

Application of UAV Tilt Photogrammetry in Mine Geological Environment Management

Shuai Zhang

Shenzhen Intergrated Geotechnical Investigation & Surveying Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

Oblique photogrammetry technology is a high and new technology developed in the field of international photogrammetry in the past ten years. This technology acquires a wealth of features by simultaneously acquiring images from one vertical, four oblique, and five different perspectives. High-resolution textures for top and side views. It can not only truly reflect the situation of the ground objects and obtain the texture information of the objects with high precision, but also generate a real 3D city model through advanced positioning, fusion, modeling and other technologies.

Keywords

unmanned aerial vehicle; tilt photogrammetry; mine; environmental governance

无人机倾斜摄影测量在矿山地质环境治理中的应用

张帅

深圳市建设综合勘察设计院有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

倾斜摄影测量技术是国际摄影测量领域近十几年发展起来的一项高新技术, 该技术通过从一个垂直、四个倾斜、五个不同的视角同步采集影像, 获取到丰富的地物顶面及侧视的高分辨率纹理。它不仅能够真实地反映地物情况, 高精度地获取物方纹理信息, 还可通过先进的定位、融合、建模等技术, 生成真实的三维城市模型。

关键词

无人机; 倾斜摄影测量; 矿山; 环境治理

1 引言

倾斜摄影测量技术是国际摄影测量领域近十几年发展起来的一项高新技术, 该技术通过从一个垂直、四个倾斜、五个不同的视角同步采集影像, 获取到丰富的地物顶面及侧视的高分辨率纹理。它不仅能够真实地反映地物情况, 高精度地获取物方纹理信息, 还可通过先进的定位、融合、建模等技术, 生成真实的三维城市模型。倾斜摄影测量技术以大范围、高精度、高清晰的方式全面感知复杂场景, 通过高效的数据采集设备及专业的数据处理流程生成的数据成果直观反映地物的外观、位置、高度等属性, 为真实效果和测绘级精度提供保证, 倾斜摄影建模数据也逐渐成为城市空间数据框架的重要内容。本文对无人机倾斜摄影测量技术进行了分析与研究, 并对其在矿山地址环境治理中的应用进行了探讨。

【作者简介】张帅(1985-), 男, 中国山东淄博人, 本科, 高级工程师, 从事测绘航空摄影、无人机航测、倾斜摄影测量研究。

2 总体技术内容

2.1 技术流程

无人机倾斜摄影测量关键技术流程图如图1所示。

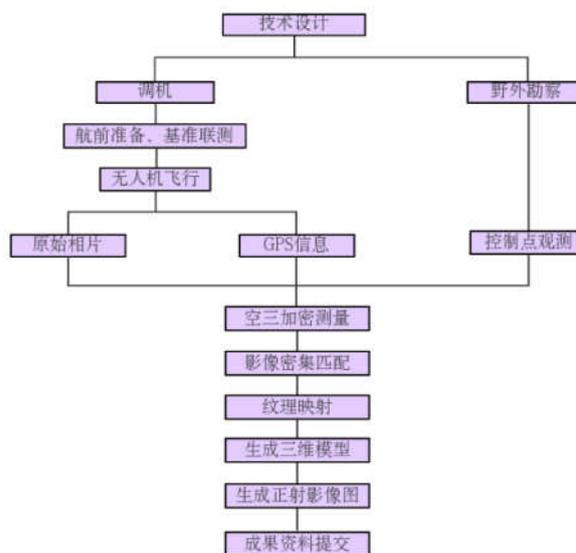


图1 无人机倾斜摄影测量关键技术流程图

2.2 外业数据采集

①使用大疆 M300RTK 四旋翼无人机，配备原装电池 12 块，飞行控制软件为 DJI Pilot 软件，相机采用赛尔 102s，搭配 35mm 镜头，总像素为 1.2 亿像素。航摄采用全自动化采集方法：选取开阔地带，由外业人员上传飞行指令至无人机中，放飞飞机并自动按照航线飞行，同时按照内业设置的参数定距或者定时自动拍照。任务执行完毕后飞机返回起飞点并自动降落^[1]。

②起飞前，对无人机进行飞行器校正，保证姿态信息的准确性，方法如下：首先水平旋转飞行器 360 度，然后垂直放置飞行器并旋转 360°。校准时，附近无强磁场区域或大块金属；室内校准指南针一次，室外再次校准，防止两个区域的磁场差异而导致飞行数据异常。

③本项目中，地面分辨率为 0.05m，镜头焦距 35mm，单相机分辨率 2430 万，像元尺寸 3.9um，最大飞行高度为 448m。综合考虑成像清晰度、照片阴影、建筑高度以及飞行效率等因素，实际航高定为 180m。

④最终成图图像清晰、反差适中、色调柔和、有较丰富的层次、能辨别与摄影比例尺相适应的细小地物影像，满足了外业全要素精确调绘和室内判读的要求；影像上无云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷；拼接影像无明显模糊、重影和错位现象；受飞机速度的影响，在曝光瞬间造成的像点位移小于 1 个像素^[2]。

⑤像控点测量是指根据相片上内业的布点方案，在实地根据影像的灰度和形状找到并确定像控点的位置，测量并记录该点平面坐标及其高程。像控点选在明显目标点上，如固定田角、固定道路交叉、平屋顶大型建筑物的墙角等。根据本测区地形、成图比例尺、地面分辨率等情况，在测区内均匀布置，测区内共布设 10 个控制点，主要以地面标志为主。

2.3 三维模型数据处理

使用全自动三维建模软件 Smart 3D，无需人工干预，通过影像自动生成高分辨率的三维模型的软件解决方案。照片导入到建模软件中，通过计算机图形计算，结合 pos 信息空三处理，生成点云，点云构成格网，格网结合照片生成赋有纹理的三维模型。常见的输出格式包括 OBJ、S3C、3MX 等。

三维建模方法生产路线见图 2。

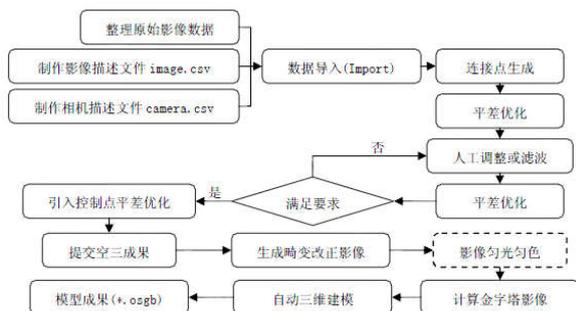


图 2 三维建模方法生产路线图

2.3.1 空三计算

航测过程中，照片组对应姿态的精确性可能会受到影响，致使影像信息的缺失，而 Smart 3D 软件进行三维重建时，要求各个照片组具备非常精确的属性以及对应的姿态参数，此时可以通过空中三角测量计算对影像定位信息严格配准，选定参数自动准确计算每一幅影像的位置、角元素和相机属性，获取缺失的影像信息^[3]。

2.3.2 三维重建

三维重建计算在深圳独立坐标系完成。由于重叠度大、拍摄影像数据多，完成重建所需的计算机的内存无法一次性完成重建计算，根据计算机性能重建框架，调整重建范围及瓦片大小，将原框架分为若干个大小相同的数据块，分块进行重建计算（见图 3）。

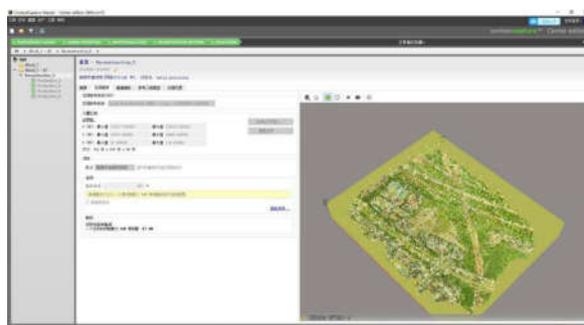


图 3 三维重建

2.4 三维模型质量检查

三维建模数据主要检查三维建模数据的完整性、现势性、逻辑一致性和模型位置精度等。

2.4.1 完整性、现势性、逻辑一致性检查

通过人机交互检查，在软件系统环境下，将要检查的数据可视化，以图形、图像、文件等形式显示在计算机的屏幕上，经过人工检查本次三维模型数据完整、模型纹理协调、场景表现效果较好、数据存储格式标准、空间位置一致。

2.4.2 模型位置精度检查

模型位置精度检查主要使用 1:1000 地形图比较的方法进行套合检测，高程精度按 1:1000 DOM 精度执行。由于三维建模的控制和正射影像的像控点和空三解算是相同的，因此平面精度在正射影像中检查，三维模型只检查高程精度，高程中误差不大于 1m，统计平地点位高程中误差为 0.08m，满足高程精度要求。其精度统计如表 1 所示。

3 应用实例

经过外业倾斜航测、内业数据处理及精度评定后形成 osgb 格式三维模型提交设计院使用，设计单位工作人员可室内重现矿山场景完成后续 BIM 建模工作指导施工，实现设计、施工内外业一体化工作。

表 1 三维模型地面高程精度统计

| 点号 | 地形图点位平面坐标 | | 地形图高程 | 三维模型高程 | $\Delta Z(m)$ | 备注 |
|-----|-------------|------------|-------|--------|---------------|------|
| | X(m) | Y(m) | Z(m) | z(m) | | |
| 1 | 2512739.120 | 513742.920 | 42.21 | 42.17 | 0.04 | 地面井盖 |
| 2 | 2512743.807 | 513740.794 | 42.11 | 42.05 | 0.06 | 地面井盖 |
| 3 | 2512691.249 | 513697.173 | 42.44 | 42.38 | 0.06 | 地面井盖 |
| 4 | 2512442.306 | 514027.833 | 53.97 | 54.10 | -0.13 | 地面井盖 |
| 5 | 2512925.789 | 514235.603 | 48.91 | 48.81 | 0.10 | 地面井盖 |
| 6 | 2513147.203 | 514315.577 | 38.85 | 38.74 | 0.11 | 地面井盖 |
| 中误差 | | | | | 0.08 | |

4 结语

倾斜实景三维模型可以看成是一张表面覆盖高分影像的连续 TIN 三角网,因此需要对倾斜三维模型进行单体化。目前应用较为广泛的单体化方法主要有以下两种:逻辑单体化、物理单体化。逻辑单体化是指通过对倾斜三维模型中的对象进行单纯地叠加二维矢量底面,在渲染层面实现建筑物、道路等地物单体化,并通过矢量面作为载体进行属性挂接,从而实现对象的单独管理、属性查询等功能。该方法只是简单查询建筑轮廓的矢量面、并非真正意义上的单体物理分离,而物理单体化是通过人工重建的方式将建筑物、道路

等对象进行物理分离,重建的实体能够进行编辑和修改、并附加属性来实现查询统计和分析等功能。论文总结了无人机倾斜摄影测量从采集到成图的一系列流程,为矿山地址环境治理提供了一套技术保障。

参考文献

- [1] 赵振南.浅析无人机倾斜摄影测量三维建模技术[J].科技创新与生产力,2019(7):64-65+68.
- [2] 李芳,刘洋洋,李孙桂.倾斜摄影测量技术在城市三维建模及三维数据更新中的应用探讨[J].中国标准化,2019(20):49-50.
- [3] 段宗恩,张海生.单镜头倾斜摄影技术低成本三维建模[J].城市勘测,2019(4):129-131.