

无人机航测技术在广西玉林市露天开采矿山动态监管中的应用

李春福, 杨康康, 李天赐

(广西壮族自治区地质环境监测站, 广西 南宁 530000)

摘要 为持续深化“放管服”改革, 规范和加强矿产资源勘查开采监督管理, 促进玉林矿产资源勘查开采秩序持续好转, 采用无人机航测高新技术对露天开采矿山进行动态巡查监管, 加强监管力度, 促进各矿山安全规范开采。本文以玉林市矿山监管项目为背景, 首先简要介绍无人机航测技术, 然后运用无人机野外获取的数据进行三维建模。阐述无人机航测技术在广西玉林市露天开采矿山动态监管中的应用, 根据矿山模型成果数据结合矿山资料对露天矿山进行具体数据分析, 发现其矿山开采及矿山资源储量损耗等问题, 并及时反应整改, 明确其在露天开采矿山动态监管应用中的可行性。

关键词 无人机航测技术; 三维建模; 矿山资源储量损耗; 动态巡查监管

中图分类号: TP242; TD7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)06-0031-03

近年来, 通过卫片执法、矿产现场督察等专项工作和实行勘查开发黑名单制度, 全市矿产勘查开发秩序得到持续好转, 但仍存在一些矿山企业不按开发利用方案开采造成资源浪费、留下安全隐患等问题, 超层越界等违法违规现象时有发生, 影响了玉林市矿业经济的高质量发展, 急需加强和改进我市矿产资源勘查开发监督管理工作。采用 21 世纪热门高精度无人机航测技术, 以 1:1000 的数字表面模型 (DSM)、0.05m 分辨率的三维建模 (OSGB) 为基础数据, 结合各矿山资料, 通过数据分析比对, 从源头科学、有效地解决矿山偷采乱挖等一系列问题。从重点矿山着手, 循序渐进, 加大矿山动态监管力度, 自动化采集野外数据与三维建模, 杜绝传统监测手段人为放水问题, 实事求是, 切实配合相关部门做好矿产资源勘查开采监督管理工作^[1]。

1 无人机航测技术概述

玉林市矿山动态巡查监管主要采用无人机航测技术, 从每年 5 月开始逐一对玉林各辖区矿山进行监管。玉林大部分矿山高差较大, 上山道路复杂, 为保证技术人员人身安全与航测精度, 我们选用大疆精灵 4RTK 小型四旋翼无人机, 集成全新的 RTK 模块, 方便易携, 具有强大抗磁场干扰能力, 且能够达到厘米级定位精度。

1.1 航测前期工作

为保证野外影像数据的顺利获取, 在进行野外工作之前, 要进行测前准备工作, 主要工作如下:

1. 测区资料收集, 如采矿许可证、测区近期照片等。
2. 根据近期矿山现状图等资料, 明确测区范围, 并规划航测范围 (矿山高差过大时按高程分多块区域进行规划, 规划面积一般比航测实际面积外扩边界 20%~50%)^[2]。
3. 在测区卫星图上根据像控点布设原则进行初步相控点预布设 (尽可能均匀布设, 布设的像控点越多, 航测精度越高)。
4. 仪器准备: 精灵 4RTK 无人机一台, RTK 一套。

1.2 航测外业工作

到达矿山现场, 根据实际情况确定无人机起飞位置, 一般选在四周空旷, 无较大电功率设备, 信号接收良好的地方。以不走重复路线节省时间的原则规划像控点布设路线, 像控点布设位置根据实际情况做出相应调整, 布设完毕的像控点位置后, 应进行拍照保存, 方便后期数据的处理, 提高刺点的效率, 节约工作时间^[3]。同时在测区范围均匀布设检查点, 使用 RTK, 连接网络 COS 账号, 采集点位坐标信息 (同一个点重复测量 3 次, 取中间值, 减小测量误差)。接下来进行航线规划, 航线规划注意按照飞行器飞行由远到近、高差过大时分区航测的原则。从目前使用情况来看, 一般参照的规范为《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》(GB/T 7931—2008) 中所规定的参数, 具体内容如下: 在同一航向上飞行的无人机, 其航向重叠不能低于 60%, 同时在旁向位置处进行无人

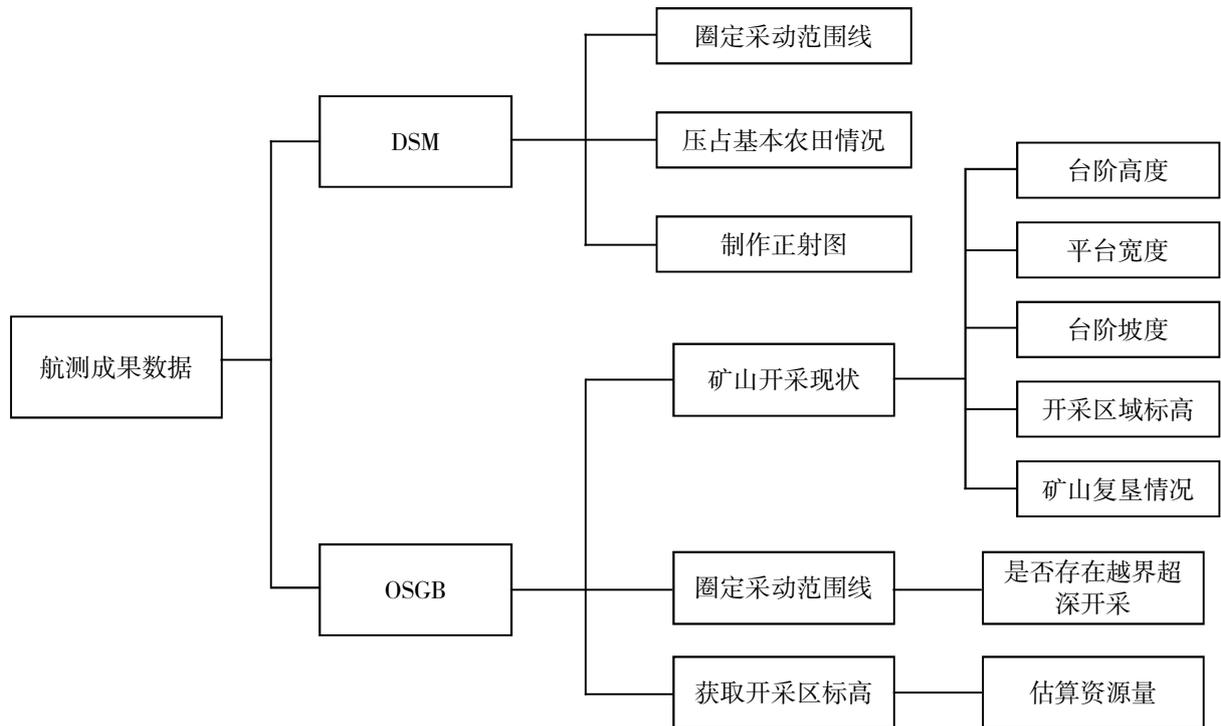


图 1

机飞行时,其旁向重叠也不能够小于30%。飞行高度根据起飞点与规划区最高点高差而定,而后按要求进行无人机定距测量,采集可靠的航测数据。飞行过程中,将遥控器天线对着飞行器的方向,保证遥控器网络连接良好,避免遥控器断网和飞行器失联,导致数据测量精度降低,甚至引起飞行器失联返航。

1.3 航测内业工作

数据内业处理,首先精确选取像控点坐标数据,整理好所采集到的影像数据,发现数据遗失情况及时补测。最近几年无人机航测三维建模普遍使用的软件有Photoscan、Pix4Dmapper、Context CaptureCenter、大疆智图等,我们这里采用的是Context CaptureCenter,将整理好的影像数据导入Context CaptureCenter软件中,设置好所有照片相机参数,接下来进行空中三角计算,像控点坐标导入刺点(像控点与实际位置匹配),再次进行空三计算,直到空三质量成果表里的精度达标后才可进行自动化OSGB与DSM项目成果的生产。生产项目成果时,一定要注意成果文件的坐标系统与高程系统,与矿山资料数据保持一致,有便于后期的数据比对与分析。

1.4 测量精度检验

应用无人机航测技术对矿区进行测量时,分析与评

定采集到的各项数据的精度,才能够保证各项数据的准确性,确保矿山监管工作的科学性。无人机低空摄影测量的精度主要根据空三测量精度与生成的三维模型的精度比较分析。空三测量精度,可从空三计算完成后的空三质量报告中查看。根据测区大小与精度要求,前期野外航测时采集有检查点数据,把野外RTK多次平滑实测数据作为实测值,三维模型相应检查点的坐标数据作为图测值,通过对比检查点图测值和实测值,计算检查点点位中误差评估成果精度^[4]。根据数据结果显示,本次航测精度满足我们矿山动态监管要求。

2 航测成果在矿山监管中的应用

以无人机航测成果数据数字表面模型(DSM)、0.05m分辨率的三维建模(OSGB)为基础数据,结合矿山资料,及时发现矿山开采问题,达到监管目的。航测成果在矿山监管中的应用如图1所示。

2.1 三维模型可视化监管

建立数字化矿山,矿山三维模型可直观有效地了解矿山的开采现状。应用Acute3D Viewer软件,可直接读取矿山台阶、坡底、坡面等坐标数据、台阶高度宽度等。根据该矿山开发利用方案、采矿许可证、土地复垦与环境治理方案等资料进行分析,可确认矿山

是否存在超最低开采标高开采、开采矿种是否一致、是否进行矿山土地复垦与环境治理工作、是否按照开发利用方案开采等情况,核实核对采矿许可证基本信息等。运用 Arcgis 软件,加载 DSM 数据,根据资源局提供的基本农田资料,从图 1 中就可直观具体地核实矿山是否存在压占基本农田情况,可直接反应于矿山正射图中。

2.2 矿山采动范围线的确定

圈定出矿山的采动范围才能进而确定矿山是否存在违法开采行为。以下是两种圈定矿山采动范围线的方法:

1. 已知上一次时间截止点矿山的储量核实报告或是年报,根据现有的三维模型提取高程数据,通过 CAD 或是 Cass 软件对两次数据进行比对分析,圈定出高程变化范围作为矿山在某时间段内的采动范围。由于高程点是具有平面坐标与高程坐标的特殊点,在 Cass3D 中,采动区域的高程数据将悬浮于模型上方,便于快速圈定矿山采动范围线。

2. 若有两个时间节点的 DSM 数据,使用 Arcgis 软件从 DSM 中提取两次的高程数据,通过数据处理分析,圈定矿山采动区域。该方法主要是软件进行数据处理分析,耗时久,但不会出现人为圈定的遗漏现象。

通过两种方法进行检验,可快速准确地圈出矿山采动范围线,根据采动范围线与矿山矿权范围线可确定矿山在某时间段内是否存在越界开采行为,根据最低开采标高可确定矿山在某时间段内是否有超最低开采标高开采行为,若矿山存在越界超深违法开采行为并圈出其范围,交给相关部门进一步核实查处。

2.3 矿山采动资源量估算

资源量的估算结果是作为矿山处罚的最基本依据。同时,资源量的统计也有利于各相关部门对国家资源量的把控。现在介绍几种基于矿山模型资源量的计算方法:

1. 在两个时间点的模型上按一定间距提取计算范围内的高程,导出 CASS 软件土石方量计算所需的高程数据文件,选取两次数据的最低标高作为起算数据,应用 CASS 软件方格网法(10*10)计算出两次计算范围的开挖量,两次数据的差值就是这一时间段的开采量。

2. 针对简单规则的开采范围,如坑塘等或是超最低开采标高开采范围,可以直接根据模型,在模型上读取平整的地面高程,以此高程作为起算标高(新出现的超深开采情况,把最低开采标高作为起算标高),

其总填方量就是其开采量。

以上两种方法都是应用方格网的计算原理:将场地划分为若干方格(一般为 10*10 或是 20*20 的正方形),从地形图或实测得到每个方格角点的自然标高,根据各点的设计标高与自然标高之差,求出零线位置,进而求出各方格的工程量,所有方格的工程量之和即为整个场地的工程量。

3. 只有严格把控资源量估算数据的准确性,才能确保后续监管工作的有序进行,我们常用切割剖面的方法来进行数据检验。判定无人机航测成果的精度相对于矿山矿产资源开发储量精度要求度是否可用,设定最大误差不超过 3%^[5]。断面法就是按一定的间距等分测量区域,将测量区域划分为若干个相互平行的截面,按照设计高程与自然地面线组成断面,通过相邻断面面积的平均值与测量区域等分间距值,计算相邻断面间的体积,所有体积之和即为测量区域的土方量。

3 结语

无人机航测可实现露天矿山全覆盖三维建模,可根据最新数据不断更新地形地貌,准确掌握矿区现状。2019-2022 年,整个玉林市采用无人机航测技术对矿山进行动态变化监测,经过各个部门的努力,各县市矿产资源勘查开采秩序持续好转,并积极做好绿色矿山建设。事实证明,无人机航测技术在露天矿山监管中,具有效率高、安全性高以及三维展示效果逼真、直观等诸多优势,可为矿产资源勘查开采打非治违和监控绿色矿山建设提供可靠技术支撑。

参考文献:

- [1] 李胜,刘欣,梁婷.无人机航测技术在露天矿山消耗资源储量监管中的应用与展望分析[J].南方金属,2022(05):20-25.
- [2] 张健雄,伍雅晴.无人机航测技术在矿山生态修复调查中的应用[J].世界有色金属,2021(12):194-195.
- [3] 麻丽明,王贵丽,周燕,等.基于无人机航测像控点布设与空三测量精度关系的研究[J].机电工程技术,2022,51(07):68-70.
- [4] 游昆鹏,涂旭东.无人机航测技术在矿山地质环境监测中的应用[J].现代矿业,2022(10):239-243.
- [5] 杜甘霖,叶茂,刘玉珠,等.露天矿山监管中的无人机测绘技术应用研究[J].中国矿业,2019,28(04):111-114.