

# SAR 影像在立体测图中的应用

单福增, 于 蕾, 商 博

(黑龙江地理信息工程院 黑龙江 哈尔滨 150081)

**摘 要:**通过对机载 2.5 m 分辨率 SAR 影像的布点、平差及单片计算,进一步构建了邻航线间 SAR 影像的立体模型配对,并通过 FeatureStation 工作平台的矢量化采集,完成了 1:50 000 比例尺的 DLG 测图工作。

**关键词:**SAR; DLG; 平差; 矢量化

中图分类号:P231 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2012)02-0194-02

## Application of SAR Image to the Stereo Mapping

SHAN Fu-zeng, YU Lei, SHANG Bo

(Heilongjiang Institute of Geomatics Engineering, Harbin 150081, China)

**Abstract:** Based on the calculation of distribution, adjustment and monolithic of airborne SAR image of 2.5 meter resolution, the stereo-pair model of SAR images between routes is established. By the vectorized collection through FeatureStation working platform, DLG mapping work of 1:50 000 scale is completed.

**Key words:** Synthetic Aperture Radar; Digital Line Graph; adjustment; vectorization

### 0 引 言

随着西部无图区测图工程的深入,我们发现在横断山脉区域由于常年受到云雾或冰雪覆盖影响,利用光学传感器获取到的影像数据被云雪覆盖面积较大,导致很多地表信息丢失,这样的成果是很难令人满意的。由于 SAR(合成孔径雷达)能够穿透云雪覆盖层,有效地接收到地面信息,经过专家们的不懈努力,终于实现了 SAR 影像数据在立体环境下的矢量化采集。

雷达影像的获取方式多种多样,在西部工程中,有星载 SAR 与机载 SAR 两种影像获取方式。星载 SAR 影像覆盖面积大,分辨率较低;而机载 SAR 影像分辨率较高,可达 2.5 m 分辨率,像幅面积较小,使用的航片数量也较多,但是不管哪种原始影像,生产作业的基本原理是一致的。下面将介绍机载 2.5 m 分辨率 X 波段影像的生产流程。

### 1 布 控

与常规航空摄影测量相似,矢量化采集的前期工作是控制点的布设:首先是在地面上布设标志点——角反射器,也可选用像片上明显地物点(如道路交叉点等),用测角交会、测距导线、等外水准、高程导线等普通测量方法测定其平面坐标和高程。然后,以布设的控制点为基

础,参考 HRS 立体条带,推求测图需要的控制点平面坐标和高程。由于需要使用的机载 SAR 影像像片数量较多,选点及反求其坐标工作的工作量将会较大。

### 2 刺点及单片计算

当获取了所需的控制点大地坐标以后,我们将使用 AirBorneOrtho 软件进行机载 SAR 影像刺点。刺点工作需要注意一点,SAR 影像的近距离端与远距端分别受到叠掩与阴影的影像,像片信息损失严重,如果控制点数量能满足像片控制,像片两端不建议刺点。

由于控制点的坐标在单片原始影像上很难找到其精确位置,AirBorneOrtho 软件为我们提供了 DOM 批处理纠正功能,即利用 POS 文件进行单片影像的无控纠正,将纠正后的单片影像与控制点坐标叠加后,将会直观地找到控制点在像片上的大致位置,这样就可以轻松地进行 SAR 影像的刺点工作了,如图 1 所示。

由于很多控制点会落在像片重叠处,为保证相邻像片刺点位置的一致性,将控制点展到单片 SAR 影像上以后,需要使用 AirBorneOrtho 软件的立体观测模块进行点位调整,对不同像片上的同名点位进行立体观测并予以修改,以获取该点更精确的像片位置,如图 2 所示。

当所有像片的刺点工作均完成后,可以利用单张 SAR 影像的 POS 文件与刺点像素坐标进行单片计算,以

收稿日期:2011-03-11

作者简介:单福增(1979-),男,辽宁东港人,工程师,学士,主要从事 DLG,DEM,DOM 产品的生产与质检工作。

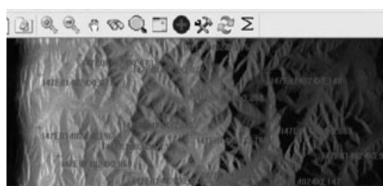


图 1 立体像对中的控制点分布  
Fig.1 Stereopair control point distribution

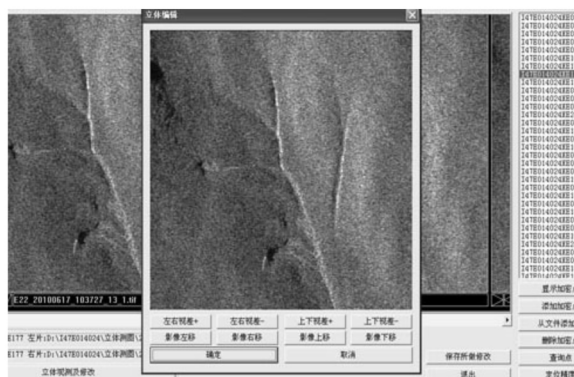


图 2 控制点立体观测  
Fig.2 Stereoscopic observation of control points

实现高精度的单片定向结果,其结果如图 3 所示。

行	列	行数	东方向	东方向	高程	dx	dy	点位误差	
148	C	10047.61	1153.27	3747778.890	17772758.010	3908.910	-0.65	0.58	0.88
1043	C	10426.97	2854.48	3748119.020	17771270.750	3884.900	0.91	-0.65	1.12
147	C	10022.52	4861.52	3747639.140	17768807.430	3845.560	0.17	-1.41	1.42
168	C	1590.65	4338.98	3744843.420	17770260.310	3874.260	-5.97	-3.85	7.10
160	C	7415.10	3170.88	3744781.800	17771075.080	3895.930	-1.32	-4.82	4.99
1048	C	1257.01	1742.15	3744678.010	17772322.170	3762.370	-4.28	5.69	7.12
147	C	8913.87	30.16	3744678.010	17773811.740	3895.760	-0.22	0.58	0.88

图 3 单片定向结果  
Fig.3 Monolithic directional results

### 3 区域网平差

单片定向以后,将 SAR 影像及其对应的 POS 文件、单片定向文件整理好,利用 SARAdjustment 软件进行整体区域网平差计算,其结果如下。

控制点、交会值、残差  $dX$ 、 $dY$ 、 $dH$ 、交会角、像点最大残差、重叠度:

089 5 259.708 7 373.224 3 689.0 5.0 1.0  
7.6 15.6 4.7 3  
083 5 894.622 6 262.883 3 699.9 0.3 -3.0  
-1.4 22.4 7.6 4  
085 8 407.284 6 426.227 3 733.0 5.6 -1.7  
6.4 32.7 5.6 5  
092 8 447.306 2 256.806 3 756.7 4.5 4.0  
3.9 32.5 7.8 5  
094 3 444.555 3 261.105 3 553.0 1.4 5.2  
-4.4 21.6 7.8 3  
134 9 782.967 8 476.124 3 734.7 3.8 0.1

7.3 12.8 4.4 4

.....

像点飞行方向误差平方根均值  $\sqrt{mx \cdot mx/n}$ : 4.299 009

扫描行方向误差平方根均值: 3.576 775

$mxy = 5.592 387$

这一步骤是利用 POS 文件,将整个测区的控制点点位进行平差计算,通过误差报告筛选出误差超限点位,针对误差超限点进行修改,最终使每个刺在像片上的控制点获取到最精确的像素坐标。平差与单片定向是个循环过程,两者需要相互结合使用,最终目的是将每一张 SAR 影像精确地控制住,以便 DOM 纠正或立体测图的使用。

### 4 立体模型配对

机载 SAR 影像航片间重叠较小,但是航线间重叠可高达 80% 以上,我们可以在相邻航线分别选择一张有重叠区域的像片,组建立体模型。由于经过了上述两步的定向及平差计算,在组建立体模型后将不再需要模型定向,直接利用立体测图软件调用模型即可进行矢量化采集了。

### 5 立体环境下矢量化采集

模型构建完成以后,利用 FeatureStation 工作平台将矢量工程与模型加载,并进行矢量化采集,如图 4 所示。

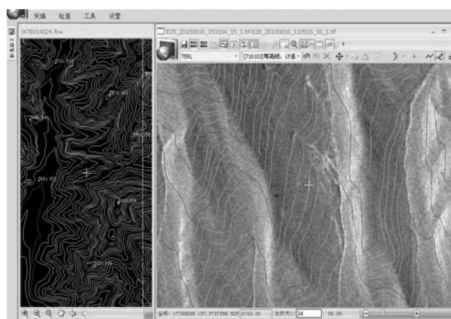


图 4 立体数字化采集  
Fig.4 Three - dimensional digital collection

由于 SAR 采取斜视方向获取影像,所以在立体矢量采集过程中,在叠掩区(近距端),立体影像呈明显球面显示;在阴影处(远距端),立体影像灰度值接近零值而无立体感存在,所以使用模型时应时刻注意模型范围,尽量在影像无损失处进行矢量化,以保证矢量采集的精度。

### 6 结束语

在西部 1:50 000 比例尺 DLG 测图中,与光学影像相比, SAR 影像有许多优势之处,其中较突出的表现有: SAR 影像分辨率高,可达到 2.5 m 分辨率,能够较清晰地看到山体细貌及独立房屋蒙古包等独立地物; SAR 影像对金属或具有二面角的地物有非常强的表现方式,如电塔、电线、草原围栏、围墙、陡崖、冲沟等等,易于调绘及采集工

(下转第 198 页)

段前端面 750 mm 处, 厂家焊上高 20 mm 的测量柱, 其突出的顶点, 就作为高程测量的测点。梁段标高控制测量, 使用 S1 型水准管式水准仪和 3 m 钢瓦合金水准标尺, 进行精密水准观测, 测定各测点的高程。在一般情况下, 施测标高和轴线偏差的梁段是当前安装梁段以及相邻的 4~5 个梁段, 并定期对已安装完成的梁段进行通测, 以使安装好的梁段线形顺畅。

另外, 由于钢索塔刚度偏小, 在高程线形控制中, 索力、标高和塔偏三者的关系比较复杂, 国内又无先例可以借鉴, 因此在钢箱梁定位测量的同时, 必须对钢索塔的塔偏量进行测量, 以确保钢索塔的线形成桥后符合设计要求。钢索塔偏位测量是在南、北两塔上、下游方向顶部, 各预先安装了角反射棱镜, 并检定了棱镜常数, 分别于南岸 JM05、北岸 NT04 控制点以高精度全站仪 TCA 2003 极坐标法观测, 获得索塔位移、扭转等形变特性参数。

### 3.4 中跨合龙测量

为了保证合龙段安装能够顺利进行, 首先进行南、北塔的水准联测和平面控制桥轴线的联测, 水准连测南北符合差 2.5 mm, 轴线闭合差 1.8 mm, 满足合龙控制的要求。

合龙前对已安装的所有梁段的线性和轴线进行精确测量, 并在 21# 梁端配重水箱注入配重量所需的水后, 进行 36 h 前端梁段高程、相对高差、合龙口的伸缩量与扭转偏位测量, 并同步测量大气温度和梁体温度。钢箱梁温度、斜拉索温度是由靠近梁段上所贴的温度型振弦式应变计直接读取, 索力、索塔应力、钢箱梁应力也是由埋设的振弦式应变计直接读取数值后, 再进行计算的。按照设计、监控要求的频率及工况进行测量, 并根据相应的测量结果, 由设计部门确定合龙段的精确配切长度和具体合龙时间。

合龙段施工的准备完成后, 选择一个温度变化不大的时间, 将运梁船停靠在指定吊装位置, 南北两侧的桥面吊机同时将合龙梁段吊起, 并逐步放掉配重水箱中的水, 在起吊过程中, 分级起吊合龙段, 通过测绳测量起吊长度, 控制合龙段保持水平提升, 合龙段起吊至距已安装好的钢箱梁 1 m 高度左右, 便停止起吊加上保险等待时机, 并用 TCA 2003 全站仪和精密水准仪进行合龙口全面

观测。至桥面位置, 将其与两端已安装的梁段临时连接。然后在适合温度下精确定位, 最后进行全截面焊接。2005 年 5 月 20 日 21 时顺利完成合龙段施工测量工作。整桥梁段安装的线型观测结果如图 2 所示。

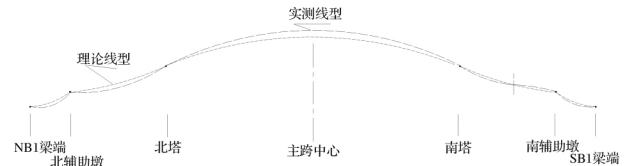


图 2 钢箱梁成桥线型

Fig. 2 Line type of the completed steel box girder

## 4 结束语

结合南京长江三桥钢箱梁施工, 论述了大跨度钢索塔钢箱梁施工测量技术, 结果表明钢箱梁安装所采用的测量技术与方法是科学、合理的, 保证了桥型曲线与设计值基本一致, 确保了大桥质量, 为今后同类型桥梁的施工积累了宝贵的经验。

## 参考文献:

- [1] 戴永宁. 南京长江第三大桥 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [2] 李宗平. 南京长江第三大桥钢箱梁安装技术 [J]. 施工技术, 2008(5): 111-114.
- [3] 吴栋材, 谢建纲. 大型斜拉桥施工测量 [M]. 北京: 测绘出版社, 1996.
- [4] 蒋辉, 陈振杰. 苏通长江公路大桥精密跨江高程传递的数据处理 [J]. 南京建筑工程学院学报, 2002(4): 20-26.
- [5] 华锡生, 黄腾. 精密工程测量技术及应用 [M]. 南京: 河海大学出版社, 2002.
- [6] 胡伍生, 潘庆林, 黄腾. 土木工程施工测量手册 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [7] 张军, 谢成远. 斜拉桥施工监理 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.

[编辑: 宋丽茹]

(上接第 195 页)

作的人工识别。充分利用 SAR 影像的优势, 再结合光学影像, 能够很大程度上完善横断地区的测绘工作。

同时, 不足之处也较多: 由于 SAR 影像立体测图技术起步较晚, 目前全世界用于立体测图为我国首次使用, 技术上相对不够成熟, 导致了工作的烦琐; SAR 影像数据为斜视摄影而非正射摄影, 这样构设的立体模型的立体感相对较差, 近视端立体影像会有曲率出现, 远视端阴影中影像无立体, 从而会影响矢量化工作的进行。SAR 影像技术还有待于我们的进一步提高, 争取充分发挥其优势之处。

## 参考文献:

- [1] 刘国祥. SAR 成像原理与图像特征 [J]. 四川测绘, 2004, 27(3): 141-143.
- [2] 常本义, 高力. SAR 单图像定位原理 [J]. 科技和产业, 2002(2): 23-26.
- [3] 黄国满, 赵争. SAR DLG 产品制作手册 [G]. 北京: 国家测绘局西部测图工程项目部, 2009.

[编辑: 胡雪]