

无人机在应急灾害救援中的应用

邱钊 安徽友诚地理信息技术有限公司

【摘要】随着测绘科技技术的蓬勃发展，无人机遥感技术正在慢慢融入测绘行业，发挥着巨大的经济效益。除此之外，无人机的安全可靠和灵活机动等特点也使得它们在应急灾害救援中起到了非常大的作用。无人机遥感技术正受到越来越多人的关注和应用。本文从两个方面进行研究，分别是无人机在应急灾害救援中的实施方法、无人机在地质灾害中应用的优点。

【关键词】 应急灾害救援；测绘；无人机

1 项目背景

1.1 项目来源

第9号台风“利奇马”对宁国市冲击百年未遇，宁国市平均降水量达到210毫米，最大降水量420毫米，东津河沙埠水文站水位达到64.87米，超过历史最高水位0.07米。导致大面积道路损毁、通讯中断、断水断电等重大险情，沿天目山乡镇受灾尤其严重，其中，霞西、南极、甲路等乡镇多处发生泥石流和山洪。

为了尽快的掌握灾情和防止二次灾害的发生，受宁国市自然资源和规划局的委托决定开展灾区高分辨率DOM制作的工作。随着无人机航空摄影技术的快速发展，高质量、高分辨率、高效率生成正射影像数据的技术已成熟。我公司积累了许多类似生产经验，在此项目的支撑下，决定利用无人机智能航测系统对项目区进行高分辨率正射影像的获取。

1.2 目标任务

综合采用测绘、航空摄影建模等技术，为宁国市灾害信息化提供数据支撑。项目成果可为灾情评估、灾后防治、灾后重建提供服务，为地质灾害防治管理的科学化、信息化、标准化和可视化，以及防灾减灾决策提供科学依据。项目主要工作内容包括：

- (1) 航空摄影控制测量与飞行
- (2) 灾区高分辨率DOM制作

1.3 工作范围

本次受台风“利奇马”的影响，宁国市受灾最严重的是甲路、南极、霞西三个乡镇。地处宁国市东南部。东邻浙江，西靠黄山，天目山蜿蜒屹立于此。峰峦叠嶂加上受灾严重，测区情况恶劣。此次拟飞行共 9 块区域，约 90 平方公里。

1.4 人员及设备

(1) 人员投入

飞行技术人员 2 人，测量人员 4 人，内业技术人员 2 人。

(2) 设备投入

自然灾害具有突发性特点，灾害应急救援的关键是灾害发生后的快速反应。及时快捷的灾情信息对于及时制定救援策略，提高救援效率和质量起着至关重要的作用。无人机航空摄影系统具有实时性强、机动灵活、影像分辨率高、成本低的特点，且能够在高危地区作业，非常适合各种自然灾害的应急救援。

针对本次任务的特点，我们采用飞马 V300 混合翼搭载 V-CAM100 航测模块和飞马 F300 固定翼搭载 F-CAM300 航测模块的方式进行测区正射影像数据的获取。

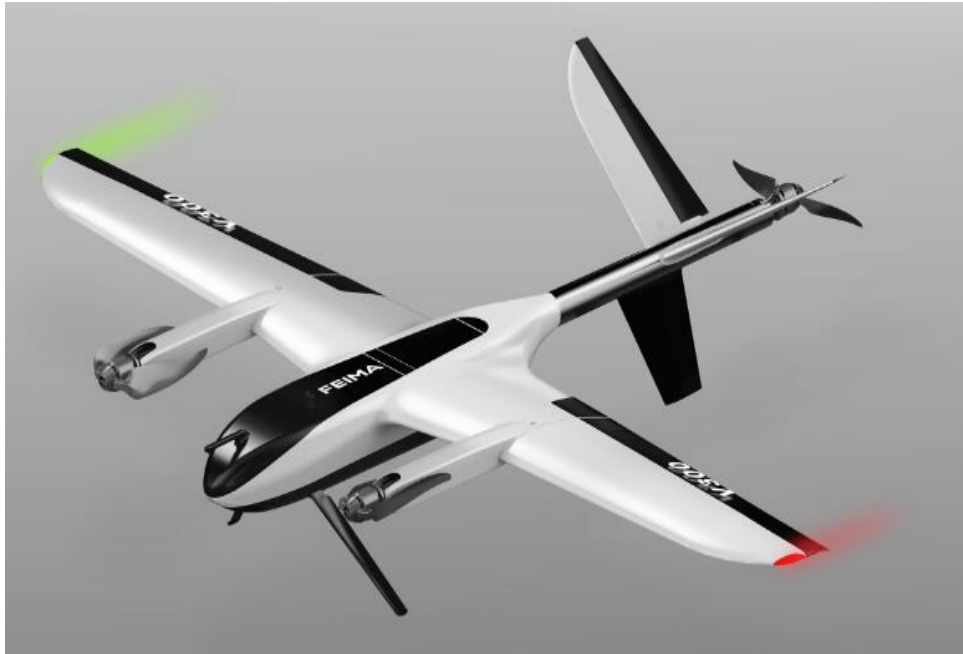


图 1 飞马 V300 混合翼无人机

表 1 飞马 V300 飞行平台参数

规格参数	
导航卫星	GPS: L1+L2 (20Hz/100Hz) BeiDou: B1+B2 (20Hz/100Hz) GLONASS: L1+L2 (20Hz/100Hz)
差分模式	PPK/RTK 融合作业模式
起飞重量	8.5kg
续航时间	90min
巡航速度	16m/s~18 m/s
机身长度	1650mm
翼展	2220mm
机身高度	310mm
最大高度	490mm
旋翼模式爬升速度	3m/s
旋翼模式下降速度	3m/s
固定翼模式爬升速度	5m/s
固定翼模式下降速度	2m/s
悬停定位精度 (单点)	水平 1.0m, 垂直 0.5m
悬停定位精度 (RTK)	水平 1cm+1ppm, 垂直 2cm+1ppm
实用升限高度	6000m (海拔)
抗风能力	6 级 (正常作业)
任务响应时间	展开 ≤10min, 撤收 ≤15min
测控半径	≥20km
起降方式	全自动垂直起降
工作温度	-20~50℃



图 2 V-CAM100 航测模块

表 2 V-CAM100 模块参数

V-CAM100 航测模块	
相机型号	SONY RX1R II
传感器尺寸	35.9×24mm (全画幅)
有效像素	4200 万 (7952×5304)
镜头参数	35mm 定焦
分辨率	2cm@150m
飞行高度	150m~1500m



图 3 飞马 F300 固定翼无人机

表 3 飞马 F300 飞行平台参数

规格参数	
导航卫星	GPS: L1+L2 (50Hz) BeiDou: B1+B2 (50Hz)
差分模式	PPK/RTK
标准起飞重量	3.75kg
续航时间	90min
巡航速度	60km/h
机身长度	1.07m
翼展	1.8m
实用升限高度	6000m (海拔)
抗风能力	5 级 (正常作业)
任务响应时间	展开 ≤10min, 撤收 ≤15min
测控半径	≥10km
起降方式	无遥控器手抛自动起飞
材质	EPO+碳纤复核材料
降落方式	无遥控器自动滑降/伞降
伞降回收落点精度	CEP > 20m



图 4 F-CAM300 航测模块

表 4 F-CAM300 模块参数

F-CAM300 航测模块	
相机型号	SONY DSC-RX1R II
传感器尺寸	35.9×24mm (全画幅)
有效像素	4200 万 (7952×5304)
镜头参数	35mm 定焦
分辨率	2cm@150m
飞行高度	150m~1500m

1.5 数据处理软件

数据后处理采用飞马无人机管家、Pix4Dmapper 二款软件，对数据进行差分解算、空三计算、实景三维模型生产及高精度 DOM 制作。

2 技术路线

不同于常规航空摄影测量，应急救援对于时间要求紧迫，对于应急救援决策、方案，需要一些及时、精度较高的灾区数据。本项目建设主要内容是高分辨 DOM 制作。整体技术路线如图所示：

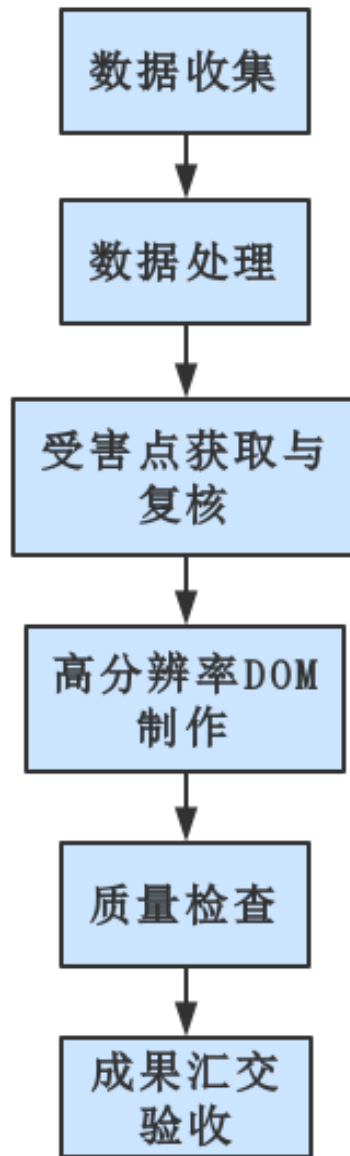


图 5 整体技术路线

3 项目实施

3.1 数据采集

(1) 测区踏勘

通过对测区原始影像判断分析,了解测区内建筑物或山峰最大高度,以便我们规划航线,制定飞行方案,保证飞行作业的安全。

1) 航线设计

无人机管家智能航线支持全自动的航线生成：规划或导入区块时，只需填写分辨率及重叠度即可自动生成航线；支持用户按照实际需求进行航线设计；具备自动分区、自动划分架次等功能。

结合测区的情况，设置好地面分辨率、航高、航向重叠度和旁向重叠度。将测区 km1 范围线导入飞马无人机管家“智航线”模块。根据测区的地形起伏和影响要求，软件自动生成最佳航线。

2) 像片控制测量

根据项目要求，结合相机带 POS 自动定位系统的优势，有选择性地安排野外像片控制测量，保证成图精度。地面标志使用红色油漆喷涂 L 形标志，要求拐角清晰可见，与地面有明显色差，易于内业人员判刺。使用 RTK 连接安徽省网 CORS，进行测量，并做好点之记整理工作。



图 6 像控点测量

3) 航摄飞行

航摄作业时，飞机组装完成后，要根据飞马无人机管家的提示进行一系列严格的检查，在确保安全的情况下才能升空作业。飞机升空作业后，在地面站对飞机工作状态进行实时监控，时刻关注电池电量、飞机的飞行姿态、航高及速度等指标。航摄完成后在现场下载 POS 数据并对航摄影像进行检查和整理，确保 POS 信息无遗漏，影像清晰。



图 7、图 8 飞行作业

3.2 DOM 生产

高分辨率 DOM 制作的技术路线如图所示。

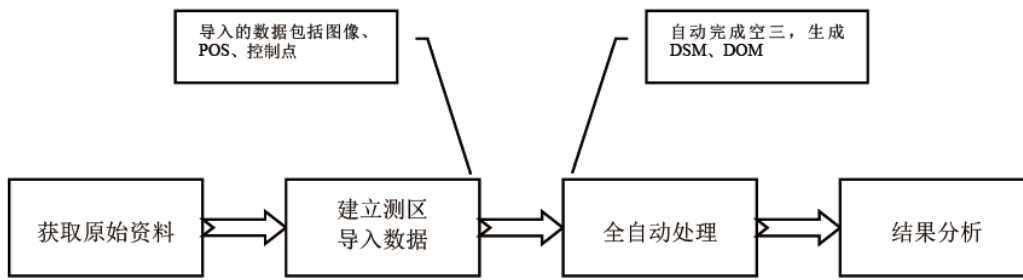


图 9 高分辨 DOM 制作技术路线

DOM 生产使用全自动无人机数据处理软件 Pix4Dmapper，这是一款集全自动、快速、专业精度为一体的无人机数据和航空影像处理软件。

3.2.1 数据导入

导入的原始资料包括影像数据、POS 数据以及控制点数据。

确认原始数据的完整性，检查获取的影像中有没有质量不合格的相片。同时查看 POS 数据文件，主要检查航带变化处的相片号，防止 POS 数据中的相片号与影像数据相片号不对应，出现不对应情况应手动调整。

图像	组	纬度 [degree]	经度 [degree]	高度 [m]
DJI_0271.JPG	group1			9.44
DJI_0272.JPG	group1			9.44
DJI_0273.JPG	group1			9.44
DJI_0274.JPG	group1			9.44
DJI_0275.JPG	group1			9.44
DJI_0276.JPG	group1			9.44
DJI_0277.JPG	group1			9.44
DJI_0278.JPG	group1			9.44
DJI_0279.JPG	group1			9.44
DJI_0280.JPG	group1			9.44
DJI_0281.JPG	group1			9.44

图 10 POS 数据格式

需要设置确认影像属性：

- (1) 图像坐标系
- (2) 地理定位和方向
- (3) 相机型号

3.2.2 加入像控点

- (1) 导入像控点文件。设置像控点坐标系统，导入像控点文件（csv 格式）。
- (2) 在图像上刺出控制点。



图 11 像控点刺点

3.2.3 全自动处理

Pix4Dmapper 自动化程度很高，设置好相关属性之后，无需人机交互，便可生成 DOM、DSM 等成果。相关属性及含义如下。

- (1) 初始化设置

a. 特征匹配

设置处理单位像素大小，越大效果越好，花的时间也越多。越小耗时越小。

b. 优化

环节包括了多次的空中三角测量、光束法局域网平差以及相机自检校计算。Internal camera parameters、External camera parameters 内部参数以及外部参数（可以分别理解为内方位元素以及外方位元素）。

Optimize external and all internals 通常无人机震动比较大，所以建议选这个，两个都进行优化计算。

Optimize external only 仅优化外部参数，如果使用的相机已经进行严格的检校，而且相机参数一定要被使用，我们会选这个选项。

Optimize externals and leading internals 优化外部参数以及主要的内部参数。对于视角相机模型主要的内部的参数包括相机焦距以及两个径向畸变参数，对于鱼镜头模型是指相机参数的多项式系数。

重新匹配影像选项对影像进行更多的匹配，会得到更好的匹配效果。在测区内有大量植被、森林时建议选上，选上会增加处理时间。

c. 输出

Camera internals and externals, AAT, BBA 生成相机内部参数以及外部参数、空三文件、区域网光束平差文件。

未畸变影像

畸变纠正影像如果提供了相机参数，在 processing-save undistorted images 中可以生成畸变纠正影像

低分辨率影像图勾选上可以生成低分辨率的影像图（快拼图）。

(2) 点云加密

a. 像素比例

Pixel Matching 图像比例 设置的越大生成的点越多，得到细节越多，花的时间也越多。

Multiscale 多重比例选上后会额外生成多的 3D 点，体现更多的细节。

Point density 点云密度，越大越慢，越小越快。

Minimum number of matches per 3D point 最少匹配数：点云中每个点至少要在几张

相片上有匹配点。3 是默认的，通常在影像重叠度不是很高选 2，得到的点云质量不是很高。选 4 会提高点云质量但是得到的点数量会减少。

b. 点云过滤器

使用点云加密区如果已经画了一个加密区域，那么勾选上这个后，生成的成果只有这个区域内。

使用注解可以生成一些输出成果，这些成果可以用来改变 RayCloud 视图中加密点云与致密点云的视觉效果。

使用噪音过滤半径勾选上后可以设置点云噪音过滤模板的大小，模板越大删去的点越多，得到的结果越平滑，模板越小保留的点越多。通常设置 6-15 可以得到更多的细节。

使用点云平滑一旦使用噪音过滤，那么根据点云会有一个表面生成，这个表面会有很多不正确的小疙瘩，使用点云平滑可以改善这些疙瘩。

类型：sharp 可以保留更多的转角、边缘特征。Smooth 平滑整个区域。Medium 是前两者的一个综合。

半径：设置平滑算法模板的半径。设置为 0 时不做平滑，设置为默认时可以保留一些栏杆、天线等特征。设置大于 20 时会平滑尖锐的区域。

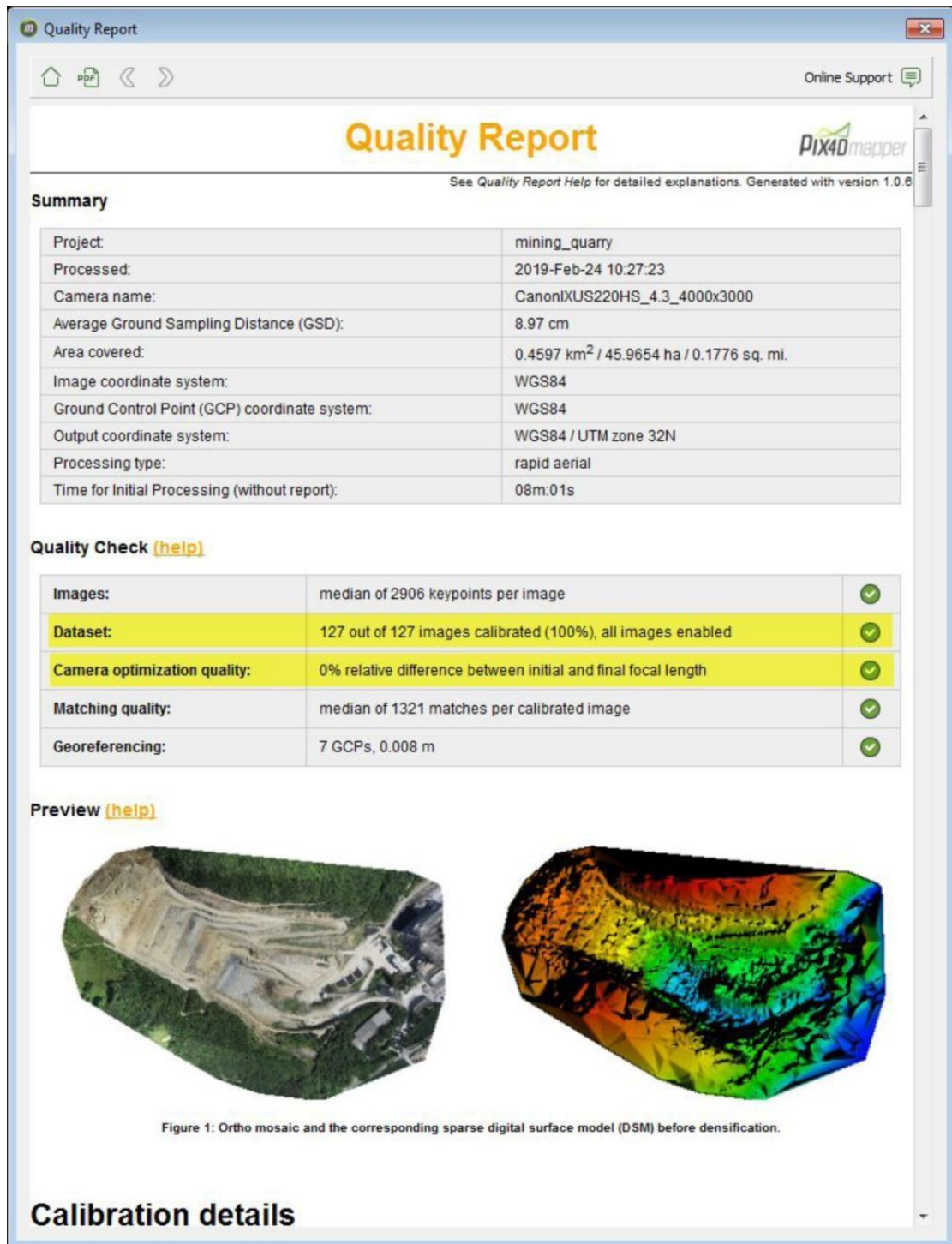


图 12 质量报告

c. 输出

XYZ 是空间坐标文件、LAS 是 LiDAR 点云文件、LAZ 是 LAS 压缩文件。

3.2.4 数字表面模型及正射影像生成

a. 栅格数字表面模型 (DSM)

GeoTiff : 保存 DSM 为 GEOTIFF 文件

合并瓦片：生成一个融合的大文件，没有选上的话生成的 DSM 是分块的。

b. 坐标方格 DSM

设置坐标 DSM 格式，XYZ 选项下 Spacing 为生成的 3D 点距离。

c. 正射影像图

GeoTiff 选上后可以输出正射影像图。Weighted Average（加权平均）选项是默认的，如果选择 Multi-band Blending，那么处理速度会加快，但是在一些边边角区域会出现更多破碎现象。

d. 三角模型

用正射影像、DSM 生成 OBJ 格式文件。（在三维建模时使用，可以在 3DMAX 中打开）

e. 等高线

设置生成的等高线文件格式。

基地轮廓：设置开始生成等高线高程。

海拔区间：设置等高线距离（等高距）。

3.2.5 编辑正射影像

这一阶段流程是：调整拼接线——投影切换——混合影像——正射影像成果



图 13 编辑正射影像

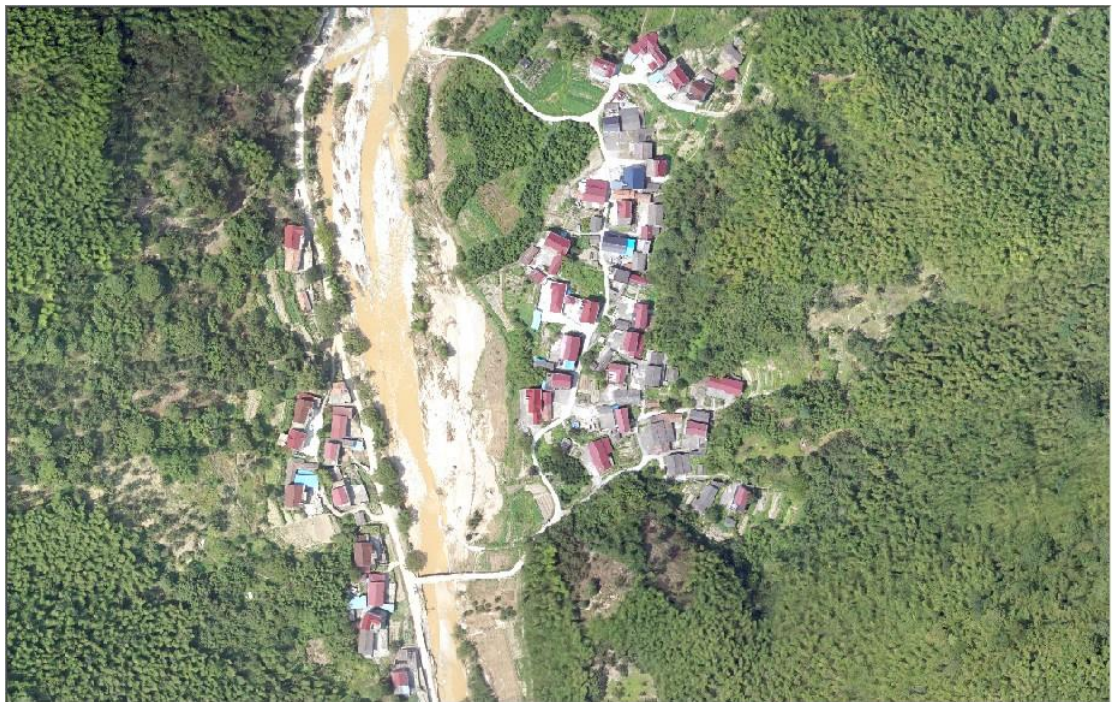


图 14 受灾局部影像图



图 15 正射影像图

4 总结

自然灾害具有突发性特点，灾害应急救援的关键是灾害发生后的快速反应。及时快捷的灾情信息对于及时制定救援策略，提高救援效率和质量起着至关重要的作用。

本项目采用飞马无人机进行测区正射影像数据的获取，能够在较短的时间内生产高质量、高精度的模型成果。

此次救灾中，两架飞马无人机共飞行 17 个架次，覆盖面积近 90 平方公里。并经 Pix4Dmapper 数据处理，生产了受灾区域的高精度 DOM 数据成果，提交救灾指挥部，为灾情研判、救灾指挥提供有效地数据支撑，为生命财产的救援争取了宝贵时间。

无人机航空摄影系统在灾害应急救援应用中的优势：

- ① 快速了解灾情现状，用于灾情评估；
- ② 灾情地形地貌了解，便于指挥决策；

③ 次生灾害预测，可及时防范；

④ 快速的应急响应能力；

⑤ 影像获取成本低。