

北利根要

本書奉 教育部編陸7第16991號批 審定

版權所有
翻印必究

中華民國二十四年九月初版
中華民國二十五年八月十三版

簡鄉師水利概要

全一冊 實價國幣三角二分
(外埠酌加運費匯費)

編著者	王 伊 曾
發行人	吳 秉 常
	南京河北路本局
印刷所	正 中 書 局
	南京河北路童家巷口
發行所	正 中 書 局
	上海 福州路
	南京 太平路

(185)

編輯大意

1. 本書根據教育部新頒簡易鄉村師範學校課程標準水利概要編輯，適合第三學年第一學期每週教授二小時之用。

2. 本書僅述農村水利的概要，使鄉村師範學生略有實用的水利知識，以便將來養成生產化，技術化的小學畢業生，起來分擔改進農村的責任。

3. 水利工程的基本是建築在數學和物理學上。編者爲了適應讀者將來施教便利起見，祇用淺顯的數理來解明深繁的學術。當然比較一般的課程或許已經數理化得很多，希望都能獲得領受知識技能的樂趣。

4. 本書度量衡單位採用米制，但爲了市場上原料供給的原因，酌引英美制，使讀者能得到一點實用的常識。

目 次

第一章 水象概論

第一節	水的功能及來源	1
第二節	水的性質	2
第三節	雨量記載	3
第四節	水位觀測	5
第五節	斷面測量	6
第六節	浮標測流速法	8

第二章 防洪工程

第一節	洪水的成因	10
第二節	整理河牀	12
第三節	堤防束水	13
第四節	攔蓄防洪法	14
第五節	蓄水庫及攔洪塢	16

第三章 排水工程

第一節	農田排水的需要	18
-----	---------	----

第二節	排水溝管的設置	19
第三節	灌溉地的排水	28
第四節	海濱地的排水工程	28

第四章 灌溉工程

第一節	植物的需水量	30
第二節	用水量的量法	32
第三節	蓄水工程	33
第四節	引水工程	35
第五節	輸水工程	36
第六節	澆田方法	39
第七節	機械灌溉	39

第五章 堤工的設計和建築

第一節	堤工計劃	42
第二節	築堤方法	45
第三節	堤的修守	46

第六章 壩的設計和建築

第一節	重力壩的設計	48
第二節	壩的建築	57

第七章 涵洞和水閘

- 第一節 涵洞的設計.....61
- 第二節 涵洞的建築.....67
- 第三節 水閘的設計和建造.....68

第八章 航運工程

- 第一節 水運和經濟.....70
- 第二節 治理工程.....71

第九章 簡易測量法

- 第一節 測量單位.....74
- 第二節 量距儀器.....77
- 第三節 距離測量法.....78
- 第四節 方向測量.....81
- 第五節 水準測量.....82
- 第六節 繪圖.....85

第十章 鑿井術

- 第一節 井的分類.....87
- 第二節 土井.....87

第三節	筒井.....	88	
第四節	深井及自流井	91	
第五節	汲水機及其他	93	
第十一章		施工實例.....	96

第一章

水象概論

第一節 水的功能及來源

水是我們日常用的東西，種田要水，吃喝要水，汽機要水，航行要水。水的功用，對於人類的生存，有密切的關係，簡直可以說“有水纔能生存，失水就會滅亡。”所以上古時代，人類都跟着水草居住；沙漠裏就不適於人類的生存。現代文明最發達的地域，亦都在河流和海洋的邊岸而決不在山頂或高原上，這都是很顯明的例證。

水的功用甚多，牠的功用所以能發揮，還在於變化和循環。水可以化成蒸汽，亦可以凝結成冰，同時這種變化都不必有重大的設備便可以成功。其次地球面上，溝渠，湖澤，江河，海洋裏的水，受着太陽的熱能向空氣中蒸發；這項水汽跟着氣流上昇，在天空中凝結成雲，遇到冷氣流變成雨雪等等降落到山谷，或平地上，再歸流到江湖海洋中。這種靠着自然的熱能，恆久不息

的循環，給人類種種的應用。

可是按着水的自然循環變化，如若遇到數量上太多太少或是時間上過早過遲的情形，就會失去牠的利益，或者變成災害，換句話說，在農田水利上就發生水荒或者旱荒。因此，我們必定要研究控制水的方法。同時我們對於水的性質和循環更要有精深的觀察和研究，纔能把牠更進步地運用。這一種的專門研究，就是水利學。大概可分排洪——除去過多的水；灌溉——引用不足的水；航運——使河道能通行船隻測量學和水文觀測，是水利學裏面的基本技術，所以應同時學習。

第二節 水的性質

水在尋常的氣溫裏是一種液體。到攝氏一百度化為蒸汽，在零度則結成固體。牠是一種無色，無臭的透明物質。水沒有膠黏性，所以一失平衡就自由流動。靜止的水面永遠和地心引力線成正交的平面。水的體積，熱脹冷縮，但是到了攝氏四度以下反又膨脹，所以水的重量在溫度攝氏四度時最大；每立方米的純水重1000仟克（每立方英尺，重62.5磅）。水中如溶解了雜質，

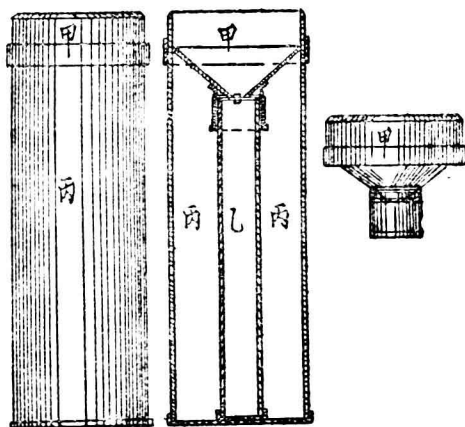
重量就會增加，海水含有鹽質，礦泉含有礦質，所以都比淡水重。

第三節 雨量記載

降雨的大小久暫，隨時隨地不同，沒有一定的規律可以推測計算；除了實地測驗外，沒有別法考核。雨量記載的年代愈恆久，價值愈大。雨量站的分佈愈週密，計算愈精。測驗雨量的儀器，叫做雨量計。

雨量計的形式各種不同我國中央氣象研究所和各水利機關所採用的有如下述：

第一圖是雨量計的全圖及斷面圖，在斷面圖裏可以看見組成雨量計的三部：(甲)承雨蓋，(乙)量雨管，(丙)大圓筒。承雨蓋的直徑20.32釐米，成一漏斗形。上



第一圖

面有五釐米高的邊，防止雨水濺出承雨蓋以外。漏斗

中心有直徑二釐米的小孔，下面緊接着一短管，插入量雨管內。承雨蓋下面的邊緣亦有鑲口，套在大圓筒上口，使各部緊密接合。標準雨量計用厚兩毫米的紫銅片製造，普通雨量計用一毫米厚的白鐵製造。量雨管直徑 6.43 釐米，和承雨蓋的面積成 10 與 1 之比，高 51 釐米。大圓筒直徑 20.32 釐米，牠的功用可以保護量雨管。同時雨量過大，量雨管不能容納時，可以承受溢出的雨水。在下雪的時候，可以把承雨蓋和量雨管拿掉，用大圓筒量雪。量雨尺是用小木條特製，量雨時用尺徐徐插入量雨管內，達到管底後，抽起驗水痕所及之點，讀其長度，用十除之就可得所降的雨量。

要雨量記載的精確，必須注意雨量計位置的是否適當。最重要的必設在空曠平坦的地方，並且要穩定，不致給大風吹倒或被外力破壞。已經設立，不可輕於移動，並應隨時檢查有無滲漏，歪斜等情形，設有疏虞，就無法校正，這是要特別注意的。

記載雨量用毫米做單位。普通多按日分記，在每日一定的時間做分界。假定在每日上午八時做分界，不問有沒有降雨，每天上午八時一定要察看一次，量得的雨量，記入上一天的格子裏，已量過的雨水，要即時

倒出，以免重複。

下雪的時候，單用大圓筒承受，雪止以後，移到暖室裏去融化，然後傾入量雨管，照法計量。

第四節 水位觀測

江河水位的漲落，對於堤防，航運，和灌溉，都有密切的關係，要和雨量同等地觀測，記錄。

觀測水位，應先立水則。水則用寬十二釐米厚四釐米的平直木條製造，長度以四米為最大限度。條的一面刻成尺度，用黑，白，紅三種油漆塗抹，以便觀讀（大概黑白相間，逢五，逢十用紅色）。又有一種用藍白兩色的搪瓷在鐵片表面製成尺度，亦很醒目。這種的鐵片普通每塊的長多是一米，隨時可以銜接着，釘在木條上；攜帶便利，頗可採用。

水則要設立在河岸下，務求不易受船隻的撞衝，同時要在容易觀讀的地位。先用木樁一枝，半截打入水底，半截露出水面，打完以後，要前後不能搖動。水則就附釘在木樁上面，有時必須在樁外另打保護樁兩三枝，上插紅旗，夜加紅燈，以防船隻誤撞。如若直立的石岸或水泥橋墩，可揀平整的表面用油漆漆成尺度，

以代水則；或者不用木樁，把水則釘在岸側亦可。

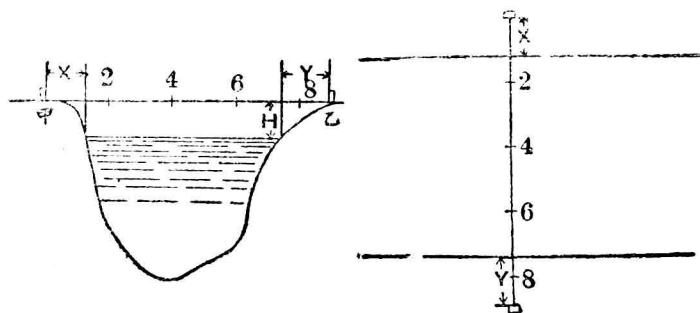
水則的長度，要高水不沒頂，低水不露腳。但是水位差太大，或者河岸過於平坦，單枝不能適用的，就要設立兩枝或兩枝以上的分級水則。

在同一條河流上，各水則的零點高度要從同一水準基點測定，使水位高低可以互相比較。從附近已知高度的水準基點接測到水則站近旁，設立一個臨時基點，再從此基點上測出水則零點高度。假使水則損壞，可以從臨時基點矯正，免得時時做長距離的水準測量。臨時基點應注意保護，勿使有高度的變動。

水則設立後，應按日在一定時間觀測記載。在低水位時期，可於每日正午觀測一次；在潮河及發汛時間，要每小時觀測一次。觀測的結果可以用時日為橫坐標，水位為縱坐標，製成水位曲線。從此可求得最高水位和升降的快慢。

第五節 斷面測量

研究河流的水文，除了水位升降以外，應知道牠的寬深和流速。斷面測量是求寬深的方法。先在左右兩岸，離岸邊約一兩米的地方，釘立甲、乙兩個木樁。將麻



第二圖

繩繫甲樁上(河面寬到一百米以上的,應用鉛絲繩),然後用船渡到對岸繫着乙樁上,務必緊張成一直線(河面寬者應於甲地立一絞車,繩尾繫着乙樁,然後將鉛絲繩絞緊)。麻繩或鉛絲繩的上面預先用紅白布按一定尺度繫成標誌(例如每逢二米繫一白布條,每逢十米繫一紅布條),然後將船緣繩自甲岸渡到乙岸,每一標誌測一深度,隨時記入測量簿內,並測定自水邊到樁的距離,水面和樁頂的高度差。測深的器具或用測竿或用錘繩。測竿用直徑三釐米的竹木製造,長約三米,每一分米,以紅白色間隔油漆,每五分米作一“▽”的記號,每米標明距竿底的米數。測竿底端應附着一個直徑15釐米的圓鐵片,以防陷入河底淤泥。河流深度超過三米時應用錘繩。錘繩用半釐米粗的麻繩,下繫十二磅重的鉛錘。錘繩每一米繫一白布條,至五米

及十米則用紅藍色布,分別標明。施行測量的時候,將錘迎着水流向前拋,錘繩隨着鬆下,錘落到河底時,將繩提直而後收起,記其布誌,便知深度。繫錘繩及斷面繩的布誌時,均先將麻繩浸溼張緊,以免實用時發生伸縮的差誤。

測量完畢,乃在方格紙上分別採用適當的縱橫軸比(例如每一毫米作河寬一米,每五釐米作河深一米),按測量簿上的寬深繪製斷面圖,分成三角形和梯形計算斷面面積。

測斷面時,應記明附近水則上的水位高度,在潮河更應記明起測及終止時的水位,以便推算校正。斷面計算後,稱做“某某河某斷面在水位零上(或下)……米斷面積。”

第六節 浮標測流速法

某河流在一定水位的面積測定以後,再測定牠的水流速度,即可算得該河道每小時內可排洩或引進若干水量。浮標測流速法,是最簡易的測量河流速度的方法。

測量時,選擇河身正直,水流平順之處,設立上下兩

個斷面，兩斷面相距至少一百米。測量員應分水陸兩人。水上測員，自船內在上斷面以上，將浮標拋在水面，聽其順流而下；陸上測員乃記其經過上下兩斷面的時間，並記其經過上下兩斷面時離岸距離。所放的浮標應在全河寬度平均分布。浮標數的多少要隨着河流的寬窄而加減。寬度一百米以上的河道，每寬十米一個，窄的河道，可以兩米一個。以時間除兩斷面的距離，再乘以0.9，即為該點的平均流速，按此進行，可得各點的平均流速，繪成曲線而求全斷面的平均數。以平均流速乘上下兩斷面的平均面積，即得全部流量。

如若水面過大，或因其他原因不能用繩索橫過河面來定起點距離，可以應用幾何原理採取輻射法來測算。斷面積祇可採用低水位時測定的大斷面計算。

浮標常用木製的木球，直徑約兩分米，下附鉛片三磅。此種浮標放出後，於小水時仍可在下游撈起重用，故價值雖較大，並不多費。在大水時期，浮標均隨流飄去，可用蘆材紮成扁球，中實石塊，以代上項木球。

集合了同一斷面在各水位的流量繪製該河道的流量曲線。根據此流量曲線，祇要得到測站的水位報告，即可推測河道的流量。

第二章

防洪工程

第一節 洪水的成因

河流是把山谷裏和地面上的雨水——或者冰雪融化出來的水——達到海洋裏去的軌道。要是某時季雨水太多，或是冰雪融化太快，河槽裏承受不住，泛溢到兩岸地面就成“洪水之災”。要研究洪水的防制方法，先要知道流域和雨量。某一河流所受水量，就是牠從流域地面上所受的逕流雨量。雨降落到地面後共分三種去路：第一，滲入地面；第二，蒸發到空中；除去蒸發和滲透以外，餘都逕流入河。甲河和乙河流域，以兩河間高地或山嶺分界。某山山陰有甲河，山陽有乙河，山陰的水入甲河，山陽的水入乙河，山的南北即判分成甲乙兩河的流域。這座山就稱分水嶺。以某時期的雨量乘某河的流域面積，即可推算河內可有的流量。若該

河的斷面積及傾斜不夠排出上項流量，即生泛溢的洪水。

雨量過驟，過多，是洪水的直接成因，而河道淤塞，河線彎曲等，是間接成因。吾人熟知千百年來長江有水利無水害，黃河有水害無水利，最重大的原因，長江有鄱陽湖，洞庭湖為大水時間的蓄水庫，同時有澄清挾沙的作用。上游水位增高，暫時消納在湖裏；上游水減後，逐漸外流，維持適當的流量。因有澄沙作用，所以下游不發生淤塞，得維持均一的深度。近來長江亦時常有水災，就是因為洞庭，鄱陽兩湖，逐年淤沙，湖底增高；同時人民將湖底築圩墾田，湖面縮小；雙方並進，蓄水量大為減小，因而四川，雲南，湖南，江西發水，逕直流注，漢口，九江時受泛溢。洪流所挾的泥沙，不淤於兩湖而淤於漢口，九江一帶的江流中，淤塞水道。大水時促進洪水之災；低水時阻梗航船。其他如淮河流域的洪澤湖，太湖流域的太湖，都有同樣的功能，也都同時有自然的和人為的消失，水災亦時時增加，可以說有天然的便利，而受人事的災害。長此以往，長江，淮河等都要變成黃河一樣。人工治河的方法分成：(一)整理河牀；(二)堤防束水；(三)蓄水池；(四)消洪塢。

第二節 整理河牀

整理河牀所以增加流量,使宣洩增速,減低洪水位高度,減少洪水時期.要達此目的,必加寬浚深以擴大斷面面積或增加水流速度.

因爲: 流量 = 斷面積 × 流速

欲增加流量,兩樣中必用一樣,或者同時施用.

擴大斷面 此法祇適用於寬度在一百五十米以下的河道.過此限度,經濟及能力兩不可能.若巨大河流,長數千里,由洪水量計算,應增加斷面面積一千平方米,土方必有萬萬立方米,即需費數千萬元,且另有較為經濟的方法可用,所收效果亦相等.故擴大斷面的方法,絕不適用於巨大河川的防洪.

增加流速 河流速度隨其比降而定.其式如次:

$$V = C\sqrt{rS}$$

式中 V 指流速; C 指係數; r 是水幕半徑, S 是水面比降. (1) 係數 C 隨河牀糙度及水幕半徑而變化.糙度是指水對河底河岸的摩阻力及其他阻力的差度.在巨

(1) 河底和水面,從河流的上游到下游逐漸低降,每單位長度所降落的高度,稱“比降”.

大河流，兩岸生長草木，所佔面積和全體比較，百分率甚小，影響細微，對於流速的低減可以不必計及；但在小河則影響甚大。設有大樹一株，浮流長江中，實是毫無阻礙，如若在農田水溝中立即將溝阻塞，故在小河內若能將兩岸植物及浮枝，菱草，以及淤沙除盡，最大可以增加原有流量的半數。水幕半徑指浸水斷面長度及面積比例而言。河道窄而深，則水幕半徑大；半徑大者即流速較大；故加寬浚深，同樣可以增加斷面積，但是浚深的成效，比前者更大。在河流兩岸築堤，就是增加深度，結果增大水幕半徑，增快流速。

依着前列公式，水流速度與水面比降的平方根成正比，所以要流速增加，應當增加水面比降。全河道的高位差係一定數，而河道長度則可改變。河道決非成直線，故將其彎曲部分裁成直線，即增加比降。著者在江蘇鬪龍港截直的下明灣新河，長度僅及原有長度十五分之一，按常例，亦為二分之一到十分之一。裁灣取直，對防洪的利益有三點：(甲)增加比降；(乙)縮短水流距離；(丙)減少堤工長度。

第三節 堤防束水

在洪水位寬度大於二仟米的河流，防洪工程用堤防束水，較其他方法經濟，小於一仟米則宜用改良河牀裁灣取直的方法。如若寬度在兩者的中間，則宜參雜採用。

吾國採用堤防，防止洪水，已經有幾千年的歷史。大概築堤束水有五大利益：(一)洪水時水面的高度增加，即增大河的容量而不外溢；(二)水面增高，使洪水奔流下游，增加流速；(三)增加下游各點的最大流量；(四)減低上游的流速；(五)增大本段的刷沙能力。

河流經過低窪區域，在洪水時間即向兩岸低地漫溢，因此減低向下游奔注的流速。低窪地瀦滿以後，水位乃逐漸增高，始漸次遵循高地線向下游漫流。築堤以後，除了兩堤間的瀦蓄量以外，完全流向下流。築堤以後比較未築堤的瀦蓄量減小甚多，水位自然擡高。故下游流速增大，有刷深河槽的功用。但是對於上游的影響適得其反。故築堤束水，應當顧及上游的安全。

第四節 攔蓄防洪法

防止洪水泛濫，除了疏浚和築堤以外，還有建築蓄水庫和消洪塢兩種方法。前面兩種方法的原理是要

水流加快入海；後面兩種，是把洪水暫時在上游存貯，使得下游河身，不致承受過量的水。湖澤是天然的消洪塢。

長江的洪水經過洞庭湖的時候，要消納很大的水量纔能增高相當水位。假定說湖的長寬各二百仟米，水位增高一米，就消納了洪水四十萬萬立方米。假使河流的洩量是每秒鐘十萬立方米，就要十一小時方纔增高一米的水位。萬一沒有這個湖，並假定河流寬是十仟米，在三十分鐘的時間，就可漲到同等的高度。換過來說，湖澤的水深要增加很多，纔能稍加下游的流量，所以暴雨時期，即使湖水盛漲，仍能和緩下洩的水。湖中進出水量的差，和湖澤面積成正比例；和出口大小成反比例。要之，湖中水深增加若干，出口水深亦同樣增加。但是面積大，容納的水量甚大，所以發出攔洪的功能。

湖澤瀦水的功能，固然有攔洪的利益，但是時機不巧，反生害端。假如洪水時期，大部水量，瀦蓄湖澤內，經歷許多時期，仍有較大的流量，當時下游的洪水峯和湖水相遇，則流量總和反比無湖澤時更大，而發生重大的泛濫。

長江的洞庭湖和鄱陽湖是湖澤蓄水的良好例證。上游泥沙的淤澱，使得蓄水量減少，固然是無可挽回的事實。但是農民在乾旱的年期，任意圍湖田，所減的水量，要多到幾十倍，而且洪水時期破圩的災禍更是嚴重，所以應得普遍的禁止。就是洪澤湖，太湖的湖灘，黃河，運河的河灘，長江的沙灘，都應當依着科學上的設計，明定放墾和禁墾的界線。整理天然湖澤，是防止洪水的第一步工作。

第五節 蓄水庫及攔洪塢

在湖澤蓄水量不足，或者原來沒有湖澤的河流，可在上游選擇適宜地點建築堤壩蓄水。這是人工蓄水攔洪法。此法分有閘，無閘兩種。有閘的稱蓄水庫，無閘的稱攔洪塢。庫，塢的建築大都在河流上游的山谷裏。

蓄水庫是在堤壩間建立閘門來管理蓄洩。牠的優點，在洪水峯將到以前，壩間閘門即行關閉，上游水量，完全截流，可以隨人意操縱；牠的缺點在閘門的偶爾損壞，或操縱不合時機，釀成巨大的災禍。

攔洪塢是在堤壩的底部，按着下游河身宣洩量的大小，建造一個或一個以上的出口，永久開放着。超過

安全量的水量，暫時容納在水庫裏。牠的優點是洩量固定，不必用人工控制；但是牠的缺點是貯蓄的時期有限，不能留作其他工業農業上的用途。

蓄水庫的應否建造，要看他是否合於經濟條件。河流上游多山，有適當的隘口可以建壩蓄水；同時中下游支流水量，比較主游水量，比例較小，洪水漲落迅速，完全隨上游雨量上下的情況；建築水庫絕對經濟。如若水庫淹蔽巨大的地面，消滅大量的生產，或者壩身太高，建築費過鉅，則建築水庫成爲得不償失的方法，絕對不能採用。

蓄水庫用以防制洪水，不宜兼作他項用途。第一，防洪濟旱目的不同，閘門裝置方法各異，前者應放盡底水以供第二次洪水的消納，後者應滿貯水量預備久晴不雨的接濟。第二，用於水電的水庫，更應有常年恆一的水位差，所以水量的控制更不相同。但是巨大的水庫亦可以假定某種水位以上專供攔洪，某種水位以下專作滯蓄水量接濟航運和灌溉等用途。例如民國二十四年導淮委員會建造的三河活動壩，在十二米以下的水位用來貯蓄航運和灌溉的水位；十二米以上，專門供攔洪的用途。

第三章

排水工程

第一節 農田排水的需要

各種植物，沒有了水，就不能生長發育，同時泥土裏水分過多，達到了飽和狀態，亦能妨害植物的生長。在主要的農產品中，除了稻以外，像麥、棉、豆等等，大都不能在水田裏生長。農田排水，非但要排除地面的水分，並且要有水溝、水管等等設備，將地下水面降低，使植物根鬚適量地向下伸張，吸取泥土裏的滋養料。這是農田須要排水的第一種理由。泥土裏含有鹼質——像海濱地帶的泥土——不適宜於植物生長，亦要²⁷使地下水面降低，使溶解着鹼質的雨水，深深地流到泥土下層，使植物根鬚能²⁸在上層生長。這是第二種理由。此外，農田水溝，有蓄水、蓄肥的功能，並且有滌洪、澆泥的作用，所以農田排水，實有最迫切的需要。我國以農立國，近數十年來，農事日漸退化，米麥多仰給外人，國富外

流每年要幾萬萬元，要民生的寬裕，國運的重興，非重振農業不可。農田溝洫不治，所有一切施肥，種植等法，均無所用，所以農田排水，實是第一要舉。

第二節 排水溝管的設置

排水的方法，可以分做地面地下兩種。地面排水，有築堤、開渠、分楞等方式。地下排水法，乃有深溝、瓦管、石塊、水道等方式。前者使地面的水逕直排除，並將地下水同時除去；後者乃將滲入泥土中的過量水分重行排除。地下排水所費甚鉅；但不侵占耕種地畝。在我國目前農事經濟狀況下，以採用地面排水為宜。

三十年前，我國有張季直先生在江蘇東臺、鹽城等地，開辦墾植公司，大都開溝、築堤，排除地面水。水溝間距離大概從二十米到二十五米，每溝的深度約三分米，寬度約一米。水溝距離愈近，排水去鹼的功能愈顯著。在江蘇南部地勢卑溼的地區，種麥時季每楞寬一米，高出溝底約三分米，楞溝底寬約二分米。

在地勢平坦的地區，一定要匯台溝水到總溝裏，再用自然的或機械的能力，排出堤外。總渠應有的橫斷面面積和傾斜度，可從下列各種算式、表格，以及例題

等熟習之。

I. 流量公式

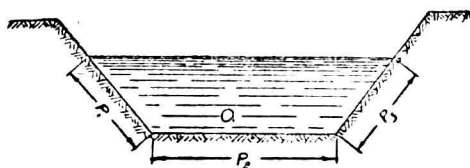
$$Q = VA$$

註釋： $Q =$ 流量(立方米/秒)

$V =$ 流速(米/秒)

$A =$ 水渠斷面面積(平方米)

II. 百先氏流速公式



第 三 圖

$$V = \frac{87\sqrt{R}}{\sqrt{R+m}}\sqrt{s}$$

若以 C 代 $\frac{87\sqrt{R}}{\sqrt{R+m}}$,

則

$$V = C\sqrt{s}$$

註釋：

$V =$ 流速

$R =$ 水渠半徑(米)

$$= \frac{a}{p} = \frac{a}{p_1 + p_2 + p_3}$$

$a =$ 浸水面積(平方米)

	$p =$ 浸水邊長
	$s =$ 渠身比降
若	$h =$ 渠身兩點降度
	$l =$ 渠身兩點距離
則	$s = \frac{h}{l}$
	$m =$ 粗糙係數

III. 百先氏公式“ m ”係數表

1. 極光滑的渠底(水泥,刨光木板)	0.06
2. 次光滑的渠底(磚,砌石,未刨木板)	0.16
3. 粗石工	0.46
4. 斷面整齊的土渠或鋪碎石者	0.85
5. 平常土渠	1.30
6. 極不規則的土渠	1.75

IV. 百先氏公式“ C ”係數表

$$C = \frac{87\sqrt{R}}{\sqrt{R+m}}$$

C 的數值,可用各溝渠,河流的 m 及 R 算出來.茲就各種渠底質料的粗糙度和水碓半徑計算列表,以省每次計算的繁複.若無適合的縱數,可用上下兩項的推算值應用.

水 器 半 徑 (米)	粗 糙 係 數 m					
	$m=0.06$	$m=0.16$	$m=0.46$	$m=0.85$	$m=1.30$	$m=1.75$
0.2	34.3	28.7	19.2	13.4	10.0	7.9
0.3	42.9	36.9	25.9	18.7	14.1	11.4
0.4	50.3	43.9	31.9	23.5	18.0	14.6
0.5	56.7	50.2	37.3	27.9	21.2	17.7
0.75	70.5	63.6	49.2	38.0	30.1	24.9
1.0	82.1	75.0	59.6	47.0	39.8	31.6
1.25	92.3	85.0	68.9	55.3	45.0	37.9
1.5	101.6	94.3	77.5	62.9	51.7	43.9
2.0	118.0	110.5	92.8	76.8	64.1	55.0
2.5	132.5	125.0	106.4	89.4	75.5	65.3
3.0	145.6	138.0	119.1	101.1	86.1	75.0
5.0	189.5	181.5	161.3	141.0	123.0	109.1
7.0	225.1	217.1	196.1	174.2	154.3	138.5
10.0	267.0	261.9	240.2	216.8	195.0	177.1

V. 排水係數

$$D_c = \frac{\text{流量}}{\text{面積}}$$

例 題

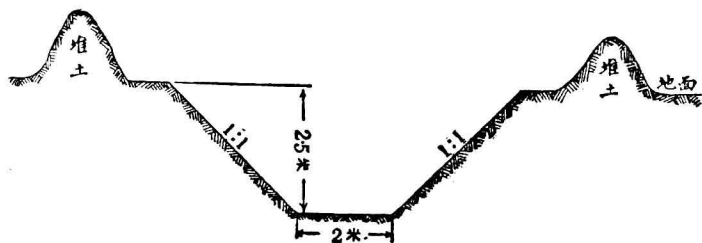
(1) 某排水渠的流量, 每秒鐘 4.5 立方米 (簡稱 4.5 秒米), 他的排水地面積 64,000 新畝 (每新畝為 666.6 平方米), 求排水係數。

24 小時的流量 $4.5 \times 60 \times 60 \times 24 = 388,800$ (立方米)。

面積 $64,000 \times 666.6 = 42,662,400$ (平方米)。

排水係數 $388,800 \div 42,662,400 = 0.009$ (米) = 9(毫米)

(2) 某排水渠,水深2.5米,底寬2米,兩岸岸坡1:1,其



第四圖

水面降落每一千米二分米,排水係數為2分米,問此渠能把幾英畝的水排去?

$$p = 2 + 2\sqrt{(2.5)^2 + (2.5)^2} = 2 + 2\sqrt{12.5} = 2 + 2 \times 3.53 \\ = 9.06 \text{ (米).}$$

$$a = \frac{1}{2} \times 2.5 \times (7 + 2) = 11.25 \text{ (平方米).}$$

$$R = \frac{a}{p} = \frac{11.25}{9.06} = 1.24 \text{ (米).}$$

$$s = \frac{2}{10,000} = 0.0002$$

假定 $m = 0.85$, 自表求得 $C = 55.3$

$$V = C\sqrt{s} = 55.3\sqrt{0.0002}$$

$$= 55.3 \times 0.01415$$

$$= 0.783 \text{ (米 / 秒)}$$

$$Q = 11.25 \times 0.783 = 8.809 \text{ (秒米).}$$

$$2 \text{ 釐米} = 0.02 \text{ 米.}$$

$$\begin{aligned} 24 \text{ 小時內每畝的流出水量} &= 666.6 \times 0.02 \\ &= 13.332 \text{ (立方米).} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{每秒鐘的流出水量} &= 13.332 \div (24 \times 60 \times 60) \\ &= 13.332 \div 86,400 \\ &= 0.0001544 \text{ (立方米)} \end{aligned}$$

$$\text{故. 可排水面積} = \frac{8.809}{0.0001544} = 57.053 \text{ (新畝)}$$

(3) 設有土地五萬七千新畝, 求一排水溝渠的斷面. 假定溝深 2.5 米, 比降每仟米二分米, 兩岸用 1:1 坡岸, 土係膠泥, 排水係數 = 2 釐米.

$$57,000 \times 0.02 \times 666.6 = 759,924 \text{ (立方米)}$$

$$\begin{aligned} Q &= 759,924 \div (24 \times 60 \times 60) \\ &= 8.795 \text{ (秒米).} \end{aligned}$$

照題所定, 並假定底寬為 2 米, 可求得

$$V = Q/a = 8.795 \div 11.25 = 0.781 \text{ (米/秒)}$$

$$8.795 \div 0.781 = 11.246 \text{ (平方米)}$$

$$A = \frac{1}{2} \times 2.5(5 + 2x) = 11.246 \text{ (平方米)}$$

$$\begin{aligned}\therefore 2x &= \frac{22.492}{2.5} - 5 \\ &= 8.997 - 5 = 3.997 \\ x &= 1.999 \text{ (米), 即用 2 米.}\end{aligned}$$

根據上述習題,在假定 R 及 C 的時候,先假定計算的寬度不對,有時要做兩三次的假定試算.還有四點要注意的:(1)傾斜度如太大,必定有沖刷兩岸及渠底的弊病.(2)假定排水係數決不是雨量毫米數.因為雨量和逕流決不相同,逕流或者是雨量的 $\frac{2}{3}$ 或 $\frac{1}{2}$.排水係數時常要用鄰近河流的流量對牠的雨量的關係來決定.重大的排水計劃,許多數字的假定,要參考附近工程上所用的常數,或者請有經驗的工程師來決定.(3)溝渠的深度愈大,排水的效力亦愈大.(4)在沙土等岸坡,應常用 1:2 或 1:3.

地下排水的目的,求除去地面下過剩的水量,以降低地下水面的高度,可分做自然及人工排水數種.

假如離地面一米至二米以下有一層砂礫,便成功自然的地下排水.在砂礫的土地開挖明溝,便可以使地下水面降落,如若是膠土,渠邊的泥土浸溼以後變成膠漿,漏水甚難,開溝以後應當埋入瓦管或者石塊.石塊空隙容易被漿泥填滿,瓦管的方法最合於地下

排水

瓦管排水公式如次：

$$V = 93 s^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}}$$

註釋： V = 流速 (米/秒)

$$s = \frac{h}{l} = \text{比降}$$

R = 水幕半徑 (米)

h = 兩點間的高度差

l = 兩點間的距離

$$R = \frac{a}{p}$$

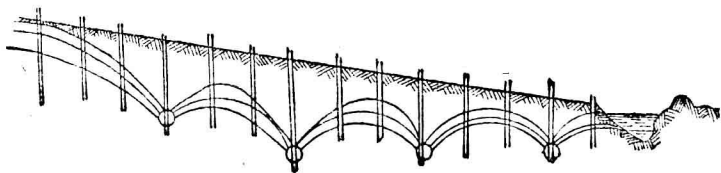
a = 瓦管的橫斷面積, 以平方米計

p = 瓦管的潤溼週 (即圓周), 以米計

V 既求得, 即可得流量 Q , 以每秒立方米計.

$$Q = AV$$

$$A = Q/Dc$$



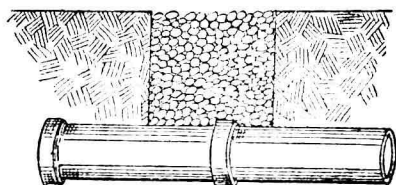
第 五 圖

每行水管距離的遠近, 要隨着水量和降低尺度而定. 測定地下水面可以照着第五圖垂直線鑿井測驗

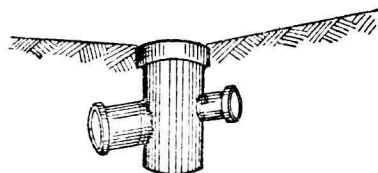
其餘可用為瓦管出水口的明溝及一切地形均要有詳細的勘測。瓦管的路線應當和同高線正交，這樣可以得到較大的比降。水管距離大率自15至30米。

瓦管路線亦有幹線和支線兩種。牠的製造：(1) 窯燒土坯，和燒磚瓦相同；(2) 塗釉瓦管；(3) 水泥製——水泥一份和砂三份或四份。直徑25釐米至30釐米長度自30釐米至60釐米。瓦管出水口應有鐵格或木柵的保護，阻止田鼠野兔或牛羊的破壞。

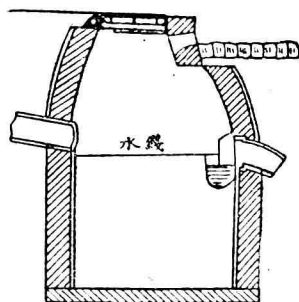
要地面的水直接流入瓦管，有三種辦法：(1) 用碎石塊，像第六圖；(2) 用直立的塗釉瓦管，在管頂上蓋鐵格，鋪石塊，像第七圖；(3) 用混凝土製水箱，上面蓋鐵格，像第八圖。



第 六 圖



第 七 圖



第 八 圖

第三節 灌溉地的排水

在乾燥地帶，固然要靠着灌溉方纔能種植農作物。但是，灌溉的水量，不能確好是需要的程度，所以對於過剩水量的排除系統，亦必不可少。灌溉地的排水，大都是灌溉水已經滲入地層的剩餘量，所以排水方式主要的是地下排水式。剩餘水量與灌溉水量的比例，隨着土壤性質而不同，平均假定他是四分之一。譬如全年的灌溉水量8畝分米，計劃排水時，即作為2畝分米。

第四節 海濱地的排水工程

沿海各省人民大都在海灘上築岸圍田。圍岸可以分做海堤和子岸兩類。海堤所以防潮，子岸所以防內地經由河港來的雨水。築堤圍田，事前應當考慮築堤岸，開溝渠，置備抽水機械，和其他養護運用的經費對於可得的利益兩方的比較。築堤位置亦應週密審察研究。堤的基礎要定在堅固的地層上，以下的土層更要十分不透水，不然堤岸必定易於坍塌。其次，堤外應有適當的餘地可以供給築堤借土的用途。岸身應當和河水水流並行，彎曲度不宜銳突，經過低窪地應當

選擇最短的直線穿過。正對湍流的方向應當儘量免避，實在不能免避，應當有特別的護岸工程。河港兩岸的堤，所隔距離，務必要能容許上流洪水排洩入海。

堤的橫斷面通常是一個梯形。堤頂高出洪水位一米以上。堤頂寬度至少兩米。兩坡坡度，常用3:1，倘使是特別黏重的土質可以用 $2\frac{1}{2}$:1。堤坡上應種草皮。堤外灘地上可以種植蘆葦，一面可以防浪，一面並可做搶險的材料。通過海濱墾地的河流，應當在交貫海堤的位置上築閘，以防海潮倒灌。

第 四 章

灌 溉 工 程

第一節 植物的需水量

土壤中的水分,能溶解土壤中的各種養分以供植物的攝取,又能調節溫熱適合植物的生長.假如植物祇有肥料和陽光而沒有水分,絕對不能生存.農作物生育時期所需要的水量,常爲其生產乾物重量的數百倍,稻約須八百倍,其他主要農作物每噸乾產物品需要水量有如附表:

種類	滲透量	葉面蒸發量	地面蒸發量	總量
大麥	464.1 噸	5.05 噸	4.069 噸	475.264 噸
燕麥	503.1	8.89	4.447	516.437
玉蜀黍	270.9	659	2.291	278.881
豌豆	477.2	4.01	4.212	485.422
馬鈴薯	385.1	7.00	3.199	375.299

從上表觀察,可知水滲透到土壤中的,佔最大部分;葉

面和地面的蒸發,不過百分之二三罷了。

土壤含水量分爲三種：(1)潤溼水是極薄的一層,包裹在土壤各分子的四周,不因微管作用而上升,不因蒸發而消耗,不爲植物根鬚所充分吸收,量的多少,隨着土壤分子的大小,所含有機物的多寡,及溫度的高低成正比例,對於植物的生長沒有重大關係。(2)由微管引力而保有的水分,爲較厚的一層,存留在土壤分子的外周,並且填滿分子間的微隙。由於水和土壤分子間的吸力及水的分子間的內聚力,能抗拒地心吸力而不下墜。牠跟着微管的作用上升,和油在燈芯裏上升的作用完全一樣。土壤分子愈細,上升愈高;土壤分子愈粗,上升愈速。植物的根及根鬚,完全受此水分蓋覆,這是最有關係的水分。(3)跟着地心吸力下降的水分,經過土壤間空隙下落,終變成地下水,降落深度達到植物根鬚所能吸收的以下,又和農事無關。

土壤中水分的天然來源,完全由於雨量所供給。如若天氣乾旱,就要用人工給水來補充,這就是灌溉工程。灌溉工程分做蓄水,引水,和輸水三大部分,現在分述於後。

土壤裏所含水分過多,亦足以危害植物的生長。(1)

妨礙空氣的流通以致缺氧,而分解衰退。(2)土壤裏所有的營養分,溶解過度。(3)降低土壤的溫度。

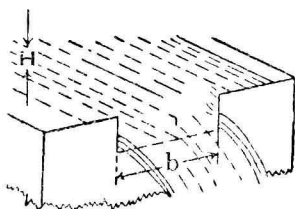
灌溉所用的水量,對於所溉的田地面積的比,叫做水效率,而水效率又有總效率和淨效力的分別,在導引點水閘所受納的總水量,對灌溉區農田總面積的比,稱總效力;直接施用於田畝的淨水量對田畝面積的比,稱淨效力,兩項的差別即在總渠,支渠,及引水溝的損耗量,淨效率的高低,跟着下列各項原因而增減:(1)農作物的類別,對於需水量和需水時期都有關係;(2)所用的灌溉方法和農夫技能的優劣;(3)耕種的時期,灌溉以後隨即耕種的,蒸發損耗當然較小;(4)生耕地或是耕熟地,曾經耕種和灌溉的田,地下水位常能逐漸升高;(5)氣象狀況,雨量的多少和分布狀況,直接影響到需水量的增減,其他像溫度和風力,都可以影響到蒸發損耗;(6)灌溉季的長短;(7)土質的鬆密;(8)用水的管理和監督方法。

第二節 用水量的量法

灌溉水的定量,推堰量法為最簡單精確,量水堰有長方形,倒梯形,和V字形三種,現在記述長方形水堰

如次。

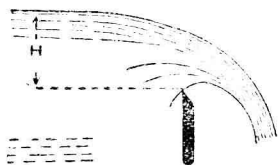
設置水堰，要揀勻直的河槽，上游更加要有一廣直的河身以減殺原有河流的速率。要用堰流公式求得精確的結果，有幾點應注意。堰的頂邊要高出河底，堰的兩邊要和河岸兩岸有相當的距離，堰的各邊都應極銳狹，測量水頭高的標尺，至少要在堰基上游兩米設立。水堰後，上游往往淤積，宜隨時挖除淤土，岸同左右邊 b 的距離至少有水頭高的兩倍。



第九圖

假定 Q ，每秒鐘的流量，用立方米計算； b ，堰的寬度，用米計算； H ，水頭，用米計算，則

$$Q = 1.81(b - 0.2H)H^{\frac{3}{2}}$$



第一〇圖

$H^{\frac{3}{2}}$ 的計算，可以用對數表計算。這種方法雖不十分精確，但是不能用流速計的小河流，比較上是頂適用的方法。

第三節 蓄水工程

灌溉的水源，除了少數的掘井吸取地下水以外，主

要的惟有引用天然的河流。發源於高山的天然河流，水源不單靠流域裏的雨量，並且有高地的融雪和地下泉水一同加入，這是最可靠的水源。其次發源於地平較低的河道，水源完全靠本流域的雨量，雨量過小，河立刻枯竭，那就非造蓄水庫不可。

蓄水庫的基地，必定要高出灌溉的田地，使貯藏的水量可以自然下流。基址地質應先詳細鑽驗，如若向外傾斜或有很厚的礫石，如砂或石灰石等地層，貯水容易滲漏，不宜採用。蓄水庫的容量，要確當於灌溉量，過多或過少，都不合經濟的設計。

建築蓄水庫先要築攔水壩。設計的時候要注意下列各點：(1)壩基要堅實或有良好的石層，可以承受壩身和壩的總壓力；(2)壩身的全部或任何一層不致因水壓力而推移；(3)有適當的壩基寬度，使壩身不致發生傾覆。攔水壩可以按着建築用的材料分成五類：(1)土壩；建築土壩，除壩身穩固以外，應當注意避免滲水的弊病，最好用礫石細砂及細碎泥粒混合建築。兩坡要平坦適宜，以免坍塌，平常要在直一橫三以上。為防止透水起見，在迎水坡宜鋪一批擋水層或在壩身內建一中心牆，中心牆宜用堅土或砌石工建造。(2)木

壩；交通閉塞的地域，建築材料運輸困難或以工費支絀等々原因，採用木石混合建築的木壩，但是質輕易腐，修理養護的費用亦很大。(3)碎石壩；壩的斷面成三角形，完全用碎石積成，中間每隔一段，建一石砌或混凝土牆以防滲漏。(4)石壩；石壩最堅固耐久，用膠灰凝結無數的石塊成一純單剛體。石料或用修整的方石塊，或用大小不一的亂石塊，但是必定要謹慎建築，達到凝結堅固的目的。壩面的石塊尤其要選上等的石料以防風化。(5)混凝土壩；這種的壩，堅固和石壩相同而建築便利，用碎石，黃砂，水泥三者混和澆成。壩身中部，水泥成分可以減少，石塊可以加大(大概用二分米左右的塊石)，節省工程費用。

第四節 引水工程

從河道裏引水灌溉，必先橫截河流築一條滾水壩，提高水位，壓迫水流從導引閘折入灌溉總渠。築壩的地點，最好在河道出山谷流入平原的起點，河底土質大概是砂礫石塊，從地面挖去一點就可以得到巖石底層，最合於築壩基址。同時兩岸的地勢大概平坦，地層堅密，又適合於導引渠的建築。壩的位置要和河流

正交，否則發生偏力，沖蝕河岸，必定使全工毀壞。導引壩分固定壩和活動壩兩種。固定壩和蓄水壩大體相仿，活動壩是用鋼鐵或木材建造，有活動閘門，在一定水位以上，可以完全開放。

導引水閘，建築於導引渠的渠口。建築要堅固，啓閉要靈敏，否則必致損害渠工，危害農田民命。建閘的地點，要不受猛烈洪水的沖擊，附近的河岸要妥善保護，以防意外。但是導引閘如設在凸岸避溜的岸邊，又怕積沙淤阻，或深水槽離閘過遠，引水要發生困難，所以應當視察實地的情形，隨機斟酌決定。倘使沒有適當的地點，可以另闢一條引河，在設導引壩的河流上，導引閘常在壩的一端，牠的位置自然決定。

渠道高低驟變的地點，或者比降太大，渠面太小，流速過快，有沖刷的危險。唯一的救濟辦法祇有築一閘門，把比降集中，使渠水在此自高降低，這就是跌水閘。

第五節 輸水工程

輸水的主要方法，是開鑿渠道。遇到特別的地形必定要加以架槽，隧道，水管等等連繫工程。開鑿輸水渠無論是導引渠，幹渠，或是支渠，必定要經過下列五項

步驟：(1) 流量的選定；(2) 渠道流速的選定；(3) 渠道比降的選定；(4) 渠道剖面的選定；(5) 渠道岸坡的選定。

渠道的流量依着灌溉地的面積，農作物的需水量，和需水最多時候的水效率來決定。譬如稻田的用水量，在耕土插秧的時候最大，水效率為流量每一立方米可澆田一平方仟米，如若澆地面積四十平方仟米，插秧前後不過十日，該渠流量應當是每秒四立方米。

決定了流量，就要選定流速。流速的最大限度要依着土質的鬆堅而決定。流速的最小限度要依着水中所挾沙泥量而決定。流速過大，泥土過鬆，不能抵抗牠的侵蝕，使得渠岸坍塌。流速過小，則水草叢生，沙泥沉積。大概平常所用的流速，最大不得過每秒一米，最小不得小於每秒半米。

水在渠道裏流行，假如剖面，比降，流量不變，那是渠底比降大致和水面比降平行。水面比降直接影響到流速；有時流速過大亦可以改變比降來節制牠。但是通常爲了節省土方工程起見，水面比降，大概和地面天然比降平行。

流量流速已經決定，用流速除流量，就可求到渠道斷面面積。水面比降假定以後，就可以從流速公式決定水罨半徑的值，再勾配深闊，決定兩坡，使渠斷面完全決定。流速公式甚多，各有優劣，百先氏公式較為適用。已經在第三章第二節裏有詳細記述。

渠道寬深的勾配要使同一土方數量能有最大流量。據研究的結果，最好使水罨半徑等於水深的一半，至於兩岸坡度須穩定不變。小渠開挖部分多用直一橫一或者直一對橫一·五；大渠用直一對橫二。築堤部分應用直一橫一·五至直一橫三，亦依深的大小而定。決定坡度以後，再依上項水罨半徑的規律而計算寬度、深度，決定斷面全形。

堤頂寬度和高度，亦依着渠的大小而不同。小渠用一米，大渠用二米，如若挖土過多的地方，頂寬可以依着剩餘土方數量增加。堤頂高出水面的高度，大概從半米到一米。

渠道穿越山陵的時候，可以用隧道穿通，或用虹吸鐵管。渠道和道路交貫的地點，用渡槽或涵洞。渡槽的建築用鐵，用木，或混凝土。渡槽築在地面的，稱座槽。架在空間的，稱架槽。

第六節 溉田方法

灌溉水從總渠達支渠,從支渠達水溝,多用水閘,水門控制.水溝的水灌到田裏有下列四法:(1)漫淹法;在田地最高的地方,開一上引水溝,隔開一百米左右,再開一條平行的下引水溝,即在高水溝旁開若干孔,使水順坡漫淹全面積,流入下列水溝.(2)劃格法;將灌溉田地分成許多小塊,各用數釐米高的小岸圍住,於是從鄰近的引水溝築臨時小壩,將水逼入.(3)犁溝法;把全部田地用犁耙犁成許多小溝,相距各數米.水從引水溝引來,灌到小溝裏,溝的深度自半分米至一分米不等,溝的深度較大,效果較好.(4)地下灌溉法;和水管排水法大體相仿,用管埋到地面下,引水進管,從管壁小孔放出.理論上這種方法最完善,但是工程費最大.

第七節 機械灌溉

凡是水面比灌溉的地面低,不能用地心引力引導水流到田裏的時候,就要用機械的力把水擡高灌田.機械灌田的原動力,有人力,畜力,風力,水力,汽力,油力,電力等.人力約及四分之一馬力.畜力有牛,馬,騾等,牛

力強而性慢，馬性速而力弱，風力宜用於海濱地帶，必定要有每小時十仟米的風速，方能應用。

蒸汽力發動機宜用於極大的單位，好像二百匹馬力以上的整區灌溉。

油力抽水機在江蘇南部已經普遍應用。機分發動機和抽水幫浦二部，燃料大抵用黑油或沙拉油。每一單位約十二匹至十六匹馬力。起水高度約六米至八米。幫浦用離心式為多，因不易受水中的泥沙摩擦而致損傷。進水管直徑從十五釐米至二十釐米；出水管，二十五釐米到三十釐米。凡起水愈高，進水管的直徑愈小。每一單位大約灌田九百新畝（約合一千舊畝）。每畝費用自插秧到成熟，約國幣兩元左右。十六匹引擎及連帶的幫浦、水管、木槽等設備費大概三千元以下。比較人畜力的優點是工作耐久而價廉；其弱點即在鄉僻地區，損壞後修理費時。油力發動機在冬季常用來做磨米、磨粉等工作。

電力抽水機在江蘇省吳縣，無錫，武進，江寧等縣已普遍採用。最近江寧縣由首都電廠布置六萬畝的電力灌溉系統，設備費約三十萬元。每畝每稻季電費約一元五角。每機分馬達及抽水機二部。馬達等重量比

較油機來得輕，搬運便利，但是要在有日電可以利用的都市近郊，方纔容易發展這種方式的灌溉。

水力發動機大概在浙江，四川，雲南，貴州等省有瀑布水頭的地方可以應用。更有用水力發電後，再轉動馬達抽水的方法，這裏不再詳細記述。

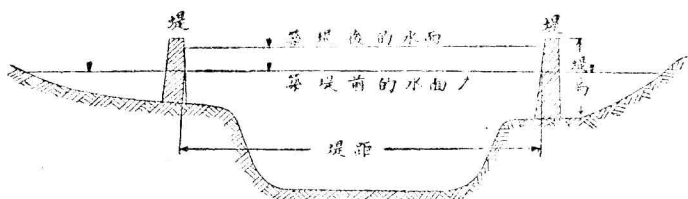
第五章

堤工的設計和建築

第一節 堤工計劃

設計堤工應先知道最大的洪水量，根據着最大洪水量來決定河身橫斷面的面積。有了面積的數量，纔能決定兩堤中間的距離和堤頂高度。最大洪水量有的根據着已往的記載來決定；有的根據着有關逕流各要素和暴雨的大小久暫以及分佈狀況來決定；有的依據其他河流的經驗公式來決定。總之要在事先儘量搜集有關係的資料，充分研究，纔有適當的結果。

決定了洪水量以後，就要用假定比較的方法來決定堤距和堤高。這兩項有互相增減的關係，或者提低



第一一圖

(續)

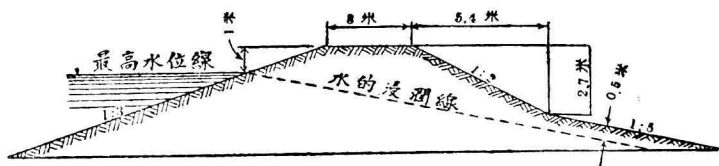
距遠，或者提高距近，使得堤岸的建築費和堤外灘地的地價損失兩項的和數達到最低的限度，乃是最經濟的設計。所謂灘地損失，就是築堤後免除氾濫土地的價值和築堤後用做洪水道的地價的差數。

河道常有彎曲，堤防可以酌量改直線，使洪水流路趨直。凹岸頂溜的地方，堤岸要退離河槽到較大的距離，不然爲了避免傾坍起見，必須用護岸工程。沿線如若高地，要儘量利用，一則可以減少土工，二則基址堅固，爲利甚大。反過來說，築堤遇到低窪坑穴，應當儘量設法免避。

堤頂高和最高水位要留相當的安全距離，以免意外洪水，拍越堤頂而生漫溢。這種差數，看了河流的大小而定，通常從半米到一米半。

如若堤頂距離最高水位的高度和兩側的斜度有適當的規定，堤頂的寬度並不是重要的安全因素。往年治河的人，主張加寬堤頂來增加堤的堅固，其實遠不如放坦兩側的斜坡經濟而有效。堤頂寬度不過供築堤或搶險時行走的用途，理論上對於堤防的安全實少關係。通常頂寬是一米到四米，兼做道路的寬度，依着交通的需要而定。

堤的斜坡，實在對於堤身的安危有直接的關係。除了堤頂高度不足，發生漫決的以外，所有堤防傾坍的原因，多由於堤身內腳的滲水。堤外坡滿浸水裏，逐漸浸潤堤身，使泥土達到飽和潤溼的限度，成爲一條逐漸向下傾斜的浸潤線（參考第一二圖），浸潤線的斜度，跟



第一二圖 國民政府救濟水災會工賑處長江淮河堤工標準斷面圖

着堤工的質料和築法而不同。如若堤的內坡坦度比較浸潤線的斜度峭，浸潤線越出堤腳，水流涓涓洩出，帶走堤土，足以使堤身空虛，結果發生坍塌。故內坡度必須較坦，使任何一點多在浸潤線以上，通常用直一橫三的比例，堤土沙質太多，就要用直一橫五的比例。高度很高的堤常設戕堤來增加內堤的坡度。至於堤外臨水的坡度，須保持堤身浸在水裏不生坍塌，亦依着堤身的材料，築法，及洪水的久暫而不同。通常用直一橫二·五至直一橫三。坡面宜種草皮以防水浪沖刷。

築堤取土應當在堤外河灘洪水過後，土坑重被淤泥填滿，可以取用不竭，並且在防險的時候，免除繞路

的困難。取土坑要和堤腳隔開相當的距離，並且不宜連續，以免吸引水流妨害堤身。

第二節 築堤方法

築堤用的泥土，要質量重，粒身細，黏力強大，形狀參差的最好。純粹膠土易於收縮，乾後時生坼裂，故黏力雖足，不宜單用，應當攙和適量的砂土以中和牠的黏性。疏鬆肥土的粒子固然細小，但是浸潤以後不易穩固，故比膠土更次。砂沒有黏性，堤身剖面必定要很大，故極不適宜。但是把膠土或肥土鋪於堤面，亦可勉強應用。至於泥炭及腐蝕土，比重既小，且含有機物甚多，絕對不能用來築堤。

築堤要先清理堤基。所有樹根草皮和一切有機物質都應當移出，以免腐爛而變成空隙。最好用犁耕一遍，使堤身和堤基易於連成一氣。如若遇到淤積鬆土，應先清淤，用好土填實。築堤要分層堆築，逐層行礮。每層高度，大概以4分米為適宜。河工石礮，大都圓形，重100斤克，用十二人向天空摔起跌下，每層反覆行礮三遍。著者在淮陰河工用300斤克重的路滾壓實，結果良好。礮工每立方米約費一角左右，改用滾壓，祇要四

分左右。如若土質好壞不一，要把好的留在外層，次等的土先置堤的中心。堤防的能否堅實，完全看施工方法的好壞。必須十分嚴密地監工，方纔能得到良好的結果。

我國土方工程，挖土多用鋤鏟，運土多用筐擔土車。歐美各國，近來多採用挖泥機械。挖土，堆土，均極便利，但是我國機械製造工業既很幼稚，失業農民又很多，除了數種非用機械不可的工程外，還是採用人工為適宜。

築堤高度必預先加高若干以備完成後的墊陷。應加高度，大概為堤度的十分之一。

第三節 堤的修守

新築的堤岸要時時察看。查到墊陷，應隨時填平。堤外斜坡要種草皮以抵抗水浪沖蝕。暴雨時期如若沖成溝壑，要立刻培修。堤坡不可放牛羊以免嚙草傷堤，獾，鼠，野兔，要盡力捕殺，因為這一類的動物在堤內穿穴，到洪水時期即刻成為漏洞而發生潰決大禍。

每經汛期要立時培高堤頂，加厚堤身。汛期內要組織防汛隊，晝夜巡邏，庶幾有險即搶。要用的工料如土

牛, 砂袋, 束薪, 石子, 木板, 木樁, 繩索, 和一切工具, 泥鎊, 燈, 傘, 油衣, 土車等等, 都應事先預備.

第 六 章

壩 的 設 計 和 建 築

第一節 重力壩的設計

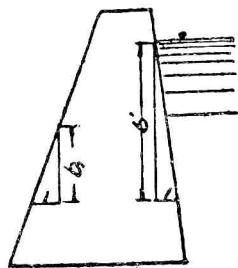
壩的建築有重力壩和拱形壩的分別。本節專論重力式石壩的計劃。

重力壩坍塌的原因有三項：(1)沿水平方向推移；(2)繞一點傾覆；(3)基址因重壓生破裂。設計的時候亦就上列三項分別估算。

為便利研究起見，切取一橫斷面，並以垂直方向長一米的壩身做單位，各種算式代表字先行說明如後：

b 代表壩面的斜度，即壩面每橫向一米時垂向升高的米數； b' 代表壩背，就是盛水的一面的斜度； b_1 代表壩前面的斜度；

d 代表壓力中心和底邊中



第一三圖

心的距離；

f 代表安全係數；

h 代表從壩底起的水深；

H 代表水的橫壓力(深度 h , 壩身長一米), 用仟克做單位；

K 代表水流滾過壩頂上的水深(自壩頂到水面)；

l 代表橫斷面底邊寬度；

q 代表壩頂高出水面的高度(當水不滾過壩頂時)；

μ 代表摩擦係數；

V 代表水的垂直壓力, 在壩牆受水的一面(長一米的壩身水深為 h) 用磅做單位；

W 代表長一米的壩身重量, 用米做單位；

\bar{x} 代表 A 點至重心垂線的垂直距離；

1000 仟克每立方米的水的重量。

抵抗推移的穩定率 水的橫壓力要把壩身橫向推移。壩身壓力所生的摩阻力, 抵抗着這種的推動。推動力的數量, 照着下面的算式計算：

$$H = h \times 1 \times \frac{1}{2} h \times 1000 = 500h^2 \dots\dots\dots(1)$$

如若壩頂過水的時候, 應當改用下式計算：

$$H = 50 (h^2 - K^2) \dots \dots \dots (2)$$

抵抗這項推移橫壓力，是靠着壩身的重量和壩牆受水斜面所受水的垂直壓力兩項所發生的摩擦力。壩身的重量是：

$$W = w \left[t(h+q) + \frac{1}{2} \frac{(h+q)^2}{b'} + \frac{1}{2} \frac{(h+q)^2}{b_1} \right] \dots \dots \dots (3)$$

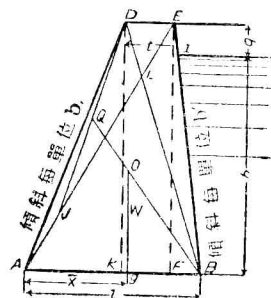
w 是每一立方米的重量。壩牆受水斜面 IB 所受水的垂直壓力要從該斜面的水平投影乘該斜面的重心在水面下的距離，再用水的單位體重相乘如下式：

$$V = 500 \frac{h^2}{b'} \dots \dots \dots (4)$$

如若 W 加 V 所生的摩阻力大於 H ，那就是水的橫壓推移不動壩身，就是說，

$$H < \mu(W + V) \dots \dots \dots (5)$$

或是 $fH = \mu(W + V) \dots \dots \dots (6)$



第一四圖

大致對於傾倒安全擠壓安全有妥善計劃的牆身，因了推移而失敗的，實是絕無僅有的事。

石工建築物的摩擦係數 (μ) 列表於下：

花崗石, 石灰石

修整軟質對修整軟質上	0.75
修整堅質對修整堅質上	0.55
修整堅質對修整軟質上	0.65
石,磚或混凝土	
石工對石工上	0.65
石工在木工上	0.50-0.60
石工在乾黏土上	0.50
石工在潮溼黏土上	0.33
石工在砂上	0.40
軟石在鋼鐵上	0.40
硬石在鋼鐵上	0.30

抵抗傾覆的穩定率 水的橫壓力有沿繞任何一條橫縫在下水面的端點向前方傾覆的趨勢。這種趨勢要由壩身重力的力矩來平衡。這種情狀可以應用力矩的原理用代數方式或圖解方法來推求。現在記述代數方法如後：

水的壓力垂直於受壓力的平面。所以壩牆斜面所受水的壓力，亦和斜面成直角。爲了便利計算起見，拿橫壓力和垂直壓力分開討論。橫壓力的力矩發生傾覆的作用；垂直壓力有抵抗傾覆的作用。橫壓力可以

用本節(1)式求得. 這個力的着力點在水面下 $\frac{2}{3}h$ 或由底向上 $\frac{1}{3}h$. 所以對壩傾覆的力矩是:

$$\frac{1}{3}h \times H = \frac{1}{3} \times 500h^3 = 167h^3 \dots\dots\dots(7)$$

為了便利計述起見, 用 M_1 來代表這項力矩.

水的垂直壓力, 加於上水一面的壩牆的數量可用本節(4)式求得. 這項力着在 IB 一節離開 B 的距離等於 $\frac{1}{3}IB$, 力臂是 $l - \frac{1}{3}hb'$, 所以這項垂直壓力對於斜面的力矩是:

$$\frac{500lh^2}{b'} - \frac{167h^3}{b'} \dots\dots\dots(8)$$

為了便利起見, 用 M_2 代表這項力矩. 如若壩牆受水一面是垂直的, 這項力矩等於零.

兩項相抵, 淨的傾覆力矩應為 $M_1 - M_2$.

和這項傾覆相對抗的是壩身重量所生的力矩. 壩身重量是橫斷面面積和單位體積重量互乘而得. 這項力量經過壩身的重心而垂直向下. 重心的求法, 或用代數法, 或用圖解法. 下面的是最簡單的一種方法(第一四圖).

作 BD 和 AE 兩對角線. 從 A 點量出 EL 的距離, 得到 J 點. 連 DJ 線. 平分 DJ 得 Q , 連 BQ 線. 分 BQ 成三等分. QO

等於三分之一 BQ 。 O 點即 $ABED$ 的重心。這種方法適用於任何四邊形。

如若用代數方式亦可得到同一結果。把 $ABED$ 分成 AKD , $DEFK$, BEF 三部分。應用力學原理，全體繞任何一點 A 的力矩等於各部份分體繞同點的力矩總和。

命 Ag 代表壩身重量繞 A 點的力臂 ($=\bar{X}$) 則全力矩是：

$$W_x Ag = w(h+q) \left[t + \frac{1}{2}(h+q)/(b'+b_1) \right] \bar{X} \dots\dots\dots(9)$$

爲了便利起見，用 M_3 代表這項力矩。

要壩身有抵抗傾覆的安全，就是要由方程式 (7) 與 (8) 求出的 $M_1 - M_2$ ，小於由方程式 (9) 求出的 M_3 ，所以抵抗傾覆的安全係數是：

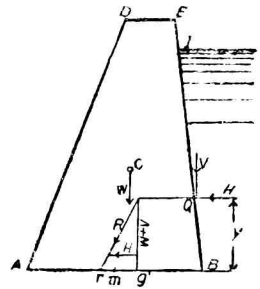
$$f = \frac{M_3}{M_1 - M_2} \dots\dots\dots(10)$$

抵抗擠壓力的穩定率 可依據力矩原理，從下面的方程式計算底面每單位面積所受最大和最小的壓力 P 。

$$P = \frac{W+V}{l} \pm \frac{6(W+V)d}{l^2} \dots\dots\dots(11)$$

如若壓力不在中心 m ，偏於 r ，則用“+”；得到的是 A 點

的最大單位壓力。如若偏至 B 的方向，就應當用“-”號，所得的是 B 點的最小壓力。普通不許底部有伸張力，就是說壓力中心不能超出底寬中間的三分之一以外。最大壓力不可超出平均壓力的兩倍。



第一五圖

最大壓力表

粗石	每方釐米 10-14 仟克
鑿成方石	每方釐米 14-20 仟克
細砌灰石	每方釐米 20-25 仟克
細砌花崗石	每方釐米 25-28 仟克
混凝土	每方釐米 28-40 仟克
機器磚, 1:2 水泥漿砌	每方釐米 12 仟克
普通磚, 石灰砌	每方釐米 6 仟克

例題 築一梯形細砌石壩高 19 米, 頂寬 1.5 米, 底寬 5.5 米, 受水面的壩牆是垂直面, 基址是不透水的岩石, 壩身石料每立方米 2500 仟克, 設用 a 代頂寬, l 代底寬, h 代高度, 都用來做單位, 一米長的壩身, 重量等於 $1200 \times h(a+l) = 75600$ 仟克, 這項重量的力線, 經過梯形的重

心,和壩的外腳 A 的距離.

$$\bar{X} = \frac{2l^2 + 2al - a^2}{3(a+l)} = 3.56 \text{ (米)}$$

故 $M_3 = 75,600 \times 3.65 = 270,000$ (米 仟克)

如若壩內水滿,就是水和頂平,當時水的橫壓力

$$H = 500h^2 = 500 \times 9^2 = 40,500 \text{ (仟克)}$$

這力的傾覆力矩

$$M_1 = H \times \frac{1}{3}h = 40,500 \times 3 = 121,500 \text{ (米 仟克)}$$

安全係數 $\frac{M_3}{M_1} = \frac{270,000}{121,500} = 2.22$

其次要查考合力的力線是否在底邊中間的三分之一以內. 合力的力線和底邊中心點的偏差距離,可用下面的公式計算:

$$\therefore W : H = y : rg$$

$$\therefore rg = \frac{Hy}{W} = \frac{1}{3} \frac{Hh}{W} = 1.61 \text{ (米)}$$

$$\begin{aligned} d = rm &= \frac{1}{2}l - (\bar{X} - rg) \\ &= \frac{1}{2}l - (3.56 - 1.61) \\ &= 2.75 - 1.95 \\ &= 0.8 \text{ (米)} \end{aligned}$$

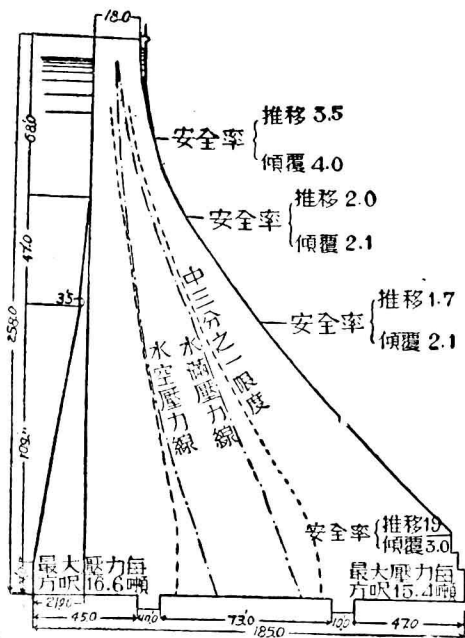
但中間三分之一的半數等於1.5,故0.8米乃落在安全的限度以內.又 $\frac{6d}{l} = \frac{6 \times 0.8}{18} = 0.87 \times \frac{w}{l} = 13,750$. 故底面所受的最大壓力等於 $13,750(1+0.87) = 25,700$ 克/平方米. 或25 仟克/平方米. 最小壓力等於 $13,750(1-0.87) = 1,790$ 克/平方米或1.79 仟克/平方米.

至於抵抗推移摩擦係數是 $\frac{H}{W} = 0.7$ 在安全限度以內.

如若壩內無水的時候, $d = 3.56 - 2.75 = 0.81$ 米. 就是落在偏向壩的盛水面
 $\frac{6d}{l} = 0.885$.

根據上述計算,證明壩身安全可用.

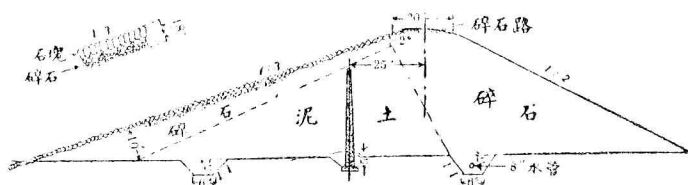
第一六圖示美國“新克羅吞壩”的斷面,從1892年開工到1907年完成全壩長約六百呎.注意圖中任何平均縫上力線均在三分之一線內.



第一六圖

第二節 壩的建築

土壩 建築土壩所用的材料，大概是泥土和石子合用。泥土可不漏水，石子可增加壩身的重量。第十七圖是一個土壩的橫斷面，在壩基平面上開三條溝，所以防止地下水的滲流，並且防止壩身受了水壓力而推移，——有許多壩，下面加打一排或幾排的木板樁，防止滲水，——在下游一面的溝裏，埋放一條直徑8吋的水管，引導地下水到壩的下流去。在迎水面上，鋪一層不透水的石面（就是用水泥灰漿砌的塊石坦坡），可以防止壩身透水，同時在水面退落的時候，壩面不致因沖刷而受到損害。壩身裏另外加一條阻水混凝土牆。高度低的土壩，這項阻水牆，祇用膠泥牆，不必用混凝土建築。高度在三十呎以下的壩，壩頂寬度大概用十呎；三十呎以上，大概用二十呎的寬度。迎水坡面的坡度用直一橫三到直一橫五；背水面的坡度用直一橫二。建築的時候，或用人工輕便鐵道，水力沖積等方法，則隨着建築物的大小而定。建築的時候，至多堆到八吋高一層，就要灑適宜的水分，然後加碾工，或用凹凸齒輪的路滾滾壓。這是對於建築土壩最重要的一項工作。



第 一 七 圖

木壩 木壩的建築，用直徑兩市尺左右長六十市尺的木材，樹梢迎着水流，樹根放在下游，這樣一批一批的和河流平行地放着。每一批用幾枝大小勻一的橫木再加竹纜等編連起來。上游成近於垂直的面，下游成直一橫三的斜坡。

另外要用木樁穿過木排釘入泥土中，使壩身穩定；同時用大石塊壓在上面，防止壩身被水流沖動。在上游的一面要用泥土堆成一個不透水層。這種建築在四川，雲南，貴州，廣西木材多的地方可以適用。在川西一個灌溉水壩已經有二千多年的歷史。木壩的高度大概在十五尺以下。牠唯一的缺點是不耐久，年年要修理。

石壩 石壩的建築有整砌，亂砌，混凝土等幾種不同的式樣。整砌石壩，從石礦裏開出，有規定尺度和形

式，用灰漿砌合。亂砌的尺度，形式不一律，但是亦用灰漿砌合。混凝土的石壩，先把石塊打成尺度相彷彿，形式不整齊的石子，再用黃沙，石子，水泥混和在一起，加了適當的水分拌和均勻，澆灌在模板內，凝結成整塊的壩身。建築石壩的第一步驟，是清理壩基。基址上如有鬆軟的質料或前後傾斜的岩層，要先鑿成平的階級形，鑿成了以後，用石塊或混凝土砌平。除了壩身很低的以外，石壩總不宜建築在泥土等基址上面。鑿成的基礎面愈粗糙，愈能和壩身合在一體，所以絕對不要做光。就是用石塊或混凝土填成的面，亦切忌光滑。基礎預備成功，就可開始做壩身。石塊的重量，大概從一噸到十四五噸不等，都要用起重機吊運。石塊外面有鬆軟開裂的外皮，都要鑿去。上了起重機，先要用水洗滌清楚，然後吊到安放的位置上。在未安放以前，先在底層佈好灰漿，放下後要看上下兩塊是否密接。合縫不嚴，要重行吊空布置，務要適合爲止。巨體石壩或混凝土石壩，都要留伸縮縫。高大混凝土石壩澆灌的時候，更要分段間隔進行，以防凝結時的化合熱發生巨大的伸縮。混凝土用的水量和澆灌時的插打，更要特別注意。不然完成以後，表面容易風化，內部多生弱

點. 建築縫要做成階級形, 以防受水壓而生橫向推移, 並且防隨着接縫滲水. 混凝土壩的鷹架, 要特別堅固. 在建築的時候, 每每由於鷹架或腳手木的不堅固, 而生重大的危險, 和不可挽救的差誤.

第 七 章

涵 洞 和 水 閘

第一節 涵洞的設計

涵洞是水道通過堤岸或道路的一種建築。橋樑離開水面，要有相當的高度，以便通行船隻，涵洞下的水面離開洞頂上邊的距離，不必顧到，有時可高過涵洞的上邊。建造涵洞的材料，木、石、磚、混凝土，鐵管都可用。涵洞的式樣，有管形、箱形、穹形三類。涵洞的計劃：第一步計算洞的面積；第二步擇定式樣；第三步選定建築材料；第四步計算洞壁的厚薄和長度。

洞面積 面積的大小，隨着洩水量而定。計算的公式：有米堯氏和大寶氏兩種。米堯氏公式，計算較爲簡單，其式如下：

$$\text{洞面積 (平方米)} = C\sqrt{\text{流域面積(新畝)}}$$

C 的數值，隨着流域土質、傾斜度而定。廣大的草原， $C=0.04$ ；小山嶺， $C=0.06$ ；崇山峻嶺的區域， $C=0.16$ 。此式算

出的面積，比較上太大一點。在流域面積小的時候，更是顯著例如在四川東部(山嶺叢集的地方)，流域面積400新畝，涵洞面積可以算出如下：

$$A = 0.16\sqrt{400} = 0.16 \times 20 = 3.2 \text{ (平方米)}$$

設用圓形管兩個，管的直徑應為：

$$A = \frac{\pi D^2}{4}; \quad A = \frac{3.2}{2} = 1.6$$

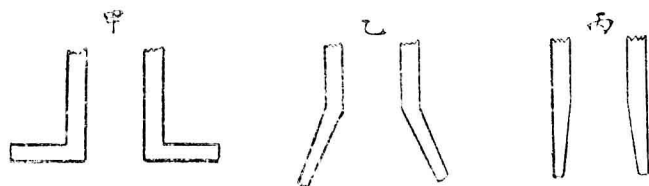
$$\therefore D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.6}{3.14}} = \sqrt{\frac{6.4}{3.14}} = 1.4 \text{ (米)}$$

可以用直徑1.5米的圓管兩個。

式樣的選定 大概涵洞面積在20平方呎以下，都適用圓管式。圓管的直徑可以到三呎半或四呎。如若一個的面積不敷，可以用兩個並列着。跨度在十五呎到二十呎(面積在二百方呎以內)以內，就適用箱形涵洞。跨度到二十呎以上，箱形涵洞不及穹形涵洞經濟。箱形洞有開底式和封底式的分別。開底式沒有洞底，祇有分開的牆基；封底式，底邊完全連合起來，不做分開的牆基。穹形式涵洞，有塊砌和整體的兩類。我國磚砌的或石塊的環洞都是塊砌穹的例子。自從有了混凝土以後，纔有整體穹洞的建築。

材料的選擇 管形涵洞大概多用混凝土管，直徑在一呎半以上，多用鋼筋混凝土管，直徑在一呎半以下的，或用窯燒瓦管或混凝土管。箱形涵洞，大多用鋼筋混凝土，但亦可用砌石塊牆和石板頂，或用1:3:6之混凝土牆和1:2:4鋼筋混凝土頂板。在甘肅，陝西等缺少鋼筋的地方，更適用砌石塊和石塊的建築。在四川，雲，貴等木材多的地方，更適用木板箱形涵洞。穹形式的，可用塊砌的磚石涵洞，但是有重汽車或火車在上面行駛的涵洞，應當採取混凝土的或鋼筋混凝土的穹形涵洞。

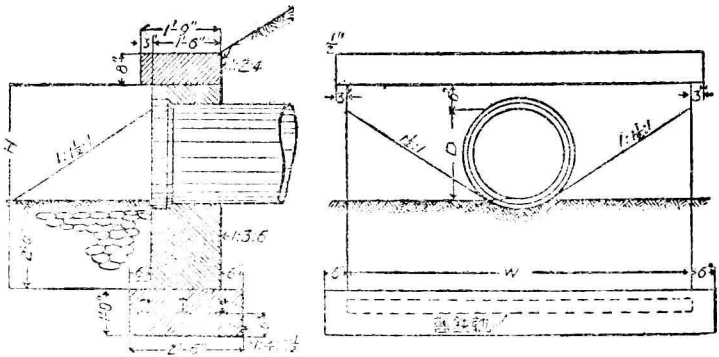
厚度和長度 涵洞的長度以及護牆和翼牆的設計，跟着堤身或路身的寬窄高低而不同。涵洞底的上部大概要在河底的同一個平面上。護牆所以防阻水流繞着管或洞的四周，滲流潰決。翼牆所以減少洞的長度和保護受沖刷的堤腳，並且引導着水流通過涵洞。翼牆有三種式樣：一種是直角式，一種和洞軸成30度



第一八圖

的角；一種把翼牆的厚度減薄，三種式樣分列如第一八圖的甲，乙，丙，三圖。

涵管的厚度，板式涵洞頂板以及洞壁的設計，大都採習用計算式，現在把各種涵洞的標準圖分別說明如次：第一九圖是紐 (New York) 哈 (Hudson) 鐵道管涵標準圖，次表乃各種管涵應有護牆尺度表。

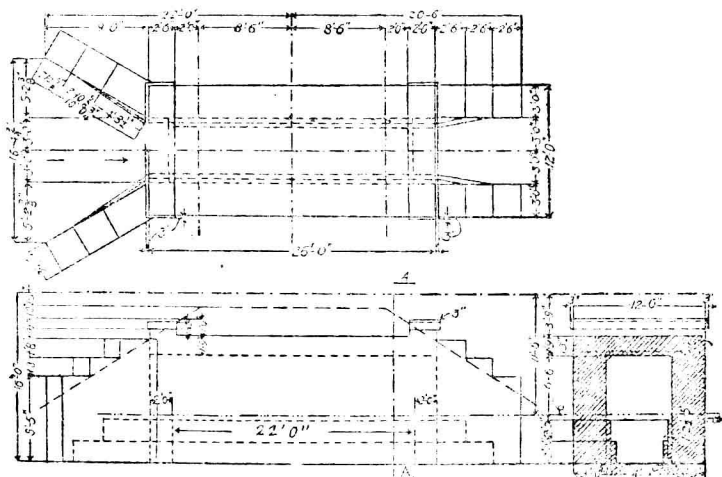


第一九圖

管 直 徑 吋	單 管		雙 管	
	H	W	H	W
19	3'-4"	3'-8"	3'-4"	5'-0"
12	3'-6"	4'-0"	3'-6"	5'-6"
16	5'-10"	5'-4"	3'-10"	7'-4"
18	4'-0"	6'-0"	4'-0"	8'-0"
20	4'-2"	6'-6"	4'-2"	8'-8"
24	4'-6"	7'-6"	4'-6"	10'-0"
30	5'-0"	8'-2"	5'-0"	12'-2"
36	5'-6"	10'-10"	5'-6"	14'-4"

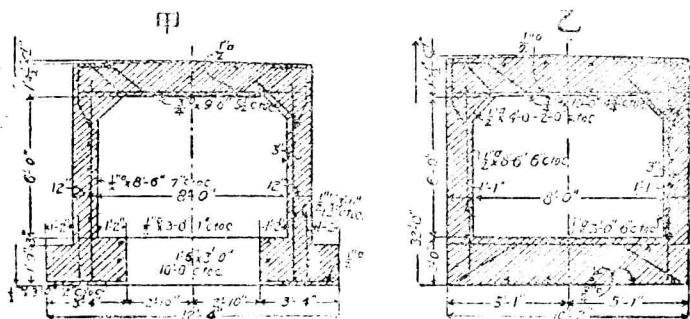
第二〇圖是一個 6 呎方的箱形涵洞，圖中翼牆在上游成 30° 的角度，在下游乃成直線形翼牆的頂隨着

堤基的斜坡落低。涵洞是開底式，中間並沒有鋪底，但是兩頭都有枕牆，可防止水流沖刷。



第二〇圖

第二一圖甲是一個開底式鋼筋混凝土箱形涵洞，涵洞的上面有16呎的填土。



第二一圖

關於涵洞的設計，要注意在管頂上或任何涵洞頂上必定要有相當的填土，就個人的經驗，至少要有三呎的填土。

第二節 涵洞的建築

管形涵洞 在建造管形涵洞的時候，要把泥土挖成半圓形，適合混凝土管的形式，在每個接頭的地方要把泥土特別挖深，免得中間架空，堤中心的自然沉落，必定比兩頭大，所以埋管的時候，要酌量提高，如第二四圖，管筒埋好以後兩側泥土要逐層夯打堅實，管



第 二 四 圖

上加泥以後，填土亦應謹慎打實，夯的時候，不宜過重，過重則把管筒震破，洩水水頭甚高的管筒接頭縫裏，要用混凝土漿嵌實，以防漏水沖刷泥土。

箱形涵洞 箱形涵洞的建築，先建基底，基底完成以後，乃立兩壁，兩壁完成，再加頂板，第二二圖已顯示混凝土涵洞模板的結構，一切水泥工程工作規律都應遵守，澆灌以前板縫均應用石灰砂漿嵌實，灌溉時

模內均應掃刷清楚，將水澆溼，完工十二小時應隨時澆水，到拆除模板的日期止。拆除模板的日期，大概三星期；倘至冬季，應酌量延長。澆製混凝土後一個月以內，不可填土。

第三節 水閘的設計和建造

從河流引水進灌溉溝渠裏，必須建築水閘來控制水流。一座水閘大概可以分成閘牆，翼牆，腳牆，閘牀和啓閉機，閘基五部。閘牆緊靠着河岸或河堤的兩側，翼牆是從閘牆上延長出來包裹着堤的前後坡以防水流沖刷。閘牆各有一條牀槽，閘牀就夾在這兩條槽裏。假使閘洞的寬度很大，用兩座或兩座以上的閘牀，中間要建築牆墩，牆墩的左右要有和牆上同樣的牀槽。牀的上端用螺旋桿連繫在啓閉機上，啓閉機大體有一個搖手柄和一套齒輪來升降閘牀。閘基鋪在閘牆，或和閘墩中間的河底上，使閘牀下有一個密切的承受面，並且避免水流的沖刷和滲流。閘基下連着建造腳牆，翼牆和腳牆都要有適當的尺度，以防水流繞越着閘牆的後側和閘基及地面的中間發生滲流。

閘身或閘墩，大體採用重力式建築材料或用混凝土

土或用砌塊石。閘牆的材料可用木板或鑄鐵。啓閉機外殼和座身用鑄鐵，齒輪，軸心，和搖柄都要用鋼。

閘孔的面積不能祇依着最高水位的過水速率計算，在水源的任何水位，都要能引進灌溉上必要的水量。有許多閘，閘孔的上半節完全用水泥牆蓋滿。這就是河水位在相當高度以上，不須全閘孔流水，而預備至河水位低落的時候過水，不得不把閘基降低。

水閘的基址假使是在泥土上，閘牆和閘墩的下面，都要加打基樁。有時在腳牆下要接打板樁。重力式的閘牆，可以按着重力壩的方式設計。有時水閘的設計，可以採用鋼筋混凝土，這種計算要在鋼筋混凝土的專門書籍上研究。

水閘的位置要顧慮到主流的沖刷和河沙的淤澱。大概建在凸出的河堤邊上，要防淤；在凹進的河堤邊上要防沖刷。在必要時，可以另開引河，以得到安全的位置。

第 八 章

航 運 工 程

第一節 水運和經濟

我國貨物的運輸，素來大部靠着水運。黃河的中游，長江，淮河，珠江，以及各江河的支流，均有悠久廣遠的航運。杭州到北平的運河，更是我國有名的人工航道。自從近五十年來，鐵道，公路興建以後，每以為水運不能和陸運競爭，對於航道的整理，幾乎全部放棄。其實陸運和水運必須相輔而行。價貴體輕或不能久貯的貨物宜於陸運，價廉體重的宜於水運。水運的運費，對於同一重量的貨物，運輸同一的距離，和鐵道運輸成一與十五的比例，和汽車運輸成一與五十的比例。因此要內地的米，麥，雜糧藉着低廉的運費到上海，天津去和國外進口的同類貨品競爭，必須重行整理內河航道。其次，建築鐵道公路每致妨害水流，如平漢路和平綏路，在夏，秋的時候，常被水沖毀或毀路放水，可以證

明這種建築的橋洞，涵洞，沒有足量的面積，助成水災。整理水道，同時可以解決排洪和灌溉兩個問題，並輔助農業生產。再有鐵道機車，軌道，都賴國外供給，公路的車輛，汽油亦都是舶來品，不如水運所用的船隻和煤炭都能在國內製造採取。就國家經濟立場上觀察，航道的整理，更比鐵道，公路，迫切萬倍。

對於我國內河船舶的運輸成本，整理運河討論委員會，曾有詳盡的調查與研究，其結論如下：（一）船舶載重愈大，則運輸成本愈低。（二）一年中通航日期愈長，則運輸成本愈低。（三）船舶待貨，裝貨，卸貨的時間愈短，則運輸成本愈低。（四）船舶行走愈速，則運輸成本愈低。（五）全年行船的開支愈少，則運輸成本愈低。（六）捐稅愈輕，則運輸成本愈低。（七）運距愈長，則運輸成本愈低。（八）來程去程均能滿載，則輸運成本便低。看着以上的結論，可以知道要便利航運，必先治河流。

第二節 治理工程

治理航道，要在低水時期有適當的寬，深度，使最大規定的船舶，能終年往來無阻。治理工程有三：（一）疏浚工。（二）直流工。（三）斷流工。

疏浚工程 此工施於河槽剖面不足的地方，分爲人力，機力兩種。較小的河流，可在冬季及早春水淺的時期築壩斷流，抽去底水，用人工開挖。我國內地浚河，均適用此法。較大的河流，水多流急，不能築壩抽水，祇能用挖泥機開挖。挖泥機種類甚多，大致分三類：（一）連珠斗式：船旁有梯，斜入水底，沿梯有多數鐵畚，不斷旋轉，鐵畚陸續鏟入土層，攜帶砂土送到梯頂，隨即卸到運土的船中。（二）抓爬式：船上裝有起重機一座，起重桿的桿頭弔一抓爬，爬有兩瓣，能自由開合，開爬入水，在水裏合爬，抓取泥土，隨即弔出水面，起重桿轉向到運泥船上，開爬放土，再循環工作。（三）汲筒式：由機船旁放鐵管到水底，用抽水機將泥土和水一併抽起，放入兩岸埋土圍壩內，泥土自由沉澱，清水自壩頂堰口回流入河。每日出土三十公方的機船，每方工費約合六角至七角，若用斷壩挖土，僅一角五分左右，成一與四之比，並且無機廠的城市，修理很困難。內地浚河工程，用人工開挖，較爲適宜。

直流工程 在河道彎曲過甚的地方，裁灣取直，有縮短航程，避免回岸沖刷等利益。此項工程，若施工處河岸土質鬆軟，在上下游迎流河岸應加保護工程，以防

重行沖成彎曲，有時祇挖中部深槽，聽水力自行沖成需要剖面，藉這種方法沖出的泥土，向下游淤積，如下游原有河身過深，還可採用，否則不宜。

斷流工程 河道依其天然形勢，往往在中途分成大小數支，隨後又合而為一，一經分流，水勢散弱，極易淤積沙土，阻塞航道，整理的方法，惟有將較小的支流完全閉塞，使淤成平陸，支流封閉後，幹流匯合全部水量，沖刷淤沙，增加水深，斷流有兩種方法：（一）在支流上下兩口或任何一口建造低壩，橫斷水流，滯留洪流所挾沙土，將河身淤塞。（二）在支流上端建築左右交錯的壩兩道，以變更本流的平衡狀態，使水流繞道流進窄口，促進沉澱作用，第一法的壩易於給水流破壞，但第二法完全斷流，歷時甚長，有時亦不適用。

第九章

簡易測量法

第一節 測量單位

測量法是決定地面上距離的遠近，高低的差度，點線的方向的方法。要着手測量，先要有確定的單位。方向的單位世界一律通用度分秒，全圓分成360份，每一份稱一度，每度分為60分，每分分成60秒。長度的單位，世界通用的有兩種，大陸制和英美制。大陸制是歐洲大陸各國通用的，單位是“公尺”；英美制的單位是“呎”。我國最近頒佈一種規定，叫做“市尺”，每市尺的長度等於三分之一公尺。現在把本國新舊單位制，大陸制，和英美制的長度，面積，體積的單位，分別開列如下：

1. 本國舊制

長 度	面 積	體 積
10分=1寸	100平方寸=1平方尺	1000立方寸=1立方尺
10寸=1尺	25平方尺=1平方步	125立方尺=1立方步
5尺=1步=1弓	100平方尺 } =1分	1000立方尺 } =1立方丈
10尺=1丈	4平方步 } =1畝	8立方步 } =1立方丈
20步	6平方丈 } =1畝	86.4114立方尺=1方
10丈=1引	10 分 =1畝	
180丈=1里	100 畝 =1頃	
200里=1度	540 畝 =1平方里	

附註 1. 表裏的尺,是我國舊用的營造尺.

附註 2. 方是量土方和石子,黃沙等工程材料的單位.長 10 呎,寬 10 呎,高 1 呎,等於 1 方.1 方等於 100 立方呎,合營造尺 86.41143 立方尺.

附註 3. 我國舊制,分以下還有釐,毫,絲,忽等十進位名稱,不用方寸,方釐等.

II. 大陸制(法國制)

長度	面積	體積
10公釐=1公分	100平方公釐=1平方公分	1000立方公釐=1立方公分
10公分=1公寸	100平方公分=1平方公寸	1,000立方公分=1立方公寸
10公寸=1公尺	100平方公寸=1平方公尺	1000立方公寸=1立方公尺
100公尺=1公里	1,000,000平方公尺=1平方公里	

III. 英美制

長度	面積	體積
8呎=1吋	144平方吋=1平方呎	1728立方吋=1立方呎
12吋=1呎	9平方呎=1平方碼	27立方呎=1立方碼
3呎=1碼	30 $\frac{1}{2}$ 平方碼	128立方呎=1堆
2碼	772 $\frac{1}{2}$ 平方呎	
6呎 } =1托	160平方桿	}
5 $\frac{1}{2}$ 碼 } =1桿	43560平方呎	
16 $\frac{1}{2}$ 呎 } =1哩	102,400平方桿	}
1760碼 } =1哩	27,878,400平方呎	
320桿 } =1哩		
1.15哩=1浬		

附註 1 堆為長寬各 4 呎,高 8 呎.

IV. 米與市尺,營造尺,英尺的比較表

比 較 尺 制	現今通用 的市尺	從前通用 的營造尺	英美通用 的英尺	米
與米的比較	一市尺 = 1 米	一營造尺 = 0.32 米	一英尺 = 0.3048 米	
與英尺的比較	一市尺 = 1.094 英尺	一營造尺 = 1.05 英尺		一米 = 3.28 英尺
與營造尺的比較	一市尺 = 1.042 營造尺		一英尺 = 0.952 營造尺	一米 = 3.125 營造尺
與市尺的比較		一營造尺 = 0.96 市尺	一英尺 = 0.9144 市尺	一米 = 3 市尺

V. 新畝與舊畝的比較

比 較 尺 制	現今通用 的市尺	從前通用 的營造尺	英美通用 的英尺	米	
市尺丈量的 新畝	一新畝 = 6,000 方市尺	一新畝 = 6,510 方營造尺	一新畝 = 7,176 方英尺	一新畝 = 666.6 方米	
營造尺丈量的 舊畝	一舊畝 = 5,539 方營造尺	一舊畝 = 6,000 方營造尺	一舊畝 = 6,614 方英尺	一舊畝 = 611.4 方米	一新畝 = 1.085 舊畝
新畝和舊畝 的差數	470 方市尺	510 方營造尺	562 方英尺	52.2 方米	一舊畝 = 0.922 新畝

附註 1. 1 新畝 = 6000 平方市尺

附註 2. 1 舊畝 = 6000 平方營造尺

附註 3. 舊畝 12.77 畝 = 新畝 11.77 畝, 相差 1 舊畝.

第二節 量距儀器

量距的儀器主要的是捲尺或測鏈。捲尺有鋼製，皮製兩種。鋼捲尺大體長 100 英尺或 30 米。兩端另有附加的拉手環。第一米刻到釐米或第一英尺刻到英寸的。其餘的部分刻到分米或英尺為止。

測鏈用細鋼條接合而成，接合處用小鐵圈互相連續。收束時按節屈曲成爲一束。鏈的兩端各有一大環供拉手之用。全鏈的長度約分一百節。每隔十節附鋼片做記號，上刻數字，表明從起點的節數。測鏈分測量師鏈，工程師鏈，和法鏈三種。各種的單位長度如次：

1 測鏈 = 100 鏈節 = 66 英尺

1 英里 = 5280 英尺 = 80 測鏈

1 英畝 = 43560 平方英尺 = 10 平方測鏈

1 工程師鏈 = 100 鏈節 = 100 英尺

1 法鏈 = 100 鏈節 = 20 米

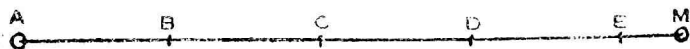
測量距離的附屬物品：(1) 測竿；測竿是木製的，長 10 英尺，直徑 1 英寸。每英尺用紅白色相間油漆。桿腳用圓錐形的鐵腳包住，以便插立到地裏。還有長 2 米或 3 米的測竿，亦用紅白兩色相間油漆。但是每節的距離是

2分米或2.5分米。施行距離測量的時候，用測量竿來定點和瞄準測線的方向。(2)測針；測針用鐵製成，長約3分米或14英寸，上頭彎成環形，下腳磨成尖頭，環的一頭繫着短紅布，使測量時易於尋覓。每十根做一組，用繩穿連，以便攜帶。(3)線球；線球是用黃銅做的圓錐體，錐尖用鋼做，防磨蝕。上端連着細繩。測量距離時，應用線球對準樁頂使鋼尺在水平線上測量距離。

第三節 距離測量法

測量距離時，兩個人執着測鏈或捲尺的兩頭，前面的人叫前測員，後面的人叫後測員。如若要測量 AM 兩點中間的距離，先在兩點各立一枝測竿。前測員執着鋼尺的前端，十枝測針和一枝測竿，由 A 點朝向着 M 點前進，到鋼尺完全放盡為止。後測員手執測針一枝，立在 A 點測竿的後面，注視着前測員所執的測竿和 A, M 兩點的測竿成一條直線。倘使不在線上，可拿手指示，要他向左則揮左手，要他向右則揮右手，到完全在一線上為止。方向對準以後，後測員把鋼尺的末數置於 A 點上，乃喊“拉緊”，前測員就立即拉緊。在未拉以前，要看鋼尺有無結圈，以防扭斷。後測員等鋼尺拉緊後，

乃喊“插針”，前測員就把針緊靠鋼尺 O 點插到泥裏，像第二五圖的 B 點，同時問應“插好”。後測員重呼“校準”，



第二五圖

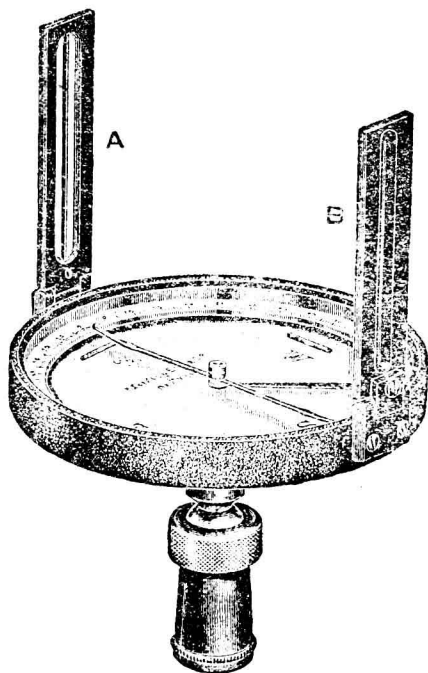
兩人同時把鋼尺拉在 AB 兩點上，假使毫無參差，前測員喊“對”，乃繼續做第二次的測量，萬一略有參差，前測員應將測針拔出重釘。重釘以後，仍要做第二次的校準。如是量成一鋼尺長的距離，前測員就拔去測竿，帶着向前走，後測員亦同時攜帶測竿前進，達到 B 點以後，立即喊“到了”，前測員就停止前進，後測員在 B 點插立測竿，——注意不可拔去 B 點測針——依法對準前測員的標竿在線上，再量 BC 的一鋼尺距離，在 C 插定測針。後測員在準備前進的時候，乃拔出 B 點的針，後測員手裏所執的針數就代表整鋼尺的數目，到滿了十鋼尺的長度，後測員手裏已有了十個測針，並留一針在地上，後測員將十針交前測員，各將已量的鋼尺數記入簿內，然後繼續進行，到末端的時候，有不滿一鋼尺的距離，前測員把鋼尺的 O 點放在 M 點上，後測員拉緊鋼尺，讀出鋼尺的刻數，譬如量 27 米有餘，就把

28 米對準測針，乃喊拉緊，前測員拉緊鋼尺，讀出鋼尺的數是 0.7 米，再從 28 米中減去 0.7 米，乃報告後測員 27.3 米。後測員審查不錯即記入簿內，而加出 AM 線的全長。

斜坡距離測量法，不論在山坡上或其他起伏不平的地面，我們要量的是水平距離。鋼尺的兩頭不能同時放在地面上，必有一頭要提高，使得鋼尺成水平，然後在提高一頭的末點，用一線錘，垂到地上，而得地面的測點。如果地面斜坡太陡，舉起的高度超過了人身的可能範圍，祇可用 15 米或 10 米或 5 米的長度逐段的量。同時要另外加一個人在旁邊檢察鋼尺是否真達到水平。逐段量距的方法最易發生錯誤，要特別注意。在斜坡上量距離，從高向下，比從下向上容易。從高向下時，後測員可把鋼尺平置地面，前測員容易拉緊鋼尺，用線錘得到地面測點。倘由下向上，後測員要把線錘對準已定的地面測點，很不易辦到，並且難於固定不移，因此在坡度太陡的斜面上測距離。先在測線的兩端豎立測竿，分段測量，比較上便利得很多。距離大概在一鋼尺以內為合宜。把各分段的水平距離加起，便得到總長度。

第四節 方向測量

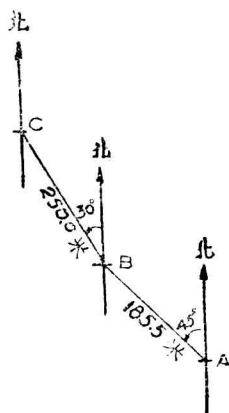
方向測量的儀器最簡單的是羅盤儀。羅盤儀的中間有一個指南針，底盤分成 360° ，盤邊上有兩個銅片，盤底下有一枝可以旋轉的木柱。測量的時候，把盤柱立在測站上，更把 AB 兩個銅片對準了前測站，把眼睛對着了 B 片上的圓孔，眼光對準 A 片上的中線，看到前測站上的測竿上，讀出磁針所指的度數，這樣可以知道這根測線和



第二六圖

地球南北向所成的角度。像第二七圖上 AB ， BC 兩線的距離已經測定，同時把角度測好以後，便可以把各個測站的位置畫出來。

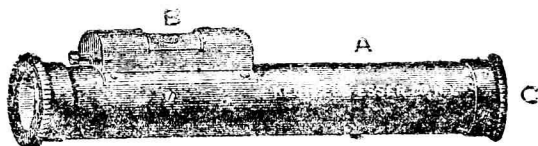
經緯儀亦是測量方向的儀器。牠的結構原理和羅盤儀一樣。但是甲、乙銅片換成望遠放大鏡，測量的精確度，測量的距離，都比羅盤儀大得多，同時可以讀出立面角度。羅盤儀的價值在一百元以內，經緯儀要在三百元以上到幾千元。如若要研究，可以讀測量學的專門書籍，借到了儀器，實地觀測，亦不難學習。



第 二 七 圖

第五節 水準測量

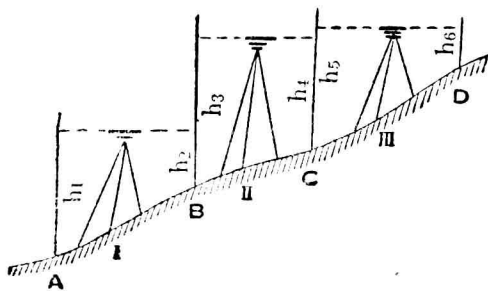
水準測量是測量地面高低差度的方法。測量的時候，要用水準尺和水準儀。水準尺用硬木製造，寬5釐米，長6米。尺面用黑白兩色的油漆漆成小格，每格1釐米。精確的水準尺可以讀至 $\frac{1}{10}$ 釐米。水準儀，簡單的是



第 二 八 圖

管式水準，如第二八圖。A為管的本身，B為水平泡，C

爲眼孔測量時，將一眼對準眼孔，管頂的水泡因反光的作用，折入管內，可以在眼孔內看見倒影。水準管成水平的時候，倒影適被管裏的橫線平分。這樣就用橫線切在水準尺上讀出 A 點高度。水準管保持原有地位轉向 B 點，再向 B 點的水準尺上讀出 B 點高度。兩個讀數的差額就是 A, B 兩點的高度差。這樣繼續測量，可以測出一條堤岸或一條道路的縱剖面 and 橫剖面。這項測量的原理有如第二九圖。測量手續，水準儀在“ I ”位上讀出 h_1 及 h_2 ，然後移至“ II ”位上， B 點的水準



第二九圖

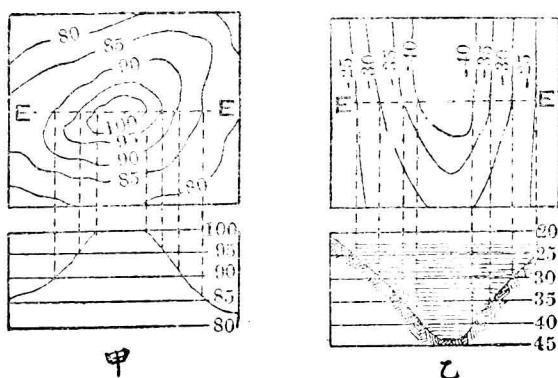
尺不動， A 點水準尺移至 C 點讀出 h_3, h_4 兩數，如是繼續以達 D 點， A, D 兩點的高度差等於

$$h_1 - h_2 + h_3 - h_4 + h_5 - h_6$$

測量簿記錄式如次：

測 站	距 離 米	後 視 米	前 視 米	昇 米	降 米	真 高 米
A						0.00
B	100	1.5	5.00		-3.50	-3.50
C	90	3.5	1.60	+19.0		-1.60
D	40	4.5	1.70	+2.80		+1.20
E	35	5.5	3.00	+2.50		+3.70
F	45	3.4	6.00		-2.60	+1.10
	$\frac{45}{310}$	18.40	$\frac{17.30}{}$			

水準測量結果的施用,除了繪製縱橫斷面以外,就是繪同高線.在地圖上各點的高度測定以後,可以把同一高度的各點連成一線,例如把海平面上1米,2米,3米各點,分別連成三條線.海平面下1米,2米,3米各點,分別連成三條線.這樣就是假定1米的同高線差.同高線的繪製,或是規定 $\frac{1}{2}$ 米,1米,2米,5米,10米的同高差或是1英尺,2英尺,5英尺,10英尺的同高差.在同一張地形圖上不能有兩個同高差.第三〇圖甲是表示一個小山的同高線圖;第三〇圖乙是表示着水底同高線圖.從甲乙兩圖可以知道凡是高的閉塞同高線在中間的表示土丘或者小山;低的閉塞同高線在裏面的表示着一個低地或者山谷.



第三〇圖

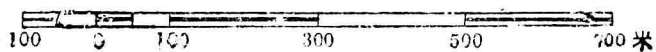
第六節 繪圖

繪圖儀器 繪圖儀器有直線筆,兩腳規,圓規,比例尺,鋼筆,分度規,畫圖板等件.繪圖用的墨汁可以用松煙墨在硯上磨用.

圖例 凡是山,川,房屋,橋樑,界線都有一定的符號.每一張圖上都要有圖名,指北針,比例尺.比例尺使人量了圖上的遠近就知道實地上的距離後面是各種製圖符號和說明.



第三一圖 指北針



比 例 尺

第 十 章

鑿 井 術

第一節 井的分類

水的來源,可以分做兩種:地面水和地下水。河流、湖澤的水是地面水;井水,泉水是地下水。在離開河流、湖澤很遠的地方,就要用井來做供給灌溉和日用的水源。井有淺井,深井兩種。淺井的水是直接滲流的雨水;深井的水是在地層中流通的水。淺井工程簡易,汲取近便,經費低廉,所以應用非常普遍。但是淺井的水時常含有傳染病的黴菌和其他雜質,並且日久無雨,就會乾涸,不及深井清潔可靠。兩種井的鑿法,完全不同,分做三類記述:(1)土井,(2)筒井,(3)深井及自流井。

第二節 土井

土井的深度大概在30米以內,口徑從1米到 $1\frac{1}{2}$ 米。挖掘的時候,在地上搭一座鷹架,在架頂裝設一個轆

轆，以便吊起泥土和下井做工的工人。在地面上開始挖掘出來的泥土，要在井穴的四週堆成一圈臨時的攔水壩。大概要堆到 $\frac{1}{2}$ 米高，2米寬，如若不築攔水壩，施工時期遇到雨天，挖出的泥和着雨水，流到井穴裏去，增加工作上的重大困難。挖到一人深以後，就要用泥桶吊起挖出的泥土。

地層的泥土堅實，可以在土穴完成以後，從下而上整砌井壁。如若泥土鬆軟，就要逐層疊整。先在轆轆上吊一木圈架，井壁砌在圈架上逐漸跟着挖掘深度放下。放下一層，在頂上加砌一層。

整井的材料，除瓦以外尚有磚，木板樁，鋼板樁等三種。井底有木底錫底兩種。井壁所以防制泥土坍塌，井底所以防止攪起底層混濁的泥土。井底壓在井壁的下面。井欄所以防止行人和兒童失足沒頂的危險。

土井的水量，隨着口徑，深度，雨量，和土質而定。大概一口土井可以供給100畝地面的旱作的灌溉水。整井的費用從元50到100元。

第三節 筒井

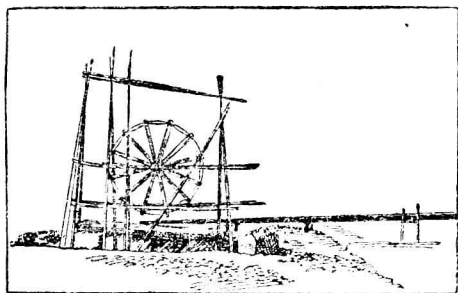
筒井的口徑大概從8釐米到15釐米，深度從150米

到300米。

鑿筒井(或稱淺管井)的原則,大都是用鐵鎚把泥土或石層打碎,注入水分,然後將水和泥同時抽出,全井挖成功以後,安置白鐵水管,在水管的頂端放置一座手壓唧筒(俗稱邦浦),大概口徑8釐米深度150米的筒井,工程費用總在一千元左右,十二小時內可以供給16畝的面積,6釐米深的水量。

鑿筒井的設備分五個部份:(1)井架,(2)木輪,(3)竹弓,(4)竹練,(5)鐵鑽。井架用杉木四根做架柱,各柱的距離約 $1\frac{1}{2}$ 米,高約7~8米,頂上用橫木互相連結並加斜撐,但是必有一面完全不加樑撐以便工具的進出。離地面2.5米的高度,用木板搭一平臺以供工匠站腳做工。木輪的形式像紡紗手搖車上的輪子,直徑約4米左右,架設在井架的頂上,專供轉動或捲起竹練以免抽送時攪亂折斷。

竹弓用長5米,直徑3釐米的毛竹八九枝紮合做弓背,再用麻繩連着竹的兩端收緊彎



第 三 三 圖

成弓形。在弓弦(即連繫兩端的麻繩)的中心繫着竹練，竹練的下端繫着鐵鑽。鑿井時工人祇用力把竹練向下壓，放手以後便靠着弓的彈力把竹練向上拔起。竹練用寬3釐米，厚 $\frac{1}{2}$ 釐米，長7~8米的毛竹片連接而成。竹練的接頭用鐵箍扣緊。竹練的下端繫着鐵鑽，上端繫在竹弓或木輪上。工作時將木輪前後轉動——或竹弓上下張弛——鐵鑽即往返衝擊。深度在30米以內用竹弓，以外用木輪。鐵鑽約有兩種：(a) 在穿鑿泥質的地層用鐵管鑽，管長7~8米，重10斤克，管邊做成刃口，並有向上開的舌門，鑽管下送，泥壓開舌門流入管內，拔出時舌門自行關閉，把泥土隨即帶出。(b) 鑿井遇見石層，應用鐵杵鑽。杵鑽是一上細下粗的圓鐵棍，下端製成斧形，以便衝碎砂石。鑿井工具除上述五項而外尚有抽泥筒，亦屬必備的附屬品。筒的直徑8釐米，長3米，底有向上對開的舌門，上側有一圓洞。抽泥時，把筒伸達井底，上下輕輕抽壓十幾次，井底砂石已經擊成粉狀，即和水灌進筒內，隨手向上拔出。等到筒上側的圓洞露出地面約1米，就把泥筒猛力抽壓七八次，筒內泥漿受了井中水力反動，就完全從圓洞內流入盛泥桶內。

施工時，先搭井架，架中挖成深約1米的土坑，中心再

開挖一小孔，孔的直徑約3釐米，中立一長約1米的方木圈以免竹練上下抽動時擦落洞口的泥土。準備完畢，取水灌滿木圈，隨即將鐵鑽插入開始工作。鑿深至1米左右即將鑽提出，換抽泥筒把泥漿抽出。但是泥筒應換用繩索，不能繫在竹練上。如是交換着做衝鑿和抽泥的工作。當工作時應時時注水於木圈內，並灌入黏性泥土，免井眼坍塌。鑿到良水層以後，即預備安置井筒。

井筒係白鐵圓管每節長約3米，用螺絲接頭連續啣接。管底宜用棕皮雙疊紮裹並宜在井裏以上2米以防壅塞。井筒的上口即可安置抽水唧筒。新井完成後宜連續抽水十餘小時，務求排盡混水而止，如此可以防井底坍塌泥淤塞管口。

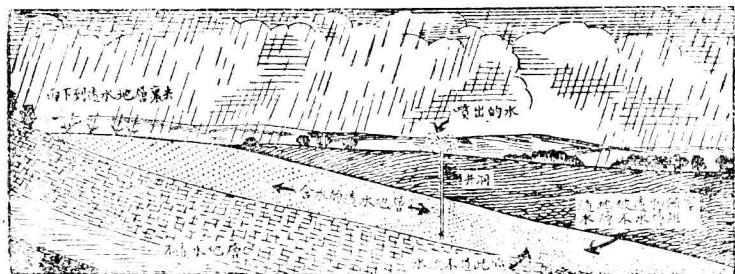
第四節 深井或自流井

開鑿自流井及深井，先要決定地層結構，方能擇定井的地址。自流井有三個主要的地質條件：(1) 有一層能透水的地層(沙和沙石等)，此乃藏貯水量的地方；



第三四圖

(2) 透水層的上下都要有不透水的地層(黏土,頁岩等類),使水不致透漏;(3) 主要的地層都要有適當的斜度,最好成下凹弧形,出水的地方要在弧形的最低點,這樣就可以由水壓使水上噴. 有了這種的結構,天上所降的雨,積在地面,漸漸的流入能透水的地層裏,倘若我們在適當的地方鑿一井穴,放入井管,就不必用



第 三 五 圖

機械吸壓,井水即能向上噴出. 噴水的高低隨着地層傾斜度的平陡而定. 水源高出井口愈多則噴水愈高. 如若地層不成弧形,祇是單向的傾斜,則水在地層中向下流動,深井鑿通後必用吸水機方能引水到地層上.但是透水層能在傾斜下端有適當的阻水土質,亦能够向上自流. 因此開鑿自流井或深井必定要由專家來測斷適宜的開井地點方才能動工.

開鑿自流井的工具和用於淺管井的相做,但是因

爲深度常到 1000 米以上，一切更加繁複。井架高度大概 在 20 米內外，四柱間距自 6 米到 10 米。拖動鑽頭，用鉛絲索以代竹片，架頂祇有滑車二個。鑽頭升降均由架底的木輪管理之。鑿井時以蒸汽機代人力拖動鑽頭使之上下，一切工具的設置費約在萬元以上。

鑿深井的方法有五種不同的方式：(1) 機器標準鑿井法，(2) 加利福尼亞式鑿井法，(3) 空桿法，(4) 旋鑽法，(5) 水射法等。第(2)式工費較省，但是對於堅硬的石層難於施用。關於深井和自流井的穿鑿方法，甚是繁複，不能詳述。若要精深研究，可以參考李吟秋“鑿井工程”篇⁽¹⁾。

第五節 汲水機及其他

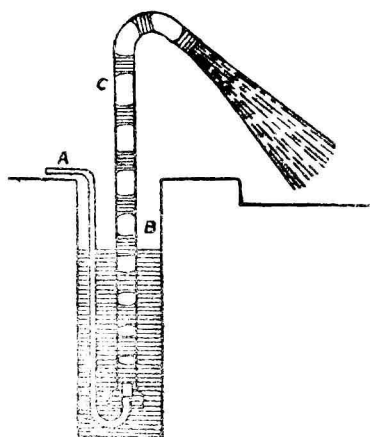
大氣壓力約等於 10 米高的水柱重量，但是由於摩擦損失等消耗，利用大氣壓的普通汲水唧筒，起水高度最多不能過 7 米以外。

深度過 7 米的井要用特種唧筒，常用的有壓氣式、長柱式等幾種。壓氣式汲水機有三個重要部分：(1) 壓氣機，(2) 通氣管，(3) 出水管。第三六圖表示壓氣汲水的原理，圖中 A 爲通氣管，B 爲出水管。壓氣機爲一空氣唧

(1) 華北水利月刊第二三卷

筒和氣櫃，使空氣在高壓之下引入井底，隨帶井水上升，原動力機用電力馬達或柴油引擎，隨着各地的供應而定。

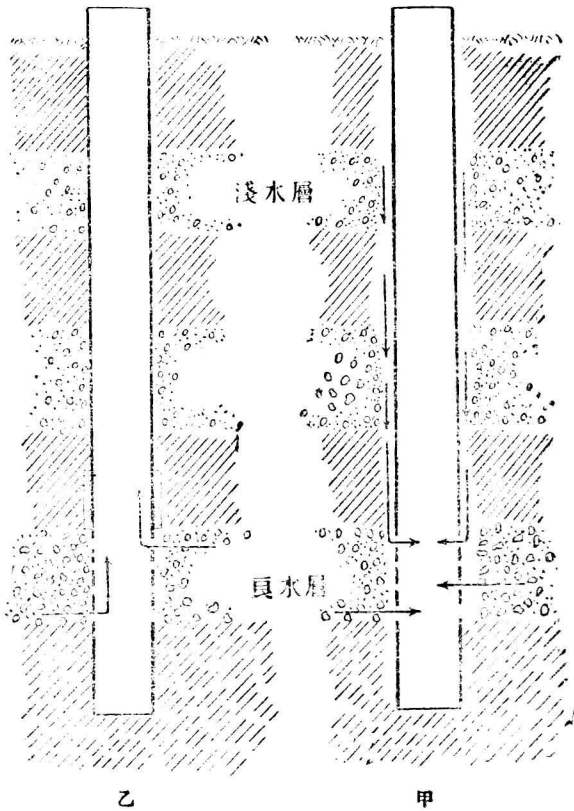
長柱式唧筒與普通的唧筒的構造相仿，但是唧筒吸壓活塞降到水面的附近7米以內，動力機可以利用風車和其他引擎。



第 三 六 圖

汲引設備以外，應有蓄水塘，蓄水塘的寬廣以20米為度，深以2米至3米為度，太深則起水費力過多，甚不經濟。井水的給井量有限，所以要有蓄水塘來貯藏餘水，增加每井可能的灌溉面積。陝西，山西，河南等省都有鑿井灌溉的設施，能並用蓄水塘收效更大。

深井和淺管井設置井筒時均應注意防止地面直接流入的水。鑿井以後大都兼作灌溉和飲料兩項用途，對於此點不得不有相當的設備。第三七圖(甲)顯示自由流注的井筒，(乙)顯示防止水流後的井筒。此種防止方法在鑿井將到良水層的時候，拔出鐵鑽，塞下麻絲



第三七圖

(即做麻繩用的麻皮)一捆,重行將鐵鑽穿鑿而過,安放井管時,麻絲即緊圍井管的四週,受水而膨脹即可把上層的水流阻斷.

第十一章

施 工 實 例

導淮工程是我國近代鉅大的水利工程。計劃中包括着排洪、灌溉、航運、水力發電四項的建設。附圖中黑色實線是排洪計劃線，虛線是灌溉線，點線是航運線。

排洪計劃包括築堤和浚濬兩項。民國二十年大水以後，曾由救濟水災委員會在淮河上游按照導淮計劃大舉築堤，已有顯著的成效，以後仍要繼續興工。浚濬工程分入江入海兩條路線，從蔣家壩起到三江營止是入江水道的幹線。入江水道等待蔣家壩完成後興工。入海水道幹線在民國二十三年十月開工，徵集民伕十六萬人，預計土方六千萬公方，工程費用六百萬元，到民國二十五年夏季可以完成。截至二十四年六月底止已成土方約一千八百萬立方米，每人每日出土自一立方米至三立方米；出土距離約二百五十米，平均已挖深度約三米。現在實付工價每立方米在

國幣一角五分左右。工人均在工程近旁搭蓋蓆棚居住，每十人至二十人爲一棚。於夏秋兩季農忙時期均停止工作。直接指揮工人者爲監工員及隊長，隊長任管理，由徵集工伏的各鄉鎮長擔任；監工員任技術，由工程處委派，每一監工員指揮工人二千名。在挖土時最大的困難是排除雨水和開挖游沙。在事務上最大的困難是蘆蓆、糧草的供應。此種困難均爲實施工程所常有，而爲有志於水利工程者所當深知熟習。

對於航運工程已實施者，有邵伯，淮陰，劉廟三船閘。三閘建築，挖河，修壩等費約共三百萬元，建築工程於民國二十三年春季開始，現正陸續完成。蔣家壩卽三河活動閘，在民國二十四年五月開工，估計工程費約五百萬元，預定四年完成。此壩是洪澤湖的出口，所以操縱洪水，調節航運水位並可利用水力發電。

據專家估計，第一期工程全部費用需八千二百萬元，施工後的效果，可以使江蘇，安徽，河南三省五千萬畝的地面免受洪水的泛濫，四千一百萬畝的地面得水灌溉，涸出可墾的地面二百四十萬畝，開通二千噸輪船的航道九百三十公里，每年生產可增加十萬萬元。

同時在綏遠有已經完成的民生灌溉渠，在陝西從民國二十二年完成涇惠渠灌溉計劃，現在又進行着洛惠渠、渭惠渠的工程。總之，水利建設是民生的基本，每個國民都受到直接的利益。現在黃河、淮河、長江每年鬧水災，旱災，就是往年不講水利的緣故。看了既往，望着將來，每個國民都應當有水利工程的常識。每個讀者，實力推行，增加農業生產，每年可以挽回十萬萬元漏卮。關於測量學，水力學，結構學，有許多的專門書籍，在本書不足的地方可以繼續研究，這是作者在結束時對於每個讀者的希望。