

應用現代化技術強化灌溉調蓄韌性-以太平渠為例

Application of Modern Technology to Strengthen Irrigation Storage Resilience -Taking Taipingqu Canal as an Example

財團法人農業工程研究中心				農業部農田水利署花蓮管理處
工程組				工務組
副研究員	助理研究員	副技師	助理技師	組長
劉日順	王派泓	柯芳蘭	鍾懿	鍾毅龍
J.S. Liu	P.H. Wang	F.L. Ko	Yi Chung	I-Lung Chung

摘 要

位於臺灣花東縱谷的太平渠灌溉系統為花蓮縣玉里鎮地區輸送灌溉水源的主要幹線之一，其興設於 1948 年，迄今已逾 75 年，在地農民對該圳有相當深厚的情感及仰賴，經農田水利署花蓮管理處及其前身水利單位持續維護興設，灌溉面積亦從昔日 463 公頃增至今日 1,564 公頃，是讓花蓮玉里地區成為全國一大米倉的最大功臣。然因歲月更迭、設施老舊損毀、通水瓶頸、滲漏情況與日俱增，加上農民用水耕種習慣改變，致使其下游灌溉區域—春日、德武地區用水不足。為能使當地區域農民有充足之水源用以灌溉農田，在現有且有限的水資源立地條件下，應謀求更具灌溉韌性的措施，規劃改善沿線水利建造物及強化調蓄設施，方能更進一步提升太平渠之灌溉效能，提供穩定的灌溉服務，讓農民安心耕作。

本研究針對太平渠現有農田水利設施進行現勘調查，逐步紀錄損壞之水利建造物進行評估改善，為強化供水韌性，建議規劃施設調蓄池 2 處，分別位於太平渠過尋腰溪前以及過呂範溪前之上游端，調蓄水量共可達 48,500 噸，依土地區域進行詳細調查並提出規劃方案，使該調蓄池可在太平渠有餘裕時進行蓄水，使該區域下游灌溉用水不足時，能獲得抗旱所需的水源。建議可利用花蓮充足的日照，於池面設置光電板，發電後利用地形進行抽蓄，相關規劃佈置之光電板發電量可達 1.091MW，在強化灌溉供水韌性之同時，亦有助於提升花蓮管理處達成綠能推動目標。

關鍵詞:現代化、灌溉韌性、太平渠

Abstract

The Taipingqu Canal Irrigation System located in the East Longitudinal Valley of Taiwan, is one of the main canal for delivering irrigation water to the Yuli Town area of Hualien County.

It was built in 1948 and has been here for more than 75 years. Local farmers have a deep affection for the canal. Thanks to the continuous maintenance and construction by the Hualien Management Office of the Farmland and Water Conservancy Department and its predecessor water conservancy unit, the irrigation area has increased from 463 hectares in the past to 1,564 hectares today, which is the biggest contributor to making Hualien Yuli area as one of the largest rice warehouses in the country. However, due to the passage of time, old and damaged facilities, increasing water supply bottlenecks and leakage, as well as changes in farmers' water-use farming habits, the downstream irrigation areas - Kasuga and Dewu areas - have insufficient water condition. To ensure that farmers in the local area have sufficient water sources to irrigate their farmland, under the existing and limited water resources conditions, more irrigation resilience measures should be sought, plans should be made to improve water conservancy structures along the canal and strengthen regulation and storage facilities. It further improves the irrigation efficiency of the Taipingqu Canal and provides stable irrigation services, allowing farmers to cultivate with peace of mind.

This study conducts an on-site survey of the existing farmland water conservancy facilities in the Taipingqu Canal, and gradually records the damaged infrastructures for evaluation and improvement. To strengthen the resilience of water supply, it is recommended to plan and build two storage ponds, one located in front of the Xun Yao River where the Taipingqu Canal passes, as well as the other located in the upstream end before crossing Lufan River, the total water storage capacity can reach 48,500 tons. The ponds can store water when there is extra water from Taiping Canal, then the downstream irrigation water in the area can be rescued from drought. It is also recommended to take advantage of Hualien's abundant sunshine and install photovoltaic panels on the pond surface. After generating electricity, the terrain can be used for pumping and storage. The photovoltaic panels arranged can generate electricity up to 1.091MW. This will not only strengthen the resilience of irrigation water supply, but also help to achieved the green energy promotion goals of Hualien Management Office.

Keywords: Modernization, Irrigation Resilience, Taipingqu Canal.

壹、前言

花蓮管理處事業區域地理位置東臨太平洋，西鄰中央山脈，由於季風和太平洋氣旋影響且易於遭受颱風災害直接侵襲等因素，冬季的花蓮並不缺乏降水，夏季經常可見午後雷陣雨和暴雨，即使年雨量約 2,000mm，看似相當充足，但受氣候變遷影響，降雨的時間、空間分佈不均，亦經常使花蓮管理處事業區域內各工作站，必須同時辦理防澇及抗旱作業。花蓮管理處灌溉面積，於 110 年統計以兩期稻作田 15,178.41 公頃及早作田 385 公頃，合計 15,563.41 公頃，主要分布於寬度僅有 3 到 9 公里的花東縱谷

平原，區域狹長、耕地零散，用水管理調節相當仰賴人力，加上近年來極端氣候影響，降水條件不穩亦不均，每每讓管理人員面臨左手防澇、右手抗旱之困境。

而屬於玉里地區主要灌溉系統的太平渠，其幹線長達 22.8 公里，管理本即不易，渠道設施興建年代久遠，部份滲漏之處所增加了輸水損失，加上近年因氣候變遷導致灌溉管理因應極端天氣而更加困難，相關渠道設施有阻礙輸水能量及發生滲漏之渠段有更進一步調查評估水源擴充所需抽水設施等需求，亦需整合搭配抽蓄設施進行規劃設計，如何應用現代化技術強化灌溉調蓄韌性，以增加適應氣候變遷的能力，成為用水管理部門的重要課題。

貳、輸水損失調查

2-1 過溪設施滲漏檢核

太平渠導水路於經石公溪後，以過沉砂池之取水門後為幹線起點，迄至德武地區瑞穗大橋前，全長共 22.8 公里，為了解並規劃改善太平渠滲漏渠段，本研究現勘太平渠沿線過溪渠段或過排水渠段，評估可能發生滲漏之處，並擬定流量率定計畫，進行流量檢核，總計太平渠自過沉砂池後開始至苓仔溪間等 7 個過溪渠段，共計 14 處進行率定作業點位，藉以確認太平渠之相關滲漏渠段位置，俾利改善作業規劃相關過溪渠段之現況，茲以春日排水段為例，以照片說明如圖 1 所示。



資料來源：本研究拍攝。

圖1 太平渠過溪渠段現況照片(以過春日排水為例)

2-2 流量檢核結果

太平渠大多數過溪設施為箱涵及倒虹吸工，較難以現勘形式肉眼判定設施是否損

毀滲漏，因此本研究評估於太平渠過溪設施之上游端及下游端進行流量率定並求其差值，若相差極小，代表此過溪箱涵並無滲漏之虞，反之此過溪設施則需進行修繕。於進行渠道斷面流量測定時，必須測出水流的通水斷面積 A 值與水流的平均流速 V 值，利用浮標、流速儀、測速槍等儀器，搭配斷面測量為目前普遍使用之流量觀測方式。一般流量觀測，必須同時進行水平距離、水深及流速施測等項目，觀測地點皆以該渠鄰近過溪設施之版橋為佳，其作業可示意如圖 2 所示。

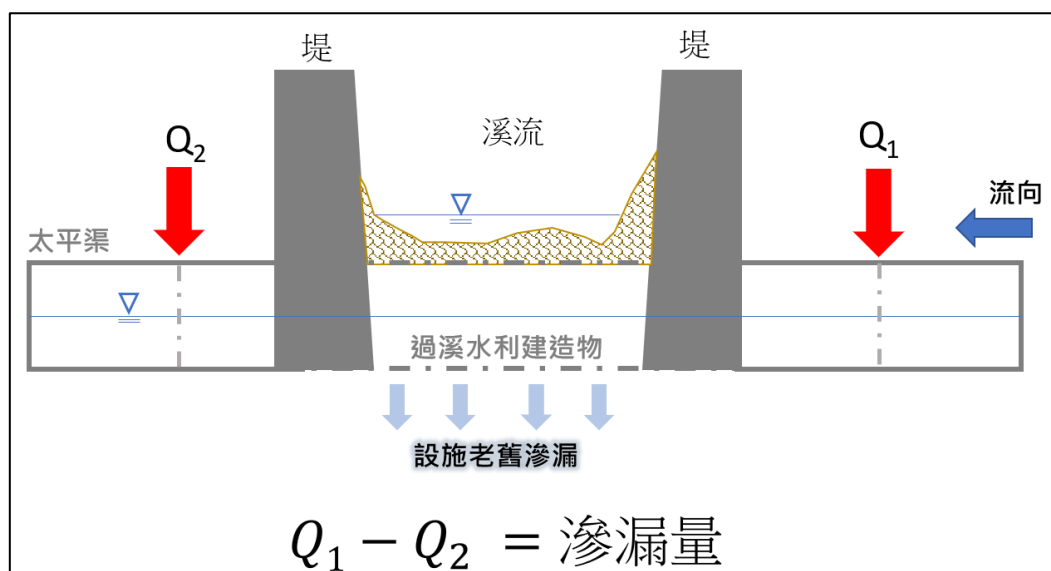


圖2 太平渠過溪設施流量檢核示意圖

本研究於太平渠流量測定應用連續方程式推估，以通水斷面及流速測量結果來估算流量，計算方法之步驟簡述如下：

一般可依渠道寬度不同將全斷面分為若干垂直子斷面，量測每一部份的斷面積 a_i (m²)及平均流速 v_i (m/sec)，計算出垂直子斷面的流量，將子斷面之流量累加即為渠道流量，計算如式(1)所示：

$$Q = a_1 v_1 + a_2 v_2 + \cdots + a_n v_n = \sum a v \quad (1)$$

式中： Q 為渠道流量、 a_n 為子斷面積、 v_n 為子斷面流速。

依據美國地質調查所(USGS)「河道測站量水手冊」採用中斷面法計算河道斷面流量，故本研究亦採用中斷面法計算流量(如圖 3 所示)，各子斷面視為矩形，平均流速 v_i 可由現場測定後，根據其結果計算各部分流量之總和，以獲得流量數據，可表示如式(2)：

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n v_i \cdot b_i \cdot d_i \quad (2)$$

式中： q_i 為子斷面流量、 d_i 為子斷面水深、 b_i 為子斷面寬度。各流量檢測點之相對位置分佈，詳如圖 4 所示。

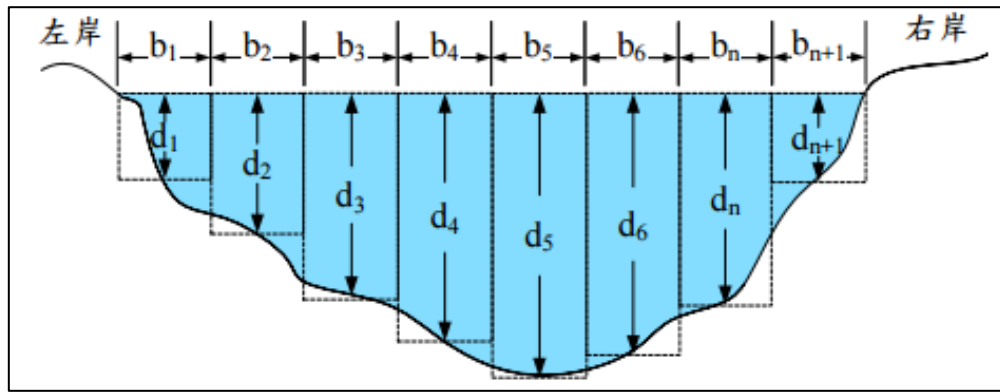


圖3 流量計算方式(中斷面法)

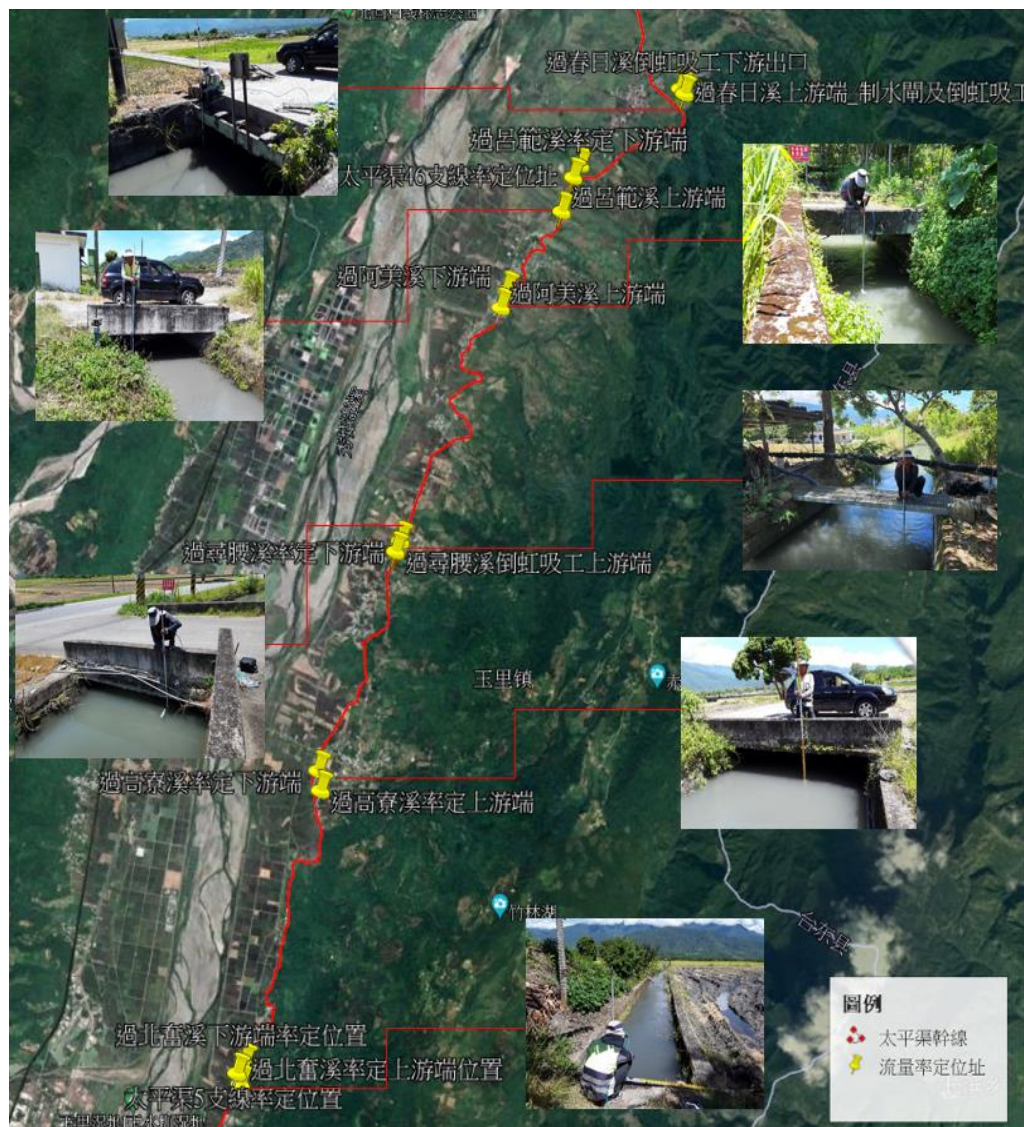


圖4 太平渠 14 處流量率定點位相對位置圖

各渠段過溪設施流量率定成果如表 1，其流量差異分析彙整如表 2，顯示過北奮溪之滲漏量為 0.321cms，而過阿美溪之滲漏量為 0.377cms，略大於其可能的量測誤差 0.06cms(以率定精度 5%計算)，推估其可能原因為進入倒虹吸工入口前大量雜物堆積，

阻塞斷面，亦有可能為渠道結構物使用較久，有損壞造成滲漏量增加所致。其他過溪水利建造物無明顯流量減少之情形，其中，過高寮溪渠段之箱涵，雖有裸露於河床之狀況，然其流量並未減少，推估過溪箱涵設施並未損壞，建議可針對過北奮溪及阿美溪等 2 處渠段之倒虹吸工進行修繕維護，以減少滲漏損失。

表 1 過溪渠段流量率定成果總表

序號	測站(地點)	渠道淨寬	渠道淨高	平均流速	通水斷面積	平均水深	實測流量
		m	m	m/s	m ²	m/s	m ³ /s
1	過北奮溪上游端	2.4	2.15	1.396	2.263	0.943	3.16
2	太平渠 5 支線	1.75	0.53	0.483	0.532	0.313	0.257
3	過北奮溪下游端	2.7	1.5	0.781	3.305	1.224	2.582
4	過高寮溪上游端	4.3	1.65	0.589	3.673	0.854	2.163
5	過高寮溪下游端	3.2	1.6	0.725	3.107	0.971	2.254
6	過尋腰溪上游端	2.1	1.75	0.615	3.099	1.476	1.907
7	過尋腰溪下游端	2.4	1.58	0.52	3.434	1.431	1.785
8	過阿美溪上游端	2.1	1.5	0.919	1.629	0.776	1.497
9	過阿美溪下游端	2.1	1.6	0.736	1.522	0.725	1.12
10	過呂範溪上游端	2.1	1.6	0.504	2.696	1.284	1.359
11	過呂範溪率定下游端	3	2	0.508	2.762	0.921	1.402
14	太平渠 46 支線	0.6	0.6	0.154	0.013	0.022	0.002
12	過春日溪上游端	2.8	2.4	0.334	3.238	1.156	1.082
13	過春日溪下游端	3	1.7	0.452	2.393	0.798	1.081

表 2 過溪渠段設施滲漏分析

過溪區域 \ 流量(cms)	上游端 [A]	下游端 [B]	支線 [C]	滲漏量 [D]=[A]-[B]-[C]
北奮溪	3.16	2.582	0.257	0.321
高寮溪	2.163	2.254	-	-0.091
尋腰溪	1.907	1.785	-	0.122
阿美溪	1.497	1.12	-	0.377
呂範溪	1.359	1.402	0.002	-0.045
春日溪	1.082	1.081	-	0.001

參、水源擴充評估

1.地下水井補充水源位址評估

由於太平渠灌區較易缺水區域為屬於春日及德武等地區，可增加太平渠幹線水源之位址調查合適作為地下抽水井之位址、地段、地號及鄰近幹支線分佈，由水文整合資訊網所示鄰近 193 縣道旁瑞穗站地下水觀測井於 2022 年地下水位資料(如圖 5)可得知，地下水位平均為 86m 左右，由春日地區鄰近之地下水觀測井-民北(1)站歷年之地下水位得知(如圖 6)，過去 20 年，其地下水位皆在 83.5m 左右。由中央地質調查所對該區域之區域地質圖可得知，該區皆為沖積層，並且周遭皆有工業鑿井(如圖 7)，且自「花東鐵路瑞穗站(含)至富里站(不含)間鐵路電器化新建工程第二標地質鑽探」，顯示鄰近地質鑽探資料含水層為地下 36M，代表具備地下水資源可供利用。因此，本研究建議可作為太平渠幹線補充水源的抽水站施設處所，約達 8 處，上述地段 6 處屬於公有地、2 處私有廢耕地，茲以如圖 8 所示春日段之位置，取其鄰近幹線能夠減少將水補充至太平渠所需之管線耗材及水頭損失，更能避免運輸灌溉用水時產生不必要的損耗如管線破損、滲漏等。

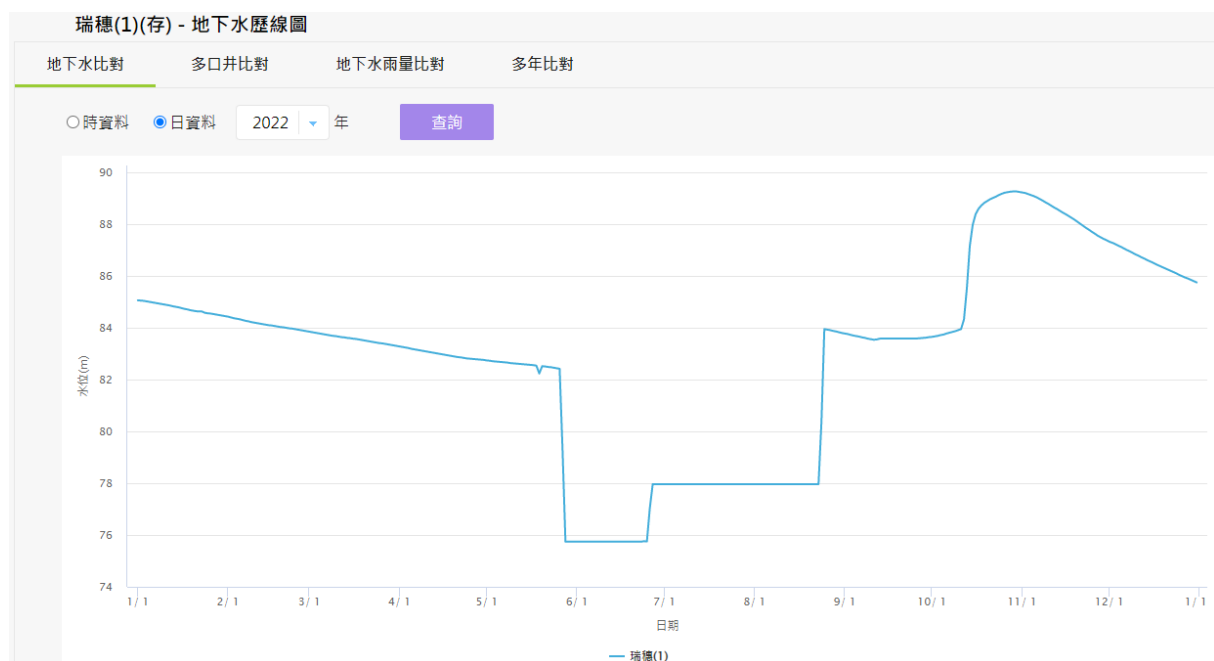


圖 5 地下水觀測井瑞穗站 2022 年地下水位變化圖



圖 6 地下水觀測井民北(1)站 2017~2021 年地下水位變化圖

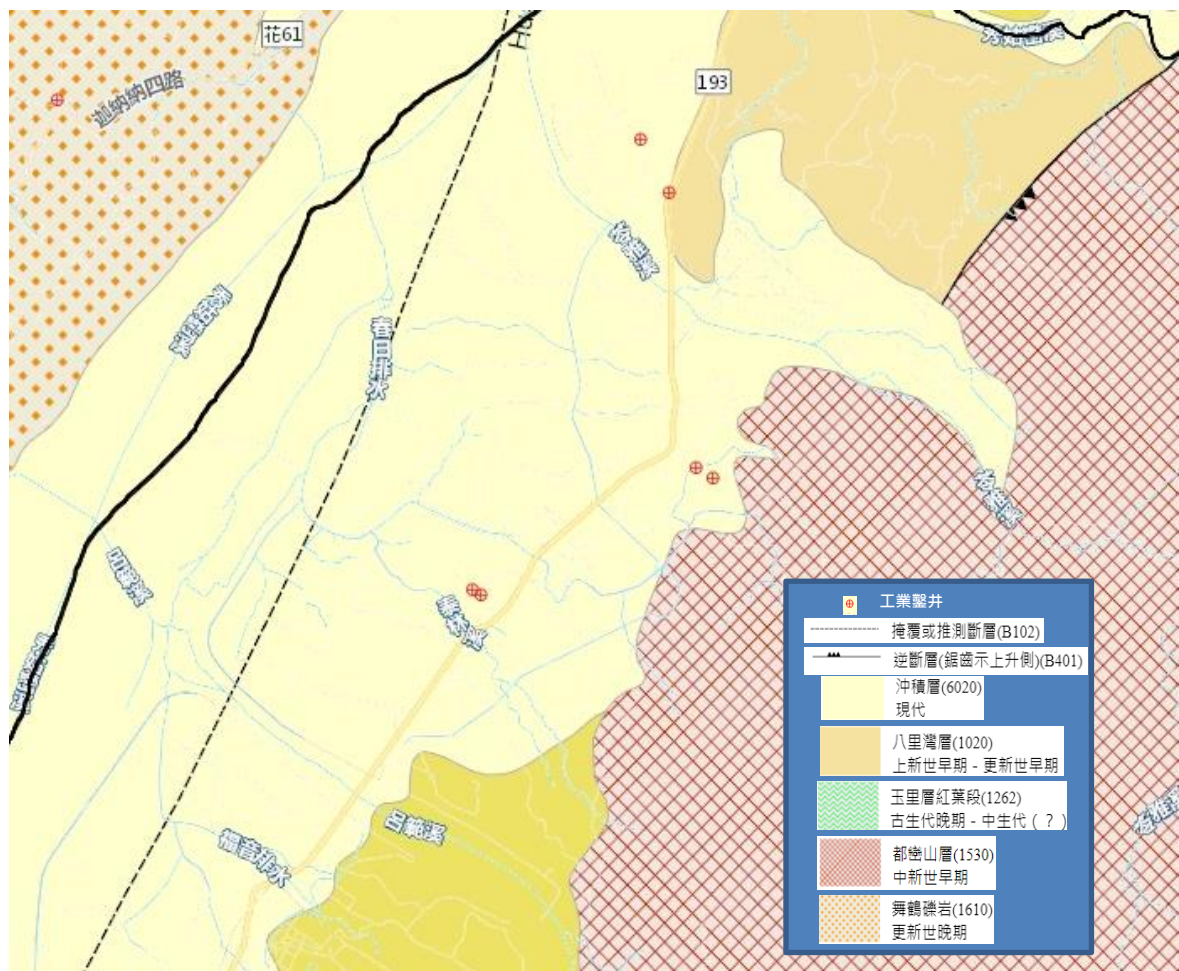


圖 7 春日地區區域地質圖及工業鑿井點位



圖 8 春日地區抽水井位置示意圖

2.調蓄池佈設結合光電綠能概念

本研究至太平渠過尋腰溪及呂範溪上游進行空拍，建議可於其公有土地範圍甚至可收購鄰近私有土地增加作為調蓄池之空間，其與太平渠之現況相對位置如圖 9、圖 10 所示，建議可以太平渠過尋腰溪及呂範溪前之上游端公有土地部份，興建調蓄水池及設置相關水門調控與安全設施等相關水利建造物，藉以達成調蓄空間及增加用水韌性。

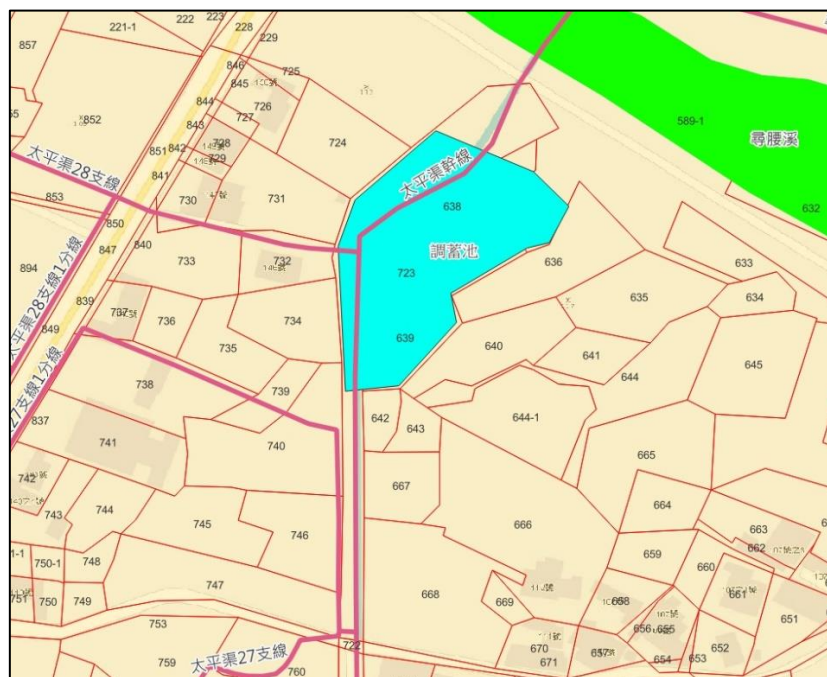


圖 9 太平渠過尋腰溪舊田段調蓄池示意圖

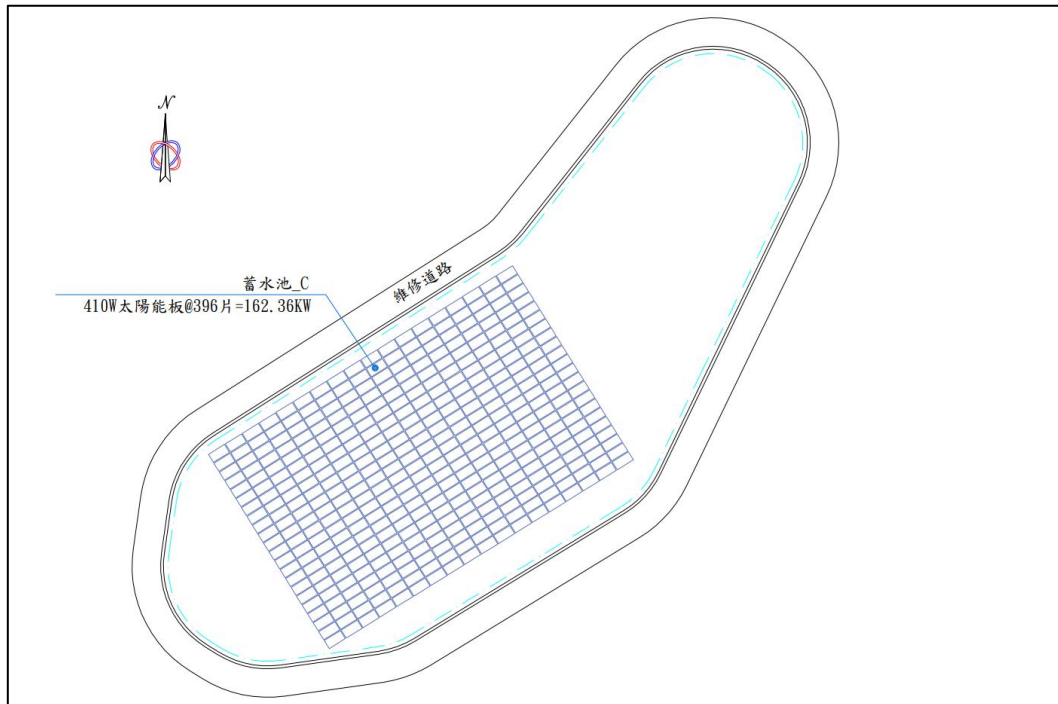


圖 10 太平渠過尋腰溪舊田段調蓄池結合光電規劃圖

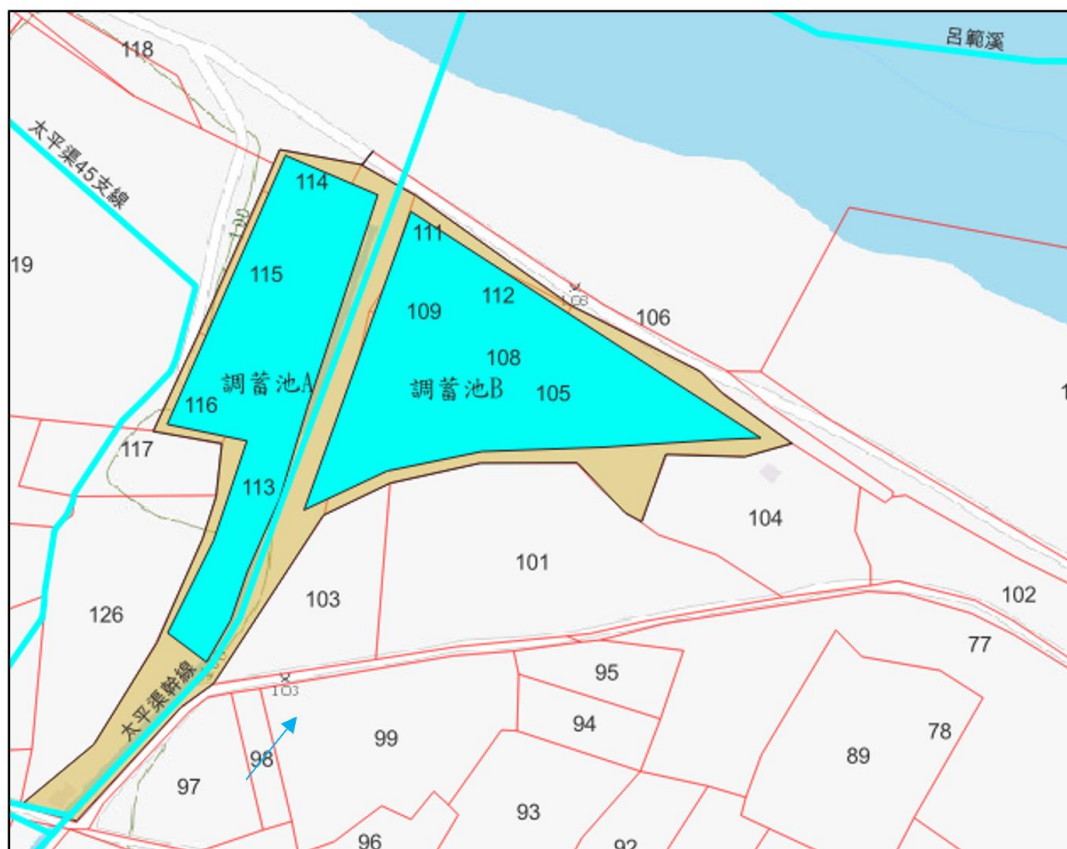


圖 10 太平渠過呂範溪上游調蓄池 A、B 示意圖

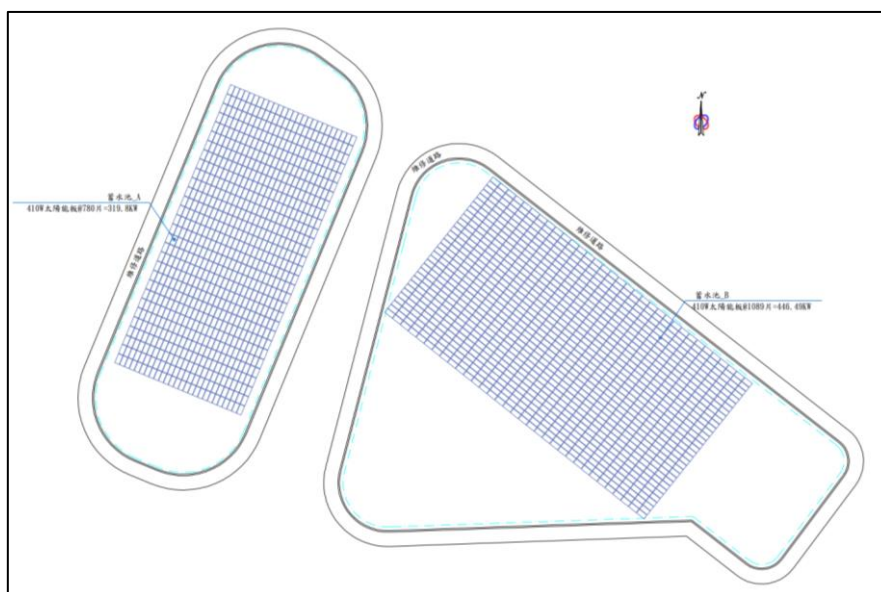


圖 11 太平渠過呂範溪上游調蓄池結合光電規劃圖

為因應太平渠過呂範溪前上游端，位於幹線左右兩側調蓄池 A、B 之高程落差問題，本研究建議可響應政府推動綠能發展政策，於兩池上方以佈設光電板進行發電的方式，滿足抽蓄所需動能，並得以增加花蓮管理處綠能佈設面積及增加目標發電量。經本研究估算，調蓄池 A 蓄水量約為 11,696 噸，調蓄池 B 蓄水量約為 30,072 噸(合計 41,768 噸)，以自調蓄池 A 抽蓄至調蓄池 B，兩池間所需高程落差(6m)，以及兩池相距粗估 10m 之輸水損失估算，經由如下公式(3)~(5)之計算，可採用 15HP 馬力抽水機，以上述二池可發電量約 929KW，約可滿足 6 部以上抽水機同時運轉所需電能，其一日可達 12,960 噸之補注量(如表 3)，並以一日當中僅 8 小時有日照的條件下計算，約需 7 日可使調蓄池 B 自空庫狀態蓄水至滿水位。

$$\text{馬力(HP)} = \text{kW} / 0.746 \quad (3)$$

$$\text{水動力(WHP)} = 0.163 \times H \times Q (\text{kW}) \quad (4)$$

$$\text{軸馬力(BHP)} = \text{水馬力 WHP} / \text{效率}(\%) \quad (5)$$

其中，H:揚程(m)、Q:水量(m³/min)

表 3 太平渠過呂範溪前調蓄池 A、B 發電量及抽蓄日補注量計算表

池號	太陽能板面積 (m ²)	架設數量 (片)	日最大發電量 (KWp)	日發電比	度電 (kWh)	MWh	發電量/耗 電量 ^(註 1)	抽水流量 (cms) ^(註 2)	日補注 量(噸)
調蓄池 A	1,560	946	387.86	0.4	155.14	0.155	2.729	0.150	12,960
調蓄池 B	2,178	1,320	541.20	0.4	216.48	0.216	3.808		
註1:採用15HP, ψ150mm 抽水機,日耗電量0.0568MWh,可施設抽水量0.025cm 抽水機6組									
註2:抽水流量=0.025cms*6組=0.150cms									

肆、結語

1. 太平渠過過尋腰溪舊田段及呂範溪2處調蓄池設計規劃以抽水機組將水源抽至調蓄池內，待水源匱乏時期，可將調蓄池內水源補充至太平渠幹線，以舒緩下游春日等地區用水不足問題。
2. 相關調蓄池亦可用於補充用水需求擴大之整田供灌時期所需用水量，調蓄池蓄水量共可達約 48,500m³，而太平渠過呂範溪上游調蓄池利用太陽能板的發電量共有 929KW，可供調蓄池抽水機組使用，並可將多餘電力回饋給附近居民或台電，提升管理處綠能推動目標值。
3. 太平渠過尋腰溪舊田段調蓄池雖受限於現場環境以及公有土地面積較少，蓄水量雖不如太平渠過呂範溪調蓄池龐大，但也可供平時灌溉水源使用，且太陽能板發電量也可達 162 KW，使調蓄池抽水機組用電使用無虞，故仍建議於後續計畫加以推動建設。
4. 本研究完成春日地區及松浦地區太平渠幹線8處適作為地下抽水井，增加水源之位址調查及輸水方案研擬，待完成抽水井建置後，可協助提供較定持續之水量，提昇管理處水量調控與應變使用。
5. 本研究針對太平渠合適流量率定處，研判滲漏位置，使管理處可儘早研究討論相關解決方案，以解決相關滲漏問題。