

无人机航测在高原矿区测绘中的应用

郑永虎,张启元,陈丰田

(青海省地矿测绘院,青海 西宁 810012)

摘要:基于无人机航摄系统,研究了在高原矿区进行航空摄影、像片控制、内业加密、立体测图等技术的实现方法。认为利用无人飞机航摄在高海拔矿区测绘 1:2 000 地形图能够满足规范的精度要求,而且产品丰富、直观。无人飞机在快速获取矿区用图方面具有十分明显的优势,在青藏高原工程实践中值得推广。

关键词:无人机;高原矿区;航空摄影;航空摄影测量

中图分类号:P231 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8996(2013)03-0058-04

Application of unmanned aerial vehicle aerophotography systems in the surveying and mapping of plateau mining area

ZHENG Yonghu, ZHANG Qiyuan, CHEN Fengtian

(Qinghai Institute of Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, Xining 810012, China)

Abstract: Based on unmanned aerial vehicle (UAV) aerophotography systems, the study carried out the application of UAV Aerophotogrammetry in the aerophotography, image control, minor control and stereocompilation. The research results show that surveying and mapping of 1:2 000 topographic map by UAV Aerophotogrammetry fully meet the requirements for accuracy with product variety and visualization. It has obvious advantages for fast acquisition of mining area map and be worthy to be popularized in the Qinghai-Tibetan Plateau in engineering practice.

Key words: UAV; plateau mining area; aerophotography; aerophotogrammetry

随着轻型低空无人飞机技术的发展和 GPS 自动驾驶技术的运用,利用无人飞机进行应用于测绘的航空摄影成为现实^[1]。无人飞机具有体积小、机动灵活、高效快速、作业成本低、适用范围广、操作维护简单等特点,在小区域和飞行困难地区的高分辨率影像快速获取方面具有明显优势。本文利用固定翼无人飞机航摄系统,对青藏高原矿区进行了航空摄影测量,以期对高原地区特别是高海拔矿区的勘查开发提供科学依据。

1 无人机航摄系统

无人机航摄系统是以无人飞机为飞行平台,利用高分辨率相机系统获取遥感影像,利用空中和地面控制系统实现影像的自动拍摄和获取,同时实现航迹规划和监控、信息数据压缩和自动传输、影像预处理等功能,是具有高智能化程度、稳定可靠、作业能力强的低空遥感系统^[3]。该系统包括①无人飞机飞行平台。为 DB II 型无人飞机,由机体、操纵系统、动力系统三部分组成。②传感器。配备佳能 5D mark II 定焦数码相机,焦距为 35 mm。相机像素大小为 6.41 μm,像幅大小为 5 616 像素×3 744 像素(2 100 万像素)。③飞控系统。飞控采用自动驾驶仪 UP30,该驾驶仪集成了 GPS 接收机、气压传感器、空速传感器、飞行控制系统等部件,可以稳定控制各种气动布局的中低速无人飞机,实现导航、定位和自主飞行。④地面监控系统与遥控器。包括 DELL 便携式工作站、UP30 飞控软件、电台和天线。其中,在 UP30 飞控

收稿日期:2013-03-06

作者简介:郑永虎(1967—),男,青海互助人,高级工程师,注册测绘师。

软件中设计编辑航线和航路点,实时修改无人机的飞行姿态和目标航点,并实时显示无人机的各种飞行参数和电池电压。所有数据均通过电台和天线与无人机进行通讯。遥控器是手动控制无人机飞行的远程控制设备,技术娴熟的操控手利用遥控器可以实现无人机滑跑起飞和降落。⑤ 地面运输与保障系统。配有一辆四驱依维柯汽车,可长距离装载运输无人机设备。另外还配有警示筒、警示绳等安全保障设备。⑥ 配套软件:包括航摄质量快速检查软件、影像预处理软件、影像处理软件 PixGrid 等。

2 工程实施

2.1 矿区概况

夏日哈木矿区位于青海省格尔木市辖区内,平均海拔 3 400 m,矿区内地物稀少,风成沙覆盖层厚。经过两年的勘查,发现一处大型铜镍钴矿。该矿床埋藏浅、品位高,其发现昭示着东昆仑成矿带此类矿床具有巨大的成矿潜力,对整个东昆仑地区乃至全国寻找该类型矿床具有现实指导意义。

2.2 工程实施流程

根据夏日哈木矿山勘查开发的需要,确定航摄面积为 120 km²,航测面积 25 km²。工艺流程如图 1 所示。

3 关键技术

3.1 无人机航空摄影

根据《低空数字航空摄影规范》^[5]要求,确定地面分辨率(GSD)为 18 cm,相对航高为 1 100 m,绝对航高 4 300 m,共 4 个飞行架次。测图比例尺为 1:2 000。根据大比例尺航测测图的特点,结合摄区的地形条件,各飞行架次的曝光间隔、航线间隔因实际情况而定,以保证航片有足够的重叠度。航摄参数见表 1。

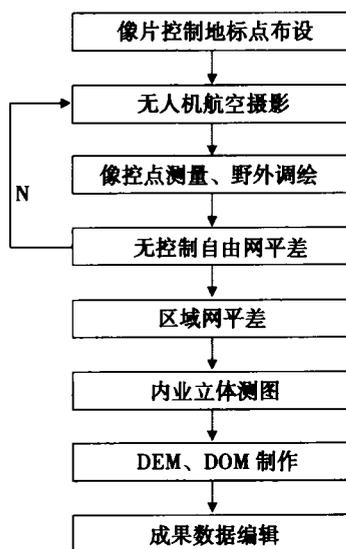


图 1 工艺流程图

Fig. 1 Flow chart of process

表 1 航摄参数

Tab. 1 Aerophotography parameters

架次	测区面积/ km ²	相对航高/ m	绝对航高/ m	GSD/ m	航向重叠/ %	旁向重叠/ %	航线间隔/ m	曝光间隔/ m
1,2	80	1 100	4 300	0.18	70	45	500	200
3,4	40	1 100	4 300	0.18	70	45	340	120

每一架次航摄完成后,导出像片数据。进行重叠度的检查和影像质量检查,并导出 POS 数据。经过检查,大部分像片的倾斜角小于 4.5°,超过 8°的航片仅占总数的 10%。影像色彩均匀清晰,颜色饱和,无云影和划痕,层次丰富,反差适中。

3.2 像片控制

研究区内设有 D 级 GPS 点 60 点,E 级 GPS 点 120 点,覆盖整个研究区,其平面、高程精度均符合规范要求。航线设计为南北飞行,根据《低空数字航空摄影测量外业规范》^[6]的要求,该区域外业按 6 条基线逐航带布设平高像控点 160 点。由于测区内明显地形地物稀少,像控点布设主要以航前布设地标

点为主,航摄后电子选刺为辅。像控点在 D、E 级 GPS 点的基础上采用 RTK 方法进行测量。同时,在平缓地区较明显的便道拐弯处等布设高程检查点 50 点,调绘工作同步完成。

3.3 内业加密

在进行区域网空中三角测量平差前,利用畸变纠正程序 Correct 对原始航空影像进行畸变差改正后,进行无控制自由网平差。在作业过程中,精确设计空三处理航线,经过自动挑粗差点以后,在确保每个点均为同名点的同时,检查测区内是否有漏点,然后手动增加一些连接点,保证模型间有足够的连接强度。最后利用 VirtuoZo AAT 空三加密软件进行无人机航空影像区域网平差。从表 2 可以看出,区域网平差结果符合《数字航空摄影测量空中三角测量规范》^[8]对 1:2 000 山地的精度要求。

表 2 区域网平差精度统计结果

Tab. 2 Area adjustment precision statistical results

类型	平面最大误差	规范限差	高程最大误差	规范限差
定向点	0.732	0.8	0.608	0.9
检查点			1.237	1.5

3.4 立体测图

立体采集使用 VirtuoZo NT 全数字摄影测量系统完成。模型定向采用空三自动恢复模型进行立体测图。在立体测图的基础上,将 D、E 级 GPS 控制点展绘到数字线划图(DLG)上,以等高线内插的方法检查 DLG 的高程精度。由于本地区地物稀少,因此只检查高程精度。检查结果见表 3。以《低空数字航空摄影测量外业规范》^[6]规定中误差的 2 倍作为高程误差的限差^[6],其最大高程误差小于限差的 2/3,满足规范要求。

表 3 地形图高程精度检查结果

Tab. 3 Topographic maps elevation precision test results

检查点数	中误差	最大误差	规范中误差	规范限差
43	1.62	3.8	3.0	6.0

3.5 DEM、DOM 制作

先对采集数据进行编辑,删除无用数据后直接内插生成 DTM,最后生成 DEM。

利用 Orthomosaic 正射影像软件制作数字正射影像图(DOM)。图 2 为正射影像图与数字线划图(DLG)套合后的效果图。

4 航测与传统测绘方法的比较

(1)在本次研究中,航摄和野外像片控制共投入 18 人,在 2 d 内完成。内业航测投入 10 名技术人员,在 15 d 内完成。如采用传统测绘方法进行该矿区地形图测绘,由于山高坡陡,加上冬季可利用时间短,很难在半个月时间内完成此项任务。无人机航测不仅作业速度快,而且将大量的野外数据采集工作移到室内进行,减轻了野外工作量。作业成本也只有常规测量的 1/3 左右。

(2)传统测绘方法只能提供数字线划图,航测不仅能提供数字线划图,而且能提供 DOM、DEM 等成果,各种成果结合使用,方便直观。

(3)本矿区由于无植被覆盖,地形破碎,很多地方人工难以到达,如采用传统测绘方法进行,许多地形变换点无法采集,就会形成图面精度不均匀、图面地形表示失真等问题,从图 2 可以看出,航测成果不

受地形条件限制,精度均匀,对微地貌表示逼真,从而整体提高了地形图的精度。

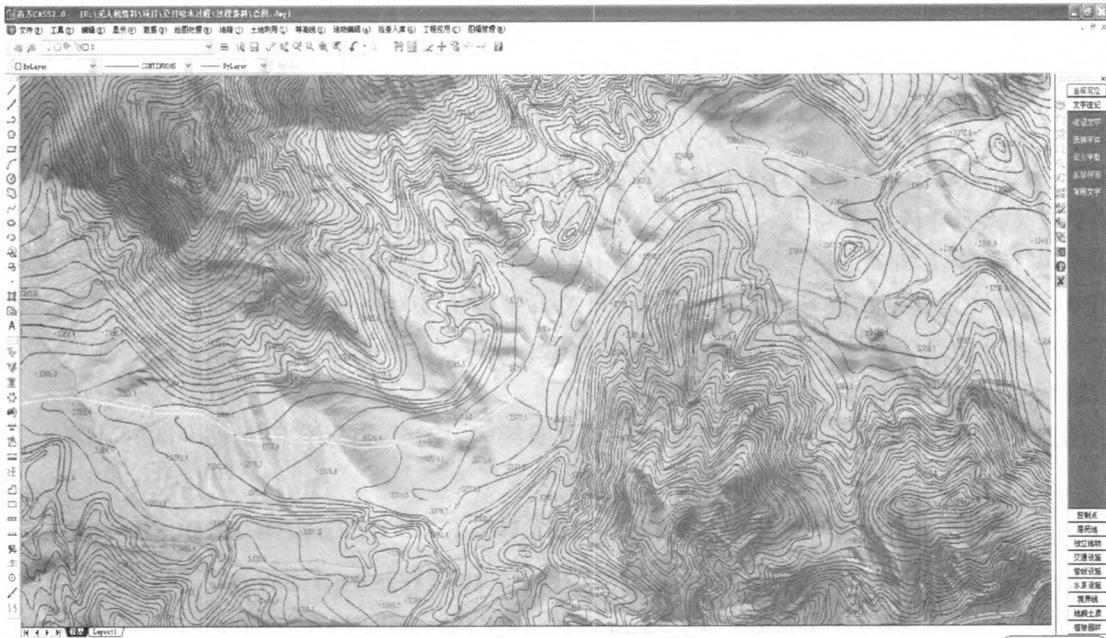


图2 DOM和DLG套合效果图

Fig. 2 DOM and DLG nested effect map

5 结论

(1) 研究表明,无人机在青藏高原快速获取矿区用图方面具有十分明显的优势,且无人机航摄测绘1:2 000地形图在高海拔矿区能够满足规范的精度要求,可在“数字矿山”的建设中进一步发挥作用。

(2) 在地面起伏较大的矿区,航线布设采用分区航摄,以及在高差较大区域,通过缩短航线间隔和曝光间隔以满足影像质量要求的方法,在高原地区可行、可靠。

(3) 航摄飞行的绝对航高达到4 300 m,对拓宽无人机在高海拔地区的应用领域具有一定的工程示范意义。

参考文献:

- [1] 林莉,黄昶. 低空无人机航测1:1 000地形图[J]. 铁道勘察,2012(1):12-14.
- [2] 张兰,潘宝玉. 博兴县无人飞艇低空航摄测量数据处理[J]. 地矿测绘,2012(1):29-32.
- [3] 杨润书,吴亚鹏,李加明,等. 无人机航摄系统的特点及应用前景探讨[J]. 地矿测绘,2011(1):8-9.
- [4] 何敬,李永树,鲁恒,等. 无人机影像的质量评定及几何处理研究[J]. 测绘通报,2010(4):22-24.
- [5] 国家测绘局. CH/Z 3005—2010 低空数字航空摄影规范[S]. 北京:测绘出版社,2010.
- [6] 国家测绘局. CH/Z 3004—2010 低空数字航空摄影测量外业规范[S]. 北京:测绘出版社,2010.
- [7] 国家测绘局. CH/Z 3003—2010 低空数字航空摄影测量内业规范[S]. 北京:测绘出版社,2010.
- [8] 国家标准化委员会. GB/T 23236—2009 数字航空摄影测量空中三角测量规范[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

(责任编辑 李渝珍)

无人机航测在高原矿区测绘中的应用

作者: [郑永虎](#), [张启元](#), [陈丰田](#), [ZHENG Yonghu](#), [ZHANG Qiyuan](#), [CHEN Fengtian](#)
作者单位: [青海省地矿测绘院, 青海西宁, 810012](#)
刊名: [青海大学学报 \(自然科学版\)](#)
英文刊名: [Journal of Qinghai University \(Natural Science\)](#)
年, 卷(期): 2013, 31(3)
被引用次数: 4次

参考文献(8条)

1. [林莉, 黄昶](#) 低空无人机航测1: 1000地形图[期刊论文]-[铁道勘察](#) 2012(1)
2. [张兰, 潘宝玉](#) 博兴县无人飞艇低空航摄测量数据处理[期刊论文]-[地矿测绘](#) 2012(1)
3. [杨润书, 吴亚鹏, 李加明, 万保峰](#) 无人机航摄系统的特点及应用前景探讨[期刊论文]-[地矿测绘](#) 2011(1)
4. [何敬, 李永树, 鲁恒, 任志明](#) 无人机影像的质量评定及几何处理研究[期刊论文]-[测绘通报](#) 2010(4)
5. [国家测绘局](#) 低空数字航空摄影规范 2010
6. [国家测绘局](#) CH/Z 3004-2010低空数字航空摄影测量外业规范 2010
7. [国家测绘局](#) 低空数字航空摄影测量内业规范 2010
8. [国家标准化管理委员会](#) 数字航空摄影测量空中三角测量规范 2009

引证文献(4条)

1. [张启元](#) 无人机航测技术在高寒地区基本农田测绘中的应用[期刊论文]-[青海大学学报 \(自然科学版\)](#) 2014(02)
2. [张启元](#) 无人机航测技术在青藏高原地质灾害调查中的应用[期刊论文]-[青海大学学报 \(自然科学版\)](#) 2015(02)
3. [张启元](#) 无人机航测技术在高原峡谷区水利工程中的应用[期刊论文]-[青海师范大学学报 \(自然科学版\)](#) 2013(03)
4. [刘昌军, 郭良, 岳冲](#) 无人机航测技术在山洪灾害调查评价中的应用[期刊论文]-[中国防汛抗旱](#) 2014(03)

引用本文格式: [郑永虎, 张启元, 陈丰田, ZHENG Yonghu, ZHANG Qiyuan, CHEN Fengtian](#) 无人机航测在高原矿区测绘中的应用[期刊论文]-[青海大学学报 \(自然科学版\)](#) 2013(3)