

全國測繪科學技術經驗交流會

技 術 資 料

第 七 冊

用微分法測制山區大比例尺地形圖試驗報告

測 繪 出 版 社

出 版 說 明

为了配合 1959 年 2 月在武汉召开的全国測繪科学技术經驗交流会，我社現搜集有关单位准备在大会上作經驗交流的報告和技术經驗，彙編成“技术資料”分册出版。

本册由水利电力部勘測設計总局送稿推荐。

全国測繪科学技术經驗交流会技术資料

第 七 册

編 者	測 繪 出 版 社
-----	-----------

出版者	測 繪 出 版 社
-----	-----------

北京宣武門外永光寺西街 3 号

北京市新刊出版登記證出字第 051 号

发行者	新 华 書 店
-----	---------

印刷者	人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂
-----	---------------------

印数 (京) 2501—5300册 1959年 1 月北京第 1 版

开本 31"×43"¹/₂₅ 1959年 3 月第 2 次印刷

字数 16000

印张 ¹⁸/₂₅

定价 (8) 0.11元

統一書号: 15039.256

亲爱的代表和讀者們：

这些資料，是各水利、电力單位送交全国測繪科学技术經驗交流會議交流的資料。因受到印刷時間上的限制，有些單位的文件来不及送交測繪出版社出版，而由各單位自己印制，所以这只是全部資料中的一部分。同时，这些稿件，因集稿時間匆促，来不及逐一閱讀和修改，內容上一定会存在着某些缺点，甚至錯誤，請代表和讀者幫助我們，对文件內容，多多提出寶貴意見，以便我們在会后进行修正和补充。

水利电力部

1958年12月30日

用微分法測制山区 大比例尺地形图試驗报告

水利电力部北京勘测設計院

一、概 述

在祖国工农业高速度发展的情况下，利用国产安2飞机，航攝山区大比例尺象片，測制1:5000或更大比例尺地形图，供水利水电部門地質勘探与設計，以及其它經济建設方面的綜合利用，具有重要意義。为此，选定北京西郊永定河流域安家庄及下鞏甸兩地区作为試驗区。从这次試驗，我們要了解：用安2飞机是否能在山区进行航攝大比例尺象片？用微分法是否可測制山区大比例尺地形图？山区大比例尺測图的精度如何？是否可利用山区較小比例尺的象片來測制較大比例尺的地形图？总之，为了满足祖国建設事业飞速发展的需要，尤其是滿足水利水电建設的需要，亟待打破迷信，解放思想，貫徹多快好省的精神，来完成我們的任务。

我們也曾考虑到在試驗中，一定会有許多新問題发生，不知將如何解決，但在党和各級领导的鼓励和支持下，增加了勇气；我們敢做，而且有信心来完成这一任务。

經過試驗，我們認為用微分法可以測制山区大比例尺地形图，而且用較小比例尺的象片也可測制；精度合乎实用需要；成本較人工測量低；成图時間則較短；因而打破了航測山区大比例尺图非用精密仪器測量不可的神秘观点。这样，也就为用航測方法測制山区大比例尺图开辟了新的、廣闊的途徑。

现在，我們就用比例尺1:7000和1:13400的航攝象片測制1:5000地形图試驗的經過，提出初步报告。

二、航空攝影

1. 一般情况

这次我們用两种航攝資料：一种是利用国产安2飞机所攝；航攝仪焦距 $f_K = 212.123$ 公厘；象主点坐标 $x_0 = +0.04$ 公厘， $y_0 = 0.00$ 公厘；象幅 173.55 公厘 $\times 173.66$ 公厘；該仪器系蔡司厂出品，仪器号51149。另一种是由噴气式飞机所攝，航攝仪焦距 $f_K = 500.25$ 公厘；象幅 30 公分 $\times 30$ 公分；現只就前一种加以說明。

用安2飞机航攝了官厅、向阳口、安家庄等三区，面积共約110平方公里；三区象片比例尺也不全同；在安家庄区，象片比例尺約为1:7000；航綫方向基本沿河（永定河）飞行；航攝日期为1958.6.2—11；底片系由中国民用航空局专业航空大队代攝；由鉄道部航空勘察处代为冲洗。

航攝質量一般为：

象片傾斜角約在 $1^\circ.5$ 以內；

航向重疊約为65—70%；

旁向重疊約为20—40%；

影象色調反差正常。

2. 安2飞机

国产安2飞机的一般数据（系根据了解，可能有出入，仅供参考）：

1. 航速：150—180公里/小时；

2. 最大飞行高度：5000公尺；

3. 耐航力：6小时；

4. 稳定性： $\pm 5^\circ$ 以內；

5. 載重量：1000公斤。

安2飞机系双翼，前艙有正付駕駛坐位，后艙除安置航攝仪外，

尚可容坐4—5人，尾部還有儲藏室；航攝儀及檢影器均裝在後艙中部，相距約1公尺；這次在後艙及尾部相鄰部分，布置一臨時暗室，以便暗盒換片。

安2飛機的起飛與降落情況亦較平穩，有100多公尺的硬質土道便可起落；如果是在軟質土道上鋪以鋼板，亦可作為臨時跑道；若能安裝浮艇，也可以在江河或湖面上起落。因此，在我國中部及東部地勢不太高的一般山區，均比較容易選到它的基地。

安2飛機改變航線和航高均較靈活；因此在峽谷轉彎也可不用爬高。又因它的下翼較短，對空中觀察的視線無多大妨礙；馬達嘈雜聲亦不甚大，艙內人員無通話設備也可交談，且用油量較少，航攝費用每小時480元（系58年航空運費未降低以前的標準）。

3. 航空攝影

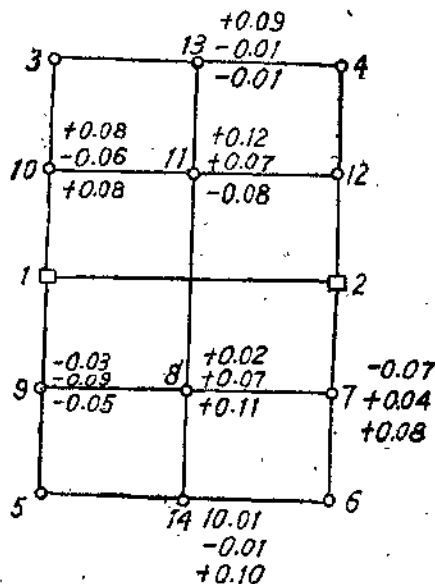
航攝技術計劃系按現行航攝規範提出，安家莊地區水面高程約180公尺，最高山峯約1100公尺，一般達500—800公尺，故航高取1700—1600公尺。在航攝中，導航比較困難，一則由於機艙視界不甚廣闊，一則由於地面目標不易找到；因此，旁向重疊，不能滿足預期要求，而產生了絕對漏洞三處，航攝漏洞二處約占原攝航線七。

每一航線的飛行時間約為3—5分鐘，轉彎約2—3分鐘，而補攝一條航線，往往要花15—20分鐘才能找到漏洞位置。

航攝儀系電動，光圈E:8，濾光片淡黃色，露光時間 $\frac{1}{150}$ 秒；將暗盒中的底片換新的約須5—6分鐘（包括折、裝和檢查）；在航攝第一卷底片後，曾發生全卷每一片中前半部清楚，後半部模糊現象，經研究是通風膠管無壓力的儲備與調整，因而壓力不均，致使前部沖力過大而后部則翹起，於是改用通風軟管，結果影像雖已呈清晰，但壓平線不直，經國家測繪總局綜合測量隊航測室用量測上下視差方法檢定了三個象對，得知由軟片未壓平所引起的誤差最大達0.19公厘，一般在0.12公厘以內（見表1）。並出現了不規則現象；我們將此情況通知民航局，經函復認為量測上下視差法檢查結果符合了0.12公厘的要求（當 $f_K=210$ 公厘時），只有兩個點超過，只是少數，還是可以用于

底片压平检查

表1.



說明:

- 1) $y_3 = y_{13} = y_4 = +60$ 公厘; $y_{10} = y_{11} = y_{12} = +30$ 公厘;
 $y_5 = y_{14} = y_6 = -60$ 公厘; $y_9 = y_8 = y_7 = -30$ 公厘;
- 2) 1、2、3、4、5、6各点的 $\Delta = 0$,以公厘为單位($\Delta = g_{\text{量測}} - g_{\text{計算}}$)。
- 3) 7—14各点右边三列数,系分別所測三个象对($174/175$; $200/190$; $249/250$)之 Δ 值。

制图。这时我們有点不理解;因据知一般軟片未压平最大不能超过0.04—0.05公厘,現在超过好几倍,將來怎么能測图呢?是否山区大比例尺象片未压平的程大些没关系,差0.12公厘不算大,这些問題是否也有可能在測图中得到解决我們为了得到結果,决定繼續航攝。

航攝时,由于中午气流大,安2飞机的飞行較不稳定,故以在上午8—10时內航攝較好。虽然阴影較大,但由于航高較低,反差較小;而早上云少,地面亦較湿润,反而使影象更清晰。

4. 利用安 2 飞机进行航空摄影（应该解决）的几个问题

经过这次试验，我们认为利用安 2 飞机进行航摄山区大比例尺象片完全是可以的。不仅是它系国产，检修改装均较容易，更主要的是在一般的小城镇附近均可作为它的基地。它不但可用于航摄，更能广泛应用于农业与交通运输；这样，可大大减少调机和停机费用；可促进航测事业和地方工农业的发展；不过利用它来进行航摄，还有几个问题希望改进。

1. 航摄仪与检影器应该装在一起

这次由于利用飞机已有之喷药洞，不便使航摄仪与检影器连在一起，因此，造成摄影员来回跑（因为是一人操作），顾此失彼，不但增加了工作困难，而且直接影响了航摄质量；正式工作时有必要改善，使航摄仪与检影器装在一起。

2. 航摄仪应加缓冲装置。

3. 利用飞机尾部改装成为更好的小暗室。

4. 机舱前部应加多导航座位。

5. 添设测区与机场之间速系的通讯设备。

以上几个问题，都是容易解决的，这次我们在这方面付诸厥如，以致造成了很多困难和损失，同时也降低了航摄质量，今后宜改进。

三、象片判读与控制调绘

1. 象片判读

利用航摄像片来进行地形判读，主要是根据影像的形状、大小、阴影、色调与关系位置等来决定的，通常在近似垂直摄影的情况下，影像的变形是不太显著的，但在山区大比例尺摄影的象片上，由于投影差很大，如果在地面高差与航高之比为 1:2 或 1:3 的情况下（这次情况与此类似），则离开象片中心约 4—5 公分处的象点，将产生 2.5—1.5 公分的位移，并且山顶与山脚的比例尺相差约一倍至半倍，这样，在象片判读上容易发生错觉。又这次航摄时间系在上午 8—10

时之間，因而阴影較長，加以有些山形陡而高，故常有部分地物及地貌为一片濃黑的阴影所遮蔽；又因在实地判讀的时间与攝影时间不相应，实地阴影改变了方向，与象片上的阴影相差約 60° — 120° ；这样，也为象片判讀造成了极大的困难与错觉。

色調在山区大比例尺象片判讀中亦具有极重要的作用，由于这次攝影时间是在6月上旬，在北京安家庄附近的山坡上，綠草初萌，羊腸小徑，乱岩礫石，在航攝象片上大小、形状明显地表示出来，而且色調分明；但过了2—3个月后，已枝叶茂盛，藤葛蔓延，而象片上所呈現的影象，在实地往往很难找到；又由于象片在晒印中，有些細微部分沒充分显现出来，致使地面上許多細小地物，在象片上又找不到，而某些細小地物在山区大比例尺象片判讀中是很重要的；因为在所选定的控制点范圍內，如果是杂草、小树，不可能將它們扣光来对照刺点，而必須根据很細小的地物形状、大小、数量、色調和关系位置等多方面来决定；再加以我們常习惯于中小比例尺象片的判讀，对地物地貌的关系位置，往往只从局部去考虑，而忽视从更廣闊一些的区域，由远及近，由大及小，由旁証到直觀，由明显到阴暗，多方面分析，仔細比照，借助于立体观察，以寻获最准确的点位，因此，經全面檢查，我們这次象片判讀在327个点中，刺錯刺偏的，約占21%，其中除粗心的原因外，主要是由于沒在立体鏡下刺点；或者是立体看得不准；錯得最大的点相差約3公厘，共有5个点；一般为0.3公厘—0.5公厘。又通常找到点位要花10—20分鐘，个别的2—3小时，也有2—3分鐘即找到点位了的，其中以山腰与灌木叢中的点判讀最难，杂草与耕地及乱石地区，判讀也不易，故如何做到判讀，刺点准确，是保証成图質量最重要的因素。

2. 控制測量

在安家庄測区內，共有67个已知点，其中包括Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等点和水准点，分布于測区的五条航綫內，各航綫約10—12片，我們为了适应于多种試驗的需要，每一象对內測定9个平面控制点(包括高程)，点的分布如下图。

全测区共测定260个控制点（不包括67个已知点）所有的点，均用解析法测定。但由于控制点的数量较多，而边长又较短（一般约为150—200公厘）；在观测中常发生找错和找漏点位的现象；所有各已知点均分布在高低不同的山头上，在观测中，常就心怕推算高程的边太长，又怕发展新点受限制，同时又想少过几次河，少走些路，患得患失，踌躇不决，结果造成了一些返工；同时也为了少观测一、二个方向或少读一、二个垂直角，后来在计算中发生问题，又须重行去补测；又技术

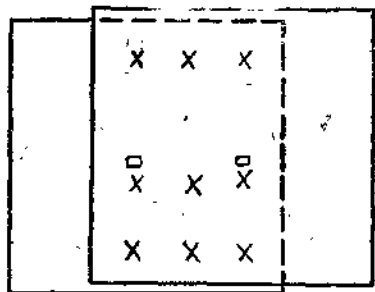


图 1

计划有些订得不切实，也没及时修订，致造成若干人力与时间的浪费；所以这次控制测量工作，也不是一帆风顺的，不过这些缺点，稍加注意，是可以避免的。

观测所用仪器为蔡斯 030 及匈牙利经纬仪，水平角观测两测回，垂直角读三丝，得出点的移位差一般均小于0.2公尺，最大的0.7公尺，高程闭合差一般均在0.5公尺以内，以小于0.1公尺者最多。

在工作效率方面，一般每天能选6—8个点，最多13个点（河岸及山头明显目标），最少3个（山腰、草地）观测每天约6—8个点，最多11个（通视良好），最少2个（找不到方向，光源方向不好），计算用对数表每天5—6个点（侧方及后方交会），最多8个；用计算机（手摇）最多约20个（前方及后方交会）；以上均就一般熟练程度而言，如果经验较为丰富，指标当然较高。在这次全面检查刺点时，最多一天24点，一般都是10多个，包括改正和在途中的时间（在途时间，单程约0.5—1.0小时）。

3. 调 绘

调绘按规定进行，这次我们只要求重点调绘，只调绘主要地物（如居民点、道路、通讯线路等）和主要地形变换点，因该地区已有地形

图，仅以此作为比较参考。

又山区地物比较简单，同时在大比例尺象片上地物的轮廓也甚明显，因此，调绘工作量是较少的。

4. 航测外业工作中的体会

航测外业工作，主要在象片判读刺点 100% 的正确；观测与计算无误；调绘取舍适宜。象片判读除了根据几个要素来进行外，还应注意到摄影季节和时间，以及测区植物和土壤情况，应先从附近之特别明确之主要地物辨认再缩小范围到要刺孔之地点，尤其应注意光源的方向和亮度，以及物体反光的程度。同时判读的时间与航摄的时间，最好能紧密相接。在山区大比例尺象片（例如 1:7000），不如山区中小比例尺的象片容易判读，更不如平坦地区大比例尺象片的容易判读；而必须一木一石，逐个对照，才可避免点位刺错。刺点除了按一般规定外，应在立体观察下进行。刺点还应在树标之后，亟宜避免先刺点后树标；长草的山坡和耕地里的点最难刺准、宁肯点位稍多偏于象片上原计划的标准位置，切忌选在轮廓不明显的地物上。

控制技术计划亦宜先做好，根据实地情况也应及时修订；不要斤斤计较边长与角度，而要注意通视良好和精确地观测与读数；不要偷小懒，认为数目已够了，而放棄某些方向的垂直角不观测；也用不着把一些无甚关系的方向观测下来。

调绘宜在比平地稍高一点的地方，站在高山与沟里调绘是不方便的；在山地沿山腰走，河流沿堤岸走，均易收到良好效果。又由于象片比例尺大，地物轮廓明显，因此，宜尽可能采用室内事先调绘，再到实地查对的方法，这样可收到事半功倍的效果。

四、立体测图

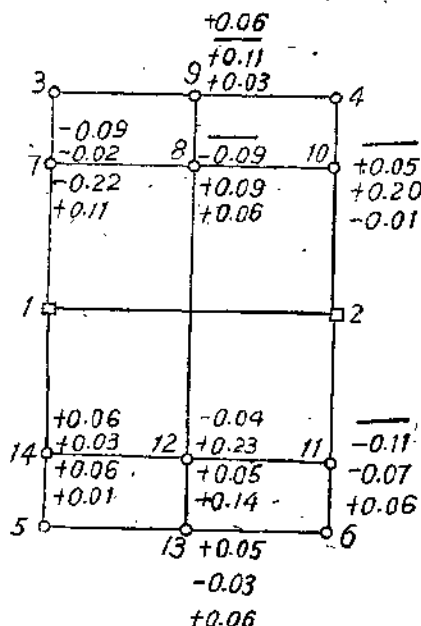
在立体测图中，由于所使用的仪器不同，因而所得的精度也不同，现在仅就微分法成图，叙述如次：

1. 安家庄区测图

首先我們用1818立体坐标量测仪测定相互傾斜角，从第五条航綫开始（因为这一条航綫包括安家庄和附近一段之永定河，控制点分布較密，航綫的方向与河流的方向一致，而且航綫正从这段河流上空經過），用不同的 y 值，二人对测，采用华洛夫公式計算，相差很大，最大的达130多分，根本无法繼續工作下去；后又采用汝可夫二次項

象片压平檢查（用立体坐标量测仪）

表 2



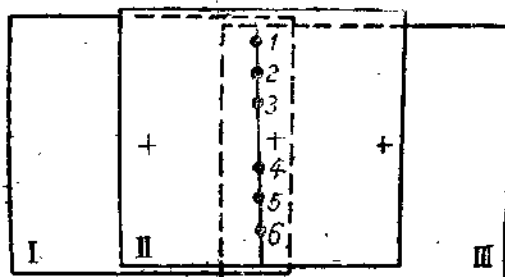
說明：

- 1) $y_3 = y_7 = y_4 = +60$ 公厘； $y_7 = y_8 = y_{10} = +40$ 公厘；
 $y_8 = y_9 = y_6 = -60$ 公厘； $y_{14} = y_{12} = y_{11} = 40$ 公厘；
- 2) 1, 2, 3, 4, 5, 6 各点的 $\Delta = 0$ ，以公厘为單位 ($\Delta = 8$ 量測— g 計算)
- 3) 7—14 各点右边四列数，系分別表示所测四个象对 ($^{862}/_{361}$;
 $^{370}/_{372}$; $^{400}/_{399}$; $^{445}/_{447}$) 之 Δ 值；其中空白各欄，系因点位落在不明显地物上，故未观测計算。
- 4) 表二前二个象对在第五航綫，后二个象对分別在第四及第三航綫。

公式計算，相差亦很大（差10多分）；这时我們怀疑是否因为飞机沿河谷飞行而产生危險圓筒，以致相对定向不定，从情况看，很有可能，但不能肯定；于是又換用不同的 y 值观测，寻找接近数值，算出 Δdx ，及 Δdy 值安置于CTII-2立体量测仪上，根据控制点的高程来进行定向；在这条航綫10个象对中，不是定不起向，就是模型不合理，一条永定河好象一条龙，有的象对内，河面突然凹下；有的象对内，

象片压平檢查（用立体量测仪）

表 3



$d\Delta P$ 象对 点号	360/361— 362/361	370/371— 372/371	435/436— 437/436	447/448— 445/446
	mm	mm	mm	mm
1	0	0	0	0
2	+0.18	-0.09	-0.07	-0.04
3	+0.41	-0.17	-0.08	-0.02
4	+0.04	-0.09	-0.40	+0.27
5	-0.05	-0.24	+0.11	0
6	0	-0.30	+0.24	0
7	—	0	0	—

說明:

1) 表中 $d(\Delta P) = \Delta P_{I, II} - \frac{b_{I, II}}{b_{I, II}} \Delta P_{I, II}$

2) 表中前二象对在第五航綫，后二者象对在第三航綫。

好象水位倒流，呈不規則現象；根据这些情况，我們又用1818立体坐标量測仪和CTA-2立体量測仪再做一次压平檢查（用裱版的象片），用前一方法檢查4个象对，差数最大的达0.23公厘；用后一方法檢查4个双模型，差数最大竟达0.41公厘（檢查数值分別見表2及表3）而且差数較大的点，系在象片中部；因而在这种情况下是无法进行測图的。

于是另換一条航綫（第四条航綫），这条航綫所包含的地形基本是山腰，河流只从象片边沿部分經過，我們也按上一条航綫同样的方法进行，用汝可夫三次項公式計算 Δdx 和 Δdy ，情况較好，基本无多大問題；立測精度亦能达到0.05公厘；等高綫間距取5公尺；在一象对內的高差一般約为300公尺左右，除个别象对等高綫接边有問題外，其余均能接得上。

投影轉繪对点精度，一般能达0.4~0.5公厘；系在象片上改正投

永定河安家庄地区航測图与人工測图高程比較表

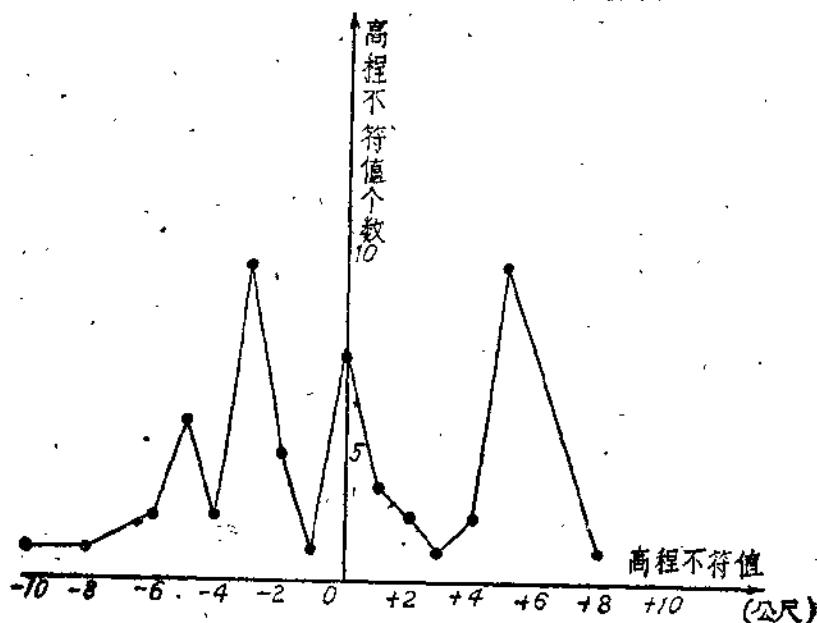


图 2

影差：帶距取10公尺；其余按一般方法进行。

測完这一条航綫后，再繼續測其他航綫；根据与人工測图 1:5000 原图上52个高程点比較，得出平均誤差为3.4公尺，最大誤差为10公尺（如图2）。

以后，我們又到实地用視距法求出各点的高程来檢查航測图的精度，共設測站5个，測69个点，得出高程平均誤差为3.4公尺，最大誤差为9.8公尺（如图3）。

永定河安家庄地区实测高程与航測图及人工測图上的高程比較表

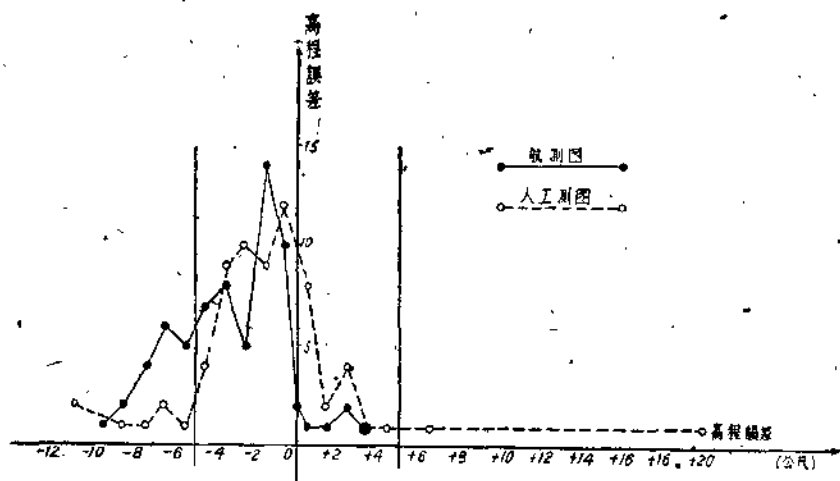


图3

从实地檢查，发现航測图上高程一般較低，这宜引起立体觀測者注意。

我們又將这些点，檢查已測的1:5000人工測图(1958年6月測)，得出該图的平均誤差为±2.9公尺，最大誤差为20.0公尺（如图3）。

由此可見，航測图与人工測图的平均誤差相近，但最大誤差則較小。

2. 下盤甸区測图

当安家庄区大比例尺測图試驗初步有了进展的时候，上級布置一

項緊急任務，即在安家庄下游不遠的下章甸地區需要1:5000地形圖，該區原有圖幅不夠用，要在原有地圖的基礎上擴展約10平方公里，時間要得很急，如果從別處調來地形隊完成這一任務，在時間上有問題，據估計至少需要一個半月；在經費上花費也是比較大的。我隊接到這一任務後，即利用已有30公分×30公分， $f_K=500.25$ 公厘，比例尺約為1:8000的航攝象片，派4人分為兩個小組，在三天的（另加在途2天）完成了26個控制點，同時內業將30公分×30公分的象片縮成為18公分×18公分，象片比例尺則成為約1:13400；用汝可夫二次項公式二人對測，求出 Δd_x 和 Δd_y 相差約7~10。立測定向精度亦達到0.05公分；在象片上改投影誤差，用特寬角投影器進行投影轉繪，對點精度一般為0.2~0.8公厘，以0.4~0.5公厘較多，個別有達1.0公厘者；等高綫間距取5公尺，帶距取15公尺，一條對內高差約400~500公尺；其餘與一般作業方法相同。

這地區地物甚少，陡岩較多，一幅（1:5000）圖約5~6天，一人作到底可以全部完成；因此，在很短的時間內（約16天）我們便完成了這一任務，由此亦可見航測成圖的優越性。

但在这次試驗中，我們曾用復照儀將象幅縮小，影象不甚清晰，後改在蘇聯大型糾正儀上進行縮小，由於該儀器象片盤的每一個角截去5公分，有一部分控制點被遮住，致使立測無法進行定向，經將每片分縮為兩片，立測雖可進行，但增加了基本象片數目，也就是增加了一些工作量。又因公元放大紙收縮係數大而且不一致，即是象紙的裱版方向一致，收縮也不完全一致，因此，在將象幅30公分×30公分，縮為約18公分×18公分時， $f_K=500.25$ 公厘，也必須相應地縮為 f'_K ；根據實量結果，並不是這樣；後來我們取 $f'_{K1}=298.26$ 公厘 $\pm 0.2\sim 0.3$ 公厘和 $f'_{K2}=299.20$ 公厘 $\pm 0.2\sim 0.3$ 公厘兩組數據作為計算相互傾斜角的 f 值。

成圖後到實地檢查，共設了7個站，測92個點，在所檢查的兩幅圖中，每幅約實測 $\frac{1}{4}$ 的面積，重點檢查了與已成圖幅（1:5000）的接邊情況。在所設7站中，有4站在圖幅內共測62個點，一般情況很雜，與實地相差均在5公尺以內（圖上基本等高距為5公尺），以相

差2~3公尺的为数较多，其中有一条沟底部分相差近10公尺，但这几点在实地检查时，观测垂直角（用030经纬仪）近30°，边长亦超过500公尺，可能实测本身所含误差亦较大，不过内业所测的等高线比外业实测者，所差的高程，几乎全部为正数，这点亦宜引起立体观测者注意（安家庄区及下苇甸区立测者不是同一人，而实地检查者则同是一人）。

又在另三个测站测30个点，情况较差，高程相差在5公尺以内者只佔1/5，其余均在10~15公尺之间，而且曲线同一方向逐渐偏歪，位移约3公厘，后经检查，发现在内业成图中，展点差约1公厘，测繪面积超出定向点约3公分，已接近象片角；因此将外业检查时所补测的一点，补入象对，重新定向与测繪等高线，再投影转繪，偏扭现象立即得到纠正，并且高程也与实测者基本相符，合乎精度要求。

从检查中还发现内业所测的地貌表现不够真肖，隐性线亦欠明确，地物取舍还欠恰当，有些碎部表示不够详细，在象片阴影较深黑部分的地貌变形较大，在乱草及密植地区的沟底曲线，往往未繪到山沟深处，这些缺点，亟宜克服。

3. 立体测图中应注意事项

从以上两次试验看来，用微分法测制山区大比例尺地形图，如果等高线间距取5公尺，是完全可以达到精度要求的。如果底片充分压平，航摄质量及影像质量良好，仪器精确检定，作业技术精湛，则成图精度还可大大提高；为此，宜对以下几点加以注意和改进。

1) 内业人员增强实地经验和丰富地形与地貌学的知识，是保证成图质量的积极因素；

2) 在各工序中，宜紧密连系，仔细检查，避免不应有的差错；

3) 摄影材料的质量应加检定，象纸宜用无光纸或半光纸，色调宜稍淡，影像细微部分应充分显出；最好是用索版的象片做控制测繪，立测也用这份象片；

4) 立测定向最好有6个定向点（包括检查点），测繪面积最多不能超过定向点外10公分；