

航空摄影測量学

M. B. 康新 著

測繪出版社

航空摄影测量学

第三版

M. Д. 康 新著

总参测绘局 译

陈 贤 铨 校

苏联测绘总局学校管理处审定
作为测绘中等技术学校教学参考书

测绘出版社

1959·北京

М. Д. Коншин
АЭРОФОТОТОПОГРАФИЯ
3-е ИЗДАНИЕ
ГЕОДЕЗИЗДАТ МОСКВА 1954

本書系根据苏联測繪出版社 1954 年出版的康新教授著“航空攝影測量学”第三版譯出,原書經苏联測繪总局学校管理处审定作为測繪中等技术学校教学参考書。

本書的主要内容包括航空攝影、航空像片的基本原理、航測綜合法以及立体攝影測量各部分,其中对于立体量測仪和航測的野外作業部分叙述尤詳。此外,还叙述了攝影学的基本知識,可作为学习航測学的基础資料。書中对于航空攝影測量的数学基础的叙述簡單明了。

本書可供我国測繪院校师生以及地形測量、航空攝影測量作業人員学习参考。

航空摄影測量学

著 者 М. Д. 康 新
譯 者 总 参 測 繪 局
出版者 測 繪 出 版 社
北京宣武門外永光寺西街3号
北京市書刊出版登記證出字第081号
發行者 新 華 書 店
印刷者 北 京 市 印 刷 一 厂
北京西便門內南大街乙1号

印数(京) 1—1,750册 1959年7月北京第1版
开本 31"×43" $\frac{1}{32}$ 1959年7月第1次印刷
字数 304000 印張14 $\frac{1}{2}$
定价 (10) 1.85元

原 序

本書系修訂三版。这次修訂是在內容的安排上作了調整，并从最易理解的水平航空像片开始来研究摄影測量作業的几何实質。但鉴于“地物”和“高程”航空摄影測量二者的不可分割性，当測制大比例尺地圖时尤为如此，因此不能分別来研究这两方面的問題。

本書第三版試圖从水平航空像片开始，一併研究地物測圖和立体摄影測量問題。同时在研究了地圖作業原圖編制的各种方法之后，也研究了平面和高程控制的加密問題。

由于本書不仅在測繪中等技术学校学生中間，而且在各測繪分局作業人員中間受到了广泛的欢迎，所以这次修訂本中作了許多补充，且以前几版末尾数学基础这一部分已分別編入相应章节內。

除此以外，第三版內补充了第一版到第三版这一段时期內有关航空摄影測量新成就的材料。主要的变动是关于無線电測高仪的应用和測量控制新方法的采用。

本書第二章的作者为 П. В. 柴哈洛夫，在个别章节內利用了 Н. П. 科热夫尼科夫和 Н. П. 卡利科夫所写的材料，这些材料的著作权仍归原著者所有。

М. А. 廣 新

目 录

原序.....	3
緒論.....	8
§ 1. 航空摄影测量的对象.....	8
§ 2. 航空摄影测量过程的概述.....	8
§ 3. 航空摄影.....	9
§ 4. 摄影处理.....	13
§ 5. 野外摄影测量工作.....	14
§ 6. 野外测量工作.....	15
§ 7. 摄影测量工作.....	16
第一章 摄影原理.....	23
§ 8. 摄影学的对象.....	23
§ 9. 摄影机.....	24
§ 10. 摄影镜头.....	28
§ 11. 摄影材料.....	31
§ 12. 遮光片.....	38
§ 13. 摄影.....	40
§ 14. 显影液和定影液.....	41
§ 15. 负片材料的摄影冲洗.....	43
§ 16. 负片质量的評定.....	46
§ 17. 航攝軟片的显影.....	47
§ 18. 正片过程（接触晒象和投影晒象）.....	51
第二章 航空摄影工作.....	55
§ 19. 飞机上的設備.....	55
§ 20. 航攝仪.....	57
§ 21. 航攝仪的种类.....	63
§ 22. 用高差仪确定航高差.....	65
§ 23. 用無線电測高仪确定航高.....	68

§ 24. 航空攝影.....	72
§ 25. 航攝質量的評定.....	74
第三章 水平像片的攝影測量工作	77
§ 26. 象片的中心投影和平面圖的垂直投影.....	77
§ 27. 內方位元素和外方位元素.....	79
§ 28. 水平象片的比例尺.....	81
§ 29. 地面起伏所引起的象點移位.....	83
§ 30. 根據航攝象片測定高差.....	85
§ 31. 確定所攝點的空間坐標.....	88
§ 32. 地面模型及其比例尺.....	91
§ 33. 模型的量測.....	92
§ 34. 航攝象片改至規定的比例尺.....	94
§ 35. 象片略圖和象片圖的編制.....	100
§ 36. 單眼觀察和立體觀察.....	107
§ 37. 透視影像的立體觀測.....	110
§ 38. 用立體鏡根據高程點描繪地貌.....	116
§ 39. 各點高程的測定.....	118
§ 40. 象點的坐標.....	121
§ 41. 立體坐標儀.....	123
§ 42. 立體坐標儀的作業.....	125
§ 43. 無線電測高儀讀數和高差儀讀數的處理.....	127
§ 44. 攝影測量誤差的根源.....	132
第四章 近似垂直攝影象片的基本元素	135
§ 45. 近似垂直攝影象片的基本點和綫.....	135
§ 46. 合點.....	137
§ 47. 近似垂直攝影象片的比例尺.....	141
§ 48. 航攝象片因傾斜而引起的方向偏差.....	148
§ 49. 航攝象片的糾正.....	155
§ 50. 用圖解法糾正航攝象片.....	156
§ 51. 光學機械糾正法.....	158
§ 52. 糾正儀概述.....	164

§ 53. 象片糾正	168
§ 54. 圖解平面圖的編制	174
§ 55. 左右視差較的變更值	179
§ 56. 分帶描繪地貌	187
第五章 立體量測儀	189
§ 57. 立體量測儀的用途	189
§ 58. 立體量測儀的構造原理	189
§ 59. 立體量測儀的校正	197
§ 60. 立體量測儀的作業校正	200
§ 61. 立體量測儀上的象片定向	204
§ 62. 用立體量測儀描繪等高綫	220
§ 63. 精密立體量測儀	225
§ 64. 航高和攝影基綫的確定	231
第六章 立體模型的構成	238
§ 65. 象片的相對定向	238
§ 66. 相對方位元素的確定	243
§ 67. 用立體坐標儀作業時相對方位元素的確定	246
§ 68. 雙象投影儀上的相對定向	248
§ 69. 模型的絕對定向	250
§ 70. 精密立體測圖儀的概況	256
第七章 加密控制的攝影測量方法	259
§ 71. 用多倍儀擴展空中三角網	259
§ 72. 空中三角測量分工法	270
§ 73. 無扭曲模型法	275
§ 74. 象片導綫測量	281
§ 75. 確定糾正點的位置	285
§ 76. 輻射三角測量	288
§ 77. 直綫法	290
§ 78. 視差板	297
§ 79. 攝影測量網的誤差累積	300
第八章 航空攝影測量中的外業工作	308

§ 80. 各点平面坐标的测定	308
§ 81. 各点高程的测定	315
§ 82. 航摄像片地形判读概述	319
§ 83. 在象片圖、象片略圖和航摄像片上測繪地貌	325
§ 84. 修測旧圖	342
第九章 地面立体攝影測量	345
§ 85. 地面立体攝影測量的原理	345
§ 86. 地面立体攝影測量的野外作業和室內作業	347
第十章 測制各种比例尺地形圖的技术方案	352
§ 87. 地形測圖的方法	352
§ 88. 測制大比例尺地形圖的方案	353
§ 89. 未經勘測和很少勘測的地区測制 1:100 000 比例尺 地形圖的方案	355
第十一章 苏联航空攝影測量工作發展概況	357
§ 90. 偉大十月社会主义革命以前的俄国攝影測量工作	357
§ 91. 苏联航空攝影測量的各个發展阶段	358

緒 論

§ 1. 航空攝影測量的對象

攝影測量，特別是航空攝影測量，在目前是編制各種比例尺地形圖的基本方法。攝影測量的方法是以採用象片為基礎，這些象片是用裝置在地面上或飛機上的攝影儀對地面攝影而得到的。根據地面攝影的象片編制地形圖，叫做地面攝影測量方法。目前，地面攝影測量用在勘察鐵路和水利、測量橋梁建築物、建築名勝等。編制全國性的地形圖不採用這種方法，因為它的外業工作量大並且作業率較低。

根據航攝象片（用裝置在飛機上的航攝儀攝得的象片）編制各種比例尺地形圖的全套作業過程，稱為航空攝影測量。

如果航攝象片僅用於編制平面圖的地物部分，而不測繪地貌，這種方法叫做地物航空攝影測量。地物航空攝影測量用於解決單個的國民經濟任務（土地整理，森林經營等），而在地形測圖時不採用，因為在地形圖上必須表示出地面的起伏。如果用航攝象片編制地物平面圖，用地形測圖法補繪地貌，那麼這種方法就叫做綜合航空攝影測量。這種方法雖然需要相當多的地形外業工作，但在編制大比例尺（1:2000—1:10 000）地形圖時卻獲得了特別廣泛的採用。最後，如果地圖的地物部分和地貌部分都是用航測內業方法獲得的，則稱之為立體航空攝影測量。這種方法是編制中小比例尺（1:25 000—1:100 000）地形圖的基本方法，但在編制大比例尺（1:5000—1:10 000）地形圖時也越來越廣泛地採用。

§ 2. 航空攝影測量過程的概述

航空攝影測量的基本過程為：航空攝影、攝影處理、地形測量和攝影測量。

航空攝影的任务是从飞机上对地面进行攝影以获得航攝象片，这些象片应符合于預先规定的要求。在航攝过程中除攝取航攝象片以外，还要取得用以說明攝影时攝影仪位置的許多仪器的記錄。

攝影处理工作包括对航攝象片的冲洗和复制工作。

地形测量的过程是确定構象于航攝象片上各地面点的坐标，以便使航攝象片与大地坐标系联系起来。采用航空攝影测量綜合法时，要求以野外地形测量工作在地圖上表示出所測地区的地貌。最后，航攝象片的調繪，也就是在航攝象片上識別出地物要素，描繪其輪廓綫并标出名称，以便將它們画到地圖上，这也属于地形测量工作。

在攝影测量过程中，要利用地形测量的資料进行所攝得的航攝象片的作業。这样作業的結果就編制成地形圖，然后將此圖进行整飾和复制。

上述四种作業过程中攝影测量是主要的过程，它对航攝工作和地形测量工作的范围都提出一定的要求。这四种工作如何配合，以及其中各項工作的增减关系，与下列各項有关：成圖的比例尺、測区的自然地理特征、成圖期限、工作条件、現有的工作人員和设备，总之即与技术經济效果有关。測圖的方法就是根据上述的各种条件选择的，而且可以在相当大的范围内改变。

§ 3. 航空攝影

航空攝影的目的就是利用安装在飞机上的專門攝影机——航攝仪按預先规定的一定条件下对地面攝取航攝象片。同时还应得到对地面攝影的一瞬間表示象片所处位置的数据。

圖1为航攝仪的略圖。航攝仪由下列几个主要部分组成：鏡箱主体1、附有鏡頭3的鏡筒2、帶有兩個軸（卷片軸5和承片軸6）的暗匣4、指示器和航攝座架。

航攝仪的鏡箱主体是一个不透光的金屬盒子，其上下兩底是开口的。航攝仪鏡筒与鏡箱主体的下面紧密地联結着。与鏡箱主体联結的

鏡筒的上部也是開口的，而下部固定着一個由若干透鏡組成的鏡頭。
 摺匣固定在鏡箱主体的上面，可裝長條（35—60公尺）明膠攝影軟片
 （此明膠片上塗布有對光綫很敏感的特种化合物）。攝影軟片卷在卷
 片軸 5 上，將軟片的末端在鏡箱主体內的開口上穿過，並固定在承片
 軸 6 上。

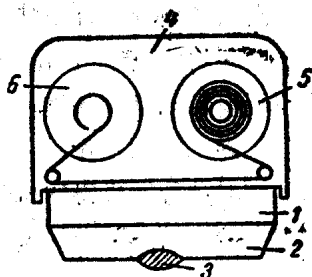


圖 1. 航攝儀略圖

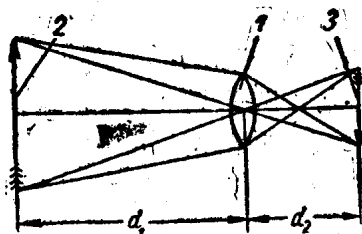


圖 2. 用鏡頭構成物體的影像

設某物體 2 與鏡頭 1 的距離為 d_1 ，在對它攝影時（圖 2），物體的影像構象於共軛面 3 上，此共軛面在鏡頭的另一面，從鏡頭起算的距離為 d_2 。這時，根據構象的規律， d_1 和 d_2 之間的关系可用光學共軛公式來確定：

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{f_{06}}, \quad (1)$$

式中 f_{06} ——鏡頭的焦距。

在航空攝影的情況下， d_2 是從鏡頭到攝影軟片感光層的距离，而 d_1 是由鏡頭到所攝地面点的距离。

用鏡頭在攝影軟片感光層上構成地面点的影像，要用很短的露光時間（以百分之一秒來計算）。這種情况是由于從飛機進行攝影，飛機的速度相當大，而且由于所採用的攝影軟片的感光作用很强，有可能攝出影像。為了保證達到這個要求，在航攝儀的鏡筒中安裝一個由許多互相重疊的薄片組成的快門。壓下專門的導桿時，薄片就分開，並在預先所規定的短促的露光時間內透過光綫，然後，又重新合攏以

遮住鏡頭。

为了得到第二張象片，軟片上的一段（此段等于已攝取影象的面积）卷到第二个卷軸 6 上，而在鏡箱主体上部开口处便是未露光的一段軟片。这时再按一下快門导桿，就可得到下一片的影象，即第二張象片。用新式航攝仪对地面攝影时，按預先所規定的一定的時間間隔露光以及轉卷軟片都是用指示器和联动机械自动进行的。

可見，利用航攝仪便可在各張象片上得到地面上各个不同地区的影象。这些影象是利用鏡頭在軟片的感光層上構成的，而軟片則从卷片軸逐次卷到承片軸上。至于用快門来控制鏡頭的光綫，其操作同卷动軟片一样，也是利用指示器来控制的。而象片的象幅則按航攝仪鏡箱主体的上部的大小来确定。

攝影之前，將航攝仪鏡頭向下安置在飞机底部的开孔处，并且使鏡箱主体的上部处于水平位置。当鏡箱主体的上部位于所規定的水平位置时，对地面的攝影称为近似垂直航空攝影，此时飞机飞行时不可避免的傾斜仍会引起航攝仪的傾斜。在某些情况下，当鏡箱主体上部的規定位置不是水平时所得象片为傾斜象片，它与近似垂直攝影象片不同。与安置航攝仪的同时，还要在飞机上安置确定航攝时航高变化的高差仪和确定由飞机到地面的距离的無線电测高仪，以及其他为保証任务圓滿完成所必需的各种仪器。

在安置和檢查飞机上的所有仪器并收到开始作業的任务以后，就开始进行攝影。攝影时，在一張象片上只能攝得一塊不大地区的影象，这一部分的大小（圖 3）系根据航攝象片的象幅和鏡頭到軟片感光層的距离以及鏡頭到所攝地面的距离来确定。因此，如果必須对广大地区进行攝影，那么就要分成很多部分連續的攝影。为此，須預先選擇飞行的方向（航綫），通常使飞行方向平行于測区的一边。

經過一定的時間間隔攝影一次（圖 4），使該測区在这兩張象片上的影象有相同的一部分。由于以后攝影測量作業的条件以及因为飞机的偶然摆动能够破坏地形連續攝影的条件，所以象片的这种重叠是必

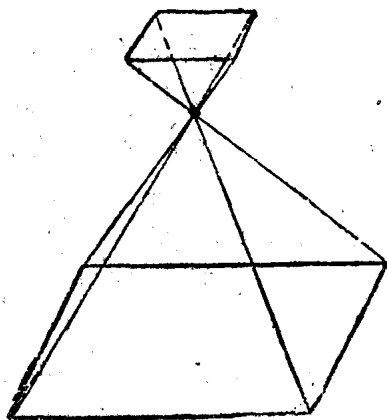


圖 3. 所攝地区的大小

上安置好。

需的。沿飞行方向的象片重叠叫做航向重叠，并以百分比表示，即重叠部分的宽度与全张象片的宽度之比。如果以 l 表示象片重叠部分的宽度，而以 d 表示象片整个的宽度，那么航向重叠的百分比用下式来表示：

$$P\% = 100 - \frac{l}{d} \quad (2)$$

連續攝取地面的時間間隔，在自動操縱航攝儀工作的指示器

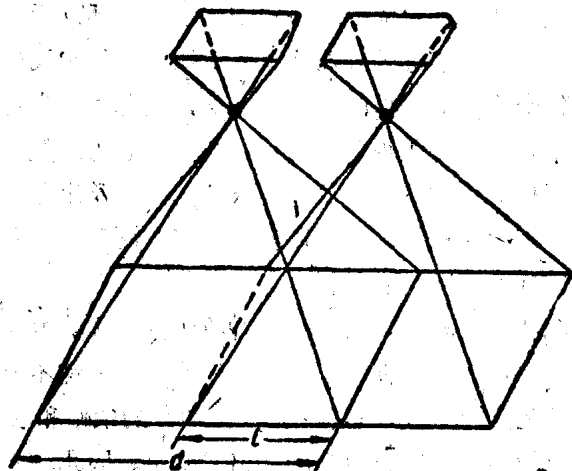


圖 4. 兩相鄰象片的重疊

如果在該航線上所攝得的象片寬度不夠，也就是說應該攝影的地段沒有都攝得像片，那麼，就要敷設一組互相平行的航線（圖5），並且在兩條航線上地段的影像也應有共同的一部分。這種旁向重叠（平行於航線方向的重疊）同樣也是以象片長度的百分比表示。航向

和旁向重叠的百分比，飞机的航高，飞行的方向通常是在航摄之前预先规定好，并在航摄之后进行检查。

由此可见，航空摄影的过程，就是利用装在飞机上的航摄仪以一定位置对地面摄影，在一组彼此平行的航线上以规定的航高进行摄影，这些航线的航摄像片具有一定百分比的航向重叠和旁向重叠。因为在飞行的过程中，飞机很快地改变着自己对所摄地面的位置，所以按规定的方向正确的领航，以及保持飞行的高度和象片的水平位置，

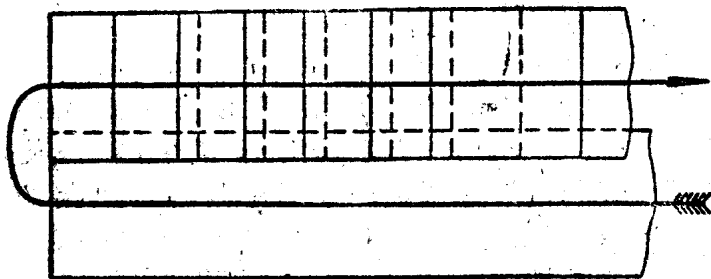


圖 5. 兩條航線的重疊

是一件相当复杂的任务。为了实现这些条件，飞机上安置有便于驾驶员、摄影员和作业人员工作的领航装置。

§ 4. 摄影处理

由于摄影，地面的影象即构影于软片的感光层上，航摄工作完成以后将软片交去进行摄影处理。在软片感光层上得到的影象是眼睛看不见的，并且不能经受光的作用。实际上，再受光的作用时，以前所得到的影象便会消失。因此软片冲洗的任务，就是将眼睛看不见的影象变成能够看见的影象，并且使得以后光线照射于这些影象时不再消失。

摄影冲洗的第一阶段是软片的显影过程；由于一定的化学药剂（显影液）的作用，潜象（眼睛看不见的影象）就变成可以看见的影象，但是这种影象若受光的作用还是不稳定的。因此航摄软片的显影是利用专门的显影器在黑暗中进行。

將影象显影以后，軟片要放入水中冲洗，以去掉剩余的显影液，并进行定影。在定影的过程中，固定所得到的可見影象，于是，以后受光綫照射时，此可見影象仍旧保持不变。定影也是將航攝軟片放到由許多种化学葯剂組成的水溶液中进行。然后將軟片再一次地水洗，并放在晾片架上晾干。經過这样攝影处理所得到的影象叫做負片，因为負片上的明暗与攝影时的明暗相反。例如，亮的目标在負片上为暗的，而暗的則表示为亮的。攝影处理以后，在負片上註記出負片的順序号数、进行航攝的时间 and 該測区的編号。

在进行以后各阶段的作業时，采用負片是很不方便的，其理由有三：第一，負片上所得到的影象的明暗是反的，这样就很难將其与地面对照。第二，負片的影象是在透明軟片上，观察影象时要使光綫透過負片而不是在反射光下观看。第三，負片是空中攝影的原始成果，因此，在以后处理的过程中原底片如有损伤就必须对相应地区重行攝影。此外，这些資料的处理工作，是几个作業阶段同时进行的，如果只有一套負片就不可能同时进行工作。因此，由于有上面所列举的缺点，我們在很多作業阶段不采用負片，而采用根据負片在象紙上晒出的照片，这种照片称为接触晒印象片。为了制作接触晒印象片，要將負片放在專門的晒象櫃上，再將象紙鋪平放上，用木板压紧。將負片放在玻璃的上面，很短時間內扭亮电灯，照亮負片和象紙。这样曝光后，將象紙取出，进行显影、定影、水洗和晾干。这样所得到的接触晒印象片能够正确地表达明暗关系（地面上明亮的地方，在接触晒印象片上仍然表现为明亮的），并且不在透光下看，而在反光下能够看清楚。同时可以印出任意的数量，供各作業阶段使用。

§ 5. 野外攝影測量工作

航攝队进行的野外攝影測量工作，目的是評定所完成的航攝工作的質量。为此，要將所制成的接触晒印象片依次放在一塊大木板上，并用圖釘固定起来。这时將每后一張象片放在前一張的上面，使各象

片的重叠部分尽可能精确地重合在一起。在木板上使接触晒印象片重合，不仅要根据航向重叠，而且要根据旁向重叠，这样就可以在木板上得到该次飞行所摄的整个面积的印象；这样得到的印象取名为編輯圖。

在編輯好接触晒印象片以后，便評定所攝的航攝象片，查出重叠、飞行方向或航高不符合規定条件的地方，將所有这些地方在編輯圖上标出，以便再次进行攝影。此外，根据現有地圖在編輯圖上画出攝影地区的界綫和相应比例尺圖廓的位置。將編輯圖以縮小比例尺攝影在干板或軟片上，然后在象紙上印成复照圖，这便是編輯索引圖，这种索引圖在以后的工作中特别是在計劃地形測量工作时都要用到。

§ 6. 野外測量工作

制定野外測量的工作計劃时，要考虑到成圖比例尺、測区的自然地理特性、等高距、航攝象片的比例尺。所得航攝資料的質量、所选各点的位置在野外測定的可能性以及其他与完成任务的条件有关的所有問題。对具有航攝資料的地区作野外測量工作計劃，就是确定工作量，在編輯索引圖上配置測点的地帶，在这些地帶內應該測定某些像点的坐标（平面和高程），并選擇測定这些坐标的方法。所選擇的点应该在構象很清楚的某些地物上，如道路交叉点和田角等，因为在地形測量过程中这些点应该很精确地（誤差不能超过 0.1 公厘）求得，并在象片上标出。

制定好野外控制点的配置計劃以后，便將編輯索引圖和全套的接触晒印象片轉交給地形測量員和大地測量員，这些人員應該測定所标示的各地帶內点的坐标。所選擇的点的平面坐标，可構成解析網或用敷設視距導綫的方法測定。某些点的高程用經緯仪高程導綫或气压計高程導綫来确定。

整个測区应该預先以基本大地網点控制起来，將所有上述的網或導綫与这些点連測。凡用这种方法确定坐标的点，在航攝象片上用符

号标出，并註以相应的号数。

在采用綜合法測圖时，除了測定所攝像点的平面坐标以外，地形測量員还要在野外用平板仪在現有的攝影資料上測繪地貌。通常，这样的測繪地貌是在象片圖上进行，也就是在用單張的航攝象片編制成的地面平面圖上进行。在象片圖上測繪地貌比普通的平板仪測圖具有很大的优点，因为在航攝象片上已經有了地面上的地物，因此就不需要測繪地物和量測距离了。与測繪地貌的同时还要进行航攝象片的調繪，在立体測圖时象片的調繪是一个單独的作業过程。調繪的任务就是查明和画出各种界綫，和用符号描繪出那些應該在地形圖上繪出的地物（道路、河流、森林或田野的界綫等）。此外，还应该繪出在航攝象片上未表示出来的其他要素，例如通訊綫、水井。所有这些地物要素都應該具有相应的特征（公路或乡村路、闊叶林或針叶林等）和名称（如居民地、河流、特征地等的名称）。影象很清楚的 地物，一部分調繪工作，可以在室內进行，即將地面的地物与其在象片上的影象对比。

因此，野外測量工作的任务就是：測定某些象点的平面坐标和高程，以及航攝象片的調繪，而在綜合法測圖时还包括用平板仪在象片圖上測繪地貌。

§ 7. 攝影測量工作

攝影測量工作，是根据負片和已調繪地物的接触晒印象片利用所攝像点的大地坐标进行的。作这些工作的目的是为了編制地形圖，編制的形式有兩種：一种是地物底圖，以后在此底圖上描繪地貌（綜合法測圖）；另一种是帶有等高綫的地形原圖。在航空攝影測量的綜合法中，攝影測量工作的基本过程是加密野外平面控制点、糾正航攝象片、鑲嵌和編制圖解平面圖。

航攝象片的鑲嵌，是攝影測量工作中最簡單的一个过程。所謂象片的鑲嵌就是依次將一張象片与另一張象片重合，以便得到相应比例