 以内,在实际拍摄过程中应禁止随意调节镜头焦距,以此保证镜头焦距维持不变。因此,利用无人机进行边坡监测的重点在于完善的数据获取方式,而无人机倾斜摄影技术可以通过高性能的无人机搭载高精度摄像传感器,定期对边坡区域进行全方位监测。

三、无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的应用流程

(一) 测区概况

某矿区主要以高台阶开采方式完成生产实践活动,在矿区开采区域内还涉及多个高边坡,走向长还介于几百米至几千米之间。由于该矿区开采范围内有着复杂的地形地貌特征以及恶劣的环境条件,运用常规方法很难满足矿山测绘工作的实际需求,也很难取得理想的测绘结果,甚至对边坡监测及矿区开采质量造成一定的影响。为保证矿区开采安全以及测绘人员的人身安全,有关单位尝试运用无人机倾斜摄影技术完成边坡监测工作。站在客观角度分析,无人机倾斜摄影技术可以对坡度较大的区域实现高效化测绘处理,并在矿区内完成大比例尺测绘过程,初步满足边坡监测的实际工作需求。最重要的是,科学运用无人机倾斜摄影技术还可以有效避免常规测绘方式本身存在的风险性、安全性问题,真正为边坡监测的管理质量及测绘效率的提高提供良好保障。基于此,相关测绘人员应充分意识到无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的重要性,尽可能全面掌握无人机倾斜摄影技术的应用原理及应用流程,同时制定科学可行的无人机倾斜摄影技术方案。

(二) 飞行方案制定

只有保证飞行方案制定的合理性,才能为无人机倾斜摄影技术的有效应用奠定良好基础,但飞行方案的制定需要以测区的实际情况以及工程精度为重要参考依据。在此过程中,测绘人员还需要根据测区面积、地形复杂程度科学划分待摄像的区域,同时科学拟定航线、航向重叠等飞行参数,以此保证像控点布设的合理性。确认基础面高程时,相关测绘人员还需要结合具体的规范要求及相关公式计算航高。另外,测绘人员还需要根据飞行时间模拟分析航线长度、方向等重要参数,基于分析结果多角度研究航线、航高、摄区长宽比后即可完成航线布设工作。由于待测区域的面积相对较大,因此相关测绘人员还需要提前划分测区面积,在多个小区域内分航次完成测绘工作。但需要注意的是,测绘人员必须将像控点的架设控制在合理范围内,使得测区始终处于控制区中,以此有效提高数据采集的效率和精度。

(三) 自动采集测量数据

在测绘数据采集过程中,测绘人员应严格按照无人机飞行方案高效化采集影像数据。如某测区面积共计 7km^2 ,在数据采集过程中需要用到8个架次完成采集处理,其中摄影相对航高 200m 、基线 2000m ,在定焦模式下可以初步实现高质量测量要求。测区像片数据采集工作结束后,测绘人员还可以通过相控点测量的方式精准获取对点位信息,以此为后续的测绘工作提供数据方面的参考。在此过程中应严格遵守像控点布设原则,保证像控点布设的合理性,同时运用相应的技术手段提高数据采集过程的效率,全面保障测点的精度,其中点位误差还需要控制在 $\pm 0.3\text{m}$ 以内。各像控点还需要独立完成

两次以上的观测工作,确定独立观测数据的平均值后,将其作为测量成果坐标。例如,某矿区在边坡监测中按照以上方法获取了14个图根点,在实测精度上基本达到了预设精度要求。

(四) 高效处理测绘数据

对采集到的测绘数据进行处理时,测绘人员可以利用多视多维重建技术对照片数据进行综合处理。在特定的软件支持下导入具有一定重叠率的数码影像,从而生成高精度的正射影像,并且最终获取的模型基本可达到毫米级的精度要求。当像片导入完毕后,测绘人员还需要利用计算机将数据资料进行有效整合。本项目在测绘分析中采集到上万张航片,当采集工作结束后,还需要在pos数据导入等软件中完成分组排列。在分组排列过程中需要参考照片位置信息及其他关键参数,经过一系列的运算处理后大量提取航片特征点,并根据同名点信息情况实现自动匹配。但需要注意的是,若想输出逼真的三维模型,就必须对航天数据进行提取处理,如对高像素纹理进行着色处理。最后,采用常规方法对数据精度进行检测,并根据最终的检测结果将数据误差控制在允许范围内。

四、无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的应用策略

无人机倾斜摄影技术可以有效突破传统垂直摄影带来的局限性,在同一个飞行平台搭建一个或多个航摄像机后,即可在指定的航飞路线内获得测区多个不同角度的原始照片,通过空三建模等数据处理后,即可获得真正射影像图、真三维模型等丰富的数据成果。在像片拍摄过程中,可以通过一台多角度的倾斜相机完成一次性航拍工作,或者利用单镜头多次侧角度飞行,以此获得多个不同角度的影像图,精准提取航高、航速、时间、坐标等信息。经过倾斜空中三角测量、DSM点云生成、TIN构网、纹理映射等多个步骤后即可形成一个完整的实景三维模型。

(一) 技术路线

基于无人机搭载高清摄像机采集监测区域的地理数据信息时,应初步构建实景三维地形模型,并根据三维模型实时观察边坡情况,采用等距法提取边坡监测相关要素后,即可矢量化提取边坡要素,并将其与边坡原状要素进行对比,生成变化情况报告后,还需要重点标记、检查、测量可疑的地方。这种方式与地形测绘中的数字摄影测量方式大体相似,都需要利用三维模型将采集到的外业数据转移到数据分析环节。与此同时,无人机还可以通过高清传图的方式实时监测矿山边坡,第一时间将发现的问题上报给有关部门。

(二) 设备选型

目前我国现有的无人机主要包括旋翼无人机、固定翼无人机两种,其中旋翼无人机具有较强的稳定性,而固定翼无人机的航时较长,这两种截然不同的特点使得两者有着不同的应用方向。在边坡监测中需要利用高

精度的影像数据进行分析，因此必须保证无人机无限接近于边坡面飞行，这也使得旋翼无人机成为边坡监测的首要选择。目前我国市面上出现的大多数无人机都是靠一组传感器控制飞行的，如猎鹰8多旋翼无人机就集结了智能无人机、人工智能等专业检测航拍方式，其内部主要涉及飞行平台、飞控系统、地面监控系统、任务设备、数据传输系统、发射与回收系统等基本的检测构造。

(三) 倾斜模型重建

监测区域的倾斜模型重建主要涉及以下两方面的步骤：第一，数据提取。基于航线规划系统可以对整个边坡实现多角度、多航线、多层次的航线规划，通过一键起飞的方式拍照获取影像。第二，重建模型。由于无人机的飞行姿态大多不固定，机身又无法搭建高精度定位测姿系统装置，因此很难获得精准的姿势信息。在仅有视觉影像的前提下，还需要利用第三方应用软件对影像的空三姿态信息进行恢复、畸变修正，以此达到重建模型的目的。例如，某应用软件可以通过摄影测量、计算机视觉统计、几何算法等功能完成真空三运算、形成密集点云、构建TIN网等操作，同时快速制成真三维空间的几何建模。最重要的是，一键式导入获取的影像数据、选择坐标系后，还可以自动构建空三加密模型。

实际上模型精度主要与相机外方位元素、内方位元素有关，结合外方位元素的特点分析，其主要用于确认光束在物方空间坐标系的中间位置及姿态参数，如直线元素、角元素。其中直线元素可以确定摄影中心在物体空间坐标系的具体位置，而角元素则用于确认相片在物方空间坐标系中的空间动态。此外，内方位元素可以在一定程度上反映出摄影中心与相片之间的位置参数，如摄影中心到像片的垂距、像主点在框标坐标系中的坐标，最后利用软件解算导入这些元素。无人机倾斜摄像技术可以有效弥补传统正射影像只能通过垂直视角摄像的不足，在同一个航拍平台上搭载多个感应器后，即可基于1个垂直度、4个斜面、5个不同的视角完成摄像工作，依托于单摄影机实现多方位取景，促使用户真切地体验到与人眼视野相符的场景。边坡监测的关键在于重建高精度的地形模型，这也是整个监测环节中涉及唯一的不动量，而精细化模型也能整体提高边坡监测的准确率。最后，构建实景三维模型还能快速计算边坡局部位移地段的滑坡面积、距离等。

五、无人机倾斜摄影技术在边坡监测中的数据分析结果

在此基础上还需要提取模型要素进行分析，传统边坡监控需要利用监测桩进行实时观察，观测网主要以方格状网的形式存在，依托于矿区边坡最高处设置观测断面后，还需要在边坡平台处预设观测桩。边坡体上的监测桩主要分布在各边坡平台断面坡脚线以外，其与观察点之间的距离大约被控制在40m左右。对于可能发生滑

动带以及重点检测的部位，还需要加大加密布点的布设力度。本文提取模型要素的方式与监测桩监测的方式大体相同，都需要利用等距选点来提取监测要素，获得要素原始的矢量信息XYZ后，还需要在要素XY值固定不变的前提下，提取模型要素中的Z值，计算Z值的差后即可判别监控要素的变化量（如表1）。一旦边坡出现位移的情况，还需要在模型中标注出滑坡情况，以此帮助指挥部更好地作出决策。在模型中显示边坡位移信息的明亮度，即可将模型之间的差值量化。

表1 监测要素变化量 m

要素名称	偏移值	要素名称	偏移值
要素1	0.009	要素5	0.005
要素2	0.001	要素6	0.392
要素3	0.01	要素7	0.116
要素4	0.001	要素8	0.04

结语

为保证边坡变形监测的稳定性，在地面滑坡监测中通常需要用全站仪检测、GPS变形监测等方式。但这些技术手段在实际应用过程中涉及的操作过程较为复杂，成本损耗也相对较高，并且相关监测人员还需要直接接触目标物体，在边坡变形较为剧烈的地方开展监测工作时很可能面临较高的安全风险。但无人机倾斜摄影技术却能通过非接触式监测的方式提高数据分析速率、减少成本损耗，在保证监测安全的基础上还能整体提高监测精度，以供相关工作人员更好地评估边坡变化态势。

参考文献

[1]秦秀山,曹辉,王志修,刘鹏.无人机航测技术在露天矿边坡工程地质调查中的应用[J].有色金属(矿山部分),2020,72(02):77-80.
 [2]吴挺.无人机倾斜摄影在矿山生态修复中的应用研究[D].浙江大学,2020.
 [3]何旷宇.基于无人机贴近摄影高陡边坡岩体表面信息识别方法[D].湖南大学,2021.
 [4]张翊超.基于无人机对高陡边坡危岩体裂缝形状高空测量的方法实验分析与探讨[J].城市地质,2020,15(02):224-227.
 [5]李竹有.基于无人机的高边坡监测技术.云南省,中国水利水电第十四工程局有限公司,2020-10-15.
 [6]薛现凯.基于无人机倾斜摄影的边坡三维重建与灾害识别[D].湖南大学,2021.
 [7]崔铁军,焦康,罗光光.基于无人机的高精度边坡变形监测技术在南水北调工程中的运用[A].中国大坝工程学会.水库大坝和水电站建设与运行管理新进展[C].中国大坝工程学会:中国大坝工程学会,2022:126-130.