

# CBERS-1 影像全国数字镶嵌与制图

卫征 陈正超 张兵 童庆禧 郑兰芬 朱重光

(中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要** 中巴资源一号卫星在轨正常运行4年多积累了丰富影像数据,它为研制我国全国数字影像图提供了坚实的基础。本文介绍了CBERS-1噪声条带去除、图像增强、几何纠正和镶嵌、色调调整等方面的关键技术,并全面、系统地总结了基于CBERS-1数据制作全国数字镶嵌图的作业流程及制图规范。

**关键词** 中巴地球资源卫星 遥感图像处理 图像镶嵌

**中图法分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2006)06-0787-05

## CBERS-1 Digital Images Mosaic and Mapping of China

WEI Zheng, CHEN Zheng-chao, ZHANG Bing, TONG Qing-xi, ZHENG Lan-fen, ZHU Chong-guang

(The State Key Laboratory of Remote Sensing, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

**Abstract** Since CBERS-1 was launched in October 1999, it had been running normally more than 4 years to 2004 and received tens of thousands of images. This paper introduces some key techniques, such as removing streaming noise of CBERS-1 images, image enhancement, geometric correction, image mosaic, and color adjustment. What's more, this thesis introduces the work flow and cartography criterions of using CBERS-1 images make China digital mosaic map.

**Keywords** CBERS-1, remote sensing image process, map mosaic

## 1 引言

自20世纪80年代利用MSS影像完成全国镶嵌图后,我国一直未能予以更新,更没有研制出拥有完全自主知识产权、能反映地表最新状况的高分辨率全国卫星数字产品。这种状况使得我国基础地理与资源数据不能适合国家日新月异的建设发展需求,也在某种程度上造成了对外的数据依赖。CBERS-1及其后继系列资源卫星的发射为扭转这一局面提供了最佳的契机。

我国和巴西联合研制的中巴一号地球资源卫星作为“南南合作的典范”,自1999年10月14日成功发射后,在长达4年的稳定运行期里积累了数十万景影像,形成了丰富的数据资源。这些影像覆盖我国全境达4~7遍,空气能见度较好的地区超过10遍。CBERS-1影像的空间分辨率达19.5m,优于传统TM影像的

30m;其影像经复原、去噪、增益后体现的图像层次、清晰度堪跟TM媲美<sup>[1]</sup>。基于这些有利的条件,充分应用CBERS-1的影像数据进行数字图像镶嵌,制作全国数字影像图像,为建立全国遥感数字影像库和未来数字中国(数字省、市和县)奠定基础。

由于CBERS-1的数据反映了最近时期的地表状况,空间分辨率较高,最终形成的成果可望具有极其广阔的应用前景。比如形成的图像可以用于大范围区域内较精细的地表状况研究;在此基础上形成中国地貌软件演示系统,以推动地理教学的革新。如果把镶嵌地图与各地区(省、市、县)的信息库、专题要素库以及软件处理系统加以集成应用,就会具有更加广阔的应用前景。而且利用CBERS-1影像进行全国数字镶嵌与制图,会大大推动我国数字地球科学与技术的发展及我国遥感与地球信息科学的应用与普及,促进中巴资源卫星数据的推广应用。

基金项目:科技部高性能对地观测小卫星在轨测试(CX030006)

收稿日期:2005-04-01;改回日期:2005-05-27

第一作者简介:卫征(1978~),男,现为中国科学院遥感应用研究所地图学与地理信息系统专业博士研究生。主要研究方向为遥感图像处理与高光谱遥感应用。E-mail:wz@lab.irsa.ac.cn

## 2 技术路线与方法

结合 CBERS-1 的数据特点和实际工作条件,制

定的 CBERS-1 影像全国数字镶嵌图总体作业流程如图 1 所示。

在具体的研制中,主要技术包括数据挑选、单景数据预处理、几何精校正、拼接成图和色调调整。

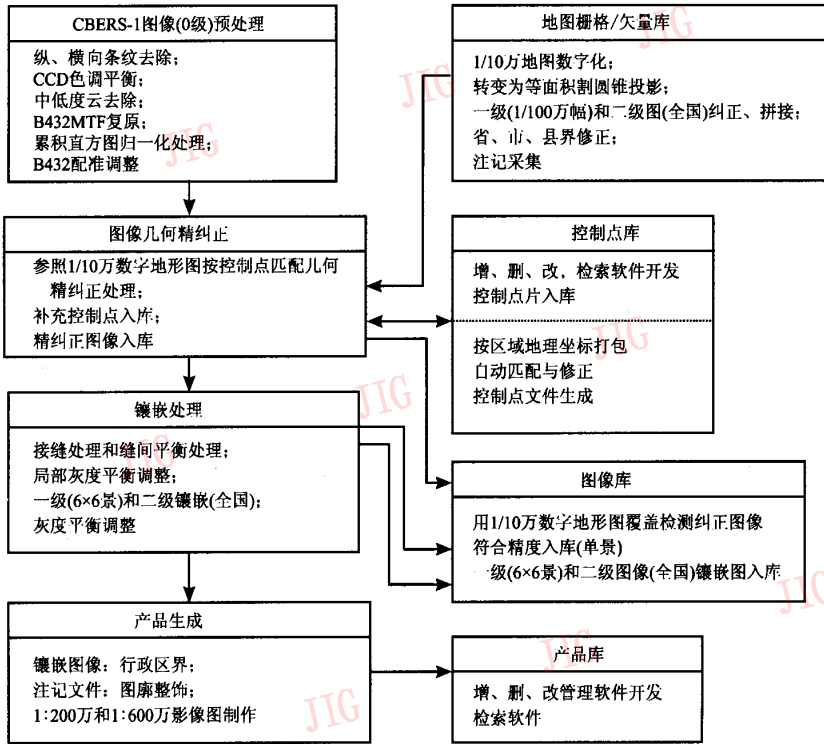


图 1 CBERS-1 影像全国数字镶嵌图总体作业流程

Fig. 1 The general process of making whole nation digital mosaic map with CBERS-1 images

### 2.1 数据挑选

CBERS-1 载有 3 台传感器: CCD 相机、宽视场成像仪 (WFI) 和红外多光谱扫描仪 (IRMSS)。其中, CCD 相机星下点的空间分辨率为 19.5m, 扫描幅宽为 113km, 在可见光、近红外光谱范围内有 4 个波段和 1 个全色波段。宽视场成像仪 (WFI) 有 1 个可见光波段、1 个近红外波段, 星下点可见光波段的分辨率为 258m, 扫描幅宽为 890km。红外多光谱扫描仪 (IRMSS) 有 1 个全色波段、2 个短波红外波段和 1 个热红外波段, 扫描幅宽为 119.5km; 可见光、短波红外波段的分辨率为 78m, 热红外波段的分辨率为 156m<sup>[1,2]</sup>。比较而言, 选用 CCD 数据, 以获得较高的空间分辨率。

CCD 的波段包括多光谱波段 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ 、0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ 、0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$  和 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ , 及全色波段 0.51 ~ 0.73 $\mu\text{m}$ 。综合考查各波段的相

互配准确度、噪声分布、色调均一及产品的应用需求, 选定波段 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ 、0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$  和 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$  (2、3、4 波段), 分别对应为 B、G、R 色调, 构成伪彩色图像<sup>[1,2]</sup>。

而后, 在 CBERS-1 近 50 万景 CCD 影像中挑选出适宜镶嵌的影像。所谓“适宜镶嵌的影像”, 是既能有效地覆盖全国各地, 又能保证数据质量和方便色调处理。具体挑选要求有:

(1) 图幅方正, 图像清晰, 地物层次分明, 色调均一。

(2) 图像尽量没有坏行缺带, 没有条带、斑点噪声和耀斑。

(3) 尽量挑选云层覆盖少的图像 (即以晴空图像为优)。

(4) 为了保证南北的色调均一, 北方尽量挑选夏季数据, 南方尽量挑选冬季数据。

(5) 为了防止偏轨,数据挑选应保证足够的覆盖度。数据挑选工作基于中国资源卫星应用中心市场部的数据查询系统(快视)进行。

### 2.2 单景数据预处理

中国资源卫星应用中心提供的 CBERS-1 数据是经过辐射校正和系统几何校正的 2 级产品,即进行了单景数据波段间的配准、纵横向随机条纹的基本滤除和 CCD 影像色调的平衡规一化校正。然而有时也不

可避免地存在噪声、坏行、图幅拼接条带(CBERS-1 的 CCD 影像图幅由 3 块 CCD 同时成像合成)、图像模糊等问题,还需要有针对性地进行预处理。

对于获取的 2 级影像(各波段数据分离, tif 或 tiff 格式),首先用 ERDAS IMAGINE 8.4 实现波段合并,形成伪彩色图。而后,对有噪声的图像进行去噪处理。对模糊图像进行增强处理或 MTF 处理,以使图像清晰化,图 2 为 MTF 处理效果比较。

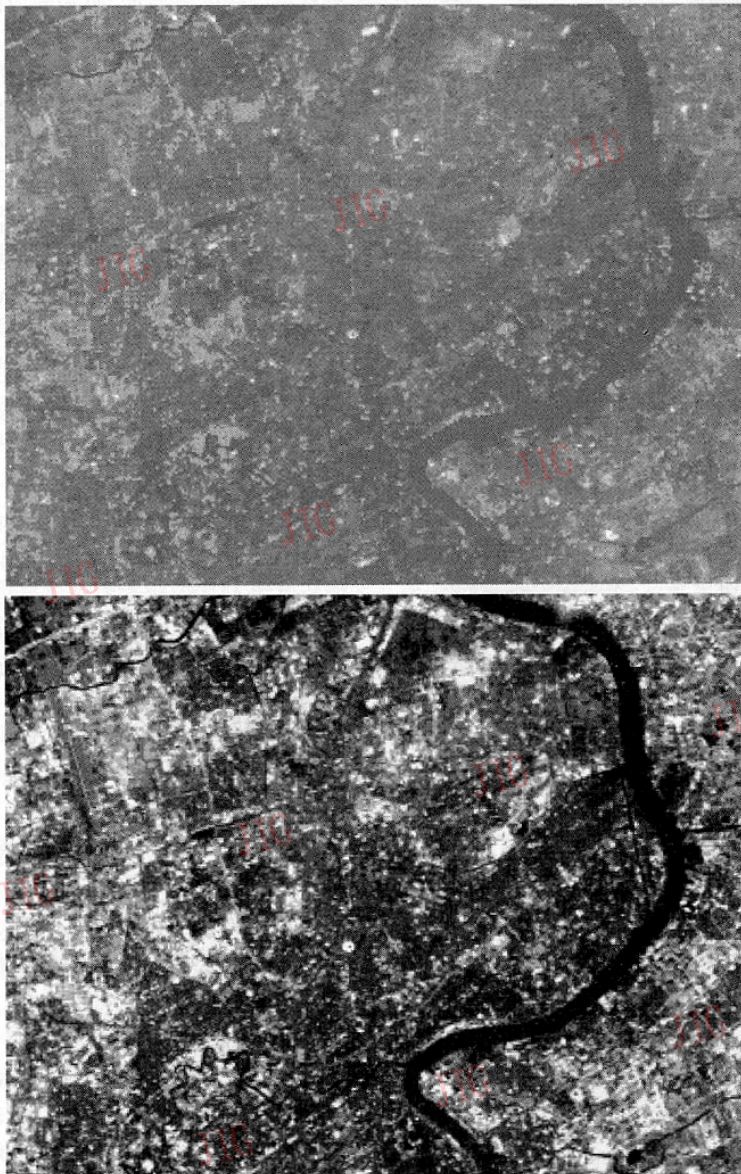


图 2 图像清晰化处理(MTF)  
Fig. 2 The MTF procession on images

### 2.3 图像几何精校正

图像的几何精校正采用数字图像几何校正的间接方案,找控制点来进行校正。

#### (1) 数字化地形图

精确计算 1:10 万地形图 4 角图廓点的大地坐标,对其扫描数字化的图像进行纠正(高斯-克吕格投影),作为基准地理参考影像。同时,在地形图上提取省、市、自治区和县界,也作为检查图像几何纠正精度(地形图覆盖检查)的依据。

#### (2) 几何精校正 CBERS-1 影像

以纠正后的数字地形图的特征点为地面控制点(GCP),在欲纠正的 CBERS-1 影像上采集对应点,形成同名点对进行投影变换。

#### (3) 全国统一的投影处理

由于高斯-克吕格投影是分条带进行的,要镶嵌成覆盖全国的影像,还需要对纠正后的图像进行第 2 次投影变换——将高斯投影变换为等面积割圆锥投影(albers conical equal area 投影,我国的双标准纬线定为  $25^\circ$  和  $47^\circ$ ,中央经线  $105^\circ$ ),这样就可以保证所有图像的统一拼接。

为了检验几何校正的精度,在将校正影像与数字地形图核对的同时,还要跟有关国界、省、自治区界、县等的界线矢量图进行套合比较。

所有的几何校正都基于 ERDAS IMAGINE 8.4 完成。纠正算法采用多项式(Polynomial, 3 次),每幅影像的控制点尽量分布均匀,保持在 30 个左右。重采样算法选择三次立方体变换(Cubic)。纠正精度以子像素级为标准,尽量控制在 1 个像元以内。

### 2.4 图像镶嵌处理

完成 CBERS-1 影像的几何精校正后,要以较高的精度把各景影像拼接起来。同时,因为各景数据的时相不完全一致、成像条件不同,单纯拼接形成的图幅色调不一,条块明显,这就必须进行色调调整,使得全国镶嵌图各处的色调基本一致。因而,图像镶嵌处理分成拼接成图和色调调整两部分。

#### (1) 分块处理

拼接成图是把经过几何精校正处理的各景图像依据其几何信息拼接起来,形成覆盖全国的整幅影像。但是为了色调调整的方便,及受软硬件承受能力的限制,不可能把所有的数据一次性都拼起来,必须化整为零——把全国分为若干块(各块间保证一定的重叠度),先对每一块分别进行拼接,再把各块衔接起来。

分块策略是先根据图像数据的空间分辨率建立总图,即将原始图像 19.5m 的分辨率缩小为 780m,这样形成覆盖全国的  $7600 \times 5400 \times 780\text{m}$  的矩形区域。考虑到计算机的处理速度和 Photoshop 的数据容许极限和处理速度,将总图分为 400 块,按  $20 \times 20$  分布,每块在 780m 分辨率的情况下是  $418 \times 308$  个像素(分辨率转换成 19.5m 是  $16720 \times 12320 \times 19.5\text{m}$ , 590 多兆)。为了方便计算块间的重叠度,没有用经纬度来划定,而是采用固定重叠像素的方法来计算每一数据块的 4 角点坐标。

具体拼接时,由于选用数据的时相不一致(时间跨度为 1999~2003 年),会出现数据偏轨的问题,即选用的数据间有间隙,不能完全覆盖地表,这时还需要进行必要的修补。

#### (2) 各块色调调整与块间联调

按上述方法形成分块数据后,先分别对各块数据单独进行色调调整,保证块内的色调一致。单块色调调整效果比较如图版 I 图 1、图 2 所示。然后,再利用块间的重叠度,扩散联调,达到所有分块的色调统一。最后就可以把所有的块拼接起来,形成覆盖全国的数字地图,如图版 I 图 3 所示(显示华北局部地区)。

鉴于 CBERS-1 图像色调存在的具体问题(3CCD 拼接)和本项目数据挑选的特点(各地区图像的时相不一致),在对各分块数据进行色调调整时无法采用直方图均衡化等自动处理方法(进行过自动调整实验,效果不好)。所以到目前为止,主要还是采用手工处理。

## 3 制图与出图

对 CBERS-1 数据进行处理的最最终目的,是要形成各种不同的数字制图产品。因而在完成数字镶嵌和色调调整工作的基础上,要进行制图出图工作。一般来讲,决定和影响制图的因素有地图比例尺、编图目的与用途等。

### 3.1 区域的衔接和充实

经过 2.4 所述的色调调整,各分区的色调都已经达到一致。然而由于 CBERS-1 的各景影像取自不同的时相,往往会出现数据偏轨的现象,造成数据的缺失(如图版 I 图 2 图幅上的黑色条状区域)。显然,要形成完整的图幅,还需要采用其他遥感数据(如 TM 等)对影像偏轨造成的空区进行填补。

在补全图幅后,就要按实际需求把各块连接成大的区域,这时要进一步做拼接缝消除和色调均一化的处理,效果图如图版 I 图 3 所示。

### 3.2 比例尺设计

比例尺包含着对地图精度和详细程度的描述,取决于遥感影像自身的空间分辨率、几何纠正的精度(也就是图像镶嵌的精度)和出图打印设备的分辨率(dpi)。另外,根据需求的不同,比例尺也有相应的变化。

原始 CBERS-1 影像的空间分辨率为 19.5m。人眼一般可以分辨的最小距离为 0.02 ~ 0.07mm,当几何纠正精度为子像素级(0.1pixel,2m 以内)时,则有  $0.02\text{mm}/2\text{m} = 1/10$  万,即需要以 1:10 万的比例尺制图。考虑到几何纠正时所参考的地形图自身的误差,一般制图可以满足 1:50 万比例尺的需求。

采用中国国土资源部航空遥感中心的激光数码成像仪进行了华北部分地区 1:50 万镶嵌图的出图,输出精度为连续色调 254dpi,视觉效果相当于印刷、喷绘等半色调工艺的 3 000dpi,如图版 I 图 3 所示。这时用于印刷成图的数字图像的空间分辨率为  $500\,000/(254 \times 0.039\,37 \times 1\,000) \approx 50\text{m}$ ,其中,  $1\text{mm} = 0.039\,37\text{inch}$ 。因而,对镶嵌好的 CBERS-1 数字图像按 50m/pixel 的大小重采样(原始影像为 19.5m/pixel)就可以满足出图要求。1:50 万比例尺的地图可以满足一般省市地理基础底图的要求。

当几何纠正精度控制在像素级(1pixel,20m 以内)时,有  $0.02\text{mm}/20\text{m} = 1/100$  万,即要以 1:100 万的比例尺制图。对于影像镶嵌特别欠佳地区(误差为 100m 量级),则可以进行 500 万量级比例尺的制图,以满足一般地理挂图的需要。

当然根据不同的需求,可以对比例尺进行 10 万量级以下的各种比例变化,主要的变化手段就是对镶嵌好的数字影像进行相应的像素空间分辨率重采样。

### 3.3 制图设计

要制出完整、适用的图幅,还需要对图幅进行必

要的整饰,即添加边框、注记、地物名称、经纬网、指北针、数学基础(投影方式、参数和比例尺)等必要制图要素,及根据需要添加地类界、等高线等其他专业信息。

根据出图比例尺的不同,一些制图要素也要变化(主要是依比例尺变化的地理要素),这需要根据国标进行适当调整。

## 4 结 语

截止到 2005 年 6 月为止,我们已累计挑选数据近 1 500 景(部分地区覆盖 2 景以上的数据)。其中,完成几何精校正的大约有 1 000 景的有效覆盖(基本完成了河套以东地区和部分新疆、西藏地区的几何校正任务)。色调调整方面则完成了华东地区。

今后,进一步的工作是在前述工作的基础上,进一步改进工作流程和处理方法,以期早日推出 CBERS-1 影像全国数字镶嵌图,推出用我国自主产权资源数据形成的大比例尺全国数字地形图;同时,也会进一步探索对资源卫星影像进行噪声滤除、坏行修补、色调均一、自动配准等处理的算法,发掘其数据潜力,以此增强资源卫星数据的适用性;推动各行业对 CBERS-1 的广泛有效应用。

同时,我们的工作为进一步使用 CBERS-2 数据更新全国数字地形图打下了坚实的基础;也甚至影响到对规划中的 CBERS-3 和 CBERS-4 卫星的使用——必定对这两颗卫星数据的推广应用作出有益的探索和必要的技术准备。

### 参考文献 (References)

- 1 陈宜元. 中巴地球资源卫星[J]. 中国工程科学,2001,3(3): 9~15.
- 2 陈宜元. 中巴地球资源卫星与应用[J]. 航天返回与遥感,2001,22(1):8~12.

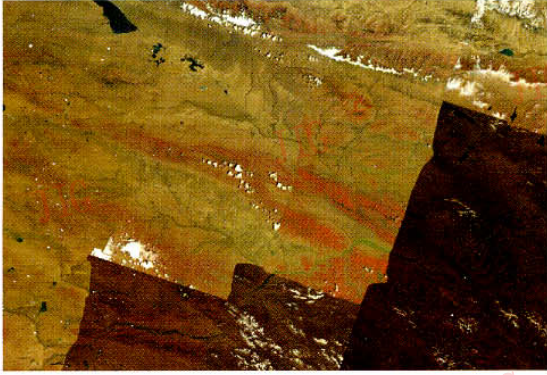


图1 未经色调调整的CBERS-1数字镶嵌图块  
Fig.1 Digital mosaic map of CBERS-1 images without color adjustment

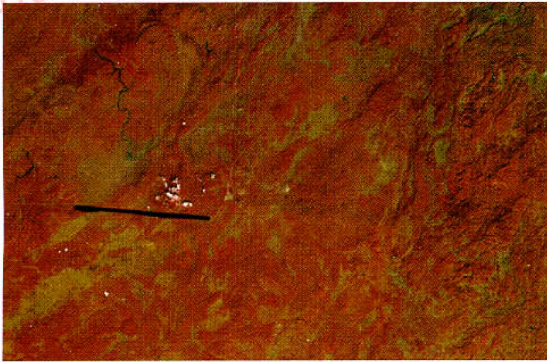


图2 经过色调调整的CBERS-1数字镶嵌图块  
Fig.2 Digital mosaic map of CBERS-1 images with color adjustment



图3 成片的CBERS-1数字镶嵌图块(华东局部)  
Fig.3 Digital mosaic map(part) of CBERS-1 images of large area