

中华人民共和国国家标准

GB/T 23236—2009

数字航空摄影测量 空中三角测量规范

Specifications for aerotriangulation of digital aerophotogrammetry

2009-02-06 发布

2009-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 总则 1

4 准备工作 3

5 内定向 4

6 相对定向 4

7 绝对定向与区域网平差计算 5

8 成果验收及上交 7

附录 A（规范性附录） 扫描仪参数要求及扫描分辨率确定方法 8

附录 B（规范性附录） 航片扫描 9



前 言

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

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归口。

本标准起草单位：国家测绘局测绘标准化研究所、国家测绘局第一航测遥感院、国家测绘局第三航测遥感院。

本标准主要起草人：邓国庆、肖学年、王占宏、蒋红兵、刘小强。



引 言

随着科学技术的发展,摄影测量已进入了基于数字化影像或数字影像进行数据处理阶段。为适应当前测绘生产的技术要求和发展水平,有必要制定数字航空摄影测量规范,建立新的航空摄影测量标准体系。本标准是数字航空摄影、测量、测图等系列国家标准之一,其他有关标准将在今后陆续制定。

本标准基于数字摄影测量当前的技术特征对航空摄影测量的关键步骤——空中三角测量进行了技术约定和作业过程指导。本标准不排斥也不可能完全代替模拟、解析航空摄影测量方法的标准规范,这些标准为 GB/T 7931—2008《1 : 500 1 : 1 000 1 : 2 000 地形图航空摄影测量外业规范》、GB/T 7930—2008《1 : 500 1 : 1 000 1 : 2 000 地形图航空摄影测量内业规范》、GB/T 13977—1992《1 : 5 000 1 : 10 000 地形图航空摄影测量外业规范》、GB/T 13990—1992《1 : 5 000、1 : 10 000 地形图航空摄影测量内业规范》、GB/T 12341—2008《1 : 25 000 1 : 50 000 1 : 100 000 地形图航空摄影测量外业规范》、GB/T 12340—2008《1 : 25 000 1 : 50 000 1 : 100 000 地形图航空摄影测量内业规范》。本标准只针对目前空中三角测量应用各类新技术后工艺技术、生产作业等方面发生变化的部分,而未发生变化的部分如果需要使用旧的技术手段,则可以继续应用上述标准中相关部分的技术要求(如胶片摄影冲洗处理、连接点选点的位置要求等),而不在本标准中重复规定。

与本标准相关的航空摄影新技术标准有《框幅式数字航空摄影技术规定》、《推扫式数字航空摄影技术规定》、《惯导与全球定位系统(IMU/GPS)辅助航空摄影技术规定》,这些标准目前正在制定中。

与本标准配套使用的标准有《数字航空摄影测量 控制测量规范》、《数字航空摄影测量 测图与成果生产技术规范》,这些标准目前在计划制定中。



数字航空摄影测量 空中三角测量规范

1 范围

本标准规定了数字航空摄影测量中空中三角测量的作业流程、技术要求。

本标准适用于基于框幅式、推扫式数字影像的空中三角测量生产作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

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 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 18316 数字测绘成果质量检查与验收

CH/T 1001 测绘技术总结编写规定

CH/T 1004 测绘技术设计规定

3 总则

3.1 对控制测量成果的要求

像片控制点的精度和点位分布应符合相关标准的规定。

3.2 对航摄资料的要求

3.2.1 胶片航摄资料根据相应测图比例尺应符合 GB/T 6962 或 GB/T 15661 的规定。

3.2.2 数码航摄资料根据相应的成像方式应符合相关标准的规定。

3.2.3 采用 IMU/ GPS 辅助航空摄影时,航摄资料应符合相关标准的规定。

3.3 对影像的要求

3.3.1 扫描数字化航摄影像分辨率应符合附录 A 的规定,扫描航片应按附录 B 执行。

3.3.2 数码航摄仪获取的影像应满足以下要求:

- a) 黑白影像辐射分辨率不应小于 8 bit,灰度直方图基本呈正态分布,影像反差适中,色调基本一致,纹理清楚,层次丰富;
- b) 彩色影像辐射分辨率不应小于 12 bit;饱和度等级不小于 10 级;色彩还原真实准确,不失真,无偏色,幅与幅之间色调基本一致;
- c) 影像清晰,细节完整,影像拼接处过渡自然,不影响像点观测。

3.4 精度要求

区域网平差计算结束后,连接点对最近野外控制点的平面位置中误差图上不得大于表 1 的规定,连接点对最近野外控制点的高程中误差不得大于表 1 的规定。连接点的中误差一般采用检查点(多余像片控制点,不参与平差)的中误差进行估算,具体要求见 7.2。

表 1 连接点对最近野外控制点平面位置与高程中误差

单位为米

成图比例尺	平面位置中误差				高程中误差			
	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 500	0.175	0.175	0.25	0.25	0.15	0.28 (0.15)	0.35	0.5
1 : 1 000	0.35	0.35	0.5	0.5	0.28 (0.15)	0.35	0.5	1.0
1 : 2 000	0.7	0.7	1.0	1.0	0.28 (0.15)	0.35	0.8	1.2
1 : 5 000	1.75	1.75	2.5	2.5	0.3	1.0	2.0	2.5
1 : 10 000	3.5	3.5	5.0	5.0	0.3	1.0	2.0	3.0
1 : 25 000	8.75	8.75	12.5	12.5	1.0	1.5	2.0	3.5
1 : 50 000	17.5	17.5	25.0	25.0	2.0	3.0	4.0	7.0
1 : 100 000	35.0	35.0	50.0	50.0	4.0	6.0	8.0	14.0
特殊困难地区(大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林等)的平面和高程中误差均可放宽 1/2,应在技术设计书中明确规定。 1 : 500 成图时,平地、丘陵地平面位置中误差、高程中误差不能满足本表规定的精度时,应采用平高全野外控制布点;1 : 1 000~1 : 10 000 成图时,平地高程中误差不能满足本表规定的精度时,应采用高程全野外控制布点。 注:表中加括号处为 0.5 m 等高距的高程中误差。								

3.5 对其他作业方法的要求

在满足本规范规定精度的前提下,可采用新技术和新方法,应经过实践验证并提供实验报告,同时在技术设计书中明确说明相关要求和规定。

3.6 控制点影像数据

若需要建立控制点影像数据库,宜在空中三角测量中采集控制点影像数据,具体要求在技术设计书中明确说明相关要求和规定。

3.7 工作流程

数字航空摄影测量的工作流程见图 1,空中三角测量的作业流程见图 2。在空中三角测量技术设计时应根据空中三角测量技术方法、数字摄影测量系统的不同制定具体、详细的作业流程。

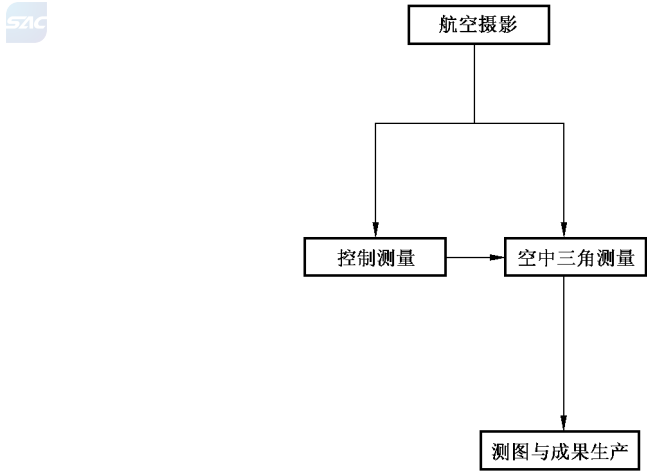


图 1 数字航空摄影测量工作流程

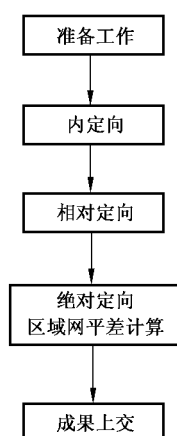


图 2 空中三角测量作业流程

4 准备工作

4.1 资料收集

主要收集以下资料：

a) 控制测量成果

测区基础控制测量和像片控制测量的全部成果资料及技术设计书。

b) 航摄资料

主要包括：

- 1) 航摄底片、像片或数码航摄仪获取的影像数据；
- 2) 测区航摄略图，包括航摄分区划分、航线分布、图幅分幅；
- 3) 测区像片/影像索引图、中心点接合图；
- 4) 航摄仪鉴定表；
- 5) 辅助航摄资料，包括摄站点坐标、像片姿态参数、GPS 数据等相关的数据或资料；
- 6) 航摄质量验收报告；
- 7) 其他有关资料。

4.2 资料分析

对所收集的资料进行整理和分析：

- a) 查看控制测量成果验收报告以及技术设计书，分析控制测量的基本情况，包括像片控制点的数量、分布、目标点位情况等。
- b) 查看航摄成果验收报告，分析航摄资料的基本情况，包括航摄单位、航摄时间、摄影比例尺、航高、航线方向、重叠度、航摄分区范围、测区覆盖率、航摄仪参数、航摄资料鉴定结论等；并检查以下内容：
 - 1) 飞行质量：航偏角、航线弯曲、航高差、像片倾斜角、航向与旁向重叠度以及航摄比例尺、相对航高等参数是否满足 3.2.1、3.2.2 的规定，是否需要采取特殊补救措施；
 - 2) 摄影质量：摄影质量是否满足 3.2.1、3.2.2 的规定；
 - 3) 航摄仪鉴定资料：
 - 胶片航摄仪的框标坐标、像主点坐标、焦距、物镜畸变等航摄仪鉴定资料是否完整、可靠，航摄日期距离航摄仪鉴定日期是否满足 3.2.1 的规定；
 - 数码航摄仪的焦距、畸变差、像素大小、像幅尺寸是否完整、可靠，航摄日期距离航摄仪鉴定日期是否满足 3.2.2 的规定；

- 4) 数码航摄影获取的影像:影像数据拼接、匀色处理是否满足 3.2.2 的规定;
- 5) 辅助航摄资料:摄站点坐标、像片姿态参数、IMU 检校参数、GPS 数据等是否完整,精度是否满足 3.2.3 的规定;摄站点坐标采用的坐标系统;分析摄站点坐标、像片姿态参数使用的方法及可供使用的程度。

4.3 技术设计

- 4.3.1 项目设计和专业设计中涉及空中三角测量时,应满足本标准规定的各项技术要求,特殊情况不能达到时应明确说明原因,并通过项目组织管理部门的审核批准。
- 4.3.2 项目设计书、专业设计书的编写要求及主要内容按 CH/T 1004 执行。

5 内定向

- 5.1 框标坐标残差绝对值一般不大于 0.010 mm,最大不超过 0.015 mm。
- 5.2 内定向应采用仿射变换进行框标坐标计算。
- 5.3 像点量测坐标需考虑像主点位置、航摄影物镜畸变、大气折光、地球曲率等系统误差的影响。可以使用自检校平差消除像点量测坐标的系统误差。
- 5.4 框幅式数码航摄影获取的影像需使用焦距、像素大小、像素行数/列数、像素值参考位置等航摄影鉴定资料,注意影像坐标系统的方向定义。
- 5.5 扫描数字化航摄影像需使用焦距、像主点位置、框标坐标/距离、物镜畸变差等航摄影鉴定资料,应注意不同航摄影像主点、物镜畸变的使用区别以及飞行方向与像主点偏移方向的差异。
- 5.6 内定向超限时,应分析原因,采取补救措施,如重测、重新扫描影像、采用自检校平差消除像点量测坐标的系统误差等。

6 相对定向

- 6.1 相对定向精度不应大于表 2 的规定,特别困难资料或地区可放宽 0.5 倍。

表 2 相对定向精度

影像类型	连接点上下视差中误差	连接点上下视差最大残差
扫描数字化航摄影像	0.01 mm(1/2 像素)	0.02 mm(1 像素)
数码航摄影获取的影像	1/3 像素	2/3 像素

- 6.2 扫描数字化航摄影像模型连接较差限值按公式(1)和公式(2)计算:

$$\Delta S = 0.06 \times m_{\text{像}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ΔS ——平面位置较差,单位为米(m);

$m_{\text{像}}$ ——像片比例尺分母。

$$\Delta Z = 0.04 \times \frac{m_{\text{像}} \times f_k}{b} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ΔZ ——高程较差,单位为米(m);

$m_{\text{像}}$ ——像片比例尺分母;

f_k ——航摄影焦距,单位为毫米(mm);

b ——像片基线长度,单位为毫米(mm)。

- 6.3 数码航摄影像模型连接较差限值一般取公式(1)、公式(2)相应计算值的 1/2。
- 6.4 每个像对连接点应分布均匀,每个标准点位区应有连接点。自动相对定向时,每个像对连接点数目一般不少于 30 个。



- 6.5 标准点位区落水时,应沿水涯线均匀选择连接点。
- 6.6 航向连接点宜 3 度重叠,旁向连接点宜 6 度重叠。
- 6.7 扫描数字化航摄影像,连接点距离影像边缘应大于 1.5 cm;数码航摄仪获取的影像,在精确改正畸变差的基础上,连接点距离影像边缘可放宽至 0.1 cm。
- 6.8 自由图边在图廓线以外应有连接点。
- 6.9 根据需要选定、量测保密检查点,保密检查点数量和编号规则在技术设计书中确定。
- 6.10 人工选择用于航线初始连接的连接点时,应满足以下要求:
- 相邻航线之间最少选 2 个航线连接点,宜选择在首尾;航带间航偏角变化较大的航带,应增加航线连接点数量。
 - 航线较长时,宜每隔 10~12 张像片选择 1 个航线连接点。
 - 交叉航线,在两个航线的公共区域,至少选择 3 个航线连接点,且不应分布在一条直线上。
- 6.11 自动航线连接时,应注意外方位元素等辅助参数的使用方法,如是否包含 GPS 天线分量的改正等。

7 绝对定向与区域网平差计算

7.1 区域网平差计算结束后,基本定向点(测图定向点)残差限值为连接点中误差限值的 0.75 倍,检查点误差限值为连接点中误差限值的 1.0 倍,区域网间公共点较差限值为连接点中误差限值的 2.0 倍,具体取值见表 3。

表 3 基本定向点残差、检查点误差、公共点较差最大限值

单位为米

成图比例尺	点别	平面位置中误差				高程中误差			
		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	基本定向点	0.13	0.13	0.2	0.2	0.11	0.2 (0.11)	0.26	0.4
	检查点	0.175	0.175	0.35	0.35	0.15	0.28 (0.15)	0.4	0.6
	公共点	0.35	0.35	0.55	0.55	0.3	0.56 (0.3)	0.7	1.0
1:1000	基本定向点	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2 (0.11)	0.26	0.4	0.75
	检查点	0.5	0.5	0.7	0.7	0.28 (0.15)	0.4	0.6	1.2
	公共点	0.8	0.8	1.1	1.1	0.56 (0.3)	0.7	1.0	2.0
1:2000	基本定向点	0.6	0.6	0.8	0.8	0.2 (0.11)	0.26	0.6	0.9
	检查点	1.0	1.0	1.4	1.4	0.28 (0.15)	0.4	1.0	1.5
	公共点	1.6	1.6	2.2	2.2	0.56 (0.3)	0.7	1.6	2.4

表 3 (续)

单位为米

成图比例尺	点别	平面位置中误差				高程中误差			
		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 5 000	基本定向点	1.5	1.5	2.0	2.0	0.22	0.8	1.5	1.9
	检查点	1.75	1.75	2.5	2.5	0.3	1.0	2.0	2.5
	公共点	3.5	3.5	5.0	5.0	0.6	2.0	4.0	5.0
1 : 10 000	基本定向点	3.0	3.0	4.0	4.0	0.22	0.8	1.5	2.2
	检查点	3.5	3.5	5.0	5.0	0.3	1.0	2.0	3.0
	公共点	7.0	7.0	10.0	10.0	0.6	2.0	4.0	6.0
1 : 25 000	基本定向点	6.5	6.5	9.5	9.5	0.8	1.1	1.5	2.6
	检查点	8.75	8.75	12.5	12.5	1.0	1.5	2.0	3.5
	公共点	17.5	17.5	25.0	25.0	2.0	3.0	4.0	7.0
1 : 50 000	基本定向点	13.0	13.0	19.0	19.0	1.5	2.2	3.0	5.2
	检查点	17.5	17.5	25.0	25.0	2.0	3.0	4.0	7.0
	公共点	35.0	35.0	50.0	50.0	4.0	6.0	8.0	14.0
1 : 100 000	基本定向点	26.0	26.0	38.0	38.0	3.0	4.5	6.0	10.5
	检查点	35.0	35.0	50.0	50.0	4.0	6.0	8.0	14.0
	公共点	70.0	70.0	100.0	100.0	8.0	12.0	16.0	28.0

注：表中加括号处为 0.5 m 等高距的精度要求。

7.2 检查点的平面中误差、高程中误差分别按公式(3)计算。

$$m_1 = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i \Delta_i) / n} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- m_1 ——检查点中误差,单位为米(m)；
- Δ ——检查点野外实测值与解算值的误差,单位为米(m)；
- n ——参与评定精度的检查点数,一幅图应有一个检查点。

7.3 区域网之间公共点的平面中误差、高程中误差分别按公式(4)估算,其精度要求同连接点(见表 1)。

$$m_2 = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i d_i) / 3n} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- m_2 ——公共点中误差,单位为米(m)；
- d ——区域网之间公共点较差,单位为米(m)；
- n ——参与评定精度的点数。

7.4 区域网根据航摄分区、可利用控制点的分布以及地形条件等情况灵活划分,可以合并多个航摄分区为一个区域网。

7.5 平差计算时对连接点、像片控制点进行粗差检测,剔除或修测检测出的粗差点。

7.6 对于 IMU/GPS 辅助空中三角测量和 GPS 辅助空中三角测量,导入摄站点坐标、像片外方位元素进行联合平差,应注意 GPS 天线分量、IMU 偏心角系统改正值。

7.7 水系平差应注意以下要求：

- a) 应把野外施测的水位点高程换算至摄影时期的水位高程,作为控制定向点直接参与平差计算；

- b) 平差计算后,根据野外施测的水位点和内业量测的水位点,在立体观测下,依据地势变化状况,加减配赋改正,其加减改正数不应大于平地连接点高程中误差。

7.8 接边原则:

- a) 同比例尺、同地形类别像片、航线、区域网之间的公共点接边,平面和高程较差不大于 7.1 的规定,取中数作为最后使用值。
- b) 同比例尺不同地形类别接边时,平面位置较差不大于表 1 规定的连接点平面位置中误差之和,高程较差不大于表 1 规定的连接点高程中误差之和;将实际较差按中误差的比例进行配赋作为平面和高程的最后使用值。
- c) 不同比例尺接边,平面位置较差不大于表 1 规定的连接点平面位置中误差之和,高程较差不大于表 1 规定的连接点高程中误差之和;将实际较差按中误差的比例进行配赋作为平面和高程的最后使用值。
- d) 与已成图或出版图接边,当较差小于上述规定限差的二分之一时以已成图或出版图为准;当较差大于上述规定限差二分之一,但小于规定限差时,应取中数作为最后使用值;超限时,要认真检查原因,确系已成图或出版图错误,直接采用当前成果,在图历簿中注明。
- e) 不同投影带之间公共点平面坐标接边,首先换算成同一带坐标值,在规定限差内取中数,然后再将中数值换算成邻带坐标值。

7.9 根据需要从连接点中选择精度较高的点作为测图定向点。

7.10 根据需要进行单模型绝对定向,检查测图定向点残差,若超限应进行人工修测。

8 成果验收及上交

空中三角测量作业完成后,质量检查及检查报告编写要求按 GB/T 18316 执行。技术总结编写要求及主要内容按 CH/T 1001 执行。通过验收的空中三角测量成果按以下内容逐项登记整理,并上交:

- a) 成果清单;
- b) 相机文件;
- c) 像片控制点坐标;
- d) 连接点或测图定向点像片坐标和大地坐标;
- e) 每张像片的内、外方位元素;
- f) 连接点分布略图;
- g) 保密检查点大地坐标;
- h) 技术设计书;
- i) 技术总结;
- j) 检查报告与验收报告;
- k) 其他资料。



附 录 A

(规范性附录)

扫描仪参数要求及扫描分辨率确定方法

A.1 扫描仪参数要求

用于扫描航片的扫描仪应满足以下条件：

- a) 几何精度 $\leq \pm 2 \mu\text{m}$ ；
- b) 最小光学分辨率： $7 \mu\text{m}$ ；
- c) 辐射分辨率 $\geq 8 \text{ bit}$ ；
- d) 光学密度： $0.1 \text{ D} \sim 3.3 \text{ D}$ ；
- e) 动态范围 $\geq 2.5 \text{ D}$ ；
- f) 最小输出像素大小： $7 \mu\text{m}$ ；
- g) 最小有效扫描面积： $235 \text{ mm} \times 235 \text{ mm}$ 。

A.2 扫描分辨率确定方法

扫描分辨率估算公式见公式(A.1)，实际扫描分辨率不应大于 $R_{\text{像}}$ 的值。

$$R_{\text{像}} = 0.8 \times \Delta h \times b / H \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中：

$R_{\text{像}}$ ——影像扫描分辨率，单位为微米(μm)，取整数；

Δh ——要求达到的高程精度(加密点高程中误差限值)，单位为米(m)；

b ——航向平均重叠度的像片基线长度，单位为微米(μm)；

H ——平均相对航高，单位为米(m)。

附 录 B
(规范性附录)
航 片 扫 描

B.1 技术要求

- B.1.1** 使用原始底片,正置,北边朝北,药膜面朝下。
- B.1.2** 黑白影像辐射分辨率不应小于 8 bit,灰度直方图基本呈正态分布,影像反差适中,色调基本一致,纹理清楚,层次丰富。
- B.1.3** 彩色影像辐射分辨率不应小于 8 bit,宜为 12 bit;饱和度等级不小于 10 级;色彩信息不失真,无偏色,幅与幅之间色调基本一致。
- B.1.4** 框标应完整,清晰。
- B.1.5** 扫描影像数据采用无压缩的 TIFF 格式存贮。

B.2 作业要求

- B.2.1** 扫描前检查和校正扫描仪的几何精度、光学分辨率和辐射分辨率、色彩精度,扫描工作中应定期进行检查,如发现超限应停止扫描,校正合格后继续扫描。
- B.2.2** 应在专用的,室内清洁的,温度、湿度等符合要求的房间进行航片扫描。
- B.2.3** 扫描前应使扫描仪充分预热。
- B.2.4** 通过预扫描确定扫描的亮度、对比度、色彩饱和度以及扫描范围等参数。
- B.2.5** 检查底片是否有撕裂、断裂、严重划痕和脱膜等情况,并对底片进行清洁,以保证底片上不沾有污物,对于底片存在的问题应作记录。
- B.2.6** 注意避免静电、划痕、脏点、灰尘等对扫描影像数据的影响。
- B.2.7** 逐片检查扫描质量,根据需要对扫描影像进行增强、拉伸等处理或者重新扫描。