

年

卷

期

12

6

第

第

第十二卷 第六期

中華民國二十六年六月

要 目

國營管洪壘區之研究
士力羅解法舉例
印度蘇活野河工程概況
紅海溢道 (下)
針印俄家樓堵口始末
中國河渠書提要【十一】

中國水利工程學會

總幹事通訊處：

杭州南城腳下六號

出版委員會通訊處：

南京梅園新村三十號

董 事 會

李儀祉	張含英	陳懋解	須 愷	李書田	沈百先
張自立	孫輔世	茅以昇	汪胡楨	徐世大	彭濟華
高鏡瑩	許心武				

會 長 李儀祉

總幹事 張自立

出版委員會 汪胡楨

張含英 周鎮倫
戴 祁 鄭肇經
張 炯 孫輔世

職業介紹委員會 須 愷

李書田 陳懋解
徐世大 蕭開瀛

會員委員會 陳洪恩

會所委員會 陳懋解

基金保管委員會 李儀祉

中國水利工程學會惠贈



機 關 會 員

建設委員會 江蘇省建設廳 導淮委員會 華北水利委員會 永定河河務局 中央大學 唐山工程學院 河北省建設廳 浙江省建設廳 揚子江水利委員會 山東省建設廳 陝西省水利局 河北工業學院 浙江省水利局 建設委員會模範灌溉管理局 北洋工學院 南京市工務局 全國經濟委員會水利處 黃河水利委員會 湖南大學 浙江大學 廣西省政府經濟委員會 全國經濟委員會水利委員會 福建建設廳水利總工程處 全國經濟委員會江漢工程局 廣東國民大學 同濟大學 國立西北農林專科學校 四川水利局

商務印書館出版

水利及河港工程學書

中國水利問題

(現代問題) 二冊定價三元 折

李書田等著 本書共分十編，舉凡全國之重要江河流域水利問題，莫不包羅詳盡。各編著者皆各流域水利問題之權威學者。所附地圖及統計圖表約一百餘幅，不祇為專家供獻一備，而系統而該括之著作，且使一般讀者對於水利問題得一鳥瞰。

中國水利史

(中國文化) 鄭軍經著 (印刷中)

農田水利學

沙玉清著 一冊定價一元四角

本書共六編：(一)基本的知識，(二)灌溉，(三)排水，(四)放淤及洗城，(五)墾澤，(六)農田水利的事業。凡關於農田水利技術之原理，應用之方法，以及我國農田水利事業將來發展之途徑，無不縝密無遺。附圖二百餘幅，所有計算公式，均一一舉例，詳為解釋，為本書最大之特色。

揚子江水利考

鍾啟著 一冊定價七角

揚子江水利向無專書，本書為應現時研究水利問題之需要，參考各省縣地志數十種，並實地調查沿江各縣水利情形，及採取揚子江水利委員會各種刊物與圖表，編者而成。對於揚子江過去及現在水利情形分類論列甚詳。

洪水防止法

馮煥章著 一冊定價一元二角

全書分七章。第一章討論洪水問題，分述與河道流量及洪水流量變化有關之事項。第二章討論防止洪水之各種方法，就歐美各國之經驗，加以比較。第三章討論辦理防洪工程應有之步驟。第四章討論關於防洪計畫畫圖之各種研究資料。第五章討論推測未來洪水流量之法。第六章討論改良河槽防洪之法。第七章討論蓄水防洪之法。

黃河志

第一篇 氣象 胡煥庸編 定價三元
第二篇 水文工程 張含英編 定價七角

水力學

(大學) 張含英著 一冊定價 精裝三元二角 平裝二元二角

本書討論水力學中之一切根本原理，并略述其在工程上之應用。文字力取簡明，理論務求該備，都凡十餘萬言，插圖二百餘幅，并詳列參考書名各種單位對照表及公式之圖解方法等。

水力學

(大學) 劉肇龍譯 精裝一冊定價三元

本書詳述水力學之原理及水力機械之大要，不偏重純粹科學之研究，而能詳述其理。每章之末皆附有例題及練習問題，對於學者尤有甚大之幫助。插圖豐富，文字淺顯，敘述簡明。對於各種數學公式，盡量誘導，只須具有微積分之初步智識，即能暢讀。

水力機

(工程小叢書) 蔡昌年著 一冊定價三角五分

河工學

(大學) 鄭耀經著 一冊定價 精裝四元 平裝三元二角

著者曾任德國恩格司教授 (Dr. Engle) 研究水利，回國後任河海工學大學教授多年。恩氏為世界著名之治河專家，在河工學理方面發明甚多。著作豐富，本書內容多以恩氏學說為本，並參集中外水利名書及我國治河理論與實例，撰摘精華，以期完備。選擇專門名詞，亦頗審慎。後附錄河工模型試驗概要一篇。

治河論叢

(論立編譯) 張含英著 一冊定價一元五角

本書著者專習水利，致力於黃河問題者十餘年，益深確其歷年來治河文稿十五篇，刊為一冊。各篇內容，泰半為探求河患之來源，與治河策略之方針，對於水文之研究，史乘之記載，多所論列，以求詳盡。

河工

(工程小叢書) 馮煥章著 一冊定價五角五分

實業計劃水道要論

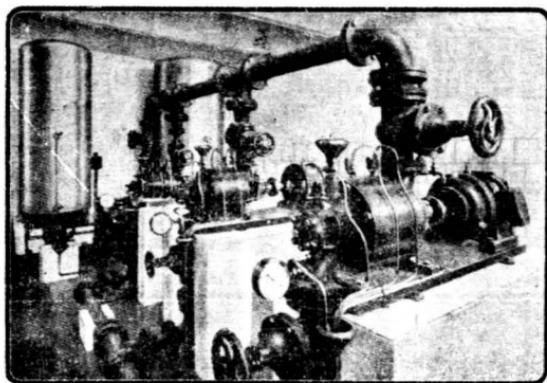
(史地) 陳運一著 一冊定價五角

上海
德商孔士洋行

地址：四川 -- 〇號

電話：一八七三九號

程為
之水
利利
器工



抽新
水式
設電
備動

新式電動抽水設備之一覽

愛林牌

福利牌

動機

抽水機

係奧國最大之兩製造廠出品
本行為便利顧客起見聘有專門工程師
代客設計各種抽水工程如荷垂詢無不竭誠答覆

分行

南京 漢口 香港
廣州 天津 太原府

美國雅美氏廠出品

油地氈 油牆毯 含土瀝青地磚
橡皮地磚 軟木地磚等等

以上各種牆壁及地板材料，於建築材料中占有重要地位，該廠出品，久已聞名，式樣美觀，經久耐用，花色繁多，顏色永不反變，始終如一，本行並有專門工人裝置，設計新穎，如蒙採用，定能滿意。

美國美生廠出品：

美生油板

可作家具，櫥窗，架子，牆壁，地板，水泥壳子等

美生光板

用於內牆，平頂，台度，黑板等

美生二分板

用於牆壁及平頂

美生隔絕板

用於內牆以隔絕聲音

該廠出品亦已問世多年，功用與市上之夾板相同，但其質料與性質有天壤之別，其特點有不曲不裂，且逢潮熱無漲縮之處，大小尺寸合宜。牛油板分一分，一分半，二分及二分半四種，每張大小均四尺闊十二尺長，經久耐用經濟美觀。

美國西賽蘇筋柏油紙廠

該廠製有黃黑紙二種，其中夾有蘇筋及柏油故堅韌異常，不通風不漏潮氣用以蓋包貨物或襯在頂壁及地板之中以潮免受漏水等之處黑色紙且可防止各種蟲蛀。

本行爲以上各廠在華總經理各種均皆備有大宗現貨如蒙 委託估價或索取樣品概不取費

獨 家 經 理
美 商 吉 時 洋 行

上海南京路六六號 電話一八六一至三

上海

西門子電子機廠

本廠代表世界馳名之德國鋼鐵聯合公司承辦各種最優等鋼鐵材料並供給各種電機電料管子及著名賴生鋼板樁等



一卷至十一卷

水利月刊合訂本發售

自創刊號起至二十五年十二月止每卷一冊用沖皮脊包角布面燙金裝訂高5公分濶19公分每卷實價國幣三元共計三十三元郵費在內存書無多欲購從速

中國水利工程學會出版委員會總發行

南京梅園新村三十號

整理運河工程計畫出版

運河爲吾國古代著名之工程自清季以還閘壩傾圮其效用亦即隨以失墮茲由本會會員 汪胡楨先生竭兩載之力實地考察搜集工程資料作成「整理運河工程計畫」一書以爲復興運河之南針現已由本會印刷出版全書均用米色道林紙精印共一百八十四頁插附鋅板圖二十九幅普及本每冊實價一元二角郵費在內 倘蒙惠購無任歡迎

中國水利工程學會出版委員會啟

南京梅園新村三十號

中國水利工程叢書

已出各書發售

劉澗船閘之設計及實施

張倫官著 每冊定價八角

虹吸溢道

徐懷雲譯 每冊定價五角

搶險圖譜

本會輯印 每冊定價三角

本會會員購買得照八折計算

中國水利工程學會出版委員會總發行

Hydraulic Engineering

THE JOURNAL OF THE HYDRAULIC ENGINEERING SOCIETY OF CHINA

Vol. XII

June, 1937

No. 6

CONTENTS

- 28 Some opinions on the Government-owned Flood Plan Farms,
by Mr. F. S. Sung P.404
- 29 Graphic Methods of Solving Earth Pressure Problems,
by Mr. K. C. Chen P.407
- 30 General Description of the Llod Barages Canal Project of India,
by Mr. H. T. Wang P.420
- 31 Siphon Spillways. Part II,
by Mr. H. Y. Hsu P.431
- 32 An Account of The Levee-Closure Work of the Yellow River in 1803,
by Mr. S. A. Yun. P.469
- 33 Review of Chinese Classics on Rivers and Canals—XI,
by Mr. N. W. Mao P.475

Editor, Woodson Wang; Circulation and Advertising Manager N. L. Hsu. The "Hydraulic Engineering" is Published Monthly by the Hydraulic Engineering Society of China, 30 Plum Garden, Nanking, China. Yearly Subscription Payable in Advance China \$2.40 Elsewhere, \$3.60 (Chinese Currency). Single Issues, \$0.20, Special Numbers at Special Price.

水 利 月 刊

第十二卷 第六期

中華民國二十六年六月

目 錄

本刊文責由著者自負

28 國營蓄洪壩區之研究 (孫輔世).....	404頁
29 土力圖解法舉隅 (陳克誠).....	407頁
30 印度蘇喀活動壩運河工程概況 (王鶴亭).....	420頁
31 虹吸溢道(下) (徐懷雲譯).....	431頁
32 封邱衛家樓堵口始末 (禪新安).....	469頁
33 中國河渠書提要【十一】 (茅乃文).....	475頁

國營蓄洪墾區之研究

孫輔世

輔世查勘湖南天祐垸而有國營蓄洪墾區之擬議論者多有懷疑，但此項辦法對於我國揚子江流域防災及農田水利實有深切之關係，茲更申論之。並供吾水利界同志之高討。

(一) 蓄洪墾區以蓄洪為主

- (甲) 增加蓄洪效率 湖泊若任其自然，則水位隨江河而升降，洪水將至，湖水已滿，其容量除面積之不同外，僅恃江湖水位些微之差，故其效甚微。如能平時保持空虛，留待盛漲時大量之灌洩，則其效率因容量之增加，而將提高至數倍以上。(視湖之深淺而不同)
- (乙) 免除湖泊之淤填 湖泊因調節挾沙之江流，故其淤填乃自然之趨勢。雖有遲速之不同，然其終歸消滅，乃屬不可避免之事實，洞庭其尤著者也。但湖泊之容洪期在盛漲，故平時之注流，實非必要。如能予以限制，則湖泊之效用，將因以延長焉。
- (丙) 為最優良之蓄水庫 近代歐美各國每多在河流上游築蓄水庫，以為防洪之要策。(尤以美國為多) 但以此施之于較小河流，似為合宜。且美洲地屬新闢，故山谷之間，盡多荒野，與以容水，自最妥善。我國揚子江，以江流之宏，且下游盡多湖泊，故上游蓄水，影響下游至微。又以國家歷史之久遠，山谷盡闢，廢田蓄洪，亦非計之得。查蓄水庫之地點，以能靠近防護地點，及容量寬大，為其主要優點。故利用原有濱江沿湖底窪之處，最屬合理。

(二) 蓄洪墾區與農墾之關係

- (甲) 利用不蓄洪時期以種植 按洪水有相當之週期，蓄洪水庫自應根據危險水位以定蓄洪之水位高度，故決無年需蓄洪之必要。其能利用平時，施以墾殖，實屬最合理之辦法。最低限度，其冬季作物，必有收穫之可能。整理江湖沿岸農田水利辦法大綱第六條規定「各區堤間公地，依照測量所得之地形之高低，及水位漲落與時間，分別規定適宜之種植。……」亦同此意義也。
- (乙) 科學方式以增闢土地 獎勵墾殖，為國家要政。然統觀全國，可墾之地，大都已盡開闢，所餘荒地，如再增墾，幾無不予已成田者有若干之不便。故如僅以妨礙水利，而加以限制，不謀所以補救之方，則提倡墾殖，將徒托空言。此行政院頒布之整理江湖沿岸農田水利辦法大綱之所以異於以前之取締圍墾，及妨礙水利等之命令。且以吾國今日食糧之缺乏，人口之日增，此項辦法，其關係實異常重要也。

(三) 蓄洪墾區之應由國家統制經營

- (甲) 國營之理由 蓄洪墾區既以蓄洪為主，而僅利用非蓄洪之時期以墾殖，自與普通私人純以營利為目的者不同。其應由政府經營，自毫無疑義。故整理江湖沿岸農田水利辦法執行大綱第四條亦有同樣規定「江湖沿岸經劃定界限建築堤防後，其堤間地，由各該省市政府設公營農場經營之」。
- (乙) 蓄洪之準備 蓄洪墾區平時既將種殖，若不予以蓄洪之準備，則其欲防災者，必反致造災，自無待言。故對於農民之居住，蓄洪時損失之賠償，均應事前有切實之準備，其辦法如下：
- (子) 洩洪入墾區之機構，以不受人力之操縱為原則；
- (丑) 區內房屋道路以及一切建築均應築在洪水位以上，或備有其他禦水設備；
- (寅) 每年於收穫後，應按照洪水週期之標準，另提準備金，以備放洪時一切損失之抵補；

(卯) 區內一切產權均應屬於政府，農民以雇傭之性質，從事於耕種。

(四) 結論

此項蓄洪墾區辦法，在國內似尚屬創聞，但其肇始實已遠在前太湖水利委員會於研究浙西天目山防洪蓄水庫之時。此時建設委員會美顧問蕭篤士即有整理南湖以蓄洪，同時並照常墾種之建議，但惜未有具體之辦法耳。（該項南湖整理計劃現正由揚子江水利委員會編擬之中，）以揚子江流域湖泊及底窪區域之廣，此實為防洪根本方策之一端，且亦積極振興農田水利之基礎，以愚意揣測將來極有普遍推廣之可能也。

土力圖解法舉隅

陳克誠

- 一 土力計算之步驟及方法
- 二 Coulomb 理論與 Rebhann 定則
- 三 Rebhann-Mund 圖解法
- 四 Kušević 圖解法
- 五 結論——兩法比較

一 土力計算之步驟及方法

1. 步驟 土壓力 (Erddruck) 或土抗力 (Erdwiderstand) 之研究可分兩種步驟:

- 甲 基本常數 (Grundwerte) 之確定
- 乙 土力之探求 (Erddruckuntersuchung)

所謂土壤之『基本常數』即單位體積重 (Raumeinheitgewicht) 普通以 γ_e 表示之;安息角 ρ (或稱內磨擦角);(註¹) 磨擦角 ρ (即土質與牆壁間之磨擦角度);含水量 (Wassergehalt);及粘質土壤中之微管壓力 p_k (Kapillardruck) 等值。

土力之探求,即根據已測定或假定之『基本常數』,計算在某種建築物體 (Baupörper) 上土力之大小,方向及其力點之位置。

由此可知,『基本常數』之確定,實為土力研究最重要之問題。是項研究,近十數年來雖有極大之進步;但以土壤成份極為煩複,其在自然地層中,更以深度不同,性質各異,吾人對於其物理性質,尚缺乏充分之

知識，故其常數值，亦尚不能有精密的確定，換言之，即在一般情形之下，仍不能離開假定之範圍，則以此為根據之土力計算，當然尚難期極精確之結果。

2. 方法 土力計算之方法，直至現在，只能應用某一近似方法（Näherungsverfahren），期與實際情形得一比較滿意之結果。普通所用之方法，可分兩種：

甲 計算法（Die rechnerische Ermittlung）

乙 圖解法（Die zeichnerische Ermittlung）

但因上述原因，吾人對於土性之知識，尚不充分。欲求一數學公式，以為計算之標準，常感相當之困難，^(註²)即在極簡單之情形，其公式亦甚複雜，推算煩碎。故實際上多不採用此種公式之計算，而趨向於圖解法。

圖解法導源於法人 Poncelet 氏，至 Culmann 與 Rebhann 兩氏，其法更著。因每人假定不同，故此種方法甚多，難以一一敘述。惟近年來常見於雜誌上之討論，而為工程上習用之方法，則為 Rebhann-Mund 圖解法。最近南斯拉夫 Kušović 教授復根據此法之同一理論，發表其研究結果，名曰『土力圖解新法』。^(註³)本文目的，即在將兩法分別介紹，作一比較，并將其共同之理論——Coulomb 理論與 Rebhann 定則——先為簡述，以清眉目。

二 Coulomb 理論與 Rebhann 定則

1. Coulomb 理論

Coulomb 理論，發表於 160 年以前，根據其理論所得之方法，亦為近似法之一種；但因其簡單，明瞭，而所得結果與實際情形極相近，故現在土力計算之方法，仍以其理論為基礎。其對支牆上土力之計算，有下列之假定：

甲 在牆面與自然坡面（或稱坡度線 Besehungslinie）之間，土壤必

沿一滑動面(Gleitfläche)向下滑動,此滑動面可假定爲一坦平面, (ebene Fläche) 與地平綫成一角度 δ 。(圖1.)

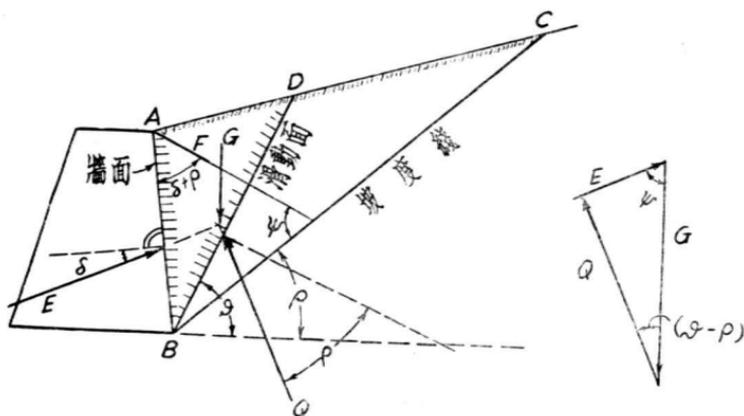


圖 1

關於此一假定,應當加以解釋如下:

A. 在 Coulomb 以前,一般研究土力學者,均認爲土壤向下之滑動面與自然坡面相合,即假定土壤即沿自然坡面向下滑動。Coulomb 不滿於此種假定,重新探討滑動面,爲其最大貢獻之一。

B. Coulomb 氏假定此滑動面,爲一坦平面,本與實際情形不甚相合,或爲一種特例,其本人即已知之,惟爲計算之簡便計,仍用此假定。

C. 關於滑動面之形態,近世學者多假定爲斷截面 (gebrochene Fläche) 或曲綫狀 (或半圓形),但最近經 Kann^(註*) 氏將三種情形,分別比較,得知計算之結果,彼此相差,不過百分之三。故一般仍宜沿用此簡單而有歷史價值之假定。

乙 在土壤開始向下滑動之臨界 (Grenzfall),在滑動面上之壓力 Q (圖1) 與此面之垂直綫成一 ρ 角度。

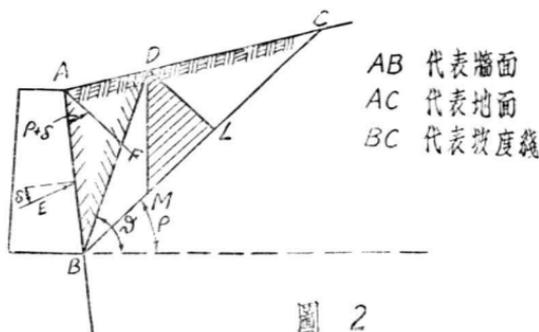
丙 土壓力對於牆面之方向，隨牆面之光滑度 (Glätte) 而不同，與牆垂直綫成一 δ 之角度。

丁 向下滑動之土壤重量 G ，在牆面上之壓力 E ，與在滑動面上之壓力 Q ，三者必成平衡。(註⁵) 即

$$E = G \frac{\sin(\vartheta - \rho)}{\sin(\vartheta - \rho + \psi)}。$$

Coulomb 理論所忽視之點：為土壤與建築物體之彈性；土壤含水量之影響，及地層深度之影響等，但因其精確度，比較可靠，在尚無其他完善之理論以前 Coulomb 氏理論，大部分仍為有力之根據。

2. Rebhann 定則 (Soty)



Rebhann定則，可以圖 2 說明之。(註⁶)

定則一：面積 BADL 必為滑動線 BD 所平分。即

$$\text{面積 BAD} = \triangle BDL$$

定則二：取 $DL=LM$ ，則土塊 DLM 之重量，即等牆面上土壓力 E ，
即

$$E = \gamma \cdot \triangle DLM$$

圖 2 中綫段之名稱及其意義須作下面之解釋：(譯名為作者暫行擬譯)

AF……爲一補助綫，在土力學中稱爲『定位綫』(Stellungslinie) 綫之作法：由牆之頂點A起，作一綫與牆面綫AB成 $(\delta + \rho)$ 之角度，此角度即爲安息角與磨擦角之和。

DL……爲由滑動綫頂點D作一與『定位綫』AF平行之直綫。因土壓力之大小即由此綫決定，故稱爲『土壓標準綫』(Erddruck-mass)

BD……爲滑動綫，亦即最危險之限度綫。但由上述定則，可知此綫在土力計算中之重要，此綫確定，即土力之大小求得矣。

關於Rebhann定則之應用，圖2不過最簡單之一例。其應用範圍：

- 一 在不規則之牆面或地面(Glänole)均同樣有效。
- 二 如地面上有相當之上載重(Auflast)，此法亦可應用。
- 三 下述兩種方法，亦可應用於一、二兩種情形，惟本篇僅能介紹其方法之一般，上述特例，暫擬從略。

三 Rebhann Mund圖解法^(註7)

1. 土壓力之解法

甲 由牆腳點起，確定滑動綫之位置。(圖3)

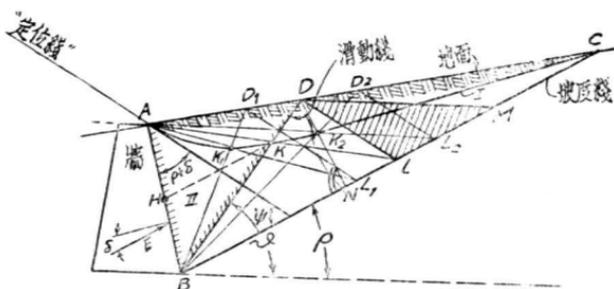


圖 3

圖之作法：由地面上任意點 D_n ，至牆腳點B作假定『滑動綫』 D_n

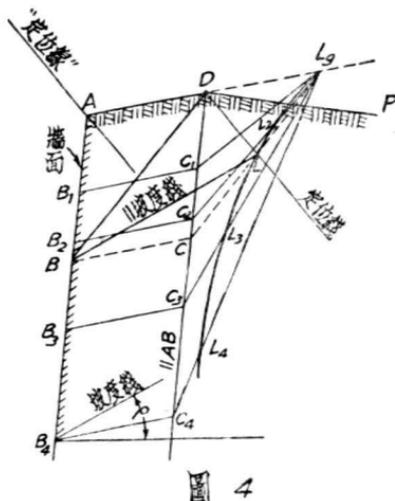
B; 再作與『定位線』平行之綫 $D_n L_n$ 。然後連結牆上角一點 A 與 L_n 諸點則在各種假定滑動線中, 如有一線平分其相當之連線 AL_n , 此線即為所求之標準『滑動綫』。

證明: 假定 BD 即為此標準滑動線, 根據 Robbann 定則二, 知 $\triangle ABD$ 面積必須與 $\triangle BDL$ 全等, 但兩三角形有一公共底線 BD; 故兩三角形必有相等之高度。換言之, 即兩三角形之頂點 A, L 至底綫 BD 之距離, 亦必相等。由幾何之證明, 故 BD 線必平分 AL 綫。

關於滑動綫 BD 之確定: 將 AL_n 與 BD_n 諸線之交點 K_n , 連成一曲綫 I, (又稱『第一定點綫』Bestimmungslinie, 其幾何圖形為一雙曲綫 (註 8) (Hyperbel) 然後再由 AB 之中點 H, 作一平行於坡度綫 BC 之綫, 則此平行綫與曲綫 I 之交點 K, 即為標準滑動綫上之一點。

此法只須作幾根連接綫 (Verbindungsline) 或平行綫, 故較之 Culmann 與 Poncelet 諸人之法, 實為簡易, 其應用範圍亦廣, 在 Mund 氏 (註 9) 所著手冊中, 實例甚多。茲復將其作法步驟, 簡述如下:

- A. 確定牆面 AB 之中點 H。
 - B. 先由牆腳點作坡度綫; 再由 H 點作坡度綫之平行綫。
 - C. 由 A 點作『定位綫』; 再由地面上任意點 D_n , 作與此『定位綫』平行之綫, 即與坡度綫相交於 L_n 諸點。
 - D. 由 L_n 諸點與 A 點作連接綫。
 - E. 將 AL_n 與 $D_n B$ 之交點 K_n , 作記號。(不必作 BD_n 連線)
 - F. 作曲綫 I, 可得與所作平行綫 II 之交點 K。
 - G. 由 B 點經過 K 點, 作一綫至 D, 再由 D 點作一綫平行於『定位綫』得 DL 綫, 即為『土壓標準綫』
 - H. 土力大小, 即依照 Robbann 定則二算出。
- 乙 由地面上一點起, 確定滑動綫之位置。(圖 4)



作法：由地面上一點D作一線DC₁平行於牆面AB，引長AD綫至L_g使DL_g=AD。然後由L_g點作任意直線與DC綫相交於C₁…C₄諸點，復由此諸點作C₁B₁ C₂B₂…等線平行於地面綫AD。經過B₁…B₄諸點各作與坡度綫平行之直綫，則此等綫各與其相當綫L_gC₁…L_gC₄相交於L_n諸點。經過L_g，連接L_n各點即得『定點曲綫』I。（此曲綫與δ角度無關係。）再經過D點作一與『定位綫』平行之綫即得交點L₀，DL₀綫即為所求之『土壓標準綫』。由L₀點作一與坡度綫平行之綫與牆面相交於B點，連DB綫即為標準『滑動綫』。

證明 ADCB, DBCL_g 均為平行四邊形。

DL_g = BC, DL_g // BC, 所以 BD // CL_g

即得 ∠DCB = ∠DLB = ∠ADB。

由Rehmann定則一，故知DB為所求之滑動綫。

2. 土抗力之解法

圖 6 中之符號與圖 3 完全相同,假定

AJ……爲『定位綫』

BD……爲標準滑動綫

DL……與『定位綫』平行

則如上例,由 Rebhann 定則一, $\triangle BDA = BDL$

但兩三角形有一公共底綫 BD, 故必有等高, 且由頂點 A 與 L 兩點各作平行綫, 必在底綫 BD 上截成相等之綫段, 故知

$\overline{AK} = \overline{DL}$; 則 $\overline{KL} = \overline{AD}$ 亦爲當然之結果。

K 點即『定位綫』與滑動綫之交點, 由此可得一結論:

『定位綫』與經過 L 點而與地面綫平行之綫, 相交於滑動綫上之一點。

此圖作法亦與前述方法相似: 先假定各種不同滑動綫之位置 $B D_n$ 由 D_n 作『定位綫』之平行綫, 由此等平行綫與坡度綫交點 L_n 再作綫 $L_n K_n$ 平行於地面綫, 則由此每一平行綫 $L_n K_n$ 與其相當之滑綫 $B D_n$, 可得其交點 K_n 連接此等交點, 即得一幾何曲綫。此曲綫 (或稱『定點曲綫』 Bestimmungskurve) 與『定位綫』 (此處或稱『定點直綫』 Bestimmungsgeraden) 之交點 K, 即爲標準滑動綫之一點。

關於『定點曲綫』之作法, 亦可略加說明:

在此曲綫上, 地面綫與坡度綫之交點 C 爲已知, 第二點 K。可由下法得出: 假設 D_n 移動至 A 點, 經過 J 點作一綫與地面綫平行, 則此綫與 AB 之交點即爲 K_0 點, $C_0 K_0$ 兩點已知, 則此等有規則之平緩曲綫 (flache Kurve), 只須再求兩點 K_1, K_2 , 其軌跡即可繪出。由此曲綫之構成 (Konstruktion), 可知其爲一拋物綫 (Parabel)

土力之計算: 由 Rebhann 定則二, 此滑動土塊 ABD 之重量即代表土壓力之大小, 可由下式算出。

$$E = \frac{\gamma_e}{2} \overline{DL}^2 \sin \psi = \frac{\gamma_e}{2} \overline{DL} \overline{DN}$$

安息角 ρ 為負值耳。

乙 由地面上一點起，確定滑動線之位置。(圖11)

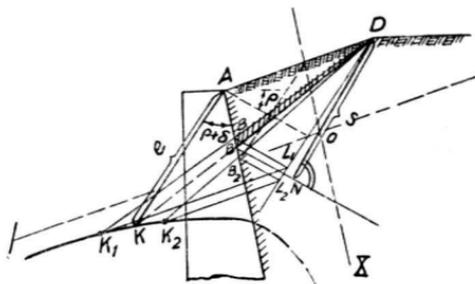


圖 11

圖11表示土抗力之解法與圖10完全一致。惟此處確定滑綫，所用之『定點曲綫』，為一不經過D點之雙曲綫耳。

由圖7,8,9,10,11所得之結果，其土力大小之計算，均與圖6之方法相同。

五 結論——兩法比較

上述兩種圖解法，雖其基本之原理相同，但由其圖之作法，可知Kusević新法，更有便利之三點如下：

1. 由(甲)種解法，其第一定點線(定點曲綫)為一拋物綫，其形狀位置，與地面之形狀全無關係。由此可使解決許多特種問題時，更為簡易。

2. 第二定點線(定點直綫)即利用已習用之『定位綫』，比較簡當。

3. 此法對於土力大小之計算，得一更明白有效的規則。

註1. 安息角，通常即作為內磨擦角，但實際兩角並非完全一致，詳見Kann著

Erddruck, Futter- und Stützmauern.

- 註2. Müller-Breslau 著: Erddruck auf Stützmauern.
註3. Bautechnik, Heft 7, 1937
註4. 同註1.
註5. 泰羅 Krey 著, Erddruck, Erdwiderstand u. Tragfähigkeit des Baugrundes 或 Mehrtens 著: Statik, II Band.
註6. Rebhann 定則之證明見 Mund 氏著: Der Rebhannsche Satz.
註7. Rebhann-Muro 與 Kuševic 圖解法, 爲計算在支牆上土力大小之法其探討土力分配及力點之方法, 詳見註6. 所引一書中。
註8. 證明方法詳見註6. 書中
註9. Handbuch für Eisenbetonbau, IV Band

印度蘇喀活動壩運河工程概況

王 鶴 亭

一 引 言

- 1 工程地點。
- 2 灌溉區域。
- 3 印度河與汛季運河。
- 4 蘇喀活動壩運河工程之使命。

二 工程範圍。

- 1 活動壩。
- 2 運渠系統。

三 建築方法。

- 1 活動壩及運渠進水閘。
- 2 運渠系統。

四 士地清丈。

五 趣味 的 數字。

一 引 言

1 工程地點

蘇喀活動壩運河工程，乃在印度信地省。信地省，位於北緯 $23^{\circ}35'$ 至 $28^{\circ}30'$ ，東經 $66^{\circ}42'$ 至 $71^{\circ}16'$ ；據印度河之下游。面積凡 $46,944$ 平方哩。舊歸孟買省管轄，自蘇喀活動壩運河工程成功後，始於一九三六年五月獨立成省。

2 灌溉區域

1. 面積。

此項工程之灌溉面積，約 5.5 百萬英畝，(合中國 3.63 百萬畝)，為

全省總面積之百分之十八。其餘本省面積，仍由汛期運河灌溉，惟亦加以整理改良。

2. 地形。

印度河流域，大抵平坦，尤以信地省為然。其平均坡度，每哩不足一呎。故運渠坡度，最大僅 $1/5000$ ，最小 $1/10,000$ 。在設計上，砂的研究，極為重要。

沿河地帶，因河流淤積之故，形成脊背，略向兩側平原傾斜。

3. 氣候。

信地省，在氣候上及風俗上，可截然劃分為上下二信地，下信地沿海，氣候極溫和，上信地接近印度中央盆地，夏季熱不可耐，其 Jacobabad 一城，常為全印度最高溫度之所在，（最高紀錄，室內華氏 127° ）但入冬又往往降至冰點以下。

4. 雨量。

信地省適在西南及東北季雨範圍以外，雨量可謂絕無僅有。常年雨量，上信地平均約 3 吋，下信地約 9 吋，在農業上，直可以無雨量目之可也。

5. 土質。

信地省為印度河之沖積平原，其土質之富，與埃及尼羅河下游並稱。惟境內雜有不毛之鹼地，根據該省建設廳化驗全省土質之結果，PH 之值，界於 8.8 與 6.8 之間。地下水中最主要之鹽類為食鹽 (NaCl)，而最有害之碳酸鈉 (Na_2CO_3) 却不存在。

3 印度河與汛期運河

印度河發源喜馬拉雅山，全長 1,800 哩，三分之一却在信地省，最大流量，為每秒 20,000 立方公尺，與黃河相彷彿，惟含砂量則略遜。然其河性之變幻，灘地之縱橫，治理之困難，與黃河固不相上下也。

信地省之種植，全恃印度河，故沿印度河兩岸，汛期運河林立。此等運河，渠首無堰壩工程，故水量毫無一定，須視印度河汛水大小遲早為

轉移，蓋印度河之水源，來自喜馬拉雅山之融雪及上游高原之雨水，一年中八個月枯水時期內，此等運河沾滴不流；其餘四月，則漲水遲早久暫，亦不能預知，故農作物蒙受極不良之影響。是以汛季運河，僅為一種原始式的灌溉，一方面農作物毫無保障，一方面天然水量，又未能充分利用。究其弊，總在渠口無堰壩引水工程以調節水量及操縱水位耳。

4 蘇喀活動壩運河工程之使命

蘇喀活動壩之建築，即所以校正汛季運河之缺點，使信地省擺脫杌隉不安之舊式灌溉時代，而進入康樂穩定之新式灌溉時代。一部份汛季運河，分組連合，改於活動壩上游進取一定之水源，此即活動壩之七大運河系統也。

全部計劃，出自英人 A. A. Musto 之手。於 1920 年草竣。1923 年 5 月計劃合准，1923 年 6 月動工，至 1932 年全部工程完成。

附註：

1. 蘇喀 (Sukkur) 活動壩運河工程，在完工時，改稱 Lloyd 活動壩運河工程，所以紀念前孟買省省長也。
2. 全部工程報告書六卷，附圖亦六卷，存全國經濟委員會水利處，最可作中國灌溉工程之參考。
3. 詳細設計及其他灌溉上重要問題之討論，另文報告。

二 工程範圍

全部工程包括：

- 1 於 Lakkur 鎮 Lansdowne 鐵路橋下游三哩處，橫跨印度河建築一活動壩。
- 2 開挖七大運渠系統，渠首會集活動壩上游左右兩岸。

1 活動壩

活動壩共有 66 孔，每孔闊 60 呎，較導淮三河活動壩大一倍。壩址全係砂土，但除用鋼板樁作截水牆外，不用木樁作為基礎。此實為印度灌

既建築上之一大特色。今後中國如須於砂基上建築任何重要水利建築物，應採取印度最新砂基原理，不應再墨守舊法，向外國重金購取木樁作為基礎，蓋砂基實為最安全最經濟之基礎，祇須明瞭其原理，加以適當之佈置，其結果可遠勝巖石之基礎也。

活動壩各孔，用鋼門司啓閉。鋼門每扇重50噸，以大鐵樑作平衡重(Counter-weight)。由電力轉動，必要時亦可由人力工作，鋼門高18.5呎，Stoney式，由英商 Rasomes & Rapier 承包。

活動壩壩墩分兩種：甲種闊10呎，乙種闊25呎。每隔9孔，即有一乙種壩墩。壩墩上架橋二，上游較高者稱鋼門橋，專為啓閉鋼門之用，下游較低者稱公路橋則為印度河兩岸之交通要道。

活動壩兩端之12孔，即左岸5孔及右岸7孔，利用作洩水閘，其上游各築長堤一道，攔成洩水道，同時亦為各岸運渠之進水道(Approach Channel)長2000呎左右。

活動壩總長幾一哩，除橋拱為鋼筋混凝土外，除一律乳色石灰石，建築極莊嚴美觀。

活動壩壩址，地勢極天然；蓋印度河本極支離散漫，不僅河面遼闊，抑且改道無常，獨於Sukkur一段，河道正直，從無變遷，此則Sukkur山峽約束水流之功也。然為避免影響河流，召致改道起見，堰之形式，採取今日之活動壩，逢大水時，鋼門全開，水流暢快，一如未築壩前。中國黃河上如欲舉辦灌溉工程，亦應採用活動壩(Barrage)而不應採取固定壩(Solid dam)。

2 運渠系統

七大運渠系統之進水閘，與大活動壩，築在一起，三個在右岸，四個在左岸。

下表為七大運渠系統之工程情況

項 目	North-Western Canal	Rice Canal	Ladu Canal	Eastern Nara	Rohri Canal	Khairpur Feeder West	Khairpur Feeder East
可灌面積	英畝 1,037,395	543,614	667,534	2,126,591	2,831,024	.....	.....
可耕面積	英畝 939,235	476,498	582,035	2,195,384	2,545,609	.....	.....
最後每年耕種面積	英畝 563,000	357,000	412,000	1,627,000	2,043,000	298,000	.....
渠首最大流量	每秒立方呎 5,152	10,215	2,837	13,649	10,883	1,936	2,094
渠首渠底闊	呎 165	243	29.5	346	247	79	82
渠首滿給水位與高	呎 193.90	194.60	194.04	194.20	192.50	193.50	192.50
正幹渠長	英里 36	8.2	131	525	208	45	13
次幹渠長	英里 171	5	52	215	277	.....	.....
支渠分渠長	英里 678	65	441	1,212	1,937	.....	.....
洩水道長	英里 .....	.....	29	9	35	.....	.....
村渠長	英里 3,300	258	2,486	5,000	20,000	.....	.....
進水閘25呎孔	個數 6	13	4	16	12	2	2
進水閘壘與高	183.75	183.13	184.32	181.54	188.30	185.48	187.48

* 利用舊運河305哩不在內。

(附註) 1 英畝 = 6 市畝 (約), 1 英里 = 1.6 公里 (約)

1 英尺 = 0.30 公尺 (約) 100 立方英尺 = 2.8 立方公尺 (約)

三 建築方法

1 活動壩及運渠進水閘

活動壩及運渠進水閘，直接於河床內建築，最吃緊部份，常為水面下之工程。其建築方法，為將全部工程劃分為數組，每組用圍堰保護，將基址抽乾，然後立即進行壩土及壩底工程。每組之大小及工作之次序，乃根據一季中所能完成之數量及印度河大水所需要之水道斷面積而定。每季自八月中旬至明年五月中旬，其間難保無大水光臨，故圍堰所佔用水道之面積，不能過大，務使大水所過之流速不超過每秒 6 呎為限。

圍堰用40呎長之鋼板樁組成，入土部份約27呎，打樁架，安設於平底船上。鋼板樁牆內側，由挖泥機挖取堰內基址砂土堆成自然坡度，撐護板樁牆。一俟基址挖足，挖泥機船，即由預留之圍堰口門溜出。於是將口門封閉，打水機船在圍堰內日夜工作。當基址顯露，即由人工將其做平，隨即鋪砌壩底石工及壩墩工程。此時堰內打水工作即可停止，待堰內外水位相平，開始拆卸鋼板樁，移作次組圍堰之用。

圍堰內，基址四周，並加打二道短鋼板樁，造成臨時水溝，截取滲水，打水機抽水管即安設於此水溝內。如此，基址可完全無水之糾葛，工程進行，不勝方便。

建築此項工程時，鋪設鐵路42哩，輕便鐵道24哩，雇用大小船隻無數。

建築時期凡八年，三年費於預備工程，其餘五年費於活動水下工程，蓋頂部工程隨水下工程同時進展，並不佔費時期也。

工程數量：挖土87.92百萬立方呎，鋼板樁0.71百萬呎，混凝土（水泥及石灰）1.24百萬立方呎，壩基水泥砌石塊8.20百萬立方呎，壩頂石工3.40百萬立方呎，條石工0.17百萬立方呎，鋼筋混凝土0.64百萬立方呎，混凝土大塊0.70百萬立方呎，亂石塊15.51百萬立方呎。

2 運渠系統

全部土工數量，達7,520百萬立方呎，一半用機器開挖，一半用人工開挖。其所以採用機器開挖之理由，據其工程報告上所載，有下列數點：

- (i) 信地省勞工不足，不用機器，勢必雇用135,000工人，事實上招募不到。
- (ii) 採用機器後，工作效率持久，且不受農忙之影響。
- (iii) 採用機器後可固定土方工資工方，工人無從耍賴。
- (vi) 不致妨害農事。

以作者之觀察，採用機器後最大之效果，即為工作效率持久，工程可以迅速完成，至於在經濟上是否上算，則尚屬疑問。如在中國，則採用

機器挖土無論如何不相宜；第一，勞工充足；第二，機器將仰給舶來品。故中國以後如欲舉辦大規模之灌溉工程，應絕對利用中國過剩之勞力辦理土方工程，殆無疑義也。

信地省所採用之挖泥機器 (draglines) 共 46 輛，其中 9 輛為大號，7 輛為中號，50 輛為小號。各號之工作能力如下：

大號 每月出土 5.66 百萬立方呎。

中號 每月出土 3.22 百萬立方呎。

小號 每月出土 1.61 百萬立方呎。

46 輛機器之工作總能力為每分鐘出土 74 噸。(日夜工，一年工作 250 天)。

建築時期前後凡 9 年，2 年餘費於測勘，設計，估價，及徵收土地。工程最緊張之一年 (1930—31)，出土達 1,233 百萬立方呎。

四 土地清丈

信地省地勢平坦，根據印度河上游 Punjab 省之經驗，採用所謂土地矩形清丈 (Rectangulation)，其目的，在使灌溉面積，成為無數極整齊的長方形塊，使村渠正直，灌溉水分配便利，且免除一切無謂的水源及地界爭執。在實施上，農民之阻撓，自屬難免，但信地省政府採用一種緩進政策，以誘勸代強迫；先從大地主入手，次及中小田戶。清丈工作，印度測量局 (The Survey of India) 及該省稅務廳 (Revenue Department) 合作舉辦；前者負責清丈土地成為 320 英畝長方塊為止，後者負責繼續細分至 16 英畝，及 1 英畝之長方形。

五 趣味的數字

1. 全部工程費……Rs. 200 百萬；活動壩及進水閘……Rs. 40 百萬；資本利息(至 1933 年底)……Rs. 45 百萬。(1 Rupee 約合中國法幣 1.225 元)。
2. 運渠總長(村渠不在內)……6,473 哩；村渠總長(新舊合計)……47,800 哩

說者謂村渠之長，可以環繞地球二周云。

3. 全部土工……7,520百萬立方呎；(其中村渠佔1,240百萬立方呎)。
4. 全部橋樑……1,889座。
5. 七渠總流量……46,617 每秒立方呎。

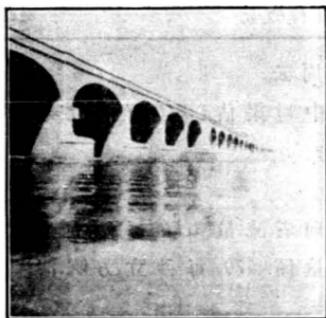
七渠中最大者，為Eastern Nara及Rohri前者流量13,602每秒立方呎，後者10,887每秒立方呎。(中國涇惠渠流量僅570每秒立方呎，渭惠渠僅1,060每秒立方呎)。

6. 可灌溉面積……7.5百萬英畝。其中：
可耕面積……6.25百萬英畝；每年耕種面積……5.25百萬英畝。
7. 每年農產品。——

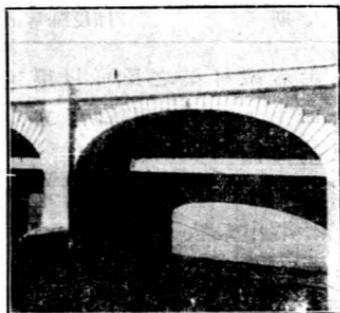
麥	2,440,000 英畝	1,137,000 噸
棉花	850,000 (皮棉)	96,000 噸
米	625,000	447,000 噸
黍	695,000	271,000 噸
油菜子	410,000	117,000 噸

8. 全部工程費之分配。

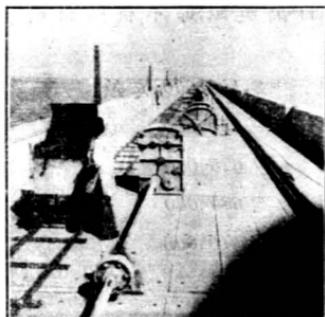
土工	49%
管理費	15%
橋樑分水閘等	10%
徵收土地	6%
房屋	4%
測量	1%
儀器	1%
其他	14%
	<u>100%</u>



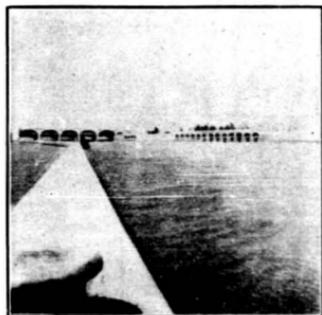
一 印度蘇路活動壩長一英里，此照攝自中流僅得一半



二 此照詳示活動壩之一孔，鋼門橋拱，公路橋拱，鋼門及平衡重，攝自上游。



三 鋼門橋上景緻，一覽無餘，橋面上除鋼門零件外，尚鋪設大鐵軌一（備起電機用），並便軌道一（備Trolley用）合氣管一（備修理門用）



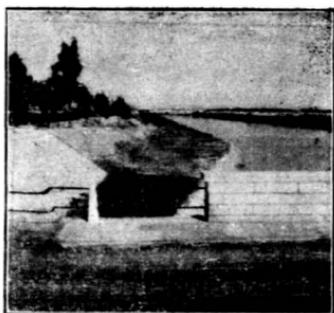
四 洩水道，活動壩右岸五孔用右岸洩水閘，分水牆欄或上尊洩水道此項攝自分水牆上，活動壩五孔及運渠洩水閘，都可擲出。



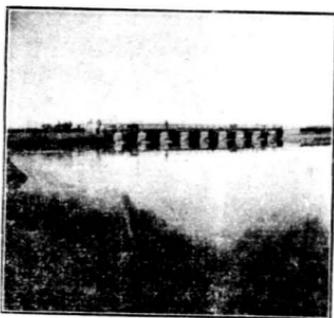
五 運渠洩水閘，注意象式式當裝，其目的在招誘水面清水進渠，（水面下近壩處，身偏向下游，所以排聚泥沙使不進渠也）



六 鋼門橋於兩岸多建一孔，其用處極大：鋼門可自此孔起卸，一也；Abutment 在岸容易建造，二也；增加美觀三也。此照攝自邁水閘之鐵門橋上，若景即活動壩鋼門橋左岸第一孔也。



七 運渠之起點，注意近開處之壩閘部份，壩運水閘當自門頂上過取表面湧水，壩閘身須加長，才能得到規定流量也。此為防砂設備之一種。



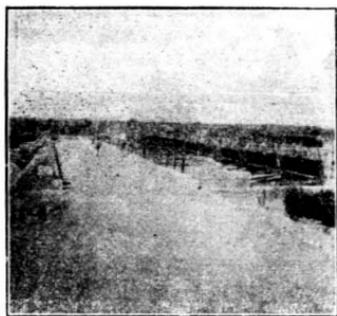
八 Rohri運河幹渠上之大跌水閘 流量10,592每秒立方呎 跌水8呎運河斷面積3,036平方呎，跌水閘喉部水道斷面積僅 1,035平方呎設計頗奇特此照攝自上游。



九 Rohri運河幹渠之大跌水閘 稱 Tand: Masjidan Fall 此照攝自下游側面，注意水壩之高度及壩墩之延長部分，後者所以導引可流使平勻分佈，稱 Guld: Vanos



十 總幹渠上之「水閘」橫跨總幹渠者為壩閘 (Crossregulator) 左右兩岸即許多次幹渠或支渠之運水閘也。



十一 欄渠上之公路橋面及扇式閘門 (Radial gates), 各閘附近空地, 均設花園草地, 以資點綴。



十二 蘇聯活動壩運渠系統內所採用之斗門, 大部為半壘性 Jamrao 式 (Semi-modulie, Jamrao Tyde) 此種斗門之流量, 不受河渠水位高低之影響, 故可杜絕偷水弊端。



十三 水尺井 (gauge well) 重要運渠進水湖及分水閘上下游, 均設水尺井, 以期水位讀數準確, 不受波浪等之影響, 水尺井與運渠用水管連通。



十四 幹渠高堤之安全, 全賴有適當厚度之 Berm, 以資保護。圖中所示, 為藉透水管之阻力, 浮積泥沙, 自動造成 Berm 之妙法。此種自成之 Berm 極為堅實, 故堤內滲透水坡, 更屬安全。

虹 吸 溢 道 (下)

徐 懷 雲 譯

第七章 虹吸溢道之設計—Laggan虹吸管

虹吸管設計之方法，以一實例述明為最佳。茲將 Laggan 虹吸管各部之詳細設計討論之。

概 况

Laggan 壩頂之全長雖全部作為簡單之溢道，在規定水位內不足以洩最大之洪水量。故決定採用虹吸管以代一部份之簡單溢道。虹吸管之總溢量為 3600 立方呎/秒。虹吸作用之開始分三組。每組溢三分之一之水量。水頭升高 6 吋，第一組開始。升高一呎，第二組開始。升高一呎三吋，第三組開始。

水頭升高 2 呎以上，所須之時間不超過 24 小時。故水位升高 6 吋，第一組虹吸管雖不開始作用，亦無關重要。因之各組虹吸管無須個別設計。在拱冠裝以適當之氣孔，使水位升高六吋時約略可以開始作用，而升高一呎必定開始。

喉 高

前章已說明抽氣機，輔助虹吸管，或開始滾水堰，有其種種弊端，反

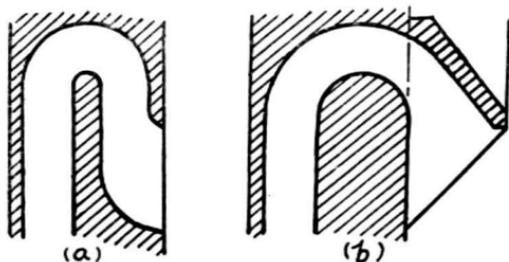
為實際所無需。故不採用。根據以往無開始設備之虹吸管，其設計完善者，水位升高 $d/3$ 可保證其開始作用。且通常均在 $d/3$ 以下， d 為喉高。

S. M. Dixon 于縣立水工試驗館，依計劃之虹吸管，作 $1/8$ 之模型，而試驗其開始之水頭。通常均為 $d/4$ ，二次為 $d/5$ ，故 $d/3$ 可以保證其必定開始。且實際之情形，較模型若為佳，故 $d/3$ 作為安全之開始水頭，無須懷疑。因之喉高定為 3 呎。

虹吸管頂用銳緣者，如 Gregotti 氏所營造之 Verona 虹吸管，其開始水頭可以較低，而喉高可以採用較大者。對於喉部已定之允許最大真空，及已定之拱冠弧度半徑 (Leggan 壩為壩頂之路寬所限制)，其最大流量之拱冠弧度半徑與頂點弧度半徑之比 = .27。用銳緣管頂，則減少流量，且易發生真空隙，而受振盪之危險。

頂點之半徑

喉高已決定為 3 呎後，其頂點之半徑愈大，流量愈多。然下管之位置為壩頂之路寬所限制。且美洲尋常規定喉部之轉灣全部在壩頂之內，如二十三圖 (a)。若入口之上唇如 (b) 圖所示，則半徑可以增大。其利端將更見于後。喉部外弧之最大半徑以 9 呎最佳，其內弧半徑則為 6 呎。



(a)
第廿三圖

(b)
喉部式樣之兩種

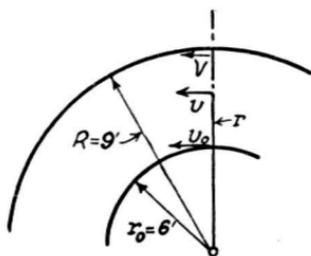
從經驗得知，虹吸管內之真空程度不得超過 24 呎。壓力過低，則溶解于水中之空氣大量發生。使溢水與頂點分離，而發生振盪。

據 A. H. Gibson 教授之模型試驗，Daviso 氏之 Maramsilli 虹吸管試驗及其他之研究，知虹吸管喉部之水流與自動漩渦極相似。理論雖假設水流為無磨擦之線狀流動，但難達真正自動漩渦，沿喉部轉曲愈近頂點，其水流愈近漩渦流動，然終難達真正之漩渦，以較大之比例尺用圖解法繪水流線，則水流速度之分佈可以求得。且可示知頂點縱剖面上水流情形，與自流漩渦極相近。

設喉部之水流為自動漩渦，其最大效率之公式可以求得。

設附加之小字 o 表示頂點。

大寫之字母表示拱冠，第二十四圖。



第廿四圖 喉部之水流

因頂點之最大真空為 24 呎，故流速為

$$v_o = \sqrt{2g \cdot 24} = 39.$$

自動漩渦其 $V r = \text{常數}$ ，

$$\text{故 } v = \frac{r_o}{r} v_o = 39 \frac{r_o}{r}$$

每呎頂長之流量為

$$Q = \int_{r_0}^R v d r_0 = 39 r_0 \log_e \frac{R}{r_0}$$

故其最大效率為

$$\eta = \frac{Q}{47(R-r_0)} = 0.84 \frac{r_0}{R-r_0} \log_e \frac{R}{r_0}$$

Laggen 壩之 $R=9$, $r_0=6$ 故可達之最大效率為

$$\eta = 0.84 \frac{6}{3} \log_e \frac{9}{6} = 68\%$$

而可能之流量為

$$Q = 0.68 \times 47 \times 3 = 96 \text{ 立方呎/秒}$$

近拱冠之速度

$$V = 39 \times \frac{6}{9} = 26 \text{ 呎/秒}$$

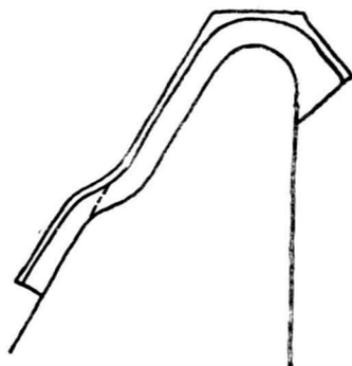
拱冠之壓力為

$$\frac{P}{W} = -3 - \frac{V^2}{2g} = -13 \text{ 呎水頭。}$$

每 管 之 寬 度

喉管之剖面須為長方形，因在一定之喉高，其最大之面積當為長方形。其寬度多受建築方面之限制。近拱冠為 13 呎之真空，即 800 磅/平方呎。若拱冠為拱形，則虹吸之寬度不太大者，拱冠不致過重，震盪所發生之影響不可忽視。在開始時溢水有猛烈之振動，若拱冠薄而闊，將被誘導而振動。寬度無一定之規定，最好之比例為 2d。若寬度太小，則水霧半徑減小，磨擦損失增加，且建築費提高。

Laggen 壩之寬度為 6 呎 11 吋。兩管間隔 2 呎，如此可以適應壩身之伸縮縫。每管最大之流量則為 $6.83 \times 96 = 650$ 立方呎/秒。總流量為 3,600 立方呎/秒，故須虹吸管六隻。



第廿五圖 虹吸管

虹 吸 管 類 別

虹吸管下管之位置情形，有三種，(1) 垂直式，(2) 下管沿壩面而下，(3) 頂點凸出。在本例中第三種無須討論，以其不能予健全之設計，或優良之開始性質。優良之開始，為下管沿壩面而下，並設一踏步，挑水封閉下管，第二十五圖；或下管于壩心直下，連一水平之出水管。

下管沿壩面而下者，可以減低動力之損失，而增高流量係數。但于高水頭虹吸管則並無利益，因高水頭虹吸管之最大流量與效率為喉部之情形所限制也。

Loggan 壩若用下管沿壩面而下，其單薄之上管壁將受猛烈振盪。因之須多加鋼筋而建築費恐將糜費，若用垂直式，則可以免除振盪，因下注之水柱對於兩壁之壓力，適相等而相反。

一部份之工程司認為虹吸管不宜築于壩心。若虹吸管之體積與壩身體積之比極小，二管之距離不太近。雖築于壩心，亦無嚴重之弊害。對於壩基上壓力之分佈，亦無重要之影響。壩身之最大剪力近于壩趾。

依 Laggan 壩之佈置，經過垂直管之平面上之剪力將小於下游之剪力。因水平之出水管而增加之壩身之內壓力，亦無須顧慮，見後說明。據上種種，Laggan 壩宜採用垂直之下管。

決定採用垂直式前，須慎重顧及各種之情形所發生之應力。

出口之高度

在本例之有效總水頭約為 120 呎，顯然屬於高水頭虹吸管。出水口決定採用射水式，使射出之水離開壩趾，然流量為頂點真空之程度所限定，而出口愈低射出之速度愈大。出水口之面積愈須減小。故益近壩趾之低出水口，其射水速度愈大，射出之水離壩趾愈遠，而對於壩身之影響愈小。

然出水口低者，亦有其弊害。虹吸管愈長，其建築費愈大；出水口愈小，阻塞之機會愈多。壩趾上內壓力最大處，將不堅固；而 120 呎之水頭有 70 呎之速度，亦恐損壞混凝土牆面。曾經試驗，60 呎之流速對於精細混凝土之磨擦，若水泥面無不規則之處，足使平滑之水流起伏，而水中且無沙粒，則水流對於水泥面並無損壞。

出水口之高度遂決定離頂點 60 呎。射水速度則為 50 呎/秒。設流速係數為 0.8

$$v = 0.8 \sqrt{2g \times 60} = 50$$

全部設計完畢後，再求速度，與上值極相近。

因射水與河床接觸點愈遠愈佳，故射水須向上傾斜，第二十六圖。

設 θ = 射水管之傾斜角，

a = 出水口距河底之高度，

l = 水平射程，

v = 出水口之流速，

射水大若空氣之磨擦力無關重要，茲不計及，則最大射程之傾斜

角為：

$$\operatorname{Cosec} \theta = \sqrt{\frac{2ga}{v^2} + 2}$$

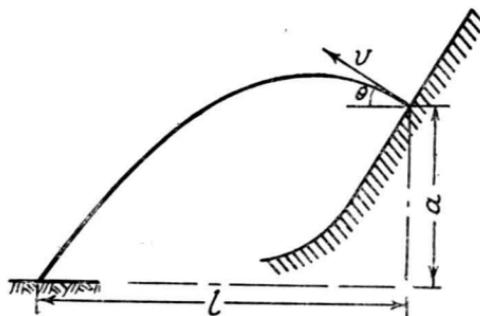
$$\text{故 } l = \frac{v^2}{g} \operatorname{Cos} \theta \left[\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + \frac{2ga}{v^2}} \right]$$

$$v = 50 \text{ 呎/秒}, \quad a = 64 \text{ 呎}$$

則 $\theta = 31.6^\circ$, 用 30°

$$l = 128 \text{ 呎}$$

傾斜角採用 30° 射程認為滿意。



第廿六圖 射水之路線

每管出口面積為 $\frac{650}{50} = 13$ 平方呎，直徑為 4 呎。因出水口接聯一轉角，水平出水管之直徑及轉角處之直徑採用 4 呎 6 吋，面積為 16 平方呎，庶幾出水口可以流滿，而磨擦力亦可減小。

垂 直 管

茲可設計下管之垂直部份。在喉部之面積為 $A_1 = 20$ 平方呎，水平出水管之面積為 $A_2 = 16$ 平方呎，因兩虹吸管間距離愈大，則壩之內應力愈小。故由 A_1 減至 A_2 愈快愈佳，然管內之水壓力已極低，故不希望其

繼續減小。若壓力為一常數，則水流增加之動能將等于其減少之勢能

$$\text{即 } d\left(\frac{v^2}{2g}\right) = -dh$$

$$\text{或 } h_1 - h_2 = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) = \frac{650^2}{64.4} \left(\frac{1}{16^2} - \frac{1}{20^2} \right) = 9 \text{ 呎}$$

由 A_1 減至 A_2 所經過之長度不得短于 9 呎。後採用 10 呎第二十九圖

管之截面積于 10 呎後固可繼續減小，然最後仍須放大；且于建築立場言之，面積以一律為佳，因模板可以繼續應用也。

垂直管之截面形狀須加以討論，根據水力學應為圓形，其水潤週最小。若根據管間水泥之內應力，則管間之水泥愈厚愈佳；且須免除銳利之轉角，故截面須用卵圓式，或矩形而圓其角。然外加之費用，當不可避免。故採用圓形，直徑為 4 呎 6 吋。在截面積縮小之管段內，與壩垂直之平面上，水管由 3 呎放大至 4 呎 6 吋，或 1:0.6；于平行之平面上，則由 6 呎 10 吋減小至 4 呎 6 吋，即 1:4.2，而截面之形狀，為由矩形漸趨圓形。

Gibson, Aspey 與 Tattersall 三教授用模型研究垂直管形狀之改變，對於水力之損失。研究之結果，得知雖管之截面積不變，增加之損失極大。所量得之損失雖含有直管下端轉角之損失，然增加之損失，可斷定其原因為下管轉角之深度大于不平行管斷之直徑。Gibson¹⁶ 教授曾試驗一水管其截面積為常數而形狀漸次變更，其求得之結果，較同長度，同面積，管壁平行之水管若大。

Laggen 壩之虹吸管，其形狀變遷之管段內在與壩身平行之平面上，其收斂之程度較垂直平面上管壁放大之程度大；且面積漸次縮小。故因形狀之變更所引起損失或將較小。

垂直管下端之轉角

轉灣之半徑與管之半徑之比為 5 時，轉角之水頭損失最小。然該

轉角之半徑宜為 11 $\frac{1}{2}$ 呎，採用 12 呎，如第三十三圖。

水 平 出 水 管

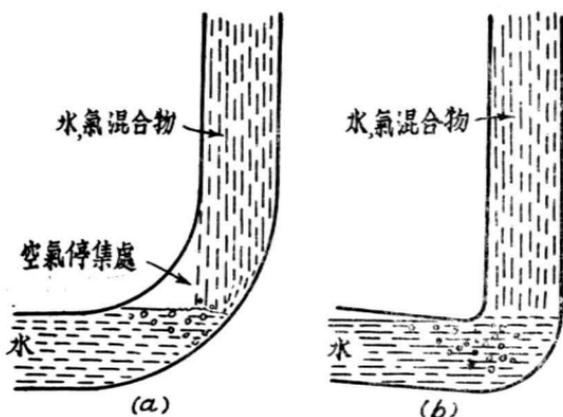
垂直管轉灣後，接一水平水管，其末端為 30° 之仰角而達出口。因壩內最大之壓力及剪力均在壩面。故水平水管以分數層為佳。出水口分兩層，高低相間。距頂點為 55 呎，與 65 呎。管間之有效距離因之增倍，而出水口間之壓力則小於壩趾之壓力。圓洞四周之理論壓力約為平均壓力之三倍，出水口用鑄鐵水管，水平管四周環以鋼筋以禦之。因出水口向上轉灣，故須一三吋之洩水管，以洩水平管中之餘水，而防止結冰。

開始作用之性質

茲討論開始作用之性質，

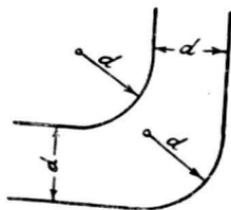
圓形堰頂上之洩水于 60° 處與堰頂分離，已如十二圖所示。因洩水離開堰頂之重要，S. M. Dixon 教授作一模型，堰頂半徑為 6 呎。試驗之結果與計算若相合；且 2 吋之水頭，即可使水片離開堰頂。若水片於堰頂上未與頂點分離則在水流方向轉變處，及頂點凸出開始處，如第三十三圖，水片必與頂點分離。水片與管壁相擊處約在下方 10 呎至 12 呎；而縮狹之兩壁將與水片之兩邊密切結合。水片與管壁相擊後變為水沫。自由下墜，約高 40 呎至 50 呎，除上端之水封外，墜水已具極強之抽氣能力。

美洲方面喜用陡灣。因挾空氣而下之水沫為轉灣之底壁阻止後，空氣上升而集于灣角。若轉灣銳利；出水管略向上傾斜，則聚集之空氣易為沖出，如第二十七圖 (b) 若轉角之弧度半徑較大，如第二十七圖 (a)，則聚集之空氣有逆水面上之危險。銳利轉灣之弊害，為增加水頭之損失；且于洩水時，管內之壓力極弱，因銳灣易發生真空隙，而使水流振盪。Gibson, Aspey 及 Tattersal 三教授謂在轉灣處，管徑增大，如第二十八圖，則損失可以減少。而轉角下之水流速度更均勻。如第二十八圖之



第二十七圖 下灣曲度之影響

轉角，其轉灣弧度半徑可以減小。Laggan 壩因墜水之深度大，虹吸作用可以保證開始，故用一緩和之轉角。



第二十八圖

出水口之位置須能使開始作用時，水平管中之水流剛可滿管，庶幾空氣可自由逃出。若出水口之位置過高，則成一水封；在開始時，設出口內水面高出轉角，則聚集於轉角之空氣須加以壓力勝過此水頭而逐氣出管。Laggan 虹吸管原設計之出口（後於出口裝分水器，見第九

章)已與上述之條件融合。

進 口 之 上 唇

尚餘上唇未曾討論。最早之虹吸管其上唇邊與頂齊。水位降至唇邊，虹吸作用停止。此種裝置雖簡單，然弊害極多；一波浪或一水峯均可使之停止作用。欲補救此弊端及其他之缺點(見後)，上唇須低於頂，而至適當之深度；并裝設適宜之氣孔，或活門，使虹吸作用于一定之水位停止。

進口之面積通常規定為水管面積之二倍。Lagga²¹虹吸進口之流速為 $650/40 = 16$ 呎/秒，相當之水頭為 $16^2/2g = 4$ 呎；4 呎之義意，並非進口之水面將降落 4 呎，上唇須加深 4 呎而阻空氣之流入。在任一虹吸管口之水位降落，只可用流水綫求得。用流水綫(Streamlines)解決水力學之問題為通常教本中所僅見。該法用途極廣；除簡單之情形者外，為求流速分佈之唯一途徑。對於等量流動(Steady flow)通常均不計及其漩渦(eddies)；虹吸管進口之水流乃收斂之等量流動，用之常可得極近似之結果。茲論之如次。

圖解流水綫之漸近法

非洞漩之兩度流動(Two-dimensional flow of an irrotational fluid)，可用下式表明：

$$\phi + i\psi = f(x+iy)^*$$

ψ 為流水綫(flux)

ϕ 為流速勢能(Velocity-potential)

通常亦寫如下式

$$\omega = f(z)$$

在 ω 之平面內，若取 ϕ 為橫座標， ψ 為縱座標，繪直綫 $\phi = 1, 2, 3, \dots$

* 見參考書 21

……及 $\psi = 1, 2, 3, \dots$ 成方格網。則該網可代表等速之直線流動，由左而右平行前進。

$$\text{設 } \omega \equiv \phi + i\psi = F(t) \equiv F(\xi + i\eta)$$

F 為任何函數。 t 平面內之 ξ 線及 η 線，相當於 ω 平面之 ϕ 與 ψ 綫，亦相互直交而成方格；然通常方格之各邊為弧綫，且各方格之大小不等。 ω 平面內之每一點在 t 平面內有其相當之一點； η 線則代表水綫之可能分佈。依此按步推求，

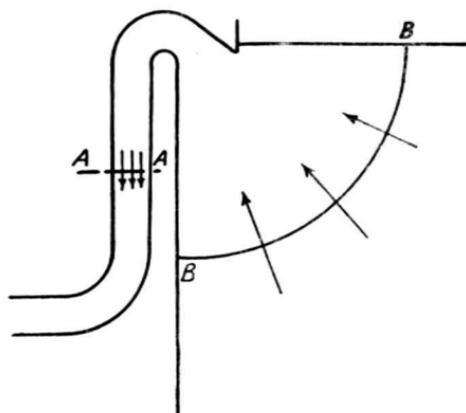
$$\phi + i\psi = f(x + iy)$$

之關係可以求得。某一流動之流水綫及流速勢能綫據此或可求得，而適合其界面 (Boundary Surfaces)。Schwarz 及 Christoffel 二氏曾發表其求法。然其可能之範圍僅限於數類簡單者，如圓弧及直線所造成之界面。

因 ϕ 及 ψ 綫必需直交且需成弧形之方格 (Curvilinear Squares)；若界面之情形已知，則流水綫之分佈可由圖解而得。

虹吸管之各截面均為矩形且等寬者，則水流為兩度之流動。又若各虹吸管均同時溢水，則進口之水流亦為兩度流動矣。上下二界面極易確定；虹吸管之內壁為 $\psi = 0$ ，外壁為 $\psi = n$ (n 為一假定值，代表流水管——Stream tube——之數目)。若再求得二等流速勢能綫，亦即其餘二界面上之流水綫方向，則流水綫分佈之情形可以決定。水庫深者 (與虹吸管徑相較)，在離進口數管徑之外，水綫之方向必皆為輻射狀，而 ϕ 綫則為同心弧，如二十九圖之 BB 綫。若虹吸管含有一長且直之平行管段，於該段之中央假定其流水綫與管壁平行，即 ϕ 綫與管壁垂直，¹⁰ 當無大差誤，第二十九圖之 AA 綫。四圍之界面既定，流水綫可以開始繪製。

分 ABBA 為四流水管 (為便利計，故分為四)，各管之流量相等。分割之法，全為估計。在 AA 綫上為平均分佈。喉部之水流近似自動漩渦 (free vortex)，頂點之流水綫將較密而近拱冠處將較疏。至 BB 面則又為平均分佈。畫 ϕ 綫，可先沿虹吸管之中心綫分割較為便利，分割之距



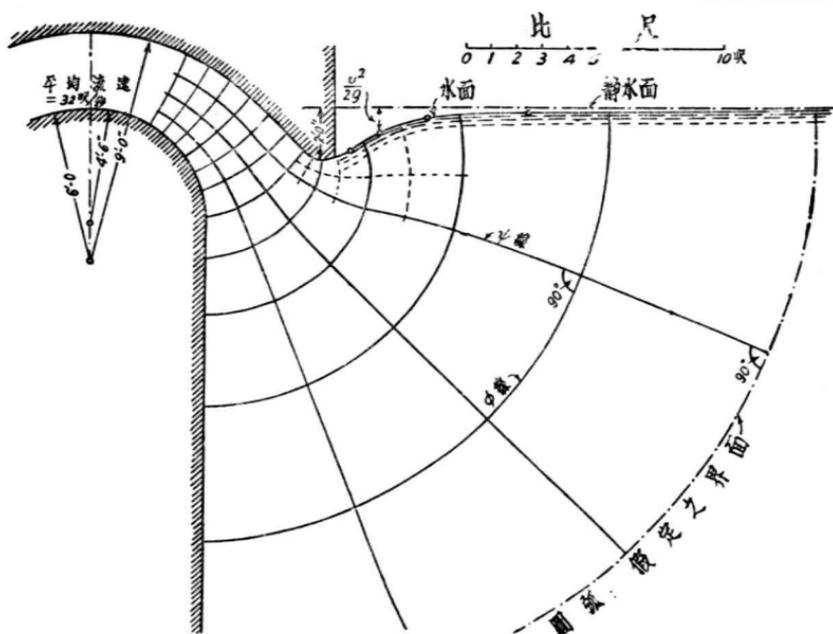
第二十九圖 界面之情形

離等於流水管之寬度。 ϕ 線與 ψ 線直交成方格，然各格均難成一真正之方形，二 ϕ 綫之平均距離難等於二 ψ 綫之平均距離。 ϕ 綫畫完後，調整 ψ 綫，使各格趨于方形；再調整 ϕ 綫使與 ψ 綫直交。如此漸次調整，以達須要之準確程度為止。

因界面之情形影響於每一 ϕ 綫及 ψ 綫，故全部之方格網，必先繪出而後調整。喉部之水流雖近似自動漩渦，但除頂部轉灣之角度較小者外，絕難達真正之自動漩渦。在轉灣之分角線上假設水流為漩渦流動，已極準確，故 ϕ 綫假定為一向心之直綫，其差誤當可極小。

Laggen 虹吸管之直管內水流非兩度之流動，故以喉部轉灣之分角綫為界面，如三十圖。進口外之水面於開始時假定為水平，分劃為方格網，如上述之方法。因每方格中心之流速與方格之邊長成反比，故水面各點之流速可以求得，為產生流速，水面必下降；下降之高度為 $\frac{v^2}{2g}$ 依此繪成新水面；再調整方格網。如次漸次推進，以抵於成。

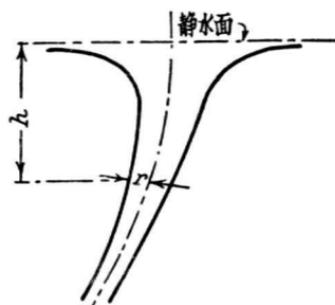
Laggen 虹吸管之上唇先曾暫定為浸水二呎，水流之情形如三十



第三十一圖 虹吸管進口之流水綫另一情形

於 Laggan 虹吸管之模型上——縮尺為八分之一，上唇浸水六呎，——溢水時見水面之降落雖極微；然拱冠前發生漩渦。漩渦發生後即漸漸縮小，至於消滅，而繼以反方向之漩渦。如此周而復始，每十分鐘一變換。在無磨擦損失之液體中，漩渦一旦發生，將永遠存在。增加上唇浸水之深度，僅能減少空氣之流入。因在漩渦之任一截面上其 $rv = \text{常數}$ ； $v = \sqrt{2gh}$ ， $r \propto \frac{1}{\sqrt{h}}$ 故漩渦孔必隨深度而減小，如第三十二圖。水流下降後，由勢能變為動能，但因磨擦之損耗必消失其一部。下降愈大，損失愈大；而流速與理想值 $\sqrt{2gh}$ 之差亦愈大。流速減小（比較的），離心力亦減小，漩渦之孔徑乃為四圍之水壓力所壓縮。至一定之深度

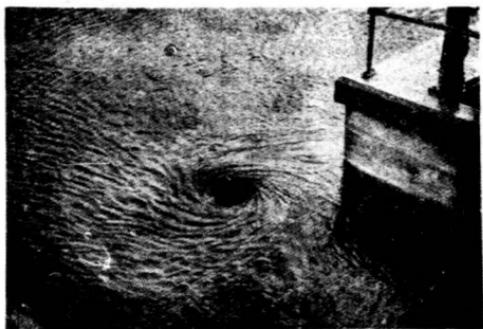
後，因增加深度所發生之磨擦損失大於所獲之能力，則漩渦不能存在矣。故任一虹吸管，其上唇浸水至一定之深度後，漩渦則不能發生。在模型上若發現漩渦，實際上必有產生漩渦之可能；但模型上雖無渦漩，實際上不能保證無漩渦之存在。阻止漩渦之發生，黏結力(Viscosity)為最大之因數，已如上述。而流動之相似條件為模型與實際之 $\frac{\nu}{v l}$ 及 $\frac{lg}{v^2}$ 相等(ν 為比較黏性系數，Kinematic Viscosity; v 為流速; g 為天然加速度; l 為長度)，若用同一流體。前者需 l 與 v 成反比，後者需 l 與 v^2 成正比。此乃矛盾之現象，不可能也。若另選一流體，然亦無此極小之黏性系數者，能使模型代表實之結果。故防止漩渦，吾人所能致力者惟設計時隨處預防其發生，及成功之希望耳。



第三十二圖 自動漩渦

根據第三十圖及第三十一圖之流水線，可知上唇緣之半徑小者，唇邊之流速必大。若唇邊為銳緣者，則流速應為無窮大。速力過大，則易生真空，漩渦將因之而發生。故設計時雖唇片深沒水下，而銳利之唇緣仍須避免。

漩渦之發生或因各虹吸管之特殊情形所致，如銳緣之上唇，亦有因虹吸管内全部水流轉動而發生者，但此類漩渦之旋轉方向必始終

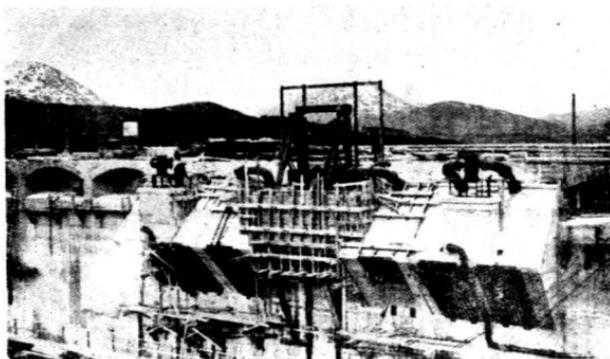


(a) Luggan 虹吸管進口前之自由動漩渦



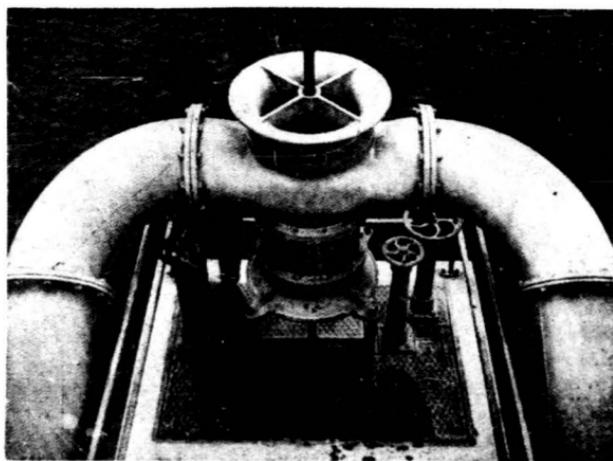
(b) Luggan 壩未溢水前之出口情形

照像第五圖



(a) Laggan 虹吸管：進口情形

↑
靜水井之進水管，管端裝濾水器



(b) Laggan 虹吸管之器活門

照像第六圖

如一。Laggen 虹吸管之漩渦非此類者。因銳緣之上唇而發生者有二類。一為二漩渦同時出現自唇邊直達水面。一為二反方向之漩渦更相出現，如模型上所見者。

阻止虹吸管内水流之旋動可減小漩渦或更可使之消滅。故方形之虹吸管較圓者佳，而矩形者尤佳。茲討論一圓柱式水流，有順軸流動及旋轉流動。設 ω 為角速， r 為半徑， l 為長度， ρ 為密度，則其動能為

$\frac{\pi \rho \omega^2 l}{2g} r^3 (\frac{1}{2} m v^2)$ 。若分水為 n 平行水片，每片之厚為 $2r/n$ 。則水流分為 $\frac{\pi}{4} n^2 (= \frac{\pi r^2}{n})$ 個旋轉之水柱，每柱之半徑為 r/n 。其動能之總

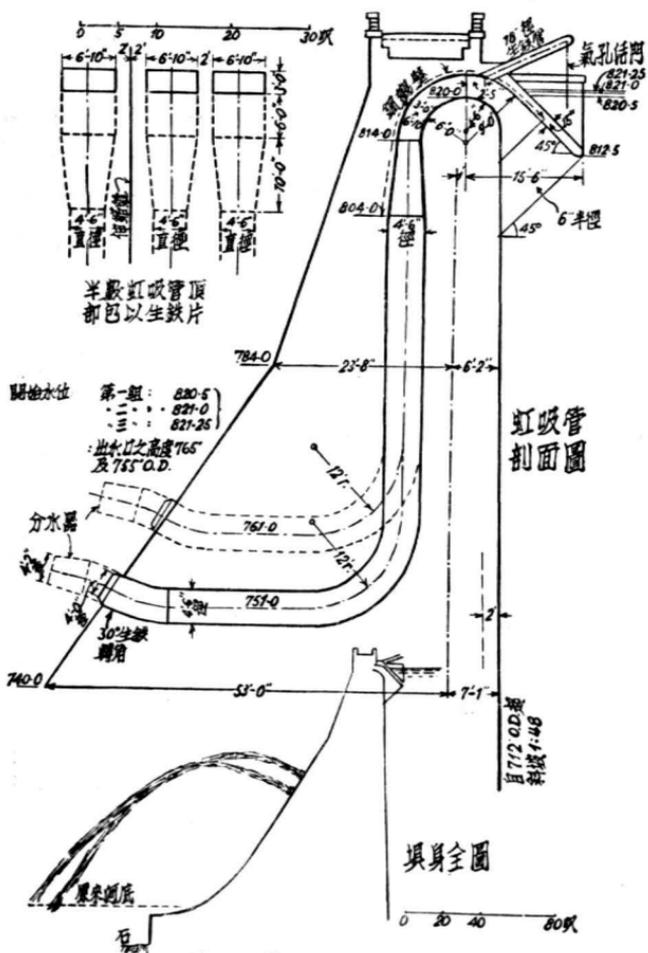
和則為原有之 $\frac{\pi}{4n^2}$ 倍 ($E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{l}{2} (\frac{r}{n})^2 \pi \rho (\omega \frac{r}{n})^2 \times \frac{\pi}{4} n^2 = \frac{\pi \rho \omega^2 l^2}{2g} r^4 \times \frac{\pi}{4n^2}$)。動能大減。分水為數片，對於防止漩渦之效能，於此可見。

阻止漩渦之發生猶有一法：在拱冠前設密接之木排，若範圍廣大，則漩渦之途徑增長，較難發生。但上唇浸水深者無效。

Laggen 虹吸管之上唇邊在頂點，下 7 呎 9 吋。溢水時浸水八呎。進口更裝有平行之鐵片突出唇外。故上述之兩類漩渦均可避免。

最近試驗 Laggen 虹吸管發現另一類之漩渦。產生於虹吸管之進口之間，如照片第四圖 (a) 所示。其出現不定。有時於漩渦之中心有氣孔，有時無氣孔，有時完全消滅。在水面下六吋處，氣孔之最大直徑為六吋；但在唇緣之直徑則極小。由漩渦吸入之空氣，對於虹吸作用無顯著之影響。

Laggen 虹吸管之溢水道已設計完畢。第三十三圖乃一總圖也。

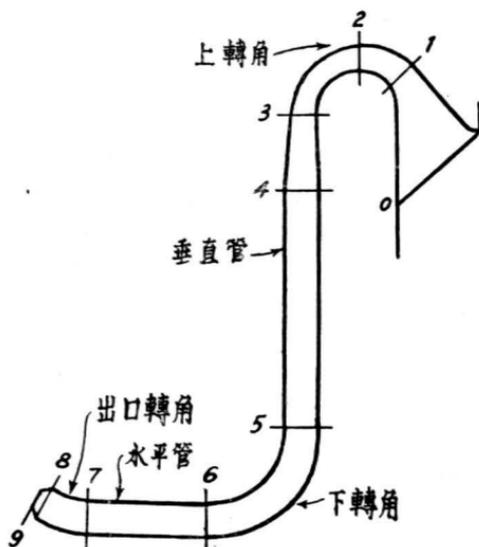


第三十三圖 Lagan 虹吸管

流 量 之 計 算

前曾設一假定之流量與其係數,以便設計;茲可依據已設計之虹吸管而求其流量。

虹吸管之各剖面如第三十四圖



第三十四圖 Laggon 填虹吸管

設 v_0 = 剖面 0 之平均流速

v_{01} = 01 管段內之平均流速

$v_2 = V_2$ = 喉部及其他各剖面上之平均流速

a = 剖面面積

l = 管段之長度

m = 水幕半徑

d = 直徑

各剖面之面積及流速可以喉部之剖面面積及其流速代之

$$a_0 = 102 = 5a_2 \quad \therefore v_0^2 = 0.04v_2^2$$

$$a_{01} = 62 = 3a_2 \quad \therefore v_{01}^2 = 0.11v_2^2$$

$$a_{11} = 18.1 = 0.89a_2 \quad \therefore v_{11}^2 = 1.26v_2^2$$

$$v_1 \text{ 至 } a_8 = 15.9 = 0.78a_2 \quad v_1 \text{ 至 } v_8 = 1.62v_2^2$$

$$a_9 = 12.5 = 0.615a_2 \quad v_9 = 2.63v_2^2$$

磨擦係數 c 極難決定。通用之試驗值皆為微細之管徑者，或低流速者；且因水泥面而引起之變化亦極大。現流速為每秒 40 呎， $V_m = 45$ 。在 F.C. Lea 教授所著之水力學中，有各種管徑與 c 之曲線。引長諸線，求得普通水泥管之 c 值為 145。用該值，則水頭之損失為

$$h_f = M \frac{lv^2}{c^2 m} = M \frac{lv^2}{145^2 m}$$

因進口之流速極小，故進口之水頭損失 h_0 無關重要。用下式已夠準確。

$$h_e = 0.5 \frac{v_0^2}{2g}$$

轉角之損耗水頭極重要。然吾人對於該項之知識缺乏，故不得不借重于模型試驗。轉角損耗非轉角本身發生之損耗，而為直管與彎管聯合之損失。當水流由直管流入轉角，其流速須從新分配，以近乎自動漩渦流動為止。因之損失一部份水頭。在轉角內更有洄漩之損失，及磨擦之損失；而曲度半徑小者尤甚。最後水流由轉角再流入直管，流速又須調整，水頭復因之而損失。故轉角之損失與轉角之角度非一簡單之比例。Bouchayer 與 Viallet 二氏求得轉角損失與轉角度之關係極不規則， 60° 之損失反小於 30° 者。由直線流動變為漩渦流動，其動能增高，故壓力減低。由漩渦流動再轉為直線流動，其動力僅一部份還為壓力。若

轉角前後之平均速度求得則轉角之損失約數可以求得。但大于真正之轉角損失極多。蓋因轉角下一定之距離內，水流盪漾，任一點之速度變遷極快，故某點之壓力不能代表其平均壓力。對於轉角損失之所以變化不定，上述各原因可作一解釋。90°之轉角其 $\frac{2R}{d}$ 為 5 時，損失最小。由試驗之結果知損失之範圍為 $0.1 \frac{V^2}{2g}$ 至 $0.46 \frac{V^2}{2g}$ 。

矩形水管與圓形水管轉灣水頭損失之關係，以往毫無經驗。茲假設深度與半徑相等者損失相等。

轉角損失之試驗值，大平均由微細之圓管及低流速求得。但轉角處水流湍急，甚于直管，故除 vd 之值極小者外，黏性對於損耗之影響極小，即水頭損失與 V^2 將成為比例。若然則已得之試驗值可應用于粗水管及高流速，但作者現尚不能證明之。

依以往之經驗，慎重考慮水頭之損失決定如下。

$$\text{上轉角角度約為 } 135^\circ, \frac{2R}{d}=5, \text{損失} = 0.35 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{下轉角角度約為 } 90^\circ, \frac{2R}{d}=5, \text{損失} = 0.30 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{出口轉角角度約為 } 30^\circ, \frac{2R}{d}=6, \text{損失} = 0.15 \frac{V^2}{2g}$$

高水頭虹吸管（如 Luggan 虹吸管）之轉角損失與總水頭之比，較低水頭虹吸管者小，故數值上稍有差誤無關重要。

面積漸次縮小之管段，其因面積之縮小而發生之損失，姑不計及。

水流速力在管徑上之分佈，雖于直管段中亦不能均勻。故由出口射出之水頭動能，將大于依平均速力求出之動能。因 e 值增高，F.C.

Lea 教授介紹用 $1.05 \frac{V_0^2}{2g}$ 求動能，以代 $1.12 \frac{V^2}{2g}$ 。

現可開始計算

$$\begin{aligned} \text{總水頭} &= \text{進口損失 } h_e + \text{轉角損失 } h_b + \text{磨擦損失} \\ & h_f + \text{射水動能 } h_v \end{aligned}$$

(a)H=56呎 (b)H=66呎

$$\frac{h_a}{h_b} = 0.5 \frac{v_0^2}{2g} = 0.5 \times 0.04 \frac{v_2^2}{2g} = 0.02 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.02 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\text{上轉角 } 0.35 \frac{v_2^2}{2g} = 0.35 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.35 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\text{下轉角 } 0.30 \frac{v_2^2}{2g} = 0.30 \times 1.62 \frac{v_2^2}{2g} = 0.49 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.49 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$30^\circ \text{轉角 } 0.15 \frac{v_2^2}{2g} = 0.15 \times 1.62 \frac{v_2^2}{2g} = 0.24 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.24 \frac{v_2^2}{2g}$$

 h_f 截面 0 至 1: $l = 12$

$$\left. \begin{aligned} v^2 &= 0.11 v_2^2 \\ m &= 1.94 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{lv^2}{c^2m} = \frac{12 \times 0.11}{145^2 \times 1.94} \times 64.4 \frac{v_2^2}{2g} = 0.00 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.00 \frac{v_2^2}{2g}$$

截面 1 至 3

$$\left. \begin{aligned} l &= 18 \\ v^2 &= v_2^2 \\ m &= 1.04 \end{aligned} \right\} \frac{lv^2}{c^2m} = \frac{18}{145^2 \times 1.04} \times 64.4 \frac{v_2^2}{2g} = 0.05 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.05 \frac{v_2^2}{2g}$$

截面 3 至 4

$$\left. \begin{aligned} l &= 10 \\ v^2 &= 1.26 v_2^2 \\ m &= 1.07 \end{aligned} \right\} \frac{lv^2}{c^2m} = \frac{10 \times 1.26}{145^2 \times 1.07} \times 64.4 \frac{v_2^2}{2g} = 0.04 \frac{v_2^2}{2g} \quad 0.04 \frac{v_2^2}{2g}$$

截面 4 至 8

$$(a) \quad l = 10 \quad \left. \begin{array}{l} v^2 = 1.62v_2^2 \\ m = 11.2 \end{array} \right\} \frac{lv^2}{c^2m} = \frac{70 \times 1.62}{145^2 \times 1.12} \times 64.4 \frac{v_2^2}{2g} = 0.31 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$(b) \quad l = 87 \quad \frac{lv^2}{c^2m} = \frac{87 \times 1.62}{145^2 \times 1.12} \times 64.4 \frac{v_2^2}{2g} = 0.39 \frac{v_2^2}{2g} \quad h_v = 1.05 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$= 1.05 \times 2.63 \frac{v_2^2}{2g} = 2.76 \frac{v_2^2}{2g} \quad 2.76 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$(a) \quad \text{總水頭} = 56 = 4.26 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$(b) \quad \text{總水頭} = 66 = 4.34 \frac{v_2^2}{2g}$$

總水頭 H 為上游水面與出口中心之水位差。故

$$(a) \quad v_2 = 29.1 \quad \therefore Q = a_2 v_2 = 20.3 \times 29.1 = 590 \text{ 立方呎/秒}$$

$$(b) \quad v_2 = 31.3 \quad \therefore Q = a_2 v_2 = 20.3 \times 31.3 = 640 \text{ 立方呎/秒}$$

效率為

$$(a) \quad \frac{590}{20.3 \times 47} = 62\%$$

$$(b) \quad \frac{640}{20.3 \times 47} = 67\%$$

依喉部之設計，其最高效率為 68% (見前章)。

(b) 類虹吸管用 $\frac{1}{8}$ 之模型試驗，其流量結果為 3.385 立方呎/秒，實際之虹吸管則為 $3.385 \times 8^{5/2} = 613$ 立方呎/秒。因黏性之影響，由模型試驗結果所算出之流量必較小，算得之流量其差誤尚小。

第八章 虹吸管之設計(續)

虹吸作用之停止

Laggar 虹吸管之開始性質與其作用已有充分之考慮，茲討論其作用之停止。進水口之上唇因種種之關係，低於頂點。若無適當之設備，

使作用于適當之水位停止，則水位將繼續下降至上唇為止，而蓄水量大減。因欲獲得最大之有效滯蓄量，虹吸作用通常在允可之最高水位開始。故理想之停止，即水面剛低于該水位，作用立即停止。最佳之方法為導空氣入喉，破壞真空，而使作用停止。以前之虹吸管上唇與頂齊，水位降至上唇，則空氣自由輸入。若上唇低于頂點，則拱冠上須設氣孔，其上緣在需要停止之水位。尋常通用者為一矩形之氣孔，高小於寬。當水位漸次降低，氣孔漸漸露出水面，虹吸作用亦漸停止；但完全停止需時甚長，因之發生振動與響聲。且當水位漸次升高，氣孔淹沒後，水面發生漩渦，有阻止或延遲開始之危險。

改良氣孔之法為于氣孔外設一板片，如第三十五圖；或聯一水管垂直轉灣，沒于水下，如照像第三圖（b）。其目的在使空氣之進口面水平，並增加進口之面積。



第三十五圖 氣孔唇

氣孔之大小

吾人對於停止虹吸作用，氣孔所必需之面積方面之知識，非常淺鮮。多數之虹吸管設計，均不注意氣孔之大小，以為無關重要。通常均傾向于安全方面，而用較大之面積。然氣孔面積大者亦有弊端，如發生漩渦及虹吸作用之不完全。下列實例略示面積變化之範圍。所示各值乃氣孔面積與喉管面積之比例。

Wood Creek	1/4.3
Ocoee	1/5.3
Lethbridge	1/6
Canberra	1/6
Hetch-Hetchy	1/10
Dunalastair(小虹吸管)	1/13
Mokelumna	1/15
Maramsilli	1/16
Dunalastair(大虹吸管)	1/16
Glens Falls Feeder	1/18
Erie Canal	1/28
Huntingdon Lake	1/28
Tyssefaldene(已知不足)	1/192
Kadavvasla(不足一減少之溢量)	1/288

Stickney 之氣孔面積爲其喉管面積之 $1/24$ 。氣孔未全部露出水面前，虹吸作用已停止。Laggan 壩之水頭爲 60 呎，若用 $1/24$ 之氣孔，則恐將不敷。

氣孔之面積無從計算，因空氣爲水帶出者依其與水混合之程度而定。若氣孔爲多數之細孔組成，則若干細微之氣泡，由氣孔輸入，分佈于流水中。雖其總體積較單氣孔之輸入者大，然多爲流水挾出，而不能停止作用。於拱冠內任一點若溢水未曾流滿，則空氣將羣聚于此，一細微之氣孔，即可使作用停止；有時水中逃出之空氣亦可阻止作用。故一旦拱冠內發生隱避之氣泡，其體積漸次擴大，漫佈拱冠全部；流水與氣泡間之磨擦力，僅可使泡內空氣流動，而不能挾之而下矣。氣泡之來源或由氣孔輸入，有時氣孔雖淹沒甚深，氣體可由漩渦吸入。

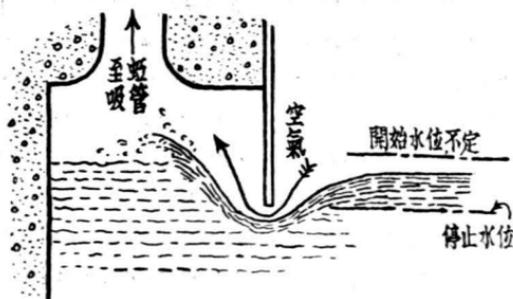
用模型試驗求氣孔之面積，亦非完善之方法。因空氣由洞口流入之速度與壓力之平方根不成比例。空氣既進拱冠後在實際上體積有

相當擴大；且水氣間之黏力及表面張力均為重要之因數。故決定于 $\frac{1}{20}$ 之模型上裝設通氣管，接于頂點，使空氣速度及真空壓力與實際之情形相同。用該法雖尚有諸端不正確之處，然其結果認為有相當之可靠。試驗之結果，在模型上須兩隻 $1\frac{1}{2}$ 吋之矩形管，與水管之比為 $\frac{1}{20}$ 。故實際上管徑須 13 吋。

為安全計，用 18 吋之氣管，面積之比為 $\frac{1}{11.5}$ 。

氣孔進口之式樣

氣孔水淹後，虹吸管洩水。氣孔內外之氣壓差，即氣孔與虹吸管接連處之真空壓力，因喉部水流為直線流動，其各點之真空壓力無多變化，故氣孔無論其為水平孔，設于拱冠者，或為氣管連于喉部者，其真空壓力，均可認為相同。Laggen 虹吸管之拱冠真空壓力為 -13 呎之水頭，由氣孔流入之水量常為 $0.6 \times \frac{\pi}{4} \times 1.5^2 \sqrt{2g \times 13} = 30$ 立方呎/秒，流速為 18 呎/秒。產生該流速，水面常有極大之降落，故簡單之氣孔或氣管，將不能用。困難以獲得嚴密之節制；且水位之升高須經過較大之範圍，虹吸作用方可完成。氣孔進口之面積，更須增大，以和緩流速，減小水面之下降。

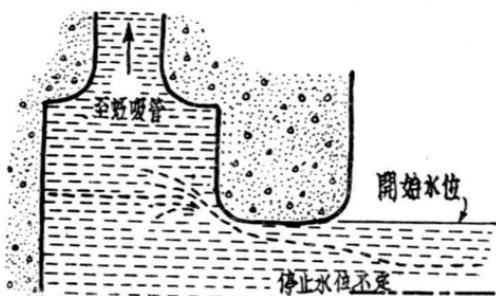


第三十六圖 銳緣氣孔唇

氣孔外設一長片若唇(姑名之為氣孔唇),如第三十五圖,乃解決該問題之一法也。Laggen 虹吸管之氣孔唇外復圍一靜水井以阻風浪之影響。氣唇所圍之水面積極大,水沒氣孔唇後,水面之降低極小。

設氣孔唇為銳緣如第三十六圖,水面升至唇邊後,若真空壓力強大,空氣將繼續衝進;且因離心力壓低水面,故水面須升高數吋,方可斷空氣之流通。當水面漸次降低時,水封停止尚快。空氣由唇邊流入,唇下之水面將為空氣壓低而停止虹吸作用。

氣唇為水平之寬緣者,如第三十七圖。當水面升至唇邊,空氣立即停止流入,因空氣須沿唇邊直線流入,故無離心力以壓低水面。然當水面漸次降低,至于唇邊,水因氣孔吸入,阻止空氣之流進;以至水面低于唇邊有相當之距離,方可停止虹吸作用。



第三十七圖 寬緣氣孔唇

開始虹吸作用之水位,無論其為銳緣氣孔,抑寬緣氣孔,均高于停止作用之水位。前者開始作用之水位為未知數,但高于唇邊;停止之水位為唇邊。後者反之。

選擇氣孔唇之式樣,依開始作用時之情形而定。作用開始時,或有極強之空氣由氣孔湧入,如高水頭虹吸管,下管無水封而溢水有相當之深度;或無空氣流入,未開始作用之前已水封。後者宜用銳緣氣孔唇。

最高水位極重要者，及有空氣湧入者，當以用寬緣為安全。

Laggan 虹吸管之出口設計，已見前章；其下管有水封之效能，但是否可以阻止強烈之空氣由氣孔湧入，尚屬懷疑，故決定採用寬緣。中間之二虹吸管即如此裝置。氣孔唇為 6 呎 4 吋長，一呎 2 吋寬，用螺旋調節其上下。

該虹吸管後經試驗，見氣孔唇被水淹沒後，作用立即開始；且無漩渦。然水位降落時，須低於唇邊 13 吋，作用始停。先則空氣由唇邊吸入，有微聲；次則，水面每四秒必上升與唇邊相接一次，而空氣大量輸入，射出水流亦同時發生搖洩之狀態。

若阻止水面之波動或減小唇寬，水面降低之範圍或可大減。Laggan 虹吸管之氣孔唇可以調節，故可使作用提早停止。該二氣孔唇之設備，乃嘗試性質；其餘者更須精確之設備。

於此更應注意一實際之事實。下管有水封者，須注意其可以調節之氣孔唇，是否完全密合。否則作用之開始，將因之延遲。

亦有用氣管代替氣孔者，由喉部接出，垂直轉灣沒于靜水井內。進口如鐘，直徑為氣管之兩倍。則進口之流速約為氣管內之 $\frac{1}{7}$ ，水面之降低為 $\frac{1}{49} \times \frac{v^2}{2g}$ 。Laggan 之 v 為 18 呎/秒。若用之，其水面之降低略大于一吋。銳緣鐘式進口之情形與銳緣之平片氣孔唇同。其弊端為易于發生漩渦，而妨礙其效用。

Mokelumna 計劃之氣孔為一 12 吋之氣管，水面低於唇邊二吋，始停止作用。

Dunalairstair 虹吸溢道之大虹吸管用 19 吋之氣管，小虹吸管用 16 吋之氣管。見照像第二圖及第三圖。管口微微放大，水面須低於管口 4 吋及 $3\frac{1}{2}$ 吋，作用始停。大小虹吸管之下管均水封，故用銳緣。

靜 水 井

寬氣孔唇之外，圍一靜水井，則井內之水面平靜，氣孔之開閉不受

波浪之影響。在大水庫內波浪之起伏較巨。若無靜水井，氣孔因波浪之起伏，則時開時閉；虹吸之作用只能部份開始 (Partial Priming)；而部份之作用，能延長極久之時間。

靜水井乃一水池，位於拱冠前。池壁有洞；洞徑愈小愈佳，以減輕波動對於池內水面之影響。然對於氣孔之大者，則發生困難。如 Leggan 虹吸管，每管流量為 30 立方呎/秒；井壁進水洞之大小又以無顯著之水頭損失為佳，故進水洞之面積每虹吸管須 12 方呎。洞大如此，將不能阻止波動傳播。所幸者，波動影響之減小與水深俱進。於深水中（水深大於波長）水面下某深度之波動起伏理論上如下式。

$$\frac{h}{h_0} = e^{-2\pi \frac{y}{l}}$$

h 為 y 深度之波動起伏高，

y 為水深，

h_0 為水面之波動起伏高，

l 為波長，

$e \equiv 2.718$

一 波長之水深處：

$$\frac{h}{h_0} = \frac{1}{536}$$

$$\frac{1}{2}l \text{ 處: } \frac{h}{h_0} = \frac{1}{66}$$

$$\frac{1}{4}l \text{ 處: } \frac{h}{h_0} = \frac{1}{8}$$

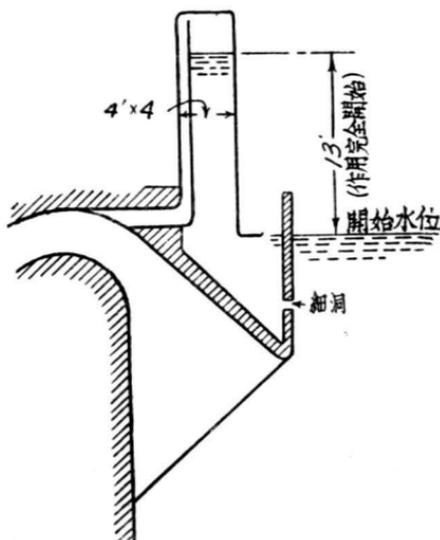
Leggan 壩之水面波長均小於 12 呎。若氣孔前築一圍牆，牆腳在水面下 8 呎，水由牆腳下流入。進水洞雖大，內部之波動當小於水面波動之 $\frac{1}{66}$ 。用氣孔唇之二虹吸管可用此法。因二管間有充分之距離。圍牆下之進水口須距虹吸管之進口較遠，以免影響虹吸管口之進口流速。

水庫中之波高約為一呎時，靜水井內之波高依觀察結果約半吋。

水柱式之氣孔活門

茲述一水柱式之氣孔活門。著者自信可免除簡單氣孔所遇之弊端：如建築靜水井，及虹吸作用不能完全開始，或作用時斷時續等情形。

虹吸管拱冠內之最大吸力約 13 呎之水頭，水柱須用較大之高度——16 呎高，4 呎見方，如第三十八圖。氣孔聯于柱頭。柱底前緣高度，即開始作用之水位。當空氣進口為水淹沒後，則內外發生壓力差，柱內水面上升，而愈阻空氣之襲入。在虹吸作用剛開始時，柱內僅數呎之水頭；完全作用時，則升至 13 呎。



第三十八圖

水柱式活門

水柱之截面積須較大，以免水泡上行，而將水頂入，成一真空抽水機。

此種裝置因無水流，故僅須一極小之靜水井，與水庫聯以細孔。

機器氣孔門

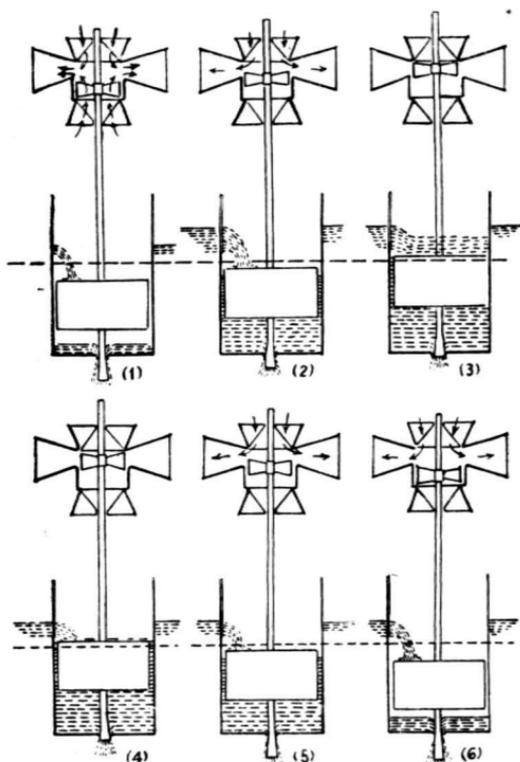
板片式之氣孔唇，已知其不適宜于精確之水位調節；且因此種氣孔唇須避免波浪及虹吸管口水流之影響，故須較大之地位，而不能建于各虹吸管之上。溢道為數虹吸管所組成者，地位將不敷分配。

因之 Laggan 壩之其餘四虹吸管均採用機器氣孔門，自動節制空氣之流入。虹吸溢道，因無活動之設備，故較他種溢道為佳；氣孔門亦當以不用活動之裝置為是，然機器氣孔門具特殊之優點：裝置嚴密，作用精確，經慎重之考慮遂採用之。

氣門為 C.S. Meik 及 Halcrow 二氏之助手 H.D. Morgan (M.Sc., A.M.I.C.E.) 氏所設計，Glenfield 與 Kennedy 氏所監造。因其作用優美，茲略述之。照像第六圖及第七圖。

每一活門管兩虹吸管。第三十九圖表示作用之原理。活門為平衡式，門座為 45° 之錐形。上下軸座之直徑須較貫軸若大，以使活門自由矯正其位置與門座密合。各門座、軸座，及受磨擦處均銅製或不用不銹鋼，以免氧化。貫軸下端接一銅製浮箱，其外為一生鐵櫃；水由一長方洞流入，由櫃底流出。出口連一出水管，達於壩之下游。貫軸直貫浮箱，下端直徑漸次增大；貫櫃底出水洞，洞口并裝以不銹鋼之襯管。生鐵櫃置於靜水井內，靜水井築於拱冠前。水由 9 吋之水管流入井中；管端須在深水中，且須距離虹吸管口較遠，以避免進口水流之影響。

水位漸次增高時，流入櫃內之水量增加，第三十九圖(1)。而流出者近乎一常數。故浮箱上升，第三十九圖(2)。浮箱上升後，出水口之面積減小，活門上升愈快，以至關閉通氣孔為止，第三十九圖(3)。



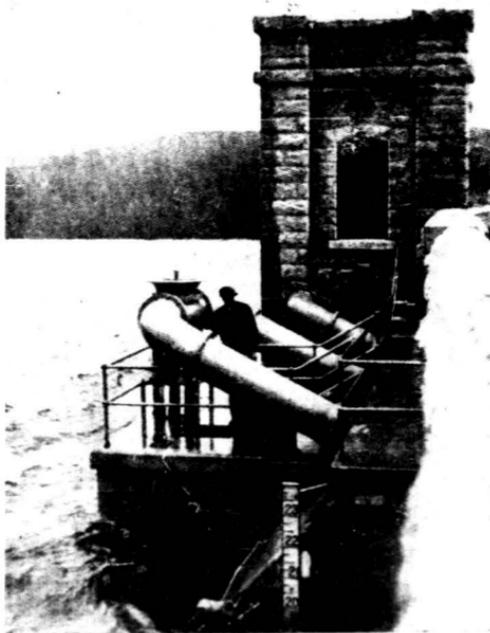
第三十九圖 Lagan 虹吸管：自動活門之作用

水位漸漸降低至低於開始虹吸作用之水位三吋時，第三十九圖(4)。櫃內水量漸次減少，浮箱下降，活門漸開，空氣流入；氣孔活門既開，第三十九圖(5)。作用立即加速，因出水口之面積加大也。第三十九圖(6)為活門全開之情形。

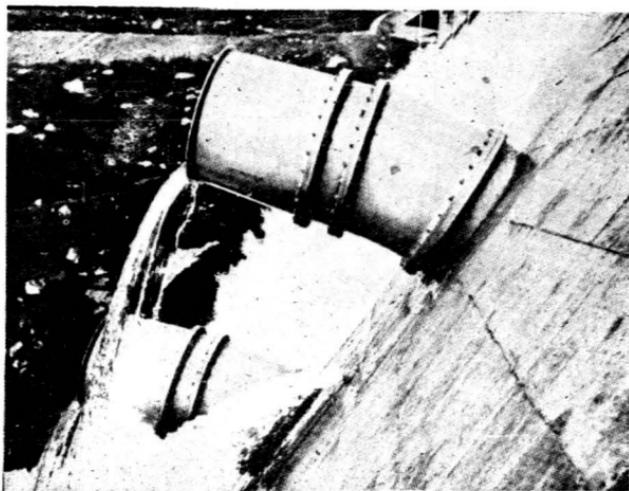
此種設備，加快虹吸作用之開始與停止；半作用之情形不能存在。水庫之瀘蓄量約犧牲 3 吋。水櫃及出水管內于通常之情形下，無水，虹



(b) Lagan 虹吸管作用開始時之情形



(a) Lagan 虹吸管之機器活門



(a) Lagan 虹吸管未開始作用前之情形



(b) Lagan 虹吸管之溢水槽下一射水旋濺

照像第八圖

吸作用開始後，水流不佳，故無冰凍之虞。

因活門自動開閉，故無從試驗其性質；但於生鐵櫃之進水口已裝設一四吋之手輪并水門，以調節進水量。其作用極安全，可以立刻停止虹吸管溢水。

第九章 虹吸管之設計(續)

出水管口之設備

Laggan 壩之壩基為花崗石，多顯著之劈裂紋，故虹吸管之出水口決定裝一分水器(disperser)使射出之水柱不集中于一點。分水器為 Glenfield 及 Kennedy 二氏所造。其主要部份為一轉輪，輪翼垂直于軸；翼面漸次傾斜，使水柱中心旋轉之速度大于四周。水柱離分水器後，則分散為水沫；其動能為空氣之磨擦所吸收，而其經過之路線，亦無復為拋物線。分水器與出水管間接一 15° 之轉角，使分水器成一 15° 之仰角；目的在求出水口之降低，及獲得最大之射水接觸面，而減低沖擊之力量。

用分水器後水流之磨擦自然增加；且將流水之順軸流速轉變為旋轉速度，出水口之面積當須增加。故出水口之直徑增加 2 吋，為 4 呎 2 吋。

由開始作用之性質一節，知最佳之開始性質為出水口置于適宜之高度，而使開始時之水平水管充滿流水。裝分水器後，出口之最低點較水平水管之上緣略高，後經試驗，知頂點之溢水深度須 5 吋，始可開始作用；水頭高出頂點 6 吋，第一組之虹吸管始需要其開始，故該情形可認為滿意。在開始作用時，水流一時射出，一時停止，約 3.4 秒一循環。水量漸次增加，至虹吸管充滿為止，溢水則不停射出。用氣孔唇者，開始至完全作用之時間，約需二分鐘。用機器活門者約需 15 秒。

鋼 板 襯 裏

60 呎/秒之流水若無漩渦無雜物，其對於平滑細緻水泥面可無損壞。Laggen 水庫既長且深，可無雜物之故虹吸管之大部均不用襯裏。然混凝土之平滑及質地均極重視。採用 4:1 之混凝土以使其不透水份。模板接縫處尤須注意，毋使有突出之現象；將模板內壁塗以油脂，繼續上提應用，則可免接縫之突出。

喉部之壓力極低，且水流方向轉變，水泥面有沖擊及吸力等破壞之危險。故由進口起至縮小之管段之下端止，襯以鋼板。

水平水管下端之 50° 轉角，宜用熟鐵管以承受強應力。出水口與分水器相接處之襯管，須能承受拉力與撓力之合力；且突出場外之管段因溫度增高而膨脹，未突出者，受混凝土之收縮而縮小，故其接連處往往發生極強之剪力。出口之襯管，不獨可以保護水泥面，并可增加壩面混凝土之應力。

虹 吸 管 對 於 壩 身 之 影 響

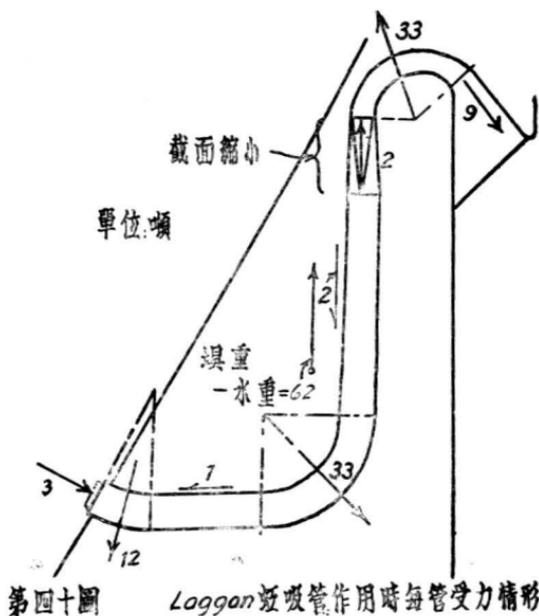
虹吸管對於壩身之應力及其安全應慎重研究。流水之直綫動力，與管壁發生之磨擦力，轉角之離心力，以及減輕壩身之重量等，於計算安全時均須顧及；且兩伸縮縫間之壩段，尤須單獨研究。總言之，上述各力之影響均為增加倒轉力率。(Overturning moment)。

θ 角度之轉角離心力為 $2 \frac{w}{g} Qv \sin \frac{\theta}{2}$ ，方向為 θ 角之分角綫 (v 為平均流速)。因加速所發生之動力為 $\frac{wQ}{g} \delta v$ (δv 為加速度)，然其半消耗于管壁。磨擦力為 wAh_f (h_f 為磨擦所損失之水頭)。

第四十圖上各力為一虹吸管于作用時所發生之外力。

計算拱冠之應力，不可用離心力；而用其對於拱冠內部實際分佈之壓力。

虹吸管在壩身之內者，壩身最大應力處之應力當然增加必須顧及。



虹吸管溢水沿壩面而下者，將增加壩趾之壓力。若射水與河床相擊處近於壩趾，則河床之石質須加以研究。

因虹吸管而使壩身發生振盪及其影響亦頗重要。極薄之混凝土建築物尤易發生危險。振盪之發生僅發現於溢水未能滿管及管內存留空氣者。故設計須避免銳澗（以防止真空）及漩渦；且開始與停止作用務使之於最短時間內完成。虹吸作用分組開始及利用機器氣孔活門均予此以莫大之利益。

冰 凍

子虹吸管以最大之威脅者乃冰凍之危險。

虹吸管口不可有水平突出之部份。因於其下易藏冰塊。Laggan 虹吸管之進口為 45° 之斜度，口門外並有平行之鉄片，故口外冰塊不得入內。除水面在口門內有充分靜止之時間外，口門內結冰之機會絕少；設已冰結，在開始作用時，每一虹吸管内水流上冲之力量為 8 呎之水頭壓力，（即 16 噸）亦足以破壞之。

結冰之情形根據各地之氣候及水面風浪而定。歐洲各地之水庫冰片均不集於上游壩面。

水面冰結後，流量必減，水位必降，此一般之現象。在 Laggan 壩上水面將升高之前，冰塊已溶解；自溶解開始起至水位升至頂高間之時期又頗長，故 Laggan 虹吸管可無冰凍之危險。

虹吸管内常無冰結之可能。水平水管更有洩水管排泄瀦水，已如前述，茲不復贅。

第十章 結 論

對於虹吸溢道，吾國（英）人士各懷己見。反對採用每一新設備，必高唱其慎重應用，以防嚴重之結果。若干已築成之壩堰，在安全水位下，均不足排泄其洪水。如加整理。經濟自然糜費，若於創始時建虹吸管溢道，固可解決洪水問題，且可節省經費。然據作者所知，吾國尚無一例。即主其事之工程司主張採用，亦多為地方人士之反對而終止。

反對採用虹吸管溢道之主因，乃恐懼其冰結。然氣候較我國更冷之地，亦不乏虹吸管之建築，更未聞受冰凍之危險。於天氣酷寒之地，冰結之機會雖多，然於冰凍期間，溢道仍須排水之機會至鮮，且水之最大密度為 4°C 。深廣之水庫，僅水面結冰，故虹吸管亦僅水面之部份，如氣孔及輔助虹吸管有冰結之患耳。但氣孔之冰凍僅能促成虹吸作用之

開始，而不能阻止其開始。輔助虹吸管可以不用。出水口之水封池可用洩水管以泄其集水。進口可採取 Laggan 壩之計劃，則虹吸管可不受冰凍之虞。除氣候極寒，且冰凍之時期極長之地帶外，均可採用。

反對之另一原因為開始作用之水位不定。該點亦無須顧慮。本書對之已討論極詳。水位升至喉高之一小部份，作用可保其開始。

虹吸管進口深沒水下，且蒙以鉄網，可以阻止樹枝雜物之流入。若拱冠上築以簡單之溢道，則更可排除雜物及清理水面。

虹吸管分數組，於不同之水位開始作用。即遇極惡劣之情形可保僅一二虹吸管停止作用。

成見自難消滅，然提倡者業已應用，將來當可普遍。茲可作一結語：虹吸溢道可解決簡單溢道不足排泄之困難，此其最大之特點也。

參 考 書

1. Le Genie Civil, March 27, 1926, P. 294.
2. Trans. Am. Soc. C. E. Vol. 85 (1922), P. 1089.
3. Engineering News, Vol. 64 (1910), P. 530.
4. Engineering Record, Vol. 67 (1913), PP. 481 & 488.
5. L'Elettrotecnica, May 5, 1928.
6. Proc. Inst. C. E. Vol. 224 (1926--7), P. 39.
7. Engineering News Record, May 5, 1932.
8. Die Dautechnik, Vol. 9, Jan. 16, 1931.
9. Trans. Am. Soc. C. E. Vol. 85 (1922), P. 905.
10. Engineering, Vol. 121 (1926), P. 5.
11. Engineering News Record, Vol. 82 (1919), P. 948.
12. Engineering Record, Vol. 69 (1914), PP. 545 & 567.
13. Engineering News, Vol. 65 (1911), P. 467.
14. Engineering News Record, August 18, 1932.

-
- 15 Proc. Am. Soc. C. E. August, 1933.
 - 16 Proc. Royal Soc. Series A. Vol. 83 (1910), P. 375.
 - 17 Proc. Inst. C. E., Vol. 231 (1930-1), P. 201.
 - 18 Proc. Inst. C. E., Vol. 235 (1932-3). P. 352.
 - 19 Die Bautechnik, May 3&24, 1929.
 - 20 The Engineer, July 6&14, 1934.
 - 21 Lamb: Hydrodynamics or Miles Walker: Conjugate Functions for Engineers.

封邱衡家樓堵口始末

譚新安

衡家樓在荊隆口之東，古黃池地，^(一)今河南封縣西南境也，位居黃河北岸，土性沙鬆，自古即稱難治之工，嘉慶八年九月初九日，風雨大作，河水增長，其南岸無工處所，忽生灘嘴，挺入河心，將全河大溜圍注北岸淘刷，於十二日夜間風雨又起，溜勢更緊，正在搶護之際，十三日未刻，堤身忽然蝕陷，該處地形勢若建瓴，登時過水三十餘丈，東西兩斷堤處經大溜汕刷塌卸，逐漸寬至一百八十餘丈，其下注之水，溜勢分行，一由考城北鄉下達直省之長垣，並山東曹縣境內，一由口門北注十八里達封邱縣城，沖塌南門五丈餘，城內水深一二尺，幸居民先已遷避高阜，未曾損傷，再由縣東之五里許直趨正北，其時水勢迅疾，行五十餘里出邱境，復由祥符蘭陽北岸地方延入滑縣東南鄉，經濮陽由張秋趨大清河至利津入海，蓋黃河之改今道，早已有此趨勢矣。

【籌辦經過】清廷聞奏後，當即將河東河道總督稽承志、河南巡撫馬慧裕交部議處，並飭馬慧裕馳赴決口處所施賑，並會同稽承志將沖斷堤頭裹護，九月二十九日吏部尚書劉權之、工部左侍郎那彥寶先後馳抵工次，初二日會同稽承志、馬慧裕查勘，量得口門刷寬二百三十餘丈，中泓約深六丈有餘，正擬相機進占，並於對岸孟家莊就其兜灣之處，開挖引河，於北岸十一堡建挑水壩之際，黃水忽洶湧下注，西壩一帶，普面漫灘，緣黃松廳屬河水於二十九日陡長四尺五寸，南岸廣武山挺峙，河勢北臥，正值西南風暴，將所屬北岸秦家廠低灘上尾堤民埝刷塌，水入內塘，抵更堤根，因是秦家廠至衡工百八十里，普面漫灘，衡工踞於

十月初四日開始堵築，因受秦家廠之決，大受稽遲，直至嵇承志趕赴秦家廠督率兵夫，於堤根紮枕編柳塘護，並趕築大壩挑溜歸河，並圍做越壩堵合完竣，時經月餘，兩壩進占，僅五十六丈。

【進占旬報】十一月初，嵇承志等用紅牽繩周圍量算，由東壩台根，至西壩台根約共長四百七十餘丈，清廷以工段過長，勢非加緊趕築，難期合龍，遂嚴飭嵇承志等，趕緊堵築，並按旬奏報，茲將原奏工作概況摘錄，以明工程真相。

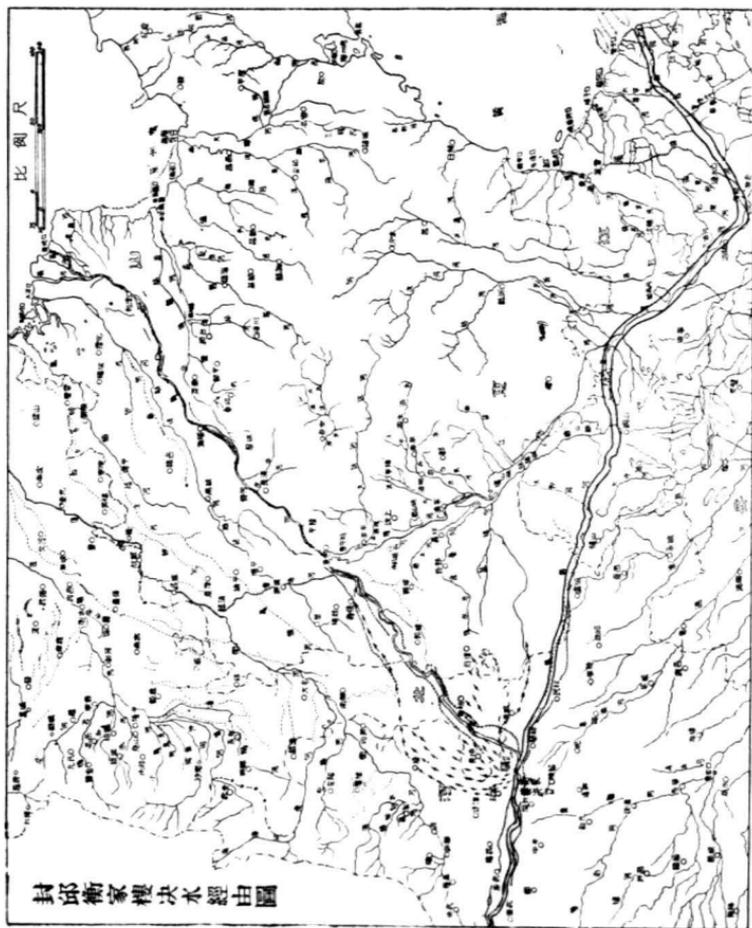
『自十一月十五日起，東壩又進占三丈，因溜勢漸覺週急，當與工具面為商酌，與其再行試進，或致喫重堪虞莫若竟做裏頭，盤護結實，不再往前進占，其東壩自十五日至二十五日，又進占四十一丈，每進一占，即加高幫寬，悉符原定之數，每層一層均令去東平舖，所有加壓之土，亦俱酌其輕重，俾令層層追壓，一律堅凝，以為一勞永逸之計，連前共已進九十七丈，尚未進占約三百七十餘丈。』

『自十一月二十六日起至十二月初七日止，又閱旬餘，昨因東壩，距引河頭甚近，工段不宜過長，以備將來合龍之時，啓放易於掣溜，又以溜勢週急，未便再進，當即盤護裏頭，連日加高及濬築土戲，廂護防風，俱隨正壩如式廂做，該壩係下水工程，必須為一勞永逸之計，至西壩現又續進五十九丈，連前共一百五十六丈，以上次奏報旬餘之數，核算計多十餘丈，緣天晴水淺，得以竭力趕做。』

『自十二月初八日起至二十日止，計十三日西壩續進占八十三丈，較上次旬餘日之丈尺，又多得二十餘丈，即以每日五丈之數，亦多得十餘丈，連前共進占二百三十九丈，尚未進占二百三十餘丈，合計四百七十餘丈之總數，現已過半。——再引河河身挑挖完竣，所有引河頭寬至六十丈，深至二丈六七尺，除酌留臨河百餘丈，俟屆時啓放外，餘俱自下而上挑挖，正月初八間，即可竣工，其下游抽溝，俱已挑挖得有五六分不等。』

『自十二月二十一日起至九年正月初三日止，除小建一日外，計十

二日,西壩續進占七十六丈,連前共進占三百一十七丈,尙未進占一百六十餘丈,合計四百七十餘丈之總數,將及十分之七。』



『自正月初四日起至十六日止，西壩續進占三十六丈，比上一次旬餘日之數，少得四十二丈，緣挑水大壩自西北斜向東南，藉挑溜勢，日前已邁做六十餘丈，大溜漸向東趨，是以西大壩可以趕辦，而引河頭溜勢亦順，但該壩不著大溜，即不能得力，既得力，則不免喫重，且西大壩勢極綿亘，非藉挑壩爲外護，則進占倍形費手，形勢所在，舍此別無辦法，正月初六日，河凌驟下，水勢稍長，於挑壩上游被灘挺激，隨勢坐灣直注，挑壩前後搜刷，陡見平墊，節節出險，雖埽工不墊不堅，原係意計所及之事，惟逐段陡墊，一時實爲棘手——當即督率開歸道門克家，河北道羅正輝，候選知府張裕慶等，並調西大壩都司楊克榮，江南游擊姜煥帶同力作兵夫，全力搶護，趕緊追廂六晝夜，始得加高出水丈餘，並於上游趕建迎水壩十餘丈，藉擋急溜，保護挑壩後身，復於挑壩之北澆築土戍，現已加壓穩實，水勢亦漸消落，此西壩近日進占丈尺，稍少之原委也，前因東壩係迎溜頂衝，不惟施工不易，且於引河頭有礙，是以暫爲裹護，今河溜斜向東南，非復前次北注情形，東壩頭正溜漸開，可以無礙進占，刻已酌量進做，除東壩前進占十四丈，已經具奏外，近又絡繹進占二十丈，合之西壩現續進占三十六丈，東西兩壩連前共進占三百七十三丈，計未進占一百二十九丈，已將十分之八。』

『自正月十八日起至二十四日止，西壩續進占十二丈，連前共三百五十一丈，東壩續進占十丈，連前共四十四丈，計未做尙餘一百零七丈，查從前水勢分溜貼近西壩，正溜貼近東壩，現在匯而爲一，中洪甚屬平緩，此由挑水大壩邁做十餘丈，更爲得力，是以大溜直向東趨，與引河頭日有激撞之勢——至引河寬八十丈至五六十丈不等，深三丈三尺至二丈六七尺不等，俱一律挑竣。』

『自正月二十五日起至二月初六日止，計十二日，西壩續進占二十丈，東壩續進占十八丈，東西兩壩連前共進占四百三十三丈，合之五百二丈之總數，計未進占六十九丈。』

『自二月初七日起至十七日止，西壩續進占十八丈，東壩續進占十

七丈，連前共進占四百六十八丈，合計五百二丈之總數，計未進占三十四丈。現在兩壩相距更近，掃前水勢匯注較深，所幸河流平緩，尚無洶湧之勢，施工不致費手，且現在全河正溜緊對河頭衝激，此真水到渠成，極好形勢，為歷來口岸工程所未有，——在工員弁莫不踴躍趨承，爭先恐後，查壩工所存丈尺已屬無多，當此口門收窄，水勢束緊，尤應一占穩實，再進一占，足資抵禦。』

『自二月十八日起至二十二日止東壩續進占十丈，西壩續進占十一丈，連前共四百八十丈，計未進占僅存十三丈，全河大溜匯注，金門水深已至七丈，又蓄高三尺有餘，大溜由西北直注東南，繞赴口門，湍急奔騰，迥非日前平緩可比，旋據西壩文武員弁等簽稱水深流急，誠恐壩身喫重，應即啓放引河，——伏思口門愈窄則蓄水愈高，開放引河始得建領之勢，况壩工丈尺高寬足資抵禦，不得畏難欲速，仍飭妥慎進占，於二十四日細察口門水勢洶湧倍常，又不可不防刷底過深，堵築轉難迅速，且以五百丈之河面收縮至十餘丈，似難再待，因復赴引河頭測量黃水，已高引河河底一丈有餘，所有下游逐段抽溝，並試放清水以後起除土埂等事，均已早經辦竣，——一面即將引河頭酌留土岸，多集人夫，正在逐層挑挖土埂，適值西南大風，逼溜直注，頓將土岸撞開，頃刻之間，河溜直瀉，勢如放灘啓閘，電掣星馳，沛然莫禦，隨見引河西崖跌塘塌岸一氣順行，溜勢現已掣動四分，夾岸官民睹此情形，無不踴躍歡騰，——現在西壩人夫不下十餘萬，料物尚積數千堆。』

【合龍】引河自行衝開後，在工人員以為有機可乘，於是督率兵夫竭力於東壩進占四丈餘，是時口門收窄僅止二丈餘尺，金門以上河水蓄高八尺有餘，所有引河南岸灘片，又經蓄高之水湧刷淨盡，大溜由西南趨赴引河，兩壩壓力頓形減輕，衆以事機已順，即於二十二日掛纜合龍，門前廂做攔門大埽，並於原堤之外圍築越堤一道，長五百九十三丈，不數日而攔門埽前河水漸見澄清，探量積淤，深至一丈七八九尺，嗣後黃水順軌下注，由雲梯關入海不暢，分溜直入洪澤湖，及淮陽一帶，運

河倒灌較往年爲甚。【二】

【工款數目】 衡工自興工起合龍止,共用銀九百六十四萬兩。

本文係照衡工奏稿編纂。

(一) 見治水述要

(二) 見豫河志

中國河渠書提要【十一】

茅乃文

狂夫言一卷

北平東方圖書館藏浮溪精舍叢書十六種本（清道咸間刊）

清謝弼撰。弼臣事蹟未詳。宋翔鳳記其書云「余以道光庚寅之春，客舍山令管君廡舍，出其高祖手抄書數大冊，內有狂夫言一卷，因錄存篋中，謝君之鄉貫不可考，其人當是康熙間人，而其言實前人所不及言，亦不能言者，其書言禹北播爲九河，爲八河通流，注海一河，絕水取泥，一歲一更，九歲一周，聖人有萬世之憂，斯九河之道，是真獨得之見，可以著爲法程，」云云。原書卷端引稱：「辛丑冬，予過梁溪宿大來秦子館，坐談長夜，論及武涉河決事，秦子爲何許人，亦不可考，是書流傳頗罕，除此外，未見他種刻本也。」

楚北江漢宣防備覽二卷

國立北平圖書館藏清道光十二年刻本

清王鳳生撰。鳳生有河北采風錄，浙西水利備考，歸德水道圖諸書，均已著錄。道光十一年辛卯夏，江漢大水爲災，潰決堤塹七十餘處，兩江總督盧坤，疏請借帑銀廿九萬餘兩，堵築潰口，鳳生奉奏調楚，綜理是役，是書爲其周歷各工隄防源流要隘，繪圖輯說，編刻成帙者也。全書凡二卷，分輯爲四，其第一篇曰楚北江水來源，及境內諸水附入考，第二篇曰楚北江漢現在情形，及堤工積弊說，第三篇曰上納制軍籌議江漢宣防

略，以下各縣水道，而以盧坤奏定修築湖北堤工章程，及堤工修防善後事宜殿焉。

楚北水利隄防紀要二卷

清同治四年湖北藩署刻本

清俞庫烈撰。庫烈字鴻雨，道光間官湖北，值江漢大水為災，嘗奉命督修隄工，屢奏工效。自序其書稱：「辛巳冬，自豫來楚，數見狂瀾泛漲，必至潰決而後已，每深思熟慮，策無萬全，迨後從事兩河，計十有四年，凡所越歷，必咨訪輿論，並考誌乘，其險易情形，宣洩故道，隄埝丈尺，及起止段落，隨筆記載，丁酉春，再至荆南之萬城，更為北岸首先保障，頻年遇險，烈皆從事其間，續得益廣，因出請正於子壽花農兩君，均以此集有益於時，屬為付梓。」云云。書成於道光庚子（二十）年，凡二卷，一卷圖，江漢大略，及兩川經各州縣之隄工，并叙其說，二卷輯錄會典通志，以及臣僚奏疏之有關湖北水利者，而於修防工程之法制，敘述尤詳，書首附刊王志尹湖北水利篇一文，及王柏心諸人序。

荆楚修疏指要

清同治十一年湖北崇文書局刻本

清胡祖翻撰。祖翻字伯欽，沔陽人，附貢生。自序其書曰：「道光辛卯以來，水患頻仍，皖無完隄，民力愈困，人情益詭，余八九年來，洞悉情弊，屢襄工役，謹具管見，先撰修防事宜，次集水道參考，合為一編，統名荆楚修疏指要。」云云。其修防事宜，凡三卷，首列鄂省當道工牘，次述歲修分修防汛工事，以及工程算方器具定式，水道參考凡四卷，先為荆楚水道總編，次為江漢，以及諸湖諸考，大致皆採輯志乘，及水經諸書而成，以明水道形勢者，前有自序外，尚有道光十八年熊士鵬劉栢才序，及胡氏所撰例言，惟例言中有「繪圖附說」之語，然本書並無冠圖，當是未刻之存稿歟。祖翻家居荆楚，而又為久歷河干者，故其所論，當非紙上空論，大半為

經歷所得者也。

荊州萬城隄志十卷首末各一卷

清光緒二年刻本

清倪文蔚纂修。文蔚字豹岑，安徽望江人，咸豐二年進士，由刑部主事歷官河南巡撫，初文蔚曾守荊州，在郡八年，百廢俱舉，郡有萬城隄，實止兩段，各長三里有奇，乾隆以來爲二百餘里大隄之統名，下游十數州縣，皆倚爲屏障，江流湍急，每遇盛漲，一塌輒數十丈，文蔚於濱江陡岸，砌爲坦坡，下列巨椿，上疊大石，層層收築，遇繁庶之處，則因肆之，廣狹分值石柱，橫施插版，自是隄無傾陷，民亦得安，其居既已成功，乃蒐輯故牘遺藉，而著是志，依志書體例，分類編次，爲門十二，首列帝旨，次爲圖說，水道，建置，歲修，防護，經費，官守，私隄，藝文，雜誌，末殿以志餘，門各有目，凡隄險之所在，及其積弊之所由，皆詳細敘述，蓋俾後之守其地者，循覽而知所鑒戒也，書成於光緒二年，前有李鴻章等序，及纂者序例，未有謝朝徵等題詞。

荊州萬城隄續志十卷首末各一卷

清光緒二十二年刻本

清舒惠纂。惠光緒間任荊州知府，此書即其官荊州時所作，蓋續倪氏之書也，自序其書云，倪書成於同治甲戌（十三年）冬季，迄今垂二十年，形勢既有變遷，修防亦因之日劇，如近年培厚增高，磚石并用，淤洲沙灘，此消彼長，深洪大溜，忽南忽北，均非復原書之舊矣，且建修嗣岸，籌防之策，減土節用，征土展限，以至三屆安瀾，亦均異於原書，其有見於此，遂蒐輯光緒元年以後所改定之章程，以及各工已著成效之件，與夫奏疏名言，輯爲是書，體例仍依原志，分類編次，大旨相同，惟水道及雜誌二門，無損益者缺乏，又以原志冠圖病於簡略，此則詳於原圖多矣。

澹 災 蠹 述

國立北平圖書館藏清光緒五年刊本

清范鳴銜撰。鳴銜初名鳴璠，字鶴聲，湖北武昌人，咸豐二年進士，由庶吉士改吏部主事，後督運江西糧道，此篇即爲修樊口閘壩而作，先是道光十一年後，鄂城屢歲江流暴漲，由樊口倒灌入湖，邑內民田，強半淹沒，雖有黃柏山隄，災弗能減也，咸豐初，邑人議請築壩，時粵氛甚熾，由興治達鄂，大道阻梗，樊口可通礮船，爲省城後路，事遂寢，光緒間，李侍御廷簫，會同彭玉麟查勘覆奏，請建石閘，遂命鳴銜主其事。其書上編綜覈上下游江道，及邑內梁湖情形，各繪一圖，而詳附其說於後，後篇反復論難，力辨洩江之說，引證前人成說，以申建閘之利也。

襄 隄 成 案 四 卷

清光緒二十年刊本

清邵世恩續纂。世恩錢塘人，光緒間知湖北天門縣。此書即成於其時，世恩以成案原書，採輯極富，有裨於隄防者鉅，因爲重刻，並彙當時之隄防案牘以續之者，其自序有云：「天門居漢水下游，地勢平衍，民非隄無以爲生，官非隄無以爲治，誠哉先務之急已顧，僅求諸本境之隄，而非兼及乎鄰境之隄，仍未足固吾圉也，同治初元，邑人士有襄隄成案之刻，以隄工利害所關，采輯頗富，中經捻氛，原板散佚，大懼日久淪佚，不足以資考鏡，今春復以活字板壽之，並取近三十年公案之關於隄防大局者，增益其後，庶他日講求水利者，取而讀之，瞭然如指諸掌，或亦考證之一助云。是編也，創於廣文少泉，續於胡參軍子修，皆邑人留心世務者也。」云云。

平 灘 紀 略 六 卷 附 蜀 江 指 掌 一 卷

國立北平圖書館藏清道光二十年刻本

清李本忠纂。本忠字凌漢，號盡已，湖北漢陽人，楚蜀之間多險灘，嘉慶間本忠稟請大憲，題奏興工，開鑿自湖北東湖縣界，至歸州，迄四川夔府屬險灘四十餘處，皆以次修除，或剪其積石，或殺其水勢，又念巫峽中壁立千仞，雋洛極危，險不可着足，乃復關石披荆，開道數十里，凡向所謂猿猴愁度之境，自後若履康莊焉，此書即彙其歷年興工始末文牘，輯錄而成者，全書凡六卷，未附蜀江指掌，由楚至蜀境，歷歷備載，前有道光二十年李正心序，末有自跋。

上虞五鄉水利本末二卷

北平圖書館藏抄本

元邑人陳括纂，清朱鼎祚續纂，括爲元至正間人，事蹟未詳。全書分上下二卷，誌上虞三湖之水利本末也，上卷爲括所著，皆襲集元以前三湖沿革興復事實，以及誌刻左驗公規證牘，錢梓成帙，爲目十有七，而冠圖凡四，有至正二十二年劉仁本楊翻序，嘉靖間知事張光祖，縣學生陳璜重刻序跋，下卷爲鼎祚所續刻，續紀萬曆以後，以至康熙間之興廢事蹟，暨堰壩成規，亦足備考鏡之資，前有鼎祚自序，今據諸人序文，知是書元代已有傳本，明嘉靖間有重刻本，今本即景抄朱氏之續刊本，上虞縣志稱近時杭湖樓連氏有重刻本，今尙未見及也。

上虞塘工紀略四卷

北平圖書館藏清光緒四年連氏家刻本

清連仲愚撰。仲愚字樂川，上虞諸生。上虞負海面江，東連餘姚慈谿鄞縣諸郡邑，西毗山陰會稽蕭山諸縣，先後倚塘爲固，而後海，道光間，江塘海塘時憂氾濫，仲愚屢奉命督修，經營二十年，而兩隄始完固，因手撰是編，繪圖紀事，詳載道里之長短，潮汐之高下，與夫興廢之利弊，隄防之緩急，俾後人有所取法，全書凡正編二卷，成於同治元年，續一卷，成於同治五年，三續則成於同治十年，蓋皆於工次所作者也。

南湖考一卷

南京國學圖書館藏明萬曆刊本又抄本清光緒五年浙江書局刻本

明陳幼學撰。幼學字志行，萬曆十七年進士，歷官河南浙江，嘗與修水利，事蹟詳明史本傳。此書成於萬曆三十七年，有圖有說，大旨在重懲豪猾侵佔，以復陳壽之舊。後半南湖誌考，則採輯陳善所修萬曆杭州府志者，前有萬曆三十七年自序，萬曆刊本，南京國學圖書館有丁氏八千卷樓舊藏本，據八千卷樓書目地理類著錄，南湖考一卷，事略一卷，今事略一卷已佚，浙江局刻本，為梅啟照所校，梅氏序中，誤善與幼學為一人，謂南湖考并南湖事略，皆為陳善所撰。善為嘉靖間進士，與幼學相去幾三四十年，善修杭誌，成於萬曆七年，幼學自序南湖考，在萬曆三十七年，故得採輯善所纂杭志，附於其後，浙局刊本，標籤曰南湖水利圖考，知為梅氏所杜撰者，惟書首之圖，為重繪者，復增一總圖，與萬曆原本微有不同耳，末附節錄餘杭縣南湖事略，亦梅氏所增輯，余編訂北平圖書館中文與圖目錄，浙局本著者為陳善，實沿梅氏序稱丁大令丙家所藏陳善南湖考一語之誤，今特於此更正之。

續浚南湖圖誌

清浙江書局刊本

清光緒間官書，紀光緒十六年迄三十三年十六年間興修南湖水利工事者，首冠總圖，圖有開方，圖說中稱桂等測量，不知為何許人，次輯當時咨稟諸文稿，以及章程，雖皆吏牘之文，亦可為研究南湖水利者之直接資料耳。

閘務全書二卷續刻四卷

國立北平圖書館藏清刻本

清程鶴齋輯著。鶴齋字鳴九，山陰諸生，博學善文，多究心經濟之學

考三江開在今浙江紹興縣東北，明嘉靖時，知府湯紹恩建，凡二十六洞，名應宿隄，互四百餘丈，蓄山陰會稽蕭山三縣之水，萬曆崇禎間兩修之。鶴齋家世三江，躬在開所，因述所見聞，輯爲是編，書成於康熙十一年，亦記前賢功德，賴以不朽之意也。全書分上下二卷，首冠塘開內外新舊圖二，並輯錄建開以來興修之碑記實蹟，與夫匠人工程物料之規制，及時務諸論，祭祀褒封諸文，以考開政之顛末，末附自記，中有云：「其書所敘建修大開，皆本諸莊敏陽和武貞三先生之記，確而有據，即傳聞或有未確處，亦存之以備參考，迄今修開，姜公定應碑文可攷也，齋又親歷其事，據實言之，度未有絲毫或爽者，若所附核實管見時務要略等作，雖考諸往日所載，詢諸斯時所言，猶恐未能合宜中理也。」云云。其續刻凡四卷，道光十五年，邑人平衡所續，卷一爲圖說碑記，卷二修開便覽，卷三修開補遺，卷四爲修開事宜，視其體例，似較程書緊嚴，而有秩序也。

溝洫水利輯說八卷

存素堂藏清咸豐元年粵刻本

清陳仲良撰。仲良字希亮，道光舉人，歷官四川河南諸州縣，多善政，尤注意水利。同治番禺縣志，稱其嘗輯西北溝洫水利輯說一書，即此書也。書凡八卷，自序中稱其嘗輯有經濟攷索一書，分門別類，搜羅頗富，內水利營田一類，全主溝洫之說，復以時事多艱，理財孔亟，特取營田一類，重爲編輯。凡名言有遺者補之，按語未當者更之，緣意主溝洫，凡河渠水利概不採入，意在西北，凡東南水利亦從略焉。其言塘浦言開河，則備錄取其與溝洫相發明也。自經史以至子集，時愈近者論愈繁，意重心長，皆求時之要議也。末則附以己見特論雖迂，實不出前人之範圍也。

本會刊印

中國水利工程叢書

現代水利工程學術，日新月異，本會既發行水利月刊以介紹新知，並輯印水利珍本叢書，以存古學，猶恐不能饜吾國學子之望，因復有中國水利工程叢書之刊行。儘量搜羅屬於水利工程範圍內之創作及譯著，印成專冊，以便瀏覽，惟因本會經費有限，贈送力所未逮，故一律定價出售。但為優待會員起見，得照八折計算。最近擬出各叢書名列次：

- | | | |
|---------------------------|------|--------|
| 1. 劉澗船閘之設計與實施 | 張倫官著 | 每冊實價八角 |
| 2. 虹吸溢道 英國 A. H. Naylor 著 | 徐懷雲譯 | 每冊實價五角 |
| 3. 搶險圖譜 | 本會輯印 | 印刷中 |
| 4. 鋼壩 美國 O. E. Hovey 著 | 陸修祉譯 | |
| 5. 鐵絲籠工法 日本杉村誠之介著 | 沈錫圭譯 | |
| 6. Hardy Cross 力率計算法 | 胡宏堯著 | |
| 7. 混凝土建築原理 德國 E. Probst 著 | 王永鎮譯 | |

中國水利工程學會出版委員會啓

(附啓) 本會會員如有關於水利工程之譯著或創作欲加入本叢書印行者
請先將稿件寄示發行後當酌送版稅

水 利

HYDRAULIC ENGINEERING

中國水利工程學會發行

PUBLISHED MONTHLY BY THE HYDRAULIC ENGINEERING

SOCIETY OF CHINA

南京梅園新村三十號

30 Plum Garden, Nanking, China

代售處 生活書店 上海福州路384號

鷄鳴書屋 南京楊公井

正中書局 南京太平路

上海雜誌公司 上海四馬路324號

印刷者 東南印刷所 南京洪武路25號

本 刊 定 價 表

本期零售每册二角(郵費加一)

預 定	册 數	書 價 連 郵 費	
		國 內	國 外
半 年	6 册	\$ 1.20	
全 年	12 册	\$ 2.40	\$ 3.60

精裝本(一卷至十一卷)每卷三元共計三十三元

補購二卷至十卷各期按定價加倍

中華郵政特准掛號認爲新聞紙類
內政部登記證警字第一二二三號

中國水利珍本叢書

第二輯已出各書
預約全年二十冊價銀六元郵費在內

清代河臣傳
吳梅書

汪胡楨 吳慰祖 編次

本書係蒐集清史稿碑傳集及各省通志縣志關於清代歷任河督之傳記彙編
一書欲考知清代治河名臣之生平事蹟者不可不讀是書

第二輯 第一種
廿六年二月份出版
全二冊實價二元

修防瑣志
李世祿

清·李世祿敘述

本書係據清代河幕秘本校印凡二十六卷首冠圖說六十九幅次敘水性河工
堤工等工端工防守搶險塞決石工磚工開工滷洞橋工板工工程算法等等對
於清代治河工程方法詳述無遺

第二輯 第二種
廿六年三月份出版
全二冊實價二元

河務所聞集

清·李大鏞著

本書係本會李會長所購藏關於河工設備人員分配以及實施程序記載頗詳
首冠黃運兩河圖次黃河堵口述占圖凡二十幅各繫以說明足與現代治河學
說互相啓發

第二輯 第三種
二十六年五月份出版
全一冊實價一元



中國水利工程學會刊行
南京梅園新村三十三號