

99848



水力發電建設工程 先進經驗彙編

勘測 第一輯

電力工業部水力發電建設總局編



電力工業出版社

30
4

水力發電建設工程 先進經驗彙編

勘測 第一輯

電力工業部水力發電建設總局編

電力工業出版社

內 容 提 要

本書彙編的主要內容是勘测方面的一些先進經驗，包括地質勘探、測量和水文三個方面。共有“第一類岩石的剪力試驗”、“航空攝影測量”、“視距橫尺施測導綫”、“推移質泥沙測驗”和“木炭烘沙箱的設置”等十六篇經驗。這些經驗，着重介紹了近年來水力發電建設勘测人員，學習和運用蘇聯先進的地質勘探、測量及水文測驗的工作方法，結合我國水力發電勘测工作的具體情況改進工作的事例。

書中介紹的“航空攝影測量”可以利用航空攝影內業制圖方法來改進工作，節省人力，還加快了工作進度。

本書是水力發電建設勘测人員和勘测技術工人的重要學習參考資料。

水力發電建設工程先進經驗彙編

勘测 第一輯

電力工業部水力發電建設總局編

410558

電力工業出版社出版（北京府右街26號）

北京市書刊出版業營業登記證出字第082號

北京市印刷一廠印刷 新華書店發行

787×1092 1/32 開本 • 5 1/4 印張 • 109 千字 • 定價（第10類）0.80 元

1956年8月北京第1版

1956年8月北京第1次印刷（1—4,100冊）

前 言

几年來，電力工業部水力發電建設工程在黨的領導和蘇聯專家親切的指導下，廣大工人和技術人員在工作實踐中，學會並掌握了許多新技術，創造與積累了許多先進經驗。把這些經驗加以系統的整理和總結，並廣泛地組織職工學習與推廣，是提前完成五年計劃的有力保證。

電力工業部第一屆先進生產者代表會議的召開，給推廣先進經驗起了很大的推動作用。為了引導羣眾進一步開展社會主義競賽並向科學進軍，本局从上犹、獅子灘、丰满、官廳、古田等水力發電建設工程中已推行的先進經驗，選擇了其中比較有關鍵性和普遍意義的五十項經驗進行了審查整理，輯成：“水力發電建設工程先進經驗彙編”，並分為勘測、施工建築、機電安裝等部分，以便各單位相互學習和交流經驗，提高技術水平，加速社會主義建設。

由於時間倉促，資料尚不夠全，故有些經驗還未列入，因此就難免沒有缺點和不完善的地方，這只好等再版時進行修正。此外，在當前社會主義競賽的高潮中，必將湧現出更多的先進生產者和積累更多的先進經驗，已有的經驗也必將進一步得到提高和發展，我們希望各單位經常注意搜集資料及時總結，以便陸續彙編推廣。

電力工業部水力發電建設總局 1956年6月

目 錄

前言

一、航空攝影測量·····	3
二、視距橫尺施測導線·····	20
三、學習德國專家運用計算機作快速計算的体会·····	40
四、地形測圖“插旗記測法”的介紹·····	46
五、大平板儀測圖的經驗介紹·····	58
六、水電建設工程中第一類岩石的剪力試驗·····	63
七、無水泵鑽進的經驗介紹·····	89
八、電測水位儀·····	91
九、壓水試驗和岩芯素描工作的經驗·····	95
十、三門峽建築材料鑽探操作的体会·····	132
十一、鑽探組建立四查制的經驗·····	134
十二、推移質泥沙測驗·····	136
十三、漲落水位警鈴·····	161
十四、木炭烘沙箱的設置·····	165
十五、審核“浮標流量計算表”的流水作業法·····	171
十六、使用鉄錨固定測船時的幾點体会·····	174

一、航空攝影測量

1955年，水电系統第一次試用航空攝影測量(微分法)來編制地形圖。通过这次实际工作，証明了航空攝影測量繪成的圖，在很多方面都比地面測圖(平板儀測圖或經緯儀測圖)好，今后应大力發展这一工作。現將这种測量簡單地介紹如下：

一、航測成圖的方法

航測成圖与地面測圖一样，首先需要獲得測区範圍內的大地控制成果。当在任务緊急的情況下，僅有三角点和水准点的实地位置而沒有其計算成果时，也能开始外業工作。例如1955年的航測工作，大地隊僅完成了三角点和水准点的选、造、埋、測，未及平差計算，航測外業隊就立刻开始了調繪工作。这样做虽然使航測外業隊增加了大量的計算工作与返工的机会，並延長了作業時間，但畢竟爭取了時間，滿足了任务的迫切需要並避免了高工(以这点來講，地面測圖也是不如航測的，因为大家都知道，沒有大地点計算成果是不可能圖板上畫圖的)。航測內業还可以利用很稀的三角点和水准点(相距50公里只要4个三角点和一个水准点)以無扭曲模型法加密控制点制圖，甚至於为了突击任务还可趕出帶等高線的概略像片地形圖(註一)；

或在進行航測制圖工作以前，利用飛機拍攝的像片制成一般的像片鑲嵌圖，供經濟調查與地質野外的填圖工作應用。因為像片圖上清晰的表示了城鎮，道路，植物田界等地物以及與實際相符的地貌，經濟調查工作者能依此進行野外的調查，地質工作者能在其上確定地質點、鑽孔、物探點、試坑、試洞及試槽等的位置，這樣就可在地形成圖的繪測過程同時，並實地進行部分經濟調查和地質工作。根據這些野外填繪好的經濟調查像片和地質像片便可以在室內轉繪成經濟分佈圖與地質圖。於是使經濟調查、地質和測量等原來以流水作業展開的勘測工作改變為平行作業方式，避免了互相等待的毛病。在像片圖上還可找到很多在地形圖上無法表示或省略了的寶貴資料，並可在其上切斷面以供給設計等方面的需要。像片圖與地形圖一樣具有永久保存的價值。

註一：像片地形圖是根據已有的控制資料（舊圖中的明顯目標或旧三角和水准成果），糾正了像片中原存在之透視誤差和比例尺誤差，然後依照判讀與立體勾繪描出地物和等高線，成為一幅近似的地形圖。圖中也是利用地形符號表示的，像片的判讀方法如下：（1）根據像片上直接觀察到的地物地貌形式、大小、色調、以及地物的陰影，地物位置等來判讀，例如水是呈灰色的（深的地方顏色要比淺的地方來得黑一些），砂洲砂灘等發出明亮的色調，石灘可從具有泡沫的水流顯示，瀑布可以從一條明顯的界限後面帶着白色的泡沫來辨認，公路顯示出白色的路面和線上灰色的邊溝，針葉林有着長的鋸齒狀陰影，闊葉林的陰影是整片的且模糊不清，灌木叢的陰影比較短，色調也比較淡等等。（2）不能直接找到的影像，可以從與之伴同發生的自然條件中找到：例如砂上可根據松林的存在而判讀出來，涉渡場可根據被河道割斷的小徑和道路來判斷，經驗上告訴我們，室內

的精度要到野外去覈實才可靠。

立体勾繪是可以利用最简便的 HEBBO 正射像差板(適合於等高線間距在 20 公尺以上的陡峻山谷地帶)量測精度可達至 0.03 公厘)和 HEB 視差板(達至 0.1 公厘),在具備有特立對照線上測定相當的斷面,然后在立体觀察下填入等高線,或按正射作業一樣的利用德洛貝雪夫像片立体量測儀,与多倍制圖儀(適合於等高線間距在 5 公尺以上),勾繪出等高線,我們在此对比使用德洛貝雪夫像片立体量測儀所照的未經校正过的 $\frac{1}{15000}$ 像片圖(等高線包括 0.9 公厘的放大投影誤差)与人工經緯儀所測的 $\frac{1}{10000}$ 地形圖,作出應的特性比較(如下表):

表 1

圖中等高線高差	該等高線所包括的距離		所佔誤差百分比		
	像片儀器得的	人工測地形圖得的	一次差值	二次差值	%
300 公尺	163.97	162.84	1.13		1
305 公尺	119.17	119.38	0.09	1.04	0
310 公尺	145.05	141.11	0.95	6.86	4.7
315 公尺	177.04	163.04	14.00	7.05	8.7
320 公尺	209.44	188.28	21.16	7.16	11.6
325 公尺	237.83	210.95	26.91	4.75	12.8
330 公尺	265.73	236.78	28.95	2.04	12.5

由此可見像片圖的精度是够技術報告階段的要求。

正規的航測繪圖方法有三种:綜合法,微分法和普遍法(全能法)。綜合法適用於極其平坦的地区,微分法適用於丘陵地区,而普遍法適用於山区。我們水电系統的測量工作一般均在山区進行,因此最宜採用普遍法,其次可採用微分法(此法从理論上分析在山区成圖精度較差),一般不採用綜合法。1955 年航測工作因受儀器設備和工作人員

技術水平的限制，所以採用了微分法，但對成圖精度還是有一定的保證。通過此次工作，我們認為微分法對水電測量有一定的意義。因為我們所需的航攝像片需要由別的單位拍攝供給，而不同的攝影鏡頭在採用普遍法成圖時就需要不同焦距的投影器，這樣就將增加設備費用，並造成一定程度的積壓，而用微分法就不致受到攝影機焦距的限制。

無論採用那種方法，航測成圖都包括外業與內業制圖，外業工作量少，尤其是應用普遍法與微分法，外業工作僅做少量的平面、高程控制，以及調繪地物與註記。從這次測量經驗來看，一幅 $\frac{1}{50\,000}$ 地形圖約需做具有平面位置和高程的平面控制點 13 個（若這幅圖四邊同時測圖，由於圖邊的點可公用，則只要做 8 個），具有高程的高程控制點 80~120 個（根據像片重疊情況而不同），以及約 470 平方公里左右（即相當於一幅 $\frac{1}{50\,000}$ 比例尺地形圖的面積）的調繪工作。若採用下列的室內加密控制點的方法，野外控制點的數量還可以再減少。這些方法是：

（1）完全求出加密點的空間（平面和高程）坐標的方法——空中三角測量法和無扭曲模型法等。

（2）只求出加密點的平面位置的方法——輻射三角和像片導線法等。

（3）只求出加密點的高程位置的方法——直線法和立體量測連續法等。

航測成圖的內業制圖工作量是相當大的。它的工作內容隨方法的不同而改變，這裡僅簡略的介紹一下。

普遍法是將航攝好的底片或正片，裝在多倍投影測圖

· 仪或精密立体测圖仪的投影器上，利用恢复原来摄影暗盒的位置，放映出左右兩相鄰像片的景物，在暗室內構成一个光学模型，然后利用立体测标測繪成圖。有时以机械的投影代替光学的交会，提高成圖的精度。普遍法的好处是：(1)測圖精度不受地形起伏和像片傾斜的影响；(2)所得結果有精确的数字；(3)差不多全部机械化，没有什么計算工作。缺点是：(1)設備費昂貴；(2)培訓技術人員較慢；(3)設備要求比較嚴格，即具有不同焦距的攝影机所攝的像片，在制圖時要求有不同的(与攝影机焦距相同的)制圖設備。这方法的主要过程包括：(1)像片的野外控制和景物的調查；(2)室內的空中三角(每幅圖 16 个点子約須 32~40 工天)；(3)立体測繪地物与地貌(每幅圖約 150 工天)；(4)清繪整飾。

微分法是採用簡單的立体鏡或較复雜的德洛貝習夫立体量測仪(CTД-1 或 CTД-2 型)，或康新立体勾繪仪等仪器，根据立体像对來測繪地貌，地物則在野外調繪，制圖过程中不恢复全部正确的立体模型(因为还存在中心投影的誤差)便繪出有透視关系的等高線与地物，然后全部經過分帶糾正，才將中心投影改为地圖上的垂直投影。所以每个像对要 5 至 7 个高程控制点。

这方法的优点是：(1)分工細，可組織很多人流水作業共同完成一幅圖；(2)人員培訓容易，設備也較簡單，購置容易；(3)一套仪器適合很多型式攝影机。但具备下列的缺点：(1)加密点多、計算工作量大；(2)以近似解法制圖，精度較差；(3)分工細，檢查工作便相应增加了。

微分法的工作过程如下。外業工作：

- (1) 根据地区的特性用計算法或圖解法擴展圖根網；
- (2) 按計劃測定(稀疏的)平面和高程控制点；
- (3) 像片中地物調繪与地誌資料的調查收集。

內業工作：

- (1) 研究原始資料並訂作業計劃；
- (2) 用立体座标量測仪測定像片的相对座标 x 、 y 与傾斜角、加密平面与高程控制；
- (3) 用像片立体量測仪以前，要划分測繪面積和計算起算点的左右視差，以及各已知高程点对起算点的左右視差和对起算点的比高，以便在量測仪上將像片定向；
- (4) 用像片立体量測仪測繪地貌並加以檢查；
- (5) 像片着墨与复照縮小；
- (6) 用多倍投影仪投影器或像片轉繪器分帶轉繪；
- (7) 原圖清繪与整飾。

綜合法：就是將地圖中的地物部分利用航攝像片用糾正的方法在室內得出，而地貌部分則在野外以平板測量的方法描繪。他的好处是与人工測量差不多，不須要很多航測內業設備(最多要糾正仪便够)，缺点是僅能在平坦地区成圖。

这方法的工作程序分二种：

第一种：像片圖測繪法

- (1) 制定平面与高程控制測量技術計劃；
- (2) 擴展圖根網和測定野外平面控制点；
- (3) 像片三角測量；

- (4) 糾正航攝像片並制像片圖；
- (5) 加密高程網，用平板儀於野外在像片上進行地貌測量，並同時判讀地物補測缺少的碎部與調查地誌；
- (6) 清繪整飾。

第二種：單張像片測繪法

- (1) 制定平面與高程控制測量技術計劃；
- (2) 進行航攝像片地貌測量的准备工作；
- (3) 擴展圖根網和測定航攝像片的平面與高程控制點；
- (4) 測量地貌，判讀地物，測量缺少的碎部與調查地誌；
- (5) 像片三角測量；
- (6) 航攝像片的分帶轉繪；
- (7) 清繪與整飾。

二、航測成圖的優點

1. 提高了成圖的質量。

在理論上講，相同比例尺的航測成圖與地面測圖應該具有同等的完整性、詳細性和精確性，事實上由於航攝像片能完全客觀地反映出測區範圍內的全部地物和地形，因而根據這種相片制成的地形圖就一定能更細緻、更全面地表達了地物和地形碎部。例如這次的測量區域中有不勝其數的曲折拐彎的小河，要是進行地面測量的話，即使立尺點放得很多，也不能十分自然而像真地在圖上繪出來，航攝像片卻能非常真實地表示出小河的形狀。

人工与航测成圖相应地形与地物比对的平均，最大，
最小平面誤差与高程誤差統計表

表2

誤差种类 誤差值	平 面					高 程		
	最 大		最 小		平均	最大	最小	平均
	Δx (公尺)	Δy (公尺)	$\Delta x'$ (公尺)	$\Delta y'$ (公尺)	Δd (公尺)	Δh (公尺)	$\Delta h'$ (公尺)	Δh_m (公尺)
第 1 圖	+200	-100	+30	0	106.3	30	0	10.7
2	+180	+150	0	0	98.2	19	0	4.7
3	+340	-275	0	0	99.5	27	0	6.9
4	+190	+65	0	0	101.0	23	0	5.9
5	+170	+320	0	0	103.0	19	0	4.9
6	+140	-105	+30	0	103.7	27	0	5.5
7	+325	-280	-15	0	114.7	26	0	5.2
8	+163	-99	+54	+3	118.0	22	1	6.1
9	+185	140	+83	+5	136.3	10	0	4.2
10	+125	+100	0	0	81.0	15	0	3.5
11	+130	+75	-10	0	82.0	24	0	5.0
12	+172	-135	+5	0	81.0	48	0	8.8
13	+165	-120	0	0	102.9	46	0	6.9
14	+170	-115	+20	0	101.2	19	0	4.4
15	+170	-150	0	0	78.0	32	0	5.4

說明：

1. 平面位置誤差系表示以三稜尺量得之人工与航測圖中的相应明顯地物点的座标差值。

2. 平面位置的平均值 $\Delta d = \sqrt{\left(\frac{\sum \Delta x}{n}\right)^2 + \left(\frac{\sum \Delta y}{n}\right)^2} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum \Delta x^2 + \sum \Delta y^2}$ 。

3. 平面位置的最大差数中之 Δx 与 Δy 虽在表中同一行，但並非表示同一点的 Δx 、 Δy 值而是該圖中所有 Δx 的最大絕對值和 Δy 的最大絕對值。

4. 該兩份地形圖所引用的高程起算点不同，所以每一点的高程誤差等於航測圖示高程減去人工圖示高程加 2 公尺（根据相应的五个

三角点比对后求得起算点平均差值)。

高程误差依大小统计其出现次数的情况

表 3

誤 差 数 值		出 現 个 数					說 明
(以数字表示) (公尺)	(以等高線 間 距 差) 数表示(根)	正号	負号	总数	百分比	增长率	
0	0	211		211	24.2		
1	$\frac{1}{10}$	25	25	50	5.8		
2	$\frac{1}{5}$	52	40	92	10.6	2.1	
1-5	$\frac{1}{10} - \frac{1}{5}$	178	132	310	35.8		
3-5	$\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$	101	67	168	19.4		
5-10	$\frac{1}{2} - 1$	109	125	234	26.8	3.8	
10-15	$1 - 1\frac{1}{2}$	31	30	61	7.0	1.8	
15-20	$1\frac{1}{2} - 2$	19	18	37	4.1	3.7	
20-25	$2 - 2\frac{1}{2}$	7	3	10	1.1	1.5	
25-30	$2\frac{1}{2} - 3$	3	4	7	0.7	2.3	
30-35	$3 - 3\frac{1}{2}$		—				
35-40	$3\frac{1}{2} - 4$	3	—	3	0.3		
40-45	$4 - 4\frac{1}{2}$		—				
45-50	$4\frac{1}{2} - 5$	1	1	2			
[$\Sigma \Delta h$] = 总绝对差值		211				平均	
= 4817 n = 总数		351	213	875	100	2.5	

$$\text{平均絕對差值 } [\Delta h_m] = \frac{[\sum \Delta h]}{n} = -\frac{4817}{875} = -5.25$$

說明：

(1) 高程比對是根據藍圖上相應位置依等高線內插法估計其數字，藍圖本身有 1—2 公厘的伸縮。

(2) 高程誤差與高程的關係，或者與地面坡度的關係正在研究中，現可參閱蘇聯莫斯科測繪工程學院的試驗報告(註二)。

(3) 增長率是等於下一行的百分比除上一行的商數並將 0 至 5 公尺合併計算。

註二：蘇聯莫斯科測繪工程學院在 1915 年曾用 $\frac{1}{25000}$ 比例尺的資料作各種方法描繪等高線精度的研究(用地面實地檢查點的比較方法)，由此得出顯示地貌精度 m_n 的公式：

對於平板儀測圖：

$$m_n = \pm(0.8 + 15.0 \operatorname{tg} \alpha) \text{ 公尺。}$$

對於立體量測儀測圖(微分法成圖)：

$$m_n = \pm(1.3 + 4.4 \operatorname{tg} \alpha) \text{ 公尺。}$$

對於精密立體測圖儀測圖(普遍法成圖)：

$$m_n = \pm(0.8 + 1.2 \operatorname{tg} \alpha) \text{ 公尺。}$$

α 為地面傾斜角。

根據以上三個公式可繪出圖 1。

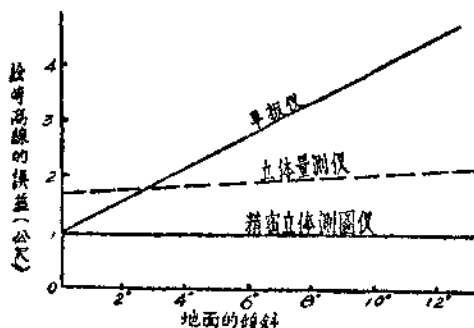


圖 1 地面的傾斜

平面誤差依大小統計其出現次數的情況

表 4

位移誤差數字		出現個數									
以地面表示公尺	以圖面公厘表示	Δx 值		總數	Δy 值		總數	百分比		增長率	
		正號	負號		正號	負號		Δx	Δy	Δx	Δy
0—10	0—0.2	18	3	21	123	100	223	2.5	26.5	0.75	1.55
10—20	0.2—0.4	13	3	16	44	100	144	1.9	17.1	1	1.16
20—30	0.4—0.6	13	3	16	32	92	125	1.9	14.8	1.19	1.25
30—40	0.6—0.8	19	0	19	19	81	100	2.28	11.8	2.04	1.31
40—50	0.8—1.0	39	0	39	18	68	76	4.62	9.0	1.2	1.30
50—60	1.0—1.2	46	1	47	11	47	58	5.56	1.9	1.21	1.38
60—70	1.2—1.4	55	2	57	12	30	42	8.77	5.0	1.32	1.56
70—80	1.4—1.6	75	0	75	8	19	27	8.9	3.2	1.28	3.0
80—90	1.6—1.8	96	0	96	4	5	9	11.4	1.07	1.23	0.41
90—100	1.8—2.0	117	1	118	4	6	10	14.0	1.18	1.5	1.0
100—120	2.0—2.4	175	0	175	4	6	10	20.8	1.18	1.72	1.30
120—140	2.4—2.8	102	0	102	4	3	7	12.1	0.83	2.62	1.17
140—160	2.8—3.2	39	0	39	3	3	6	4.63	0.71	3	2.96
160—180	3.2—3.6	13	0	13	0	2	2	1.54	0.24	2.6	2.0
180—200	3.6—4.0	5	0	5	0	1	1	0.58	0.12	4.9	8
200—220	4.0—4.4	1	0	1	0	0	1	0.12	0.12	1	0
220—240	4.4—4.8	1	0	1	0	1	0	0	0	8	8
240—260	4.8—5.2	0	0	0	0	0	2	0.12	0.24	0	0
260—280	5.2—5.6	1	0	1	0	2	0	0	0	8	8
280—300	5.6—6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300—320	6.0—6.4	0	0	0	0	0	0	0.24	0	0	0
320—340	6.4—6.8	2	0	2	0	0	0				
5 830		13	$\Sigma = 843$		-100		-10				

由上圖可知，用精密立體測圖儀測繪等高線的精度最高，而且它的誤差不因地面傾斜角的增大而增加。立體測圖儀在地面傾斜角

2° 以上地区測繪等高線的誤差比平板儀測圖要小得多。平板儀測圖在地面傾斜角 2° 以下的地区作業，精度才較高，但隨着地面傾斜角的增大，其測繪等高線的誤差也越來越大。

因此我們可以肯定，航測成圖的質量較地面測圖的質量高。

又測区中很多复雜瑣碎的小地貌，如用地面測圖往往因为忽略或者因地区艰險人不能立尺而难以測得精确，但航測內業制圖時，利用立体像對，就能毫無困难地觀察出实地地貌的变化，从而可以正确的在圖上表示出來。而且由於航測成圖的步驟較多，每一步驟都要經過一次檢查，檢查机会一多，自然減少錯誤，提高質量，可以參看下列同一地区 $\frac{1}{50\,000}$ 的航測圖与相对的 $\frac{1}{25\,000}$ 人工經緯儀測量圖的相应部分比對，便可了解航測圖的細致（1955 年航測成圖的比例尺是 1:50 000，等高線間距是 10 公尺）。因为在这个地区曾於 1953 年作过 $\frac{1}{25\,000}$ 的人工經緯儀測量等高線間距为 5 公尺，我們選擇了其中相应的 15 幅圖，檢查了高程点 853 点和平面点 $\times$ 点，研究与統計得出如上表 2、表 3、表 4 等統計結果。

2. 節省時間、人力与費用。

航測成圖一幅圖的地形外業工作由二組分別担任控制和調繪。控制組需技術員一人，測工三人，炊事員一人，共五人。調繪組需技術員一人，測工一人，共兩人。而在微分法成圖的內業工作虽分好多項，各需技術員一至二人，但因这些工作是依順序作業，故計算工日仍可依总的人数來計。

1955 年在 $\times$ 地担当 $\frac{1}{50\,000}$ 比例尺航測微分法地形測圖任务所費的時間和人力分析如下（不包括大地控制、航攝及隊的行政管理部分）：