

鐵路航空勘察技術匯編

(6)

攝影測量

鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社

目 录

第一篇 平面攝影測量網的加密

第一章 准备工作	1
§1-1 所需資料及对資料的一般要求	1
§1-2 研究資料及确定工作方法	1
第二章 輻射三角測量	2
§2-1 輻射三角測量的原理	3
§2-2 选点及刺点	3
§2-3 繪制輻射紙模片	17
§2-4 建立輻射三角菱形鎖	18
第三章 空中三角測量的資料准备工作	24
§3-1 概述	24
§3-2 选点及刺点	24
§3-3 航摄負片刺点	25
§3-4 編制技术作业計劃图	25
第四章 三角網的縮放	28
§4-1 图幅布置	28
§4-2 底图轉繪	28
§4-3 網的縮放	30

第二篇 象片糾正及編制象片平面图

第五章 編制象片平面图的可能性	39
§5-1 編制象片平面图的三个决定性的因素	39

§5-2 在平坦地区及丘陵地带编制象片平面图的 可能性	39
第六章 象片纠正	40
§6-1 纠正准备工作	40
§6-2 纠正	43
§6-3 晒印纠正象片和对纠正象片的要求	46
第七章 编制象片平面图	46
§7-1 准备工作	47
§7-2 拼接象片	47
§7-3 切割象片	48
§7-4 分带镶嵌与一般镶嵌的区别	50
§7-5 象片平面图的审校	51
§7-6 整饰	52
第八章 象片略图的编制	52
§8-1 概述	52
§8-2 单航线象片略图的编制	53
§8-3 多航线象片略图的编制	58
§8-4 在象片略图上进行测量的精度	61
第九章 比例尺象片略图的编制	64
第十章 立体象片略图的编制	65
§10-1 概说	65
§10-2 编制立体象片略图的方法	65
附录	
I. 一般用的器材	
II. 赛璐珞胶水配方	
III. 精密电动坐标仪	
IV. 纠正仪	

第一篇 平面攝影測量網的加密

第一章 准备工作

§1-1 所需資料及对資料的一般要求

一、外业控制点刺点象片：象片上刺点位置及整飾要正确清楚，平面控制点必須都繪有平面草图和檢查点；高程控制点要有 $1/3$ 以上的檢查点。刺点及檢查点均需在同一位置。在地面不平处的刺点还須有断面图。所有外业点均应有簡要的說明。

二、鑲嵌复照图：上面应注有航摄影焦距，航摄影比例尺，复照比例尺等技术資料。此外，应标出控制点的位置和编号繪有制图范围綫等，必要时还应繪有綫路的位置。

三、测段布置示意图及相邻綫連接示意图。

四、航摄影負片。

五、座标成果表。

六、空白象片（在立体量测仪上描繪地貌时用玻璃象片）。

七、空中三角網縮小片。

八、地貌描繪象片（分帶糾正时用）。

§1-2 研究資料及确定工作方法

所需資料齐全后，就可以根据資料的情况和制图要求，結合技术任务書的規定，确定刺点象片及描繪象片的数量，并最后确定工作方法。在研究資料时，对制图質量及方法有影

响的地方必须明确指出，并采取补救措施。

确定作业象片数量时必须遵守下述两个原则：

一、所确定的象片要满足平面加密的要求。

(一) 平面控制点必须在航线两端的象主点以内 (图 1)。

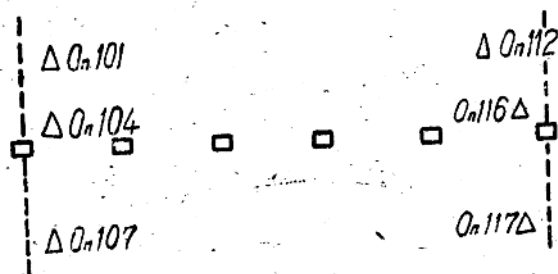


图 1

(二) 航向和旁向要有足够的重叠。两条航线纵向连接时必须重叠 1—2 条基线，并应选在平面高程横导线上 (图 2)。

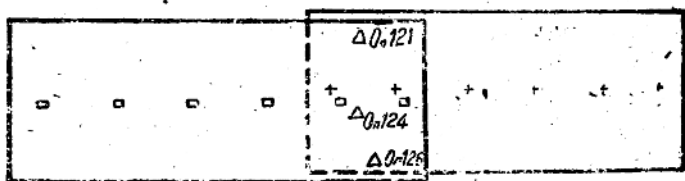


图 2

二、确定的象片必须能满足描绘地貌和制图的要求。

第二章 辐射三角测量

辐射三角测量是根据象片上三片重叠处的同名点，在相邻象片上转刺，用交会法确定地面点平面位置，分为模片交

会法及测角计算法两种。采用这种方法可以在室内根据加密野外平面控制点进行平面点的加密，作为制图（象片平面图及地形平面图）的根据。

§2-1 辐射三角测量的原理

在近似垂直摄影的象片上，由辐射中心（主点、底点、等角点或中心点）向其他象点所引的辐射线间的夹角可认为与地面上相应方向线间的水平角相等。并用交会法构成菱形锁或三角网，以确定各点的平面位置。

§2-2 选点及刺点

辐射三角测量首先进行选点和刺点工作。通常这项工作可以在航摄负片上或象片上进行。由于象片的不平均变形的影响较大，所以利用负片可以获得较高的精度。但是，在实际工作中这项工作很多是在象片上进行的，这样使用较为方便；同时象片不均匀的收缩可在晒象时加以调整，合格的象纸不会使方向线间的夹角发生变化而降低辐射三角测量的精度。有时在工作中还可以采用适当的放大象片来提高它的精度。此外，在象片上进行这项工作可以更好地保护航摄负片。但是，用作辐射三角测量的象片必须平整，晒印的质量要高，而且它的伸缩性要比较均匀的。

作为进行辐射三角测量根据的野外平面控制点、三角点以及高程加密用的野外高程控制点（如 Pen, Bon 等），必须首先由外业选点象片上转刺到作辐射三角测量的象片上。此外，必须在象片上选刺出：1）辐射中心点，2）三片重叠点，3）联结点等。

做好选点及刺点工作是保证辐射三角测量质量的首要条件，它不仅要求刺点有高度的正确性，而且还要求选在位置

RAP 24 / 09

合适的地方。通常对刺点的精度要求为 0.1 mm 。而刺孔则在能見的情況下越小越好。在一般情況下，点的轉刺必須采用識別相应地物的方法，而当輻射中心点不在明显地物上时，通常以用沿着方位綫找相应地物的方法可以使輻射中心点的轉刺达到較高的精度。此外，观察立体的方法亦可使各种点的轉刺得到較高的精度。

象片上所選的点最好位于直綫构成的地物上，而且其交叉角应近似于直角，如田角、小徑和狹路的交叉等等。象片上所選的点不应当选在交叉角小于 30° 或大于 150° 以及不明显或平滑綫条的地物上，例如大路的交叉点、河岸等等；也不应选在能被針孔完全遮蔽的地物上，如小草堆或灌木、土堆等；还应避免选在可变动的地物上（水面的船、道路上的馬車、汽車、火車等）。更不可以选在房屋或树林的影子上。在选內业点时还需考虑尽可能滿足立体描繪的要求，使所選的点位于沟底或較低的平坦地物上，而必須避免在斜坡上选点。

一、轉刺野外控制点

(一) 根据鑲嵌复照图及外业控制点象片，将所有控制点轉刺到內业象片上，轉刺时須根据外业象片刺点的針孔，象片背面所繪之草图及說明，并須参考檢查点的位置。

(二) 每一控制点在內业象片上必須相互轉刺，特别是航綫和相邻測段之間更应注意。

(三) 控制点的轉刺必須以識別相应地物点的方法，其轉刺精度为 0.1 mm 。

二、选輻射中心点

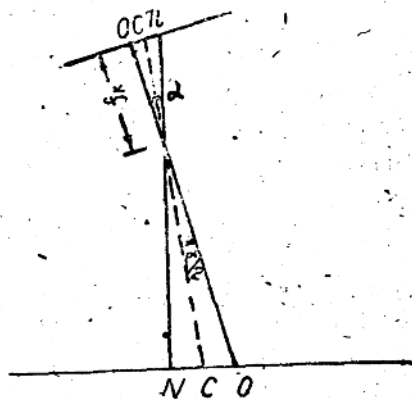
(一) 輻射中心点的选择

通常象主点、象底点、等角点以及中心点均可作为輻射中心，但选择那一种点作輻射中心却往往直接影响輻射三角

測量的精度。因為，當象片傾斜時，對不以等角點為輻射中心的方向綫就會產生方向偏差；而地面起伏時，會使不以象底點為輻射中心的方向綫發生偏差。由於象片傾斜角一般不容許超過 3° ，所以由傾斜而引起的方向偏差可以忽略不計，而對選擇輻射中心點直接有關的主要是地形起伏的影響。

在地形起伏不大的地區可用象主點作輻射中心，但由於象主點往往不在明顯地物上，因此在相鄰的重疊象片上就不容易轉刺它的位置，所以在工作中通常都以主點為圓心、半徑為 $\frac{f}{40}$ 的範圍內選擇明顯地物點作輻射中心，如該範圍內無明顯地物點時，則仍以象主點作輻射中心。

在地形起伏較大的山岳地區，需以近似底點作輻射中心。象底點的位置需經立體坐標量測儀量測上下視差和計算，將所得的坐標 x_n 、 y_n 借特制的膠片刺到象片上。但是，這樣做的手續是相當麻煩的，特別在綜合法成圖時更難應用。根據不久前我處綜合法科學研究實地試驗的結果，初步認為可以採用近似底點的地物點作輻射中心，其方法如下（參閱圖3）：



— 圖 3

象底點與主點間距離（ O_n ）的計算公式：

$$\overline{O_n} = f \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

式中： f 為航攝焦距，採用放大象片時應乘上放大系數； α 為象片傾斜角，最大為 3° 。

当 α 在 3° 以内时，每 1° 所对的边长为： On_1 、 n_1n_2 、 n_2n_3 ，并认为是相等的(图 4)。

在象片上水平气泡移动的方向即为象底点离开主点的方向(图 5)，而根据上面的计算与气泡的位置就可决定底点的位置，但是它只能是十分近似的。而在这个点的附近如有明显地物点时就可选它为辐射中心点。

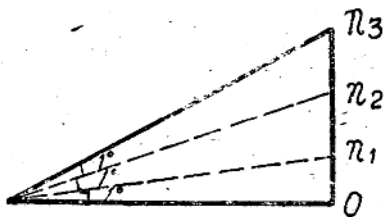


图 4

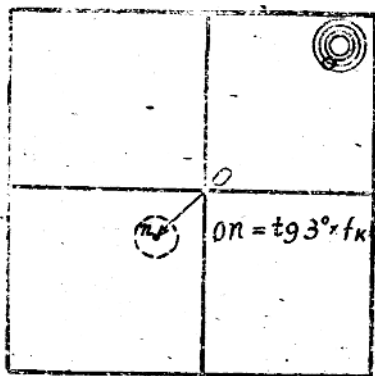


图 5

以中心点作为辐射中心时可利用事先作好的模板(以透明胶片作成)，可以使工作方便许多(图 6)。

(二) 辐射中心点的转刺

辐射中心点选出后必须即时转刺到左右相邻的两张象片上。转刺辐射中心点对辐射三角测量的精度起着很重大的影响，因为方位线不正确会使航线方向发生

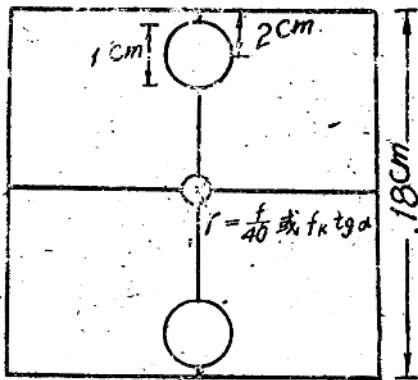


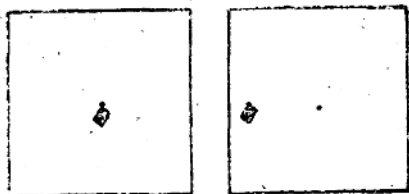
图 6

偏扭。

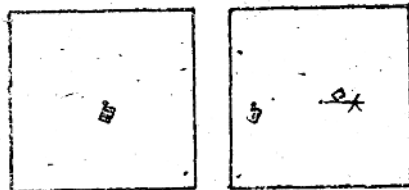
轉刺輻射中心點除採取識別相應地物點的方法以外，當中心點不在明顯地物點上時，還可以用下述幾種方法：

1. 根據附近明顯地物點的關係位置用閃視法轉刺：

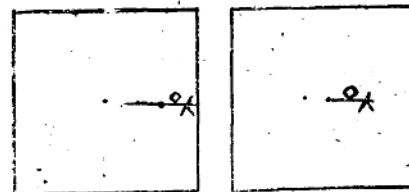
根據地物將兩張象片重疊。上下閃動上面的象片，以目觀察，用逐步接近的方法將中心點周圍的相應地物重合。然後根據這些地物與中心點的相互關係在相鄰象片上將輻射中心點轉刺出來。刺出後還須上下閃動象片，仍使周圍的相應



(a)



(b)



(c)

圖 7

地物重合，然後再看轉刺出的中心點與相應點是否重在一起，如重在一起則證明轉刺是正確的。但用這種方法轉刺點的精度與作業者熟練程度和經驗有密切關係。

2. 以方位線上相應的明顯地物來轉刺中心點，其情況有兩種：

(1) 兩相鄰的輻射中心點中有一個在明顯地物上時，則先將該點以識別相應地物的方法轉刺〔圖7(a)〕，然後先在已轉刺出中心點的象片上用細針刻一段方位線的延長線（圖7(b)），再在延長線上找

出2—3个明显地物点，然后在另一張象片上找出这些点的相应地物，引这些点与辐射中心点的联綫（所有点都应在此直綫上）即为轉刺所得的方位綫〔图7(c)〕。如有必要需轉刺辐射中心点的位置，用交会法就不难在此方位綫上刺出来。

(2) 当相邻的辐射中心点均不在明显地物上时，可以在象片上置一明胶直尺先确定方位綫的位置（当航向重疊小于50%时，描繪方位綫亦可采用此法）。明胶直尺可用长约象片边长的2.5倍、寬約10cm的长条透明胶片或玻璃板制成，在胶尺背面沿水平位置刻有相距約3~3.5mm的三根平行直綫，綫粗不超过0.1mm（图8）。

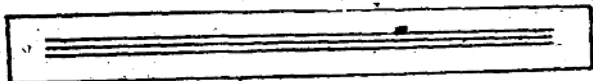


图 8

工作时将明胶直尺置在不相重疊的两張相邻象片上，并用图釘或重錘将尺的两端固定在桌上，使两个辐射中心点位于中間的直綫上，然后旋轉象片用逐渐接近法使直綫正确地通过相邻兩張象片上的相应地物，此时中間的直綫即为方位綫。通过中央直綫在象片重疊的边緣刺一小孔，并标记之（图9）。

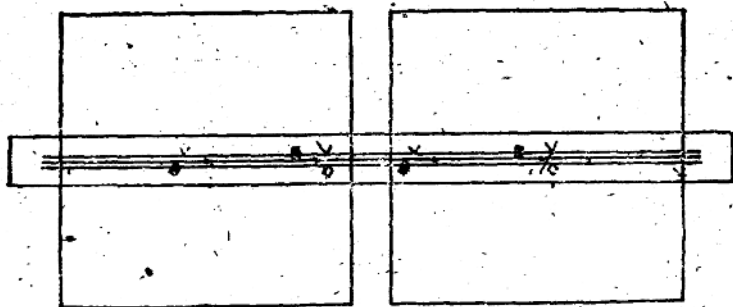
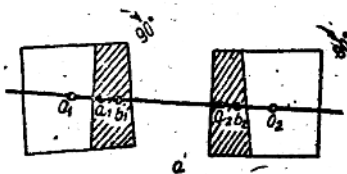


图 9

3. 用立体观察的方法轉刺輻射中心点 (方位綫描繪)

(1) 用立体观察沿直綫定向好的象对描繪方位綫法:

这种方法系用立体鏡同时观察在正常情况沿直綫定向好的象对。直綫系刻在玻璃或明胶直尺上, 使直尺上直綫通过兩張象片的主点及同一地物点。工作时首先观察象片的主体模型, 如定向不准, 当把注意力集中在直尺綫划时, 就会感到地物分离和不清晰。可如上述用逐渐接近法旋轉象片, 以消除上下視差, 最后将方位綫的位置标记于象片边缘。利用这种方法可以得到較高的精度, 但效率較低。



(2) 零立体描繪方位綫法: 此种方法是把上下視差轉变为左右視差, 而以兩平行綫的立体印象与模型表面相切的方法来同时找出兩張象片的方位綫位置。

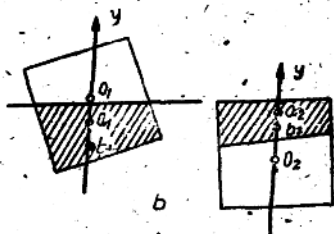


图 10-1

图10-1a是在立体观察时兩張象片应处的正常位置,

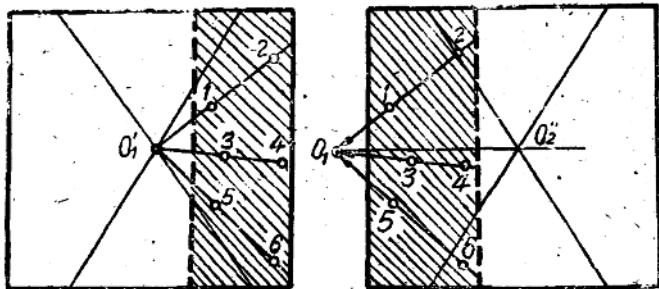


图 10-2

这时它们的相应方位线在一直线上， a_1, b_1 和 a_2, b_2 是方位线上的两对相应象点。把两张象片以主点为中心朝一个方向同时旋转 90° [图10-1b]，然后用明胶制成的两尺分放在象片上。这尺上刻有互相平行的细线，放置时每一细线应该通过一张象片的主点，而细线间的距离必须小于立体镜扩大了的观察基线长度。这样，在立体镜下观察两象片，就可以看成一个立体印象，不过没有高低之分，地面几乎都是平的（即零立体）。如果细线已与方位线严格重合，那么我们会感到细线的立体印象恰恰是落在地面上。

3. 沿方位线没有显著地物点时确定方位线的方法：由左象片的主点 O_1 ；描绘三条方向线，其夹角应大于 30° （如图10-2）。然后在航摄像片重叠部份的方向线上找出距离较远的两个地物点，把这些点转刺到右边象片上。右象片上每两点的连线交于一点 O_1' ，这就是左象片主点 O_1 在右象片上的相应点。 O_1 和 O_1' 点的连线就是所求的方位线。左象片上的方位线，可以用同样的方法求得。

4. 若用立体坐标量测仪或精密立体量测仪，用立体观察法也可描绘出方位线，且是最精密的方法。

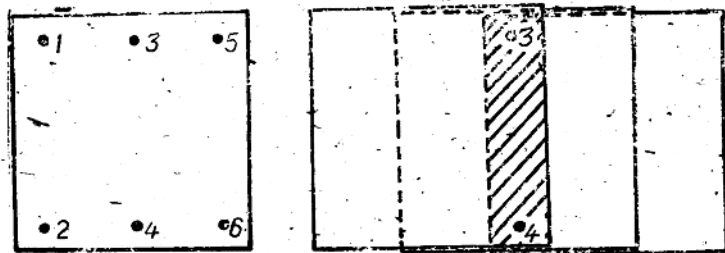


图 10-3

三、选三片重叠点：

三片重叠点（又名连接点）选在辐射中心上下两方三张

象片重疊的中間部份(图10-3)，它只起連接本航綫的作用。根据它來建立本航綫的三角鎖，因此要求它对相鄰的三个幅射中心都要有良好的交會角度。

在象幅为 $18\text{cm} \times 18\text{cm}$ 的象片上，假定航向重疊为 60%，則三片重疊点最理想的位置、應該是距离象片边缘为 2cm 的那一点。但实际工作中均以該点为圓心、直径为 1cm 的范圍内选明显地物点作三片重疊点(图11)。

一般在工作中可以用事先准备好的模板来选点，但当工作很熟練时，則不用模板也能很快地选出位置适当的点來。

选三片重疊点必須同时在三張象片上进行，首先将选好的点在中間一張象片上刺出，然后就轉刺到相鄰的两張象片上。

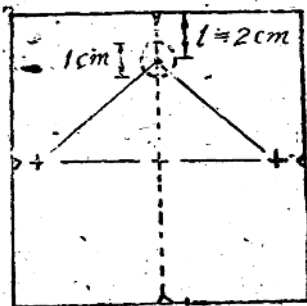


图 11

如三片重疊点的附近有控制点时，則可利用它代替三片重疊点。

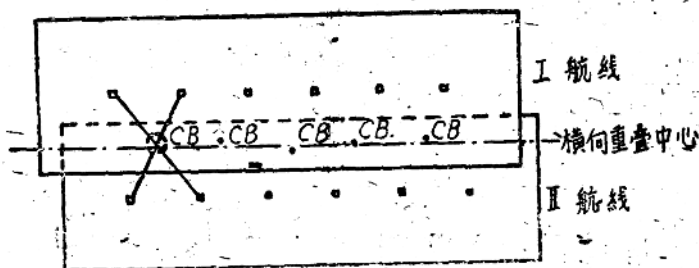


图 12

四、选联結点(又名糾正点)

联結点是為联結相鄰两航綫及糾正象片用的，因此它应

选在相邻航綫旁向重疊的中間部份，且对周圍的四个輻射中心均要有良好的交会角度。它一般都接近于每張象片測繪面积（又称有效面积）的角隅。

因此联結点最合适的位置应选在相邻四个輻射中心点对角綫交点附近 1cm 的範圍內（图 12）。

联結点的数量，原則上每条基綫範圍內不应少于一个；如在連接点附近有野外控制点时可不另选联結点；如三片重疊点接近联結点的位置时，也可利用它作联結点。此时須将三片点在相邻航綫上轉刺出来，不过这种情况只有在旁向重疊很小的情况下才能遇到。

由于两条航綫象片上的地物往往变化很大，尤其是在高山地区和补摄象片的情况下更是这样，但作为联結点的地物点至少在相邻的四張象片上都是明显的。

五、点的整飾及編号

选点及刺点結束以后必須將所有的点用明显的符号清楚地表示出来，并加以編号。象片整飾的整洁美观与否，不仅可以使人有一种舒暢的感觉，而且还可避免发生錯誤，給地貌描繪工作带来方便。因此，符号及字体的尺寸大小要一致，綫条要清秀；所有点的編号及注記要避开明显地物和影象很深的地物，而且要尽可能写在描繪面积的外面。互相靠近的点的圓圈不能交叉，注記亦要易于分辨（图 13）。



图 13

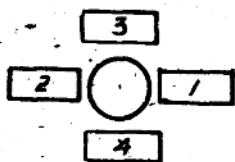


图 14









点的刺孔应位于圓圈的中心，各点的編号应按一定的先

后次序(图14)；所有内业点的编号均可按测段为单元。

(一) 点的整饰

在我们工作中,点的整饰一般均以点的针孔为圆心、划一直径为 8mm 的圆圈,其中平面高程控制点用红圈,其他各点一律用黑圈;而所有的编号及标高等注记则一律用黑色,其规定如表 1 所示:

表 1

点的名称	代用号	示 意
平面高程控制点	On	 $\frac{On121}{134.2}$
高程控制点	Bon	 $\frac{Bon10}{127.1}$
水准基点	Pn	 $\frac{Pn7}{121.0}$
水位标高点	Ypb	 $\frac{Ypb13}{109.4}$
辐射中心点		
三片重叠点		 13
联结点	cb	 cb
三角点		 $\frac{\times \times \times \text{三角点}}{147.6}$

如整饰的象片不直接用来描绘地貌时,可以不填标高。

(二) 点的编号

1. 三片重叠点的编号

三片重叠点的编号按航线次序由左往右从上到下进行,如遇利用野外控制点作三片重叠点时,则将号码空着,因此所有位于象主点上方的三片重叠点都应为单号,而在象主点下方的则都应为双号,而总的编号为象片总数的两倍(图 15)。

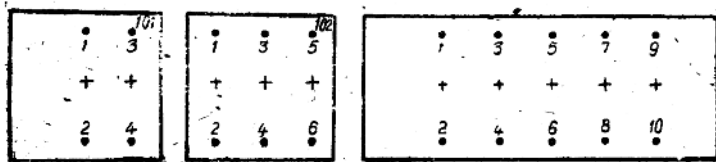


图 15

編完一条航綫后以同样的方法編第二条，在同一測段內所有編号應該連續。

2. 联結点的編号

联結点先由第 I II 航綫間自左往右进行編号，在各点的編号前加一联結点符号“cb”，对利用作联結点的野外控制点則不必重新編号，而对利用作联結点的三片重疊点也不必重新編号，但須在三片重疊点的編号前冠一联結点的符号“cb”（图16）。

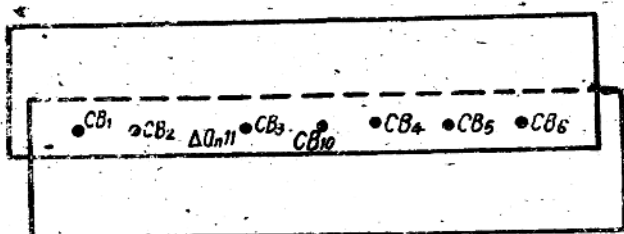


图 16

六、划象片描繪面积綫

描繪面积綫包括象片有效面积綫、自由接边綫及相邻測段間的接边界綫。

(一) 划描繪面积綫应注意下列事項

1. 描繪面积綫应接近于相邻相片重疊的中間部份，并要避免穿过居民点等重要地物，也不要沿重要的綫状地物划分（如铁路、公路等）。