

苏联測繪中等技术学校教学用書

摄影測量学

Н. П. 柯热夫尼科夫

Г. Д. 克拉什宁尼科夫 合著

Н. П. 卡利科夫

測繪出版社

苏联測繪中等技术学校教学用书

攝影測量学

Н. П. 柯热夫尼科夫

Г. Д. 克拉什宁尼科夫 合著

Н. П. 卡利科夫

北京測繪学院 譯

樓 敬 祥 校

苏联內务部測繪总局教育处

审定作为莫斯科測繪中等技术学校教学参考書

測繪出版社

1960·北京

Н. П. Кожанников, Г. Д. Крашенинников, Н. П. Каликов

ФОТОГРАММЕТРИЯ

Геодезиздат

Москва 1955

本書系根据苏联 Н. П. 柯热夫尼科夫等著“摄影测量学”一书译出。原书经苏联内务部测繪总局教育处审定作为莫斯科測繪中等技术学校航空摄影測量專業教学参考書，由苏联測繪出版社于 1955 年出版。

这本“摄影測量学”的特点是，講述全面，淺显易懂，密切結合生产实际。書中十分詳尽地闡述了摄影測量和立体摄影測量各种作業方法及其理論基础，其中包括近几年来苏联測繪总局系統所采用的各种新的作業方法。

本書可采用作为測繪、地質等中等技术学校航空摄影測量專業教材，并可供 航空摄影測量技术員、助理技术員學習参考。

攝影測量学

著者	Н. П. 柯热夫尼科夫等
譯者	北京測繪學院
出版者	測繪出版社
	北京西便門大街地質部內
	北京市書刊出版業營業許可證出字第081号
發行者	新华書店科技發行所
經售者	各地新华書店
印刷者	地質出版社印刷厂

印数(京)1—2000冊	1960年7月北京第1版
开本850×1168 $\frac{1}{2}$	1960年7月第1次印刷
字数510 000	印張20 $\frac{1}{4}$
定价(10)3.40元	

目 录

前言	9
概論	11
§ 1. 摄影测量学的对象和任务	11
§ 2. 航摄仪。空中摄影工作	12
§ 3. 航摄象片的判讀和平面圖的編制	15
§ 4. 地面几何模型的概念	16
§ 5. 用航空摄影测量法編制地形圖的各个过程	17
§ 6. 苏联航測工作發展概况	19

第一篇 編制地圖的諸方法

第一章 水平航空摄影	25
§ 7. 航攝象片就是中心投影	25
§ 8. 航攝象片內方位元素	29
§ 9. 象点和地面点的坐标关系, 角度間的关系和象比例尺	30
§ 10. 航攝象片上構象的精度及其变形的物理因素	33
§ 11. 地面起伏引起的象点的直綫移位	35
§ 12. 用分帶法减小因起伏影响而产生的象片变形	38
§ 13. 左右視差和左右視差較	44
§ 14. 高差和左右視差較之間的关系	47
§ 15. 确定高差的精度	50
§ 16. 确定基綫和航高的諸方法	54
§ 17. 單眼观察和双眼观察	57
§ 18. 立体观测的方法	64
§ 19. 立体量測的方法	66
§ 20. 象点的坐标和左右視差較的測定。立体坐标仪	69
§ 21. 編圖方法的一般原理	75
§ 22. 航攝象片的判讀	77
第二章 近似垂直航空摄影和傾斜航攝象片中心投影的 特征	81
§ 23. 近似垂直航空摄影	81

§ 24. 航攝象片的外方位元素	83
§ 25. 合点	85
§ 26. 圖平面和物体平面(航攝象片和地面)的重合	88
§ 27. 当平面重合时構象的基本方法	92
§ 28. 直綫綫段与其透視影象的比例	94
§ 29. 关于投影的概念	97
§ 30. 复比的作圖法	98
§ 31. 平面的直接变换和四点問題	99
§ 32. 建立相互透視或直接变换的网格	101
第三章 航攝象片的分析	106
§ 33. 傾斜航攝象片和平坦地面点的坐标关系	106
§ 34. 航攝象片上影象比例尺以及因航攝象片傾斜所引起的比例尺变化	109
§ 35. 因傾斜角影响所引起的象点移位	113
§ 36. 航攝象片傾斜时地面起伏对象点移位的影响	117
§ 37. 航攝象片和地面上相应角度間的关系	120
§ 38. 因地面起伏所引起的航攝象片上角度的偏差	126
第四章 象片的糾正	131
§ 39. 象片糾正的任务和原理。糾正象片的諸方法	131
§ 40. 光学机械糾正法	132
§ 41. 第二类糾正仪和糾正原理	135
§ 42. 控制器	142
§ 43. МГИ 糾正仪	153
§ 44. 大型糾正仪(ФТБ)	160
§ 45. 小型糾正仪(ФТМ)	165
§ 46. 用糾正仪糾正航攝象片	170
§ 47. 根据糾正控制点糾正象片	174
§ 48. 糾正前象片和糾正点圖的准备工作	175
§ 49. 用糾正仪糾正象片的技术	178
§ 50. 山地糾正仪	183
第五章 象片略圖和象片平面圖	190
§ 51. 象片略圖的編制	190
§ 52. 象片平面圖的編制	192

§ 53. 鑲嵌象片平面圖的整飾和審核	196
第六章 根据兩張航攝象片建立立體模型	199
§ 54. 地面模型及其比例尺	199
§ 55. 用雙象投影儀量測模型	201
§ 56. 一對航攝象片的相對定向	204
§ 57. 航攝象片相對定向時所需的點數和點的選擇	206
§ 58. 航攝象片在全能儀器上的定向工作	211
§ 59. 模型的外方位元素	214
§ 60. 模型的外部（絕對）定向	217
§ 61. 根据象片的方位元素改變上下視差和左右視差	220
§ 62. 模型的變形	234
§ 63. 左右視差偏差的改正法	239
§ 64. СТД-1 地形立體量測儀	240
§ 65. 地形立體量測儀改正裝置的理論	243
§ 66. СТД-2 地形立體量測儀	247
§ 67. 立體量測儀的檢查	250
§ 68. 精密立體量測儀	258
§ 69. 用解析法確定相對定向元素	262
§ 70. 在航攝象片上的上下視差	263
§ 71. 象片相對定向元素和上下視差間的關係	266
§ 72. 上下視差的量測	271
§ 73. 根据所測得的上下視差確定相對定向元素的最有利條件	273
§ 74. 相對定向元素的確定精度	275
§ 75. 一次項公式的應用	277
§ 76. 根据二次項公式確定相對定向元素	279
§ 77. 相對定向的不定性	294
§ 78. 上下視差的圖解內插法	295
§ 79. 在核綫立體量測儀上確定相對定向元素	297
§ 80. 用微分法確定模型點的高程	301
§ 81. 模型外部定向的圖解解析法	308
第七章 編制地圖	311
§ 82. 利用象片圖以綜合法編制地圖	311
§ 83. 用微分法編制地圖的方案	311
§ 84. 在立體量測儀上根据高程控制點標定象片	313

§ 85. 在 CTI-2 地形立体量测仪上定向	322
§ 86. 在立体量测仪上描繪地貌	325
§ 87. 在立体鏡下描繪地貌	328
§ 88. 用巴什坦立体鏡編制平坦地区的地圖	329
§ 89. 用投影器編制山区地圖	331
§ 90. 多倍投影測圖仪	333
§ 91. 在多倍測圖仪上編制地形圖	341
§ 92. 投影光束改变时象片在多倍測圖仪上的作業	346
§ 93. 在精密立体測圖仪上編制地形圖	349
第八章 傾斜攝影	359
§ 94. 关于傾斜航空攝影的概念。多鏡頭的航攝仪	359
§ 95. 处理傾斜航攝影象片的原理	362
§ 96. 近似垂直航空攝影比傾斜攝影的优越性	364
第二篇 平面和高程控制的攝影測量加密法	
第九章 象片外方位元素的确定	367
§ 97. 航攝影片假定傾斜角的确定	367
§ 98. 假定底点坐标的計算	378
§ 99. 在飞行时确定航攝影片外方位元素	380
§ 100. 利用高差仪确定航攝影片投影中心的高差	382
§ 101. 高差仪讀数的計算	389
§ 102. 根据高差仪讀数确定元素 B_z , ν 和 α_1	393
§ 103. 高差仪讀数的主要誤差	399
§ 104. 用無線电測高仪 FB-10 确定航攝影片的航高	401
§ 105. 攝影自动記錄器和無線电測高仪讀数的編号	409
§ 106. 航高的确定	410
§ 107. 确定航高的方法	415
§ 108. 用空間球体測量高差 ΔD	417
§ 109. 高差 ΔD 和航高的計算及檢查	425
§ 110. 航空無線电水准測量	430
§ 111. 在应用航空無線电水准測量方法时高程控制的密度	436
第十章 平面控制的加密。平面輻射三角測量	438
§ 112. 基本原理	438
§ 113. 菱形輻射三角網	443

§ 114.	画方位綫.....	445
§ 115.	構制菱形网.....	450
§ 116.	構制菱形网时误差的积累及其根源.....	452
§ 117.	平面輻射三角网的縮放。H.A.波波夫縮放仪.....	458
§ 118.	縮放时网的平差.....	462
§ 119.	橫导綫网的平差.....	465
§ 120.	圖解縮放.....	467
§ 121.	在稀疏的大地控制时, 用攝影測量方法加密 1:100 000 比例尺平面控制的特点	468
第十一章	象片导綫測量	472
§ 122.	用攝影測量法加密平面控制时提高精度的方法.....	472
§ 123.	基綫的确定.....	473
§ 124.	准备工作.....	476
§ 125.	基綫和基綫間夾角的測量.....	477
§ 126.	基綫、基綫方向角和象片导綫頂点坐标的計算.....	482
§ 127.	网的構成(糾正点的交会)和檢查.....	488
§ 128.	根据大地控制点將网定向和平差.....	490
§ 129.	误差积累和象片导綫网的精度。大地控制.....	492
第十二章	空中象片三角測量.....	493
§ 130.	在多倍投影仪上加密平面和高程控制网.....	496
§ 131.	建立空中三角測量网过程中的误差累积.....	505
§ 132.	高差仪和無綫电测高仪讀数的利用.....	510
§ 133.	利用高差仪讀数进行空中三角网的平差.....	513
§ 134.	在精密立体測圖仪上構网.....	516
§ 135.	空中三角測量微分法(中央測繪科学研究所法).....	520
§ 136.	空中三角測量网的变形。确定高程的精度.....	538
§ 137.	根据航空無綫电水准測量的高程进行网的平差 及其精度.....	541
第十三章	高程控制加密.....	550
§ 138.	直綫法.....	550
§ 139.	用直綫法加密高程的作業法.....	557
§ 140.	用直綫法确定高程的精度.....	564
§ 141.	無扭曲模型法.....	566
§ 142.	單立体模型和双立体模型的高程网加密.....	574

§ 143.	用連續法加密高程	578
§ 144.	用無扭曲模型法確定各點高程的精度	580
§ 145.	利用主點的航空無線電水準測量的高程構網	582
§ 146.	立體量測儀上的連續法	584
§ 147.	在 СТД-1 地形立體量測儀上加密高程網	587
§ 148.	各點高程的平差	591
§ 149.	在改進的 СТД-2 地形立體量測儀上的連續法	594
§ 150.	各種平面和高程控制網加密方法的比較	597

第三篇 地形測量作業

第十四章	地形測量野外作業	601
§ 151.	平面和高程大地控制	601
§ 152.	航攝象片的連測	602
§ 153.	在象片平面圖、象片略圖及航攝象片上測量地貌	607
第十五章	空中攝影工作	615
§ 154.	航空攝影用的飛機	615
§ 155.	航空攝影時飛機的領航	616
§ 156.	航攝儀	619
§ 157.	航攝儀的分類及對航攝儀的基本要求	621
§ 158.	航空攝影任務的計算	625
第十六章	野外攝影測量工作	630
§ 159.	攝影沖洗室工作和攝影測量工作	630
§ 160.	航攝成果質量的評定	632
第十七章	用航空攝影資料編制地形圖的技術概述	643
§ 161.	編制 1:100 000 比例尺地形圖	643
§ 162.	編制 1:25 000 比例尺地形圖	644
§ 163.	編制 1:10 000 和更大比例尺地圖	646
第十八章	地面立體攝影測量	649
§ 164.	地面立體攝影測量的基本原理	649
§ 165.	地面立體攝影測量時的野外和室內工作	652
參考文獻		655

前 言

最近二十五年来，1:100 000，1:25 000，1:10 000 以及許多情況下更大比例尺地形圖，基本上是根据航空攝影資料用攝影測量方法測制的，因此在極短期間內已編制出苏联全部領土的精确地形圖。攝影測量还广泛地运用于道路和水利工程建設，土地整理和森林經營工作，地質勘测和国防建設上。

不久以前，攝影測量工作曾分为地物測圖和立体攝影測量，前者研究編制平面圖的方法，后者研究空間測量所攝目标形狀的方法。目前，由于二者关系極为密切，已無必要作这种区分。因此，本書內將課程按下列次序講述：水平航空攝影，近似垂直航空攝影，傾斜攝影，大地控制攝影測量加密法，野外測量工作和編制地圖的技术方案。这样講述使学生能迅速领会整个基本攝影測量工作，有助于更好地掌握各种过程和分析及其相互联系。

本書首次詳細地闡述了以利用無線电測量（無線电測高儀）为基础的各种新的作業方法。

为了及时地进行立体描繪地貌的實習（根据教学大綱），書中先講述立体量測儀的理論，然后是航攝象片相对定向元素的确定。

第一至五章，八至十一章和 61，62，80，131—133，136，137 和 145 各节是技术科学碩士、斯大林獎金获得者 Н.П. 柯热夫尼科夫編写的；第十五，十六，十七章和 54—60，69—79，81，130，134，135，138—144，146—150 是技术科学碩士 Г.Д. 克拉什宁尼科夫編写的；概論，第七，十四，十八章和 63—68 节是技术科学碩士 Н.П. 卡利科夫編写的。

斯大林獎金兩次獲得者M.Д.康新教授，Н.Я.波比尔副教授和O.Б.諾尔曼茨卡雅工程師對本書的提綱和編寫方面曾提出寶貴的指示和意見，著者在此表示感謝。

概 論

§ 1. 摄影测量学的对象和任务

摄影测量学●这一門学科的任务是研究空間任何物体如何依据它的摄影影象确定出其大小、形狀及位置。

摄影测量学有时又叫測量摄影学。

摄影测量的各种測量方法主要用于：地形測量和勘测工作（如地質、水利和道路建設等）；土地整理和森林經營；建筑工程；地理調查；科学理論特性的研究（如快速运动物体的軌跡等）；冶金工業；法医学的實驗等。

摄影測量学在軍事上应用很广，它除了完成地形測圖的任务以外而且还有其他的用途。

在地形測量作業中，用摄影測量来編制 1:1000—1:100 000 比例尺的地形圖。这种情况叫**摄影地形測量**。

由飞机对地面摄影的过程叫**航空摄影**或**空中摄影**，而在地面上进行摄影，叫**地面摄影**或叫**地面的摄影**經緯仪攝影。

用某种方法，按所需的比例尺对地面攝影后，即得許多象片，这些象片在以后按其使命使用之。

航攝象片實質上就是一种攝影記錄，它完整而精确地表现出所攝物体細微的影紋，这样便能使許多国民經济部門成功順利地应用航攝象片来研究自然現象和物体外部的各种性能。

用航攝象片編制任何比例尺地圖都有两种方法：綜合法和立

● 摄影測量学这名词出于希腊文 photogrammetrie, 它由下列几个單詞組成, photo——光, gramma——記錄, metreo——測量。

体摄影测量法。

用綜合法时，必須測量的地物（如地类界、道路、居民点等）是用室内摄影测量处理象片的方法获取，而地貌則是在野外測繪。

用立体摄影测量法时，必須測量的地物和所攝地面的地貌皆在室内用專門的立体測量儀器量測象片來取得。

§ 2. - 航攝儀。空中攝影工作

由飞机上攝取地面时所用的特制的摄影机就是航攝儀 (АФА)，航攝儀要这样安裝在飞机上，使能攝取要攝影地段，因此要在机艙的底板上开一个小洞，洞的上面安裝專用的座架，航攝儀就放在此座架中。圖 1 所示为工程师紹金 (С. П. Шокин) 和戈爾頓 (Г. Г. Гордон) 兩人所設計的航攝儀。

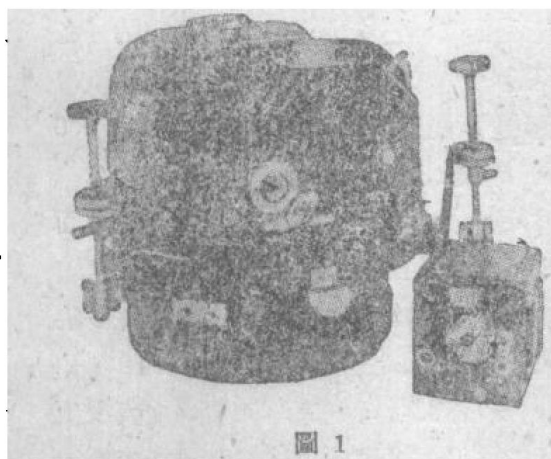


圖 1

用航攝儀攝影的原理如圖 2 所示。

从 A 点射出的光綫通过航攝儀的鏡頭 S ，与象平面交于 a 点。这种投影法叫中心投影法，影象叫做**中心投影**，而所有投影光綫通过的鏡頭节点 S 就叫**投影中心**。

露光时，凡其光綫落入航攝儀光錐內的各地面点皆構影在攝影軟片上。

因此，从几何观点来看，航攝象片就是**中心投影**。

航攝象片的象幅有以下几种： 18×18 、 24×24 和 30×30 厘米。最适用的是 18×18 厘米的象幅。鏡頭节点 S 到軟片平面的距离叫**鏡箱的焦距**（通常有 50 到 1000 毫米長），用 f_k 表示。

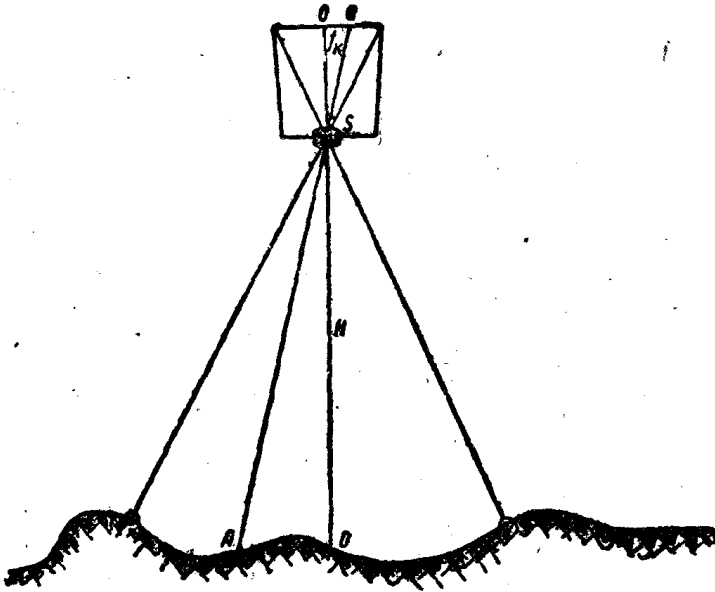


圖 2

镜头节点 S 到地面的距离叫航高 H ，其值依据规定的摄影比例尺，常为 400 到 4000 米或者更高些。

象平面经常与镜头光轴垂直。根据航摄影光轴位置的不同，将航空摄影分为近似垂直摄影和倾斜摄影两种。近似垂直摄影时，光轴处于铅垂位置。倾斜摄影时，光轴与铅垂线间有一角度。

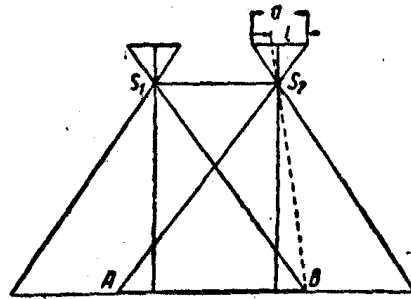


圖 3

摄影时，摄影在航摄影片上的地段并不大，它的大小视航摄影片的象幅，航高和航摄影箱的焦距而定。因此，要摄影很大的地区，就需有大量的航摄影片，并且通常要使相邻的象片彼此重叠，也就是使摄影在这张象片上的某地段，也构成在另一张象片上。

因此，攝影是按一定的時間間隔進行。

在新式的航攝儀上有專門的設備，用以自動調節曝光間隔時間。

圖 3 上 AB 綫段是攝影兩次的地段。

在飛行方向上許多相互重疊的航攝象片組成一條航綫。

沿航綫方向的象片重疊叫航向重疊。

重疊的百分率事先按下式計算

$$P\% = 100 \frac{l}{d}, \quad (1)$$

式中 l ——航攝象片重疊部分的寬度（厘米）， d ——航攝象片的邊長（厘米）。根據以後攝影測量作業的需要，航向重疊的百分比通常規定為 60%。

在勘測鐵路和公路以及運河等路綫時，可以採取單航綫攝影。

在地形測量作業中，若要攝取很大的面積，則進行相互重疊的平行航綫攝影（圖 4）。

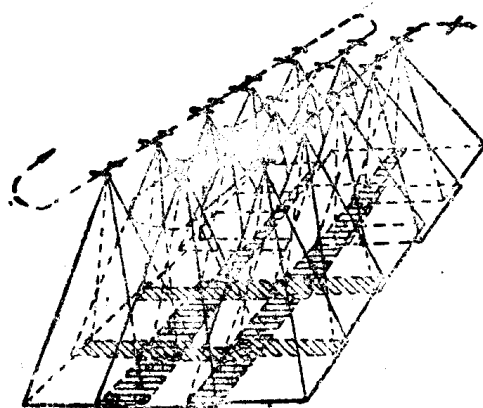


圖 4

航綫通常敷設在與子午綫垂直的方向，但也可根據地面情況，敷設在其他方向。

航攝象片在航綫旁向的重疊叫旁向重疊。通常旁向重疊規定為30%。

航空攝影時，導航是一項專門的任務，它由空勤組來執行。空勤組除包括駕駛員、隨航無線電員和隨航機械員外，還有攝影員和航攝作業員。

§ 3. 航攝象片的判讀和平面圖的編制

所謂判讀就是識別出構影在航攝象片上的地物的形狀和內容。

根據成圖的用途和內容的不同，判讀分為地形判讀和特种判讀兩種。

地形判讀就是在航攝象片上識別出需要畫在地形圖上的地物並將它們標記出來。需要判讀的地物有：居民點、道路、水系、森林、地類界以及其他諸如此類的地物。判讀後，在航攝象片上將這些地物用不同的符號標記出來，每一符號必須表示出該地物的性質和特征。

需畫那些地物，及其詳細程度，一方面是取決成圖比例尺，另一方面也取決於該地區的地理條件和經濟價值。

地面上主要地物的地形判讀是根據航攝象片在室內進行。在航攝象片上判別不出的地物和航攝象片上沒有的地物需至實地判讀或補測。

為了易于判讀起見，可應用彩色象片。這樣便可根據每一物體顏色的特征，擴大判讀的範圍。

從所有各機關企業的細則規範來看，地形判讀對各種條件和各種圖比例尺都適用。

像片判讀後，將它從中心投影改成正射投影（圖5a、b），正射投影就是地面平面圖。如果象片在攝影時的光軸真正垂直，而地面又水平的話，就沒有必要這樣做。因為在這種情況下，中心

投影与平面圖的正射投影是类似的。

將一种投影改成另一种投影并照顧到地面起伏影响所引起的变形是摄影測量主要任务之一，其实现的方法有很多种。

經過改变而成真正水平的象片叫糾正象片，糾正用的仪器叫糾正仪。將糾正象片拼貼起来便是地面象片平面圖。

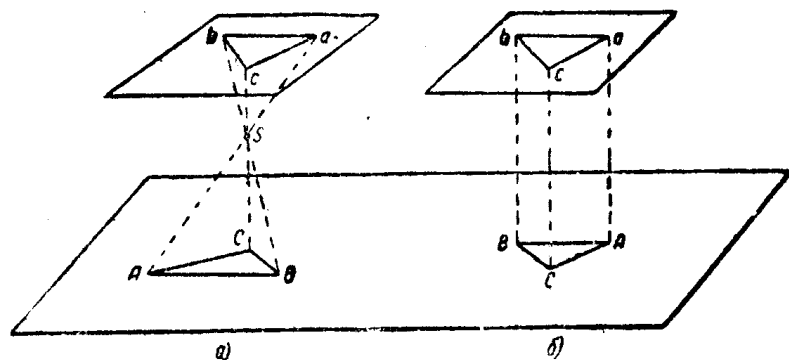


圖 5

§ 4. 地面几何模型的概念

在專門的仪器上量測兩張重叠的航攝象片（象对），便可求得各点的平面位置及其高差。为此，將象片的影象投影在承影板 E 上（圖 6）。当通过地面上某点和投影中心 S_1 的投影光綫与投影平面 E 相交时，在承影板上就可得到該地面点的影象。

圖 6 上， A 、 B 和 C 点是地面点； a 、 b 和 c 是这些点在航攝象片上的影象， L 为光源。

由此看出，移动投影平面（承影板 E ）不能求得地面点的高程差，这是因为从某点射出的一根投影光綫只能决定該点的方向，而不能决定它在空間的位置。

要决定点在空間的位置，必需要使兩相鄰象片上某一点的投影光綫相交。