

The Application of Low-altitude UAV Aerial Survey Technology in the Monitoring of Transboundary Mining in Open-pit mines

Jiaqi Dai

Coal Geological Geophysical Exploration Surveying & Mapping Institute of Shanxi Province, Jinzhong, Shanxi, 030600, China

Abstract

Low-altitude UAV aerial survey technology obtains high-resolution photos and POS data through aerial photography in low air, and uses aerial survey data processing software to generate orthophoto DOM and digital elevation model DEM, which can more intuitively compare the cross-border mining situation of open-cast mines. Compared with traditional measurement, UAV aerial survey technology greatly reduces field work time and can measure places that cannot be reached in the field, and the data is more accurate. Taking a clay mine for brick and tile as an example, this paper introduces in detail the application of low-altitude UAV aerial survey technology in the monitoring of overboundary mining in open-pit mine, and summarizes a set of methods for calculating the area and square amount of overboundary mining in open-pit mine.

Keywords

UAV aerial survey; transboundary mining; monitor

低空无人机航测技术在露天矿山越界开采监测中的应用

戴佳琪

山西省煤炭地质物探测绘院有限公司, 中国 · 山西 晋中 030600

摘 要

低空无人机航测技术通过无人机在低空中航拍, 获取高分辨率照片、POS数据, 利用航测数据处理软件, 生成正射影像图 DOM 和数字高程模型 DEM, 能够更直观的比对出露天矿山的越界开采情况。相对于传统的测量而言, 无人机航测技术减少了外业工作时间并且可以测量实地无法到达的地方, 数据更加准确。论文通过以某露天砖瓦用粘土矿为例, 详细介绍了低空无人机航测技术在露天矿山越界开采监测中的应用, 并总结出一套计算露天矿山越界开采面积、方量的方法。

关键词

无人机航测; 越界开采; 监测

1 引言

矿山开采是国家经济建设的重要支撑, 为保障国民经济的正常运行和人民的生活质量提供了必要的原材料。由于利益的驱使, 使得一些企业无视政府部门的政策和法规, 肆意、过度开采国家矿产资源, 造成矿产资源的浪费和周围地质环境的严重破坏, 严重威胁着生态环境和人民生命财产安全。在自然资源执法监测过程中, 低空无人机航测为此提供了强有力的技术支持, 能快速对露天矿山进行测量, 生成露天矿山开采正射影像图 DOM 和数字高程模型 DEM, 通过比对露天矿山矿界和前期航测成果, 直观地监测到露天矿山开采是否越界, 并计算出越界开采面积、方量。

2 无人机航测技术

2.1 采用设备

低空无人机航测采用先进的大疆精灵 4 pro V2.0 无人机 (见图 1), 配备 1 英寸 2000 万像素影像传感器, 满足低空航测的要求。



图 1 大疆精灵 4 pro V2.0 无人机

2.2 航测作业流程

①相机标定, 航飞前需分别对模板拍照点进行上、下、左、右、中 5 个方位倾斜 15° 航摄相机参数校正。用 DVS 数字检

【作者简介】戴佳琪 (1988-), 男, 中国山西大同人, 硕士, 工程师, 从事工程测量与大地测量研究。

校软件进行检校,在黑暗环境中拍摄。拍照完成后,进行计算,所有照片合格后即完成检校,最后生成相机文件^[1]。

②进场,携设备安全开车抵达预定地点,实地勘察起降场地选取、潜在风险目标,根据测区天气、周边设施、具体场地情况选取起飞场地。场地尽量选取没有高压线,没有外来干扰源,没有国家民用、军用机场或飞行区域,风向稳定,地况平整,空域开阔,视野良好,人烟稀少处。对飞行区域进行勘察,以避免重要设施、高压线潜在风险目标。

③设备调试,在于无人机设备组装的场地,需要提供大小为 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 的区域。在场地选取合格后,进行飞机检查,其中包括飞机自身的强度,机体有无异常;电路是否正常;主要设施设备是否正常运转;电台通信是否正常,是否存在干扰;调试自驾仪,保证所有传感器显示的飞行状态均正常;进行地面遥控设备的调试,保证有效控制距离;进行发动机调试,使其处于最佳的工作状态。

④试飞,完成地面飞行器全方位立体式调试检查后,进行飞行测试。以确保飞机所有部件、地空协作都处于最佳状态,以便进入测区进行飞行作业^[2]。

⑤按航线、实施飞行,现场待命,等待没有阴雨,并且能见度超过 5km 的天气,进行航飞。无人机设备按照预先设计好的航线,利用GPS领航自动驾驶飞行,相机自动曝光拍照。

⑥降落,设备检查,根据检查记录表对飞机设备进行详细检查。

⑦航测数据移交,航飞结束后,移交所有相关数据和资料。

2.3 航测作业要求

①进入测区前,要组织飞行和摄影人员进行航线设计的技术讲评。

②飞行前,严格按照飞行检查单的要求进行飞行前检查,确保设备安装和各项设置正确无误。

③在完成航摄系统初始化、检查各项设置和状态正常后,飞机方能起飞。

④飞行转弯角不大于 15° 。

⑤飞行过程中,保证航飞过程中的像片倾角一般不大于 5° ,短时间内最大不得超过 12° ,出现超过 8° 的片数不多于总数的 10% ,特别困难地区一般不大于 8° ,最大不超过 15° ,出现超过 10° 的片数不多于总数的 10% 。

⑥飞行过程中,保证航飞过程中的像片旋偏角一般不大于 15° ,在确保航向、旁向重叠度满足要求的情况下,个别旋偏角不大于 30° ,在同一航线上的旋偏角超过 20° 像片数不应超过3片,超过 15° 旋偏角的片数不得超过分区分像片总数的 10% 。

3 应用实例

3.1 测区概况

某测区为砖瓦用粘土矿,矿区面积 0.0152km^2 ,生产规

模为 10.20 万吨/年,批准开采深度A区 892m 至 869m 标高、B区 $890.5\sim 869\text{m}$,开采方式为露天开采。在自然资源执法监测过程中,发现该矿实际开采范围已越界。为了准确获取该矿越界开采面积、方量,采用低空无人机航测技术对其进行测量^[3]。

3.2 航拍测量

采用大疆精灵4pro V2.0无人机对测区进行航拍测量,本次航飞时间为2023年7月,航飞面积 0.13km^2 ,航飞高度 100m ,旁向重叠率为 70% ,航向重叠率为 80% ,共飞行一个架次,用时 14min ,获取208张航拍照片。利用中海达RTK V30型接收机通过山西省连续运行基准网及综合服务系统(简称SXCORS)对航测所布设相控点进行坐标测量^[4]。

3.3 航拍数据处理

数据处理过程主要包括获取照片匹配、空中三角测量和生成正射影像图DOM、数字高程模型DEM。将获取照片、POS数据以及相机参数导入地面数据处理终端Pix4D航测软件,根据相控点位置,到相控点后,进行全自动数据生产,最终得到测区正射影像图DOM和数字高程模型DEM。

3.4 越界开采计算

将本次航测获取的正射影像图(见图2)与2021年测区正射影像图(见图3)、批准开采范围对比分析,本次共监测测绘越界开采范围一处,由航飞影像共提取越界开采范围界址坐标拐点44个,计算越界开采范围面积为 3226.89m^2 ^[5]。



图2 本次航测正射影像图



图3 2021年正射影像图

收集 2021 年测区数字高程模型 DEM (见图 4), 利用 ARCGIS10.2 软件对数字高程模型进行本次越界开采范围内高程提取, 高程点密度为每 5m 一个, 并在地形变化较大的地方和范围拐点处进行加密提取。利用 CASS9.1 软件将提取的高程点建立本次越界开采前地形三角网模型。同理, 利

用本次航测成果数字高程模型 DEM (见图 5), 建立本次越界开采后地形三角网模型。越界开采土方量计算时, 利用 CASS9.1 软件中 DTM 法土方计算——计算两期间土方, 导入本次越界开采前后两期地形三角网, 进行计算。经计算, 本次越界开采土方量为 29970.76m^3 [6]。



图 4 2021 年数字高程模型 DEM



图 5 本次航测数字高程模型 DEM

4 结语

论文先总结了无人机航测技术的作业流程和要求, 通过以某露天砖瓦用粘土矿为例, 详细介绍了低空无人机航测技术在露天矿山越界开采监测中的应用, 并计算出越界开采面积、方量。相对于传统的测量而言, 无人机航测技术大大减少了外业工作时间, 并且无人机航测具有“上帝的视角”, 一般在实地无法到达测量的地方, 无人机都能拍到。通过无人机航测生成的正射影像图能够更直观地比对应露天矿山越界开采情况, 作业方法更加智能。

参考文献

[1] 李永生, 赖华荣, 卢春盛, 等. 无人机摄影测量技术在矿产开采执法

监察中的应用[J]. 测绘通报, 2017(S1): 101-105.

[2] 赵福超. 无人机航测技术在露天采石场越界测量中的应用[J]. 地矿测绘, 2021, 4(1): 142-143.

[3] 蒋吉生, 史艳兵, 洪华德. 无人机航测系统在矿山测量中的应用[J]. 世界有色金属, 2018, 508(16): 50-51.

[4] 陈志勇, 张好贤, 张晖. 无人机结合 RTK 在矿山越界开采监测中的应用[J]. 地矿测绘, 2021, 37(3): 34-37.

[5] 杨青山, 范彬彬, 魏显龙, 等. 无人机摄影测量技术在新疆矿山储量动态监测中的应用[J]. 测绘通报, 2015(5): 91-94.

[6] 马国超, 王立娟, 马松, 等. 无人机摄影测量在矿山尾矿库建设规划的应用[J]. 测绘科学, 2018, 43(1): 84-88.