



把水留住，灌溉大地

提高農業用水效率 灌溉系統智慧管理

李元喻¹

壹、前言

我國在氣候變遷下水資源豐枯日漸懸殊，而在兼顧糧食安全、其他用水標的競用及水資源失衡造成之重大問題影響下，灌溉用水管理工作日漸困難且複雜。在水資源不足之限制下，如何強化灌溉用水調配效率降低缺水風險，已成為我國農業永續發展之重要關鍵課題。

臺灣的農田水利事業歷經數百年發展，已擁有完善之灌溉排水設施及管理組織，行政院農業委員會農田水利署（簡稱農水署）17個管理處（原全國各農田水利會）所營運的灌排圳路長達7萬公里，供應全臺灣灌區農地灌溉用水。隨著全球物聯網感測、雲端運算服務、大數據分析及人工智慧等科技成熟發展，物聯網新興技術已逐步可適用於提升灌溉用水效率。



註1：行政院農業委員會農田水利署。

加上整合應用資通訊 (ICT)、物聯網 (IoT)、雲端運算 (Cloud Computing) 及人工智慧 (Artificial Intelligence) 等技術發展智慧灌溉管理，農水署透過示範灌區進行試辦後，正規劃分階段逐步擴大推展，將能有效提升灌溉用水供應調配之效能，降低農業及社會發展所面臨之缺水風險。

貳、農田水利自動化測報系統之發展

農委會多年來補助全國各農田水利會（現為農水署各管理處）設置自動測報系統與控制設施，對於有效即時掌握灌溉用水動態、灌溉管理與防災工作之推動已有許多具體成效。以農水署桃園、石門及宜蘭管理處為例說明自動化測報系統發展概況如次：

一、石門大圳自動化測報系統

石門大圳自動化測報系統係由農水署石門管理處自民國88年迄今多年之建置，目前已經達成全幹線監控圳



圖 1. 石門大圳自動測報系統監控平臺電視牆。
圖片來源：105 年石門大圳系統整合暨流量率定計畫。

路之目標，也是國內第一個導入自動化測報之監控系統，可監視各監控站現場影像及遠端遙控石門大圳幹線之水閘門，並將即時的水文資料傳回幹線工作站。該系統除了暴雨即時防災功能需求外，發展重點方向還包括抗旱期間能配合石門水庫調配水源、提升中壢及過嶺支渠配水量精度等。其中石門大圳自動測報系統監控平臺電視牆及即時水位流量平臺、閘門圖控平臺資訊展示頁面如圖1～圖3所示。

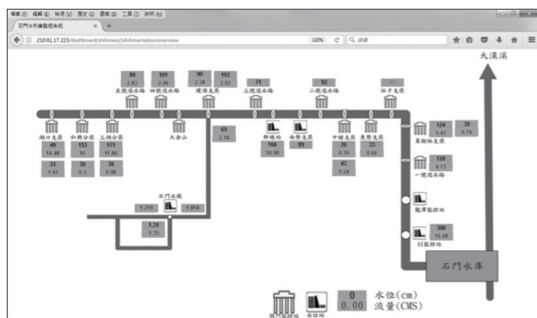


圖 2. 石門大圳自動測報系統即時水位流量平臺畫面。
圖片來源：105 年石門大圳自動化設備系統整合暨流量率定計畫，農水署石門管理處。



圖 3. 石門大圳自動測報系統閘門圖控平臺畫面。
圖片來源：105 年石門大圳自動化設備系統整合暨流量率定計畫，農水署石門管理處。

二、桃園大圳幹線灌溉管理自動化系統²

石門水庫為農水署桃園管理處灌區灌溉用水之主要來源，桃園大圳幹線灌溉管理自動化工程系統係自民國75年規劃，逐年完成全線13條支線及大圳水位自動遙測暨語音測報系統，且該系統於91年起經自行發展擴充為網際網路（Internet）架構。資料種類分為水文、氣象、水質及影像等4類，皆可透過公眾通訊系統傳輸，

前端網頁及資料庫則自行開發，此一專業分工的機制不但大幅降低了初期投資工程費、提升維護品質，也使系統運作及資料蒐集上更有效率。配合水文監控系統，將傳入監控系統之即時水文資料中篩選出模式所需參數，再透過預測水位軟體將輸出資料併同其他水文資料於Web-Service發布於網際網路（流程架構如圖4所示），配合行動簡訊方式同步發送預測資訊予管理人員，使其快速獲得相關即時資訊，就需水埤塘開啟閘門加強進水等工作進行處理。

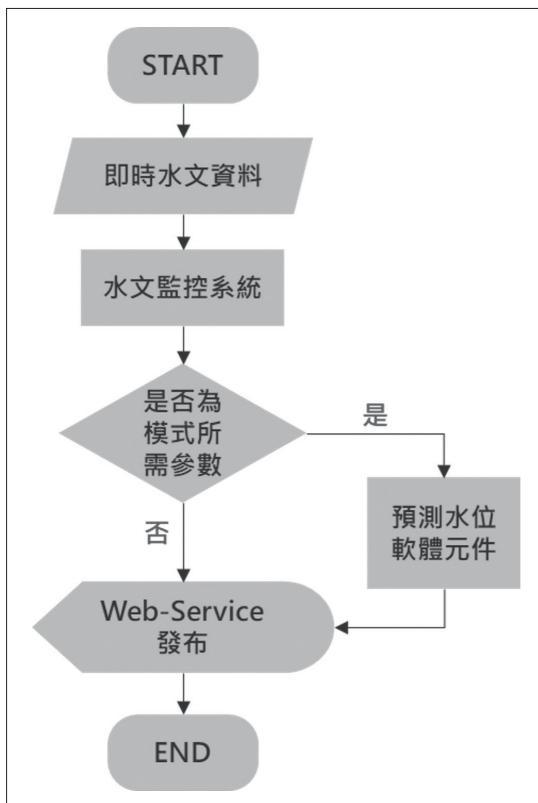


圖 4. 桃園管理處水文監控系統架構示意圖。

三、農水署宜蘭管理處自動化監測系統³

為使水門功能落實且有效掌握巡防情形，農水署宜蘭管理處利用線上簽到理念，製作電子巡防系統。巡防人員以具備NFC功能智慧型手機感應電子巡邏箱，讀取水門相關基本資料，並將現況照片即時回傳主機，此機制可即時掌握巡防人員巡查進度，以確保水門正常運作。再透過後端系統產生報表資料，將巡查進度與水門情形數據化，可有效提升管理效率。其中水閘門之影像監控有助於瞭解現場情形，並透過自行鋪設之專用網路進行影像傳輸，同時也解決了不同地區網路傳訊速度差異的問題。監控影像電視牆如圖5所示。

註2：106年「農業尚愛水（i-Water），智慧管理田水」計畫，行政院農業委員會。

註3：106年「農業尚愛水（i-Water），智慧管理田水」計畫，行政院農業委員會。



圖 5. 農水署宜蘭管理處灌溉系統監控影像電視牆。

參、107~109 年「精進灌溉節水管理推廣建置計畫」之推動成果

農水署為推動國內灌溉系統智慧化，於「前瞻基礎建設計畫」(國家發

展委員會，2017) 之「建構民生公共物聯網」(科技部等，2017) 中負責主辦「精進灌溉節水管理推廣建置計畫」，利用民生公共物聯網所提供之穩定、乾淨且規格化的感測資料供應服務及運算資源以加值應用。計畫係以農水署桃園、石門、新竹、嘉南及高雄等 6 處水資源競用灌溉區域(圖 6) 為實施範圍，透過農田水利物聯網、大數據及雲端運算等相關技術應用，發展智慧灌溉管理技術，以增進水資源競用區配水與用水效率。

一、農水署桃園管理處

桃園管理處運用人工智慧與物聯網技術建置貯水池、水路水文監測以及動態分析管理平臺，整合雲端資

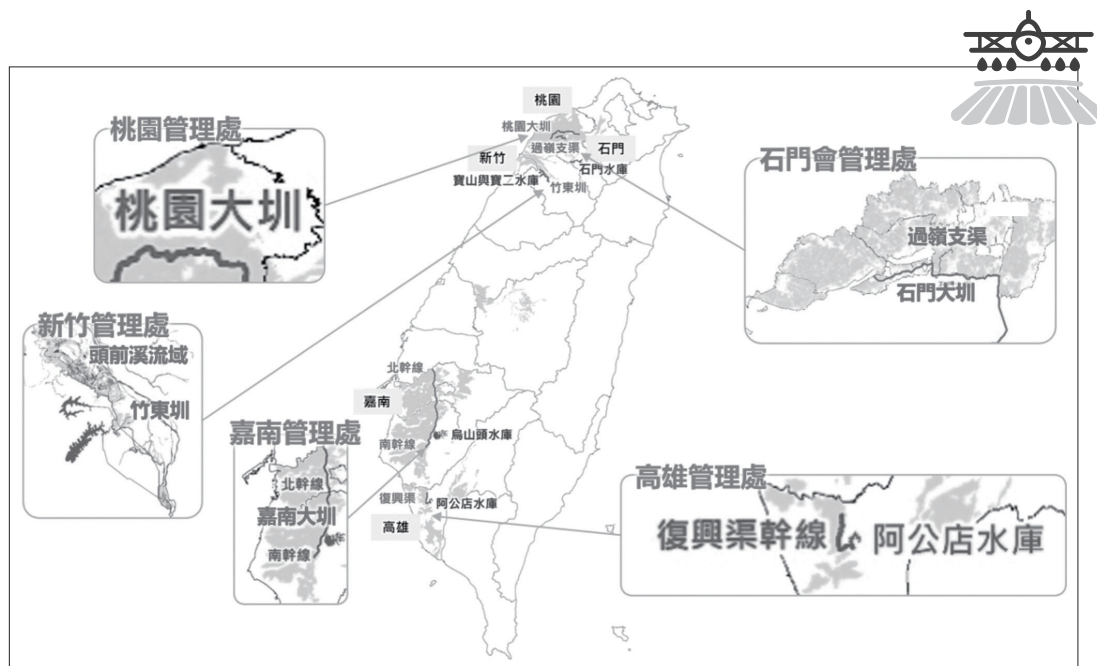


圖 6. 精進灌溉節水管理推廣建置計畫推動區位。

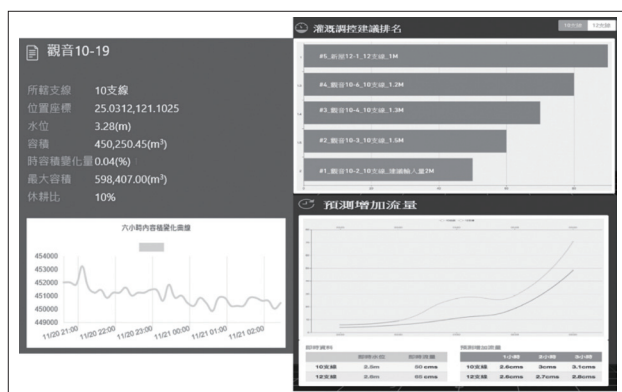


圖 7. 埤塘監測、埤塘調配建議及幹線水位預測成果展示。
圖片來源：農水署桃園管理處。

源，提供資料交換及共享，建構桃園大圳智慧水源調度系統（圖 7～圖 8）。方法係以多年以來建置之自動化測報系統，透過歷年蒐集之圳路水位監測資料為基礎，結合中央氣象局與該處工作站之降雨量資料，使用機

器學習之類神經網路演算法，依據桃園大圳上游流入工的降雨量，分析預測未來之圳路水位，建立「幹線水位預測模型」。同時透過超音波、雷達波式水位計及水位監測站，搭配太陽能供電系統與低功耗傳輸設備，使用 NB-IoT、4G 及光纖網路傳輸技術將感測資料上傳至「水資源物聯網感測基礎雲端作業平臺」。此外，可利用現有桃園大圳渠道之安全輸水容量及灌區內之埤塘，建構機動調整貯水池蓄水之操作調配建議模式。

此外，動態分析管理平臺根據傳遞網路預測模式，可預測水位及推估桃園大圳降雨後之入流量，再透過現有桃園大圳安全輸水容量及監測站

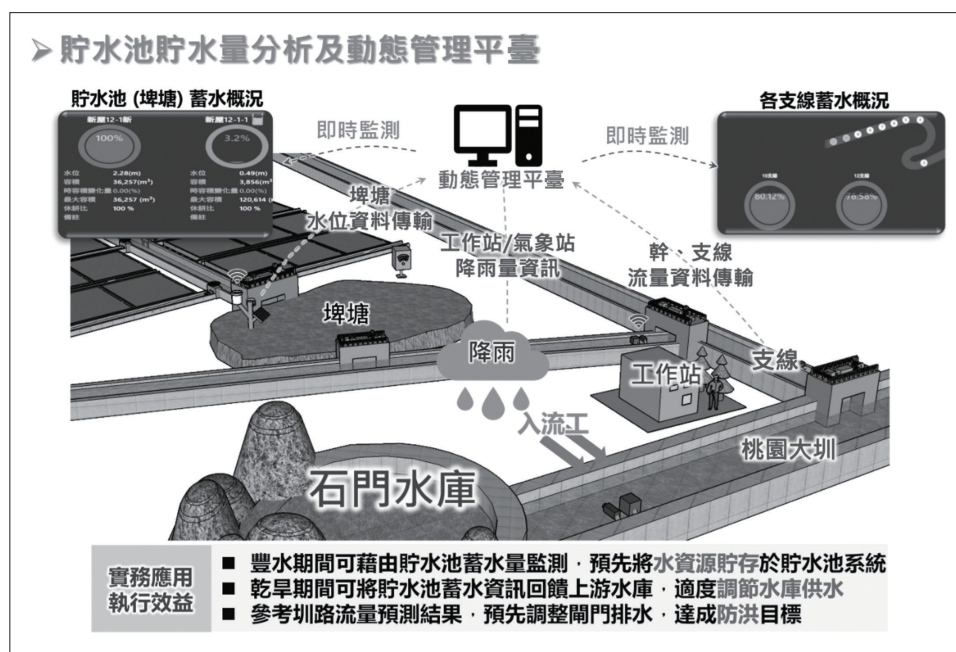


圖 8. 桃園管理處灌溉系統智慧化示意圖。

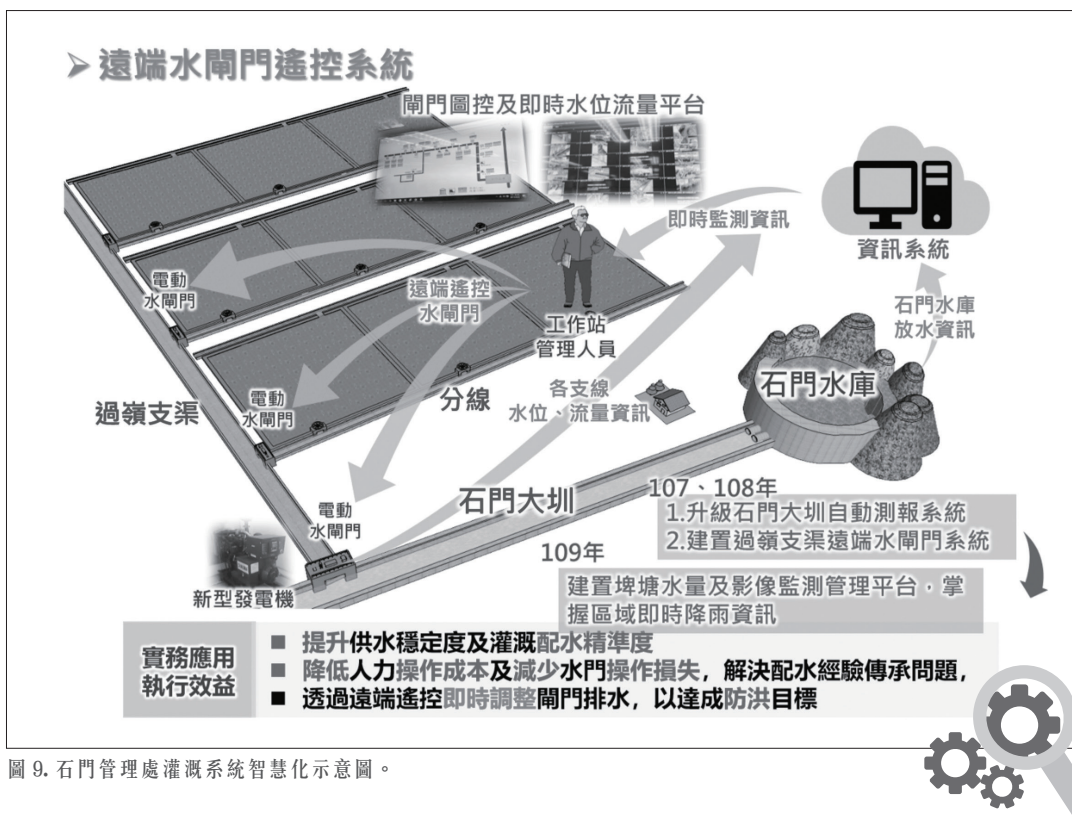


圖 9. 石門管理處灌溉系統智慧化示意圖。

掌握之埤塘水位，建立桃園地區雨水收集系統。將餘裕水量調度至尚有蓄水空間之埤塘，於豐水期時有效蓄存多餘水量；颱風、豪大雨時期則可獲得特定支線取入口之未來1~3小時水位預報，提前配合閘門遠端控制系統進行防汛應變作業，減低淹水、溢堤等災害發生之風險。

二、農水署石門管理處

石門大圳承接自民國88年起建置之自動化測報系統，在「精進灌溉節水管理推廣建置計畫」下於107年完成石門大圳自動化測報系統升級，

108年完成過嶺支渠自動化測報系統之建置，並於109年建置埤塘監測系統及水文觀測系統掌握灌區內即時降雨資訊。

系統使用GSN/ADSL、光纖網路、微波網路等傳輸技術將感測資料收集後傳至該處資料庫伺服器，並將資料同時上傳至「水資源物聯網感測基礎雲端作業平臺」。幹線工作站人員可依據各灌溉用水計畫，加上視覺化之監測圖控平臺，即時做出適當用水調配措施，以減少水門操作損失，提升灌溉配水精準度及供水穩定度，解決配水經驗傳承問題（圖9）。若遇

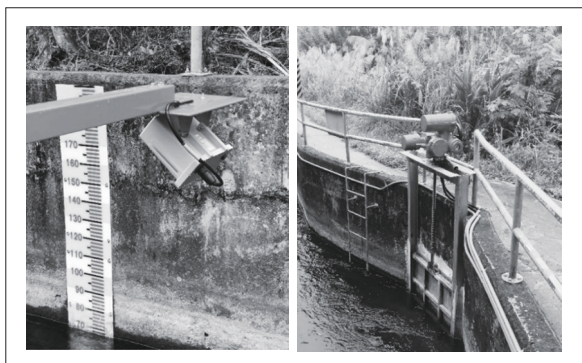


圖 10. 新竹管理處水資源物聯網感測器現場設施。

到豪大雨，渠道水位與流量超過警戒時，除了遠端關閉水閘門之外，更可配合警報系統自動偵測並廣播通知外站居民，達到防洪目標。

三、農水署新竹管理處

新竹管理處以竹東圳灌區及頭前溪流域作為「精進灌溉節水管理推廣

建置計畫」之示範場域，配合水情預測及雲端輔助決策系統之資料所需，於竹東圳進行相關監測站及電動水閘門之建置（圖 10）。灌溉系統內蒐集之感測數據透過建置於雲端之水理數值模式，配合灌區各供取水設施（包括攔河堰、水庫及埤塘）運用原則及介接即時水文氣象資料，進行水理模式計算（包括圳路渠道水位及水量）並建立水情預測模型。預測模型可分別針對 3 種水情狀態進行決策建議，分別為枯旱時期、一般時期及防汛時期，在防汛時可透過雲端運算預測未來 1~3 小時各閘門監控站之水位，提供各閘門防洪操作策略及預警訊息，以減少高濁度原水進入竹東圳，降低竹東圳集水區降雨量過大造成溢堤的風險。

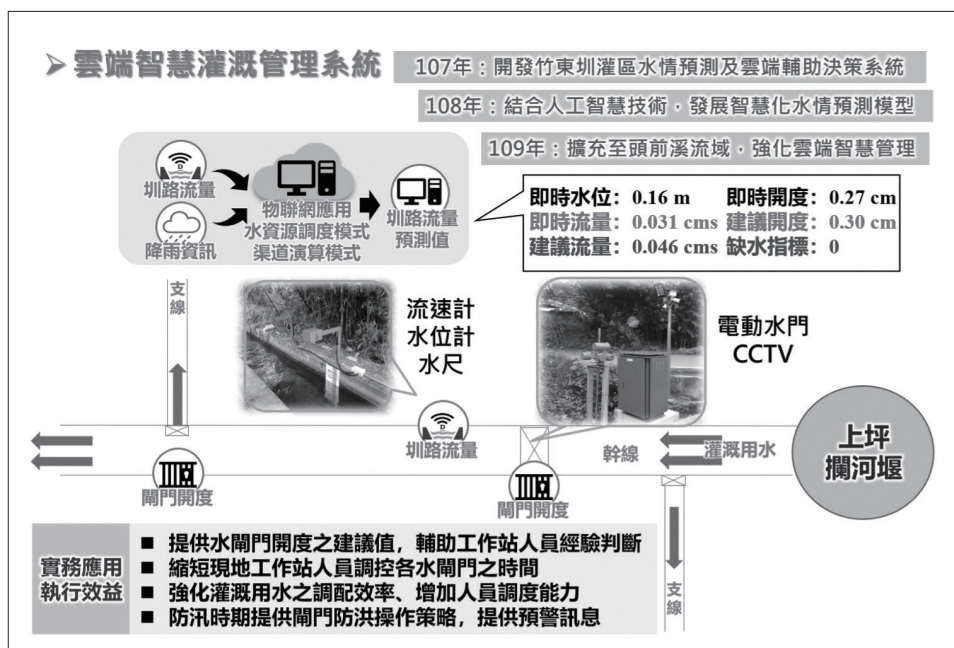


圖 11. 新竹管理處灌溉系統智慧化示意圖。



圖 12. 嘉南管理處灌溉系統智慧化示意圖。

新竹管理處於雲端建立虛擬網頁伺服器，透過Web-Service取得水文預測與演算結果，建置水情展示與閘門遠端操作網頁，配合即時水情顯示看板及遠端閘門圖控系統，管理處及工作站人員可由分析管理平臺（圖 11）監看調控渠道水位流量策略、防災應變建議等結果，並透過水文動態監視Web App，使用行動裝置監控水情監測站與閘門遙控站，提升防災應變之效率。

四、農水署嘉南管理處

嘉南管理處以烏山頭水庫灌區（南、北幹線）作為灌溉用水智慧管理示範區，107～109年共建置25處水位及閘門監控站。系統使用NB-IoT、

4G、光纖網路等傳輸技術，透過各監測站之水位資料開發渠道水量彙算模型，建立並校正水門開度—水位—流量之關係。灌溉輸配水管理模式可由工作站管理人員輸入灌溉查定流量，系統再以水平衡為原則，透過「查定流量給定」、「流量調整（操作水門）」及「流量調整結果回傳」等3步驟重複比較渠道設定之輸水量及4小時後輸水量差異值，自動計算最佳化的水門建議流量及水閘門調整策略。遠端監控系統可即時操作水閘門（圖 12），達成節省工作站人員往返操作





► 復興渠幹線閘門監控系統

► 智慧節水管理系統(示範區：嘉峰主給1)

107年：開發智慧節水管理系統，建置幹線取入、大莊、坵子支線閘門監控站

108年：建置大埔、前峰子、田厝支線閘門監控站，強化並擴充智慧節水管理系統

109年：完成中甲支線二輪灌區、中甲支線、復興渠第四號排砂門、復興渠二幹線排砂門與港後支線共5處閘門監控站，以及阿蓮抽水站與阿蓮支線共3處水位監測站之建置



圖 13. 高雄管理處灌溉系統智慧化示意圖。

時間、強化用水調配效率及亢旱時期穩定灌溉用水之成效。

五、農水署高雄管理處

高雄管理處 107 年於復興渠幹線 107~109 年共建置 13 處水位及閘門監控站；並於嘉峰主給 1 上建置智慧節水管理系統示範區，其灌溉面積約為 9.46 公頃。運用示範區內之水位資料，開發支線取水閘門自動調控流量、餘水／已節水省水量計算及節水

自動循環控制程式。該系統可在示範區內有過多之灌溉餘水時，回饋需減供之取入流量至主要取水門，以閘門流量自動控制程式進行水量調整，藉由多次的調整時間內達到目標流量，達成灌溉餘水最佳化之作業。同時開發精進灌溉智慧節水管理系統（圖 13），提供水位—取水門開度連動功能，管理人員可自行設定水位對應取水門開度，於夜間開啟此模式，若遇夜間大量降雨時，取水門開度可依幹

線之不同水位情況開啟至對應安全開度，保障人員安全，並減輕配水操作能力與時間耗費，提升灌溉用水配水效益。

肆、結語

臺灣目前正處於導入新興物聯網技術階段，目前農水署各管理處建置之自動測報及物聯網系統係以圳路水位、流速、閘門開度、埤塘水位以及水閘門即時影像為主要之數據蒐集對象。在資料分析及實務應用上係以提升現地工作站人員執行調配灌溉用水之工作效率為主要目標，系統提供遠端水閘門啟閉策略、埤塘蓄水建議、乾旱及暴雨預測等決策輔助資訊，配合即時攝影監視、操作介面圖形化、視覺化等技術，強化數據監控及遠端操作之便利性。對於遠端水閘門之控

制，為確保設施操作之安全性，仍須視狀況保留人工控制，並非完全交由系統操作。



未來若能結合我國資通訊、雲端科技及物聯網等相關領域的發展優勢，以更高效率及可靠方式進行資料擷取與資訊挖掘（智慧設備），並透過整合應用農業水資源大數據分析基礎，科學化評估合理灌溉需水量，推動適時適地灌溉用水智慧管理模式（智慧分析），研發智慧型旱災監測、預測、決策、操作系統，及建立農業用水多元化管理調配機制（智慧決策），則可更加精進灌溉管理，提升我國農業用水效率，對水資源永續利用將有關鍵性之影響。

（參考文獻請逕洽作者）

