

中华人民共和国国家标准

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 15661—1995

Aerial photographic specification for
1 : 5 000、1 : 10 000、1 : 25 000、1 : 50 000、1 : 100 000
scale topographic maps

1 主题内容与适用范围

本标准规定了 1 : 5 000、1 : 10 000、1 : 25 000、1 : 50 000、1 : 100 000 地形图航空摄影的技术要求、成果质量的检查方法以及航摄器材和航摄成果的保管要求。

本标准适用于测制 1 : 5 000、1 : 10 000、1 : 25 000、1 : 50 000、1 : 100 000 地形图和影像图的航空摄影工作。

2 引用标准

- GJ B647 航空摄影胶片变形率的测定方法
- GB 6845 片基厚度测定方法
- GB 9862 黑白航空照像胶片感光度和平均斜率测定方法
- GB 7519 冲洗后的缩微胶片中硫代硫酸盐残留量的测定
- ZB N35 003 分辨力板
- JB 9045 感光材料分辨率的测定

3 航摄计划与航摄设计

3.1 航摄计划的程序及要求

3.1.1 根据测图需要,拟定航摄任务,由测图单位和航摄执行单位共同商定有关具体事项,制定航摄计划,签定航摄合同。

3.1.2 航摄合同的主要技术内容应包括:

- a. 航摄地区和摄影面积,(摄区范围应以经纬度和图幅号用略图标明);
- b. 测图方法、测图比例尺和摄影比例尺;
- c. 航摄仪类型、技术参数和航摄附属仪器参数;
- d. 需提供的航摄资料的名称和数量;
- e. 执行航摄任务的季节和期限;
- f. 特殊的技术要求等。

3.2 航摄设计

3.2.1 设计用图的选择

应选择可靠、出版时间较近的地形图作为航摄设计用图。设计用图比例尺一般应根据测图比例尺按

表 1 规定选用。

表 1

测图比例尺	设计用图比例尺
1 : 5 000	1 : 25 000 或 1 : 50 000
1 : 10 000	
1 : 25 000	1 : 100 000 或 1 : 250 000
1 : 50 000	
1 : 100 000	

3.2.2 航摄比例尺的选择

航摄比例尺应根据不同摄区的地形特点,在确保测图精度的前提下,本着有利于缩短成图周期、降低成本、提高测绘综合效益的原则在表 2 的范围内选择。

表 2

测图比例尺	航摄比例尺
1 : 5 000	1 : 10 000~1 : 20 000
1 : 10 000	1 : 20 000~1 : 40 000
1 : 25 000	1 : 25 000~1 : 60 000
1 : 50 000	1 : 35 000~1 : 80 000
1 : 100 000	1 : 60 000~1 : 100 000

3.2.3 航摄分区的划分

- a. 分区界线应与图廓线相一致;
- b. 分区内的地形高差不得大于四分之一相对航高(以分区的平均高度平面为基准面的航高);
- c. 在地形高差符合 b 条规定,且能够确保航线的直线性的前提下,分区应尽量划大。分区的最小范围除 1 : 5 000 测图不得小于二个图幅外,其余不得小于一个图幅;
- d. 当地面高差突变,地形特征差别显著或有特殊要求时,可以破图廓划分航摄分区。

3.2.4 航线方向和航线敷设方法

- a. 航线按东西向直线飞行。特定条件下亦可按照地形走向作南北向飞行或沿线路、河流、海岸、境界等任意方向飞行;
- b. 常规摄影航线应与图廓线平行敷设。对于 1 : 5 000、1 : 10 000 测图,当 $M_{\text{地}}/M_{\text{图}}$ 大于 3.3 倍时,航线应沿图幅中心线敷设;
- c. 水域、海区航摄时,航线敷设要尽可能避免像主点落水;要确保所有岛屿达到完整覆盖,并能构成立体像对;
- d. 荒漠、高山区荫蔽地区等和测图控制作业特别困难的地区,可以敷设控制航线。控制航线根据测图控制布点设计的要求设置。

3.2.5 航摄季节和航摄时间选择

- a. 航摄季节应选择摄区最有利的气象条件;应尽量避免或减少地表植被和其他覆盖物(如积雪、洪水、扬沙等)对摄影和测图的不利影响,确保航摄像片能够真实地显现地面细部;
- b. 选择航摄时间,既要确保具有足够的光照度,又要避免过大的阴影。一般根据摄区的太阳高度角和阴影倍数按表 3 确定。

表 3

地形类别	太阳高度角(°)或阴影倍数(倍)	
平地	>20	≤3
丘陵地	>30	≤2
山地	>45	≤1
大、中城市(摄影比例尺≥1/20 000)	>45	≤1
一般城镇(摄影比例尺≥1/20 000)	>30	≤2
陡峭山区	当地正午前后 1 h 内	

3.2.6 航摄仪选择和检定

3.2.6.1 航摄仪的选择主要根据测图精度要求、测图的仪器设备、测图比例尺、测图方法以及现有航摄设备等综合考虑确定,但所选航摄仪的基本性能不应低于表 4 的要求。

表 4

项 目	要 求
像幅	230 mm×230 mm
焦距	85 mm~310 mm
有效使用面积内镜头分辨率	每毫米内不少于 25 线对
径向畸变差	焦距大于 90 mm 时,不大于 0.015 mm,焦距小于或等于 90 mm 时,不大于 0.02 mm
曝光时间	1/100 s~1/1 000 s
色差校正范围(波长)	400 nm~900 nm

3.2.6.2 航摄仪检定

根据每台航摄仪的稳定状况进行检定。在下列之一情况下须进行检定。

- a. 距前次检定的时间超过 2 年;
- b. 快门曝光次数超过 20 000 次时;
- c. 航摄仪经过大修或主要部件更换以后;
- d. 航摄仪产生剧烈震动以后。

检定的项目和检定精度要求按表 5 规定执行。

表 5

mm

项 目	检 定 精 度
检定主距	±0.01
框标坐标	±0.01
框标距离	±0.01
径向畸变差	±0.003
最佳对称主点坐标	±0.01
自准直主点坐标	±0.01
镜头分辨率	
快门速度	

检定方法按附录 A 有关规定进行。

检定时,航摄仪物镜应戴上黑白摄影时常用的滤光镜。

各项检定数据应准确地记入航摄仪履历簿和附录 D 规定的航摄鉴定表中。

3.2.7 航摄软片选择和测定

3.2.7.1 航摄软片的选择应根据摄区的地理位置、摄影季节、地面照度、地物反差和光谱特性等因素确定。所选软片的几何性能不应低于表 6 的要求。

表 6

项 目	几何性能要求
软片分辨率	每毫米内不少于 85 线对
不规则变形率(处理后)	不大于 0.03%
片基厚度	不小于 0.07 mm

3.2.7.2 软片片边应平整、光滑、无毛刺和裂口。

3.2.7.3 每年航摄任务开始前,应测定软片感光特性。

3.2.7.4 测定项目应包括:

- a. 软片分辨率、不规则变形率、片基厚度;
- b. 软片感光度、反差系数、曝光宽容度、灰雾密度、最大密度、最小密度。

3.2.7.5 测定方法

- a. 软片分辨率的测定,按 JB 9045 规定执行;
- b. 不规则变形率的测定,按 GJB 647 规定的方法进行;
- c. 软片片基厚度的测定,按 GB 6845 规定的方法进行;
- d. 本标准 3.2.7.4 条列出的几项感光特性的测定,按 GB 9862 规定的方法进行。

3.2.8 航摄附属仪器

3.2.8.1 如果测图单位需要,可使用必要的航摄附属仪器。其性能应满足测图单位提出的技术要求。

3.2.8.2 所用附属仪器的检定项目和检定方法按生产厂方提供的使用规定执行。

3.2.9 试飞

3.2.9.1 下列情况之一应组织进行试飞或试摄;

- a. 航摄飞机为新近改装;
- b. 新编成的航摄机组;
- c. 航摄机组为了解测区情况而组织的测区视察;
- d. 航摄仪每年正式作业前,或检修后、新购进、油封后重新启封使用等。

3.2.9.2 通过对试飞、试摄成果资料进行分析处理,确认工作状态正常后才能用于正式航摄。

4 飞行质量和摄影质量要求

4.1 飞行质量

4.1.1 像片重叠

4.1.1.1 航向重叠度一般应为 60%~65%;个别最大不得大于 75%,最小不得小于 56%。当个别像对的航向重叠度虽小于 56%,但大于 53%,且其相邻像对的航向重叠度不小于 58%,能确保测图定向点和测绘工作边距像片边缘不小于 1.5 cm 时,可视为合格。

沿图幅中心线敷设航线,实现一张像片覆盖一幅图时,航向重叠度可加大到 80%~90%。

4.1.1.2 相邻航线的像片旁向重叠度一般应为 30%~35%,个别最小不得小于 13%。按图幅中心线敷设航线时,至少要保证图廓线距像片边缘大于 1.5 cm。

4.1.2 像片倾斜角一般不大于 2°,最大不超过 3°。

4.1.3 像片旋偏角一般不大于 6°,最大不超过 8°(且不得连续 3 片)。

- 4.1.4 航线弯曲度不大于 3%。
- 4.1.5 航高保持
- 4.1.5.1 同一航线上相邻像片的航高差不得大于 30 m;最大航高与最小航高之差不得大于 50 m。
- 4.1.5.2 摄影分区内实际航高与设计航高之差不得大于设计航高的 5%。
- 4.1.6 测区、分区、图廓覆盖保证
- 4.1.6.1 测区边界覆盖保证:航向覆盖超出测区边界线不少于一条基线。旁向覆盖超出测区边界线一般不少于像幅的 50%,最少不少于像幅的 30%;按图幅中心线敷设航线时,旁向覆盖超出测区边界线(图廓线)最少不少于像幅的 12%。
- 4.1.6.2 分区边界线覆盖保证:分区之间如果航线方向相同,旁向正常接飞,航向各自超出分区界线一条基线。分区之间航向方向不同时,航向各自超出分区界线一条基线,旁向超出分区界线一般不少于像幅的 30%,最少不少于像幅的 15%。按成图图幅中心线敷设航线时,旁向最少不少于像幅的 12%。
- 4.1.6.3 测区、分区的边界线一般为图廓线,对图廓覆盖的要求与 4.1.6.1 和 4.1.6.2 相同。
- 4.1.7 按图幅中心线敷设航线时的飞行质量
- 4.1.7.1 实际航迹偏离图幅中心线不得大于图廓边长的 1/5(东-西向飞行行为图廓南北向长度的 1/5)。当实际航迹偏离超过上述规定,但其旁向覆盖仍能保证图廓线距像片边缘大于 1.5 cm 时,可视为合格。
- 4.1.7.2 要求一张像片覆盖一幅图时,中心片的选择要保证图廓线距像片边缘一般不小于 2.5 cm,最小不小于 1.5 cm。航线两端过渡片的像主点应落在图廓线或测区边界线之外,过渡片与中心片应能构成正常重叠的立体像对。
- 4.1.7.3 加大航向重叠摄影(指 80%~90%),其像片倾斜角和旋偏角的测定,以抽片后配成立体像对的中心片和过渡片为准,要求同 4.1.2 和 4.1.3 条。
- 4.1.8 控制航线
- 4.1.8.1 控制航线的摄影比例尺应比测图航线的摄影比例尺大 25%左右;航向重叠度应不小于 80%,应保证隔号像片能构成正常重叠的立体像对。
- 4.1.8.2 位于测区周边的控制航线,要保证其像主点落在测区边界线之外,两端要超出测区边界线四条基线。
- 4.1.8.3 位于测区内部的控制航线,应保证其像主点落在所跨乘的图廓线两侧测图航线的半条基线范围内。
- 4.1.8.4 控制航线间交叉和衔接之处,要保证有不少于四条基线的相互重叠。
- 4.1.9 漏洞补摄
- 4.1.9.1 航摄中出现的相对漏洞和绝对漏洞均需及时补摄。
- 4.1.9.2 漏洞的补摄应按原设计要求进行。
- 4.1.9.3 对不影响内业加密模型连接的相对漏洞,只在漏洞处补摄。补摄航线的长度应超出漏洞长度外一条基线。
- 4.1.9.4 在敷设控制航线的测区,补摄航线两端必须超出控制航线外一条基线。
- 4.1.9.5 不用于测图的控制航线,如果本身出现局部相对漏洞或有其它缺陷(如云影、脱胶等),在不影响整条航线内业加密模型连接和选点的情况下,可不补摄。
- 4.1.10 每次飞行结束,应认真填写航摄飞行报告表并随所摄胶片送交摄影处理工序存查。
- 4.2 摄影质量
- 4.2.1 航摄软片经处理后的构像质量应满足下列要求:
- 灰雾密度(D_0)不大于 0.2;摄影比例尺小于 1:50 000 时不大于 0.3;
 - 最小密度(D_{\min})不小于 $D_0 + 0.2$;
 - 最大密度(D_{\max})为 1.2~1.6;对于极少数特别亮的地物,最大密度可超过 1.6 但不得大于 2.0;而在地物亮度特小的地区(如草原、森林),最大密度可小于 1.2 但不得小于 1.0;

d. 反差(ΔD)为0.6~1.4,其最佳值为1.0;1:50 000、1:100 000摄影时为0.7~1.5。

4.2.2 最大曝光时间的限定,除保证航摄软片正常感光外,还应确保因飞机地速的影响,在曝光瞬间造成的像点最大位移不得超过0.04 mm。

4.2.3 航摄软片在曝光瞬间由于未能严格压平而在像平面上引起的像点位移误差应满足以下要求:

采用精密立体坐标量测仪测定标准配置点和若干检查点的坐标和视差,并按模型相对定向程序进行解算时,检查点上的剩余上下视差应不大于0.02 mm,个别点最大不大于0.03 mm。

4.2.4 用目视直接观察底片时,应影像清晰、层次丰富、反差适中、色调柔和;应能辨认出与摄影比例尺相适应的细小地物影像;应能建立清晰的立体模型。

4.2.5 底片上不应有云、云影、划痕、静电斑、折伤、脱胶等缺陷。除用于编制影像平面图、影像图和数字摄影测量以外,虽然存在少量缺陷,但不影响立体模型的连接和测绘时,则认为可以用于测制线划图。

4.2.6 底片定影和水洗必须充分。水洗后底片的硫代硫酸盐残留量必须小于 $2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

4.2.7 框标影像和其他记录影像必须清晰、齐全、各类附属仪器仪表记录资料应满足测图单位提出的具体要求。

5 成果质量检查

5.1 航摄执行单位应按本标准对飞行质量和摄影质量进行检查。

5.2 检查项目和方法

5.2.1 像片重叠度

将相邻两张像片按中心附近不超过2 cm 远的地物点重叠后,将重叠百分尺的末端置于第二张像片边缘,读取第一张像片边缘在重叠百分尺上的分划值,此值即为重叠度。如果航摄区为山区,则按相邻像片主点连线附近不超过1 cm 远的地物重叠,再将一张像片边缘的直线影像转绘到相邻片上,所成曲线至像片边缘的最小分划值为最小重叠度。

5.2.2 像片倾斜角

一般应根据像片边角上园水准气泡影像偏离中心的程度检查;无水准气泡记录的像片,可在旧图上选择若干明显地物点作为控制点,用摄影测量方法进行检查。

5.2.3 像片旋偏角

首先在两相邻像片上标出两主点位置,然后按主点附近地物将两张像片重合,并将两主点分别标刺在相邻片上,再用量角器分别量测出两张像片上的二主点连线与沿航线方向框标连线的二个夹角,以其中较大一个夹角为旋偏角。

5.2.4 航线弯曲度

在平坦地区按像片索引图检查,起伏地区按每条航线分别镶辑检查。用直尺量测出航线两端像主点间直线的长度和偏离直线最远的像主点与该直线间的距离,按附录 G 中 G10公式计算。

5.2.5 航高保持

a. 在已有图及其相应于立体像对的相邻像片重叠中线附近,分别量取相应地物点之间长度,求得相邻像片之间的比例尺差,再算得相邻像片的航高差;

b. 将像片按航线和分区镶辑,在旧图上和像片上分别量取相应地物点之间长度。按地面最高和最低处求得各像片的最大和最小比例尺,然后取中数得到相对于平均基准面的实际摄影比例尺。根据比例尺按航线和分区分别算出同航线最大航高与最小航高之差和分区实际航高与设计航高之差。

5.2.6 测区、分区和图廓覆盖

将像片按重叠镶辑,对照收集到的地形图上所标出的图幅、分区和摄区的边界及其附近的同名地物,确定所摄像片的覆盖情况。

5.2.7 按图幅中心线敷设航线

将像片分航线按重叠镶辑,对照航线设计图上标出的图幅中心线,再把每张像片的主点转绘到图上

相应的位置,量测出实际航线相对中心线的偏离值。

5.2.8 控制航线

- a. 位置移动,按本标准5.2.5规定的方法检查控制航线上所摄像片的比例尺;
- b. 按本标准5.2.1规定的方法检查控制航线的像片重叠度;
- c. 将控制航线像片按重叠镶辑后,按照本标准5.2.6规定的方法检查控制航线的覆盖情况。

5.2.9 漏洞

- a. 按本标准5.2.6规定的方法检查绝对漏洞;
- b. 按本标准5.2.1规定的方法检查相对漏洞。

5.2.10 影像质量

一般在每条航线上抽取3~4张底片,用密度计直接量测底片的密度值,获取一系列灰雾、最小和最大密度值,然后取平均值得到 D_0 、 D_{\min} 、 D_{\max} 、 ΔD 。密度计的量测孔径为1.0 mm,且注意不要选择个别的或特殊的反光点进行量测。

5.2.11 像点位移

根据航摄比例尺以及飞行作业的原始记录所载的飞机地速、曝光时间按附录G中G7公式进行计算。

5.2.12 压平误差

按附录B规定的方法检查。

5.2.13 目视检查底片的框标和其他记录影像以及表现质量。

5.2.14 按GB 7519规定的方法检查底片水洗情况。

6 成果整理和验收

6.1 整理

6.1.1 制作像片索引图

6.1.1.1 索引图应能反映摄区内全部有用的像片资料情况。索引图可以按分区或加密区域网的范围分幅制作,同一摄区内相邻索引图之间应保持一定的重叠。

6.1.1.2 索引图上,要确保能够辨认出每条航线的像片号码。

6.1.1.3 索引图的幅面一般为25 cm×30 cm。

6.1.1.4 索引图内应注出较大的城镇、河流等主要地物的名称;图外应标明所在的图幅号、摄区代号、航摄年月、摄影比例尺和制作者、检查者等内容。在设有控制航线的摄区,制作像片索引图时,应在相应位置标明控制航线的位置、编号和两端的起止片号。

6.1.2 底片的编号和注记

6.1.2.1 底片编号应包括摄区代号和底片片号,以反体字写在乳剂面上,字体端正,清晰易读。字体大小为4 mm×6 mm。

底片号码方向与航线前进方向一致。东西方向飞行时,片号写在相应于实地的西北角位置;南北方向飞行时,则写在相应于实地的东北角上。片号应尽量靠近像片边缘,但不得压盖框标。

6.1.2.2 每卷底片的两端应分别作出内容相同的注记,包括:航摄日期、飞机号码、摄区代号、分区编号、底片卷号、所在图幅编号、航摄仪类型及号码、焦距、框标距、暗盒号、起止片号、总片数等。

若配有附属仪器,其记录影像和数据亦应作出相应的编号和注记。

6.2 验收

6.2.1 程序

6.2.1.1 航摄执行单位按本规范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。

6.2.1.2 航摄执行单位根据航摄资料移交书和摄区合同规定,将全部成果资料整理齐全后,移交给测

图单位代表验收。

6.2.1.3 测图单位代表依据本规范和摄区合同规定对全部成果资料验收合格后,双方在移交书上签字,并办理移交手续。

6.2.1.4 双方代表协商处理检查验收工作中发现的问题,共同评价成果资料的质量。

6.2.2 移交的资料

主要应包括:

- a. 航摄底片、晒印的像片、像片索引图底片和像片(份数按合同规定提供);
- b. 航摄仪检定记录和数据;
- c. 附属仪器记录数据和资料;
- d. 成果质量检查记录、航摄鉴定表;
- e. 各种登记表和移交清单;
- f. 其它有关资料。

6.2.3 验收报告

测绘单位代表完成验收后,应尽快写出验收报告。报告的主要内容应包括:航摄的依据——航摄合同或技术规范、航摄仪有关数据、完成的航摄图幅数和面积,对成果资料质量的基本评价、存在的问题及处理意见等。

6.3 航摄成果的包装

6.3.1 航摄底片应先清洁整理后再装筒。每筒内装一卷或二卷,片子不宜卷得过紧,片卷中心直径不得小于2 cm。每卷底片应填写登记卡片一式二份,一份置于筒内,另一份贴于筒外。卡片上应注明筒号、图幅号、底片起止号码等内容。

6.3.2 晒印的像片应按分区或每张像片索引图所包括的图幅范围整理装盒。填写像片登记卡一式二份,一份置于盒内,另一份贴于盒外。卡片内容包括:摄区代号、分区号码、所在图幅号、航线序号和每条航线的起止片号、片数及总片数。

7 航摄器材和航摄成果的保管

7.1 航摄仪器

7.1.1 航摄仪应存放在专用库房内。室内要清洁、干燥,常年温度保持在10~20℃之间,相对湿度不大于65%。室内不能有酸性化学药品及易挥发物质。

7.1.2 航摄仪平时应置于专用箱内搬运和保存。较长期不用时应按规定进行油封后入库。

7.1.3 快门速度应安置在最低档上,将快门弹簧放松。操纵时间间隔应设在最小位置,放松内部发条。

7.1.4 必须定期进行检查,发现问题应及时处理并记入仪器的履历簿。

7.2 感光材料

7.2.1 各种感光材料(包括航摄软片、像纸、复制软片等)应存放在专用的仓库内。库内应清洁、干燥、通风,常年温度保持在5~20℃之间,相对湿度60%±5%,不能有酸性化学药品及易挥发物质,不得受到硫化氢、二氧化硫、一氧化碳、氨等有害气体以及放射性物质的侵蚀。感光材料在使用前,应先出库在常温下放置8 h左右进行热平衡。

7.2.2 应尽量保持原封,装在筒内箱内保存。拆箱后的筒装软片和盒装像纸应垂直安放在距离地面30 cm以上的架子上,离开热源1 m以外,并且要避开阳光的直接照射。

7.2.3 已经航摄曝光待冲洗处理的软片,包括转运期在内的保存期,不得超过15天。

7.2.4 库房内外应严禁烟火,并且必须具有良好的消防设施。

7.3 航摄底片

7.3.1 必须采取措施以防底片发黄、发霉、影像褪色和消失、药膜面损伤、撕裂及片基不均匀变形等弊病的产生。

- 7.3.2 除应具备本标准7.2条有关条件外,在使用底片时应特别注意保护好药膜面,严禁汗渍、油污污染底片。
- 7.3.3 暂时不用的底片,要经过清洁后,包装好密封于专用底片筒内保存。
- 7.3.4 底片宜整卷装筒直立存放,不得随意截断或裁成单片保存。
- 7.3.5 不同片基的底片应分库保管。

附录 A
航空摄影仪部分参数的测定方法
(参考件)

A1 内方位元素及畸变差

A1.1 采用室内静态光学测角法进行测定。

A1.2 测定环境

温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$,相对湿度小于70%,具备防尘、防震设施。

A1.3 测定设备

- a. 带有能够安放航摄仪的平台的光学测角装置,测角仪测角误差不大于 $1.5''$;
- b. 测角望远镜,放大倍率不小于10倍;
- c. 带自准直目镜的平行光管,焦距不小于550 mm;
- d. 玻璃格网板(如图 A1所示),尺寸与框标平面大小相应,表面平行度小于 $5''$,刻线间隔10 mm,间隔实际测量误差小于 $1.5 \mu\text{m}$ 。

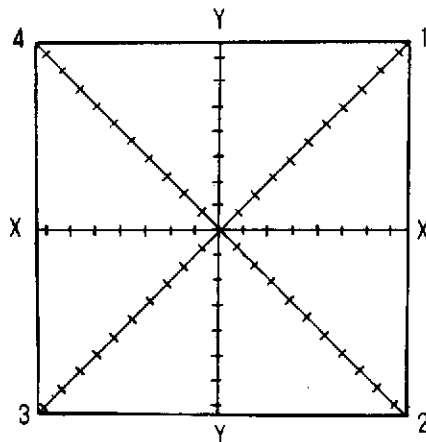


图 A1

A1.4 测定方法

A1.4.1 测定前将航摄仪和测定设备置于室内进行温度平衡,时间不少于24 h。

A1.4.2 按图 A2所示,将各测试设备安置好后进行调整。

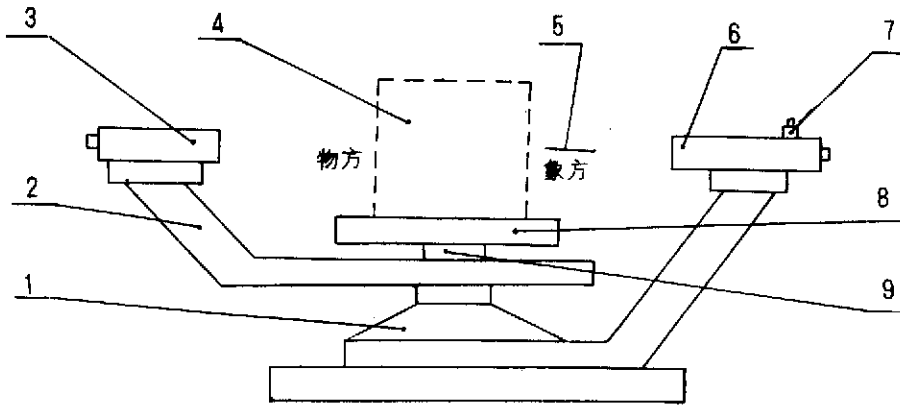


图 A2

1—测角度盘；2—旋转支架；3—测角望远镜；4—航摄仪；5—视准轴(光轴)；
6—平行光管；7—自准直目镜；8—安置平台；9—旋转轴

A1.4.3 通过调整,将望远镜的十字丝交点影像与平行光管十字丝交点影像重合,同时使度盘读数调整至 $100^{\circ}00'00''$ 。

A1.4.4 将格网板安装在航摄仪的框标平面上,使格网中心与 FC 点重合(网线与各框标严格重合)。

A1.4.5 将航摄仪物镜面向望远镜安置于平台上,戴上滤光镜,打开快门光栏到最大,利用望远镜观察并调整航摄仪,使相应于 xx 方向的框标连线处于水平,同时前后移动航摄仪,使物镜的前节点位于旋转轴上。

A1.4.6 利用平行光管准直目镜观察,通过调整,使平行光管十字丝对准格网线中心,且与其反射影像完全重合。

A1.4.7 重复上述各项调整,确认无疑后,将航摄仪固紧。用望远镜瞄准 FC 点影像,记下此时得到的水平角(γ)。再以 FC 点为原点,依次向右和向左瞄准各格网点,读取相应的水平角度 α_x 和 β_x (见图 A3)。在 xx 方向测定后,将航摄仪绕光轴旋转 90° ,重复前述调整后,在 yy 方向上进行观测读数,读取相应水平角度 α_{yi} 和 β_{yi} 。

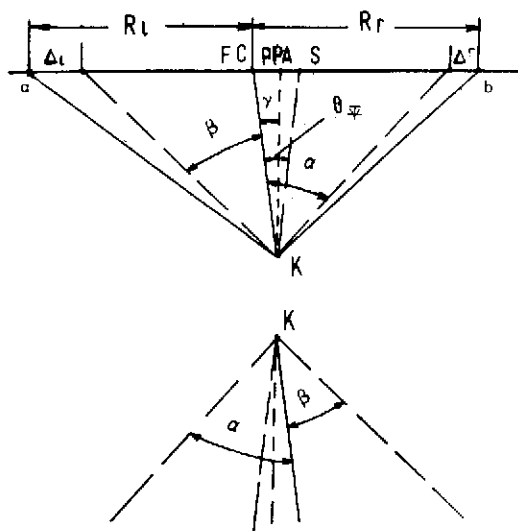


图 A3

A1.5 内方位元素和畸变差按以下公式组计算:

$$\theta_{xi} = (\text{ctg}\beta_{xi} - \text{ctg}\alpha_{xi})/2$$

$$\theta_{yi} = (\text{ctg}\beta_{yi} - \text{ctg}\alpha_{yi})/2$$

$$\theta_{x\bar{y}} = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_{xi} \cdot \sin^4 \alpha_{xi}}{\sum_{i=1}^n \sin^4 \alpha_{xi}}$$

$$\theta_{y\bar{y}} = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_{yi} \cdot \sin^4 \alpha_{yi}}{\sum_{i=1}^n \sin^4 \alpha_{yi}}$$

$$f_{kx} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{xri} + \sum_{i=1}^n R_{xli}}{\sum_{i=1}^n \text{tg}\alpha_{xi} + \sum_{i=1}^n \text{tg}\beta_{xi}}$$

$$f_{ky} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{yri} + \sum_{i=1}^n R_{yli}}{\sum_{i=1}^n \text{tg}\alpha_{yi} + \sum_{i=1}^n \text{tg}\beta_{yi}}$$

$$f_k = (f_{kx} + f_{ky})/2$$

$$x_a = f_k \cdot \text{tg}\gamma_x$$

$$y_a = f_k \cdot \text{tg}\gamma_y$$

$$x_{oi} = \frac{f_k(\text{tg}\alpha_{xi} - \text{tg}\beta_{xi})}{2\text{tg}^2 \alpha_{xi}}$$

$$y_{oi} = \frac{f_k(\text{tg}\alpha_{yi} - \text{tg}\beta_{yi})}{2\text{tg}^2 \alpha_{yi}}$$

$$x_o = \frac{\sum_{i=1}^n x_{oi} \cdot \text{tg}^4 \alpha_{xi}}{\sum_{i=1}^n \text{tg}^4 \alpha_{xi}}$$

$$y_o = \frac{\sum_{i=1}^n y_{oi} \cdot \text{tg}^4 \alpha_{yi}}{\sum_{i=1}^n \text{tg}^4 \alpha_{yi}}$$

$$\Delta_{xri} = R_{xri} - x_o - f_k \cdot \text{tg}(\alpha_{xi} - \theta_{x\bar{y}})$$

$$\Delta_{xli} = R_{xli} + x_o - f_k \cdot \text{tg}(\beta_{xi} + \theta_{x\bar{y}})$$

$$\Delta_{yri} = R_{yri} - y_o - f_k \cdot \text{tg}(\alpha_{yi} - \theta_{y\bar{y}})$$

$$\Delta_{yli} = R_{yli} + y_o - f_k \cdot \text{tg}(\beta_{yi} + \theta_{y\bar{y}})$$

式中： α_{xi} 、 β_{xi} ($i = 1, 2, \dots, n$, 下同) —— 望远镜在 xx 方向以 FC 为中点向右和向左瞄准各格网交点影像时的水平角，(°)(')('')；

α_{yi} 、 β_{yi} —— 望远镜在 yy 方向以 FC 为中点向右和向左瞄准各格网交点影像时的水平角，(°)(')('')；

θ_{xi} —— 像主点与 FC 点间在 xx 方向上的夹角，弧度；

θ_{yi} —— 像主点与 FC 点间在 yy 方向上的夹角，弧度；

$\theta_{x\bar{y}}$ —— 各 θ_{xi} 经平差后得到的最或然值，弧度；

$\theta_{y\bar{y}}$ —— 各 θ_{yi} 经平差后得到的最或然值，弧度；

- R_{xri}, R_{xli} ——分别为 FC 点在 xx 方向上向右和向左至相同距离格网交点的距离, mm;
- R_{yri}, R_{yli} ——分别为 FC 点在 yy 方向上向右和向左至相同距离格网交点的距离, mm;
- f_{kx}, f_{ky} ——分别为 xx 方向和 yy 方向上的主距值, mm;
- f_k ——航摄仪检定主距, mm;
- γ_x, γ_y ——分别为自准直主点与 FC 点之间在 xx 方向和 yy 方向上的夹角, ($^\circ$) ($'$) ($''$);
- x_a, y_a ——自准直主点坐标值, mm;
- x_{oi}, y_{oi} ——每测一组 $\alpha_{xi}, \beta_{xi}, \alpha_{yi}, \beta_{yi}$ 所对应的主点坐标, mm;
- x_o, y_o ——经平差后得到的最佳对称主点坐标, mm;
- $\Delta_{xri}, \Delta_{xli}, \Delta_{yri}, \Delta_{yli}$ ——分别为经平差计算后求得的在 xx 方向和 yy 方向上的畸变差, mm。

A2 航摄仪镜头静态分辨率

A2.1 采用室内静态目视法或照相法进行测定。

A2.2 测定环境与 A1.1 相同。

A2.3 测定设备

- a. 平行光管, 焦距不小于 1 m, 照明光源波长 540 nm;
- b. 分辨力板, 按 ZB N35 003 规定的要求, 反差为 1.6:1;
- c. 显微镜, 放大倍率不低于 20 倍。

A2.4 测定方法

A2.4.1 目视法

仪器经温度平衡后, 按图 A4 所示安置好后进行调整。

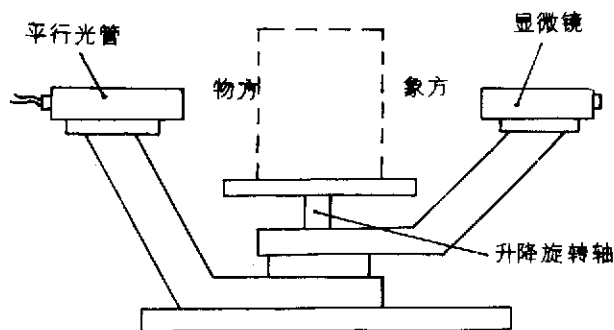


图 A4

A2.4.1.1 将分辨力板安置于平行光管焦平面上。面对平行光管, 把航摄仪安放在检测平台上, 并将物镜后节点调整到升降转轴上。

A2.4.1.2 在航摄仪物镜焦平面处(框标平面)安放一平板玻璃。

A2.4.1.3 待平行光管内分辨力板在平板玻璃上成像后, 由中心向二边绕升降转轴旋转, 每转 7.5° 时, 用显微镜观察并记下恰能在各方向分辨出条纹的条纹号, 根据条纹号查出相应的条纹在分辨力板上的宽度, 按式(A1)计算镜头分辨率:

$$R_s = \frac{1}{2b} \cdot \frac{f_T}{f_k} \dots\dots\dots (A1)$$

式中: R_s ——镜头静态分辨率, lp/mm;

b —— 条纹在分辨力板上的宽度, mm;

f_{\mp} —— 平行光管焦距, mm;

f_k —— 航摄仪镜头焦距, mm。

A2.4.2 照相机

与目视法基本相同,只是在放置平板玻璃的框标平面换上高分辨率摄影干板。从中心向二边转时依次拍摄一系列条纹影像,经过处理凉干后,在显微镜下观察条纹,按式(A1)进行计算。但得到的是摄影系统综合分辨率,尚需按式(A2)进行换算:

$$R_s = \frac{R_n \cdot R_m}{R_n - R_m} \dots\dots\dots (A2)$$

式中: R_n —— 软片分辨率, lp/mm;

R_m —— 摄影系统综合分辨率, lp/mm。

A3 框标距

可采用直读法或照相机进行测试。

A3.1 测定环境同 A1.1。

A3.2 测试设备

- a. 框标间距测定板,读数显微镜最小格值应能估读到0.003 mm;
- b. 摄影干板,尺寸为240×240 mm;
- c. 坐标量测仪,量测误差不大于0.005 mm。

A3.3 测试方法

A3.3.1 直读法

用测定板直接在航摄仪框标平面量测对应框标之间的距离,大数在板上读出,小于1 mm 的数在读数显微镜中读出。

A3.3.2 照相机

将摄影干板安置在航摄仪框标平面上后,曝光晒像,经处理后获得框标影像,在坐标量测仪上量测出对应框标之间的距离。

A4 框标坐标

按 A3.3.2照相机获得框标影像并量测对应机械框标之间距离后,仍用坐标量测仪定出对应机械框标连线的交点(FC),以此为原点确定各框标的坐标。

A5 快门速度

利用快门速度测定仪直接测定航摄仪快门的各档速度。

附录 B 航摄底片压平质量检查方法 (补充件)

B1 检查时应满足的条件

- a. 每个暗匣应检查两个或四个连续立体像对;
- b. 定向点(标准配置点)至方位线的距离应不小于9.5 cm,检查点应分布均匀,如图 B1所示,每个像对不少于10个点;

表 C2 航摄资料

项 目	规 格	单 位	份 数	数 量	备 注
黑白航摄底片		卷			
像片索引图底片		张			
像片索引图		张			
接触晒印黑白航摄像片		张			
接触晒印彩红外航摄像片		张			
合成航摄像片		张			
接触晒印黑白多光谱像片		张/套			
接触晒印彩色航摄像片		张			
放大像片		张			
拷贝正负片		张			
航摄鉴定表		张			
航摄底片登记表		本			
其他					

以上经甲、乙双方代表确认,并核实清点无误。

接收单位(章)
 验收代表
 接收代表

交出单位(章)
 交出代表
 负责人

年 月 日

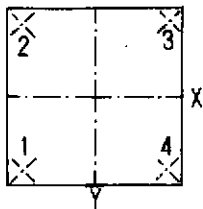
年 月 日

附录 D
航摄鉴定表
(参考件)

摄区 _____
分区 _____

图幅名称(编号) _____

摄影比例尺 _____
绝对航高 _____ m

航线序号	航摄日期	航摄仪 镜头号	航线两端 号 码	片数	像片索引图 (中心片号)
总片数					<div style="text-align:right;">承片框平面 上所见影像</div> 
航摄仪类型 _____ 号码 _____ 主距 _____ mm 镜头号码 _____ 最大畸变差 _____ mm, 以 FC 为中心在 _____ 方向 半径 _____ mm 处。					
点名	X(mm)	Y(mm)	说 明		
FC 机械主点					
S 最佳对称点					
PPA 自准直主点					
1					
2			检查意见		
3					
4			检查者 _____ 日期 _____		
验收意见 _____					
验收单位: _____		验收代表: _____		日期 _____	

附录 G
航空摄影常用计算公式
(参考件)

G1 摄影基线和航线间隔

$$b_x = L_x(1 - p_x) \quad B_x = b_x \cdot m$$

$$d_y = L_y(1 - q_y) \quad D_y = d_y \cdot m$$

式中： b_x, B_x ——像片上和实地上的摄影基线长度，mm(b_x)、m(B_x)；
 d_y, D_y ——像片上和实地上的航线间隔宽度，mm(d_y)、m(D_y)；
 L_x, L_y ——像幅长度和宽度，mm；
 p_x, q_y ——航向和旁向重叠度，%；
 m ——像片比例尺分母。

G2 航摄分区平均高度平面(基准面)高度

$$h_{\text{基}} = \frac{h_{\text{高}} + h_{\text{低}}}{2}$$

式中： $h_{\text{基}}$ ——平均高度平面的高度，m；
 $h_{\text{高}}$ ——分区内高点平均高程，m；
 $h_{\text{低}}$ ——分区内低点平均高程，m。

G3 航高

$$H = m \cdot f_k$$

$$H_0 = H + h_{\text{基}}$$

式中： H ——飞机摄影时相对于基准面的航高，m；
 H_0 ——飞机摄影时的海拔高度，m；
 f_k ——航摄仪焦距，mm。

G4 航向基线角和旁向照准角

$$\text{tg}\phi_b = \frac{B_x}{H} = \frac{b_x}{f_k}$$

$$\text{tg}\phi_d = \frac{D_y}{H} = \frac{d_y}{f_k}$$

式中： ϕ_b ——航向基线角，(°)；
 ϕ_d ——旁向照准角，(°)。

G5 基准面上像片重叠率

$$p_x = p'_x + (1 - p'_x)\Delta h/H$$

$$q_y = q'_y + (1 - p'_y)\Delta h/H$$

式中： p'_x, q'_y ——航摄像片的航向，旁向标准重叠率，%；
 Δh ——相对于基准面的高差，m。

G6 相邻像片曝光时间间隔

$$\Delta t = \frac{B_x}{W}$$

式中： Δt ——相邻像片曝光时间间隔，s；
 W ——飞机飞行时的地速，m/s。

G7 最大曝光时间

$$t_{\max} = \frac{\delta_{\max} \cdot m_{\text{最高点}}}{W}$$

式中： δ_{\max} ——飞行运动产生的影像最大位移值，mm；
 t_{\max} ——最长曝光时间，s；
 $m_{\text{最高点}}$ ——分区内最高点上的像片比例尺分母。

G8 飞机空中转弯半径

$$R = \frac{v^2}{9.81 \cdot \text{tg}\beta}$$

式中： R ——转弯半径，m；
 v ——飞机的真空速，m/s；
 β ——飞机转弯坡度角，(°)。

G9 按照太阳高度角推算的测区摄影时间(参考公式)

$$\cos t_{\theta} = \frac{h_{\theta} - \delta_{\theta}}{90^{\circ} - \phi}$$

$$T_{\theta} = 12h_{\theta} - \frac{1 - \cos t_{\theta}}{0.03}$$

式中： t_{θ} ——太阳时角，(°)；
 h_{θ} ——太阳高度角，(°)；
 δ_{θ} ——摄影日期的太阳赤纬，(°)；
 ϕ ——测区的平均地理纬度，(°)；
 T_{θ} ——摄影地方时。

G10 航线弯曲度

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \cdot 100\%$$

式中： ϵ ——航线弯曲度；
 δ ——像主点偏离航线首末主点连线的最大距离，mm；
 L ——航线两端像主点连线的长度，mm。

附加说明：

本标准由国家测绘局与中国民用航空总局共同提出并归口。
 本标准由国家测绘局测绘标准化研究所和中国通用航空公司共同起草。
 本标准主要起草人成燕辉、史连华、陈继良、薛恒福、吴顺鱼、惠安邦。