

第一章 概說

1.1 灌溉排水的原始意義

植物的正常生長，有賴於若干維持正常之必要條件；如水份、日光、空氣、溫度等因素，均須配合其生長之需要。此外如土壤之性質、肥料之施用、病蟲害之防治、耕作方法與技術之改進等，均足以影響作物之滋長繁殖。上列各因素有屬於天然環境，未必盡為人力所能改變或調節控制，而植物之生長對上述各項因素之反應，亦因時因地而輕重緩急不同。但農業科學之研究，其目的為改善作物之生存環境，或改良作物之品種，使其適應天然環境，例如品種之選擇或由育苗之改良，使作物增加其抗病、抗寒、耐旱之能力等，皆可視作以人為方法補天然條件之不足。上述各項天然因素，水份無疑為任何植物賴以生存之要素。但在天然狀態中，水量之供應往往不能與作物之需要相配合，時而過多，時而不足，故以人為方法補充天然雨量之不足或排除過剩之水量，以維持作物正常生長，此乃灌溉排水之原始意義。

1.2 今日灌溉排水的意義

近數十年來，由於科學之進步，灌溉排水其主要意義雖尚無大變化，但其內容、目的、及效果已擴大，故其含意亦趨複雜。

灌溉排水在今日農業上之意義，除了維持作物正常生長並需求作物之增產外，更需彰顯其具有涵養地下水源、調節微氣候、水資源循環、國土保全等環境保育之功用，以確保農田之永續利用與農業之永續經營。換言之，農業經營效益除需考慮生產效益，尚有生活及生態之效益。灌溉排水為一項農業投資，必須由農業經營收益支付。在政府之立場，尚可將開發地方繁榮社會與生活及生態之效益估算在內，但在農民之立場，則灌溉排水之負擔為生產成本之一部分，若增產利益不足以支付其費用，即無實際之意義，故灌溉排水之投資與實施灌溉排水後之利益，必須經客觀且詳細比較分析，方能決定一項灌溉排水計劃是否建立於健全合理之經濟基礎上。灌溉排水事業之成敗，往往由於經濟因素之影響，經濟條件不夠健全之計劃，勢無成功之可能。

一項灌溉排水計劃完成後，灌排受益地區內，受益人均有應享之權利與應盡之義務。灌排事業大多數為集體性之建設，在法定制度下由一管理機構負責主持。各國法令多有明文規定各種灌排水事業制度，並訂有推行事業與取締違法行為之各種法規。事業愈發達，其組織與法規愈詳盡。在水源不足之地區，水量供不應求，為使水源有公平合理之分配，及為保障人民應享之合法權益，灌溉排水制度與法規，必須符合當地之法制。各國均訂有水利法規以配合事業之推行。綜合上述而言，灌溉排水對作物生長是不能分離，因此國際排水會議1972年將Irrigation與Drainage二字合為Irrinage，其意義甚為深長。

1.3 灌溉排水之目的與其重要性

1.3.1 灌溉之目的

灌溉之主要目的，在於供給作物生長必要的水份，謂之濕潤灌溉；其次，是使土壤吸收灌溉水中之肥分，以施肥為主要目的者，謂之培肥灌溉。故以河水為灌溉水源時，因河水中通常含肥效成分，具有濕潤灌溉與培肥灌溉之雙重效益。此外，尚有為如下列之目的而灌溉者：

一、調節土壤溫度

寒冷或砂質地帶，夜間氣溫及地溫降低，對作物有不良影響，可於白晝灌水，控制夜間之土熱放散，以維持晝間之高溫，進而防止作物遭受冷害及霜害。在北歐、加拿大，牧草多實行冬季灌溉即是。相反在溫帶地區，夏季地溫過高，灌溉可適度降低地溫。

二、改善土壤的物理性

適當之灌溉排水，可促成土壤的團粒構造，孔隙增大，有效水份增加，空氣流通，對作物之根部生長適宜。黏重土壤過度乾燥時，表土硬化，耕耘作業困難，略施灌溉可使表土鬆軟，便於犁耙。

三、除蟲及洗鹽

灌溉可消除寄生蟲及驅除有害生物，如田鼠等。在乾燥地方或海岸地帶，可利用淡水灌溉，溶解耕土中之鹽份，使土壤含鹼濃度逐漸降低，謂之洗鹽。

四、土地改良及放淤

洪水時將含有大量淤泥之河水引入河灘沙礫地，貧瘠不良之耕地或低濕地，使其挾帶之淤泥及浮游物沈澱，施行客土，既可增高地盤又可改良土質，謂之放淤。

五、防止風蝕

海岸砂地土壤多為粗砂及細砂所組成，粉粒及黏粒含量極微，土粒多呈單粒構造，易受強勁季風吹移，故為保護作物之生長，常利用灌溉來安定砂土，防止風蝕。

六、集約農業的經營

農業集約化為現代農業之特點，尤以未來加入世界貿易組織（WTO）後

更為重要，諸如果樹及蔬菜等之栽培，除需要優良品種、化學肥料、機械耕耘及採用進步之栽培方法外，其最大之前提在於灌溉，此問題必需先為解決，方可促使農業集約化。

1.3.2 排水之目的與功效

排水之目的除了可除去耕地內積水或降低地下水位外，尚有下列功效：

- 一、促進作物根部伸長：各種作物根部深淺不一，排水不良地區，根群不能伸入深層，僅蔓延表層土中，遇雨糜爛，遇風易倒，且吸收肥料能力弱。
- 二、縮短農作的季節：春耕時土地需乾燥，濕地不能耕種，且地溫低，發芽不易，若土中水份過多，作物成熟延遲，此種現象加以排水改善，功效顯著。
- 三、霜害減少：排水不良的農田，地溫低，作物生態較弱，易致霜害，地溫高，作物較為強健。
- 四、旱災減少：排水良好的地方，作物的根部深入土中深層，雖遇乾旱，可吸取下層土壤水份，保持生長，淺根易受旱害。
- 五、地溫增高：土壤中濕度愈高，地溫愈下降，排水得宜，地溫增高，作物生長好。
- 六、土壤空氣流通：土壤中積水排除，空氣透入土粒間隙，供給作物根部生活所需的氧氣。
- 七、更新水份：濕地積水留滯，成為有毒物質，排水良好地區，雨水滲入，有代謝作用。
- 八、肥料分解土壤風化：地溫高而空氣流通，促進氧氣作用，土壤風化易，好氧性細菌活躍，促進肥料分解，易為作物吸收。
- 九、化學作用：土壤水份過多，氧化作用停止，空氣缺乏，造成有害鹽類及次氧化鐵，如排水良好，可免除不利於作物之化學成分。
- 十、便利耕作：濕地土壤粘結，中耕除草困難。
- 十一、增進產量品質：濕地穀粗粉質少，蔬菜纖維多，排水良好地區，作物產量大增，品質提高。
- 十二、減少病害：土壤過濕為作物發生病害主因，小麥的銹病、水稻萎縮病、菌核病、稻熱病、皆為土壤過濕所引起，排水良好，可減少病害發生。

1.3.3 灌溉排水的重要性

一、安定農業環境

水為農業上最重要之資源之一，但是其他資源愈多愈好，而水資源則過多與不足均能造成災害，過去無灌溉排水設施之農業為「看天」之農業，倘若風調雨順，則國泰民安；假如風不調雨不順，則必致旱澇成災，赤地千里，而農民扶老攜幼，離鄉背井，逃荒於災區之外，在此種隨時可能發生天災的情形下，不但農業環境不安定，而且農民的心理更充滿著不安全感，影響到工作的情緒，更不願意作進一步的投資和努力。而在災害發生後善良者聽天怨命，而強暴者則挺而走險，歷史上的黃巾、赤眉、黃巢、張獻忠、李自成莫不發生在嚴重的天災之後。在進步的農業中，由於有灌溉排水設施可以防止旱澇的發生，至少也可以大大減緩其嚴重的程度，已不再是看天的農業而是人定勝天的農業。因此灌溉排水的設施和系統，不但為一種建設性的投資，同時也可以看作是農業保險之一種型態，對農業環境的安定有投資，而對農民的心理方面，更具有建設性的影響。

二、改善農村衛生

農村在灌溉排水系統建設完成之後，其衛生環境亦隨之而改善。尤其排水系統對於農村環境衛生之貢獻尤為顯著，台灣瘧疾之絕跡，固然由於醫藥衛生當局之努力，但全省排水系統之加強興建逐一完成，對於遏止瘧蚊之繁殖確實產生釜底抽薪的效果，也是功不可沒。排除農業污水，對改善農村衛生，效果極為顯著，更有進者，台灣一般之農村及市鎮均無專門之污水排水系統，即所謂下水道，因此農田排水系統即必須負擔社區公共排水之責任。雖則此農田排水系統原為農田水利會也即是農民之財產，並由其出資管理維護，而兼作社區公共排水，其他人均能分享利益，對農民而言，雖屬有欠公平，惟對整個國家及社區而言，其貢獻甚大。此種市鎮之能免於雨後積水及環境污染等種種有形與無形的損失，農田排水系統之厥功最偉。

另一方面，工業廢水往往也依賴農田灌排系統將其排除，此種情形下，農民不但權益受損，同時亦往往蒙受重大損害，而工業方面則承受其利，殊欠公平。故今後工業污水排入農田排水系統應先取得有關水利會之同意，並給付補償。至於將廢水排入灌溉渠道系統為害更大，尤應絕對加以禁止，不宜因工業方面之利益而加以姑息。

農村衛生環境改善，可提高農民壽命，增進農民之健康，延長農民實際從事農業之年數，並增進其工作情緒及效率，凡此均為灌溉排水系統對農村衛生環境之無形貢獻，雖難以金錢數字加以衡量，但在實際上卻具有深遠而重大之影響。

三、農村公共給水之輸送

灌溉系統所輸送之水，原與公共給水無關，但在較落後之國家，以印尼為例，農民之飲水、洗菜、洗衣、洗澡，以及家庭污水之排除，往往均利用灌溉渠道所輸的水，甚至此種種工作即在渠道中進行之，堪稱灌溉渠道之多目標利用。雖此種多目標利用之方式不應加以鼓勵，但在缺乏自來水及地下水之地區，實為無法避免之附帶效益。以台灣地區而論，自來水之普及率已極高，民眾罕有直接利用灌溉系統中水量之情形。惟各地自來水系統往往有利用灌溉系統輸水至其濾水池或其附近之情形，且相當普遍。其目的在節省一獨立自水源引水之管路或明渠輸水系統，灌溉系統之完成在前，因此此項效益及其對社會之貢獻，在原規劃時並未列入考慮，而對農村及社會則具有實質上之影響。惟此種藉灌溉渠道輸送自來水原水之方式，在理論上應為有欠妥當之方式。因灌溉之工作為季節性之工作，而自來水則非每日供水不可，兩者併合輸水時有下列之缺點：

- 1.在工業之情況下，灌溉系統利用非灌期停止通水，以實施歲修。因使用年久之灌溉系統必有破損之處亟待修復，而有缺陷之處亦須乘機改進。至於閘門等金屬木材結構以及各種活動機械均係在此時期加以油漆保養。若與自來水合併輸水，則因無法停水而肇致歲修及保養之困難。
- 2.渠道因灌溉所需之水量甚大，而自來水所需之水量較小，因此當停止灌溉而渠道中祇剩自來水原水時，即有水深太淺，水力性質不佳，通水困難，滲漏及蒸發所佔比例甚大等缺點。因此此種併合輸水雖有節省工程費用之優點，使灌溉系統對社會有更大之貢獻，但缺點更多，今後應設法避免。

除自來水外，常利用灌溉系統輸水者為工業用水，且更為常見，如成功啤酒廠即利用嘉南大圳之灌溉系統供水，其利弊殆與兼輸自來原水相同。

此外農村之消防水亦往往利用灌溉用水，對農村及鄉鎮居民之生命財產有保護之功，由以上所述可見灌溉系統對公共用水方面已提供極重要之服務，對整個社會有多方面之貢獻。

四、團結農民，宣導政令

農田水利會在台灣省為一種歷史悠久的農民組織，由於灌溉及排水乃農民日常之工作且事關切身之利害，故農民對此一農民組織之參與最為積極。而農田水利會工作人員與農民之接觸最為頻繁密切，為一般農民團體所不及。由於除農田水利會之管理處及工作站之下，由農民自行組水利小組及工作班等，以推動灌溉水到達輸區及單區後之田間灌溉及小給水排水路之維護工作，因此農田水利會之組織深入農民基層，與每一農民均有密切的聯繫，

因此除有效地推行灌溉排水方面的本位工作外，尚具有加強農民團結，宣導政令，守望相助，維持治安等功能，對農村社會之安定與進步，產生重大而積極之影響。

五、促進農村繁榮

由於灌溉排水系統之建立，對農業生產發生下述三種影響：

1. 災害之防止與緩和。
2. 單位面積產量之增加。
3. 使同一土地可種多期作物。

此三種影響均增加了農業的生產，此種效益明顯而可以計算，但是由於農業生產之增加，提高了農民所得；提高農民所得後，農民的生活水準自然隨之而水漲船高，同時亦必帶來了農村之繁榮。一個繁榮的農村，在工業景氣時可以防止農業人口之外流，而在工業不景氣時又能容納返鄉之多餘工人而維護社會之安定。近年來政府之不惜斥巨資以加速農村建設，在加強農村建設中，又以灌溉排水系統之興建與改善列為重點，實屬高瞻遠矚之舉，故其無形之功效遠勝於經濟效益也。

1.4 灌溉排水的略史

我國之農業，自有史以來，即與水利有密切之關係。遠在五千年前，中華民族發祥於黃河上游，迨後逐漸向東擴展，而進而黃河與長江流域之間。此一廣約三十萬方公里之廣大平原，成為中華民族五千年來農業之基礎。若從自然地史之演變觀之黃河與長江實為孕育此一平原之主，且今後仍將控制其所造成之土地及生活於斯之人口。

遠在四千年前，帝堯時代，洪水成災達二十年之久。農業基礎，首遭嚴重打擊。而後經大禹治導，歷時八載，卒使氾濫之江河，復歸東海。因此一偉大排水事業之成功，始導致中國古代農業之再度安定。

周朝繼夏商之後，創井田溝洫之制。井田分九區，每區四週有遂，遂為寬二尺深二尺之小水溝。九區為一井，井週有溝，溝寬四尺深四尺。集多溝而成洫，洫為寬八尺深八尺之排水溝。此種溝洫之法，實為一種完善之灌溉排水體系。故有周一代，歷時八百餘載，農業繁榮，文化昌盛，農田水利實有其功。

周末戰國，中原地區，久經戰亂，秦據江河上游，廣興水利，如鄭國渠，使關中成為沃野。秦平天下，蜀太守李冰父子，在四川成都西北灌縣之泯江

出口，建都江堰，使成都盆地，普獲灌溉之益，水旱無慮，沃野千里，號稱天府之國，其偉大功效，迄今猶在，此外漢中寧夏等地，亦有秦漢開渠之跡，可見當時秦能廣修水利，重視農業，始能兵精糧足，稱霸七雄。

晉末北方民族入侵，西北農業地區屢遭破壞，農產漸感不足。於是漢族被迫相繼南移，長江中游之兩湖盆地，與下游之沖積平原逐成為新農業區，水利事業隨之而興。豐富之農產，足供北方所需，於隋開運河，北自北平南迄杭州，首創南北運糧之水道，迄今千三百餘年，仍具通航灌溉之利。

至唐末北方民族入侵強烈，漢民族南移者更多；因之江南土地墾殖日盛。五代時吳越王錢鏐興修太湖之水利，開溝引渠，溝通北湖，奠立灌溉排水之基礎，對太湖地區農業發展，貢獻甚大，建都杭州，人才稱盛，南朝因得一時之偏安。

宋、元、明、清四朝，千餘年間，中國一再受北方民族之侵凌，戰禍連年，農業基礎時遭破壞，不但新興之灌溉事業少見，即以往之設施亦漸多荒廢，以致江河利少而害多，各地水旱連年，農村日趨荒蕪貧乏。其中如西北黃土高原，古代原為溝洫縱橫農業繁榮之區，時至今日，往昔之水利設施，多成遺跡，已成瘠貧之區。即在東南之新農業區，亦以祇知守成，不求進步，甚少水利建設。此一時期可稱之為農田水利事業之衰退時期。

民國以來，政府急謀振興水利，以挽救農業之危機。新興灌溉事業成績卓著者，當首推陝西之涇惠渠、渭惠渠及洛惠渠等三大渠之完成。其他各地亦有大小不同灌溉工程之興建，對各地區之農業增產，貢獻甚大。如陝西涇惠渠灌溉之後，地價上漲三十至四十倍，棉花單位面積產量增加五倍以上，效益之大可以想見。

台灣從三國以來便受到中國大陸的影響，至元代更納入中國的版圖，設官治事，隨後更納入了化圈的一環。根據可靠的史料，台灣的農田水利事業至遲在明代天啟四年（西元一六二四年）可以確定已經延續平埔族的原始水利，其後荷蘭人入據台灣以後招募中國大陸沿海福建一帶的漢人來台，經漢人的農耕水利技術、水利設施的埤、圳傳到台灣，並影響到台灣的先住民；後經明鄭時代鄭成功的率軍復台，驅逐荷蘭人，將台灣成為反清復明的根據地，更在台灣實施軍事屯田政策，從事農耕事業。自台南為起點，往南至高雄，往北則經麻豆，到嘉義、雲林從事農田的開發與水利事業的開發。隨後到了清康熙二十二年（西元一六八三年），清滅鄭氏領台，至清光緒二十年（西元一八九五年）中日甲午之戰，將台灣割讓給日本為止的二一二年間，再由台灣南部、經中部、而北部；然後，由台灣西部再到台灣東部之順序，一方面從事農耕事業，一方面從事水利事業的開發。

台灣之農田水利事業發展組織，已有三百餘年悠久歷史，其間營運組織之遞嬗演變，各有其順應事業發展之背景。明清兩代，係由民間私人出資築埤開圳，農田水利設施視同私產，與土地同樣可以自由買賣，尚無組織管理，多由有力者自由興建及經營。

日據時代（西元 1896 至 1945 年），推行「埤圳公共化」政策，將與公共利害有關之農田水利設施，指定為「公共埤圳」，賦予「法人」性格，繼有官方出資興建農田水利設施並設「官設埤圳」。其後於 1921 年更頒布「水利組合令」，將「公共埤圳」及「官設埤圳」一律改為「水利組合」，規定其為「公法人」，任務為管理養護灌排工程、徵收會費、處理財務，農田水利之管理權，移轉由政府掌握，此後農田水利事業漸趨發達。另為充分利用水源，於 1941 年公佈「農業水利調整令」，將 108 個水利組合合併成 47 個水利組合，並於 1944 年再縮編成為 38 個水利組合。

光復後（1945 年），政府本民主自治精神，將「水利組合」及「水害預防組合」分別改組為「農田水利協會」及「防汛協會」，會長由農民直接選舉，職員由會長任用。民國 37 年將前述二協會合併改組為 39 個「水利委員會」，受省水利局指揮及當地縣（市）政府監督。唯水利委員會之組織權能不分，議行合一，且未經立法程式，屬性模糊不清，各方解釋不一，對於推行水利事業，因未具公權力，難免有所窒礙。政府為健全水利組織，於民國 44 年依據水利法制定「台灣省農田水利組織規程」，並於民國 45 年調整合併水利委員會成為 26 個「農田水利會」，為具有「公法人」地位之「水利自治團體」。此項改進措施之基本目標，為提高農民地位、維護農民權益、增進農業生產、繁榮國民經濟。

民國 50 年代期間，由於工商業快速成長，社會經濟結構變動，而農民收益並未合理增加，農田水利會亦因而財源困絀，對事業之營運與管理亦形困難，台灣省自民國 64 年起實施行政院頒布之「台灣省加速農村建設時期健全農田水利會方案」，為期 7 年 5 個月，將原來農田水利會作部分裁併，並由政府代管，會長由政府遴派產生，暫停選舉會員代表。自民國 71 年 6 月，農田水利會再恢復設置會員代表大會，會長由政府遴選二至三名交由會員代表選舉產生。民國 82 年 2 月 3 日「農田水利會組織通則」修訂公佈，中央主管機關改為行政院農業委員會，為改進農田水利會之體制，加強政府之輔導協助，台灣省各農田水利會於民國 83 年 6 月起將會員代表會取消，改設會務委員會，會長及會務委員均由政府遴派產生。民國 90 年 6 月 20 日總統明令公佈，會長及會務委員由會員直選產生。

1.5 台灣省灌溉排水的現況及今後努力的目標

1.5.1 台灣地區灌溉排水現況

台灣地區之農業環境為耕地有限及人口增加迅速，雨量豐沛而分佈不均，但氣候溫和可以一年多作。在此種環境因素之下，形成台灣農業之特點，即對土地與水源之高度利用，與集約栽培之小農制度。故水與農業之關係，不論為利或害均甚為密切。

一、灌溉排水面積

台灣地區之耕地並非全部有灌溉或排水設施，但有灌溉排水設施之農田絕大部分屬於稻田。

台灣地區耕地總面積，從民國 35 年起至 58 年間，耕地面積是逐年遞增，乃因拓墾面積逐年增加，在此期間，非農業用地，如住宅、工廠、交通等建用地，雖亦每年擴張，佔用農耕地面積，但農地被轉用的面積仍少拓墾的面積。而 58 年後至 62 年間，耕地總面積逐年遞減，表示每年耕地拓墾的面積已彌補不了被非農業佔用的面積。於 62 年以後，政府鑒於優良農地，被非農業轉用，日益嚴重，陸續依據有關法令訂頒各種限制高等則水田轉用措施，於是被轉用農田面積才顯著減少。63 年開始政府解除 58,000 餘公頃國有林班地，其中約 2 萬餘公頃的宜農牧山坡地被登記為農耕地，以至 63 年至 66 年，耕地面積逐年增加，而後受工商業發達及都市重劃之影響，因此自 76 年至 85 年耕地面積已有逐年遞減之趨勢，詳如表 1-1 所示。

灌溉排水事業之發展，可以提高作物複作指數。台灣之灌溉排水設施，以往以水稻為主要對象，現也漸次發展旱作灌溉。水稻之灌溉大多屬農田水利會管理服務，僅少數區域外由私設埤圳或由農民自行引水灌溉。旱作灌溉雖亦由水利會辦理試驗示範，但除輪作田外，在現階段，大多由農民自設水源供應灌溉蔬菜、果樹等園藝作物。據行政院農業委員會農業用水量化目標及總量清查報告統計，台灣地區各農田水利會民國 81~87 年平均之總灌溉面積為 382,068 公頃，其中兩期作水田 261,584 公頃，單期作田 20,003 公頃，旱田 21,168 公頃，輪作田 79,604 公頃，各農田水利會別之分佈面積示如表 1-2。

表 1-1 台灣地區之耕地面積

年次及 縣市別	土地面積 總計	耕地面積 總計	水田				旱田	耕地佔 總面積 (%)
			合計	兩期 作田	單期作田			
					第一 期作	第二 期作		
民國 80 年	3,600,690	884,443	472,759	333,448	10,182	129,129	411,684	24.56
民國 81 年	3,601,117	875,951	465,016	328,152	9,810	127,054	410,935	24.30
民國 82 年	3,601,119	874,535	463,560	329,660	15,477	118,423	410,975	24.29
民國 83 年	3,601,437	872,307	461,226	329,227	16,194	115,805	411,081	24.22
民國 84 年	3,601,425	873,378	459,335	329,106	14,262	115,967	414,043	24.25
民國 85 年	3,601,425	872,159	456,167	328,134	13,697	114,337	415,992	24.22
民國 86 年	3,602,042	864,817	454,865	324,867	9,640	120,358	409,952	24.01
民國 87 年	3,602,042	858,756	450,616	322,973	8,219	119,424	408,139	23.84
民國 88 年	3,602,042	855,073	444,456	321,139	7,089	116,228	410,616	23.74
民國 89 年	3,602,042	851,495	442,005	317,495	7,104	117,406	409,489	23.64
臺北市	27,179	3,401	1,377	1,293	85	0	2,024	12.51
高雄市	16,785	915	454	454	0	0	461	5.45
臺灣省總計	3,558,078	847,179	440,174	315,748	7,019	117,406	407,005	23.81
臺北縣	205,257	34,296	14,691	11,617	2,740	335	19,604	16.71
宜蘭縣	214,362	27,742	17,276	17,095	181	0	10,466	12.94
桃園縣	122,095	40,129	32,173	32,107	65	0	7,956	32.87
新竹縣	142,759	29,983	14,724	14,724	0	0	15,259	21.00
苗栗縣	182,031	35,083	20,202	20,202	0	0	14,881	19.27
臺中縣	205,147	52,892	26,615	26,609	6	0	26,277	25.78
彰化縣	107,440	65,324	50,369	50,369	0	0	14,955	60.80
南投縣	410,644	65,778	16,135	11,923	599	3,613	49,642	16.02
雲林縣	129,084	84,255	65,012	18,347	0	46,665	19,243	65.27
嘉義縣	190,167	76,876	42,018	20,071	1,555	20,392	34,858	40.43
臺南縣	201,601	93,987	49,454	13,741	879	34,833	44,534	46.62
高雄縣	279,266	51,820	22,949	14,791	539	7,619	28,871	18.56
屏東縣	277,560	76,545	33,536	32,973	29	534	43,008	27.58
臺東縣	351,525	47,691	13,780	12,789	13	978	33,911	13.57
花蓮縣	462,857	45,963	13,095	12,718	364	13.50	32,867	9.93
澎湖縣	12,686	5,537	0	0	0	0	5,537	43.64
基隆市	13,276	739	250	236	15	0	489	5.57
新竹市	10,410	2,672	2,000	2,000	0	0	673	25.67
臺中市	16,343	3,895	1,831	1,831	0	0	2,064	23.84
嘉義市	6,003	2,550	1,530	1,530	0	0	1,020	42.48
臺南市	17,565	3,423	2,533	76	33	2,424	890	19.49

註：1.單位：公頃。

2.資料來源：台灣省政府農林廳。民國 89 年 6 月。民國 89 年版台灣年報。

表 1-2 台灣地區各農田水利會轄區耕作制度與面積統計（民國 81~87 年平均值）

單位：ha

區域	農田水利會別	水田（含輪作田）					旱田			合計	
		雙期作田	單期作田	二年一作田	三年一作田	三年二作田	小計	旱作田	蔗作田		小計
北部	七星	895	0	0	0	0	895	0	0	0	895
	瑠公	162	0	0	0	0	162	122	0	122	284
	宜蘭	18,698	0	0	0	0	18,698	0	0	0	18,698
	北基	4,912	0	0	0	0	4,912	0	0	0	4,912
0	桃園	24,953	0	0	0	0	24,953	0	0	0	24,953
	石門	11,997	0	0	0	0	11,997	0	0	0	11,997
	新竹	6,544	0	0	0	0	6,544	0	0	0	6,544
	小計	68,161	0	0	0	0	68,161	122	0	122	68,283
中部	苗栗	10,860	0	0	0	0	10,860	0	0	0	10,860
	台中	27,226	0	0	0	0	27,226	4,007	0	4,007	31,233
	南投	11,936	0	0	0	0	11,936	1,308	0	1,308	13,244
	彰化	51,289	420	0	0	0	51,709	0	0	0	51,709
	雲林	14,037	6,249	4,432	14,424	23,709	62,851	0	0	0	62,851
	小計	115,348	6,669	4,432	14,424	23,709	164,582	5,315	0	5,315	169,897
南部	嘉南	23,280	9,541	366	0	36,673	69,860	0	8,442	8,442	78,302
	高雄	13,882	2,990	0	0	0	16,872	747	0	747	17,619
	屏東	20,048	0	0	0	0	20,048	3,686	0	3,686	23,734
	小計	57,210	12,531	366	0	36,673	106,780	4,433	8,442	12,875	119,655
東部	台東	8,752	803	0	0	0	9,555	2,180	0	2,180	11,735
	花蓮	12,113	0	0	0	0	12,113	385	0	385	12,498
	小計	20,865	803	0	0	0	21,668	2,565	0	2,565	24,233
合計		261,584	20,003	4,798	14,424	60,382	361,191	12,435	8,442	20,877	382,068

資料來源：行政院農業委員會，農業用水量化目標及總量清查報告，2000,3。

二、灌溉水源

台灣之灌溉水源主要為河川引水，其次為水庫與埤池蓄水，再其次為包括地面水與地下水之抽水灌溉。

台灣大小河川共 129 條，依前經濟部水資源之區分包括主要河川 21 條，次要河川 29 條，和普通河川 79 條。所有河川都是流短坡陡，豐枯流量懸殊。流量集中在夏季颱風季節，容易成災，平時流量稀少，甚至枯竭，可供利用的天然流量有限。台灣地區農業用水量與各水源別之相關統計，如表 1-3 及表 1-4。

表 1-3 台灣地區民國 86-87 年平均農業用水量及水源別統計表
(不含台糖公司自行供灌水量)

單位：億立方公尺

用水別 水源別	農田水利會 灌溉用水	養殖用水	畜牧用水	合計
水庫埤池	11.06 (10.4)	0	0	11.06 (9.1)
河川引水及地面 水抽水	90.53 (85.2)	1.78 (12.1)	0	92.31 (75.5)
地下水	4.72 (4.4)	12.94 (87.9)	1.16 (100)	18.82 (15.4)
合計	106.32 (100)	14.72 (100)	1.16 (100)	122.20 (100)

註：()內數據為水源別所占之百分比，本表灌溉用水量不包括台糖公司自行供灌之 0.75 億立方公尺。

三、灌溉作物

台灣以往之灌溉規劃主要以水稻為對象，但今後必將趨向於尋求土地與水源之最有效利用為目標。經近十餘年來之試驗研究，證明旱田作物之灌溉效益不低於水田，若以單位水量之灌溉效益比較，且高於水田甚多，尤其是乾旱季節或枯旱年期，旱作物之灌溉效益為最顯著。因此今後之灌溉作物，將朝水稻以外之旱作物為規劃對象。

根據行政院農業發展委員會之規劃，台灣地區之作物制度區及其表面積如表 1-5。此作物制度區分亦即是土地之利用方式，第一至第五類作物制度屬水田，其他類則為旱田，均有必要逐步開發水源及增設灌溉設施、發展旱作灌溉。灌溉計劃可以選定之作物制度為計劃目標，決定系統容量及灌溉需水量。

表 1-4 台灣地區農田水利會 81~87 年灌溉用水量清查、統計彙總表

單位：立方公尺

統計期間	實際取用水量	水源結構						備註
		河川引水及 地面水抽水		水庫及埤池		地下水		
		水量 m ³	百分比 %	水量 m ³	百分比 %	水量 m ³	百分比 %	
81 年	10,259,526,037	9,062,481,170	88.33	930,646,359	9.07	266,398,507	2.60	
82 年	10,053,960,289	8,636,925,965	85.91	1,055,435,891	10.50	361,598,433	3.60	
83 年	10,104,585,464	8,923,409,360	88.31	892,392,826	8.83	288,783,278	2.86	
84 年	11,137,917,558	9,676,675,406	86.88	1,102,505,285	9.90	358,736,866	3.22	為 81-87 年七年中，實際取用水量較充足年
85 年	9,957,572,277	8,745,139,593	87.82	707,583,178	7.11	504,849,505	5.07	
86 年	10,649,480,919	9,006,107,247	84.57	1,141,026,942	10.71	502,346,730	4.72	
87 年	10,614,181,275	9,100,096,871	85.74	1,071,613,224	10.10	442,471,180	4.17	
81 年至 87 年平均	10,396,746,260	9,021,547,945	86.77	985,886,244	9.48	389,312,071	3.74	
86 年及 87 年平均	10,631,831,097	9,053,102,059	85.15	1,106,320,083	10.41	472,408,955	4.44	
83 年及 85 年平均	10,031,078,871	8,834,274,477	88.07	799,988,002	7.98	396,816,392	3.96	此二年之實際取用水量最少，為七年中較乾旱之年份

資料來源：行政院農業委員會，農業用水量化目標及總量清查報告，2000,3。

表 1-5 台灣地區規劃作物制度區及其面積

作物制度區	規劃面積 (公頃)
一、雙期水稻+裡作雜作、蔬菜、菸草區	334,060
二、單期水稻+一作雜作、蔬菜+裡作雜作、蔬菜、菸草區	70,360
三、二年一作水稻+一作雜作+秋裡作雜作+甘蔗輪作區	3,210
四、三年二作水稻+二作雜作+秋裡作雜作、蔬菜+甘蔗輪作區	77,360
五、三年一作水稻+三作雜作+秋裡作雜作、蔬菜+甘蔗輪作區	14,050
六、甘蔗、雜作區	124,240
七、雜作、蔬菜區	58,358
八、蘆筍區	16,100
九、竹筍區	19,680
十、茶區	34,550
十一、桑區	7,990
十二、柑桔區	44,320
十三、香蕉區	11,030
十四、鳳梨區	8,000
十五、芒果區	11,000
十六、其他果樹區	80,706
十七、花卉區	1,450
十八、瓊麻區	4,130
十九、香水茅區	5,360
二十、牧草區	18,100
合 計	944,054

資料來源：農發會，台灣地區農業區域發展初步規劃總報告。

四、需灌溉排水及土地改良之土地

農業土地之評價，最高原則決定於生產力之高低。優良灌溉土壤則應具有如下條件：

1. 灌溉水源豐富，鹽分含量低，水質優良。
2. 地形平坦，適於灌溉，如作階段梯田時不致過於翻動或曝露心土，則對肥力有不利影響。
3. 土壤滲透性中等，不必藉人工特別排水。
4. 土壤中交換性鈉(E.S.P)及鈉吸著率 S.A.R(sodium absorption ratio) 值低。
5. 土層深厚，根系土層中可貯大量有效性水份。同時土壤通氣良好，不

致阻礙根系發展。

- 6.土壤構造及其他物理性良好，在灌溉時導水性均勻而不致引起嚴重沖蝕。
- 7.土層儲有適量植物營養分，隨植物需要而供應，如因沖蝕及滲漏而損失之土壤與養分能由岩石之風化及植物殘餘補充。
- 8.不致有生成或引起毒害之條件。
- 9.地下水位不致過高，影響根系之發育。

灌溉土地評價調查之方法與內容有多種，對一般性農場之調查所應注者有土壤物理性狀及其水保情形、土壤肥力及有害物質之存在及地形坡度等。近年來由於航空測量之便利，用航測作土地資源利用調查，在歐美及日本均非常普遍，將土地特徵如地形、坡度、土壤有效深度、表土質地、底土滲透性、母質種類、沖蝕程度、排水情形、可溶性鹽分含量、礫石、粘盤、硬盤、地下水位以及利用現況等，均分別用符號記載於底圖上，然後將調查所得之結果予以評會分類。

台灣地區之土壤調查，於光復後曾由台灣省農業試驗所及台灣肥料公司先後舉辦全省性土壤概略調查。農復會復於民國 52 年至 67 年間委託國立中興大學與台灣省農業試驗所進行調查台灣耕地土壤。調查區域包括台灣本島平地及低海拔地區，調查面積共達 822,500 公頃。調查方法除在田間每隔 200 公尺檢查土壤特性，描繪土壤分佈外，並採取代表性土壤樣本以供土壤理化性質之測定。其所資料經分析與整理，繪成比例尺二萬五千分之一土壤分佈評細圖共 162 幅，附以縣別土壤調查報告書詳細敘述調查區域的土壤生成環境，每一種土壤的基本特性、分佈狀況、主要理化性質以及農業利用上之適當管理措施等。

為明瞭台灣地區平地土地利用，尤其是現有水稻田分佈之面積及具有可開發為水田潛力地區之土壤、水利等狀況，以利擬定水利開發計劃及掌握主要糧食之生產，並進一步提供農業規劃之所需，農復會於 63 年 7 月委託台灣省政府農林廳成立航測計劃，由林務局農林航測隊執行，利用最新拍攝之空中照片，全面調查平地之土地資源，並參考水利、土壤及土地利用狀況等資料，繪製二萬五千分之一測量調查圖，建立平地土地資源之基本資料，此項工作，已於 67 年 6 月底全面完成，其資料可供利用。

台灣省水利局根據耕地土壤調查資料及歷年灌溉計劃調查資料，繪製灌溉土壤圖。此外於民國 65 年也完成「台灣旱作灌溉立地區分調查報告」，對各地區之氣象、土壤保水力進行調查區分，並推估旱作灌溉需水量與灌溉次數。

對於鹽分地、砂丘地、河川地、海埔地之分佈及土壤特性，均有完成調查報告可供應用。

台灣地區山坡地範圍，由台灣省政府依照「山坡地保育利用條例」第三條規定劃定公佈面積 973,730 公頃。由於山坡地夾於平地與高山林區之間，地形複雜，丘陵起伏，坡度陡峻，一般土壤多為灰化的石質土，土層有效深度較淺。何種土地適於農作或植牧草利用及可利用程度，何種土地僅能用於造林，或不堪任何使用，均需分類。政府於民國 50 年曾公佈有「台灣省農林邊際土地宜農宜牧宜林分類標準」，制定「山坡地保育利用條例」後，並將上項標準修訂公佈為「山坡地土地利用限度分類標準」，成為該條例子法規，依照該標準可製成分類表解如表 1-6。

表 1-6 土地利用分類表

土壤深度		坡度		坡度 (%)										
				5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
		A	B	C		D		E		F				
土壤有效深度 (公分)	90	I	甚深層	II			III		V 林地					
	50			農牧地(一)	III		IV							
	20	II	III		IV(一)		IV(二)							V 極沖 嚴重 重蝕
	甚淺層			IV(二)		V								

註：1.上表 I 至 IV 級土地屬宜農牧地，V 級土地屬宜林地。

2.IV(二)級土地之利用限制其為僅適於常年地面覆蓋，不須全面擾動土壤之多年生果樹或牧草，如必須栽種勤耕作物，應由當地水土保持單位指定其水土保持處理。

3.尚有 VI 級地屬崩塌、滑崩地等，未列入圖解中。

為明瞭山坡地範圍內適於農牧利用之土地分佈面積、利用現況及其可利用程度等級等全盤概況，俾作為全省農業區域發展規劃以及加強山坡地開發利用之參考依據。前農復會於 63 年 7 月起委託台灣省山地農牧局進行全面性山坡地調查，依新修訂之「山坡地土地可利用限度分類標準」按土地坡度、土壤有效深度以及母岩等因數區分 I、II、III、IV 級之宜農牧地，V 級之宜林地，以及 VI 級之須加強保育地。並利用最新拍攝之空中照片，配合地面調查，於 67 年 6 月全部完成。全台灣地區山坡地可利用限度區分結果情形如表 1-7 所示。

表 1-7 山坡地可利用限度區分概況

區分項目		面積（公頃）	%
宜 農 牧 地	一級地	10,732	1.10
	二級地	73,879	7.59
	三級地	117,600	12.08
	四級地	255,947	26.28
	小計	458,158	47.05
宜林地（五級地）		425,276	43.67
加強保育地（六級地）		8,639	0.89
其他（不分級）		81,657	8.39
合計		973,730	100.00

註：1.宜農牧地中已有 296,418 公頃業已開墾利用。

2.宜林地中有 50,245 公頃被開墾，即所謂超限利用地。

資料來源：農牧局，山坡地航測調查。

依據上表區分結果，I、II、III、IV 級之宜農牧地共 58 公頃，此即為全台灣地區山坡地中可耕地之總面積，但其中已有 296,418 公頃早經先後開墾作農牧利用，且已列入台灣地區耕地面積統計中。

五、區域排水地區

台灣地區排水不良，降雨時經常淹水二日以上地區共有 87,700 公頃，危害農業生產至鉅，其改善工作，除自民國 62 年度起分別在加速農村建設計劃及六年經建計劃辦理外，並自 68 年度起列入十二項建設第八項「加速改善重要農田排水系統」計劃內，由水利局專案執行，截至 70 年度止，已改善 31,550 公頃。尚餘 5 萬餘公頃，仍繼續分年改善中。

台灣省各地區排水資料，於民國 64 至 65 年間，由農復會經費協助台灣省水利局與各有關縣市政府及農田水利會共同進行排水系統流域現況調查，現況通水能力調查，並參考以上兩項調查資料及其他法定條件，劃分排水類別，研定維護管理經費分擔，確立維護管理辦法制度。業已於 66 年 1 月完成「台灣省排水分類調查報告」。排水地區依縣市別區分為十個地區，共 717 系統（一級排水），含二級排水 1,348 條，三級以下之排水 1,086 條。集水區面積共 982,347 公頃，水路長度 8,967 公里，常浸水面積 87,700 公頃，估計年浸災損失 8.7 億元。茲摘列其資料如表 1-8。

為執行區域排水維護管理，台灣省政府於 68 年 9 月訂頒「台灣省排水設施維護管理辦法」實施，明訂排水路維護管理有關之主管機關、權責、經費、考核、罰則等有關事項，並於 71 年起省政府在中央機關指導下開始舉辦台灣省區域排水維護管理工作檢查，以促進加強區域排水維護管理工作，確保農業生產及人民生命財產安全。

1.5.2 灌溉排水今後努力之目標

今後之灌溉排水事業發展，在灌溉方面繼續維護改善，維持現有水田之灌溉外，將逐步促使未有灌溉水源及未有灌溉設施之旱田，亦能獲得灌溉保障，而能生產各類旱作物。在排水方面，則積極改善區域排水及農田中小排水，先減除地面浸水之災害，進而對排水不良之土壤，以暗管排水改善土壤之生產環境。

台灣之灌溉排水事業，以往係以提高農作物生產為主要目標。然而，農田水利設施之存在及其有效運作，對地區之生態環境、生活環境等，亦均提供直接與間接之機能與貢獻。換言之，目前農田水利具有「生產性」、「生態性」及「生活性」等三方面之機能，對地區社會已成為不可輕言破壞、放棄之設施。

以農田水利會轄區為主要範圍，近幾年來，政府為加強農村建設、提高農民所得及保育水土資源，對水利會區域內及區域外之農田生產、生活、生態環境，均曾予以大力經費協助改善，今後對區域外之農田灌溉排水需繼續投資改善，期使農田得以永續利用。

表 1-8 台灣省排水地區排水系統調查統計

地區別	條數			水路長度(公尺)				集水面積 (公頃)	常浸水面積 (公頃)	年浸災 損失 (元)	改善工程費 概估 (元)	排水類別(系統)				
	一級	二級	三級 以下	一級	二級	三級 以下	合計					區域	農田	市區	工礦	其他
宜蘭	13	37	115	55,279	126,527	266,184	447,990	44,795.41	4,928	42,405,500	421,869,500	7	5			1
桃園	113	201	55	515,589	384,253	51,449	951,291	120,811.50	437	1,727,900	165,233,600	77	21			13
新苗	145	111	15	425,422	187,557	30,038	643,017	63,526.95	1,696.26	12,047,920	168,825,000	133	7	1		5
臺中	90	45	14	430,376	239,656	35,092	705,124	86,329.59	1,755	26,602,000	425,086,484	63	22			4
南投	52	58	7	315,665	143,244	17,650	476,559	118,113.22	1,807.57	12,934,400	193,191,300	31	8			13
彰化	71	144	138	305,951	494,193	328,720	1,128,864	107,032.21	6,680	169,502,000	1,155,450,400	47	9			15
雲林	58	199	243	418,002	514,041	310,032	1,242,075	115,333.38	31,085	3888,008,730	219,511,400	42	16			
嘉南	66	257	332	433,675	558,661	561,832	1,554,168	138,148.40	19,634.65	147,601,080	253,016,480	58	5	2		
高雄	40	89	41	211,663	212,457	72,193	496,313	81,179.23	4,410	7,445,600	997,818,110	39	1			
屏東	69	177	126	480,711	561,911	279,768	1,322,390	107,077.64	5,302	62,791,950	111,576,500	38	28			8
共計	717	1,348	1,086	3,592,333	3,422,500	1,952,958	8,967,791	982,347.53	87,735.48	871,067,080	5,598,718,774	537	122	3		55

資料來源：臺灣省水利局，臺灣省排水分類調查報告，66年。

第二章 灌溉水質及水源

2.1 灌溉水質之要求

灌溉事業之發展，對水質之要求甚為重要。不良水質不但使作物生長受害，田間操作不衛生，對土壤之理化性亦可產生不良影響，甚至使農產品品質劣化，有毒物質累積影響人體健康。

2.1.1 灌溉水質之評估項目

一般而言，評定灌溉用水之品質需注意者有：(1)灌溉用水之混濁度；(2)含鹽分之高低；(3)含水溶性鈉離子之多寡；(4)其他有害物質的含量。

一、濁度 (Turbidity)

灌溉用水之混濁度最主要者為坭粒之含量，坭粒含量對灌溉用水品質的影響，是決定於灌溉水中坭粒本身的性質而定，另者尚須視灌溉土壤之性質。例如灌溉土壤之質地為砂質，保水力較低，同時又缺乏植物養分，則施灌混濁度大，含坭粒量高之水是有利的，如埃及尼羅河沿岸之田地，因灌溉水在上游係流經肥沃的地區，故其灌溉水所含之坭粒，對作物有增產之效果。但在一般情形，坭粒含量多的灌溉水，對土壤性質作物生長是有害的，尤其是坭粒的來源是因心土受沖刷而堆積在肥沃之表土上為然。土壤因坭粒堆積之結果，能降低土壤滲透性，而使灌溉排水趨向於困難。

1. 濁度標準單位：

由於濁度是自然界許多不同的物質所形成，因此需要一個任意的單位，這單位是選用 $1 \text{ mgSiO}_2/\text{L} = 1 \text{ unit of turbidity}$ 並且矽 (Silica) 的粒子大小必需達到特定的規格。

在施測濁度時，一般是不用純矽的標準溶液。它只是用於施測最初時，來校正傑克森蠟燭濁度計 (Jackson candle turbidimeter)。傑克森蠟燭濁度計是被選用來作濁度測量的。今天所有的測濁度工具，都是抄襲原始的濁度計，然後由原始的濁度資料校正。

由於工作的常規，如果施用傑克森蠟燭濁度計時，不需要標準溶液校正。但如使用其他方法施測時，標準溶液必須被準備以供參考，平常的儀器標準都是利用矽藻土或漂台土 (fullers earth) 之懸浮液，其標準藉著傑克森濁度計加以標準化。

二、無機性鹽類含量

大都以電導度 (Electric Conductivity) 簡稱 E.C 表示，電導度為測量水之導引電流之容量。電導度 (E.C) 定義如下，是用來測定水中解離性無機鹽類之總濃度，電導度大小即表示水中含有鹽分濃度之高低。此性質與水中電解質之總濃度與量時溫度有關。各種溶解物質之性質，其真正及相對濃度，以及水中之離子強度等均能影響此導電度。

含有解離分子之水溶液能導引電流。在一直流電路中，陽離子游向陰極，陰離子游向陽極。大多數無機酸、鹼和鹽 (例如鹽酸，碳酸鈉和氯化鈉) 為良導體。有機物如蔗糖和苯則相反，在水中不起電離，所以極難導電。

新製之蒸餾水之比導電度為 0.5 到 2 μ mhos/cm，放置數星期後會升高到 2 到 4 μ mhos/cm，這主要是由於吸收了空氣中之二氧化碳及微量氨所致。

美國之自來水之比導電度約為 50 到 500 μ mhos/cm，含礦物質較多者為 500 到 1,000 μ mhos/cm，有時更高些。污水中之比導電度與該地之給水有關。有些工業廢水之比導電度會超過 10,000 μ mhos/cm。

1. 電導度之單位：

以總合的溶解鹽類濃度表示。日本以水溫 18°C 作為基準 (參照圖 2-1) 惟其他國家則以水溫 25°C 作為基準。其單位表示式為 μ mhos/cm_{25°C}。

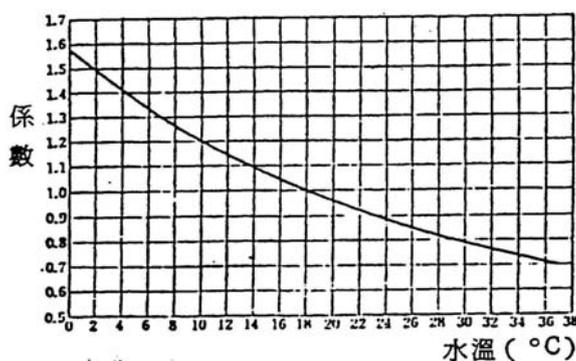


圖 2-1 電導度之換算圖表

2. 電導度之等級：

電導度等級 (conductivity Classes) 可分下列六種：

C₁ (0~250 micromhos/cm)：鹽份含量低之灌溉水適用於各種作物及土壤，形成塩鹽土之可能性甚少。

C₂ (250~750 micromhos/cm)：灌溉水鹽分含量中等，除對鹽分敏感之作物外，一般作物可灌溉。在土壤滲透性較快之情況下，適宜引用，但在滲透特低之土壤應常淋洗，必要時應選種較耐鹽之作物。

C₃ (750~2250 micromhos/cm)：鹽分濃度稍高，僅宜用於滲透性較強之土壤，應經常淋洗以防止土壤鹽分積聚，必要時應行除鹽之特殊管理，作物選擇較耐鹽之作物。

C₄ (2250~4000micromhos/cm)：鹽分濃度高，僅適於滲透性強之土壤，同時應行特殊處理，淋洗過多之鹽分，作物應選擇耐鹽性較高之作物。

C₅ (4000~6000micromhos/cm)：鹽分濃度極高之灌溉水，通常已不適用於灌溉之用，僅可用於滲透性極強之土壤，並經常淋洗及選擇耐鹽作物。

C₆(大於 6000micromhos/cm)：鹽分含量過多之灌溉水，不合於灌溉之用。

三、鈉離子與陽離子（鈣、鎂）之比率

鈣與鎂在土壤中可使土壤保持良好結構，易透水及空氣流通，至於鈉則相反，能使土壤土粒分散，呈緊密結構，透水性低，導致排水不良。由此可知鈣、鎂含量增多，對土壤結構有利，反之，鈉離子含量增加則對土壤有害。所以灌溉水中鈉與鈣、鎂離子濃度之比率將成為判斷水質優劣之重要指標，而以 SAR 值表示。SAR 計算式如下式：

$$SAR = \frac{N_a^+}{\sqrt{\frac{C_a^{++} + M_g^{++}}{2}}} \dots\dots\dots(2-1)$$

式中 Na⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺代表每公升該陽離子之公絲當量數 (meq/l)。

1.鈉吸著率 (SAR) 值之分級如下：

S₁ (SAR 值之低限自 0-2 至高限 2.5-10 間)：鈉含量低之灌溉水，可用於所有土壤，在一般情況下，引起交換性鈉離子積聚而危害作物之可能性甚少。

S₂ (SAR 值之低限自 2.5-10 至高限 7.0-18.0 間)：含鈉中等，在黏重土壤同時有機質含量低者，常可感鈉離子之為害，尤以在排水不良，淋洗作用緩慢而鈣含量低之土壤為然。此種水質最好施灌溉於粗質地滲透性強之土壤。

S₃ (SAR 值之低限自 18-20 至高限 11.0-26.0 間)：鈉含量高之灌溉水，施用於非石膏質土壤，往往可發生鈉離子聚積而產生毒害之情形。但排水良好，經常淋洗，施用有機物以改善土壤之物理性，則此種水質仍可施用。

S₄ (SAR 值之低限自 11.0-26.0 至高限 30.0 間)：鈉鹽含量極高之灌溉

水，一般情形已不適合於灌溉之用，除非土壤施用石膏或其他方法改良。若本等級水質鹽分含量偏高而鈉含量偏低，則土壤中鈉離子不致引起土粒之絮散，對土壤之物理性較為有利，但仍應經常淋洗。

四、有害物質的含量：

其他有害物質之種類甚雜，茲將較常見的分述如下：

- 1.殘餘碳酸鈉 (Residual Sodium Carbonate, 簡稱 RSC)：係測定土壤中的碳酸根離子濃度，以下式表示： $RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$

RSC 高者，鈣、鎂易形成碳酸鹽而沈澱，使鈣鎂減少，鈉濃度相對增加，形成鈉害，一般 $RSC < 1.25 \text{ meq/l}$ 者可適於灌溉， $RSC > 2.50 \text{ meq/l}$ 不適於灌溉， $1.25 \sim 2.50 \text{ meq/l}$ 為界濃度。

- 2.硼 (Boron)：硼是所有植物保持正常生長所必須的元素缺硼時能產生葉黃及葉焦等明顯現象，最後不是減產即是枯死。硼過多時，對果樹而言，易使葉萎黃，葉燒及落果，品質不佳等現象。灌溉水中含有 0.75 meq/l 以上硼時對敏感作物以 $1.0 \sim 2.0 \text{ meq/l}$ 為其極限。在土壤飽和抽出液之含硼濃度小於 0.7 meq/l 時，可視安全。

- 3.硫酸鹽 (Sulfate)：硫在濃度低時，有利作物之生長且為植物生長所必須之元素。但濃度高時，使土壤酸比為害作物。

- 4.氯化物：其為害情形與硫酸鹽大致相同，惟毒性較大。在灌溉水中之限值是不得大於 175 meq/l 。

- 5.清潔劑 (Detergent)：凡是用來清潔之煉硫都可稱為清潔劑。一般分硬性及軟性兩種：前者由烷基、苯、硫酸鹽 (即 ABS) 合成。後者由 SAS (鈉、多脂性、硫酸鹽)，或是 UAS (硫化腺性烷基化合物) 合成。在灌溉水中其值不得超過 50 mg/l (以 ABS 表示)。

- 6.油脂：油脂污染主要來自礦物油類及家庭之食料。在灌溉水中油脂含量不得超過 $15.0 \sim 20.0 \text{ mg/l}$ 。

- 7.鋁 (Al)：在酸性及鹼性狀況下，有聚積現象，對植物有害。補救方法是將土壤 pH 值控制 $6.0 \sim 6.5$ 間。其忍受限度為 1 mg/l 。

- 8.砷 (As)：其規濃度為 1.0 mg/l 。

- 9.鈹 (Be)：鈹在灌溉水中是屬於稀有元素，毒性相當大，往往由工業廢水中排入，用其中性之水中 (pH $7 \sim 8$) 易被其他物質吸附，除非排

入 pH 相當低之水中，則不易溶解。其含量達 0.5 mg/l 時，會抑制豆科植物生長，如粘重土壤含量可達 1.0 meq/l 仍可施用。

有關鎘(Cd)、鉻(Cr)、鈷(Co)、銅(Cu)、汞(Hg)、鋰(Li)、錳(Mn)、鉛(Pb)、鉬(Mo)、鎳(Ni)、硒(Se)、釩(V)、鋅(Zn)等物含量之限定，可參考表 (2-1)。

2.1.2 灌溉水質標準

制定水質標準目的，為積極的控制水資源之品質，使其能適合於各種用途包括自來水、工業用水、魚類及水生物、野生物，以及農業、遊憩等，同時儘可能利用自然水之自淨能力，制定水質之標準應考慮下列各因素：

1. 承受水體的大小和用途。
2. 廢汙量與承受水體最小流的比值。
3. 承受水體的分類和存在的條件。
4. 廢汙性質對河川用途的可能影響。
5. 對區域的污水系統的影響情形。

表 2-1~表 2-3 為台灣灌溉水質之標準。

表 2-1 台灣省灌溉用水水質標準

67.7.5 府建水字第 59931 號

項 目	限 值	項 目	限 值
鈷 (Co) mg/l	0.05	pH 值	6.0-9.0
銅 (Cu)	0.2	電導度 μ mhos/cm $^{25^{\circ}C}$	750
鉛 (Pb)	0.1	懸浮固體 mg/l	100
鋰 (Li)	2.5	氯化物	175
錳 (Mn)	2.0	硫酸鹽	200
汞 (Hg)	0.005	總氮量	1.0
鉬 (Mo)	0.01	清潔劑(以 ABS 表示)	5.0
鎳 (Ni)	0.5	油 脂	5.0
硒 (Se)	0.02	鋁 (Al)	5.0
釩 (V)	10.0	砷 (As)	1.0
鋅 (Zn)	2.0	鈹 (Be)	0.5
納吸著率 (SAR)	6.0	硼 (B)	0.75
殘餘碳酸鈉 (RSC) meq/l	2.5	鎘 (Cd)	0.01
水溫 $^{\circ}C$	35	鉻 (總)(Cr)	0.1

附註：天然水之水質若超過本標準之限值，得不受本標準之限制

表 2-2 一般判斷灌溉水質摘要

等級說明 評定項目	第一級	第二級	第三級
		極優至良好，在任何情況下，對大多數作物均能施用之。	良好至有害，在某些土壤、氣候或灌溉情況下，對作物產生害處。
$\frac{N_a \times 100}{N_a + M_g + C_a + K}$ (meq/l)	小於 30~60%，最近之研究多採用 60% 為標準。	30~75%	大於 70~75%
Boron (mg/l)	少於 0.5mg/l，但對耐硼之作物，濃度可提高至 1~1.5mg/l，還不致有害。	0.5~2.0mg/l，但對耐硼作物，濃度高至 3.75mg/l，仍可得滿意之結果。	硼之含量超過 2mg/l，一般硼之濃度超過 1mg/l，對硼敏感作物已不適用
Cl (mg/l)	少於 2~2.5	2~16	大於 6~16
SO ₄	少於 4~11	4~20	大於 12~20
EC×10 ⁶ (25°C) micromhos/cm	早期文獻多設限為 500micromhos/cm，惟最近之研究，認為 1,000 micromhos/cm 仍可接受。	500~3,000	大於 2,500~3,000
總鹽分 (mg/l)	少於 700	350~2,100	大於 1,750~2,100

表 2-3 各種灌溉水質施灌指南

水質因數	可接受濃度 ⁽¹⁾	限制濃度 ⁽²⁾
桿菌、大腸菌 MPN/100m	1,000 ⁽³⁾	⁽⁴⁾
總可溶性固形物 (TDS) mh/	500 ⁽³⁾	1,500
電導度 EC×10 ⁶ micromhos/cm	750 ⁽³⁾	2,250
pH	7.0~8.5	6.0~9.0
鈉級著率 (SAR)	6.0 ⁽³⁾	15
殘餘碳酸鈉 (RSC) (meq/l)	1.25 ⁽¹⁾	2.5
砷 (meq/l)	1.0	5.0
硼 (meq/l)	0.5 ⁽³⁾	2.0
氯化物 (meq/l)	100 ⁽³⁾	350
硫化物 (meq/l)	200 ⁽³⁾	1,000
銅 (meq/l)	0.1 ⁽³⁾	1.0

- 註：1.可接受濃度，表示灌溉水達到此種濃度，要開始關注其對水質所產生之影響。滲漏問題應加考慮，要是其濃度低於該標準時，表示對大多數作物及任何土壤均可施用。
- 2.限制濃度，表示對高價經濟作物之產量能劇烈下降，用於種植低價便宜作物為宜。
- 3.該測定值在連續性測定中，其數值變動不超過 20 個或 30 個樣本之平均值範圍之 20%，同時取樣之頻率應該規定。

- (1)可接受濃度，表示灌溉水達到此種濃度，要開始關注其對水質所產生之影響。滲漏問題應加考慮，要是其濃度低於該標準時，表示對大多數作物及任何土壤均可施用。
- (2)限制濃度，表示對高價經濟作物之產量能劇烈下降，用於種植低價便宜作物為宜。
- (3)該測定值在連續性測定中，其數值變動不超過 20 個或 30 個樣本之平均值範圍之 20%，同時取樣之頻率應該規定。

2.1.3 水質不良的處理

本省近十餘年來，由於工業急速發展，與人口增加及集中的結果，伴隨產生大量之工業及家庭廢水，造成污染問題。促使農田遭受嚴重污染，農作物遭受損失，影響灌溉管理及農業生產。有關改善不良水質之方法有：

1. 污泥浚渫：

由於流域之開發，造成河川水質污染，其中因家庭用水、工廠排水，所引起之有機性堆積物其多，此種堆積物中含有為害人體健康之水銀（Hg）、鉻（Cr）、P.C.B（多氯聯苯）等，堆積之污泥經長期生物化學分解過程，消耗流水中涵容氧氣（O₂），造成有機物之有害物質，污染水質，又於河川中，部份滯留水因水流自淨能力不足，淤泥常產生瓦斯及硫化氫放出臭氣。為改善此類河川水質，以採浚渫方法為宜。

污泥浚渫之目的在於防止產生臭氣，減少消耗水中之含氧量，除去危險有害物質，污泥浚渫，首先須依調查資料，定其範圍及數量，當浚渫實施時，要防止污泥亂放，若有必要，防鎖工地，進行浚渫，尤其當污泥含有毒害之物質，於搬運時須防止流失及飛散，一般浚渫之污泥需經一連串之步驟，包括濃縮（Thickening）、脫水（Dewatering）、和最後棄置（Final disposal），當處理時，使用藥品，須於封密式之混凝土槽內處理，避免造成第二次公害轉移。又計劃浚渫之時期，應盡量避免於河中水生物，如苔、魚、貝類等採收時期，以夏季以免生惡臭，破壞生活環境。

2. 流況改善：

流況改善計畫，應依各種不同水域狀況，選擇下述各項適當的方法：

- (1)由蓄水池補給水量。
- (2)由大河川越域引水。

(3)引入海水。

(4)維持用水之循環。

對於流入汙濁負荷量較多且流量較少之河川，其河川淨化對策，可在流域內設蓄水庫，維持及增加水量，或引導其他河川流入，另可利用海域中良好水質以抽水機或導水路引入，以改善狀況，保護水質，淨化用水量計演算法依下式：

$$C_2 = \frac{C_1 Q_1 + C_s Q_s}{Q_1 + Q_s} \dots\dots\dots(2-2)$$

其中：

Q_1 = 導水前河川流量 (C.M.S)

Q_s = 導水量 (C.M.S)

C_1 = 導水前河川水質 B.O.D (P.P.M)

C_s = 導水水質 B.O.D (P.P.M)

C_2 = 導水後河川水質 B.O.D (P.P.M)

淨化用水量依河川，水之利用狀況，隨時改變，故須充分觀察其現況及將來可能之演變，同時須明瞭各階段之變化狀況，及檢討淨化用水量對河川之疏通能力。

流況改善計畫工程實施必須考慮其他計畫，以便兼用，如水庫之導水路，及揚水用之抽水機，可兼做以治水為目的的計畫之調洪水庫之放水路，及排除內水之抽水機等。

“維持用水循環”係都市內小型河川由於下水道之設施，使流水量減少，以致河川內之水流無法達到自淨作用，其改善方法以引入水質良好之水使水流循環。其所需水量係補給蒸發損失之水量，此法主要係用於附近無法得到大量淨化用水量之使用方法。

3.保護水路之水質：

保護水路之水質依其目的可選擇下述兩種方法：

(1)分離河川中汙濁水與清淨水。

(2)防止河川水與污染水合流。

(1)項係使河川中之河川與汙濁水分開放流，其分離汙水的效果可由下式計算：

$$C_2 = \frac{C_1 Q_1 - C_s Q_s}{Q_1 - Q_s} \dots\dots\dots(2-3)$$

式中：

Q_1 = 分水前河川流量 (C.M.S)

Q_s = 分水量 (C.M.S)

C_1 = 分水前河川水質 B.O.D (P.P.M)

C_s = 分水水質 B.O.D (P.P.M)

C_2 = 分水後河川水質 B.O.D (P.P.M)

一般河川之河幅較寬時，可在河床內另開第二條低水路分離汙水，但在於河幅較小之河川無法另開一條汙水路，可於河床下另開一條排出汙水之暗渠，上部為流通清水之明渠，即使用二層構造，此汙水道之佈置係河川縱斷方向在管理上較為困難。

4. 污染負荷之減少：

對於計劃削減河川空間之污染負荷時，應視各水域之狀況選擇適當之方法。同時須考慮河川周圍之環境，並避免與治水計劃發生矛盾。

(1) 施行在低水路之方法：

- ① 施行在水深淺處。
- ② 設蛇籠堰。
- ③ 設滯留堰。

(2) 施行在高灘地之方法：

- ① 設酸化池。
- ② 設浸透池。
- ③ 散水高灘地
- ④ 酸化水路。

2.1.4 台灣地區之灌溉水質

灌溉水源受到污染之來源，包括天然污染與人為污染，一般而言，以人為污染應值得重視和警惕。依據台灣省水利局在民國八十年度統計，全省各農田水利會設有水質監視點約 3,036 點，每天廢水量 911,817 噸，其中有 17.5 % 的水質監視點測得的灌溉水質不合格，各水利會包括兩期作之灌溉面積約為 398,104 公頃，受水污染影響面積為 56,575 公頃，減產稻穀達 2,563,125 公斤，有關台灣地區各農田水利會灌區灌溉水質受污染情形調查統計如表 2-4。

表 2-4 台灣地區各農田水利會灌區灌溉水質受污染超過灌溉水質標準調查統計

單位：立方公尺

區域	農田水利會別	灌溉水質不合格水量
北 部	七星	0 (無統計數據)
	瑠公	0 (無統計數據)
	宜蘭	3,900,000
	北基	894,000
	桃園	26,168,000
	石門	12,330,000
	新竹	98,082,000
	小計	141,373,000
中 部	苗栗	6,015,667
	台中	8,292,000
	南投	0
	彰化	138,216,000
	雲林	26,014,000
	小計	178,537,667
南 部	嘉南	8,734,000
	高雄	24,088,000
	屏東	91,264,000
	小計	124,086,000
東 部	台東	22,071,000
	花蓮	32,071,000
	小計	54,142,000
合計		498,138,667

註：七星與瑠公因水量少亦無統計資料，故以 0 統計。

資料來源：行政院農業委員會，農業用水量化目標及總量清查報告，2000,3。

目前台灣地區灌溉水污染的來源以工業廢水占第一位，畜牧廢水次之，市區廢水居於第三。據水利局統計，工業廢水水量各占農田水利會排洩戶廢水量之 80% 以上，造成灌溉水質污染最為嚴重。工業廢水中又以食品業、製紙業、紡織業、化工業，等廢水量較多。工業廢水所含污染物非常複雜，很多尚含有毒物質，應特別重視。畜牧廢水中，以養豬廢水影響最大，不論大型企業化養豬場或小型養豬場，都常發生公害糾紛事件。畜牧廢水中，雖然有毒物質含量低，但含有大量的氮、磷、無機鹽類等，若要處理達到灌溉水質標準相當困難，以氮素含量為例，經厭氧發酵及好氧處理的豬糞尿廢水，其 BOD 值雖可達 200ppm 以下，符合事業放流水標準，但全氮含量仍平均在 350ppm 左右，遠超過灌溉水質標準的 1ppm，可見畜牧廢水污染實是灌溉水質維護之一大隱憂。都市家庭廢水的問題則由於人口持續增加而日趨嚴重，目前本省都市下水道之普及率僅 17% 左右，都市廢水處理廠寥寥可數，故經由各種途徑污染灌溉水源的情形不可漠視。

2.2 水源種類

灌溉水源有河川、蓄水庫、湖沼（埤池）、地下水等。若由灌溉面積視之，台灣主要係以河川水源為主。水庫與埤池水源之灌溉面積較少，地下水則多數用為輔助水源。但台灣河川特性不良，由於地形關係，流短坡陡，洪水枯水流量懸殊，含砂量大，增加水源開發之困難。

就灌溉觀點而言，興建水庫調節水源固屬有利，但台灣由於集水區、地質、容水量及淤塞等因素之限制，造壩往往並不經濟，選擇壩址尤非易事，尤其是興建大型水庫困難更多。

決定灌溉水源時，除了應考慮水質、水溫、水量外，尚須顧及有關取水之設備費、維持費等。

2.2.1 河川取水

就水量與水質視之，河川一般可謂為最適當的灌溉水源。同時，取水設備費亦當較其他水源低廉，唯自河川取水時，其所須注意者如下：

一、水量

選擇河川作為灌溉水源時，首先必須分析河川取水地點之年間流量變化情形，然後根據所計劃栽培之作物，其年間所需之灌溉用水量變化，以瞭解河川之枯水期是否亦能取得足夠的用水。一般情形，河川之枯水期，往往也是作物用水需求最殷切之時。因此，河川之枯水量必須要足以應付灌溉用水量最多的時期，否則其不足之水量，必須要有蓄水庫等給予補助。又將枯水量之大部分取入時，必須詳加考慮是否因此影響下游之水權問題。

二、水位

取水地點之河川水位，應以枯水位作為標準。若其水位無法依自然流入方式取水時，則應築造攔河堰以維持水位，或使用抽水機取水。

三、低水工事

於河床不安定之河川，因枯水期水位發生變化，致使取水困難時，為使此種河川能以自流方式取水，因而施以低水工事以固定流路。整正低水或常水之河川流路，固定河岸，以及防止河床之變動或河道之分歧等，以利水之取入或航運之工事，稱為低水工事，此種工事有丁壩、順壩、分流工……等。

1.本省河川之概況

台灣大小河川共 129 條，包括主要河川 21 條，次要河川 29 條，和普通河川 79 條。(台灣重要河流長度及流域面積表如表 2-5) 所有河川都是流短坡陡，豐枯流量懸殊。流量集中在夏季颱風季節，容易成災，平時流量稀少，甚至枯竭，可供利用的天然流量有限。

據調查統計，台灣各河川年逕流總量計達 675 億立方公尺，惟季節分佈很不平均，其中雨季(5~10月)為 526 億立方公尺，佔 78%，旱季(11~4月)為 149 億立方公尺，佔 22%。枯水年之年逕流量為 341 億立方公尺，約年平均逕流量之半。若將歷年日流量按大小順序排序，可以找出 90%日流量均大於某種低流量，稱為歷時 90%日流量。若以此低流量作為可供引用之可靠天然流量，則台灣可靠之地面水源約 134 億立方公尺。(如表 2-6)

表 2-5 臺灣地區重要河流長度及流域面積表

河名	河流 長度 (km)	流域 面積 (km ²)	河口計畫 洪水量 (m ³ /s)	河名	河流 長度 (km)	流域 面積 (km ²)	河口計畫 洪水量 (m ³ /s)
磺溪	14.46	49.07	1,030	四重溪	31.91	124.88	1,960
淡水河	158.67	2,725.82	20,000	保力溪	14.94	105.23	1,740
南崁溪	29.11	214.83	2,850	雙溪	26.81	141.36	2,140
老街溪	37.07	81.59	1,460	福德溪	7.75	15.90	325
社子溪	24.17	77.83	1,420	金面溪	7.64	7.94	159
鳳山溪	45.45	250.10	2,400	得子口溪	19.23	95.25	1,630
頭前溪	63.03	565.97	8,380	蘭陽溪	73.06	978.63	8,400
客雅溪	22.98	48.41	720	冬山溪	25.29	113.36	1,510
中港溪	54.14	445.58	4,720	新城溪	18.13	50.46	880
後龍溪	58.04	536.59	6,340	蘇澳溪	8.83	29.65	593
西湖溪	32.11	110.53	1,800	南澳溪	43.90	311.73	3,690
大安溪	95.76	758.47	7,000	和平溪	50.73	561.06	9,000
大甲溪	140.21	1,235.73	8,780	立霧溪	58.37	616.30	5,910
烏溪	116.75	2,025.60	21,000	三棧溪	24.45	123.32	1,950
溪水溪	186.40	3,155.21	24,000	美崙溪	19.58	72.54	1,090
新虎尾溪	49.85	109.26	1,790	吉安溪	11.40	42.16	632
北港溪	81.86	645.21	6,100	花蓮溪	57.28	1,507.09	16,600
樸子溪	75.67	400.44	3,490	豐濱溪	16.98	82.99	1,240
八掌溪	80.86	474.74	3,580	秀姑巒溪	81.15	1,790.46	12,300
急水溪	65.05	378.77	2,380	富家溪	10.46	27.23	387
曾文溪	138.47	1,176.64	9,190	馬崙溪	23.11	150.33	2,230
鹽水溪	41.34	221.69	2,920	卑南溪	84.35	1,603.21	11,400
二仁溪	65.18	350.04	4,000	太平溪	19.62	95.05	1,580
阿公店溪	29.66	135.01	2,070	利嘉溪	37.68	174.70	2,470
高雄川	20.60	115.51	1,860	知本溪	39.25	198.45	2,700
高屏溪	170.90	3,256.85	23,500	太麻裏溪	36.27	217.53	2,880
東港溪	46.94	472.20	4,040	金崙溪	28.82	151.94	2,250
林邊溪	42.19	343.97	3,240	大竹溪	23.60	133.41	2,050
率芒溪	22.33	89.61	1,560	大武溪	19.85	109.52	1,793
枋山溪	25.67	125.48	1,970	港口溪	31.18	101.69	1,530
楓港溪	20.38	102.52	1,710				

資料來源：經濟部水利處。

表 2-6 臺灣地區各區域年逕流量

單位：百萬立方公尺（%）

區域	面積 (km ²)	平均年逕流量			枯水年 逕流量	各項歷時百分比的流量			主要河川
		豐水期	枯水期	全年		50%	75%	90%	
北部	7,347	10,146	5,999	16,145	9,259	7,305	4,986	3,613	淡水河、蘭陽溪、 頭前溪
中部	10,507	13,507	3,403	16,911	9,704	6,856	5,091	4,003	後龍溪、大安溪、 大甲溪、烏溪、濁 水溪、北港溪
南部	10,004	16,092	1,498	17,590	6,623	3,260	1,920	1,466	樸子溪、八掌溪、 急水溪、二仁溪、 曾文溪、高屏溪、 林邊溪
東部	8,144	13,485	3,755	17,240	8,495	6,681	5,682	4,304	花蓮溪、秀姑巒 溪、卑南溪
合計	36,002	52,589	14,908	67,497	34,081	24,104	17,607	13,386	

註：1. 豐水期：5~10 月，枯水期：11~4 月。

2. 表內區域的畫分，是按照「臺灣地區綜合開發計畫」分區原則，包括的縣市北區為宜蘭、基隆、臺北、桃園、新竹，中區為苗栗、臺中、南投、彰化、雲林，南區為嘉義、臺南、高雄、屏東、澎湖，東區為花蓮、臺東，四區的水資源年逕流量大致相等。

資料來源：臺灣地區水資源之合理開發與利用，水資會報告，70 年 6 月。

2. 地表水（溪河流量）之估算：

(1) 觀測法：溪河之流量，需根據溪河之浸水斷面面積，與平均流速計算求得。即 $Q=AV$ 。流速測量方法有三：

① 流速儀測法：將流速儀沈入水中，觀測斷面上各點之流速，推算該斷面之平均流速。

② 浮標測法：洪水時期放浮標入流水中，觀測表面流速，推算溪河之平均流速。

③ 水面坡降法：在溪河中一整齊河段，取上下斷面各一分別設立水尺一組，在同一時間內測議上下水尺之水位差數，除以二水尺間距離，即得水面坡降，用曼寧公式推算不平均流速。

$$V = 1/n \times R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2-4)$$

根據各流量站之日報表，加以整理統計分析後，分別繪製過程曲線、頻

率線，和累積曲線等，以供規劃之用。

(2)估算法：溪河流量若在某種情況急欲實施一有希望之灌溉計劃，而事前對該溪河無實測流量記錄時，則以間接法推估之。即

$$R=C \times P \dots\dots\dots(2-5)$$

式中：

R=逕流量

C=逕流係數

P=降雨量

根據上式估算原理，依次庫斯克 (Isekowsxi) 氏曾統計各種地形之逕流係數，如表 2-7。

表 2-7 各種地形之逕流係數表

地形分類	沼澤 窪地	低地 高原	丘陵地 伏地	坦坡 山地	陡坡 山地	高山	險陡 高山	極陡 高山
逕流係數	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55~0.70

2.2.2 湖沼水（埤池水）

湖沼以其廣大之水面積與蓄水能力，可作為最經濟之自然灌溉水源。湖沼除了直接作為水源地外，又有調節河川水源流量之功能。平原部下游地區之沼澤，雖亦可利為調節洪水或灌溉水源，但用之於灌溉時，因其水位較低，通常需用抽水機提高水位。又海埔地墾殖時，可保留一部分為滯潮地，兼作洪水調節及枯水期灌溉之用，亦可利用天然地形，開設海岸淡水湖，蓄儲鄰近河川餘水，作為海埔地或沿海地區之灌溉水源。

台灣池塘水源蓄水容量之計算，多以供應水稻插秧尖峰用水之需，或保證本田灌溉期間枯旱用水（30~40 天）之用。按照池塘水源在灌溉系統所處位置之不同，大致可分為二類：

- (1)池塘水源僅收集其集水區水量者，例如嘉南及高雄兩農田水利會轄區內之池塘。
- (2)池塘水源除收集其集水區水量外，另以灌溉輸水系統與水庫或河流水源渠道相連供水蓄存備用者，如本省北部桃園農田水利會之桃園大圳及光復圳灌溉區均是，池塘水源常應考慮之副產品為淡水魚，

桃園大圳 220 口池塘之淡水魚，為水利會及當地農民之一大收入，常年養魚需有固定之最少蓄水量，如有此需要，應予計劃及運用時，早予留出。宜蘭地區之低窪地，於旱季（2 月～6 月）以 30% 土地先養魚苗，70% 土地栽培一期水稻，再於雨季（7 月～10 月）以 100% 土地全部飼養成魚（吳郭魚），此為一舉兩得之事，此種養魚與水稻輪作方式，在世界上其他地區尚不多見。

1. 湖沼（埤池）水量之估算

(1) 求出其水面面積

a. 測量一個與該湖泊尺寸相近的長方形（圖 2-3）（此處之湖泊可代表另外之池塘或蓄水庫）假設此長方形之平均寬度為 180 公尺，而平均長度為 220 公尺。

b. 則其面積為 $180 \times 220 = 39,600$ 平方公尺

(2) 測量水容積

a. 量出水面到最深處的深度。

本例假定為 5 公尺（圖 2-2a）

b. 求出該湖泊之平均深度（圖 2-2b）。

對一般小湖泊來說，其平均深度約為 0.4 乘以最大深度。所以， $5 \text{ 公尺} \times 0.4 = 2 \text{ 公尺}$ （平均深度）

c. 該水面面積乘以平均深度。

$39,600 \text{ 平方公尺} \times 2 \text{ 公尺} = 79,200 \text{ 立方公尺}$

(3) 求出可供灌溉用之水容積。

假定由於該湖泊的滲漏、蒸發和淤積之影響，其效能只 80%。

於是： $79,200 \text{ 立方公尺} \times 0.8 = 63,360 \text{ 立方公尺}$

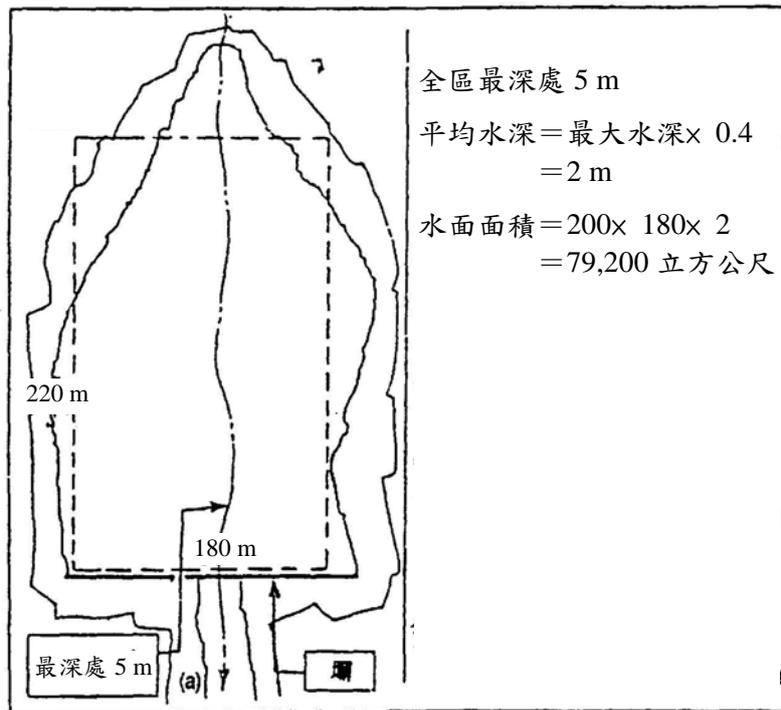


圖 2-2 (a)埤池水面面積之估算 (b)埤池水容積之計算

2.2.3 地下水

如表 2-8 大致可以分作九區，各地區之計劃深井數目及地下水蘊藏量並不互相呼應，此點固然深受地面水源、引水及蓄水開發程度之影響，亦可略示供求之情形。

表 2-8 台灣各地之地下水源

地 區	蘊藏量情形	估計安全 年出水量 (10^6m^3)	計劃深井 數目	備 註
1.臺北盆地	次多	99	27	淡水河流域。
2.桃園盆地	較少	75	-	
3.桃園、新竹、苗栗、 沿海地區	最少	30	145	頭前、鳳山、後龍、部分大安溪 流域。
4.台中盆地	較少	140	74	大甲溪及部分大安、烏溪流域。
5.濁水溪扇形地	最多	1,300	807	濁水溪、北港溪流域。
6.嘉南高雄平原	最少	300	100	樸子、八掌、急水、曾文、二仁 溪流域。
7.屏東平原	最多	370	315	高屏溪流域。
8.宜蘭平原	次多	120	-	蘭陽溪流域。
9.花蓮、台東間的河 谷地帶	次多	200	132	卑南溪、秀姑巒溪流域。
合 計		2,634	1,600	

資料來源:台灣地區水資源之評估 (金紹興, 1981)

由上表得知本省北部及東部地下水利用不多，西岸中部及南部利用最多，全部電動機及內燃機抽水井 9375 口之中，西岸中部佔 4444 口，南部佔 4741 口，共佔全省之 98% 左右。此種抽水機（地下水）之性能大致如下：

表 2-9 抽水機之性能

按馬力分述	佔百分比 (%)
未滿 5.0HP 者	49.5
5.0HP 至 10.0HP	38.3
10.0HP 至 15.0HP	4.4
15.0HP 至 20.0HP	1.2
20.0HP 至 30.0HP	1.7
30.0HP 至 60.0HP	4.7
60HP 以上者	0.2
計	100.0

由上列可見本省西岸中部及南部之地下水抽水機約 90% 均為 10 匹馬力以下者，足以表示本省地下水井之灌溉面較小，或多為補助地面水源以應付水稻整田插秧時期之尖峰用水。大致而言南部高屏溪灌區，地下水井單獨供水之灌區較多，面積小而單獨經營，不受水利會之約束，西岸中南部灌區，地下水井供水多利用地面水源之渠道系統送達輪區單區，其用途多屬供應水稻整田插秧期尖峰用水之需，另一特點為本抽水灌溉，無論地下水源及地面水渠，均以電動機為主，故與電力供應有密切關係。台灣省電力供應充沛，配電系統密佈，亦為促成地下水水源開鑿之主因。

一、地下水的定義

在地球表面的水，能用井、隧道或排水溝收集者，或能經由滲流或噴泉自然地流至地面者稱之為地下水（Groundwater）。

但並不是所有地裡的水都是地下水。假若掘一孔洞，可能會遭遇潮濕的土壤或飽和的土壤，只要水不能自由地滲流入孔洞中就不算是地下水。僅當水開始流入孔洞中時它才算真正的地下水。由於孔洞中之空氣壓力等於大氣壓力，所以假若水是自由地流入孔洞之中，地下水壓力必然高於大氣壓力。同理，不流孔洞中的地裡水，其壓力必然小於大氣壓力。因此，辨明其地下水而別於其他各種地裡水之根據乃是地下水壓大於大氣壓。由於地下水在重力的作用下自由地移動至井中，因此亦可稱為自由水（Freewater）或是重力水（Gravitational water）。自地表至地下水之深度，其範圍由 1 公尺或較淺至 1 公里或更深，也有些地方的地下水人類根本無法達到。

介於地表面與地下水頂端的區域稱作通氣層（Vadose Zone）或未飽和層

(Unsaturated zone)，此層仍含有水（唯乾燥氣候區含水量很少），但是此種水乃是土粒或地下質材的毛細力所保持。此種水雖能在通氣層移動，卻不能以水體方式移出通氣層而流入井中或移出暴露於大氣壓中的其他地方。

採用「通氣層」一詞比採用「未飽和層」為優。因為在通氣層中的許多部份都可真正地被飽和。通氣層中之飽和區尚包括地下水面上的各類：毛管層（Capillary fringe）指雨水飽和的表土，黏土的飽和層，及以粗粒質材為底上面保水力較高的細質材層。因此，位於地下水上面之地層下該稱作未飽和層。同理，稱地下水區域為飽和層（Saturated Zone）也是不合理的。因為壓擠在土層中的空氣可能保持在該層中而不能完全飽和。由於上述的理由，本文中採用通氣層與地下水層（Groundwater Zone）而不採用未飽和層和飽和層。大氣壓力是通氣層和地下水層的分界線，通氣層中之水，其壓力小於大氣壓力，地下水層中的壓力大於大氣壓力。

二、地下水源與存在

(一)地下水的來源有二，即雨水滲入與地表水滲入，茲分述之。

1. 雨水滲入：

落在地面上的雨水，除逕流及小部份蒸發外，其餘通過土壤空隙，受地心引力作用，漸次向下層滲降，最後儲積在飽和層，即地下水層中，此種現象稱滲透，其有關因素如下：

(1) 土壤的透水性（Permeability of soil）：

土壤種類甚多，其透水性能極不一致。按透水性的優劣，應視其滲透速度而定；惟此速度的大小，不但因土壤的種類而異，且與其保濕量大小，溫度高低，及其他條件，彼此互有關係，在一定條件下，可能滲透量的最大速度，稱之曰「滲透能」，通常以水深表示之。

$$\text{滲透能(公尺/日)} = \text{水量(立方公尺/日)} \div \text{滲透面積(平方公尺)}$$

滲透能隨各種土粒之性質而異，一般含砂土壤，其滲透能較大，粘性者為小。依實驗結果，粘土層滲透能為砂層的二十分之一，含七份砂三份粘粒的混合土，其滲透能亦僅為砂層之 0.82 倍，由此可知純砂層的滲透能之大。

(2) 雨前土壤保濕度：

雨水滲入地中，一部份懸垂於土層中，增加其保濕量，其餘成為重力水，下降達地下水面。在降雨之初，若土壤均在保濕不足狀態時，雨水只能增加上層的懸垂水，待土壤水份達保濕容量後，才

開使始下滲，此時若土壤水份繼續增加達飽和狀態後，則滲透愈趨活潑，地下水量亦愈趨豐富。

(3)降雨強度：

有時在短時間內降下傾盆暴雨，巨大雨滴打擊地面，使地表粘土浮動與雨水混成濁流，侵入土層中，將流通水量的空隙一時為之填塞，遂使雨水不易滲透，大部分因之而成逕流；但若經過較長時間的降雨，空隙亦可復告疏通開始原有的滲透功能。

(4)地面坡度：

比降大者，雨水降落地面時，因來不及滲入土中，大部分均成逕流而去。

(5)其他：

如季節不同，氣候差異，地面覆被情形，地下水面深淺等均有影響。

2.地表水滲入：

包括河床、灌溉渠等，亦為地下水來源之一。凡任何河川，可在其上下游測定其流量之差，再減去水面蒸發量，即可知滲入地下水的量；其滲入量的大小，隨河川河床與地下水面間的土質及地層構造而異。

(二)地層中地下水的存在，可以地下水面（Water table）為界限，分上下二部份，上部稱含氣層（Zone of aeration），下部稱飽和層（Zone of saturation）。見圖 2-3。

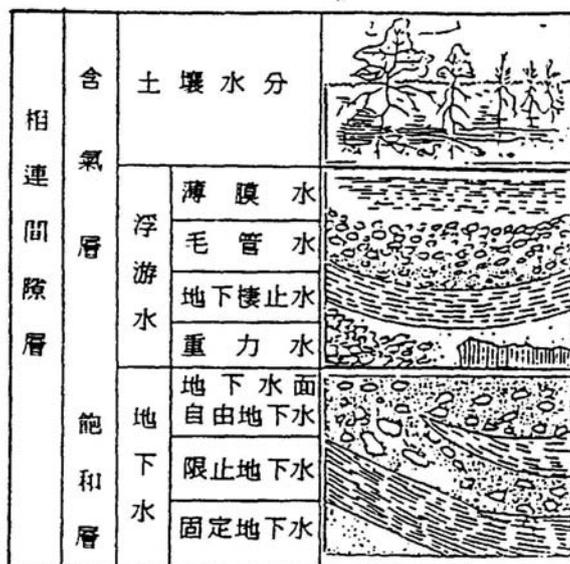


圖 2-3 地下水層示意圖

1.含氣層：

因該層中氧氣、碳酸氣及有機酸等作用於岩石，使變成為風化物，故又稱風化層。含氣層最上部份為土壤水份區，其深度可自若干公分至數十公尺不等，為各種植物吸收水份主要區域，也是地下水蒸發的出路。含氣層中的水份可分為止水與動水，止水薄膜緊貼於裂縫，或如楔形體密接於土中孔隙中，止水在毛管層上部稱薄膜水(Pellicular water)。土壤保持薄膜水的容量，農業上稱為田間容水量，其容量隨土壤種類的不同而異。當土壤中水份量超過土壤最大保持量時，則受重力作用向下運動，而稱重力水。

毛管層(Capillary fringe)在地下水面之上，且與之相鄰，該層中水份乃受毛管作用所支配，深度由若干公分至數公尺不等，視地下水面以上的土層結構及孔隙等而定。地下水面距地面甚近時，則可由地面蒸發至大氣中，此外為毛管水上升達植物根部時，則被吸收由葉面蒸發而去。毛管水的升高運動，視管徑的大小而異，管徑較大如在砂土中者，升高速度快而高度低，管徑小如粘土中者，速度慢而上升高度大。

含氣層中若有不透水層存在時，則能預托一部份地下水於其上，此稱為地下棲止水(Porched water)。

2.飽和層：

此層在地下水面以下，全部孔隙均為水所充滿，依其存在性質，可分為：

(1)自由地下水：

由其水面比降不同，可自由流動者屬之，河床底下的潛流即其一例。

(2)限止地下水：

地下水如在二不透水層間的含水層中，其水流受上覆不透水層的緊閉限制，而成為壓力水流時稱之。鑿井時，如達此限止地下水層，其中壓力因井孔穿透而獲得解除，地下水即由井孔自動上升，達到水力坡線，與此含水層進水處約略相等的高度處為止；如開井處水力坡線在地面之上時，則地下水可自井口自動噴出，此即為自流井的原理。

(3)固定地下水：

乃保持在地底微細孔隙中的水份，在尋常比降條件下亦不發生流動。

三、地下水之流動

地下水的流動，有四種不同的形式，即滲漏、毛管水運動、地下紊流及滲流；前二者係發生在地下水面上。

(1)滲漏 (Seepage)：

為地表上江河、湖沼、水庫及雨水等水份，由地面滲入地層中的一種運動，滲漏的原動力是動力，影響滲漏的因數是土質、地面比降等，在上節中已詳述及。

(2)毛管水運動 (Capillary movement)：

在細管中，因受表面張力的吸力而有上升的現象。土壤中空隙縱橫交錯，可認為多數毛管相互交聯，本來水在土壤毛管中是有保持平衡的趨勢，但當上部毛管水因植物根部吸收或地面蒸發而告減少時，水份為平衡計，乃由壓力較大處向較小處流動，因植物根部的吸收及地面蒸發永無休止，故乃繼續發生毛管水的運動。

(3)地下紊流 (Ground water turbulent flow)：

在地下水面較近大孔隙之地層，此項水面比降甚大時，則水之分子成渦旋流動者稱為紊流。因其流速較大，故地下水面比降較小者，不易發生。

(4)滲流 (Percolation)：

地下水在飽和層部份，沿粒狀物質的孔隙中作緩慢流動；此項運動，由於微小的地下水面比降而生，因而呈穩定規則的層流。

四、地下水之流速與流量

地下水的流動甚為緩慢，在砂土中一年約為一兩公里，在砂礫層中則較大，乃視水頭及砂礫的性質而定。

1893年海氏與白氏 (Hagen & Poiseuille) 發現流體在毛細管中流動速率，與壓力水頭成正比例，稱為海白氏定律，1856年達西氏經多次實驗證實上述定律，並發表流速與土壤性及水頭的關係，即為達西定律 (Darcy formula)：

$$V = K \times h / L \dots\dots\dots(2-6)$$

$$Q = VA = K \times A \times h / L \dots\dots\dots(2-7)$$

式中：

V：流速

K：滲流係數

h：水頭

L：滲透距

A：滲流斷面積，等於土面積乘孔度

式中英、公制均可適用，惟並未注意如何決定K值，至1892年Allen Hajen以達西氏定律為基本，用河砂做實驗而定K值為：

$$K=cd^2 (0.7+0.03t) \dots\dots\dots(2-8)$$

式中：

t：水溫°C

d：土粒有效粒徑 mm

c：常數約為1000，視土粒情形而定

地下水量受地上乾旱影響較少，流量固定，當地面積枯竭時，地下水仍可源源供應，此為開發地下水的優點。在下列各種場合尤有開發價值。

- (1)灌溉工程的水庫或渠首工程需先有龐大之經費，資金籌措困難，工作期間過長，不若局部開鑿地下水，經費少而時間短，完成一井即可灌溉。
- (2)附近無地面水流可資利用者，非鑿井不可。
- (3)必須引用清潔水質為飲用水或灌溉水者。
- (4)補給旱地地面灌溉水不足，乾旱更見功效。
- (5)集合群力不易時，個別鑿井，便可單獨使用。
- (6)鑿井多在灌區內，節省引水工程，利用原有水路即可灌溉。

地下水量之估算係先測出試驗井流量，再推求全地地下水流量。其應用原理為達西（Darcy）氏之基本水流公式，彼認為：任二點間之地下水流速與該二點之水頭差成正比例，與二點間距離長度成反比例，且與土壤顆粒之粗細和其孔隙量有密切之關係。

有關井內水量估算之基本原理：

即依 Darcy 公式： $V=KI$

則 $Q = SVA = SKIA$(2-9)

式中：

Q：流入井內之水量（cms）

S：岩層之出水量率（%），即岩層孔隙中之飽和水量，受重力作用時而能流出之水量，所佔岩層總體積之百分數。

I：地下水坡降＝兩點間之水頭差/兩點間距離長差

K：滲透係數

A：抽水影響圈的橫截面積（ m^2 ）

五、地下水的種類

1.以存在型式來分：

(1)井水：以人工挖鑿而成。

(2)泉水（Spring）：乃地下水自地層之天然罅隙中溢出者。

2.依壓力能含有與否可分：

(1)自由地下水；(2)限止地下水；(3)固定地下水，其定義如前所述。

六、地下水的利用

地下水之利用，世界各國均各有其悠久的歷史，古埃及與羅馬皆有輝煌之成就。我國利用地下水，早見於數千年以前。茲將各國利用情形，列舉如次：

1.農田灌溉：

我國夏周時代，即厲行井田制度，利用井水、地下水以資灌溉，明代農田水利學家徐文定以光啟曾著農政全書，對地下地質，測探地下水源，水質鑑別，鑿井技術，均有詳盡之研究，「旱田用水書」一文，力陳井水灌溉之利，尤為精闢不朽之論。民國以來，華北及西北等高旱地區，自創抽取地下水墾荒，大告成功以還，使該州水穀產量名揚各地。蓋該處一帶，地屬結耕含蓄，地下水量豐富，加以農業工程發達，益使利用灌溉，成績顯著，今日加尼福尼州約有五分之三的農田，即仰賴於深井抽水灌溉，可見利益之溥。

2.都市給水：

地下水經地下砂石層的天然滲濾，水質清潔，為極佳之飲用水料。北平自來水廠，即以地下水為其水源，漢口及其他若干都市，亦多利用井水。紐約市自來水廠，利用地下水量達全廠消耗水量之半，倫敦市亦

占四分之一強，奧京維也納更捨去附近多腦河水量，而向百哩外引用井水入市供應，日本自鑿泉合資社在佐賀地方初次打井成功後，全國各地蜂起開發，德國因地理環境關係，地表水存量有限，不得不特別注重於地下水之利用，計每日耗用量如平鋪全境，可達五公釐厚的水層。

3.工業用水：

地下水含有若干硬度，如利用以釀酒，可以促進發酵之用，故德國之啤酒業因此而著名全球。日本東京市將地下水軟化後，則大量供給蒸汽機之用。

2.3 蓄水庫

因降雨量或流域之狀況，無法從河川求得安定灌溉用水之地區，則以蓄水庫為主要水源，或補給水源。即使用水以河川為主要水源地區，仍有於其上游設置蓄水庫，當枯水期河川水量不足時以發揮灌溉功能者。又於用水不充裕之地區，若新釐訂一大規模之灌溉計劃時，亦有必要設置蓄水庫。另者為了緩和河川流量之變動，使能應付用水量之變化，亦有於河川或水路之中下游部設置調水蓄水庫者。

築造蓄水庫，因需要巨額的工程費，故僅就灌溉而言，水價通常較從河川直接用水者略高，但因其可調節洪水並用於發電，所以若能適宜執行放流操作，則既能治水，而得以發揮水之高度利用。因此，目前蓄水庫之興建多具備多目標之功能。

台灣河流經水庫調節而用於灌溉之水源，大致可分作三類(如表 2-10)：

- 一、攔截主要河流水源，而行季節性之調節者，如石門水庫，曾文水庫屬之。
- 二、攔截次要河流或主要河流之支流水源，而行季節性或跨年度之調節者，如大埔水庫、後龍水庫、白河水庫、虎頭埤、阿公店水庫等屬之。
- 三、攔截次要河流或主要河流之支流水源，並以隧道與主要河流相聯通者，如日月潭、烏山頭水庫屬之。

如按照水源適用目標的分類，則可大別為二類：

- 1.單目標水庫，例如虎頭埤水庫及烏山頭水庫屬之。
- 2.多目標水庫，例如石門水庫、曾文水庫、大埔水庫、後龍水庫、白河水庫及阿公店水庫屬之。

台灣地區已完成及待興建各水庫之功能、蓄水量等相關資料如表 2-10～表 2-12。

表 2-10 光復前完成水庫一覽表

民國 80 年 8 月調查
民國 84 年 11 月補正

水庫名稱	水庫位置	水 源	目 標	蓄水容量 (百萬立方公尺)		壩 址	壩高 (公尺)	壩長 (公尺)	完成年月	備 註
				總容量	有效容量					
虎頭埤	臺南縣新化鎮	鹽水溪	灌 溉	1.36	0.81	土石壩	15.0	470	民前 26 年	虎頭埤:民國 10 年改善增加給水目標灌溉 124 公頃
西勢	基隆市暖暖區	基隆河	給水、灌溉	0.56	0.49	混凝土壩	26.0	127	民國 16 年	
烏山頭	臺南縣官田鄉	曾文溪支流大埔溪	給水、灌溉	171.19	83.76	土石壩	56.0	1,273	民國 19 年	
日月潭	南投縣水裏鄉	濁水溪	給水、灌溉 發電、觀光	171.62	138.68	土 壩	30.0	364	民國 23 年	
尖山埤	台南縣柳營鄉	急水溪支流龜重溪	給水、灌溉	8.11	3.07	土 壩	30.0	255	民國 27 年	
鹿 寮	嘉義縣水上鄉	八掌溪	給 水	3.78	1.24	土 壩	31.0	340	民國 28 年	
澄清湖	高雄縣蔦松鄉	高屏溪	給水、觀光	5.30	2.30	土 壩	6.0	1000	民國 32 年	
蘭 潭	嘉義市	八掌溪	給 水	9.80	8.92	土 壩	77.3	546	民國 33 年	

資料來源：台灣地區之水資源，經濟部水資源局，1995。

表 2-11 光復後完成水庫一覽表 (1/2)

水庫名稱	水庫位置	水 源	目 標	蓄水容量 (百萬立方公尺)		壩址	壩高 (公尺)	壩長 (公尺)	完成年月
				總容量	有效容量				
西 河	苗栗縣三灣鄉	峨眉溪	灌溉	0.60	0.60	混凝土壩	5.0	90	民國 40 年
龍鑾潭	屏東縣恆春鎮	保力溪	灌溉	3.79	3.54	土 壩	18.5	1967	民國 41 年
阿公店	高雄縣燕巢鄉	阿公店溪	灌溉 給水 防 洪	45.00	5.67	土 壩	42.0	2,380	民國 41 年
天 輪	臺中縣天冷	大 甲 溪	發電	0.82	0.69	混凝土壩	54.5	92	民國 41 年
鹽水埤	臺南縣新化鎮	鹽水溪支流茄苳溪	灌溉	0.76	0.24	土 壩	8.6	737	民國 44 年
德元埤	臺南縣柳營鄉	急水溪支流 溫厝廓溪	灌溉	3.85	2.23	土 壩	6.7	432	民國 45 年
青草湖	新竹市南區	客 雅 溪	灌溉	1.10	0.08	土 壩	17.0	149	民國 45 年
劍 潭	苗栗縣造橋鄉	南 港 溪	灌溉	0.56	0.56	混凝土壩	8.0	35	民國 46 年
霧 社	南投縣仁愛鄉	濁水溪流域霧社溪	發電	148.6	105.8	混凝土壩	114	226	民國 47 年
大 埔	新竹縣峨眉鄉	中港溪支流峨眉溪	給水、灌溉	9.40	4.51	混凝土壩	17.0	99	民國 49 年
穀 關	臺中縣和平鄉	大 甲 溪	發電	17.10	7.02	混凝土壩	86.0	140	民國 50 年
石 門	桃園縣石門	淡水河支流大漢溪	灌溉、發電、 防洪、給水	309.12	236.59	土石壩	133	360	民國 53 年
白 河	臺南縣白河鎮	急 水 溪	灌溉、給水、 防洪	25.09	15.96	土 壩	43.0	210	民國 54 年
下達見	臺中縣下達見	大 甲 溪	發電	0.60	0.59	混凝土壩	45.0		民國 59 年
明 德	苗栗縣頭屋鄉	後龍溪支流老田寮溪	灌溉、給水、	17.70	13.98	土 壩	35.5	187	民國 59 年
曾 文	臺南縣楠西	曾 文 溪	灌溉、給水、 發電、防洪	712.70	583.81	土石壩	133.0	400	民國 62 年

表 2-11 光復後完成水庫一覽表 (2/2)

水庫名稱	水庫位置	水 源	目 標	蓄水容量 (百萬立方公尺)		壩址	壩高 (公尺)	壩長 (公尺)	完成年月
				總容量	有效容量				
成功	澎湖縣港西鄉	港底溪	給水	1.08	1.04	混凝土壩	10.5	290	民國 62 年
德基	臺中縣和平鄉	大甲溪	發電	255.40	175.00	拱 壩	180.0	290	民國 62 年
石岡	台中縣石岡鄉	大甲溪	灌溉、給水	3.02	2.20	混凝土壩	25.0	357	民國 66 年
直潭	臺北縣新店市	淡水河支流新店溪	給水	4.20	4.00	混凝土壩	17.0	117	民國 67 年
興仁	澎湖縣馬公市	窪 地	給水	0.68	0.64	混凝土壩	13	232	民國 68 年
頭社	南投縣魚池鄉	濁水溪	灌溉	0.34	0.26	土 壩	12.0	64	民國 68 年
柔佛巴魯	基隆市	大武倫溪支流柔佛巴魯溪	給水	4.00	3.75	土 壩	50	240	民國 69 年
東衛	澎湖縣馬公市	窪 地	灌溉、給水、 防洪	0.19	0.19	混凝土壩	9.5	248	民國 69 年
鏡面	臺南縣南化鄉	曾文溪支流鏡面溪	灌溉、給水	1.15	0.81	混凝土	36.0	120	民國 70 年
永和山	苗栗線頭份鎮	中港溪	灌溉、給水	29.58	27.39	土壩	62.5	340	民國 73 年
鳳山	高雄縣林園鄉	東港溪	給水	9.20	7.87	土壩	39.5	325	民國 73 年
寶山	苗栗縣頭份鎮	頭前溪支流上坪溪	給水	5.47	5.35	土壩	34.5	260	民國 74 年
仁義潭	嘉義縣番路鄉	八掌溪	灌溉、給水	29.11	25.98	土壩	28.0	1511	民國 75 年
赤崁	澎湖縣白沙灣		灌溉、給水	1.28	0.66	混凝土堰	13.0	820	民國 75 年
翡翠	臺北縣新店市	新店溪支流北勢溪	給水、發電	406.00	354.04	拱 壩	122.5	500	民國 76 年
西安	澎湖縣望安鄉	窪 地	給水	0.24	0.24	重力壩	13.0	361	民國 76 年
鯉魚潭	苗栗縣	大安溪支流景陽溪	給水、發電	126.12	122.77	土石壩	96.0	235	民國 82 年
南化	台南縣南化鄉	曾文溪支流後堀溪	給水、發電	158.05	149.46	土石壩	87.5	509	民國 82 年
牡丹	屏東縣牡丹鄉	四重溪	灌溉、給水	31.40	29.78	土石壩	5.0	435	民國 84 年

資料來源：台灣地區之水資源，經濟部水資源局，1995。

表 2-12 目前規劃興建之水庫

水庫名稱	地 點	區 別	水源主要河流	壩型	最大有效容量 (百萬立方公尺)	用 途
坪林水庫	臺北縣坪林鄉	北部	新店溪支流北勢溪	混凝土壩	165	公共給水
雙溪	宜蘭縣	北部	集溪支流丁子蘭溪	拱 壩	15.6	公共給水
寶山水庫 (第二)	新竹縣寶山鄉	北部	頭前溪之上坪溪	土 壩	32.18	公共給水及工業用水
建民水庫	台中縣大裏鄉	中部	烏溪支流大裏溪 分流草湖溪	土 壩	79.63	公共給水及工業用水
瑞峰水庫	台中縣	中部	清水溪支流 生毛樹溪	土石壩	145.5	公共給水及灌溉
瑪家水庫	屏東縣瑪家鄉	南部	高屏溪系隘寮溪	混凝土壩	386.0	農業灌溉、給水、水力發電

資料來源：台灣地區之水資源，經濟部水資源局，1995。

2.3.1 水庫位置之選擇

選擇水庫位置時，須考慮下列各種因素：

- 一、須有充足之水源，不論水源來自直接流域或間接流域，均以發揮水庫功能為目的。
- 二、須有適當之蓄水容量，足以完成建造該水庫之目的。
- 三、庫址建壩之基礎，須足以建造其高度，使水庫有足夠容量之壩。
- 四、附近是否可取得築壩材料，此項可利用材料之性能是否合格。
- 五、是否須有大量之挖土。
- 六、是否須建擋水壩、抽水站、隧道及其他設施以排除壩址處之水。
- 七、建庫地址之交通、電力、工房等情形。
- 八、如擬建土石壩，則該處是否有宜於建溢洪道之位置。
- 九、壩址處是否有嚴重之滲漏現象。
- 十、水庫淹區（包括鐵路、公路、住屋等）之補償與重建費用應不過大。
- 十一、間接流域之支流如有含沙量過多現象，應設法避免。
- 十二、水質須適合計劃中之用途。
- 十三、深水庫較淺水庫為佳，蓋淺水庫之蒸發量較大，且易長水草。

綜上因素，水庫位置須有可靠水源、適當地形、堅實地質、水庫內無滲漏產生，同時築壩之山谷愈狹則壩之費用愈少，但須有適當位址容納溢洪道等結構，其他如附近有容納施工機械、工房及適當之施工道路合格而充分之建材料等，均為選定水庫位置之重要條件。

2.3.2 水庫之容量

水庫蓄水可分為有用蓄水（Useful storage）及庫底蓄水（Dead storage）二部分。介於正常池水位（Normal pool level）與最低池水位以下者則為庫底蓄水。正常池水位為水庫在正常適用中水面之量高高度，此一高度係由水庫溢洪道頂部或溢洪道上閘門之頂所決定。最低池水位則為水庫在正常適用中所能降至之最低高度，通常此一水位由壩體最低之出水口所決定，或在水力發電之水庫中乃由水輪機所決定。

在水庫未建造時，河流流經水庫庫址時，河水亦有一部份體積，此即河流在庫址上之河谷蓄水 (Valley or Channel Storage)，故在河流上築堤攔河建立水庫所"淨增加"之蓄水容積應為水庫之總容積減去該段河原有之河谷蓄水。

2.3.3 水庫容量估計與計算

水庫容量與形狀有關，其容量之估計與計算有下列方法：

一、經驗公式法

此法用於初步計劃時估計之用，即

$$S = CAH \dots\dots\dots(2-10)$$

式中：

S = 水庫容量，以 m³ 計。

A = 水庫蓄水面面積，以 m² 計。

H = 水深，以 m 計。

C = 常數，如下表。

表 2-13 C 值之建議值

建堤處橫 斷面形狀 水庫 縱斷面形狀			
凸出	0.15	0.20	0.30
平坦	0.20	0.36	0.40
凹入	0.25	0.40	0.05

二、積分法

據美國邁阿米防洪區水庫水面面積與高度之關係為

$$A = C_1 H^{3/2} \dots\dots\dots(2-11)$$

式中：

A = 庫內水深 H 時，水面之面積，以平方公尺計。

H = 堤身處庫內之水深，以公尺計。

C₁ = 常數，視水庫之形式及大小而定。

將上式積分之

$$S = \int AdA = 2/5 C_1 H^{5/2} \dots\dots\dots(2-12)$$

式中：

S = 水庫在水深 H 時之蓄水容量，以畝呎計。

若以水庫容量之一般公式表之為

$$S = KH^m$$

式中：

K = 常數，視水庫形式及大小而定。

m = 指數，其值如下：

表 2-14 m 值之建議值

水庫庫址	m 值
湖泊、沼澤	1.0~1.5
沖積地及山腳	1.5~2.5
山谷	2.5~3.5
峽穀	3.5~4.5

此公式係自經驗，但由理論推算亦極吻合，若以對數表之，為

$$\log S = \log K + m \log H$$

此式在對數紙上為一直線，故高度與容量二值若有一點為已知，即可得此直線，並可求得 K 及 m 之值，因 K 即 S 座標上之截距，而 m 則為此直線之斜率。惟從圖上查其斜率時，須以直線長度為準，而不可使用對數之座標。

三、計演算法

此即算出水庫之標高、面積、容量曲線表，其優點較為精確，使用普遍，惟需有精確之地形圖，其法之步驟如下：

1. 以求積體自水庫底部起求得相鄰兩等高線所包圍之面積，代入梯形容積公式：

$$V = 1/2 (A_1 + A_2) h \quad \text{即得此兩等高線間之體積。}$$

- 2.繼續向上計算，並求得其累積容量。
- 3.根據以上所求得結果，以同一間距繪出水庫高度、面積、容量曲線。
- 4.在此曲線上可檢出任何假想高度之埧基蓄水庫之相當容量；反之亦可視蓄水量之需要，而檢出埧之高度。

為便於水庫運用時，能立刻查得任何水庫容量之水庫面積，以估計蒸發損失量，呆水位標高以上需作每隔 0.1 公尺之詳細面積、體積對照表。

茲列出水庫面積、容量曲線(Area-Capacity Curve)之計算例，如表 2-15。

此法之缺點為計算時假設水庫水面經常保持水平，然在有迴水影響之地區，水庫在同一高度時，其蓄水量並不相同，迴水影響以在狹長形之水庫最為顯著；同一水庫則在水庫水位降落時較為顯著；在迴水影響甚顯著之水庫，其蓄水量不能單藉水庫之高度容量曲線求得，必須加入一參變數，而得一組之曲線，通常此參變數常用水庫上游水文站之進水量。

表 2-15 水庫標高-面積-容量曲線表

標高 m	水庫面積 1,000m ²	ΔV 1,000m ³	水庫容量 1000m ³	標高 m	水庫面積 1,000m ²	水庫容量 1,000m ³
111	0					
112	1	0.5	0.5	138.0	471	3,396
113	2	1.5	2.0	138.1	475	3,443
114	3	2.5	4.5	138.2	478	3,490
115	5	4	8.5	138.3	482	3,538
116	7	6	14.5	138.4	485	3,586
--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--
138	471	453	3,396	138.7	496	3,734
139	507	489	3,885	138.8	499	3,784
140	544	525.5	4,410.5	138.9	503	3,834
141	581	562.5	4,973	139.0	507	3,885
142	620	600.5	5,573.5	139.1	510	3,936
--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--

第三章 土壤與水份

3.1 土壤組成

當乾土用手壓碎後，能看到它是由各種不同大小的顆粒所組成的。

大部分土壤中的顆粒來自由岩石的風蝕；它們是被稱為礦物顆粒。許多來自於植物或動物的殘餘（腐爛的樹葉、動物的遺骸等），它們稱為有機質顆粒（有機質），土壤顆粒似乎是彼此相接觸，但實際上他們彼此間是有空隙，這些空隙稱為孔隙（pores）。當土壤是乾的時候，孔隙內大部分是充滿空氣，在灌溉或降雨後，孔隙內則充滿著水份，在土壤中能發現生物體，它們可能是植物的根系、甲蟲、蠕蟲、幼蟲等。它們可以使土壤疏鬆，而創造植物根系有利的生長環境（見圖 3-1）。

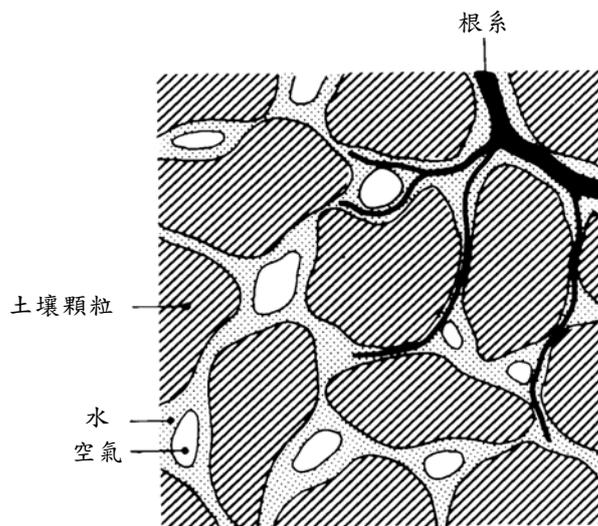


圖 3-1 土壤的組成

3.1.1 土壤剖面

假如在表面上挖一個至少一公尺深的坑，就可以看到有不同顏色、組成的各種土層，這些土層稱為化育層（horizons），連續的化育層就稱為土壤的剖面（soil profile）（見圖 3-2）。

一非常普通和簡單的土壤剖面，敘述如下：

1. 耕犁層（20-30 cm 厚）：包含有許多有機質和植物的根系，這層易受地面耕作的影響（例如犁田、耙地等），且常有深暗的顏色（棕色至黑色）。

2.深耕犁層：包含較少的有機質和植物根系，這層幾乎不受到正常的地面耕作活動影響，顏色也較淡，經常是呈現灰色，且常帶有微黃或微紅的斑點。

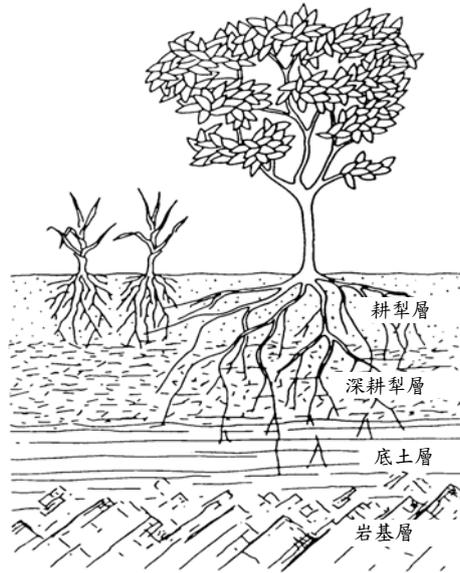


圖 3-2 土壤的剖面

- 3.底土層：幾乎沒有發現任何的有機質和植物根系。因只有少數的植物根系能達到這裡，故此層對於植物的生長並不是很重要。
- 4.岩基層：包含有岩石，岩石風蝕後，形成土壤，此岩石有時稱為母質（parent material）。

3.1.2 土壤質地

土壤的礦物顆粒常以其大小而分類如下：

表 3-1 土壤礦物顆粒大小分類表

顆粒的名稱	粒徑大小範圍 (mm)	用肉眼的區分
礫 石	>2	很 明 顯
砂 土	1~0.02	容 易 地
坩 土	0.02~0.002	很 勉 強
黏 土	<0.002	不 可 能

在土壤中砂土、坩土和黏土所佔的比例，取決於土壤的質地。

粗質地土壤：砂土佔較大比例（如砂質土壤）。

中質地土壤：坩土佔較大比例（如壤質土壤）。

細質地土壤：黏土佔較大比例（如黏質土壤）。

在田間，土壤質地能經由手指間的搓揉感覺來決定（圖 3-3）。

農民經常把土壤分為輕質土和重質土。粗質地土壤是輕質土，因它容易去耕種，而細質地土壤是重質土，因它不容易去耕種。

表 3-2 農民對土壤分類法

農民的分法	文獻上的分法
輕質土	砂質土 粗質地
中質土	壤質土 中質地
重質土	黏質土 細質地

因土壤的質地是不變的，農民是無法去變更或改變它。



圖 3-3a 粗質地土壤是呈砂礫狀。即使是潮濕的土壤，在手上感覺是很疏鬆和分散地。



圖 3-3b 中質地土壤在乾時，感覺是很柔軟（像麵粉）。在潮濕時，是很容易擠壓，感覺上是很柔滑的。



圖 3-3c 細質地土壤在潮濕時會黏附於手指間，擠壓時將形成一球形。

3.1.3 土壤結構

土壤結構乃論及土壤顆粒（砂土、坩土、黏土、有機質和肥料）聚集成孔隙的混合物，這些被稱為團粒結構。土壤結構也言及這些被孔隙和裂縫分開的團粒結構的排列（圖 3-4）。

基本的團粒結構型態如圖 3-5 所示，包括粒狀、塊狀、柱狀和巨大的結構。當目前是在表層土壤時，巨大結構會阻礙水份的進入；由於缺乏空氣，種子也是不易發育的。另一方面，假如上層土壤是屬於粒狀土，水份就容易進入，種子發育得很好。

在柱狀結構，因水份在土壤中主要是垂直的流動，所以供應到根系的水份通常是很少的。土壤結構不像土壤質地，不是長久不變的，農民為了他的田地，經由田間的耕作（耕犁，培土等），嘗試去獲得粒狀的表層土結構。

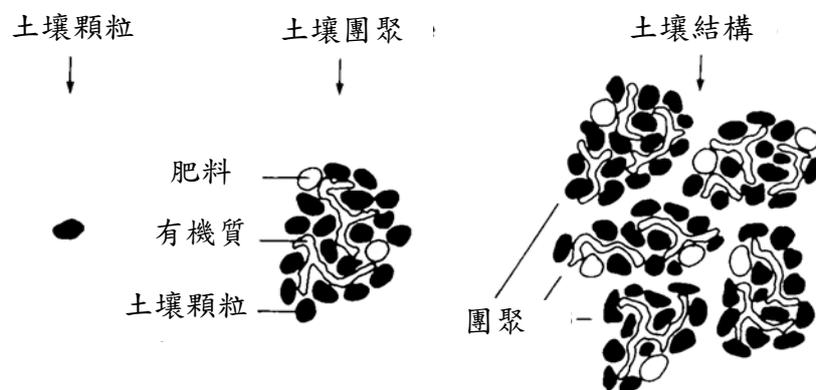


圖 3-4 土壤結構

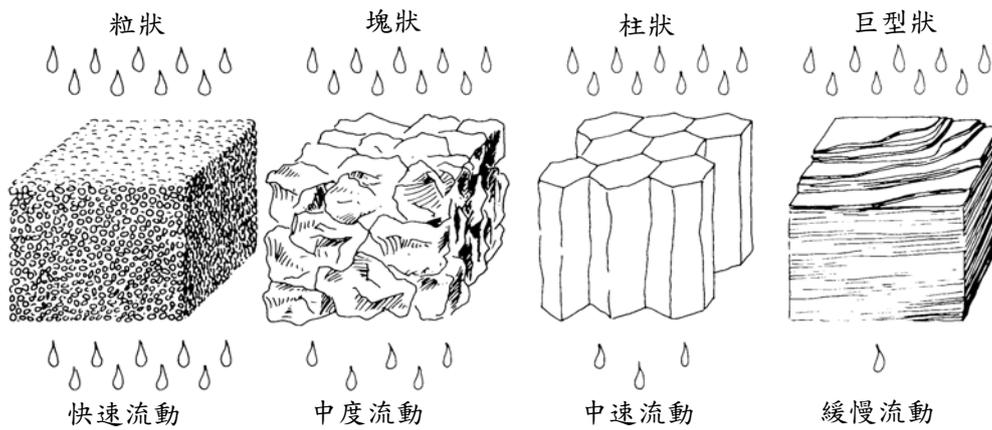


圖 3-5 一些土壤結構的例子

3.2 水份滲入土壤

3.2.1 入滲過程

當雨水或灌溉水供應在一田地時，它會滲入土壤中，此過程稱為入滲（infiltration）。

入滲可以想像成將水倒入一杯裝有壓實過的乾燥土壤中，水份滲入土壤之情形。土壤變濕時，顏色將變暗（見圖 3-6）。



圖 3-6 水份滲入於土壤中

2.2.2 入滲率

重複前面的試驗，這次用兩個杯子，一個裝有乾砂土，另一個裝有乾黏土（見圖 3-7a 和 3-7b）。

水份進入砂土的入滲是比進入黏土更為快速，所以砂土被說為有較高入滲率（infiltration rate）。

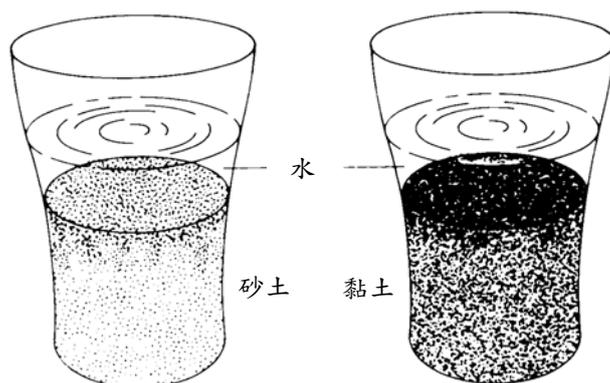


圖 3-7a 相同水量供應於每一杯子

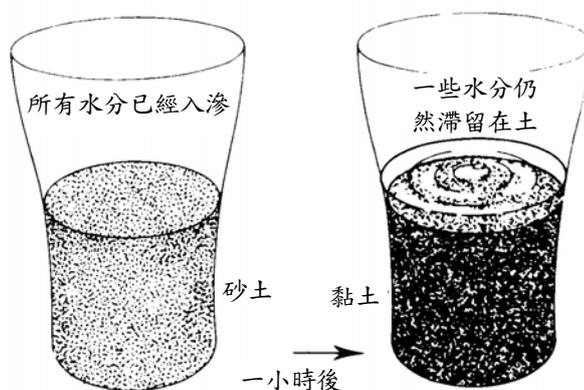


圖 3-7b 一小時後，水份已完全滲入砂土中，但有許多水份仍滯留在黏土上

土壤的入滲率是水份進入土壤的速度，它通常以 1 小時中，土壤能吸入水份的深度測量。

如入滲率為 15 mm/hour，意思是說在土壤表面 15 mm 的水深，將花 1 小時時間去滲入土壤（見圖 3-8）。

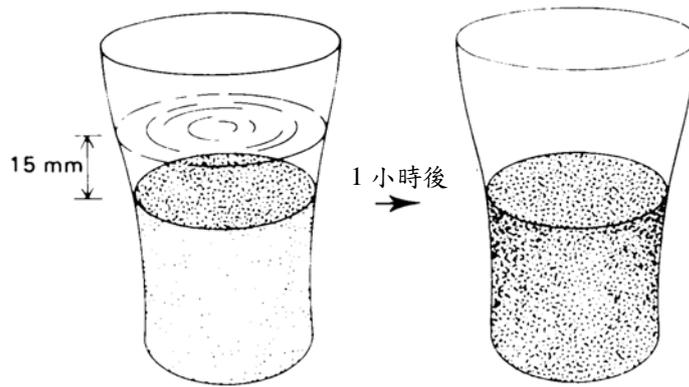


圖 3-8 入滲率為 15 mm/hour 的土壤

入滲率的高低範圍，如下所示：

低入滲率	< 15 mm/hour
中入滲率	15~50 mm/hour
高入滲率	> 50 mm/hour

3.2.3 影響入滲的因素

土壤的入滲率，影響的因素有的可能是不變的如土壤的質地，亦有可能是有變化的如土壤含水量。

1. 土壤質地

粗質地土壤主要有較大的顆粒，顆粒間有較大的孔隙。另一方面，細質地土壤主要有較小的顆粒，顆粒間有小的孔隙（見圖 3-9）。

在粗地土壤，雨水或灌溉水是較容易進入和移動於較大的孔隙。當水入滲於土壤時，它花費較少的時間。換言之，粗質地土壤的入滲率是高於細質地土壤。

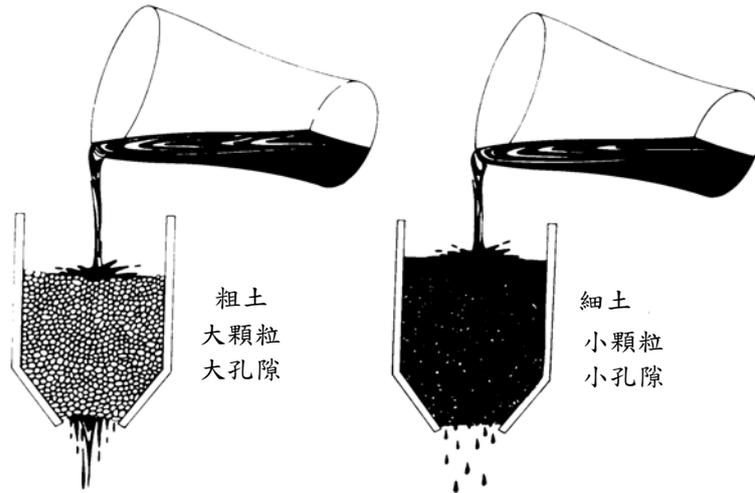


圖 3-9 入滲率和土壤質地

當土壤是乾時，水份入滲比土壤是濕的（見圖 3-10）更為快速（較高入滲率）。因此，當灌溉水施灌於田間時，剛開始水份容易入滲，但當土壤變濕時，入滲率則變慢了。

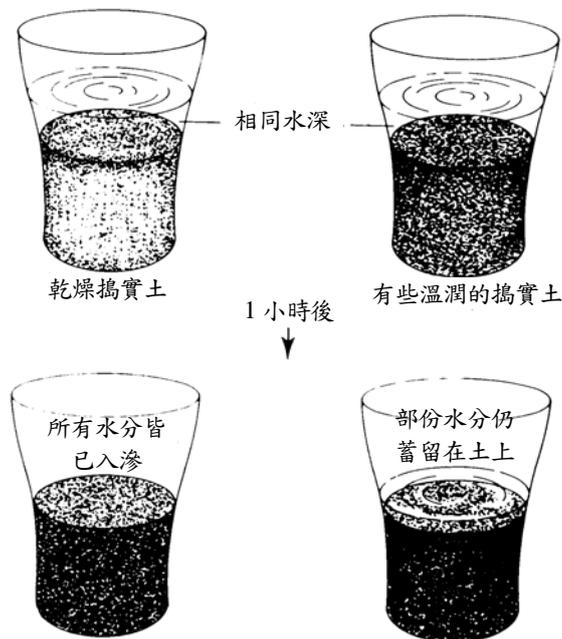


圖 3-10 入滲率和土壤含水量

2. 土壤結構

一般而言，水份快速地滲入粒狀土壤（高入滲率），但對於堅硬和壓實過的土壤，則是非常的慢。

因為農民能夠影響土壤的結構（經由耕作實務），他亦能改變土壤的入滲率。

3.3 土壤水份狀況

3.3.1 土壤含水量

土壤含水量指出目前在土壤中的水份含量。

土壤含水量普通的表示法為在 1 m 深土壤中所含的水份量。例如：當。在 1 m 深土壤中含有 150 mm 深的水份，那土壤的含水量為 150 mm/m（見圖 3-11）。

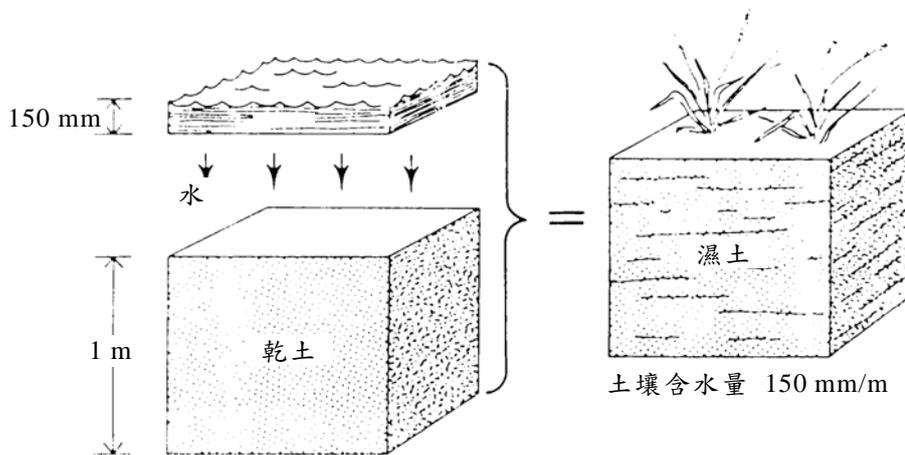


圖 3-11 150 mm/m 的土壤含水量

土壤含水量亦能以體積百分比表示，如以上的例子， 1 m^3 的土壤（有 1 m 深， 1 m^2 的表面積）含有 0.15 m^3 的水份，此土壤含水量，以體積百分比表示：

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

所以，100 mm/m 的土壤含水量，相當於一 10 % 體積土壤含水量。

（註：蓄存在土壤的水份並不是一定值，而是會隨時間而變化。）

3.3.2 飽和含水量

一場驟雨或灌溉期間，水份將填滿土壤的孔隙。假如所有土壤孔隙被水填滿稱為飽和狀態，此時沒有空氣殘留在土壤中（見圖 3-12a）。在田間土壤達

飽和狀態是很容易的。假如一把飽和土壤被擠壓，許多水份將在手指間流出。

植物在土中需要空氣和水份，在飽和狀態，因沒有空氣提供，故植物會受苦。許多作物不能處於飽和狀態超過 2 ~ 5 天時間，而水稻是例外之一。表層土處於飽和狀態通常是不會太久，降雨或灌溉停止後，在較大孔隙的部份水份將會向下移動，這過程稱為排水或滲漏。

水份從孔隙中排出後，則被空氣所取代。在粗質地土壤（砂土），排水只要幾小時內就完成。在細質地土壤（黏土），可能需要幾天（2~3 天）時間。

3.3.3 田間含水量

當水份向下滲透一天至五天後達飽和狀態時，土層土壤中水因重力水下降，下降速度至穩定近乎零，所存在土壤最大水份量。故（田間含水量 = 土壤飽和含水量 - 土壤重力水）

3.3.4 永久凋萎點

儲存在土壤中水份不是被植物根系吸收就是從表土蒸發到大氣中，所以將愈來愈少。假如沒有外加水份供應到土壤中，它將逐漸變乾。

土壤變得愈乾燥，更多殘留水被緊密地留住，植物根系吸收它將更為困難。在某一階段，吸收的水份無法充供應作物的需求，開始時，作物會顯出憔悴及凋萎狀態；葉子顏色亦從綠到黃色，最後作物則會枯死。

在作物即將枯死時之土壤含水量，稱為永久凋萎點。此時土壤中雖仍含有一些水份，但它無法被根系從土壤中吸取。

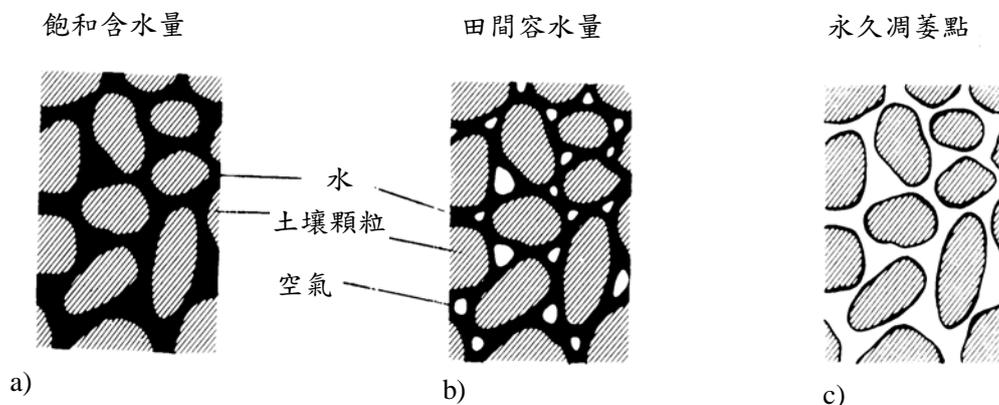


圖 3-12 一些土壤水份特性

3.4 可利用土壤含水量

土壤能夠比擬成為一植物的蓄水庫，當土壤是飽和時，蓄水庫是滿的。不過，在作物能夠使用前，根區以下的一些水份會快速的排去(如圖 3-13a)。

當這水份已被排去後，土壤是處於田間容水量。作物根系從蓄留在蓄水庫吸取水份(如圖 3-13b)。

當土壤達至永久凋萎點時，蓄存的水份就無法被作物所使用(如圖 3-13c)。

土壤水份含量包含三種種類

1 吸著水 (Hygroscopic Water)

吸著水為包圍在土粒表面極薄之水膜，緊附在土粒之外表，又稱吸濕水，需於 $100^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$ 高溫烘箱下去除，土壤吸著水吸力極強，對植物而言為無效水份，無法供植物利用。

2 毛管水 (Capillary Water)

為吸著水外側另一層之水份，即為吸著水與外界水互相吸引，充滿在毛細管內，所承受外力為 $31\text{atm}\sim 1/3\text{atm}$ 之間，其大部份水份為可供植物利用之有效水份，存在細孔隙中保持及移動之水份。

3 重力水 (Cravity Water)

存在大孔隙中，受地心引力水份移動向下稱為重力水，所承受引力為 $1/3\text{atm}$ 以下之水份稱之，此水份在土壤中不易保存，固為超量水，植物無法利用。

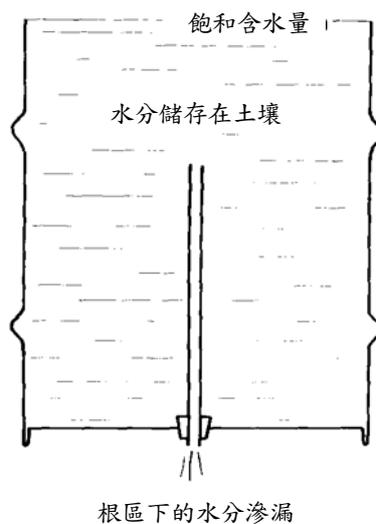


圖 3-13a 飽和含水量

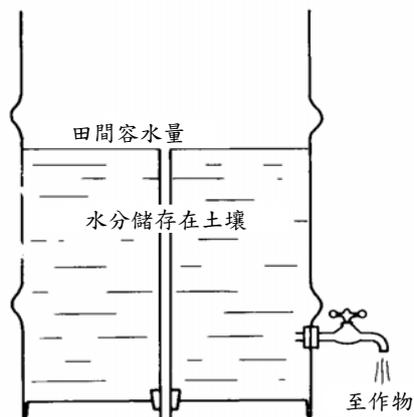


圖 3-13b 田間容水量

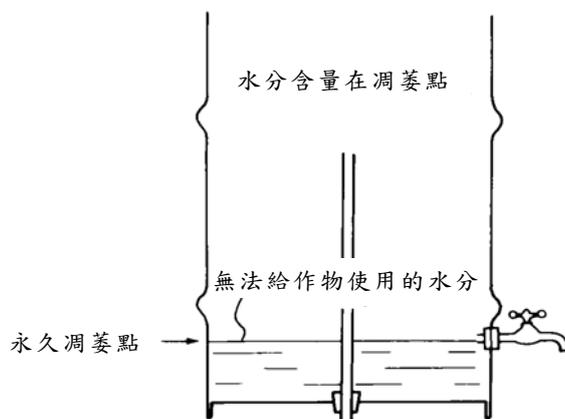


圖 3-13c 永久凋萎點

被作物實際使用的水量為土壤在田間容水量所蓄存水量減去土壤在永久凋萎點所蓄留的水量，其說明如圖 3-14 所示。

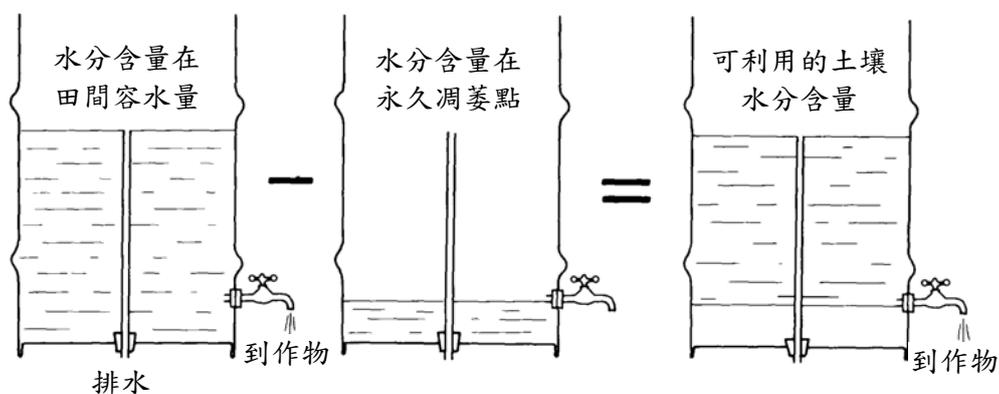


圖 3-14 可利用的土壤水份或含水量

可利用的土壤含水量 = 在田間容水量的土壤含水量 - 在永久凋萎點的土壤含水量.....(3-1)

可利用土壤含水量主要依土壤質地和結構而定。對於不同種類之土壤可利用含水量則如下表所示：

表 3-3 不同種類之土壤可利用含水量表

土 壤	在每一公尺土壤深度中可利用土壤含水量之深度 (mm/m)
砂 土	25 ~ 100
壤 土	100 ~ 175
黏 土	175 ~ 250

資料來源:FAO 灌溉排水訓練教材灌溉概論篇

田間容水量、永久凋萎點 (PWP) 和可利用的土壤含水量是稱為土壤水份性質，對於已知土壤，它是一常數，但從一種土壤至另一土壤間的變化是很大的。

3.5 地下水位

供應於土壤表面的水份，部分由根區以下排去，流入更深的永久飽和土層；飽和層的頂面稱為地下水位或有時稱為水位面（見圖 3-15）。

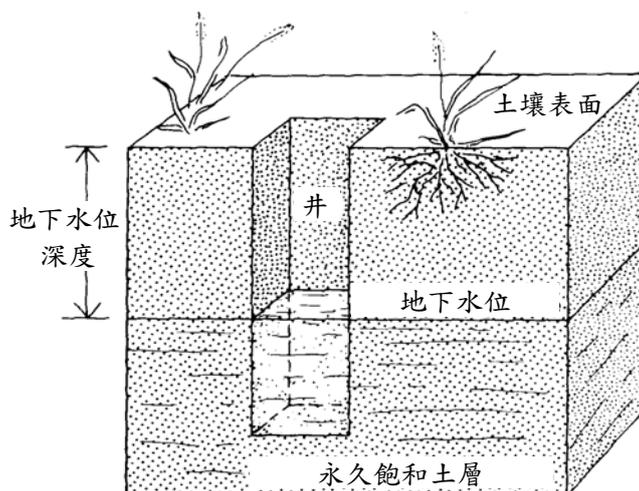


圖 3-15 地下水位

3.5.1 地下水位深度

從一地方到另一地方的地下水位深度變化是很大地，主要原因是由於地區地表的變化（見圖 3-16）。

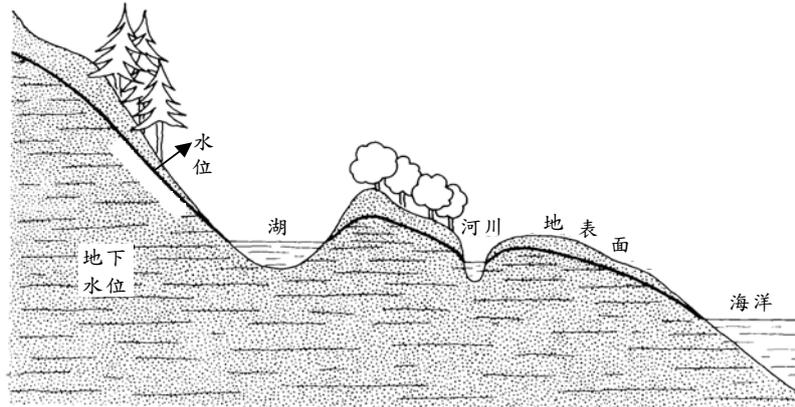


圖 3-16 地下水位深度的變化

在一特別的地方或田間，地下水位深度或許會隨著時間而變化。

隨著一場大雨或灌溉後，地下水位會上升，它甚至會達到根區而使其達飽和狀態。假如時間延長，此狀況將使作物損失慘重，因作物根系無法抵長時間的浸泡，

地下水位在地表面出現，稱為開放地下水位，這是在沼澤地區的狀況。

地下水位也能非常深，從作物根區以下有一距離。例如，在乾旱季節很長時間後，為了保持根區水份，灌溉是必要的手段。

3.5.2 暫棲地下水位

一暫棲地下水層，能不透水層之上面發現，它略靠近地表面（20-100 cm）。它通常涵蓋一有限的區域。暫棲地下水層的頂面被稱為暫棲地下水位。

不透水層將暫棲地下水層隔離距地下水位更深地區（見圖 3-17）。

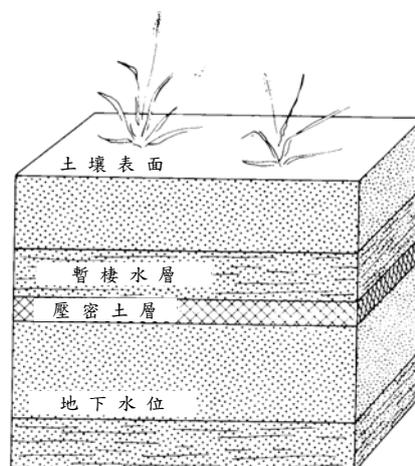


圖 3-17 一暫棲地下水位

不低於根區的不透水層的土壤，應該有灌溉的防範措施，因為過度的灌溉（太多灌溉），暫棲地下水位將快速上升。

3.5.3 毛細管上升作用

目前為止，已經解釋了水份能向下流動和水平（側向）流動。除此之外，水份能夠向上流動。假如一張薄紙進在水中（圖 3-18），水份會被薄紙向上吸取。

相同的過程亦發生在地下水位和其上面的土壤。地下水能經由土壤中非常小的孔隙向上吸取，那非常小的孔隙稱為毛細管，這過程稱為毛細管上升作用。

在細質地土壤（黏土），雖水份向上移動很慢，但它移動的距離較長。另一方面，在粗質地土壤（砂土），水份向上移動是很快，但它移動的距離是很短。

表 3-4 不同土壤質地毛細管水份上升表

土壤質地	毛細管上升高度 (cm)
粗質土 (砂土)	20~50 cm
中質土	50~80 cm
細質土 (黏土)	> 80 cm



圖 3-18 水份向上移動或毛細管上升作用

第四章 作物需水量

4.1 作物需水量之意義與定義

農作物在生長過程中所消耗之水量，並非一絕對值。任何作物在獲得足以延續生機之水量外，外界之氣象條件，即大氣對作物蒸散要求之狀況，亦是支配作物耗水量之一重要因數。

作物消耗水量對其生育與生產而言，大致具有二種意義：其一為作物生育在蒸散率接近或達到大氣蒸散要求之最大可能率之情形下，則作物產量之增加已脫離水份控制，而是受光之強度、大氣中二氧化碳濃度以及土壤中所含營養分之種類來決定，水份並不構成作物產量之一因數。另一種為作物生長過程中，由於土壤中所含水份之運動性無法使作物滿足大氣蒸發散要求，其實際之蒸發率低於最大可能率時，則作物之蒸散不能穩定，隨著土壤含水量之減少，蒸發散率亦相對降低。因此，在灌溉之觀點，所謂作物需水量乃指作物在不欠缺水份之情形下，所獲取最大增產之正常狀態時，所消耗之水量而言。

灌溉雖然為供應作物對水之要求，但灌溉水量並非全部為作物所消耗，如渠道輸水過程中之滲漏、蒸發損失以及其生育期間之土面蒸發等，均為灌溉用水估算不可缺少之因素。作物本身所消耗之水量，乃是指由葉面蒸散至大氣中之水量而言，一般是以蒸散係數(Coefficient of evapo-transpiration)來表示。即：

$$\text{蒸散係數} = \frac{\text{一定時間內植物蒸散之水量}}{\text{同一時間內植物乾重總增長量}} \dots\dots\dots(4-1)$$

但實際上，通常僅以植物地上部之增長量來估算。蒸散係數之精確值可用盆栽試驗求得，在田間情況下，因植物蒸散量與土壤蒸發量無法區分，故僅能求得水份總消耗量，即植物蒸散量與土壤蒸發量兩者之和。以「作物耗水」(Consumptive-Use)來表示。所謂「作物耗水量」乃指單位面積內某一段特定時間作物生長之蒸散量及臨近土壤面之蒸發量之總合，與蒸發散量(Evapotranspiration)之意義相同，耗水量之單位一般對短時間常以公釐/日示之，長時間則依應用上之需要，以公釐/期作、公釐/月或公釐/旬等不同之表示法。

由於作物之蒸散量受內在及外在種種因素之影響甚大，如植物之種類，各不同生育階段、土壤含水量、氣溫、相對濕度、風速、幅射能、降雨以及耕作技術等，均可左右之，故蒸散量一般以作物生長各不同時期之蒸散量表示之。

作物耗水量為灌溉規劃設計上所需之最基本資料，就田間所需水量而言，可以下列關係式表示之：

$$\text{田間灌溉用水量} = (\text{作物耗水量} - \text{地下水補給量} - \text{有效雨量}) \div \text{灌溉效率} \dots (4-2)$$

就灌溉工程設計之需要而言，估計水源灌溉用水量可依下列之關係式表示：

$$\text{水源灌溉用水量} = \text{田間用水量} + \text{輸水損失} \dots (4-3)$$

4.2 影響需水量之因數

各種作物在不同之生長環境與生長過程中各階段，蒸散作用因大氣蒸發要求及作物生理上之需要而隨時在進行，土面蒸發損失亦同時發生。因此，影響作物耗水量之因數可包括：氣候、土壤、作物品種、生長階段乃至於灌溉及排水等人為措施。

不管是因作物蒸散作用自根系吸收土壤水份，再經過植物體蒸散至大氣中，或自土壤表面蒸發消失，其自液相變成氣相之物理過程完全一致，亦即其連續蒸發之必要條件為：①必須有一熱源足以幅射或傳導，供給蒸發所需為數巨額之潛熱。②蒸發面上方之空氣蒸氣壓必須小於葉面或土壤表面之蒸氣壓，設若無蒸氣壓差存在，則水氣之淨輸導為零，即蒸發散量為零。③有足量之水份可以連續地供應蒸發所需。

影響作物需水量之因數可分為以下數種：

1. 氣象因數

任何可以增加水面放出蒸氣壓差者，均可以加強蒸發。滿足第一個條件之主要因數為太陽之能勢，一般均以溫度與日照時間表示之。

濕度為蒸發過程中極重要之因數，蒸發量視空氣飽和時之濕度與同溫度時之實際濕度之差而定，亦即受飽和氣壓與當時水面汽壓之差所支配。溫度增加時，飽和汽壓亦增高，因此蒸發量即高。

此外，風速對蒸發亦有影響，風不能直接影響蒸發量之增減，但是風速可以使水面上方之空氣流動，使乾燥之氣流置換已略為水蒸氣所飽和者，而產生對流作用以促進蒸發。但風速高達某一臨界值後即不至使蒸發加劇，此一臨界值視幅射熱能、溫度及濕度等所造成之蒸發量之最大值而定。

根據 Briggs 及 Shantz 氏之調查研究，作物蒸散量最顯著之影響因

素為太陽之照射，再次為氣溫，而風速之影響頗低。其將作物蒸發散量與氣象因數之相關列如表 4-1。

表 4-1 氣象因數與作物蒸散量之關係 (Briggs & Shantz)

氣象因數	相關係數
日照	0.89
氣溫	0.86
濕度	0.84
風速	0.35
蒸發量	0.93

2. 土壤因數

土壤對作物耗水量之影響，主要依土壤保水力，土壤含水量以及毛管水之移動情況而定。亦即土壤水份是否能滿足上述三個條件，供給作物之蒸散與土面之蒸發。如土壤含水量低或含水量雖高，但土壤水份張力卻大於作物根系所能吸收之能力時，即使氣候條件適宜，土壤亦無能力供給蒸發所需之水，故作物耗水量隨土壤含水量之降低而減少。

土壤供給水份之能力，若土壤下層有飽和水層，則因毛管作用可由下往上補充。毛管作用力之大小，視土壤質地與構造而異。細質地土壤上升較高，粗質地則較小。但因毛管作用上升之水柱，有其一定限度之水份位能梯度與高度，若土壤表面在毛管帶之範圍內，則可經由毛管作用不斷供水，使土壤表面繼續蒸發。同理，若根系土層亦在毛管帶範圍內，則蒸散作用可以繼續進行。故作物耗水量亦視土壤質地及地下水位之高低而定。

此外，地面覆蓋使地面無法接受日光直接照射，因此土面溫度降低，同時又一方面可以減低風速，故間接可減少作物耗水量。

以上所述影響作物耗水量之種種因數，其關係有屬單獨，亦有綜合交感，甚為複雜，惟就其綜合效果而言大致尚可確定。

由於不同作物具有不同之耗水特性，同時即使同一作物又因其不同生長階段（主要為葉面之增大以及水份生理需要之變化而異），不同栽培時期與生長環境下亦具有不同之耗水量圖 4-1。因此某一作物耗水量很不容易用某一數字即可將其定量，特別是地域性之差異。因此世界各國雖積有數十年之研究成果，仍無法直接引用台灣之灌溉規劃與田間施灌。

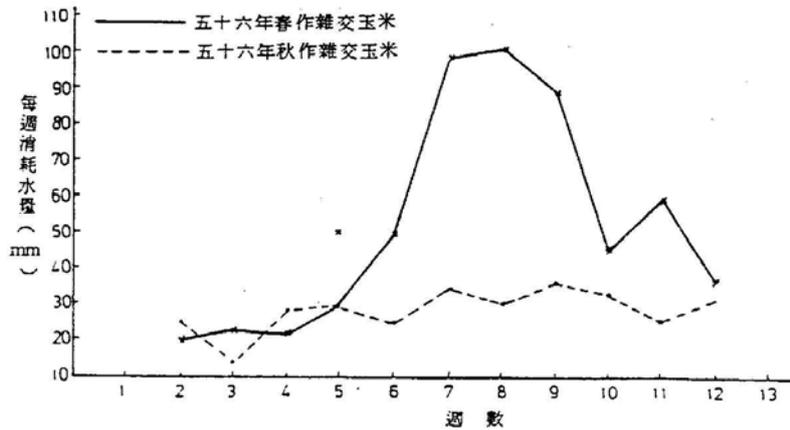


圖 4-1 玉米不同栽培期之耗水量比較圖

4.3 作物需水量之測定方法

4.3.1 直接測定法

一、盆栽觀測法

田間需水量測定每因有效雨量及地下水之補給不易分離，干擾實測值，難以求得作物之實際需水量，而滲漏計之測定，雖與田間作物同時栽培，且不受地下水之干擾，但對於受降雨時間、強度、分佈以及降雨前土壤濕度等諸因數所左右之有效雨量，仍然無法估算出來，故需以溫室盆栽測定來隔離降雨之干擾，以測定作物在盆栽全生育期之需水量，尤其在各生育階段之吸水型態變化情形。

測定方法常以高 30 公分，直徑 30 公分之塑膠圓筒作試盆，裝以供試土壤，測定其土壤水份。在水稻作物之測定，俟田間秧苗長至 2~3 葉後，將試盆內土壤處理成田間插秧前之濕潤狀態，而後插植一株於試盆內，再以下列兩法試驗處理。旱作物之測定，乃將作物種子播於試盆內，待其發芽長葉成活後，亦分成如下兩種試驗處理：1. 覆蓋處理及 2. 無覆蓋處理。

1. 覆蓋處理：於試盆上以塑膠布密封之，中間留一孔，使作物長出，即可阻止水面或土面蒸發。在作物生長期間試盆內水稻試驗應保持一定水深；旱作試驗其土壤水份經常保持在 1/2 有效水份或附近時，則機動加水至田間容水量。觀測期間通常在每日上午九時以重量法秤重，測定水份消耗量。
2. 無覆蓋處理：試盆不加覆蓋，其他與覆蓋處一樣。

由以上之兩種處理法可求得作物之蒸發散量、蒸散量、土面蒸散量等項目。即作物蒸發散量為無覆蓋處之全期每日累積量，作物蒸散量為覆蓋處理之全期每日累積量。土面蒸發或水面蒸發為無覆蓋處理減覆蓋處理。

試驗結果舉例如下圖 4-2：

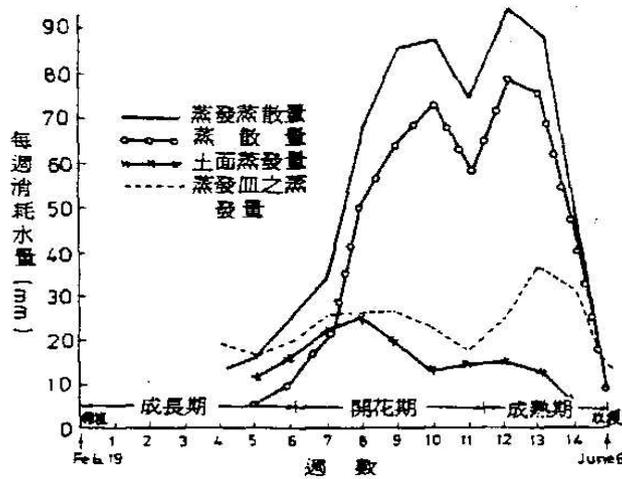


圖 4-2 春作大豆全生育期中各項需水量消耗曲線 (民國 55 年於台南學甲)

二、滲透計觀測法

滲透計觀測由於水量可以嚴密控制，理應較為可靠。但在台灣甚少利用滲透計栽培水稻灌溉試驗。因此法可嚴密控制水量，故多用於基本研究與探討。例如蒸發散量之測定，即水稻栽培之研究及各項水份生理上之問題，均可用滲透計或上節所述之盆栽法進行之，至於大田區之配水，則頗難在滲透計或盆栽獲得答案。

1. 固定式滲透計

構造如圖 4-3 所示，滲透計之大小並無一定規定，視經濟條件而定。其形狀正方形、長方形、圓形均可，有的為單槽、亦有的為並聯式。土槽之材料可用防水材料如防水水泥、塑膠等以防止漏水。設置場所最好接近實際田間栽培條件為宜。槽底埋設排水用塑膠管，管面四周鑽以小孔以利排水，管上敷一層棕梠，再加細砂、卵石、最上一層填裝與田間一樣之土壤，土壤深度以 1 公尺以上為宜。土面保持與地面齊平。

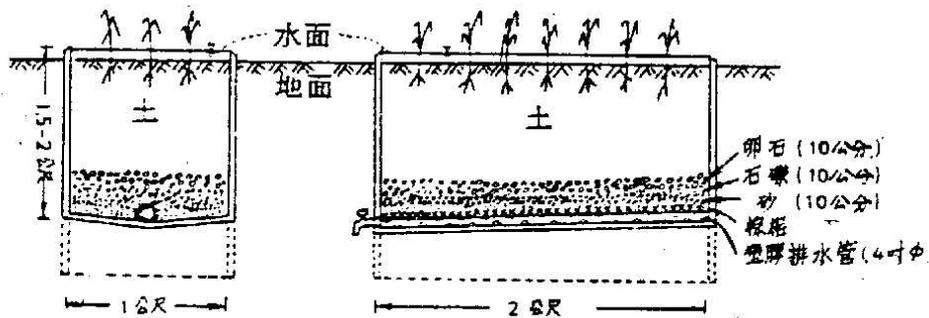


圖 4-3 固定式滲透計構造圖

水稻作物之觀測，以減水深法測定水深之變化。在觀測期，時常要將排水閘打開，排出滲漏水以促進新陳代謝，確保作物正常之生育，每日定時進行水位及氣象觀測，一般均在上午九時行之。

旱作物之觀測，以水份追蹤法測定之，土壤水份含量可用採土測定水份法、石膏塊法、水份張力計等法，一般水份張力計測定者為多，因操作簡單，精度高，可測得連續性之水份變化值。觀測深度為 15 公分、25 公分、35 公分及 50 公分等，依作物根系分佈情況而定，將其土壤水份觀測結果估算作物需水量。其平衡式如下：

$$\text{滲透計旱作物需水量} = \text{灌溉水量} + \text{降雨量} - \text{底層增加水量} + \text{土壤水份減少量} \dots (4-4)$$

2. 移動式滲透計

構造如圖 4-4 所示，其大小無嚴格規定，為操作方便，以 30cm×50cm 為最適宜。形狀圓形、方形均可。設置地點以接近實際田間氣象條件為宜。

測定時提出土槽於臺秤上秤重，以重量法測定，則可求得其蒸發散量。

$$\text{蒸發散量(mm)} = \text{土壤減少之重量(kg)} / \text{土槽斷面積(m}^2\text{)} \dots \dots \dots (4-5)$$

本法屬於較簡單者，但在測定期間，作物隨時間慢慢地長大，影響秤重，故較大之作物不宜採用。又土壤水份之調整，須提土槽秤重，所花之勞力相當可觀，此為本法之缺點。

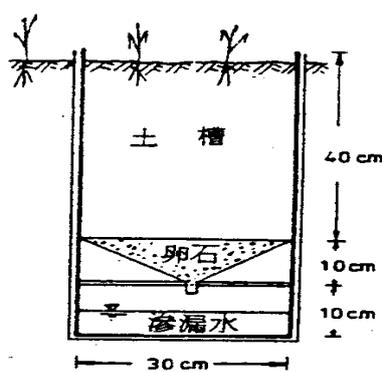


圖 4-4 移動式滲透計構造圖

三、田間觀測法

1. 水田田間觀測

可分為田區法及滲透筒法兩種。田區法又有大面積及小面積之分。大面積之觀測乃包括水路損失之計算。此為水源規劃及設計上所需要之數字。理論上應等於作物需水量、田間滲漏量與水路損失之和。若為水

庫計劃，須考慮有效雨量，若屬河川引水則有效雨量關係減少，而在構造物設計上則對雨量無影響。而小面積之觀測即在試驗田中實施，主要目的為尋求輪灌之適當期距與用水量。但必須注意因灌溉方法之不同而引起之差異。例如在輪灌期距中，田面可能若干天無水，若以灌後每天消失水量作為田間需水量，或以每次灌水深除以輪灌期距為田間需水量均無不合，但所得到之數值不同。

田區法之測定可分為減水深法及水收支法。

(1)減水深法：

選定灌溉，排水容易、田埂堅實、交通方便之田區 0.2~0.5 公頃，離田埂 0.5~1.0 公尺附近之田間豎立木樁，於田面等高處釘一釘，入為基準點，或以木樁上端劃一明顯之線為基準點，每日用尺測定減水深。或將尺固定於木樁上直接觀測亦可。為求讀數精確，可使用如圖 4-5 之簡易鈎尺（Hook gauge）測定之。

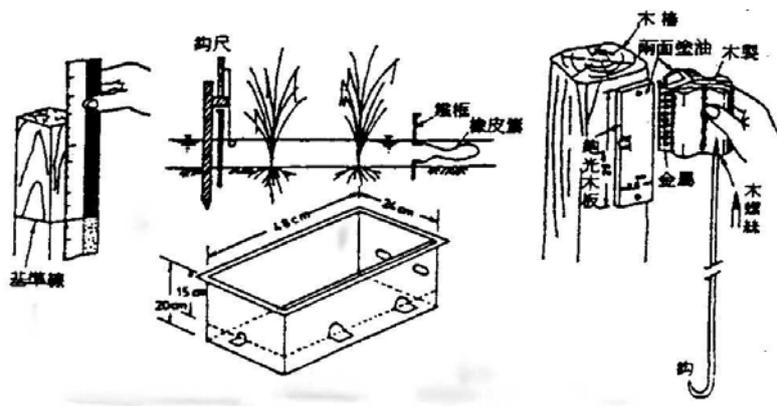


圖 4-5 簡易鈎尺圖

如本法用於大面積觀測，測定之點數建議如下表 4-2：

表 4-2 灌溉面積與減水深觀測點數之相關性

100 公頃以下	每 20 公頃 1 點
100~300 公頃	每 50 公頃 1 點
300 公頃以上	每 100 公頃 1 點

(2)水收支法

無重劃區或小田區因本身無給水路，必須越田灌溉，如此無法用減水深法測定。故以區域（給水區）為單位，在進口與末端之出水口，利用巴歇爾量水槽、三角堰、矩形堰等量水器量測進出水量，所得之差即為此區域之水田用水量。

此上所述之兩種測定法，如考慮廣大地區，在上游之水田滲透之水很可能流入下游水田，因此個別以小面積觀測之用水量較之大面積者為多。以水收支之流入流出觀測之大面積水田用水量，雖與實際較接近，但因地形與其他因素，所測得之結果較小面積用減水深測得之用水量為大。故最好以兩種方法合併觀測，可望得較佳之結果。

至於滲透筒之測定，雖不如田區法接近實際，惟因構造簡單（如圖 4-6），若能增加測點，亦可得預期之精度，因此農業工程師們常喜用之。其法係用三個相同體積之圓筒或方形筒，其中兩個為無底，一個有底。圓形者直徑約 55 公分，高 50~60 公分。方形者長寬各 1 公尺，高為 50~60 公分。埋設於離開田埂約 1 公尺左右之田間，筒緣離田面約 15~20 公分。

筒內作物之栽培日期、土壤、水深、氣象及地域條件與田區一致。裝填土壤於筒內時，須依田間實際土層次序回填，又土壤與鐵筒之接觸處要搗實，以免重力水沿筒緣流下過多，影響精確度。整地後在無底筒之一栽植水稻（株距與田間一樣）、其餘兩個不栽水稻，灌溉水量依田間實際處理，則由此三個簡易滲透筒之每日減水深累積量，可以得下式之蒸散量。

$$\text{蒸散量} = \text{無底栽水稻之水深 (B)} - \text{無底不栽水稻之減水深 (A)}$$

$$\text{滲漏量} = \text{無底不栽水稻之減水深 (A)} - \text{有底不栽水稻之減水深 (C)}$$

$$\text{田面或水面蒸發量} = \text{有底不栽水稻之減水深 (C)}$$

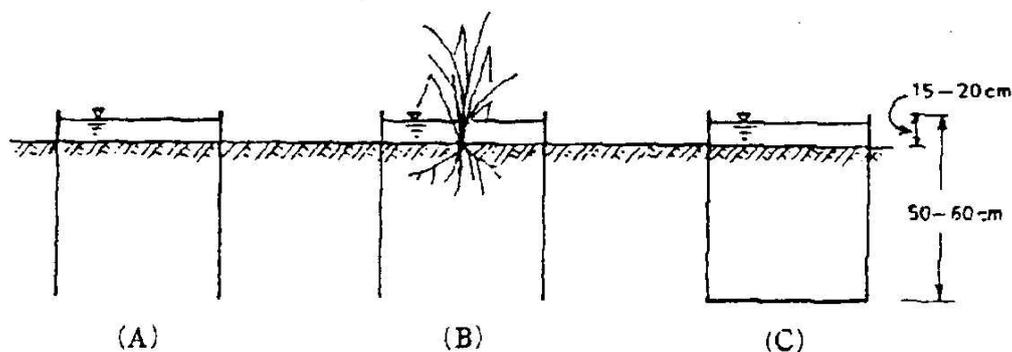


圖 4-6 滲透筒觀測水稻需水量法

2. 旱作田間作物需水量

有關旱作田間作物需水量之測定，有水收支法及土壤水份遞減法二種，一般均用土壤水份遞減法測定。

(1) 水收支法：水收支法基本公式如下：

$$\Delta W = R + F_v - F_H - ET \dots \dots \dots (4-6)$$

式中：

R = 降雨量或灌溉水量

F_v = 下層土壤水份上昇量或吸收量

F_H = 降雨量或灌溉時之田間流失量

ET = 作物蒸發散量

ΔW = 土壤水份含量之變化

上式中，由觀測獲得之 R、F_v、F_H 及 ΔW 各值以推算作物蒸發散量 ET。降雨或灌溉水量及田間流失量在小區域試驗時可用各種儀器觀測。大區可利用區域內外雨量站記錄，及排水出口之排水量觀測而得。下層土壤水份補給量 F_v，及土壤水份含量變化量 ΔW 在小區試驗，可以利用各種土壤水份測定法測定之，大區域時間長時可予忽不計。採用此法之關鍵，在於如何正確處理式中各項因素。處理方式之不同，影響計算結果正確度甚大。

(2) 土壤水份遞減測定法：

定期測定各土層含水率之增減，求出各土層水份消失量以計算日蒸發量之方法，在田間進行觀測過程中，除灌溉水量可以準確計算外，降雨時期、強度、以及降雨量均無法控制，不易加以定量，再加上地下水之補給量難以分離，更增加有效雨量分離上之困難，故按土壤水份之消長所換算出代表單純之作物需水量，其數值恒低於真正之作物需水量。

4.3.2 間接測定法

根據國際糧農組織 (FAO) 推薦間接推估作物蒸發散量 (ET_{crop}) 之標準方法，可分為三個步驟：

- 一、求參考作物蒸發散量 (ET_o)：此值乃由氣象條件及環境條件決定之，其考慮影響作物蒸發散量因數的地域條件，包括地域特性與灌溉方式等調整作物需水量。
- 二、作物係數 (K_c) 之決定：可由作物耕作型態、種植 (或播種) 時間、作物生長階段及生長週期決定。
- 三、作物蒸發散量 (ET_{crop})：即可由下式 (4-7) 求得

$$ET_{crop} = K_c \times ET_0 \dots\dots\dots(4-7)$$

式中：

ET_{crop} ：作物蒸發散量 (mm/day)

K_c ：作物係數

ET_0 ：參考作物需水量 (mm/day)

ET_{crop} 通常以 30 或 10 天為間隔，在作物的生育階段當中，做一連續性的推估。

一、參考作物需水量之計算

對於參考作物需水量之計算，係採用國際糧農組織 (FAO) 於 1984 年所推薦之 Modify Penman 法、Modify Blaney-Criddle 法、Pen Evaporation Method 法、Radiation 法及 ICID 於 1994 年所推薦之 Penman-Monteith Method；

1.Modify Penman

Penman 式是 1948 年由英國 Penman 所提出，結合了能量平衡理論與空氣動力學之方法來模擬表面之蒸發散量，此法係假定土壤如保持濕潤狀態而且地表有完全覆蓋時，其蒸發散作用係由環境條件所調節，可用氣象資料估計。其後並於 1952 年 1956 年及 1963 年分別修正估算模式中之地域性參數，使其應用範圍可從一月、一天而縮短至以小時為基準，因此在世界各地受到廣泛的應用與良好的評價，FAO 特推薦該模式以估算作物需水量，其估算式如下：

$$ET_0 = c [W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)] \dots\dots\dots(4-7)$$

式中：

ET_0 ：參考作物之蒸發散量 (mm/day)。

W ：加權因數依溫度及緯度而定。

R_n ：淨幅射之蒸發當量 (mm/day)。

$f(u)$ ：風速函數。

e_a ：平均溫度時之飽和蒸汽壓 (mb)。

e_d ：露點溫度時之蒸汽壓 (mb)。

c ：校正因數，調整因日夜間氣象條件所引起之差異。

2. Penman-Monteith (ICID, 1994)

此估算式於 1994 年為 ICID 所公佈，該模式以草類及苜蓿做蒸發散試驗，其與 1984 年 FAO 建議式之主要差別乃在於：a. 為使計算更方便、適切，特將估算試中各參數之單位由原來之 CGS 制，更正為國際之通用單位 SI 制 (International Standard Units)；b. 為消弭風速函數因區域之特性在估算上所產生之差異性及降低估算之準確度，故以作物遮蔽阻力 (Crop Canopy Resistance) 及空氣動力阻力 (Aerodynamic Resistance) 等兩項關係式取代了原有之風速函數值 (Monteith, 1981, 1980) 該估算式如下：

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - S) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \dots\dots\dots(4-8)$$

式中：

ET_0 ：參考作物之蒸發散量 (mm/day)。

R_n ：淨幅射之蒸發當量 (mm/day)。

Δ ：飽和蒸汽壓力線斜率 (KPa/°C)。

γ ：濕度常數 (KPa/°C)。

U_2 ：2 公尺高所量測之風速 (m/s)。

T ：溫度 (°C)。

$e_a - e_d$ ：飽和蒸汽壓力差 (KPa)。

S ：土壤通熱量 (MJ/m²/day)。

3. Modified Blaney-Criddle 法

Blaney-Criddle 於 1945 年提出，而於 1950 年、1970 年相補充修正，該經驗式基於一項假定，即日照時間與溫度為影響作物需水量最主要之因素。該估算式創於美國西部地區，頗適合乾燥氣候地區應用，由於溫度及日照資料易於取得，故在美國及世界各地已有相當普遍的使用，FAO 於 1984 年所推薦之估算式如下：

$$ET_0 = c[p(0.46T + 8)] \dots\dots\dots(4-9)$$

式中：

ET_0 ：參考作物之蒸發散量 (mm/day)。

p：日照率，可查緯度表得知。

T：溫度（℃）。

c：校正因數，視最小相對濕度、日照時數、日間風速而定。

4. Radiation 法

Radiation Method 由 Makkink 氏在 1957 年所提之經驗公式修正而來，基本上假設溫度、日照及太陽輻射為主要影響因數，FAO 於 1984 年所推薦之估算式如下：

$$ET_0 = c (W \times R_s) \dots\dots\dots(4-10)$$

$$R_s = R_a (0.25 + 0.50n/N) \dots\dots\dots(4-11)$$

式中：

ET₀：參考作物之蒸發散量（mm/day）。

R_s：太陽輻射之蒸發當量（mm/day）。

W：加權因數，依溫度及緯度而定。

c：校正因數，依平均濕度與日間風速而定。

R_a：不同緯度所接受之淨輻射蒸發散量（mm/day）。

n/N：實際日照時間與最大可能日照時間之比。

本估算式中之太陽輻射（R_s），是依照地球緯度及月份之不同而有所差異，其可由緯度表查出最大輻射量（R_a）值，再根據實際日照時數（n），與最大可能日照日數（N），計算出太陽輻射值。而加權因數（W）則由平均氣溫及氣象站之海拔高度加以修正得出。而校正因數 c 值則視平均相對濕度及日間風速而異，若以圖解法估算作物需水量，則在求得 W×R_s 後配合相對濕度及日間風速，可求得參考作物之需水量。

5. Pan Evaporation 法

蒸發皿蒸發量為氣象因數之綜合指標，因此用蒸發皿蒸發量來推求作物需水量較為實用簡便，其估算式如下：

$$ET_0 = K_p \times E_{pan} \dots\dots\dots(4-12)$$

式中：

ET₀：參考作物之蒸發散量（mm/day）。

Epan：蒸發皿蒸發量（mm/day）。

Kp：蒸發皿係數。

由以上各種估算作物需水量之模式可得知，前三種方法是以微作物氣象學為基礎，利用空氣動力學方法及能量平衡理論之理論之組合方式，其在應用上較繁雜；而其他幾種方式是以能量平衡理論為基礎，再配合多年的氣象資料試驗而得之經驗公式，在應用上雖較為簡便，但卻有區域性之限制。在整體之應用上，無論以何種方法其所測得之結果均為參考作物需水量，因此務必再配合各種作物之作物係數，方能推測出各種作物之作物需水量，由此可見作物係數之決定，攸關作物需水量之多寡，其重要性質不容忽視之。

二、作物係數之決定（Crop coefficient, Kc）

作物係數是代表各種作物生長期間之耗水特性之指標。一般可從滲漏計或溫室栽培觀測求得。作物係數依作物之類別，栽種季節、生長階段以及氣象等條件而異。故各種作物及其生長階段，均有不同的作物係數（Kc 值）。

作物係數之研究，1975 年經國際糧農組織之整理，將全世界各研究成果系統地分類成稻作、雜作、甘蔗及牧草等四類，故只要地域性之氣象資料能收集，對作物用水量之推估頗為方便。

1. 水稻之作物係數：

水稻屬於好水性作物，水稻之 Kc 值視地域栽培環境、氣象條件、品種栽培環境以及生育期間長短之差異，均會顯示出不同之耗水型態，故作物係數 Kc 值亦得按實況作適當之校正。

表4-3 臺灣地區實驗所得一、二期作水稻Kc之值

生育天數	1-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105	106-120
生育期	插秧期	分蘗初期	分蘗末期	開花初期	開花末期	成熟初期	成熟中期	成熟末期
一期作	0.5	0.8	1.2	1.3	1.3	1.2	1.0	0.7
二期作	0.9	1.2	1.5	1.6	1.5	1.3	1.0	0.6

資料來源：甘俊二，灌溉系統配水技術之分析與研究，1979年。

從作物生理之觀點，稻作在開花抽穗期之耗水形態必會呈現尖峰用水量，故 FAO 推介之 Kc 值，只指出大略之範圍。為使灌溉配水計劃合理化，供水最好按照生育階段別分別計算 Kc 值。對於旱作水稻或陸稻之 Kc 值，大略低於一般水稻之 15~20%。有關台灣地區水稻之 Kc 值如表 4-3 所示。

2. 雜作之作物係數：

本省農田灌溉以水稻為主，然由於我未來即將加入世界貿易組織（WTO），水田面積勢必被迫減少，今又經各地旱作灌溉試驗證實，旱作物在有計畫灌溉後產量顯著增加，故旱作灌溉之重要性勢必大大提升。今若欲制訂旱作灌溉計畫，所面臨問題為旱作物種類及品種繁多，種植期間不相同，各地土壤、氣象又有差異，其關係之複雜是可以想像。然為提供旱作灌溉管理及工程設計之依據，及為提供有關單位劃定作物專業區之參考，或為提供合理調配水資源之依據，因此，建立各旱作物之作物係數，並配合相關之氣象因數及種植期距，俾供各旱作灌溉用水量之決定。有關台灣地區各主要雜糧作物之作物係數，可根據國際糧農組織（FAO）及雜作灌溉手冊之推薦值為之（如表 4-4）。

表 4-4 台灣各作物別之 K_c 值

作物	初始期	發展期	中期	末期	收穫期	總生長期	
高需水作物	甘蔗	0.4~0.5	0.7~1.0	1.0~1.3	0.75~0.8	0.5~0.6	0.85~1.05
	棉花	0.4~0.5	0.7~0.8	1.05~1.25	0.8~0.9	0.65~0.7	0.8~0.9
	胡椒	0.3~0.4	0.6~0.75	0.95~1.1	0.85~1.0	0.95~1.1	0.8~0.95
	煙草	0.3~0.4	0.7~0.8	1.05~1.25	0.8~0.95	0.6~0.65	0.85~0.95
	向日葵	0.3~0.4	0.7~0.8	1.05~1.2	0.7~0.8	0.35~0.45	0.75~0.85
	小麥	0.3~0.4	0.7~0.8	1.05~1.2	0.65~0.75	0.2~0.25	0.8~0.9
中需水作物	馬鈴薯	0.4~0.5	0.7~0.8	1.05~1.2	0.85~0.95	0.7~0.75	0.75~0.9
	玉米	0.3~0.5	0.7~0.9	1.05~1.2	1.0~1.05	0.5~1.1	0.8~0.95
	西瓜	0.4~0.5	0.7~0.8	0.95~1.05	0.8~0.9	0.65~0.75	0.8~0.9
	蠶豆	0.3~0.4	0.65~0.75	0.95~1.05	0.9~0.95	0.85~0.95	0.85~0.9
	甜菜	0.4~0.5	0.75~0.85	1.05~1.2	0.9~1.0	0.6~0.7	0.8~0.9
	甘藍菜	0.4~0.5	0.7~0.8	0.95~1.1	0.9~1.0	0.8~0.95	0.7~0.8
低需水作物	落花生	0.4~0.5	0.7~0.8	0.95~1.1	0.75~0.85	0.55~0.6	0.75~0.8
	洋蔥	0.4~0.6	0.6~0.75	0.95~1.05	0.95~1.05	0.95~1.05	0.65~0.8
	蕃茄	0.4~0.5	0.7~0.8	1.05~1.25	0.8~0.95	0.6~0.65	0.7~0.9
	大豆	0.3~0.4	0.7~0.75	1.0~1.05	0.77~0.8	0.5~0.55	0.75~0.9
	高粱	0.3~0.4	0.7~0.75	1.0~1.05	0.77~0.8	0.5~0.55	0.75~0.85
	豌豆	0.4~0.5	0.7~0.85	1.05~1.2	1.0~1.15	0.95~1.1	0.8~0.9
	香蕉	0.5~0.65	0.8~0.9	1.0~1.2	1.0~1.15	1.0~1.15	0.85~0.95
	紅菜	0.3~0.4	0.7~0.8	1.05~1.2	0.65~0.7	0.2~0.25	0.65~0.7

資料來源：FAO Code 24.,1984 及雜作灌溉手冊,1980。

三、作物需水量之推求

ET_{crop} 之估算應用通常以 10 至 30 天為一單元，而作物之全生育期之總作物需水量則可由各單元別之作物需水量之總和來表示之。

$$\sum ET_{crop} = \sum (K_c \times ET_0) \dots \dots \dots (4-13)$$

式中：

$\sum ET_{crop}$ ：全生育期作物蒸發散量 (mm)。

K_c：作物係數。

ET₀：參考作物需水量 (mm/day)。

經求得本省各地區水稻及早作作物需水量，如表 4-5~表 4-7 所示。

表 4-5 台灣各地區水稻需水量

區域		臺北地區			新竹地區	台中地區	台南地區		高雄地區		東部地區
期作	水稻需水量	宜蘭	基隆	臺北	新竹	台中	嘉義	台南	高雄	恆春	花蓮
第一期作	一般期距	427	445	491	514	545	327	473	455	517	458
	一旬移動	440	452	500	527	547	351	485	474	545	473
	二旬移動	471	491	536	571	574	377	522	508	578	506
	範圍	427~536			514~571	545~574	327~522		455~578		458~506
第二期作	一般期距	757	664	728	863	832	755	897	833	883	696
	一旬移動	573	632	690	793	781	772	868	808	861	621
	二旬移動	518	570	636	741	740	737	846	800	848	571
	範圍	518~757			714~863	740~832	737~897		800~883		571~691

註：1. 臺灣各地區第一期作水稻作種植時間 (一般期距)

宜蘭地區：02 月 21 日~06 月 20 日 基隆地區：03 月 01 日~06 月 30 日
 臺北地區：03 月 01 日~06 月 30 日 新竹地區：03 月 01 日~06 月 30 日
 台中地區：02 月 21 日~06 月 20 日 嘉義地區：01 月 01 日~04 月 30 日
 台南地區：01 月 01 日~04 月 30 日 高雄地區：01 月 01 日~04 月 30 日
 恆春地區：01 月 01 日~04 月 30 日 花蓮地區：02 月 21 日~06 月 20 日

臺灣各地區第一期作水稻作種植時間 (一般期距)

宜蘭地區：07 月 01 日~10 月 31 日 基隆地區：07 月 21 日~11 月 20 日
 臺北地區：07 月 21 日~11 月 20 日 新竹地區：07 月 01 日~10 月 31 日
 台中地區：07 月 01 日~10 月 31 日 嘉義地區：06 月 21 日~10 月 20 日
 台南地區：06 月 21 日~10 月 20 日 高雄地區：06 月 01 日~09 月 30 日
 恆春地區：06 月 01 日~09 月 30 日 花蓮地區：07 月 21 日~11 月 20 日

2. 一旬移動水稻需水量：種植期間為將上述一般種植期距往後移一旬所得之水稻需水量
3. 二旬移動水稻需水量：種植期間為將上述一般種植期距往後移二旬所得之水稻需水量

資料來源：台灣地區性作物需水量之推估研究 (農委會研究報告, 1997)

表 4-6 台灣各地區旱作作物需水量

單位：mm/期作

地區	高需水					中需水					低需水								
	甘蔗	棉花	胡椒	向日葵	煙草	小麥	馬鈴薯	玉米	西瓜	蠶豆	落花生	甘藍菜	甘藷	洋蔥	蕃茄	大豆	高粱	豌豆	
宜蘭地區	1364	606	517	506	448	351	343	331	317	293	349	310	310	289	284	253	271	217	
基隆地區	1250	556	474	464	410	322	314	303	290	268	320	284	284	265	260	232	249	199	
臺北地區	1346	598	510	500	442	347	339	326	313	289	344	306	306	286	280	250	268	214	
新竹地區	1430	636	542	531	469	368	360	347	332	307	366	325	325	303	298	265	284	228	
台中地區	1510	671	572	560	496	389	380	366	351	324	386	343	343	320	315	280	300	240	
嘉義地區	1413	628	535	524	464	364	355	343	328	303	361	321	321	300	294	262	281	225	
台南地區	1603	712	607	595	526	413	403	389	372	344	410	364	364	340	334	297	319	255	
高雄地區	1589	706	602	590	522	409	400	385	369	341	406	361	361	337	331	295	316	253	
恆春地區	1752	779	664	650	575	451	441	425	407	376	448	398	398	372	365	325	348	279	
花蓮地區	1423	632	539	528	467	366	358	345	331	305	364	323	323	302	296	264	283	226	

資料來源：研擬合理灌溉用水標準及農業用水調配之可行性方案研究（經濟部水資源局）。

四、各種方法之檢討

如上所述，作物灌溉需水量之測定，可採用各種不同之測定方法，可用儀器設備或間接估計。水稻灌溉需水量之差異，包括蒸發散量、田間滲漏與水路損失。其中蒸發散量甚微，因此重要之測定項目乃為田間滲漏量與水路損失。在浸水狀態之稻田土壤乃屬飽和或接近飽和之狀態，故無須測定土壤水份，田間觀測不外為測定其滲漏量。旱作灌溉水量，因非在浸水狀態，故其測定項目包括有作物蒸發散、地下水補給量、有效雨量、水路損失等。

盆栽與滲透計觀測，由於水量可以嚴密控制，理應較為準確可靠。但台灣甚少以滲透計或盆栽水稻灌溉需水量之觀測，常用於基本研究與探討。例如蒸發散量之測定，節水栽培之研究及各項水份生理上之問題，均可用滲透計或盆栽進行。至於大田區之配水，則甚難在滲透計或盆栽獲得答案。關於旱作盆栽之觀測，雖不受降雨之干擾，但因容器體積太小之故，根系生育受到限制，影響作物之生育，又其土壤之水份蒸發亦較田間為快，以目前所能搜集之盆栽作物用水試驗資料均比田間實測值為高，故不宜以盆栽觀測之資料直接作為田間灌溉之依據。滲漏計之觀測，在旱作因可以完全隔離地下毛管水上升之補給部分，故與田間觀測互相配合，則可以求出地下毛管水之供應量，惟因受地下水高低、土壤質地、毛管構造、上層土壤水份高低、作物吸水機能之強弱，以及其他日照、風速等氣象因數影響，頗難準確計量確實之補給量。使用汽油筒改裝之小型測滲筒測定滲漏及作物蒸發散，理應合乎需要。

過去數十年實地觀測田區之消失水量，均以圳路別計算其灌溉面積內平均每日消失水量，其差異較為正常。若蒸發散量可以估計，則田間需水量減去蒸發散量即為該灌溉區內之平均田間滲漏量。由於台灣已無大面積之新墾土地，開發水源多數為擴大已有灌區，故估計滲漏量實不如觀測已灌水區比照估計，較為合理，但觀測田間滲漏，乃在田面有水之狀態行之，若田面無水，如旱田則無法觀測。

根據土壤條件以判定滲漏率，由於滲漏本身為一物理現象，與土壤之物理性有關。如上節所述之水利局「設計規定」以黏土質含量百分率計算滲漏量，若此方法可靠，則使用上無疑為最便捷者，但實際上則與田間觀測常不相符。有時土層結構之不同對滲漏量之影響更大。在機械分析上性質相近之土壤，滲漏量可能相差甚多。即使在同一地區有時用滲漏筒觀測之數值，亦可能相距甚遠。

至於使用氣候因素之相關公式，僅能用於作物之蒸發散量。惟台灣之水稻蒸發散，已有多年之觀測結果，差異較少，在實際應用上實無庸置疑。旱作方面可利用 Blaney-Criddle 及 A-pan 方法，均依當地平均氣溫與日照時間

及蒸發皿蒸發量計算作物蒸發散量，為最簡易而不需特殊之儀器，故喜被人採用。又若於氣象資料較為完整之地區，建議採用較精確之 Penman-Monteith 法及 Modify Penman 法，但公式中之作物需水係數可能有地區性之差異，須就台灣之各種作物予以測定，倘若能產生合理之 K 值，則上述之估算式皆可用以估計台灣各種旱作物之需水量，如在台灣有多種之旱作物，同一作物可在不同季節栽培，亦即栽培日期之不同而其“k”值亦異，如春作、秋作等。

綜合上述之灌溉水量，對全灌區而言，水田包括水稻之蒸發散量、日間滲漏與水路損失。旱田尚包括有地下水補給量。其中除作物之蒸發散量可以據各地試驗結果予以估計外，田間滲漏、地下補給量、水路損失，均須實地測定或比照實地測定之結果，加以合理之判斷。

第五章 灌溉用水量

5.1 灌溉用水量的定義

水田灌溉用水量乃為綜合作物蒸發散量、滲漏量、輸水損失、有效雨量及整地用水之組合體，對田間之灌溉用水量，就上列各因數之變化，會顯示不同之用水量。例如輪區內位於水源附近及末端之不同坵塊，受水源距離之不同，輸水損失之變化可相差 30%，即兩者用水量之標準以單項因數之不同，即顯示了 30% 的變化，又如同一坵塊，一、二期作水稻之整地用水量，依整地時之土壤水份及地下水位之狀況，亦會顯示出不同之整地用水量，故田間灌溉用水量，乃為錯綜複雜之變化，不應以固定之推算數值，作為田間灌溉用水量之依據。

目前台灣採用之灌溉用水量之推算方式，至為粗放，一般單憑灌溉管理上之經驗，推估每秒立方公尺可灌溉之面積數（稱為灌溉率），作為計算田間灌溉用水量之依據，至於較進步者，亦僅限於引用土壤別，水路結構以及管理方式作進一步之劃分，其推估方法仍將各因數視為固定數值，求出概略之推估值，尚無法普遍符合田間之需求。

本節將各灌溉因數視為變數來討論其關連性，依田間實際狀況，由各個因數合理之推估數據，綜合求出符合田間之灌溉用水量。

茲將推估各灌溉用水量之公式及其定義分述如下：

- 一、蒸發散量 (Evapotranspiration, ET)：亦稱作物需水量 (Consumptive use, C_u) 為作物生長時期所需蒸散與附近土壤蒸發水份之總和，單位常為單位時間之水深（如公釐/日）或以作物生長季節之總水深表之（如公釐/期作）。
- 二、田間耗水量 (Water requirement, WR)：為蒸發散量與滲漏量 (Percolation, P) 之和，不論供水來源為灌溉水或雨水均稱田間耗水量，其單位與蒸發散量同。
- 三、田間灌溉用水量 (Field irrigation requirement, FIR)：田間供水來源係為灌溉水，因此田間灌溉用水量為田間耗水量與有效雨量之差。
- 四、有效雨量 (Effective rainfall)：灌溉時期所降的雨可供作物利用之水量，並可減少灌溉水量者。
- 五、輪區用水量 (Turnout requirement, TR)：為田間灌溉用水量加上小給水渠之輸水損失，以流量表示，亦即為某輪區分水門之流量。

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

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

5.2 灌溉用水量之有關名詞及單位

5.2.1 灌溉用水量之有關名詞

1. 灌溉水深：以人為灌溉之水量以水深表示者。
2. 田面蒸發量：由田面蒸發消失之水量。
3. 葉面蒸散量：稻根吸收之水份，經由葉面所蒸散之水量。
4. 播種面積：播撒水稻種子育苗所用面積。
5. 秧苗面積：指育秧時灌溉之面積。包括播種面積、畦溝和保護區面積。
6. 浸田用水：於整田前供給田間泡田之水量。
7. 整田用水：整田前所需用水量。
8. 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之所需日數。
9. 本田用水：水稻自插秧後至成熟期停水日之間之用水。
10. 生育日數：水稻自插秧後至成熟收穫之總日數。
11. 灌溉日數：水稻自插秧至成熟停水所需灌溉之總日數。灌溉日數比生育日數略少。
12. 停水：水稻黃熟後期，不需灌溉時，停止供水施灌。
13. 輪區：輪流灌溉之配水區稱輪區（面積在 50 公頃左右）。
14. 單區：輪區內之單位配水區（面積在 10 公頃左右）。

5.2.2 灌溉用水量之單位

一般灌溉用水量單位之表示方法，有下列四種：

1. 流量：立方公尺/秒 (c.m.s)

係指單位時間內流動之水量而言。如一秒鐘流一立方公尺之水量謂之1立方公尺/秒(1 c.m.s 或 $1 \text{ m}^3/\text{sec}$)，一般多用於河川、埤圳之幹、支、分線或小給水路等流量之表示。

2.水深：公釐或公尺(mm 或 m)

以田間灌溉用水之深度來表示之一種方法。一般多用於田間灌溉用水量之計算(雨量亦以水深表示之)。

3.容量：立方公尺(m^3)

以體積容量來計算用水多寡之表示方法。

4.灌溉率：公頃/每秒立方公尺(ha/cms)

是指一單位流量能夠灌溉若干公頃作田間用水量之表示方法。

應用之實例

【例題一】

1公頃農田，灌溉水深分別為6公釐、7公釐、8公釐、150公釐，試求其灌溉水量，各為若干立方公尺？

【解法】

1公釐=0.001公尺，1公頃=10,000平方公尺

(1) 6公釐之水量：10,000平方公尺 \times 0.006公尺=60立方公尺(m^3)

(2) 7公釐之水量：10,000平方公尺 \times 0.007公尺=70立方公尺(m^3)

(3) 8公釐之水量：10,000平方公尺 \times 0.008公尺=80立方公尺(m^3)

(4) 150公釐之水量：10,000平方公尺 \times 0.150公尺=1,500立方公尺(m^3)

【例題二】

1公頃農田，灌溉水量為100立方公尺，求其灌溉水深？

【解法】

100立方公尺/10,000平方公尺=0.01公尺=10公釐(mm)

【例題三】

一秒鐘流經渠道一立方公尺之流量，求一日(24小時)中能輸送多少容積之水量？

【解法】

$$1 \text{ 日} = 24 \text{ 小時} = 1,440 \text{ 分} = 86,400 \text{ 秒}$$

$$1 \text{ 立方公尺/秒} \times 86,400 \text{ 秒} = 86,400 \text{ 立方公尺 (m}^3\text{)}$$

【例題四】

1 立方公尺/秒之流量，一天中用以灌溉 100 公頃面積之農田，求其灌溉水深若干？

【解法】

$$\begin{aligned} 86400 \text{ 立方公尺} \div (100 \text{ 公頃} \times 10,000 \text{ 平方公尺/公頃}) &= 0.0864 \text{ 公尺} \\ &= 86.4 \text{ 公釐 (mm)} \end{aligned}$$

【例題五】

某輪區整田用水量為 100 公釐，渠道流量為 0.5 立方公尺/秒，求當日可灌溉之面積為若干公頃？

【解法】

$$86,400 \text{ 秒} \times 0.5 \text{ 立方公尺/秒} \div 0.1 \text{ 公尺} = 432,000 \text{ 平方公尺} = 43.2 \text{ 公頃}$$

以上所舉，係應用於每日所需水量及灌溉用水量之計算，至於配水計畫用水量之計算，應依照下列公式較為方便。

$$D = QT/A \quad T = DA/Q \quad Q = DA/T \quad A = QT/D$$

式中：

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）

【例題六】

流量 0.5cms，灌溉時間 50 分鐘，面積 1 公頃，求灌溉水深？

【解法】

$$D = QT/A = (0.5 \times 50 \times 60) / (1 \times 10,000) = 0.15 \text{ 公尺} = 150 \text{ 公釐}$$

【例題七】

面積 0.2 公頃，灌溉水深 8.4 公釐，流量 0.02cms 時，求灌溉所需時間？

【解法】

$$T=DA/Q=(0.0084\times 0.2\times 10,000)/0.02=840\text{ 秒}=14\text{ 分}$$

【例題八】

灌溉水深 100 公釐，流量 0.02cms，時間 2 小時，求可灌溉面積？

【解法】

$$A=TQ/A=(2\times 60\times 60\times 0.02)/0.1=1,440\text{ 平方公尺}=0.144\text{ 公頃}$$

【例題九】

每日灌溉需水量為 8 公釐，其灌溉率為若干？

【解法】

$$\begin{aligned}\text{計算式}\quad \text{灌溉率} &= \frac{\text{時間(秒)}\times 1\text{立方公尺/秒}}{10,000\text{平方公尺}\times \text{灌溉水深(公尺)}} \\ &= \frac{86,400\times 1}{10,000\times 0.008}=1,080\text{公頃/cms}\end{aligned}$$

以上所舉數例，均不計輸水損失量，亦即渠道流量在田間給水口之流量。

5.3 水田灌溉用水量

5.3.1 水田灌溉用水量之決定

水稻自播種至成熟期間，由灌溉配水觀點上，可分為秧田、整田、本田三個時期加以說明。

一、秧田用水

一般計劃秧田用水，其秧田面積採用本田面積之 1/25（按蓬萊種為 1/25，在萊種為 1/30）。也就是說，1ha 之秧苗可移植 25ha 之本田所使用，故秧田所佔面積遠較本田面積為少，且育苗期較短，加以秧苗本質亦不能長久泡於水中，有時尚需排水，基於此等理由，秧田灌溉通常不考慮同一灌區之土壤因素，亦不計入有效雨量。

茲以屬於壤土之灌區為例，估計每輪區之標準秧田用水量如下：

1.基本資料

A.輪區灌溉標準面積：50ha。

B.各輪區秧田面積： $50 \times 1/25 = 2\text{ha}$ 。

C.育苗期間：第一期作 40 天，第二期作 20 天，在萊種 25~30 天。茲以蓬萊種為例。

D.秧田整田用水：150mm。

E.秧田田間補給水量：12mm/day，3 天供水 1 次為 36mm。第一期作，供 14 次，計 504mm。第二期作，供 7 次，計 252mm。

F.秧田期間之渠道輸水消耗率：採用輪區標準面積用水量之 20%。

G.本田在給水門之日平均用水量為 8mm，即灌溉率 $E = 1,084\text{ha}/\text{cms}$ 。

2.計算

依上述之基本資料，決定每一輪區秧田用水量：

第一期作：

每一輪區秧田田間用水量： $(150 \times 2 + 504 \times 2) / (8,640 \times 40) = 0.0038\text{cms}$

渠道消耗水量（輪區本田用水量之 20%）： $(50 \times 8) / 8,640 \times 0.2 = 0.0093\text{cms}$

合計：每一輪區秧田在給水門之用水量 $= 0.0038 + 0.0093 \doteq 0.013\text{cms}$

第二期作：

每一輪區秧田田間用水量： $(150 \times 2 + 252 \times 2) / (8,640 \times 20) = 0.0047\text{cms}$

渠道消耗水量（輪區本田用水量之 20%）： $(50 \times 8) / 8,640 \times 0.2 = 0.0093\text{cms}$

合計：

每一輪區秧田在給水門之用水量 $= 0.0047 + 0.0093 \doteq 0.014\text{cms}$

以上，不論第一期作或第二期作，每一輪區秧田用水量，非常微少，給水上易生問題，故常用同一系統 2~3 輪區合併實施輪灌，以節省渠道輸水消耗量。倘若在面積較小之輪區，秧田用水量計算結果未達 0.008cms 時，可估算為 0.008cms，以利輸水。

二、整田用水

水稻移植前，對於本田先予翻耕及粉碎土壤，使成最適狀態等作業，其所必要之用水稱為整田用水。

整田用水量之多寡，端視水田之土壤孔隙率、含水量、滲透性、翻耕深度、蒸發量、覆蓋水深、水管理等因素而不同。除了可於實地施測外，並可由計算之方法求得。

茲以一輪區 50ha 為例，依下列基本資料，敘述計算整田用水量之方法如下：

1. 基本資料

- A. 整田用水量，原則上不計有效雨量。
- B. 耕地翻耕深度以 150mm 為準。
- C. 為使翻耕土壤達飽和狀態，其所需灌滿之空隙（即土壤孔隙減凋萎係數），茲以砂壤土之孔隙率 $P=40\%$ ，凋萎係數 $W_p=5.23\%$ （容積率），則所需灌溉孔隙為： $40.0-5.23=34.77\%$ 。
- D. 覆蓋土面水深為 30mm。
- E. 整田期間，自灌水起至插秧完畢所需要作業時間為 2 天，在這期間內，所需補給之水量為田間蒸發量與田間滲漏量兩種。蒸發量應以該灌區例年整田時期之蒸發量資料統計其平均值應用之。本例係用平均蒸發量 $4.74 \times 0.7 = 3.3\text{mm/day}$ ，以及中粗質土壤之滲漏量 15mm/day 。

2. 計算

整田用水量 = 翻耕深度 × (孔隙率 - 凋萎係數) + 覆蓋土面水深 + (整田期間田面之平均蒸發量 + 田間總滲漏量)

$$\therefore \text{整田用水量} = 150 \times (40 - 5.23) / 100 + 30 + (3.3 + 15) = 119\text{mm}$$

以上所述整田用水量，係指田間用水量而言，若需知總用水量，尚須計入渠道輸水損失。

三、本田純灌溉用水量

決定水稻本田純灌溉用水量之方法，有依據計算之方法與依據實測之方法，以及兩者之折衷等三種，茲分別敘述如下：

1. 依計算之方法

由前所述，純灌溉用水量 = (蒸散量 + 水面蒸發量 + 滲漏量) - 有效雨量

若已知該土地之蒸發計蒸發量與雨量，再由各地過去之事例推定滲漏量，則可計算純灌溉用水量。本法並非精密的方法，惟若僅欲知其概值，尚稱方便。

【例】設水稻之灌溉期間為 100 日，灌溉期間中之蒸發計蒸發量為 500mm，灌溉期間中之雨量為 400mm，灌溉期間中之滲漏量為 15mm/day，試求其純灌溉用水量。假設有有效雨量為 85%。設：該地區灌溉期間中之平均蒸發散比為 1.2，則：

$$\text{蒸發散量} = 500 \times 1.2 = 600 \text{ (mm)}$$

$$\text{滲漏量} = 15 \times 100 = 1,500 \text{ (mm)}$$

$$\text{有效雨量} = 400 \times 0.85 = 340 \text{ (mm)}$$

$$\text{全期間之純灌溉水量} = 600 + 1,500 - 340 = 1,760 \text{ (mm)}$$

$$\text{1 日之純灌溉用水量} = 1760 / 100 = 17.6 \text{ (mm)}$$

2. 依實測之方法

依據實測求灌溉用水量，是一種可靠性最高的方法。實測雖然需要很長之時日，但施行大面積灌溉計劃時，因必須得知正確的灌溉用水量資料，所以應依據本法求之。

A. 水田減水深 (Water requirement in depth) 之求法

本法，可於平時湛水之水稻田中施行，實測田間每日消減水深，用於估算灌溉水深之用，其觀測用具如圖 5-1。

試驗時，容器內之水稻，應使之與試驗田之水稻具同樣的生育狀態，施行培肥管理。又於測定之期間中，若遇有降雨時，必須減去雨量值。

減水深，因隨水稻之生育狀態，其變化甚大，所以全生育期均應施行實測。

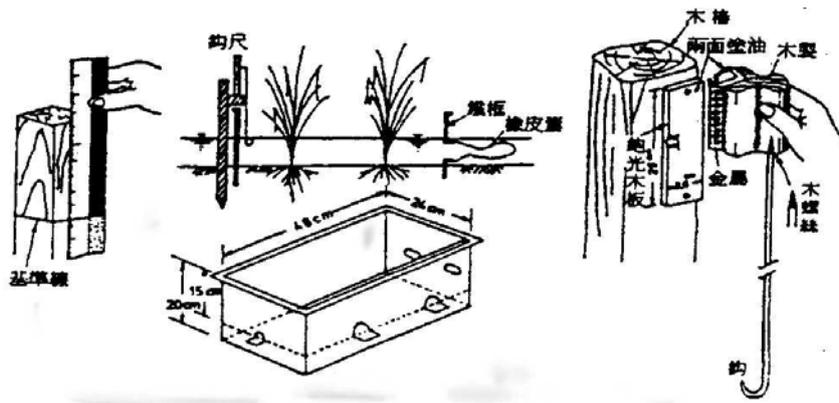


圖 5-1 水田減水深測定用之簡易鈎尺圖

B. 由流入、流出量之求出

在水稻內劃出一試驗區域，先測得其面積，然後於兩側設置如圖 5-2 所示之給水路 AB 與排水路 CD，水由給水路經量水堰 E 溢流進入試驗田區，再由量水堰 F 溢流進入排水路。

在灌溉期中，由 E、F 量水堰測定流入量與出水量，求出其兩者之差，即可得用水量。

測定流入、流出量所用之設備，除了堰外，其他尚有巴歇耳量水槽等。

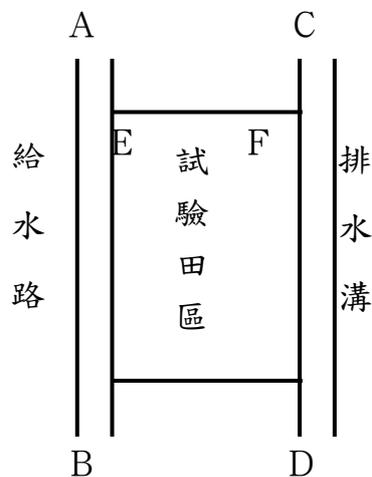


圖 5-2 流入、流出測定法

C. 實測與計算之折衷法

即蒸散量與水面蒸發量依據過去之實驗資料計算，而滲漏量則依據實測，以此所決定灌溉用水量的方法，稱之為折衷法。

滲漏量之實測，可用圖 5-1 之裝置，但需加蓋，且於其中不種植水稻，安裝蓋子的目的，係為遮斷蒸發以及降雨。

5.3.2 台灣水稻需水量試驗成果

一、水稻蒸發散量

綜合以往之試驗成果，台灣水稻之蒸散量，平均估計約為 300~400mm，水面蒸發量為 320mm 以上。蒸發散量之和約為 600~700mm。因此，若以水稻生長期為 100 天計算，每日蒸發散量約為 6~7mm。而以第 2 期作之蒸發散量較第 1 期作為大。

二、水稻在各生長階段與土質下之日需水量

稻作生產期間之日需水量，隨著其各生長階段與土質而差異很大。目前對水稻日需水量之估計，按稻作生長期及土質，可列如下表 5-1。

表 5-1 水稻不同生長階段、土質之日需水量（田間需水量）

稻作生長階段別	砂 土		壤 土		粘 土	
	日需水量 mm/day	灌溉率 ha/cms	日需水量 mm/day	灌溉率 ha/cms	日需水量 mm/day	灌溉率 ha/cms
整田用水量 (mm)	133.0	64.8	112.0	77.1	100.0	86.4
移 植 期 第 1 旬	7.8	1107	6.4	1350	5.1	1700
分 藥 前 期 2	7.1	1217	5.8	1485	4.6	1870
分藥有效決定期 3	6.5	1328	5.3	1620	4.2	2040
最 高 分 藥 期 4	6.5	1328	5.3	1620	4.2	2040
幼 稔 形 成 期 5	7.1	1217	5.8	1485	4.6	1870
孕 穗 期 6	8.7	996	7.1	1215	5.7	1530
出 穗 期 7	8.7	996	7.1	1215	5.7	1530
乳 熟 期 8	7.8	1107	6.4	1350	5.1	1700
糊 熟 期 9	7.8	1107	6.4	1350	5.1	1700

三、水稻灌溉期距與田間需水量

稻作生長之最適土壤水份範圍，在飽和水份與田間容水量之間。續灌法之田面經常保持一定水深，其土壤水份呈過飽和狀態，灌溉係指經常性之補充作業。輪灌法則一次補充至定水深，即行中斷給水，待田面水深經由蒸發散量及滲漏而消失，及至土壤水份遞減至相當於田間容量時再行補充灌溉。兩次灌溉日數之間距稱為灌溉期距。

一般地區性稻作蒸發散量之變化有限，滲漏仍為促成田面水深變化之主因。灌溉期距可由下式表之：

$$\text{灌溉期距(日)} = (\text{一次灌溉水深} / \text{灌溉效率}) / (\text{日蒸發散量} + \text{日滲漏量}) + 2(\text{日}) \dots (5-4)$$

上式之兩日，係指土壤充分灌溉經 48 小時已遞減成田間容水量之時間。在台灣各地之灌溉期距，因地而異，如桃園地區為 3~4 日，嘉南為 7.5 日，甚至有部分砂性水田如花蓮、台東，則 2 日需施灌一次。輪流灌溉之配水，必須按時按量依序施行，故過短之期距，如 30 公頃之輪區、區內約有 120 坵塊之配水，灌溉作業頗為繁重。

若按一定之減水深，實施不同期距之輪灌，則期距短者其實施灌水深較淺，對水田已保有浸水狀態之補充灌溉並無問題，但對地面已呈乾田狀之輪灌給水，另須考慮灌溉效率，故較少之水量，恐難實施均勻之灌溉。

台灣地區由於受地形地勢陡峻與降雨時空分佈不均之影響，乾旱現象之發生可謂相當頻繁，為瞭解乾早期或常缺水地區之灌溉期距，於民國四十四年在嘉南大圳中營實施現地試驗，其試驗目的主要為實地試驗輪灌對節水增產情形以及研究解決大面積施行輪灌時之技術問題。

試驗計分 6 日 1 次，8 日 1 次，10 日 1 次，15 日 1 次以及續灌等五種。1 次灌溉水深原計劃 60mm，後因遭遇異常旱災，一再減至 45mm 以下。但同時亦因正逢奇旱，使本試驗獲得意外的結果，茲將第一期水稻試驗成果摘要如下表 5-2。

表 5-2 民國 44 年第 1 期嘉南大圳中營水稻輪灌試驗成果

輪灌期距	輪灌期間	田間需水量 (mm)	百分比 %	每日平均需水量 (mm)	百分比 %	灌溉用水量 (mm)	百分比 %	灌溉期間雨量全部為有效 (mm)	單位面積稻穀產量 (kg/ha)	百分比 %
6 日	116	974.0	100	8.4	100	835.5	100	138.5	5623	100
8 日	116	815.3	84	7.0	83	676.8	80	138.5	5861	101
10 日	116	800.5	82	6.9	82	662.0	79	138.5	5125	109
15 日	116	682.3	70	5.9	70	543.8	65	138.5	4722	84
續灌	116	1891.0	194	16.7	199	1752.5	210	138.5	5236	93

依表 5-2，可作結論如下：

1. 續灌較輪灌之用水量多達 1 倍以上，而產量反較 6 日灌溉 1 次者少 7%。
2. 15 日灌溉 1 次者，其需水量與用水量雖較 6 日區少 30~35%，但其產量亦大受影響，減少 16%，似可暫作輪灌期距延長之極限視之。
3. 6 日、8 日、10 日三種輪灌期距之比較，可作為改進嘉南大圳灌溉用水之參考。

四、田間滲漏水量

滲漏水量的多寡，因土質而不同，其差異甚大，根據水利局「設計規定」所載，田間滲漏水量的經驗公式如下：

$$P = 86,400 \times 1,000 / (\text{粘土粒}\% \times I \times 36 \times 10,000)$$

$$= 240 / (\text{粘土粒}\% \times I) \text{ (mm/day)} \dots\dots\dots(5-5)$$

式中：

P：滲漏水量，mm/day。

I：係數，視粘土%的大小而定。

上式中粘土粒%，係以土壤內含 0.05mm 以下粘土的重要百分數計。

表 5-3 各種土壤的滲漏水量

土壤種類	粘土粒含量%	係數 I	滲漏量 (mm/day)
砂質礫土	1.6	1.0	150.00
礫質砂土	5.0	1.1	43.70
砂 土	8.0	1.2	25.00
壤質砂土	11.6	1.3	15.90
砂質壤土	14.9	1.4	11.50
壤 土	18.2	1.5	8.80
粘質壤土	21.9	1.6	6.85
壤質粘土	27.0	1.7	5.24
粘 土	33.0	1.8	4.04
中粘土	40.0	1.9	3.16
重粘土	49.0	2.0	2.45

5.3.3 台灣各區水稻灌溉用水量之推估

一、台灣各區水稻種植面積

依據民國 85 年台灣灌溉地普查報告資料，各區面積詳如第一章概說表 1-3。

二、台灣各區有效雨量

灌區之有效雨量對水稻而言，若暫照月平均雨量 60% 計算，但以不超過 180mm 為限之標準，可估計如下表 5-4。

三、台灣各區稻作栽培日程

稻作耕耘季節影響灌溉用水量最大，根據台灣多年經驗，大致可分為三個不同地區歸納其工作日程表如下：

表 5-4 灌區月有效雨量

單位：mm/月

區別	十一	十二	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
I 臺北	41	44	53	83	103	100	128	178	149	169	139	71
II 宜蘭	180	146	83	81	72	70	120	127	87	117	150	180
III 新竹	16	20	28	58	64	95	112	147	110	142	96	15
IV 台中	8	14	19	31	54	62	125	176	143	142	80	16
V 嘉南	10	10	10	17	25	39	98	180	180	180	97	19
VI 高屏	31	10	10	14	12	25	86	180	180	180	159	69
VII 台東	46	24	21	23	32	43	87	126	172	163	166	83
VIII 花蓮	82	44	46	49	60	67	115	110	139	137	180	146

表 5-5 各區稻作栽培日程

區別	第一期稻作		
	秧田 (40 天)	整田 (20 天)	本田 (110 天)
I(臺北).II(宜蘭) III(新竹)	1月21日~2月28日	3月1日~3月20日	3月21日~7月10日
IV(台中).VIII(花蓮)	1月1日~2月10日	2月11日~2月28日	3月1日~6月20日
V(嘉南).VI(高屏) VII(台東)	12月11日~1月20日	1月21日~5月31日	2月11日~5月31日
區別	第二期稻作		
	秧田 (40 天)	整田 (20 天)	本田 (110 天)
I(臺北).II(宜蘭) III(新竹)	7月11日~7月31日	8月1日~8月20日	8月21日~11月20日
IV(台中).VIII(花蓮)	6月21日~7月10日	7月11日~7月31日	8月1日~10月31日
V(嘉南).VI(高屏) VII(台東)	6月1日~6月20日	6月21日~7月10日	7月11日~10月10日

四、台灣各區稻作灌溉用水量估計

根據表 5-5 之耕作日程，再假定稻作田間需水量如下：

秧田田間需水量：依照每一輪區 50ha，所需之秧田水面為 0.008cms 計算，則折合本田面積之 1.4mm/day。

整田田間需水量：本田面積之 185mm。

本田田間需水量：假定一期與二期相同。臺北、宜蘭、新竹、台中、嘉

南、高屏等六區 9mm/day；台東、花蓮兩區 10mm/day。

依照以上資料，則台灣八大區之稻作，各月份之田間需水量，大致可以估計如下表 5-6。

表 5-6 各區稻作之田間需水量估計

單位：mm

區別	期別	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	年計
I(臺北) II(宜蘭) III(新竹)	一	14	42	275	270	270	270	90						1,231
	二							28	275	270	270	180		1,023
IV(台中)	一	42	199	270	270	180								1,231
	二						14	199	270	270	270			1,023
V(嘉南) VI(高屏)	一	120	273	270	270	270							28	1,231
	二						120	273	270	270	90			1,023
VII(台東)	一	120	293	300	300	300							28	1,341
	二						120	293	300	300				1,113
VIII(花蓮)	一	42	199	300	300	300	200							1,341
	二						14	199	300	300	300			1,113

稻作田間需水量扣除 5-4 所示之月有效雨量，視作為田間灌溉用水量，其逐月各值即可推算得如表 5-7。

表 5-7 各區稻作之月田間灌溉用水量

區別	期別	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	年計
I (臺北)	一	0	0	172	170	142	92	0						576
	二							0	106	131	199	139	0	575
II (宜蘭)	一	0	0	203	200	150	143	0						696
	二							28	158	90	90	0		366
III (新竹)	一	0	0	211	175	158	123	0						667
	二							8	133	174	255	164		734
IV (台中)	一	23	168	216	208	145	0							760
	二						14	56	128	190	254			642
V (嘉南)	一	110	256	245	231	172							18	1,032
	二						0	93	90	173	71			427
VI (高屏)	一	110	259	258	245	184							18	1,074
	二						0	93	90	111	21			315
VII (台東)	一	99	270	268	257	213								1,109
	二						0	121	137	134	17			409
VIII (花蓮)	一	0	150	240	233	185	90							898
	二						14	60	163	120	154			511

以上估算年粗灌溉用水量，乃供應雙期水稻栽培所需水量，估算依據雖屬粗放，與實際情形自有相當距離，惟藉此可窺知台灣水稻用水之一般。

稻作田間灌溉用水量，再加輸水及配水損失 30%，可估計作為粗灌溉用水量如下表。

表 5-8 各區稻作月粗灌溉用水量

單位：mm

區 別	期 別	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月	年 計
I (臺北)	一	0	0	224	221	184	120	0						749
	二							0	138	171	261	181		751
II (宜蘭)	一	0	0	133	260	195	186	0						774
	二							36	205	117	117	0		475
III (新竹)	一	0	0	274	227	205	160	0						866
	二							10	173	226	330	214		953
IV (台中)	一	30	218	281	271	189	0							989
	二						18	61	166	247	330	0		822
V (嘉南)	一	143	133	319	301	224							23	1,143
	二						0	122	117	225	92			556
VI (高屏)	一	143	335	331	318	238							23	1,391
	二						0	122	117	144	27			410
VII (台東)	一	129	350	348	334	277								1,438
	二						0	157	178	174	22			531
VIII (花蓮)	一		195	313	303	240	117							1,167
	二						18	78	212	156	200			664

5.4 旱田灌溉用水量

旱地灌溉，有濕潤灌溉、培肥灌溉以及冬季的保溫灌溉等。依據各灌溉目的，由於灌溉方法不相同，其用水量也有差異。

以濕潤灌溉為目的者，必須灌溉至田間容水量最為適合農作物生育之狀況。因此，用水量受該耕地的土壤質地、氣象條件、農作物的種類所支配。綜合以上決定其用水量，則有依據田間耗水量之決定方法與依據作物根系在土層內之吸水型態的決定方法等種。

5.4.1 旱田灌溉用水量之決定

灌溉之目的乃維持土壤中水份在有效水份範圍內，以利作物根系之吸收，同時為避免浪費用水，所灌之水量，以不超過田間容水量為原則，通常

所採用估計一次純灌溉水深之公式如下

一、以灌前土壤水份為起點

$$d = (FC - Mc) \times As \times D / 100 \dots\dots\dots(5-6)$$

二、以 1/2 有效水份為起點

$$d = 1/2 (FC - WP) \times As \times D / 100 \dots\dots\dots(5-7)$$

三、以 1/4 有效水份為起點

$$d = 3/4 (FC - WP) \times As \times D / 100 \dots\dots\dots(5-8)$$

四、以 3/4 有效水份為起點

$$d = 1/4 (FC - WP) \times As \times D / 100 \dots\dots\dots(5-9)$$

式中：

d：純灌溉水深 (mm)

FC：田間容水量 (%)

WP：永久凋萎點 (%)

Mc：灌溉土壤水份 (%)

As：假比重

D：有效根層深度 (mm)

一次純灌溉水深之計算，理論公式甚多，其中以 TRAM 計算為最安全，用 1/2 或 3/4 有效水份為灌溉起點者，普通用於地表灌溉，3/4 有效水份者適用於噴灑或蔬菜灌溉，至於應灌之土層深度，視作物根系之分佈深度而定，輪作田普通用 40 公分，甘蔗用 60 公分，蔬菜等淺根作物用 20 公分。

茲舉例說明如下：

某一排水良好之田區，土壤假比重為 1.3，田間容水量 25%，凋萎點為 10%，有效根系深度 60 公分，則

1/2 有效水份含量為灌溉起點時

$$d = 1/2 (25 - 10) \times 1.3 \times 600 / 100 = 58.5 \text{mm}$$

同理：已知灌前土壤水份為 15%，則該田區一次純灌溉水深為：

$$d = (25 - 10) \times 1.3 \times 600 / 100 = 78 \text{mm}$$

5.4.2 灌溉期距

一般作物灌溉之期距，除作物類別之間有差異外，同一作物也可受不同生育環境和作物本身生理上之需要，而有極大之差異，但實際農業經營上所希望之灌溉期距，係作物在生育、收量及品質不降低之條件下，決定其最長之間隔時間。

灌溉間隔之時間，大多均根據作物每天消耗水量，即為作物需水量與一次純灌溉水量之多少來決定，其公式如下：

$$\text{灌溉期距(天)} = \text{有效根系內純灌溉水量(mm)} / \text{每天消耗水量(mm/day)} \dots (5-10)$$

5.4.3 主要作物灌溉臨界期

各種作物於生育期缺乏水份時，對生育影響常有甚大之差別，如大豆與花生在開花期乾旱對收量影響最大，小麥在分蘗、抽穗、開花等期皆不應受旱，甘藷則在塊根形成後乾旱影較大，作物中如黃麻與陸稻可適應較多之水量，花生則灌溉太多，反而產量不高，蔬菜等淺根作物，需要灌溉次數應較多。一般而論，各作物均有不同好水時期，惟大部分在開花期之耗水量最大，在嘉南灌區，由於面積廣大，為配合水源水量之供應能力，通常並無法按土壤含水率來決定灌溉水量，僅於作物臨界期施灌 1-2 次，以下為本省各有關機關經多次試驗所得臨界期與應灌次數之研究摘要：

一、甘藷

甘藷在雜糧作物中屬於較耐旱之作物，對於灌溉不比其他作物敏感，生育前期灌溉，並不能使產量增加，成熟期有適當之水份，方可促使塊根重量增加，故在塊根形成及肥大時期應灌溉，亦即甘藷栽培期間，於插植後 1-3 個月內灌溉兩次。

二、玉米

玉米對灌溉較敏感，春作玉米種植前適為旱季，必須整地灌溉一次，以促進種子發芽，秋作種植時為雨季末期，地下水位高，土壤水份含量多，不需整地灌溉，至於春、秋作生育初期均應保持適當水份，中期以後需水量漸增，至開花期達到高峰，故其灌溉時期為：

- a. 春作種植前需要整地灌溉一次。
- b. 播種後 30 天左右，即生育中期株高約 80 公分時灌溉一次。
- c. 雄花抽穗始期灌溉一次（即播種後約 60-65 天）。
- d. 雄花吐絲期灌溉一次（即播種後約 70-80 天）。

三、花生

春作花生栽培期間，其氣候由乾旱低溫漸進入高溫日照較強且多雨之季節，故生育初、中期之灌溉較為迫切，至於秋作花生則恰相反，因此灌溉實施以生育後期為主。

一般花生之灌溉適期為始花期及開花後 15 天各灌溉一次，亦即種植後第 35 天左右（始花期）及第 80 天（開花後 15 天）各灌溉一次。

四、大豆

水份為大豆生產重要限制因素，在營養生長期，水份太多將發生倒伏；但於莢果發育期，適量之灌溉對產量影響較大，亦即播種後 35-45 天（即幼莢期至子實膨大期）灌溉一次。

五、黃麻

黃麻對水份非常敏感，其用水量較其他作物多，生物期間初期灌溉極其重要，不可有缺水情形，因乾旱對產量影響較大，一般須保持在 1/2 有效水份以上，故在無降雨之情況下，約 10 天左右即應灌溉一次。

六、陸稻

陸稻之用水量僅次於黃麻，倘有充分之水量供給，其生育日數亦可縮短，並可提高產量，至於灌溉期距，在無降雨之狀況下，必須每隔 20 天灌溉一次，並保持 1/2 有效水份以上。

七、小麥

小麥每年僅種植一作，為秋作栽培，其灌溉適期為播種後第 30 及 60 天各灌溉一次，亦即分蘗期，抽穗期前後及抽穗期施灌，於生育後期之成熟期不可灌溉，否則會拖延成熟期。

八、高粱

高粱為耐旱作物，於幼穗形成期（播種後 35 天）及抽穗期（播種後 60 天）各灌溉一次最佳，對產量有甚大之效果。

九、亞麻

亞麻自發芽後至種子乳熟時，需每隔 20 天灌溉一次，生長期間共計施灌四次。

十、油菜

移植後第 20、40、60 及 80 天各灌溉一次。

十一、胡麻

播種後第 30 天及 60 天各灌溉一次。

十二、甘蔗

甘蔗在不同生長階段之灌溉次對於產量之反應有顯著之差別，以生長盛期（3 月至 9 月）灌溉效果最大，隨著灌溉次數之增加而有增產之趨勢，目前在嘉南灌區之甘蔗灌溉，由於有可靠之水源水量，故生長期間中，共計可獲得七次之灌溉，其適期為 11、12、1、2、3、4、5 及 10 月間各灌溉一次。

5.4.4 主要作物灌溉次數

根據嘉南地區之試驗結果，以產量最高之灌溉處理求其需水量，假定一次灌溉水深為 40mm 計算時，在無降雨之情況下，作物全期之灌溉次數及灌期距如表 5-9、5-10 所示，表中可指出春作灌溉次數為 4 次以上，秋作至少 3 次以上。例如春作玉米於生長期間，完全不降雨之情況下，一次灌溉水深以 40mm 計算時，需要灌溉 7 次，灌溉期距最長為 14 天，最短為 9 天，平均則為 11 天，實際上因地下毛管水之補給及降雨量之利用，各種作物灌溉次尚可減少，春作約可減少 1-6 次，秋作約 2-4 次，此種情形在實際施灌時，各種旱作物每作之灌溉次數約 2-3 次。

表 5-9 春作作物灌溉次數與期距

作物別	灌溉次數(次)	最短期距(日)	最長期距(日)	平均期距(日)
玉米	7	9	14	11
落花生	7	8	17	11
大豆	7	10	14	12
黃麻	13	7	14	10
陸稻	9	9	18	13
綠豆	4	11	14	13
高粱	8	15	17	16

表 5-10 秋作作物灌溉次數與期距

作物別	灌溉次數(次)	最短期距(日)	最長期距(日)	平均期距(日)
早植玉米	4	14	18	16
晚植玉米	5	12	15	13
早植甘藷	5	23	37	30
晚植甘藷	5	23	31	27
落花生	4	17	27	21
大豆	3	14	15	14
大麥	3	36	37	36

5.5 有效雨量

降雨量之有效利用方式，可為直接利用於田間作物，亦可間接因土壤或上、下田區之蓄留、貯留而待用之，凡此種種能達到減少人工灌溉水量作用之降雨量都是有效雨量，故有效雨量意義深廣而重要，人工灌溉僅為補充天然水的不足，常見一些無水利設施的看天田，仍可維持農作物生產，足見有效雨量在灌溉上的重要性。而有效雨量能充分利用時，灌溉水量可相對的有效節省，因之，有效雨量之利用實為灌溉管理人員必要探討之重要課題。

5.5.1 有效雨量之定義

所謂有效雨量，顧名思義即降雨量之能為有效利用之部份稱之，而由於有效雨量影響因素頗多，故有效雨量之定義，可因觀點不同而有下列幾種：

一、以作物觀點定義

凡天然降雨之降於作物生長季節，而能為作物所利用以供給作物生長所需之水份，稱為有效雨量。

二、以灌溉管理觀點定義

凡因降雨而可減少之灌溉水量，則此部份節省之灌溉水量即為有效雨量，降雨若不能實際節省灌溉水量，則雨量雖多，亦不能視為有效。

三、以土壤入滲觀點定義

凡降雨能儲於作物根區內之土壤中，以供作物吸用之部份稱為有效雨量，反之，成為逕流或滲漏者，則為無效雨量。

5.5.2 有效雨量之估計

一、有效雨量估算概念

一般而言，為確實估計有效雨量，可將其區域分為大區域及小區域二種，茲就下列二者加以說明：

1. 針對小區域

由水平衡觀念知：

$$I + R + \Delta h = ET + P + D \dots \dots \dots (5-11)$$

(供) Supply = Demand (需) (供需平衡)

因為有效量為作物所利用之量，其轉為逕流或滲漏，所以將水收支平衡式更改：

$$Re = K \times R \dots\dots\dots(5-12)$$

$$I + KR + \Delta h = ET + P + D$$

$$K = \frac{[(ET + P) - (I - D) - \Delta h]}{R}$$

其中：

- Re：有效雨量 (effective rainfall) (mm/day)
- K：有效降雨係數 (coefficient of effective rainfall)
- I：施灌水量 (irrigation) (mm/day)
- D：排水量 (drainage) (mm/day)
- ET：蒸發散量 (evapotranspiration) (mm/day)
- P：滲漏量 (percolation) (mm/day)
- Δh ：蓄積水深變化 (variation stanating water) (mm)
- R：降雨量 (rainfall) (mm/day)

如此，由上式可將 K 值出，由 $K \times P$ 即可知有效雨量之值。

2. 針對大區域

由水收支平衡法知：

$$K = \frac{[(ET + P) - 8,640(Q_{in} - Q_{out}) / A]}{R} \dots\dots\dots(5-13)$$

其中：

- K：有效降雨係數 (coefficient of effective rainfall)
- ET：蒸發散量 (evapotranspiration) (mm/day)
- P：滲漏量 (percolation) (mm/day)
- R：降雨量 (rainfall) (mm/day)
- A：集水區面積 (catchment area) (m^2)
- Q_{in} ：總進流量 (Total inflow discharge for irrigation) (m^3/sec)
- Q_{out} ：總出流量 (Total outflow discharge for irrigation) (m^3/sec)

將 K 值求出後，即可求出當地之有效雨量。

二、常用田間有效雨量估計法

1. 逐日記帳法

此法之原理係以逐日計算日雨量及作物之用水量，算出土壤中剩餘之有效水份，以決定作物需要灌溉之時間，並依田間容水量來計算有效雨量。其計算原則如下：

- (1) 確定土壤之有效水份；此數據可由實測、假定、或上期結存得來。並求其當時之剩餘灌溉用水量。
- (2) 決定作物每日需水量；通常水稻可依生育經驗日耗水資料據定其日需水量，如 10mm/day。而旱作則可根據蒸發量記錄，將每日之蒸發量乘以作物之蒸發散量與蒸發量比值 a ，而得此作物該日之需水量。
- (3) 由前一日之剩餘水量，減去作物該日之需水量，減去該日之剩餘水量。
- (4) 如該日發生降雨，而前一日之剩餘水量，減去該日作物需水量，再加上該日之降雨量，如其結果不超過一次灌溉最大水深，則此結果即為該日之剩餘水量，而該日之降雨量全部視為有效雨量。
- (5) 如該日發生降雨，而前一日之剩餘水量減去該日作物需水量，再加上該日之降雨量所得之結果超過一次灌溉最大水深時，則該日之剩餘水量即等於一次灌溉最大水深（為其最大限值）。
- (6) 在(5)之情形下，前一日之剩餘水量減去該日作物需水量，加上該日之降雨量，所得之結果與一次灌溉最大水深之差即為無效雨量部份，亦即降雨成為逕流及深部滲漏等無效部份，則該日之降雨量減去無效雨量部份即為該日之有效雨量。
- (7) 久不降雨時，在土壤中剩餘水量遞減至零或接近於零時應即加以灌溉，即每當土壤中剩餘水量消耗淨盡之前即應加以灌溉。通常以日剩餘水量低於當時日作物需水量時予以灌溉，每次灌溉水深為其一次灌溉最大水深（ B_{max} ）。

茲將計算方法列舉如表 5-11、表 5-12。

表 5-11 逐日有效雨量計演算法（以嘉南農田水利會為例）

日期 月日	降雨量 (公釐)	需水量 (公釐)	剩餘灌 溉水量 (公釐)	有效雨量 (公釐)	灌溉水量 (公釐)	說 明 (公釐)
5.31			40			上月結存
6.1		10	30			
2	14.0	10	34	14.0		
3		10	24			
4		10	14			
5		10	4			
6		10	54		60	$4 + 60 - 10 = 54$
7	36.0	10	60	16		$54 + 36 - 10 = 80$ 田間有效容納 $36 - (80 - 60) = 16$ 以 60mm 為限
8	47.5	10	60	10		$60 + 47.5 - 10 = 97.5$ $47.5 - (97.5 - 60) = 10$
9	11.2	10	60	10		$60 + 11.2 - 10 = 61.2$ $11.2 - (61.2 - 60) = 10$
10		10	50			
11		10	40			
12		10	30			
13		10	20			
14	45.7	10	(40)55.7	(30)45.7		$20 + 45.7 - 10 = 55.7$ 有效雨量以不 $20 + 30 - 10 = 40$ 超過 30mm 為限
15	62.3	10	60	(30)14.3		$60 - (55.7 - 10) = 14.3$ $40 - 10 + 30 = 60$
16		10	50			
17		10	40			
18		10	30			
19		10	20			
20	16.6	10	26.6	16.6		$20 + 16.6 - 10 = 26.6$
21		10	16.6			
22	27.1	10	33.7	27.1		$16.6 + 27.1 - 10 = 33.7$
23		10	23.7			
24		10	13.7			
25		10	3.7			
26		10	53.7		60	
27	31.8	10	60	16.3		$53.7 + 31.8 - 10 = 75.5$ $31.8 - (75.5 - 60) = 16.3$
28	5.4	10	54.4	5.4		$60 + 5.4 - 10 = 55.4$
29		10	45.4			
30		10	35.4			
計	297.6	300		175.4	120	

註：有效雨量與同時期降雨量的百分比稱為有效雨量率，故該月份之有效雨量率為 $175.4/297.6 \times 100 = 58.9$ 。

表 5-12 嘉南甲 62 年 5 月份有效雨量計算實例 (Bmax=40, a=0.5)

年月	日期	蒸發量 (mm)	降雨量 (mm)	作物 需水量 (mm)	剩餘灌 溉水量 (mm)	有效 雨量 (mm)	灌溉 水量 (mm)	備 註
62 年 5 月					20.00			上月結存
	1	7.52		3.76	16.24			
	2	7.12		3.56	12.68			
	3	6.89		3.45	9.23			
	4	7.05		3.53	5.70			
	5	2.54		1.27	4.43			
	6	3.12		1.56	2.87			
	7	5.53		2.77	0.01			
	8	6.31		3.16	36.94			40.00
	9	6.12	0.25	3.06	34.13	0.24		
	10	6.70		3.35	30.78			
	11	5.75		2.87	27.91			
	12	4.34		2.17	25.74			
	13	6.70		3.35	22.39			
	14	6.77		3.39	19.00			
	15	7.53		3.77	15.23			
	16	8.02		4.01	11.22			
	17	5.60	0.30	2.80	8.72	0.30		
	18	4.14	10.80	2.07	17.45	10.801		
	19	6.36	40.80	3.18	25.07	10.80		
	20	6.21		3.11	21.96			
	21	5.22	3.35	2.61	22.70	3.35		
	22	7.18		3.59	19.11			
	23	8.14		4.07	15.04			
	24	6.50		3.25	11.79			
	25	6.72		3.36	8.43			
	26	7.14		3.07	5.36			
	27	6.92		3.46	1.90			40.00
	28	5.14	0.10	2.07	39.93	0.10		
	29	1.00	16.60	0.50	40.00	0.57		
	30	4.98		2.49	37.51			
31	7.68		3.84					
總 計		185.90	42.20	92.50	33.67	26.17	80.00	本月有效雨量率= 26.17/42.20=62%

2.五年平均日雨量法

一般採用 30 公釐以下降雨量為有效雨量之預扣方法計算：

將連續五年各地各月別之日雨量實績記錄 30 公釐以下之平均值計為該月份之平均日有效雨量。

例如：六月間降雨量資料如下：

1 日	2 日	11 日	12 日	25 日	26 日	合計
25mm	5mm	18mm	5mm	7mm	18mm	78mm

則 $78\text{mm}/30=2.6\text{mm}/\text{day}$

即該年六月份平均每日之有效雨量為 2.6mm。

將連續五年之六月份實績所計算日有效雨量平均之，併入計算灌溉率（第二期作）資料如下：

項 目	六 月	七 月	八 月	九 月	合 計	備 註
降雨量 (mm)	78.0	62.8	99.9	64.3	305.0	
日利用量 (mm)	2.6	2.0	3.2	2.1	2.5	

於中小給水門灌溉率，依下列條件計算之：

- (1) 田間需水量：12mm/day。
- (2) 中小給水路輸水損失率：25%。
- (3) 有效雨量：2.5mm/day。
- (4) 輪灌曬田日數：2 天。
- (5) 輪灌期距：7.5 天。

$$\text{則中小給水門灌溉率} = \{8,640 / [(\text{田間灌溉水深}) \times (1 - \text{輪灌乾田日數比率})]\} \times \{1 - (\text{中小給水路損失率})\} \dots\dots\dots$$

(5-14)

$$= \{8,640 / [(\text{田間需水量} - \text{有效雨量}) \times (1 - \text{輪灌乾田日數比率})]\} \times \{1 - \text{中小給水路損失率}\}$$

$$= \{8,640 / [(12 - 2.5) \times (1 - 2/7.5)]\} \{1 - 0.25\}$$

$$= 930 \text{ ha/cms}$$

3.二十年間第四位枯水月法

以過去 20 年間每月之第四枯水位降雨量分析之，其步驟如下：

- (1)日雨量在 5mm 以下，而其前後各連續二日以上無雨者，視為無效。
- (2)日雨量在 5mm 至 30mm 之間，原則上視為有效。
- (3)數日連續降雨時，視為一次連續降雨（中間隔一日無雨，亦同樣視為連續降雨），即基本之 30mm 及其連續日數之田面消失水深（平均每日 6mm）之和視為有效，餘視為無效。

4.百分比法

以歷年月平均雨量之百分比計算，各區月有效雨量通常以月平均雨量之 60% 計算，但以不超過 180mm 為限量，台灣各地區每月之有效雨量值如表 5-4 所示。

5.5.3 有效雨量之應用

一、預先扣除法

在每期作灌溉計畫時，按過去若干年之平均降雨量估算有效雨量，除秧田及整田外，均在日需水量中預先扣除之。一般在引取河川自然流量為水源之區域採用，如雲林、彰化、臺中等農田水利會灌區。

二、先扣與後扣兼用法

除用水計畫預先扣除外，並在執行時，視降雨量之大小予以減水或停水。適用地區在利用水庫或蓄水池調節為水源之灌溉區域，如嘉南、桃園、石門農田水利會。

5.5.4 提高田間有效雨量之作法

- 1.灌溉前提早整備田埂，以便貯留雨水。
- 2.插秧後隨水稻生長，適時調整田間排水口之溢流高度，以增加貯留雨量。
- 3.經常巡視加強田埂，以防止漏水。
- 4.灌溉水深應力求降低，以提高雨水之貯留。
- 5.灌溉後應有適當之乾田時間。

- 6.注意氣候，如有降雨跡象，即提前減水或斷水灌溉。
- 7.有蓄水池塘、水庫之大區域灌區，可先扣除預估之有效雨量。
- 8.加強實施公灌制度，以提高有效雨量之利用。
- 9.機械化作業可縮短工作時間，增加有效雨量利用機會。
- 10.直播栽培，應盡量利用降雨時播種。
- 11.在不影響插秧農時原則下，水稻栽培應盡量選定有效雨量率最高之時期插秧。

有效雨量在灌溉管理上之重要性不容置疑，它可直接供應作物生長需水，並和灌溉水量呈互補之密切關係；即有效雨量率高時對天然雨量之利用程度較高，相對的可節省灌溉水量，尤在灌溉水源短缺之地區，提高有效雨量率更屬重要。而估算有效雨量應配合實際應用力求正確，因若有效雨量估算過低則不但浪費寶貴之灌溉水量，並且形成過度灌溉，對作物之生長非但無益而且有害，若估算過高，則據此而施灌之水量又不足以維持作物在生長良好條件所必需之水份供應量。因此準確估算有效雨量予以應用之，實為整灌溉管理上不可或缺之重要工作。

第六章 農田排水

6.1 排水之意義及需要

6.1.1 概述

排水與灌溉實為一體之兩面，其能增加生產之功效是一致的。當土壤水份不足供應作物生產時，應尋求灌溉，補充水份；當土壤水份過多，含鹽分過高，地下水位太高，以及地面積水，威脅作物發育時，應設法加以排除，以免根系腐敗，毫無收成。

根據資料顯示，作物之病害，不管是生理病或毒性傳染病，均與排水不良有關，所以減少感染病蟲害，可視為排水改善之間接效益。農田排水是為排除地面、地下過剩水量，淋洗土壤鹽分，改善作物生育環境，使其適合作物生長，故亦可稱為土地改良之一種措施。

6.1.2 排水之範圍

如前所述，排水之目的於改善農作物生長環境，增加作物之收益，因此其設施之建立及計畫之實施，應為一項農業投資，必須由增產之收益支付。在政府立場，可將改善社會環境，促進地方繁榮之效益估算在內；在農民立場，灌溉、排水之負擔，應為生產成本之一部分，若增產利益不足以支付其投資時，則該投資即無實際之意義。因此在計畫實施之先，必須做詳細之估算分析，以決定其開發建設之尺度，政府亦可視農民之經濟情況，給予適當之補助。

再者，灌溉、排水計畫為一項集體性之建設，在法定制度下由一管理機構負責辦理。各國法令規章亦多明文規定各種灌溉、排水事業制度及事業推行、違規取帝之辦法，事業愈發達，其法規制度愈周延，惟必須符合當地之法制與需要以利執行。

6.1.3 排水之功效

一、促進作物根部伸長

排水不良地區，根群不能深入下層，僅蔓延於表層土中，遇雨糜爛，遇風易倒，且吸收肥料力弱。

二、縮短農作物的季節

春耕時土地需乾燥，濕地不能耕種，且地溫低，發芽不易，若土中水份過多，作物成熟延遲，此種現象加以排水改善，功效顯著。

三、霜害減少

排水不良的農田，地溫低，作物生態較弱，易致霜害，地溫高的作物，較為強健。

四、旱災減少

排水良好的地方，作物的根能深入土中深層，雖遇乾旱，可吸收下層土壤水份，保持生長；淺根則易受旱害。

五、維持土壤生產力

排水良好的農田，土壤空隙流通，可供作物良好之生長環境並可改善土壤之生產力。

6.2 排水系統之分類及適用說明

6.2.1 一般分類

依據民國 66 年 1 月 12 日在前臺灣省水利局召開研議區域排水分類原則會議所研究之排水分類，係以排水區各類土地利用面積所占百分率為依據，將排水區分如下，本章所陳述之農田排水，則涉及第(一)、(二)兩項。

一、區域排水

細分為農田水利會轄區內農田為主之區域排水，工礦排水為主之區域排水，一般區域排水等。

二、農田排水

細分為農田水利會轄區內農田排水、轄區外農田排水。

三、市區排水

指都市計畫區排水。

四、事業排水

係指排除事業使用後之廢污水及水力發電之尾水。

五、其他排水

細分為社區排水、道路排水、坡地及養殖地排水。

6.2.2 排水方式區分及管理權責

排水系統倘依排水方式予以區分，應可以分為地面明渠排水及地下暗管排水，對農田排水系統而言，因考慮其經濟價值，並降低排水投資成本，除了鹽分地為實施土地改良，有施暗管排水之必要外，一般均採用明渠排水，茲分述如下：

一、系統分佈

- 1.一個灌溉區域內，除了灌溉供水系統外，尚須配置排水系統，才能相輔相成，達到農業增產之目的。一般灌溉系統均設置於區域之高處，俾利於輸配水，而排水系統則設置於區域之低處，以利於收集灌溉餘水或降雨時之地面逕流而排除之。
- 2.目前農田灌溉區域之配置，以灌溉面積約 150 公頃設置一小組為原則，每小組區域分為三個小區，即一般稱之輪區，故每輪區之面積約 50 公頃左右，輪區下尚有單區，即為輪流灌溉配水之單元。排水系統之配置，以每一小區設置一小排為原則，並於每單區設置一補助排水路俾利排水順利排出。小排之名稱以小組名稱及小區別命名之，譬如港口小組第一小區，其小排名稱為「港口小排一」，其補助排水路名稱則按序號為「港口小排一之一」、「港口小排一之二」、-----餘類推。
- 3.再者，匯集兩條以上小排之排水路稱之為中排，故中排之集水面積約在 100 公頃左右，然後數條中排再匯集成大排，而逐漸形成一區域性之排水系統。故其整個系統架構與灌溉系統恰好相反，在數量上排水系統是由繁而簡，在長度上，由短而長；在斷面上，由小而大，直至排入河川或海洋。
- 4.以上所敘述者為較典型之排水系統配置，在實地規劃設計時，須配合地形及現況做適當之調整，譬如，也有小排直接排入大排者，或小排流入小排及中排流入中排者，故實際運用時，常有些許之差異，有關其配置標準圖，請參閱圖 6-1。

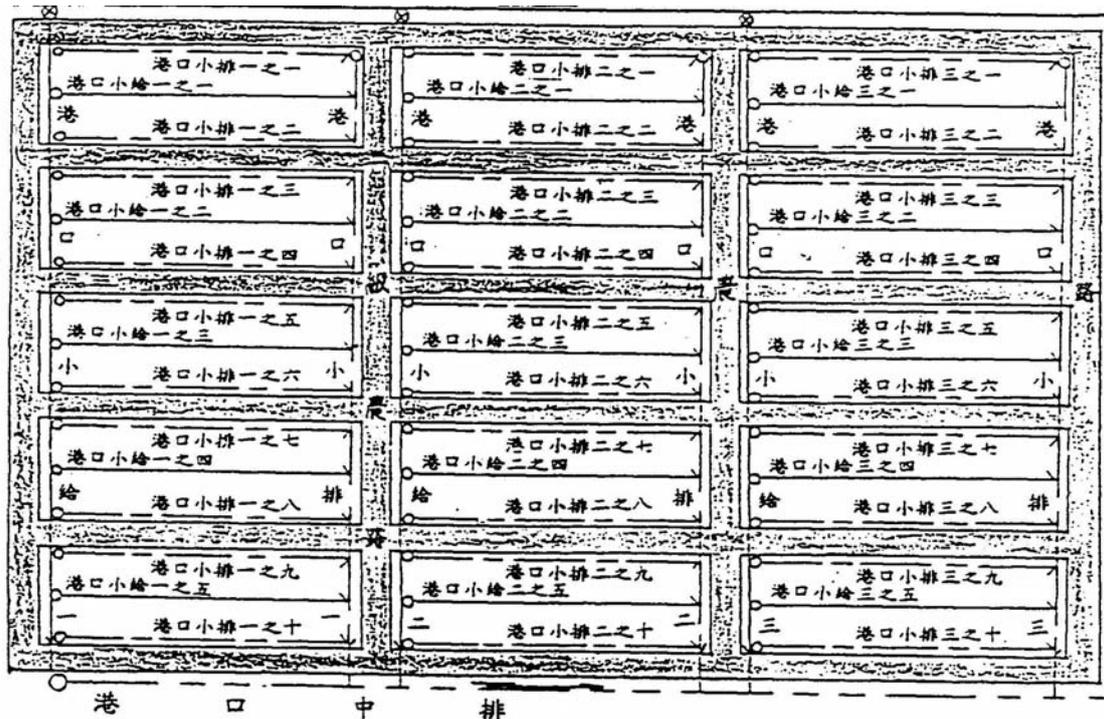


圖 6-1 灌排系統標準配置圖

二、系統別管理權責劃分

1. 前已述及，談到農田排水，可能牽涉列區域排水，因農田排水往往流經區域排水後再排入大海。農田排水由農田水利會管理，區域排水流經單一縣市或跨越二縣市以上者，則分別由相關縣（市）政府或上一級政府所管轄。農田水利會必要時得接受縣（市）政府或上級政府之委託，代為管理區域排水，因為區域排水大都為早期農田水利會成立時，配合灌溉系統建設而成，當時雖僅供農田排水及部分聚落所使用，後來因經濟發達，社會繁榮，環境變遷而形成區域排水者，且農田水利會擁有龐大之人力資源及健全之管理組織體系，足堪承擔其維護管理營運之重任。
2. 由於灌溉系統及排水系統有其連帶之關連性，且為便於瞭解各層次管理單位之權責，將兩者依系統層次之管理工作及管理程式說明如表 6-1 及表 6-2 所示。

表 6-1 灌溉排水系統管理工作劃分表

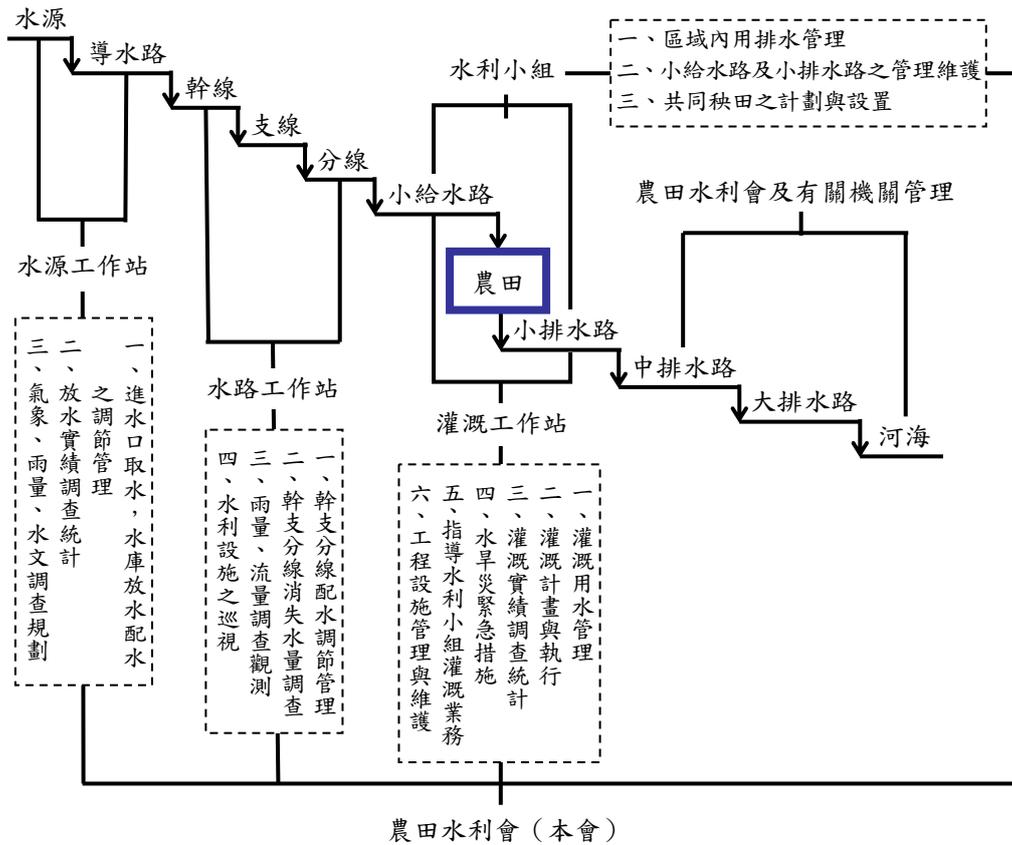
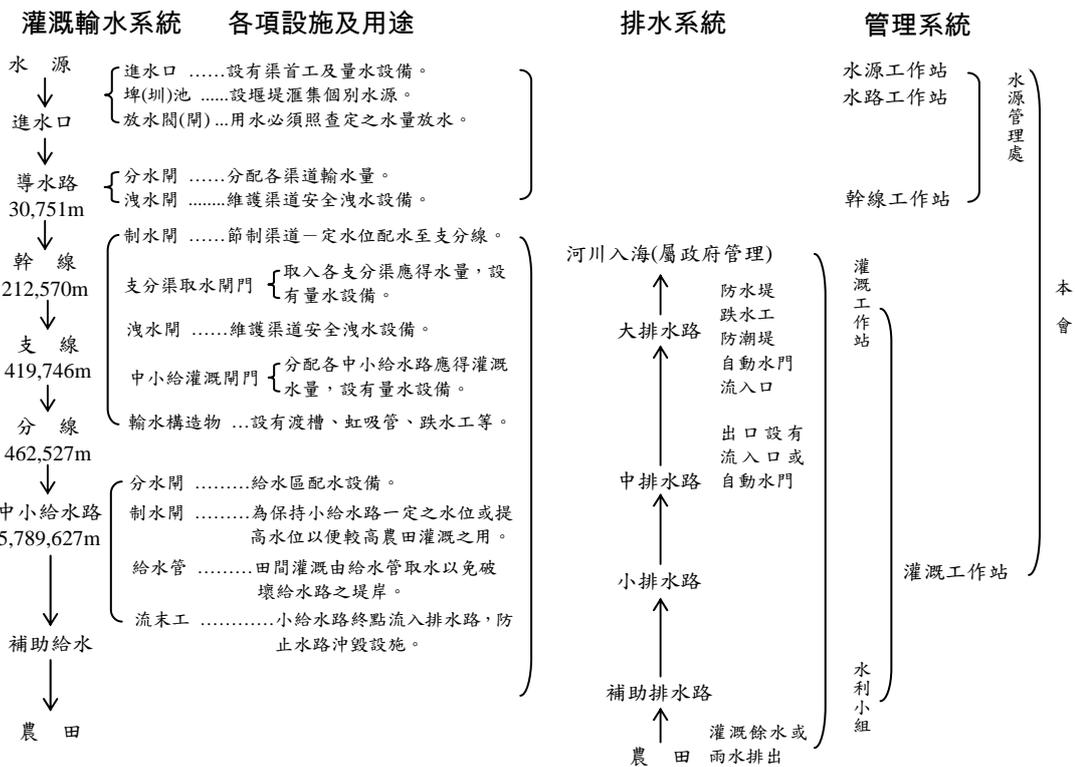


表 6-2 各級灌排設施管理程式表



6.3 排水量之計算公式與計畫基準

6.3.1 總降雨量法

大規模河川改道計畫，常採用過去最大或發生頻率 50~200 年之降雨或洪水量為計畫之依據，但如以此值採為計畫排水量，則各種排水設施往往過大，在衡量工程投資與改善效果時不見得有利，尤其農地排水計畫情形，可以考慮容許浸水因素，往往採用最大雨量之第 2~3 位，或 10~20 年發生 1~3 次程度之洪水，以擇定計畫排水量。

降雨強度以降雨延時越短越大，一般排水流域面積較大，流達時間極短，所佔洪峰往往很突出，但其總流出體積並不大，其洪水災害，受總雨量之影響遠較短時間暴雨量為大，因此農地排水往往採用日雨量或長時間連續雨量為研究對象，過去採用之計畫排水量，往往根據：2 年、5 年、25 年發生一次之暴雨，以一日最大雨量一日平均排出、二日最大雨量二日平均排出、三日最大雨量三日平均排出，則農田排水量之計算說明如下：

一、旱田排水量公式

$$Q = \frac{F \times R \times A \times 1,000,000}{1,000 \times 8640 \times N} = \frac{FAR}{86.4N} \dots\dots\dots(6-1)$$

式中：

Q：排水量 (cms)

R：計畫暴雨量 (mm) (採用計畫頻率之 1、2、3 日暴雨量)

A：集水面積 (km²)

F：逕流係數，一般採用 0.7

N：排水日數值 (配合計畫降雨量日數)

上式中若 A 採用 1 平方公里，則單位面積流量 (比流量) 可依排水日計算如下：

(1) 1 日降雨 1 日排出

$$q_1 = \frac{0.7R_1 \times 1 \times 1,000,000}{1,000 \times 86,400 \times 1} = 0.008R_1 (cms / km^2) \dots\dots\dots(6-2)$$

(2) 2 日降雨 2 日排出

$$q_2 = \frac{0.7R_2 \times 1 \times 1,000,000}{1,000 \times 86,400 \times 2} = 0.00405R_2 (\text{cms} / \text{km}^2) \dots\dots\dots(6-3)$$

(3) 3 日降雨 3 日排出

$$q_3 = 0.0027 R_3 (\text{cms} / \text{km}^2) \dots\dots\dots(6-4)$$

式中：

R_1, R_2, R_3 (mm)：所採用頻率之 1、2、3 日連續降雨量

q_1, q_2, q_3 (cms/km²)：由以上降雨量比導出之比流量

二、水田排水量公式

$$Q = \frac{A(R - D + d) \times 1,000,000}{1,000 \times 86,400 \times N} \dots\dots\dots(6-5)$$

式中：

Q：排水量 (cms)

R：計畫暴雨量 (mm) 一般採用 3 日暴雨

D：水田最大蓄水深 (mm)，一般採用 150mm

d：田間灌溉水深 (mm)，一般採用 50 mm

A：集水面積 (km²)

N：排水日數，一般用 3 天 (配合採用之計畫暴雨日數，如表 6-3)

上述公式之意義，至為明顯，不計洪峰如何，僅以一日~三日之總雨量，以平均流量排出，超過計畫流量之部份洪水，可暫留農地，但終能在一日~三日間排出。此公式可用於大面積之水田地區排水計畫。

表 6-3 臺灣選用 147 雨量站各種頻率別一、二、三日及年雨量表

編號	站名	雨量別	暴雨頻率 (年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
1	富貴角	一日	388	317	288	260	224	197	169	127	86
		二日	660	504	445	391	324	276	231	169	113
		三日	670	539	486	434	368	319	269	196	125
		年	4,796	4,137	3,851	3,562	3,170	2,859	2,523	1,990	1,390
2	雙竣頭	一日	506	412	372	334	283	245	205	146	87
		二日	770	609	545	483	405	347	290	207	128
		三日	910	707	628	553	460	393	327	235	150
		年	4,021	3,691	3,536	3,369	3,126	2,918	2,676	2,246	1,678
3	台(1)北	一日	532	423	379	337	284	244	204	147	91
		二日	705	561	503	447	376	323	271	195	122
		三日	710	581	528	476	407	354	301	221	139
		年	3,524	3,222	3,084	2,941	2,738	2,570	2,379	2,052	1,638
4	火燒寮	一日	559	495	468	439	401	369	335	280	216
		二日	842	739	694	694	588	540	487	404	310
		三日	1,311	1,088	994	902	781	688	591	444	291
		年	7,249	6,616	6,329	6,030	5,609	5,260	4,867	4,196	3,350
5	小粗坑	一日	325	292	277	262	239	221	199	163	118
		二日	457	412	391	370	338	312	828	231	165
		三日	538	485	460	433	395	363	327	263	183
		年	3,226	3,216	3,206	3,191	3,154	3,105	3,017	2,750	2,112
6	大豹	一日	301	284	275	265	248	233	214	178	124
		二日	437	399	381	363	336	313	287	241	183
		三日	437	414	402	388	367	348	324	277	208
		年	3,790	3,743	3,710	3,666	3,581	3,485	3,341	2,981	2,269
7	大(1)溪	一日	350	302	282	261	233	211	188	151	110
		二日	643	525	477	430	370	324	277	208	139
		三日	828	655	586	521	438	378	318	232	151
		年	3,579	3,318	3,193	3,059	2,862	2,691	2,491	2,129	1,637
8	阿(1)玉	一日	404	400	397	392	381	367	344	284	169
		二日	664	635	619	598	563	529	483	387	241
		三日	691	814	776	734	670	615	549	429	274
		年	4,553	4,506	4,475	4,432	4,352	4,261	4,125	3,783	3,084
9	石(2)門	一日	445	370	340	310	272	243	213	169	124
		二日	771	570	514	460	391	340	288	214	142
		三日	903	706	629	557	465	399	334	242	156
		年	3,918	3,629	3,492	3,344	3,129	2,944	2,727	2,336	1,809
10	利莫子	一日	700	619	579	536	473	419	357	252	132
		二日	891	804	760	710	634	566	486	343	174
		三日	1,062	934	872	806	709	626	532	373	195
		年	3,988	3,962	3,941	3,908	3,836	3,742	3,585	3,143	2,195
11	三(1)光	一日	937	768	697	627	536	466	394	285	176
		二日	1,525	1,197	1,065	937	774	654	533	361	201
		三日	1,504	1,216	1,095	977	820	701	579	398	220
		年	2,817	2,713	2,694	2,628	2,536	2,446	2,328	2,078	1,659
12	鞍部	一日	1,514	1,139	992	855	680	556	436	274	135
		二日	2,100	1,561	1,351	1,153	908	743	566	344	160
		三日	2,113	1,593	1,389	1,194	951	776	605	374	178
		年	3,069	3,936	2,870	2,799	2,688	2,589	2,469	2,238	1,892
13	鎮西堡	一日	887	753	693	630	543	473	397	276	149
		二日	1,826	1,346	1,164	995	790	646	508	327	173
		三日	1,736	1,326	1,165	1,012	821	684	549	363	197
		年	4,158	3,748	3,563	3,371	3,100	2,877	2,626	2,202	1,677
14	白石	一日	1,346	1,058	940	827	680	572	463	307	163
		二日	2,360	1,745	1,506	1,280	1,002	804	615	365	162
		三日	2,337	1,754	1,524	1,308	1,037	844	656	404	190
		年	4,280	3,894	3,717	3,530	3,263	3,039	2,784	2,342	1,778
15	桃園	一日	399	324	294	264	227	199	170	128	87
		二日	693	526	463	404	332	282	233	166	107
		三日	664	539	487	436	371	321	270	195	120
		年	3,725	3,270	3,070	2,866	2,585	2,359	2,112	1,710	1,242

編號	站名	雨量別	暴雨頻率 (年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
16	大園	一日	369	313	289	264	231	205	177	133	86
		二日	592	476	429	384	325	281	237	172	108
		三日	647	529	480	432	368	320	270	195	119
		年	3,182	2,905	2,775	2,635	2,430	2,255	2,052	1,692	1,221
17	宋屋	一日	302	257	238	220	195	170	156	126	93
		二日	680	521	460	403	334	285	237	172	113
		三日	692	551	495	442	373	323	272	200	130
		年	2,928	2,706	2,599	2,484	2,314	2,167	1,994	1,682	1,259
18	觀音	一日	291	271	261	249	230	212	191	150	94
		二日	376	353	340	326	303	281	198	198	534
		三日	465	427	408	386	353	352	287	220	134
		年	2,870	2,644	2,534	2,415	2,237	2,082	1,899	1,567	1,120
19	新屋	一日	337	305	289	271	245	221	194	145	84
		二日	481	429	404	377	336	302	261	192	109
		三日	557	494	463	431	383	342	296	216	122
		年	3,452	3,144	2,994	2,831	2,590	2,380	2,133	1,692	1,121
20	新豐	一日	299	260	243	228	203	185	165	133	91
		二日	508	422	386	350	302	266	227	168	107
		三日	624	506	458	410	348	301	254	183	112
		年	2,645	2,427	2,322	2,208	2,040	1,894	1,722	1,413	1,002
21	北窩	一日	443	370	339	309	270	240	210	163	115
		二日	763	622	563	504	427	367	306	214	123
		三日	880	719	651	582	491	420	347	236	127
		年	3,221	2,998	2,889	2,768	2,586	2,425	2,231	1,871	1,370
22	關西	一日	617	499	450	402	339	292	243	172	101
		二日	850	674	603	535	449	385	321	230	142
		三日	1,252	902	776	663	531	441	358	251	164
		年	3,723	3,463	3,337	3,198	2,992	2,810	2,594	2,194	1,641
23	新(1)竹	一日	514	421	382	343	292	253	213	151	89
		二日	607	513	472	429	372	326	277	199	117
		三日	731	612	560	507	435	379	318	225	127
		年	3,147	2,862	2,726	2,580	2,367	2,183	1,969	1,591	1,103
24	竹(1)東	一日	639	474	413	358	291	246	203	146	98
		二日	685	547	192	439	373	323	273	202	133
		三日	741	605	549	494	422	367	310	226	141
		年	3,709	3,399	3,250	3,090	2,854	2,649	2,410	1,980	1,412
25	大閣南	一日	758	614	553	493	414	353	291	199	108
		二日	1,320	957	824	702	556	456	362	239	137
		三日	1,732	1,184	993	825	634	507	394	255	147
		年	3,872	3,598	3,463	3,316	3,094	2,898	2,663	2,229	1,629
26	峨眉	一日	480	393	358	323	278	245	210	159	107
		二日	788	628	563	501	420	360	300	212	127
		三日	1,003	784	696	612	504	425	346	234	131
		年	3,253	2,976	2,844	2,701	2,491	2,309	2,097	1,718	1,218
27	竹(2)南	一日	327	286	267	249	223	202	179	142	99
		二日	570	474	433	392	337	294	249	179	107
		三日	694	600	517	465	395	340	284	198	112
		年	2,500	2,283	2,181	2,071	1,911	1,774	1,615	1,337	993
28	紙湖	一日	290	290	290	290	290	289	287	250	68
		二日	763	714	685	647	583	519	436	279	102
		三日	529	529	529	527	522	511	481	353	96
		年	3,372	3,226	3,144	3,048	2,888	2,733	2,531	2,114	1,465
29	後龍	一日	534	416	370	326	272	233	195	142	93
		二日	672	536	480	427	359	309	258	184	113
		三日	854	665	590	519	430	364	300	209	124
		年	3,100	2,769	2,615	2,450	2,214	2,014	1,786	1,395	915
30	橫龍山	一日	1,538	950	766	685	604	508	453	354	242
		二日	1,538	1,153	1,006	869	701	583	468	314	179
		三日	1,979	1,419	1,215	1,030	811	662	523	344	197
		年	3,963	3,744	3,640	3,518	3,322	3,135	2,836	2,414	1,683

編號	站名	雨量別	暴雨頻率(年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
31	大(1)湖	一日	609	572	550	521	472	422	358	234	88
		二日	930	850	805	753	668	588	490	318	124
		三日	1,213	1,059	982	898	773	665	543	344	141
		年	2,768	2,767	2,766	2,763	2,749	2,719	2,634	2,231	1,098
32	三義	一日	821	655	585	517	427	359	290	190	96
		二日	1,177	931	930	730	600	503	404	262	131
		三日	1,459	1,082	939	907	646	533	425	282	158
		年	2,589	2,588	2,585	2,580	2,562	2,527	2,431	2,021	1,021
33	苑(1)里	一日	322	296	282	267	243	223	196	149	87
		二日	486	440	417	391	352	317	273	200	108
		三日	593	530	499	465	413	367	314	222	115
		年	2,091	2,022	1,977	1,917	1,805	1,684	1,513	1,136	575
34	天(1)狗	一日	1,195	896	783	678	550	460	374	258	156
		二日	1,597	1,252	1,110	972	793	660	526	336	164
		三日	1,970	1,466	1,273	1,092	870	713	562	360	198
		年	3,773	3,593	3,497	3,385	3,205	3,034	2,817	2,379	1,710
35	卓(1)蘭	一日	573	495	460	422	370	327	279	201	114
		二日	829	706	650	593	514	449	379	267	148
		三日	1,059	877	798	719	613	529	441	308	171
		年	3,692	3,420	3,286	3,138	2,914	2,715	2,476	2,034	1,443
36	雙(2)崎	一日	896	756	693	626	530	453	358	235	104
		二日	1,256	1,054	961	864	728	617	498	315	137
		三日	1,632	1,222	1,091	960	788	656	522	318	151
		年	3,918	3,887	3,859	3,816	3,716	3,584	3,360	2,737	1,540
37	大(3)甲	一日	388	350	331	311	281	254	223	167	97
		二日	450	420	404	384	354	325	288	218	124
		三日	526	491	472	450	413	378	334	250	137
		年	3,064	2,774	2,632	2,477	2,246	2,044	1,808	1,387	858
38	月(1)眉	一日	601	511	471	429	372	325	275	195	110
		二日	737	641	596	548	479	422	357	252	134
		三日	922	783	720	655	564	490	410	282	148
		年	2,939	2,768	2,676	2,570	2,402	2,243	2,243	1,651	1,085
39	環山	一日	371	356	347	356	316	299	274	221	139
		二日	446	432	424	413	395	377	352	297	206
		三日	489	474	471	462	446	428	402	341	232
		年	4,936	4,250	3,958	3,667	3,277	2,973	2,650	2,144	1,588
40	新伯公	一日	641	523	475	428	366	320	272	201	130
		二日	1,026	309	723	640	534	457	379	269	164
		三日	1,280	989	875	767	630	531	434	297	172
		年	3,906	3,644	3,516	3,375	3,163	2,975	2,750	2,331	1,745
41	八仙山	一日	358	344	337	327	311	294	272	224	147
		二日	569	542	527	508	477	446	406	323	200
		三日	764	709	679	646	593	544	484	371	219
		年	4,981	2,542	4,334	4,112	3,787	3,509	3,197	2,617	1,875
42	台中港	一日	415	370	349	326	293	266	234	179	113
		二日	472	434	415	393	359	329	292	225	137
		三日	470	449	436	420	394	367	332	259	152
		年	2,679	2,418	2,293	2,158	1,960	1,789	1,590	1,241	801
43	北勢坑	一日	235	229	226	221	213	205	194	168	123
		二日	458	409	387	363	330	302	271	218	153
		三日	503	456	433	409	374	343	308	245	164
		年	3,140	2,631	2,680	2,515	2,271	2,059	1,812	1,376	834
44	七張犁	一日	387	353	336	316	289	265	237	185	119
		二日	655	574	536	496	439	392	338	249	146
		三日	847	717	659	600	519	455	383	272	154
		年	2,831	2,650	2,556	2,448	2,281	2,126	1,935	1,567	1,047
45	翠巒	一日	300	293	289	282	270	256	236	187	107
		二日	496	471	457	440	411	383	346	270	160
		三日	694	638	610	577	528	484	430	331	201
		年	3,426	3,269	3,186	3,089	2,935	2,789	2,603	2,228	1,649

編號	站名	雨量別	暴雨頻率(年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
46	台(3)中	一日	539	455	419	382	333	295	254	190	122
		二日	943	747	667	590	491	417	343	236	135
		三日	1,122	872	774	680	561	475	389	269	159
		年	2,957	2,708	2,589	2,460	2,271	2,107	1,916	1,572	1,119
47	大(1)肚	一日	396	348	326	301	266	235	201	143	77
		二日	637	541	498	452	389	338	282	194	100
		三日	668	582	541	498	435	383	324	226	119
		年	2,779	2,536	2,413	2,276	2,067	1,881	1,659	1,256	743
48	國(2)姓	一日	685	563	512	462	396	346	294	216	135
		二日	1,431	1,073	936	807	648	534	425	278	150
		三日	1,706	1,272	1,106	949	757	621	490	314	163
		年	4,421	3,991	3,792	3,581	3,280	3,026	2,737	2,237	1,606
49	土城	一日	315	227	273	259	238	221	200	163	115
		二日	813	634	565	501	420	362	305	226	153
		三日	967	745	661	581	483	413	345	252	167
		年	3,785	3,438	3,275	3,100	2,848	2,632	2,383	1,946	1,384
50	埔(1)里	一日	542	455	417	379	328	288	244	177	106
		二日	850	692	627	562	476	411	344	244	143
		三日	1,060	948	761	676	567	484	401	279	161
		年	4,117	3,789	3,629	3,455	3,195	2,968	2,698	2,209	1,553
51	南(1)投	一日	633	504	452	406	339	292	245	178	112
		二日	1,065	817	720	628	514	431	350	238	137
		三日	1,104	862	766	674	557	472	387	268	156
		年	3,259	3,020	2,904	2,778	2,590	2,424	2,228	1,869	1,376
52	名(2)間	一日	550	435	391	349	297	259	222	170	122
		二日	862	663	588	518	432	372	313	233	161
		三日	893	704	630	550	473	410	347	259	177
		年	3,484	3,250	3,137	3,013	2,829	2,667	2,474	2,118	1,621
53	伸港	一日	227	212	204	194	180	167	151	120	77
		二日	480	412	381	349	305	269	230	166	97
		三日	552	474	439	402	352	310	265	193	113
		年	2,251	2,048	1,949	1,841	1,681	1,542	1,379	1,087	711
54	大竹	一日	341	311	296	280	256	235	211	168	112
		二日	892	701	624	551	457	388	320	222	130
		三日	1,029	802	712	626	518	439	361	251	149
		年	2,703	2,451	2,334	2,209	2,029	1,877	1,702	1,398	1,010
55	秀水	一日	260	250	244	236	223	210	193	156	99
		二日	575	498	463	427	377	336	290	217	133
		三日	729	619	571	521	454	400	342	251	151
		年	2,479	2,255	2,148	2,032	1,861	1,714	1,542	1,238	841
56	員(1)林	一日	482	417	387	356	312	276	236	171	98
		二日	792	651	591	530	448	385	319	219	119
		三日	963	763	682	603	503	428	353	245	142
		年	3,298	2,893	2,712	2,524	2,264	2,051	1,816	1,430	977
57	溪(1)湖	一日	477	405	374	343	301	268	232	177	117
		二日	917	722	644	570	473	406	337	239	148
		三日	927	750	678	606	513	443	371	265	159
		年	2,803	2,569	2,453	2,325	2,131	1,960	1,756	1,385	896
58	萬合	一日	497	403	365	329	283	249	215	165	117
		二日	539	477	449	418	375	339	298	229	146
		三日	518	479	459	436	402	371	333	262	167
		年	2,547	2,337	2,235	2,134	1,959	1,816	1,647	1,342	937
59	芳苑	一日	543	446	405	364	310	268	225	159	92
		二日	548	490	462	432	388	350	305	229	136
		三日	583	532	506	477	433	393	345	258	148
		年	2,110	1,979	1,911	1,834	1,714	1,603	1,465	1,199	820
60	田(1)中	一日	471	395	364	332	289	256	222	169	112
		二日	766	611	549	490	416	361	306	228	152
		三日	759	633	580	528	458	405	348	262	172
		年	3,135	2,905	2,789	2,660	2,463	2,286	2,073	1,676	1,132

編號	站名	雨量別	暴雨頻率(年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
61	大(1)城	一日	346	316	302	285	260	237	211	162	100
		二日	503	449	424	397	357	323	264	218	136
		三日	533	484	461	434	396	362	322	251	160
		年	2,292	2,125	2,040	1,945	1,798	1,666	1,505	1,203	791
62	溪(1)洲	一日	523	427	387	347	295	254	212	149	86
		二日	617	519	477	433	373	326	275	195	111
		三日	682	580	534	487	422	370	314	224	127
		年	3,382	2,929	2,731	2,528	2,251	2,029	1,788	1,399	955
63	萬(3)大	一日	284	273	267	260	247	234	218	183	127
		二日	444	405	387	367	338	313	284	232	164
		三日	613	530	494	458	409	371	329	263	188
		年	3,167	3,008	2,929	2,841	2,707	2,567	2,441	2,160	1,744
64	龍神橋	一日	417	375	355	333	301	274	242	187	118
		二日	736	610	556	503	433	379	322	236	147
		三日	889	719	649	581	493	427	359	260	161
		年	3,107	2,973	2,902	2,620	2,689	2,565	2,407	2,088	1,569
65	第一進水口	一日	808	586	506	433	347	288	234	163	104
		二日	835	656	585	518	433	371	309	222	140
		三日	1,037	799	707	621	513	436	360	255	159
		年	3,274	3,045	2,933	2,810	2,625	2,462	2,267	1,907	1,408
66	鹿谷	一日	508	431	399	367	324	292	257	205	148
		二日	818	655	591	529	452	395	338	258	180
		三日	811	676	621	567	496	442	386	302	215
		年	4,016	3,850	3,765	3,669	3,518	3,379	3,205	2,859	2,320
67	鹿場	一日	665	523	467	414	347	297	248	179	113
		二日	770	626	566	508	432	374	314	226	138
		三日	907	665	605	545	467	407	344	249	162
		年	3,027	2,721	2,581	2,433	2,223	2,047	1,849	1,508	1,084
68	東埔	一日	364	323	304	284	256	232	205	159	104
		二日	644	523	475	428	368	323	277	211	144
		三日	830	651	582	517	436	377	320	241	167
		年	2,790	2,666	2,601	2,528	2,411	2,302	2,164	1,890	1,464
69	崙背	一日	477	387	351	317	272	239	205	155	106
		二日	668	529	475	424	360	314	268	203	143
		三日	648	538	494	450	393	349	304	236	166
		年	2,751	2,443	2,304	2,159	1,955	1,788	1,601	1,268	911
70	麥(1)寮	一日	360	311	316	299	272	247	217	160	88
		二日	456	426	410	390	359	329	292	220	124
		三日	436	422	413	401	380	357	325	254	143
		年	1,816	1,758	1,724	1,661	1,608	1,533	1,431	1,208	839
71	飛沙	一日	525	417	375	334	283	245	208	154	104
		二日	644	536	490	444	383	336	286	211	131
		三日	737	614	562	510	439	384	326	237	143
		年	2,185	2,063	1,997	1,922	1,800	1,686	1,541	1,254	835
72	水井	一日	351	323	309	293	268	246	219	169	104
		二日	598	523	488	451	399	356	307	228	136
		三日	650	575	540	503	449	403	350	261	156
		年	2,314	2,180	2,109	2,028	1,901	1,782	1,633	1,342	919
73	大崙	一日	962	709	615	529	425	353	284	193	116
		二日	1,145	856	747	647	526	442	361	253	158
		三日	1,207	909	797	694	568	480	396	283	183
		年	3,490	3,185	3,044	2,895	2,662	2,502	2,269	1,938	1,477
74	鹿寮	一日	353	313	294	275	246	222	195	149	94
		二日	527	467	438	408	364	326	286	216	132
		三日	518	477	456	433	396	363	322	246	147
		年	2,374	2,224	2,148	2,063	1,932	1,814	1,669	1,393	399
75	北(2)港	一日	267	262	258	254	245	235	220	184	121
		二日	2,175	1,536	1,307	1,100	857	694	543	351	197
		三日	416	412	408	403	391	377	354	292	175
		年	2,822	2,573	2,454	2,325	2,136	1,972	1,781	1,441	857

編號	站名	雨量別	暴雨頻率(年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
76	民(1)雄	一日	281	266	259	250	236	222	205	172	122
		二日	354	349	343	336	323	309	299	240	157
		三日	425	409	399	396	367	347	322	267	182
		年	2,959	2,707	2,590	2,466	2,287	2,136	1,961	1,655	1,255
77	梅埔	一日	518	425	386	348	299	251	221	163	103
		二日	43	689	624	559	472	406	336	232	129
		三日	885	739	675	611	523	453	379	263	145
		年	2,929	2,982	2,562	2,431	2,236	2,066	1,966	1,504	1,027
78	中安	一日	602	472	420	371	309	263	218	154	94
		二日	1,132	849	740	637	511	421	334	217	115
		三日	1,302	980	854	736	590	485	384	245	126
		年	2,655	2,448	2,345	2,230	2,056	1,901	1,715	1,371	908
79	奮起湖	一日	461	458	456	452	443	430	407	338	196
		二日	655	653	651	647	537	622	593	502	298
		三日	710	709	708	706	699	688	665	578	357
		年	4,327	4,184	4,106	4,013	3,860	3,711	3,516	3,103	2,419
80	中(2)埔	一日	423	386	369	350	321	296	267	214	145
		二日	597	539	511	481	438	401	358	284	191
		三日	661	599	569	537	490	450	403	321	216
		年	4,396	4,026	3,556	3,677	3,422	3,208	2,964	2,540	1,995
81	下中	一日	429	376	352	326	290	261	227	171	105
		二日	793	652	592	533	455	394	332	237	140
		三日	946	777	706	633	539	466	390	276	160
		年	3,079	2,792	2,654	2,506	2,289	2,102	1,885	1,502	1,011
82	安溪	一日	386	343	323	302	272	248	221	175	119
		二日	771	631	573	516	442	386	329	243	156
		三日	988	772	688	609	510	438	368	269	177
		年	2,974	2,767	2,666	2,554	2,385	2,236	2,057	1,725	1,264
83	北寮	一日	562	479	445	410	364	328	290	231	167
		二日	553	510	489	467	434	406	373	314	234
		三日	641	584	558	530	492	460	423	361	281
		年	3,238	3,218	3,204	3,185	3,147	3,102	3,031	2,845	2,433
84	賀建	一日	384	349	332	314	288	265	238	191	130
		二日	778	644	588	533	461	406	349	263	173
		三日	975	782	704	629	534	464	393	290	190
		年	3,081	2,820	2,695	2,561	2,343	2,192	1,992	1,614	1,163
85	頭港	一日	380	320	302	282	255	232	205	161	107
		二日	610	534	495	461	409	365	316	234	140
		三日	839	696	635	575	494	432	367	267	164
		年	2,959	2,651	2,509	2,361	2,149	1,973	1,773	1,433	1,013
86	海埔	一日	405	366	347	326	296	271	241	182	122
		二日	588	533	506	478	431	391	344	259	153
		三日	658	605	578	547	496	454	401	302	173
		年	3,007	2,758	2,638	2,508	2,316	2,148	1,948	1,590	1,115
87	七股	一日	392	347	326	304	273	248	219	172	115
		二日	659	561	518	474	414	367	316	235	147
		三日	783	671	621	570	498	441	378	277	166
		年	3,134	2,824	2,676	2,523	2,298	2,110	1,892	1,515	1,040
88	馬山頭	一日	629	509	461	415	356	313	268	207	145
		二日	983	789	711	635	537	465	391	285	180
		三日	1,085	884	801	719	613	532	449	325	201
		年	3,715	3,398	3,247	3,086	2,650	2,648	2,412	1,994	1,445
89	楠西	一日	462	415	393	369	335	305	272	213	135
		二日	684	592	564	534	487	446	398	309	194
		三日	707	681	637	609	566	535	475	378	243
		年	3,680	3,503	3,412	3,310	3,150	3,003	2,820	2,461	1,914
90	左(2)鎮	一日	509	458	434	408	369	335	297	229	143
		二日	941	810	750	698	601	530	452	325	186
		三日	1,100	940	869	796	695	613	525	383	228
		年	4,055	3,709	3,545	3,370	3,114	2,895	2,641	2,189	1,598

編號	站名	雨量別	暴雨頻率(年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
91	善化	一日	641	517	467	418	355	308	260	150	121
		二日	1,062	840	750	663	551	465	365	266	152
		三日	1,278	1,008	899	793	657	555	453	307	170
		年	3,635	3,280	3,112	2,931	1,667	2,441	2,179	1,722	1,144
92	安南	一日	979	924	886	836	742	644	513	273	55
		二日	913	719	641	567	473	404	335	237	143
		三日	1,071	849	760	673	563	482	409	282	169
		年	3,312	2,971	2,811	2,642	2,399	2,194	1,959	1,555	1,052
93	媽祖宮	一日	549	457	418	380	328	289	247	183	116
		二日	875	711	644	578	432	427	360	260	161
		三日	1,164	921	924	730	511	523	434	307	186
		年	2,912	2,698	2,592	2,475	2,297	2,139	1,949	1,598	1,116
94	善(2)化	一日	539	457	421	384	334	294	250	182	108
		二日	907	742	672	602	511	440	367	257	147
		三日	1,029	857	782	706	604	523	438	306	171
		年	3,636	3,293	3,129	2,952	2,691	2,468	2,204	1,741	1,151
95	台南	一日	543	472	440	405	357	316	271	197	112
		二日	829	702	646	589	509	456	377	269	133
		三日	1,085	901	521	740	631	546	456	318	176
		年	3,638	3,283	3,115	2,934	2,669	2,443	2,180	1,721	1,141
96	崎頂	一日	446	405	385	364	332	305	273	216	144
		二日	891	753	693	632	530	433	416	305	189
		三日	1,520	1,133	1,050	922	720	542	524	339	205
		年	3,640	3,503	3,344	3,174	2,926	2,714	2,467	2,032	1,434
97	木柵	一日	294	284	284	283	291	273	271	243	162
		二日	383	383	383	382	381	379	370	333	215
		三日	880	525	523	513	506	491	463	391	242
		年	3,453	3,328	3,260	3,181	3,051	2,926	2,763	2,423	1,376
98	田寮	一日	332	323	317	309	296	282	263	221	130
		二日	534	504	488	470	433	411	375	306	199
		三日	658	514	587	558	514	476	430	346	234
		年	2,969	2,835	2,753	2,681	2,549	2,424	2,266	1,947	1,453
99	國子內	一日	327	315	308	299	293	267	246	200	127
		二日	514	473	452	430	396	365	329	263	175
		三日	774	670	624	576	511	459	401	309	203
		年	3,307	3,027	2,891	2,744	2,526	2,336	2,113	1,713	1,185
100	楠梓	一日	663	537	486	437	374	327	280	211	143
		二日	817	696	643	590	517	459	397	299	191
		三日	899	778	724	668	590	527	458	246	219
		年	3,315	3,096	2,984	2,860	2,668	2,494	2,282	1,880	1,313
101	高(2)雄	一日	499	425	394	364	323	292	280	209	156
		二日	525	484	484	443	411	384	353	296	219
		三日	525	509	500	458	467	446	416	352	244
		年	2,682	2,583	2,530	2,462	2,349	2,237	2,087	1,767	1,250
102	瑪雅	一日	568	549	538	523	498	473	437	361	236
		二日	852	524	807	766	748	708	554	534	340
		三日	1,307	1,196	1,140	1,077	981	896	793	606	364
		年	4,561	4,818	4,735	4,833	4,459	4,284	4,047	3,528	2,644
103	建山	一日	483	465	455	442	418	384	361	295	176
		二日	702	688	679	666	641	612	568	418	278
		三日	797	788	781	771	749	722	679	563	346
		年	4,655	4,480	4,380	4,260	4,060	3,862	3,599	3,044	2,152
104	甲(2)仙	一日	399	335	392	387	377	365	348	295	195
		二日	587	579	574	566	549	529	498	418	265
		三日	769	745	730	712	678	643	653	484	306
		年	4,378	4,193	4,094	3,979	3,795	3,621	3,398	2,945	2,235
105	六(3)龜	一日	383	381	379	376	368	358	341	290	194
		二日	486	406	486	485	483	478	467	415	261
		三日	585	584	503	581	575	568	547	480	310
		年	4,530	4,394	4,291	4,173	3,985	3,910	3,588	3,141	2,443

編號	站名	雨量別	暴雨頻率 (年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
106	高(1)雄	一日	446	416	402	385	357	331	298	235	147
		二日	562	624	603	578	538	600	451	355	219
		三日	873	800	763	722	660	605	539	418	262
		年	4,664	4,402	4,263	4,121	3,694	3,688	3,435	2,950	2,239
107	里(1)港	一日	450	411	392	371	339	311	279	220	144
		二日	714	644	610	573	519	472	417	321	200
		三日	975	842	703	722	638	570	495	375	239
		年	3,583	3,428	3,345	3,248	3,091	2,940	2,747	2,352	1,734
108	鹽(1)埔	一日	489	424	336	369	334	308	273	234	187
		二日	510	486	474	459	436	414	386	329	243
		三日	577	555	542	527	503	479	448	384	281
		年	3,910	3,582	3,570	3,448	3,263	3,099	2,902	2,531	1,997
109	阿禮	一日	565	565	562	559	553	545	531	469	385
		二日	1,387	1,298	1,253	1,203	1,128	1,056	871	811	582
		三日	1,665	1,555	1,500	1,437	1,341	1,253	1,145	941	633
		年	5,894	5,750	5,880	5,579	5,402	5,218	4,962	4,381	4,341
110	六塊厝	一日	344	327	318	307	281	275	255	216	157
		二日	466	450	440	429	409	369	341	303	207
		三日	664	608	581	551	509	472	429	353	253
		年	2,564	2,514	2,482	2,441	2,368	2,286	2,171	1,901	1,403
111	林園	一日	332	323	327	323	314	304	286	237	143
		二日	497	487	479	470	451	431	401	330	207
		三日	576	567	560	550	530	508	474	390	241
		年	2,711	2,639	2,595	2,538	2,438	2,333	2,188	1,854	1,288
112	老埤	一日	428	387	369	350	322	299	272	226	169
		二日	620	569	545	479	445	405	332	234	234
		三日	687	644	622	597	557	521	477	392	270
		年	4,197	3,866	3,712	3,548	3,311	3,109	2,876	2,465	1,921
113	潮(1)洲	一日	524	454	423	392	349	315	278	218	150
		二日	609	567	545	521	482	447	404	322	205
		三日	755	684	650	614	562	517	466	375	259
		年	3,047	2,947	2,691	2,823	2,710	2,597	2,446	2,128	1,596
114	來(2)義	一日	275	275	275	275	274	273	268	243	156
		二日	509	499	492	482	465	445	415	345	220
		三日	628	612	602	588	563	535	495	405	252
		年	3,799	3,736	3,692	3,633	3,510	3,367	3,191	2,711	1,824
115	枋(1)寮	一日	316	313	310	306	297	266	267	214	117
		二日	411	407	404	399	387	371	345	375	146
		三日	454	450	447	441	429	413	385	308	165
		年	3,142	2,962	2,662	2,744	2,551	2,367	2,130	1,661	997
116	石門	一日	472	443	429	412	385	360	329	268	181
		二日	793	729	699	662	608	560	602	396	254
		三日	1,075	934	872	809	722	653	577	454	313
		年	4,511	4,405	4,290	4,133	3,927	3,707	3,412	2,833	1,927
117	恆(1)春	一日	523	474	449	422	381	345	303	227	133
		二日	678	628	598	566	517	473	618	315	181
		三日	757	707	680	648	596	547	483	366	206
		年	3,437	3,338	3,278	3,202	3,068	2,928	2,733	2,303	1,575
118	基(1)隆	一日	468	395	363	331	287	252	214	155	92
		二日	602	509	469	428	372	328	281	207	126
		三日	655	561	519	477	418	372	322	241	153
		年	6,264	5,589	5,289	4,979	4,548	4,196	3,808	3,158	2,377
119	礁(2)溪	一日	345	321	309	295	273	254	230	186	124
		二日	768	602	538	479	405	352	300	229	164
		三日	982	738	648	366	469	401	338	254	184
		年	3,547	3,363	3,274	3,178	3,034	2,907	2,756	2,473	2,057
120	三園	一日	683	527	467	411	344	296	250	189	135
		二日	41,030	796	707	623	520	446	374	175	184
		三日	1,267	962	846	739	608	516	426	305	197
		年	4,744	4,320	4,120	3,905	3,596	3,332	3,028	2,487	1,790

編號	站名	雨量別	暴雨頻率 (年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
121	園進山口	一日	684	592	551	509	451	405	334	272	178
		二日	1,581	1,171	1,020	882	718	604	497	356	238
		三日	1,790	1,334	1,164	1,009	821	591	567	403	260
		年	6,040	5,419	5,130	4,849	4,455	4,993	3,711	3,063	2,270
122	四(2)季	一日	319	318	312	318	315	312	302	265	163
		二日	399	399	399	398	397	394	366	346	219
		三日	476	473	470	456	435	444	422	362	233
		年	3,588	3,365	3,256	3,189	2,957	2,798	2,610	2,267	1,757
123	蘇澳	一日	622	545	512	479	4,333	400	362	202	235
		二日	1,089	928	690	784	707	639	359	461	346
		三日	1,656	1,307	1,173	1,046	889	776	664	509	366
		年	7,083	6,479	6,198	5,900	5,471	3,108	4,690	3,959	3,008
124	南澳	一日	930	798	738	680	501	539	472	367	250
		二日	1,846	1,470	1,318	1,171	983	843	701	497	299
		三日	1,981	1,577	1,414	1,258	1,089	911	762	549	342
		年	6,285	5,719	5,444	5,144	4,699	4,312	3,856	3,042	1,991
125	山腳	一日	1,334	1,026	912	807	682	594	511	402	310
		二日	1,735	1,419	1,291	1,168	1,009	891	770	592	415
		三日	2,185	1,783	1,619	1,458	1,250	1,093	933	595	458
		年	8,238	7,766	7,536	7,281	6,897	6,556	6,144	5,367	4,245
126	大濁水	一日	601	556	532	506	465	426	383	298	184
		二日	1,397	1,108	991	879	733	628	520	366	218
		三日	1,517	1,210	1,006	966	813	699	584	418	257
		年	4,929	3,978	3,824	3,653	3,397	3,159	2,897	2,393	1,700
127	溪畔	一日	526	501	487	471	445	420	387	322	222
		二日	1,015	902	850	793	713	545	567	435	276
		三日	1,120	992	933	870	780	705	620	477	305
		年	3,543	3,270	3,137	2,991	2,772	2,580	2,331	1,933	1,367
128	達美多	一日	953	864	818	768	691	622	539	392	212
		二日	2,076	1,731	1,573	1,407	1,177	991	792	489	204
		三日	1,949	1,821	1,475	1,327	1,124	963	792	529	266
		年	4,242	3,882	3,671	3,458	3,138	2,830	2,510	1,895	1,118
129	花蓮	一日	697	477	438	398	345	304	260	191	118
		二日	797	679	628	573	500	441	377	276	166
		三日	879	766	713	658	580	515	442	321	185
		年	3,552	3,389	3,219	3,068	2,845	2,551	2,425	2,016	1,471
130	等菜	一日	770	682	641	598	536	485	427	329	211
		二日	1,753	1,433	1,295	1,155	967	822	670	442	221
		三日	1,524	1,281	1,175	1,067	920	803	679	485	281
		年	3,332	4,833	4,603	4,361	4,015	3,725	3,398	2,828	2,107
131	銅門	一日	662	557	511	464	401	381	298	214	126
		二日	1,098	898	813	727	612	523	430	291	153
		三日	1,032	882	815	748	650	372	487	351	203
		年	4,106	3,701	3,503	3,286	2,963	2,682	2,353	1,773	1,055
132	漢口	一日	344	340	337	332	323	312	294	249	162
		二日	957	798	730	663	572	502	427	313	193
		三日	1,093	919	844	769	668	389	505	375	236
		年	4,683	4,211	3,987	3,747	3,399	3,101	2,759	2,163	1,418
133	大觀	一日	1,338	1,107	1,007	905	769	661	548	375	201
		二日	2,009	1,669	1,520	1,367	1,180	996	822	555	288
		三日	2,288	1,904	1,732	1,557	1,317	1,126	922	509	299
		年	9,125	8,021	7,537	7,043	6,364	5,819	5,225	4,258	3,131
134	光(2)復	一日	382	378	375	370	360	348	328	276	175
		二日	600	581	569	555	529	501	463	379	243
		三日	745	702	680	653	610	569	516	413	264
		年	4,509	4,123	3,935	3,730	3,426	3,159	2,845	2,280	1,338
135	立山	一日	566	516	491	463	421	383	338	287	154
		二日	1,358	1,162	1,067	965	817	692	555	338	131
		三日	1,404	1,171	1,068	963	819	705	583	395	204
		年	4,070	3,812	3,666	3,492	3,205	2,928	2,575	1,889	983

編號	站名	雨量別	暴雨頻率 (年)								
			100	200	100	50	20	10	5	2	1.11
136	忠勇	一日	379	336	317	298	271	250	226	187	141
		二日	973	795	719	643	542	464	382	260	140
		三日	1,023	849	773	700	599	520	437	310	178
		年	4,458	3,931	3,684	3,422	3,045	2,728	2,370	1,766	1,057
137	新港	一日	644	519	470	424	367	325	284	227	173
		二日	1,266	956	841	735	609	520	437	326	230
		三日	1,278	1,009	904	804	678	586	494	363	242
		年	4,246	3,793	3,594	3,390	3,108	2,881	2,631	2,220	1,731
138	露鹿	一日	508	472	453	430	394	359	316	233	123
		二日	929	843	797	745	662	388	498	338	154
		三日	1,175	1,030	959	882	767	668	555	367	167
		年	3,336	2,991	2,836	2,676	2,452	2,269	2,064	1,721	1,302
139	紅葉谷	一日	891	751	689	627	541	474	401	287	166
		二日	1,443	1,206	1,101	995	849	733	610	419	222
		三日	1,727	1,456	1,332	1,202	1,022	876	717	470	222
		年	4,485	3,584	3,734	3,498	3,172	2,908	2,618	2,142	1,579
140	台東	一日	596	497	454	411	354	309	261	188	112
		二日	908	746	678	611	522	453	382	275	166
		三日	1,008	840	768	695	598	521	440	316	186
		年	3,879	3,434	3,234	3,027	2,739	2,502	2,240	1,806	1,281
141	太麻里	一日	438	406	390	372	343	317	286	226	144
		二日	812	729	688	645	581	526	462	351	214
		三日	1,052	917	855	790	699	624	541	403	246
		年	4,850	4,301	4,050	3,788	3,417	3,110	2,764	2,184	1,483
142	紹家	一日	865	708	643	581	500	439	376	283	189
		二日	1,929	1,436	1,252	1,083	878	735	600	419	262
		三日	1,912	1,486	1,319	1,161	964	820	679	482	298
		年	4,792	4,356	4,160	3,956	3,671	3,436	3,172	2,728	2,175
143	大(2)武	一日	567	481	444	408	361	325	286	228	165
		二日	811	702	655	608	542	491	435	345	243
		三日	963	834	778	720	641	578	510	400	275
		年	4,643	4,213	4,017	3,811	3,520	3,277	3,001	2,530	1,934
144	滿州	一日	554	516	494	469	429	390	341	248	128
		二日	932	815	759	692	610	536	451	312	158
		三日	1,001	880	822	760	669	592	504	356	188
		年	4,396	4,202	4,087	3,946	3,704	3,459	3,134	2,453	1,441
145	台(1)中	一日	782	597	526	458	374	314	255	173	100
		二日	1,132	873	769	670	545	435	363	236	123
		三日	1,282	989	871	759	617	513	410	267	138
		年	3,505	3,165	3,004	2,832	2,582	2,369	2,123	1,694	1,152
146	高(1)雄	一日	729	584	526	470	399	346	292	215	139
		二日	828	693	636	578	501	441	378	280	177
		三日	955	799	733	667	579	510	437	325	207
		年	3,323	3,053	2,922	2,778	2,563	2,374	2,151	1,746	1,205
147	宜(1)蘭	一日	798	591	514	444	359	300	245	171	107
		二日	1,312	936	801	680	538	441	352	238	145
		三日	1,439	1,054	912	781	625	518	414	279	165
		年	4,946	4,505	4,298	4,078	3,459	3,488	3,176	2,628	1,918

6.3.2 洪峰排水量之理論公式

如旱田不容許浸水，或鄰近坡地或集水區坡度大，洪峰流量無法平均暫留在集水區，其截留排水路之排水量設計，應以洪峰流量為計畫排水才不致造成洪峰流量作任意漫流。其排水量計算公式如下：

$$Q=0.2778 f_x r_t \times A \dots \dots \dots (6-6)$$

式中：

Q：計畫流量 (m³/sec)

f：洪峰逕流係數 (參照表 6-4 與表 6-5)

r_t：洪水流達時間內最大雨量之平均降雨強度 (mm/day)，台灣各地區時間雨量強度公式如表 6-6

A：流域面積 (km²)

表 6-4 旱田之表面逕流係數 (茶野忠夫)

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

資料來源：雜作灌溉手冊 P181

表 6-5 各種流域狀況下之表面洪峰逕流係數

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

資料來源：雜作灌溉手冊 P182

計算步驟：

1. 決定排水區域內各面積 A_i (km) 及逕流係數 f_i。

2. 決定 10 年發生 1 次之降雨量 r₂₄ (mm/day)。

3. 決定排水路坡降之有關因素：

L_{AB}：自最上游流路至坡降變化點之距離 (km)

L_{BC}：變化點至測點之距離 (坡降無變化時，L_{BC}=0) (km)

H_{AB}：最上游與坡降變化點間之高差 (km)

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

4. 決定流達時間：

使用 Rziha 之實驗公式推算：

$$W_{AB} = 72 \left(\frac{H_{AB}}{L_{AB}} \right)^{0.6} \quad (\text{Km/hr}) \dots\dots\dots(6-7)$$

$$W_{AB} = 72 \left(\frac{H_{BC}}{L_{BC}} \right)^{0.6} \quad (\text{Km/hr}) \dots\dots\dots(6-8)$$

$$T_{AC} = \frac{L_{AB}}{W_{AB}} + \frac{L_{BC}}{W_{BC}} \quad (\text{hr}) \dots\dots\dots(6-9)$$

式中：

W_{AB} ：最上游流路至坡降變化點之流速（km/hr）

W_{BC} ：變化點至測點之流速（km/hr）

T_{AC} ：A 至 C 點流達時間（hr）

5. 決定平均逕流係數：

$$f = \frac{\sum(f_i \times A_i)}{\sum A_i} \dots\dots\dots(6-10)$$

6. 決定流達時間 T_{AC} 小時內之平均雨量（mm/hr）使用伊藤式推算：

$$r_t = \frac{r_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_{AC}} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(6-11)$$

7. 決定排水量

$$Q=0.2778f \times r_t \times A$$

6.3.3 經濟單位排水量

近年來，由於平原地灌溉事業逐漸發達，土地之高度利用，而排水設施經久失修，以致排水不良，情形頗為嚴重，水利局為改善排水不良情況，在各地區進行排水規劃，常依工程經濟原則，提倡「經濟單位排水量」此法，即依各排水不良地區之改善方案，以不同單位排水量比較分析，其改善工程費與計畫

效益之關係，擇定經濟價值最高之單位排水量（稱為經濟單位排水量或經濟比流量），做為改善計畫推行之依據。

6.4 不同類型之排水

灌溉與排水同為增進農業生產之必要手段，因此在興建之初，必須經過週詳之規劃，尤其是排水系統之建立，應對計畫區域進行詳細之勘查測量，明瞭地形及土地利用狀況，並對水文資料進行分析及模擬，以瞭解暴雨發生時，區域之浸水情況，俾利於提出改善方案，或配置一完善之排水系統，但此皆屬於改善規劃之範疇，系統建立以前所必須思考之方向，亦即思考確立計畫區域之排水方式或排水方法。

如前所述，基於經濟效益之考量，農田排水之排水方法，主要以地面排水為主，倘為鹽分地之改良，可局部採用地下排水。

6.4.1 地面排水

一、集水系統

1. 農水中之中、小排為集水系統，在已辦理農地重劃之地區，每一坵塊均臨小排，降雨時之地面逕流或灌溉餘水，都直接由小排集流後排除之；未辦理農地重劃之地區，有時仍靠越田排水集流，如此將使田面積水之排除更形困難，因此必要時，可在田間配置補助小排，其所需要之用地，可協調相關之農民提供，或征購之。
2. 田間小排中排或補助小排，一般均為土渠，為了使這些排水系統能發揮功能，每年於雨季應進行維修工作，將渠道依計畫斷面辦理疏浚或除草工作，附屬構造物做必要之清理或維護，並先試行運轉以確定其功能。
3. 以上這些工作，均屬水利小組之任務，工作站應依年度計畫，配合辦理。

二、輸水系統

1. 排水系統中之大排或部分中排屬之，這些渠道鮮有農田排口直接流入者，因此其任務為將集流後之排水逐層輸送到出口，排入河川或流入大海，這些輸水系統往往是區域排水，其改善規劃及維護管理較為複雜，牽涉極廣，及需要維持其功能，方不致影響上游之社區部落排水或農水排水等。
2. 輸水系統中倘仍為農田排水者，其管理單位為工作站、管理處，管理人員應配合年度計畫，在雨季來臨前，整個排水輸水系統做必要之維護，以確保其排水功能。管理人員更應充分瞭解排水系統狀況，各種設

施功能及集水區之地形，低窪地之分佈。當外水位高於耕地標高時，應關閉排水閘門，以防止排水倒灌，當外水位降低時，即應開啟閘門，實施排水，將耕地積水排除。部分窪地區之排水出口，常有設置自動水門，以減少管理人力，惟於雨季前須檢查門板有否被雜物阻塞，而造成水門無法密閉；門板吊具五金有否銹蝕，而影響自動水門之啟閉靈活度，這些都是雨季來臨，實施排水前，所必須確實執行者。

3. 排水輸水系統倘為區域排水，其主管機關在縣、市為縣、市政府，或上級政府，因此其改善規劃及維護管理之工作均應由政府為之。惟必要時農田水利會得接受政府之委託，代為管理區域內之區域排水。不管區域排水之管理單位為政府機關或農田水利會，其排水系統之流暢，乃為解決上游排水問題之關鍵所在。
4. 區域排水大都是市區排水或農田排水等之出口，一直延伸到流入河川或流入大海，因此所承受的排水量有都市計畫區之瞬時排水，及依各種不同降雨頻率標準所計算之排水量，其改善規劃方案之擬定，就較一般之排水路更為繁雜，有待相關課題中做進一步之探討。
5. 區域排水之出口，一般均為河川或大海，因此其排水之排洩直接受河川洪水位或海潮之影響，其排水處理方式如下：
 - (1) 感潮區段，大都位居沿海，排水路坡度平緩，為防止海水倒灌，可考慮於出口段適當地點設置防潮閘或自動水門，閘門前兩岸堤防高度應足以掩蓋在外水位高漲，排水無法排出期間，內水位壅高後之高度，並在外水位低於內水位時，即刻開啟閘門，實施排水。
 - (2) 流入河川之排水路，出口段倘受河川水位之影響，其排水縱坡平緩者，可依上項方式處理；若坡度較陡者，則以構築背水堤保護兩岸耕地較為經濟，且其排水方式，即依內、外水位之高度自由進出，沒有人為處理之問題。惟在實際運用上，宜採用水門或背水堤方式處理，須經檢討分析後決定之。

6.4.2 地下排水

一、地下排水之目的與功能

地下排水之目的在於提供良好的淋洗條件，加速土壤鹽分溶洗淋除，更能改善土壤內部排水，同時降低地下水位，使根部的活動空間加深，促進作物根部之自然發展，並可防止鹽分因毛細作用回升地表，以促進作物之增產。故一個設施完善，運維良好之暗管排水系統應具備以下之功能：

- 1.排出土壤中過多之水份，降低地下水位，使利於作物生長
- 2.抑制毛細作用，減少地表蒸發，緩和根層鹽分之積聚。
- 3.及時排除含有溶鹽之水份，助長土壤之溶洗，獲致土壤鹽分平衡。

二、地下排系統之構成

1.吸水管

吸水管是直接吸收地下水之排水管，為暗管排口系統中最主要部分，通常以平行方式佈置於全排水區。

2.集水管

一般有集水幹管或集水支管，用以將吸水管之集水量導至排水口或抽水井中，俾利排除。

3.截水管

視地形之需要而設，並非必備，用以截取來自區域外高臺地、貯水池或塹滲透水之暗管，可連接集水幹管並導至排水口，故一般均埋設於地區邊界。

4.沉砂池

吸水管流入幹支管之連接處，均設置沉砂池（人孔井），以便沉砂之用，其功能除防止幹、支管內泥砂之積堵塞外，並可用以清洗吸水管之進口及量測吸水管排水量。

5.排出口

地下排水系統之排出口，可分為自然排出及抽水機排出兩種。自然排出式之出口為集水幹線之出口，直接排入自然河道或排入海，但需注意其排出幹管之出口，至少應高出天然河道或排水路之常水位 30 公分以上，如於洪水期有洪水湧入管內之危險時，應於出口處設置自動水門。若集水幹管之出口，低於自然河道常水位，無法自然排出時，必須設置集水池（抽水井），用抽水機抽出。排出口之位置與構造對全區域之排水效果影響頗大，故於設計時，應特別留意。有關地下暗管排水系統之組成如圖 8-2

三、其他說明

以上說明，對暗管排水系統能有一概略之認識，惟必須注意的是，設置暗

管排水系統之區域，其地面逕流仍須由地面排水系統加以排除，暗管排水系統僅用以排除田間內地下水，其詳細設計，流量計算，系統配置及各種不同之排鹽方式等，可參閱相關書籍。

6.4.3 機械排水

排水流入逆或其他排水，其水位低於河道或其他排水之水位而無法以重力方式自然排出者，應設置抽水機排出之。其管理單位如屬區域排水者由地方政府為之。機械排水之設計及管理，可參照抽水機設備之相關資料辦理。

第七章 灌溉排水之研究發展

灌溉排水之研究發展對任何科學均甚需要，過去我國的舊習，常應用先進國家之研究發展成果，但各國之國情、政策及環境等因素均不同，他國研究之成果，未必能適應我國之需要。就灌溉科學而言，我國有特殊之環境，以水源為例，目前台灣雨量豐沛，河川短陡，地質年代短暫，四周環海，潮位高差懸殊，排水不良與鹽分地分佈廣闊，均有本身特殊之問題存在。加之台灣地處亞熱帶，氣候高濕，作物種類繁多，對灌溉排水之需要與其他國家互異，因此，灌溉之研究發展，必須自行擬定一定方針，局步實施。

本省光復後之灌溉研究自推行輪流灌溉開始，在台灣各地設試驗站，分別以不同之灌溉處理，比較其產量，以作估計稻作輪灌之期距與水深之依據，試驗進行歷時數載，並兼有示範與推廣之目的。此項初期之試驗，僅側重於綜合觀測而非理論研究，故在輪灌開始推行之後，即產生各種基本問題，有待探討。如稻作品種間之耐旱力，施行輪灌後對土壤物理性之長遠影響，輪作田之施肥，病蟲害之防治，及雜草控制等均可能與傳統之放流灌溉方法有所不同，以上各項研究試驗皆已陸續加以進行，且有具體之研究報告可供參考。

作物灌溉試驗除水稻外，其他旱作物均有進行研究，如台灣糖業研究所從事甘蔗灌溉試驗已有二十餘年，但極待研究之問題尚多。其他旱作物灌溉試驗自民國 52 年始及至 89 年，經 37 年時間由台大農工系、水利局及水利會曾於各地試驗站進行研究試驗，包括一切田間之實際問題，如作物需水量、水路輸水損失、灌溉方法、灌溉效率、有效雨量、土壤物理性、灌溉水質分析、洗鹽排及灌溉之經濟分析等，均有輝煌成果，但至推廣應用階段尚須繼續努力。

灌溉管理方面，為研究農田用水之節約，利用過去之研究資料，擬定各項用水標準，以電腦操作代替已往用人工計算之灌溉計劃，使灌溉用水可根據過去田間實際需要以電腦程式配水，非但節省人工，更可達迅速準確。另一項灌溉管理方面之重要研究，為灌溉系統流量搖控之裝置，已在桃園大圳、嘉南烏山頭水庫及雲林農田水利會濁水溪取入口裝設，可將全部閘門流量集中管理，各閘門進水量可一目了然，並可作瞬間調整。其他尚有半自動水門之研究，桃園 4 號池塘灌地 60 餘公頃已完成管路系統，達省水、省地、省工之目的。最近若干灌溉系統著手研究規劃流量之統一控制，噴灌與滴灌之研究實施，農業機械化後對灌溉水量之變更等試驗均在著手進行中。總合以上各點，欲達理想之管理與全面實施，尚須加強作綜體而完善之計劃，逐步實施，方可達節水與科學管理。

農田水利行政方面由全省十七個水利會經營，欲達節水與科學管理之目的，水利行政人員必須密切配合實施。其配合重點首推健全組織，充裕經費與人員更新三端。同時農田水利方面之試驗研究工作，目前雖屬學術研究試驗機

構，但實際從事管理人員，亦必須洞悉進行過程，以及之推廣全面實施時，可體會某問題之關節所在，因此將來集體試驗研究之實施勢在必行，甚至經費充裕之水利會將來應自行設置小型之灌溉試驗研究機構，若干有待研究之問題，可由該機構自行進行試驗，以解決該會之灌溉管理問題。

本章撰述台灣灌溉之研究發展，其主要目的乃將以上已進行之工作作整體他之敘述，分門別類。因灌溉非一單純問題，必須涉及水土資源、氣候環境、土壤性質、作物栽培以及政府政策經費等問題。因此本章之寫作自基本研究著手，繼之敘述應用研究及水土資源之綜合利用。使讀者瞭解台灣灌溉環境及如何可將台灣之農田水利達完善之境地。

7.1 灌溉排水之應用研究

研究灌溉水源與用水量後，應考慮灌溉問題以作物為觀點可分水稻灌溉與旱作灌溉二大類；以農地性質而論可分坡地灌溉與平地灌溉；如再細分，因土質不同每次應灌水量及次數又不同。因此為達本省灌溉有系統之灌溉規劃，水稻與旱作二方面應作各地區之立地調查，經調查後，繪製圖表，則各地區之灌溉實施可用此為根據。本節即說明水稻及旱作灌溉應調查之項目，以作實際從事立地調查之參考。另一方面講，如為新灌溉區，必須研究灌溉區之地形地貌，研究項目包括灌溉區之界線、等高線、道路、公路、既有之排水溝以及其他之地貌，進而研究土壤之性質。

7.2 將來灌溉排水之研究發展

灌溉排水是一門應用科學，其目的可使作物增產。如將灌溉原理與排水、放淤、肥料及水土保持等項目配合，非但可作土壤改良，同時亦可保持農地永恆之地力。因此綜合之農業發展，必須由廣義之灌溉來配合。現代之農業日新月異，不能以過去單純之灌溉排水可滿足將來農業發展之需要。加以本省工商業漸發達，農產勞力減少，以往古老之灌溉方法亦極待改進，工廠林立，灌溉水污染問題勢必發生；人口增多現有之耕地必須有合理之灌溉排水設施；有限之水源如何克服利用等等問題均為將來灌溉排水研究發展之方向。

一、現代農村環境與灌溉排水設施

因經濟之加速發展，無論都市與鄉村，人民生活水準皆以提高，過去髒亂與辛苦之生活有待改進，對此方面之改進，水之利用與處理尤為重要，茲分述於後：

1.住宅環境之改善

通常農村均築在耕地附近，非用水不便，排水不良，即為排水系統堵

塞，有礙衛生。以用水而言，每戶或數戶均開鑿水井，以供人畜飲水或洗滌之用，但地下水源之多寡與水質等資料從未預先研究，乾旱時無水可取，如遇過度超抽而不注意補注，會影響地層沈陷，同時賴地下水源灌溉地區，灌溉水量不足，招致農作物減產。以排水不良，排水系統不善而言，小則環境潮濕，蠅蚊叢生，有礙健康，是為疾病之源泉；大則洪水時淹埋田地房舍，危及生命財產。因此，將來灌溉之研究應供給農民地下水資料或在設計灌溉系統時，非但應考慮灌溉水量、水質與補注等問題，同時應計劃農村人畜用水之簡易設計；在農田排水之研究上亦應考慮農村之排水系統及堤防之興築等問題。

2. 循環水流系統與小型污水處理

將來水資源開發日益困難，現有水源應有循環利用之觀念，已利用之水源，除發電外，均含有雜質與不同之化合物，如何將用過的水，作污水處理後再用於洗滌或灌溉，應為將來經濟用水之措施之一。如家庭與高地之滲漏水作妥善之處理後，再用作灌溉是為一例。

3. 低濕地之綜合經營

為經濟利用土資源，如低濕地不可能用一般之排水方法處理或不經濟時，可由政府收買挖掘地塘或湖泊，引用水源作蓄水池或作養魚之用，挖出之土可填至周圍土地，或改為建築用地，因此，可作低濕地之經濟利用。

4. 灌溉排水系統規劃之基本觀念

欲達作物增產之目的，除供應作物本身所需之必要水份外，欲使作物有良好之生長環境，必須加強新陳代謝作用，換言之，灌溉與排水欲快速運用。日本水稻產量較高之原因，為不計較灌溉龐大之水量，需要排水時即迅速排除，僅以改善水稻生長之環境為目的，如欲達水源之經濟利用，在下游收集排水量，稍作處理即可用作第二次灌溉。目前台灣之灌溉水量限制過嚴，灌溉之速度似嫌不夠，排水系統除容納雨水外，甚少考慮灌溉水之排除。欲達加速作物新陳代謝之目的，灌溉排水溝渠之容量尚需加大，各田區灌排系統均須具備有獨立灌排之條件。台灣雨量豐沛，降雨強度甚大，擴大排水溝之斷面尤為需要。

5. 節約農用水源之政策

目前水資源之利用，農業用水約佔 75%，但台灣水源開發已受限制，將來工業用水與公共給水必須仰賴農業用水節約供應，為達此目的，政府應計劃一套可行之辦法，一味命令從事農業用水者節約是徒然的。其中最重要者，為節省用水所需經費及補償原用水機構措施等問題。

6.建立合理移用農業用水制度

在兼顧糧食安全及生態環境之原則下，建立合理移用農業用水之模式，包括移用之條件、數量、補償等。農業部門因應移水需要，協調輔導採取輪灌、轉作、休耕等配合措施節水，以求在和諧的方式下移用農業用水，支援民生或工業用水

二、綜合水資源開發

1.水資源開發基本資料之建立

欲研究水資源必須健全其基本資料，包括氣象、水文、水質觀測站之設立，新型科技設備之增購，技術人員訓練及成立資料中心等，均為必要之措施，茲分述如下：

(1)氣象、水文及水質觀測站之設立

此三種觀測站之設立，應以流域為單位。各流域支流之氣象觀測站似多已設置，是否已考慮各種地形及其密度，似有再商確之必要，各氣象站等級及觀測儀器精粗亦應分別考慮。水文站之設立，過去似多著重水位觀測，流量觀測，但對設站密度似嫌不夠。為求準確之水資源，以上二種觀測站適當密度與精度，在全省各河川應仔細探討。水質觀測站，過去常被忽視，近年來工業發展迅速，工廠林立，污水排入河渠隨處可見，因此河渠水質之控制必須自設置水質觀測站著手。水質觀測站設置之原則與上列兩觀測站之設置有別，應與河渠二側設置工廠之種類密度配合，河川中下游之觀測站應較上游為密，設備亦應較完善。

(2)新型科技設備之增購

過去各地雖設置各種觀測站，大部分觀測設備陳舊而簡陋，所觀測之資料未敢信任，因此更新設備為求得準確資料之應具條件。各流域通訊系統之建立，遙控技術之改進及洪水預報系統之設置等均為日後開發水資源之重要措施。

(3)觀測與分析人員訓練工作

過去各觀測站工作人員之素質常被忽略，甚多觀測站均委託當地農民兼任，有時因忙於本身工作未能按時記載。觀測者因限於基本知識雖儀器故障亦不能發現，更談不上修理。甚多山區觀測站交通不便，運輸費時，觀測人員必須兼具儀器修理與保養技術。同時觀測人員應知悉分析方法，分析人員亦須經歷觀測過程，如此觀測與分析者如遇

特殊問題亦不難解決。因此觀測與分析人員除具備基本知識外，尚需有適當之訓練。

(4)水資源資料中心之設置

觀測水資源資料機構繁多，為節省人力與財力，所有基本資料應集中某中心，以便研究人員綜合應用。目前氣象資料似已由中央氣象局統一管理，而水文與水質資料尚未建立資料中心，使研究者無所適從。有些機構視此等資料為秘密檔，研究者無法取得，如此有礙水資源之研究。因此，建立地面與下水水文地質資訊系統，期使有效管理地面與地下水使用，加強水質監測，防止地下水受污染及鹽化，此乃未來研究之趨勢。

2.研究水資源保育，管理與合理分配技術，提高用水效率

過去水資源之利用以農業為主，但近年來工業發展神速，人口逐年增加，人民生活程度提高，對用水之需要量亦增加。但欲大量開發水源似非可能，尚須賴節流方式來解決水源問題。故應以區域為一整體，配合人口與社會及經濟發展之需要，釐訂短期與長期計劃，對水資源之保育、控制及利用，全盤統籌規劃運用。

水資源之保育係指全流域之水土保持工作，過去山地農牧局似乎未與水利機構取得密切聯繫，山坡地開墾未有嚴格限制，縱使坡度非常之坡地，林林依然被砍伐而變為果園等其他作物，致使表土沖刷嚴重，非但影響水庫與河川之淤砂問題，同時亦會帶來嚴重之災害。高山大規模之崩塌地亦為陡峻山坡地土壤沖刷之嚴重問題，發生崩塌之主要原因與地質有關；但陡坡開築道路與墾植亦可增加崩塌之機會。防止崩塌地之方法，可將崩塌嚴重地區劃為保安林，並在發生崩塌地區構築攔砂壩，圍阻上游泥砂以免遊積河床與水庫。如能注意道路選線施工與維護，設置完善之排水系統與謹慎開發坡地，或可減輕崩塌之程度。

加強用水管理可提高用水效率有效措施。由於時代環境變遷，各標之水權量亦應重新調整，然水權重分配問題，應採用何標準分配？分配前應具何種資料？均頗費推敲之問題。筆者意見，在水權重分配以前，必須先調查各流域支分線之枯水流量，再校核申請機構之用水標的，以輕重緩急核定水權。加強用水管理之項目甚多，對農業用水而言，如能以量計費取代以面積計費可節省甚多水量，但農用水量龐大，在以量計費以前必須解決量水問題。其他加強用水管理可提高用水效率尚有下列措施：

(1)土渠加做內面工及管路系統減少渠道輸水損失。

- (2)修理陳舊之渠道水工構造物，減少漏水損失。
- (3)調整作物輪作制度，盡量利用天然雨水及有效雨量。
- (4)限制滲漏特大地區種植水稻，以節省水量損耗。
- (5)水稻實施輪流灌溉，旱作盡量採用噴灑及滴水灌溉。
- (6)嚴密管理使流失之水減少至最少限度。
- (7)利用迴歸水作多次利用。
- (8)調整水旱田用水，節約農漁業用水
- (9)訓練農民適當用水習慣，改善農民「多多益善」用水之觀念。

3.研究水資源調查規劃及新水源之開發

包括綜合開發計劃，調查重要河川水資源，選擇優良壩址，築壩蓄水，調節供應。研究地下水開發限度，地下蓄水及人工補注之可能性。對旱害缺水，繼續實施人造雨試驗。

三、灌溉排水之綜合規劃

台灣各地大部區植水稻，普通一年二作，經常有水蓄積田面，如長期觀測地下水位，定可發現地下水位慢慢上升，久之可減少作物產量。本省常有一個通病，大家均重視灌溉而忽視排水，事實上，台灣地處亞熱帶，雨量豐沛，屬濕潤地區，灌溉僅補充天然雨水不足，目前灌溉水量，筆者認為已經過多。民國四十三年大旱，甚多地區實施輪流灌溉，方渡過此難關，結果該年水稻產量較常年高，此為甚好證明。反言之，本省非但雨量多，且強度大，排水不良地區，到處皆是，眾人以為水深浸淹田面方稱為排水有問題，事實上，地下水接近離地面一公尺處對作物之產量已受影響，僅減產程度較無灌溉地區不顯著而已，因此眾人均認為灌溉重於排水。民國四十三年大旱，雨量稀少地下水普遍降低，作物根系通氣，生長環境良好，僅以少水補充即可達理想之產量，永遠保持地力，灌溉與排水同樣重要，尤其地下排水更應注意。

依據台灣的氣候環境與作物種植種類，提高地下水位必然會發生的問題，但吾人不能解釋僅重視排水而不必灌溉亦可達作物增產之目的。筆者認為二者並重，處理灌溉排水適得其時方可使作物得最高產量。在水稻種植區，為控制適當之地下水位，必須在根系下排設暗管，不但可使土層通氣，改善根系之生長環境，同時可促進新陳代謝作用，尤以黏土區為最。對旱作區而言，地下水位較高地區亦應設置地下排水，在水稻區附近之旱作地尤為重要。但旱作區之

地下位，一年四季受氣候之影響，地下水位高低不定，設置地下排水地區，雖已控制地下水位至適當限度，但至乾早期地下水位過低，如欲達有效之灌溉，可將水灌至人孔，由排水管中供給根系之水份，相當於地下灌溉。鹽分較高地區，亦可設置暗管，將溶解於水中之鹽分可自暗管中排。以上各種灌溉排水綜合應用措施，台糖公司已有初步資料，將來如在台灣各地普遍應用，尚待進一步研究推廣。

四、水污染防治

因工業日漸發展，工廠廢水排入河川溝渠常有可見，灌溉水受嚴重污染，受害現象包括急性枯萎，作物減產，品質低劣，農田廢耕，土質惡化及累積毒性物質等項，已達公害程度。水污染之防治應以整體發展著眼，以河系及水利會為單位，從人口分佈與工業區位置著手整體研究規劃。其要點包括推行水資與土地規劃之研究與都市人口之適當分佈及居住環境標準之關係，工業區位置整體研究與規劃暨研究區域性環境維護與整體發展之實施方法與步驟。

五、加強宣導教育，使民眾對農田水利之「三生」機能及效能，有正確認知並予支持，期使農田得以永續利用農田水利事業之機能及效能，除了與農業經營有「生產性」方面之直接效益外，亦兼具有「生態性」及「生活性」方面的間接效益，故受益對象已由「農民」擴及至「地區住民」，甚至「國民全體」，因此，對農田水利事業之建設投資及設施維護等，今後應可將之當作「地區社會資產形成」之公共事業，讓社會大眾與農民均能共同關心推動，並與給予支持。對此，亟需加速彙整農田水利之真正機能、效能及效益之定性分析及定量評價資料，並加強宣導教育，促使民眾有正確認知並建立支持共識。

總之，本章所提均係將來灌溉及灌溉有關問題之研究發展，所提各項均為甚重要之問題，希望從事灌溉排水同仁共同努力，使灌溉排水事業能配合將來農業與工業發展之需要。

參考文獻

1. 張建勛，灌溉與排水學，中正書局印行，1965。
2. 台灣省水利局委託中國農業工程學會編，灌溉排水工程規劃手冊，台灣省水利局叢刊之六十六，1967。
3. 農復會，台灣之水稻灌溉，台大農工系合編，1970。
4. 農復會，台灣旱作灌溉立地區分調查報告，農復會特刊新5號，1971。
5. 莊精銳，灌溉管理，1971。
6. 張建勛、蔡明華，灌溉與排水，中國土木水利工程學會編行，1985。
7. 農復會，管路灌溉方法及技術，農復會特刊新15號，1974。
8. 台灣省水利局編，灌溉排水工程設計，農復會特刊新28號，1978。
9. 農發會，旱作灌溉研討資料輯，農發會水利特刊第二號，1980。
10. 台灣省水利局，水資源工程規劃講義，農發會補助計劃報告，1980。
11. 台灣省水利局、台大農工系等合編，雜作灌溉手冊，農發會補助計劃報告，1980。
12. 楊清財、林守吉、李金樹、馬延齡，灌溉與排水（實習），台灣書店發行，1981。
13. 農田水利會灌溉管理人員講習會專刊，農發會補助計劃報告，1982。
14. 農工中心、台灣省水利局、台大農工系合編，灌溉排水原理，施嘉昌、曹以松、徐玉標、甘俊二，中央圖書出版社發行，1982。
15. 台灣省水利局編，灌溉水質管理手冊，農委會補助計劃報告，1986。
16. 施嘉昌，排水工程，大中國圖書公司印行，1988。
17. 台灣省農田水利聯合會編印，農田水利訓練教材灌溉管理類合訂本，1984。
18. 財團法人七星農田水利研究發展基金會、財團法人農業工程研究中心，農田水利訓練教材，1998。
19. Brouwer, C., "Irrigation Water Management Training Manual no. 1-Introduction to Irrigation.", FAO Land and Water Development Division, UN, 1989。
20. Brouwer, C., "Irrigation Water Management Training Manual no. 2-Elements of Topographic Surveying.", FAO Land and Water Development Division, UN, 1989。
21. Brouwer, C., "Irrigation Water Management Training Manual no. 3-Irrigation Water Needs.", FAO Land and Water Development Division, UN, 1989。
22. Brouwer, C., "Irrigation Water Management Training Manual no. 4-Irrigation Scheduling.", FAO
23. Land and Water Development Division, UN, 1989。
24. Brouwer, C., "Irrigation Water Management Training Manual no. 5-Irrigation Methods.", FAO Land and Water Development Division, UN, 1989。
25. Brouwer, C., "Irrigation Water Management Training Manual no. 6-Scheme Irrigation Water Needs and Supply.", FAO Land and Water Development Division, UN, 1989。

26. Brouwer, C., “Irrigation Water Management Training Manual no. 7-Canals.”, FAO Land and Water Development Division, UN, 1992 °