

航空摄影测量

外业专业

煤炭工业部航测大队编印

一九七六年六月

毛主席语录

无产阶级必须在上层建筑其中包括各个文化领域中对资产阶级实行全面的专政。

我们要经过文化革命，经过阶级斗争、生产斗争和科学实验的革命实践，建立一支广大的、为社会主义服务的、又红又专的工人阶级知识分子的队伍。

学制要缩短，教育要革命，要无产阶级政治挂帅，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。

马克思主义包含有自然科学，大家要来研究自然科学，否则世界上就有许多不懂的东西，那就不算一个最好的革命者。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

前 言

随着我国煤炭工业的迅速发展，在煤田地质勘探、煤矿生产和基本建设方面，采用航空摄影测量方法测制大比例尺地形图和地形地质图，已经在煤炭工业中比较广泛地应用。为了适应一些煤炭专业测绘单位由平板仪地形测量转作航测外业工作后的需要，我们根据本队现有的技术设备和作业方法，组织编写了这本参考《讲义》，供我队有关协作单位的有一定实践经验的地形测量人员学习，或进行航测外业工作参考。

书中错误或不妥之处，请指正。

煤炭工业部航测大队

一九七六年六月于西安

航空摄影测量目录

第一章 航空摄影测图的基本概念

第一节 概述	(1)
第二节 航空摄影简介	(1)
【一】航摄仪简介	(3)
【二】航空摄影的简要实施过程	(6)
【三】航摄成果的质量指标	(8)
第三节 航摄象片的特性	(10)
【一】航摄象片是地面的中心投影	(10)
(一) 中心投影的定义	
(二) 航摄象片的投影特征	
【二】航摄象片与地形图的差异	(11)
【三】航摄象片的投影差和倾斜差	(12)
(一) 航摄象片的投影差	
(二) 航摄象片的倾斜差	
【四】航摄象片上的方向偏差	(15)
(一) 投影差引起的方向偏差	
(二) 倾斜差引起的方向偏差	
第四节 立体象对的特性	(18)
【一】象片水平时的立体象对	(18)
(一) 按水平象片确定地面点的空间座标	
(二) 按标准式象对确定地面点的高程差	
【二】倾斜象片与水平象片间的座标关系	(20)
(一) 航摄象片的内方位元素和外方位元素	
(二) 象片按外方位角元素的转动	
(三) 航高变动对象点座标的影响	
【三】立体象对的空间交会特性	(23)
(一) 空间交会法建立地面的几何模型	
(二) 象对的相对方位元素和模型的绝对方位元素	
【四】象对的左右视差和上下视差	(26)
(一) 左右视差的基本公式	
(二) 上下视差的基本公式	
(三) 相对方位元素的近似解算	

第五节 航测成图的方法和过程简述	(30)
【一】航测成图的方法简述	(30)
【二】航测成图的简要工作过程	(32)
第六节 象对的立体观察	(33)
【一】立体观察的原理	(33)
【二】象对立体观察的方法和简单工具	(34)
【三】立体观察的效果	(36)

第二章 航测内业成图方法简述

第一节 航测综合法	(39)
【一】象片纠正对地面高差的限制	(39)
【二】象片纠正的原理	(40)
(一) 纠正的光学条件	
(二) 纠正的几何条件	
(三) 纠正仪的安置元素和自由度	
【三】象片纠正对纠正点数量和位置的要求	(46)
【四】纠正仪简介	(48)
(一) 普通纠正仪	
(二) 自动纠正仪	
【五】象片平面图的编制	(51)
(一) 准备工作	
(二) 象片纠正	
(三) 象片镶嵌	
(四) 象片平面图的质量检查	
【六】分带纠正的原理	(56)
【七】单投影转绘仪简介	(57)
【八】分带投影转绘	(61)
(一) 准备工作	
(二) 分带投影转绘作业	
第二节 航测微分法	(63)
【一】微分法测图仪器的实用公式	(63)
【二】立体模型扭曲的基本规律	(65)
【三】象对的立体量测	(67)
【四】立体量测仪简介	(68)
【五】立体量测仪测图	(70)
(一) 准备工作	
(二) 对控制点数量和位置的要求	
(三) 象片定向	

(四) 测绘地貌	
【六】视差测图仪简介	(75)
【七】视差测图仪测图	(80)
(一) 准备工作	
(二) 高程定向	
(三) 平面定向	
(四) 测绘地物 and 地貌	
第三节 航测全能法	(83)
【一】空间交会法的基本原理	(83)
(一) 投影器动作对投影点上下视差的影响	
(二) 模型的建立	
(三) 模型的连接	
(四) 模型的定向	
【二】多倍仪简介	(91)
【三】多倍仪测图	(93)
(一) 准备工作	
(二) 测图作业	
(三) 原图编制	
【四】精密立体测图仪器的分类和辅助交会原理	(95)
(一) 精密立体测图仪器的分类	
(二) 辅助平行四边形原理	
【五】普通交会型精密测图仪器简介	(97)
(一) C5 型精密立体测图仪简介	
(二) B8 型航空测图仪简介	
【六】变形光束的空间交会原理	(102)
(一) 标准仿射变形光束的特性	
(二) 按标准仿射变形光束建立模型的可能性	
(三) 模型的变形规律	
(四) 建立模型的方法	
【七】变换交会型精密测图仪器简介	(107)
(一) CПP-3 型立体投影仪简介	
(二) HCT-1 型立体测图仪简介	
【八】正射纠正方法简介	(114)
第四节 空中三角测量	(116)
【一】光学机械法空中三角测量简介	(117)
【二】空中三角测量的系统误差	(120)
(一) 空中三角测量系统误差的起因	
(二) 航线网内系统误差的累积规律	

(三) 高程系统误差的图解改正	
【三】空中三角测量的精度	(128)
(一) 航线网内偶然误差累积的基本规律	
(二) 相对定向时量测值函数的权系数	
(三) 空中三角测量的高程精度公式	
(四) 空中三角测量的平面精度公式	
【四】解析法空中三角测量简介	(139)
(一) 航线网的建立	
(二) 航线网的绝对定向	
(三) 航线网的系统误差改正	
(四) 附带成果的计算	
【五】立体座标量测仪简介	(146)

第三章 野外象片控制点的布设

第一节 野外象片控制点的布点方案	(148)
【一】全野外布点	(148)
(一) 综合法全野外布点	
(二) 微分法全野外布点	
(三) 全能法全野外布点	
【二】图幅均匀布点	(153)
【三】航线网布点	(154)
【四】特殊情况布点	(158)
(一) 象片重选过多时的布点	
(二) 象片重选不够时的布点	
(三) 航区分界处的布点	
(四) 滨水地区象片的布点	
第二节 野外象片控制点的选定和整饰	(163)
【一】野外象片控制点的目标选择	(163)
【二】野外象片控制点的刺点	(164)
【三】野外象片控制点的整饰和注记	(165)
(一) 控制点的编号	
(二) 控制象片的整饰和注记	

第四章 野外象片控制测量

第一节 大地控制的基本要求	(169)
【一】大地平面控制的密度和精度	(169)
【二】大地高程控制的密度和精度	(171)
【三】高级地形控制点的基本要求	(172)

(一) 关于军控点的利用问题	
(二) 高级地形控制点的布设原则	
第二节 控制测量的野外工作	(174)
【一】勘察已知点	(174)
【二】实地选点、插旗	(175)
【三】角度观测	(175)
(一) 经纬仪的整置	
(二) 水平角观测	
(三) 垂直角观测	
【四】归心元素的测定及归心计算	(180)
第三节 象片控制点的平面连测	(181)
【一】锁网形	(181)
(一) 线形锁	
(二) 中心全网和半网	
(三) 单三角锁	
(四) 四边形	
【二】经纬仪交会法	(198)
(一) 座标计算的基本原理	
(二) 单三角形	
(三) 前方交会	
(四) 侧方交会	
(五) 后方交会	
【三】经纬仪导线测量	(218)
【四】引点法	(224)
【五】平面控制测量各种图形的比较	(227)
第四节 象片控制点的高程连测	(228)
【一】等外水准测量	(228)
(一) 水准路线的布设	
(二) 观测	
(三) 高程计算	
【二】三角高程测量	(232)
(一) 三角高程测量的原理	
(二) 地球弯曲差及大地折光差	
(三) 三角高程测量的实用公式	
【三】多角高程导线	(236)
【四】独立交会高程点	(239)
【五】经纬仪高程导线	(241)
(一) 水平视距公式	

(二) 倾斜视距公式	
(三) 视距倾斜改正	
(四) 倾斜视距高差计算公式	
(五) 视距高程导线的测量	
【六】经纬仪水准法	(248)
第五节 野外控制测量的精度	(252)
【一】角度测量的精度	(252)
(一) 水平角的观测精度	
(二) 垂直角的观测精度	
【二】平面连测图形的精度	(256)
(一) 线形三角锁近似平差的精度	
(二) 交会图形的精度	
(三) 引点的平面精度	
【三】高程连测方法的精度	(270)
(一) 等外水准的精度	
(二) 经纬仪视距高程导线的精度	
(三) 经纬仪水准的精度	
(四) 多角高程导线的精度	
(五) 独立交会高程的精度	
(六) 引点高程的精度	
【四】控制点平面连测的发展次数	(276)
(一) 连测图形的几种发展形式	
(二) 连测图形发展形式的精度比较	
(三) 连测图形发展的选择	
【五】控制点高程连测的发展次数	(284)
(一) 多角高程导线的发展	
(二) 独立交会高程的发展	
(三) 视距高程导线的发展	

第五章 野外象片判读与调绘

第一节 象片判读	(289)
【一】地物构象规律	(289)
(一) 影响地物构象的主要因素	
(二) 地物构象的一般特点	
【二】判读特征	(292)
【三】象片判读方法与分类	(297)
【四】煤田地质判读梗概	(298)
第二节 调绘的一般方法	(299)

【一】调绘前的准备	(299)
【二】调绘路线的选择	(300)
【三】调绘的一般方法和注意事项	(302)
第三节 图式符号与简化符号的运用	(303)
【一】制订地形图符号的一般原则	(303)
【二】图式符号的分类	(303)
【三】图式符号的运用	(304)
【四】简化符号的应用	(304)
第四节 大比例尺象片调绘的综合取舍	(306)
【一】综合取舍的基本依据	(306)
【二】综合取舍中须注意的问题	(308)
第五节 地形图各要素的判绘要点	(309)
【一】居民地	(309)
【二】矿区工业设施及管线	(315)
【三】控制点与独立地物	(319)
【四】道路	(321)
【五】水系	(328)
【六】境界与垣栅	(334)
【七】地貌与土质	(335)
【八】植被	(341)
第六节 地理名称调查及注记资料的量注	(344)
【一】地理名称调查	(344)
【二】各种注记资料的量测和注记	(350)
第七节 新增地物的补测	(353)
【一】调绘过程中的简易补测	(353)
(一) 简易补测方法	
(二) 简易补测中须注意的问题	
【二】全仪器补测	(356)
(一) 平板仪补测	
(二) 经纬仪补测	
(三) 单片测图法补测	
(四) 补测的内业处理及对外业补测的要求	
第八节 内业对外业调绘的要求	(359)
【一】调绘的准确性	(359)
【二】资料和地图内容的完整性	(361)
【三】综合取舍的合理协调性	(362)
【四】运用符号的统一性	(362)
【五】图面整饰的明确清晰性	(363)

【六】其它	(364)
第九节 象片着色与接边	(364)

第六章 野外象片测图

第一节 象片图测图	(367)
【一】象片图测图的野外控制测量	(367)
【二】象片图比例尺和图廓线的确定	(369)
【三】标定磁子午线和绘制楔形比例尺	(370)
【四】测站点平面位置和高程的确定	(371)
【五】碎部测图	(374)
(一) 碎部测图的一般原则要求	
(二) 碎部测图的测站作业	
(三) 碎部测图的成果整理	
第二节 单张象片测图	(378)
【一】单张象片测图的野外控制测量	(378)
【二】象片比例尺的确定	(379)
(一) 平坦地区象片比例尺的确定	
(二) 丘陵地区象片比例尺的确定	
【三】标定象片的磁子午线	(384)
【四】制作楔形比例尺和投影差改正用表	(385)
【五】测站点平面位置和高程的确定	(388)
【六】碎部测图	(388)

第七章 航测外业工作的组织和计划

第一节 成图的一般原则	(391)
【一】地图投影和座标系统	(391)
【二】地形图图幅的分幅和编号	(392)
【三】地区类别划分和等高距选择	(393)
【四】成图的数学精度	(394)
【五】测区的大地点密度和精度	(396)
【六】航摄象片比例尺的选择	(397)
【七】其它	(398)
第二节 航测业务的组织计划工作	(398)
【一】组织计划的基本原则	(398)
【二】航测业务计划的基本内容	(399)
第三节 航测外业工作的技术设计	(399)
【一】搜集资料	(400)
【二】测区踏勘	(400)

【三】提交航摄申请书	(400)
【四】编制测区技术设计	(401)
(一)设计书的编写	
(二)设计图的绘制	
第四节 航测外业工作的组织实施	(404)
【一】技术准备工作	(404)
(一)领取和检查资料	
(二)仪器的检查和校正	
(三)作业器材和材料准备	
【二】航测外业的作业技术计划	(409)
(一)象片编号	
(二)标绘已知点和图廓线	
(三)在象片上预选象控点	
(四)划定调绘面积	
(五)拟制控制扩展计划图	
(六)拟订作业进程表	
【三】航测外业的作业实施	(412)
【四】航测外业作业成果的整理	(412)
(一)整理资料	
(二)填写图历表	
(三)抄写图边	
(四)绘制各种附图	
(五)航测外业的上交成果	
第五节 成果成图的检查验收和质量评定	(417)
【一】基层作业组的自我检查	(417)
【二】分队的过程检查	(418)
【三】航测外业成果成图的检查验收	(418)
(一)验收的组织安排	
(二)验收检查的项目和方法	
(三)验收结论和验收记要	
【四】航测外业成果成图的质量评定	(420)
(一)质量评定的等级标准	
(二)图幅质量评定的方法	

第一章 航空摄影测图的基本概念

第一节 概 述

航空摄影测图简称航测，它是以航摄像片（即从空中对地面摄取的象片）为依据，测制地形图的一门技术。目前，航测方法成图已经在国防上和经济建设上得到了广泛地应用。

航空摄影测图与平板仪测图比较，地物地貌主要是在室内用航测仪器进行测定，只需要在野外做一部分工作，而不象平板仪测图那样，基本上是野外工作。因此，对于一些平板仪测图较难实施的地形，例如：风化破碎石山、石灰岩漏斗、黄土冲沟、沙漠、沼泽、森林、工业广场、密集居民地等，测图效率均有显著提高。并且，受天气的影响也要小些；还可以免去扶尺员的大强度劳动。更主要地，航测成图是以航摄像片上所摄的地面影像为依据进行测定，因而地物地貌的显示，形态逼真，表现细致，便于读图，图面上地物地貌的相关位置较为正确，整个图面的数学精度也比较均匀。这些，是航测成图方法得到推广应用的主要原因。

航测的成图比例尺，从技术本身看，对各种大小比例尺测图的适应范围较宽，由所采用的具体方法和仪器不同，可以由十万分之一比例尺到五百分之一比例尺。在国防上普遍测制五万分之一国家基本图，在经济建设上普遍测制一万分之一国家基本图。各专业单位则经常测制各种更大比例尺的地形图，例如我系统所属各单位普遍测制一万分之一和五千分之一比例尺地质勘探详查精查用图，以及测制五千分之一和二百分之一比例尺矿区基本建设用图。

除测制地形图外，在测制地质图方面，我系统也已推广了利用航摄像片进行地质填图的方法，取得了较为满意的结果。

实践证明，如果在生产组织上安排适当，航测成图确实是一种多快好省的测图方法。

本简明教材的内容，是以我系统所采用的几种成图比例尺为准进行讲述。

第二节 航空摄影简介

根据航摄像片测制地形图，我们首先要了解一下航摄像片是怎样摄取的？

在飞机上装上专门的航空摄影机，称为航摄仪，在飞机进入测区上空后，即按航线一片接一片地、一条航线接一条航线地顺次进行摄影，如图 1—1 所示。每片摄影时的曝光过程是在飞机飞行中瞬时进行的，在这一摄影曝光的瞬时航摄仪镜头在空中所处的位置称为摄影站，两相邻摄影站在空间的距离称为摄影基线。这样一边飞行一边摄影，直至摄完整个测区为止。如果测区面积较大，或测区内的地形比较复杂，则可将测区分为若干个分区，按分区分别进行摄影。

航摄飞行结束后，将摄好的感光片经过一系列的摄影处理过程，即暗室内的显象和定



图1-1 航空摄影平面的正射影像图 (比例尺: 1:50,000)

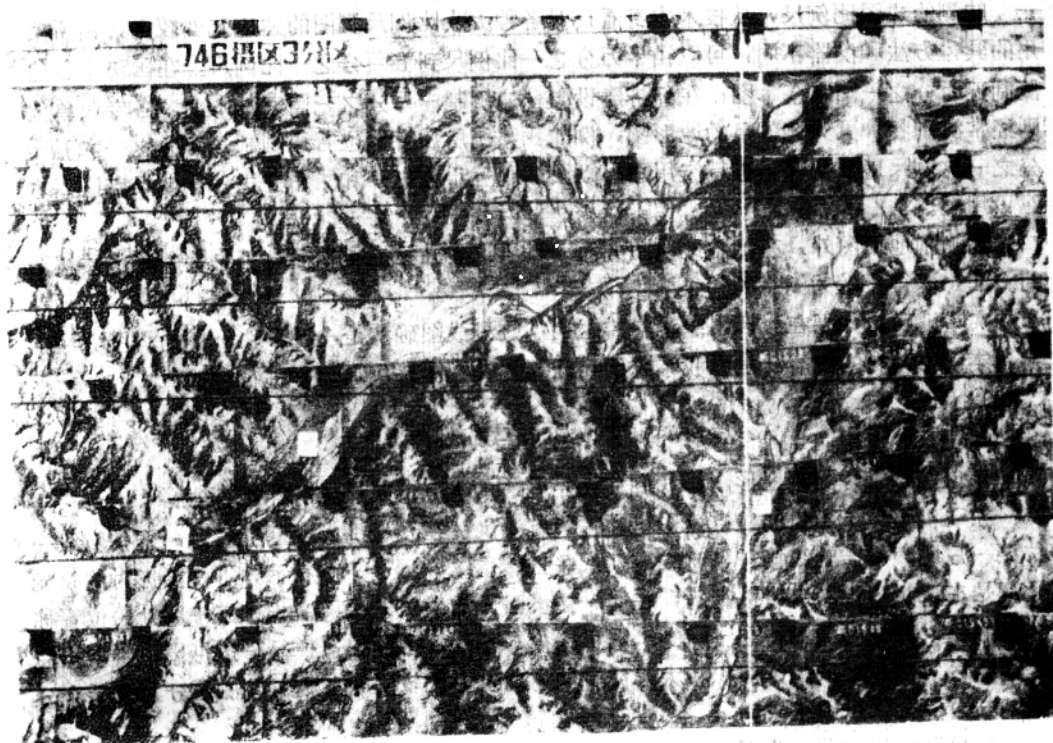


图1-2 象片索引图 (比例尺: 1:50,000)

影、以及明室内的水洗和晾干等过程，就可以得到航摄底片。再根据航摄底片进行象纸的接触晒印（又称拷贝），即可得到航摄像片。

将测区内的航摄像片按图幅或分区为单位，根据象片上的影象重迭将象片拼迭起来，再经过照相缩小，就可以得到如图 1—2 所示的象片索引图，又称镶辑复照图，可供象片检验和作业时查用象片参考。

以上简单地说明了航空摄影的大致情况，下面进一步概要介绍航摄仪的构造、航空摄影的简要实施过程、以及航测成图对航摄成果的质量要求，分述如下：

【一】航摄仪简介

航摄仪的种类和型号很多，用途也各有不同。通常，供制作地形图使用的航摄仪，不论那种型号，均以航摄仪镜头的象场角 2β 值的大小来区分。我们常用的可以分为三类，即

常角航摄仪	$50^\circ < 2\beta < 70^\circ$
宽角航摄仪	$70^\circ < 2\beta < 105^\circ$
特宽角航摄仪	$105^\circ < 2\beta < 135^\circ$

目前，航摄仪的象框尺寸，亦即相当于所摄航摄像片的象幅大小，常用的有 $18^{\text{cm}} \times 18^{\text{cm}}$ （或 17^{cm} ）、 $23^{\text{cm}} \times 23^{\text{cm}}$ 、 $30^{\text{cm}} \times 30^{\text{cm}}$ 几种，其中尤以 $18^{\text{cm}} \times 18^{\text{cm}}$ 的象幅，当前作业中使用最多。在象幅尺寸一定时，不同象场角的航摄仪镜头，其焦距 f 的值是大致相适应的，现以常用的几种航摄仪举例如下：

表 1—1

象 角	航 摄 仪 类 型	象 幅	焦 距
常 角	$\Lambda\Phi A - T\theta$	$18^{\text{cm}} \times 18^{\text{cm}}$	200^{mm}
	RC8	18×18	210
	RMK A	23×23	300
宽 角	$\Lambda\Phi A - T\theta$	18×18	100
	RC8	18×18	115
	RC8	23×23	150
	RMK A	23×23	150
特 宽 角	$\Lambda\Phi A - T\theta$	18×18	70
	$\Lambda\Phi A - 37$	18×17	70
	RMK A	23×23	85

在测制国家基本军用图时，通常采用特宽角航摄仪；在测制国家基本建设用图时，一般采用宽角航摄仪，少数情况下，在测区地面高差过大时，可采用常角航摄仪。目前，以采用象幅 $18^{\text{cm}} \times 18^{\text{cm}}$ 的航摄仪为主，逐步推广象幅 $23^{\text{cm}} \times 23^{\text{cm}}$ 的航摄仪。因此，本书的讲

述, 凡涉及的有关技术规定均仍以 $18^{\circ}\text{m} \times 18^{\circ}\text{m}$ 的象幅为基准, 这里附带说明一下。

图1—3是进行大比例尺航测成图时常用的一种航摄影, 型号为RC8。仪器附有三个镜箱, 其主要技术数据如下:

(1) 镜头型号: 《阿维奥它》 $f:4$;

焦距: $f \approx 210^{\text{mm}}$;

象幅: $18^{\circ}\text{m} \times 18^{\circ}\text{m}$;

快门速度: $1/200$ 秒和 $1/300$ 秒。

(2) 镜头型号: 《阿维奥因》 $f:5.6$;

焦距: $f \approx 115^{\text{mm}}$;

象幅: $18^{\circ}\text{m} \times 18^{\circ}\text{m}$;

快门速度: $1/200$ 秒和 $1/300$ 秒。

(3) 镜头型号: 《英夫雷因》 $f:5.6$;

焦距: $f \approx 150^{\text{mm}}$;

象幅: $23^{\circ}\text{m} \times 23^{\circ}\text{m}$;

快门速度: 由 $1/100$ 秒至 $1/700$ 秒。

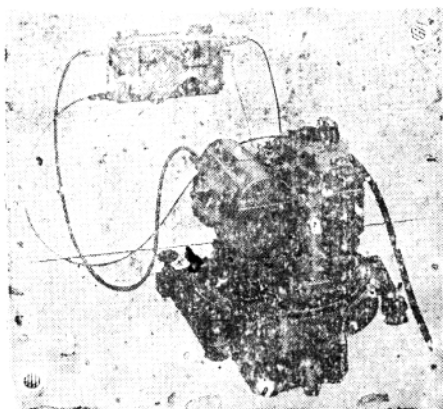


图1—3 RC8航摄影

只带一个镜头和两个暗盒时, 航摄影总重量约为 $105 \sim 135^{\text{kg}}$ 不等。

航摄影不论哪种型号, 它的组成部分均可以分为: 座架、镜箱、暗盒、以及附属设备等几部分。

(1) 座架

座架支承整个航摄影, 它固定在飞机机舱底部, 並有防震装置。座架可以使航摄影作旋转动作和两个相互垂直方向的倾斜动作。

航摄影的旋转动作用以改正偏流角。所谓偏流角就是飞机机头朝向的方向和飞机机身由于风力的影响实际飞行的方向之间的夹角。改正偏流角所产生的误差将反映在航摄影象片上产生航偏角。航摄影象片的航偏角, 在风力小于二级並且风向和风速稳定时, 一般不会超过 3° ; 在航摄影飞行过程中如果遇到局部急剧气流, 会造成飞机突然颠簸, 这时会出现较大的航偏角。当在大山区低空航摄影飞行时, 常会遇到急剧气流, 这时航偏角会出现在 5° 左右, 个别甚至会超出 10° 。

航摄影的倾斜动作用以置平航摄影, 以便使所摄取的航摄影象片近于水平。改正倾斜的误差将由航摄影象片的倾斜角反映出来。倾斜角值可由象片角上所摄的圆水准气泡的影象读出, 读至半度。航摄影象片的倾斜角, 在按圆水准气泡采用手工调平仪器时, 一般可在 2° 以内, 最大不超出 3° ; 当航摄影飞机具有自动驾驶装置时, 在气流稳定情况下手工调平可保证在 1° 左右; 当航摄影上附有陀螺装置进行自动调平时, 象片倾斜角可减小到 0.5° 以内或更接近于水平的情况。

(2) 镜箱

航摄影的镜箱是由温度变形系数极小的金属材料制成。镜箱包括镜头、象框和框标、镜箱主距、快门等这些主要部分, 以及其它部分。

镜箱安置在座架上。镜箱前端的镜头从飞机机舱底部伸出舱外, 以便于对地面进行拍摄。象框位于镜箱后端, 其尺寸就是象幅的大小。由镜头后节点(定义见后面第三节)至

象框平面的垂直距离称为镜箱主距，其数值要求应等于镜头后焦距值。镜头的主光轴应严格安置垂直于象框平面，其垂足称为象主点。象框的边缘或四角附近装设有标志，称为框标，框标的形式各仪器有所不同。两相对框标连线的交点即为象片中心点，通常作为象片平面座标系的原点，象主点一般应严格与此点重合。虽然在仪器出厂前进行了严格的检验和校正，并且采用了变形系数极小的金属材料制作镜箱，但是在长期使用后材料仍会发生微小变形，因此在航空摄影工作开始前，均需精细测定镜箱主距的数值、测定象主点在象框座标系内的平面座标值、以及测定象框的尺寸。在实用上通常测定两相对框标之间的距离，以代替象框尺寸。所有的测定精度，均要求列至毫米小数后第三位。

航摄影镜头的光学质量要求较高，影响成象清晰度的各种象差，如球差、慧差、象散、色差和场曲等，必然使象点产生扩散，其综合影响的象点模糊圈大小应在 $0.01\sim 0.02''$ 以内，影响象点在象片平面内产生中心辐射移位的镜头畸变差，在象片边缘的最大值不应超过 $0.02''$ 。镜头的分解力，即分辨微细线条的能力，不要低于 50 线/ $''$ 。对镜头的透光力和照度的均匀性要求也较高。目前航摄影镜头的透光力与镜头的相对孔径的平方成正比，因而镜头的相对孔径要求不低于 $1:5.6$ 。在宽角和特宽角的航摄影上，光照在象面上的分布是不均匀的，目前象场边缘的照度只为中心照度的 $\cos^2\beta$ 倍，因此航摄影底片上的影象呈现中心与边缘色调不一致的现象，需要在晒印象片时进行匀光补救。

航摄影的镜头内装有中心式快门，以供航摄影感光片曝光使用。快门速度各仪器不同，在低空航摄影飞行时，由于地面在象片平面上的影象移动速度较快，为了保证成象清晰，要求快门速度最高能达到 $1/500$ 秒以上，不要低于 $1/200$ 秒。

镜头上还附有黄色和橙色滤光镜，用于消除大气蒙气的影响，以吸收通过水汽漫射的短波光线，保证象片上成象清晰。

在有些类型的航摄影上，如 $A\Phi A$ 型航摄影，在镜箱的象框上，离象框边缘约 $2''$ 距离处，拉有黑色细金属丝。在航摄影曝光时，此细丝即在底片上印有影象，称为压平线，通常在象片上简称为“黑线”。其作用是供检查航摄影胶片在曝光瞬间是否压平，如未压平，则在航摄影象片上的黑线呈现弯曲状态，这时此片属于不合格，必须重新补摄这条航线。

在各种类型的航摄影上，有些在象框内角上，有些在象框外沿，均有一个或数个各种用途的记录器，如圆水准器、时表、片号计数器、气压计等。在航摄影底片曝光的瞬间，同时通过各自的微型摄影镜头将影象摄在该张航摄影底片上，以便保存这些数据供以后作业中参考。

(3) 暗盒

航摄影的暗盒装在镜箱的上部，可以与镜箱分离。一般一台航摄影都有好几个备用暗盒。暗盒可分为装感光胶片和感光玻璃片的两种，目前我们均采用感光胶片进行航摄影。随航摄影型号不同，每卷航摄影胶片长度由 $30''\sim 120''$ 不等， $RC8$ 型航摄影的暗盒可装胶片约为 $55''$ 。

暗盒里的卷片轴由电动机带动，在摄好一片后自动卷片再摄下一片，以供在飞行中连续摄影。

在暗盒的下部装有压平板，其上刻有网格细槽。在即将曝光时，抽气装置将航摄影胶片吸附在压平板上，使底片平面接近严格的平面。对压平板的平度要求很高，要求达到士