



[苏] A.H. 洛班诺夫

航空摄影 地形测量学

测绘出版社

航空摄影地形测量学

[苏]A.H.洛班诺夫 著

赵友茂 毛可标 译

林开愚 冯文灏 校

(修订第二版)

测绘出版社

内 容 简 介

本书叙述航空摄影地形测量学的原理,其中包括:单张像片和立体像对的分析;量测像片的方法;纠正仪、单像坐标量测仪、立体坐标量测仪和全能立体测图仪;像片纠正和像片平面图的编制;像片的相对定向和模型的外部定向;解析空中三角测量和模拟空中三角测量;综合法和立体地形测量法编制和修测地形图。

书中对采用立体坐标量测仪和数字电子计算机进行空中三角测量,以及在全能立体测图仪上测制地图和正射影像地图,叙述特别详细。对微分法成图也作了简明的分析。

除此以外,作者对苏联和世界其他国家在摄影测量学方面所取得的最新成就以及摄影测量学今后的发展前景,都作了阐明。

本书可作为航测生产工程技术人员和高等测量院校学生的参考用书。

A. H. Лобанов

АЭРОФОТОТОПОГРАФИЯ

Издание второе, дополненное

Издательство «Недра», 1978

航空摄影地形测量学

[苏]A. H. 洛班诺夫 著

赵友茂 毛可标 译

林开愚 冯文灏 校

*

测绘出版社出版

河北省保定新生印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $24^{7/8}$ ·字数605千字

1983年6月第一版·1983年6月第一次印刷

印数1—3,500册·定价2.55元

统一书号:15039·新248

序 言

以利用自动精密量测仪器和数字电子计算机为基础的解析法处理像片，以及利用全能立体测图仪测制地图、影像地图或数字地面模型，是现代航空摄影地形测量学的特点。

近年来，苏联各地区大比例尺测图的工作量正在不断增大。在研究利用宇宙飞船上所摄像片对行星及其卫星进行测图的各种方法方面，也取得了较大的成就。因此，本书第二版作了某些补充，以反映摄影地形测量领域内所取得的新成就。

作者对 Ф.В. 德罗贝雪夫、М. Л. 康新和莫斯科测绘学院摄影测量教研室的教师们为本书提出意见和希望，深表谢意。

目 录

绪论	1
第一章 单张像片的理论	5
§ 1. 像片是中心投影	5
§ 2. 中心投影的元素	5
§ 3. 地面点和像点的坐标	7
§ 4. 像片的方位元素	8
§ 5. 像片上点和直线的构像	9
§ 6. 平面重合法	11
§ 7. 前方投影交会	12
§ 8. 像点的空间坐标	14
§ 9. 方向余弦的确定	15
§ 10. 地面点和像点之间的坐标关系	19
§ 11. 水平像片和倾斜像片相应点之间的坐标关系	22
§ 12. 像片比例尺	23
§ 13. 地面上和像片上角度之间的关系	26
§ 14. 长度误差	29
§ 15. 地形起伏的影响	32
§ 16. 折光差和地球曲率的影响	34
§ 17. 全景像片的基本公式	40
第二章 像片观察和像片量测	43
§ 18. 眼睛和视觉	43
§ 19. 单眼视觉	46
§ 20. 双眼视觉	47
§ 21. 像片的立体观测	52
§ 22. 像片的观测方法	58
§ 23. 立体坐标量测仪	68
§ 24. 多倍投影仪	75
第三章 平面像片三角测量	78
§ 25. 概论	78
§ 26. 解析辐射三角测量	79
§ 27. 图解辐射三角测量	82
§ 28. 辐射三角测量的精度	85
第四章 像片纠正	87
§ 29. 像片纠正方法的用途和实质	87

§ 30. 解析法.....	87
§ 31. 像片摄影机械纠正的几何条件和光学条件.....	88
§ 32. 像片纠正元素.....	91
§ 33. 比例尺控制器.....	95
§ 34. 透视控制器.....	98
§ 35. 大型纠正仪 (ΦTB, Seg- I)	101
§ 36. 小型纠正仪 (ΦTM, Seg- IV)	103
§ 37. Seg- V 纠正仪	106
§ 38. 《Rectimat》纠正仪	107
§ 39. E- 4 纠正仪	108
§ 40. 解析纠正仪.....	109
§ 41. 按照安置元素和根据控制点进行像片纠正.....	110
§ 42. 相纸变形的影响.....	113
§ 43. 分带纠正像片.....	115
§ 44. 在倾斜面上纠正像片.....	116
§ 45. 像片方位元素误差和安置元素误差的影响.....	117
§ 46. 平面平行玻璃板的影响.....	119
第五章 像片平面图和像片略图	122
§ 47. 概论.....	122
§ 48. 像片平面图的编制	123
§ 49. 像片略图的编制	125
第六章 像片外方位元素的测定	128
§ 50. 概论.....	128
§ 51. 按控制点测定像片外方位元素.....	128
§ 52. 按恒星测定像片方位元素.....	132
§ 53. 地面点的地心坐标.....	135
第七章 像对的理论	139
§ 54. 像对元素和地面模型.....	139
§ 55. 立体像对点的坐标和视差.....	141
§ 56. 像对的方位元素.....	142
§ 57. 地面点及其在像对上影像之间的坐标关系.....	143
§ 58. 水平像对的基本公式.....	144
§ 59. 水平像片和近似垂直摄影像片上左右视差之间的关系.....	147
§ 60. 上下视差.....	148
§ 61. 全景像对的基本公式.....	150
第八章 像对的相对定向	151
§ 62. 相对定向看作是双像后方交会的一个步骤.....	151
§ 63. 相对方位元素.....	152

§ 64. 一对相应光线相交的条件.....	153
§ 65. 相对定向方程式.....	154
§ 66. 测定相对方位元素 ($\alpha'_1, \kappa'_1, \alpha'_2, \omega'_2, \kappa'_2$)	160
§ 67. 测定相对方位元素 ($\tau', \nu', \Delta\alpha, \Delta\omega, \Delta\kappa$)	167
§ 68. 相对方位元素两个系统之间的关系.....	170
§ 69. 相对定向的不定性.....	173
§ 70. 在仪器上进行像片的相对定向.....	174
第九章 模型的外部定向	182
§ 71. 模型的外方位元素.....	182
§ 72. 模型外部定向的解析法.....	182
§ 73. 在仪器上对模型进行外部定向.....	185
第十章 用变换光束法进行像片定向	188
§ 74. 概论.....	188
§ 75. 按水平像片构建模型.....	188
§ 76. 像对纠正的理论.....	190
§ 77. 用变换光束法进行像片相对定向.....	195
§ 78. 模型的构建和外部定向.....	198
第十一章 全能立体测图仪	202
§ 79. 全能立体测图仪的用途和分类.....	202
§ 80. 光学全能立体测图仪的原理图.....	202
§ 81. 机械全能立体测图仪的原理图.....	206
§ 82. 光学-机械全能立体测图仪的原理图.....	208
§ 83. 解析全能立体测图仪的原理图.....	209
§ 84. Г.Б. 罗曼诺夫斯基立体投影仪Стереопроектор.....	210
§ 85. Ф.Б. 德罗贝雪夫立体测图仪Стереореф.....	218
§ 86. 缝隙纠正仪ФТЩ-2.....	225
§ 87. 威特Autograph自动测图仪.....	229
§ 88. 威特Aviograph立体测图仪.....	236
§ 89. 威特Stereomat立体测图仪.....	238
§ 90. 蔡司Stereotrigomat立体测图仪.....	240
§ 91. 蔡司Stereometrograph立体测图仪.....	244
§ 92. 蔡司Stereoplanigraph立体测图仪.....	248
§ 93. 尼斯特里 Photostereograph立体测图仪.....	254
§ 94. 解析立体测图仪 AP.....	257
§ 95. 伽利略Stereocartograph立体测图仪.....	259
§ 96. 蔡司Topocart立体测图仪.....	262
§ 97. 蔡司Topoflex立体测图仪.....	265
§ 98. 全能立体测图仪的主要发展方向.....	267

第十二章 立体量测仪和微分法成图	269
§ 99. 概论	269
§ 100. 立体量测仪的像片定向方程式	270
§ 101. 校正机械的原理	271
§ 102. 根据安置值进行像片定向	276
§ 103. 根据六个点进行像片定向	277
§ 104. 根据四个点进行像片定向	281
§ 105. 测定点的高程和测绘等高线	284
§ 106. 起始点左右视差的纠正	286
§ 107. 航高的测定	287
§ 108. 地形图的编制	288
第十三章 空中三角测量	294
§ 109. 空中三角测量的用途及分类	294
§ 110. 航线网解析空中三角测量	295
§ 111. 多航线解析空中三角测量	309
§ 112. 全能型立体测图仪上的空中三角测量	315
§ 113. 像片外方位元素的利用	322
§ 114. 系统误差的影响和消除模型变形的的方法	325
§ 115. 空中三角测量的精度	331
§ 116. 高精度自动化立体坐标量测仪	336
§ 117. 高精度自动化单像坐标量测仪和像片刺点仪	338
第十四章 微分法控制网加密	341
§ 118. 无扭曲模型法	341
§ 119. 像片导线测量	343
§ 120. 航空无线电水准测量	346
§ 121. 直线法	346
第十五章 根据航空像片制作地形图的方法	348
§ 122. 摄影地形测量的分类和方法	348
§ 123. 综合法	349
§ 124. 立体地形测图法	351
第十六章 地形图的修测	358
§ 125. 地图的失效及其修测的必要性	358
§ 126. 地图修测的方法	358
§ 127. 准备工作	360
§ 128. 室内像片判读和地图修正	362
§ 129. 修测地图的野外调查	364
第十七章 行星及其卫星的制图	366
§ 130. 概论	366

§ 131. 行星及其卫星像片的几何性质	367
§ 132. 研究地表的遥感方法	371
§ 133. 摄影传真像片的校正	374
第十八章 立体量测的自动化	377
§ 134. 像片扫描和信号相关	377
§ 135. 等高线测绘仪	380
§ 136. 自动立体测图仪的方框线路图	382
§ 137. 数字自动地图编绘系统	383
§ 138. 解析像片测图仪	385
§ 139. 立体量测自动化的发展前景	387
结论 航空摄影地形测量的发展前景	389
参考文献	390

绪 论

利用飞机和其他飞行器所摄得的像片编制地形图的方法，是《航空摄影地形测量学》的研究对象。

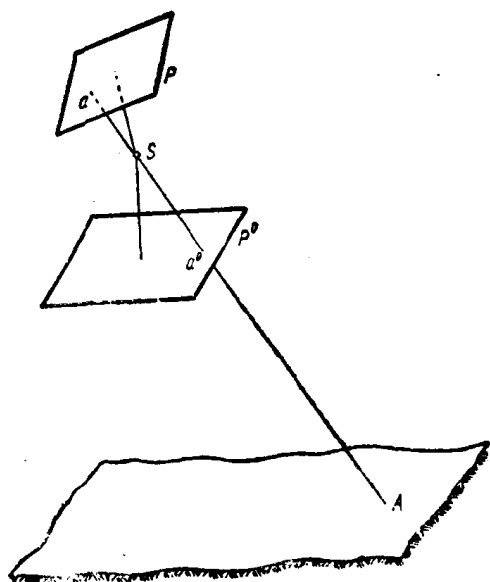


图 1

利用航摄像片编制地形图时各个工序的总和，称为航空摄影地形测量。其中包括航空摄影、大地测量工作和摄影测量工作。

航空摄影地形测量在国民经济和国防事业中得到广泛的应用。由于它不同于平板仪测量和地面摄影测量，能最充分地满足对大面积成图所提出的现代化的高要求，因此是地形测量的一种主要形式。航空摄影地形测量，不但能在短期内测制成详细和精确的地图，而且劳力和资金的消耗也最少。

利用航空像片测制地形图，有两种方法：综合法和立体地形测量法。

单张像片的摄影测量处理与平板仪测量相结合的方法，称为综合法，即地图或像片平面图上的地物从像片上来获得，而地貌则在野外进行平板仪测量后获得。

航空摄影中所获得的像片，一般为倾斜像片（图 1）。如与平面图比较，倾斜像片 P 有一定的误差，这一误差是由像片本身的倾斜角和地貌引起的。在编制像片平面图时，应将每张倾斜像片进行纠正，也就是说，将它纠正成规定比例尺的水平像片 P^0 。

从几何学的观点来看，经过纠正后的平坦地区 M 的像片与平面图没有什么区别，这是因为在这种情况下由地貌引起的误差很小，不超过图解法构图的误差。因此，可以将纠正后的像片镶嵌成像片平面图。

像片纠正和像片平面图的镶嵌，一般都按图板上标出的控制点进行。这种控制点是已往在像片上识别出的地物点，其坐标为已知，是在大地测量或摄影测量作业中测得的。

在野外可以用平板仪将地貌描绘在像片平面图上。像片平面图还应反映所绘地物的特性：居民地的名称、道路的等级、宽度和状况以及河流的名

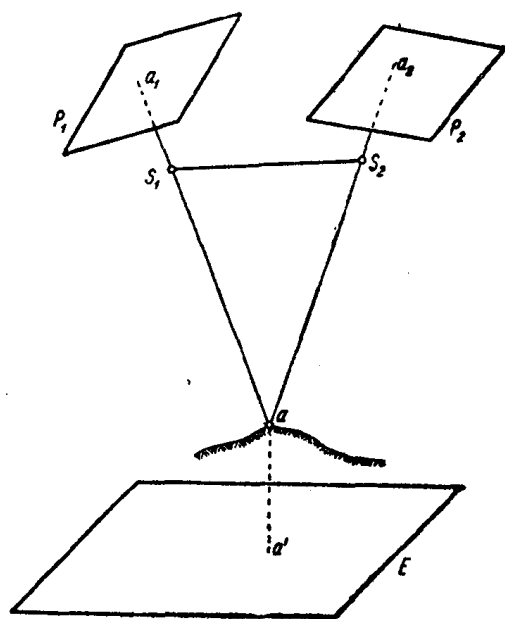


图 2

称和深度等等。

确定像片上所描绘地物的意义和特性，称为调绘。

已经描绘好地貌和调绘出地物的像片平面图，可用来编制地形图。由于像片平面图上所含的地面信息，要比地图更为详尽，因此常常可作为独立的资料来使用。

综合法用于平坦地区的测图。

采用立体测量法，不仅可以利用像片在室内描绘出地物，而且还可以描绘出地貌。这一方法的基础是采用按像片建立起来的地形模型。

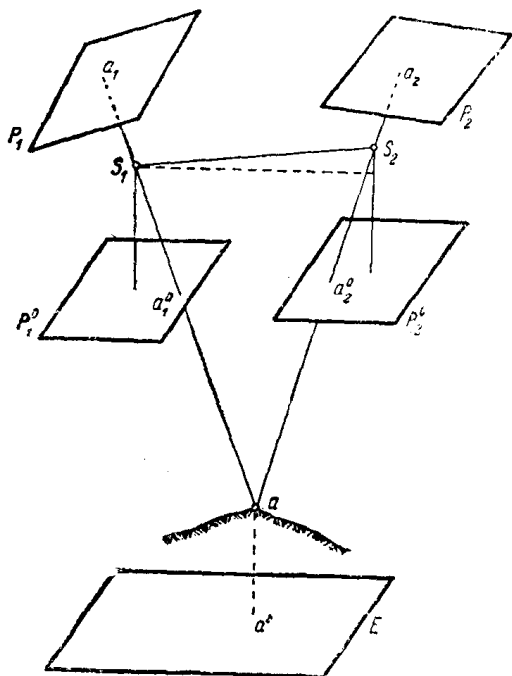


图 3

现在让我们按像片 P_1 和 P_2 （图2）恢复航空摄影时的光线。按该像片恢复起来的各光线的总和，称为光束。通过像片上同一地形点的光线，称为相应光线。现在假设光束的相互位置与摄影瞬间相同，则每一对相应光线，如 a_1S_1 和 a_2S_2 ，将互相相交。相应光线各交点的总和将构成一个与地面相似的模型。这样 a 点即为该模型很多点中之一。

将模型归化成规定比例尺，并按控制点将图板 E 对好位置。然后进行正射投影，将地物、等高线和其他需要描绘在地图上的要素投影在图板上。此时应利用在内外业调绘所得的结果。

确定各光束（像片）的相对位置，使其与摄影瞬间相同，称为光束（像片）的相对定向；按各控制点确定模型与图板的相对位置，称为模型的外部定向。

用光学法将像对变换成平面图的方案就是如此，其特点是直观明了。除此以外，解决这一问题也可采用解析法（计算）、图解法或专用装置。

目前，也经常按变换光束来构建模型。由于恢复起来的光束与航空摄影时有所不同，因此所构建的模型不是地面的相似模型，而是变换模型。在实际工作中所采用的变换光束法改变了光束的垂直比例尺（与水平比例尺比较）。

如果利用纠正后的像片，也就是水平像片（图3）来构建模型，则极容易。按变换光束处理此类像片的优点便更为明显，因改变投影镜箱的焦距只引起模型垂直比例尺的改变。

像片的纠正，可以在构建模型以前用解析法或在专门的仪器（纠正仪）上进行。目前，苏联学者创造的一种在构建模型时对立体像对进行纠正的独特方法正得到广泛使用。

根据处理像片时所用仪器的不同，立体测量法分为两种成图方法：全能法和微分法。

全能法采用的每一种仪器，都能完成将像片变换成平面图的全部作业：构建光束；对像片进行相对定向以获得模型；对模型进行外部定向以及描绘地物和地貌。这种仪器称为全能立体测图仪，如德罗贝雪夫立体测图仪、罗曼诺夫斯基立体投影仪以及蔡司厂的精密立体测图仪等。

微分法使用的仪器有立体坐标量测仪、德罗贝雪夫立体量测仪以及光学投影器或纠正仪。这些仪器中的每一种都只能完成像片处理中的一个工序。立体坐标量测仪用于根据像片加密控制网；立体量测仪用于在像片上描绘等高线；而投影器或纠正仪用于将像片上的等高线和地物转绘在图板上。其中，将立体像对进行处理以后，便可在像片上得出等高线；将单张像片进行处理以后，即可在图板上转绘出等高线和地物。如果像片上缺少模型外部定向所需的足够控制点，则应用空中三角测量进行控制网加密。

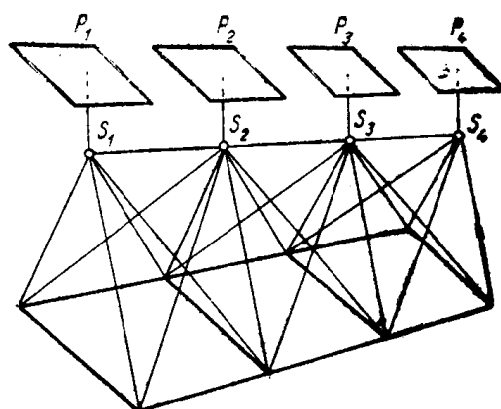


图 4

进行空中三角测量，在于连续构建单个模型，并将它们联结成一个总模型（图 4）。为此，在按像片 P_1 和 P_2 构建起第一个模型以后，应将像片 P_3 相对于像片 P_2 进行定向，从而获得第二个模型。然后，归化第二个模型的比例尺，使其与第一个模型相同，在这以后再将像片 P_4 相对于 P_3 进行定向等等。然后对构建起来的总模型进行外部定向。在这种情况下，由若干个像对组成的一整条航线，只要有几个控制点就够了。对总模型进行外部定向以后，即测定处理单模型时所需控制点的位置。

除了单航线网以外，还构建多航线（区域）摄影测量网。

空中三角测量可以用解析法采用立体坐标量测仪（或单像坐标量测仪）和电子计算机进行，也可以在全能立体测图仪上进行。解析法空中三角测量是最精确、效率最高和最有发展前途的一种方法，目前已得到了广泛的应用。

在进行解析法空中三角测量时，不仅可以用连续构建单个模型并进行定向的方法来获得地面总模型，而且还可以用同时确定单航线（或由数条航线组成的区域）上全部光束的方法来获得地面总模型。

采用空中三角测量，可以大大减少外业工作量。由于在进行区域空中三角测量时不需要为每条航线测定控制点，因此可以最大限度地减少外业工作量。

通常在航空摄影时都记录下列外方位元素：航高和摄站点的坐标等。利用这些数据同样也可以明显地减少像片的野外控制工作。

因此，立体测量法编制地形图的主要过程，可以归纳如下：

- 1) 航空摄影；
- 2) 外业：测定控制点的坐标和像片调绘；
- 3) 内业：空中三角测量以及用全能法或微分法编制地图。

在航空摄影过程中所摄得的像片上，可以识别并可能相当精确地量测所有应在地图上表示的地物点。

如果成图比例尺为 1 : 25000 或更小，则应采用两架不同焦距的航摄仪对地面进行摄影。这样便可以获得两种航摄像片：小比例尺航摄像片和大比例尺航摄像片。前者用于量测；后者用于调绘。

在进行航空摄影时，通常都采用测高仪和高差仪记录航高和航高差。在个别情况下，还

利用雷达测量系统测定摄站点的坐标。

如果成图比例尺为 1 : 10000 或更大, 则只采用一架航摄仪对地面进行摄影。

在采用立体地形测量法成图时, 成图地区的每一点至少应在两张像片上构像。为了满足这一条件, 应根据地形的不同, 像片的纵向重叠设计值不应小于 60—65%; 横向重叠设计值不应小于 30—40%。

在野外测定的控制点, 用于摄影测量网的外部定向。国家三角点、导线点和水准点可作为测定上述控制点坐标的大地测量控制。控制点必须是轮廓线清楚的地物点, 以便于在像片上进行精确的识别。如果地面缺乏明显的地物, 则控制点应在进行航空摄影以前选择并建立人工标志, 使标志能在像片上清楚易辨。

像片的野外调绘, 可以是全野外的, 也可以是重点性的。重点调绘一般只用于测制小比例尺地图。此时应编制标准样片, 表示出该地区最典型地物的调绘结果。然后, 在室内按这种标准样片继续调绘其他像片。

全能法能保证较高的精度和较高的作业效率, 是测制地形图的一种有效方法。个别全能立体测图仪装有电子装置, 能根据立体像对自动得出地面的正射投影影像, 即正射像片。

过去, 微分法主要用于测制苏联国内 1 : 100000 比例尺地形图。目前, 在简便条件下进行摄影测量作业以及在缺少全能立体测图仪的情况下, 也采用微分法。

航空摄影测量学与下列学科有着紧密的联系: 航空、物理学、化学、电子技术、数学、大地测量学和制图学。

飞机是安装航摄仪的载体, 能保证短时间内对地面进行摄影。宇宙测量为用摄影测量法研究地球、月球和其他天体的表面开辟了广泛的可能性。

物理学, 特别是光学领域内的成就, 促进了摄影测量仪器的改进。例如, 由于特宽角物镜的试制成功, 使平坦地区和丘陵地区的成图, 不必再采用综合法, 而可以采用立体地形测量法, 从而可以大大减少外业工作量。

化学工业为摄影地形测量提供了高质量的黑白和彩色摄影材料和化学药品。

电子仪器和电子系统可以用来进行导航和在飞行中测定像片的外方位元素, 同时也可以为摄影测量处理像片过程的自动化服务。

数学已用于航空摄影地形测量学的理论和解决许多实际问题。例如, 利用电子计算机处理像片量测成果的严密数学方法, 便是解析空中三角测量的基础。

大地测量为航空摄影地形测量提供了测定像片外方位元素和空中三角测量网定向所必需的控制网点。

制图学的各种方法用于按像片编制和整饰地图。

摄影测量学与航空摄影地形测量学的关系最密切, 它是摄影地形测量学的理论基础。

摄影测量学研究像片的几何性能以及用像片测定地物的形状、大小和位置的方法。

摄影测量学不仅用于地形测量, 而且也用于其他科技领域, 如: 天文学、建筑学、弹道学和医学等等。例如, 利用炮弹在飞行时所摄的像片, 可以测定炮弹的弹道和飞行的速度。

第一章 单张像片的理论

§ 1. 像片是中心投影

地形图是地面在水平面上的正射投影，具有以下两种基本性能：1) 平面图上的距离与地面上相应的水平距离成比例；2) 平面图任意点上的角度与地面上相应的水平角相等。

设A、B和C为地面点(图5)。将这些点按正射投影法投影到水平面E上，则得平面图。平面图上A'点的角度等于地面上AB和AC方向之间的水平角，距离A'B'和A'C'为AB和AC的水平距离。

假设在S点摄取一张像片P，在这一张像片上的a、b和c点为地面A、B和C点的影像。

显而易见，由于这张像片的投影光线，相互间不平行，而是相交于一点，因此不能认为是正射投影。

在一点相交的投影光线与平面相交后获得的地物投影，称为中心投影，而各投影光线的交点，称为投影中心。

本章的任务是研究像片的特性，以便用于测定地面点的坐标以及编制地形平面图和地图。

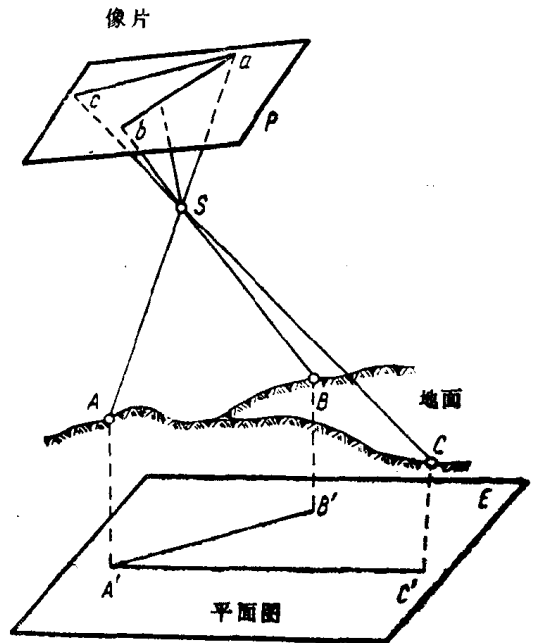


图 5

§ 2. 中心投影的元素

在中心投影时，有正像和负像的区别。

当目标和投影平面位在投影中心的一侧时(图6)，即可得出正像或正片P。如果目标和投影平面位在投影中心的两侧时，则可得出负像或负片P'。

负片和正片的位置与投影中心相对称。将负片沿P'平面的垂直光线So平行地移动，使负片的o'点与正片的o点重合，然后，将负片绕o'点在自己的平面内旋转180°。在这以后，负片上的所有点将与正片上的相应点全部重合。因此，在分析中心投影影像时，不论正片和负片，都完全一样。我们在以后的叙述中，将经常采用正像，如同负片一样，称它为像片或投影面。

如图7所示，E为通过某一地面点的水平面，称为地平面。P为像平面，S为投影中心或摄影点。在图7内还表示出了中心投影的其他元素，如：

So——主光线，通过投影中心，垂直于像平面。在摄影镜箱内，物镜的主光轴与主光线重

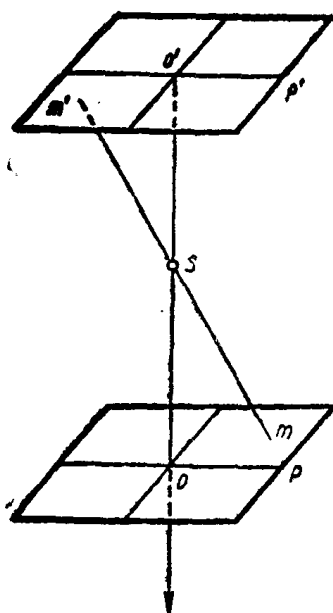


图 6

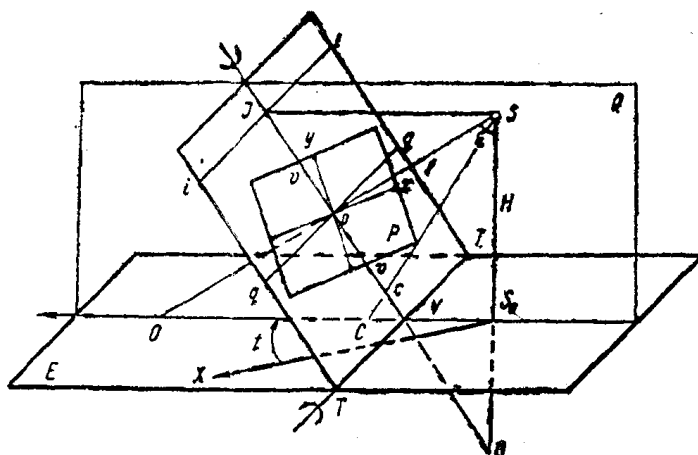


图 7

合。因此，直线 So 通常称为摄影镜箱的光轴；

o ——主点，即主光线与像片的交点；

f ——摄影镜箱的焦距，即从投影中心沿主光线至像片的距离；

$H = SS_0$ ——航摄高度，即投影中心相对地平面的高度；

ε ——像片倾斜角；

TT ——迹线，即地平面与像平面的交线；

Q ——主垂面，即通过主光线的垂直面；

S_0O ——摄影方向线，即主垂面与地平面之间的交线；

vv ——主纵线，即主垂面与像平面的交线；

n ——底点，即通过投影中心的铅垂线与像平面的交点；

qq ——主横线，即像片上通过主点与主纵线垂直的直线；

iSi ——真水平面，即通过投影中心的水平面；

ii ——真水平线，即真水平面与像平面的交线；

J ——主合点，即在主垂面内通过投影中心的水平线与真水平线的交点；

c ——无扭曲点，即 ε 角的二等分线与像平面的交点。之所以称为无扭曲点，是因为该点上的各个夹角与地平面上的各相应角相等，以及过该点的所有方向上的像片比例尺为一常数（参见 § 12）。

从图 7 中可以容易地得出求算中心投影各重要点之间距离的公式：

$$on = f \operatorname{tg} \varepsilon \quad (1.1)$$

$$oJ = f \operatorname{ctg} \varepsilon \quad (1.2)$$

$$SJ = \frac{f}{\sin \varepsilon} \quad (1.3)$$

$$oc = f \operatorname{tg} \frac{1}{2} \varepsilon \quad (1.4)$$

摄取像片时各光线的总和，称为光束。

§ 3. 地面点和像点的坐标

测定地面点的位置，应采用大地坐标系 $O_r X_r Y_r Z_r$ 或摄影测量坐标系 $OXYZ$ (图8)。

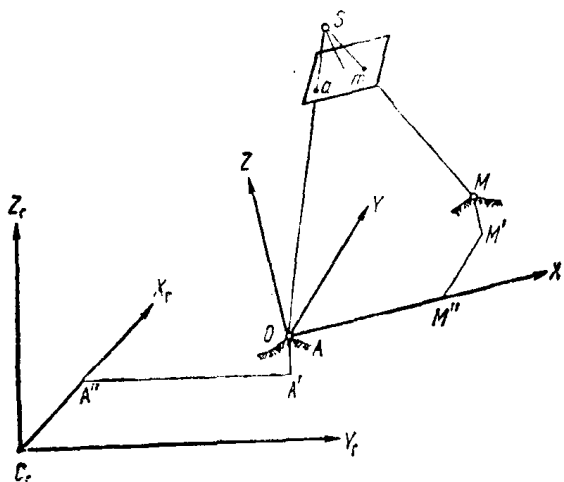


图 8

各点的坐标。此时，采用椭球体中心 O_r 作为坐标原点。将轴线 Z_r 与极轴 $O_r P$ 重合，并将轴线 X_r 安置在起始子午线平面内。

位在地面上或地球以外的 M 点，其位置可用下列坐标测定：

$$\begin{aligned} X'_r &= O'_r M'', & Y'_r &= M'' M', \\ Z'_r &= M' M \end{aligned}$$

一般地说，摄影测量坐标系 $OXYZ$ (参见图8) 可以任意配置。如图8所示，它的坐标原点可以位在某一任意点 A 上。坐标轴的方向也可以是任意的，但必须使坐标系是直角的和右手的。

地面点 M 在这一系统内的位置，可用下列坐标测定：

$$X = OM'', \quad Y = M'' M', \quad Z = M' M$$

通常在确定摄影测量坐标时，应使地面上和像片上各相应点的坐标之间，具有最简单的数学关系。在这种情况下，才能便于研究像片的几何特性和解决各种摄影测量问题。

为了按像片来确定地面点的坐标，必须

通常都采用高斯直角坐标系作为大地坐标系。大地测量控制网内所有三角点的位置，在测定时一般都采用这一系统。这一系统的坐标原点，位在相应带的中央子午线和赤道的交点上， X_r 轴线指向北， Y_r 轴线指向东。

因此，地面点 A 在大地坐标系内的位置，可用下列坐标测定：

$$\begin{aligned} X_r &= O_r A'', & Y_r &= A'' A', \\ Z_r &= A' A \end{aligned}$$

在解决长距离的摄影测量问题，以及在研究宇宙的情况下，都采用直角地心坐标系

$O_r X_r Y_r Z_r$ (图9) 来测定地球外层空间内

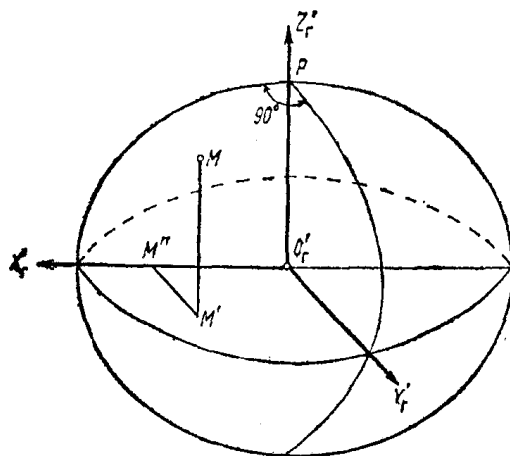


图 9

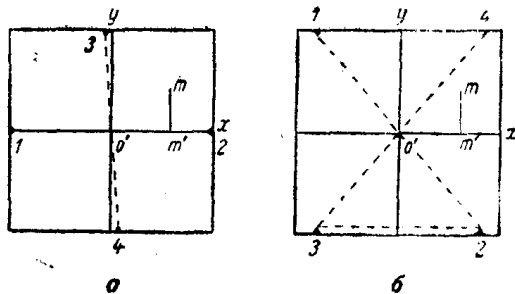


图 10

已知这些点在像片上的影像位置和像片的方位元素。

测定像片上的点位，一般都采用平面直角坐标系 $o'xy$ （图10）。这一坐标系的原点位在 o' 点， o' 点是相对框标1、2和3、4两条直线的交点。这些框标是摄影镜箱承片框平面内框标的影像。将 x 轴线与1—2直线重合（图10， a ）或平行于3—2直线（图10， b ）。

在航摄影仪内安置框标时，应使坐标原点 o' 与像主点 o 相重合。但是，这一条件不是经常都能以足够的精度得到满足。

通常都将坐标 x 和 y 的原点与某一像点重合，该像点的坐标等于1—4框标的平均坐标值。在一般情况下，这一像点不与1—2和3—4两直线的交点重合。 x 轴线应与1—2（参见图10， a ）或3—2（参见图10， b ）直线平行。

像点 m 在 $o'xy$ 坐标内的位置，可用下列坐标求得：

$$x = o'm', \quad y = m'm$$

§ 4. 像片的方位元素

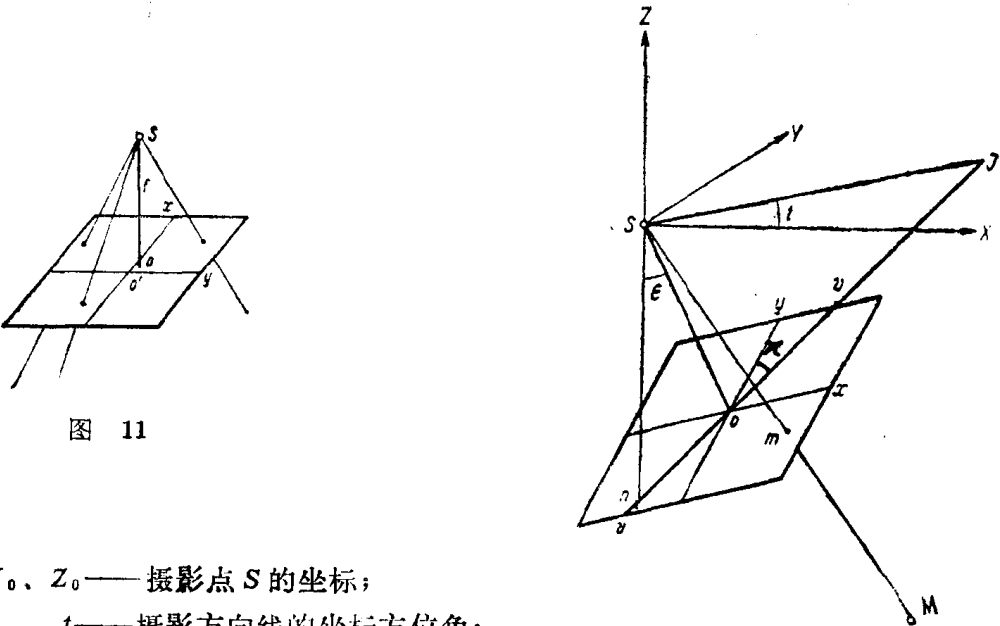
确定像片在摄影瞬间的位置值，称为像片的方位元素。

像片的方位元素分为内、外方位元素。

内方位元素确定投影中心相对于像片的位置。属于内方位元素的有：像主点的坐标 x_0, y_0 （在 $o'xy$ 坐标系内）和摄影镜箱的焦距 f （图11）。

已知像片的内方位元素，便可求得投影中心和恢复像片在摄影瞬间的光束。

外方位元素确定光束在摄影瞬间的位置。属于外方位元素的有（图12）：



- X_0, Y_0, Z_0 ——摄影点 S 的坐标；
- t ——摄影方向线的坐标方位角；
- ϵ ——像片的倾斜角；
- κ ——像片旋角，即 y 坐标轴与主纵线 vv 之间的夹角。

因此，像片有9个方位元素，其中3个为内方位元素，6个为外方位元素。9个元素中