

工程測量經驗小叢書

第五集

十三陵水庫 測量工作總結

北京市規劃局地質地形勘測處編著



測 繪 出 版 社

出版說明

- 十三陵水庫，是首都58年建築工程中的一項偉大工程，是在我們黨的英明領導下建成的。在這樣偉大工程修建過程中，工地測量隊在邊創造邊測量中摸索了一套測量經驗，我們現在將這經驗總結出版，供給工程測量工作人員參考。

工程測量經驗小叢書

第五集

十三陵水庫測量工程總結

著者	北京市規劃局地質地形勘测处
出版者	測繪出版社 北京宣武門外永光寺西街3号 北京市書刊出版營業部登記出字第041号
发行者	新华書店
印刷者	地質出版社印刷厂 北京市安定門外六集坑40号

印数(京) 1—2500册	1959年4月北京第1版
开本 31"×43"1/32	1959年4月第1次印刷
字数 16,000	印张 3/16
定价(8) 0.08元	統一書号: T15039 285

目 录

1. 控制测量.....	1
2. 坝型控制测量.....	3
3. 进度测量.....	9
4. 测量队的組織形式.....	12
5. 經驗与体会.....	14
6. 附表.....	17

1、控制測量

为了控制坝轴位置，联系本市座标系统，求得轴线方位及座标，并设定精密水准点及施工用水准点，进行了三角网控制測量及水准网測量。在进行时坝区已施工，工地遍地堆置沙石材料，并鋪有若干条輕便铁路，现将进行施測步骤分述如下：

一、控制网的选定

坝長約 600 公尺，由于長度不大，所以采取了基綫增大形式的网形，但工地情形很乱，如作平行坝轴方向的基綫就要横越許多料堆及运料綫，所以选定了垂直坝轴方向的一条輕便铁路路基，作基綫場，組成一中点四边形。高程控制网也同时选定，与北京市的兩個乙种精密水准点連接以成网形。

二、埋点造标

各点均埋 1.2 公尺長、直徑約 0.3 公尺的混凝土樁，中間打入直徑 1.2 公分、長 1.5 公尺鉄筋一根作为标点，并在二基綫点及坝轴东西端方向点各造普通三足标一座，坝下游的兩個水准标点均加作丙种点鉄盖，山上的临时水准点为大木樁，立尺点涂紅漆。

三、观察方法

①測角以威特^T。經緯仪进行观测，坝轴兩端点施測八測

回，基綫端点四測回。甲地三角点連測座标时觀測四測回，照准目标用直徑 3—4 公厘的麻繩染墨吊大垂球，背面衬以白紙牌，觀測規約为旋回差 $2''$ ，倍角差 $5''$ 。

②量距：用校驗过的鋼帶尺量距，用經緯仪設定节点，水准仪測定节点高差，量距时施以 15 公斤拉力，每尺段記錄溫度，讀数到 0.1 公厘，四次讀数最大最小不得差 1 公厘，往返兩測回，測回較差为 $1/25000$ 。

③水准：水准网以 N3 水准仪鋼錐标尺进行觀測；各項規約是：环线閉合差限度是 $1.5\text{mm}\sqrt{L}$ ，鎖部閉合差限度为 $0.3\text{mm}\sqrt{L}$ 。支綫水准用同样仪器觀測，仅讀正尺，閉合差限度为 $7.0\text{mm}\sqrt{L}$ ，（L 为公里数）。

四、完成情况

①時間：1958 年 3 月 15 日至 3 月 30 日外业完成，4 月 5 日内业計算完成。

②参加工作人数：外业时測量員三人，測工五人，内业时測量員二人。

五、几点体会与問題

①土地上地形变动很大，选点时要結合图紙，此次坝西端方向点即定在溢洪道上不能保存。又 B. M. 1 也选在鋪蓋区内也不能保存。

②基綫設在路基上量距比較方便，但測角时由于行車，震動很大，后在三角架下釘大木樁才能按規約觀測。

③良好的觀測時間一般在上午九点以前及下午四點以

后，所以作息时间要根据情况变动，例如应在测站上等天明中午休息下午一直观测到看不见度盘为止。

④工地声音很嘈杂，在读数时要特别注意并要复诵，不然很容易出错。

六、控制网精度

①三角网的精度

本网测角中误差 $m_0 = \pm 1.1819$

$$\text{最弱边精度} = \frac{1}{85000}$$

$$\text{②量边精度} = \frac{1}{26000}$$

③水准网精度， $m_0 = \pm 1.5\text{mm}$ 。

2、坝型控制测量

坝型控制测量的目的是为了控制坝的填筑位置、钉定坡度格以决定坝坡按设计施工，并决定坝面上坡脚，决定上料位置。总之是使坝能按设计意图施工，其步骤如下：

一、设定各种控制轴线

在进行控制坝型的各种测量时，设站点与中轴线的距离必须知道，但是由于坝坡过陡，及工地的繁杂，如每次均自中轴线起量距，是非常困难的，又由于填筑区内不能留任何固定标点，所以必须设立各种条件距离的控制线，其中主要

的是与中軸綫有不同垂距的平行綫群。另外是在坝身兩端断面有变化时的各种斜角控制綫等。設定的方法为：

1. 根据坝的断面图决定綫的垂距，例如要設定控制坝的下坡脚、变坡綫、上坡脚等綫。其他如上下坡脚間隔过长，可考虑再定中点綫，这次就有沙坝脚 52 公尺綫，粘土坝脚 75.7 公尺綫，粘土变坡 50.7 公尺綫等。

2. 各軸綫的方向点可按地形情况設在能長期保存及通視良好地点，一般在坝兩端均有山，故可設在山头上，使在庫底軸綫上任何一点均可与兩端通視。

3. 軸綫的設定最好利用直接量距推平行綫法決定，平地点定好后再投向山头，如兩山头能直接量距則更方便，此次仅甲山能直接量距，量好各点后，測垂直角在乙山头上定点，再在乙山各点及中軸綫端点設站，測各平行綫內对角，用和为 180° 作为校核，如图 1 測 α 及 β 角。 $\alpha + \beta = 180^\circ$ 。

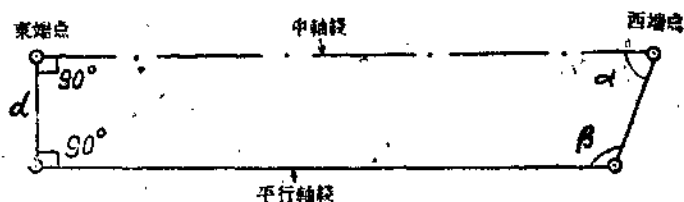


图 1

4. 在地形限制不得已时可用交会或其他間接方法。

5. 在坝兩端断面变更部分的几条斜綫是根据設計图紙定出后再延長投到山上或远处稳定地区。

6. 各控制軸綫方向点均換埋洋灰樁，并立标牌（長50公

分，寬 40 公分），上写明軸距，以便在山下可用望遠鏡辨識，避免錯用；標牌上划綫作為照准目標。

7. 在軸綫方向上盡量多打木樁以防損毀。

8. 施工期間有一組人專作經常檢查及復測。

二、布置半永久性水准点

为了避免每次測高程時均自原點引測，利用了工地上各種電杆、腳手架之類木杆，上釘小釘，作為水准點，并經常檢查復測，這種標點也同時用來測進度收方。

三、填型控制測量方法

按控制的範圍分為兩種，一為填面上坡腳樁的設定，一為填坡樁的設定，分述如下：

1. 填面上坡腳樁的測定。這是為了決定上料位置。方法是在填面上先定出中軸綫，如圖 2 的 C 綫操作時應由一人掌

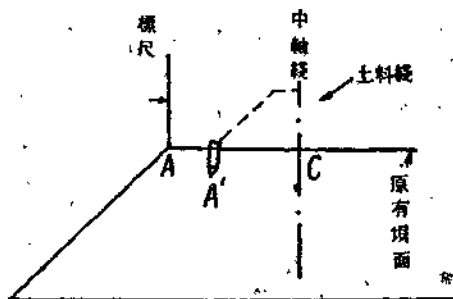


圖 2

握經緯儀，控制軸綫方向。不能打樁時測出原有填面后邊 A 點處高程，根據 A 點高程及設計坡度可算出應有寬度。自 C 量此寬度（用直角稜鏡作軸綫垂直方向）另加余坡（沙填為

1.5公尺)后,在A'处打木樁,实际操作时,先立尺点为A,而应量之长度不一定恰等于CA,即A、A'并非一点,因此要看实地情况。如A、A'高差不大,即可不用复测,如果高差过大,就要再测A'点高程另行计算,这种樁只决定上料位置,精度要求是不大的。A'点樁在地面綫处画标记作为上料的起点,如图上虚綫位置,标樁在沙坝上可用较大木樁或竹竿,樁的密度要看坝面起伏复杂情况而定,一般在倾斜变化点(縱向)要测定。

2.坡度樁的测定。是釘定坡度樁作为修坡的根据,有两种方法:一种是角度定位法,一种是等高程法。

(1)角度定位法:这是用坡面平行綫来决定設計坡的盈亏,根据公式 $\tan B = K \cos \alpha$

式中: B=垂直角

α =水平角

K为坡度 例如1:2为1/2等

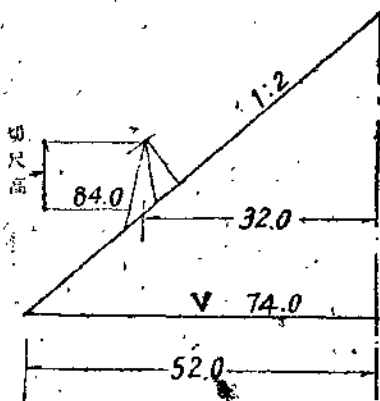


图 3

可以决定坡面上各点是否符合設計坡。这次工作是用垂直坝軸的垂直角来定樁(即 $\alpha = 0^\circ$)現將步骤簡述如下:

①按設計断面图及自控制軸綫推得的設站点距軸綫距离求計站点的設計高程如图3:設站点距中軸綫距为32.0公尺,按設計坝脚距中軸綫在74.0公

尺，高时为 52.0 公尺，坡度为 1:2，可算出設站点設計高为 84.0 公尺。

②利用經緯仪整平望远鏡作水准仪用，后視一已知高程点得仪器高程，減去設計高得切尺高。

③照准綫垂直坝軸，按設計坡度將經緯仪仰一垂直角（例如坡度 1:2 时垂直角为 $26^{\circ}33'54''$ ）。

④在照准方向上定坡度樁，樁上釘小釘，使标尺立于釘上后之讀数加預留高等于切尺高，然后在樁上注明自釘向下若干公尺（預留高）为設計坡，此釘为施工掛綫用。

（2）等高程法：是利用与軸綫平行綫上的高程相同的原理，在緩坡的情况下很适用，例如 1:4 坡。当垂直坝軸的水平距离每差 4 公尺，高程即差 1 公尺，故可每隔水平距离 4 公尺定一排平行坝軸的樁，其中一排樁的設計高得出后，其他各排也为已知，同时可利用水准仪决定各排樁的高程，然后同样加預留高釘掛綫釘。

以上两种方法是精确的控制坡度，給修坡提供标准，其中等高程法比較省事准确，尤其在緩坡上应用更为便利。另外还有一种方法是在坡脚或距中軸綫定距处埋設長竿，用紅漆注明整数高程及应量至坡面之水平距离，作为概量控制之用如图 4 所示：

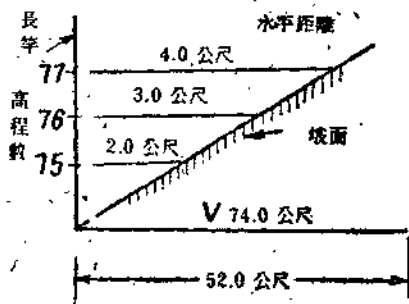


图 4

四、应用的仪器及精度限制

由于各平行軸綫是起控制作用，精度上要求比較高一些，此次是用蔡司 010 及威特 T，經緯仪定綫測角，鋼尺量距，讀數到公厘，平行綫內角閉塞差在 $30''$ 以內，定坡度樁使用蔡司 030 及日制 $20''$ 經緯仪，皮尺量距，水准讀數到公分，設定數与計算數的不符值一般掌握在 2 公分以內。

五、經驗与体会

1. 定各控制軸綫最好尽量用直接量距方法比較精确，所以应在施工前現場平坦时将全部軸綫測定，并加以明显标志及妥善保护。

2. 在軸綫上求点时可采用一端設站照准另一端的設点方法，或先設站在軸綫大致方向用正反鏡的試驗法，二者可比較所需時間（如上山难易情况）的省費，来选择采用。

3. 用垂直角定坡度樁时，切尺高应尽量小，过長了尺扶不稳，影响精度，可尽量縮短設站点至軸綫距离。

4. 用經緯仪測水准得仪器高时，后視不要过远，同时要檢驗經緯仪的这一性能是否充分。

5. 坡度樁的間隔一般約 20 公尺一排，每排 2~3 个，根据工程需要而定。

6. 填有轉角时坡綫綫的垂直角要另行計算，例如两个 $1:2$ 坡面作 135° 的交角时坡綫的垂直角是 $24^\circ 47' 39''$ 。所以定坡时要注意。

3. 进度测量

进度收方是为了供給计划統計資料，按工程进度情况每天或每班將完成土方数測出，其步骤如下：

一、测定原始地面高程

在坝址清基后填土前將地面高程測出作为起算土方根据，这项工作要与施工單位保持密切联系，及时了解清基是否完成，否則在施工紧迫期間，可能发生漏測情况。测量用方格高程方法，在附有方格的地形图注明各点高程，方格間距可根据地形复杂情况及設計需要定为10或20公尺，在測区内选定零点定出方格点的座标系統，此次以坝西端作为零点，縱座标則以距坝軸垂距为准。

二、埋設标志

方格决定后在坝区内埋設永久性标志两种：一种是与座标零点有关的标志，即自某孤山上选定一点在与坝軸垂直方向；坝下游定一点，測定此垂綫与零点距离为299.4公尺，即定为一个座标軸，可不用考虑零点是否能長久保存，因零点所在坝端山坡須經爆破处理。另一种标志是决定方格点位置的方向标，由于填土区内一切标志不能保存，故在方格綫兩端施工区以外埋設長竹竿或杉槁。每一方向上兩根如图5所示，使用时用目瞄准，使竿重合，即可决定各点，并可利用一种方向架，用眼瞄准架上互相垂直的兩对小釘与所埋杉

稿重合时，立架处即为方格上一点。方向架如图6所示。

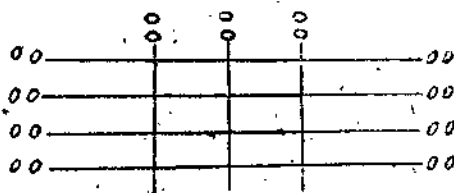


图 5

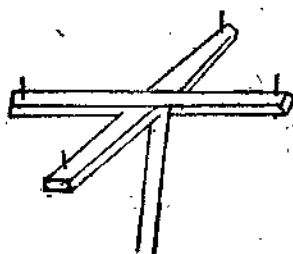


图 6

三、布設水准标点

工地上不易長久保存標誌，但如每次均以原点引测会很費時間，所以利用了工地上电杆、脚手架之类上的釘作为半永久性水准标点，应用上比較方便，木杆上注明点号高程，同时要經常檢查校测以防止变动。

四、測量方法

有兩種：

①方格点高程測量：即测出各方格点高程后与上次所测各点高程相減得高差，即升高数，若干方格点取平均升高数，乘方格总面积即得填土方数，这个方法最初应用在全测区，后因坝身断面复杂，方格法計算不够精确，反应用在鋪盖区。

②断面測量：主要应用在坝身（沙坝斜墙），每20公尺测横断面一个（后因沙坝坝面起伏差过大，改10公尺一个）。平时施测时就测頂部，展图时与昨天所测断面綫圈成一閉合

綫，計算時是求這閉合綫面積，按下面公式計算：

$$V = \frac{L}{2} (A_1 + A_n) + L(A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1})$$

式中：V = 總土方數，

L = 断面間距，

A = 各断面变化部分面积。

在断面距离有变化或有零散土方时要另行計算。断面图的比例采用1:200（縱橫相同）。

測量所用仪器就是一般水准仪及塔尺，量距用皮尺，讀数到公分，計算断面面积时可用卡規法或求积仪法。

五、施 測 时 間

水庫施工的一个工日是15时0分到次日15时0分。每日測进度也要在这時間进行，由于測量需要一个过程時間，大約一个半小时，所以要自14时0分开始到15时30分左右，目的是要把15时放在測量時間的中間。然后經內业計算在19时前报出。另外在每旬末作一次总收方，測全断面，計算总方数。这样可把本旬每天日报累积誤差数作一次調整。測全断面時間較長，为了不影響下午日收方，規定在当日上午开始。

六、施工进度日报表

見附表，如利用方格高程时要附送方格高程示意图。

七、几个問題

1. 測量所得方数与各施工大队自报数量有时相差很多，

自报数据的来源是用皮尺量方，結果比較粗糙，所以仍以測量数字作为上报統計数字。

2. 虛实方問題，因在工程日夜連續进行时不可能等候全坝面夯实后进行測量，因此各点有实土，有虛土，結果是虛实方。

3. 在粘土斜墙斜坡上的木樁还是可以保存一定时期，因此可每20公尺釘木樁一个，作为断面位置的控制，在收方时比較便利，同时这木樁可与釘坡度樁結合起来一樁兩用。

4. 当坝身筑至相当高度时，每次引測水准很不便利，可將水准引到坝面上較稳定地位点作为已知高程是必要的，但应在每次应用时檢查稳定情况，并在一定时期內校測一次以免发生問題。

4. 測量队的組織形式

測量队的組織形式，在測区不大任务正常时期，一般是以集中領導比較能便于調動力量，在仪器使用上也比較灵活。但在工期紧迫各工段包干施工情況下，如由各段直接領導指揮时，在解決問題上比較及时。因此測量队組織形式及人力配备也随之而有变化，过程如下：

一、从开工到三月中旬阶段，由測量員三人，測工八人組織測量队，由施工处統一領導。

二、三月中旬后增添一个控制队作庫区的控制网及水准网，包括測量員三人，測工五人。

三、四月初控制工作完了，部分控制队人員加入原測量

队，此时共有测量员六人测工十人，属坝身工区领导，以上各工期是统一领导的，负责全坝区的测量工作。

四、五月进入检工阶段，任务紧迫，水库修建人员增至十万大军，测量队也由测绘学院支援了17人，随即改变了组织形式，主要力量分到各工段；由各段直接领导，另在总工程师室设一个测量总队，与各段测量队的职责分工是：各段测量队负责本段的坝型控制与收方测量，另外作些零星测量任务，测量总队负责供给各段全面性测量资料，如轴线及水准成果等，并检查各段所作坡度槽及轴线等，这阶段全工地共有测量力量50余人。五月中旬更由土建学校调来同学加入，测量人员总数已有70余人，在总队及各段测量队内部又作了以下分工：

1. 总队：分三组：

检查组：负责各段测量成果的检验验收，由五人组成。

轴线组：负责全工地轴线的检查，维修及布设，由四人组成。

水准组：负责全工地水准点的布设与检查，由四人组成。

另外如有临时任务可根据任务性质来分配各组进行工作。

2. 各段测量队：大致是按地区分组，举例如下：

①沙坝东段测量队分为三组：

第一组负责北坡及坝头的坝型控制，由五人组成。

第二组负责南坡坝型控制，由四人组成。

第三组：检查组，由三人组成。

另外有兩人負責零星任務，在進度測量時是全体分为兩組進行。

②粘土西段分为兩組：

第一組負責沙坝及斜牆的坡樁及斜牆的收方，由五人組成。

第二組負責鋪蓋厚度的控制及收方，由六～七人組成。
其他兩工段大致相同。

測量隊的組織形式，隨任務需要而有以上的改變，基本上能配合工程的发展，實際上由於工程進度的迅速，各段以及总队均感到任務緊迫，力量不足，其原因一方面是工作同志業務上不夠熟練，一方面也說明水庫的修建進度是驚人的。

5. 經驗及体会

此次參加水庫測量工作的同志，在業務上几乎都是生疏的，因為大多數人都是搞大地、航測、天文、地形等專業，所以在這一次工作對每個同志來講，都是一次很好的學習與鍛煉。除了將一些書本上的方法運用到實際外，對如何與施工配合，如何體現設計意圖等方向有許多体会，主要的提出以下幾點：

一、徹底了解圖紙

在這個問題上測量是走了許多彎路及發生過錯誤，以致造成工作中的浪費，最後修改了設計。例如西坝頭的轉角