

# 航测技术在矿山边坡治理中的应用

祝侃 刘爱民 万程之

中国瑞林工程技术股份有限公司

**摘要:** 随着无人机航测技术的发展,现代矿山的测绘工作方式也发生了变化,利用无人机航测技术对矿山地区进行大比例地形图测绘,作业效率大大提高且能达到精度要求。本文结合某露天矿山主副井1:500地形图测量工作,简要阐述应用小型无人机测图中关键环节的作业流程,总结小型无人机航空测量的优势。

**关键词:** 无人机; 边坡治理; 地形测量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2020.12.344

## 一、引言

矿山开采在国民经济建设中有着举足轻重的地位,但矿山安全问题不容忽视<sup>[1]</sup>,面对矿山各种突发自然灾害问题,矿山边坡治理则是重中之重,由此对矿区进行实时动态监测则是必须的<sup>[2]</sup>。矿区环境艰苦而且复杂,地理条件充满着不确定性,针对传统作业模式而言是一个巨大的挑战,通常为满足测量工作,对矿区现存树木进行砍伐是常态<sup>[3]</sup>,这不仅破坏了生态环境浪费资源,对边坡的稳定性造成巨大麻烦。随着社会的发展,测绘新技术在新时代下背景下也迸发出新的活力,相对于传统测绘技术,遥感立体像对、激光雷达、无人机遥感等技术为测量行业发展增添了新的血液使得测量工作模式发生质的变化。

## 二、具体应用

### (一) 测区概况

测区位于江西省鹰潭市贵溪市冷水镇银炉岭,中心地理位置东经117°12'、北纬27°54',平均海拔212m,坡顶海拔246m,坡底海拔183m,最大坡道坡度约87°,最缓处约33°,测区总面积约0.582km<sup>2</sup>。测区位于江西中部,属亚热带湿润季风气候,四季分明,春夏季雨量充沛。

### (二) 无人机类型和参数

本项目所使用的无人机为大疆精灵4RTK,镜头焦距8.8mm,相片像元大小2.41μm,定位精度水平1cm±1ppm,垂直1.5cm±1ppm。该无人机为小型四旋翼,支持网络实时差分定位(RTK),外出作业时在移动信号良好的情况下,利用千寻网络RTK服务获得实时满足精度要求位置信息,离起飞点最大间距为约1.6km。

### (三) 测绘作业流程

#### a. 航线规划

测区面积约0.582km<sup>2</sup>,测区内最高点与最低点高差约60m,同时,周边高山环绕高差极大,航线规划需极度谨慎。

#### b. 像控点及检查点布设

根据规范要求同时结合测区实际情况布设像控点和检查点,测区布设像共4个(XK1-XK4)。用红色油漆在布设点喷涂“L”形标志,利用GPS RTK架设采集测量“L”形标志外侧拐点三维坐标作为该点像控点坐标值。

#### c. 航拍测量

在踏勘时选定的起降点进行航拍作业,设定航高相对测区平台最高点90m,地面分辨率2.46cm,相对于最低点150m,地面分辨率4.11cm,满足1:500地形图成图所需地面分辨率<5cm要求。为保证成果质量,设定旁向重叠度70%,航向重叠度80%。本次共计飞行2个架次,拍摄照片494张。

$$H = \frac{f}{a} \times GSD \quad (1)$$

其中:H为飞行高度,f为镜头焦距,a为像元大小。

## (四) 内业处理

### a. 空中三角测量

本项目采用Pix4Dmapper软件进行数据内业处理。空中三角测量简称空三测量是以航拍影像外的方位元素进行准确推算,结合计算机处理技术将测绘区域的干扰因素剔除,进而获得贴近真实情况的数据信息。因此,空三加密测量能够提高测量精度,使得地形地貌条件差的测绘区域获得更高的精度。

### b. 精度检查

在DOM和DSM上采集检查点坐标和高程,并与外业测量值进行对比,本次测量成果能满足《1:500、1:1000、1:2000地形图航空摄影测量内业规范》(GB/T 7930-2008)要求。

### c. 地形图成图

采用清华三维EPS和南方cass10.1进行地形图成图。具体操作为在清华三维EPS软件中利用垂直影像和DOM影像提取所需要的高程点,导出高程数据文件,在南方CASS10.1软件中导入DOM文件和高程数据文件进行地形图测图。同时为了保证成图质量,对于无法准确解译的地物或地物属性,如植被遮盖的房角、电杆、植被类型等,则需要做好标记,通过外业调绘进行完善,并生成最终的成果图件。

## 三、简述小型无人机航空测量的优势

### a. 作业方案灵活

小型无人机携带方便,对测区环境要求低,可根据测区条件灵活设定作业方案。飞行作业过程高度自动化,大幅降低了人工操作造成失误的可能。数据处理软件简单易用,降低了内业处理的门槛。

### b. 数据质量高

随着小型成像元件的发展,小型无人机搭载的像机可以获得高质量的影像,能满足大比例尺地形图测绘的要求。其配备的实时差分定位(RTK)功能,能实时获取高精度坐标,且精度达到厘米级。

### c. 作业效率高

相比传统的测绘技术,无人机航测作业效率大幅提高,受复杂地段的影响也很小。以本次工作为例,精灵4RTK在相对航高设定为90m时,单架次最大航测面积达到约1km<sup>2</sup>,用时约25分钟。加上像控点和检查点测量,完成整个测区的航测工作仅用了一个工作日。位于测区南部的矿山露天采场,开采后形成许多陡坎,人员无法到达,本次仅需内业解译即可完成该区域的测绘。

## 四、结语

本文以精灵4RTK无人机在某露天矿山地形图测绘中的应用为例,从航线规划、像控点及检查点布设、航拍测量、空三测量、精度检查和地形图成图6个方面简述了小型无人机在露天矿山大比例尺地形图测绘中的应用,并探讨了该技术相比传统测量技术的优势。总体而言,该技术能大幅提高测绘效率,测绘精度符合要求,能更好适用于地形条件复杂区域,从而大幅降低测绘成本,具有良好的社会效益。

## 参考文献

- [1] 雷东,王泽元,王可可,白晓敏.浅析无人机低空遥感技术在露天矿山开采水土保持监测中的应用[J].河南建材,2018(02):134-135+138.
- [2] 罗李清.多旋翼无人机在边坡自然灾害治理测量中的应用[J].中国金属通报,2019(08):256-257.
- [3] 吴松.无人机倾斜摄影技术在矿山测绘中的应用[J].世界有色金属,2020(01):37+39.