

飞马 D2000 无人机在新疆泽普县水库溃坝淹没分析中的应用

包志轩 刘业林

【湖南省水利水电勘测设计规划研究总院有限公司】

摘要:

水利项目建设是国计民生工程,对于建设完成的水利工程需进行监测维护与分析,从而保障水利工程周边人民群众生命财产的安全。无人机测绘技术的应用在水利工程中的应用具有重要意义。在大面积地形图测绘中应用无人机航测技术,相对于传统野外测绘,减少了人员设备的投入,大大的缩短了工作周期,及时提供基础地形资料。

关键词:

飞马 D2000; DLG; DOM; 淹没分析

1 项目背景

泽普县位于新疆西南部,昆仑山北麓,喀喇昆仑山东侧,塔克拉玛干沙漠的西缘。地处东经 $76^{\circ} 52' 0''$ - $77^{\circ} 29' 30''$, 北纬 $37^{\circ} 57' - 38^{\circ} 19'$ 之间。海拔高度为 1215-1490 米。北与西北以叶尔羌河为界,同莎车县相望,东和东南隔提孜那甫河与叶城县为邻,西南亦接叶城县界。地貌属典型的沙漠绿洲地貌,全县绿洲面积占 86.2%,共有湿地 7 万亩。泽普县地势由西南向东北平缓倾斜,西南部为叶尔羌河冲积扇,东北部为叶尔羌河冲积平原。叶尔羌河、提孜那甫河流经全境。全县主要建设有吾库塔木水库,图呼其水库,桑珠二库水库,桑株水库四座水库,

提供生活用水和农作物灌溉。根据新疆

水利厅的要求,需对四座水库进行溃坝淹没分析,而当地缺少基础地形资料,因此本项目需提供 1:2000 地形图,项目总面积大约 40 平方公里,考虑到作业面积和作业效率,采用飞马 D2000+D-CAM3000 无人机航测系统进行外业航飞数据采集。内业数据处理采用 PIX4Dmapper、EPS、南方 cass 和 ARCGIS。项目航飞范围如图 1 所示。

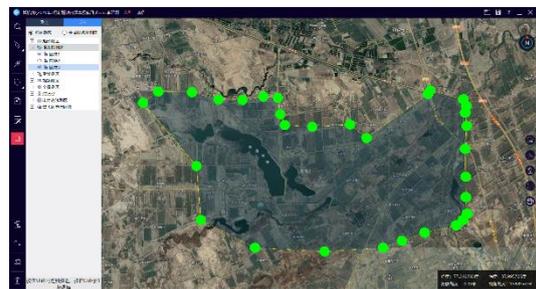


图 1 项目航飞范围

2 技术路线

根据测区内地表植被覆盖度低,地势较为平坦,作业面积较大等特点。本次作业采

用无人机航空摄影技术手段，根据测区情况规划设计航线，在奥维地图中大致选取无人机起降点，在布设测量像控点时，实地再确认起降点准确位置。航摄和像控作业完成后，进行空三加密、DLG 生产、DOM 编辑及淹没分析等应用工作，作业技术流程（如图 2 所示）。

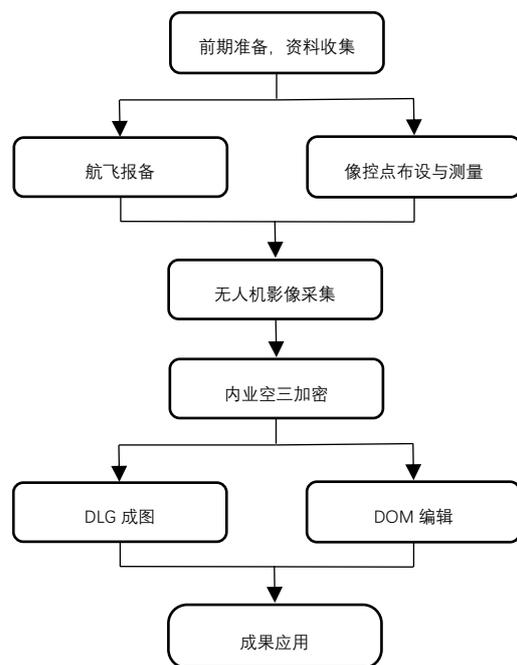


图 2 作业技术流程图

3 作业流程

3.1 资料收集和准备

根据业主要求，确定测区范围，成果坐标系和高程系统，收集控制点成果。向当地公安部门报备飞行空域。根据本次任务情况，在单位已有飞行器设备中选择飞马 D2000，单镜头选用 D-CAM3000，根据分辨率，重叠度的选取，飞马 D2000 单架次续航时间约 50 分钟，有效作业面积约 5 平方公里。

3.2 外业像控点及检查点的布设采集

飞马 D2000 采用 RTK 和 PPK 融合解算技术，能有效提高影像 POS 数据精度，能大大降低外业像控点布设数量。测区内主要以荒漠，旱地，草地等地物为主，明显特征地物并不多，因此采用先布设像控点和检查点，再进行无人机外业航飞影像数据采集。在平整硬化路面采用油漆喷涂 L 形标志，草地，荒漠，旱地中像控点采用腻子粉。

标志边长约 1m 左右。像控点按照区域网均匀布设，保证控制满足测区精度。像控点在卫星影像中均匀布设了 33 个点（位置如图 3 所示）。检查点选择少量地物特征点，如道路斑马线，房屋拐角，地面箭头等。像控点及检查点数据采集时 GPS-RTK 不低于 60 历元。

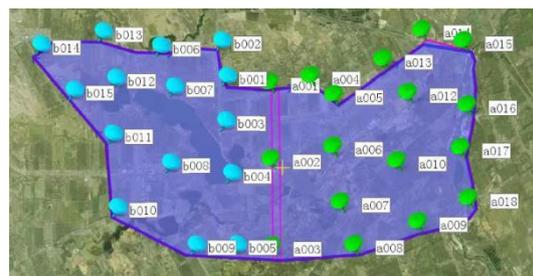


图 3 像控点布置图

3.3 无人机数据采集

飞马管家具有强大的自动航线规划能力，降低人为干预，提高工作效率。根据业主提供的范围制作 KML 文件导入软件，正射影像地面分辨率 6cm，航向重叠 80%，旁向重叠 60%，航高约 640m，因为测区面积较大，

软件自动分成两块飞行区域，重叠区域保证两条以上航线，详细航线规划见图 4。在正式作业之前，根据当地天气情况调整镜头曝光参数。



图 4 测区航线布置图

在完成外业航飞之后，及时检查影像质量，对于漏拍区域及时发现补拍。

3.4 影像数据处理

POS 解算使用飞马无人机管家智理图模块完成，空三加密采用 PIX4Dmapper 软件计算，两块区域利用两台工作站分开计算提高计算效率。导入影像，POS 数据和像控点坐标之后，先进行快速匹配计算，获取到像控点大致位置之后再进行刺点，提高刺点效率，每个像控点刺点保证三张以上影像。像控点刺点完成后，选择全面高精度处理。空三运算结果像控点残差应小于 0.5 像素，相片对正中误差应小于 0.5 像素，最大不大于 2 像素。空三计算结果如下图 5。

将检查点坐标与对应的位置坐标作对比进行精度评估，评估数据如表 1 所示。根据外业实测的 20 个检查点数据分别对其进行平面和高程位置的中误差对比分析，平面位置中误差为

Images	median of 57421 keypoints per image	✓
Dataset	1224 out of 1224 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	2.26% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 16833.3 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 16 GCPs (16 3D), mean RMS error = 0.013 m	✓

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
A001 (3D)	0.020/0.020	0.013	0.002	0.005	0.192	6/6
A002 (3D)	0.020/0.020	0.025	0.005	-0.006	0.293	8/8
A003 (3D)	0.020/0.020	0.010	-0.002	-0.007	0.345	6/6
A004 (3D)	0.020/0.020	0.006	0.018	0.012	0.153	7/7
A005 (3D)	0.020/0.020	-0.023	0.028	0.009	0.378	9/9
A006 (3D)	0.020/0.020	0.005	0.008	-0.004	0.250	8/8
A007 (3D)	0.020/0.020	0.010	-0.001	-0.014	0.296	8/8
A008 (3D)	0.020/0.020	0.013	-0.019	0.014	0.325	6/6
A009 (3D)	0.020/0.020	0.012	-0.025	-0.000	0.304	7/7
A010 (3D)	0.020/0.020	-0.003	0.002	-0.001	0.347	13/13
A012 (3D)	0.020/0.020	-0.026	0.011	-0.001	0.347	7/7
A013 (3D)	0.020/0.020	-0.006	0.018	0.001	0.186	10/10
A014 (3D)	0.020/0.020	-0.014	0.011	0.005	0.278	7/7
A015 (3D)	0.020/0.020	-0.016	-0.015	-0.014	0.233	7/7
A016 (3D)	0.020/0.020	-0.000	-0.031	-0.004	0.436	9/9
A018 (3D)	0.020/0.020	-0.006	-0.017	0.020	0.320	6/6
Mean [m]	0.00094	-0.000408	0.000938			
Sigma [m]	0.013070	0.016334	0.009171			
RMS Error [m]	0.013870	0.016339	0.009219			

图 5 空三精度成果

0.121m，高程中误差为 0.236m，满足国家 1:2000 大比例尺摄影测量制图规范的要求。

表 1 精度对比统计表

点号	DX	DY	DZ
01	0.142	0.093	0.232
02	0.121	0.122	0.172
03	-0.128	0.152	0.133
...
20	0.058	0.228	0.226

空三计算完成后，直接提交生成数字地表模型 DSM，正射影像 DOM。

DLG 生产利用清华三维的 EPS 倾斜测图模块，将 DOM 与 DSM 叠加生成垂直摄影模型进行地物和高程点采集，数据成果导入南方 CASS 进行成图整理。DLG 成果入图 6 所示。



图 6 测区 DLG 成果

4 淹没分析

在 arcgis 中，利用 DLG 中的高程点和

等高线图层生成不规则三角网 TIN，在 3D-analyst 工具中由 TIN 转出 DEM，根据规划专业利用专业软件计算得出的水库溃坝淹没高程，在 arcgis 中计算显示出淹没范围，将 DLG 中的房屋道路图层提取导入 arcgis，编辑生成水库溃坝洪水淹没范围示意图如图 7 所示。



图 7 水库溃坝洪水淹没范围示意图

根据示意图为水利局提供溃坝时正确的撤离路线及临时安置点，及时进行应急演练，保证事故发生时人员生命及财产安全。

5 总结

1 飞马 D2000 利用 RTK 和 PPK 融合技术，在减少像控点布设的情况下保证满足大比例尺测图的精度要求，D-CAM3000 相机减少了航飞影像数量，降低了数据处理的难度，

提高了处理效率。

2 相比传统的野外数字化采集，利用无人机航测，极大的降低了劳动强度，人力投入，缩短了工期，能够为业主提供更加丰富的 4D 产品，使非专业人士能够更加直观的了解实际情况，在事故发生时做出正确的决策，降低事故带的损失。

参考文献：

- [1] 《国家基本比例尺地图图式第一部分 1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》 GB/T 20257.1-2017.
- [2] 《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》（CH/T2009-2010）.
- [3] 《航空摄影技术设计规范》GB/T 19294-2016.
- [4] 张祖勋，张剑清. 数字摄影测量学[M]. 2 版. 武汉：武汉大学出版社，2012.