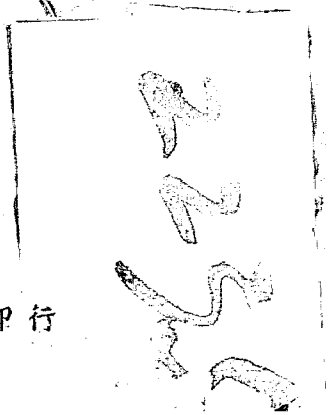


55

鹽政叢書之二

鹽井河自動扉壩
之
理論與實施

鄭厚平著



財政部鹽務總局印行

MB
U1699.2
9

鹽井河自動扉壩之理論與實施

目 錄

曾序

曾序

第一章 導言	1
第二章 研究動機及其目的	3
第三章 設計原理	5
第一節 式樣與裝置	5
第二節 壩寬與壩高之決定	6
第三節 水位與轉軸地位之決定	9
第四節 計算公式	17
第四章 初次應用與觀察	20
第一節 建造目的	20
第二節 設計依據	20
第三節 試用結果	21
第五章 正式建築情形	24
第一節 建築意義與洪水位之研究	24
第二節 水位與轉軸地位之計算	27



3 0790 4705 0

第三節	詳細計算	29
[一]	門板	29
[二]	門樑	29
[三]	支棧	30
[四]	拉棍	30
[五]	轉板 轉軸 轉接	31
第四節	支座與檢頂之設計	31
第五節	壩墩之設計	39
第六節	扉底橫木及門框之作用	39
第七節	修理設備	40
第八節	活動天橋	40
第九節	對農田之利益	41
第十節	施工經過	43
	[附實用工料表]	45
第六章	使用經過及討論	47
第一節	漏水程度	47
第二節	啟閉情形	48
第三節	設計研究	52
第四節	應用範圍及與其他各種活動壩之比較	53
第七章	補錄	58
第一節	三十二年度之使用經過	58
第二節	結語	59

曾 序

世之談工程者，以水工為最難，水工中，尤以川河為最不易着手，苟非熟悉情形，因勢利導，恆不免貽事倍功半之譏。余於民國十六年在川南稽校所經理任內時，即有鹽井河建設船閘之議，迨至二十九年，重權蜀甌，始付實施，主持其事者為江蘇鄭君厚平，鄭君為中央大學工程學士，專攻水利及土木工程，雖是項工程原設計者為華北水利委員會，然參酌井河情形，予以改正及施工督率者皆為鄭君，尤以沿灘之活動閘，幾完全由其設計。活動閘在水利學上原甚平凡，其設計亦尚非繁雜，但其種類至夥，必須洞悉各河情形，酌予採擇，以求配合，故其設計之初，必先審度其功用如何？枯水時期及洪水時期水之流量及其他情形如何？材料之供應如何？建設及修理費用如何？當地工人之技術如何？均須一一攷慮周詳，事先計及，始能得經濟而實用之設計。茲沿灘建閘之意義，質言之，即為枯水時期之上游水位提高，俾益船運及農田，洪水時期之水位減低，消滅水患於無形，其最經濟而最切合實用者，則為全部鋼板活動閘，或鋼筋混凝土活動閘，然以是時之物價情形異常高漲，及當地難得熟練之工人，建設是閘實非所宜，鄭君審度當時情形，乃採用一部分岩閘，一部份木板活動閘，此在戰時固為最經濟而實用之設計矣。至全部鋼板閘之建設，只有俟諸昇平之時。余以鄭君本其所學，參酌當地

情形，使木板活動恰克觀厥成，細想設計之困難，益見良工之心苦矣。今願君以合於科學方法之活動檢試驗成功，將其設計詳盡著之於篇，俾川河情形與此相同者得採而用之，其有裨於社會者至重且大，又豈僅疏鑿井河，便利鹽運已哉，故樂為之序。

民國三十一年六月曾仰聖序於釜溪。

自 序

鹽井河起自四川自流井，至富順縣入沱江，共長七十三公里，為井鹽輸出唯一要道，惟坡陡澗險，運輸至感困難，抗戰後，淮歲罷運，井鹽增產，為謀便利運輸計，川原鹽務管理局爰有謀整理建築船閘之議，二十七年起測量設計，二十九年全部開工，三十一年五月完工，辱奉命主辦全部工程事宜。

本文所述自動扉壩，乃全部工程之一部份，在船閘未開工前，臨時治標工作上曾試建以利枯水時期鹽運，收效甚宏，其主要目的，為保持枯水，減低洪水位，並兼及農田水利。

壩之設計根據（一）適應環境，（二）材料易於措辦，（三）合乎經濟，（四）形式簡單，（五）少用機件人力，（六）易於修理等各原則而辦。

採取式樣，用依水平軸旋轉式，原理根據水力學推求公式研究：（一）各種洪水位與壩寬壩高之關係，（二）壩前後各種水位與壩重及來水動壓力對壩扉展開時之水位暨轉軸地位之關係，（三）各部份之設計等，可普遍通用。

實施經過，包括第一次試用及正式建築情形在內。附列圖樣照片，對其作用，利益，及適用範圍有所研討。整理川省其他溪河，皆可仿造。

文內容有不盡之處，尚期高明指正。

中華民國三十一年六月鄭厚平序

三十三年四月第二次補充修正

鹽井河自動扉壩之理論與實施

第一章 導言

鹽井河上承榮威兩河之水，起自四川自流井之牛角沱，延避曲折至富順縣之李家灣入沱江，共長七十三公里，為自貢兩場產鹽運出之唯一要道。水位相差約十五公尺，洪水時期流量，約每秒三千至四千萬方公尺，河水暴漲暴落，為時甚速，枯水時期流量，約每秒一立方公尺，灘險林立，有如激流。清初丁文誠創辦官運，始於全河分段建築石柵及板柵共十餘道，用以蓄水。各柵開有口門，按時開閉放船，空船或輕載煤船，即俟鹽船放完後用人力拉上，略收運輸之效。開放期間，視水量而定，有須至七八日始能開放一次者，費時耗水甚多。如不開放，則分段搬駁費用尤大，且運量亦受限制。洪水時，流激壞船，板柵多被衝毀，年須修理，困難滋多。抗戰以前，湘楚各岸，頗有海鹽供給，井鹽無須大量生產，故運輸問題尚不十分嚴重。民國十六年，現任川康鹽務管理局長曾仰堂先生長川南分所時，雖曾有創建船閘之議，以受當時政局影響未果。抗戰後，沿海各省相繼淪陷，淮鹽罷運，川鹽增產，而運輸問題亦繼起矣。鹽井河當井鹽運輸之咽喉，其待徹底整理自最切要。民國二十七年，前鹽務總辦繆秋杰先生長川局時，有鑒於斯，以本局工程人員無多，即請華北水利委員會代為測量，設計，擬建船閘於鄰關，沿灘，全于凶三處，使全河以利運輸，其後本局工程人員陸續到達，乃於今總辦張瑞文先生



(南)

長川局時，籌議自辦。旋張公奉調漢局，同年六月曾仰豐先生繼長川局，曾公奉氏初留美碩士，工程界耆宿，領導有人始決自辦，所有補充設計及施工事宜，皆由本局負責。於民國二十九年冬籌備興工，三十年六月全部完工，此整理鹽井河航道之始末也。

第二章 研究動機及其目的

整理鹽井河航道工程，在未經部准動工以前，當前運輸問題仍須解決，照舊例蓄水放船，運量無法增加，故二十八年冬枯水時期，全河曾分段大段，築高土壩蓄水，上下塘貨載，在壩頂搬駁，以增運量，雖運費增加亦在所不計，每壩設木板閘門一道，以洩餘水，兩端靠壩身部份，砌石護牆（土名馬耳朵）以防沖刷，閘門照土法以直立檢杆插入閘門河底石眼內，上以檢杠承之，木板依檢杆釘立，檢杆後支以斜撐，原擬在次年季春小洪水時提開洩水，以備略延土壩壽命之用。結果僅最上一塊板于提開，洩水量不足，仍將土壩沖毀。（按鹽井河在季春第一二次小洪水後，尚有月餘之最枯水，故此次土壩被毀，仍受月餘之運輸困難）。民國二十九年著者奉命主辦整理鹽井河航道全部工程，有鑒於此，即擬設法改良，以本年枯水時期，船開擱水壩不能完成，為顧當時鹽運計，仍有建築高土壩之必要，但此閘門務以改建活動或自動式方佳，同時於原設計，沿灘船開擱水壩頂上，有二公尺高之手提插板，共長五十八公尺計十孔，其目的原為沿灘鎮街道及農田過低，在未築壩前，已不免水患，築壩後當更甚，若全部建築銅板活動壩，則費用太大，且材料亦成問題，為折衷計，故暫照如此建築，以備洪水時期提去，減低上游水位者。但細加研究，亦非妥善：（一）洪水將至，準備提板時，頂上至少將沒有數公寸之水，縱最上一層插板能提去，此後板頂水深即過甚，無法續提，且洪水將至，水源充足，水位決不致降低，而有續漲之可能，故以下各板，

即無法再提，興建固定壩無異，水壘過大時，且慮沖毀，並損及墩子及壩頂。(二)若於洪水未至前及早提開，則插板與水位逐提逐消，既須相當時間，且水位降低將妨礙航運。(三)全部共有插板三百餘塊，每年洪水並非一次，縱能提置，費時費工太大。有此三難，殊有不待將來，在起建時，即改設他種活動壩或自動壩之必要，以期一勞永逸，因即着手研究。

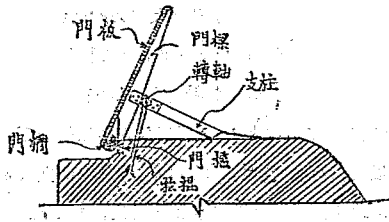
活動壩之式樣甚多，欲求一適合應用者，須：(一)適應環境，(二)材料易於措辦，(三)合乎經濟，(四)形式簡單，(五)少用機件人力，(六)易於修繕方可。

根據以上各點，在茲抗戰期間，應以建一木板自動壩為最合宜，初步設計後，曾製數度之模型試驗，正式試用，逐步改良，始底於成。茲已正式建造於沿岸船閘柵水壩頂上，效用甚著，用將設計建築經過，彙述如後，俾供檢討，並請高明指正。

第三章 設計原理

第一節 式樣與裝置

壩扉式樣如圖(一)，門板釘於門樑，門樑後設轉架以鋼軸與支柱及拉棍為之，門樑下端鑲橫木與散諾溫扉壩(Chanoine wicket dam)相彷彿，其所不同者，散諾溫扉壩之轉架用鐵鍊與壩底相連，扉之轉架



圖(一)

可以提起，壩之降落以扳桿 (Tripping bar) 司之，使支柱滑動至轉架與壩扉平臥為止，啟閉須用機械人力，為一種活動壩而非自動壩。本設計所用轉架，乃固定不動，壩扉在水平軸上旋轉，其理由乃以壩扉在轉軸以上部份較長，故在水位漲至某種程度時，壓力中心移在轉軸對門樑之支點以上，作用一力距使之展開，壩扉在轉軸以下部份較重，故水位降至與轉架高相彷彿時，因受本身重力，能自動關閉。啟閉水位之確定，

視轉軸地位而定，若轉軸擇設在門標高 $\frac{1}{3}$ 地方，則從水力學原理，在水位平壩頂稍高時，即行展開，若支撐在門標高 $\frac{1}{2}$ 地方，壩後無積水，則門前水須超過壩頂無窮高時，亦不致展開，若壩後積水，至與壩頂同高，則雖支撐在 $\frac{1}{2}$ 地方，亦能自動展開，若支撐在門標高 $\frac{1}{2}$ 以上地方，則除非水流逆行，不能展開，故轉軸支撐地位，必在門標高 $\frac{1}{3}$ 以上， $\frac{1}{2}$ 以下地方。

第二節 壩寬與壩高之決定

活動壩或自動壩之建築，無非為保持枯水，減低洪水位，或宜池在超過某高度時某定量之水量之用，普通大都與船閘相配合，閘河建築，或建於固定壩之上，用壩墩分隔成若干孔，以便裝置與修理，每孔寬度以自 5.00 至 10.00 公尺為宜，視材料情形，及每在壩墩上擬建橋樑者，視其經濟跨度而定。壩墩之大小，則須在任何水流情形下，均保安全方可，在可能範圍內，以愈扁愈佳，以免阻水，壩扉之總寬與高，視其所需要減低洪水位之程度而定，其於洪水位之關係，有以下三種情形，在決定壩寬與壩高之前，應先加詳細研究。

(一) 無論改建或不建活動壩壩流均為滾跌時

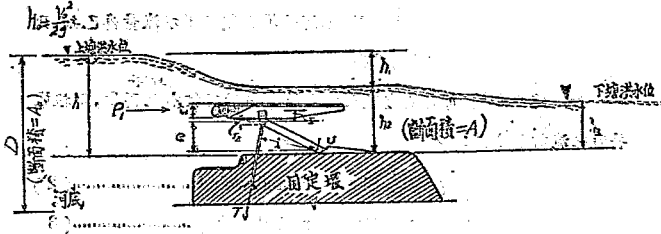
當自動扉壩展開，下塘水位低於固定壩，或與固定壩同高，或高出固定壩頂水位，小於上塘高出固定壩頂水位之半即 $h_2 < \frac{1}{2}h$ 時，均可作為滾跌計算如圖(二)。

設浮懸於固定壩頂之壩扉厚度為 t_1 ，軸之直徑為 t_2 ，則 $t = t_1 + t_2$

在每單位寬度內柱棍及支柱阻水之投影面積 $= A'$

$$\begin{aligned} \text{則 } Q &= CAV_2 = C(h_2 - t - A')\sqrt{2gh_1} \\ &= C[(h - t - A') - b_1]\sqrt{2gh_1} \end{aligned}$$

可依據某一固定之水頭 h , 此種流量當 h_1 自 0 至 h 間, 能自至其最大程度。



圖(二)

自微分公式 $\frac{dQ}{dh_1} = 0$

可以求得
$$0 = C \frac{d\{[(h-t-A') - h_1] \sqrt{2gh_1}\}}{dh_1}$$

$$= C \frac{\sqrt{2g}}{2} \frac{(h-t-A')}{\sqrt{h_1}} - C \frac{3\sqrt{2g}}{2} \sqrt{h_1}$$

$$\frac{h-t-A'}{\sqrt{h_1}} = 3\sqrt{h_1}$$

或 $h = 3h_1 + t + A'$

$$h_1 = \frac{h-t-A'}{3}$$

$$h_2 = \frac{2h+t+A'}{3}$$

代入流量公式, 得

$$Q = C \frac{2h+t+A'}{3} \sqrt{2g \frac{(h-t-A')}{3}}$$

$$= C \times 1.71 \left(h + \frac{t+A'}{2} \right) \sqrt{h-t-A'}$$

$$= 1.55 \left(h + \frac{t+A'}{2} \right) \sqrt{h-t-A'} \quad (1)$$

在 $(t+Af)=0.2h$ 時，較無壩壩阻水之流量值，減少 1.5% 故在水位較高時， $(t+Af)$ 可略去不計。如河面壩面寬及洪水流量為已知，則上塘之洪水位可根據(1)式求得。

如不建活動壩，可將固定壩直建至所需要保持枯水之高度，則根據普通溢流計算公式：

$$Q=1.85Lh^{3/2} \text{ (銳頂壩 Sharp crested weir) } \dots\dots\dots(2)$$

$$Q=1.55Lh^{3/2} \text{ (寬頂壩 Broad crested weir) } \dots\dots\dots(3)$$

可算出上塘水位高度，二者相減，即上部改建活動壩後所減低之洪水位。所應注意者，即最高洪水位如在未築壩前，即已高過築壩後之壩頂甚巨，則因河面愈高愈寬，固定壩一部份改建活動壩，其所減低之洪水位，決無改建部份之高也。

(二)無論改建或不建活動壩均為滾流時，則可根據下式計算流量，以比較降低之洪水位：

$$Q=GL(h_2-t-Af)\sqrt{2g(h_1+h_0)}$$

$$=0.95A\sqrt{2g(h_1+h_0)} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{其中 } h_0 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{(Q/A_0)^2}{2g}$$

$(t+Af) < 0.2h_2$ 時，可以略去不計。

代入(4)式：

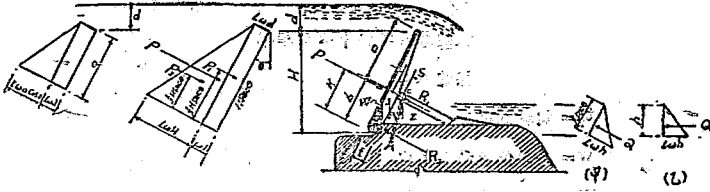
$$Q=0.9A^2\sqrt{2gh_1} + \frac{0.9A^2Q^2}{A_0^2}$$

$$Q^2(A_0^2 - 0.9A^2) = 17.6A^2A_0^2h_1$$

$$\text{得 } Q = 4.2A_0A\sqrt{\frac{h_1}{A_0^2 - 0.9A^2}} \dots\dots\dots(5)$$

(三)在活動壩作用時為滾流，不建活動壩為滾跌時，則可根據上述第(3)第(5)式計算流量，以比較其降低之洪水位。

第三節 水位與轉軸地位之決定



圖(三)

如圖(三)設

a = 轉軸以上門樑長度 = $H \sec \theta - b$

b = 轉軸以下門樑長度 (自門樑與門樞相接處之最低一點所引
水平線至與門樑中綫所交之點起算)

c = 轉軸支點

d = 水位起過板頂壩扉開始展開時之水位

f_r = 轉軸間之滾動摩擦係數

(3) H = 壩扉自頂至底之高度 = $(a + b) \cos \theta$

h = 壩扉後面水深

j = 固定樑頂至門樑與門樞相接處下一點之距離

θ = 壩扉斜面與垂直綫所成之角度

K = 自壩扉底至壓力中心 P 之距離

L = 門樑間距至至中

P = 兩門樑中至中間壩扉面板上所受之總壓力

Q = 兩門樑中至中間壩扉後面所受之總壓力

R_1 = 轉軸支點所受之壓力

R_2 = 門樑底部假定支點所受之壓力 (實際支點及橫木與門樑接觸處)

S = 門樑與門板總厚至轉軸中心之距離

t_1 = 門板及門樑總厚

t_2 = 轉軸直徑

w = 每單位體積之水重

W = 兩門樑中至中間壩扉之總重量

z = 壩扉重 W 之重力綫離轉軸中心之距離

(一) 假定壩扉後面無水, 動壓力 (Dynamic pressure) 及轉軸間之摩擦阻力不計, 轉軸地位與起出壩頂之水位關係如下:

在壩扉開始展開時:

$$R_2 = 0$$

$$a = H \sec \theta - b$$

$$\begin{aligned} R_1 = P = P_1 + P_2 &= \left[dH \sec \theta + \frac{H}{2} H \sec \theta \right] Lw \\ &= LwH \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} K = b &= \frac{Lw \left[\frac{dH^2 \sec^2 \theta}{2} + \frac{H^2 \sec^2 \theta}{6} \right]}{Lw H \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right)} \\ &= \frac{3dH \sec \theta + H^2 \sec^2 \theta}{6d + 3H} \\ &= \frac{H \sec \theta (3d + H)}{3(H + 2d)} \end{aligned} \quad (7)$$

(二) 假定壩底後面水深 h ，其水壓合力 (Resultant pressure) 與壩面成垂直，轉軸地位與超過壩頂水位之關係如下：

在壩扉開始展開時

$$R_2 = 0$$

$$Q = \frac{1}{2}(Lwh^2 \sec \theta)$$

$$\begin{aligned} R_1 = P - Q &= LwH \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) - Lw \frac{h^2}{2} \sec \theta \\ &= Lw \sec \theta \left(Hd + \frac{H^2}{2} - \frac{h^2}{2} \right) \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

對 R_1 取力矩

$$\begin{aligned} P(b - K) &= Q \left(b - j \sec \theta - \frac{h}{3} \sec \theta \right) \\ &= Q \left[b - \left(\frac{h}{3} + j \right) \sec \theta \right] \end{aligned}$$

$$(P - Q)b = R_1 b = P_K - Q \left(\frac{h}{3} + j \right) \sec \theta$$

$$= LwH \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) \frac{H \sec \theta \left(\frac{d}{2} + \frac{H}{6} \right)}{d + \frac{H}{2}}$$

$$- Lw \frac{h^2}{2} \sec \theta \left(\frac{h}{3} + j \right) \sec^2 \theta$$

$$b = \sec \theta \frac{H^2(H + 3d) - h^3 - 3jh^2}{3(H^2 + 2dH - h^2)} \dots \dots \dots (9)$$

如下壩水位未超過固定壩頂時， h 之高度約當 $\frac{3}{2}d$ ，確數須待試驗決定，惟稍有出入對計算上之影響甚微，故毋庸詳細推求。

(三) 如壩扉後面水深 h_1 扉底橫木上另加重板與水位成垂直如圖
 (三) 乙, 則轉軸他位與超過壩頂水位之關係如下:

在壩扉開始展開時

$$R_2 = 0$$

$$Q = \frac{1}{2}(Lwh^2)$$

$$R_1 = P - Q \cos \theta$$

$$\begin{aligned} &= LwH \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) - \frac{Lwh^2}{2} \cos \theta \\ (2) \dots\dots\dots &= Lw \left[H \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) - \frac{h^2}{2} \cos \theta \right] \end{aligned}$$

對 R_1 取力矩

$$P(b-k) = Q \left(b \cos \theta - \frac{h}{3} - j \right)$$

$$(P - Q \cos \theta) b = R_1 b$$

$$= Pk - Q \left(\frac{h}{3} + j \right)$$

$$= LwH \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) \frac{H \sec \theta \left(\frac{d}{2} + \frac{H}{6} \right)}{d + \left(\frac{H}{2} \right)}$$

$$- \frac{(Lwh^2)}{2} \left(\frac{h}{3} + j \right)$$

$$= Lw \left[H^2 \sec \theta \left(\frac{d}{2} + \frac{H}{6} \right) \frac{h^2}{6} - \frac{Q H^2}{2} - d \right]$$

$$b = \frac{H^2 \sec^2 \theta (3d + H) - h^2 - 3jh}{H(6d + 3H) \sec \theta - 3h^2 \cos \theta} \dots\dots\dots (10)$$

圖。(四)如轉輪中心不在門樑中而在其後，轉輪間之摩擦阻力計算在轉輪(見圖)時，則壩庫重力將作用一力矩 $=Wg$ ，轉輪間之摩擦阻力作用一力矩 $=Pb$ ，使壩庫不易展開；同時壩底橫木上所受之土壓力，對轉輪中心作用一力矩 $=Lw(H+d)t_1S$ ，使壩庫容易展開二者方向相反，使：

$$M = Lw(H+d)t_1S - (Wg + Pb) \quad (11)$$

則在第二種情形下：

$$R_1 = P + W \sin \theta$$

$$P(b-k) = M$$

$$\therefore b = \frac{Pk + M}{P} = k + \frac{M}{P} \quad (11)$$

在第二種情形下：

$$R_1 = P - Q + W \sin \theta$$

$$P(b-k) = Q \left[b - \left(\frac{h}{3} + j \right) \sec \theta \right] + M$$

$$(P-Q)b = Pk - Q \left[\left(\frac{h}{3} + j \right) \sec \theta \right] + M$$

$$b = \sec \theta \frac{H^2(H+3d) - h^2 - 3jh^2}{3(H^2 + 2dH - h^2)} + \frac{M}{P-Q} \quad (12)$$

在第三種情形下：

$$R_1 = P - Q \cos \theta + W \sin \theta$$

$$P(b-k) = Q \left[b \cos \theta - \left(\frac{h}{3} + j \right) \right] + M$$

$$b = \frac{H^2 \sec^2 \theta (3d+H) - h^2 - 3jh^2}{H(6d+3H) \sec \theta - 3h^2 \cos \theta} + \frac{M}{P-Q \cos \theta} \quad (13)$$

(五)以上所述，皆指靜水壓力而言，事實上水位在超過壩頂時，河不到壩頂即有流速，其流速之分佈，以水面部份較大，壩底部份較小，

自壩頂至壩底每點所受之動壓力 (Dynamic pressure) 亦自大至小。同時壩底在轉軸以上部份較以下部份為次，故因流速所生之動壓力，將使壩底易於展開。換言之，即如 b 不受，超過壩頂而使壩底開始展開時，則水位 d 當減小。

如超過壩頂水位 d ，小於自河底至壩頂總高 $(\frac{1}{10})$ 時，或計算 b 或 d 毋需十分精確時，則此動壓力可略去不計。

如 d 約至壩底高 $H\frac{1}{2}$ 時，則對壩底之作用較大，不能略去。

計算方法如下：

設 h' = 石墩高

D = 自水面至壩底之總深

v = 全河平均流速

V_a = 在壩頂以上部份之平均流速

V_b = 流向壩底部份之平均流速

V_c = 流向石墩部份之平均流速

$\sum L$ = 自動壩總寬度

A_0 = 壩底上游河流水位總斷面積

m = V_b 壓力中心離壩底與壩底高相比之係數

V_b' = 向壩底方向進行之平均流速

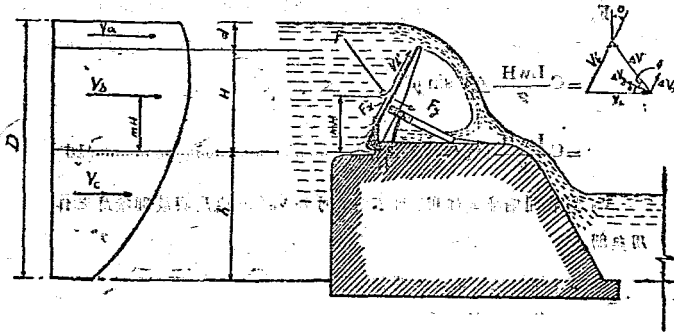
F = 流速對壩底面所用之動壓力

F_y = 動壓力垂直壩底面所作用之分力

F_x = 動壓力沿壩底面所作用之分力

計算時根據流向求得全河平均流速 $V = \frac{Q}{A} = \frac{1.85 \sum L d}{A_0} = V_b$

視流速與分佈情形與 d, b, H 各部份之高度有關：



圖(四)

(V如d與h²較大則幾近平均流速V,如h²減小則 $V < \frac{V}{2} + \frac{1}{3} h^2$ 加大則 $> V$, (參看圖四) 毋須十分精確時,可根據所求之V估計之。

V_b 之壓力中心,亦視流速分佈情形而定,其範圍當在 $\frac{2}{3} > m > \frac{1}{2}$

以內,并與 $\frac{1}{2}$ 相近,如毋須十分精確亦可根據d, H, h²各部份高度情形估計之。

動壓力對牆扉面作用之情形如圖(四)。

$$F_x = C \frac{LwH}{g} \Delta v \quad (14)$$

$$F_y = C \frac{LwH}{g} \Delta v_y$$

$$= C \frac{LwH}{g} \Delta v \cos \phi$$

$$= C \frac{LwH}{g} V_b \cos \theta \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
 F_x &= C \frac{LwH}{g} \Delta V_x \\
 &= C \frac{LwH}{g} \Delta V \sin \phi \\
 &= C \frac{LwH}{g} (v_b' - v_b \sin \theta) \dots \dots \dots (16)
 \end{aligned}$$

F_x 對展開壩扉無作用，可不計，可知 v_b' 之速度與展開壩扉之作用無關。

在未經詳細試驗前， C 可假定為 1。

動壓力對轉軸 R_1 所作用之力距為 $M' = F_y [mH \sec \theta - b]$

根據上節述在第一種情形下：

$$R_1 = P + W \sin \theta + F_y \dots \dots \dots (17)$$

$$P(b - K) = M + M'$$

$$\therefore b = \frac{PK + M + M'}{P} = K + \frac{M + M'}{P} = K + \frac{\sum M}{P} \dots \dots \dots (18)$$

在第二種情形下：

$$R_1 = P - Q + W \sin \theta + F_y \dots \dots \dots (19)$$

$$P(b - K) = Q \left[b - \left(\frac{h}{3} + j \right) \right] \sec \theta + M + M'$$

$$b = \sec \theta \frac{H^2(H + 3d) - h^3 - 3jh'}{3(H^2 + 2dH - h^2)} + \frac{M + M'}{P - Q} \dots \dots \dots (20)$$

第三種情形下：

$$R_1 = P - Q \cos \theta + W \sin \theta + F_y \dots \dots \dots (21)$$

$$P(b - K) = Q \left[b \cos \theta - \left(\frac{h}{3} + j \right) \right] + M + M'$$

$$b = \frac{H^2 \sec^2 \theta (3d + H) - h^3 - 3jh'}{H(6d + 3H) \sec \theta - 3h^2 \cos \theta} + \frac{M + M'}{P + Q \cos \theta} \dots \dots \dots (22)$$

(17)至(22)六式為計算支柱所受總壓力及轉軸地位與起過壩頂水位關係之完全公式。

第四節 計算公式

(一) 門標排列於門板計算

門標排列可取利用之材料與各部份應力相配合為最經濟時排列之。

$$\begin{aligned} \text{門板厚} &= \frac{\sqrt{\frac{6}{10} w(H+d) \times L^2}}{f} \\ &= \sqrt{\frac{3w(H+d)L^2}{5f}} \end{aligned} \quad (23)$$

(二) 門標計算

如圖(三)，根據上述公式，H, a, b, d 及動壓力對轉軸中心所作用之力矩 M 均經求得，門標在轉軸以上所受之各種壓力，對 C 點所作用之距離為

$$\begin{aligned} M &= \frac{wLa^2 \cos \theta}{6} + \frac{wLa^2d}{2} + M \\ &= \frac{wLa^2}{6} (a \cos \theta + 3d) + M \end{aligned} \quad (24)$$

$$bd^2 = \frac{6M}{f} \quad (25)$$

(在本式內 b = 標寬 d = 標厚 f = 木材安全耐壓力)

(三) 支柱計算

支柱與門標所成之角度最好為直角(見圖三)，拉棍中綫應穿過(轉軸中心)與拉棍內所受之壓力(Stress)為最小，或等於零，僅在壩扉展開為水所衝擊時受引力，無水壩豎時受壓力耳。在壩扉未展開前支柱

內所受之壓力，如支柱與門樑成直角，即等於 R_1 ，如不與門樑成直角，則可選對某點求力距計算之。

$$\text{支柱所需要之斷面積} = \frac{R_1}{f_c}$$

(f_c = 木材之安全耐壓力與柱長最小寬度有關)

在壩扉展開後，支柱內所受之壓力減少，可毋庸計算，惟因受水之衝力故，將同時受等力，設在轉軸及支座處須妥為連繫，以防脫落。

支柱圓面阻水，每單位投射面積 (Projected area) 所受之壓力可簡單以

$$P = \frac{Kwv^2}{2g} = 25.5 v^2 \dots\dots\dots(26)$$

求之，事實上毋須詳細計算。

常來臨而數 (Reynold's Number) $R = \frac{Lv}{\nu} > 10^3 \sim 10^6$ 時，
 $K=0.4 \sim 0.5$ 大致不變 (參考 Daugherty Hydraulics 第 170 節)。

(四) 拉棍計算：

拉棍內所受引力如圖 (二)。

設 P' = 壩扉展開後兩門樑中至中間水流對門樑之衝力

$$T = \text{拉棍內所受之引力}$$

$$e = \text{轉軸中心高出支柱底中點 } u \text{ 之垂直距離}$$

$$i = \text{拉棍至 } u \text{ 點之垂直距離}$$

假定壩扉面在水平時 (實際下游稍低，其傾斜度至適合水流綫當阻水面積為最小時為止，今假定水平乃在安全方面。)

$$P' = \frac{L_t K w v^2}{2g} = 25.5 L_t v^2 (K=0.5 \text{ 理由見本節第 3 條})$$

$$T = \frac{P'e}{i} \dots\dots\dots(27)$$

所須要之拉棍斷面埋入混凝土內，尺寸及底脚應打混凝土之體積即不難求得。

(五)轉板計算：

門樑上所栓轉板在壩扉浮懸於水中時，因受水力對門樑即發生一力矩 (Moment) = $P'S$ (見圖二)。

由此轉板與門樑之連繫即不難設計。

根據上述各節，各部份當亦不難設計。自動扉壩在枯水時期，如預着水較高時，可於壩頂再加手提插板，但不可超過其使壩扉展開時之水位。壩扉兩側與石牆相接處及扉底橫木與門樑相接處須特別設計，使不漏水，詳細見圖(二)及附圖(三)。

第四章 初次應用與觀察

根據上述原理，最初曾先作簡單之模型試驗，研究其轉夾，俾作正式設計之根據，第一塊試用，乃在沿灘臨時土壩，漲水高潮圍潮所獲資料試驗，也在正式建築上改正，茲述其經過如後：

第一節 建造目的

二十九年夏，川康鹽務管理局整理鹽井河航運建築船閘工程奉部令批准自辦，作者奉命主管全部工程事宜，兼籌當時鹽運問題，因正式船閘工程，當年不能完成，為兼顧鹽運及工程計，決在沿灘船閘上游二百公尺處，建造臨時土壩，其目的為：(一)蓄水以利枯水時期鹽運，如第一章所述。(二)便利丁游船閘工程，減少圍壩。土壩上所留之洩水門，為鑿於已往所做土法閘門不使啟閉，在季春第一次漲水時，即無法抵制，終將土壩沖毀，而以後再度枯水，即無法利用，決改自勁壩。同時並可作一實地試驗，以便研究仿造於沿灘船閘木壩上。

第二節 設計依據

按鹽井河之性質，最大洪水在七八九月間。四月底及五六月間，僅有潮灘水，每秒流量約一百餘立方公尺，漲落時間甚短，水退後仍為枯水。故設計時所須注意者：(一)使蓄水能至所需要之高度。(二)在

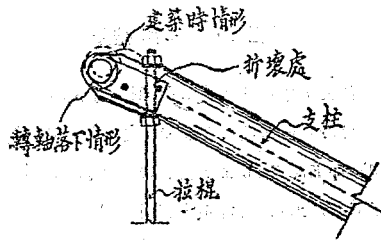
洪水以前兩禮拜(六月份以前)之洪水,足以宣洩而不覺處理注意,至最大洪水期,射水壩決定,毋需應用,可任其沖毀,同時船閘其表亦可隨時水而壞。自五月廿二日,因上游水漲,船閘人下,因水漲而覺水而等,水漲即因臨時性質,溢須應用,均因臨時性質,目的在容難,以應用,藉作實地試驗,以供參考,未算其完善也,其中如門板與柱未預預備,海綫未繫緊轉軸,而與支柱相接,支柱伸入石內,未便拆換,輪下部分重疊不實,能自開而不自閉,須加人力牽引索,在正式建築時均已一一改良。

第三節 試用結果

上述計劃,於三十年一月建築完成,開始蓄水,見附圖(一)。漏水甚微,壩扉兩端與石牆內所嵌門樑木相接處,按數時,曾留三公厘之隙縫,於水蓄到時,即行嚴密,幾全不漏水,此壩完成後,曾賴以利用四月,便利鹽運及下塘開閘工程甚巨;是年五月二日因而後漲水,靠東一扉,曾先展開,因當時手提插板未提去,下塘水位未增加,故水位至 486.10 時,始行展開,次日因上游水源尚不豐大,為恐水量消耗太甚計,在水位至 484.00 時,即用人力曳上。五月五日因河水微漲,靠東一扉又經展開,因手提插板未置,壩扉開始展開時之水位較第一次低約二公寸,五月七日未加人力,自行關上。按本設計係臨時性質,壩扉下部重量未加,本應稍用人力,方能關閉,但因施工時,管工員誤將捆壩扉之橫木(實係可以不用)抬高,展開後壩扉尚上傾斜,故在水洩至壩頂時,將扉底銜擊而使其關閉也。

自五月七日至六月十六日四十天中,久旱不雨,河水乾涸,尤甚於昔,壩頂實測流量,僅每秒鐘 0.4 立方公尺,幸在此壩,否則在五月二

日之漲水已將土壩冲毀，此後一二月間之營運，即將發生問題，而船閘工程亦將蒙其不利矣。六月十六日大雨通宵，山洪暴發，十七日兩壩均開，而水量猶不足宣洩。十八日晨，終將土壩冲開，是晨自流井質測流量為每秒鐘 200 立方公尺，沿溝當猶不止此數，按原計劃此門洩水量每秒鐘僅 140 立方公尺，今已超過，宜其將溢過土壩也。此後即為洪水期，水深不慮枯竭，而下游堰閘工程，亦已砌至相當程度，可無慮矣。水退後作者曾親往考察，細查各部，均無不固現象，惟支柱自轉軸至拉棍間之一段，有向下折壞之現象，如圖（五）。



圖(五)

此點在設計時即知為弱點，因係臨時性質，結構簡單故用之。但第一次啟閉後，前往檢查，並未發現有此現象，故可斷言係最後一次所損壞者。其原因，概係壩扉展開後過於向上游傾斜，流水對扉面之動壓力，傳至轉軸對拉棍連接支柱之支點，作用一力距，使之漸壞。由此可知壩扉在展開後，必任其自由轉動方位。



臨時自動壩建築完成後之情形



三十年五月六日臨時自動壩洩水情形

第五章 正式建築情形

第一節 建築意義與洪水位之研究

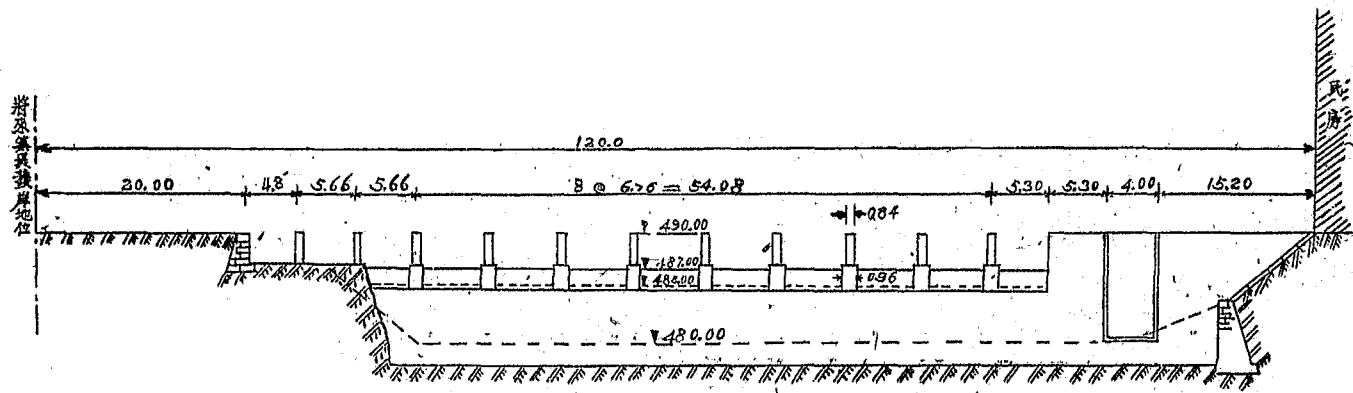
整理鹽井河航道於沿灘建築船閘，其理由有二：（一）為沿灘河底有暴露之岩層可資利用，以省底築工程。（二）沿灘原有市集，並有公路通過，停船上下，均頗便利。其所慮考慮者為沿灘街道及農田過低，在未築船閘前，已慮水患，築後當更甚，攔水壩最好能全部建築鋼板活動壩，但為目前經濟及材料問題所不許，已如第二章所述，為折衷計，故仍照原議將固定壩頂二公尺改為自動壩淨空五十五公尺，如圖（六）。茲研究其洪水位情形如下：

（一）鹽井河之縱斷面及最高洪水位見附圖（二）。

（二）根據華北水利委員會之估計，由所測民元洪水位，連接為水面坡降，再擇若干處之斷面，用坡降法計算流量，假定糙度系數為 0.025，得平均流量為 $4000 \frac{\text{立方公尺}}{\text{秒}}$ 。

（三）經計算郵關建閘，返水 (Back water) 影響至沿灘水壩壩下為極小，可作為不變。（如欲知其詳，可照返水算式計算之）較民元洪水位在該處為 495.00，民二十七年洪水位則為 493.00，由此計算攔水壩上游抬高之水位：

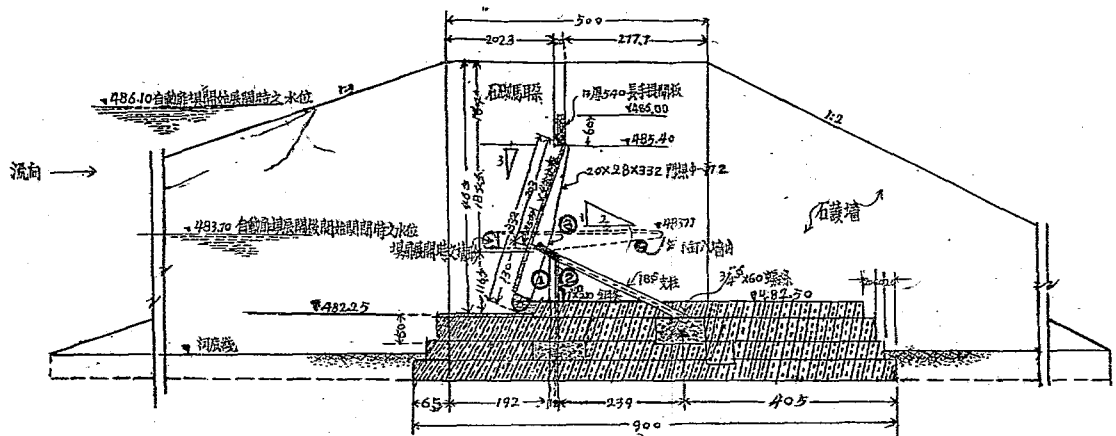
（甲）根據民元洪水位，在完全建固定壩時，上游水位提高至 496.10



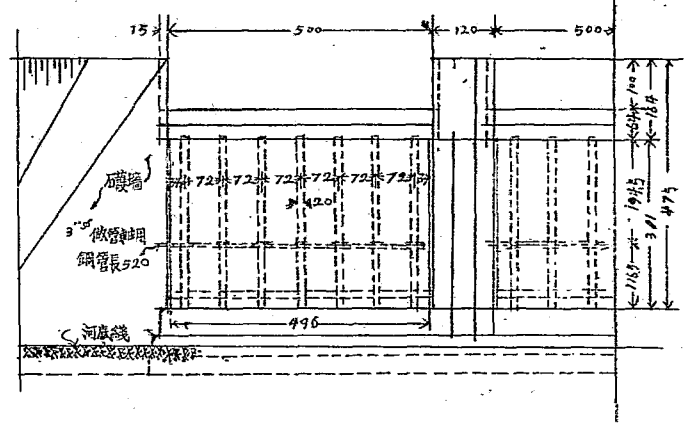
$\nabla 490.00$ 以下 ~ $\nabla 487.00$ 以上 斷面積 = 182 平方公尺
 $\nabla 490.00$ 以下 ~ $\nabla 485.00$ 以上 斷面積 = 292 平方公尺

圖(六) 沿灘船閘上游斷面圖

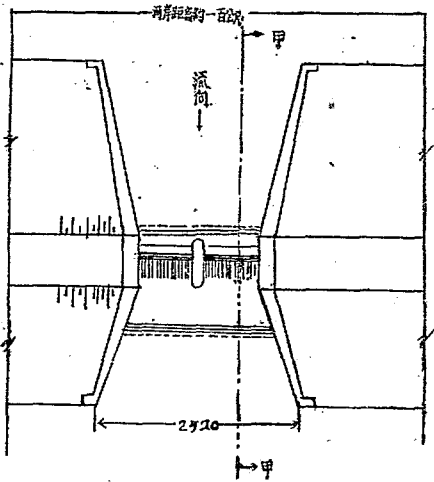
比例 1:500



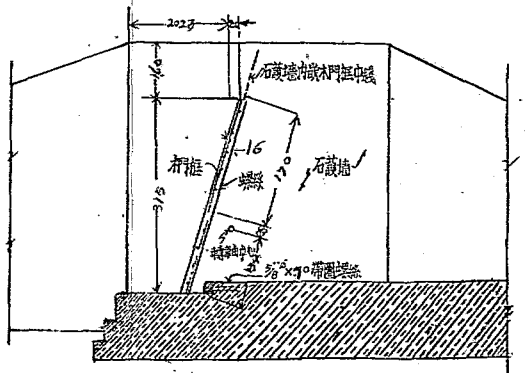
甲-甲剖面圖
1:100



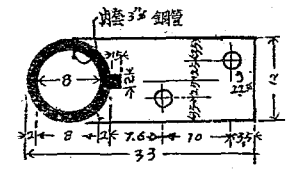
上游立面圖
1:100



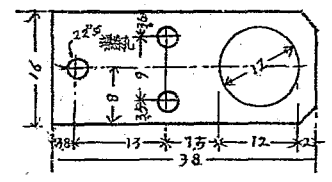
扉門平面圖
1:500



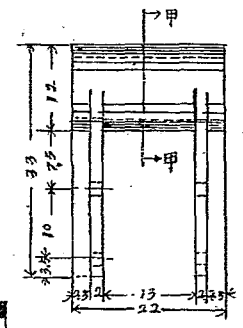
石護牆內木門框裝置圖
1:100



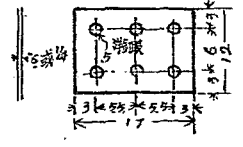
生鐵滾輪(甲-甲)
1:75



① 生鐵滾輪詳圖
1:75



② 生鐵滾輪正面
1:75

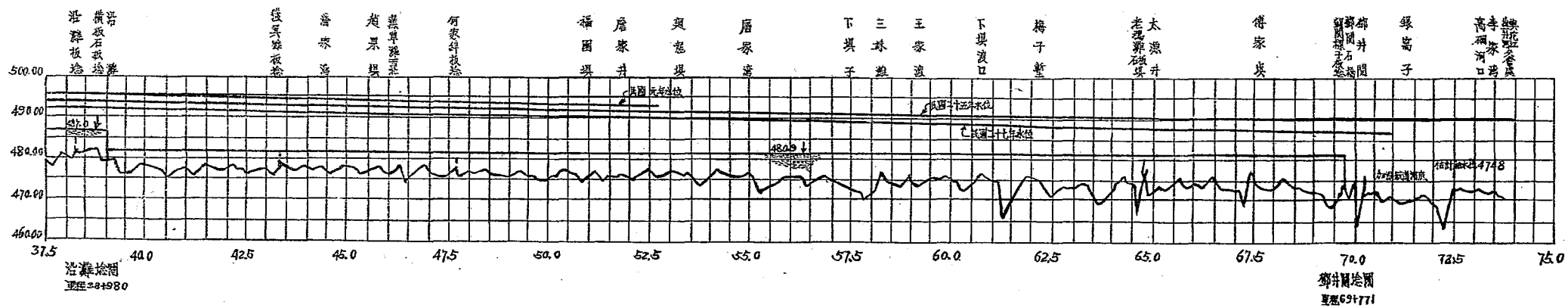
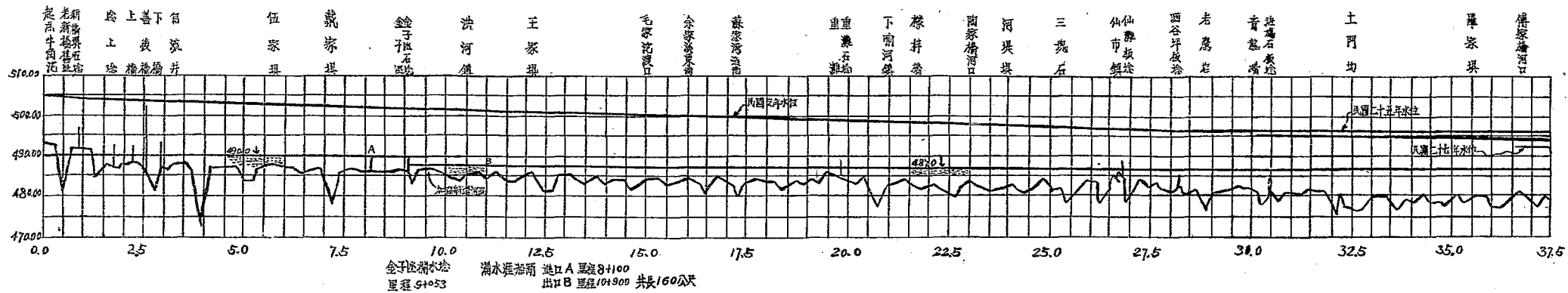


③ 生鐵滾輪詳圖
1:75

鹽井河沿灘臨時土捻自動扉門圖
單位:公分

附圖(一)

鹽井河航道縱剖面圖



附註：(1) 假定老新橋左岸橋墩上水準基準高度 500.00 (2) 高度以公尺計距離以公里計

將頂部二公尺改建活動壩後，上游水位提高至 495.80。

(乙)根據民二十七年洪水位，並假定流量為每秒 2000 立方公尺，計算在完全建固定壩時，上游水位提高至 493.65，將頂部二公尺改建活動壩後，上游水位提高至 493.40。

兩相比較，根據民元洪水位，改建自動壩後，可減低 3.5 公分，此係總數，雖不能十分準確，大致無誤，改建自動壩後，所減低之最高洪水位，確不見甚高，但在與壩頂高相彷彿之洪水位，則在基礎度以內，可能持不上漲，與農田水利及沿河較低房舍有益（詳請見第八節）。沿岸鎮兩岸高度約為 494.00，為防止最大洪水位，如僅將有受水災可能處沿河築以土堤，則尤更安。河流常欄水檢處斷面，如圖(六)。

洪水位之計算如下：

(一)根據民元洪水位

(甲)在建固定壩時 壩頂高 487.00

$$\begin{aligned} \text{下壩水位 } & 495.00 \\ \text{流量 } & 4000 \text{ 立方公尺/秒} \end{aligned}$$

$$\text{假定上水位至 } 496.15$$

$$h_1 = 1.15$$

$$A_0 = \frac{100 + 64}{2} \times 10 + 120 \times 6.15 = 1558 \text{ 平方公尺}$$

$$A = 5 \times 120 + 182 = 782 \text{ 平方公尺 (5)}$$

代入(5)式得

$$Q = 4.2AA_0 \sqrt{\frac{h_1}{A_0^2 - 0.9A^2}} = 4020 \text{ 立方公尺/秒}$$

(乙)在活動壩後 壩頂高 485.00

$$\text{假定上水位至 } 495.80$$

$$h=0.80$$

$$A_0 = \frac{100+64}{2} \times 10 + 120 \times 5.8 = 1515 \text{ 平方公尺}$$

$$A = 782 + 110 = 892 \text{ 平方公尺}$$

代入(5)式得

$$Q = 4.2A_0A\sqrt{\frac{h_1}{A_0^2 - 0.9A^2}} = 4080 \text{ 立方公尺/秒}$$

(三)根據二十七年洪水位

(甲)在建固定壩時

壩頂高 487.00

下塘水位 493.00

流量 2000 立方公尺/秒

假定上水位 493.65

$$h' = 0.65$$

$$A_0 = \frac{100+84}{2} \times 10 + 120 \times 3.65 = 1258 \text{ 平方公尺}$$

$$A = 182 + 3 \times 120 = 542 \text{ 平方公尺}$$

代入(5)式得

$$Q = 4.2A_0A\sqrt{\frac{h_1}{A_0^2 - 0.9A^2}} = 2000 \text{ 立方公尺/秒}$$

(乙)在建活動壩後

壩頂高 485.00

假定上水位 493.40

$$h_1 = 0.40$$

$$A_0 = 820 + 120 \times 3.4 = 1227 \text{ 平方公尺}$$

$$A = 292 + 360 = 652 \text{ 平方公尺}$$

代入(5)式得

$$Q = 4.2A_0A\sqrt{\frac{h_r}{A_0^2 - 0.9A^2}} = 2000 \text{ 立方公尺/秒}$$

第二節 水位與轉軸地位之計算

(一)假定動壓力不計

$$\text{根據公式(13)} b = \frac{H^2 \sec^2 \theta (3d+H) - h^3 - 3j^2}{H(6d+3H) \sec \theta - 3h^2 \cos \theta} + \frac{-M}{P - Q \cos \theta}$$

圓頭以三公分計

$$H = 2.17$$

$$\sec \theta = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$d = 0.30$$

$$h = 0.15$$

$$j = 0.17$$

$$\cos \theta = \frac{2}{5} \sqrt{5}$$

$$P = LwH \sec \theta \left(d + \frac{H}{2} \right) = 3.36Lw$$

$$Q \cos \theta = \frac{Lwh^2}{2} \cos \theta = 0.16Lw$$

$$M = Lw \left[(H+d) t_1 S - \left(\frac{Wz}{Lw} + 3.36 \times f_r \right) \right] = 2078Lw$$

其中 $W = 200$ 公斤

$z = 0.3$

$L = 0.98$

$w = 1000$ 公斤

$f_r = 0.0005$ 公尺

$t_1 = 0.28$

$S = 0.20$

$$\therefore b = \frac{2.17^2 \times \frac{5}{4} (3 \times 0.3 + 2.17) - 0.45^2}{3 \times 0.17 \times 0.45}$$

$$= \frac{2.17(6 \times 0.30 + 3 \times 2.17) \frac{\sqrt{5}}{2} - 3 \times 0.5^2}{3 \times 0.5} = \frac{0.078 Lw}{3.386 - 0.116} = 0.927 + 0.0238 = 0.95$$

$$a = H \sec \theta - b = 2.43 - 0.95 = 1.48$$

(二) 假定動壓力計算 $H + h_f$

$$\frac{H + h_f}{d} = \frac{0.3}{2.17 + 4.83} = \frac{0.3}{7} = 0.043 < \frac{1}{10}$$

動壓力本可不計，茲為明瞭動壓力情形，計仍計算如下，參閱第

(四) 第(六)圖。

$$D = 730 \qquad 0.73 = b$$

$$d = 0.80 \qquad 0.80 = d$$

$$\sum L = 55 \qquad 55.0 = t$$

$$A_0 = \frac{90 + 64}{2} \times 7.3 = 560 \text{ 平方公尺} \qquad \frac{1}{2} \sqrt{s} = 0.25$$

$$Q = 185 \sum L d^{3/2} = 16.7 \text{ 立方公尺/秒} \qquad \cos \theta = 0.9$$

$$v = \frac{Q}{A_0} = \frac{16.7}{5.60} = 0.03 \text{ 公尺/秒} \qquad \sin \theta = 0.436$$

$$v_b > v = \left[\frac{v}{\cos \theta} \right] \sqrt{d + H} \qquad \text{即按 } 0.03 \text{ 公尺計算}$$

$$F_y = Lw \frac{H}{9v_b} \cos \theta = 0.0059 Lw \text{ 公斤} \qquad \cos \theta = 0.9$$

$$m = \frac{1}{2}$$

$$\therefore M' = F_y [mH \sec \theta - b]$$

$$= .0059 Lw \left(1.1 \frac{\sqrt{5}}{2} - 0.95 \right)$$

$$= .0059 \times 0.32 Lw$$

$$= 0.0019 Lw \text{ 公斤} \cdot \text{公尺}$$

$$b = 0.95 + \frac{M}{P - Q \cos \theta}$$

$$= 0.95 + \frac{0.0019 Lw}{8.20 Lw} = 0.95 + 0.0006 = 0.9506$$

故 b 仍可作為 0.95 動壓力之影響，可以略去不計。

第三節 詳細計算

為安全計， d 以 0.40 計算：

(一) 門板

根據公式(23)

$$\text{門板厚} = \sqrt{\frac{8w(H+d)L^2}{5f}}$$

$$= \sqrt{\frac{8 \times 1000(1.6+0.4)0.98^2}{5 \times 75}} = 4 \text{ 公分}$$

(二) 門樑

$$M = \frac{wLa^2}{6} (a \cos \theta + 3d)$$

$$= \left[\frac{1000 \times 0.98 \times 1.48^2}{6} \left(\frac{1.48 \times 2}{\sqrt{5}} + 1.2 \right) \right]$$

$$= 900 \text{ 公斤} \cdot \text{公尺} = 90.000 \text{ 公分} \cdot \text{公尺}$$

$$bd^2 = \frac{6M}{f} = \frac{6 \times 90,000}{75} = 7200$$

$$\text{設 } b = 16 \text{ 公分}$$

$$d = \sqrt{\frac{7200}{16}} = 21 \text{ 公分}$$

用 18 公分 \times 24 公分 斷面

(三) 支柱

$$R_1 = P - Q \cos \theta + W \sin \theta$$

$$= (3.67 - 0.16)Lw + \frac{200}{\sqrt{5}} = 3550 \text{ 公斤}$$

用 0.20 ϕ 做成 0.15 \times 0.20 支柱

$$\frac{e}{d} = \frac{110}{15} = 7.4$$

$$\text{需要斷面} = \frac{3550}{70} = 51 \text{ 平方公分}$$

所假定之支柱已超過所需要之斷面積甚多，但為大小相配及防止因腐蝕而損壞計，仍用所假定之斷面。

(四) 拉棍

根據本章第一節，在最大洪水時，流量 4000 立方公尺/秒

$$\text{通過壩水壩頂之流速} = \frac{Q}{A} = \frac{4000}{892} = 4.5 \text{ 公尺/秒}$$

以每秒 6 公尺計

$$P' = 25.5 Ltv^2$$

$$= 25.5 \times 0.98 \times 0.28 \times 6^2$$

$$= 256 \text{ 公斤}$$

$$T = \frac{P'e}{i} = \frac{175 \times 0.5}{i} = 128 \text{ 公斤}$$

用 1" \square 鋼筋兩根裝置如圖已足夠牢固，並可抵抗壓力。

(五)轉板 轉軸 軸托

轉板用 $1/2''$ 厚鋼板,其與門樑相連處用螺絲三根,如附圖(三)。

轉板對轉軸所發生之力距 $=P'S=256 \times 20=5120$ 公分·公斤

轉板上第一單螺絲所受之力 $=\frac{5120}{10}=512$ 公斤

用 $3/4''$ 螺絲徑計算螺絲對門樑之支承力,螺絲內所受剪力,螺絲與鋼板間之支承力均已足夠。

用 $2 1/2''$ 內徑鋼管轉軸,不加套軸,軸托設置不便,且對抵抗因力距(Moment)而發生之應力(Stress)及剪力(Shear)不足,故加轉軸及軸托如圖:

計算從略

第四節 支座與塔頂之設計

支座與塔頂之設計,如附圖(三)。計算石塔頂對水力之能否承受,分二部份計算之:

(一)塔頂在支座前之部份(以四層料計)

在壩扉開始展開時之受力情形如圖(七)。

假定壩扉展開時之水位為 487.40

其他數層亦可同樣檢查,但均保安全。

$$P = \frac{(24+4)}{2} \times 16Lw = 5120L$$

$$W_1 = (2.7 \times 1.5)Lw = 4050L$$

$$W_2 = (26 \times 1.6 - 0.3 \times 1.5) \times 0.5L = 11,500L$$

$$W = W_1 + W_2 = 15,550L$$

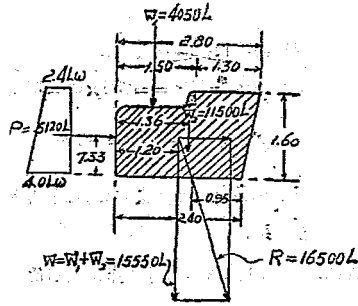


圖 (七)

設石料間之磨擦係數 $\phi = 0.6$

基底對乎推壓力 (Horizontal push) 之磨擦抵抗力

$$= 0.6 \times 15,550 L = 9320 L$$

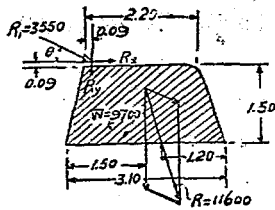


圖 (八)

始展開時之受力情形如圖 (八)。

$$L_1 = 0.98$$

$$R_1 = 3550$$

$$\text{安全率} = \frac{9300}{5120} = 1.82$$

P 與 W 之合力 R 穿過基底時未超出三分基底之中部 (Middle third) 故對倒轉 (Overture) 亦保安全

(二) 壩頂及支座後之部份 (以四層石料對混凝土在內) 在壩扉開

水平壓力 $R_{1x} = R_1 \cos \theta = \frac{3550 \times 2}{\sqrt{5}} = 3170$ 公斤

$R_{1y} = R_1 \sin \theta = 1590$ 公斤

式 $W = \frac{3.1 + 2.2}{2} \times 1.5 \times 2500 \times 0.98 = 9700$ 公斤

墩前之水流對墩之壓力，(即墩前之水流壓力)即底面大抵
基底對水平壓力之摩擦抵抗力 = $\varphi(W + R_{1y}) = 6770$ 公斤

安全率 = $\frac{6770}{3170} = 2.14$

1. R_1 與 W 之合力 R_1 穿其基底時，其與三分帶底之合力對
於墩前亦無安全，填項在分段計算時應否安全，以整個論亦無安全，可
毋庸再加計算，在填土內加筋及使其有上下連續性，係斜角現者藉以建
築，可毋庸計算。

第五節 壩墩之設計

壩墩之目的在分隔各壩，使便於建築及修理，每孔寬度須視材料情
形及墩上橋樑之經濟跨度而定，壩墩之大小，則須在任何水流情形下，
均保安全方可。在可能範圍內以愈高愈佳，以免阻礙水路，正如第三章
第二節所述，茲為顧計可得之轉軸鋼管及橋樑木料起見，每孔用 6.76
公尺中之中之跨度，墩高 5.00 公尺，使與開牆頂平，以便乘橋行人，墩
分二層，下層寬 0.76 公尺，長 4.00 公尺，上層每邊各收進 6 公分，用
定打之青砂礮石，以 1:2 純洋灰沙漿抹面，最上一層打 1:3:6 混凝
土壓頂，墩之首尾及頂部，均打成略似橢圓形之圓角，使與流線型相近
似，以減少水流對壩墩之衝力，詳細見附圖(三)(四)。

壩墩之牢固，與水流情形及是否有漂流物衝擊有關。水流情形，大
致可根據水力學計算，漂流物之衝擊，則無一定，故壩墩之設計，除照水

力計算外，應稍加固，以防意外。茲將各種水流情形，對壩墩之安全問題，分別檢算如後：

(一)自動壩蓄水時之情形

自動壩蓄水時，河水對壩墩所作用之壓力，僅有靜壓力，每壩墩在最大急流時（如本節第三條所述），能保安全，則在僅有靜壓力之情形下，可毋庸計算。

(二)自動壩展開一孔時之情形

自動壩展開一孔時，其展開之一孔靠壩墩上游附近水位降落，下游附近，水位增高，未展開者，水位仍舊，故壩墩兩側，均因水位之不同，而受有旁壓力，靠上游部份，向展開之一孔內壓，靠下游部份，向未展開之一孔外壓，如圖（九）(1) P_1P_2

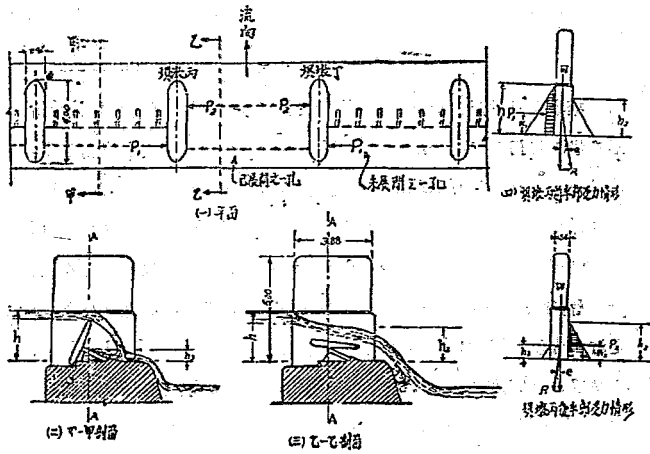


圖 (九)

$P_1 P_2$ 壓力之大小, 及其位置頗難詳細計算, 為簡便計, 可假定 A-A₁ 緣分兩壩墩成二部份計算之, 同時並檢查壩墩對滋動 (Sliding) 及對倒轉 (Overturing) 之安全率。

[甲] 在 A-A 上澆水位相差如圖 (九) 之 (4)。

$$h = 2.40$$

$$h_2 = \frac{2h + t + At}{3} = \frac{4.8 + 0.86 + 0.74}{3} = 1.76$$

以一公尺寬之一直條計

$$P_1 = \frac{h^2 - h_2^2}{2} = \frac{2.4^2 - 1.76^2}{2} = 1.33 \text{ 噸}$$

$$K_1 = \frac{h^3 - h_2^3}{6P_1} = \frac{2.4^3 - 1.76^3}{6 \times 1.33} = 1.09 \text{ 公尺}$$

$$\text{壩墩重} = 0.90 \times 500 \times 2.5 = 11.2 \text{ 噸}$$

假定石料間之摩擦係數為 0.60

$$\text{則對平推壓力之摩擦抵抗力} = 11.2 \times 0.6 = 6.78 \text{ 噸}$$

$$\text{安全率} = \frac{6.78}{1.33} = 5.1$$

P_1 與 W 之合力 R 穿過基底時離中綫之距離

$$e = \frac{P_1 K_1}{W} = \frac{1.09 \times 1.33}{11.2} = 0.13 \text{ 公尺}$$

$$\text{六分之一基底寬} = \frac{0.96}{6} = 0.16$$

$0.13 < 0.16$ 未超過三分基底之中部, 故對倒轉亦係安全。

在壩墩尖端之斷面距逐漸減小, 但因 h_2 在墩尖處逐漸增高, 且墩壩有連續性, 互相牽制, 故假定以壩墩中部一公尺寬之一直條檢算, 即可代表全體而無大謬。

【乙】在 $A+A'$ 下游水位之相差如 (九) 之 (15) :

$$h_2 = 1.76$$

$$h_3 = 0.60$$

以一公尺寬之一直條計

$$P_2 = \frac{1.76^2 - 0.60^2}{2} = 1.97 \text{ 噸}$$

$$K_2 = \frac{1.76^3 - 0.6^3}{6 \times 37} = 0.592$$

$P_2 K_2 < P_1 K_1$ 故可毋庸再詳加計算。

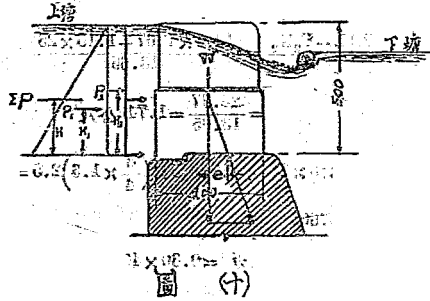
【丙】 $P_1 P_2$ 形式上似成偶力，但因未至使壩發生滑動之程度，故均保安全。

(三) 自動壩全部展開，水流及水壓最大時之情形。

自動壩全部展開，上下塘水位逐漸增高。(甲)如固定壩高，則壩墩前之水位驟增，但壩墩後仍屬無水，或水位甚低，水流在滾過壩頂時，成滾跌現象，其對壩墩所作用之壓力有二：一為上下塘水位相差之靜水壓力，一為上塘來水之動壓力。(乙)如固定壩低或下塘水位增漲較速，成滾流現象時〔水流在壩頂上流過時為壩流 (Flow over dam) 在河道內流動時為渠流 (Flow through open channel) 流量同樣增加，寬度相彷彿者，在明渠內增高之水位，必較在壩頂上增高之水位為大，故下塘水位，每增漲較速。〕則對壩墩所作用之壓力，可單以滾過壩頂之動壓力計算之。

茲分述如後：

[甲]水超過固定檢頂為最大漲跌時



本設計經估計最大漲跌為上塘水位漲至與壩墩頂同高時，壩墩寬以一公尺計，下塘水位因有水躍(Hydraulic jump)及擾動(Turbulence)故為安全計，反靜水壓力不計。

茲計算

$$\text{上水靜壓力 } P_1 = \frac{5 \times 5}{2} = 12.5 \text{ 噸} = 125000 \text{ 公斤}$$

$$K \geq 1.67 \text{ 公尺}$$

每一公尺寬壩長流量

$$Q = 1.55 \left(h + \frac{t + A^2}{2} \right) \sqrt{h_1 - t - A^2}$$

$$= 1.55(5 + 0.25) \sqrt{5 - 0.50}$$

$$= 17.8 \text{ 立方公尺/秒 (見公式(1))}$$

$$\text{在壩墩前之流速} = \frac{5.76}{6.76} \times \frac{17.8}{5} = 2.95 \sim 3.00 \text{ 公尺}$$

$$\text{動壓力 } P_2 = 25.5 A v^2 = 25.5 \times 5 \times 3^2 = 1150 \text{ 公斤 (見公式(26))}$$

$$K_2 = 2.5 \text{ 公尺}$$

$$\Sigma P = 12.5 + 1.15 = 13.65 \text{ 噸}$$

$$K = \frac{P_1 K_1 + P_2 K_2}{\Sigma P} = \frac{12.5 \times 1.67 + 1.15 \times 25}{13.65}$$

$$= \frac{23.77}{13.65} = 1.74 \text{ 公尺}$$

$$\text{壩墩總重} = 10.9 \times 5 \times 2.4 + 0.9 \times .5 \times \left(\frac{3}{4} \times 1.6\right) 2.5 = 40.5 \text{ 噸}$$

$$\text{假定摩擦係數} = 0.60$$

$$\text{壩墩對乎推壓力之摩擦抵抗力} = 0.60 \times 405 = 24.3 \text{ 噸}$$

$$\text{安全率} = \frac{24.3}{13.65} = 1.78$$

ΣP 與 W 之合力 R 穿過基底時離中線之距離

$$e = \frac{\Sigma PK}{W} = \frac{13.65 \times 1.74}{40.5} = 0.587$$

$$\text{六分之一基底寬} = \frac{4.00}{6} = 0.667$$

$0.587 < 0.667$ 未超過三分基底之中部，故對倒轉亦係安全。

壩頂砌築時，全以 1:2 洋灰沙漿膠砌，不透水，故上壓力可以不計。

[乙] 在最大漲流時：

$$\text{假定 } h = 6.00$$

$$h_2 = \frac{2h + t + A^2}{3} = \frac{12 + 0.5}{3} = 4.17$$

每一公尺寬壩長流量

$$Q = 1.55(6 + 0.25)\sqrt{6 - 0.50} = 22.7 \text{ 公尺立方/秒}$$

通過壩頂之流速

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{22.7}{4.17} = 5.45 \text{ 公尺}$$

以每秒鐘 6.00 公尺計

對壩墩之動壓力 $P = 25.5 AV^2 = 25.5 \times 5 \times 36 = 4600$ 公斤

對滑動無問題。

P 與 W 之合力 R 穿過基底時，離中線之距離。

$$e = \frac{4.6 \times 2.5}{40.5} = 0.284 < \frac{4.0}{6}$$

未超過三分基底之中部，故對倒轉亦係安全。

(四)根據以上各條檢算結果，知所設計之壩墩在任何情形下均係安全，惟深流物之衝擊，及壩墩前擋水面積，因草積而增大，所增加之壓力，未計算在內耳，但壩墩之斷面已超過上述三條所需要之數甚多，故如無特殊意外，當不致發生危險也。

第六節 扉底橫木及門框之作用

門框下端所設之橫木，其目的為使壩扉關閉與門框相合時，防止漏水，及增加壩扉下部重量，以便在水消後自動關閉之用，扉底橫木以上所設之三角橫木，乃為加增重量使壩扉足以自閉而設，同時在壩扉展開，浮懸於水中時，因加三角橫木之故，扉底附近可更近流線型，減少水流在該部份之擾動道 (Turbulence wake)，因此對壩扉之衝力亦可減少。以來諾而數 (Reynold's Number) 解釋之尤明，(來諾而數 $R = \frac{Lv}{\nu}$ 其中 $L =$ 當水物之長度， $V =$ 水流速度， $\nu =$ 水之動粘度 Kinematic viscosity 與溫度有關) 在某限度內，來諾而數愈大，則水流對擋水物所作用之壓力愈小 (詳情可參閱水力學)。今在扉底橫木附近長度增加其他不變，來諾而數 R 即增加，水流對壩扉之衝力即可減少。

木門框之作用，在防止壩扉與壩墩相接處，因接觸不嚴而漏水，故用木製，在轉軸以上部份，向後傾斜，在轉軸以下部份，向前傾斜，在轉軸附近成弧形，向前傾斜，門板與門框相接處，相反傾斜，俾使嚴密而利啟閉，在門板裝釘之初，與門框間微留縫隙，以防受水發漲後不使啟閉，如覺發漲過甚，則在修理時，亦頗易削也。關於裝置時，應留隙縫之大小，則視木料之乾溼及其性質而異，在未有詳細研究前，惟有估計。茲留三公厘之隙縫，蓄水後漏水甚微，較多處在弧形部份及扉底橫木與壩墩相接處，蓋以不易做密之故。洪水漲至預定高度啟閉時，並無發漲過甚之弊。

第七節 修理設備

自動壩應用日久，難免不有損壞及須修理之處，如在損壞後，即將河水洩平檢頂始行修理，則將妨及營運，故應有不妨營運之修理設備為佳，其辦法乃在壩墩前預留加臨時插板之地位，使自動壩在發生障礙，須要修理時，在臨時插板後，可自由工作。本設計乃照本地開闢舊檢壩口辦法，在壩墩頂預留缺口，置檢柱，檢柱外插檢杆，檢杆外再加四公分厚之薄插板者。如再整根本料可以購得，則以改三公寸厚之整插板為宜，檢柱檢杆可以不用，修理時分孔辦理，相鄰二孔，如不便同時置插板，則可相間一孔同時進行。

第八節 活動木橋

沿壩兩岸在未築檢壩前，原設有上下渡船以利行人，築壩後既有壩墩，即可利用建一木橋，以利交通，但沿壩類與冰位甚高，築壩後將增至 495.80（見本章第一節），如欲建一高出洪水位之橋樑，則壩墩高將越

出欄水塔頂的十一公尺，並預設大。其結果阻水尤甚，將使洪水水位更形增高，故欲建至與開闢頂同高，上設活動天橋，裝活動欄杆，每年由八月至三月拆去，洪水期後裝復，以免衝毀，並有妨礙壩墩之虞。

橋面寬 1.4 公尺，兩面加護木後淨寬 1.1 公尺，橋面載重依雙排行人，每二公尺內立五人計算，合每平方公尺 245 公斤或每平方尺 50 磅。在通過開門處亦加建天橋一孔，以資貫通，橋樑底提高至 490.40，俾水位漲至 487.60 時（自動扉壩展開時之水位為 487.30），空船仍可在橋下通過，不受阻礙。

第九節 對農田之利益

正河自動壩之功用，無非為保持枯水，減低洪水位，已如第三章所述，但本市沿灘欄水塔上所建者，不僅對減低最高洪水位有效，對農田利益更有裨益，其理由為：（一）在未築壩前河水無法蓄積，且水位太低，旱年厚水，異常困難，水田每多荒廢。（二）築壩後水位提高，對兩岸岸坡將略有淹沒，但因洪水漲落高差甚巨，未築壩前，岸坡上已不能盡量播種，故築壩後，對田禾之損失甚微，反之兩岸通河之大小溝渠，反因水位之提高，可倒灌數十里，距離河甚遠之處，亦可收灌溉之效。

沿灘以上，重灘以下，通河之大小溝渠，不下十餘條（重灘以上因未提高水位故不計），其中以楊柳溪、傅家橋、西家橋等溪溝為最大，各長約十公里許，坡度甚平，兩岸多係水田。未築壩前水深僅數公尺，水面寬不滿十公尺，築壩後，水深可數公尺，倒灌五六公里，旱年厚水，受益面積，兩岸各以六十公尺許，當為 $3 \times 5,000 \times 120 = 1,800,000$ 平方公尺，合二千七百畝，正河自沿灘至重灘共長十九公里，因水位提高之

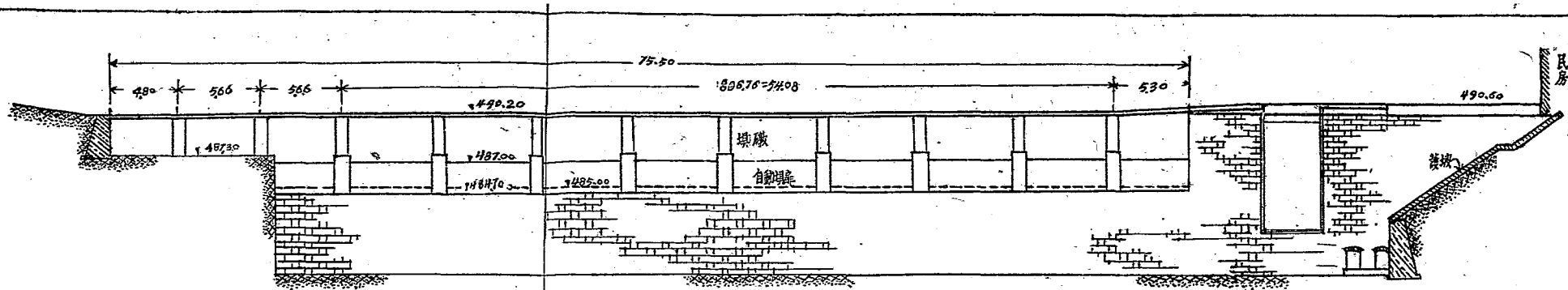
受益面積，兩岸平均共以 35 公尺計（因原沿河邊故假定較少），當為 $1,900 \times 35 = 665,000$ 平方公尺；合一千畝，其他小溝兩岸受益面積，姑以一千三百畝計，二者當在五千畝以上，此乃築壩之益從低估計者。惟沿溝附近地勢甚低，如築固定壩，雖同可以收上述之效，但六七月間洪水水位提高過甚，受益之區，將同時蒙其不利。今改建自動壩，在流量自 0 至 320 立方公尺間（照公式 (I) 計算），水位可水維持在 487.00 至 487.40 之間，對田禾可完全無損，（按每秒鐘 300 立方公尺之流量為鹽井河六七月間之普通洪水流量，最大洪水，亦在七月下旬至九月下旬）般之收穫約在七月中下旬，故若照通常情形，最大洪水不特殊早發，則沿河農田，將蒙百利而無一弊也。

川中農田，除成都平原外，因山巒起伏，岸高河遠，無法岸水，故每就山勢，在山谷或坦坡可受水處，分級填築，秋冬蓄水，春來耕種，每年收穫一次，如逢久旱，田水涸竭，則惟有任其荒蕪，故有靠天吃飯之說，此乃山田之通病。欲謀解決，惟有就山勢在較高處建蓄水库，雨季蓄水，耕時放水，或利用水力，設水力機岸水等種種辦法。皆須因地制宜，舉辦相當工程，同時並須考慮其經濟價值，非每處皆可興辦者。今沿溝因建船閘而設自動壩，可將水位提高，通達各溝以供灌溉，並不慮洪水之將田禾淹損，（在船閘處雖可設置小規模之水力機發作電力，以供應用，但恐尚無其經濟價值，故暫置不論）。即以往因無法岸水，僅種一季之農田，至少離河邊較近之一部份，可改種兩季，利益增加，自不待言。如能逐一辦到，則此自動壩之功效，尤不僅已於保持枯水，防止洪水，及早年灌溉也。

第十節 施工經過(附實用工料表)

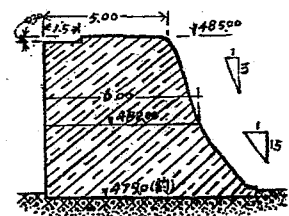
沿線檢閱，於二十九年開始籌備，三十年二月興工，自動塵壩之正式設計，在三十年六月，得臨時自動塵壩之試用結果後，施工方式：木石材料及按裝工，分別招商辦理，鐵件除原存餘料外，向本局與業材料燃料統制委員會撥購，由管垣局機務處自造，洋灰於民國二十八年轉請經濟部水利司向水泥公司定購，另星材料自備。施工期間，木石料於三十年九月訂立合同，十二月陸續運達，按裝工包括棚架塗上最上二層石料之按砌及混凝土之搗置，壩扉天橋木料之鋸做按裝及油漆，壩墩之按砌等在內。於三十年十二月訂立合同，十二月底開工，三十一年四月完工。鐵器製造於三十年十月起陸續交貨，三十一年三月交齊，施工時期，米價變動狀態，在三十年九月間，中米每市斗約合 29 元，十二月間約合 34 元，三十一年四月間約合 50 元。木料購買，訂立合同後預付料價之百分之五十，限期運達，不隨米價調整。壩墩石料訂立合同後，不隨米價調整，棚架頂石料，在整個壩閉所需石料合同內訂購，單價根據米價調整，(詳細見附表)，石子在礮井關包打包裝運至工地，單價不隨米價調整，按裝工合同訂定後，預付包價之百分之二十，工作進行時分期扣還，在米價不超過每老斗一百五十元，即每市斗五十元時，單價不加調整，超過時，視當時米價及所做工作數量酌加調整，結果未超過。所用材料工款共計國幣六十八萬元，茲列表如後。施工時及完工後之情形，見下列各照片，

5	石	子	2公分至8公分石	100 立方公尺	140.00	14,000.00	二十年十月打立合同在御開打由御運至沿路十二月送竣包括運費在內不匯來價調整
6	洋	灰		850 桶	200.00	70,000.00	洋灰直接向水坭廠採購自運至工地預為存貯每桶200元計算含和上致
7	按	費	工	10 元	20,000.00	200,000.00	包括橋水樑頂二層石料工砌及天橋之鋪設換裝及打立合同內三三十一月四日完工在立後預付工價20%在工150元時早價不加調整結果未起
8	洋釘	藤索	等			14,840.00	自購估計尚數
總				計		元 680,000.00	加建橋台及加添天橋之各款未算在內因鑰孔款未加增甚也早價用平均單價共便內皆成盤款



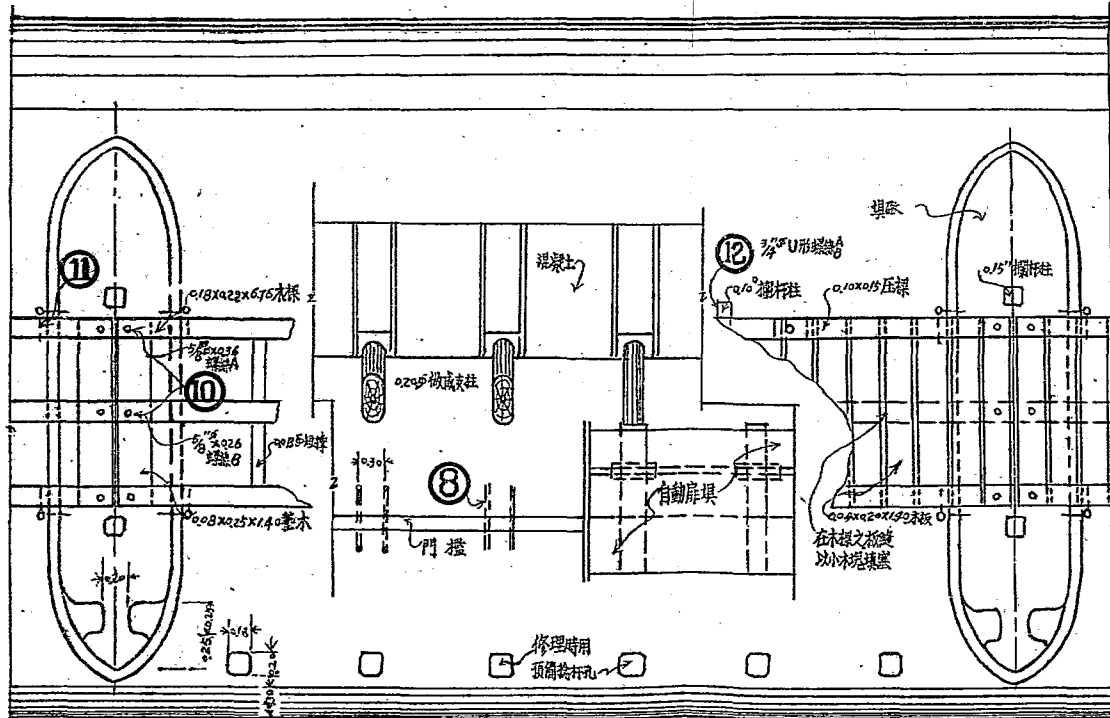
沿灘攔水堰上游正面圖

1:250



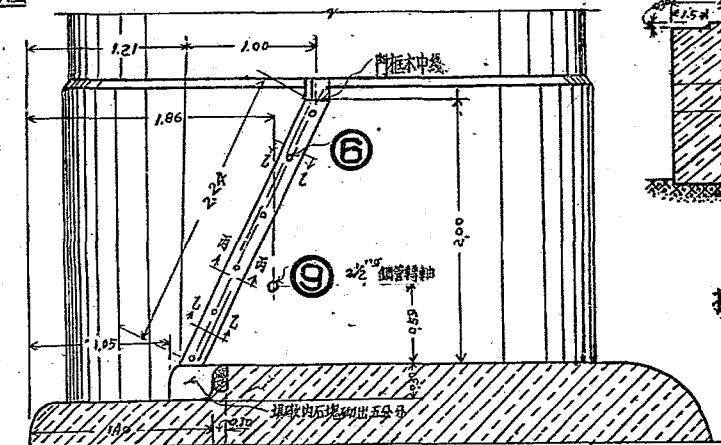
攔水柵剖面圖

1:200



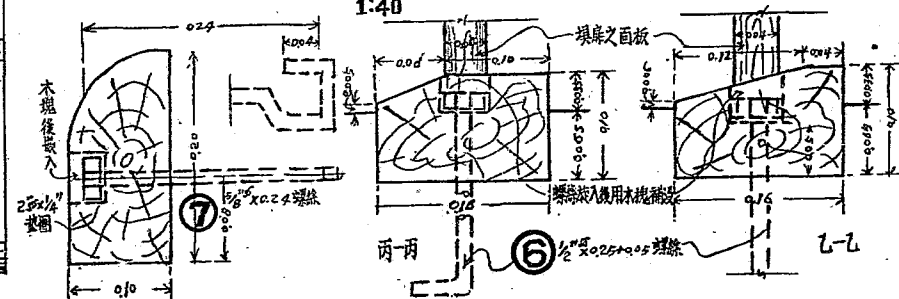
平面圖

1:40



門框木位置圖

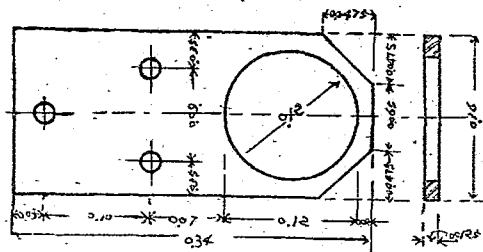
1:40



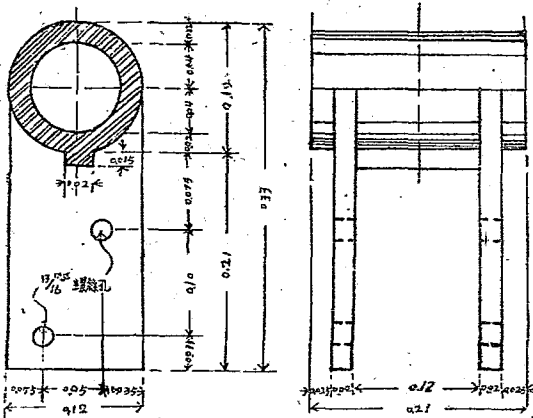
門樑及門框木剖面圖

1:5

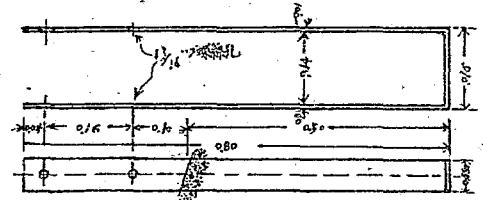
沿灘攔水柵自動扉平面及門框木詳圖



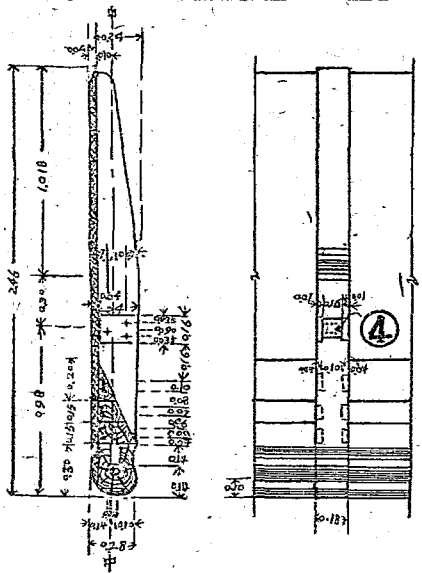
① 1/2厚熟鐵轉板詳圖
1:5



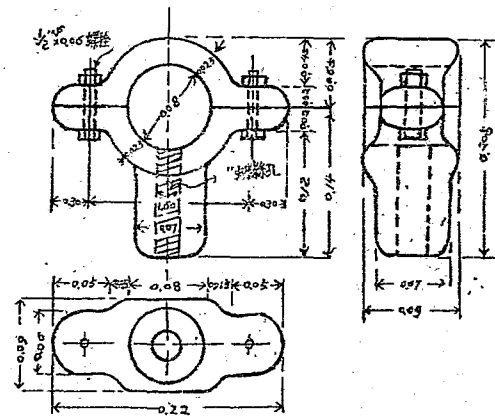
② 生鐵套軸詳圖
1:5



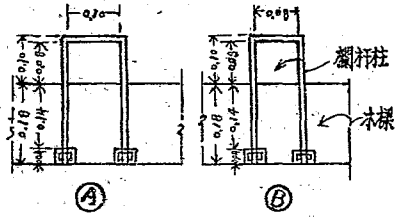
⑤ 3/8厚U形鐵板詳圖
1:10



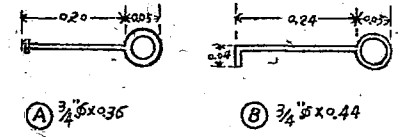
門樑詳圖
1:30



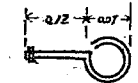
③ 生鐵軸托詳圖
1:5



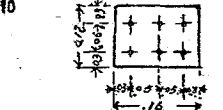
④ 3/4 U形螺絲詳圖
1:10



⑪ 3/4帶帽螺絲詳圖
1:10



⑬ 1/2 x 0.30 螺絲圖
1:10



④ 1/4厚鐵板詳圖
1:10

鋼鐵材料表:

編號	名稱	數量	單位	說明
①	1/2厚熟鐵轉板	58	付	每付二塊連同3/4 x 0.22螺絲三付
②	生鐵套軸	58	套	每套連3/4 x 0.20螺絲二付
③	生鐵軸托	58	套	每套連1/2 x 0.06螺絲二付
④	1/4厚鐵板	58	塊	
⑤	3/8厚U形鐵板	58	塊	每塊連同3/4 x 0.16螺絲二付
⑥	L形螺絲	120	付	1/2 x 0.25 + 0.05
⑦	帶帽螺絲	58	付	5/8 x 0.24
⑧	鋼筋螺絲	116	根	1 1/8 x 1.50 一端開岔
⑨	內徑2 1/2鋼管	10	根	19'-10" 8根 17'-5" 2根
⑩	5/8螺絲	104	付	(A) 5/8 x 0.36 78付 (B) 5/8 x 0.26 26付
⑪	一螺絲	88	付	(A) 3/4 x 0.36 44付 (B) 3/4 x 0.44 44付
⑫	3/4 U形螺絲	96	付	(A) 48付 (B) 48付
⑬	一形螺絲	96	付	

第六章 使用經過及討論

第一節 漏水程度

本文所述自動扉壩，於三十一年五月底建築完成。施工時所最感困難者，為門木框與門板相接處之接縫問題，尤以在乙-乙斷面處（見附圖四）之弧形部份為最，工作倘一不慎，即不易適合，按裝時雖曾規定各留三公厘之隙縫，以備蓄水後可以漲密，而不致過緊者。但驗收時，在該部份，仍發現有三四處太寬，改裝不易，而加釘布條。

七月一日開始蓄水時，為預防門框附近漏水起見，曾於蓄至約一公尺高時，在扉底橫木下，及門框與門板相接處，塗以黃泥，水蓄滿後，漏水甚微，較大處為扉底橫木與壩墩相接，及門框與木門板相接處之弧形部份，範圍不大，耗水量亦不多。經估計，十孔自動壩之總漏水量，每秒钟不滿 0.1 立方公尺，（鹽井河最枯流量為每秒钟 1.00 立方公尺）雖極枯水時期，同時在船閘內放船，隨時均在消耗水量時；自動壩頂，仍有水溢過。可見此細微之漏水，並不足為慮也。經過洪水至預定水位啟閉後，漏水程度仍如舊，壩底所塞黃棉，在壩扉展開後，被水沖去，與關閉無妨。

為防止漏水及免漲密過緊起見，門框與木門板間應留之隙縫，應有詳細之研究，並加實地試驗。其大小，應視木料之性質，按裝時之乾濕及

受水後之漲縮程度而異，本工程在施工前，未及做此試驗。但憑前次臨時壩之試用結果，酌定一數，兩邊各留三公厘之隙縫，所用木料為新伐之柏木，每扉寬 5.8 公尺，最小一扉寬 3.8 公尺，洪水時經歷次啟閉，尚未發現有過緊過鬆之弊。裝設過鬆，已知為漏水，但如裝設過緊，則將使壩扉開始展開時之水位增高，弊所增不多，最不過數公分至一公分，但因發漲過甚之故，在關閉時，門板與木門框相接，將不在原位，而致壩扉上部偏後，下部偏前，結果使扉底橫木，不能與門框相密接，而漏水較甚。故新建之壩，在第一次啟閉後，如發現有上述情事，應即加以澈底修理，以後逐次應用，即無問題矣。

修理時之放水辦法，如關閉涵洞井外底勝建築穩固，涵洞門重量足使在水流時，亦能下沉者，則可在涵洞井內放水，否則，則宜在閘門內放水，放水辦法：先關下閘門，加下閘門外插板，關上閘門，然後將插板與水位逐提逐稍。如與運輸無妨，可使水位降至與固定栓頂相平時，再行修理，否則如第五章第七節所述，加用臨時插板修理亦可。如自動壩不與船閘相配合建築者，則應留一孔，改建非自動式，用人力操縱，較自動壩底為佳之自動閘門，以便修理時放水或洩洪之用。

自動壩之作用，乃為使水漲時易於展開，所防涵水，乃在枯水時期。故每年初次啟閉後，察發現有閘閉不嚴，涵水較甚情事，因洪水期水源不慮枯竭，儘可置之不問，俟九十月間，一次澈底修理，即可供半年以上枯水時期之用。故雖係木製，其修理費，亦不致過大也。如本年洪水後之修理費，僅化 2,700 元，與總價 680,000 元，較當其 $\frac{4}{1000}$ 。

第二節 啟閉情形

上述自動扉壩，於三十一年五月建築完成後，七月一日開始蓄水，

七月二十二日上午，因上游漲水，羣閘將起第一孔展開，壩扉展開時之水位，為 487.28，較預計水位略低，其原因，蓋以壩扉上部門板，因蓄水後發漲而上升高之故。第一壩展開後，水位即行降落，其他各壩均未展開。當時經考察展開之一孔，上水面在 487.08，時下游板頂水位高度為 486.60，若照公式(1)計算則應為

$$48500 + h_2 = 485.00 + \frac{2 \times 2.08 + 0.50}{2} = 485.00 + 1.55 \\ = 486.55$$

相差約 5 公分，蓋以尚有其他未知因數在內之故，然已足證計算之有相當準確矣。七月二十五日，上水位降至 486.10，壩扉而水深約一公尺，尚未至自關程度。為免久待計，當由二工人在天橋上，用鐵鉤將壩扉頂輕輕鉤上約一公尺許，即自行關上。關閉時聲響不大，亦未震動，支持拉棍及轉軸均未得草，壩後錨檢，均無損壞亦無走動。

八月一日因上游漲水，又經先後展開二孔，故先展開者仍為此次所展開之一孔，展開時之水位，為 487.30 及 487.32，八月四日在水位降至 486.20 時，仍用前法，用人力稍事撥動，自行關上，情形如舊。當以洪水時期將屆，即為將天橋拆去。

八月九日，第一次所展開之一孔又經展開，水位如前，延至八月二十二日下午，水位降至 486.30，尚來自關，八月十二日晚，因榮感兩河山洪暴發，河水陡漲，八月十三日晨八時，又展開二孔，十時又展開二孔，水位在 487.30 至 487.35 之間，十二時全部展開，最後一孔展開時之水位，為 487.40，其所以有不同者，蓋以裝置時，門板與木門框間鬆緊有不同，門樑及門板因受水漲關係，高低容有不同故也。其後水位仍續漲不已，延至十三日下午十二時，至十四日上午二時，自動壩上塘水位曾漲至 489.00，下塘水位曾漲至 486.50，經隨時記錄，茲將成漲來由

線如圖(十一),並攝得漲水時之照片如下。



八月十三日漲水至 488.00 時,門板沖落十數塊,事後檢查,係自左至右第 3,4,5,7,8 孔之上半部所沖下者。

觀照內水流情形不同,可有研究之價值。

八月十四日水位
降至 488.50 時之情形。

八月十三日下午四時左右,發現有門板十數塊,沖入水內,由下塘鹽船撈獲送回,經檢查係洋釘太小(3吋)及所釘太稀之故。

根據此次漲水曲線研究,可知自動壩下塘水位之增高,較上塘為甚,水位降落時,亦以下塘為速,又如根據八月十三日十二時至五時之漲水速度,參照 A, B 兩曲線,引成曲線 C, D, 推測在上塘水位。漲至 490.00 時,下塘水位當至 488.00。時間當在八月十四日上午八時,此時 $h = 5.00$, $h_2 = 3.00$, $\frac{2}{3}h > h_3 > \frac{1}{2}h$, 水流情形已將自滾動轉成滾流, (參閱第三章第二節)。如為計算流量,已可照滾流計算,如為檢算壩墩,則可仍照滾動計算,俾資安全, (見第五章第五節)。

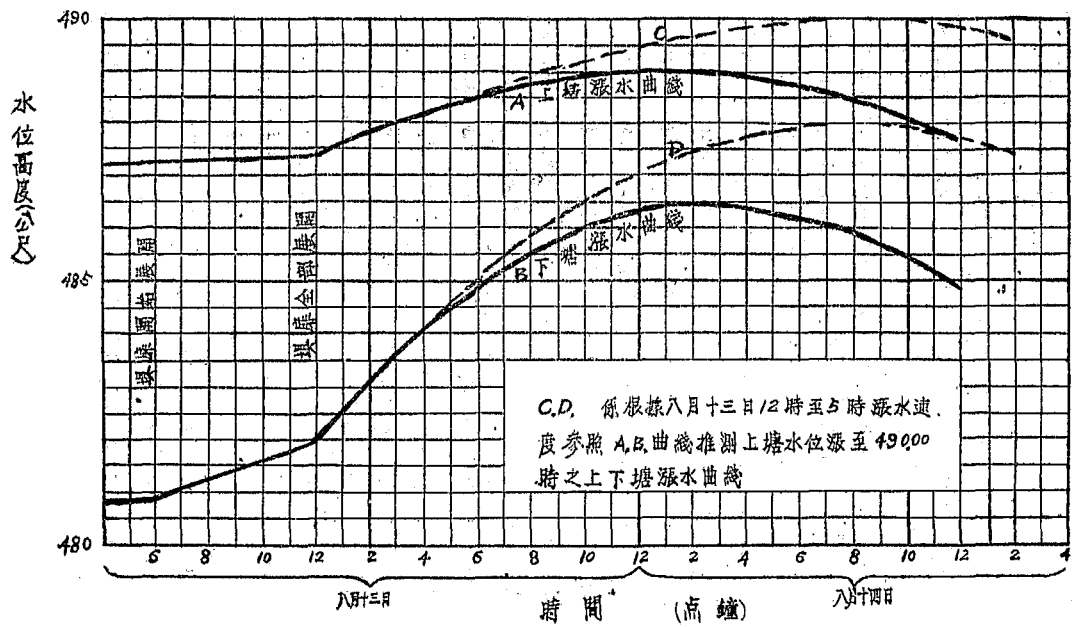


圖 (十一) 民國三十一年八月十三日至十四日 沿灘自動堤上下壩漲水曲線表

大。八月十四日起，水位退退，發現壩墩前掛於墩尖之積草甚多，並有一孔有九公尺長之木料一根，橫欄於兩墩之間，八月十六日上塘水位降落至 485.50，八月七日降至 486.00，經檢查有五孔在扉頂之一部份，門板被水衝落，約一公尺二三高，被沖各孔之位置為自左至右第三、四、五、七、八孔，沖去後之水流情形，與未沖去者不同，可有研究之價值，（見前頁照片）。門板料損失合計約有二孔半，除撈獲者可抵一孔半外，修理時須淨添一孔，約 15 平方公尺，壩下轉軸拉棍支柱上，及門板與木門框相接處之弧引部份，積草甚多，壩扉無法關下，當於壩墩頂搭臨時跳板，欄杆孔內豎立臨時欄杆：派人至壩後清除，此時在壩後水內已可站立得穩，但為安全起見，每人身上曾各繫粗繩一根，繫於壩頂欄杆柱上，以防萬一。在積草清除後，壩扉即自動關閉，壩後拉棍、轉軸支柱等均無損壞，螺絲亦未見鬆，但為安全起見，又曾逐個檢查一次。已沖脫門板各孔，為便於修理起見，即日在大閉門內放水，如本章第一節所述。八月十九日起開始補釘，八月二十日釘完，水亦洩平滄頂，復加詳細檢查，門板沖脫原因，確為洋釘過小過少之故，因在建築時 4 吋洋釘不敷，曾用 3 吋洋釘，包工按裝時，更難免不有偷漏少釘。故本次修理時，新裝各板，一律改用 4 吋長之方釘，未脫落者復一一檢查加釘，嗣後再度大水，蓋可無慮矣。修理完畢，復行蓄水，其後於八月二十七日，又因水漲，展開三孔，八月三十日稍助人力，自動關閉，未有塞草情事，旋洪水期過，未再啟開，漏水情形，亦與新裝時無異。

本年洪水為量不大，總計自動壩裝妥後，曾自動啟開五次，其中以八月十三日之一次，壩扉全開，上塘水位漲至 489.00，最大流量至 750 立方公尺/秒，為本年度之最高記錄。事後檢查，除塞草及一部份門板被沖落外，其他各部份均無損傷，關於門板被沖落一節，已知為裝釘時遲就

材料及失於檢點之故，以後注意，蓋可無問題。塞草一節，在漲水不過大時，可毋庸顧慮。最大洪水，每年僅有數次，縱有所塞俟水退後清除，亦無甚困難也。

自動壩之目的，在使於山溪河之驟然漲水，如用活動壩而以人力操作者，每有措手不及之弊。故洪水後，縱有問題，仍不失其效用，況清理修葺，亦頗易着手，與活動壩之需用人力復裝較，切屬便利也。

第三節 設計研究

本設計在計算壩扉開始展開時之水位時，如 b 之長度計算至壩底最下一點為止，〔參閱圖（三）及附圖（三）〕則 d 當為 0.40。但由歷次經驗，平均在 d 當為 0.30 時，壩扉即行展開，可知 b 不能計算至最下一點為止，應自門樑與門樞相接處之最下一點，所引平樑，與門樑守線所交之點起算，如圖（三），其理由為未與門樞密接之圓形部份，前後壓力相抵故也。

由第五章第二節之計算研究，可知在普通情形下，轉軸間之滾動摩擦阻力，及來水動壓可以不計。由壩扉實際展開時之情形觀察，可知壩扉展開時之水位，有能較計算如略大者，故在計算門樑壩墩及捲頂等之牢固問題時， d 應較原計算略予提高，俾資安全。

設計時使壩扉開始展開時之水位 d 之擇定，與該河最可能之普通流量有關。在較小之漲水時，須足壺澆，而不致使壩扉時放時閉方可。建築完竣後如發現 d 嫌太高，〔參閱圖（三）〕則可將頂部門板加高若干， d 即降低。如 d 嫌太低，展開過易，則可將頂部門板釘低， d 即提高，如因門板釘低，枯水時期蓄水高度不足，則可另加手提樑板，兩端捆於壩墩槽內，洪水時期提去，或於壩扉展開後提去均無不可，故一壩建

築完後，對壩扉開始展開之水位 d ，仍有法操縱也。

漲水時，壩扉展開後浮懸於水中之角度，罕未有詳細測驗，但經歷次觀察，知在普通漲水，各壩未全開者，壩扉在水中，上端較低，與附圖（三）所表示之情形相似，在漲水過大，如八月十三日之情形，則上端下沉尤甚。其如何察知之根據，乃以壩扉在建築時，曾使轉軸附近，門樑背面與支柱相抵時，最大可展至 $1:4$ 之角度，此次經大水後檢查，發現該相抵部份，拍油脫落，相壓之痕跡宛然，可知壩扉已展至 $1:4$ 之角度，而尚有下壓之勢，推力已不大，故未有損壞耳。其所以成此大角者，蓋以水流漫過壩頂時為激跌，角度較大，鄰近壩扉部份之水流線亦向下傾斜之故。此外因壩扉下轉架上各部份塞草，壩端上抬之水力過小，亦其一因。故在設計建築時，其自由旋轉角度，在可能範圍內，應以愈大愈佳。

第四節 應用範圍及與其他各種活動壩之比較

活動壩之種類甚多，大別之可分為以下十種：

- | | |
|----------|---------|
| (1) 吊門類 | (2) 插板類 |
| (3) 拍壩類 | (4) 鼓壩類 |
| (5) 扉壩 | (6) 滾筒壩 |
| (7) 針壩類 | (8) 熊穿壩 |
| (9) 尖角架壩 | (10) 橋壩 |

其他尚有利用虹吸原理，以宣洩洪漲之用者，則不在活動壩之列。各壩詳細說明，可參考李儀祉先生遺著水功學及其他渠工書籍，本文所述之自動扉壩，乃拍壩中之特殊者耳。茲將各種活動壩之功用及其利弊，比較研究如後：

(1) 吊門類：大都用於蓄水庫，提高河流水位之閉壩或船閘上，以節制水量，便利航運灌溉及洩水之用，普通用螺絲桿或齒輪以手搖啟閉者，壩扉及洩水量不能過大。如扉後加用滾輪，建造高大壩墩或支架，兩端各繫鋼鍊，越過滑輪，懸以反重 (Counter weight) 以手搖或用電力帶動滑輪以司啟閉者，則壩扉可大。如斯吞尼扉壩 (Stoney gate dam)，即係如此建築者，應用頗廣，惟在洪水漲落甚巨之山溪河內，不能適用。

(2) 插板類：為最簡單之舊法，提置可不須繁複之機械，普通用人力亦可，但費時費工太大。大都為小規模或機械設備不充足之處，建於蓄水庫，或提高水位之閉壩上，平時緩緩調節水量及洩水用者，水深過甚，或水位不易下降時，用人力處置，頗為困難，洪水漲落甚巨之山溪河內，作攔水設備在洪水時期提去者，不能適用，詳情已如第二章所述。

(3) 拍壩類：構造之法甚多，有將支柱提出，使壩扉拍平壩底，以免阻水者，如散諾涅扉壩 (Chanoine wicket dam) 法國廣用之；有直接將壩扉拍平壩底者，如塞那德扉壩 (The'nerd shutter dam) 與吉刺德扉壩 (Girard shutter dam)，此三者用於攔水壩上，蓄水及排水均有效，惟散諾涅扉壩須在壩墩上設齒輪機械以運用之。如鹽井河，洪水位高漲過甚，壩墩不能達至洪水位以上者，機件即將被淹水中，不甚妥當，塞那德扉壩在起立時須用副扉，吉刺德在升降時須用水力機，二者設備均較繁複，且各有其缺點，在目前環境，及如鹽井河之情形下，均甚不適宜。

(4) 鼓壩類：其種類甚多，如對封騰鼓寶壩 (Desfontaines drum-wicket) 與契騰登鼓寶壩 (Chittenden drum-wicket) 等，用處大都為閘閘固定壩上所留之槽口，準備在漲水時放船，或放木排等用者。利用水壓力以司啟閉，所用人力，不過扭轉四路活栓之勞，運用便利，當為其

他各壩之冠，惟如目前情形，在壩水塔上建築，則因建造較堅之故，塔身預加寬，壩扉之建造亦非簡易，是否有其經濟價值，尚須加以考慮。

(5) 簾壩(Curtain dam)：裝設於壩墩之間，上架橋樑，壩桿繫於橋樑底，依所插之鎖釘旋轉，在壩簾捲起後，可用機械之力吊起，壩簾以窄木條橫置，用鐵線連結，以無首尾之鋼線繞過之，以便捲起或放落，所用機械，雖不甚繁複，但橋樑與機件須在洪水位以上，方可免危險，同時壩橋尤不能離所蓄之水面太高，故在壩井河情形下，決無考慮之價值。

(6) 滾筒壩(Rolling cylinder)：為鋼板所製之圓筒，而以兩端支撐於圻工壩座上，當不用時，則沿在水面上之斜坡向上滾動，預用幾有力之機械為之，滾筒推高時，須超過洪水位，方能免危險，在壩井河情形下，亦不能適用。

(7) 針壩(Needle dam)類中，最初發明之式為坡勒氏針壩(Poirée needle dam)，此後據此變化所出之式樣甚多，有部勒扉壩(Boule gate dam)及斯吞尼扉壩(Stoney gate dam)等。針壩之主體為木製之長方形壩針，用手力按置，當按置時，針之下方抵於壩樞，針之上端，抵於橫樑，橫樑以桁架支之，桁架多用鐵製，以鐵線繫於壩底，俾當壩針移去時，可令桁架偃臥於壩樞之下，以裕水路，諸桁架可移動之端，用一鏈條連之，牽拉鏈條，可使桁架直立，橫樑及壩針，即此按設，桁架上設一窄輪，以便工作，若以橫板代壩針，沿壩樞滑動，則底部勒扉壩；若再加以滾輪，則成斯吞尼扉壩與吊門類及插板壩之情形相近，不復於在出溪河內建築。單純之針壩雖尚可用，但須在洪水未至前，先將壩針提清，否則即失其效用，故壩樑以採能拆卸者為佳，壩針繫以繩索，啟壩時將壩樑拆去，壩針在其浮於水中，逐一檢取，俟水退後再行按置，如鋼鐵問題解決，尚可採用。

(8) 熊穿壩 (Bear trap dam) 之式樣亦有多種，如柏克氏式熊穿壩 (Parker bear trap dam) 及郎氏式熊穿壩 (Lang bear trap dam) 等，上下水各設一扉，用鐵鍊與壩基相連，當其落下，放水時，兩扉交掩，扉下有室，在中施水壓力，可令扉浮起，扉用木製，應用亦廣，惟與本文所述之自動扉壩較，則將多設一扉至二扉，固定抬頂加寬，費用亦加大。

(9) 托馬司尖角架壩 (Thomas A-frame dam) 之壩扉用鐵製，與支柱牢固相連，成尖角形，兩者用鐵鍊連於壩底，開壩之時，可使側門於沿壩頂之槽內，如鉤鐵問題解決，此式亦可應用。

(10) 橋壩：每建於運河中，以橋墩作壩墩，壩扉可建至甚大，用吊索繫於橋樑下端，以電力旋轉啟閉之，壩上橋樑可供交通之用，機械設備甚繁，非普通應用者。

綜上所述，各式活動壩之設計，其變易之處尚多，照鹽井河之情形，可用之活動壩計有柏壩，鼓壩，針壩，熊穿壩，及尖角架壩等五種，惟仍各有其利弊，在目前情形下，頗有難於辨別，及經濟條件所不許之處，如須用大量鋼鐵及構件，即不易辨到，且價值必昂，故在可能範圍內，應盡量避免，及謀用他法代替方可。本文所述之自動扉壩，即為解決上述問題而產生。最適宜於河水漲落相差甚巨之山溪河內，小規模建築於固定壩上，以解決航行，灌溉及排洪之用。與船閘相配合建築固可，單獨建築亦可，活動部份高，以不超過 3 公尺為經濟，其缺點乃在：(1) 壩扉用木製，係半永久式，年須修理，數年後並須換新一次。但因壩頂上永遠浸水，所有木料終年無一乾一濕之時，故其壽命，尚不致如其他木質建築物，日受風吹日晒雨淋之易於損壞。(2) 壩扉展開後，浮懸水中，轉架直立，易為浮木破船等各項漂流物碰損，並蘆荻草。但知為漂流物碰

損之可能尚少，因如從數孔展開時，全河流速並不大，沖帶漂流物之可能性較少，如在洪水期，則壩扉展開後，扉面之水深甚大，漂流物多在水面，決無觸及壩扉之處。如水位降落，將近扉面時，則全河流速已減，無再沖帶漂流物之可能矣。所除塞草問題，則在較大洪水時，難於避免，但尚易清除，故屬利多害少。抗戰勝利後，鋼絞問題解決時，此種活動壩之建築，又可視當時情形加以改良也。

第七章 補錄

第一節 三十二年度之使用經過

以上各章乃於三十一年六月草擬完竣，同年十月在經過洪水後補充修正者。三十二年一月著者奉調涼局，不得親自記錄觀察，乃囑該局管理員，妥為注意，並將啟閉情形，詳細記錄報告。終三十二年底止，據報告主要啟閉僅三次：第一次在六月二十八日，曾展開五孔，水退後即行關閉，經過良好。第二次在七月八日，十孔曾全部展開，上游最高水位曾漲至離壩頂下 1.4 公尺，即 488.60，較三十一年八月十三日之最高洪水位，低四公寸，自七月十二起，陸續關閉。此次除轉架部份之蓋草現象外，其他全部完好。第三次在八月二十六日，十孔全部展開，最高水位，上游曾漲至與壩頂平，即 490.00，下游至離壩頂下二公尺，即 488.00，較三十一年八月十三日之最高洪水位高一公尺。其上下游水位之增漲情形，與根據三十一年八月十三日至十四之漲水曲線，所推測上游水位如漲至 490.00 時，下游水位應漲至若何程度；所得結果，若合符節（見圖十一）。可知此種實地觀察記錄圖表，自有其相當價值也。八月二十七日起，水位即逐漸降落，經檢查除積草現象外，有四孔下部木板沖去若干塊。其理由亦同上年，蓋條洋釘太小太少之故，上部木板在本年度未被沖去，此蓋條已於上年度修復後改用方釘之故，其他部份

均無損壞。嗣後終三十二年底止，即未再行啟閉，有亦只間或一二孔因水之漲落而啟閉者不足述矣。

第二節 結語

由上兩年之使用經過，可知此壩已屬完全成功；雖有小疵，乃係施工時顧慮未到之故，無妨大體。每年一度之修理費，所化無幾；與所節省之人力及減輕之危險程度較，則經濟多矣。在此抗戰時期，如鹽井河及其類似之一般山溪河流；為解決航運灌溉及排洪諸問題，此式之自動壩殊有推廣之價值也。

鹽井河自動灌溉之理論與實施

勘誤表

頁	行	原	誤	正
10	9	7	誤	木字應取消
14	10	9	之	之
16	8	2	之	之
17	11	3-4	之	力
17	12	公式	M	M
18	11	公式	$R = \frac{1}{k}$	$R = \frac{1}{k}$
19	1	14-19	內	內
27	5	算式	3.14	3.14
30	8	算式	算	算
31	2	17-18	層	層
31	14	13-14	層	層
33	6	7	層	層
33	6	18	層	層
33	17	3	層	層
35	1	24-26	A-A	A-A
35	2	21	遊	遊
35	4	6	遊	遊
35	6	算式	4.3	4.8
35	10	算式	5.00	5.00
35	16	5	營	營
36	6	算式	61.37	61.37
37	7	算式	125000	125000
38	5	算式	5	5
40	16	8	5	5
42	8	19	棉	泥
47	15	15	棉	泥
48	13	5-6	遊	遊
51	3	3	1285.50	485.50
51	8	10	31	形
52	16	13	40	數
52	21	15	實	空
54	22	6	實	空
54	23	24	實	空
56	14	6	柏	柏

鹽政叢書之二

壩 扉 動 自 河 井 鹽
之
施 實 與 論 理

中華民國三十三年 月初版

著 者 鄭 厚 平

發 行 者 財 政 部 鹽 務 總 局
重慶中正路一六九號

印 刷 者 上 海 印 書 館
重慶都郵路新生坪

總 經 售 處 中 華 書 局
重慶民權路

經 售 處 各 大 書 局

定 價

重慶市圖書館藏書處登記號國字第〇七五九號