

# 基于稀少控制的 IKONOS 近海岸岛礁立体影像定向

叶冬梅<sup>①,②</sup>, 薛艳丽<sup>①</sup>, 李英成<sup>①</sup>

(<sup>①</sup> 中国测绘科学研究院, 中测新图有限责任公司, 北京 100039; <sup>②</sup> 辽宁工程技术大学, 阜新 123000)

**摘要:** 针对我国岛礁控制现状, 进行了基于稀少控制的 IKONOS 近海岸岛礁立体影像区域网平差定向实验, 通过对不同控制方案的定向精度分析, 提出了稀少控制的岛礁影像控制点布设方案, 为我国近、远海重点岛礁的立体影像定向测图提供参考。

**关键词:** 近海岸岛礁; IKONOS 立体影像; 稀少控制; 区域网平差; 控制点布设

**中图分类号:** TP751      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3177(2009)104-

## 1 引言

众所周知, 我国海岸线从渤海湾到海南岛绵延几千公里, 包括我国南海海域周边有大小岛礁 6000 多个。这些岛礁在我国国防、经济的重要位置是不言而喻的, 然而由于政治、地理等多方面因素, 很多岛礁仍是地理盲区, 很难进行实地控制测量, 而且现存的测绘控制资料很少且其测绘精度也不高, 已经不能满足当前的应用需要<sup>[1]</sup>。随着近年来遥感平台和影像纠正技术的飞跃发展, 为稀少控制的海洋或沙漠等困难地区的测绘调查带来了新的生机。

遥感平台方面, 自 1999 年美国空间公司发射的第一颗商用高分辨率 IKONOS 遥感卫星, 把影像空间分辨率提到了 1m, 开始了高分辨率遥感新时代。各国先后发射了 SPOT、QuickBird、IRS-P5 等高分辨率卫星, 掀起了国内外专家学者对高分辨率卫星影像的研究热潮。有关研究表明, 利用高分辨率卫星附带的有理多项式 RPC 参数, 可在稀少控制情况下达到几米的定向精度, 显示出了其巨大研究和应用价值<sup>[3~4, 11]</sup>。

影像纠正方面, 发展了传统的区域网平差方法, 形成了针对大范围稀少或无控制的区域网平差技术, 结合影像的 RPC 系数与少量控制点进行经典的最小二乘平差, 达到整体多模型影像的纠正目的。在边疆地区的 IKONOS 立体影像测图实验中得出, 了一个控制点便可满足丘陵、高山地区 1:1 万的地

形定向测绘要求<sup>[3]</sup>; 对无控制区域, 直接采用像片连接点进行整体区域网平差, IKONOS 可满足 1:2.5 万地形图内业加密点精度<sup>[7]</sup>; SPOT 影像在少量控制点情况下, 采用 RPC+区域网平差技术, 其定位精度也可满足 1:5 万测图精度<sup>[6]</sup>。

高分辨率影像优势与先进的平差技术相结合, 为控制条件差、测量环境恶劣的岛礁定向测图提供了新方法。本文针对我国岛礁的控制现状, 采用最新的区域网平差技术, 对我国海南岛沿岸的岛礁进行了 IKONOS 立体影像的稀少控制定向实验, 为我国近、远海区域重点岛礁的定向测图生产提供参考。

## 2 稀少控制定向实验

### 2.1 实验方案

#### (1) 实验数据

实验选用海南沿岸某港口地区 3 景 IKONOS 立体影像数据, 每个立体像对包含了 2 景 Tiff 影像和记录影像参数的 RPC 文件。像片的平面、高程控制点采用全野外布点方案, 由于该区属于地形比较复杂的丘陵地, 每景岛礁影像的中下半部分几乎都是海水, 上半部还有部分的云层覆盖, 加之陆域部分为军事禁区, 外业控制测量比较困难, 因此在内业布设像控点时避免了在影像上模糊不清、仅在 3 景影像上可辨或是有云层遮盖等点位精度不高的区域选点, 最终在影像上选取了分布比较均匀、易测的 11 个像控点, 点位分布如图 1(a) 所示。实验以区域网间控制点分布情况、所需数量、平差方法等对岛礁

收稿日期: 2008-09-19      修订日期: 2008-10-17

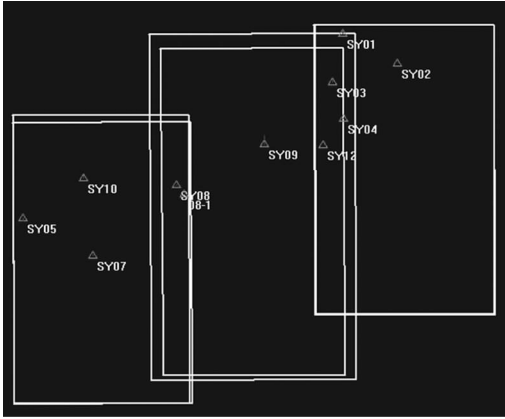
基金项目: 国家测绘局基础测绘项目。

作者简介: 叶冬梅(1984~), 女, 研究生, 主要研究方向为摄影测量与遥感数据处理、应用, 地理信息系统开发等。

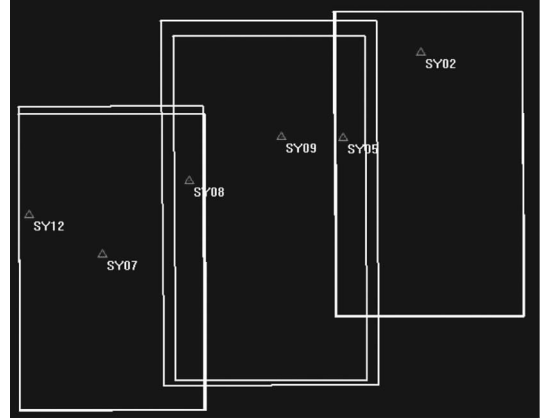
E-mail: yeatz110@163.com

影像定向精度的影响为研究目的,并兼顾模型间的控制点均匀分布连接原则,最后筛选出 6 个比较合

适的像控制点作为实验的控制依据,如图 1(b)所示。



(a)内业布设像控点位



(b)实验采用像控点位

图 1 控制点筛选

(2)实验方法

本文根据具体的实验数据,采用了基于 RPC 通用成像模型的遥感影像稀少控制区域网平差技术,有以下两种平差方法:

- ①RPC+平移变换:适用于短航带
- ②RPC+仿射变换:适用于短或较长航带

实验方案:为了验证少量控制点的分布、数量、定向方法对区域网定向精度的影响,利用外业测量像控点中的一部分作为控制点,其余作为检查点,分别采用以下几种控制定向方式,见表 1。

表 1 不同控制的定向方式

定向方法	控制点数	控制点号	定向方式代码
RPC	无	无	A
RPC+平移	单点	SY05	B
		SY12	C
	两点	SY05-SY08	D
		SY02-SY09	E
		SY07-SY12	F
RPC+仿射	四点	SY02-SY05-SY07-SY08	G
	六点	全部六点	H

2.2 实验技术流程

根据图 2 的定向技术流程,实验的具体操作步骤如下:

(1)影像预处理

- ① IKONOS 立体像对、对应 RPC 文件准备。
- ② 数据格式转换及影像自适应增强,对原始 IKONOS 全色影像进行必要的拉伸处理和格式转换,以便后续作业,并建立工程文件。

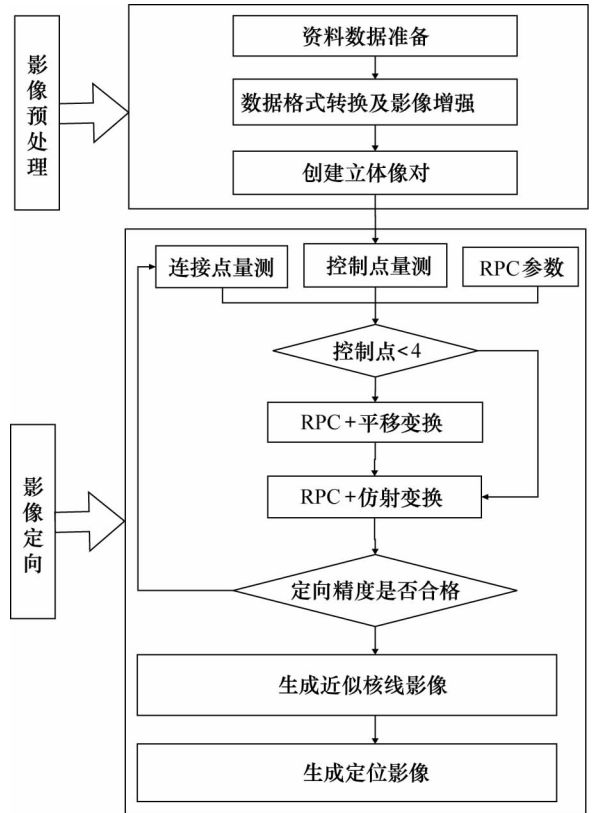


图 2 定向技术流程图

(2)影像定向

- ① 控制点及连接点量测:选择加载的控制点文件,软件将自动预测控制点位置;连接点则通过同名窗口驱动选点,最后在输入控制点号时进行点位微调。连接点的量测应认真对待,在整体影像上要均匀选择同名连接点,同时还应尽量保证区域网四角、中心以及模型重叠区域要有足够数量的连接点。
- ② 区域网平差:控制点和连接点量测完毕后进

入区域网平差模块,需要设置控制点号以及平差方法。当控制点小于4时选择RPC+平移方法;控制点多于3时选择RPC+仿射变换,不论何种定向方式都要包含量测的连接点来参与区域网平差运算,以提高影像的定位精度。

### (3)生成定向影像

查看精度报告,当精度满足要求时,生成近似核线影像,采用专门的软件将定向后影像导出为JX-4等测图软件的格式,以方便生产4D产品。

## 3 精度分析

根据图2的定向操作流程,在3景立体影像上共均匀选取30个连接点覆盖整体影像,且要保证模型重叠区域内至少5个连接点,分别采用表1所述8种控制点+RPC的控制定向方式进行区域网平差运算,且在平差时让所有的连接点一起参与平差运算,并利用多余像控点作为不同定向方法的精度检查。模型定向精度和加密点检查精度见表2和表3所示。

表2 模型定向精度

控制方式	控制点定向精度(m)				检查点定向精度(m)			
	东(X)	北(Y)	高(H)	Ms	东(X)	北(Y)	高(H)	Ms
A	—	—	—	—	—	—	—	—
B	0.03	0.04	0.05	0.298	0.72	1.41	0.80	1.583
C	0.00	0.00	0.01	0.298	0.85	1.09	0.93	1.382
D	0.42	0.43	0.33	0.384	0.74	1.14	0.85	1.359
E	0.31	0.27	0.28	0.311	0.82	1.65	0.98	1.842
F	0.28	0.37	0.39	0.488	0.76	1.13	1.00	1.361
G	0.04	0.03	0.18	0.236	1.19	1.35	1.21	1.799
H	0.34	0.09	0.35	0.354	0.73	2.6	1.17	1.758

表3 加密点检查精度

控制方式	加密检查点与外业控制点较差(m)			
	东(X)	北(Y)	高(H)	平面中误差 Ms
A	3.573	1.192	9.327	3.766
B	1.6790	1.244	1.211	2.090
C	1.732	1.033	0.882	2.016
D	1.004	1.282	0.797	1.628
E	1.588	0.999	0.827	1.876
F	1.689	1.0001	0.897	1.962
G	1.270	1.0261	1.335	1.532
H	0	0	0	0

对以上几种定向结果进行分析得出以下结论:

(1) 利用IKONOS的RPC系数直接进行定向,以野外实测控制点作检查,统计其平面定位精度小于4m,高程定位精度小于10m,具有很大的应用潜力。

(2) 对于单点定位,SY05与SY12定位精度都有了很大提高,原因是利用少量地面控制点参与区域网平差,消除了卫星系统参数中的系统误差,从而提高了影像的定向精度<sup>[5]</sup>。实验结果中SY05与SY12的定向精度相当,这表明单点定位时,控制点

位的分布对区域网平差精度影响并不大。考虑到SY12已满足1:1万地形图的定向精度,而SY05在高程上略微超限,为确保定向方案的可靠性,认为单点控制定向不能完全满足1:1万精度要求。

(3) 随着控制点的增多,控制点的定向精度有了一定提高,在2个控制点下,从表1中D、E、F3种定向方式可以看出,2点模型定向精度、经加密点检查的高程精度和平面精度都已满足1:1万丘陵地测图的精度要求,且分布越均匀、越能控制整体区域

(最好分布于模型的重叠区域如 SY05~SY08 分布)其定向精度越高。

(4) 当采用 4 个或 6 个控制点进行定向时,控制点的定向精度有所提高,但检查点精度略有下降。初步分析其原因,这里的 4 点或 6 点分布近似于一条直线,点位分布存在一定的相关性,在利用 3 个以上控制点进行 RPC+二维仿射变换时,仿射系数的解算精度受到了一定影响。

(5) 通过反复刺点,平差计算实验,发现控制点并非越多越好,且采用立体观测选点的精度明显高

于平面目视选点。由于像控制点的精度直接影响着影像的定向精度<sup>[11]</sup>,在保证外业布测控制点的测量精度外,更要注意内业中像控点的选点精度。当然还应布测尽可能多的像控点,以多余控制点作为检查点来进行定向方法的精度检查与评价,以保证定向方法的可信度。

综合上述定向实验的分析结论,表 4 给出了稀少控制的点位布设方案,包括控制点数量、分布、定向模型、定向参考精度等,为我国近、远海岛礁立体影像定位测图的像控点布测提供参考。

表 4 稀少控制点位布设方案

定向模型	点数	点位分布	地面检查精度(粗略精度 m)	
			平面中误差	高程中误差
RPC	0	无	4	10
RPC+平移	1	任意	2	1
RPC+平移	≤3	模型重叠区均匀分布	1.8	0.8
RPC+仿射	>4	整体均匀分布	1.5	1.5

注:由于本实验控制点的数量、分布与外业测量精度的影响,表 4 中多于 4 个控制点的定向精度能否进一步提高,还须更加深入研究,列于此仅供参考。

#### 4 结束语

岛礁影像定向的布点方案不同于常规的像控点布设,如图 1 所示的控制点位分布,在岛礁上选不到合适的控制点,所选像控点只能远离岛礁目标或位于近海的大陆沿岸,而对于我国岛礁的近、远海分布状况,其像控点选取将更加复杂,依靠控制点的数量来提高影像的定向精度已不能满足实际应用需求。

本文采用了高分辨率的卫星影像提供的更加精确的卫星轨道姿态参数,结合先进的影像纠正技术来提高稀少控制岛礁影像的定向精度。由于实验数据仍为大陆近海岸影像,还不能全面反映我国海岛礁的控制选取状况,对以海洋为主体的无明显地物特征影像,像控点布设、模型间连接点选取更加困难的地区还需做进一步探讨。

致谢:感谢中国测绘科学研究院张力博士,李学友,郭健对本次实验给予的帮助。

#### 参考文献

- 1 张全德,沈文周. 开展全国海岛测绘的探讨[A]. 中国测绘学会第八次代表大会论文集[C]. 2005.
- 2 Dial G, GRODECKI J. Block adjustment with rational polynomial camera models[A]. Proceedings of ACSM-ASPRS Annual Conference[C]. Washington D C, 2002.
- 3 严海英. 利用 IKONOS 卫星影像测制新疆边境 1:10 000 比例尺地形图[J]. 测绘与空间地理信息,2008,31(2):41~43.
- 4 桂木政. 利用 SPOT5 卫星遥感影像生产我国西部空白区 1:5 万地形图的探讨与实践[J]. 四川测绘, 2007,30 (6):264~267.
- 5 张过,李德仁,袁修孝,张春玲. 卫星遥感影像的区域网平差成图精度[J]. 测绘科学技术学报,2006,23(4):239~245.
- 6 李德仁,张过,江万寿,袁修孝. 缺少控制点的 SPOT25 HRS 影像 RPC 模型区域网平差[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006,31(5):377~381.
- 7 张过. 缺少控制点的高分辨率卫星遥感影像几何纠正[D]. 武汉:武汉大学,2005.
- 8 国家技术监督局. 1:5 000、1:10 000 地形图航空摄影测量内业规范[S]. 北京:中国标准出版社,2003:69~91.
- 9 王任享,胡萃. 无地面控制点卫星摄影测量的技术难点[J]. 测绘科学,2004,29(3):3~5.
- 10 北京天目创新科技有限公司. 高分辨率商业卫星影像在测绘制图中的应用[A]. 国家西部测图工程培训教材[Z]. 2006,7.
- 11 刘军,王冬红,毛国苗. 基于 RPC 模型的 IKONOS 卫星影像高精度立体定位[J]. 测绘通报,2004(4):1~9.

# Orientation With Sparse GCPs Based on IKONOS HRS Images of Inshore Island and Reef

YE Dong-mei<sup>①,②</sup>, XUE Yan-li<sup>①</sup>, LI Ying-cheng<sup>①</sup>

(<sup>①</sup> *China TopRS Technology Co., Ltd., Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039;*

<sup>②</sup> *Liaoning Technical University, Fuxin 123000*)

**Abstract:** This paper analyzed the ground control points situation of island and reef, and performed the orientation experiment of inshore IKONOS HRS Image using Block Adjustment with sparse GCPs. Through analyzing the different adjustment precisions, proposed control setting methods with sparse GCPs of island and reef image and provided the references for surveying the key islands and reefs which are near or far away from the continents.

**Key words:** inshore island reef; IKONOS HRS Image; sparse GCPs; block adjustment; control points setting