

M.D. 康辛慈

制作地形图的 摄影测量工作方法



测绘出版社

制作地形图的 摄影測量工作方法

M. Д. 康 辛 著

武漢測量制圖學院
航測及制圖系 譯

測繪出版社

1957·北京

М. Д. КОНШИН
МЕТОДЫ и ПРИЕМЫ
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРИ СОЗДАНИИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

ГЕОДЕЗИЗДАТ

МОСКВА-1952

本書系根据苏联技术科学博士М. Д. 康辛教授所著“制作地形图的摄影测量工作方法”一书译出。原书由苏联测绘书籍出版社1952年于莫斯科出版。

本书内容丰富，详细地阐述了用摄影测量制作地形图的各种方法；书中单有一篇讲述了航空测量企业的内业组织问题。本书对于航空摄影测量专业师生，尤其是从事于航空摄影测量工作的工程技术人员是一本很有价值的参考书。

本书系由武汉测绘学院航测及制图系刘葆琛、孙护、向高信、胡寅镇、俞浩清、贾世德、崔炳光、章菊女诸同志集体翻译，全书由孙护同志密校。

制作地形图的摄影测量工作方法

著者 М. Д. 康辛
译者 刘葆琛等
出版者 测绘出版社
北京宣武门外永光寺西街3号
北京市书刊出版业营业登记证出字第081号
发行者 新华书店
印刷者 地质印刷厂
北京广安门内教子胡同甲22号

印数(京)1—550册 1957年12月北京第1版
开本31"×43¹/₂" 1957年12月第1次印刷
字数165,000字 印张7³/₂
定价(10)0.95元

目 錄

原序	5
緒論	6
第 I 篇 綜合航空攝影測量	10
第一章 現用加密方法的理論基礎	11
第二章 平面控制加密的實用方法	28
1. 用圖解法建立單航綫變形	28
2. 用像片導綫測量方法加密平面控制	32
3. 單航綫平面加密法的歸化和平面大地控制的必要的工作量	38
4. 攝影測量平面控制加密方法的選擇	40
5. 攝影測量平面控制加密的特殊情況	40
第三章 地圖上地物部分的建立	43
第四章 獲得地圖上地物部分的實際工作方法	52
1. 像片在糾正儀上的加工	52
2. 糾正像片的複製	55
3. 編制綫圖平面圖	55
4. 編制地物平面圖方法的選擇	58
5. 對航空攝影資料的質量的要求	59
6. 用綜合法所制地圖的精度	61
7. 各個攝影測量加工步驟的檢查方法	63
第 II 篇 在立體地形攝影測量中所應用的攝影測量加工方法的基礎	65
第五章 大地控制的加密	65
1. 一般原理	65

2. 相对定向元素的确定	69
3. 模型的建立	76
4. 模型的外定向	94
5. 建立摄影测量网的误差	95
第六章 高程大地控制加密的实际作业方法	99
1. 空中像片三角测量的分工法	99
2. 在十倍投影测图仪上展开空中像片三角网	118
3. 立体量测仪上的速算法	123
4. 无扭曲模型法	134
5. 直线法	140
6. 高程控制加密方法的选择	145
第七章 制作地图工作原图的方法	147
1. 应用为各种工作方法	147
2. 对航空摄影工作品质的要求	152
3. 对大地测量的要求	158
4. 用立体摄影测量方法所测地图的精度	161
5. 摄影测量过程的校核方法	162
第三篇 航空测量企业的内业组织	164
1. 总则	164
2. 制作地形图的技术方案	166
3. 内业生产部门的组织机构	171
4. 摄影测量内业方法的选择	174
5. 内业生产部门的技术生产财务计划, 作业室的图表及内业生产企业的 综合性图表	176
6. 内业生产部门的技术检查与组织	181

原 序

苏联地形测量工作的广大范围，祖国自然地理区域的形式以及对地形图和平面图所提出的各种各样的要求，所有这些便引起了地形测量的各种实施方法的出现和发展。由于对地形测量工作的工作量和质量的要求提高很多倍，由于我们光学机械工业的技术发展以及科学研究工作在苏联具有巨大的可能性，使得直到现今已研究出并采用了新的比较完善的地形测量方法，而这些方法主要的是基于应用在制作地形图方面早已获得优越意义的航空摄影的资料。此时左右航空摄影工作质量和大地控制工作量的一定要求的摄影测量过程具有极重要的意义。航空摄影工作，大地测量工作和摄影测量工作的正确配合能在可靠地估判经济组织方面预定地形图编制的成果。本书的基本作用就是为解决许多具体的实际问题提供了必要的资料。在本书中涉及到摄影测量的过程和像片加工的方法。

本书中所涉及的某些工作方法现尚未获得广泛的实际应用，但是无疑的，在最近的将来势必获得广泛的应用，关于摄影测量业务部门的组织这一篇系工程师Я.Е.兹拉特金所写。

关于在变换投影光束下加工像片的新问题是根据Ю.П.儒柯夫所供给的材料编写的。Ю.П.儒柯夫曾经研究和在理论上论证了所提出的这种方法。

由于本书校阅人Я.Е.兹拉特金、Н.П.科热夫尼柯夫、Н.А.索科洛娃和Ф.И.捷甯的指示，使得本书改正很多缺点，作者谨向他们表示衷心的感谢。

緒 論

目前所存在的編制地形圖工作原圖的方法随着所应用的技術工具和工作方法而彼此是有所不同的，因此所应用的技術工具和工作方法也就决定着各方法的名称：平板儀測量、綜合航空攝影測量、立體航空攝影測量和地面立體攝影測量。

平板儀測量在目前是应用于編制範圍有限制的地区的地形圖和實施大比例尺測圖，以及应用于解决特殊的問題。平板儀測量的缺点是野外工作量很大和測量成果的精度变化无常。所以，在編制很大地区的地圖时，平板儀測量的作業是不适宜的。

綜合航空攝影測量乃是平板儀測量和航空攝影測量的組合。这种測量方法的野外工作的任务包括建立必要的平面控制和高程控制，地貌測繪以及像片判讀，航攝像片的攝影測量加工是在于加密平面控制和制作地物像片平面圖。这种方法的优点是野外工作量的大量减少（特别是在具有很多地物的区域内）并使有可能正确地反映出草原地区和平坦地区内的地貌形态。这种方法的缺点是野外地形測量的工作量还是很大，以及在山区、丘陵和蔭蔽地区实施野外地形測量工作很困难，并且工作精度不夠。虽然存在着这些缺点，但在平原地区的大比例尺測量中以及在作業飛行的質量不可能保証立體航空攝影測量时，綜合航空攝影測量仍然應該得到应用。

立體航空攝影測量的特点是大大地縮減野外地形測量的工作量，因为編制地圖工作原圖基本上是利用航攝像片的室內加工諸过程的。野外地形測量工作只是建立必要的若干稀疏的平面控制和高程控制，以及判讀在地圖上所应当表現出的地物。航攝像片的攝影測量加工可以用兩種方法進行：分工法和全能法。在分工法中，平面控制和高程控制的加密是与工作原圖的編制过程分別進行的，而在全能法中这些

主要的工作階段是共同一起進行的。不過，如果在立體航空攝影測量發展的初期分工法與全能法之間的區別表現得非常明顯的話，那麼在目前就會有很多中間過渡的方法，因此這樣的劃分已經顯得不適合了。立體航空攝影測量的優點是相當大地減少野外地形測量的工作量，精度幾乎是固定不變的，並且不依地區的自然地理條件而變，以及有可能充分地檢查所完成的工作。

目前，立體航空攝影測量是製作 1:100 000 比例尺地圖的唯一方法，並且亦常常應用於製作較大比例尺 (1:5000—1:25 000) 的地圖。

地面立體攝影測量在攝影測量方法發展的初期曾獲得普遍的应用。這種方法的缺點乃是確定攝影經緯儀測站點坐標的野外地形測量具有很大的工作量，這些測站點的選擇很複雜，且存在有被近處高地所遮掩的“死角”。由於像片外方位元素是已知數值，因而使得室內的攝影測量工作有了大大簡化的可能性，這就是這種測量方法的優點。目前，地面立體攝影測量在地形測量工作中沒有被應用，可是能與航空攝影測量聯合應用，用以加密野外大地測量的控制。

因此，目前應用最廣泛的是立體航空攝影測量，而用它作為製作 1:100 000 和 1:25 000 比例尺地圖的主要方法。在平原地區內製作 1:5000—1:25 000 比例尺的地圖系採用綜合航空攝影測量。而平板儀測量和地面立體攝影測量的應用並不多，它們主要的是應用於特殊的目的。應當預料到，航空攝影測量的進一步發展可以使這種方法解決製作更大比例尺地圖的任務。

蘇聯航空攝影測量現今的發展乃是科學研究機構和業務機關的共同努力工作的結果。在偉大的十月社會主義革命之前，航空攝影測量方面的工作是帶有實驗性質的，而不是生產性質的，這是由於在俄國很少注意一切地形測量工作以及專門技術（飛機、攝影、光學機械工業）極少發展的緣故，可是在當時就連俄國的學者齊列（Тиле）、戈利村（Голицын）以及其他學者都已注意到有很大的可能性利用攝影測量方法來研究俄國的領土和解決一系列的特殊問題（交通道路的勘測、水利工程建築的勘測和其他等等）。

自偉大的十月社會主義革命以後，對於蘇聯領土地形測量的研究

开始予以很大的注意，1919年3月23日В.И. 列宁所颁布的关于规定成立高級測量機構的著名法令在这方面具有决定性的意义。当时，擺在高級測量機構面前的任务是研究苏联領土的地形測量，其目的是在于提高和發展國家生產力。地形測量工作的發展以及对地形測量工作的質量和工作量不断增长的要求，致使要特別注意用攝影測量方法測制地圖的工作原圖，而首先要特別注意航空攝影測量。由此，在民用航空系統內成立了專門的航空攝影機構——全苏航空协会（Добролет）和烏克蘭苏維埃社会主义共和國國立航空协会（Укрвоздухпиль），后来，这些機構轉由測量总局管轄。

苏联航空攝影地形測量工作在技術和組織上的改善是与整个國民經濟的發展完全相联系的，由于斯大林五年計劃的實施使航空攝影地形測量过渡到新的和更高的發展階段。自1925年苏联民用航空攝影創立时起，苏联攝影測量方面的学者在与生產者的合作下研究出了新的攝影測量方法和創造出了新的儀器，保證广泛地展開了國土的地形測量的研究。早在1928—1930年，Н.М. 阿列克薩波爾斯基已研究出了綜合航空攝影測量方法，在1928年，А.С. 斯基里多夫研究出了空中像片三角測量方法，在1934年，Ф.В. 德羅貝雪夫研究出了展開單航綫菱形鎖的平面像片三角測量方法。再往后，在1934年Г.В. 羅曼諾夫斯基研究出了小比例尺航空攝影測量的分工法，而М.Д. 康辛研究出了制作中等比例尺地圖的立體攝影測量方法。

М.М. 魯西諾夫教授所創制的寬角和超寬角物鏡，各种已研究成功的加密高程控制的方法：Ю.П. 儒柯夫的空中像片三角測量的分工法，Г.В. 羅曼諾夫斯基的直綫法，Г.В. 羅曼諾夫斯基和М.Д. 康辛的无扭曲模型法，М.Д. 康辛的立體量測儀的連續法，以及特殊的攝影測量儀器：Ф.В. 德羅貝雪夫的立體量測儀、Ф.В. 德羅貝雪夫的正弦視差尺、Г.В. 羅曼諾夫斯基的航空立體坐標比較儀、М.Д. 康辛的勾繪儀、Н.В. 維克托羅夫的多倍投影測圖儀、Ю.К. 尤采維奇，Н.В. 維克托羅夫，С.П. 紹金和Г.Г. 戈爾東的航空攝影機、Ю.С. 多布羅霍托夫和К.П. 貝契科夫斯基的高差儀，А.П. 柳比莫夫的航空攝影領航儀器还有其他等等对于开展航空攝影測量工作具有很大的意义。

由苏联摄影测量工作者所完成的航空摄影和摄影测量方面偉大的科学研究保证了工作的理論与技术进一步的改进（Н. Г. 凱尔利、Н. А. 烏尔馬耶夫等）。在航空摄影测量方面有很多科学工作者和生產工作者的团体在促進着这些工作不断地發展。因而，現今苏联的航空摄影測量已得到很大的發展，远远地超过了資本主义國家的成就，并保证了为掌握我國領土的地形測量任务所提出的越來越高的要求。

第 I 篇 綜合航空攝影測量

在用綜合航空攝影測量方法制作地形圖時，地圖上的地物部分是由航攝像片的攝影測量加工求得的，而地形則是由野外測量描繪的。地圖上地物部分的展開是以平面大地網為基礎，然後同樣用攝影測量的方法進行網的加密。因此在綜合航空攝影測量時，攝影測量的過程可歸納為兩個階段：加密平面大地控制和獲得地圖的地物工作原圖。

平面大地控制的加密現今可以按展開像片三角網的形式或像片導綫測量的導綫形式實現之。它們可以用解析方法、圖解方法或者圖解機械方法建立起來。按照結構方式來說，可以先在個別獨立航綫上展開這些網或者導綫，然後把諸航綫聯結成為一個整體，或者一下子在包括幾條航綫的某些面積範圍內建立起來。在第一种情況下，網或導綫將是單航綫的，而在第二種情況下，則是面積的。

加密平面大地控制可以採用各種各樣的方法，這決定於技術經濟的條件和原始資料的質量。例如，在加密時可以僅局限於平面的解求，或者採用空間解求問題的方法來進行平面的加密。採用一般的方法來加密平面像片三角測量或者應用無扭曲模型法在多倍投影測圖儀上或精密立體測圖儀來進行平面的加密可以作為這種區分的例子。在飛行中能夠測定外方位元素的那些儀器對於加密也有著很大的幫助。

所應用方法的理論基礎是隨著所採用的加密方式而改變的。例如，在平面地解求問題時，下述理由則作為理論基礎，即在像片上某些點處所量測出的平面角能夠保持差不多等於相應地面點投影之間的平面角。而在空間地解求問題時，則是建立在空間地恢復地面模型的這個理論基礎之上。直到最近，在制作小比例尺地形圖時，主要的還是採用平面地解求問題的方法，但是由於過渡到大比例尺的制圖和立體攝影測量方法的進一步發展，空間地解求問題的方法得到愈益廣泛

的应用。

第一章 現用加密方法的理論基礎

在把航攝像片作为攝区的中心投影看待而对其特性進行几何分析时，就能够确立像片元素与地区元素之間的一定的关系。这种关系联系着像点坐标和地面点坐标；联系着像片上某任意一点和該点在地面上的投影点为各自頂点的平面角（比較正确的說或者是方向）；联系着像片上的和地面上的同名点間的距离。

假設把攝区看作是一个水平的平面，那么像片上的和地面上的角間的关系可用下式表示：

$$\operatorname{tg} \rho_0 = \operatorname{tg} \theta - \frac{x}{f_k} \sin \alpha \operatorname{tg} \theta + \frac{y}{f_k} \sin \alpha, \quad (1)$$

式中： ρ_0 表示地面上的角度，是由橫坐标軸起算和以某任意一点K为其角頂； θ 表示像片上相应的角度，也是由橫坐标軸起算和以点K的投影点为其角頂（圖1）； x 和 y 表示像点K的坐标，是由无扭曲点起算； f_k 表示航空攝影机的焦距和 α 表示攝影机光軸相对于豎直綫的傾斜角。同时取主縱綫方向作为像片上的 xx 軸，而取水平綫方向作为 yy 軸，同样取主縱綫的投影亦即攝影方向綫作为地面上的 XX 軸。

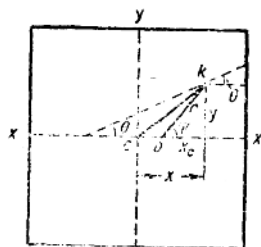


圖 1. 由于像片傾斜角所引起的方向扭曲

像片上角度的扭曲此时可用下式表示：

$$\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \rho_0 = \frac{\sin (\theta - \rho_0)}{\cos \theta \cos \rho_0} = \frac{x}{f_k} \sin \alpha \operatorname{tg} \theta - \frac{y}{f_k} \sin \alpha,$$

或者

$$\Delta \theta = \theta - \rho_0 \approx \frac{x}{2 f_k} \sin \alpha \sin 2 \theta - \frac{y}{f_k} \sin \alpha \cos^2 \theta. \quad (2)$$

研究上式不难看出：当 $\theta=90^\circ$ 时，角 $\Delta\theta=0$ ，亦即水平线的方向在像片上保持无扭曲。当方向线的顶点与主点相重合时（ $x=f_k \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ ； $y=0$ ），方向的扭曲用下式表示：

$$\Delta\theta_0 = -\frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{2} \sin \alpha \sin 2\theta = \sin 2\theta \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (2.1)$$

当方向线的顶点与无扭曲点重合时（ $x=0$ ； $y=0$ ），

$$\Delta\theta_0 = 0 \quad (2.2)$$

和当方向线的顶点与像底点重合时 $\left[x=f_k \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \operatorname{tg} \alpha\right)$ ； $y=0\right]$ ，

$$\Delta\theta_{\text{底}} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \operatorname{tg} \alpha}{2} \sin \alpha \sin 2\theta = -\sin 2\theta \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (2.3)$$

由同一个公式（2），不难求得方向线的顶点离开主点的允许偏差值 r 。我们取（圖1）：

$$x=x_0 + f_k \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad \theta=45^\circ; \quad x_0=r \cos \psi; \quad y=-r \sin \psi \text{ 及 } \psi=45^\circ,$$

则可求得：

$$\Delta\theta_{\text{最大}} = \frac{r\sqrt{2}}{2f_k} \sin \alpha + \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

由此得出：

$$r = \frac{2f_k \left(\Delta\theta_{\text{最大}} - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)}{\sqrt{2} \sin \alpha}. \quad (3)$$

给出了允许的角度扭曲 $\Delta\theta$ 、光轴倾斜角 α 和航空摄影机焦距 f_k ，就可以按公式（3）计算出方向线顶点离开主点的允许偏差值。例如，假设取方向误差为 $3'$ 和摄影机的光轴倾斜角为 $1^\circ.5$ ，那么当摄影机焦距为200公厘时，方向线顶点离开主点的偏差值将为 $f_k:60$ ，

亦即3.5公厘；而当摄影机焦距为100公厘时，则为1.7公厘。可是方向綫頂点离开主点的这种偏差值只有在繪制地物平面圖，而不是应用立体摄影测量方法繪制地圖时和当被摄影地面相当平坦的情况下才是有可能的。

如果所摄影地面不是水平平面，那么由于光軸傾斜和地形起伏的合併影响，在地面上和在像片上所量测出的角度（方向）間將產生偏差。方向的这种扭曲是由于地形起伏的改正总是朝向像底点而引起的（像底点就是豎直綫構像的合点）。而如果取其他任何一点作为方向綫頂点时，那么地形起伏的改正将会改变該方向。由于地形起伏的影响所產生的方向改变可用下式表示：

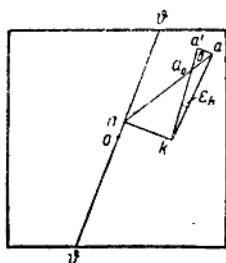


圖 2. 由于地形起伏所引起的方向扭曲

$$\epsilon_k = \frac{\overline{nk} \delta}{na_0 ak}, \quad (4)$$

式中：（圖 2） δ 表示地形起伏的改正数值； $\overline{nk}$ 表示由像底点 n 到方向綫頂点 k 之間的距离； $\overline{na_0}$ 表示由像底点到点 A 的正射投影構像点 a_0 之間的距离，而 $\overline{ak}$ 表示由方向綫頂点到点 A 的中心投影之間的距离。在豎直航空摄影情况下和所选的点 k 离开像底点不远时，

$$\delta = \frac{rh}{H}; \quad \overline{na_0} \approx r; \quad \overline{ak} \approx r,$$

式中： r 为由像底点到点 A 的中心投影之間的距离； h 为点 A 对于所取起始平面的高差；而 H 为对于起始平面的航高。由此

$$\epsilon_k = \frac{\overline{nk} h}{rH}. \quad (4.1)$$

当方向綫頂点与像主点重合时， $\overline{nk} = f_k \operatorname{tg} \alpha$ ，而当方向綫頂点与无扭曲点重合时， $\overline{nk} = f_k \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sec \alpha$ 。

按照上述关系，允許选用像主点作为方向綫頂点的地形起伏範圍

可由下式确定:

$$h = \frac{rH \varepsilon'}{f_k \operatorname{tg} \alpha} = \frac{H \varepsilon'}{\operatorname{tg} \alpha} \operatorname{tg} \beta, \quad (4.2)$$

式中: β 为航空摄影机视场角的半值, 而 ε' 为允许的方向误差数值。当条件为 $\varepsilon' = 3'$ 和 $\alpha = 3^\circ$ 时, 取决于航高和视场角的允许高差数值将由表 1 中的数值说明其特征。

表 1

β	当航高等于以下各数值时 (公尺), 允许的高差数值 (公尺) 等于									
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
17°	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
30	7	14	21	28	35	43	50	57	64	71
45	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	17	35	52	69	87	104	121	138	156	173
70	27	55	82	110	137	165	192	210	248	275

从表 1 中可以得出以下结论: 只有当像片上所摄地区范围内的公差极小的情况下才能够采用像主点作为方向线的顶点。基本上应该在像片上找出像底点的位置, 并采用像底点作为方向线顶点。我们可以采用假定的像底点以代替实际的像底点作为方向线顶点。假定的像底点就是像片平面与某一直线的交点, 该直线系通过投影中心并垂直于某一个假定取其作为水平面的平面。

可是, 在这种情况下, 在待定点的位置中将要产生额外的误差, 此误差与假定平面的纵向倾角 (v_n) 和横向倾角 (v_y) 有关。额外误差的数值可用下式表示:

$$\left. \begin{aligned} \delta_n &= \left[\frac{i}{n} (A_{n+1} - A_1) - (A_{i+1} - A_1) \right] \frac{v_n}{M \rho} \\ \delta_y &= \left[\frac{i}{n} (A_{n+1} - A_1) - (A_{i+1} - A_1) \right] \frac{v_y}{M \rho} \end{aligned} \right\}, \quad (4.3)$$

式中: δ_n 和 δ_y 为纵向误差和横向误差; A_1 、 A_{i+1} 和 A_{n+1} 分别为第一个点的、待定点的和最后一点的高程; 而 M 为构网数字比例尺的分母。由公式 (4.3) 中可以看出, 这个误差是不会随着傳遞数目的增

大而增長的。當

$$M=10\,000, \nu_{\bullet}=2^{\circ} \text{ 和 } \left[\frac{i}{n} (A_{n+1}-A_1) - (A_{i+1}-A_1) \right] = 300$$

公尺時，誤差可能達到 1 公厘，但是這種誤差將是屬於局部性的，並不影響網的其他各點的位置。

其餘的方向誤差與航攝像片作為中心投影看待時的特性無關，而是決定於像片本身的誤差和在像片上量測的誤差。由於航空攝影機物鏡畸變差和軟片壓平不好而引起的誤差屬於航攝像片的誤差，這種誤差不影響方向的扭曲，因為它們是依像片主點成輻射移位的。甚至當像底點為方向綫頂點時，由於這種誤差的數值比較小，因而它們對於方向扭曲的影響也是極小的。攝影材料的均勻變形也具有這種同樣性質的誤差，但是在不均勻變形的情況下將會使方向扭曲。根據現用的航攝軟片和像紙的試驗結果，軟片的不均勻變形在像幅為 180×180 公厘時達到 0.07%，而在像幅為 300×300 公厘時達到 0.09%；像紙則相應地等於 0.12% 和 0.15%。所以由於攝影材料不均勻變形而產生的方向誤差，對於軟片而言可能等於 $2'.5-3'$ ，而對於像紙而言則為 $5'$ 。可是在一條航綫中諸像片上的不均勻變形的永恆性將只是引起所構成的網在縱向比例尺和橫向比例尺之間的差異，其比值等於縱向變形係數和橫向變形係數的比值。不均勻變形的變化可能會引起很大的方向扭曲，因此在制作接觸晒印像片時（如果方向的量測是在接觸晒印像片上進行的話），必須注意到要固定像紙的纖維方向，沿着纖維的縱向和橫向將可觀察到各種不同的變形。

像片的量測誤差是最后一種方向誤差的根源。像片上同名點的辨認誤差和刺孔誤差，以及在實施分析法或圖解法中直接量測本身的誤差均屬於這類誤差。這些誤差的數值決定於所採用的量測方法以及方向的傳遞方法。例如當用肉眼觀察航攝像片時，點的刺孔和辨認，對於地物很多的地區，其均方誤差約為 ± 0.07 公厘；對於單一色調的像片，則增大到 ± 0.15 — ± 0.20 公厘。此時，方向的誤差將等於刺孔和辨認的誤差除以由方向綫頂點到所選點之間的距離。所以為了要減少這些方向誤差，就應該應用較大尺寸的像片，或者把現有像片的尺寸放

大；可是这种放大不应该引起由于放大过程本身和所用摄影材料的变形而产生的额外误差现象。当以立体观察方法来辨认点时，如果所选的点不作刺孔，那么误差将缩小到 ± 0.03 公厘；而当进行刺孔时，均方误差将增大到 ± 0.05 公厘，且与像片的地物轮廓性无关。所列举出的数目字，证明了点的辨认和刺孔的立体观察方法有很大的优点，特别是应用于地物很少的地区中。但是由于所花费的时间很多，致使一般仍局限于肉眼的单眼观察方法。量测本身的误差或者是取决于所用仪器的误差（立体坐标比较仪，幅射三角仪），或者是取决于图解传递的误差（透明纸条的复制）。

如果用图解法构网，那么在构网的过程中，透明纸条拼联的误差还要加在所述的误差内。当用分析法解求问题时，所述的误差是不会产生的（这项误差可达到 $5'$ ）。

用任何一种方法所量测出来的方向都可以建立起平面像片三角网或者像片导线测量的导线。现今最广泛的是建立单航线菱形网，因为三角形网或四边形网的建立要求有很大的百分比的横向重叠，这在经济方面是不适当的。

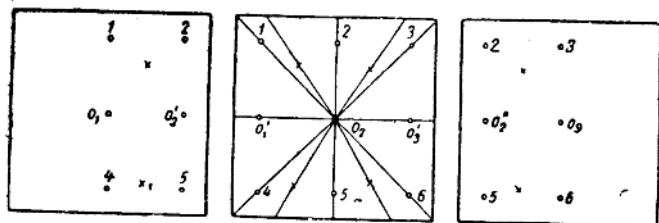


圖 3. 菱形網的建立

为了建立菱形网起见，在每张像片上要标志出（刺孔或固定）九个点（圖 3），其中一个点作为幅射中心（方向线顶点），其中两个点相应为前一張像片和后一張像片的方向线顶点的地物点，而其余的六个点布置在三片纵向重叠带内每一个方向线顶点的上面和下面。除去所述的九个点而外，在每张像片上还要标志出四个纠正点以及野外大地控制点，而纠正点布置在像片有效面积的四角落上（沿纵向