



中华人民共和国国家标准

GB/T 27919—2011

IMU/GPS 辅助航空摄影技术规范

Specifications for IMU/GPS supported aerial photography

2011-12-30 发布

2012-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 航摄系统要求	2
5 航摄计划与航摄设计	3
6 航摄飞行及质量要求	6
7 IMU/GPS 数据处理	7
8 成果质量检查	9
9 成果整理和验收	9
附录 A (资料性附录) 偏心分量测定表	12
附录 B (资料性附录) 点之记	13
附录 C (规范性附录) GPS 观测数据文件名命名规则	14
附录 D (资料性附录) 基站同步观测记录表	15
附录 E (资料性附录) 航摄飞行 IMU/GPS 记录表	16
附录 F (资料性附录) IMU/GPS 辅助航摄飞行数据检查结果分析表	17
附录 G (资料性附录) IMU/GPS 数据处理检查手簿	18
附录 H (资料性附录) IMU/GPS 相关资料编写要求	20
附录 I (资料性附录) 数据成果目录结构及存储要求	21

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家测绘局提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会(SAC/TC 230)归口。

本标准起草单位:中测新图(北京)遥感技术有限责任公司、国家基础地理信息中心、中国测绘科学研究院。

本标准主要起草人:李英成、廖明、薛艳丽、朱祥娥、丁晓波、郭童英、张丽娜、曾云、郑安武、廖安平、王瑞幺、武军郦。



IMU/GPS 辅助航空摄影技术规范

1 范围

本标准规定了 IMU/GPS 辅助航空摄影的航摄系统、航摄计划与航摄设计、航摄飞行及质量、IMU/GPS 数据处理、成果质量检查、成果整理和验收的基本要求。

本标准适用于 IMU/GPS 辅助框幅式航空摄影。在航空遥感应用中,类似技术可参照此标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 6962 1 : 500、1 : 1 000、1 : 2 000 比例尺地形图航空摄影规范

GB/T 7931 1 : 500、1 : 1 000、1 : 2 000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 12341 1 : 25 000、1 : 50 000、1 : 100 000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 13977 1 : 5 000、1 : 10 000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 15661 1 : 5 000、1 : 10 000、1 : 25 000、1 : 50 000、1 : 100 000 地形图航空摄影规范

GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范

GB/T 19294 航空摄影技术设计规范

GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收

GB/T 27920.1 数字航空摄影规范 第 1 部分:框幅式数字航空摄影

CH 8016 全球定位系统(GPS)测量型接收机检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

IMU/GPS 辅助航空摄影 IMU/GPS-supported aerial photography

利用惯性测量单元(IMU)和全球定位系统(GPS)的组合测量技术,获取摄影瞬间摄影中心的位置参数及影像的姿态参数的一种航空摄影技术。

3.2

直接定向法 direct georeferencing; DG

采用 IMU/GPS 辅助航空摄影技术,得到每张像片的外方位元素,实现无需地面控制点的航空摄影测量方法。

3.3

辅助定向法 integrated sensor orientation; ISO

采用 IMU/GPS 辅助航空摄影技术,得到每张像片的外方位元素,与地面控制点共同参与空中三角测量,再进行定向测图的航空摄影测量方法。

3.4

IMU 偏心分量 IMU lever arms

在以摄影中心为原点,摄影主光轴方向为 Z 轴(天顶方向为正),X、Y 轴平行于像平面坐标系相应

轴的右旋坐标系中(参见附录 A 图 A.1),IMU 测量中心的三维坐标($u_{\text{IMU}}, v_{\text{IMU}}, w_{\text{IMU}}$)。

3.5

GPS 偏心分量 GPS lever arms

在以摄影中心为原点,摄影主光轴方向为 Z 轴(天顶方向为正), X 、 Y 轴平行于像平面坐标系相应轴的右旋坐标系中(参见附录 A 图 A.1),GPS 天线相位中心的三维坐标($u_{\text{GPS}}, v_{\text{GPS}}, w_{\text{GPS}}$)。

3.6

地面基站 base station

在摄区内(或摄区附近)设立的,与机载 GPS 接收机同步并连续采集 GPS 观测数据的固定 GPS 观测站。

3.7

偏心角 boresight misalignment angle

IMU 与航摄仪紧密固连后,IMU 的三个理想轴以摄影中心为原点,摄影主光轴方向为 Z 轴(天顶方向为正), X 、 Y 轴平行于像平面坐标系相应轴的右旋坐标系同名轴之间形成的夹角。

3.8

曝光时标 event mark

在航摄仪曝光时,通过专门设备记录并写入数据流中的快门开启脉冲信号。

3.9

检校场 calibration field

为建立 IMU、GPS 设备自身量测坐标系与用户坐标系之间的相互关系,消除系统误差,在摄区内或摄区附近选取的航空摄影区域。

4 航摄系统要求

4.1 系统组成和要求

4.1.1 系统组成

系统一般由航摄仪、机载 IMU/GPS 系统和地面基站组成,当采用 GPS 精密单点定位技术时无需地面基站。

4.1.2 系统要求

4.1.2.1 航摄仪的要求

航摄仪的选择按照 GB/T 6962、GB/T 15661 和 GB/T 27920.1 的相应规定执行,同时该航摄仪应能稳定输出曝光脉冲信号。

4.1.2.2 机载 IMU/GPS 系统的要求

机载 IMU/GPS 系统应符合以下要求:

- a) 机载 GPS 接收机应符合 CH 8016 的相关要求;
- b) 机载 GPS 接收机应为动态测量型双频 GPS 接收机,最小采样间隔不应大于 1 s;
- c) 机载 GPS 接收机天线应采用航空型产品,具有动态双频数据接收能力,并有精确定义和稳定的相位中心,能在高空、高速飞行状态下正常工作;
- d) IMU 应按相关规定进行检定;
- e) IMU 测角中误差:侧滚角和俯仰角不应大于 0.01° ,航偏角不应大于 0.02° ;
- f) IMU 数据记录频率不应小于 64 Hz;

- g) 具有 event mark 信号接口,能将航摄仪曝光时刻通过接口准确写入 GPS 数据流;
- h) 存储器应能够记录和存储一个满架次航摄作业的所有 IMU/GPS 数据、event mark 数据及其他必要数据。

4.1.2.3 地面基站 GPS 的要求

地面基站 GPS 应符合以下要求:

- a) 基站 GPS 接收机应符合 CH 8016 的相关要求;
- b) 基站 GPS 接收机应为测量型双频 GPS 接收机,最小采样间隔不应大于 1 s;
- c) GPS 接收机天线应带有抑径板或抑径圈,具有双频数据接收能力;
- d) 应配有充足的电池或电源系统,能保证航摄作业中供电不间断;
- e) 应配有能适应满架次作业所需地面观测数据存储要求的存储器。

4.2 系统安装

4.2.1 IMU 与航摄仪应刚性固连。

4.2.2 GPS 接收机天线安装应满足下列要求:

- a) 应稳定安装在飞机顶部外表面,靠近航摄仪主光轴位置;
- b) 安装位置应便于偏心分量的测量;
- c) 飞机机体对 GPS 信号造成的遮挡最小;
- d) 天线在飞机平飞状态时应处于水平;
- e) 应尽量避免飞机无线电信号的串扰;
- f) 当采用直接定向法航测成图、且没有姿态改正记录装置时,GPS 偏心分量 u_{GPS} 、 v_{GPS} 一般不应大于 20 cm。

4.2.3 机载 IMU/GPS 系统及航摄仪安装后,应测定偏心分量,从 GPS 天线相位中心或 IMU 测量中心测至相机的量测参考点,再换算至摄影中心。GPS 偏心分量 3 次测量的较差一般不应大于 5 cm,IMU 偏心分量 3 次测量的较差一般不应大于 1 cm,并填写偏心分量测定表(参见附录 A)。

4.2.4 航摄系统安装、连接后,应在地面对整个系统通电测试,检查其工作是否正常。

5 航摄计划与航摄设计

5.1 航摄计划的程序及要求

航摄计划的程序和要求依据航摄仪的类型和成图比例尺分别按照 GB/T 6962、GB/T 15661、GB/T 19294 和 GB/T 27920.1 的相应规定执行。

5.2 航摄设计

5.2.1 航摄分区与航线敷设

在航线敷设时,每条航线直线飞行时间不应大于 30 min。航摄分区与航线敷设其他要求依据航摄仪的类型和成图比例尺,分别按照 GB/T 6962、GB/T 15661、GB/T 19294 和 GB/T 27920.1 的相应规定执行。

5.2.2 检校场设计

5.2.2.1 检校场布设原则

检校场应按下列原则布设:

- a) 检校场应尽量布设在摄区内,也可布设在摄区附近,所选区域应能够实施野外像片控制测量;
- b) 摄区可布设一个或多个检校场;
- c) 检校场的基准面应尽量与摄区基准面一致。

5.2.2.2 检校场和像控点布设方法

检校场有多种布设方案,一般可从下列方案中选取:

a) 2 条航线方案

设置 2 条连续对向飞行航线,每条航线不宜少于 10 个像对;像片航向和旁向重叠度均按 60% 设计;每个检校场须布设不应少于 6 个像控点,像控点间隔不应超过 3 条基线,点位位于像片标准点位处(参见图 1);每个检校场在像控点区域内布设不少于 2 个平高点作为检核。

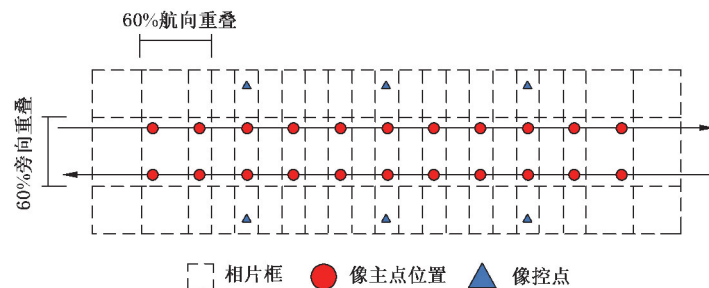


图 1 2 条航线检校场布设方案示意图

b) 4 条航线方案

设置 4 条连续对向飞行航线,每条航线不宜少于 6 个像对;像片按航向重叠度 60%、旁向重叠度不小于 30% 设计;每个检校场须布设不应少于 9 个像控点,像控点间隔不应超过 3 条基线,点位位于像片标准点位处(参见图 2);每个检校场像控点区域内布设不少于 2 个平高点作为检核。

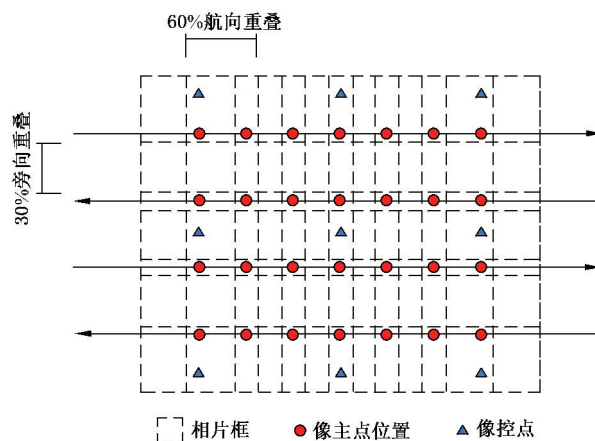


图 2 4 条航线检校场布设方案示意图

5.2.2.3 检校场像控点、检查点点位选取

检校场像控点、检查点点位应可清晰成像、能精确定位、GPS 测量施测方便,且位于像片成像的重叠区。当经摄区踏勘发现无法选取满足上述要求的点位时,应在正式航空摄影前布设人工标志(标志形

状见图 3,标志大小应满足其在航摄影像上可准确辨认和量测),且应采取必要的措施,确保航摄期间所有标志完好无损。

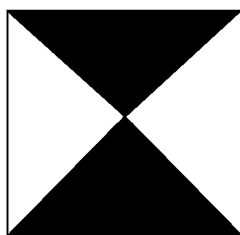


图 3 人工标志形状

5.2.2.4 检校场像控点、检查点测量

像控点、检查点测量应按下列要求进行:

- a) 像控点、检查点平面测量:采用常规测量方法,根据成图比例尺,分别按照 GB/T 7931、GB/T 12341 和 GB/T 13977 的规定进行测量;采用 GPS 测量时,按照 GB/T 18314 规定的 E 级(含 E 级)以上级别的要求进行测量,参照附录 B 填写点之记;
- b) 像控点、检查点高程测量:检校场像控点、检查点应联测等外以上水准获得高程,特殊困难地区(大面积的森林、沙漠、戈壁、沼泽、沿海滩涂和岛礁等)可采用高精度似大地水准面模型拟合方法获得高程。

5.2.2.5 检校场航摄方案

检校场航摄时应满足:

- a) 航摄比例尺或地面分辨率应与摄区尽量接近。
- b) 当采用直接定向法测图时,应每架次航摄检校场。
- c) 当采用辅助定向法测图时,应至少航摄一次检校场。当机载 IMU/GPS 系统或航摄仪发生外力碰撞、重新安装、气候变化较大或航摄间隔时间较长等情况,可能引起系统间相对空间关系发生变化时,应重新航摄检校场。

5.3 地面基站设计

5.3.1 基站布设原则

5.3.1.1 当采用差分 GPS 定位技术时应布设地面基站,采用 GPS 精密单点定位技术时无需布设。

5.3.1.2 根据航摄区域大小、航摄成图比例尺合理布设地面基站,摄区内任意位置与最近基站间的距离不应大于表 1 的规定。每一摄区基站数量不应少于 1 个。

表 1 摄区内任意位置与最近基站间距离要求表

成图比例尺	1 : 100 000	1 : 50 000	1 : 25 000	1 : 10 000	1 : 5 000	1 : 2 000	1 : 1 000	1 : 500
摄区内任意位置与最近基站间距离/km	400		300		100		50	

5.3.2 基站选址

5.3.2.1 选址前准备

基站选址人员在实地选址前,应收集测区 1 : 50 000 或更大比例尺地形图、已有各类控制点等资料,充分了解和研究测区地形、交通、通讯、供电、气象等情况,设计摄区基站分布图,作为基站实地选址参考。

5.3.2.2 选址要求

基站选址应满足下列要求:

- a) 周围应便于安置接收设备和操作,视野开阔,视场内障碍物的高度角不宜超过 15° ;
- b) 远离大功率无线电发射源(如电视台、电台、微波站等),其距离不应小于 200 m;远离高压输电线和微波无线电信号传送通道,其距离不应小于 50 m;
- c) 附近不应有强烈反射卫星信号的物件(如大型建筑物等);
- d) 交通方便,并有利于其他测量手段扩展和联测;
- e) 地面基础稳定,易于点的保存;
- f) 应充分利用符合要求的已有控制点(要求 GPS C 级或 C 级以上);
- g) 尽可能使测站附近的小环境(地形、地貌、植被等)与周围的大环境保持一致,以减少气象元素的代表性误差;
- h) 周围应具有可靠电源,以保障设备用电。

5.3.3 基站布设

5.3.3.1 基站位置选定后,应制作固定的中心标识,要求地基稳固、标识清晰、便于仪器架设和对中,同时应保证整个航摄期间内不移位、不丢失。

5.3.3.2 基站布设完毕后应参照附录 B 填写点之记,并拍摄基站现场数码照片。照片分别采用远景和近景的全景拍摄,拍摄方向从南向北。当个别点位无法从南向北拍摄时,可选择其他方向拍摄,但应在照片上标注方向。照片采用基站站名以 JPG 格式存储。

5.3.4 基站点位测量

采用已有控制点(要求 GPS C 级或 C 级以上)的地面基站不需进行点位测量。新选地面基站需按照 GPS C 级或 C 级以上的要求进行观测。具体要求见 GB/T 18314,基站命名应符合附录 C 中的测站名规定。

6 航摄飞行及质量要求

6.1 飞行准备

6.1.1 飞机停机位四周应视野开阔,视场内障碍物的高度角不应大于 15° 。

6.1.2 所有基站须在航摄飞行前完成电源、存储系统等检查,做好观测准备。

6.1.3 基站 GPS 接收机开机应早于机载 GPS 接收机开机。

6.2 飞行要求

6.2.1 应待飞机上所有发动机启动后,方可打开航摄系统的电源开关。

6.2.2 机载设备开机后,进行 5 min 以上的初始化和静态观测,飞机方能滑行。

- 6.2.3 飞行期间基站和机载 GPS 接收机数据采样间隔均不应大于 1 s。
- 6.2.4 飞机上升、下降速率不应大于 10 m/s,且飞行过程中转弯坡度不宜超过 20°。
- 6.2.5 检校场航摄一般应安排在进入摄区航线之前;如果一个架次内需要进行多种航摄比例尺的飞行,则在每个比例尺航摄高度上都应进行检校场航摄。
- 6.2.6 进入摄区航线时,应采用左转弯和右转弯交替方式飞行,且每次直线飞行时间不应大于 30 min。
- 6.2.7 航摄飞行过程中应及时观察系统的工作情况,重点观察 GPS 信号失锁现象,根据实际情况及时处理。出现 GPS 信号失锁时,应立即中止摄影,并在信号恢复正常 5 min 后再进入航线进行摄影,若 GPS 信号始终无法恢复正常,应立即终止本架次飞行,并查明原因。
- 6.2.8 飞机停稳后,IMU/GPS 系统应继续观测 2 min 以上,再关闭航摄系统,最后关闭飞机发动机。
- 6.2.9 基站 GPS 接收机关机应在机载 GPS 接收机关机后,并填写基站同步观测记录表(参见附录 D)。
- 6.2.10 飞行结束后,填写航摄飞行 IMU/GPS 记录表(参见附录 E)。

6.3 飞行质量与摄影质量

依据航摄仪的类型和成图比例尺,飞行质量与摄影质量要求分别按 GB/T 6962、GB/T 15661 和 GB/T 27920.1 执行。

6.4 补摄与重摄

- 6.4.1 机载 GPS 信号失锁或数据无记录造成摄站位置无法解算,需对此区间进行补摄;整条航线机载 GPS 信号失锁或数据无记录,需整条航线重摄。
- 6.4.2 地面基站 GPS 信号失锁、中断或其他原因致摄站位置无法解算时,若采用辅助定向法,可采用 GPS 精密单点定位技术进行解算,当解算精度不能满足要求时,应根据无法解算范围的大小,进行补摄或重摄;若采用直接定向法,需进行补摄或重摄。
- 6.4.3 因 IMU 数据记录中断、初始化不充分、IMU 硬件松动等原因造成整架次数据无法正确解算时,需重摄。
- 6.4.4 IMU/GPS 数据在曝光时刻的解算精度一般应满足 7.2 的规定,当一条航线连续超过三片的解算精度超出限值的 50%时,需补摄。
- 6.4.5 由于相机脉冲输出装置故障,致使一条航线上连续超过三片 event mark 信号丢失,需在 event mark 信号丢失区间进行补摄。
- 6.4.6 不用于测图的检校场航线,在 IMU/GPS 数据正常的情况下,如果出现局部相对漏洞或有其他缺陷(如云影、密度差、脱胶等),在不影响整条航线进行检校场空中三角测量与后续作业的情况下,可不补摄。
- 6.4.7 补摄航线的两端一般应超出补摄范围外 1 条基线,同一航线补摄不应超过 2 处;重摄应按照原方案进行。
- 6.4.8 因飞行质量或摄影质量存在缺陷需补摄或重摄时,依据航摄仪的类型和成图比例尺分别按 GB/T 6962、GB/T 15661 和 GB/T 27920.1 执行。

7 IMU/GPS 数据处理

7.1 数据预处理

对 IMU/GPS 原始观测数据应进行预处理,分离 GPS 观测数据、IMU 记录数据和 event mark 数据,并填写 IMU/GPS 辅助航摄飞行数据检查结果分析表(参见附录 F)。

7.2 IMU 和 GPS 数据联合解算

7.2.1 将 GPS 数据与 IMU 数据进行联合处理,解算出每张像片的 6 个外方位元素,转换至用户使用的坐标系坐标,并填写 IMU/GPS 数据处理检查手簿(参见附录 G)。

7.2.2 采用差分 GPS 定位,IMU 和 GPS 数据联合解算的平面、高程和速度偏差不应大于表 2 的规定。

表 2 IMU 和 GPS 数据联合解算偏差限值

成图比例尺	平面偏差限值/m	高程偏差限值/m	速度偏差限值/m/s
1 : 100 000 1 : 50 000	0.15	0.8	0.7
1 : 25 000 1 : 10 000	0.15	0.5	0.6
1 : 5 000 1 : 2 000	0.1	0.4	0.5
1 : 1 000 1 : 500	0.08	0.3	0.4

7.2.3 采用 GPS 精密单点定位,IMU 和 GPS 数据联合解算的平面位置偏差不应大于 0.15 m,高程位置偏差不应大于 0.5 m,速度偏差不应大于 0.6 m/s。

7.3 检校计算

7.3.1 对检校场进行空中三角测量,计算偏心角以及线元素偏移值。偏心角及线元素偏移值的解算中误差不应大于表 3 的规定。

7.3.2 用偏心角和线元素偏移值改正摄区每张像片的位置和姿态,得到每张像片的 6 个外方位元素。

表 3 偏心角及线元素偏移值中误差限值

成图比例尺	线元素偏移值 平面中误差限值/m	线元素偏移值 高程中误差限值/m	偏心角侧滚角、俯仰 角中误差限值/°	偏心角航偏角 中误差限值/°
1 : 100 000 1 : 50 000	3.0	1.5	0.05	0.05
1 : 25 000 1 : 10 000	2.0	1.0	0.04	0.04
1 : 5 000 1 : 2 000	1.0	0.8	0.03	0.03
1 : 1 000 1 : 500	0.5	0.5	0.03	0.02

8 成果质量检查

8.1 数据质量的检查

8.1.1 IMU/GPS 数据质量检查

IMU/GPS 数据质量检查的主要内容包括：

- a) 偏心分量测定精度是否满足要求；
- b) 基站 GPS 和机载 GPS 卫星信号有无失锁、缺失；
- c) event mark 信号有无重复和丢失；
- d) IMU 数据是否正常和连续,并与 GPS 时间同步；
- e) IMU/GPS 数据处理精度是否满足要求。

注：当采用 GPS 精密单点定位技术时,无基站 GPS 相关检查内容。

8.1.2 基站点位测量和检校场控制测量质量的检查

检查的主要内容包括：

- a) 基站点位的测量是否满足精度要求；
- b) 检校场控制测量的精度。

注：当采用 GPS 精密单点定位技术时,无基站点位测量相关检查内容。

8.2 飞行质量和摄影质量的检查

8.2.1 检校场的航摄飞行是否按照设计方案进行。

8.2.2 检校场的航摄影像中含有少量云或雾,但不影响空中三角测量与后续作业,亦为合格。

8.2.3 其他飞行质量和摄影质量依据采用的航摄仪类型及成图比例尺,分别按照 GB/T 6962、GB/T 15661 和 GB/T 27920.1 的相应规定执行。

8.3 附件质量的检查

各种表格、图件、报告、记录和包装等附件是否填写正确、完整。

9 成果整理和验收

9.1 成果整理

9.1.1 IMU/GPS 辅助航空摄影成果按照 IMU/GPS 相关纸质文档资料、地面控制测量相关纸质文档资料、刺点片、数据资料等分开装盒组卷。卷外包装中间位置应粘贴标签,标签应注记卷名、摄区名称、摄区代号、航摄比例尺(地面分辨率)、航摄时间和航摄单位等内容。

9.1.2 IMU/GPS 相关纸质文档资料和地面控制测量相关纸质文档资料应分项单独装订成册,存放在 A4 幅面的档案盒内;每份档案盒中必须包含资料清单。

9.1.3 IMU/GPS 相关报告应参照附录 H 的要求编写。

9.1.4 刺点片应采用与刺点片幅面尺寸相适应的像片盒存放,并在盒外标签注记,注记应包含摄区名称、摄区代号、航摄比例尺或地面分辨率、航摄时间、航摄单位、像片总数和像片号等内容。

9.1.5 数据资料目录结构与存储要求参照附录 I 执行。

9.1.6 数据资料中的电子文档的名称和内容应与纸质文档一致。

9.1.7 数据资料中除必须采用特定格式的文件外,一般应采用纯文本文件格式进行存储,同时提供数

据格式说明。

9.1.8 设计书、各种报告等电子文档资料需提交 word 和 PDF 两种格式。

9.1.9 所有 GPS 观测数据需提交原始数据和 RINEX 数据两种格式,RINEX 数据文件命名参见附录 C。

9.1.10 其他成果资料的整理依据采用的航摄仪类型及成图比例尺,分别按照 GB/T 6962、GB/T 15661 和 GB/T 27920.1 的相应规定执行。

9.2 验收

9.2.1 验收程序

9.2.1.1 航摄执行单位按本标准和摄区合同的规定对全部航摄成果资料逐项进行认真的检查,并详细填写检查记录手簿。

9.2.1.2 航摄执行单位质检合格后,将全部成果资料整理齐全,移交委托单位代表验收。

9.2.1.3 航摄委托单位代表依据本标准、航摄合同及 GB/T 24356 的规定对全部成果资料进行验收,双方代表协商处理检查验收工作中发现的问题,航摄委托单位代表最终给出成果资料的质量评定结果。

9.2.1.4 成果质量验收合格后,双方在移交书上签字,并办理移交手续。

9.2.2 移交的资料

9.2.2.1 IMU/GPS 相关纸质文档资料

提交的 IMU/GPS 相关纸质文档资料应包括:

- a) IMU/GPS 辅助航空摄影技术设计书;
- b) IMU/GPS 设备检定资料;
- c) 航摄飞行 IMU/GPS 记录报告;
- d) 检校场影像资料清单;
- e) 像片外方位元素成果表;
- f) IMU/GPS 数据处理检查手簿;
- g) IMU/GPS 辅助航空摄影项目工作总结报告;
- h) IMU/GPS 辅助航空摄影资料移交书;
- i) 其他相关资料。

9.2.2.2 地面控制测量相关纸质文档资料

提交的地面控制测量相关纸质文档资料应包括:

- a) IMU/GPS 辅助航空摄影地面测量技术设计书;
- b) 地面测量设备检定资料;
- c) 基站、像控点和检查点点之记;
- d) 基站、像控点和检查点 GPS 观测手簿;
- e) 联测国家大地点的 GPS 观测手簿;
- f) 水准联测记录手簿;
- g) 地面基站点位测量报告;
- h) 基站、像控点和检查点 GPS 成果,含联测网图;
- i) 水准联测成果,含水准路线图;
- j) 地面测量资料检查报告;
- k) IMU/GPS 辅助航空摄影地面测量技术总结报告;

1) 其他相关资料。

注 1: 当地面基站采用已有控制点时, 成果中不含 g)。

注 2: 当采用 GPS 精密单点定位技术时, 成果中不含基站相关内容。

9.2.2.3 刺点片

刺点片应包括检校场像控点和检查点刺点片。

9.2.2.4 数据资料

提交的数据资料应包括:

- a) 机载 IMU/GPS 原始观测数据;
- b) 基站同步观测数据;
- c) 基站、像控点和检查点 GPS 观测数据;
- d) 联测国家大地点的 GPS 观测数据;
- e) GPS 观测现场照片;
- f) 检校场航摄影像数据;
- g) 9.2.2.1 和 9.2.2.2 中除手簿外的所有电子文档资料;
- h) 其他相关资料。

注 1: 当地面基站采用已有控制点时, c) 中不含基站相关内容。

注 2: 当采用 GPS 精密单点定位技术时, 成果中不含基站相关内容。

9.2.2.5 其他资料

移交的其他资料依据采用的航摄仪类型及成图比例尺, 分别按照 GB/T 6962、GB/T 15661 和 GB/T 27920.1 的相应规定执行。

9.2.3 验收报告

航摄委托单位代表完成验收后, 应写出验收报告。报告的主要内容应包括:

- a) 航摄的依据;
- b) 完成的航摄图幅数和面积;
- c) 对成果资料质量的基本评价, 包括对 IMU/GPS 数据、外方位元素成果的质量评价;
- d) 存在的问题及处理意见等。

附 录 A
(资料性附录)
偏心分量测定表

基本信息	摄区代号			摄区名称	
	飞机型号			飞机编号	
	IMU 型号			IMU 编号	
	机载 GPS 接收机型号			机载 GPS 天线型号	
	航摄仪型号			航摄仪编号	
	备注：				
偏心分量			u/m	v/m	w/m
GPS 偏心分量	天线相位中心相对 相机量测参考点	1			
		2			
		3			
		平均值			
	相机量测参考点相对摄影中心				
	结果				
IMU 偏心分量	IMU 测量中心相对 相机量测参考点	1			
		2			
		3			
		平均值			
	相机量测参考点相对摄影中心				
	结果				

测量员：

年 月 日

检查员：

年 月 日

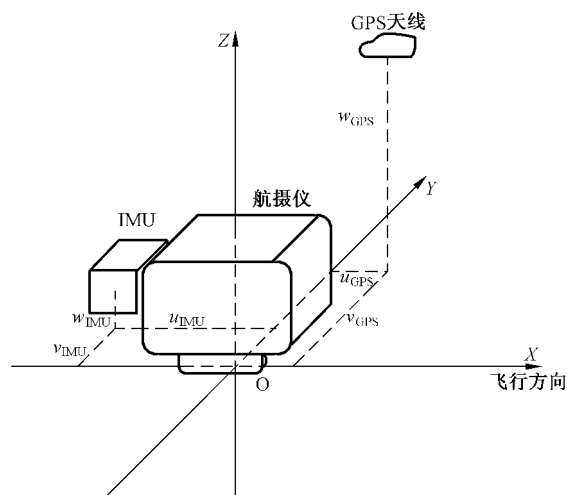


图 A. 1

附 录 B
(资料性附录)
点 之 记

点名		点号		所在图幅(1 : 50 000)	
概略纬度				交通路线图	
概略经度					
概略高程					
站址所在地					
最近水源					
最近住所					
供电系统					
邮电通讯					
点 位 描 述				点 位 略 图	
实地照片 1				实地照片 2	
选点人： 单位：				检查人： 单位：	
时 间：				时 间：	
备 注：					

附 录 C
(规范性附录)

GPS 观测数据文件名命名规则

标准的 RINEX 数据文件名一般格式为：

SSSSDDDA.YYT

这里,SSSS 表示测站(测点)名称,4 个字符,唯一的点名；

DDD 表示年积日,3 个字符；


A 表示时段号,1 个字符；

YY 表示年份,2 个字符；

T 表示文件类型,1 个字符,为 O 或 N。其中,O 代表观测数据,N 代表星历数据。



附 录 D
(资料性附录)
基站同步观测记录表

摄区代号/任务代号				
观测日期				
天气情况				
接收机型号				
接收机编号				
天线型号				
天线编号				
基站编号				
卫星高度截止角/°				
采样间隔/s				
基站开机时间		天线高/m		垂高 <input type="checkbox"/> 斜高 <input type="checkbox"/>
基站关机时间		天线高/m		
数据目录名				
数据文件名				
数据量/MB				
备注				
GPS 观测时异常记录				

记录员：
年 月 日

检查员：
年 月 日

附 录 E
(资料性附录)

航摄飞行 IMU/GPS 记录表

摄区代号：_____ 机组：_____ 年 月 日

机载 GPS	接收机型号			数据采样频率/Hz		
	接收机编号			卫星高度截止角/°		
机载 IMU	IMU 型号		IMU 编号		采样频率/Hz	
飞行时间	开机时间				关机时间	
飞行序号	飞行高度/m	航摄分区 ^注	event mark 号	两端像片号	像片数	备注
1		检校场 条	~	~		××××检校场
2		检校场 条	~	~		
3		分区 条	~	~		××××摄区
4		分区 条	~	~		
5		分区 条	~	~		
6		分区 条	~	~		
7		分区 条	~	~		
8		分区 条	~	~		
10		分区 条	~	~		
11		分区 条	~	~		
<p>注：东西向飞行时：航摄分区中××条数字前面的“+”号代表飞行方向 90°，“-”号代表飞行方向 270°。 南北向飞行时：航摄分区中××条数字前面的“+”号代表飞行方向 0°，“-”号代表飞行方向 180°。</p>						

记录员：_____ 年 月 日

检查员：_____ 年 月 日

附 录 F
(资料性附录)

IMU/GPS 辅助航摄飞行数据检查结果分析表

摄区代号：_____ 机组：_____ 年 月 日

基站数据检查	序号	基站编号	数据目录名	数据量/MB	有无异常
	1				
	2				
	3				
	评价分析	1. 无异常,可进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 2. 部分基站有异常,可进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 3. 所有数据有异常,不能进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 4. 其他:_____。 <input type="checkbox"/>			
备注	采用 GPS 精密单点定位技术时可不填写本项内容。				

机载数据检查	机载 GPS 数据	有无失锁发生	失锁区间		所在区间 ¹	时间/s
				1		
		2				
		3				
		4				
	评价分析	1. 无失锁,可进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 2. 失锁时间较短,且在非航摄区域,可进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 3. 在航线上失锁时间较短,可进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 4. 失锁时间长,部分区间无法后续处理,建议补摄_____。 <input type="checkbox"/> 5. 其他:_____。 <input type="checkbox"/>				
	IMU 数据	有无异常				
event mark 值	有无异常					

其他	
----	--

分析结果	1. 数据记录连续无失锁,或有失锁现象,但失锁时间较短,可进行后续处理。 <input type="checkbox"/> 2. 数据记录部分失锁或中断,需对_____补摄。 <input type="checkbox"/> 3. 其他_____。 <input type="checkbox"/>
------	---

备注:可选如下区间: A—非摄区区间 B—航线上 C—航线转弯 D—_____ (其他)



记录员:

年 月 日

检查员:

年 月 日

附 录 G
(资料性附录)

IMU/GPS 数据处理检查手簿

摄区：_____ 架次：_____

一、IMU/GPS 数据预处理

检查项名称	异常情况	处理方案	√ 或 ×
GPS 数据			
IMU 数据			
event mark			

二、IMU 和 GPS 数据联合解算

1. 处理设置

设置项名称	采用选项(值)	√ 或 ×
工作目录		
IMU	IMU 型号： GPS 型号：	
	轴的指向 轴‘1’： 轴‘2’：	
GPS 偏心分量/m	u： v： w：	
IMU 偏心分量/m	u： v： w：	
IMU 检校数据文件		

2. 处理精度

航线数/计算次数： ☐

精度指标	精度值	是否合格	√ 或 ×
位置偏差/m	北： 东： 高：		
速度偏差/m/s	北： 东： 高：		
情况说明			

3. 检校计算

检校场飞行次数： ☐

	位置/m	角度/deg	√ 或 ×
改正值	北： 东： 高：	侧滚： 俯仰： 旋偏：	
中误差	北： 东： 高：	侧滚： 俯仰： 旋偏：	
说 明			

4. 外方位元素输出

输出外方位元素成果名： ☐

5. 异常情况记录

异常情况	处理方案	√ 或 ×

三、检查意见

☐解算成果全部合格,可采用 ☐部分合格,部分可采用 ☐成果质量全部不合格,不可用

注:处理员据实填写手簿,检查员经检查无误画√、否则画×。

处理员:

年 月 日

检查员:

年 月 日



附录 H (资料性附录)

IMU/GPS 相关资料编写要求

H.1 IMU/GPS 辅助航空摄影技术设计书

IMU/GPS 辅助航空摄影技术设计书应包含如下内容：

- a) IMU/GPS 辅助航空摄影测量方案；
- b) 基站设计(包括站址选择、仪器选择、基站坐标测量、观测方法等)；
- c) 检校场设计(包括检校场航线设计、像控点设计与野外测量方案等)；
- d) IMU/GPS 设备以及软件选择；
- e) 飞行实施方案；
- f) 预期成果；
- g) 其他航摄设计内容应按照 GB/T 19294 要求编写。

H.2 航摄飞行 IMU/GPS 记录报告

航摄飞行 IMU/GPS 记录报告应包括：

- a) 偏心分量测定表；
- b) 基站同步观测记录表；
- c) 航摄飞行 IMU/GPS 记录表；
- d) IMU/GPS 辅助航摄飞行数据检查结果分析表。

注：其中 b)、c)、d)项每个架次必须填写。

H.3 地面基站点位测量报告

地面基站点位测量报告应包括：

- a) 基站点位测量说明及精度报告；
- b) 坐标成果。

H.4 IMU/GPS 辅助航空摄影项目工作总结报告

IMU/GPS 辅助航空摄影项目工作总结报告应包括：

- a) 空中部分：包括摄区基本情况、航摄设备、航空摄影基本参数、飞行中异常情况说明等；
- b) 地面控制测量部分：包括基站、检校场像控点和检查点等的设计、测量及计算等情况；
- c) IMU/GPS 数据处理部分：包括数据预处理、检校场空中三角测量、IMU 和 GPS 数据解算、检校计算及外方位元素输出情况等。

注 1：采用 GPS 精密单点定位技术时，无基站相关内容。

注 2：地面基站采用已有控制点时，无地面基站点位测量报告。

附录 I

(资料性附录)

数据成果目录结构及存储要求

I.1 数据目录结构



按方便组织和查找的原则,“IMU-GPS 辅助航空摄影数据资料”总目录下分为“IMU-GPS 数据”、“地面控制测量数据”、“其他资料”等 3 个子目录。

I.2 “IMU-GPS 数据”

“IMU-GPS 数据”目录中包括“机载数据”、“基站同步观测数据”、“技术文档资料”,其目录结构分别为:

- a) “机载数据”:以观测日期为子目录存放,存放航摄期间机载 IMU 和 GPS 原始观测数据等;
- b) “基站同步观测数据”:以观测日期为子目录存放,存放航摄期间基站 GPS 设备同步观测数据(原始格式和 RINEX 格式)等,包含基站同步观测记录表;
- c) “技术文档资料”:存放技术设计书、设备检定资料、航摄飞行 IMU/GPS 记录报告、检校场影像资料清单、像片外方位元素成果表、项目工作总结、资料移交书等技术文档。

I.3 “地面控制测量数据”

地面控制测量数据目录中包括“GPS 观测数据”、“点之记”、“水准联测资料”、“GPS 数据处理资料”、“技术文档资料”等,其目录结构分别为:

- a) “GPS 观测数据”:“GPS 观测数据”目录中存放地面控制测量的 GPS 观测数据(原始数据和 RINEX 数据)。GPS 数据文件名采用标准命名方式,见附录 C,其余数据文件名和内容格式应配有说明文件。
- b) “点之记”:含“点之记”和“现场观测照片”两个目录,分别存放基站、检校场像控点和检查点的点之记电子文档和现场观测照片,文件名与点号一致。
- c) “水准联测资料”:含有“水准联测记录手簿”、“水准联测成果”和“水准路线图”,分别用于存放电子水准手簿(采用纸质记录手簿时无此项)、水准联测成果和水准路线图。
- d) “GPS 数据处理资料”:存放地面控制网的 GPS 成果等。
- e) “技术文档资料”:存放技术设计书、设备鉴定资料、地面基站点位测量报告、成果表、检查报告、技术总结等地面控制测量数据相关文档资料。

I.4 “其他资料”

包含检校场航摄影像数据等其他资料。

I.5 存储介质

数据成果按以下要求存储:

- a) 电子数据的存储介质是根据数据量大小而合理选择的硬盘或光盘(DVD 或者 CD);
- b) 硬盘采用纸质硬盒或硬质塑料盒存放,光盘采用硬质塑料盒存放;
- c) 存储介质外注明摄区名称、摄区编号和资料名称等;
- d) 外包装标签注记包含:总体信息部分(摄区名称、摄区代号、航摄比例尺或地面分辨率、航摄时间、面积、航摄单位等)和本盘装载内容部分(资料详细名称、目录结构等)。

注:采用 GPS 精密单点定位技术时无基站相关内容。

