

# 徕卡 ADS 80 数字航空相机空三精度分析

王 江<sup>1</sup>, 武吉军<sup>2</sup>

(1. 黑龙江测绘局教育中心, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 武汉华正空间软件技术有限公司, 湖北 武汉 430020)

**摘 要:**徕卡 ADS 80 数字航空相机采用 POS/GPS 精确导航定位技术进行航空摄影, 通过对 GPS 差分数据进行常规布设控制点、少量布设控制点甚至无控制点的内业空三解算结果的对比分析, 探讨外业像片控制点的布设方案对 IMU/DGPS 辅助航空摄影测量加密精度的影响, 利用不同地形类别的加密数据, 分析在保证成图精度的情况下如何减少外业工作量, 降低生产成本, 缩短生产周期。

**关键词:**数字航空相机; 控制点; 空三加密; IMU; DGPS

中图分类号: P231 文献标识码: B 文章编号: 1672-5867(2011)05-0231-03

## Accuracy Analysis on Aerial Triangulation of Leica ADS 80 Airborne Digital Sensor

WANG Jiang<sup>1</sup>, WU Ji-jun<sup>2</sup>

(1. Education Center of Heilongjiang Bureau of Surveying and Mapping, Harbin 150025, China;

2. Wuhan HuaZheng Geospatial Software Co., Ltd., Wuhan 430020, China)

**Abstract:** The Leica ADS 80 Airborne Digital Sensor applied POS/GPS accurate navigation positioning technology for aerial photogrammetry. By the comparison and analysis on aerial triangulation results of traditional control points layout, fewer control points layout, and without control points for GPS differential data, this paper discussed the effects of layout plan of field photograph control points on the accuracy of aerial triangulation in IMU/DGPS assisted aerial photogrammetry. Using the triangulation data in different terrain, it analyzed how to reduce field work amount, decrease production costs, and shorten production period in the condition of ensuring the accuracy of maps.

**Key words:** Airborne Digital Sensor; control points; aerial triangulation; IMU; DGPS

## 0 引 言

IMU/DGPS 辅助航空摄影测量是指利用装在飞机上的 GPS 接收机和设在地面上的一个或多个基站上的 GPS 接收机同步而连续地观测 GPS 卫星信号, 通过 GPS 载波相位测量差分定位技术获取航摄仪的位置参数, 应用与航摄仪紧密固连的高精度惯性测量单元 (IMU, Inertial Measurement Unit) 直接测定航摄仪的姿态参数, 通过 IMU/DGPS 数据的联合后处理技术获得测图所需的每张像片高精度外方位元素的航空摄影测量理论、技术和方法。

摄影测量的原理就是摄影光束相交得到地面点的点位, 而确定投影光束 (像片) 的姿态需要有 3 个线元素和 3 个角元素 (合称外方位元素)。传统航测成图的方法是利用地面控制点并通过空三加密反求光束的外方位元素, 该方法严重依赖地面控制点。在测区无法涉足或找不到

合适的地面控制点 (如沙漠、戈壁、森林及大草原) 的地区, 该成图方法受到了严重限制。同时, 传统航空摄影测量中外业像控测量的工作量和费用占很大的比重。因此直接获取投影光束 (像片) 的外方位元素, 无控或少控一直是摄影测量工作者孜孜以求的目标。本文分别以福建省某测区 1:10 000 比例尺和湖北省某测区 1:1 000 比例尺空三加密为例, 对 IMU/DGPS 辅助航空摄影测量如何在保证成图精度的前提下, 减少地面控制点甚至不采用地面控制点进行空三加密计算进行了分析。

## 1 工程概况

为了验证少控制点或无控制点航空摄影测量的精度, 在福建西北山地某测区选了 7 条地势起伏大的航带作为试验区进行了 1:10 000 地形图成图精度空三加密试验, 同时在湖北省监利某测区也选择了 7 条几乎没有地形

收稿日期: 2011-09-08

作者简介: 王 江 (1960-) 男, 黑龙江海伦人, 高级工程师, 学士, 主要从事测绘生产的技术管理工作。

起伏的平原地区进行了 1:1 000 的地形图成图精度空三加密试验。试验区域的航线飞行方向都是沿东西飞行,航摄采用 Leica 公司 2008 年 7 月最新推出的 ADS 80( Airborne Digital Sensor) 线阵 CCD 推扫式数字航空相机,航向重叠 100%,旁向重叠 30% 左右。1:10 000 试验区的影像地面分辨率(GSD)为 0.5 m,航空摄影时没有在地面架设同步基站,加密区共均匀布设 13 个外业平高控制点;1:1 000 试验区影像地面分辨率(GSD)为 0.08 m,航空摄影时在地面架设了同步基站,加密区共均匀布设 18 个外业平高控制点。布点情况如图 1 和图 2 所示。

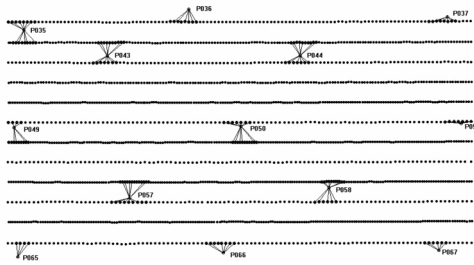


图 1 1:10 000 试验区像控点分布图

Fig. 1 The distribution of photograph control points in 1:10 000 experimental area

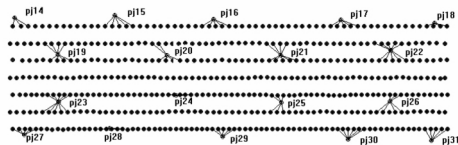


图 2 1:1 000 试验区像控点分布图

Fig. 2 The distribution of photograph control points in 1:1 000 experimental area

## 2 IMU/DGPS 解算

1:10 000 试验区 IMU/DGPS 解算采用 PPP(精密星历)数据,软件采用 IPAS; 1:1 000 试验区 IMU/DGPS 解算采用地面同步基站数据解算,解算软件采用 WayPoint GPS 8.10 系列软件中动态方式数据解算软件 GrafNav 8.10。坐标系采用 WGS-84 坐标系。

## 3 IMU/DGPS 辅助空三解算

IMU/DGPS 辅助空中三角测量和普通空中三角测量精度相当,我们直接对 ADS 地面数据处理系统 Gpro 预处理的数据进行光束法平差解算。ADS 80( Airborne Digital Sensor) 推扫式数字航空相机空中三角测量需要在具有线中心投影模型的 ORIMA 系统中处理,该系统是 Helava 数字摄影测量工作站上区域网光束法平差软件模块,采用了特殊的解算技术,使像片加密计算得到优化,支持摄影资料的 GPS、IMU 数据,能与与加密点有关的影像数据进行多窗口量测,能够自动地进行粗差探测与剔除,自动化程度高,是目前世界上少数几套集自动采集数据、整体平差一体化的自动空中三角测量软件之一。

解算限差取值按地形图航空摄影测量内业规范规定的值,见表 1。

表 1 内业规范规定限差

Tab. 1 The limited errors in specifications

点 别	1:1 000( 平地)		1:10 000( 山地)	
	平面位置 限差/mm	高程限差 /m	平面位置 限差/mm	高程限差 /m
基本定向点	0.3	0.26	0.4	1.5
多余控制点	0.5	0.4	0.5	2.0
网间公共点较差	0.8	0.7	1.0	4.0

为了验证外业控制点的数量对空三精度的影响,本次试验分别选取:①加密区多点均匀布设控制点;②四角 4 点加中间均匀布设 5 点的 9 个控制点;③四角 4 点加中间 1 点的 5 个控制点;④四角 4 个控制点;⑤仅中间布设 1 个控制点;⑥控制点全部做为检查点等 6 种布点方案进行平差解算。其中以加密区多点均匀布设控制点空三加密结果作为理论成果,分别与其他不同数量外业控制点控制和无控制点控制的空三加密成果比较成图的相对精度。

空三解算采用光束法平差,解算过程中所有控制点平面高程坐标都为 1。计算比较结果见表 2 和表 3。

表 2 1:10 000 试验区不同布点方案区域网平差内业精度统计结果

Tab. 2 The office accuracy statistics of block adjustment using different control points layout plans in 1:10 000 experimental area

对比类型	检查点数	最大误差/m			中误差/m		
		X	Y	Z	X	Y	Z
13 点-9 点	132	0.587	0.887	0.736	0.176	0.312	0.288
13 点-5 点	132	0.385	0.760	1.528	0.222	0.296	0.327
13 点-1 点	132	0.468	0.609	1.610	0.393	0.377	0.750
13 点-无控	132	0.791	0.688	1.268	0.393	0.377	0.805
5 点-无控	132	0.752	0.945	1.914	0.339	0.445	0.894

表3 1:1 000 试验区不同布点方案区域网平差内业精度统计结果  
 Tab.3 The office accuracy statistics of block adjustment using different control points layout plans in 1:1 000 experimental area

对比类型	检查点数	最大误差/m			中误差/m		
		X	Y	Z	X	Y	Z
18点-9点	71	0.093	0.131	0.106	0.052	0.059	0.053
18点-5点	71	0.097	0.093	0.216	0.054	0.049	0.076
18点-4点	71	0.095	0.141	0.138	0.053	0.059	0.071
18点-1点	71	0.107	0.128	0.466	0.049	0.054	0.329
18点-无控	71	0.163	0.314	0.388	0.082	0.107	0.225

#### 4 结束语

经过用不同数量外业控制点控制的空三加密结果进行相对精度统计分析可以得出以下结论:

利用 PPP 数据解算 IMU/DGPS 获取的定位数据进行区域网联合平差,控制点的个数在减少到一定数量时对航空摄影测量的空三精度结果有一定的影响,随着控制点数量的减少空三加密精度会有明显降低。利用地面同步基站数据解算 IMU/DGPS 获取的定位数据进行区域网联合平差,控制点个数的减少几乎对航空摄影测量的空三加密精度结果没有影响。

基于 PPP 差分技术的无控制点空三加密精度在中小比例尺规范要求规定的限差之内,基于地面同步基站数据差分技术的无控制点空三加密精度基本满足 1:500 ~ 1:2 000 比例尺的成图精度要求。

通过多点均匀布设地面控制点空三加密和无地面控制点控制空三加密的比较并结合大量生产实践证明,ADS 80 推扫式数字航空相机选择 PPP 技术或架设地面同步基站技术进行航空摄影,可用于多数情况下无外业控制达到航测成图的绝对精度,实现无地面控制点和无空三加密定向测图,尤其是测制平面图或正射影像图。对于各种比例尺不同地形类别测图,平面完全能够满足精度要求,高程方面总体精度(中误差)在山地、高山地中能够符合规范要求,但在平地、丘陵地区,由于我国的航摄成图

规范要求很高(1:500 ~ 1:2 000 比例尺地形图成图高程规范要求不大于 0.30 m; 1:5 000 和 1:10 000 比例尺成图高程规范要求分别为 0.30 m 和 0.60 m),采用无地面控制点空三加密就不容易满足规范要求,要在 IMU/DGPS 辅助空中三角测量时适当加入少量外业地面控制点(一般大于等于 4 点)就可以使加密区的高程精度有显著提高。这说明在今后的航空摄影测量中可以根据不同比例尺的精度要求,选择 PPP 和架设地面同步基站技术进行少控制甚至无控制作业,最大限度地减少外业工作量,降低生产成本、缩短生产周期。

#### 参考文献:

- [1] 李德仁,郑肇葆. 解析摄影测量[M]. 北京:测绘出版社,1992.
- [2] 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996.
- [3] 张永生,邹晓亮,刘军,等. 航空遥感数字传感器信息处理系统[M]. 北京:星球地图出版社,2007.
- [4] 李学友. IMU/DGPS 辅助航空摄影测量原理、方法及应用[D]. 郑州:解放军信息工程大学测绘学院,2005.
- [5] 袁修孝. GPS 辅助空中三角测量原理及应用[M]. 北京:测绘出版社,2001.

[责任编辑:王丽欣]

(上接第 230 页)

#### 4 结束语

通过对两种方法的比较分析,我们认为采用格网法能够达到图上转换 0.1 mm 的要求,同时也解决了图幅之间的接边问题,以及点位稀少、分布不均匀带来的转换精度不足问题。而且采用多项式回归法生成的格网模型可以外推,也解决了部分地区没有点位成果数据转换问题,是进行基础测绘成果转换比较好的方法。

#### 参考文献:

- [1] 陈俊勇,杨元喜,王敏,等. 2000 国家大地控制网的构建和它的技术进步[J]. 测绘学报,2007,36(1):1-8.
- [2] 党亚明,陈俊勇. 国际大地测量参考框架技术进展[J]. 测绘科学,2008,33(1):33-36.

- [3] 沈云中,胡雷鸣,李博峰. Bursa 模型用于局部区域坐标变换的病态问题及其解法[J]. 测绘学报,2006,35(2):95-98.
- [4] 魏子卿. 2000 中国大地坐标系及其与 WGS84 的比较[J]. 大地测量与地球动力学,2008,28(5):1-5.
- [5] 魏子卿. 关于 2000 中国大地坐标系的建议[J]. 大地测量与地球动力学,2006,26(2):1-4.
- [6] 袁修孝,付迎春,张过,等. 多级空间信息网格间的平面坐标变换精度分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2005,30(2):110-114.
- [7] 陈俊勇. 中国采用地心三维坐标系对现有地图的影响初析[J]. 测绘学报,2004,33(1):1-5.

[责任编辑:王丽欣]