

航空摄影测量

内 业 基 础 教 材

上 册

中国人民解放军总参谋部测绘局编

一 九 七 四 年

航 空 摄 影 测 量

内 业 基 础 教 材

上 册

中国人民解放军总参谋部测绘局编

一 九 七 四 年

航空摄影测量

内业基础教材

下册

中国人民解放军总参谋部测绘局编

一九七四年

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“**军队要严格训练，严格要求，才能打仗**”的教导和中央军委关于办好教导队的指示精神，各军区都注重了加强测绘部队教导队的建设和训练工作。几年来，各测绘大队在教导队的教学方面积累了一定的经验，编写了一些专业教材。为了提高专业技术教学质量，解决教材缺乏的问题，我们采取教材汇稿的办法，组织测绘部队有作业经验的技术人员和测校的教员共同编写了《航空摄影测量》内业基础教材。供测绘大队教导队和在职技术员教学使用。

遵照毛主席“**教材要彻底改革**”的教导，在编写中力求做到：以无产阶级政治统帅业务技术；以实作需要为主，讲述必要的理论；依据现行的规范、图式，吸取各测绘部队的作业实践经验。但由于编者水平限制，时间又较仓促，可能有错漏之处，请给以指正，以便在教材再版时加以改进。

目 录

第一章 地形图及其测制过程

第一节 地形图的基本要素和用途	1
一、地形图的基本要素	1
二、地形图的用途	7
第二节 地理坐标、直角坐标、图幅编号	8
一、地球的形状、大小和地理坐标	8
二、高斯——克吕格正形投影和直角坐标	9
三、图幅编号	13
第三节 大地测量概述	17
一、国家三角测量和北京坐标系	17
二、国家水准测量和黄海高程系	18
第四节 航空摄影过程及对航摄资料的要求	19
一、航空摄影的简要过程	19
二、航摄仪和摄影镜头的特性	26
三、对航摄资料的要求和质量评定	36
第五节 航测外业工作	40
一、航测外业的任务	40
二、航外控制测量的作业过程和方法	41
三、航摄像片的调绘	49
四、白纸测图和象片测图	50
五、对航测外业资料的一般要求	51
第六节 三种基本的航测成图方法	56
一、航测综合法	57
二、航测微分法	57
三、航测全能法	58
四、成图方法的选择	58
第七节 航测原图的清绘和制印	58

第二章 航空摄影测量的基础知识

第一节 航摄像片的几何特征	60
一、中心投影及其特征	60
二、航摄像片上的特别点和特别线	63

三、航摄像片的内、外方位元素·····	65
四、象点与地面点的坐标关系式·····	67
五、航摄像片的比例尺·····	71
六、航摄像片与地图的差别·····	74
第二节 航摄像片倾斜引起的象点移位和方向偏差·····	76
一、倾斜误差位移的方向·····	76
二、倾斜误差的大小及其规律·····	77
三、因象片倾斜引起的方向偏差·····	78
四、辐射中心点的选择·····	82
第三节 地面起伏引起的象点移位和方向偏差·····	84
一、因地面起伏引起的象点移位·····	84
二、投影差常用公式和在图板上改投影差的公式·····	86
三、因高差引起的方向偏差·····	88
四、因地面起伏引起象比例尺的变化·····	90
第四节 图解法求航高·····	91
一、图解法求航高的原理和公式·····	91
二、图解法求航高的精度·····	93
第五节 各种物理因素及地球弯曲的影响·····	94
一、摄影材料伸缩变形对象点的影响·····	94
二、摄影时底片未压平对象点的影响·····	95
三、镜头畸变差对象点的影响·····	96
四、大气折光差对象点的影响·····	97
五、地球弯曲的影响·····	98
第六节 立体摄影测量的概念和基本公式·····	99
一、立体观察原理·····	99
二、根据标准式立体象对确定地面点的坐标公式和高差公式·····	103
三、象对的相对定向元素和绝对定向元素·····	106
四、外方位元素和航高差对象点坐标的影响·····	111
五、外方位元素对左右视差和左右视差较的影响·····	115
六、相对方位元素与上下视差的关系·····	117

第三章 航测内业的摄影工作

第一节 摄影的一般概念·····	120
一、摄影的一般工作过程·····	120
二、摄影机的基本构造·····	120
三、镜头的相对孔径和透光力、景深的关系·····	121
第二节 感光材料的性能及保管·····	123
一、感光材料的一般结构及种类·····	123
二、感光材料的特性·····	124

三、感光材料的保管	130
第三节 滤光片	130
一、光的成分	130
二、滤光片的性质和种类	131
三、滤光倍数	133
四、滤光片的应用	134
第四节 显影	135
一、显影的基本原理	135
二、显影液的组成及其作用	136
三、显影对影象质量的影响	142
四、特种显影液介绍及其应用	144
五、反转显影法	145
六、显影液的消耗	147
第五节 定影	147
一、定影的目的和基本原理	147
二、定影液的组成及其作用	148
三、定影液的种类及其应用	149
四、定影液的力量及其消耗	150
第六节 水洗与晾干	150
一、水洗的目的和方法	150
二、水洗的要求和检验	151
三、晾干注意事项	152
第七节 减薄、加厚、漂白、调色	152
一、减薄	152
二、加厚	153
三、漂白	154
四、调色	154
第八节 晒印	155
一、接触印象和投影印象	155
二、印象柜和放大机	156
三、印象作业	158
四、清理和质量检查	159
五、裱板	159
六、印象中常见问题及处理方法	160
第九节 透光缩小	161
一、透光缩小的原理和要求	161
二、HCS-I 型、UG-M 型缩小仪和万能缩小仪的结构和鉴定	165
三、透光缩小作业	171
四、成果整理和质量检查	171

五、有关透光缩小的几个问题	172
第十节 反光缩小	174
一、反光缩小的原理	174
二、反光缩小仪	177
三、反光缩小作业	177
四、反光缩小中一些问题的处理	178
第十一节 复照	178
一、复照的用途	178
二、复照仪	179
三、国产吊式电动复照仪介绍	180
四、复照作业	183
五、复照仪的检校	185
第十二节 晒蓝、晒棕和熏图	185
一、晒 蓝	186
二、晒 棕	187
三、熏 图	189
第十三节 静电摄影简介	189
一、静电摄影的基本原理和应用	189
二、静电发生器	190
三、静电纸(光敏半导体纸)	191
四、显影墨(粉)	194
五、静电摄影工作过程	195
六、静电摄影中的一些问题	197
附录 药液的配制及常用配方	198
一、在配药时应注意的事项	198
二、常用药品的性能及保存	199
三、常用摄影药液配方	204

第四章 展点和坐标换算

第一节 直角坐标展点仪	208
一、展点仪的基本结构和使用	208
二、展点仪的检校	209
第二节 展点的准备工作和技术要求	210
一、准备工作	210
二、展点的技术要求和限差的讨论	211
第三节 展点的方法和要求	212
一、各种成图图板的展点	212
二、大图纸或过渡图板的展点	213
三、特殊比例尺的展点	214

四、反求坐标	215
第四节 大地坐标与直角坐标的换算及图廓坐标、边长的查取	216
一、大地坐标与直角坐标的换算	216
二、图廓边长及图幅面积的查取	218
第五节 常见问题的处理	220
一、点位问题的分析和处理	220
二、图廓边长不合的分析和处理	221
第六节 高斯—克吕格直角坐标换带	222
一、高斯—克吕格直角坐标换带公式	222
二、高斯—克吕格坐标换带简表之应用	227
三、图解法高斯—克吕格直角坐标换带	229
四、利用“DJS-21”计算机进行换带	230

第五章 图解辐射三角测量

第一节 图解辐射三角测量原理	232
第二节 图解辐射三角测量的作业过程	233
一、准备工作	233
二、选点和刺点	234
三、确定方位线	238
四、绘制辐射薄片	238
五、建立辐射三角菱形锁	238
六、菱形锁的缩小、投影和连接	239
七、辐射三角网的调整平差	240
八、图幅接边和图板整饰	240
第三节 按固定比例尺直接在图板上交会加密	241
一、在野外控制点较多的情况下直接进行交会加密	241
二、在野外控制点按品字形布点的情况下进行直接交会加密	242
三、用于全野外布点的检查	242
四、在地形图上交会新目标点	242
第四节 图解辐射三角测量中几个限差的讨论	242
一、加密点的误差分析和对外业点的密度要求	242
二、示误三角形最大边长 0.3 毫米的讨论	244

第六章 多倍仪空中三角测量

第一节 多倍仪空中三角测量的作业过程	245
一、准备工作	245
二、选点	245
三、建立航线立体模型	249
四、航线立体模型的概略置平	250

五、模型量测	251
六、平面网缩放	254
七、图解高程改正	255
八、水系平差	256
九、接边和整饰	256
十、中误差计算	257
第二节 空中三角测量的系统误差及其累积规律	258
一、镜头畸变差引起的航线模型扭曲	258
二、大气折光差的影响	260
三、地球球面弯曲的影响	260
四、航摄底片不均匀伸缩的影响	260
第三节 高程系统误差的图解改正	261
一、图解高程改正的基本原理	261
二、图解高程改正及缩放对外业点的要求	263
三、图解高程改正的作业方法	264
第四节 多倍仪空中三角测量的预期精度	267
一、空中三角测量误差的累积规律	267
二、预期高程精度公式	270
三、预期平面精度公式	271
第五节 多倍仪空中三角测量有关规定的讨论	272
一、比例尺系数 λ 较差的限差 $\Delta\lambda = \frac{1.1}{d\varphi_{\eta}}$ 的推证	272
二、为什么用 $m = \pm \sqrt{\frac{(\ddot{d}d)}{3n}}$ 公式衡量加密点精度	273
三、内业加密点平面接边较差规定的讨论	274
四、分段缩放时, 缩放仪安置数变动差 ΔL 的限差规定讨论	275

第七章 解析法空中三角测量(电算加密)

第一节 电算加密概述	276
一、电算加密的基本思想	276
二、电算加密的优缺点及其发展方向	277
第二节 航线解析法空中三角测量的基本理论	278
一、坐标系和两坐标系间的变换	278
二、相对定向方程的推导和摄影测量网的建立	288
三、大地定向和系统误差的改正	301
四、象片内、外方位元素和定向元素的计算	310
第三节 DJS-21 型通用电子数字计算机及其指令系统	312
一、电子数字计算机的基本结构和工作原理	313
二、数制、码制和数制间的转换	314

三、DJS-21 型机的构造及性能	326
四、DJS-21 型机的指令系统	334
五、DJS-21 型机控制台的操作说明	345
六、DJS-21 型机标准子程序使用简表及有关常数附表	350
第四节 实用程序设计	357
一、算术公式的程序设计	357
二、循环程序设计	363
三、分支程序设计	373
四、子程序和标准程序	378
五、解题步骤和程序设计过程介绍	382
六、程序和计算正确性的检查	385
七、上机调整程序	390
第五节 HCZ-1 型立体坐标量测仪	391
一、仪器的构造及性能	391
二、仪器的检校	393
三、仪器的使用和保养	396
第六节 精密立体坐标量测仪	396
一、STECOMETER 精密立体坐标量测仪	396
二、PSK 精密立体坐标量测仪	405
三、Nistri TA-3 精密立体坐标量测仪	409
第七节 电算加密的作业过程及要求	411
一、晒印裱板象片或透明正片	411
二、测算作业焦距	411
三、选刺点	411
四、观测	415
五、程序设计	418
六、计算	418
七、展点	425
第八节 电算加密各种限差的讨论和作业中有关问题的分析处理	426
一、电算加密各种限差的讨论	426
二、电算加密作业中有关问题的分析和处理	430
第九节 X-2 电子数字计算机简介	436
一、X-2 机的结构性能	436
二、X-2 机代码的表示形式	438
三、X-2 机的指令系统	440
四、X-2 机中央控制台操作说明	452

下 册 目 录

第八章 多倍仪测图

第一节 多倍仪及其附属仪器的构造与检校	458
一、多倍仪的构造、性能及其检校	458
二、杠杆缩放仪的构造、使用与检查	468
第二节 多倍仪上的立体观察和量测	470
一、多倍仪上用互补色法立体观察的原理	470
二、多倍仪立体量测的方法	470
第三节 相对定向	472
一、相对定向的原理	472
二、投影器各螺子的动作对承影面上下视差的影响	472
三、相对定向的选点条件	476
四、连续象对和单独象对的相对定向	478
五、几种特殊情况下的相对定向	483
六、相对定向常见问题的分析与处理	490
七、利用电算成果进行相对定向	493
第四节 模型连接和绝对定向	493
一、相对方位元素误差引起的模型扭曲	493
二、模型连接	496
三、绝对定向	499
四、绝对定向中一些常见问题的处理	503
第五节 多倍仪测图作业过程	504
一、准备工作	504
二、定 向	505
三、测 图	505
四、测图模型的象对数	507
五、测图方法简介	508
第六节 在多倍仪上进行变换光束作业的理论和方法	509
一、水平象片变换光束作业的理论	509
二、用近似垂直摄影象片进行变换光束作业的方法	511
第七节 多倍仪测图有关规定的讨论	513
一、投影器主距与理论值较差的规定	513
二、相邻两投影器主距较差的规定	514

三、投影器放置红、绿滤光片的规定	516
四、特宽角多倍仪的归心限差	516
五、剩余上下视差的规定	517
六、相对定向模型连接的限差	518
七、模型读点的限差	520
八、绝对定向平面和高程的限差	520
九、量测航高的精度	521
十、曲线接边的限差	521

第九章 立体量测仪测图

第一节 立体量测仪的一般构造及左右视差量测原理	522
一、立体量测仪的一般构造	522
二、左右视差量测原理	524
第二节 立体模型的扭曲	526
一、立体模型扭曲的规律	526
二、不加改正的量测	529
第三节 校正机械的构造及其作用原理	529
一、纵校正机械的构造及其作用原理	530
二、补充纵校正机械的构造及其作用原理	534
三、横校正机械的构造及其作用原理	536
四、补充横校正机械的构造及其作用原理	539
第四节 象片定向原理	543
一、象片定向概念	543
二、高程定向对高程控制点的数量及位置要求	543
三、高程定向的步骤	545
四、直读高程装置	547
第五节 立体量测仪测图的作业过程	551
一、一般作业过程	551
二、单张象片测图曲线的检查修改	558
三、森林地区测图	559
四、岛屿测图	559
第六节 起始点左右视差的计算	560
一、 P_1 的计算	561
二、 P_2 的计算	562
三、 g_1 与 $P_1(P_2)$ 的关系式	565
第七节 定向过程中有关问题的处理	566
一、常见不合理现象产生的一般原因	566
二、定向元素错误的一般原因及其查找方法	567

三、底片、象片未压平的分析及其处理	568
四、外业点的处理原则	569
五、近似左主核线定向的应用	569
第八节 有关限差规定的讨论	569
一、限差讨论中所需要的几个基本数据	569
二、目标点两次读数较差限差的规定	571
三、定向点的限差	572
四、 $\delta\theta = \theta - N\Delta\omega$ 的限差	572
五、 g_4 与 P_4 关系式的限差规定	573
六、立体量测仪的高差限制	574
七、检查点限差和目标点高程中误差的规定	576
八、等高线高程中误差	576
九、接边限差的规定	577
第九节 立体量测仪的鉴定	577
一、将百分表固定在总滑床上, 百分表触头与左象盘相接进行检查	578
二、将百分表固定在总滑床上, 百分表触头与右象盘相接进行检查	578
三、将百分表固定在基座上, 百分表触头与右测标架相接进行检查	582
四、将百分表固定在基座上, 百分表触头与左测标架相接进行检查	583
五、用网格片进行检查	584
六、其他项目的检查	585
七、作业检查	586
八、立体量测仪使用注意事项	586
第十节 相对方位元素的测算	587
一、用一次项公式进行相对方位元素的测算	587
二、用二次项公式进行相对方位元素的测算	596
三、有关限差规定的讨论	603
第十一节 X-2 型视差测图仪简介	605
一、高程改正装置	606
二、平面改正装置	610
三、作业方法概述	612

第十章 精密立体测图仪器

第一节 光学投影的空间型仪器	619
一、三角形加平行四边形的空间交会和双测标量测原理	619
二、精密立体测图仪 C_3 的基本结构	622
第二节 机械投影的空间型仪器	631
一、机械投影的仪器构成投影光线的一些方式	631
二、立体测图仪 Planimat D_2	635

第三节 平面型立体测图仪器	640
一、平面交会原理	641
二、B 型地形测图仪(Topocart B)	652
第四节 变换光束的立体测图仪器	657
一、HCT-1 型立体测图仪的校正原理	658
二、HCT-1 型立体测图仪的构造	662
第五节 精密立体测图仪器的作业方法	668
一、准备工作	668
二、相对定向	672
三、绝对定向和模型连接	673
四、模型量测和地形测绘	674
第六节 精密立体测图仪器的检校	675
一、基本检校	675
二、作业检校	677
三、仪器的总检验	679
附录: 部分精密立体测图仪器的技术数据表	680

第十一章 纠正镶嵌

第一节 象片纠正的目的和应用范围	684
第二节 纠正仪的有关理论	685
一、光学机械纠正的基本思想	685
二、光学机械纠正的条件	686
三、纠正仪的几何条件和光学条件的结合	692
四、纠正仪的自由度和纠正点数问题	693
第三节 H-30 大型自动纠正仪	693
一、仪器的主要结构和特点	693
二、仪器的主要规格和有关技术数据	695
三、光学条件和几何条件控制器	695
四、照明装置和定时曝光机构	701
五、仪器的安装和检校	703
六、使用及注意事项	706
第四节 HJ24 型纠正仪	706
一、仪器的主要规格	706
二、仪器的结构原理和特点	707
三、仪器的安装、调整及鉴定	709
第五节 大型纠正仪(SEG-1 型和 ΦTB 型)	712
一、仪器的一般结构	712
二、仪器的主要规格和有关的技术数据	713

三、光学条件和几何条件控制器	713
四、照明装置	714
五、仪器的安装检校和拆卸	714
第六节 小型纠正仪(SEG-IV 和 Φ TM)	717
一、仪器的基本结构	717
二、仪器的主要规格和有关的技术数据	718
三、光学条件和几何条件控制器	719
四、离心公式	722
五、仪器的安装拆卸和检校	723
第七节 纠正仪的维护	725
一、光学部分的维护	725
二、金属部分的维护	725
三、其它	725
第八节 各种纠正仪对航摄像片倾斜的限制	726
一、H-30 大型自动纠正仪对航摄像片倾斜的限制	726
二、HJ24 型纠正仪对航摄像片倾斜的限制	727
三、大型纠正仪对航摄像片倾斜的限制	727
四、小型纠正仪对航摄像片倾斜的限制	727
第九节 纠正镶嵌作业	728
一、纠正作业	728
二、象片平面图的镶嵌	734
三、地形象片图的作业方法	735
四、地貌象片图的作业方法	736
五、自由比例尺象片图的作业方法	736
六、分带纠正镶嵌	736
七、光学镶嵌	737
八、象片的纠正方法及其他	738
第十节 质量检查及限差规定的讨论	739
一、质量检查的方法和内容	739
二、几种限差规定的讨论	740

第十二章 分带转绘

第一节 分带纠正的原理	743
一、投影误差和投影面	743
二、带距的选择	744
三、投影高度改变值 ΔZ 的计算	745
第二节 HCD-1 型单投影器转绘仪	746
一、仪器的主要结构和技术参数	746

二、投影器各元素的动作对投影图形的影响	750
三、仪器的检校和使用	751
第三节 分带转绘作业过程及要求	754
一、准备工作	754
二、分带转绘	757
三、清绘整饰	764
四、图幅接边	767
第四节 成图质量检查及有关限差规定的讨论	768
一、成图质量检查的内容和方法	768
二、有关限差规定的讨论	769
第五节 分带转绘有关问题的讨论	770
一、变换光束纠正原理在分带转绘中的应用	770
二、转带时由主点代替底点还原的误差	772
三、归心与离心问题	772
四、投影影象的清晰问题	779
第六节 关于一次成图	780
一、仪器改装的基本原理	780
二、作业的主要过程	781

第十三章 地貌显示

第一节 一般地貌的表示	782
一、概述	782
二、主要地貌要素的一般表示方法	783
三、总貌的表示	790
四、地貌描绘的取舍原则	792
第二节 海岸地貌	793
一、海成地貌的特点及表示方法	793
二、海岸的类型及表示方法	797
第三节 黄土地貌	800
一、黄土沟谷地貌的表示	800
二、黄土沟间地貌的表示	802
第四节 风成地貌	807
一、风蚀地貌的类型及表示方法	807
二、风积地貌的类型及表示方法	808
三、荒漠类型及表示方法	812
四、测绘沙漠地貌时应注意的几个问题	813
第五节 石灰岩地貌	814
一、溶斗	814