

農田排水規劃設計與施工

施 嘉 昌

一. 引 言

水為作物生長重要因素之一，無水可使作物枯死或生產量減低，過多則淹死或生長不良，故使作物生長良好之水量依其種類，土壤氣候等因子而異，普通生長快速作物其需要水量常比生長緩慢作物為多。當作物需水時如無降雨，則需要灌溉，在豪雨時，或低濕地土壤水分成飽和狀態，則土壤孔隙全被水所佔據，此時必須排除過剩水量，如該地地形過低，地下水位過高，藉本身之重力無法排除時，則需興建人工排水。由此可知，作物對水之取捨是並重的，排水亦可增加耕地面積與提高農業生產，茲列舉排水效果如下：

1. 增加土壤空隙度：未經排水之土壤，其組織緊密，過剩水量除去後，土壤空隙率增加，根系可自由生長，根之機能益增。

2. 保水能力加強：水量由空隙中流入下層，而毛細管水仍保持土粒之間，經常使土層濕潤供作物根系吸收，降低植物的凋萎點。

3. 排除鹽鹼土：灌溉土地，時間過久，經水分之蒸發，心土之鹽鹼溶解於灌溉水堆積至地面，如為排水之地，則將地面堆積之鹽鹼類溶解於過剩水中，自地表排出，或經心土自地下排出，不致危害作物。

4. 排水後可增加土壤溫度，同時增進土壤微生物活動能力，增加土壤之化學性。

5. 因土壤空隙率增加，水之滲透度加速，所施地表之肥料，無論固體與液體皆可以水為媒介傳遞至作物根部，供給作物吸收增加肥料之利用度。

6. 排水良好之地土壤疏鬆，使用人工減少，應用機械耕作也較便利。

7. 雨後易乾不會耽誤作物操作時間，同時保持土壤中之毛管水，在土層中因有空氣隔離，可減少水分蒸發程度，增高地價。

8. 如在灌溉區施行排水，則可阻止地下水位之上升，並防止土壤水梗(Water logging)，不致增加土壤酸度。

9. 增進環境衛生：我國人口稠密，可利用之耕

地少，且都用人工操作，故農民皆居住耕地附近，一經排水，濕度減低，改善環境衛生可減少蠅蚊生會長機。

排水之效果既如上述，又經排水田地常可減少灌溉水量，加種旱作，在本省情形，恰可補救灌溉水缺乏之條件，其純收益雖較水稻為低，為利用目前過剩之人力，亦不失為增產之良策。故本文對農田排水之規劃設計與施，工作普遍性之探討，以作實施農田排水時之參考。

二. 規 劃 工 作

經辦任何工程，規劃時必須經過三個步驟，即調查，測量與資料整理，農田排水亦不例外，惟調查與測量之項目與其他工程不同，茲申述如下：

1 調查：此為經辦排水工程之第一步，即調查排水區內外有關排水的資料，決定是否可興建排水工程及其成功程度如何，如天然河道及排出口之數量與位置、人工溝渠、井、池塘、湧泉水庫及其他水源的數量與位置，過去排水情形，地下水位高度，灌溉情形，灌溉次數與水量，氣象，水文，作物種類，表土與心土之深度，土壤之種類地價與所有權等等，為必要調查之資料。在調查時須採取有關標本帶回室內測定與研究，同時須繪製略圖表明相關之位置，以作測量時之參考。

2 測量：除現場地形測量外，同時尚包括地下水位、水量、土壤之測定，茲分別說明於後。

(1) 初步測量：地面之研究包括排水區及其附近地形之位置、高低、地面坡度、自然排水方向等，測量前須根據調查與勘察之略圖或原有地形圖。此次測量結果可作排水建築方式，與原有系統改善之依據，然後研究如何節省經費而得效果最大之排水方法，其他有關初步測定資料尚有以下各點。

(a) 收集集水區中降雨資料及地下水滲透之來源並測定總量。

(b) 排水區中已種作物面積與未種面積。

(c) 天然河道之位置與水位。

(d) 出口可能流出的水量及其離地面之高差。

(2) 地下水之觀測，在已測得之地形圖上選定

觀察井之位置，每天觀測地下水位，然後研究各季節地下水位之高低，推算滲透速度與滲透量等數字，為設計排水之依據。

(3) 土壤測定為研究排水問題之主要資料，如土壤水滲透的速度，排水管溝之距離與深度，全以土壤為基本資料，故須測定土壤粒徑種類，地層深度，土壤剖面，PH 值等。

3 資料之整理：包括調查資料與測量資料之整理，將資料加以統計，分門別類繪出圖表，設計時可一目了然，任取應用至感便利。

4 作物根系分佈與排水溝之深度：作物根系分佈的情形依各作物種類而異，要使排水深度適合各種作物根深的分佈，須經多方觀測與實驗而得，第一二兩表即各作物根系分佈與排水溝之深度。

如某田區為各種作物輪流種植者，如麥類 (Small grains)，乾草作物 (hay crop)，穀類 (Cereals)，馬鈴薯 (Potatoes)，及普通蔬菜類 (Vegetables)，其排水管理設深度必須選用最深的一種，能使根系發展良好，普通以 $3\frac{1}{2}$ ~ 5 呎為宜。如區中僅種數種淺根作物，設計時當然不必考慮深根作物，其深度 $3\sim 3\frac{1}{2}$ 呎已適用矣。

第一表 作物根系之分佈

作物種類	根系分佈深度 (吋)	支根系分佈深度 (吋)	主根系分佈深度 (吋)
一般作物			
麥類			
小麥	12	12~36	48~60
燕麥	20	20~30	60~90
攸麥	18~24	24~30	48~60
大麥	42~30	30~42	54~78
胡麻	12~18	18~24	30
飼料作物			
向日葵	12	12~36	108
甜菜	—	12~48	60~72
玉蜀黍	18~36	36~54	60~72
乾草和牧草作物			
苜蓿	36	36~72	72~108
三葉草	24~48	—	48~96
雀麥	—	—	66~78
Kentucky 藍草	18~20	—	60~84
紅頂草	22	—	40
梯牧草	15	—	36

蔬菜作物

甜菜	20	20~50	60~120
胡蘿蔔	36	—	90
洋葱	24	24~36	60
捲心菜	24	24~36	36~90
菜花	12~40	20~36	36~54
生菜	8~12	12~48	90
朝鮮薊	18	—	72
蕃茄	24	24~36	48
辣椒	12~28	18~36	48
玉蜀黍	24	24~36	48
黃瓜	12	12~36	36~48
香瓜	8~12	12~36	36~48
四季豆	12	12~30	36
豌豆	12	12~30	36
蘿蔔	6	—	24
菠菜	10	10~24	42
馬鈴薯	10~12	12~40	40
水果			
楊梅	12~18	—	36

普通平均設計排水深度為 $3\frac{1}{2}$ ~ 5 呎，如土質為泥炭土 (Peat)，和污泥 (Muck)，其排水深度可參考下表。

第二表 泥炭土與污泥地區作物排水深度

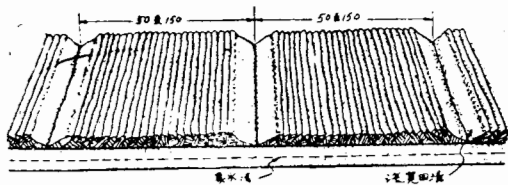
作物種類	排水深度
作物生長在有霜區	
禾本科牧草	劣至佳 0.5~2 呎
三葉草	良 1.5~3 呎
一般根類作物	良 3~5 呎
作物經霜並非嚴重	
芹菜 (嚴霜在幼枝)	優良、淺根、水分宜多
蔥	優良 3~4 呎
薄荷	優良極淺根 4 吋至 1 呎
生長期應注意霜之作物	
穀類 (小麥例外)	優良 3~5 呎
水果	伏良淺根 1~2 呎
蕃茄	伏良 2~3 呎

作物種類	排水深度
經霜發生嚴重問題之作物	
玉蜀黍	伏良3~5呎
甜玉蜀黍	伏良約3呎
荳類(苜蓿例外)	優良2~4呎
馬鈴薯	優良淺根2~2.5呎
菜類	白菜與菜花2.5~4呎
青貯作物	菠菜0.5~1.5呎 優良3~5呎伏
藤類	優良淺根1.5~3呎

三. 排水溝管之形式

排水型式大別可分為二種，一為明溝排水 (open drain)，一為暗溝排水 (under drain)，前者包括天然河道排水 (Natural drain)，與人工溝渠排水 (Artificial drain)，天然河道排水指排水區之水無用挖掘溝渠，順天然地勢排入天然河道，亦即排水良好之地，地勢稍低之土地附近如無天然河道或河道高於排水區時，則須以人工挖掘溝渠，將高地排入較低地然後至天然河道下游排出之，此種排除地表水能力極強，且可排出較大之流量，其開鑿費省而維持費較暗管為高，且明溝佔地多，施用機械工作也頗感不便，故明溝如應用於農田排水，在地價便宜而堅土之潮濕地適用之，明溝以功用分可分下列數種：

1. 淺寬田溝 (Field drainage ways)，在排水區中修 V 形淺濶水溝，深12~24吋 (如第1圖)



第1圖 V形淺寬田溝佈置圖

，如用機械耕作時無須架橋，可直接橫過排水溝，其縱坡以不冲刷泥土為度，側坡為2:1~4:1且於乾燥季節可種植牧草或作物，此種排水溝間隔以作物與土壤種類而異，短則為15~20呎，長則為50~150呎。

2. 另一種田區中排水溝名為固定田溝 (Dead

Furrows) 其功用與前者同，惟式樣不一，如第3圖所示，在田區中每隔65~100呎挖小溝，中間高1呎，使成屋脊形向二溝作傾斜地形，以便分流入田溝，田溝坡度以不冲刷泥土為度，使能自然流入排水支溝或幹溝。



第2圖 田溝橫斷面圖

3. 截水溝 (Intercepting ditches) 在排水區之邊界挖掘水溝截流高地來水使不進入區內，然後將水排入幹溝，如截水溝過深，為經濟計可設截水暗管。截水明溝常與暗溝聯合應用，效果至大。

4. 排水幹溝與集水溝 (Outlet ditches and Literal's ditches) 集水溝之作用為接受排水區，與周圍高地之水由此溝匯入排溝水幹溝排入天然河道，此等水溝以深狹為宜。

暗溝排水的目的為降低地下水位，即於田區中挖溝，將排水暗管埋於適當深度，使表土及部分心土水分從管縫中滲入，然後排至明溝或天然河道。其優點為埋於地中不佔用土地，機械耕作亦甚方便，維持費極低，然一旦損壞不易修理，第一次埋設時費用大，每管流量及流速皆小，易於淤積。排水暗依材料不同，可分粘土管 (Clay pipe) 水泥管 (Cement pipe)，暗木箱排水 (Box drain)，碎石排水 (Stone drains)，椽木排水 (Pole drain) 等。其中最常用者為粘土管與水泥管二種。

上面所述之二種排水型式，各有利弊已如上述，為求農田排水完善計，常將明溝與暗管聯合應用，即於排水區較高處埋設集水管，再於最低處挖明溝將水排出，並利用明溝截斷周圍高地水之來源，然後於排水區中埋設暗管降低地下水位。

四. 明溝排水之設計

1. 流量：明溝依其性質與功用不同，其考慮流量之方法互異，如農田中之排水溝，則須考慮其排水面積，地表與地下之排水量，計算地表排水量須研究暴雨與作物允許浸水日數，過剩之水在此期限排出即可，如集水溝，則其流量為各農田排水溝 (管) 流量之和 再加上區外滙流 或滲入的水即為

吾人要設計之流量，至於允許浸水時期依各作物性質而異。如第三表：

第三表 各種作物允許浸水時間

時 間	作 物
2~4小時	蔬 菜 作 物
2 日	玉 米 與 麥 類
4~7日	牧草等耐水作物

排水量之推算法：排水量即於一定面積在單位時間內排出過剩之水量或深度之謂，其表示法即24小時內排出多少吋之水深，或每秒排出多少立方呎之水量。例如降雨量為6吋，假定剩餘的水4天流出，設蒸發量為 $\frac{1}{2}$ 吋，滲漏為 $\frac{1}{4}$ 吋，管中排出為1吋，則直接從水溝裡排出的水為4吋，故每天每畝地之排出水量為1吋，如以每秒排出多少立方呎表示，其計算法為。

$$\frac{(6-1-\frac{1}{2}-\frac{1}{4}) \times 43,260}{12 \times 4 \times 86,400} = 0.0420 \text{ 立方呎/秒}$$

其水量之多少依排水區之地形，坡度地表情形，土壤與作物之種類，排水溝在區內之位置而定，如為暗管排水，每畝每天約在 $\frac{1}{8}$ ~ $\frac{1}{4}$ 吋。流量計算公式普通有下列三種：

(1) 在中等排水區中適用 Meyer 公式

第六表 Meyer 式逕係數 C

排 水 區 之 性 質	係 數 C		
	沙質土壤壤	土	黏質土壤
1. 極平坦農田或林地之潮濕區或湖沼區	0.35	0.40	0.50
2. 相當平坦農田或林地之潮濕區或湖沼區	0.45	0.50	0.60
3. 平坦起伏農田或林地有多數湖沼與潮濕地區並與無規則之河道相連	0.50	0.60	0.75
4. 相當平坦農田或林地有均一坡度無湖沼區	0.60	0.70	0.85
5. 極小起伏農田或林地無湖沼或起伏地區近似山區農田或林地有湖沼者	0.70	0.80	1.00
6. 平坦起伏農田或林地無湖沼區	0.85	1.00	1.25
7. 起伏地域近似山區農田或林地無湖沼或山區農田或林地有陡坡及湖沼與山谷潮濕地帶	1.10	1.50	2.00
8. 山區農田或林地有陡坡不適種植多湖沼或潮濕地帶	2.25	3.00	4.00
9. 山嶺林區或瘠荒地帶坡度不能耕種有山間溝壑偶有小湖或潮濕地	3.50	4.50	6.00
10. 山嶺林區或瘠荒地帶有岩石暴露及山間與溝壑偶有小湖或潮濕地	5.00	6.00	8.00
11. 山嶺近似險峻極多岩石暴露有少數森林偶有池沼及潮濕地	9.00	10.00	12.00
12. 險峻近似岩石陡岩無土壤有小樹與叢莽及山間與溝壑無湖沼或潮濕地阻碍流水	—	15.00	—

$$Q = CC_1 A^{0.6}$$

式中Q為排水區中之洪水量，以每秒立方呎表之

A為排水區面積以平方哩表之。

C為逕流係數，依排水區之性質而異如第六表。

C₁為降雨頻率係數（如第四表）

第四表 Meyer 公式頻率係數C₁值

洪水頻率	係數
十年發生一次	0.85
廿五年發生一次	1.00
一百年發生一次	1.40

(2) 用下面公式可求得每公頃每秒排出之立方公尺

$$Q = \frac{CR \times 10,000}{1,000 \times 24 \times 60 \times 60} \text{ 立方公尺/秒/公頃}$$

式中C為排出係數，依地表生長物而異，如第五表

第五表 地表狀態與排出係數

地 表 狀 態	茂盛森林地	疎鬆森林地	旱地	裸 地
C	0.5	0.6	0.6	0.7

R為排水區內經10~20年觀測最大日雨量之平均值，以公厘表之。

1,000 即將降雨量公厘化為公尺數。

10,000 為 1 公頃之平方公尺數。

24 × 60 × 60 為每日之秒數。

排出時間視各作物性質而異如第三表所示，則下式可改為

$$Q = \frac{CR \times 10,000}{1,0000 \times n \times 24 \times 60 \times 60}$$

式中 n 為作物允許浸水日數。

(3) 排水在較小區域中可用 Rational 公式求得，即

$$Q = CIA$$

式中 Q 為排水量，立方呎秒。

C 為逕流係數，此數依下列四點而變，其值如第七表表所示。

(a) 集水區之性質，地形，地上生長物。

(b) 流域的長度，等高線，地面形狀與水流落差。

(c) 水量在地面蓄積的情形。

(d) 地表土壤性質及其飽和度。

I 為降雨量，為每呎每秒鐘的立方呎數。

A 為集水面積（英畝）

第七表 Rational 公式中之 C 值

集水區之種類	坡度百分率	C值
山陵耕種區	5~10	0.60
丘地耕種區	10~30	0.72
丘陵牧草區	5~10	0.36
山地牧草區	10~30	0.42
丘陵森林區	5~10	0.18
山地森林區	10~30	0.21

2. 排水出口：大多數農田排水之失敗全由於排水出口不良，所以排水出口是設計排水工程最重要之因子，上節已決定排水量，故第二部即決定如何將水流出，惟排出時以不淹埋他人田地為原則，換言之，在洪水時期，區內排出水溝之位置須比其他地為低，以便接受過剩水量在任何時間排出。較平地區之排水，排水溝之位置無一定趨向，故以選定較多出口為宜，所以須先決定區內何處設溝，何處排出較為適宜，並在出口之天然河道中選適當位置，故在此等條件下可決定區內水溝與排出口之位置。

集水溝之深在正常水位時，能使小溝流入順利

，為考慮排水效果，小溝之水面至少須在作物根系下 4 呎，當地下排水時，集水管出口處其管底至少離水面 1 呎。

如區內無出口，可以抽水機代之。抽水排出法可分二種，一為區內水位超過某高度時使用之。一為任何時間皆須用抽水法排出，前者費用較省，後者耗費過高，在小區域之排水極少採用，常採用於有組織之社團或經濟作物之大區域。

3. 流速：影響流速最主要的因子是土質，溝渠的坡度，較陡可使水流加快，因此需要較大的落差，並可引起溝渠的冲刷；反之，過平流速過慢，溝內易沉積淤泥，欲求安全，要選擇不冲刷不沉積之坡度須考慮下列幾點：①自然地形，②地表與地下土壤的性質，③溝內水深，④溝內最大容量，⑤斷面之形狀，⑥粗度係數等等，其計算方法與灌溉渠道之設計同。惟應注意者，在排水溝中所採用之粗度係數應較灌溉渠道為大，普通在明溝中所用之流速約在 2~4 呎之間，以坡度言約每哩降低 2~5 呎，平均為 3 呎，有時如因地形之關係，未能保持安全坡度時，須用陡坡或跌水連接溝線使成一安全坡度

4. 斷面：排水溝斷面須與流量，流速，土質同時考慮，設計方法與灌溉渠道無異，惟採用之斷面常為狹深式，溝之底寬不能小於 4 呎，水深不能大於 6 呎，側坡則依土壤而異，此種狹而深之斷面目的為排除過剩的地表水與作物根系以上之地下水，如為田區內之小溝，為使機操作方便，常作寬而淺之斷面。

明溝之側坡常依土壤之靜止角 (Angle of repose) 來決定，然浸水部分之靜止角與露於空氣中者互異，下表(第八表)略示各重要土壤在垂直升高一呎時，水平應有的距離，岩石之側坡可做垂直，如為疏鬆片狀岩石以 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4} : 1$ 為宜。

第八表 主要疏鬆土壤之側坡

土壤種類	靜止角近似值		備註
	空氣中	在水中	
砂土	2½或2:1	3或4:1	依細粒土為準
普通農用壤土	1½或1¾:1	2或2½:1	
黏土	1或1¼:1	1½或1½:1	

五. 暗管排水之設計

1. 暗管佈置：暗管佈置可分三個主要之型式如第3圖所示，一為自然式(Natural System)，一為截流式(Cut off or Interception System)，另一為平行式(Parallel System)，平行式又可分柵式(Gridiron)和魚骨式(Herhingbone System)兩種。

自然式是依照自然的地形按設排水暗管，主管位於區內之最低處如第3D圖所示。

截流溝乃避免附近高地之水進入區內，故於排水區周圍安設水管，截流高地之地表水與滲漏水，同時排除區內過剩之雨水，如第3C圖所示。

平行式適用於平坦地或坡度一致的地區，如第3A 3B圖按照地形排列互相平行的小溝管。

2. 暗管排水量之決定：在排水區內要計劃最大排水量自管中排出，全賴降雨強度與土壤疏密度二個因子來決定，而排出之速度須考慮管線坡度與粗度係數之大小，當雨量強度極大時，土壤不及滲透，在短時間集中地表，後以極慢之速度由表土滲入次層土，然後滲入管中排出，故其暗管排水量

必須研究滲透的速度。

排水流量D與坡度及暗管之間距成反比，過去對流量之研究在沙質壤土與泥壤土的平均值為 $\frac{1}{4}$ 吋，再加 $\frac{5}{16} \sim \frac{3}{8}$ 吋，之地表水，故在4呎深間隔100呎之暗管，流量須加入 $\frac{5}{16} \sim \frac{1}{8}$ 吋，間隔如為50呎則須增至 $\frac{1}{4}$ 吋。

暗水管 $3\frac{1}{4}$ 呎深，間距24、30、36、48呎，土壤為粘質沙土，無隙縫，水能滲入，且發現間隔24呎其中間之地下水位比48呎間隔低4倍比間隔100呎者低2倍。

3. 暗管排水之坡度與流速。

(1) 暗管之坡度：小暗管(3、4、5吋)在普通土壤為百分之0.2~0.3，中等暗管其坡度與管長之關係如第九表。

第九表 排水暗管最小坡度與最長距離

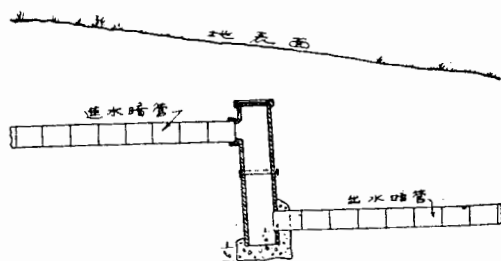
管徑 (吋)	最小坡度 每100 呎降落呎數	最大長度 (呎)
4	0.10	1,300
5	0.07	2,300
6	0.05	3,000

暗管中的流速不能小於 $\frac{1}{4}$ 每秒呎，不能大於1 $\frac{1}{2}$ 每秒呎，在4吋瓦管，坡度 $\frac{1}{1000}$ 者，其平均流速為 $\frac{1}{4}$ 每秒呎，由此可知流速是依坡度大小而定，流速 $\frac{1}{4}$ 每秒呎比 $\frac{1}{2}$ 每秒呎為安全，如連續距離較短則多種土壤可用 $\frac{1}{100}$ 之坡度，如地面坡度超過 $\frac{1}{100}$ 時可用下上列方法變緩坡度。

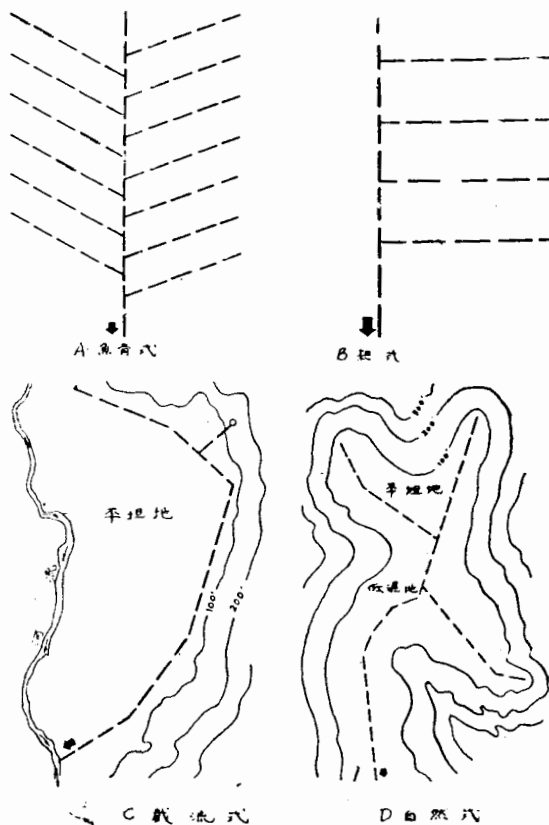
(a) 當出口的管比進口的管為大，可在交接處豎一垂直瓦管來變緩坡度(如第4圖所示)。

(b) 依地形等高線選定適宜之坡度。

(c) 用水泥堅固管之接縫，維持水壓力不使破壞



第4圖 地形過陡時改變暗管坡度之方法



第3圖 排水暗管排列型式

(2) 暗管流速之計算：在瓦管中計算流速常用

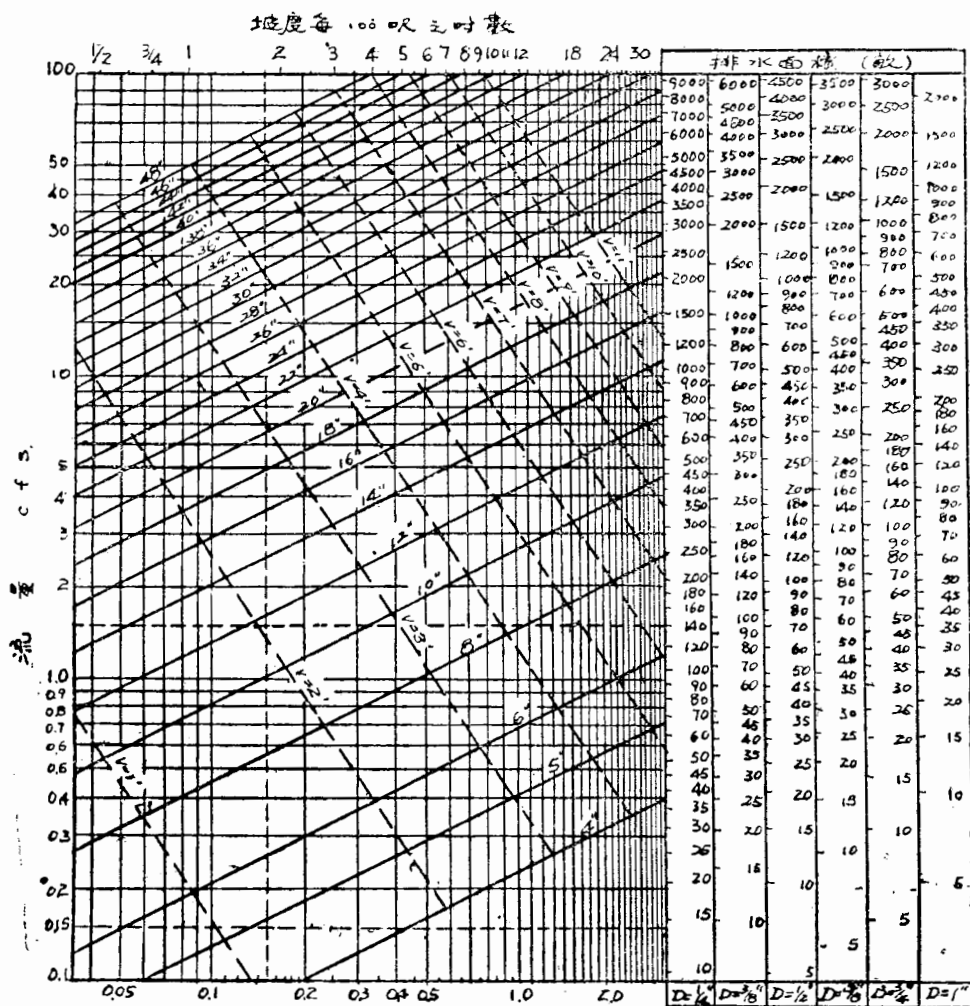
$$V = \frac{1.486}{n} r^{2/3} S^{1/2}$$

之公式有二。

式中 V 為平均流速，每秒呎。

a. 曼寧 (Manning) 公式。

r 為平均水力半徑，由 a/p 計算而得。



第 5 圖 $V = 138 r^{2/3} S^{1/2}$ 公式圖解

a 為暗管內之橫斷面積，平方呎。

p 為暗管內之濕周，呎。

s 為暗管之坡度即 h/l

h 為二點間之落差，呎。

l 為二點間之距離，呎。

(b) $V = 138 r^{2/3} S^{1/2}$ ，此為美國農部採用之公式

，乃為曼寧公式之變形，當 n 為 0.011 時， $\frac{1.486}{0.011}$ 值

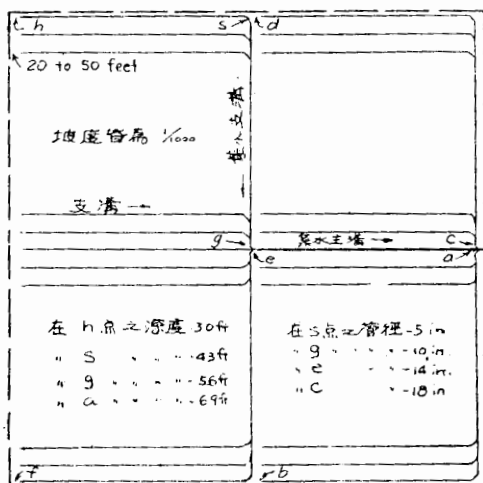
近似 138，其算法可由圖解求得(第 5 圖)，先於圖中斜線找出管子之直徑，再於水平軸上找出已知之

坡度，二線之交點可知其流速，同時由此點水平向左看與垂直軸相交一點即為其流量，再由此點水平向右看，在已知之流量係數項內可找出排水面積，由此有三個已知數即可求得 Q 、 V 、 A 三個未知數，甚為方便，例如 12 吋之管，其坡度 $2/1000$ ，則可知其流速為 2.4 每秒呎，流量為 1.9 每秒立方呎，並設流出量為 $\frac{1}{8}$ 吋，則排出面積為 120 畝。

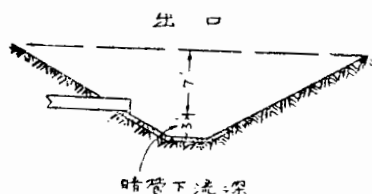
4. 暗管排水出口：如第 6b 圖所示，其排出口深不能小於 8 呎，如 6a 圖所示，在較平地區設其縱坡為 $1/1000$ 其深度自 b ， f ， d 或 h 自 3 呎至出口漸增至 6.9

呎，暗管的大小自5吋增至18吋，所以暗管自管開始至所需的深度如下表。

支溝開始排水之深度	3呎
因坡度而增加之深度	3.9呎
因管徑增大所增之坡度	1.3呎
出口水溝原有深度	3.0呎
合計	11.2呎



(a)



(d)

第6圖 暗管排水系統佈置圖

以上為暗管安設最適合之情形，有時因地形坡度之關係，每個暗管必須降落其坡度，假使發生此種情形，管底與出口水溝底之高差以保持3呎為宜，管之深度也須超過1呎(如第6b圖)如自然地勢坡度較小，溝底與管底距離至小為2呎，出口之最小深度尚須保持8呎，如主溝與支溝之交叉點坡度小至0.05%，則e點管徑須增至16吋，出口之管徑增至22吋，如此可利於坡度較平地區之排水，在不得意情形下如水溝本身為水淹沒，有時其深度也不足8呎然仍以8呎為平坦地排出口之最小安全深度。

又如第7圖所示，其出口淹沒水中，如依溝底至排出管底不能小於3尺之原則，則AB段無排水

效果可言，此為設計者極應注意之問題。



第7圖 暗管排水不良之出口

5. 暗管之間距與深度：暗管排水間距與深度須同時考慮以下二問題：一為每類作物最適合之排水條件，亦即某類作物允許浸水時間，為免除作物之為害，如何加速排水，同時地下水深應低至如何程度方可使作物生長良好；二為考慮各種不同土壤最適合之間距與深度來配合良好之好排水效果，此兩問題遠在1900年前即有人做過各種試驗，單以土壤種類為準其試驗結果列舉如下，以作參考。

C. G. Elliott 緻密堅土深度2~2½呎。

輕沙質土深度4呎。

重粘緻密土壤間距30~40呎。

粘土細砂混合土間距90呎。

粒狀重土間距70~80呎。

沙質壤土與粘土間距100呎。

沙土或砂礫心土150~200呎。

A. G. Smith 平均深3½呎，砂質土壤與下層

粘土間距100呎深3½呎，蔬菜作物間距40~50呎。

Neal 公式在1934年前曾以實際試驗來決定深度與間距，嗣後由 Neal 列式研究土壤之水分與次層土黏土百分率來決定排水管深度及間距，其公式如下：

$$Ta = \frac{17.5}{(Ma)^{0.5}}$$

$$Ts = \frac{12.000}{(Me)^{1.6} (Rd)^{1.43}}$$

式中Ta 為暗管之深度，呎。

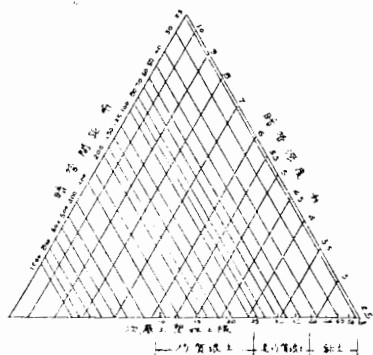
Ts 為暗管之間隔，呎。

Me 為地面至排水管間土壤之平均水分(包括水分當量，塑性上限，塑性下限)。

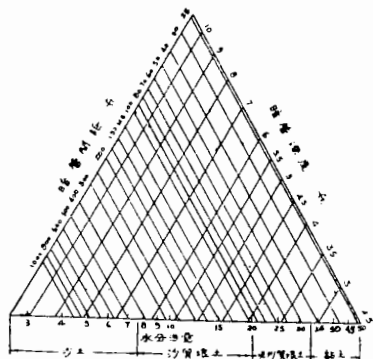
Rd 為每24小時在地下水面曲線中點下降之呎數。

上面下式中如設 Rd=1 時可用8~11圖求得管深與間距，如第8圖已測得排水區中平均之水分當量為32%則在三角形之底邊上覓得32數字自此點順斜

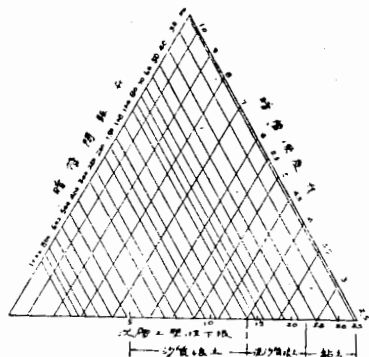
線作平行線在左上角暗管間距線上可得47呎，又在底邊32數字平行另一斜線在右下角暗管深度線上可得44呎。第9—10圖如已測得排水區次層土中之塑性上限與塑性下限，亦可求得管深與間距。第11圖則依次層土含黏土百分率，同樣可求得管深與間距。此四圖中所求得之管深與間距不能完全一樣，應由設計者參照作物需要選擇決定之。



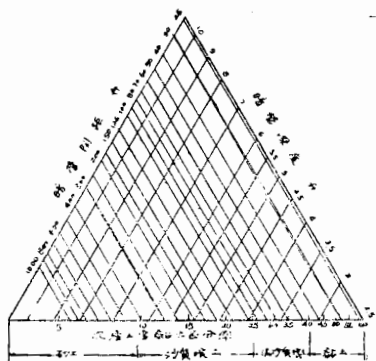
第8圖 $R_d=1$ 時用土壤水分當求管深與間距圖解



第9圖 $R_d=1$ 時用土壤水分當求管深與間距圖解



第10圖 $R_d=1$ 時用土壤塑性下限求管深與間距圖解

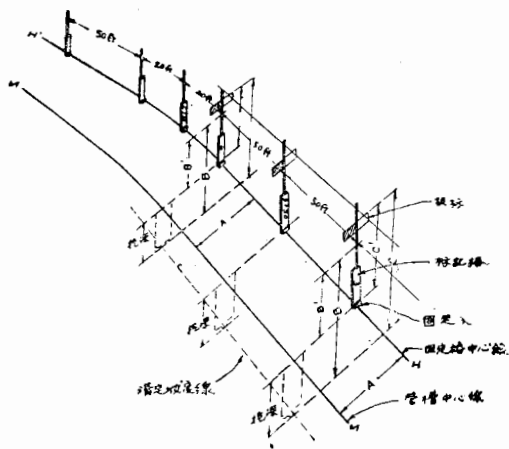


第11圖 $R_c=1$ 時用次層土含黏土百分率求管深與間距圖解

6. 視察人孔：視察人孔設置之目的有四點，一為沉積自管縫中滲入之泥沙，經過適當時間後，自此挖去，以免堵塞排水管；二為在地形變化，變更坡度時要設置人孔，使能調整坡度，以得合理之水流；三為視察暗管有無堵塞與破壞之現象；四用於觀測流量與流速，作研究與校核設計數據是否符合。設置地點皆在管之變換方向，地形變化，排水系統之末端等處，如為大排水系統，每隔1000呎須設置視察人孔一個。其大小為使一人能進入工作為度，高度與管深同，上口高出地面10—20公分，孔頂加蓋以便管理。

六. 施 工

1. 施工之前準備工作：經設計好之排水系統，欲正確安置於地上，施工前必須準備各種按置的



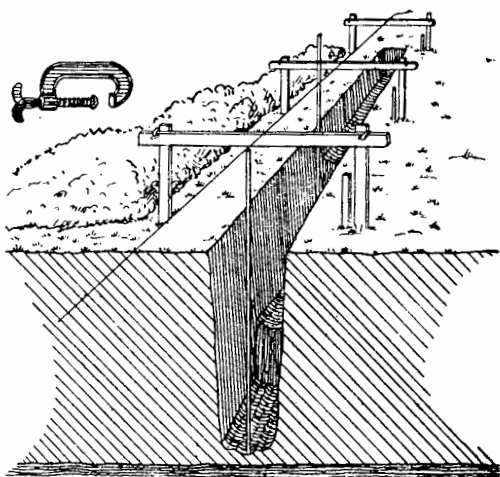
第12圖 挖溝前釘樁法之一

方法，即於出口或集水溝的終點，用鋼尺量取適當的距離，在地上釘樁，普通在直線上為100呎，曲線上為10~5 呎，依曲線之彎度而異，樁之距離從出口開始，將其數字寫於木樁上，其數字在100或200等以上時，則寫1+...2+...等字樣，如150則寫1+50(如第12圖之1所示)其木樁之中心線為HH'，此線之釘立分溝邊與橫跨溝線(如第12圖之二)兩法，如用人工挖掘者皆如圖12之二法，使用機械者釘溝之右邊，惟樁之中心線必須離溝中心線 $mm/2 \frac{1}{2} \sim 2$ 呎，如使用較大之機械施工，其距離更應增加，而樁的直線間隔也以50呎為宜。

溝線旁釘樁之最大目的為校對其坡度是否與設計時相同，因此在排水區中每隔 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{4}$ 哩應設立水準標點(Bench Mark)由此點定出樁頂高，並在樁旁邊寫明設計高，挖深等數字，以便根據此點檢查是否已符合設計時之挖深。

如屬明溝之施工，除以上溝側或橫跨溝線釘立木樁後，在各樁旁應加設側坡標架，以便依此架所釘定側坡施工。

2 挖排水溝：自出口起向上游挖掘，以免區內之水在溝未挖竣前匯流而妨碍施工，開始時須先將表土(約深10吋)挖於一旁，然後再挖心土於另一邊，溝寬依管之大小而異，至少也得12~15吋，



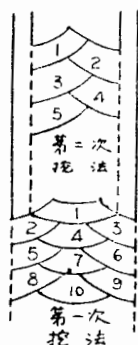
第12圖 挖溝前釘樁法之二

兩邊坡度視實際土壤而異，普通皆以垂直挖下，如遇土壤軟弱，挖時須立即在側邊設支架，不使坍塌。其挖土之程序，如第13圖所示，先鏟除中間，再挖出二旁之土，至較深處，因溝寬縮小，左右兩鏟即可鏟去溝內土壤，如此挖至差不多深度時，再

從樁頂檢查是否與設計深度相符，如够深時，然後修平溝底，同時須考慮管壁厚度與曲度，使能管內側與設計高度同高，管外側能與溝底密合。如第一、二步挖至過深處，須墊以土並夯緊之，使管子放上穩定為度，溝槽挖好後，須經水平測量，檢查坡度是否與設計坡度符合，否則應加以修整。

明溝之挖掘方法與暗溝相似，惟明溝有一定側坡。

3. 暗管之安置：管槽挖竣並經檢查後，即可開始接裝排水管，如為軟弱土壤，其底須加築基礎，其材料為木材石頭與混凝土等。然後將管子按裝妥善，按裝排水管時皆須自下流開始，同時每節管子的接縫視土壤不同留 $\frac{1}{16} \sim \frac{1}{4}$ 吋之距離為宜，使水從此



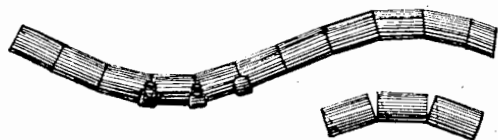
第13圖 挖3呎

隙縫中進入，為免泥土進入管中而堵塞流路，常以接頭處蓋以不同材料，如破瓦片，無油毛毡，小石子等等。同時集水管與小支管連接時，須埋T或Y形之接頭使支管水流入主管中，如在曲線中管子未能完全相接，則其接頭須加蓋破瓦片如圖14所示。放管方法可分兩種，即管徑小於6吋者，管槽狹而深時，不易進入溝槽中埋設，可用一長柄的鉤，鉤於管中，人站在溝邊按設；如為大於6吋管，重量較大，不易裝設，人須站在溝底，直接用手按裝，如此管槽應稍寬，使工作者能在管旁走動為度。管子按裝妥善後，須檢查其坡度是否正確，否則須重新按放方行填土。

4. 管上填土：管子既經按放完整，如其接縫須加放無油毛毡等物防止泥土進入，在埋土前必須完成，此後工作者跨越管槽，先埋鬆土或沙質土，厚度以4~9吋為宜，填土時須將兩側輪流填滿，俾免移動，然後填管之上部。此部工作須小心操作，以免土之衝力而移動管子之位置，及塊石破壞瓦管。嗣後即可將心土迅速填入，及之離地面3吋時，再加填表土，使與原來土壤剖面近似，表土之填深10吋為宜，使能高出原有地面6吋許，以使沉陷後高度與原有地面同高。

5. 場地之清理：管子既經按設完竣，地面上所釘樁子及標準即可拆除。並將溝側多餘之土搬至指定地點堆積，使以原來地面同平，同時清除場內

一切碎石，瓦片，斷磚等物等候驗收。



第14圖 彎曲處暗管按設法

七. 結 論

排水溝管與灌溉渠道不同，在工程完成之初排水效果即顯，嗣後如不妥為保養功效則慢慢減低，故施工後尚須注意下列各點。

(一) 排水溝不如灌溉渠經常有定量水流，僅在極短時間內有較大之流量與流速，大部份時間水量較小，流速緩慢，故溝內易長草與淤積，欲使排水效果宏大，加強清理為第一要務，在台灣平均氣溫高，雨水豐沛更易長草，故在二三個月內應清理一次，使水流暢通為度。

(二) 田間整地時必須中高旁低，一旦下雨，可使雨水流入田溝匯流幹溝，暗溝排水之農田亦然，以免區內積水，深入下層土壤，增加地下水之來

源。

(三) 減少灌溉次數，凡地下水位較高地區，水份充裕，尤以深根作物可從下層吸收水份，不能以表面土壤含水量為準。

本文資料搜集自美國各小冊子，對作物種類及計算單位與現用者有差，設計時請酌予改變。

參 考 文 獻

1. Roe and Ayres: Engineering for Agricultural Drainage 1954
2. Murphy: Drainage Engineering 1920
3. Ayres and Scoates: Land Drainage and Reclamation 1928
4. U. S. Department of Agriculture Roe and Neal: Farm Drainage 1946
5. Jones and Zeasman: Drain wet Fields
6. The College of Agriculture university of California U. S. A. Land Drainage 1949
7. Utah Agricultural Experiment station U. S. A. Bulletin 345: Effectiveness of gravity drains and experimental pumping for Drainage Della Area Utah 1950

農 工 消 息

菲律賓派員來台研究實施輪流灌溉制度

本省自實施輪流灌溉制度以來對於農田用水之節約、控制、利用等收效頗宏，極合農業增產科學化之要旨，故已引起國際上之普遍重視。菲律賓政府鑒以輪流灌溉制度足資該國之借鏡，特派遺主持灌溉管理部門之工程師 Mr. Martin L. Jarandoni 前來台灣研習。其實習項目及日程表已由水利局排定。Mr. Martin L. Jarandoni 于本年一月二十三日由馬尼刺乘機抵達台北，並於二十七日起開始研究自一月二十七日起在台大農工系實習「灌溉原理與輪灌」「水稻及甘蔗灌溉試驗」由本會會員金城教授主持，並介紹台灣之灌溉歷史及現況。自二月二日起至二月十二日在水利局設計組研究「輪流灌溉理論及設計」其主要內容包括a. 灌溉計劃。

b. 渠道系統之決定，c. 配水區之劃分，d. 渠道容量之決定，e. 輪灌有關節制構造物等，由本會會員楊建業，李德滋，溫理仁等三位先生分別主持。二月十三日到二月十四日在水利局水政組研習灌溉管理有關法規及水權，二月十六日在輪灌推行小組研習「輪灌實務」，自二月十八日起至三月八日由李德滋，溫理仁兩會員分別陪同參觀嘉義、台南、高雄、彰化、豐榮、桃園等水利會之輪灌實施概況及其成果。三月十日回北。我們深信 Mr. Martin L. Jarandoni 經這次研習參觀後，對本省之輪流灌溉制度定有較深的認識，這是自由中國之光榮也是本會之光榮。

中央標準局核准專利

鐘 式 水 門 機

順 利 鐵 工 廠

廠 址：草 屯 鎮 玉 峰 街 52 號

電 話：7 1 號