

灌溉管理學

灌溉管理學

Irrigation Management



行政院農業委員會

行政院農業委員會

中華民國109年5月

編者序

在高溫、潮濕、旱澇不均、災害頻傳的獨特自然地理環境條件下，歷經元、明、清、日據、戰後至今之農田水利事業經營，經年累月孕育成我國特有的灌溉排水營運管理技術與經驗，長年以來不僅盛譽於國際，亦受國外稻作國家灌溉專業人士重視並來訪見學。

有感於國內尚無能反映我國農田水利專屬淺顯易學之教育訓練教材，以為農田水利會員工或有志從事農田水利業務人員之參閱，爰此，在本會經費資助下，經參酌聯合國糧食及農業組織(FAO)灌溉用水管理系列教育訓練手冊之架構及藍本，並參照國內灌溉排水營運管理實際情況，編撰「灌溉排水營運管理」(2001)，經試講、廣納建言，修訂完成「灌溉排水營運管理」第三版(2003)。復鑑於農田水利會人員進用，及提供水利會同仁與有志從事農田水利業務人員甄試或國家考試者參閱或為國家考試命題參考書籍，遂以2003年版「灌溉排水營運管理」為底稿，並參酌部編大學用書「灌溉排水原理」第三版(施嘉昌等，1988)及相關資料，增補新的數字及資料，編撰「灌溉原理」及「灌溉管理學」二冊專業書籍。

本書「灌溉管理學」屬營運管理實務層面，共7章，第一章為灌溉組織與制度，敘述農田水利事業組織型態及其在台灣之發展、農田水利會組織與營運、水利小組參與式灌溉管理之運作、工作站之運作及其相關法規等；第二章為灌溉計畫，包括：瞭解灌區系統、作物制度、田間用水及水源種類、估算田間灌溉耗水量、田間灌溉用水量及輪區用水量、水平衡分析、年與旬灌溉計畫之製作等；第三章為灌溉配水技術，論述灌溉輸配水目的、分類及基本要求、用水管理任務區分、水利小組運作、輪流灌溉、田間配水、系統配水、降雨時調節用水、乾旱缺水時期因應對策、水量分配原則及救災措施、配水方法、各水源不同缺水程度採行措施等；第四章為灌溉排水設施操作與維護，包括：灌溉排水設施操作維護有關因素、主要問題、相關法規及制度問題，操作與維護原則、管理權責分工、維護管理紀錄、妨害水利處理，水源、輸水、配水及排水設施等之操作與維護等；第五章為地理資訊系統與遙測於灌排管理之應用，涵蓋地理資訊系統於灌溉管理之應用、遙感探測與農業應用、衛星定位系統與田間管理等；第六章為新興科技-物聯網與智慧灌溉之應用，包括：物聯網應用在農田水利灌溉管理、田間智慧灌溉系統建置、運用物聯網技術建置智慧灌溉系統等；第七章為作物制度與水源計畫，包括：水資源、農地利用與農業用水，地表水源利用，地下水源利用，作物制度與水源供應，水量之供需平衡等，並參酌國內灌溉實情及需求，落實內容本土化及實用化，可作為大專院校相關科系學生及農田水利事業從業人員參考。

承蒙國內多位專家學者精心編撰與審閱，包括計畫審查之孫委員明德、余委員化龍、鄭委員錦章、許委員銘熙、林委員永德，以及農業工程研究中心承辦，在短促期程中完成出版，在此謹致謝忱。惟文中疏誤在所難免，尚請先進多予指正，協助找出錯誤，以提供未來增補修正。

灌溉管理學

Irrigation Management

參與人員芳名錄

章	章名	編撰/審查	委員	服務機關
第一章	灌溉組織與制度	編撰	張煜權教授	醒吾科技大學
		審查	甘俊二教授	臺灣大學生物環境系統工程系
第二章	灌溉計畫	編撰	張煜權教授	醒吾科技大學
		審查	許勝雄顧問	嘉南農田水利會
第三章	灌溉配水技術	編撰	陳焜耀教授	聖約翰科技大學
		審查	陳清田教授	嘉義大學土木與水資源系
第四章	灌溉排水設施操作與維護	原編撰人	鄭昌奇博士	美國雪城大學土木工程系
		修訂編撰	林富元總幹事	雲林農田水利會
		修訂審查	蔡明華前處長	行政院農業委員會
第五章	地理資訊系統與遙測於灌排管理之應用	原編撰人	譚智宏博士	美國佛羅里達大學農業暨生物工程系
		修訂編撰	譚智宏主任	農業工程研究中心
		修訂編撰	許香儀秘書	農業工程研究中心
		修訂編撰	詹皇祥副研究員	農業工程研究中心
		修訂審查	朱振標組長	農業工程研究中心
第六章	新興科技-物聯網與智慧灌溉之應用	編撰	劉日順副組長	農業工程研究中心
		審查	陳建國主任	桃園農田水利會
第七章	作物制度與水源計畫	編撰	陳世楷教授	台北科技大學
		審查	謝勝賢主任	嘉南農田水利會

灌溉管理學

Irrigation Management

目錄

編者序	I
參與人員芳名錄	III
目錄	IV
圖目錄	X
表目錄	XVI
第一章、灌溉組織與制度	1
1.1、概述	1
1.1.1、前言	1
1.1.2、內容概要	2
1.2、農田水利事業的組織型態與發展	2
1.2.1、農田水利事業的組織型態	2
1.2.2、台灣農田水利事業的發展	4
1.3、農田水利會的組織與營運	9
1.3.1、農田水利會之組成與組織架構	9
1.3.2、工作站分類與職掌	11
1.3.3、水利小組參與式灌溉管理之運作	14
1.4、工作站的運作與相關法規	15
1.4.1、準備工作	15
1.4.2、灌溉排水管理	17
1.5、參考文獻	20
第二章、灌溉計畫	23
2.1、概述	23
2.1.1、前言	23
2.1.2、內容概要	23
2.2、灌溉計畫製作之前置作業	24

2.2.1、對灌區及系統之瞭解	24
2.2.2、對灌區作物制度之瞭解	25
2.2.3、對田間灌溉用水之瞭解	27
2.2.4、對灌溉水源之瞭解	36
2.3、輪區灌溉計畫之製作	37
2.3.1、基本資料	37
2.3.2、田間灌溉耗水量之估算	37
2.3.3、田間灌溉用水量之估算	41
2.3.4、輪區用水量之估算	41
2.3.5、水平衡分析	43
2.3.6、年與旬灌溉計畫	45
2.4、灌溉計畫範例	47
2.4.1、實際範例之灌溉地及系統	47
2.4.2、水門灌溉用水量	50
2.4.3、水平衡分析	55
2.5、參考文獻	58
第三章、灌溉配水技術	59
3.1、概述	59
3.1.1、灌溉輸配水之目的	59
3.1.2、灌溉輸配水之分類	59
3.1.3、灌溉輸配水基本要求	61
3.2、用水管理	62
3.2.1、用水管理任務之區分	62
3.2.2、水利小組的運作	64
3.3、灌溉執行	67
3.3.1、輪流灌溉	67
3.3.2、田間配水	70
3.3.3、系統配水	71
3.3.4、降雨時之調節用水	76

3.4、乾旱缺水時期因應對策	78
3.4.1、乾旱時期水量分配原則及救災措施	79
3.4.2、乾旱缺水期之配水方法	81
3.4.3、各水源不同缺水程度時之採行措施	92
3.5、水資源調配技術	133
3.5.1、農業用水節水技術研析	134
3.5.2、各項節水技術評估	141
3.6、移用灌溉用水之損害補償	144
3.6.1、各標的用水	144
3.6.2、灌溉用水之移用	150
3.7、參考文獻	154
第四章、灌溉排水設施操作與維護	157
4.1、概述	157
4.2、灌溉排水設施操作維護有關因素	157
4.2.1、灌溉排水系統配置	157
4.2.2、灌溉排水設施種類	159
4.2.3、灌溉排水渠道主要問題	162
4.2.4、相關法規及制度問題	165
4.3、操作與維護原則	166
4.3.1、管理權責分工	166
4.3.2、灌排水路基本維修原則	177
4.3.3、維護管理紀錄	185
4.3.4、妨害水利處理	194
4.4、操作與維護	209
4.4.1、水源設施	209
4.4.2、輸水設施	212
4.4.3、配水設施	215
4.4.4、排水工程	217
4.5、參考文獻	230

第五章、地理資訊系統與遙測於灌排管理之應用	233
5.1、新興科技於灌排管理之應用	233
5.2、地理資訊系統灌溉管理上之應用	235
5.2.1、向量式與網格式資料格式	235
5.2.2、地理資訊系統套疊分析	237
5.2.3、農田水利會灌溉管理地理資訊系統	238
5.2.4、實例應用—農田水利會地理空間圖資處理平台	250
5.3、遙感探測與農業應用	270
5.3.1、什麼是遙感探測	270
5.3.2、遙測基本原理	270
5.3.3、大氣對電磁輻射的影響	273
5.3.4、近紅外光與熱紅外光的特性	274
5.3.5、波譜反射率曲線	275
5.3.6、遙測影像	276
5.3.7、遙測影像之來源	283
5.3.8、數值地形模型	284
5.3.9、遙感探測與農業應用	285
5.3.10、植物指標	288
5.3.11、遙測工具的選擇	289
5.3.12、應用實例	290
5.4、衛星定位系統與田間管理	309
5.4.1、衛星定位系統簡介	309
5.4.2、衛星定位測量之原理	309
5.4.3、GPS 衛星訊號之形式及精度	312
5.4.4、差分修正法	314
5.4.5、大地基準轉換	314
5.4.6、GPS 衛星定位應用實例：GPS 與 GIS 整合應用	314
5.5、參考文獻	317
第六章、新興科技-物聯網與智慧灌溉之應用	319

6.1、物聯網簡介	319
6.1.1、農田水利自動測報發展簡介	319
6.1.2、農田水利自動測報物聯網簡介	320
6.1.3、物聯網即時分析運算功能	322
6.2、公開的資料傳輸格式	324
6.2.1、API 介接規格	324
6.2.2、使用者安全性驗證標準	324
6.3、現地監測站的整合	325
6.3.1、整合型傳輸紀錄模組之重要性	325
6.3.2、整合型現地傳輸紀錄模組電力系統規劃	328
6.3.3、整合型現地傳輸紀錄模組通訊系統規劃	332
6.4、物聯網在農田水利灌溉管理的應用	333
6.5、田間水平衡基本理論概述	338
6.5.1、概述	338
6.5.2、水田水平衡理論	338
6.5.3、土壤水平衡理論	341
6.6、田間用水估算模組化	342
6.6.1、適用於田間用水估算的系統動力模式	342
6.6.2、估算模組建立	343
6.7、田間智慧灌溉系統建置	345
6.7.1、田間監測系統需求類型	345
6.7.2、達成智慧灌溉的要件	345
6.8、運用物聯網技術建置的智慧灌溉系統	350
6.9、參考文獻	350
第七章、作物制度與水源計畫	353
7.1 水資源、農地利用與農業用水	353
7.1.1、台灣水資源概況	353
7.1.2、農地利用與農業用水	354
7.1.3、水源與可靠水量	355

7.2、地表水源利用	356
7.2.1、前言	356
7.2.2、河川取水	360
7.2.3、水庫與湖泊(池塘)取水	363
7.2.4、可靠水量	365
7.3、地下水源利用	369
7.3.1、前言	369
7.3.2、地下含水層分類及分布	370
7.3.3、台灣地下水資源分布	373
7.3.4、水井抽水及安全出水量分析	375
7.4、作物制度與水源供應	382
7.4.1、前言	382
7.4.2、台灣水田之耕種輪作方式	382
7.4.3、作物制度	386
7.4.4、灌溉需水量計算方法	390
7.5、水量之供需平衡	399
7.5.1、前言	399
7.5.2、灌溉區域	400
7.5.3、粗計畫灌溉需水量與計畫供水量之平衡	402
7.5.4、多種水源之灌溉營運	405
7.5.5、農業用水之節水營運管理	406
7.6、附錄	410
7.6.1、附錄 I：符號及定義	410
7.6.2、附錄 II：各符號間之關係	412
7.6.3、附錄 III：mm/day 與 l/sec/ha 轉換表	415
7.6.4、附錄 IV：資料表格	416
7.7、參考文獻	419
中英名詞對照	423

灌溉管理學

Irrigation Management

圖目錄

圖 1-1 農田水利會組織架構-嘉南農田水利會範例	12
圖 1-2 依灌溉系統區分之工作站種類	12
圖 1-3 農田排水系統區分與管理體系	13
圖 2-1 灌溉計畫內容概要	24
圖 2-2 作物制度與灌溉計畫之關係示意圖	26
圖 2-3 簡測法示意圖	30
圖 2-4 經常性施灌下作物根系水分消長示意圖	35
圖 2-5 桃園大圳灌溉系統	47
圖 3-1 水稻生育期中之栽培管理與灌溉排水管理概略圖	59
圖 3-2 農田水利會用水管理執行流程圖	63
圖 3-3 用水管理之任務與職掌劃分圖	64
圖 3-4 機動性配水流程圖	88
圖 3-5 彰化水利會灌溉系統圖	95
圖 3-6 嘉南水利會烏山頭灌區系統	110
圖 3-7 嘉南水利會烏山頭灌區善化支線系統圖	123
圖 3-8 不同豐枯情形下水利會投入之用水營運管理	134
圖 3-9 缺水期之營運原理	135
圖 3-10 水稻之耐旱容許範圍與本計畫建議供水期距	136
圖 3-11 缺水期各級水路之配水營運	137
圖 3-12 幹線系統調配經驗	137
圖 3-13 支線系統調配經驗	138
圖 3-14 輪區之配水計畫實例	139
圖 3-15 印尼輪區系統之配水計畫經驗	140
圖 3-16 極端缺水時期之營運例	141
圖 3-17 台灣之年平均降雨量分布圖(1949~1990)	144

圖 3-18 台灣地區歷年各標的用水.....	146
圖 3-19 台灣地區各標的用水概況圖(民國 106 年).....	146
圖 4-1 灌溉排水系統架構圖.....	158
圖 4-2 灌溉排水系統四大區分圖.....	158
圖 4-3 渠道邊坡底部滲水示意圖.....	163
圖 4-4 搶救渠道邊坡破裂示意圖.....	164
圖 4-5 延遲搶修造成嚴重洩漏示意圖.....	164
圖 4-6 灌溉排水系統管理權責劃分.....	166
圖 4-7 年度歲修維護工程作業流程圖.....	175
圖 4-8 緊急僱工搶修作業流程圖.....	176
圖 4-9 田間給排水示意圖.....	177
圖 4-10 除草及清淤泥.....	178
圖 4-11 移除渠道邊坡及頂端之雜草.....	179
圖 4-12 邊坡內側挖掘溝渠.....	179
圖 4-13 每層 5 到 10 公分厚度壓實.....	180
圖 4-14 分層夯實及壓實.....	180
圖 4-15 渠道坡度過陡之修正.....	184
圖 4-16 回填土方以降低渠道坡度.....	184
圖 4-17 跌水工以降低渠道坡度.....	184
圖 4-18 陡峻渠道中構建一系列跌水工.....	185
圖 4-19 妨害水利案件處理流程圖.....	196
圖 5-1 農田水利會地理空間圖資處理平台架構圖.....	252
圖 5-2 農田水利會地理資訊系統之圖資檢核作業架構圖.....	252
圖 5-3 iGIS 2.0 圖台系統操作介面.....	253
圖 5-4 環域分析功能以圓形半徑操作程序.....	254
圖 5-5 渠道名稱關鍵字查詢.....	254
圖 5-6 渠道區段樁號查詢.....	255
圖 5-7 渠道定點樁號查詢.....	255
圖 5-8 渠道區段環域分析.....	256

圖 5-9 門牌地址定位	256
圖 5-10 地籍定位之多筆定位方式	257
圖 5-11 灌區內外查詢	257
圖 5-12 坐標定位	258
圖 5-13 灌排設施	258
圖 5-14 水權狀查詢	259
圖 5-15 坐標定位	259
圖 5-16 MIS 查詢	260
圖 5-17 新舊地號查詢服務	260
圖 5-18 圖層開關-載入圖資	261
圖 5-19 測量工具	262
圖 5-20 地圖列印	262
圖 5-21 圖徵屬性查詢 1	263
圖 5-22 圖徵屬性查詢 2	263
圖 5-23 監視器	264
圖 5-24 水工構造物照片	264
圖 5-25 Google 街景影像	265
圖 5-26 書籤功能	265
圖 5-27 臨時展繪-載入 kml 或 kmz 檔	266
圖 5-28 臨時展繪-上傳 SHP 檔案	266
圖 5-29 地圖清理	267
圖 5-30 主題繪圖	267
圖 5-31 照片管理	268
圖 5-32 行動版 GIS 系統	269
圖 5-33 電磁波中電場與磁場能的傳播圖	271
圖 5-34 電磁波譜連續分佈圖	271
圖 5-35 各種絕對溫度的黑體電磁波能量曲線圖	273
圖 5-36 電磁輻射穿透大氣層較良好的區段(大氣窗)	274
圖 5-37 綠色植物，土壤以及透明的水體等典型的波譜反射率曲線圖	276

圖 5-38 各種不同之遙測載具.....	277
圖 5-39 台灣的五千分之一相片基本圖(圖中為雲林縣四湖鄉水田).....	278
圖 5-40 震災後埔里市郊之航空相片.....	279
圖 5-41 竹北地區紅外光段影像(SPOT 衛星).....	281
圖 5-42 竹北地區紅光段影像(SPOT 衛星).....	282
圖 5-43 竹北地區綠光段影像(SPOT 衛星).....	282
圖 5-44 竹北地區紅外光假色影像(SPOT 衛星).....	283
圖 5-45 國立中央大學太空及遙測研究中心產品與技術支援.....	284
圖 5-46 葉片結構及與光線之反射示意圖.....	286
圖 5-47 落葉喬木、草地、水生植物及針葉樹木的波譜反射曲線.....	287
圖 5-48 植物體受到外在環境壓迫，光譜反應之 4 階段圖.....	288
圖 5-49 NDVI 時間序列(稻米與小麥輪作田).....	291
圖 5-50 NDVI-Ts 所形成空間(土地使用類型狀況).....	293
圖 5-51 水體中藻類之葉綠素反應.....	295
圖 5-52 水中不同懸浮泥沙濃度的光譜反應.....	295
圖 5-53 航照影像(圈選處為埤塘所在位置，桃園縣大園鄉).....	296
圖 5-54 航照影像呈現水體黝黑色澤反應.....	296
圖 5-55 航照影像呈現水體魚貝類養殖不均勻光譜反應.....	296
圖 5-56 池塘水面因波浪及拍攝角度而產生之炫光反應.....	297
圖 5-57 水面因波浪及拍攝角度而產生之炫光反應.....	297
圖 5-58 因藻類生長或優養化水面植物覆蓋之水體不均勻色調呈現.....	297
圖 5-59 受化學性污染而呈現均一單調不自然顏色的水體.....	297
圖 5-60 埤塘清查流程示意圖.....	298
圖 5-61 埤塘清查依據鄉鎮與圖幅框順序.....	299
圖 5-62 ERDAS Imagine AOI 工具列.....	300
圖 5-63 以 ERDAS Imagine AOI 工具列顯示水波光影之埤塘水面.....	300
圖 5-64 福衛二號(Formosat II)衛星影像之原始假色影像(台南市).....	302
圖 5-65 福衛二號(Formosat II)衛星影像之 NDVI 計算後影像(台南市).....	302
圖 5-66 土地利用分類結果(台南市).....	303

圖 5-67 以 GOOGLE EARTH 查詢埤塘資訊	304
圖 5-68 桃園市埤塘溼地分佈圖	305
圖 5-69 台南市埤塘濕地分佈圖(2014 年已建置完成之 19 個行政區).....	306
圖 5-70 衛星定位系統示意圖	310
圖 5-71 離衛星一固定距離之可能範圍為一球面.....	311
圖 5-72 離二顆衛星固定距離之可能範圍為一圓周	311
圖 5-73 三顆衛星所代表之球面相交會後可能位置為二個點	312
圖 6-1 自動測報發展歷程與未來趨勢圖	319
圖 6-2 物聯網計畫執行架構.....	320
圖 6-3 自動測報資料中心核心架構圖核心架構總覽.....	321
圖 6-4 PQ M3	325
圖 6-5 整合型現地監測系統架構示意圖	326
圖 6-6 整合型傳輸紀錄模組電力及通訊架構圖	332
圖 6-7 水文監測設置與動態分析管理平台-系統架構示意圖	334
圖 6-8 圖形化展示水利貯水構造物水量示意圖	334
圖 6-9 應用物聯網資訊及圖資展示蓄水構造物之 APP 示意圖	335
圖 6-10 以空間分布展示蓄水構造物水量等資訊 APP 示意圖	335
圖 6-11 以表單式展示水情資訊 APP 示意圖.....	336
圖 6-12 水情預警通知 APP 功能畫面示意圖	337
圖 6-13 水情歷史資訊展示 APP 功能畫面示意圖	337
圖 6-14 三維水文微觀孔隙介質流況系統圖	338
圖 6-15 田間水平衡示意圖	339
圖 6-16 土壤水收支平衡法示意圖	342
圖 6-17 旱作畦溝灌溉示意圖	342
圖 6-18 系統動力模式元件關係連結示意圖	344
圖 6-19 水旱田坵塊需水量推估模式系統架構.....	344
圖 6-20 田間用水估算模式演算流程圖	346
圖 6-21 現地及物聯網資料中心資料傳輸架構圖	347
圖 6-22 智慧控制水門與雲端資料中心各模組資料傳輸架構圖.....	348

圖 6-23 PID 控制流程圖	349
圖 6-24 智慧控制水門搭配田間用水估算模式系統運作流程圖	350
圖 7-1 農業用水結構分析(經濟部水利署農業用水量統計報告)	357
圖 7-2 台灣中央管河川及跨省市河川流域位置	360
圖 7-3 不同灌溉水源之鳥瞰	361
圖 7-4 設置閘門之河川取水設施	362
圖 7-5 採用取水堰與不採用取水堰時之取水口位置示意	362
圖 7-6 湖泊(池塘)之水收支出示意	363
圖 7-7 水文循環示意	370
圖 7-8 地表下水之分布	371
圖 7-9 毛細管水面升高	372
圖 7-10 自由(非拘限)含水層水與受壓(拘限)含水層之區別	373
圖 7-11 台灣地下水分區(經濟部水利署)	375
圖 7-12 深井與沉水式抽水機示意圖	376
圖 7-13 淺井抽水情況	378
圖 7-14 深井抽水情況	379
圖 7-15 台南區作物輪作方式	384
圖 7-16 高雄區作物輪作方式	385
圖 7-17 線狀之作物制度示意	387
圖 7-18 條狀之作物制度示意	388
圖 7-19 洋蔥之錯開種植示意	388
圖 7-20 平行四邊型之作物制度示意	389
圖 7-21 耕作面積為 150 公頃之作物制度示意	389
圖 7-22 水田系統剖面及水收支平衡	395
圖 7-23 多種水源營運示意	405

灌溉管理學

Irrigation Management

表目錄

表 1-1 各國農田水利事業營運型態與經費來源.....	3
表 1-2 農田水利組織的演進.....	4
表 2-1 台灣一、二期水稻作物係數.....	28
表 2-2 台灣各地區水稻蒸發散量.....	29
表 2-3 台灣各季雜作蒸發散量.....	30
表 2-4 各種土壤滲漏量.....	31
表 2-5 水稻續灌田有效雨量.....	32
表 2-6 嘉南灌區雜作灌溉實施情形.....	35
表 2-7 水稻秧田期之日田間耗水量(以 1 月下旬為例).....	38
表 2-8 水稻本田期之日田間耗水量(以 3 月上旬為例).....	39
表 2-9 水稻田間灌溉耗水量之估算例.....	40
表 2-10 水稻田間用水量之估算例.....	42
表 2-11 水稻輪區水門用水量之估算例.....	44
表 2-12 水稻輪區每旬之水平衡分析例.....	46
表 2-13 工作站執行旬灌溉計畫作業.....	48
表 2-14 農作時期.....	49
表 2-15 灌溉面積.....	49
表 2-16 田間灌溉耗水量.....	50
表 2-17 桃園大圳 10 支線一輪區輕黏土田間灌溉用水量.....	51
表 2-18 桃園大圳 10 支線一輪區砂質壤土田間灌溉用水量.....	52
表 2-19 各級渠道輸水損失率之查定.....	53
表 2-20 灌溉用水量計算.....	54
表 2-21 桃園大圳灌區配水計畫.....	56
表 2-22 桃園大圳分配石門水庫配水量之計畫表.....	57
表 3-1 各輪流組種植面積、給水成數及輪灌期距表.....	73

表 3-2 各輪流組(單區)種植面積、給水成數及輪灌期距表實例	74
表 3-3 各級別(單區別)灌溉所需日數計算表	74
表 3-4 臨界 K 值與輪灌組別	92
表 3-5 彰化水利會登記水權量統計表	94
表 3-6 彰化地區農業耕地面積一覽表	94
表 3-7 彰化水利會灌區面積、本田計畫水量、水源情形	96
表 3-8 彰化地區 80-84 年之計畫需水量與實際取水量統計表	97
表 3-9 彰化地區非水利會灌區 80-84 年計畫與實際取水量統計表	97
表 3-10 彰化水利會灌區 80-84 年之計畫與實際取水量統計表	98
表 3-11 彰化水利會灌區 80-84 年一期作之計畫與實際取水量統計表	98
表 3-12 彰化水利會灌區 80-84 年二期作之計畫與實際取水量統計表	99
表 3-13 彰化水利會不同缺水情況因應措施	102
表 3-14 烏溪系統配水計畫表	103
表 3-15 濁水溪、舊濁水溪系統配水計畫表	104
表 3-16 烏溪系統配水計畫表	105
表 3-17 濁水溪、舊濁水溪系統配水計畫表	106
表 3-18 嘉南地區推估之潛能蒸發散量	112
表 3-19 嘉南地區水稻二期作之田間灌溉需水量表	113
表 3-20 嘉南水利會烏山頭灌區系統全面種植水稻之需水量推估	114
表 3-21 烏山頭灌區系統平水期配水比較表	116
表 3-22 烏山頭灌區系統缺水期配水比較表~分三組灌二組	118
表 3-23 烏山頭灌區系統缺水期配水比較表~分二組灌一組	119
表 3-24 烏山頭灌區系統善化支線水稻需水量估算結果	124
表 3-25 善化支線系統平水期配水比較表	126
表 3-26 善化支線系統缺水期配水比較表~分三組灌二組	127
表 3-27 善化支線系統缺水期配水比較表~分二組灌一組	128
表 3-28 善化支線系統缺水期配水比較表~分二組灌一組	129
表 3-29 善化支線系統缺水期配水比較表~分三組灌一組	130
表 3-30 豐水期之灌溉水調配實例	135

表 3-31 輪區配水灌溉計畫實例表	139
表 3-32 印尼 Jatiluhur 輪區系統之配水計畫實例(整地尖峰期)	140
表 3-33 世界各國降雨與每人每年分配水量表	145
表 4-1 渠道管理養護檢查紀錄簿	190
表 4-2 渠道維護檢查紀錄表	191
表 4-3 渠道維護檢查季統計表	192
表 4-4 渠道巡邏卡	193
表 4-5 妨害水利案件處理登記表	201
表 4-6 妨害水利案件協調紀錄	202
表 4-7 妨害水利案件告發書	203
表 4-8 刑事委任狀	204
表 4-9 民事起訴狀	205
表 4-10 民事委任狀	207
表 4-11 妨害水利案件通知單	208
表 5-1 農田水利會灌溉管理地理資訊系統基本資料	239
表 5-2 全臺平地土系資料圖幅清單	240
表 5-3 全臺平地土系資料-屬性欄位名稱	240
表 5-4 全臺平地土系資料-屬性欄位代碼	241
表 5-5 電磁波譜中之主要類別	272
表 5-6 常見植物指標及其定義	289
表 5-7 桃園市十三鄉鎮埤塘濕地數量	305
表 5-8 台南埤塘濕地地理資訊系統建置情形一覽表	307
表 5-9 台南市 19 行政區埤塘濕地面積規模分級	308
表 6-1 土壤種類及特性	341
表 6-2 系統動力模型各元件之定義及變數型態	344
表 6-3 田間水深及水分監測儀器規格	347
表 7-1 農田水利會 104 年各水源別實際用水量	358
表 7-2 民國 104 年農業用水源別統計	358
表 7-3 台灣歷年農業用水總量統計	359

表 7-4 地形與逕流關係.....	367
表 7-5 台灣地下水資源分區及運用情形.....	374
表 7-6 各類岩層出水性能表.....	377
表 7-7 各類砂、礫質土壤水力傳導係數.....	378
表 7-8 月別淨灌溉需水量 IN_{net} 之變化.....	400
表 7-9 月別灌溉區域之計算例.....	400
表 7-10 月別灌溉區域計算例－水稻.....	401
表 7-11 提前種植例.....	403
表 7-12 錯開種植期－提早種植.....	404
表 7-13 錯開種植期－提早種植.....	404

第一章、灌溉組織與制度

1.1、概述

1.1.1、前言

「組織」是指對特定事業作系統的佈置，從狹義上來說，組織就是指人們為實現一定的目標，互相協助結合而成的集體或團體。組織內成員如何在各單位崗位善盡職責，並能與其他單位共同合作達成目標，則有賴“制度”的形成。「制度」是專指一個系統或單位，制定要求成員共同遵守的辦事規程或行動準則，主要可分為三類，包括：

- 1.「文化－認知」(cultural-cognitive)相關的體制項目，如社會價值觀、習俗、象徵代表等。
- 2.規範類(normative)的體制項目，如作業標準、專業倫理守則等。
- 3.法規類(regulative)的體制項目，如法律、政府行政命令等。

一直以來，科學家只重視農田水利工程而忽略農田水利組織與制度。農田水利工程屬於自然科學，農田水利組織與制度則屬於社會科學，今日農田水利的問題不在於工程，而在於農田水利的管理；若干未開發國家可由先進國家派員協助建設農田水利工程，或派員出國留學，或透過學校或網路學習到農田水利工程的知識，唯對農田水利組織與制度則缺乏專書篇章可供參考。由於單純的農田水利工程只能算是農田水利事業的一部分，為能對農田水利事業有全面的了解，正如農田水利管理人員應具備農田水利工程的知識，工程人員亦應熟知農田水利組織與制度的方法。有鑑於此，本章將針對農田水利的組織與制度加以說明，以期能建立相關人員對於農田水利組織的基本認識，並能於爾後工作中迅速掌握作業的要領，並視其目的之不同所能提供的幫助。

由於世界各國的農田水利組織無一定規範可循，依各國的政治組織與社會形態而變異，隨社會演化而變遷，所以農田水利組織也會隨著區域社會及時代而演進，因此，本章所指的農田水利組織主要是以台灣農田水利會為主。農田水利會的組織有議事的權力機構，有執行事業機構，有基層組織；議事權力機構為會務委員會，執行機構則包含工務、管理、財務、總務四組及人事、主計、輔導、資訊四室，基層組織則有工作站與水利小組；至於在制度面則較偏重在規範類及法規類，例如農田水利會組織通則及農田水利會組織規程等，對於文化-認知的部分，由於涉及層面較廣且較難有一定的準則可供參考，故並不在有限的篇幅中說明。

1.1.2、內容概要

本章共分如下四個單元：

第一單元，介紹本篇之用途及內容。

第二單元，介紹農田水利事業的組織型態與發展，主要包括世界農田水利組織型態的分類與台灣農田水利事業發展的歷史。

第三單元，介紹農田水利會的組織與營運，主要說明農田水利會本會、工作站和水利小組的組成與分工職掌。

第四單元，則說明工作站的運作與相關法規，藉此了解農田水利組織最基本單元的運作與相關作業制度的依據。

1.2、農田水利事業的組織型態與發展

1.2.1、農田水利事業的組織型態

農田水利事業亦稱為農田灌溉排水事業，兼備生產、生活及生態等三生功能，為維繫農業永續經營所必需的事業。世界上幾乎所有的國家均會將水資源視為國家所有，因此政府會透過不同的形式參與農田水利事業的開發與利用，以謀求公共最大的利益，如表 1-1。

依據表 1-1，農田水利事業的營運型態大致可以依據事業開發的屬性及其公部門介入程度的多寡加以區分。一般而言可分為專業型、整合型及多目標型農田水利事業開發，茲分別說明如下：

1.專業型農田水利事業：僅以灌溉排水為目的，主要有三類。

- (1) 公共灌溉方案(Public irrigation schemes)：公部門介入最多，屬公共事業。例如西班牙、土耳其、玻利維亞、伊朗、肯亞及厄瓜多。
- (2) 混合管控灌溉方案(Irrigation schemes with mixed control)：公部門與私部門協力合作，半官方半民間。為目前一般亞洲地區常見的發展型態，輸水系統(輪區斗門以上)由政府部門管控，農區灌溉(輪區斗門以下)由農民組成水利小組自行管理。
- (3) 農田水利會(Irrigation associations)：純粹的農民組織，無公部門介入。台灣目前對農田水利事業組織的稱謂亦採用農田水利會，其他如美國的灌溉區(Irrigation Districts)及用水區(Water District)，印尼的 Subak，阿富汗、智利和西班牙的農田水利會(Irrigation Association)等，均屬於此類。

表 1-1 各國農田水利事業營運型態與經費來源

項目		灌溉執行單位			
		輸水系統(off farm)		農區灌溉(on farm)	
洲別	國家	負責單位	經費來源	負責單位	經費來源
亞洲	台灣	農田水利會	政府	水利小組	農民
	日本	構造改善局	政府	土地改良區	農民
	印尼	公共事業部	政府	農民組織	農民
	斯里蘭卡	開發部灌溉局	政府	灌溉組合	農民
	泰國	皇家灌溉局	政府	水利用團體	農民
	中國	省水利局	政府	農民組織(公社)	受益者負擔
	土耳其	國家水利廳	政府	農民組織	農民
	巴基斯坦	農業局	政府	-	農民
	尼泊爾	灌溉局	政府	水利用組合	農民
	孟加拉	水資源開發公社	政府(國際援助)	農業開發公社	政府(國際援助)
	菲律賓	國家灌溉廳	政府	共同灌溉事業	微收水費
	馬來西亞	灌溉排水局	政府	水利用團體	受益者負擔(但收不到)
	緬甸	農林部灌溉局	政府 2/3	管理委員會	農民
	寮國	尚無健全組織	徵收穀物	-	受益者負擔(但收不到)
非洲	埃及	水資源部	政府	農民組織	農民
	肯亞	國家灌溉委員會	政府	無組織	不收費
	象牙海岸	公共事業監督局	政府	無組織	受益者負擔(但收不到)
	坦尚尼亞	農牧部灌溉局	政府	土地改良團體	受益者負擔
	奈及利亞	聯邦水源部	政府	無組織	受益者負擔(但收不到)
歐洲	義大利	州政府農營單位	政府	受益農場	地方政府補助部分費用
	荷蘭	農林部	政府	受益農場	國家補助
	法國	農業水產部	政府	受益農場	農民負擔小部分費用
美洲	美國	內務部墾務局	政府	農業經營者	使用者負擔
	阿根廷	政府大規模農家	政府	使用者	使用者負擔
	厄瓜多	水資源公社技術局	政府	依農場規模而定	業主負擔
	哥斯大黎加	地下水灌溉排水廳	政府	團體營	農民
	哥倫比亞	國營或公司經營	政府	農場(大型)	使用者負擔
	智利	公共事業部灌溉局	政府	-	使用者負擔
	巴拉圭	農牧部	政府	無明確組織	使用者負擔
	玻利維亞	水資源局	政府	無組織	使用者負擔
	宏都拉斯	水資源局	政府	農業共同組合	農民

2.整合型農田水利事業：除灌溉排水等，尚包含其他農業發展項目，主要有三類。

(1)大規模-國營農場(state farm)：公部門介入最多，屬公共事業。如利比亞。

(2)小規模-灌溉整備計畫(Irrigation settlement projects)：公部門介入最多，屬公共事業。如肯亞 Mwea 地區。

(3)灌溉合作社(Irrigation cooperatives)：純粹的農民組織，無公部門介入。類似台灣早期(1683~1895 年)的農田水利組織型態，常見於已開發國家，農民本身已有足夠的能力及財力經營農田水利事業。

3.多目標型農田水利事業：以區域綜合開發為目的，非僅以農業發展為主體，主要有兩類。

(1)多目標公共灌溉方案(Multipurpose public irrigation schemes)：公部門介入最多，屬公共事業。

(2)計畫發展機構(Project development authorities)：公部門介入最多，屬公共事業。

1.2.2、台灣農田水利事業的發展

台灣的「農田水利事業」，始於十七世紀，迄今約有三百餘年歷史。發展初期，相關設施多由民間私人出資築埤開圳，水利視同私產，與土地一樣可以自由買賣，但因缺乏強而有效的管理，引發諸多的用水糾紛，導致水資源無法有效的運用。為了提升管理品質，於是有農田水利組織的產生。日本治台時期，推行埤圳公共化政策，將有關公共利害的水利設施賦予法人資格，稱為「公共埤圳」；後來，有官方出資興建的「官設埤圳」，其後，更頒布水利組合令，將「公共埤圳」與「官設埤圳」合併為「水利組合」，水利事業日益發達，其組織與管理規模也日益擴大與完備。

表 1-2 農田水利組織的演進

時期	時間	發展重點
元明清時期	1895 年以前	由自由經營發展到民辦官督 私設埤圳、私人經營 水利設施可自由買賣
日治時期	1896~1945 年	1901 年頒布「公共埤圳規則」 1908 年頒布「官設埤圳規則」 1910 年合併改編為水利組合
二戰之後	1945 年以後	1946 年改組為「農田水利協會」 1948 年改組為「水利委員會」 1956 年改組為「農田水利會」

一、元明清時期

1.台灣先民時期(1622 年前)

此一時期為台灣灌溉事業發展的起源，由於當時移居台灣的人口不多，水稻的栽培僅需以簡易的方法導引河寬水淺的細流來灌溉即可，故此時尚無農田水利組織與灌溉管理制度。

2.荷蘭治台時期(1622～1661 年)

1624 年，荷蘭人入據台灣，由於原住民不擅長耕種，乃大量招募漢人，故大多沿用中國已有的耕作及灌溉方式。惟，荷蘭人善於治水，其治水方法亦隨之引進。在土地經營，耕地的大小係以「甲」為計算標準，沿用迄今，並採用沿襲自歐洲十六世紀封建制度下的「王田」制度。而水利工程，如陂、塘、堤、圳條等的經費，皆由荷蘭人資助，耕農、農具、籽種也是如此。據歷史記載，1656 年，有關農業用地的開發一稻田面積達約 5,930 公頃(14,661 英畝)，蔗田面積有 1,672 公頃，其他田地共計約 4,550 公頃。由於此時水資源開發利用的需求較無迫切性，故尚無正式的農田水利制度或組織。

3.明鄭治台時期(1662～1682 年)

明末鄭成功驅逐荷蘭人之後，在農業建設方面，規定無論士庶皆應投入屯田生產，當時的土地開墾分為「官田」、「私田」及軍隊管轄的「營盤田」，全台的稻田面積約 18,454 甲(大約相當於 17,900 公頃)。水利事業在各屯田區自成一個灌溉經營區，農業與灌溉的營運雖尚無正式名稱，但已形成分層管理的結構，類似於現行水利小組的雛型。水租的繳納則以每甲為單位，約六石稻米或時幣十元。自此水源的經營開始有軍政界的介入。

4.清朝治台時期(1683～1895 年)

1683 年，台灣歸清朝統治，當時以海防為要務，無專事水利的官職，然而此一時期移居台灣的人民日增，亟需糧食，農業發展快速，水資源需求亦日趨殷切，用水糾紛則層出不窮。清廷為此，乃努力提倡及保護水利的開發，水權觀念與農田水利管理制度因應而生；農田水利事業亦因工程規模擴大，水利組織也逐步成形。清廷為了保護既有農業基礎與灌溉設施、排除用水糾紛，訂有監督水利的規定，是為灌溉管理的始源。當時，官方對於灌溉管理事業的監督，係以「諭告」或「命令」為之，如調解或裁定用水分配、徵用圳路土地，核准或禁止興建、繳納水租、水路維護及取締侵害行為等等，均可隨時「諭告」週知。此外，官方為保障水利埤池的經營，也會發出「諭告」，裁定各埤池應得的「水分」(相當於今日的「水權」)，並會發給埤主「埤照」、「圳照」(相當於今日的「水權狀」)及「戳記」(相當於今日的「水利會印信」)。此外，官方向埤主徵收規費，埤主可與灌溉土地所有權人訂定契約，寫明應繳納水租(以稻穀繳納)若干。在灌溉管理方面，灌溉地的耕作人，於農閒期須共同出工修補圳路，確保圳路的通水功能，若埤主對埤圳修繕管理怠慢而

致埤圳不堪使用時，埤主即喪失其權利，准由他人替代經營。在此時期，灌溉事業多由民間自行興建，私人獨立或共同合股投資設施。灌溉面積較大者，在現地設有「水館」，負責埤圳的維護、用水的調節及水租的徵收等工作；埤圳設有「圳頭」或「公鋤」，管理用水及修補圳路。據歷史記載，1895 年時，台灣地區的農田約有 35 萬公頃，其中約有 20 萬公頃已獲灌溉。

二、日本治台時代

日本佔據台灣以前，台灣農田水利事業，一向為民間私產，且無統一管理的機構；日本據台時期，為了便於實行殖民政策，1901 年，台灣總督府頒布「公共埤圳規則」，指定足以影響公共利害的私人水利設施為公共埤圳，賦予法人資格，並由政府監督改善養護管理。至 1908 年頒布「官設埤圳規則」，將水利工程改為由官方投資興建或改善，是為官設埤圳。1910 年，隨著水利組合令的頒布，將所有公共埤圳與官設埤圳合併改編為水利組合，並訂有組合規約與施行細則。水利組合事務被認定為國家的公共事務，賦予組合對組合成員有強制參加、強制賦課與徵用土地勞役等公權力，組合下並設有諮詢評議會，而政府也對組合有高度的監督權。至二戰結束前，除水利組合更為擴大合併外，還有若干水害預防組合單位。

1. 公共埤圳時期(1896～1908 年)

日人因埤圳在私人的經營下不易維護，且為了配合帝國殖民主義政策，普查台灣大小埤圳，並登錄於埤圳登記簿(詳載：水源、經過地方、終點、新設或變更改線年月、投資方式、埤圳尺度、受益地名、受益面積大小、權利關係等)，列入管理，並規定公共埤圳的利害關係人，得經行政機關認可後組織「組合」，「埤圳組合」為「法人」，以管理人為對外代表人。同時，凡與公共利害相關的灌溉設施，均指定為公共埤圳，由政府監督管理；至此，組織型態日益完備，是為農田水利具有法定管理機關的開端，也為水利事業的奠基期。此一時期的農田水利事業係以修改舊圳、減少水利損失為事業重心。

2. 官設埤圳時期(1909～1921 年)

埤圳係由政府籌款興辦，舉凡地方人民不勝負擔的大規模工程，皆由官方經營，並考慮水力發電。此一時期，日本政府公布「官設埤圳規則」及「官設埤圳水利組合規則」，水利事業組織的管理與組織型態均較公共埤圳時期更為嚴謹完備。「官設埤圳規則」規範埤圳用地的徵收及補償辦法，並規定水租的徵收適用國稅徵收規則。所有利用官設埤圳水利的土地所有人，得由佃戶負擔全部或一部分的水租。如土地屬國有者，則由佃戶全額負擔。違反「官設埤圳規則」者，得按情節不同，處以拘役、罰金或徒刑等罰則。台灣總督府為舉辦官設埤圳水利與維持官設埤圳，於每一官設埤圳區域設有水利組合，但在管理上，須經水利組合主管官廳許可或依其命令，水利組合本身

的權力微薄。此外，屬於私人經營的埤圳可自由經營，視之為指定以外的埤圳；但需官方准許者，則比照公共埤圳辦理。

3.水利組合時期(1922~1945 年)

此一時期，水利組織多方發展各項水利事業，不但大量興建灌溉排水工程，也從事農地重劃、道路防風林設置、鹽分地及砂礫地改良等配套工作。日本政府並頒布「台灣水利組合令」、「水利組合施行細則」、「水利組合規約準則」及「農業水利調整令」強化水利組織的營運管理，並依法確立水利組織的「法人」性格，奠定農田水利基層組織的礎石。1921 年，日人為控制農村經濟，以實行其壓榨的目的，乃頒行「台灣水利組合令」，明定「組合長」由政府任命，可由非組合員擔任，任期 4 年，並規定組合內部的職員為官吏，並進一步廢止「公共埤圳及官設埤圳規則」，續頒「水利組合令施行細則」及「水利組合規約準則」，將原由農民自主的農田水利管理權，移轉至日本政府手中，成為統一性的水利組合，為水利管理上的一大轉變。嗣後 10 年間，將原有的「公共埤圳」及「官設埤圳」改組成為 108 個「水利組合」，且規定其為「法人」，任務為管理養護灌排工程、徵收會費、處理財務，1941 年，公布「農田水利調整令」，將 108 個水利組合合併成 47 個水利組合；1944 年，再進一步合併成 38 個水利組合，其目的在於充分利用水源及節約用水。此時，日本政府對於水利事業的範圍與區域逐漸擴大，而對於民間水利事業，則更加嚴密管理與專制。

三、二戰之後

台灣的灌溉事業，於二戰之後四十餘年間的成就為最大，在農業發展及農村生活改善上，貢獻卓著。

1.農田水利協會(1946~1947 年)

經過第二次世界大戰的破壞，台灣的灌溉埤圳，幾乎沒有一條是完整良好的；此一時期的農田水利工作主要著重於受損埤圳的修復，以恢復稻作生產。1946 年，政府將 38 個「水利組合」改組為 39 個屬於人民團體的「農田水利協會」，並將 15 個「水害預防組合」更名為「防汛協會」。此外，將農田水利組織的屬性調整為「人民團體」，「農田水利協會」的會長改由農民選舉，職員亦由協會會長自行遴用。

2.水利委員會(1948~1955 年)

農田水利協會成立未久，1948 年，即合併「農田水利協會」與「防汛協會」，改組成為 40 個「水利委員會」，仍屬人民團體，任務仍為各地農田的灌溉排水及水害防治。「水利委員會」的委員分別由「選舉」及「聘任」產生，「選舉委員」係由會員互選產生，地主與佃農各半；「聘任委員」則由政府就相關縣市建設局長、鄉鎮長、水利專家及地方熱心人士聘任，委員互選主任委員一人，任期四年。監督單位分二級，依灌區規模由縣市政府及

水利局監督。惟，未經立法程序明定權責，非官非民的運作方式，當有涉及人民權利與義務時，常發生困難。1955 年，官方核准「台灣省各地水利委員會改進辦法」及「台灣省各地農田水利會組織規程」，以彌補原有體制的缺失。

3.農田水利會(1956 迄今)

(1)確立農田水利會組織時期(1956～1964 年)

1956 年，40 個「水利委員會」合併改組成為 26 個「農田水利會」，並於水利法中明訂農田水利會為具「公法人」地位的「水利自治團體」，並頒訂「台灣省農田水利會組織規程」，同時實施區域調整，健全組織體制，強化基層組織，建立財務制度及明定監督輔導責任。農田水利會的設立係根據地理環境及經濟利益而定，冠以所在地區或其水系埤圳的名稱。此時，台灣的農田水利組織正式進入「農田水利會」階段。

(2)農田水利孕育工業時期(1965～1971 年)

1965 年，頒布「農田水利會組織通則」作為農田水利會的組織、營運管理及監督輔導依據，自此農田水利團體的組織與營運，依法有據，依章行事。此時，以「由農業培養工業，以工業發展農業」為口號，積極興辦水利建設，灌溉面積自 1945 年的 561,999 公頃到 1968 年的 550,660 公頃。之後，隨著經濟發展政策轉為「工業與農業並重」，農田灌溉面積稍減，業務也著重於灌排設施的改進、養護及管理。嗣後，配合台北市改制為院轄市及水利會業務整併，台灣省所轄農田水利會再調整為 22 個。

(3)健全農田水利會時期(1972～1982 年)

1972 年，政府為因應社會經濟結構轉變，促進農業發展，於同年宣布「加速農村建設重要措施」，並於 1975 年實施「台灣省加速農村建設時期健全農田水利會實施要點」。健全農田水利會實施期間，為了有效運用水資源，以水系為主，並兼顧營運便利，將 22 個水利會，調整為 17 個(台灣省 15 個、台北市 2 個)。

(4)改進農田水利會時期(1983～1992 年)

健全農田水利會實施期間，農田水利會雖因調整事業區域、制定灌溉管理制度、精簡人事編制及補助工程更新改善經費，使其得以有效提升營運成效；惟，農田水利會會費因配合政府減輕農民負擔政策未能適度合理調整，加上政府對灌溉排水工程的補助款與實際需求相距甚遠，此等情形若無法改善，長久下來將影響水利會的灌溉服務水準，並導致水利會無法正常營運。

1990 年底，行政院於邀集各有關單位研商後裁定，農田水利會仍應維持公法人體制，並指示針對農田水利會的組織體制及各項缺失予以改進，決定廢除會長選舉、改進會員代表大會結構及政府對農田水利會的補助，期使農

田水利會成為真正辦理農田灌溉排水的專業機構。農委會於行政院核示農田水利會維持公法人的改進方案原則下，參考各方意見，研擬「農田水利會組織通則」於 1991 年送立法院審議。

(5)政府遴派農田水利會時期(1993~2000 年)

1993 年，經立法院審議後，針對農田水利會的定位，認為農田水利會的組織型態與運作方式，應做一重大變革，以徹底改變其體制，即改制為公務機關，方能防杜弊端、健全營運管理及服務品質，進而造福農民。即限定「農田水利會組織通則」自修正公佈施行日起適用三年，且行政院應於三年內將農田水利會改制為公務機關，並規定農田水利會會費由政府全額補助。爾後因立法院於 1995 年執政黨立法院黨政協調工作會，舉行農田水利會改制為公務機關得失檢討會，獲致結論認為農田水利會仍應維持自治的人民團體體制，建議修正「農田水利會組織通則」第 39 條之 1 為：「行政院應於本條修正公布日起二年內依據農田水利會自治原則，修正本通則有關條文，送立法院審議」。農田水利會改制為公務機關之議，自此結束。

(6)農田水利會回歸自治時期(2001 年至今)

2001 年 6 月 20 日，再度修正「農田水利會組織通則」相關條文，規定農田水利會設會務委員會，會務委員由全體委員會分區選舉產生，連選得連任，並規定農田水利會會長的參選資格，應年滿 30 歲且具會員身分，由會員直接投票選舉產生。

1.3、農田水利會的組織與營運

現有台灣農田水利會之組織及其有關事宜，主要係依據 1965 年公布之「農田水利會組織通則」辦理，其後歷經 12 次的修正，最近一次係於 2018 年 1 月 31 日。全文共分 7 章 41 條，包括第一章總則，第二章區域及設立，第三章任務及權利，第四章會員及組織，第五章經費，第六章監督及輔導第七章附則。以下主要針對農田水利會之組成、工作站分類與職掌及水利小組運作等三個部分加以說明。

1.3.1、農田水利會之組成與組織架構

農田水利會是台灣辦理農田水利事業興辦、營運及管理的主要農民組織，依據「農田水利會組織通則」第 1 條，農田水利會以秉承政府推行農田水利事業為宗旨，並具「公法人」法律屬性地位，因此，農田水利會與農業發展、農村繁榮及農民福祉等關係密切，是農業重要之農民團體。農田水利會之名稱自 1956 年起沿用至今，依據「農田水利會組織通則」第 4 條，其主管機關為行政院農業委員會，並依該通則第 35 條，由主管機關訂定農田水利會監督輔導辦法督導之。至於農田水利會之任務則依據該通則第 10 條明訂如下：

- 一、農田水利事業之興辦、改善、保養及管理事項。
- 二、農田水利事業災害之預防及搶救事項。
- 三、農田水利事業經費之籌措及基金設立事項。
- 四、農田水利事業效益之研究及發展事項。
- 五、農田水利事業配合政府推行土地、農業、工業政策及農村建設事項。
- 六、主管機關依法交辦事項。

農田水利會由主管機關視各灌溉事業區域之地理環境、水源分配、灌溉排水設施及經濟利益核定設立。原則上以一個水系之灌溉區域設立一個農田水利會，在同一縣市行政區域內不同水源之灌溉區域設立一個農田水利會。凡在農田水利會事業區域內，合於下列各款之一之受益人，均為會員：

- 一、公有耕地之管理機關或使用機關之代表人。
- 二、私有耕地之所有權人或典權人。
- 三、公有或私有耕地之承租人或永佃權人。
- 四、其他受益人。

前項第 2 款、第 3 款、第 4 款之權利人，如為法人時，由其主管人員或代表人為會員。

農田水利會依法設置會長 1 人，依照法令及該會章程綜理業務，指揮監督所屬員工及事業機構，對外代表該會。此外設置有會務委員會，其名額由各農田水利會依事業區域內灌溉排水之土地面積大小決定，會務委員名額在 15 人至 33 人之間。

至於農田水利會的執行機關部分，依「農田水利會組織規程」，農田水利會置總幹事一人，襄助會長處理會務。農田水利會內設組、室，最多不得超過八個。並依業務設工務、管理、財務、總務四組及人事、主計、輔導、資訊四室，組、室並得分股辦事。業務較簡之農田水利會得合併組、室或置專人辦理之。

此外農田水利會得置主任工程師一人、專門委員、組長、室主任、工程師、副工程師、助理工程師、工程員、管理師、副管理師、助理管理師、管理員、秘書、專員、副專員、組員、辦事員及技工各若干人。至於員額編制，以灌溉排水面積 155 公頃置一人為原則，由主管機關核定。編制內人員，除會長、總幹事、主任工程師、專門委員、組室主管外，其總員額比率如下：

- 一、灌溉管理人員：百分之四十至四十八。
- 二、工程人員：百分之二十六至三十四。
- 三、一般人員：百分之十八至二十六。

四、技工：百分之八至十六。

若農田水利會區域跨二縣市以上，灌溉排水面積超過三萬公頃而管理不便者，經報請主管機關核准後，得酌設管理處。管理處之職掌如下：

一、區域內工作站之監督指導。

二、區域內用水之調整。

三、區域內水利糾紛之處理。

四、會費及工程費等各種費用之經收。

五、區域內事業改善之建議。

六、其他交辦事項。

農田水利會最基本的業務單位為工作站，為執行農田灌溉排水事業及輔助水利小組營運的基層工作單位。工作站之設立係依「農田水利會組織規程」第 18 條規定，應在灌溉排水面積 2,000 公頃以上，4,000 公頃以下之範圍設一工作站，或因業務性質特殊、灌溉面積分散、區域隔離交通不便等因素，得不受面積限制，報請主管機關核准設置之。

依據上述，茲以嘉南農田水利會為例，農田水利會的組織架構大致可繪製如圖 1-1。

1.3.2、工作站分類與職掌

台灣各地農田水利會工作站，因工作職掌不同，可分為灌溉、水路、水源、水庫、送水、幹線、造林(包括保育生態工作站)、機電保養、試驗等九類工作站，各農田水利會依其營運特性，擇設其所需要類別之工作站。工作站區域劃分以同一水源水系之灌排系統為原則，如系統之面積過於遼闊時，得參照給水系統或行政區域劃分，至於零星灌溉地區得併入鄰近工作站。

一、工作站分類

(一)依系統劃分

灌溉系統係為提供灌區作物生長所需用水之渠道系統，排水系統則係為排除區內灌溉或降雨等多餘之水量而建設之水路系統。

1.灌溉系統區分及管理組織體系

一般農田的灌溉系統，大致可分為引水、導水，輸水和配水等，其灌溉系統等級及管理範圍之劃分如圖 1-2 所示。

2.排水系統區分及管理組織體系

水利會事業區域內之農田排水，由水利會負責維護管理。水利會除應加強灌溉餘水或排水再利用外，農田排水設施應由水利會根據集水面積、雨量流出率、地貌地形及作物浸水率等，予以妥善之規劃。排水路線之選擇，應以大多數利益為依據，且應選擇損害最小之地勢實施。農田排水之系統區分及管理體系依有關規定，劃分如圖 1-3 所示。

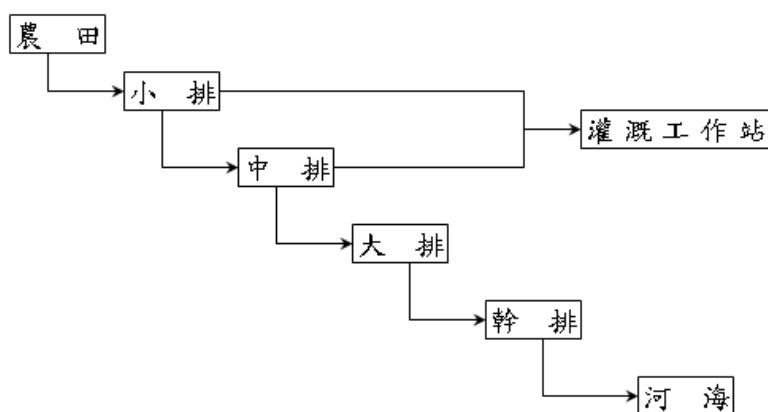


圖 1-3 農田排水系統區分與管理體系

(二)依灌區劃分

灌區之劃分應視渠道容量、水源水量、土壤質地、地形地勢、耕作制度和自然界線及其他地上物等，以同一輸水系統劃分為雙(單)期作區、輪作區、旱作區。

1.雙(單)期作區

將同一系統劃分為若干輪區，每一輪區之面積約 50 公頃，輪區內再依給水系統分為若干單區，每單區之面積約 10 公頃。

2.輪作區

三年輪作區為將該區劃分成三個輪區，二年輪作區則劃分為二個輪區，並依輪作計畫將輪區再分若干單區，作為不同耕作方式之區域，如雲林及嘉南農田水利會。

(三)旱作區

視水利設施之性質、農業經營型態、機械作業、灌溉方法、輸水系統等因素劃分為若干灌區。

二、工作站職掌

依據「農田水利會組織規程」第 19 條規定，工作站之職掌如下：

- 1.小給水門、小排水門以上灌溉排水設施之維護、管理、歲修、改善、水利妨害之取締及防汛之搶險。
- 2.小給水門、小排水門以上引水、輸水、分水之管理及調節。
- 3.水利小組工作之指揮考核。
- 4.水利糾紛之調解處理。
- 5.水利政令及灌溉制度之推行。
- 6.灌溉水質之監視處理。
- 7.灌溉計畫之擬訂及執行，耕作面積與生產量之調查。
- 8.會員會籍及灌溉地籍異動之查報。
- 9.會費及工程費等各種費用之經收。
- 10.公共財產之維護管理。
- 11.農田水利會交辦事項。

工作站除上述所列之職掌外，得因需要辦理氣象、水文、土壤之觀測、調查與有關農業、水利之實驗及示範。業務性質特殊之工作站，其職掌由農田水利會依據實際情形報請主管機關核定之。

1.3.3、水利小組參與式灌溉管理之運作

水利小組係會員於田間灌溉配水之基層組織，係依據「農田水利會組織規程」設立，由區域內會員組成之，執行水利小組任務，以落實地方自治精神之利害關係人的參與式灌溉管理(Participatory Irrigation Management, PIM)，其業務受農田水利會監督指導。

一、設置目的

為使各水利小組能充分發揮團隊合作之自治精神，維護田間中小給、排水路、執行田間配水，滿足灌溉需求，提高用水效益，協助取締妨害水利案件，消弭糾紛，配合政府推動永續經營三生農業，並與水利會保持密切聯繫。

二、設置原則

為促使各水利小組能發揮其個體機能並配合辦理擴大農場，推行共同作業，其劃分原則如下：

- 1.以同一灌溉系統並參酌地形劃定。
- 2.灌溉面積以 51 至 150 公頃為準，埤圳之灌溉面積較大者，得按支分線分設 2 個以上水利小組；區域過小者，得合併鄰近區域聯合設置之。
- 3.水利小組得將區域內會員每 10 人至 12 人或按灌溉小區編為一班。

三、小組組織

1. 水利小組置小組長一人，為義務職，負責執行小組任務及小組會議決議事項，由小組內會員登記競選之，任期四年，連選得連任。
2. 水利小組得將區域內會員每 10 人至 12 人或按灌溉小區編為一班，由小組長遴選班長一人報請農田水利會聘任，任期四年。
3. 班長為義務職，應協助小組長執行任務，並辦理會員與小組間聯絡事項，必要時，小組長得召開班長聯席會議。
4. 水利小組得設掌水人員，負責辦理會員用水之分配事宜，由水利小組會議決議後僱用或由小組內實際耕作之會員輪流擔任。掌水費用由小組會員負擔。

四、小組任務

1. 小給水路、小排水路之維護、管理及修補。
2. 區域內用水之管理。
3. 協助工程用地之處理。
4. 區域內補給水路之設施。
5. 小給水路或補給水路分水門之管理。
6. 水利小組經費之經收及管理運用。
7. 其他水利業務之委辦或交辦事項。

前項任務之執行，受農田水利會之監督指導。

1.4、工作站的運作與相關法規

工作站為農田水利會服務廣大會員的基層單位，因此各項業務計畫之推行均必須落實在工作站的貫徹執行上，以下各節將針對工作站的運作加以說明，主要包括工作站的準備工作及灌溉排水管理兩個部分，惟實務上尚須考慮工作站在水利妨害處理與聯繫作業等部分之作業。在內容除說明各項工作之重點外，並列述相關之法令依據。至於其他相關之詳細內容可參見本書其他章節。

1.4.1、準備工作

一、工作站圖表佈置

工作站業務除依照有關法令規定，由主管部門平時加強輔導查核外，整理完備的資料，建立統一規格及作法，並於工作站內適當佈置相關圖表，除可提高工作效率造福會員外，並可讓民眾了解農田水利會各項會務營運之績效。主要需準備之圖表如下：

1. 工作站轄區平面圖
2. 灌溉排水系統圖
3. 耕作方式與灌溉制度標準圖
4. 工作站水利小組長一覽表
5. 灌溉地面積統計表

二、氣象水文觀測

該項作業主要作為後續灌區灌溉排水管理及災害預防等工作之資料收集與應用。主要工作包含：

1. 氣象站設置與管理
2. 雨量觀測紀錄與應用
3. 蒸發量觀測紀錄與應用
4. 水庫與蓄水池之水位及蓄水量觀測紀錄與應用
5. 潮位觀測紀錄與應用

三、地下水井水位及水量觀測

地下水井水位與水量的觀測，可以幫助工作人員了解水井水位及水量變化情形，地下水井水位及水量變化之資料記錄，對於維護管理工作非常重要，由觀測水位及水量之變化分析可知水井之各項性能，並能隨時予以適當的維護管理，延長井體本身之壽命，確保安全使用無虞。主要目的包含：

1. 估計年安全出水量
2. 防止地下水超抽
3. 地下水抽取管理
4. 確保井體性能
5. 瞭解出水量與水位之關係
6. 避免水井相互干擾

在實施抽水試驗時，必須水位及水量同時觀測紀錄。當水井出水量發生減少時，可以早期發覺抽水機、電氣設備或井本身是否故障，並及時加以修復。其次，地下水主要是補充地面水源之不足，因此每一灌溉期間必須統計井水供給量、用電量、維護管理費用、與地面水供給配合運用情形及其經濟成本與灌溉效益，並加以檢討及逐年改進，以期使地下水能妥善配合地面水源之不足。

四、量水設備及量測方法

為灌溉之執行，包括從水源之取水、蓄水、送水及幹、支、分線至中小給水門等各級渠道系統之分水、輸水、配水等，均有賴設置量水設備或建立水位—流量率定曲線圖及對照表等，據以調配用水量。其流量測定之方法，可分為兩種：

- 1.間接測定法：可以普通測桿或測量儀器量測水深，以其斷面形狀公式計算面積大小；至於平均流速，可用流速儀或其他儀器及方法加以測定，如比降法，浮標法等。將上述所得之面積與平均流速相乘即可得到流量。
- 2.直接測定法：係利用某些特別設計之量水構造物設置於渠道內，其斷面形式為一定，流量僅與水位有關，故測定流經此斷面水流之深即可計算流量。

常用之量水設備有堰、潛孔口、巴歇爾量水槽、梯形量水槽、量水閘門等，相關操作可詳見其他章節。

1.4.2、灌溉排水管理

一、灌溉基本資料管理

工作站為灌溉管理業務之順利推行，各種灌溉基本資料之搜集、整理、彙辦，須作成各種圖、表或裝訂成冊。相關之圖表可參見「農田水利會工作站業務規範」。

二、灌溉地籍資料管理與受益變更作業

灌溉地籍資料為擬訂灌溉用水計畫、會籍整理、會費徵收、工程設計與改善及灌溉管理等之基本依據，有關灌溉地籍資料應妥善整理保管，如有異動時，必須予以訂正，務使灌溉地籍卡及灌溉地籍圖與地政機關之地籍圖冊相符合。

灌溉地異動之查核主要可區分灌溉區域內之灌溉地資料異動查核、灌溉區域內灌溉制度或灌溉區域變更查核及灌溉區域外新增灌溉地查核，相關各農田水利會事業區域內土地灌溉或排水受益情形變更，主要依據「農田水利會事業區域內土地灌溉排水受益變更處理要點」辦理。

三、灌溉計畫

灌溉計畫係對某一灌溉系統在灌溉實施前，依照其耕作面積、土壤質地、作物需水量、輸水損失、灌溉用水量、灌溉期距、分區供水時間、分區供水順序等因素，所擬定之配水計畫。灌溉計畫在施行時，尚須依水源及現地耕作情形等加以修正。

工作站之灌溉計畫即對工作站轄區內之灌溉系統、灌溉區域，依某期作擬定其供灌之計畫，一般於工作站必須製定兩種灌溉計畫，其一為中小給水門(斗門)以上之系統灌溉計畫(如某分線或某支線灌溉計畫)，另一為中小給水門以下之輪區灌溉計畫，系統灌溉計畫經報送管理處彙整，再由本會彙擬該水源全系統之灌溉計畫，輪區灌溉計畫則交由水利小組配合執行田間配水作業。有關灌溉計畫之擬訂，可詳見其他章節。

四、灌溉執行

灌溉執行原則依工作站轄內之灌溉系統、輪區面積、期作別、作物別、供水時程等因素擬定之灌溉計畫作為執行之依據。實際操作應配合現地水源水量之供水情形及作物實際需水情形，循水源、輸水系統在嚴密的管理機制中，由各管理處或所轄工作站分層負責協同合作，適時、適量調節用水達各支分線水路至中小給水門(斗門)後，再依輪區擬定之田間配水計畫書由水利小組執行田間配水操作，期使灌區內每一田坵均能獲得公平合理分配用水。有關灌溉之執行，可詳見其他章節。

五、灌溉水質監測

農田水利會為辦理水質監視管理工作，每個農田水利會對其轄區建立監視站網，以本會為監視總站，各管理處為地方監視總站，各工作站為地方監視站，於渠道設置灌溉水質監視點。此外為瞭解及掌握其他事業單位放流水對灌溉用水水質之影響，各農田水利會亦調查建立排洩戶資料列管，定期檢驗其放流水水質狀況。

依農委會「農田水利會灌溉水質監視作業規範」，灌溉水質監視點區分為「灌溉水源水質監視點」、「灌溉渠道水質監視點」及「灌排兼用或迴歸利用渠道水質監視點」等三類；地方監視站應於轄區內視渠道水質狀況及水路使用情形，選擇適當地點設置灌溉水質監視點，用以監測灌溉水質。

六、渠道管理

主要工作有四項，分別說明如下。

(一)灌溉排水設施管理

灌溉設施管理範圍包括水源設施、輸水設施、配水設施，依水理特性不同，可分明渠及管路兩大類。排水設施包括排水路、排水門、排水抽水機及附屬設備。為達到灌溉排水設施有效營運及發揮最高效能之目的，首要對區域內地形及各項灌、排設施機能應深入瞭解，建立完整之相關管理資料，再配合執行方針加強渠道巡視及維護工作，嚴格取締非法妨害水利案件。主要法令依據包括農田水利會組織規程、水利法、排水管理辦法及農田水利會灌溉排水管理要點。

(二)灌溉排水水路改道

水利會為配合地方發展，在不影響灌排功能、維護管理及確保農田水利會權益下，受理申請人為土地利用或機關團體為公共設施之需要而辦理水路改道。政府、機關團體或自然人為提高其土地有效利用申請水路改道，應按程序及檢具文件向農田水利會申請，農田水利會依照相關規定派員勘查審核後，經水利主管機關核准後再准予施工。施工期間應予指導，經查驗合格與設定地役權或地上權後，由農田水利會發給同意使用函。主要法令依據包括水利法第 46 條、台灣省灌溉事業管理規則第 6 章、各農田水利會受理灌溉排水水路改道處理要點。

(三)受理建造物使用

依農田水利會灌溉排水管理要點第 3 點，農田水利建造物係指水利會事業區域內管理之水庫、灌溉蓄水池、各級灌溉、排水圳路、堤防及附屬構造物。農田水利會在保障會員之權益與不影響農田灌溉排水功能之原則下，得受理機關團體或個人之申請，准其使用農田水利設施，以促進社會發展，並增進財源，加速地方水利建設。主要法令依據包括農田水利會組織通則第 28 條、農田水利會費用徵收辦法第 6 條、農田水利會費用徵收辦法第 7 條及農田水利會灌溉排水管理要點第六章。

(四)廢水路管理

農田水利會為配合社會自然發展，對於管理上已無負農田灌溉排水功能之水路，須切實加強清查，並依照相關規定及程序報請縣市水利主管機關核准廢除該等相關土地之水利設施。主要法令依據為水利法第 46 條及水利法第 63-2 條。

七、調度用水停灌補償作業

逢遇重大事件如地震，或天然災害如枯旱，導致水源供需失調現象，政府為民生安定、社會和諧及維繫國家整體政經持續發展，發佈緊急命令或公告停止農田灌溉，調度農業灌溉用水供非農業標的使用，致原灌溉用水人權益受到損害，依相關規定或標準，獲不同程度金額之補償，其作業稱為「停灌補償作業」。

農田水利會辦理停灌補償費，主要執行工作事項包括：

1. 依據經濟部召開相關機關單位協調，由經濟部與農委會會銜公告。
2. 地區水資源局召開執行協調會議。
3. 召開工作會報。
4. 停灌區之宣導。
5. 訂定申報起迄日期。

6.洽請安排補償標準綠肥辨識說明會議。

工作站據此辦理包含申請作業、現地查核作業、放款更校作業、停灌補償清冊造冊、停灌補償費發放、補償費發放異議公告等 6 項工作。相關之主要法令依據包括總統依據憲法增修條文第 2 條第 3 項規定發布之緊急命令、水利法相關條文及農業用水調度使用協調作業要點等。

1.5、參考文獻

1. 周師文、張煜權等，2019，亞洲季風區水利組織手冊，維謙基金會。
2. 張煜權，2019，農田水利組織國際教材，農工中心。
3. 陳清田、張煜權等，2001，灌溉排水營運管理，農委會。蔡崔源，1964，輪流灌溉實務，嘉南農田水利會。
4. 游俊基、林達雄等，1994，農田水利技術人員訓練教材，農田水利聯合會
5. 謝丁堡，1972，台灣灌溉的組織經營與技術，中山學術文化基金董事會。
6. 農田水利會組織通則，2018 年 01 月 31 日。
7. 農田水利會組織規程，2018 年 08 月 23 日。
8. 農田水利聯合會，2006，農田水利會工作站業務手冊，農委會。
9. 農委會農水處，2003，農田水利史，取自：農委會網站
https://doie.coa.gov.tw/history_detail.php?tid=52&cid=53#
10. 掘井健三、藤田、隆、多田博一，1996，アジアの灌溉制度，株式會社新評論。
11. Coward E.W. Jr. 1972. Irrigation and organization: Research in Progress. Philippine Socio-logical Review 20: 171-176.
12. Coward E.W. Jr. 1976. Irrigation institutions and organizations: An international bibliography. Cornell International Agriculture Mimeograph 49, Ithaca, NY.
13. Coward E.W. Jr. 1980. Irrigation development: Institutional and organizational issues. In: Irrigation and Agricultural Development in Asia: Perspectives from the Social Sciences, pp. 15-27. Coward E.W. Jr. (ed.). Cornell University Press, Ithaca, NY.
14. FAO. 1982. Farmers' participation and organization for irrigation water management. Inter-national Support Programme for Farm Water Management, Land and Water-Development Division, Rome. (April) 30 p.
15. Hitoshi Fukuda. 1974. Irrigation in the world. University of Tokyo press.

16. Hutchins W.A. 1952. Irrigation institutions - Part I. Irrigation organizations. Division of Irrigation, College of Agriculture, University of California, Davis CA 95616. 40 p.
17. Hutchins W.A. 1952. Irrigation institutions - Part II. Irrigation water rights. Division of Irrigation, College of Agriculture, University of California, Davis, CA 95616. 65 p.

第二章、灌溉計畫

2.1、概述

2.1.1、前言

植物之正常生長有賴若干維持正常生長之必要條件，如水分、日光、空氣及溫度等因素，均需配合其生長期之需要，而水分無疑為任何植物賴以生存之要素。在天然狀態下，水量之供應往往不能與作物之需要相配合，故需以人為方法補天然降雨量之不足，即使在極為落後之地區，亦可見農民以各種簡陋方法引水灌溉。

由於作物生長所需之水量，因其在利用型態之便利，可以儲留、引導、排除與用人為方法，因此在處理過程中，有必要引用到科學知識與工程技術。首先需瞭解作物與水分之供求關係及影響作物需水量之各項因素，次需根據灌溉所需要之水量計畫其來源、輸送、分配、排除及處理等問題，最後則為灌溉排水之實施，必須考慮地方及社會環境，灌溉排水制度與法規等限制，由此可見，一項灌溉排水問題之解決，必須經過研究、計畫與實施等階段。

本章主要針對灌溉計畫之製作，即上述之第二階段，依據作物需水量之變化，估算水源所必須提供之可靠水量，進行一系列之介紹。

灌溉計畫視其目的之不同所能提供的幫助，有以下 3 點：

- 1.對於灌溉規劃人員：於掌握水源可供水量及灌區預定種植作物與可提供之灌溉面積後，可利用灌溉計畫，安排最有效率的全灌區灌溉用水方式，作為制定最適作物制度之依據。
- 2.對於灌溉設計人員：於掌握作物制度及水源可供水量後，可藉由灌溉計畫推估渠道最大及最小設計流量，做為灌溉系統之設計之依據。
- 3.對於灌溉管理人員：針對灌區種植中或已種植作物，即應儘速調查各種作物確實需灌溉之面積後，可藉灌溉計畫推估於某時間內各水門用水量，然後對照可供水量，做為實際灌溉配水作業方式(如續灌或輪灌)之依據。

本章及專為灌溉用水管理目的，因而採上述第 3 點為主。但本章之範圍則只限於輪區灌溉計畫，至於涉及全灌溉系統之灌溉計畫及灌溉配水技術，則不涉及，而於第三章「灌溉配水技術」介紹。此外，本章灌溉用水係指來自明渠重力式灌溉系統者。

2.1.2、內容概要

本章共分 4 節，第一節介紹本章之用途及內容。第二節介紹製作灌溉計畫前所需準備之事項，包括：對灌區範圍及水路系統、灌區作物制度、田間

灌溉用水及灌溉水源之瞭解，第三節介紹灌溉計畫之製作，依序包括：田間灌溉耗水量(WR)(亦稱田間灌溉需水量)之估算、田間灌溉用水量(FIR)之估算、輪區用水量(TR)之估算、水平衡分析及年與旬灌溉計畫，第四節則以桃園大圳為例，說明灌溉計畫之實際應用。有關本章內容概要，如圖 2-1 所示。

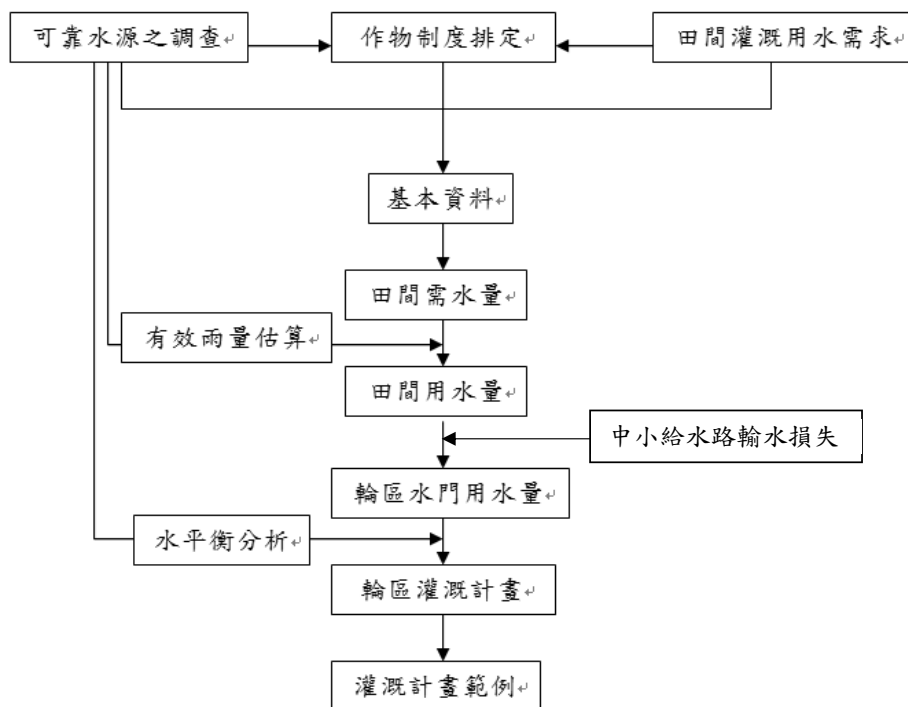


圖 2-1 灌溉計畫內容概要

2.2、灌溉計畫製作之前置作業

2.2.1、對灌區及系統之瞭解

以灌溉用水管理為目的之灌溉計畫製作，主要依據田間灌溉需求、作物制度及水源水量等基本資料，估算適當的灌溉水量、灌溉期距、灌溉日期及因應缺水期或降雨過多時之灌溉供水調節等，提供工作人員實際從事灌溉作業之相關資訊。

對於灌溉計畫的製作，一般農田之雜作灌溉較水稻灌溉複雜。此因同一輪區內作物栽培種類常有數種以上，且種植時期有可能參差不齊，致各作物及田間需水條件不一。對一既有灌溉系統之灌溉計畫編訂常與工程規劃時預期之情況不同，為合理達到灌溉預期效果，使符合農業經營需要，除工程完工前所建立之各項基本資料外，水利會之灌溉管理之實際情形及現況資料，亦應經常建立、保存與更新，以供編訂各輪區，分、支、幹線及全系統之灌溉計畫。以輪區而言，所需收集的基本資料，包括：

- 1.灌區地形圖及平面圖(繪有系統之配置)。
- 2.灌溉系統示意圖。
- 3.作物類別與種植面積。
- 4.各類作物種植適期。
- 5.作物需水量及田間耗水量。
- 6.續灌、輪灌及緊急灌溉措施標準。
- 7.灌溉時期與輪灌期距。
- 8.田間灌溉用水量與有效雨量。
- 9.輪區渠道輸水損失。
- 10.渠道容量。
- 11.可靠灌溉供水量。

本章將先廣泛說明製作灌溉計畫之概念及所必需準備之事項，亦即前置作業，包含田間不同作物不同生長期之耗水需求、作物制度及輪區水門可供水量等基本資料。至於灌溉用水量及有效雨量將在下章內說明。

2.2.2、對灌區作物制度之瞭解

灌溉計畫在前置作業階段必需決定灌溉區域內的作物類別、種植面積及各作物適種之種植時間。

一地區之作物制度乃指該地區在一定年期內種植作物之類別、面積及時程，其擬定與土壤氣候及灌溉情況密切相關。台灣農業環境特殊，作物栽培種類甚多。在灌溉地區除以水稻為主外，尚有雜糧作物，特用作物及蔬菜、果樹等。因社會及經濟結構改變，耕地之利用、栽培方式、栽培作物種類等亦將隨之變化，但其程度尚需視各地之灌溉情況而異，詳見第七篇「作物制度與水源計畫」。

作物制度之推行，當應配合農業區域發展規劃，適地適種，有效執行且為配合現代化農業經營。台灣由於灌溉設施一向以水稻為主，灌地之所謂作物制度，概針對水稻種植而言，再配合於其他非水稻種植時期，則以種植雜作，增加生產。

由灌溉管理立場而言，對於灌區水田則視灌溉水源可供水量之多寡，計有下列幾種主要耕作制度或方式：

- 1.雙期作田：有充足水源，每一年可種植兩期水稻之水田。
- 2.單期作田：

(1)前單期作田：每年固定於第一期供灌種植水稻之水田。

(2)後單期作田：每年固定於第二期供灌種植水稻之水田。

3.輪作田：

(1)二年一作：以二年為一輪迴，可供灌一期水稻之農田。

(2)三年一作：以三年為一輪迴，可供灌一期水稻之農田。

(3)三年二作：以三年為一輪迴，可供灌兩期作水稻之農田。

4.蔗作田：耕地以種植製糖用甘蔗為主之農田，如臺糖公司甘蔗農場地。

而就作物栽培時期或作物種類之不同，尚有下列耕作方式，但通常並不給予灌溉水。

1.夏季中間作：係指在第一期作水稻末與第二期水稻整地前之期間，在水稻田所種植之短期作物而言。

2.冬季裏作：第二期水稻後末與下第一期水稻田整地前之期間，在水田所種植之作物。

作物制度與灌溉計畫之關係

一旦作物制度確定後，即可依作物類別各生長期需水程度及面積，安排灌溉時間並計算灌溉用水量，如圖 2-2 所示。

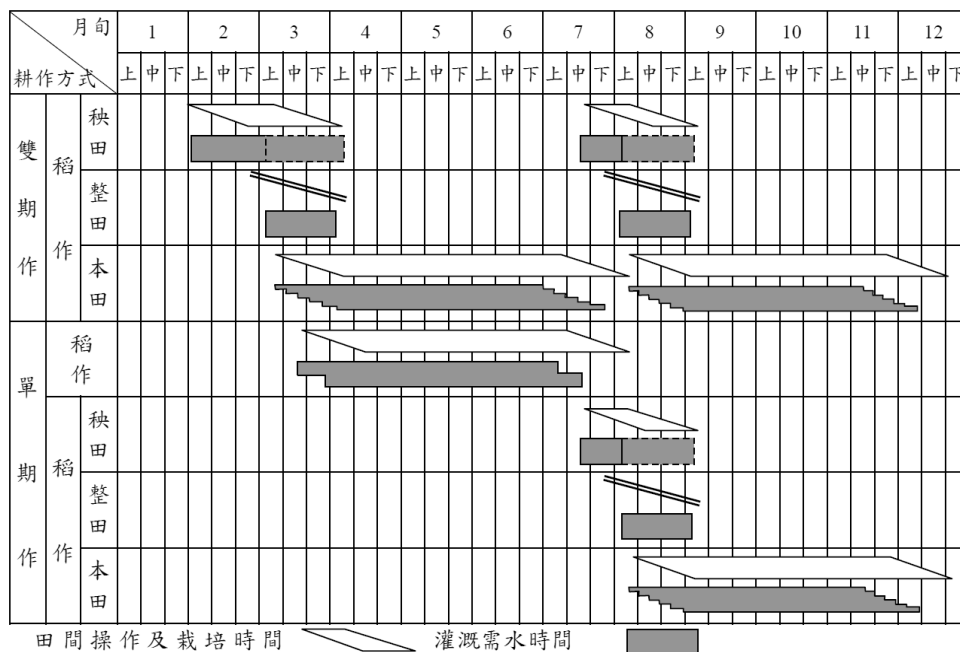


圖 2-2 作物制度與灌溉計畫之關係示意圖

由於既有灌溉系統在操作上無法隨時應付任一田間作物之需水，乃採取以一水門或一組水門為單位，於某一段時間內給予連續性的平均流量供給灌溉水。如以台灣地區而言，此一段配水時間通常以旬為單位。至於是否全系統所有水門皆連續方式配水，或輪流方式，或採重點式對有乾枯危機田區採救急式供應，則要看水源可供水量。如此依據全系統灌溉計畫排定各給水口含輪區水門在內之供水時間及流量，即可據以排定一輪區之灌溉計畫。

2.2.3、對田間灌溉用水之瞭解

一灌區之灌溉計畫在前置階段必需備有提供此區之可靠田間需水量、一次灌溉水深、灌溉時期、輪灌方式與輪灌期距標準等資料。

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(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子視為固定數值，求出概略之推估值，尚差無法普遍符合田間之需求。

本節將各灌溉因子視為變數來討論其關連性，依田間實際狀況、由各別因子合理之推估數據、綜合求出符合田間之灌溉用水量。

一、灌溉用水量之定義

台灣田間灌溉用水需求的估算，主要考量作物類別及不同成長階段耗水量、田間滲漏損失或灌溉效率、有效雨量及水路輸水損失，為了便於探討，先將推估用水量之關連式及使用代號及定義敘述如下：

1. 蒸發散量(Evapotranspiration, ET)：亦名作物需水量(Consumptive use, Cu)，為作物生長時所需蒸散與附近土壤蒸發水分之總和，單位常為水深(公厘 mm)或某作物生長季節之單位面積水深表之。
2. 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需水量，單位為水深或某作物生長季節之單位面積水深表之。
3. 田間灌溉用水量(Field irrigation requirement, FIR)：供水來源均為灌溉水，因此田間灌溉用水量為田間耗水量與有效雨量之差。
4. 有效雨量(Effective rainfall, ER)：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。
5. 輪區用水量(Turnout requirement, TR)：為田間灌溉用水量加上中小給水路之輸水損失，亦即為某輪區分水門之流量。
6. 支、分線別灌溉用水量(Delivery requirement, DER)：各輪區分水門流量之和加上支、分線輸水損失。

7.幹線別灌溉用水量(Diversion requirement, DIR)：各支線水門流量之和加上幹線輸水損失。

8.系統總灌溉用水量(System requirement)：各幹線水門流量之和加上水源導水路輸水損失。

二、計算灌溉用水量之主要因子

(一)蒸發散量(ET)

任何灌溉計劃之擬定，均以供應並滿足作物之蒸發散量為目的，蒸發散量又稱作物需水量(Consumptive use)，乃包括作物體之蒸散量及耕地面(水田時為水面、旱田時為土壤面)之蒸發量之總和。

1.蒸發散量之推估在早期較常採用直接觀測法，但影響作物需水量之因素極多，觀測上水田無法分離滲透因素，旱田另有毛管水上升之干擾，實驗結果難以廣泛應用，加以觀測須經數年之紀錄，無法短期內求得可應用之資料，因此近年來均採取間接推估法推估，詳見第一篇「灌溉排水原理」，利用氣候及土壤因素作為估計蒸發散量之依據。

2.水稻蒸發散量：一般稻作之生長約為 120 天，以 15 天為一單位，共分 8 個生育階段，各階段依耗水多寡各有不同之蒸發散量，此種變化一般用作物係數表示，如表 2-1。至於應用上，僅以此係數乘以栽植水稻當地之蒸發量記錄，即可概略推估出稻作之需水量。茲舉台灣之地區水稻蒸發散量如表 2-2。

表 2-1 台灣一、二期水稻作物係數

生育天數	生育階段	一期作	二期作
1-30	整地期	-	-
31-45	插秧期	0.5	0.9
46-60	分蘖初期	0.8	1.2
61-75	分蘖末期	1.2	1.5
76-90	開花初期	1.3	1.6
91-105	開花末期	1.3	1.5
106-120	成熟初期	1.2	1.3
120-135	成熟中期	1.0	1.0
135-150	成熟末期	0.7	0.6

3.雜作蒸發散量：蒸發散量為雜作灌溉最主要之基本資料。對於雜作蒸發量之推估可詳見第一篇。台灣目前由於各地氣象站之蒸發量記錄相當完全，因此較常採用蒸發皿法進行推估。茲舉台灣各雜作蒸發散量如表 2-3。

表 2-2 台灣各地區水稻蒸發散量

單位：mm

月別 生育階段 ET 地區別	十二月		一月		二月		三月		四月		五月		六月		七月		八月		九月		十月		十一月	
	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬
淡水							A(1) 1.60	B(1) 2.56	C(1) 4.80	D(1) 5.20	E(1) 6.24	F(1) 5.76	G(1) 5.60	H(1) 3.92		A(2) 6.21	B(2) 8.16	C(2) 10.20	D(2) 9.12	E(2) 8.55	F(2) 5.59	G(2) 4.30	H(2) 2.16	
台北							A(1) 1.65	B(1) 2.64	C(1) 4.92	D(1) 5.33	E(1) 5.98	F(1) 5.52	G(1) 5.20	H(1) 3.64		A(2) 5.40	B(2) 7.32	C(2) 9.15	D(2) 8.80	E(2) 8.25	F(2) 5.72	G(2) 4.40	H(2) 2.16	
下大壩							A(1) 1.35	B(1) 2.16	C(1) 4.32	D(1) 4.68	E(1) 5.20	F(1) 4.80	G(1) 5.00	H(1) 3.5	A(2) 4.50	B(2) 7.80	C(2) 9.75	D(2) 9.44	E(2) 8.85	F(2) 6.50	G(2) 5.00	H(2) 2.52		
新竹							A(1) 1.55	B(1) 2.48	C(1) 4.92	D(1) 5.33	E(1) 6.63	F(1) 6.12	G(1) 6.10	H(1) 4.27	A(2) 5.49	B(2) 9.00	C(2) 11.25	D(2) 10.24	E(2) 9.00	F(2) 7.41	G(2) 5.70	H(2) 3.12		
竹南							A(1) 1.30	B(1) 2.08	C(1) 3.96	D(1) 4.29	E(1) 5.46	F(1) 5.04	G(1) 4.70	H(1) 3.27	A(2) 4.23	B(2) 7.20	C(2) 9.00	D(2) 7.84	E(2) 7.35	F(2) 6.11	G(2) 4.70	H(2) 2.82		
大甲						A(1) 1.40	B(1) 2.88	C(1) 4.32	D(1) 5.85	E(1) 5.85	F(1) 6.00	G(1) 5.00	H(1) 3.78			A(2) 5.85	B(2) 7.80	C(2) 9.15	D(2) 9.86	E(2) 8.55	F(2) 7.41	G(2) 5.30	H(2) 3.18	
台中						A(1) 1.60	B(1) 2.72	C(1) 4.08	D(1) 5.20	E(1) 5.20	F(1) 6.00	G(1) 5.00	H(1) 3.50			A(2) 5.22	B(2) 6.96	C(2) 7.80	D(2) 8.32	E(2) 8.32	F(2) 0.90	G(2) 4.60	H(2) 2.76	
日月潭						A(1) 1.20	B(1) 2.08	C(1) 3.12	D(1) 3.38	E(1) 3.38	F(1) 3.72	G(1) 3.10	H(1) 2.03			A(2) 2.88	B(2) 3.84	C(2) 4.80	D(2) 5.12	E(2) 3.90	F(2) 3.38	G(2) 2.70	H(2) 1.62	
西螺						A(1) 1.45	B(1) 2.64	C(1) 3.96	D(1) 5.33	E(1) 5.33	F(1) 5.88	G(1) 4.60	H(1) 3.50			A(2) 5.31	B(2) 7.08	C(2) 8.40	D(2) 8.96	E(2) 6.90	F(2) 5.98	G(2) 4.60	H(2) 2.76	
嘉義			A(1) 1.10	B(1) 1.76	C(1) 2.76	D(1) 2.99	E(1) 4.42	F(1) 4.08	G(1) 3.90	H(1) 2.73					A(2) 3.96	B(2) 5.64	C(2) 7.05	D(2) 6.88	E(2) 6.45	F(2) 4.68	G(2) 3.60	H(2) 2.10		
麻豆			A(1) 1.35	B(1) 2.16	C(1) 3.84	D(1) 4.16	E(1) 5.07	F(1) 4.68	G(1) 4.60	H(1) 3.22					A(2) 4.41	B(2) 6.12	C(2) 7.65	D(2) 6.72	E(2) 6.30	F(2) 5.33	G(2) 4.10	H(2) 2.40		
台南			A(1) 1.10	B(1) 1.76	C(1) 3.36	D(1) 3.64	E(1) 4.68	F(1) 4.32	G(1) 4.20	H(1) 2.94					A(2) 4.23	B(2) 6.00	C(2) 7.50	D(2) 6.56	E(2) 6.15	F(2) 5.07	G(2) 3.90	H(2) 2.34		
屏東		A(1) 1.10	B(1) 1.68	C(1) 2.52	D(1) 3.25	E(1) 3.25	F(1) 3.72	G(1) 3.10	H(1) 2.59					A(2) 3.06	B(2) 4.08	C(2) 5.52	D(2) 5.60	E(2) 4.50	F(2) 3.90	G(2) 3.00	H(2) 1.80			
旗山		A(1) 1.05	B(1) 1.84	C(1) 2.76	D(1) 3.51	E(1) 3.51	F(1) 4.20	G(1) 3.50	H(1) 2.73					A(2) 3.51	B(2) 4.68	C(2) 6.30	D(2) 6.72	E(2) 6.00	F(2) 5.20	G(2) 3.70	H(2) 2.22			
恒春		A(1) 1.40	B(1) 2.08	C(1) 3.12	D(1) 4.68	E(1) 4.68	F(1) 4.80	G(1) 4.00	H(1) 3.15					A(2) 3.60	B(2) 4.80	C(2) 6.30	D(2) 6.72	E(2) 5.25	F(2) 4.55	G(2) 3.50	H(2) 2.10			
基隆							A(1) 1.40	B(1) 2.24	C(1) 4.08	D(1) 4.42	E(1) 5.07	F(1) 4.68	G(1) 5.15	H(1) 3.57			A(2) 6.39	B(2) 7.56	C(2) 9.45	D(2) 8.32	E(2) 7.80	F(2) 5.33	G(2) 4.10	H(2) 1.92
宜蘭						A(1) 1.15	B(1) 2.16	C(1) 3.24	D(1) 4.29	E(1) 4.29	F(1) 4.36	G(1) 3.80	H(1) 3.36			A(2) 5.67	B(2) 7.56	C(2) 8.55	D(2) 9.12	E(2) 6.75	F(2) 5.85	G(2) 2.80	H(2) 1.60	
花蓮						A(1) 1.50	B(1) 2.80	C(1) 4.20	D(1) 5.20	E(1) 5.20	F(1) 5.76	G(1) 4.80	H(1) 3.92				A(2) 5.85	B(2) 7.20	C(2) 9.00	D(2) 8.80	E(2) 8.25	F(2) 8.85	G(2) 4.50	H(2) 1.98
台東						A(1) 1.45	B(1) 2.72	C(1) 4.08	D(1) 4.94	E(1) 4.94	F(1) 5.28	G(1) 4.40	H(1) 3.22			A(2) 4.41	B(2) 5.88	C(2) 6.60	D(2) 7.04	E(2) 6.30	F(2) 5.46	G(2) 3.90	H(2) 2.34	
新港						A(1) 1.55	B(1) 2.56	C(1) 3.84	D(1) 4.55	E(1) 4.55	F(1) 4.80	G(1) 4.00	H(1) 3.22			A(2) 4.59	B(2) 6.12	C(2) 7.35	D(2) 7.81	E(2) 7.05	F(2) 6.11	G(2) 4.50	H(2) 2.70	
大武						A(1) 1.75	B(1) 3.04	C(1) 4.56	D(1) 5.85	E(1) 5.85	F(1) 6.00	G(1) 5.00	H(1) 3.71			A(2) 4.59	B(2) 6.12	C(2) 7.20	D(2) 7.68	E(2) 6.60	F(2) 5.72	G(2) 4.80	H(2) 2.88	
岡山		A(1) 1.05	B(1) 1.76	C(1) 2.64	D(1) 3.51	E(1) 3.51	F(1) 4.08	G(1) 3.40	H(1) 2.73					A(2) 3.60	B(2) 4.80	C(2) 6.30	D(2) 6.72	E(2) 5.55	F(2) 4.81	G(2) 3.70	H(2) 2.22			
鳥松		A(1) 1.10	B(1) 1.76	C(1) 2.64	D(1) 3.38	E(1) 3.38	F(1) 3.96	G(1) 3.30	H(1) 2.66					A(2) 2.33	B(2) 1.76	C(2) 5.85	D(2) 6.24	E(2) 5.10	F(2) 4.42	G(2) 3.40	H(2) 2.04			
高雄		A(1) 1.10	B(1) 1.76	C(1) 2.64	D(1) 3.38	E(1) 3.38	F(1) 3.96	G(1) 3.30	H(1) 2.66					A(2) 3.42	B(2) 1.76	C(2) 6.00	D(2) 6.40	E(2) 5.25	F(2) 4.55	G(2) 3.50	H(2) 2.10			
宮源						A(1) 1.05	B(1) 2.16	C(1) 3.24	D(1) 4.42	E(1) 4.42	F(1) 4.80	G(1) 4.00	H(1) 3.22				A(2) 5.04	B(2) 5.88	C(2) 7.35	D(2) 6.88	E(2) 6.45	F(2) 4.29	G(2) 3.30	H(2) 1.50
池上						A(1) 1.50	B(1) 2.96	C(1) 4.44	D(1) 5.59	E(1) 5.59	F(1) 5.88	G(1) 4.90	H(1) 3.71				A(2) 5.40	B(2) 7.20	C(2) 7.80	D(2) 8.32	E(2) 7.20	F(2) 6.24	G(2) 4.20	H(2) 2.52
玉里						A(1) 1.00	B(1) 2.16	C(1) 3.24	D(1) 4.42	E(1) 4.42	F(1) 4.68	G(1) 3.90	H(1) 3.15				A(2) 4.86	B(2) 5.52	C(2) 6.90	D(2) 6.40	E(2) 6.00	F(2) 4.16	G(2) 3.20	H(2) 1.50

資料來源：灌溉排水原理，1993。

表 2-3 台灣各季雜作蒸發散量

單位：mm

地區 期作別	北部	中北部	中南部	南部	東部
春作	270-410	160-350	170-290	220-290	180-250
夏作	180-380	160-350	170-290	—	230-330
秋作	150-400	160-350	170-290	190-280	188-300

資料來源：研擬合理農業用水標準，1996。

(二)滲漏量(P)

灌溉水自給水渠道流入田區後，依地形坡度自田首流至田末，大部分水量會受重力影響，滲入土層，成為土壤水。當土壤水分持續累積超過根系土壤吸力時，則會滲至根系以下，該部分水量即為滲漏量。由於該水量無法為田區作物根系所吸收，因此在灌溉計畫中必須增加該部分損失水量，確保作物能得到蒸發散量補充。

- 1.對於滲漏量推估可詳見「灌溉原理」，至於實際田間較適用之觀測方法，可埋設汽油桶，分別觀測葉面蒸散、水面及土面蒸發、垂直滲漏(深層滲漏)及橫向滲漏等項目，如圖 2-3 所示。

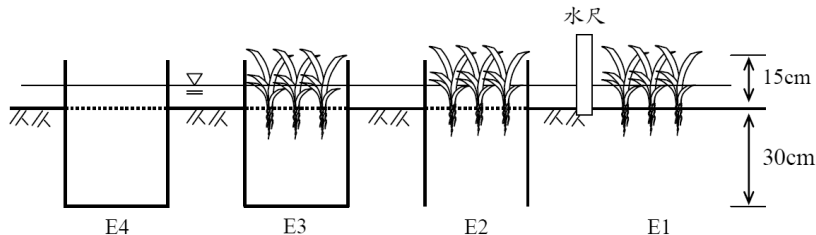


圖 2-3 筒測法示意圖

葉面蒸散=(葉面蒸散+水面及土面蒸發)－水面及土面蒸發

$$= E3 - E4$$

水面及土面蒸發=E4

垂直滲漏=(葉面蒸散+水面及土面蒸發+垂直滲漏)－(葉面蒸散
+水面及土面蒸發)

$$= E2 - E3$$

橫向滲漏=水量損失總和－(葉面蒸散+水面及土面蒸發+垂直滲漏)

$$= E1 - E2$$

E1：田區內設立水尺觀測每天水位，由前後二天差值得逐日減水深。

E2：無底汽油桶中植水稻，桶內保持田面水深，每日觀測水深。

E3：有底滲漏桶，內植水稻，桶內保持田面水深。

E4：有底滲漏桶，內無水稻，桶內保持田面水深。

2.輪灌田區經常在乾田二三日後才實施第二次灌溉，灌溉後第一二天之垂直滲漏量特大。

3.由於台灣已無大面積新開墾土地，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田區，比照估計較為合理。依水利局推估滲漏量方式(詳「灌溉原理」)，台灣目前各種土壤滲漏量，如表 2-4。

表 2-4 各種土壤滲漏量

土壤種類	滲漏量(mm/day)
砂 土	25.00
壤 土	8.80
粘質壤土	6.85
粘 土	4.04

(三)有效雨量(ER)

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，可因作物生理、土壤入滲及灌溉管理觀點不同而不同。以灌溉管理而言，凡因降雨而可減少之田間灌溉耗水量，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田間灌溉耗水量，則雨量雖多，亦不能視為有效。

1.就水田之有效雨量(ER)而言，續灌田與輪灌田之有效性全然不同。

2.輪灌田按期距分成數組不同之灌溉單位，各組別之田間水深因灌溉日期之先後而有高低之差，故同樣之降雨對坵塊別之截留水深顯示不同之有效性。

3.續灌田之田面已呈滿水溢流狀態，對降雨之最大有特性，僅能估算蒸發散量(ET)及滲漏量(P)之和。不過降雨之強度及分佈亦可影響田面逕流之速率，故降雨量之有效性往往小於(ET+P)值。

4.續灌田之有效雨量可利用水收支法直接觀測出入流量方式求得，茲將有效雨量率(%) K_{ER} ，計算數式列述如下，經推估水稻續灌田之有效雨量，可列舉如表 2-5。

$$ER = K_{ER} \times (ET + P)$$

表 2-5 主要應用於高雄獅子頭圳轄區，該轄區水源豐富，一般均採用上接下流之續灌方法，上表之推估值，頗為符合現狀用水收支之平衡，若屬輪灌方式，田面貯水之空間較大，可高於續灌田之有效雨量。必須另由他法推估降雨之有效特性。

表 2-5 水稻續灌田有效雨量

單位：mm/day

生育階段	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
整地期	1.0	1.2	2.0	4.2	4.2	4.2	4.3	4.2	4.0	3.8	1.3	0.7
插秧期	1.0	1.2	2.0	4.2	4.2	4.3	4.3	4.2	4.0	3.8	1.3	0.7
分蘗初期	1.0	1.2	2.0	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.3	3.8	1.3	0.7
分蘗末期	1.0	1.2	2.0	4.6	4.7	4.8	4.8	4.7	4.5	3.8	1.3	0.7
開花初期	1.0	1.2	2.0	4.6	4.9	4.9	5.0	4.8	4.6	3.8	1.3	0.7
開花末期	1.0	1.2	2.0	4.6	4.8	4.8	4.9	4.7	4.5	3.8	1.3	0.7
成熟初期	1.0	1.2	2.0	4.6	4.6	4.6	4.7	4.6	4.3	3.8	1.3	0.7
成熟中期	1.0	1.2	2.0	4.4	4.4	4.4	4.5	4.4	4.2	3.8	1.3	0.7
成熟末期	1.0	1.2	2.0	4.1	4.1	4.1	4.2	4.1	3.9	3.7	1.3	0.7

(四)水路輸水損失(S)

所謂灌溉計畫之水路輸水損失乃指灌溉水自渠首引入減去實際可供應田間灌溉用水量之水量。

- 1.水路系統中水量之損失，包括：渠道水面蒸發、渠底與渠岸因雜草與樹木之生長而蒸散之水量及其渠道本身滲漏之水量，前二者損失均甚少，不是特殊情形均略而不計，因此渠道輸水損失主要為滲漏損失。
- 2.另外一種叫流失(Leakage)損失，是不可忽視者。此種損失之主要原因有二，一為渠道構造物之新舊及另一為管理好壞之程度，如以上二點均不注意，流失之水量可能會超過滲漏水量，從事灌溉管理者不可不注意。
- 3.一般對水路損失定義並無一非常明確之說明，以致常會混淆不清，造成實際應用時之困擾，甚至發生錯誤，故必須予以釐清，方能使往後對水路輸水損失之使用更加明確。通常輸水損失之定義有 2 種：

$$(1) \text{供水 } S_1 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$(2) \text{需水 } S_2 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{out}} \times 100\%$$

Q_{in} ：流進量； Q_{out} ：流出量。

(1)、(2)兩種不同定義，皆有人應用於實例上。造成(1)與(2)損失之不同定義，肇因於對水需求觀點上之差異。(1)是從供水者觀點所下的定義，而(2)則是以需求者觀點為基準，就農民而言必須以 S_2 值估算損失方能滿足灌溉之所需。為使 S_1 值轉換成能滿足田間灌溉需求之 S_2 值，因此必須經由(3)將 S_1 值轉換為 S_2 。

$$(3) \text{轉換式 } S_2 = \frac{100S_1}{100 - S_1}$$

因此，理論之損失量 S_1 可經由(3)轉換為 S_2 ，以方便現地使用。

三、灌溉水深與期距

若田間灌溉用水量為 8 mm/day，並不表示每天一定要經灌溉系統供給 8 mm 之水深，在理論上可以每天供給 8 mm 之水深，但在實際上，由於時間與勞力的關係，較佳之施灌方式係採用灌溉期之方式實施。例如：可採用三天灌溉一次，每次灌溉 24 mm 之水深，或每 5 天灌溉一次，每次灌溉水深為 40 mm。此一灌溉水量將儲存在根系部分，以每天 8 mm 之消耗情形漸漸的被作物所吸收利用。

(一)灌溉水深

原則上，一次之施灌水量(灌溉水深)之多寡，是指目前一次施灌後所消耗之水量而言。一次施灌水量之大小是有所限制的，其最大施灌水量之決定因子有：1.土壤類別；2.根層深度；3.施灌方法。

- 1.土壤之種類將會影響所存在根系中之一次最大施灌水量，砂土所能儲存之水量較少，換句話說砂土之土壤有效水分較高，採用之灌溉方式，以多次灌溉較多水量。
- 2.作物之根層深度亦是影響一次最大施灌水量之因子之一，深度之大小將影響儲存在根層中水量之多少，當作物之根系深度較淺時，則儲存在根層中之水量較少，因此所採用之灌溉，以一次施灌少量但多次之灌溉方式，若根系深度較深時，因其可儲存較多之水分於根系中，灌溉時採用少次多量之灌溉方式為之。

作物種植開始之前後，對於整個生長期而言，屬根系較小之階段，因此在播種或移植之初，其所需之灌溉水量相對於作物成長之後半階段，需要以一次灌溉水量較少，但灌溉次數較多的方式為之。

3. 至於灌後有多少水量可儲存於根系中，因現地之灌溉方法而異，例如：當採用噴灌之方式所入滲於土壤中之水量，會比採用埂間灌溉方式為多，尤其是對於較小規模之灌溉系統而言(小規模之區域與施灌流量較小之地區)。

4. 決定一次灌溉水深的方法，以 W_s 表示，說明如下：

$$W_s = \alpha \times (M_a - M_b) / 100 \times A_s \times d / E + d_2$$

式中， W_s ：灌溉水深；

α ：係數，水稻為 1，雜作常見有 1/4、1/2 及 3/4；

M_a ：灌溉後根系蓄積水分之百分比(以重量比表示)，以田間含水量為限(FC)，超過該水量會形成滲漏損失；

M_b ：灌溉前根系蓄積水分之百分比(以重量比表示)，一般以 MC 表示，若指有效水分時 $M_b = WP$ (凋萎點)；

A_s ：土壤假比重；

d ：有效根系深度；

E ：施灌效率，灌溉後根系蓄積水量與灌入田區水量之比值；

d_2 ：田面冠水深，主要為確保作物不缺水，常見於水稻，可參見田間用水管理。

(二)灌溉期距

假設灌溉前土壤為濕潤狀態，作物將很容易的由根系中吸取水分，隨著時間的經過，若不再加以灌溉，則因土壤中水分之消耗，作物將越來越困難的由根系中吸取水分，最後將造成作物凋萎之情形。

圖 2-4 中，很明顯的可以看出，由開始到一週左右，作物開始遭受缺水情形，為保持正常之產量，在此之前應加以灌溉。通常在作物消耗了根系所保存之二分之一水分時，即應加以灌溉，在圖 2-4 中說明了施灌日期為第 5 天，第 9 天及第 13 天時，則作物將不會遭受缺水之情形。

一般作物灌溉期距，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上需要，而有極大差異，但實際農業經營上所希望之灌溉期距，係作物在生育、收量及品質不降低條件下，決定其最長間隔時間。

灌溉間隔之時間，大多均根據每天田間灌溉耗水量與有效雨量之淨值(即為田間灌溉用水量)與一次灌溉水量之多少來決定，其公式如下：

$$\text{灌溉期距} = \text{一次灌溉水深} / \text{田間灌溉用水量}$$

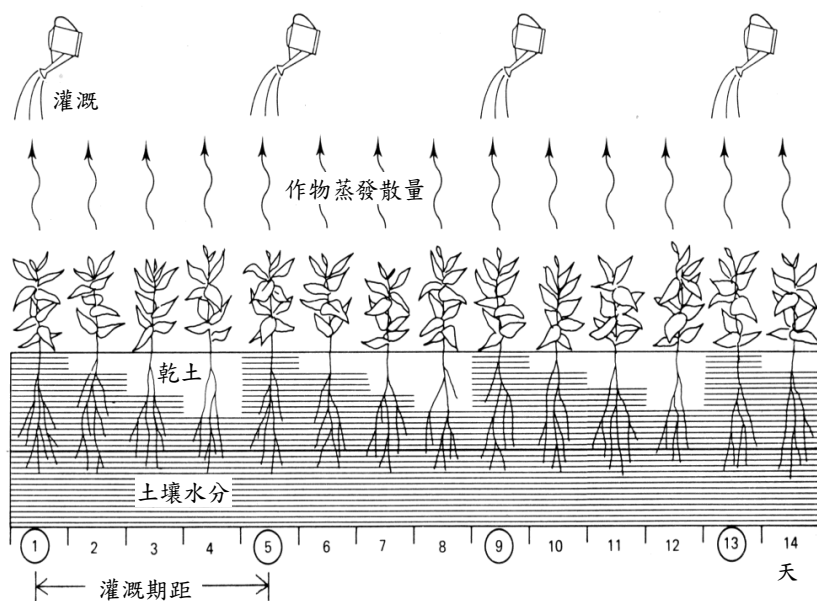


圖 2-4 經常性施灌下作物根系水分消長示意圖

(三)主要雜作物灌溉次數

茲將嘉南學甲站之資料引用中央氣象局二十年之降雨及蒸發量紀錄歸納如表 2-6。

表 2-6 嘉南灌區雜作灌溉實施情形

土壤別 項目 期作別		黏質土 (T.R.A.M. = 60mm)				坵質土 (T.R.A.M. = 40mm)				砂質土 (T.R.A.M. = 20mm)				蒸發量 (mm)	降雨量 (mm)
		作物 用水量 (mm)	有效 雨量 (mm)	灌溉 用水量 (mm)	灌溉 次數 (次)	作物 用水量 (mm)	有效 雨量 (mm)	灌溉 用水量 (mm)	灌溉 次數 (次)	作物 用水量 (mm)	有效 雨量 (mm)	灌溉 用水量 (mm)	灌溉 次數 (次)		
春 (三月至六月)	0.8 cu	269	112	25	1	269	104	34	1	269	70	68	4	530	575
	1.0 cu	336	130	43	1	336	116	56	2	336	96	76	4		
	1.2 cu	403	147	60	1	403	128	78	2	403	122	85	4		
夏 (七月至十月)	0.8 cu	280	129	14	0	280	125	19	1	280	107	36	2	520	890
	1.0 cu	350	151	29	1	350	141	38	1	350	120	60	3		
	1.2 cu	420	172	43	1	420	157	58	2	420	132	83	4		
年 (十一月至翌 二月)	0.8 cu	185	33	62	1	185	30	65	2	185	24	70	4	290	69
	1.0 cu	232	35	84	2	232	32	87	2	232	26	93	5		
	1.2 cu	278	36	107	2	278	34	109	3	278	27	116	6		

*：1.毛管水供應量以 51.6%計算。

2.降雨量與蒸發量採用中央氣象局連續 20 年記錄平均值。

2.2.4、對灌溉水源之瞭解

灌溉功效之可靠性，與灌溉水源有密切的關係。往昔之灌溉工程，多忽視水源之估算和運用，致工程完成後，常因水源過少，供水發生問題，或取水過多，影響同流域其他地區之開發。今後之灌溉計畫，當綜合全流域之可用水源，加以慎密之估算，和妥善地運用。使流域中土地均沾水之利益，和發揮水資源之最大功效。

灌溉水源水量的來源大致可分為雨水、溪河水量、水庫及池塘蓄水量、回歸水及地下水等 5 類，灌溉計畫在前置階段必需確實掌握灌區各種可能水源之可靠供水。

1. 雨水：灌溉水之來源，大致可認為係來自降雨，其降落於灌區者，可增加土壤含水量，供給作物之消耗水量，此項發生灌溉效用之雨水，謂之有效雨量。為提高有效雨量，減少灌溉用水量，對於灌區降雨量資料必須詳實紀錄。
2. 溪河水量：降落地面之雨水，或地下湧出之地下水，部份成逕流入溪河中。溪河流量視集水面積、逕流係數等而定，故溪河愈趨下游，集水面積愈大，流量理應增加。若以溪河水量為灌溉水源，則引水地點之流量記錄，為不可缺少之資料。
3. 水庫及池塘蓄水量：如雨量分佈不均，洪枯流量相差過鉅，旱季溪河流量不足，雨季則水量有餘，欲求水源之盡量利用，必須設法利用水庫及池塘加以蓄存。為使灌溉水量達到最有效之利用，對於水庫運轉規線及池塘蓄水量必須事先掌握。
4. 回歸水：灌區內的部份水量，終歸要流返河渠或低下排水路中，如能導引匯集，在缺水地區，將視為一項重要的灌溉水源。都市中之廢水，和工廠區之污水，如經合適處理後，亦可供作灌溉水源。當乾旱時期發生時，在其他水源皆不足的情形下，若能掌握該水源水量，對於灌區抗旱效果貢獻極大。
5. 地下水：灌溉水除取用地面水外，地下水亦可供利用。地下水係由地面水滲入者，其滲入之水量，一部份為表層土壤所吸留，另一部份則移向地下，當其到達某一深度受阻時，水份將充填土壤孔隙，成為地下蓄水層。如蓄水層面積廣大，土層深厚時，其蓄藏水量將甚龐大，不啻為一天然地下水庫。若鑿井入此蓄水層中，汲取地下水灌溉，亦甚安全可靠。唯過量的抽取亦會產生不良的後果，如地盤下陷等，因此對於地下水水位必須確實掌握，控制安全出水量。

2.3、輪區灌溉計畫之製作

灌溉用水量乃作物在田間生育過程中，為補充田間土壤含水量不足，利用人工施灌於田間，供給作物所需水量，俾利作物適當生長與生產。本章將目前水利會實際執行內容，以實例說明擬定灌溉計畫前所需掌握之原則及概念。

2.3.1、基本資料

- 1.灌溉系統。
- 2.灌溉地面積清查。
- 3.農作時期之決定。
- 4.作物別種植面積調查。
- 5.田間需水量之決定。
- 6.有效雨量之決定。
- 7.各級渠道輸水損失率之查定。
- 8.水源可供流量。

2.3.2、田間灌溉耗水量之估算

$$\text{田間耗水量(WR)} = \text{蒸發散量(ET)} + \text{田間滲漏量(P)}$$

- 1.上式主要用於估算水稻本田期及雜作之田間耗水量，至於水稻插秧、整田期與實際雜作灌溉時，則需配合農民勞力及作物耐旱期距等，進行間斷性一次大量供水，其一次供給之灌溉水深如 2.3.3 所示。
- 2.由於水稻灌溉滲漏較為穩定，在灌溉計畫中田間滲漏量一般以一定值表示，至於雜作灌溉則由於滲漏不穩定且水量較少，因此一般將該損失量涵蓋在施灌效率之中。

田間耗水量計算說明範例：以水稻田為例

- 1.秧田：秧田灌溉，通常不考慮土壤因素，亦不計有效雨量，一律定為同一標準：秧田整地 200 mm(一次供給)左右，秧田補給水每天 15 mm 左右(4 天供給 60 mm 左右)。秧田用水開始時期需配合本田整田時期之錯開，其錯開日數在普通情形下係以 20 天為準，但本田整地開始時秧田用水即予停配。

計算例：

設秧田整地耗水量 200mm，秧田整地補給水 15mm，錯開 20 天，第 21 天起秧田本田補給水每天 0.6mm，1 月 22 日開始播種，至 3 月 1 日結束秧田灌溉，計算秧田期耗水量如下(秧田面積為輪區之 1/25)：

秧田整地耗水量=200mm×1/25÷20 天=0.4mm(自 1 月 22 日起至 2 月 10 日止每天 0.4mm)。

秧田補給水

第 1 天=15mm×1/25÷20 天=0.03mm(即 1 月 22 日)。

第 2 天=0.03mm×2=0.06mm(即 1 月 23 日)

第 3 天=0.03mm×3=0.09mm(即 1 月 24 日)

依此可累計秧田期每旬田間耗水量，如表 2-7。

表 2-7 水稻秧田期之日田間耗水量(以 1 月下旬為例)

項目 \ 日	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
整地日計	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
補給日計	0	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3
整地旬計	4 mm										
補給旬計	1.65 mm										

2.整田：整田期耗水量之多少，即視水田土壤空隙率、含水量滲透能力、翻耕深度、配水管理而不同，通常 100mm~200mm 範圍最多。

計算例

假設整田耗水量 180mm，一次供給，錯開 20 天，1 月 22 日開始播種，計算整田期耗水量如下：

整田耗水量=180mm/20 天=9mm/day(自 3 月 2 日起至 3 月 21 日止)。

3.本田：水稻移植後就開始灌溉，至成熟末期即可停止灌溉，在生長成熟過程中之田間灌溉耗水量包括本田蒸發散量(或本田作物需水量)及土壤滲漏量。

計算例：

(1)本田期蒸發散量

插秧整地完成後，水稻即進入本田期之分蘗初期，本例蒸發散量依水稻生長期查表 2-2，因此，本田期蒸發散量

第 1 天= $2.16\text{mm} \times 1/20 = 0.108\text{mm}$ (即 3 月 3 日)。

第 2 天= $0.108\text{mm} \times 2 = 0.216\text{mm}$ (即 3 月 4 日)

第 3 天= $0.108\text{mm} \times 3 = 0.324\text{mm}$ (即 3 月 5 日)

依此，根據水稻不同生長期之作物蒸發散量，推估本田期日及旬蒸發散量，如表 2-8。

表 2-8 水稻本田期之日田間耗水量(以 3 月上旬為例)

日 生育期	蒸發散量 mm/day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分蘗初期	2.16	0	0	0.108	0.216	0.324	0.432	0.54	0.648	0.756	0.864
分蘗末期	4.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
開花初期	4.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
開花末期	5.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
成熟初期	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
成熟中期	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
成熟末期	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
滲漏量	6.85	0	0	0.343	0.685	1.028	1.37	1.713	2.055	2.398	2.74
蒸發散量旬計 mm		3.9 mm									
滲漏量旬計 mm		12 mm									

(2)本田期滲漏量

台灣水稻田區均有田埂，灌溉後不容許發生逕流，因此灌溉計畫中之田間滲漏量僅計入垂直滲漏損失。本例滲漏量依土壤類別查表 2-4 採粘質壤土 6.85mm/day 計算。本田期滲漏量

第 1 天= $6.85\text{mm} \times 1/20 = 0.3425\text{mm}$ (即 3 月 3 日)。

第 2 天= $0.3425\text{mm} \times 2 = 0.685\text{mm}$ (即 3 月 4 日)

第 3 天= $0.3425\text{mm} \times 3 = 1.0275\text{mm}$ (即 3 月 5 日)

依此，推估本田期日及旬滲漏量，如表 2-8。

本田期田間耗水量=本田期蒸發散量+本田期滲漏量，如表 2-8。

4.由步驟 1、2、3 依照水稻秧田、整田及本田，分別計算各旬田間灌溉耗水量，如表 2-9。

表 2-9 水稻田間灌溉耗水量之估算例

月別 項目		1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			本期 合計	備 註
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下		
秧田期 耗水量	整地			4	4																	8		
	補給			1.65	4.65	6	4.8	0.6														17.7		
整地期耗水量								81	90	9												180		
本 田 期 蒸 發 散 量		分藥 初期						3.888	13.93	12.96	1.62											32.4		
		分藥 末期							1.944	21.38	30.24	11.88										65.448		
		開花 初期									10.53	31.59	24.57	3.51								70.2		
		開花 末期										2.6	24.57	36.4	14.3							77.87		
		成熟 初期												10.8	32.4	26.4	2.4					72		
		成熟 中期													2.5	27.5	33.75	11.25					75	
滲漏量		成熟 末期														9.625	24.5	16.63	1.75			52.5		
								12.33	46.24	75.01	68.5	68.5	68.5	68.5	75.35	68.5	63.36	32.54	3.43			719.25		
小 計				5.65	8.65	6	4.8	97.82	152.1	118.4	110.9	114.6	117.6	119.2	117.7	129.3	114.3	99.11	49.16	5.175			1370.37	

單位：mm。

2.3.3、田間灌溉用水量之估算

$$\text{田間灌溉用水量(FIR)} = \text{田間耗水量(WR)} - \text{有效雨量(ER)}$$

田間灌溉用水量(FIR)常以一時間內之用水深(mm)、體積(m^3 、 ℓ)及流量(cms 、 ℓ/sec)為計量，其值為前項田間耗水量(WR)扣除有效雨量(ER)。

田間灌溉用水量計算說明範例：以水稻田為例

水稻田有效雨量宜依據管理所決定之標準，惟應注意如下各項：

1. 秧田用水不計入有效雨量。
2. 為避免缺水，第一期作整田期不計入有效雨量。
3. 移植錯開期間中之有效雨量應按實際移植完成之面積比例計算，本例灌溉輪區面積採 50 公頃。
4. 斷水開始後之有效雨量計算應按斷水面積之增加逐日減遞有效雨量。
5. 本例有效雨量依據水稻生長期查表 2-5 計算，如表 2-10。

2.3.4、輪區用水量之估算

$$\text{輪區用水量(TR)} = \text{田間灌溉用水量(FIR)} + \text{水路輸水損失量(S)}$$

1. 輪區用水量(TR)較常以流量(cms 、 ℓ/sec)為計量，其值為前項田間灌溉用水量(FIR)加上水路輸水損失量(S)。
2. 灌溉管理乃為公平配水，必須精確計量水路輸水損失，方能免生糾紛及獲得田坵圓滿的灌溉，為期有正確之數值，必須隨時隨地經常觀測記錄。
 - (1) 幹、支、分線之輸水損失觀測：目前水利會幹、支、分線之構造，大部份為混凝土內面上，其輸水損失量均於建設完成時利用穆芮斯氏 Moritz 公式估計及實際觀測所得資料，由於經過年久，內面上構造難免有裂縫或其他斷面不整等現象，故採用之輸水損失難免有所不正確，未來仍需就幹、支、分線各段加以觀測，其方法以流速儀為主，浮漂法、水面坡降法輔進行流量觀測。

表 2-10 水稻田間用水量之估算例(灌溉面積 50ha)

時間 \ 項目單位		水稻 田間耗水量 WR	估計有效雨量 ER	估計田間用水量 FIR		
		mm	mm	mm	m ³	ℓ /sec
1 月	上					
	中					
	下	5.65		5.65	2,825	3.270
2 月	上	8.65		8.65	4,325	5.006
	中	6		6	3,000	3.472
	下	4.8		4.8	2,400	2.778
3 月	上	97.818	3.6	94.218	47,109	54.524
	中	152.1135	14.28	137.8335	68,916.75	79.765
	下	118.3515	34.77	83.5815	41,790.75	48.369
4 月	上	110.89	44.05	66.84	33,420	38.681
	中	114.57	46.05	68.52	34,260	39.653
	下	117.64	46.475	71.165	35,582.5	41.183
5 月	上	119.21	47.15	72.06	36,030	41.701
	中	117.7	47.525	70.175	35,087.5	40.611
	下	129.25	50.6	78.65	39,325	45.515
6 月	上	114.275	44.2	70.075	35,037.5	40.553
	中	99.1125	40.7	58.4125	29,206.25	33.804
	下	49.1625	20.9	28.2625	14,131.25	16.536
7 月	上	5.175	2.2	2.975	1,487.5	1.722
	中					
	下					
本期合計		1,370.368	442.5	927.868	463,934	
備註						

(2)小給水路輸水損失觀測：灌區內小給水路大部份為土渠或內面工，在水稻灌溉期間係連續通水狀態，故其損失較穩定，但在雜作及甘蔗灌溉時，土渠較乾且水路甚長，因此坵塊灌溉順序之前後，輸水損失之差異極大，故盡可能利用兩具簡單之量水槽(如三角堰或巴歇爾量水槽)，任意選定不定長之水路計量兩段之流量，由下式求得，流入量－流出量＝水路損失量(cms)。

輪區水門用水量計算說明範例：以水稻田為例

- 1.小給水路之輸水損失應依據已經查定之輸水損失率計算，為秧田用水因流量較少，其輸水損失率應另行考慮(一般均以 50%為準計算)。
- 2.進入整田及本田期後，水路輸水損失需依實際觀測資料決定，本例水路輸水損失採用 $S_2=18\%$ ，估算水路損失水量。
- 3.為避免估算後之輪區水門用水量過小，以致無法將田間用水量全數送抵田間，故於估算輪區水門用水量後，仍需與給水路最少供應量比較，若估算後之輪區水門用水量小於水路最少供應量時，則水門用水流量需採用水路最少供應量。本例給水路最少供應量採 8 l/s ，如表 2-11。

2.3.5、水平衡分析

由於水量供需兩方皆發生於同一個灌溉系統內，理想之灌溉必須要滿足水量供需雙方之平衡。

灌溉計畫之製作目的應是以滿足每個坵塊之灌溉需求為優先，在輪區內應逐一計算累加每一坵塊之需水量，才可求得每一輪區真正所需要之灌溉水量，水源由水利會統籌負責供應，農民並不瞭解水源水量是否能滿足全部田坵之灌溉，僅關心水利會供水到自己坵塊的水量能否足夠於田間作物之所需。因此最佳之灌溉計畫狀況為：

$$Q_{\text{supply}} = Q_{\text{demand}}$$

其中：

$Q_{\text{supply}}(Q_s)$ ：輪區水門以上之水路供水量，

$Q_{\text{demand}}(Q_d)$ ：輪區水門用水流量。

表 2-11 水稻輪區水門用水量之估算例

時間	項目 單位	田間 用水量 FIR	估計輸水損失 S ₂ (18%)	估計 田間用水量 FIR	估計水門用水 量 TR	水門用水量 Qdemand (Qd)
		ℓ /sec	ℓ /sec	ℓ /sec	ℓ /sec	ℓ /sec
1 月	上					
	中					
	下	3.270	3.270	6.539	8	8.00
2 月	上	5.006	5.006	10.012	8	10.01
	中	3.472	3.472	6.944	8	8.00
	下	2.778	2.778	5.556	8	8.00
3 月	上	54.524	9.814	64.339	8	64.34
	中	79.765	14.358	94.122	8	94.12
	下	48.369	8.706	57.075	8	57.08
4 月	上	38.681	6.963	45.643	8	45.64
	中	39.653	7.138	46.790	8	46.79
	下	41.183	7.413	48.596	8	48.60
5 月	上	41.701	7.506	49.208	8	49.21
	中	40.611	7.310	47.920	8	47.92
	下	45.515	8.193	53.708	8	53.71
6 月	上	40.553	7.299	47.852	8	47.85
	中	33.804	6.085	39.888	8	39.89
	下	16.356	2.944	19.300	8	19.30
7 月	上	1.722	0.310	2.032	8	8.00
	中					
	下					
本期合計						
備註						

倘若 $Q_s > Q_d$ ，在渠道容許的範圍內，就農民的立場，只要過多的水量不引至田間，造成作物長期淹水以致減產，仍不至有太大問題。反之，發生 $Q_s < Q_d$ 時，則就灌溉管理者的立場，為避免農民因缺水使作物減產而造成損失，需針對不同供需差異程度，進行灌溉計畫之修正。

水平衡分析計算說明範例：以水稻田為例

為檢定灌溉計畫之可行與否，需將前述推估之水稻輪區水門用水量(Q_{demand} 、 Q_d)與可供應水門之流量(Q_{supply} 、 Q_s)進行每旬供需水量之差異分析，茲採用旬供需差異量百分比進行比較，如表 2-12。

旬供需差異量百分比(%) = $100 \times (Q_s - Q_d) / Q_s$

當旬供需差異百分比在-10%~-20%，則該灌溉計畫視為可以接受，若差異百分比過大時，則需視作物種植與否，採行不同之修正方式。

- 1.種植前：調整灌溉面積，延長錯開日數，減低需水尖峰。
- 2.種植後：採行輪灌或重點式灌溉，均勻減少供應水量。

2.3.6、年與旬灌溉計畫

灌溉計畫視其製作時機，可分為年灌溉計劃與旬灌溉計畫，後者為實際應用於配水操作之依據，故亦稱為配水計畫，其製作詳見配水計畫。

- 1.年灌溉計畫係於年度開始前約三個月左右製成，其灌溉用水量計算如依各水利會悉用之時間單位，如旬採行之。此一計畫為前述各項，包括作物制度或計畫、作物需水量、田間灌溉耗水量、田間灌溉用水量及各水門灌溉用水量之彙集，並以一系統進水口之各旬總灌溉用水量與各旬可供灌水量比較，進行水平衡分析，以決定妥適者選為定案灌溉計畫，再經水利會會務委員會通過，然後報行政院農委會和經濟部水利署及相關縣市政府備查。
- 2.此一年灌溉計畫因製作時間距離灌溉季節尚遠，其功能僅在作為水利會於來年計畫之灌溉目標，實際作業上，於各期作開始前約 7 至 10 天前(視灌溉系統規模而定)，依最近氣象情況及氣象局預測降雨資料，修訂年灌溉計畫中，該期作各相關旬之水門用水量，包括作物種植計畫之配合修訂，如轉作或休耕等。
- 3.由於旬灌溉計畫於「灌溉配水技術」有詳細介紹，故在此僅將旬灌溉計畫之製作原則概述於下：

表 2-12 水稻輪區每旬之水平衡分析例

時間	項目 單位	水門用水量 Qdemand (Qd)	可供應水門之流量 Qsupply(Qs)	供量與用量之差異量 Qs -Qd	差異量百分比 (Qs -Qd)/ Qs
		ℓ /sec	ℓ /sec	ℓ /sec	%
1 月	上				
	中				
	下	8.00	9	1.00	11.1
2 月	上	10.01	9	-1.01	-11.2
	中	8.00	9	1.00	11.1
	下	8.00	9	1.00	11.1
3 月	上	64.34	60	-4.34	-7.2
	中	94.12	100	5.88	5.9
	下	57.08	60	2.92	4.9
4 月	上	45.64	45	-0.64	-1.4
	中	46.79	45	-1.79	-4.0
	下	48.60	45	-3.60	-8.0
5 月	上	49.21	45	-4.21	-9.4
	中	47.92	45	-2.92	-6.5
	下	53.71	50	-3.71	-7.4
6 月	上	47.85	45	-2.85	-6.3
	中	39.89	40	0.11	0.3
	下	19.30	20	0.70	3.5
7 月	上	8.00	9	1.00	11.1
	中				
	下				
本期合計					
備註					

- 1.灌溉系統：該灌區灌溉系統主要自石門水庫取水，如圖 2-5，利用桃園大圳幹線引入，下分設 16 條支分線，於每年通水前由水利會擬訂各支線之年灌溉計畫表，再交由幹線工作站執行旬灌溉計畫操作。旬灌溉計畫執行工作站，如表 2-13。
- 2.農作時期：桃園大圳對於年灌溉計畫之製作，主要考慮全年對水稻灌溉之供水，對於農作時期之安排，如表 2-14。
- 3.灌溉面積：該灌區灌溉面積 23,815 公頃，為桃園水利會最大之灌溉區域，不同土壤別之灌溉面積統計，如表 2-15。

表 2-13 工作站執行旬灌溉計畫作業

項別	執行工作站	管轄之分線	說明
幹線配水	水尾工作站-依灌溉計畫由石門水庫，供應幹線通水量分配給各支線，如某支線支池塘貯水過多或過少，或其他原因需要改變分配水量時，應由管理組作改變計畫，由會長核定後通知工作站執行，但洪水期之排水如幹渠水位越過一定標準時，即由站處理啟開排水門洩洪，以維渠道之安全。		
支線配水及執行灌溉	桃園工作站 大竹工作站 大園工作站 大崙工作站 草螺工作站 新坡工作站 觀音工作站 新屋工作站 湖口工作站 大溪工作站	1.支線及轄區幹直 2.... 3.4.5.... 6.7.8-1... 8.... 9.... 10.11.... 12.12-1...蚵殼港 圳光復圳 導水路直接灌區	支線管理員依計畫配水量分水至池塘，如有多餘水量依配水比例分配各池塘，灌溉管理員負責各灌區內灌溉配水集合水堰之水盡量引進灌區或池塘，以補充灌溉用水量。

表 2-14 農作時期

時期 農作別	第一期作		第二期作	
	日期	錯開	日期	錯開
播種	2月1日～2月25日	25天	7月9日～7月28日	20天
浸田	2月15日～3月11日	25天	7月12日～7月31日	20天
整田	2月28日～3月24日	25天	7月23日～8月11日	20天
插秧	3月1日～3月25日	25天	7月24日～8月12日	20天
本田期間	3月1日～7月23日	含錯開 145天	7月24日～11月30日	含錯開 130天
收穫	7月5日～7月29日		11月21日～12月10日	
本田	灌溉日數120天(原計畫105天)		灌溉日數110天(原計畫95天)	
備註	在輪區之用水計畫其播種、插秧等錯開日數以15～20天為原則，如屬河水灌區可以延長，惟不超過25天為宜。			

表 2-15 灌溉面積

單位：ha

土壤別 圳或支線別		輕粘土	粘質壤土	砂質粘壤土	砂質壤土	計	備註
桃園大圳	1 支線	447	295	174	884	1,800	包括南崁圳、坑子口圳
	2 支線	244	1,874	129	452	2,699	
	3 支線	416				416	
	4 支線	724	29		230	983	
	5 支線		203		553	756	
	6 支線	117		431	14	562	
	7 支線			708		708	
	8-1 支線	155				155	
	8 支線	624	608		1,061	2,293	
	9 支線	567	102	308	150	1,127	
	10.11 支線		1,821		1,281	3,102	
	12 支線	360	624		681	1,665	
	蚵殼港圳		784	401	132	1,317	
	12-1 支線			181		181	
	幹線直接		2,775	911	115	3,801	
	光復圳	789	798	516	147	2,250	對照表六之一之合計值
	小計	4,443	9,913	3,759	5,700	23,815	

2.4.2、水門灌溉用水量

一、田間灌溉耗水量

桃園大圳田間灌溉耗水量估算，可分為秧田、浸田、整田及本田 4 期，與本章所介紹估算方式略有不同，主要在於桃園大圳在整田期為降低尖峰用水量，乃依據土壤滲漏情形，提早將部分整田用水量送至田間，實施浸田。另對於本田期田間灌溉耗水量之決定亦較為粗放，並未依水稻不同生長期之作物需水量加以推估。有關桃園大圳之田間灌溉耗水量推估表，如表 2-16。

表 2-16 田間灌溉耗水量

項目			第一期作				第二期作			
			輕粘土	粘質壤土	砂質粘土	砂質壤土	輕粘土	粘質壤土	砂質粘土	砂質壤土
秧田	折合本田面積比率		1/25	1/25	1/25	1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
	秧田整地(供給一次)(mm)		200	200	200	200	200	200	200	200
	秧田 補給 水	日供水深 (mm)	15	15	15	15	15	15	15	15
		期距(day)	4	4	4	4	4	4	4	4
		灌溉日數 (day)	40	40	40	40	15	15	15	15
	折合本田面積之秧田水深(mm)		32	32	32	32	17	17	17	17
浸田	一次(mm)		100	100	100	-	100	100	100	-
	二次(mm)		50	50	50	-	50	50	50	-
整田(mm)			30	30	30	180	30	30	30	180
本田	每日 水深 (mm)	自插秧完 30 天內	7.2	7.6	8.1	10.1	7.6	8.1	8.4	10.8
		自插秧完 31 天起	6	6.4	6.7	8.4	6.4	6.7	7	9
	期距 (day)	自插秧完 30 天內	3	3	3	3	3	3	3	3
		自插秧完 31 天起	6	6	6	6	6	6	6	6
	本田期間總水深 (mm)		756	804	846	1059	740	779	812	1044
該期作折合本田面積之 總水深(mm)			968	1016	1058	1271	937	976	1009	1241

二、田間灌溉用水量

茲以桃園大圳 10 支線一輪區之輕黏土及砂質壤土為例，其估算之田間灌溉用水量，如表 2-17、表 2-18。

表 2-17 桃園大圳 10 支線一輪區輕黏土田間灌溉用水量

項目	單位	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			本期 合計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬				
秧田	整地	mm		4.0	4.0																	8	
	補給	mm		1.65	4.65	2.4																9.3	
浸田	1 次	mm				30.0	40.0	30.0														100	
	2 次	mm					10.0	25.0	15.0													50	
整地		mm							13.5	15.0	1.5											30	
	本田	mm							13.0	48.6	78.8	72.0	72.0	60.0	60.0	66.0	60.0	55.5	28.5	3.0		677.4	
小計		mm							81.5	78.6	80.3	72	72	60	60	66	60	55.5	28.5	3		874.7	
	有效雨量	mm							6.48	24.3	39.4	37.1	37.1	37.1	34.7	38.2	42.4	38.0	17.8	0		387.26	
田間灌溉 用水量		mm							74.9	54.3	40.9	34.9	34.9	22.9	25.3	25.3	17.6	17.5	10.7	3		487.44	

表 2-18 桃園大圳 10 支線一輪區砂質壤土田間灌溉用水量

項目	單位	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			本期合計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
田間需水量	秧田			4																			8
	整地																						
	補給			1.65	4.65	6	4.8	0.6															17.7
	1 次																						
田間需水量	2 次																						
	整地								81	90	9												18
	本田								18	67.5	110.5	101	101	84	84	84	84	92.4	84	77.7	39.9	4.2	948.2
	小計				5.65	8.65	6	4.8	99.6	157.5	119.5	101	101	84	84	84	84	92.4	84	77.7	39.9	4.2	1153.9
有效雨量									6.48	243	39.42	37.1	37.1	37.1	34.7	34.7	38.17	42.4	38.19	17.6	0		387.2
田間灌溉用水量				5.65	8.65	6	4.8	93.12	133.2	80.08	63.9	63.9	46.9	49.3	49.3	54.23	41.6	39.51	22.3	4.2			766.64

三、水門灌溉用水量

小給水路之輸水損失應依據已經查定之輸水損失率計算，為秧田用水因流量較少，其輸水損失率應另行考慮(一般均以 50%為準計算)。至於各級之渠道輸水損失率之查定，如表 2-19；灌溉用水量計算，如表 2-20。

表 2-19 各級渠道輸水損失率之查定

圳或支線別	小給水路損失		支線損失		
	秧田用水	其他	損失率 S_1 (%)	損失率 S_2 (%)	損失量(mm)
1 支線	一般均以 50% 為準計算 資料來源： On Irrigation Efficiencies, 1990	應依據已經查定之輸水損失率計算	6.7 (實測 5.4)	7.2	98
2 支線			9.5 (實測 7.8)	10.5	308
3 支線			14.4 (實測 13.2)	16.8	70
4 支線			10.8 (實測 9.8)	12.1	100
5 支線			11.1 (實測 9.8)	12.5	100
6 支線			12.2 (實測 12.4)	13.9	88
7 支線			14.2 (實測 9.2)	16.6	80
8-1 支線			13 (實測 8.8)	14.9	10
8 支線			13.8 (實測 10.7)	16.0	398
9 支線			21.6 (實測 9.1)	27.6	172
10、11 支線			13.7 (實測 10.9)	15.9	568
12 支線			14.5 (實測 12.9)	17.0	291
蚵殼港圳			10.5 (實測 9.1)	11.7	195
12-1 支線			12.7 (實測 5.2)	14.5	13
光復圳			14.6 (實測 13.4)	17.1	722
小計			12.5 (實測 10.2)	14.3	3,213
總計			9.6 (實測 10.2)	10.6	3,213

表 2-20 灌溉用水量計算

項目 圳或支線別	輕黏土		粘質壤土		砂質粘壤土		砂質壤土		計		有效雨量		田間 供水 mm	輸水損失		水門 用水 mm
	面積 ha	需水量 mm	面積 ha	需水量 mm	面積 ha	需水量 mm	面積 ha	需水量 mm	面積 ha	需水量 mm	面積 ha	需水量 mm		損失率 %	損失量 mm	
1 支線	471	897	334	665	0	0	737	-	1,542	3,413	1,542	668	2,745	13%	410	3,155
2 支線	320	610	1,831	3,647	332	686	726	-	3,209	6,767	3,209	1,516	5,251	13%	785	6,036
3 支線	418	796	-	-	-	-	-	-	418	796	418	169	627	13%	94	721
4 支線	731	1,393	29	58	-	-	233	-	993	2,036	993	423	1,613	13%	241	1,854
5 支線	-	-	228	454	-	-	534	-	762	1,795	762	364	1,431	13%	214	1,645
6 支線	117	223	-	-	442	914	14	-	573	1,172	573	270	902	13%	135	1,037
7 支線	-	-	-	-	703	1,453	-	-	703	1,453	703	344	1,109	13%	166	1,275
8-1 支線	153	291	-	-	-	-	-	-	153	291	153	62	229	13%	34	263
8 支線	686	1,307	511	1,018	111	229	1,021	-	2,239	5,119	2,329	1,012	4,107	13%	725	4,832
9 支線	565	1,076	102	203	308	637	-	151	1,126	2,295	1,126	505	1,790	13%	267	2,057
10.11 支線	-	-	1,854	3,693	31	64	-	1,202	3,087	6,776	3,087	1,304	5,472	15%	966	6,438
12 支線	359	684	626	1,247	-	-	-	684	1,669	3,649	1,669	692	2,957	13%	442	3,399
蚵殼港圳	-	-	792	1,578	397	821	-	131	1,320	2,728	1,320	597	2,131	24%	673	2,804
12-1 支線	-	-	-	-	182	376	-	-	182	376	182	85	291	13%	43	334
幹線直接	915	1,743	807	1,607	576	1,191	-	90	2,388	4,767	2,388	1,129	3,638	13%	543	4,181
光復圳	-	-	2,784	5,546	927	1,916	-	115	3,826	7,751	3,826	1,549	6,202	24%	1,959	8,161
小計	4,735	9,020	9,898	19,716	4,009	8,287	-	5,638	24,280	51,184	24,280	10,689	40,495	-	7,697	48,192

2.4.3、水平衡分析

一、可供應水門之水量

水源以由大漢溪石門水庫取水之幹線-桃園大圳(含光復圳)為主，區域內大小河川，除大漢溪外，另有南崁溪、茄苳溪、新街溪、老街溪、社子溪、新庄子溪等小溪流為補助水源。灌溉水源主要可分為：

- 1.石門水庫
- 2.蓄水池
- 3.河水堰

由於石門水庫放水量有限制，其所放水量又須兼顧大溪灌區及新海灌區各圳之用水，桃園大圳進水量亦有限制，最大取水量(流量)為 16.7cms 洪水時亦不能多取。全區域內蓄水池共有 285 口，大小不一，其有效蓄水量與支配面積和需水量均不成比例，其水源除由本身集水面積之集流取入外，可由石門水庫放水經幹線支分線灌注，亦可由河水堰引入，全區共有河水堰 346 座，河水堰之水，除注入蓄水池作間接灌溉外，亦可直接灌溉農田。故水源之調配異常複雜，其灌溉營運辦法有下列之規定：

- 1.蓄水池能由河水堰取水者，應盡量由河水堰取水，減少由石門水庫配水，以免妨害其他水權人之權益。
- 2.蓄水池集水面積較大者，應盡量貯引地面逕流，減少石門水庫配水。
- 3.石門水庫放水量超過計畫用水量時，應將超過水量取入貯放於較大之蓄水池，以備取水量銳減時，得以把握幹支分線及取入線(幹支分線引水至蓄水池之水路定名為取入線)直接灌溉區之用水。
- 4.缺水時在可能範圍內，優先供給幹支分線及取入線直接灌溉區域，其有餘水再注入蓄水池，倘水量不足時須參照全部蓄水池之蓄水量及各地缺水情形，採臨時灌溉措施變更用水計畫。
- 5.非稻作灌溉期間，除渠道歲修斷水外，應繼續由石門系統及河水堰盡量取水，貯入蓄水池。蓄水池之給水門或幹支分線直接灌溉之給水門除配放裏作灌溉用水外一律關閉。
- 6.降雨量應盡量利用以增加蓄水池之貯水量。
- 7.整田及插秧期間須作有計畫之時間先後錯開，以避免尖峰用水。

二、水門供需差異水量

表 2-21 桃園大圳灌區配水計畫

圳或支線別	水 門 用水量	河 水 取 入 及 貯 水 池 集 水 量	大 圳 配 水 量				
			配水量	支線損失		幹線損失	計
				損失率	損失量		
1 支線	720 3,155	2,509.6	1,365.4	6.7 (實測 5.4)	98		1,463.4
2 支線	192 6,036	3,301	2,927	9.5 (實測 7.8)	308		3,235
3 支線	118 721	421.2	417.8	14.4 (實測 13.2)	70		478.8
4 支線	47 1,854	1,076.7	824.3	10.8 (實測 9.8)	100		924.3
5 支線	277 1,654	1,123.4	798.6	11.1 (實測 9.8)	100		898.6
6 支線	357 1,037	763.1	630.9	12.2 (實測 12.4)	88		718.9
7 支線	129 1,275	919.2	484.8	14.2 (實測 9.2)	80		564.8
8-1 支線	194 263	390	67	13 (實測 8.8)	10		77
8 支線	39 4,832	2,393.5	2,477.5	13.8 (實測 10.7)	398		2,875.5
9 支線	410 2,057	1,843.1	623.9	21.6 (實測 9.1)	172		795.9
10、11 支線	566 6,438	3,412.7	3,591.3	13.7 (實測 10.9)	568		4,159.3
12 支線	241 3,399	1,928.4	1,711.6	14.5 (實測 12.9)	291		2,002.6
蚵殼港圳	2,804	1,150.4	1,150.4	10.5 (實測 9.1)	195		1,848.6
12-1 支線	113 334	357.3	89.7	12.7 (實測 5.2)	13		102.7
光復圳	8,161	3,953.5	4,207.5	14.6 (實測 13.4)	722		4,929.5
導水路直接	778	187.5	590.5				590.5
小計	48,192	25,730.6	22,461.4	12.5 (實測 10.2)	3,213		25,674.4
幹線損失	-	-	-	-	-	5,235	5,235
總計	48,192	25,730.6	22,461.4	9.6 (實測 10.2)	3,213	5,235	30,909.4

表 2-22 桃園大圳分配石門水庫配水量之計畫表

月旬 \ 圳別		配水量	月旬 \ 圳別		配水量
1	上	1.987	7	上	14.385
	中	1.987		中	14.500
	下	1.987		下	14.500
2	上	12.443	8	上	14.500
	中	12.258		中	14.500
	下	14.241		下	14.500
3	上	14.000	9	上	13.490
	中	14.000		中	13.294
	下	14.000		下	13.294
4	上	13.477	10	上	13.580
	中	13.477		中	13.580
	下	13.069		下	13.560
5	上	12.476	11	上	13.582
	中	12.476		中	13.177
	下	12.476		下	13.603
6	上	13.202	12	上	1.987
	中	13.202		中	1.987
	下	13.202		下	1.987

2.5、參考文獻

- 1.甘俊二等，1999 年，灌溉用水管理訓練手冊，行政院農業委員會、台灣省農田水利會聯合會、中國農業工程學會。
- 2.郭慶和等 1998 年，農田水利教材，財團法人台北市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。
- 3.雲林農田水利會，1998 年，雲林農田水利會管理組業務講義。
- 4.徐金錫等，1994 年：農田水利會技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本，台灣省農田水利會聯合會 6 月。
- 5.甘俊二等，1993 年，灌溉排水原理，中央圖書出版社 10 月。
- 6.李源泉，1993 年，灌溉排水原理，嘉義大學。
- 7.M..G.Bos, J. Nugteren ,1990, On Irrigation Efficiencies, ILRI(19).

第三章、灌溉配水技術

3.1、概述

3.1.1、灌溉輸配水之目的

水為植物不能缺少之物質，所以作物對水之需要至為重要，所需水量依不同生長期而有所差異；而灌溉配水之目的，便是基於作物生長需要，在田間供需平衡條件下，以最適當方式將水以公平、合理、適時且適量分配至田區。以水稻為例，對水需求甚高，但也不至於需要長期浸泡在水中，所需水量依各生長期而有所不同，其栽培管理與灌溉排水管理如圖 3-1 所示。

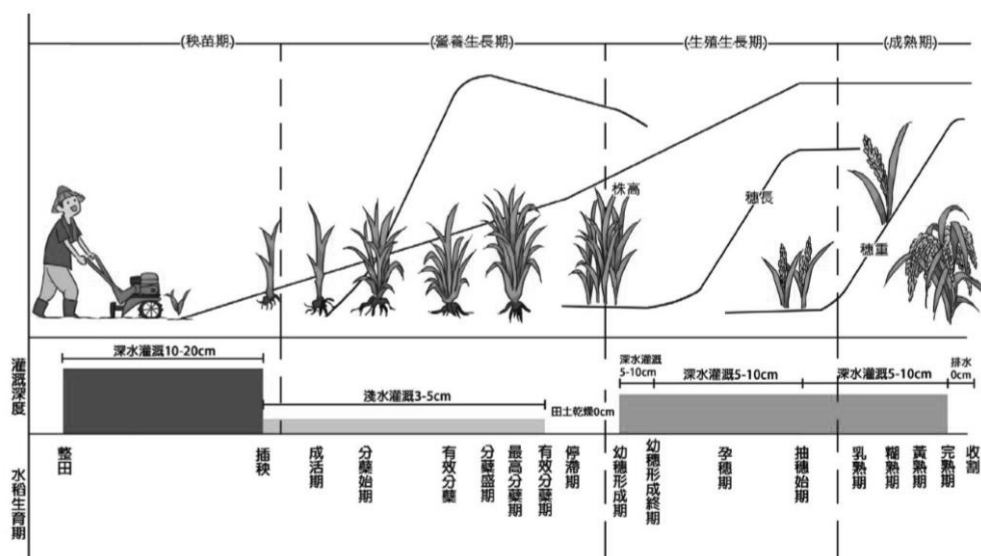


圖 3-1 水稻生育期中之栽培管理與灌溉排水管理概略圖

灌溉配水在實務上之操作，當供應水源之流量發生變動時，若無法達到計畫用水量之正常供水情況下，如何利用適當之配水措施，將既有的水源水量，在適當的時機，合理地分配至各個田區中，以提供作物維持合理產量所需之水量；反之在豐水季節，在渠道(Canal)容量許可的情形下，應如何儘量引水灌溉，減少在缺水期灌溉不足時所引起之不良後果、避免鹽鹼地的產生、延緩水量逕流入海，而得以保持地力並達到農業永續利用的宗旨，進而改善水、土資源的利用，以達到生產、生活、生態三生的目的。

3.1.2、灌溉輸配水之分類

灌溉(Irrigation)以時間加以分類時，可以區分為 3 種：

- 1.連續灌溉(續灌)：為維持一定水位，輸配水時以連日不斷灌溉稱之。

2.間歇灌溉：主要係因水源有限，所因應實施之用水調節措施，在輪配水之作業上以斷斷續續，有週期性之供水，田面狀態為乾濕交替，如在某階段灌溉一段落，調節暫時停灌數日，再重新另一階段灌溉。

3.輪流灌溉：係在各輪區或各灌溉系統施行之輪流引水之灌溉方法。

一、按需求供水

作物需水量(或作物蒸發散量)因作物種類、生長狀況、環境及栽培情形有所不同。作物需水量，包括作物的蒸散量和從土壤及作物表面之蒸發量。當作物尚在幼苗階段，蒸發量可能比蒸散量大；隨著作物成長過程至完全成長階段，其蒸散量將逐漸增加甚至於大於蒸發量。因此，作物吸收水分之多寡，與土壤水分及作物各生育期之需水量有關，在剛種植之初始階段，蒸發量比蒸散量重要。初始階段之蒸發散量或作物需水量約為中期階段作物完全發展時作物需水量的 50%。在所謂作物發展階段期間，作物需水量是逐漸從最大作物需水量的 50%到最大作物需水量。最大作物需水量發生在作物發展階段末期，為中期階段的開始。對於末期階段，是在作物成熟和收穫時期，依照成熟收穫之情況可區分為：

(一)新鮮收穫作物

如萵苣、甘藍菜等，這些作物在末期階段期間的作物需水量仍然需要維持和中期階段期間相同水量。這些作物是新鮮收穫的，因此對於水分之需求，可以由需要較高水分之中期，一直維持到最後之收穫時刻。

(二)乾燥收穫作物

如棉花、玉米(粒狀)、向日葵、水稻等。在末期階段期間，這些作物將會逐漸乾燥。所以，它們在末期階段的需水量是最少的。此時，其作物需水量只有在中期或尖峰期作物需水量的 25%。或許在末期階段，這些作物是不用灌溉了。

最理想之配水方式，即是按照作物不同生長階段需水要求供水，然此一方式在執行上，會隨著灌溉面積之增大，以及作物栽培時期之不一致，土壤滲漏量與保水力之相異，而難以精確執行。

二、按預先制定計畫供水

在進行作物種植之前，需先對整個灌溉區域之水源、氣候、作物、土壤、種植時期等，擬定灌溉用水計畫。而同一灌區內作物栽培種類不一，且種植時期亦參差不齊，導致同一時間各作物之需水條件互異。為合理達到灌溉預期效果，除工程設計前後所建立之各項基本資料外，在灌溉管理實際情況應經常建立保存與更新，以供擬定灌溉計畫之參考。

灌溉計畫執行主要為決定適當灌溉水量、灌溉期距及適切灌溉日期(即適時適量)。作物種植後之配水執行上，在理想情況下，可依照預先制定灌溉計畫供水。

三、輸配水系統

灌溉用水一般是由水源經導水路、幹線(Main Canal)、支線、分線、中小給水路、補給水路、至田區中。在導水路至中小給水門(即中小給水門以上)之水路部分，稱為輸水系統，其用水管理任務由水利會負責辦理。而自中小給水門以下，經中小給水路、補給水路至輪區、農田之水路部分，稱為配水系統，其用水管理任務由水利小組在灌溉工作站之指導下實際操作辦理。由水利小組按掌水工、會員輪值或會員自行擔任等方式，進行實際操作田間配水。

3.1.3、灌溉輸配水基本要求

一、公平原則

基於水源特性，現行灌溉配水方式，大都是使用輪流灌溉方式，具有可節省系統灌溉用水量之優點，及減少枯水期爭水之不良後果。因此在理想之配水作業上，應能合理分配水量、消弭爭水糾紛、減輕農民負擔、促進集體經營及發揮應有之水資源效益。

輪流灌溉在執行上，係依據各支分線配給水量，按照規定時間供水，其順序由下游而上游、由左而右、有條不紊，所秉持的就是公平原則。

二、輸配水之軟、硬體

水自水源經由取水構造物、渠道、渠道構造物、量水構造物、分水構造物、保護構造物等硬體設施，將水由水源處導引到田區中。因此就輸配水硬體設施，隨著水源、地形之特性而有所變化。

軟體方面，因輸配水屬於灌溉管理之一環，故廣泛輸配水軟體包括：用水管理技術，分水、配水技術及輸配水硬體設施之各項控制、管理技術及配水記錄、分析等。

三、輸配水之經濟成本觀念

興辦農田水利工程之目的在灌溉，而灌溉之目的歷經時代變遷，由早期以生產為目的，發展至現今以生產、生態、生活—「三生」為目的，因此對於水之管理及其效益發揮，與我們生活息息相關。所考量的應是以生態與經濟兼顧之效益觀，而非早期以生產為主之經濟效益概念。故在作法上應以如何提高水的利用價值、增加作物產量及如何發揮水經濟效益為目標外，並兼顧灌溉對環境保育、生態系統、生物多樣性等非經濟性環境效益。

3.2、用水管理

3.2.1、用水管理任務之區分

一、用水管理任務區分原則

(一)中小給水門以上

原則上自水源經導水路、幹線、支線、分線至中小給水門之用水管理任務由水利會負責辦理。

- 1.從水源之攔水、引水、蓄水；再經送水至幹線及支線之輸水、分水等，係由水源工作站及水路工作站(設有管理處者，由水源管理處統籌)依照本會核定之灌溉計畫通知各系統之核定用水量，實際調配輸送之。
- 2.各區之支線系統分水至各分線系統，及至各中小給水門，係由水路工作站或灌溉工作站(設有管理處者由灌溉管理處統籌)依各級系統別核配用水量情形調節交接引取用水。

(二)中小給水門以下

自中小給水門以下，經中小給水路、補給水路至輪區農田之田間用水管理任務由水利小組在灌溉工作站之指導下實際操作辦理。

- 1.田間配水原則上以輪流灌溉之原則，由工作站擬定田間輪灌配水計畫包括配水流量及時間之計算和灌溉次序排定等，並通知會員配合。
- 2.實際操作田間配水到農田，則由水利小組按掌水工或會員輪值或會員自行擔任等方式辦理。

二、用水管理執行流程

農田水利會用水管理執行流程如圖 3-2 所示。

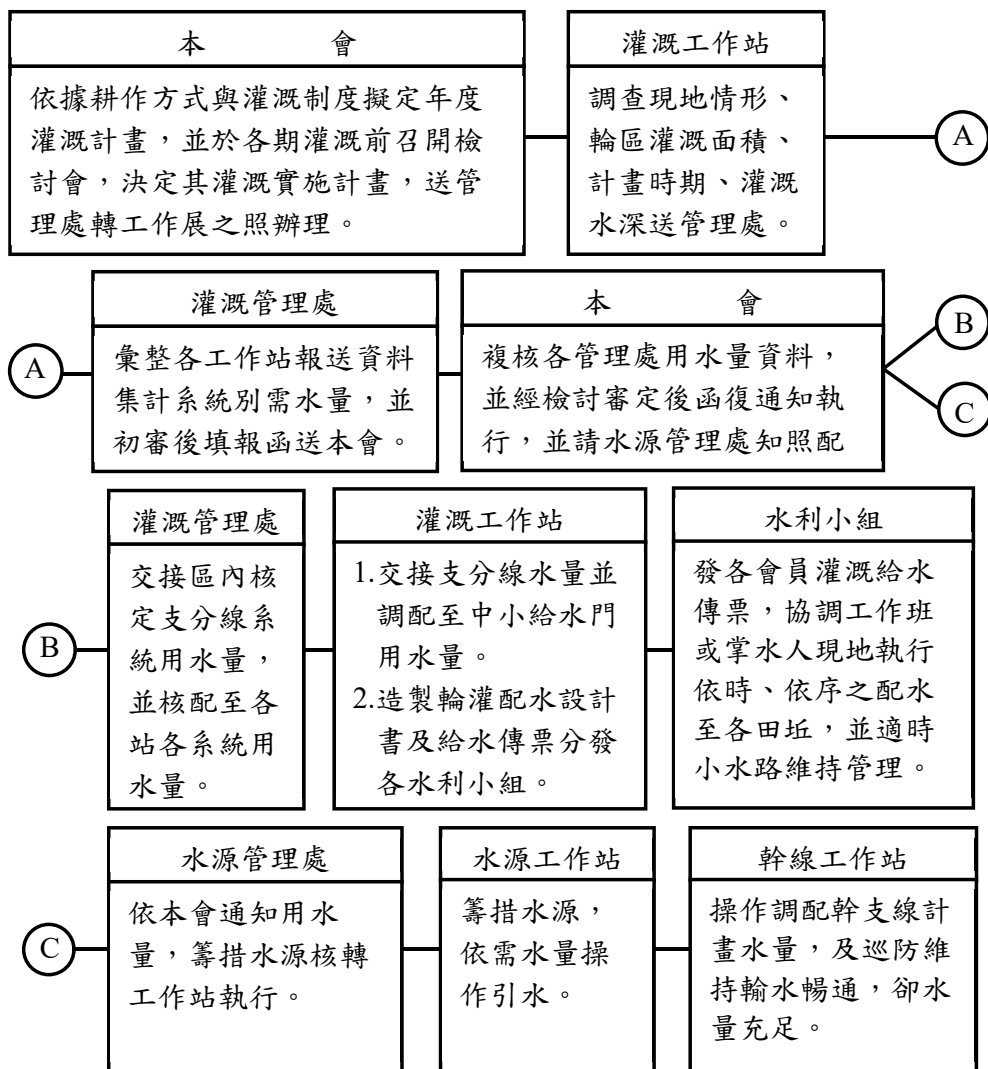
三、用水管理任務之職掌劃分

農田水利會各權責單位在用水管理上之任務與職掌劃分如圖 3-3 所示。

依水利法施行細則第六條所稱排水，係指用人為方法排洩流動或停滯於地面以上或地面以下，足以為害或可供歸還利用之水，其分類如下：

- 1.農田排水：係指排除停滯於農田田面及表土內過剩之水。
- 2.市區排水：係指排除都市計畫法所稱市(鎮)計畫、鄉街計畫範圍內之雨水或污水。
- 3.事業排水：係指排除事業使用後之廢水污水及水力發電後之尾水。
- 4.區域排水：係指排除第 1 款至第 3 款之二種以上匯流者或排除區域性地面或地下之水。

5.其他排水：係指排除不屬於第 1 款至第 4 款之水。



註：1.無設置管理處者，其作業由工作站辦理之。

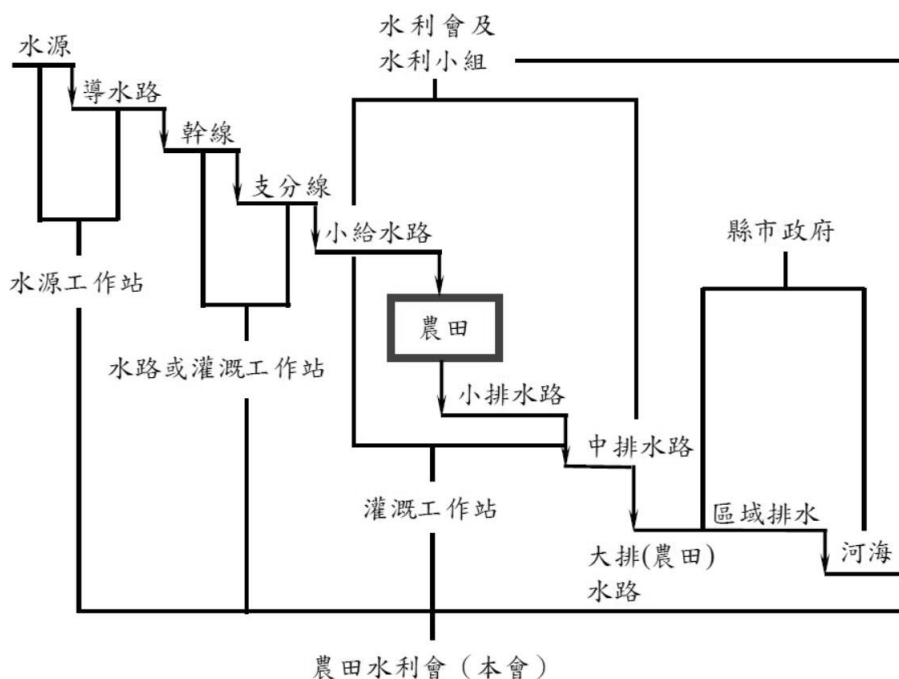
2.灌溉管理處，有設置水路工作站者應操作調配幹支線計畫水量。

圖 3-2 農田水利會用水管理執行流程圖

又依照台灣省排水設施維護管理辦法第 5 條所述，排水設施維護管理機關或事業負責人規定如下：

- 1.農田排水設施：為農田水利會或其他灌溉事業人。
- 2.市區排水設施：為縣(市)政府或鄉(鎮、市、區)公所。
- 3.事業排水設施：為事業排水負責人或代表人。

- 4.區域排水設施：同一縣(市)轄區內者為縣(市)政府，跨越二縣(市)以上為經濟部水利處；並得委託代管，其委託代管事項與代管機關權責，由中央主管機關統一規定。
- 5.其他排水設施：為排水事業負責人或代表人。前項各款排水設施之管理機關或事業負責人應配合或分別辦理，如有爭議，由上級主管機關決定之。第一項各款排水之銜接事宜應由各該管理機關或事業負責人協調，如有爭議，由上級主管機關決定之。



註：灌溉區域較大之水利局，在本會之下設有水源管理處統籌督導水源工作站及水路工作業務，另灌溉管理處分區轄管各灌溉工作站業務。

圖 3-3 用水管理之任務與職掌劃分圖

3.2.2、水利小組的運作

一、水利小組之設置

(一)組織依據

依據台灣省農田水利會組織規程第十九條規定，水利小組係會員於田間灌溉排水之基層組織，凡屬農田水利會所轄灌溉區域，依照土地分佈特性及灌溉排水系統編組，水利小組任務執行，受水利局之監督指導。

(二)小組編組

為充分發揮水利小組個體機能，需適當劃分界定小組範圍，原則如下：

- 1.以同一灌溉系統並參酌地形劃定。

- 2.灌溉面積以五十一至一百五十公頃為原則，地形特殊者得視實際情況酌予合併或分設小組。
- 3.小組以埤圳為單位設置，但一埤一圳灌溉面積較大者，得按支分線分設數個小組，區域過小者，得合併鄰近區域五十一公頃以上設置為聯合小組。
- 4.小組應冠以埤圳所在地或重劃區域為名稱。
- 5.自營農場、大同農場、合作農場等，其土地集中而在同一灌溉系統者，宜成立獨立小組。
- 6.組得按小組區域內會員每十至十二人或按灌溉小區編為一班。

(三)小組組織

- 1.水利小組由該小組區域內會員組成，設小組長一人，其人選由小組區域內會員選舉產生，負責執行小組任務及小組會議決議事項。
- 2.每一小組分設若干班，每班設班長一人，由小組長遴選報請水利會聘任。
- 3.小組長及班長任期四年，連選得連任，均為義務職。
- 4.水利小組得設掌水人員，由小組會員輪流擔任，必要時得僱用專人，負責辦理用水之分配。

二、水利小組的任務

依照水利會組織規程第廿條規定，水利小組的任務有以下七項，該任務之執行受水利會之監督指導。

- 1.小給水、小排水路之維護、管理及修補。
- 2.區域內用水之管理。
- 3.協助工程用地之處理。
- 4.區域內補給水路之設施。
- 5.小給水路或補給水路分水門之管理。
- 6.協助徵收會費及工程費。
- 7.其他委辦或交辦事項。

三、水利小組之營運

水利小組主要運作項目，含田間灌溉管理、田間設施維護及水利會委辦或交辦事項，由小組長負責執行：

- 1.田間灌溉管理：田間給水應遵照水利會訂定之灌溉配水計畫，依序施行灌溉作業。
- 2.田間設施維護：中小給水路是農田灌溉之出入通道，必須時常清除水路雜草、漂流物及維護堤岸，方能保持其暢通，而附屬建造物亦應經常維護，才能適時、適量調節灌排水量。
- 3.水利會委辦或交辦事項：水利會為推展各項水利事業(如協助徵收會費、工程費、小給排水路共同維護等項業務)，必須經由全體水利小組推動，才能獲得圓滿之效果。

四、水利小組會議

為達成前述小組任務，按組織規第廿八條規定每年至少應開小組會議一次，由小組長召集小組區域內會員舉行，開會時以小組長為主席。水利小組會議應討論事項如下：

- 1.年度工作計畫建議事項。
- 2.水利用地案件。
- 3.會員提議案件。
- 4.水利會工作站及小組長交議事項。
- 5.其他有關第廿條第一項、第廿六條第廿八條規定事項。

前項決議不得與水利會會務委員會決議或工作計畫相抵觸，第一項重要決議事項應報由工作站轉報水利會核辦。

五、水利小組公約

水利小組為水利會自治團體之基層組織，小組會員應充分發揮自治精神，表現自治活力，以民主的方式議定公約，共同遵守。

水利小組公約，在小組會議提出討論時，會員可充分發表自己意見，經通過簽字後，必須認真實行，並可適時透過小組會議，予以修正，未簽名會員補簽。

主管機關，所訂水利小組公約規範，僅提供各地水利小組之參考，各水利小組儘可按實際需要，予以增刪或另行擬訂，總之能表達大家之共同意願與共同認識，自動自發將小組區域內之事，完全辦好為目的。

六、水利小組應具備之基本資料

基本資料是處理公務之重要依據，具備完善資料，才能順利推展業務。水利小組應具備之基本資料有以下 7 項，該資料由小組長收執並列入移交。

- 1.水利小組區域圖(1/2,400、1/2,500、1/4,800 或 1/5,000 以顏色分班別並繪入水路構造物等)。

- 2.會員名冊。
- 3.水利小組長、班長名冊。
- 4.水利小組公約。
- 5.會議記錄。
- 6.共同維護紀錄簿。
- 7.水利糾紛及水利妨害案件處理紀錄簿(包括違規或違約處分案件)。

3.3、灌溉執行

3.3.1、輪流灌溉

一、輪流灌溉之需要

(一)輪流灌溉之定義

將灌溉區域有系統的設計畫分有給水區、輪區、單區等。一般一給水區即組成一水利小組，一輪區設一水利「班」，一輪區包含若干單區，灌溉用水依次序在單區之田坵實施輪區內輪灌；再次單區間施行輪灌；進行給水區間輪灌。一般一循環之輪灌，亦稱輪距，系在一輪區內完成。故輪區為輪灌之最大單位。惟在缺水時，可能採取大於一般輪區之輪灌，如分、支線間輪灌，幹線間輪灌等。

(二)輪流灌溉之目的

輪流灌溉實質上是勵行定時、適時、依序之最適合灌溉原理之科學化的灌溉方法，以應用於水稻灌溉言之，可使田地時乾時濕，保護肥分流失，一方面節省用水量，一方面使土壤中流通新鮮空氣，促進稻根之伸展，尤以水稻習性為喜好多水，然由經驗與實際研究之結果，過多水分反而有害於稻穀之生育，因此依輪流灌溉有計畫的按作物需水程度及地域環境、水源水量情況等施行依序、適量、按時之配水，可有效達成供給作物生長合理需水目標。

(三)輪流灌溉之優點

- 1.節省灌溉用水量。
- 2.適應作物生長，增加作物產量。
- 3.有利於用水管理上推行之順利：
 - A.調節工作上之勞力分配。
 - B.減少爭水糾紛。
 - C.常水時期有利於掌控施行穩定之用水灌溉。
 - D.缺水時期易於施行非常灌溉，以利救旱工作。

4.改善排水不良、驅除黃萎病毒。

5.配合輪作制度，促進土地生物多樣性之功能。

二、輪灌之分類

輪流灌溉簡稱為「輪灌」。為根據用水計畫，在適當時期(適時)以適當之水量(適量)按照順序(依序)供水之灌溉方法。多用於水稻灌溉，依實驗其用水量將較自古以來所習用之繼續灌溉方法節省用水 17%~50%，而不嚴重影響水稻之單位面積產量。嘉南灌區許多嚴重缺水而執行嚴格輪灌後，灌溉用水量比平均減少 30%以上，但單位面積生產量反而比平均增加 10%以上。此可能日照陽光能量較高，故獲較高之產量。輪灌是間歇灌溉法的一種。依其給水方式，可分為小區輪灌、精密輪灌和大區輪灌三種。

小區(標準式)輪灌，先劃分輪區，原則上以每 50 公頃為一個輪區，且每一輪區設一個水門和量水設備，輪區內劃分若干單區(一般設有五個單區)，每一單區約 10 公頃。各單區內設單區配水箱和小給水路，或補助水路，以便各田坵均能直接引水灌溉。執行輪灌時，集中輪區應得的給水量，依單區順序輪流給水，週而復始。

早期台灣之輪流灌溉，為求達到執行順利，宜統一品種，各輪區應設置共同秧田，和組織共同工作隊，使秧苗生長和整地插秧，均能配合輪灌時間。

過去所採用之公灌制度，農戶不需自己看水，稱為「標準式輪灌」。又因為以單區為用水計畫和配水，故亦可稱「小區輪灌」。以上這些工作因為時代之變遷，已不合時宜。

上項標準式輪灌是本省實施農地重劃前，所規劃決定的輪灌方法，因臺灣地區在農業生產環境與農地結構上，大多田坵崎零狹小，耕地使用分散，農路缺乏且排水不良，灌溉不便，雖增設小給水路，而越田灌溉或排水不良的情形，仍不能避免，因此為求達到綜合性的農場結構改良需要，乃實施農地重劃。

農地重劃的標準規格為配合輪流灌溉所設施之小給水路，排水溝與農路等，均有一定標準，整齊劃一。藉農地重劃，不但水路用地易於解決，而且每坵塊農地均能直接引水，直接排水。於是輪流灌溉可以進一步改善，因此，用水計畫或配水操作，均可依每塊田坵之各次用水因子加予計算，而達成適時適量依序的供水，故稱精密式輪灌。精密式輪灌之每塊田坵為耕作最小單位面積，且以長方形為原則，短邊 25~30m，長邊在 100~150m 之間。

至於大區輪灌，是灌溉缺水時的補救辦法，按輸水幹支分渠系統，或埤圳別間歇輪流配水的方法。自提倡輪流灌溉制度後，各農田水利會參照輪灌用水計算方式，計算大區輪灌需水量和配水時間表，當水源水量低於需水量某一程度時，採用此種輪流配水灌溉方法。

三、輪流灌溉之執行方式

輪流灌溉一般可分為大區輪灌、小區輪灌與精密輪灌。大區輪灌係指大面積以幹、支、分線別為對象的區分法，小區輪灌指輪區內劃分單區分別進行輪灌；精密輪灌則指輪區內各坵塊間為輪流單位之輪灌方法。

(一)大區輪灌

大區輪灌係當灌溉缺水時之調節用水因應措施，包括按埤圳別輪流集中取水供灌，或以幹、支分線系統別分段或分區間歇性輪流配水的方法，一般單一田坵之灌溉，多以延長灌溉期距或減少單一灌溉用水深，或者兩者兼有之方法，達到省水之目的，其執行方式如下：

- 1.在同一河川水源的若干灌溉圳路系統，當其水源水量減少至各圳路總灌溉需水量的 70%時，可開始實施圳別輪流取水灌溉，以使獲得地區性之平均輪配水量的效果。
- 2.在埤圳內分幹線、或支分線輸水系統、或分段區等實施大區輪灌，即以幹支線按分水比率實施間歇輪流配水。因此，大區輪灌可謂灌溉缺水時期的一種補救配水辦法，是因時因地臨時性之執行。

(二)小區輪灌

小區輪灌意指單區輪灌，即在輪區內劃分若干單區，以集中輪區應得的給水量，依單區別順行輪流給水，週而復始之輪灌方法，其執行方式如下：

- 1.規劃及配置：先劃分輪區，每輪區約 50 公頃，原則上一輪區設一個水門和量水設備，輪區內劃分若干單區，每單區約 10 公頃，各單區內設單區配水箱和小給水路或補助水路，俾輪配水之順利。
- 2.輪灌之執行：按灌溉面積，作物需水量及給水量損失率等擬定各單區供水時間之輪灌配水計畫，以集中輪區水量，依單區別及其給水時間順序供水，單區內各田坵則可同時引水灌溉。而各系統上各輪值輪區亦可在控制下同時進行施灌。

(三)精密輪灌

精密輪灌係將單區輪灌延伸精密至以每一田坵塊為配水單位徹底達到適時、依序及適量灌溉之境界，實乃輪灌之最高理想。其執行方式係依照單區的給水順序和給水時間，是由下而上，由左而右，按土壤性質、實際面積、稻作需水量和給水量損失程度，決定供水多少時間。

- 1.實施條件：除需具有可靠之水源，並應具備逐坵灌溉及逐坵排水之田間給、排水路系統，俾使每一坵塊之供水得以精確符合作物之需要，故水庫埤池或水井等穩定水源之灌溉系統經過農地重劃之地區，可以具有適合施行精密輪灌之條件。

- 2.輪灌之執行：以單區輪灌之執行原則延伸用水計畫或配水操作依每塊田坵之各項用水因子加以計算，訂定其輪灌配水時間排程，逐由依其給水時間順序引水灌溉，而達成適時、適量、依序的供水。

3.3.2、田間配水

一、田間配水方法

(一)平常時期配水方法

- 1.按照給水區灌溉配水計畫，施行田間灌溉管理。
- 2.灌溉用水應由指定之給水路引灌，不得擅自取水。
- 3.各田區之灌溉應依順序灌起，倘輪值下游給水時，上游不能攔水，以免下游缺水。

(二)缺水時期配水方法

- 1.實施間歇灌溉，嚴格執行輪灌，並嚴禁和取締非法搶水盜水行為。
- 2.按照輪區灌溉面積，估計一輪次可靠進水量以同一權重比減少配水。
- 3.另行尋覓補給水源，實施補助抽水灌溉。

(三)緊急時期配水方法

- 1.按缺水時期配水步驟辦理。
- 2.影響作物正常發育最嚴重者為優先灌溉。
- 3.儘量於輪值時間內全面施灌，若受時間限制而未能全面普灌，其未灌到之部份，於下一輪次優先施灌。
- 4.在不嚴重影響作物正常發育原則下，延長輪灌期距或減少灌溉水深。

二、田間配水操作

田間配水操作，在做法上依照各水利會特性，可以分成：1.僱用專任掌水工、2.由會員輪值擔任掌水人員、3.會員自行操作等三種方式。在目前兼業農已達到總農業人口 85%以上之同時，由農民輪值擔任掌水人員之方式，其實用性不高。以下僅略述三種操作方式之優缺點：

(一)僱用專任掌水工

- 1.方法：會員共同出資僱用掌水工，依用水計畫負責輪區內給水操作。
- 2.優點：用水不浪費、可均勻施灌、免除用水糾紛及工作專業化。
- 3.缺點：
 - (1)灌溉管理費用高。
 - (2)需由會員負擔掌水工之工資。

(二)由會員輪值擔任掌水人員

- 1.方法：依各會員灌溉面積，安排會員輪值之時間輪流出工掌水。
- 2.優點：不需負擔掌水人工資、可充分利用農友剩餘勞力、減少用水浪費及減少用水糾紛。
- 3.缺點：
 - (1)輪值時農友如不能出席，掌水工作容易脫節。
 - (2)灌溉操作不如專任掌水工之公平與熟練。
 - (3)工作需要隨時隨地加以督導。
 - (4)浪費輪值換班及來往時間。
 - (5)各農戶耕地面積不一，計算派工及分擔時間難以公平。
 - (6)水源豐沛之地區較難推行。

(三)由會員自行操作

- 1.方法：按灌溉配水計畫之分區、依序、定時情形，公告通知會員依時各自引灌。
- 2.優點：無需負擔掌水工費用、在輪值灌溉時可就地兼顧田間他項工作、晝間可由婦孺老幼兼任及田間灌溉管理費用較低。
- 3.缺點：
 - (1)容易發生擅自引水。
 - (2)水源水量變動時，易發生灌溉不均現象。
 - (3)容易發生取水糾紛。
 - (4)灌溉未能專業化，農友從事副業困難。

3.3.3、系統配水

系統配水之執行之前，需先擬定用水計畫及配水計畫。用水計畫之制訂是在作物種植之前以田間需求面(Demand)之觀點，在不考慮水源之情況或田間水路之狀況下，推估全灌區之需水量。因此只要有轄區之面積、作物各生長期之用水標準及輸配水損失係數，即可迅速求得取水口所需之流量。

配水計畫亦是在作物種植之前所制訂之計畫，其與供水計畫之差別乃配水計畫是以供給之觀點，並考慮水源與田區水路之情況下所做之用水調配計畫。其所考慮之重點，在水源方面是依照歷年之用水情況，並依照過去之水文記錄，預估可用水源以作為供水之標準；在水路之考量方面則是針對各幹、支分線之渠道容量限制，限定其最大通水量。

整個配水計畫是考量可用水源、水路容量限制、作物種植時刻等相關因素，所制訂之供水計畫稱之為配水計畫。配水計畫與配水作業並不相同，配水計畫是在作物種植之前所擬定者；而配水作業是在作物種植之後，依照所引進之水源水量，配合田間之需求情況，在田間進行之水量調配工作。

灌溉需水量會隨著作物生長之過程與管理方式，而呈現不同之用水標準。對於水稻作物之種植而言，其尖峰用水是發生在稻作插秧時整地末期之用水，其用水量往往比其他生育階段高出許多，若在灌區中各個輪區集中於同一時期進行整地作業，則在水源供水能力或幹支線之輸水系統容量，將難承載所需之尖峰用水量。

因此，為了大量遞減尖峰用水量，在配水計畫之作業上是將整地日期加以錯開，使整地期之幹支線輸送水量在其容許之範圍內。

一、系統配水方法

台灣之灌溉系統大致可分為二段，即水源取水口至輪區進水口為一段，考慮之重點在於提高輸水效率、穩定輪區進水口之流量。另一段為輪區進水口至作物根系，即輪區內之配水。其影響因子極多，如灌溉方式(輪灌或續灌)、灌溉次序、耕作制度、輸水損失、水路長短、土壤質地、氣候條件等，皆會對輪區內之配水造成影響。

在系統之配水基礎上，係依照水源之動態，參考計畫流量進行水量之調放，有關計畫流量、調放流量說明如下：

1.計畫流量

(1)中小給水門流量：從田間水平衡關係 $A \times D = Q \times T$ ，加中小給輸水損失。

式中，A：灌溉面積。

D：灌溉水深。

Q：引進流量。

T：灌溉時間。

(2)分線流量：各中小給水門流量加其分線輸水損失。

(3)支線流量：各分線流量加其支線輸水損失。

(4)幹線流量：各支線流量加其幹線輸水損失。

(5)水源流量：各幹線流量之和。

2.調放流量：

(1)水源之調配：視水源動態，依水收支用水核擬調配用水。

(2)幹、支、分線至中小給水門之調配：由水源管理處、水源工作站、水路工作站之調節後，灌溉管理處、灌溉工作站之交接調配至中小給水門。

(3)中小給水門後，依輪灌配水計畫執行配水。

輪灌單元區之配水為系統配水之基礎，對於輪灌單元區配水時間之計算，概述如下表所示：

表 3-1 各輪流組種植面積、給水成數及輪灌期距表

組別	種植面積 (ha)	現地給水成數 (%)	包括輸水時間之 分配日數(day)	備註
1	A1	Rs1	T1	輪灌期距 T_d 日
2	A2	Rs2	T2	
3	A3	Rs3	T3	
4	A4	Rs4	T4	
計	A			

資料來源：嘉南水利會，許勝雄，輪流灌溉作業規範。

$$A_w(i) = \frac{A(i)}{R_s(i)} \dots \dots \dots (3-1)$$

$$T(i) = \frac{A_w(i)}{\sum_{i=1}^n A_w(i)} \times [T_d - T_c(i)] \dots \dots \dots (3-2)$$

式中， $T(i)$ ：各組分配時間(day)

$A_w(i)$ ：各組加權面積(ha)

$A(i)$ ：各組面積(ha)

$R_s(i)$ ：各組給水成數

T_d ：輪灌期距(day)

$T_c(i)$ ：輸水時間(day)

n ：組別

以嘉南水利會為例，其現行之輪區配水方式，乃是將輪區內之坵塊距離輪區進水口之遠近，概分為四組，分別估計各組別之水路損失值，並在指定的灌溉期距內，完成輪區內每一坵塊之灌溉。如嘉南水利會西麻豆區第二小區之水稻灌溉，該輪區之水稻總種植面積為 62.02 公頃，共分為四個小組，水路損失按組別距輪區進水口之遠近，分別為 50%、40%、20%、10%，因此其現地給水成數依序為 50%、60%、80%、90%，若全區之輪灌期距定為 7.5 日，則各組灌溉所需天數如表 3-2 所示：

表 3-2 各輪流組(單區)種植面積、給水成數及輪灌期距表實例

組 別 (單區別)	種植面積 (ha)	現地給水 成數(%)	包括輸水時間之 分配日數(day)	備註
1	14.06	50	2.29	輪灌期距 7.5 日
2	16.24	60	2.20	
3	11.85	80	1.21	
4	19.87	90	1.80	

資料來源：輪區內水路系統之配置與實施之研究。

上述之輪區(如 50ha)其輪灌期距(如 7.5 天)之意義，為輪區水門取水流量在該輪區內，按計畫順序游走 7.5 天為一輪，週而復始。而輪區內所謂分組分級，該組即為單區，該級係在單區內，依水路上、下游關係再細分區段級區，各級區所管之面積之和即該單區。有關分組分級之區分根據，主要係就水路狀況及其上、下游間可能輸送順序之關係考量，而以給水成數來調整配水面積權重，俾以符合公平配水原則。

但根據上項配水計算方式，只能對渠道水路輸水損失做校正，至於各組別(單區別)內配水，為了在指定灌溉天數內完成灌溉作業，各小組(單區)內坵塊已不再詳細考慮因水路長短之不同，所導致損失水量之差異，僅參酌水路系統之消耗、地形、土質、越田灌溉等因子，並根據多年現地實際灌溉成效，查定每筆水田用水級別給水成數，一般分為三級，期使坵塊配水在小組(單區)內達到均勻。如表 3-2 第一組(單區)之配水方法，可再進一步計算，其結果如表 3-3 所示。

表 3-3 各級別(單區別)灌溉所需日數計算表

用水級別	種植面積 (ha)	現地給水成數 (%)	分配灌溉日數 (day)
1	4.74	40	0.941
2	4.33	50	0.688
3	4.99	60	0.661
計	14.06	90	2.290

資料來源：輪區內水路系統之配置與實施之研究。

由於單區內之配水，必須按水路考量來分組分級，然後再就各級別分別估計坵塊給水成數。對於用水級別之評定，所牽連之因子非常多，如坵塊位置、灌溉順序、土壤性質、田區長度、作物類別、耕作方式等，均會影響各田區級別之判定，又各級別坵塊給水率之估計，難以精確求得，故對配水而言，此種計算用水量的方法，將無法對全輪區每一坵塊作公平合理之配水。

由於輪區內配水，須按過去經驗推測損失標準，在配水計畫制定時，須許多複雜計算始能獲得結果，因此必須予以簡化改進，才能符合時勢所需。

整體之系統配水是以上述之輪區內配水為基準，以各輪區取水口各生長期之流量，配合幹、支分線之輸水損失情形，再以上述之輪區配水方式，進行灌溉時間之演算，就可得到該輪區於系統取水口各生長期之需水量。對於幹、支分線之輸水損失，若有實測值則採用實測值，然在灌區之中幅員遼闊，不可能對所有之幹、支分線之輸水損失，進行實際之量測工作，因此在計畫之配水工作上，務必參考部分之相關實測資料估算之，而各級之水路其長短並不一致，若採用相同之值並不合理，因此務必加以修正之。

以上所述之各項計算，如：「現地給水成數」及「輸水損失」等，雖儘可能按照理論推測，一但實際進入系統調配時，應按實際配水狀況，逐年予以調整，使所預測之係數修正至與現地一致為止，一般要修正 3~5 年才可以獲得穩定可靠之數字。

二、正常期與豐水期之配水

對於水庫式灌溉用水係依既定耕作方式與灌溉制度，並視水源動態及現地情形，擬定灌溉計畫施行，在豐水期時依計畫引水，其餘水蓄於水庫，待枯水期充分應用，俾有效運用水資源；而對於河川取水系統(Run-of-the-River Systems)而言，在豐水期時因水源不虞匱乏，若田間灌溉水路系統尚可負荷之前，對計畫用水外之過剩水量若不加以取用，則多餘之水終將流入大海，形成水資源浪費。

因此，在豐水期配水原則，當實際可取用水量達到計畫用水量以上時，在渠道容量安全考量範圍內，儘量引水進入灌溉系統，對於水量分配，除依照既定配水計畫進行配水操作外，對於剩餘水量之分配方式簡述如下：

在正常期與豐水期之配水時，表示當作物種植後對於某一灌溉時期，其輪區計畫用水量(Q_t)小於或等於系統取水口流量(Q_s)。在正常時期可以依照計畫流量進行配水工作，但若河川是處於豐水期，則代表可取用水量大於計畫用水量，因此在渠道容量安全範圍之內，在某一生長期之實際取水量為 Q_j ，若屬豐水期則 $Q_j \geq Q_{sj}$ ，此時對於剩餘水量($Q_j - Q_{sj}$)可應用輪區面積加權之方式，進行水量之分配工作。亦即：

$$Q'_{tij} = Q_{tij} + \frac{A_i}{A} \times (Q_j - Q_{sj}) \dots\dots\dots(3-3)$$

式中， Q_t ：輪區取水口計畫用水量(cms)

Q'_t ：超量灌溉分配水量(cms)

Q_s ：系統取水口計畫用水量(cms)

Q ：實際取水量(cms)

A：灌區之面積(ha)

i：輪區(index of tertiary)

j：生長期(index of growth stage)

上述方法於豐水期進行配水工作時，需考慮到渠道容量之限制，當渠道容量無法負荷時，務必調整水門取水量於渠道容量限制之範圍內，再進行水量之分配。

惟實際應用上，當河川水源之流量變化頻繁時，欲作上述之計算及閘門調節，將相當之繁瑣而耗費人力，故豐水期引進多餘之流量，並不作嚴格之平均分配，視現地需求之多寡予以分配。同時，在輪流灌溉之執行可暫粗放，以節省人力。今後政府如按照引水量收取水權費時，豐水期多引進之水量，將更需要作合理之節制。

3.3.4、降雨時之調節用水

凡可補充灌溉用水量(即減少渠道引水量)之天然降雨，皆稱為有效雨量。則降雨對於灌溉用水量之補充及如何來調節用水，可依其灌溉型態(河川引水、池塘或水庫型態灌溉)來加以區別。若為河川型引水灌溉，降雨即可依田間所需水量而達到即時之補充灌溉，但若超過田間需水量時，則須調節排水，以減少災害發生，而並不能達到蓄存利用。

相對的池塘、水庫型灌溉則可於降雨時利用其他地形環境來蓄存並進一步調節利用而達到水資源之有效利用。在降雨時之配水執行時，各水利會所採用之方法因區域之特性而有所不同，茲以嘉南及桃園水利會水庫或池塘灌區所採用之運用方法說明如下以供參考：

1.嘉南水利會運用方法：

嘉南灌區因缺水，乃採有效雨量以 30mm 先予以預扣併入灌溉水深(灌溉率)中處理。此外，由於嘉南灌區範圍遼闊，其降雨在區內常分布不均，且其主要水源烏山頭水庫系統，係一大規模之灌溉系統，分支眾多，其水路並非管路系統，每次變動水量可謂勞師動眾，故所列降雨調節方法僅為原則，實際仍需視水源動態及現地情形機動調節。

(1)水稻灌溉

降雨量(mm)	中小給水門減水量(%)	減水時間(天)	備註
40	20	2~3	視土質分別決定
50	50	2~3	
60 以上	停止供水	3 天以上	

說明：A 表列減水量係降雨量超過 30 公厘以上時適用之。

B 降雨量 30 公厘以下時即採用有效雨量預扣之方法併入灌溉水深予以扣除，提高灌溉效率。

(2)旱作(甘蔗、雜草)灌溉

日降雨量 (mm)	中小給水門減水量		說明
	流量 C.M.S	減水日數(天)	
31~40	1/3Q	3	1.Q 表示灌溉核配水量。例如降雨量達 31~40mm 時中小給水門流量 1/3 而繼續停放 3 天。 2.本標準係於灌溉前五天降雨時適用之。
41~50	1/2Q	5	
51 以上	停止灌溉		

2.桃園水利會運用方法：

(1)利用標準：

以過去 20 年間逐用(灌溉期間)利用率為準。

- A.單獨日雨量在 5mm 以下者視為無效(即二日以上有用，僅在某一日降雨在 5mm 以下，以後又繼續二日以上無雨，視為單獨日雨量)。
- B.超過 5mm 以上之日雨量，雖儘可能貯留至田埂高度(約 100mm)之水深，但因在降雨前適值灌溉終了，田面已貯有相當水深，或田面正需排水，為安全計，以日雨量在 5mm 至 30mm 之間，均視為有效，日雨量超過 30mm 者，其超過部份視為無效，但應加算一日之田面消失水深 6mm。即 36mm 以上之超過部份視為無效。
- C.田間消失水深為安全計，每日估計為 6 公厘。
- D.數日連續降雨，視為一次連續雨(中間僅隔一日無雨亦同視為連續雨)，此時如連續期間之降雨量 30mm 以下者為有效，如 30mm 以上者，即基本之 30mm 及其連續日數之田面消失水深(每日 6mm)之和視為有效，餘視為無效。

(2)利用方法：

- A.單獨日雨量在 5mm 以下時照常配水(即指前後 2 天以上無雨，僅在某一日降雨 5mm 以下，以後又繼續 2 日以上無雨者)。
- B.日雨量在 5mm 至 6mm 者斷水 1 日。
- C.日雨量在 10mm 至 15mm 者斷水 2 日。
- D.日雨量在 16mm 至 21mm 者斷水 3 日。
- E.日雨量在 22mm 至 27mm 者斷水 4 日。
- F.日雨量在 28mm 至 33mm 者斷水 5 日。

G.如降雨持續至 2 日以上時(如數日降雨量僅間斷 1 日無雨，以後又繼續降雨之時仍視為持續降雨)，應就前列 B 至 H 項之標準雨量加每日田間消失水深(暫定 6mm)為有效而須重加計算斷水日數。

H.雨量測記以各工作站內之雨量為準。

I.秧田用水、早作用水及裡作用水之有效雨量不在此範圍內。

3.4、乾旱缺水時期因應對策

台灣地區現有耕地 790,680 公頃(行政院農業委員會，農業統計資料，107 年)，其中有灌溉之水田面積約佔 50%，灌溉作物則以水稻為主，又水田灌溉用水量為農業用水大宗，故亦是乾旱時期受害主要探討對象。

一般而言，受乾旱影響最大常發生在整田期，因整田期係將田區土壤水分(Soil Moisture)自乾田轉換為飽和水田狀態，田區一次灌水深度往往高達 120 至 200mm，就坵塊用水而言相當於本田用水正常用水量之 1.5 至 2.5 倍之多，換句話說，乾旱發生時，若能突破整田期灌溉用水量瓶頸，順利整田插秧，則旱災威脅即可減至最低。

台灣地區一期作整田插秧期(一、二、三月)適逢枯水季，較易發生乾旱。又因為人口增加，都市及工業發展迅速，公共給水及工業用水，均逐年增加趨勢，且農耕方式逐年採用機械化，整田期縮短集中，需水流量增加，致農田用水發生因枯旱而缺水頻率增加，尤以平常即為缺水地區，旱象更頻傳。

救旱工作執行，所牽涉因子十分複雜，諸如乾旱發生時間、地點、乾旱程度、救旱水源等，皆為重要影響因子，姑不論方法如何，但救旱最終目的是一致的。易言之，在乾旱期間，能以最少水量、最短時間，藉由救旱政策執行，達到最高水資源利用率，減少災害至最低程度，此即救旱目的所在。

救旱對策之擬定及執行，將因地域條件之不同而有所差異，供水系統為救旱水源之重要參考因子，灌溉系統依水源不同分水庫系統、河川系統、埤塘系統、地下水系統及綜合系統等。

台灣地區各農田水利會，每逢枯水期，均預先綢繆因應之救旱措施，動員水利會各級工作人員，傾全力投注於救旱工作，農民在觀念上亦認為應設法繼續種植水稻，並使之順利結穗生產，因此，在枯旱缺水期間，各方面均設法尋找補助水源，研擬救旱計劃，加強配水管理，以渡過枯旱缺水難關。

台灣地區灌溉水源計畫之基準年，基於經濟原則，對於乾旱之頻率，一般係採用四至五年一次乾旱之頻率年，並不是以充分確保農業灌溉用水之安全設計，亦即約每四、五年即可能出現一次用水不足之情況，或平均每年可能有 20 至 25%之缺水機率。

遇超過計畫基準年以上之乾早年，用水呈不足情況，是不可避免之事。因此，農田水利會為灌溉營運，除需訂定平水時期之正常灌溉計畫外，尚須準備針對一旦發生乾旱時之因應措施及臨時救旱設備。

全省各農田水利會之灌溉管理營運，除訂有平常之灌溉計畫外，對於乾旱時期，應事先對各灌溉系統灌區之可忍受缺水程度，分別訂定不同缺水程度之配水計畫及救旱措施，並報經主管機關核備後公告，以備實施。並須預為準備及演練有關配水操作之細節與方法及救旱所需之設施與事項，以應隨時需要。行政院農業委員會有鑑於此，曾於七十五年所研訂「乾早年調整水量分配標準及救災處理制度」，針對不同缺水程度，定訂灌溉因應營運措施之基本指導原則，略述如下：

- (一)水源供水量在缺水時期達計畫用水量 75%以上時，其配水營運之田間灌溉，採加強灌溉管理，維持原訂施灌期距，以減水深法按原計畫減少配水量行之。
- (二)水源供水量在計畫用水量 75%以下時，其配水方法，應視實際情形，以延長灌溉期距，實施非常灌溉。非常灌溉可依嚴重程度，選擇下列施灌方式間斷配水管理，並以公平為原則：
 - 1.輪區與輪區實施輪流配水(輪區輪灌)
 - 2.支分線別實施輪流配水(支分線輪灌)
 - 3.幹線或埤圳別間實施輪流配水(圳別輪灌)
- (三)由水庫蓄水及河川引水供應之灌區，其預估水源可供水量如低於計畫用水量 50%時，管理機構對已種植之農田，除實施非常灌溉外，必要時得呈請主管機關公告部分農田轉作或停灌休耕。
- (四)為救旱措施使用備用抽水機，抽取可能補給水源之水量。
- (五)預先訂定缺水時期之轉作及停灌之分區順序，並提早公告。

3.4.1、乾旱時期水量分配原則及救災措施

一、水量分配原則

依據行政院農委會於民國七十五年間所研擬並經行政院經建會之「乾早年調整水量分配標準及救災處理報告」，其中有關乾旱時期調整水量分配之原則，經整理略述如下：

- (一)對未來長期發展用水需要，主管機關應要求及協助各用水標的事業人或管理機構，及早開發水源，解決其自身用水需要。對經常性之乾旱缺水，各用水標的管理機構，應自行研訂節水措施，勸導用水者節約用水，共渡缺水難關。不得因投資困難，不積極開發新水源而欲移用其他標的用水，以致增加困擾。

(二)在非常枯旱時期，人類生命之維持最為要緊，其他標的用水自可支援公共給水需求之不足，但依水利法優先移用水量時，基於缺水時期須本節約用水精神及公平合理原則，應以供給至「維持生命及基本生活所必需之水量」為限。前項「維持生命及基本生活所必需之水量」基準，建議訂為該計畫用水量之 70%。前項「優先用水者」，應給以適當補償。其補償金額，由雙方協議定之。協議不成，再由上一級水利主管機關按損害情形核定補償，責由優先用水人負擔之。超過 70%部分之移用水量，須經農業用水管理單位報請主管機關同意後，由雙方自行協議。

(三)在非常枯旱時期，除前項支援家用及公共給水之緊急需求「維持生命及基本生活所必需之水量」外，平常低順位用水標的之管理機構認為可忍受部分用水商讓不致犧牲其事業情況下，各用水人自得視實際情形相互商議酌情支援部分水量，對其「支援用水」之補償金額，由雙方及水源管理機構會同商議定之，如商議不成，主管機關不干預此部分支援用水。

二、農田水利會灌區之救旱措施及財源

發生乾旱乃屬天然災害，並非政府責任，但為協助農民維持基本生活及社會安全秩序，對農田水利會灌區遭受旱災及灌溉水被移用時，依不同情況，政府採取救災處理原則如下：

(一)救旱措施

- 1.發生乾旱時，經政府公告輔導完全休耕或棄耕而無耕作收入地(包括稻作及早作)，全免水利會會費，大型工程費予以緩徵一期，每公頃稻作由政府予以補助稻穀 1.0 公噸，旱作予以補助稻穀 0.5 公噸，並以公價折算支付。
- 2.發生乾旱時減少供水，並由政府臨時輔導稻田轉作者，予以按規定減收水利會會費，但不予補助救濟。其臨時轉作輔導措施，由農業主管機關另訂。
- 3.發生乾旱時，經政府公告輔導休耕或棄耕，事後再遇降雨可灌溉及時恢復原計畫作物者，視作物減產情況酌予減收水利會會費，但不另予救濟補貼。
- 4.水利會加強配水管理及緊急設法救災水源之費用等，事後由主管機關審核後，如認為有必要，由政府預算以救災科目撥助水利會。
- 5.水利會會費，除公告休耕地區及完全停止供水地區全免外，其餘地區，最多以減少 50%為限。

註：目前(民國八十九年)會費及大型工程費皆由政府全額補助，公告休耕或轉作部份另頒補助辦法。

(二)救旱財源

- 1.各農田水利會預算內依規定編列之意外事故準備金。
- 2.水量被移用所得補償金額，合併上項財源統籌支用。
- 3.前二項財源運用後，如有不足再向政府(地方政府及中央政府)申請以救災科目支援。

註：上述 2.水量被移用所得金額，合併上項財源統籌支用，在實務上尚有爭議。如最常發生亢旱經政府公告停灌之烏山頭水庫灌區一期作水稻，當時可供移用水量其實係自去年二期作水稻即因旱象趨勢，施行間歇灌溉減水措施，且秋、冬季甘蔗、雜作灌溉計二次不施灌後，水量累蓄水庫才有水被移，而且一期作期間除水稻外，尚應有春季第一、二、三次甘蔗、雜作灌溉因水量被移用而無法施行，故其移用補償金額應係屬全灌區農民共享，並非專屬某期作或某灌區，實務上均由水利會依會務委員會議決統籌用於水利小組費用回饋委員。況且政府公告停灌所發休耕補貼，係屬天災救濟金，和移用供某標的使用之補償費性質迥異。

3.4.2、乾旱缺水期之配水方法

乾旱為氣象水文之極端現象，世界各地皆有乾旱，主要現象為雨水匱乏，致在某一水經理系統下，河溪流量不能順利供應現有民生用水及作物需水時，所發生週期缺水現象。通常將年降水量少於 250mm 的地區稱為乾旱地區，年降雨量 250~500mm 地區稱為半乾地區，全球有 25%地區屬乾旱地區。

根據美國氣象局公報，旱象存在於某一時期及地域，依期間長於 23 日以上且雨量僅及平均 10%者為準，而臺灣則以連續 50 日以上不降雨，謂之小旱(small scale drought)，連續 100 日以上不降雨，謂之大旱(large scale drought)。

就農業觀點，農業乾旱(Agriculture drought)根據 J.W Smith：“Agriculture Meteorology”中指出，在某一期間因雨水不足而致水份缺乏和土壤乾燥而遂使作物不能正常生長及成熟所發生之天然災變。其現象為作物耗水多於吸水，導致作物體內水分過度缺乏水分而受害。農業乾旱由於發生原因不同，有大氣乾旱、土壤乾旱、生理乾旱之分。其中危害較普遍且損失較嚴重的為土壤乾旱。大氣乾旱延續時間長時，亦能導致土壤乾旱。

全球約有一半以上之地區，年降雨量小於 500mm，經常出現不同程度的乾旱。而雨量較豐的地區，亦因降水分配不均而發生春旱、夏旱或秋旱。乾旱發生及其危害程度，除與氣候條件(氣溫、相對濕度、輻射、降雨等)，

土壤性質(質地、構造、有效水分、保水力等)有密切關係外，尚與作物種類、品種、生育階段、生長狀況，以及耕作栽培技術有關。良好之灌溉設施，是預防乾旱之根本保證。但合理之種植制度，耐旱作物選取，增施有機肥料，做好乾旱預報，科學之灌溉節水用水技術等，均為防旱抗旱之有效措施。

臺灣屬亞熱帶海島型氣候，降雨量雖豐，惟降雨季節與地區性分布不均，豐枯水期明顯，河川流量變化甚大，枯水期可供利用水源有限，供應各標的用水常感不足。乾旱發生時間多在冬春季，以 11 月至翌年 3 月為多。

由於各農田水利會之環境條件不盡相同，耐旱程度也有所差異，制定的救旱模式也不盡相同。一般而言，救旱對策之擬定，是根據灌溉排水原理的標準，配合各地區不同之地理、氣象等條件及耐旱程度，定出各地區灌溉需水量標準，然後以供水率之大小來制定各個農田水利會的救旱對策。

目前存在的救旱對策，是依供水率來判定乾旱程度，當供水率不足，而能以加強灌溉管理方式渡過缺水期者，仍視為安全階段，當供水率下降，則必須實施緊急灌溉。一般以輪區進水口為界，上游系統灌區，採大區輪灌或延長期距等措施；而下游輪區，則開闢新水源，施行小輪灌制度，亦可渡過難關；但若供水率持續下降，則判定已達危險期，必須放棄部份灌溉面積，甚至實行轉作或休耕。

一、傳統之配水方法

在乾旱缺水時期，供給水源低於計畫用水量，可採行之灌溉方式亦相當的多，且各水利會之水源特性不同，實施方法也有所差異，一般而言所採用之方式為非常灌溉，非常灌溉是一種臨時的灌溉方法，又稱“間歇灌溉”。

當灌溉水源枯減，既不能全面續灌供水，亦無法按輪區單區順序依時供水時，為減輕災害損失，採用這種臨時的灌溉方法。依據灌溉事業管理規則第十七條規定，其供水順序為：

- 1.農作物生長期間迫切需水之田地。
- 2.用水少而生產量高之田地。
- 3.接近水源而圳路滲透損失最少之田地。

採用之方法有：均勻遞減法(又稱減水深法)、輪距延長法、分組輪灌配水法、減少灌區面積法等。

1.均勻遞減法(又稱減水深法)

一般缺水在微量不足狀況下，採取加強人為管理方式，可減少操作上損失，藉由均勻遞減各用水量方法，可公平調整各輪區新分配的計畫需水量。

均勻遞減水量法乃指少量缺水狀態時，整個灌區所缺少的水量，公平的由各輪區分擔，以遞減輪區需水量之方式，共度缺水的難關。至於各輪區重

新分配到水量的多寡，則由均勻遞減係數來決定，均勻遞減係數是由各進水口的取水率計算得知，作為重新分配水量之調整依據。亦即視水源水量實際減少程度，依照配水比率減少各系統之配水量，至於田間灌溉則仍維持原訂輪距，以減少水深執行之。

如某系統原計畫灌溉水深為 12mm/日，輪距為 5 天，若水源減少 30% 時，應用均勻遞減水量法，灌溉水深應減為 8.4 mm，輪距仍維持 5 日。

2. 輪距延長法

視作物生育階段，在不影響作物生長原則下，維持原一次灌溉水深，延長輪距實施配水。如原輪距五日，延長為八日。灌溉一次水深則維持不變。

3. 分組輪灌配水法

當灌區缺水較為嚴重時，而以均勻遞減水量法實施配水時尚無法滿足配水之需求時，則可以採用灌區分組之輪流灌溉方式。採取分組輪灌方式主要是以集中有限之取水量施灌，藉以提高灌溉效率，同時利用施灌之地區內流量充裕，對於分水與配水作業較易控制施行，且在全區管理作業上僅需控制各組別進水口之流量與分配時間即可，達到公平配水之目的。

對於支線、分線為主體之大灌區輪灌，所輪灌之對象是以輪區內之單位輪區間之輪灌為主，其分組輪灌方式甚多，但須遵守下列之輪灌原則：

- (1) 以輪區作為每一單元，不能任意分割，故系統之分組不能將同一輪區分割至兩個不同的組別。
- (2) 分組時，各組需水量之差值越小越佳。
- (3) 為使有限之灌溉水源發揮最高之效率，應實施集中灌溉為原則。
- (4) 分組後之配水流量必須符合渠道容量之限制。

4. 減少灌區面積法

水源銳減至上述方法無法執行時，則停止部分農田配水，處理方式分 2 種：

- (1) 集中法：將水量集中灌溉於滲漏最小，效率最大灌區，而其他灌區停止供灌。
- (2) 平均分配法：停止供灌面積，依水源水量減少程度，按配水比率分配於各支分線系統。亦即按各配水田坵面積，依缺水率減少灌溉面積。

5. 其他配合措施

除上述各項缺水期配水方法外，其他應配合之措施有：

- (1)抽用地下水：灌區內如有可靠之地下水源可資利用者，應擬具計畫，經核定後予以開發利用。
- (2)利用回歸水：尋找灌區內可資利用之回歸水，擬具計畫後引用。
- (3)加強管理：水利會灌區如發生嚴重乾旱時，用水管理人員應即停止一切休假，依照救旱措施所訂工作要領切實執行非常灌溉工作。
- (4)協調農民錯開插秧時期：乾旱發生在整田期間，而水源水量銳減，經採取非常灌溉，倘仍無法克服時，應協調農民，在不影響作物生育原則下，盡量錯開插秧時間。
- (5)水田轉作或休耕：配合政府水稻田停灌轉作政策，將水田轉作為可節省用水或耐旱之雜作，如無水源可供灌者，應考慮休耕。轉作地區應選擇輸配水損失大，需水量多之灌區，並宜以整灌溉系統為劃定區，以利配水管理。

二、機動性之配水方法(K 係數法)

台灣地區灌溉地表水來源主要有水庫取水系統及河川取水系統二種，河川取水系統之用水特性與水庫供水系統(Reservoir Supply Systems)稍有不同，在河川取水系統中，流量因受氣候影響甚鉅，且其變動性較大，加上台灣地區河川均屬短而陡之型態，在豐水期過多之水若不加以取用，則將迅速直流入海而無法利用。

因此，對於河川取水系統之灌溉計畫擬定原則，在尖峰用水期勿使高用水階段集中於同一時期，可採取系統別錯開方式以降低尖峰用水；若在水源水量充足情況下，則在不影響渠道安全範圍內儘量取水，這多取水量不但可以減少部份管理工作，更可提供給三生用水中之生活及生態用水。

因此對於河川流量不穩定情況下之配水，於水量調配時應有一可行之管理措施以因應之，尤其是在水源引進水量低於計畫用水量之缺水情況下，更應有針對缺水情形下尚能以公平、合理之原則達到適時配水之對策。

(一)損失係數(Factor of Loss)

一般通用之水路輸水損失(包括操作損失)表示方式為：

$$S = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \dots \dots \dots (3-4)$$

式中，S：水路輸水損失

Q_{in} ：水流量(m^3/s)

Q_{out} ：出流量(m^3/s)

亦即

$$Q_{in} = \frac{Q_{out}}{(1-S)} \dots\dots\dots(3-5)$$

由於 S 值介於 0 與 1 之間，為便於應用起見今將其轉成以田間為基準之形式時，其表示方式為：

$$Q_{in}=(1+S')Q_{out}\dots\dots\dots(3-6)$$

則 S'與 S 之關係可以表示為：

$$S'=S/(1-S) \dots\dots\dots(3-7)$$

此一 S'值即為輸水損失水量佔所轄灌區之灌溉需水量之比例，而(L=1+S')稱之為損失係數 Factor of Loss)，其所代表之意義以輪區之情況加以說明如下：若當損失係數為 1 時，此時 S'=0，表示系統並無損失之情形，故 $Q_{in}=Q_{out}$ ，此一情形在實際之狀況下是不可能發生的；而當輸水損失增為 20%(S=20%)時，則 S'=25%此時之損失係數為 1.25，而其所表示之意義為：當田間需要 1 單位之水量時，在輸水損失為 20%之情況下，則在輪區取水口務必供給 1.25 個單位之水量方能滿足輪區內田間所需之水量。

就輪區之損失係數而言，台灣地區在農地重劃時，對於輪區之設計係採用 50 公頃為基準，依照過去全省各水利會長期營運觀測之結果，輪區之平均損失係數約為 1.15~1.25 間，但是在輪區群中，由於各個輪區之面積差異甚大，小至數公頃，大至數百公頃，在大小上並非一致，因此若所有之輪區均採用同一平均值，勢必無法達到公平且合理之配水結果，因此在實用上應以實際之面積、水路等條件加以修正之，輪區損失係數(L_{ti})之修正方式為：

$$L_{ti} = 1 + S_i F \dots\dots\dots(3-8)$$

式中， L_t ：輪區損失係數；

S：輪區輸水損失(%)；

F：輪區面積大小之權重因子；

i：輪區(index of tertiary)。

S_i 為輪區內中小給之輸水損失，依照過去全省各水利會長期營運觀測結果，以輪區面積為 50 公頃之情形下，輪區內之中小給平均輸水損失約為 15%~25%左右，就整個灌溉系統之中，各輪區面積之不同，在應用上若採用同一標準亦不合理，因此對於各輪區間之中小給之輸水損失亦需加以修正，其修正方式如下：

$$S_i = A_i S_0 \dots\dots\dots(3-9)$$

式中，S：輪區輸水損失(%)；

S_0 ：單位面積之輸水損失(% / ha)；

A：輪區面積(ha)；

i：輪區(index of tertiary)。

則，面積與水路之權重因子(F)可表為：

$$F = \frac{(\sum_{i=1}^n S_i/n)}{(\sum_{i=1}^n A_i S_i / \sum_{i=1}^n A_i)} \dots\dots\dots(3-10)$$

(二)用水計畫

用水計畫之制訂是在作物種植之前以田間需求面(Demand)之觀點，在不考慮水源之情況或田間水路之狀況下，推估全灌區之需用水量。因此只要有轄區之面積、作物各生長期之用水標準及損失係數，即可迅速求得取水口所需之流量，其計算方式簡述如下：

由前述輸水損失係數(factor of loss)之觀念，各輪區取水口各需水期之需水量，可經由各輪區之面積與該區之田間灌溉需水量、輪區損失係數等推求而得，其表示方式為：

$$Q_{tij} = FIR_j \times A_i \times L_{ti} \dots\dots\dots(3-11)$$

$$FIR_j = CWR_j + P - AR_j \dots\dots\dots(3-12)$$

式中， Q_{tij} ：第 i 輪區第 j 生長期之輪區灌溉需水量(l/s)；

FIR：田間灌溉需水量(l/s/ha)；

CWR：作物需水量(l/s/ha)；

A：輪區之面積(ha)；

L_t ：輪區損失係數；

P：田間滲漏量(l/s/ha)；

AR：有效雨量(l/s/ha)；

i：輪區(index of tertiary)；

j：生長期(index of growth stage)。

在求得各輪區取水口各生長期之流量之後，另行考慮幹、支分線之輸水損失係數，就可得到該輪區於系統取水口各生長期之需用水量。對於幹、支分線之輸水損失，若有實測值則採用實測值，然在灌區之中幅員遼闊，不可能對所有之幹、支分線之輸水損失，進行實際之量測工作。

因此在計畫配水工作上，務必參考相關實測資料估算之，而各級水路長短並不一致，若採用相同之值並不合理，因此務必加以修正，本文對於水路損失係數(L_s)是依照水路距離之長短加以修正，其修正方式為：

$$L_{si} = 1 + C_i G \dots\dots\dots(3-13)$$

$$C_i = L_i C_o \dots\dots\dots(3-14)$$

$$G = \frac{1}{(\sum_{i=1}^n L_i/n)} \dots\dots\dots(3-15)$$

式中， L_s ：水路系統損失係數

C ：水路系統輸水損失

G ：水路長短之權重因子

L ：水路長度(m)

C_o ：水路系統輸水損失實測值

I ：輪區(index of tertiary)

因此，在考量輪區面積與水路長度之權重後，系統取水口之輪區灌溉需水量可以表示如下：

$$Q_{sij} = FIR_{ij} \times A_i \times L_{ti} \times L_{pi} \times L_{li} \dots\dots\dots(3-16)$$

式中， Q_s ：系統取水口之灌溉需水量(l/s)

FIR ：田間灌溉需水量(l/s/ha)

A ：輪區之面積(ha)

L_t ：輪區損失係數

L_p ：幹線輸水損失係數

L_l ：支分線輸水損失係數

i ：輪區(index of tertiary)

j ：生長期(index of growth stage)

(三)配水計畫

配水計畫亦是在作物種植之前所制訂之計畫，其與供水計畫之差別乃配水計畫是以供給之觀點，並考慮水源與田區水路之情況下所做之用水調配計畫。其所考慮之重點，在水源方面是依照歷年之用水情況，並依照過去之水文記錄，預估可用水源以作為供水之標準；在水路之考量方面則是針對各幹、支分線之渠道容量限制，限定其最大通水量。故整個配水計畫是考量可用水源、水路容量限制、作物種植時刻等相關因素，所制訂之供水計畫稱之為配水計畫。配水計畫與配水作業並不相同，配水計畫是在作物種植之前所擬定者；而配水作業是在作物種植之後，依照所引進之水源水量，配合田間之需求情況，在田間進行之水量調配工作。

灌溉需水量會隨著作物生長之過程與管理方式，而呈現不同之用水標準對於水稻作物之種植而言，其尖峰用水是發生在稻作插秧期之整地末期，若在灌區中各個輪區集中於同一時期進行整地作業，則在水源供水能力或幹支線之輸水系統容量，將難承載所需之尖峰用水量。因此，為了大量遞減尖峰

用水量，在配水計畫之製作上是將整地日期加以錯開，使整地期之幹支線輸送水量在其容許之範圍內。

(四)機動性配水(Flexible Water Distribution Model)

實地之配水作業是在作物種植之後，根據現有之水源情況所因應之水量調配工作，就農田永續利用之觀點，由於降雨在時空上的分佈不均的情況下，造成供應水源之流量不穩定而發生變動，在缺水期無法充分的灌溉，作物生長所需之水量欠缺之部分是由毛管水所供應，也因此讓土壤中之鹽鹼類累積或上升，造成鹽鹼地的發生，為能讓農地永續之利用，日後必當補充更多之水量予以淋洗，才不致形成鹽鹼地而無法利用。

就農田之永續利用的觀點，進行配水作業的研擬，目的在缺水期無法達到田間耕作之正常供水情況時，如何利用適當之灌溉營運措施，將微量的水源在適當的時機，合理地分配至各田區，提供作物維持合理產量所需之水量，藉以提出水源不足時田間之灌溉營運技術，來達到田間灌溉之需求。

而在豐水季節時應在渠道容量許可情形下儘量引水灌溉，將多餘水量加以分配至全區中，對土壤加以淋洗，冀以減少在缺水期因灌溉不足所引起之不良後果，讓地力得以保持並達到農地永續利用宗旨，進而達到三生目的。

在水源不穩定之情況下其水量調配工作顯得較為複雜，為因應水源之變動情況，本研究提出以下之水量調配方式，進行實地配水作業之參考，其配水作業之流程如圖 3-4 所示。

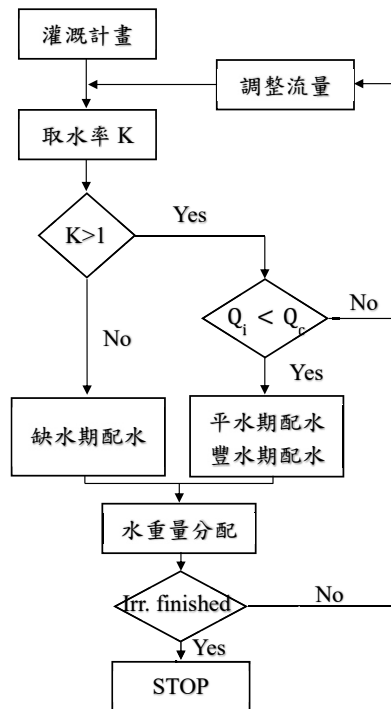


圖 3-4 機動性配水流程圖

1. 豐水期之配水

對河川取水系統而言，在豐水期時因水源不虞匱乏，若灌溉水路系統尚可負荷，對計畫用水外之過剩水量若不加以取用，則多餘之水終將流入大海，形成水資源浪費。因此，豐水期配水原則，當實際可取用水量達到計畫用水量以上時，則在渠道容量安全範圍內，儘量引水進入灌溉系統，對於水量分配，除依照既定配水計畫進行配水操作外，對剩餘水量之分配方式如下：

當作物種植後對於某一灌溉時期，其輪區計畫用水量(Q_i)相對取水口流量(Q_s)關係可以表示為：

$$Q_{si} = Q_{ti} \times L_{si} \dots\dots\dots(3-17)$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \sum_{i=1}^n Q_{si} \\ &= \sum_{i=1}^n (Q_{ti} \times L_{si}) \dots\dots\dots(3-18) \end{aligned}$$

而損失水量(Q_{sli})可表為：

$$\begin{aligned} Q_{sli} &= Q_{si} \times Q_{ti} \\ &= (L_{si} - 1) \times Q_{ti} \dots\dots\dots(3-19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{sl} &= \sum_{i=1}^n Q_{sli} \\ &= \sum_{i=1}^n (Q_{si} \times Q_{ti}) \dots\dots\dots(3-20) \end{aligned}$$

式中， Q_s ：系統取水口計畫用水量(cms)

Q_t ：輪區取水口計畫用水量(cms)

L_s ：水路系統損失係數

Q_{sl} ：損失水量(cms)

i ：輪區(index of tertiary)

n ：總輪區數

若河川是處於豐水期，則代表可取用水量大於計畫用水量，因此在渠道容量安全範圍之內，在某一生長期之實際取水量為 Q_j ，若屬豐水期則 $Q_j \geq Q_{sj}$ ，此時對於剩餘水量($Q_j - Q_{sj}$)可應用輪區面積加權之方式，進行水量之分配工作。亦即：

$$Q'_{tij} = Q_{tij} + \frac{A_i}{A} \times (Q_j - Q_{sj}) \dots\dots\dots(3-21)$$

式中， Q_t ：輪區取水口計畫用水量(cms)

Q'_t ：超量灌溉分配水量(cms)

Q_s ：系統取水口計畫用水量(cms)

Q ：實際取水量(cms)

A：灌區之面積(ha)

i：輪區(index of tertiary)

j：生長期(index of growth stage)

為了簡化配水作業中之繁複水量計算與決策之過程，本研究引用過去各水利會以取水率之水量分配方式加以修正之，研擬符合簡便、快速、公平與合理之原則下之水量分配方式，此一較為簡便之分配方式，乃根據引進水量與需水量之比例加以調整之方法，稱為 K 係數法(K factor)，不論是在豐水期、平水期或缺水期下，均可依照 K 係數法之分配方式，將引進水量公平合理的分配到各個田區之中，K 係數法之表示方式稱為有效灌溉取水率。

即，實際之有效灌溉取水量(實際取水量－系統輸水損失)與計畫之有效灌溉用水量(計畫用水量－系統輸水損失)之比，亦即：

$$K = \frac{Q_j - Q_{slj}}{Q_{sj} - Q_{slj}} \dots\dots\dots(3-22)$$

式中，Q：實際取水量(cms)

Q_s ：計畫用水量(cms)

Q_{sl} ：輸水損失量(cms)

$Q_j - Q_{slj}$ ：第 j 生長期之實際有效灌溉取水量(cms)

$Q_{sj} - Q_{slj}$ ：第 j 生長期之計畫有效灌溉用水量(cms)

j：生長期(index of growth stage)

在豐水期之水量分配，以應用 K 係數法之配水方式，係考慮輪區面積加權與水路長度加權之方式，配合灌區設計時對水頭之要求，重新分配水量，因此各輪區在豐水期($K > 1$)之重新分配水量(Q'_{tij})為：

$$Q'_{tij} = K \times Q_{tij} \dots\dots\dots(3-23)$$

在應用 K 係數法於豐水期進行配水工作時，需考慮到渠道容量之限制，當渠道容量無法負荷時，務必調整水門取水量於渠道容量限制之範圍內，再進行水量之分配。

2. 缺水期之配水

缺水期時配水方式，因牽涉到的方法較為複雜，傳統配水方式係以引水量之多寡(取水率)決定因應之配水對策，一般而言有：加強灌溉管理方式、減少灌溉水深(均勻遞減法)、輪流灌溉法(大輪灌、小輪灌)、延長輪距法等。

各水利會因基本條件之不同，所採用之標準亦不一致，對於水資源之決策者容易造成困擾，對於缺水期之配水標準係引用 K 係數法，已經將不可避

免之損失列入考慮之範圍內，對於水量之分配是考慮可以有效應用之水量，因而可以採用同一標準。

對於缺水期之配水方式採用之方式，在輕微缺水時應用 K 係數法進行均勻遞減之水量分配，在缺水較為嚴重時採用 K 係數法進行分組輪灌之配水作業。

(1)均勻遞減法

若水源之水量在輕微不足之情況下，此時水量雖減少但尚可提供足夠之水頭以供灌溉之用，此時可採用加強人為管理之方式配合均勻遞減水量之措施，調整各輪區之分配水量。

均勻遞減法係將全灌區缺少之水量，依照各輪區需水情形平均負擔之，故對於不足之水量亦可採用面積加權法或 K 係數法進行水量之調整分配工作，其分配之方式與豐水期之配水方式相同，不同的是此時之 K 值小於 1。

(2)分組輪灌法

當缺水情形較為嚴重，致使水源無法全面提供有效足夠之水頭同時灌溉全灌區時，此時務必採用灌區分組之輪流灌溉方式，集中有限之水量，以較大之流量灌溉其中之部分區域，減少不必要的輸水損失，而其餘之地區則處於暫時停止供水之狀態。

採用灌區分組之輪流灌溉方式時，因系統配水作業僅負責將水送至輪區口，而不干涉輪區內之配水操作，故在實施分組時應以輪區為最小單位，對輪區不可加以分割，且不能破壞輪區間之連續性，於分組配水之同時配合均勻遞減法，使各組之水量差異達到最小之目標。

於缺水期以灌區分組輪灌之方式進行配水時，其輪灌期距與所劃分組數之決定乃根據灌區土壤之 T.R.A.M.(Total Readily Available Moisture，總速效性有效水份)與作物耐旱程度而定，分組原則首先係根據土壤之 T.R.A.M.、作物類別與生長時期決定輪灌期距，然後再配合該生長期之作物耐旱程度，決定最大分組數目，最後依照實際引進水量決定其輪灌分組方式。

至於決定最佳分組灌溉情況可根據 K 係數法(K factor)加以判別之，當 K 大於 80%($K > 0.8$)以上，採不分組型態以前述均勻遞減方法分配水量；若當 K 值小於 80%($K \leq 0.8$)以下，為便於說明起見以最大分 4 組之情況為例，其可能分組情況視 K 值而定，K 值之臨界值分別如下表(表 3-4)所示。

一般而言，最大分組數目視所種植之作物其耐旱程度，與該地區土壤之保水力情況而定，當水源水量極度缺乏使得規劃之分組數目大於最大分組數目時，則無論應用何種灌溉方式均無法滿足灌溉之所需，此時唯有犧牲部份地區不予灌溉才能持續整個地區之灌溉。

表 3-4 臨界 K 值與輪灌組別

臨界 K 值	輪灌組別	說明
1.00	1/1	全區均灌
0.75	3/4	分四區灌三區
0.66	2/3	分三區灌二區
0.50	1/2	分二區灌一區
0.33	1/3	分三區灌一區
0.25	1/4	分四區灌一區

3.4.3、各水源不同缺水程度時之採行措施

一、河川供水系統

依據長期水文資料之統計分析，在一年當中，可利用之水量、時間、地域等均有其特性，每年春季常有季節性之缺水現象，夏季偶而亦有缺水，因河川坡陡本身調蓄水之功能甚小，故發生缺水之情況最為頻繁。每遇缺水期，水利會及農民即不惜投入人力、財力以救旱，故對救旱措施已頗有經驗。各不同缺水程度時應採行措施如次：

(一)缺水率在 10%時：

- 1.備妥各種乾旱程度之灌溉計畫及配水方法，召開研討會，使水利會全體員工與水利小組充分溝通，共同認識，同心協力推行救旱工作。
- 2.加強用水調配，提高灌溉效率。
- 3.按原訂灌溉計畫分水比率切實執行。
- 4.鞏固河川水源取水設施，防止漏水。
- 5.盡量利用可用水源，如在排水溝攔水或利用迴歸水補給。

(二)缺水率在 20%時：

除應辦理前列缺水期之各項措施外，應再辦理如下列要項：

- 1.召開救旱應變措施研討會，機動調整不同灌溉系統之配水，並報請主管機關核備及宣導水利小組配合實施。
- 2.錯開用水尖峰時期，如在水稻整田插秧期間，盡量集中水量以利插秧推行進度加快，旱作物灌溉暫停或錯開。
- 3.如稻作已進入本田時期，可延長輪距。
- 4.雇用掌水工執行配水。
- 5.動用抽水機，抽取地面水或地下水為補充水源。

(三)缺水率在 30%時：

除應辦理前列缺水期之各項措施外，應再辦理如下列要項：

- 1.再研擬修訂並變更公告配水時間及實施要領。
- 2.減少灌溉水深或再延長輪距。
- 3.公告實施埤圳別或幹支線別間歇輪灌。
- 4.如為整田插秧期，勸導會員改種少用水量之作物。
- 5.尋找其他水源，架設臨時抽水機抽水補救。
- 6.動員員工救旱，日夜加強管理，停止休假。
- 7.報請主管機關成立救旱連繫小組，並請有關機關協助推行非常灌溉。

(四)缺水率在 40%時：

除應辦理前列缺水期之各項措施外，應再辦理如下列要項：

- 1.公告實施非常灌溉，並報請主管機關備查。
- 2.耐旱性強的作物暫停灌溉。
- 3.配合政府政策辦理休耕或轉作，報請主管機關公告變更灌溉方式。
 - (1)如於種植前，勸導農民休耕或轉作。
 - (2)如已種植，則改行非常灌溉。
- 4.水稻本田灌溉時期，為節省水量及避免輪距過長，則實施滑流灌溉，使田面不保留積水為原則。
- 5.利用臨時設備，儘量補充水源。

二、河川供水系統應用案例~彰化水利會

在此即引用彰化水利會過去各灌溉系統不同乾旱程度之灌溉營運因應措施，以對於水源調配之對策作一說明。

1.彰化水利會水源系統

依據民國 87 年資料，彰化水利會主要水源取自濁水溪、烏溪二大主要河川，前者佔 84%，後者 16%，另外輔助水源以排水渠道匯集之回歸水利用約佔全區 10%，而會有深淺井僅佔少數約 1%左右。登記之水權件數計有地表水 67 件、地下水 79 件合計 146 件，其個別月份之地面水與地下水之水權量如表 3-5 所示。

2.灌溉面積

依據民國 87 年資料，彰化水利會轄區包括南投縣之南投市、名間鄉及彰化縣 26 個鄉鎮市行政區域。民國 87 年灌溉地面積約 46,076 公頃，其中雙期作田 42,699 公頃，單期作田 424 公頃，輪作田 2,953 公頃；種植水稻約

佔 85%，其餘栽植精緻經濟農作物。彰化地區之農業耕地面積如表 3-6 所示，由表中之資料顯示，水利會之耕地面積約佔 65%，其餘之 35%則屬非水利會耕地。

表 3-5 彰化水利會登記水權量統計表

單位：cms

引用 水源	月						份					
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
地面	64.89	72.55	89.44	90.57	96.50	104.4	114.3	113.7	105.3	83.82	73.35	72.15
地下	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15	5.15

資料來源：經濟部水資源局、彰化水利會

表 3-6 彰化地區農業耕地面積一覽表

(民國 80 年至 84 年)單位：公頃

年別	耕地面積			水利會耕 地面積	非水利會耕地面積			非水利會 耕地面積
	水田	旱田	小計		水田	旱田	小計	
80	52,855	17,349	70,204	44,438	8,417	17,349	25,766	37%
81	52,139	16,972	69,111	44,548	7,519	16,972	24,563	36%
82	51,642	16,800	68,442	45,834	5,808	16,800	22,608	33%
83	51,327	16,561	67,888	44,411	6,916	16,561	23,477	35%
84	51,153	16,380	67,533	44,399	6,754	16,380	23,134	34%
平均	51,823	16,812	68,636	44,726	7,097	16,812	23,910	35%

資料來源：各縣市統計要覽、彰化農田水利會、農業年報

3.水文狀況

本地區雨季為每年 5~10 月，旱季為 11 月~翌年 4 月，旱季雨量約佔年雨量 20%，此刻正值一期稻作整田插秧尖峰用水時期，均發生缺水現象，直至梅雨期才復元水源常態，七~九月間颱風豪雨季節，山洪暴發導致河床上臨時攔水堤崩潰，影響水源正常引水，致使雨季也有缺水現象。

4.灌溉系統

彰化水利會所屬之灌區，大致上可分為三個系統，即烏溪、濁水溪與舊濁水溪系統，圖 3-5 為彰化水利會之灌溉系統示意圖，在個別系統特性方面：

八堡一圳、八堡二圳、荊仔圳系統等，各個灌區之面積與本田計畫水量，及其所屬之水源系統如表 3-7 所示。

表 3-7 彰化水利會灌區面積、本田計畫水量、水源情形

灌 區	面 積(ha)	水 量(c.m.s)	水 源 別
溪頭埤	溪 頭 上 埤	79	貓 羅 溪
	溪 頭 下 埤	261	貓 羅 溪
	番 子 田 圳	47	貓 羅 溪
	小 計	387	
東系西圳系統	東 西 二 圳	1,326	貓 羅 溪
	東 西 三 圳	868	烏 溪
	小 計	2,194	
福馬圳系統	福 馬 一 區	1,919	烏 溪
	福 馬 二 區	1,596	烏 溪
	小 計	3,515	
	頭 汴 埤	1,000	回 歸 水
	合 計	7,094	
同源圳	同 源 一 區	767	濁 水 溪
	同 源 二 區	993	濁 水 溪
	小 計	1,760	
八堡一圳	八堡(一)一區	2,601	濁 水 溪
	八堡(一)二區	4,216	濁 水 溪
	八堡(一)三區	4,184	濁 水 溪
	小 計	11,001	
八堡二圳	八堡(二)一區	1,448	濁 水 溪
	八堡(二)二區	2,949	濁 水 溪
	八堡(二)三區	2,884	濁 水 溪
	小 計	7,281	
荊仔圳系統	荊 埤 一 區	2,964	濁 水 溪
	荊 埤 二 區	2,123	濁 水 溪
	荊 埤 三 區	4,399	濁 水 溪
	荊 埤 四 區	2,670	濁 水 溪
	荊 埤 五 區	2,786	濁 水 溪
	小 計	14,942	
	合 計	34,984	
	溪 潮 區	2,150	舊濁水溪
	福 興 區	751	舊濁水溪
	萬 興 區	1,194	舊濁水溪
	合 計	4,095	
	總 計	46,173	

根據歷年之統計資料顯示，彰化地區（含非水利會灌區）自民國 80 年至 84 年之平均計畫取水量為 18 億 8 千 3 百萬噸，而實際之取水量平均僅有 12 億 4 千 7 百萬噸，平均每年之不足水量約為 6 億噸左右。表 3-8 為彰化地區自民國 80 年至 84 年之用水時態。若就非水利會灌區之部分來看，其面積平均有 23,910 公頃，計畫需水量為 4 億 2 千 3 百萬噸，而實際之取水量則僅有 1 億 8 千 6 百萬噸，用水普遍不足，表 3-9 為彰化地區自民國 80 年至 84 年之非水利會灌區用水時態。

表 3-8 彰化地區 80-84 年之計畫需水量與實際取水量統計表

年期	耕地面積(公頃)			計畫需水量 (百萬立方公尺)	實際取水量 (百萬立方公尺)
	水田	旱田	小計		
80	52,855	17,349	70,204	2,050.11	1,276.98
81	52,139	16,972	69,111	2,088.34	1,094.02
82	51,643	16,800	68,442	1,705.41	1,182.70
83	51,327	16,561	67,888	1,841.76	1,273.12
84	51,153	16,380	67,533	1,727.50	1,410.00
平均	51,823	16,812	68,636	1,882.62	1,247.36

資料來源：各縣市統計要覽、彰化農田水利會、農業年報

表 3-9 彰化地區非水利會灌區 80-84 年計畫與實際取水量統計表

年期	非水利會轄區之耕地積 (公頃)			水田單位面積灌 溉需水量(mm)	計畫需水量 (百萬噸)	實際取水量 (百萬噸)
	水田	旱田	合計			
80	8,417	17,349	25,766	3505	492.76	203.75
81	7,591	16,972	24,563	3634	469.36	162.10
82	5,808	16,800	22,608	2932	361.78	164.50
83	6,916	16,561	23,477	3220	411.52	187.43
84	6,754	16,380	23,134	3012	390.17	210.05
平均	7,097	16,812	23,910	3261	423.07	185.57

資料來源：各縣市統計要覽、彰化農田水利會、農業年報

若針對彰化水利會之灌區來看，每年之灌溉面積平均約為 91,573 公頃，計畫需水量為 15 億 2 千 6 百萬噸，在實際用水方面，年取水量平均約為 11 億 3 千 4 百萬噸，其中進水口之取水量為 10 億 4 千 8 百萬噸、地面水配合量為 6 千 6 百萬噸、地下水配合量為 1 千萬噸、迴歸水 3 百萬噸，就計畫用水與實際取水之統計資料來看，其實際之用水普遍存在用水不足之情形，詳細之用水時態如表 3-10 所示。若將一、二期作之用水時態分開來看，其一期作與二期作之計畫用水量與實際取水情形相當平均，亦即一、二期作之用水情形差異不大，表 3-11 為一期作之用水時態，表 3-12 為二期作之用水時態。

表 3-10 彰化水利會灌區 80-84 年之計畫與實際取水量統計表

年期	灌溉地 面積 (公頃)	計 畫		實 際						
		灌溉面積 (公頃)	需水量 (百萬噸)	灌溉面積 (公頃)	取 水 量 (百萬立方公尺)					合計
					a	b	c	d	e	
80	46198	92095.00	1626.48	92095.00	1060.39	71.83	6.79			1139.01
81	46240	92424.00	1696.92	92424.00	962.01	44.08	4.78			1010.87
82	46220	91579.00	1400.67	91579.00	1013.50	63.27	12.01			1088.78
83	46562	91575.00	1500.76	92335.00	1061.52	76.96	15.41			1153.89
84	46550	90191.00	1406.19	90191.00	1143.61	71.89	13.24	13.25	33.34	1275.32
平均	46219	91572.80	1526.20	91724.80	1048.21	65.61	10.44	2.65	6.67	1133.57

(1)說明：a:進水口取水量，b:地面水配合量，c:地下水配合量，d:迴歸水，e:其他。

(2)資料來源：彰化農田水利會。

表 3-11 彰化水利會灌區 80-84 年一期作之計畫與實際取水量統計表

年期	灌溉地 面積 (公頃)	計 畫		實 際						
		灌溉面積 (公頃)	需水量 (百萬噸)	灌溉面積 (公頃)	取 水 量 (百萬立方公尺)					合計
					a	b	c	d	e	
80	46198	46356.00	847.29	46356.00	558.35	36.97	6.77			602.09
81	46240	46220.00	873.40	46220.00	506.81	17.12	1.56			525.49
82	46220	46173.00	634.44	46173.00	496.68	28.00	4.14			528.81
83	46562	45407.00	802.71	46167.00	546.44	40.40	9.85			596.69
84	46550	45103.00	768.34	45103.00	610.74	37.79	7.95			656.48
平均	46219	45851.80	785.24	46003.80	543.80	32.05	6.05			581.91

(1)說明：a:進水口取水量，b:地面水配合量，c:地下水配合量，d:迴歸水，e:其他。

(2)資料來源：彰化農田水利會。

表 3-12 彰化水利會灌區 80-84 年二期作之計畫與實際取水量統計表

年期	灌溉地 面積 (公頃)	計 畫		實 際						
		灌溉面積 (公頃)	需水量 (百萬噸)	灌溉面積 (公頃)	取水量(百萬立方公尺)					
					a	b	c	d	e	合計
80	46198	45739.00	779.64	45739.00	505.03	34.87	0.02			539.92
81	46240	46204.00	831.19	46204.00	456.33	26.96	3.23			486.51
82	46220	45406.00	761.97	45406.00	518.27	35.27	7.87			561.41
83	46562	46168.00	703.07	46168.00	514.58	36.56	5.56			556.71
84	46550	45088.00	637.85	45088.00	533.63	34.11	5.28	13.25	33.34	619.60
平均	46219	45721.00	742.75	45721.00	505.57	33.55	4.39	2.65	6.67	552.83

(1)說明：a:進水口取水量，b:地面水配合量，c:地下水配合量，d:回歸水，
e:其他。

(2)資料來源：彰化農田水利會。

6.彰化水利會乾旱營運措施

(1)準備工作

A.依據預估乾旱之情況，由各工作站、水路站擬定乾旱工作計畫書，
報經本會彙整後，並報主管機關核備及連繫有關機關協助與配合。

B.擬定各不同缺水率（10%、20%、30%、40%）時之灌溉計畫書及
配水方式。

水利會本會及工作站邀集小組長等舉開救旱工作研討會，決定採行因應
措施，執行方法和水利小組應配合支援事項，並宣導會員灌輸救旱觀念及養
成節約用水習慣。

(2)執行方法

依據水利法、台灣省灌溉事業管理規則等規定辦理。

A.節省用水量

a.公告實施輪流灌溉

(a)單區輪灌配水。

(b)輪區與輪區輪灌配水。

(c)支分線分區分段灌溉。

(d)幹線埤圳別（間歇）輪灌。

b.加強用水調配提高灌溉效率。

c.員工動員救旱停止休假。

d.設法防止盜水漏水以提高輸水效益

e.減少灌溉水深及延長輪距。

f.錯開用水尖峰時期。

g.僱用掌水工執行配水。

h.公告實施非常灌溉機動配水。

i.報請主管機關成立救旱連繫小組，並請有關機關協助推行非常灌溉。

j.配合政府政策辦理變更灌溉方式公告，嚴重缺水地區停止灌溉。

B.開闢水源

a.鞏固河川水源設施防止漏水

b.協調水庫、調節池配合灌溉計畫用水量放水或抽水放給。

c.盡量利用排水或迴歸水。

d.抽取地面水或地下水為補充水源。

e.尋找其他水源架設臨時抽水機。

(3)不同缺水程度時應採行措施（表 3-13 至表 3-17）

A.缺水率在 10%時：

a.備妥各種乾旱程度之灌溉計畫及配水方法舉開研討會，使全體員工與水利小組充分溝通，共同認識同心協力於救旱工作。

b.加強用水調配、提高灌溉效率。

c.按原輪灌計畫分水比率切實執行。

d.鞏固河川水源設施，防止漏水。

e.盡量利用可用水源，排水溝攔水或迴歸水補給。

B.缺水率在 20%時，除辦理前項措施外，再辦理下列要項：

a.舉開救旱應變措施研討會，機動調整不同灌溉系統之配水，並報請主管機關核備及宣導水利小組配合實施。

b.錯開用水尖峰時期：如在水稻整田插秧期間，盡量集中水量，以利插秧推行，雜作灌溉暫停或錯開。如稻作進入本田期間，可延長輪距。

c.僱用掌水工執行配水。

d.動用抽水機抽取地面水或地下水為補充水源。

C.缺水率在 30%時，除辦理前項措施外，再追加下列要項：

a.再研擬修訂並變更公告配水時間和實施要領。

b.減少灌溉水深，再延長輪距。

c.公告實施埤圳別間歇輪灌。

d.如為整田插秧期，勸導會員改種省水作物。

e.尋找其他水源，架設臨時抽水機抽水補救。

f.員工動員救旱工作，日夜加強管理，停止休假。

g.報請主管機關成立救旱連繫小組，並請有關機關協助推行非常灌溉。

D.缺水率在 40%時，除辦理前述措施外，再行追加下列要項：

a.公告實施非常灌溉，並報請主管機關核備。

b.耐旱性強的作物暫停灌溉。

c.配合政府政策辦理轉作或休耕，並報由主管機關公告變更灌溉方式。如於種前勸導農民轉作或休耕，已種植則改行非常灌溉。

d.如屬水田灌溉時期或雜作田，則實施滑流灌溉，使田面不保留水深。

表 3-13 彰化水利會不同缺水情況因應措施

系統別 乾旱%	烏溪系統					濁水溪系統					舊濁水溪系統				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
1.擬定不同缺水率之灌溉計畫及配水方法			△		△			△		△			△		△
2.召開救旱工作研討會			△	△	△			△	△	△			△	△	△
3.公告實施輪流灌溉			△	△	△			△	△	△			△	△	△
4.加強用水調配	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
5.動員救旱停止休假			△	△	△			△	△	△			△	△	△
6.設法防止盜水及漏水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
7.減少灌溉水深及延長輪距			△	△	△			△	△	△			△	△	△
8.錯開用水尖峰時期			△	△	△			△	△	△			△	△	△
9.雇用掌水工		△	△	△	△		△	△	△	△		△	△	△	△
10.公告實施非常灌溉機動配水、滑流灌溉				△	△				△	△				△	△
11.成立救旱連繫小組				△	△				△	△				△	△
12.配合政府政策辦理變更灌溉方式公告(停灌或轉作)			△	△	△			△	△	△			△	△	△
13.勸導休耕				△	△				△	△				△	△
14.暫停旱作灌溉				△	△				△	△				△	△
15.鞏固河川水源設施	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
16.協調水庫配合灌溉計畫用水量放水			△	△	△			△	△	△			△	△	△
17.利用排水或迴歸水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
18.抽取地面或地下水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
19.架設臨時抽水機				△	△				△	△				△	△

表 3-14 烏溪系統配水計畫表

時間 項目			輪 距 八 天 (0.7Q)								附 註
			1	2	3	4	5	6	7	8	
溪 頭 埤 系 統	上埤	上段	0.118cms								
		下段					0.118cms				
	下埤	上段	0.391cms							以第三給水門分 上、下段	
		下段					0.391cms				
	番子 田圳	上段	0.070cms								
		下段					0.070cms				
東 西 系 統	Ⅰ 區	東西 二圳	上段	1.818cms							以過溝子分水門為 界上段 734ha，下段 592ha
			下段	1.464cms							
	Ⅱ 區	東西 三圳	上段					1.834cms			以寮子口制水門為 界上段 485ha，下段 383ha
			下段					1.448cms			
福 馬 圳 系 統	Ⅰ 區	四股 圳	上段	1.845cms							以下五厘汴為界上 段 673ha，下段 668ha
			下段	1.830cms							
		王爺汴		0.605cms							
		新埤 舊圳		0.978cms							
	Ⅱ 區	六股 圳	上段					1.977cms			以汴頭制水門為界 上段 650ha，下段 748ha
			下段					2.629cms			
		頭前寮 支線(四股)						0.373cms			
		還社友線 (六股)						0.279cms			

表 3-15 濁水溪、舊濁水溪系統配水計畫表

項目 \ 時間		輪 距 十 天 (0.7Q)										附 註
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
同 源 圳	一區	2.633										炭寮、舊圳、番子寮分線、田寮洋頂下分線
	二區			2.633								幹線、第一、果稟支線、十八張、包尾分線
荖 仔 埤 系 統	一區	7.421										下水埔站 (含菁埔圳) 596ha
	二區	5.289										溪洲站
	三區			11.983								原斗、萬興、二林 (沙山圳)、路上等站
	四區	6.665										竹塘站 (永基二、三圳)
	五區			7.592								大城站 (深耕二、三圳) 及魚寮溪抽水機
八 堡 圳 系 統	八 堡 一 圳	一區				5.816						枋寮頭圳上流
		二區				9.425						萬年圳、埔鹽埤、南勢圳、中庄埤上流
		三區						11.784				東圳、西圳、劉厝埤、慶豐埤
		四區						3.457				頭汴埤圳
	八 堡 二 圳	一區							4.42 4			舊二份圳上流
		二區							9.01 3			東西溝分水門~永靖分圳上流、東溝~雙礮埤
		三區								6.072		同安宅涵下流、埔鹽幹線、大簾埤圳、福鹿制水門
		四區									7.365	舊濁水溪系統 (慶豐、大義、泉成、挖子、義和、三和等圳)

表 3-16 烏溪系統配水計畫表

時間 項目			輪 距 十 二 天 (0.5Q)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
溪頭埤系統	上埤	上段	0.085 cms											
		下段							0.085 cms					
	下埤	上段	0.279 cms											
		下段							0.279 cms					
	番子田圳	上段	0.050 cms											
		下段							0.050 cms					
東西系統	I 區	東西二圳 上段	1.411 cms											
		下段							1.423 cms					
	II 區	東西三圳 上段	0.933 cms											
		下段							0.921 cms					
福馬圳系統	I 區	四股圳 上段	1.318 cms											
		下段	1.307 cms											
		王爺汴	0.432 cms											
	II 區	新埤舊圳	0.699 cms											
	II 區	六股圳 上段							1.412 cms					
		下段							1.878 cms					
		頭前寮支線(四股)							0.267 cms					
	II 區	還社友線(六股)							0.199 cms					

表 3-17 濁水溪、舊濁水溪系統配水計畫表

時間 項目		輪 距 十 五 天 (0.5Q)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
同 源 圳	一區	1.881 cms														
	二區			1.881 cms												
荖 仔 埤 系 統	一區	7.291 cms														
	二區			5.983 cms												
	三區					13.309 cms										
	四區	6.550 cms														
	五區			7.859 cms												
八 堡 圳 系 統	八 堡 一 圳	一區							4.153 cms							
		二區							6.734 cms							
		三區										8.419 cms				
		四區										2.468 cms				
	八 堡 二 圳	一區											3.161 cms			
		二區											6.438 cms			
		三區													4.336 cms	
		四區													5.263 cms	

三、水庫供水系統

水庫在建造時，均訂有營運計畫及不同存水量情況下之運用規則以供遵循，各水庫計畫之建造目的及投資分配比率(尤其是多目標水庫)各有不同，故各水庫之灌溉用水之分配比率也因而有異。但其共同特性，為因有水庫可儲水調配，其流量較可穩定供應。茲以較常發生乾旱缺水之曾文—烏山頭水庫為參考例代表說明，缺水期無法照常供水灌溉之配水計畫及耕作制度之選擇，必須事先經政府有關機關及農田水利會研討後決定之。其主要水量分配準則及配水計畫如下列：

(一)以 10 月底水庫蓄水量為基準之灌溉措

施曾文與烏山頭水庫，自 10 月至翌年 5 月間，屬平水及枯水期，故以 10 月底兩水庫總水量作基準，計劃至一期水稻作止之灌溉計畫，因此無種植後再行調整灌溉之事宜。

1.水庫蓄水量在規線上限(6.2 億噸)以上時，照正常灌溉計畫施行，即(1)第一期水稻灌溉，(2)冬季甘蔗、什作灌溉，(3)春季第一、二次甘蔗及什作灌溉，第三次甘蔗灌溉。

2.水庫蓄水量在規線上限至下限間(3.5 億至 6.2 億噸)時：

(1)蓄水量在四億五千萬至 6.2 億噸時，照正常計畫施行灌溉，即如上述 1.之各項灌溉。

(2)蓄水量在 3.5 億至 4.5 億噸時，就以下各灌溉方式，擇一施行：

- A.第一期水稻，照計畫施行；冬春季甘蔗、什作灌溉，各施行一次。
- B.一期水稻，照計畫施行；冬春季第一、二次甘蔗及什作灌溉，各施行一次。
- C.一期水稻分二區，實施一區；冬春季甘蔗、什作灌溉，照計畫施行。
- D.一期水稻分二區，實施一區；冬春季甘蔗、什作灌溉，各施行一次。
- E.一期水稻分二區，實施一區；冬、春季第一、二次甘蔗及什作灌溉，各施行二次。

3.水庫蓄水量在規線下限至嚴重下限間(2.6 億至 3.5 億噸)時，就以下各灌溉方式，擇一施行：

- A.第一期水稻灌溉，照計畫施行。
- B.第一期水稻灌溉，照計畫施行；甘蔗、什作灌溉，各施行一次。
- C.第一期水稻灌溉，分二區，施行一區；冬季一次、春季二次甘蔗

及什作灌溉。

D.冬春季甘蔗及什作灌溉，照計畫施行。

4.水庫蓄水量在規線嚴重下限(2.6 億噸)以下，就以下灌溉方式擇一：

A.冬春季甘蔗及什作灌溉，照計畫施行。

B.第一期水稻灌溉，照計畫施行。

C.第一期水稻灌溉，分二區，施行一區；冬春季甘蔗及什作灌溉，各施行一次。(備註：水庫蓄水量增加時，得隨時調整增加供水灌溉)

(二)以 5 月底水庫蓄水量為基準之灌溉措施

1.農作物種植前

(1)水庫蓄水量在規線上限(1 億噸)以上時

A.水庫水量在 2 億噸以上時，照計畫施行第二期作及中間作水稻灌溉。

B.水庫水量不到 1.5 億時，灌溉開始日期延後，至 1.5 億噸時，照計畫施行灌溉。

(2)7 月 25 日水庫蓄水量仍在 4000 萬至 1.5 億噸時，依嘉南水利會水稻整田灌溉分組辦法，以 10000 噸/公頃用水量基準衡量可灌面積，予以先行灌溉，餘則公告取消該期作灌溉，未輪灌溉面積則於下次旱象時，優先輪值灌溉。

A.水庫水量在 1.5 億噸時，灌溉面積以 1 萬至 1.5 萬公頃範圍內施灌。

B.水庫水量不到 4000 萬至 1 億噸時，灌溉面積以 4000 公頃至 1 萬公頃範圍內施灌。

(3)7 月 25 日水庫蓄水量在 4000 萬噸以下時，公告水稻灌溉取消。

2.農作物種植後

上述(1)(2)情況，於水稻種植後，如水庫蓄水量無繼續進入可運用水量，對已種植面積一律採取間歇灌溉，其灌溉期距，斟酌水庫蓄水量隨時決定。

四、水庫供水系統應用案例~嘉南水利會

台灣之灌溉水路系統大致可分為二段，即水源取水口至輪區進水口為一段，在這一段考慮之重點在於提高輸水效率、穩定輪區進水口之流量。另一段為輪區進水口至田區作物根系，即輪區內之配水。其影響因子極多，如灌

溉方式（輪灌或續灌）、灌溉次序、耕作制度、輸水損失、水路長短、土壤質地、氣候條件等，皆會對輪區內之配水造成影響。

就嘉南水利會而言，其現行之輪區配水方式，乃是將輪區內之坵塊距離輪區進水口之遠近，概分為四組，分別估計各組別之水路損失值，並在指定的灌溉期距內，完成輪區內每一坵塊之灌溉。

一般而言，乾旱之發生大都是發生在整田期，因整田期係將田區土壤水分自乾田轉換為飽和水田狀態，田區一次灌水深度往往高達 120 至 200 mm，就坵塊用水而言相當於本田用水正常用水量之 15 至 25 倍之多，換句話說，乾旱發生時，若能突破整地期灌溉用水量瓶頸，順利整田插秧，則旱災之威脅即可減至最低。本省一期作之整田插秧期（二、三月）適逢枯水季，較易發生乾旱。又因為人口增加，都市及農工業發展迅速，灌溉、公共給水及工業用水，均逐年增加，且農耕方式逐年採用機械化，整田期縮短，需水量增加，致農田用水發生枯旱的頻率增加，尤以平常即為缺水的地區，旱象更是時常發生。

以水庫為水源之水利會，因為水庫有多目標效益且供水較為穩定，因此多採用輪灌方式，即每隔一段期距施灌一次，使田面保持一乾一溼的狀態，可減少田間之滲漏量，是一種適時、適量、依序的灌溉方式，並且也是一種以大量人力與財力換取節省水量之灌溉方式。而以河川為水源之水利會，因為河川之水位變動不穩定，大多採用續灌或配合水量之豐枯與輪灌相互應用。

1. 幹線用水調配

在幹線用水調配措施，乃根據在嘉南水利會之缺水期用水調配措施，配合機動性用水調配模式；進行以幹線系統為主之用水調配方式。嘉南水利會之灌區，因地處嘉南平原上，水源獲取不易，為能充分利用土地，水源因而有其特殊之輪作制度，如三年一作，三年二作等。烏山頭灌區系統之灌溉水源系來自於曾文溪，由曾文水庫調節後之流量導引至烏山頭水庫內，再經由進水塔、壓力隧道、制水閘、送水鋼管、放水閘、尾水池等放水設施進入灌溉渠道，供應嘉南平原之農田灌溉、工業及民生給水等各項用水之需，其送水隧道之設計流量不時為 68cms，最大可達 89.8cms。圖 3-6 所示為烏山頭灌區系統圖。

灌溉配水作業乃綜合作物種類、作物生育階段、作物需水量、田間滲漏量、輸水損失、有效雨量(Effective Rainfall)等之組合體，且以上各因子會隨著時間及地點之不同而有所變化，因此如何適時地將所需之水量分配到各田區之中，對於大面積系統之配水而言，將是極為複雜之專業技術。

烏山頭水庫

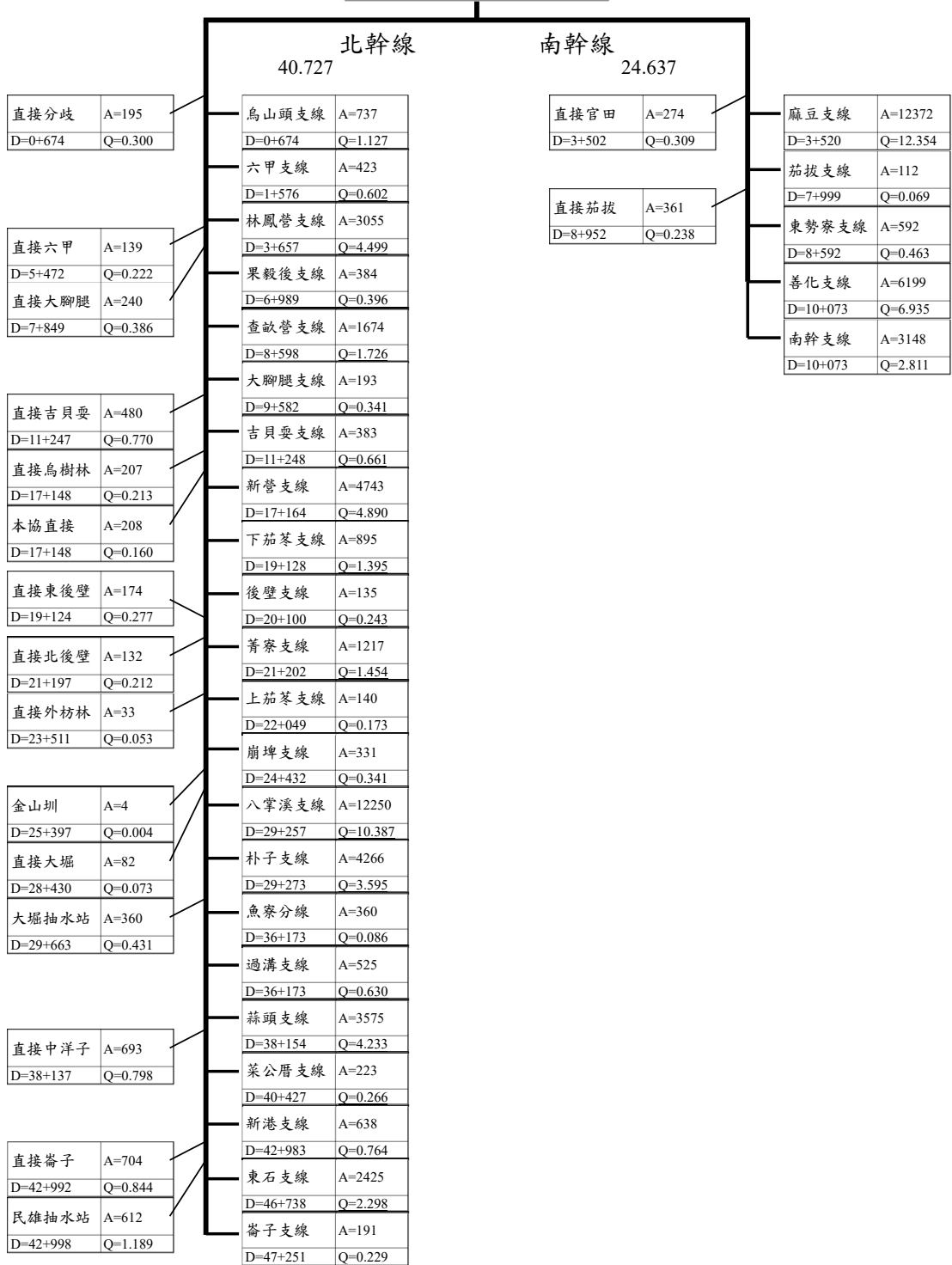


圖 3-6 嘉南水利會烏山頭灌區系統

在實際配水方案之研擬中，對於作物潛能蒸發散量之估算，係採用國際糧農組織（FAO）所推薦之四種作物需水量間接推估法，配合嘉南地區之氣象觀測資料，進行作物需水量之推估。表 3-18 所示為嘉南地區以 FAO 所推薦之推估式估算潛能蒸發散量（ ET_0 ）之結果，表中所列之四種方法中，根據甘氏等（甘俊二，1996）針對台灣地作物需水量推估模式之合適性研究中，其結果顯示以 modify Penman method 推估之結果，與實測值最為接近，並建議在氣象資料充足之情況下，可作為台灣地區作物需水量之最佳推估模式，因此本研究對於灌溉需水量之估算選用 modify Penman method 之估算結果為依據。

因為本區之灌溉水源相當缺乏，在灌溉配水作業上，雖然在配水計畫中明列旱作灌溉之水量與施灌時間，考量嘉南地區之民生及工業用水需求下，往往犧牲旱作灌溉以節省水量，而僅進行水稻之灌溉而已。在此配合實地現況，對於配水方案之研擬也僅以水稻為對象，而不考慮旱作灌溉之部分。表 3-19 為根據表 3-18 以 modify Penman method 之推估結果，配合嘉南地區之區域特性、水稻之作物係數（ K_c ）、土壤質地及降雨情形估算而得之田間灌溉需水量（Field Irrigation Requirement, FIR），其所推估之嘉南地區二期作田間灌溉需水量，在水稻生育的八個階段中，分別為插秧成活期：1.54 l/s/ha（包括整田）、分蘖初期：0.77 l/s/ha、分蘖末期：1.01 l/s/ha、開花初期：1.03 l/s/ha、開花末期：1.11 l/s/ha、成熟初期：1.01 l/s/ha、成熟中期：0.82 l/s/ha、及成熟末期：0.61 l/s/ha。

整個烏山頭灌區系統之灌溉面積高達 66,084 公頃，若全面種植水稻時，其尖峰用水量將高達 181.8cms，這對於烏山頭放水設施之設計流量 89.8cms 而言，是無法負荷的，這也說明本區為何實行輪作制度的原因。表 3-20 所示，為假設烏山頭灌區系統若全面種植水稻時之各支分線需用水情形，表中之輸水損失係採用嘉南水利會之實測結果，並以水源較穩定時之二期作時期為準，由表中可以看出若全面種植水稻，則系統取水口之供應流量，在六月上旬需要 181.8cms，而在成種末期（九月下旬）之需水量亦高達 72cms。因此以下之幹線用水調配方案是以目前之輪作制度下之需用水情形，作為用水調配之參考。

表 3-21 所示為烏山頭灌區系統平水期配水表，在表中之需水量是以嘉南水利會灌溉計劃中之平時用水，若該時期之用水在系統取水口之所需水量為 69.46cms 時，則各支分線系統所需水量，如需水量一欄所示，在該系統中支分線別之面積差異相當大，面積最大為麻豆支線：12372 公頃，其次為八掌溪支線：12250 公頃，面積最小的是金山圳，面積僅有 4 公頃，由於面積差異大，徒增用水調配之困難度。

表 3-18 嘉南地區推估之潛能蒸發散量

旬別	B-C	radiation	Penman	A-pan
1 月上旬	2.9	2.4	2.2	2.4
1 月中旬	2.9	2.4	2.2	2.4
1 月下旬	2.9	2.3	2.1	2.4
2 月上旬	3.1	2.5	2.4	2.4
2 月中旬	3.3	2.6	2.5	2.5
2 月下旬	3.4	2.7	2.5	2.7
3 月上旬	3.7	3.3	3.1	3.0
3 月中旬	3.8	3.3	3.1	3.1
3 月下旬	3.9	3.4	3.2	3.2
4 月上旬	4.2	3.8	3.7	3.4
4 月中旬	4.2	3.9	3.8	3.5
4 月下旬	4.2	4.0	3.9	3.7
5 月上旬	4.4	4.3	4.2	4.0
5 月中旬	4.5	4.4	4.4	4.1
5 月下旬	4.6	4.5	4.5	4.2
6 月上旬	5.2	4.6	4.7	4.4
6 月中旬	5.3	4.8	4.9	4.5
6 月下旬	5.3	4.9	5.1	4.7
7 月上旬	5.6	5.3	5.4	4.9
7 月中旬	5.3	5.2	5.3	4.8
7 月下旬	4.9	5.1	5.1	4.6
8 月上旬	4.5	4.7	4.7	4.2
8 月中旬	4.4	4.7	4.7	4.2
8 月下旬	4.3	4.7	4.6	4.1
9 月上旬	4.2	4.4	4.2	3.9
9 月中旬	4.1	4.2	4.1	3.8
9 月下旬	4.0	4.1	4.1	3.8
10 月上旬	3.7	3.5	3.4	3.6
10 月中旬	3.7	3.4	3.3	3.4
10 月下旬	3.7	3.4	3.2	3.2
11 月上旬	3.5	2.7	2.6	2.9
11 月中旬	3.5	2.7	2.5	2.8
11 月下旬	3.5	2.7	2.5	2.7
12 月上旬	3.1	2.4	2.2	2.6
12 月中旬	3.0	2.4	2.2	2.6
12 月下旬	3.0	2.3	2.1	2.5

表 3-19 嘉南地區水稻二期作之田間灌溉需水量表

生育天數	生育期	作物需水量 (mm)	滲漏量 (mm)	有效雨量 (mm)	FIR (mm)	FIR (l/sec/ha)
1~15	插秧期	86.31	37.5	0.00	123.81	1.54
16~30	分蘗初期	111.96	37.5	49.73	99.73	0.77
31~45	分蘗末期	131.85	37.5	38.40	130.95	1.01
46~60	開花初期	139.04	37.5	43.15	133.39	1.03
61~75	開花末期	123.53	37.5	16.71	144.32	1.11
76~90	成熟初期	102.90	37.5	9.01	131.39	1.01
91~105	成熟中期	70.10	37.5	0.71	106.89	0.82
106~120	成熟末期	42.10	37.5	0.00	79.60	0.61

資料來源：農業用水調配方案

當系統之供水量充足時之平水期，原本之灌溉用水調配，在供水量為 100%（依計劃水量供水）時，各支分線系統分配水量如表中之需水量一欄所示。若水量輕微缺乏時，則在配水作業上可以均勻遞減之方式進行配水，並不會嚴重影響系統之營運操作，如：供水率為 90% 時（系統供水量 62.51cms），則各支分線之分配水量以均勻遞減分配後如表中分配水量比較一欄之 90% 欄所示；在供水率為 80% 時（系統供量 55.57cms），各支分線之分配水量如表中分配水量比較一欄之 80% 欄所示。

而在供水率 90% 時，尚符合採用均勻遞減之配水方式，而不致嚴重影響配水操作，因而採用均勻遞減之配水方式，其分配水量如 90% 一欄所示。而在供水率為 80% 時，還是可以應用均勻遞減之方式進行配水，若供水量再遞減，則原有之均勻遞減之配水方式無法滿足，須以分組輪灌之方式進行配水。

以麻豆支線為例，在該支線之灌溉面積為 12,372 公頃，其輪區損失係數為 1.429，系統損失係數為 1.302，若某一時期之需水量為 9.491cms，則在水量供應充足之平水期，其分配水量即為需水量 9.491cms，在此一情況下，若實施供應南科用水方案，則分配水量因實施均勻遞減的因素，配水量由原來的 9.491cms 降為 9.27cms。又若原本在供水率為 90% 時，其分配水量為 8.541cms。

在分組輪灌上，因為各支分線系統之面積差異過大，在輪灌分組上，若所劃分之組數過多，則反而會造成用水不切實際之情形，且易造成配水作業之困擾，因此本研究在系統用水調配之分組上，建議最大分組數為三組，以下就輪灌分組之配水情形，以分三組灌二組及分二組灌一組之情形加以說明之。

表 3-20 嘉南水利會烏山頭灌區系統全面種植水稻之需水量推估

(單位：l/s)

分線	面積 (ha)	損失係數		六月上	六月中	六月下	七月上	七月中	七月下	八月上	八月中	八月下	九月上	九月中	九月下
		輪區	系統												
直接官田	274	1.429	1.153	603	454	301	395	399	403	434	415	395	321	282	239
麻豆支線	12372	1.429	1.302	27218	20502	13609	17851	18028	18205	19618	18735	17851	14493	12725	10781
茄拔支線	112	1.429	1.190	246	186	123	162	163	165	178	170	162	131	115	98
直接茄拔	361	1.429	1.112	794	598	397	521	526	531	572	547	521	423	371	315
東勢寮支線	592	1.429	1.475	1302	981	651	854	863	871	939	896	854	693	609	516
善化支線	6199	1.429	1.467	13638	10273	6819	8944	9033	9121	9830	9387	8944	7262	6376	5402
南幹支線	3148	1.429	1.238	6926	5217	3463	4542	4587	4632	4992	4767	4542	3688	3238	2743
直接分歧	195	1.429	1.111	429	323	215	281	284	287	309	295	281	228	201	170
烏山頭支線	737	1.429	1.069	1621	1221	811	1063	1074	1084	1169	1116	1063	863	758	642
六甲支線	423	1.429	1.111	931	701	465	610	616	622	671	641	610	496	435	369
林鳳營支線	3055	1.429	1.186	6721	5063	3361	4408	4452	4495	4844	4626	4408	3579	3142	2662
直接六甲	139	1.429	1.227	306	230	153	201	203	205	220	210	201	163	143	121
直接大腳腿	240	1.429	1.149	528	398	264	346	350	353	381	363	346	281	247	209
果毅後支線	384	1.429	1.073	845	636	422	554	560	565	609	581	554	450	395	335
查畝營支線	1674	1.429	1.108	3683	2774	1841	2415	2439	2463	2654	2535	2415	1961	1722	1459
大腳腿支線	193	1.429	1.086	425	320	212	278	281	284	306	292	278	226	199	168
直接吉貝要	480	1.429	1.141	1056	795	528	693	699	706	761	727	693	562	494	418
吉貝要支線	383	1.429	1.066	843	635	421	553	558	564	607	580	553	449	394	334
直接烏樹林	207	1.429	1.139	455	343	228	299	302	305	328	313	299	242	213	180
本協直接	208	1.429	1.143	458	345	229	300	303	306	330	315	300	244	214	181
新營支線	4743	1.429	1.211	10435	7860	5217	6843	6911	6979	7521	7182	6843	5556	4879	4133
下茄苳支線	895	1.429	1.109	1969	1483	985	1291	1304	1317	1419	1355	1291	1048	921	780

分線	面積 (ha)	損失係數		六月上	六月中	六月下	七月上	七月中	七月下	八月上	八月中	八月下	九月上	九月中	九月下
		輪區	系統												
後壁支線	135	1.429	1.125	297	224	149	195	197	199	214	204	195	158	139	118
直接東後壁	174	1.429	1.135	383	288	191	251	254	256	276	263	251	204	179	152
直接北後壁	132	1.429	1.134	290	219	145	190	192	194	209	200	190	155	136	115
青寮支線	1217	1.429	1.244	2677	2017	1339	1756	1773	1791	1930	1843	1756	1426	1252	1061
直接外枋林	33	1.429	1.233	73	55	36	48	48	49	52	50	48	39	34	29
上茄苳支線	140	1.429	1.081	308	232	154	202	204	206	222	212	202	164	144	122
崩埤支線	331	1.429	1.616	728	549	364	478	482	487	525	501	478	388	340	288
金山圳	4	1.429	1.214	17	15	12	14	14	14	14	14	14	13	12	11
直接大掘	82	1.429	1.141	180	136	90	118	119	121	130	124	118	96	84	71
八掌溪支線	12250	1.429	1.230	26950	20300	13475	17675	17850	18025	19425	18550	17675	14350	12600	10675
朴子支線	4266	1.429	1.117	9385	7069	4693	6155	6216	6277	6765	6460	6155	4997	4388	3718
大掘抽水站	360	1.429	2.677	792	597	396	519	525	530	571	545	519	422	370	314
魚寮分線	360	1.429	1.593	792	597	396	519	525	530	571	545	519	422	370	314
過溝支線	525	1.429	1.119	1155	870	578	758	765	773	833	795	758	615	540	458
蒜頭支線	3575	1.429	1.096	7865	5924	3933	5158	5209	5260	5669	5414	5158	4188	3677	3115
直接中洋子	693	1.429	1.135	1525	1148	762	1000	1010	1020	1099	1049	1000	812	713	604
蔡公厝支線	223	1.429	1.127	491	370	245	322	325	328	354	338	322	261	229	194
新港支線	638	1.429	1.331	1404	1057	702	921	930	939	1012	966	921	747	656	556
直接崙子	704	1.429	1.150	1549	1167	774	1016	1026	1036	1116	1066	1016	825	724	613
民雄抽水站	612	1.429	1.726	1346	1014	673	883	892	901	970	927	883	717	629	533
東石支線	2425	1.429	1.204	5335	4019	2668	3499	3534	3568	3845	3672	3499	2841	2494	2113
崙子支線	191	1.429	1.157	420	317	210	276	278	281	303	289	276	224	196	166
合計	66084			145385	109511	72692	95350	96294	97238	104790	100070	95350	77413	67972	57587
系統取水口取水量				181779	136924	90889	119219	120399	121579	131022	125121	119219	96791	84988	72003

表 3-21 烏山頭灌區系統平水期配水比較表

支線別	面積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ /sec)	分配水量比較(ℓ /sec)			
		輪區	系統		100%	90%	80%	備註
直接官田	274	1.429	1.153	268	268	241	214	
麻豆支線	12372	1.429	1.302	9491	9491	8541	7593	
茄拔支線	112	1.429	1.190	58	58	52	46	
直接茄拔	361	1.429	1.112	214	214	193	171	
東勢寮支線	592	1.429	1.475	314	314	283	251	
善化支線	6199	1.429	1.467	4728	4728	4255	3783	
南幹支線	3148	1.429	1.238	2271	2271	2044	1817	
直接分歧	195	1.429	1.111	270	270	243	216	
烏山頭支線	737	1.429	1.069	1054	1054	949	843	
六甲支線	423	1.429	1.111	542	542	488	434	
林鳳營支線	3055	1.429	1.186	3795	3795	3415	3036	
直接六甲	139	1.429	1.227	181	181	163	145	
直接大腳腿	240	1.429	1.149	336	336	302	269	
果毅後支線	384	1.429	1.073	369	369	332	295	
查畝營支線	1674	1.429	1.108	1558	1558	1402	1246	
大腳腿支線	193	1.429	1.086	314	314	283	251	
直接吉貝要	480	1.429	1.141	675	675	607	540	
吉貝要支線	383	1.429	1.066	620	620	558	496	
直接烏樹林	207	1.429	1.139	187	187	168	150	
本協直接	208	1.429	1.143	140	140	126	112	
新營支線	4743	1.429	1.211	4037	4037	3633	3230	
下茄苳支線	895	1.429	1.109	1258	1258	1132	1006	
後壁支線	135	1.429	1.125	216	216	194	173	
直接東後壁	174	1.429	1.135	244	244	220	195	
直接北後壁	132	1.429	1.134	187	187	168	150	
青寮支線	1217	1.429	1.244	1169	1169	1052	935	
直接外枋林	33	1.429	1.233	43	43	39	34	
上茄苳支線	140	1.429	1.081	160	160	144	128	
崩埤支線	331	1.429	1.616	211	211	190	169	
金山圳	4	1.429	1.214	14	14	13	11	
直接大掘	82	1.429	1.141	64	64	58	51	
八掌溪支線	12250	1.429	1.230	8442	8442	7597	6754	
朴子支線	4266	1.429	1.117	3219	3219	2897	2575	
大掘抽水站	360	1.429	2.677	161	161	145	129	
魚寮分線	360	1.429	1.593	54	54	49	43	
過溝支線	525	1.429	1.119	563	563	507	450	

支線別	面積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ/sec)	分配水量比較(ℓ/sec)			
		輪區	系統		100%	90%	80%	備註
蒜頭支線	3575	1.429	1.096	3861	3861	3475	3089	
直接中洋子	693	1.429	1.135	703	703	633	562	
蔡公厝支線	223	1.429	1.127	236	236	212	189	
新港支線	638	1.429	1.331	574	574	517	459	
直接崙子	704	1.429	1.150	734	734	661	587	
民雄抽水站	612	1.429	1.726	689	689	620	551	
東石支線	2425	1.429	1.204	1908	1908	1717	1526	
崙子支線	191	1.429	1.157	198	198	178	158	
合 計	66084			56330	56330	50694	45066	
系統取水口供水量				69460	69460	62510	55570	
配水比例					1.00	0.9	0.8	

(1)分三組灌二組

當系統之供水率持續降低，在使用均勻遞減之配水方式會嚴重影響水量之分配工作時，則務必採用非常之手段採行分組輪灌措施，至於分組輪灌之分組數乃視取水率之多寡加以細分。以供水率 70% 之情形下，根據本模式之分組法則，屬分三組灌二組之情形。就烏山頭灌區系統而言，依照本模式之模擬結果，第一組為自直接官田至南幹支線之 7 個南幹線之支分線系統，其餘之北幹線系統部分，自直接分歧至直接大掘之 24 個支分線系統為第二組，而其餘之 13 個支分線系統（自八掌溪支線至崙子支線）為第三組，詳如表 3-22 所示。依照模式之調配結果，在供水率為 70% 時（供水量 48.62cms），屬分三組灌二組之配水，在第一組及第二組輪值時，其配水比例為 1.11，第二組及第三組輪值時之配水比例為 1.05，第三組與第一組輪值時之配水比例為 0.99。

以麻豆支線為例，當第一組及第二組輪值時，其分配水量為 10.557cms（需水量乘上配水比例），而在第二組及第三組輪值時，因該支線屬第一組，故不予分配水量，而在第三組及第一組輪值時，該支線之分配水量為 9.431cms。

(2)分二組灌一組

當系統之供水率降低到無法以分三組灌二組之配水方式進行用水調配時，依照本模式需重新檢討分組數，再依照新的分組方式進行配水操作。以取水率為 50% 為例，在供水率低至 50% 時（即供水量為 34.73cms），經本模式之調配模擬結果，屬分二組灌一組之非常輪灌情形，其分組之結果為自直接官田至南幹支線之南幹線部分，及北幹線之直接分歧至本協直接，共 20 個子系統屬第一組，其餘之 24 個北幹線子系統則分屬第二組，第一組輪值時

之配水比例與第二組輪值時之配水比例均為 1.00。詳細之分二組灌一組配水結果如表 3-23 所示。

以麻豆支線為例，當第一組輪值時，其分配水量為 9.532cms（其而水量為 9.491cms），第二組輪值時，其分配水量為 0。

表 3-22 烏山頭灌區系統缺水期配水比較表~分三組灌二組

支線別	面積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ/sec)	分配水量比較(ℓ/sec)		
		輪區	系統		70%		
直接官田	274	1.429	1.153	268	298		266
麻豆支線	12372	1.429	1.302	9491	10557		9431
茄拔支線	112	1.429	1.190	58	65		58
直接茄拔	361	1.429	1.112	214	238		213
東勢寮支線	592	1.429	1.475	314	349		312
善化支線	6199	1.429	1.467	4728	5259		4698
南幹支線	3148	1.429	1.238	2271	2526		2257
直接分歧	195	1.429	1.111	270	300	284	
烏山頭支線	737	1.429	1.069	1054	1172	1107	
六甲支線	423	1.429	1.111	542	603	569	
林鳳營支線	3055	1.429	1.186	3795	4221	3987	
直接六甲	139	1.429	1.227	181	201	190	
直接大腳腿	240	1.429	1.149	336	374	353	
果毅後支線	384	1.429	1.073	369	410	388	
查畝營支線	1674	1.429	1.108	1558	1733	1637	
大腳腿支線	193	1.429	1.086	314	349	330	
直接吉貝要	480	1.429	1.141	675	751	709	
吉貝要支線	383	1.429	1.066	620	690	651	
直接烏樹林	207	1.429	1.139	187	208	196	
本協直接	208	1.429	1.143	140	156	147	
新營支線	4743	1.429	1.211	4037	4490	4241	
下茄苳支線	895	1.429	1.109	1258	1399	1322	
後壁支線	135	1.429	1.125	216	240	227	
直接東後壁	174	1.429	1.135	244	271	256	
直接北後壁	132	1.429	1.134	187	208	196	
青寮支線	1217	1.429	1.244	1169	1300	1228	

支線別	面積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ/sec)	分配水量比較(ℓ/sec)		
		輪區	系統		70%		
直接外枋林	33	1.429	1.233	43	48	45	
上茄苳支線	140	1.429	1.081	160	178	168	
崩埤支線	331	1.429	1.616	211	235	222	
金山圳	4	1.429	1.214	14	16	15	
直接大掘	82	1.429	1.141	64	71	67	
八掌溪支線	12250	1.429	1.230	8442		8869	8389
朴子支線	4266	1.429	1.117	3219		3382	3199
大掘抽水站	360	1.429	2.677	161		169	160
魚寮分線	360	1.429	1.593	54		57	54
過溝支線	525	1.429	1.119	563		591	559
蒜頭支線	3575	1.429	1.096	3861		4056	3837
直接中洋子	693	1.429	1.135	703		739	699
蔡公厝支線	223	1.429	1.127	236		248	235
新港支線	638	1.429	1.331	574		603	570
直接崙子	704	1.429	1.150	734		771	729
民雄抽水站	612	1.429	1.726	689		724	685
東石支線	2425	1.429	1.204	1908		2004	1896
崙子支線	191	1.429	1.157	198		208	197
合 計	66084			56330	38918	40956	38442
系 統 取 水 口 供 水 量				69460	48620	48620	48620
配 水 比 例					1.11	1.05	0.99

表 3-23 烏山頭灌區系統缺水期配水比較表~分二組灌一組

支線別	面 積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ/sec)	分配水量比較(ℓ/sec)	
		輪區	系統		50%	
直接官田	274	1.429	1.153	268	269	
麻豆支線	12372	1.429	1.302	9491	9532	
茄拔支線	112	1.429	1.190	58	58	
直接茄拔	361	1.429	1.112	214	215	
東勢寮支線	592	1.429	1.475	314	315	
善化支線	6199	1.429	1.467	4728	4748	

支線別	面積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ/sec)	分配水量比較(ℓ/sec)	
		輪區	系統		50%	
南幹支線	3148	1.429	1.238	2271	2281	
直接分歧	195	1.429	1.111	270	271	
烏山頭支線	737	1.429	1.069	1054	1059	
六甲支線	423	1.429	1.111	542	544	
林鳳營支線	3055	1.429	1.186	3795	3811	
直接六甲	139	1.429	1.227	181	182	
直接大腳腿	240	1.429	1.149	336	337	
果毅後支線	384	1.429	1.073	369	371	
查畝營支線	1674	1.429	1.108	1558	1565	
大腳腿支線	193	1.429	1.086	314	315	
直接吉貝要	480	1.429	1.141	675	678	
吉貝要支線	383	1.429	1.066	620	623	
直接烏樹林	207	1.429	1.139	187	188	
本協直接	208	1.429	1.143	140	141	
新營支線	4743	1.429	1.211	4037		4020
下茄苳支線	895	1.429	1.109	1258		1253
後壁支線	135	1.429	1.125	216		215
直接東後壁	174	1.429	1.135	244		243
直接北後壁	132	1.429	1.134	187		186
青寮支線	1217	1.429	1.244	1169		1164
直接外枋林	33	1.429	1.233	43		43
上茄苳支線	140	1.429	1.081	160		159
崩埤支線	331	1.429	1.616	211		210
金山圳	4	1.429	1.214	14		14
直接大掘	82	1.429	1.141	64		64
八掌溪支線	12250	1.429	1.230	8442		8406
朴子支線	4266	1.429	1.117	3219		3205
大掘抽水站	360	1.429	2.677	161		160
魚寮分線	360	1.429	1.593	54		54
過溝支線	525	1.429	1.119	563		561
蒜頭支線	3575	1.429	1.096	3861		3845

支線別	面積 (ha)	損失係數		需水量 (ℓ/sec)	分配水量比較(ℓ/sec)	
		輪區	系統		50%	
直接中洋子	693	1.429	1.135	703		700
蔡公厝支線	223	1.429	1.127	236		235
新港支線	638	1.429	1.331	574		572
直接崙子	704	1.429	1.150	734		731
民雄抽水站	612	1.429	1.726	689		686
東石支線	2425	1.429	1.204	1908		1900
崙子支線	191	1.429	1.157	198		197
合 計	66084			56330	27502	28822
系統取水口供水量				69460	34730	34730
配水比例					1.00	1.00

2. 支線用水調配

在用水之調配技術上，除了應用幹線系統之調配方式外，亦可以將該方式應用於支分線系統上，當應用在幹線系統上時，因為所供應之水量佔幹線系統之比例較低（以本案為例，其所佔之比例約為 2%），故在進行用水調配時，對於系統之營運操作影響較小，在考慮渠道容量限制下，不致發生太大之問題。但若供應用水方案移到支線，以支線之分配水量調配因應時，若調配水量所佔之比例過高時，不但營運操作不易，在渠道容量之限制下，是否會發生無法營運或因流量過大危及渠道安全，實乃值得深慮，以善化支線系統為例，善化支線系統圖如圖 3-7 所示，以下就針對支線系統之用水調配模擬結果進行說明。

對於作物需水量之推估同幹線之部分，配合善化支線之系統特性，其系統之水稻灌溉需水量推估結果如表 3-23 所示，本系統共分 24 個分線或直接取水口，系統之水稻灌溉面積為 3707.99 公頃，最大為曾文溪分線之 1719.61 公頃，最小為善化直接之 1.92 公頃，因本區為輪作區，非當輪值組時則無水量可供應，故有水稻面積為 0 者，如竹圍、胡厝寮等。

依照推估之結果，各分線系統之計劃水量如表 3-24 所示，由表中可知系統之尖峰用水發生在六月上旬之整田期，其系統取水口之計劃水量為 9.305cms。而部分分線系統因非當值種水稻，故不予分配水量（旱作不灌溉），在灌溉計劃中之水量為 0。

在灌溉之用水調配方案上，以八月上旬時之用水為例，在八月上旬時之計劃用水量，其系統取水口之計劃水量為 6.707cms，如表 3-25 所示。在供水量穩定時，其分配水量如需水量一欄所示。若水量遞減至供水量為 80%時，

在符合均勻遞減配水之情形下，其分配水量如表中分配水量 80%一欄所示，該分配水量為計劃用水量之 80%。

但若缺水時，在系統供水為 75%時，經本模式模擬結果，已無法使用均勻遞減之配水方式，而務必施行分組輪灌。依照模式之模擬結果屬分三組灌二組之配水，分組別自順序 1 至 14 屬第一組，自順序 15 至 23 屬第二組，曾文溪分線因所佔面積大，故獨立一組為第三組，在第一及第二組、第二及第三組、第三及第一組輪值時之配水比例分別為 1.37，1.13，及 0.98。詳如表 3-26 所示。

由此一結果顯示，子系統面積差別過大時，不利於分組輪灌之施行，且容易造成用水浪費之情形，配水比例大於 1.00 者，即表示灌溉過多之水量，雖然此一情形有利於生態及環境之改善，但在缺水期卻是一種浪費，無法有效利用有限之水資源。

由表 3-26 中，在第一組及第二組輪值時，或第二及第三組輪值時，其配水比例均大於 1，而第一組及第三組輪值時配水比例小於 1。就水資源有效利用之觀點，第一組及第三組輪值下之配水方式較佳，而其餘二輪值組之配水，並不能充分的有效利用。以領奇分線為例，在此一供水率之情況下，原本之需水量為 71 l/s，於第一及第二組輪值時，其分配水量則為 98 l/s，高出原計劃需水量 27 l/s，而在第二及第三組輪值時之分配水量為 80 l/s，高出原計劃 9 l/s。而之所以造成此一用水差異的主要原因是系統間之施灌面積上之差異過大，在系統不可分割之原則下，形成配水之不均勻情況。

若供水率再下降而明顯不足時，則分組輪灌之方案會隨著供水率之降低而有所變化。如供水率在 55%、45%，經模式之模擬，均屬於分二組灌一組之情況，其分組情形為自順序 1 至順序 22 屬第一組，順序 23 及順序 24 屬第二組，在供水率 55%之情形下，第一輪值組與第二輪值組之配水比例分別為 1.03 及 1.22。而在供水率為 45%時，第一輪值組與第二輪值組之配水比例分別為 0.85 及 1.00。表 3-27 及表 3-28 分別表示在取水率為 55%及 45%之情形下之用水調配方案。

若系統之供水率降至 35%時，經模式模擬屬分三組灌一組之配水方案，在此一情形下，三輪值組之配水比例分別為 1.10、1.58 及 0.80，詳如表 3-29 所示。在此情形下第三組之配水已達均勻遞減之極限（35%），反觀第二組之分配水量卻高出計劃水量甚多，如此除了會有用水浪費之情形外，更會因為流量大而危及渠道之安全，因此在實際之應用上不一定可行。

綜觀前述之各種情形，故不建議採用支線輪灌之方式進行用水量之調配，相較之下，幹線用水調配方式之可行性較高，執行時所造成之影響亦較少。

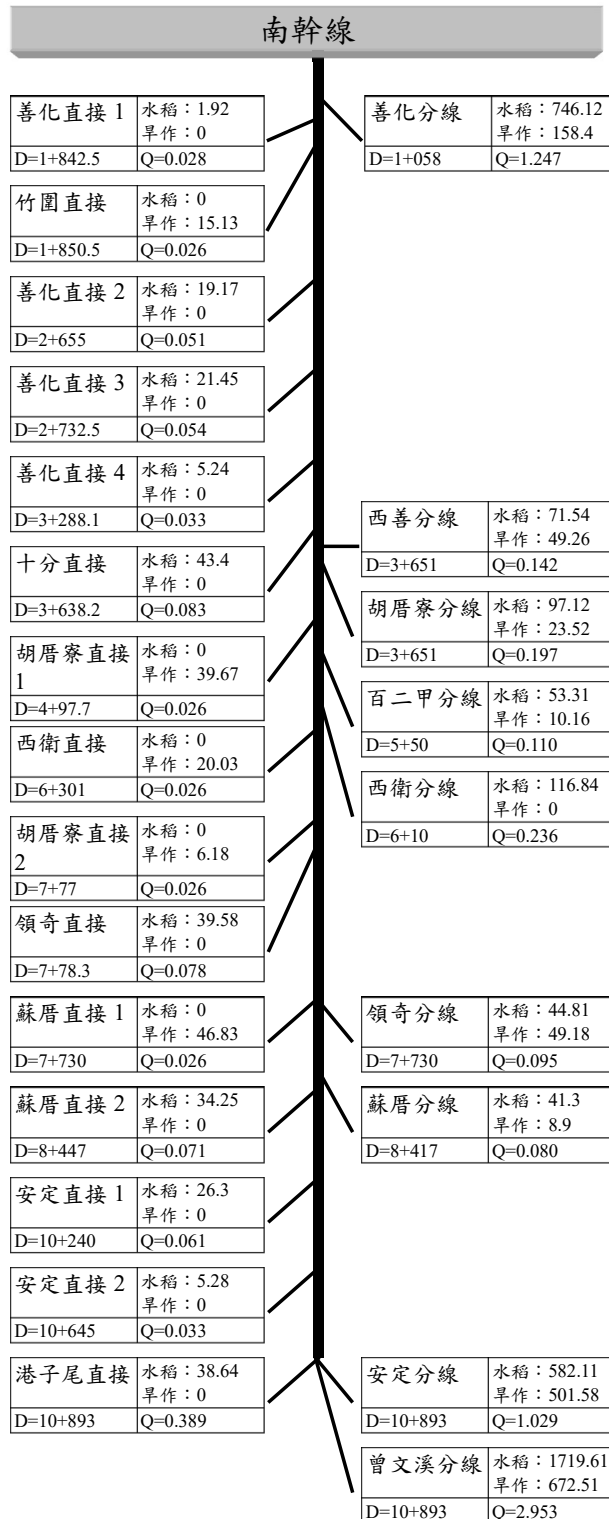


圖 3-7 嘉南水利會烏山頭灌區善化支線系統圖

表 3-24 烏山頭灌區系統善化支線水稻需水量估算結果

單位：ℓ/s

順序	分線別	水稻 (ha)	旱作 (ha)	損失係數		六月 上旬	六月 中旬	六月 下旬	七月 上旬	七月 中旬	七月 下旬	八月 上旬	八月 中旬	八月 下旬	九月 上旬	九月 中旬	九月 下旬
				輪區	系統												
1	善化分線	746.12	158.4	1.429	1.15	1641	1236	821	1077	1087	1098	1183	1130	1077	874	767	650
2	善化直接 1	1.92	0	1.429	1.24	4	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2
3	竹圍直接	0	15.13	1.429	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	善化直接 2	19.17	0	1.429	1.20	42	32	21	28	28	28	30	29	28	22	20	17
5	善化直接 3	21.45	0	1.429	1.20	47	36	24	31	31	32	34	32	31	25	22	19
6	善化直接 4	5.24	0	1.429	1.20	12	9	6	8	8	8	8	8	8	6	5	5
7	西善分線	71.54	49.26	1.429	1.25	157	119	79	103	104	105	113	108	103	84	74	62
8	胡厝寮分線	97.12	23.52	1.429	1.19	214	161	107	140	142	143	154	147	140	114	100	85
9	十乃直接	43.4	0	1.429	1.20	95	72	48	63	63	64	69	66	63	51	45	38
10	胡厝寮直接 1	0	39.67	1.429	1.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	百二甲分線	53.31	10.16	1.429	1.21	117	88	59	77	78	78	85	81	77	62	55	46
12	西衛分線	116.84	0	1.429	1.20	257	194	129	169	170	172	185	177	169	137	120	102
13	西衛直接	0	20.3	1.429	1.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	胡厝寮直接 2	0	6.18	1.429	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

順序	分線別	水稻 (ha)	旱作 (ha)	損失係數			六月 上旬	六月 中旬	六月 下旬	七月 上旬	七月 中旬	七月 下旬	八月 上旬	八月 中旬	八月 下旬	九月 上旬	九月 中旬	九月 下旬
				輪區	系統	系統												
15	領奇直接	39.58	0	1.429	1.20	1.20	87	66	44	57	58	58	63	60	57	46	41	34
16	蘇厝直接 1	0	46.83	1.429	1.23	1.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	領奇分線	44.81	49.18	1.429	1.25	1.25	99	74	49	65	65	66	71	68	65	52	46	39
18	蘇厝直接 2	34.25	0	1.429	1.20	1.20	75	57	38	49	50	50	54	52	49	40	35	30
19	蘇厝分線	41.3	8.9	1.429	1.21	1.21	91	68	45	60	60	61	65	63	60	48	42	36
20	安定直接 1	26.3	0	1.429	1.20	1.20	58	44	29	38	38	39	42	40	38	31	27	23
21	安定直接 2	5.28	0	1.429	1.24	1.24	12	9	6	8	8	8	8	8	8	6	5	5
22	安定分線	582.11	501.58	1.429	1.17	1.17	1281	965	640	840	848	857	923	881	840	682	599	507
23	港子尾直接	38.64	0	1.429	1.22	1.22	85	64	43	56	56	57	61	59	56	45	40	34
24	曾文溪分線	1719.61	672.51	1.429	1.10	1.10	3783	2850	1892	2481	2506	2530	2727	2604	2481	2014	1769	1499
合計		3707.99	1601.62				8158	6145	4079	5350	5403	5456	5880	5615	5350	4344	3814	3231
系統取水口取水量							9305	7009	4653	6103	6163	6224	6707	6405	6103	4955	4350	3686

表 3-25 善化支線系統平水期配水比較表

順序	分線別	面積 (ha)		損失係數		需水量 (8月上旬) (ℓ /sec)	分配水量比較 (ℓ /sec)	
		水稻	旱作	輪區	系統		80%	100%
1	善化分線	746.12	158.4	1.429	1.15	1183	947	1183
2	善化直接 1	1.92	0	1.429	1.24	3	2	3
3	竹圍直接	0	15.13	1.429	1.27	0	0	0
4	善化直接 2	19.17	0	1.429	1.20	30	24	30
5	善化直接 3	21.45	0	1.429	1.20	34	27	34
6	善化直接 4	5.24	0	1.429	1.20	8	7	8
7	西善分線	71.54	49.26	1.429	1.25	113	91	113
8	胡厝寮分線	97.12	23.52	1.429	1.19	154	123	154
9	十乃直接	43.4	0	1.429	1.20	69	55	69
10	胡厝寮直接 1	0	39.67	1.429	1.22	0	0	0
11	百二甲分線	53.31	10.16	1.429	1.21	85	68	85
12	西衛分線	116.84	0	1.429	1.20	185	148	185
13	西衛直接	0	20.3	1.429	1.22	0	0	0
14	胡厝寮直接 2	0	6.18	1.429	1.27	0	0	0
15	領奇直接	39.58	0	1.429	1.20	63	50	63
16	蘇厝直接 1	0	46.83	1.429	1.23	0	0	0
17	領奇分線	44.81	49.18	1.429	1.25	71	57	71
18	蘇厝直接 2	34.25	0	1.429	1.20	54	43	54
19	蘇厝分線	41.3	8.9	1.429	1.21	65	52	65
20	安定直接 1	26.3	0	1.429	1.20	42	33	42
21	安定直接 2	5.28	0	1.429	1.24	8	7	8
22	安定分線	582.11	501.58	1.429	1.17	923	739	923
23	港子尾直接	38.64	0	1.429	1.22	61	49	61
24	曾文溪分線	1719.61	672.51	1.429	1.10	2727	2183	2727
合計		3707.99	1601.62			5880	4708	5880
系統取水口供水量						6707	5370	6707
配水比例							0.8	1.0

表 3-26 善化支線系統缺水期配水比較表~分三組灌二組

順序	分線別	面積 (ha)		損失係數		需水量 (8月上旬) (ℓ/sec)	分配水量比較 (ℓ/sec)		
		水稻	旱作	輪區	系統		75%		
1	善化分線	746.12	158.4	1.429	1.15	1183	1624		1162
2	善化直接 1	1.92	0	1.429	1.24	3	4		3
3	竹圍直接	0	15.13	1.429	1.27	0	0		0
4	善化直接 2	19.17	0	1.429	1.20	30	42		30
5	善化直接 3	21.45	0	1.429	1.20	34	47		33
6	善化直接 4	5.24	0	1.429	1.20	8	11		8
7	西善分線	71.54	49.26	1.429	1.25	113	156		111
8	胡厝寮分線	97.12	23.52	1.429	1.19	154	211		151
9	十乃直接	43.4	0	1.429	1.20	69	94		68
10	胡厝寮直接 1	0	39.67	1.429	1.22	0	0		0
11	百二甲分線	53.31	10.16	1.429	1.21	85	116		83
12	西衛分線	116.84	0	1.429	1.20	185	254		182
13	西衛直接	0	20.3	1.429	1.22	0	0		0
14	胡厝寮直接 2	0	6.18	1.429	1.27	0	0		0
15	領奇直接	39.58	0	1.429	1.20	63	86	71	
16	蘇厝直接 1	0	46.83	1.429	1.23	0	0	0	
17	領奇分線	44.81	49.18	1.429	1.25	71	98	80	
18	蘇厝直接 2	34.25	0	1.429	1.20	54	75	61	
19	蘇厝分線	41.3	8.9	1.429	1.21	65	90	74	
20	安定直接 1	26.3	0	1.429	1.20	42	57	47	
21	安定直接 2	5.28	0	1.429	1.24	8	11	9	
22	安定分線	582.11	501.58	1.429	1.17	923	1267	1039	
23	港子尾直接	38.64	0	1.429	1.22	61	84	69	
24	曾文溪分線	1719.61	672.51	1.429	1.10	2727		3069	2678
合計		3707.99	1601.62			5880	4329	4518	4509
系統取水口供水量						6707	5097	5097	5097
配水比例							1.37	1.13	0.98

表 3-27 善化支線系統缺水期配水比較表~分二組灌一組

順序	分線別	面積 (ha)		損失係數		需水量 (8月上旬) (ℓ/sec)	分配水量比較 (ℓ/sec)	
		水稻	旱作	輪區	系統		55%	
1	善化分線	746.12	158.4	1.429	1.15	1183	1221	
2	善化直接 1	1.92	0	1.429	1.24	3	3	
3	竹圍直接	0	15.13	1.429	1.27	0	0	
4	善化直接 2	19.17	0	1.429	1.20	30	31	
5	善化直接 3	21.45	0	1.429	1.20	34	35	
6	善化直接 4	5.24	0	1.429	1.20	8	9	
7	西善分線	71.54	49.26	1.429	1.25	113	117	
8	胡厝寮分線	97.12	23.52	1.429	1.19	154	159	
9	十乃直接	43.4	0	1.429	1.20	69	71	
10	胡厝寮直接 1	0	39.67	1.429	1.22	0	0	
11	百二甲分線	53.31	10.16	1.429	1.21	85	87	
12	西衛分線	116.84	0	1.429	1.20	185	191	
13	西衛直接	0	20.3	1.429	1.22	0	0	
14	胡厝寮直接 2	0	6.18	1.429	1.27	0	0	
15	領奇直接	39.58	0	1.429	1.20	63	65	
16	蘇厝直接 1	0	46.83	1.429	1.23	0	0	
17	領奇分線	44.81	49.18	1.429	1.25	71	73	
18	蘇厝直接 2	34.25	0	1.429	1.20	54	56	
19	蘇厝分線	41.3	8.9	1.429	1.21	65	68	
20	安定直接 1	26.3	0	1.429	1.20	42	43	
21	安定直接 2	5.28	0	1.429	1.24	8	9	
22	安定分線	582.11	501.58	1.429	1.17	923	953	
23	港子尾直接	38.64	0	1.429	1.22	61		75
24	曾文溪分線	1719.61	672.51	1.429	1.10	2727		3326
合計		3707.99	1601.62			5880	3192	3401
系統取水口供水量						6707	3690	3690
配水比例							1.03	1.22

表 3-28 善化支線系統缺水期配水比較表~分二組灌一組

順序	分線別	面積 (ha)		損失係數		需水量 (8月上旬) (ℓ/sec)	分配水量比較 (ℓ/sec)	
		水稻	旱作	輪區	系統		45%	
1	善化分線	746.12	158.4	1.429	1.15	1183	1000	
2	善化直接 1	1.92	0	1.429	1.24	3	3	
3	竹圍直接	0	15.13	1.429	1.27	0	0	
4	善化直接 2	19.17	0	1.429	1.20	30	26	
5	善化直接 3	21.45	0	1.429	1.20	34	29	
6	善化直接 4	5.24	0	1.429	1.20	8	7	
7	西善分線	71.54	49.26	1.429	1.25	113	96	
8	胡厝寮分線	97.12	23.52	1.429	1.19	154	130	
9	十乃直接	43.4	0	1.429	1.20	69	58	
10	胡厝寮直接 1	0	39.67	1.429	1.22	0	0	
11	百二甲分線	53.31	10.16	1.429	1.21	85	71	
12	西衛分線	116.84	0	1.429	1.20	185	157	
13	西衛直接	0	20.3	1.429	1.22	0	0	
14	胡厝寮直接 2	0	6.18	1.429	1.27	0	0	
15	領奇直接	39.58	0	1.429	1.20	63	53	
16	蘇厝直接 1	0	46.83	1.429	1.23	0	0	
17	領奇分線	44.81	49.18	1.429	1.25	71	60	
18	蘇厝直接 2	34.25	0	1.429	1.20	54	46	
19	蘇厝分線	41.3	8.9	1.429	1.21	65	55	
20	安定直接 1	26.3	0	1.429	1.20	42	35	
21	安定直接 2	5.28	0	1.429	1.24	8	7	
22	安定分線	582.11	501.58	1.429	1.17	923	780	
23	港子尾直接	38.64	0	1.429	1.22	61		61
24	曾文溪分線	1719.61	672.51	1.429	1.10	2727		2723
合計		3707.99	1601.62			5880	2613	2784
系統取水口供水量						6707	3020	3020
配水比例							0.85	1.00

表 3-29 善化支線系統缺水期配水比較表~分三組灌一組

順序	分線別	面積 (ha)		損失係數		需水量 (8月上旬) (ℓ/sec)	分配水量比較 (ℓ/sec)		
		水稻	旱作	輪區	系統		35%		
1	善化分線	746.12	158.4	1.429	1.15	1183	1300		
2	善化直接 1	1.92	0	1.429	1.24	3	3		
3	竹圍直接	0	15.13	1.429	1.27	0	0		
4	善化直接 2	19.17	0	1.429	1.20	30	33		
5	善化直接 3	21.45	0	1.429	1.20	34	37		
6	善化直接 4	5.24	0	1.429	1.20	8	9		
7	西善分線	71.54	49.26	1.429	1.25	113	125		
8	胡厝寮分線	97.12	23.52	1.429	1.19	154	169		
9	十乃直接	43.4	0	1.429	1.20	69	76		
10	胡厝寮直接 1	0	39.67	1.429	1.22	0	0		
11	百二甲分線	53.31	10.16	1.429	1.21	85	93		
12	西衛分線	116.84	0	1.429	1.20	185	204		
13	西衛直接	0	20.3	1.429	1.22	0	0		
14	胡厝寮直接 2	0	6.18	1.429	1.27	0	0		
15	領奇直接	39.58	0	1.429	1.20	63		99	
16	蘇厝直接 1	0	46.83	1.429	1.23	0		0	
17	領奇分線	44.81	49.18	1.429	1.25	71		112	
18	蘇厝直接 2	34.25	0	1.429	1.20	54		86	
19	蘇厝分線	41.3	8.9	1.429	1.21	65		103	
20	安定直接 1	26.3	0	1.429	1.20	42		66	
21	安定直接 2	5.28	0	1.429	1.24	8		13	
22	安定分線	582.11	501.58	1.429	1.17	923		1454	
23	港子尾直接	38.64	0	1.429	1.22	61		97	
24	曾文溪分線	1719.61	672.51	1.429	1.10	2727			2182
合計		3707.99	1601.62			5880	2050	2029	2182
系統取水口供水量						6707	2345	2345	2345
配水比例							1.10	1.58	0.80

五、埤塘供水系統

本省在石門、桃園地區之農業灌溉，埤塘蓄水調節灌溉水源，長久以來一直扮演著極為重要之角色，茲以其為一類別說明如下：

(一)配合水庫系統之因應措施

- 1.缺水時期，於稻作插秧前一個月(各地時期不同，大約第一期作為 12 月 1 日至 2 月 1 日，第二期作為 5 月 1 日至 6 月 20 日)，對灌區水源供水量必須預先估算，稻作種植後，須隨時估算，據以決定因應對策，報請主管機關公告執行。
- 2.水源供水量，依據水庫庫存水量、進水量、預估降雨量、儲水池存水量及其他水源供水量一併估算之。
- 3.缺水時期，預估水源供水量在計畫用水量 75%以上、水庫蓄水量在運用規線中至下限時，其配水營運之田間灌溉，應採加強管理，維持原訂灌溉期距，以減水深法，按原計畫減少配水量行之。
- 4.缺水時期，預估水源供水量在計畫用水量 75%以下、水庫水位在運用規線下限以下時，其配水方法應視實際情形加強管理，實施非常灌溉，延長灌溉期距，期距之延長必須配合灌溉水深，以至少能完成全面灌溉一輪次為原則。並依嚴重程度實施下列輪灌方式：

A.輪區間之輪灌

B.支分線別輪灌

C.幹線埤圳別輪灌

- 5.稻作種植前發生缺水時，預估水源供水量在計畫用水量 50%以下、水庫水位在運用規線嚴重下限時，依石門水庫營運規則第六條第七項：「水位低於嚴重下限時，應視實際情形限制灌溉用水，其減水範圍及次序應隨時會同石管局及有關水利會研辦。」，迅速調查轉作或停灌休耕面積，擬訂變更灌溉計畫，報請農業主管機關輔導及核備。
- 6.稻作種植後發生缺水時，預估水源供水量在計畫用水量 50%以下、水庫水位在運用規線嚴重下限時，亦依石門水庫營運規則第 6 條第 7 項：「水位低於嚴重下限時，應視實際情形限制灌溉用水，其減水範圍及次序應隨時會同石管局及有關水利會研辦。」，迅速調查轉作或停灌休耕面積，擬訂變更灌溉計畫，報請農業主管機關輔導及核備。

(二)單純埤塘系流之因應措施

- 1.缺水時期，於稻作插秧前一個月(各地時期不同，大約第一期作為 12 月 1 日至 2 月 1 日，第二期作為 5 月 1 日至 6 月 20 日)，對灌區水源供水量必須預先估算，稻作種植後，須隨時估算，據以決定因應對策。

- 2.水源供水量，依據埤塘存水量、進水量、預估降雨量及其他水源供水量一併估算之。
- 3.缺水時期，預估水源供水量在計畫用水量 75%以上時，其配水營運之田間灌溉，應採加強管理，按原計畫減少配水量行之。
- 4.缺水時期，預估水源供水量在計畫用水量 75%以下時，其配水方法，應視實際情形加強管理，實施非常灌溉，延長灌溉期距。期距之延長必須配合灌溉水深，以至少能完成全面灌溉一輪次為原則。並依嚴重程度，實施下列輪灌方式：
 - (1)輪區間之輪灌
 - (2)支分線別輪灌
 - (3)幹線埤圳別輪灌
- 5.稻作種植前或種植後發生缺水時，預估水源供水量在計畫用水量百分之五十以下時，應視實際情形限制灌溉用水，其減少供水範圍及次序，隨時召集有關水利小組研辦，擬訂實施非常灌溉計畫，報請農業主管機關輔導及核備。

六、地下水供水系統

(一)單獨地下水源灌溉區

- 1.抽取地下水專用灌區，並無地面水取水量補給，全仰賴抽水設備，對故障井應緊急辦理修護、更新外，對於因乾旱時期所導致水位下降、揚程增加、水量減少等不可抗拒情況時，擬採下列措施予補救：
 - (1)出水量減少需水量之 10%時，採加強用水管理、掌水分配、補修渠道減少耗損等予以克服。
 - (2)出水量減少需水量之 20%時，減少田間灌溉水深，調整輪距，並動用民井水量補充。
 - (3)出水量減少需水量之 30%時，除採行(1)及(2)項措施外，水位下降時即加深抽水管，揚程不合時即調換適宜抽水機，井體透水性不良時即緊急施行洗井改善，縮短施工日期，恢復抽水補充。
 - (4)出水量減少需水量之 40%以上時，採行(3)項措施仍無法克服時，除集中抽水量輪灌外，對於無法灌溉之缺水面積，報請主管機關核准公告部分農田轉作、休耕或停止配水。

2.配合措施：

- (1)施設臨時柴油抽水機，抽取迴歸水補充。
- (2)請治安機關協助維持輪灌秩序，防止紛爭。

(3)轉作、休耕，請政府輔導。

(二)地下水、地面水併用灌溉區

1.可運用地下水占供水系統需水量 80%情況：

(1)地面水取入量減少時，開啟地下水井，但以補足需水量為限。

(2)地面水取入量減少達 80%以上或無法取入時，除動用全部地下水補充外，應加強渠道修補、減少損耗、調整輪距、減少灌溉水深、動用民井等克服之。

2.可運用地下水占供水系統需水量 60%情況：

(1)地面水取入量減少在 60%以下時，開始以地下水補充。

(2)地面水取入量減少達 80%時，採上述 1.項因應措施克服。

(3)地面水無法取入時，施設臨時柴油抽水機，抽取回歸水補充，如仍無法克服時，除集中抽水量輪灌外，對於無法灌溉之缺水農田，報請主管機關核准公告部分農田轉作、休耕或停止配水。

3.可運用地下水占供水系統需水量 40%情況：

(1)地面水取入量減少在 40%以下時，開啟地下水井補足。

(2)地面水取入量減少達 60%、80%時，採行上述 2.項所列之因應措施辦法。

4.可運用地下水占供水系統需水量百分之二十情況

(1)地面水取入量減少在 20%以下時，開啟地下水井補足。

(2)地面水取入量減少達 40%、60%時，採行上述 2.項所列因應措施。

(三)抽地面水補助地下水灌溉區

抽地面水係抽取河川、溪流、排水之地面水為補助水源，但在乾旱時期，無降雨致水源枯竭，只有間歇抽取迴歸水，水源並不可靠，故以使用地下水為主，抽地面水為輔，其亢旱因應措施，比照單獨地下水灌溉區原則處理。

3.5、水資源調配技術

台灣地區雖然降雨量豐沛，但台灣地區水資源可供利用之水量並不豐富，年雨量雖高達 2,515 公厘，折算體積約為 905 億立方公尺，惟降雨量時空分布極不均勻，豐水期不僅不虞匱乏，大雨宣洩不及時尚常釀成災害，然至枯水期時則每有缺水景況。在時間分佈上極為不平均，五月至十月(豐水期)最多，約佔全年降雨量的 78%，十一月至次年四月(枯水期)較少，約佔 22%；至於各分區雨量的時間分佈，則以北部區域較為平均，愈向南部愈不均勻，每年五月至十月的雨量集中度，北部區域為 62%，南部區域則增加到 90%。

在空間之分佈上其差異亦大，西部地區愈往南則分配愈不平均，其中尤以南部區域之豐、枯水期逕流量比例高達 10 比 1 為最高，中部區域則以 8 比 2 之豐、枯水期逕流量比例次之，此一豐枯差異即為造成乾旱災害發生之主因。

由於旱災係針對某一特定時段或區域內，無法供應正常質與量之需水所導致之災害；或是水文條件變化所致之天災，亦可因為其他之災變事故或人為因素而造成。由於目前之科技水準尚無法有效改善氣象乾旱，因此建立缺水預警機制及乾旱管理資訊系統，適時的發布預警並採取相關的緊急應變程序，以避免災害所造成的重大損失，乃當務之急。

為因應大環境之變化與未來用水需求，須適度開發水源增闢水量外，政府正積極推動節約用水措施，並對公共給水、農業用水及工業用水適度的調配，俾使水資源更經濟、更有效之利用。此外為提高旱災防治成效，政府已制定有旱災防救相關法規及辦法以做為政府部門實施依據，經濟部水利署即為旱災中央防救中心之主要幕僚與執行單位。雖然近年來台灣地區旱象發生之頻率與嚴重程度尚未對社會運作產生明顯影響，但為及早防範旱災之不利衝擊，實有必要進一步建立旱象預警及旱災防救之作業與因應措施，藉由學者專家之研討，以擬訂一套完整的缺水預警機制及乾旱管理資訊系統，可適時的發布預警並採取相關的緊急應變程序，以避免災害所造成的重大損失，而如何對公共給水、農業用水及工業用水適度的調配，俾使水資源更經濟、更有效之利用，是今後水資源調配之目標。

3.5.1、農業用水節水技術研析

農業水資源在使用上，依據區域降雨情形，分為豐水期、缺水期及極端缺水等三個時期，藉重水利會之投入，在不影響農業生產環境及又能保障工業安全供水之原則下，分別進行必要之用水調配營運，並訂定可達成節水目標值之可行性，如圖 3-8 所示，並分別詳細進一步說明如後。

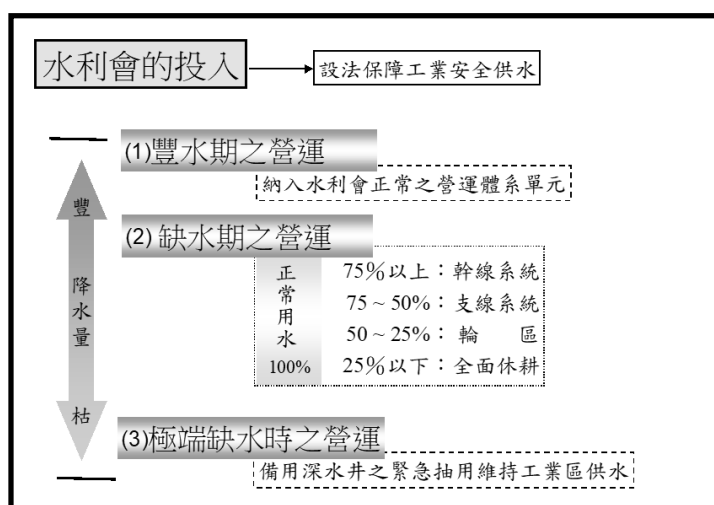


圖 3-8 不同豐枯情形下水利會投入之用水營運管理

首先考慮於豐水期之營運，可將工業區納入農田水利會正常之營運體系單元內。以高雄水利會獅子頭圳灌區為例，如表 3-30 所示說明，某工業區座落於輪區代號 203 輪區內，故可將該工業區之供水視為輪區配水單元之一，依旬別分別將工業區所需之水量計入灌溉計畫中，水利會即可依此進行實地配水。

表 3-30 豐水期之灌溉水調配實例

輪區代號	灌溉面積(公頃)	分區組別	1 月			2 月		
			I (cms)	II (cms)	III (cms)	I (cms)	II (cms)	III (cms)
201	25	1	0.016	0.016	0.051	0.020	0.020	0.018
202	29	1	0.019	0.019	0.059	0.024	0.023	0.021
工業區	402	1	0.261	0.261	0.824	0.327	0.318	0.291
204	67	1	0.044	0.044	0.137	0.055	0.053	0.048
205	30	1	0.019	0.019	0.061	0.024	0.024	0.022
226	54	3	0.035	0.035	0.035	0.035	0.099	0.044
227	14	3	0.009	0.009	0.009	0.009	0.026	0.012
228	14	3	0.009	0.009	0.009	0.009	0.026	0.012
229	12	3	0.008	0.008	0.008	0.008	0.022	0.010
230	27	3	0.018	0.018	0.018	0.018	0.049	0.022
231	74	3	0.048	0.048	0.048	0.048	0.135	0.061
支線進水口流量	1537	—	1.184	1.184	2.101	2.200	1.871	1.414

至於缺水期之營運，主要原理可考慮利用供水期之調度，以及對應配水技術之實施兩大策略，依照圖 3-9 所示之方式進行。

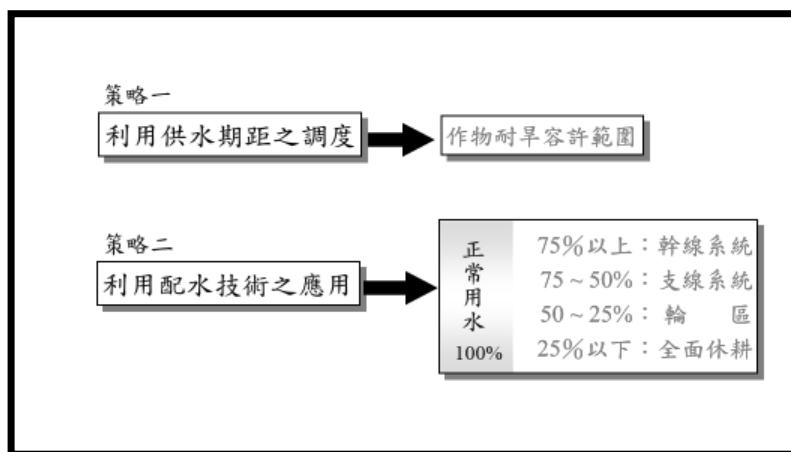


圖 3-9 缺水期之營運原理

有關利用供水期距調度之策略，以嘉南水利會虎頭埤灌區為例說明，根據該灌區自 39 年至 52 年之記錄資料顯示，在二期稻作的極端缺水情況下，若能透過有效之田間管理嚴格控制灌溉用水，仍能獲得相當穩定之產量。以供水期距而言，在 25 天之供水期距下，仍能獲得幾乎正常之產量；而供水期距延長至 33 天時，產量則減至 50% 以下。是故，為確保農業生產之穩定，考量作物之耐旱能力，本計畫擬建議採用 20 天之供水期距做為灌溉用水調配之基準，如圖 3-10 所示。

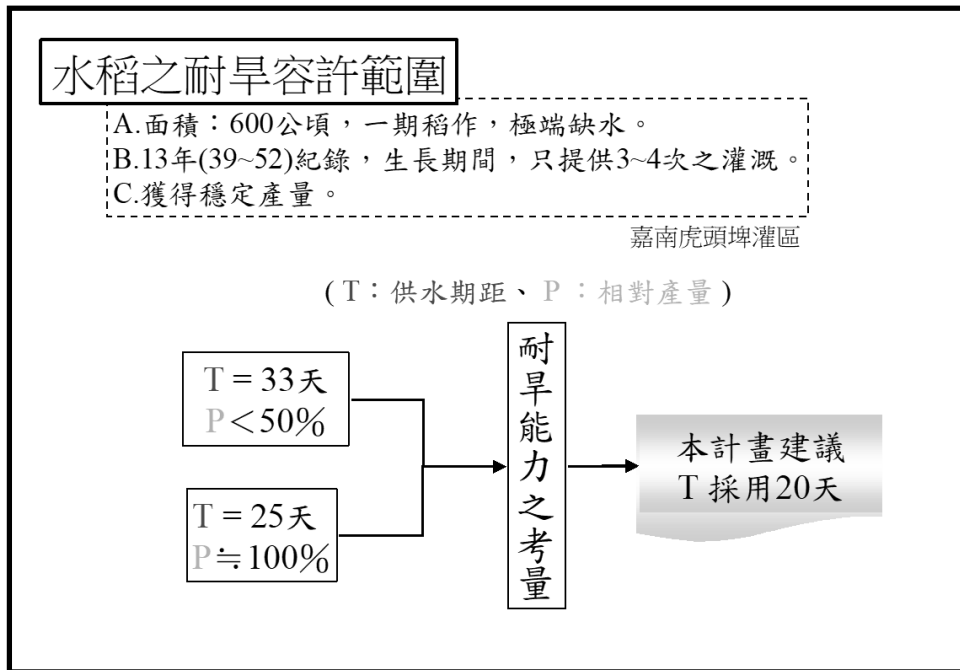


圖 3-10 水稻之耐旱容許範圍與本計畫建議供水期距

有關配水技術策略之部份則可依實際缺水情況，利用實地配水時水路之層級別，包括幹線、支線及輪區等分別規劃，如圖 3-11 所示，並再細分說明如下。

濁幹線主要供應虎尾、土庫及北港三大灌區，當進水流量維持在計畫流量之 80% 以上時，則維持三區全灌；當進水流量減少至計畫流量之 80%~50% 時，則採取輪流灌溉，每次灌溉三區中之二區因應；而當進流量降至計畫流量之 50%~30% 時，則採取一次灌三區中之一區。進流量低於計畫流量 30%，則實施休耕以為因應。而在上述幹線輪灌措施之實施下，灌區內之支線及輪區再依供水情形配合。

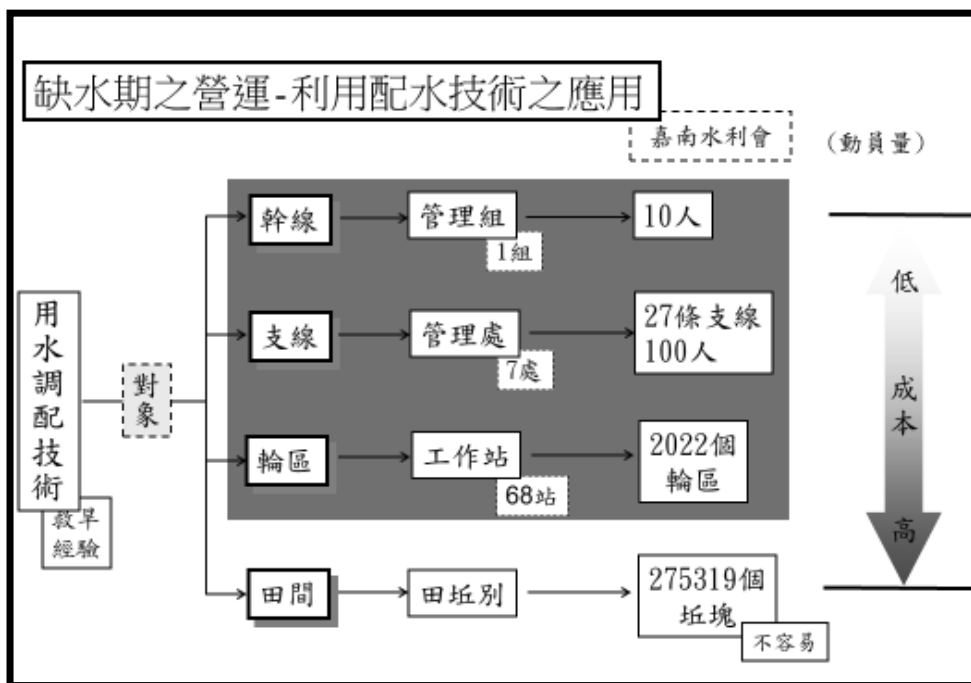


圖 3-11 缺水期各級水路之配水營運

對於幹線級之調配，雲林水利會有執行多年之經驗，故以該會濁幹線為例說明，如圖 3-12 所示。

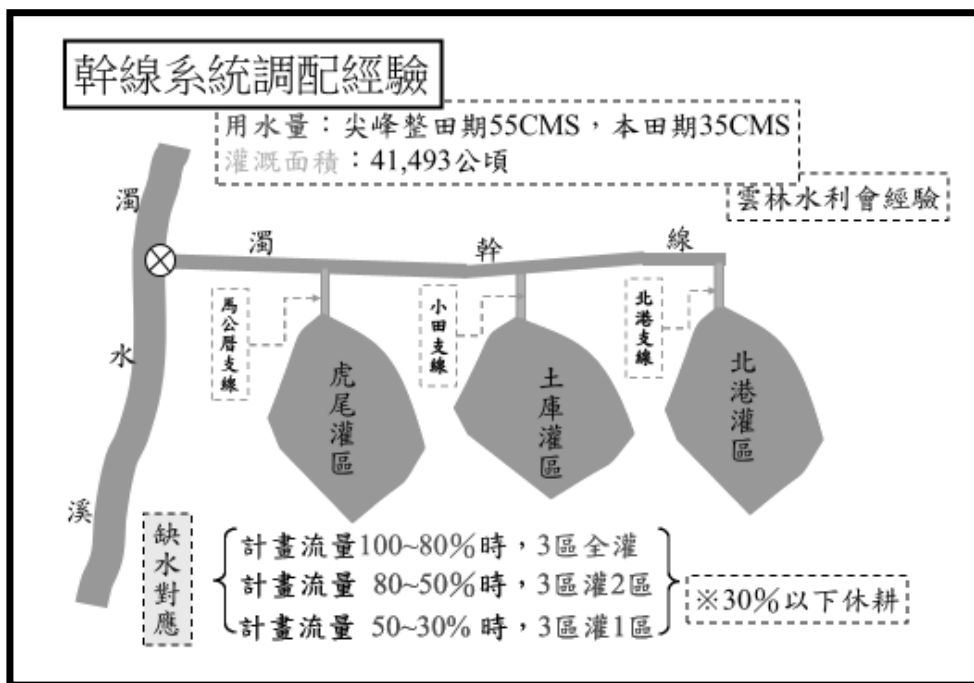


圖 3-12 幹線系統調配經驗

對於支線級之調配上，則配合前述水稻耐旱容量所建議之 20 天安全供水期距，依照水源、水量之變化，利用間隔性的實施分配水量，進行調配水量。以圖 3-13 說明之，當進水量減至計畫流量之 75%時，採取四組灌三組之輪流灌溉，即支線系統內之每組灌區於 40 天之間平均維持 30 天之灌溉，10 天不灌；依此類推，在計畫流量 66%時分三組灌二組；50%時分二組灌一組；33%時分三組灌一組；至 25%，則因考量安全供水期距而不予採行，另採休耕或其它措施。

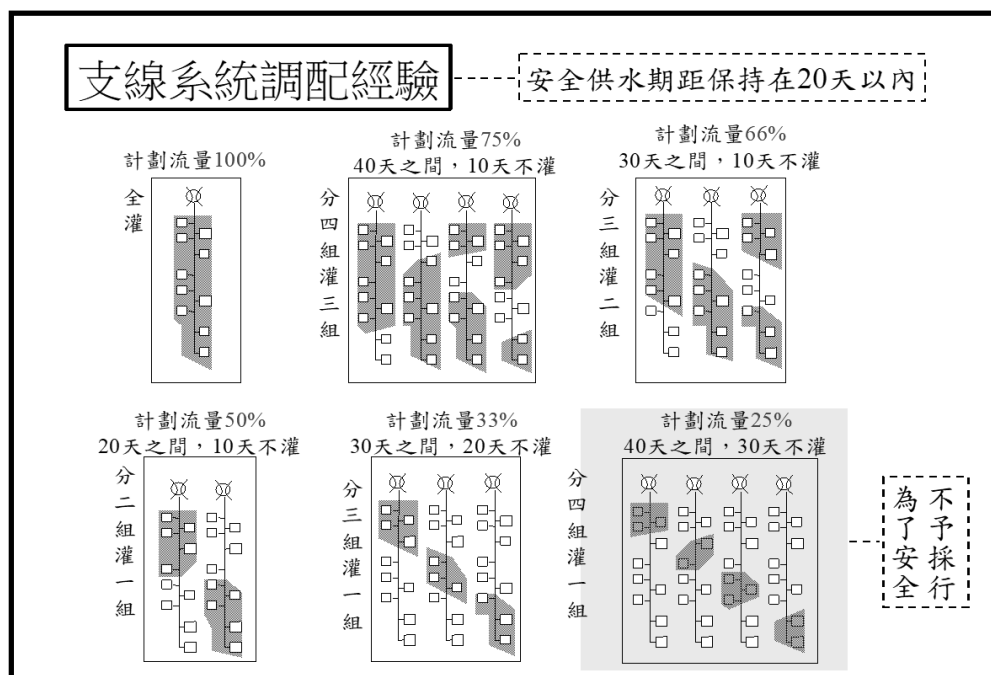


圖 3-13 支線系統調配經驗

對於輪區之配水計畫，以嘉南水利會朴子六腳為例，如圖 3-14 所示說明。在圖中所示分水門所施灌之輪區，各坵塊所栽培之作物種類各異，且零散分佈，按正常之灌溉作業，需要 0.043cms 之計畫用水量。惟當缺水狀況需要時，可依據作物栽培面積及實際灌溉面積制定灌溉計畫，如表 3-31 所示。後動員工作站甚至坵塊之農民，經過輪區精密配水之執行，原需 0.043 cms 之計畫用水量，可降低至 0.029 cms，相當於原計畫用水量之 2/3，亦即可節餘約 1/3 之水量，調配提供工業或其他標的使用。

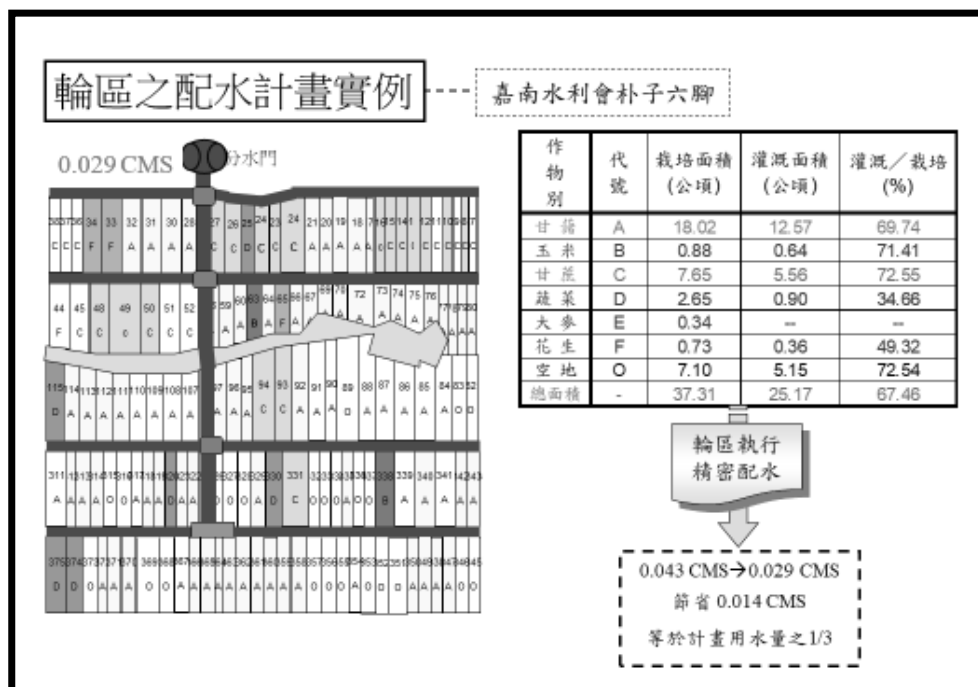


圖 3-14 輪區之配水計畫實例

表 3-31 輪區配水灌溉計畫實例表

進水口量：0.029 cms

灌 溉 順 序	版 坵 編 號	給水路長度		灌 溉 水 深 (mm)	坵 塊 面 積 (ha)	坵 塊 長 度 (m)	灌 溉 效 率 (%)		灌 溉 時 程								滲 漏 損 失 (%)	飲 水 量 (cms)	總 用 水 量 (m ³)
		主 給 水 路	小 給 水 路				作 物	修 正 值	灌 溉 時 間		結 束		開 始						
									時	分	時	分	時	分					
1	345	718	436	60	0.22	120	70	68	2	49	6	49	3	58	33	0.017	295		
2	343	718	424	60	0.31	120	75	73	3	25	10	13	6	49	28	0.021	652		
3	316	718	424	60	0.12	120	70	68	1	24	11	34	10	13	25	0.022	794		
4	312	718	402	60	0.28	120	75	73	2	53	14	27	11	34	23	0.022	1095		
5	317	718	394	60	0.38	120	75	73	3	50	18	17	14	27	21	0.023	1497		
6	341	718	368	60	0.31	120	75	73	3	3	21	20	18	17	20	0.023	1815		
138	34	350	120	60	0.36	120	60	58	3	49	228	20	224	33	6	0.027	22851		
139	33	350	90	60	0.36	120	75	73	2	31	230	51	228	20	6	0.027	23115		
140	32	350	63	60	0.36	120	75	73	3	1	233	51	230	51	5	0.027	13430		
141	31	350	42	60	0.24	120	75	73	1	60	235	51	233	51	5	0.027	23639		
142	30	350	14	60	0.31	120	75	73	2	35	238	26	235	51	5	0.028	23908		
143	29	350	0	60	0.12	120	75	73	0	60	239	26	238	26	5	0.028	24012		

說明：朴子六腳工作站前山灌區

上述模式之執行，事實上已在未經重劃的印尼 Jatiluhur 灌區實際實施多年，如圖 3-15 及表 3-32 所示，有相當具體的成果。

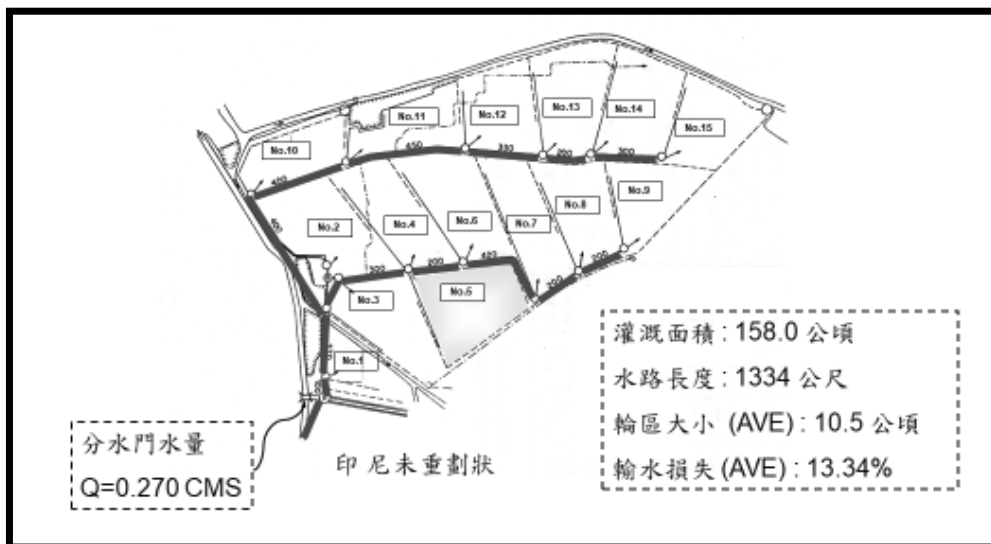


圖 3-15 印尼輪區系統之配水計畫經驗

表 3-32 印尼 Jatiluhur 輪區系統之配水計畫實例(整地尖峰期)

輪區代號：133 灌溉面積：158 公頃 灌溉期距=15days 輪區引入流量 $Q=0.270 \text{ CMS}$															
灌溉 順序	田區 代號	輸水時間		灌溉時間			累積時間			整地 供水 (l/sec)	本田 供水 (l/sec)	輸 水 損 失 (%)	累積用 水量 (m^3)	水路 長度 (M)	灌溉 面積 (ha)
		Hr.	Mn	Day	Hr.	Mn	Day	Hr.	Mn						
1	13301	0	4	0	8	53	0	8	58	267.1	4.2	1.0	8636	100	6.0
2	13302	0	22	0	19	20	1	4	41	255.8	8.7	5.2	27426	520	12.5
3	13303	0	0	0	20	22	2	1	4	242.7	8.7	5.2	47223	520	12.5
4	13304	0	15	0	21	51	2	23	10	226.4	8.7	8.2	68447	820	12.5
5	13305	0	0	1	2	23	4	1	33	217.5	10.1	8.2	94076	820	14.5
6	13306	0	9	0	22	27	5	0	11	202.6	8.0	10.2	115893	1020	11.5
7	13307	0	22	0	21	21	5	21	55	185.4	6.9	14.4	136635	1440	10.0
8	13308	0	9	0	20	28	6	18	33	174.1	6.2	16.4	156514	1640	9.0
9	13309	0	9	0	18	38	7	13	21	169.9	5.6	18.4	174618	1840	8.0
10	13310	0	52	0	20	16	8	10	30	175.7	6.2	9.2	194310	920	9.0
11	13311	0	21	0	22	0	9	8	52	161.8	6.2	13.2	215690	1320	9.0
12	13312	0	24	1	6	53	10	16	9	147.4	8.0	17.7	245693	1770	11.5
13	13313	0	17	1	17	29	12	9	56	133.6	9.7	21.0	285987	2100	14.0
14	13314	0	9	1	13	49	13	23	53	120.5	8.0	23.0	322691	2300	11.5
15	13315	0	15	0	23	51	14	23	59	107.9	4.5	26.0	345856	2600	6.5

至於極端缺水時之營運，則必需配合相關救旱措施，就各種可資利用之水源，妥善運用。圖 3-16 即為於鄰近河床地區開鑿水井抽取伏流水或地下水之例。

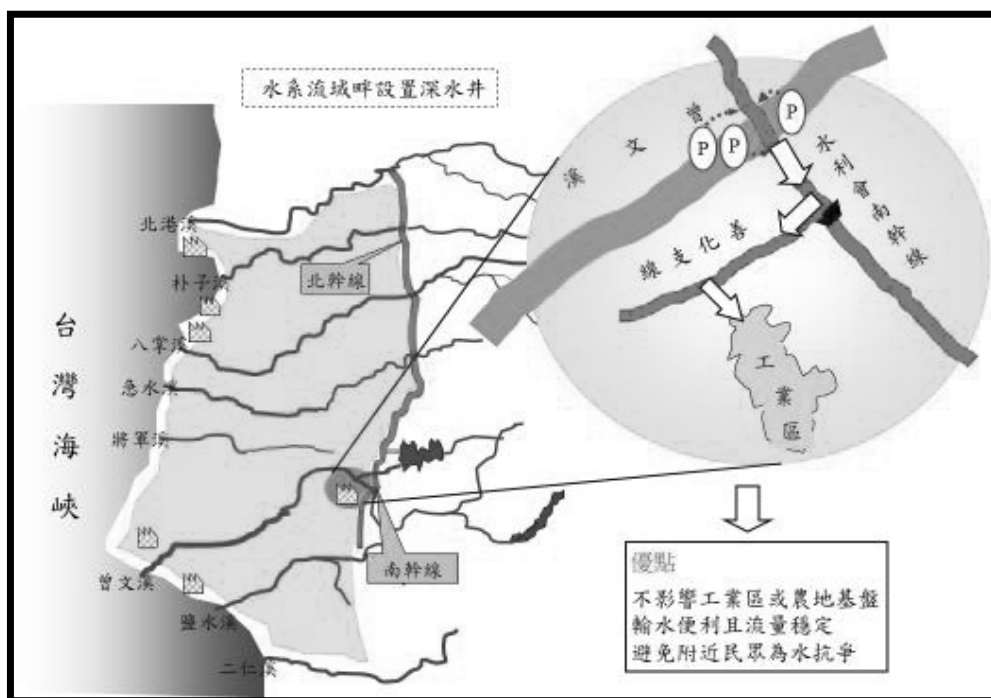


圖 3-16 極端缺水時期之營運例

3.5.2、各項節水技術評估

一、輪流灌溉

簡稱為“輪灌”。為根據用水計畫，在適當時期(適時)以適當之水量(適量)按照順序(依序)供水之灌溉方法。多用於水稻灌溉，依實驗其用水量將較自古以來所習用之繼續灌溉方法節省用水 17%~50%，而不減少水稻之單位面積產量。輪灌是間歇灌溉法的一種。輪灌法任何地區均可實行，惟輪區單區有明確劃分，且種植作物別同一，種植之時期應配合供水計畫。其優缺點如下：

(一)優點：

1. 播種後秧苗發芽容易且整齊健壯。
2. 插秧後成活迅速，早日分蘖，並可控制無效分蘖。
3. 生育期間可以適量補給水分，以供細胞新陳代謝的需要。
4. 增進土壤氮、鉀、鈣、鎂、鐵、磷酸、矽酸、鹽類等的溶解，增加肥料有效性，使稻根能充分吸收利用。

- 5.緩和土壤有機質的分解，使氮肥以氨態儲藏於土壤中，有維持地力的效果。
- 6.稻幹葉較粗勁，可減少病蟲害的發生。
- 7.調節水土氣溫，以利稻根的發育和吸收能力，而促進幹葉的發育。
- 8.促進藍綠藻類的繁殖，增加含氮率，在缺肥地區可供水稻氮肥的來源。
- 9.適時適量的灌溉，可使水稻生長健壯，幼苗形成和開花結實等生育正常。
- 10.有利於農機操作。
- 11.節省用水量，減少用水糾紛和農戶勞力。
- 12.略增加單位面積產量。
- 13.配合輪作或間作，可擴大土地利用。

(二)缺點：

- 1.田間易生雜草。
- 2.用水管理需嚴格，豐水時增加管理費用。
- 3.增加工程設施投資。
- 4.如遇缺水時，應改變原有之配水計畫。

二、非常灌溉

非常灌溉是一種臨時的灌溉方法，又稱“間歇灌溉”。當灌溉水源枯減至灌溉需水量 40% 以下，既不能全面續灌供水，亦無法按輪區單區順序依時供水時，為減輕災害損失，採用這種臨時的灌溉方法，依據臺灣省灌溉事業管理規則第十七條規定，其供水順序為：(1)農作物生長期間迫切需水之田地。(2)用水少而生產量多之田地。(3)接近水源而圳路滲透損失最少之田地。而其方法又分為下列三種：

(一)減水深法：

視水源水量實際減少程度，依照配水比率減少各系統之配水量，至於田間灌溉則仍維持原訂輪距，以減少水深執行之，例如某系統原計畫灌溉水深 12 公厘／日，輪距五日，若水源減少 30% 時，灌溉水深應減為 8 公厘，輪距仍維持五日。

(二)輪距延長法：

視作物生育階段，在不影響作物生長之原則下，維持原一次灌溉水深，延長輪距實施配水。如原輪距五日，延長輪距為八日。灌溉一次之水深不變。

(三)減少灌區面積法：

水源銳減至上述方法無法執行時，則停止部分農田配水，其處理方式可分二種：

- 1.集中法：將水量集中灌溉於滲漏最小，效率最大灌區，而其他灌區停止供灌。
- 2.平均分配法：停止供灌面積，依水源水量減少程度，按配水比率分配於各支分線系統。亦即按各配水田坵之面積，依缺水率減少灌溉面積。

非常灌溉法，於水源、水量不足時採用之，其優缺點如下：

(一)優點：

- 1.無需增加工程設施。
- 2.較續灌可獲得較多灌溉面積。
- 3.較續灌配水公平。
- 4.可有效利用水資源。

(二)缺點：

- 1.增加救旱工程費用與用水管理費。
- 2.輪距難以控制。
- 3.上、中游偷水機會多，容易發生糾紛。

實施非常灌溉時應配合之措施為：

(一)抽用地下水

灌區內如有可靠之地下水源可資利用者，應擬具計畫，經核定後予以開發利用。

(二)利用回歸水

尋找灌區內可資利用之回歸水，擬具計畫後引用。

(三)加強管理

水利會灌區如發生嚴重乾旱時，用水管理人員應即停止一切休假，依照救旱措施所訂工作要領切實執行非常灌溉工作。

(四)協調農民錯開插秧時期

乾旱發生在整田期間，而水源水量銳減，經採取非常灌溉，倘仍無法克服時，應協調農民，在不影響作物生育原則下，盡量錯開插秧時間。

(五)水田轉作或休耕

配合政府水稻田轉作政策，將水田轉作為可節省用水或耐旱之雜作，如無水源可供灌者，應考慮休耕。轉作地區應選擇輸配水損失大，需水量多之灌區，並宜以整灌溉系統為劃定區，以利配水管理。

3.6、移用灌溉用水之損害補償

3.6.1、各標的用水

台灣之年平均降雨量為 2,515 公釐、總量約 905 億噸，為全球年平均降雨量 970 公釐之 2.7 倍，降雨量尚稱豐沛，然而因為在時間與空間之分部不均，造成水資源利用之困擾。

在空間分布上，就本省過去自 1949 年至 1990 年統計資料顯示，降雨分布情形，北部地區年降雨量最高為 2,934mm，中部地區最低為 2,081mm，南部地區為 2,501mm，東部地區為 2,715mm；在時間分布上雨季集中於每年之 5 月到 9 月之間，而自 10 月至隔年之 4 月則屬旱季。

在量分布上，就過去 1949-1990 年間平均資料顯示，北部地區豐枯相差較小約 62%之降雨集中在雨季，而南部地區豐枯相差最為懸殊雨季之降雨量高達 90%，至於中部地區與東部地區則分別為 78%與 79%，如圖 3-17 所示。

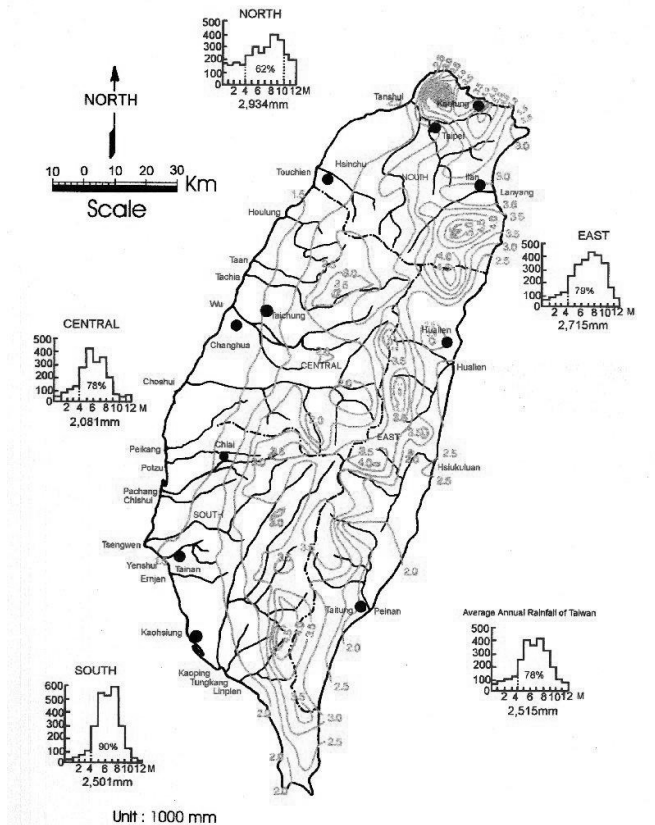


圖 3-17 台灣之年平均降雨量分布圖(1949~1990)

由於每年水文豐枯差異相當之大，在總降雨量 905 億噸之中，除去無法利用之蒸發散量及年入海水量外，分別由年引用河水、水庫調節及抽用地下水供應，實際可利用之水量，約介於 170 億噸至 193 億噸間，只佔總水量之 22% 左右，每人每年可分配水量僅為世界平均值八分之一(詳如表 3-33)，顯示水資源之稀少性。

表 3-33 世界各國降雨與每人每年分配水量表

國 別	年平均降雨量 (mm/yr)	每人每年分配水量 (噸/年/人)	國 別	年平均降雨量 (mm/yr)	每人每年分配水量 (噸/年/人)
澳 洲	460	264,930	中 國	660	7,651
加拿大	522	228,099	印 度	1,170	6,581
蘇 聯	502	44,110	日 本	1,749	5,529
美 國	760	33,313	義大利	1,000	5,393
阿拉伯	100	24,130	比利時	1,064	4,579
菲律賓	2,360	16,868	西 德	803	3,220
法 國	750	7,811	台 灣	2,515	4,184
平均				973	33,875

加上台灣地區降雨在空間與時間上分布不平均，河流坡陡流急，以致降雨稍有變化，便常造成缺水現象。加上當前台灣地區水資源環境已大幅改變，受到全球氣候變遷影響，水文不確定性相對提高，水資源問題日趨複雜，同時隨著國際環境保育潮流趨勢，政府在水資源施政工作上，不能祇以開發利用為唯一手段，更要兼顧水資源管理、水資源保育及水資源的統籌調配機能，在邁入廿一世紀之際，期能達到有限水資源永續經營與利用之目標。

用水統計範圍涵蓋農業用水(含灌溉、養殖及畜牧)、生活用水及工業用水。各標的整體用水量受政策、人口、氣候變遷及用水習慣...等影響。在水量需求方面，台灣地區民國 74 年至民國 106 年統計資料顯示，歷年各標的用水總量變化介於民國 74 年用水總量 184.02 億噸至民國 104 年用水總量 160.25 億噸之間，而民國 106 年用水總量為 166.45 億噸，各標地用水情形為：生活用水量計 31 億 4,714 萬噸，佔總用水 18.91%，工業用水量為 16 億 5,414 萬噸，佔總用水 9.94%，農業用水為 118.43 億噸，佔總用水 71.15%，其中灌溉用水量 109.12 億噸，占農業總用水量 92.14%；養殖及畜牧用水量各為 8.65 億噸及 0.66 億噸，分別占農業總用水量 7.3%及 0.56%。歷年各標的用水情形如圖 3-18 所示，民國 106 年各標的用水概況如圖 3-19 所示。

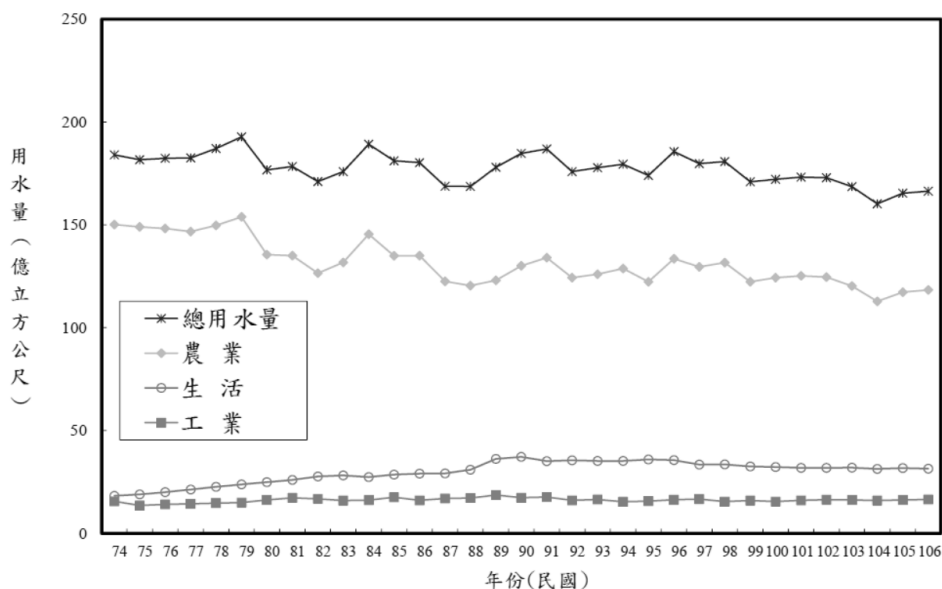


圖 3-18 台灣地區歷年各標的用水

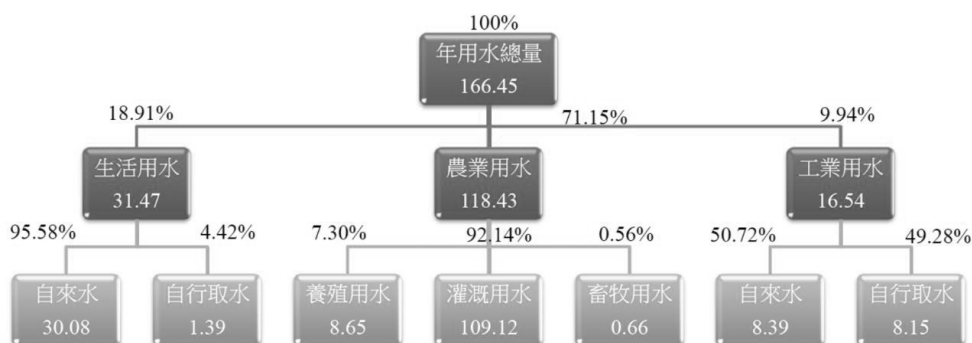


圖 3-19 台灣地區各標的用水概況圖(民國 106 年)

一、農業用水

臺灣農業發展較早，用水量占各標的總用水量約 80%，惟近十幾年來農業生產比重日低，農業占國民生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)百分比由早期的 32% 降至當前的 3.5%；同期間水田面積減少約 7 萬公頃，且水稻種植面積亦由最高峰的 79 萬 ha 大幅減少至 39 萬公頃。

我國於 2002 年元月以「台灣、澎湖、金門、馬祖個別關稅領域」名義正式加入世界貿易組織(World Trade Organization, WTO)後，一旦開放稻米進口，自產稻米的競爭力不足，稻作面積勢必逐漸減少；另為配合國土綜合開發規劃，未來可能釋出農地將達 16 萬 ha。

比較歷年農業用水量，水田灌溉面積雖減少，但灌溉用水量卻未見明顯減少；又生活與工業用水標的需水量逐年增加，而開發新水源不但日漸困難且成本日高，故社會要求農業標的用水量應逐年減少之壓力日高。

為增進農田灌溉水源有效利用，應依據未來農業政策發展目標，規劃所需水源，並進一步增建或改善水源與灌溉設施，以期確保農田灌溉功能；而多餘水源應妥善規劃，提供灌溉三生效益或移作非農業使用，俾能發揮水資源效益。農業用水包括灌溉、養殖及畜牧三類，其面積及用水量分敘述如下：

(一)耕地、灌溉、養殖面積及畜牧頭、隻數

台灣地區民國 106 年耕地面積 79.3 萬 ha，較 105 年 79.4 萬 ha 減少 976ha。灌溉地面積 38.63 萬 ha (其中水利會轄區內 36.78 萬 ha，台糖農場 1.85 萬 ha)，較 105 年 38.44 萬 ha 增加 1,902ha，106 年灌溉地面積占耕地面積 48.71%。

民國 106 年台灣地區四個區域之耕地總面積為 79.3 萬 ha，分佈以中部 28.8 萬 ha 最多，南部 28.58 萬 ha 次之，北部 14.97 萬 ha 再次之，東部 9.29 萬 ha，離島最少，為 0.77 萬 ha；北、中、南、東及離島各區域耕地佔耕地總面積百分比，依次分別為 14.97%、36.31%、36.04%、11.71%、0.96%。

民國 106 年台灣地區養殖面積(含淡水及鹹水魚塭)為 3.13 萬 ha，其中以南部 2.29 萬 ha 最多，中部 0.61 萬 ha 次之，北部 0.17 萬 ha，東部 0.06 萬 ha，離島 55ha 最少；整體養殖面積較民國 105 年減少 202ha，其中南部增加 350ha，北部減少 221ha，中部減少 195ha，東部則減少 176ha，離島增加 40ha。

民國 106 年畜牧頭數，水牛及黃雜牛 16,617 頭，乳牛 128,302 頭，豬 5,364,137 頭、肉羊 98,228 頭、乳羊 44,946 頭；禽類其中雞 94,370 千隻，鴨 7,910 千隻。較 105 年水牛及黃雜牛增加 7,162 頭、乳牛增加 1,473 頭，豬增加 5,751 頭、肉羊增加 9,878 頭、乳羊減少 1,792 頭，禽類中雞增加 1,946 千隻、鴨增加 541 千隻。

(二)農業用水量

民國 106 年台灣地區農業總用水量為 118.43 億噸，其中灌溉用水量 109.12 億噸，占農業總用水量 92.14%；養殖及畜牧用水量各為 8.65 億噸及 0.66 億噸，分別占農業總用水量 7.30%及 0.56%。

就區域而言，農業用水量以中部 49.55 億噸為最多，南部 26.18 億噸次之，東部 24.78 億噸，北部 17.91 億噸最少；灌溉用水量以中部 47.33 億噸為最多，東部 24.40 億噸次之，南部 19.69 億噸，北部 17.71 億噸最少。

上述農業用水中之灌溉用水部份，因台灣地區之灌溉體系概可分為各農田水利會轄管地區、農田水利會轄區外灌溉地、台糖公司農場等三部份。其

灌溉用水量之統計，於農田水利會轄管地區，係蒐集各農田水利會提供實際灌溉面積及引用水量統計；水利會轄區外之灌溉地，多屬私設灌溉設施，無量水設備及記錄，故其用水量資料無法搜集，只能從各農田水利會提供之實際灌溉面積所引用之河川、水庫池埤、其他地面水等之用水量，及地下水抽水量等項資料，加以整理。經統計分析後，再依各地區合理之用水深與降雨情形調整修正，估算其單位面積用水量，作為水利會轄區外灌溉用水推算資料。另近年發展之坡地開墾種植經濟作物如果樹等，多以噴灌、滴灌方式灌溉，其水源多由農民自行抽引山澗水等為主，無實際登錄資料，且蒐集不易，故尚未列入統計。

台糖公司農場之原料甘蔗灌溉用水量，依據農林廳農業年報及台糖公司提供之用水量、種植面積、糖業年報內有關基本資料統計，推算其灌溉用水量。養殖用水係依據漁業局漁業年報內養殖面積資料，及行政院農委會提供之單位面積用水量推算之。畜牧用水亦依據行政院農委會推算之單位用水量資料及農林廳之農業年報內畜、禽隻數資料推算之。

因農業用水佔消耗性總用水量最多，故農業用水量之變動，對每年各標的總用水量變動幅度之影響最大。農業用水量自民國 60 年之 137.37 億噸增至民國 72 年之 159.32 億噸，共增加 21.95 億噸，呈現正成長。近年因政府大力推行轉作計畫，致使農業灌溉面積減少；或因氣候異常，部份時段河川逕流減少，致灌渠引水減少，故自民國 74 年用水總量 184.02 億噸，農業用水量開始呈現遞減趨勢，至民國 106 年已減為 118.43 億噸，較 74 年計減少 65.59 億噸。

二、生活用水

民國 106 年地區生活用水由自來水供應的部分普及率高達 93.91%，比 105 年增加了 0.20 個百分點；其中北部地區普及率為 97.17%，中部地區為 92.39%，南部地區為 90.63%，而東部地區為 84.14%，離島地區為 94.11%。而台灣地區民國 106 年每人每日生活用(售)水量為 278 公升，北部地區每人每日生活用(售)水量為 298 公升，中部地區每人每日生活用(售)水量為 256 公升，南部地區每人每日生活用(售)水量為 266 公升，東部地區每人每日生活用(售)水量為 276 公升，離島地區每人每日生活用(售)水量為 176 公升。

比較世界主要國家與城市，顯示臺灣地區單位用水量偏高；又各地自來水管路日趨老舊，致輸漏水損失率高達 20% 以上，浪費不少水資源。相對於水源及其處理成本，現行自來水水價未能合理反映成本，且每月水費占家庭支出僅 0.5%。因此，偏低水價不但導致無法有效推動節省用水，且無力改善供水設施，以減少漏水。

為促進公共給水用水效率，首應合理調整水價，儘量反映成本；為落實受益者付費原則，政府宜減少補助水源開發經費，促使省市自來水得以企業

化經營，俾能有效推行省水措施，限制單位用水量之不當成長，同時確實改善輸送水設施，減少漏水損失。根據民國 86 年之生活用水之統計資料，分為由自來水系統供應及居民自行取水兩部份統計，茲分述如下：

(一)自來水系統供應

民國 86 年台灣地區生活用水由自來水系統供應之水量為 27.46 億噸，其中以北部 14.86 億噸最多，依次為南部 6.35 億噸，中部 5.76 億噸，以東部 0.49 億噸為最少，分別佔台灣地區自來水系統供應生活用水量之 54.12%、23.12%、20.98% 及 1.78%。

台灣地區民國 86 年生活用水由自來水供應之普及率為 88.8%，且有逐年增高之趨勢；其中以北部 93.1%為最高，南部 86.7%次之，再次為中部 85.7%，以東部 76.0% 為最低。民國 86 年與 85 年由自來水系統供應生活用水量之比較，前者共增加 0.59 億噸；其中以南部增加 0.27 億噸為最多，中部增加 0.17 億噸次之，北部則增加 0.15 億噸，東部減少 0.12 百萬噸。

(二)自行取水

自來水系統供應區域以外，居民自行取用其他水源之生活用水量，係根據自來水公司、台北自來水事業處供應普通用水於各該地區之每人每日用水量，及各該地區未供應自來水居民數予以估算。民國 106 年之自行取水量共計 1.39 億噸，較民國 105 年 1.42 億噸減少 0.03 億噸。

(三)生活用水量

民國 106 年台灣地區生活總用水量(含自來水供應及自行取水)為 31.47 億噸；其中自來水供應部分 30.08 億噸，佔生活總用水量 95.6%，自行取水部分 1.39 億噸，佔 4.4%。各區域之生活用水量以北部分 15.34 億噸為最多，佔生活總用水量 48.76%；南部 7.47 億噸，佔 23.74%；中部 7.70 億噸，佔 24.46%；東部 0.77 億噸，佔 2.44%；離島 0.19 億噸為最少，佔 0.60%。

民國 106 年與 105 年生活總用水量比較，民國 106 年減少 0.3627 億噸，其中以北部分減少 0.3554 億噸最多，東部分減少 0.0155 億噸次之，中部分減少 0.0074 億噸，南部增加 0.0101 億噸，而離島則亦增加 0.0054 億噸。生活用水量近十年微幅變動，偶有旱災因限水措施影響用水量，但起伏仍不大，整體用水量已趨於穩定

三、工業用水

工業用水中自行引水與使用自來水之比例約 1:1，回收廢水再利用，提高用水回收率，促進工業用水之有效利用是未來之目標。工業用水量係根據各業別廠地面積及各業別單位面積日用水量統計，茲分述如下。

(一)工業用地面積

台灣地區工業用水之估計，係指狹義之製造業用水而言，並未包括其他如礦業、營造業及水電燃氣業等之用水。其業別分類，乃採行政院主計處編印「中華民國行職業標準分類」中之製造業 22 種分類標準。

台灣地區 106 年工業用地面積為 28,356 公頃，依區域別區分，以南部地區 35.36% 為最高者，依次為中部地區 34.14%，北部地區 28.28%，東部地區 2.02%，最後為離島 0.19%。

(二)工業用水量

民國 106 年台灣地區工業用水量為 16 億 5,414 萬噸，其中包含來自自來水供水系統 8 億 3,903 萬噸及自行取水 8 億 1,511 萬噸，分別占 106 年工業總用水量之 50.72% 及 49.28%。以區域別來分，中部工業用水量為 5 億 9,809 萬噸為最大，南部地區為 5 億 3,875 萬噸、北部地區為 4 億 6,192 萬噸、東部地區 5,220 萬噸，離島地區 318 萬噸為最少。

台灣地區工業用水，依供應方式，可分為自來水供應及自行取水兩部分；依水源別，則可分為地面水及地下水兩部份。民國 106 年其中由自來水系統供應者 8.39 億噸，約佔工業用水總量 50.72%，由自行取水方式供應者 8.15 億噸，約佔工業用水總量 49.28%，惟其水源大部份屬抽取地下水。

3.6.2、灌溉用水之移用

台灣地區發生調配用水之情形，一般是以農業用水支援公共給水最為常見。近幾年來，工業用水亦經常面臨水源不足之窘境，在目前工業用水專用引水系統未完成之前，農業用水除調用給公共用水之外，亦需調用部分給工業用水使用。

一、灌溉用水協助其他用水標的

近二十餘年來，因人口增加及工商迅速發展，民生及工業用水之快速成長，惟現有水源，因水污染影響造成水源水量利用率降低，另在新水源開發方面，因國民對生態及環保意識提升，致新水源開發工程不易順利推動，以致民生及工業用水常與農業競用水源，尤遇乾早年，農業部門屢被要求以休耕方式將灌溉用水移供支援非農業部門使用；根據農委會所完成之「乾早年調整水量分配標準及救災處理報告」，有關移用水量協調原則，列述如下：

(一) 發生非常乾旱時，必須依據調整水量分配標準予以減少配水，家用及公共給水若無法獲得「維持生命及基本生活所必需之水量」，在一般河川水源，依法可自低優先用水移用。農業用水常成為被移用之對象，此情形頗多。乾旱時，農業本身已遭受損害，在被移用結果，必加重其受害程度，故需予適當補償。

(二) 農業用水依水利法第十八條用水標的之順序，列為第二位，缺水時，與第二順序以下之用水標的比較，自亦有其法定之「優先用

水」地位，惟亦需付出移用其它標的之損害補償，目前農業用水尚少有要求優先移用其他標的用水之情況。但在糧食不足情況下，此種移用亦有可能會發生。惟農業用水過去在非常乾旱時期，為支援救旱用水，亦曾臨時商請從家用及公給水、台糖農場用水、工業用水等標的之地下水井支援用水情況。其商讓關係並非依水利法之優先順序，而係由有關受益人與權益人個別商讓，並付出代價商議取得救旱用水。

- (三) 工業用水，依水利法之優先順序在農業用水之後，故無優先用水之法定地位，但為工業發展之需要，有的工業如國防工業或重大經建工業等，如確因臨時性嚴重缺水無法忍受，將使該特殊工業遭受嚴重損害，導致經濟及國家重大損失者，事實上，過去亦有與其他標的用水商讓支援用水，或併與家用及公共給水標的要求優先配水。此種用水雖有其需要，但應由用水單位自行協議解決，而不能由主管機關事先以行政指示促成支援用水之協調，以免困擾並維法律之尊嚴。提供支援用水之對象，多以農業用水為主，今後對農民應得之權益損害及農業損失，亦應給予適當之補償。

二、移用補償原則

水資源為有限之天然資源，由於臺灣地區需水量逐年增加，缺水情況已日趨嚴重，欲再增闢新水源須仰賴水庫之興建，非但開發成本日高且可供興建水庫的合適地點亦有限，在各標的用水爭水激烈之現況下，除開源與節流並重外，水資源的合理調配也將是臺灣地區未來水資源管理的重要課題之一。由於水利法第十八條明定各標的用水之用水順序，同法第二十條則明定登記之水權因水源水量不足發生爭執時，用水標的順序在先者，有優先權。

因此，同法明定在某一特定情況下進行水權之停止、撤銷、變更、限制或移用時，應對原水權人給予適當之損害補償，其相關條文之規定包括：

- (一) 水利法第 19 條：「水源之水量不敷公共給水，並無法另得水源時，主管機關得停止或撤銷第十八條第一項第一款以外之水權，或加使用上之限制。前項水權之停止、撤銷或限制，致使原用水人受有重大損害時，由主管機關按損害情形核定補償，責由公共給水機構負擔之。」
- (二) 水利法第 20 條之 1：「水源之水量不足，依第十八條第一項第二款至第六款用水標的順序在先，取得水權登記在後而優先用水者，如因優先用水之結果，致登記在先之水權人受有重大損害時，由登記在後之水權人給予適當補償，其補償金額由雙方協議定之；協議不成，由主管機關按損害情形核定補償，責由優先用水人負擔之。」

由上述條文可知，有關水權之停止、撤銷、變更、限制或移用補償均屬原則性之規定，惟該等條文並未明確規定有關水權移用補償標準爭議處理方式，致移用雙方常因補償金額發生爭執。因此，為有效解決此一複雜且實務問題，實應建立一套具「客觀性」、「效率性」、「公平性」、「必需性」及「可行性」之「移用水量補償辦法」。此一辦法係應秉著互助互惠，共渡缺水難關前提下，訂定移用水量補償標準計算方式及其爭議處理方式，俾對因公共給水無法另得水源而停止、撤銷或限制其他水權人被移用水之水量所造成之損害；或因乾旱時期水源水量不足而優先用水者，對於其他水權人移用水量所造成損害；或因公共事業需要而變更或撤銷私人水權所造成損害等情況皆能有所參據，以消弭用水損害補償糾紛，藉以提昇水資源使用效率。

水資源雖屬國家所有，但在申請水權後，仍需施設引、抽、蓄水設施始能運用，故仍應有其私用權觀念，始能擴及移用水補償處理，否則被移用人為保障其固有權利，絕不輕言被移用。

有關水資源屬國家所有應以未開發水源而言，已經開發水源應有適切的私有化及經濟財觀念，故在實務上，移用必須合理補償才有其可行性。灌溉用水係經農民投資及長期維護、管理而來，有其既有用水權益，有關移用水之調配，原則必須以協議處理，事實上，是否有水量可供移用才是最重要。

三、補償之估算

(一)作物種植前移用之補償估算

1.支援民生用水情況

作物栽培前，事先依據預測之乾旱程度分配水量後用水被移用之損害計算，如被移用水量按所有灌溉面積平均減少，其減產程度不易正確估計，因此，以按被移用水量可能導致該期作物多少面積必須休耕損害情況作估計。

- a. 每公頃平均損害金額，應為每公頃經營所得損失。

平均損害金額(元／公頃)＝平均經營所得損失(元／公頃)

經營所得損失＝利潤＋自給之人工、畜工、機工、地租、資本利息等

- b. 總損害補償金額，根據每公頃平均損害金額乘以移用總水量與每公頃計畫用水量之比計算之。

總損害補償金額＝每公頃平均損害金額×移用總水量÷每公頃計畫用水量

- c. 移用總水量之計算時間，以一期作為準，經協議後，不得因事後降雨而不承認。

2.支援工業用水情況

依支援民生用水情況項原則計算，惟每公頃平均損害金額，應以每公頃之農業產值為計算基準。

(二)作物種植後移用之補償估算

1.支援民生用水情況

作物種植後，依據臨時發生乾旱之缺水程度所分配水量後用水再被移用之損害計算，如作物種植後再被迫棄耕，其損害更大，因此，不論棄耕以後是否仍會降雨而有產量，一律假定以無產量估計，其損害，除農業經營所得損失外，對已投入之費用，亦應列為損失併計。

- a. 每公頃棄耕平均損害金額，應包括每公頃經營所得損失及移水前每公頃已種作物之生產投資。

每公頃棄耕平均損害金額＝每公頃經營所得損失＋移水前每公頃已種作物之生產投資

- b. 總損害補償金額，根據每公頃棄耕平均損害金額乘以移用總水量與移用時每公頃計畫尚可分配之灌溉水量之比計算之。

總損害補償金額＝每公頃棄耕平均損害金額×移用總水量÷移用時每公頃計畫尚可分配灌溉水量

- c. 移用總水量之計算時間，以移用時至該期作結束止，經協議後，不得因事後降雨而不予承認。
- d. 由於作物種植後再棄耕情況，較種植前預先決定休耕情況之損害計算結果為多，因此，移用水時機不同，所應負擔之損害補償金額，亦有所不同，建議除非在真正非常嚴重情況下，最好避免在作物種植後再要求移用水量，以免付出較大代價。

2.支援工業用水情況

依支援民生用水情況項原則計算，惟每公頃棄耕平均損害金額，應以每公頃之農業產值為計算基準。

探討調配移用問題必須研擬合理移用水補償費，惟所謂"合理"不應只對相關損害之補償，如僅以農業損失金額為據，將因農業生產價值暫予偏低而偏低，但農業有生產、生態、生活等三生功能，將來水利會也不能因生產價值偏低而不運營，故合理移用水費除考慮加強管理相關事項和補償農作損失等外，尚應考量貯儲或引用水源設施之開發成本，並相對考量新開發時原水成本，及移用人之經濟成本或機會成本等。2.移用水補償因各地區環境、供需特性(如嘉南係缺水，本身用水不足下之勉強調配移用)、水源(水庫之移用與河川之移用，價值有異)、水質及其他地區性特性等均不相同，且視移用時間性、穩定需要性等亦有異，故移用水費宜以個案協商處理。

有關提及支援民生用水之情況和支援工業用水情況之移用水費計算事宜，因民生用水與工業用水之公共性質不同，水利法用水優先順序不同(工業係在農業之後)，工業之經濟效益和機會成本與民生用水之移用差異大，農業用水移供民生用水有其不得不移用必要性，而移供工業用水應須有相當之誘因等，故移用水應有不同之計算考量，宜以個案協商處理。

3.7、參考文獻

1. 台灣地區民國 106 年各標的用水統計年報，經濟部水利署，2019 年。
2. 台灣地區民國 106 年農業用水量統計報告，經濟部水利署，2019 年。
3. 嘉南地區農業用水節水他用之研究(2/2)，經濟部水資源局，2001 年。
4. 嘉南地區農業用水節水他用之研究，經濟部水資源局，2000 年。
5. 岡山地區農業節水方案之擬定，經濟部水資源局，2000 年。
6. 農田水利會基層組織－水利小組，農田水利會聯合會，1999 年 6 月。
7. 灌溉節餘用水之效率化應用推廣(II)，經濟部水資源局，1999 年。
8. 台南科學園區次級用水之規劃研究，國科會，1999 年。
9. 灌溉節餘用水之效率化應用推廣(I)，經濟部水資源局，1998 年。
10. 七星農田水利研究發展基金會，1998，農田水利教材－水田灌溉。
11. 台灣地區水資源供需情勢報告，經濟部水資源局，1998 年 6 月。
12. 研擬合理農業灌溉用水標準(III)及農業用水調配之可行性方案研究，經濟部水資源局，1997 年。
13. 陳焜耀，1997，農田永續利用之灌溉配水模式，台灣大學農業工程研究所博士論文。
14. 中華民國八十六年台灣水文年報，經濟部水資源局，1997 年。
15. 水資源政策白皮書，經濟部水資源局，1997 年 3 月。
16. 水權及其移用水量補償標準之訂定(一)，經濟部水資源局，1997 年。
17. 水權及其移用水量補償標準之訂定(二)，經濟部水資源局，1997 年。
18. 研擬合理農業灌溉用水標準(II)，經濟部水利司，1996 年。
19. 行政院農業委員會，1996，農田水利會合理灌溉用水量及水源可靠水量調查與評估－灌溉標的用水實態及特性分析。
20. 研擬合理農業用水標準(I)，經濟部水利司，1995 年。
21. 水權合理重分配與補償標準之研究(一)，經濟部水利司，1992 年。

- 22.經濟部水資會，1988，台灣地區缺水期救旱措施之研究年。
- 23.農田水利會簡介，農田水利會聯合會，1982 年。
- 24.Chun-E. Kan, Kune-yao Chen, and Sun F. Shih 1997. Irrigation Water Distribution Scheme for Rice Production in Taiwan. Transactions of the ASAE and Applied Engineering in Agriculture, Vol.13(5):601-608
- 25.Sun F. Shih, Kune-yao Chen, Chun-E. Kan, and G. H. Synder 1996. Water Management Schemes for Rice Production. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings - Volume 55
- 26.Chun-E. Kan, Kune-yao Chen, and Sun F. Shih 1997. A Procedure for Rotation Irrigation in Lowland Rice. Agricultural Water Management, Vol.35:109-121.

第四章、灌溉排水設施操作與維護

4.1、概述

台灣地區長年來人口成長趨增，工商經濟蓬勃發展，更將邁入 21 世紀科技資訊島及開發中國家之林，這些成就端賴過去幾十年間農業發展奠定良好之基礎，在此基礎下順利發展並轉換為工商業社會。而農業發展的成功，農田水利灌溉排水事業佔有功不可沒之角色。

水資源原即為一有限之自然資源，台灣地區水資源因受颱風、季風等水文及地形、地文等因素影響，時空分佈極不均勻；在地文上，因坡陡流短及地質脆弱，致沖蝕嚴重且集流時間甚短，蓄水容量有限；在水文上，因豐枯水季水量相差懸殊，致旱澇災害時有所見；復在地理環境上，因天災地震頻繁，致水源供應未能穩定。這些因素，在在顯示灌溉排水設施工程之重要性。為求灌排順暢，首重灌排工程設施之完善；而工程設施是否能發揮其長久性的效用，則有賴平時適當之操作管理與維護。

農田水利會之宗旨在提供農業生產所需要之適量灌溉與排水，因此必需建築各種大小的灌排水路及構造物或附屬設備，為期鉅資興建的水路和構造物等設備，發揮最佳使用效果及延長使用壽命，故需辦理維護計畫，以維護重於興建之觀念，使較少經費獲得更大的功能。

本文除本節概述外，首先於第二節中針對灌溉排水系統所牽涉技術問題，包括系統、設施及其他問題，如相關法規等，做一概括說明，並將灌溉排水系統主要分為水源設施、輸水設施、配水設施及排水設施等四大類別；其次於第三節中提出上述灌溉排水系統與各設施之操作維護原則，除管理之權責分工、系統及設施之操作與維護外，亦包含維護管理紀錄，並著重平時、定期、緊急等狀況之操作維護原則與要領；第四節再根據前述灌溉系統分類之水源設施、輸水設施、配水設施及排水設施分別提出其操作與維護。

4.2、灌溉排水設施操作維護有關因素

本節主要聚焦於灌排系統配置、灌排設施種類、問題種類及有關法規制度等。

4.2.1、灌溉排水系統配置

灌溉系統係為提供灌區作物生長所需用水，排水系統則為排除因灌溉或降雨等多餘水分而必須建設之系統。由於水源不同、地形崎嶇變化、土地所有情況，甚至管理體系差異等因素，使得灌溉及排水系統亦因之有所差異。從水源開始，自水源之蓄水、攔水或抽水，經由渠首工程取水後，再經由導水路、幹線、支線、分線等輸水至給水路，再由給水路配水至各小給水路等，

將灌溉水分送至田區，其間又因地形地物而需經由相關設施，如隧道、虹吸工、渡槽、制水門、分水門、量水設備、暗渠、跌水等；而在田區內多餘水量又需藉大、中、小排水路，甚或溢洪道、排洪閘、抽水站等設施排除，如圖 4-1 所示，大體上可將灌溉排水系統主要區分為：水源系統、輸水系統、分水系統及排水系統等 4 大部分，如圖 4-2 所示。

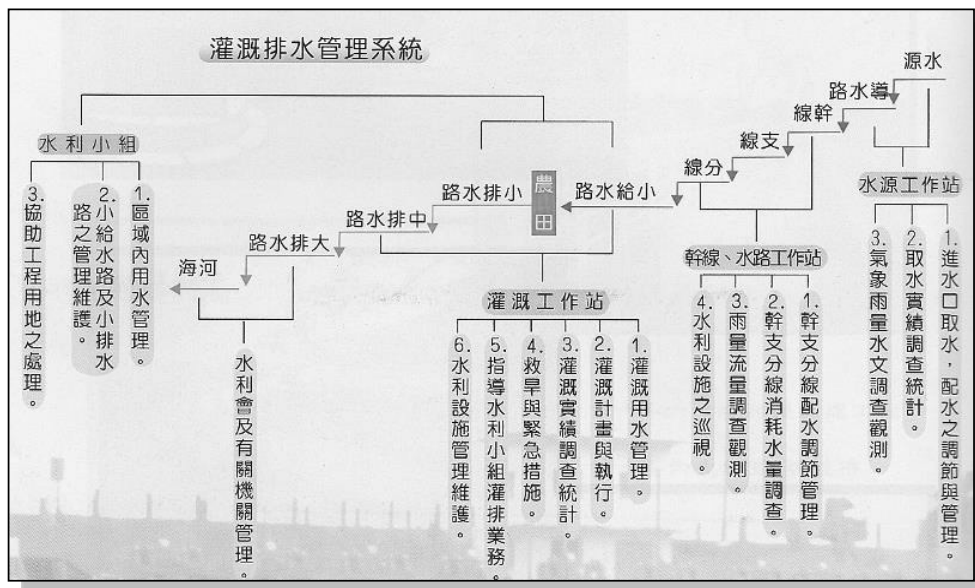


圖 4-1 灌溉排水系統架構圖

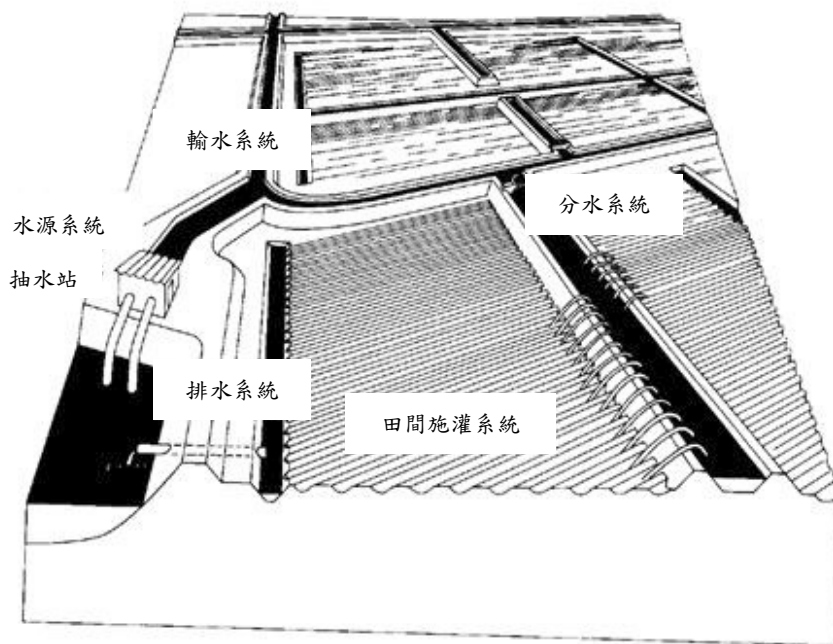


圖 4-2 灌溉排水系統四大區分圖

4.2.2、灌溉排水設施種類

灌溉排水系統區分：水源設施、輸水設施、配水設施及排水設施等 4 大部分，各部份所包含各種設施之定義與功能說明如下。

4.2.2.1、水源設施

透過各種取水構造物，利用重力或抽水方式，直接自供應水源，如水庫、河川或地下含水層等，取得水量進入灌溉系統。

一、水庫

利用河道或山谷等地形，透過堰壩之興建以攔截並蓄積水量之構造。

1.壩：

攔蓄水量用，一般依材料可分為土石壩及混凝土壩。

2.進水口：

由河道、湖泊或蓄水池引水入渠之建造物，一般由攔河堰及取水工以及週邊附屬設施組合而成，提供水量進入灌溉系統，一般可調節進出水量，並兼具量水用。

3.溢洪道：

供排洩洪水或多餘水量之設施。

4.放水閘門：

颶洪、豪大雨或緊急事故時之排洩或放淤用。

二、蓄水池(含農塘)

利用地形低窪或圍堤築堰以供蓄水。

1.池堤：

攔蓄水用。

2.蓄水池：

儲蓄水量。

3.給水閘門：

提供蓄存水量進入灌溉系統。

三、攔河堰

1.渠首工：

自河川將攔河堰所抬高水位適切引入水工構造物總稱，渠首工包括攔河堰、固定堰、可動堰、進水閘、排砂閘、防洪閘、抽水設備、沉砂池、背水堤防、魚道與附屬設施等。

2. 導水路：

將灌溉用水自渠首工導入灌溉系統之水路。

四、抽水設備

1. 馬達及抽水機：

自地下或高程較低處抽取水量之設施。

2. 井體：

將地下含水層之水量輸送至地表灌溉系統之設施。

4.2.2.2、輸水設施

一、渠道

1. 導水路及幹支分線：

將灌溉用水自水源導入灌溉系統，再輸送至田間之水路，依輸送階段、管理區位及大小等區分。

2. 給水路：

在幹、支、分線上透過水門或水汴分水至田坵之水路。

3. 放水路：

颱風、豪大雨或緊急事故，為排放過量之水或放淤用之設施。

4. 灌排兼用渠道：

兼具有灌溉輸水及排水功能之渠道。

二、輸水設備(特殊構造物)

1. 渠道內外面工：

渠道內面工可用不同材料與方法，大別可分硬面內面工、薄面內面工與土質內面工三類，台灣主要採硬面內面工，有混凝土內面工、漿砌卵石內面工及預製混凝土塊砌等，目的為防止渠道表面受沖刷或淤積破壞、減少滲漏、避免雜草叢生、增加通水能力等功能。

2. 隧道：

穿過山區或高地之輸水渠道。

3. 渡槽：

為橫過河流、道路、山谷、水路或低窪地等障礙物而架高跨越之輸水構造物。

4.倒虹吸工：

通常用於為橫過河流、道路、水路等障礙物而自其下方穿越之輸水渠道，倒虹吸工唯一滿流受壓力之封閉水管。

5.涵洞與暗渠：

穿越道路等設施而保持水流為自由流之渠道。

6.跌水工與陡槽：

地形高程變化甚大時，避免沖刷或取水造成渠道破壞之構造物。前者透過跌水消能，後者著重調整渠道坡度。

7.沉砂池：

供水源含砂量較大之渠道沉積泥沙之用，以減少進入於灌溉系統內造成淤積，減小通水斷面。

三、管路系統設施

係利用自然壓力或動力抽送，使用管路設施輸水，在管路末端藉由器材將水量依作物需要、以各種不同方式直接施灌於田間的設備。

4.2.2.3、配水設施

一、量水設備

量測流經渠道各控制地點流量之設備，一般搭配分水或給水設備內設置。

二、分水設備

調配流入幹支分線之用水，以達適時適量配水之目的，一般應兼具量水設備及控制之閘門設施，以達分水功能。

三、調節設備：

1.制水閘：

設於渠道之閘門用於調節抬高水位，以供在幹、支、分線中各分水門可按計畫水量取水之用。

2.放水門：

通常設於放水路之起點，供颱風、豪大雨或緊急事故時之排洩或放淤用。

四、管路附屬設施

1.首部位置設備：

順利將水於壓力管路內輸送，並提供檢修用之相關設備。

2.中部附屬設備：

管路分水、制水、給水、排水等功能之設備。

3.末端設備：

將用水均勻、無阻礙施灌於田間作物之設備。

4.2.2.4、排水設施

一、農田排水

排水管理辦法則內所分五種排水之一(其餘四種為市區排水、事業排水、區域排水及其他排水)，主要指灌區與灌溉系統之排水。

二、排水主要附屬設備

1.流入工：

兩條以上排水匯流點之構造物。

2.流末工：

為排除灌溉餘水及保護水路流失之構造物。

3.護岸工：

防止排水路或渠道受沖刷破壞，大致分為排水堤或背水堤。

4.制水閘：

設於渠道之閘門用於調節抬高水位，保持排水路之計畫水位，通常在利用排水為水源時設置之。

5.防潮閘：

防止下游出水口因潮位上升所導致海水倒灌，侵入灌溉排水渠道，一般均於防潮閘門下游方向附設自動門扇，隨漲退潮之水能自動啟閉，以節省操作頻繁之人力。

4.2.3、灌溉排水渠道主要問題

灌排渠道系統中主要問題可歸納為：

1.灌溉水源水量不足。

2.上游引用大量水源導致下游水量不足。

3.渠道構造物操作不當。

4.泥砂淤積影響渠道輸水功能。

5.植物孳長及雜草叢生影響渠道輸水功能。

6.渠道滲漏。

7.經常性溢流以及潰堤。

8.渠道沖蝕。

操作不當或設計錯誤均會造成上述問題，惟其中牽涉技術性方面問題，則僅有漏水、溢流及沖刷等三項，分別說明如下。

4.2.3.1、滲漏損失

設計及施工良好之渠道，從水源輸水到農田，滲漏情況並不顯著；但如滲流及洩漏情形經常發生，則將嚴重影響輸水效率。

一、滲水(seepage，或稱滲流)

水經由底床或邊坡滲出，造成灌溉水量損失，稱為“滲水”。透水性高之材質較易造成滲水現象。渠道緊鄰田間時滲水現象可由土壤濕潤察覺，甚至造成積水現象，如圖 4-3 所示。

渠道底部滲水情形則較不易察覺，補救方法包括：

- 1.加強渠道邊坡。
- 2.將渠道改善為混凝土內面工或 RC 矩形渠道。

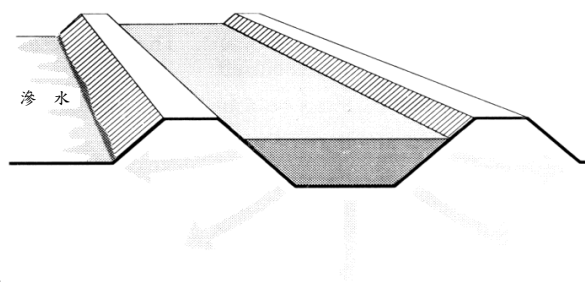


圖 4-3 渠道邊坡底部滲水示意圖

二、洩漏(leakage)

渠道中之水量可能經由缺口直接流失，屬於洩漏而非滲流。造成洩漏之主因包括：

- 1.老鼠於底部邊坡挖洞。
- 2.邊坡老舊腐蝕。
- 3.構築不良或砂質區域經由滲流而造成洩漏。
- 4.結構物滿佈滲流，進而造成嚴重洩漏。
- 5.水閘門未完全封閉。

6. 混凝土內面工破裂，或接合點未緊密。

7. 瀝青或塑膠內面工破裂。

洩漏往往由小洞開始，如未能及時修補將造成渠道邊坡被沖毀之可能性。內面工渠道之洩漏開始時不易察覺，但經過一段時間後，渠道可能崩潰。經常性的檢查及即時性的搶修可避免嚴重洩漏之產生。

圖 4-4 顯示渠道邊坡之一小洞被及時察覺修復。

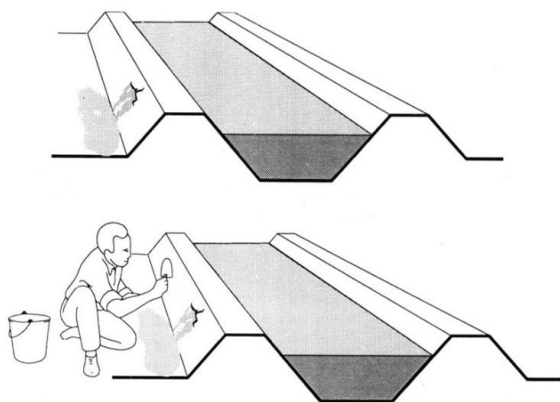


圖 4-4 搶救渠道邊坡破裂示意圖

圖 4-5 則顯示未察覺洩漏之發生，經由數週後，渠道邊坡被沖走，需要花費更大之人力、物力來修復。

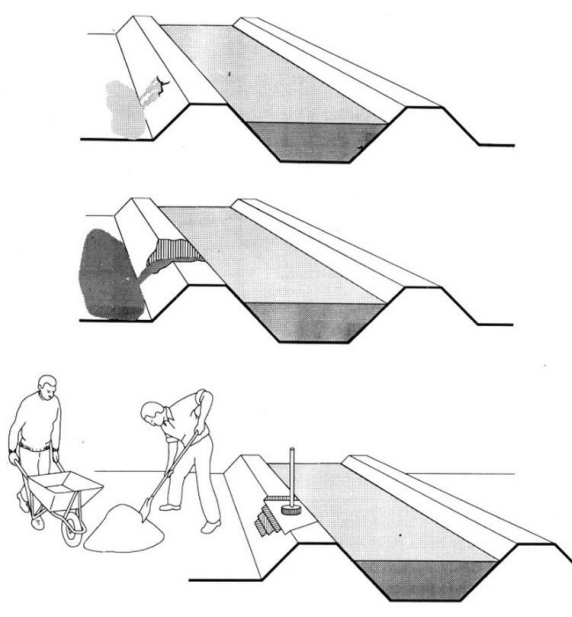


圖 4-5 延遲搶修造成嚴重洩漏示意圖

4.2.3.2、溢流(overflow)

渠道中水面暴漲，致造成溢流原因有：

- 1.渠道通水斷面不足，致渠道容量不足以容納流入渠道之水量。
- 2.石塊、植物或其他雜物於渠道中阻擋水流。
- 3.渠道排水出口被不當關閉或阻塞。
- 4.豪大雨時地面逕流或其他水源匯流入渠道。
- 5.農夫於渠道中設置暫時性小堰以升高水位。

溢流情形將引起渠道邊坡沖刷進而導致嚴重缺口，此種情形可經由水閘門根據配水計畫適時開啟、關閉等操作方式來避免之。為了避免溢流，可於渠道中安置溢流道或放水門來排洩多餘水量，以防破壞渠道安全。

4.2.3.3、渠道沖刷(erosion)

無內面工之渠道邊坡有時會被急流破壞，造成「沖刷」現象，渠道斷面改變及下游處常因流向轉變，致流速增大，最易造成沖刷現象；內側之渠道邊坡若材質不良或太陡，亦將因流速過大而造成沖刷。

渠道沖刷乃因堤防崩潰，以致斷面無法回復原先之形狀。由於渠道斷面變成不規則、堤岸變低，且底部變寬，因此不僅需要更多的水來達到需要之水位，邊坡亦隨時有倒塌之危險。

另外一種現象為沖刷之土壤於下游造成淤積之問題，將導致水工結構物之故障。沖刷土壤亦會沈積於渠道中，造成渠道容量降低及溢流之情形。

渠道容許流速是渠道構築材料而異，超出容許流速則易造成沖刷現象，反之，則易造成淤積。為避免渠道沖刷或淤積，應視材質設計適用之容許流速。

預防沖刷或淤積措施，包括：

- 一、降低或提高流速。
- 二、施設固床設施。
- 三、施設坡面內面工。
- 四、改善為混凝土 U 型溝。

邊坡之頂部及外側亦可能因溢流或降雨而造成沖刷，乾濕現象亦可能產生龜裂情形。龜裂將經由沖刷而造成小溝，降低”出水高度”之高度。

4.2.4、相關法規及制度問題

除上述系統及設施問題外，影響灌排設施操作維護問題尚有制度、法規及人為問題等。有關制度方面，則在下節「管理權責分工」中將予說明；而

人為問題，實為本文主要探討之操作維護規則，所欲提出供操作人員能夠一致遵循之規範；至於相關法規，除一般水利設施之操作與維護外，目前針對灌溉排水設施提及相關操作維護的原則性或準則性規範之法規，概有以下幾種，臚列如下供參。

- 一、「水利法施行細則」，107.11.12 經濟部水字第 1070460606 號函修正。
- 二、「排水管理辦法」，108.2.23 經濟部水字第 10804600790 號令修正公布。
- 三、「水利建造物安全檢查辦法」，92.12.3 經濟部水字第 09204614050 號修正。
- 四、「農田水利會組織通則」，107.1.31 總統華總一義字第 10700010301 號令修正公布。
- 五、「農田水利會灌溉排水管理要點」，106.12.18 行政院農業委員會農水字第 1060083468 號令修正發布。
- 六、「農田水利會組織規程」，107.8.23 行政院農業委員會農水字第 1070082954 號令修正發布。

4.3、操作與維護原則

4.3.1、管理權責分工

灌排系統分布在遼闊田間，為導水、引水、輸水、配水、給水等作業順利操作與執行，管理業務須有明確之權責劃分，方能達到完善之管理維護。因此，灌排工程之管理與維護不但是農田水利會工作人員之主要任務，也是全體會員應共同負起之責任。農田水利會轄區內主要灌排系統及設施之管理維護權責，大致劃分如圖 4-6。然目前大部分之農田水利會並無設置水源及水路工作站，故可逕就近以相關工作站負責，或配合現行水利會運作分工。

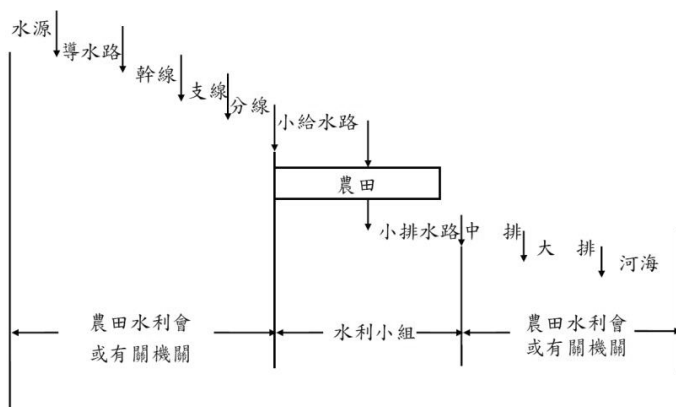


圖 4-6 灌溉排水系統管理權責劃分

4.3.1.1、任務權責劃分

農田水利會組織規程第 19 條第 1 項所列各職掌，應係規範灌溉工作站職掌之原則，各地農田水利會依其營運特性實際設立之各類工作站，其職掌由農田水利會視實際需要，依其組織章程或辦事細則理。

一、水源工作站

- 1.水源(含河川)及附屬物之巡視取締維護管理事項。
- 2.取水、行水、分水之管理及調節事項。
- 3.河川水位之觀測及流量調查事項。
- 4.水源及河川工程之調查、測量與設計事項。
- 5.水源及河川工程之施與監督事項。
- 6.水源附屬機電及抽水站設施管理事項。
- 7.氣象、雨量水文資料之觀測調查及定期報告事項。
- 8.其他上級交辦事項。

二、水路工作站

- 1.關於埤圳(埤池支分線，大排線等及附屬水利設施用地)及附屬物之巡視、取締保護管理事項。
- 2.關於工程之計畫調查測量與設計事項。
- 3.關於工程之施工與監督事項。
- 4.關於工程之僱征工，征料及用地補償協辦事項。
- 5.關於埤圳滲漏消耗水量與改善調查報告事項。
- 6.關於排水機能之觀測調查報告事項。
- 7.關於取水、行水、分水之管理與調節事項。
- 8.關於氣象、雨量水文資料之觀測調查及定期報告事項。
- 9.關於水利政令之協助推行事項。
- 10.關於諸費用征收事項。
- 11.關於埤圳，堤防及附屬物防汛搶險與訓練事項。
- 12.其他上級交辦事項。

三、灌溉工作站

- 1.灌溉計畫之釐定及執行。

- 2.小給水門、小排水門以上灌溉排水設施之維護管理、歲修改善、取締及防汛之搶險事項。
- 3.小給水門、小排水門以上引水、輸水、分水之管理及調節事項。
- 4.水利小組業務之指揮考核事項。
- 5.妨害水利之取締及糾紛處理事項。
- 6.水利政令及灌溉制度之推行事項。
- 7.灌溉水質之監視處理事項。
- 8.灌溉技術之實驗、研究示範推廣事項。
- 9.灌溉率、用水量生產及事業效果等資料調查報告。
- 10.會員會籍及灌溉地籍異動之查報。
- 11.諸項費用之經收。
- 12.會有地及渠道巡視及管理維護事項。
- 13.氣象、雨量、水文之觀測調查報告事項。
- 14.抽水機及地下井抽水量量測及統計報告事項。
- 15.災害調查事項。
- 16.灌溉地地籍資料、地籍圖、工程設計書及其他圖表之保管事項。
- 17.其他上級交辦事項。

四、農田水利會

- 1.灌溉管理決策。
- 2.灌溉用水查定。
- 3.灌溉用水調配。
- 4.灌溉計畫執行。
- 5.灌溉用水實績統計。
- 6.幹支分線消失水量調查測定。
- 7.水文資料調查統計。
- 8.工作站、水利小組業務計畫督導。
- 9.灌溉秩序維持及糾紛處理。
- 10.灌溉水質監視處理計畫督導。
- 11.工程設施維護管理及更新改善工程計畫擬定提報。

12.廢水路地報廢及圳路改道案提報主管機關核定。

13.使用水利構造物及搭配排水之複查處理及核定。

14.救旱因應措施之擬定推動督導。

五、水利小組

(一)設置目的

農田水利會轄區幅員遼闊管理不易，為維護田間中小給、排水路、執行田間配水滿足灌溉需求，提高用水效益，協助取締妨害水利案件，消弭糾紛，及推動政府永續經營三生農業，需透過水利小組配合水利會指揮聯繫，方能順利完成各項任務。

(二)設置原則

為促使各水利小組能發揮其個體機能，推行共同作業，其劃分原則如下：

1.以同一灌溉系統並參酌地形劃定。

2.灌溉面積以 51 至 150 公頃為準，埤圳之灌溉面積較大者，得按支分線分設 2 個以上水利小組；區域過小者，得合併鄰近區域聯合設置之。

3.水利小組得將區域內會員每 10 人至 12 人或按灌溉小區邊為一班。

(三)小組任務

依據農田水利會組織規程第 22 條規定，水利小組對灌排系統維護管理任務有下列幾項，且其任務之執行，受水利會之監督指導。

1.小給水路、小排水路之維護、管理及修補。

2.區域內灌溉排水之管理。

3.協助工程用地取得之處理。

4.區域內補給水路之設施。

5.小給水路或補給水路分水門之管理。

6.其他水利業務之委辦或交辦事項。

7.違反水利及糾紛案件之協助勸導與調處。

六、會員資格與權責

(一)會員資格：

凡在農田水利會事業區域內，合於下列各款之一之受益人，均為水利會會員：

1.公有耕地之管理機關或使用機關之代表人。

- 2.私有耕地之所有權人或典權人。
- 3.公有或私有耕地之承租人或永佃權人。
- 4.其他受益人。

前項第 2、第 3、第 4 款之權利，如違法時由其主管或代表為會員。因農田水利會為具有「公法人」地位之自治團體，而非一般人民團體，會員認定屬強制性。

(二)會員權利：

農田水利會會員可享之權利有：

- 1.享受水利設施之權利，如灌溉排水服務。
- 2.其他依法令或該會章程規定之權利，如選舉權、被選舉權。

(三)會員義務：

農田水利會員應盡之義務是：

- 1.遵守農田水利會決議案。
- 2.繳納會費和工程費。
- 3.服水利義務勞動。
- 4.其他依法應盡之義務。

會員之權利與義務是對等的，享權利必須盡義務，盡義務才能享權利。如果會員當中有：

- 1.破壞水利設施；
- 2.擾亂用水秩序；
- 3.違反決議案件或妨害公共利益；
- 4.欠繳會費或工程費逾期欠繳會費或工程費逾期 6 個月以上，農田水利會得提經會務委員決議，報請主管機關核准後，得停止其應享受權力之一，部或全部。

4.3.1.2、基本資料建立

任何灌溉排水系統之建設，都須經規劃、設計、施工以至完工通水，期間不過數年，但日後的長久維護管理，對灌排水暢通及使用壽命，關係極為重要，故必須建立各項有關資料，以期有效執行灌溉排水路之維護計畫。

一、水利工程設施佈置平面圖，包括：

- 1.資料搜集：
- 工程佈置圖。

2. 資料應用，如：

- A. 工程平面圖，可以瞭解工作站管理範圍，工程維護管理日常作業一一巡防時，維護工程施行時人員應經之路線，工程材料搬運路線，工程操作維護及管理之控制。
- B. 作為加強渠道維護管理、灌溉系統變更及施設物資料搜集核對之依據。
- C. 給排水路系統灌溉面積，排水集水面積之查對。

二、農地重劃資料，包括：

- 1. 資料搜集，農地重劃有關資料由水利會向主辦機關索取，包括農水路規劃平面圖、地籍圖、工程竣工圖、地籍資料等。
- 2. 資料管理，需永久保存。
- 3. 資料應用，如：A. 校對或繪製灌溉排水系統圖。B. 工程維護。

三、渠道縱斷面圖，包括：

- 1. 資料搜集，如：
 - A. 既有資料由水利會提供。
 - B. 水利會未提供部分(大部分居於中小給、排水路)由工作站補繪並報會。
 - C. 縱斷面圖之繪製，縱斷面圖通常包括樁號、單距、計畫標高、流入水路位置、構造物位置與型式、縱坡、水路之標準斷面及其水理因素等。
- 2. 資料管理，如按系統別，裝訂成冊，妥予保管。
- 3. 資料應用，工程改善及維護工程計畫執行之依據。

四、構造物設計圖，包括：

- 1. 資料搜集，由工程辦理單位提供。
- 2. 資料管理，應妥予保管，列入永久保存資料。
- 3. 資料應用，可為工程改善、維護設計之依據。

五、工程登記卡，包括：

- 1. 資料搜集，由工程設計資料抄錄，內容包括系統別、工程名稱、位置、地點、建造年代、造價、歲修養護記錄等。
- 2. 資料管理，如

A.大埤圳每一工程系統裝訂一冊，零星灌區小型埤圳視實情分區裝訂。

B.每一系統或每一分區之工程登記卡冊應在第一頁附平面圖，在圖上註明各工程之編號以表示位置及地點。

3.編號之編定，視工程數量及系統而決定，另外每冊工程登記卡應附卡號與工程編對照表。

4.查填方法，如：

A.工程登記卡之設立，以屬於水利會財產或管理使用者為對象，小給水路以下之小型建造物，應以每一小給水路為單位，查註該建造物名稱及數量。

B.工程登記卡應照規定格式填註，以明瞭工程之形狀、數量效能、材料及附屬工程。

C.工程種類如下：水庫、埤池、攔河壩(堰)、渠首工、水閘、渠道與排水路、沉砂池、管渠、隧道、虹吸工、跌水工、渡槽、量水構造物、暗渠等。

D.較大型工程如蓄水庫、埤池、渠首工、渠道與排水路等，尚有許多附屬工程，應設立各種工程登記副卡(格式相同)，作有系統歸納。

E.設於渠道或排水路中之閘門，不論其用途為進水、制水、排水、放水一律需依形式、操作動力、閘門數、尺寸、材料等資料填寫。

F.渠道排水路之長度包括明渠、暗渠、隧道、虹吸工長度。

G.渠道幹線與支線直接給水路之分叉點分水門、制水門，其工程歸入幹線系統內編號登記，支線與分線給水路叉點分水門、制水門，歸入支線系統內編號登記，排水路亦同。

H.位置或地點欄應填寫鄉鎮段別或樁號、建造年代及造價欄有案者填入，無案可考者免填。

I.工程具有特殊情形及效能者，於備註欄內註明。

J.附屬工程於工程概要欄寫明名稱數量即可，大型工程系統設總卡時，附屬工程欄內註明工程名稱及數量應與各種工程數量相符。

4.3.1.3、維護計畫之擬定

一、農田水利會為確實執行灌溉排水路維護，增進設施使用效率和年限，應依權責擬定維護計畫或緊急維修計畫，以便進行維護工作。

- 二、工作站責任區管理人員，對轄區內之灌溉排水路系統分佈、水路性質、灌溉排水環境等應深入了解認識，同時將平時巡視檢查登錄於檢查簿，作為擬定維護計畫之基本依據。
- 三、工作站應於年度開始或最遲於歲修期前二個月，擬妥初步調查表報會或管理處，以便派員勘查核定維護之優先順序。
- 四、會員陳情、水利小組建議或會務委員提案等，須加以分析研究，以合理、公平、切合需要及緩急順序作為計畫擬定之參考。
- 五、災害搶修工程，因水路設施遭受天然災害，影響灌溉排水功能時，工作站應盡速派員調查災情，於災後二日內報本會辦理。
- 六、灌溉排水水路遇緊急事故影響輸水機能時，工作站應速擬搶修計畫進行處置以免災害擴大，並應即行向上級電話報備。

4.3.1.4、制定工程設施維護管理辦法

維護工程大多為零星緊急僱工或補修水路、疏濬清掃之小型工程，為爭取時效搶修進行，應賦予工作站人員緊急處理之權限，以利維護工程之進行，但應符合相關法令之規定，因各會情況不一，但均訂定有維護管理辦理要點，使工作站人員有所遵循。

工程設施維護辦理要點(概略範本)

- 一、農田水利會灌溉排水工程設施維護，除法令另有規定外，悉依本要點規定辦理。
- 二、水利會各工作站轄內灌溉排水工程設施，應依據管區人員巡視紀錄及參酌各方之反映，分輕重緩急於分配預算範圍內列入計畫辦理維護，並於每年三月底以前將下年度辦理之維護計畫列表報會核定。
- 三、各工作站之維護計畫，既經本會核定後，除因特殊情形事先報准外，各種項目預算不得相互流用。
- 四、各工作站辦理工程設施維護(歲修、養護、搶修)應編製工程計畫預算書(以同一系統或地區編製一件為原則)經送會審查核定後，由本會工務組辦理發包及施工，但伍萬元以下之土方(或除草)工程或水路補修、構造物改修工程，得以零星工程編製預算書報會核定後交工作站僱工辦理，並應添附施工前、中、後照片請款；為簡化作業程序，貳萬元以下工程得授權站長逕行決定後直接僱工辦理，但嚴禁化整為零。
- 五、渠道(幹、支、分線及大、中排)定期維護(清土或除草)工程，以每年舉辦二次(灌溉水路於通水期以前、排水路於防汛期以前辦理)為原則，必要時得增加次數，每次舉辦前應由工作站提出計畫列表報會核定後，依本要點第四條規定辦理。

- 六、以零星工程編製預算書計畫之維護(清土)工程，其單價分析仍應依農委會農田水利處頒發之「農田水利工程預算書編列原則與工料分析手冊」規定辦理。
- 七、零星工程如數量過於微少，由工程週轉金支付者可按實僱工並授權站長逕行辦理，但金額超過壹萬元者，仍應依本要點第四條規定辦理，僱工按月補貼之漂流物撈起工作，或按日補貼之掌水工作，則應經請核決定始可僱用。
- 八、工作站僱工辦理之維護工程完工後，立即由站長切實初驗，並限於一星期內將請款憑證報會，本會隨時派員抽驗，如發現有不實或虛假情事發生時，站長應負連帶責任；發包工程由工作站派員會同驗收並接管。
- 九、工程設備維護用材料之購買或機械(發動機、抽水機、水門或其他機械)修理，其金額未達壹萬元者，授權站長逕行辦理後於一星期內請款(該項書件由本會管理組受理)，至於金額在壹萬元以上者，應由工作站事先提出請核，金額未達伍萬元時由管理組尋覓一家殷實廠商辦理，金額在伍萬元以上拾萬元以下時，由本會訂定底價取具資格三家以上廠商比價辦理，金額在拾萬元以上者，採公開招標，但符合政府採購法第二十二條第一項各款情形者除外。
- 十、各工作站辦理零星維護工程，得設置零星工程週轉金，由站長指定專人負責保管並於權責發生後，隨時隨件登記於收支簿以供查對，各工作站週轉金金額各為柒萬元整。
- 十一、使用零星工程週轉金發給之工程款，以授權站長範圍之零星工程款或機械修理費及材料費為限，且其金額每件最多不得超過壹萬元，付款之憑證，應由站長審核後始可發給，如經本會發現有不合會計程序，而必需收回該款項時，應由站長負責。
- 十二、各工作站指定工務主辦乙名，負責經理及初審各該站之歲修、養護及搶修工程。
- 十三、本要點提水利會主管會報議決通過，報請會長核定實施之，修改時亦同。(上述各項金額得依各會授權範圍而調整)

4.3.1.5、操作與維護作業流程

農田水利會水利設施維護，在斗門以上各級水路(包含幹支分線、池塘取入、河水取入及主給水路)、池塘及攔河堰由農田水利會工作站辦理，斗門以下之田間給排水路原則上則由水利小組召集所屬會員出工辦理維護。

- 一、維護工程分類：分年度歲修維護及緊急搶修搶險，依各水利會所訂授權額度以下者，授權工作站辦理；額度以上者，經工作站編製預算書送農田水利會核定，以自行僱工、比議價或發包或依採購法有關規定辦理。

二、各種年度歲修維護工程作業流程，如圖 4-7 所示。緊急僱工搶修勞務採購作業流程，如圖 4-8 所示。惟各農田水利會承辦組、股及工程作業流程可能不盡相同，可適度調整因應。

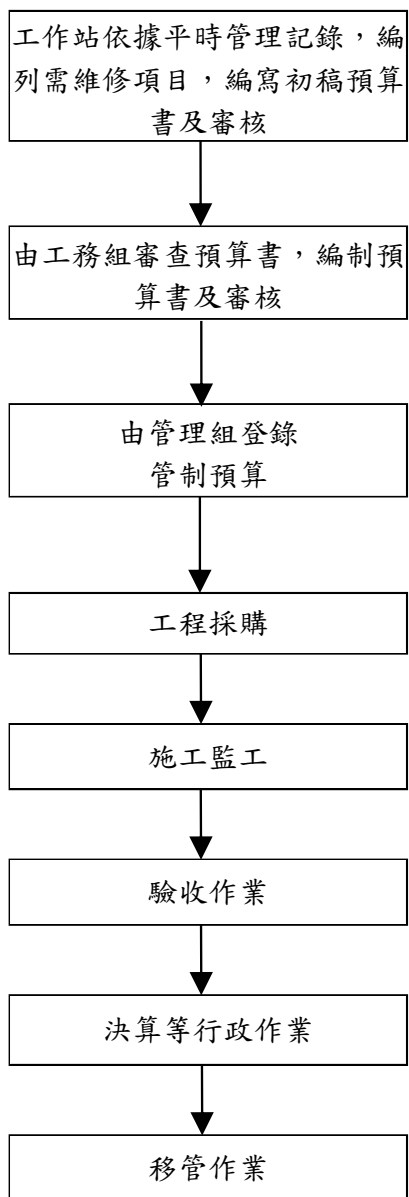


圖 4-7 年度歲修維護工程作業流程圖

自辦(僱工)工程作業流程：

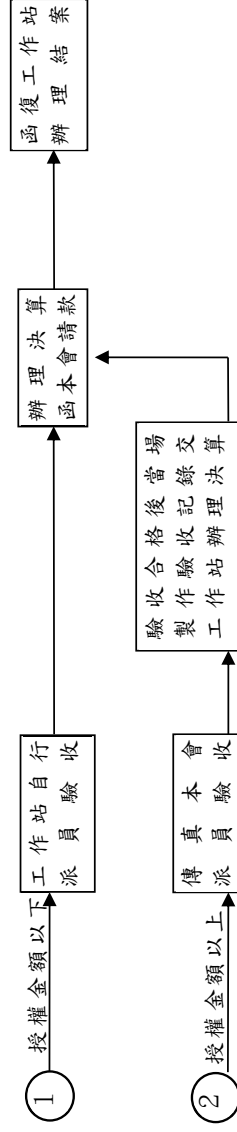
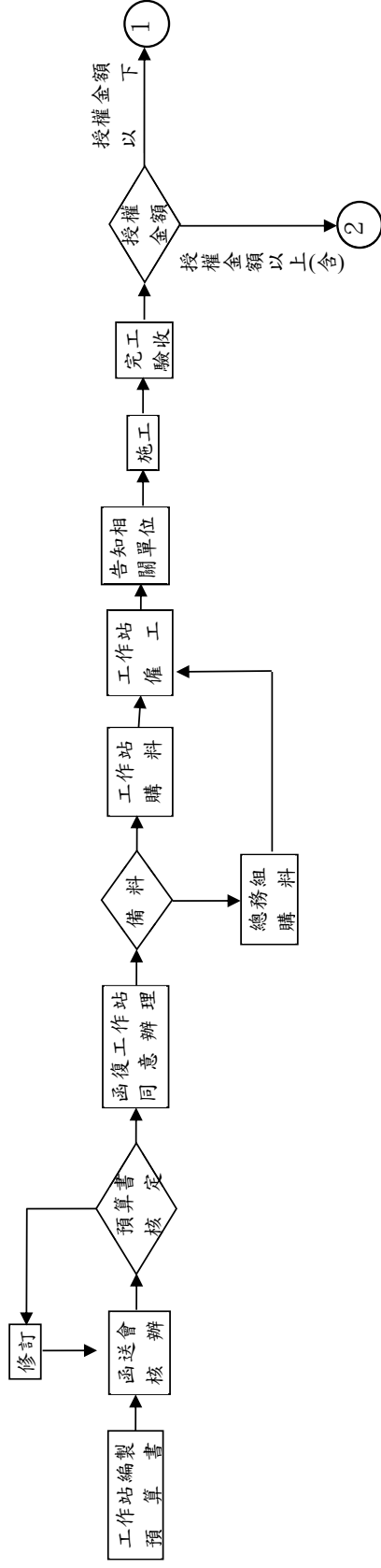


圖 4-8 緊急僱工搶修作業流程圖

4.3.2、灌排水路基本維修原則

4.3.2.1、田間給排水路維護之實施

田間給排水之設施，就各會員而言，具有特別密切而重要之關係，向來由農田水利會促請水利小組會員共同維護。

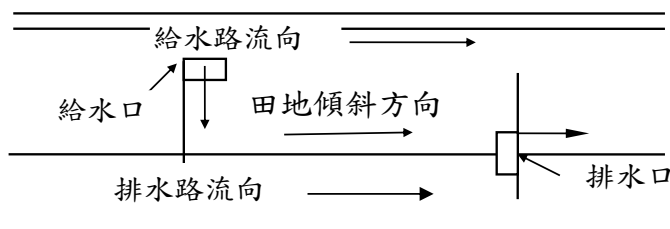


圖 4-9 田間給排水示意圖

一、定期維護

1. 水路疏濬或除草：

為確保水路斷面輸水能力，灌溉給水路，每年至少應有 1~2 次的歲修疏濬維護，檢修或除草，小排水路應視實際需要歲修維護。

2. 小水路護岸整修：

在堤岸之一部分砌石損壞，如砌石修補時，應自基腳起，平均升高砌做，塊石之長邊徑，應垂直於坡面，充分填實，並使其接觸面平整。

二、平時維護

1. 以水利小組為單位，訂立小組會員公約，規定會員應共同遵守工程設施之維護。
2. 水路內禁止亂倒垃圾及任何雜物，土堤外應保持足夠的寬度，以免影響輸水機能及堤岸之安全。
3. 以水利小組為單位，劃分會員鄰接田坵水路之管理區段，由會員在田間工作時隨時維護水路。
4. 構造物背後填土、內面工頂填土及保護工頂填土等如塌陷，均應隨時補充填平夯實，以防塌陷擴大。
5. 對會員及農民宣傳，建立共同維護水路之觀念。

三、緊急搶修

1. 一旦臨時發生災害時，立刻先行搶修以維通水，事後予以修復。
2. 一方面搶修，同時向農田水利會報備。

3.搶修原則以恢復供水及使災害不再擴大之原則辦理，修復工法力求一氣呵成，如牽涉授權以外層面，以復建工程辦理。

4.3.2.2、基本維修工作

良好之維護計畫能延長田間水路壽命，維護工作通常於灌溉通水期前執行。此工作包括：清理、除草、清淤泥(簡要概示如圖 4-10)、修復斷面及執行小型維修等，茲分述如下：

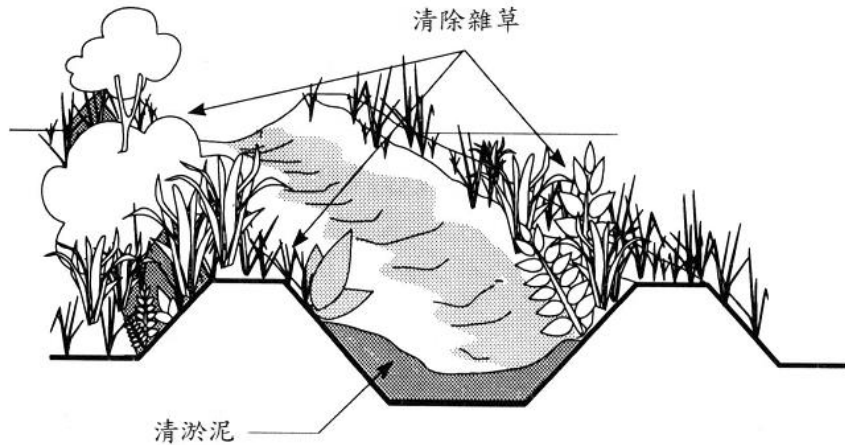


圖 4-10 除草及清淤泥

- 一、樹幹或樹枝應清除，因其會阻擋水流或擠壓底部土壤造成洩漏現象。
- 二、植物、淤泥或岩石應清除，然清除中可利用原有設計斷面之物體，以儘可能恢復渠道原有之形狀。
- 三、邊坡內外之老鼠洞，應以濕的緊密土壤填實。
- 四、人或動物經常通行之斷面稱為”不安全之斷面”，應用緊密土壤或磚塊加以補強。
- 五、沖刷之渠道斷面，應回復到原來形狀。
- 六、內面工施工縫或伸縮縫，填縫修補。

基本維修工作中，又可分田間水路疏濬作業及整修作業：

一、疏濬作業：

疏濬目的在整理水路之斷面及坡度。一方面為保持原來斷面，一方面為清除水路邊坡的雜草，同時清除水路內淤積泥砂及雜物。

二、整修作業：

堤防一部分崩壞，實施填土時，不得含有樹根、雜草及其他腐蝕有害等物質。填土應分層平鋪夯實，並先由斷面最底處填起。

4.3.2.3、減低滲流

田間水路之部分或全部斷面均可能發生滲流，而造成灌溉水之損失及田間浸水等情形。能解決滲流問題之方法包括：

- 一、渠道內面工之執行，如此可減少輸漏損失。
- 二、降低渠道邊坡之滲透性，透過緊密壓實渠道堤岸軸心可降低渠道邊坡之滲透性，執行步驟首先於軸心挖掘一窄小溝渠，然後分層回填材質並緊密壓實，此一壓實之軸心應超過水面以上。詳細過程包括：

1. 移除渠道邊坡及頂端之雜草。

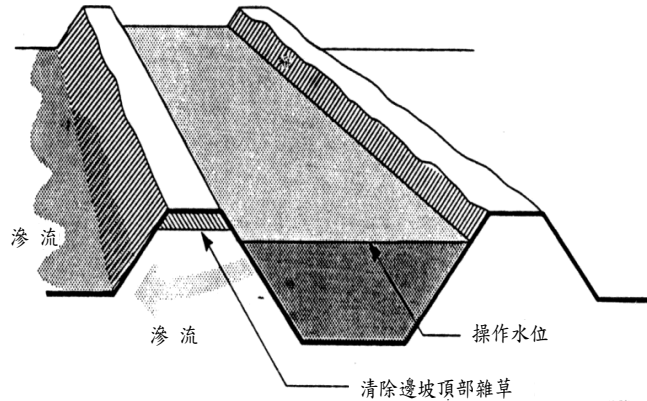


圖 4-11 移除渠道邊坡及頂端之雜草

2. 於邊坡內側挖掘一窄小溝渠，此溝渠為渠道滲透性較大處，其寬度最小應為 0.5 倍水深，其底部應低於原地盤底部 20 公分以上。

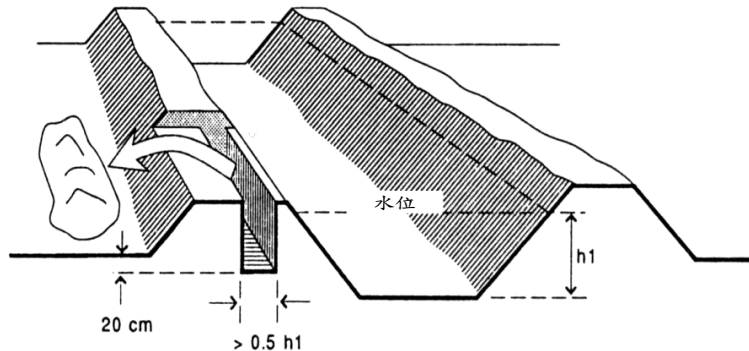


圖 4-12 邊坡內側挖掘溝渠

3. 用人工敲棍方式以每層 5 到 10 公分之厚度壓縮回填此小溝渠之底部。當回填材質含砂成分較高時，應以粘質材質取代之。回填時每層應澆水濕潤，因濕潤土壤於敲打過程將較乾土具有較好之凝聚性。

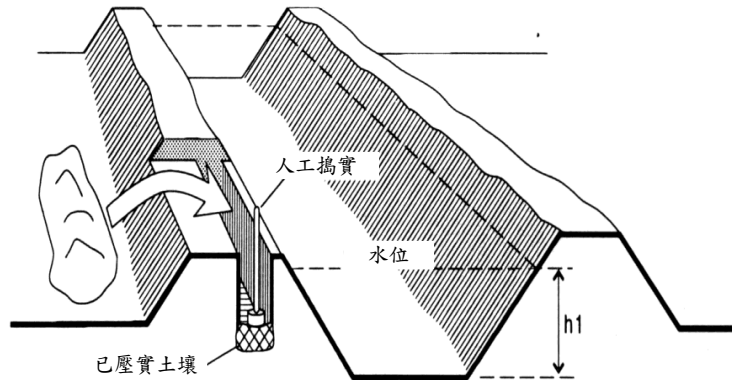


圖 4-13 每層 5 到 10 公分厚度壓實

4. 分層回填及壓實此溝渠直到頂部。

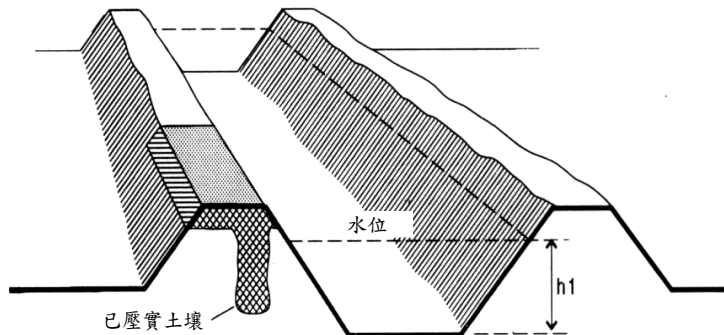
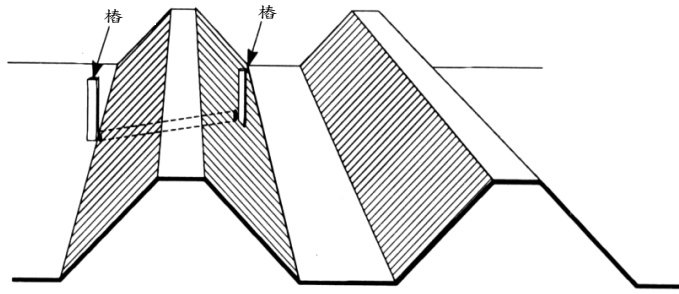


圖 4-14 分層夯實及壓實

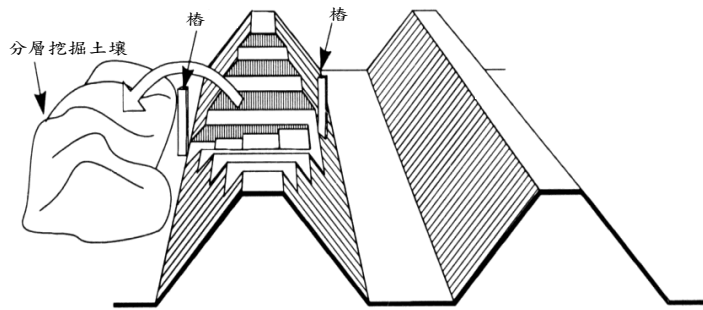
4.3.2.4、洩漏之修護

大部分渠道均有洩漏情形發生。渠道自一小洞或裂縫洩漏之情形可由鄰近田區出現濕潤現象而察覺；但若洩漏發生於渠道底部時，除非謹慎的檢查底部情形，否則不易察覺。當發覺洩漏情形時應迅速解決，維護洩漏過程如下：

一、排放渠道水量，並用椿於渠道邊坡內外處標出問題點。



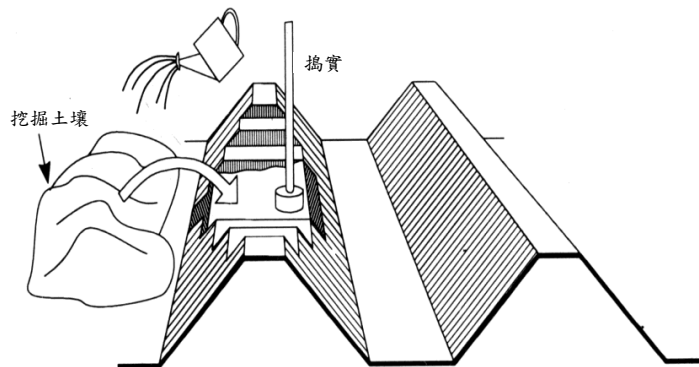
二、清除雜草並挖掘洩漏點附近之土壤，邊坡之挖掘應分階梯層次實施，洩漏點下方為最小階梯。



三、分層回填且壓實濕潤之土壤。具有內面工之渠道其執行過程相同，唯施工前後應先移除及重建原有之內面工。

需注意事項包括：

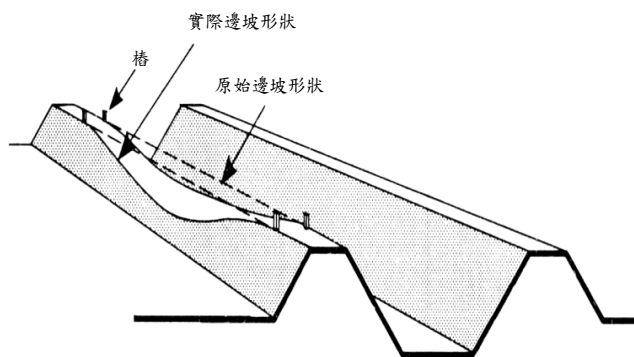
1. 由於內面工會被洩漏水暗中侵蝕、破壞、進而造成內面工之龜裂或破洞，故僅於具有內面工之渠道修護洩漏處是不足的。
2. 內面工接合處重建時應於接縫處分期密接以避免洩漏。



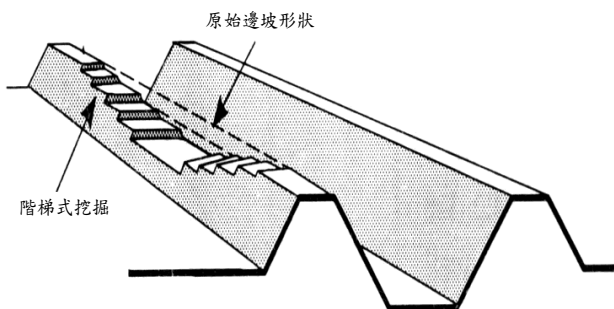
4.3.2.5、如何避免溢流

當渠道內之流量超過其容量時，則會發生溢流。溢流將造成渠道堤岸沖刷，進而降低並減少原有渠道設計容量。避免渠道溢流之方法包括：降低流量，以及增加渠道容量。增加渠道容量之步驟如下：

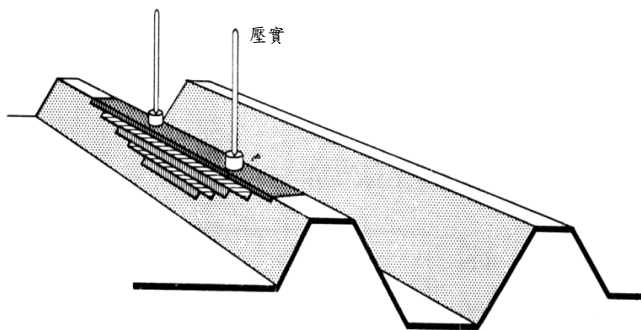
一、移除雜草，標樁並拉繩索於欲處理斷面之上下游處。



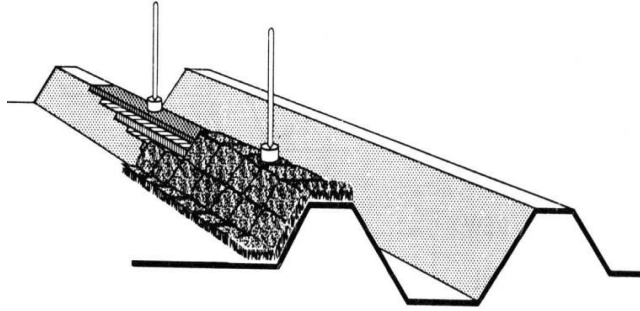
二、以階梯式挖掘邊坡之頂部及周邊。



三、以每層 5~10 公分之厚度回填濕潤黏土於挖掘處，並分層壓實之。



四、當回填完成後並於其上種植草皮。



若無法避免高水位之發生，則可佈置一緊急之洩洪口，此緊急洩洪口或緊急出口，可確保渠道下游邊坡安全。將水流直接排入排水系統，而不危害到渠道邊坡。

4.3.2.6、渠道修補及沖刷之預防

一、修補：分土渠及混凝土坡面工或 U 型溝

- 1.土渠修補，在潰堤方面，若屬緊急處理通水中發生潰堤，應先行斷水，坡面先以砂袋疊砌，並加鋪 PVC 防水布，背填上，加以潤濕後分層夯實(每層約 15~20cm)，或列入長程計畫，編列經費改善為混凝土坡面工或 U 型渠道。在漏水處理方面，若是緊急處置，應先行斷水，加鋪 PVC 防水布，或開挖堤岸，更新較佳之不透水土壤，潤濕後分層(每層約 15~20cm)夯實，或列入長程計畫，編列經費改善為混凝土坡面工或 U 型渠道。
- 2.混凝土坡面工或 U 型溝修補，在潰堤方面，若屬緊急處理通水中發生潰堤，應先行斷水，坡面先以砂袋疊砌，並加鋪 PVC 防水布，背填上加以捏濕後，每層約 15~20cm 分層夯實，或以原施工縫為區段，且採用原材料及斷面修復，並檢視是否超過建造使用年限，是者辦理全段更新。在漏水處理方面，如屬坡面漏水，也超過使用年限，應全面列入更新計畫，若是施工縫漏水，應先清除勾縫、烘乾、重新填注防水材料(如環氧樹脂、柏油、防漏素等)。

二、預防沖蝕

避免灌溉渠道沖蝕之方法，包括：降低流速或渠道內面工。降低流速：降低渠道坡度可降低流速，通常渠道坡度沿著地形而變化，因而造成某些區域太陡之情形。為了避免上述情形發生，於渠道構建時可因地形變化而挖或填部份土方以降低渠道坡度。為了減少挖開大量土方可於不同高程處佈置跌水工或陡槽，如圖 4-15~17。當渠道坡度變緩時流速降低，因此需加大渠道斷面以維持相同容量。

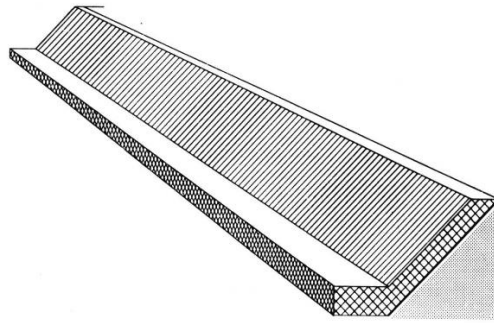


圖 4-15 渠道坡度過陡之修正

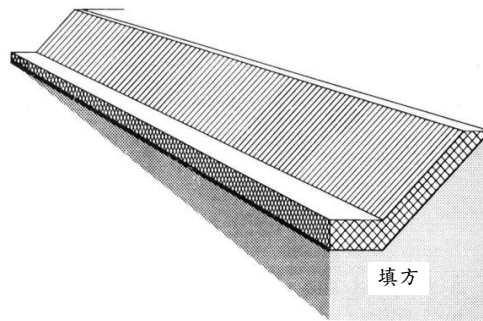


圖 4-16 回填土方以降低渠道坡度

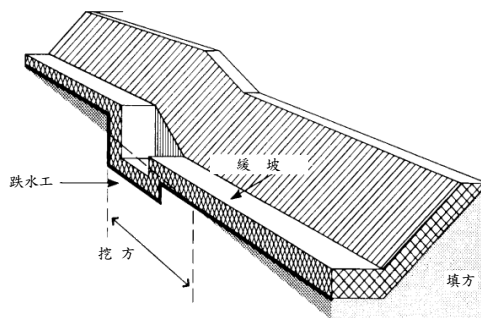


圖 4-17 跌水工以降低渠道坡度

圖 4-15 顯示渠道與地形具有相同坡度，坡度太陡速度超過界限，造成渠道被沖刷情形。

圖 4-16 則顯示回填土方以減緩渠道坡度，然若渠道坡度與地形有極大差異時，則需挖出大量土方，以降低流速，避免渠道沖刷。

圖 4-17 則顯示與圖 4-16 相同坡度，然跌水工構造則可減少大量土方開挖。

現存渠道若太陡時則不易重新建造，此時可構建一系列跌水工以降低流速，如圖 4-18 所示。

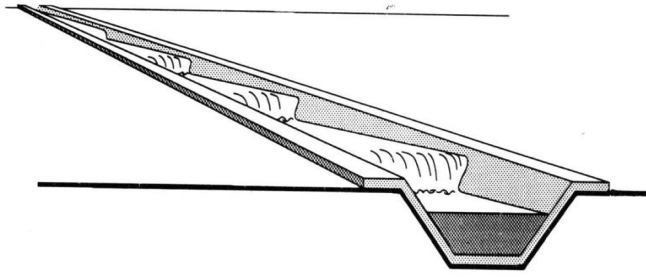


圖 4-18 陡峻渠道中構建一系列跌水工

至於渠道內面工可降低渠道冲刷情形之發生，包含：1.具有內面工之渠道保有較高之流速，因此渠道坡度可較陡。2.具有內面工之渠道較無內面工之渠道擁有較高之流速。因此，在輸送相同流量情況下，具有內面工之渠道僅需較小斷面即可。

4.3.3、維護管理紀錄

渠道維護管理紀錄主要可有三種，分別為：

- 1.渠道管理養護檢查紀錄簿(如表 4-1)。
- 2.渠道維護檢查紀錄表(如表 4-2)。
- 3.渠道維護檢查統計表(如表 4-3)。

填寫紀錄表應注意事項簡述如下：

一、渠道管理養護檢查紀錄簿

為落實水利設施維護管理工作，由水利會轉發工作站，並要求區段管理人依規定確實檢查紀錄，並將各項設施損毀等情形報會，以作為維護、改善之依據。

(一)渠道管理分類為：

- 1.竊盜用水，其項目有「盜水」。
- 2.破壞構造物，其項目有「毀損破壞」。
- 3.竊盜建造物，其項目有「竊盜建造物」。
- 4.侵占用地，其項目有「侵建」、「侵耕」、「侵種」、「侵殖」等。
- 5.妨害用水，其項目有「放牧」、「取土」、「棄土」、「傾倒垃圾」、「傾注廢污水」等。

請於項目欄內，依照發生事實自行填入其情形，如盜水、侵耕、或傾注廢污水等句。

- (二)圳路名稱請以渠道名稱，如中小給水路即以○○區小給一等填寫，測點請以該渠道累距如 3k+021 表示之(給水由上游往下游累距，排水由下游往上游累距)。
- (三)侵占面積欄，如為盜水、竊盜建造物、傾注廢污水等免填。
- (四)損害情形欄應以圳路安全觀點及影響程度填寫受損建造物名稱，並以「嚴重」、「中等」、「輕微」三種情形表示損害程度，如「渠堤毀損嚴重」、「水污染嚴重，影響下游抽水灌溉」等。
- (五)處理情形欄填寫：
- 1.「已勸導並經當場處理」、「已通知限期拆除修復，或恢復原狀」...(屬於和解類)。
 - 2.「擬列入工程施行」、「已送縣市政府」...(屬於報告本會處理類)。
 - 3.「已告發」、「移送法院」...(屬於地方主管機關)。
- (六)數字一律以阿拉伯數字填寫。
- (七)週別請以月單位填寫，如 1 月第 1 週，4 月第 3 週。
- (八)上級督導時，請於本記事欄內簽章核示，表明查核情形。

二、渠道維護檢查記錄表

- (一)應需維護、改善或新建水利設施物，如灌溉閘門、渠道內面工、護岸工、分水工、隧道、放水閘、渡槽、倒虹吸工、混凝土管、跌水工、制水閘、外面工、橋樑、涵洞、自動水門、流(入)末工、除草、泥沙游積疏浚、水路土方整修、內(外)面工修補、捲揚機修理、量水設備等項目，依實際情況自行填入工程設施欄內。
- (二)不良情形應具體說明、估計數量、件數或損害零件等，供作工程設計參考。
- (三)處理情形應填寫已(擬)自行(僱工)修補或報告上級，於本(下)年度預算辦理等，並請分緩急別表示之，如為急待辦理，應專案另行報告上級及時處理。
- (四)數字一律以阿拉伯數字填寫。
- (五)上級督導時，請於本記事欄內簽章核示，表明查核情形。

三、渠道管理維護紀錄表注意事項

- (一)紀錄表所表示之渠道包括應負責維護管理區段內所有灌排系統。
- (二)渠道檢查每周以不少於 1 次為原則。
- (三)請熟記管理檢查參考資料並妥為運用。

(四)發現侵占或施設物損毀，應先行作適當處理後將情形層報本會。

(五)紀錄表內容應填寫注意事項，按實記載，以為維護參考。

四、水利會巡邏箱設置要點

部分水利會加強渠道維護管理工作尚設置巡邏箱，簽記巡邏卡(如表 4-4)以掌握各圳路設施之狀況。茲以彰化農田水利會為例，將其設置要點列於后，以供參考。

臺灣彰化農田水利會工作站渠道巡邏箱設置要點

- 一、為加強灌溉排水管理，防患渠道侵占，廢污水排入等違章妨害水利案件發生，維護渠道安全，提高服務品質，訂定本要點。
- 二、依據農田水利會灌溉排水管理要點第五十五點規定派員經常巡視及第六十點所列規定禁止行為之舉發。
- 三、設置巡邏箱，簽記巡邏卡，巡邏卡表格依據行政院農業委員會「妨害水利案件處理情形」年報表，分類「盜竊用水」、「破壞建造物」、「盜竊設施」、「竊佔圳地」、「妨礙灌排」及「其他」制定管理檢查欄位，符合管理一致性；並依妨害水利法規歸納對應，簡明易循，落實巡邏成效。
- 四、本會為實施巡邏箱之督導、考核單位，各分區督導員由會長核派四至六名股長以上幹部組成督導小組，不定期抽查藉以辦理考核、獎懲，並列為年度工作站業務檢查成績及個人年終考績之考核。各工作站站長負責巡邏箱管理執行及推動責任，工作站區段管理員負責實際巡邏任務。
- 五、巡邏箱應設於各重要渠道進水口或末端或大型水利構造物及抽水站等之適當地點。
- 六、巡邏要領：
 - (一)區段管理人員巡視渠道輸水與調節水量，「V」記在巡邏卡「豐或缺」欄位。
 - (二)渠道淤積堵塞、溢流或崩潰，搶修、維修及妨害情形記錄在「維護檢查記事欄」。
 - (三)違反水利秩序及非法取水，「V」記在巡邏卡「盜竊用水」欄位。
 - (四)在水路界限內採取土石、移改、或毀壞水圳及一切建造物、損壞水路或圳堤等破壞情形，「V」記在巡邏卡「破壞建造物」欄位。
 - (五)竊取、強奪水利設備、機械、儀器、零件或工具等，「V」記在巡邏卡「竊盜設施」欄位。

- (六)在水路界限內私設建造物、種植、侵耕、搭建棚架、養殖、飼養牲畜等，「V」記在巡邏卡「竊佔圳地」欄位。
- (七)倒土、丟棄垃圾、傾注廢污水、擅自啟閉閘門、妨害圳水管制等。「V」記在巡邏卡「妨礙灌排」欄位。
- (八)其他足以妨礙灌溉工程安全事項，「V」記在巡邏卡「其他」欄位。
- (九)本會渠道設置二等水準點標石並編號，應巡邏並「V」記在巡邏卡「正常或異常」欄位，經常巡視，及早發現異常管理及處理。
- (十)區段管理員就發覺事項應即依規定處理，予以制止取締陳報本會，並依巡邏卡記事欄與相關項目欄內打「V」，並於簽卡欄簽名。
- (十一)區段管理員對轄內各灌排渠道之巡邏至少每2天巡防簽卡一次，站長每個月不得少於4次(每7天複巡一次為主，例假日除外)，巡防或複巡簽卡時，不可預留空格，經查覺應受處分(防汛期間依本會頒訂緊急應變小組作業要點規定辦理)，督導員不定期每月至少抽查一次。
- (十二)區段管理員、站長差假時應由職務代理人代為巡簽，不可於巡邏卡填記「差假」，如未依規定執行巡防，職務代理人依規定處分。
- (十三)各工作站應於每張巡邏卡用畢後，收回彙集裝訂成冊以備查閱，巡邏卡不得於月底前先行抽取，請於月初巡簽同時更換，並補新卡。
- (十四)巡邏卡於每月5日前或於擴大會報時由站長彙送所屬督導員，由督導員深入分析各區段管理員及站長落實巡邏情形，提出翌月擴大會報檢討，再由督導員將巡邏卡交還工作站。

七、獎懲事項：(均需提報人評會審議)

- (一)區段管理員全年內均按規定巡邏記錄者，由督導小組審核評定等一名記功一次(需有特殊事蹟，否則從缺)，二等五名嘉獎二次，三等十名嘉獎一次。
- (二)區段管理員如怠忽職守未依規定巡邏或提前預簽而流於形式及巡邏卡提前收回經查明屬實，第一次申誡一次，第二次申誡二次，第三次以後各記過一次(以年累計)且站長受連帶處分。
- (三)區段管理員巡邏時如有特殊事蹟或特殊貢獻者由站長或督導員報，經查屬實，依農田水利會員工獎懲基準敘獎。
- (四)區段管理員巡邏不力，水利用地被侵占、違建等違反水利案件未能發覺或隱匿不報，亦未紀載於巡邏卡，有損本會權益情節重大者記大過一次，站長受連帶處分申誡一次。

(五)站長全年對轄區巡邏箱之管理良好，並按規定複查，由督導小組審核、評定一等一名記功一次(需有特殊事蹟，否則從缺)，二等二名嘉獎二次，三等三名嘉獎一次。

(六)站長怠忽職守，對巡邏箱管理不善，或未按規定複巡者，第一次申誡一次，第二次申誡二次，第三次以後各記過一次(以年累計)。

(七)區段管理員及站長未依規定簽、複巡，經督導員查覺即簽報督導股承辦，提報人評會審議。

(八)督導員督導認真，每年度由總督導簽報人評會，予以敘獎。

八、本要點經督導小組研討通過，簽請會長核定後施行，修改時亦同。

表 4-1 渠道管理養護檢查紀錄簿

渠道管理養護檢查紀錄簿

_____農田水利會_____工作站 民國_____年_____月份第_____週
檢查日期_____月_____日

項目	渠道名稱	測點	侵占面積 (平方公尺)	損害情形	發生時間	處理情形
記事						

檢查人

主管

表 4-2 渠道維護檢查紀錄表

渠道維護檢查紀錄表

_____農田水利會_____工作站 民國_____年_____月份
 _____檢查日期_____月_____日

工程設施 名稱	渠道名稱	測點	不良情形	修補費 (元)	改善費 (元)	處理情形
記 事						

檢查人

主管

表 4-3 渠道維護檢查季統計表

渠道維護檢查季統計表

_____農田水利會_____工作站 時間：_____

項目	損害 件數 (件)	已修復設施		待修復設施		未修復之主因
		件數 (件)	工程費 (件)	件數 (件)	工程費 (件)	
土渠						
內面工						
外面工						
灌溉閘門						
分水工						
制水閘						
放水閘						
暗渠						
混凝土管						
渡槽						
倒虹吸工						
水門捲揚機						
流末(入)工						
跌水工						
橋樑						
量水設備						
區段管理員 意見						

檢查人

主管

表 4-4 渠道巡邏卡

[illegible]

4.3.4、妨害水利處理

4.3.4.1、妨害水利案件之種類

工作站管理水利用地或非事業用地經巡防發現遭受妨害應予取締，如：違反使用規定經陳情檢舉屬實應辦理的妨害水利案件、被稅捐單位補繳地價稅、妨害水利案件經拆除後再次違建的新竊占案、管路管線...等，設施未經合法程序申請即附掛在工作站管理的灌溉排水圳路上、未依程序申請架橋，或經測量發現有占用情事等皆屬妨害水利案件。

另外，在渠道管理維護時發現新增加之各式水體排放，皆應即刻查明該項行為是否經各主管機關同意並核准。不論直接或間接侵害會員權益，影響渠道維護管理，破壞各種自然生態的行為，皆應在第一時間依相關法規做最有效的處置。

一、妨害灌溉排水

- 1.毀損或竊盜水利建造物或器材及其他設備。
- 2.在進水口或堤防及附屬建造物安全距離內挖取土石等物。
- 3.擅自妨礙取水、排水，違反灌排計畫及管理秩序。
- 4.擅自啟閉水門、閘門或管制設備者。
- 5.擅自遷移、私開或填塞灌排渠道者。
- 6.在水利設施界線內傾倒廢棄物。
- 7.擅自在水利用地內種植或放牧。
- 8.其他足以妨害灌溉排水及工程設施之安全行為。

二、竊占水利用地

- 1.竊占水利用地建築或搭建其他建造物等行為。
- 2.竊占或圍籬水利用地飼養牲畜。
- 3.竊占水利用地種植作物及竹木。
- 4.占用灌排渠道淤積處墾殖等。
- 5.未經申請擅自違規加蓋、架設橋梁、架空纜線、埋設涵管等。

三、汙染灌溉水質

- 1.擅自排放廢汙水進入灌溉專用渠道汙染水源。
- 2.擅自排放不符合灌溉用水水質標準之廢汙水進入灌排兼用渠道，或擅自排放不符合流水水質標準之廢汙水進入排水渠道。
- 3.其他足以汙染灌溉水質之行為。

四、妨害公務

1.水利會是公法人，工作人員依法執行職務時，遭受強暴、脅迫致妨礙或不能行使職務。

2.脅迫水利會工作人員啟閉水門或管制設備。

※遇強暴脅迫時，應避免與其正面衝突，以照相、錄音、錄影等方式保留證據，並報警處置或系上反映。

4.3.4.2、妨害水利案件處理程序及處理方法

一、妨害水利案件處理程序

如圖 4-19。

二、妨害水利案件處理方法

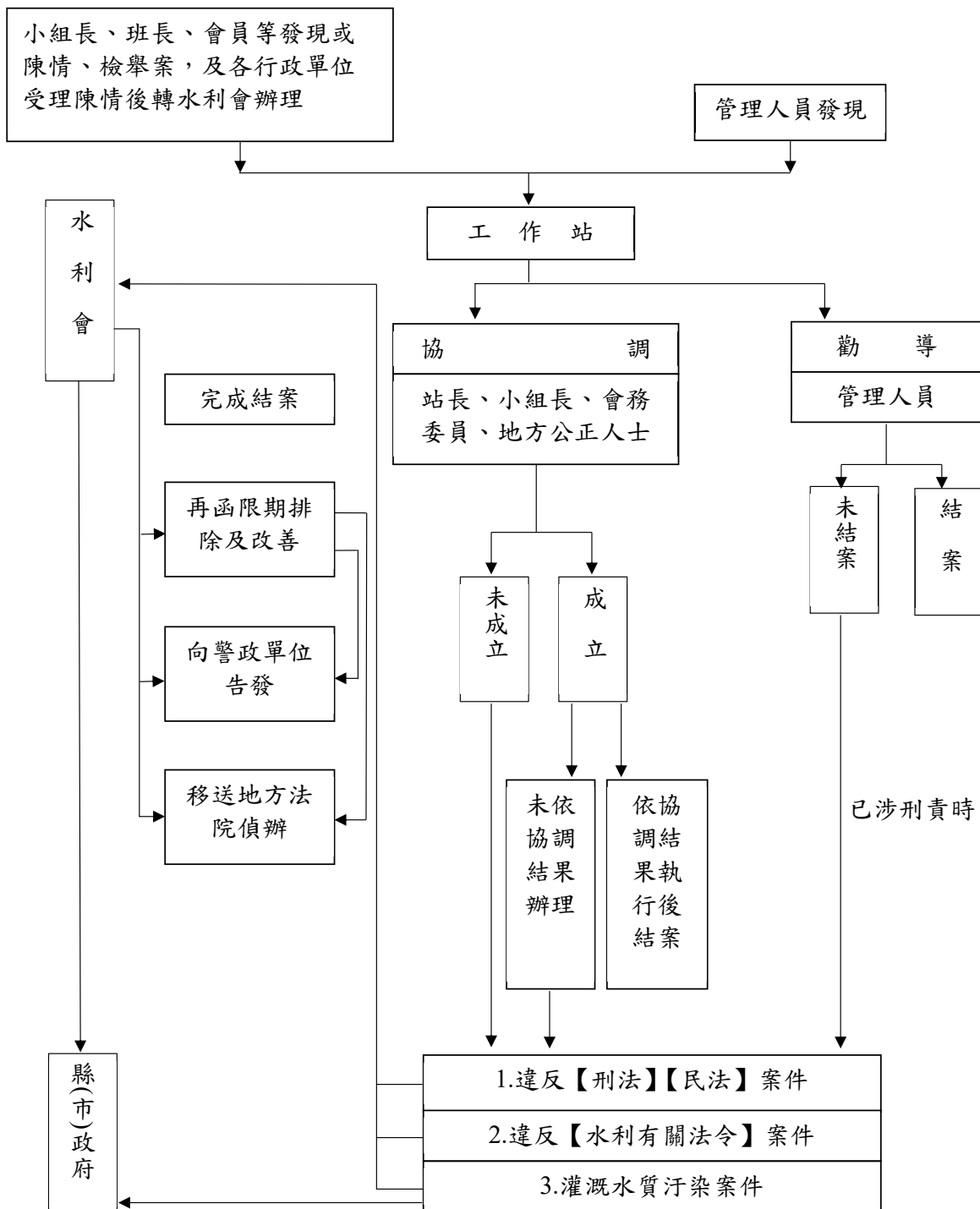
水利設施遭受破壞、竊佔、違建，常造成灌溉管理上困擾，為確保水利事業順利推展，案發當時工作站區段管理員應自動負責迅速積極依法檢舉告發，以杜絕妨害水利行為擴大。其處理程序與方法，包含有：

1.勸導

區段管理員每日對所轄區域幹、支、分線、主、小給水路以及小、中、大排等事業用地應確實巡防，當發現疑似妨害案件發生時(包括巡防發現、會員通報陳情、檢舉)，應即速查明行為人(妨害水利者)之姓名、年齡、職業、籍貫、住址(現居處)、妨害類別、發生地點、發生事實等；應即勸導行為人停止侵占行為回復原狀(侵占案件)、清除水路廢棄物恢復渠道暢通(阻塞水路案件)、停止違規排放廢汙水(水質污染案件)或勸導應遵守用水秩序(搶水或盜水案件)；管理人員應對每一疑似妨害案件予以拍照存證並回報站長，事後應將所發現的事實經過詳實填寫於工作站工作日誌及妨害水利案件處理登記表(表 4-5)等，以利後續追蹤。

2.協調

管理人員於巡防渠道時發現各項妨害水利案件經現場勸導無效者應陳報站長研究案情，並由站長依妨害水利案件情形研議邀請會務委員、水利小組長、有關單位、地方公正人士與行為人進行協調尋求解決辦法，先經地方各相關單位、人士協助勸導侵占人能自行排除妨害情事。不論協調成立與否，應將協調時間、地點、出席人員、協調結論作成妨害水利案件協調紀錄(表 4-6)並請與會協調相關人員簽名，由工作站區段管理人員負責監督依照協調結論執行。



註：因各水利會處理妨害水利案件流程不同，應請各水利會依實際情況變動處理流程。

圖 4-19 妨害水利案件處理流程圖

3.告發

妨害水利案件經管理人員現場勸導遲不回復原狀；經各方公正人士進行協調無法達成協議內容及排除方式和排除時間；或妨害情事已涉刑責之情況明顯需緊急處理者，工作站應依法告發。

- A.其法令依據，請參考農田水利會聯合會發行之各項法規參考手冊。
- B.告發妨害水利案件時應由工作站站長連同區段管理員具名為訴訟代理人，填具「妨害水利案件告發書」(表 4-7)，詳記行為人、發現人(區段管理員)、性別、職業、住址或居所、妨害發生時間(應為妨害行為發生時間而非發現時間)、地點、妨害事實、違反法規、對本案處理意見等，並檢附證物(照片、位置圖、測量成果圖)填具 3 份函送本會督導股，函請當地警察機關依法偵辦。
- C.案件移送分局後工作站區段管理員如接獲製作筆錄通知時，應將發現情形及協調經過詳實陳訴登載於警訊筆錄，並應詳細閱讀後簽章確認筆錄內容。案件移送地檢署並收受傳票出庭應訊前應與本會主辦單位保持密切連繫並備妥刑事委任狀(表 4-8)，出庭應訊時應據實說明不得隱瞞或敷衍塞責。
- D.區段管理人員填具告發書時應注意法律追訴時效、適用法令，刑事案件經地方法院檢察署檢察官提起公訴後，應由站長、管理人員與本會相關組室研討，認須請求回復原狀或損害賠償時，應在檢察官起訴後到刑事庭辯論終結前，及時辦理「刑事附帶民事訴訟狀」，以免日後須另行辦理民事訴訟，不但耗費時間且須外繳納裁判。

4.3.4.3、妨害水利案件的防範與處理應注意事項

區段管理人員平時工作冗雜，除每日例行文書業務、臨時交辦事項外更擔負了大小不同事業區域的巡防管理維護工作，責任重大。在每日的渠道巡防管理維護工作中對每一個可能發生的妨害水利案件需於事前有警覺性的防範勸導。對於未能及時制止的妨害案件發生或舊有的渠道侵占案件應該如何進行排除，應就下列程序為之：

一、妨害水利案件案發前之預防

- 1.平時利用水利小組會議、水利小組長聯席會議、村里民大會及各種集會時加強宣導有關妨害水利法令。
- 2.區段管理員應加強所轄區域渠道巡視，發現地方政府機關，民眾或建商欲在渠道水利用地邊坡附近填土、挖土、整地及施設工程時，應特別加強巡視並自動與工地負責人加強連繫，勸導施工時

不得侵占水利用地或破壞水利構造物，並請施工單位確實依施工前鑑界範圍施作，以免造成既成事實增加後續處理困難。

- 3.將有可能被越界占用或被破壞之水利建造物多角度拍照存證，以保留原現場形狀供可能訴訟時依據。
- 4.如雙方對用地範圍有疑慮時應立即要求停工，並請本會派員測量或申請地政鑑界。

二、妨害水利案件案發時之現場處理

- 1.將現場多角度拍照，勸導行為人立即停工並促請回復原狀。
- 2.如不聽勸阻停止停工並恢復原狀時，由站長及區段管理員到當地警察派出所報案，請警察單位派員到現場阻止，並製作紀錄將現場發現妨害水利情況詳實記載於妨害水利案件處理登記簿備查。

三、妨害水利案件事實已造成時工作站之處理要領

- 1.請水利小組長、會務委員或地方人士協助勸導恢復原狀或召開協調會，並將協調情形詳實記錄於妨害水利案件協調紀錄簿備查。
- 2.工作站區段管理員再依協調結果追蹤恢復原狀情形及函報本會通知行為人依協調結論回復原狀。
- 3.如果協調不成立即應函請本會發函通知行為人限期恢復原狀，如逾期尚未恢復原狀即應填具妨害水利案件告發單予以告發。

四、工作站陳報妨害水利案件告發書之注意事項

- 1.行為人不一定是毗鄰地地主，應查明行為主事者。
- 2.行為人住址應以現住地址，並查明行為人連絡電話。
- 3.妨害水利案件發生地點，除水路測點外並應查明地段、地號、產權為何人所有。
- 4.妨害水利案件發生日期應盡量查明確實。
- 5.告發書應附上位置圖、測量成果圖、現場相片等。
- 6.如確實無法查明妨害事實行為人時，可請本會函轉該地所轄偵查隊協助調查。

4.3.4.4、妨害水利案件適用法令

妨害案件類型	適用法條	刑事追訴時效： 行為發生時間 95/6/30 前 (95/7/1 後)
損毀或竊盜水利建造物或器材或其他水利設備	刑法第 320 條、354 條 水利法第 91 條	10 年(20 年)
私開或私塞水道	水利法第 92 條 水利法第 63-3 條	5 年(10 年)
私開或私塞水道至公共危險者	刑法第 252 條 水利法第 63-3 條 水利法第 92 條	5 年(10 年) 5 年(10 年)
擅行或妨礙取水、用水或排水	水利法第 93 條	5 年(10 年)
擅行或妨礙取水、用水或排水因而損害他人權益	水利法第 93 條	5 年(10 年)
竊占水利用地、建築或搭建建造物	刑法第 320 條	10 年(20 年)
擅自在水利地上種植作物或竹木	刑法第 320 條	10 年(20 年)
擅自在渠道上架設版橋或在渠道內埋設涵管	刑法第 320 條	10 年(20 年)
擅自排放廢汙水不符合水質規定標準	水利法第 68 條	
擅自損毀埤池、圳路或附屬建造物	水利法第 63-3 條 水利法 93-2 條 刑法第 354 條	10 年(20 年)
擅自種植、採伐植物、飼養牲畜或養殖水產物	水利法第 63-3 條 水利法第 93-3 條	
其他妨礙灌溉設施安全之行為	水利法第 63-3 條 水利法第 93-3 條	
水利會職員依法執行職務時遭受強暴、脅迫，致不能行使職務者	水利法第 94 條 刑法第 135 條 刑法第 277 條	10 年(20 年)
違反主管機關依法所發有關水利管理命令，而擅行或妨礙取水、用水或排水者	水利法第 93 條	
強暴、脅迫使管理人員啟閉水門、閘門	水利法第 94 條	10 年(20 年)
※刑事追訴時效自民國 95 年 7 月 1 日起時效期限修正，請特別注意。 刑法第 80 條有關 3 年以上有期徒刑案件之追訴時效： 95 年 6 月 30 日前案件，追訴時效為 10 年。 95 年 7 月 1 日後案件，追訴時效為 20 年。		

4.3.4.5、各類常用表格範本

- 一、妨害水利案件處理登記表(如表 4-5)。
- 二、妨害水利案件協調紀錄(如表 4-6)。
- 三、妨害水利案件告發書(如表 4-7)。
- 四、刑事委任狀(如表 4-8)。
- 五、民事起訴狀(如表 4-9)。
- 六、民事委任狀(如表 4-10)。
- 七、妨害水利案件通知單(如表 4-11)。

表 4-5 妨害水利案件處理登記表

妨害水利案件處理登記表

違反人	性別	年齡		發生時間	年	月	日	時
				坐落地點				
				水路名稱				
				所屬水利小組				
發生事實								
處理經過								
處理結果								

站長： 段管理員： 填表日期： 年 月 日

表 4-6 妨害水利案件協調紀錄

妨害水利案件協調紀錄

協調日期	民國	年	月	日	協調地點	
參加人員						
主持人					紀錄	
發生事實						
協調經過						
協調結論						

主持人
(簽章)

當事人
(簽章)

表 4-7 妨害水利案件告發書

妨害水利案件告發書				中華民國 年 月 日 ()水 字 第 號	
被告	姓 名	性 別	職 業	住 址 或 居 所	備註(電話)
工作站站長					
區段管理員					
時間	年 月 日 午 時		妨害 地點	灌排系統： 鄉鎮： 地段、地號：	
妨害事實					
違反法條					
處理意見					
附件					
上列妨害人因 罪，請依法偵辦。 此致 縣警察局 分局 臺灣 農田水利會 工作站站長 簽章 區段管理員 簽章					

說明：本表於妨害水利案件發生後由工作站依調查事實詳填本表乙式四份(一份存站)逕送本會三份，並於本會名稱後填註工作站及站長、區段管理員姓名蓋章。

表 4-8 刑事委任狀

刑事委任狀				
案號	年度	字第	號	承辦 股別
案由		委任審級	☐ 第一審 ☐ 第二審 ☐ 第三審 ☐ 偵查中	
稱謂	姓名或名稱	身分證或營利事業統一編號、性別、出生日期、職業、住居所、事務所郵區、地址、電話、傳真及電子信箱、指定送達代理人姓名及其送達處所。		
委任人				
	依刑事訴訟法第 27 條第 2 項選任者，被告之姓名		委任人與被告之關係	☐ 法定代理人 ☐ 配偶 ☐ 父母 其他：
受任人				
(委任人)茲委任(受任人)為告訴代理人，爰依刑事訴訟法第三十條第一項及第二項之規定，提出委任狀如上。 謹 呈 臺灣 地方法院 委任人 受任人 中華民國 年 月 日				

表 4-9 民事起訴狀

民事起訴狀(拆屋還地)			
案號	年度	字第	號
		承辦 股別	
訴訟標的金額或價額	新臺幣元		
稱謂	姓名或 名稱	依序填寫：國民身分證統一編號或營利事業統一編號、性別、出生年月日、職業、住居所、就業處所、公務所、事務所或營業所、郵遞區號、電話、傳真、電子郵件位址、指定送達代收人及其送達處所。	
原告	○○○	國民身分證統一編號(或營利事業統一編號)： 性別：男／女 生日： 職業： 住： 郵遞區號： 電話： 傳真： 是否申請『案件進度線上查詢服務』：(聲請本服務，請參考網址： http://cpor.judicial.gov.tw) ☐ 否 ☐ 是(以一組 E-MAIL 為限) 電子郵件位址： 送達代收人： 送達處所：	
被告	○○○	國民身分證統一編號(或營利事業統一編號)： 性別：男／女 生日： 職業： 住： 郵遞區號： 電話： 傳真： 電子郵件位址： 送達代收人： 送達處所：	

為請求拆屋還地起訴事：	
訴之聲明	
一、被告應將原告所有坐落於○○地號土地上之地上物，如圖示○色部分，面積○○平方公尺(以實測為準)之地上物拆除，將土地返還原告。	
二、訴訟費用由被告負擔。	
事實及理由	
緣原告所有坐落於○○縣○○地號土地，與被告所有坐落同地段第○○地號土地相鄰。詎被告未得原告之同意，亦無任何合法權源，越界無權占用原告所有○○地號土地，如附圖○色部分面積○○平方公尺，搭建地上物之用。被告所為已致原告所有權之行使受有損害，爰依民法規定，本於所有權之行使提起本件訴訟，請求被告拆除佔用之地上物，而將土地返還於原告。	
此 致	
○○○○地方法院民事庭 公鑒	
證物名稱 及 件 數	
中華民國 年 月 日	
具狀人	簽名蓋章
撰狀人	簽名蓋章

表 4-10 民事委任狀

民事委任狀					
	姓名或名稱	出生 年 月 日	職 業	住居所或營業所、郵 遞區號及電話號碼、 電子郵件位址	送達代收人姓名、 住址、郵遞區號及 電話號碼
委 任 人					
受 任 人					

為委任訴訟代理人事

(委任人)因 鈞院 年度 字第 號

事件，委任(受任人)為訴訟代理人，有為一切訴訟行為之權，

並有民事訴訟法第 70 條第 1 項但書及第 2 項所列各行為之特別代理權。

但無

依同法第 69 條第 1 項前段規定，提出委任書如上。

此 致

法院 公鑒

委任人

受任人

中華民國 年 月 日

表 4-11 妨害水利案件通知單

妨害水利案件通知單

中華民國 年 月 日

字第 號

縣 區 里 街
市 鄉鎮 村 鄰 號
路

受文者：先生
女士

台端擅自在 幹、支、分、小給水 路渠道內有
大、中、小排水

下列行為

- 1.侵耕種植蔬菜果木作物。
- 2.搭建房屋或架設橋梁及其他建築物。
- 3.非法取水或破壞水利設施。
- 4.任意取土、倒土、傾倒垃圾、放牧、養殖魚類、畜類等。
- 5.請於 年 月 日限期以前自行拆除回復原狀，否則即依法執行取締或報請法辦，幸勿自誤。

農田水利會 工作站 區段管理員
站 長

4.4、操作與維護

4.4.1、水源設施

4.4.1.1、水庫

一、進水口

- 1.水庫進水口係屬管制區，除應豎立管制標誌載明管制事項外，應禁止閒雜人等進入。
- 2.進水口前池設有排砂閘者，此排砂閘之啟閉運轉應由專人負責，其他人員不得任意啟閉。
- 3.進水口前閘門之啟閉除應依規定辦理外，其啟閉操作時應注意下游河床內人民生命財產之安全，並需依照規定通知有關單位。
- 4.進水口前河道應適時疏浚，並應依照規定定期觀測水位與流量，繪製水位—流量率定曲線；洪水後流心如有變化，應重新測定，必要時應以適切疏導。
- 5.進水口前雜物及砂石應時常清除，設有電動除污設施者，除視污渣物淤積情形予以適切啟動清除外，並應定時試運轉。
- 6.進水口前機電設備除應經常加以維護外，並應定期分解整修。
- 7.進水量、河川水位、排砂閘開啟時間、排砂量、排砂洩水量均應詳細記錄，並每日報請本會核備。
- 8.進水口上、下游河床砂石之採取，除由政府依照「台灣省河川管理規則」之有關規定予以管制之外，如有危及進水口取水者，應即報請本會轉請有關單位處理。
- 9.如需非常操作，應報請本會核定。

二、壩

- 1.土石壩坡面、壩頂禁止任意種植及堆積雜物，除非設計供為道路使用者外，壩頂禁止重型車輛通行。
- 2.裝有觀測儀器者應按規定觀測，觀測儀器故障時應即報請檢修，觀測紀錄需每月報請本會核備。
- 3.壩頂、內外側坡及壩墩應定期施行沈陷及位移測量，並將紀錄送本會，如有特殊變化，應即調查原因，並報本會處理。

三、溢洪道

- 1.溢洪道有關結構(包括溢洪壩體、翼牆及靜水設備等)，應時常檢查有無龜裂、空穴或損害，如有破損應即報請本會予以調查處理，溢

洪壩址或壩基、翼牆邊土方是否淘空現象，應詳予檢查，尤以每次洪水後更應詳加檢查。

- 2.溢洪道底部如有淘空，通常係以穿孔機施行灌漿，表面如有磨損則以噴將方式處理。
- 3.溢洪道兩旁如有漏水現象應予灌漿，土方下陷則需填土處理。
- 4.溢洪有關機電設備應常注油並檢查，以利靈活。
- 5.洩洪設備應定期試運轉。
- 6.非指定人員不得啟閉水門。
- 7.溢洪道之下游水路，應經常巡視，如發現有影響洩洪情形者，應報本會洽請有關機關處理。
- 8.進水量及洩洪水量應依規定詳細記錄並通報本會。

四、放水閘門

- 1.放水閘門控制室屬管制區，非經允許不得進入。
- 2.各種閘門或機電設備應經常維護外，每年應定期檢修。

4.4.1.2、蓄水池(含農塘)

一、池堤

- 1.池堤堤頂及邊坡禁止任意種植、堆積雜物、放牧或搭建。
- 2.除特別許可者，嚴格禁止重型車輛通行。
- 3.池堤應定期檢查整修(刈草、填穴、培厚、保護工等)。
- 4.如有漏水現象應即查明原因，立即採取緊急措施並通報本會。
- 5.地震豪雨後應即巡視堤防，如有沈陷或滑落現象即予修補。

二、蓄水池

- 1.蓄水池應按其容量及降雨情形注意引蓄排放營運。
- 2.蓄水池容易淤積，其水位-蓄水量關係曲線應視情形時加以調整。
- 3.蓄水池容易滋生雜草應時常注意清除。
- 4.蓄水池與他人立有租約或許可他人使用者，管理人員務必瞭解各埤池有關許可使用約定事項，確實配合管理，以免影響灌溉及維護或造成糾紛。
- 5.豎立禁止警告牌「水利設施 危險地區 禁止靠近 以策安全」。

- 6.豎立標示牌：標示「蓄水池名稱、管理單位名稱及電話、管理員姓名及連絡電話號碼」

三、給水開門：蓄水池給水開門通常為捲揚式，可按一般渠道有關開門之管理維護方式辦理。

4.4.1.3、攔河堰(河川或排水路)

一、渠首工

- 1.進水閘之啟閉操作應由專人負責。
- 2.進水閘前設有攔污柵者應時常清除。
- 3.渠首工設有抽水設備者，應依一般抽水機維護辦法予以維護。
- 4.進水口護坡部分，應經常檢視有無龜裂或脫落現象。
- 5.經常巡視上游流心變化是否危及攔河堰之安全。
- 6.每次洪水後應檢視攔河堰是否受損，並予適切維護。
- 7.豎立禁止警告牌「水利設施 危險地區 禁止靠近 以策安全」。
- 8.豎立標示牌：標示「渠首工名稱、管理單位名稱及電話、管理員姓名及連絡電話號碼」

二、導水路

- 1.河川內之導水路通常有臨時攔水設施予以導水，工作站應妥加維護。
- 2.每次洪水後應測量河川流心變化，並選定最佳導水方向施設臨時攔水堰，配合疏浚予以導流。

4.4.1.4、抽水設備

一、馬達及抽水機

- 1.應配合灌溉需要，依規定步驟開動或停止抽水機，並維護電氣開關、馬達及抽水機等之正常操作運轉。
- 2.依規定時間巡檢各抽水處(站)或水井，並經常保持各設備整潔。
- 3.按規定觀測各項數據(如電壓、電流、電錶指數、水位、水量及出水情形等)，並確實記錄於機電保養紀錄卡內。
- 4.機電修繕情形應記錄於機電保養紀錄卡上。
- 5.經常注意馬達、抽水機及附屬機器各轉動部分之潤滑工作。
- 6.抽水機所用各種測試儀器及各種資料之紀錄需妥善保管。
- 7.應強化操作人員對於抽水設備故障之初期研判與呈報，及簡易故障之處理。

- 8.需保持與電力公司有關服務所之連繫。
- 9.其他有關操作注意事項，檢查要點、檢修方法等應按規定辦理。
- 10.嚴防抽水設備被竊，並注意用電安全。
- 11.設置禁止警告牌非工作人員請勿進入，以策安全。
- 12.豎立標示牌：標示「抽水機名稱、管理單位名稱及電話、管理員姓名及連絡電話號碼」

二、井體

- 1.需定期執行水井水位、水量之測定及蒐集，以做為判定水井性能優劣、洗井、更新改善之參考。
- 2.發現出水含砂實應即時處置，如利用制水閘控制抽水量已減低流速、儘量採長時間供水以減少開停頻度等方法，以防止惡化；同時應考慮洗井、補充井圈礫石等措施，必要時亦需施行井管套補工作。
- 3.井圈礫石乃井體維護之重要工作，遇有礫石沈陷，應即時補充。
- 4.地下水質之優劣除對所灌溉之作物有影響外，對於井體本身亦會產生腐蝕與積垢現象，腐蝕有消蝕井管及抽水設備之作用，積垢會阻滯水流，影響井體性能，故需定期取樣分析，並依結果採取適當對策。

4.4.2、輸水設施

4.4.2.1、渠道

一、導水路及幹支分線

- 1.通水前應全面疏浚。
- 2.輸水時水位不得超過最高計畫水位。
- 3.內面工及保護工如有龜裂或破損，應予修補。
- 4.堤防雜草應予清除，斷面破損應予整修。
- 5.懸浮雜物應隨時清除。
- 6.堤防不得被侵耕、放牧。
- 7.防止盜水行為。
- 8.水路用地範圍非經許可不得任意使用。
- 9.禁止傾倒垃圾。
- 10.嚴禁污水排入。
- 11.禁止游泳。

12.禁止捕魚。

13.發現穴漏、獸穴或人為破壞，應即修補或取締。

二、給水路

1.給水路因分佈於田間，易被農民侵耕，或任意挖開缺口引灌農田，為有效達到用地之管理及渠道堤防維護，應於小組會議或有關小組活動時，勸導農民共同維護不得侵耕或破壞。

2.給水路因斷面甚狹，易於滋生雜草而發生阻流現象，應時加清除，惟應注意避免將斷面整修過大，以免過度縮小堤防斷面或影響輸水功能。

3.給水路維護管理依規定係屬水利小組業務，應時常指導水利小組妥予維護管理，並考核其執行成果。

三、放水路

各幹支分線為排放過量之水，或在渠道發生緊急狀況須將上游之水量予以排放以免發生災害，通常均應透過放水路與排水系統相銜接。

4.4.2.2、輸水設備

一、渠道內外面工

1.內面工背後填料應密實堅固，以免因自重及水壓作用而發生龜裂或塌壞現象；如有流失時，應即填補。

2.內面工龜裂應予填補，最簡易方法係以水泥砂漿灌注，如用防漏素等材料填補時，其接著面應清除乾淨，並俟其完全乾燥後再行施工以確保其黏著力。

3.內面工填縫材料(常見者為瀝青砂漿)容易脫落，應定期檢查補填，如長出雜草者，應先將雜草連根清除後再行填塞。

4.外面工如有龜裂或脫落應即予修補。

5.外面工背後填料如有流失現象應即填補。

6.外面工基礎如有沖刷或沈陷應即改善。

二、隧道

1.每次斷水後應檢視周圍有無龜裂、變形、湧水及沖蝕現象。

2.每次地震過後，宜斷水檢查。

三、渡槽

1.應經常檢查，如發現沈陷、龜裂、漏水時應即報請本會處理。

- 2.渡槽橋墩或橋台基礎如有被水沖露現象，應在基礎附近加設拋石或蛇籠等保固設施。
- 3.出入口漸變段較為脆弱應時常巡視檢視。
- 4.渡槽鋼架應定期油漆，其除銹過程應特別注意。

四、倒虹吸工

- 1.通水前及通水初期渠道雜物最多，應經常派人清除入口處之漂浮物。
- 2.發現漏水時應即時搶修並通報本會處理，必要時豎立警告標誌。
- 3.倒虹吸工成暴露時，應即予保固改善。

五、涵洞與暗渠

- 1.出入口浮渣物及淤積物應時常清除，以免阻礙水流。
- 2.發現沈陷時，應即報本會處理。

六、跌水工與陡槽

- 1.跌水工
 - (1)斷水時應檢查其有無被沖蝕、淘空等現象。
 - (2)通水中應檢查有無管湧現象。
- 2.陡槽
 - (1)進口設有控制閘門者，應由專人負責，並須經常予以維護，以免機能受損。
 - (2)土工部分應時常檢視，如有淘空、沖蝕、獸穴時應即處理。
 - (3)發現龜裂應即修補，其底部基礎如有淘空及打孔灌漿。

七、沈砂池

- 1.沈砂池之維護管理，主要在於如何適時將淤砂清除，其清除方式有兩種，一為水沖式，一為疏浚式。
- 2.水沖式沈砂池為淤積達到某種程度時，可利用開啟排砂門並集中水流予以沖除者，其清除速度與淤積砂石之粒徑、數量及流量大小有關。除沈砂池設計時已有資料可供參考者外，營運人員應憑經驗加以調整，使耗用之水量及時間為最經濟。
- 3.沈砂池進水量低於排砂所需流量時，切勿排砂以免浪費水源。
- 4.疏浚式沈砂池應於淤積砂石達到規定程度時，即予疏浚。

4.4.2.3、管路系統設施

- 一、應貯備各種器材、工具及人力，以備隨時修理之需。
- 二、應實施定期及不定期檢修。
- 三、管路如果通水不暢時，應予清管或抽換。
- 四、接頭(伸縮接頭或固定接頭)鬆脫、漏水時，應予打緊固定或修復。
- 五、制水閘漏水時需檢查開關閘桿之防水填料是否磨損，如有磨損應更換防水填料，如其他零件磨損，應視損壞部位及決定更換零件或全部換新。
- 六、管路檢修後，周圍如有積水或污泥，應予清除並以砂回填，以免基礎鬆軟，致管路接頭鬆動。
- 七、管路所有開關位置應設標誌，以防因修路或車輛輾壓而受損。
- 八、管路停水前應先檢查制水閘、排氣閘、放水閘之性能。
- 九、制水閘之操作，應避免急速啟閉，以免發生水錘現象。

4.4.3、配水設施

4.4.3.1、量水設備

- 一、量水設備內應隨時清除雜物，以保持正常之量水狀態。
- 二、經常檢查水尺位置，維持在固定地點避免移動，以免影響量水精確。
- 三、保持水尺刻度清晰。

4.4.3.2、分水設備

- 一、各分水設備在通水前應全面檢修，通水期間應嚴防破壞。
- 二、應隨時清除浮游物及淤積泥砂等，以維持分水效能。

4.4.3.3、調節設備

一、制水閘

1. 閘門各種主要零件應時常油漆，閘板損毀時應即更換，並嚴防螺桿及鎖頭遭受人為破壞。
2. 插板應妥予管理，以免被盜，如有毀損應即補充，閘板槽如毀損，亦應修復。非灌溉時期，應作防腐等保養處理，必要時收回妥為保管。
3. 平頂堰應妥為管理，以免遭受破壞。

二、放水門

- 1.開門式放水門應經常維護保養，以利靈活啟閉；虹吸式放水設施應注意吸入口、喉口及通氣孔有無堵塞現象。
- 2.放水前應瞭解下游水路通水機能，放水應由小而大，並酌作間斷式啟閉，以警告下游地區採取必要安全措施。

4.4.3.4、管路附屬設施

一、首部位置設備

- 1.底閥：應防止雜物進入抽水機內。
- 2.制水閘：輸水之初應微開，以利抽水機啟動；在管線壓力許可下，抽水機啟動後，首部制水閘應予全開，以減少因水衝擊而損壞閘閥。
- 3.排氣閥：裝置浮球之排水閘漏水或不靈時，應即檢查浮球是否附著污物或排氣孔堵塞。
- 4.逆止閥：一般設於抽水機出水管，防止抽水機停止時之逆流。
- 5.減壓閥：此閥如失靈時應更新，以確保管線之安全。
- 6.安全閥：其開啟應謹慎，不可用力過猛或過急，以免扭斷轉軸。
- 7.壓力表：如使用太久失靈而指針不動時則需更換。
- 8.壓力槽：如有漏水現象，則將失去調度功能，故需經常檢查，如發現漏水應補銲加強之。
- 9.壓力水塔(豎槽)：如使用年久老化，則應更新。
- 10.水表：如水表失靈應拆下分解整修或更新。
- 11.調整池：其管理維護除參照蓄水池維護管理外，並應注意苔草、貝殼類之清除，以免進入管中而阻塞管路。

二、中段附屬設備

- 1.分水座：如發現漏水時應予檢修。
- 2.中間制水閥：其維護管理與一般閘類相同。
- 3.支分線分水角閥：其維護管理與一般閘類相同。
- 4.給水栓：因其閘門心軸容易磨損，如發現漏水時應即更換。
- 5.排水閘或尾閘：管路應視實際需要，作定期或不定期沖洗，其方法應分段實施，即由上向下分段開啟排水閘清洗之，起初速度應緩慢，等濁水放完後關上，反覆進行至全部洗清為止。

三、末端設備

1.噴水器具：主要工作在防止阻塞，阻塞時可用細鐵絲加以清除，如噴嘴與提升管之接合處漏水，或提升管與支線之接頭漏水時，則應以止洩帶紮緊阻漏，提升管最好以支架加以固定。

2.滴水管：如有雜物阻塞，應以鐵絲清除之。

4.4.4、排水工程

排水與灌溉原為農田水利不可分割之一整體，由於排水標的不同，依排水管理辦法第2條所揭，排水分類如下：

一、農田排水：指排洩停滯於農田田面及表土內過剩之水。

二、市區排水：指排洩經依下水道法規劃設置排水設施內之雨水或污水。

三、事業排水：指排洩事業使用後廢水、污水及水力發電後之尾水。

四、區域排水：指排洩前三款之二種以上匯流或排洩區域性地面或地下之水，並經中央主管機關公告者。但不包括已有主管機關管轄之排水。

五、其他排水：指排洩不屬於前四款之水。

前項區域排水依其流經之行政轄區範圍或所佔比例，區分為中央管、直轄市管及縣(市)管區域排水。

農田、市區及事業排水之管理，由目的事業主管機關依其法令管理之；其他排水，由各直轄市、縣(市)政府制(訂)定自治法規管理之。

在營運管理上，排水設施應注意事項：

1.排水系統建造物及各級水路應分類統一編號，並於用地範圍內豎立木樁或號誌以劃分管理區，指定專人管理。

2.經常派員巡視，遇有颱風、豪雨、地震及其他緊急事故時，應隨時作適當之防備；各重要閘門應派人守護，其啟閉操作應按規定切實執行；如有災變，巡視人員應迅予處理，並報請農田水利會採取緊急措施。

3.各級排水路及附屬構造物之基礎、暗渠、流入工、跌水工，每年應疏浚、修補及填護。堤岸每年應加培修，並於堤外種植草皮、閘門及附屬零件應予必要之保養、修理或更新。

4.排水路或建造物呈現異狀，應即報請農田水利會緊急處理。

5.堤身坍塌，應迅予處理；發現鑽穴動物，應予驅除並填塞洞穴。

6.廢污水排入排水系統時，應先取得管理機關之同意。

- 7.巡視人員發現違反排水維護管理事件應適時勸導或取締，必要時得會同當地警察機關取締；涉及刑責者，報請農田水利會移送司法機關處理。

而在排水設施應禁止事項如下：

- 1.擅在排水水路界線內私設建造物或種植、養殖、通航、採收水產物、採取土石、放牧、倒土、拋棄瓦礫、磚石、垃圾及傾注危害農田之污水或廢水。
- 2.擅在渠頂加蓋建築或在圳側及圳堤剷草、砍伐竹木。
- 3.擅自移改或毀壞圳路及一切建造物。
- 4.擅自填塞水路或利用水路淤積改為農田。
- 5.飼養牲畜及車輛通過足以損壞水路或圳堤。
- 6.擅自啟閉閘門或擅動機械或破壞水門機鎖、零件等。
- 7.擅在水路附近設井挖溝妨害圳水管制。
- 8.其他足以妨礙排水工程安全之事項。

排水主要附屬設備，包含有：流入工與流末工及護岸工。

- 1.流入工匯流段如受水流沖刷時，應利用拋石或其他方式加以保護，保護工前後土方如有崩蝕，應即予處理。
- 2.流末工及護岸工，排水路內通常有拋石、串磚、竹柵、植草及蛇籠等護岸工，護岸工基礎若有沈陷、破壞或沖刷掏空現象時應即改善，護岸工背後填料如有塌陷或流失應即填補，植草護坡應妥為培植，並鏟除雜草。

閘門維護管理辦法：閘門維護管理在排水工程維護管理上佔非常重要之一環，平常即攸關灌區灌溉與排水水量調控，尤在颱風豪雨期，閘門管理之良窳，關係人民生命財產之安全，因此，訂定詳細辦法予以規範操作維護管理，是不可或缺。

謹以雲林農田水利會為例供參，包括：「水閘門設備之操作與維護」、「地下井開關機步驟及檢查」、「各級灌溉排水門操作管理要點」、「颱風豪雨期間水門抽水機機電設備搶修緊急處理小組實施要點」，以及「雲林農田水利會舊虎尾溪橡膠起伏堰操作規定」，詳如後所示。

雲林農田水利會水閘門設備之操作與維護

第一節 閘門設備之操作與維護步驟

閘門設備係設置於流入口及流出口等，以控制水流，限制流量，為抽水站之重要設備。閘門設備可因使用頻率、操作之難易、開閉之緊急，以及遙控操作等之運作條件，分為手動式、電動機式、油壓式、自動式等不同形式。動力式者若能利用自備發電設備，較為方便，通常動力式閘門常附有手動操作之設備。

閘門設備之性能及壽命，乃視保養與維護之良否而定。故需正確使用，使維持最好狀態。

一、一般操作

閘門設備可依使用條件、使用年限、重要性等分為鑄鐵製、鋼板製、鋁合金製、木製等不同之製品。

二、檢查及維護

- (一)閘門係利用水壓及楔力加以緊閉使不漏水，故不能逆壓使用。
- (二)平常不關閉之閘門，常在關閉後始發現漏水，致使作業發生障礙，故須偶加關閉以檢查漏水程度為宜。
- (三)長期不啟閉之閘門，閘門本身及導框可能卡住，故須定期加以啟閉操作。
- (四)閘門設備多設置於池內、水中等，不易檢查之處，不易發覺故障，應定期或於涸水時檢查是否生鏽或破損及其動作狀況，務求避免需用時發生故障。
- (五)木製擋水板應避免受雨露及陽光直射侵害，勿使彎曲變形；必要時，塗上煤焦油等防腐劑。此外，須妥加保管，勿使浸水時流失。
- (六)設置地點為易受大卡車損壞之道路附近者須加防護圍籬等，加強保護。
- (七)設置於站外之閘門設備，因經常無人監視，應將操作把手另行保管，或加以上鎖，以免外人操作為要。
- (八)設置於屋外之閘門設備，須定期油漆。油漆時，應將剝落之舊漆、鐵鏽或油脂等先行充分清除，在完成充分的打底工作後，再油漆兩次；須選上等塗料，並將水中及地上部份分別油漆，地上部份可使用對於抵抗硫化氫侵蝕較強之塗料。

三、操作

- (一) 閘門設備漏水，係由於閘門破損，基礎螺栓安裝不勻以致導框變形、異物夾入或所墊水泥砂漿不良所致。應分別加以修理，以防漏水。
- (二) 導框下部門檻用螺栓調整不良，導致閘門無法完全關閉，或螺栓安裝過低，卡住閘門無法開啟，此時須將門檻用之螺栓加以調整。

第二節 電動油壓水門操作維護步驟

一、電動油壓水門

(一) 操作要領：

1. 檢查電源，如因停電使用汽油引擎發電機。
2. 按鈕起動馬達。
3. 旋開停止閥平時宜關閉。
4. 操作手動方向閥將操作桿推上為上昇，中間為停止昇降，推下為下降，調節水門啟閉高低應將操作桿推上或推下，其動作時間依實際需要自行控制而定。
5. 如使用汽油引擎發動機時，其轉速不得過慢，宜接近馬達轉速。
6. 油壓壓力表一般水門調整在 $30\sim 50\text{kg/cm}^2$ 之間，但調壓閥壓力開關於裝設時即已調整在適當位置；除非受變動，否則無須再調整。
7. 停止操作時須將停止閥關閉。

(二) 汽油引擎發動機使用要領：

1. 將引擎後側開關切至 ON。
2. 調節加油柄並微許加油。
3. 調節阻風柄。
4. 拉動繩索起動引擎運轉。
5. 起動後再加速並調節加油柄。
6. 操作手動方向桿並開啟停止閥。
7. 欲停止運轉時，引擎需減速，並將引擎後側開關切至 OFF。
8. 平時應檢查機油、火星塞及補充汽油。

(三)故障原因及排除方法：

故障原因	現象	排除方法
保險絲熔斷	一、馬達不能起動 二、漏電或短路	更換保險絲
超載脫跳	馬達超載	按下保護器超載鍵復原
高壓泵反轉	運轉聲音有異	調相更換電源三相中之任一相
液油壓不足	泵空轉聲音不正常	檢查油面計並補充液壓油(中油 R-68)
液壓油用久產生油垢	泵轉聲異常	更換液壓油並清洗油櫃
濾油器油垢堵塞	泵轉聲異常	拆除清除
油封、油管、接頭漏油	門扇自動下降、壓力不足	更換修理
門扇自動下降	油封油管漏油	旋緊停止閥、油封油管漏油修理
門扇增加外來阻力		調整調壓閥增加原設定之壓力

(四)維護保養方法：

- 1.油櫃液壓油平時應注意補充，並確認油面計使油面保持在基準油面範圍內。
- 2.補充液壓油時，不可卸下注油器濾網。
- 3.油櫃底部油須定期排洩或每隔六個月抽一次油，檢查油之污損情形，必要時更換。
- 4.更換液壓油時須同時清掃油櫃內部及濾油器，其濾油器每隔六個月須取出洗淨。
- 5.平時應注意吸管系統中之接頭及油泵接續部是否有鬆弛現象，以避免吸入空氣。
- 6.檢查油泵有無異常聲音及泵殼之溫度是否正常。
- 7.油泵與聯軸器鏈條每六個月須注入油脂一次。
- 8.控制閥之保養每半年須確認一次設定值，必要時視情況調整其壓力設定值。
- 9.方向控制閥每半年須檢查各部螺絲是否鬆動。

- 10.油壓缸之保養，平時軸應保持清潔不得有污物。
 - 11.油壓缸油封及油管軟管之各部接頭，如發現有漏油現象，須迅速修繕。
 - 12.高壓油管如有生鏽，應即施行除鏽油漆保養。
 - 13.平時應注意圓缸之中心線與動作之中心線是否一致。
 - 14.油櫃操作台平時應擦拭清潔，勿有油污。
 - 15.汽油引擎發動機應經常檢查機油、汽油，必要時須更換或補充，火星塞應定期拆下清潔，並每月至少應試轉二次。
 - 16.操作油櫃開關箱及圍牆門均須加鎖。
- (五)油壓系統設備如裝設有電磁方向閥時，於昇降水門僅以按鈕起動馬達後即可逐門操作上昇或下降，無須操作手動方向閥；惟使用汽油引擎發動機或手動油泵時，務須操作雙頭電磁方向閥並逐門操作水門昇降。
- (六)雙頭電磁方向閥操作要領：電磁閥兩端各設有可動性之圓頭柄開關，欲動作昇降水門時，須將該門之電磁方向閥圓頭柄旋轉切入，但僅能切入一端，切入前端為下降，切入後端為上昇逐門操作啟閉，但兩端不得同時切入，否則無法啟動。在停止使用汽油引擎發動機後，須將原操作之雙頭電磁方向閥兩端圓頭柄開關回歸原位置，以便使用電源按鈕操作。

二、電動水門

(一)操作要領

檢查電源：

- 1.無熔絲開關
- 2.漏電斷路器
- 3.超載保護器。

操作上或下按鈕起動馬達。

馬達起動後監視負載電流是否正常。

如電源正常但起動困難時，需以板手或管子鉗手搖減速機旋鬆後再啟動馬達昇降。

(二)故障原因及排除方法

故障原因	排除方法
無電源、欠相、三相不平衡	通知台電派員修復
無熔絲開關失靈	更換 NFB
保險絲熔斷	更換保險絲
漏電斷路器跳脫	檢查微動開關、馬達結線處是否漏電排除復原
超載	檢查減速機、水門阻力後復原
微動開關失效	更換新品
馬達結線盒線頭碰殼短路	檢查排除重新包裹
減速機軸承磨損	修理換新、更換新油
馬達起動水門無法昇降	蝸桿與蝸齒輪磨損修理
螺旋桿彎曲	矯正、微動開關失效換新、水門底阻物排除
門扇卡住	以人工旋轉減速機旋鬆後再起動馬達

(三)維護保養方法：

- 1.減速機齒輪油須定期更換或補充。
- 2.檢視齒輪油若有滲入雨水應即清除換油，否則鋼珠軸承、蝸桿、蝸齒輪及馬達軸承油封易即磨損。
- 3.上下限微動開關平時應保持靈活正常動作。
- 4.螺旋桿平時須注油潤滑保養。
- 5.發現機件呈現鏽蝕即須施行防鏽油漆保養。
- 6.電器操作箱內及圍牆周圍經常要維持清潔並加鎖。

三、梯桿吊門機

(一)電動操作要領：

- 1.檢查電源、無熔絲開關。
- 2.確認切換桿位置，以電動操作時須將切換桿推至電動位置。

3.操作上或下按鈕起動馬達。

4.閘門上昇至適當位置定位後，及以鍊桿固定鎖插入鍊桿中。

(二)手搖操作要領：

1.「上昇」：

A.以操作桿旋緊剎車。

B.以操作桿依「上昇」方向往復操作吊昇閘門。

C.閘門上昇至適當位置後，將鍊桿固定鎖插入鍊桿中，再以操作桿緩慢旋鬆剎車。

2.「下降」

A.依前述上昇步驟(1)(2)略微吊昇閘門並抽出鍊桿固定鎖。

B.以操作桿緩慢旋鬆剎車後，閘門即以自動下降。

(三)維護保養方法：

1.平時應檢視減速機齒輪油，並定期更換或補充。

2.扭力限制器鏈條及手動離合器心軸須定期注油。

第三節 攔污柵設備之操作維護步驟

水中含有垃圾、木片等夾什物，應於流入抽水設備之前，加以去除，以免設施機借發生故障。攔污柵設備係為預防此等障礙之發生，並防垃圾等流至放流水域而設者。攔污柵設備可分手耙式鋼條攔污柵及機械清除式攔污柵二種。機械清除式又分鏈條旋轉式及鋼索捲揚式攔污柵

一、一般處理

攔污柵設備之操作須與進水閘門設備及抽水泵浦密切配合。平時則須訂定操作順序，以熟練作業。

二、機械清除式攔污柵之檢查及維護

(一)攔污柵設備應經常保養檢修，俾確能發揮撈污功能。

(二)機械清除式攔污柵，具有各種不同構造與機構，須依各個規範加以維護檢查，並須規定各部分之磨損限值，予以計畫性補修或更換。

(三)不經常使用之設備，至少須予每天一次以上，10~15 分鐘試車，以資調整。

(四)局部油漆剝落時，須予補修以免腐蝕。

(五)在操作中，須切實注意尖銳聲、磨擦聲或震動等，俾及早發現異常處。

(六)此設備為最易污穢之處所，包括附屬設備在內，須隨時清掃，並噴灑防臭劑與殺蟲劑。

(七)手耙式鋼條攔污柵視實際情形，每天消除垃圾及雜物一次。

三、操作

(一)攔污柵上之渣滓應速清除，以減低攔污柵前後之水位差。

(二)操作雨水泵浦時，攔污柵設備須連續操作，以策安全。

(三)豪雨集中或暴雨時，應注意攔污柵設備運轉，如有渣滓阻塞攔污柵，則抽水井水位雖低，沉砂池水位卻異常上昇，致使沉砂池室浸水，管路設施水位為之上昇，將使排水區域淹水。

(四)降低沉砂池水位，或起動大型抽水機時，將有大量垃圾自管路設施流下，故平時以間歇操作之攔污柵設備，須改為連續操作，以儘量去除攔污柵上附著之渣滓。

四、發生異常之處理

(一)因各種安全裝置動作，以致機械停止時，應將異常原因排除後，重新操作機械。

(二)夾入粗大垃圾時，若能倒轉耙齒(rake)，可將之稍加倒轉，俾卸除垃圾。

(三)攔污柵上若發現與犯罪有關物，發現人員應立即報告有關機關，進行處置。

第四節 地下井開關機步驟及檢查步驟

一、開機步驟

- 1.洩放量雨筒內之積水，並關上放水閥。
- 2.確認電源供電正常。
- 3.自動定時器電源開關置於 ON(定期器須為現在時間，若否則調整之)。
- 4.將動力主開關，漏電斷路器推置 ON。
- 5.將控制開關推置 ON。
- 6.完成開關機程序(注意抽水機之運轉狀況)。

二、關機步驟

- 1.將控制開關推置 OFF。

- 2.將動力主開關，漏電斷路器推置 OFF。
- 3.自動定時器電源開關置於 ON(若停抽時間較長，則可推至 OFF)。
- 4.完成關機程序。

三、檢查步驟

抽水機無法啟動或運轉中發生停機故障之檢查步驟：

※注意：檢修或更換機件，務必在斷電下進行。

- 1.電源供電是否正常？停電或欠相，則排除之。
- 2.表前開關保險絲是否燒毀？是則換新。
- 3.漏電斷路器或動力主開關是否跳開？是則復歸之。
- 4.馬達繼電器之黃色鈕是否跳出？若有，則復歸之。
- 5.電磁開關之過載保護器是否跳開跳開？若有，則復歸之。
- 6.自動定時器之時間是否為現在時間？若無，則調整之。
- 7.自動定時器圓盤設定稍是否符合設定運轉—停機時間？若無，則調整之。
- 8.量雨筒是否積水未放？若有，則洩放之。
- 9.所有自控設施及自動啟動器各接點接觸器有無故障或鬆脫？若有，則請修正之。
- 10.若以上各項故障經排除後，仍無法啟動抽水機，則連絡有關之機電主辦人員處理之。

雲林農田水利會各級灌溉排水門操作管理要點

- 第一條：台灣省雲林農田水利會(以下簡稱本會)各級灌溉排水門操作管理，除法令規章另有規定外，悉依本要點辦理。
- 第二條：本要點所稱各級灌排水門包括水源取水門、排砂閘門及導水路、幹、之、分線、中、小給及大、中、小排之各種制水閘門、分水門、排放水門、防潮閘門等及其附屬構造物和機電設備。
- 第三條：本會各及灌排水門由所轄工作站負責管理，各工作站長應指派專人或由各擔當區人員負責管理、操作、調節工作，管理人員名冊應報本會核備。

第四條：各級灌排水門之負責管理人員應隨時巡視檢查水門，以維持正常啟閉功能，遇有損壞故障時應迅予處理，並由所屬單位依照機電修繕分層負責程序辦理修復。

第五條：防汛期間各種排水門應加強管理防護，並在颱風、豪雨來臨之前務必確定所有水門啟閉功能正常，如有故障應做緊急處理並依照機電修繕程序緊急辦理搶修。

第六條：各型電動、油壓水門機電設備，每月由管理人員啟閉測試至少二次，將水門運轉升降情形詳細記載於試轉紀錄簿以備考核。

第七條：各級灌排水門管理、操作、調節工作，必要時得僱用臨時勞工協助辦理，其僱用辦法依照有關規定辦理，但其管理權責仍應由擔當區負責管理人員承擔。

第八條：本會各級灌排水門管理、操作、調節為顧及安全應注意採用下列措施：

- 一、備有擴音器設備之個所，在進水或放水前十分鐘應先廣播請民眾切勿進入灌排渠道，以免發生危險。
- 二、各級灌排渠道水量較大具有危險者，在進水或放水時期水門之開啟應分次(二至三次)操作，每次間隔約十五分鐘，由低水位逐漸調節增加置計畫流量。
- 三、灌溉渠道輸水期間遇有大量降雨致輸水量急增，或下游渠道有潰堤情形時，應採取緊急措施排放餘水，以維渠道安全。
- 四、如遇水量變動過大時，於調節水門後應立即通知下游工作站注意調節管理。
- 五、防潮閘門之啟閉應配合每日二次漲退時間做適度調節，以免魚塭養殖戶維引取海水而擅自啟閉造成海水倒灌災害。
- 六、河川溪流及排水之制水閘門於颱風、豪雨來臨之前需適當考量，必要時應做調節性洩洪，以免大量降雨造成淹水災害。
- 七、氣象局發布颱風警報期間，各級灌排水門管理應加強安全防護，並隨時與防颱中心保持聯繫及注意颱風動向。如電信中斷則授權管理人員以安全為最高原則，負責機動啟閉。

第九條：本要點自核准日施行，如有未盡事宜得隨時修正之。

雲林農田水利會颱風豪雨期間水門抽水機機電設備搶修緊急處理小組實施要點

奉台灣省水利局 85.10.15 八五水政字第 A 八五五 O 四四三七八號函核備施行
85.10.02 雲水管字第五一一六九八號函施行

- 一、水門、抽水機機電設備故障搶修，除法令、防颱風中心處理要項及本會有關機電維護管理修繕程序另有規定外，依照本實施要點辦理。
- 二、本要點所稱水門及抽水機機電設備，係指本會所有各級渠道水門之附設物，及地下井、地面水抽水機等設施物。
- 三、機電緊急處理小組(以下簡稱處理小組)以颱風豪雨期間突發機電故障，在緊急情況必須適時進行搶修，避免發生災害擴大為宗旨。
- 四、颱風豪雨期間遇有損壞故障，工作站予管理處應即依機電修繕分層負責即職責劃分，就近僱用廠商技術工緊急搶修，若無法僱用者，應即報告防颱中心轉報處理小組緊急處理。
- 五、處理小組之組成，召集人管理組長、副召集人各區管理處主任、執行人機電股長、副執行長人各區管理處管理股長、業務股長、機電保養站站長、小組成員，由機電股、機電保養站員工輪派機電保養站值班，率派現場搶修時各該區機電人員、工作站管理人員及工程車駕駛人應會同出勤，其執行搶修情形隨時報告防颱中心。本處理小組值班人員併防颱中心簽核，處理小組出勤搶修由召集人指派，遇電話中斷時由副召集人指派。
- 六、自行搶修所需器材如發電機、電動水動吊車、切割焊接器具、繩索、漏電檢電器、活動梯、汽油鏈鋸、絕緣手套、絕緣拉桿、拆修工具、安全帽、雨衣、絕緣膠鞋、照明設備等必需物品應補充者，統籌請購配置區處、機電保養站保管備用，並定期試用備品之功能性，劣者速補之。
- 七、颱風豪雨期間奉派搶修員工即隨同臨時技術工應以「安全第一」為原則，如在往返途中或現場發生意外傷害者，均以工傷處理，並參照「公務員工因執行職務遭受危險事故致殘廢死亡發給慰問金實施要點」辦理，交通工具發生意外損壞者，另案簽核辦理。
- 八、員工即臨時技術工、奉派值班或出勤搶修，按實際工作時數，核實支給加班費。
- 九、本要點所需經費由抽水費用灌溉排水工程維護費用支應。
- 十、本要點自核准起施行，遇有未盡事宜得隨時簽請會長核准修改之。

雲林農田水利會舊虎尾溪橡膠起伏堰操作規定

中華民國 108 年

一、經濟部為規範舊虎尾溪橡膠起伏堰開門啓用標準時間及方法，特訂定本規定。

二、本橡膠起伏堰位於雲林縣東勢鄉明倫段與四湖鄉和平段交界之舊虎尾溪屬區域性排水。該橡膠起伏堰由雲林農田水利會負責操作維護管理。

三、功能：

由於東勢鄉台西鄉灌溉水源不足，農民大多抽取地下水補充、以致沿海地層下陷問題日趨嚴重，本橡膠起伏堰興建後，除抬高水位，利於既有補助水源取水灌溉有增加水源外，尚有補注及減抽地下水，抑制地層下陷等功效。

四、橡膠起伏堰重要設施及相關數據如下：

(一)混凝土固定堰：寬度 38.60m，堰頂標高 9.092m。

(二)充氣式橡膠起伏制水閘 1 座：為水密性氣密性之橡膠，厚度 5mm，中間夾有尼龍帆布 2 層。底寬 25m，高 2.5m。基座頂標高 6.092m。

(三)自由式捲揚機一組；導水路一線 142m，底寬 2.20m，出水高度 0.845m，計晝取水量 1.074cms，視埔姜崙分線流量調節。

五、橡膠起伏堰啓閉時機操作規定：

(一)開啓時機：當灌溉時期利用舊虎尾溪系統之迴歸水用橡皮填擋水經導水路流入埔姜崙分線補給下游沿海地區 1,000 餘公頃農田灌溉。

(二)關閉時機：每逢颱風、豪雨之際或非灌溉時期、橡膠起伏堰應保持倒伏狀況，以維堰體及河防之安全。

六、啓閉順序標準步驟及注意事項規定：

(一)啓動橡皮填前，應先檢查送風馬達內的機油或皮帶鬆緊度是否正常。

(二)檢視電源開關箱內各儀表顯示燈，是否有故障訊號顯示。

(三)啓動電源前，應先關閉手動放風開關，避免轉動時空氣外洩。

(四)巡視橡皮填上是否有異物阻塞，若有應予以清除，以免影響起伏作用。

(五)完成以上步驟後，即可啓動電源運轉，以 15HP 馬達運轉鼓風機將空氣輸入堰體。

(六)當橡皮填完全啓立後，按開關將電源關閉。(啓立時間約 30 分鐘)。

(七)當需要排放水量時，應於放水前至村辦公處廣播，警告下游民眾迅速離開，以免發生危險。

(八)開啓手動倒伏開關，進行放水運作。(倒伏時間約 20 分鐘)。

(九)洪水季水深溢流堰頂 20cm 時(自動倒伏水深可調節)起伏堰在 20 分鐘以內自動排氣倒伏發生排洪作用。

(十)開啓橡皮堤及關閉倒伏放水時，雲林農田水利會應派員在場監視操作，操作完畢後並填寫操作紀錄。

(十一)機房內部各型設備應隨時維護保養及周圍環境保持乾淨，並記錄巡防、平時保養、維修情形。

(十二)雲林農田水利會應隨時派員巡視檢查，定期保養以維正常操作功能，防汛期間應加強管理維護，並在颱風豪雨來臨之前，確定啓閉功能正常運作。

(十三)在橡膠起伏堰周圍應豎立警告標誌，或張貼標語，以防民眾進入危險水域。

七、氣象局發佈颱風警報及豪大雨期間，應隨時與所屬之緊急應變小組保持聯繫及注意颱風動向，如遇緊急事故或異常狀況，得採取必要之應變措施，雲林農田水利會應於事後陳報主管機關核備。

八、本規定自核准日施行。

4.5、參考文獻

1. 行政院農業委員會，2003，灌溉排水營運管理第三版第五篇。
2. 中國農業工程學會、台灣省農田水利會聯合會，1999，「灌溉用水管理訓練手冊一第一冊 灌溉概論、第七冊 灌溉設施」，農田水利會之灌溉排水維護及管理訓練推廣計畫，行政院農業委員會。
3. 台灣省水利局，1979，台灣省農田水利協進會，「水利小組工作手冊」，行政院農發會補助。
4. 台灣省農田水利會聯合會，1995，「農田水利會技術人員訓練教材－灌溉管理類合訂本」，行政院農業委員會補助。中國農業工程學會，1990，「中國農業工程手冊，農業水利之部，灌溉-墾殖-管理」。
5. 行政院農業委員會，2017，「農田水利會灌溉排水管理要點」。
6. 行政院農業委員會，2018，「農田水利會組織通則」、「農田水利會組織規程」。
7. 雲林農田水利會，2019，「水閘門設備之操作與維護」。

8. 彰化農田水利會，2019，「工作站渠道巡邏箱設置要點」。
9. 翁進壽、汪激、陳鈞華，1994，「灌溉結構物之設計手冊(Design of Medium and Small Irrigation Structures)」，財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會。
10. 財團法人台北市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，1998，「農田水利教材－水田灌溉－玖 農田水利設施維護」。
11. 經濟部，2003，「水利建造物安全檢查辦法」。
12. 經濟部，2018，「水利法施行細則」。
13. 經濟部，2019，「排水管理辦法」。
14. 蔡明華，「灌溉與排水」，1985，中國土木水利工程學會。

第五章、地理資訊系統與遙測於灌排管理之應用

5.1、新興科技於灌排管理之應用

21 世紀是資訊掌控的時代，各種現代化科技提供了新方法，解決了以往需要長時間、眾多人力或大量金錢才能解決的問題。灌溉排水結合農業科技與工程技術，自然不能自外於現代化科技的衝擊，其中最重要的資料擷取與分析工具即是地理資訊系統、遙感探測與衛星定位系統。農田水利業務涵蓋廣大面積之空間資料與經常更新的作物、灌溉資料，利用遙感探測和衛星定位系統提供之即時性作物種類、生長情況等，再透過地理資訊系統之空間管理、分析及展示功能，將可有效幫助農田水利業務之管理績效。近年來農田水利業務成功地使用地理資訊系統、遙感探測與衛星定位系統之例子不斷增加，農田水利不再僅是看天掌水，現代化的監控與管理方法將使農田水利業務更能確實達到水與土地物盡其用之目的。

一、地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)

所謂地理資訊系統乃是結合各種具有空間分佈特性之地理資料庫，如交通、人文、土地利用、土壤、雨量、地質、地形及水資源等，經由處理及分析後，可供資源規劃、生態保育、區位勘選等，並進而提供準確之評估，以供決策分析。政府為全面提升空間決策品質與行政效率，明定推動國土資訊系統，實質內容為國土資訊系統是一個以共同坐標系統為套合基準，結合全國各種具有空間特性資料的地理資訊系統架構，已由內政部資訊中心統籌推動有關工作，並將水利事業相關業務劃分到自然環境及生態保育資訊系統中，以期得到一完整之農業體系資訊系統。

傳統之灌溉排水管理多以人工方式作業，紀錄資料之更新與訊息的掌握常無法跟上田間實際情況。田間坵塊、灌溉渠道與各種水工設施數量，也常因資料量龐大而使管理人員無法精確的統計。灌溉排水之規劃與管理，需要先收集各種正確的數據資料，再經過分析處理才能產生正確之成果，因此當資料無法反映實際狀況時，此種管理必將產生許多困擾，因此必朝向更科學化之方向邁進，而地理資訊系統之應用便是解決此一方法之利器。

二、遙感探測(Remote Sensing, RS)

登高望遠一向是人類瞭解周遭環境的慣用方法，古人有言「欲窮千里目，更上一層樓」或「登泰山而小天下」，在高樓上俯望城市，原本零散的地標，錯綜複雜的街道，開始呈現出它的結構，在高山上展望四野，河流的動態與山脈的走向一目了然。登高而望遠是遙感探測的起源，而遙感探測則是現代科技對遙測的展現。

遙感探測是利用航空載具攜帶感測儀器，從空中收集地表上各種光譜資料，加以處理分析、解釋，以了解地面目標物之特性的技術，簡稱遙測。過去，遙測的技術經常因為戰爭的需要而得到進展，今天，遙測已經是我們日常生活的一部份。氣象報播報員利用天氣雲圖解說未來的天氣；新聞記者在直昇機上拍攝洪水、地震災區現場的狀況，測量人員利用航空相片來製作地圖，環境學者依賴遙測來蒐集環境資訊，農業人員判識遙測影像來監測作物生長的狀況等，均是遙測利用於日常生活之實例。由於遙測技術能夠在最內短的時間，蒐集大範圍的資料，已經成為我們瞭解周遭大地之有效工具。

三、衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)

衛星定位系統原本是為美國空軍在軍事上之定位、戰機導航、飛彈遙控等目的而發展出來的全球性空間定位系統，近年來逐漸轉為商業用途。透過衛星定位系統，不論使用者是在陸地、海面或是空中，都可以精確測量出所在位置。於農業應用上，衛星定位系統結合農業機具可進行自動化噴灑農藥、施肥及收穫等工作。衛星定位系統也促成了資料生產的方式。例如，將定位系統裝置在車上，沿著街道開一遍，立刻可以得到最新街道圖。定位系統如果加上各種感測器，更可以快速的生產各種資料。截至 2019 年，只有美國的全球定位系統(GPS；共由 24 顆衛星組成)、俄羅斯的格洛納斯系統(GLONASS)和中國的北斗衛星導航系統(BDS)覆蓋全球。歐洲聯盟的伽利略定位系統則為在初期部署階段的全球導航衛星系統，預定最早到 2020 年才能夠充分的運作。

四、資訊系統之整合

地理資訊系統為一空間資訊管理工具，遙感探測和衛星定位系統是空間資訊有效且快速的提供者，三者之結合是目前邁向農業現代化及推展精準農業(Precision Agriculture)之最佳方法。用遙感探測和衛星定位系統蒐集資料不但迅速、位置正確，並且是數值化的形態，可以直接被地理資訊系統使用。地理資訊系統更可以整合這些新方法所獲取的資料，使資料的價值能夠充分的發揮。以水土保持工作為例：由衛星所得影像可以知道甚麼地方在開發。疊合上土壤、坡度等資料，就可以判斷那些地方有不當開發的狀況。再配合地籍資料就可以知道誰的土地有不當開發的行為。地理資訊數值化之另一項長處為資料的交換、傳遞變得非常容易，例如平時以大量紙張登錄之資料、紀錄，可以收藏於一張光碟片中，更可以透過電腦網路，查詢或使用遠處電腦中儲存的資料。在農田水利業務中，每月之灌溉水量、水質檢驗報告等資料透過電腦網路的連線，傳至管理單位。同樣的方式，遠方的管理單位亦可以透過網路，使用地理資訊系統，查到田間最新的作物種植面積、生長情形等地理資料庫中的資料。

5.2、地理資訊系統灌溉管理上之應用

地理資訊系統(GIS)可以簡單定義為具有整合空間資訊及協助解決真實世界問題的決策支援系統。主要目的是透過疊圖及空間分析功能，將原始地理資料轉變為可支援空間決策的資訊。GIS 在設計上是用來有效擷取、儲存、更新、處理、分析及展示各種形式地理資訊的系統，包括電腦硬軟體、地理資料庫及操作維護人員。GIS 為一有效處理圖形資料與文字數字資料之資訊系統，其最大優點在於其具備整合各類不同空間資料的能力。因此 GIS 在功能方面一般將具有輸入、管理、分析應用及展示之特性：

- (一)輸入：地籍圖之數化、屬性資料之建立等工作可由 GIS 介面下完成。
- (二)管理：地理資料庫之建立，如圖形資料與屬性資料連結，才能提供適當之資訊，供使用者利用。
- (三)分析應用：包括
 - 1. 空間資料處理，坐標轉換等。
 - 2. 空間資料分析、套疊。
 - 3. 數值地形，如集水區分析等。
 - 4. 網路分析，如最佳路徑選擇，流量模擬等。
- (四)展示：能夠將空間資訊，經分析處理後，利用螢幕或繪圖機製作主題圖將其結果展示出來。

5.2.1、向量式與網格式資料格式

地理資訊系統儲存資料的格式大致可分為向量式與網格式，茲分別介紹如下：

一、向量式地理資訊系統(Vector GIS)

向量式地理資訊系統是使用點、線、面等幾何圖元來表現地形、地物。向量式地理資訊系統以地形地物為主體、儲存各地形、地物的位置及屬性資料。向量系統又可分為有位向關係(topological relation)及無位向關係(non-topological)兩大類。通常無位向關係的向量系統指的是電腦繪圖系統(CAD)，如 AUTOCAD、MICROSTATION 等設計製圖軟體，純粹為圖形之展現而無須分析點、線、面之間的關係，而採用無位向的向量結構表現空間資料。反之，有位向關係向量系統通常使用有位向關係的向量結構儲存地理資料，透過位向，可以表達空間中物體的相鄰關係。例如在灌溉坵塊圖中，有位向關係的灌溉系統可以很容易的分辨甲坵塊為乙坵塊之上遊；或是甲渠道和乙渠道及丁渠道連接而不與丙渠道相連接等等。

(一)向量式地理資訊系統優點：

- 1.能精確的表示位置，可用於大比例尺地圖。
- 2.便於儲存水工構造物、農作生產等屬性資料或地籍資料。
- 3.可以表達物體間等各種關係。例如可建立渠道、田間道路、輸水管線等網路以進行各種網路分析。

(二)向量式地理資訊系統缺點：

- 1.表達地形、溫度等連續變化現象較困難。
- 2.建立檔案需要較高的技術，費用較高。
- 3.系統的維護及使用較為複雜。

二、網格式地理資訊系統(Raster GIS)

網格式地理資訊系統將研究區域分為規則的網格(grid)，每一網格均有一坐標位置，相鄰網格其坐標差即為此網格系統之解析度。系統於每一個網格內儲存相對於該坐標位置特徵值，此特徵值可以是土地利用型態、土壤質地、種植作物或任何相關於那一個格子的性質。網格式地理資訊系統的展現常被視為主題圖像，它可與向量式地理資訊系統共同展示以發揮不同特性。

(一)網格式地理資訊系統優點：

- 1.適於表達地形高程、土壤、土地利用等覆蓋全地表類型的資料。
- 2.資料製作簡單，經過簡單的訓練就可以進行。
- 3.網格式結構簡單明瞭，觀念易懂、容易學習。
- 4.遙感探測資料為網格式，容易納入網格式地理資訊系統使用。
- 5.空間結構單純，適合於環境模型的表達。

(二)網格式地理資訊系統缺點：

- 1.精確度受網格大小限制、需要高精確度資料時、資料量增加得很快。不適合表達位置要求精確的資料。
- 2.繪圖時容易出現鋸尺狀邊緣，較不美觀。
- 3.不容易儲存各行政區人口、統計值等類型資料。
- 4.不利於表達有複雜關係的資料。例如交通網路、電信、電力管線、自來水管路資料。

三、關連式資料庫(Relational Database System)

文數字資料庫方面，過去有階層式資料庫(hierarchical database system)、網路式資料庫系統(network database system)。大多數近代的資料庫系統，例如，MS Access、Oracle、Informix 等均為關連式資料庫系統。目前向量式地

理資訊系統的屬性大多儲存在關連式資料庫系統中。關連式資料庫系統最基本的觀念便是資料表(table)。一個資料表為儲存資料最自然的方式，每一個資料表包含了許多行(column)又稱為欄位(field)，於每一行內存著相同性質的資料。資料表內每一列(row)裡包含許多不同性質的資料項目。每一列又稱為一筆記錄(record)。

5.2.2、地理資訊系統套疊分析

從事水利土地規劃管理時，常需要綜合地形、地質、土壤、水文、交通、人口等多種地圖。用人工處理這麼大量資料、幾乎是不可能的事。於是有人想到將資料輸入電腦就可以輕易的將各種地圖疊合在一起。進行土地規劃時，經常必須量測道路、河流長度及計算土地面積。過去必須利用曲線計及求積儀以人工量取。資料輸入電腦後，求取長度，面積成為輕而易舉的事。1960年代加拿大體認利用地理資訊系統管理土地的好處，遂開發加拿大地理資訊系統(CGIS)，地理資訊系統從此成為進行土地規劃、管理工作利器。

對現代的土地資源規劃者來說，疊圖僅是資料分析的起點。整合過的資料可以透過地理資訊系統作進一步的分析。例如為了瞭解不同水土保持措施的效果，可將各種措施下土壤、地形、植被狀況等資料代入土壤沖蝕公式中，以模擬各種措施的效果，然後據此選擇最佳的方法。現代的地資訊系統除資料疊合的功能外，還提供許多分析工具及分析模式。對於地理資訊系統疊合功能而言，資料的位置正確，疊圖的結果才可靠。

地理資料一般分成屬性及空間資料二大部份，GIS 具備之分析功能：

(一)屬性資料處理分析

1. 資料更新
2. 統計分析
3. 即時查詢

(二)空間資料處理分析

1. 多邊形相疊/取消
2. 坐標轉換及坐標資料過濾
3. 環框/通廊之形成
4. 近鄰/相鄰分析
5. 長度、面積、週邊、坡度、坡向、體積計算等
6. 最佳路線選擇
7. 流量模擬
8. 時間/距離分區

- 9.等值線繪製
- 10.集水區分析
- 11.比例尺改變
- 12.圖形重疊
- 13.三度空間立體圖製作
- 14.變遷研究
- 15.最佳路徑尋找
- 16.空間分布之分析
- 17.預測模擬

5.2.3、農田水利會灌溉管理地理資訊系統

目前台灣地區各地農田水利會對管理業務需求不一，都會型水利會偏重會有地管理，水資源匱乏或管理業務較龐大水利會則以灌溉管理為優先，因此以水利會應用角度來看，應用方向約可分為：

- 1.會員土地管理
- 2.灌溉計畫及輸配水管理
- 3.灌溉渠道及排水渠道系統管理
- 4.灌溉區域圖分佈、劃分及現場勘查應用
- 5.灌溉設施及水工構造物管理
- 6.會有財產及會有土地管理
- 7.水污染及各監視點管理及追蹤
- 8.工程設施評估及受益面積估算
- 9.立地條件相關資料分析及應用(土壤質地、氣候分佈、入滲率、灌溉地類別、地目、等則等)
- 10.地下水井分佈及管理
- 11.水源資料及水權受益面積管理
- 12.其他如工程規劃設計、財物等之管理

一、灌溉管理地理資訊系統內容及格式

台灣地區各地農田水利會生產或常使用灌溉相關資料，包括土系圖、地籍圖、水利會輪區圖(或水利小組範圍圖)、土壤特性及入滲資料、各水利會轄區灌溉渠道基本資料、各農田水利會輪區別灌溉計畫基本資料、灌溉設施

基本資料及灌溉設施歷年更新改善資料等。資料名稱、型態、內容及用途以及資料來源，如表 5-1 所示。

表 5-1 農田水利會灌溉管理地理資訊系統基本資料

資料名稱	資料型態	資料內容及用途	資料來源
平地土壤土系圖	面	由土系類別及四層土壤質地(0-30 cm、30-60 cm、60-90 cm、90-120 cm)資料用來估算入滲率	中興大學土壤系、農委會農業試驗所
地籍圖	面	介接或下載每季一個版本的全國GIS地籍圖、供套繪全臺水利會輪區圖	內政部國土測繪中心
水利會輪區圖或水利小組圖	面	輪區界限、小組界限、輪區面積、及土壤特性等	全臺各水利會
地下水深淺層補注資料	面	提供入滲量對地下水深淺層補注之分級	省水利局(由台大自行數化)
土壤保水力分析資料	點	土壤特性及入滲率	省水利局(旱作立地區分報告)
河川入滲資料	點	土壤特性及入滲率	地調所
旱作灌溉基本資料	點	土壤特性及入滲率	全臺各水利會及農工中心
灌溉渠道系統基本資料	線	系統編號、水利會代號、管理處代號、工作站代號、水權量、渠道長度、最大設計通水容量、補助水源、輸水損失、公井口數、公井水量、水質狀況	全臺各水利會
輪區別灌溉計畫基本資料	點	水利會代號、水利會名稱、管理處代號、工作站代號、小組別代號、灌溉系統別代號、輪區別、輪區面積、輪區內之旱作面積、土壤別代號、粘土率百分比、正常時期之灌溉期距、最大灌溉期距、乾田日數、錯開日數、日需水量、日滲漏量、正常開始插秧日期、正常結束插秧日期、最早開始插秧日期、最晚開始插秧日期、本田日數、量水設備、期作別、整地用水量、種植作物別代號、本田需水量、旱作需水量	全臺各水利會

資料名稱	資料型態	資料內容及用途	資料來源
排水渠道系統基本資料	線	等級、渠道長度、斷面底寬、斷面高、邊坡比、渠道質地、植生/淤積情形、集水區面積等	全臺各水利會
水權受益圖	面	水權狀號碼、受益面積、水權量等	

二、全省平地土系資料

本資料由農委會農業試驗所農化系負責數化，經轉換為 Arc/Info 資料格式，資料精度 1/5000，依縣市區分全省共 15 幅資料，資料格式如表 5-2～表 5-4 所示。

表 5-2 全臺平地土系資料圖幅清單

圖幅代號	縣市別	圖幅代號	縣市別	圖幅代號	縣市別	圖幅代號	縣市別
scye	嘉義縣	Shce	新竹縣	shle	花蓮縣	sile	宜蘭縣
skhe	高雄縣	Smle	苗栗縣	snte	南投縣	spte	屏東縣
stce	台中縣	Stne	台南縣	stpe	台北縣	sche	彰化縣
stte	台東縣	Stye	桃園縣	syle	雲林縣		

表 5-3 全臺平地土系資料-屬性欄位名稱

欄位名稱	資料型態	資料長度	小數點位數	備註
labelid	Numeric	11	0	識別碼
drain	numeric1	1	0	排水性
slope	Character	1		坡度分級
t0_30	Numeric	2	0	0 到 30 公分之土壤質地
t30_60	Numeric	2	0	30 到 60 公分之土壤質地
t60_90	Numeric	2	0	60 到 90 公分之土壤質地
t90_150	Numeric	2	0	90 到 150 公分之土壤質地

表 5-4 全臺平地土系資料-屬性欄位代碼

欄位名稱	屬性代碼
drain	a：良好 b：不完全 c：不良 d：極不良 e：浸水
slope	a：0~5% b：5~15% c：15~30% d：30~40% e：40~55% f：>55%
t0_30	1：cos 粗砂土、s 砂土 2：fs 細砂土、lcos 壤質粗砂土、ls壤質砂土、3：lfs 壤質細砂土、cosl 粗砂質壤土、sl 砂質壤土、fsl 細砂質壤土、4：vfs 極細砂土、lvfs 壤質極細砂土、vfsl 極細砂質壤土、5：si 玢土、sil 玢質壤土、6：l 壤土、7：scl 砂質粘壤土、8：cl 粘質壤土、sicl 玢質粘壤土、9：sic 玢質粘土、10：c 粘土、11：grv 石礫
t30_60	1：cos 粗砂土、s 砂土 2：fs 細砂土、lcos 壤質粗砂土、ls壤質砂土、3：lfs 壤質細砂土、cosl 粗砂質壤土、sl 砂質壤土、fsl 細砂質壤土、4：vfs 極細砂土、lvfs 壤質極細砂土、vfsl 極細砂質壤土、5：si 玢土、sil 玢質壤土、6：l 壤土、7：scl 砂質粘壤土、8：cl 粘質壤土、sicl 玢質粘壤土、9：sic 玢質粘土、10：c 粘土、11：grv 石礫
t60_90	1：cos 粗砂土、s 砂土 2：fs 細砂土、lcos 壤質粗砂土、ls壤質砂土、3：lfs 壤質細砂土、cosl 粗砂質壤土、sl 砂質壤土、fsl 細砂質壤土、4：vfs 極細砂土、lvfs 壤質極細砂土、vfsl 極細砂質壤土、5：si 玢土、sil 玢質壤土、6：l 壤土、7：scl 砂質粘壤土、8：cl 粘質壤土、sicl 玢質粘壤土、9：sic 玢質粘土、10：c 粘土、11：grv 石礫
t90_120	1：cos 粗砂土、s 砂土 2：fs 細砂土、lcos 壤質粗砂土、ls壤質砂土、3：lfs 壤質細砂土、cosl 粗砂質壤土、sl 砂質壤土、fsl 細砂質壤土、4：vfs 極細砂土、lvfs 壤質極細砂土、vfsl 極細砂質壤土、5：si 玢土、sil 玢質壤土、6：l 壤土、7：scl 砂質粘壤土、8：cl 粘質壤土、sicl 玢質粘壤土、9：sic 玢質粘土、10：c 粘土、11：grv 石礫

三、地籍圖

本資料係農委會資訊中心委託內政部國土測繪中轉製，將數值檔地籍圖以縣市為單元進行拼製，並以系統介接方式供農委會所屬各機關下載使用，農田水利空間資料庫中將地籍圖屬性稍微進行調整，屬性資料內容如下：

欄位名稱	長度	資料型態	小數點長度	備註
Section	6	Text		地段代碼
Sec_cns	20	Text		地段名稱
Land_no	9	Text		地號
Desc_area	10	Number	2	面積(m2)
Maparea	10	Number	2	圖面面積(m2)
L_type	1	Text		地目代碼
Ltype_cns	2	Text		地目
Town	2	Text		鄉鎮市區代碼
Class	2	Text		使用分區代碼
Class_cns	20	Text		使用分區
Use_dir	2	Text		使用地類別代碼
Use_dircns	20	Text		使用地類別

四、水利會輪區圖

本資料最早係由全臺各農田水利會向地政機關申請 1/4800 地籍圖，並由各水利會作業人員直接將輪區界限描繪於地籍圖上，同時將灌溉渠道、排水系統、水工構造物名稱及位置亦加予描繪，資料庫包括以下 4 類空間物件：

- 1.渠道：包括灌溉及排水渠道等線性資料。
- 2.水源：包括水庫取水口、水井、河川、池塘等點資料。
- 3.農地：包括地籍坵塊、輪區、小組、灌區等面資料。
- 4.水工構造物：包括分水門、河水堰、抽水站等點資料。

種類	圖層劃分	資料型態	屬性欄位
渠道	灌溉幹線、灌溉支線、灌溉分線、灌溉大中小給水路、大排水、中排水、小排水	線資料	渠道名稱、渠道編號、渠道代碼、渠道等級、渠道長度

種類	圖層劃分	資料型態	屬性欄位
水源	水庫水源取水口、 河川水源取水口、 池塘取水口、水井	點資料	水源代碼、水源名稱
全國GIS 地籍圖	坵塊邊界、坵塊中 心點	面資料	地段代碼、地號代碼、登記 面積、使用分區、使用地類 別
水工構造 物	抽水站、河水堰、 分水門等55種	點資料 (附屬在 渠道上)	構造物代碼、所屬渠道代 碼、位置區段數字、設置時 間、工程設計圖、實地照片

五、土壤特性及入滲資料

土壤特性資料係由農試所、地調所及農工中心等單位所出版之報告，經整理後建檔完成，包括：台灣旱作灌溉立地區分計畫報告、地表地質材料粒徑分析及現地入滲試驗究、旱作灌溉基本資料收集等報告。資料建檔精度係以經緯度坐標輸入建檔，資料格式為 Arc/Info 圖幅資料，坐標系統為 TM 二度分帶。資料內容如下：

圖幅清單：表土壤入滲特性測點資料(僅表土層，且表土厚度定義不一致)。圖幅屬性資料存於屬性資料庫中，欄位說明見附表。附屬屬性資料庫包含各土層土壤入滲特性測點資料(屬性欄位見附表)。

(一)旱作立地區分：資料檔型態為 Database 檔案，建檔筆數 3,614 筆。

欄位名稱	欄位型態	欄位長度	小數點	備註
x	numeric	11	4	x坐標(tm2,m)
y	numeric	12	4	y坐標(tm2,m)
sample_id	character	6		樣點編號
depth_s	numeric	3		採樣深度起(cm)
depth_e	numeric	3		採樣深度終(cm)
sand	numeric	5	1	砂粒(%)
clay	numeric	5	1	粘粒(%)
silt	numeric	5	1	粉粒(%)

欄位名稱	欄位型態	欄位長度	小數點	備註
texture	character	16		土壤質地
wpoint	numeric	6	2	永久凋萎點 (pwp%)
fcapacity	numeric	6	2	田間容水量(fc%)
pwater	numeric	3		有效水分(pv%)
conduc	character	10		滲透率(cm/sec)

(二)早作灌溉基本資料部分：資料檔型態為 Database 檔案，建檔筆數 501 筆。

欄位名稱	欄位型態	欄位長度	小數點	備註
x	numeric	1	4	x坐標(tm2.m)
y	numeric	12	4	y坐標(tm2
sample_id	character	6		點編號
depth_s	numeric	2		採樣深度起(cm)
depth_e	numeric	2		採樣深度終(cm)
texture	character	4		土壤質地
wpoint	numeric	4	1	永久凋萎點(pwp%)
fcapacity	numeric	5	1	田間容水量(fc%)
pwater	numeric	4	1	有效水分(pv%)
k	numeric	10	5	入滲率k係數(mm/hr)
n	numeric	8	5	入滲率n指數(mm/hr)
irate	numeric	7	4	入滲率(mm/hr)
gwt	numeric	4	1	地下水位(m)

(三)整合後之土壤測點資料庫欄位定義：資料檔型態為 Database 檔案，建檔筆數為 4,675 筆。

欄位名稱	資料型態	欄位長度	小數點	備註
x	numeric	11	4	x坐標(tm2,m)
y	numeric	12	4	y坐標(tm2,m)
id	numeric	5		識別碼
type	numeric	1		資料來源類型
sample_id	character	6		樣點編號
depth_s	numeric	3		採樣深度起(cm)
depth_e	numeric	3		採樣深度終(cm)
sand	numeric	5	1	砂粒(%)
clay	numeric	5	1	粘粒(%)
silt	numeric	5	1	粉粒(%)
texture	character	16		土壤質地
wpoint	numeric	6	2	永久凋萎點(pwp%)
fcapacity	numeric	6	2	田間容水量(fc%)
pwater	numeric	4	1	有效水分(pv%)
swater	numeric	5	2	含水量(%)
k	numeric	13	8	入滲率k係數
n	numeric	10	7	入滲率n指數
iratecmmin	numeric	6	4	入滲率(cm/min)
iratemmhr	numeric	9	4	入滲率(mm/hr)
gwt	numeric	4	1	地下水位(m)
conduc	character	10		滲透率(cm/sec)

備註： type 代碼 1--農試所旱作立地區分；

2--地調所濁水溪、高屏入滲資料；

3--嘉南地區旱作灌溉基本資料。

id 代碼 由 type 在第一位再加上各 type 樣點之 4 位流水號，如 20015。

kn 值單位 type=2 時，是以入滲率 cm/min 為單位計算；
type=3 時，是以入滲率 mm/hr 為單位計算；
type=1 時，無 kn 值。

資料空間分佈說明：

- 1.農試所土壤測點分佈資料，共有 1473 點，分佈在全省各平地區域。
- 2.地調所濁水溪測點分佈涵蓋彰化、雲林、嘉義三縣之平地區域，共 280 點，高屏之測點分佈則涵蓋高雄、屏東兩縣之平地區域，共亦 280 點，其分佈與農試所土系資料之分佈大致相符。
- 3.嘉南地區旱作灌溉基本資料涵蓋台南、嘉義兩縣之平地區域，共 167 點，其分佈與農試所土系資料之分佈大致相符。

(四)整合後之土壤測點資料庫欄位資料來源對照表

代號	欄位英文名稱	欄位中文名稱	type1	type2	type3
1	x	x坐標(tm2度,公尺)	○	○	○
2	y	y坐標(tm2度,公尺)	○	○	○
3	id	識別碼	1xxxx	2xxxx	3xxxx
4	type	資料來源類型	1	2	3
5	sample_id	樣點編號	○	○	○
6	depth_s	採樣深度起(cm)	○	×	○
7	depth_e	採樣深度終(cm)	○	×	○
8	sand	砂粒(%)	○	×	×
9	clay	粘粒(%)	○	×	×
10	silt	粉粒(%)	○	×	×
11	texture	土壤質地	○	×	○
12	wpoint	永久凋萎點(pwp%)	○	×	○
13	fcapacity	田間容水量(fc%)	○	×	○
14	pwater	有效水分(pv%)	○	×	○
15	swater	含水量(%)	×	○	×
16	k	入滲率k係數	×	cm/min	mm/hr
17	n	入滲率n指數	×	cm/min	mm/hr
18	iratecmmmin	入滲率(cm/min)	×	○	導出
19	iratemmhr	入滲率(mm/hr)	×	導出	○
20	gwt	地下水位(m)	×	×	○
21	conduc	滲透率(cm/sec)	×	○	×

Type=1：農試所旱作立地區分；

Type=2：地調所濁水溪、高屏入滲資料；

Type=3：嘉南地區旱作灌溉基本資料。

六、灌溉渠道系統資料

本項資料係由全臺各農田水利會針對轄區之灌溉系統，依水源別及幹支分線之順序重新調查及填寫表格後再予建檔，其格式如下：

欄位名稱	資料型態	資料長度	小數點	備註
Ia	character	2		水利會代碼。
Ia_cns	character	4		水利會中文名稱。
Mng	character	1		管理處代號，依各會現行灌溉地籍資料代碼格式，除嘉南及雲林水利會外，其餘各會本欄皆空白。
Stn	character	2		工作站代號，依各會現行灌溉地籍資料代碼格式。
Grp	character	2		水利小組代號，依各會現行灌溉地籍資料代碼格式。
Ex_sys	character	45		灌溉渠道系統交換碼 (除了水源為6位外，其他為3位一組，由001編起)，依照水源別(河川或水庫)、幹線、支線、分線、取入(主給、小給)...等架構，由上而下編。
Sys	character	30		渠道編號-個別水利會
Sys_cns	character	28		渠道中文名稱
Length	numeric	10	3	渠道長度(m)
Sys_type	character	1		渠道等級代碼水源、河溪、幹線、支線、分線、取入小給
Uc	character			渠道取得性質：正常使用或照舊使用
Sys_atb	character			渠道屬性，灌溉、排水、灌排兼用

七、輪區別灌溉計畫資料

本項資料係由全省各農田水利會以輪區為調查單位，調查灌溉計畫相關之基本資料，如輪區面積、使用之水源、各旬用水量、種植之作物別等，其格式如下：

欄位名稱	資料型態	資料長度	小數	備註
code	character	2		水利會代號
lacns	character	4		水利會名稱
mng	character	1		管理處代號
stn	character	2		工作站代號
grp	character	2		小組別代號
rotation	character	2		輪區別
rot_area	numeric	6	2	輪區面積
paddy_area	numeric	6	2	輪區內之旱作面積
soil	character	1		土壤別代號
clay	numeric	5	2	粘土率百分比
ip_normal	numeric	4	1	正常時期之灌溉期距
ip_max	numeric	4	1	最大之灌溉期距
ip_paddy	numeric	2		乾田日數
loss	numeric	4	1	輸水損失
ref	numeric	1		農地重劃
crop_1	numeric	4	1	第一期作錯開日數
crop_2	numeric	4	1	第二期作錯開日數
wtr_demand	numeric	6	2	日需水量
perc	numeric	6	2	日滲漏量
cl_n_s_m	character	2		第一期作正常開始插秧日期 (月份)
cl_n_s_10d	character	1		第一期作正常開始插秧日期 (旬別)
cl_n_e_m	character	2		第一期作正常結束插秧日期 (月份)

欄位名稱	資料型態	資料長度	小數	備註
c1_n_e_10d	character	1		第一期作正常 結束 插秧日期(旬別)
c1_e_m	character	2		第一期作 最早 開始插秧日期(月份)
c1_e_10d	character	1		第一期作 最早 開始插秧日期(旬別)
c1_l_m	character	2		第一期作 最晚 開始插秧日期(月份)
c1_l_10d	character	1		第一期作 最晚 開始插秧日期(旬別)
c1_gp	numeric	3	0	第一期作本田日數
c2_n_s_m	character	2		第二期作正常 開始 插秧日期(月份)
c2_n_s_10d	character	1		第二期作正常 開始 插秧日期(旬別)
c2_n_e_m	character	2		第二期作正常 結束 插秧日期(月份)
c2_n_e_10d	character	1		第二期作正常 結束 插秧日期(旬別)
c2_e_m	character	2		第二期作 最早 開始插秧日期(月份)
c2_e_10d	character	1		第二期作 最早 開始插秧日期(旬別)
c2_l_m	character	2		第二期作 最晚 開始插秧日期(月份)
c2_l_10d	character	1		第二期作 最晚 開始插秧日期(旬別)
c2_gp	numeric	3		第二期作本田日數
water_equ	character	1		輪區內是否有量水設備(1:是,2:否)
period	character	1		期作別
work_water	numeric	3		整地用水量(mm)
kind	character	36		種植作物別代號(共三年36旬)

欄位名稱	資料型態	資料長度	小數	備註
pd_water1	character	108		第一年本田需水量,每月三旬,每旬長度三位,長度 =12*3*3=108,單位mm
pd_water2	character	108		第二年本田需水量,每月三旬,每旬長度三位,長度 =12*3*3=108,單位mm
pd_water3	character	108		第三年本田需水量,每月三旬,每旬長度三位,長度 =12*3*3=108,單位mm
cr_water1	character	108		第一年旱作需水量,每月三旬,每旬長度三位,長度 =12*3*3=108,單位mm
cr_water2	character	108		第二年旱作需水量,每月三旬,每旬長度三位,長度 =12*3*3=108,單位mm
cr_water3	character	108		第三年旱作需水量,每月三旬,每旬長度三位,長度 =12*3*3=108,單位mm

5.2.4、實例應用—農田水利會地理空間圖資處理平台

一、應用歷程

隨著網路資訊科技的蓬勃發展與創新進步，透過網路傳輸交流，活絡帶動網頁式系統平台脈動，因此，各系統在於網路資訊間的傳遞與交換，都具備標準化交流及對等傳輸溝通橋樑，如：透過網頁服務(Web Service)、共通閘道介面(Common Gateway Interface, CGI)、應用程式介面(Application Programming Interface, API)等技術層次做為開發 Web 系統資訊交流媒介。

1.單機版：新竹農田水利會自民國 86 年起至 89 年，利用普查之方式調查灌區內各項地理資料包括灌排渠道、水工構造物等，並申請地籍藍晒圖辦理數化，利用 ESRI ArcView 3.x 為平台建構地理資料庫及建置開發各項灌溉管理應用系統，為全國第一個導入地理資訊系統之水利會。石門水利會隨後於 92-94 年利用相同方法完成建置、桃園水利會則隨後於 95-98 年完成建置，但桃園會建置期間 ESRI 推出 ArcIMS 網路平台，故桃園會在系統建置上同時開發單機版及網路版。

2.iGIS 1.0 網路版：有鑑於 GIS 系統對於灌溉管理業務之輔助成效，行政院農委會於民國 97 年至 101 年分成 4 年訓練各水利會地理圖資編輯種子人員，輔助各會購買現場調查設備，由各會自己完成現場之渠道及水工構造

物調查及定位，再由農工中心統一建置各水利會之地理資料庫，並以國產之 ApMap 為平台開發灌溉管理 GIS 系統(iGIS 1.0)。

3.iGIS 2.0 網路版:由於各會使用 GIS 系統之頻率越來越高,原先 ApMap 開發之系統效能已無法滿足水利會之需求,農委會遂於民國 104 年開始以 ESRI ArcGIS 為平台進行系統改版,並開發各式 API 提供 MIS 介接,達到 GIS 與 MIS 相輔相成之成效。

二、農田水利會地理空間圖資處理平台之應用架構

現行 iGIS2.0 圖台,提供各農田水利會人員操作 GIS 圖台應用系統,進行農田水利灌溉管理業務的執行作業,其系統架構圖如圖 5-1 所示。其 iGIS 圖台系統架構,具備基本 GIS 地圖操作控項,包含:顯示全景、放大縮小、圖面平移、前及後一畫面、鳥瞰圖等基礎項目,並針對農田水利會灌溉管理業務應用,延伸開發包含:環域分析工具、渠道查詢、定位工具、圖層開關、測量工具、地圖列印、圖徵屬性查詢、臨時展繪、共享書籤、主題繪圖等各項客製化物件應用模組。

另外,為銜接各農田水利會之自主既有的 MIS 系統,因此建置建構統一標準化參數及格式與作業程序的 API 介接服務,應用於資料查詢交流溝通介面上,透過 API 的服務運作模式,銜接 GIS 與 MIS 相互交流、資料查詢的使用,以發揮應用 GIS 與 MIS 進行資訊整合運作機制的效益,提供更具完善的地理資訊系統基礎架構的服務。

因應農田水利會提供各項灌溉管理之 GIS 應用實體圖資,其權屬皆來自 17 個農田水利會自主擁有,因此本系統不對外開放使用,僅限主管機關農委會農田水利會處人員及其具備農田水利會相關人員之身份,才得以申請帳號密碼權限為本系統之使用者,為此確實掌握 iGIS 圖台使用者人員管理,因此建置 iGIS2.0 圖台之後台管理系統,提供申請帳號、審核機制與使用者管理及系統模組流量統計等功能。

三、資料來源

iGIS2.0 圖台所供應各個農田水利會使用圖資來源,係由 17 個農田水利會依遵屬性資料標準化作業建置所屬灌溉區域之共有圖資,並存取於農田水利基礎空間圖資以提供圖資供應來源。

另為因應各年度更新改善或原始資料遺漏、錯誤、年度圖資更新等問題,須進行空間資料庫的更新與異動,因此制定「農田水利地理資訊系統建置作業手冊」,以進行各水利會空間資料的圖形與屬性進階檢核服務,皆具符合手冊之規定後,再進行 GIS 空間資料庫之更新與發布服務。

關於「農田水利地理資訊系統建置作業手冊」規範建置圖資資料檢核、校正作業架構,如下圖 5-2 所示。

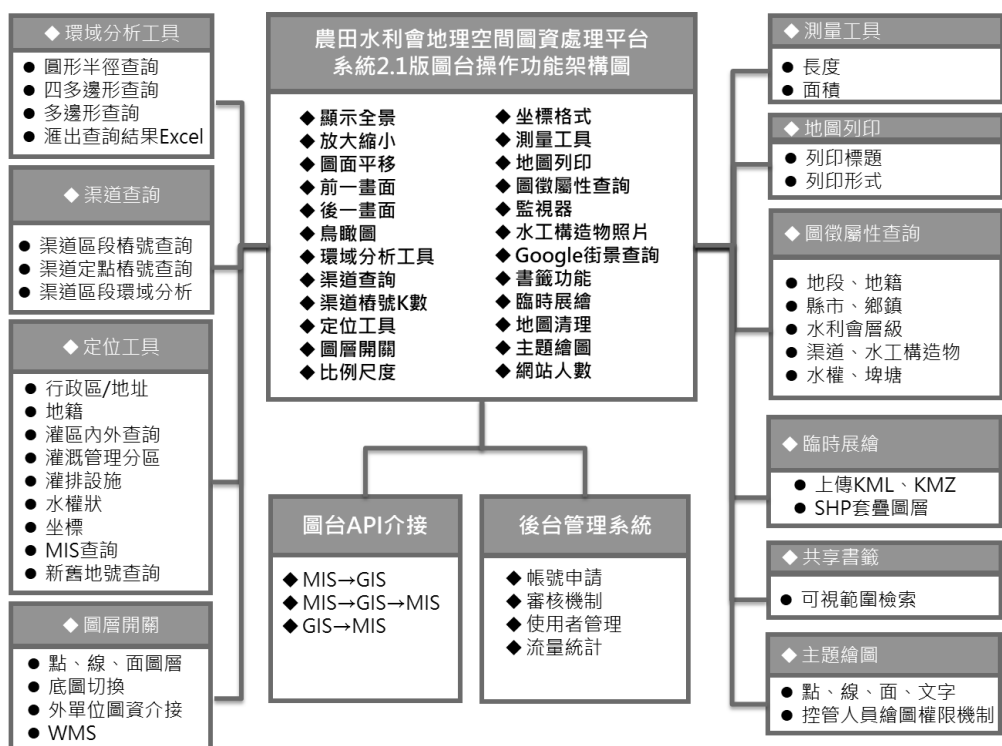


圖 5-1 農田水利會地理空間圖資處理平台架構圖



圖 5-2 農田水利會地理資訊系統之圖資檢核作業架構圖

四、系統建置成果

關於 iGIS 2.0 圖台系統建置成果展現，因應資訊安全層級考量，採用安全通訊協定(Secure Sockets Layer，簡稱：SSL)加密憑證，並以透過 Https 網域傳輸加密憑證機制，建置安全加密憑證之系統環境，才能確保資訊安全傳輸、保障資料機密及完整性。

另針對 iGIS 2.0 圖台面臨各農田水利會使用人員提列灌溉管理業務操作應用功能層面之需求工項，提出新增、修改或優化等改善功能之建議，為此因應 iGIS 2.0 圖台進行擴充需求工項與補足各項建議功能，並著重於簡化操作介面程序、優化功能項目及強化系統查詢反應機制，以落實系統穩定作業程序，增進效能、妥善發揮服務運作機制。現行系統操作應用模組介紹如下：

(一)iGIS 2.0 圖台操作介面：iGIS 2.0 圖台之各項功能操作型態皆圖形化介面為主，可減少功能列佔據地圖版面，更能讓使用者以透過圖示方式，較能直覺化反應所屬功能的操作方式，其相關於功能列圖示項目介紹如下：

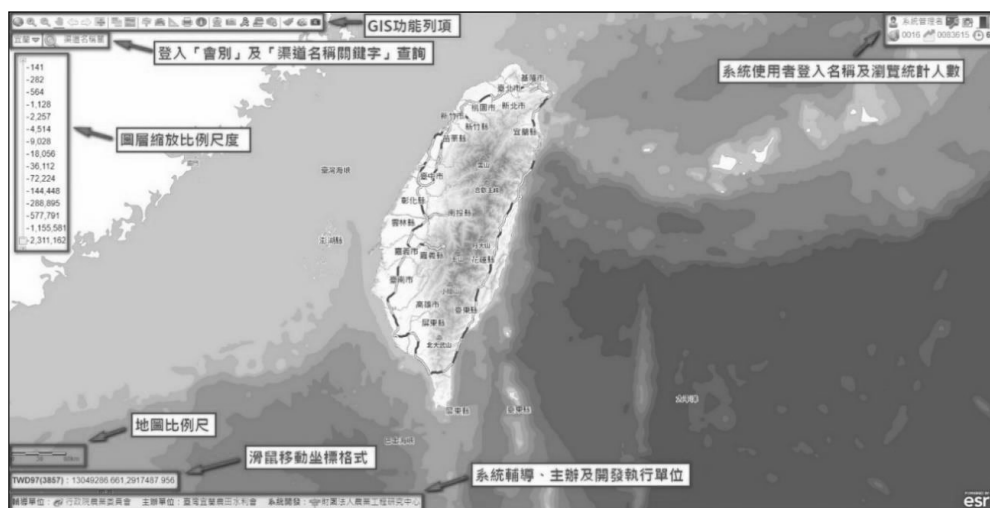


圖 5-3 iGIS 2.0 圖台系統操作介面

(二)環域分析工具：環域分析功能則為套疊兩種圖徵後，以交集方式，套疊出所覆蓋到的內容資料，在此項功能可進行圓形、矩形週長、四邊形、多邊形等幾何圖形的環域分析應用。環域分析之功能如高鐵延線 30 公尺內影響之農戶資訊等，其操作如下：

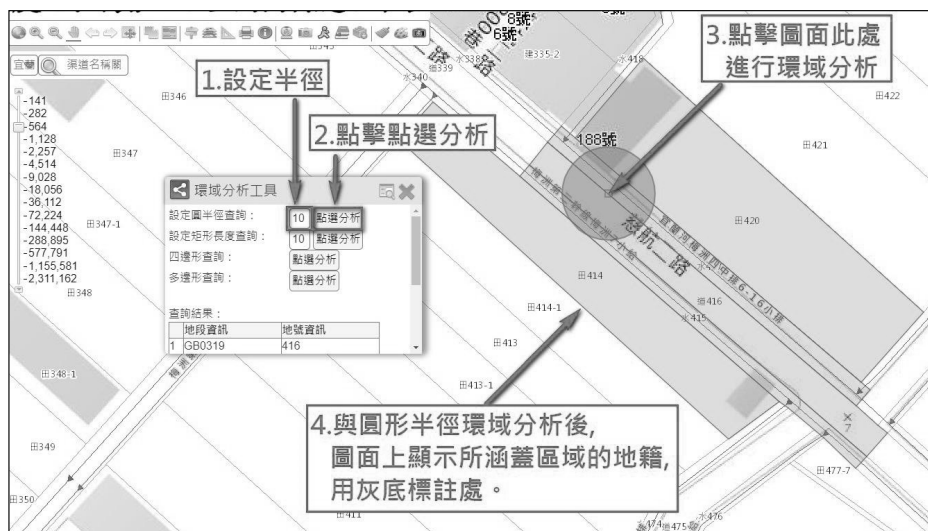


圖 5-4 環域分析功能以圓形半徑操作程序

(三)渠道查詢：渠道查詢功能分為：渠道名稱關鍵字查詢、渠道區段樁號查詢、渠道區段環域分析等四種類型查詢，其分述項目說明如下：

1.渠道名稱關鍵字查詢：渠道關鍵字輸入(至少輸入兩個字元)後，圖面立即展繪，並以綠色線段標註整條渠道位置定位，如下所示：

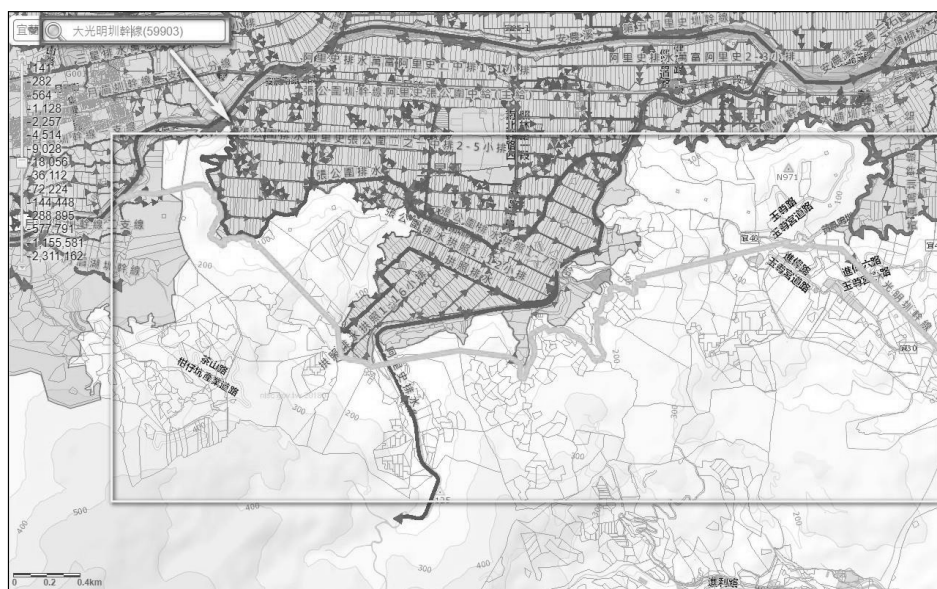


圖 5-5 渠道名稱關鍵字查詢

2.渠道區段樁號查詢：渠道區段樁號查詢為進行渠道區段間起、迄樁號 K 數查詢方式，其操作，如下所示：



圖 5-6 渠道區段樁號查詢

3.渠道定點樁號查詢：渠道定點樁號查詢為任其點擊渠道任一位置上，系統立即判讀該點擊位置樁號 K 數，並顯示標記圖面上，並可勾選反向則為渠道終點啟算之樁號 K 數，未勾則以正向渠道起點啟算樁號 K 數。其操作如下所示：



圖 5-7 渠道定點樁號查詢

4.渠道區段環域分析：輸入渠道起、迄樁號 K 數之區段後，並設定渠道區段半徑長度，進行渠道與地籍環域分析查詢，渠道區段半徑環域分析後，顯示涵蓋地籍圖地段、地號清單項目。其操作如下所示：



圖 5-8 渠道區段環域分析

(四)定位工具：分「行政區界」與「門牌地址定位」、「地籍定位」、「灌區內外查詢」、「灌溉管理分區」、「水權狀」、「坐標」、「MIS 查詢」及「新舊地號查詢」等 9 項功能，詳述如下。

1. 行政區界、門牌地址定位

- (1). 行政區界定位查詢提供縣市、鄉鎮區界範圍查詢，可透過下拉式選單，個別針對縣市或鄉鎮進行定位查詢。
- (2). 地址定位可透過行政區界縣市、鄉鎮下拉式選單的欄位值，自動填入至地址欄位值，再依使用者自行輸入門牌地址，即可進行定位，並可點擊「MIS 查詢」檢視鄉鎮(Town)圖層屬性資料內容。



圖 5-9 門牌地址定位

2.地籍定位

可依縣市、鄉鎮及段名的下拉式選單點選，再填入地號，也可在地號欄位中，先輸入地號數值，則下列欄位就自動產生相關數值地號，並將其地號加至定位清單項目內，即可進行單筆、多筆之地籍定位。



圖 5-10 地籍定位之多筆定位方式

3.灌區內外查詢

水利會灌區服務範圍係以各水利會所屬服務區域範圍之水利小組界與地籍圖，以「中心點」落入分析判釋區域範圍是否為灌區內或灌區外。點擊圖面地籍坵塊若為灌區服務範圍內之土地，則連帶顯示所屬管轄範圍之水利會會別、管理處、工作站及水利小組等資訊內容。

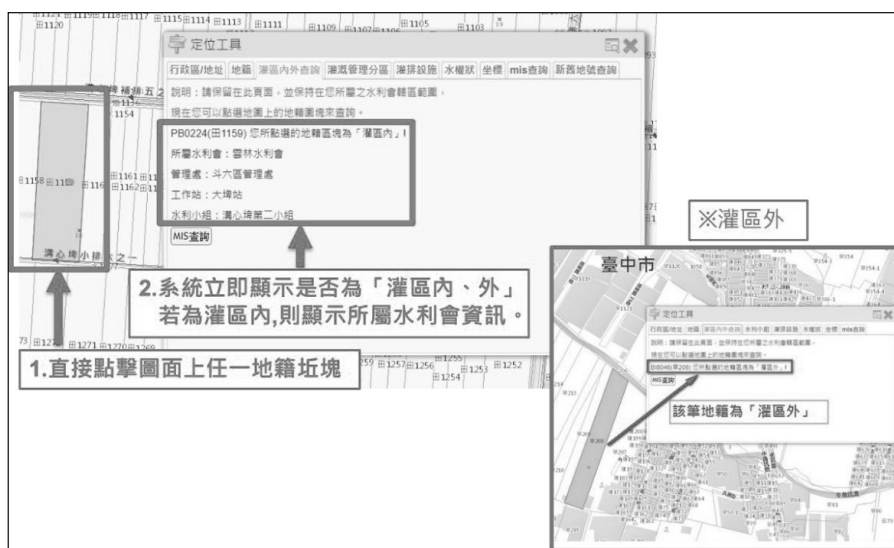


圖 5-11 灌區內外查詢

4.灌溉管理分區定位

坐標定位方式，可輸入坐標值或點擊圖面任一點位置，即可進行坐標展示，本系統採用 TWD97(EPG3857)投影坐標格式，因此坐標定位律定以此格式輸入為主；另外，本功能亦可進行多筆坐標定位方式，可透過文字檔.txt 格式，輸入多筆 TWD97(EPG3857)投影坐標，即可進行批次多筆坐標定位。



圖 5-12 坐標定位

5.灌排設施

灌排設施係為水工構造物，其功能可依據水利會層級架構的下拉式選單方式，進行點選項目，並選擇至「灌排設施」項目，則將羅列出該區域層級的水工構造物名稱，進行檢索查詢。

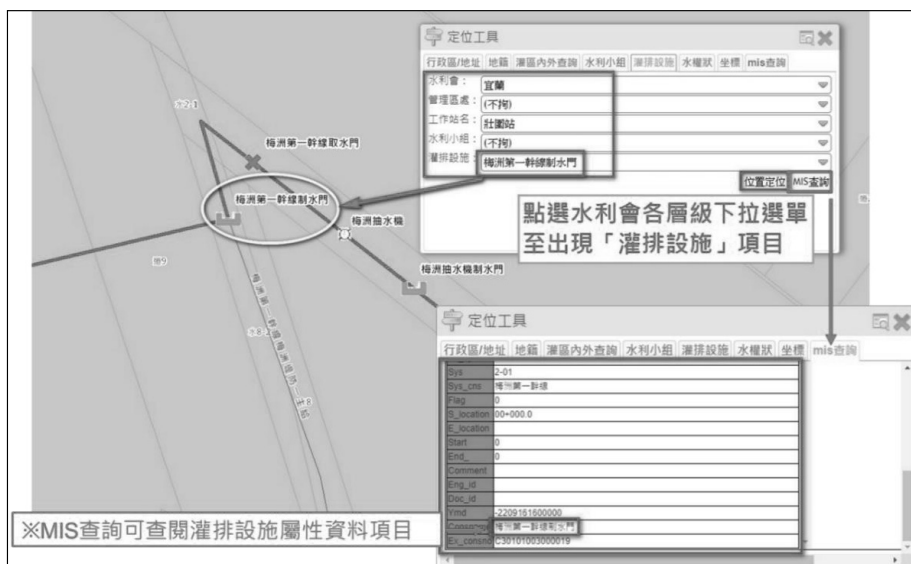


圖 5-13 灌排設施

6.水權狀

水權狀範圍為提供灌溉受益區域範圍的面圖層資料，透過水利會層級檢索，再查至水權狀，即可顯示水權受益範圍及計算灌溉面積。



圖 5-14 水權狀查詢

7.坐標定位

可輸入坐標值或點擊圖面任一點位置，即可進行坐標展示，本系統採用 TWD97(EPSCG3857)投影坐標格式，因此坐標定位律定以此格式輸入為主；另外，本功能亦可進行多筆坐標定位，可透過文字檔.txt 格式，輸入多筆 TWD97(EPSCG3857)投影坐標，即可進行批次多筆坐標定位。



圖 5-15 坐標定位

8.MIS 查詢

MIS 查詢為圖資屬性資料展示，本系統功能將 MIS 查詢分為兩個部份：一為基本資料，係以進行檢索本系統 GIS 圖台發布的圖資屬性資料內容。二為 MIS 查詢，係以透過 API 介接各水利會自主開發的 MIS 系統檢索屬性資料內容查詢。



圖 5-16 MIS 查詢

9.新舊地號查詢

為介接內政部地政司地政整合資訊服務共享協作平台，提供「新舊地建號轉換服務」API，以供新號查舊號及舊號查新號功能。

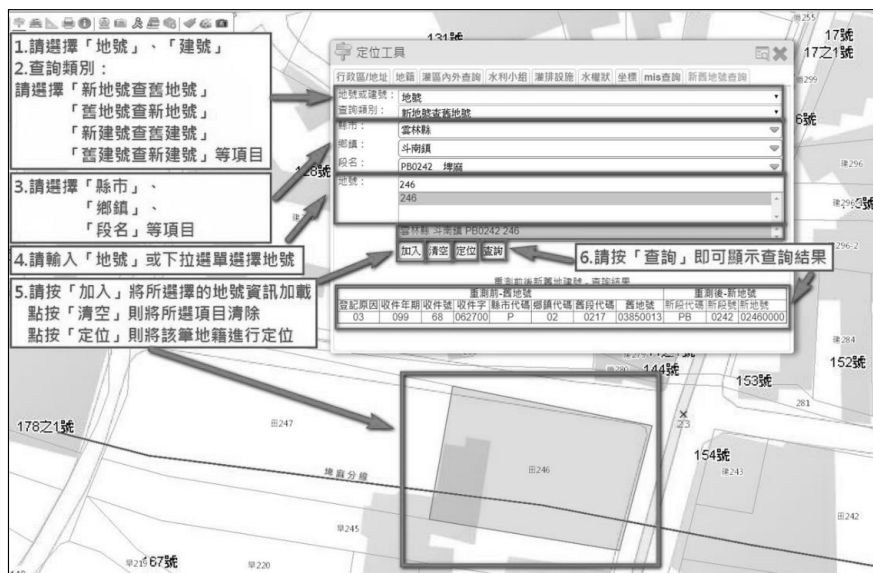


圖 5-17 新舊地號查詢服務

(五)圖層開關

圖層開關，如下圖所示，功能分為點圖層、線圖層、面圖層、底圖切換及 WMS 等 5 個部份。

1. 點圖層、線圖層、面圖層等三個類型的圖層係以提供本系統伺服器 ArcGIS Server 所發布點、線、面等向量圖徵等地圖服務，進行圖資套疊載入應用，並具備圖層透明度調整功能。
2. 底圖切換功能則是將影像圖磚進行套疊，而影像圖資來源由本系統 ArcGIS Server 所發布之 WMTS 圖層(如：農航所航照圖)，或透過介接外部單位所發布的影像圖層(如：農委會資訊中心的航照圖、國土測繪中心臺灣通用電子地圖等圖資)等圖層資訊。
3. WMS 服務提供投影坐標必需為 TWD97(EPSG3857)格式的 WMS 圖資網址進行圖層套疊服務，其圖層編號則為圖資分類編碼。



圖 5-18 圖層開關-載入圖資

(六)測量工具

測量工具的功能是提供可在圖面上進行量測工具進行長度及面積的量測，並具有單位尺度的換算機制。

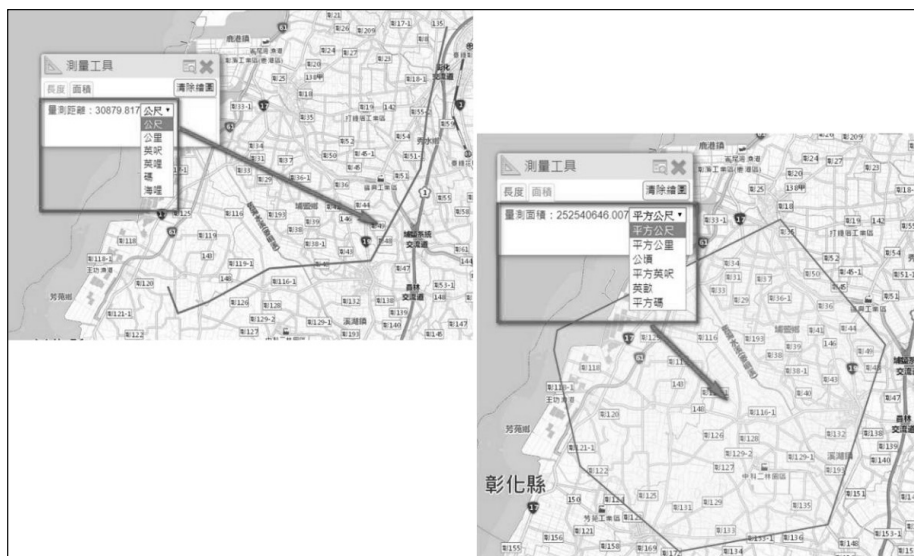


圖 5-19 測量工具

(七)地圖列印

地圖列印功能則是完成地圖查詢檢索或分析後，點擊地圖列印功能，可存取檢索地圖進行出圖作業，地圖列印出圖格式，標註主題名稱、指北針、比例尺、資料來源、日期時間等項目。



圖 5-20 地圖列印

(八)圖徵屬性查詢

圖徵屬性查詢(identify)功能，如下圖所示，點擊圖面任一圖徵位置，並依對象圖層定義檢索地圖查詢顯示相關圖層屬性資料內容。

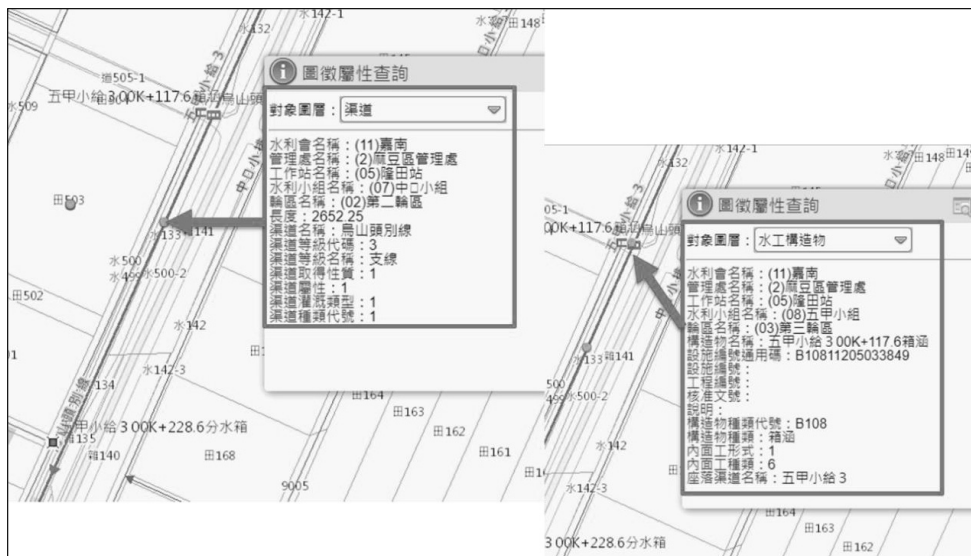


圖 5-21 圖徵屬性查詢 1



圖 5-22 圖徵屬性查詢 2

(九)監視器、水工構造物照片、街景

1.監視器

為各水利會架設於水工構造物或重要灌排設施上監視器，以便於監控作業，畫面可透過網址進行遠端監控。因此，可開啟監視器圖層進行位置定位，並透過監視器網址對應載入，查閱 CCTV 畫面，如下圖所示。



圖 5-23 監視器

2.水工構造物照片

水工構造物照片為各水利會進行水工構造物及灌排設施調查拍攝的照片記錄，並將其照片檔案存取伺服器端，並與灌排設施圖層(Cons)一同建置水工構造物之照片檔名路徑，因此，可透過開啟水工構造物圖層，載入水工構造物圖片資訊，如下圖所示。

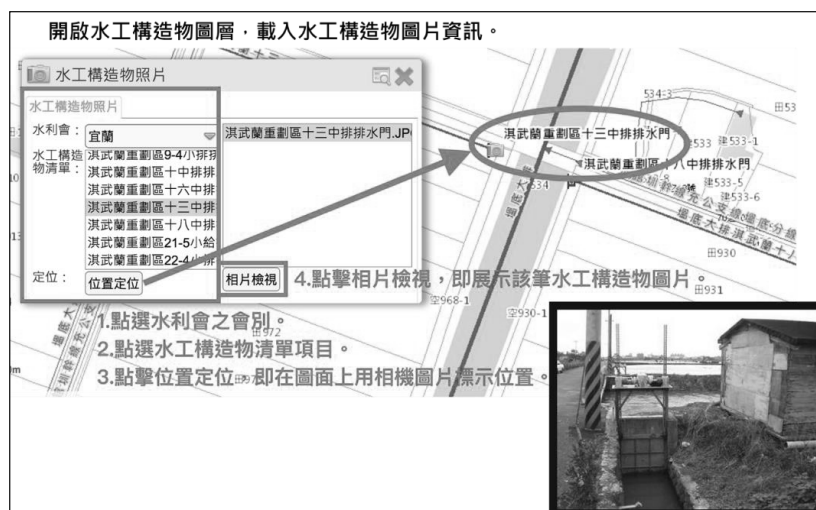


圖 5-24 水工構造物照片

3.街景

為因應 Google API 改採收費制度，因此改寫此項功能為點到圖面道路，以另開啟視窗方式載入 Google 街景，如下圖所示。



圖 5-25 Google 街景影像

(十)書籤、臨時展繪、地圖清理、主題繪圖、照片管理

1.書籤

可儲存檢視地圖查詢畫面的四角坐標為可視範圍區域，於下次登入時，可查閱歷史記錄，開啟此筆，即可展示先前查詢地圖作業範圍。



圖 5-26 書籤功能

2.臨時展繪

(1)上傳 KML 或 KMZ 檔案，可進行 KML 或 KMZ 檔案格式上傳，並載入展繪檢視圖層。



圖 5-27 臨時展繪-載入 kml 或 kmz 檔

(2)上傳 SHP 檔案，可進行 shp 檔案上傳，載入 GIS 圖台進行預覽，但必須符合系統操作說明條件，如下圖所示。



圖 5-28 臨時展繪-上傳 SHP 檔案

3.地圖清理

清除多餘或已不必要產生查詢的圖徵，如下圖所示。

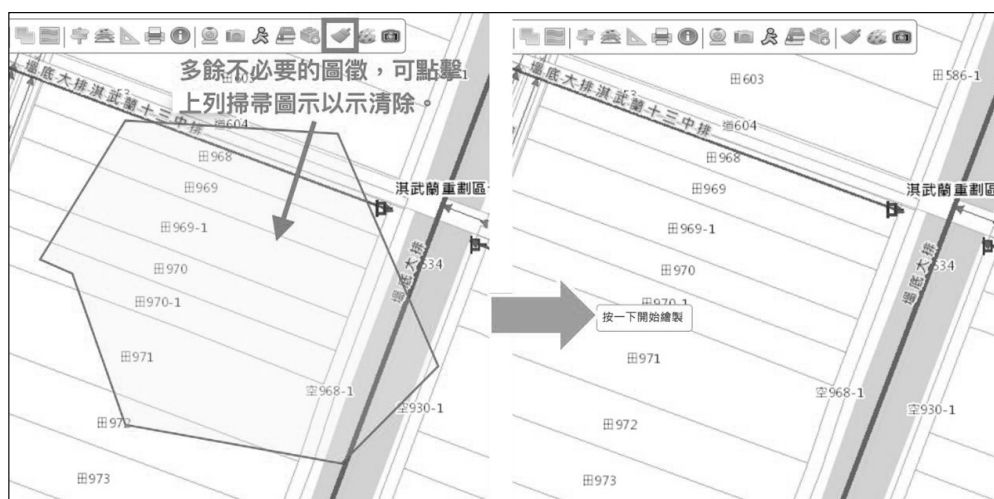


圖 5-29 地圖清理

4.主題繪圖

主題繪圖可於圖面上繪製點、線、面及輸入文字標記，並存取該項記錄，且依使用者登入會別，設定瀏覽使用條件，選擇是否為個人儲存、分享瀏覽的權限，或開放給予其他使用者進行查閱、觀看所繪製的主題圖層內容，如圖 5-30 所示。

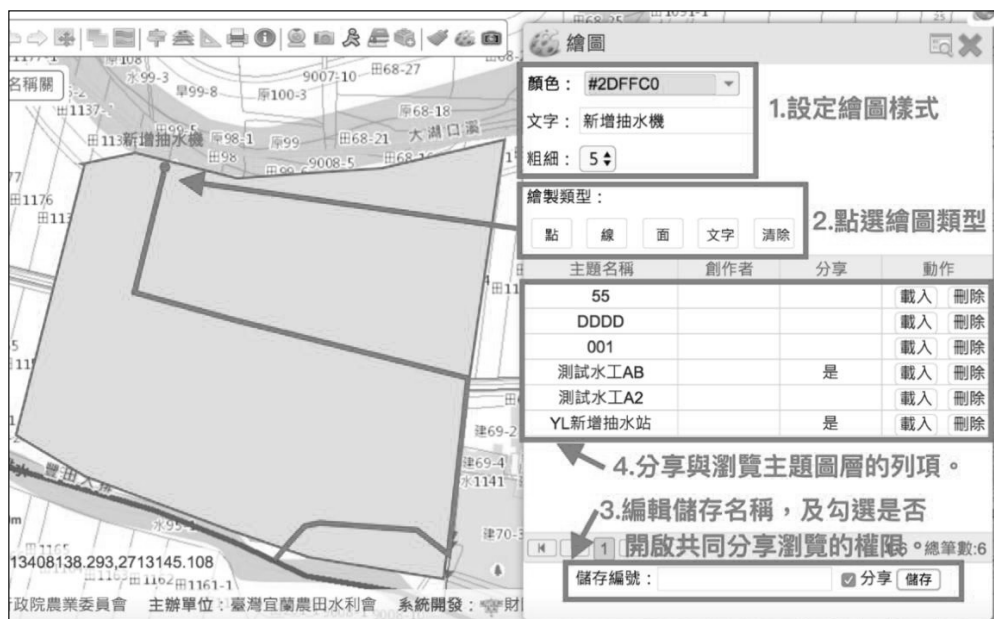


圖 5-30 主題繪圖

5.照片管理

使用者透過行動版 GIS 系統 APP 上傳照片檔案後，可回饋至 GIS 圖台上，進行自主管理，並可檢視及載入照片定位，如圖 5-31。



圖 5-31 照片管理

以上為 iGIS 2.0 圖台系統各項功能操作介紹與應用說明之成果展示。

(十一)行動版 GIS 系統

後續因應各水利會人員經常性進行現地勘查記錄與查詢介接現有資訊管理系統之需求，開發行動裝置版 GIS 系統平台，提供於手機或平板電腦等行動裝置之應用，符合水利會人員操作使用習慣，來提供現場調查之服務。

行動 GIS 系統以 APP 為主的部份，開發原生 APP 的系統工具，對象以適用 Android 作業系統的行動裝置為主，該項 APP 系統發布至今，其系統操作功能性，改善外業調查、現地會勘之定位查詢方式，並具備地籍及渠道屬性資料查詢之檢索之優點，視為外業調查之工具。

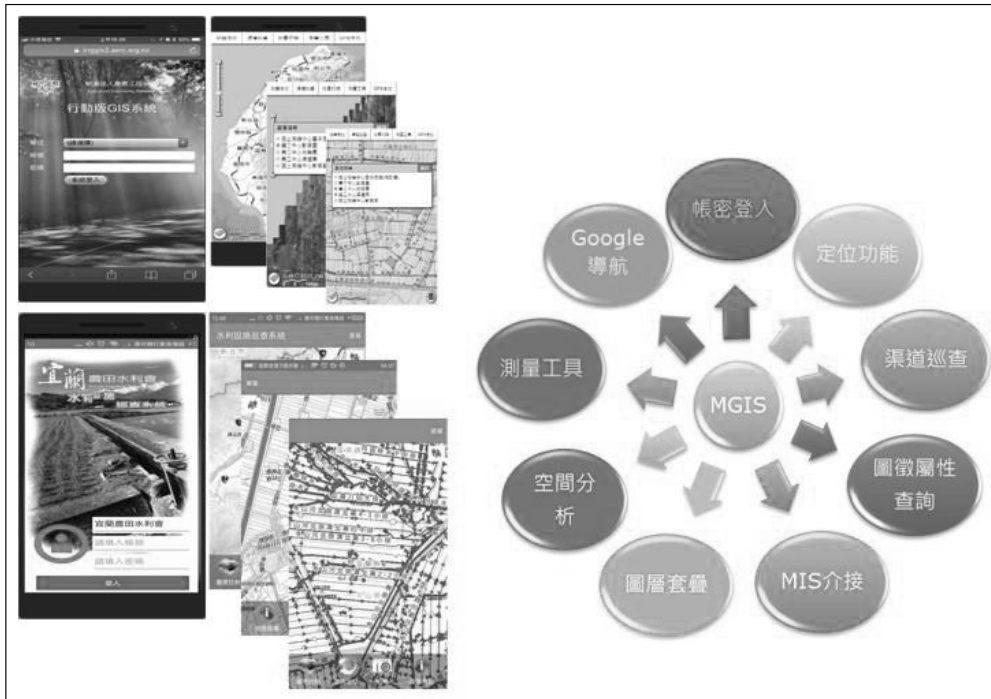


圖 5-32 行動版 GIS 系統

五、未來發展

農田水利會為因應現今網路資訊科技、行動數位化的潮流，已逐漸跳脫傳統紙本管理方式，並精進發展 GIS 應用技術及搭配行動網路建置一套專屬農田水利應用的客製化 iGIS 圖台及外業現勘調使用的 APP 系統，提供灌溉管理業務的執行效率。

面臨網路資訊數位化的脈動，隨之而來是逐年累積起來的歷年度各式各樣的網路資料，在資訊爆炸的年代，衝擊著大數據的海量資料，因此後續農田水利會的未來發展，也即將面臨到 GIS 圖資資料量的大量存取，未來將思考如何透過 GIS 既有資料進行最有效的大數據分析，進而執行資料探勘與管理，將存取歷史演化的資料，透過依時間軸距的列示與排序，加值成為最有用統計資料的考據，以提供當面臨各項管理決策問題時，能優化提列最佳的解決問題的決策管理分析與應用。

如同面臨極端氣候的變遷，當災害來臨前夕，可依據過去歷史資料，進行模擬任何災害演變的路徑，以提供適時配套措施，以提高預防與示警評估，進行降低災害受損的風險。

另在災害發生時，也能依據現況發生情況，進行分析即時補救措施與辦法。更於災害發生後，可依循大數據分析出演變途徑，進行尋線受損情況的回報與提供善後的處置。

5.3、遙感探測與農業應用

5.3.1、什麼是遙感探測

遙感探測簡稱為遙測，這個名詞經常出現，但它究竟是什麼，對農田水利人員有什麼用處？遙測這個名詞源自英文的 Remote Sensing。Remote 為遠隔或遙遠的，Sensing 為感覺的意思。有人將遙測定義為「人類對環境的事物與現象，利用儀器探測，而不作直接的接觸，以獲取所需情報的技術」。廣義的遙測可說與人類的眼睛歷史同樣久遠。早期人類為求生存以眼睛尋找獵物、察知危難，以事先設法防範或逃避，眼睛即為當時最精巧的遙測工具。目前科學日益發達，遙測利用飛機、衛星等將比人類肉眼更精密的感測器送到有利的觀察位置，在遠距離蒐集資訊。遙測與我們與生俱來的視力與聽力相較，好比以望遠鏡拓展我們觀察的距離，以專門的感測器觀測紫外光、紅外光、雷達等人眼所不能感知的電磁波段，來延伸我們探索環境的能力，再加上氣球、飛機及衛星等飛行器械的發展，感測器得以自由的移動，來到最適宜的觀察位置記錄資訊。

過去，遙測技術經常因為戰爭需要而得到進展。在 1870 年法俄戰爭中，氣球首次被雙方作為偵察之用。第一次大戰起，飛機被作為軍事偵察的利器，在第二次世界大戰時，空中偵察及空中照相更是軍事行動中不可缺少的一環。這時期也發明了紅外光照相的技術來突破對手的反偵察偽裝。二次戰後的冷戰時期，促成了間諜衛星的發展。今天，遙測已經是我們每日生活的一部份。氣象報播報員利用天氣雲圖解說未來的天氣；新聞記者在直昇機上拍攝洪水、地震災難現場的狀況；測量人員利用航空相片來製作地圖；環境學者依賴遙測來蒐集環境資訊；農業研究人員利用遙測影像來監測作物生長的狀況。由於遙測技術能夠在最內短的時間，蒐集大範圍的資料，已經成為我們瞭解大地不可或缺的利器。

5.3.2、遙測基本原理

遙測是對環境事物與現象，不做直接測定，但欲觀測地表面各種物體與現象，得藉由一些物理量的傳達，此物理量即為電磁輻射(electromagnetic radiation)。地表面上各種物體，對於電磁波有不同反射強度，亦有不同輻射強度，而遙測資料即是記錄地物的這種光譜反應，因此欲研究遙測必須先對電磁波特性有所瞭解。如人的眼睛所能感受的可見光是電磁波的許多種型態之一，我們所熟知的無線電波、熱量、紫外線及 x 射線等亦屬電磁波的其它型式。電磁波是以光速進行，由基礎物理學可知電磁波做下列公式運動：

$$c = f \times \lambda$$

式中，c＝光速；

f＝頻率；

λ = 波長。

波在物理學上，分為橫波與縱波，如聲波振動的位移發生於波動進行傳播的方向者稱縱波。水波的振動位移則與傳波進行的方向垂直，稱為橫波，並由二個振動場所構成，一為電場，另一為磁場。電場與磁場互成直角，而兩者共同又與傳波進行的方向成直角，如圖 5-33 所示。

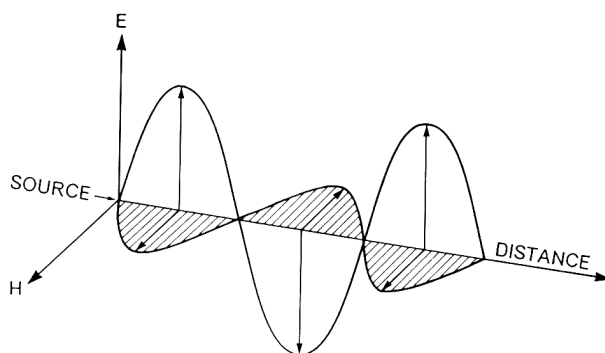


圖 5-33 電磁波中電場與磁場能的傳播圖

電磁波傳播的速度一定，然其波長可有變化，且為一連續的變化，此波長變化的圍稱電磁波譜(electromagnetic spectrum)。電磁波譜內依波長位置不同，可將電磁波加以分類為許多不同功能之波，如圖 5-34 及表 5-5。其中最常利用的波段為可見光段，反射紅外光段(reflected infrared, IR)、熱紅外光段(thermal infrared)，及微波(microwave)等電磁波段。

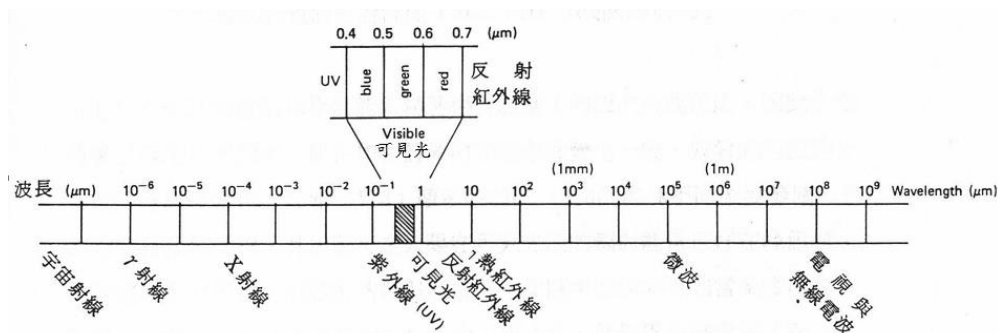


圖 5-34 電磁波譜連續分佈圖

雖然電磁輻射的許多特性可藉波動理論求得，但另一個理論剛說明了電磁能如何與物質交互作用，此學說即所謂的粒子學說。在粒子學說中，電磁輻射是由許多光子(Photons)或量子(quanta)等小單元組合而成，量子能量為

$$E = h \times f$$

式中，E = 量子能量，單位為焦耳(以 J 表示)；

h = 普朗克常數，其值為 6.626×10^{-34} J/sec。

因此可得知波與電磁輻設作用中量子模型的關係，其關係式為：

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

由上式中可看出量子能量與波長成反比，即波長愈長，能量愈少。故從遙測觀點來看，自然界中長波段輻射能的放射(如地表物體所放射的微波)，要比短波段輻射能的放射(如熱紅外線能量的放射)更難感測出。

表 5-5 電磁波譜中之主要類別

電磁波類別	波長範圍
加瑪射線	< 0.03 nm
X-射線	0.03-300 nm
紅外線	0.30-0.38 μm
可見光	0.38-0.72μm
近紅外光	0.72-1.30μm
中紅外光	1.30-3.00μm
熱紅外光	7.0-15.0μm
微波	0.3-30 cm
無線電波	≥ 30 cm

在遙測中太陽是最明顯的輻射來源，然而，所有溫度在絕對溫度零度(0K或-273°C)以上的物質都會放出電磁輻射。因此，地球上的任何物質均是輻射來源，且其輻射量與其表面溫度有關。此性質可以史蒂芬一波茲曼定律(Stefan-Boltzmann Law)來表示，關係如下：

$$W = \sigma T^4$$

式中，W＝物體表面的全部輻射強度， $w m^{-2}$ ；

σ ＝史蒂芬一波茲曼常數， $5.667 \times 10^{-8} w m^{-2} K^{-4}$ ；

T＝放射物質的絕對溫度(absolute temperature)，K。

由上式可知物體放射的全部能量隨著絕對溫度 T 的四次方成正比，因此能量隨著溫度增加而遞增。而正如物體放射能隨溫度變化一般，放射能的波譜分佈也隨著溫度變化。如圖 5-35 顯示從 300°k 到 700°k 不同溫度範圍，黑體的能量分佈曲線，且由圖可知太陽在可見光段的輻射能量正好在峰值處。輻射體的溫度愈大，所放射的輻射能愈大，從圖中曲線亦可知當溫度增加，黑體輻射曲線達到最大值時的波長，即主要波長，依維恩位移定律叫(Wein's displacement law)可知其與溫度之關係如下：

$$\lambda_m = \frac{A}{T}$$

式中， λ_m ＝最大波譜輻射強度時的波長；

$$A = 2898 \mu\text{m K} ;$$

T＝絕對溫度，K。

因此由此式可知，地球表面的溫度(即地表物質諸如土壤、水及植物等的溫度)約為 300K(27°C)左右。由維恩位移定律可知，地球產生最大波譜輻射強度時的波長約為 9.7 μm 。

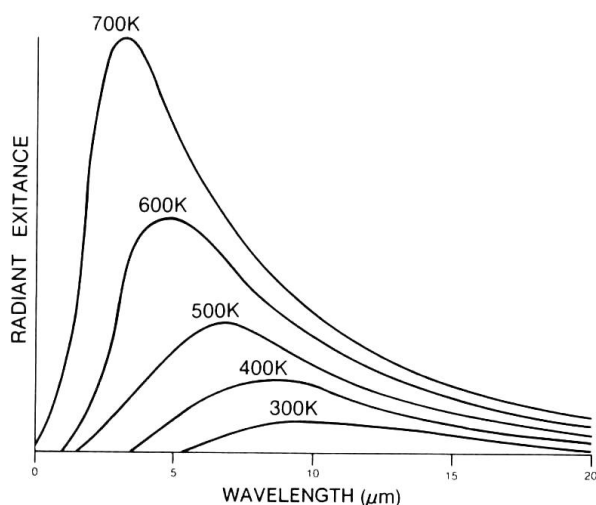


圖 5-35 各種絕對溫度的黑體電磁波能量曲線圖

5.3.3、大氣對電磁輻射的影響

無論以何種能源，輻射線在被感測器所偵測到之前，必定在大氣層中穿越若干距離，因此大氣對這些輻射線便會有吸收(absorption)與散射(scattering)的現象產生。所謂大氣散射是大氣層中的粒子作不可預測的擴散性輻射作用。當大氣分子以及其他直徑比輻射波長為小的微小粒子與輻射線交互作用時，通常稱之為雷氏散射(Rayleigh scatter)。另一種散射方式稱之為米氏散射(Mie scatter)，它存在於大氣層中粒子的直徑與被感測到的能量波長大約相等，其中水蒸氣和灰塵是導致米氏散射的主要原因。而第三種散射則為非選擇性散射(nonselective scatter)，此現象要在粒子直徑遠大於被感測到的能量波長時才會發生。而大氣層中的吸收作用會導致能量在大氣層中損耗的效果，這種現象通常發生在某些特定範圍的波長，如太陽輻射最有效的吸收體為水蒸氣、二氧化碳及臭氧，因為這些氣體易吸收特殊波段的電磁能，因此對於遙測系統所觀察的波譜影響相當巨大。在大氣中的能量可穿透某些特別的波段，這些區段稱之為大氣窗(atmospheric windows)，如圖 5-36。圖中的陰影部份表示能量受大氣層阻擋的波譜範圍，而遙測資料是由未受阻擋的範圍中取得，

該範圍即上述的大氣窗。由於有大氣窗的存在，所以在選擇感測器時，必須要考慮到希望感測的波譜區域中是否有大氣窗的存在。

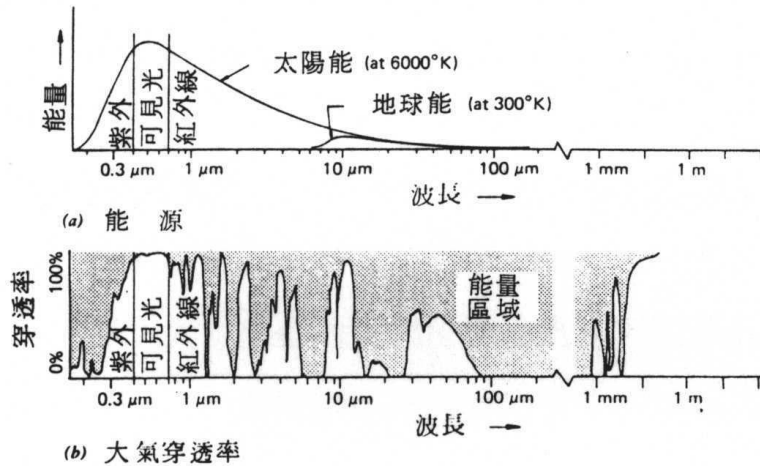


圖 5-36 电磁辐射穿透大气层较好的区段(大气窗)

5.3.4、近红外光与热红外光的特性

光学中将波长为 $0.75 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 的电磁波称为近红外光，近红外光遥测之能量来源为地表反射之太阳光，故又称为反射红外光(reflected infrared)。此段光波不能为肉眼所见，但却可以用软片感光。近红外光照片有黑白及彩色之分。近红外光黑白照片最大的用途在于海岸线及水资源的调查，因为水体能够吸收近红外光线，故在红外光照片上水体将呈黑色，色调对比甚强，极为醒目。同时近红外光线穿透大气层的能力比可见光远强，放在朦胧的天气照相，红外光照片仍十分清晰。近红外线彩色照片又称为假色照片(false color photograph)，因为在照片上的景物其色彩与真实的颜色大异其趣，如植物呈红色，都会区呈灰蓝色，纯净的水则表现为黑色。一般而言，反射红外线的景物在此种照片上呈红色，反射红色的景物呈绿色，而反射绿色的景物则呈蓝色，亦即在近红外光照片上所显现的颜色均较物体的真实颜色降低一个波段(例如由红色降为绿色，由绿色降为蓝色等)。然特别要说明的是植物的反射特性较为特殊，它虽然反射绿色，但反射最多的却是近红外线，此非肉眼所能感觉，因此近红外线照片确实使人的视觉能力更为延伸。此外，近红外光彩色照片极适合于植生和水分的研究，岩石露头或土壤内水分含量的变化一般在照片上极为醒目，因此对于危险边坡及崩塌地的调查，从近红外光彩色照片可获得极佳的效果。

虽然近红外光用途相当广泛，但地球上物体反射太阳光的能力到 $3 \mu\text{m}$ 以后即趋减弱。因此要测量更长的波长时，不再是反射能，而是辐射能。辐射能係自物体本身放射出来，此部份辐射能係反应地表本身之运动温度(kinetic

temperature)，運動溫度乃由於物體分子運動所產生能量之轉化溫度，故遙測上將此電磁波稱為熱紅外光(thermal infrared)，以示此部份能量來源主要為地表放射出之熱能。熱紅外線波段中有些小波段易被大氣層所吸收，因此在遙測上只用兩個窗口(波段)，分別是 3 至 5 μm ，及 8 至 14 μm 。

在地球表面的溫度約為 300 K，太陽之溫度約為 6000 K。地表幾乎無法放射出近紅外光段(0.7-1.3 μm)之能量，而根據維恩定律，地表所能放射最大能量強度之波長為 9.66 μm ，此波段正位於 8-14 μm 之大氣窗內，其能量之大部份可透過大氣為遙感探測器偵測得到。

雖然太陽所放射之輻射能亦包括熱紅外光段之能量，但此能量於穿透大氣層到達地表時，部份為大氣層所吸收。到達地表之能量又有部份為地表覆蓋所吸收，部份則再被反射而再度進入大氣層。此能量經大氣吸收、散射後，部份可到達遙感偵測器。唯由於到達偵測器所需經過之路徑(Path)不同，故熱紅外光遙測之主要輻射能來源係地表所放出者，而非來自太陽幅射再經地表反射回大氣層之能量。

熱紅外線能量的接收需利用掃瞄方式，導入感測器(sensor)而後記錄在磁帶上，再變成影像(image)。使用多波段掃瞄儀時，可以從紫外線、可見光、攝影紅外線，一直到熱紅外線分成數個至十數個頻道(channel)一一接收。熱紅外線掃瞄的飛行時間一般均選擇在黎明前，因為此時溫度較為穩定，而且沒有反射能(即太陽光)的干擾。為了地質的研究，更不願在白天飛行，因為在日間的向陽坡較熱，背陽坡較冷，故在熱紅外線影像上顯露者為地形而非地質。

對未固結的沈積物而言，顆粒愈大，吸熱與散熱愈快，亦即白天熱得快，夜間亦冷得快。例如在黎明前的熱紅外線影像上，礫石層感覺最冷，其它依次是砂質土及黏土。土壤內的水分有降低土層溫度的功能；斷層帶亦因含有水分而溫度略低，可顯示於影像上。在夜間影像上，固結岩層比未固結岩層還冷，而砂岩比頁岩冷。水與岩層正好相反，兩者相較之下，水在白天較冷而夜間較溫。熱紅外線影像亦可用來辨認崩塌地，此因崩塌地質含有較多的水分，其溫度與周圍的岩層有異。

5.3.5、波譜反射率曲線

圖 5-37 代表三種基本型式的地物：健康的綠色植物，乾裸的土壤(灰棕壤土)以及透明的湖水等典型的波譜反射率曲線。圖中線條代表著每一種地物，由甚多樣本的平均值所編輯而成的反射率曲線。這些曲線說明了有關波譜反射率的一些基本性質。

由圖可知，由於植物葉子對於藍光及紅光能量吸收率很高，又極易反射綠光能量，因此吾人所見之健康植物都是綠色的。若植物受到某些病害而影響到其正常成長及生產力時，它可能減少或停止生產葉綠素，結果將減少葉綠素對藍光及紅光波段的吸收。紅光反射強度的增加使吾人看到的植物轉變

成黃色(由綠色及紅色組合而成)的印象。在反射強度曲線凹下處發生在波長1.4、1.9、2.7 μm 的地方，因為在此波段樹葉的水分吸收力最強。因此在波譜中這些波段稱為水吸收帶。

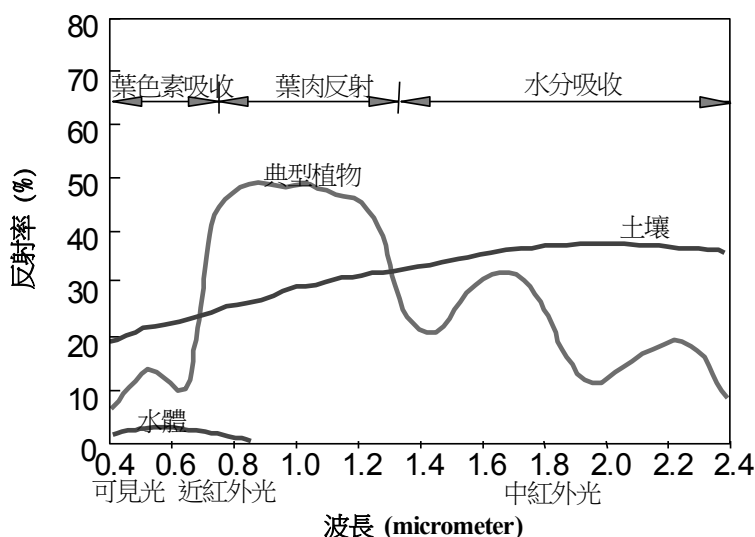


圖 5-37 綠色植物，土壤以及透明的水體等典型的波譜反射率曲線圖

在圖中，土壤的反射強度曲線峰谷之間變化較少。其意義為因特殊波段作用而產生影響土壤反射強度的因素較少，而土壤中含水量與其組織有極密切的關係。如粗糙的砂質土壤常具有良好的排水性，因此導致低含水量，相對的反射強度便增加，排水不良的細質土壤則反射強度較低。若考慮水的波譜反射強度，其最明顯的區別點為反射紅外光波段的高度能量吸收。簡言之，吾人所討論的是由於水體(如湖泊或溪流)或者是在植物、土壤中所含的水分，會吸收反射波段的能量。由於此吸收的特性，在反射紅外波段內利用遙測資料去尋找水體位置並加以描述便十分容易。然水中的物質亦會影響到波譜的反射率，如水體的反射強度也隨著所含的葉綠素濃度而變化，水中葉綠素濃度增加，使得水體在藍光段的反射強度減少，而綠光段的反射強度增加，藉此遙測資料，利用上述變化可測得海藻之位置及估算它們的濃度。

由上述植物、土壤及水的波譜反射強度特性後，可知研究者若能廣泛的瞭解各種地物的波譜反射特性，則對於遙測資料的判讀將會有更大的幫助，也可將遙測的技術做最大的應用。

5.3.6、遙測影像

遙測影像依不同之觀點有不同之分類方式。依探測器之載台可分為空載之遙測影像與衛星之衛星影像。二者飛行高度不同，故具有不同之地面解析力及涵蓋之範圍。依探測能源而言，遙測影像包括主動式與被動式之探測系統。依探測之光譜，則具有多光譜之影像。此外，遙測影像之多時性(重覆觀測性)亦是地表變遷偵測之動態資料之考慮。雖然分類方式可依載具、探測能

源之主/被動性、多光譜性，及多時性辦理。本單元將以載具為主要分類，並介紹遙測影像。

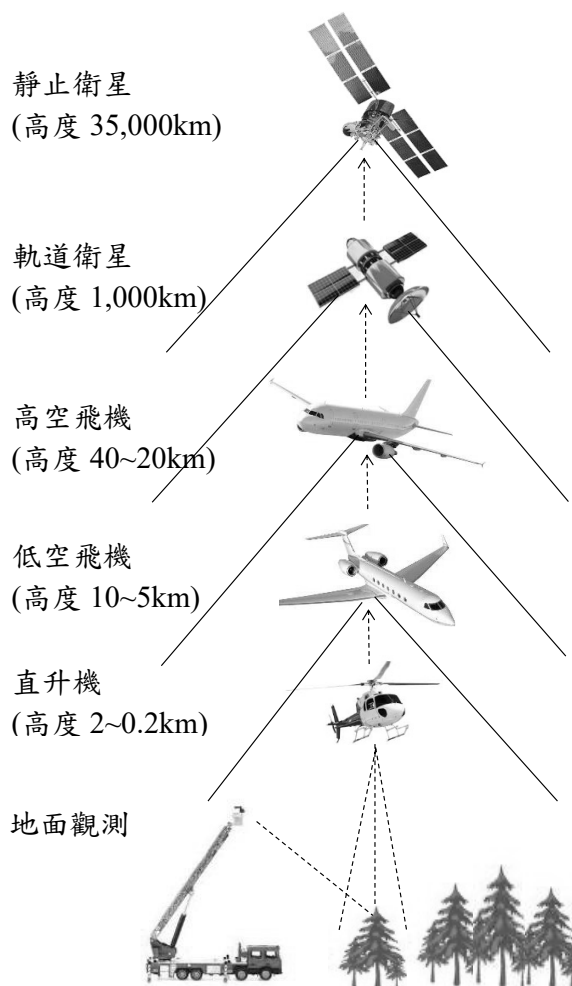


圖 5-38 各種不同之遙測載具

一、空載影像

空載影像之載具為飛機。其影像之主要來源有三，即空照相片、空載多譜掃描儀影像及雷達影像。空照相機以中心投影之方式，將物體空間目標之反射能量記錄於影像平面上。其光譜資訊視其所使用之底片而異。在台灣地區以使用全色態(panchromatic)底片為主。空載多譜掃描儀則以一定之瞬間視場角(IFOV)進行地面目標物之掃描。空載多譜掃描儀影像與空照相片相比較，前者具較佳之光譜解析力，但其掃描時之扭曲，造成影像幾何變形，校正過程較為困難。雷達影像之全天候特性，無論日夜以及雲層狀況，並可裝置於飛機上增強機動性，進而提升其應用性。

(一)正射相片

在照相時，以垂直地面的方法拍攝，所拍出相片中每一個地點的比例尺都近似，稱為正射相片。正射相片經處理後，可用來製成地圖，節省許多地面調查及測量的時間及經費。如果用一系列相同比例尺正射相片來涵蓋整個地區，再將這些鑲嵌成一張大圖，就能夠展現出一個地區全貌。台灣的 1/5000 相片基本圖(如圖 5-39)，就是由正射相片加工製作出來的一套圖。



圖 5-39 台灣的五千分之一相片基本圖(圖中為雲林縣四湖鄉水田)

(二)航空照相

航空照相是最普及、用途最廣且最經濟的遙測技術之一，也是使用最早的遙測技術。航空照相係利用光學攝影系統，將地面的景物以照片形式記錄下來。藉著照片，我們可以同時「鳥瞰」廣大地區的地表現象。由於航空照相同時將所有的地表現象記錄在照片上，不同的照片，使用人可能自照片上獲得完全不同的資料。例如水文學家可能注意照片上所展現的地表水體分佈情形；地質學家注意岩層的分佈及構造現象；農業學家則注意土壤及農作物的種類等。航空照相將地表的現況做成永久的記錄以便隨時在室內研究，而且一張照片可供多人研究，比較同一地區不同時間拍攝的照片可以發現地表的變化情形，達到監測的目的。圖 5-40 顯示民國 88 年 921 地震災害後埔里市郊之航空相片。



圖 5-40 震災後埔里市郊之航空相片

二、衛星影像

衛星影像具有之特性有：(1)涵蓋面積廣，(2)資料量大，(3)具多光譜之特性，(4)具重覆觀測之能力，因此，適於區域性及全球性之環境監視之用。資源衛星的目的是觀察地形地貌、環境污染、森林植被，生態環境等現象。常見之資源衛星包括美國 Landsat 大地衛星、法國 SPOT 資源衛星、歐洲太空總署歐洲資源衛星(ERS-1)。

(一)美國 Landsat 大地衛星

美國 Landsat 大地衛星為美國航空暨太空總署(NASA)很早所著手研究一系列地球資源技術衛星之後期成熟產品。地球資源技術衛星 ERT-1 於 1972 年 7 月 23 日發射升空，為第一個具有中等解像力之多譜掃描系統，並且反覆蒐集地球資源資料的自動操作人造衛星。其設計著眼點，係當作一個實驗系統，以測試無人駕駛人造衛星蒐集地球資源資料的可行性。其後太空總署正式將 ERTS 計畫更名為大地衛星計畫，因此 ERTS 系列衛星重新命名為 Landsat 系列衛星。大地衛星的基本組成。其外型類似蝴蝶狀，高 3 公尺，直徑 1.5 公尺，外伸之太陽能板約寬 4 公尺，重 815 公斤。其環繞地球的軌道高度在 880 公里至 940 公里之間，平均高度約 900 公里。大地衛星由北向南環繞地球運轉，繞地球一周需 103 分鐘，即每天可繞地球 14 圈，其繞行速度約為 6.46 公里/秒。新一代的 Landsat 地球資源觀測衛星，具有四波段多譜掃描系統及主題測繪器(Thematic Mapper; TM)。主題測繪器為一個七波段的掃描器，設計目的在使農業用途的植物分析提昇到最大的能力。以下為主題測繪器的 7 個波段及其特性：

1. 第一波段(波長 0.45 至 0.52 μm)用以調查沿岸水域及土地使用、土壤及植物特性為主。
2. 第二波段(波長 0.52 至 0.60 μm)用以察看位於兩個葉綠素吸收波段之間的植物綠光反射波峰。此一波段主要用於植物調查與生長狀況的評估。
3. 第三波段(波長 0.63 至 0.69 μm)為識別植物最重要的波段。位於葉綠素吸收區段的一個。強調植物與非植物之間的對比及植物種類間的對比。
4. 第四波段(波長 0.76 至 0.90 μm)用以偵測像幅內出現的植生數量，有助於作物的鑑定及強調土壤—作物、土地—水體之間的對比。
5. 第五波段(波長 1.55 至 1.75 μm)主要著重於作物種類，作物含水量及土壤濕度狀況的測定。
6. 第六波段(波長 10.4 至 12.5 μm)為一熱紅外光波段，有助於植物的分類，植物病蟲害的分析，土壤濕度識別及其他和熱有關的現象。
7. 第七波段(波長 2.08 至 2.35 μm)一用以識別各種岩層。

(二)SPOT 衛星

SPOT 衛星是法國公司所發射的資源衛星，SPOT 衛星在離地球 822 公里的軌道上運行，每隔 26 天回到同一地點。在 SPOT 上裝載著兩種的感測器，一種是黑白的，能夠觀測到地表上超過 10 公尺大小的物體；另一種多波段感測器，分別紀錄綠、紅及紅外光的強度；能夠分辨大小超過 20 公尺的物體。SPOT 的影像系統，包括兩具的高解像可見光(HRV)的掃描器，每具 HRV 單元有兩種方式的操作，包括 3 波段多譜與黑白全色態。多譜掃描每波段的範圍是：0.49-0.59 μm (綠)，0.61-0.71 μm (紅)，和 0.80-0.91 μm (反射紅外線)。下圖中三張黑白影像分別為 SPOT 衛星的多光譜感測器拍攝的紅外光(圖 5-41)、紅光(圖 5-42)及綠光段(圖 5-43)竹北地區影像。其中紅外光影像的特別明亮，這是因為植物反射大量的紅外光。不同種類的植物反射紅外光的強度有相當的差異，因此紅外光能夠用來辨認植物的種類及生長的狀況。水體則能有效的吸收紅外光，因此在影像中呈現黑色，所以紅外光可以區分水體及非水體。正因為紅外光能提供可見光所沒有的重要資料，所以許多的感測器中都會蒐集紅外光波段的資訊。

由 SPOT 衛星的紅外、紅、綠三個波段組合成彩色影像，最常用的方法有兩種，分別是紅外光假色影像(圖 5-44)及擬自然色影像。紅外光假色影像將紅外光波段著上紅色，紅光波段著上綠色，綠光波段著上藍色，然後組合起來，所得到的影像中，植物呈現紅色，紅色越鮮豔代表植物越茂密。水體越澄清，水色越黑。聚落則呈現灰藍色。以擬自然色影像方式製作影像時，

則盡量模擬成可見光的效果，植生是綠色的而水體是藍色的。不過因為 SPOT 衛星沒有藍光的資料，因此所製作出來的擬自然色影像和可見光的影像多少有些差異。

(三)歐洲資源衛星(ERS-1)

是歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)負責之衛星，是以太陽同步軌道運行，軌道高度約 785km，軌道傾斜角約為 98.5° ，以 168 天週期運作。ERS-1 衛星合成口徑雷達影像(SAR)系統是以 23° 入射角斜視地面物攝取雷達回波資料，掃描軌跡寬約為 100km，掃描軌跡中心距離衛星軌道投影中心約為 294km。因合成口徑雷達影像不受天候影響，且日夜均可取樣，有助於未來台灣地區遙測應用。

(四)氣象衛星

在衛星上攜帶各種輻射感測儀器，並由各輻射觀測值反演推求諸如溫度、濕度、風、雲、降水和各種氣體含量等氣象要素以及監測各種天氣現象，這種用於氣象目的的衛星稱之為氣象衛星。

1960 年，美國發射第一顆氣象衛星 TIROS-1 升空後，在氣象研究上之應用技術更是蓬勃發展。氣象衛星提供包括劇烈風暴、鋒面、高空槽脊、氣流、雲霧等大尺度運動之特徵，並可監測颱風、風暴及大氣層外地球輻射收支之估算。

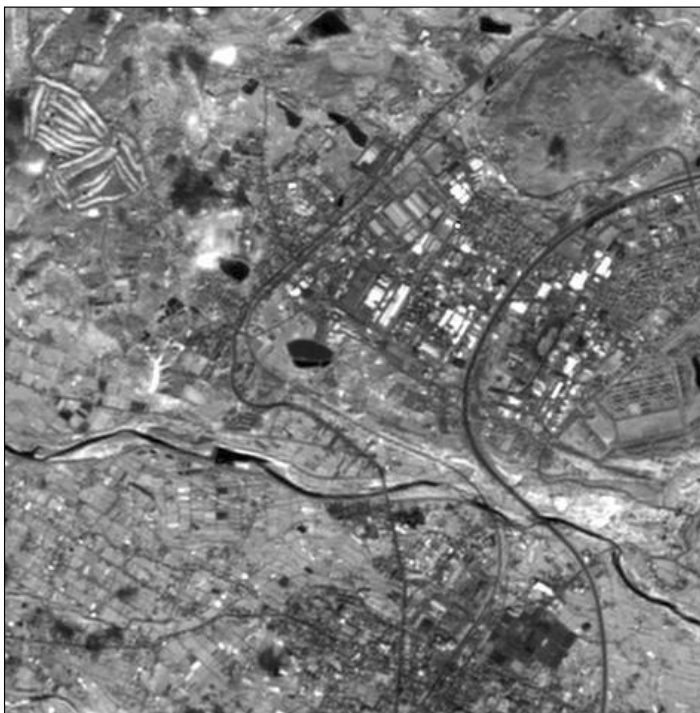


圖 5-41 竹北地區紅外光段影像(SPOT 衛星)



圖 5-42 竹北地區紅光段影像(SPOT 衛星)

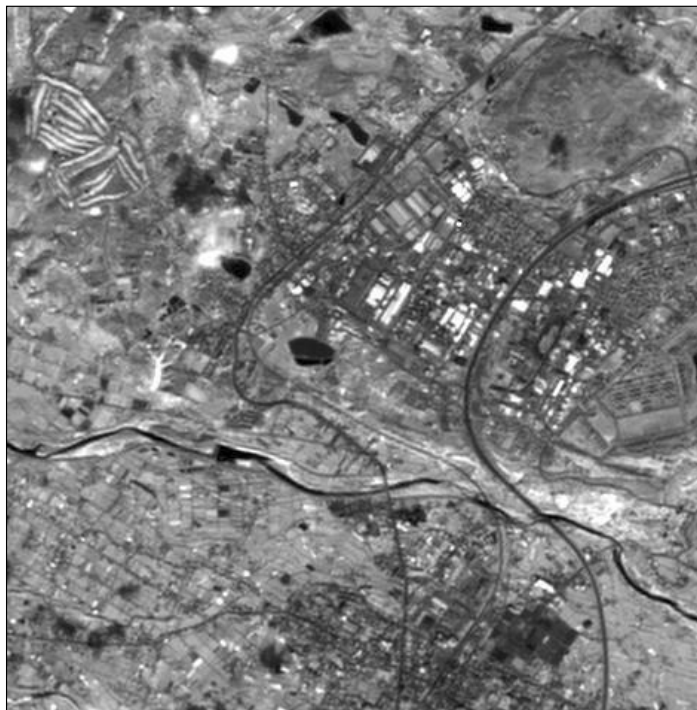


圖 5-43 竹北地區綠光段影像(SPOT 衛星)

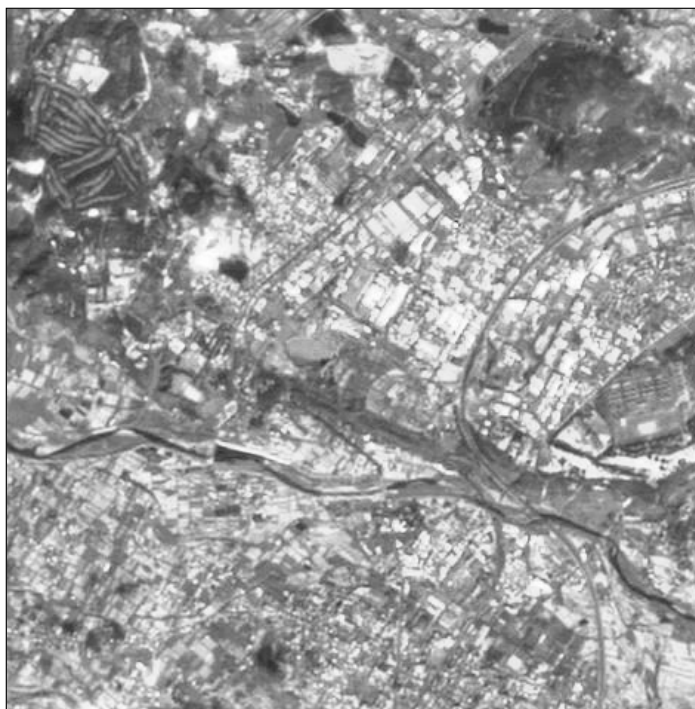


圖 5-44 竹北地區紅外光假色影像(SPOT 衛星)

氣象報告中的衛星雲圖是由 GMS 氣象衛星所拍攝，GMS 氣象衛星在離地球表面 3.6 萬 km 軌道，繞地運行。GMS 環繞地球的速度正好和地球自轉的速度一樣。所以在地面上看來，就好像一直停在同樣的地方，所以也稱為地球同步衛星。NOAA 也是一種氣象衛星，平均飛行高度約 820km，繞地球一周需時約 101 分鐘。除了探測氣象外，NOAA 的資料也可以用來產生植生分佈的影像。

5.3.7、遙測影像之來源

在國科會補助下，設置於國立中央大學太空及遙測研究中心的資源衛星接收站，是台灣衛星影像最主要之來源。太空及遙測研究中心已於民國 82 年底起有系統地接收並處理資源衛星影像，目前已超過 300 萬幅。這些影像之 Meta-Data 及 Quick-Look 和其他由中央大學負責提供之相關遙測資料，可經由中央大學太空及遙測研究中心之網站(<http://www.csr.sr.ncu.edu.tw>)進行查詢(圖 5-45)。目前可提供查詢的項目如下：

1. 遙測技術。
2. 接收站衛星。
3. 衛星介紹。
4. 衛星資料開放。
5. 衛星影查詢、估算和申購。



圖 5-45 國立中央大學太空及遙測研究中心產品與技術支援

5.3.8、數值地形模型

數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)，乃是以數值方式記錄地面上平面位置(X,Y)及高程(Z)的坐標值，為一種描述地形資料之數值模式。台灣地區 DTM 資料乃由農委會委託農林航測所測製，利用解析航測法，在航照立體相片上數化高程點，以每 40 x 40 公尺等間距的規則網格取樣，產生之 DTM 資料以 1/5000 基本圖幅分檔，每幅約 4800 點。全台灣地區的 DTM 資料共有 5441 幅，山區部分因長年雲霧覆蓋和地形陡峭等因素，仍缺一些圖幅，另有一百餘幅被軍方列為機密(121 幅)，目前可買到圖幅約 4627 幅。

DTM 是地面特性空間分布的數值描述，故凡是涉及地面特性空間分布的問題，都可以應用 DTM。五十年代中期到六十年代初，DTM 多侷限在網格式數值高程模型在土木水利工程和地圖測繪中的應用，至六十年代中期起，逐漸成為地理資訊系統資料庫中的實體，為地理資訊系統進行空間分析和決策提供操作便利的輔助資訊。其應用領域包括：

一、工程建設方面：

1. 挖填方計算。
2. 鐵公路及各種管線選線。
3. 水庫蓄水量、淤沙量及淹沒面積計算。
4. 廠址、住宅區選址。

二、在地圖測繪和遙測方面：

- 1.製作正射像片。
- 2.輔助遙測影像處理之幾何校正與分類判釋。

三、在自然地理方面：

- 1.氣候分析(日照分析、山區風場模型)。
- 2.水文分析。
- 3.地形分析。
- 4.土壤地理應用。
- 5.植被分析

四、在農、林業方面：

- 1.農產品栽植適宜性分析。
- 2.林地評價、林業規畫、林區景觀改造。

五、在災情監控方面：

- 1.水災淹沒區劃定。
- 2.洪水期人口撤退選線。
- 3.蓄洪堤防、分洪口、出洪口選址。
- 4.森林大火監控

六、土地管理方面：

- 1.地價分級評定
- 2.航測土地利用現況調查。

七、其他相關領域：

- 1.軍事(飛彈導航、機場、雷達系統選址)。
- 2.生態(動植物棲地分析)。

5.3.9、遙感探測與農業應用

地表上人類活動的範圍，無論是都市、農田、森林或沼澤，絕大部分都有植物生長。植物通常是太陽電磁幅射於穿透大氣層後首先接觸的地表物體，此能量的反射、穿透與吸收對植物光合作用的形成，太陽能量與生物質量的轉換累積及空氣中氧氣量的循環更新，都有直接的影響。遙感探測針對此能量與植物體的交互作用，經由航空照片或衛星影像的記載，配合植物本身之物理特性，在許多不同的電磁波譜(Electromagnetic spectrum)上作分析，已能

準確的辨識作物種類、覆蓋面積，並可對植物病害監測、缺水程度作評估。另外，間接的可做準確的作物收穫量估計，森林材積衡量湖泊優養化程度評估，地表利用及生態環境之動態監測等。

正常的植物體在近紅外光區域有最強的光譜反射，其反射特性主要受控於二類植物細胞，其一是位於上表皮下方的狹長形柵狀細胞(palisade cells)，其包含許多飽含葉綠素的葉綠體(chloroplasts)，吸收大部份電磁波譜中的藍色和紅色光以用於光合作用，另有約 20%的綠色光由葉綠體所反射，而使正常植物體葉表面呈現綠色。二是位於葉片柵狀細胞下的海綿組織(sponge mesophyll)層，此層包含中葉細胞及無數不規則形狀，可容納空氣的小孔，圖 5-46 顯示葉片結構之示意圖。近紅外光幅射於穿透葉表及柵狀細胞時並不受影響，但會被其下方的海綿組織層所高度反射。對一健康的植物葉片而言，常有高於 50%的近紅外光反射回葉表面外，而其餘部份則被穿透或被葉片所吸收。由於中葉海綿組織排列的變化，造成不同植物於紅外光波段有不同的反射特性，例如大部分的單子葉植物有較薄的海綿組織，造成相對較少的紅外光反射與較高的穿透；相反地，具明顯海綿組織雙子葉植物的葉片，常有高度的紅外光反射與少量的穿透。

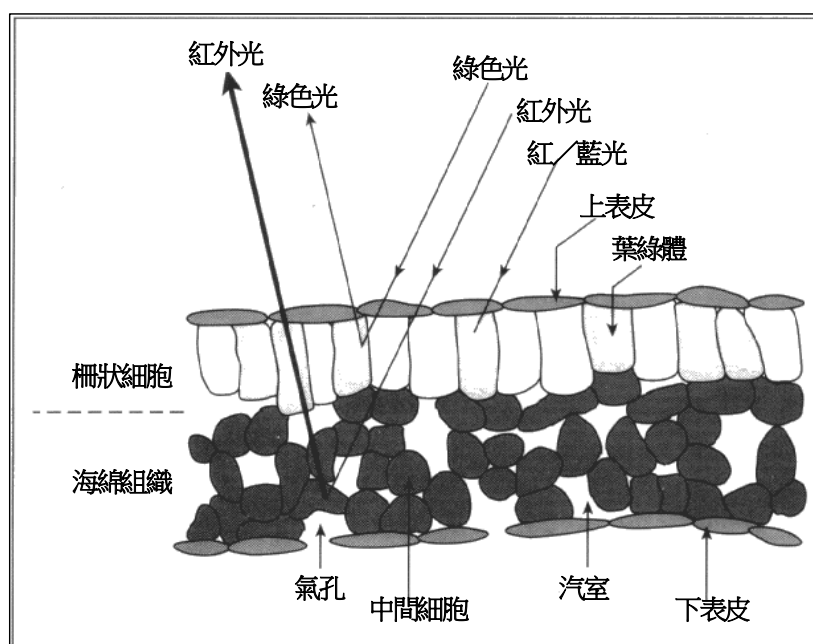


圖 5-46 葉片結構及與光線之反射示意圖

不同種類的植物，即使其顏色近似，反射曲線在可見光區或許不易分辨，但在紅外光波段可能有顯著的差別，圖 5-47 顯示落葉喬木、草地、水生植物及針葉樹木的波譜反射曲線，他們在可見光段無明顯差別，但在近紅外光段即可予以分辨。

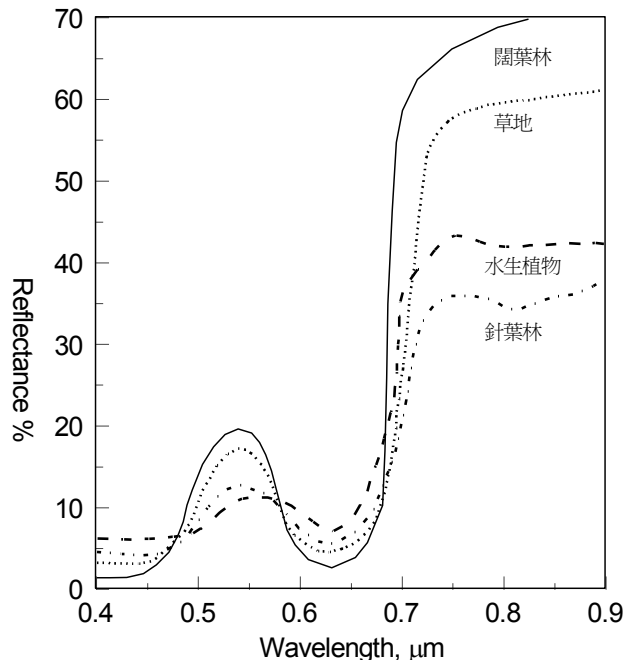


圖 5-47 落葉喬木、草地、水生植物及針葉樹木的波譜反射曲線

當植物體受到外在環境的壓迫(stress)包括蟲害的侵襲，疾病的感染，生長期溫度異常，土壤鹽分濃度過高，土壤水分不足，根部長期浸泡，養分缺乏或環境污染等等，它的波譜特性曲線將發生改變，通常此變化同時發生於可見光及紅外光段，但在紅外光段的改變量將數倍於可見光段的改變，此類影響植物體生長的因素，直接破壞海棉組織中的孔隙或摧毀葉中細胞的細胞壁，造成近紅外光波段較強烈反射率的改變。

此變化約可分為四個階段：

階段 1.健康期：可見光譜反射波峰在綠色光段(約 20%)，紅光與藍光段有較低反射值(約 10%)，而近紅外光段有明顯的高原(約 70%)。

階段 2.傷害初期：葉片受到傷害之初期，僅於近紅外光區產生一反應值降落(約 10%)，此減少乃葉片中葉組織氣孔的潰散，通常此期亦稱"視覺前"(pre-visual)傷害，因為葉片仍呈現綠色，植物體本身無任何明顯變化，此階段遙測方法可透過近紅外光波段值測出此一先期變化，而設法降低此環境壓迫，使植物恢復第一階段之生長狀況。

階段 3.傷害顯現期：此階段通常位於傷害初期後數天至數星期，葉片由綠而轉黃，顏色的改變是由於柵狀細胞中葉綠體的破壞增加紅色光的反射值，在近紅外光波段相較於階段 2 亦約有 5%的降低。

階段 4.壞死期:葉片呈現棕色或棕紅色，光譜反應曲線中可見光區的波峰消失，紅色反射增強，而可見光區至近紅外光區位於0.7um的高反射率亦不復存在。此階段葉片細胞結構已遭破壞，水分亦已散失而呈乾燥易碎。

對一般農作或園藝作物，由階段2 傷害初期返回階段1，僅需設法移去造成此傷害之環境壓迫因子，即可迅數復原；而由階段3 欲返回階段1，則除了移去此迫害因子外，依植物種類不同，尚須經歷不同長度的復育時期。此時生長停滯或產量減低，是可藉由遙測方法早期獲得訊息而予以防治。

5.3.10、植物指標

植物指標(Vegetation Index)是利用植物於不同波段光譜所反應之特性，加以特殊組合成的一組數值，用以顯示植物於某一特定時間及地點之生長狀況。植物指標可依不同植物類別，土壤條件及可使用的遙測波段而賦與不同的組合。其基本目標在於(1)經由適當的光譜組合，而加強其對植物特性的分辨能力。此指標並非隨意的波段排列，而是根據植物與其土壤背景之物理性質，對光譜反應的不同予以選擇性合併，來加強植物反應部份，及減低背景反應的影響；(2)建立一可供長時期，及不同地區比較的標準。經由比例(Ratio)或正規化(Normalize)的過程，可除去許多由當時氣象條件及日照程度不同，所造成的影響。

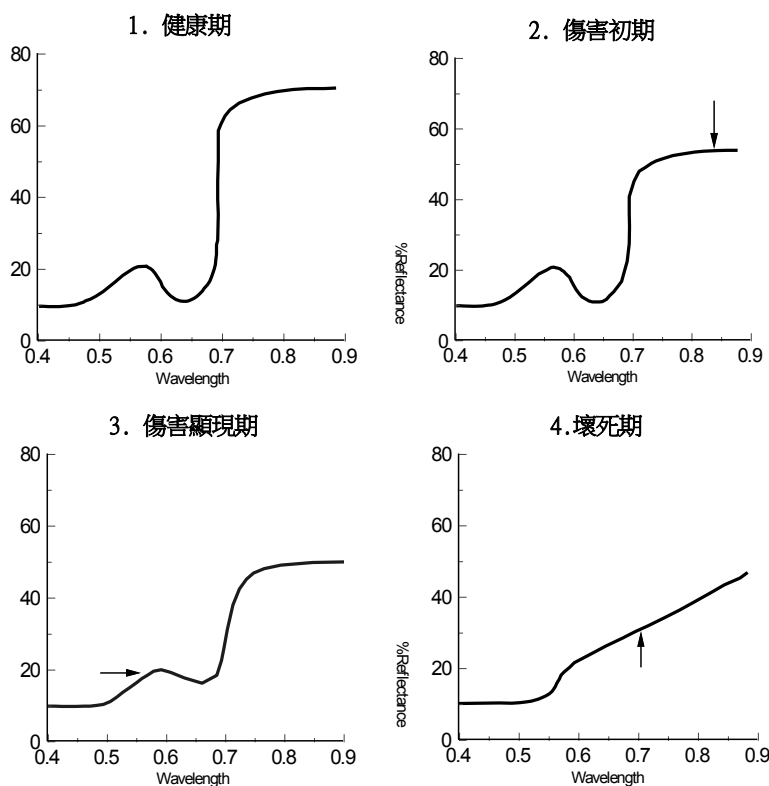


圖 5-48 植物體受到外在環境壓迫，光譜反應之 4 階段圖

許多研究指出植物指標和植物的生長現象有密切相關，其中具體的研究包括葉面積指標(leaf area index)、生物質量(biomass)、地面覆蓋百分率(percentage ground cover)、和吸收之有效光合輻射量(absorbed photosynthetic active radiation)與植物指標關係之研究。許多植物相關模式，可藉此基本關係，再加以推廣。常見的植物指標及其定義，列如表 5-6 所示。

表 5-6 常見植物指標及其定義

名	稱	定	義
比例植物指標			
Simple ratio vegetation index		$\frac{IR}{R}$	
紅綠比		$\frac{R}{G}$	
Red green ratio		$\frac{R}{G}$	
標準化差異植物指標			
Normalized difference vegetation index (NDVI)		$\frac{IR - R}{IR + R}$	
轉換標準化差異指標			
Transformed normalized difference vegetation index (TNDVI)		$\sqrt{\left(\frac{IR - R}{IR + R} + 0.5\right)}$	
正交植物指標			
Perpendicular vegetation index (PVI), s=soil		$\sqrt{(R_v - R_s)^2 + (IR_v - IR_s)^2}$	
v=vegetation			
土壤修正植物指標			
soil adjusted vegetation index (SAVI)		$\left(\frac{IR - R}{IR + R + L}\right) \times (1 + L)$	
纓帽轉換			
Tasseled Cap transformation		$0.332 MSS_4 + 0.603 MSS_5 + 0.676 MSS_6 + 0.263 MSS_7$ $-0.283 MSS_4 - 0.660 MSS_5 + 0.577 MSS_6 + 0.388 MSS_7$ $-0.899 MSS_4 + 0.428 MSS_5 + 0.076 MSS_6 - 0.041 MSS_7$	

R=red band, G=green band, IR=near infrared band

5.3.11、遙測工具的選擇

遙測工具的選擇，須考慮所欲監測地區面積，欲監測變化之頻率與被監測區於光譜反應之特性，而有不同尺度的考量。空間尺度或稱空間解析度(spatial resolution)，指的是遙測儀器所能分辨最小地表物件的能力。低空航照或軍事用途上所謂的間諜衛星，可以達到 10 公分以下的解析度，地表面

甚至如高爾夫球般大小的物件，可從衛星影像或航空照片上分辨出來。一般民間用途的觀測衛星(如美國 LANDSAT，法國 SPOT，印度 IRS 等)，空間解析度約在 10 公尺至 80 公尺之間，適合中等規模如農地、森林、小集水區等之觀測。氣象衛星(如美國 NOAA、GOES，日本 GMS 等)，空間解析度約在一公里至數公里之間，適合較大規模或地區性觀測，如整個行政區、國界或洲陸地，甚至全球的監測。此類衛星，尤其是 NOAA 衛星，雖歸類為氣象衛星，但許多研究顯示，其用於地面觀測之功能遠大於原本設計之氣象用途。

時間尺度指的是對同一地點得到重複觀測影像所需的時間。一般環繞地球衛星，空間解析度愈高，因其每次觀測所能涵蓋之地表面積有限，時間解析度便相對降低。如美國 LANDSAT 衛星，每 16 天可對同一地區做重複觀測；法國 SPOT 衛星在正常運行下，每 26 天可重複觀測一次，然後者具有特殊的定點觀測能力，可移動感應器的觀測角度，依所在緯度不同，可得到 1 天至 5 天不等的重複觀測能力。氣象衛星雖然空間解析度低，但具有極佳的時間解析度。環繞地球軌道的 NOAA 衛星，每日可作 2 次的重複觀測，適合選擇為需要每日讀取變化的研究。而定點(Geostationary)氣象衛星，因其與地球的相對位置固定，可有高達 15 分鐘一次的觀測能力，適合作雲層變化、颱風移動等改變頻繁的監測。

除上述二項主要尺度考量外，尚有光譜解析度(spectral resolution)及輻射解析度(radiometric resolution)的尺度考量，與遙測方法的選擇有直接關係。前者指的是遙測儀器在電磁波譜上可感應的範圍，如 LANDSAT TM 有 7 種不同波段範圍(0.45-0.52 μm , 0.52-0.60 μm , 0.63-0.69 μm , 0.76-0.90 μm , 1.55-1.75 μm , 10.4-12.5 μm , 2.08-2.35 μm)，而 NOAA AVHRR 有 5 種不同感應範圍(0.58-0.68 μm , 0.72-1.1 μm , 3.55-3.92 μm , 10.3-11.3 μm , 11.5-12.5 μm)。依所應用目標不同，光譜解析度有時亦是非常重要的考慮因素之一，如以熱慣量估計土壤水份須作地表溫度監測，則必須選擇具有熱紅外光(Thermal infrared)波段之衛星。輻射解析度指的是感應系統可以記錄不同感應值的能力，如 8-bit 輻射解析度可以記錄 256 種不同灰階的變化，10-bit 解析度則可以記錄 1024 種不同感應值。輻射解析度相較於其他三種尺度，其重要性略低，但適當地選擇資料分析及儲存時的尺度，則可顯著增加運算速度及減小檔案。

5.3.12、應用實例

一、作物產量估計

許多研究依植物外觀特徵與生理機能等合併特徵，與植物產量之關係而提出產量效率(production efficiency)的觀念。具體而言，農作物、草地或森林的累積生物量(accumulated biomass)和植物葉面所截取的太陽輻射量大約成一線性關係。此關係可表示為一截取百分率與太陽輻射量對時間積分之關係式如下：

$$P = \varepsilon \int_{t=0}^n I_t \cdot S_t dt$$

式中，P＝產量(g/m2/time)；

ε ＝生產率(g/MJ)；

I＝截取的太陽輻射百分率；

S＝太陽輻射量(MJ/m2)；

t＝時間。

而後衛星遙測技術及多頻道影像的被大量採用，經由田野實驗及理論推導許多研究均指出，由可見光及紅外光波段組成的指標，與前述輻射截取量有緊密的關聯性。另有研究指出地面觀測之正規化差異植物指標(NDVI)與光合輻射之葉面吸收百分率，有幾乎一對一的相關性，而改寫前面方程式為：

$$P = \varepsilon \int_{t=0}^n NDVI_t \cdot S_t dt$$

當整個生長季節中，作物的 NDVI 相對於時間作圖，通常可得到一鐘形曲線，鐘形曲線上升段代表作物生長階段，曲線高點區域代表作物由生長階段轉為複製階段(開花結穗期)，而曲線下降區代表作物逐漸趨向衰亡。圖 5-49 顯示一輪作田之 NDVI 時間序列，序列基部介於 NDVI=0 至 0.05 之間，通常會有一土壤基線，代表土壤本身 NDVI 反應值，其上方之 NDVI 方為植物本體所貢獻，最大年度 NDVI 勢能與作物型態及氣候有關，而曲線下之面積可作為年度產量的指標。

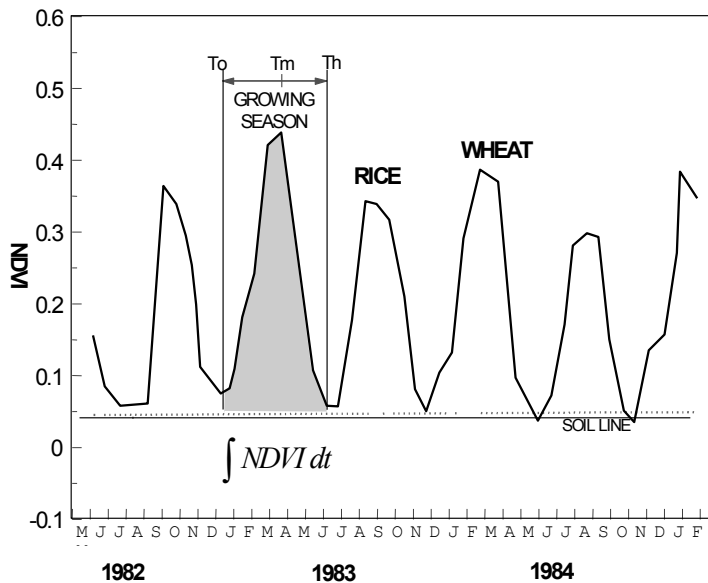


圖 5-49 NDVI 時間序列(稻米與小麥輪作田)

二、土地利用植物覆蓋動態監測

地表植物覆蓋受自然或人為因素的影響，其變化常是許多環境擾動的先期指標。天然的變化，如上游集水區邊坡崩塌，森林火災造成的林相改變，湖泊優養化所造成的大面積藻類生長等；人為的擾動包括森林砍伐，河川盜採砂石，高爾夫球場與新社區的開發等。許多此類地表的變化，無論是人為或天然的，常發生於偏遠或不易為人得知的地點，其早期變化的訊息是避免情況進一步惡化及解決紛爭的重要因素。

本例是以 NOAA 衛星 AVHRR 5 波段資料作地表土地利用之動態監測，主要地表利用大致分為一般農業用地(包括旱作、甘蔗、蔬菜、柑橘類等)、牧草地(pasture)、沼澤地(marsh)、森林地(forest)、濕地(swamp)、都市和湖泊等。NOAA AVHRR 具有 1 公里地表解析度及每日 2 次的重複觀測能力。本例中所利用之 NOAA AVHRR 地表特性推估值，包括輻射率(emissivity)，植物指標(NDVI)，地表溫度(Ts)等。

植物指標，可代表當地地表植物的生長密度及健康狀況，而地表溫度除了隨不同地表覆蓋物而改變外，土壤水份含量是另一重要的影響因子。因水的比熱高於大部分地表自然物質，在相同的太陽輻射能量供給下，土壤水份含量高的地區，其熱慣量(thermal inertia)亦大，溫度隨時間的改變較緩慢，而有日間湖泊、濕地的溫度低於一般地表，而夜間此關係正相反。

植物指標與溫度特性之應用常先選取欲分析之土地利用，分別計算其範圍內之 NDVI 及地表溫度之統計特性，再進一步以此特性依次決定整個區域中每一像素(pixel)所代表的土地利用型態。再經由現地勘察(ground truthing)，以驗證此分辨之準確性。校驗部份採用地面點經由現地踏勘、觀測及記錄其地表利用，並配合全球定位系統(GPS)記錄其坐標以檢驗其分辨能力。分類之誤差分析(Error analysis)顯示此方法具足夠之精確度，尤其在對草原地及水體等於 NDVI-溫度圖上位置特殊區域，有高達九成以上的準確率。植物指標與地表溫度與地表特性的關聯性，是監測地表土地利用的良好工具，此監測不同於傳統之土地利用分類之處，在於它是根據地表的物理特徵，直接加以辨識，而非傳統分類方法根據多波段光譜的統計特性。在資料分析速度及物理意義解釋上，均有其優越之處。此外，此處之監測，強調的是高頻率的觀測，期能在地表發生變化的初期即加以注意，並採取必要措施。

在 NDVI-溫度所形成的空間上，每一類型土地使用狀況，又可依其主要成份(principle components)及標準差(standard deviation)，訂出其特性橢圓(圖 5-50)，如都市之特性橢圓，位於高地表溫度及低植物指標區；而草地、牧場等高植物覆蓋用地，位於高 NDVI 及中等地表溫度區；沼澤及濕地因植物覆蓋變異量大，在 NDVI 方向上有較長之橢圓長軸，又因其土壤含水量極高，地表溫度相對較其他土地利用低。在此 NDVI-Ts 空間上位置的移動，常可作為土地利用變化的指標。例如 NDVI 與 Ts 同時有明顯的上升，在短期看

來可能是作物正常生長，覆蓋量或樹冠大小增加，土壤因作物吸收含水量降低，顯示地表溫度上升，若此變化是屬於長期性的，從 NDVI-Ts 圖上判斷可能為濕地排水後形成新的牧草地，亦有可能由沼澤地變化為農業用地，須依其實際位置及變化量大小而決定。

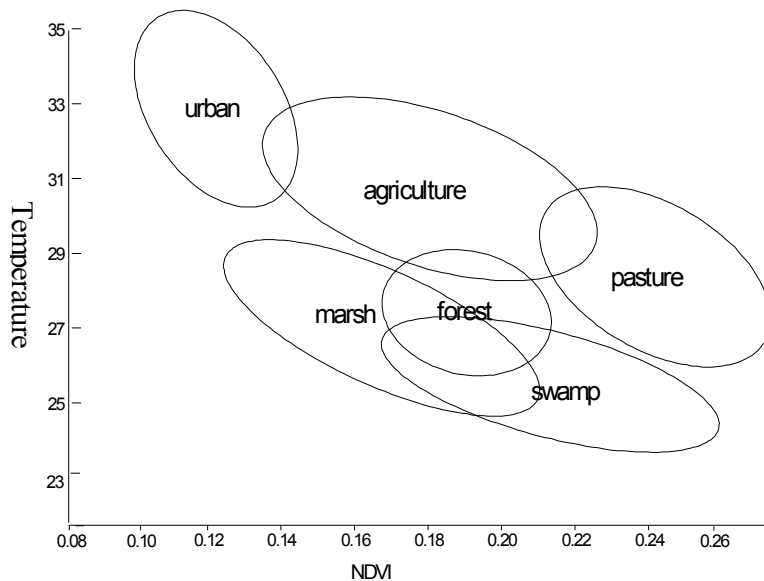


圖 5-50 NDVI-Ts 所形成空間(土地使用類型狀況)

低空間尺度，高時間尺度的地表監測，並不能取代高解析度的地表分類，它是藉由迅速、低成本的衛星觀測早期發現變異，再針對此局部變異配以高解析度之衛星影像或航空照相，甚至派專人至現地調查，以探求此地表特徵改變的原因。此方法亦可針對某種特定地表利用改變，於 NDVI-Ts 空間上的向量變化，設計監測模式，一旦此改變型態出現即予以預警並作進一步查驗。例如森林地的盜伐必然導致 NDVI 明顯下降與地表溫度某種程度的上升，實際數值變化量，可依當地過去影像特徵值而決定，或以目前影像上已知類似狀況點之特徵向量，推求整個影像中符合此特徵之其他區域。

三、濕地地理圖資建置應用

(一)濕地圖資應用背景

濕地是地球各生態系中生產力最高者之一，具有非常重要功能與價值，其豐富的生物多樣性使之成為重要生物基因庫，濕地亦具有經濟生產、保水抑洪、淨化水質、穩定海岸、觀光遊憩與研究教育等功能，可說兼具生態與經濟價值。為追求經濟發展，過去多將濕地誤以為是閒置、無用之地，以不當開發利用，甚至大規模陸化開發方式，使得濕地縮小、切割或零碎化。幸而近年來政府部門和民間單位已逐漸體認濕地環境之重要性，對濕地積極進

行保育、復育與教育，「濕地三育」成為達到國土資源永續發展理念的重要課題與目標。

濕地依據形狀可分為多種類型，較常見的是大面積塊狀的濕地，例如高美濕地；而點狀濕地較為少見，其濕地範圍的界定也較為不易，例如桃園埤塘溼地。桃園地區早期先民為發展農田水利灌溉調節設施而開鑿出之數千口埤塘，全盛時期約有八千多口埤塘，其於桃園台地上星羅密布而形成極具特色的景觀，其數量、密度和面積都令人嘆為觀止，亦使桃園縣素有「千塘鄉」的美名。

桃園台地上之埤塘乃是先民自清初一鑿一斧構築的人工景觀，具有時代的創造意，台南市位於物產豐饒的嘉南平原，嘉南平原盛產稻米，是台灣重要的糧倉，早期為農業發展而開發了諸多的圳路與埤塘。時日至今，埤圳除了最初的灌溉生產功能外，其他的蓄洪、生態、景觀文化功能亦日受重視。

傳統農用埤塘所形成的水域環境同時也是許多水生動植物賴以維生的棲息地，然而由於上述諸多過度開發、不當使用、水質污染乃至於圳路堤岸水泥化等因素，造成埤塘之生態性漸趨低落，其所具備的功能與價值也逐漸遭受忽視，最後終於難逃遭受填埋消失之命運。幸而近年來政府部門和民間單位已逐漸體認水田、圳路、埤塘等濕地環境之生態功能，而埤塘之歷史文化與生態景觀價值尤為地方的重要資產。

本應用係利用遙感探測(RS)技術與地理資訊系統(GIS)，分析 Formosat II 衛星影像與航空照片，依據水體於衛星影像之紅外光波段的特性，判釋座落於北台灣(桃園市)與南台灣(台南市)分佈之點狀濕地之面積、大小、位置變化，藉此掌握埤塘現況並建立具有地理座標位置的埤塘圖資及資料庫，據以推動埤塘保存與活化，在未來可提供政府在埤塘相關的議題上的應用。

(二)埤塘濕地調查之理論基礎

1.遙感探測(RS)影像判釋之理論基礎

遙測影像判釋有一貫的學理脈絡，在影像判釋的要素通常包含形狀(Shape)、大小(Size)、紋理(Pattern)、陰影(Shadow)、色彩色調(Tone or Color)、質地(Texture)、關聯(Association)等，可有效率的判釋埤塘水體。埤塘由於建置年代、功能、水質、水生植物、波浪、反光程度等不同，可能呈現不同的形狀、大小、色調與紋理特徵等。

當水體中如有藻類或懸浮粒子，如泥沙等存在，會影響水體光譜的反應。如圖 5-51 中所示，水體中有藻類會使水體有輕微葉綠素反應，圖 5-52 中，水體中有不同濃度的懸浮泥沙，也會使光譜吸收減少，而讓影像有較高的反射率。

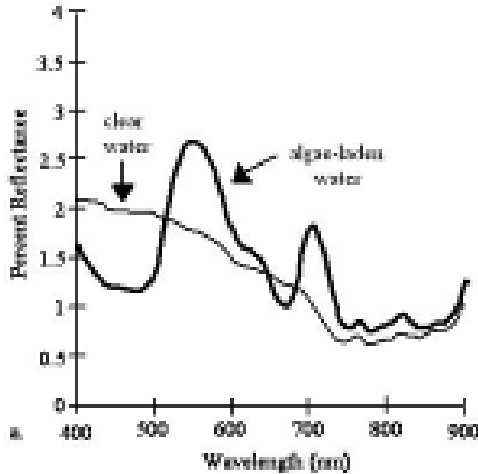


圖 5-51 水體中藻類之葉綠素反應

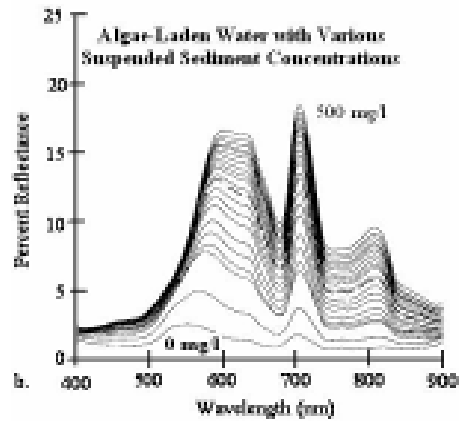


圖 5-52 水中不同懸浮泥沙濃度的光譜反應

埤塘主要為水體與部分岸邊水生植物所構成，在以電磁波波長與反射率構成的遙測影像光譜上，純淨的水體在可見光波段相對於其他地表常見物質有極低的反射率，在近紅外波段更是接近完全吸收。水體在遙測影像上的表現為低反射率或全吸收區，色澤無論在可見光影像或近紅外光的合成色彩影像中，通常呈現深黑色或深藍色。不論是航拍影像或是衛星影像，只要影像解析度足夠，水體的辨識通常都有極高的正確率。

2. 航拍影像中埤塘之多樣性

由於埤塘使用方式與演化程度的不同，水質狀況以及航照拍攝時飛行姿態與光影角度、水面波浪有無等，在航空照片中並非如理論中之光譜全吸收狀況，反而會呈現相當大的差異性。

茲以桃園縣大園鄉編號 9622-4-015 之航照影像為例(如圖 5-53)，影像中可清楚辨識地表覆蓋，包括植生作物、裸露土壤、雜木林、道路、房舍、水體與其他等類型，其中埤塘為水體地表，如黃色圈選處為埤塘所在位置。由照片中可知，埤塘之地表光譜反應非常多變，非單純水體反應，於判釋時須特別加以注意。

埤塘濕地辨釋過程中，需要注意埤塘狀況多樣性之變化，於圖 5-54 至圖 5-59 中顯示數種埤塘常見的航照影像。



圖 5-53 航照影像(圈選處為埤塘所在位置，桃園縣大園鄉)



圖 5-54 航照影像呈現水體黝黑色澤反應



圖 5-55 航照影像呈現水體魚貝類養殖不均勻光譜反應



圖 5-56 池塘水面因波浪及拍攝角度而產生之炫光反應



圖 5-57 水面因波浪及拍攝角度而產生之炫光反應



圖 5-58 因藻類生長或優養化水面植物覆蓋之水體不均勻色調呈現



圖 5-59 受化學性污染而呈現均一單調不自然顏色的水體

(三)點狀濕地調查方法

早期埤塘之主要功能為農業灌溉，時至今日，除傳統之灌溉功能外，亦衍生生態、景觀、休閒及防洪等附加功能。桃園埤塘是桃園縣獨有之景觀特色，台南位於物產豐饒的嘉南平原，嘉南平原盛產稻米，是台灣重要的糧倉，早期為農業發展而開發了諸多的圳路與埤塘。此二處濕地之特色都為數量眾多的點狀濕地，其調查材料與方法要述如下。

1.材料

本應用以航空正射影像作為各埤塘判釋之依據，以影像或近紅外光影像輔助部份之不足。為補足闕漏之航空照片所無法提供之地表資訊，利用 Formosat II 衛星影像輔助進行埤塘之判釋，Formosat II 衛星影像具高解析度，其多光譜彩色影像解析度可達 8 公尺；單一波段黑白影像解析度更可達 2 公尺。為因應本應用點狀濕地判釋之需求，則以彩色融合之 Formosat II 影像（2 公尺x2 公尺）為埤塘點狀濕地判釋之資材。

2.點狀濕地變遷調查方法

本應用點狀濕地的清查採取三階段方式進行，以鄉鎮為清查單位，依據航照圖幅框依序清查桃園市與台南市境內埤塘，流程如圖 5-60 所示。

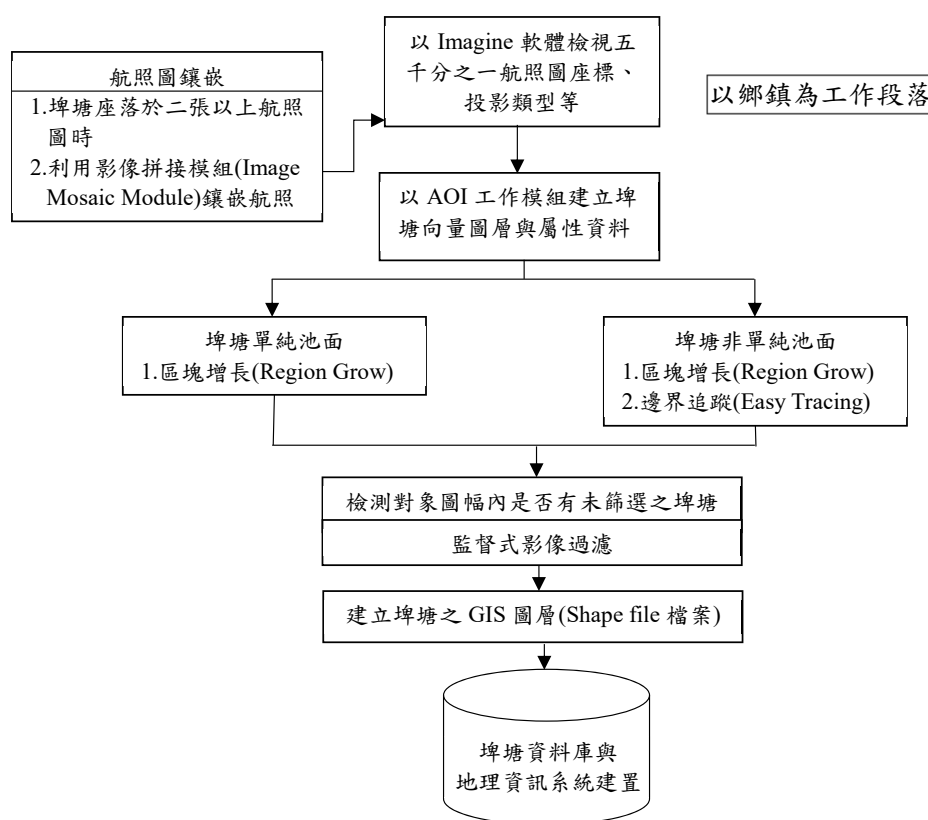


圖 5-60 埤塘清查流程示意圖

(1)埤塘之判釋數化與比對

埤塘清查的方式是依據鄉鎮與圖幅框順序(圖 5-61)，由上而下，由左至右 進行數化，首先檢視欲數化的圖幅框範圍內是否有埤塘的存在，確認其只是積水、河灘地、水稻田蓄水…等情形，若確實是埤塘，則進行數化程序。藉由下述埤塘清查方法，據以建立埤塘濕地資料庫。

f.如有池塘位於航照圖邊界，跨越二幅或二幅以上航照圖，需先以影像拼接模組(Image Mosaic Module)將航照圖接合，再以前述步驟判釋。

g.重複以上步驟，直到每一幅航照圖辨識比對完畢，或完成區域辨識比對成果。



圖 5-62 ERDAS Image AOI 工具列



圖 5-63 以 ERDAS Image AOI 工具列顯示水波光影之埤塘水面

(2)強化埤塘判釋結果正確性

近年遙感探測(RS)科技日趨發達，利用航照圖或衛星影像的判釋，可快速掌握地表的土地利用(Land Cover)情形，然而物體性質類似，則其光譜反射值亦會十分相近，容易造成地表覆蓋物判釋錯誤，埤塘的特性在影像中的光譜反映與水稻田湛水時期、插秧初期或者魚塭十分的相似，因此在判釋過程中，除考量判釋影像之基本元素，包括形狀、大小、色調與顏色、組織、陰影、排列、立地(site)、物體相關性等，按專業人員過去之經驗依基本元素的不同，依循基本元素特徵經由影像直接判釋地上物為何外，在本應用中的埤塘判釋更需其他方法輔助，以強化埤塘判釋的正確率，減少誤判的發生，並檢視是否有遺漏的部分。本計畫將利用「常態化差異植生指數(NDVI)的計算」與「影像分類」兩種方法來輔助嘉南埤圳濕地埤塘的判釋與數化建置。

a.利用常態化差異植生指數(NDVI)方法檢視

NDVI 為常態化差異植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 通常用於綠色植物監測及生物量估算，NDVI 乃使用可見光與近紅外光之比值或差值所計算而得，有助於減少外界因素（如太陽高度角、大氣狀態和非正像觀測）帶來的數據誤差，更利於研究對象主題資訊的提供，NDVI 值之計算方法如下所示：

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

其中，NDVI：常態化差異植生指標

IR：近紅外光輻射值

R：紅光輻射值(即可見光部份)

上述式子中表達，利用(IR-R)即能偵測植物生長量之特性，但將其式子再除以(IR+R)之目的在於使其正規化，正規化的用途是防止除以零的數值誤差，並使比值能限於 +1 與 -1 之間以方便做比較；NDVI 之值域如上所述，介於-1~1 之間，小於零的像元值，通常屬於非植生之雲層、水域、道路和建築物等像元，故指數愈大時，代表綠色生物量之增加。

下圖 5-64 為台南市之福衛二號(Formosat II)衛星影像之原始假色影像，植物部分在影像中呈現紅色；水體呈顯藍綠色；建物則呈現白色等。圖 5-65 則為經過常態化差異植生指數(NDVI)計算後之影像，由圖中可發現「水體」的部分被凸顯為較深的黑色，其他的地表覆蓋物則顯示為不同之灰色漸層。

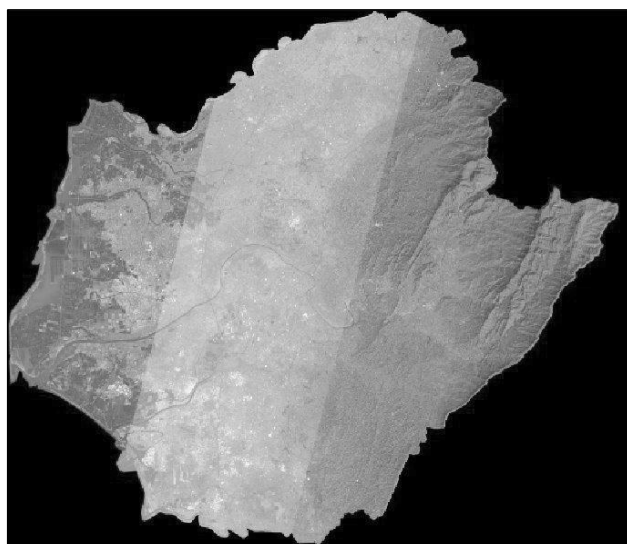


圖 5-64 福衛二號(Formosat II)衛星影像之原始假色影像(台南市)

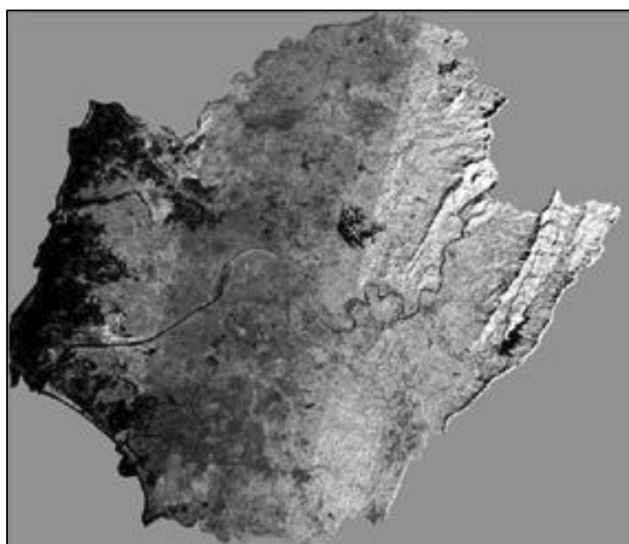


圖 5-65 福衛二號(Formosat II)衛星影像之 NDVI 計算後影像(台南市)

b. 利用影像分類方法檢視

地表上每一種物體因質地與表面特性的不同，對於電磁光譜的反射與散射率不同，此即物體的光譜特性，藉由此一物體的光譜特性可運用於輔助遙測影像中土地覆蓋物種類的判釋。而不同類別之土地覆蓋物，其波長輻射率亦隨之不同。所謂影像分類 (Image Classification)，即是指透過影像上各像元，所紀錄的地表光譜反射資訊 (DN 值)，藉由特定統計方法的計算和分析歸類，賦予影像中每一像元一個特定值，此一特定值在此乃象徵著地表覆蓋的某一特定類別。本應用使用監督式分類 (Supervised Classification)，以「最大概似法」計算地表分類。

監督式影像分類法 (Supervised Classification)，主要是以已知地面位置之真實資料 (係指土地覆蓋之真實情況) 所紀錄之光譜特性為依據，進行影像其他未知空間資訊的光譜型式辨別 (Spectral Pattern Recognition)，因係以已知之光譜反射資訊作為判釋基準，故稱之為監督式分類。簡而言之，監督式分類乃事先指定各地表覆蓋類別之訓練樣區 (Training Area)，以訓練樣區之光譜分佈性質為光譜樣本，設定分類準則、條件與門檻值後，將整張影像進行分類。

利用 FORMOSAT II 衛星影像進行監督式分類，分類後影像如圖 16 所示。衛星影像經由監督式分類將地表覆蓋物分為 10 種土地利用類型，分別為水體(water)、建成區(construction zone)、裸土(bare_soil)、工廠(industrial)、植生(plant)、休耕田(bare_paddy)、湛水田(ponding_paddy)、生長期的田(grass_paddy)、魚池(fish_ponds)、鹽土(salt)。圖 5-66 中與埤塘性質類似的水體、魚塭、湛水的稻田皆依光譜反射特性被分類出來，有助於埤塘的正確判釋，避免將湛水的水稻田或者是單純的魚塭判釋為埤塘。

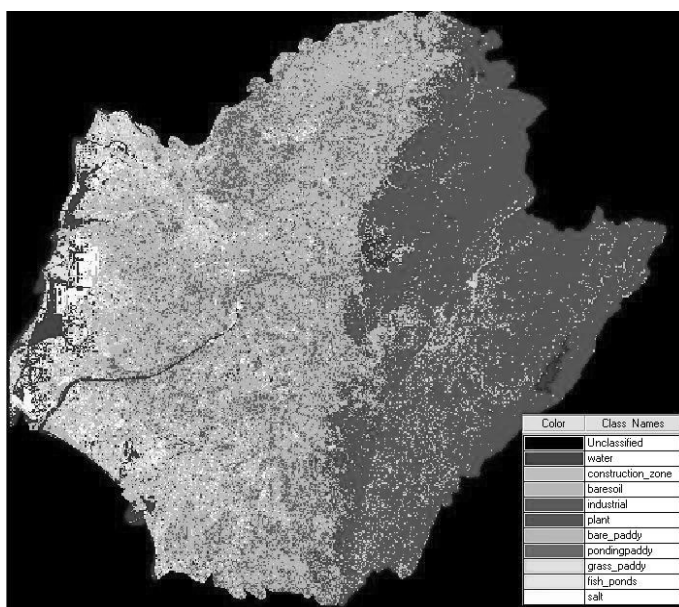


圖 5-66 土地利用分類結果(台南市)

(3)建立全市埤塘資料庫

埤塘判釋與現地勘查成果需要有完整的紀錄與分析，方能有效率的提供資訊與擴展知識。全市埤塘資料庫於每一筆埤塘判釋完成與現勘完成時，均會將結果記錄於資料庫中。

本應用將以 GIS 檔案通用之 Shape file (SHP)格式預設之資料庫格式 DBF 格式貯存，此檔案格式可直接由 EXCEL 軟體讀取，內容如由外部程式

修正後可直接反映於 GIS 屬性，且未來將可輕易轉換為其他資料庫格式。資料庫將以埤塘編號為主要識別碼，未來將可與各池塘生態調查結果產生之生態資料庫、環境因子資料庫等作聯結，由地理資訊系統中查詢。

地理資訊系統資料庫建置完成後，可進行加值處理，於地理資訊系統軟體、Google Earth 或 Google Map 上使用，如此在任何電腦作業環境下，皆可查詢埤塘濕地之相關資訊。例如：欲查詢「番子田埤」埤塘濕地之相關資訊，則即可在 Google Earth 上清楚的看到埤塘的座落地點、道路相關位置及其編號、面積、邊長、形狀分佈等資訊（如圖 5-67 所示意）。

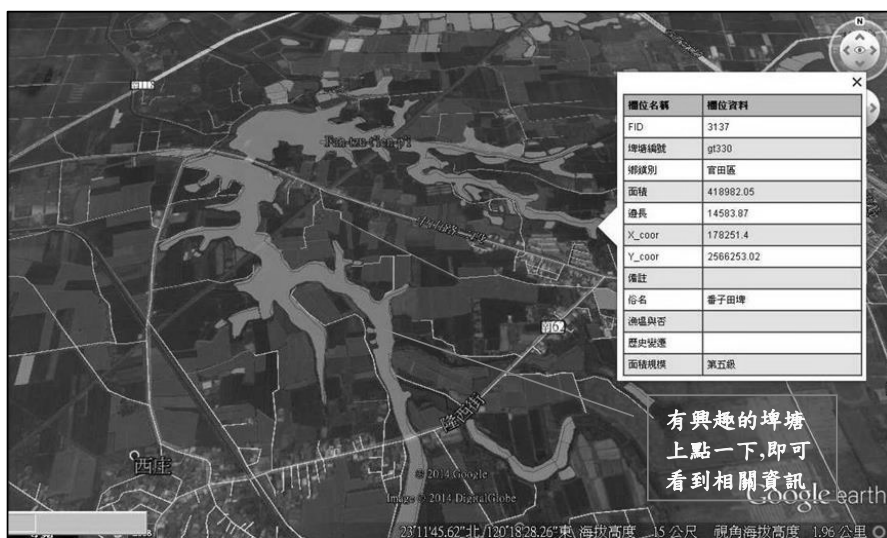


圖 5-67 以 GOOGLE EARTH 查詢埤塘資訊

(四)結果與討論

本應用經利用遙感探測（RS）技術與地理資訊系統（GIS），分析航空照片與高解析度 Formosat II 衛星影像與，依據水體於衛星影像之紅外光波段的特性，判釋桃園市及台南市埤塘濕地之面積、大小、位置變化。

1.桃園市埤塘濕地分佈情形

2011 年桃園台地埤塘濕地總計 2,851 口，面積 2,599.73 公頃，分佈情形如圖 5-68 所示。統計結果顯示桃園市埤塘總口數 2,851 口，楊梅鎮最多 510 口，復興鄉最少 14 口。利用埤塘面積分為五級，藉以檢視埤塘大小分佈情形，以埤塘數量審視之，則規模較小之埤塘「面積大於 0.1 公頃」埤塘計 1,945 口；根據桃園縣埤塘水圳保存及獎勵新生利用自治條例定義之埤塘面積，「面積大於 0.3 公頃」埤塘則計 1,056 口（詳如表 5-7）；埤塘規模較大者「面積大於 5 公頃以上」計 151 口。各鄉鎮之埤塘口數與其所佔總面積並無絕對關係，埤塘口數多之鄉鎮，埤塘總面積並非較大。

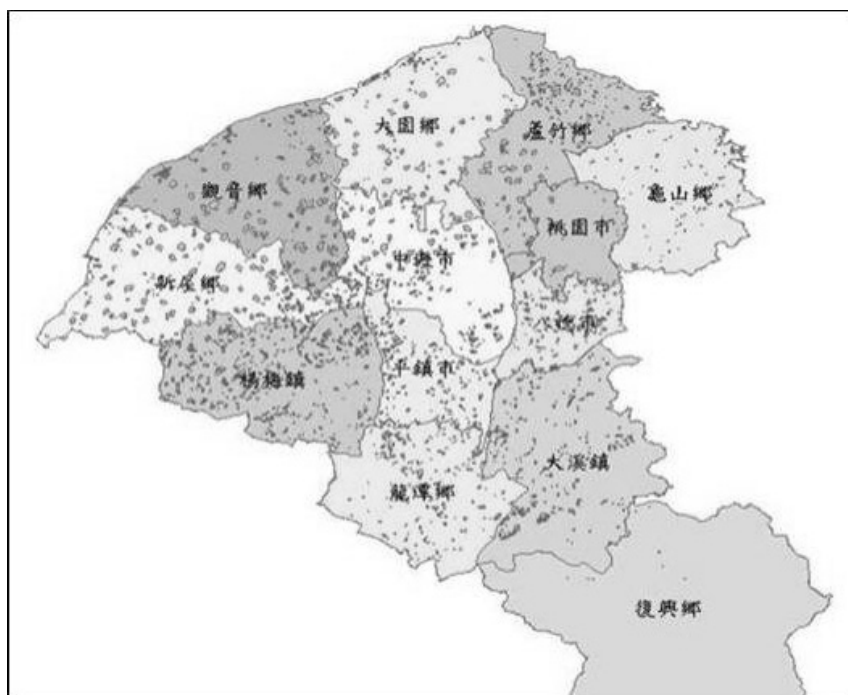


圖 5-68 桃園市埤塘溼地分佈圖

表 5-7 桃園市十三鄉鎮埤塘濕地數量

單位：口數

行政區	埤塘 總口數	面積小 於 0.1ha	面積 0.1~0.3ha	面積 0.3~1ha	面積 1~5ha	大於 5ha 以上
八德區	243	104	58	50	31	-
大園區	182	41	61	28	29	23
大溪區	255	102	86	46	20	1
中壢區	226	51	53	40	61	21
平鎮區	241	76	82	60	23	-
桃園區	57	15	26	8	5	3
復興區	14	9	5	-	-	-
新屋區	203	32	54	37	38	42
楊梅區	510	120	154	140	92	4
龜山區	145	80	48	13	4	-
蘆竹區	319	152	88	47	18	14
觀音區	155	13	33	32	35	42
龍潭區	301	111	141	37	11	1
合計	2,851	906	889	538	367	151

2.台南市埤塘濕地分佈情形

本應用於 2014 年完成台南埤塘數值圖層與地理資訊系統資料庫建置之行政區共 19 區(如圖 5-69)，計有埤塘 7,497 口，其中包含 7 座水庫、1,741 口魚塭及 102 口養殖鴨禽埤塘(養殖鴨禽埤塘同時具養殖魚類的可能性)；19 個行政區埤塘總面積計 4,081.99 公頃(請參考表 5-8)。「官田區」為 19 個行政區中埤塘口數最多之行政區，共計 1,589 口，埤塘面積共 1,289.68 公頃，其中包含 278 口魚塭，1 座水庫(烏山頭水庫)，區內埤塘種植水生植物者(如：菱角田)共計 860 口。「麻豆區」埤塘濕地數量為 19 行政區中排名第二，共計 961 口，魚塭所佔數量是 19 個行政區中最高，計 686 個。

判釋台南市 19 行政區埤塘濕地將濕地面積規模分為五級，藉以檢視埤塘大小分佈情形，以埤塘數量審視之，「面積小於 0.1 公頃」之埤塘為最大宗，佔總體數量 35%，計 2,623 口；面積規模小於 0.3 公頃之埤塘共計有 4,944 口，佔整體數量 66%(即「面積小於 0.1 公頃」與「面積 0.1 公頃~0.3 公頃」之埤塘)；面積規模大於 0.3 公頃以上之埤塘共計 2,553 口(即「面積 0.3~1 公頃」、「面積 1~5 公頃」與「大於 5 公頃以上」之埤塘)，佔整體數量 44%(請參見表 5-9)。

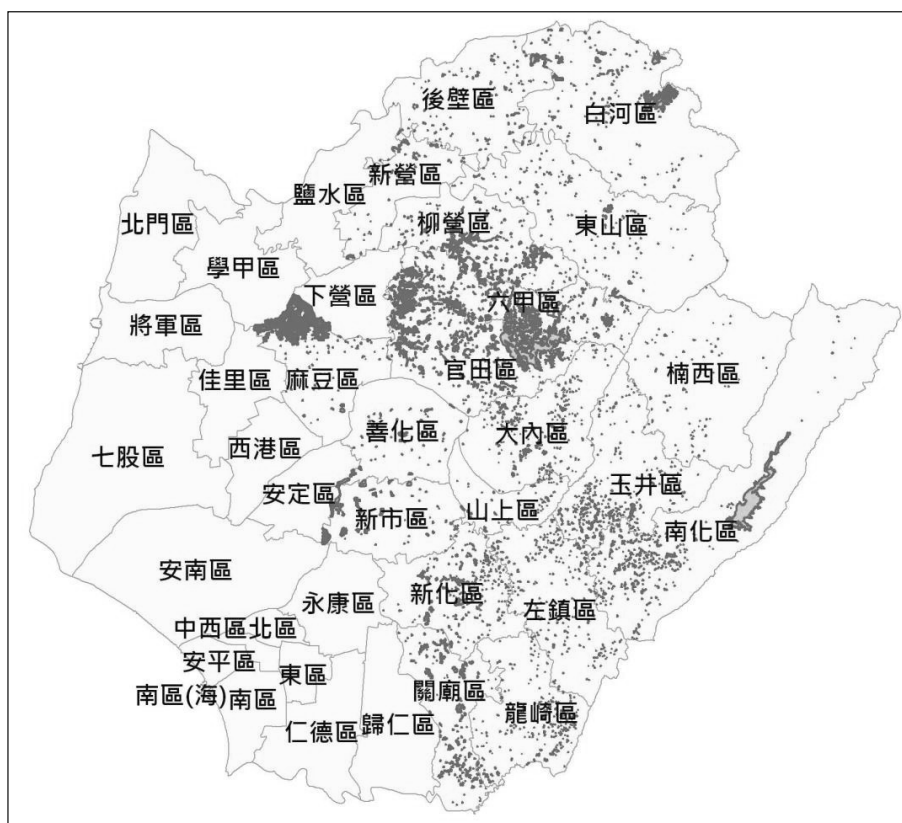


圖 5-69 台南市埤塘濕地分佈圖(2014 年已建置完成之 19 個行政區)

表 5-8 台南埤塘濕地地理資訊系統建置情形一覽表

單位：公頃

已進行數 化行政區	埤塘 個數	魚塭 個數	水庫 個數	養鴨 個數	埤塘 總面積	最小規 模面積	最大規 模面積	平均 面積
官田區	1,589	278	1	8	1,289.68	0.1179	0.72	0.31
善化區	86	22	0	0	40.72	0.0257	9.45	0.47
大內區	332	3	0	0	46.64	0.0006	1.92	0.14
新市區	199	109	0	3	165.77	0.0087	0.003	0.83
山上區	71	3	0	0	11.68	0.0117	2.19	0.16
玉井區	375	6	0	0	72.36	0.0049	13.28	0.19
新化區	293	21	0	5	118.77	0.0047	25.52	0.41
南化區	372	28	2	0	507.71	0.0084	445.08	1.36
左鎮區	278	11	0	0	32.74	0.007	1.67	0.12
龍崎區	274	6	0	0	32.76	0.0102	2.1	0.12
麻豆區	961	686	0	57	524.74	0.0061	5.9	0.54
關廟區	303	62	0	16	139.39	0.0107	12.28	0.46
楠西區	96	3	0	0	8.77	0.0089	0.68	0.09
新營區	111	31	0	2	43.17	0.0088	7.03	0.39
後壁區	151	12	0	5	68.65	0.0034	27.05	0.45
東山區	208	10	1	0	44.06	0.0089	8.41	0.21
白河區	732	13	2	5	369.25	0.0037	136.67	0.5
柳營區	318	88	1	0	261.08	0.0054	96.23	0.82
六甲區	748	349	0	1	304.07	0.0018	14.47	0.41
合 計	7,497	1,741	7	102	4,081.99	--	--	--
備註：養鴨埤塘同時有養殖魚類的可能性。								

(五)結論與建議

1.結論

(1)本應用主要以航照圖與衛星影像之水體光譜特質，判釋土地覆蓋物（Land Cover）為水體之對象，藉此降低埤塘清查過程中將水稻田誤判為埤塘之機率。埤塘濕地數值圖層與地理資訊系統資料庫完成後，可對地區埤塘數量、分佈、型態及周邊聯通等關係，獲得通盤瞭解，並可進一步與生態調查資料交互比對、水文系統與生態環境相關性分析，及保育行動策略擬定等。

表 5-9 台南市 19 行政區埤塘濕地面積規模分級

單位：口數

行政區	埤塘 總口數	面積小於 0.1ha	面積 0.1~0.3ha	面積 0.3~1ha	面積 1~5ha	大於 5ha 以上
官田區	1,589	304	681	543	59	2
善化區	86	38	19	20	8	1
大內區	332	221	71	34	6	0
新市區	199	22	44	115	13	5
山上區	71	51	11	7	2	0
玉井區	375	248	98	21	6	2
新化區	293	158	69	46	17	3
南化區	372	222	125	17	6	2
左鎮區	278	185	77	13	3	0
龍崎區	274	197	52	22	3	0
麻豆區	961	115	167	568	110	1
關廟區	303	94	82	112	11	4
楠西區	96	69	25	2	0	0
新營區	111	25	37	44	4	1
後壁區	151	74	33	40	2	2
東山區	208	123	64	13	7	1
白河區	732	125	401	187	15	4
柳營區	318	121	84	96	13	4
六甲區	748	231	181	294	39	3
合計	7,497	2,623	2,321	2,194	324	35

(2)桃園市清查之 2,851 口埤塘，相較於過去研究如 2003 年之 3345 口及 2009 年之 2836 口不完全相同，顯示埤塘之消長，在過去年間快速消失，但近年來埤塘口數趨於穩定。桃園市埤塘濕地變遷之原因有「埤塘已填埋」、「面積改變」、「埤塘合併」、「未蓄水」、「分割為二或三個」五大原因。

(3)2014 年本應用完成台南市麻豆區以東 19 個鄉鎮埤塘濕地清查，其中新化區目前存在的埤塘濕地共計 293 口，面積 118.77 公頃。依據過去年度執行調查時的調查紀錄資料，2011 年時新化區埤塘濕地共計 349 口，2012 年損失 40 口，2013 年損失 16 口，三年間的埤塘濕地口數損失率約 16.05%，以此損失速度推估 10 年後，新化區埤塘濕地可能僅剩現況的 6 成左右。

(4)本應用透過遙測影像判釋並加以調查統計顯示，桃園市全區埤塘濕地約有 2,851 口，面積 2,599.73 公頃；台南市麻豆鎮以東 19 個行政區埤塘濕

地約有 7,497 口，面積計 4,081.99 公頃。台灣點狀濕地數量與面積皆不可小覷，而埤塘濕地正在逐年消失中，是濕地保育工作不容忽視的部份。

2.建議

桃園及台南埤塘大多屬於點狀之濕地類型，而此類濕地為國家重要生態資產，政府為兼顧生態價值及區域永續發展，應訂定法律加以保護並限制過度開發。濕地範圍的劃設，需深入考量埤塘之價值，可保存具有高度生態價值與功能的埤塘，以利於永續發展。

5.4、衛星定位系統與田間管理

5.4.1、衛星定位系統簡介

衛星定位系統(Global Positioning System, 簡稱 GPS)是 1980 年代美國國防部逐漸發展出來的衛星性空間定位系統，原本是為美國空軍軍事上定位、戰機導航、飛彈遙控等目的而發展，後經國防部接管並擴大計畫使其應用於民間定位測量。近年來則逐漸轉為商業用途。透過 GPS，不論使用者是在陸地、海面或是空中，都可精確測量出所在位置(包括經緯度與海拔等資訊)。

大略來說，GPS 包括了三個部份，第一個是太空部份：由 24 顆人造衛星繞行地球，擔任傳送訊號的角色，全天候傳送著衛星位置資訊。第二個部份則是地面控制部份：由於人造衛星的需要管理與監控，因此在全球不同地方設置了地面控制站來負責整個系統的運作。第三個部份則是使用者部份：使用者需要一個特別的 GPS 接收器來接收數個衛星訊號，透過微電腦來計算出位置資訊，由於訊號是透過衛星傳送，所以沒有使用區域、地形與人數的限制。

在概念上，GPS 代表著整個系統，包括衛星、地面控制站及 GPS 接收器。不過一般而言，GPS 即意指一個 GPS 接收器，這是因為我們在使用上多半只會接觸 GPS 接收器的緣故。

5.4.2、衛星定位測量之原理

GPS 系統中的 24 顆衛星高約兩萬公里，平均分佈於六個軌道面，以一天繞行地球兩週的速度運行(圖 5-70)。一般而言，在任何地點、時間，天空中都至少有 4 顆衛星存在，擔任訊號發射的工作。每顆衛星都透過精密的儀器與地面控制站的修正而有十分精準、同步的計時器，每顆衛星都在同一時刻發出訊號，但是由於使用者與每顆衛星之間的距離不同，每個衛星的訊號產生延遲的程度也不同。而使用者便透過接收器搜尋這些訊號，利用不同訊號的延遲程度求得距離每個衛星的距離，再以三角測量理論，計算出使用者的所在位置坐標，以完成導航定位及各種測量作業。



圖 5-70 衛星定位系統示意圖

由於 GPS 衛星持續不斷地發射這些定位訊息，只要接收器能持續接收，便能隨時計算、更新它的資料，幾乎每隔一秒鐘就能提供使用者最新的訊息，由於這樣快的更新速率，我們就可以將定位資訊再加以計算，來得到使用者的其他空間運動資訊，如移動速度、移動方向等。為防止非美軍使用者得到太精確的定位資料，以至妨礙到美國的國家安全，所以在供給民間使用的訊號上，另外加入所謂的 S/A (Selective Availability) 效應干擾訊號，使得民用的 GPS 接收器在定位時，只能維持 95% 的接收狀況讓精確度在直徑 100 公尺內，另外 5% 的接收狀況可能在直徑 300 公尺內。事實上，這樣的精確度已滿足大部份民間定位作業的需求。但如果某些定位作業需要更高的精確度，也可以利用差分定位法(Differential GPS,DGPS)達到 2~10 公尺內的定位精度。

舉例來說，假設我們知道距離 A 衛星的距離是 17,000 公里，這已經將位置所在的可能性降低到一個球面(如圖 5-71)，換句話說，我們一定是位在以衛星為中心，17,000 公里為半徑的假想球面上。同時如果我們也能知道距離另一顆衛星 B 的距離是 18,000 公里，這樣一來更加縮小了我們可能的位置。因為在整個宇宙空間中，同時距離 A 衛星 17,000 公里及 B 衛星 18,000 公里的點，都位在這兩個球面相交的圓周上(如圖 5-72)。這時如果再得知第三顆衛星的距離，我們幾乎就可以知道自己的位置。假設距離第三顆衛星 C 是 19,000 公里，可能的位置只剩下二個點，這二點是 19,000 半徑的球面通過 17,000 公里及 18,000 公里半徑球面交界所在的點(如圖 5-73)。我們可以發現，透過知道三顆衛星的距離，已經將自己可能所在位置降低到二個點。其實這時候甚至可以說只剩下一個點，因為在這二點中，位在地球表面附近

的僅有一個，另一點也許在太空中，也許在地心內，GPS 內的電腦程式有許多方法可以快速過濾掉這不可能的點。也可以想像成地球是第四個球面。

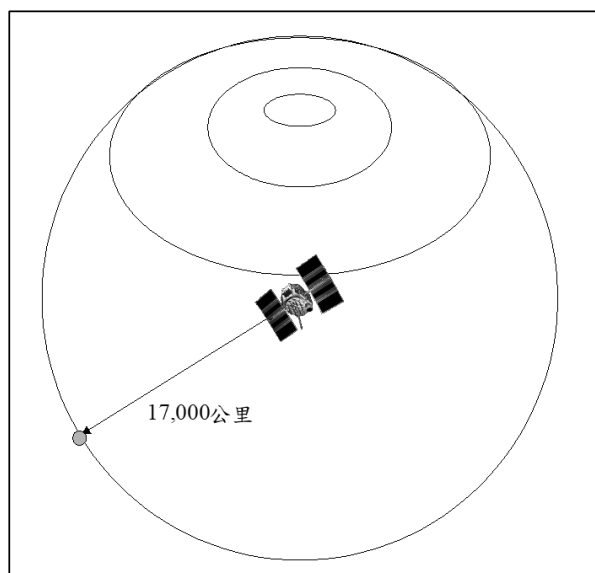


圖 5-71 離衛星一固定距離之可能範圍為一球面

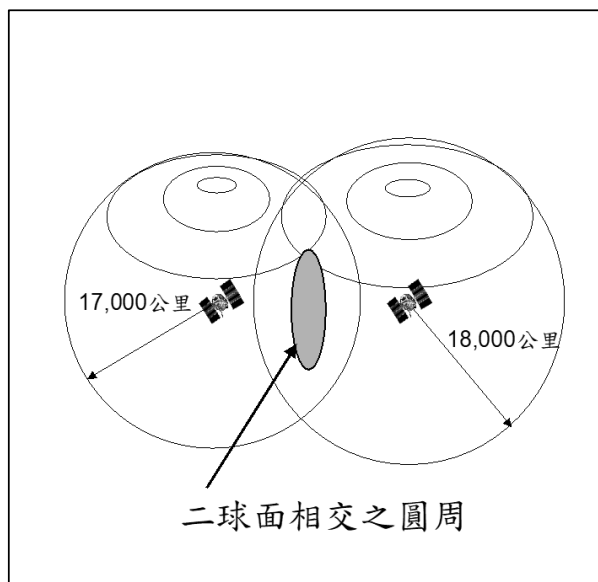


圖 5-72 離二顆衛星固定距離之可能範圍為一圓周

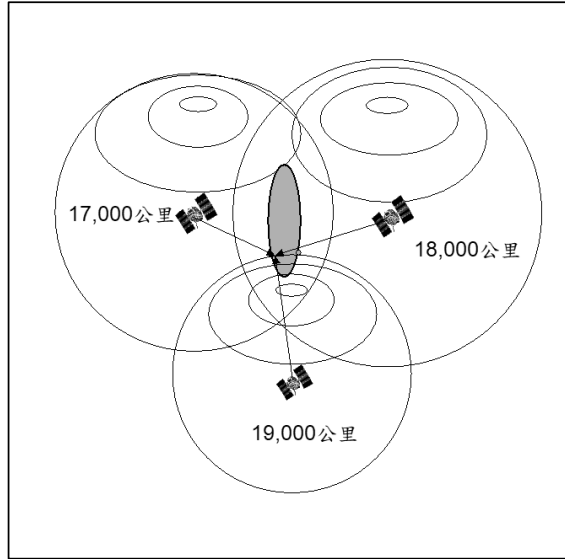


圖 5-73 三顆衛星所代表之球面相交會後可能位置為二個點

5.4.3、GPS 衛星訊號之形式及精度

GPS 衛星所播送之訊號內容主要可分為電碼及載波兩類：

1. 電碼訊號可即時定位，主要應用在飛機、船隻等運動器具之導航上，其精度僅約 50~100 公尺，惟近年來差分導航定位(DGPS)技術發展快速，其精度已可達 1 公尺以內。
2. 載波訊號須事後處理計算，主要應用在高精度點位測量上，其點位精度可達公分級以上。

衛星定位系統中利用幾何原理計算出接收儀所在的位置，可以表示為：

$$R_i^j(t) = \rho_i^j(t) + c\Delta\delta_i^j(t) \dots\dots\dots(5-1)$$

其中， $R_i^j(t)$ 為 i 觀測點與衛星 j 之間的電碼距離(pseudorange)； $\rho_i^j(t)$ 為衛星與地面觀測點之幾何距離； c 為光速； $\Delta\delta_i^j(t)$ 為地面接收儀之訊號接收延時。

$\rho_i^j(t)$ 可利用幾何性質直接求得，即

$$\rho_i^j(t) = \sqrt{(x^j(t) - x_i)^2 + (y^j(t) - y_i)^2 + (z^j(t) - z_i)^2} \dots\dots\dots(5-2)$$

其中， $x^j(t)$ 、 $y^j(t)$ 、 $z^j(t)$ 為衛星 j 在 t 時間之空間位置； x_i 、 y_i 、 z_i 即為觀測點未知位置。

對於每顆衛星而言，與地面觀測點之間皆存在一時間延時，因此對於單一衛星而言，即有 4 個未知數需解決，加入一顆衛星雖多提供了一條方程式，

但是也多一項未知時間延時，因此未知數永遠比方程式的個數多，無法得到可行解，因此必須將所有衛星上的原子鐘時間以參考時間 t_0 加以表示，減少變數的數目，一般皆以二項式的方式表示為

$$\delta^j(t) = a_0 + a_1(t - t_0) + a_2(t - t_0)^2 \dots\dots\dots(5-3)$$

由 $\Delta\delta_i^j(t) = \delta^j(t) - \delta_i(t)$ 代入(1)式得到

$$R_i^j(t) = \rho_i^j(t) + c\delta^j(t) - c\delta_i(t) \dots\dots\dots(5-4)$$

雖然(5-4)式中仍存在四個變數，但其中 $\sigma_i(t)$ 與衛星無關，因此四顆衛星擁有四條方程式即可解出四個變數。

以衛星定位技術來輔助地理資料收集與輸入有許多優點，包括(a)由於衛星資料經由接收儀接收，本體上即為數值化資料，透過 GIS/GPS 界面，可以在野外直接將調查的資料輸入資料庫中，使資料調查收集與輸入建檔能夠一次完成；(b)過去傳統的資料收集都將資料或記錄或繪製於地圖上，然後再以人工輸入電腦，每一過程中都隱藏著概括化誤差及人為失誤。而以衛星定位方法從事資料收集，自始至終都是數值化過程，除了衛星定位系統的系統誤差外，幾乎無誤差的累積與傳播；(c)由接收儀接收衛星資料後直接進入電腦，以地理資訊系統功能來加以處理及儲存，可以節省大量人力及時間金錢的花費。

衛星定位的誤差來自整個系統的各部份，包括衛星軌道不準確度、接收儀本身及附近環境的影響、天線相位中心不準確性和雜訊、以及訊號從發射到接收中間路徑的變化，如電離層、對流層等影響及觀測的方法等，使得其精度變化範圍可準確自數公分至數十公尺以上不等，若加上選擇性可靠(Selective Availability, SA)的干擾，其誤差甚至可達 100 公尺以上，在如此大的誤差範圍內，我們首先必須根據應用的目的，決定誤差的容許範圍，然後施以不同操作步驟降低誤差，達到應用的精度需求。

一般而言，軌道誤差對高程影響會較顯著，對基線之尺度較不顯著；電離層對單頻觀測而言，其對基線尺度影響約 0.35ppm 至 3.5ppm；而對流層在小範圍內不當的氣象修正可能反而造成修正過當。故衛星軌道及電離層、對流層誤差在小範圍(相對於整個地球)的地理應用上應該是可以忽略而不予考慮。而接收儀附近的環境影響主要是多路徑效應的作用，多路徑效應是指接收儀附近的障礙物多次折射造成訊號經由兩條以上的路徑到達接收儀的天線，這種作用在高樓林立的都市中尤其明顯，因此在都市中的 GPS 應用如建物調查，汽車導航等應用，必須特別考慮此效應所造成的誤差。

5.4.4、差分修正法

觀測的方法也直接影響衛星定位的精度，一般而言，定位方法可分為單點定位及相對定位，單點定位的精度平均大約在 10-15 公尺之間，並且衛星群的幾何分佈是影響精度的主要因素。相對定位又稱為差分定位(Differential Positioning)，其原理是利用設在已知位置之固定接收儀所接收到的資料來求得改正值，再將此改正值與未知位置接收儀所接收到的資料合併計算，以求得較高精度之坐標，其精度可達公分級以上精度，其中基地台即為固定接收儀，將衛星之誤差值傳給接收儀(移動台)做即時差分，或是將接收儀的資料帶回實驗室做後差分處理。

5.4.5、大地基準轉換

全球衛星定位系統所使用的坐標系統是屬於全球性的 WGS84 坐標基準，其坐標原點為地球質量中心。台灣地區現在使用的大地基準為以埔里鎮虎子山為原點之 TWD67 基準，只適合台灣地區使用，所以自接收儀所收到的 WGS84 坐標必須先將其轉換至 TWD67 坐標，台灣地區目前使用的地圖大都以橫麥卡托投影為主，所以還必須將 TWD67 坐標由球面投影至二維的平面上，如此才能進入地理資訊系統中與其它資料整合。本計畫所使用之衛星定位系統具有預先設定坐標系統之功能，可在首次架構 GPS 接收儀之資料屬性時載入，直接由台灣慣用的二度分帶坐標獲得，省去日後坐標轉換的工作。

5.4.6、GPS 衛星定位應用實例：GPS 與 GIS 整合應用

GPS 功能為定位，然而若能加入 GIS 技術與平台介面整合應用，在農業的各項業務中有非常多的應用，其效益非常可觀，尤其近年在一般的行動裝置上均有置入 GPS 晶片，在行動裝置中擁有定位功能的幾乎已經是基本配備，且價格也相當親民，一般來說只要是位在戶外，均有不錯的定位精度，也不像早期需要繁瑣的施程序：

地理資訊系統是將地球表面各種地理資料整合於電腦以掌握和使用，於 1964 年首先由加拿大發展出來。由於其具有空間資料庫管理及圖形展示分析等多項功能，因此可利用來整合分析大量的空間資料，同時分析結果可快速地提供決策者及決策單位作為一判斷之依據。而 GIS 的應用方可迅速提供監測資料和圖形資料，有助於資訊的傳遞與溝通，使資訊集中管理，增加資訊應用的效率。

地理資訊系統之主要功能可概分為以下幾點說明：

1. 資料聯結、查詢：利用 DBASE 之資料庫管理，百件不同型態資料之聯結、整合，再與空間資料結合，更百件各種空間或屬性之查詢，對所有資料庫之儲存、更新、擷取，功用頗大。

2. 空間分析：GIS 之強大功能，在於其能將各種空間資料作各種形式之登合、轉換，如交、聯集，分割、網路等等，而使得各種相關資料整合為一新資料庫，可再加以分析得到所需之資料，我們乃能藉此作各種相關空間之分析。
3. 展示：GIS 同時也是相當優異之繪圖系統，除可套疊各種圖層，顯示各不同資料，分析結果更可繪製成清晰易懂之地理圖檔，作展示或輸出。

當完成整合全臺的農田水利空間資料庫之後，可協助農委會進行多項農業政策上的應用，以及提升灌溉管理效益。地理資訊系統的基礎環境建置工作規劃由使用單位自行來建置，這在其它的國家或其它領域來說都是很少見的，因為這當中牽涉到相當多的技術與實際執行所遇到的困難。目前應用系統已經開發了多數的主要功能，各水利會已能將所建立完畢的空間資料與屬性資料上傳至應用系統中來使用。現今水利會的員工較諸往年具有更高的 E 化能量，委外進行地理資訊系統開發的水利會，雖有完整的資料與客製化工具可使用，但也僅會使用這些已開發好的工具，且資料更新與維護尚得持續委外更新。列舉一般應用之實例如下：

1. 災害搶救：八八風災時，臺東水利會灌區遭洪水冲刷流失，渠道須於水利利用地上重建，因此由地政事務所自遠處圖根點引測，約需 2 至 3 個月時間可完成渠道用地位置建置工作。下游未受災區域農作物將會無水可灌溉，導致農作物枯死，釋迦一般需要到第 5 年才能重新收成。以行動地理資訊技術，將數值檔地籍圖配合行動裝置，於分不清楚方向的現地中，將渠道用地完成放樣與訂樁工作。使挖土機依據定樁記號重新開挖渠道。太麻里每年每公頃可生產 9002 公斤釋迦，市價每公斤是 66 元，新栽釋迦必須等到第 5 年才可以達到正常生產值，未受災的 60 公頃釋迦園緊急復耕，可減少約 1.2 億元農損。600m 渠道約需 3 小時即可完成定位與坡度挖填方計算，於 7 天內完成緊急通水工作。
2. 黃金廊道農業新方案：傳統作法應為以灌溉轄區平面圖為參考，繪上高速鐵路位置，以人工方式依比例尺丈量，挑選線路左右各 1.5 公里範圍內的土地，再逐筆統計各土地的面積、用途等。導入 GIS 技術後以高速鐵路位置為中心，劃設範圍區間，套疊分析廊道內的各筆土地、權屬、灌溉地籍清冊、圳路別等。黃金廊道範圍共含蓋彰化、雲林兩個水利會 10 個工作站。傳統作法約需 10 個人月才能逐筆篩選完畢，經由 GIS 工具輔助，可縮短工作至 1 日內完成。
3. 縮短時程提升效率(會有的清查)：以傳統作法將會有土地資料於地籍圖上標註，並至現地逐一清查。遇有疑似遭占用土地若經由地政單位鑑界，由申請至實際鑑界約需兩個月，費用為每筆 4,000 元。

導入 GIS 技術後將會有土地地籍資料與數值檔地籍圖連結，加值應用產製會有土地分佈圖，套繪航空照片，遇有遭占用部份即可數化遭占用範圍面積，並可以行動 GIS 導航協助清查人員至每筆土地。其效益為一個約 2,000 公頃範圍的工作站轄區，約需半年才可將近千筆會有土地清查完畢。若經由 GIS 各項工具輔佐，可於 2 日內將各筆會有土地清查完畢。

4. 縮短時程提升效率(停灌休耕補償)：以傳統作法於受理停灌休耕補償申請作業後，轄區管理人員需攜帶大量標註查核位置的灌溉地籍圖，至現場逐一判斷所在位置並進行補償申請標準認定，再進行拍照存證，於內業作業時再逐一比對所拍相片與對應補償申請案件。並於電腦中登打查核現況情形。導入 GIS 技術後將以行動裝置導航至欲查核地點，於設備中進行查核現況登錄，以及同一設備中拍照記錄，即時進行面積加總與資料除錯。內業作業時自動將查核情形與拍攝影像完成對應並上傳至資料庫中。其效益為傳統的作業方式一日約可查核 100 筆申請案，應用行動 GIS 約可查核至 200 筆左右，並可免除面積資料錯誤情形。
5. 調整耕作制度活化休耕農地：以傳統作法由農糧署提供之年度休耕田資料與灌溉地籍清冊連結，並以人工方式逐筆於灌溉區域平面圖中休耕田位置，不易掌握連續休耕田分布位置與所屬渠道供水情形。導入 GIS 技術後以數值檔灌溉地籍圖和農糧署之年度休耕資料連結，產生各期作別休耕田與連續休耕田位置，套繪渠道位置後，可分析水資源供需，以進行調配。其效益為原先無空間資料，不易呈現連續休耕田與渠道位置，透過 GIS 工具輔助與應用，可輕易掌握活化休耕田位置，與進行渠道妥善清查工作。
6. 農地基礎資料建制管理及加值應用：擴充人、地、水、產業、福利、統計等以農地為索引資料，建立農地大數據資料庫，並建立制度性彙集農地巨量資料作業機制，提高農地資料流通、分享及加值應用機制，以進行各項決策分析作業。農委會為了掌握現有農地數量、分布區位及品質，以確保糧食安全及推動安全農業，並提供國土計畫法之農業發展地區劃設作業基礎，以及研擬違規工廠群聚地區土地利用政策方向之參考。農地盤查以掌握法定農業用地上之農、林、漁、牧、休閒等產業狀態、農業設施態樣、非農業使用建物類型等坐落區位面積及屬性。農田水利處主辦統整各農田水利會灌排渠道、埤塘之坐落地段地號與權屬。其做法為由農業地籍圖，結合各農田水利會年度版本灌排渠道分布圖，再使用地理資訊系統技術與工具產製各項水利設施(灌排渠道、埤塘)之地段與地號資訊。由各農田

水利會提供各項設施用地的所有權資訊，再轉換成權屬(公有、公營、會有、私有)即可。

5.5、參考文獻

1. 歐陽鐘裕，1992，遙感探測學，大中國圖書公司。
2. 焦國模，1989，森林航空測學記，國立編譯館。
3. 國立台灣大學水工試驗所，1996，遙測技術於水利之應用訓練班講義。
4. 廖大牛，1994，遙測技術與資源調查，台灣省林務局職工訓練中心。
5. 曾清涼，全球定位系統衛星導航及定位測量。
6. 蔡源二，1994，即時 DGPS 衛星定位經度之研究，第 13 屆測量學術應用研討會論文集，國立交通大學。
7. Baret, F., and Guyot, G., 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment, *Remote Sensing of Environment*, 35:161-174.
8. Campbell, J. B., 1987. *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press, pp.551.
9. Choudhury, B. J., 1987. Relationships between vegetation indices, radiation absorption and net photosynthesis evaluated by a sensitivity analysis, *Remote Sensing of Environment*, 22:209-233.
10. Environmental Systems Research Institute, 1990. *Understanding GIS-the Arc/Info Method*, ESRI.
11. Goward, S. N., B. Markham, D. G. Dye, W. Dulaney, and J. Yang, 1991. Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer, *Remote Sensing of Environment*, 35:257-277.
12. Lillesand, T.M., and R.W. Kiefer, 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*, second edition, John Wiley & Sons, pp. 721.
13. Malingreau, Jean-Paul, 1986. Global vegetation dynamics: satellite observations over Asia. *International Journal of Remote Sensing*, vol.7, no.9, 1121-1146.
14. Price, J. C., 1992. Estimating vegetation amount from visible and near infrared reflectances, *Remote Sensing of Environment*, 41:29-34.
15. Seller, P.J., 1985. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration, *International Journal of Remote Sensing*, 6:1335-1371.

16. Tan, C. H., S. F. Shih and J. D. Jordan, 1994. Spatial dependence of NOAA-AVHRR observations and ground measured meteorological parameters in an agricultural area (abstract). EOS transaction/supp., vol.75, no. 16, 174.
17. Tucker, C. J., Vanpraet, C. L., Boerwinkle, E., and Easton, A., 1984. Satellite remote sensing of total dry matter accumulation in the Senegalese Sahel, Remote Sensing of Environment, 13:461-469.

第六章、新興科技-物聯網與智慧灌溉之應用

6.1、物聯網簡介

6.1.1、農田水利自動測報發展簡介

行政院農業委員會(以下稱農委會)自民國 74 年開始便積極辦理農田水利自動測報系統建置及推廣，多年來各農田水利會均各自成一套系統在運作，然因各會測報資料中心使用之伺服器經常位於無標準機房環境之運作環境，且其使用率經常只達 5%~10%，對於農委會或水利會本身每年需負擔之維運費用相較，其使用率有過低之現象，為避免資源的浪費及大幅減少各水利會伺服器與資料中心軟體更新費用之支出，因此，農委會於 100 年起推動農田水利會自動測報整合系統之構想，除有助於解決前述問題外，亦可達簡化有關通訊系統部份的複雜及紊亂情形，並藉由整合系統提出統一的通訊協定，解決通訊協定之問題。

農田水利會水文自動測報系統相關軟硬體發展迄今，已漸趨成熟，近年來因氣候變遷影響，如何將自動測報所收集、彙整資料加值應用，達到灌溉管理現代化目標，已成為未來測報系統發展重點。農田水利會自動測報系統自發展以來，便跟隨著農委會政策腳步，加入及推動相關計畫，以提升各農田水利會掌握灌溉水情成效，其發展重點約每 2 個年度即有一重大里程碑出現，大致可歸納如下 5 個階段，若以年度加以區別，則可如圖 6-1 所示。

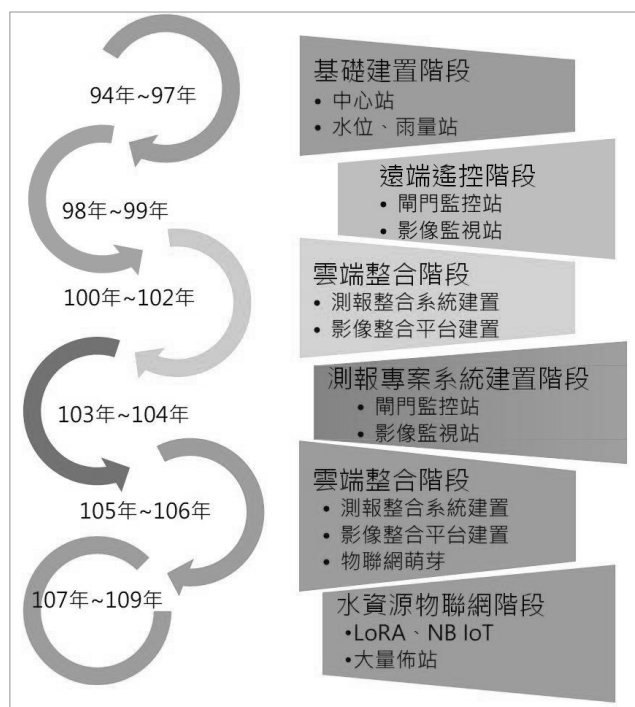


圖 6-1 自動測報發展歷程與未來趨勢圖

1. 基礎建置階段(94 年~97 年)。
2. 遠端遙控階段(98 年~99 年)。
3. 測報專案系統建置階段(100 年~102 年)。
4. 雲端整合階段(103 年~104 年)。
5. 水資源物聯網階段(107 年~109 年)。

其中，自 107 年度開始因應行政院推動「前瞻基礎建設—數位建設」-「建構民生公共物聯網計畫」項下水資源物聯網計畫之精進灌溉節水管理推廣計畫，屬於水資源競用區的桃園、石門、新竹、嘉南及高雄等 5 個農田水利會，同列為主要推動示範區。未來，處於物聯網(Internet of Things, IoT)架構下，將建立水資源物聯網資訊流作業標準，以整合國內水資源單位水情資料。建立開放式架構雲端環境將提供水資源物聯網相關應用計畫雲端計算環境，並提供至少包括資料庫、檔案及雲端運算等 PaaS 服務。故於此階段，農田水利會所屬自動測報資料中心亦已符合 IoT 發展趨勢方向加以規劃。

國家實驗研究院國家高速網路與計算中心「民生公共物聯網資料、資訊及資安平台檢視會議」資料，建立相關物聯網計畫執行架構如圖 6-2 所示，將各項數據資料進行蒐集，確保資料安全及完整度，並藉由電腦進行機械學習與大數據分析，最後設立資料服務展示平台，連結各機關與產業，若各項機關如空(環保署)、地(氣象局、國震中心)、災(防災中心)、水(水利署)等作大數據結合，可在未來增加其他額外成果與效益。

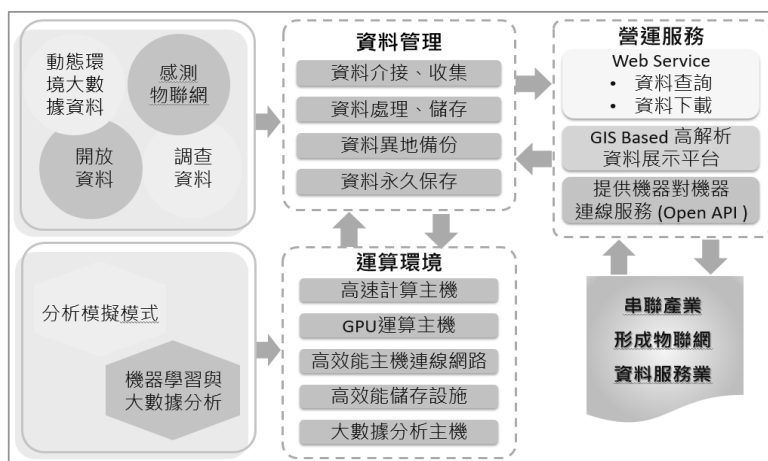


圖 6-2 物聯網計畫執行架構

6.1.2、農田水利自動測報物聯網簡介

自動測報資料中心物聯網核心，為下圖藍色實心方塊部份，其設計說明詳述於后。自動測報資料中心核心中的各功能方塊(藍色實心)，均可運行於多台實體或虛擬主機上進行分散式運算，以應付各式資源臨時需求所需的動態擴展。

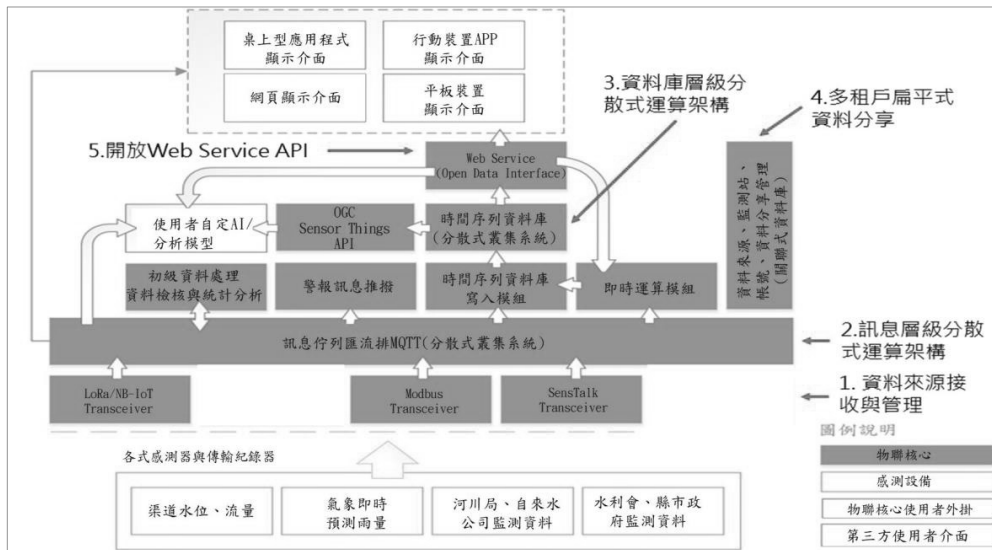


圖 6-3 自動測報資料中心核心架構圖核心架構總覽

藍色空心方塊所述之「自動測報資料中心核心使用者自訂 AI 分析模型」，為物聯網系統採用 Spark 分散式平台，並輔以 Zeppelin 介面讓第三方使用者，可以撰寫相關分析演算法，傳送至物聯網平台進行排程運算，資料來源可由自動測報資料中心核心之應用程式介面(Application Programming Interface, API，以下簡稱 API)獲取，再透過相對應 API 將結果寫入大數據資料庫，供第三方使用指介面開發商進行介面設計。

IoT 資料中心架構提供資料來源、監測站資料提供者(如水利會)，大數據資料倉儲管理者(平台管理者)，模型建立者(研究機構)，介面開發與使用者(軟體介面開發商、行政管理人員)，一個可以高度相互整合，但又各自獨立的環境。使各角色得以發揮自己專長，不會如過去由單一廠商以一條龍系統開發方式，導致系統整合困難、延伸或動態擴展時需另外付出額外成本。其核心架構功能如下：

1. 資料來源接收與管理：管理來自各式不同資料來源之監測資料，應用層相容通訊協定涵蓋 Modbus，SensTalk(水利會為主)，並提供可附加協定分析模組環境，可隨時增加目前未包含的通訊協定。以確保未來可擴充的可能性。實體層至網路層通訊協定，則支援有線網路、3G/4G、LoRa、NB-IoT、SigFox、TCP/IP、UDP/IP，滿足現有及未來 LPWAN 的通訊模式。
2. 資料庫層級分散式運算架構：自動測報資料中心核心所接收、發送之監測資料，絕大多數為時間序列資料，因此高速、穩定、可動態擴展、分散運算、分散備援的時間序列資料庫，為建置自動測報資料中心核心之重要基礎。如前所述，本系統採用符合可用性(Availability)與分區(Partition)特性之時間序列資料庫 Karios DB。

3. 多租戶扁平式資料分享：此為自動測報資料中心核心重要功能，由此控制各帳號所擁有監測站之間的資料交換，以實現雲端系統多租戶概念，有別於傳統階層式的權限設定，此機制採與 Facebook 或 Google 的扁平化權限設計概念，將監測站、監測物理量，視為如照片、檔案等資源，以資料分享權限設定方式分享給其他帳號。

系統中的監測站、監測物理量，均具備唯一 ID 並屬某個使用者擁有，當該用戶欲分享此資料給予其他帳號使用，僅需於系統設定該監測物理量或監測站的權限給另一帳戶即可完成分享。

4. 開放式的網路服務應用程式介面(Web Service API)：自動測報資料中心核心所有監測站群組、監測站、物理量、使用者...等數十種結構資料，以及所有物理量監測值，除了以物聯網所要求之 OGC Sensor Things Web Service API 方式提供外，另因應水情資料高速量大查詢、即時滾動演算需求開發特殊 Web Service API，以及提供第三方上傳演算模組之相關雲端 API。

6.1.3、物聯網即時分析運算功能

即時運算 API，主要處理自動測報資料中心核心接收到即時監測物理量資料時，立即進行公式演算，以產出另一衍生物理量之功能。以水情常用之演算功能來說，主要分為三大類

1. 線性及非線性公式即時運算：即時監測物理量為輸入自變數(x_t)，衍生物理量為應變數(y_t)，變數為水位(x_t)，應變數為流量(y_t)，則採用率定曲線公式：

$$y_t = f(x_t), y_t = ax_t^b$$

以上單變數運算，自動測報資料中心核心提供監物理量目可設定多層轉換公式與參數，系統會根據設定的公式與參數自動轉換，收到的即時監測資料。轉換公式可讓使用者於網頁或 API 中定義，可定義的公式包括四則運算、絕對值、反餘弦、反正弦、反正切、餘弦、正弦、正切自然對數的次方、對數、以 10 為底的對數、次方、四捨五入等，並另提供以邏輯判斷式以達成警戒或感測器故障判定。

- A. 傳回小於所給定數值最接近的整數。
- B. 給予邏輯判斷並回傳真/偽結果。
- C. 取得兩數值中較大的數。
- D. 取得兩數值中較小的數。
- E. 傳回大於所給定數值最接近的整數。

F. 傳回小於所給定數值最接近的整數。

2. 跨測項運算-多重變數跨物理量運算：多個即時監測物理量為輸入自變數($x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t}$)，衍生物理量為應變數(y_t)。

$$y_t = f(x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t})$$

可用於分區流量累積，上下游水位差比對警示，或區域雨量累積等。
例如自來水公司小區管網為三個流量計流入，一個流量計流出，則該小區之家戶總流量為

$$y_t = ax_{1,t} + bx_{2,t} - cx_{3,t}$$

3. 自動累積與積分運算：用於流量累積，延時雨量累積。彙總運算的運算資料來源為單一物理量，所使用的資料點為該物理量之特定時間區間，運算方式至少包含以下幾種。

範例：運用於即時防災，計算由現在起算，往前推算 1 小時、3 小時、6 小時、12 小時前累積雨量。

A. 定時累積(適用於原始資料為累積值的物理量，例如雨量)。範例：運用於報表製作，統計每日、每旬、每月雨量。

B. 定時積分(適用原始資料為瞬時資料的物理量，例如流量)。範例：運用於防災使用，例如計算河川流量積分值至今日午夜 12 時。

C. 滾動累積(適用於原始資料為累積的物理量，例如雨量)。範例：用於製作報表，統計每日、每旬、每月總流量。

D. 滾動積分(適用原始資料為瞬時資料的物理量)。範例：使用流速推估總流量。

4. 統計分布參數推估—同期比較：用以判斷所收集的資料，其趨勢與過去是否有顯著的不同，例如某一區域內的不同河川水位流量及雨量在每年同時期的變化，並判斷有無發生異常。

計算方式為以某一時間點最為基準，以時間間距 C 取樣 N 個點作為統計母體之樣本空間，計算此樣本空間的平均值與標準差，作為母體之參數推估值。

例如：欲判斷本日下午 1:00 水位是否與過去 30 日有顯著的不同，則以過去 30 日每日下午 1:00 的水位作為樣本空間，共 30 筆資料，計算平均值與標準差，即可判斷本日下午 1:00 的水位是否落在 99.75%信賴區間內。

5.異常數據比對及警戒判斷：根據前述 API 所運算的結果，自動測報資料中心核心可設定個物理量之警戒值，若超過所設定警戒值，系統即以電子郵件或 LINE 方式進行推播。

異常數據比對機制，根據自動測報資料中心核心的架構設計，亦可採用第三方使用者之演算法進行異常判斷，再透過自動測報資料中心核心之警報發佈機制進行推播。

6.2、公開的資料傳輸格式

6.2.1、API 介接規格

物聯網系統所用之 Web Service API，均採用 RESTFul 格式訂定，為兼顧資訊安全與使用便利性，傳輸一律使用 SSL 加密，讀取資料使用 GET，寫入資料使用 POST，使用資源前均須經過安全性認證。

6.2.2、使用者安全性驗證標準

所有 Web Service API 均可視為資源，符合 OAuth 2.0 <https://oauth.net/2/>之角色定義，因此經由所建立之 OAuth2.0 驗證伺服器，並整合 Active Directory 網域帳號，系統有一可供單一簽入(Single sign on,SSO)之驗證伺服器。

對於使用者來說，監測站是監測系統的主體，每一個監測站中包含數個監測物理量(Physical Quantity)，每個監測物理量，或稱為監測項目，於 IoT 系統中都有一個獨一無二的識別碼(ID)，稱為監測物理量識別碼 Physical Quantity ID (PQID)，但實際上，每個監測站中監測物理量可能是來自於相同、或不同的資料來源(Remote Data Acquisition Device, RD)，例如，某個實體監測站，安裝了雨量計、水位計、水質儀器，分別取的雨量、水位、酸鹼度數種觀測值，但在管理上，卻分屬於水位站、雨量站、水質站三種監測站，因此實體監測站可視為一個資料來源，而邏輯上的水位站、雨量站、水質站卻分屬邏輯或管理上的三個監測站。(範例詳 0 PQ M3)。

IoT 雲端監測系統所接收與儲存的資料，均以 Web Service 進行資料導入與讀取，故使用者必須詳細瞭解 WRA-IoT 資料儲存結構，方能順利上傳及取得資料，有關 IoT 公開的資料傳輸格式 Web Service 中所稱的監測站(Station)，均是以邏輯或管理上的監測站為定義，以便於第三方開發軟體時，與最終使用者的認知一致。IoT 操作畫面上的監測站，也是邏輯監測站。

如圖 6-4 所示，監測站 ST1，擁有 M1,M2 監測物理量，監測站 ST2 擁有 M3 監測物理量，監測站 ST3 擁有 M3, M4, M5 監測物理量，監測站 ST4 擁有 M6 監測物理量。為符合資料傳輸安全要求，IoT 系統的資料傳輸均需符合 OAuth 2.0 (<https://oauth.net/2/>) 的規範並取得授權，OAuth 2.0 為用於工業之標準通訊協定，其驗證機制共有四種，我國物聯網系統在實作上，採

用 Client Credentials 及 Authorization Code 兩種，相關資料導入之 Web Service 詳如專屬網站所述 <https://iapi.wra.gov.tw/v3/api/swagger/ui/index>。以下簡要說明上述兩種驗證機制內容。

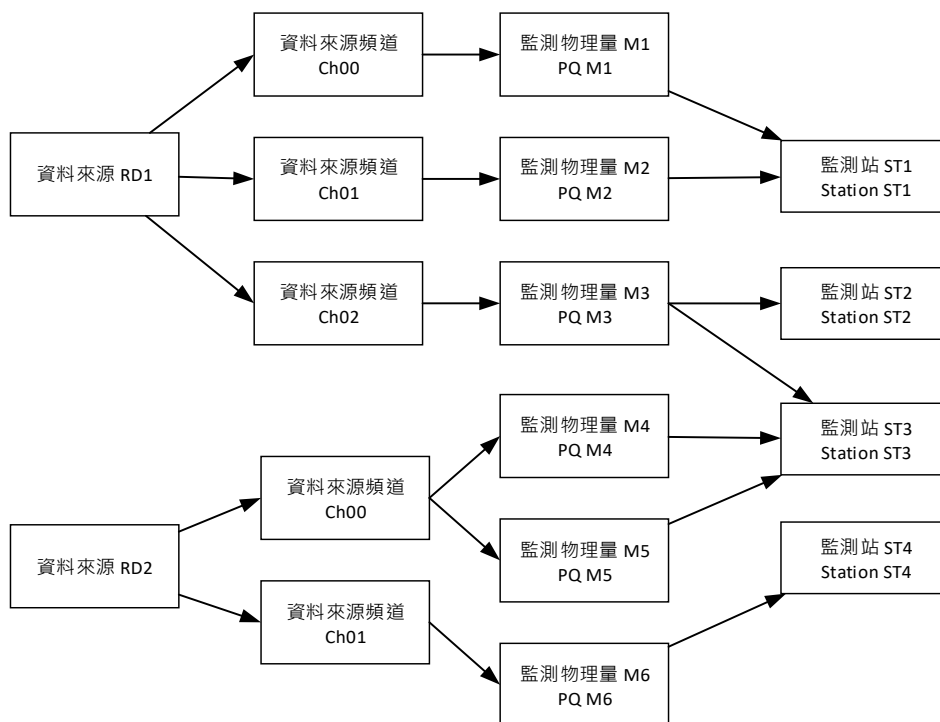


圖 6-4 PQ M3

資料來源：監測物理量與監測站關聯

1. Authorization Code：此驗證機制為標準之兩步驟驗證，驗證時不需把本系統之帳號密碼交付第三方軟體開發者，軟體開發者開發完成後，啟動軟體時，系統會導向至 OAuth 2.0 驗證頁面，由使用者自行輸入帳號密碼後，OAuth 2.0 伺服器會授與此軟體資源使用權限，並且回應資源使用權杖，使該軟體即能透過此權杖讀寫 Web Service，進而獲取本系統資料。由於軟體使用權限是由使用者自行賦予，因此可減少帳密外流之風險。
2. Client Credentials：此驗證機制是直接使用系統帳號密碼進行 Web Service 資源使用，若軟體開發者為帳號密碼使用者本身，可使用此方法直接進行驗證，直接傳輸帳號密碼取得資源使用權杖(Token)，再使用此權杖進行 Web Service 資源使用。

6.3、現地監測站的整合

6.3.1、整合型傳輸紀錄模組之重要性

- 1.整合型傳輸紀錄模組物聯網化：為配合政府推動水資源物聯網感測基礎雲端作業平臺建置，於現地監測站之規劃，將有別於過去傳統監測及量測方式，配合物聯網新技術之整合與開發，達到監測與傳輸原件之微型化、無線化、模組化及耐候性(具防水、撞擊等)，以達相關監測與營管數據即時傳輸與雲端化，建立整合且微型化之現地監測系統，俾解決水利設施所在位置，經常為狹小處所而難以施設之空間問題(如圖 6-5)。

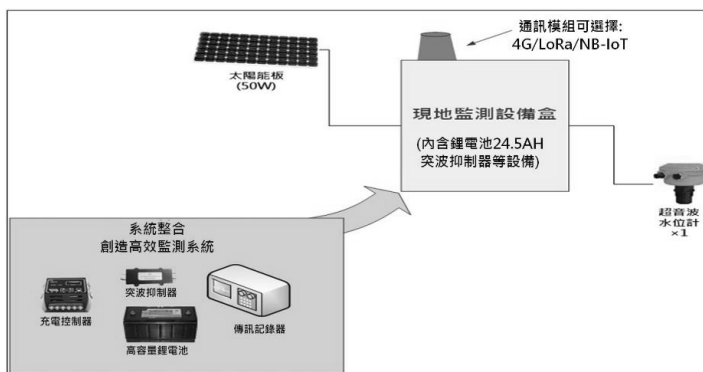


圖 6-5 整合型現地監測系統架構示意圖

- 2.基本環境需求：由於水文監測系統傳輸紀錄模組均安裝於高溫、高濕的環境之下，因此整合型模組之防水、防塵、防潮，耐高溫、強風吹拂震動、均須能夠長期維持監測功能正常運作。因此設備須符合以下環境運作標準：
 - A.工作溫度 0~70℃。
 - B.防水等級 IP68，(需檢附測試報告)。
 - C.整合型、一體式設計，無外部可動元件，感測部與傳輸紀錄本體之間可依現場安裝需求使用電纜延長。
 - D.耐腐蝕金屬外殼，為達防竊效果，以鋁合金為優先，不採用不銹鋼外殼，且不可使用塑膠材質，避免紫外線日照發生脆化。
 - E.鑑於農田水利會之水利設施多數現場觀測處所，部份僅為在 1m 正方以內之觀測井，為達防竊效果，水利會管理人員可能會選擇安裝於觀測井之中，因此整合型傳輸紀錄模組安裝後，其本體厚度建議介於 10 至 15cm 左右為宜，避免影響觀測井操作，長、寬則不限，但仍以不超過 30cm(觀測井尺寸之 30%)為原則。
- 3.維運管理需求：配合物聯網技術，將需要大量佈建前端傳輸紀錄系統，除了監測站單價因素為重要考量外，未來監測站之耗材成本，維運管理成本亦為重點，因此前端傳輸紀錄系統須能夠免清理、免

保養、易更換，使維護人員均能夠快速學習，進行完整的保養、維護、檢修、更換的工作。

- 4.現場資料儲存需求：監測資料除了能夠即時傳送至水利署物聯網平台外，現場必須能夠具備非揮發性記憶體(如 Flash 卡)，於每 10 分鐘紀錄一筆資料的狀況下，資料循環週期至少 20 年(以壽命 10 年之 2 倍計算)以上。避免通訊中斷，或雲端資料遺失時，仍能由現場取回資料。

非揮發記憶體可直接抽取並使用電腦讀卡機讀取資料，於設備故障或通訊中斷時資料補遺使用。

- 5.資料傳輸需求：

A.現場歷史資料記錄：全時現場每 10 分鐘均記錄並傳送一筆監測資料，作為斷線資料補遺使用，每筆監測資料至少包括水位、電池電壓、設備內溫度、RSSI、SNR(僅 LoRa 需要)。

B.歷史資料傳輸與補遺：使用 NB-IoT/4G 通訊時，需傳輸補遺歷史資料，每日自動比對雲端資料庫缺漏資料，自動補遺數次。

- 6.電力系統需求：電力系統需求之功率與電流規劃計算，詳 06.3.2、整合型現地傳輸紀錄模組電力系統規劃。及計算結果為採用太陽能板充電時，內部鋰電池容量至少大於 20Ah，可外接之太陽能板至少大於 30W，充電電流可達 2A 以上。

- 7.通訊需求：有關通訊部份建議可採用具備雙通道通訊能力之監測模組，可於 NB-IoT/LoRa 之間切換，若現場 LPWAN 初期無法到達，則須暫時使用 4G 通訊，之後再切換為 NB-IoT/LoRa 雙備援之通訊方式。

- 8.安裝需求：

A.以能夠附掛於水位計支架，平貼於觀測井內壁兩種方式進行施工。

B.安裝方式需能符合易於維護與更換。

- 9.相關認證需求：

A.模組生產廠商需具備國家通訊傳播委員會(NCC)電信管制射頻器材經營與可執照。

B.模組須符合「電信管制射頻器材審驗辦法」中之技術規範，並取得審驗合格標章。

C.防水等級需具有財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)實驗室認證所出具之證明。

- D.所使用充電或一次性鋰電池，均需提出產地第三方實驗室檢驗報告，檢驗內容包括低壓測試、熱衝擊、震動、衝擊、短路、過充電、強制放電。

6.3.2、整合型現地傳輸紀錄模組電力系統規劃

由於水利會取、分水工多為地處偏遠處所，取得市電建置成本過高，因此有關水位、水質或雨量監測功能之監測站電力來源，建議規劃以太陽能為主，配合高容量鋰電池，以達到電力備援。建議根據現場狀況，規劃太陽能板輸出功率、鋰電池容量以及整體系統耗電量進行計算及設計。傳訊紀錄器規劃可使用第一類極度省電、一體型傳訊紀錄器，其中傳訊紀錄器功能將包括適應野外嚴苛環境、內建廣域網路通訊、資料記錄容量與補遺、類比輸入頻道、自動省電功能、充電與電力消耗、數位傳輸介面、及低傳輸頻寬需求。

- 1.電力需求日照條件：以台灣地區最差日照(2 月份) 57.8 小時做為計算基礎。平均每日有效日照約 0.96 小時。

- 2.設備耗電量：

A.主系統：運作：1.0W (以目前常見物聯網通訊設備進行估計)；休眠：0.001W。

B.4G 通訊：0.96W。

C.NB-IoT 通訊：0.24W。

D.水位計：0.3W。

- 3.系統運作模式：

A.每 10 分鐘自動喚醒，感測、紀錄、傳輸後進入休眠。

B.若使用 4G 通訊，總花費通常不超過 120 秒。

C.若使用 NB-IoT 通訊，總花費通常不超過 60 秒。

D.此運作模式若使用 LoRa 通訊，總花費最常不超過 40 秒。

- 4.現場備用不斷電電池：採用 20Ah~30Ah 之磷酸鋰鐵電池，該電池由氧化鋰鐵磷所製作而成($\text{LiFe}(1-X)\text{MXP}(1-X)\text{O}_2(2-X)$)，其特性有體積小、壽命長、無污染、內阻低、可供作溫度相對高、儲電力強及高安全性，目前鋰鐵電池已經商品化，於工業界廣泛使用，取代鉛酸、鎳氫、鎳鎘電池，目前應用於電動車、高爾夫球車、電動船、電動滑板車、電動腳踏車/機車、電動輪椅...等，目前市面上一般規格如下所示。

A.重量輕：約鉛酸電池三分之一重。

B.使用壽命：循環壽命大於 2000 次。

C.每個電池芯充電速度：2C。

D.每個電池芯瞬間放電量：30C。

E.耐溫：-20~75 度 C。

5.電力計算情境：

A.情境一：使用 4G 通訊。

欄位代號	公式	基本資料運作資料	
A		通訊模組 耗電流(A)	0.080
B		通訊模組 運作電壓(V)	12.000
C	A*B	通訊模組 功耗(W)	0.960
D		主系統休眠功耗(W)	0.001
E		主系統運作功耗(W) (含超音波水位計)	1.300
		休眠模式-自動喚醒傳送即時資料並補遺歷史資料	
F		每次發射所需運作時間(s)	120.0
G	C*F	通訊模組每次發射消耗能量(J)	115.2
H		主系統每次運作時間(s)	120.0
I	E*H	主系統每次消耗能量(J)	156.0
J		自動喚醒傳送週期(分)	10.0
K	1440/J	每日喚醒次數	144.0
L	K*(G+I)	每日喚醒傳送總消耗能量(J)	39052.8
		休眠模式-自動喚醒紀錄歷史資料	
M		主系統每次運作時間(s)	20.0
N	E*M	主系統每次消耗能量(J)	26.0
O		自動喚醒記錄週期(分)	10.0
Q		每日喚醒次數(扣除自動喚醒傳送次數)	0.0
R		每日喚醒紀錄總消耗能量(J)	0.0
		休眠模式-靜態耗電量	
S		每日主系統休眠總時間(s)	72000.0
T	S*D	每日主系統休眠總消耗能量(J)	72.0
U	R+T	每日運作消耗總能量(J)	72.0
V	L+U	休眠模式 每日總耗能量(J)	39124.8
		綜合評估	
W		安裝電池容量(Ah)@12V	25.00
X	(12*3600*W)/V	可運作日數(日)	27.60

在完全無日照狀況下，可維持系統運作 28 日。

B.情境二：使用 NB-IoT 通訊。

欄位代號	公式	基本資料運作資料	
A		通訊模組 耗電流(A)	0.050
B		通訊模組 運作電壓(V)	12.000
C	A*B	通訊模組 功耗(W)	0.600
D		主系統休眠功耗(W)	0.001
E		主系統運作功耗(W) (含超音波水位計)	1.300
		休眠模式-自動喚醒傳送即時資料並補遺歷史資料	
F		每次發射所需運作時間(s)	60.0
G	C*F	通訊模組每次發射消耗能量(J)	36.0
H		主系統每次運作時間(s)	60.0
I	E*H	主系統每次消耗能量(J)	78.0
J		自動喚醒傳送週期(分)	10.0
K	1440/J	每日喚醒次數	144.0
L	K*(G+I)	每日喚醒傳送總消耗能量(J)	16416.0
		休眠模式-自動喚醒紀錄歷史資料	
M		主系統每次運作時間(s)	20.0
N	E*M	主系統每次消耗能量(J)	26.0
O		自動喚醒記錄週期(分)	10.0
Q		每日喚醒次數(扣除自動喚醒傳送次數)	0.0
R		每日喚醒紀錄總消耗能量(J)	0.0
		休眠模式-靜態耗電量	
S		每日主系統休眠總時間(s)	80640.0
T	S*D	每日主系統休眠總消耗能量(J)	80.6
U	R+T	每日運作消耗總能量(J)	80.6
V	L+U	休眠模式 每日總耗能量(J)	16496.6
		綜合評估	
W		安裝電池容量(Ah)@12V	25.00
X	(12*3600*W)/V	可運作日數(日)	65.47

在完全無日照狀況下，可維持系統運作 65 日。

C.情境三：使用 LoRa 通訊。

欄位代號	公式	基本資料運作資料	
A		通訊模組 耗電流(A)	0.013
B		通訊模組 運作電壓(V)	12.000
C	A*B	通訊模組 功耗(W)	0.156
D		主系統休眠功耗(W)	0.001
E		主系統運作功耗(W) (含超音波水位計)	1.300
		休眠模式-自動喚醒傳送即時資料並補遺歷史資料	
F		每次發射所需運作時間(s)	40.0
G	C*F	通訊模組每次發射消耗能量(J)	6.2
H		主系統每次運作時間(s)	40.0
I	E*H	主系統每次消耗能量(J)	52.0
J		自動喚醒傳送週期(分)	10.0
K	1440/J	每日喚醒次數	144.0
L	K*(G+I)	每日喚醒傳送總消耗能量(J)	8386.6
		休眠模式-自動喚醒紀錄歷史資料	
M		主系統每次運作時間(s)	20.0
N	E*M	主系統每次消耗能量(J)	26.0
O		自動喚醒記錄週期(分)	10.0
Q		每日喚醒次數(扣除自動喚醒傳送次數)	0.0
R		每日喚醒紀錄總消耗能量(J)	0.0
		休眠模式-靜態耗電量	
S		每日主系統休眠總時間(s)	83520.0
T	S*D	每日主系統休眠總消耗能量(J)	83.5
U	R+T	每日運作消耗總能量(J)	83.5
V	L+U	休眠模式 每日總耗能量(J)	8470.1
		綜合評估	
W		安裝電池容量(Ah)@12V	25.00
X	(12*3600*W)/V	可運作日數(日)	127.51

在完全無日照狀況下，可維持系統運作 127 日。

6.電力計算結果分析：以目前的電池及物聯網通訊技術，在休眠且完全無日照的狀況下，電力都能維持 28~127 日不等的不斷電日數，遠高於目前普遍的水情監測站 7 日的電力備援，以 4G 每日耗電量 39,124J 計算，等效系統消耗功率為 0.452W。

假設太陽能板功率為 P(瓦)，則有效發電功率為：

$$P \times \left(\frac{0.96}{24} \right) \times P_d \times P_c \times P_e \geq 0.452$$

式中， P_d 為太陽能板衰減(decay)，每年衰退 1%，10 年剩下 90%；

P_c 為充電效率，以鋰電池充電效率約可達 90%；

P_e 為充電餘裕，直接消耗與可充電能量之比，預留 50%作為安全數值。由以上計算式，可得 $P \geq 27.9W$ 。

因此，所需太陽能板最小須超過 30W，若採用 NB-IoT 或 LoRa 通訊系統，可再縮小太陽能板尺寸。在全日照狀況下，太陽能板電壓約 18V，因此最大充電電流約 $30/18=1.6A$ ，充電系統需在 2A，方能獲得最大充電效益。有關電力及通訊內部架構，詳如圖 6-6 所示。

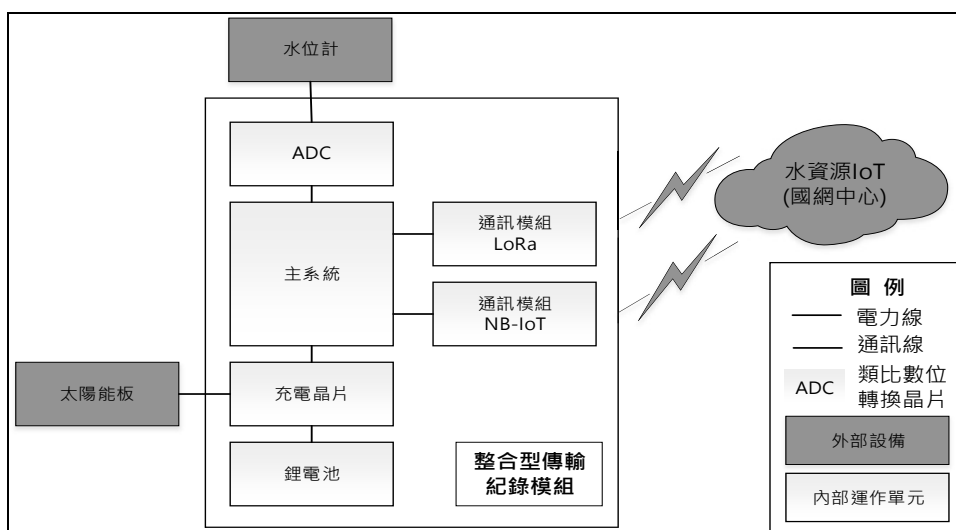


圖 6-6 整合型傳輸紀錄模組電力及通訊架構圖

6.3.3、整合型現地傳輸紀錄模組通訊系統規劃

為因應物聯網的發展需求，對無線通信技術需有更高的要求，而專為低頻寬、低功耗、遠距離、大量連接的物聯網應用而設計的 LPWAN(Low Power Wide Area Network，低功耗廣域網)也快速興起。NB-IoT 與 LoRa 是其中的典型代表，也是最有發展前景的兩個低功耗廣域網通信技術。

物聯網所規劃採用之通訊系統架構，主要以最新低功耗廣域網路 LPWAN 通訊技術作為主要通訊方式，將設計主要以 LoRa (Long Range)為主，NB-IoT 為輔之雙通道通訊系統，若初期監測地點仍無此兩種通訊系統涵蓋，則暫時以 4G 系統進行設計。

以下為 LoRa、NB-IoT 等兩種 LPWAN 及 4G 系統之說明。

1.LoRa

LoRa 通訊所需之耗電量、通訊費為三種通訊方式中最低，主要為 Semtech 公司於 2013 年發布的超長距離低功耗數據傳輸技術。以往，在

LPWAN 產生之前，似乎只能在遠距離以及低功耗兩者之間做取捨。而 LoRa 無線技術的出現，改變關於傳輸距離與功耗的折衷考慮方式，不僅可以實現遠距離傳輸，並且同時兼具低功耗、低成本的優點。

LoRa 遠距節點可以透過多台閘道器與後端網路伺服器連接，將資料上傳後送至雲端或伺服器上。在 LoRa 網路中，每個節點並不會彼此相連，須先連至閘道後，才能連回中央主機，或是透過中央主機將資料傳到另一個節點。終端節點的訊息，可以同時傳給多個閘道器，訊息也可透過閘道器之間的橋接，進一步延伸傳輸距離。

物聯網監測站所採用的 LoRa 系統可為電信業者或使用單位自行建置，惟後者需要管理閘道器與後端伺服器連接，再由雲端主機接收所傳送的資料。

2.NB-IoT

由於 LoRa 使用 ISM 頻段進行通訊，仍會有受到干擾的現象發生，造成不預期的通訊阻斷，因此，以現階段而言，建議規劃雙通道系統，於每小時或每日，以 NB-IoT 進行資料補遺，如此可兼顧可靠、省電與節省通訊費的目的。

3.4G 通訊

由於 LPWAN 初期涵蓋率可能並不符合普及需求，因此初期通訊模組，可規劃為可抽換形式，於 LPWAN 通訊效果不佳時，安裝 4G 模組為主，並於 LPWAN 訊號可涵蓋後，更換為 LPWAN 模組。

6.4、物聯網在農田水利灌溉管理的應用

物聯網系統為提供水文資料儲存之新形態資料中心，除具先進的資料儲存架構及效能外，其公開的資訊導入及介接格式架構，為其能將傳統資料中心取而代之的關鍵，然而事實上影響水文資料之品質，在採用物聯網系統的相關自動校正機制，已可有效加以提升，在排除現地監測儀器之精度及選定適當的觀測地點等問題後，即可維持有效的監測資料品質，提供相關分析數據並加值分析後，供管理人員使用，而有關的水文資料即時展示之平台，在此即可加以建置應用，說明如下。

- 1.水文監測動態分析管理平台系統架構：有關水文監測資料經由物聯網的儲存、分析外，可另建置分析模型，經過大數據分析後，再提供予管理人員，作為決策使用，以水利會重要的蓄水構造物而言，除需建立水位監測站外，其水位觀測歷史資料，透過物聯網資料擷取應用程式介面(Application Programming Interface, API)，可提供如類神經網路水位預測模式整合模型分析，並規劃透過率定曲線換算，得到最終之上游水路預測流量。透過水位監測站、開發水文分析管理平台資訊系統並以網頁展示各蓄水構造物即時蓄水量，以及各分

區、全會所有蓄水構造物儲水量。系統架構可參考以桃園水利會轄區相關幹支線輸水系及蓄水構造物-貯水池之規劃架構如圖 6-7 所示，整合各蓄水構造物水量水情資料再加值應用圖形化顯示目前蓄水量，如圖 6-8 所示即以桃園水利會觀音及新屋灌區蓄水構造物水量於管理平台之示意圖。

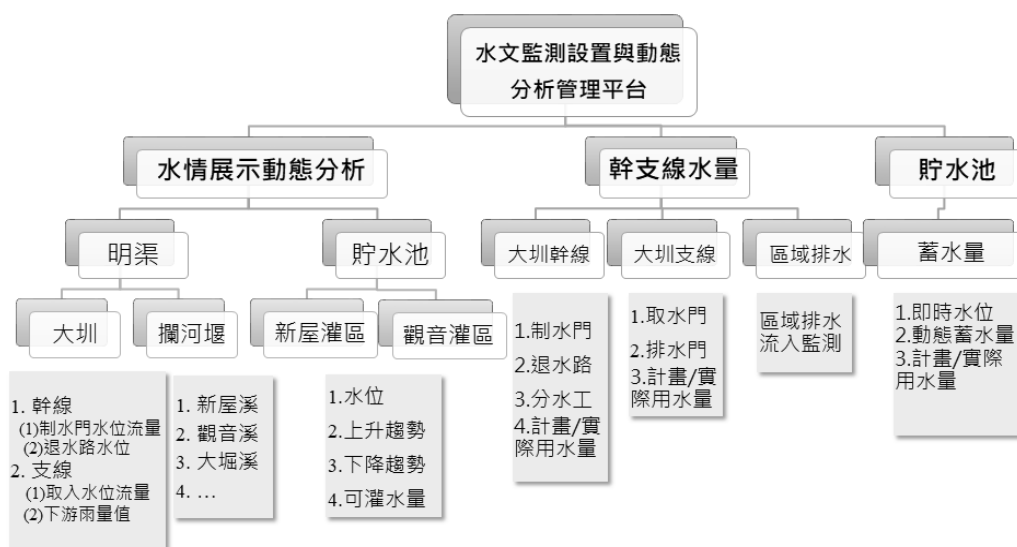


圖 6-7 水文監測設置與動態分析管理平台-系統架構示意圖

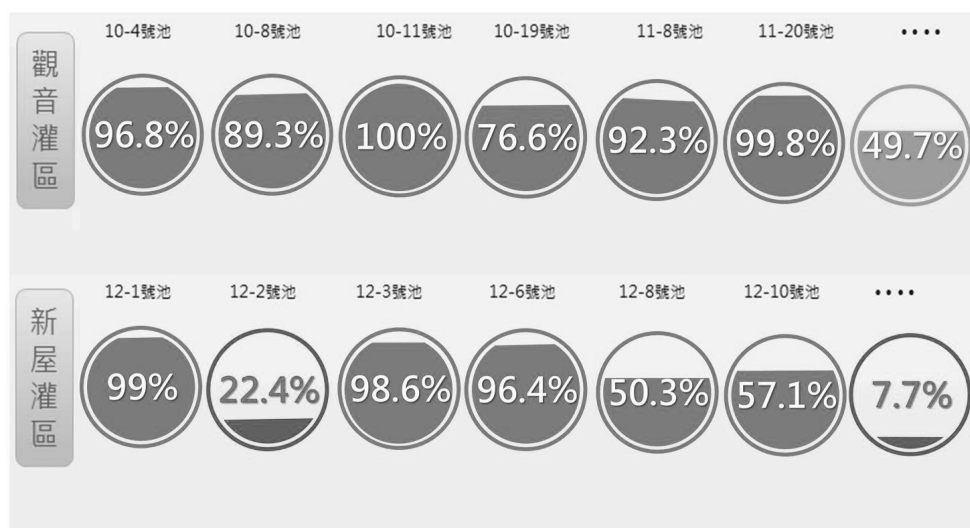


圖 6-8 圖形化展示水利貯水構造物水量示意圖

2. 水文監測動態分析管理 APP 系統架構：為有效掌控即時降雨、水位、水情等資訊，使水資源運用調度更為即時與精準，可針對輸水及蓄水構造物水情資訊進行統整，將即時水情資訊製作成專屬 APP，提

供水利會本會、工作站及相關單位可透過任何智慧型手持裝置等，掌握第一手的水情資料，以利採取相關決策。

水情行動 APP 主要目標將水資源資訊管理整合於智慧型手持式裝置使業務更便利。目前有不少水利單位已開發相關水情 APP 供業務需求且開放一般民眾使用。故相關 APP 建議可參考其他單位既有水情 APP 再配合符合使用單位所需之其他功能。以下為水情行動 APP 初步規劃之功能：

- 3.以空間分布展示灌區即時水情等資訊：利用空間分布展示重要訊息為最常見功能畫面之一(如圖 6-9、圖 6-10)。倘若該資訊具有空間位置資料使用者將更容易了解 APP 功能畫面之內容。如以桃園水利會為例，其觀音及新屋工作站貯水池密集分布於桃園市觀音及新屋區，適合將各貯水池展示於地圖上並且帶著屬性一併展示(如即時水位高、蓄水量、貯水池容量等資訊)讓使用者一目了然。



圖 6-9 應用物聯網資訊及圖資展示蓄水構造物之 APP 示意圖

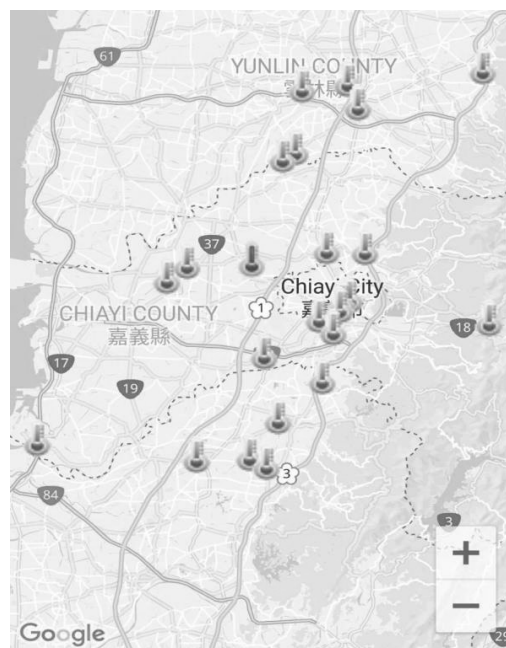


圖 6-10 以空間分布展示蓄水構造物水量等資訊 APP 示意圖

- 4.以表單式展示水情即時水位、水量等資訊：利用表單式展示水情相關訊息主要於顯示更豐富資訊於 APP 功能畫面上。若於上述空間分布方式展示過多資訊將導致畫面混亂，因此較次要資訊適合用表單式畫面顯現。相關功能畫面資訊內容，以蓄水構造物而言，可包含蓄水量、與昨日水位差異、即時蓄水量、水庫容量、更新時間等，除水情重要訊息外，亦可包括：水位、現地測站電池蓄電量、現地

溫度、整合自鄰近雨量站雨量之資料等資訊。相關 APP 亦可以以表單方式展示水情監測資訊之示意圖詳如圖 6-11 所示。

河川水位資訊(上下游排列)				站名	水位	電壓	時間
八掌溪流域				麻魚寮橋	12.4	12.0	03-23 15:00
水位站	水位值	資料時間		頭前溪橋	22.67	12.0	03-23 15:00
▲八掌溪橋	9.96(公尺)	▼	3/23 15:10	青葉橋	19.87	12.0	03-23 15:00
所在河川:八掌溪 時間:2018/3/23 下午 03:10:00 水位:9.96公尺 上升速率:0.00公尺				雲嘉大橋	1.54	12.0	03-23 15:10
▲頭前溪橋	22.6(公尺)	▼	3/23 15:10	雙東大橋	20.55	12.0	03-23 15:00
所在河川:頭前溪 時間:2018/3/23 下午 03:10:00 水位:22.6公尺 上升速率:-0.07公尺				重溪橋	9.26	12.0	03-23 15:10
▲義竹(厚生橋)(1)	1.22(公尺)	▲	3/23 15:10	道將圳	35.75	12.0	03-23 15:10
所在河川:八掌溪 時間:2018/3/23 下午 03:10:00 水位:1.22公尺 上升速率:0.01公尺							
▼嘉南大橋	1.2(公尺)	▼	3/23 15:10				

圖 6-11 以表單式展示水情資訊 APP 示意圖

5. 水情預警通知：枯水期最常見水情危機現象，故設計運行於行動設備之 APP 建議具有水情預警通知功能，倘若水情陷入危機現象除了使用相關設計之預警燈號顯示外(如圖 6-12)，相關 APP 應可利用簡訊或電子郵件通知管理人員。為方便管理人員檢視所有水利設施之水情狀況，此 APP 應可篩選或依不同條件顯示具有危機現象之水利構造物或相關監測對象。
6. 水情歷史資訊展示：水情歷史資訊不僅保留於資料庫中，但同時應顯示於 APP 畫面中便利管理人員檢視水利構造物水情隨著時間之變化。各水情資訊(如水位高、蓄水量、進水量等)歷史資訊隨著時間軸應使用曲線並搭配數據同時顯示其變化量，詳如圖 6-13 所示。
7. 多面向判斷水情異常：多數水情異常警示僅考慮水位或流量高低，但建議應因地制宜，多面向探討並訂定相關異常條件，以桃園地區為例，由於蓄水構造物數量多，故相關水情異常警示模式除了水位及蓄水量，尚考慮了該貯水池灌溉面積、休耕停灌、水位異動過大等等資訊。以往經驗曾發現貯水池水位過低，但其灌溉面積極小或大部份灌區休耕停灌中，因此在有限之水資源調配亟需多面向判斷水情狀況。



圖 6-12 水情預警通知 APP 功能畫面示意圖

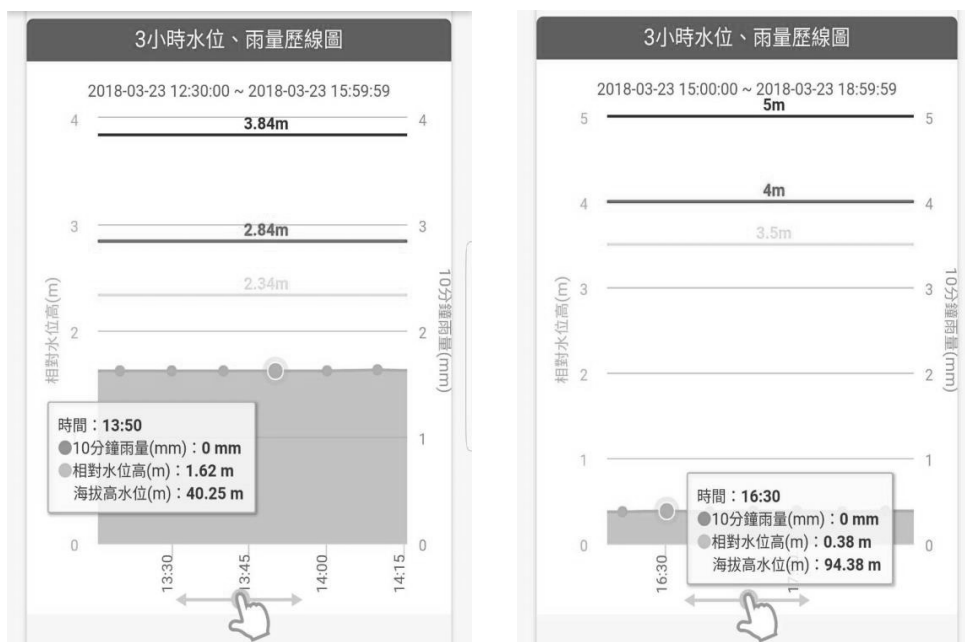


圖 6-13 水情歷史資訊展示 APP 功能畫面示意圖

8.地區降雨與預測水位模式建立：經由物聯網的系建置，各水利設施轄管單位可根據所收集於物聯網之監測資料，進一步依據地區雨量

站之降雨資料，與數小時後之相關聯之幹、支線的下游水位，建立降雨與未來下游水位的預測模式，作為防洪與調配蓄水操作的參考，以強化農田水利會因應與日遽增的氣候變遷所帶來的挑戰。

6.5、田間水平衡基本理論概述

6.5.1、概述

臺灣年降雨達 2,500 公釐，但 80% 的雨量發生在夏季，而且大多的降雨是由颱風所造成，由於降雨在時間與空間上的分佈不均，更加遽了乾旱及洪水的發生頻率。由於全球氣候變遷影響，對於具備灌溉設施的農業生產系統而言，頻繁且明顯的用水不均現象正在持續地發生，而對於屬於看天田之區域，用水短缺現象則更為嚴重。臺灣除了面臨極端氣候造成的問題，在佔用水量最大宗的農業用水方面，若能於有限的水資源條件下，增加用水的精確性，則可提升水情不佳時期的用水調整彈性。由於現有的灌溉系統多以人工操作為主，以致操作及輸送水源時，造成相關的輸水損失仍有必要的精進空間，因此經由水利基礎建設搭配物聯網系統所帶來的附加效益，即為可以現代化、更精確的智慧灌溉用水管理系統增加用水調控之準確性及彈性，同時亦可為乾旱時期提供足夠水量予作物生長及確保產量的良方。

6.5.2、水田水平衡理論

智慧灌溉系統，顧名思義即為建立具有能夠自動啟停灌溉機制的系統，為兼顧各種作物的不同需水量，可以田間用水需求為判斷基準，以達在需要水分時適時、適量灌溉，於不需水分時，隨即停灌的目標。

為描述田間水分流動行為，智慧灌溉之基礎理論可採用水收支平衡法 (Water Balance)，並依據質量守恆定律，假設一控制系統，總流入量等於總出流量的原理來推估田間多餘水量，經由三維微觀之觀點，孔隙介質中的流況可表示如 Eq.(6-1)：

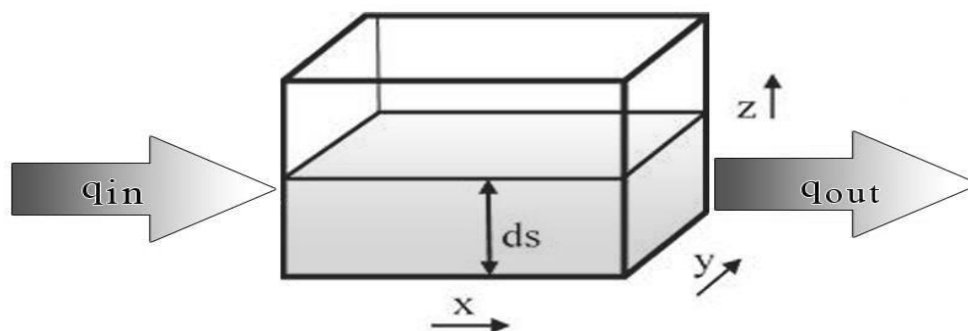


圖 6-14 三維水文微觀孔隙介質流況系統圖

$$q_{in} - q_{out} = \frac{ds}{dt} \dots\dots\dots(6-1)$$

式中， q_{in} 為入流量(Inflow)；

q_{out} 為出流量(Outflow)；

ds 為於 t 時間內控制體積儲蓄量(Storage change of control volume within time t)。

考量田區為一線性水庫，視 q_{in} 為降雨補注及灌溉引水之和， q_{out} 為作物蒸發散、地表逕流、淺層地下水出流及入滲之和，則 ds 為田間蓄水量(Field storage)，即田間湛水深與淺層土壤含水量之總和，其考量參數包含如降雨、灌溉水量、作物蒸發散量與土壤水分含量等，田間水平衡可表示如圖 6-15。

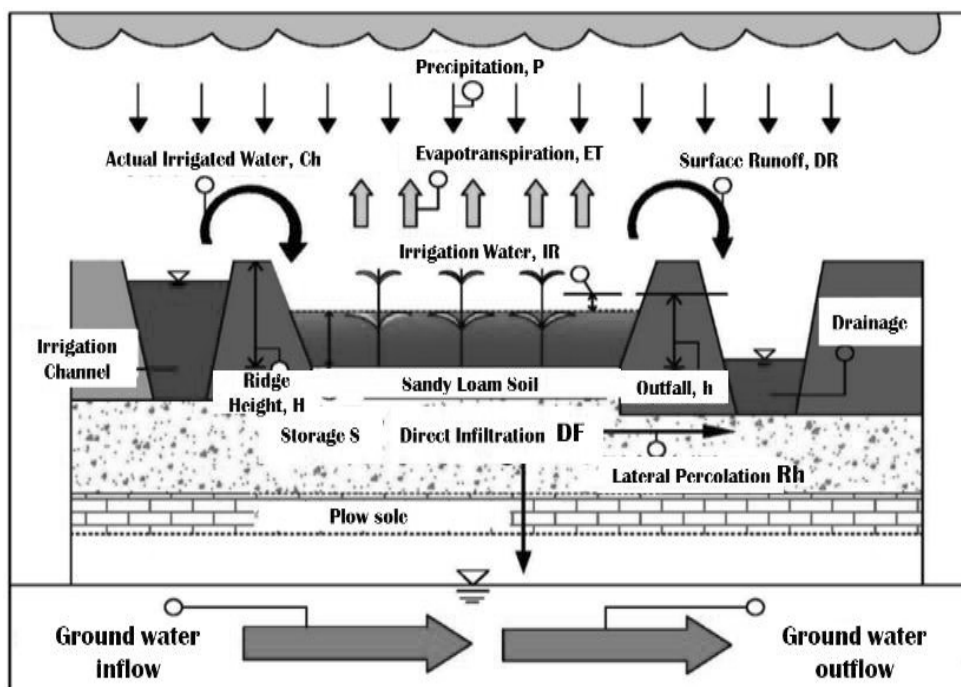


圖 6-15 田間水平衡示意圖

假設水田處於耕作狀態，則田區於牛踏層存在的條件下，控制系統之關係可由下式 Eq.(6-2)表示之。

$$S_i = S_{i-1} + P_i + Ch_i + Gw_i - ET_i - DR_i - DF_i - Rh_i \dots\dots\dots(6-2)$$

其中 S 為田間蓄水深(Field storage depth)、 P 為降雨量(Rainfall)、 Ch 為渠道給水量(Applied channel irrigation water)、 GW 為地下水抽取量(Pumped Groundwater)、 ET 為作物蒸發散量(Evapotranspiration)、 DR 為田間溢流量(Surface runoff/overflow from field)、 DF 為田間之垂向滲漏量(Vertical percolation)、 Rh 為田間側向滲漏量(Lateral seepage inflow)、 i 為時間(Time)。田間灌溉與否之決策，由田間水位是否低於水稻灌溉基準水深或旱作灌溉需水深，以決定是否須進行引灌，其限制條件建立判斷式如 Eq.(6-3)~(6-4)：

$$\text{If } S_{i-1} + P_i < B_{i,n}, \text{ then } IR_i > 0 \dots\dots\dots(6-3)$$

$$\text{If } S_{i-1} + P_i \geq B_{i,n}, \text{ then } IR_i = 0 \dots\dots\dots(6-4)$$

其中，B為水稻灌溉基準水深(n = 1)與旱作灌溉需水深(n = 2)、IR為灌溉需水量(Required irrigation water)。若需進行渠道引灌則利用判斷式決定引灌之水量，判斷條件如 Eq.(6-5)~(6-8)：

$$\text{If } R_i \geq IR_i, \text{ then } Ch_i = IR_i \dots\dots\dots(6-5)$$

$$\text{If } R_i < IR_i, \text{ then } Ch_i = 0 \dots\dots\dots(6-6)$$

$$IR_i = St_i - (S_{i-1} + P_i + Gw_i) + N_i \dots\dots\dots(6-7)$$

$$N_i = ET_i + DF_i + Rh_i \dots\dots\dots(6-8)$$

式中，R_i為渠道水量(Channel flow)、

St 為目標蓄水深(Target summation of ponding depth)，為目標湛水深及土壤飽和水深之總和。

N為田間損失量(Field losses)，為作物蒸發散量(ET)、田間垂向滲漏量(DF)及田間側向滲漏量(Rh)之總和。

灌溉需水量須考慮作物於灌溉期間之蒸發散損失、有效降雨、滲漏、輸水損失，以及人為操作等因素，為滿足作物生長所需灌溉水量，若考慮灌溉輸配水期間損失，渠道給水量(Ch)為灌溉需水量(IR)與輸水損失量(CN)之和，其計算方式可表示如 Eq.(6-9)~(6-10)為：

其計算方式為：

$$Ch_i = IR_i + CN_i \dots\dots\dots(6-9)$$

$$CN_i = \frac{Ch_i}{(1 - CNr_i)} - Ch_i \dots\dots\dots(6-10)$$

式中，CN為輸水損失量；

CNr為輸配水損失率；

i為時間。

灌溉需水量為模式模擬前一天之田間蓄水深加上當日降雨量後，扣除當日田間損失量所得之水量與當日目標田間蓄水深之差值，而目標蓄水深可以田埂缺口(排水口)高度(Bank h)為控制因子，故於田區面積為 A_n 之第 n 坵塊，其灌溉需水量可表示如下 Eq.(6-11)：

$$IRn_i = Bank \ h * A_n - (S_{i-1} + P_i - N_i) \dots\dots\dots(6-11)$$

田間蓄水量視為土壤中含水量水深及土壤表面以上水深之總和，土壤含水量(Soil Moisture Content)與其孔隙率(Porosity)有關，而作物能從土壤中吸收水分的最小上限之田間容水量(Field Capacity, FC)與下限之凋萎點(Wilting

Point, WP)以及水力傳導係數(Hydraulic Conductivity, K)等特性，則因土壤質地而異，各種田間常見土壤之特性詳如表 6-1 所示，需依系統建置區域土壤質地而異。

表 6-1 土壤種類及特性

土壤質地	土壤孔隙率 (%)	田間容水量 (%)	永久凋萎點 (%)	水力傳導係數 (m/day)
黏土	53	35	17	0.0100499
壤土	47	22	10	0.0112591
砂土	38	9	4	0.0141543
砂質壤土	43	14	6	0.0115808
備註				

6.5.3、土壤水平衡理論

旱作物田間含水量及灌溉需水量與水稻最大差異在於水稻有一定蓄水深，旱作灌溉方式一般採用畦溝灌溉法，於灌溉時，使畦溝水深達表土以上，約土堤 1/3 至 1/2 之蓄水深後即停止灌溉並排水，因此，可利用土壤水收支平衡法(Soil Water Balance)，估算旱作土壤含水量，然因根系土層具有儲存水分功能，只要作物還在根系可用土壤水分之前，即使水分未達飽和含水量情形，不作連續性水分補充也可以維持作物生長，根系土層水分控制方程式可由下式 Eq.(6-12)表示：

$$SM_i = SM_{i-1} + P_i + IR_i + GW_i + CR_i - ET_i - DR_i - DP_i \dots \dots \dots (6-12)$$

式中，SM為土壤含水量；

P為降雨量；

IR為灌溉需水量；

GW為地下水抽取量；

CR為地下水毛管補給率；

ET為作物蒸發散量；

DR為田間溢流量；

DP為入滲量(垂向滲漏量+側向滲漏量)；

i為時間。

示意如圖 6-16 所示。

旱田土壤水分一般介於田間容水量與永久凋萎點之間，部分區域因地下水毛管上升而補給根系土層水分，此種情形有助於減少灌溉用水量；但由於

地下水毛管補給與地下水位高低及毛管水移動有關，且其運動方式相當複雜，因此，依過去試驗研究統計分析，地下水毛管補給率在地下水位 2 公尺以內才會發生，一般研究假設地下水毛管補給率為零。

一般旱作畦溝土層厚度可設定為 30 公分，土堤厚度設定為 40 公分，利用土堤厚度 40 公分之旱作灌溉需水深度為灌溉依據，旱作灌溉需水深度定義為旱作生長期間之根系取用土壤最佳灌溉水深，此為作物最佳生長狀態之取水深度，每種作物灌溉需水深度皆不同，因此當土壤水分達旱作灌溉需水深度，系統便自動取水至目標湛水，旱作灌溉示意圖如圖 6-17 所示。

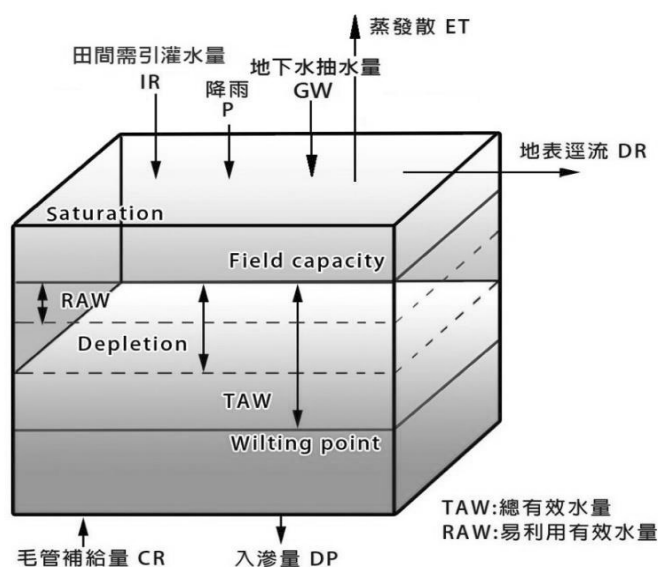


圖 6-16 土壤水收支平衡法示意圖

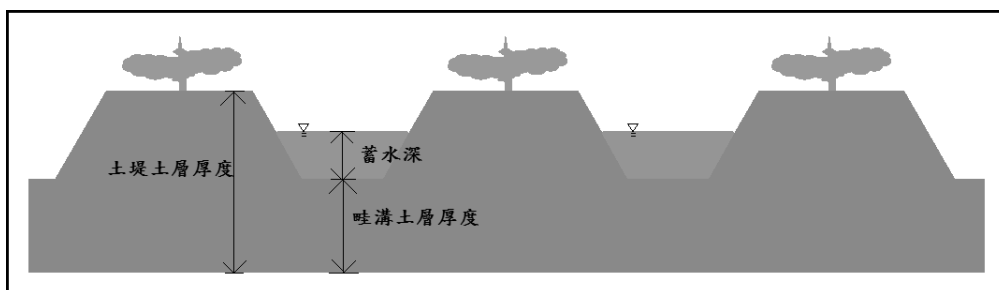


圖 6-17 旱作畦溝灌溉示意圖

6.6、田間用水估算模組化

6.6.1、適用於田間用水估算的系統動力模式

系統動力模式為建立智慧灌溉用水估算模式之一，採用系統動力模式具有顯示系統動態行為隨時間改變之特性，且具備預測功能，可顯示系統與時間之連動；系統動力學在解決問題有如下 5 大步驟處理(陳世偉，2007)：

1. 確定問題，包含兩主題如下：

A. 決定問題，了解需要解決之問題，架構所應對應的系統。

B. 系統描述，必須收集系統各方面資料，知道系統內各因素間關係，並且觀察系統行為，擬定政策、時間延滯和其他因素。

2. 架設模式：獲得資訊流與實體流之資料後，配合數學模式即可建構完整系統。

3. 模擬：因系統結構過於龐大，所以在模擬方面勢必進行大量之數學運算，故必須使用電腦來進行模擬。

4. 修正：將模擬過後結果與預期結果相比較，若不符合預期結果，則需探討之前步驟的正確性，將結構修改使能更符合真實系統狀況。

5. 重複試驗：需重覆進行架構模式、模擬、修正之步驟，促使需解決之問題獲得有效之解決，以期最後所設計之模式能夠實際應用於現實狀況上。

系統動力學中，可採用的 Vensim 軟體，為數種應用軟體之一，其主要有四個基本元件，元件間運用箭頭線段加以連結，以表示元件間的相互關係，各元件概述如下：

1. 儲存元件(Level)：亦稱積量，表示系統內流量的累積，即某變數在某一時刻的狀況，如：田間蓄水量。

2. 流量元件(Rate)：亦稱率量，單位時間內流入或流出儲存的流量，其值多半是經過方程式運算後得到。

3. 助動元件(Auxiliary)：用以輔助描述流量元件與儲存元件間之關係，促使系統結構更加清晰，另一功能是用以當作測試值或是測試函數，將之帶入系統，以測試不同政策或情境來觀察系統之行為。

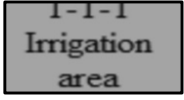
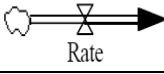
4. 箭頭指標(Arrow)：功能為連接助動元件與流量方程式。

系統動力模型由模型內各個元件連結並且輸入數學式以及相關參數資料後所建構而成，各元件間之關係連結示意，如圖 6-18 所示，其元件所對照之變數型態如表 6-2 所示。

6.6.2、估算模組建立

根據田間水平衡原理與土壤水平衡理論，建立推估田間需水量及田間排水量之模式，並模擬水旱田混植之田間用水動態情形，建議可以系統動力模型建立研究區域水、旱田混植區灌溉用水模式，系統考慮參數部分包含田間之降雨量、蒸發散量、滲漏量、灌溉引水量、地下水抽取量以及排水量等，且依循灌區水路流動方向，串聯坵塊間灌溉與排水機制如圖 6-19 所示。

表 6-2 系統動力模型各元件之定義及變數型態

圖形	變數定義	元件說明	註解
	系統內物質或是能量等流量的儲存量或是累積量	儲存元件	輸入形式是初始值
	單位時間內流入或流出儲存量的流量或速率	流量元件	可為函數、邏輯或是常數
Variable or word	設置在儲存量與流量間的資料輔助變數，說明各流量的改變作用因子	助動元件	可為圖、表、函數、邏輯或是常數(輔助變量)
	系統中信息或影響作用的連接，又稱為箭頭	助動元件	連接
	系統邊界，於輸入部份稱為淵，於輸出部份則稱為池。	邊界元件	

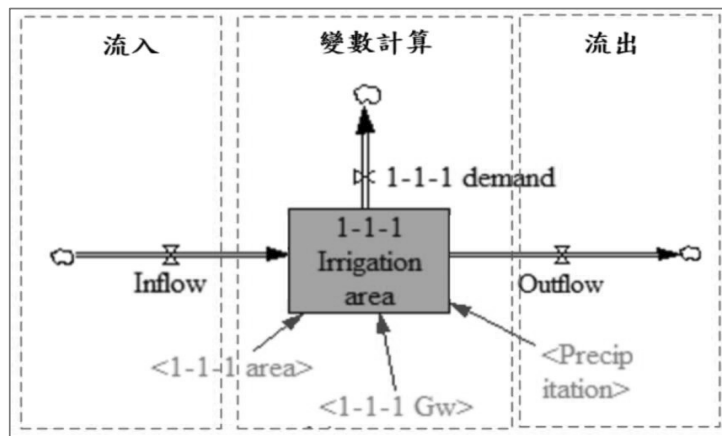


圖 6-18 系統動力模式元件關係連結示意圖

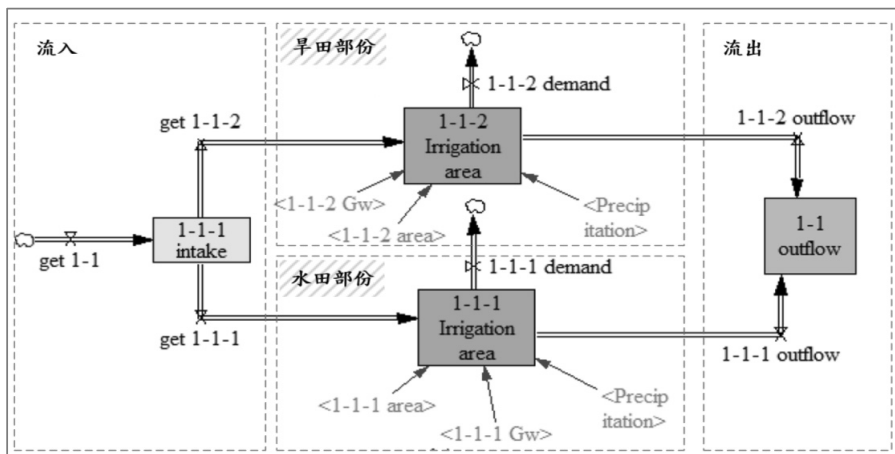


圖 6-19 水旱田坵塊需水量推估模式系統架構

各坵塊於系統中計算模式分為水田需水模組及早田需水模組。以第一輪區之第一個坵塊為例，其於模式中計算水田需水量者為 1-1-1 Irrigation area 模組，計算旱田需水量者則為 1-1-2 Irrigation area 模組。

模組中各因子分別依據氣象因素(降雨量及蒸發散量等)、不同時期需求田間目標湛水深、渠道供水量，以及地下水抽取量進行模式演算，透過模式演算當下田間蓄水量及土壤含水量變化等各項田間動態因子，再由當下田間蓄水狀況及氣候條件等各項因子，演算至下一段時間之各項動態因子，而模式可顯示每段時間間隔之各項因子記錄，如田間損失水量為作物蒸發散量、垂向滲漏量、側向滲漏量及地表逕流量之總和；田間補助水量為降雨量、渠道給水量及地下水抽水量之總和。

6.7、田間智慧灌溉系統建置

6.7.1、田間監測系統需求類型

針對建置智慧灌溉系之灌區，需完成各監測系統設置及儀器校準，監測系統及儀器包含灌、排渠道水位監測站、田間水深、水分監測站，以及智慧閘門監控站，各類型監測站之監測項目分別如下：

1. 智慧閘門監控站：需設有閘門自動控制系統，可定時自雲端資料中心下載自田間用水估算模式所上傳之目標流量值，自動調控該水門閘門開度及調控灌溉流量，使灌區達到精密灌溉用水之目標。
2. 支分線及灌溉主給水路取水門水位監測站：本類型測站需依現場水路數量加以設置，含各主給水路之取入水門，監測水位資訊後，利用率定公式轉為流量資訊。
3. 田間水深、水分監測站：為達監測水田及早田分別不同的灌溉基準，設置此類型測站用以掌握現地田間水深及土壤水分狀況。在感測器愈趨平價的未來，建議可以坵塊為單位進行設置。(參閱圖 6-20 所示)
4. 排水路流出監測站：此監測站之監測項目同上述支分線及主給所設測站類型，為測得水位後轉為流量，用以掌控排出餘水之流量，使得灌溉流入系統與排水流出系統之流量均得以掌握。

6.7.2、達成智慧灌溉的要件

一、水位監測及流量率定：

1. 水位監測：水位計採用工業標準主動式輸出 4~20mA 類比訊號，可達 400m 內傳輸距離訊號不衰減，其水位計所讀取資料，儲存於閘門控制主機中，每十分鐘記錄一筆資料，記錄資料可傳送至物聯網系統進行保存，再配合現地所測量之率定曲線，進行渠道流量之計算。

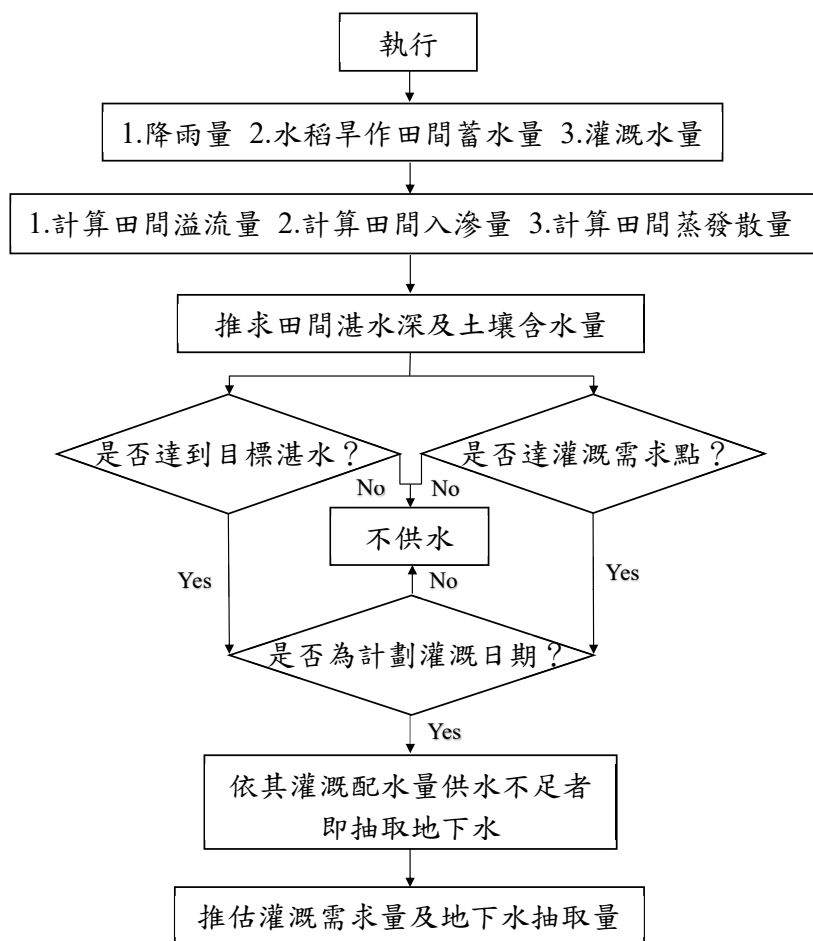


圖 6-20 田間用水估算模式演算流程圖

2.流量率定：流量率定選定點位於水位計設置之相同位置，為渠道平直及水流穩定段，並依照渠道寬度，分割成適當區段數量，其中，以每一區段不超過 60cm 為基礎，量測每一區段各層深度之流速，再將每一區段分層之流速以數學式計算出流量，一共測量四種深度，包括 0 水位、0 流量共五組數據，利用迴歸分析計算出率定曲線。

於雲端資料中心自動化管理系統內輸入公式及參數，在系統接收到水位數據後，可立即計算出流量，並以流量測項儲存歷史資料。

二、田間水深及土壤含水量監測：

田間水深水位計建議採用具備溫度自動校正功能之超音波水位計，因此，於量測水位當下不受氣溫影響；土壤水分張力計採直接半埋入式，並設置鍍鋅網狀田間觀測井，網格間距為 5 公分，避免田間水分張力計因人為因素停止運作。田間水深水位計及土壤水分張力計規格如表 6-3 所示。

表 6-3 田間水深及水分監測儀器規格

監測儀器 規格	超音波水位計	土壤水分張力計
		
測量範圍	0.3m ~ 8.0m	+100kPa ~ -85kPa
精確度	<1mm±0.5%	±0.5kPa
溫度範圍	-20℃~+70℃	-30℃~+70℃
訊號輸出	4-20mA	4-20mA

三、智慧控制水門：

田間用水自動灌溉控制系統建置，系統中之田間水深水分站、水位站等監測資料透過 4G 或 NB-IoT 等通訊方式將即時監測資料上傳至雲端資料中心，田間用水模型可透過 Web Services 取得田間水深水分站與水位站即時資料，進行田間需水量估算，其計算成果再傳送至監測系統平台，如圖 6-21，智慧控制水門雲端資料中心內各模組之資料傳輸機制詳如圖 6-22 所示。

閘門監控站之控制主機再經由網路方式取得田間需水量資料，透過閘門控制主機之水量控制模型，自動控制現地閘門開度，使閘門實際供水量與田間需水量差距小於可接受範圍之內。

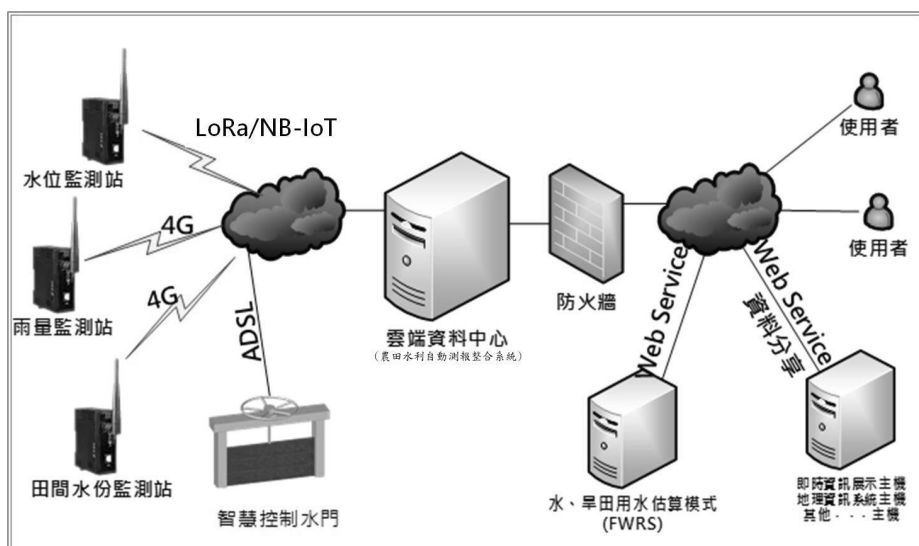


圖 6-21 現地及物聯網資料中心資料傳輸架構圖

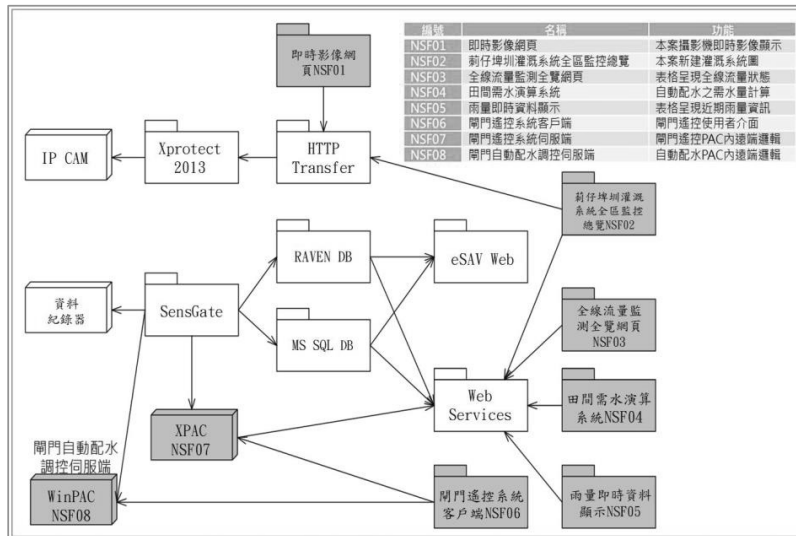


圖 6-22 智慧控制水門與雲端資料中心各模組資料傳輸架構圖

四、智慧閘門 PID 控制演算法：

1. PID 簡介：PID (Proportional-Integral-Derivative) 為可程式邏輯控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 取代傳統人工觀察輸出結果，逐步調整輸入，以獲得趨近於目標值、穩定輸出結果的一個過程。PID 控制迴路包括三個部分，分別為：

- A. 系統的感測器得到測量結果(水位計，由水位換算獲得流量)。
- B. 閘門可程式邏輯控制器(PLC)輸出決定。
- C. 通過一個輸出設備(Digital Output, DO)來作出反應(閘門開度計，經由捲揚機調整閘門至計算出之開度)。

閘門 PLC 得到測量結果後，用需求結果減去測量結果來得到誤差。然後用誤差計算出一個對系統的糾正值來作為輸入結果，這樣系統就可以從它的輸出結果中消除誤差。在一個 PID 迴路中，這個糾正值有三種演算法含以消除目前的誤差、平均過去的誤差、和透過誤差的改變來預測將來的誤差。要讓渠道供水流量達到灌溉建議值，需先用感測器測量目前的流量，經由 PLC 換算流量差值、轉化為差異之閘門開度，再由控制器控制捲揚機以調整閘門開度，同時改變流量大小，以修正至目標供水流量，其中閘門開度即為主要的控制變數。

2. 演算法：PID 是以它的三種糾正演算法而命名。這三種演算法都是用加法調整被控制的數值，其輸入為誤差值(設定值減去測量值後的結果)或是由誤差值衍生的信號，如圖 6-23 所示。其中， K_p 為比例係數(Coefficient of Proportionality)、 K_i 為積分係數(Coefficient of

Integral)、 K_d 為微分係數(Coefficient of Differential)、 $Q(t)$ 則為捲揚機及閘門作動時間對流量產生的變化方程式。

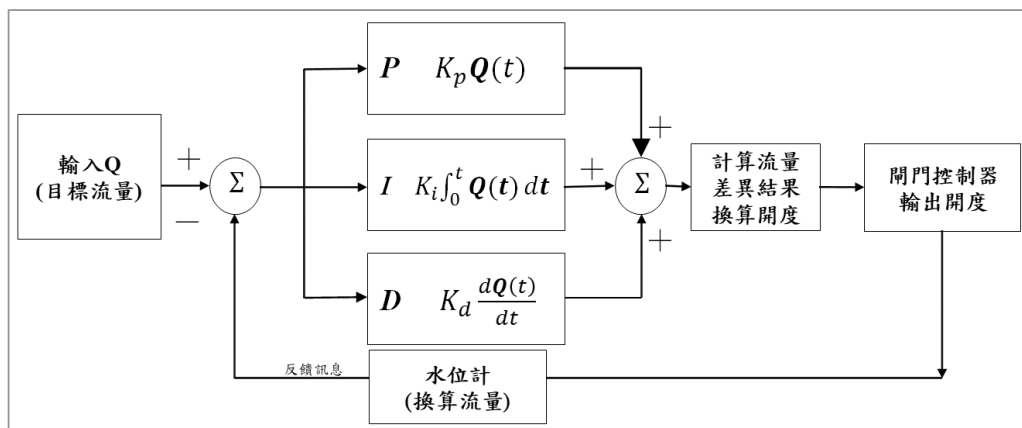


圖 6-23 PID 控制流程圖

- A. 比例控制：其為以控制當前之值、誤差值和一個正值的常數 K_p (表示比例)相乘。 K_p 只在控制器的輸出和系統的誤差成比例的時候成立。比如說，一個電熱器的控制器的比例尺範圍是 10°C ，它的預定值是 20°C 。那麼它在 10°C 的時候會使系統輸出 100%，在 15°C 的時候會輸出 50%，在 19°C 的時候輸出 10%，而在誤差是 0 的時候，控制器則會使系統停止輸出。
 - B. 積分控制：用以控制歷史值，並將過去某段時間誤差值之和(誤差和)乘以一個正值的常數 K_i 。 K_i 從過去的平均誤差值來找到系統的輸出結果和預定值的平均誤差。一個簡單的比例系統會震盪，會在預定值附近來回變化，因系統無法消除多餘糾正。通過加上一個負的平均誤差比例值，平均系統誤差值就會總是減少，所以透過積分控制，最終這個 PID 迴路系統會在預定值穩定下來。
 - C. 微分控制：用以控制未來值，計算誤差的一階導數，並和一個正值的常數 K_d 相乘。這個導數的控制會對系統的改變作出反應。導數的結果越大，那麼控制系統就對輸出結果作出更快速的反應。這個 K_d 參數也是 PID 被稱為可預測的控制器的原因。 K_d 參數對減少控制器短期的改變很有幫助。一些實際運作速度緩慢的系統可以不需要 K_d 參數，因此以現地水門調控而言，可不採用 K_d 參數。
3. 智慧控制水門運算流程：透過田間用水估算系統計算出灌溉需水量後，由 PID 控制閘門開度，以達目標灌溉用水量，其運作流程如圖 6-24 所示。

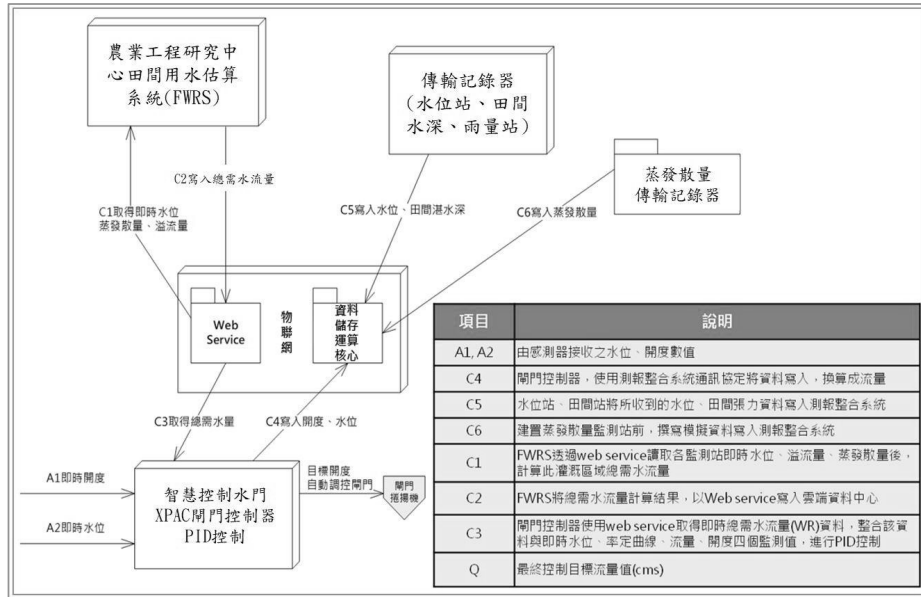


圖 6-24 智慧控制水門搭配田間用水估算模式系統運作流程圖

6.8、運用物聯網技術建置的智慧灌溉系統

為提升用水短竭期間之田間灌溉用水成效，智慧灌溉系統可採系統動力模型結合水平衡方程式，建立田間灌溉用水估算模式。其田間水分變化，採與計算迴歸水相同之水平衡方程式加以描述，並以田間之降雨量、作物蒸發散量、滲漏量、灌溉引水量、地下水抽取量、排水量、坵塊及作物面積等建立田間用水估算模式。結合現代化之物聯網科技，利用蒐集佈建於研究區域之雨量站、智慧水門監控站、渠道水位及田間水分監測站所取得之即時資訊，並進一步將用水估算模式轉化為線上可即時運算之程式模組，經由水、旱田灌溉用水計算模組，動態計算田間即時用水需求，提供精密灌溉水量並搭配智慧水門進行灌溉水量調整，以灌溉管理現代化達成智慧灌溉管理之目標。

於應用水資源物聯網架構下之雲端資料中心進行田間用水監測資料儲存、介接、交換及加值進行灌溉需水量估算，並建立智慧灌溉用水模式，可提供後續推動智慧灌溉管理系統建置。為因應氣候變遷之影響，相關智慧灌溉用水估算模式可進一步深入調查不同灌區田間坵塊差異，更完整取得目標灌區資訊，考量氣溫的變化並輸入水文、氣象參數的預測數據以及建立因應灌溉系統的灌溉管理方法，俾提升系統應用於不同灌區之合適性。

6.9、參考文獻

1. 甘俊二、鄭俊澤、張煜權，「超量灌溉對環境影響之研究」，中國農業工程學會，1996。

2. 吳瑞賢、劉日順、張聖瑜、蘇家陞、陳佩瑩，「建立水旱作混植區之地表水與地下水聯合灌溉管理模式」，農業工程學報，第 64 卷，第 1 期，第 60-90 頁，2018。
3. 施嘉昌、曹以松、甘俊二、徐玉標，「灌溉排水原理」，中央圖書出版社，1982。
4. 陳世楷，「水稻田入滲試驗與數值模擬」，國立臺灣大學農業工程學系，博士論文，1999。
5. Allen R. G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., “Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements”, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy, pp.104-126, 1998.
6. Bhadra A., Bandyopadhyay A., Singh R. and Raghuwanshi N. S., “Development of a user friendly water balance model for paddy”, Paddy and Water Environment, Vol.11, Issue 1-4, pp.331-341, 2013.
7. Wu R. S., Liu J. S., Chang S.Y. and Hussain F.,” Modeling of mixed crop field water demand and a smart irrigation system”, Water, Vol.9, Issue 11, 885, 2017.

第七章、作物制度與水源計畫

7.1 水資源、農地利用與農業用水

7.1.1、台灣水資源概況

一、水資源利用率

台灣雨量雖然豐沛，民國 38~104 年平均值高達 2,497mm(經濟部水利署臺灣水文年報-雨量)，惟在時間與空間上之分布不均，加上河川流短坡陡，洪枯流量懸殊，每當颱風暴雨來臨時，河川流量隨降雨量激增而暴漲，因而常常氾濫成災；於枯水時期，降雨量明顯驟減，河川流量甚低，甚至發生嚴重乾旱，以致各用水標的無法依各所需水量運用。依長年統計平均約有 78% 之逕流水，未能有效控制利用而流入海中，是故可供利用之可靠水資源相當有限；復加上經濟繁榮，人口急遽增加，工商業加速發展，都市迅速擴展，整體產業結構不斷改變，形成各標的用水量激增，對用水之需求日益增加。如何提高利用原本排流入海之水量，乃為今後之重要課題。

台灣農業灌溉用水量占總體水資源利用的 72%(水利署 95~104 年各標的用水統計)，為各標的用水之首，水田灌溉則為農業灌溉用水之大宗。在加入世界貿易組織(WTO)之後，由於農產品進口增加，許多本土農作面積或產量相對減少，農業用水量在改善灌溉技術與農地釋出導致減產之情況下，應至少達到零成長之目標。此一農業之轉型可為水資源日益拮据，開發水源成本日益昂貴之時代中，在臨時面臨乾旱發生時可減少部分灌溉用水，以緩和與其他用水標的間之競爭，不必再為本身缺水產生開發水資源之壓力，在零成長之情況下宜自行克服缺水難關。

今後農業灌溉之轉型乃是如何推展水稻節水灌溉技術及擴大旱作節水管路灌溉方式，使各類作物生產經營，不必完全考慮降雨條件而能推行作物之適時、適地、適作栽培，並能視作物最有利收穫時期予以實施計畫性栽培，以促使更具有競爭條件而能成「經濟產業」。尤其精緻農業之旱作栽培，必須有旱作灌溉保障，才能發揮高度之農藝、園藝技術。此外，將依農業生產結構調整，推動集團轉作，促進水稻與旱作灌溉用水作合理分配及有效運用。

二、降雨時空分布不均

台灣年平均降雨量約為世界平均值 2.6 倍，實屬豐沛，但在時間上之分布極為不均，以民國 104 年為例，豐水期(5~10 月)降雨量平均為 1,868mm，占全年降雨量比例，高達 74.81%；而枯水期(11~4 月)的降雨量平均為 629mm，只占 25.19%。因此在枯水期容易發生乾旱，而在豐水期時卻常因颱風所帶來的豪雨釀成水災。使得在水資源的利用及調配上益形困難。根據行政院農業委員會相關研究得知，台灣各地區之乾旱期稍有不同，北部為 6

~7 月，中部為 3~5 月，南部為 2~4 月，東部及宜蘭地區則幾無缺水期，其中又以嘉南地區之缺水最為嚴重。

逕流量季節性分布，與降雨量相同，皆是分布相當不均。民國 38 至 104 年平均逕流量 645.7 億 m^3 中，豐水期(5~10 月)的逕流量高達 495.6 億 m^3 ，占 76.8%；而枯水期(11~4 月)的逕流量只有 150 億 m^3 ，約占 23.2%，豐枯比例懸殊。逕流量較大月份集中於 6 至 9 月，而枯水期各月份逕流量占全年逕流量比例，均小於 6%(經濟部水利署 104 年年報-總冊)，此顯示枯水期間可利用水資源相當有限。由於水資源豐、枯水時期流量差異極大，一年中可資引用逕流量極不穩定；再加上山高河短坡陡，水量不易貯留，實際上只引用約 22%，其餘 78%逕流量未經利用即流入海中。

一般而言，降雨之分布未能與作物之成長配合，必須由人工供水灌溉。又 11 月至翌年之 4 月期間為台灣之乾旱季，但此期間乃為第一期作水稻及其他高經濟作物之重要耕作期，需要大量之灌溉用水，因此各農田水利會之配水工作更形艱鉅。

7.1.2、農地利用與農業用水

一、台灣農地利用情形

自民國 40 年以來，台灣耕地總面積大約維持在 87 至 90 萬公頃(耕地占台灣土地總面積約 24%)，台灣的耕地在民國 66 年達到高峰的 922,778 公頃後開始逐年下降，至民國 100 年已降至 808,293 公頃，至民國 106 年已減至 79,3027 公頃，但長期休閒地達 47,509 公頃。工商社會轉型導致農村人口外移、老化等社會、經濟因素使部分農地棄耕為農地減少之重要原因。

水稻實際收穫面積則由民國 41 年的 78 萬期作公頃(一期作加二期作)增加至民國 51 年的最高峰約 79 萬期作公頃，而因農業轉型等因素逐漸減少至民國 83 年收穫面積已降至 37 萬期作公頃，民國 92 年已減至 30 萬公頃以下，而民國 106 年收穫面積則為 27.28 萬公頃。旱田面積由民國 41 年的 34 萬公頃增加至民國 83 年的 41 萬公頃，至民國 106 年仍維持約 40.9 萬公頃。

魚塭養殖面積從民國 41 年的 3 萬公頃增加至民國 81 年的 5.4 萬公頃為最多。其後因用水管制及產銷問題，呈緩慢減少趨勢，民國 83 年養殖魚塭總面積約 4.6 萬公頃(淡水與鹹水魚塭面積約各占一半)，至民國 106 年面積已減至 3.1 萬公頃。

二、農業用水與功能

95~104 年農業用水之平均值約 127 億 m^3 ，就台灣之總用水量統計，雖屬用水之最大宗，但就農業用之實況檢討，每遇乾早年，灌溉用水即呈嚴重不足現象，即實際用水量常低於計畫用水量。早期養殖用水又多屬無辦理水權登記之地下水取用，地下水超抽已造成部分沿海地區有地盤下陷之問題。

每遇乾旱時期，民生用水或工業用水不足時，其他相關用水標的即想從灌溉用水移用水權水量，對農業用水營運管理常引起困擾。事實上，在豐水期，因河川流量豐沛，民生用水及工業用水亦無缺水問題。豐水期若引用河川過多流量進行超量灌溉未必對作物生長有利，希冀其他標的設法貯蓄利用。就水田而言，在降雨季節卻兼具有調節洪峰、減低下游排水尖峰及補注涵養地下水之功能，其對生態環境方面之貢獻，經國內外各項研究評估結果，並不亞於對作物增產之貢獻。故水田生態環境之維護，須加以重視(如推動獎勵休耕水田維護田埂保持蓄水狀態，以維持補注地下水機能)。

7.1.3、水源與可靠水量

一、灌溉用水營運上之問題

水源水質及水量較為良好及可靠者，係由水庫、埤池及地下水供應之水量。在枯水期能移用支援民生用水之水源，應屬水庫蓄存之水量。至於河川引灌部分，因枯水期流量銳減，且大部分河川之中下游地區均已受到污染，灌溉渠道亦多受到區域排放污染水質匯入之影響，於灌渠末端之迴歸水多已不堪使用；再者其他用水標的都無取用河川水量之調蓄設備，故枯水期並非所有農業灌溉用水均可移至支援民生之用。

台灣農業灌溉用水量一度僅占總體水資源利用的 58%，但仍為各標的用水之首，自然成為各標的用水者所急欲移用的對象。但農田灌溉用水水源主要來自河川、水庫、埤塘及地下水，其餘有大部分流量皆在迴歸利用，而其中河川引水因受地區性及季節性的限制，盈缺明顯，河川流量在豐水時期，河川水量豐沛，農田灌溉用水得以紓解；惟在乾旱時期，水源供應不足，田間灌溉營運便發生操作上的困難，因此農田灌溉水源極為不穩定。

二、支援其他用水標的之問題

就農業用水供應方面，雖總量係以不增加作為計畫原則，惟為有效調配用水之時間、空間上之不均勻，必須積極進行用水調查及調整規劃，充分掌握農業水資源之狀況，期使農業用水之調配及管理，能更順暢地營運及活用，以促進合理分配並提高用水效率。在糧食安全及生態環境維護均能兼顧情況下，有計畫地活用農業灌溉用水，並視各地區當時之情況酌予支援民生或工業用水，原則上應在和諧互惠方式進行。

若農業用水將「餘水」蓄存其田間，將長期對地下水、伏流水、迴歸水進行補注的工作，其用水方式與工業及民生等消耗性用水大不相同，其水量消耗的僅為維持作物正常生長所需之蒸發散量。因此，站在水資源有效利用的立場，在豐水時期只要有多餘水量，理應鼓勵田間儘量蓄水。豐水期之餘水甚多，除在農田具有保育功能外，其他用水標的亦應設法興造蓄水設備加以調節，以應付其乾旱期用水之需，而減低移用乾旱期灌溉水量之壓力，如此才是良好之水資源管理營運之政策。

農委會曾經於民國 80 年代推廣試辦「種水」政策，在豐水時期利用河川豐沛水量，鼓勵於休耕田區蓄水，藉以補注地下水源。未來若能研擬在此蓄水空田內種植適當之水生植物，如學菜、菱角、蓮花等經濟性替代作物或於都會周邊田區開闢水生植物景觀公園等，應能喚起農民配合之興趣，共同關心參與水源管理調節工作，亦能保留並發揮水田之三生(生產、生活、生態)公益功能。

農政單位為解決農業供水不足之問題，近年來也嘗試從市場供需面進行調整。以民國 106 年稻作收穫面積為 27.28 萬公頃為例，市場需求約 25 萬公頃，農委會擬透過水旱輪作、二期改種景觀作物等方式，讓供需平衡。另外針對五個易缺水灌區，包含石門、寶山、明德、鯉魚潭、曾文-烏山頭水庫灌區，約 5 萬 6 千多公頃改採每三年輪作制度，預計可適量根據市場需求適量減少稻作收穫面積，亦可因應氣候變遷，達到節水目的。

7.2、地表水源利用

7.2.1、前言

一、104 年農業灌溉用水量

台灣之農業用水結構，係以地表水源利用為主，地下水源利用為輔，進一步之結構分析，可以民國 104 年為例，雖然該年之水文水況為略低於平水年狀況，但仍可一窺農業用水結構。根據經濟部水利署農業用水量統計報告，彙整如圖 7-1，在該年農業總用水量 118 億立方公尺中，灌溉用水量為 109 億立方公尺(含水稻灌溉用水量 71 億立方公尺及早作灌溉用水量 37 億立方公尺)，占農業總用水量之 92%；養殖用水量為 8.8 億立方公尺，占農業總用水量之 7%；及畜牧用水量為 0.6 億立方公尺，占農業總用水量之 0.5%。

104 年台灣各標的總用水量共 165 億立方公尺，農業用水為 118 億立方公尺，合占各標的總用水量之 71%；灌溉用水量 108 億立方公尺，合占各標的總用水量之 65%。

臺灣灌溉總用水量 108 億立方公尺中，由農田水利會實際管理營運者為 95 億立方公尺(不含養殖及畜牧用水)，約占 87%。就農田水利會營運管理之 95 億立方公尺作水源別之分析統計，如表 7-1 所列，其中，進水口取水量為 78 億立方公尺，占 82%；地面水配合量為 10 億立方公尺，占 10%；地下水配合量為 4 億立方公尺，占 4%；其它來源為 3 億立方公尺，占 3%。即農田水利會之灌溉水源主要係自河川直接取水，為其最大宗，其次為自水庫、埤池取水，再其次係以動力抽地下水及地表水者輔助。其他由農民自行管理之 14 億立方公尺，則大部分係抽取地下水及少部分引用河川溪流之地面水。台灣 104 年度平均農業用水量 118 億立方公尺中，尚包括台糖公司自行供水、養殖及畜牧用水等，其水量及水源別之統計則如表 7-2 所列。

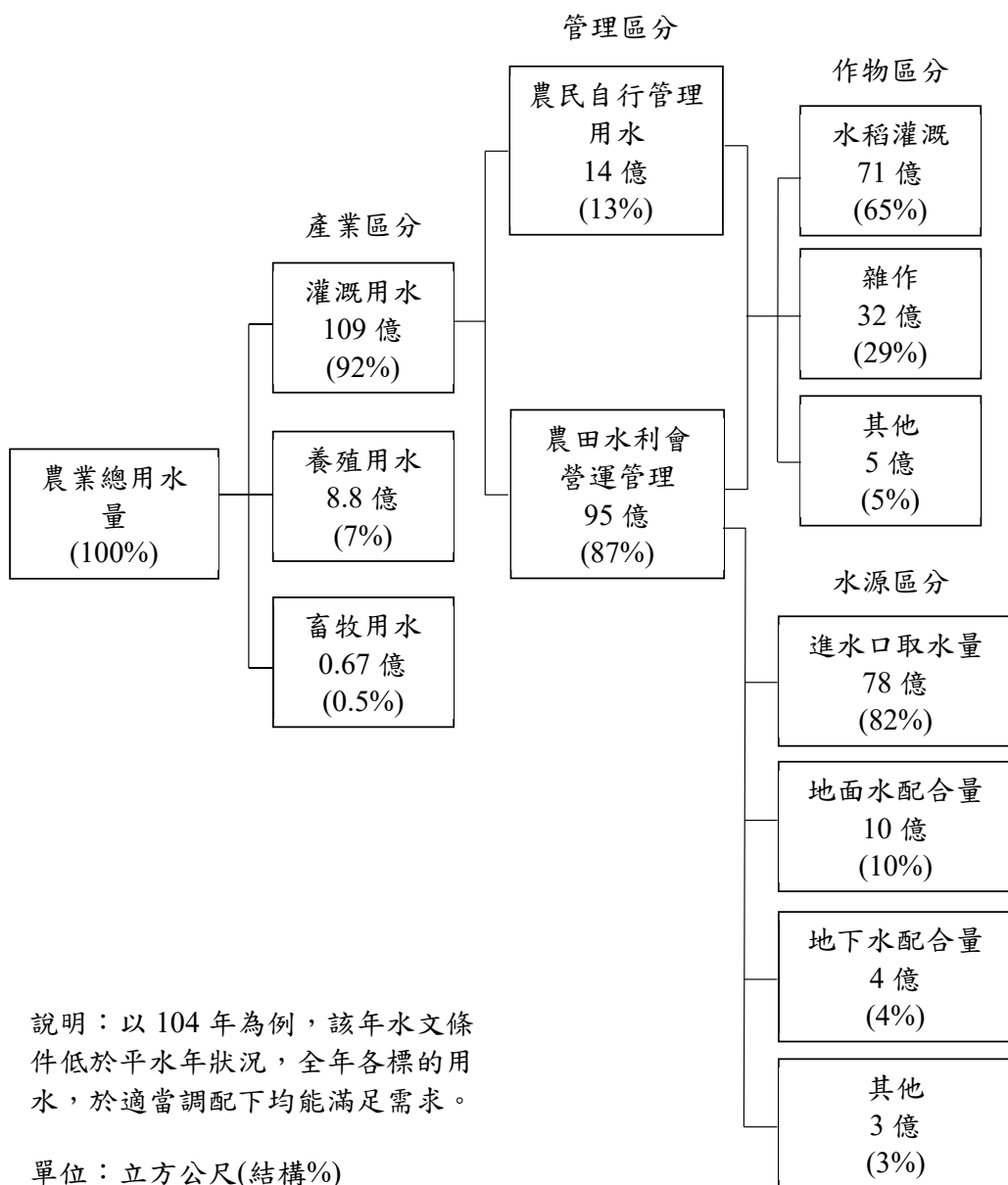


圖 7-1 農業用水結構分析(經濟部水利署農業用水量統計報告)

表 7-1 農田水利會 104 年各水源別實際用水量

水源別 地區	進水口 取水量	地面水 配合量	地下水 配合量	其它	合計
臺灣 地區	7,771,504 (81.90)	978,774 (10.31)	416,170 (4.39)	322,400 (3.40)	9,488,849 (100.00)
北部 區域	1,396,083 (84.00)	181,940 (10.95)	8,663 (0.52)	75,404 (4.54)	1,662,091 (100.00)
中部 區域	4,158,425 (82.79)	553,465 (11.02)	74,554 (1.48)	236,529 (4.71)	5,022,974 (100.00)
南部 區域	1,152,115 (66.35)	243,369 (14.02)	331,266 (19.08)	9,656 (0.56)	1,736,406 (100.00)
東部 區域	1,064,882 (99.77)	0 (0.00)	1,687 (0.16)	809 (0.08)	1,067,378 (100.00)

註：單位，上欄為千立方公尺、下欄為各水源別水量所占百分比。

資料來源：104 年經濟部水利署農業用水量統計報告。

表 7-2 民國 104 年農業用水源別統計

用水別 水源別	灌溉用水			養殖 用水	畜牧 用水	合計
	農田水利 會供水	台糖公司 自行供水	小計			
進水口取水量	77.71	0	77.71	0	--	77.71
地面水配合量	9.87	0.15	10.05	1.74	--	21.81
地下水配合量	4.15	0.19	4.34	7.07	--	15.75
其它	3.22	0	3.22	0	--	3.22
合計	94.88	0.34	95.32	8.81	0.7	118.49

註： 1.單位：億立方公尺。

2.其它水量為農田水利會資料輯水量扣除水利會回傳水量差值。因各水利會回傳資料僅包含水稻及雜作，未包含當地特有作物。

3.台糖公司之地面水配合量為水利會供應。

4.畜牧用水僅有項目別分類，並無水源別分類。

5.資料來源：104 年經濟部水利署農業用水量統計報告。

二、95~104 年平均農業用水量

依經濟部水利署統計資料，95~104 年農業用水平均值約 127 億 m^3 ，佔總用水量 176 億 m^3 的 72%。農業用水包含灌溉用水約 113 億 m^3 (占農業用水 89%)、養殖用水約 12 億 m^3 (占農業用水 10%)、畜牧用水約 1 億 m^3 (占農業用水 1%)。灌溉用水來源取用自河川為 77 億 m^3 (佔灌溉用水 67%)、水庫為 11 億 m^3 (10%)、壩堰為 22 億 m^3 (20%)及地下水為 4 億 m^3 (4%)。台灣自民國 89~106 年歷年農業用水量統計，如表 7-3 所列，其中，104~106 年農業用水量均已降至 120 億 m^3 以下，較先前時期呈現較明顯之減少。

表 7-3 台灣歷年農業用水總量統計

年度	灌溉	養殖	畜牧	總計
89	10,607	1,584	118	12,309
90	11,479	1,419	114	13,012
91	11,764	1,536	110	13,410
92	10,781	1,545	109	12,434
93	10,795	1,701	108	12,604
94	11,037	1,633	111	12,782
95	10,549	1,578	111	12,238
96	11,666	1,588	79	13,333
97	11,212	1,647	77	12,935
98	11,782	1,315	73	13,170
99	11,088	1,077	74	12,239
100	11,310	1,050	75	12,435
101	11,403	1,039	72	12,514
102	11,384	1,013	70	12,468
103	10,982	982	67	12,031
104	10,335	880	67	11,282
105	10,792	876	66	11,734
106	10,912	865	66	11,843

單位：百萬立方公尺。

資料來源：106 年經濟部水利署農業用水量統計報告。

7.2.2、河川取水

臺灣地區所有河川悉由中央山脈或其鄰近山區發源項東、西向注入太平洋或台灣海峽。在省府時代，係依重要性將省管河川區分成「主要河川」、「次要河川」及「普通河川」三大類。各類河川數目歷年來屢有變遷，於民國 78 年公告調整之後，計有主要河川 21 水系、次要河川 29 水系及普通河川 79 水系，合計省管河川共 129 水系。其後歷經更迭，於民國 98 年由經濟部公告台灣河川區分為中央管河川、跨省市河川及縣(市)管河川，分別有 24 水系、2 水系、92 水系，合計 118 水系，圖 7-2 為台灣中央管河川及跨省市河川水系空間分布。

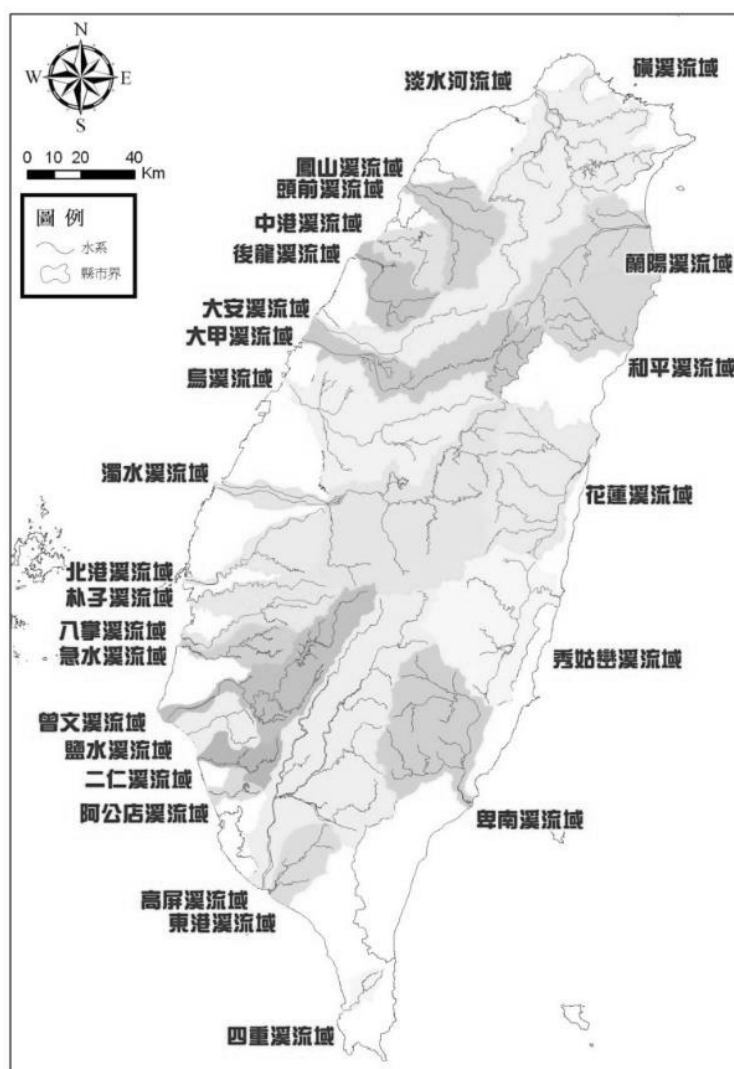


圖 7-2 台灣中央管河川及跨省市河川流域位置
(經濟部水利署水利規劃試驗所)

自 17 世紀起約 350 年期間，台灣農業發展主要依賴河流引水灌，先民渡海來台定居開墾時，便築埤圳引水灌溉。河川天然流量經攔河堰等設施，導水引入灌溉渠道再輸送至下游灌溉農田，全台目前重要河川取水口共 1,337 處，導水路、幹支分線、中小給水路等灌溉渠道 44,346km，排水渠道 25,814km，計 70,160km(106 年農田水利處數字看板)。圖 7-3 為不同灌溉水源鳥瞰圖，其中河川取水方式主要可分為直接河川取水、河川取水堰、河川抽水等三種。

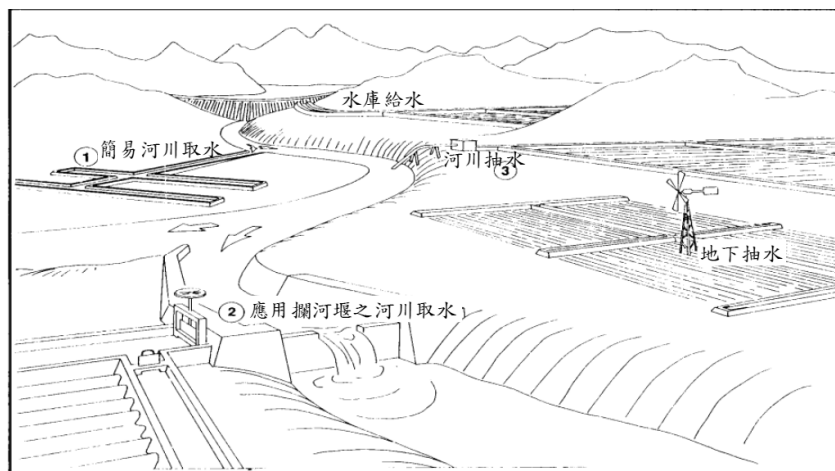


圖 7-3 不同灌溉水源之鳥瞰(FAO, 1992)

一、直接河川取水

在圖 7-3 之灌溉計畫區域①中，其供水系統為河川直接取水系統，該取水系統並無任何之結構物存在，如壩或其他取水設施等。渠道取水口之部分是直接穿過河岸，且無任何之水門設施，同時在渠道中亦無任何之流量控制結構。取水之流量是隨河川水位而變，亦即當河川為高水位時，其所取的流量較大，當河川為低水位時則取進之流量較小。通常為避免流量之變化過大，常於渠道中設置控制水門，水門之操作在河川水位較低時則完全開放，當河川水位較高時則採部分開啟之方式為之(如圖 7-4)。

應用此一取水方式的好處是可以降低成本，然而此取水方式，僅適用於河川水位，甚至是指低流量時之河川水位，較灌區之高程為高時，換句話說，取水點之位置會在灌區之上游處，才會讓河川之水位高出灌區之高程。但若田區相當平坦時，則渠道之長度會變得相當長，才會有足夠之水頭可用。

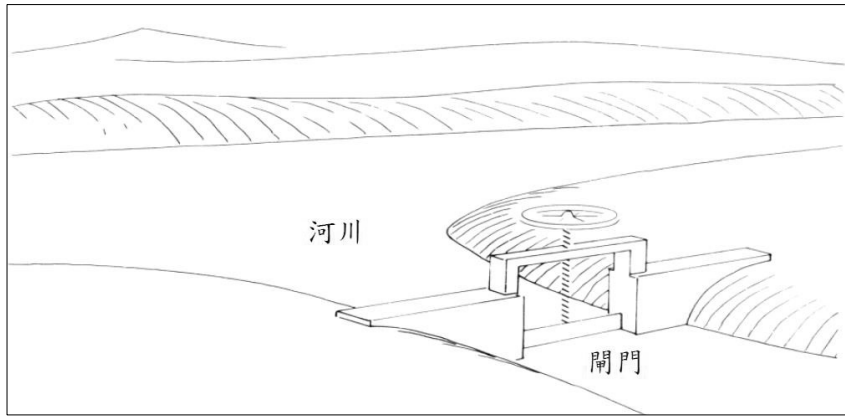


圖 7-4 設置閘門之河川取水設施(FAO, 1992)

二、河川取水堰

為了避免河川之水位變化過大，可以應用橫跨河川之築堰方式以抬高水位，在高流量時期，部分流量會溢過堰而流到下游，其上游處之水位在一年中會有些許之變化，而在旱季時之水位會比尚未築堰前之水位為高。

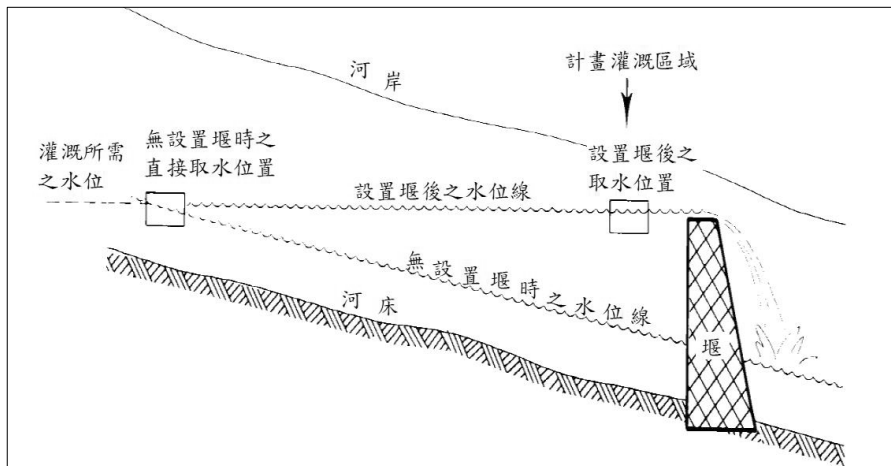


圖 7-5 採用取水堰與不採用取水堰時之取水口位置示意(FAO, 1992)

由於築堰後上游水位會比尚未築堰時為高，因此取水構造物可以較靠近灌溉區域，且主要灌溉渠道亦可以較短些，在圖 7-3 之灌溉計畫區域②中所示為應用此法之取水方式，圖 7-5 所示為採用取水堰與不採用取水堰時之取水口位置示意圖。

三、河川抽水

在圖 7-3 之灌計畫區域③中所示，為河川直接抽水供田區灌溉使用之情形，抽水之費用係隨著計畫區域之增加而增加。築堰之成本主要是隨著河川之大小，而部分是隨著灌溉計畫區域之大小所影響，因此對於一灌溉區域較小，而其灌溉水源係來自大型之河川時，一般都採用河川抽水之方式為之，

如此可以減少在築堰上面之花費，較為經濟可行。若地形高之大灌區先將河水抽至高處，再由重力施灌之方式，但其成本似乎較高。

7.2.3、水庫與湖泊(池塘)取水

湖泊(池塘)中水量的來源為來自於天然降水落至湖泊(池塘)表面、或鄰近地區之逕流流入湖泊中、或是經由地下水之滲透流入湖泊之中。湖泊(池塘)中之水量流失方式有：經由湖泊(池塘)表面之蒸發、或經由湖泊(池塘)之天然缺口溢流、或經由湖泊(池塘)底部之滲漏至地下水層當中。圖 7-6 所示為湖泊(池塘)之水量供給與流失示意圖。

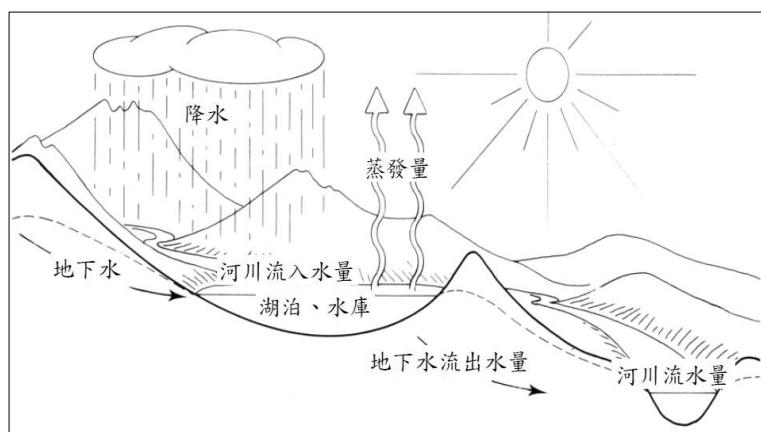


圖 7-6 湖泊(池塘)之水收支示意(FAO, 1992)

水庫則為人工之湖泊，水庫之形式可經由在山谷處建造擋水壩、或經由開挖製造人工湖泊、或經由築堤之方式建造水庫，於水庫之中蓄存水量。

大型水庫之建造，是在主要河川處築壩之方式加以建造，其所蓄存之水量可供灌溉數千公頃至數萬公頃之面積；而中小型之水庫，其蓄存容量較小，在一季中可供給之灌溉面積由數十至數百公頃不等。

一、池塘取水

池塘水源與水庫水源性質類似，惟蓄水容量較少，集水面積多屬較低之丘陵地或其上游灌區迴歸水，蓄水量變化較大，調節供灌機能有其限制與水庫水源不盡相同，其特性乃池塘水源比水庫水源較接近灌溉渠道配水系統，視水源水量較可發揮機動性調整放水灌溉作業。台灣池塘水源蓄水量計算，多以估計供應水稻插秧尖峰用水量，或確保本田用水灌溉期間枯水期(約 30~40 天)之水量，按照池塘水源依其灌溉系統所處位置，大致可分 2 大類：

(一)池塘水源僅攔蓄其集水區水量者，如高雄農田水利會或嘉南農田水利會轄區部分之池塘。

(二)池塘水源除攔蓄集水區水量外，另自水庫灌溉輸水系統或由河流水源渠道系統供應水量者，例如台灣北部桃園及石門農田水利會之桃

園大圳、光復圳及石門大圳灌區所轄之池塘均是。池塘蓄水在河流水源灌溉系統中有其重要性，以民國 90 年為例，桃園大圳灌溉面積 25,933 公頃，計畫供水量 6.7 億立方公尺中，水庫實際引水量約 3.31 億立方公尺(約 50%)，其餘需必須自 202 口池塘及 256 處攔河堰取水，可見池塘之重要性。惟池塘應能藉地形收集雨水及灌溉餘水，則雨水或灌溉餘水流入排水溝者將藉由攔河堰再度導引入池塘或直接加入配水系統，此種安排，使桃園大圳將近 20 km 長導水幹線隧道及開渠之設計通水能量自 26 cms 減至 16.7 cms，又使整個幹線、支線等輸水系統，自 800 ha/cms 之灌溉率提高至 1,450 ha/cms，更使整個配水系統分成許多單體，使各單體均備有一個可靠之池塘供緊急之用。在桃園石門地區之池塘，如事先蓄水得當自可成為系列之小水庫，尤其乾旱時期池塘之水量配合運用之效果頗為顯著。

二、水庫取水

水庫之興建功能在於攔蓄調節河川豐枯水期流量，提升水資源充分有效利用，因此水庫水源供給灌溉水量較易掌握控制，對供灌區域可擬定週密之灌溉計畫，以輪流灌溉方式執行，計畫性配水使灌溉作物得到均霑灌溉目標。

台灣現有主要水庫 40 座(公告水庫總數為 95 座，此 40 座水庫，水庫庫容占所有水庫之 90%以上)，總蓄水容量約 20 億立方公尺，有效容量為 19 億立方公尺，灌溉用水、公共給水及工業用水，106 年含 40 座主要水庫全年由現有蓄水設施供應者計 42 億立方公尺，占全部蓄水設施供應灌溉、公共及工業用水量 71 億立方公尺之 59%。40 座主要水庫中，以農業用水或灌溉為主要標的之水庫有 5 座，灌溉兼有觀光或生態保育標的之多目標水庫有 2 座，其它兼有灌溉之多目標水庫有 11 座。

水庫水源受其座落地區氣候條件不同，其水源供應及運用之趨勢亦有所差異。根據水庫存水量可事先預警防範，擬定灌溉因應措施，機動調整灌溉計畫之執行，以減少因遇缺水時該灌區之灌溉營運損失。

(一)調蓄別分類

台灣河川流量經水庫調蓄者大致分作三類：

- 1.攔截中央管河川(或跨省市河川)之主要河川水源，而行季節性之調節者，如曾文水庫、石門水庫屬之。
- 2.攔截縣(市)管河川或中央管河川支流水源，而行季節性之調節者，如大埔水庫、明德水庫、白河水庫、虎頭埤、阿公店水庫等均屬之。
- 3.攔截中央管河川經由隧道越域引水至其支流之離槽水庫，如烏山頭水庫，惟因曾文溪上游已建造曾文水庫，兩水庫可互相串聯營運。

(二)運用標的分類

- 1.單目標水庫，例如虎頭埤水庫、德元埤水庫等為灌溉標的；南化水庫為供應民生用水標的。
- 2.多目標水庫，具有防洪、發電、公共給水、工業用水、灌溉功能，如石門水庫、曾文水庫、明德水庫屬之。
- 3.水庫之灌溉計畫，不管單目標或多目標水庫供應灌溉標的，均須參酌其灌區地理環境，水文條件，配合水庫運用規則，依既定之耕作方式及灌溉制度，擬定年度灌溉計畫。

三、取水方式

水庫與湖泊(池塘)之取水方式，端視水位高程與農田高程而定。

當水被蓄存於築壩之山谷中，則其水位將會比壩下游的水位還高，而此一水位之差，足以讓灌溉系統採用重力方式施灌。由水庫取水時，可藉由混凝土管或鋼管為之。此一輸水管線係連接水庫與下游灌區之灌溉渠道。經由閘門加以控制，導引到下游渠道，閘門之設置位置通常位於管線之上游端。

當灌溉之地區位於水庫壩址之上游處或沿著湖泊(池塘)四周，且其高程比較水庫或湖泊(池塘)之水位還高時，若要對該地區進行施灌，則祇有依靠抽水機方能達成。在雨季後則水庫之水位通常最高，而在旱季之後水庫之水位會達到最低之情形，因此在安置抽水機之時，務必要能夠掌握此一變動之情況，不但在垂直方面之變動，尚包括水平方向之變動情形，因為水位降低的同時，水會向後退至水庫低窪之地區。

此外若有乾枯支流，亦可當作具有水庫功能之用，在雨季時，該支流將會有水量蓄存，而在旱季時，則將關閉而無蓄存情形，因此，此一蓄存水量可被利用。由於這些狀況是發生在低水位時，故抽水機之引用亦是必然的。

7.2.4、可靠水量

7.2.4.1、河川之可靠水量

確保灌溉用水使其不致於缺乏是非常重要的，若在作物生長過程中有用水短缺之情形時，則將影響作物生長，由作物生產之獲利也會減少，嚴重者會造成灌溉投資計畫之停擺。

灌溉計畫確立，是要靠著在全生育期中水之供應是否足夠，因此一個成功的灌溉計畫基本上要有可靠的供應水源，故對於灌溉計畫中之粗計畫灌溉需水量(SIN_{gross})確立之後，則務必要儘量查明在該灌溉期中其河川水源之可靠程度。

一、對水源可靠度之考量將不外乎以下幾種情形：

- 1.祇有在豐水期時，河川流量才能滿足粗計畫灌溉需水量(SIN_{gross})，由於河川流量每年在變，缺水情形必然會發生在乾早年或較早之月別。

因此必需查明的是在一年當中有那幾個月其河川流量最小，很明顯的在此情形之下，若要改變灌溉之執行，而造成在乾早期有高灌溉水量需求之情形，應予以避免之。

2. 若在乾早年時之旱季期間，河川流量充足，且超出粗計畫灌溉需水量(SINGross)時，若任意對灌溉之施行予以變更成需要較多之水量或稍為擴展灌區等，均會讓未來產生更大的缺失困擾。
3. 在整個作物之生長季中，河川之流量一直都比粗計畫灌溉需水量(SINGross)為高，且每年都如此，則此將不會有灌溉計畫中用水可靠度之問題，此情形可由現地之農民間得到較確實之資料。在此情形之下且未發生移水，對於稍為擴展灌溉區域，或變更種植耗水較大的作物，如水稻等，亦不會有嚴重之問題。
4. 對於水源可靠度之尋求，應與水文負責機構密切配合，該機構可提供水資源與河川流量等相關資訊，在水文之資料方面有：降雨、逕流等。在預測方面，則該機構可根據過去之歷史記錄資料推估在灌溉期之中其最大河川流量，並可預測乾旱之河川枯流量。因此若尚無河川之流量量測資料時，則務必儘速進行，讓日後之計畫能有可靠之資料可資引用。
5. 另一種可能之情況是在作物生長期中，於部分生長期中其供水不足，而部分生長期中除供作物所需之水量外，尚有部分盈餘之水量可用，對於此一盈餘部分之水量，可以應用築壩或蓄水設備之方式，將水量蓄存起來，但灌溉方面本身無能力投資為之。此一可蓄存之水量，若為河川可靠引水量而為盈餘水量部分，自可讓其他用水標的設法酌予移用，應由水資源主管單位協助推動。

二、有關於目前台灣常用之河川水量量測方法簡介如下：

(一)觀測法

溪河之流量，不能直接觀測，需根據溪河之浸水斷面面積，與平均流速計算求得。流速測量方法常用者有三：

1.流速計測法

將流速儀沉入水內，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

在溪河中某一整齊河段，取上下斷面各一分別設立水尺一組，在同一時間內，測讀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(Manning)氏公式，推算平均流速：

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(7-1)$$

式中，V：流速(m/sec)；

n：粗糙係數；

R：水力半徑；

S：水面坡降。

(二)估算法

溪河流量可由實測獲得，但在某種情況下，因急欲實施一有希望的灌溉計畫，事前對於該溪河之流量，未有實測記錄，應退一步利用估算方法，間接決定之。

$$R = C \cdot P \dots\dots\dots(7-2)$$

式中，R＝逕流量；

C＝逕流係數；

P＝降雨量。

根據本式之估算原理，依次庫斯克(Iszkowski)氏曾統計各種地形之逕流係數如下表。

表 7-4 地形與逕流關係

地形分類	沼澤 窪地	低地 高原	丘 陵 起伏地	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

利用相似逕流關係，和長期降雨資料，估算溪河流量，乃最常用之方法。如一溪河之氣候，地形，地質，和植物覆蓋情形，與另一已知逕流關係之溪河相似時，有理由設定預測溪河之逕流情形與之大致相同，則可利用此一逕流關係，估算預測溪河之逕流量。如因測站之控制面積相異，最好利用兩站之集水總量即降雨量之集水面積比例，來推算之。

7.2.4.2、湖泊、水庫之可靠水量

一、湖泊(池塘)之可靠水量：

1. 在前面已經說明河川之可靠水量之決定，該方法亦適用於湖泊(池塘)系統，在灌溉系統中總灌溉水量之需求量，必須要小於單獨水源之湖泊(池塘)可提供之水量。

2. 當湖泊(池塘)之水源來自於河川時，則其水位係隨著河川之情況而有所不同，若湖泊(池塘)之水源係由地下水所供應，其水位之變動較緩，且隨著地下水位之高低而變。
3. 對於湖泊(池塘)中灌溉用水之可靠水量估算，需由湖泊(池塘)之可蓄容水量，與湖泊(池塘)中因蒸發及滲漏之損失水量而決定之。對於大型之灌溉計畫區域而言，地方或中央單位，將會估算可靠之水量，對於可靠水量，是經由詳細之河川流量、地下水補給、詳細估算蒸發量、滲漏損失量及其他之用水需求等資料估算之。

二、水庫之可靠水量

以灌溉為單目標之計畫水庫之設立，係配合計畫灌溉之需要。水庫之計畫容量，應根據水源之變化情形，和灌區用水量資料分析估算之：

(一) 估算水庫之蓄水量，應按計畫滿水週期，就流量變化情形，累積分析之。水庫之中可蓄存之水量係依照下列因子而定：

1. 河川流量(流量之大小隨降雨而定)
2. 壩之高度(當於河谷攔河築壩時)
3. 水庫面積(如果是以人工挖掘方式時)

(二) 另一種情形為將水蓄存於離槽水庫之中，蓄存之方法，係將水流導入一天然之窪地、或河川旁側之分支中、或以人工挖掘水庫，而此情形與湖泊(池塘)之情況類似。

(三) 計畫蓄水量則應自蓄水開始，即累計流入量，減去同時期累積供水量，蒸發損失量，和滲漏損失量等，即可得各階段水庫之有效蓄水量，另加死水量即為水庫之實存水量。

(四) 現就蒸發損失、滲漏損失量和死水量等分述如下：

1. 滲漏損失量

水庫庫址為石質或粘土者，滲漏損失甚微；為細砂壤者大致尚佳，祇滲漏損失較大；水庫兩岸或其底由卵石組成者，雖有薄層細密土壤覆蓋，亦易成地下水道，其滲漏必大；鄰近石灰岩或石膏地區，岩內常有孔穴，易導致大量滲漏。除水庫地質不良易導致大量滲漏外，一般水庫之滲漏損失皆不致太大，其損失量與蓄水深度有關，隨完成年數而逐漸減少，一般估計滲漏損失約占水庫容量的 5~15%。

2. 蒸發損失量

由水表面所引發之蒸發量在乾燥或半乾燥之地區，一天達到 7 公厘是相當普遍之情形，這相當於在一週之間蒸發 5 公分水深或一個月之間蒸發 20 公分水深之情形。此一蒸發水量相當之可觀，尤其是對於寬而

淺之水庫而言，則其蒸發量更不可等閒視之。因此，若以深度較淺之湖泊或水庫為灌溉水源時，則於雨季後之灌溉應儘速施行，以免等待過久，造成水庫乾枯而浪費用水。

蒸發損失率與溫度和風速成正比，與濕度成反比。根據廣水面之實驗資料，其蒸發量約為蒸發計蒸發量之半。惟水庫之蒸發損失問題極堪重視，因蒸發率之最高時期，其降雨量恆屬最微，農田需水最殷，由水庫引水最多，故計算水庫容量時，蒸發損失宜採用最大值。

水庫之蒸發水面以滿水時最大，水位最低時最小，估算蒸發損失宜採平均水面。蒸發損失量應根據水庫當地之蒸發量紀錄，推算各月旬之廣水面蒸發損失率，乘以水庫之平均水面而得。

3.死水

水庫中之部分水量，因低於引水口標高，故無法引用，其量之大小視地形及引水口標高而定，此一容水空間，其低標高部分常用以儲蓄泥沙。

(五)根據需水量估算蓄水量

水庫之蓄水量亦可根據連續無效降雨日數簡便地算出。通常以 10～20 年一次連旱日數為標準，凡日雨量在 5mm 以下者，視為無效降雨日，併入計算最長早期之需水量，即為水庫計畫蓄水量，可用下式估算之：

$$Q = q \cdot d + L \dots\dots\dots(7-3)$$

式中，Q＝水庫計畫蓄水量(m³)；

q＝灌區日需水量(m³)；

d＝最長早期日數(包括無效降雨日)；

L＝早期內水庫之總損失水量(m³)。

7.3、地下水源利用

7.3.1、前言

地表水為水文循環之一環，其行徑可自圖 7-7 之水文循環示意圖見其梗概。地殼表層內之含水層猶如管渠之可以導水，亦如水庫之可以蓄水。地表水自地面進入含水層後即緩慢流動，在不同之地點，經由自然流出、植物蒸散、人為汲取等不同之方法又回復至地面，為應用極廣之水源。河道在乾涸成枯水時，地下水供給其水量。甚至某些地區自水井抽水為其唯一之水源。

地下水來自地表水，天然之補給包括雨水、河道流量、湖泊與水庫等。其他人為因素如超量灌溉、渠道滲漏或人工補注等。地下水流向河道、湖泊

與海洋，有時溢出地面而成泉。地下水接近地面時可經土壤與植物直接蒸發與蒸散而回歸至大氣。水井抽水為地下水之主要人工汲取方式。

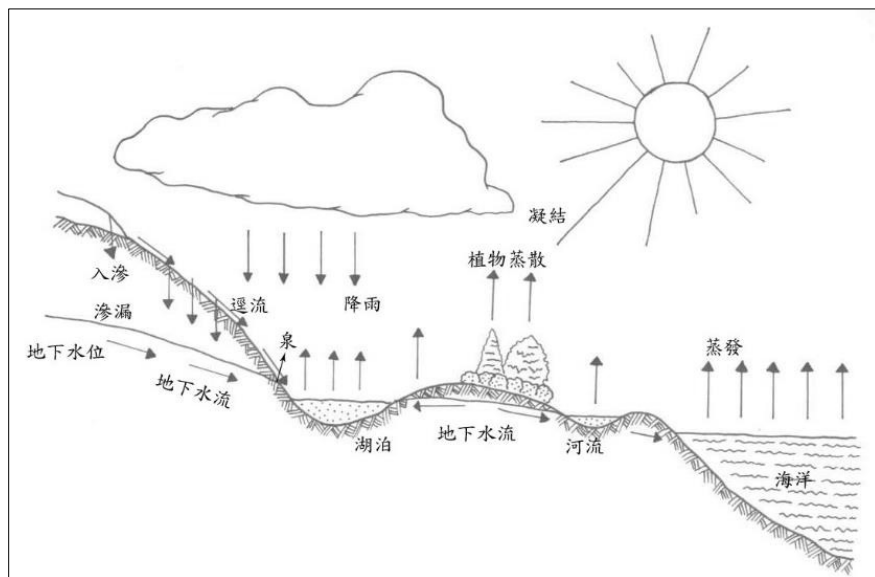


圖 7-7 水文循環示意

7.3.2、地下含水層分類及分布

一、地表下水之垂直分布

滲入土壤之水稱為地表下水(Subsurface water)，存在於飽和層者始稱為地下水(Groundwater)，因此地表下水並不全部為地下水。原則上地表下水主要受到三種作用之影響而產生移動，茲分述如下：

1. 為毛細管作用力之吸引，回返地表經蒸發至空中，縮短水文循環之途徑。
2. 為植物之根部吸收，經由葉面蒸散重回大氣。
3. 受重力作用下滲至土壤更深部分，到達飽和層，成地下水而為供給水井之水源。

地下水位之上之土壤空隙，常有部分含水，但仍有空氣存在，故稱為通氣層。通氣層以下之空隙全部含水，則稱為飽和層，圖 7-8 為地表下水之分布示意。

通氣層又可區分為三帶：

- (一) 土壤水帶之水分不穩定，易蒸發，為植物根部吸收，再由葉面蒸散。
- (二) 中間帶包括：

- [illegible]

(三)毛細管水邊緣則毛細管水到達地區，因毛細管作用而自地下水面上昇之水。毛細管作用所能升之水高可以下式計算：

式中， h_c = 毛細管水高；

 π = 表面張力； $\gamma = \text{水之比重} ;$

r = 管半徑；

λ = 凹形水面與管壁之接觸角，如圖 7-9。

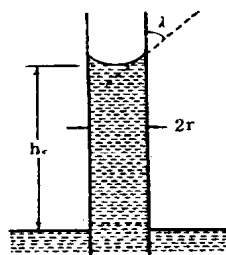


圖 7-9 毛細管水面升高

飽和層內所含之水稱地下水，厚度由數公尺至數百公尺不等，決定因素為：

1. 當地地質。
2. 地層中有效空隙。
3. 自補注地區流向流出地區地下水之補注與流動狀況。

二、含水層分類

自由(非拘限)地下水與受壓(拘限)地下水含水層關係如圖 7-10。一般飽和層之地下水含水層主要區分為：

1. 自由含水層：飽和層底部接不透水層，其空隙間含水之水面直接受大氣壓力之作用，此水面即為地下水面，自由地下水流動受地下水面之坡降所控制與在明渠中之水流相似。
2. 受壓含水層：含水層之上為不透水性之地層所覆蓋，形成受壓現象，故其地下水中之壓力大於大氣壓力。除在地下水補注區(recharge area)之外，與其他上部地下水無水力連通關係。受壓地下水之流動如管路中之水流相同，其流向受補注地區與流出地區之水頭差控制。

除以上主要分類外，尚包括

1. 棲止含水層(perched aquifer)：屬於局部性之自由含水層，存在地表與主要地下水位面之上，因其下部被局部性之不透水層托住，故其範圍及蓄存水量往往有限。
2. 滲漏含水層(leaky aquifer)：當受壓含水層上方之難透水層有裂隙致其上方含水層亦可循此裂隙補注至此受壓含水層時，此種含水層可稱之為滲漏含水層。

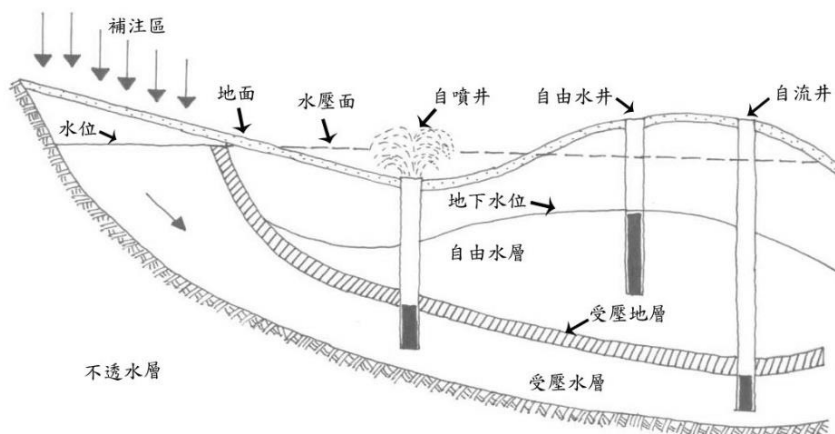


圖 7-10 自由(非拘限)含水層水與受壓(拘限)含水層之區別

7.3.3、台灣地下水資源分布

一、地下水資源分區

目前地下水分區，主要採用水利署公告之 10 大分區(地下水資源蘊藏量較豐富地區)為主，即臺北盆地、桃園中壢台地、新苗地區、臺中地區、濁水溪沖積扇、嘉南平原、屏東平原(包括恆春平原)、蘭陽平原、花東縱谷地區，以上 9 個，再加上離島之澎湖地區，計有 10 個分區。其中澎湖地區主要以澎湖本島(馬公市+湖西鄉)、白沙鄉及西嶼鄉等 4 鄉鎮市為主。在各分區中，因地層構造、含水層深度分布之不同，因此各地下水分區水資源分布之特性相差甚大。以流通係數而言，蘭陽平原、臺中盆地、濁水溪沖積扇、屏東平原、花蓮臺東縱谷最佳，臺北盆地次之，桃園中壢台地及嘉南平原最低；以出水量而言，屏東平原與蘭陽平原為地下水水資源豐沛地區，出水量每小時可達 680 立方公尺，桃園中壢台地最差，約在每小時 45 立方公尺以下。整體而言，地下水資源以濁水溪沖積扇和屏東平原之地下水蘊藏量最為豐富(參考表 7-5)，但此二區域也是目前地下水超限使用最嚴重地區，

二、地下水抽用情況

台灣地下水資源相當豐富，據估計台灣每年地下水補注量約有 40 億噸，而儲蓄在地下含水層中地下水量更高達數百億噸。一般而言，地下水可運用量應以地下水補注量為依據，亦即每年或長期地下水抽取量，不能超過其地下水補注量。然根據相關資料顯示，台灣大部分地區地下水抽取量均遠超過其地下水補注量，若此情形仍持續下去，會對環境生態造成極嚴重衝擊。

地下水除具有水質良好、水溫固定、取得便利、價格便宜等優點外，最重要的是當枯水期地表水源不足時，可運用地下水來彌補地表水之不足。但因非法地下水井數量眾多且分布遼闊，以致於管理極為困難，雖然政府自民

國 81 年起，已分階段逐步規劃建置地下水觀測井 990 口及水文地質調查站 517 站，包括：水文地質調查研究、地下水觀測站網建立及運作、地下水資源經理與資訊系統規劃、重要地區地下水調查與補注試驗研究及地下水水質資料管理等。但總體而言，相關資訊仍有待長期收集彙整，以加強地下水經管管理及保護。

早期由於沿海地區養殖漁業之興起，非法水井頗多，用水需求急遽增加，因而地表水已不敷使用，故業者轉而大量抽取地下水以補地表水供給之不足。由於長年超量使用地下水之故，以致在沿海地區，特別是在彰化、雲林、嘉義、屏東等縣造成嚴重的地層下陷。除了造成寶貴國土流失及財產損失，在沿海地層下陷區均釀成極大的災情，社會國家也為此付出慘痛的代價。而由於其他各標的也會抽取地下水，以彰化、雲林為例，地盤下陷中心在 21 世紀初已漸次向內陸發展，因此，如何能有效管理地下水資源，以減緩地層下陷速率，使之不再持續惡化，並使水資源能永續利用，乃為重要工作。

表 7-5 台灣地下水資源分區及運用情形

區域	面積 (平方公里)	地下水資源分區			年雨水推 估補注量 (百萬噸)	年地下水 推估抽取量 (百萬噸)	地層下 陷現象
		分區	面積 (平方公里)	占區域%			
北部	7,347	台北盆地、桃園中壢台地、蘭陽平原	2140	32.8	650	524	台北盆地目前已改善
中部	10,507	新竹苗栗地區、台中地區及濁水溪沖積扇	3340	31.79	1,518	2,098	濁水溪沖積扇沿海地區及部分內陸區域
南部	10,004	嘉南平原、屏東平原、恆春平原	3650	36.59	1,247	1,870	沿海地區
東部	8,144	花蓮台東縱谷	930	11.42	471	292	
合計	36,002	9 個分區	10,330	28.69	3,886	4,784	

資料來源：經濟部水利署

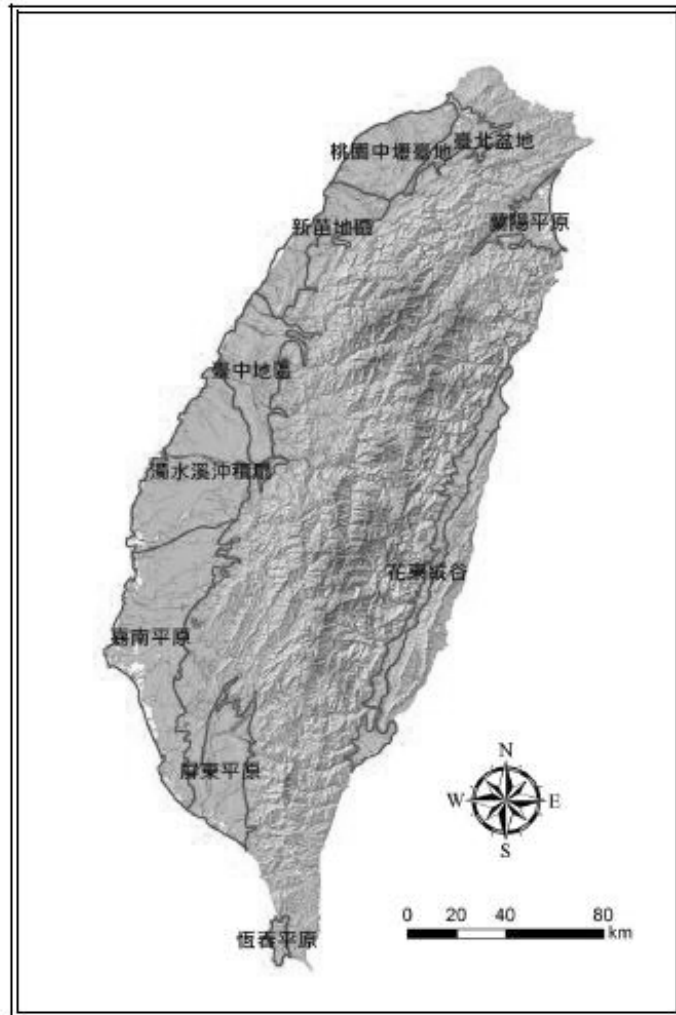


圖 7-11 台灣地下水分區(經濟部水利署)

7.3.4、水井抽水及安全出水量分析

一、水井抽水

要抽用地下水，則首先必須鑿井至地下水位以下，如此地下水可經由週圍土壤孔隙，流至水井之中，直到水井中之水位與原地下水位平衡時為止。

(一)淺層地下水

當地下水位於地表下數公尺距離內時，則開發該地下水時較為容易，可以人工挖掘之方式挖掘淺井即可達到，該地下水井之直徑通常約 1 公尺左右，對於此類地下水井之抽水，可由獸力或人力為之，但近年來多以電力替代之。在抽用淺層地下水之水量時，由於水井較淺、水量較少之因素，所抽取之水量有限，也因此所要灌溉面積大小亦有所限制。

(二)深層地下水

當地下水位距地表層相當深時，則以人力挖掘地下水井似乎不可能。深井之水量抽取必須深入地下，一般是以沉水抽水機為之，將沉水式抽水機深入到地下水位以下，而將水抽到地表面上，至於其驅動之方式，則以電動馬達或柴油引擎為之。圖 7-12 所示為深井之抽水裝備示意圖，在例子 A 中，抽水機與馬達均為沉水式，在例子 B 中，祇有抽水機為沉水式，抽水機是由地表上之電動馬達所驅動。

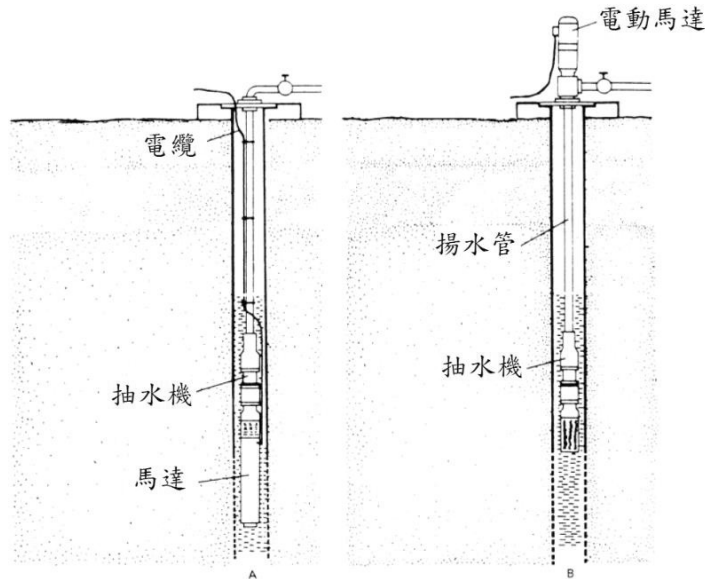


圖 7-12 深井與沉水式抽水機示意圖

二、地下水量之分析及估算

(一)地下蓄水量分析

地下水為含蓄於地層中之潛水，其產生與地下土壤、岩層之孔隙特性相關，一優良地下含水層必須具有大量連通重力性孔隙，一般多見於未固結之沙、礫石沉積土壤層(如濁水溪沖積扇)，而各種岩石之原生孔隙或次生孔隙亦可形成含水層，如石灰岩受水力溶蝕形成之次生孔隙含水層。含水層蓄水之土壤、岩層須具有高度透水性能，即各孔隙間必需脈絡相通，使潛水能自由滲透運行，相互挹注，水源方能供應不斷。

自由含水層之比出水量(Specific yield)係指孔隙中之飽和水量，受重力作用時而能流出之水量，所占含水層總體積之百分數。因含水層有部分水量是保留於孔隙中而不能流動者，故比出水量應較含水層之總孔隙率為小。現摘錄 Linsley 和 Franzini 兩氏合著「Elements of Hydraulic Engineering」一書中，各類土壤、岩層之出水性能列於表 7-6 中，供作估算參考。

而拘限含水層之出水性能則以貯蓄係數(Coefficient of Storage)或比貯蓄係數(Specific storativity)加以判定，前者定義為單位面積之含水層柱狀體在單位水頭降落下所能釋出之水量；後者為前者除以含水層厚度，故可解釋為含水層單位立方體在單位水頭降落下所能釋出之水量。

表 7-6 各類岩層出水性能表

岩 層	孔隙率(%)	比出水量(%)	水力傳導係數(m/day)
粘土	45	3	0.04075
砂土	35	25	32.6
礫石	25	22	203.75
礫石及砂土	20	16	81.5
砂岩	15	8	28.525
石灰岩、頁岩	5	2	0.04075
石英岩、花崗岩	1	0.5	0.004075

(二)地下水量之估算方法

1.達西氏(Darcy)水流基本公式

地下水之流速，達西氏根據水力學理論，最早研究所得結論經分析應為：任二點間之地下水流速與該二點之水頭差 Δh 成正比，與二點間距離長度 L 成反比，且與土壤顆粒之粗細和其孔隙率有密切之關係，基本計算公式為：

$$V=Ki \dots\dots\dots(7-5)$$

$$\text{或 } Q=KiA \dots\dots\dots(7-6)$$

式中， Q ：通過土壤截面之流量(L^3/T)；

V ：地下水視流速(apparent velocity, L/T)；

K ：水力傳導係數(Hydraulic conductivity, L/T)，各類土壤水力傳導係數，因土質粗細和孔隙量不同而相異，以德國學者實驗結果，列於表 7-7 中供作參考(以含水層常見之砂、礫石為例)；

i ：兩點間距離 L 之水力坡降($= h_2-h_1/L=-\Delta h/L$, Hydraulic gradient, Dimensionless)；

A ：土壤截面積(L^2)。

2.估算井抽水量之基本原理

灌溉井抽水量之計算公式會因水井建置於自由含水層或拘限含水層而有所不同，同時也會受到井管開篩長度、位置等影響。自由含水層為地下水面與其下方不透水層之間的飽和帶地下水，位於該自由含水層抽水的水井，

一般稱為「淺井」或「自由水井」等。而居於上、下二層不透水層之間的拘限含水層取水的水井通常稱為「深井」或「受壓井」。儘管計算公式有所差異，但其原理均係根據達西公式推導。以下分別說明之。

表 7-7 各類砂、礫質土壤水力傳導係數

類 別	粒徑 (mm)	水力傳導係數 (m/sec)	測 定 者
河 砂	0.1~0.5	0.0025	Munster
河 砂	0.1~0.8	0.0088	"
細 礫	2.0~4.0	0.0300	Welitschkowsky
中 礫	4.0~7.0	0.0351	

3.自由含水層(淺井)之抽水

由自由含水層開始抽水時，井水面必逐漸下降，井管外之水位亦隨之下降，此水面下降之區域以抽水井為中心形成洩降錐(Cone of depression)，受抽水影響之徑向範圍稱為影響半徑(Influence radius)。當抽水量 Q 為固定且地下水來源不斷時，則經充分時間抽水可達到穩定狀態(Steady-state)，此時井水位將保持穩定而不再下降(圖 7-13)。

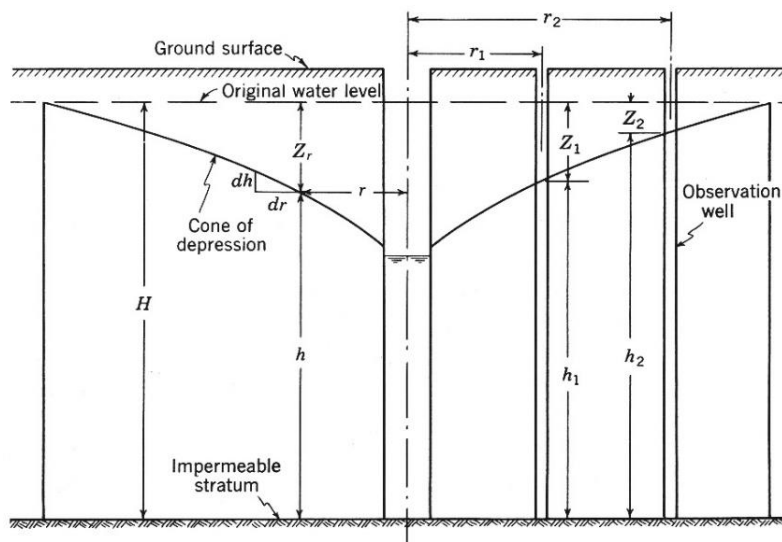


圖 7-13 淺井抽水情況(Linsley *et al.*, 1992)

假設未抽水時之初始水位高度為 H ， Z 為抽水後井水位洩降，則抽水後之水位 $h=H-Z$ ，在達到穩定狀態後，距抽水井任意徑向距離 r 處朝向抽水井之水流通量可以達西定律寫成：

$$Q = 2\pi rhK \frac{dh}{dr} \dots\dots\dots(7-7)$$

其中， $2\pi rh$ 為距抽水井徑向距離 r 處之徑向水流所通過之圓柱狀截面積， dh/dr 為水位面坡降。當觀測井位於距抽水井 r_1 及 r_2 ，且水位分別為 h_1 及 h_2 時，可將(7-7)式移項並分別對 r 及 h 積分，可得

$$Q = \frac{\pi K(h_2^2 - h_1^2)}{\ln(r_2/r_1)} \dots\dots\dots(7-8)$$

4. 深井之抽水

深井開鑿深入拘限含水層時，地下水進入井內後，其水位會高於上方難透水層底部高程(圖 7-14)，當以下方難透水層上邊界為基準時，此水位稱之為井水位或靜壓水頭(Piezometric head)，其抽水量與水頭變化、含水層水力傳導係數等之關係推導如後：

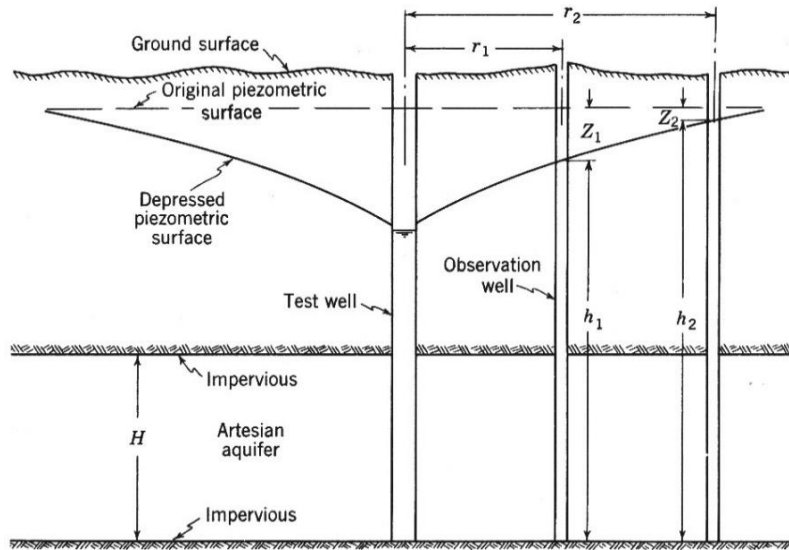


圖 7-14 深井抽水情況(Linsley *et al.*, 1992)

設 H = 含水層厚度，則通水截面積維持定值 $A = 2\pi rH$ ，在達到穩定狀態後，距抽水井任意徑向距離 r 處朝向抽水井之水流量，可以達西定律寫成

$$Q = 2\pi rKH \frac{dh}{dr} \dots\dots\dots(7-9)$$

當觀測井位於距抽水井 r_1 及 r_2 ，且靜壓水頭分別為 h_1 及 h_2 時，可將(7-9)式移項並分別對 r 及 h 積分，可得

$$Q = \frac{2\pi KH(h_2 - h_1)}{\ln(r_2/r_1)} \dots\dots\dots(7-10)$$

定義流通係數 T (Transmissivity) 為水力傳導係數與含水層厚度之乘積，上式可改寫為

$$Q = \frac{2\pi T(h_2 - h_1)}{\ln(r_2/r_1)} \dots\dots\dots(7-11)$$

上述公式描述穩定狀態下，定量抽水與抽水井周邊含水層水力傳導係數與水頭變化等參數間之關係，此公式亦稱為西姆法(Thiem's Method)或平衡公式。亦可將其改寫為洩降曲線方程式，配合觀測井水位變化，求得該抽水量對應之抽水影響範圍。但因抽水後須長時間抽水方能達到穩定狀態，因此，非平衡公式如 Theis 圖解法(Theis type-curve method)或其他非平衡公式(如 Cooper-Jacob Straight-Line Method)等，便可利用較短時間，在尚未達到穩定狀態下，進行定量抽水試驗(Pumping test)配合抽水井周邊觀測井水位變化，求取水文地質參數，如水力傳導係數、流通係數、貯蓄係數等。而水井本身之安全抽水量可藉由分級試水方式，區分抽水量等級，由小至大，觀測抽水井洩降情形，至洩降產生異常後，決定其可抽水量之安全範圍。

三、安全出水量分析

(一)安全出水量之定義探討

與前述提及水井分級試水求得該水井之安全出水範圍不同，地下水「安全出水量(Safe yield)」係以區域含水層出水量為定義範圍，且其並非一定值，同一地下水區中，在不同時間可能有不同之安全出水量，例如產業型態、能源價格、地面水供應情況等，因抽用水量不同，均會影響安全出水量之大小，而安全出水量大小更牽涉到地下水管制方案之適宜性，並影響施行管制之成效，惟何謂「安全出水量」，則因人為因素與適用之抽水量不同，使各家之解釋互不類同而有不同定義，分別說明如下：

安全出水量這一術語，於 1915 年由美國 Lee 氏首度提出，其後並經許多學者、專家從各種不同的觀點提出看法，例如永續性出水量(Perennial yield)、開採出水量(Mining yield)、水域出水量(Basin yield)、含水層出水量(Aquifer yield)、經濟安全出水量(Economic safety yield)、法規安全出水量(Legal safety yield)、優選出水量(Optimal yield)等。

根據葉弘德教授及日本學者柴崎達雄等人對於地下水安全出水量的探討(中鼎，1999)，認為一般地下水的開發，由於缺乏有效的管理，不少的抽水井，集中於局部區域、且/或於短時間內抽取大量的地下水，使地下水文成為一動態系統，已不符合「安全出水量」的定義。

沈(1989)曾提出所謂地下水安全出水量之定義，大概可從兩個觀點加以探討：其一從理論上定義安全出水量，也就是從水文收支平衡的理論上所推求的年補注量。其二是從水權上定義安全出水量，也就是從法律及經濟的立場定義安全出水量。前者可稱為水文的安全出水量(Hydrological safety yield)，後者可稱為經濟的安全出水量(Economic safety yield)；兩者之間有相當大的差距。水文的安全出水量以不超過年補注量為限，其型式也有兩種：其一為倘若抽用量與補注量相平衡，則地下水位不會變化，此時補注量即為安全出水量，此法通常適用於累積了足以進行地面水平衡計算資料的地下水流域；

其二為當開始抽水時之水位與使用一年後之水位相同時，此一年之用水量應等於安全出水量。以經濟為必要條件所定義的安全出水量是以效益觀點來考慮，其考慮因素除了要考慮地下水使用花費外，在台灣亦應將地層下陷所衍生的問題及社會成本納入考量，就目前來說，經濟觀點所定義的安全出水量是否適用，除了需要深入研究外，亦應從法律與社會的觀點探討其可行性。

除了水文與經濟之外，安全出水量之定義也可從「水質條件」與「減緩地層下陷」的不同觀點分別進行研究。所謂以「水質條件」推估安全出水量，主要的觀點就是決定使用地下水的容許界限，以避免海水入侵到沿岸地區的含水層，而造成地下水利用的問題與社會環境問題。「減緩地層下陷」亦是一個決定安全出水量的方法，適當的地下水位應可從土壤力學的觀點求出，而對應的抽水量亦可據以推估。

由以上討論，可見分析安全出水量並不單只為抽用含水層水量的角度，其尚需考量自然環境及社會經濟等因素，但即使至目前，由於各種看法的分歧，尚無一清晰之定論。大致可歸納出「安全出水量」的定義，雖可從水文、經濟、水質和地層下陷的不同觀點進行研擬，但對於濁水溪沖積扇地層下陷區而言，各有其應用上的困難。目前由「台灣地下水觀測網整體計畫」所得資料，並未發現濁水溪沖積扇有海水入侵之現象，故以「水質條件」推估濁水溪沖積扇安全出水量，並不適當。其次以地層下陷觀點來看，濁水溪沖積扇沿海地區早已發生嚴重之地層下陷問題，已失去防患於未然之先機，當前所迫切需要面對的問題是如何減緩地層下陷的持續惡化。以地層下陷問題發生原因來看，此時如全面禁抽地下水對先前發生之地層下陷問題已改善不大，因為如能嚴格限制抽水量且讓地下水水位不再降低或讓其逐年水位上升，亦能達成減緩地層下陷持續惡化目標。

曹(1989)指出地下水安全出水量常見的計算方法有 7 種：水文平衡公式法、地下水盤存法、希祿(Hill)法、哈定(Harding)法、辛普森(Simpson)法、應用達西定律、水位上升與比流率法等等。其中希祿法需長期水位及抽水量資料，哈定法需長期水位及進水量資料，辛普森法水力坡降不易決定，水位上升與比流率法需長期水位及抽水量資料，由於濁水溪沖積扇地下水觀測站網初成，地下水位及抽水量的資料尚欠缺，長期資料取得不易，目前現有資料尚不足以使用這些方法估算本區正確之安全出水量(嘉義技術學院，1998)。國內常用研究方法有：水收支平衡法與地下水數值模式推估。不同估計方法各有其適用狀況，以下將按國內學者常用研究方法予以分類，以前人的研究個案，探討各種地下水安全出水量估計方法的特性。

(二)國內安全出水量之估計探討

1. 水文平衡法

Linsley(1949)利用水文平衡觀念計算安全出水量，平衡方程式如下：

$$G=P-Q_s-E_t+Q_g-\Delta S_g-\Delta S_s \dots\dots\dots(7-12)$$

其中，G 為安全出水量；P 為降雨量； Q_s 為地面逕流； E_t 為蒸散量； Q_g 為地下水淨流入量； ΔS_g 為地下水蓄水容積變化； ΔS_s 為地面水蓄水容積變化。

假如以年平均為基礎，則 ΔS_s 通常可視為零。上式各項都容易受到人為改變的影響。林等(1998)估算彰化地層下陷地區各層平衡出水量介於 0.734 至 1.62 億噸/年之間。

2.地下水數值模式推估

應用地下水數值模式模擬逆向推估地下水安全出水量，一般係將安全出水量定義為自然補注量，故其理論與補注量之推估相同。葉(1998)將安全出水量定義為自然補注量，以 MODFLOW 模擬濁水溪沖積扇安全出水量為 8.97 億噸/年，中興(1999)將合理出水量定義為自然補注量，也以 MODFLOW 模擬濁水溪沖積扇安全出水量為 8.2 億噸/年。為了達到減緩地面繼續下陷的政策目標，「減緩地層下陷」亦是一個決定安全出水量的方法。林(1998) 以 MODFLOW 模擬估算使彰化地層下陷區低於零水位面積於 5 年內減少一半之安全出水量約為 4.58 億噸/年，土木科技(1997)也以 MODFLOW 模擬雲林地區符合地層下陷防治方案量化目標之安全出水量為 3.6 億噸/年。

7.4、作物制度與水源供應

7.4.1、前言

農業生產須依生產環境、土壤性質、作物栽培種類與技術、氣候水文條件擬定其耕作方式與灌溉制度，以發揮農地高度利用，提昇生產效益。為配合農業區域立地條件予以規劃其經濟發展，適地適時適作及水資源充分利用，則灌溉制度之推行乃為重要因素。以水稻灌溉為例，台灣分為台北、新竹、台中、嘉南、高雄、台東、花蓮等 7 個地區，均有各種不同耕種輪作方式。

7.4.2、台灣水田之耕種輪作方式

一、一般方式

依氣候、降雨及耕作習慣，主要耕作方式與灌溉制度如下：

(一)雙期作田：一年種植兩期水稻，即第一、二期作水稻田。

(二)單期作田：分前單期作田，即第一期作水稻田；後單期作田，即第二期作水稻田。

(三)輪作田：

1.二年一作田：以二年為輪迴，供灌一期作水稻田。

2.三年一作田：以三年為輪迴，供灌一期作水稻田。

3.三年二作田：以三年為輪迴，供灌兩期作水稻田。

4.其他尚有四年二作田、二年三作田、四年輪作田等。

(四)旱作田：缺乏水源或無水源可供灌溉之旱作物栽培農田。

(五)蔗作田：種植製糖用甘蔗為主之農田。

(六)另就作物栽培時期或作物種類之不同，尚有：

1.中間作田：係指在第一期作水稻後與第二期作水稻田間休閒期，在水稻田種植短期作物。另因受水源之限制，於豐水期每年5至10月間，可供灌水稻者，稱為中間作田。

2.冬季裡作：第二期作水稻後與隔年第一期作水稻種植前休閒期間在水田所種植之作物。

3.水田混作：指在水稻田之灌區中，除植水稻外，亦種植其他作物者。

二、嘉南高雄地區方式

嘉南高雄地區為台灣重要農作區，唯受灌溉水源限制，因而衍生較為特殊之輪作制度。其中嘉南地區除部分單、雙期作水田及併用區外，其三年輪作區係按照灌溉規定，三年間為二期作水稻、一期作甘蔗、三期作雜作。高雄地區由於高屏溪流貫其間，灌溉較為便利，故水田中雙期作田所占比例甚高。主要輪作方式在雙期作田之夏季中間作有瓜類，冬季裏作以大豆、紅豆等較為普遍。以往因契作關係，在美濃一帶冬季菸草栽培極盛；此外甘薯、蔬菜及瓜類亦為重要之冬季裏作。圖 7-15 及圖 7-16 分別為台南及高雄兩區詳細之輪作制度(農業委員會農田水利入口網--作物制度)。

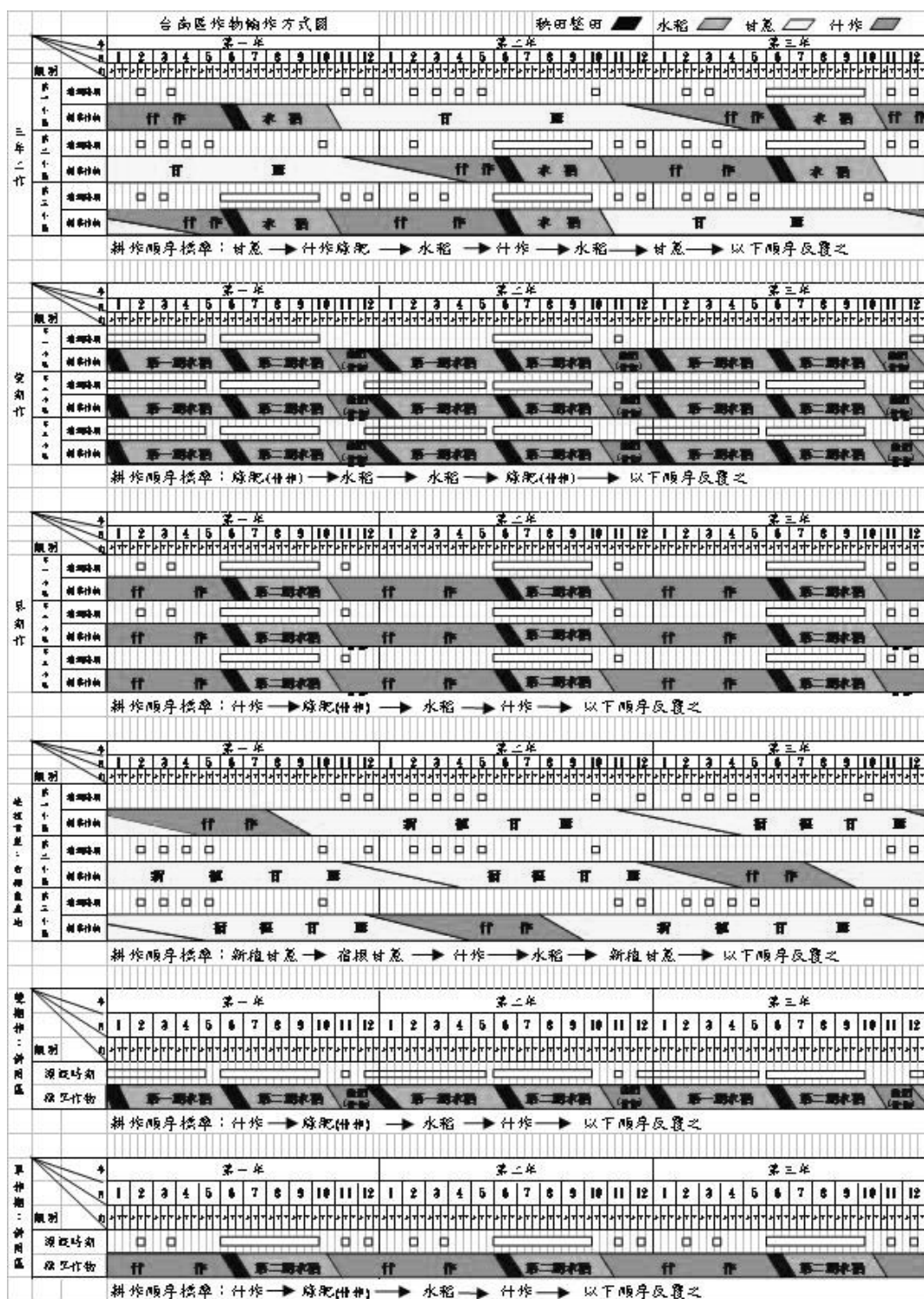


圖 7-15 台南區作物輪作方式

高雄區作物輪作方式圖													水稻 ▨ 陸稻 ▨ 甘蔗 ▨ 什作 ▨																										
田 種 別	月 旬	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12				
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下					
雙 期 作 田	一年				水 稻															水 稻						大豆、玉米、紅豆													
	一年				水 稻															水 稻									煙 草										
	一年				水 稻															水 稻						蔬 菜													
	一年				水 稻									瓜 類			水 稻						豆類、蔬菜																
	一年				水 稻															水 稻						胡瓜、綠豆													
	一年				水 稻															水 稻						甘 藷													
	一年				水 稻																		甘			產													
單 期 作 田 ：第一 期	一年				水 稻																		甘			產													
	一年				水 稻									瓜 類									蔬 菜(2-4作)																
	一年				水 稻									瓜 類			蔬 菜						大豆、紅豆																
單 期 作 田 ：第二 期	一年	蔬 菜			什 作、蔬 菜												水 稻									蔬 菜													
	一年	洋 蔥			玉 米												水 稻									洋 蔥													
	一年				甘 藷												水 稻									甘 藷													
	一年	紅豆			蔬 菜、瓜 類												水 稻									大豆、紅豆													
早 田	一年				落花生、瓜 類												蔬 菜									甘 藷													
	一年				豆 類															甘						蔬 菜													
	一年				蔬 菜 (2-4作)															什 糧						豆 類													
	一年				陸 稻																		甘			蔬 菜													
	一年																																						
輪 作 田	二年				水 稻															綠 肥						甘 產 (間作大豆)													
																				甘			產																
	三年				什 糧、蔬 菜															瓜 類						甘 產 (間作大豆)													
																							甘			產													
田 種 別	旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下					
	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																										

圖 7-16 高雄區作物輪作方式

三、其他方式

為避免稻米生產過剩，在政府獎勵休耕情況下，由於第二期作水稻產量較第一期作為低，故農民申請休耕以第二期作者為多。第二期作屬雨季，如轉種旱作，低地水田易受淹水損害，且水田原具有之調蓄洪水功能及補注地下水機能，將會降低而影響水之生態循環。為因應加入世界貿易組織(WTO)後，水稻栽培面積可能須暫時性減少，為善加利用現有水田及灌溉輸配水系統，加強推動水田生態環境保護及增進生態貢獻措施。農委會積極推動水田生態維護及涵養補注地下水計畫，獎勵農民加高其休耕水田排水出口高度，盡量維持蓄水狀態，將水田當作地下水補注池，引灌豐水期河川多餘之逕流水入田，提高逕流利用率，增進補注涵養地下水功能。唯第一期作常面臨旱季，灌溉用水在支援其他標的用水後，常導致插秧後農田休耕，近年來迭有改變耕作制度之議，如將第一期作之整田插秧期延後至梅雨季以避開旱期等，但仍應考量稻作品種之適應性及評估收穫期之颱風侵襲風險性。

7.4.3、作物制度

較為精確之作物灌溉需水量估算方式，係以作物耕作制度為基準，在耕作制度確立下，依其作物生長期推估合宜灌溉需水量。

基本之作物耕作制度所提供的資料有下列各項(FAO, 1992)：

一、作物耕作制度之範例

(一)基本資料

1. 種植何種作物
2. 何時開始種植(種植日期)
3. 各種作物之種植面積

(二)釐定農民之灌區耕作制度

根據以上這些詳細資料，則可釐定各農民灌區耕作制度，以甲農場作物制度為例：

1. 洋蔥種植期為 4 月 15 日～9 月 15 日，面積為 1 公頃。
2. 馬鈴薯種植期為 10 月 15 日～2 月 15 日，種植面積為 1/2 公頃，種植地區與洋蔥相同。
3. 棉花種植期為 7 月 10 日～1 月 20 日，種植面積為 1.5 公頃。

(三)甲農場各種可行耕作制度說明

根據各作物種植時期，則可以線性圖表示如圖 7-17。

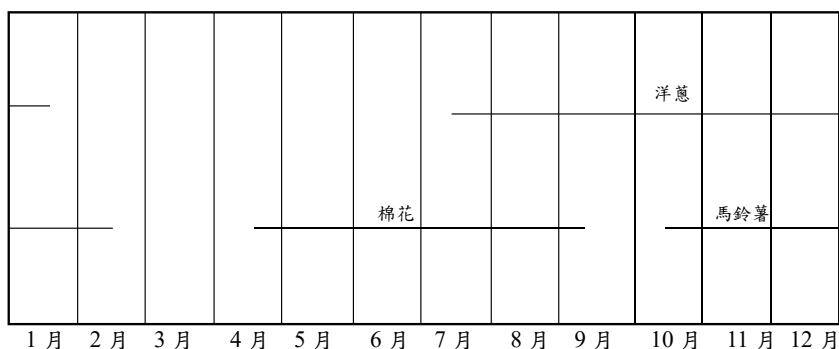


圖 7-17 線狀之作物制度示意

1. 由作物之耕作制度圖表中可以知道在甲農場中，對於洋蔥之種植始於4月中旬，而於9月中旬收成，在隨後之短短1個月內於該地區繼續種植馬鈴薯，收成期約於隔年之2月中旬左右。此外，甲農場還種植另一作物一棉花，其生長期則長達半年之久，期間為7月中旬到隔年之1月下旬。
2. 如果在作物制度圖表中，對於各作物之種植面積資料亦有詳細之資料提供時，則作物制度圖表中之線性圖會擴大成條狀圖，而其線條之寬窄則表示該作物之種植面積之大小，為便於說明起見，以下列例子說明之。每公頃面積以條狀寬度約0.5公分表示時，而條狀圖之長度表示作物之生長期，則其所構成之圖表稱為作物之耕作制度圖。
3. 圖 7-18 即表示在甲農場種植1.5公頃棉花，其種植期自7月10日到隔年1月20日，1公頃洋蔥種植期自4月中旬到9月中旬及0.5公頃馬鈴薯，種植期自10月中旬到隔年之2月中旬為止。
4. 作物制度圖表中還可以明確的記載相關農事資料。如作物施肥期、除草期及作物移植期等，當然亦可以將農場範圍增加，記錄較大區域之情況，將之擴充為數個農場或整個灌溉區域，而其與單一農場之差異主要是在於單一農場係假設作物之種植是在一特定日期，然在實際上對於整個灌溉是無法在同一時間播種，其原因有：
 - A. 整地時，對於機器與勞力之安排，各田區必須依照機器或勞力之分配時間進行整地工作。
 - B. 農民有其他要事耽擱，因此必須延後種植。
 - C. 對於田間灌溉水量之需求無法同時提供，因此其計畫之播種期，會隨著施灌面積之加大而需要更多之時間。

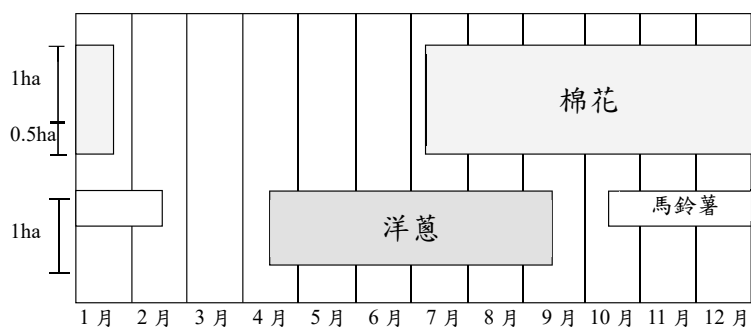


圖 7-18 條狀之作物制度示意

(四)錯開種植方式

對於作物播種期便分布於一適當之時間，此一情形稱為錯開種植期，或錯開種植之耕作制度。

例如：當最早種植農民於 4 月 1 日開始種植洋蔥，其餘農民則隨在其後，以或多或少之錯開期距進行種植，直到最後一位種植完成，其日期為 4 月底。因此在耕作制度表上，洋蔥錯開期距為 1 個月，因此在作物制度圖表終將以圖 7-19 方式表之。

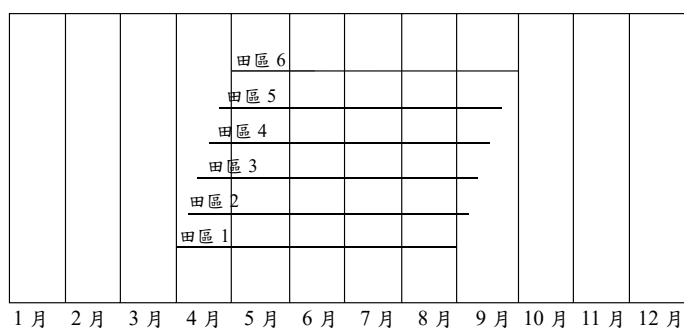


圖 7-19 洋蔥之錯開種植示意

在圖 7-19 中每一條線表示一田區，或一特定面積，而其開始種植期在線之起點處，且在圖中之錯開種植期，將與生長期之錯開日數相同。

而在正規之耕作制度圖表中，介於最早與最晚種植期之間的線條通常省略，而以一平行四邊行之條狀圖表示之，在條狀圖底端之部分為最早種植者，而條狀圖上端之部分則表示最晚種植之日期，詳如圖 7-20 所示。

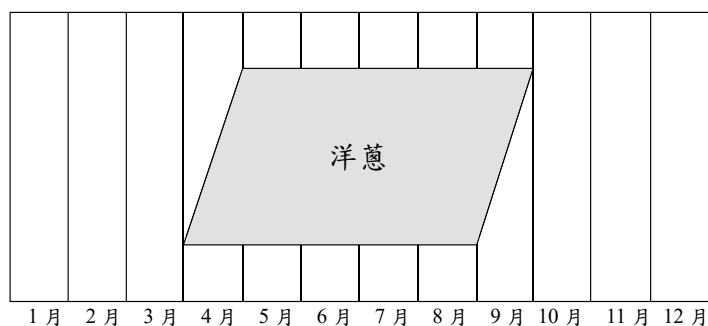


圖 7-20 平行四邊型之作物制度示意

二、大面積之作物制度

參照單一農民耕作制度，擴展各種種植作物之面積至整個計畫期限，各不同作物之耕作面積大小，可經由耕作制度圖中之平行四邊形之高度大小得知，垂直方向之高度代表整個耕作面積之大小。

例如：在一灌區面積為 150 公頃時(參考圖 7-21)，洋蔥之種植面積為 60 公頃，且其生長期為 5 個月，洋蔥之種植期自 4 月 1 日開始，錯開期為 1 個月，馬鈴薯之生長期為 4 個月，其種植面積大小為 30 公頃，自 10 月 1 日開始種植且其種植錯開期距為 1 個月，棉花之生長期為 190 天，種植面積為 75 公頃，種植期自 7 月開始，且其生長期之錯開期距為 45 天。

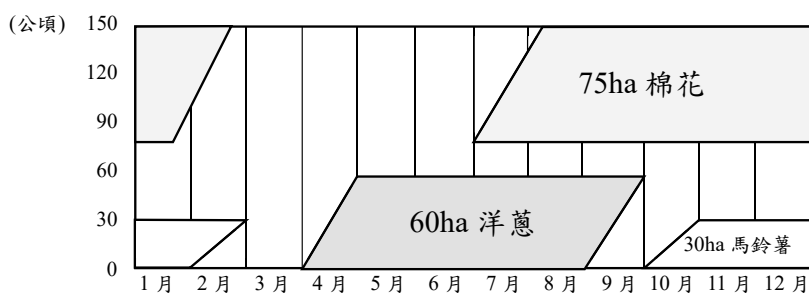


圖 7-21 耕作面積為 150 公頃之作物制度示意

在圖 7-21 之空白處，表示該時段中，該面積並未種植任何作物，例如在 3 月份時，於計畫中並無種植任何作物，5 及 6 月份時，於計畫中僅種植 60 公頃之洋蔥，因此在 150 公頃之可耕作面積中，尚有 90 公頃閒置。棉花之種植面積為 75 公頃，種植期自 7 月開始，且其生長期之錯開期距為 45 天。故自 8 月中旬完成棉花種植起至 9 月洋蔥開始收成前，總種植面積達 135 公頃，為年度實際最大種植面積，此時僅有 15 公頃之土地空置。洋蔥收成後，連原未種植 15 公頃共 75 公頃中，自 10 月起錯開種植馬鈴薯 30 公頃。

7.4.4、灌溉需水量計算方法

灌溉需水量與實際之計畫灌溉所需水量可經由近似估算法推估之，其所根據乃簡單之單一法，亦即在灌溉期中單位面積所需之流量為固定之情形。

然當有正確之作物與氣象之資料時，則有較精確之估算粗計畫灌溉需水量(SIN_{gross})之方法，因此對於營運操作計畫灌溉需水量(SIN_{op})，可以加以調整，讓其與實際之灌溉需求相符。然當計畫之區域中有多種作物時，以此精確之估算方式進行估算時所需之計算亦較為複雜，在本節中將以一實例說明輔助專業技術人員與經理人員，瞭解在計算計畫灌溉需水量時，基礎理論中各參數之關係。

本節及下一節採用之各主要符號及解說，請參閱附錄 I 及附錄 II，本節所列範例取材自 FAO(1992)。

7.4.4.1、單一作物系統之計畫灌溉需水量

- 一、假設在一灌溉區域中，其計畫灌溉面積為 150 公頃，有 60 公頃之面積種植洋蔥，其播種期之錯開日數為 1 個月，即由 4 月 1 日起到 4 月 30 日止。
- 二、最早種植之洋蔥，在 4 月份之灌溉需水量為 98 公厘，相當於每天 3.3 公厘之需水量(3.3 公厘/日)，持續 30 天，隨後並未種植直到 4 月 15 日才開始種植第二批。因此第二批種植之洋蔥在 4 月份之前半月不需要用水，而其後半月之需水量為 15×3.3 公厘或 49 公厘，而最後一批之種植是在 4 月底，因此該批洋蔥在 4 月份不需要任何之灌溉水量。
- 三、在此例中，所要強調說明的是對於洋蔥之計畫灌溉需水量，在最早及最晚種植期間，灌溉需水量之估算方式，一般而言，洋蔥之平均灌溉需水量(或其他作物)之估算方式，是以最早種植之需水量 IN_e 及最晚種植需水量 IN_l 的平均值，其表達方式如下式：

$$IN_{av} = \frac{IN_e + IN_l}{2} \text{ (mm/month)} \dots\dots\dots(7-13)$$

- 四、月灌溉需水量(IN_{av})可表示的是針對某一特定區域中，在該月所需灌溉之水深，然而，灌溉之施灌流量，並無法在一特定時間內正確的以一均勻之水深施灌於區域中，但是流量單位(每秒所通過之公升水量，或每秒可通過之立方公尺水量)卻可以明確的表示之。因此月灌溉需水量 IN_{av} 必須加以轉換為流量之單位，故淨計畫灌溉需水量 SIN_{net} 可以表示如下式：

$$SIN_{net} = \frac{IN_{av}(\text{mm/month}) \times \text{Area}(\text{ha}) \times 10,000}{30(\text{days/month}) \times 86,400(\text{s/day})} \text{ (l/sec)} \dots\dots\dots(7-14)$$

$$\text{或 } SIN_{net} = \frac{IN_{av}(\text{mm/month}) \times \text{Area}(\text{ha})}{260} \text{ (l/sec)} \dots\dots\dots(7-15)$$

五、若在特定區域中所種植之作物在播種時有錯開種植期之情形時，此時若要決定灌溉需水量，則必須分別估算最早種植和最晚種植期之灌溉需水量。以下例子可協助現地專家及經理人員，熟悉前述之計算操作。

【例題】試決定洋蔥之灌溉需水量(以下所列均為假設之資料)。

假設資料如下：

作物：洋蔥	最早種植：4月1日
種植面積：60ha	最晚種植：4月30日
各生育期之生育日數	作物係數(K_c)
初始階段 15天	0.5
成長階段 25天	0.75
中間階段 70天	1.05
後期階段 40天	0.85

在本例中每月給定之潛能蒸發散量(ET_0)為：

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ET_0 (mm/day)	4.7	5.1	5.2	5.6	5.7	6.1	5.8	5.5	5.6	5.2	4.3	4.6

有效雨量(P_e)：

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_e (mm/month)	1	3	7	10	12	13	72	82	16	7	1	0

【解題計算步驟】

步驟1：依據平行四邊型之作物制度示意圖繪製作物耕作制度圖

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作物制度	60 — 40 — 20 — 洋 蔥											

步驟 2：計算最早種植之需水量 IN_e ，如下，其中，生長期以 IS, DS, Mid, Late 區分為四階段，分別代表初始階段、成長階段、中間階段及後期階段。

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$ET_0(\text{mm/day})$				5.6	5.7	6.1	5.8	5.5				
生 長 期				IS	DS	Mid		Late				
				15	15	10	20	30	20	10	30	
生長期 K_c				0.5	0.75	1.05		0.85				
月別 K_c ^{*1}				0.65	0.95	1.05	1.0	0.85				
$ET_{cr}(\text{mm/month})$ ^{*2}				108	162	192	174	141				
$P_e(\text{mm/month})$ ^{*3}				10	12	13	72	82				
$IN_e(\text{mm/month})$ ^{*4}				98	150	179	102	59				

註：為方便計算，本例假定每月天數固定為 30 天。

*1：每個月之平均 K_c 值，例如：5 月份之作物係數 $K_c = 0.75 \times (10/30) + 1.05 \times (20/30) = 0.95$

*2： $ET_{cr}(\text{mm/month}) = ET_0(\text{mm/day}) \times \text{該月作物生長日數} \times \text{月作物係數 } K_c$

*3： $P_e(\text{mm/month})$ ：月別有效雨量

*4： IN_e 或 $IN_l(\text{mm/month}) = ET_{cr}(\text{mm/month}) - P_e(\text{mm/month})$ (註：下標 e、l 分別代表早植、晚植)

步驟 3：計算最晚種植需水量 IN_l (同步驟 2 之方法)

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$ET_0(\text{mm/day})$					5.7	6.1	5.8	5.5	5.6			
生 長 期					IS	DS	Mid		Late			
					15	15	10	20	30	20	10	30
生長期 K_c					0.5	0.75	1.05		0.85			
月別 K_c ^{*1}					0.65	0.95	1.05	1.0	0.85			
$ET_{cr}(\text{mm/month})$ ^{*2}					111	174	183	165	143			
$P_e(\text{mm/month})$ ^{*3}					12	13	72	82	16			
$IN_l(\text{mm/month})$ ^{*4}					99	161	111	83	127			

註： IN_l 同上*4之說明

步驟 4：計算平均月灌溉需水量 IN_{av}

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IN_e (mm/month)				98	150	179	102	59				
IN_i (mm/month)					99	161	111	83	127			
IN_{av} (mm/month)				49	125	170	107	71	64			

步驟 5：使用下列公式決定淨計畫灌溉需水量 SIN_{net} ，

$$SIN_{net} = \frac{IN_{av} (\text{mm/month}) \times \text{Area} (\text{ha})}{260} \text{ l/s}$$

如：4 月 $IN_{av}=49$ mm，則 SIN_{net} 等於 49 mm 乘上面積 60 公頃，再除以 260，即

$$\frac{49\text{mm} \times 60\text{ha}}{260} = 11 \text{ l/s}$$

依照相同之方法，分別計算 5、6、7、8 及 9 月份之情況，結果為：

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SIN_{net} (l/s)				11	29	39	25	16	15			

必須特別注意的是，在以上例子所計算每個月之灌溉需水量計算結果是不一樣的，如果與近似估算方法相比較，可以發現，由近似推估法所得結果，其淨計畫灌溉需水量 SIN_{net} 為單一之值，因此如果假設淨灌溉需水量， IN_{net} 為 1 公升/秒/公頃時，則面積為 60 公頃情況下，其所需流量為 60 l/s，其值與本例所估算尖峰值(6 月份 39 l/s)高出約 50%左右。

本例計算方式與結果，可應用附錄IV所定表格 1 即可計算灌溉需水量。

7.4.4.2、多種作物系統之計畫灌溉需水量

在一整年當中，若要同時決定一種以上之作物之灌溉計畫時，經常要用到決定多重之作物制度之灌溉計畫需水量。而單一作物系統已經在前述說明過，而多重作物系統之灌溉計畫需水量之決定，可依據各不同月別下之灌溉計畫需水量加以累積而得，其與決定單一作物系統之方法相同，故只要依照以下 3 個步驟即可順利完成計畫。如附錄IV中之資料表格 2 所示，其設計之目的就是在於便利計算多重作物系統下之計畫灌溉需水量表。

步驟 1：繪製多重作物之耕作制度系統圖，其方式如 7.4.3 節所述。

步驟 2：決定個別作物之計畫灌溉需水量，以附錄IV中之資料表格 1 依照 7.4.3 節中之步驟逐個完成之。

步驟 3：將各月別計算結果累加，即可得總計畫灌溉需水量(l/s)。

【範例】在以下假設前提下，試決定計畫灌溉需水量。

1. 氣象資料與前述之例子相同。
2. 計畫灌溉面積：150ha(如圖 7-21 所示)
3. 假設資料：

名 稱	作物 1 洋 蔥	作物 2 棉 花	作物 3 馬鈴薯
種植面積	60ha	75ha	30ha
播種日期	4/1~4/30	7/1~8/15	10/1~10/30
生 長 期	150 天	190 天	120 天

【計算】

步驟 1：多種作物之耕作制度圖，由附錄IV.資料表格 2 之形式可由圖 7-21 表示之，其在縱軸之大小表示計畫之灌溉面積大小，在此為 150 公頃。

步驟 2：對於各作物之灌溉需水量之決定，可由附錄IV.資料表格 1 之型式得之，在此不再重複，其結果將直接複製至附錄IV.資料表格 2 中。

步驟 3：淨計畫灌溉需水量可由個別作物之月灌溉需水量加總而得。

計算之結果如下所示：

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作 物 制 度												
$SIN_{crop1} * l/s$				11	29	39	25	16	15			
$SIN_{crop2} * l/s$	22	14					1	6	30	41	42	38
$SIN_{crop3} * l/s$	17	8								4	16	15
$SIN_{crop4} * l/s$												
$SIN_{crop5} * l/s$												
$SIN_{net} * l/s$	39	22		11	29	39	26	22	45	45	58	53

*單一作物之計畫灌溉需水量之計算方法同 7.4.4 所示。

7.4.4.3、以水稻為主之耕作制度下之灌溉需水量

一、由水收支平衡公式推算

水稻田之垂直剖面可以系統性區分為湛水(ponded water)、對水流具低阻抗性之泥濘層(muddy layer)、對入滲水流具高阻抗性之犁底層(俗稱牛踏層 plow sole)，以及其下之未翻耕層(non-puddled subsoil)(參考圖 7-22)。水稻淨灌溉需水量是由作物之蒸發散量， ET_{rice} ，扣除有效雨量 P_e ，除此之外尚須需考慮到田間之滲漏損失 PERC(含側向滲漏及垂向滲漏)。當水稻開始種植之前，必須提供一相當大之水量，讓作物根系之土壤成過飽和泥濘狀態，稱為整田，其用水量稱為整田用水量 SAT，其量之大小約為 200 公厘。最後，由於水稻之生長過程中，田面需經常保持湛水狀態，因而有湛水深 WL，其水深在台灣約為 60mm。因此對於水稻田淨灌溉需水量之決定可以下式表示：

$$IN_{net, rice} = ET_{rice} + SAT + PERC + WL - P_e (\text{mm/month}) \dots\dots\dots(7-16)$$

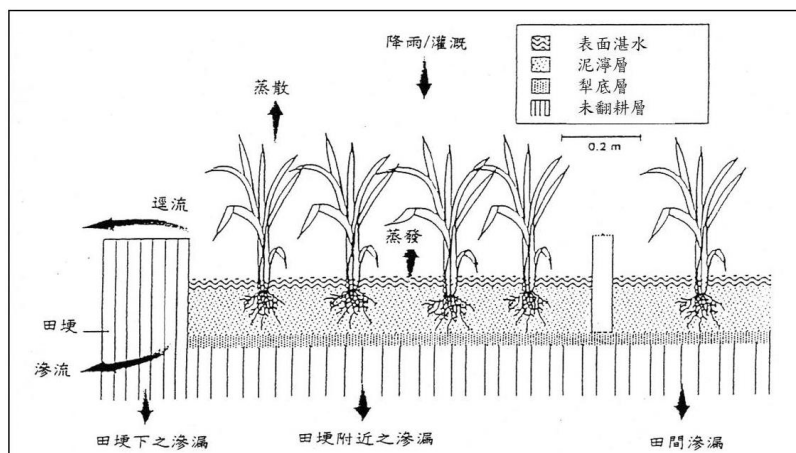


圖 7-22 水田系統剖面及水收支平衡(Woperreis *et al.*, 1994)

若考慮水稻有錯開種植期之情形時，則可利用上式分別求取其最早與最晚種植時期之淨灌溉需水量，然後參照 7.4.4 節計算單一作物之方法來計算水稻之平均灌溉需水量。至於水田在旱季或休耕期時種植之作物，如雜糧、田菁或油菜等，其估算灌溉需水量方式，則如同前節所述。

【例題】一水稻之灌溉區域面積 150 公頃，在雨季時種植，試決定其計畫灌溉需水量及土壤飽和水量 SAT、湛水深 WL、滲漏量 PERC。

假設：

種植時期：最早：6 月 16 日；

最晚：8 月 1 日；

生長期：130 天。

作物係數： Kc

第 0~60 天	1.1
中間階段(40 天)	1.15
最後階段(30 天)	1.0

SAT：200mm。

最早：5 月 16 日-6 月 15 日；

最晚：7 月 1 日-7 月 31 日。

PERC：6mm/day=180mm/month

WL：100mm。

最早：6 月 16 日-7 月 15 日；

最晚：8 月 1 日-8 月 30 日

【計算】

依據資料表格 3(空白表格如附錄IV中之資料表格.3 所示)計算之：

步驟 1：繪製作物制度圖表，將 SAT、WL 及 ET_o繪入

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作 150 物 (ha) 制 度						SAT	WL		水稻 150ha			
ET _o (mm/day)				8.1	7.6	6.5	4.1	4.2	4.5	4.6	5.1	5.3

步驟 2：依照 4.4 節所提之方法計算灌溉需水量 IN_c(mm/month)

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
生 長 期			(該月 之 日 數)			Day 0-60			Mid	Last		
						15	30	15	15	25		
生長期之 K _c .						1.1	1.1	1.13	1.13	1.0		
每月之 K _c .						1.1	1.1	1.13	1.13	1.0		
ET _a mm/month						107*	135	142	152	115**		
SAT mm/month					100	100*						
PERC mm/month						90*	180	180	180	150**		
WL mm/month						50*	50					
P _e mm/month					2	50	137	166	78	6		
IN _c mm/month					98	297	228	156	254	259		

註：*15 天，**25 天

步驟 3：同步驟 2 之方法估算 $IN_i(\text{mm/month})$

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
生 長 期					(該月	之	數)	Day 0-60		Mid		Last
								30	30	30	10	20
生長期之 K_c								1.1		1.15	1.0	
每月之 K_c								1.1	1.1	1.15	1.13	1.0
ET_{cr} mm/month								139	149	159	161	53*
SAT mm/month							200					
PERC mm/month								180	180	180	180	60*
WL mm/month								100				
P_e mm/month							137	166	178	6	0	0
IN_i mm/month							63	253	151	333	341	113

註：*10 天

步驟 4：計算平均月別灌溉需水量 $IN_{av}(\text{mm/month})$

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IN_{av} mm/month					49	149	146	205	203	296	171	57

步驟 5：決定每月之 $SIN_{net}(\text{l/s})$

$$SIN_{net} = \frac{IN_{av}(\text{mm/month}) \times \text{Area}(\text{ha})}{260} \quad (\text{l/s})$$

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SIN_{net} l/s					28	86	84	118	117	171	99	33

二、臺灣常用之推算方式

根據歷來試驗觀測統計紀錄，每一期作之水稻蒸散量在 300mm 左右，而田間蒸發量亦在 300 公厘上下。雖兩者因氣象及作物品種有所差異，然其變幅相差不大。惟田間滲漏量，因土壤質地以及地形、地勢等之不同，差異頗為懸殊。因此，估計田間需水量時，若能將田間滲漏量求得，再加上約估之作物蒸散量及田間蒸發量，即能得到相當可靠之需水量。蒸散與蒸發量之和約為 600 ~ 700mm，若以水稻生長期 100 天計算，每日蒸發散量約為 6~7mm，此數據與田區觀測及滲透計測定之結果相近。以下介紹台灣常用之灌溉用水量常用計算公式如後。詳細計算例請參考 1998 年出版之農田水利教材第伍、陸、柒類之有關部分。

(一)灌溉用水量常用計算公式：

$$\text{灌溉面積 } A(\text{ha}) = \frac{\text{時間}(\text{sec}) \times \text{流量}(\text{cms})}{10,000(\text{m}^2) \times \text{水深}(\text{m})}$$

$$\therefore A = \frac{T \times Q}{10,000D} \dots\dots\dots(7-17)$$

$$\text{灌溉水深 } D(m) = \frac{\text{流量}(cms) \times \text{時間}(sec)}{10,000(m^2) \times \text{面積}(ha)}$$

$$\therefore D = \frac{Q \times T}{10,000A} \dots\dots\dots(7-18)$$

$$\text{灌溉流量 } Q(cms) = \frac{10,000(m^2) \times \text{面積}(ha) \times \text{水深}(m)}{\text{時間}(sec)}$$

$$\therefore Q(cms) = \frac{10,000A \times D}{T} \dots\dots\dots(7-19)$$

$$\text{灌溉時間 } T(sec) = \frac{10,000(m^2) \times \text{面積}(ha) \times \text{水深}(m)}{\text{流量}(cms)}$$

$$\therefore T(cms) = \frac{10,000A \times D}{Q} \dots\dots\dots(7-20)$$

$$\text{灌溉率 } E(ha/cms) = \frac{8,640}{\text{水深}(mm)} \dots\dots\dots(7-21)$$

(二)水稻灌溉不同生長期之需水量計算如下：

1.秧田用水

- (1)秧田面積：為本田面積之 1/25(蓬萊秧)~1/30(在萊秧)即為一公頃之秧田育成後可以移植 25~30 公頃。
- (2)秧田期間：第一期作約 40 天，第二期作約 20 天。
- (3)灌溉水深：秧田整田用水 150~200 公厘(一次供給)，秧田期間補給用水每天 15~20 公厘。
- (4)渠道輸配水損失率：採 20%(視灌溉管理集約度及渠道材料而異)。
- (5)不考慮有效雨量。
- (6)秧田期間用水量含損失量不得少於 0.008cms，否則無法施灌。
- (7)開始供給整田用水時，即不計列秧田用水。

2.整田用水

台灣部分地區或在等面積及集中於末期整田作業的灌區，為有效利用水資源，避免造成整田用水尖峰，於整田插秧前施行浸(泡)田灌溉。整田用水

量之多寡，視水田之土壤孔隙率、含水量、滲漏量、翻耕深度、蒸發量、覆蓋水深、灌溉管理等因素而不同，可以下列公式求得：

$$\text{整田需水量(mm)} = \frac{(\text{土壤孔隙率}\% - \text{土壤含水量}\%) \times \text{飽和土壤深度}}{100} + \text{田面覆蓋水深度} \dots\dots\dots(7-22)$$

【例題】設有一灌區土壤屬粘土，土壤孔隙率 50%，土壤含水量 20%，需要飽和土壤深度 350 公厘，整田時田面覆蓋水深度（包括滲漏、蒸發量）為 40 公厘時，則一次灌溉的整田需水量為

$$\frac{(50-20) \times 350}{100} + 40 = 145(\text{mm})$$

3. 本田用水

(1) 本田日數：第一期作 110~120 天，第二期作 90~100 天。

(2) 本田需水量：

A. 本田需水量依土壤質地，水稻品種、水稻生育期、氣候等因素而定。

B. 田間需水量 = 水稻蒸散量 + 田面蒸發量 + 田間滲漏量

C. 田間用水量 = 田間需水量 - 有效雨量

D. 水門用水量 = 田間用水量 + 渠道輸配水損失量

E. 一般本田一次之灌溉水深在 36~60 公厘左右。

4. 整田及停水期間本田面積之計算式

$$\text{整田期間本旬本田面積} = \text{前旬本田面積} + \frac{\text{前旬整田面積} + \text{本旬整田面積}}{2} \dots\dots\dots(7-23)$$

$$\text{停水期間本旬本田面積} = \text{前旬本田面積} - \frac{\text{前旬停水面積} + \text{本旬停水面積}}{2} \dots\dots\dots(7-24)$$

7.5、水量之供需平衡

7.5.1、前言

在實際情形下，灌溉用水水源會受到各種因子影響而有所限制。在本節首先將針對灌溉需水量與水源供水量之平衡加以說明，而後闡述國內多種水源應用、迴歸水利用及討論相關救旱措施。一般而言，在灌溉區域中，某影

響因子產生變化而造成缺水現象時，實際應用上均會採取數種不同方法，以減低因缺水現象所造成危害。

7.5.2、灌溉區域

一、灌溉面積與灌溉水量

- 1.灌溉區域 CA，所表示的為自水源處所引進之可靠引水量中，所灌溉之區域面積而言，在此所提之可灌溉區域面積，所指的是該區域之可靠水量均大於或等於計畫之灌溉需水量而言。
- 2.如果灌溉區域之面積大於實際之灌溉面積時，則該區域應無缺水之情形發生。當某一月份之實際供水量已知時，如：250l/sec，且於當月之每公頃之粗灌水量已估算後，如：1.8l/sec/ha，則灌溉區域便可計算而得。在可靠引水量為 250 l/sec，粗灌水量為 1.8 l/sec/ha 時，其灌溉區域為 $250/1.8=139$ ha，因此計算灌溉區域之公式。即：區域之計畫供水量 SWS 除以粗灌溉需水量 IN_{gross} 或

$$CA = \frac{SWS}{IN_{gross}} (ha) \dots \dots \dots (7-25)$$

- 3.若在一個月當中，或一個季節當中，其水源供水量並不穩定一致時，則其灌溉區域亦應隨之而變，假設河川系統之計畫供水量如表 7-8 所示(表格中所列之資料，將於其他例題所共同引用)，在前節中，已將估算淨灌溉需水量 IN_{net} 之方法說明之。當在一年中水源供水量隨時間而變時，其灌溉需水量亦隨之而變，因此在下表中每個月之淨灌溉需水量 IN_{net} 之變化，是以 7.4 節中所述之方法計算而得。

表 7-8 月別淨灌溉需水量 IN_{net} 之變化

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SIN_{op} (l/s)	290	420	510	560	650	400	320	280	250	230	200	220
IN_{net} (l/s)	0.5	0.5	0.7	1.0	1.1	1.2	1.1	1.0	0.7	0.6	0.5	0.5

- 4.假設計畫灌溉效率為 50%，則粗灌溉需水量 IN_{gross} 與灌溉區域之計算結果如表 7-9 所列。

表 7-9 月別灌溉區域之計算例

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SWS (l/s)	290	420	510	560	650	400	320	280	250	230	200	220
IN_{gross} (l/s/ha)	1.0	1.0	1.4	2.0	2.2	2.4	2.2	2.0	1.4	1.2	1.0	1.0
CA (ha)	290	420	364	280	295	167	145	140	179	192	200	220

5.在表 7-9 中最小之灌溉區域面積為 8 月之 140 公頃，最大之灌溉區域面積為 2 月之 420 公頃。

二、臨界灌溉區域

1.假設在一灌溉區域中種植甘蔗 420 公頃，其生長期為 12 個月，則在本例中祇有 1 個月，即 2 月份有足夠之水量可供灌溉整個灌溉區域，因此就水源而言，其可靠度太低。若種植之面積控制在 140 公頃以下時，則在全年當中，甘蔗均能得到可靠之水量，在此情形下水源之可靠度相當之高，由表 7-9 中可以知道，140 公頃之面積係各月份中最小之灌溉區域，此稱為臨界灌溉區域。

2.再假定在該區域中以種植水稻取代原種植之甘蔗時，因水稻之生長期為 4 個月，開始種植日期為 4 月而收成期為 7 月，其粗灌溉需水量 IN_{gross} 之估算假設如表 7-10 所示，則其每個月之灌溉區域計算結果(同表 7-9 之計算方法)，如表 7-10 所示。

表 7-10 月別灌溉區域計算例—水稻(FAO,1992)

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SWS (l/s)	290	420	510	560	650	400	320	280	250	230	200	220
IN_{gross} (l/s/ha)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.4	2.6	2.4	2.2	2.0			
CA (ha)				280	271	154	133					

3.在本例中之臨界灌溉區域為 7 月份之 133 公頃，因此在安全可靠之水源下，於 4 月份種植水稻時，其面積不宜超過 133 公頃。儘管其他月別之水量足以灌溉較大之區域亦同。

三、臨界灌溉區域之計算例

【例題】試決定大豆之臨界灌溉區域。

假設：大豆之生育期：9 月～11 月

淨灌溉需水量： IN_{net} 分別為 6、5 及 4 mm/day

灌 溉 效 率：50%

SWS： 9 月：250 l/s

10 月：230 l/s

11 月：200 l/s

【計算】

步驟 1：淨灌溉需水量之單位轉換，由 mm/day 轉換成 l/s/ha。

依照附錄Ⅲ之轉換表，6、5 及 4 mm/day 轉換成 l/s/ha 時分別為 0.69、0.58 及 0.46。

步驟 2：決定粗灌溉需水量 IN_{gross} 。

$IN_{gross} = IN_{net} \times 100/e$ ，則

月別	$IN_{gross}(\ell/s)$
9	1.4
10	1.2
11	0.9

步驟 3：決定各月別之灌溉區域。

$CA = SWS / IN_{gross}$ ，則

月別	CA
9	$250/1.4=179 \text{ ha}$
10	$230/1.2=192 \text{ ha}$
11	$200/0.9=222 \text{ ha}$

步驟 4：決定臨界灌溉區域。

臨界灌溉區域為各月別之灌溉區域中最小者，故 $CA=179\text{ha}$ 。

7.5.3、粗計畫灌溉需水量與計畫供水量之平衡

7.5.3.1、基本原則

在前節中已述及粗灌溉需水量，其單位為 l/sec/ha，因此，當獲知總計畫灌溉面積之後，乘上粗灌溉需水量，即可以得到粗計畫灌溉需水量 SIN_{gross} 。

$$SIN_{gross}(\ell/s) = IN_{gross}(\ell/s/ha) \times \text{Area}(ha) \dots\dots\dots (7-26)$$

粗計畫灌溉需水量 SIN_{gross} 乃為連續流量之形式，計畫灌溉供水量所指為自水源處之引進流量，在本節中，特提出 5 種可能之方法讓粗計畫灌溉需水量 SIN_{gross} 與計畫灌溉供水量達到平衡，尤其是當供水量小於需水量之時。

7.5.3.2、可能之方法

一、當計畫需求量大時，加大計畫供水量

當水源處並未完全引用時，加大計畫供水量，乃唯一可行方法。此種情形有可能是發生在抽水機供水系統中，因為沒有足夠動力以抽取所需用水量，或是取水構造物，供水渠道等過小，或是在河川或水庫取水時位置過高，無法取到足夠水量，在以上這些狀況下，祇要增設抽水機或改善取水口及其他之努力等，均可增加取水量。而不是建造一花費龐大之水庫調蓄之。若灌溉水量是經由抽水井抽時，則會受到水井出水量之限制，在本例子中，則只有加深抽水井深度，或是另外再設置抽水井抽水。

二、經由操作準則之改變減少營運計畫灌溉需水量 SIN_{op}

當水源之供水並非持續不斷，而是斷斷續續的情況下，例如當河川之水量在某些時段並不自河川引水時，形成取水時間斷斷續續之情形。在此情形下對於河川流量之利用並非是最佳之情況，此外，當施灌時間為長期的，或灌溉期距縮短等時候，其操作營運之計畫灌溉需水量 SIN_{op} 均會減少。

如果抽水機已是經常滿載之情況，或是農民不願意變更灌溉時程時，則所牽涉到的是營運管理之問題，務必尋求其他之解決方式。

【例題】

假設抽水機之容量為 315 l/s，粗計畫灌溉需水量為 100 l/s，抽水機之營運時間，每天 8 小時，每週使用 5 天，則營運計畫灌溉需水量，必需等於粗計畫灌溉需水量除以營運操作時間 T_{op}。

$$\begin{aligned} \text{SIN}_{\text{op}} &= \text{SIN}_{\text{gross}} / T_{\text{op}} \\ &= 100 / [(8/24) \times (5/7)] \\ &= 420 \text{ l/s} \end{aligned}$$

依照此一操作營運準則，此抽水機無法達到所需之流量 420 l/s。然句話說，如果抽水機之操作時間，由每天 8 小時改為 9 小時，每週操作天數由 5 天變為 6 天時，則其營運計畫灌溉需水量 $\text{SIN}_{\text{op}} = 100 / [(9/24) \times (6/7)] = 311 \text{ l/s}$ ，此一數值在抽水機之系統容量之下，為可行。

三、提早或延後作物之種植

對於河川取水系統而言，計畫供水量可能在灌溉期之開始或結束期，以避免產生流量過小之情形，若乾旱缺水發生在生長期之開端時，則可以考慮將作物之種植期延後，則可改善缺水狀況。若乾旱缺水是發生在生長期之末期，則可以提早種植之方式加以改善之。

【例題】

灌溉計畫區域面積 150 公頃，農民計畫在整個區域中種植水稻，其粗灌溉需水量 IN_{gross}，如表 7-11 所示。水稻之生長期為 4 個月，插秧種植期自 4 月開始，表 7-11 中為在此情形下水稻之灌溉區域 CA 計算結果，可作為決定適當種植時期之依據。

表 7-11 提前種植例

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SWS(l/s)	290	420	510	560	650	400	320	280	250	230	200	220
IN _{gross} (l/s/ha)		2.0	2.0	2.0	2.4	2.6	2.4					
CA(ha)		210	255	280	271	154	133					

表 7-11 看出計畫供水量在 4、5 及 6 月可供灌 150 公頃以上之面積，但是在 7 月份水量僅能供灌 133 公頃之面積。如果種植期由原來 4 月份提前到 3 月份，則臨界灌溉區域變成 6 月份之 154 公頃，因此沒有乾旱缺水之情況發生，若自 2 月份開始種植則臨界灌溉區域變成 210 公頃，亦無缺水之情形發生。

四、錯開期距

方法 3 所使用的是整個灌區提早或延緩種植時期，或多或少可以避免乾旱缺水情形發生在生長期開始或生長期結束之時。但應用方法 4 是祇有部分區域之種植期改變，若小心利用此法處理之，則可以將粗計畫灌溉需水量調整至與計畫供水量平衡之情況。

【例題】

假設水稻計畫供水量 SWS 與粗灌溉需水量 IN_{gross} 如表 7-12、表 7-13 所示之水稻生長期可於 2 月到 8 月，生長期共 4 個月，計畫區域面積 250 公頃。

首先，決定月別灌溉區域

表 7-12 錯開種植期－提早種植

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SWS(l/s)	290	420	510	560	650	400	320	280	250	230	200	220
$IN_{gross}(l/s/ha)$		2.0	2.0	2.0	2.4	2.6	2.4	2.2				
CA(ha)		210	255	280	271	154	133	127				

由表 7-12 中可以知道，並沒有連續 4 個月的臨界灌溉區域大於 250 公頃，對於在 2 月種植 5 月收成之情況下，若要提供足夠之灌溉水量，則其最大可能之灌溉面積為 210 公頃，且在 2 月份中水量全部被利用，而 3、4 及 5 月份還有部分多餘水量，而在 6、7 及 8 月份並沒有用到水量。因此若將各月別之灌溉區域 CA，扣除 210 公頃後則其差異為灌溉區域中未使用之部分，如表 7-13 所示，相當於每月剩餘水量可提供其他區域灌溉之面積，原區域未使用於種植水稻之面積則僅為 40 公頃。

表 7-13 錯開種植期－提早種植

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SWS(l/s)	290	420	510	560	650	400	320	280	250	230	200	220
$IN_{gross}(l/s/ha)$		2.0	2.0	2.0	2.4	2.6	2.4	2.2				
CA(ha)		210	255	280	271	154	133	127				
最早種植(ha)		210	210	210	210							
剩餘(ha)		0	45	70	61	154	133	127				

五、減少粗計畫灌溉需水量

如果以上所有的方法都不能達成，則唯一之方法就只有減少粗計畫灌溉需水量。在減少粗計畫灌溉需水量的第一個步驟就是，增加灌溉效率 e ，有關進一步之資訊另行述及。

(一)若改善灌溉效率，還是沒辦法讓粗計畫灌溉需水量 SIN_{gross} 與計畫供水量 SWS 達到平衡時，則還有以下三種方式可供利用：

- 1.轉作其他較低需水量之作物
- 2.減少供灌面積
- 3.接受缺水事實與減產事實

(二)在既有的灌溉計畫中，農民一般難以接受轉作或減少供灌面積之情形，就過去經驗倘若乾旱缺水程度在 10~20% 時，減產之情形並不嚴重，農民亦多能接受此一事實。對於灌溉區域之擴展，若農民之擴展區域遠超過可供水量之限制時，則務必要能說服農民調整其灌溉計畫，減少部分新灌溉區域，或轉作其他需水量較低之作物。

7.5.4、多種水源之灌溉營運

所謂多種水源指灌溉區域內各種不同水源包括：水庫水源、河川水源、池塘水源、野溪水源或地下水源等二種以上之水源共同運用者。亦即因地制宜、因時利用有效水資源之綜合灌溉營運，台灣桃園灌溉區域即為一例。

一、各種水源之灌溉營運

今以圖 7-23 說明多種水源之灌溉營運方法。

水庫水源

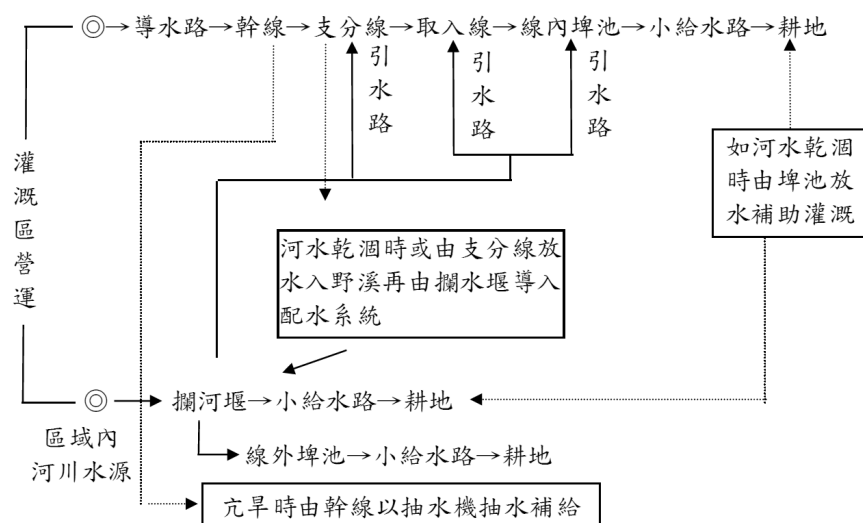


圖 7-23 多種水源營運示意

- 1.水庫系統與河川系統灌溉設施並聯運用，且將埤池與蓄水庫串聯營運。
- 2.在豐水期內，以散處各地之攔水堰攔水入渠灌溉農田，河水乾涸時才由埤池放水補給，以保持埤池平常蓄水能量。
- 3.水庫系統灌溉區由水庫供灌系統供灌：埤池系統由埤池水源供應，以節省水庫水量。
- 4.一旦河水乾涸時，農田水利會將協調水庫管理機關，以水庫水源放入埤池系統而導入灌溉系統營運。
- 5.在河水乾涸，埤池亦空涸，而灌溉系統又不銜接時，應由農田水利會協調水庫管理機關以抽水方式補給救旱。

二、多種水源灌溉營運之注意事項

因其引水、輸水及配水系統複雜，尤其各攔水堰及埤池四處分散，其營運上除參照前述水庫及渠首之營運方法外，尤應注意下列幾點：

- 1.通訊網之加強：平常期之灌溉營運循灌溉配水計畫操作，在洪汎期應利用完善通訊設備報導灌溉區域內降雨情形、河川水位及田間需水情況，機動調節攔水堰、埤池水門，及渠道系統制水閘、進水閘之啟閉操作，以確保水利設施之安全，同時避免下游農地毀損。乾旱時，亦應經由通訊設備，通報各地缺水情況及非常灌溉營運狀況，俾收隨機應變之營運功效。
- 2.強化後勤支援：桃園大圳區域內野溪系統之攔水堰多達 334 處，埤池數 285 口，灌溉期間攔河堰崩潰及埤池水門調節失靈等情形難免時有發生，因此器材及人員之儲備以備機動運用皆應建立制度。
- 3.協調工作：石門水庫年度各標的用水計畫悉依有關法令擬訂，所應強調者為農田灌溉臨時增減水量、乾旱年各標的減水比率、各野溪水源及埤池水源之分布與利用，皆予列入區內農業用水綜合營運協調會議決定，以符合全區域灌溉整體規劃營運，而非各自為政的個別操作。

7.5.5、農業用水之節水營運管理

一、乾旱時期因應對策

台灣灌溉水源計畫之基準年，基於經濟原則，一般係採用四至五年一次乾旱之頻率年，並不是以充分確保農業灌溉用水之安全設計，亦即約每四、五年即可能出現一次用水不足之情況，或平均每年可能有 20~25%之缺水機率。遇超過計畫基準年以上之乾旱年，用水呈不足情況，是不可避免之事，

亦是意料中之事。因此，農田水利會為灌溉營運，除需訂定平水時期之正常灌溉計畫外，尚須準備一些針對一旦發生乾旱時之因應措施及臨時救旱設備。

多年來，各農田水利會對因應乾旱時期之救旱處理工作，已有相當之經驗，可使旱災之損害抑減至最低程度。農田水利會之服務功能，在乾旱缺水時期最能彰顯地發揮其組織及灌溉系統之有效運作貢獻。遭遇乾旱缺水期，各農田水利會即配合政策採取部分停止供水或減少供水轉作、加強灌溉水源維護及水路管理等之迫切作業。一方面實施輪流灌溉及抽用可臨時救援之補助水源等措施，期使已種植之農作物儘量以「有旱無災」之結局善了。

此外，行政院農業委員會亦積極推廣旱作管路灌溉，在有實施旱作灌溉之地區，更可發揮旱作灌溉設施之功能及效用，不但農民豐收，而且因氣候溫暖而無水害，使瓜果類品質特別良好、甜美，消費者得以享受物美價廉之西瓜、香瓜、水果。平時推廣旱作灌溉，如上述亦可為因應乾旱採取部分稻田轉作之最佳對策之一。

全台灣各農田水利會之灌溉管理營運，除訂有平常之灌溉計畫外，對於乾旱時期，應事先對各灌溉系統灌區之可忍受缺水程度，分別訂定不同缺水程度之配水計畫及救旱措施，並報經主管機關核備後公告，以備實施。並須預為準備及演練有關配水操作之細節與方法及救旱所需之設施與事項，以應隨時需要。行政院農業委員會有鑑於此，曾於 75 年所研訂「乾旱年調整水量分配標準及救災處理制度」。並與財團法人七星農田水利研究發展基金會於 84 年合作編印「灌溉節水技術手冊」提供各農田水利會參辦，並協助各農田水利會依據其水源特性及過去經驗研定各灌溉系統乾旱時期灌溉營運措施，以供遵循。針對不同缺水程度之灌溉因應營運措施基本指導原則，可參考第三篇 4.3 節之內容。

二、現行節水管理營運措施

(一)增建調蓄設施，有效調配利用水稻灌溉之節餘水

1. 水稻灌溉用水自民國七十三年推行休耕轉作計畫起，已逐年大幅減少用水量，其用水量自民國七十年之 129.61 億立方公尺，減為七十五年之 114.02 億立方公尺、八十年之 93.79 億立方公尺及八十五年之 77.46 億立方公尺，但由於水稻灌溉水源有 75% 係取自河川，以往所減少之用水量，因缺少調蓄設施及輸配系統而無法有效調配作其他利用，殊屬可惜。
2. 目前，在桃園地區之石門及桃園兩個農田水利會轄區內，共有 745 口蓄水池，容量計 6,200 萬立方公尺，其他農田水利會亦有些埤池，對農業用水本身之調配，發揮相當之功能。
3. 非農業部門如欲利用農業節餘水，須先投資建設調蓄設施，以利調配。

(二)獎勵農民利用第二期作休耕水田蓄水調洪及涵養補注地下水

- 1.二期水稻產量較一期作為低，故農民申請休耕以二期作為多。
- 2.二期作屬雨季，如轉種旱作，低地水田易受淹水損害，且水田原具有調蓄洪水功能及補注地下水機能，將會降低而影響水生態循環。
- 3.為因應加入世界貿易組織(WTO)後，水稻栽培面積可能須暫時性減少，為善加利用現有水田及灌溉輸配水系統，加強推動水田生態環境保護及增進生態貢獻措施。
- 4.農委會近年來正積極推動水田生態維護及涵養補注地下水計畫，獎勵農民加高其休耕水田排水出口高度，盡量維持蓄水狀態，將水田當作地下水補注池，引灌豐水期河川多餘之逕流水入田，提高逕流利用率，增進補注涵養地下水功能。

(三)加強推廣省水旱灌技術，配合精緻農業發展

為因應邊際土地有效利用及精緻農業發展需要，農委會積極策劃擴大推廣設置省水噴灌、滴灌設施，並指導農民灌溉操作技術，配合農業栽培技術，以省水、省力、省工方式施灌，提高作物產量及品質，增加農民收益。

(四)加強灌溉用水水質維護，確保農產品品質

- 1.灌溉水源大多取自河川及輸配水系統均採明渠，故污染物容易進入灌溉系統。
- 2.目前約有 10%之灌溉水其水質已超過灌溉用水水質標準，繼續引灌，對農地及農產品均具潛在危機，亟待改善。
- 3.這些受污染之灌溉用水，若以稀釋方式改善，依據農工中心之評估，須耗用清潔之灌溉水量 22 億立方公尺，這些稀釋用水之水源，目前根本無法取得，亦不經濟。因此，最適方案仍是從污染源根本管制，並作水質處理改善。
- 4.各農田水利會建立持續性灌溉水質監測體系及管理制度，以期逐年減少受污染程度。

(五)確保水田之水權，兼顧生產及生態，並建立合理移用農業水資源制度

- 1.水田為確保台灣永續發展之重要農業生產土地，已建有良好灌溉排水及農路系統，為優先保留繼續作農業使用之農地，其水權須確保。
- 2.水田除生產功能外，並對地下水補注、洪水調節、水質淨化、氣象調節、景觀維持等生態環境具有重大貢獻，為適合台灣自然生態環境之良好水土資源利用之方式。

- 3.為因應加入世界貿易組織(WTO)，農業用水應兼顧生產與生態機能作整體規劃，並建立合理移用農業水資源制度，俾於乾旱缺水期，支援民生用水之不足。

(六)加強農業用水調配規劃及科技管理研究

- 1.農業用水之有效調配，需有調蓄設施、輸配水系統設施才能運作，而這些設施之設置，需要時間、土地、經費，故須預為規劃及協調設置。
- 2.農業用水與農、漁、牧各產業之經營技術息息相關，具有相當高之技術性，為提昇各種農業用水效率及效益，均必須加強其用水管理之技術研究，以期利用現代化科技管理技術及設備來改進。

三、結語

- (一)農業用水是水資源利用大宗，農業生產、農村生活及自然生態環境等具有重大貢獻，必須共同重視並予以維護，在水資源有限情況下，須採取合理用水策略及節水措施，以期台灣農業能永續發展，確保糧食安全。
- (二)農業用水來源，多數係直接引用河川逕流水，乾旱季節河川流量較低，灌溉水源呈短缺狀況，農業本身須採節水措施度過難關。養殖及畜牧用水，基於環境保護及衛生要求，須逐年減少地下水抽取量及用水量，因此須採取養殖及畜牧管理措施配合。
- (三)在灌排兼用現況下，枯水期灌溉水之水質與民生用水、工業用水之所需水質標準尚有差距，亟待加強污染防治改善水質。此外，亦應加強農地合理化施肥，以降低地表、地下水源受到農業非點源污染之風險。
- (四)為有效調配利用灌溉節餘水，須預先投資建設調蓄設施，並與農業用水管理單位預先協商，儘量在豐水地區調配，俾儘量減少農業傷害下進行。
- (五)水庫用水為枯水期民生用水、工業用水爭用之對策，為節水移用之主要目標，移用時對農田水利會及農民用水權益之損害，須給予合理補償，以期社會和諧圓滿。

7.6、附錄

7.6.1、附錄 I：符號及定義

在本章中引用一系列與灌溉有關之水量與流量的符號與定義，說明如下，而各符號間之關係亦於附錄 II 中有詳細說明與圖說。

1. 主要符號

(1) 淨灌溉需水量	IN_{net}
(2) 粗灌溉需水量	IN_{gross}
(3) 淨計畫灌溉需水量	SIN_{net}
(4) 粗計畫灌溉需水量	SIN_{gross}
(5) 營運操作計畫灌溉需水量	SIN_{op}
(6) 計畫供水量	SWS
(7) 平均月灌溉需水量	IN_{av}
(8) 最早種植需水量	IN_e
(9) 最晚種植需水量	IN_l
(10) 整田用水量	SAT
(11) 滲漏損失	$PERC$
(12) 湛水深	WL
(13) 營運操作時間	T_{op}

2. 主要符號之定義

- (1) IN_{net} ：淨灌溉需水量(mm/day，mm/month， ℓ /sec/ha)

此為作物灌溉需要水量，其表示方法為在一單位時間，如每天或每個月或任一段時間中，所需要水深(IN_{net})，此一單位時間內之用水深度亦經常用單位面積所需之流量來表示之，一般較常用單位為每公頃面積下每秒鐘所須水量(以公升表示)，即 ℓ /sec/ha($8.6\text{mm/day}=1.0\ell/\text{sec/ha}$)，在 7.6.3 揭露 mm/day 與 ℓ /sec/ha 間換算表格，對灌溉需水量(IN_{net})決定方法，已於本書其他章節詳述之。

- (2) IN_{gross} ：粗灌溉需水量(mm/day，mm/month， ℓ /sec/ha)

粗灌溉需水量為作物之灌溉需水量，加上要將田間作物所需之水量，自水源處送達田間之過程中，所引起的損失水量，在輸送的過程所引起之損失現象，於實際之應用上，我們是以灌溉效率(e)表示之，應用灌溉效率之方法衡量整體之損失情形。

粗灌溉需水量之表示方式為，每天或每個月所需之水深，即 mm/day 或 mm/month，以一連續之流量來表示時，其單位為：ℓ/sec/ha，粗灌溉需水量與淨灌溉需水量之關係式為：

$$IN_{gross} = IN_{net} \times 100/e$$

(3) SIN_{net} ：淨計畫灌溉需水量(ℓ/sec)

淨計畫灌溉需水量是指，整個灌溉區域之淨灌溉需水量，而非單位面積下之淨灌溉需水量，因此，淨計畫灌溉需水量之單位，無法以 mm/day 表示，而是以每秒所需之水量(公升)來表示之，即：ℓ/sec，其公式之表示方式如下：

$$SIN_{net} = IN_{net} \times A$$

式中：A 為計畫灌溉面積(公頃)

(4) SIN_{gross} ：粗計畫灌溉需水量(ℓ/sec)

粗計畫灌溉需水量是指，整個灌溉區域之灌溉需水量，加上水在輸送的過程當中所引起的各種損失，其表示公式為：

$$\begin{aligned} SIN_{gross} &= IN_{gross} \times A \\ &= (IN_{net} \times 100/e) \times A \quad (\ell/sec) \end{aligned}$$

(5) SIN_{op} ：營運操作計畫灌溉需水量(ℓ/sec)

營運操作計畫灌溉需水量，所代表的為實際之流量，而該流量乃依照灌溉計畫中，事先所訂定之水量與時間，送達田區施灌之流量。至於整個生育期之總用水量，在粗計畫灌溉需水量(SIN_{gross})及營運操作計畫灌溉需水量(SIN_{op})是一致的，但由於實際操作上的關係， SIN_{op} 會比 SIN_{gross} 來的大些。通常對於灌溉之執行，並不是每小時或每天予以施灌(就田區之部分)，而是在一期距內(數天)之數小時而已，因此，營運操作計畫灌溉需水量(SIN_{op})，必須補足在非灌溉時期作物所消耗之水量，而此一時間在灌溉計畫中稱為營運操作標準(T_{op})。

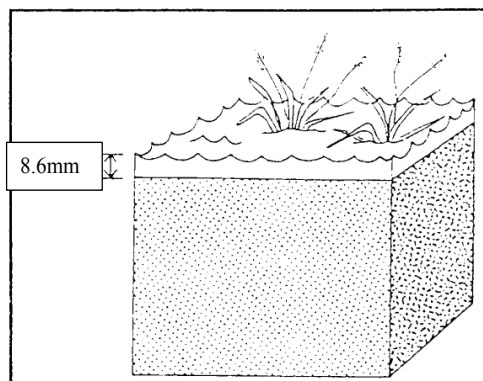
(6) SWS：計畫供水量(ℓ/sec、m³/s)

計畫供水量表示要施行灌溉時，在水源處所要取用之灌溉水量，若計畫中採用抽水機供水時，則其計畫供水量不可大於抽水機之容量，至於非利用抽水機之系統，則計畫供水量不可超過取水設備最大容量，計畫供水量所採用單位為每秒所通過水量(公升數)(ℓ/sec)，但若流量較大時，則是以每秒鐘所通過之水量(立方公尺數)(m³/s)表示之。

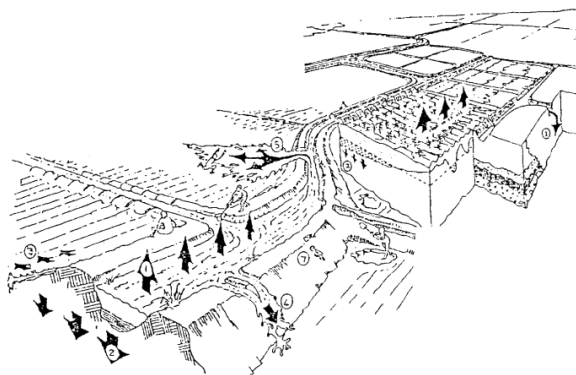
7.6.2、附錄 II：各符號間之關係

1. SIN_{gross} 之計算圖示

IN_{net} ：淨灌溉需水量(mm/day，mm/month， $\ell/s/ha$)

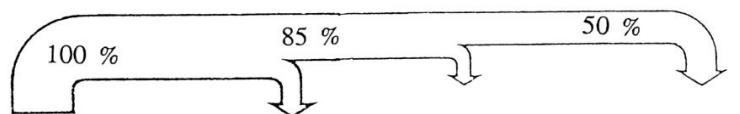


8.6 mm/day 之淨灌溉需水量 = 1 $\ell/s/ha$



計畫面積(ha)

SIN_{net} ：淨計畫灌溉需水量(ℓ/s)



供水量	輸水損失	施灌損失	作物利用
100%	15%	35%	50%

灌溉效率

SIN_{gross} ：粗計畫灌溉需水量(ℓ/s)

2. 供需平衡圖示

SIN_{gross} ：粗計畫灌溉需水量(ℓ/s)

營運操作準則(T_{op})

何時灌溉？

每次灌溉多久？

$d=5$ 天/週

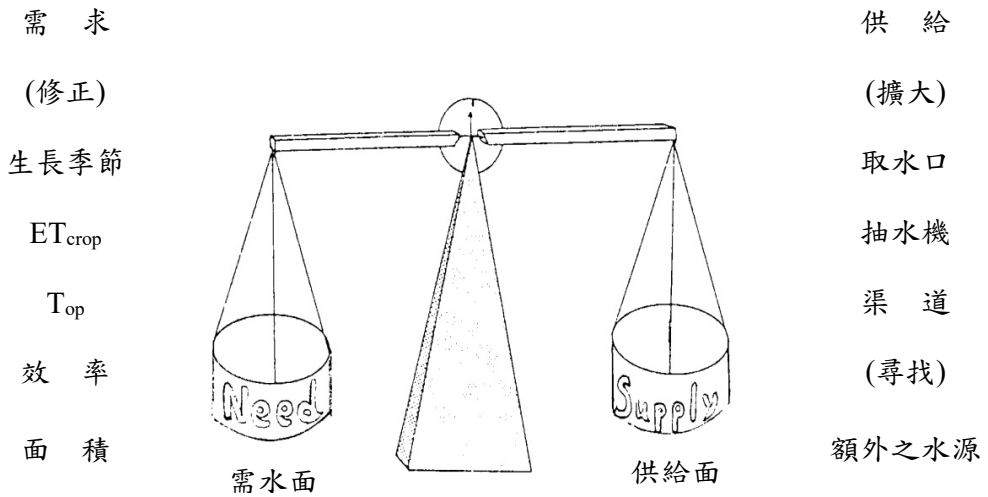
$h=14$ 小時/天



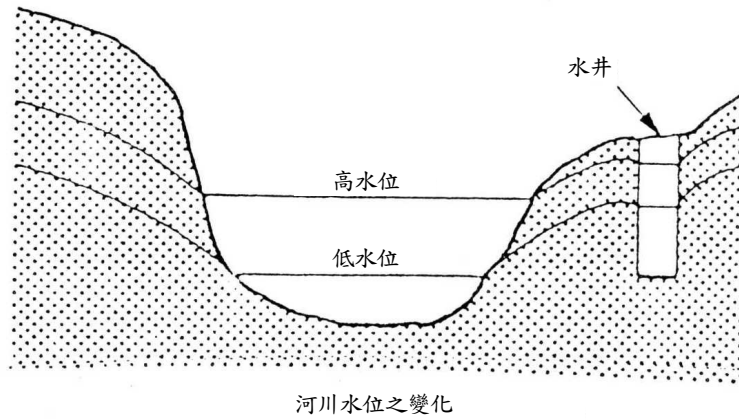
$$T_{op} = d/7 \times h/24$$

SIN_{op} ：營運操作計畫灌溉需水量(ℓ/s)

供需平衡



SWS：計畫供水量(ℓ/s ， m^3/s)



7.6.3、附錄 III：mm/day 與 l/sec/ha 轉換表

mm/day	ℓ/s/ha	ℓ/s/ha	mm/day
2	0.23	0.2	1.7
3	0.35	0.3	2.6
4	0.46	0.4	3.5
5	0.58	0.5	4.3
6	0.69	0.6	5.2
7	0.87	0.7	6.0
8	0.93	0.8	6.9
9	1.04	0.9	7.8
10	1.16	1.0	8.6
12	1.39	1.2	10.4
14	1.62	1.4	12.1
16	1.85	1.6	13.8
18	2.08	1.8	15.6
20	2.31	2.0	17.3

7.6.4、附錄 IV：資料表格

資料表格 1

單一作物之淨計畫灌溉需水量之決定

作物：_____ 最早種植：_____

面積：_____ 最晚種植：_____

作物生長期	作物係數(K _c)
開始階段：_____天	K _c =_____
作物發展階段：_____天	K _c =_____
中間階段：_____天	K _c =_____
最後階段：_____天	K _c =_____

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作物面積 制 度 ha												
ET _o (mm/day)												
Pe (mm/day)												
生長期												
生長期 K _c												
月 別 K _c *1												
ET _{crop} mm/mon *2												
IN _e mm/mon *3												
生長期												
生長期 K _c												
月 別 K _c *1												
ET _{crop} mm/mon *2												
IN _e mm/mon *3												
IN _{av} (mm/day)												
SIN _{net} l/s *4												
*1 average of K _c per month *2 ET _{cr} (mm/mon)=ET _o (mm/day)×每月作物生長日數×K _c (per month) *3 IN _e or IN (mm/mon)=ET _{cr} (mm/mon)－P _e (mm/mon) *4 SIN _{net} = (IN _{av} ×Area)/260												

資料表格 2

多種作物耕作制度之淨計畫灌溉需水量之決定

地點：_____ 日期：_____

作物 1：_____ 作物 2：_____ 作物 3：_____

作物 4：_____ 作物 5：_____

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作物面積 制度 ha												
SIN_{crop}^1 ℓ/s												
SIN_{crop}^2 ℓ/s												
SIN_{crop}^3 ℓ/s												
SIN_{crop}^4 ℓ/s												
SIN_{crop}^5 ℓ/s												
SIN_{net} ℓ/s												

1. SIN_{crop} 為單一作物之淨計畫灌溉需水量

2. SIN_{net} 在此為多種作物之淨計畫灌溉需水量

資料表格 3

種植時期：

生長期：

作物係數： K_c

Day 0-60

Mid season

Last 30 days

SAT：mm Early

PERC：mm/day=mm/month

WL：mm Early

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作物 面積												
制度 ha												
ET _o (mm/day)												
P _e (mm/day)												
生長期												
生長期 K_c												
月 別 K_c ¹												
ET _{cr} mm/mon ²												
SAT mm/mon												
PERC mm/mon												
WL mm/mon												
IN _e mm/mon ³												
生長期												
生長期 K_c												
月 別 K_c ¹												
ET _{cr} mm/mon ²												
SAT mm/mon												
PERC mm/mon												
WL mm/mon												
IN _e mm/mon ³												
IN _{av} mm/day												
SIN _{net} l/s ⁴												

1 average of K_c per month2 ET_{cr}(mm/mon)=ET_o(mm/day)×每月作物生長日數× K_c (per month)3 IN_e or IN_ℓ (mm/mon)=ET_{cr} (mm/mon)－P_e (mm/mon)4 SIN_{net} = (IN_{av}×Area)/260

7.7、參考文獻

1. 行政院農業委員會，2019，農業統計資料查詢，
<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
2. 經濟部水利署，中華民國 104 年臺灣水文年報。
3. 經濟部水利署各項用水統計資料庫，<http://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>
4. 水利署各項農業用水統計，
<https://scidm.nchc.org.tw/dataset/waterresourcesagencywaterconsumptionstatisticsforagriculturalusage>。
5. 經濟部水利署 95~104 年各標的用水統計年報。
6. 行政院農業委員會，106 年農田水利處之數字看板（106.6.30 版）。
7. 農業委員會農田水利入口網-主題專區/水利故事館，
https://doie.coa.gov.tw/story_detail.php?id=24。
8. 經濟部水利署台灣地區民國 106 年蓄水設施水量營運統計報告
<http://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所—河川概況，
<https://www.wrap.gov.tw/pro12.aspx?type=0201000000>。
10. 經濟部水利署（2015），氣候變遷下臺灣九大地下水資源區地下水潛能變化之研究（2/2），財團法人成大研究發展基金會執行。
11. 行政院農業委員會，2002，灌溉排水營運管理—第七篇作物制度與水源計畫。
12. 中國農業工程學會，1999，農田水利會之灌溉排水維護及管理訓練推廣計畫，灌溉用水管理訓練手冊第六冊灌溉之需求與供應。
13. 農田水利會聯合會，1994，農田水利技術人員訓練教材灌溉管理類合訂本。
14. 前經濟部水資源統一規劃委員會，1994、1995，台灣地區之水資源。
15. 農業工程研究中心，1998，農田水利教材，財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會。
16. 曹以松（1989），地下水，中國土木水利工程學會。
17. 沈向白，1989，雲林地區地下水安全出水量調查研究，嘉義農工學報，第八期，第 11-31 頁。
18. 地下水工程處，1963，大濁水溪沖積扇地區地下水源複勘報告。
19. 李源泉，1970，濁幹線臨海地域之水收支研究，經濟部水資源開發委員會。

- 20.前地下水工程處，1973，濁水溪南岸雲林地區地下水源調查報告。
- 21.水資源統一規劃委員會，1992，臺灣地區地下水資源，經濟部，共 45 頁。
- 22.水資源局，1996，臺灣地區地下水觀測網整體計畫，經濟部。
- 23.曹以松，1996，濁水溪沖積扇與台灣的地下水研究，濁水溪沖積扇地下水及水文地質研討會論文集，前經濟部水利司。
- 24.劉聰桂，1996，濁水溪沖積扇之地下水資源—破十四與氡定年／示蹤研究，濁水溪沖積扇地下水及水文地質研討會論文集，前經濟部水利司，181-206 頁。
- 25.姜儷安、歐陽湘，1997，雲林地區地下水與水平衡初步分析，濁水溪沖積扇地下水及水文地質研討會論文集，前經濟部水利司，181-206 頁。
- 26.土木科技研究發展文教基金會，1997，地層下陷防治推動綜合計畫子計畫九—雲嘉地區安全出水量之估算，經濟部水資源局，共 116 頁。
- 27.逢甲大學，1997，地下水及地盤下陷調查—濁水溪沖積扇地下水資源之合理推估（一），行政院農業委員會，共 65 頁。
- 28.林國峰、李天浩、陳家洵、蔡惠峰、劉振宇、謝正倫、譚義績、歐陽湘，1997，濁水溪沖積扇地下水補注工作架構之規劃與推動，雲林縣政府。
- 29.經濟部水利處，1997a，台灣地區地下水觀測網第一期計畫--地下水觀測網之建立及運作管理 86 年子計畫報告--濁水溪沖積扇扇頂平原地區地表垂向補注量估計，經濟部水資源局。
- 30.經濟部水利處，1997b，台灣地區地下水觀測網第一期計畫--濁水溪沖積扇地下水水文初步分析，經濟部水資源局。
- 31.林再興、陳時祖、李振誥，1998，地層下陷防治綜合計畫子計畫四—彰化地層下陷區地下水入滲補注及安全出水量之評估，經濟部水資源局。
- 32.中興工程顧問股份有限公司，1998，濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用第二階段—濁水溪沖積扇地下水人工補注計畫規劃報告，臺灣省水利處，共 223 頁。
- 33.中鼎工程顧問有限公司，1999，楠梓加工出口區地下水資源監測與評估，楠梓加工出口區管理局。
- 34.駱安華，1960，「迴歸水之計算與運用」，台灣水利第 8 卷第 2 期。
- 35.徐龍淵、徐恭也，1986，「迴歸水利用現況及加強方法」，農田水利第 34 卷第 8 期。
- 36.林癸妙，1998，「水田迴歸水量之研究」，中央大學土木工程研究所，碩士論文。

- 37.行政院農業委員會，1986，乾早年調整水量分配標準及救災處理制度。
- 38.蔡明華，1993，乾旱時期灌溉營運措施與救災處理，行政院農業委員會。
- 39.行政院農業委員會，1994，「發生乾旱時農業用水之因應措施」。
- 40.行政院農業委員會，1999，「農業用水之節水目標及措施」。
- 41.行政院經濟部水利署水利規劃試驗所，2007，農業迴歸水回收再利用研究-雲林地區為例。
- 42.行政院經濟部水利署，2008，灣地區農業迴歸水再利用調查潛勢分析與營運管理研究（1/2）。
- 43.行政院經濟部水利署，2009，灣地區農業迴歸水再利用調查潛勢分析與營運管理研究（2/2）。
- 44.FAO Surface Irrigation （1974）, Land and Water Development Series No.3 LJ. Booher. Rome.
- 45.FAO Agro-meteorological Field Stations(1976), Irrigation and Drainage Paper 27 J. Doorenbos. Rome.
- 46.FAO （1977）,Crop Water Requirements （Revised）. Irrigation and Drainage Paper 24. J. Doorenbos and W. O. Pruitt. Rome.
- 47.FAO （1979）,Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper 33. J. Doorenbos and A. H. Kassam. Rome.
- 48.FAO （1989）,NGO Case Book on Small Scale Irrigation in Africa. Agl Miscellaneous Paper 15. R. Carter. Rome.
- 49.FAO （1992）,Irrigation Water Management Training manual no6 “Scheme Irrigation Water Needs and Supply”, International Institute for Land Reclamation and Improvement & FAO Land and Water Development Division.
- 50.Kay M. （1986）,Surface Irrigation: System and Practice. Cranfield Press. Bedford, UK.
- 51.Stern P.(1979), Small Scale Irrigation: Intermediate Technology Publications, London and International Irrigation Information Centre, Bet Dagan.
- 52.Withers B. and Vipond s. （1974）, Irrigation Design and Practice. Batsford. London.
- 53.Wopereis, M.C.S. et al. （1994）, “Water use efficiency of flooded rice fields. （I） Validation of the soil water balance model SAWAH.” Agricultural Water Management, 26: pp277-289.

54. Linsley R.K., Franzini J.B. (1955) , Elements of Hydraulic Engineering, McGraw-Hill, New York.
55. Linsley R.K., Franzini J.B., Freyberg D.L. (1992) , Water resources engineering, 4th edition, McGraw-Hill, New York.

中英名詞對照

中文	英文	頁碼
零劃		
K 係數法	K factor	90,91
三劃		
小旱	small scale drought	81
大旱	large scale drought	81
大氣窗	atmospheric windows	273
土壤水分	soil moisture	78
土壤含水量	soil moisture content	340
土壤修正植物指標	soil adjusted vegetation index	289
四劃		
孔隙率	porosity	340
比出水量	specific yield	376
比貯蓄係數	specific storativity	377
反射紅外光	reflected infrared	271,274
水域出水量	basin yield	380
比例植物指標	simple ratio vegetation index	289
水力傳導係數	hydraulic conductivity	341,377
水收支平衡法	water balance	338
水庫供水系統	reservoir supply systems	84
牛踏層/犁底層	plow sole	395
水文安全出水量	hydrological safety yield	380
支線別灌溉用水量	delivery requirement	27
五劃		
正規化	normalize	288
未翻耕層	non-puddled subsoil	395
主要成份	principle components	292
生物質量	biomass	289
主題測繪器	thematic mapper	279
田間容水量	field capacity	340
正交植物指標	perpendicular vegetation index	289

中文	英文	頁碼
永續性出水量	perennial yield	380
可程式邏輯控制器	programmable logic controller	348
史蒂芬-波茲曼定律	Stefan-Boltzmann law	272

六劃

行	column	236
列	row	237
光子	photons	271
全色態	panchromatic	277
地下水	groundwater	370
地表下水	subsurface water	370
有效雨量	effective rainfall	27,109
米氏散射	Mie scatter	273
安全出水量	safe yield	380
光譜解析度	spectral resolution	290
共通閘道介面	common gateway interface	250
地下水抽取量	pumped groundwater	339
地下水視流速	apparent velocity	377
地下水補注區	recharge area	372
地理資訊系統	geographic information system	233
地面覆蓋百分率	percentage ground cover	289

七劃

沖刷	erosion	165
吸收	absorption	273
位向關係	topological relation	235
作物需水量	consumptive use	27,28
作物蒸發散量	evapotranspiration	27,339
含水層出水量	aquifer yield	380
吸收有效光合輻射量	absorbed photosynthetic active radiation	289
系統總灌溉用水量	diversion requirement	28

八劃

中文	英文	頁碼
定點	geostationary	290
沼澤地	marsh	292
泥濘層	muddy layer	395
牧草地	pasture	292
物聯網	internet of things, Iot	320
抽水試驗	pumping test	380
非選擇性散射	nonselective scatter	273
河川取水系統	run-of-the-river systems	75
法規安全出水量	legal safety yield	380
空間尺度/空間解析度	spatial resolution	289
九劃		
洩漏	leakage	32,163
紅綠比	red green ratio	289
柵狀細胞	palisade cells	286
流通係數	transmissivity	379
垂向滲漏量	vertical percolation	339
十劃		
耙齒	rake	225
記錄	record	237
凋萎點	wilting point	340,341
差分定位	differential positioning	314
徐氏圖解法	Theis type-curve method	380
海綿組織層	sponge mesophyll	286
十一劃		
曼寧公式	Manning equation	367
現地勘察	ground truthing	292
產量效率	production efficiency	290
假色照片	false color photograph	274
側向滲漏量	lateral seepage inflow	339
累積生物量	accumulated biomass	290
國民生產毛額	gross domestic product	146
參與式灌溉管理	participatory irrigation management	14

中文	英文	頁碼
十二劃		
渠道	canal	59
湛水	ponded water	395
量子	quanta	271
森林地	forest	292
視覺前	pre-visual	287
單一簽入	single sign on	324
植物指標	vegetation index	288
絕對溫度	absolute temperature	272
貯蓄係數	coefficient of storage	377
渠道給水量	applied channel irrigation water	339
開採出水量	mining yield	380
階層式資料庫	hierarchical database system	236
十三劃		
微波	microwave	271
溢流	overflow	165
感測器	sensor	275
葉綠體	chloroplasts	286
資料表	table	236
損失係數	factor of loss	84-86
農業乾旱	agriculture drought	81
運動溫度	kinetic temperature	274,275
雷氏散射	Rayleigh scatter	273
電磁波譜	electromagnetic spectrum	271,285
電磁輻射	electromagnetic radiation	270
電碼距離	pseudorange	312
葉面積指標	leaf area index	289
達西氏公式	Darcy equation	377
經濟安全出水量	economic safety yield	380
十四劃		
像素	pixel	292
需求面	demand	71,86

中文	英文	頁碼
蒸發散量	evapotranspiration	27,339
精準農業	precision agriculture	234
網頁服務	web service	250,324,325
誤差分析	error analysis	292
遙感探測	remote sensing	233,270
滲水/滲流	seepage	163
滲漏含水層	leaky aquifer	372
維恩位移定律	Wein's displacement law	272
網路式資料庫系統	network database system	236
網格式地理資訊系統	raster GIS	236
網路服務應用程式介面	web service api	322,324

十五劃

影像	image	275
輪區	tertiary	76,85-87,89,90
熱慣量	thermal inertia	292
標準差	standard deviation	292
熱紅外光	thermal infrared	271,275,290
影響半徑	influence radius	378
輪區用水量	turnout requirement	27
數值地形模型	digital terrain model	284
衛星定位系統	global positioning system	234,309
標準化差異植物指標	normalized difference vegetation index	289,301

十六劃

頻道	channel	275
輻射率	emissivity	292
靜壓水頭	piezometric head	379
輻射解析度	radiometric resolution	290
選擇性可靠	selective availability	310,313
機動性配水模式	flexible water distribution model	88

十七劃

壓迫	stress	287
----	--------	-----

中文	英文	頁碼
濕地	swamp	292
優選出水量	optimal yield	380
應用程式介面	application programming interface	250,321,333
總速效性有效水份	total readily available moisture	91
十八劃		
轉換標準化差異指標	transformed normalized difference vegetation index	289
十九劃		
穩定狀態	steady-state	378
關連式資料庫	relational database system	236
二十一劃		
欄位	field	236
二十三劃		
纓帽轉換	tasseled cap transformation	289

灌溉管理學

Irrigation Management

編著者 張煜權 陳焜耀 林富元 譚智宏 許香儀 詹皇祥
劉日順 陳世楷（依章節順序排序）

發行人 陳吉仲

策劃 謝勝信 林國華 譚智宏

執行編輯 林柏璋 黃振昌 郭紫晶

著作權
所有人 行政院農業委員會 台北市南海路 37 號

出版機關 行政院農業委員會 台北市南海路 37 號

執行機關 財團法人農業工程研究中心 (03)452-1314

出版年月 中華民國 109 年 5 月 初版