

水利工程管理工作經驗之五

水庫的觀測工作

水利部工程管理局編

水利电力出版社

目 錄

前言	2
佛子嶺水庫的觀測工作.....	3
官厅水庫觀測設備的布置与改进.....	15
土壤基岩的滲水压力觀測.....	23
官厅水庫壩址岩石滲水問題和觀測資料的分析研究.....	27
官厅水庫水文及泥沙觀測工作.....	44
薄山水庫輸水道水力試驗的初步試驗結果.....	130
試制波浪儀的試驗報告.....	136
应变式測速儀的初步試制報告.....	140
土壤平面位移觀測工具的改进.....	144
进气量的觀測介紹.....	146

前 言

八年来，为了战胜洪水，保障广大地区农业生产及城镇、工矿、交通的安全，国家兴修了大量的閘、壩、堤防等水利工程，并在每年汛期动员数百万人民羣众为战胜洪水、排除积涝而斗争。

正确地控制、运用及管理現有水利工程，保証其正常地工作；使其發揮最大的工程效益；正确地組織动员防汛队伍进行防汛工作是各級水利工程管理部門的重要任务。

为了交流經驗，提高业务水平，仅就 1957 年 11 月水利部在郑州及官厅水庫管理处召开的工程管理座談会所交流的經驗文件編写而成“水利工程管理工作經驗”共六冊：“防汛、搶救工作的組織領導”；“防汛、搶險技术”；“堤防的管理养护”；“大型閘壩的管理与运用”；“水庫的观测工作”；“閘壩工程养护检修工作經驗”。

佛子嶺水庫的觀測工作

水利部治淮委員會工程管理处

I 一般情况

佛子嶺水庫建筑在淮河支流淠河東源。攔河壩全部用鋼筋混凝土建成，由 21 个 13.5 公尺直徑的半圓拱、20 个 6.5 公尺寬的空心垛和兩端的实心重力壩組成。壩頂全長 510 公尺，其中 413.5 公尺為連拱壩。壩頂高程 129.56 公尺，最大壩高 74.4 公尺。壩基除小部分是灰白色石英片岩和花崗岩外，大部分為黑色石英板岩。在空心垛間安裝 11 道泄水管道。溢洪道建筑在壩的東端。本工程于 1952 年 1 月开始施工，至 1954 年 10 月基本完成。

佛子嶺水庫的觀測工作从 1955 年开始比較有系統地进行，到目前为止正在进行觀測的项目有：壩頂平面位移、壩基沉陷及壩頂高程变化、溫度、混凝土縫、輸水鋼管震动、輸水鋼管收縮、水庫下游河床冲淤、重力壩滲水、泄洪管泄水水舌曲綫及流量系数、肉眼觀測等。正准备增加觀測的有輸水鋼管进气量、气蝕及庫区淤积等項。

觀測工作是由技干 1 人、測工 5 人組成的觀測組負責进行的。但是由于該庫还有部分尾工，觀測組还担任施工放样工作，所以施工方面的突击任务往往影响了觀測工作的連貫性。

經過二年来的觀測工作，已經收集了一些實測資料。这些資料过去沒有作經常的整理，每年年終也沒有作系統的整編，所以也就沒有能很好的通过觀測工作掌握建筑物的实际工作情况，也沒有能把比較系統的觀測資料提供有关單位參考，这是我們在觀測工作中的最大缺点。

鑒于以上情况，1957 年 3 月間我們把 1955 年和 1956 年兩年來所收集的資料，作了一次系統的整編，为今后整編觀測資料打下了基

础。今后各项观测资料将随时进行初步分析，以供管理运用上的参考，而资料的整编则将每年进行一次。

II 各项观测工作介绍

一、壩頂平面位移观测

佛子嶺水庫壩頂平面位移用两种方法进行观测：一为垂球位置法；一为视准线法。详见1956年全国水利工程管理会议文件汇编。

根据垂球位置法观测结果可以看出，壩頂位移和庫水位及混凝土温度有一定的关系，尤其是

位移和温度变化的关系更为显著（见图1），庫水位不变时温度上升壩頂向下游移动，温度下降壩頂向上游移动，现列举3号壩在水位109.5公尺时温度变化的相应位移量。温度每变化 1°C ，壩頂位移约为0.10~0.29

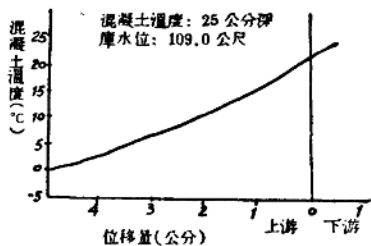


图 1

公厘。位移量幅度除3号壩外，其他各壩均在5公厘以内。3号壩壩

月	日	混凝土温度 ($^{\circ}\text{C}$)	向上游面位移 (公厘)	向下游面位移 (公厘)
3	27	7.7	3.33	
5	2	17.4	0.37	
6	13	23.5		0.21
8	27	25.1		0.43
9	18	22.6		0.16
10	10	16.8	1.23	
10	22	15.0	1.73	

頂位移變幅為 8.15 公厘，向上游最大位移量為 6.17 公厘（氣溫 -9.2°C ，25 公分深處混凝土溫度 -3.7°C ），向下游面最大位移為 1.98 公厘（氣溫 26°C ，25 公分深處混凝土溫度 28.7°C ）。

連拱壩的垛呈三角形，坡度上游面較平，下游面較陡（上游 1:0.9，下游 1:0.36），上游面板厚，下游面板薄，所以溫度升高而垛身膨脹，頂端向下游移動，反之則壩頂向上游移動。各垛在同溫度和同水位時的位移量並不完全相等，中間的幾個垛比兩端的垛位移量小，其中 3 號垛位移量最大，因溫度變化而產生位移亦較其他各垛靈敏。我們認為這可能與上下游面板長度的比值有關，3 號垛上下游面板長度為 1:2.27，其他各垛為 1:1.5 左右。關於這一點由於資料不夠，而且還沒有作進一步研究，所以只能說明這個現象。

平行壩軸綫方向的位移，在庫水位不變時，溫度下降則壩頂向中間移動（即向中間收縮），溫度上升則向兩端伸展。從實測資料可以看出，中間的幾個垛（7~16 號垛）平行壩軸綫方向的位移極小，靠兩端的幾個垛位移比較顯著。

當溫度變化不大（在 $14^{\circ}\sim 16^{\circ}\text{C}$ 範圍以內）時，庫水位上漲壩頂向上游移動，庫水位下落壩頂向下游移動，水位每變化一公尺，壩頂位移 $0.045\sim 0.069$ 公厘。我們認為，這是因為汛期氣溫較深水溫度高得多，庫內深水低溫影響壩的上游面板溫度使之降低，因此在汛期中水位愈高，上游面板浸在水中部分愈多，結果上游面收縮，壩頂向上游移動；該位移量大於壩身因受水壓而向下游的位移量，所以結果壩頂是向上游移動。

保加利亞專家斐力夫在佛子嶺水庫參觀時，對位移的這種趨勢認為是由於淺水部分與深水部分側壓力不同影響壩面各部分的變形不同而造成的（如圖 2），庫空時壩的位置為圖中實綫所示，壩面受水壓力後壩的位置如虛綫所示。

至於水位上漲壩頂向上游移動的原因還需再作論證。

以上是根據垂球位置法觀測成果而說的，所以其中所說的位移量也僅是壩頂固定垂球鋼絲處的一



圖 2

点对下面固定角鉄观测处的相对位移，而并非是壩頂的絕對位移。至于能測得壩頂絕對位移的視准綫法，因为观测精度不高（用 T₃ 經緯仪，視綫 300 公尺、精度在 ± 2 公厘以內，而一般位移量变幅仅在 5 公厘以內），因此所測成果不能显著的反映上述現象。所以用視准綫法来測量壩頂位移还待作进一步改进。

二、基础沉陷及壩頂高程变化

沉陷观测是工程竣工后在下游壩后基础及壩的下游面板上 86 公尺高程处 埋設 7 个标点，进行水准測量。其中 19 号标点因电厂扩建的影响，今后將不能观测。

壩頂高程变化观测是在壩頂人行道上，共埋設 14 个标点，进行水准測量。

沉陷观测及壩頂高程变化观测的基本标点（水准基点）一个，設在壩的下游、距壩的中心約 560 公尺、距壩左端 340 公尺的地方；起测点（即工作基点）5 个，为測量壩頂高程变化，在左右岸下游 130 公尺高程处設立 2 个，为測量基础沉陷，在左右岸下游公路兩旁 86 公尺高程处設立 2 个，为測量西重力壩基础沉陷，在“2 壩后距壩軸 40 公尺处又設立一个。

測量方法是采用精密水准測量，即在基本标点、起测基点、建筑物上的高程标点間进行往返的水准測量，使用威尔特 3 号水准仪和威尔特錫鋼水准尺。壩頂綫一公里的往返測量中，实测精度为 0.57 公厘（水利部郭惠申工程师在“用測量的方法研究壩的变形問題”中談到一公里的往返測量中精度可保持在 ± 0.4 公厘以內）。壩頂綫由于第一个测站后視綫靠近山边及最后一个测站前后視距离較远，影响观测精度，因此精度較差。壩后綫一公里的往返測量中实测精度为 0.302 公厘，标点的高程最初成果往返測量 4 次求得，正常观测往返測量 2 次計算。建筑物上的高程标点及沉陷标点的高程，是將标点分为兩組，靠近左岸的由左岸起测点推算高程，靠近右岸的由右岸的推算，壩頂綫及壩后綫从左岸起测点至右岸起测点經過 7 个测站，因此这些标点的高程最多經過 3 个轉点测得。如以一公里按 10 个测站推算，

壩頂高程標點兩次觀測的精度在 $\pm \frac{0.57}{\sqrt{10}} \times \sqrt{3} = \pm 0.31$ 公厘以內，基

礎沉陷兩次觀測的精度在 $\pm \frac{0.302}{\sqrt{10}} \times \sqrt{3} = \pm 0.17$ 公厘以內，兩次測

量往返不符值規定不大于 ± 0.36 公厘 $\sqrt{n}$ 。

基礎沉陷觀測從1955年5月才開始。在一年半的時間內（1955年5月～1956年12月），基礎最大沉陷為2.20公厘（9號標）。從沉陷過程線上看，在7、8月間5、6、13、17、19號各標點突然上漲，最大的約漲一公厘，我們認為這是由於這幾個沉陷標點設置在壩下游面板86公尺高程處的地方，標點到填土面還有6公尺暴露在空間，這就很可能由於7、8月氣溫上升而影響這段混凝土的伸張。如按混凝土膨脹系數計算，溫度如上升 30°C （佛子嶺水庫氣溫變化幅度為 40.5°C ），則標點將上升 $10^{-5} \times 6 \times 30 = 0.0018$ 公尺。西重力壩沉陷標點由於直接設在岩基上，所以就沒有突然上升的現象。

壩頂高程變化是在1956年12月才開始觀測的，由壩頂高程變化過程線和相當的混凝土溫度過程線可以很明顯的看出，壩頂高程完全隨溫度的變化熱脹冷縮（見圖3）。如果不考慮基礎沉陷，壩頂高程變化為5～14公厘，各標點溫度每變化 1°C 的高程變化值如下表所列：

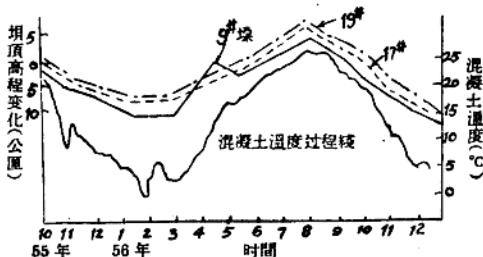


圖3

由下表可以看出，第二項中的數字和按照混凝土膨脹系數所計算的數字是相近的，連拱壩在填土面以上的高程為 $128.9 - 80 = 48.9$ 公尺，按照膨脹系數計算，溫度每變化 1°C 的壩頂高程變化值為 $48.9 \times 10^{-5} \times 1 = 0.489$ 公厘/ 1°C 。

通過實際工作和整編資料，我們認為在壩頂高程變化和壩頂平面

标 点	西重力湖	# 5 墩	# 9 墩	# 13 墩	# 17 墩	# 19 墩
温度每变化1°C的高程变化 (公厘)	0.174	0.465	0.476	0.466	0.469	0.437
变 幅 (公厘)	5.0	13.40	13.7	13.4	13.5	12.6
壩 高 (公尺)	31.5	59.5	58.8	64.5	56.0	56.4

位移的观测和设备布置方面应该注意下列两点。

1. 壩頂平面位移和壩頂高程变化的观测标点应该配合布置，这样才能根据水平和垂直向的位移来确定壩頂某一点的合位移向量。按照同样理由，测壩頂高程变化时，必须同时测平面位移和相应的混凝土温度。佛子嶺水庫除9号墩同时設有平面位移和壩頂高程变化观测标点外，其他各墩都是分开布置的，所以在整理資料时就无法正确地叙述某一个墩的平面位移和垂直位移的相互关系。

2. 壩頂平面位移和壩頂高程变化主要随温度而变化，热胀冷缩，而且在一定幅度内来回变动。因此应该注意把那个温度时的讀数作为原始讀数，也就是把某一温时的讀数作为零点的问题。佛子嶺水庫壩頂高程变化观测以15°C时的讀数为原始讀数。平面位移以20°C左右的讀数为原始讀数。这样虽然不影响实测資料的相互比較，但如能选定同一温度时的讀数作为原始讀数更为合理。

三、温度观测

温度观测包括气温、墩内气温、混凝土温、水温等項。

混凝土温度观测是竣工后才考虑的，是采用弯管温度计凿洞埋入混凝土内，埋入深度有25公分、50公分、75公分三种，惟仅在靠近混凝土表面处用2~5公分厚水泥砂浆封閉，因此不同深度計所测得的温度实际为混凝土表面至該深度处之平均温度。

根据一年多的观测資料可以看出，混凝土内部温度变幅較气温变幅为小，气温年变幅为40.5°C，混凝土温度年变幅为28.8°~34.6°C，而其变幅又随着深度的增加而减少，亦即混凝土温度受气温的影响随着深度的增加而减小。根据資料同时也可以看出，不同深度的混凝土

年最高温度及最低温度发生的时间都差不多在同一天，因此可以說明在混凝土表层 75 公分内的温度变化是随时相应的。

四、混凝土縫观测

混凝土縫（伸縮縫、收縮縫、建筑縫）寬度变化是用两种方法进行测量的。一为在縫的一边埋一千分表，另一边埋一固定杆（见图 4），固定杆的杆端与千分表杆端接触，当縫寬开合变化时，即可在千分表上測讀讀数，其精度为 ± 0.001 公厘。另一种是在縫的兩边各埋一个銅柱标点，用游标卡尺測量标点間的距离得出縫寬变化值，精度为 ± 0.01 公厘。

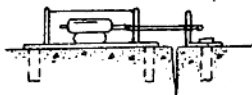


图 4

在檢查中如發現混凝土有裂縫时，除用上面所述方法測量縫寬外，还同时观测其长度发展情况。

从实测資料可以明显的看出，混凝土縫的寬度是随温度的变化，热脹冷縮（见图 5）。而与庫水位的变化沒有显著的关系。根据实测資料所得的温度每变化 1°C 时的縫寬变化如下表：

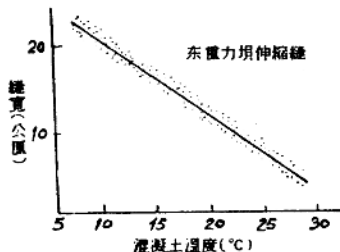


图 5

位 置	# 10 垛内 东 牆	# 10 垛外 东 牆	# 2 垛外	# 13 拱	东重力壩
縫 別	收 縮 縫	收 縮 縫	裂 縫	建筑縫开裂	伸 縮 縫
縫寬变化(公厘/ 1°C)	0.087	0.032	0.034	0.058	0.096

五、輸水鋼管震动

震动观测是用一种由千分表改裝的震动表来測量的，这种震动表

不能測得震幅的絕對數值，僅能測出相對的數值，借作比較。

震動表（見圖6）是用一穩定鉛塊放在彈簧上面，在鉛塊里放一個普通的千分表（0.01公厘刻度），當震動表放在震動物體表面時，穩定鉛塊表示不動，使千分表的承震杆隨着物體的震動而震動。

震動觀測是分別在8個輸水鋼管的第一節、第六節、第十節上進行的，以了解進口段、中段、出口段的震動情況。

另外還購置了一種接觸式震動儀（牌名“Tastograph”民主德國制）來觀測鋼管震動，這種儀器能測出震動頻率和震幅，但因放大倍率較小（最大放大20倍），故不能測出震幅小於0.01公厘的震動，而輸水鋼管在庫水位105公尺以下放水時震幅小於0.01公厘。即使震幅大於0.01公厘而小於0.05公厘，放大20倍後在記錄紙上反映出來的波谷與波峯之間的縱距只有0.2~1.0公厘，而記錄條也有0.1公厘寬。這樣量度時也難精確，因此這種震動儀還要改進後才能適用。

根據上述千分表改裝的震動表測得的成果所繪的庫水位與震幅關係曲綫，點子比較散亂，但還能明顯的看出震幅與庫水位的正比關係。在庫水位115公尺時（即水頭36公尺），第一節鋼管振幅為0.9~0.14公厘，第六節鋼管振幅為0.09~0.12公厘，第十節鋼管振幅在0.09~0.12公厘之間。

六、輸水鋼管伸縮

鋼管伸縮觀測標點是在1956年10月安設的，在8個輸水鋼管上各設一個標點。標點設置在伸縮管接頭地方，兩邊各安設有固定銅圓柱標點。使用民主德國制30公分游標卡尺進行觀測。單次精度 ± 0.02 公厘，兩次觀測平均精度約為 ± 0.01 公厘。

從實測資料可以明顯的看出，鋼管隨着溫度的升降，熱脹冷縮。

震動表

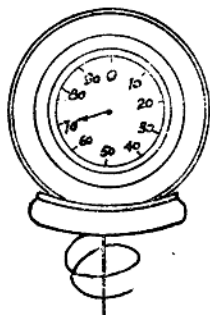


圖6

根据鋼管伸縮和温度关系曲线，可得温度每变化 1°C 时鋼管伸縮变化如下：

*7 垛鋼管—— 0.416 公厘/ 1°C ；

*10 垛鋼管—— 0.376 公厘/ 1°C ；

*15 垛鋼管—— 0.366 公厘/ 1°C ；

平均—— 0.386 公厘/ 1°C 。

按鋼的綫脹系数为 11×10^{-6} （攝氏每度），若以垛內鋼管長度 54.6 公尺計算（未包括兩端埋入混凝土部分），其伸長量为 $54.6 \times 11 \times 10^{-6} \times 1,000 = 0.601$ 公厘/ 1°C ，实测之伸脹量均較計算者为小，若以平均伸脹量 0.386 公厘/ 1°C 来推求鋼管的綫脹系数，則：

$$\alpha = \frac{0.386}{54.6 \times 1,000} = 7.07 \times 10^{-6} \text{ 較 } 11 \times 10^{-6} \text{ 为小。这可能是由于鋼}$$

管下半部經常浸入水中，而管內和管外温度亦有差別所致。因此在鋼管上部所測得的管外壁温度不能認為是鋼管伸縮的相应温度。所以根据資料中的管外壁温度来計算的綫脹系数是有一定誤差的。

七、水庫下游河床冲淤

水庫下游河床冲淤观测，是在壩軸綫向下游 500 公尺範圍內設立 18 个固定断面，进行断面測量。一般断面間距 25 公尺。下游河床冲淤仅在 1955 年和 1956 年測过二次，今后还要进行長期的观测。

八、泄洪管道泄水水舌曲线及流量系数

扩散器水舌曲线观测是在岸上設立平行于水舌中心綫的基綫 BA ，量出水舌中心綫至 BA 之距离 L ， B 点設在扩散器出口之鉛直面上，置经纬仪于 A 点，測定仪器高程 $E.I$ ，測量水舌曲线上一點 C 的水平角 α ，垂直角 β ，則測点 C 距扩散器出口距离 $BD = L_1 - L \cot \alpha$ （見圖 7）。

$$\text{点 } C \text{ 的高程} = E.I. + AC' \tan \beta = E.I. + \frac{L \tan \beta}{\sin \alpha}$$

根据若干測点的位置、高程，即可繪制水舌曲线。此法所測測点

为水舌各横断面之最高点，并非每点均在水舌中心线上，如在距扩散器较近之处，则水舌边缘点即较中线为高。

泄洪管道出口水舌与库水头的关系，据原试验资料，水舌中心射程 $S_c = 1.12h$ ， h 为水头（公尺）。现将原试验资料与几次实测资料比较如下：

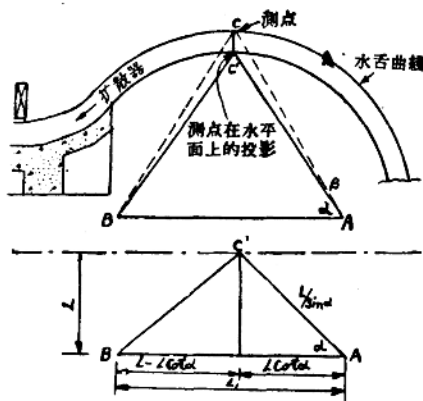


图 7

钢管号	水头 h (公尺)	试验 S_c (公尺)	实测 S_c (公尺)
8	30.40	34.00	42.50
10	27.92	31.30	39.50
10	34.03	38.10	49.00

实测资料还太少，但由此可以看出实测中心射程均较试验者为大。

泄洪管高压闸门的流量系数，是根据下游实测流量，按公式

$$C = \frac{Q}{A\sqrt{2g(H-79.44)}} \text{ 进行推算。其中 } 79.44 \text{ 为闸门出口上缘高程。}$$

按佛子岭水库技术总结所述，因出口流速很大，在闸门前不易造成回流，故下游出口水面，应以闸门出口上缘高程比较合理。实测之流量系数，均较试验值 0.693 及计算值 0.724 为大。由于区间径流（在测流断面以上有打渔冲及汪家冲）未减去，而使流量系数稍有增大，但估计区间径流减去后，流量系数仍将大于试验值。

九、几点体会和意见

1. 观测工作要有全面规划及详细布置图。要达到比较完整的和准

确的收集观测资料的要求而利于分析研究，必須事先有全面的规划，也就是說必須在设计时就要对观测工作周密的考虑和有计划的布置。在施工时也必须根据设计要求确切的做好仪器设备的埋设工作。这是做好观测工作的主要关键。象佛子嶺水庫的混凝土温度观测设备，由于在施工时沒有埋设，而在工程竣工后再开凿补设，这不但失去了施工过程中的混凝土温度资料，也影响了观测资料的质量。連拱壩的应力观测（变形仪），也由于事先沒有考虑，竣工后又无法埋设而失去了收集这部分资料的可能性，这是不可弥补的损失。

2. 观测工作必須从施工期間开始。某些必須在施工过程中观测的项目，必須及时的組織力量进行观测，因为象基础沉陷、混凝土温度、伸縮縫（或裂縫）观测等，在施工期間的资料是整个资料中不可缺少的，而且是极其重要的一部分，如果不及时的收集将会影响今后对观测成果的分析研究。象佛子嶺水庫的基础沉陷，在施工期間沒有观测，而在工程竣工后才开始观测，这样就无法知道基础在加载过程中的沉陷情况，也就使沉陷过程缺少了施工期間极重要的一段，以至不能描述出基础的整个沉陷过程情况，这是深为遺憾的。混凝土温度也由于施工期間沒有及时进行观测，而失去了浇筑过程中的资料。

3. 观测工作应專人負責。工程竣工后管理單位应固定足够力量，訂立观测工作制度和观测工作规范，專門負責观测，这是做好观测工作的主要保证。佛子嶺水庫的观测組由于尾工的負担，而在一定程度上影响了观测工作。例如在其他任务紧急时，每天进行的位移或混凝土温度观测就不得不暫停。而且技干也由于不能以全部精力專心于观测工作，也就影响了对观测设备、观测方法的研究改进和观测资料的整理分析工作。

4. 观测资料应及时分析和整編。为了及时的掌握建筑物在运用过程中的工作情况和及时的糾正和防止不正常情况的产生和发展，观测资料必須随时进行整理，填制統計表，点繪过程綫和相关因素的关系曲綫，根据图表随时檢查建筑物是否处于正常的工作状态，这是观测工作的主要目的。每年年終必須將观测资料进行系統的整編，以便日后查考和提供有关單位参考。同时通过资料的整編以檢查一年来的观

測工作質量和改進觀測設備和觀測方法，以達到不斷的提高觀測工作質量的目的。

5. 觀測工作要長期進行。觀測工作是一個長期的工作，建築物上某些現象或變化並不是由短期的觀測資料能分析說明的，而必須根據長期的和各種不同情況下的觀測資料，才能進行分析研究，得出肯定的結論。象佛子嶺水庫在同溫度時庫水位上漲壩頂向上游位移的現象；下游河床沖淤和庫區淤積等，必須累積更多的資料才能判斷原因，找出規律，而不是根據 1、2 年的觀測資料所能闡明的。

6. 尚需研究的問題。在觀測設備、觀測方法和資料的整理分析等方面，還存在着許多需待改進和解決的問題。例如觀測壩頂絕對位移的方法還待解決；觀測鋼管震動的方法還需要改進；施測拱面位移的設備還要布置；有關高速水流的觀測項目還要增加，觀測方法也還要研究。所有這些，懇切希望得到各方面的指導和幫助。

官厅水庫觀測設備的布置与改进

官廳水庫管理处

一、壩河壩位移与沉陷的觀測

为了觀測土壩在运用中的情况，在壩坡上适当地点設置标点进行觀測。所設标点兼作位移与沉陷觀測之用。土壩竣工以后，在前后壩坡共設标点 31 个，位置如下：

距 壩 軸 (公尺)	断 面 梯 号						
	080	120	103	200	240	280	320
上游 29	101	102	110	104	105	106	107
10	108	109	117	111	112	113	114
下游 10	115	116	124	118	119	120	121
39	122	123	127	125	126		
76				128	129		
115				130	131		

标点的結構比較簡單，系用長 1.5 公尺、直徑 2.5 公分的六角鋼打入壩体。鋼杆頂部刻以十字，周圍用 $25 \times 25 \times 25$ 公分混凝土台使与壩体結合，以固定鋼杆的位置(标点布置及結構見第22頁后附图 1 官厅水庫工程測点平面图)。在土壩兩岸的山坡上設有視准点，以便架設經緯仪进行觀測。觀測方法系用視准綫法进行，架設經緯仪于視准点上，前視对岸的視准点，固定視綫方向，然后測量各标点与視綫之間的垂直距离，根据始測距离，計算各标点的位移量。土壩的沉陷觀測用水准仪以往返閉塞法在工作基点与标点之間进行水准測量。根据实测結果，証明前述布置不能达到觀測规范所要求的精密度。主要原因是由于兩岸視准点之間的距离过远，且視准点与标点的高差过大。左右兩岸視准点相距約 600~800 公尺，視准点与标点的高差約 30~40 公尺，每个标点都用正反鏡觀測兩次，精度只能保証到公分。与规范要求精

度应达到公厘相差过远。为了提高观测精度，今年做了以下的工作：

1. 購置了比較精密的經緯儀：經緯儀牌號德制蔡氏牌，擴大力 31 倍，可直讀 1 秒；2. 視准點移到山下，距離和高差都大有減小；原來的視准點改作校核基點之用；新視准點上修建了儀器托架，可以提高儀器對中的精度和效率；並在新視准點上修建了觀測房，這樣觀測時可以不受天氣的影響；3. 改進了前視觇牌和后視觇牌，觇牌上全有燈光設備。經過這樣一系列的改進之後，位移觀測精度已可達到规范要求。另外標點的結構我們認為可能有問題，標點深度太淺，估計不能顯示壩體的移位。如壩體未動僅護坡塊石移動，則標點亦將隨之移動。為了試驗標點的性能，今年作了深式標點 17 個（深式標點結構見第 22 頁后附圖 2 攔河壩位移沉陷觀測標點改建圖）。深式標點安設不久，還沒有資料和老標點加以比較。

關於位移沉陷標點布置問題，從總的來看基本上是正確的，但有些地方是有缺欠的，有的已經增補，有的還沒有改進。現將布置情況介紹如下。

1. 土壩與兩岸岩石或土坡接觸處應增設標點，以便檢查其接合情況。如下游靠左岸岩石的壩坡，1955 年發生坍塌後即先後在該處附近壩面上增設臨時標點，以後在壩的其他部分又陸續加設臨時標點，借以測得大部分壩面的沉陷情況。

2. 在壩體斷面構造複雜處及關係重要的地方應加設標點，以檢查壩的工作情況，如反濾壩址上的壩面應加設標點 4 個。這點我們還沒有做。

3. 一旦某標點變化，有很不正常的情况發生時，應于附近增設標點，測得更多資料，進行比較，進一步研究分析其原因。如 124 和 129 號標點，比其他標點沉陷得多，應增設標點。

4. 壩體發生問題後，唯恐坍塌沿岩石邊向上發展，應在此綫上增設標點進行觀測。

二、壩體固結

為了觀測攔河壩的固結情況，施工期間在樁號 0+160 壩軸上游 29