

低空无人机摄影测量在矿区线状地物信息构建上的应用

苏红超

新疆维吾尔自治区第一测绘院

DOI:10.12238/gmsm.v4i4.1148

[摘要] 矿区线状地物是矿山生产建设的重要部分,狭长的形态特征和有限的测量人力限制了监测工作。低空无人机摄影测量具有响应快、周期短、精度高、易操作、成本低的特点,而且获取数据内容丰富、可视性强,为矿区线状地物的快速监测提供了可能。本文选取典型高潜水位井工矿区的线状地物——以矿区专用铁路和防洪堤坝为例,设计3个相对航高(50、75、100m)作业方案,快速构建矿区线状地物信息,评价模型结果的平面和高程精度,并检验了其可靠性,讨论了无人机摄影测量的时间与效率的权衡问题。

[关键词] 低空无人机; 摄影测量; 矿区; 线状地物; 信息构建

中图分类号: P23 文献标识码: A

Application on Low-altitude UAV Photogrammetry in the Construction of Linear Ground Information in the Mining Area

Hongchao Su

The First Surveying and Mapping Institute of Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] The linear land of the mining area is an important part of the mine production and construction, and the long and narrow morphological characteristics and limited measurement manpower restrict the monitoring work. Low-altitude UAV photogrammetry has the characteristics of the fast response, short cycle, high accuracy, easy operation, low cost, rich data content, and strong visibility, which provides the possibility for the rapid monitoring of linear land in the mining area. This paper selects the linear features of typical high-level underground mining areas — taking the special railway and flood control embankment in mining areas as an example, and design three operation schemes with relative altitudes (50, 75, 100m) to quickly construct the linear feature information in mining areas, evaluate the plane and elevation accuracy of the model results, test its reliability, and discuss the trade-off between time and efficiency of UAV photogrammetry.

[Key words] low-altitude UAV; photogrammetry; mining area; linear land; information construction.

引言

矿区线状地物包括运煤公路、专用铁路、桥梁、堤坝等,往往表现为带状狭长的形态特征,是服务于矿山生产建设的重要组成部分,监测其状态与变化尤为重要。矿区线状地物通常服务于单个矿山或部分矿区生产,依靠单个矿山投入有限的人力物力来维护和监测。一般而言,监测方法采用传统的人工方法,沿线路目视巡检,或采用全站仪、水准仪和GPS等设备沿线测绘,简便易行、精确可靠,但监测数据多为点状信息且耗时耗力;传统航空摄影测量技术已在测绘制图进行过大量实践,但作业流程较复杂、成本较高;卫星遥感

手段已在大尺度分析广泛应用,但绝大多数监测的是平面变化。因此亟需速度快、精度高且成本低的方法来革新监测工作。新兴的低空无人机摄影测量技术具有响应快、周期短、精度高、易操作、成本低的特点,可获取区域面状信息,为快速采集目标信息提供可能。近年来,高性能无人机平台快速发展,搭载各类传感器设备已经广泛应用于测绘行业矿区线状地物的尺度较小,开采影响地表的变化显著,需低成本、多频次采集高精度数据。传统方法不能很好地满足监测需求。由于低空无人机平台操作简易、成本低廉,低空无人机摄影测量技术具有更加广泛的市场

接受度,但在矿区线状地物监测方面的研究报道少见,作业精度和技术方案缺少进一步研究。因此,本文立足于矿区线状地物监测,选用低空无人机摄影测量技术,设计3个相对航高多架次的航测任务采集数据,经过摄影测量和计算机视觉结合的方法实现三维重建,快速提取矿区线状地物信息,评价和分析结果精度,为该项技术在矿区线状地物监测提供保障^[1]。

1 研究方法

1.1 无人机平台与载荷。近年来,低空无人机摄影测量的快速发展已成为卫星遥感和传统摄影测量的有效补充手段,最为常用的无人机平台有固定翼和多旋翼。由

于大疆无人机的卓越性能,本研究选用四旋翼无人机DJI Matrice100平台,以Zenmuse X3数码相机为任务载荷,主要参数有:平台最大载荷1.5kg,最大飞行高度500m;传感器质量247g,尺寸6.17mm×4.55mm,有效像素4000×3000,焦距3.6mm1。

1.2航线设计与规划。航测数据获取于2019年8月初,当日天气晴朗且无风。经现场踏勘后,参照低空数字航空摄影规范,确定重叠度(航向80%、旁向60%),设计3个相对航高(50、75、100m)采集影像。根据研究区的狭长分布和整体地势平坦的梯台状特征,确定无人机的起降地点在地面较高点,航线规划方向沿铁路的走向。

1.3辅助数据获取。辅助数据主要是外业工作时布设地面控制点和检核点。地面控制点的布设考虑其狭长特征和剖面形态,尽量均匀布设,按照规范安置地面点和十字标识。坐标测量采用仪器为南方S82型RTK-GPS,接入矿区cors网,共测量25个像控点和54个检核点。

1.4数据处理过程。运动恢复结构算法结合计算机视觉与摄影测量学原理,可在缺少相机检校参数和飞行姿态信息情况下,更好地将序列航测影像重建为三维模型,重构像点位置、相机内外方位元素和场景的三维模型,经地面像控点的绝对坐标实现数据校正,甚至可免像控达到工程制图要求。许多此类软件已被研究和验证,包括Pix4Dmapper和AgiisoftPhotoScan等。本文考虑以操作步骤简洁和算法处理优质著称的软件Pix4D mapper,选11个像控点,通过初始化处理、点云和纹理、DSM和正射影像3步,输入有限的约束条件可得高精度三维重建模型DSM和DOM,并且评价模型的精度。

2 结果与分析

2.1数据处理结果。本研究3组模型结果覆盖面积均为45hm²,空间分辨率分别为2.4、3.6和4.7cm;经掩模提取的最终成果如图1所示。模型结果的空间分辨率均达厘米级(优于5cm),包含丰富的细节信息,均满足1:500比例尺的DOM成图分辨率要求(≤5cm)。在2h内完成3个相对航高的多架次航空摄影,相对于Landsat TM8、SPOT 6、GF-2的重访周期16d、4~

5d、5d,体现了低空无人机摄影测量操作简便、重访周期短的特点;尽管传统航空摄影测量时空分辨率满足需求,但仪器设备精密、起降条件要求高等限制了其灵活应用。因此,对矿区小尺度的精准测绘而言,低空无人机摄影测量的优势是航空、航天等对地观测手段所无法比拟的。

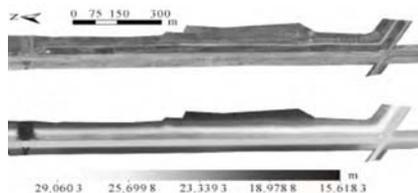


图1 数据处理结果DOM和DSM(以相对航高75m为例)

2.2平面精度的评价。沈永林等研究表明,缺少控制点的模型误差达米级,加入控制点的模型精度显著提高,因此本文仅讨论加入控制点后的模型精度。结合常见的矿区地图比例尺,以及航摄大比例尺地形图精度与成图DOM地面分辨率的要求,本文选取其余14个像控点为平面位置真实值,分析成图分辨率、坐标误差值和均方根误差,将平面点位坐标误差按坐标对展到坐标系,如图2所示。就平面误差最大值而言,3种情况的最大值为0.150m,最小值为-0.164m;就平面点位中误差而言,相对航高50m的为0.105m,相对航高75m的为0.108m,相对航高100m的为0.119m。因此,3种相对航高的结果均符合规范中1:500比例尺的平面精度限差(≤0.175m),本技术方法可用于大比例尺正射影像制图^[2]。

2.3高程精度的评价。已有学者讨论了低空无人机测绘的制图精度,经三维重建的模型高程精度较差,特别是在地表覆盖为植被、水域等时候的误差显著偏大。因此本研究根据植被是否覆盖划分为两类来讨论,包括植被覆盖区37个点和无植被覆盖区17个点,以RTK实测54个高程检核点进行统计和分析,结果见表1。研究表明,3个批次的点位高程中误差均小于0.28m,满足1:1000大比例尺制图要求(≤0.28m)。此外,整体上无植被覆盖区(堤坝西侧)的精度优于植被覆盖区(堤坝东侧),西侧的高程点位中误差显著优于东侧,植被覆盖区的误差值均偏大。在无植

被覆盖区,相对航高50m制图图可达到1:500比例尺制图要求(≤0.15m),另两种航高的成果可实现1:1000及更小比例尺制图(≤0.28m);在植被覆盖区,不能满足矿区常见比例尺的测绘精度。这佐证了已有学者的研究结论:即是由于低空无人机摄影测量获取了植被顶部的高程信息,而实际测量的是植被根部地表高程所致。此方法在植被覆盖区的测绘制图精度不足,可考虑激光雷达等技术方法快速获取更精准的高程信息^[3]。

表1 高程点的误差值统计

统计类别	最大值/最小值(中误差)		
	相对航高50m	相对航高75m	相对航高100m
植被覆盖区	0.859/0.179(0.485)	0.808/0.201(0.462)	0.882/0.250(0.481)
无植被覆盖区	0.133/-	0.163/-	0.172/-
总体	0.859/- 0.128(0.278)	0.808/- 0.168(0.266)	0.882/- 0.274(0.280)

3 结语

研究在分析矿区线状地物测绘问题基础上,设计3个相对航高(50m、75m、100m)的低空无人机摄影测量任务,快速构建矿区线状地物信息,分别评价了模型结果的平面和高程精度,讨论了无人机摄影测量的时间与效率权衡问题,得到如下结论:通过3个相对航高的试验方案,经运动恢复结构算法快速构建了厘米级的矿区线状地物信息,包括了大量细节信息的数字正射影像和精细地表形态的数字表面模型等,验证了此方法可行,为今后矿区线状地物的监测提供数据保障。

参考文献

- [1]曹振科.无人机遥感技术的土地测量路线规划与无人机调度研究[J].测绘地理信息:1-4[2021-05-22].https://doi.org/10.14188/j.2095-6045.2018:429.
- [2]孙时钟.无人机航空测量技术测绘中的应用[J].科技经济导刊,2021,29(13):79-80.
- [3]邢凯.无人机遥感技术在测绘中的应用[J].智能城市,2021,7(8):58-59.

作者简介:

苏红超(1988--),男,汉族,河南省人,大学本科,工程师,在新疆维吾尔自治区第一测绘院工作,研究方向:无人机测量。