

低空无人机航空摄影测量技术在矿产资源储量监测方面的一种应用

Application of Low-altitude UAV Aerial Photogrammetry Technology in Mineral Resource Reserves Monitoring

李正忠¹ 陈建华² 侯焕宁¹

Zhengzhong Li¹ Jianhua Chen² Huanning Hou¹

1. 济宁市勘测院 中国·山东 济宁 272000

2. 济宁市任城区自然资源和规划局 中国·山东 济宁 272000

1. Jining Survey Institute, Jining, Shandong, 272000, China

2. Natural Resources and Planning Bureau of Rencheng District, Jining City, Jining, Shandong, 272000, China

摘要: 论文探索了利用低空无人机周期性对露天矿山进行航空摄影测量, 经过内业自动化处理形成数字地表模型, 自动提取模型上少量的点作为监测点, 对比各周期监测点高程的变化, 达到矿产资源储量监测的目的。数据处理简单, 查错、纠错快捷。降低了成本、提高了工作的时效性。

Abstract: This paper explores the use of low-altitude unmanned aerial vehicles to periodically carry out aerial photogrammetry of open-pit mines, and form a digital surface model through the automatic processing of office work, automatically extract a small number of points on the model as monitoring points, and compare the elevation changes of monitoring points in each period, so as to achieve the purpose of mine resource reserves monitoring. Simple data processing, fast error detection and correction. It reduces the cost and improves the timeliness of work.

关键词: 无人机航空摄影; 矿产; 监测

Keywords: UAV aerial photography; mineral products; monitor

DOI: 10.12346/se.v5i1.8099

1 引言

当今社会, 以信息技术为代表的科技进步日新月异, 在自然资源领域国产遥感卫星、无人机技术的发展使全面深入推进信息化工作成为可能。为实现复杂地形或大区域条件下的露天矿产资源地表变化高效、高精度观测, 应用无人机航测系统、三维激光雷达扫描技术, 建立集数据采集、数据处理及结果展示为一体的“地表三维动态监测系统”, 结合高分辨率航测影像制作高精度、真彩色三维地形数据, 并可进行方量计算、变化监测等定量分析, 提供地表下沉分布特征, 能够满足浅埋、高强度开采、复杂地形及植被影响的露天矿产资源地表变化观测需求^[1]。让高新科技方法作为传统“步行巡查”“车辆巡查”的有力补充, 进一步提高执法效能,

由传统的“人防”为主向“人防+技防”转变^[2]。

2 技术路线设计

利用航空摄影测量技术获取矿区数字地表模型, 自动提取监测点出高程, 然后对两期的高程进行自动比对、自动计算, 精确得到两次的变化值, 从而得出矿产资源储量变化量, 达到矿产资源储量监测的目的。

3 技术流程设计

3.1 监测点的布设

把监测区域划分网格(如长、宽各20m), 在网格内每隔一定距离(如5m)在地表模型上布设监测点, 在地形变

【作者简介】李正忠(1979-), 男, 中国山东曹县人, 本科, 工程师, 从事测绘研究。

化处、特征线、特征点处适当加密(避开树木、房屋等遮挡)。

3.2 数字地表模型的获取(实景三维模型)

主要流程为:外业航飞,像控点布设,空三加密,模型、数字地表模型输出等。

3.2.1 本次软、硬件配置

软件、硬件配置如表 1、表 2 所示。

表 1 主要软件投入情况

序号	名称	数量	用途
1	PhotoScan 等航测处理软件	1	空三加密、航测成果生产等
2	飞马无人机管家	1	航线布设、飞行控制、POS 下载及处理等
3	ArcGIS 地理信息平台	1	数据统计及数据分析
4	Office 系列办公软件	1	数据处理、技术文档编制等
5	EPS 地理信息工作站	1	地形查看、方量计算等

表 2 主要硬件设备投入情况

序号	名称	规格型号	数量
1	GPS	华测 i90	1
3	无人机航测系统	飞马 D2000 智能航测遥感系统	1
4	相机	SONY a6000 D-OP3000 倾斜模块	1
8	摄影测量工作站	Thinkpad	1

3.2.2 数字地表模型获取技术路线

数字地表模型获取技术路线如图 1 所示。

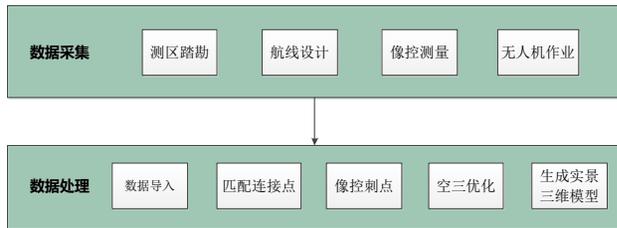


图 1 数字地表模型获取技术路线

3.2.3 像控点布设

第一,像控点靶标设计。

像控点靶标设计采用白色或红色乳胶漆刷在平坦硬质地面上,同时,在靶标中心布设测点钉,作为外业精度检核控制点。

第二,像控点点位设计:

采用区域网法布设像控点,像控点点位设计满足如下一般要求:

- ①点位需包围完整测区;
- ②村庄内部必须保证不少于一个点位;
- ③同时作为精度检核控制点的像控点点位需保证至少一个通视方向,其他点位不作通视要求;
- ④像控点点间距为 300~500m。

像控点实地选点应注意以下事项:

- ①点位需远离建筑、围墙、树木,周围尽量空旷,避免对点位形成较多遮挡;
- ②点位需选择在地势平坦、稳固的区域;
- ③点位应距离道路边线 0.6m 以上,以便进行靶标喷涂;
- ④点位环境应稳定,避免后期被车辆、杂物等遮盖。

3.2.4 无人机航摄

第一,航摄设备。

采用飞马 D2000 无人机及飞控系统,具有自动航线规划、一键自主起降功能,同时支持 PPK 后差分精确定位。航摄相机为 SONY a6000 (D-OP3000 倾斜模块)五镜头倾斜相机系统,主相机为 SONY ILCE-6100,焦距 25mm,四个倾斜相机为 SONY ILCE-5100,焦距 35mm。

第二,航摄技术指标。

①地面分辨率:3cm;②基本航线方向:根据测区范围及当地气候条件确定航线方向;③航线重叠度要求:航向重叠度 80%,旁向重叠度 75%;④航摄范围覆盖:航向覆盖超出摄区边界线外再加 1~2 基线长,旁向覆盖超出摄区边界线外再加 1~2 条航线。

第三,航线设计。

①基准面确定。

根据地形起伏和飞行安全条件等确定基准面高度,摄影基准面高程是将测区个别突出最高点和最低点舍去不计外,使高点平均高程与低点平均高程面积各占一半的平均高程面。

采用 DEM 设计时,平均高程用下式计算:

$$h_{基} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

式中: $h_{基}$ ——摄影基准面高程,单位, m;

h_i ——测区内 DEM 网格点的高程值,单位, m。

②航高确定。

数码航空摄影的地面分辨率(GSD)取决于飞行高度:

$$\frac{a}{GSD} = \frac{f}{h} \Rightarrow h = \frac{f * GSD}{a}$$

式中: h ——摄影航高,单位, m;

f ——镜头焦距,单位, mm;

a ——像元尺寸,单位, μm ;

GSD- 地面分辨率,单位, m。

按照公式可求得获取相应 GSD 的飞行高度(对应航摄仪参数)如表 3 所示。

表 3 地面分辨率与相对飞行高度

地面分辨率	优于 3cm
相对飞行高度	低于 200m

注:进行航线规划时,软件附带 DEM 数据,无需计算基准面高程,可根据地面分辨率、相机参数等自动确定相对航高。

③摄区覆盖保证。

为保证测区边界模型精度,旁向覆盖应超出摄区边界线距离为航高再加 1~2 条航线,航向覆盖超出摄区边界线距离为航高再加 1~2 基线长。

第四,航摄质量要求。

在保证足够曝光量的情况下,为了减小像点位移、镜头渐晕的影响,提高影像的信噪比,应综合考虑航摄时的气象条件、航高等因素,选择最佳的曝光参数。一般情况下,可以下述顺序进行设置:

①足够短的曝光时间满足像点位移限制；②适当缩小光圈以减小渐晕和增加景深；③另外，影像不应有云影、光斑或其他非地面景物斑点、脏点、污迹等非正常像素，有效使用范围内不得有明显的“颗粒”效果。

第五，航摄时间选择。

航摄季节和航摄时间的选择应遵循以下原则：

①在规定的航摄期限内，选择地表植被及其他覆盖物（如积雪、洪水等）对成图影响较小、云雾少、无扬尘（沙）、大气透明度好的季节进行摄影，确保航摄影像能够真实地显现地面细部。②航摄时，既要保证具有充足的光照度，又要避免过大的阴影。参考下表的要求选择适合的摄影时间。

第六，航摄质量控制和检查。

①飞行质量控制。

按设计航线，选派技术好、经验丰富的航摄作业员。进入摄区前，组织飞行员和摄影员进行航线设计的技术讲评，确保航摄飞行符合技术指标要求。

②覆盖控制。

每次飞行结束后，要对影像重叠度、范围保证等元素进行逐一检查，凡不符合要求的产品，必须及时进行补摄或重摄。

③ POS（GNSS）控制。

检查 POS 设备初始化是否正常。

检查系统中存储设备容量能否满足满架次飞机存储要求。

检查航摄系统中各项参数是否正确。

航摄飞行过程中应时刻观察系统工作情况，重点观察 GNSS 信号失锁现象，根据实际情况及时处理出现的问题。

④补摄与重摄。

航摄过程中出现的绝对漏洞、相对漏洞及其他严重缺陷必须及时补摄。

数字影像出现大面积反光或局部缺陷（如云、云影等）时，应予补摄。

漏洞补摄必须按原设计航迹进行，对于补摄航线的两端一般应超出漏洞区域外两条基线。

应采用同一主距的数字航摄仪进行补摄。

3.3 实景三维模型生产（数字地表模型）

3.3.1 软件系统

采用 Context Capture Center Master 软件进行倾斜航空影像数据处理，生产实景三维模型。为提高数据处理效率，可采用集群服务器进行多节点并联运算。

3.3.2 技术流程

实景三维模型生产总体技术流程如图 2 所示。

3.3.3 资料准备

资料准备包括影像数据、POS 数据和像控点成果数据三部分。

3.4 获取监测点高程，比较高程变化，形成监测报告

在监测点位置利用 GIS 系统自动提取两期高程，两次高程数据比较得到变化值和变化区域，最后生成地表变化区域和变化量。

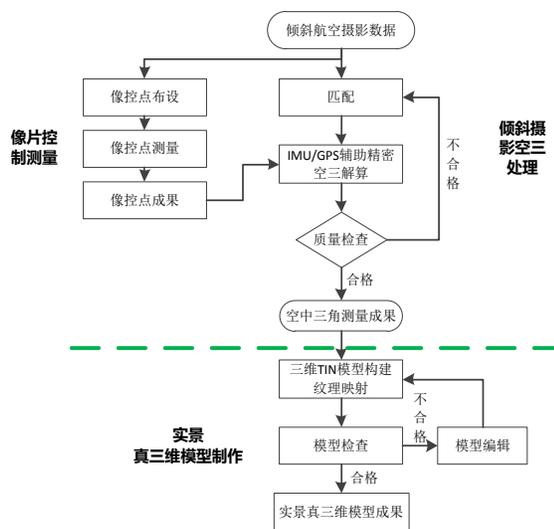


图 2 实景三维模型生产总体技术流程

4 技术关键点

4.1 减少高程异常的出现

布设监测点位时避开了植被、房屋等的遮挡，这样基本上可以大部分避免高程异常的情况，不需或仅需少量工作，即可获得真实的地表高程边变化及地面起伏。减少了大量的剔除粗差等点云数据处理的工作。

4.2 可对高程进行系统性改正

采用布设监测点的方式，每期高程都在同一位置，如果两次高程有一个整体的偏差的话，可以批量的进行改正。这样就会最大限度地减小测量误差，提高了监测的真实性^[3]。

4.3 对模型精细度要求不太高

布设的监测点，一般在条件较好处布设，即使是精细度不太高的数字地表模型，也能达到监测的目的，这样就不需要每次都采集高精度的三维模型，减少了成本和节约了时间。

5 结论

论文所介绍的方法，对模型精度要求低、外业工作量少、监测结果准确、数据处理简单，非常适合于露天矿产资源储量变化监测。总之，低空无人机倾斜摄影测量技术已作为一项较为成熟的技术应用于国家各部门与国民经济各行业，积极引入低空无人机倾斜航空摄影测量等新技术应用于矿产资源监管，有利于提高管理的高效性和科学性。

参考文献

[1] 道平,吴杰.无人机低空摄影测量在云南高原山区风电场地形测量中的应用[J].科技创新与应用,2015(4):2.
 [2] 刘正林,常龙,徐兆岩.无人机低空摄影测量在电力工程中的应用论述[J].建材与装饰,2016(36):2.
 [3] 张佳伟,李勇华.无人机低空摄影测量在城市测绘保障中的应用研究[J].建材与装饰:上旬,2016(21):2.