

贴近摄影测量在崩塌地质灾害的应用

杨利永 祁育德

新疆地质工程勘察院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v6i4.1558

[摘要] 崩塌地质灾害是一种常见的自然灾害,对人类社会造成了严重的影响。为了准确地评估崩塌地质灾害的危险性和规模,需要进行精确的测量和分析。随着科技的发展和人们对地质灾害的关注日益增强,越来越多的研究者开始尝试利用遥感技术和摄影测量技术等手段,对崩塌地质灾害进行监测、预警和预测;其中,贴近摄影测量技术因其高精度、高分辨率、数据获取速度快等特点得到了广泛的应用。本文介绍了贴近摄影测量技术的基本原理和应用方法,并结合实际案例,探讨了贴近摄影测量在崩塌地质灾害中的应用。

[关键词] 贴近摄影测量;崩塌地质灾害;危险性评估;规模测量

中图分类号: P642.21 文献标识码: A

Application of Nap-of-the-object Photogrammetry in the Collapse Geological Disaster

Liyong Yang Yude Qi

Xinjiang Geological Engineering Survey Institute Co., Ltd

[Abstract] Collapse geological disaster is a common natural disaster that has a serious impact on human society. In order to accurately assess the hazard and scale of collapse geological hazards, precise measurements and analysis are required. With the development of science and technology and people's increasing attention to geological disasters, more and more researchers have begun to try to use remote sensing technology and photogrammetry technology to monitor, warn and predict collapse geological disasters. Among them, nap-of-the-object photogrammetry technology has been widely used because of its high precision, high resolution and fast data acquisition speed. This paper introduces the basic principles and application methods of nap-of-the-object photogrammetry technology, and discusses the application of nap-of-the-object photogrammetry in collapse geological disasters based on practical cases.

[Key words] nap-of-the-object photogrammetry; collapse geological disasters; hazard assessment; scale measurement

引言

崩塌地质灾害是一种常见的自然灾害,其发生频率高、危害大,对人类社会造成了严重的影响。为了准确地评估崩塌地质灾害的危险性和规模,需要进行精确的测量和分析。传统的测量方法存在着测量精度低、工作效率低等问题,难以满足实际需求。贴近摄影测量技术是一种高精度、高效率的测量方法,已经被广泛应用于崩塌地质灾害的研究中。

1 贴近摄影测量技术的基本原理

贴近摄影测量技术是一种基于数字影像的三维测量方法,其基本原理是通过相机的成像原理和摄影测量的几何原理来测量物体表面上的点坐标,进而构建物体的三维模型。贴近摄影测量技术主要包括以下几个步骤:

(1) 拍摄数字影像:使用数字相机或无人机等设备拍摄多张

数字影像,覆盖目标区域。(2) 影像预处理:对拍摄的数字影像进行预处理,包括去除噪声、校正畸变等。(3) 特征点提取:对预处理后的数字影像进行特征点提取,确定每张影像中的关键点。(4) 特征点匹配:对不同影像中的特征点进行匹配,确定每个特征点在三维空间中的坐标位置。(5) 三维重建:根据特征点的坐标位置,进行三维重建,得到目标区域的三维模型。(6) 在崩塌地质灾害的应用中,贴近摄影测量技术可以有效地收集灾害现场的三维空间信息。在数据采集过程中,可以通过无人机等设备采集到高分辨率的影像和点云数据,进而精确记录崩塌地质灾害区域的地形和形态等信息。在数据处理过程中,可以根据摄影测量原理,计算出各点的实际坐标,从而建立三维模型,进一步分析和诊断崩塌地质灾害形象,预测和评估灾害风险,提供有效的决策支持和科学指导。

2 贴近摄影测量技术在崩塌地质灾害中的应用

(1)危险性评估:贴近摄影测量技术可以对崩塌地质灾害的危险性进行评估。通过对目标区域进行数字影像拍摄和三维重建,可以得到目标区域的地形和地貌信息,进而确定崩塌地质灾害的危险性。(2)规模测量:贴近摄影测量技术可以对崩塌地质灾害的规模进行测量。通过对目标区域进行数字影像拍摄和三维重建,可以得到目标区域的三维模型,进而确定崩塌地质灾害的规模。(3)监测预警:贴近摄影测量技术可以对崩塌地质灾害进行实时监测和预警。通过对目标区域进行数字影像拍摄和三维重建,可以得到目标区域的三维模型,进而实时监测崩塌地质灾害的变化情况,提前预警。

3 实例分析

在案例研究中,我们选用了第六师市地质灾害综合风险普查项目中第六师北塔山石灰石矿道路崩塌地质灾害一处崩塌地质灾害点进行研究。

3.1 项目概况

根据新疆生产建设兵团第六师自然资源和规划局下发的中标通知书,新疆地质工程勘察院有限公司中标承担了《新疆建设兵团第六师市地质灾害综合风险普查》(项目编号:B6S[2021]370号-001),依据通过审批的《新疆建设兵团第六师市地质灾害综合风险普查项目设计书》中有关第六师北塔山牧场石灰石矿道路崩塌地质灾害初步勘查方案开展本次初步勘查工作。

3.2 气象与水文

崩塌区属大陆性干旱气候,最冷为11月至次年3月,平均气温零下16℃,最低气温达零下30.6℃,气温最高月份为6月至8月,平均气温22-25℃,最高35℃以上;每年10月初开始降雪,次年4月底积雪全部融化,7至8月份气候干燥、炎热,有暴雨,年平均降雨量为186.4毫米,雨量较多的7、8月份平均降雨量为90.2毫米,约等于年降雨量的一半,4月至9月,区内多刮北西风,10月至来年3月则为南东风,风力一般在3-6级,6至8月风力最大,高者可达8级。崩塌区内水系不发育,仅在工作区西侧2公里处见一条常年流水的小溪,水系流域短,水量较小,多具有间断性,流至山前地带消失,但夏季因暴雨形成短暂的洪流。以北塔山北部山脊为分水岭,分南北两个主要自然流向,南流的河流主要有乌勒坎拉斯铁河及克协拉斯铁河,北流的河流有夏哈铁河、银西克河、大松树沟河及大锡勃特河等,在北塔山及其山前地带分布有多处断层泉,均为淡水泉,涌水量较大。

3.3 地形地貌

崩塌区地貌类型为侵蚀构造中高山区地貌,总体地形北高南底,地形起伏较大,北侧坡陡,南侧坡缓。山脊顺岩层走向延伸,以剥蚀作用为主,顶部平缓,坡向70°。部分地段由薄层碎石土覆盖,坡面发育小型沟谷。海拔高程在1591—1614米,相对高差23米。总体地势较为陡峻,总体坡度达到50°以上,局部山坡近似垂直。坡面基岩风化破碎,裂隙发育,可见部分孤石位于坡体表面,植被发育一般。坡脚处为第四系冲沟,冲沟宽约14米,走向

80°,在后期的石灰石矿山开采建设中,被改造成矿山公路。

3.4 位置与交通

崩塌区位于第六师北塔山牧场东南方向直线距离约26.5千米处,距石灰石矿直线距离约10千米。中心地理坐标为东经90°46′11.03″、北纬45°4′58.28″,行政区划隶属于北塔山牧场管辖,交通十分便利。

3.5 地质灾害类型

根据本次现场调查,勘查区内地质灾害类型为崩塌灾害,区内坡体受风化裂隙切割,基岩风化破碎、坡面有临空危岩体分布,根据其面状分布情况,崩塌呈带状分布,在勘查区内划分了1处崩塌危岩带。根据《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50000)》(DZ/T0261-2014)和《县(市)地质灾害调查与区划基本要求》实施细则(修订稿),勘查区内崩塌灾害点为滑移式崩塌灾害。

3.6 地质灾害特征

①分布。该崩塌位于北塔山牧场石灰石矿道路南侧,危岩带长160米,其上部为基岩山顶区域,中部为基岩出露的危岩带,为地质灾害主要发育区域。其下部为坡脚范围是地质灾害主要的威胁区域,威胁对象为矿山公路及公路上过往的车辆、输电线路、牧民和牲畜安全。斜坡总体坡度在40°-85°,局部已经近似垂直,为崩塌地质灾害发育提供了地形条件。斜坡出露主要地层岩性为石炭系凝灰岩,在构造和风化的影响下节理裂隙发育,贯穿深度大,为地质灾害发育提供了地层的条件。在降雨、地震、冻融及人类工程活动等综合条件作用下,易引发地质灾害。②崩塌类型及特征。根据现场勘查,勘查区内发育有1处崩塌危岩带,编号为LBT1048,依据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T0218-2006)关于崩塌规模级别划分标准、崩塌分类及特征划分依据,判定崩塌危岩带的类型及规模。③危岩带地质灾害特征。该危岩带位于北塔山牧场石灰石矿道路南侧,高程为1591-1614米,相对高差23米,岩体陡峭,斜坡体主要发育有二组节理裂隙,210°∠65°、165°∠78°,坡体结构面、陡崖岩体卸荷带的产状与岩体节理产状基本一致,在雨水冲刷、融雪水入渗、地震及岩体风化、重力作用下易发生崩塌。危岩带基岩呈块状结构,较破碎。危岩带长160米,宽15米,厚5米,体积为12000立方米,裂隙较发育,危岩体距离地面高度约23米,危岩体岩性为凝灰岩,坡面危岩体节理裂隙发育,顶部处于临空状态,受风化、雨水、重力作用、地震作用极易发生崩塌灾害,威胁对象为矿山公路及公路上过往的车辆、输电线路、牧民和牲畜安全。

3.7 地形测量

地形测量工程主要包括:1:500地形图测量、1:200剖面线测量及工程点测量。

2021年10月10日测量进入现场,寻找合适的测量控制点,随后进行无人机倾斜摄影测量三维建模工作,截止10月13日完成全部测量野外工作。

①三维建模:对崩塌区进行1:500无人机倾斜摄影测量三维建模测量,设计建模面积0.013平方米,实际测量面积0.08平方米;②地质剖面测量:设计测量长度0.5千米,实际测量长度0.5

千米; ③工程点测量: 对勘查区内的探井、工程地质剖面及监测点进行工程点测量, 设计8点, 实际完成工程点测量9点。

3.7.1 无人机航空摄影测量

无人机航空摄影测量使用大疆M210四旋翼无人机(RTK)搭载赛尔Share 102Spro五镜头倾斜相机完成了项目测区的全部航摄工作。现对航空摄影情况叙述如下:

航拍区航线敷设航向重叠率80%, 旁向重叠率70%, 飞行高度150米, 拍摄航片15692张。各条航线在航拍过程中无人机RTK始终处于固定解状态且平面及高程收敛精度均优于0.03m。相机每拍一张照片, 飞控系统记录对应的POS数据, 每架次的照片数量与记录的POS数据一一对应且数量相同, 外业采集各项数据完整有效。

3.7.2 采集影像数据质量

本项目中得到各条航带的最终影像数据清晰, 层次分明, 颜色饱和, 色调均匀, 反差适中, 不偏色, 能辨别出地面上最暗处的影像细节。各条航带间没有漏洞, 可以进行立体模型的建立和连接。

3.7.3 飞行质量评价

本项目飞行质量较好, 航线弯曲度较小, 飞行时间都选在阳光充足、风速较小、风向稳定的时段。像片有效范围覆盖了设计要求和现场指定的全部摄区。在航向上和旁向上均超出成图范围一个航高, 全区无摄影绝对漏洞。航向重叠率均在80%左右, 最小为75%, 最大达90%, 满足成图要求。旁向重叠率均在70%左右, 最小为65%, 最大达85%, 满足成图要求。航线弯曲度: 所有的弯曲度均小于2%, 符合规范要求。

3.7.4 数据预处理

使用赛尔航测管家对相机中的影像及POS数据进行下载、整理并生成Block区块文件。在设置好无人机型号和相机型号后, 就可以加载每个架次的影像及POS数据, 在下载的过程中赛尔航测管家可以自动将POS数据写入对应影像照片中并生成Block区块文件, 需要添加边界时需将km1范围导入, 对照片进行过滤并重新生成Block区块文件。

3.7.5 数据预处理

本项目空三解算采用ContextCapture Master软件完成。将“数据预处理”中生成的Block区块文件导入ContextCapture Master软件, 在设置好各项参数后提交, 由工作站自行处理。根据影像地面分辨率的统计结果, 可以得出各分区空三解算质量较好, 能够保证下一步输出的产品质量。

3.7.6 三维实景模型的制作

根据空三完成的先后顺序, 进行空三合并, 新建Reconstruction, 并设置坐标系、范围线、瓦片大小和瓦片起点, 设置完成后提交osgb格式产品用于模型修饰, 输出osgb格式数据。Tile坐标原点为CGCS2000坐标系。根据密集匹配技术利用影像匹配算法, 自动匹配出所有影像中的同名点, 并从影像中抽取更多的特征点构成密集点云, 从而更精确地表达地物的细节。地物越复杂, 建筑物越密集的地方, 点密集程度越高; 反之, 则相对稀疏。利用影

像密集匹配的结果, 由空三建立的影像之间的三角关系构成三角TIN, 再由三角TIN构成白模, 软件从影像中计算对应的纹理, 并自动将纹理映射到对应的白模上, 最终形成三维实景模型。

3.7.7 三维实景模型质量的检验

三维实景模型的可靠性目前只能通过常规测量手段进行检查验证。本次利用网络RTK(与无人机RTK网络参数一致)在野外采集的测区内均匀分布的典型地物特征点坐标值, 与在三维实景模型上内采的对应特征点坐标值进行比对, 测区内平面较差均小于0.037m、高程较差均小于0.035m。通过验证, 三维实景模型质量可靠, 可利用三维实景模型进行项目后续工作。

3.7.8 点云数据的输出与地形图的生成

三维实景模型生成并通过检查后, 利用ContextCapture Master软件自动输出0.1m*0.1m间距的点云数据格式为*.las, 再将输出的点云数据导入Riscan Pro软件, 进行抽稀、地物点过滤、钉状点删除等一系列处理, 得到AUTOCAD CILIV 3D可处理格式为*.csv的数据文件。根据*.csv数据文件和三维实景模型, 综合应用AUTOCAD CILIV 3D和CASS 3D软件制作并输出DLG地形图。

3.7.9 测绘成果质量说明与评价

本次作业平面坐标系采用CGCS2000国家大地坐标系, 高程基准为1985国家高程基准。三维实景模型分辨率满足1:500比例尺的成图要求及项目要求, 测绘产品成果经检查, 可满足设计阶段的需要。

3.8 监测方案

考虑北塔山石灰石矿道路崩塌的特殊性, 针对勘查明确的危岩体进行长期监测, 监测手段包括整体位移监测和局部裂隙监测, 利用贴近摄影测量技术在单体危岩发生较大变形时再采取应急处理措施进行防治。

4 结论

本次地质灾害风险普查项目中崩塌地质灾害点采用贴近摄影测量技术是一种高精度、高效率的测量方法, 已经被广泛应用于崩塌地质灾害的研究中。通过对目标区域进行数字影像拍摄和三维重建, 可以确定崩塌地质灾害的危险性和规模, 并进行监测预警。贴近摄影测量技术在崩塌地质灾害中具有广阔的应用前景。

【参考文献】

- [1] 石元帅. 乡村崩塌地质灾害风险评价与管控研究[D]. 成都理工大学, 2019.
- [2] 卢新森. 乡村崩塌地质灾害风险评价与管控研究[J]. 建材与装饰, 2020, (16): 198, 201.
- [3] 孙萍萍, 张茂省, 贾俊, 等. 中国西部黄土区地质灾害调查研究进展[J]. 西北地质, 2022, 55(3): 96-107.

作者简介:

杨利永(1985--), 男, 汉族, 河南省太康县人, 本科, 副高, 研究方向: 测绘工程。