

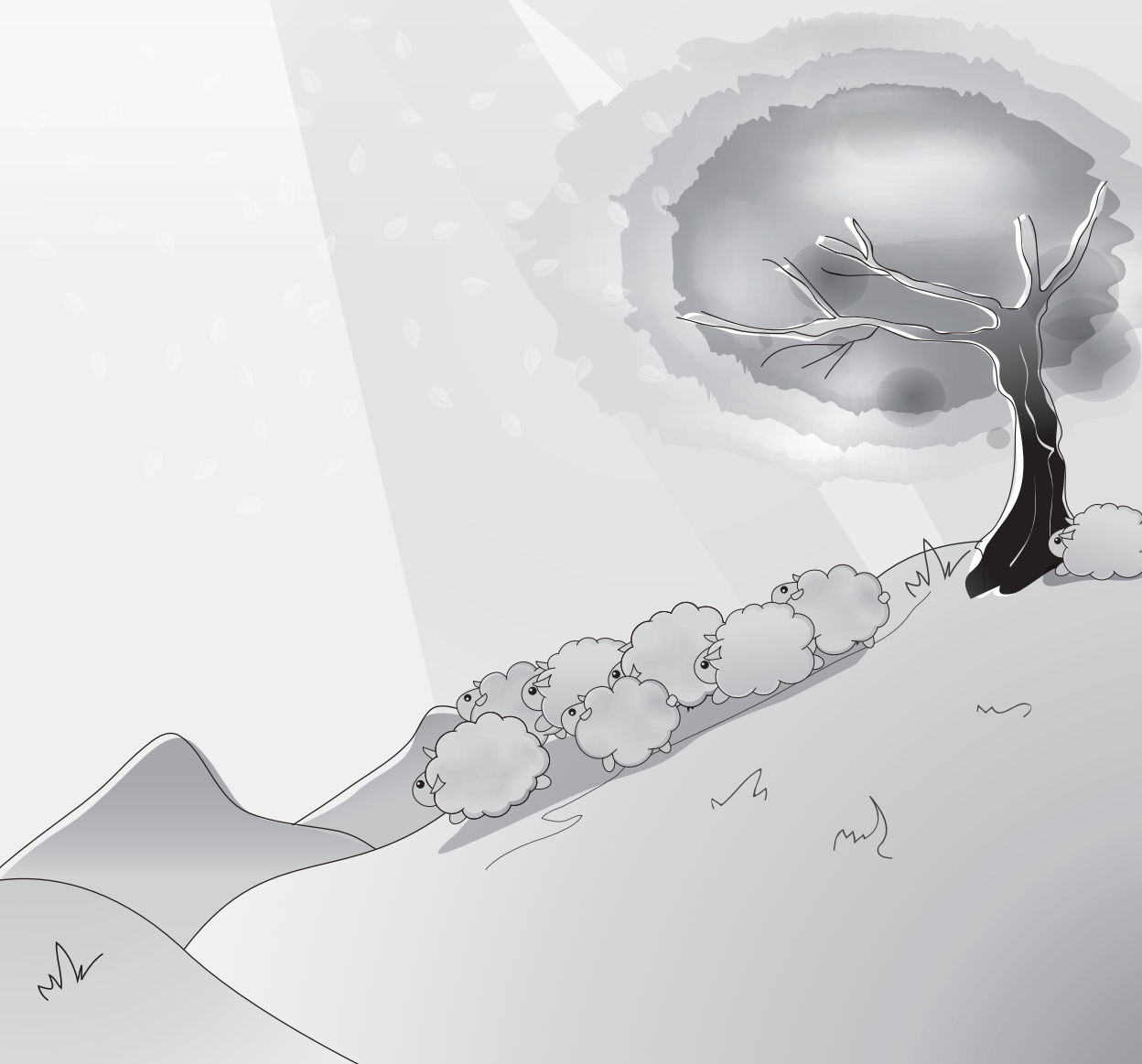
趨勢分析

農田灌溉排水概要

歷年試題		出題範圍		概論	土壤水分與植物	灌溉用水量	灌溉水質與水源	灌溉方法與設施	排水	制度與法規	灌溉計畫	地理資訊系統	灌溉排水之研究與發展	水利設計工程
104年農田水利會	單選15題		2	2	2	6	1			1				
	問答4題		1	1		1				1				
97年農田水利會	問答13題		3	4	1	1	1			1	1			1
92年農田水利會	問答10題			3		4				2			1	
87年農田水利會	是非5題		1		1	2	1							
	單選5題	1		1	1		1			1				
	填充5題		1			1	3							
	問答5題	1	2	2										
	計算2題							1		1				

第一篇

農田灌溉排水概要重點整理





第一章 概論

焦點統整

▲灌溉排水的略史：

- 一我國之農業，自有史以來即與【水利】有密切之關係。
- 二中華民族五千年來農業之基礎是【黃河流域與長江流域】。
- 三帝堯時代，洪水成災達 20 年之久，經大禹治導，歷時 8 年。
- 四周朝創【井田溝洫之制】。為一種完善之灌溉排水體系，故周朝 800 年，農業繁榮，文化昌盛，農田水利功效最大。
- 五周末戰國中秦國廣興水利，如鄭國渠，使關中成為沃野。如蜀太守李冰父子，在四川成都興建都江堰，使成都盆地普獲灌溉之利。
- 六晉末漢族南移，長江中游之兩湖盆地，與下游之沖積平原遂成為新農業區，水利事業隨之而興，豐富之農業，足供北方所需，又隋開【運河】，首創南北運糧之水道，兼具通航與灌溉之利。
- 七唐末江南土地墾殖日盛，五代時吳越王錢鏐興修【太湖】之水利，開溝引渠，建立灌溉排水之基礎，對太湖地區農業發展貢獻甚大。
- 八宋、元、明、清四朝，戰禍連年，農業基礎遭破壞，新興之灌溉事業少見，即以往之設施也遭破壞、荒廢，如東南之新農業區，也少水利建設，此一時期可稱之為農田水利事業之衰退時期。
- 九民國以來，政府為謀水利振興，新興灌溉事業成績卓著，首推【陝西之涇惠渠、渭惠渠及洛惠渠】等三大渠之完成。其他各地也有大小不同灌溉工程興建，對各地區之農業增產，貢獻甚大。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-6~1-8。】



▲灌溉之意義：

一灌溉之原始意義：植物的生長，【水分】為其必要之生存條件。但實際上，大自然中水分的供應大多不能與作物之需要互相配合，經常時而過多或過少；故【以人工供給作物生長所必要的水分】即為灌溉之原始意義。

二依據【氣象及農作物在生長上所必需之水分量】，以決定灌溉是否必要。

三近年來，由於科技進步快速，不但擴大了灌溉的內容、效果等功能，亦成功達成灌溉之目的。因此今日灌溉之涵義為【為維持農業之永續發展，增進農作物之生產力，以人工輸水、配水和取水的方式，適時適量並有組織地分配給農田】。

四為確保農業與農田之永續經營及利用，今日灌溉排水對於農業而言，除了要能夠【維持農作物生長並增加產量】外，更必須有【調節微氣候、涵養地下水、促進水資源循環及國土保護】等作用。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-1。】



▲灌溉之目的：【87農田水利會】

灌溉之主要目的在於【提供農作物生長所必要之水分】者，稱為【溼潤灌溉】；若是為【使土壤吸收灌溉水中之肥分，而以施肥為主要目的】者，則稱為【培肥灌溉】。除此之外，灌溉亦有下列其他目的：

一【改善土壤的物理性】：適當之灌溉排水，可使土壤的孔隙及團粒構造增大，並增加有效水分，使空氣流通，對於作物根部之生長更加適宜。當土壤過於乾燥、表土硬化及耕耘困難時，灌溉亦可使表土鬆軟，以便於犁耙。

二【土地改良及放淤】：洪水把含有大量淤泥之河水引進低溼地、河灘沙礫地或貧瘠之耕地，使其所挾帶之浮游物、淤泥等物質沉澱，間接施肥於該地，並可藉此改良土質及增高地盤，即稱為【放淤】。

三【調節土壤溫度】：由於寒冷與砂質等地區，其夜間氣溫和地溫的降低，常對農作物之生長造成不良的影響，故可於日間灌溉，以控制夜間土壤熱氣之放散，並維持日間高溫，以防止農作物遭受霜害及冷害。反之，於溫帶地區，夏季地溫過高，適度之灌溉則可使地溫下降，以利農作物順利生長。

四【防止風蝕】：海岸砂地土壤所含之黏粒和粉粒甚少，大部分為細砂與粗砂所組成，且其土粒多為單粒構造，較容易受強勁季風吹移。為保護農作物生長，常使用灌溉以固定砂土，防止風蝕。

五【除蟲及洗鹽】：【洗鹽】係指利用淡水灌溉來溶解土壤中之鹽分，以降低土壤中之含鹼濃度；而灌溉亦可消滅寄生蟲及有害生物。

六【集約農業的經營】：現代農業之一大特點為【農業集約化】。當我國加入世界貿易組織（WTO）之後，農業集約化即成為我國農業之重點所在；除了需要機械耕耘、優良品種、化學肥料及進步的栽培方法之外，亦須先解決灌溉之問題，方可使農業集約化。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-2~1-3。】



▲排水：〈87農田水利會〉

一排水之目的：【降低地下水位，除去耕地內之積水】。

二排水之功效：

- (一)【使土地便於耕作】。
- (二)【使土壤水分代謝更新，排除有毒物質】。
- (三)【減少霜害，亦可使作物較為強健】。
- (四)【增高地溫】。
- (五)【使土壤中的空氣流通，提供作物根部所需之氧氣】。
- (六)【產生化學作用】。
- (七)【減少旱災發生】。
- (八)【使土壤風化，促使肥料分解，使農作物易吸收】。
- (九)【增加作物產量，並提高品質】。
- (十)【減少作物病害之發生】。
- (十一)【促使作物根部伸長】。
- (十二)【縮短農作的季節】。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-3。】



▲灌溉與排水對於作物之生長是不能分離的。二者之間有其密不可分的關係，故【國際排水會議】已於 1972 年將 Irrigation 與 Drainage 二字合為 Irrinage，足見其意義深遠。因此對一般農作物而言，灌溉和排水是同等重要的。

一灌溉排水之重要性：

- (一)【改善農村環境衛生】：減少瘧蚊產生，使臺灣瘧疾絕跡；更甚者，並設有下水道，使該市鎮免於環境汙染及雨後積水，藉此減少無形或有形的損失。
- (二)【團結農民，宣導政令】：除了可以有效推行灌溉排水相關工作之外，亦能加強農民之間的團結、維持治安、守望相助，並宣傳政令，安定農村社會與進步。
- (三)【安定農業環境】：過去在沒有灌溉排水設施的生活之下，農民處在隨時可能發生天災的環境之下，不但心中充滿不安全感，影響工作情緒，更不願意付出更多努力。但灌溉排水系統的產生，大大減少了農業環境的不安定，並安撫農民的內心情緒。
- (四)【促進農村繁榮】。
- (五)【公共給水之輸送】。

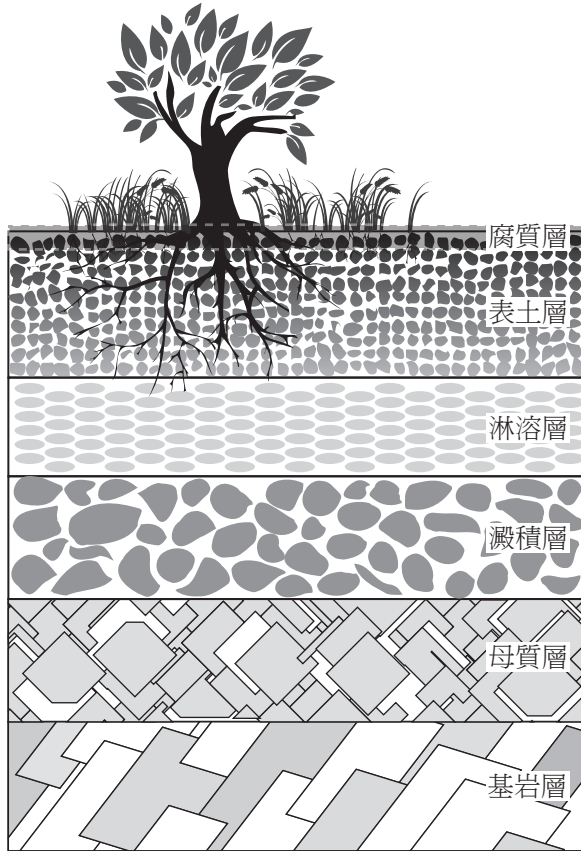
二對農業生產所產生之影響：

- (一)【防止災害的發生或緩和其影響】。
- (二)【使同一土地可種植多期作物】。
- (三)【增加單位面積之產量】。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-1、1-4~1-6。】



五土壤剖面：土壤表層中若可看到由不同顏色所組成之各種土層，這些土層稱之為【化育層】（Horizons），而連續的化育層就稱之為【土壤的剖面（Soil profile）】。



土壤的剖面



第二章 土壤水分與植物

焦點統整

▲水分對植物之重要：

一、水的重要性：〈87農田水利會〉

(一)【原形質的主要成分】：水為構成植物細胞之主要成分，在木本植物中細胞質的水分含量超過50%，草本植物則超過80~90%。水分不但是構成細胞質的主要成分，亦能調節蛋白質膠體的濃度。若水分降低至一定程度，將使蛋白質構造遭到破壞，植物亦將會因而死亡，或是停止其生理活動。

(二)【維持植物的脹壓】：水使植物細胞增大、成長，並讓植物直立，葉部產生脹壓，使得氣孔開閉產生調節等作用。

(三)【溶媒作用】：水為植物體中細胞與細胞或器官與器官之間負責輸送礦物質、氣體及其他物質之溶媒。同時因為水的作用，使得植物體中雖隔有滲透膜及細胞壁，仍能使溶質溶解而呈現液態，不斷進入輸導組織系統中。

(四)【反應劑作用】：植物在許多生理活動之中，例如水化作用、水解作用（澱粉、醣類等之分解或合成）、光合作用等，水均為參與作用之一種反應劑。

二、當植物中的水分供應不足時，會影響其發育及成長；且植物生長仰賴於新細胞之合成，細胞之合成則仰賴營養成分及水分的不斷供應方可達成。

植物若缺乏水分，會造成下列影響：

(一)【光合作用速率降低】。

(二)【呼吸作用減少，且氣孔會關閉以減少水分蒸散流失】。

(三)【葉部脹壓減弱且呈現凋萎現象】。

(四)【新陳代謝功能受損，產生脫水作用，最後可能死亡】。

【註：參游俊基、林達雄著，2011，〈灌溉管理概說〉，《農田水利會技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本》第一冊，頁47。】



▲植物吸水之器官及原理：〈87農田水利會〉

一植物根部的根毛細胞為吸收水分的主要器官。作物每日所消耗之水分，幾乎全部由根毛細胞所吸入，植物葉部細胞雖能吸收空氣中之水分，但分量卻是微不足道的。

二【植物吸水之原理】：根毛細胞之所以能夠吸水，並將水分送達至十公尺高之葉部，其原因有下列三種說法：

(一)被動吸水。

(二)滲透作用。

(三)其他的吸水作用。

加入生長素可增加植物吸收水分的作用。此種吸水作用與植物自身之生命現象相關，即為植物為維持其本身生命之生理需要所產生之吸水現象，特稱之為自動吸水。自動吸水僅占總吸水量之1%~10%。

三影響作物吸水之因素：

(一)只要能夠增加作物光合作用及蒸散作用之因子，亦能增進作物之吸水能力。

(二)土壤溶液之濃度高，將會降低作物細胞之吸水力；反之，則作物之吸水力較大。

(三)土壤水分含量多，則根細胞之吸水力亦大。

(四)能促進作物生命活躍之因素，亦可促進其吸水力。



▲土壤中之水分：〈87、102農田水利會〉

一、可分為固態、液態及氣態。其中，以液態水對土壤之作用及植物之生長最為重要。

二、土壤水分可分為以下三種：

(一)【吸著水】（Hygroscopic Water）：包圍在土粒表面極薄之一層水膜，其緊附於土粒之外表，亦稱為【吸溼水】。由於【土壤保水力（土壤吸力）】極強，吸著這層水膜並使其成為非流動性的水，在孔隙中不能自由移動，且不能供植物攝取，對植物而言，為無用的水，又稱為【無效水分】。

(二)【毛管水】（Capillary Water）：亦稱【微管水】。於「吸著水」外側另一層之水分，意指「吸著水」與外界水互相吸引，充斥在毛細管中。此部分水所承受的引力在 $31 \sim \frac{1}{3}$ 氣壓之間，除了較接近「吸著水」之一小部分不能移動外，其餘皆能在孔隙中移動，且能供植物利用，故為可供植物利用之【有效水分】。〈102農田水利會〉

(三)【重力水】（Gravity Water）：由於引力小於 $\frac{1}{3}$ 氣壓之水，土壤不能吸住，常受地心引力之吸引而向下滲漏，則此部分的水稱為重力水。土壤中如有不透水層，或因地勢低窪排水困難，則重力水易積於土壤的粗孔隙中，形成過剩水分，使空氣閉塞（空氣無法流通），對一般作物生長不利，遇此情形必須設法排水。故重力水亦為【無效水分】。



三土壤和水的關係：

(一)土壤保持水分所需要之能值，即為所稱之「功」，可由土壤中抽出該水分所需之「力」來表示。大多採用【氣壓或 pF 值】兩種：

1. 【氣壓】：1 氣壓 (20°C) = 1013×10^6 達因/平方公分
= 76 公分水銀柱高 (76 cm-Hg)
= 1033.23 公分水柱高。

2. 【pF 值】：

(1)若要使土壤從水分完全飽和至趨近於完全乾燥的狀態，其氣壓須界於 0~10000 氣壓之間；但由氣壓所表示之數值使用上十分不便，故 Schofield 氏便以【毛細管位能之對數】來表示【土壤水分保水之能力】：

*公式：

$$\text{【pF} = \log_{10} H \text{ (H: 水柱高, 單位為公分)】}。$$

(2)舉例說明：

一土壤之水分含量，必須用相當於 100 公分水柱高重量之力才能夠去除該土壤中之一部分水分。則該土壤之含水量保持能值為：

$$\text{pF} = \log_{10} 100 = 2。$$

若是用相當於 1000 公分水柱高重量之力，則該土壤之含水量保持能值為：

$$\text{pF} = \log_{10} 1000 = 3。$$

故，當 pF 值為 3 時，該土壤之含水量保持能值，即相當於 1000 公分水柱高。即 $1000 \text{ 公分水柱高} \Rightarrow \text{pF} = \log_{10} 10^3 = 3。$



(二)【土壤含水量】：指目前土壤中之水分含量。值得注意的是，土壤中所蓄存之水分並非為一定值，而是會隨著時間而改變。

1.土壤含水量通常係指在 1m 深之土壤中的水分含量。

舉例說明：

於 1m 深之土壤中含有 150mm 深之水分，則該土壤之含水量為 150mm/m。

2.土壤之含水量亦能以【體積百分比】來表示。

舉例說明：

如上例，1m³ 的土壤含有 0.15m³ 的水分，該土壤之含水量若以體積百分比表示則為：

$$\frac{0.15\text{m}^3}{1\text{m}^3} \times 100\% = 15\%。$$

3.簡言之，100mm/m 的土壤含水量，即表示一土壤中含有 10% 之體積含水量。

(三)【土壤水分常數】：為土壤中之【水形態分類上之臨界值】，故土壤水分常數亦為土壤中各種不同含水量間所存在之每一個界點。

1.【飽和含水量】（Saturation capacity）：又稱為【最大含水量】，若所有土壤之孔隙皆被水填滿即稱為【飽和狀態】，此時亦沒有空氣殘留於土壤中。但植物生存同時需要水分及空氣，故在飽和狀態之下，植物將難以生存。許多作物無法在 2~5 天內完全處於飽和狀態的環境中，但【水稻】為其中之例外。

此外，當水分從孔隙中排出後，就會被空氣所取代。因此，表層土不會經常處於飽和狀態，當灌溉或降雨結束，較大的孔隙中之部分水分便會向下移動，此過程稱為【滲漏或排水】。

故飽和含水量除了為土壤可容納各種水之【總容量】外，亦代表【全部吸著水、全部毛管水及全部重力水的總量】。



第三章 灌溉用水量

焦點統整

▲灌溉用水量之各類名稱：

一【純用水量】（Net duty of water）：指在耕地中實際消耗之灌溉用水量。

*公式：

【純用水量 = 蒸發散量 + 滲漏損失量 + 地表逕流量 - 有效雨量】。

二【粗用水量】（Gross duty of water）：純用水量加上輸水中之水路損失水量（水路中之蒸發、滲漏損失水量）及管理損失水量，所得之灌溉水水量即為粗用水量。

*公式：

【粗用水量 = 純用水量 + 水路損失水量 + 管理損失水量】。

三【總灌溉用水量】（Total duty of water）：整個灌溉期間的用水總量。

四【最適用水量】（Optimum duty of water）：對於栽培作物，最適宜其生育之用水量。

五【計畫用水量】（Designed duty of water）：計畫用水量為灌溉事業中被用於用水計畫之用水量。通常以具體之用水設施，例如輸水設施、水源設施等表示；或是附註其目的內容表示。

六【尖峰用水量】（Peak duty of water）：指灌溉期間之最大用水量。經常被用於規劃取水設施，故常作為計畫用水量。



七【季節（期別）用水量】（Seasonal duty of water）：指作物在各生育期間之灌溉用水量。該用水量以蓄水庫作為水源時，為決定其容量時用之。

八【管理用水量】（Water requirement for culture）：栽培作物時，為管理其生育所使用之用水量。

九【單位用水量】（Unit duty of water）：指在灌溉事業之用水計畫中，計算某區域或某期間之計畫用水量，亦被當作單位之灌溉用水量。

十【秧田用水量】（Water requirement for rice nursery）：水田中的秧田所使用之水量。

十一【整田用水量】（Water requirement for preparation of paddy field）：水稻移植前，要先在本田塗畦（Border coating），粉碎土壤，整平田面，使其成為可接受插秧之狀態。此作業所需之用水量稱之為整田用水量。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-86～1-87。】



▲灌溉用水量：

一綜合解釋名詞：

- (一)【田面蒸發量】：經由田面蒸發消失之水量。
- (二)【葉面蒸散量】：根部吸收水分後，經由葉面所蒸散之水量。
- (三)【灌溉水深】：人為灌溉之水量，以水深作表示。
- (四)【秧苗面積】：育秧時灌溉之面積。包括播種面積、畦溝及保護區面積。
- (五)【播種面積】：播散種子育苗所用之面積。
- (六)【浸田用水】：於整田之前供給田間泡田之水量。
- (七)【整田用水】：整田前所需用水量。
- (八)【本田用水】：以水稻為例，係指水稻自插秧後，至成熟期停水日之間的用水。
- (九)【生育日數】：以水稻為例，係指水稻自插秧後至成熟收穫之總日數。
- (十)【錯開日數】：為緩和用水尖峰，將某一灌區整田插秧日期妥予安排所需日數。
- (十一)【灌溉日數】：以水稻為例，指水稻自插秧後，至成熟停水所需灌溉之總日數。灌溉日數少於生育日數。
- (十二)【單區】：輪區內之單位配水區（面積約 10 公頃）。
- (十三)【輪區】：輪流灌溉之配水區（面積約 50 公頃）。
- (十四)【停水】：作物黃熟後期，不需灌溉時，停止供水施灌。
- (十五)【蒸發散量】（Evapotranspiration, ET）：又稱【作物需水量】，為作物生長時期所需蒸散與附近土壤蒸發水分之總和。單位：大多為單位時間之水深（公釐／日），或是作物生長季節之總水深（公釐／期）。

*公式：

【蒸發散量 = 作物生長時期所需蒸散 + 附近土壤蒸發水分】。



(㉒)【田間需水量】（Water requirement，WR）：蒸發散量與滲漏量之和。不論供水來源為雨水或灌溉水，皆稱為田間需水量，單位與蒸發散量相同。

*公式：

【田間需水量 = 蒸發散量 + 滲漏量】。

(㉓)【田間灌溉用水量】（Field irrigation requirement，FIR）：又稱為【田間用水量】，指田間供水來源為灌溉水，故田間灌溉用水量為田間需水量與有效雨量之差。

*公式：

【田間灌溉用水量 = 田間需水量 - 有效雨量】。

(㉔)【有效雨量】（Effective rainfall）：灌溉時期所降下的雨水，且可供作物利用並可減少灌溉之水量。

(㉕)【輪區用水量】（Turnout requirement，TR）：田間灌溉用水量加上小給水渠之輸水損失，以流量表示，即為某輪區分水門之流量。

*公式：

【輪區用水量 = 田間灌溉用水量 + 小給水渠之輸水損失】。

(㉖)【支線別灌溉用水量】（Delivery requirement，DER）：各輪區分水門量之和加上支線輸水損失。

*公式：

【支線別灌溉用水量 = 各輪區分水門量之和 + 支線輸水損失】。

(㉗)【系統總灌溉用水量】（Diversion requirement，DIR）：各支線水門流量加上輸渠輸水損失。

*公式：

【系統總灌溉用水量 = 各支線水門流量 + 輸渠輸水損失】。

(㉘)水門用水量：

*公式：

【田間用水量 + 渠道輸配水損失量】。



二灌溉用水量單位：〈102、87農田水利會〉

- (一)流量：立方公尺／秒（c.m.s.）。指單位時間內流動之水量，多用於河川、小給水路、埤圳之幹、支、分線等流量。
- (二)水深：公釐或公尺（mm 或 m），以田間灌溉用水之深度表示。多用於田間灌溉用水量，雨量亦可以水深表示。
- (三)容量：立方公尺（m³），以體積容量計算用水多寡。
- (四)灌溉率：公頃／每秒立方公尺（ha/c.m.s.），係指一單位流量所能灌溉之面積（公頃），作為田間用水量的表示方法。

*公式：

$$\text{【灌溉率} = \frac{8640}{D(\text{mm})} \text{（8640 為一單位簡化之定值）】。}$$

三實例：（以下實例，均不計輸水損失量，即渠道流量在田間給水口之流量）。

可使用公式如下：

D：灌溉水深（公尺）。

T：灌溉時間（秒）。

A：灌溉面積（平方公尺）。

Q：灌溉流量（立方公尺／秒）。

(一)【 $D = QT/A$ 】。

(二)【 $T = DA/Q$ 】。

(三)【 $Q = DA/T$ 】。

(四)【 $A = QT/D$ 】。



〔例題一〕

1 秒鐘流經渠道 1 立方公尺之流量，求 1 小時中能輸送多少容積之水量？

答：1 小時 = 60 分鐘 = 60×60 秒 = 3600 秒

$$1 \text{ (立方公尺/秒)} \times 3600 \text{ (秒)} = 3600 \text{ (立方公尺)}。$$

〔例題二〕

1 立方公尺/秒之流量，1 天用以灌溉 10 公頃面積之農田，求其灌溉水深？

答：1 日 = 24 時 = 24×60 分 = 1440 分 = 86400 秒

$$QT = 1 \text{ (立方公尺/秒)} \times 86400 \text{ (秒)} = 86400 \text{ (立方公尺)}$$

$$D = QT/A$$

$$= 86400 \text{ 立方公尺} \div (10 \text{ 公頃} \times 10000 \text{ 平方公尺/公頃})$$

$$= 0.864 \text{ (公尺)}$$

$$= 864 \text{ (公釐)}。$$

〔例題三〕

1 公頃農田，灌溉水深分別為 5 公釐、6 公釐、7 公釐、200 公釐，試求其灌溉水量，各為若干立方公尺？

答：1 公釐 = 0.001 公尺，1 公頃 = 10000 平方公尺

$$5 \text{ 公釐之水量} : 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.005 \text{ 公尺} = 50 \text{ 立方公尺}。$$

$$6 \text{ 公釐之水量} : 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.006 \text{ 公尺} = 60 \text{ 立方公尺}。$$

$$7 \text{ 公釐之水量} : 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.007 \text{ 公尺} = 70 \text{ 立方公尺}。$$

$$200 \text{ 公釐之水量} : 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.2 \text{ 公尺} = 2000 \text{ 立方公尺}。$$



七旱田灌溉用水量：旱地灌溉可分為【培肥灌溉、冬季的保溫灌溉及溼潤灌溉】。溼潤灌溉須灌溉至田間容水量等最適合農作物生育之狀態，故用水量將受該耕地之農作物種類、土壤質地及氣象條件所支配。〈102、97農田水利會〉

旱田灌溉之水量，應以【不超過田間容水量為原則】，故多採用【一次純灌溉水深】之公式：

d：純灌溉水深（mm）。

FC：田間容水量（%）。

WP：永久凋萎點（%）。

MC：灌溉土壤水分（%）。

As：假比重。

D：有效根層深度（應灌溉的土層深度）（mm）。

(一)以灌溉之前的土壤水分為起點：〈92、97、102農田水利會〉

*公式：

$$\left[d = \frac{(FC - MC) \times As \times D}{100} \right]。$$

(二)以 $\frac{1}{2}$ 有效水分為起點：

*公式：

$$\left[d = \frac{\frac{1}{2} (FC - WP) \times As \times D}{100} \right]。$$

(三)以剩 $\frac{1}{4}$ （消耗 $\frac{3}{4}$ ）有效水分為起點：

*公式：

$$\left[d = \frac{\frac{3}{4} (FC - WP) \times As \times D}{100} \right]。$$

(四)以剩 $\frac{3}{4}$ （消耗 $\frac{1}{4}$ ）有效水分為起點：

*公式：

$$\left[d = \frac{\frac{1}{4} (FC - WP) \times As \times D}{100} \right]。$$



下表是美國水土保持局所訂定之各種作物適宜灌溉的根層（系）深度：

作物名稱	有效根群域（公分）	適合灌溉深度（公分）	作物名稱	有效根群域（公分）	適合灌溉深度（公分）
玉米	90	61~91	馬鈴薯	90	30~61
棉花	90	61~91	苜蓿	120	91~107
高粱	75	51~76	牧草	-	41~91
大豆	60	46~91	蔬菜	45	23~76
麥類	75	46~91	葡萄	150	61~76
菸草	60	38~61	果樹	150	91~152

〔例題〕

一排水良好之田區，土壤假比重為 1.5，田間含水量為 25%，凋萎點為 10%，有效根系深度 50 公分，若以 $\frac{1}{2}$ 有效水分為灌溉起點，則純灌溉水深為多少？若以灌溉之前的土壤水分為灌溉起點，且已知灌前土壤水分為 15%，則純灌溉水深為多少？

答：以 $\frac{1}{2}$ 有效水分為灌溉起點時，

$$d = \frac{\frac{1}{2} (FC - WP) \times A_s \times D}{100}$$
$$= \frac{\frac{1}{2} (25 - 10) \times 1.5 \times 500}{100}$$

$$= 56.25 \text{ (mm)}。$$

以灌溉之前的土壤水分為灌溉起點時，

$$d = \frac{(FC - MC) \times A_s \times D}{100}$$
$$= \frac{(25 - 15) \times 1.5 \times 500}{100} = 75 \text{ (mm)}。$$



八灌溉期距：作物灌溉之期距，除了作物類別之間有差異之外，同一作物也會因本身生育環境及作物本身之需要而有不同之差異。但是在農業實際經營所希冀者，為作物本身能夠在品質、生育、產量等不降低之條件下，決定其最長之間隔期間。

灌溉間隔之時間，大多是根據【作物需水量及一次純灌溉水量】之多少作決定，即依【作物每天消耗之水量】來決定。〈102農田水利會〉

(一)旱田：〈97農田水利會〉

*公式：

$$\text{【灌溉期距 (天)} = \frac{\text{有效根系內純灌溉水量 (mm)}}{\text{每天消耗水量 (mm/day)}} \text{】}。$$

(二)水田：〈97農田水利會〉

*公式：

$$\text{【灌溉期距 (天)} = \frac{\text{(一次灌溉水深 / 灌溉效率)}}{\text{(日蒸發散量 / 日滲漏量)}} + 2 \text{ 日】}。$$

九田間滲漏水量：由於土質的不同，滲漏水量的多寡差異很大。依據水利局「設計規定」所記，田間滲漏水量的公式如下：

*公式：

$$\text{【田間滲漏水量} = \frac{86400 \times 1000}{\text{黏土粒}\% \times I \times 36 \times 10000} \text{】}。$$

P：滲漏水量 (mm/day)。

I：係數，視「黏土%」的大小而定。



▲灌溉用水量之量測法：〈102、87、97農田水利會〉

(一)【量水堰】：設在明渠之中，並用以測量流量之構造物，為一垂直於水流之直立胸牆，其上部有一定形狀及大小之缺口，缺口底邊即為堰頂，由堰頂至上游一定點之水面高差則為溢流水頭。該水頭即為求流量之指標。量水堰分為：

1.【撒普利地堰（梯形堰）】：

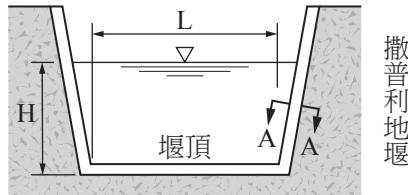
*公式：

【流量 (Q) = 1.856LH^{3/2}】。

Q：流量。

L：堰寬。

H：水頭。



2.【90 度三角堰】：

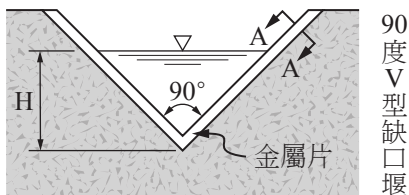
*公式：

【流量 (Q) = 1.40H^{5/2} (湯姆生氏公式)】。

【流量 (Q) = 1.34H^{5/2} (金氏公式)】。

Q：流量。

H：水頭。





3.【寬頂堰】：

*公式：

$$\text{【流量 (Q) = } 1.55H^{\frac{3}{2}} \text{ (丸緣)】。}$$

$$\text{【流量 (Q) = } 1.41H^{\frac{3}{2}} \text{ (正方緣)】。}$$

Q：流量。

H：水頭。

4.【矩形銳緣堰】：

(1)標準不收縮矩形堰：

*公式：

$$\text{【流量 (Q) = } 1.84LH^{\frac{3}{2}} \text{】。}$$

(2)標準收縮矩形堰：

不計接近流速：

*公式：

$$\text{【流量 (Q) = } 1.84 (L - 0.2H) H^{\frac{3}{2}} \text{】。}$$

如有接近流速：

*公式：

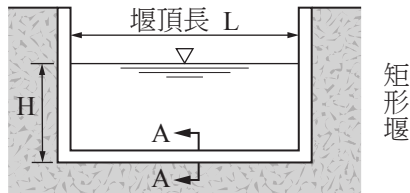
$$\text{【流量 (Q) = } 1.84 (L - 0.2H) [(H + H_v)^{\frac{3}{2}} - H_v^{\frac{3}{2}}] \text{】。}$$

Q：流量。

L：堰寬。

H：水頭。

H_v ：接近流速之水頭。





5.【潛堰】：

*公式：

$$\text{【流量 (Q) = 1.84L (nH)】。}$$

Q：流量。

L：堰寬。

H：水頭。

n：潛堰係數。

(二)【孔口】(Orifice)：若水頭不足且無法應用量水堰時，可採用孔口或巴歇爾水槽。當設置費用必須少於其他量水構造物時，亦多採用孔口。其缺點在於碎石或泥沙易淤積於孔口，而影響量水之精確；【潛孔口】為一孔洞，設在渠道或容器牆上，其孔口完全在上游水面之下，且牆壁可自水平至垂直方向作任何角度之傾斜，孔口也可以作成任意之幾何形狀，其水流可溢入水中或空中。其中在【水中洩水者】為潛孔口，洩入空中者則為【自由流】；【射流】可為收縮或不收縮。此外，用於【測量渠道流量】所用之孔口，大多為矩形或圓形。

(三)【管路水錶】：現代化之灌溉系統，以逐漸由明渠水路轉向管路，尤其在【滴水灌溉、抽水灌溉及噴灑灌溉】等必然會使用管路，故管路量水必將隨著時日而大量增加。在灌溉上常用之水錶計有：

- 1.【小孔水錶】(Orifice Plate)。
- 2.【噴嘴】(Flow Nozzle)。
- 3.【文透里管】(Venturi Tube)。
- 4.【傾碟式水錶】。
- 5.【螺旋槳水錶】。

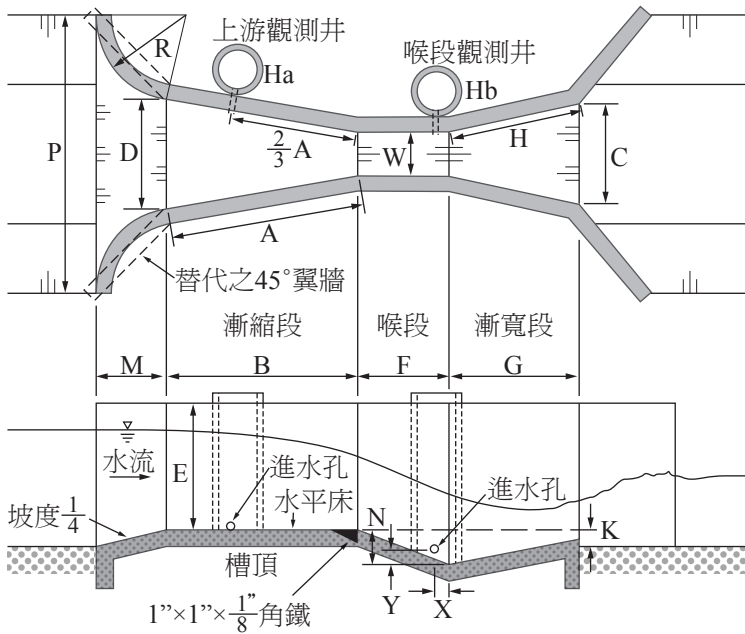


(四)【巴歇爾量水槽】(Parshall Flume)：為文透里管(Venturi Tube)在明渠上之變形，為在明渠中以固定之狹縮斷面束水，並用於測量流量之水槽。此水槽由廣寬且平而漸漸收縮之縮段，並經狹窄而斜降之喉段，進入漸寬而斜上之放寬段所共同組成。

巴歇爾量水槽是在西元 1920 年由美國科羅拉多州農業推廣主任工程師所開發，為一經過特殊設計的量水構造物，並廣泛用於灌溉量水。若設計使其流量之尾水不產生沉澱之條件下，通過構造物內某處產生【臨界水深】，只單一量測深度，因此，就可從表球得通過水量。否則需另觀測期潛沒度，才能求得通過之水量。

水流經巴歇爾量水槽時，可能發生兩種情形，一為量水槽下游水面因高程頗高以致於阻滯水流，稱之為【潛流】；另一為無潛流之發生，稱之為【自由流】。兩者之差異視潛沒度(Degree of Submergence)而定；潛沒度指水流下游水頭與上游水頭之比。

巴歇爾量水槽在測量流量時，若是自由流，則僅測其上游水頭，即可利用圖表或自由流公式查出或算出；若是潛流，就必須在其上下游水頭同時測量，查出流量校正數，並從自由流之流量中減去校正數，即可得實測流量；如果是寬大之量水槽，且喉寬大於一呎時，其改正數則由圖表中查出再乘以原來之係數，即可得出流量值。下圖為巴歇爾水槽圖：〈102、87農田水利會〉



圖：巴歌爾水槽。

(五)其他量水方法：現今有許多量水方法，上述所介紹者乃是灌溉上最常使用之量水方法，亦是成本較低之方法。近年來，農業工程研究中心研究發展出其他灌溉方法，如【超音波測量法、稀釋法及追蹤法】等，亦是未來可推動使用之量水方法。

【註：參游俊基、林達雄著，2011，〈灌溉管理概說〉，《農田水利會技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本》第一冊，頁186~190。】



第五章 灌溉方法與設施

焦點統整

▲作物栽培制度（Cropping pattern）：

係指某一地區根據氣溫、生長期間、土壤、水源等條件，配合灌溉設施與經濟情況，所耕作之適作物，包括同一土地在不同時期本身或分區之輪作（Crop rotation），及同一土地分區種植不同之適作物。大致上分為：

一【輪作（Crop rotation）】：同一土地在不同時期，本身或分區輪流耕作不同之適作物。輪作為作物栽培制度（Cropping pattern）之一。
。〈92農田水利會〉

二【連作（Continuous cropping）】：指同一種作物，每年連續栽培在同一土地上。

三【間作（Interplanting）】：在果園果樹間栽植農作物，尤其果樹上在幼年期時；或在農地上，同時種植好幾種作物，如豆類間種玉米；或在林地，將幼木栽植於林木間或灌木間。例如臺灣所盛行之【糊仔栽培】。

【註：糊仔栽培：指在泥糊狀之土壤中種植的意思，為我國特殊的栽培方法。例如可於水稻收穫前兩週，將稻田之灌溉水排出，以保持土壤濕潤狀態，並將甘蔗、菸草、甘藷、黃麻及各種蔬菜等種入水稻行間；待水稻收割後，使間作作物繼續生長之栽培方法。】

四【裡作（Second cropping）】：臺灣主要有春作及夏作兩個栽培適期；但在中、南部，由11月到次年2月冬季期間，實際低溫日數不多（除寒流來襲外）且日照充足，有部分短期豆科、蔬菜作物或其他高價值經濟作物，仍可生長良好，謂之秋裡作或冬季裡作。

【註：農業知識入口網－農業知識小百科，<http://kmweb.coa.gov.tw/Pedia/PediaList.aspx?type=query>（2012/7瀏覽）；農田水利入口網－多語詞彙，<http://doie.coa.gov.tw/vocabulary/vocabulary.asp>（2012/7瀏覽）。】



▲灌溉方式以【入滲率】來決定：〈102農田水利會〉

一使用入滲率之原因：若要決定灌溉方式，第一步須先求出【土壤之滲透性】。因為當土壤滲透性極大時，不適用畦溝灌溉、等高埂間灌溉及田塊間灌溉方法，故須先測定土壤的入滲率。

二入滲率（Intake rate）定義：水經由各種形狀之地表滲入土壤中的速度，以每小時公釐或每小時吋來表示。入滲率可由入滲時間及累積入滲水深，即累積入滲量之關係而求得。

三影響入滲率的因素：

- (一)作物生長階段及作物種類。
- (二)土壤及灌溉水的溫度。
- (三)土壤種類。
- (四)土壤緊密程度。
- (五)有機物含量。
- (六)地表形態。

四入滲率種類：

(一)累積入滲率：經由實際觀測，累積入滲量 D （以水深公釐或吋表示）與時間 T （以分鐘計算）之關係如下：

*關係式：

$$【D = CT^m】 \text{（其中 } C \text{ 和 } m \text{ 為常數）}$$

(二)瞬時入滲率：又稱為入滲率（ I ）。

*公式：

$$【I = \frac{dD}{dT} = mCT^{m-1}】 \text{，} I \text{ 的單位為每分鐘公釐或每分鐘吋。}$$

(三)基本入滲率：當入滲率之遞減率到達入滲率之 $1/10$ 時趨向定值，該入滲率則定義為基本入滲率。

*公式：

$$【\frac{dI}{dT} = 0.1I】 \text{。}$$

【註：參郭勝豐、黃振昌著，2001，〈田間灌溉方法〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁4-59。】



▲田間施灌之方法應依照田間灌溉系統的布置、栽培方式、地形坡度、作物種類、土壤性質及水源之供應情形而定。而施水灌溉之方式可分為直接與間接，直接方式是以土壤作為媒介的灌溉方法，包括【地表灌溉和地下灌溉】；間接方式則是不以土壤為媒介的灌溉方式，包括【滴水灌溉與灑水灌溉】。

需注意的是，在灌溉方法之選擇上並非一定要使用高技術或是複雜的方法，而是在經濟、資源、管理及技術支援等各種層面作一整體之考量。須考慮下列因素：

一【氣候】

二【根層土壤之種類及特性】。

三【整體工程量及地形之需求】。

四【市場情況，例如價格及材料之供應能力等】。

五【所需之支援能力及技術層次是否可以相互配合】。

六【經濟、財務上之考量與分析】。

七【對於整體水資源的考慮，是否要採用水效率較高的施灌方法】。

【註：參李和合著，2011，〈灌溉方法〉，《農田水利會技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本》第七冊，頁2；郭勝豐、黃振昌著，2001，〈田間灌溉方法〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁4-51~4-52。】



▲地表灌溉法：

將水從田區上端流至下端，並一面滲漏一面前進，稱為地表灌溉（Surface irrigation）。地表灌溉分為【有控制灌溉及無控制灌溉】，無控制灌溉為一種古老的灌溉方法，一般稱之為【漫灌】；有控制灌溉則分為【畦溝灌溉、埂間灌溉、水盤灌溉、紋溝灌溉、圍埂漫灌】等。

一、無控制灌溉（漫灌法）：漫灌（Wild Flooding）指將給水路中的水導入輔助給水路中，然後將輔助給水路中的水流入耕地，以作全面性的灌溉。由於漫灌法需要極大的水量，其損失也大，因此若不是在用水量十分豐富的地區，是難以施行的。漫灌法通常用於適當坡度（約 $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{500}$ ）的耕地，或是栽種穀類、牧草的地區。

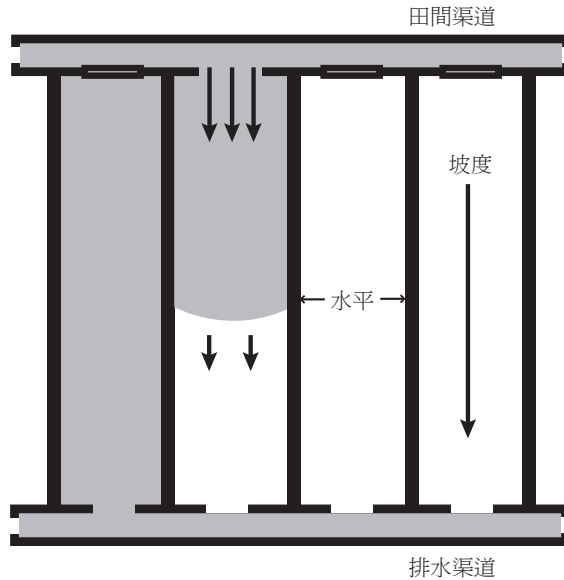
二、有控制灌溉：

(一)【畦溝灌溉（Furrow irrigation）】：與埂間灌溉及圍埂漫灌不同，為在較平坦之耕地中，使灌溉水沿著地形坡度（約3%）所作的畦溝流下之一種灌溉方法。例如於臺灣輪作水田之平坦地，因水流停留於畦溝內，作物便可種植在畦頂上；此法適用於【條播作物】如甘蔗、甘藷等。只是需要考慮沖刷的問題，過長的畦溝容易在上游發生深層滲漏及過度沖刷，但是對於農業機械之操作及土地經濟利用而言，畦溝較長比畦溝短有利。

【註：條播指在田間每隔一定的距離，將種子均勻撥散，成條帶狀分布，再覆土掩蓋。適用於麥、棉等作物。】

(二)【埂間灌溉（Border irrigation）】：指將耕地整理成具有一定的坡度，並沿著坡度的方向設置低田埂，將耕地區分為細長的區塊，一般稱之為「坵塊」，在沿著坵塊的高位短邊部分設置【給水路】，由給水路供水以作全面性的灌溉。埂間灌溉適用於許多土質，但必須和土壤之物理性相互配合；埂間灌溉亦適用於【密生點播】等作物，例如水稻灌溉。

【註：坵塊以長方形為原則，長邊以田埂為界，短邊則臨接農路及水路，使其能夠直接排水及臨路灌溉。】



埂間灌溉示意圖

- (三)【水盤灌溉 (Basin irrigation)】：為果樹灌溉方法之一，將果樹四周挖溝灌水，使水能夠覆蓋於果樹四周，若地形良好，則水之覆蓋便可同時圍繞兩棵以上的果樹；各水盤若有相互連接者，便可經由給水渠道輸送至水盤之中。
- (四)【紋溝灌溉 (Corrugation irrigation)】：採用平水溝將灌溉水引入田區的皺紋細溝，由於溝畦之高度差小、溝又淺，因此灌溉時水面可能會淹過畦頂。而條播作物例如高粱、蔬菜、玉米等適用於此種灌溉方法。
- (五)【圍埂灌溉 (Check irrigation)】：圍埂漫灌與埂間灌溉最大的不同，在於圍埂漫灌是依照等高線之高度差每隔 6~13 公分進行圍埂，因此又稱作【等高圍埂 (Contour check)】。通常灌溉時流量較大且地表平坦，若灌溉水用於滲透性較大的土壤，大量水流覆蓋地表甚快，可減少滲漏損失；若是用於黏重土滲透性較小的土壤，並延長覆蓋地表的時間，亦可得到良好效果。



三優點：

- (一)土壤滲透性較小及地形較為平坦的地區，其灌溉設備之【費用較低】。
- (二)水源比較豐富，其灌溉亦較有【機動性】。下雨時，可停止灌溉，以增加灌溉率及雨量有效利用率；枯水時，則能夠集中水量以實施緊急輪灌。
- (三)地表灌溉所需要的【灌溉水頭比較小】。
- (四)【不會因為灌溉而洗掉作物枝葉上的農藥】。
- (五)地表灌溉與噴灑灌溉不同，其施行灌溉時【不會受到風之影響】。
- (六)【無葉面及空中所截留之蒸發損失，亦無飛散水量之損失】。

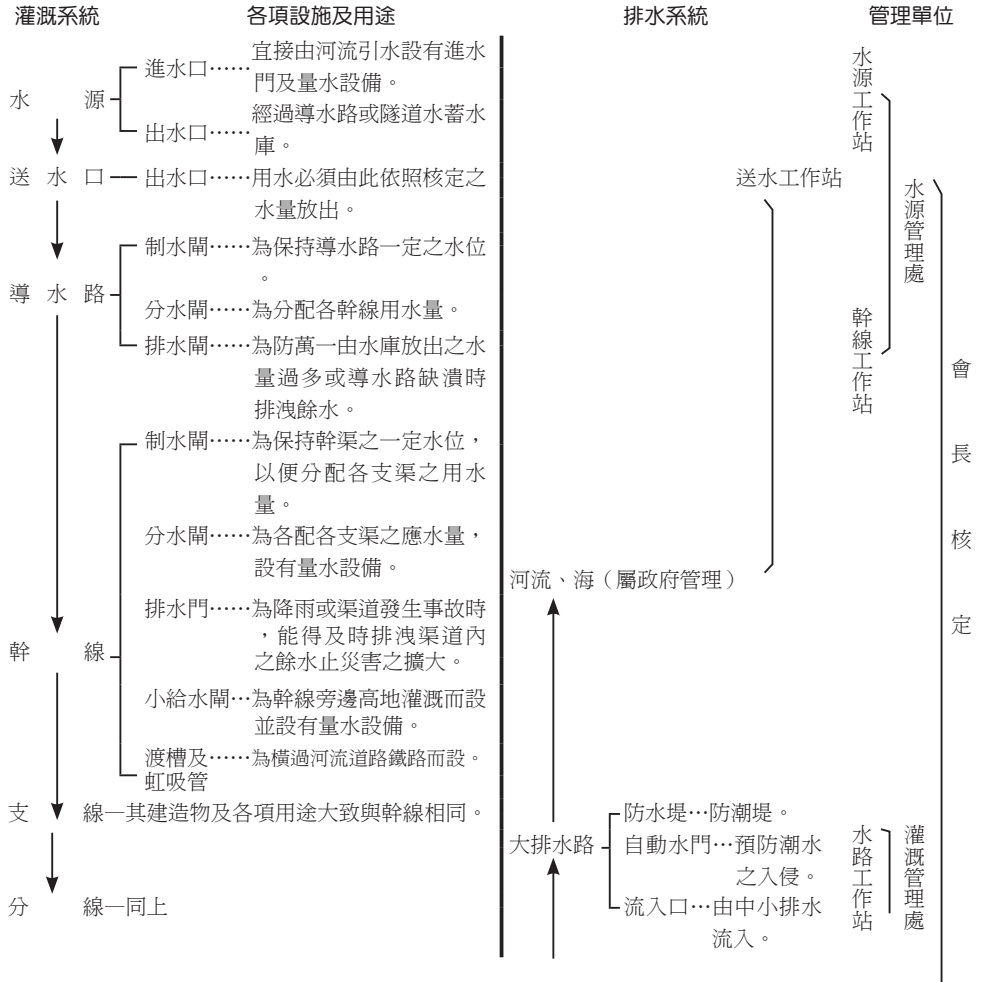
四缺點：

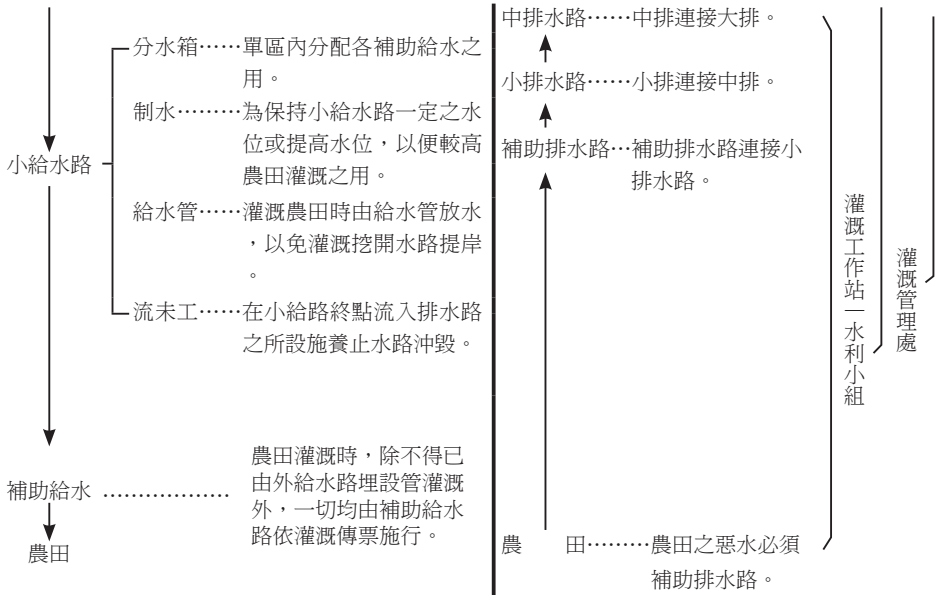
- (一)在施行灌溉的操作過程中較費勞力及時間，因為有畦溝和田埂，故【栽培管理較為不便】。
- (二)田間的灌溉均勻度較小，若管理不善將使灌溉效率降低，故灌溉人員必須【具備較高的灌溉知識】。
- (三)土壤水在表面流動，容易產生【表面硬殼（Crust）】。
- (四)地表灌溉比滴灌及噴灌【需要更多的灌溉水量】。
- (五)地表灌溉的【整地整田費用高】。
- (六)使用地表灌溉，土壤及肥分【容易因沖刷而流失】。

【註：參李和合著，2011，〈灌溉方法〉，《農田水利會技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本》第七冊，頁6～11；郭勝豐、黃振昌著，2001，〈田間灌溉方法〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁4-39～4-45。】



▲各項灌溉設施管理程序：〈87、92、102農田水利會〉





【註：參游俊基、林達雄著，2011，〈灌溉管理概說〉，《農田水利會技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本》第一冊，頁98~99。】



第六章 排水

焦點統整

▲排水之解釋名詞：

一【**臨界水深 (Critical depth)**】：當明渠中之水量為一定時，使比能 (Specific energy) 為最小之水深；或是當比能為一定時，使流量為最大之水深。

【註：一在計劃明渠之設計及建設時，與控制斷面及水面追蹤相關，並須求得之水深，亦為臨界水深。

二當水流之比深 $>$ 臨界水深時，水流為常流。

當水流之比深 $<$ 臨界水深時，水流為射流。】

二【**臨界流速**】：當流量到達臨界水深時的流速。

三【**截流溝 (Intercepting drain)**】：指為收集從區域外之鄰接地流入的逕流水，不讓該流水流入區域內，而沿著地區周邊之等高線設置的水路；或是為了不讓堤防之滲漏水 (外水) 流入，而沿著堤防內部所設置的水路，亦為截流溝。也可稱之為【**捕水溝 (Catch drain)**】。

四【**引水道 (Diversion channel)**】：將截流溝所收集的逕流水引導至排水口，或引導至地區外的水路，因此引水道應儘可能為直線且宜短。且若地形條件許可，引水道多兼用為幹線排水路。



▲排水量之計算：〈102、97農田水利會〉

一總降雨量法：大規模之河川改道計畫，多採用過去最大或發生頻率 50~200 年的降雨或洪水量以作為計畫之依據。但是，若用於農地排水計畫，其排水設施將過於龐大。故農地排水多採用日雨量或長時間連續雨量為研究之對象，且過去所使用之計畫排水量，大多根據於 2 年、5 年、25 年發生一次之暴雨，或是以一日最大雨量之一日平均排出、二日最大雨量之二日平均排出、三日最大雨量之三日平均排出作為農田排水量之計算：

(一)早田排水量：

*公式：

$$\left[Q = \frac{F \times R \times A \times 1000000}{1000 \times 86400 \times N} = \frac{FAR}{86.4N} \right]。$$

Q：排水量 (c.m.s.)。

R：最大降雨量 (mm) (採用計畫頻率之 1、2、3 日之暴雨量)。

A：集水面積 (km²) (1 公頃 = 0.01 km²)。

F：逕流係數，多採用 0.7。

N：排水日數值 (配合計畫降雨量之日數)。

假設 A 為 2 平方公里，則單位面積之流量可依排水日計算：

1.一日降雨一日排出：

$$q_1 = \frac{0.7 \times R_1 \times 2 \times 1000000}{1000 \times 86400 \times 1} = 0.0016R_1 \text{ (c.m.s./km}^2\text{)}。$$

2.二日降雨二日排出：

$$q_2 = \frac{0.7 \times R_2 \times 2 \times 1000000}{1000 \times 86400 \times 2} = 0.008R_2 \text{ (c.m.s./km}^2\text{)}。$$

3.三日降雨三日排出：

$$q_3 = \frac{0.7 \times R_3 \times 2 \times 1000000}{1000 \times 86400 \times 3} = 0.0054R_3 \text{ (c.m.s./km}^2\text{)}。$$

上式中，R₁、R₂、R₃ (mm) 為採用計畫頻率之 1、2、3 日之連續降雨量；q₁、q₂、q₃ (c.m.s./km²) 則是由上述之降雨量導出的比流量。



(二)水田排水量：

*公式：

$$\left[Q = \frac{A(R-D+d) \times 1000000}{1000 \times 86400 \times N} \right]。$$

Q：排水量（c.m.s.）。

R：最大降雨量（mm）（多採用3日之暴雨量）。

A：集水面積（ km^2 ）。

D：水田最大蓄水深（mm），採用150mm。

d：田間灌溉水深（mm），採用50mm。

N：排水日數值（配合計畫降雨量之日數）。

(三)明溝排水量之計算：〈87農田水利會〉

水田地區平均排水量：

*公式：

$$\left[Q = \frac{10 \times C \times R_D \times A}{86400 \times D} \right]。$$

Q：排水量（c.m.s.）。

C：逕流係數。

A：集水面積（公頃=ha）。

D：水稻耐浸日數（通常約2~3日）。

R_D ：D日間的連續雨量（mm）。



二、洪峰排水量之理論公式：倘若旱田不能浸水，或是鄰近之集水區和鄰近坡地坡度過大，使得洪峰之流量無法平均停留於集水區，其截流排水路的設計則應以洪峰流量為計畫排水，洪峰之流量才不會任意漫流。（102農田水利會）

* 公式：

$$\left[Q = 0.2778 f \times r_t \times A \right] \circ$$

Q：計畫流量（ m^3/sec ）。

f：洪峰逕流系數。

A：集水面積（ km^2 ）。

r_t ：洪水流達時間內最大雨量之平均降雨強度（ mm/day ）。

計算之步驟：

(一)先決定排水區域內各面積 A_i （ km ）及逕流係數 f_i 。

(二)決定 10 年發生一次之降雨量 r_{24} 。

(三)再決定與排水路坡降有關之因素：

H_{AB} ：最上游與坡降變化點間之高的差（ km ）。

H_{BC} ：變化點與測點間之高的差，當坡降無變化時，其 $H_{BC} = 0$ （ km ）。

L_{AB} ：自最上游流路至坡降變化點的距離（ km ）。

L_{BC} ：變化點至測點的距離，當坡降無變化時，其 $L_{BC} = 0$ （ km ）。

(四)決定流達時間：

使用 Rziha 實驗公式推算：

* 公式：

$$\left[W_{AB} = 72 \left[\frac{H_{AB}}{L_{AB}} \right]^{0.6} (\text{km}/\text{hr}) \right] \circ$$

$$\left[W_{AB} = 72 \left[\frac{H_{BC}}{L_{BC}} \right]^{0.6} (\text{km}/\text{hr}) \right] \circ$$

$$\left[T_{AC} = \frac{L_{AB}}{W_{AB}} + \frac{L_{BC}}{W_{BC}} (\text{hr}) \right] \circ$$

T_{AC} ：A 到 C 的流達時間。

W_{AB} ：最上游之流路到坡降變化點的流速（ km/hr ）。

W_{BC} ：變化點到測點的流速（ km/hr ）。



(五)決定平均逕流係數：

*公式：

$$\left[f = \frac{\sum (f_i \times A_i)}{\sum A_i} \right]。$$

(六)決定流達時間 T_{AC} 小時內的平均雨量 (mm/hr)：

*公式：

$$\left[r_t = \frac{r_{24}}{24} \left[\frac{24}{T_{AC}} \right]^{\frac{2}{3}} \right]。$$

(七)決定其排水量：

*公式：

$$\left[Q = 0.2778 f \times r_t \times A \right]。$$

旱田之表面逕流係數 (茶野忠夫)

總雨量 (mm)	表面逕流係數	總雨量 (mm)	表面逕流係數
20	0.06	120	0.30
40	0.2	140	0.37
60	0.25	160	0.41
80	0.28	180	0.47
100	0.30	200	0.49

資料來源：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-130。

各種流域狀況下之表面洪峰逕流係數

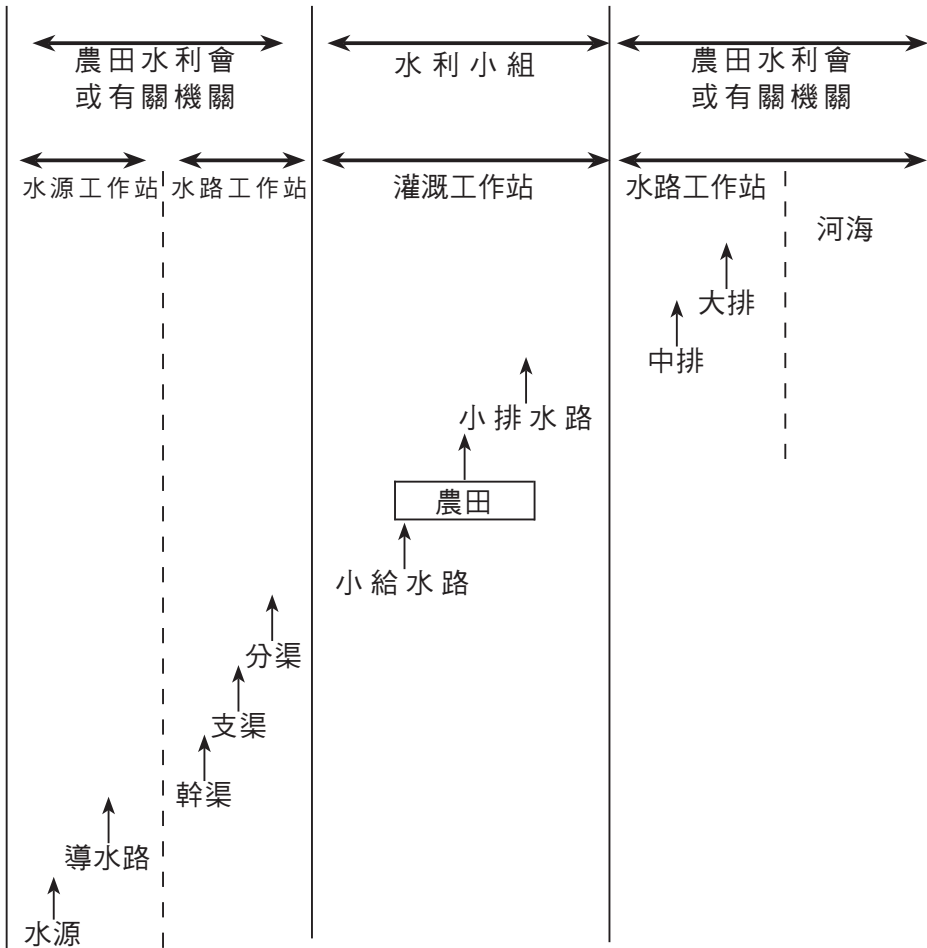
流域狀況	表面洪峰逕流係數	流域狀況	表面洪峰逕流係數
平坦旱地	0.30~0.35	山腹林地	0.45~0.55
緩傾斜林地	0.35~0.45	傾斜裸地	0.55~0.60

資料來源：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-130。



▲管理權責分工：〈87農田水利會〉

為順利操作與執行導水、引水、輸水、配水、給水等作業，管理之業務須有明確之權責劃分，才能達到完善的管理維護。故灌溉排水工程的維護與管理不只是行政院農業委員會農田水利署各管理處工作人員之主要任務，亦是全體會員所應共同負擔之責任。



圖：灌溉排水系統管理權責劃分

資料來源：參鄭昌奇著，2001，〈灌溉排水設施操作與維護〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁5-15。



一、灌溉排水系統管理權責劃分：

經由上圖可知，由水源至大排依序如下，並分層隸屬：

(一)水源工作站：

- 1.水源。
- 2.導水路。

(二)水路工作站：

- 1.幹渠。
- 2.支渠。
- 3.分渠。

以上(一)(二)隸屬於行政院農業委員會農田水利署各管理處(計十七個／前身為農田水利會)或有關機關。

(三)灌溉工作站：

- 1.小給水路。
- 2.小排水路。

以上(三)隸屬於水利小組。

(四)水路工作站：

- 1.中排。
- 2.大排。

以上(四)隸屬於行政院農業委員會農田水利署各管理處(計十七個)或有關機關。



二任務權責之劃分：

(一)水源工作站：

- 1.【水庫區域內建築物及水利用地之管理】。
- 2.水文、水位、水質、氣象之觀測調查。
- 3.機電設備、引水設施及附屬構造物之維修、改善、維護管理、取締及防汛之搶險。
- 4.【排洪之警報及水源河道之巡邏】。
- 5.【排洪、進水、出水之調節與管制】。
- 6.行政院農業委員會農田水利署各管理處交辦事項。
- 7.【違反水利案件之查處】。

(二)水路工作站：

- 1.水文、水質及氣象之觀測調查。
- 2.【水質、輸水及分水之調節與管制】。
- 3.【核定並執行輸水系統灌溉計畫】。
- 4.機電設備、引水設施、及附屬構造物之維修、改善、維護管理、取締及防汛之搶險。
- 5.行政院農業委員會農田水利署各管理處交辦事項。
- 6.違反水利案件之查處。



第八章 灌溉計畫

焦點統整

▲【經濟評價】：〈102農田水利會〉

即對某一灌溉計畫，就工程效益與成本二方面作分析，比較計算。一項計畫應事先作經濟評價，至少其效益應等於成本或效益超過成本，

才有開發價值。亦即 $\frac{\text{效率}}{\text{成本}}$ 之值愈大者，其經濟評價愈高。



▲成本估計：〈92農田水利會〉

可分【總成本及年計成本】（以年計成本與年計效益作比較，來決定該灌溉計畫之經濟評價）。

一總成本：

【灌溉計畫所需之總工程費】，即為其總成本，依其支出之性質，可分為：

(一)【用地及補償費】：

- 1.【土地收購費】。
- 2.【水權費】。
- 3.【公路、鐵路、電力及電信路線之改線費用】。
- 4.【房屋及居民之遷移費】。

(二)【直接工程費】：

即實施計畫內各項永久性工程及建築物所需之人工及材料費。

- 1.【人工費】。
- 2.【材料費及施工機械（包括運輸費用）】。
- 3.【施工機械所用電力及油料費】。

(三)【間接工程費】：

- 1.【為該工程施工必須配備之臨時設施工程費（臨時施工道路、鐵路、電力及電話線、倉庫、工務所及宿舍等）】。
- 2.【地質鑽探及材料試驗費用】。

(四)【預備費】：以工程費百分率計算之（一般約 10%）。

(五)【管理費】：包括施工前之測量設計費以及施工期內一切管理之行政費用（以工程費百分率計算之）。

二年計成本：由總成本換算為年計成本時，首先須確定該灌溉計畫之經濟分析年限，年計成本計算的年數原則上採用【工程設施耐用年數】。

灌溉計畫之年計成本可分：

(一)【固定費用】：

- 1.【利息】。
- 2.【資本恢復率】。
- 3.【年稅捐及保險】。

(二)【設備換新準備金】。

三【運轉及維護費】：依事業、結構物及機械之種類大小和其他因素而定（非為固定，一般按各項結構物建造費之百分率計算）。



▲灌溉用水量之定義：

一蒸發散量（Evapotranspiration，ET）：亦稱之為【作物需水量】（Consumptive use，Cu）。單位為水深（公釐，mm）或是以某種作物生長季節之單位面積水深表示之。

*公式：

【蒸發散量＝作物生長時所需之蒸散水分＋附近土壤蒸散水分】。

二田間需水量（Water requirement，WR）：不論供水之來源是雨水或灌溉水，皆稱之為【田間需水量】。單位為水深（公釐，mm）或是以某種作物生長季節之單位面積水深表示之。

*公式：

【田間需水量＝蒸發散量＋滲漏量（Percolation，P）】。

三田間灌溉用水量（Field irrigation requirement，FIR）：水之來源均為灌溉水，故田間灌溉用水量為田間需水量與有效雨量之差。

*公式：

【田間灌溉用水量＝田間需水量－有效雨量】。

四有效雨量（Effective rainfall，ER）：所指的是灌溉時期所降之雨水，不僅可供作物利用，亦可減少灌溉水量者。換言之，即可供為作物需水量使用之部分水量或全部。

五輪區用水量（Turnout requirement，TR）：為某輪區分水門之流量。

*公式：

【輪區用水量＝田間灌溉用水量＋小給水渠之輸水損失】。

六支線別灌溉用水量（Delivery requirement，DER）：指各輪區分水門流量之和加上支線輸水損失。

*公式：

【支線別灌溉用水量＝各輪區分水門流量之和＋支線輸水損失】。

七系統總灌溉用水量（Diversion requirement，DIR）：各支線水門流量加上幹渠輸水損失。

*公式：

【系統總灌溉用水量＝各支線水門流量＋幹渠輸水損失】。

【註：參陳清田著，2001，〈灌溉排水原理〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁1-86。】



▲計算灌溉計畫中灌溉用水量之主要因子：

- 一【蒸發散量】：灌溉是以滿足並供應作物之蒸發散量為主要目的。而蒸發散量又稱為作物需水量，包括作物之蒸散量及耕地面之蒸散量的總和。其中耕地面又分為旱田及水田，旱田為土壤面，而水田為水面。
- 二【滲漏量】：灌溉水自渠道流入田區之後，大部分之水量會受到重力影響而滲入土層，成為土壤水。然而，當土壤之水分持續累積超過根系土壤之吸力時，便會滲至根系之下，該部分水量即為滲漏量。

各種土壤之滲漏量				
土壤種類	砂土	壤土	黏質壤土	黏土
滲漏量 (mm/day)	25.00	8.80	6.85	4.04

- 三【有效雨量】：指降雨量中可作有效利用之部分。



〔例題〕以本書第二部分〈附表二〉為例。〈97農田水利會〉

翻耕部分飽和需水量，假定由測驗得下列資料：

空隙率（體積百分比）	60%
毛管水（體積百分比）	5%
翻耕深度	200 mm

翻耕部分飽和需水量如下：

$$200 \text{ mm} \times \frac{60-5}{100} = 110 \text{ mm}。$$

再加上 30 mm 之用水作為整田及移植時之水分滲透，共計需要之整田水量為：

$$110 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 140 \text{ mm}。$$

3. 本田：本田之用水從水稻移植後，便可開始灌溉，直到成熟末期便可停止。期間之田間需水量包括本田之蒸發散量及土壤滲透量。

(三) 田間灌溉用水量（FIR）：田間需水量－有效雨量。其單位為流量（c.m.s.）、用水深（mm）、體積（m³）等。

水稻田中之田間灌溉用水量所需注意者：

1. 秧田用水及第一期作之整田期不計入有效雨量。
2. 若要計算斷水開始之後的有效雨量，則應按照斷水面積之增加以逐日減遞有效雨量。
3. 於移植秧苗之錯開期間中，其有效雨量應按照實際移植完成的面積比例計算之。



(四)輪區用水量 (TR)：

*公式：

【輪區用水量 = 田間灌溉用水量 + 水路輸出損失量】。

秧田用水因流量較少，故該輸水損失率應另外考慮，但通常以 50% 計算之；小給水路之輸水損失則應以查定之輸水損失率計算之。

(五)旬計田間用水量：

*公式：

【旬計田間用水量 = 旬計田間需水量 - 旬計有效雨量】。

(六)水門用水量之計算：

*公式：

【水門用水量 = 田間用水量 + 小給水路之輸水損失量】。

【註：參見本書第二部分〈附表三〉。】

三灌溉計畫大致分為兩大類：第一類為【系統灌溉計畫】，即在一個廣大區域內，由一個灌溉水源所規劃的一個灌溉區域，所擬訂之較為粗放的灌溉計畫；第二類為【輪區灌溉計畫】，也就是以一個輪區為單位所擬訂之較為精密的灌溉計畫。



四旱作灌溉計畫：以噴灑灌溉為例：

- (一)【調查設計所需的基本資料】：包括氣象、地形、土壤、水文、水質、水源、動力源及種類、耕種作業及作物之情形。
- (二)【決定一次施灌水深】：每次灌溉時，供給土壤水分回復至田間水量所需的水量，稱為【一次純灌溉水量】，可用下式計算：

*公式：

$$\left[D_n = \frac{(FC - P_v) A_s \cdot Z_r}{100} \right]。$$

D_n ：一次純灌溉水量（公釐）。

FC ：田間含水量（重量%）。

P_v ：灌溉前土壤含水量（%），通常在 $\frac{1}{2}$ 有效水分上下。

A_s ：土壤假比重。

Z_r ：根層深度（公釐），各作物有別，在不同生長階段亦不相同。

實際施灌水量，亦即粗灌水深 D_1 ：

*公式：

$$\left[D_1 = \frac{D_n}{E} \times 100 \right]。$$

E ：灌溉效率（%）。

(三)灌溉期距估算：

*公式：

$$\left[F = \frac{D_n}{U} \right]。$$

F ：灌溉期距（天）。

U ：作物耗水量（公釐/天），影響作物耗水量因子頗多，包括氣象因子、作物因子、有效水的供應情況、土壤質地及地形、灌溉管理等，因此各地區、各作物、各期作均有不同。



(四)系統容量：可於施灌期距之內，完成灌溉某一區域面積之系統設計容量。

*公式：

$$\left[Q = 2.78 \frac{D_1 \times A}{F \times H} \text{ (公升/秒)} \right]。$$

D_1 ：粗灌水深（公釐）。

A：灌溉面積（公頃）。

F：灌溉期距（天）。

H：一天可灌溉作業時間（hr）。

五水平衡：因為供需水量之雙方皆處於同一灌溉系統之中，故理想之灌溉應為滿足供應水量之雙方的平衡。

故：【 $Q_{\text{supply}} = Q_{\text{demand}}$ 】。

【註：參張煜權著，2001，〈灌溉計畫〉，《灌溉排水營運管理》，行政院農業委員會，頁2-18~2-29。】



▲計算題實例：

〔題組一〕流量與灌溉容量及灌溉水深之間之關係。

一、何謂 1 秒立方公尺 (1 c.m.s.) ？

答：1 秒立方公尺為公制的單位流量。指以 1 秒鐘 1 公尺的流速，流經輸水渠道橫斷面 1 平方公尺所得的流量；即為每秒流過 1 立方公尺的流量稱作 1 c.m.s.。

例如，「 $Q=0.880$ c.m.s.」即為每秒流經 0.880 立方公尺的流量。「 $Q=1.50$ c.m.s.」即為每秒流經 1.50 立方公尺的流量。

二、倘若 1 秒鐘流灌溉渠道 1 立方公尺的流量，則 1 天可輸送多少水量？

答：1 天為 24 小時 = 24×60 分鐘 = 1440 分鐘 $\times 60$ 秒 = 86400 秒。

故 1 天所能輸送之水量為： $1 (\text{m}^3/\text{秒}) \times 86400 \text{ 秒}$
 $= 86400$ (立方公尺)。

三、1 秒立方公尺 (1 c.m.s.) 的流量，於 1 天之內可灌溉 1 公頃面積田地之水深為多少？〈87 農田水利會〉

答：1 c.m.s. 之流量 1 天可以輸送 86400 立方公尺的水量，而 1 公頃 (ha) = $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10000 \text{ m}^2$ 。

故 1 秒立方公尺 (1 c.m.s.) 的流量，於 1 天之內可灌溉 1 公頃面積田地之水深為：

$86400 \text{ m}^3 \div 10000 \text{ m}^2 = 8.64 (\text{m}) = 8640 (\text{mm})$ 。

四、已知 1 秒立方公尺 (1 c.m.s.) 的流量於 1 天灌溉 1 公頃之水深為 8.64 公尺，若要 1 天灌溉 1 公頃且其水深為 1 公尺的田地，則需多少流量？

答：由於 1 c.m.s. 之流量 1 天可灌溉之水深為 8.64 公尺，現只需灌溉 1 公頃，且其水深為 1 公尺的田地，所需水量之計算如下：

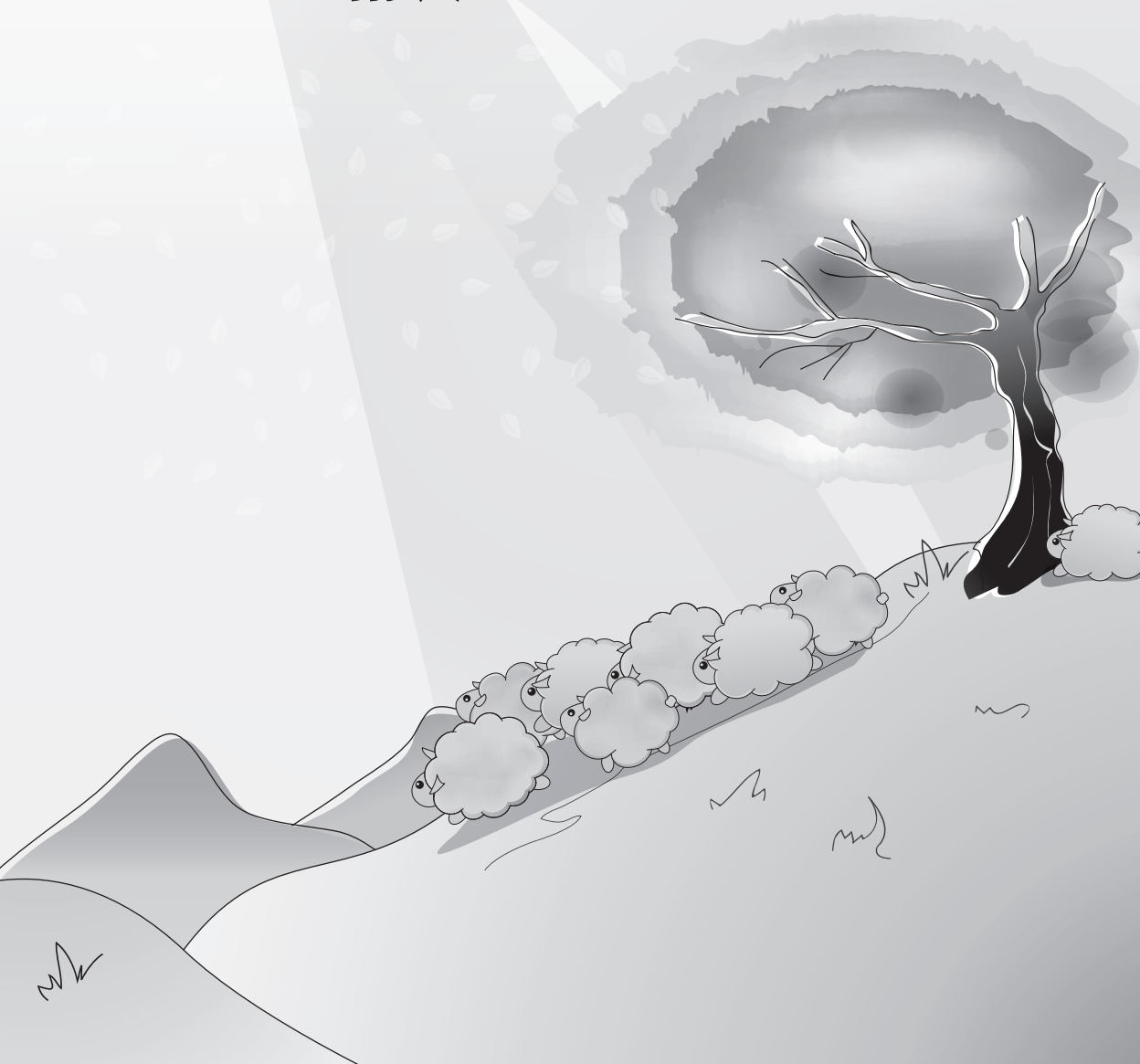
$$\begin{array}{cc} D (\text{水深}) & Q (\text{流量}) \\ 8.64 & 1 \\ 1 & X \end{array}$$

即為 $8.64 : 1 = 1 : X$

故 $X = \frac{1}{8.64} \doteq 0.1157 (\text{c.m.s.})$ 。

第二篇

附表





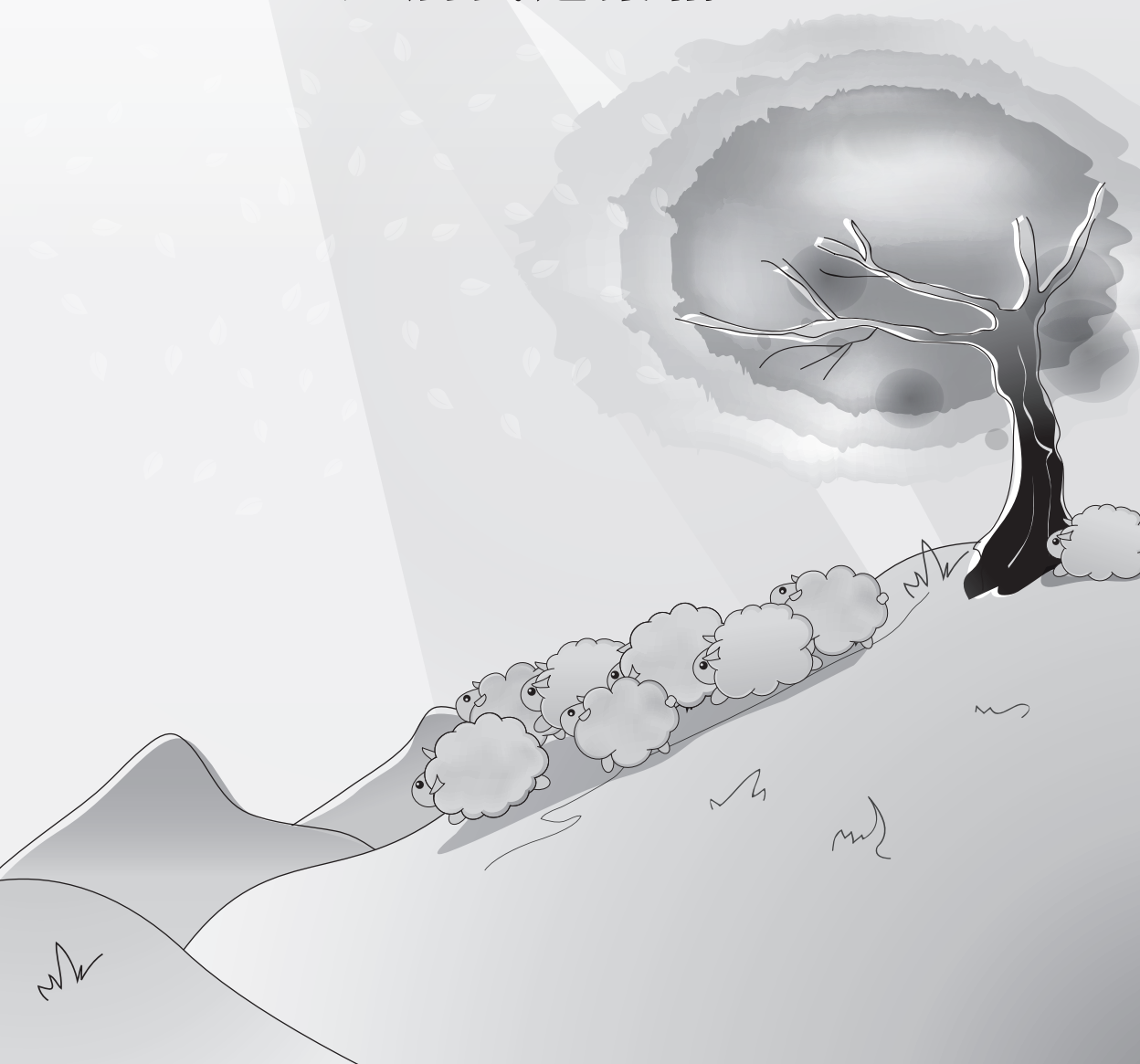
附表一 行政院農業委員會農田水利署桃園管理處需水量設計簡表

田間需水量（單位：公釐）

項目	秧田						浸田		整田	本田				該期作折合本田面積之總水深		
	折合本田面積比例	秧田整地（供給1次）	秧田補給水			折合本田面積之秧田總水深	1次	2次		日水深		期距			本田期間總水深	
			日供水深	期距（天）	灌溉日數（天）					自插秧完一個月內	自插秧完31天後	自插秧完一個月內（天）	自插秧完31天後（天）			
																自插秧完一個月內
第一期作	輕黏土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	40	32	100	50	30	7.2	6.0	3	6	756	968
	黏質壤土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	40	32	100	50	30	7.6	6.4	3	6	804	1016
	砂質黏土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	40	32	100	50	30	8.1	6.7	3	6	846	1058
	砂質壤土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	40	32	—	—	180	10.1	8.4	3	6	1059	1271
第二期作	輕黏土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	15	17	100	50	30	7.6	6.4	3	6	740	937
	黏質壤土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	15	17	100	50	30	8.1	6.7	3	6	779	976
	砂質黏土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	15	17	100	50	30	8.4	7.0	3	6	812	1009
	砂質壤土	$\frac{1}{25}$	200	15	4	15	17	—	—	180	10.8	9.0	3	6	1044	1241

第三篇

歷屆試題彙編





● 八十七年臺灣省各地農田水利會儲備新進職員甄試

● 是非題

- (×) 1. 灌溉用之水溫與水質對作物之生長及產量無影響。
【註：一不良水質不但使作物生長受害，對土壤之理化性亦可產生不良影響。
二溫度係一物理變因，對生物之繁殖與活動均有很大的影響，其他如各種化學反應速率、氣體之溶解度等，均和溫度關係密切。】
- (○) 2. 在明渠中堰口量水設備為測量最經濟且最精確之量水構造物，惟需足夠的水頭才適用。
- (×) 3. 制水汴係一條以上給水路分歧點之構造物，為分配、調節水量給各單區水路之用。
【註：本敘述為分水箱而非制水汴。】
- (×) 4. 農地重劃與農田水利關係，在農地重劃同時無法改良灌溉及排水系統。
- (○) 5. 土壤有效含水量之上限為田間容水量（Field capacity），下限為永久凋萎點（Permanent wilting point），其間土壤水分為作物所能有效利用者。



● 選擇題

(A) 1.明渠排水溝內水面低於地面：(A) 0.25 m (B) 0.10 m (C) 0.05 m。

(B) 2.量測堰之水頭應為堰頂與距堰上游約為堰頂最大水頭：(A) 同高 (B) 4~6倍 (C) 堰頂之處。

(B) 3.灌溉供水1c.m.s. (m^3/sec)，一天灌溉一公頃面積之水深為：(A) 10m (B) 8.64m (C) 3.60m。

【註：1c.m.s.之流量一天可輸送水量 86400m^3

而1公頃 $=100\text{m} \times 100\text{m} = 10000\text{m}^2$

故所求 $= \frac{86400\text{m}^3}{10000\text{m}^2} = 8.64 \text{ (m) }。$ 】

(C) 4.臺灣的年平均降雨量為：(A) 3000 mm (B) 1500 mm (C) 2500 mm。

【註：臺灣平均年降雨量，由等雨量線計算為2500mm，沿海降雨較少，向中央山脈漸增。】

(B) 5.灌溉污染質之砷對人身體會產生：(A) 痛痛病 (B) 烏腳病及癌 (C) 腹痛與下痢。



九十二年農田排水灌溉設施管理－田間項丙級技術士技能檢定

● 是非題

- (X) 1.灌溉效率最高之灌溉方法是溝灌法。
- (O) 2.災害發生前，對各項機械設施較易流失之附屬零件，應特別留意，隨時補齊。
- (X) 3.倒虹吸工和跌水工之用途完全一樣。
- (X) 4.農田水利會工作站轄區平面圖中「◎」之符號表示淺井抽水機。
- (O) 5.灌溉方法中，輪灌法的主要優點是可節省灌溉用水，而其缺點是田間較易生雜草。
- (O) 6.灌溉地籍資料為擬訂灌溉用水計畫、會籍整理、會費徵收、工程設計與改善及灌溉管理之基本依據。
- (O) 7.放樣符號\$表示此墨線為一中心線。
- (O) 8.渠道之沉砂池之功能為沈積經渠前排砂道及渠首之除砂管沖排後處，再流入渠道之泥沙。
- (O) 9.灌溉之量水設備與電錶、水錶有同樣之功能，可作徵收水費之用。
- (O) 10.梯形或矩形渠道內側坡（內坡）為構成渠道斷面之水力要素，為保護其安全，並防止水量滲漏，常採用適當材料襯砌而成內面工渠道。
- (O) 11.混排塊石表面必須保持清潔及濕潤。
- (X) 12.監工人員對於承包商不合規範之機具、材料、人工，反正也是施工，可將就辦理。
- (O) 13.所謂的歲修工程是指已設施之水利工程，其平時保養及除障等工作。



- (○) 14.最有效率的管理就是最安全的管理，最安全的操作方法就是最有效率的操作方法，因此，為了發展生產事業就必須講求安全衛生。
- (○) 15.每項材料運入工地時，監工人員均應詳細檢查規格及數量並加以記錄。
- (○) 16.各分水門的標高很重要，應特別留意。
- (○) 17.水源工作站一般管理水源（渠首工）及導水路。
- (○) 18.自河道及湖泊池塘引水入渠道之設施為渠首工程，主要由攔河堰及取水工構成。
- (○) 19.進水口排砂門，具有減少水路被淤積及穩定流心等作用。
- (×) 20.臺灣地區乾旱之趨勢，顯現北部地區較南部地區嚴重，且有雨量逐年減少之趨勢。
- (○) 21.農田灌溉用水應由指定水口另修給水路網引水入田，不得私開水口。
- (○) 22.農田水利會工作站轄區平面圖中「」之符號表示孔口。
- (○) 23.有效雨量可供給作物需水量的一部分或全部。
- (○) 24.後視－前視＝兩點間高程。
- (○) 25.灌溉排水受益變更應由關係人填具申請書，於每期會費開始徵收前三個月間當地農田水利工作站提出申請。
- (○) 26.水門用水量＝田間用水量＋渠道輸配水損失量。
- (○) 27.洪水期間，農田水利會管理之水庫，洩洪前應依規定通知有關機關採取必要之防護措施。
- (×) 28.內面工完工後拉線高度上之木材，不影響工程可以留著不管。
- (○) 29.排砂道排砂時應關閉進水口閘門，並俟排砂閘上游淤滿後始開啟排砂閘。
- (×) 30.計畫水門用水量不考慮計畫輸配水損失量。
- (×) 31.第二期水稻後與第一期水稻前之休閒期間在水田所種植之作物稱為中間作。
- (○) 32.灌溉計畫中秧田與整田需水量均不計有效雨量。



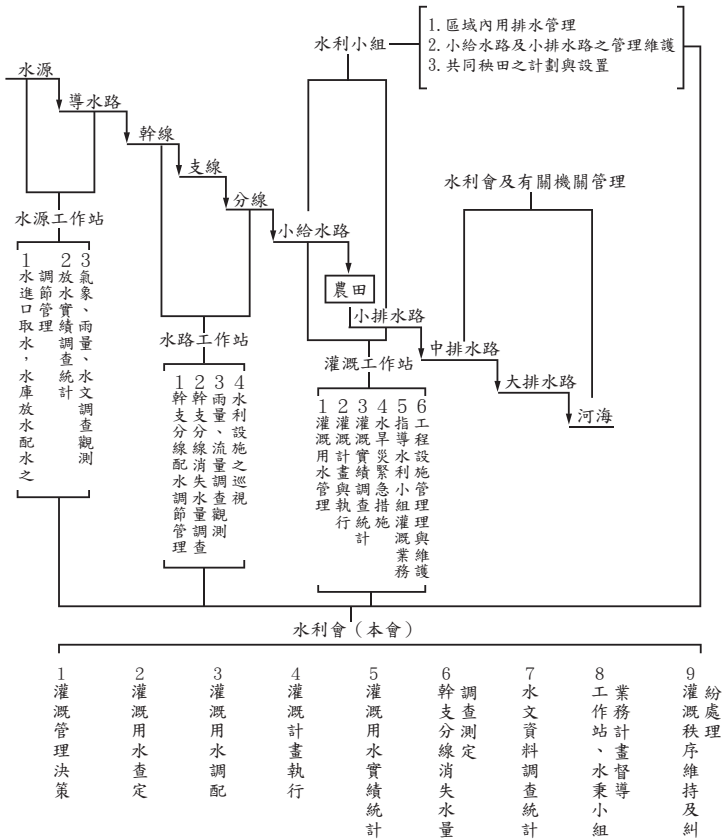
- (X) 33.擬訂排水計畫時，僅需考慮內水位，不必再考慮外水位，因為外水位不致影響安全及排水效果。
- (X) 34.支線分水門功能為調配給水路之用水，不需量水設備。
- (O) 35.排水制水閘上游常有阻擋雜物，應經常清除。
- (O) 36.給水路通常係指在各幹、支、分渠上設置水門分水至田間之水路。
- (O) 37.高填土容易發生潰決和崩塌，應防止渠水在該處漫溢。
- (O) 38.水源設施是以儲蓄或攔截或抽取天然水源之設施。
- (O) 39.倒虹吸工為穿過河川、水路、道路或阻礙物底下管內滿管之構造物。
- (O) 40.農田水利會工作站轄區平面圖中「 $\bigcirc_{\Delta\Delta}$ 幹線」之符號表示進水口。
- (O) 41.進水閘門在颱風或繼續降雨時期除須灌溉以外，應將閘門關閉。
- (O) 42.目前各農田水利會所實施輪流灌溉制度最符合現代的灌溉意義。
- (O) 43.渠道出水高是對於渠道糙率係數之變動、流速水頭變換為靜水頭水面之上昇及對水面波動所需增加之高度。
- (O) 44.電動機之止逆裝置，斷電停抽時，抵消水柱回流水錘反向轉力。
- (X) 45.防汛器材與裝備及機械備品應在防汛期前置於本會，以供搶險、搶修、修復與加強巡邏之需。
- (O) 46.泥砂入侵水井處理抽水時，須反覆抽停至水色澄清後即予暫停，回升至靜水位後再行開動。
- (O) 47.農田水利會應維護其所管理水庫設施之安全，經常檢查分析，採取必要之改善。
- (X) 48.消能構造物設計時，對於急流動能之消滅方法，恆以碰擊及表面摩擦為主，以促成水躍為輔。
- (O) 49.管路中有空氣，影響水流，易造成破管，故須有排氣設施，以排除管路中之空氣。
- (O) 50.職業係指個人之職務或工作，但須具備下列條件：一須有報酬；二須有繼續性；三為法律許可或善良風俗許可。



二簡述灌溉排水工程相關之下列各題：

- (一)請以圖示灌溉排水系統之架構。
- (二)請說明渠首工之主要構造物名稱。
- (三)請列舉灌溉輸水系統內常見之構造物名稱。

答：(一)



各項灌溉排水設施管理程序



- (二) 1.攔河堰。
 - 2.進水閘。
 - 3.抽水設備。
 - 4.排沙設備。
 - 5.護坡。
- (三) 1.渠道內外面工：具有減少滲漏、節省用水、降低粗糙係數、縮短輸水時間、增加通水能力、減少工程用地、避免雜草叢生、確保渠道斷面完整性之功能。
 - 2.渡槽：渠道貫穿山嶺的設施。
 - 3.倒虹吸工：為穿過河川、水路、道路或其阻礙物底下，而管內為滿管之構造物。
 - 4.陡槽（急流工）：其作用與跌水工相同，作為調整渠道坡度之用，通常在渠道縱向距離較長而坡度較為均勻時設置陡槽。
 - 5.跌水工：為調節或減緩渠道縱坡，以消除水流過剩的能量，而在渠道間設置的落差工。
 - 6.過水橋。
 - 7.隧道：渠道貫穿山嶺的設施。
 - 8.涵洞、暗渠：為穿越道路，而其水流成自由流之構造物，其形狀為箱形或管形。
 - 9.流末工：渠道的末端，與排水或河川相連接的設備。
 - 10.流入工。
 - 11.沉砂池：為減低引進水源中的含砂量而設施的沉砂和排砂設備。
 - 12.溢流道：為保護渠道安全，將渠道多餘水量，排洩至河川或排出的設施。有虹吸管和側溢道二種形式。



丙級技術士技能檢定農田灌溉排水設施維護管理－田間項

● 是非題

◎第一部分

- (X) 1.稻田一半以上穀粒呈黃金色，其餘尚為綠黃色時，仍需灌溉 5~10 公分之水深，以便穀粒飽滿。
- (O) 2.所謂有效雨量，是指降雨能供給作物生長利用的部分，利用有效雨量可以減少灌溉用水量。
- (O) 3.灌溉方法中，續灌法的優點是用水管理容易、田間雜草較少；而其缺點是浪費灌溉用水、土壤通氣不良且作物易罹病害。
- (O) 4.灌溉方法中，輪灌法的主要優點是可節省灌溉用水，而其缺點是田間較易生雜草。
- (X) 5.輪灌的順序，應俟水流至水路尾端達到一定水平後，由上而下依次開啟水門。
- (O) 6.如枯水時期流量豐富，河川流路及水位穩定，且少有泥沙進渠之慮時，通常可免設攔河堰；此類引水方式特稱為「自然引水渠首工」。
- (O) 7.河川引水之進水口，應儘可能設在河道彎曲段之凹岸，並以設在彎曲段之下半段為原則。
- (X) 8.開啟洩洪閘宣洩河水時，如果僅需要宣洩部分流量，應先開放距進水口最近之洩洪閘，待該閘全開啟後，再開啟鄰接之洩洪閘，始不致於促進河床質進渠。
- (O) 9.與田埂間漫灌法比較，噴灌法具有下列主要優點：可應用於起伏不平的土地，省免整平費；可免過量深層滲漏與地面逕流損失；可減省興築水渠與田埂之農地。



- (X) 10.田埂間漫灌適用於起伏不平的土地，可避免過量深層滲漏與地面逕流損失；適用於一切作物。
- (X) 11.排砂道排砂時應開啟進水口閘門。
- (O) 12.排砂道排砂時應關閉進水口閘門，並俟排砂閘上游淤滿後始開啟排砂閘。
- (O) 13.內面工渠道設計時，考慮最佳水理斷面是為了同一通水斷面中，尋求潤周最小及水力半徑最大而能獲得最大流量之斷面。
- (O) 14.渠首工施設魚道時，魚道位置型式及水理條件均須適合溯河魚類特性，因此應先調查魚類習性；若無溯河魚類，可不設魚道。
- (X) 15.渠道設計考慮最大容許流速是為了水流中泥沙不致淤積及水中不生長植物。
- (X) 16.渠道設計考慮最小容許流速是為了渠道面不為流水所沖蝕及不發生水理上不安定流況。
- (O) 17.連接開渠之虹吸工、暗渠、隧道等，因需排除淤積泥砂，其設計流速應大於鄰接渠道之設計流速。
- (X) 18.目前生態保護廣受重視，因此施設攔河堰時，不論有無溯河魚類，也不論溯河魚類特性，祇要任選一種型式魚道設計即可，其位置及水理條件均不須考慮，因魚類習性皆大同小異。
- (O) 19.渠道出水高是對於渠道糙率係數之變動、流速水頭變換為靜水頭水面之上昇及對水面波動所需增加之高度。
- (O) 20.渠道襯砌內面工主要在防止渠道之漏水，節省用水，減少渠道損害，減小渠道斷面，減少用地及提高渠道容許流速及坡度等。
- (O) 21.混凝土內面工通常視其厚度，於適當的間隔設置收縮縫、膨脹縫或施工縫。瀝青、土質等材料即不需設接縫。
- (X) 22.渠道襯砌內面工坡面設排水孔（Weephole）是為了排除渠道內超出設計流量的水量。



- (○) 23.渠道襯砌內面工坡面設排水孔（Weephole）是為了排除地下水。
- (×) 24.消能構造物設計時，對於急流動能之消滅方法，恆以碰擊及表面摩擦為主，以促成水躍為輔。
- (○) 25.巴歇爾量水槽之大小是以喉道寬為準。
- (○) 26.設計排水斷面時，平時排水以地下水流出、灌溉排水或家庭及工業廢水為主要考慮對象。
- (×) 27.一般排水計畫對平時排水與洪水時排水大都採用同一排水路，計畫時僅須滿足洪水時之條件，不須再考慮平時排水時之條件。
- (×) 28.擬訂排水計畫時，僅須考慮內水位，不必再考慮外水位，因為外水位不致影響安全及排水效果。
- (○) 29.排水計畫「初步調查」為認定計畫之需要性、工程之可行性、優先順序之依據資料，而勘查報告往往須在短期間內提出，故不要求高精度之調查。
- (○) 30.一般農地排水計畫可考慮有限度容許浸水，但對於旱作田及水田裡作物卻不容許積水。
- (○) 31.排水計畫之計畫水位與區域內之暗溝排水有密切關聯，故擬定計畫時應與區域內之暗溝排水計畫密切配合，以增加排水效率。
- (×) 32.擬定排水計畫時應先考慮採用機械排水，因工程費及維護管理費等均比重力排水低。
- (○) 33.影響重力排水之主要因素為外水位及排水口。
- (×) 34.抽水機效率依揚程而異，排水計畫採用最高揚程者最經濟。
- (×) 35.一般機械排水與重力排水合併運用時，較高地段採用重力排水，較低窪地區平時以機械排水，洪水時外水位上昇時則以重力排水。



- (○) 36.地面坡度大，排水路超過最大容許流速時，可以跌水工或急流工等設施緩和坡降或以內面工增加最大容許流速。
- (×) 37.要維持土壤中「水分－氧氣－鹽分」的平衡，施以灌溉即可，不須考慮排水功能。
- (○) 38.一般作物在萌芽或生長初期對鹽分之忍受性較弱，成熟期較強。
- (○) 39.改良鹽分土壤以確保作物產量的方法，雖可消極的選擇耐鹽作物或採用深耕法，然而最積極有效的方法莫過於加強淋洗，必要時並配合化學藥劑處理。
- (○) 40.淋洗的基本要件即地下排水情況必須良好，而且灌溉水（或降水）必須水質良好水量充足。
- (○) 41.灌溉排水「渠道」為將定量之水，由某一地點安全輸送至另一地點之輸水設施。
- (×) 42.灌溉排水渠道之幹、支、分線，小給水路均由上游端起算。
- (○) 43.渠道依型式分類，有明渠型式及管路型式兩種。
- (×) 44.渠道縱向坡度亦為構成渠道斷面之水力要素，縱坡愈大水流流速愈大，斷面愈可縮小，最大坡度不受限制愈大愈好。
- (○) 45.梯形或矩形渠道內側坡（內坡）為構成渠道斷面之水力要素，為保護其安全，並防止水量滲漏，常採用適當材料襯砌而成內面工渠道。
- (×) 46.輸水暗渠設施，其斷面僅圓形一種。
- (○) 47.自河道及湖泊池塘引水入渠道之設施為渠首工程，主要由攔河堰及取水工構成。
- (×) 48.用於引水之攔河堰只考量設堰取水即可，不必考慮其他附屬設施。



一〇五年農田水利會新進職員聯合統一考試試題解答

● 選 擇 題

- (A) ▲下列何者不在灌溉用水水質標準之氫離子濃度指數(pH值)限值範圍內？(A) 5 (B) 6 (C) 7 (D) 8。

註解 依據灌溉用水水質標準之規定，氫離子濃度指數(pH值)限值範圍為6~9。

- (C) ▲下列何者不是地表灌溉法？(A) 水盤灌溉法 (B) 畦溝灌溉 (C) 噴灑灌溉 (D) 埂間灌溉法。

註解 地表灌溉法指的是將水從田區上端流至下端，並一面滲漏一面前進，稱為地表灌溉(Surface irrigation)。地表灌溉分為有控制灌溉及無控制灌溉，無控制灌溉為一種古老的灌溉方法，一般稱之為漫灌；有控制灌溉則分為畦溝灌溉、埂間灌溉、水盤灌溉、紋溝灌溉、圍埂漫灌等。

- (A) ▲下列哪一個金屬離子沒有列入灌溉用水水質標準？(A) 錫 (B) 鐵 (C) 銅 (D) 鉛。

註解 灌溉用水水質標準所列之金屬離子包括：鈷(Co)、銅(Cu)、鉛(Pb)、鋰(Li)、錳(Mn)、汞(Hg)、鉬(Mo)、鎳(Ni)、釩(V)、鋅(Zn)、鋁(Al)、鈹(Be)、鎘(Cd)、鉻(總)(Cr)、鐵(Fe)。



一〇九年農田水利會新進職員聯合統一考試試題

● 選擇題

- (A) ▲農業用水包含灌溉用水、養殖用水、畜牧用水，用水量由多至寡依序為下列何者？ (A) 灌溉用水 > 養殖用水 > 畜牧用水
(B) 養殖用水 > 灌溉用水 > 畜牧用水 (C) 畜牧用水 > 灌溉用水 > 養殖用水 (D) 灌溉用水 > 畜牧用水 > 養殖用水。
- (A) ▲台灣灌溉用水來源比例，下列何者最高？ (A) 河川 (B) 水庫 (C) 壩堰 (D) 地下水。
- (C) ▲台灣南部豐枯水期降雨量比值，約為下列何者？ (A) 6:4 (B) 8:2 (C) 9:1 (D) 7:3。
- (A) ▲灌溉用水工構造物於地理資訊系統中，常以下列何種方式呈現？ (A) 點 (B) 線 (C) 面 (D) 三角網格。
- (B) ▲颱風豪雨發生時，通常利用灌溉排水閘門控制系統調節水門以避免農田淹水，其操作方式為下列何者？ (A) 進水門開啟、排水門開啟 (B) 進水門關閉、排水門開啟 (C) 進水門開啟、排水門關閉 (D) 進水門關閉、排水門關閉。
- (B) ▲灌溉渠道於地理資訊系統中，常以下列何種方式呈現？ (A) 點 (B) 線 (C) 面 (D) 三角網格。
- (C) ▲農業灌溉系統中常包含埤塘，下列何者非屬灌溉系統中埤塘應有之功能？ (A) 防洪 (B) 調蓄水量 (C) 養殖魚介 (D) 灌溉。
- (B) ▲當發現排水路之渠道因流速過高發生沖刷，可用下列何者處理？ (A) 渠首工 (B) 跌水工 (C) 渡槽 (D) 暗渠。



一〇一一年灌溉管理組織新進農田水利事業人員甄試試題

● 選 擇 題

- (C) ▲水田灌溉的尖峰用水量會發生在下列哪一個時期？(A)分蘖期 (B)收穫期 (C)整地期 (D)抽穗期。
- (B) ▲所謂的灌溉率是指下列何者表示方式？(A)灌溉面積佔耕地面積的比例 (B)每秒立方公尺水量所能灌溉的面積 (C)灌溉水量佔作物總需要水量的百分比 (D)到達田間的水量佔水源放水量的比例。
- (A) ▲下列何者是灌溉期距的計算方式？(A)一次灌溉水深／田間灌溉用水量 (B)一次灌溉水深／田間灌溉需水量 (C)一次有效雨量／田間灌溉用水量 (D)一次有效雨量／田間灌溉需水量。
- (D) ▲為因應農村都市化及氣候變遷導致水文異常，平地農田排水設計標準也隨之轉變，下列何者為現行的標準？(A)連續三日內最大降雨量，於三日內平均排除 (B)2至5年頻率日暴雨量，以1日至3日平均排除 (C)5至10年重現期之日暴雨量，以1日降雨平均排除 (D)10年重現期距之1日暴雨量，以1日排除的平均流量。
- (D) ▲輪流灌溉的順序是依照下列哪一項為最大原則？(A)由上而下，先左後右 (B)由上而下，先右後左 (C)由下而上，先右後左 (D)由下而上，先左後右。




主要參考書目 (特此致謝!)
 

《灌溉與排水學》(上)(下)	張建勛編著 民國59年7月修訂五版 國立編譯館
《灌溉與排水》(上)(下)	楊清財、林守吉、李金樹、馬延齡等編著
《灌溉與排水》	原編撰人張建勛 修訂人蔡明華 民國74年6月初版 中國土木水利工程學會
《灌溉排水原理》	施嘉昌、徐玉標、曹以松、甘俊二等編著 民國73年元月修訂版 中央圖書出版社
《農田水利會技術人員訓練教材 灌溉管理合訂本》	游俊基、林達雄等編著 民國100年8月 農田水利會聯合會編印
《灌溉工程學》	行政院農業委員會 民國109年5月
《灌溉原理》	行政院農業委員會 民國109年5月
《灌溉排水營運管理》	陳清田等編著 民國90年 行政院農業委員會

【本書多處引用前述專家、學者論著及精闢之見解，特此感謝！】

新編

農田灌溉排水概要

綜合題型破題奧義

名譽編輯◆李如霞老師

執行編輯◆趙國華、廖佩萱

封面設計◆迪生設計公司

發行◆新士明文化有限公司

公司地址◆402-51 台中市南區永和街 287 號 1 樓

網路商城◆www.MOEX.com.tw

購書專線◆0905576667 (= Line Id)

服務電話◆04-22855000

ATM轉帳◆(013) 236-50-6089895 (國泰世華)

ATM轉帳◆(013) 235-03-5016578 (國泰世華)

讀者信箱◆will0107moex@gmail.com

登記字號◆局版業字第 0231 號

出版日期◆中華民國 111 年 11 月 01 日出版 四版一刷 / WE012-D

定價 880 元

本書如有缺頁、倒裝或其他裝訂不良等情形，請電洽公司，將有專人為您服務

版權所有 · 翻（盜）印必究