

# 应急测绘保障体系若干关键问题研究

朱庆<sup>1,2</sup> 曹振宇<sup>1,3</sup> 林琿<sup>4</sup> 谢维挺<sup>5</sup> 丁雨淋<sup>1,4</sup>

1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

2 西南交通大学地球科学与环境工程学院,四川 成都,610031

3 四川省基础地理信息中心,四川 成都,610041

4 香港中文大学太空与地球信息科学研究所,中国 香港,999077

5 四川省测绘地理信息局,四川 成都,610041

**摘要:**以“4·20”芦山7.0级强烈地震中应急测绘保障为例,系统分析了目前应急测绘保障工作的机制,以及数据获取、传输、处理、发布以及应急测绘数据共享多个环节中存在的突出问题,提出了一种新的应急测绘保障体系架构和任务驱动的聚焦服务机制。

**关键词:**应急测绘保障体系;聚焦服务;任务规划;资源调度

**中图法分类号:**P208

**文献标志码:**A

当前世界范围内的防灾减灾形势严峻,灾害对于人类和经济、社会发展的影响不断加剧<sup>[1]</sup>。在全球气候变化背景下,随着经济和城市化的加速发展,我国遭受各种灾害威胁的形势也日益严峻<sup>[2]</sup>。测绘技术和测绘成果作为准确掌握突发事件灾情险情的重要手段,是实施减灾救灾的基础依据。因此,为了有效应对突发事件,构建完善的测绘应急保障体系是加强防灾减灾研究和建设中一个不可忽视的战略问题。

应急测绘保障服务指“各级测绘行政主管部门为国家应对突发事件提供的测绘保障活动”,是突发事件应急准备与处置、灾情评估、灾后恢复重建中的地理信息服务和测绘保障的核心与基础。应急测绘保障工作的重要特征体现在“应急”方面,相关部门通常要求能综合利用航空摄影测量、移动测量、地理信息系统、卫星通讯、计算机等技术手段开展应急测绘<sup>[3-4]</sup>,快速取得突发事件现场“第一时间”影像等应急测绘资料,在最短时间内提供可靠的测绘成果,为各级政府机构和救援机构开展应急决策、救援处置、灾害评估等工作提供测绘保障。

应急测绘保障是有效应对突发事件的重要手段和基础性工作,得到了各国政府的高度重视。

美国、澳大利亚、日本等发达国家均建立了较为完善的应急体系<sup>[5-10]</sup>,在应对突发事件的测绘保障服务方面取得了突出成效。与国外发达国家相比,我国在应对突发事件的应急测绘保障研究方面起步较晚。前期的应急测绘服务保障体系建设工作已经取得了相关成果<sup>[11-13]</sup>,但在“4·20”芦山7.0级强烈地震中仍暴露出现有应急测绘能力未形成体系,缺乏有效的任务规划,资源调度明显不足。

## 1 应急测绘保障体系技术现状

应急测绘任务包括“天-空-地”多源数据获取、传输、处理、灾情信息提取、灾区专题图制作、应急测绘信息产品分发与服务等基本内容,任务环节多,工作量大。为了满足应急响应的时效性要求,相关部门通常采用“人海战术”、加班加点开展工作,应急测绘储备不足、工作被动、及时性不够等瓶颈问题日益突出。

1) 应急测绘任务缺乏有效规划,各类应急测绘资源缺乏合理调度,“资源既多又少”的矛盾突出。重大灾害发生时,应急响应、抢险救援、恢复重建等不同阶段,对应急测绘有不同的需求,所以

收稿日期:2013-07-23

项目来源:国家973计划资助项目(904170948);国家863计划资助项目(2012AA121305);卫星及应用产业发展专项——综合减灾空间信息服务应用示范资助项目;国家自然科学基金资助项目(41101354)

第一作者:朱庆,教授,博士生导师,长江学者。研究领域为虚拟地理环境、三维GIS。E-mail: zhuq66@263.net

通讯作者:曹振宇,博士生,高级工程师。E-mail: scgisczy@163.com

在应急测绘任务规划时,要分轻重缓急,制定合理的应急测绘计划。目前,应急测绘任务多为人为制定,应急保障人员、设备监控及资源调度能力不足,如“4·20”芦山地震中,政府和公众都关注离震中较近的芦山县城的受灾情况,投入了大量的人力、物力获取芦山县城受灾数据,而对受灾更为严重的宝兴县城投入的力量却较少,从而错失救援良机。

2) 缺乏应急通信、灾情速报和高效实时的数据采集与处理等方面能力,任务执行效率难以满足应急救援的时效性需求。测绘应急保障的核心评价指标是响应速度,旨在较短或极短的时间内,通过任务规划和资源调度,以高水平、高质量和高时效的信息产品、信息技术和信息服务,帮助决策层及时作出科学合理的应急救援方案及恢复重建

规划。然而,芦山地震应急测绘反映出在获取、处理、监测、评估与服务等关键技术响应上仍难以保证高效性(见表1)。

3) 应急测绘装备不精、性能不好。高性能应急测绘装备是保证应急测绘任务高效执行的基础。测绘地理信息部门现有的生产装备主要面向基础测绘生产,以“准”为目标,在数据处理流程上具有环节多、质量控制严密、精度高、时间长的特点,其数据处理和产品生产效率难以满足应急测绘“快”的需求。在芦山地震应急响应过程中特别暴露了以下问题:不同机组的无人飞机工作频率有冲突,多机组调度和协调体系尚未建立,无可自主指挥的高效航空遥感飞行器,无完全适应应急测绘野外生产的生活保障设施等问题(见表1)。

表1 现有应急测绘能力与效率情况

Tab. 1 Capability and Efficiency of Current Emergency Surveying and Mapping Service System

应急测绘能力	相关工作与内容	现有主要装备	现有应急效率
数据获取能力	可见光航空遥感影像获取	轻小型无人机航摄系统	需汽车运输至突发事件地点,天气良好情况下成果获取需1~2 d,单次获取面积有限
	多源航空遥感影像获取	适用于有人驾驶飞机的少量传感器,种类不齐备	需租用飞机实施,一般成功获取需3 d
	现场快速勘察测量	常规GPS接收机、全站仪、水准仪等测量仪器	需实地抵达测量地点,不可达的危险区域无法实施
	移动测量采集	移动测绘应急监测车	无法开展基于地面的快速大规模数据获取
处理能力	真彩色航空影像处理	基于微机的软硬件系统,快速处理系统装备少量	影像图生产需1~2 d,标准应急测绘产品生产需2~4 d
	多源遥感影像处理	基于微机的软硬件系统	初步应急测绘产品生产需2~4 d,高精度时间更长
	灾区地理信息资源整合	无专用设备	需利用基础测绘日常生产设备,并暂停有关基础测绘工作
	灾情信息分析提取 专题图制作	基于微机的软件系统 基于微机的软件系统	初步灾情解译:10-20 km <sup>2</sup> /d 2~4 h/幅
	大地基准快速恢复 应急测绘数据集中管理	无 无专用设备	
管理与服务能力	数据分发	光盘刻录机,硬盘	不支持在线分发,少量数据准备2~4 h,大量数据1~2 d
	国家测绘应急平台	无	目前数据通过硬盘拷贝方式装入中办、国办平台
	移动应急服务	无	需派人传递数据,前线指挥部等临时性机构获取最新灾情信息等会有1~2 d延迟
指挥与保障能力	应急地图印制	喷墨绘图仪	1~2 h/幅,不支持短时间大批量打印输出
	指挥系统	无	相关工作需每日层层汇报统计,效率不高
	数据传输系统	仅与京外直属单位联通,与各省局无网络连通,无无线传输设备	需专人搭乘飞机传递数据,严重影响应急测绘效率
	生产生活保障系统	用于基础测绘的一般性能越野车辆,无灾区环境下的安全生产生活保障设施	

4) 基础地理信息资源储备不充分。突发事件发生后,发生地的基础地理信息是首需资料。应急中,大多地图采用与原有的尺度相接近的制图数据为基础,叠加应急专题来制图。已有制图

数据都是单幅存储,存在制图区域与灾害范围不能完全吻合的问题。另一方面,已有的制图数据大部分是反映交通旅游等方面的内容主题,与突发灾害的主题往往不吻合,从而导致应急制图的

效率很低。

由上述分析可知,面对不同应急任务需求的多样性与并发性,突发事件的实时监测、预测预警、应急救助与灾后重建迫切需要进一步加强空间信息资源储备、快速传输、高效处理、综合集成、网络服务以及应急指挥中的多任务规划和资源调度,亟待提升各类资源广泛共享和高效协同的成套技术,构建“天-空-地”一体<sup>[14]</sup>、“国家-省-地方-现场”协同、高适应性、高机动性、快速服务的国家级应急测绘体系。

## 2 重大灾害应急测绘保障体系

### 2.1 总体架构

针对多层次、多样化的应急测绘任务需求,综合利用各类多源异构应急测绘信息资源(包括传感器资源、数据资源、空间信息资源、存储资源、计算与处理资源、网络传输资源等),本文提出了如图 1 所示的应急测绘保障体系架构,主要包括 6 大子系统:应急指挥决策系统、应急数据采集系统、应急数据快速处理系统、应急数据远程传输系统、应急信息综合服务系统和应急后勤运输保障系统。

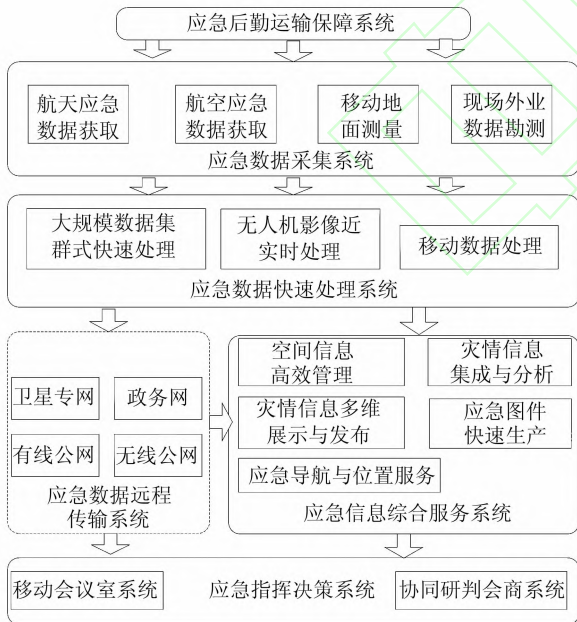


图 1 应急测绘保障体系架构

Fig. 1 Framework of Emergency Surveying and Mapping Service System

### 2.2 面向任务的应急测绘聚焦服务模式

如图 2 所示,此体系的核心运行机制是任务驱动的应急测绘聚焦服务<sup>[15]</sup>。以多层次用户(包括国家、省级、地方和灾害现场用户)的任务需求

为牵引,将传感器服务、应急数据处理服务、传输服务等有机地组织聚集起来,通过小粒度服务相互之间通信和协作来实现大粒度服务,为不同用户提供灵活、高效、准确、个性化的按需服务和聚焦服务。通过服务的动态组合、自适应演化和在线整合,资源的主动发现、自适应选择与聚合,信息与产品的主动分发等关键技术的实现,形成各类应急测绘数据获取、处理和资源服务广泛共享与有机聚合和高效协同机制,并通过聚合和协同各类服务资源,包括数据服务、信息处理服务、传输服务和传感器数据获取服务,满足各种复杂应急测绘任务需求。

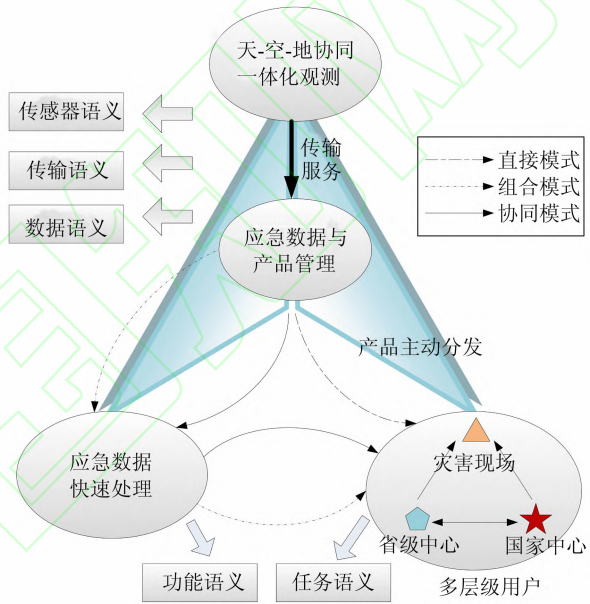


图 2 应急测绘聚焦服务模式

Fig. 2 Focused Service Mode of Emergency Surveying and Mapping Service System

### 2.3 关键技术难点及解决思路

应急测绘任务聚焦服务实现包括聚焦服务架构、智能搜索、服务动态组合与服务链演化等基本内容。其存在的关键技术问题有:① 分布、多源、异构、海量应急测绘信息的高效组织。② 任务驱动的应急测绘信息服务、处理服务和传感器资源服务的按需聚合与高效协同机制。

针对以上问题本文提出以下解决思路。

1) 提出“全局规划、局部集群”的聚焦服务架构,建立应急测绘资源的多维动态全局逻辑模型,实现多源应急测绘信息及其处理服务的统一描述;

2) 充分理解任务和语义,动态感知灾害现场环境条件,建立应急测绘信息聚焦服务的多层次约束模型,提出应急测绘信息服务、处理服



务和传感器资源服务的智能搜索方法和应急服务组合推理与自主演化方法。

围绕应急测绘任务聚焦服务的内涵,本文体系主要研究内容分为多源应急测绘资源共享与应急测绘任务聚焦服务机制两个方面。

1) 多源应急测绘资源的共享是聚焦服务的基础,通过对多源信息、信息处理功能和传感器资源服务内容和语义层次上的统一描述,构建开放、可靠、高效的分布式多源应急测绘信息服务体系和组织管理机制,建立一种能够覆盖全球、多时段、多传感器、多频谱和多分辨率的海量多源应急测绘信息、信息处理功能和传感器资源服务的统一描述模型,为多源异构应急测绘资源聚焦服务奠定基础。

2) 应急测绘任务驱动的聚焦服务机制。通过充分理解不同用户任务和服务的语义,建立贯穿服务全过程的多层次约束模型,并动态调度传感器资源和主动感知计算资源、传输资源等环境条件的动态变化,实现服务的智能搜索与自动组织。

从“5·12”汶川地震的堰塞湖监测到“4·20”芦山地震灾情监测,无人机以其机动灵活、可快速部署的特点,在应对重大自然灾害中发挥着无可替代的作用。然而,在重大自然灾害发生时,由于道路堵塞、崩塌滑坡等因素,难以及时将无人机运输到应急测绘任务区域。如“4·20”芦山地震执行对太平镇的无人机航拍任务时,现场道路堵塞导致无人机无法运输至预定起飞区域,虽在专业测绘人员现场分析无人机航飞最大半径参数和航拍目的地距离的基础上,无人机得以及时起飞并获取了目的区域的无人机影像,但这种人为决策具有很大的偶然性,因此,在应急测绘过程急需面向任务的无人机航线自动规划技术。

以面向任务的无人机航线自动规划为例,面向任务的应急测绘聚焦服务模式可描述为:首先通过对无人机监测和测量信息、相关无人机数据处理功能、无人机性能指标等参数进行服务内容和语义层次上的统一描述;在此基础上,充分考虑各种突发事件(交通堵塞、地质灾害)等因素,以快速获取目标任务区域无人机影像为目标,利用GIS的空间分析、路径分析等功能,自动组织和调度无人机资源和测量任务;在基础地理信息数据(DLG、DEM)数据基础上,自动规划无人机航线,从而实现面向任务的无人机应急测量规划服务。

### 3 结 语

针对多层次、多样化的应急测绘任务需求,本

文提出了一种任务驱动的应急测绘保障体系架构,建立起各类多源异构应急测绘信息资源与任务之间复杂的匹配映射关系,实现资源的应急模式快速调度与任务规划,为“天-空-地”一体、“国家-省-地方-现场”协同、高适应性、高机动性、快速服务的应急测绘保障体系提供了一种整体解决方案。

### 参 考 文 献

- [1] Schumacher I, Strobl E. Economic Development and Losses Due to Natural Disasters: The Role of Hazard Exposure[J]. *Ecological Economics*, 2011, 72: 97-105
- [2] Kousky C. Informing Climate Adaptation: A Review of the Economic Costs of Natural Disasters, Their Determinants, and Risk Reduction Options [J]. *Resources for the Future Discussion Paper*, 2012, 28: 1-65
- [3] Zhang Z, Zhang Y, Ke T, et al. Photogrammetry for First Response in Wenchuan Earthquake [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2009, 75(5): 510-513
- [4] Li D. Remote Sensing in the Wenchuan Earthquake [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2009, 75(5): 506-509
- [5] Cornell C A, Jalayer F, Hamburger R O, et al. Probabilistic Basis for 2000 SAC Federal Emergency Management Agency Steel Moment Frame Guidelines [J]. *Journal of Structural Engineering*, 2002, 128(4): 526-533
- [6] Schwab J. Planning for Post-Disaster Recovery and Reconstruction[R]. Federal Emergency Management Agency, Washington D C, 1998
- [7] Salter J. The Risk Management in the Emergency Management Context[J]. *Australian Journal of Emergency Management*, 1997, 12(4): 22-27
- [8] Alexander D. Towards the Development of Standards in Emergency Management Training and Education[J]. *Disaster Prevention and Management*, 2003, 12(2): 113-123
- [9] Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, et al. The Tokyo Subway Sarin Attack: Disaster Management, Part 1: Community Emergency Response[J]. *Academic Emergency Medicine*, 1998, 5(6): 613-617
- [10] Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, et al. The Tokyo Subway Sarin Attack: Disaster Management, Part 2: Hospital Response[J]. *Academic Emergency Medicine*, 1998, 5(6): 618-624
- [11] Yang Sheng. On the Significance and Urgency of Establishing Emergency Surveying and Mapping

- Service System Through Wenchuan Earthquake[J]. *Surveying and Mapping of Sichuan*, 2009(2): 51-53. (杨升. 汶川地震对建立测绘应急保障体系的启示[J]. 四川测绘, 2009(2): 51-53)
- [12] Cao Jiancheng, Zhang Zhonghui, Yu Xiaosong, et al. Perception on Building the Fast Mapping Service System of Surveying and Mapping Emergency Support[J]. *Geomatics World*, 2012(1): 14-17 (曹建成, 张忠辉, 余晓松, 等. 浅谈测绘应急保障快速出图服务体系建设[J]. 地理信息世界, 2012(1): 14-17)
- [13] Xu Honggen, Qian Yuguo. Perception on the application of UAV in Emergency Surveying and Mapping[J]. *Jiangxi Ceuhu*, 2012(1): 14 (徐洪根, 钱玉国. 浅谈无人机航摄系统在应急测绘中的应用[J]. 江西测绘, 2012(1): 14-17)
- [14] Li Deren. On Space-Air-Ground Integrated Earth Observation Network[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2012, 14(4): 419-425 (李德仁. 论空天地一体化对地观测网络[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(4): 419-425)
- [15] Li Deren, Zhu Qing, Zhu Xinyan, et al. Task-oriented Focused Service of Remote Sensed Information[M]. Beijing: Sciences Press, 2010 (李德仁, 朱庆, 朱欣焰, 等. 面向任务的遥感信息聚焦服务[M]. 北京: 科学出版社, 2010)

## Key Technologies of Emergency Surveying and Mapping Service System

ZHU Qing<sup>1,2</sup> CAO Zhenyu<sup>1,3</sup> LIN Hui<sup>4</sup> XIE Weiting<sup>5</sup> DING Yulin<sup>1,4</sup>

1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

3 Sichuan Geomatics Center, Chengdu 610000, China

4 Institute of Space and Earth Information Science, the Chinese University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China

5 Sichuan Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Chengdu 610000, China

**Abstract:** Natural hazards and disasters in China have increased in magnitude and frequency in recent years as consequences of the fast urbanization promotion and global climate change, which has greatly threatened to the sustainable development of social economy. The widespread devastation, economic damages and loss of human lives, caused by numerous forms of natural emergency situations, are becoming more serious. The emergency surveying and mapping service system (ESMSS), which is able to make practical contributions to planning and operation of civil protection and disaster reduction, is urgently needed. The paper probes into some key techniques involved in the construction of the ESMSS at first. Taking applications in “4·20” Lushan earthquake as an example, the article deeply analyses the problems in data acquisition, transmission, processing, distribution, sharing of the current ESMSSs and their working mechanism. Then, the construction method of the proposed task-driven ESMSS is presented in details. Finally, the key techniques including focused service mechanism are expounded.

**Key words:** emergency surveying and mapping service system; focused service; mission planning; resource scheduling

**First author:** ZHU Qing, professor, PhD supervisor, Changjiang Scholar. His research interest includes virtual geographic environments and 3D GIS. E-mail: zhuq66@263.net

**Corresponding author:** CAO Zhenyu, PhD candidate, senior engineer. E-mail: scgisczy@163.com

**Foundation support:** The National Basic Research Program of China, No. 904170948; the National High Technology Research and Development Program of China, No. 2013AA121305; Satellite and Application of Special Industrial Development Projects; Comprehensive Disaster Demonstration of Spatial Information Services; the National Natural Science Foundation of China, No. 41101354.