

控制点布设对 IMU/DGPS 辅助空三测量精度的影响



黄悦康

(四川省遥感信息测绘院, 四川 成都 610100)

摘要: 结合生产实践, 分析和讨论了地面控制点数量及分布对 IMU/DGPS 辅助空中三角测量精度的影响。

关键词: 地面控制; IMU/DGPS 辅助空中三角测量; 精度; 影响

中图分类号: P231.4

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2010) 06-0139-03

Analysis of the Influence of Accuracy of IMU/DGPS-supported Aerial Triangulation Using Ground Control Point

HUANG Yuekang

(Sichuan Remote Sensing Geomatics Institute, Sichuan 610100, China)

Abstract: Combining with the production practice, this paper discussed of the influence of accuracy of IMU/DGPS-supported aerial triangulation using ground control point.

Key words: ground control; IMU/DGPS-supported Aerial Triangulation; accuracy; influence

随着载波相位差分 GPS 动态定位技术和定位精度 (平面定位精度 2 cm、高程精度可达 5 cm) 和 IMU 参数准确度的提高, 采用 IMU/DGPS 获取的摄站坐标, 作为区域网平差中的附加非摄影测量观测值, 以空中控制取代地面控制的辅助空中三角测量技术和方法得到了更加广泛应用。

一般来讲, IMU/DGPS 提供的摄站坐标用于平差时可完全取代地面控制点的。但是, 由于 GPS 观测值在区域中往往会出现失锁、周跳等信号间断的情况, 当不同期飞行时还需要测定各自漂移参数, 同时 IMU 导航参数的误差 (尤其是位置误差) 随时间而累积, 不适合长时间单独工作。因此采用 IMU/DGPS 辅助空中三角测量时, 既要用摄影检较场来检较 IMU/DGPS 的漂移参数, 一般也要在区域内布测一定数量的地面控制点来解决漂移等问题。

1 机载动态相位差分 GPS 定位

机载动态相位差分 GPS 定位基本原理如图 1 所示。利用安装于飞机上与航摄仪相连接的 GPS 天线和设在地面一个或多个基准站上的 GPS 信号接收机同步而连续地观测 GPS 卫星信号、同时获取航空摄影瞬间航摄仪快门开启脉冲, 经 GPS 载波相位测量差分定位技术的离线数据后处理获取航摄仪曝光时刻摄站和传感器在成像瞬间的位置坐标 (X、Y、Z) 和传感器的姿态

(φ 、 ω 、 κ)。

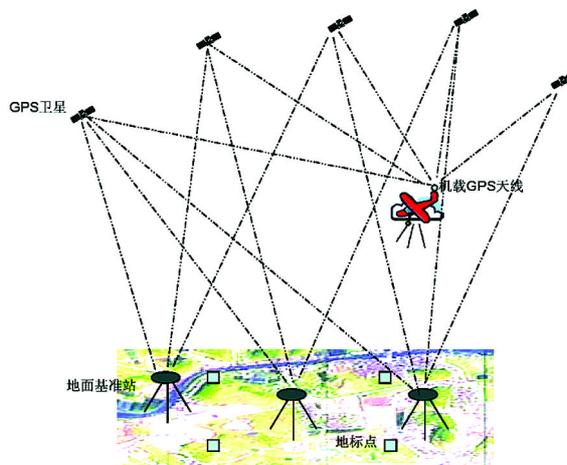


图 1 机载动态相位差分 GPS 定位基本原理

然后将其视为带权观测值引入摄影测量区域网平差中, 经采用统一的数学模型来整体确定地面目标点的位置坐标 (X、Y、Z) 和相片方位元素。

由于 GPS 区域中往往会出现失锁、周跳等信号间断的现象, 而 IMU 具有较好的抗电子干扰、完全独立的提供较高精度的定向参数 (位置, 速度, 姿态等) 的特点, 因此将 GPS 与 IMU 组合起来测定传感器的姿态, 即有助于解决 GPS 数据的周跳和失锁, 而又能通过 GPS 数据控制 IMU 误差的积累, 达到优势互补和提高整体精度。

2 IMU/GPS 航空摄影基本模式及辅助空三方法

采用 IMU/GPS 方式进行航空摄影的基本模式如图 2 所示，一般检较场设在机场和测区附近。

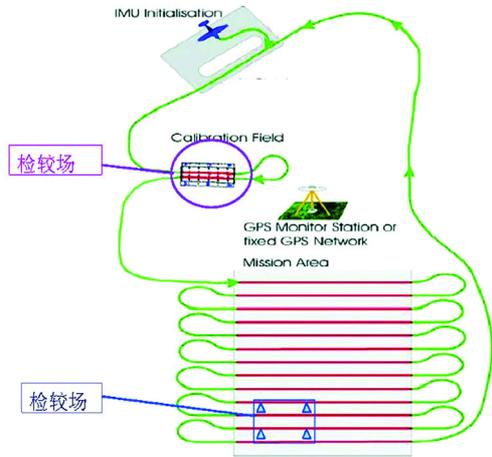


图 2 采用 IMU/GPS 方式进行航空摄影的基本模式

当条件允许的情况下，在航线的两端各布摄一条构架航线。采用 IMU/GPS 进行空三作业一般有两种方式：一是自接定位，即自接利用 IMU/GPS 提供的外方位元素进行定向，或基于无地面控制的空三平差后再进行定向；二是利用 IMU 与 GPS 提供的数据，再加上少量地面控制点进行联合空三平差解算，再进行定向。虽然前者不需要地面控制点，省去了外业控制测量的工作量，但其精度完全取决于 IMU 与 GPS 的观测精度。后者是目前常用的方式，那么一个区域应布测几个地面控制点、如何分布才较合适、有构架航线与无构架航线的布点方式、数量是否相同，结合实验进行了分析。

3 空三地面点布设数量及分布实验情况简介

3.1 实验资料情况

为便于讨论不同地面控制点数量（1 个、2 个、3 个、4 个、8 个）及布点位置，对有构架航线、无构架航线的 IMU/GPS 辅助空三方案的影响，实验分别选择了有构架航线的区域网、无构架航线的区域网进行平差计算和比较。具体实验资料情况如下表 1 所示。

表 1 实验资料情况

测区	有构架航线	无构架航线
摄影比例尺	1:2.5 万	1:3.6 万
每条航片数	70	30
总航线数	12	28
总片数	806	868
图幅数	12	32
GPS 坐标个数	806	868
外业控制点精度	1:1 万山地	1:5 万山地

3.2 有构架航线，对控制点数量及布点方案的分析

1) 布点方案及数量。控制点布点方案及数量如图 3 所示，分别采用 1 个、2 个、3 个、4 个、8 个、16 个地面控制点进行辅助空三平差计算。该区域网内外业均匀布测了 30 个精度检查点，其精度与控制点精相同。

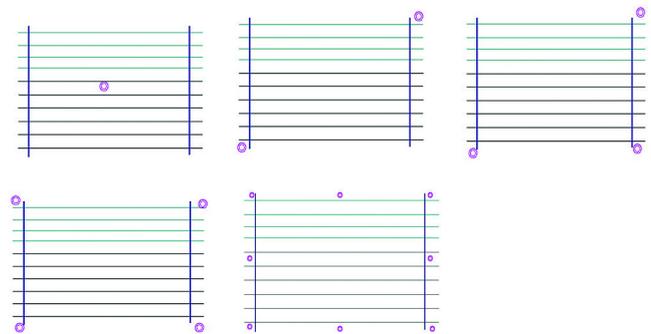


图 3 控制点布点方案

2) 平差计算结果。不同地面控制点数量、布点位置辅助空三平差计算结果如表 2 所示。

表 2 不同地面控制点数量、布点位置辅助空三平差计算结果

布点方案	1 个点	2 个点	3 个点	4 个点	8 个点	16 个点
定向点平面中误差	± 0.000	± 0.263	± 0.363	± 0.498	± 0.703	± 1.169
定向点高程中误差	± 0.000	± 0.007	± 0.034	± 0.027	± 0.153	± 0.329
检查点平面中误差	± 5.132	± 2.302	± 2.390	± 2.413	± 2.369	± 2.479
检查点高程中误差	± 2.126	± 1.091	± 0.930	± 0.551	± 0.558	± 0.475

3) 结果分析。通过对以上结果以及误差分布统计对比分析（见图 4）。可以看出：用两个点定向时，是平面精度的一个转折点；而 4 个点定向时，是高程精度的一个转折点。将控制点数量增加到了 8 个甚至 16 个点进行定向时，检测精度并没有数量级的提升。因此，当有构架航线时，采用 IMU/GPS 辅助空三加密，一般有两个地面平高控制点加二个高程控制点，便可使区域网的精度达到一个基本稳定状态。并且控制的点位没有严格的要求。考虑到角点可以共用，因此尽量将点布设在角上。

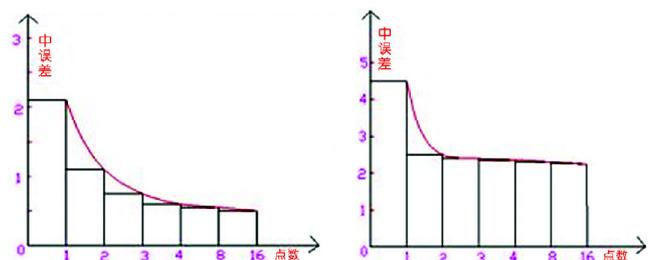


图 4 误差分布统计对比分析

3.3 无构架航线，对控制点数量及布点方案的分析

1) 布点方案及数量。控制点布点方案及数量如图

5 所示, 分别采用 2 个、4 个、6 个、9 个、13 个、16 个地面控制点进行辅助空三平差计算。该区域内外业均匀布测了 36 个精度检查点, 其精度与控制点精相同。

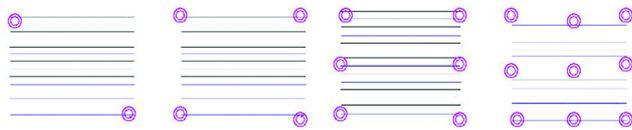


图 5 控制点布点方案及数量

2) 平差计算结果。不同地面控制点数量、布点位置辅助空三平差计算结果如表 3 所示。

表 3 不同地面控制点数量、布点位置辅助空三平差计算结果

布点方案	2 个点	4 个点	6 个点	9 个点	13 个点	16 个点
定向点平面中误差/m	0.012	0.420	0.520	0.965	0.848	0.983
定向点高程中误差/m	0.011	0.038	0.071	0.331	0.277	0.289
检查点平面中误差/m	3.279	2.788	2.900	2.856	2.926	2.875
检查点高程中误差/m	20.604	15.261	6.157	2.902	1.810	1.658

3) 结果分析。由以上结果可以初步看到: 当无构架航线时, 采用 IMU/GPS 辅助空三加密, 一般平面控制点应多于 6 个, 高程控制点应多于 13 个。

4 结 语

从目前来看, IMU/DGPS 提供的摄站坐标还不可

完全取代地面控制点的作用, 因此采用 IMU/DGPS 辅助空中三角测量, 还需要布测一定数量的地面控制点来解决和改正 IMU/GPS 系统漂移误差, 但所需的外业地面控制点的数量, 相对常规空三加密来讲是减少了, 同时对于有构架航线的区域来讲, 其控制点的位置要求也没有常规加密对点位位置的要求严格。

因此, IMU/DGPS 辅助空三仅是减少了对地面控制工作的依赖, 从而节省野外控制测量工作量、缩短航测成图周期、降低生产成本、提高生产效率。

从其他相关研究和分析来看, 在绝对精度方面, 采用 IMU/DGPS 辅助空三与 GPS 辅助空三的实际精度基本相当。

参考文献

- [1] 李德仁, 周月琴. 摄影测量与遥感概论[M]. 北京: 测绘出版社, 2001
- [2] 袁修孝. GPS 辅助空中三角测照原理及应用[M]. 北京: 测绘出版社, 2001
- [3] 李学友. IMU / DGPS 辅助空中三角测量概述[J]. 测绘科学, 2005, 30(5): 110-113
- [4] Li Xueyou. First Experience of IMU/DGPS Supported Photogrammetry in China [C]. // Proceedings of XXth ISPRS. 2004, 7: 870-875
- [5] 李学友, 赵荣军. IMU / DGPS 辅助航测技术在大比例尺航测成图中的应用[J]. 测绘科学, 2006, 31(1): 60-61

作者简介: 黄悦康, 工程师, 主要从事航测遥感测绘生产技术推广管理工作。

(上接第 138 页)

参考文献

- [1] 张正禄, 李广云. 工程测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005
- [2] 顾孝烈, 程效军, 鲍风. 测量学[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999
- [3] 徐绍铨, 张华海, 杨志强, 等. GPS 测量原理及应用(修订版)[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006

- [4] 高跃宏. 城市道路曲线放样的一种新方法[J]. 洛阳工业高等专科学校学报, 2002, 49(2): 41-42
- [5] JTJ C10-2007. 公路勘测规范[S]

第一作者简介: 卢松耀, 工程师, 主要从事工程测量的生产及质量管理工作。

重要更正

因排版错误本刊 2010 年第 4 期第 66 页项目来源应该为: 长江科学院科学研究基金资助项目 (YJJ0806), 特此更正。对因此给作者所造成的不便, 深表歉意。

《地理空间信息》编辑部

2010-11-23