

浅析无人机倾斜测量在矿山测量中的应用

杨志锋*

(贵州省煤田地质局一五九队,贵州 盘州 553500)

摘要:随着科技的不断进步,无人机倾斜测量技术作为一种新兴的测量手段,在矿山测量领域展现出了显著的优势和广阔的应用前景。深入探讨了无人机倾斜测量在矿山测量中的应用,包括其原理、特点、数据处理方法以及在矿山地形测绘、储量估算、边坡监测等方面的具体应用案例。通过对相关技术的研究和实际应用效果的分析,总结了无人机倾斜测量在矿山测量中的重要性和局限性,并对其未来的发展趋势进行了展望。

关键词:无人机倾斜测量;矿山测量;应用

中图分类号:TD17,P23 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)05-0179-03

1 测区概况

捷吉煤矿位于盘县东部的英武乡境内,矿界总面积 3.248km²,矿区直距红果火车站(盘县县城)约 32km。煤矿中部有简易公路通过,西至 320 国道的刘官镇运程约 19km,东至 320 国道上的三板桥镇运程约 14km。交通较为方便。

2 项目完成情况

本次测量范围为盘县英武乡捷吉煤矿,本测区周围地区已有国家 C 级控制点作为本测区的平面起算点,高程控制点 H490、H488、H494,可作为本测区的高程起算点。经实地踏勘检查,像控点在测区内分布均匀,精度良好,能够满足本测区 1:5000 地质填图的要求。本测区平面采用 CGCS2000,中央子午线 105°,3°带高斯投影。并向甲方提供一套 2000 国家大地坐标系数据成果。

本次测量任务有:在捷吉煤矿矿界 3.248km²的基础上,外扩 30m,施测一套 1:5000 地形图测绘工作,本项目历时 20d 完成全部工作并提交测绘成果。

3 施测方法

3.1 像控点布设

像控点是摄影测量控制加密和测图的基础,其布设方法和测量需要遵循一定的原则和规范,以保证成果的精度和可靠性。

(1)布设原则:不同飞行区域控制点的布设:对于规则矩形和正方形区域,小面积区域最少布设 5 个控制

点,大面积区域相应增加;对于不规则图形区域^[6],应根据地形布设控制点,保证均匀覆盖整个测区;对于带状、河道、公路等区域,可采用“Z”字形或“S”形打法。

(2)选点条件:像控点的目标影像应清晰,易于判断和立体量测,如选在交角良好(30°~150°)的细小线状地物交点、明显地物拐角点、原始影像中不大于 3×3 像素的点状地物中心,同时应是高程起伏较小、常年相对固定且易于准确定位和量测的地方,弧形地物及阴影等不应选作点位目标^[2,4,5]。

(3)像控点标识:像控点现场涂刷标识,应用直角模具涂刷,或者用航测专用标识;涂刷大于 50cm,并且菱角不虚边;编号涂刷,字体清晰,字体高度大于 30cm,并对邻近参考物体进行拍照,以便于内业刺点。

(4)像控点采集:像控点测量以 CGCS2000 为参考系,以 1985 国家高程基准为参考,采用千寻位置星矩 SR6RTK 实测像控点坐标采集,其精度符合 CH/T2009-2010《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》的规定。

3.2 航线规划

在此基础上,通过对飞行速度、重叠程度、飞行高度和曝光时间等指标的优化,使之达到测试的精度。飞行高度是测量地面与地面之间的平均相对海拔;所谓交叠,就是指在航空测量中,两个相邻航路上所拍图像之间的重叠度(即侧向重叠度),或是在同一条航路上,两个航路上的图像之间的重叠度(即航向重合)。

* 收稿日期:2024-08-26

作者简介:杨志锋(1988—),男(汉族),河南三门峡人,工程师,现从事工程测量工作。

重叠性对3D模型的精度有很大的影响,通常要求不小于53%,为了达到高效和精度,以80%的航线重合(侧向重合70%)为目标,如果测量的地形特征十分复杂,则其重叠程度也可以适当增加。在3D模拟的基础上,在1:500、1:1000和1:5000时,要求地表的空间分辨率为不大于5cm,8~10 cm,15~20cm。在实际操作中,航线规划还需要考虑地形、天气、空域限制等因素。地形和天气因素可能对无人机的飞行安全和稳定性产生影响,因此需要在规划过程中予以充分考虑。同时,不同的空域限制也会对无人机的飞行路径产生影响,需要遵守相关规定,确保飞行的合法性。

3.3 数字空中三角测量

利用全数码照相测量工作站进行航空三方的测绘,使用ContextCapture软件进行了数值模拟。在此基础上,将原始图像和像素点的位置添加到该软件中,通过ContextCapture中的摄像机自校正功能得到摄像机的相关参数,再将其与空三个区域的数据进行联合处理,并与外部定向要素进行面积网平差。在空三解算结束后,图像控点平面的最大偏差为0.0199m,最大的垂直偏差为0.0397m,像控点的水平偏差为+0.018m,高度的平均值为+0.045m,符合《1:500、1:1000、1:2000、1:5000地形图航空摄影测量内业规范》的规定^[2]。

3.4 三维建模

在完成并通过航空三点的自动化后,进行了立体建模(OSGB格式)。在重建过程中,对于大量的数据,必须采用切片操作,并对其进行精确评价。主要包括定位精度,几何形状,结构精度等方面的评价。

(1)位置精度:三维建模的面、高精度参考1:1000地形图绘制的技术指标,其定位精度以测量点的误差为依据。

(2)纹理精度:纹理不完整,纹理映射混乱不真实,纹理扭曲变形的情况可作为通过判断。通过剔除有阴影、反射和云层遮挡等问题的图像^[1],进一步改善3D建模的质感。

3.5 数字正射影像图(DOM)数据制作

使用三维造型的差分修正方法来生成DOM。①对图像进行参数设定,进行二次三次褶积插值。②前向校正;利用数字高程模型和图像内部和外部的定向要素,对图像做差分校正再取样。③图像检测。对校正后的单个模式图像进行检验,无变形现象。④图像均匀化。校正单一模式的效果是均匀的。⑤图像的连接。均匀着色后,图像被连接起来。⑥结果的产出。

3.6 数字线划图(DLG)的生产

3.6.1 立体测图

本项目拟利用基于Mapmatrix3D的3D立体视图技术,从制图和地理信息的观点出发,建立“图形”与“属性”相融合的“可视化”方法。三维立体图像的获取过程包括:准备作业环境,建立3D文件,导入3D模型及坐标文件,进行立体编辑处理,数据核对,输出结果。Mapmatrix3D支持OSGB倾斜立体制图,实现了数据采集、编辑和入库的一体化工作^[1]。在图形的展示和输出过程中,采用了一种动态的形式化表达形式,充分符合了GIS的建设和使用要求。

3.6.2 数字线划图(DLG)制作:

(1)DLG采集:地形获取包含点元素、线元素和面元素,并记录对应的属性,获取模型上的全部可视元素。三维数据获取主要是为了进行空间位置的获取,而在三维空间中对所确定的目标进行分类。对于不确定的元素,仅取其能看到的,没有收集到的或不完全的,要进行实地补充。

(2)DLG调绘:按照“先内后外”的程序,首先,中网方根据三维模型收集地面特征元素,再用纸质地图进行野外调整。在外业调图中,核对DLG获取的数据,对新增的、隐藏的、遗漏的地面目标进行补调。对于未明确的目标和新增加的目标,应用RTK技术进行补充,以保证地貌要素测绘的完整性。

(3)DLG编辑:在编制DLG时应考虑以下几个问题:①通过实地测绘对得到的体积测量资料进行修正。②保持要求构成元素的边线,例如:水边线,植物线,花坛线等。③在对特征元素进行编辑时,使用相应的特征代码,不得以其他代码替代^[1]。④根据尺度,对物体的密度进行调整。

(4)DLG质量检查:①精确度检验。为了检验地形的准确性,在现场设置检查点位,以检验其平面与高度的准确性。此次测区设监测点20个,在平面上平均定位误差为0.113m,高度偏差为+0.153m,达到了1:1000的定位精度。②检测的内容。地形地貌要素齐全准确,位置关系准确,文字、符号、注记标准,平面清晰美观^[1],线形表达标准。③接合边缘检验。拼接完成,不漏缝,线条属性、面属性都是相同的。

4 测绘成果质量说明

本次无人机测量项目在数据采集阶段,飞行高度为500m,航向重叠度70%,旁向重叠度70%,镜头RIEBO D2,五镜头1.2亿;单相机像素为6000×4000万,传

感器尺寸 23.5mm,且经过严格的检校。数据处理使用了 ContextCapture,遵循了规范的流程,并进行了多次平差和粗差剔除。成果包括分辨率为 0.0483m 的 DEM、分辨率为 5cm 的 DOM 以及精细的三维模型。

精度评估方面,通过与 16 个高精度控制点对比,平面中误差为 0.0025m,高程中误差为 0.0091m,满足项目要求的平面精度 0.1m 和高程精度 0.1m。完整性检查未发现遗漏区域,地物要素齐全。DOM 清晰度高,能清晰地分辨出测区内所需地物,DEM 分辨率准确反映了地形起伏。不同成果之间一致性良好,在不同条件下成果稳定可靠。

本次测绘成果在经测绘人员自检、项目负责一级全检以后,交公司技术总工二级检查,综合评定捷吉煤矿地形测绘项目,坐标精度满足符合规范要求,图面整饰质量满足规范的要求,提交资料齐全,测绘成果能够满足 1:5000 地质填图规程规范要求。

将处理后的成果输出为三维模型、DSM、正射影像图等格式,以及绘制 1:5000 地形图,并提交成果资料。

5 结论

无人机倾斜测量技术在矿山测量中具有高效、灵活、高精度、成本低等优点,能够为矿山的地形测绘、储量估算、边坡监测等工作提供有力的支持。在实际应用中,应充分发挥其优势,克服其局限性,不断探索和创新,为矿山测量工作带来更多的便利和效益。

参考文献:

[1] 宫晓春.无人机倾斜摄影测量在地形图测绘中的应用[J].华北自然资源,2023(1):111-113.

[2] 张桢哲.无人机在露天采场大比例尺地形测绘中的应用分析[J].工程技术研究,2020,5(11):131-132.

[3] 崔全有.无人机低空摄影测量在高标准农田中的应用[J].现代物业(中旬刊),2018(11):32.

[4] 郭钢,李维平.无人机倾斜摄影在土石方测量中的应用与研究[J].测绘通报,2021(S2):83-86,90.

[5] 肖关华,张伟,卓武,等.无人机航测技术在复杂地表区地震勘探中的应用[J].物探装备,2022,32(2):106-111.

[6] 肖坤礼.Google Earth 在航空摄影测量外业中的应用[J].建材与装饰,2018(15):228.

(上接第 178 页)

的自动化处理和深度分析,提高数据的应用价值和决策支持能力。无人机与其他遥感技术的集成,如激光雷达、多光谱成像等,将进一步拓展测绘数据的获取手段和应用范围,提升测绘工作的综合能力和精度,这些技术的融合应用,将为测绘工程带来新的发展机遇,推动行业的技术革新。

参考文献:

[1] 袁国强.无人机遥感技术在测绘工程中的应用研究[J].江西

测绘,2023(4):1-2,20.

[2] 陈恳.无人机遥感技术在测绘工程中的应用[J].中国高新技术,2023(9):155-157.

[3] 蔡奇.无人机遥感技术在测绘工程中的应用[J].工程建设与设计,2022(23):167-169.

[4] 申继财,廖盛成.无人机遥感技术在矿区测绘工程中的应用[J].世界有色金属,2022(22):40-42.

[5] 刘俊池.浅析无人机遥感技术在测绘工程中的应用[J].江西建材,2021(6):71-73.