

# Pleiades 立体影像平差精度研究

沈忱 曾海燕

新疆维吾尔自治区第一测绘院

DOI:10.12238/gmsm.v4i4.1177

**[摘要]** 本文利用Pleiades立体全色影像和外业控制点进行空三加密,对不同布点方案的空三加密精度和立体模型精度进行对比分析。在丘陵地、山地、高山地区,采用少量的控制点加密成果精度能满足1:10000地形图生产要求;在极端条件下,可采用无控制点进行无约束平差,立体模型精度也能满足1:10000地形图生产要求。

**[关键词]** Pleiades立体影像;空三加密;立体模型;控制点

**中图分类号:** P208 **文献标识码:** A

## Study on the Adjustment Accuracy of Pleiades Stereo Image

Chen Shen Haiyan Zeng

First Surveying and Mapping Institute of Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** This paper uses Pleiades three-dimensional full-color image and field control point for aerial triangulation, and analyzes and compares the accuracy of aerial triangulation and stereo model of different distribution point schemes. In hilly, mountainous and high mountain areas, the accuracy of small control point encryption can meet the 1:10000 topographic production requirements; under extreme conditions, no control point can be used for unconstrained flat difference, and the stereo model accuracy can meet the 1:10000 topographic production requirements.

**[Key words]** Pleiades stereo video; aerial triangulation; stereo model; control point.

### 引言

随着航空航天遥感技术的发展,卫星影像的空间分辨率不断提高,卫星定位精度越来越高,在大比例尺地形图生产中的应用也越来越多。在1:10000地形图3D产品生产,通过立体模型可生产数字线划图(DLG)、数字高程模型(DEM),卫星影像+DEM可制作出数字正射影像图(DOM)。为了使DLG、DEM成果精度满足1:10000地形图的精度要求,需要布设足够的外业控制点,对立体全色进行空三加密,从而获得高精度的立体模型。外业控制点数量过多,增加野外测量的工作量,控制点数量过少,又会影响成果精度,如何布设适合的控制点,目前的规范也没有明确的规定。

目前航空摄影测量中控制点的布设和精度要求,有较为成熟的理论,相关规范也比较完全,生产中有足够的技术依

据使用;对于卫星影像用于立体测量时的控制点布设方案相关的规范比较少,相应的研究也比较少,有一些是针对采用卫星影像生产数字正射影像的控制点布设进行的研究。张潘等针对立体像对进行平差精度的分析研究,得出4角点布点的情况下,平面精度和高程精度已经能够满足1:10000成图的精度要求;在6点边线包含整个测区布点方案的情况下,平面精度及高程精度已经趋于稳定,在此基础上增加控制地数量对点位精度无明显影响<sup>[1]</sup>的结论。因此目前在使用卫星影像进行生产时,大多采用已有经验进行控制点布设。本文根据我院在多年使用卫星影像进行1:10000地形图生产取得的丰富经验的基础上,对控制点布设方案进行一定的实验和研究<sup>[1]</sup>。

Pleiades卫星由2颗完全相同的卫星Pleiades-HR 1A/1B组成,两颗卫星在

相同轨道互成180°夹角运行,双星配合可实现全球任意地区的每日重访,影像幅宽20千米,全色波段星下点地面分辨率0.7米<sup>[2]</sup>。

本文通过对Pleiades 1B立体影像进行不同方案控制点布设,基于RPC有理函数模型进行1阶变换,有理函数模型是卫星遥感影像的通用几何模型,使几何模型处理简化,易于计算,并独立于传感器<sup>[3]</sup>。对不同布点方案的空三加密精度、立体模型精度进行统计分析,研究不同条件下满足1:10000地形图DLG成图精度要求的控制点布设方案。

### 1 实验基本情况

1.1 实验数据及布点方案。实验选取1对2景Pleiades1B立体全色影像,重叠度约90%,覆盖面积约480平方千米,影像无云、雪覆盖,质量良好;实地共布设11个外业控制点,并实测了15个检核点,试

验区域主要是丘陵地、山地、高山地,以山地为主,具体情况如图1所示。

实验外业控制点布设方案共4种,无控制点、4点法、6点法、11点法,无控制点实验时将外业控制点都作为检查点,其他布设方案控制点分布如图2、3、4所示(图中“▲”为控制点、“●”为检查点)。

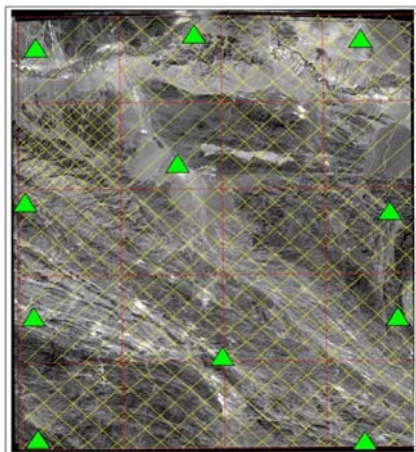


图1 实验区基本情况图

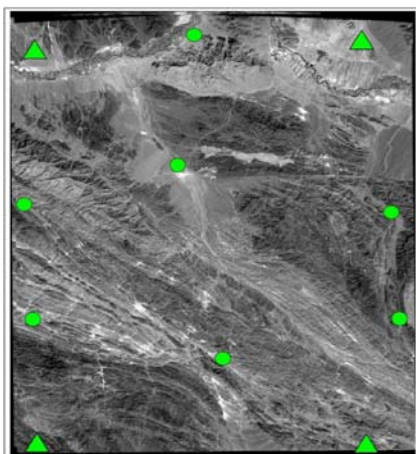


图2 4点法

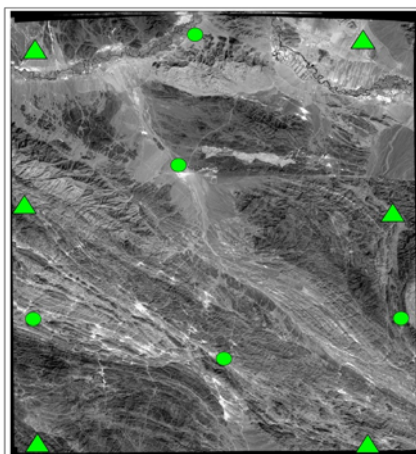


图3 6点法

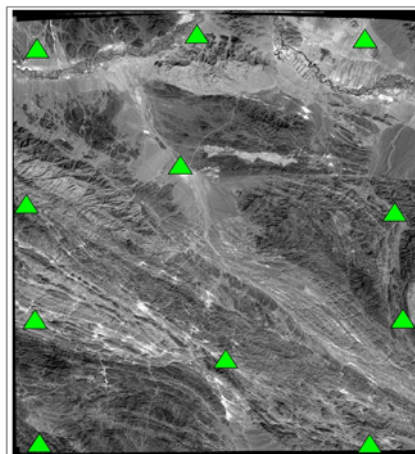


图4 11点法

1. 2实验技术流程。根据不同控制点布设方案进行空三加密,利用空三加密结果恢复立体模型,对外业实测点进行立体量测,对空三加密平差精度和外业实测点精度进行统计,并进行对比分析得出结论<sup>[4]</sup>。

(1)空三加密。采用不同控制点布设方案,利用RPC有理函数模型1阶方程式和外业控制点进行平差解算。

(2)外业实测点立体模型量测。空三加密完成后,输出加密后的RPC,进行定向建模恢复立体模型,在立体模型中对外业实测的15个检核点进行量测<sup>[2]</sup>。

(3)精度统计。对空三加密平差精度进行统计、检核点立体模型量测结果与实测结果进行精度统计。

(4)结果分析。根据精度统计结果,进行对比分析,从而得出实验结论<sup>[5]</sup>。

## 2 实验精度统计

### 2.1空三加密平差精度统计。

表1 无控制点平差精度统计表 单位:米

点号	平面残差	高程残差	点类型
P056	2.782	-0.322	检查点
P057	2.847	0.167	检查点
P058	2.559	0.312	检查点
P061	2.338	0.679	检查点
P062	3.34	-0.153	检查点
P063	2.776	0.393	检查点
P072	2.69	0.469	检查点
P073	2.667	0.392	检查点
P074	2.887	0.698	检查点
P078	2.45	0.185	检查点
P079	3.052	0.147	检查点

表2 4点法平差精度统计表

单位:米

点号	平面残差	高程残差	点类型
P056	0.719	-0.292	控制点
P057	0.558	0.14	检查点
P058	0.331	0.221	控制点
P061	0.538	0.663	检查点
P062	0.953	-0.215	检查点
P063	0.231	0.236	检查点
P072	0.655	0.409	检查点
P073	0.089	0.248	检查点
P074	0.297	0.503	检查点
P078	0.082	0.086	控制点
P079	0.112	-0.081	控制点

表3 6点法平差精度统计表

单位:米

点号	平面残差	高程残差	点类型
P056	0.72	-0.528	控制点
P057	0.545	-0.039	检查点
P058	0.274	0.116	控制点
P061	0.363	0.423	控制点
P062	0.944	-0.382	检查点
P063	0.163	0.163	控制点
P072	0.502	0.205	检查点
P073	0.035	0.13	检查点
P074	0.359	0.453	检查点
P078	0.263	-0.091	控制点
P079	0.138	-0.125	控制点

表4 1点法平差精度统计表

单位:米

点号	平面残差	高程残差	点类型
P056	0.456	-0.441	控制点
P057	0.339	0.026	控制点
P058	0.342	0.133	控制点
P061	0.368	0.442	控制点
P062	0.759	-0.367	控制点
P063	0.259	0.094	控制点
P072	0.381	0.164	控制点
P073	0.131	0.034	控制点
P074	0.317	0.319	控制点
P078	0.352	-0.181	控制点
P079	0.03	-0.293	控制点

2.2立体模型精度统计。对15个外业实测点进行立体检测,立体模型精度如表5所示。外业实测点是高精度检测,由于点数量少于20个,取算术平均值作为

中误差不同布点方案空三加密平差精度如表1、2、3、4所示。

表5 外业实测点立体模型精度统计表  
单位: 米

布点方案	平面中误差	平面最大误差	高程中误差	高程最大误差
无控制点	±3.06	4.11	±0.52	0.87
4点法	±0.9	1.86	±0.42	0.66
6点法	±0.81	1.51	±0.47	0.96
11点法	±0.86	1.71	±0.33	0.7

### 3 结果分析

3.1精度要求。区域网平差绝对定向精度要求<sup>[4]</sup>见表6。

表6 区域网平差绝对定向精度要求  
单位: 米

成图比例尺	地类	基本定向点残差		多余控制点较差		网间公共点较差	
		平面	高程	平面	高程	平面	高程
		1:10000	平地	3.0	0.25	3.5	0.3
	丘陵地	3.0	0.8	3.5	1.0	7.0	2.0
	山地	4.0	1.5	5.0	2.0	10.0	4.0
	高山地	4.0	2.2	5.0	3.0	10.0	6.0

立体模型精度按照1:10000地形图DLG采集精度<sup>[5]</sup>执行,具体精度见表7。

表7 DLG数据对附近野外控制点平面位置与高程中误差 单位: 米

成图比例尺	地类	平面位置中误差	高程中误差	
			高程注记点	等高线
			1:10000	平地
	丘陵地	5.0	1.2	1.5
	山地	7.5	2.5	3.0(地形变换点)
	高山地	7.5	4.0	6.0(地形变换点)

3.2精度分析。控制点精度按照基本定向点执行,检查点精度按多余控制点较差执行,实验区的地形类别有丘陵地、山地、高山地,在一个加密区域内,精度按照最高要求的执行,即控制点残差平面3.0米、高程0.8米,检查点残差平面3.5米、高程1.0米。从平差精度统计表

可以看出,四种方案的平面和高程残差均满足1:10000区域网平差精度要求。

(1)无控制点平差精度统计表中,检查点的平面残差最大为3.34米,高程残差最大为0.698米,均在精度要求内<sup>[3]</sup>。

(2)4点法平差精度统计表中,控制点、检查点的平面和高程残差均有大幅度的改善。检查点平面残差最大0.953米,较无控制点的3.34米精度大大提升;检查点的高程残差最大为0.663米,高程改善幅度较小。控制点平面残差最大0.719米,高程残差最大0.292米。

(3)6点法平差精度统计表中,控制点、检查点的平面和高程残差较4点法改善的幅度不大。检查点平面残差最大0.944米,高程残差最大0.382米,平面改善不大,高程精度改善幅度较大。控制点平面残差最大0.363米,高程残差0.423米,平面精度有所提升,高程精度没有改善。

(4)11点法平差精度统计表中,控制点平面残差最大0.759米,高程残差最大0.442米,与6点法、4点法并没有太大的改善。

从立体模型的精度统计可以看出,4种方案加密后的立体模型精度均满足1:10000地形图成图精度要求,而模型精度也与平差精度反应一致。

因此在大面积的荒漠、戈壁和山区等外业控制点测量极困难区域,可采用无控制点的方案进行无约束平差,输出平差后的RPC,恢复立体模型进行1:10000地形图的生产。而在控制点测量较困难区域,可采用类似4点法的布设少量控制点进行生产,即满足精度要求又能节约成本提高生产效率。在控制点测量较为容易的区域,可以采用6点法控制点布设方案进行生产,

以提高空三成果的可靠程度。更多的控制点在平面和高程精度提升上面没有太大的改善,不建议采用<sup>[4]</sup>。

### 4 结束语

本次实验区东西约20千米,南北约25千米,采用Pleiades立体影像和外业控制点进行空三加密,利用外业实测点对不同布点方案的立体模型进行了精度验证,佐证了空三加密精度的准确性。但实验区数据量较少,且地形类别为丘陵、山地和高山地,实验结果也仅针对此类地区有参考价值。对于大范围的平地区域高程精度是否仍能满足1:10000成图精度要求,还有待进一步验证。

### [参考文献]

[1]张潘,陈君国,李洪,等. iades卫星影像区域网平差精度分析[J]. 工程勘察,2018,46(04):41-43+56.

[2]廖丹,王永东,李天坤,等. Pléiades-1卫星影像的图像融合方法研究[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(8):59-63.

[3]张永生,巩丹超. 高分辨遥感卫星应用——成像模型、处理算法及应用技术[M]. 北京:科学出版社,2004.

[4]新疆维吾尔自治区1:10000基础测绘技术文件汇编[G]. 乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区测绘科学研究院,2017.

[5]CH/T9009.1-2013,基础地理信息数字成果1:50001:100001:250001:500001:100000第1部分:数字线划图[S]. 北京:测绘出版社,2013.

### 作者简介:

沈忱(1974--),男,汉族,上海市人,大学本科,高级工程师,在新疆维吾尔自治区第一测绘院工作,研究方向:大地测量,基础测绘,测绘成果质量控制等。