

基本馆藏

257637

全国测绘科学技术经验交流会议

资料选编

航测成图方法

全国测绘科学技术经验交流会议资料选编编辑委员会编



水利电力出版社

63
22

航 测 成 图 方 法

全国测绘科学技术經驗交流會議資料选編編輯委员会編

*

21643654

水利电力出版社出版(北京西郊科学院路二里内)

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本*5 $\frac{1}{2}$ 印張*136千字

1959年10月北京第1版

1959年10月北京第1次印刷(0001—1,320册)

統一书号: 15143·1740 定价(第9类)0.66元

5(3)63

86322

257637

出版說明

1959年2月，在武汉召开的全国測繪科学技术經驗交流會議广泛地交流了各方面的先进經驗和技术革新成就。为供全国測繪工作者学习先进經驗的参考，今由大会秘书处組成編輯委員會，按专业編选汇集，予以出版。为加快出版时间，本資料由測繪，建筑工程、水利电力、煤炭工业等四个出版社協作出版。

本冊介紹了航測的綜合使用及其航測的野外作业的要求，其次，还介紹了如何使用雷达航測及其仪器的制作，最后还簡述了航測的大比例尺地形图使用等。

本冊系有关各单位实际工作經驗汇编而成，书中举有許多实例，并附有必要的图表，可供各有关地勘、測繪人員工作之参考。

目 录

第一节 雷达航空測量及其仪器的試制

.....	国家測繪总局雷达測量队	(1)
.....	中国科学院測量制图研究所	

第二节 航空測量大比例尺地形图(7)

- 一、用小比例尺象片采用綜合法測制大比例尺地形图
經驗之一..... 水利电力部北京勘测設計院(7)
- 二、用小比例尺象片采用綜合法測制大比例尺地形图
經驗之二..... 建筑工程部綜合勘察院(14)
- 三、用小比例尺象片采用綜合法測制大比例尺地形图
經驗之三..... 水利电力部长江流域规划办公室(26)
- 四、用小比例尺象片采用綜合法測制大比例尺地形图
經驗之四(摘录)..... 中国科学院測量制图研究所(30)
- 五、江苏省一万分之一航測成图总结..... 江苏省水利厅(36)
- 六、用微分法測制山区大比例尺地形图的試驗
..... 水利电力部北京勘测設計院(49)

第三节 航測外业作业方法的經驗(62)

- 一、单張象片測图工作中充分利用象片优越性的几点
經驗..... 水利电力部黄河水利委员会(62)
- 二、航測外业的几点体会..... 水利电力部黄河水利委员会(65)
- 三、航測外业的几点体会..... 新疆维吾尔自治区荒地勘测設計局(67)
- 四、重沼泽地区(北大荒)和蔭蔽区(黑河)航測外业的
經驗总结..... 农垦部荒地勘测設計院(71)

第四节 航空測量內业作业方法的經驗(81)

- 一、航測十万分之一編图方法介紹..... 国家測繪总局西安分局(81)
- 二、十万分之一立体測图作业經驗摘录..... 国家測繪总局西安分局(90)
- 三、“編制象片平面图”的工作經驗..... 国家測繪总局西安分局(96)
- 四、航測縮小片投影刻图法..... 国家測繪总局綜合測繪队(114)
- 五、高山地区航測內业經驗总结摘要..... 武汉測繪学院(118)

第五节 地面摄影测量(123)

一、用地面摄影进行山区野外控制测量試驗的总结
.....水利电力部北京勘测設計院(123)

二、黄土高原塬方地区地面摄影测量技术总结
.....中国科学院测量制图研究所(129)

第六节 航测在铁路测量中的应用(133)

一、航空摄影选綫的优越性铁道部铁路专业設計院(133)

二、土洋結合的铁路航测选綫經驗铁道部第二設計院(134)

三、无綫电抄平在铁路航测中的应用铁道部铁路专业設計院(144)

四、隔絕基綫及大地四边形平差铁道部铁路专业設計院(148)

五、用航测法編制1:2000铁路樞紐图铁道部铁路专业設計院(158)

第七节 利用航测象片和經緯仪綜合测图介紹

.....青海石油管理局(159)

第 一 节

雷达航空測量及其儀器的試制

國家測繪總局雷達測量隊
中國科學院測量制圖研究所

為了提高測繪作業的生產率，以及為了解決我國困難地區的航測成圖問題，去年國家測繪總局成立了雷達隊，在蘇聯專家的幫助下，利用 PFCII 系統（蘇聯中央測繪科學研究所相位式雷達測量儀）已開始了試驗工作，今年將繼續開展較大規模的十萬分之一和二萬五千分之一比例尺測圖的試驗工作和生產任務。同時，測量制圖研究所的同志在黨的正確領導和大力支持下，以及在蘇聯專家幫助和各兄弟單位的大力協助下，初步試制成了我國第一部雷達航空測量儀。這對迅速發展我國的測繪事業將起着巨大的作用。

（一）

不論在國外或國內，地面的地形測量在測繪事業中應用了好幾個世紀。隨着航空事業的發展，航空攝影測量逐漸代替了地面的地形測量。近來電子學高度發展，電子學應用於測繪科學上的可能性已成為現實，在測繪科學上誕生了雷達航空測量。雷達航空

测量在世界上虽然还很年青，但它的优越性和用途的范围正在日渐扩大，这将使测绘事业走上新的历史时代，现将它的用途和优越性概述如下。

(1)在高山、沙漠和沼泽地带、人烟稀少、交通不便、供应缺乏的地区，要建立大地控制网和进行测图工作是很困难的，甚至无法进行。如采用雷达航空测量就可以在这些地区进行测图工作，因为雷达航空测量只要利用极少的大地点。譬如说，将近10万平方公里的范围内，只要二个点就够了。而且测图的地形平面控制点也可利用雷达资料和电台(起始点)的坐标，求出每张象片的平面坐标来。所以利用雷达航空测量来进行测图，可以减少80~90%大地控制测量工作和90%以上的象片平面连测工作，给国家节约下大量的投资。同时，雷达测量可以应用在一般地区以及与航空摄影有关的工作，如森林调查、航空磁测、铁路选线等都会做到多快好省。

(2)由于雷达航空测量所获得的航空象片，已经求得了它的平面坐标，这样就大大加速了成图的时间，及时满足经济建设和国防建设上的需要。例如，采用雷达航空测量，一架飞机在一年内可以做出约近10万平方公里地区的具有平面位置的象片(按航摄比例尺1:60,000，工作6个月，每月平均7个摄影日计算)。如果不采用雷达测量，那将延长很多的时间。

此外，在建立大地控制网以前，我们可以假定坐标系统，由雷达测量求出基线长度(两地面电台间的距离)，同样利用雷达航空测量进行测图工作。待日后建立了大地控制网后再加以连测和归算。如此看来，可以解决长期以来大地测量工作跟不上航空测量的矛盾。

(3)利用雷达航空测量可以测量精度较低的三角边长，借以在困难地区传递三角网。

根据苏联有关文献，用 PTCII 系统测定象片投影中心的平面坐标，其中误差为5~6公尺，可以满足1/100,000和1/25,000比例尺成图的要求。至于雷达测量的精度到底如何，有待于1959年在

試驗中，根据中国具体情况加以測定之，此时当可作出各种条件下比較具体的結論。

(二)

雷达航空測量是航空摄影与雷达測量同时进行的。

利用 PFCII 系統进行雷达測量，一共有三部电台，主台装在飞机上其座标是我們欲求的。另外二部地面电台分別安置在相距 200 公里左右的地方，其座标是已知的。

主台裝置包括一部发射机、三部接收机、一个相位計数器，二个摄影記錄仪，二个示波器。每个地面台包括一部发射机，一部变频接收机，一个示波器。

工作时，主台发射固定頻率 f 的电磁波，由主台与两个地面台分別接收，其中一个地面台将主台頻率 f 变为 $\frac{1}{2}f$ ，另一个电台变为 $\frac{1}{2}f$ ，重新发射出去，被主台接收經過相位計数器就可以显示出与座标有关的相位差来。这些相位差通过摄影記錄器記錄在胶卷上，根据胶卷所得的成果乘以系数 K ，即可求得距离的增量，从而求得摄影站到地面电台的距离，根据这个距离基綫长度以及地面电台的座标，用解析方法就可得到摄影站的座标。

(三)

雷达航空測量的作业程序，大概包括下列四个步骤：

1. 編制技术設計書：

在編制过程中，最主要的問題是选择地面电台的位置，一般是在小比例尺地形图上进行的，在选择电台时要考虑下面几个問題：1) 我們要求地面电台与飞机主台是直接通視，因此两电台間的距离是随航高而改变。譬如构架航綫的航摄比例尺为 1:40,000，摄影鏡的焦距 100，航高 4,000 公尺，两电台間距离約 300 公里。航高愈低，这个距离也要随之縮短；2) 正如大地測量交会一样，两电台与飞机的交会角应大于 30° 小于 150° ，这样才能保証精度要求；3) 电台附近应有大地点，便于連測；4) 其他如交通是否方

便，有无电台干扰，以及地形条件等也必须注意。至于地面台实际安置的地点，待测区踏勘后再进行决定。

2. 雷达航空摄影

在进行比例尺十万分之一测图时，雷达测量只需在构架航线上进行；而进行二万五千分之一测图时，除了构架航线外，还需在测图航线上进行雷达测量。同时还需敷设一条垂直于构架航线的辅助构架航线，它的作用是与构架航线组成若干闭合环，供雷达测量网平差之用，辅助构架航线必须通过地面电台或大地点。

3. 外业工作

在野外必须进行雷达测量胶卷的冲洗、编号、整理、检查记录质量和闭合环的闭合情况等，以便确定是否需要返工和制订日后象片连测的工作计划。同时，还要测定电台的平面座标和高程及求出起始象对象底点的座标，为此，需在該象对内连测四个平面兼高程点。

4. 内业工作

(1) 对雷达测量记录胶卷进行读数，以求出象片至电台的距离；

(2) 确定构架航线与辅助构架航线之间的联系，以建立雷达测量网闭合环；

(3) 计算起始斜距；

(4) 把大地测量基线长度与雷达实测结果加以比较，以确定线长系数 K ；

(5) 计算和平差闭合环中的闭合差；

(6) 计算航线上象片投影中心至地面电台的距离；

(7) 计算每张象片投影中心的座标；

(8) 加密构架航线上的平面控制；

(9) 加密测图航线上的平面控制。

读取雷达测量记录相位周期的零数要求读到0.01周期的精度。但由于周期记录很短，直接在记录上读数不可能达到这样的精度，必须用照象放大机放大后再读数。国家测绘总局雷达测量

队自制了投影放大器进行周期讀数，解决了当时买不到放大机的困难，同时也节省了經費。

投影放大器由聚光和放大两部分組成。

聚光部分，是用两片单凸透鏡組成（如上图），图中的1、2就是两聚光透鏡，其相互位置固定，凸面向里。

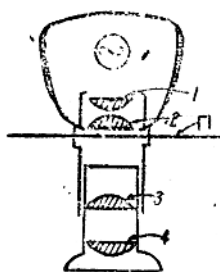


图1

放大部分，是用小幻灯机改装的，它的放大鏡頭有两片单凸透鏡，如图中3、4就是放大鏡頭，两凸面要向外，其作用和双凸透鏡完全一样。胶卷 π 上(图1)的影象通过它放大成倒象。

聚光部分和放大部分的相关位置必須是可变的，用以調制焦距用。也就是我們平时所說的“对光”(参看图)图中装有3、4的圓筒是可以任意上下移动的。

(四)

为了发展我国的雷达航空測量事业，除了总局雷达队进行試驗外，測量制图研究所根据国家計劃着手对雷达測量的主要仪器进行了試制工作。

这部仪器是仿苏联的 ПТЧ_Б 系統試制的，但其中有几个重要部件是根据我国現有的資料、器材和技术条件，重新設計的。首先根据中国的資料选择了頻率，为了提高精度将頻率比由 $2/3$ 改为 $3/4$ ，由 $3/2$ 改为 $4/3$ ，另外在功率方面，內部結構方面做了某些改进。在試制过程中，也曾走了不少弯路和碰到不少的困难。主要是大家沒有試制仪器的經驗，同时設備和器材条件也远远不能滿足要求。在党的支持下，才坚定了同志們的信心，并在全國一盘棋的精神下，獲得了4020部队和許多兄弟单位的全面支持，解决了許多問題。通过这次試制，我們还深刻地体会到苏联专家給予我們真誠无私的支持。

現在对这台仪器正准备进行质量鉴定，以便进一步改进和正式投入生产。

此外总局雷达队还自制了晶体振荡器，因为在雷达测量设备中，反射台受主台激励而工作，本身不能独立。如无主台激励，反射台无法工作。但为了校正和調諧反射台的接收部分，如每次均要主台发射，这使工作受到了很大牵制；尤其在二台相隔很远距离的野外，这样工作更不方便，因此反射台非常需要一晶体振荡器作为訊号发生源，其頻率必需和主台一样，这样晶体振荡器发出的訊号相当于主台的訊号，在进行接收机的調諧和測試时，主台就不需要发射，而使工作既方便又快又正确。并且将以前不可測試的东西，如天綫加到輸入回路，对此回路的影响均能順利解决，由此提高了接收部分的灵敏度和選擇性。而且按野外作业的要求来制作的，故使用及携带均很方便，保证了雷达测量工作任务順利完成。

第二節

航空測量大比例尺地形圖

一、用小比例尺象片採用綜合法測制 大比例尺地形圖經驗之一

水利電力部北京勘测設計院

(一) 前 言

在蘇聯航測綜合法規範中，已明文規定了象片比例尺要大於或等於成圖比例尺，如規範§13中就有這樣的規定：

成圖比例尺	象片比例尺
1:25,000	1:20,000或1:25,000
1:50,000	1:40,000或1:50,000
1:100,000	1:75,000

我們過去就是遵守着這種規定進行工作的。直到1955~1956年間，北京勘测設計院要在河北某地區及河南某地區測制1:10,000地形圖共約3,700平方公里。若用人工測圖則時間趕不上需要，于是就考慮用航測成圖。當時某局在上述地區已攝有1:35,000和1:43,000的航攝底片，因此就有人提出利用這種底片來測制1:10,000象片圖，但有人認為這樣做不能保證成圖精度；例如刺點誤差是0.1公厘，經放大3.5或4.3倍後，由此而引起的平面位置誤差將會達0.35公厘或0.43公厘，那怎麼能達到0.3公厘的對點精度呢？但有人則認為事實不會完全是那樣，因刺點誤差的方向一致時，地物點的相對位置是不受影響的，同時認為測圖過程中的各種誤差，絕大多數是偶然性的，它們之間有互相抵消的可能（當然也有累積可能）。如果把誤差都按累積來看，那麼象片比例尺即使和成圖比例尺相等時，並設糾正點是從輻射三角測量取得

的，这些点的平面位置误差也达到 $0.3 \sim 0.4$ 公厘，加上 0.1 公厘的刺点误差，也将会达到 $0.4 \sim 0.5$ 公厘的平面位置误差，这样 0.3 公厘的对点精度同样会达不到的。为了提高成图的精度，纠正点全部在野外测定，则 0.3 公厘的对点精度是可以得到保证的。这个意见得到领导上的支持，于是我们就第一次打破常规，利用 $1:35,000$ 和 $1:43,000$ 的航摄底片来测制 $1:10,000$ 的象片图了。事实证明，将底片放大 4 倍左右进行纠正， 0.3 公厘的对点精度是完全可以保证的。通过这次实际作业我们还体会到，象片放大纠正的潜力还可以发挥出来，这对综合法测图所需的人力，时间和经费，将会大大地节省，因此我们还想利用航摄底片放大纠正 4 倍以上的象片图，但受仪器放大倍数的限制，迟迟未能进行。到去年在大跃进的鼓舞下，同志们都发挥敢想敢干的精神，提出了在象片图上加晒公里网进行第一次放大纠正，第二次再放大的办法，以打破仪器放大倍数的限制，最近我们曾利用 $1:20,000$ 的航摄底片（片幅为 30×30 公分）测制 $1:2,000$ 象片图（甲区），随后又以 $1:26,000$ 的航摄底片测制 $1:2,000$ 象片图（乙区），这就充分发挥了航摄底片的潜在力量。

（二）成图方法及过程

（甲）河北某地区和河南某地区的成图方法及过程

河北某地区的航摄比例尺是 $1:35,000$ ，河南某地区的航摄比例尺是 $1:43,000$ ，成图比例尺为 $1:10,000$ ；最后成图精度要求地面点在图板上的平面位置误差最大不得超过 1 公厘。其工作过程如下：

1. 控制测量

- （1）扩展图根网（按航测综合法进行）；
- （2）象片连接（按航测综合法进行）全部纠正点皆在野外测定。

2. 内业工作

(1) 展点。根据外业资料在1:10,000比例尺国际分幅图板上展出纠正点。因为18×18公分的航摄像片经纠正放大后，不是一幅图，有时一张象片跨越四个图幅，这样一张象片内的四个纠正点就不会在同一个国际分幅的图板上，这给制纠正透明模片和镶嵌都带来了困难，因此必须采用过渡图板：就是另设一图板，使同一象片内的四个纠正点都展在该图板上，并将公里网点展出。一张过渡图板可以将许多张象片的纠正点展于其上，为了便于区分，可用不同符号表示。

(2) 用透光法纠正象片(按航测综合法进行)，其对点精度要求在0.3公厘以内，每张象片只晒一份。

(3) 镶嵌象片图。基本上按航测综合法进行，所不同的是：
 a) 安排象片时，若一张象片跨越两图幅或四图幅，则象片在图板上的位置就不能完全依靠纠正点，必须借助过渡图板上的公里网，就是将已纠正好的象片放在过渡图板上，使相应纠正点重合，再将板上的公里网点转刺到象片上，用打孔器打出一公厘的小孔，镶嵌时，就利用这些公里网点与纠正点将象片固定在正式图板上。这比将同一张象片分成几张晒要提高精度和节约材料。
 b) 裁切象片时，不裁出图廓线1公分，因为若要裁出图廓线1公分，当象片跨越四幅时就要晒四张象片，如果不裁出图廓线1公分，只要晒一张就可以，还可以节约1/2的时间和象纸。

3. 外业调绘(按航测综合法进行)

(乙) 甲区及乙区的成图方法及过程(试验性)

1. 甲区的情况

甲区的航摄比例尺为1:20,000，片幅30×30公分，由于纠正仪承影板的面积只有一平方公尺，所以第一次纠正时不能充分发挥纠正仪的放大倍数，仅能把它纠正成1:8,000，在纠正时所用透明模片，不仅有纠正点，而且划上公里网，对点后，即固定透明模片，将软片(18×18公分²)置于纠正透明模片下露光，这样

一張象片就需要分別進行多次曝光，直至航攝底片的全部面積都露過光為止。然後將這些帶有公里網的軟片，分別置於糾正儀的底片盤上，進行第二次投影放大，放大的比例尺是根據相應公里網綫的重合來確定的，這次放大的比例尺是1:2,000。

2. 乙區的情況

乙區的航攝比例尺是1:26,000，片幅是 18×18 公分³。糾正的方法與甲區相同，惟第一次放大糾正的比例尺是1:6,000，第二次放大是1:2,000。

3. 成圖精度的檢查

從這次內業成圖的情況來看，糾正點精度都在0.3公厘以內，鑲嵌圖相應地物的接邊差都在1公厘以內，但這仍不能說明成圖精度完全達到了要求，因此必須通過外業檢查來確定。河北某地和河南某地已進行調繪工作，但尚未進行檢查驗收，故無确切統計資料。經向進行外業調繪的測量隊了解，因糾正倍數放大而發生的問題僅是象片圖的地物輪廓不如未經放大的晒印象片上那樣清晰，但不致於成為調繪的障礙，在精度方面估計能達到灌溉設計的要求。

至於甲區的試驗是和建築工程部綜合勘察院合作的，外業工作由該院負責進行，故精度未能作出最後肯定^①。

乙區是我們自己試驗的，我們曾在—張象片上測了14個野外控制點，糾正時只採用了角隅的四點，對點精度是0.3公厘，在最後成圖的圖板上展上所有這些控制點和公里網綫，這圖幅的圖廓綫採用公里網綫。當象片的公里網綫與圖板的圖廓綫完全重合後，將象片上的控制點透轉到圖板上，各點與圖板上相應點的不符值是，二個點1.3公厘，一個點1.8公厘，二個點2.5公厘；另外我們還拿了兩張象片圖到實地測量了32段距離（用經緯儀讀視距）與在象片圖上量距相比較，得各段距離的誤差如下：

①編者按：建築工程部綜合勘察院的經驗見本節二“用小比例尺象片採用綜合法測制大比例尺地形圖經驗之二”。

一公尺以下	二公尺以下	三公尺以下	三公尺以上
-0.4公尺			
-0.6	-2.0	-2.2	-4.2
-0.4	-2.0	-2.7	-3.9
-0.3	-1.4	-2.2	-3.8
-0.2	-1.3	-2.1	-3.2
-0.7	-2.0	-2.2	-4.7
-0.8	-1.8	-2.5	
-0.8	-1.2	-3.0	
-0.4	-2.0		
-0.5			
-0.1			

从上列数据看来控制点不符值都超出规范的要求，但地物点的相对位置误差还是不大的，这些误差全部是负的，这是由于讀視距时标尺没有豎直和象紙收縮的緣故（因晾于后的 50 公分长的象紙，由于受天气的变化还可增长或縮短 1~2 公厘，上述象片图就比应有长度短了 1 公厘）。如果在鑲嵌时注意克服象紙伸縮的問題，用水准标尺讀視距时注意豎直，这样精度还可以提高，估計是能供水利水电及城市設計应用的。

(三)以小比例尺象片測制的大比例尺象片 图与人工測图的比較

1. 1:10,000 人工測图与航測成图（均按三級地区 25 平方公里計）所用人工用費（表 1）。

2. 1:2,000 人工測图与航測成图（均按三級地区 1 平方公里計）所用人工及用費（表 2）。

表1

人 工 测 图			航 测 成 图 (象比例尺为1/43000)			航 测 成 图 (象比例尺为1/35000)			航 测 成 图 (象比例尺为1/5000)		
项 目	工 日	费 (元)	项 目	工 日	费 (元)	项 目	工 日	费 (元)	项 目	工 日	费 (元)
高级控制	52.8	323.00	航空摄影	52.8	323.00	航空摄影	52.8	323.00	航空摄影	52.8	323.00
图根导线	99.4	606.00	高级控制	52.8	323.00	高级控制	52.8	323.00	高级控制	52.8	323.00
测 地 形	54.8	334.60	象片连接	3.0	18.40	象片连接	3.5	21.40	象片连接	5.0	30.50
			纠正镶嵌	2.0	21.74	纠正镶嵌	2.5	27.12	纠正镶嵌	3.0	35.78
			调 绘	6.5	39.70	调 绘	6.5	39.70	调 绘	6.5	39.70
合 计	207.0	1263.60		64.3	402.84		65.3	411.22		67.3	428.98