

文章编号: 1004- 4574(2009) 05- 0036- 05

# SWDC 数字航空摄影仪在特大地震灾害中的应用

段福洲<sup>1,2</sup>, 宫辉力<sup>1</sup>, 李小娟<sup>1</sup>, 赵文吉<sup>2</sup>

(1. 首都师范大学 资源环境与旅游学院, 北京 100037; 2. 三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100037)

**摘 要:** 我国是一个自然灾害频发的国家, 汶川大地震产生的巨大破坏将国家减灾救灾的战略需求提到了更高的地位。利用国产 SWDC 数字航空摄影仪等航空遥感平台, 在灾前预警、灾中应急和灾后重建等不同阶段获取及时、准确、有效的灾害数据, 是减灾救灾的重要组成部分。阐述了 SWDC 在灾中应急与灾后详评估中采用的技术方案, 并于 2008年 5月 16日、18日、21日三次获取了北川、平武、安县和青川等县市的航空遥感影像, 制作了北川县地质灾害分布图、灾区公路损毁分布图等图件。在此基础上, 对 SWDC 的数据快速获取能力和高精度的灾害详评估进行了着重论述。最后, 分析了灾害应急航空遥感数据处理的现状, 对各种处理手段进行了对比分析, 并对航空遥感的未来发展进行了展望。

**关键词:** 航空遥感; 数字航空摄影仪; 灾害应急

中图分类号: X43

文献标识码: A

## Application of SWDC aerial digital camera to violent earthquake disasters

DUAN Fu-zhou<sup>1,2</sup>, GONG Hui-li<sup>1</sup>, LI Xiao-juan<sup>1</sup>, ZHAO Wen-ji<sup>2</sup>

(1. Capital Normal University Beijing 100037 China

2 Key Lab of 3D Information Acquisition and Application, MOE, Beijing 100037 China)

**Abstract** Natural disasters occur frequently in China so the mitigation and relief of disaster becomes the position strategy in higher position after the Wenchuan earthquake causing enormous destruction. By domestic SWDC digital aerial camera and other aerial remote sensing platforms the spatial and attribute information is acquired timely, accurately and effectively in the pre-disaster early warning, disaster emergency and post-disaster reconstruction state. It is an important part of disaster mitigation and relief. In this article the technical programme using SWDC in disaster emergency and post-disaster detailed evaluation is described while the fast data-acquiring capacity and high precise disaster assessment are explained emphatically. At last, the aerial remote sensing data processing status is analyzed and the future development of aerial remote sensing is prospected.

**Key words** aerial remote sensing; digital aerial camera; disaster emergency

地震是人类面临的最可怕灾难之一, 因其破坏力大、死伤人口多, 而成为人类重点防治的灾害之一。我

收稿日期: 2008- 06- 15 修订日期: 2009- 07- 20

基金项目: 国家科技支撑项目 (2006BAJ05A 01)

作者简介: 段福洲 (1979- ), 男, 讲师, 博士, 主要从事三维信息获取与应用研究. E-mail: duanfuzhou@263.net

国是一个地震多发区,全国有 60% 的国土、50% 的城市、67% 的大城市位于 7 度及以上烈度区<sup>[1-2]</sup>。我国地震监测自古就有,张衡早在公元 132 年制造的“候风地动仪”就能够监测地震,其后各种地震监测技术方法陆续出现,但都不能“验之以事,合契若神”。遥感技术诞生以来,其在地震中应用领域与范围就不断扩大。1972 年美国用 6 张遥感影像弄清了 1964 年阿拉斯加大地震形成的原因。20 世纪 70 年代后期,我国利用美国 MSS 陆地卫星资料进行地震地质研究工作开始起步,地震学家利用当时有限的卫星遥感影像资料对我国大陆内部主要构造带进行了研究。日本、美国等一些国家充分发挥航空遥感、高分辨率卫星遥感等现代空间对地观测技术不受时间和地域的限制、不受地震破坏的影响的特性,在地震发生后,准确、全面地获取灾情图像信息,并对后续次生灾害进行动态监测。如日本的 Nioki Ogawa Hirota Hasegawa 分别利用阪神地震航空遥感影像,较好地判读了木结构的震害<sup>[3-7]</sup>。土耳其地震、希腊雅典地震、中国台湾地震、印尼地震海啸、南亚地震等发生后,均采用了遥感手段,及时、全面地获取灾区灾情信息,并进行震害损失评估<sup>[8-9]</sup>。我国地震部门和中国科学院有关部门于 20 世纪 60 年代中期开始使用遥感技术获取地震灾情信息,先后对邢台、海城、唐山、龙陵、大同等十几个破坏性地震的震中区进行了航空摄影,调查灾情,并进行不同比例尺的震害制图工作<sup>[10-13]</sup>。2003 年新疆巴楚-伽师地震后利用航空遥感影像首次成功地实现了在地震应急阶段获取震害遥感影像并进行了地震灾害评估<sup>[14]</sup>。

我国机载的光学、雷达、激光等设备能够为灾区提供较卫星遥感更为清晰的遥感影像数据,在特大地震应急阶段进行地震监测和灾害信息提取能够发挥更大的作用。国内外专家学者在灾害应急数据快速处理和灾害信息提取做了大量的研究工作,取得较多的成果。航空遥感作为特大地震灾害应急中重要的遥感手段,具有分辨率高、灵活方便、实时性强、天气适应能力强的优势,能够在特大地震灾害应急中发挥重要作用,在房屋倒塌调查、安置点设置、次生灾害监测与预警等方面发挥着至关重要的作用。

## 1 SWDC 的应用与技术方法

特大地震发生后,采用航空遥感的方式采集各种灾害数据,如房屋倒塌、道路损毁、滑坡泥石流、堰塞湖等。目前主要应用的遥感传感器分为可见光、雷达、激光等不同类型的传感器,可见光传感器图像处理简单,采用了所见即所得的方式;雷达遥感是一种主动的遥感方式,可以克服云等天气条件的影响,但图像处理复杂,需要较为专业的人员进行各种灾害信息提取;激光扫描仪采用的是另一种主动遥感方式,其点扫描的方法具有较高的高程精度,而且还能部分去除植被的影响,但处理工作量大,一般用于重点区域、重点目标的监测。结合我国遥感传感器发展、数据快速处理、灾害信息快速提取等客观条件,目前,在特大地震的航空遥感应用方面,可见光遥感处于更加重要的位置,也是目前灾害航空遥感的主流方法。目前,我国主要采用的遥感传感器分为两种,一种是航空摄影测量领域的各种数字航空摄影仪,如 ADS40 DMC, UCD, SWDC 等。另一种是主要用作地面属性信息提取的遥感传感器,如北京大学的“无人机航空遥感系统”、国家减灾中心的无人机系统等。前者主要用途是制作 DOM 或者测图,后者主要用作资源调查。ADS40 DMC 和 UCD 是国外分别于 2000 年、2002 年、2004 年推出的数字航空摄影仪;作为具有自主知识产权的国产数字航空摄影仪 SWDC 是在刘先林院士的领导下,经过近 5 年的技术攻关,于 2007 年推出的国产数字航空摄影仪<sup>[15]</sup>。SWDC 采用了组件时的结构设计,主要由电池、数据箱、中心控制箱、镜头箱、显示装置五部分组成,其结构设计充分考虑了航空摄影测量时其他常规相机与国外数码航空相机结构设计的优缺点。SWDC 具备较好的平台适应性,能够适应蜜蜂 3 运 5 运 8 运 12 奖状等不同的飞行平台。SWDC 在搬运、安装、拆卸都表现出了很大的灵活性和易操作性,可进行有无摄影员两种操作模式,在灾害应急中表现出较强的适应性。SWDC 幅面可达到 10K × 14.5K,高程和平面精度都可达到 0.5 个像元。SWDC 诸多技术特点使得其在地震灾害中的灾害应急、灾情详评估、灾后测图等方面发挥较大的作用。

灾害应急:灾情快速评估要求较为方便快捷的获取地震灾情,在气象条件允许的情况下,可在 1~3d 获取地震震中周围超过 3 万 km<sup>2</sup> (大约离震中 100km 的范围),采用国产新型数码航空摄影仪 SWDC (10K × 14K),进行分辨率为 50cm 航空摄影(飞行相对航高 3500m),采用“奖状”或者“运 12”进行大面积作业,较短时间内可以完成超过 3 万 km<sup>2</sup>,达到快速获取地震灾区真彩色的遥感像片的目的。利用 50cm 的高分辨航空遥感影像,可以较为快速的获取灾害发生过程中房屋、道路、水库、大型工厂等重大评估对象的灾害损害情

况, 以及进行次生灾害风险评估, 制作各种灾害和风险评估数字产品, 为灾情应急提供实时、准确的空间数据。

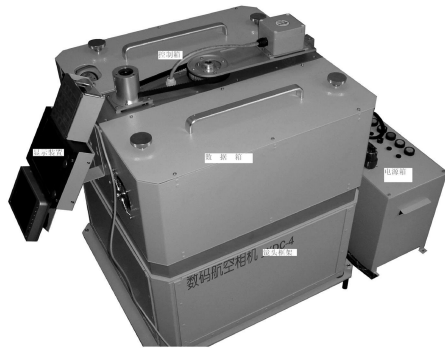


图 1 SWDC 结构图  
Fig 1 Structural drawing

我们利用 SWDC 分别于 2008 年 5 月 16 日、18 日、21 日获取了北川、平武、安县、青川等县市的 50~60cm GSD 分辨率的航空遥感影像, 分别制作了北川县地质灾害图、灾区公路损毁分布图等专题图件。SWDC 在汶川大地震中的应用充分表现了其在地形复杂、天气条件恶劣、时间紧迫、空域紧张的情况下获取灾区遥感数据能力。在使用 SWDC 进行灾害应急的过程中, SWDC 良好的平台适应能力, 自动航空摄影控制方式, 超大面阵影像 (10K × 114 5K, 单张影像覆盖达到 6km × 18km) 的特点极大提高了其对于恶劣天气的适应能力。



图 2 利用 SWDC 获取影像制作的北川灾害影像图  
Fig. 2 Image hologram of disaster in Beichuan made of SWDC-acquired images

灾情详评估: 地震发生后, 灾后的重建工作是地震减灾救灾的重要工作内容之一。获取详细的、高精度的、准确的灾情信息是进行灾后重建的重要基础。根据地震上报灾害数据、灾中快速评估航空遥感数据进行灾情重点区域的划分与确定, 利用国产新型数字航空摄影仪 SWDC 和“蜜蜂”(可以不需要机场)或者“运 5”等超轻型飞行平台进行重点区域的 5~20m 分辨率航空遥感影像的获取 (飞行相对航高 300~1500 m, 水平精度可以达到 5cm, 高程精度也可达到 5cm)。利用高分辨率航空遥感影像, 获取农田、道路、工厂、房屋以及其他基础设施的基本情况, 特别是一些可能引起次生灾害的水库河流堤坝等的三维信息, 制作相关的数字产品, 为灾后重建的各项工作提供详细、准确、实时的灾害详情数据。主要包括: 灾区航空正射影像镶嵌图 (比例尺 1:1000 至 1:2000 叠加灾区地理信息数据)、灾区道路、房屋破坏详查图、灾区基础设施破坏详查图 (水利、电力、大型工矿企业等)、灾区农业种植损失详查图、灾区地形数据产品、灾区次生灾害风险地图、灾情详评估报告等等。SWDC 具备达到 1/10000 相对航空精度的能力, 其对重点区域的详评估能力可以部分代替工程测量的工作, 为桥梁、道路、堤坝等重点工程的灾害情况详评估提供了高精度的专题图件, 对于次生灾害的预警和评估具备厘米级的监测能力, 可以提供给各级相关部门使用。SWDC 具备的良好测图能力, 使得进行灾后详评估的原始遥感影像可以提供给测绘部门, 进行相关图件的制作。

灾后测图: 特大地震发生后, 灾区地理环境、道路、村庄、河流水系等都有可能发生较大的变化, 基础图件的及时更新是保证灾后重建所需空间数据准确性和现势性的重要因素。利用 SWDC 进行灾区测图发挥了

SWDC测图流程短、精度高、可作业时间长(水平能见度仅要求 3~4km)的技术特点。按照不同要求,灾后地图更新会涉及到多个比例尺(1:500到 1:50000),DEM,DOM,DLG等多个数据产品。SWDC可以满足 1:500到 1:50000成图比例尺的国家相关规范要求,特别是 SWDC能够使用蜜蜂 3等轻型平台,在云贵川等所谓的航摄五类地区,具有较强的使用优势。

## 2 数据处理与数据产品

航空遥感在灾害特别是特大地震中的应用,快速获取灾区的高质量航空影像是一个最为基础的工作,同时航空遥感影像的数据处理、信息提取和各种灾害专题的生成也是灾害应急、辅助决策、灾后重建工作中一个十分重要的方面。航空遥感数据处理在灾害不同的阶段体现不同的技术要求和特征。在灾害应急阶段,航空遥感数据处理要求速度,一般当天白天获取数据,晚上处理完成,第二天清晨完成各项数据产品的制作和上报。航空遥感数据快速处理目前还是一个需要突破的技术难题,目前处理航空遥感影像主要有 X4,ViZoo,PCI Edar,Envi等,这些遥感处理软件尽管功能有所不同,但多是在处理精度、准确性、功能性上具有各自的优势,但在数据处理的快速性上存在不足。张祖勋院士研究的 DPGrid吸收了影像工厂、网格计算等加速遥感数据处理速度的先进理念和技术,在航空遥感影像处理方面速度提高了 8倍以上。但是对于一个动辄花费几天甚至是几十天的航空遥感数据处理任务来说,其在灾害应急航空遥感影像的处理还略显不足。而且,DPGrid等航空摄影处理软件都是针对摄影测量使用的,要求规则的航线、严格的航向旁向重叠率。在灾害应急时一般伴随着较为恶劣的天气,任何一张灾区的遥感影像都十分珍贵。SWDC在汶川地震采用了飞行平台上天即进行航空摄影,没有规划的航线,打破了常规的航空摄影测量的方式,根据当时空管、天气、灾情应急需要等多个因素灵活机动的进行航空摄影,我们称之为任意航线的航空摄影。对于灾害应急时的航空遥感数据处理,仅用这些一般要求满足较为严格的航空摄影规范的处理工具还存在很多不足。目前一般仅是通过影像匹配、人工拼接等多种手段,尽管精度受到一定的影响,但总体还是能够满足灾害应急需要。

## 3 应用展望

灾害应急、灾后详评估和灾后重建需要各种空间数据和信息的支持,天地空一体的对地观测体系将极大的满足各种灾害灾前、灾中、灾后不同时期的需要。航空遥感的发展,特别是具有自主知识产权的机载数据采集系统、数据快速处理系统、灾害专题空间信息产品生成系统等的发展,将在包括特大地震在内的自然灾害不同阶段起着更为重要的作用。但是,包括 SWDC在内的航空遥感也必须在各个方面取得更大的技术进步,以满足灾害应急的需要。航空遥感在特大灾害中的应用主要有以下几个发展趋势:

(1)航空遥感多传感器的立体体系逐步完善:随着国产可见光传感器、雷达传感器、激光扫描仪等多光谱范围、多分辨率、多种用途的传感器自主程度的提高,以及有人机、无人机、飞艇等不同高中低飞行平台的性能水准的提高,我国航空遥感体系将越来越完备。航空遥感手段将在遥感业务中占据更加重要的位置。航空遥感不仅在资源调查、国土测绘、科学研究中应用范围不断深化,而且各种航空遥感技术和设备将在灾害应急中发挥更大的作用,其克服恶劣天气的能力、获取数据的实时性、处理数据的快速性将得到大大的增强。最终,航空遥感多传感器的立体体系将会满足各种灾害预警、应急、评估的需要。

(2)专业的遥感数据快速处理软硬件迅速发展:当前,各种遥感处理软件层出不穷,可见光的、雷达的、激光的不同传感器数据的,大型的如 PCI小型的如 ecognition 等。但是,从当前应急部门数据处理手段来看,都是利用通用的遥感处理软件处理灾害应急等特殊时期的遥感数据,其矛盾十分突出。基于网格技术、集群计算机技术、并行机等先进技术的航空遥感数据应急快速处理的软硬件设备在国家的重大科技专项的支撑下将取得较大的飞跃。专门用于灾害应急的各种航空遥感数据应急处理设备将从诞生走向成熟。

(3)灾害应急航空遥感应急体系逐渐形成:尽管我国航空遥感有了长足的进步,但在灾害应急时还是表现出各种传感器、不同飞行平台的无秩序性,没有统一的规划和安排。重点表现在小区域各种雷同的数据不断出现,灾害专题信息产品集中在点上,不利于相关部门统筹兼顾、科学决策。国家减灾部门正在着手建立在灾害四级响应体系下的航空遥感应急体系,有序有效的管理、规划、使用各种不同的航空遥感技术设备,保证不同地区、不同灾种能够及时有效的获取灾害数据。

## 4 结 论

SW DC等航空遥感技术设备在灾害中已经表现出较强的实用性,而且已经在汶川大地震中得到了较好的利用,在灾害应急、灾害详评估等不同阶段发挥重要作用,而且在不同阶段可以表现出较强的数据快速获取能力和数据产品的高精度。但作为光学遥感一种,SW DC尽管可以进行云下作业,但也存在天气依赖等问题。SW DC采用真彩色的方式获取影像,也存在光谱信息不足的特点。因此,配合其他不同类型的航空遥感技术的发展手段,极大地促进我国航空遥感立体体系、灾害应急数据处理软硬件以及灾害航空遥感应急体系的发展,为各种灾害提供准确、及时、有效的遥感数据产品。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] 张海根. 遥感技术在地震方面的应用和展望 [ J ]. 地壳变形和地震, 1981, 1( 1): 110- 114
- [ 2 ] 邹谨敬. 遥感技术在我国地震研究中的应用与展望遥感技术在我国地震研究中的应用与展望前景 [ J ]. 遥感技术与应用, 1991, 16( 2): 48- 51
- [ 3 ] 王瑞雪, 叶燎原. 应用遥感技术进行地震灾害快速调查的研究 [ J ]. 昆明理工大学学报, 2003, 28( 4): 15
- [ 4 ] 申旭辉, 吴云, 单新建. 地震遥感应用趋势与中国地震卫星发展框架 [ J ], 国际地震动态, 2007, 344: 38- 45.
- [ 5 ] 张海根. 遥感技术在地震方面的应用和展望 [ J ], 地壳变形和地震, 1981, 1( 1): 110- 114
- [ 6 ] 杨豁, 程家喻. 澜沧一耿马地震灾情的航空遥感调查 [ J ], 国土资源遥感, 1993, 15: 17- 22
- [ 7 ] 陈文凯, 等. 利用遥感技术提取震害信息方法的研究进展西 [ J ]. 北地震学报, 2008, 30( 1): 412- 417.
- [ 8 ] 柳稼航, 单新建, 尹京苑. 遥感图象自动识别城市震害房屋 - 以 2001年印度库奇地震和 1976年唐山地震为例 [ J ], 地震学报, 2004, 26( 6): 623- 632
- [ 9 ] 程家喻, 杨喆, 唐汉军, 等. 利用航空摄影进行震害调查的精度估计 [ J ]. 地震地质, 1995, 17( 1) : 288- 295
- [ 10 ] 丁军, 王丹. 遥感图像上城市震害信息德获取及其应用 [ J ]. 灾害学, 1996, 11( 1) : 282- 286
- [ 11 ] 朱博勤, 魏成阶, 张渊智. 航空遥感地震灾害信息的快速提取 [ J ]. 自然灾害学报, 1998, 7( 1) : 234- 239
- [ 12 ] 张景发, 谢礼立, 陶夏新. 建筑物震害遥感图像的变化检测与震害评估 [ J ]. 自然灾害学报, 2002, 5: 259- 264.
- [ 13 ] 柳稼航. 利用遥感技术进行城市建筑震害的自动识别与分类方法研究 [ D ]. 北京: 中国地震局地质研究所, 2003.
- [ 14 ] 李萍. 基于遥感技术的 2003年 2月 24日新疆巴楚地震震害快速评估 [ D ]. 哈尔滨: 中国地震局工程力学研究所, 2004.
- [ 15 ] 段福洲. 近地轻型数码航空摄影测量系统研究 [ D ]. 2007 北京: 首都师范大学, 2007.