

无人机航空遥感技术在震后灾情调查中的应用

尹鹏飞^{1,2} 尹球³ 陈兴峰^{1,2} 许华^{1,2} 张文君⁴

¹中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101

²中国科学院研究生院, 北京 100049

³上海市卫星遥感与测量应用中心, 上海 201100

⁴中国人民解放军空军沙河场站气象台, 北京 102207

摘要 为开展 5.12 汶川大地震的震后灾情及次生地质灾害遥感应急调查, 利用无人机平台和机载光学遥感载荷组成的无人机航空遥感系统, 沿龙门山断裂带及其沿线, 对地震形成的山体滑坡、崩塌等地貌变化造成的堰塞湖和其他次生地质灾害, 进行了高空间、高时间分辨率的低空遥感探测, 获取了大量及时、准确的遥感信息。根据收集遥感数据情况, 采取了机载定位定向系统(POS)数据处理、正射影像制作与自动镶嵌、次生地质灾害类型分析与解译等航空遥感数据处理流程, 完成了以四川省绵阳市安县等为重点的次生地质灾害调查和灾情评估。

关键词 遥感; 地震灾情评估; 无人飞机; 航空遥感

中图分类号 TP79

OCIS 280.4788 280.0288 100.0110 100.1160 100.2000

文献标识码 A

Unmanned Aerial Vehicle Aerial Remote Sensing Techniques and Its Application on Post-Earthquake Disaster Investigation

Yin Pengfei^{1,2} Yin Qiu³ Chen Xingfeng^{1,2} Xu Hua^{1,2} Zhang Wenjun⁴

¹*Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*
²*Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*
³*Shanghai Center for Satellite Remote Sensing Applications, Shanghai 201100, China*
⁴*Shahe Aeronautical Meteorological Station, Chinese Peoples Liberation Army Air Force, Beijing 102207, China*

Abstract In order to complete remote sensing(RS) emergency investigation for 5.12 Wenchuan post-earthquake and secondary geological disaster, the remote sensing data sources were obtained from unmanned aerial vehicle(UAV) aerial remote sensing system, which was made up of UAV and optical RS payload. The data sources got by the high temporal and spatial resolution low latitude RS sounding, were done by a series of data processing flow such as airborne position & orientation system(POS) data treatment, orthogonal projection image making, automatic image mosaic, secondary geological disaster's type analysis and interpretation. The image interpretation results timely show the disaster situation in the key disaster area (located in An county, Mianyang city, Sichuan province). The important information of the earthquake disaster (afflicted building, landslide and dammed lakes) includes location, boundary, scale etc.

Key words remote sensing; evaluation of earthquake disaster situation; unmanned aerial vehicle; aerial remote sensing

1 引言

2008年5月12日14时28分,我国四川省汶川地区发生了里氏8.0级特大地震,引发了大量的崩塌、滑坡、泥石流及堰塞湖等次生地质灾害。为快速开展震后灾情和次生地质灾害遥感应急调查,中国科学院遥感

收稿日期: 2010-04-06; 收到修改稿日期: 2010-06-08

作者简介: 尹鹏飞(1978—),男,博士研究生,工程师,主要从事灾害遥感监测方面的研究。

E-mail: yinpengfei2@sina.com

导师简介: 尹球(1963—),男,博士,研究员,主要从事大气、水体和生态等环境要素遥感监测等方面的研究。

E-mail: yinqiu@sh.com

文中彩色效果详见中国期刊网(<http://optics.journal.net>)相关文献

应用研究所联合成都电子科技大学、西南交通大学和北京安翔动力科技有限公司等单位科技人员组成高分辨率、低空遥感地震灾情探测专家队,开展了地震灾情遥感应急调查。

地震灾情及次生地质灾害遥感应急调查区别于一般遥感调查的特点是要在尽可能短的时间内,以尽可能快的速度可能获取的遥感数据源为基础,采用快速遥感解译方法获取尽可能准确的地震灾情信息^[1~3]。为此,充分发挥无人机机动、快速、灵活特点,以尽可能短的时间、尽可能快的速度获取了四川省绵阳市安县茶坪乡和高川乡等重点灾区遥感影像数据,采用本文介绍的无人机航空遥感数据处理流程,及时解译出重点灾区崩塌、滑坡、堰塞湖等次生地质灾害的类型、位置、边界、规模等信息,为灾区人民群众生活安置和灾后恢复重建提供了所需资料。

2 无人机航空遥感数据获取

汶川地震灾区主要位于龙门山断裂带及其沿线上,最高山脉 6250 m,最低处 700 m,高差极大,地势险峻,受灾城镇居民、交通道路均处于山谷低处。气候复杂多变,给震后遥感数据的快速获取提出了特殊要求。为此,科学地选择飞行平台、合理地制定飞行航线是完成探测任务的首要保证。鉴于固定翼型无人机的起降只需要略微空旷的场地,就能够定点起飞、降落,对起降场地的条件要求不高,其飞行是通过将标有飞行航线的电子地图输入到无人机的飞行管理系统来实现的,极适合于重点区域局部范围的应急灾害调查与监测、山体滑坡勘查以及各种突发事件调查等^[4]。因此,在“5.12”汶川地震堰塞湖等次生地质灾害调查中,选择了固定翼型 AF-1000 无人机平台,机上搭载的传感器为小幅面数字相机,辅以高精度定位定向系统(POS)和智能飞行管理系统,实现了实时监控、自动导航与定点曝光,以确保在震区险峻地势、繁忙空域条件下临时空域避让和飞行作业。其中,无人机及其上搭载的数字相机主要性能指标,分别如表 1 和表 2 所列。

表 1 无人机主要性能指标

Table 1 Main performance index of unmanned aerial vehicle aerial

Main performance index	Parameters
Aircraft length /m	1.8
Aircraft span /m	2.35
Maximal takeoff weight /kg	38
Maximal payload weight /kg	12
Cruising speed /(km/h)	110
Maximal flight altitude /m	5000
Airplane voyage /km	250
Airplane endurance /h	2~3
Wind resistance ability /(m/s)	17

表 2 数字相机主要性能指标

Table 1 Main performance index of digital camera

Main performance index	Parameters
Effective pixels	10.10 Megapixel
Sensor type	CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)
Sensor size	22.2 mm×14.8 mm
Maximum resolution	3888 pixel×2592 pixel

3 无人机航空遥感数据处理

无人机航空遥感数据处理是在飞行作业结束之后,使用机载 POS 数据,原始航空影像,相机参数等输入数据,通过 POS 数据处理、正射影像制作与自动镶嵌、次生地质灾害类型分析与解译、成果输出等几个流程,最终实现地震灾情与次生地质灾害航空遥感应急调查。

(1) 机载 POS 数据处理

POS 数据的处理采用 POSpac 软件进行处理,在 POSpac 软件中对机载 POS 数据进行差分处理,经过

差分处理后得到每个 POS 事件的位置及姿态数据。

(2) 正射影像制作

正射影像的制作主要分为影像的内定向、外定向、正射纠正、正射影像镶嵌几个步骤。

1) 内定向

由光学相机物镜系统设计、制作和装配误差所引起的像点偏离其理想位置的点位误差称之为光学畸变差。内定向是针对光学畸变差、CCD 排列误差等传感器系统缺陷对单幅影像进行纠正,通常采用畸变差改正模型进行校正。

2) 外定向

通过航空影像的外定向,确定相机曝光瞬间的相机姿态,包括相机摄影中心的位置坐标及姿态数据,通常是根据 POS 数据差分解算的影像外方位数据进行校正。

3) 正射影像纠正

由于航空摄影时不能保持像片严格水平,致使像片产生像点位移、图形变形及比例尺不一致,将航摄像片通过投影变换,获得相当于航摄相机物镜主光轴在铅垂位置摄影的水平像片,同时改化成规定的比例尺的过程称为像片的正射纠正。正射影像纠正通常采用数字高程模型(DEM)数据按单模型法进行纠正。

4) 正射影像镶嵌

通过航空影像的内定向、外定向、正射影像纠正等一系列过程已将航空影像统一到了统一的坐标系统中,再利用 ERDAS 软件的自动生成拼接线的功能,将整个测区的影像无缝地拼接成一幅全区域影像。

(3) 次生地质灾害类型分析与解译

次生地质灾害遥感与其他遥感应用不同,难以根据色彩、色调、纹理确定的解译标志直接确定灾害体^[5,6],需基于某类灾害的地质原理及形态特征识别灾害体,需对地震次生地质灾害有基本认识。通过对震中及周围重灾县市范围区域次生地质灾害航空遥感影像的解译与判读,初步将次生地质灾害归纳为崩塌、滑坡、泥石流和堰塞湖等 4 种主要类型:

1) 崩塌 崩塌是部分斜坡突然倾倒的现象,在航空遥感图像上,表现为陡直的后壁及下部的堆积物。如呈白色或灰白色浅色调,表明崩塌体正处于发展中,如为灰色调,表明崩塌体已处于稳定状态。

2) 滑坡 滑坡是部分倾斜在重力作用下沿着斜坡内一个或数个面作剪切运动的现象,在航空影像上特征比较明显,多呈灰白色、白色或二者相间的花斑色调。

3) 泥石流 泥石流的判读主要是通过通过对沟道内松散固体物质的辨识获得。一般通过专家知识库及相关经验判断具备爆发泥石流所需要地形条件(沟道比降)。震后所引发的大量滑坡和崩塌固体物为泥石流的形成提供了前提条件。

4) 堰塞湖 堰塞湖是由于河道两岸滑坡(崩塌)阻塞河道所致。堰塞湖的规模是在 MapGIS 平台上根据遥感影像和地形图资料交互解译实现的^[7~9]。

(4) 成果输出

识别出次生地质灾害体类型后,接下来就是在图像上按照灾害体各要素的形态特征圈出边界^[10~12]。最后,将圈出的灾害体在 GIS 平台上矢量化后,便可获得更加准确的灾害体位置、边界及面积。

4 无人机航空遥感解译结果

中国科学院遥感应用研究所在震后的第 7 天(2008 年 5 月 19 日),利用低空航空遥感技术手段,获取了包括青川、北川、安县、平武、绵竹、什邡、岷江流域(都江堰—茂县)等重灾区的高分辨率遥感数据(分辨率 0.1~0.35 m),完成了次生地质灾害调查,为解决堰塞湖的问题提供了决策依据。由于篇幅所限,本文以安县为例,给出了详细的地震滑坡、受灾建筑物及堰塞湖调查结果,如图 1 所示。航摄时间为 2008 年 5 月 18 日 23 时(世界时),出图时间为 2008 年 5 月 19 日 12 时(世界时),图中蓝色圈出的区域为堆石坝位置、边界及范围,相邻两个堆石坝拦截的水域即为堰塞湖;红色圈出的区域(H1~H10)为滑坡发生的位置及范围;黄色圈出区域为受灾建筑物位置。经 GIS 平台上处理后,可统计出堰塞湖堆石坝面积(D1~D5)之和约为 141.919 m²。

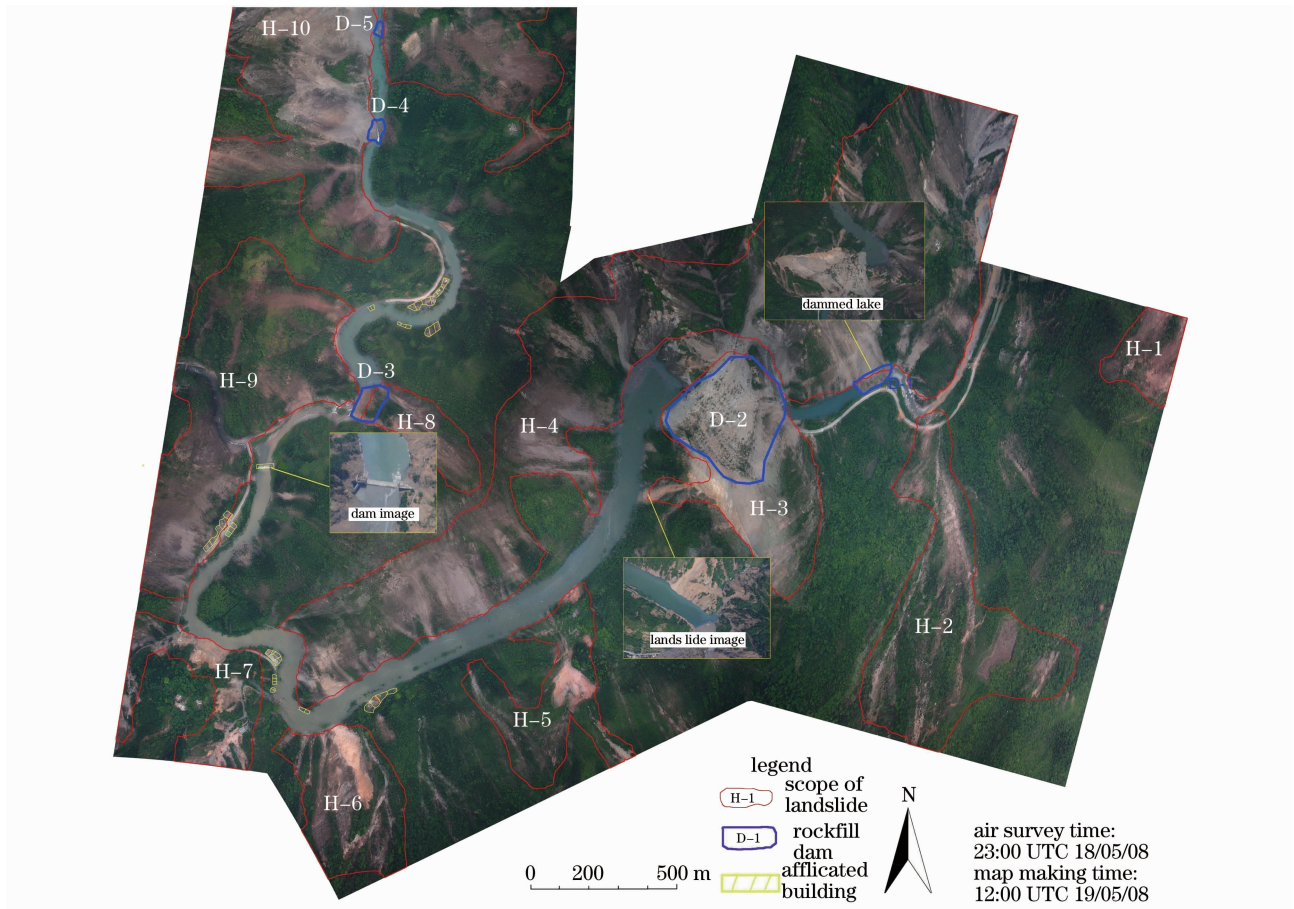


图 1 安县茶坪河地震滑坡, 受灾建筑物及堰塞湖调查结果

Fig. 1 Investigation results of landslide, afflicted building and dammed lakes along the Caping River

5 结 论

以高性能无人机为平台的低空航空遥感在汶川大地震抗震救灾中发挥了特殊的作用,为灾区人民群众生活安置和灾后规划重建提供了震后次生地质灾害分布和危险性评价资料。但也发现无人机在灾害应急调查方面存在一些问题。例如,无人机易受气流影响,航空摄影时不能保持相片严格水平,以致后续数据处理比较困难;常规无人机航空遥感的数据处理流程还不能适应灾害应急的需求等。这些问题严重影响突发灾害遥感应急能力,建议尽快开展无人机高精度姿态控制与定位、常规无人机航空遥感的处理流程改进等关键技术的研究,尽快启动我国无人机航空遥感综合应急监测体系建设工作。

致谢 航空遥感数据的获取得到了汶川地震抗震救灾前线总指挥部、成都电子科技大学、北京安翔动力科技有限公司、中国科学院成都山地所、成都军区测绘信息中心、济南军区陆航一团、成都军区陆航二团、武警绵阳支队和四川省地震局等单位的大力支持,在此表示衷心感谢!

参 考 文 献

- 1 Tong Ling, Li Yuxia, Zhao Zhongming *et al.*. Low altitude RS technology and seismic dammed lake monitoring[J]. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2008, **22**(6): 335~338
童 玲, 李玉霞, 赵忠明 等. 低空遥感技术与地震堰塞湖监测[J]. 中国科学基金, 2008, **22**(6): 335~338
- 2 Tong Liqiang. Emergency remote sensing investigation of barrier lakes at the quake center area caused by "5. 12" Wenchuan strong earthquake[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2008, (3): 61~63
童立强. "5.12"汶川大地震极重灾区地震堰塞湖应急遥感调查[J]. 国土资源调查, 2008, (3): 61~63
- 3 Chen Xiaoqing, Cui Peng, Cheng Zunlan *et al.*. Emergency risk assessment of dammed lakes caused by the Wenchuan

- earthquake on May 12, 2008[J]. *Earth Science Frontiers*, 2008, **15**(4): 244~249
- 陈晓清, 崔鹏, 程尊兰等. 5.12汶川地震堰塞湖危险性应急评估[J]. *地学前沿*, 2008, **15**(4): 244~249
- 4 Wang Ping, Wang Dianqi, Xiong Shengqing *et al.*. Earthquake Aerial Remote Sensing Survey on May 12, 2008[M]. Beijing: Science Press, 2009. 11~63
- 王平, 王殿琦, 熊盛青等. “5.12”地震灾害航空遥感调查[M]. 北京: 科学出版社, 2009. 11~63
- 5 Sun Xian, Wang Hongqi, Zhang Zheng *et al.*. Automatic method for urban roads detection and mapping based on remote sensing images[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(1): 86~92
- 孙显, 王宏琦, 张正等. 基于遥感图像的城市道路自动测绘方法研究[J]. *光学学报*, 2009, **29**(1): 86~92
- 6 Wang Leiguang, Liu Guoying, Mei Tiancan *et al.*. A segmentation algorithm for high-resolution remote sensing texture based on spectral and texture information weighting[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(11): 3010~3017
- 王雷光, 刘国英, 梅天灿等. 一种光谱与纹理特征加权的高分辨率遥感纹理分割算法[J]. *光学学报*, 2009, **29**(11): 3010~3017
- 7 Ye Chuanqi, Miao Qiguang, Wang Baoshu. An image fusion algorithm using region segmentation and Contourlet transform [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(3): 447~453
- 叶传奇, 苗启广, 王宝树. 基于区域分割和 Counterlet 变换的图像融合算法[J]. *光学学报*, 2008, **28**(3): 447~453
- 8 Zhang Ruijuan, Zhang Jianqi, Yang Cui *et al.*. Study on color Image registration technique based on CSIFT[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(11): 2097~2103
- 张锐娟, 张建奇, 杨翠等. 基于 CSIFT 的彩色图像配准技术研究[J]. *光学学报*, 2008, **28**(11): 2097~2103
- 9 Ni Jun, Yuan Jiahu, Wu Qinzhang. Identification for optical image definition based on edge feature[J]. *Chinese J. Lasers*, 2009, **36**(1): 172~176
- 倪军, 袁家虎, 吴钦章. 基于边缘特征的光学图像清晰度判定[J]. *中国激光*, 2009, **36**(1): 172~176
- 10 Feng Zhongyao, Jia Fang, Zhou Jinghui *et al.*. Three-dimensional surface shape measurement of big objects by image splicing in digital holography[J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(12): 2017~2021
- 冯忠耀, 贾昉, 周景会等. 数字全息中利用图像拼接测量大物体的三维形貌[J]. *中国激光*, 2008, **35**(12): 2017~2021
- 11 Nie Shouping, Wang Ming, Liu Feng. Image segmentation algorithm study for low contrast image[J]. *Chinese J. Lasers*, 2004, **31**(1): 89~91
- 聂守平, 王鸣, 刘峰. 低对比度图像分割算法研究[J]. *中国激光*, 2004, **31**(1): 89~91
- 12 Hou Peiguo, Chen Yiqiang, Zhang Bei. Research on road traffic sign identification algorithm based on invariance association neural network[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2010, **47**(6): 061001
- 侯培国, 陈毅强, 张北. 基于不变性联想神经网络的道路交通标志识别算法[J]. *激光与光电子学进展*, 2010, **47**(6): 061001