

智慧灌溉設備落地應用之效益驗證

Benefit verification of the implementation of smart irrigation equipment

	農業工程研究中心		農田水利署
副研究員兼副組長	副研究員	副研究員	副工程司
張順年	馬家齊	許竹君	王歆涵
Shun-Nien Chang	Chia-Chi Ma	Chu-Chun Hsu	Hsin-Han Wang

摘要

本研究建立大尺度智慧灌溉示範場域，擴充及運用現有之幹支分線水門監控系統，掌握主要水源取水量及水量變化，藉以獲得更完整及全面的監測資訊。以農田水利署桃園管理處光復圳灌區為大尺度示範場域，其主要水源為石門水庫及社子溪河水，共劃分為光復圳第一~第十三支線及紅毛圳等 14 條支線系統，各支線再分設 1~15 個水利小組，共計 53 個水利小組。模擬示範場域內共有水位測報儀器 82 組，包括渠道水位計 20 組，均有水位流量率定曲線可換算為流量；埤塘水位計 62 組，水位蓄水量能量表可換算為埤塘蓄水量；場域週邊有雨量測站 3 處，其中新屋工作站及湖口工作站雨量計為桃園管理處轄管維護，新屋氣象站則為中央氣象署維管，毗鄰模擬場域的光復圳第 2-9 號池小組。

本研究以精準灌溉模式為模擬情境，與儀器量測之幹支線流量進行檢核，模擬區域之實際取水量約占情境需水量 60%。另依水情資訊掌握度、閘門巡檢操作時效提昇度、水資源利用率提昇度及野外作業風險降低度等 4 個指標進行效益評估，結果顯示，透過智慧灌溉設備操作，光復圳第 2、6、7 支線之水情資訊掌握度為 71.2%、閘門巡檢操作時效提昇度約 30.1%、水資源利用率提昇度約 0.85%，以及智慧灌溉設備可大大降低野外作業風險。

關鍵詞：智慧灌溉，水位流量率定曲線，蓄水量能量表，精準灌溉，水情資訊掌握。

Abstract

This study established a large-scale smart irrigation demonstration site, expanded and utilized the existing trunk and branch line sluice monitoring system, and mastered the water intake and water volume changes of the main water sources, so as to obtain more complete and comprehensive monitoring information. The Guangfu Canal Irrigation Area of the Taoyuan Management Office of the Agricultural Water Conservancy Agency is used as a large-scale demonstration site. Its main water sources are the Shimen Reservoir and the Shezi River. It is

divided into 14 branch systems, including the first to thirteenth branches of the Guangfu Canal and the Hongmao Canal. Each branch is further divided into 1 to 15 water conservancy groups, totaling 53 water conservancy groups. There are 82 sets of water level measuring instruments in the simulation demonstration site, including 20 sets of channel water level gauges, all of which have water level-flow rate curves that can be converted into flow; 62 sets of pond water level gauges, and water level storage capacity energy meters can be converted into pond storage capacity; there are 3 rain gauges around the site, of which the Xinwu workstation and Hukou workstation rain gauges are under the jurisdiction and maintenance of the Taoyuan Management Office, and the Xinwu meteorological station is maintained by the Central Meteorological Administration, adjacent to the Guangfu Canal No. 2-9 pool group in the simulation site.

This study used the precision irrigation model as a simulation scenario, and verified it with the flow of the main and branch lines measured by instruments. The actual water intake in the simulation area accounted for about 60% of the water demand in the scenario. In addition, the benefit evaluation was conducted based on four indicators, including the degree of water information mastery, the degree of improvement in gate inspection operation timeliness, the degree of improvement in water resource utilization, and the degree of reduction in field operation risks. The results showed that through the operation of smart irrigation equipment, the degree of water information mastery of the 2nd, 6th, and 7th branches of Guangfu Canal was 71.2%, the degree of improvement in gate inspection operation timeliness was about 30.1%, the degree of improvement in water resource utilization was about 0.85%, and smart irrigation equipment could greatly reduce the risk of field operations.

Keywords: smart irrigation, water level flow rate curve, water storage energy meter, precision irrigation, water situation information mastery.

一、前言

本研究以水收支平衡概念，分別釐定灌溉需求水量與水源可供給水量，應用水文自動測報設備提供即時水情，模擬支線配水量之調度模式；並以傳統灌溉模式為對照組，分析智慧灌溉所能提升之管理效益，模擬分析流程如圖 1 所示。

分析時以供水方為對照組，蒐整各測站流量資訊，以支線取入口前後測站資料差值與支線流量資料作第 1 階段檢核，用以評估儀器之正確性與穩定性；再以需求方為模擬組，蒐整灌溉面積、降雨量、作物需水量等資料推估各旬之灌溉需水量，適時適量滿足作物需求，是為智慧灌溉模式，再以智慧灌溉模式需水量與儀器量測之幹支線流量作第 2 階段檢核，用以評估灌溉計畫與實際配水量之差異。

另以水情資訊掌握度、閘門巡檢操作時效提昇度、水資源利用率提昇度、及野外作業風險降低等 4 項因子作為建置效益評估指標。

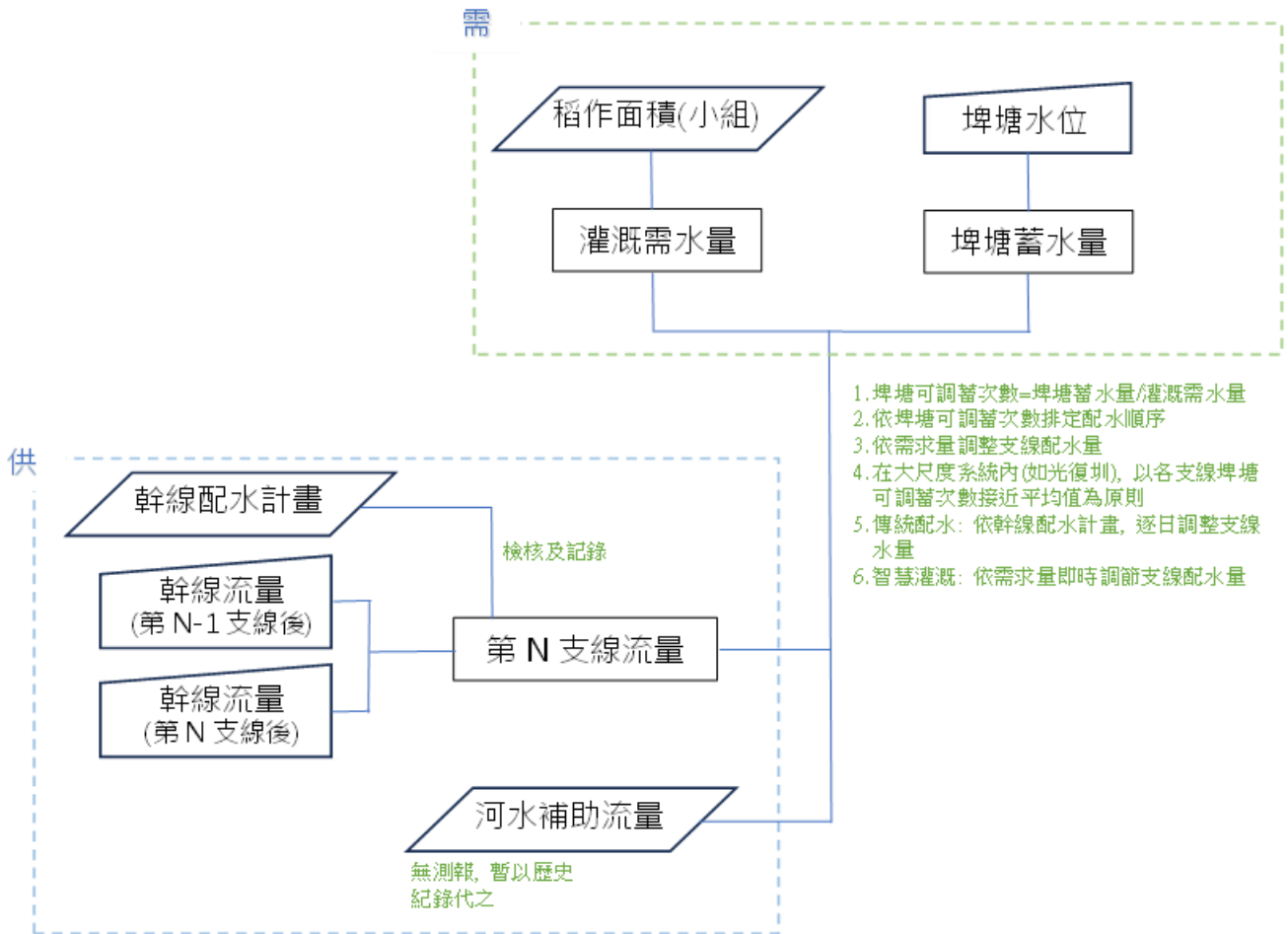


圖 1 分析流程圖

模擬示範場域選擇桃園管理處湖口工作站所轄管之光復圳系統，灌區位於桃園市新屋區、新竹縣湖口鄉及新豐鄉，北界為桃園市管區域排水系統三七南圳，南界為紅毛圳，主要水源為石門水庫，輔以社子溪、下陰影窩溪及十五間溪河水堰共 85 座為補助水源，灌溉系統圖如圖 2 所示。

湖口工作站灌區依其灌溉系統配置，分設 53 個水利小組，灌溉面積在 2023 年時為 3,528 公頃，土壤質地以粘質壤土佔 75.4% 最多、砂質粘壤土佔 21.7% 及砂質壤土佔 2.9%；轄管之灌溉蓄水池計 65 口，有效蓄水量為 9,019,660 立方公尺，惟其中 3-1 號池為污染池、7-2-1 號池及 13-1-1 號池淤積嚴重，目前均無灌溉功能。

光復圳灌區之田間需水量依土壤質地分別核算後，全年共需 7,622 萬立方公尺，再預扣有效雨量及加計輸水損失 24% 後，水門需水量(輪區)為 7,872 萬立方公尺，如表 1 所示。其中上半年(2-6 月)需水量佔比約 50.85%，即 4,003 萬立方公尺。

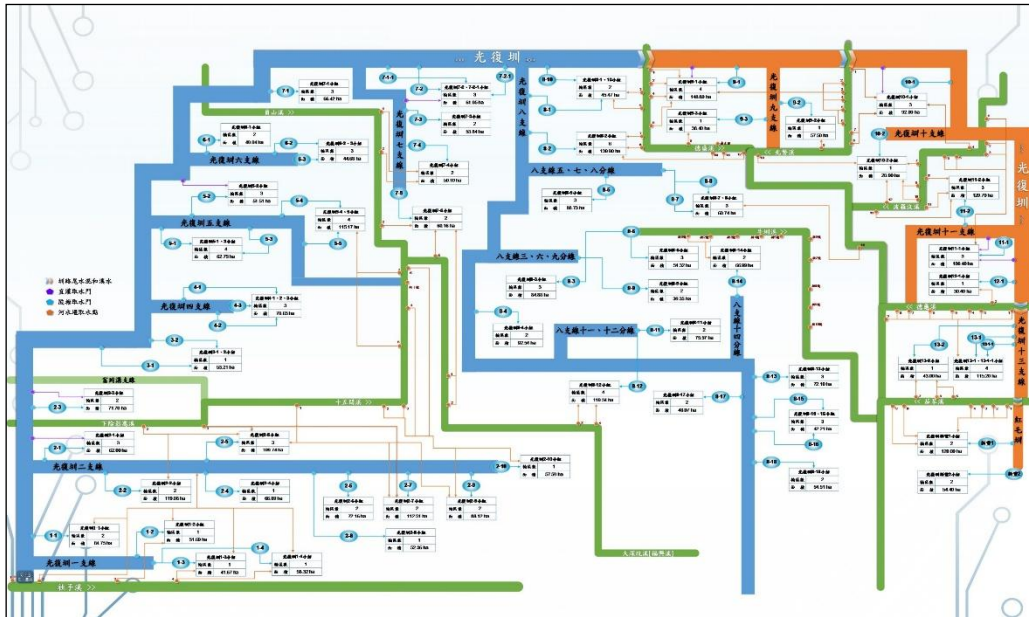


圖 2、光復圳灌溉系統圖

光復圳的主要水源為石門水庫及社子溪河水，係經由桃園大圳輸水至社子溪前，以倒虹吸工穿越社子溪後，於 480 公尺左右設置一集水圓井，匯集桃園大圳尾水及社子溪 1 號河水堰引取之河水，再進入光復圳幹線往下游輸送。光復圳系統共劃分為光復圳第一~第十三支線及紅毛圳等 14 條支線系統，各支線再分設 1~15 個水利小組，共計 53 個水利小組； 2024 年一期作期間，水稻種植面積為 3,337 公頃，佔灌區面積 95%。

模擬示範場域內共有水位測報儀器 82 組，包括渠道水位計 20 組，均有水位流量率定曲線可換算為流量；埤塘水位計 62 組，水位蓄水量能量表可換算為埤塘蓄水量；場域週邊有雨量測站 3 處，其中新屋工作站及湖口工作站雨量計為桃園管理處轄管維護，新屋氣象站則為中央氣象署維管，毗鄰模擬場域的光復圳第 2-9 號池小組。水位計配置如圖 3 所示。

目前所設測站在掌握石門水庫水源之配水量尚稱足夠，惟光復圳集水圓井所匯集之水源尚有社子溪 1 號河水堰所引入之河水，其引入之水量堪比桃園大圳尾水，惟其河水導水路目前尚未設置測報儀器，雖透過光復取入游流量、光復圳 1 支線取水流量及光復圳 1 支線取水後流量推算出河水引入量，其過程即無其他檢核機制，如該河水導水路可設置水位流量測報儀器，將可直接記錄河水引入量，並做為 1 支線取水流量之檢核之用。

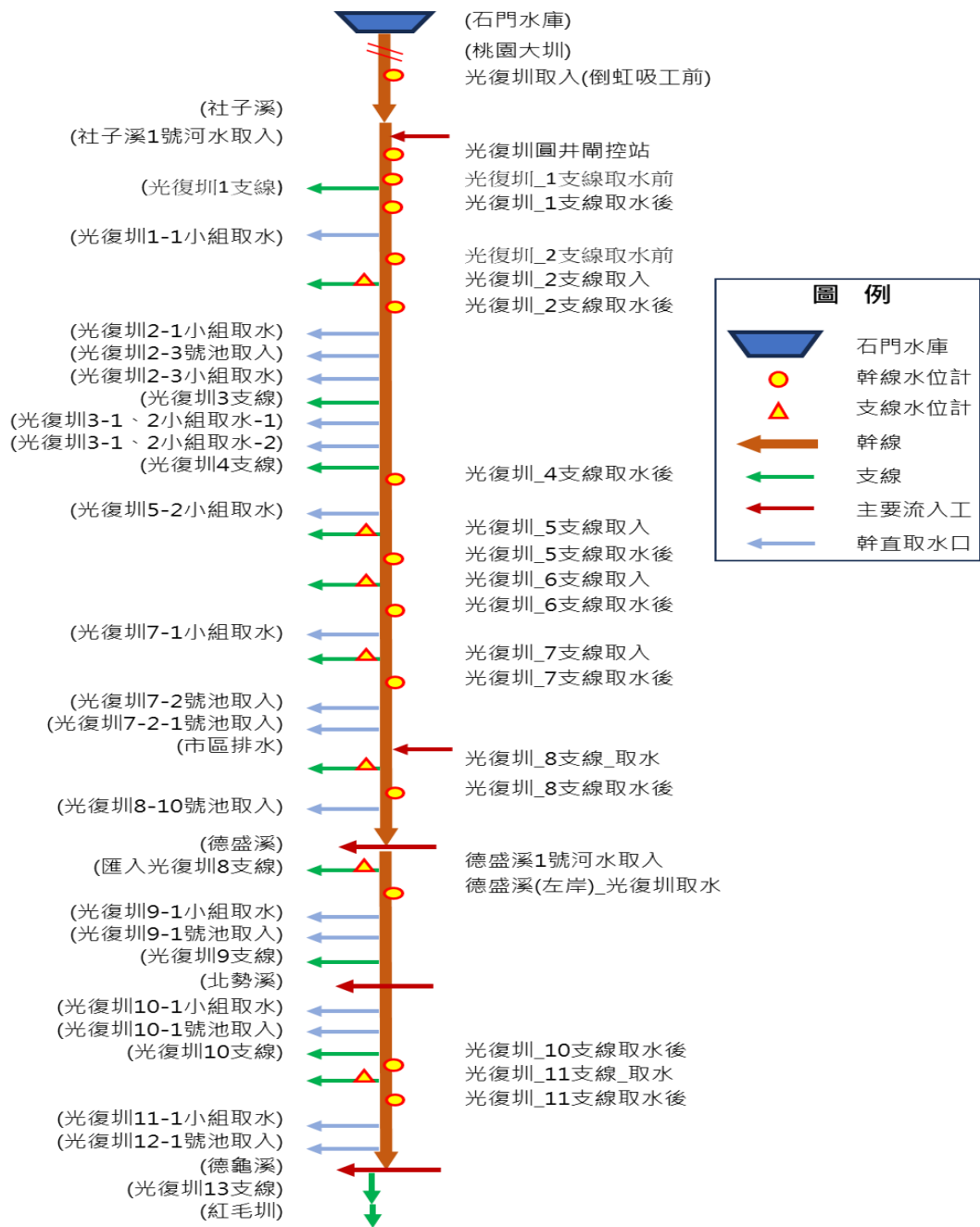


圖 3、光復圳水位計配置圖

二、水文測報資料檢核

(一) 水平衡檢核

以取水端為對照組，蒐整各測站流量資訊，以支線取入口前後測站資料差值與支線流量資料作第 1 次檢核，用以評估儀器之正確性與穩定性，如圖 5 所示。檢核分組取幹線組 1 組及支線水平衡組 4 組，如表 5 所示。

誤差原因概分為 3 類：

(1) 儀器因素：如儀器讀值與現場量測值不符，可能是儀器未歸零、度量衡格式設定錯誤、電力不足、零組件故障等。

(2) 環境因素：環境改變致與原率定時之流況相異，可能是雜草竹木滋生或淤積、垃圾堵塞、或非常規制水取水行為等。

(3) 資料因素：儀器讀值非屬率定曲線適用範圍，多為率定時流量未能大幅度調整致適用範圍不敷使用。

本研究以 2024 年 3 月份月平均資料及 2024 年 3 月 24 日日平均資料分別檢核，發現月平均資料之檢核差異遠大於日平均資料之檢核差異，因逢抗旱作業期間，操作干擾誤差較大且難以釐清與控制，2024 年 6 月份及 9 月份之檢核改以日平均資料為之。

表 1、水平衡檢核分組表

組別	測站	邏輯
1. 幹線組	002、003、004、007、010、012、014	幹線流量連續性
2. 水平衡組一	004、006、007	取水前後之水平衡合理性
3. 水平衡組二	008、009、010	取水前後之水平衡合理性
4. 水平衡組三	010、011、012	取水前後之水平衡合理性
5. 水平衡組四	012、013、014	取水前後之水平衡合理性

代碼 002：光復圳圓井閘控站；003：光復圳 1 支線取水前
 004：光復圳 1 支線取水後；005：光復圳 2 支線取水前
 006：光復圳 2 支線取水；007：光復圳 2 支線取水後
 008：光復圳 4 支線取水後；009：光復圳 5 支線取水
 010：光復圳 5 支線取水後；011：光復圳 6 支線取水
 012：光復圳 6 支線取水後；013：光復圳 7 支線取水
 014：光復圳 7 支線取水後

幹線組係以幹線流量連續性為檢核邏輯，分別以 2024 年 3 月 24 日、6 月 10 日、9 月 10 日平均流量檢核結果如表 2 所示。其中光復圳圓井閘控站水位計為桃管處既有測站，無法取得水位流量率定資料。各站測得水深與現場水尺值誤差在 5.22% 以下，惟流量連續性尚有不合理之處，如圖 6 所示。因水深誤差小，排除儀器因素；環境因素如渠道淤積或雜草滋生造成流況改變；資料因素如率定曲線點位不足等。

表 2、光復圳測站幹線組水平衡檢核

幹線組	時間區段	光復圳圓井閘控站	光復圳 1 支線取水後	光復圳 2 支線取水後	光復圳 5 支線取水後	光復圳 6 支線取水後	光復圳 7 支線取水後
代碼		002	004	007	010	012	014
渠寬			4.00	4.35	4.05	4.92	4.09
流量	3/1~3/20 平均	2.04	2.38	1.69	3.78	0.94	1.62
流量	3/24 平均	0.99	1.72	0.87	1.10	0.41	0.30

水位							
與鄰站 差異		流量偏低	流量偏高		流量偏高		流量偏高
流量	6/10 平均	1.94	2.45	2.5	0.79	0.93	1.21
水位		1.04	0.68	0.9	0.4	0.52	0.25
與鄰站 差異		流量偏低		水位偏高	流量及水 位偏低		
流量	9/10 平均	1.98	2.15	2.41	0.74	0.7	0.58
水位		1.05	0.63	0.61	0.39	0.38	0.18
與鄰站 差異		流量偏低		流量偏高			

流量單位：CMS；水深及渠寬單位：m

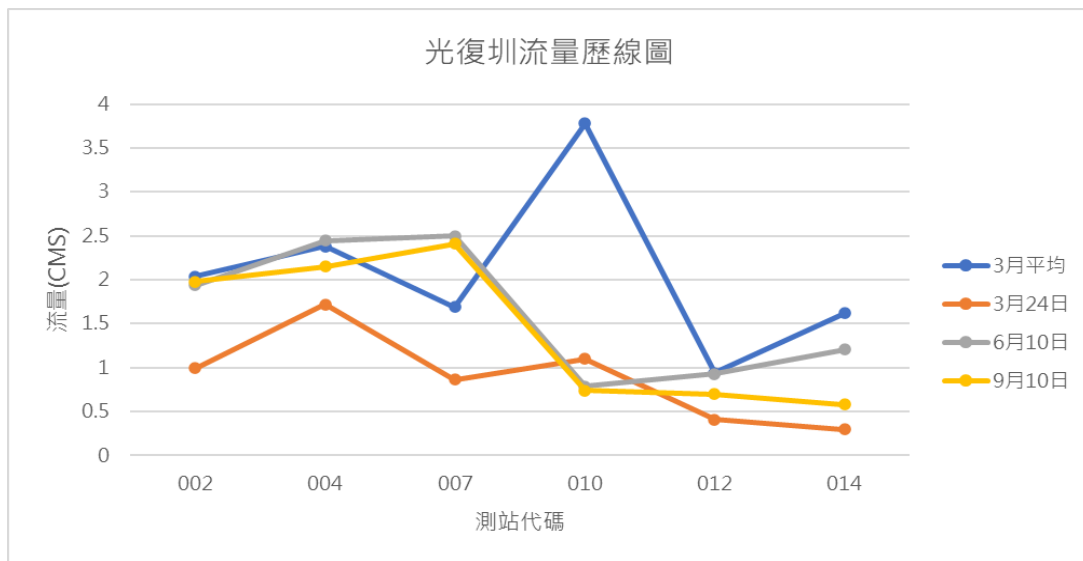


圖 4、光復圳流量歷線圖

水平衡組之檢核分析結果如表 3 所示，各支線取入站水深與現場水尺值誤差，除了 7 支取入達 26.82%，其餘均在 2.5% 以下；2024 年 10 月 9 日再次至 7 支取入測站，清除阻擋儀器之漫生雜草後，測得水深與現場水尺值誤差即降至 0.9%。因水深誤差小，排除儀器因素；環境因素如渠道淤積或雜草滋生造成流況改變；資料因素如率定曲線點位不足或範圍過小，故於 2024 年 10 月 9 日就 2 支取入、5 支取入、6 支取入、7 支取入等測站補測以優化率定曲線。

表 3、光復圳測站水平衡組水平衡檢核

組別	上游端	下游端	差值	對照組	差值與對照組差異	檢核分析	建議
水平衡組一	光復圳 1 支線取水後	光復圳 2 支線取水後		光復圳 2 支線取水			
流量	3/1~3/20 平均	2.38	1.69	0.69	0.43	60%	(1) 2 支取水後水尺 0 點位於崁角上緣, 非渠底 (2) 2 支線取水率定曲線高低水位僅差 4cm
流量	3/24 平均	1.72	0.87	0.85	0.225	279%	

水平衡組二		光復圳 4 支線取水後	光復圳 5 支線取水後		光復圳 5 支線取水			
流量	3/1~3/20 平均	1.32	3.78	-2.46	0.88	380%	(1)5 支取入水位位於率定範圍外 (2)5 支取水後流量偏大	(1)5 支取水後重新率定 (2)調整支線水門以增加高低水位範圍重新率定
流量	3/24 平均	0.57	1.10	-0.53	0.898	159%		
水平衡組三		光復圳 5 支線取水後	光復圳 6 支線取水後		光復圳 6 支線取水			
流量	3/1~3/20 平均	3.78	0.94	2.84	0.1	2740%	(1)6 支取入水位位於率定範圍外	(1)調整支線水門以增加高低水位範圍重新率定
流量	3/24 平均	1.10	0.41	0.69	0.315	119%		
水平衡組四		光復圳 6 支線取水後	光復圳 7 支線取水後		光復圳 7 支線取水			
流量	3/1~3/20 平均	0.94	1.62	-0.68	0.17	500%	(1)7 支取入水位位於率定範圍外 (2)7 支取水後流量偏大	(1)調整支線水門以增加高低水位範圍重新率定 (2)7 支取水後重新率定
流量	3/24 平均	0.41	0.3	0.11	0.313	65%		

流量單位 CMS

(二) 計畫與實際配水量檢核

係評估灌溉計畫與實際配水量之差異，以光復圳第 2、5、6、7 支線為例，依實際種植面積修正支線系統灌溉計畫配水量後，檢核計畫與實際配水量如表 5 所示。其中光復圳第 5 支線因測站附近環境因素誤差過大，本站資料暫不列入分析，其餘 3 測站測得之配水量約為灌溉計畫之 66%。

表 5、計畫與實際配水量檢核計算表

	光復圳二支線	光復圳五支線	光復圳六支線	光復圳七支線
水稻面積	672	207	84	247
其他作物面積	48	5	11	28
水門需水量	849	255	110	319
支線需水量	594	179	77	223
其他水源量	255	77	33	96
IoA 資料筆數	3,642	3,638	3,642	3,560
平均流量	0.314	0.858	0.055	0.373
總輸水量	412	1,124	73	478
修正平均流量	0.314	--	0.055	0.087

修正總輸水量	412	--	73	103
資料分析	尚屬合理	資料誤差過大，經 10/9 現場檢查：1. 水位讀值與現場水尺相符，非儀器因素；2. 測站下游 20 公尺內有農民因取水需求加設制水汙，致水位壅高流速減緩，流況與率定曲線不符，為誤差主因。本站資料暫不使用。	尚屬合理	經 10/9 現場檢查，幹線常水位且取水門全開時，取水路水深約 0.21m，111 年率定曲線高點為 0.27m 應屬合理。檢視一期作期間水位資料有 1130 筆資料大於 0.27m，建議篩選其餘 2430 筆資料之平均流量 0.087CMS 核算一期作總輸水量為 1,029,802 立方公尺。
實際配水比	69%		95%	46%

面積單位：公頃

水量單位：立方公尺

三、智慧灌溉系統建置效益分析指標

智慧配水模式非以節水為主要目標，而係適時滿足作物生長之用水需求，並優先利用降雨供作物生長所需，不足時再以人為灌溉補充。預期效益指標為即時掌握即時水情以提昇水資源利用率、提昇閘門巡檢操作之時間效率、減少巡檢操作之野外作業風險。

(1) 水情資訊掌握度：

為可監測水量占灌溉需水量比值，其中灌溉需水量另依實際耕種面積核算。其中灌溉需水量另依實際耕種面積核算。以光復圳第 2、6、7 支線為例，可監測之水量種類為支線輸水、埤塘蓄水量、降雨量等，核算水情資訊掌握度為 71.2%，如表 6 所示。

$$R_{obs} = \frac{V_{obs}}{V_{irri}}$$

式中 R_{obs} ：水情資訊掌握度

V_{irri} ：灌溉需水量

V_{obs} ：經監測儀器之實際灌溉水量。

表 6、水情資訊掌握度計算表

	光復圳二支線	光復圳六支線	光復圳七支線	2、6、7 支線小計
水利小組數	10	2	5	17
灌溉面積	720	95	275	1,090
水稻面積	672	84	247	1,003
其他作物面積	48	11	28	87
水稻比	93.40%	88.00%	89.80%	89.8%
埤塘數	10	3	7	20
有效容量	201.5	17.9	57.8	277
期初(3/1)蓄水量	197.5	17.2	54.9	270
期末(7/15)蓄水量	131.0	13.8	39.3	184
蓄水量差值	66.5	3.4	15.6	86
田間需水量	797	102	298	1,197
有效雨量	158	20	59	237
灌溉需水量	639	82	239	960
輸水損失	210	28	80	318
水門需水量	849	110	319	1,278
支線需水量	594	77	223	894
其他水源量	255	33	96	383
支線實際輸水量	412	73	103	588
Virri	849	110	319	1,278
Vobs-1(支線)	412	73	103	588
Vobs-2(埤塘)	66.5	3.4	15.6	86
Vobs-3(降雨)	158	20	59	237
Vobs	636.5	96.4	177.6	911
Robs	75.0%	87.6%	55.7%	71.2%

面積單位：公頃、水量單位：萬立方公尺

(2) 閘門巡檢操作時效提昇度

巡檢人員及對象分別為區段管理員對支線、掌水人員對分線及主給、小組長對小組。湖口工作站設管理管理員 7 名，平均轄管 8 個水利小組、支線管理員 1 名、掌水人員 4 名，平均轄管 4 條支線。以光復圳 2、6、7 支線為例，每日所需操作巡檢時間約 16.08 人時，設置測報儀器後，管理人員可先於電腦系統確認水情狀況後，必要時再進行現場巡檢操作，作業時間約減少至 11.24 人時，時間效率提昇 30.1%，如表 7 所示。

表 7、閘門巡檢操作時效提昇度計算表

	光復圳二支線	光復圳六支線	光復圳七支線	2、6、7支線小計
水利小組數	10	2	5	17
埤塘數	10	3	5	18
管區管理員	1.25	0.25	0.63	2.13
支線管理員				1
掌水人員	0.25	0.25	0.25	0.75
小組長	10	2	5	17
渠道長度	6.2	1.9	3.1	11.2
埤塘取水門	10	3	5	18
管區管理員原巡視埤塘時間(0.4hr/口日)	4.00	1.20	2.00	7.20
支線管理員原巡視支線時間(0.15hr/km 日)	0.93	0.29	0.47	1.68
掌水人員原操作埤塘取水門時間(0.2hr/口日)	2.00	0.60	1.00	3.60
小組長原巡視埤塘時間(0.2hr/口日)	2.00	0.60	1.00	3.60
管區管理員改善巡視埤塘時間(0.2hr/口日)	2.00	0.60	1.00	3.60
支線管理員改善巡視支線時間(0.12hr/km 日)	0.74	0.23	0.37	1.34
掌水人員改善操作埤塘取水門時間(0.2hr/口日)	2.00	0.60	1.00	3.60
小組長改善巡視埤塘時間(0.15hr/口日)	1.50	0.45	0.75	2.70
原巡檢所需時間	8.93	2.69	4.47	16.08
改善巡檢所需時間	6.24	1.88	3.12	11.24
時效提昇度	30.1%	30.1%	30.1%	30.1%

面積單位：公頃、長度單位：公里、時間單位：小時

(3) 水資源利用率提昇度

水情測報系統有助支線管理員即時依據田間實際需求及時操作支線取水門，減少輸水浪費。支線管理員每日巡檢操作時間減少約 0.34 小時，以 0.456CMS 核算一期作約 7.6 萬立方公尺，提昇水資源利用率約 0.85% ($7.6/894=0.85\%$)。

(4) 野外作業風險降低

由於水利小組長、掌水工等作業人員之年齡均大，水情巡查與水門操作存在許多安全風險，水情測報系統有助於減少野外作業風險，尤其在颱風豪雨期間，相關人員基於責任心多希於現場確認水利設施安全狀況，目前則可透過系統及攝影機掌握現場狀況，大大降低野外作業風險。

四、結論與建議

1. 水平衡檢核係為評估儀器測值之正確性與穩定性，誤差原因概分為 3 類：(1) 儀器因素：可能是水尺零點有誤、儀器未歸零、度量衡格式設定錯誤、電力不足、零組件故障等；(2) 環境因素：可能是雜草竹木滋生或淤積、垃圾堵塞、降雨逕流、不明側流入或非常規制水取水行為等；(3) 資料因素：多為率定時流量未能大幅度調整致適用範圍不敷使用。
2. 計畫與實際配水量檢核係以灌溉計畫幹支線配水量與儀器量測之幹支線流量作比較，以評析其差異。主要影響因子為計畫灌溉面積、實際灌溉面積、輸配水損失、有效雨量等。以光復圳第 2、6、7 支線為例，測得之配水量約為灌溉計畫之 66%。
3. 在效益評估方面，光復圳第 2、6、7 支線水情資訊掌握度為 71.2%。閘門巡檢操作時效提昇度約 30.1%。水資源利用率提昇度約 0.85%。
4. 本研究建議以水情資訊掌握度、閘門巡檢操作時效提昇度、水資源利用率提昇度、及野外作業風險降低等 4 項因子作為建置效益評估指標。
5. 綜觀計畫與實際配水量檢核，實際配水量均小於計畫需水量，顯示桃園管理處在用水調度上並未浪費，其原因可能是北區水資源分署在水源分配時即採減量供水、本區為桃園大圳灌溉系統末端，管理人員或農民在用水習慣上較為保守謹慎、埤塘蓄豐濟枯，田間損失較小等，建議再蒐集長期資訊分析之。

參考文獻

1. 嘉南灌區農業智慧節水設備建置前置規劃作業計畫 112 年，行政院農業委員會農田水利署桃園管理處。
2. 112 年度「桃園大圳水路及埤塘水文監測建置委託設計監造技術服務計畫案」112 年，行政院農業委員會農田水利署嘉南管理處。
3. 智慧化之大尺度灌溉示範場域建置及農業水資源物聯網 2.0 建構計畫，112 年，行政院農業委員會農田水利署。
4. 111 年度智慧灌溉：智慧化之大尺度灌溉示範場域建置計畫，111 年，行政院農業委員會農田水利署。
5. 111 年度示範場域之農業水資源物聯網 2.0 建構計畫，111 年，行政院農業委員會農田水利署。
6. 桃園市智慧多元節水防災抗旱調適技術之評估委託專業服務，110 年，桃園市政府水務局。
7. 109 年度宜蘭縣智慧地下水管理推動計畫，109 年，宜蘭縣政府。

8. 109 年桃園市智慧節水技術研發建置與有效雨量應用計畫，109 年，桃園市政府水務局。
9. 多元水源智慧調控-4.創新服務及應用推廣，109 年，經濟部水利署水利規劃試驗所。
10. 北港溪、朴子溪、八掌溪及急水河流域智慧河川建置計畫第二期，109 年，經濟部水利署第五河川局。
11. 精進灌溉節水管理技術-以嘉南灌區為例，106 年，經濟部水利署南區水資源局。
12. 物聯網生態圈手冊(LPWAN SIG)，第二版，107 年，台灣物聯網雲端產業協會。
13. 農業物聯網發展計畫 (核定本)，審議編號：110110-2101-09-20-01，行政院農業委員會。
14. 自動測報 3.0 Web Service 使用手冊，V1.2 Draft，行政院農業委員會。
15. 109 年度「農田水利灌溉管理資訊整合應用與推廣計畫」，期中報告，109 年行政院農業委員會。
16. 探索式數據解析法，育友，台北市，陳耀茂(1996)。
17. 前瞻基礎建設計畫—水環境建設，建置水資源智慧管理及創新節技術計畫(核定本)，109 年，經濟部。
18. 水資源物聯網 Web Services 使用手冊，文件版本：107-11-8，107 年，經濟部水利署。
19. 水資源物聯網作業規範參考典範指引，文件版本：Draft v1.1，107 年，經濟部水利署。
20. 水資源物聯網感測基礎雲端作業平台操作手冊。，108 年，經濟部水利署
21. 生活用水設備之用水型態分析與應用(1/2)，執行單位：恆知科技有限公司，108 年，經濟部水利署。
22. 桃園市智慧節水管理系統研發與水資源多元應用計畫，108 年，經濟部水利署。
23. 生活用水設備之用水型態分析與應用(2/2)，執行單位：恆知科技有限公司，109 年，經濟部水利署。
24. 水資源物聯網 Web API 使用手冊 V3.0，110 年，經濟部水利署。
25. 機關學校用水管理系統規劃，執行單位：恆知科技有限公司，110 年，經濟部水利署。
26. 智慧水管理整體建構規劃，執行單位：國立台灣大學，108 年，經濟部水利署水利規劃試驗所。
27. 精進灌溉節水管理技術-以嘉南灌區為例，成果報告書，執行單位：中華電信股份有限公司臺灣南區電信分公司，106 年，經濟部水利署南區資源局。

28. 以智慧科技邁向臺灣農業 4.0 時代，農政與農情，第 289 期，楊智凱、施瑩艷、楊舒涵(2016)，。
29. 農業物聯網移動管理系統開發核心技術，中國農業出版社，萬春旭(2021)。
30. 超端智慧型高畫質視訊監控系統應用，二版，深石數位，台北市，潘國輝(2020)。
31. Web API 建構與設計，作者：Amir Shevat, Brenda Jin & Saurabh Sahni，碁峰資訊，台北市，賴屹民/譯(2019a)。
32. 持續 API 管理：在不斷演變的生態系統中做出正確決策，作者：Mehdi Medjaoui, Erik Wilde, Ronnie Mitra & Mike Amundsen，碁峰資訊，台北市，賴屹民/譯(2019b)。
33. API 安全技術與實戰，機械工業出版社，錢君生、楊明、韋巍(2021)。
34. Sustainable Agriculture Reviews 28: Ecology for Agriculture, Springer International Publishing AG, Part of Springer Nature, Gaba, S., B. Smith and E.Lichtfouse /Editors (2018)..
35. IoT and Analytics for Agriculture, Springer Nature Singapore Pte Ltd, Pattnaik, P. K., R. Kumar, S. Pal and S. N. Panda /Editors (2020).