

# 利用国产卫星影像构建我国地理空间信息

张祖勋 张永军

(武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 介绍了高分辨率卫星对地观测技术的现状, 分析了国产卫星数据处理存在的问题, 提出构建我国地理空间信息所需要的关键技术, 并以资源三号卫星数据处理为例, 总结了当前国产卫星数据处理的最新进展。

**关键词:** 资源三号卫星; 全自动数据处理; 逆向定轨定姿; 地理空间信息

**中图分类号:** P228

2012 年 1 月 9 日, 我国第一颗民用高分辨率立体测绘卫星——资源三号在山西太原卫星发射中心成功发射, 标志着国产高分辨率测绘卫星业务化运行阶段的全面开启, 为构建我国地理空间信息提供了强有力的支持。

## 1 高分辨率卫星对地观测技术的现状

随着航天技术、计算机技术、通讯技术、信息处理技术的进步, 空间对地观测技术得到前所未有的发展。卫星遥感在经济建设和国防建设中发挥巨大作用, 已成为衡量一个国家综合国力的重要标志。

美国从 LandSat 系列到如今的商业卫星 QuickBird(分辨率 0.61 m)、军用卫星 KH-11/12(分辨率 0.1 m), 在硬件、软件、业务化运行等方面都实现了质的飞跃, 获取了大量的全球地理空间信息。法国研制的 SPOT 卫星系列(SPOT 5 影像分辨率可达 2.5 m), 在卫星影像的推广应用上取得了令人瞩目的成绩。

我国从 20 世纪 70 年代开始, 逐步建立了气象、资源、海洋和环境四个类别的对地观测卫星体系。其中资源三号卫星已进入业务化运行阶段, 分辨率可达 2.1 m, 为构建我国地理空间信息奠定了坚实的基础<sup>[1]</sup>。然而, 在高分辨率卫星的发展上, 我国与世界卫星大国相比仍有相当大的差距, 主要表现在影像分辨率仍较低、星地直接定位精度较差、数据使用效率低下及数据推广应用欠缺。

## 2 国产卫星数据处理现状

当前国产卫星数据处理存在的主要问题可以归纳为以下几点:

1) 缺少地面标定数据, 无法获得全球稳定的

标定结果。国外在遥感卫星成像传感器的在轨几何定标方面做了大量研究, 并积累了丰富的经验。例如 SPOT5 在全球建设了 21 个几何检校场<sup>[2]</sup>, 采用分步定标方法, 对 SPOT5 卫星影像进行几何定标, 包括外检校、内检校等静态参数定标以及轨道和姿态等动态参数的定标等, 最终单片无控制点平面定位精度达到 50 m, 无控制点多立体像对高程定位精度达到 15 m<sup>[3]</sup>。IKONOS 也利用多个检校场采用分步定标的方法, 经过包括相机内方位元素的视场定标、相机外方位元素的互锁定标以及立体测图能力的几何定标等一系列的几何定标工作, 最终在无控制点条件下达到平面 12 m, 高程 10 m 的定位精度<sup>[4]</sup>。

2) 星地直接定位精度不理想, 缺乏无地面控制的精确定位技术, 导致数据处理效率不高, 数据应用严重滞后。国产卫星普遍存在星地直接定位精度较低的现象, 例如 CBERS-02B 一般情况下的直接定位精度约为 1~2 km, 导致数据处理极大地依赖于地面控制, 而地面控制的成本较高、耗时费力, 无法高效自动化地处理海量卫星数据, 造成数据生产的严重滞后。

3) 数据深加工处理不成熟, 理论成果转化实际生产力的程度较低, 导致数据应用层面浅, 数据利用率低下。卫星数据处理技术与卫星数据应用是相互促进、协调发展的, 一方面数据处理技术推进数据应用, 另一方面数据应用影响数据处理技术的衍化与发展。由于硬件技术的相对落后, 国产卫星数据处理大多局限于 1、2 级产品的生产, 且在影像质量和产品精度上略显不足。卫星测绘技术、多源影像配准融合技术等数据深加工技术得不到发挥, 数据应用层面得不到扩展, 致使数据处理技术的改进与进

一步发展受到实际应用的制约。

4) 数据处理模式和方式落后,数据产品服务的业务化程度偏低,导致数据处理达不到社会需求,技术发展动力不足。国产卫星依靠政府投入,在数据处理模式上大多为因需求的小规模处理,在数据处理方式上鲜有集群分布式并行自动化处理,未形成业务化运转模式,无法充分发挥卫星遥感的对地观测潜力,很难实现地理空间信息的全自动连续稳定获取。

### 3 构建我国地理空间信息的关键技术

卫星对地观测技术是一项应用广泛、社会效益巨大的尖端技术,其所具有的多维度、多时相、多尺度的对地观测能力,是构建我国地理空间信息的核心。为了解决国产卫星数据处理存在的问题,利用国产卫星影像构建我国地理空间信息,需要在国产卫星数据处理中引入以下关键技术:

1) 卫星影像逆向定轨定姿技术。卫星影像的定轨定姿处理以整条带为处理单元,依次进行空三影像匹配、控制信息自动提取、条带式整体区域网平差等处理,最终得到精确的定向参数,建立像方与物方的严密几何投影关系。

控制信息自动提取与逆向姿轨区域网平差,是解决国产卫星直接定位精度较差的关键技术。控制信息自动提取是利用全图匹配的思想,在附带地理基准的数据库基础上,自动进行影像匹配与控制信息提取,抛弃传统的人工量测控制点等手段,全自动得到符合精度要求的控制信息<sup>[5]</sup>;逆向姿轨区域网平差是利用自动提取的控制信息进行姿轨参数的区域网平差解算,在无控区域或少量控制区域可获得同等精度的姿轨参数<sup>[6]</sup>。

2) 数字高程模型(DEM)自动提取技术。DEM提取是在提取影像上点特征与线特征的基础上,利用严密投影模型,在多视影像之间进行密集匹配,对同名特征进行前方交会获得对应的地面坐标,并得到物方高程信息<sup>[7]</sup>。以资源三号卫星为例,该技术可利用三线阵影像进行 DEM 基础地理信息的获取,对于构建全国甚至全球范围的 DEM 基础地理信息库具有深远的意义。

3) 数字正射影像(DOM)自动纠正技术<sup>[8]</sup>。利用国产卫星影像自动化生产 DOM,有利于建设全国甚至全球范围的 DOM 基础地理信息库。在地理信息产业化的背景下,DOM 的准实时快速生产,一方面推动地图修测与基础地理信息更新的技术变

革,另一方面加速地理信息服务的范围扩展和模式转型。

4) 多源数据联合定位定向技术。国产卫星已初步形成规模,当前的重点是利用多源数据联合定位定向技术,尽快完善补充高精度基础地理信息库。多源数据联合定位定向技术是利用高分辨率影像对中低分辨率影像,高精度控制数据对低精度控制数据进行自动化的联合定位定向,以形成高、中、低分辨率对地观测数据相结合的国家基础地理信息库,支撑我国地理空间信息的基本框架。

### 4 国产卫星数据处理进展

武汉大学与中国资源卫星应用中心合作,成功研制了国产遥感卫星 ZY02B、ZY-3 高级产品全自动业务化生产系统。目前,该数据处理系统已进入业务化运行阶段。以资源三号卫星为例,卫星数据平均日接收处理量为 4 轨,单轨影像可以覆盖 4 000 km 左右,影像幅宽为 50 km,平均处理时间为 2 小时,产品包括核线立体影像、几何校正影像、数字高程模型和数字正射影像。数据处理系统以实时传输的卫星上直传数据为驱动,从分景编目、辐射校正到几何处理、地理信息处理,整个流程实现全自动化处理,并在常规准实时处理流程的基础上,提供标准图幅产品,支持订购数据库内任意范围的国家标准图幅 DEM 或 DOM。

资源三号卫星数据处理技术在国产卫星数据处理系统方面处于国内领先地位,可以利用全球公开的地理参考信息或者国家基础地理数据进行对地定位处理,并自动生产 DEM/DOM 等高级产品。

利用全球公开的地理参考信息进行定向后,自动生产的 DEM/DOM 精度如表 1 所示。可以看出,由于用于定向的高程信息精度有限,再加上山区地形 DEM 受树木、遮蔽等问题的影响,平地 DEM 受人工建筑的干扰,自动提取的 DEM 均出现一定的

表 1 全球公开数据定向后 DEM/DOM 产品精度统计

地理地貌	统计项	物方坐标		平面坐标	物方高程
		X	Y		
平地	中误差	3.587	3.423	4.887	5.771
	平均值	2.662	0.736	4.477	-5.436
	最大值	9.304	6.279	10.694	-1.156
	最小值	-2.642	-6.566	0.420	-10.379
山区	中误差	5.835	3.471	6.789	14.518
	平均值	3.606	0.018	6.075	-14.110
	最大值	11.741	6.753	11.757	-9.664
	最小值	-4.839	-10.100	1.036	-22.499

系统性误差;而经 DEM 纠正后的 DOM 点位误差较小,且平地精度优于山区,符合地形起伏的规律。

采用 1:1 万的基础地理信息进行定向后,全自动生产的 DEM/DOM 精度统计如表 2 所示。可以看出,采用高精度基础数据定向后,DEM/DOM 精度分别提高到 3~5 m 和 3 m 左右的水平。由于处理方式长条带整体平差,在匹配困难地区,例如水域和薄云区,仍能得到较好的纠正精度。

表 2 1:1 万基础数据定向后 DEM/DOM 产品精度统计

地理地貌	统计项	物方坐标		平面坐标	物方高程
		X	Y		
平地	中误差	1.209	1.388	2.105	3.487
	平均值	1.589	1.284	1.993	-0.241
	最大值	2.412	2.472	3.164	4.284
	最小值	-0.901	-1.022	1.118	-4.277
山地	中误差	2.378	3.095	3.821	5.878
	平均值	2.017	3.197	3.349	1.875
	最大值	5.622	6.653	8.710	6.950
	最小值	-1.337	-1.436	0.790	-6.136

资源三号卫星的数据产品是全自动准实时生产模式,自动生产的 DEM 精度基本符合国家 1:5 万比例尺产品的规范要求,DOM 精度则大大优于规范要求;可作为我国地理空间信息的基本来源之一,并在国产卫星的后续计划中发挥基础地理信息的重要参考作用,为国家地理信息库奠定坚实的数据基础。

## 5 结束语

中国是世界上的航天大国,航天遥感事业经过 30 多年发展已初具规模,国产卫星在资源、环境、测绘、海洋等领域的应用越来越重要。在高分辨率对地观测系统重大专项的支撑下,发展卫星数据处理技术,提高卫星数据产品质量,构建我国地理空间信息,壮大国家地理信息产业,一方面能够提升我国经

济发展实力与国际竞争能力,另一方面具有深远的战略和军事意义。

## 参考文献

- [1] 唐新明,丛楠. 我国测绘卫星现状与发展思考[J]. 地理信息世界, 2011,9(2): 40-44
- [2] Valorge C, Meygret A, Lebègue L, et al. Forty Years of Experience with SPOT In-flight Calibration[C]. ISPRS International Workshop on Radiometric and Geometric Calibration, Gulfport, 2003
- [3] Breton E, Bouillon A, Gachet R, et al. Pre-flight and In-flight Geometric Calibration of SPOT5 HRG and HRS Images[C]. ISPRS Commission I/FILEOS Conference, Denver, CO, 2002
- [4] Grodecki J, Lutes J. IKONOS Geometric Calibrations [C]. ASPRS 2005 Annual Conference, Baltimore, Maryland, 2005
- [5] 陶鹏杰,鲁路平,张勇,等. CBERS-02B 影像基于已有地理信息数据的自动定位[C]. 第一届全国高分辨率遥感数据处理与应用研讨会,西安,2011
- [6] Zhang Y J, Zheng M T, Ke T. Triangulation of Spaceborne Three-line Array Imagery with Different Sensor Models[C]. ASPRS 2011 Annual Conference, Milwaukee, 2011
- [7] Zhang L, Gruen A. Automatic DSM Generation from Linear Array Imagery Data[C]. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2004,35(B3): 128-133
- [8] 孙明伟. 正射影像全自动快速制作关键技术研究[D]. 武汉:武汉大学,2009

收稿日期:2012-05-20。

第一作者简介:张祖勋,教授,中国工程院院士,国际欧亚科学院院士,现从事摄影测量与遥感相关研究。

E-mail:zhangzx@cae.cn

## Building Geospatial Information of China with Domestic Satellite Imagery

ZHANG Zuxun ZHANG Yongjun

(School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Current status of earth observation technology based high resolution satellite is introduced. And the problems in data processing of domestic satellite imagery are discussed. Then key technologies in building the geospatial information of China are proposed. Furthermore, the achievements in fully automatic processing of ZY-3 satellite imagery are presented.

**Key words:** ZY-3; fully automatic data processing; reverse positioning and orientation; geospatial information