

年

卷

期

8

4

第

第

工程

中國工程師學會會刊

廿二年八月一日

第八卷第四號

戴梯瑪教授

對於發展中國電氣事業之意見

戴梯瑪教授白髮盈巔，學粹思深，於協助蘇俄設計電氣網之後，復於民國十九年加入德國實業考察團，來華旅行，盡心考察。歸國之後，著此文以饗吾國人士。其主張平淡切實，不驚高遠，可謂藥石之言。願吾國電信界及電力界同人深體而力行之。

其他要目

中國印刷工業之改進

揚子江上游水力發電勘測報告(續)

利用人目不能見之光線作警鈴



德威洋行

上海博物院路十七號

HARDIVILLIERS, OLIVIER & CIE.,

No. 17, Museum Road,
SHANGHAI.

Manufacture representatives:

Electrical Machinery of every kind,
Meters,
Water Works,
Pumps,
Diesel engines,
Heavy chemicals,
Metals,
Machinery for all that concerns textile.

上海北京

路第二號

立興洋行

電話一二

五一六號

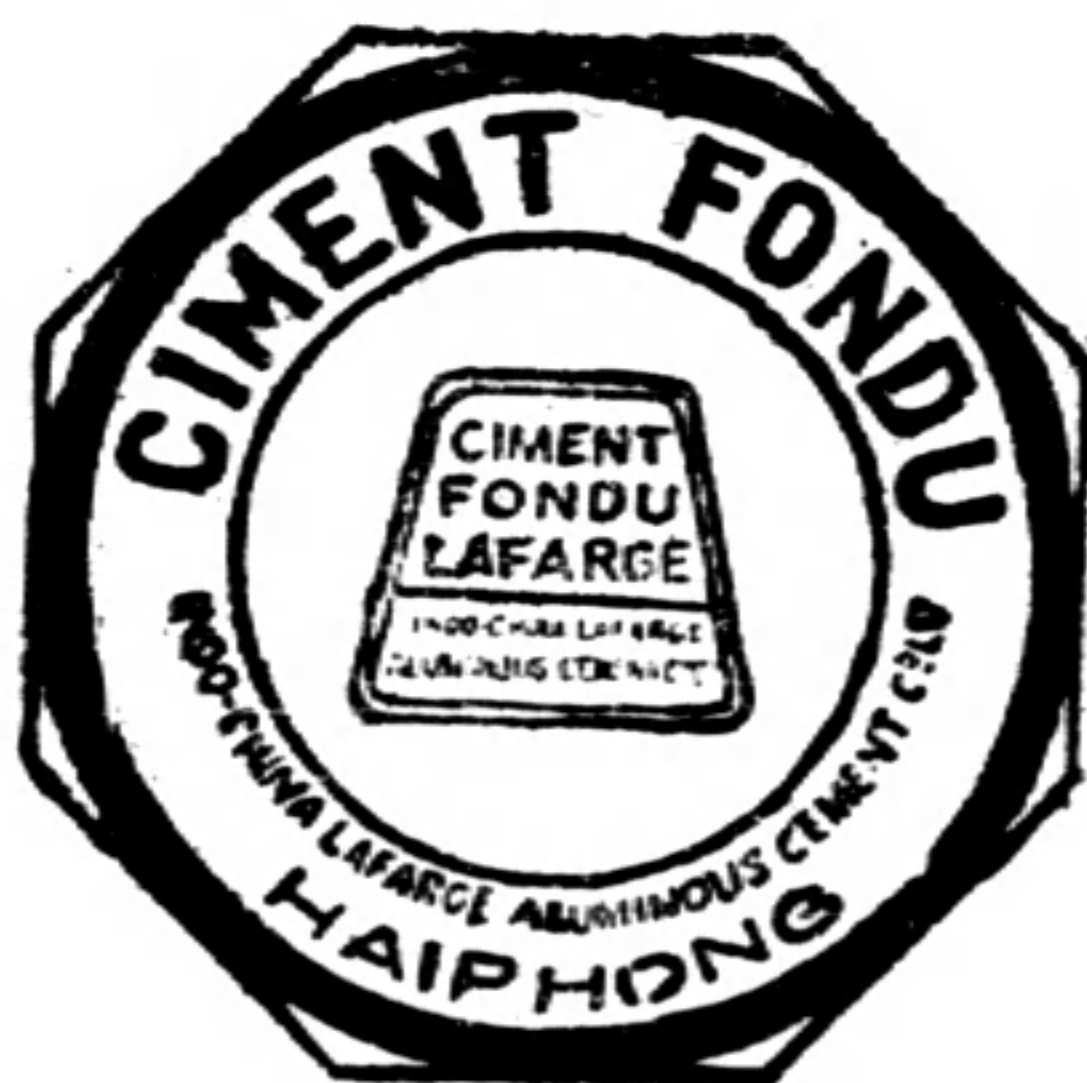
一四一七

八號

快燥水泥

(原名西門放塗)

最合海塘及緊急工程之用因其能
於念四小時內乾燥普通水泥則需
四星期之多 立興快燥水泥為法



屬印度支那海防之拉發其水泥所特

製世界各國無不聞名
為最佳最快燥之礮土水泥雖海水
侵襲決無絲毫影響打樁·造橋·
基礎·碼頭·機器底脚及汽車間
地板最為合用如荷垂詢無任歡迎

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹

工程

中國工程師學會會刊

編輯：

黃炎 (土木)
 董大酉 (建築)
 胡樹楫 (市政)
 鄭肇經 (水利)
 許應期 (電氣)
 徐宗凍 (化工)

總編輯：沈怡

編輯：

蔣易均 (機械)
 朱其清 (無線電)
 錢昌祚 (飛機)
 李 儼 (礦冶)
 黃 燧 (紡織)
 宋學勤 (校對)

第八卷第四號目錄

論著

發展中國電氣事業之意見.....	德國戴梯瑪	285
中國印刷工業之改進.....	沈來秋	294
揚子江上游水力發電勘測報告(續).....	恽震 曹瑞芝 宋希尚	304
黃河初步試驗簡略報告.....	德國方修斯	339
「土壓力兩種理論的一致」之討論.....	林同棧 趙福靈 趙國華 孫寶墀	347
實用各種工程單位換算表.....	張家社 陳中熙 韋松年	378

雜俎

利用人目不能見之光線作警鈴.....	平伯譯	384
道路試驗機.....	清之譯	386
鐵筋磚工造橋不用脚手.....	黃炎譯	387
美國舊金山啞克倫海灣大橋工程.....	黃炎譯	388

編輯後言.....		390
-----------	--	-----

中國工程師學會發行

總會地址：上海南京路大陸商場五樓 542 號

電話：92582

本刊價目：每冊四角全年六冊定價二元連郵費

本國二元二角國外四元二角

分售處：上海福州路中國科學公司

上海河南路民智書局上海四門東新書局

上海徐家匯蘇新書社南京鍾山書局

濟南芙蓉街教育圖書社上海生活週刊社

發展中國電氣事業之意見*

戴 梯 瑪 博 士

德國哈諾佛工業大學教授德國全國實業協會中國考察團團員

緒言 利用電氣，為增進民族幸福最要之方法，已成顯明之事實。孫中山先生在其所著建國方略中，對於電氣之應用，亦曾特別注意。據電業發達各國之經驗，分電氣用途為「強電工程」與「弱電工程」二種。電燈電力及各種運輸設置，為強電工程。藉電氣之力，傳達文字，語言，記號，像片於遠方，為弱電工程。本上述電氣用途之類別。先將強電工程之建議，陳述於次，再論弱電工程。

電氣用途 強電用途，範圍甚廣，本文限於篇幅，僅能敘其大要。如以電燃燈，不獨最為完善，且能防免火險，並適合人民衛生之需要。變電力為熱力，甚為簡易，隨時隨地均可得舒適之溫度而享用之。電氣馬達，固適合于大工業之各種笨重工作，即對於手工業與農工業，亦甚適宜。醫學界應用電氣，亦逐漸增多，曩昔不治之疾病，改用電療，每能奏效，公衆康健得益匪淺，城市電車，賴電行駛，交通既便，價亦低廉，使市民咸得享郊外居住之幸福。

各國經驗之利用 上述各種強電用途，年來均有相當之發展。中國電氣事業，雖猶在萌芽時期，但儘可坐享先進國已得之經驗，免除無數在試驗與進化時期中不可避免之損失，不可謂非大幸事。本文所述各種建議及辦法，對於各國已歷之經驗，特別注意。苟中國政府與人民，因此不致再經此種電氣發展過程中之錯誤，一躍而臻於進步之域，則作者之為幸多矣。

* Prof. Dr. Dettmar. Elektrotechnik轉載德國全國實業協會中國考察團呈遞中國國民政府意見書

水力 電氣之產生，或藉水力或用煤力。以天然之水力，發展中國電業，孫中山先生在其建國方略中曾有論及。倘水力之開發，需費不巨，且所在地又離城市不遠，則應儘先舉辦，殊無疑義。利用水力發電，是否合于經濟原則，胥視輸電綫路之長度，以爲斷。此外尙有一點，應特加注意，即水電廠之建設，常在深山峻嶺中，大型水輪機與發電機之運輸，多感不便。故交通設施，實爲先決問題。是則水力之應用，事前應加以精詳之考慮者也。聞中國政府在最近期內，將實行濬導河流，此事與水力之發展，有連帶關係。在可以航行之河流，兩旁居民，大抵稠密。水電廠之電流，易於銷售。中國政府即可利用電費收入，補助濬河經費，實爲一舉兩得。

煤 中國產煤既豐，而煤礦復遍佈全國。用煤發電，自居首要地位，與先進諸國之情形毫無二致。蒸汽電廠可建設于煤礦附近，發出之電流，用高壓電線，輸送各處。即交通至感不便之城市，亦得享受電氣之利益。倘煤礦靠近鐵道或河流，則煤炭可輸運至各城市，以供城市電廠之用。蓋中國各大城市相距甚遠，電之需要，又不甚多，故以就地發電爲宜。若用高壓電綫，輸送電流，反不經濟。是建設大規模之蒸汽發電廠，以供給多數城市之用電，爲時尚早。據各國之經驗，須電氣用途，充分發展後，方可建設高壓電綫，謀各城市電廠之互相聯絡以收集中發電之利益。

電流種類之劃一 中國各地電廠，目前雖尙無即用高壓電綫，互相連接之必要，已如上述，但電流方式及週波數之統一，應及早準備。凡建設新電廠，均應採用三相交流式，其週波爲每秒五十循環。年來先進諸國，以電流種類之不同，耗費無數金錢與人工，始能達到電流統一地步。中國如能趁電業尙未發達時期，即將電流劃一，則此項損失，自可避免。（編者按此點建設委員會已訂入法規，且已努力推行。）

電線之設置 電線之設置，與電廠之費用，有密切關係。世界各國，原多採用架空電線。但架空電線，所需人工與金錢，兩不經濟，

且此項電線，易受外方之影響，而發生故障。比年以來，多用地纜替代。祇因地纜之製造與安置費，至為浩大，故小城及鄉野，仍用架空電線。電線發生故障，不獨用戶感覺不便，即電廠收入，亦因之減少。是以經營電廠者，對於架空電線之安全，務須注意。更有進者，如電廠供給電流，能無間斷，不僅電燈用戶，逐漸增加，即各工廠亦樂于改用電氣，故欲謀電力之暢銷，須先確保電氣線路及電廠設備之安全，是為電氣企業家不可忽略之事也。復次吾人建築電氣線路時，對於用戶電壓之變動，應特別留意。如電壓變動過大，非但電燈明暗不定，燈泡壽命減短，即工廠馬達之轉數，亦必減少，電熱用品，亦因電壓降底，失其應有之效能。就經驗論，電廠之電壓，至多祇能較規定數，降低百分之十，否則電廠與用戶，兩蒙其害。

電車之設置 欲謀中國工業之發達，電車及其他使用電氣之交通器具亦應建設，以期客運與貨運之便利。電車分有軌與無軌二種。無軌電車，最宜于交通繁盛而又狹小之街道，照德美兩國之經驗乘客多時。電車較公共汽車，既廉且佳，其運輸費用，僅合公用汽車三分之二。迨工業較為發達後，電氣鐵路之功用，始漸顯著。其所需之建築費，雖較昂於蒸汽鐵路，但利息則較優厚。中國集資較難，電氣鐵路，僅能建設于交通發達之區域，且其所需之電力，應取給于水電廠，以減輕經常用費。

弱電工程 關於弱電工程，其主要用途，為有綫及無線電報電話與一切電氣信號。中國無線電事業雖尚發達，惟有線電報與電話，則尚在萌芽時期。近交通部規擬電報電話六年建設計劃，深可慶幸。中國地域廣大，應多設電報局及電話局，使長途電話綫之用途增多，以求經濟。故電報電話局之設立，不宜僅限於電綫經過之大城市，必要時即鄉鎮內，亦須設置，以增高長途電綫之功用。至于電話系統之組成，第一步應先在指定區域或較大城市內，設立電話局，使一般居民，完全明瞭電話之便利。第二步再用長途電話綫，將上述各電話局，互相溝通，同時並在較小城市，普設話局，且與

上述之長途電話綫聯絡。以上所述之電話系統，極為經濟，就經驗所得，小電話局愈多，大電話局及長途電話綫之營業，亦愈發達，小電話局之建設，本難贏利，然與長途電話網一經構成，就全系統計算，利益即在其中矣。惟中國方言複雜，長途電線建設以後，因各地語言之不同，影響營業，實可預料。又安設電話綫時，對於經濟一點，固甚重要，而政治及軍事上之需要，亦須顧及。倘由國家經營，則贏利與否，原無關重要，若係招商承辦，則合同內，似應有類似下列條文之規定：

「承辦人應有安設軍事上政治上及其他政府認為必需之電信綫路之責任。惟贏餘不達規定數額時，政府應予承辦人相當津貼，以補足之。」

電話設備，分為兩種，一為手接式，一為自動式。二者在某一環境之下，孰優孰劣，視設備費用之多寡與其設置工程及維持之繁簡而定。據確實調查，自動電話之設備費，（如土地房屋機房電綫話機及一切運輸裝置等費）固較手接式者高百分之十至十五，但其利益亦有數端（一）人工減省（二）晝夜工作不停（三）接線迅速（四）免除語言上之困難（五）免除接線錯誤（六）經久耐用。但自動電話，須富有經驗之技師，擔任工程上之設施與管理。此項技師，酬勞頗大。故在一千號以下之話局，恐無力雇用。較大電話局，其局內設備費，恆佔大部份，運費及裝置費祇佔小部份。至于長途電話綫，其比例適相反。此點在設計時，應加注意。按諸經驗，電話局內部機件設備，約合全部費用百分之八十，其他費用，僅佔百分之二十。長途電話綫，則反是。機件佔全部費用百分之三十五，而其他費用如電桿等，反需百分之六十五。

各電話機製造廠，倘得確實保證，甚願長期賒借機件，供中國政府建設地方電話之用。但賒借電話綫，恐難辦到。因製造廠對於賒借此項電話綫，興趣較少。蓋電話局有確定收入，可作還債之擔保。故較長途電線之收入，既易監督，又復可靠也。

交通部於建設地方電話局時，可與各製造廠，商議賒借機件事項。惟長途電線，則須設法自購。由此以觀，中國電話之發展，全視當局有無財力，購買長途電線耳。關於有線電報之發展，可另採新法，茲略述於次：

中國文字繁雜，傳遞電報，向採用數目字碼。茲者像片傳遞，已風行各國，對於中文，尤為適宜，因可以傳遞原文，收電處祇須另用一種化學紙，即能將原文印出。凡在長途電話距離以內，應用此法，頗為有效。

電氣製造問題 中國既缺乏經驗，又無良好工人，電氣製造事業，頗不易舉。建設此項工廠者，對於外來貨品，應詳細研究，並設法應用，至所製造之物品，以簡易為主，如橡皮絕緣線及各種裝燈材料等是也。中國磁器，馳名于世，如以之製造電氣上之磁類用品，定收事半功倍之效。至於電氣機械之製造，因銷路甚小，而種類繁多，暫可緩辦。若電氣廠與其他電氣事業，在中國已漸發達，則修理廠之建設，亦屬急要之圖。中國建設電機製造廠，如擬與德國工廠合作，甚願隨時建議。但在合作之先，中國應有專利權法律之制定耳。

電氣法規 年來中國政府，曾公佈重要電氣法規兩種，即民國十八年十二月廿一日所公佈之民營公用事業監督條例，及十九年三月三十一日所公佈之電氣事業條例是也。前者規定民營電業之純利不得超過實收資本總額百分之二十五，此項限制未免太寬。但電氣事業為發展國民經濟之要件，電氣公司應以推廣電力銷路為主旨，萬不可專重贏利。蓋電力愈增，電廠之功用愈可達到圓滿之地步。故欲發展電氣事業，應將贏利看輕。建設委員會對於電氣事業之取締，雖亦有詳細規定，但對電氣事業人之權利與義務，均未十分確定。故此類法規，應有補充之必要，否則難免影響中國電氣事業之發展。如政府方面能將各種法規合併，並加補充，定名為電氣法規彙編，更所企望。尤有進者，中國電氣法規中，亦

應如德國一九〇〇年公佈之法規,對竊電者,加以嚴重之處罰即盜竊銅線或故意損壞電氣設備者,亦應有專條以處理之。此外為發展電氣事業起見,對於私有土地之收買,及使用辦法,亦應有明文規定。再如政府特許私人經營電業,在特許營業年限及區域之內,應給以發電及售電之專營權。

編訂電氣事業法規,應由主管機關另設專門委員會辦理之。現在世界各國,曾派電氣法學專家,就已往之經驗,從事于電氣法之編訂。此法完成,尚需數月,將寄贈中國政府一份,以資參考。

經營方式 經營電氣事業之法定方式,世界各國,規定不同。茲舉其重要者,列敘于下:

- (一)發電廠及電氣線路純粹屬於私有產業之性質者。換言之,為個人或少數私人之所有。多數國家在電氣事業發達之初期,皆採取此種方式,以為起點。
- (二)發電與售電事業,均歸股份公司經營者。其股票可隨意轉賣,並得發行規定利息之優先股與公債。
- (三)電廠有屬於地方政府,並由該政府享受其收入者。歐洲各國,多採用此種方式,惟地方政府有債務時不特電廠之贏餘,悉為所用,並往往有增加電價之舉,是乃此種辦法之弊病。
- (四)電廠有屬於一省內或一國內多數地方政府所共有者。歐洲各國所以採用此法,係欲推廣電氣於農業上之用。政府往往僅經營發電部分,至電流之分配與出售,則另由商人或地方政府承辦之。
- (五)歐洲少數國家間亦有採用混合方式者。其辦法本股份公司之原則,但其股票除一部份規定屬於政府外,其餘部分,可在市場自由買賣。

電廠組織方式之選擇,與集合資本,大有關係。在中國建設電氣公司,對於資本之集合,應取公開態度。如銀行,大資本家,或公民方面之投資,均應容納。即承辦電廠機器之外國工廠,亦應予以投

資之機會。

在小城市內，對於各種公用事業，如電車，自來水，電燈電力廠等，均應統一管理。此種公共組織，易與電氣公司商定，用電時間，以謀電力負荷之平衡，且各業合併管理，經費亦可節省。

根據上述各點，中國應先在各地方，廣設電廠，所有電流及週波等均應標準化，以備互相聯絡。並為減少管理經費起見，距離相近之各廠，須歸一處管理，同時並負解決各廠法律與技術問題之使命。歐美各國，亦有此種組織，名為電氣分發公司。如電氣事業發展後，各廠間之聯絡，易如反掌。分配電力之範圍，不必以行政區域為界限，假如一省有過剩及低廉之電力，出售隣省，管理上勢不能分為兩處，自不待言。即法規上，亦不應有如此之限制。歐美各國對於電力之交換，常出國界之外，如瑞士之水電輸給德法意三國，又加拿大之電力，可送至美國，即其明證也。

電業之發展，固以電廠有相當贏餘為基礎，但電價不可過高，俾電氣用途，得以推廣。各政府或官吏，取用電流，應一律付費，否則彼等必任意濫費電流，而電廠以損失過大，不得不增加一般用戶之電價，實非所宜。電流出售之計算，均宜用電表。據經驗所得，包定電費辦法，如每盞燈每月納一定價目之類，甚不經濟，且不合理。近年來電表之製造，極為低廉，且適於各種電流之應用。故電表計算法，已風行各國，電廠因有此種之設置，已得無窮之利益。

安全條例 世界各國對於建造電廠，均有安全條例。凡按照此法，建築電廠者，所有火患及電擊等危險，可完全避免。此種條例，多由各電氣工程師會各火險公司各電氣公司及政府規定之。

上述條例，能促進電氣事業之發展。凡謀電氣建設之國家，對於此項條例，亟應提早頒佈。五十年前，德國已開始擬定此法，並時加修改，以適應工程之進步，堪稱完善。故此項條例之全部或其大部份，已為多數國家所採用。倘中國政府，委託德國完成此項條例，以適應中國之特殊情形時，此間專家，甚樂為之。

各種條例頒佈之後，關於裝燈材料，電線，電度表，及各種機件之品質，應嚴格審查。凡與條例不合者，應不准裝置或不予接電，以資取締。

電壓之劃一 近來電廠設備及所用裝置用料，已漸趨標準化，故電流及電壓，在可能範圍內，亦應統一，俾購買電氣材料及備件時，較為便易而經濟。電燈所需之電壓通常為二百二十伏，電力用電為三百八十伏，且皆採用三相交流式。電壓之統一，現歸萬國電氣工程委員會(London, S. W. I. 28 Victoria Street, Westminster)規定。該委員會，並負有審定電氣用品名詞之責任，現有會員國二十。如中國亦加入該會，同時組織中國分會，誠一善舉也。瑞士萬國工業材料委員會(International Federation of the National Standardizing Association "I. S. A." Basel Spaltentorweg 57) 對於電氣及其他工業用品之統一，貢獻甚多，成績卓著，世界各國，受益匪淺。

人才問題 發展電氣事業，所需要之建設與管理人才，目前中國殊感缺乏。其此類人才，須有多年實地經驗，決非從學校書本中，所能求得，亦非短期間所能培植。必也人數充足，經驗豐富，方能担任大電廠中，機器之管理及開動。在一時尚難辦到以前，宜聘請外國電氣專家，綜持廠務，並以中國技術人員，佐理其事，經驗既久，廠務自可完全移歸華人管理。

中國政府宜就各工業大學，如同濟學校等，設立電氣專修科，以造就電氣技術人員，聘用中國教員，講授電氣學理，及裝置與管理之實用，至於學習電機之構造與計算等較深工程，則暫可派遣學員，分赴各國學習，以求深造。上述聘用中國教員，造就電氣技術員一事，輕而易舉，深盼中國提早舉辦。

對於培植電氣工程師技術員工目等，願貢獻數語，即功課固宜完備，而中級工業學校，並應普設，以廣造就。德國及其他各國，均有工程速成班之設立，成績甚佳。每年舉辦，達三十班之多。其課程均係按標準而審定，不僅使學生有管理與裝置機器之知識，即對於

工程之進步，亦多所認識。中國政府，如需要此項計劃，本人願竭誠相助。

電氣學會之設立，能聯絡電氣人員，作學理與實驗之研討。如德國電氣工程師會之類，在工業先進國家既已確著成績，中國亦應亟謀設立，以促進電氣事業之發達。且可由此會，代表中國，加入國際電氣委員會，討論各種法規及標準。德國政府，辦理此事，已四十餘年于茲矣。此外如電氣雜誌之刊行，專門書籍之翻譯，凡足以廣播電氣常識者，政府均應加以提倡。至應譯書籍，本人深願隨時介紹。

結語 中國政府，誠能切實提倡電氣事業，自無須再事煤氣廠之建設，即可以所節省之經費，移作發達電業之用，是則世界各國五十年來所經之歷程，中國儘可迎頭趕上，而逕受其利也。

中國印刷工業之改進

沈來秋

引論 企圖一種工業之改善，應從技術和管理兩方面入手。本篇所注意的，單屬於印刷工業的技術及原料；管理問題暫置不提。

印刷技術可分為三種：

(1)凸版印刷，(2)平版印刷，(3)凹版印刷。

所謂凸版者，乃印版正面的陽文，呈出突起之形，如鉛版，銅版，鋅版，木版及活字版之類皆是。通常多誤以「鉛印」一詞包括之。

平版的版面與印刷機上之紙面吻觸於同一平面之上，所有石版，橡皮版，鉛皮版，鐳版，珂羅版等皆屬之。因其最先流行者為石版故通常多誤稱為「石印」，又因其可以套印數種顏色，故又並凹版印刷，混稱為「彩印」。其實凹版印刷亦有彩印者，所以技術上應採用以製版方式為區別之名詞，方易明晰。

凹版之圖象，乃雕刻在印版之上，成為凹入之形，被印之紙面經過壓力之後，反呈凸形，如印花票，郵票，鈔票各種印件是。所有雕刻銅版，鋼版，影寫版等皆屬之。

三種印刷技術中以凸版為最重要，在吾國亦最發達，書報之印行實胥賴之。其次為平版，教科書之彩圖及舊書之影印，用處亦薄。凹版印刷吾國僅有數家，而國內之大宗銀行鈔票復多由外商承印，所以不見發達，且與書籍之印行關係甚少。

以上每種印刷術之步驟又可分為三階段：

(1)裝版 (2)印刷, (3)裝訂。

三種印刷術在裝訂上無有區別,印刷上亦大同小異,所不同者印刷機之方式耳。在製版上完全不同。印刷出品之良否,關係于製版者為獨多。在製版之先,各種印刷術各有其先鋒工作,而改進之問題亦多屬於此。本文只單就凸版範圍內分別論之。

排字與鑄字 製造凸版先要排字。所有鉛字乃由銅模在鑄字爐澆鑄而來。因中西字體構造之不同,所以中國之印刷工業在排字及鑄字方面,發生特殊之情形,與歐美不同,實為中國印刷技術發達的障礙。

自藍羅排字機(Linotype)出世以後,歐美印刷之排字工作,實際上已從活字版之勢力範圍解放出來。況近年來各種新發明如電機排字,石印排字,照像排字等層出不窮,進步加速,而中國印刷術更覺落後,望塵莫及。華文打字機雖有發明之者,但尚不能再進一步,應用之於印刷之上,也能隨打隨排,把排字和澆字的工作治於一爐,成為華文排字機,如世人所期望者。

排字之改進 西文字母只廿六字,千變萬化,不超出字母之外。華文只字典部首已有二百四十餘,字之構造又非部首所能概括而拼合之。每一華文排字架正面置廿四盤,每盤裝三十六字,共為864字,此為繁用及備用之字。左右兩旁分置六十四盤,每盤裝一百零八字,共6912字,此為罕用之字。合計起來,每一華字排字架應備之字為7776字,較西文之廿六字母,其繁簡之別不可以道里計矣。

每一西文排字架,鉛字連隔鉛(Space)一起在內,只要安置上下兩盤。盤之面積不及華文遠甚,所以所佔的地位遠不及華文之廣闊。

華文排字須經兩層手續,先排毛坯。然後裝版,由二人分任之。西文則排毛坯連裝版,一人已足自了。西文排字學徒一年便可卒業,華文則非五年不成,舉此一端已可概括其餘。

因此,同係手工排字,華文較西文有以下諸劣點:

- (1)排字及還字費時多,
- (2)工作勞苦(因西文排字可以坐着,華文既要立着,又須左右行動),
- (3)佔地面多
- (4)設備成本大,
- (5)字數既多,配補不易。

根本改革之法,亦曾有嘗試之者,但或因不能解決困難而失敗,或因有阻礙尙有待於將來。茲就鄙見所及,認爲可以有作爲而應當繼續努力者,條舉方法三種於下:

(1) 疊積之法:道光年間,法人葛蘭德(M. C. Grand)欲將西文拼合之法,應用之於華文,乃倡爲「華文疊積字」,藉以減少字模。其法將每字之部首與原字分開,各自獨立,用時互相拼合而成。其便利處,在能以少成多,如只用「女」、「口」、「少」三個鉛字,却能排成「妙」、「如」、「吵」、「女」、「口」、「少」,六個字,其他可以類推。此法曾用之于澳門,終因排工加繁,而排成之字復大小不齊,遂致不能流行。

鄙意其困難原因尙不止此,惜後來無人繼續研究,以求實用推廣之道。倘能先將漢字清理一番:古字與罕用之字與以廢除,意義完全雷同之字務求減少,所保留之字,其構造務要簡單,易於拼合,則此路未許不可打通。第一步先要裁減字數,第二步將所餘之字與以改造。部首不嫌其多,但字之構造須合于一定之標準,倘能完全由左至右,拼合而成,不用由上而下或由外而內者,則成功更大矣。至於疊積之形,大小不齊,初時或覺不習慣,却無大礙。此法若行,不但印刷業之排字獲其益處,即兒童識字亦見簡易矣。

(2) 音符運動:自「簡字」而至於國語統一運動,其努力的結晶,便是注音符號。可惜近年來此種運動不如以前之猛進假使音符已達到相當的普及程度,則許多民衆讀物,可以專用注音字母排成,其影響於民衆教育之深入及印刷技術之改進當非淺鮮。華文排

字種種劣點，到此亦即解決矣。據說美國 Linotype 公司于 1921 年已會製造「音符排字機」，預備推銷于東方古國，嗣因此種運動未普及于社會，遂未進行。

(3) 華文排字機：華文排字在手工上已較西文為遲緩，而機械排字復付闕如。西文排字機，藉機械之作用，以打字方式，隨打隨澆，立將鉛字澆排成條，用以裝版，因此活動之鉛字可以廢除，其效率之大，實非手工所可想象。迴顧華文排字仍不能脫離活字版範圍以外，不免相形見絀。目下吾國印刷工業雖已盡量採用歐美最新式之印刷機，印刷力量日見增高，無如排字力量不能隨同增高，遂成小頭大腹之畸形的發展。印刷成本受排字之累不能減低，而印刷工業亦不能得長足的進步。所以不能不想從華文排字機之創造，打出一條活路出來。

舒震東氏華文打字機自發明以來，應用頗廣實為吾國工業界可以自豪的一樁快事。機之本身當然尚有許多有待於改良之點，如鉛字之材料尚要堅強，各機關之構造尚須更求靈巧。凡此種種皆華文打字機自身切要的問題，或不能專責望於發明者，工業界均應注意及之。

所以希望現在之華文打字機，搖身一變而變為華文排字機，似尚不能即可達到，倘打字機自身尚未改進到相當之程度時。但比較以上兩種，華文排字機實為改革華文排字最澈底之出路，同時亦即增進中國印刷工業最緊要之一點也。

鑄字之改進 中國印刷業因漢文構造之繁雜，發生排字之困難，既如上述，而各號字體大小之比例復無一種共同之標準，有似西文之「點制」(point-system)亦為排版之大障礙。前者根源於數千年文化自然之演變，改革不易，後者實係人為的，只要不惜犧牲眼前，將舊有不合標準之鉛字及銅模，一律毀棄，重新澆鑄，則困難立即解決。

中國新式印刷業，溯源于傳教士在華之印刷聖經。惟流行之

鉛字模型，聞最初有採自日本者。現在通行之鉛字從一號至六號，就大小論缺乏一種共同之標準，而尤以常用之「四號字」最為特別。就中惟「五號字」為「二號字」四分之一，「六號字」為「三號字」四分之一，可以共通。而「二號字」與「三號字」又無共同之標準。其原因恐係當時字模之來源並不統一，後來乃隨其大小而分等第，其間固不發生一定之關係也。

此等情形，其影響於排字工作為何如，則為吾人所亟欲知者。

由毛坯而裝版時，應將字與字之間，以「隔鉛」間隔之，俾可印成空隙，行與行之間亦如是。此種字裏行間之隔鉛，術語統稱為「材料」。「材料」之高低厚薄，當然要與鉛字之大小相配合。西文各號之鉛字，係由一種共同之標準分發出來，蓋以一英寸分為六「培卡」(pica)，以一「培卡」為十二「點」(point)，所以一英寸為七十二「點」。各號鉛字之大小均為「點」之倍數。其好處是各號字可以錯雜而排，而各號隔鉛亦以「點」為單位，各按照其比例澆鑄出來，所以可以互相通用，裝版毫不費事。

顧華文則不然，各號隔鉛亦如各號鉛字自身之不能通用。結果二號字只能配五號字，三號字只能配六號字，不能如西文之隨手拈來，無不適宜也。

此種障礙影響於排印書籍猶其小，因書籍字體，多半全篇一律；影響於雜誌報章則甚大。因雜誌及報章有時要引起讀者美術的觀感，或促人注意，每每需求廣告式大小夾雜之排列。此處華文排字受鉛字之限制，不能配搭自由，通常多於隔鉛之外，加以紙坯，始可裝製成版，費工費時，成本加大矣。

近來滬上各大印刷工廠亦有逐漸改革之舉，但因銅模之購置資本頗巨，不肯將舊有者一律捨棄，於是有「新四號字」及「新五號字」之出現，然終不見澈底也。

澈底之改革，應完全採用英寸之點制，以求合于大同。現在惟「六號字」與八開之西文字大小相吻合，可以存在，其餘不合點制者

一律廢除，始可一勞永逸。照此辦法，不但西文與華文各號之字可以夾雜配排，而所有之隔鉛亦可完全互相通用，實符于合理化之精神與科學書籍之排印，大有補益，橫排或直排皆不發生問題矣。目下科學書籍所夾排之西文，其鉛字乃係特別澆鑄而來，不能以合于點制之西字以應用之也。

製版 凸版最重要之種類有三：

1. 鉛版，
2. 鋅版，
3. 銅版。

鉛版由活字版打紙版後，再由紙版澆鑄而成。鋅版用照相方法，由哥羅甸剝皮落樣于鋅版，再用硝酸爛透，便呈凸形。銅版有二：一為照相銅版，一為電鍍銅版，照相銅版與鋅版同，惟印品更見精美。電鍍銅版之為用，兼紙版與鉛版，故每套有兩付，一為模型，一為印版。因其成本較昂，非名貴之書籍或印數甚多者不用之。

製版以手工為多，原料大半來自外國。製版技術與照相關係甚切，而化學材料所需亦多，此在平版印刷，尤見重要。近來照相技術隨着化學工業而俱進，國人不免以先入為主，守舊自足，對於新法少加注意。

印刷 印刷技術賴於印刷機之進步為多。凸版印刷機臻至滾筒機，生產效率既大，復能自動摺書，可稱美備，所留存改良之餘地較少，方之機械工業，有似蒸汽機之進步已達則飽滿程度。而平版印刷機則來日方長花樣翻新，尚無止境，有似內燃機及電機將來之希望尚多也。

吾國通用之凸版印刷機約有四種，其通俗之命名，或因其用途，或因其牌號，或因其形式，分為：

1. 另件機，每小時可印 1000 張。
2. 大英機，每小時可印 1600 張。
3. 米利機，每小時可印 2000 張。
4. 滾筒機，每小時可印 8000 張。

以上每小時之印數，以不連帶裝版而計。米利機每次裝版費

一二小時，滾筒機則倍之。裝版之技術尙可改進，應不專以個人之巧拙爲準。吾國印刷工人曾經三四十年之培植，在製版，印刷，裝訂三階段中，尙以印刷工人爲最發達。因此處能盡量利用新式機械，所以效率亦在其他二者之上。內地小印刷機關不能得原動力之助，仍須以手工印刷機自足者，則不能與此相提並論。

裝訂 機械發明者甚多，吾國印刷界雖有採用，他方面仍不能不廣招賤值之手工工人補其不足。各地女工在摺書，翻面，做布面，鋪金，各種手工，已有相當之成績。訂書機，穿線機亦以女工爲宜。至于摺書機，切書機，燙金機，壓書機等比較笨重的機械工作，以及布面書之裝訂，則仍不能不賴男工。

但以印刷之力量視之裝訂之效率每覺不能相稱，尤以布面書裝訂更感遲緩。

將來裝訂方面，應以更能利用機械工作，爲改進之要點，對於書籍產量之增加及成本之降低，均有關係。

原料問題 吾國印刷工業在各種實業中，尙不落後，且多由國人合資經營，數十年來頗見發達。但由原料一方面言之，不禁由樂生悲，悚然而懼。機械無論矣，卽就紙張，油墨及化學材料三項言之，莫不以舶來品爲主，國產幾等于鳳毛麟角。三項之中紙張最爲重要。油墨分：新聞墨，印書墨，膠印墨，銅版墨四類，消耗亦多，國人雖有自製之者，但不能與歐美洋貨抗衡。化學材料在製版方面用途甚廣，尤以平版印刷幾不可須臾離。吾國基本化學工業尙極幼稚，印刷上化學材料多來自英、德、美等國。以下分述國產紙及進口洋紙之現狀。

國產紙 國產紙類因質和量都不足應付需求，所以在印刷工業上所佔的成分甚少。新式紙廠雖羣謀急起直追，但應用最遍之新聞紙，因成本太高，不足與舶來品競爭，竟廢置無人製造。而國產道林紙亦因產量有限，不能控制一切，只得坐視洋紙充溢市場，利權莫挽。

吾國產紙地方，首推江西的廣信，福建的邵武，安徽的涇縣和宣城。其次如湖南，四川，廣東，浙江等處也有出產。廣信及邵武的產品，以毛邊紙及連史紙為大宗，可備印書之用。涇縣及宣城的產品以宣紙為大宗，只可備印刷碑帖及對聯之用。湖南之貢川紙，廣東之羅甸紙多供作信紙用。浙江之元素紙可印習字帖。以上數種或因質地太鬆或因寬度不足不適機器之印刷，或因產量太少，不敷工廠之需求。以致印刷工廠目下所需之紙張，不能不取材于國外。

國貨紙皆係人工製造。廣信，邵武一帶徧地竹林，居民以造紙為業，每家每年之產量隨着竹林之豐歉而異。因無大規模之組織，所以產量無確數，出貨無定期，而運輸亦諸見困難。此等情形殊不合于印刷工廠的條件。其毛病與中國絲織品，因無大量生產，不能暢銷于美國同。

國產之毛邊，連史只能單面印書，而舶來之洋紙可雙面齊印，出品成本自然因此不敵，此亦為不受歡迎之一種原因。國產紙不但不能與舶來之新聞紙，道林紙競爭，且亦受仿造之「洋連史」所排斥，此更不可不注意者也。

查上海市面國貨紙每年銷數，大約連史紙五萬件，毛邊紙三十萬件，宣紙二萬件，貢川，羅甸為數頗少。此種數量，供給百數十家新舊印刷廠，當然不足而洋紙乃得暢銷之機會。

觀此情形，則用新法設廠造紙，實為刻不容緩。目下上海新式紙廠有天章，江南兩家。天章能造道林紙，但造紙機器只有一架，價值稍貴，產量亦少，然上海印刷廠已多採用之。江南之連史，毛邊銷路亦廣。此外福州之福建造紙廠，成立稍後，亦用機器製造連史及毛邊。但銷量最大，用處最廣之新聞紙還付闕如。以前雖有嘗試仿造之者，却都不能成功。最近實業部有在溫州擇地設廠之說，詳細計劃不得而知，但望不成空談而已。（註一）

洋紙 至於洋紙之銷路，則與年俱進。根據海關報告冊，民國元年進口洋紙只三百萬兩，至十九年已達至三千七百萬兩，較之

十八年，實超過一千三百萬兩；較之元年，則增加在十倍以上。

十九年進口之洋紙以普通印書紙（即新聞紙）為最多（九百萬兩），上等印書紙（即道林紙）次之（五百八十八萬兩），可知進口洋紙大多數為印刷書報之用。

進口洋紙之國別，從民國十二年至十九年之間，日本多列第一位，其銷量佔總數百分之三十。惟十八年因抵制之故，乃稍遜於德國，退列第二位；至十九年又超過德國五倍，復居第一矣。

十九年進口之日紙，以普通印書紙為最多（五百九十八萬兩），上等印書紙次之（三百三十萬兩），其他各種尚未計及，其數寧不可驚！

吾國印刷工業雖日見進步，假使紙之供給，長操於外人之手，其間得失，可以不言而喻。關稅既容自主，市場亦有銷路，倘年復一年，長無切實計畫，是不為也，非不能也。

結 論 吾國新式印刷業三四十年來，國人相繼經營，頗著成效，因此舊式之手工印刷漸被淘汰。民元國體變更，盛倡教育普及，五四運動以後，語體文字風起雲湧，印刷品數量突增，皆為印刷業之良好機會。

惟強迫教育未見實施，文盲遍地，印刷品之數量，若與人口比較觀之，尚是太少。少數大規模組織之印刷工廠，已有悠久之歷史，雖足顧盼自豪，但就技術之本身言之。若與世界各國較一日之短長，殊多愧色。作者就經驗所及，不欲徒樹高論，只就最重要而且最普及之凸版印刷中，提出排字及鑄字應行改進之點。此種小問題比較其他大工業，似屬不值一笑。惟因其不值一笑，所以無人肯提出討論，而許多印刷業經營者，也就故步自封，因循過日了。至於原料之漏卮與其他工業，所謂同病相憐，影響於國民經濟甚巨，特並附及之。

（註一）廣州實業界亦有合資籌設紙廠之說，地點擇定該市白鶴潭，本年底可以落成，明春出紙。（廿二，四，廿二，香港東方日報）

德國戰後工業，在國步艱難之中，力倡合理化運動，不惜於每種工業中，提出尋常所漠不關心，視為不值一笑之小問題，加以改革。其在印刷工業中，從字模，版式，機械，原料以至於管理經營，莫不以合理化為依歸。吾國國難當頭，民力日絀，單就印刷工業而言，人工及材料之浪費，出版及廣告之競爭，無法挽救。窮人而學富家子弟之闊綽，當省而不省，甯不可惜。雖然，倘以上幾個基本問題不能改進，則印刷業之合理化，亦只恐徒勞無功也。

參 考 材 料

賀聖露：三十五年來之中國印刷術(載在：「最近三十五年之中國教育」，商務出版)

賴彥于：三十五年來之歐美印刷術(全上)

王澹如：紙之自給方策(申報月刊二卷四號)

Heilmayer: Betriebsorganisation in Buch-druckereien, Verlag Julius Springer 1928.

揚子江上游水力發電勘測報告*

惲震 曹瑞芝 宋希尙

第五章 水力發電之規劃

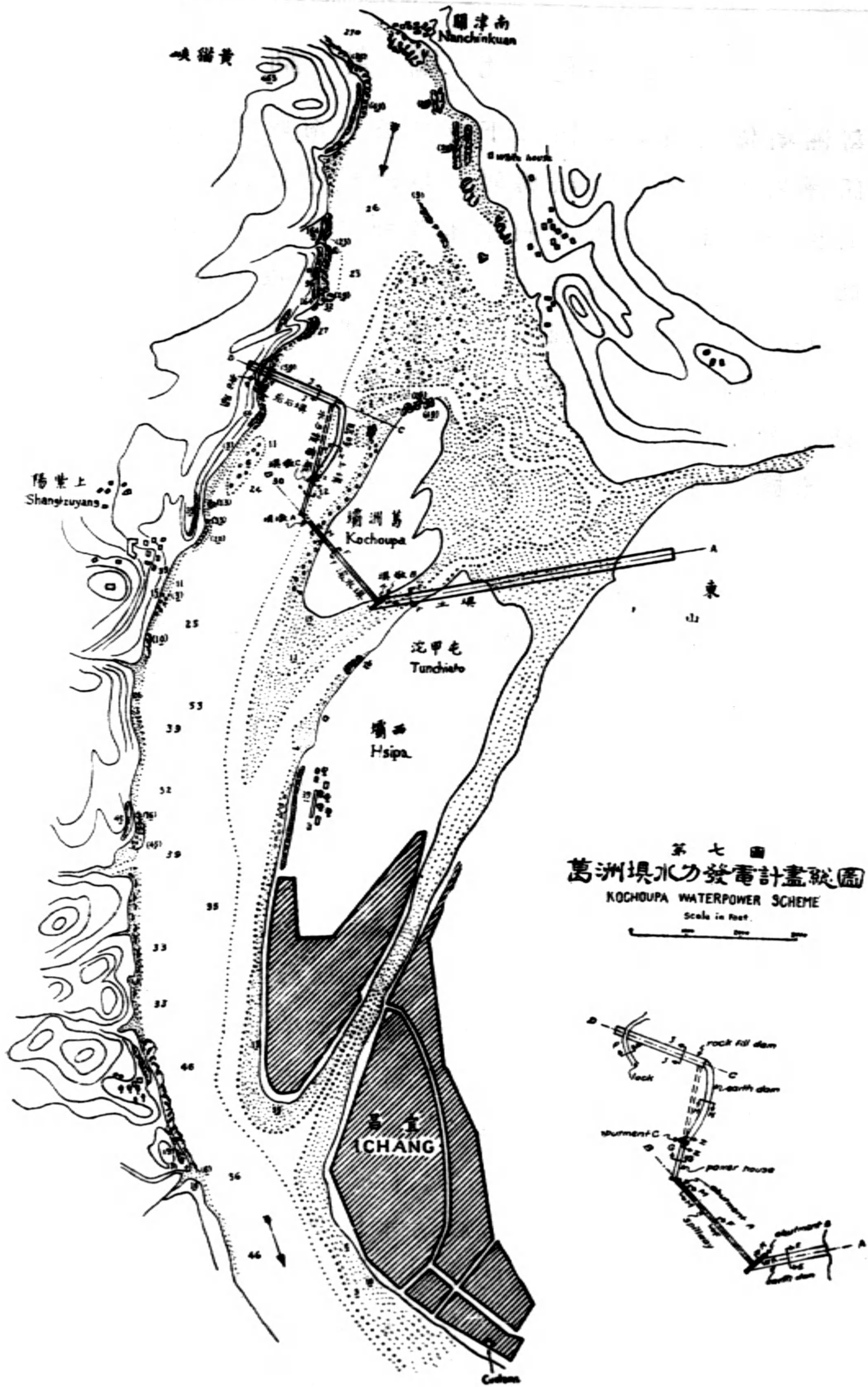
揚子江上游三峽之內，無論冬夏，隨處多有急流，以其水勢洶湧，恆為航運之梗，若欲就地擴大規模，利用水力，甚非易事，其重要原因如下：

- (一) 在此巨流之大江，攔河興築滾水壩，事實上幾不可能。
- (二) 峽內水面平均寬約430公尺(1400呎)，兩岸石山坡度甚陡，實無空地另闢引水道。
- (三) 三峽之內，水位改變甚大。宜昌上游自37至166公里間，低洪水位之差，約為32公尺(105呎)至59公尺(192呎)建築船閘發電廠等工程費用過鉅。

所幸宜昌上游，低巒橫伏，數見不鮮，若利用低巒為天然滾水壩，正流河槽用大塊岩石填塞，迫水流過滾水壩，提高水位，以利用水力，似較輕而易舉。茲將基本注意之點列下：

- (一) 宜昌為重慶漢口之中心，輪船往來，交通甚便，電氣事業易於發展，故選擇發電廠地基，以近於宜昌為最宜。
- (二) 天然低巒，須具有適當之高度，及堅固之基礎，且其長度，須足敷滾水壩或洩水道 (Spillway) 之用。
- (三) 發電廠須有適宜之進水池 (Forebay) 及洩水溝 (Tailrace)。

本此原則選得葛洲壩及黃陵廟兩地點，各有特長之點，茲將初步設計，分述於次。



一. 葛洲壩計劃

葛洲壩位於黃貓峽門口下游二公里,南距宜昌海關六公里,壩基係礫岩 (Conglomerate),結構頗堅。以故揚子江甫出峽門,葛洲壩適當其衝,經數千年之大冲刷,卒未改變其形狀。壩之頂面,地勢平坦,約高於宜昌海關水尺零點 15 公尺(49呎),形成勾股(弦接大江,弦之長約 1220 公尺(4000呎),面積約六頃。似此情形,不惟葛洲壩可利用作滾水壩,而壩之西邊順接揚子江,安設發電廠,亦甚相宜。茲將研究結果列下:

- (一) **水頭之規定** 查葛洲壩基礎礫岩,北高而南低,北端礫岩露頭,高約 15 公尺,及至南端降下地面 3.5 公尺。因滾水壩址略近南端,遂暫定壩高為 12.8 公尺(42呎), (以宜昌海關水尺為標準)。查發電廠之電力,以維持常量為最善,即水輪之速度應為恆數。換言之,同一水輪,同一水量,尤須有同一之水頭,方可維持其一定之速度。然在宜昌之揚子江流量,自最小每秒鐘 3500 立方公尺,至最大 65000 立方公尺,終年改變,無時或同,且洪水之際,最高水位高於水尺零點 16.3 公尺, (53.3呎),葛洲壩洩水道高度僅 12.8 公尺(42呎)即洪水時壩之下游水面淹沒壩頂 3.5 公尺(11呎)。在此情況之下,冬日低水固有水頭 12.8 公尺(42呎),若當洪水,水頭自必減少,欲維持一定水頭,須將滾水壩上洩水道之寬度縮短,使上游水位增高,至與下游水面成 12.8 公尺(42呎)之水頭為止。

依各種水位(洪水位, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{1}{4}$ 水位)之計算,(計算從略)洩水道寬度 510 公尺(1670呎),無論水位改變至如何程度,其上下游水位之差,恆為 12.8 公尺(42呎)即以此數為計算電量之水頭。

- (二) **發電能力** 依以上規定之水頭,并假定水力發電總效率為 73.7%, 算出各水位之電量如下:

水位(以宜昌海關水尺爲準以呎計)	流量(以每秒立方公尺計)	電力(以瓩計)
53.3 (16.3 尺公)	65,000	6,040,000
40 (12.2 ")	45,000	4,150,000
27 (8.2 ")	26,600	2,445,000
12 (3.7 ")	10,350	956,000
0	3,500	324,000

依上表計算最高洪水時雖可發生電力6,040,000瓩,但數十年不一見,決難利用。40呎之水位,一年中僅數日。27呎之水位,可發生2,445,000瓩,平均亦僅每年三箇月,難以利用。12呎水位時,可發生956,000瓩,平均每年歷時約爲七箇月至八箇月,將來在需要時可以開發。若利用最低水位,即水尺零點,通年之中,無論何時,均可發生電力至少324,000瓩。本計劃即以此爲根據。

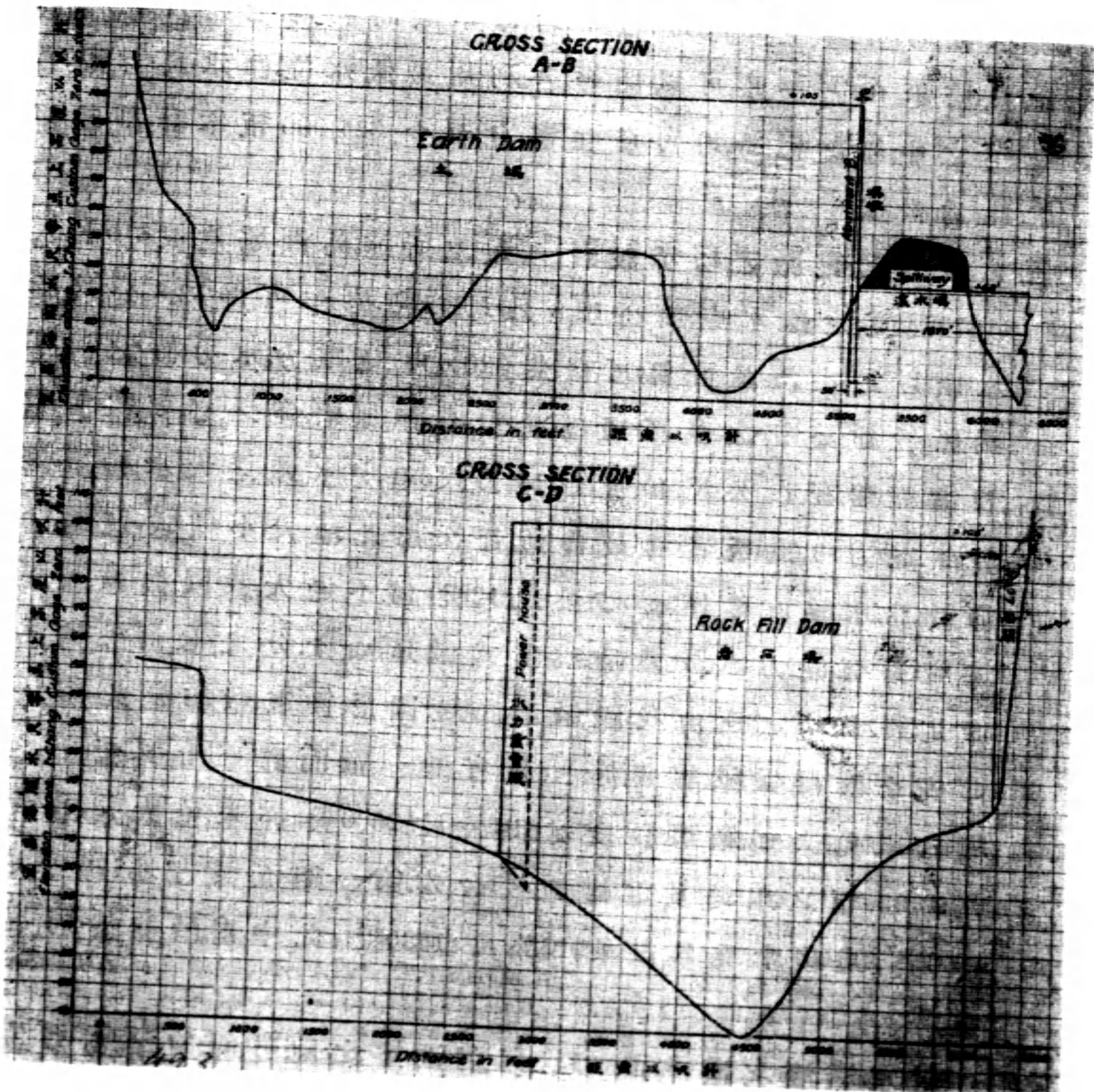
(三) **水力發電廠之初步設計** 如上所述,葛洲壩建設510公尺(1670呎)寬之滾水壩,頂高12.8公尺(42呎),終年可得12.8公尺之水頭,以最小流量計算,可發生320,000瓩電力。水力機之大小,關係於建築費之多寡與經濟,實有詳加研究之必要。據美國習慣經驗,在12公尺(40呎)至15公尺(50呎)水頭之大水輪,以能發生電力10,000瓩者爲最普通。若採用此種大小樣式,則照下節計算,水輪直徑僅有3.7公尺(12呎)尙不過大,我國機械製造工廠尙有能力設計製造,或照式做造,如十分之七由外國名廠定製,十分之三由我國做造, (俄國尼普電廠即是此辦法) 則安全既得保障,經費亦可節省。惟一廠而有三十具上下之機器,未免太多,廠房長度達610公尺(2000呎)亦未免太長,若改用20,000瓩之水輪及電機,似較合式,第一期五具占地170公尺(560呎),最後十五具占地510公尺(1680呎)。此中斟酌,煞費周章也。

(四) **滾水壩洩水道 (Spillway)** 以葛洲壩之地勢而論,滾水壩位

置,應順島之長度建設,若以水力情形而論,則以橫斷面勾弦(如第七圖所示)為佳。因當洪水之際,滾水壩上有 12.8 公尺 (42呎)之水頭,以65,000秒立方公尺之水量,居高臨下,勢如建瓴,離壩之後,非有相當之水程,不足以殺其勢。如第七圖設計之位置,水流經過滾水壩後,直流 1520 公尺 (5000 呎),方可達到西岸,故不至有害於航運。

第 八 圖

葛 洲 壩 實 測 斷 面 圖





(一) 宜昌東山下望西壩及葛洲壩附近地形全圖



(二) 黃陵廟壘石壩及水力發電廠地址全圖 (由北望南)

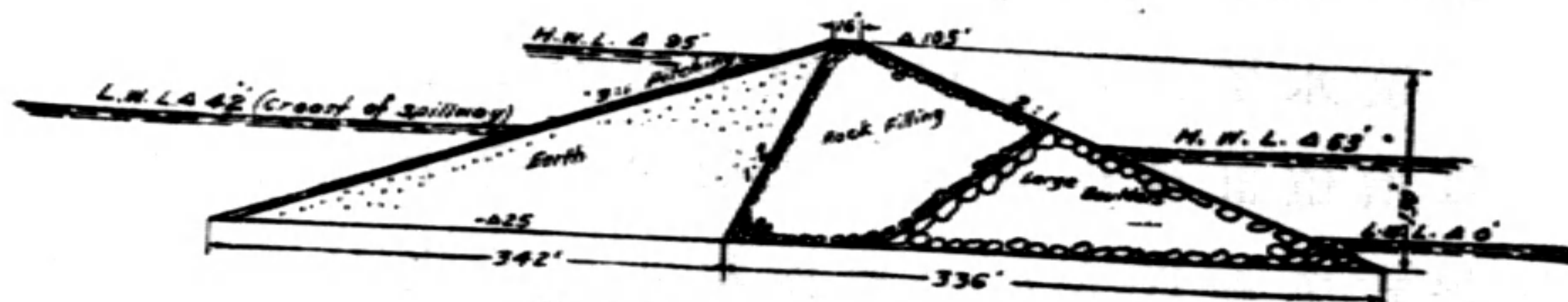


(三) 葛洲壩東面之狀況

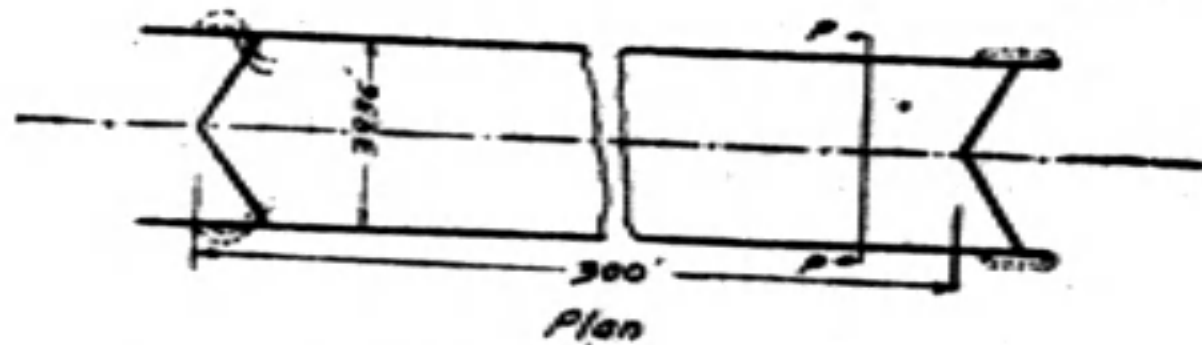


(四) 葛洲壩西面之狀況

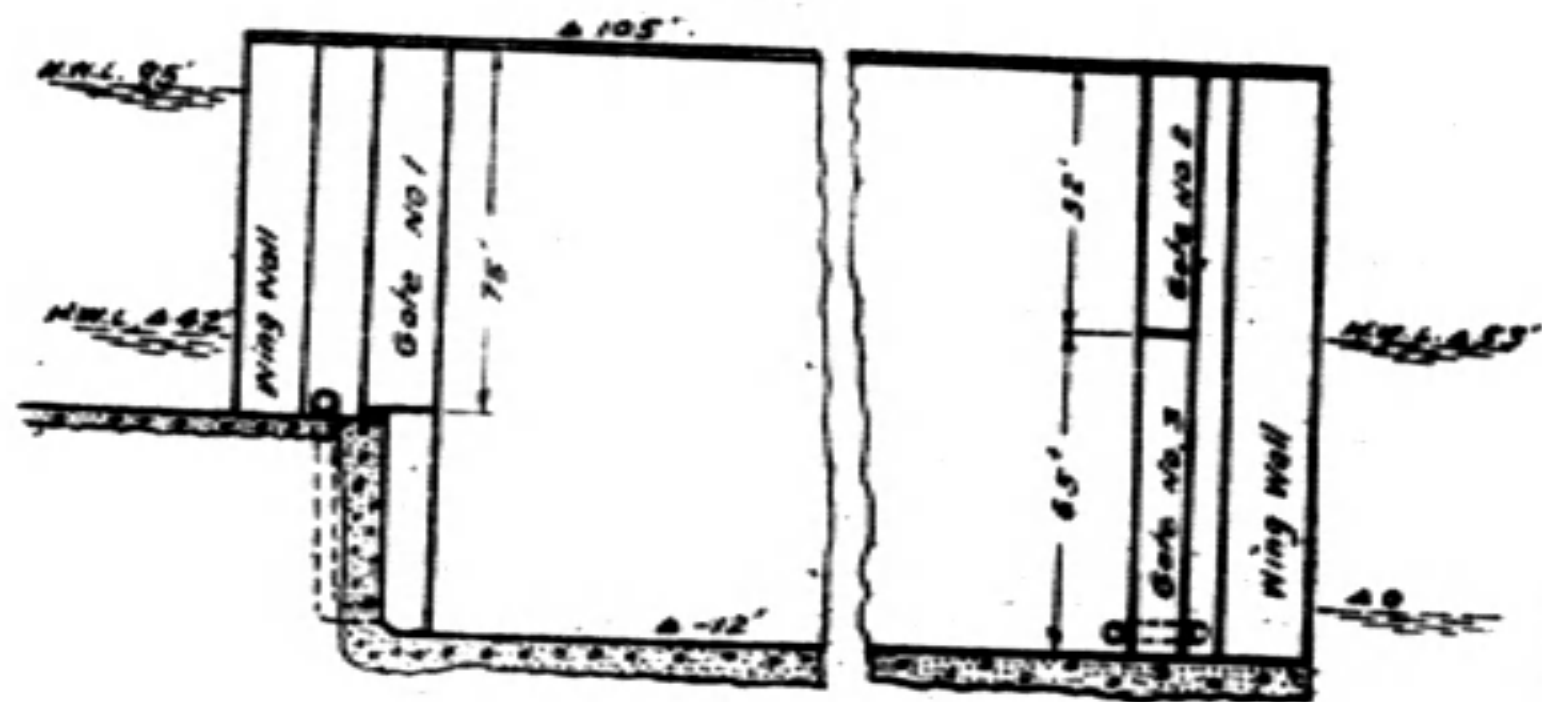
第九圖 葛洲壩初步設計圖



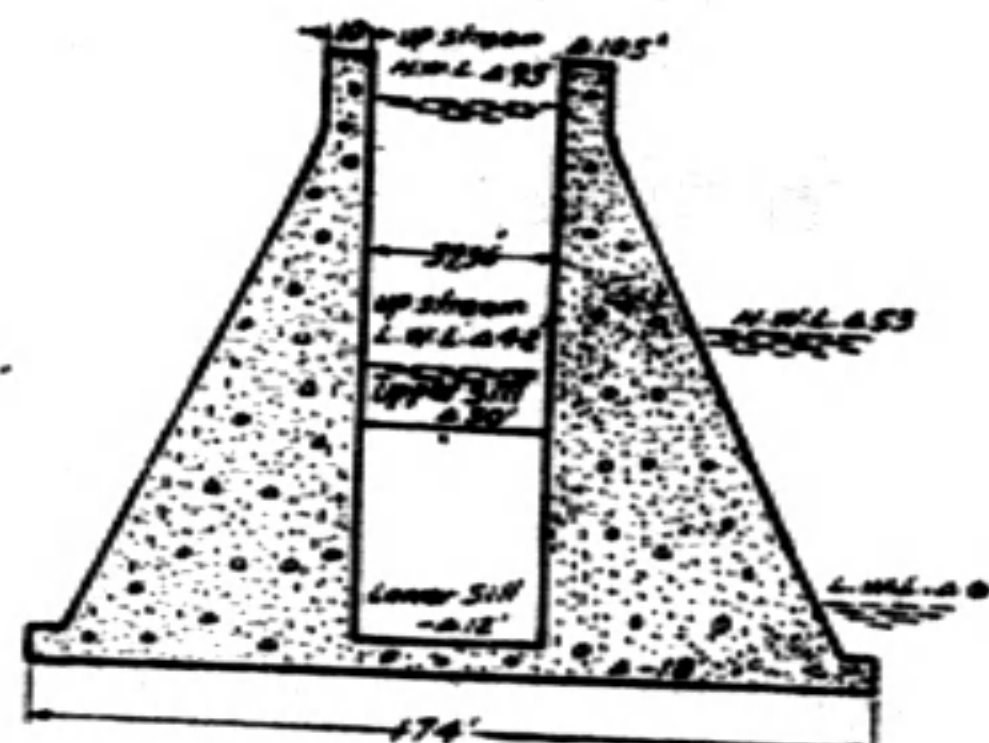
岩石壩 Rock Fill Dam (Section T-T)
Scale 1" = 60'



Plan

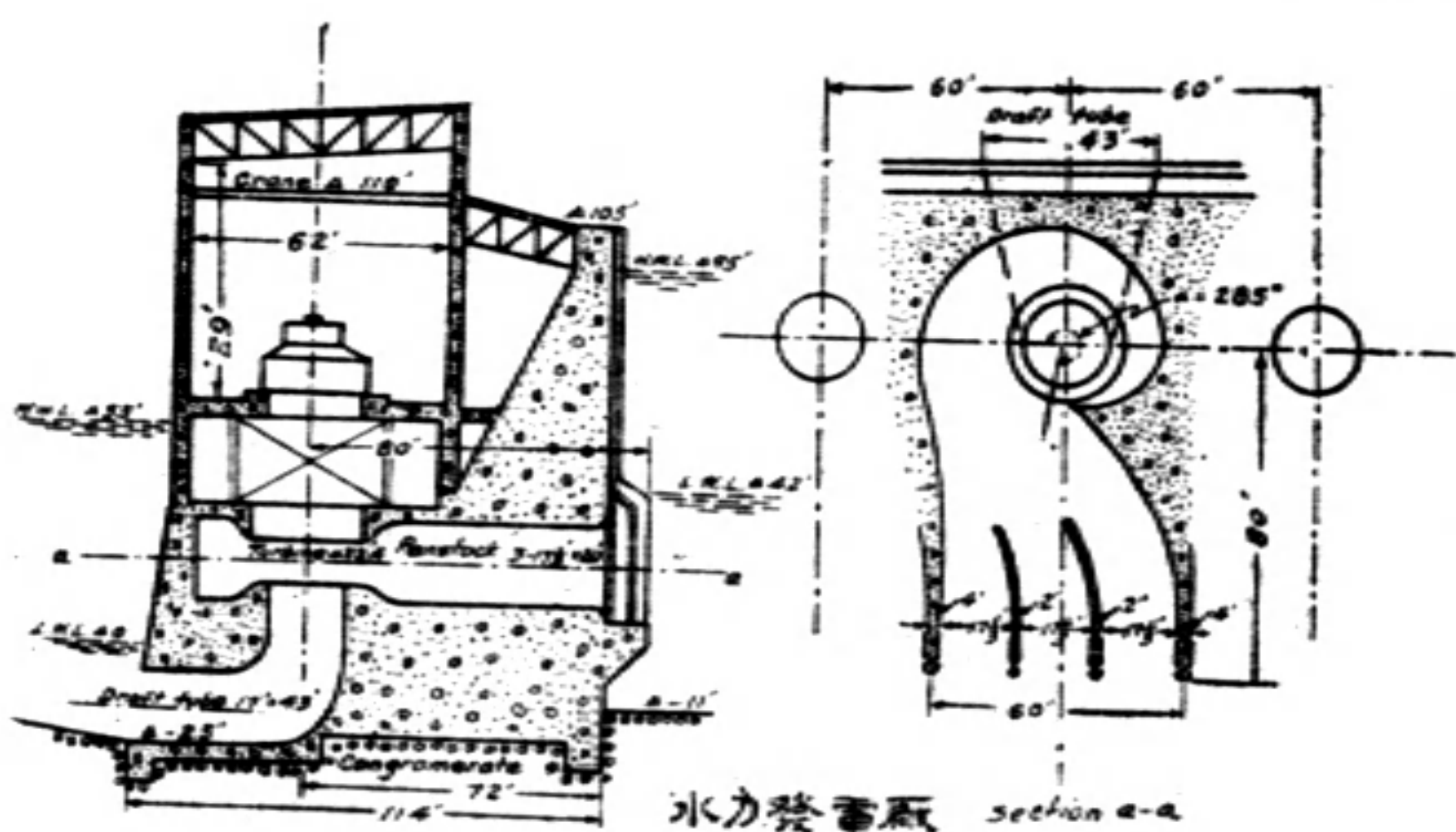


Longitudinal Section



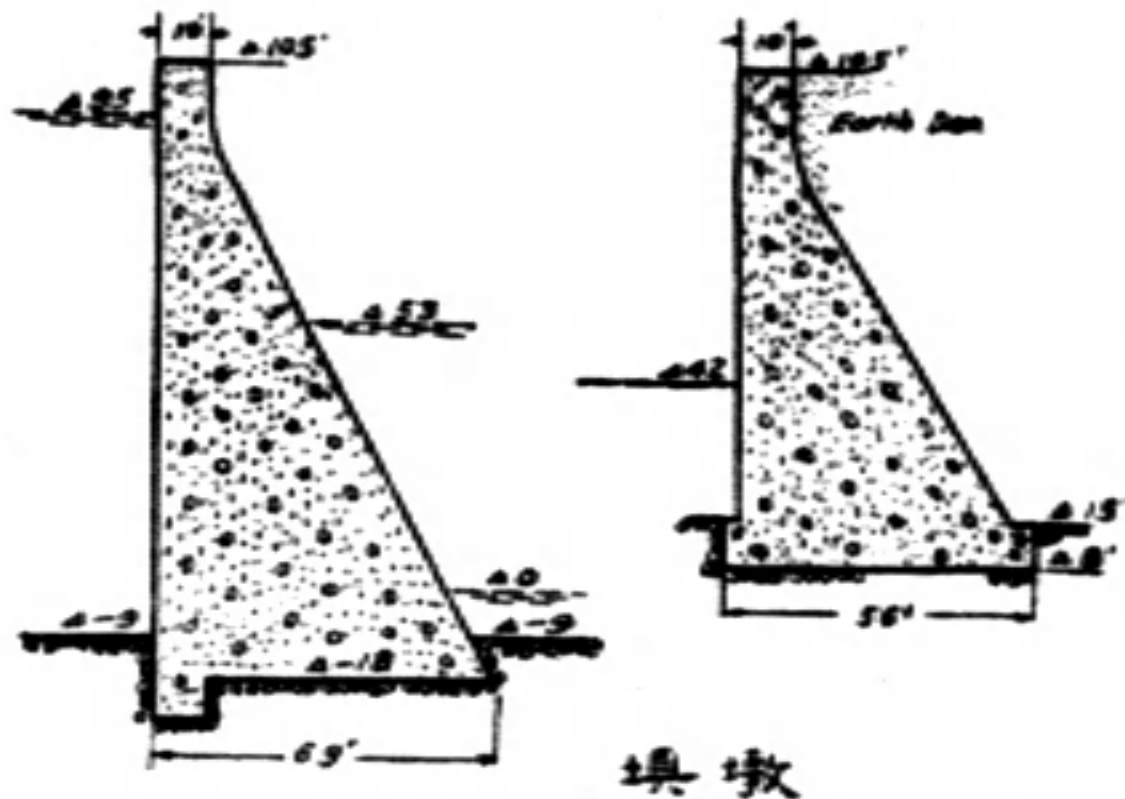
Section P-P

船閘 Lock (Scale 1" = 20')



Section G-G

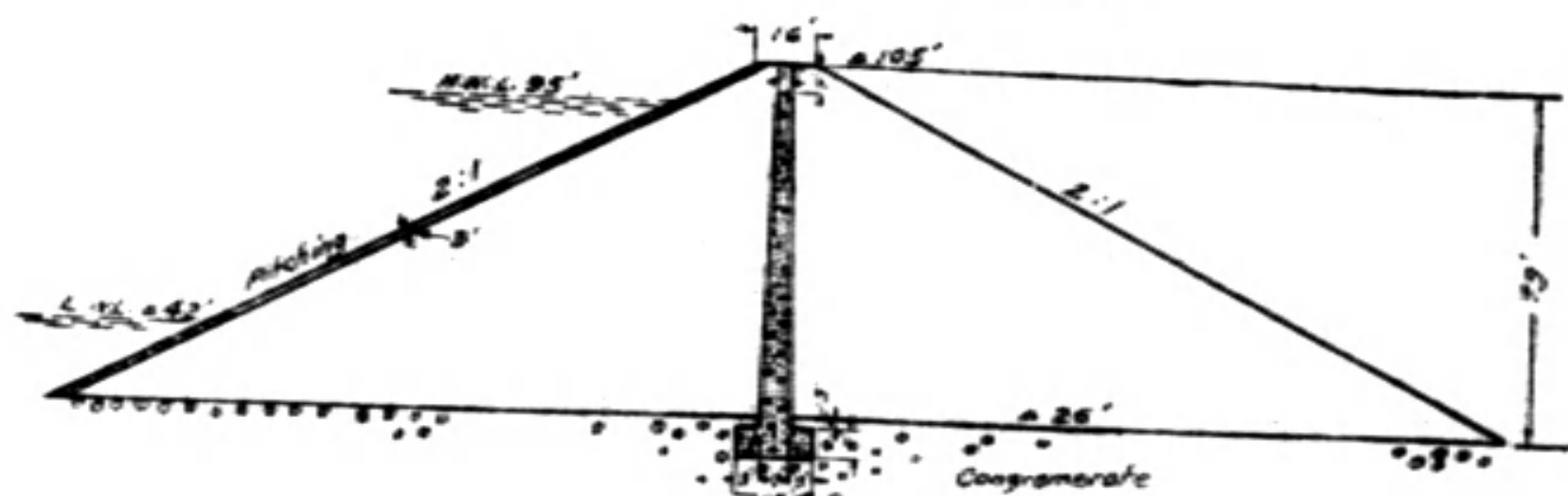
水力發電廠 section a-a
Power House
Scale 1" = 20'



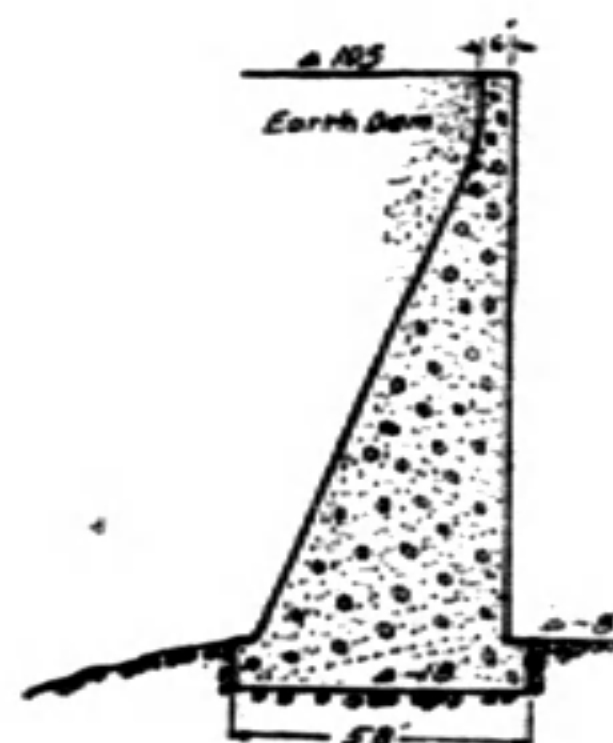
Abutment A
Section M-M

Abutment B
Section R-R
Scale 1" = 20'

填墩



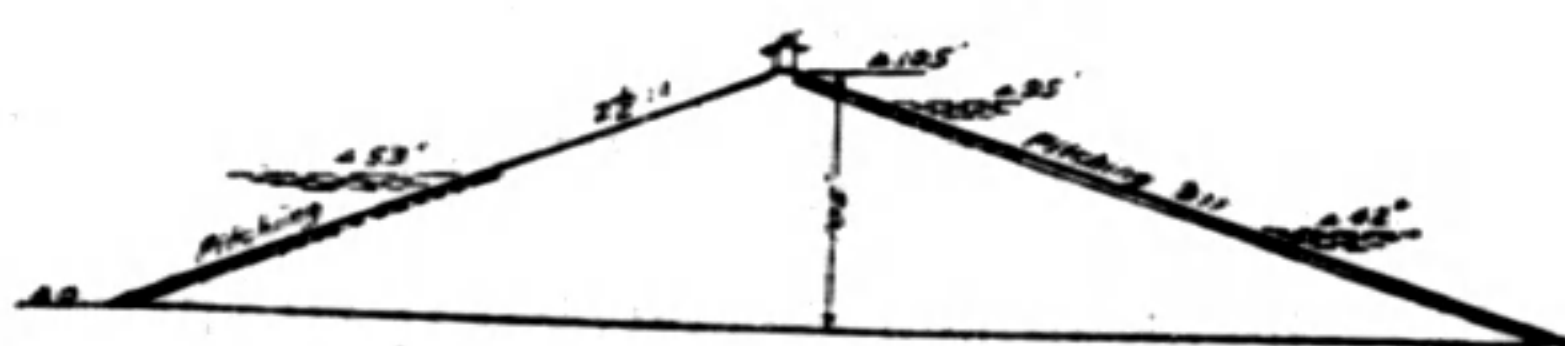
土壩 Earth Dam with Core Wall (Section E-E)
Scale 1" = 30'



Abutment C
Section N-N
Scale 1" = 20'



滾水壩
Section of Spillway
Section P-P
Scale 1" = 20'



土壩
Earth Dam
Section M-M
Scale 1" = 30'

滾水壩之本身，因未鑽探地層，地下情形尙不明瞭。茲爲計算價值計，暫作初步設計，如第九圖中，壩上滾水部分，取拋物線式，壩前近底部分，取擺線式。壩前底面須建至低水面 6 公尺(20呎)。壩前之礫岩須炸去，使低水時水流經過滾水壩後，易於從兩旁流洩。壩面須鋪花崗石，壩心砌以亂石，壩前礫岩如有鬆裂之處亦須用洋灰灌實，以防沖刷。

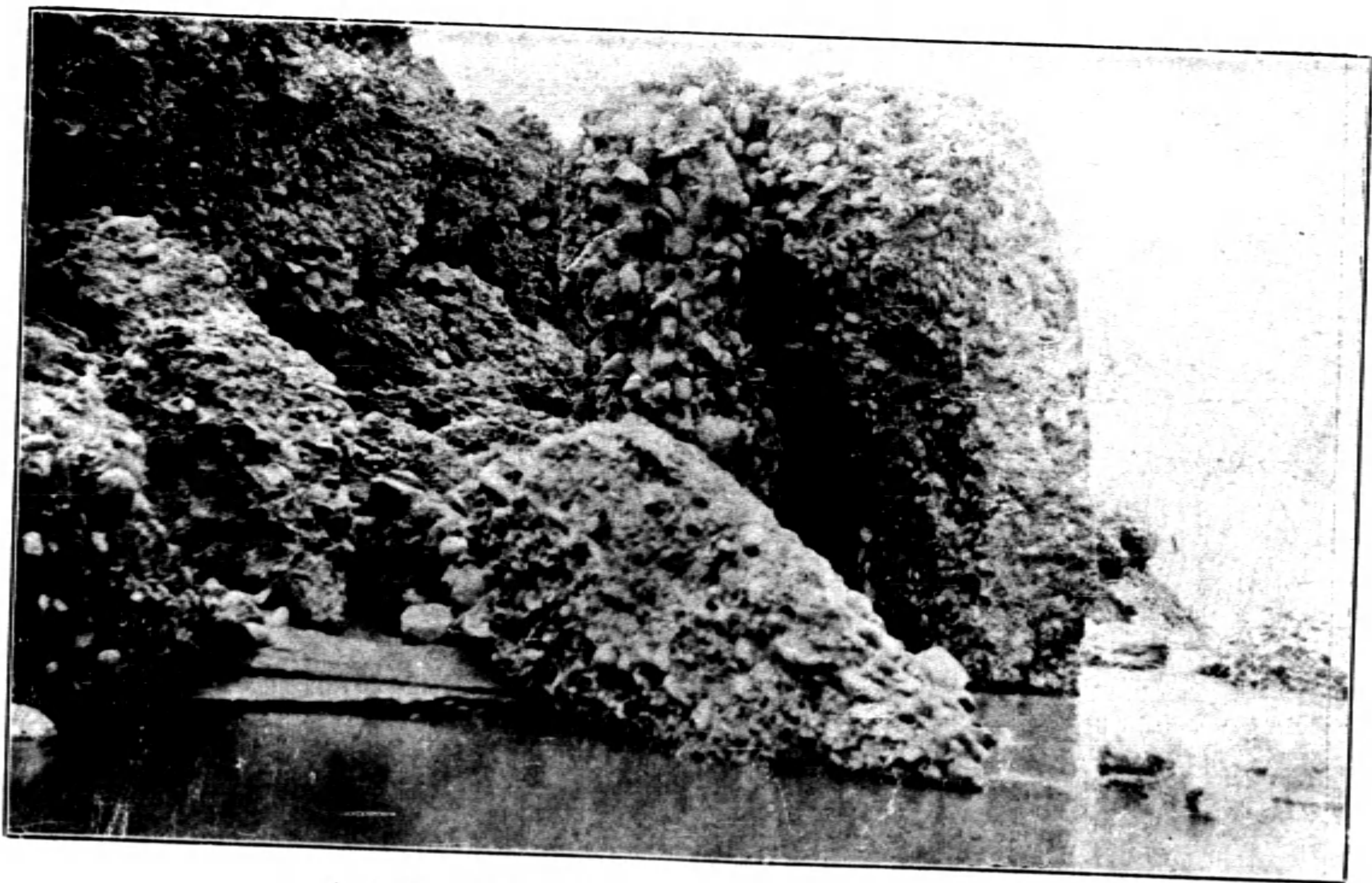
(五) 岩石壩 (Rock Fill Dam)

發電廠北端，須將揚子江河身用岩石填塞，方可使河水流經滾水壩。此處河寬，大水時約 610 公尺 (2000 呎) 最深之處，低水時約 21.5 公尺 (71 呎)。夫以揚子江巨量之水而欲用岩石填塞，自非易事。水位愈高，水勢愈急，推動之力亦愈大。究竟石塊大至何等程度，方可不至沖去，不可不一爲注意。據此次勘查所見，河道中堆積之大石塊，似可不至被洪水轉動者，其重量約在一噸半以上。又查美國加省 ES Condido Dam 亦爲岩石壘成，高 23 公尺 (76 呎)，底寬 43 公尺 (140 呎)，頂寬 3 公尺 (10 呎) 所用岩石，大塊者重至 4 噸。故本隊建議攔河填石，須先填大塊石重 2 噸至 4 噸。壘至高度 16 公尺 (52 呎)，使水由滾水壩流去時，方可用小石塊填壘上游之面，又須填土以防漏水。茲定壩頂高度 32 公尺 (105 呎)，寬 5 公尺 (16 呎)。下游之面，壘石坡度 1:2，填土坡度 3:1。其他設計如第九圖。

(六) 船閘 宜昌重慶間之交通，端賴航運，今欲填塞揚子江，則船閘之建設，實爲必要。查此段往來輪船，最大者 65 公尺 (215 呎)，吃水 2.7 至 3 公尺。勘查之際，曾詢當地中外航行專家，數十年後，此段往來輪船，有無改大之可能，俱云事實上頗難實現，遂規定船廂長 91 公尺 (300 呎) 寬 12 公尺 (39.36 呎) 引水道約 305 公尺 (1000 呎)。閘門分上游下游，上游閘門高 23 公尺 (75 呎)，門頂高於上游洪水位 3 公尺 (10 呎)，門限頂面，低於上游低水位 3.7 公尺 (12 呎)。下游下閘門高 20 公尺 (65 呎)，門限頂面，低於下游低



(五) 葛洲壩南面滾水壩下游之狀況



(六) 葛洲壩之礫岩



(七) 葛洲壩上游之南津關黃貓峽口



(八) 葛洲壩上游十裡之燈影峽

水面3.7公尺(12呎)。閘墩頂面,高于下游低水位32公尺(102呎),頂寬3公尺(10呎)。上游閘墩高23公尺(75呎),下游閘墩高35.7公尺(117呎),閘墩底寬20公尺(60呎),其他尺寸詳第九圖。據山東小清河船閘設計經驗,閘墩高度在9公尺以上板牆式(Counterfort Type)較實體式(Solid Type)為經濟。茲為初步計算建設費,故取實體式。

低水時期,下游上閘門開置不用,僅用上游及下游之下閘門。如上游低水位長高至3.4公尺(11呎)以上,則下游之上下二閘門須同時并用。所有閘門俱用鋼製。每門共重179,544磅。

(七) **土壩及壩墩** 葛洲壩正東,有山水溝一道,近葛洲壩時,分二叉道,此二叉道之間,隆起成坵,即西壩是也。(參閱第七圖)叉道之口,雖高于揚子江低水面,而葛洲壩建壩後上游之水面高遠在其上,故須於滾水壩東端向東橫建土壩一道,頂高與岩石壩同,寬4.9公尺(16呎),上下游坡度均為2:1,上游之坡,用塊石鋪面,以防沖刷。壩之中心,須建混凝土壩心牆(Core wall)以免水之滲透,危及壩身。其各部尺度詳第九圖。

土壩滾水壩發電廠岩石壩相連之處,須各建極堅固之壩墩(Abutments),其計算與發電廠擋壁同,分A, B, C三壩墩,如第九圖。

(八) **回水曲線 (Back Water Curve) 及淹沒情形**

葛洲壩計劃完成後,其回水曲線影響如何,不可不加以研究。惟此次勘測,僅測得揚子江橫斷面二處,一在葛洲壩,一在黃陵廟附近,而揚子江河槽在葛洲壩以上,極不規則,所測之斷面,不足應用,不得已依照海關揚子江上游圖所量得之平均河寬,假設橫斷面底線為拋物線式,并以法國海軍所測之河深,定各段之橫斷面。

根據推算結果,回水曲線在低水時影響于葛洲壩上游者83.5公里,洪水時僅54公里,因洪水水面坡度較陡故也。控

嶺灘為三峽內低水時極危險之急流，葛洲壩建壩後，該處加深 8 公尺，可以化險為夷，至低水時淹沒農田，除葛洲壩六頃外，尚有南津關，白房子，及山水溝等處，以目力觀察，約有二十頃。最大洪水時期，淹地面較多，然為時僅數日，無足輕重也。

(九) 基礎岩質 葛洲壩基礎岩質之為礫岩，已詳第四章。查美國加州 Francis Dam 於 1928 年沖毀，據當日各工程師查驗報告，壩基岩質一部份為礫岩，內含陶土及石膏，陶土見水軟化，石膏溶解於水，以致負荷力減少，終歸失敗。茲據中央大學地質學系鄭厚懷教授觀察葛洲壩礫岩標本，并無上述情形，惟地下岩層有無節理及滲透層，則須待鑽驗後始能斷言耳。

(十) 價值之估計 前述葛洲壩計劃，常年可發生電力 320,000 瓩，茲為安全計，取 300,000 瓩為該計劃完成後之總容量。擬分三期建設，第一期發電 100,000 瓩，其餘二期，每期加添 100,000 瓩，其建設費，分期估計如下：

第一期	\$ 33,973,800
第二期	\$ 21,158,000
第三期	\$ 21,610,000



以上估價，係按照當地情形，并參酌過去經驗規定。惟水力發電設備之單價，普通以馬力為標準，據美國巴魯氏 (Barr, rws) 所著之水力工程學，機器設備每馬力平均美金二十五元，以四元折合，為華幣一百元。

二. 黃陵廟計劃

宜昌上游20海哩至30海哩腰站河一帶，有花崗岩低巒多處，皆有用作滾水壩之可能。此次初勘所選地點，在黃陵廟附近，故取該處作初步之設計，以與葛洲壩計劃相互參證。

黃陵廟之滾水壩，以地勢言之，應定高度為20公尺(65呎)，(高於該處低水面如洩水道寬度213.5公尺(700呎)即可通年得20公尺(65呎)水頭，無論何時，至少可發生電力五十萬瓩。茲為與葛洲壩計劃互相比較起見，開下7公尺(23呎)，使高度變為12.8公尺(42呎)，與葛洲壩計劃情形相同，水頭亦為12.8公尺(42呎)。此種設計，初視之似覺開石費工太不經濟，然事實上填壘岩石壩，仍須就近開山取石，故雖鑿下7公尺，不為費工也。茲分別設計如下。

(一) 洩水道 (Spillway)

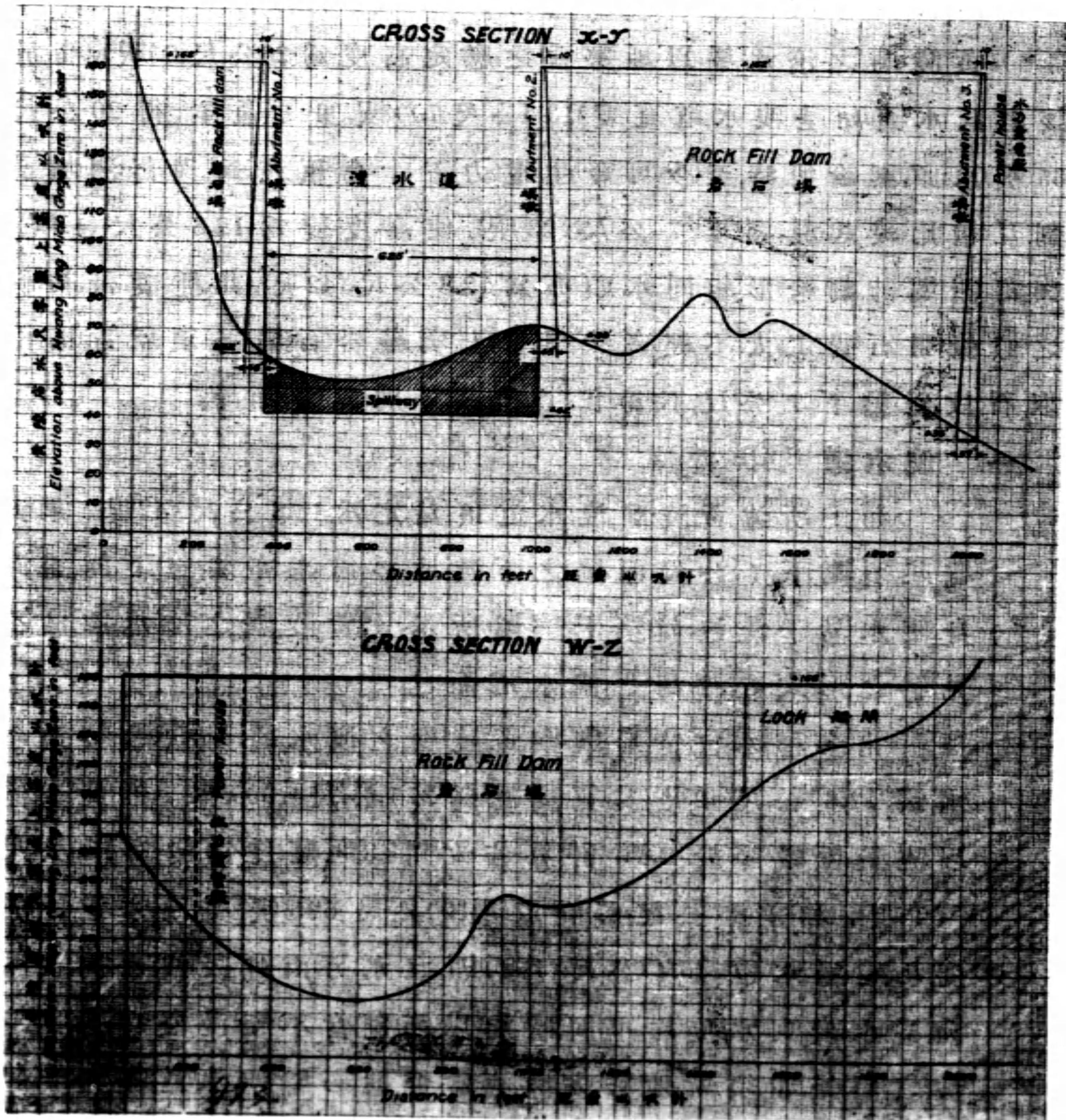
如上所述黃陵廟洩水道頂點定為12.8公尺(42呎)，非但壩基須開下7公尺，而壩之下游地勢尚高，亦須向下開通河身，使水易于流洩，如第十一圖所示，故黃陵廟之滾水壩，已不見壩之形式，直可謂之洩水道而已。

由各種水位情形觀察，黃陵廟之洩水道，如欲維持通年水頭12.8公尺(42呎)，其寬度應為275公尺(900呎)。惟此數係以流量恆數等於2.64計算，若改用3.8則寬度當變為190公尺(625呎)，相差85公尺，似宜取用190公尺(625呎)為洩水道之寬度，凡超過水位46.4公尺(152呎)之水，另由虹吸洩水門洩去，如是水量與水位均可同時加以節制，當不至漫溢為患，又坦坡之傾斜，亦須就地勢安排適當，否則影響洩水道流量，仍不

能得一定之水頭也。

當洪水之際,洩水道內水之平均流速雖為每秒鐘6.7公尺(22呎),而最大流速或可超過每秒鐘15.3公尺(50呎),幸石質為花崗岩,對此流速,自不發生問題,惟花崗岩與墻墩相接之處,須特別加以保護,否則逐漸沖刷,勢非沖毀不可。

第 十 一 圖
黃 陵 廟 實 測 斷 面 圖





(九) 黃陵廟滾水壩及水力發電廠地址全圖 (由南望北)



(十) 黃陵廟滾水壩地址



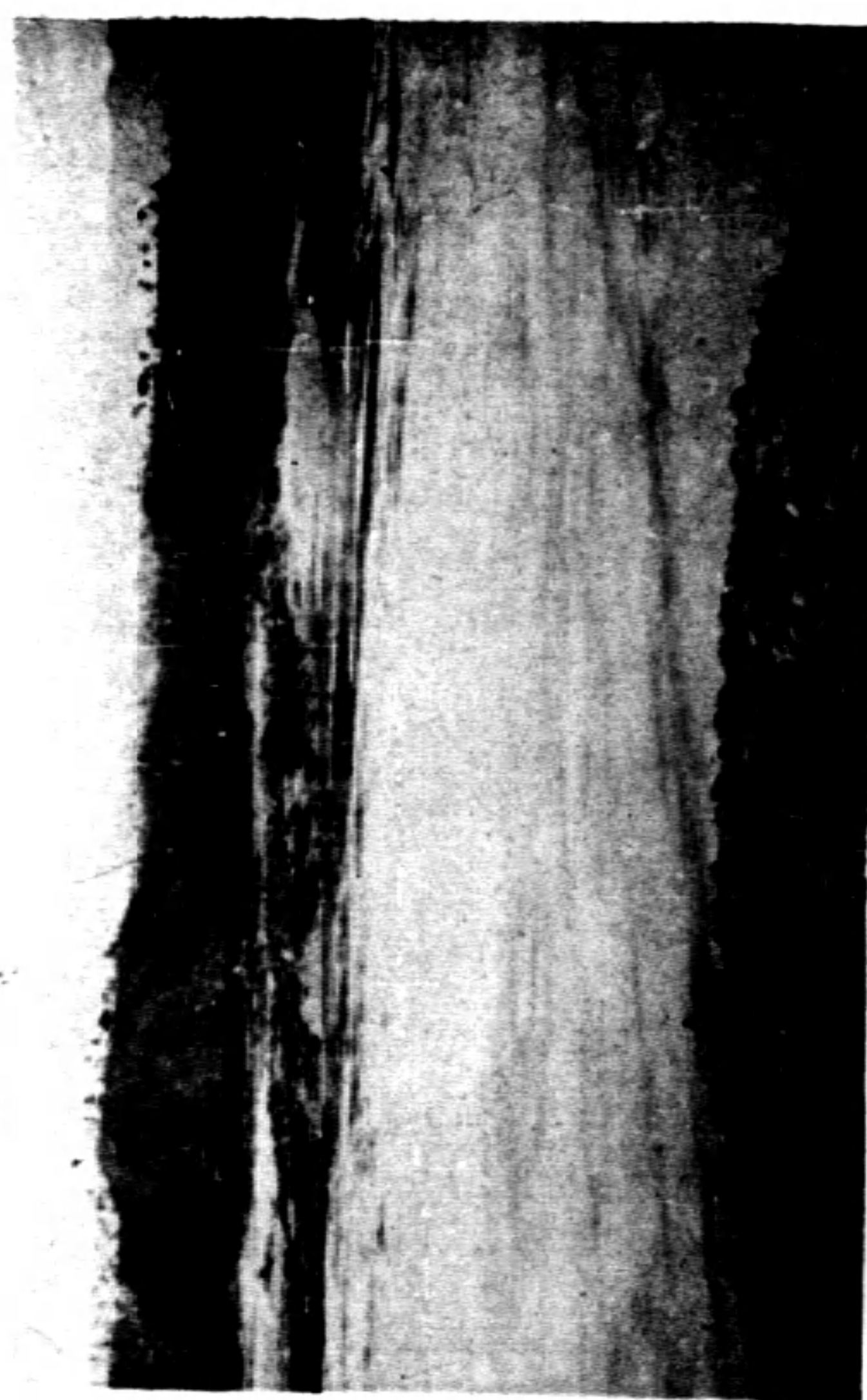
(十一) 崆 嶺 灘



(十二) 黃陵廟滾水壩毗連之地形

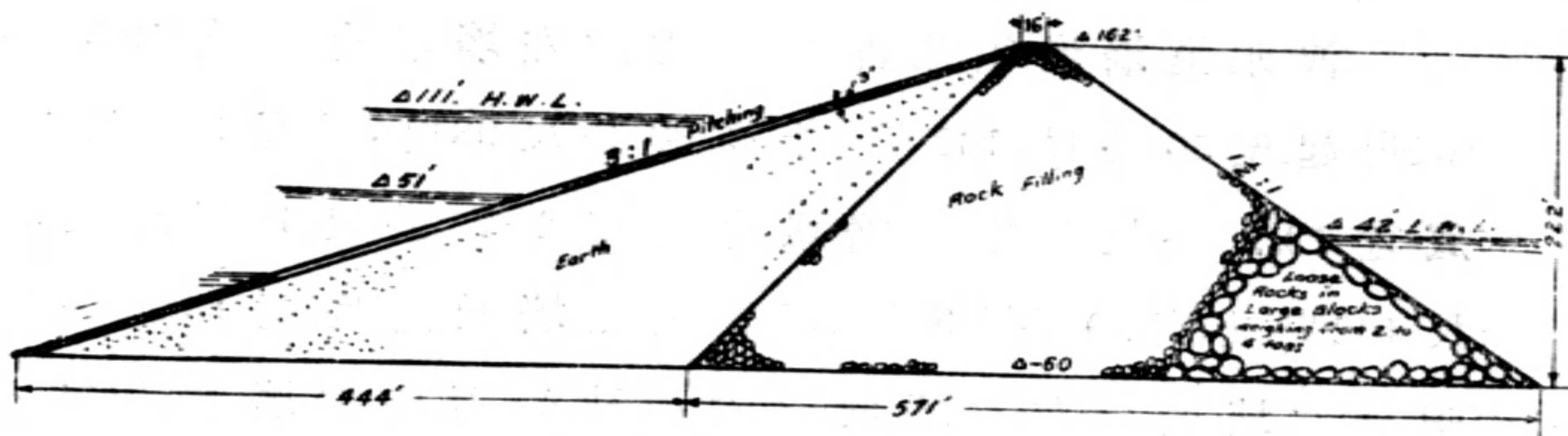


(十三) 黃陵廟腰站河一帶花崗岩之狀況

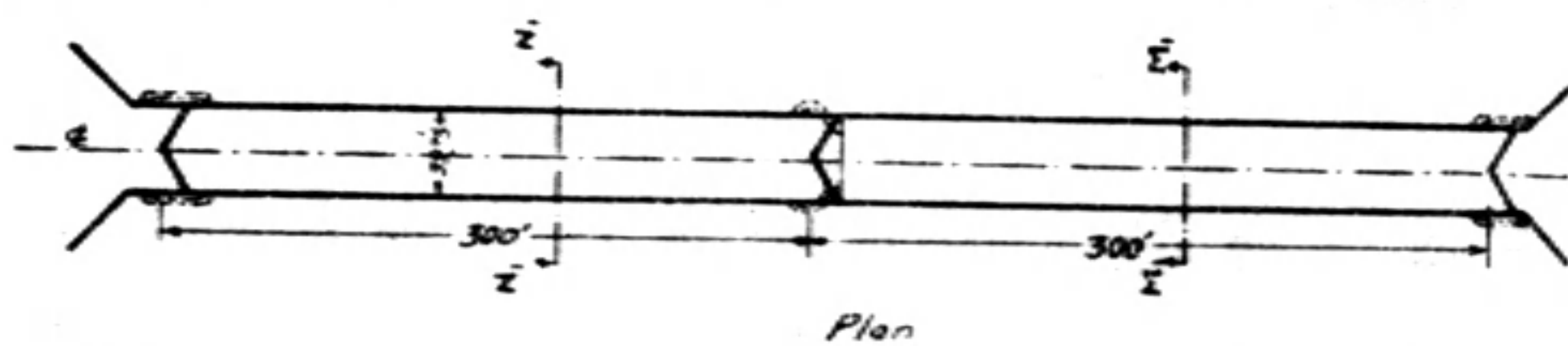


(十四) 黃陵廟壘石壩及水力發電廠地址(由南望北)

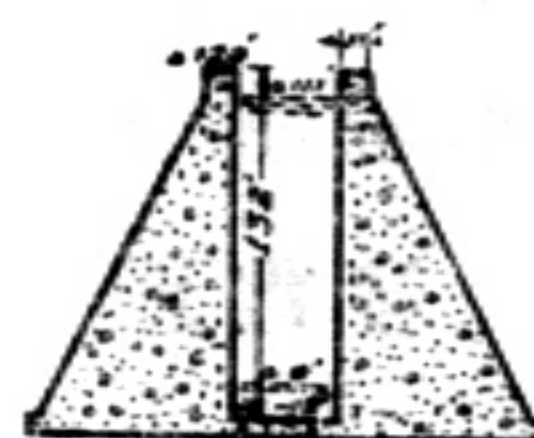
第十二圖 黃陵廟初步設計圖



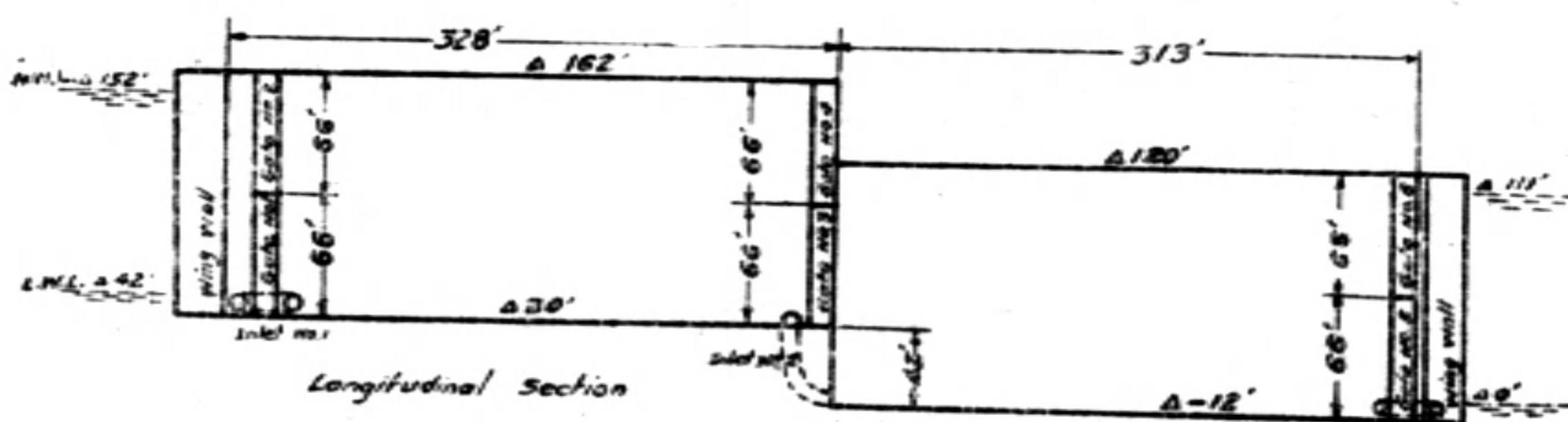
岩石壩 Rock Fill Dam (Section 9-9)
Scale 1" = 40'



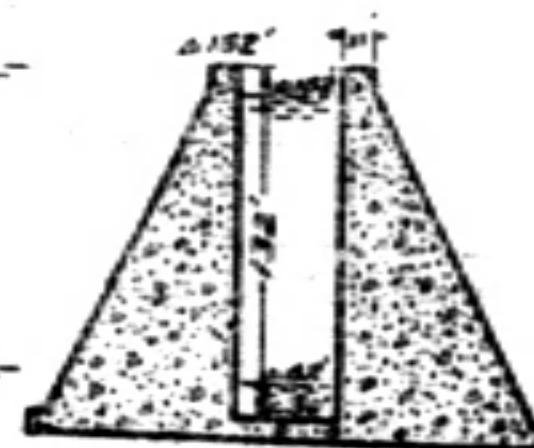
Plan



Section M-M

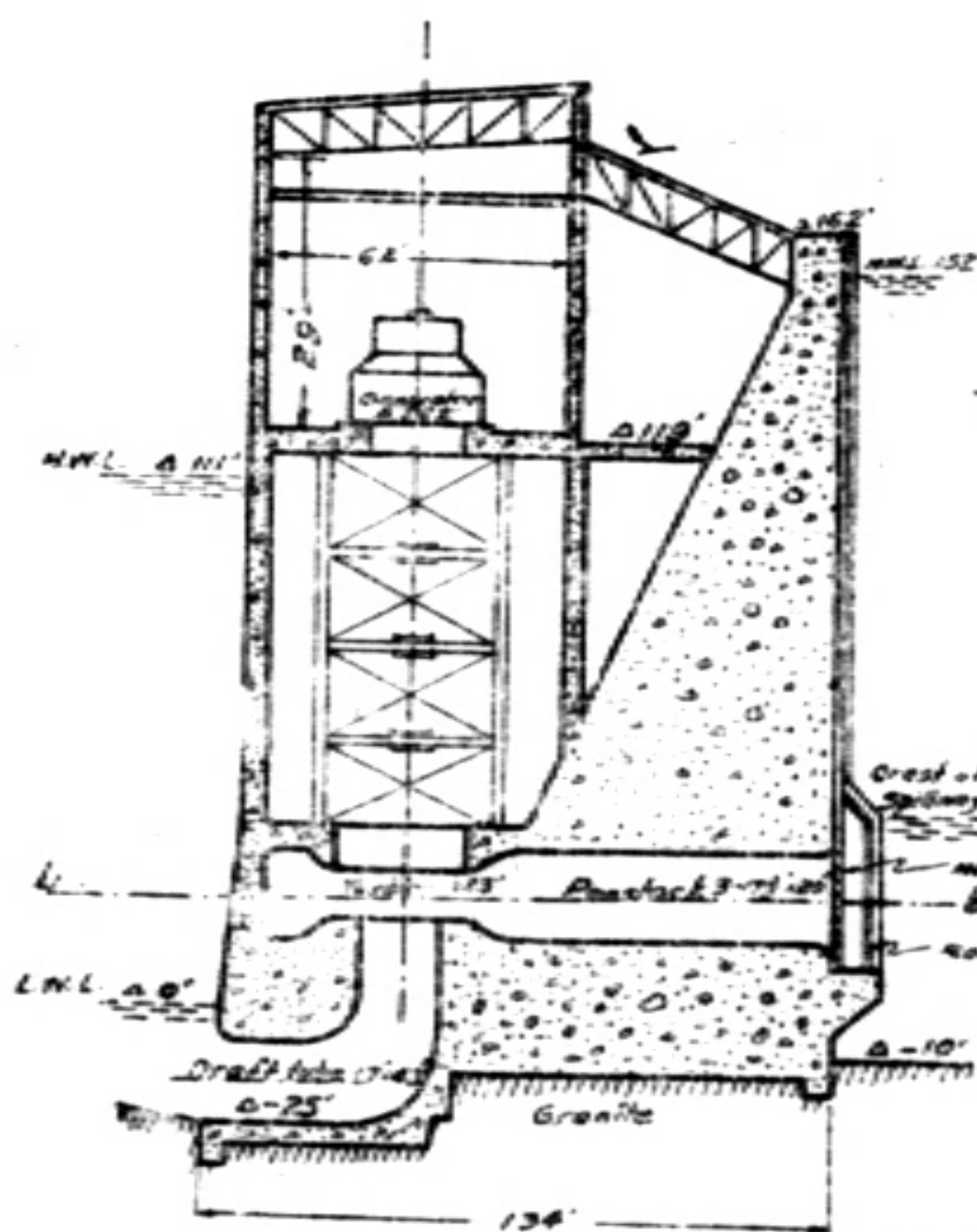


Longitudinal Section



Section N-N

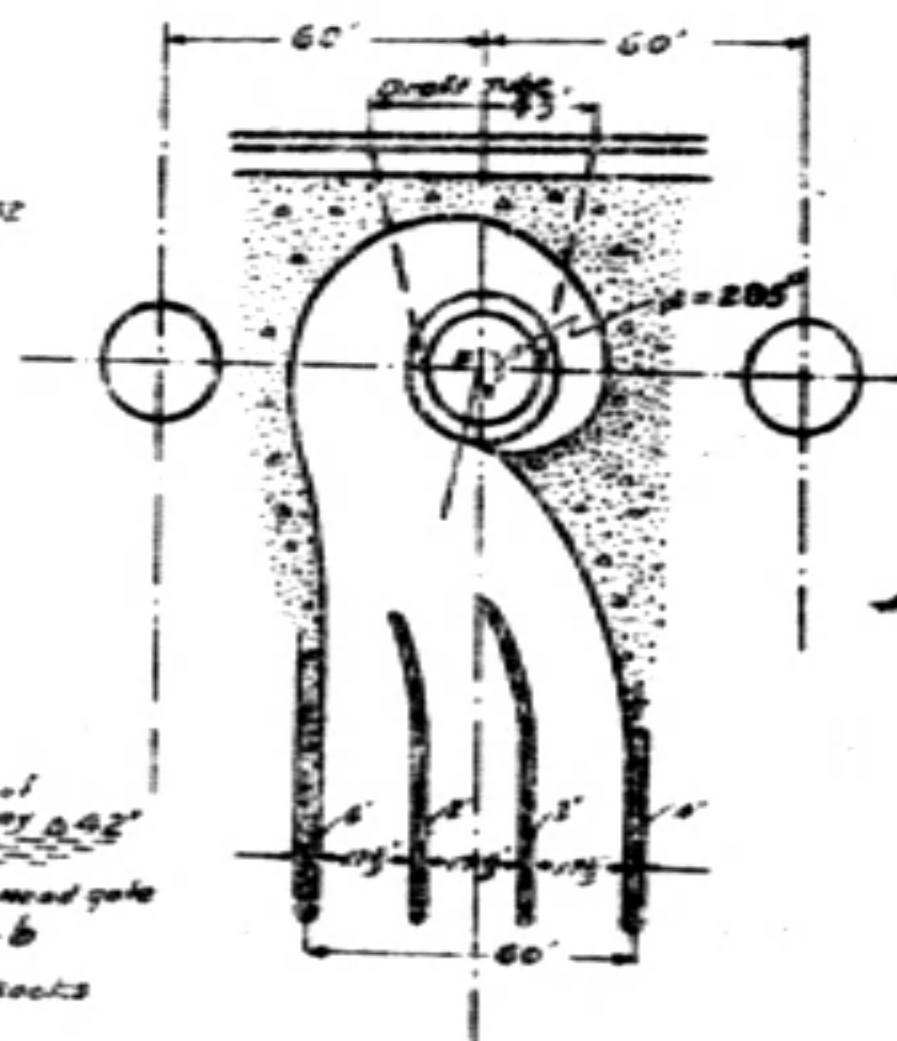
船閘 LOCK (Scale 1" = 40')



Section A A

水力發電廠

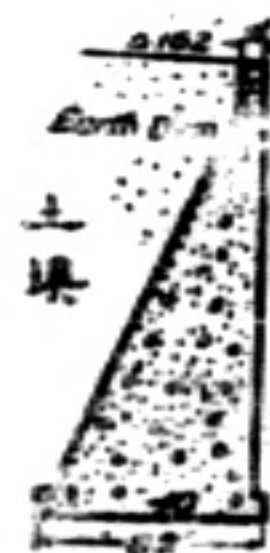
Power House scale 1" = 40'



Section b-b



小岩石壩

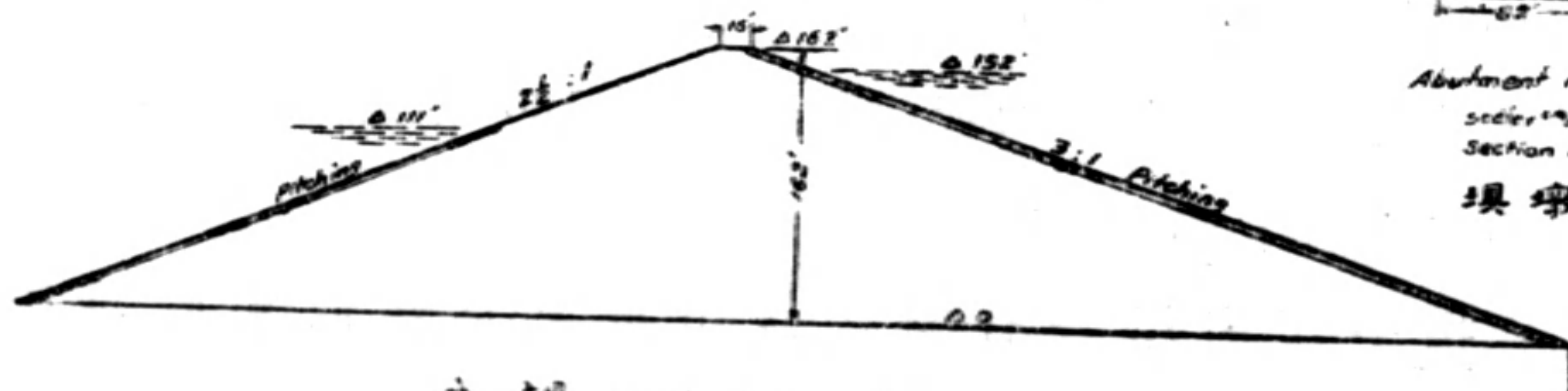


Abutment NO. 4

Scale 1" = 40'

Section 3-3

壩墩



土壩 Earth Dam (Section A-A)

Scale 1" = 40'

洩水道墻墩，須用混凝土建設。左墻墩自高度 19.5 公尺 (64 呎) 起，至 50 公尺 (162 呎) 止，高 30 公尺 (98 呎)，頂寬 3 公尺 (10 呎)，底寬 13.7 公尺 (45 呎)，右墻墩自高度 20.7 公尺 (68 呎) 起，至 50 公尺 (162 呎) 止，高 29 公尺 (94 呎)，頂寬與左墻墩同，底寬 13.2 公尺 (43 呎)。左墻墩之左，右墻墩之右，均建岩石壩。左墻墩之岩石壩，其左端連接山坡，右墻墩之岩石壩，其右端連接發電廠之墻墩，如第十一圖。

- (二) **發電廠** 黃陵廟之發電廠，因水頭水量，均與葛洲壩相同，其所生之電力亦相等，即水輪發電機進水道出水道之設計，均不變其尺度，所不同者擋壁之尺度，與房屋之高低而已。

擋壁頂面高度為 50 公尺 (162 呎)，寬 3.4 公尺 (11 呎)，底寬 27.5 公尺 (90 呎)，連出水道共長 41 公尺 (134 呎)。發電機須置於下游洪水水位之上，故設機地面定為 36 公尺 (119 呎)，輪軸長度約為 36.5 公尺 (120 呎)，以 13400 馬力計，其重量約為 76 噸，連發電機等約在 150 噸以上，故發電機與水輪之間，如第十二圖所示，軸上應有四箇承軸，另設鋼架支撐，以期安全。惟輪軸逾 30 公尺，終嫌太長，裝置稍有不準，運轉即多危險。如將發電機置於下游洪水水位之下數十英尺，機軸上加設防水裝置，牆壁加固，使不漏水，并備有抽水機，以防萬一，則機械方面減少許多困難，且最高水位，為日不多，儘可保障安全，似較長軸為勝。至移下究以若干公尺為最妥，則詳細設計時，可再行比較研究也。

- (三) **岩石壩** 發電廠上游之端，須攔河填築岩石壩，其各部之設計，與葛洲壩岩石壩同，惟因水位不同，尺度稍異耳。壩頂高 50 公尺 (162 呎)，寬 5 公尺 (16 呎)，底寬大石塊部份 76 公尺 (250 呎)，小石塊部份 98 公尺 (321 呎)，填土部份 136 公尺 (444 呎)，共長 310 公尺 (1015 呎)，詳第十二圖。

- (四) **船閘** 揚子江南岸岩石壩之接山坡處，為建設船閘地點。閘門之寬及閘廂之長，與葛洲壩船閘無異，惟洪水水位高達 33.

5 公尺 (110呎), 故有關係之部份其設計亦自有不同, 謹略述之:

黃陵廟之船閘, 因閘門之高在 53 公尺 (174呎) 以上, 似應建門三道, 分上下兩廂。上廂門限高度為 9 公尺 (30 呎) 高于低水位即低於上游低水位 3.7 公尺 (12 呎), 下廂門限高度為零下 3.7 公尺 (12 呎), 每道閘門建設上下二門, 各高 21 公尺 (66 呎)。低水時僅用第二道及第三道閘門之下門, 其餘之門開置不用。洪水之際, 除第一道及第三道閘門之下門, 可以不用外, 餘均按時開閉, 其餘尺度詳第十二圖。

(五) 價值之估計

黃陵廟水力發電廠及各建築物之工料單, 價與葛洲壩相同, 惟發電地點距宜昌用電處約 40 公里須另加輸電線路費約五十五萬元。所有各項估價, 約計如下:

第一期建設費	\$ 40,626,000
第二期	\$ 24,068,900
第三期	\$ 25,064,400

第六章 工程進行之步驟

上述葛洲壩及黃陵廟二計劃, 如決定可以擇一舉辦, 則第二步之進行, 即鑽驗與測量兩項工作, 茲分述於下:

(一) 鑽驗工作 葛洲壩地質係礫岩, 黃陵廟係花崗岩, 已如前所述, 而石層之厚薄, 構造之情形, 關係于全部工程之設計及安全, 至重且大, 不得不從事鑽驗, 以明究竟。茲建議在該滾水壩或洩水道水力發電廠土壩等地址, 共鑽十二孔, 最深達 30 公尺 (90 呎), 因低水時期僅三箇月, 鑽驗工作須於三箇月內完成。預計同時用三套鑽機工作, 每套鑽機分兩班人值工, 每日二十四小時可鑽深 0.5 至 1.0 公尺, 十五天鑽成一孔, 連安裝搬運, 三箇月可完成十二孔。其費用約計 64,000 元。

(二) 測量工作 此次測量純為初步工程之計算,故甚簡略,如欲詳細設計,須有精確測量,茲將關於設計所需各項測量詳圖列下:

(甲)自宜昌至葛洲壩上游一百公里五千分之一地形圖,其寬度,則葛洲壩以地面高於宜昌海關水尺零點上 33.5 公尺 (110 呎)為限,黃陵廟以高於該處水尺零點上 52 公尺 (170 呎)為限。

(乙)下列各建築物地址二千分之一地形圖。

- | | |
|-------------|-----------|
| (1) 洩水道或滾水壩 | (2) 水力發電廠 |
| (3) 船閘 | (4) 岩石壩 |
| (5) 土壩 | (6) 壩墩或壩墩 |

(丙)葛洲壩或黃陵廟上游一百公里內之揚子江橫斷面圖,暫定每公里測一斷面。

測量以上各圖,需用水準地形三角網各一隊,約四箇月測畢,預計測量費約需 98,000 元。(以上測量費,係按陸地測量估計,若地形部份用航空測量,則上述測量費,當可減省不少。又測量儀器如可借用,則購置儀器費約可省去 40,000 元。

第七章 電氣之用途

欲研究宜昌水力發電之電氣用途,必先考查其成本是否低廉合算。茲將葛州壩及黃陵廟兩計劃分別計算其各期成本如下表。

	甲種設計 葛洲壩			乙種設計 黃陵廟		
	100,000 瓩	200,000 瓩	300,000 瓩	100,000 瓩	200,000 瓩	300,000 瓩
送到宜昌之電力	100,000 瓩	200,000 瓩	300,000 瓩	100,000 瓩	200,000 瓩	300,000 瓩
建設費總額 (元)	34,000,000	55,000,000	76,000,000	40,000,000	64,000,000	89,000,000
每瓩之建設費 (元)	340	275	253	400	320	297
固定費用 1% (元)	3,740,000	6,050,000	8,360,000	4,400,000	7,040,000	9,790,000
維持費用 (元)	240,000	360,000	480,000	260,000	390,000	520,000

每年總費用(利息在內)	3,980,000	6,410,000	8,840,000	4,660,000	7,430,000	10,310,000
假定廠載因數=70%						
每年可發電度(千度)	613,200	1,226,400	1,839,600	613,200	1,226,400	1,839,600
每度成本(分)	0.65	0.52	0.48	0.76	0.60	0.56

(註) 普通電氣事業,其廠載因數(Capacity Factor)能有50%已可謂佳,此處因供給特種工業,其負載曲綫非常平衡,故可假定為70%又固定費用中假定8%為利息,3%為平均折舊率,合為11%

由上表,可見在第一期發展三分之一水力時,供電成本每度約在0.65分與0.76分之間,至第二期及第三期,最廉可至每度0.48分。假如第一期能發展二分之一最後容量,即十五萬瓩,或購機時金價略低,則成本又可減輕不少。同樣容量之蒸汽發電廠,成本約在一分半至二分之間,且每日需要燃煤至一千餘噸,其運輸即成問題。又同樣容量蒸汽廠之預備機器必較多,而修理費亦較鉅,決不能如水力廠之簡省耐久,一勞永逸。以此廉價之電,從事大規模之工業製造,似為新中國所不可少而又不能少之事業。

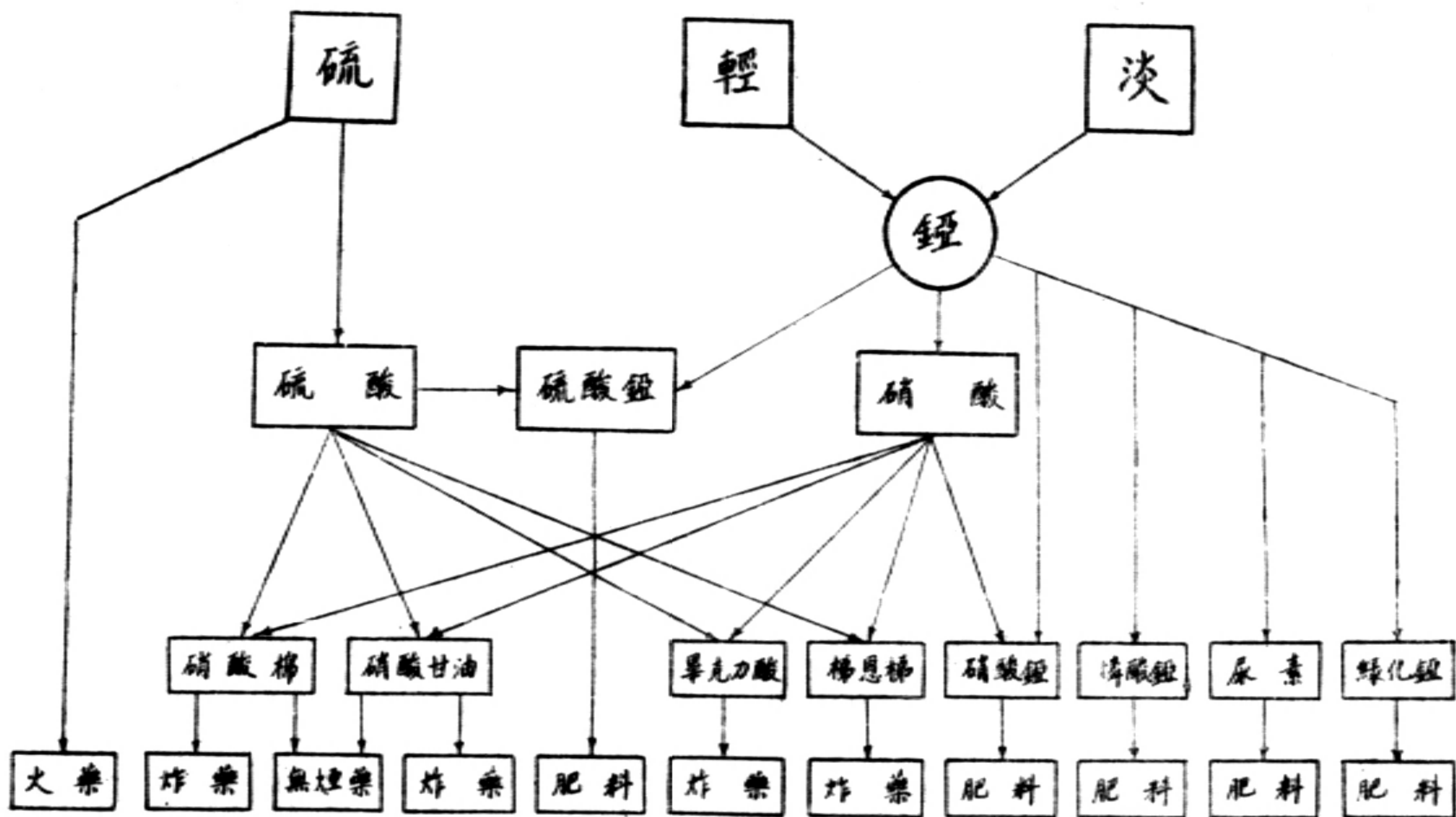
宜昌水力所可發生之電氣,天造地設,可以適應我國國防與民生之需要。國防所最需要之二物,厥為鋼鐵及淡氣,鋼鐵以製軍器與運輸工具,淡氣以製鎗藥及炸藥。鋼鐵為工業之骨幹,淡氣則為農業之新生命,同時又可輔助各種工業之進展。農田肥料如硝酸鈉 (Sodium Nitrate) 硝酸鈣 (Calcium Nitrate) 硫酸銨 (Ammonium Sulphate), 磷酸銨 (Ammonium Phosphate) 等,無一非淡氣化合物。我國產天然硝不多,僅河南東部商邱,柘城,鹿邑,永城,等十一縣,每年可產六百噸,無論用以製火藥或肥料,均屬不敷。硫酸銨肥料近年輸入我國,每年達二三百萬担,農人不知與自然肥料及其他磷肥合用,因此一部份江浙農田反受其害,遂有人謂人造肥料不可用,此誠可謂因噎廢食。蓋我國在今日,欲固國防,欲善民生,則火藥必須自造,肥料必須自造,所謂固定空中淡氣工業 (Fixation of Atmospheric Nitrogen) 亦必須自己辦理,此乃必然之趨勢也。

宜昌水電之用途,可以其重要性列舉如次:

- (1) 固定空中淡氣事業。
- (2) 其他各種電氣化學工業及製造事業。
- (3) 川漢鐵路之動力。
- (4) 輸送至沙市及漢口供給各種農工商鑛之需要。

一. 固定空中淡氣事業

淡氣事業與農業國防之關係簡明圖



固定淡氣之法有三,一曰電弧法 (Arc Process), 二曰精淡化鈣法 (cyanamide Process), 三曰氫化合法 (Synthetic Ammonia Process), 茲將世界現時淡氣之各種來源及產額分配列表如下:

一九二九年世界淡氣產額及用額表

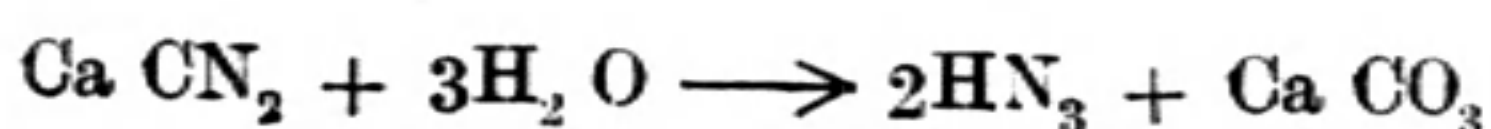
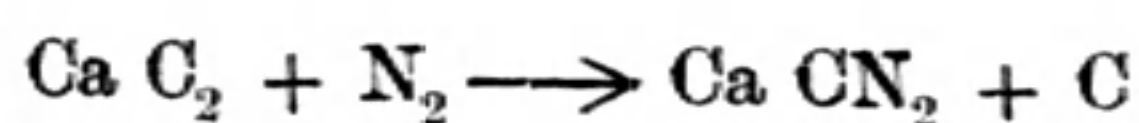
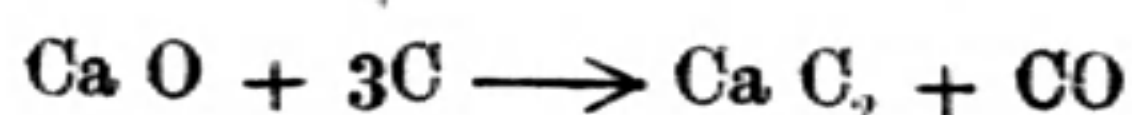
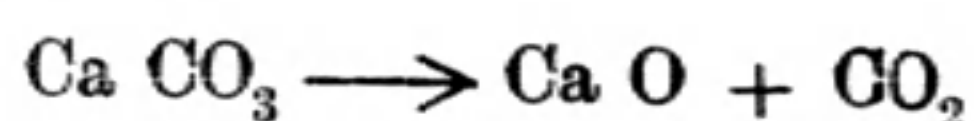
來源		淡氣產額(噸)	百分數(%)
1.	氫化合法	1,036,600	44.7
2.	智利硝	539,000	23.2
3.	亞摩尼亞副產品	469,700	20.2
4.	精淡化鈣法	264,000	11.3
5.	電弧法	15,000	0.6
		2,324,300	100.0
用途		淡氣用額(噸)	百分數(%)
1.	農業(肥料)	1,852,400	90.0
2.	工業(軍用及開礦用在內)	206,800	10.0
		2,059,200	100.0

1930年世界各國用氫化合法之製造廠，其生產設備能力總數已達每年2,000,000噸，其中德國居首，佔858,000噸，法英美比皆相若，在160,000噸左右，日本次之，約110,000噸。精淡化鈣法製造能力總數為437,000噸，仍以德居首，凡114,500噸，其次則坎拿大日本美法諸國。美國以距智利近，又產煤最多，鋼鐵事業亦最盛故其淡氣多取給於智利自然硝，及煉焦爐煤氣爐中之亞摩尼亞副產品。

電弧法所用原料最簡，以電弧使空中淡養二氣化合，但費電最多，較精淡化鈣法約多三倍，較氫化合法約多四倍至五倍，故已歸淘汰。中國如有較大規模之鋼鐵事業，則據擬議之估計，每日約可得十噸之亞摩尼亞副產品。連河南所產之自然硝，全國之淡氣產生能力，亦不過十噸，全年至多3600噸，決不敷國防及農工之需要。故我國之固定淡氣事業，必將於精淡化鈣法及氫化合法二者之中擇一舉辦。據軍事專家估計，中國若對外作戰，動員六十五師。每月需要火藥約8,000噸，其中淡氣約居1,700噸，每年即為20,000噸。又據實業部硫酸銨肥料廠計劃，每年產硫酸銨200,000噸，其中所需之淡氣為42,500噸。故若以每年三百工作日計算，固定淡氣

製造廠量應為每日 140 噸,平時專製肥料,以餘力為軍用,至戰時則可以一半之能力製造炸藥鎗藥,綽有餘裕也。

精淡化鈣法之原料為石灰岩,焦炭(或無烟煤或木炭),空氣及水,其化學作用如下



每噸固定之淡氣需要電能 22,000 度(瓩時)

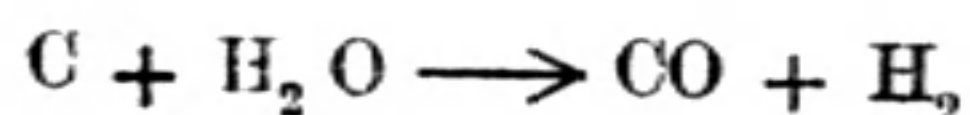
故如有電力十萬瓩,每年工作三百天,每日二十四小時,則可固定淡氣 32,700 噸,(即等於氫 NH_3 39,600 噸)。

此項淡氣如全製硝酸(HNO_3),可得硝酸 147,000 噸。

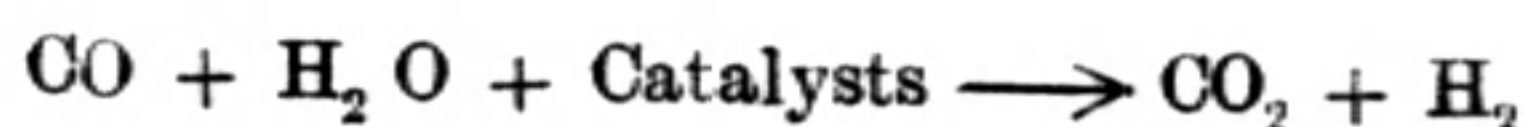
如全製硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)可得硫酸銨 153,000 噸。

氮化合法,係將輕淡二元素直接化合。淡氣為世間最富之物質,所在皆有,取之不盡,而又為世間最懶惰之物質,不易與其他元素化合,然若一經化合,則又可作成最猛烈之爆裂品。歐戰發生,此項技術始漸完備,化合所需要之條件為:(1)高壓力(100-1100 大氣壓),(2)適當之熱度($300^\circ\text{--}600^\circ\text{C}$), (3)媒介劑如養化鐵及助成劑如養化鉀之加入。淡氣之來源,不外將空氣冷卻凝成液體,而同時得養氣為副產品。輕氣之來源,則可大別分為以下三種:

- 、(1) **水煤氣法** (Water Gas) 用水蒸汽通過燒紅之焦炭。



再以水蒸汽在 500°C 之溫度通過,再加養化鐵媒介劑及養化鉻助成劑等,



此時輕汽之外,雜質甚多,必須壓縮至二十五大氣壓通過水中,以去其 CO_2 , 再增加壓力,通過銅銨液及苛性鈉液,以去其 CO 及其他剩餘之氣質。如水煤氣之外,再加普通煤氣,混合

一處，則名為 Haber-Bosch Process，所得輕氣之量較多。此類方法，其弱點在輕氣雜質，不易去淨。因此輕淡二氣之損失或達 20%，濾清設備，所費尤多，且極繁複。

(2) 煉焦爐煤氣法 (Coke Oven Gas)——在 Linde Process 及 Claude Process 中，用煉焦爐煤氣，加高壓力，再使之弛放，自然冷卻而液化，以取得輕氣。

(3) 水之電解法 (Electrolysis of Water)——此法最簡單，且能取得最純粹清潔之輕氣，養氣為副產品。電液為 20-30% H₂SO₄ 或 20-20% NaOH，尤以後者為合於大宗生產之用，電極用鐵製，每一電池 2.0-2.5 伏。每一預時之電能，可生七立方呎之輕氣。換言之，每噸氫之產生，需要 $\frac{6}{34}$ 噸輕氣，即需要

$$\frac{6}{34} \times \frac{1}{7} \times \frac{293}{273} \times \frac{359}{2} \times 2205 = 10700 \text{ 預時}$$

此第三法應用之條件，即為廉價之電力，故在 日本挪威意大利 等水力較多之國即盛行。以全世界統計，第一法(水煤氣)應用最多，第二法次之，第三法又次之，但第三法之優點，似尚在第一第二兩法之上。宜昌水力發電既甚可靠，價又甚廉，用第三法(水之電解)自為上策。我國焦炭不多，用第三法即可不用焦炭。宜昌石灰岩取之不盡，用精淡化鈣法亦尚相宜。茲將精淡化鈣法及氫化合法之第三法比較如下：

電力供給 100,000 預 (每年工作 300 × 24 小時)

方 法		N ₂ (噸)	NH ₃ (噸)	(NH ₄) ₂ SO ₄ (噸)
(A) 精淡化鈣法	每年產額	32,700	39,000	153,000
Cyanamide Process	每日 „ „	109	132	510
(B) 電解取輕之氫化合法	每年產額	47,000	57,000	220,000
Synthetic Ammonia with H ₂ by Electrolysis of water.	每日 „ „	156	190	735

二法相較，(B)法產量既較多三分之一，且可不用煤炭及石灰為原料，手續技術亦較簡易，故宜昌設廠，可決定(B)法為最經濟合

用。

宜昌設此廠之地點，本隊曾附帶履勘，認為昭忠祠山下之高原，可以合用。此處空地極多，便於擴展。距江數里，可利用川漢鐵路之通江岸路基，建一輕便小鐵路，以資運輸。宜昌兩岸之荆門虎牙山形勢險要，應設砲台以資保護。外國兵輪，大者不能至宜昌，小者砲台足以控制，故此為天然之國防化學工業區。

此廠之建設費據實業部之Haber-Bosch Process計劃，需英金 750,000 鎊，台國幣約 15,000,000 元。若用電解取輕之氫化合法，原料僅為空氣與水，且電廠已另行設置，則所費當更小。實業部預計在湖南設廠，硫酸銨成本每噸約為114元，如市價每噸淨售154元，則每噸可獲利40元。

製成品在平時自亦不限於硫酸銨一種。研究中國肥料問題者認為施肥應以自然肥料為主體，以人造肥料副之。人造肥料中，以硫酸銨為主體，而以磷酸銨硝酸銨等副之。至各種製品及副產品之如何決定其產量，廠中設備如何布置，則有待於專家之考查與設計。

硫磺出產區域，湘鄂豫三省皆有，而尤以湘南之郴縣常甯，湘西之石門慈利為最著，分布達十餘縣，面積五千餘畝。宜昌與長沙岳州間之運輸甚便，距漢口亦祇三日水程，原料輸入及製品輸出皆極便利。此外附近江南之建始縣有硫磺四，曰九股山，鍋廠灣，磺廠坪，界石嶺，每處月產磺約二噸，由大溪運至宜昌，質與鄂東陽新等縣所產者相類似。

二. 其他各種電氣化學工業及製造事業

硫酸及硝酸既皆可以大量製造，即有其他許多電氣化學工業可以附麗而立足。若以食鹽水電解，即可得綠氣及苛性鈉。綠氣可以製綠液，鹽酸(HCl)及漂白粉(Bleaching Powder)。夔州產鹽，運至宜昌，為價亦廉。此等工廠，如以上海天原電化廠為例，則資本六十

萬元,每年可做營業一百二十萬元,用電約 1000 瓩,四五倍於此,亦不爲過大。此外水泥廠在宜昌設立,亦極相宜,原料取得固易,銷路尤不生問題。

鄂西鐵鑛,以宜都長陽二縣,分布最廣,質量俱佳(參閱地質彙報第九號),惜以交通梗阻,不易經營。故本隊不敢謂宜昌或其附近適宜於鋼鐵事業,惟將來或有可能。煤鑛經地質調查所兩度派員在宜昌興山秭歸巴東及江南之宜都長陽等縣調查,結果尙佳,茲列表如下:

煤 區	性 質	儲 量 (噸)	現在每月產額(噸)
香溪(秭歸興山二縣)	煙 煤	50,000,000	2,000—3,000
洩灘巴東	半無烟煤	5,000,000	2,000

(註) 以上二處若以新法開採則礦量或可加倍

煤 區	性 質	儲 量 (噸)	現在每月產額(噸)
宜 都	烟 煤	不 詳	2,000—3,000
長 陽 (馬鞍山)	烟 煤	不 詳	
長 陽 (資 坵)	無 烟 煤	不 詳	3,000

(註) 長陽煤賴清江之水運尙稱便利

清江上游之施南宣恩咸豐等縣均有銅鑛,前清及民國初年,商人用土法開採冶鍊,成績尙佳。日後若能運至清江下游用電爐冶鍊,不但兵工方面需要甚亟,即電綫製造亦可取給於是。鋁土(Bauxite)在宜昌四周不知有無可靠之來源,如有,則製鋁事業亦需鉅量之電力也。

總之,宜昌若有一主要工業,如「固定空中淡氣事業」,則有設立水力發電廠之必要。既有大電廠,則凡百工業,皆可因其原料分布情形而附麗發展。工業愈發展,電力需要愈多,生生不已,所謂工業中心,於是自然形成矣。

三. 川 漢 鐵 路 之 動 力

川漢鐵路之擬議，肇自前清，即今宜昌車站，已成弔古之遺蹟，而鐵路竟無朕兆。民國以來，政府曾兩度派員組織測量隊，其報告至今尚擱置鐵道部案卷中。由漢口至楊家澤之160公里土方，亦從未繼續。丁丈江氏於二十年十一月發表川廣鐵道路綫初勘報告，主張先造川廣鐵道（由重慶至廣州灣，1411公里），緩造川漢路，其理由為：(1) 漢口距海口尚有一千公里，(2) 川漢路與揚子江航線平行。其說固言之成理，但四川之貿易，由海關報告研究，國內貿易，尚在國外貿易之上，川廣鐵道固值得建設，而川漢鐵路亦自有經濟上之價值。

川漢鐵路，原定計劃自漢口335公里而至宜昌，更210公里而至夔州，由夔州經小江至重慶445公里，由重慶至成都520公里，共計1,510公里。此路惟宜夔三峽一段最難造，而日後行駛尤將因坡度高隧道多而特感困難，若宜昌有大規模之水力發電廠，則宜夔段之可用電氣機車，殆不成問題，電力之需要，約為20,000—25,000瓩，可運輸貨物2,500噸至3,000噸。若夔州至重慶一段亦需要電化，則萬縣或涪陵附近可以加設第二水力發電廠，或就萬縣四方碑煤礦等地設一蒸汽電廠，與宜昌電廠互相呼應接濟，亦大佳事。

四. 輸送至沙市及漢口供給各種農工商鑛之需要

宜昌至漢口間，如建造高壓輸電線，約須335公里(209英里)，至沙市約須130公里(81英里)。本隊主張，必須宜昌本地有發展大工業之需要，則此水力發電始宜於興辦。若電之銷場必於三百公里外始能求得之，全部電力用高壓架空綫路輸至漢口，則不但成本太大，其平時之綫路電力損失，維持費用，亦將增加不少，必難取得政府之採擇，及投資者之信任。但若宜昌之電力銷場基礎已立，進而謀沙市與武漢之發展，在第二期或第三期內建築150,000伏或

200,000 伏之高壓綫路，與漢口之蒸汽發電廠互為呼應接濟，則在經濟原則上實甚合理。此項高壓綫路之敷設估計約需 6,500,000 元。

宜漢之間，電力之需要情形不易預測，惟沙市為一重要商埠，將來紗廠必可消納甚多之電力。沿路如有農田灌溉之需要，則電力亦可利用。武漢方面，各電氣公司若向此大電廠購電，每度僅需費二分左右，自必爭相購用矣。

第八章 水力發展後之航運利益

水力發電，既可取之不盡，用之不竭，而其經常耗費，又為世界原動力中之最低廉者，以之發展各項工業，為利之溥，自不待言。至於航運方面，普通人以為築壩之後，航運即有妨礙，其實匪但絕無妨礙，且有甚大之利益。蓋以水力發展之後，壩之上下游，除滾水壩附近略有激湍外，皆可得極安靜之水面。低水位時，則賴壩蓄水，以維持相當水深，平時之急灘暴洪，因亦減少其勢力。昔日航行之必須逆流而上與驚濤駭浪相爭鬥者，屆時悉由船閘來往，既獲安全，復省燃料。且船閘之啓閉，每次僅十分至十五分鐘，動力全賴電機，手續亦極端便利。滾水壩下游之急湍，亦因位置之設計，可使船閘絕對不受其影響。年來行駛川江之船隻，其艘數與噸位因運輸之發展，隨供應而增加，若遇急流，非增馬力加汽磅，即難通過，今因水影響，可逾新灘，西陵峽內激湍之力既經減少，則機力可以少用，將來此項撙節之煤費，若累積計算，其數字當不在少。况航運之發展，必須視該地工商業之盛衰以為斷，若水電計劃成功後，則重慶萬縣宜昌一帶之各種製造工業，方興未艾，礦產原料之開發，工業品之輸運，皆足以促進航運之發展，及國家稅收之增益，是則間接受之利益，又不可勝計矣。

築壩回水影響，使水位增高，於洪水時所生之灘險，無甚關係，是淺水時所生之灘，則可根本消滅之，如新灘在將來即可不成問題。此外如崆嶺雖非急灘，然船舶往往於此觸礁遇險。二十年冬，宜

昌海關開始將崆峒灘礁石設法轟炸，今年冬季仍將繼續，此於航行已有甚多利益，今若因利用水力之回水關係，使水位抬高，流勢平衡，礁石因之淹沒，豈獨裨益航運，即所謂絕峽險灘，亦不治而自治。例如葛洲壩計劃之回水影響，在低水時上游水位可以增高自2公尺至12公尺之巨，其影響距離可以推至上游38公里之遠，黃陵廟之回水影響，雖未詳加計算，與葛洲壩當亦相彷彿。由此以觀，水力若能利用，其於航運必為兩利而非相妨，可斷言也。

第 九 章 結 論

經本隊此次之勘測研究，關於揚子江上游之水力問題，可得結論如下：

(一) 揚子江之水力，自宜昌以上，始有利用之可能。宜昌以下，坡度既小，兩岸復平坦，決不能發展水力。宜昌附近有葛洲壩及黃陵廟兩處，堪以建壩設廠。巫峽前後百餘公里，水位漲落差度太大，不宜建壩，夔萬以上，重慶以下，頗有若干地點，可以利用。

重慶并無流量記載，波韋爾 (S. J. Powell) 所稱，低水時期流量有每秒2,120立方公尺，平水時有21,900秒立方公尺，洪水時有30,300秒立方公尺，恐不甚可靠，未足以為研究之根據。故重慶有從早設立水文流量站之必要。

(二) 就大江本流而言，若利用重慶宜昌間125公尺之全部坡降，及3,500秒立方公尺之枯水流量，可得常年4,370,000馬力。若用每年九個月之流量，即7,000秒立方公尺，則九個月中可得8,750,000馬力。若用每年七個月之流量，即12,500秒立方公尺，則七個月中可得15,600,000馬力。重慶上游之流量雖較小，然坡降自金沙江算起，或100公尺，或200公尺，皆可據以推算，必不下三四百萬馬力。此外支流如岷江，沱江，嘉陵江，黔江，清江，資水，漢水，若能逐一詳加測量，擇其可以利用水力之地段，則每一大支流，皆可發展數萬馬力以至數十萬馬力，或祇宜發展終年不變之水力，或

並可將其時季水力 (Seasonal Power) 一同發展。此等研究與流量記載,必須從早着手也。

(三) 就我國現時及一二十年內之需要,每一廠之機器最後容量不宜超過三十萬或四十萬瓩,否則其第一期之創業,担負全部建築之固定費用將太大,其電價成本,即不能甚廉。本隊爲使政府得知此項工程之大小及難易起見,假定宜昌水力發電廠之容量爲三十萬瓩,初步設計,俾得一較可靠之概算。葛洲壩第一期十萬瓩,需費國幣三千四百萬元,以後每期增十萬瓩,即需二千一百萬元。每度電之成本,最先爲0.65分,最後爲0.48分。黃陵廟計劃之費用約高五分之一。

(四) 蘇俄在尼普河上, (Dnieper River) 建設756,000馬力之水力電廠,其負荷中心即在三英里外之新建城市,其中有八種重要工業,如鋼鐵廠,煉焦廠,合金廠,製鋁廠,水泥廠等,皆彙集於此,以就廉價之電力。我國若欲發展宜昌附近之揚子江水力,則必須以宜昌爲新工業中心區,俾負荷中心能與發電廠密切相聯貫。最重要之負荷,似應爲固定空中淡氣及製造基本酸鹼之事業,此外其他電氣化學工業,及適合川鄂兩省需要而取得原料不難之工業,均可集中於宜昌。此等工業,如無廉價之電力,固不能成功,而水力電廠如無此等鉅量負荷,則亦永無設立之必要,二者相互期待,要在能得政府通盤策畫國家經濟而有所推動也。

(五) 宜昌水力大電廠及化學工業中心區,如能建設成功,則川漢鐵路頗有完成之可能,電力之需要將愈益擴大,運輸將愈益便利。

(六) 發展水力,於揚子江上游航運,有利無害。開壩愈高,回水影響愈大,灘險愈可減除。若規定壩之上下游相差12.8公尺(42呎),則回水影響僅及83公里。船閘設計,假定爲91公尺(300呎)長,12公尺(40呎)寬,3.7公尺(12呎)水深,其引水道爲305公尺(1,000呎)。

(七) 葛洲壩與黃陵廟兩計劃異同之點如下:

	<u>葛 洲 壩</u>	<u>黃 陵 廟</u>
1. 去宜昌海關距離	4 海里	22 海里上下
2. 設計發電容量	300,000 瓩	300,000 瓩
3. 需要水頭(爲便於比較故假定相同)	42 呎	42 呎
4. 最高水位	53.3 呎	110 呎
5. 建壩後最高上游水位	95 呎	162 呎
6. 平水時河寬	2,750 呎	1500 呎
7. 洩水道寬度	1,670 呎	625 呎
8. 壩 高	105 呎	162 呎
9. 船 閘	二道閘門	三道閘門
10. 基礎岩質	礫 岩	花 崗 岩
11. 洩水急流水程	較 短	較 長
12. 工作難易	較 易	較 難
13. 全部工程概算	\$ 76,742,000	\$ 89,759,000

(八) 葛洲壩與黃陵廟之選擇,固須待第二次之詳細勘測,即黃陵廟設壩地點之決定,亦有待於覆測,惟葛洲壩則除廠閘布置或尚須詳細研究外,其地點形勢似已不成問題。因宜昌附近四周,無大規模發電廠,且在經濟上未必容許設置輔助電廠,故所發展之水力,必須全年常有,永不間斷,使所供給之工業,不致有斷電之虞。

(九) 葛洲壩若已設置電廠,發生三十萬瓩常年電力,以後如需增加電量,則可於黃陵廟再建高壩設置第二發電廠,彼時常年水力及時季水力可以同時發展,俾取得較大之電量。

此處并須注意,凡在揚子江本流所擬發展之水力,其水頭必不甚高,而水量則甚大,壩工所費復至鉅,故每一發展之階段,皆爲比較大規模的水力。若欲先得數千瓩或一二萬瓩之小水力,則可於其他河流或瀑布取得之,在揚子江本流則爲不經濟

也。

(十) 揚子江上游發展至最後時期,自宜昌至宜賓560海哩間,必將有若干水壩水閘及發電廠,互相聯屬,水面降落,各成階級。彼時不但航行之灘險問題,可以完全解決。即兩岸之農田,亦可因水位抬高,受灌溉之利益。

(十一) 政府如以製造肥料炸藥酸鹼等化學工業為民生國防之所必須,則宜昌水力似即有籌備發展之必要,至少亦有詳細考查之必要。故政府各主管機關及各關係機關,應即通力合作,從事研究本報告所提出之各問題,俾得較精確可靠之概算與設計。

(十二) 最後復須特別聲明,即葛洲壩及黃陵廟兩計劃實現以後,與上游水患,殊無影響可言。測勘隊對於歷次大水之事實,如1870年鄧都城完全被湮,江水漲至100呎;又1905年重慶江水漲至108呎,亦全城被湮,死難者達三千人;均經詳細參考,加以注意。又本報告並不要求政府於未經決定電之需要以前,即時接受此項計劃,撥款興工。本隊同人之希望,僅為政府及社會從早注意此項天賦動力之源泉,及與國防民生有莫大關係之化學工業,即時繼續為較詳盡之研究。本報告似可為整個國防工業計劃之一部份參考材料,國內之化學專家,兵工專家,經濟專家,水力專家,機械專家,地質專家,電工專家,均望加以切實之批評,並為更進一步之探討。(完)

本報告所用參考材料

1. Handbook for the Guidance of Shipmasters on the Ichang-Chungking Section of the Yangtze River—By Captain S. C. Plant. (1920).
2. Memorandum on the Upper Yangtze River and Tributaries (Steam and Motor Vessel Operation)—By Captain W. G. Pitcairn.
3. Yangtze Kiang Pilot—1924.
4. Yangtze Kiang Pilot—1928.

5. Fourth Annual Report of the Yangtze River Commission —1925.
6. Fifth Annual Report of the Yangtze River Commission—1926.
7. Diagram showing the Rise and Fall of the River of Ichang (1893-1922).
8. Diagram showing the Rise and Fall of the River of Chungking (1893-1922).
9. Longitudinal section of the Yangtze Water Surface-Chungking to Ichang-Yangtze River Commission.
10. Diagram showing the Rise and Fall of the Yangtze River of Hankow (1922-1931).
11. Chinese Maritime Customs Chart-Upper Yangtze River-Ichang to Chungking 38 sheets.
12. Ichang Harbor Chart.
13. Upper Yangtze River Shipping Date—By Capt. W. G. Pitcairn.
14. Names and Particulars of vessels operating on the Upper Yangtze River—By Capt. W. G. Pitcairn.
15. Average water Marks of Ichang and Chungking and Average Periods of operation of different Length of vessels During the Ten Years 1920-1929—Chinese Custom Marine Dep't.
16. 宜昌附近長江發育之歷史——李四光著
(中國地質學會誌第三卷第三第四期—1924)
17. 湖北宜昌興山秭歸巴東等縣地質續產——謝家榮趙亞曾合著
(地質彙報第七號—1925)
18. 湖北西南部地質續產——謝家榮劉季辰合著
(地質彙報第九號—1927)
19. The study in Tectonical Geology in Yangtze Valley from Ichang to the Red Basin—By Arnold Heine.
(廣州地質調查所印行據稱尙未出版)
20. Szechuen-Hankow Railway, Ichang-Kueichow Section Profile.
21. List of BMS Ichang-Kueichow Section.
22. 川廣鐵道路線初勘報告——丁文江曾世英合著
(地質專報乙種第四號—1931)
23. Fixed Nitrogen—By H. A. Curtis (1932).
24. Water Power Engineering—By D. W. Mead (1920).
25. Water Power Engineering—By H. K. Barrows (1927).
26. The Atmospheric Nitrogen Industry—By Dr. B. Waeser (2 vols.)

黃河初步試驗簡略報告

方修斯

德國漢諾佛大學教授

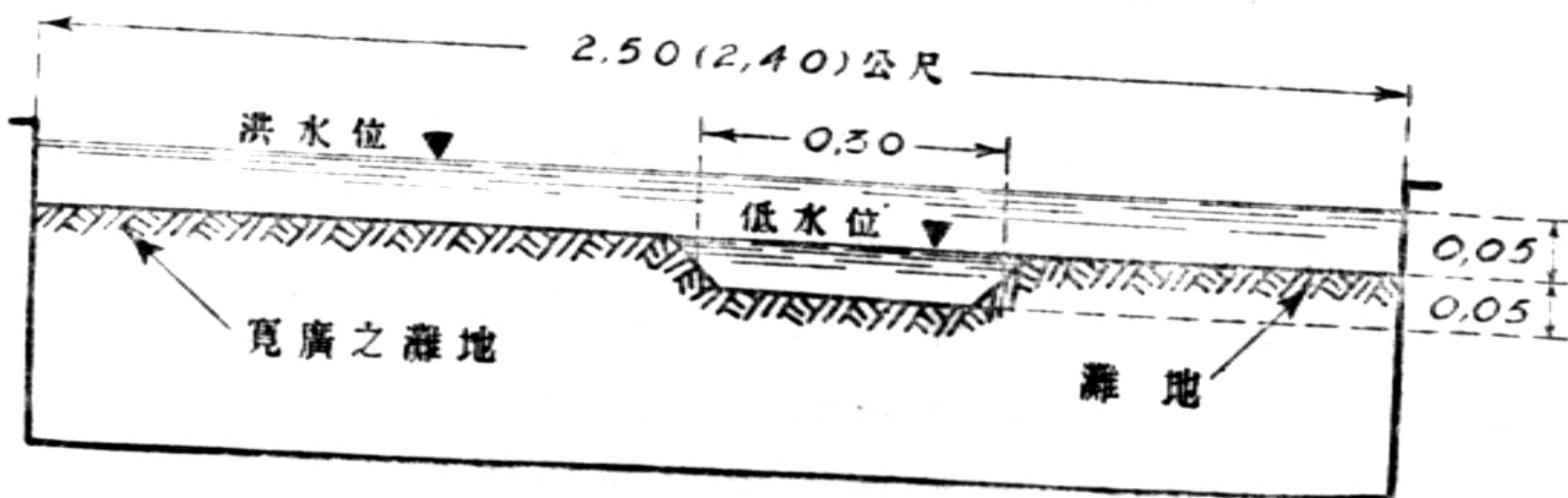
第一節 通論

黃河初步試驗依洪水流瀉方式之不同，分爲二組。試驗之程序，爲低水——洪水——低水。試驗之目的，在如何約束洪水河床，俾河底足以自行刷深。

甲. 黃河模型之構造 河工試驗，均在[河工試驗槽]內舉行。槽以鐵製，約長20公尺，寬2.5公尺，深0.5公尺。槽中用沙製成梯形之河床，平均寬度，約爲30公分。河床深度，視需要而定。須於洪水時期，灘地上水深5公分，從河邊至河床其深度亦爲5公分（第一圖）。河床及灘地之縱坡，均爲1:800，蓋與試驗用之沙質，最爲適宜也。

第一圖

甲組試驗槽之剖面



乙. 測驗設備 試驗槽底。安設水泥板，其縱坡爲1:800。自板向上，用尺探量，可知河底之精確高度。爲便於觀察起見，將河床等

深各點，用白棉線連接標識。又豎立水則四根， P_I 至 P_{IV} ，用以測驗水位之高低。水則之零點，亦以槽底水泥板為依據。至於水面之坡度，可在量水板上觀察之。量水板有量水管十根，各與一河底標尺溝通。此項河底標尺之距離，各為 2 公尺。立於河之中央，同時亦可作為河流分站之用。

第二節 甲組試驗

灘地寬廣——河岸堅固

為便於觀察洪水氾濫時河流之狀況起見，爰將全部試驗槽之寬度，作為洪水淹及之灘地，而低水時之河床寬度，與洪水時之河床寬度，約為 1:8 之比 (30:250)，參觀第一圖。河床之兩岸坦坡及灘地上，均用濕沙和水泥粉撒蔽一層，使其表面稍為固結，其糙率仍與沙質相同。試驗之程序為

低 水——洪 水——低 水

按低水為梯形河床內之滿槽，洪水乃水溢出河床，泛濫灘地，水流充滿試驗槽之謂也。

甲一 先使低水流過梯形之河床，俾河床適合於天然之狀態。水面坡度，保持 1:800 而不變。河底形狀，亦合標準。

甲二 水面漸由低水位升至洪水位，每次升高約為 1 公分。洪水之流瀉，不因河身之灣曲而偏倚。水向與試驗槽壁平行，河床僅如斜檻而已。坡度仍為 1:800。

甲三 嗣將水面仍降至低水位，則第五站第六站間，及第八站諸處之沙脊，經水沖刷，逐漸低落。而第四站第五站間，及第七站之深溝，遂被沙淤墊，河灣深槽之內，亦為沙所填。水面在試驗開始之時，因沙脊而壅高。試驗終了，仍回復 1:800 之坡度。

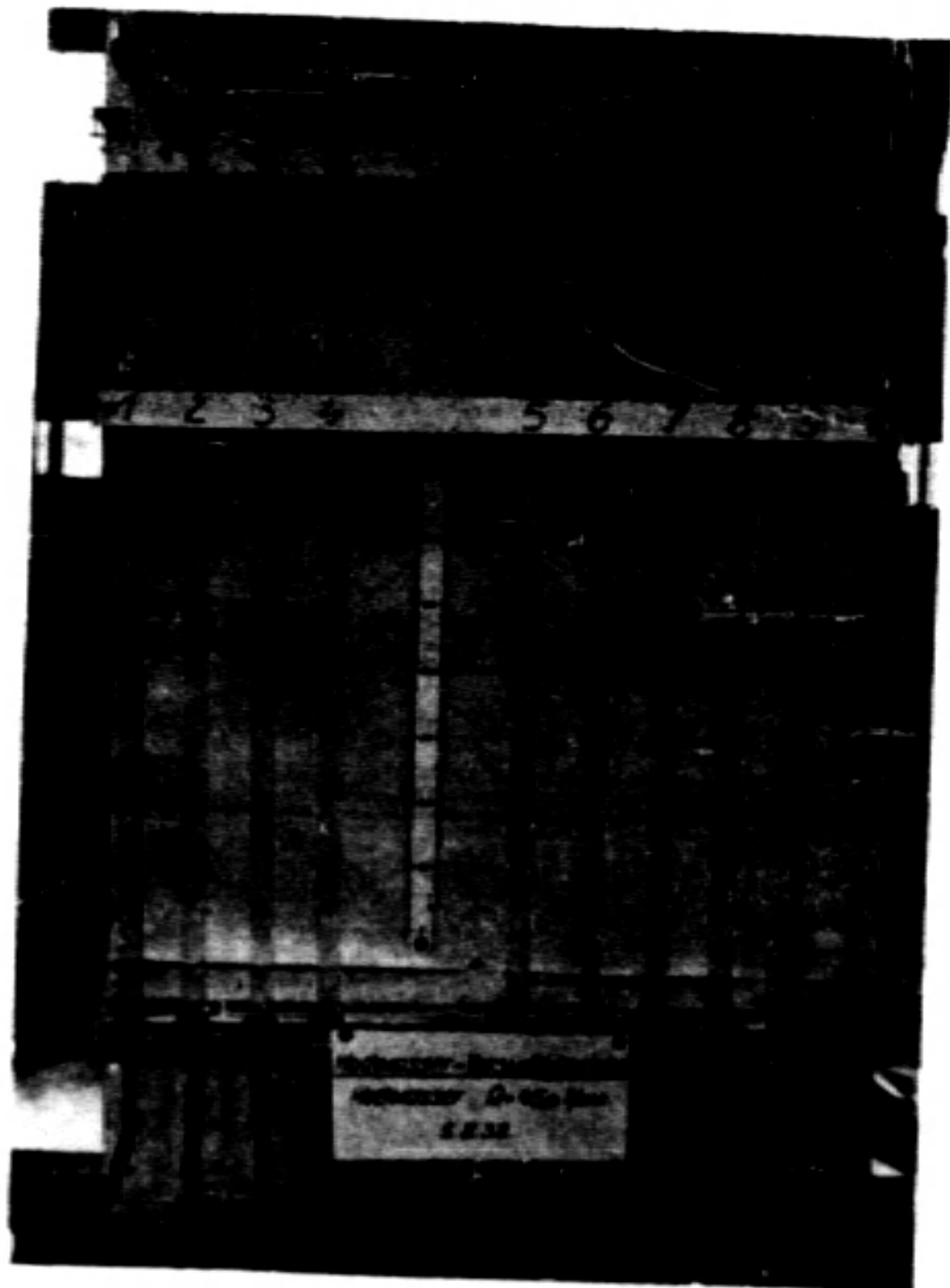
甲組試驗之結果 河流灘地寬廣之處，洪水期內，河床之砂



(1) (甲一)試驗——低水時



(2) (甲二)試驗——洪水時



(3) (甲二)試驗——洪水



(4) (甲三)試驗——低水

(5) 由低水達於洪水以後之河床

a) 隄距相等



b) 隄距不一律



石,並不能被刷移動,隨流而去。換言之,即河床經過洪水後,未必可以刷深也。蓋洪水之流向,與槽壁平行,取最短之途徑,平鋪灘地,趨向下游。凡河床與洪水流向相交之處,河床被刷,成爲深槽。但沖出之砂石,仍淤積於下方。俟淤砂漸多,高出灘地,則一部份之砂仍被洪水挾之俱去,分散灘地之上。如河床地位與洪水之流向相同,則河底之砂石,隨流移動。迨至下方河灣,又停積成灘。洪水之後,水面降落,回復低水位時,砂石移動之狀況,僅爲沖刷沙脊,淤填深溝而已。故甲組試驗之結果,河流經過洪水之後,砂石地位雖稍移動,而無長期刷深之現象也。此次試驗終了時,其水面之高度及坡度,以及河底坡度,均與試驗開始時之情狀相同。

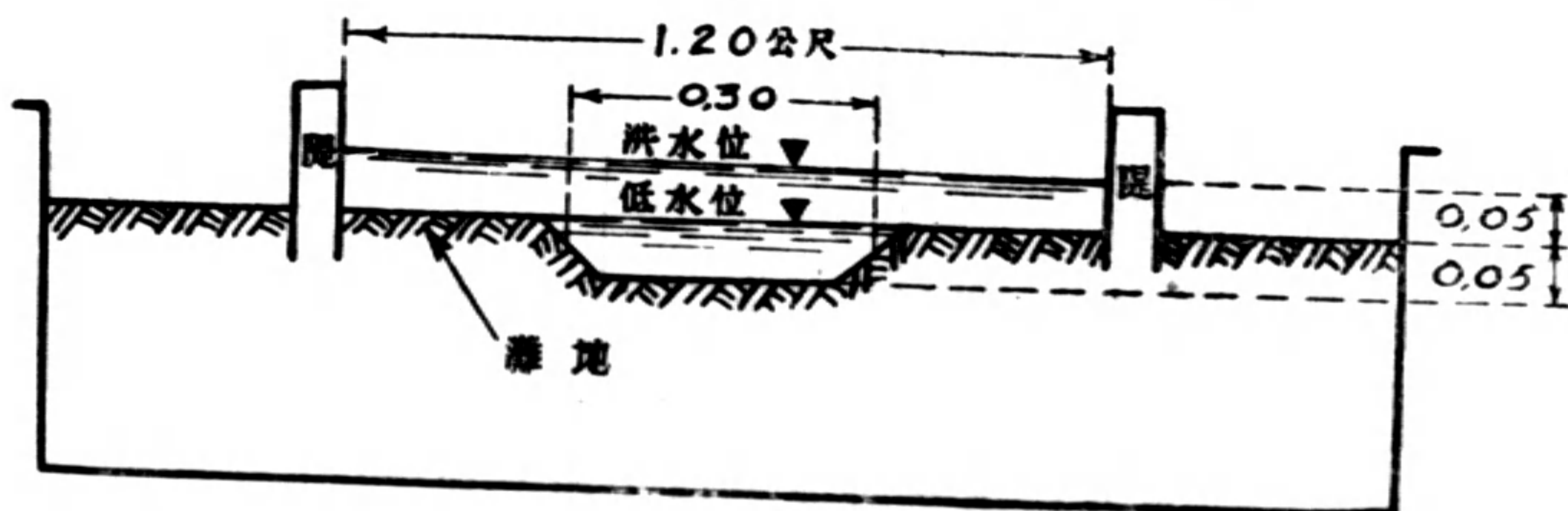
第三節 乙組試驗

灘地狹窄—河岸堅固—堤防平行

乙組試驗之低水位河床寬度,與洪水水位河床寬度,改爲1:4之比例, (30:120) 參觀第二圖。河岸坦坡及灘地,仍有堅固之表面。乙組試驗之目的,在約束洪水,使其刷深河底。並於試驗將完,水位降落之時,洪水淹沒灘地之高度,僅爲5公分,試驗之程序如下:

第二圖

乙丙兩組試驗槽之剖面



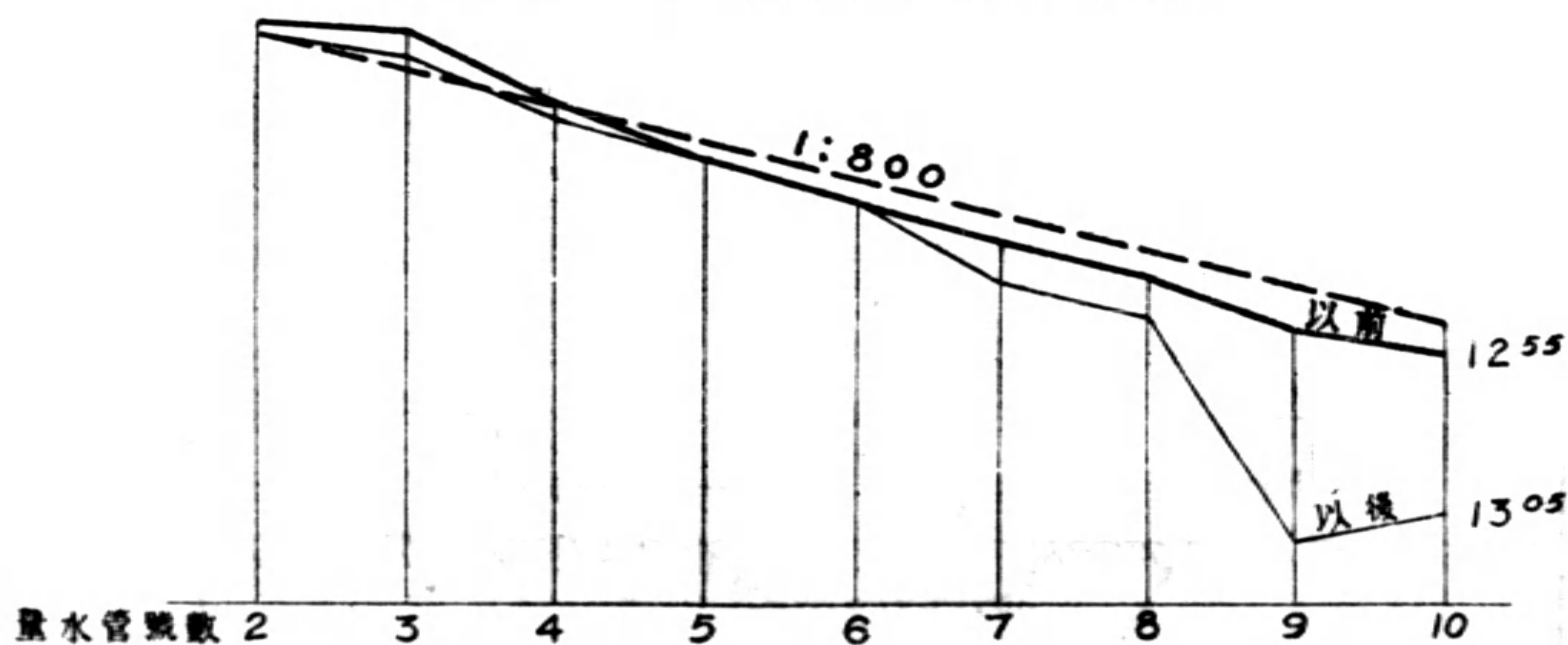
低 水 —— 洪 水

乙一 低水之試驗，歷時較短。

乙二 再將水量放大，使洪水淹沒灘地之高度為 5 公分。此時之坡度，仍為 1:800。但流量僅為每秒鐘 26 公升。前在甲二試驗時，每秒之流量，達 45 公升。如以每秒 26 公升之流量，在甲組寬槽內試驗，則洪水淹沒灘地之高度，祇有 3.2 公分。在乙組試驗內，假使流量仍為每秒 26 公升，欲求灘地上之水面，降至 12.2 公分須將河床酌量掘深。於是下水（即試驗槽下游之水位）亦見低落。但第四水則 P_{IV} 處，水面僅降至 3.8 公分。又按甲組灘地寬廣，試驗槽內，如用每秒 26 公升之流量，每小時沖刷之砂，約為 1 公升。故乙組試驗槽內，每小時亦從上游投沙 1 公升。然槽內刷出之砂，最初每小時為 2.3 公升，漸增至 4.9 公升，嗣後漸減。經過繼續試驗後，刷出之砂，減至每小時 1.0 公升左右為止。（實測之數，為每小時 1.2 公升。）因下水之低落，水面往往驟起波折。在天然河流建築堤防之處，亦常有此現象。其結果足使河底之砂被挾移動。此項水面波折，經長時間之試驗逐漸和緩。

最初試驗時 —— 如第三圖，試驗將竣時 —— 如第四圖

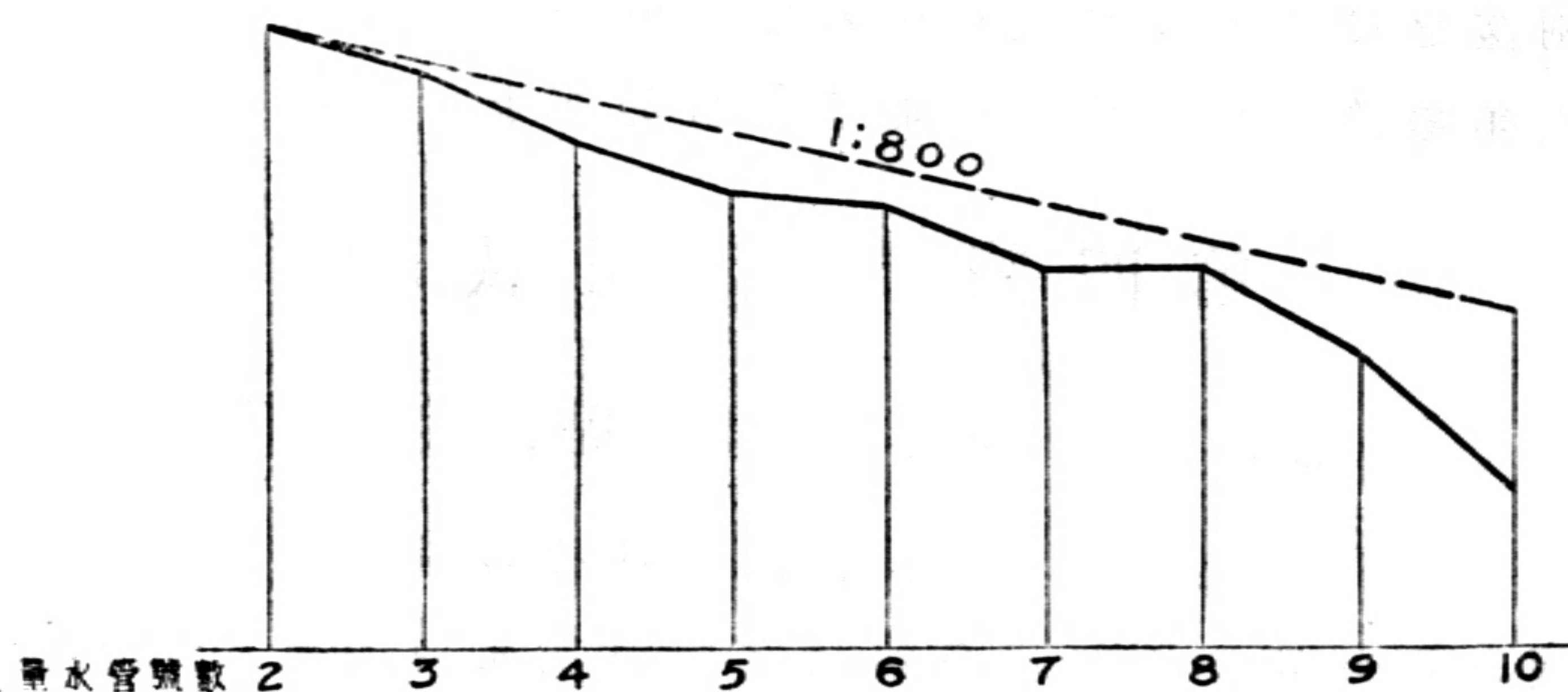
第三圖 下水降落前後之水面



1932 年三月四日 12⁵⁵ 及 13⁰⁵ 時觀察量水板之記錄

量水板上三公厘 = 圖中四公厘

第四圖



1932年三月十日九時觀察量水板之記錄

一俟試驗終結,水面亦即降落。其情形如下:

水則	水面低落之數
P _I	5.0公厘
P _{II}	6.8公厘
P _{III}	10.3公厘 (9.0—9.3公厘)
P _{IV}	12.0公厘 (希望之數為18.0公厘)

水則P_{III}處之水面,降落最大。蓋因第八站河底較深,糙率較小,流速亦特大也。依照常態,其應降落之尺寸,須在9.0至9.3公厘之間。至水則P_{IV}處水面僅低落12公厘。蓋以模型之出口,構造堅固,河底未能刷深之故也。

洪水試驗,歷三十七小時而止。因最後數小時中,水面已不再繼續低降也。(河口堅固)。試驗終結後之水面比降,參觀第四圖。

乙組試驗之結果 經過長時間之試驗,得以精密觀察。當試驗(乙二)終結之時,砂石之冲刷,已漸停止。上游投入之沙,經歷河槽全部冲出。河床及水面,亦均降落。河灣之後,並無淤沙。祇因河口構

造堅實,水面未能再行低落,達到河口降落 18 公厘之希望。如欲滿足刷深之尺寸,則模型之比例,殊感不便,(河寬與河深為 1:2.5 之比)。或僅須撤除河口之橫檻,即能達到目的,亦未可知也。

第 四 節 丙 組 試 驗

灘地狹窄——河岸堅固——堤距寬窄不等

丙組試驗之目的,擬將瀉洪斷面,選擇數處,使其束狹,換言之,即堤防距離寬窄不等,以冀河底之刷深,或能均勻有律。蓋乙組試驗之堤距相等,略有不同也。先將河床加以整理,再作下列三項試驗:

丙一 經過短時期之低水流行,河床適合天然狀態。

丙二 如試驗(乙二)之法,增加水量至洪水位。堤距束狹之處,上游水面雖壅高 2—2.5 公厘不等,但水面坡度平均仍為 1:800。而砂石之移動,較乙組試驗竟加大一倍半之多。河床之刷深,比較迅速。故試驗之時期亦較少。

丙三 束水堤 (Leitdeiche) 撤除以後,繼續洪水試驗。水面坡度,仍為 1:800。水面較(丙二)試驗時,約低 5 公厘。

丙組試驗之結果 因堤身之束狹,上部水面壅高,乃有數處河床冲刷較深。比較(乙二)試驗時,河床起伏不均之形狀大為減少。河灣灘地,沙石亦不易停留,大都均被冲刷而去。

第 五 節 結 論

灘地寬廣之河流,對於低水河床之影響,最為不利,蓋瀉洪之斷面遼闊,則水流無力攜挾沙石以俱去也。故束狹平行之堤防,以及堅固之河岸與灘地,足使低水河床經過洪水以後,大為刷深。更於相當處所斟酌河流形勢,束狹堤距,則河床之刷深,愈加平整有律矣。

「土壓力兩種理論的一致」之討論

林同棧 趙福靈 趙國華 孫寶墀

壹 林同棧

遠在異國，得拜讀孫君大作，不勝欽佩。孫君提倡中文討論的精神，復引起筆者向來對於土壓力理論的興趣。按關於土壓力理論及實驗的論文，百餘年來車載斗量^{**}。論者每未明其根本假設，遂各執一辭，辯駁至今而未已。筆者自以為下列各見解，略有新穎堪注意之處，故筆而出之，以就正於孫君與讀者。

(1) 韋勞支的理論和孫君的見解相似而不相同。

(2) 根本上來金氏與古洛氏兩種理論不是相同的。

(3) 歷來應用古洛氏理論者均犯了力學的原則。孫君指出這一點實為其大貢獻。不過他們的錯誤也可以說是在於壓力的通過點而不在於它的方向。

(4) 若在古洛氏理論中加以相當的假設，則其結果適巧與來金氏理論相同。這一點可用簡單解說證明之，無須用許多繁複的代數式。

(5) 來金氏理論可用較雲克婁氏法還簡單的幾何代數混合算法求其答數。

(6) 孫君以理想土堆中的應力直為擋土牆上之壓力，實違反

* 原文見二十一年九月「工程」七卷三號。

** Jacob Feld: History of the Development of Lateral Earth Pressure Theories, in Brooklyn Engineers' Club Proceedings, 1928.

了來金氏的基本假設而抹殺一切實驗的結果。擋土牆設計者切不可以此爲法。

茲將上列各點一一說明如下。

(1) 韋勞支的原文係於 1878 年發表於德國構造學雜誌中。^{*}它的英譯文見於都布瓦的擋土牆的新理論^{**}一文。貝克 1899 年的土石建築對此論也有批評。筆者尋不着韋勞支的原文,幸而還有讀其節譯文的機會。雖恨未窺全豹,但得明瞭其大體。其與孫君同者就是全以勢力平衡原理爲出發點。其不同者,孫君算求發生牆上最大壓力的崩裂平面,而韋勞支算求斜度最大的平面,以之爲崩裂平面。(韋氏假定其最大斜度爲土的安眠角 Φ)。

(2) 來金氏的記字應力法是根據理想化土堆中的靜力平衡推演出來的。若我們所研究的土堆果如來金氏所假設的理想土堆而其內部是受着平面應力;那末應用來金氏理論就是等於用力學的原理,其結果是毫無辯駁的餘地。可是我們若把來金氏理論直接用在擋土牆上,許多的問題便發生了。

古洛氏的最大壓力斜楔法是沒有來金氏理論那樣堅固的根據的。它不過是一種假定的方法,其原意乃在算求擋土牆上可能範圍內最大的壓力。它對於總壓力的經過點及其方向毫無確切的指定。在這個意義之下,古洛氏理論是一個獨立的理論,與來金氏理論並不相同。

(3) 古洛氏理論既然缺乏根據,爲何還能有許久的存在和甚大的應響呢?因爲來金氏理論雖完全合理,可只能用於理想化的土堆中。若直用之於擋土牆,武斷的以擋土牆代替土堆的半部分,其結果乃與事實大相違背。來金氏理論中最要緊假設之一卽爲無限寬廣的土堆牆邊的土所受的應力既不和無限寬廣土堆中的所受者相同,我們當然不能一樣看待。況且屢次實驗的結果已

*Zeitschrift für Baukunde, 1878, Band I, Heft 2.

**J. A. Du Bois: Upon A New Theory of The Retaining Wall, in Journal of the Franklin Institute, Vol. 108.

經證明牆上壓力的方向多與牆上的正交綫成土與土(Φ)或土與牆(Φ')的磨阻角。所以大家覺悟用來金氏法之錯誤。然而還想不出一個有根據的理論可以用於擋土牆的,於是只好用古洛氏的理論。既可將牆上壓力的方向遷就於實驗的結果,又似乎可以求出牆上的最大壓力總算最穩當了。但是古洛氏並沒規定總壓力的通過點,大家於是又胡亂的參以來金氏理論的結果,也假設總壓力通過其平面的三分點。在此種盲從中大家忘記了勢力的平衡,因而犯了力學的原則。孫君指出這一點,我們應當謝謝他。

據筆者的意見,古洛氏理論既然為設計擋土牆而創的,而擋土牆是一種實用的問題,我們不可不注重實驗的結果。假如實驗告訴我們壓力與牆的正交綫是作 Φ 或 Φ' 角的,我們就得如此去設計,不應該以理想化土堆中應力的方向來決定牆上壓力的方向。那末歷來應用古洛氏理論者,其錯似乎不在壓力的方向而在它的通過點。

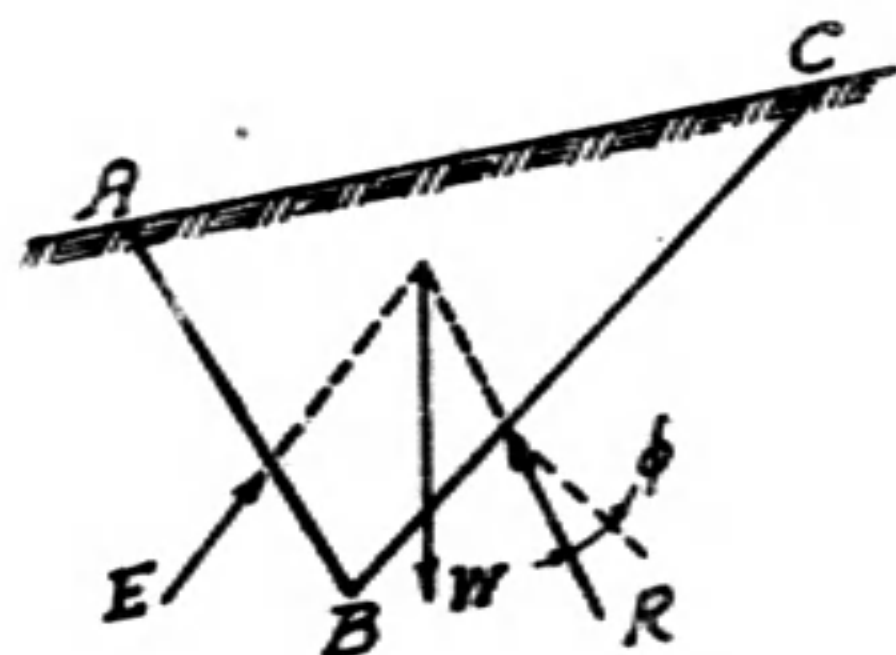
(4)若是我們一定要假設在古洛氏理論中總壓力也通過三分點,而以此改良它;這改良的古洛氏理論用在理想化的土堆中,結果適巧與來金氏理論相同。這一層孫君已用特別證明了。可惜我們還沒有得着一個總證明。雖得之,其公式的複雜也必可驚人。筆者在下文將所有可能的特例一一用極簡單的幾何法解之,以示此兩種理論的關係是很簡單的。

來金氏在他的實用力學*一書中說明在一個穩固土堆中任何一點通過任一平面,則這平面上的應力斜度決不能大於 Φ 。然後他證明在任何一點必有兩個平面,它的應力斜度是最大的,而且是等於 Φ 。這兩個平面與最大應力線成兩個左右相等的角度各等於 $(90^\circ - \Phi) \div 2$ 。如果該點上最大和最小應力密度是 P_x 和 P_y ,則最大斜度平面上的應力是等於 $\sqrt{P_x P_y}$ 。

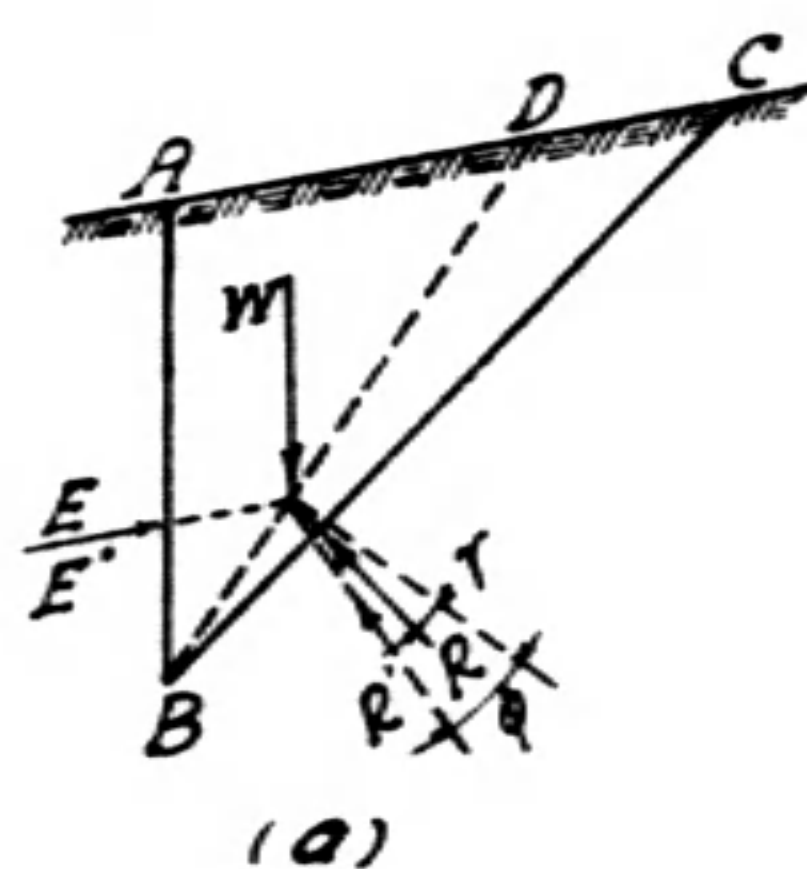
現在設在第九圖的理想土堆中求任一平面AB上的應力。在

*Rankine: Manual of Applied Mechanics, 1904.

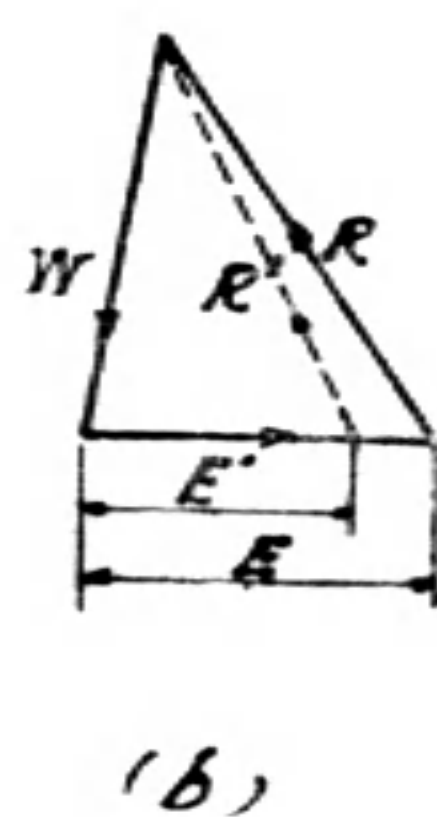
B 點通過一個 BC 平面,並行於最大斜度平面,這平面也就是古洛氏的崩裂平面,因為它的應力斜度是 Φ 。試以 ABC 三角錐為自由體而研究這體上的一切力量。W 為 ABC 的重量,在三角形的中心點。R 為 BC 平面上的總應力,通過 BC 的三分點,並和 BC 的正交線成 Φ 角。E 為 AB 上的總應力,通過 AB 的三分點及 W 和 R 的交點。我們如能證明這來金氏的自由體就是足以發生 AB 平面上最大壓力的斜楔,即已證明兩種理論的相同了。



第 九 圖



第 十 圖

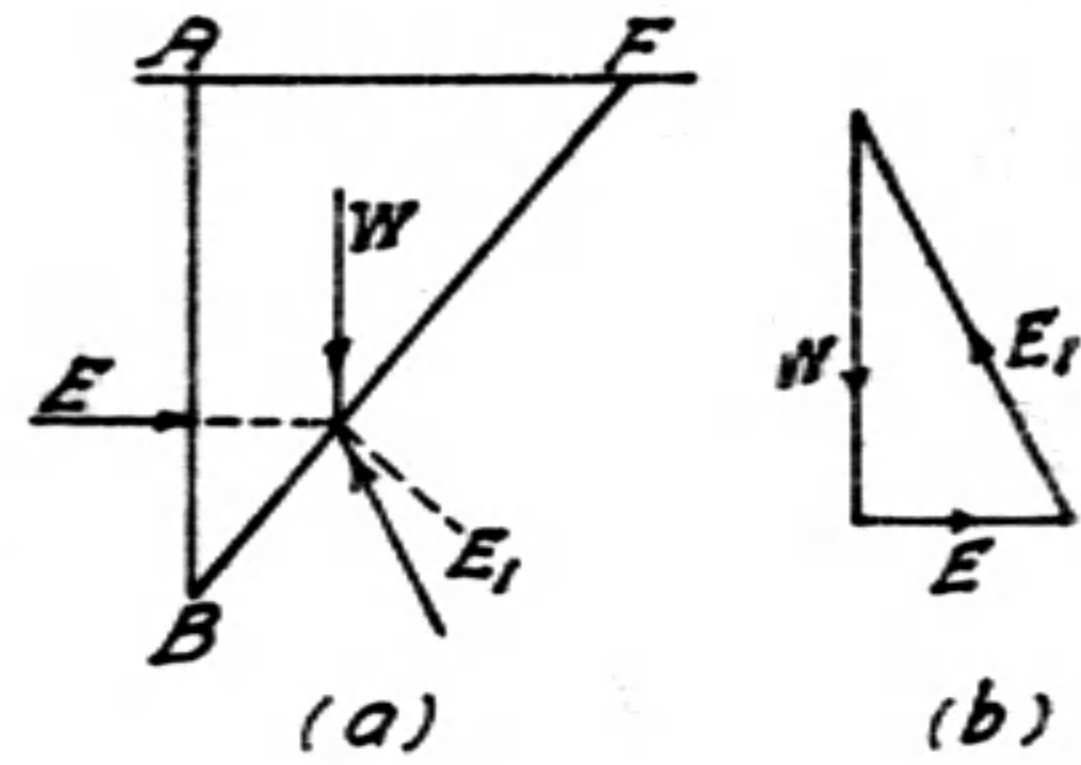


第一步,我們先研究直立平面上的應力,如第十圖 AB 平面上的 E,孫君的兩個特例均包括於此。在 AB 之右只有一個最大斜度平面通過 B 點,設為 BC。這 BC 平面上的應力當然和它的正交線作 Φ 角。設在 B 點再通過其他平面 BD,則 BD 的應力斜度 γ 必小於 Φ 。取 ABD 為自由體而畫此體上的力的三角形如 (b) 圖的 WRE。我們可以看出 E 的方向必須與 AC 並行,因為 E 通過 BA 的三分點而 W 和 R 的交點也是 BC 的三分點。這個 E 是來金氏理論給我們的答案。

現在從古洛氏理論的立場來研究這直立平面上的壓力。假如我們假設 BD 為崩裂平面,即假設 BD 平面上的應力 R' 和它的正交線不作 γ 角而作 Φ 角,則這 ABD 錐體的力的三角形變為 (b) 圖裏的 $WE'R'$ 。 γ 既小於 Φ 角, R' 必在 R 之下。故 E' 必小於 E。足見以最大斜度平面為崩裂平面所算得的 E 必大於以任何其他平面為崩裂平面所算得者。由此證明來金氏的最大斜度平面就是古洛

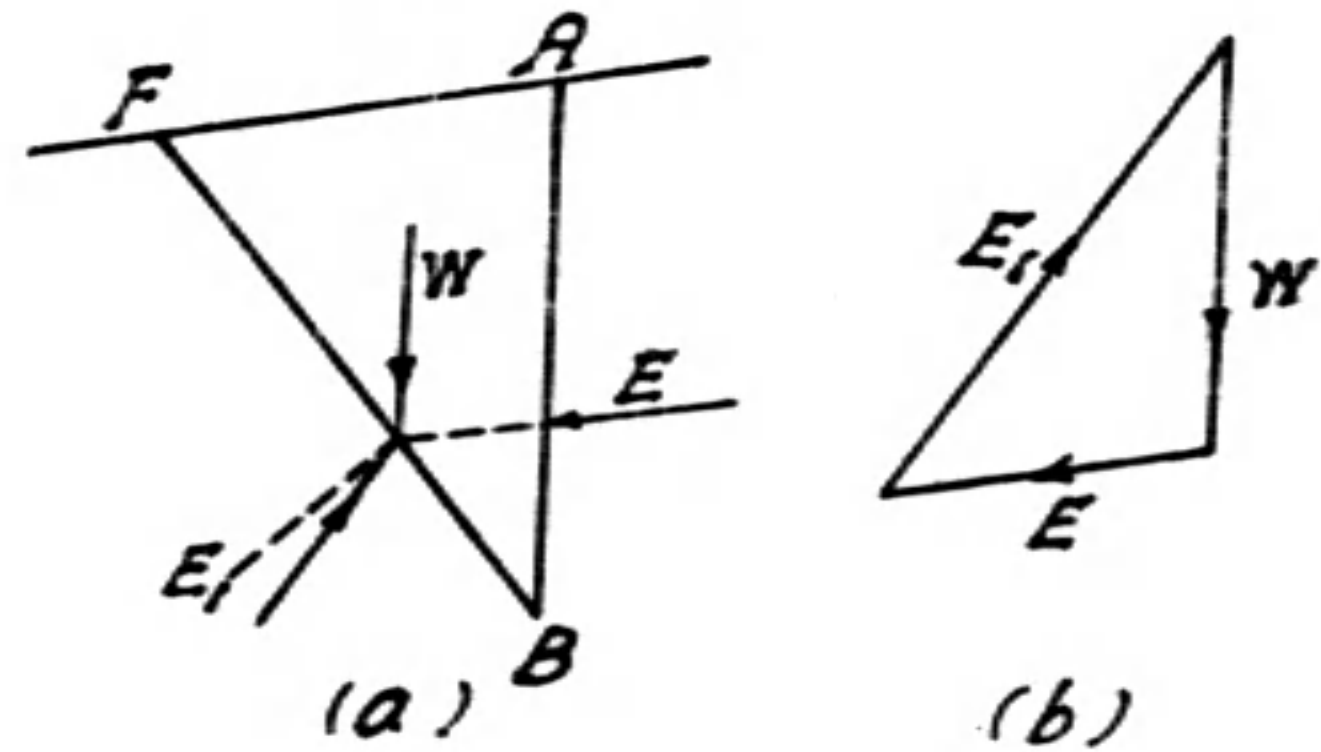
氏的崩裂平面。亦即證明一個直立平面上的土壓力，兩種理論的結果是一致的。

第二步，我們研究一個水平頂面的土堆中斜平面上的應力，如第十一圖(a)中BF平面上的 E_1 。在(b)圖力的三角形裏我們可以看出 E_1 和 E 是成正比例的。那末發生最大 E 的崩裂平面(就是來金氏的最大斜度平面)也就是發生最大 E_1 的崩裂平面了。所以一個水平頂面的土堆中；無論那個平面上的應力，用兩種算法總可以得到同樣的結果的。



第十一圖

第三步，若是土堆的頂面是傾斜的，如第十二圖，在(b)圖力的三角形裏我們可以看出BF上的應力 E_1 也是和AB上的 E 成正比例的。所以發生最大 E_1 的崩裂平面也就是發生最大 E 的崩裂平面。由此可見在無論何種狀況之下，兩種理論的結果是一致的。



第十二圖

以上的證法還可添加說明。

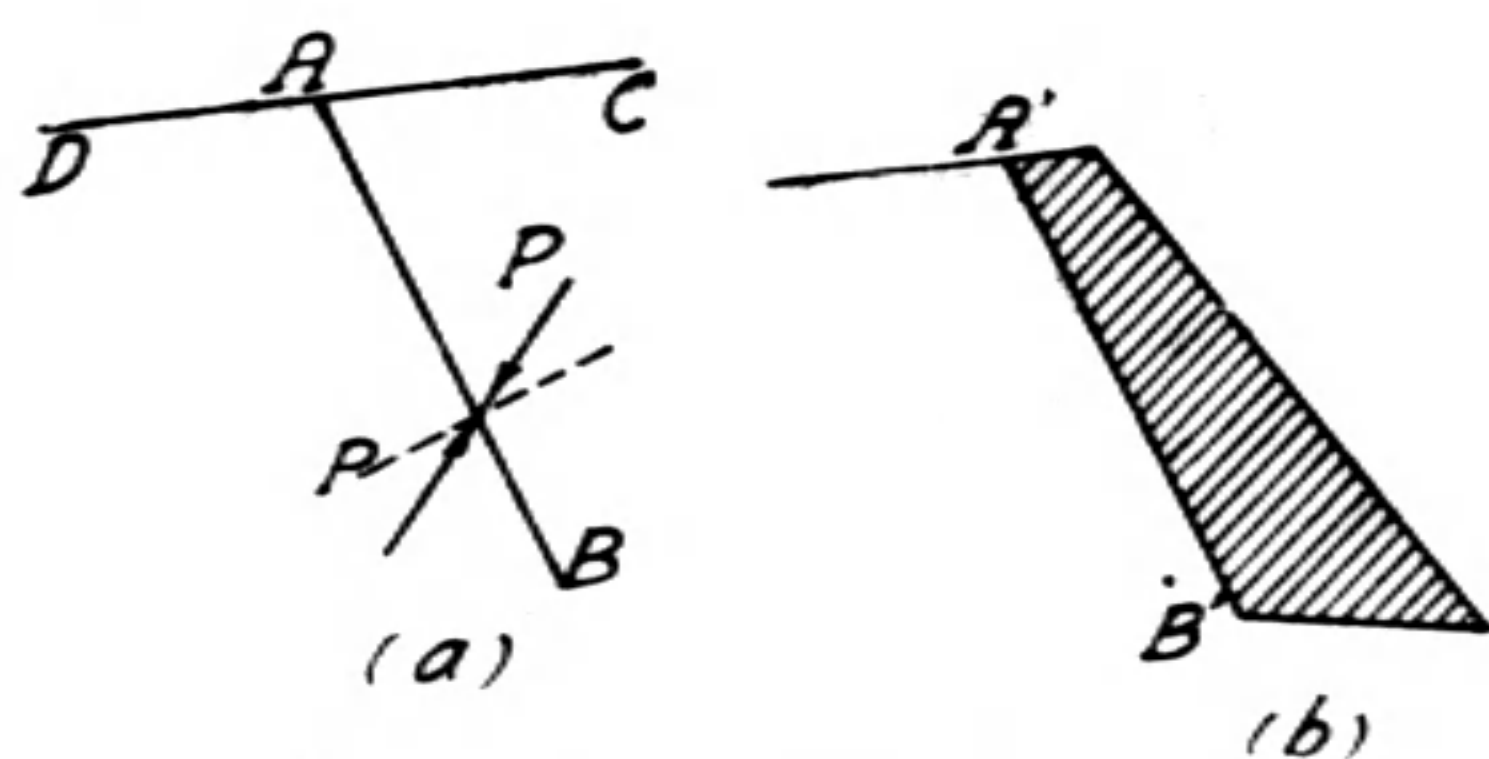
筆者不願篇幅太廣不再多寫了。筆者的見解，想讀者不難意會的。

(5) 來金氏的理論既然合於力學的原理，我們無妨利用這些原理來演算之。筆者覺得孫君所刊布的普遍來金氏公式和介紹的雲克婁氏法均未免麻煩。以下講的一種代數幾何混合解法似乎省事得多了。

這個解法可以仍用第十二圖來說明的。設BF為土堆內一個平面，求這平面上的壓力 E_1 。先算出ABF的重量 W ；再用公式算出AB平面(直立的)上的壓力 E ，它的方向是知道的。然後畫出力的三角形如第十二圖(b)。我們就得到 E_1 的數量和方向了。但有一點須

得聲明。就是來金氏理論只適用於理想土堆中。以之設計擋土牆必須加以修改，以不違反實驗的結果為宗旨。

(6) 孫君文中最不慎的一點就是以擋土牆代替土堆的半部而直用來金氏理論算求其壓力。按來金氏理論只可應用於無限寬廣的土堆，如第十三圖(a)。這土堆中任一平面AB上的應力P全因上下土堆的重量而發生的。今如以牆A'B'代替土堆的ABC部，

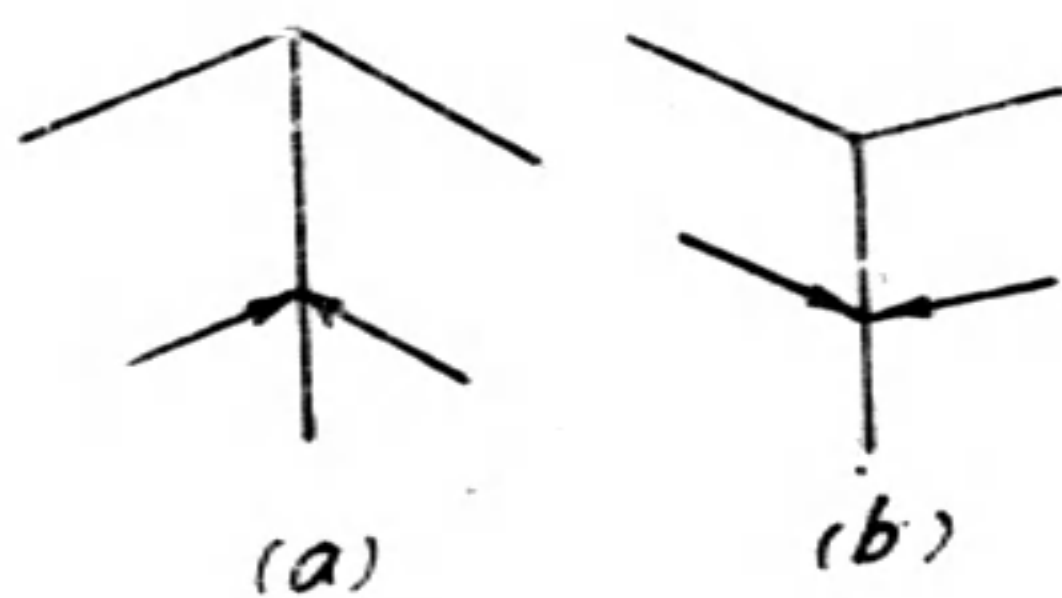


第 十 三 圖

如(b)圖，則P的重要來源ABC部既已失去，A'B'平面上的總應力那能還等於P呢？這種牆上的壓力的真正數量和方向尚不能依現時所有的土壓力理論推算之，而必須

靠着實驗的結果去決定。實驗既然告訴我們「自動壓力不能有向上的分力」，在(b)圖的A'B'平面上我們也找不出發生向上分力的原動者(除開牆的重量外)。然則蓋吉姆的結論用於擋土牆上，似較孫君意見為合理。

再則孫君的意思似以為在無論何種崎嶇的頂面的土堆中，直立平面上的應力總是隨着土堆頂面的方向。所以他說在第十四圖中，其應力的方向當如圖中所畫。筆者對於這一點却未能明瞭。因為來金氏的理論只能應用於一個無限平面頂部的土堆而不能應用於此種頂部崎嶇的土堆。孫君若欲證明其言論之確實，當在實驗結果



第 十 四 圖

證明其言論之確實，當在實驗結果中求其證據，而不能在來金氏理論中求之。筆者以為在此種頂部崎嶇的土堆中，其直立平面上的應力方向與土堆全部的大體斜度和土的高深都有關係的。

總之，在現時科學能力之下，我們還沒找到一個合理的擋土

總之，在現時科學能力之下，我們還沒找到一個合理的擋土

牆壓力的理論。但我們可以說擋土牆壓力的計算法必須與實驗結果相符合而不違背力學的原理。

貳 趙福靈

第一節 概說

工程七卷三號載有孫寶墀君土壓力兩種理論的一致一文。大意謂土壓力原有兩種理論，一種是應用七字應力原則的來金氏理論，一種是應用最大壓力斜楔法的古洛氏理論，此兩種理論向來被認為根本不相同的。孫君於論文內指摘向來應用最大壓力斜楔法之理論，計算土壓力時，夾有小小錯誤，以致由此兩種理論求出之土壓力，結果往往不能一致。孫君並證明該錯誤一經改正後，用兩種理論求出之土壓力完全相同。因此向來被認為根本不相同的兩種理論，結局由孫君證明其為完全一致。筆者對此有小小意見，可與孫君及讀者研究。今順序將來金氏理論，古洛氏理論，孫君修正之古洛氏理論，及筆者之意見約略述之。所有名詞及人名譯名，採孫君所用者。

第二節 來金氏土壓論

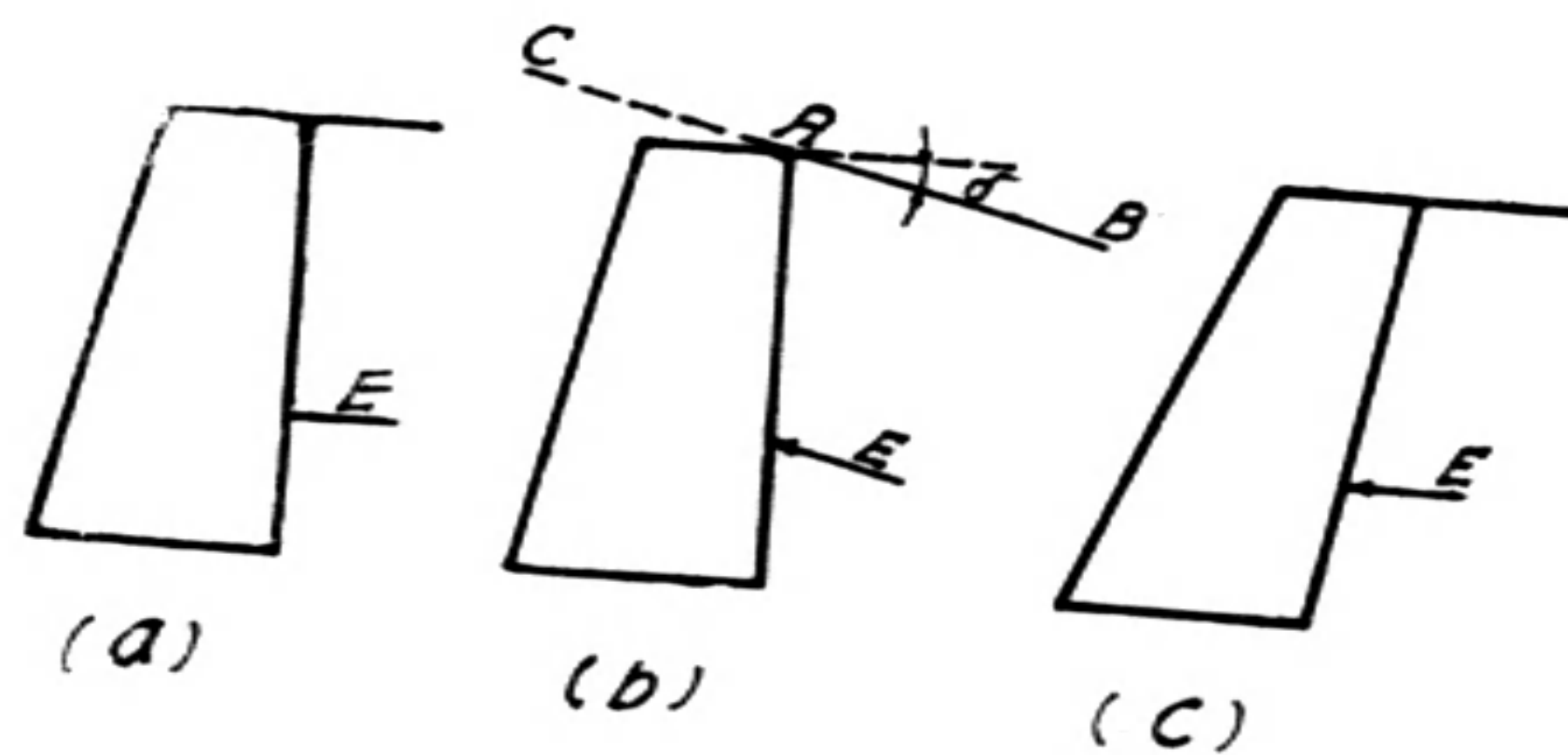
來金氏之土壓公式已由孫君在論文內詳細演算，茲不贅述。惟關於來金氏所用之假定，孫君未有詳細之討論，故於此稍為補充之。來金氏之假定如下。

1. 土堆為一種完全無黏性，祇由其分子間之磨擦力得以保持其靜止狀態，且為甚難被壓縮之純質粉體。並假定土堆表面是橫亘於無限遠的一平面。
2. 通過土中一點與地表面並行之平面，其所受之應力方向垂直，其數量與深度成正比例。
3. 通過土中一點任何平面所受之應力，其最大傾斜角不得超過土之安眠角。

4. 土堆內之應力關係不因有擋土牆之存在而生變化。換言之，即是假定擋土牆背面所受之土壓力等於橫亘無限遠之土堆內與擋土牆背面並行之任何平面所受之土壓力相等。

來金氏用上述 1, 2, 3 之假定，利用彈性固體內之應力關係求出橫亘無限遠之土堆內與擋土牆背面並行之任何平面所受之土壓力及方向。用 4 之假定，假定擋土牆背面所受之土壓力就等於此。

上述來金氏所用 4 之假定欠妥，故發生種種矛盾。例如第十五圖 (a) 擋土牆背面垂直，地表面水平，照來金氏理論土之橫壓力應與地表面並行，與擋土牆背面成直角。若無擋土牆之存在，此理論當然不錯。但實際上有擋土牆之存在，牆與土之間多少有些磨擦力；既有磨擦力，則壓力之作用方向不能與牆背面成直角。又如



第 十 五 圖

(b) 擋土牆背面垂直，地表面傾斜角 δ 是負號時，照來金氏之理論土之壓力與地表面並行，即是土壓力須向上方作用將擋土牆舉高，當然是不合理。若無擋土牆之存在而地表面是如 BAC 連亘於無限遠之時，則從來金氏理論所得結果當然不錯。但實際有擋土牆之存在，故從來金氏理論所得之結果發生如上述之矛盾。又擋土牆如第十五圖 (c) 所示時，從來金氏理論亦求出不合理之結果。

來金氏之理論最大缺點在於上述 4 之假定完全忽視擋土

牆之存在,省略牆背面與土之磨擦力,從此求出之結果矛盾甚多。後來布斯尼斯克氏 (Boussinesq) 假定土與牆背面磨擦力之作用,且假定其磨擦角等於土之安眠角,從此理論求出現今信為最可靠之土壓公式。

韋勞支氏亦根據此理論求出土壓公式如下(第十六圖)。

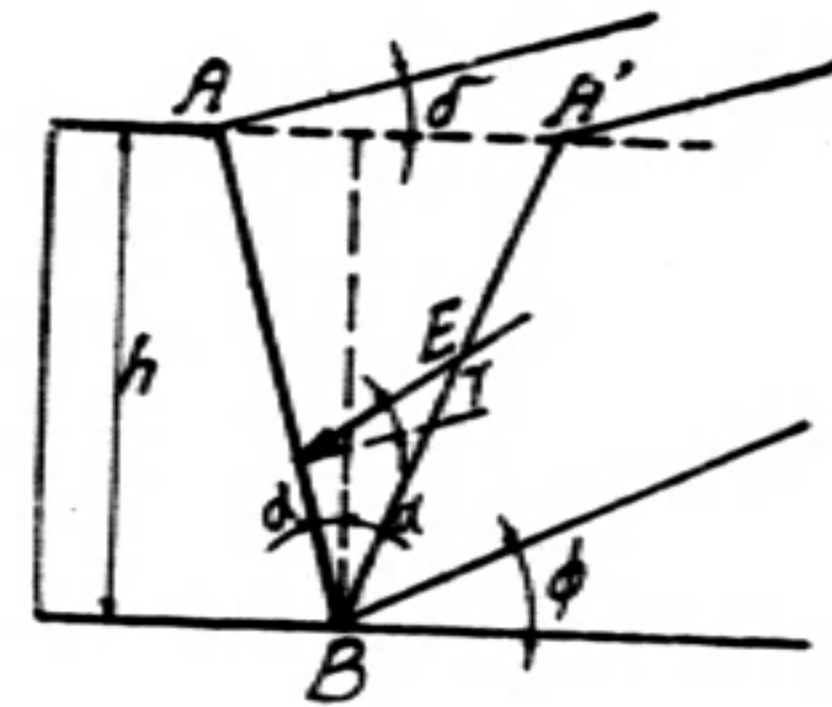
$$E = \frac{wh^2}{2\cos(\gamma - \alpha)} \left\{ \frac{\cos(\Phi - \alpha)}{(1+n)\cos\alpha} \right\}^2$$

$$\text{但 } n = \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \gamma)\sin(\Phi - \delta)}{\cos(\gamma + \alpha)\cos(\alpha - \delta)}}$$

擋土牆背面是 A'B 之時 α 取負號。 γ 須從下式計算之。

$$\tan \gamma = \frac{\sin 2(\alpha - \delta) - A \sin 2(\alpha - \delta)}{A - \cos 2(\alpha - \delta) + A \cos 2(\alpha - \delta)}$$

$$\text{其中 } A = \frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}}{\cos^2 \Phi}$$



第十六圖

若假定 $\gamma=0$ 時,即得貝克土石建築所載韋勞支的公式。筆者見識不廣,所得關於韋勞支公式之智識不過如此。至於此公式如何演算出來則不得而知。

孫君舉出第七圖 (a), (b), (c) 三個不合理之例。但從來金氏第一個假定土堆表面為橫亘於無限遠之一平面。第七圖所舉各例,土堆表面不是一平面,故不能利用來金氏公式以計算其土壓力,極為明瞭。

第三節 古洛氏之土壓論

孫君解釋古洛氏之土壓論與真正之古洛氏理論略有不同之點。故今將此理論詳為說明之。古洛氏亦假定土為完全無黏性,甚難被壓縮,純質之粉體。用原文第五圖, AC 為任意形狀之地表面。從牆背面之腳 B 點繪一直線與水平作 α 角,且與地表面相交於 C 點。今以 W 為 ABC 三角形土之斜楔(假定厚度等於一)之重量。此三角形之斜楔由於 W 之力,於牆背面作用之抵抗力 E, 及 BC 平

面之抵抗力 R 而得保持其平衡狀態。今假定 E 及 R 之方向為既知數時, E 的土壓力可從該圖 (b) 力的三角形求之, 則得

$$E = W \frac{\sin(\alpha - \Phi)}{\sin(\theta - \alpha + \gamma + \Phi)}$$

每繪一個 BC 平面, 可得一種 E 之數值。繪多數之 BC 面, 逐一求其 E 之數值。於多數 E 之數值中以其最大者為牆背面所受之土壓力。用微分法或用圖解法均可。發生最大土壓力 E 之 BC 平面稱為崩裂平面。

(A) R 之斜度。斜楔 ABC 以楔之作用沿 BC 面將滑動之瞬時可假定 R 之斜度等於土之安眠角 Φ 。

(B) E 之斜度。 E 之斜度 γ 即是 E 之作用方向與牆背正交線所作之角度。在完全平滑之牆背面上, $\gamma = 0$ 。 γ 之最大值不得超過牆與土之磨擦角 Φ' 。又 Φ' 須等於或小於 Φ 。若 Φ' 大於 Φ 時則發生不合理之現象, 即是與牆背面非常接近且與之並行之一平面上所受之土壓力, 其作用線與該平面之正交線所作之角將較 Φ 為大。故一般 γ 之數值常在零與 Φ 之間。

斜楔將滑動之瞬時, 假定 $\gamma = \Phi'$ 頗為合理。但有反對之者, 則謂擋土牆應建築非常堅固, 牆背面與土之間不能發生滑動之作用, 假定 $\gamma = \Phi'$ 不甚適當。但事實上填土有沈下之作用, 於車輛經過發生震動時尤為顯著。且擋土牆自身亦時有沈下之現象。故不能否認牆與土之間有滑動之可能。總之對於 γ 之數值各學者意見不能一致。古洛氏提出斜楔法時假定 $\gamma = 0$, 後來學者多假定 $\gamma = \Phi$ 。末拉布列斯留氏 (Müller-Breslau) 用實驗曾求出 γ 之數值在 $\frac{1}{4}\Phi$ 至 $\frac{1}{2}\Phi$ 之間。

(C) E 之施力點。地表面與牆背面俱為平面時, 土壓力 E 之施力點似應在底高三分之一點, 因土之壓力有如液體之壓力與牆高之自乘成正比例故也。但用斜楔法求土壓力時, 假定崩裂平面與擋土牆之間所夾之土有楔之作用沿崩裂平面向下滑動, 擋土牆背面因而感受壓力。此土壓力應平均分佈於牆之背面, 其施

點當在牆高二分之一點。土既非完全液體，又非完全固體，故上述兩種理論俱不適用，真正土壓力之施力點當在上述二者之間。

雷古氏 (Leygue) 實驗結果證明 E 之施力點在 $0.38h$ 至 $.50h$ 之間。

斯體兒氏 (A.A Steel) 所得實驗結果如下。土乾燥時是 $.40h$ 。土微濕時是 $0.39h$ 。土用水飽和時是 $.38h$ 。

末拉布列斯留氏 從實驗求出地表面水平，牆背面垂直時， E 之施力點在 $0.352h$ 之處。

(D) R 之施力點。根據 (C) 所述之理由， R 之施力點亦應在底高三分之一至二分之一之間。

物體受同平面外力之作用而在平衡狀態之時須滿足下列二條件，如孫君所述。

一。物體所受之外力須合成一個關閉之力圖。

二。物體所受外力之作用線須相交於一點。

普通應用最大壓斜楔法時祇用第一條件即可求出 E 之數量之公式。至於 E 之方向及施力點及 R 之施力點，因未有一定確實之理論，有如上述，故不能應用第二條件。孫君謂古洛氏及其他學者俱演了同樣錯誤，使 W , E , R 三力不相交於一點，與平衡之第二條件不合。筆者以為古洛氏及其他學者不是不明此理，因未確知 E 及 R 之方向及位置，不能應用第二條件而已。但筆者亦曾於敬恩所著土壓力，擋土牆及穀倉*一書中發見有如孫君所指摘之謬誤。敬恩氏說地表面是平面時， E 之施力點在底高三分之一點。若 R 之施力點亦是如此，則 E 之作用方向可從圖上求出，或從已知各數值計算而得，再不能假定 E 之作用方向之角度。但敬恩仍然假定 E 之方向顯然墮入孫君所指摘之錯誤，抵觸了平衡第二條件，又與原來斜楔法不相符合。

第四節 孫君之修正古洛氏理論

*Cain: Earth Pressure, Walls and Bins.

孫君用第五圖求出土壓力 E ，其所用之假定如下。

(1) 假定 E 之施力點在 BA 面上底高三分之一一點，又 R 之施力點在 BC 面上底高三分之一一點。於此可知已假定作用於 AB 面上各點之壓力及作用於 BC 面上各點之抵抗力俱與土之深度成正比例。

(2) 忽視擋土牆之存在，假定 AB 面以左部分亦是土堆，將 AC 表面兩邊向兩方延長至無限之遠。

其他則遵照第三節古洛氏之假定及算法。因 E 與 R 之施力點為已知數，故可以利用平衡條件第一條之外，又可應用其第二條。孫君由此二條件用數式算出求 E 之公式。但未求出普遍的土壓公式，因計算非常複雜，故未嘗試，祇求出擋土牆背面是垂直時之土壓公式。其結果完全與來金氏之土壓公式相同。故孫君得最後之結論，謂「古洛氏理論的所以異於來金氏理論，原來由於一個謬誤的假定。一經糾正，它們的結果就完全相同了。」

姑勿論孫君之假定是對不對，但顯然與古洛氏及其他學者所用之假定完全不同，反與來金氏所用之假定相類似。凡來金氏所用之假定，孫君已完全用之矣。但對於古洛氏及其他學者所用之假定，則多數將其拋棄之。方法是用古洛氏之方法，假定則用來金氏之假定。故所得結果與來金氏理論相同，可想像而知。稱孫君用獨創之方法來證明來金氏之土壓公式則可。稱孫君用此法證明兩種理論之完全一致則不可。

第 五 節 結 論

原來關於土壓力至今仍未有確定之理論，但來金氏及古洛氏兩種理論較為簡單合用，故普通多用之。此兩種理論各有缺點。來金氏理論祇限用於計算仰面式擋土牆及在土堆坡腳之擋土牆背面所受之土壓力。若用於其他種類之擋土牆時發生矛盾之結果，如發生向上壓力等。向上壓力是不能發生的（孫君似乎承認

可以發生向上壓力), 故蓋吉姆教授假定如用來金氏公式計算得到向上壓力時, 一概使之改爲水平壓力, 此乃不得已之修正, 此外別無何等理由。古洛氏公式應用範圍較廣。對於俯伏式之擋土牆及在土堆坡頂之擋土牆亦可求出合理之土壓力。其缺點則在於不能用以計算E之施力點及作用方向。後來布斯尼斯克氏及韋勞支氏創出更爲合理之土壓公式可惜筆者祇得其計算結果所得之公式, 不知其詳。英文書未有詳細討論土壓力之書籍。德文書有末拉布列斯留著的土壓力* 一書最爲詳細, 所有各種土壓公式均有詳細討論, 惜筆者未收藏是書耳。

叁 趙國華

孫君對於來金, 古洛兩氏之土壓論會下甚大之努力, 故能找出改革古洛氏之理論以證明與來金氏之理論相脗合, 甚爲欽佩。綜讀全文, 知著者對於來金氏之E字應力理論言之綦詳, 而證明來金氏之公式多可取。惟中間不無應行增補之處, 茲就管見所及略加說明。質諸高明, 以爲如何。

茲先將原文第二節之(12), (13), (14)等式加以改革。同時將著者未能求出之使 $\frac{dE}{dx}=0$ 和 $\frac{d^2E}{dx^2}$ 成負數之x值與作用力之方向之總公式求出。更與來金氏之總公式證明其一致, 爲著者作一有力之後盾。

依原文第五圖之(b), E與R間所夾之角爲 $\theta-x+\Phi+\gamma$, E與W間所夾之角爲 $\pi-\theta-\gamma$ 。用正弦定理, 得

$$E = \frac{W \sin(\alpha - \Phi)}{\sin(\theta - \alpha + \Phi + \gamma)} \quad (一)$$

今不言ABC土稜與壁背AB保持平衡。亦不必說E, R, W三道在同平面的平衡勢力必須同點, 因在實際上亦不許有如是之假定。今單說求E力作用於壁背AB上之合力之最大者, 作爲設計擁壁之張本可也。

*Müller-Breslau: Erddruck auf Stützmauern.

用(一)式求微分使 $\frac{dE}{dx}$ 等於零,可得

$$W = -\frac{\sin(x-\Phi)\sin(\theta-x+\Phi+\gamma)}{\sin(\theta+\gamma)} \cdot \frac{dW}{dx} \quad (二)$$

$$\text{但} \quad \frac{dW}{dx} = -\frac{w \cdot \overline{BC}^2}{2} \quad (三)$$

$$\therefore W = \frac{\sin(x-\Phi)\sin(\theta-x+\Phi+\gamma)}{\sin(\theta+\gamma)} \cdot \frac{w \cdot \overline{BC}^2}{2} \quad (四)$$

$$\text{又因} \quad \overline{BC} = \frac{h}{\sin\theta} \cdot \frac{\sin(\theta-\delta)}{\sin(x-\delta)} \quad (五)$$

$$\therefore E = \frac{wh^2}{2} \cdot \frac{\sin^2(\theta-\delta)\sin^2(x-\Phi)}{\sin^4\theta \sin^2(x-\delta)\sin(\theta+\gamma)} \quad (六)$$

次求 γ 與 x 之值,解法如次。先求 E, R, W 三力對於 B 點所起之力矩而置之零,即

$$E \cdot \overline{BD} \cdot \cos\gamma - R \cdot \overline{BF} \cdot \cos\Phi + \frac{W}{3} (\overline{AB} \cdot \cos\theta + \overline{BC} \cdot \cos x) = 0 \quad (七)$$

$$\text{但 } E \text{ 見(一)式,} \quad R = \frac{W \cdot \sin(\theta+\gamma)}{\sin(\theta-x+\Phi+\gamma)}$$

$$\text{又} \quad \overline{AB} : \overline{BC} = \sin(x-\delta) : \sin(\theta-\delta)$$

將以上各式代入(六)式而整理之,得

$$\sin(x-\delta)\cos(\theta-x+\Phi)\sin(\theta+\gamma) = \sin(\theta-\delta)\cos(\theta-x+\gamma)\sin(x-\Phi) \quad (八)$$

$$\text{從第五圖得} \quad W = \frac{w \cdot \overline{BC}^2}{2} \cdot \frac{\sin(x-\delta)\sin(\theta-x)}{\sin(\theta-\delta)} \quad (九)$$

因(九)與(四)相等,得

$$\sin(x-\Phi)\sin(\theta-x+\Phi+\gamma)\sin(\theta-\delta) = \sin(x-\delta)\sin(\theta-x)\sin(\theta+\gamma) \quad (十)$$

以(八)與(十)相乘而整理之,得

$$\tan\gamma = \frac{-\sin\Phi \cos(2\theta-2x+\Phi)}{1-\sin\Phi \sin(2\theta-2x+\Phi)} \quad (十一)$$

以 $\sin(\theta+\gamma)$ 除(八)與(十)之兩邊而整理之,得

$$\cot(\theta+\gamma)\cos x + \sin x = \frac{\sin(x-\delta)\cos(\theta-x+\Phi)}{\sin(\theta-\delta)\sin(x-\Phi)} \quad (十二)$$

$$\text{及} \quad -\cot(\theta+\gamma)\sin(x-\Phi) + \cos(x-\Phi) = \frac{\sin(x-\delta)\sin(\theta-x)}{\sin(x-\Phi)\sin(\theta-\delta)} \quad (十三)$$

將以上(十二),(十三)兩式消去 $\cot(\theta + \gamma)$ 得

$$\cos \Phi = \frac{\sin(x - \delta) [\sin(\theta - x) \cos x + \cos(\theta - x + \Phi) \sin(x - \Phi)]}{\sin(\theta - \delta) \sin(x - \Phi)} \quad (十四)$$

或 $\sin(x - \delta) \cos x = \sin(x - \Phi) \cos(x - \Phi - \delta)$

或 $\sin \Phi \cos(2x - \Phi - \delta) \sin \delta$

令 $\sin \psi = \frac{\sin \delta}{\sin \Phi}$ (十五)

則 $\cos(2x - \Phi - \delta) = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \psi\right)$

$$\therefore x = \frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} + \frac{\delta}{2} - \frac{\psi}{2} \quad (十六)$$

此即所求土之崩壞角度。

以(十六)代入(十一)而整理之得

$$\tan \gamma = \frac{-\cos^2 2\theta - \delta \sin \delta - \sin 2\theta - \delta \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}}{1 - \sin 2\theta - \delta \sin \delta + \cos 2\theta - \delta \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}} \quad (十七)$$

此即所求土壓力之斜度。

於是
$$\frac{1}{\sin(\theta + \gamma)} = \frac{(1 + \tan \gamma)^2}{\sin \theta + \cos \theta \tan \gamma}$$

$$= \frac{[1 + \sin^2 \Phi - 2 \sin(2\theta - \delta) \sin \delta + 2 \cos(2\theta - \delta) \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}]^{\frac{1}{2}}}{\sin(\theta - \delta) (\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi})}$$

又
$$\frac{\sin^2(x - \Phi)}{\sin^2(x - \delta)} = \frac{1 - \cos 2(x - \Phi)}{1 - \cos 2(x - \delta)}$$

$$= \frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}}$$

將以上兩值代入(六)式得

$$E = \frac{wh^2}{2} \cdot \frac{\sin(\theta - \delta)}{\sin^2 \theta} \cdot \frac{[1 + \sin^2 \Phi - 2 \sin 2\theta - \delta \sin \delta + 2 \cos 2\theta - \delta \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}]^{\frac{1}{2}}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \Phi}} \quad (十八)$$

此即所求土壓力之數量。

以原文(4)式K之值代入(7)式而整理之,其最後方式與(十八)式相同。故來金氏與古洛氏兩種理論之一致遂完全證明矣。

孫君對於古洛氏之先將 γ 值假定,抨擊至再。但古洛氏決不致將平衡條件含糊不辨,有如著者所述之甚。而所謂駢枝的假定亦自有其理由在焉。今請申其說。當擁壁(原文稱擋土牆)建築之前,假想土無凝集之力則土堆之斜坡BC應成 α 角,而ABC部之土必在建築成功之後而填入。如是在填實之時與填實之後而起沉縮,在所不免。加以因自身重量而致下沉等影響,則必經長時間之運動而使土與壁相磨擦,磨擦之角以起。其土壓力與壁面正交線所夾之角亦可如BC面上所起之磨擦角 Φ 先行假定。是即古洛氏解法之精髓。夾角假定之後,乃由三力平衡之條件以求E,自屬可通之論。蓋此時持BC, BA二平面上之磨擦力以保持與土稜重量之平衡,而BD之長在實驗上並非定為BA長三分之一。則所謂旋勢之不能抵消者,因著者認BD長為BA三分之一有以致之。至其夾角之值,各大家人各言殊,茲略舉數則如次。

毛拉氏* 謂通常之時 $\gamma = \frac{2}{3}\Phi$ 。壁面平滑之時 $\gamma = \frac{1}{3}\Phi$ 。

末拉布列斯留氏** 謂 $\gamma = \frac{\Phi}{2}$ 至 $\frac{3}{4}\Phi$ 。

古洛氏與巴奈氏假定 $\gamma = 0$, 後乃有假定等於 Φ 者。

然則人有疑各大家之假定既不一致,則結果必因之而異。然考其結果,殆相差無幾。在此不完全之土壓理論計算之下,此項差異不足慮也。茲舉例明之。

設 $\Phi = 30^\circ$, $E = cwh^2$ 。

	壁背垂直	成 $\frac{1}{4}$ 坡度	成 $\frac{1}{6}$ 坡度	成 $\frac{1}{8}$ 坡度
$\gamma = \Phi$	0.149	0.212	0.201	0.194
$\gamma = 0$	0.166	0.218	0.206	0.201

今更略舉D點位置之實驗結果,以明古洛氏解法之可通。

* Möller: Tableaux sur la pression des terres.

** Müller-Breslau: Erddruck auf Stützmauern.

A. A. Steel 氏用 80 磅每立方英尺, $\Phi=35^{\circ}-29'$ 之泥土試驗之, 得下列結果。乾燥時 0.40h, 稍濕時 0.39h, 飽和時 0.38h。

末拉布列斯留氏之結果。

砂面與壁齊高時	0.352h
壁頂側面加載重時	0.38h—0.42h
壁頂側面稍遠處負載重時	0.36h—0.46h

E. P. Goodrich 氏之實驗結果。

壁高六英尺以下	0.40h
壁高六英尺以上十英尺以下	0.40h
壁高十英尺以上	漸次達於 0.333h.

綜上之結果, 將有何說以解釋乎? 曰有。設地面與壁齊平, 土之壓力假定有如液體者然, 則壁高二次方與之成正比例, 而作用之點應在底高三分之一處。但在求土壓力時, 乃由壁面與崩裂面間所夾之土稜而得。土稜又視成一固體之楔而作用, 沿崩裂面滑動, 再作用於壁背。此時壁背所受之力成爲均勻之分佈, 作用之點應在壁高二分之一處。但實地上, 土壤既非純粹液體與固體之性質, 則真正之作用點允在兩者之間, 可無疑義。故以上之結果, 似屬可靠。苟以上兩說能成立, 則古洛氏之解法合乎實際, 未能湮沒其功也。

至於來金氏之解法, 用之雖廣, 但有數處不能合理者。如原文第五圖中之 AB 線間之夾角 θ 小於 90° 時, E 力向下, 必焉土之合力呈向上之勢, 此決無之事實。如用來金氏公式解之, 則有未合。又或 AB 爲垂直而 δ 角爲負數時, 則 E 值又起不合情理之結果。總之, 凡於原文第三圖中之主軸 q_n 不在土內而在壁內者, 所得之結果皆不合理。故來金氏之解法較古洛氏之解法範圍較狹, 可斷言也。筆者未見蓋吉姆原作, 對於「修正來金氏理論」一節未敢致辭。然來金氏理論上有不可通處, 有加以修正之必要, 以求適合, 亦未可厚非也。

今請論土壓力諸公式究有若干價值, 以結吾文。有以理論公

式在實地應用時無甚價值者，有言可以充分信托者，人人言殊，莫能確定。竊以為理論必先基於假定，假定必須與實況相近，斯可以言信託。而假定與實際是否相近，在土壓論中又不能正確明瞭。兼以對於外界之影響，如壁背之盛水，溫度之遞降，載重之變化，又難以算式表明之者。故土壓力諸公式所得之結果，不過供作計劃擁壁各部之適當比例，或求其應力分佈之大概。在實際上仍需依經驗而判斷，方可以言價值。且平常之公式對於地面壁背之形狀以及過載重 (Surcharge) 之性質，皆不能顧及，其結果僅為一種數學的意義而已。其稍能應付上列各種情狀者推圖解法耳。著者曾舉雲克婁氏之解法，仍屬數學的意義，實用時又易發生困難。不若利用柯爾門 (Culmann) 之土壓線圖解法，里白亨 (Rebhann) 之崩裂平面解法，或龐西來 (Poncelet) 之土壓三角形解法，較為切合實用，在德法書中常見之。讀者可擇一細讀之可也，逐一介紹，未免辭費。如專為決定擁壁之尺度及所起之應力，則可逕用表格求之，如克萊*及奧培**兩書載之甚詳，可作參攷。

肆 孫 寶 墀

土木工程學裏各家意見最不一致的問題殆莫過於土壓力的理論。著者欲提倡以中文討論學術，深幸選題得當，果承林、趙、趙三君賜予討論，不勝感謝。三君不但對於本題各有闡發，並且啓示一新途徑，引著者向前作進一步的研究。居然得到一個比原文更重要而切實可用的結果，就是本篇所要提出的「合理化的古洛派理論」。

今先就三君提出的要點逐項答復如下。

答林同棧君 (1)原文 265 版說「推想起來，大概韋勞支採用一個可以從來金氏理論求得的原則去代替古洛氏謬誤的假定，

* Krey: Erddruck, Erdwiderstand.

**Aubry: Cours de murs de Soutènement.

所以能夠得到和來金氏同樣的結果。」著者深喜林君見到的節譯本竟證實了他的揣想。原來韋勞支的假設是「古洛氏的崩裂平面就是來金氏的最大斜度平面」。應用這個假設，我們可以令 $\gamma = \Phi$ 和 $\theta = x$ 代入 (8) 式。就把這樣得到的 X 的值代入 (14) 式而得到和 (7) 式一致的普遍公式，省去求微分的手續。

著者也曾想到這個辦法。但「崩裂平面就是最大斜度平面」這個假設，韋勞支儘可採用，著者却沒有這權利。何以故呢？原文的主旨是證明兩派理論的一致，那個假設是「兩派理論一致」命題的附例。用一個命題的附例為前提去證明他自身，這是邏輯所不許的。

著者新近得於一本書裏* 見到韋勞支的普遍公式。表面似與著者的 (7), (8) 兩式不同，但解決幾個例題的數字答案却是完全相同的。

林君的 2, 3 兩點俟於下文答復。

(4) 林君的討論，此節最為重要。他以為倘使假定 E 的用力點在底高三分之一處，則兩派理論結果的一致可用極簡單的幾何方法去證明，無須乎原文裏許多繁複的代數式。

林君的簡單方法。施用於坡面傾斜的土堆中直立平面上的應力（即原文第一、第二兩個特例），的確得到圓滿的成功，並且是個很聰明的證法。

但論到土堆內非直立平面上的應力，林君却犯了倒果為因的毛病。他的第二、第三步都以 E, E_1 和 W 三力平衡為出發點。不知土堆內任何斜楔上的外力必須平衡，乃是來金氏平面應力基本假設的必然結果。最大壓力斜楔法却不以這樣的平衡為必要條件。我們知道傳統的古洛派理論，任何甲乙兩平面上最大壓力的合力，不必恰好和以甲乙兩面為界的斜楔的重量相抵銷。現在雖採用「 E 的用力點在底高三分之一處」的新假設，我們仍舊無權假定給果必須合於上述條件。一言以蔽之，林君第十一及第十二兩圖

* Charles Prelini: Earth Slopes, Retaining Walls, and Dams.

內 E , E_1 , 和 W 的平衡(即林君所謂 E_1 和 E 成正比例)是結果。用同一崩裂平面求得 E_1 和 E 是原因。今以該三力平衡為出發點,去證明崩裂平面的同一,豈不是倒果為因?

(5) 應用來金氏理論時(看第十二圖)先用公式求出直立平面 AB 上的壓力 E 。再用圖解法求得該壓力 E 和 ABF 斜楔的重量 W 的合力,作為 AF 平面上的壓力 E_1 。這方法普通教科書都載,且為尋常設計者所通用。

著者介紹雲克婁氏幾何解法,因為在應力圓形中,理想土堆裏的 α 字平面,最大斜度平面,以及主要平面的相互關係,都可一目了然。

(6) 原文辯說俯伏式擋土牆上的壓力應有向上分力,並未牴觸來金氏的基本假設。土堆必須廣漠無限的用意,不過是限定土粒子連續不斷的密切堆聚為產生壓力的惟一原因。盛在器皿裏的土粒子,是不能應用來金氏理論的一個例子。因為器皿四週的阻遏也是一種不可忽視的產生內部應力的原因。這器皿如果是狹小的,土內每點上的應力,多少要受些邊緣阻遏的影響。至於以一平面為界的擋土牆的阻遏,應響較淺,不至於使來金氏理論完全不適用。

林君第十三圖(b)表示一個俯伏式的擋土牆。我們假想 $A'B'$ 本是廣漠無限的土堆裏的一個平面。再假想把 $A'B'$ 右方的土取去,代以石牆。取代的時候倘不驚擾左方土粒靜止的平衡,則 $A'B'$ 平面上的應力應該維持原狀。所差的,不過是接受該應力的實體,從前是右面的土,現在是石牆罷了。

再則來金氏理想土堆裏的自動壓力可以有向上分力,並不可怪。原文 267 版說理想的土堆可稱謂半液體,因為它的動定狀態近似液體。倘使第十三圖裏的石牆造在水內, $A'B'$ 平面上的水壓力並不因以石代水而起變化。這水壓力是跟 $A'B'$ 成直角的,自然有向上的分力。現在這牆造在半液體內, $A'B'$ 平面上受到的理

想的土壓力是跟 A'B' 的正交線作 γ 角的,也可以有向上的分力。

還有一層,林君反對擋土牆設計者應用來金氏理論,因為該理論是根據「廣漠無限」的假設而來的。現在原文證明(可惜尚未澈底假定 E 的用力點在底高三分之一處時,最大壓力斜楔法的結果和來金氏理論完全一致。這或者可以名為「改正的古洛派理論」,它並不以「廣漠無限」的假設為根據。假使擋土牆設計者異口同聲說「我們用的並非是來金氏理論,它是改正的古洛派理論」,林君又將何辭以對?

總而言之,來金氏理論的結果與實驗不符,並不是因為擋土牆設計者違反了廣漠無限的假設,却是因為實際的土堆不是理想的一種「純粹,壓不遍,而且沒有黏性的小粒子積聚而成的」。

林君對於著者批評蓋吉姆的「修正的來金氏理論」似乎不甚明瞭,現在簡單申說一下。蓋氏的修正論是自命為有理論上的根據的。林君的第十四圖(a)就是蓋氏書中的第十五圖。他說「如果直立平面上的應力必須與坡面並行,那麼這圖內直立平面上兩邊的壓力不能互相抵銷了。這是不合平衡原則的。所以自動壓力不能有向上的分力。」

著者因舉第十四圖(b)來相比較。這圖內直立平面上兩邊所受的壓力也不能相銷。蓋氏的理路若是始終一貫的,他應該接着證明自動壓力並且不能有向下的分力。這樣可以得到一個普遍的結論「凡自動壓力皆是水平的」,倒也自成一家之言。他計不出此,一面承認土壓力有向下的分力,一面又不承認它有向上的分力,豈不是自相矛盾?

著者以為半液體的自由面不能有像第十四圖那樣突兀的起伏。但它可以有紆緩的波紋,如第十七圖所示。這理想的土堆裏無論那個直立平面上的應力是跟坡面的切線並行的。故來金氏理論的結果與靜力平衡的原則並無抵觸之處。



第 十 七 圖

答趙福靈君 趙君第二節論來金氏理論的要點與林君意見略同，前文已經詳細答復。今只須總括一句。林、趙兩君以為用來金氏理論去計算擋土牆上的壓力是違背了「廣漠無限」的假設，所以得到的結果跟常識和實驗不符。他們無形之中承認了來金氏理論是算求一個廣漠無限的土堆內部應力的完善理論。著者則以為來金氏理論所以不適用於擋土牆的設計是因為它根本上是個不合實際的理論，並非因為設計者違背了廣漠無限的假設。

趙君第四節敘述著者修正古洛氏理論的假設，有誤會之處。第一，趙君說著者先假定 E 和 R 的用力點在底高三分之一處，故得應力密度與土深成正比例的結論，這話與原文第二節的程序恰正相反。原文 262 版上說「 E 必須經過 RA 的三分點，因為它和 W 成正比例，而 W 又轉和 h^2 成正比例。」 E 和 W 成正比例這事實可以從趙君第三節裏 E 的公式看出來的。

第二，趙君所寫著者的第二假定，什麼「忽視擋土壁的存在」等那些話，著者在原文第二節的證法裏遍覓不得。

趙君批評著者的修正古洛氏理論，說「凡來金氏之假定，孫君已完全用之矣。但對於古洛氏及其他學者所用之假定則多數拋棄之。」也完全不是事實。著者假定斜楔 ABC 在崩裂平面 BC 上向下滑溜， BC 面上的抵抗力 R 跟它的正交綫成 Φ 角，而以使 E 值最大為條件去求 α 角。試問這是來金氏還是古洛氏的假定？著者又假定 E 和 R 的用力點在底高三分之一處，上面已經說明，那是根據趙君自己的 E 式而來的。著者又假定 E, R, W 三力相交於一點，那

是根據 $\Sigma M=0$ 而來的。原文第二節的證法自始至終完全沒有來金氏平面應力假設的影踪。故趙君所說，全非事實。

答趙國華君 趙君三角術的嫻熟，著者望塵莫及。趙君解法裏算式的變演，至少有三處爲著者所不能解，承趙君兩次指示方才明瞭，殊可感佩。

但趙君一面說「不言土稜與壁背保持平衡，亦不必說三道同平面的平衡勢力必須同點，因在實際上亦不許有如是之假定。」一面却應用 $\Sigma X=0$ 和 $\Sigma Y=0$ 而得(一)式，又應用 $\Sigma M=0$ 而得(七)式。何以言行相違如此，殊屬費解。

綜觀趙君的解法，似乎和林君所說韋勞支的方法相近，因爲這解法的關鍵全在「 γ 與 X 無涉」一個假定。若照原文第二節的假定，從第五圖 IDF 三角形裏可以得到

$$\frac{\cos(\theta - \delta + \gamma)}{\sin(\theta - \alpha + \Phi + \gamma)} = \frac{\cos \theta \sin(\alpha - \delta)}{\sin(\alpha - \Phi) \sin(\theta - \alpha)} \quad (十九)$$

γ 似爲 X 的函數， $\frac{d\gamma}{dX}$ 不等於零。那麼用趙君的(一)式去求微分就不是那樣的簡單了。

所以趙君的解法，雖較原文爲便捷，爲完全，然著者却不能認它是原文的「後盾」。何以故呢？「 γ 與 X 無涉」是來金氏 μ 字應力假定必然的結果。原文第二節的目的在乎用古洛氏的假定和尋常力學的原理去證到和來金氏相同的結果。著者若要避免「竊取論點」的謬誤，他不能採用任何可從來金氏理論裏得到的命題爲假定。

趙國華君對於古洛氏理論的見解和趙福靈君相同。關於土壓力理論和實驗的文字，誠如林君所說車載斗量。著者因爲這些議論在教科書裏常見讀過土壓力的人都知道，故原文沒有提及。今承兩位趙君加以補充，應表謝意。

但舊說「因斜楔近乎固體，它兩面的應力應均勻分佈，故 E 的用力點應在底高三分之一處。」粗觀之似言之成理，其實不能成

立。何以故呢？因為 $E = \frac{uwh^2}{2}$ 。故 $dE = uwh dh$ 。照這公式，土愈深則 E 的增加愈快。故牆背上的應力決不是均勻分佈的。關於古洛氏理論中土壓力可能的分佈規則，且待下文詳細討論。

又趙國華君論來金氏理論說「凡於原文第三圖中主軸 qn 不在土內而在壁內者，所得結果皆不合理」，應改為「原文第八圖中主軸 IN ……」才對。第三圖之 qn 係一垂直綫，並非主軸。

合理化的古洛派理論 林同棧、趙福靈、趙國華三君都為古洛派理論作有力的辯護。兩位趙均不承認古洛派犯了力學的規條，均引貝克的意見以為 E 的用力點應在底高三分之一至二分之一之間。這是忽視了歷來應用古洛派理論者（包括三位討論者和著者在內）沒有不把 E 畫在底高三分之一處的事實。林君承認這傳統方法的錯誤，並主張古洛派的錯誤不在壓力的方向，而在於它的用力點，可謂一語破的。可惜他沒有繼續努力，給我們一個具體的解決。

著者依照三君指示的方向，把本題重行考量一下，發見古洛派理論，除原文所舉的修正外，還可用另一方法去改良它。茲提出於下，以就正於高明。

最大壓力斜楔法是個極簡單的靜力學問題。它有兩個必要條件，供給我們兩個方程式，就是

$$A. \quad \Sigma X = 0, \quad \Sigma Y = 0,$$

$$B. \quad \Sigma M = 0.$$

所以我們可以在下列三端內選取兩個未知數。

- a. E 的數量。
- b. E 的用力點。
- c. E 的方向。

這選擇的樞紐，可以說在乎土壓力分佈規則的假定。由原文第五圖內我們可以得到

$$E = \frac{wh^2}{2} \cdot \frac{\sin(\theta - \delta)\sin(\theta - \alpha)\sin(\alpha - \Phi)}{\sin^2 \theta \sin(\alpha - \delta)\sin(\theta - \alpha + \gamma + \Phi)} \quad (20)$$

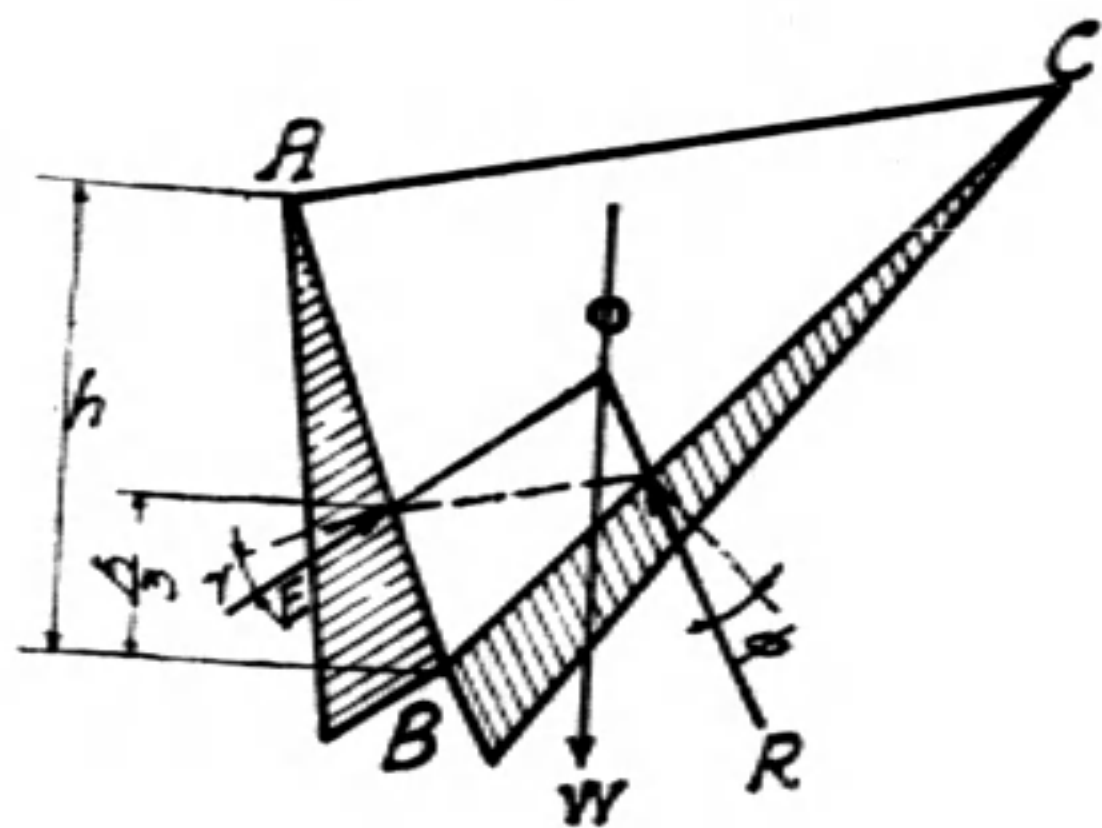
或簡寫為

$$E = \frac{uwh^2}{2} \tag{21}$$

又可得

$$R = \frac{\sin(\theta + \gamma)}{\sin(\alpha - \Phi)} \cdot \frac{uwh^2}{2} \tag{22}$$

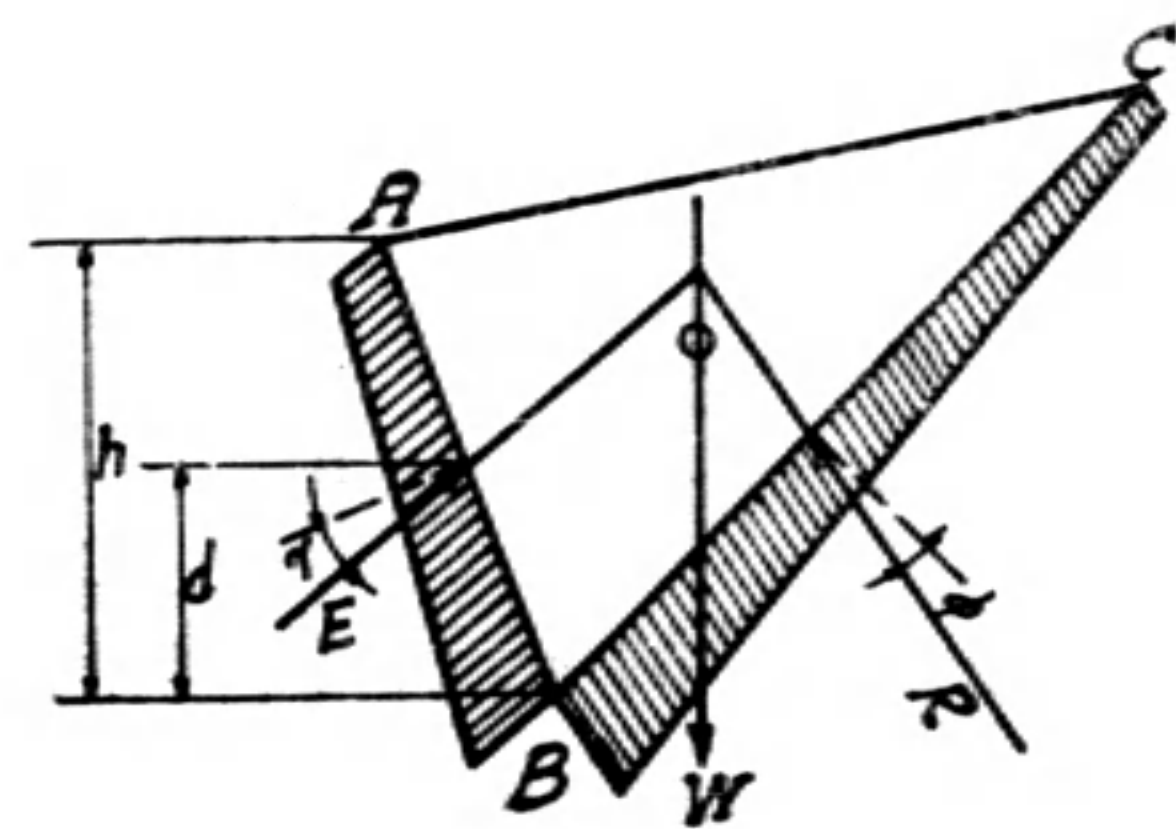
假如使 E 最大的 X 的值已經求出,用以代入上式,則(21)和(22)兩式內 wh^2 的係數皆為常數。故 E 和 R 各跟 h^2 成正比例。原文根據這事實,假定 E 和 R 的分佈規則均為三角形的,如第十八圖所示。



第十八圖

故 E 和 R 的用力點均在底高三分之一處,同為已知數。那麼題內當然祇剩 E 的數量和 E 的方向兩個無可再減的未知數了。這「三角形分佈」假設的結果是原文的(14)式,它是可以證明和來金氏理論完全一致的。

但細察(21)和(22)兩式, E 和 R 的分佈規則也可以假定為梯形的,如第十九圖所示。在這「梯形分佈」假設之下,我們可以假定 γ 等於土與牆的磨阻角,為已知數。那麼題內祇餘 E 的數量和 E 的用力點兩個未知數。準此進行,結果和原文所得者大不相同。



第十九圖

第一步求 E 的數量。用(20)式求 $\frac{dE}{dx}$, 使它等於零,即以所得 X 的值代入本式。這步求微分的手續也是很繁複的。幸而前人已經做出,今把貝克書中所載美列門的最大壓力公式抄錄於下。

$$E = \frac{wh^2}{2} \cdot \frac{\sin^2(\theta - \Phi)}{\sin^2\theta \sin(\theta + \gamma) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi - \delta)\sin(\Phi + \gamma)}{\sin(\theta - \delta)\sin(\theta + \gamma)}} \right]^2} \tag{23}$$

記住在「三角形分佈」假設之下, $\gamma = f(x)$, 是個變數,但在「梯形分佈」假

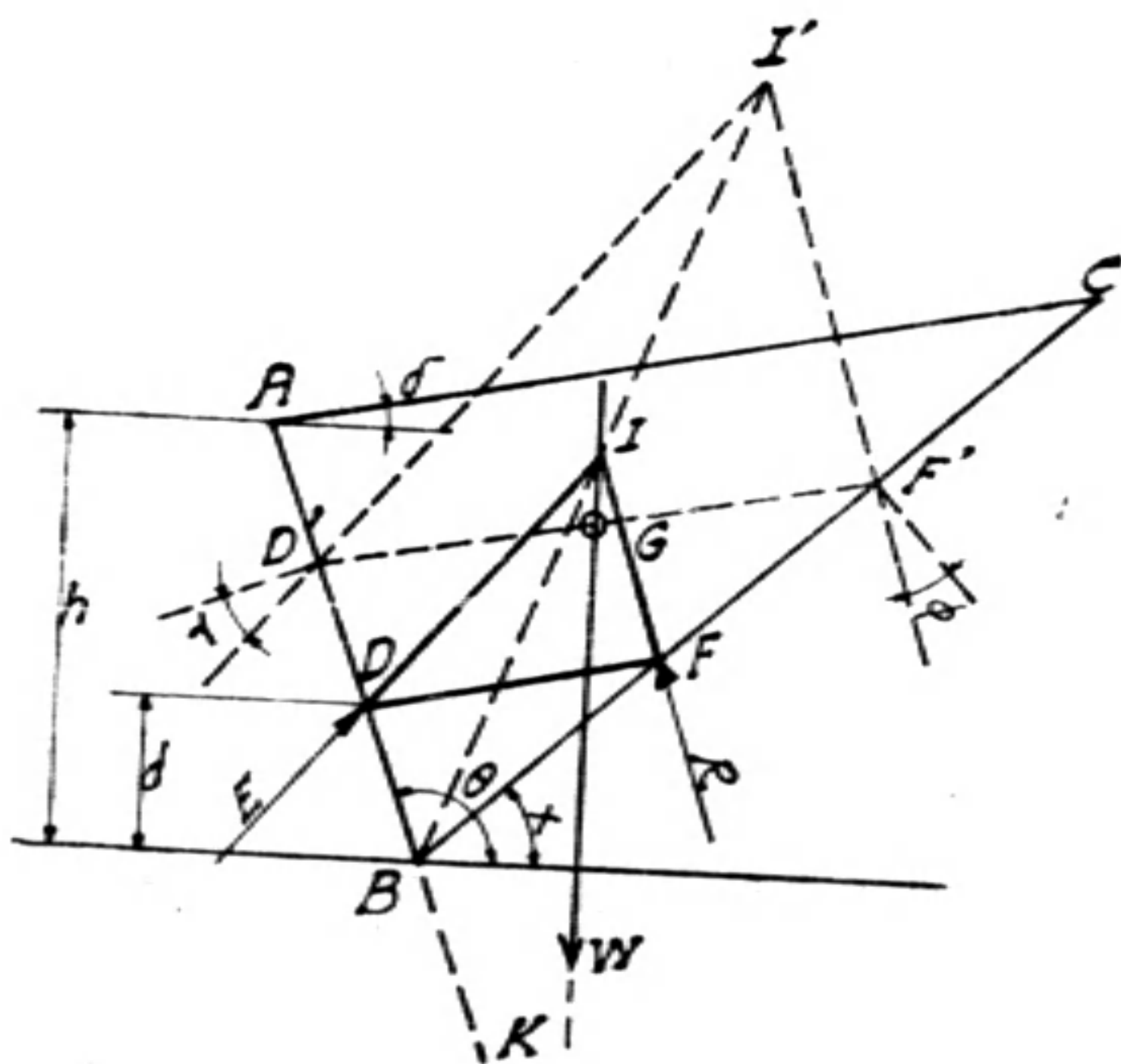
設之下, γ 是個已知的常數。

第二步求 E 的用力點。這兒有樁疑難之點, 就是 R 的用力點應在何處? 它當然不能仍在底高三分之一處, 但又不能當它是個未知數, 因 $\Sigma M=0$ 一個公式只能解決 E 的用力點一個未知數。

要解除這層困難, 著者提議採取這樣一個假設。我們假定通過 E 和 R 的用力點的直線和土的坡面並行。這等於假定這兩個用力點把牆背和崩裂平面截成等比例的兩段。更明白的說, E 的用力點如在底高三分之一處, R 的用力點也在底高三分之一處; E 如在底高二分之一處, R 也在二分之一處。

$\Sigma M=0$ 這公式要求 E, R, W 三力必須相交於一點。採取上述假設, 我們可以用下面一個幾何方法去求 E 的用力點。

在第二十圖內, AC 是土的坡面, AB 是牆背, BC 是已知的崩裂平面。經過 ABC 三角形的重心 G 點作一垂直綫, 這是 W 的用力綫。經 G 點作一跟 AC 並行的直綫, 割 AB 於 D', 割 BC 於 F'。(這綫不妨畫於任何地位, 但為下文求 V 地步, 以經過 G 點為方便。) 從 D' 點作一直綫跟 AB 的正交綫成 γ 角。從 F' 點作一直綫跟 BC 的正交綫成 Φ 角。這兩綫相交於 I' 點。連接 I' 點和 B 點作一綫, 交 W 的用力綫於 I 點。從 I 點作 ID 綫並行於 I'D', 再作 IF 綫並行於 I'F'。作 DF 綫。這綫可以證明是和 AC 並行的。故 ID 是 E 的用力綫而 D 點就是 E 的用力點。證法如下。



第 二 十 圖

因 DI 跟 $D'I'$ 並行, FI 跟 $F'I'$ 並行, 故

$$ID : I'D' :: IB : I'B :: IF : I'F'$$

且 $\angle DIF = \angle D'I'F'$

故 $\triangle DIF$ 和 $\triangle D'I'F'$ 相似。

故 DF 跟 $D'F'$ 並行, 即跟 AC 並行。 (證完)

如欲求自 B 點至 E 的用力點 D 的垂直高度 d , 令

$$d = \frac{Vh}{3} \tag{24}$$

則 $DB = \frac{V}{3} AB$, 知 $D'B = \frac{2}{3} AB$ 。從 $DK = DB + D'K - D'B$ 和 $\frac{DI}{D'I'} = \frac{DK}{D'K} = \frac{V}{2}$ 的關係, 可得

$$V = \frac{\sin(\theta - x + \Phi + \gamma) [\cos \delta \sin(\theta - x) + \cos \theta \sin(x - \delta)]}{\sin(\theta - x) \sin(\theta + \gamma) \cos(x - \delta - \Phi) + \sin(\theta - x + \Phi + \gamma) \cos \theta \sin(x - \delta)} \tag{25}$$

其中 X 應該用使 E 最大的 X 的值。

如土堆的頂面是水平的, 牆背是垂直的, 即 $\delta = 0$ 和 $\theta = \frac{x}{2}$, 則 (25)

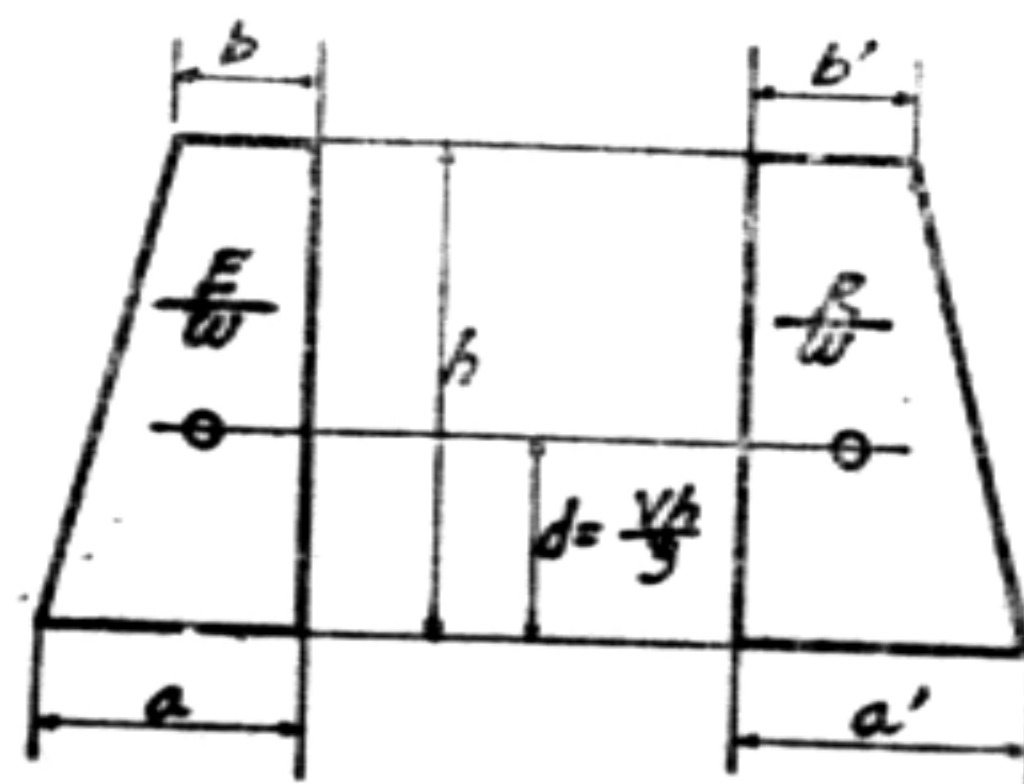
式化爲

$$v' = [1 + \tan(x - \Phi) \tan \gamma]$$

故 $d' = \frac{h}{3} [1 + \tan(x - \Phi) \tan \gamma]$ (26)

可見在「梯形分佈」假設之下, 上舉特例內 E 的用力點在底高三分之一之上。

現在且回頭一究 E 和 R 的分佈狀態究竟是怎樣的。第十九圖內 E 和 R 的應力梯形均可移畫於 AB 的垂直深度之上, 如第二十一圖所示。



第二十一圖

$$\text{由(21)式得 } \frac{E}{W} = \frac{(a+b)h}{2} = \frac{uh^2}{2}, \text{ 即 } a+b=uh$$

$$\text{由(24)式得 } d = \frac{(a+2b)h}{3(a+b)} = \frac{vh}{3}, \text{ 即 } \frac{a+2b}{a+b} = v$$

$$\text{故 } \left. \begin{aligned} a &= (v-1)uh \\ b &= (2-v)uh \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

用同樣方法得 R 的梯形的頂長和底長如下。

$$\left. \begin{aligned} a' &= \frac{\sin(\theta+\gamma)}{\sin(x-\Phi)}(v-1)uh \\ b' &= \frac{\sin(\theta+\gamma)}{\sin(x-\Phi)}(2-v)uh \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

在上列兩式內可見 E 和 R 應力梯形的頂長和底長各和土的深度成正比例。如 h 等於零則 a, b, a', b' 都等於零。

(23)式太繁複了,而用(25)式時又須先求使 E 成最大的 X 的值。故用代數方法算求 E 的數量和用力點,手續煩難,不適實用。

古洛派理論裏原有里白亨的幾何解法,* 可以用它求出 E 的數量,較用(23)式為簡便。著者今採用該法,稍加補充,即可同時求出 E 的用力點。

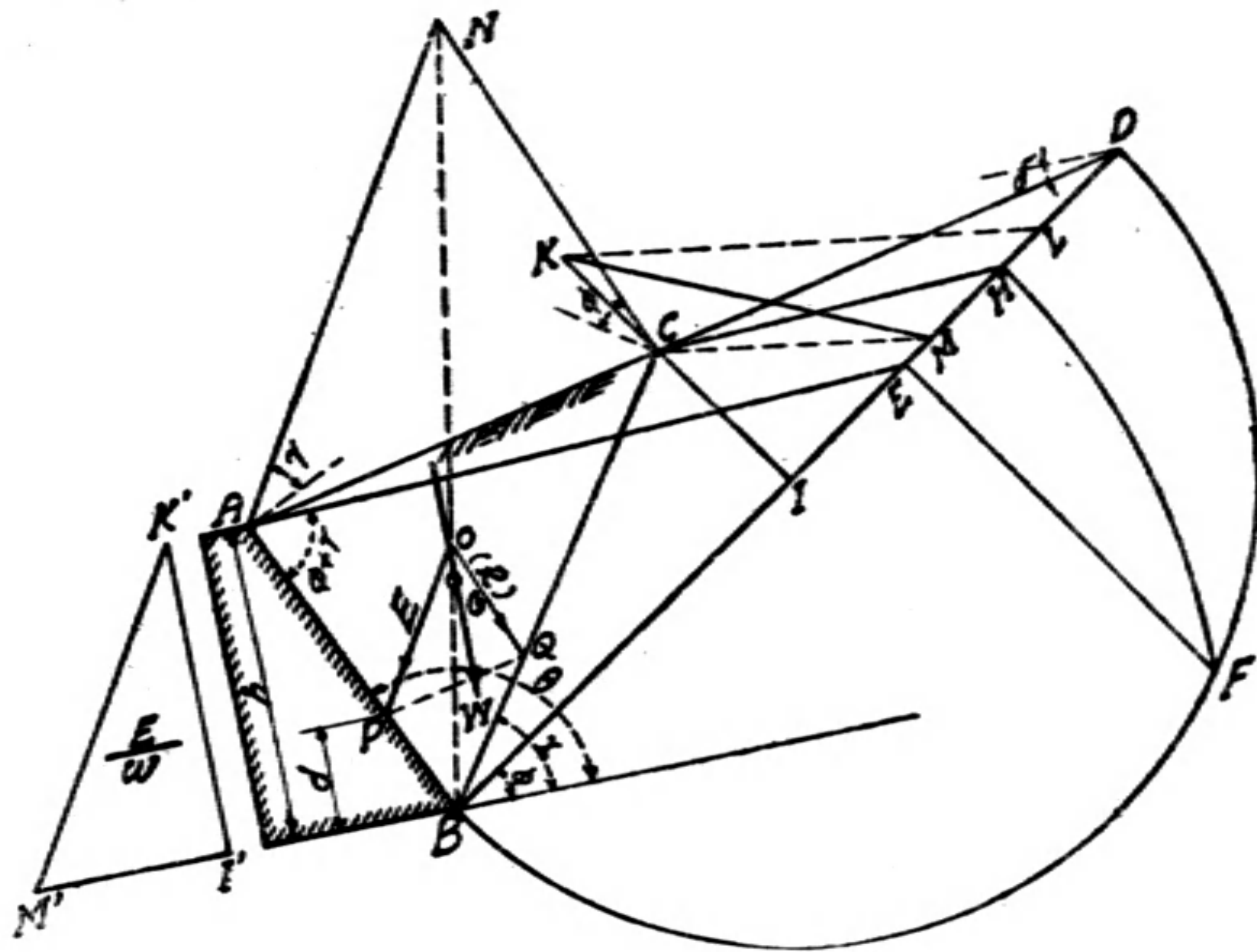
在第二十二圖內 AB 是擋土牆的背面跟水平作 θ 角。AD 是土的坡面,跟水平作 δ 角。BD 是土的安眠平面,跟水平作 Φ 角。

第一步求崩裂平面。以 BD 為直徑作一半圓形 BFD。從 A 點作一直線跟 AB 作 $(\Phi+\gamma)$ 角,與 BD 相交於 E 點,經 E 點作一線跟 BD 成直角,與圓弧交於 F 點。以 B 點為中心, BF 為半徑,作一弧線,交 BD 於 H 點。經 H 點作一綫,跟 AE 並行,交 AD 於 C 點。連 C 和 B 作一直綫。CB 就是崩裂平面,它跟水平所成的角就是使 E 為最大的 X 的值。這第一步完全是里白亨的方法。

第二步求 E 的數量。經 C 點作 CI 綫,跟 BD 成直角。并延長到 K 點,使 KI 等於 AB 的垂直高度 h。使 IL=CH。作 KL 綫。繼作 CM 綫跟 KL

* Rebhann's graphical solution. 原文所舉史溫及蓋吉姆兩書中都有證明。

並行。E 的數量即等於 KIM 三角形的面積乘土的單重 W 爲醒目及便利起見，本圖內將 KIM 三角形移畫於 AB 的左旁，即 K' I' M'。在「梯形分佈」假設之下這三角形是不能視爲表示 E 的分佈狀態的。這第二步是把里白亨的原法稍加改良而得的。



第二十二圖

第三步求 E 的用力點。經斜楔 ABC 的重心點 G 作一垂直綫 GW。自 A 點作一綫，跟 AB 的正交綫成 γ 角。又自 C 點作一綫，跟 BC 的正交綫成 Φ 角，這兩綫相交於 N 點。連 N 和 B 作一直綫，交 GW 於 O 點。經 O 點作 OP 並行於 AN，再作 OQ 並行於 NC。OP 就是 E 的用力綫。P 就是 E 的用力點。這第三步完全是著者補充的，證法已見上文。

上舉代數及幾何解法所得 E 的數量完全和傳統的古洛派理論相同。所補充的，就是依據「經過 E 和 R 用力點的直綫必須並行於土的坡面」的假設，去求出 E 的用力點。這方法著者擬名之曰「合理化的古洛派理論」。

著者用上述幾何解法求得幾個特例裏 E 的數量和用力點如下。假定 $\Phi = \gamma = 33^\circ 42'$ 。

$\delta=0$	$\theta=90^\circ$	$E=0.129 wh^2$	$d=0.42h$
$\delta=5^\circ$	$\theta=105^\circ$	$E=0.221 wh^2$	$d=0.36h$
$\delta=5^\circ$	$\theta=90^\circ$	$E=0.137 wh^2$	$d=0.40h$
$\delta=5^\circ$	$\theta=75^\circ$	$E=0.084 wh^2$	$d=0.45h$

可見用這法所得 E 的用力點常在底高三分之一至二分之一之間,和實驗結果近似。

從圖解的結果可以算出 u 和 v 的數值,再用(27)式算出分佈梯形的頂寬和底寬。例如上開第三例裏可以算得 $a=0.047h$ 。和 $b=0.229h$ 。知道高度 h 即可將分佈梯形完全畫出。

倘使土堆之上有載重加高 (Surcharge), 也可用這法求出 E 的數量和用力點。仍以上開第三例來說明。假如牆高 5.5 公尺, 載重加高 1.5 公尺, 則 $h=7.0$ 公尺。故 $a=.328$ 公尺, $b=1.603$ 公尺。先將這 7.0 公尺高的應力梯形畫出。在牆頂處, 即 5.5 公尺高處, 作一水平綫, 將梯形分爲兩截。它的下半截就是牆背上的應力梯形高度等於 5.5 公尺, 頂寬等於 .602 公尺, 底寬等於 1.603 公尺。從這梯形可以算出 $E=6.06W$ 和 $d=2.33$ 公尺。

結論 應用最大壓力斜楔法去求擋土牆上的土壓力有下列三種不同的辦法。

(一) 假定 E 的斜度 γ 等於土與牆的磨阻角而得公式 (23)。它只給我們 E 的數量。於 E 的用力點毫無規定。使應用它的人昧然假定它常在底高三分之一處。結果是三道同平面的平衡勢力不交於一點, 違背了力學的原則。這是傳統的古洛派理論。

(二) 假定土壓力的分佈是三角形的, 即 E 的用力點常在底高三分之一處, 則應得原文的 (7), (8) 兩公式, 和來金氏理論完全一致。這是原文的主旨。這辦法在學理上是無懈可擊的。但它的結果, 有些顯然違背了常識和實驗。例如在俯伏式的牆背上和在土坡從牆頭向下傾斜時, 用來金氏理論求出的土壓力往往有向上的分力。

(三)一面假定E的斜度 γ 等於土與牆的磨阻角而得E的數量,與第一辯法相同。一面假定土壓力的分佈是梯形的,並且假定[連接E和R兩用力點的直綫和土的坡面並行]而得E的用力點。這就是本篇提出的[合理化的古洛派理論]。這辦法理論的圓滿既不弱於來金氏理論,而與實驗結果的近似且較優於傳統的古洛派理論。著者認為這是應用最大壓力斜楔法所能得到的最合理而切於實用的結果。

按土堆的成分,土粒的形狀,大小,黏性,壓縮性,變形性,磨阻係數,純雜,稀密,和土內所含水分的多少都可以影響土壓力的數量,方向和用力點。忽視了這些要素而單用力學的原則去求一個真確的土壓力理論,當然是不可能的。歷來試驗的成績和事實的紀載證明舊理論的不可靠,乃是意中事。所以本篇提出的[合理化的古洛派理論]雖然把土木工程師通用的一種工具稍加改善,但決不能視為土壓力理論最後的解決。

著者所見關於土壓力實驗的論文,以德柴基博士在美國工程週報發表的土壓力舊理論與新實驗*最為新穎而多貢獻。這位德柴基博士更從土壓力的實驗進一步去研究土壤載重的原理。經多年的努力開創出一門新的科學,名曰土壤力學**。我們希望這門新科學將來發達成熟後,能為我們創立一個更切合實際的土壓力新理論,去代替那不愜意,不完備的舊理論。

原文裏的代數公式都經楊瑜君校核無訛。本篇求E的用力點的圖解法,它的幾何部份是郭富春君想出的。楊,郭兩君是交大唐院畢業生,部派膠濟鐵路工務處實習。書此誌謝。

* Charles Terzaghi: Old Earth Pressure Theories and New Test Results, in Eng. News-Rec'd, Sept. 30, 1920.

**Principles of soil Mechanics, in Eng. News-Rec'd, Nov. 5 to Dec. 31, 1925.
關於土壤力學的論文和書籍甚多,著者所見者僅此。

實用各種工程單位換算表

製表者：張家社 陳中熙 韋松年

第一表 長度

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數	下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
公厘	0.10	公分	尺(魯班)(灘尺)	0.3400	公尺
公分	10	公厘		1.020	市尺
	0.01	公尺		1.063	尺(營)
	393.7	米耳		13.39	英寸
	0.3937	英寸		1.116	英尺
公尺	100	公分	里(營)	576.0	公尺
	0.001	公里		1728	市尺
	3	市尺		1800	尺(營)
	3.125	尺(營)		1890	英尺
	39.37	英寸		0.3579	英里
	3.281	英尺	英寸	25.40	公厘
	1.094	碼		2.540	公分
公里	1000	公尺		.07937	尺(營)
	2	市里		1000	米耳
	1.736	里(營)	英尺	30.48	公分
	0.6214	英里		0.3048	公尺
市尺	100/3	公分		0.9144	市尺
	1/3	公尺		0.9525	尺(營)
	1.042	尺(營)		12	英寸
	13.12	英寸		1/3	碼
	1.094	英尺	英里	1.609 × 10 ³	公尺
市里	500	公尺		1.609	公里
	0.5	公里		3.218	市里
	1500	市尺		5029.1	尺(營)
	1502.5	尺(營)		2.794	里(營)
	0.8681	里(營)		5280	英尺
	1640	英尺		1.760	碼
	0.3107	英里		0.869	海里航里
尺(營)	0.3200	公尺	英海里.地理里.	1.1507	英里
	0.9600	市尺	美海里.航里.地理里.	1.1516	英里
	12.60	英寸			
	1.050	英尺			

第二表 面積

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數	下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
方公厘	0.01 9 1.973×10 ³	方公分 方市厘 圓米耳	畝(營)	614.4 6.144 6.144×10 ⁻⁴ 5530 0.9216 0000 0 6612 23.72×10 ⁻⁵ 0.1513	方公尺 公畝 方公里 方市尺 市畝 方尺(營) 方(營) 方英尺 方英里 英畝
方公分	10 ⁻⁴ 0.550 1.973×10 ⁵	方公尺 方英寸 圓米耳	英畝	40.47 6.083 6.587 43.560 1/640	公畝 市畝 畝(營) 方英尺 方英里
方公尺	10 ⁴ 0.01 10 ⁻⁶ 9 9.766 0.001028 3×10 ⁻⁶ 10.76 1.196	方公分 公畝 方公里 方市尺 方尺(營) 畝(營) 方里(營) 方英尺 方碼 方碼	方里(營)	33.18 0.3318 293.62 1.327 3240×10 ³ 540 3570×10 ³ 0.1281	方公尺 方公里 方市尺 方市里 方尺(營) 畝(營) 方英尺 方英里
方公里	10 ⁶ 9×10 ⁶ 1500 4 1627.6 3.0141 10.76×10 ⁶ 1.193×10 ⁶ 0.3861	方公尺 方市尺 市畝 方市里 畝(營) 方里(營) 方英尺 方碼 方英里	方米耳	1.273 6.452×10 ⁻⁶ 10 ⁻⁶	圓米耳 方公分 方英寸
方市尺	1/9 1.085 172.1 1.196	方公尺 方尺(營) 方英寸 方英尺	圓米耳	0.7854 5.067×10 ⁻⁶ 7.854×10 ⁻⁷	方米耳 方公分 方英寸
市畝	661.7 6.167×10 ⁻⁴ 6.637=20/3 0000 0.02667 6.10 1.085 0.002 7.176 2.507×10 ⁻⁴ 0.1644	方公尺 方公里 公畝 方市尺 方市里 方尺(營) 畝(營) 方里(營) 方英尺 方英里 英畝	方英寸	6.452 0.5806 0.6300 10 ⁶ 1.273×10 ⁶ 6.944×10 ⁻³	方公分 方市尺 方寸(營) 方米耳 圓米耳 方英尺
方市里	25×10 ⁴ 0.25 225×10 ⁴ 375 2441×10 ³ 403.9 2.09×10 ⁶ 0.09652	方公尺 方公里 方市尺 市畝 方尺(營) 畝(營) 方英尺 方英里	方英尺	929.0 9.29×10 ⁻² 0.8361 0.9072 144 1/9 3.587×10 ⁻⁸	方公分 方公尺 方市尺 方尺(營) 方英寸 方碼 方英里
方尺(營)	0.1024 0.9216 1.102	方公尺 方市尺 方英尺	方英里	2.590 10.36 7.806 27.83×10 ⁶ 3.098×10 ⁶ 640	方公里 方市里 方里(營) 方英尺 方碼 英畝

第 三 表 容 積

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數	下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
立方公厘	0.001	立方公分	立方英寸	16.39 1.639×10^{-5} 1.639×10^{-2} 4.425×10^{-4} 0.5 5.787×10^{-4} 2.143×10^{-5} 4.329×10^{-3}	立方公分 立方公尺 公升市升(Liter) 立方市尺 升(營) 立方英寸 立方英尺 加倫(美)
立方公分	10^{-6} 10^{-3} 27×10^{-6} 9.66×10^{-4} 6.102×10^{-2} 3.531×10^{-5} 2.642×10^{-4}	立方公尺 公升市升(Liter) 立方市尺 升(營) 立方英寸 立方英尺 加倫(美)	立方英尺	2.832×10^4 0.02832 28.32 0.7646 0.8641 1728 0.03704 7.481	立方公分 立方公尺 公升市升 立方市尺 立方尺(營) 立方英寸 立方英尺 加倫(美)
立方公尺	10 ³ 27 30.52 61.023 35.31 1.308 264.2	公升 立方市尺 立方尺(營) 立方英寸 立方英尺 立方碼 加倫(美)	板尺	144方英寸×1英寸	立方英寸
公升, 市升	1 1000 0.9657 0.2642	Liter 立方公分 升(營) 加倫(美)	加倫(英)	4.543 138.6 4.388 277 1.201	公升, 市升 立方寸(營) 升(營) 立方英寸 加倫(美)
立方市尺	0.0370 37.04 35.77 2260 1.308 9.784	立方公尺 公升 升(營) 立方英寸 立方英尺 加倫(美)	加倫(美)	3.785 115.4 3.656 231 0.8333	公升, 市升 立方寸(營) 升(營) 立方英寸 加倫(英)
立方寸(營)	3.277×10 0.8847×10^{-3} 1.999 0.007212	立方公分 立方市尺 立方英寸 加倫(英)	英品, Pint (流質)	0.5682	公升, 市升
立方尺(營)	0.03277 0.8847 1.157	立方公尺 立方市尺 立方英尺	美品, Pint (流質)	0.4732 28.89	公升 立方英寸
方(營)	100方尺×1尺 4.286	立方尺(營) 方碼	英夸, Quart(流質)	1.136	公升, 市升
升(營)	1.0355 31.6 63.1 0.02278	公升 立方寸(營) 立方英寸 加倫(英)	美夸, Quart(流質)	0.9463 57.75	公升, 市升 立方英寸
			英桶, Bushel	36.37	公升, 市升
			美桶, Bushel	35.24 2.150 1.244	公升 立方英寸 立方英尺

第四表 重量

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
公斤	1000 0.001 32 2 26.81 1.675 2.205 1.102×10^{-3}	公分 公噸 市兩 市斤 兩(庫) 斤(庫) 磅 美噸
市斤	0.5 0.5×10^{-3} 1.102 13.4 0.8378	公斤 公噸 磅 兩(庫) 斤(庫)
斤(庫)	0.5968 1.194 1.316	公斤 市斤 磅
兩(庫)	0.0373 0.0746 1.316 1.199	公斤 市斤 盎司(常衡) 盎司(金衡)
兩(庫)	0.0822	磅
担(庫)	59.68 0.05968 119.4 100 131.6 1.174	公斤 公噸 市斤 斤(庫) 磅 英担(cwt)
盎司	28.35×10^{-3} 0.05671 0.76 0.0625	公斤 市斤 兩(庫) 磅
磅	0.4536 0.9072 12.16 0.76 16	公斤 市斤 兩(庫) 斤(庫) 盎司

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
英担(cwt)	50.80 101.6 85.12 112	公斤 市斤 斤(庫) 磅
公噸 (Metric Ton)	1.000 2,000 1.675 2.205 0.9843 1.12	公斤 市斤 斤(庫) 磅 英噸 美噸
英噸 (Long-Ton)	1.016 2.032 1.702 2240 1.016 11.2	公斤 市斤 斤(庫) 磅 公噸 美噸
美噸 (Short-Ton)	907.2 1.814 1.520 2.000 0.9072 0.8927	公斤 市斤 斤(庫) 磅 公噸 英噸
格林(Grain) Troy Weight	1/24 1/480	辨士重量(金衡) 盎司(金衡)
格林(金衡)	1/5760	磅(金衡)
辨士重量(金衡) (Penny Weight)	24 1/20 1/240	格林(金衡) 盎司(金衡) 磅(金衡)
盎司(金衡) (Ounce)	0.8333 480 20 1/12 0.09143	兩(庫) 格林(金衡) 辨士重量(金衡) 磅(金衡) 磅(常衡)
磅(金衡) (Pound)	5760 240 12 10.01	格林(金衡) 辨士重量(金衡) 盎司(金衡) 兩(庫)

第 五 表 力 度

第 六 表 能 力

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
公斤每公尺 (Kg./m)	0.672	磅每英尺 (lb./ft.)
公斤每方公尺 (Kg./m ²)	9.678 × 10 ⁻⁵	大氣壓 (Atmosphere)
	3.281 × 10 ⁻³	英尺水高 (Ft. of water)
	2.893 × 10 ⁻³	英寸水銀高 (Inches of Mercury)
	0.2048 1.422 × 10 ⁻³	磅每方英尺 磅每方英寸
公斤每立方公尺 (Kg./m ³)	10 ⁻³	公分每立方公分 (g/cm ³)
	0.06243	磅每立方英尺 (lb./ft. ³)
	3.613 × 10 ⁻⁵	磅每立方英寸
	3.405 × 10 ⁻¹⁰	磅每圓米耳英尺
磅每英尺 (lb./ft.)	1.483	公斤每公尺
磅每方英尺 (lb./ft. ²)	0.01602 4.832	英尺水高 公斤每方公尺
	6.944 × 10 ⁻³	磅每方英寸
磅每立方英尺 (lb./ft. ³)	0.01602	公分每立方公分 (g/cm ³)
	16.02	公斤每立方公尺
	5.787 × 10 ⁻⁴	磅每立方英寸
	5.456 × 10 ⁻⁹	磅每圓米耳英尺 (lbs./mil ft.)
磅每英寸 (lb./in.)	0.1783	公斤每公分 (Kg/cm)
磅每方英寸	0.03804	大氣壓
	2.307	英尺水高
	2.036	英寸水銀高
	144	磅每方英尺
	703.1	公斤每方公尺
	0.07031	公斤每方公分
磅每立方英寸	27.68	公分每立方公分
	2.768 × 10 ⁴	公斤每立方公尺
	9.425 × 10 ⁻⁶	磅每圓米耳英尺
	17.8	磅每立方英尺

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
馬力 H.P.	745.7	瓦(Watt)
馬力	4564	公斤公尺每分鐘 (Kg.m/min.)
	76.06	公斤公尺每秒鐘 (Kg.m/sec)
	10.70	公熱單位每分鐘 (Kg.cal./min.)
	570	英尺磅每秒鐘
	33,900 42.44	英尺磅每分鐘 英熱單位每分鐘
瓩, 啓羅瓦特	14.34	公熱單位每分鐘
	56.92	英熱單位每分鐘
	10 ³	瓦
	737.6	英尺磅每秒鐘
	4.425 × 10 ⁴	英尺磅每分鐘
	1.341	馬力
鍋爐馬力	8.447	公熱單位每小時
	33,900	英熱單位每小時
	9,304	瓦
英熱單位每分鐘	12.93	英尺磅每秒鐘
	0.02356	馬力
	0.01757	瓩
英熱單位每小時	0.2928	瓦
英尺磅每分鐘	3.241 × 10 ⁴	公熱單位每分鐘
	1.83 × 10 ³	英熱單位每分鐘
	0.01667	英尺磅每秒鐘
	2.26 × 10 ⁵	瓩
	3.03 × 10 ⁵	馬力
英尺磅每秒鐘	1.945 × 10 ⁻²	公熱單位每分鐘
	7.717 × 10 ⁻²	英熱單位每分鐘
	1.356 × 10 ³	瓩
	1.818 × 10 ⁻³	馬力

第七表 壓力

第八表 力與熱(熱度附)

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
英寸水高 (Inches of water)	0.002458	大氣壓
	25.40	公斤每方公尺
	0.07355	英寸水銀高
	0.03613	磅每方英寸
英尺水高	0.01930	大氣壓
	304.8	公斤每方公尺
	0.8823	英寸水銀高
	0.4335	磅每方英寸
	62.43	磅每方英尺
英寸水銀高	0.03342	大氣壓
	345.3	公斤每方公尺
	1.133	英尺水高
	0.4912	磅每方英寸
大氣壓 (Atmos.)	76	公分水銀高 (Cms. of Mercury)
	10.333	公斤每方公尺
	29.92	英寸水銀高
	33.90	英尺水高
	14.7	磅每英寸

下列單位數	由下列數乘之	即得下列單位數
英尺磅 (Ft.lbs.)	0.1383	公斤公尺(Kg.m)
	1.283×10^{-3}	英熱單位(B.T.U.)
	3.760×10^{-7}	瓦時(Kw-hrs)
英熱單位每磅 (B.T.U./lb.)	0.553	公熱單位每公斤 (Kg cal./Kg.)
公斤公尺	7.233	英尺磅
瓦時度	3415	公熱單位
	2.055×10^6	英熱單位
		英尺磅
公熱單位	426.6	公斤公尺
	1.162×10^{-3}	瓦時,度
	3.968	英熱單位
	3036	英尺磅
英熱單位 (B.T.U.)	107.5	公斤公尺
	777.5	英尺磅
	2.928×10^4	瓦時
華氏每度,1°F	5/9	攝氏每度1°C
華氏X度,x°F	$5/9(x-32)$	攝氏度數 °C
攝氏每度,1°C	9/5	華氏每度1°F
攝氏X度,x°C	$9/5x+32$	華氏度數°F

雜 俎

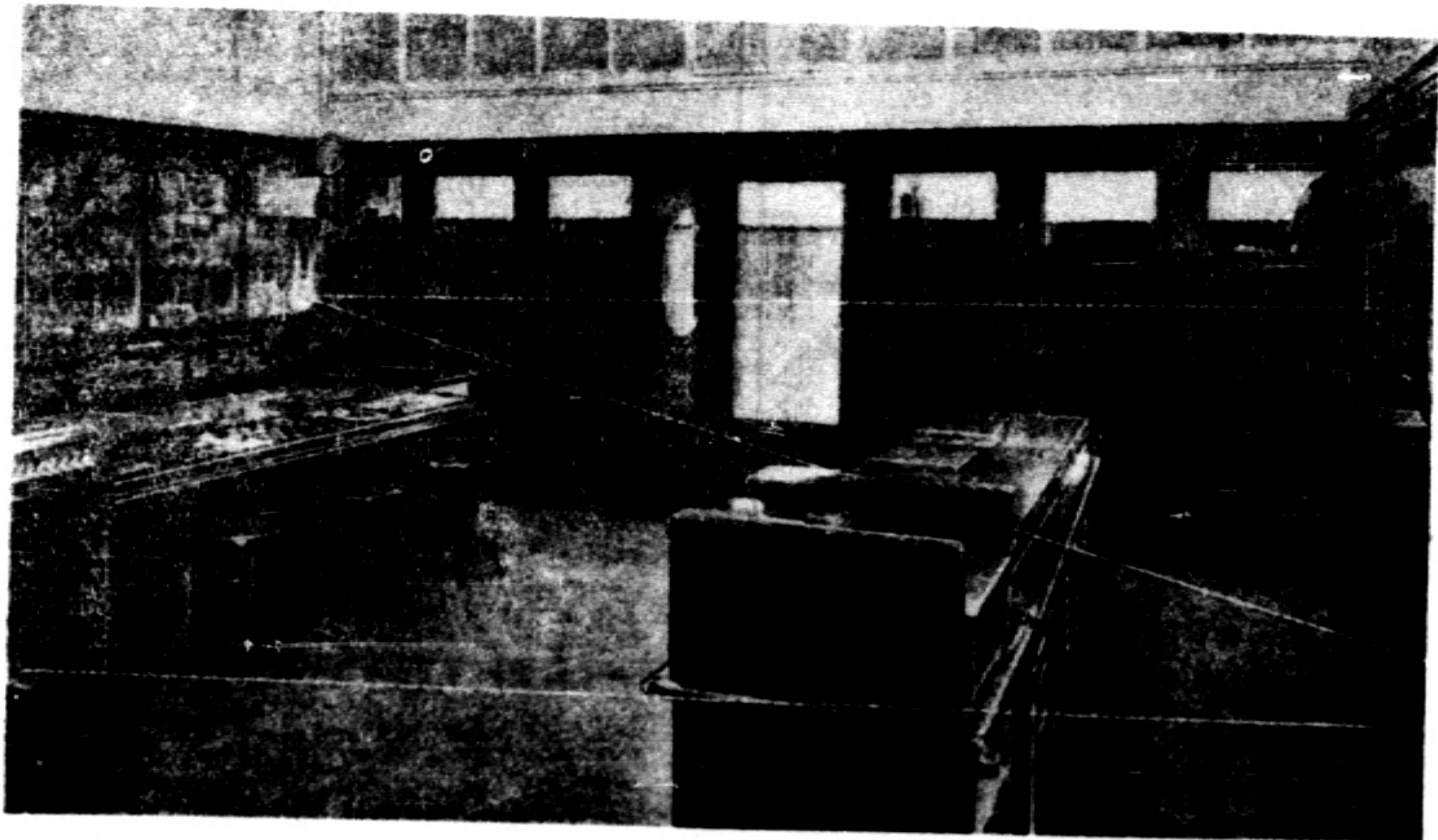
利用人目不能見之光線作警鈴

本年四月上海交通大學工鐵展覽會，西門子洋行陳列室中，設有無形無色阻人跨越之警鈴。當時參觀者，無不詫以為奇。近見西門子月報第一四二期 (Siemens Mitteilungen No. 142) 內有關於此項設備之原理，應用，及布置之說明，特節譯如左：

日光經過玻璃稜柱體時，日光中各種波長不同之光線，即行分開，成

為紅黃藍紫等各色光線。內中紫紅兩種光線，穿過稜柱體在其背後之兩面射出後，為人目所不能見。然若一經考驗，立即發現種種之現象，足以證明此項光線之存在。例如此種紅色光線，可以變更一種特製微弱電源之電流；利用此種作用，可以開閉「繼電器」。

根據上述物理作用，西門子廠造



珠寶商店中所設之不顯明光線警鈴，左角上方之鏡，係亂人耳目用。

成一種極合實用，阻人跨越一定界限之警鈴，由此可以完全防止重要場所被人侵入，或貴重物品之被人摸取。

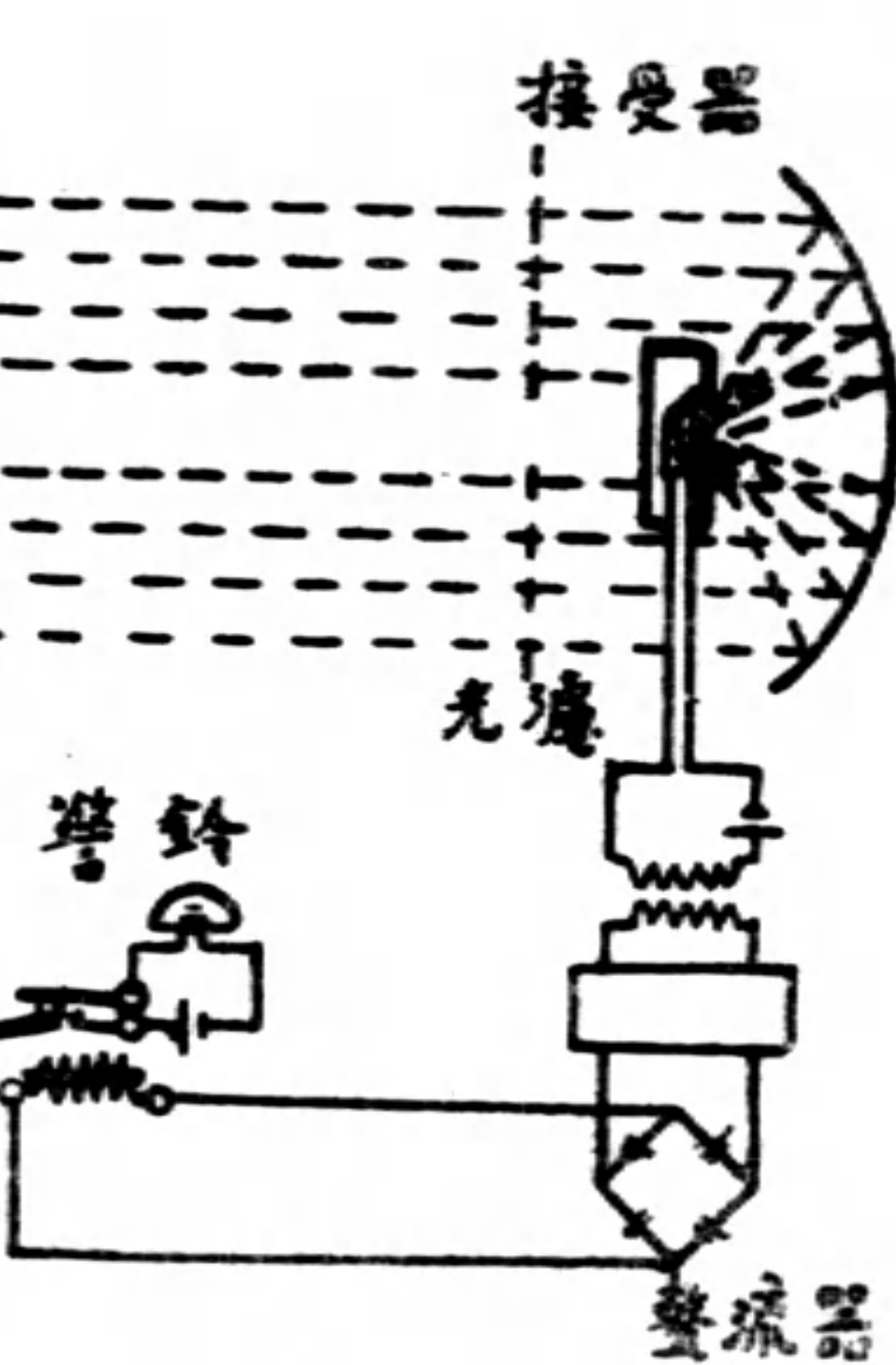
光線之來源由一電燈。燈光射出處，設有「光濾」，將所有人目所能見之光線，完全遮隔。結果光濾中射出者，僅屬不顯明之光線，此即所謂「發光器」是也。由「發光器」射出之不顯明光線

可以直接射至「接受器」，亦可先射至反光鏡，再反射入接受器。「接受器」中，裝有與發

光器同樣之「光濾」，此項不顯明之光線射到後，即經光濾而過其他外來之光線完全為「光濾」所隔絕，不能入「接受器」。西門子廠製造此器，不用「穩定光」，而用「閃動光」。其法在「發光燈」之旁，加一閃光遮片，使其繞燈而轉。其轉數之多寡，恰使光線之透射數，與前述微弱電源交流電之週波數相同。此項閃動光線，經「接

受器」而射入前述之微弱電源，此電源之交流電流，因之加強。加強之交流電流，復用「整流器」改為直流電，而使放入「繼電器」。此器之作用，在不顯明之光線不停斷時，緊吸警鈴之開關，不令關閉。倘光線被遮斷，或設備發生故障，警鈴之開關立即關閉，而警鈴之聲大作。倘若不用閃動光線

，則他人可用同樣之光濾，製成手提之「發光器」，以代原有之「發光器」，使警鈴失效，此即用閃動

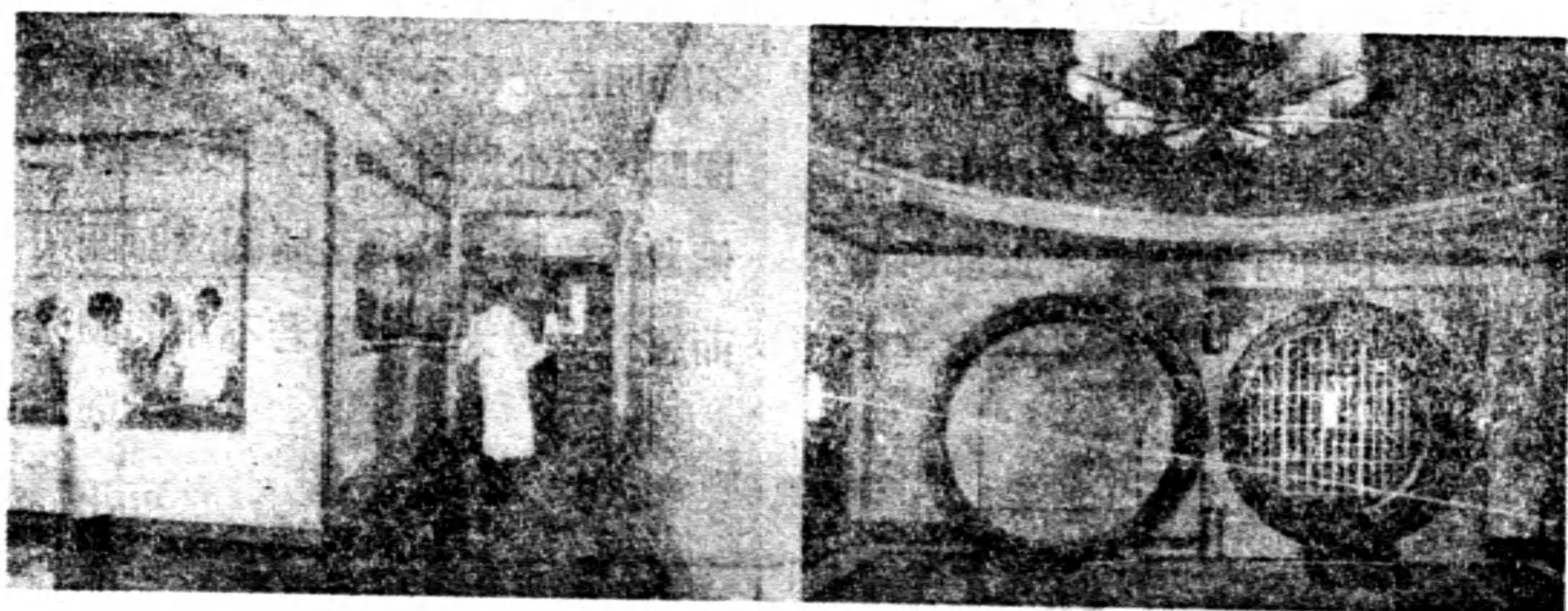


光線巧妙之處也。此外不顯明光線之反折，與普通光線同，故往往用反光鏡數面，使其光線由「發射器」往返數次，再反射入「接受器」。為迷惑他人耳目計，尚可將反光鏡時時移裝，或多裝無用之反光鏡。此項設備所用之電，可取自供給電燈之電源。

此種警鈴，因其裝置簡單，晝夜不間，用途極廣。且可與他種安全設

備，合併裝置，例如保險庫門前，若裝設不顯明光線警鈴，則安全之程度更可增加。除警鈴之外，用此項不顯

明之光線，并可製成開閉門戶開閉電燈之機關，故其為用至廣。(平伯譯)



侍者經過不顯明之光線門即自開

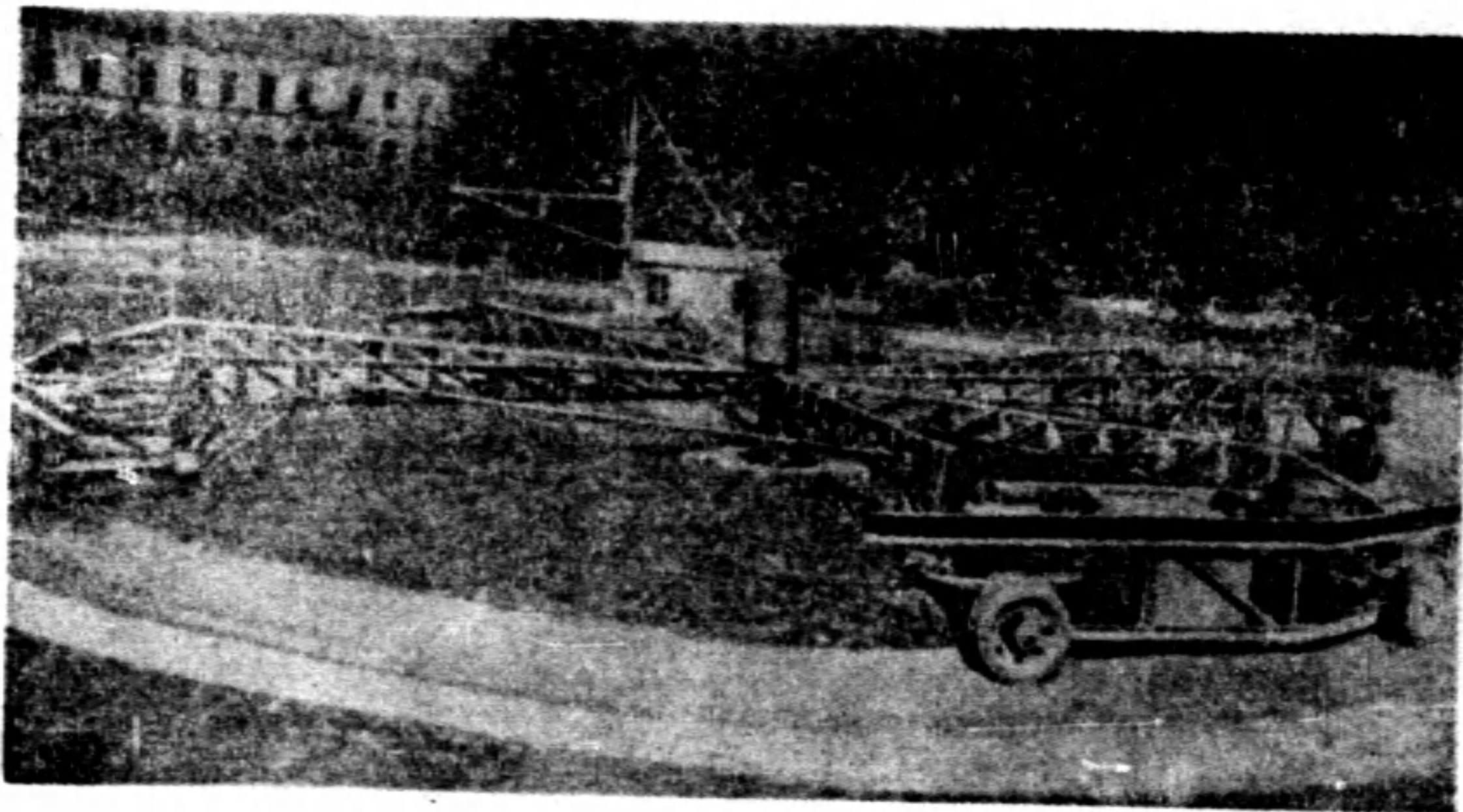
保險庫前所設之不顯明光線警鈴設有人越過此經鈴警即大作

道 路 試 驗 機

道路建築，動輒需費鉅萬。故凡未經試用之材料，及建築方法，均須預作試驗，然後採用。現各處作此試驗者已多，其收效最巨者，首推德國卡爾十露 (Karlsruhe) 工業大學之道路試驗機。

該機設於露天場所，因須考察道路所受氣候之影響也。試驗場中，築一寬2公尺之圓形試驗道。其築法須與將來修築正式道路時完全相同。圓之直徑，為20公尺。其中心之中央機關，為行車之樞紐。由中央伸出鐵架

四支，成十字形。鐵架長九公尺，其尖端裝試驗車一部，有跑輪及原動輪各一，其裝置一如普通車輛，有彈簧及輪胎。跑輪在原動輪外40公分，中央機關，可繞立軸旋轉。當試驗車旋轉33.09次之後，中央機關連鐵架之處，因離心力而外傾，繞固定之軸，作80公分直徑之圓。試驗車輪，因扁心之轉動，離軸較前推出40公分，而作三個相距40公分之圓，轉跑於試驗道之上。即原動輪作內圓，原動輪及跑輪作中圓，跑輪作外圓也。三圓合



道 路 試 驗 機

佔路面 1.20 公尺。道路所受車輪三種不同之影響，由三圖可分別認識。中央機關，亦可使其固定不偏，則原動輪及跑輪，各循其轍以行，而不相混。

試驗機之效率極大，四座馬達，可任意支配速率自每小時 7 公里至 42 公里不等。試驗車之載重亦可任意增減。假定每小時速率為 27 公里，跑輪載重 1.5 噸，原動輪載重 3 噸，則路面每小時載活重 8,100 噸。十六小時後，即達 130,000 噸。故僅需極少之試驗時間，即可視察行經數年之道路

情形，功效誠極偉也。

現經此項機器試驗者，已有各種不同之公路建築法。例如石屑路面，石屑柏油路面，及石子路基等等。其結果，可定材料之取捨，及方法之改良。其有裨於道路工程，自無待言。此機除試驗道路外，並可利用試驗各種輪胎，彈簧等之強弱與耐久。所費無多而功用甚大，吾工程界曷注意及之。（清之譯自 Zentralblatt der Bauverwaltung 第 53 卷第 11 期）

鐵 筋 磚 工

造 橋 不 用 脚 手

圖中所示之拱橋，孔寬 42 尺，純用磚頭砌成，中放鐵筋，計算方法，仿鐵筋三和土，惟壓力較低。

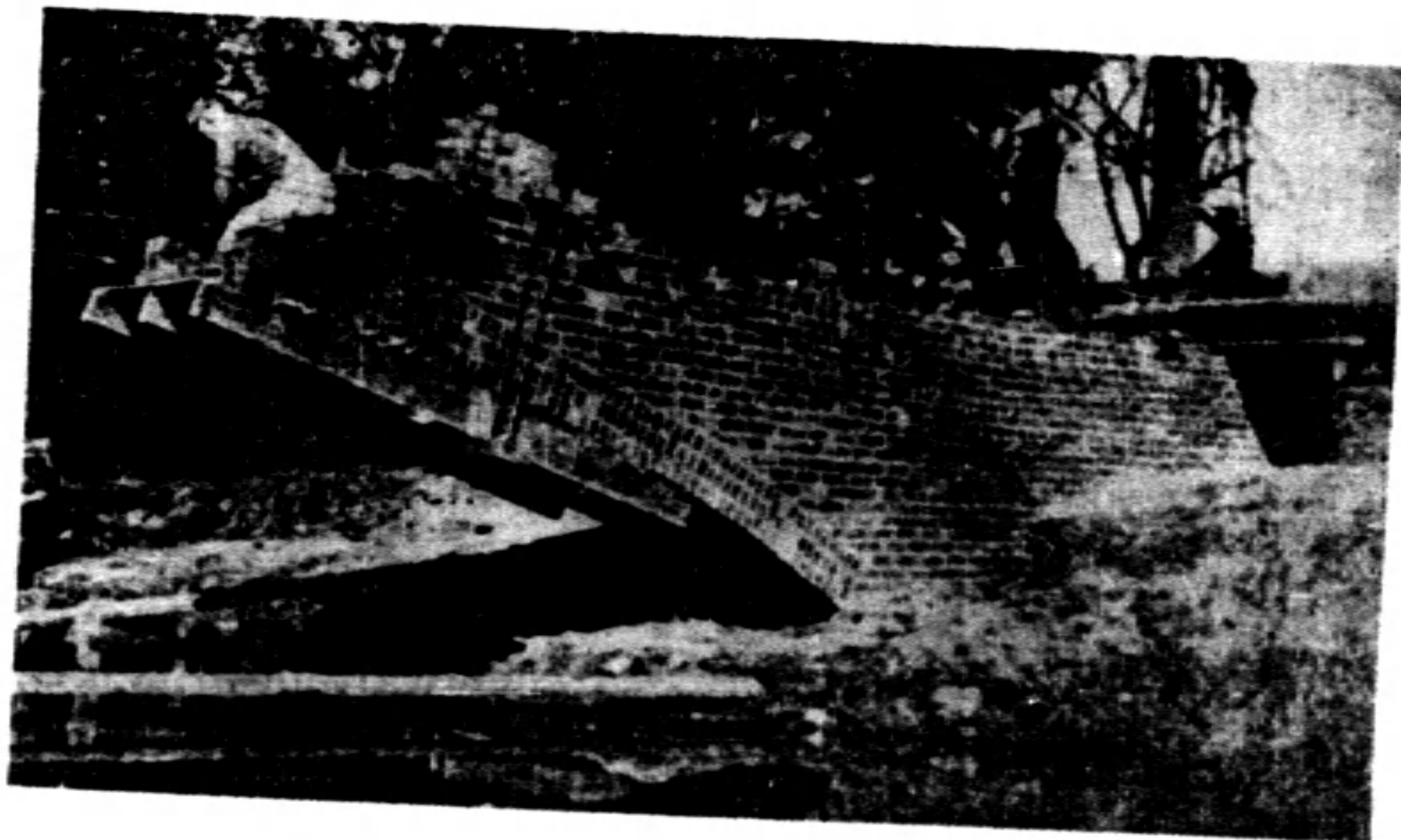
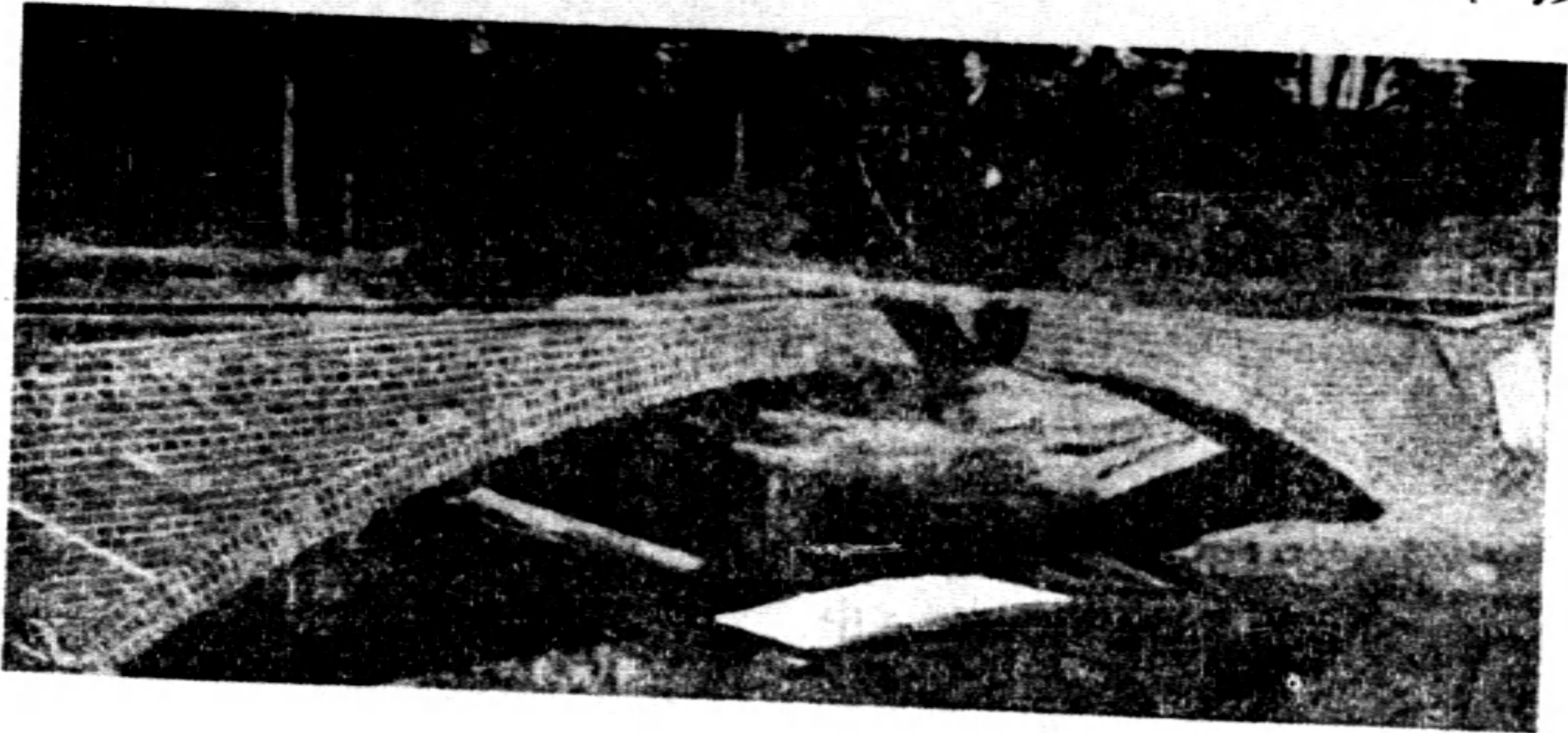
此橋最特殊之點，為建造時，不用木架脚手。兩岸礮子，先造完成。然後逐漸砌向河心工作時，僅用短段

之底板，以托新砌之磚，如圖。

全橋完工後，試載 4,000 磅之拖車兩部，運貨車兩部，客車一部於橋上，而毫無不勝任之像。

我國內地，木材鋼桁，均不易得。磚則隨處都有，如研究而善用之，亦一經濟的建築材料也。

(見 Engineering News-Record, 黃炎)

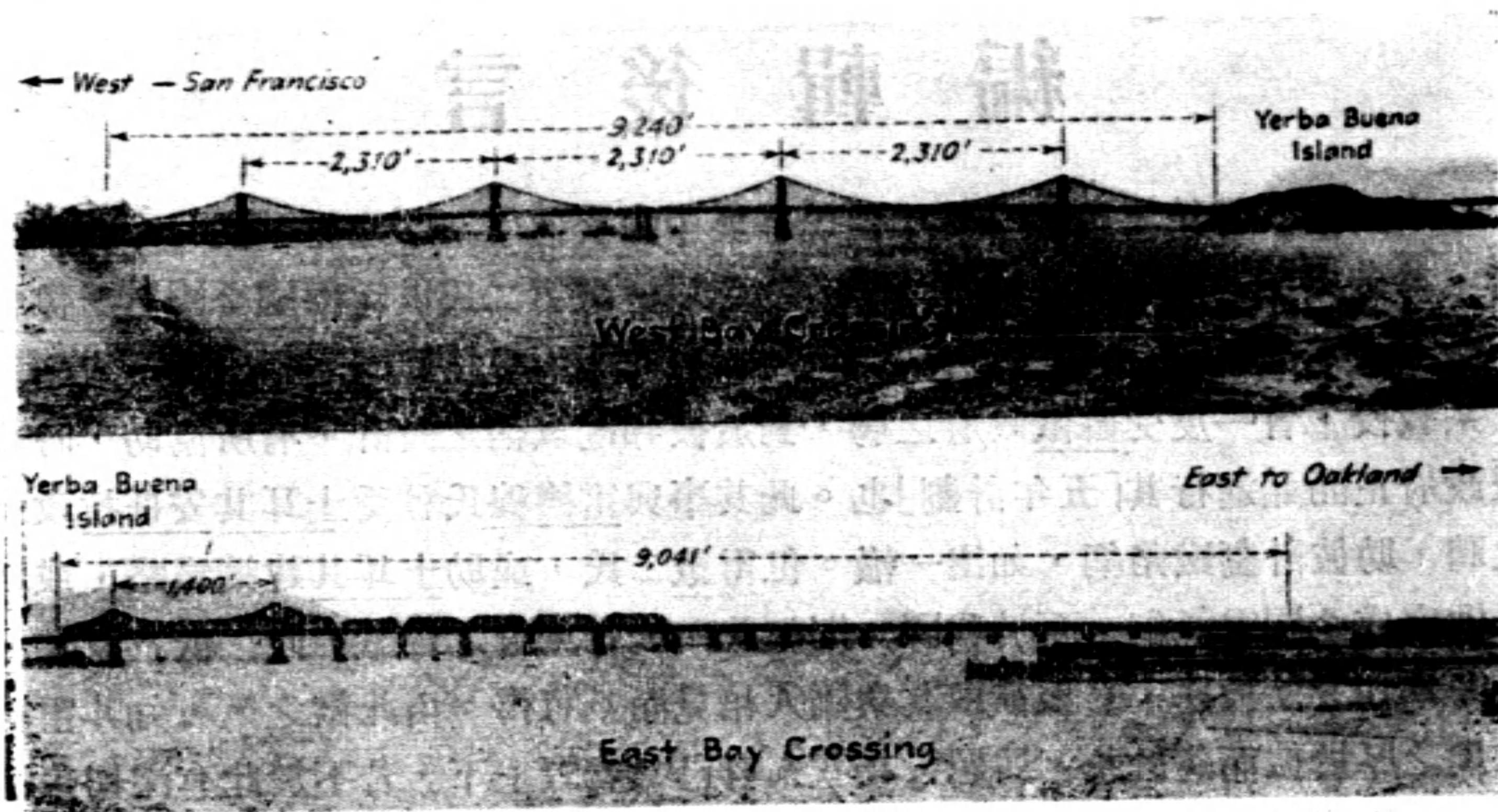


美國舊金山啞克侖海灣大橋工程

有吊橋，懸臂橋，架橋及山洞全部長 $7\frac{1}{2}$ 哩

大橋建築工程，將近開始。各商所投之標，已都開出。全部築建費，

不下 \$75,000,000 美金，需時三載又半。



此橋為橫絕舊金山(San Francisco Bay)海灣而設，連絡舊金山及灣東岸之數市區。由州政府出資興造，將來徵收造橋費，以償本息。

海灣中有島名 Yerba Buena，分水為東西兩港。跨越西港者，有 2,310 尺孔寬之雙連吊橋 Suspension bridge 兩孔，各有旁孔，寬 1160 尺。港中心有巨大的錨墩，為兩橋所公用。全部

長 9,240 尺。

島上有山，穿以隧道，長約 500 尺。接以棧橋，連東港上 1,400 尺之懸臂 Cantilever 大孔，繼以 509 尺寬之架橋五孔，又繼以 291 尺之架十四孔，而抵啞克蘭 Oakland 岸。

附刊銅版，係建築師作畫之縮影 (見 Engineering News-Record, 黃炎)

編 輯 後 言

本刊第八卷第三號載有雷德穆氏發展中國交通事業之意見一文。今所披露者，爲戴梯瑪教授發展中國電氣事業之意見。戴雷二氏俱爲德國全國實業協會中國考察團團員。雷氏略歷已見八卷三號。戴梯瑪氏現任德國漢諾佛工業大學電工系教授，曾一度受蘇俄政府之聘，對於彼邦電氣網之設計，有所協助，時蘇俄政府正開始進行其「五年計劃」也。此其事與雷德穆氏曾受土耳其安哥拉政府之聘，助彼計劃鐵路網，如出一轍。但雷戴二氏，或助土耳其建築鐵路，或助蘇俄完成全國電氣網，而於我國，則僅此一紙意見書之貢獻，此一紙意見書，苟非本刊設法披露，甚至欲求其與國人相見而不可得。由此觀之，可知非雷戴二氏之厚於彼而薄於此，問題還在我人自己。朝野上下，若不於此有深切覺悟，則縱使請了無數專家，建議了無數計劃，仍屬徒然，於國家毫無益處。

德國全國實業協會中國考察團之意見書，曾由該團自行倩人譯成中文，但與原文細加對照，錯誤及漏譯之處頗多。本刊爲忠實介紹計，特請鄭葆成先生根據原文重加訂正，附誌於此，並謝鄭君。

* * * * *

本刊第八卷第二號曾載德國恩格司教授導黃試驗報告一文。今本號所載之黃河試驗報告，則爲方修斯教授所作。方氏爲恩格司教授之弟子，現任德國漢諾佛工業大學水功學教授，曾於民國十八年受導淮委員會之聘，來華研究治理淮河問題。恩氏所作之導黃試驗，係受冀魯豫三省之政府之委託，我國并派有工程師李賦都君參加，詳見本刊七卷三號。至方氏所作之黃河試驗，純爲其個人自動對於治黃學術上之研究，惟由我國水利機關供給必要之試驗材料耳。

日來水災之聲又洋溢耳鼓，國難未已，災稔疊至，人民受創之深，殆非言語所可形容。夫欲防止水災。端在平時之興修水利，庶於無形之中，化險爲夷。若必待災象已呈，始奔走呼號，從事防救，則爲時已晚。二十年揚子江流域大水之後，沿江隄防雖大半已修繕完固，但其工作大率均着重於「防水」方面，對於真正「治水」工作，尙未有何種顯著之進行。宜乎一交春夏，水勢暴漲，隨時仍可成災。試以最淺近而爲人人所熟知者言之，如洞庭鄱陽諸湖，必須恢復其固有之蓄水功能，此必要之治水工作也！試問二年以來，已實行否乎？

抑更有言者，揚子江之水患固可慮，但有一更可慮之水患在，即黃河是。揚子江之爲患也以漸，黃河則不然。黃河不爲患則已，若爲患，則其勢至驟，直令人措手不及。故目前對於揚子江固應積極治理，對於黃河亦殊不可忽視，亦所謂防患未然之意也。