



第二十三卷第二期 2021.12

ISSN 1606-2604

行政院新聞局局版

北市誌第2415號

發行人：賴建信

發行所：中華水資源管理學會

總編輯：陳清田

副總編輯：張煜權

出版委員會委員：王藝峰、林國華
毛振泰、李丁來
張良正、林鎮洋
陳榮松、陳憲宗
林昆賢、陳榮福
陳春宏、簡昭群

本期企劃：王藝峰、林國華

李丁來、陳春宏

會址：408204台中市南屯區

黎明路二段501號地下室

電話：(04) 22501166
22501642

傳真電話：(04) 22501608

電子信箱：cwrms.org@gmail.com

目錄

特別企劃

面對百年大旱水資源政策及思維

經濟部水利署/林元鵬總工程司 1

專論

專題1 水庫庫容維持

經濟部水利署/黃信富工程司 7

專題2 集水區保育治理

行政院農業委員會水土保持局/李鎮洋局長 12

專題3 打造西部供水廊道計畫

水利規劃試驗所/陳春宏所長
水利規劃試驗所/葉俊明副所長
水利規劃試驗所/汪平洋研究員
水利規劃試驗所/畢嵐杰正工程司
水利規劃試驗所/葉時偉副工程司
水利規劃試驗所/王彥程工程員 19

專題4 備援地下水及伏流水

經濟部水利署/吳明哲正工程司 33

面對百年大旱水資源政策及思維

經濟部水利署/林元鵬總工程司

關鍵字：氣候變遷、百年大旱、水資源
摘要

面臨百年大旱，水利署透過多省水、多找水及多調水等措施全力抗旱，抗旱期間所建立有效調配機制及備援設施，未來也將持續利用，如農業節水灌溉、建築工地地下水併入自來水系統運用、水庫低水位擴大清淤、跨域合作抗旱、抗旱設施備援運用等，讓寶貴的抗旱經驗轉化為未來強化供水的能量。此外，面對氣候變遷所造成的枯旱風險，將針對臺灣枯水期降雨偏少及各地區降雨不均特性，透過多元水源開發、強化區域調度及推動科技造水等精進作為，讓未來的水資源供應更有韌性。

一、前言

臺灣因地形條件坡陡流急影響，水資源不易留存。加上近年氣候變遷加劇，枯水期降雨偏少，甚至2020年豐水期無颱風侵臺帶來足夠降雨，後續2021年春雨亦不如預期，造成百年來最嚴重旱象。另因近年人口集中都市化及產業蓬勃發展，用水需求持續成長，如何經由這次抗旱的經驗，提升未來枯水期之供水韌性，為未來水資源經營及強化關鍵課題。

二、氣候變遷加劇及用水成長增加枯旱風險

受全球氣候變遷影響，近年來臺灣

降雨集中，強度增強，不降雨日數增加，旱澇循環加劇，降雨量豐枯差異愈加明顯。根據聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC) AR5情境推估，未來台灣降雨將呈現「豐越豐、枯越枯」趨勢，豐水期雨量增加3%~9%，枯水期雨量減少6%~12%。另依照IPCC在2021年8月剛公布AR6模式科學事實報告，未來全球溫度上升攝氏1.5度恐提前發生，全球暖化情況將使溫度及降雨較AR5情境更為惡化，極端氣候事件發生情況恐更為加劇，這樣的改變將造成未來水資源的管理更加困難，使供水挑戰更加嚴峻。

另外，由於都市化現象及產業群聚效應，人口多集中於臺北、新北、桃園、臺中、臺南及高雄等都會區，目前六都人口約占全國總人口之七成，造成都會區用水持續增加，供水負載提高，加上近年來政府擴大產業投資臺灣，至2021年10月底，投資臺灣三大方案計有廠商1,039家，投資金額達1兆3,988億元。未來產業用水需求將持續成長趨勢，需加速推動相關措施以穩定供水。

三、政府提前部署減少百年大旱衝擊

2020年6月1日至2021年5月19日累積雨量僅880毫米，創下自1911年氣象局有史以來雨量最少紀錄，面對百年來最嚴峻旱象，水利署自2020年7月已提前展開部署，研擬各種缺水情境及應變

作為，並迅速整合各部會、地方政府及民間資源，採取水庫總量管制、區域調度、備援供水、人工增雨、農業加強灌溉管理及部分區域停灌等多項抗旱措施，以最短時間有效率推動抗旱1.0及抗旱2.0緊急水源計畫，全力省水、找水及調水，總計增加每日166萬噸水量，在社會各界及全體國人配合節水下，將旱災衝擊降到最低。

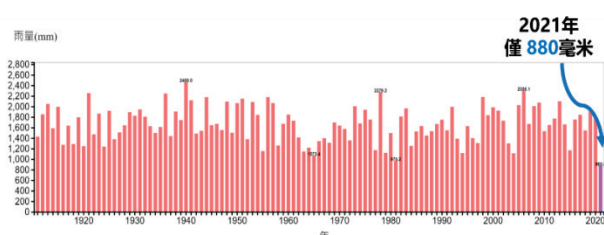


圖1 1911年以來6/1至隔年5/19累積雨量
(資料來源:中央研究院許晃雄特聘研究員)

四、近年水資源建設已於本次旱災發揮成效

為降低氣候變遷對供水影響及因應用水成長，政府於2017年起以開源、節流、調度及備援等策略推動各項水資源建設，並納入前瞻基礎建設相關計畫項下加速辦理，以增加氣候調適能力及穩定各類用水供應。2017年至今已完成湖山水庫、中庄調整池、曾文水庫心層加高蓄升、板新二期計畫、桃園支援新竹幹管、借道福馬圳供水、新烏山嶺引水隧道、臺南高雄水源聯合運用、高屏溪伏流水、鳳山再生水及自來水減漏等多項水資源建設，增供每日167萬噸水源，相當於全國15%用水。各項水資源建設已於本次枯旱發揮效果，分述如下：

(一)板新二期計畫於2019年通水，在本次枯旱期間由翡翠水庫水源南送板新地區每日83.4萬噸達歷史最高，本次抗旱期間累計支援量達2.5億噸，透過北水南送支援以減少石門水庫出水，石門水庫水源就可以留在桃園運用或往南支援新竹，讓北部地區供水更有彈性。

(二)桃園支援新竹幹管原定2021年6月完成，經趕辦後於2021年2月提前通水，由桃園支援新竹水量提升至最大每日22.5萬噸，約為新竹地區40%用水，本次抗旱期間支援水量約3,600萬噸，相當於寶山及寶山第二水庫兩座水庫蓄水量，有效延長水庫供水期程，也讓高科技產業生產不中斷。

(三)臺南高雄水源聯合調度運用工程於2020年12月完成，調度水量提升至每日20萬噸，相當於臺南每日用水量20%，本次抗旱期間調度水量約2,300萬噸，發揮臺南高雄相互調度支援最大功效，除了建立豐水期由高屏溪支援臺南地區、枯水期及高屏溪原水高濁度期間由臺南地區支援高雄的互惠供水原則。

(四)防災及備援水井建置工作自2017年起於前瞻計畫項下辦理，目前全臺各地防災備援水井已有328口納入自來水系統，每日可增供64.2萬噸備援用水，並於本次旱災即時上場發揮救旱功能。

(五)伏流水具有水質水量穩定特性，為重要備援水源，近年已陸續完成高屏溪興田、溪埔及大泉伏流水，每日供水量可達40萬噸，相當於高雄地區25%用水。過去於2015年高屏溪流量降至每秒8.1立方公尺時即預備實施分區供水，而2021年高屏溪流量創下歷史新低每秒3.8立方公尺時，高雄地區仍未實施分區供水，顯示伏流水對高雄地區枯旱期間提供即時有效的救援用水。

五、讓有效的抗旱應變機制成為常態

面對百年來最嚴峻旱象，水利署透過多省水、多找水、多調水等措施因應，其中有些創新作法發揮了很好的效果，也提供水資源管理的新思維，做為未來常態化落實的機制，讓水資源管理往前邁進一大步，分述如下：

(一)促成農業部門建立農業節水灌溉機制

本次抗旱期間，水利署調度移動式抽水機，並與農委會農水署共同合作在桃園第3灌區(桃園新屋區、楊梅區、新竹縣新豐鄉及湖口鄉約7,174公頃)積極運用埤塘水源，透過抽取溪水及區域排水、精密配水、加強灌溉管理等措施，總計水庫僅供應約1,400萬噸用水，除順利完成一期作灌溉，有效降低石門水庫出水量外，並讓桃園及新竹地區公共用水在抗旱期間維持正常供應。透過本次農業抗旱節水供灌成功經驗，促成農業部門推廣全臺水庫灌區均優先採取大區輪灌，並利用埤塘、河川、區排等多

元水源灌溉原則，進一步強化農業節水，有效提升用水效率。



圖2 移動式抽水機支援桃三灌區抽水

(二)建築工地地下水併入自來水系統運用

臺中地下水相當豐沛，過去建築工地開挖期間抽取之地下水並未有效利用。本次抗旱期間臺中地區水情不佳，透過水利署、台水公司、地方政府、營建工地廠商、內政部、環保署及產業界等在抗旱期間積極合作，首創將臺中地區9處建築工地地下水併入自來水系統運用，每日供水可達9.3萬噸以上，有效降低中部鯉魚潭及德基水庫供水負荷，延長水庫供水時程，此一成功經驗，讓行政院於2021年6月3日第3754次院會決議「請工程會、內政部營建署及國發會研議如何引導業者，將建築工地地下水留存及利用，未來也可考量納入公共工程審核範圍。」。



圖3 建築工地地下水利用

(三)水庫低水位常態擴大清淤作業

水利署近年已擴大辦理水庫清淤作業，2020年清淤量1,440萬立方公尺為歷史最高，約為歷年平均值2.6倍，本次枯旱水庫低水位期間，水利署及國防部自2021年3月起即動員國軍、民間廠商及水庫管理單位之人員機具，陸續進駐石門、明德、鯉魚潭、日月潭、仁義潭、白河、南化、曾文、阿公店及澄清湖等10座水庫，趁水庫低水位時機積極趕辦清淤作業，累計增加清淤量達161.52萬立方公尺，成效顯著。為因應未來抗旱，併同加強水庫清淤工作，水利署已要求各水庫管理單位建立開口合約及國軍支援等常態性水庫清淤作業機制，以利於抗旱初期及早投入人力及機具，加速辦理水庫清淤工作。



圖4 國軍協助曾文水庫清淤

(四)跨域合作公私協力，共同克服旱災

本次抗旱期間，透過氣象局與民間氣象專家提供氣象分析資訊；營建工地廠商、地方政府、內政部及環保署等公私部門協助建築工地地下水併入自來水系統；國軍及消防單位支援載水運補、國軍工兵及民間廠商協助水庫清淤、

海軍支援載水至連江東莒、空軍支援空中增雨作業；產業界共體時艱配合節水等，對抗旱期間延長供水期程有很大的幫助，透過社會各界跨域合作，在本次旱災發揮關鍵作用，亦將成為未來克服旱災危機新的成功模式。

(五)各項抗旱設施後續適時啟動利用

本次旱災緊急建置之抗旱水井、緊急海淡機組、烏溪及大安溪伏流水等，在妥善的維護管理下都能夠持續發揮備援供水功能，水利署已與台水公司等相關單位，召開多次會議逐一盤點造冊及研擬各項設施後續處理原則，作為未來營管單位啟用時機及後續使用之依循，讓這次抗旱設施能夠持續維持功能，提升未來抗旱備援能量。



圖5 大安溪伏流水集水井

六、未來持續強化供水韌性

面臨百年大旱，除了在抗旱過程中建立的應變機制常態化利用以及抗旱設施維持備援功能外，在2021年5月底水情漸好轉之際，經濟部隨即於6月邀集國內水資源專家商討未來強化供水精進作為，經歷這次旱災，針對未來水資源建設管理工作已有更新思維納

入「臺灣各區水資源經理基本計畫」推動，並奉行政院於 2021 年 8 月 6 日核定，作為水資源建設管理藍圖，未來主要工作方向如下：

(一)強化流域整體治理，留住珍貴水資源

未來將加強水庫上游集水區水土保持及造林工作，以減少泥砂進入水庫造成淤積，並強化天然水資源蓄存利用，包含擴大水庫清淤、增設人工湖及伏流水等，除了近年完成的桃園中庄調整池及高屏溪興田、溪埔、大泉伏流水等，目前中部地區烏嘴潭人工湖興辦中，並已規劃開發新竹、台中、彰化、高雄等地區伏流水，透過多元水源的開發，提升天然水資源的蓄存利用。

(二)因應降雨不均，強化區域調度供水管網

因應台灣降雨分布不均特性，已持續辦理西部廊道供水管網串接規劃，除近年完成的板新二期計畫、桃園支援新竹幹管，以及目前推動中的中部鯉魚潭北送苗栗幹管、大安大甲溪聯通管及南部曾文南化聯通管外，已另規劃辦理南勢溪引水至石門水庫蓄存，以及石門水庫至新竹聯通管、台中至雲林管線連通改善及濁幹線與嘉南大圳串接等，未來可進一步強化跨區調度支援能力，讓水資源調度運用更靈活。

(三)減少降雨依賴，科技造水增加保險水源

氣候變遷加劇，為因應未來枯水期

降雨偏少之供水風險，需推動不受降雨影響的水源，如再生水、海淡水以及感潮河段水資源利用等，以增加枯水期保險用水，分述如下：

1. 再生水具有水循環利用的特性，行政院已核定建置 11 座再生水廠，其中鳳山廠於 2019 年完工，可提供每日 4.5 萬噸水源；永康廠於 2021 年 8 月開始供水每日 0.8 萬噸；臨海廠將於 2022 年初供水每日 3.3 萬噸；其餘 8 座(桃園北區、竹北、台中豐原、水湳、福田、台南仁德、安平及高雄楠梓等廠)亦持續推動中。本次旱災期間，高雄中鋼公司因使用鳳山廠再生水而不用擔心無水可用，未來在產業用水持續增加的情況下，將透過制度促進產業多使用再生水，以循環利用有限的水資源。

2. 台灣四面環海，發展海水淡化可以提供枯水期保險水源，除目前台水公司興辦中之馬公 6,000 噸、七美 900 噸及吉貝 600 噸海淡廠外，為因應本次枯旱，水利署於 2021 年 2 月完成新竹緊急海淡增加每日 1.3 萬噸用水，並於 5 月完成台中緊急海淡增加每日 1.5 萬噸用水；另台塑公司亦自行興辦麥寮每日 10 萬噸海淡廠；此外，水利署正辦理新竹每日 10 萬噸及台南每日 20 萬噸海淡廠環評工作，希望未來能因應氣候變遷，減少降雨依賴，讓枯水期用水更有保障。後續海淡推動營運將採節能產水操作，配合夏季豐水期地面水多海淡降載產水，以及必

要時利用冬季枯水期水少或夜間餘電滿載產水等操作，可降低臺灣夏季尖峰時段電力系統負荷，並兼顧供水及供電穩定。

3. 感潮河段水資源因鹽分較海水少，在水處理成本、耗能及排放水的含鹽濃度影響等，均較海淡水具推動優勢。目前將規劃辦理曾文溪下游感潮河段水資源利用，後續亦將持續檢討規劃其它河川水系適合開發之感潮河段，以增加水資源利用。

七、結語

面對百年來最嚴峻旱象，已將抗旱經驗實際轉化為未來提升水資源供應的能量，水利署利用本次桃園地區農業抗旱節水供灌成功經驗，協調農業部門優先利用埤塘、河川、區排等多元水源灌溉，並與地方政府及相關單位合作將建築工地地下水併入自來水系統運用，後續將朝向建立常態執行作業規範推動。同時各水庫利用枯旱期間低水位的擴大清淤也將納入常態機制，並於枯水期前完成整備，此外，在面臨氣候變遷情況下，已依據臺灣降雨分布不均及枯水期降雨偏少特性，持續透過加強集水區保育、多元水源開發、強化區域調度管線及開發再生水、海淡水等科技造水，讓每個地區的水源供應更多元，並能夠靈活調度，以增加臺灣各地區供水韌性。

參考資料

1. 經濟部，109年下半年旱災緊急應變-抗旱水源緊急利用計畫，2020年。
2. 經濟部，緊急抗旱水源應變計畫2.0，2021年。
3. 經濟部，臺灣各區水資源經理基本計畫，2021年。

水庫庫容維持

經濟部水利署/黃信富工程司

關鍵字：機械陸挖、抽泥浚漂、擴大清淤

摘要

臺灣因地質相對年輕且位處地震頻繁區域，先天地質脆弱、地形陡峻，擁有約七成的丘陵及高山，加上各重大颱風事件影響，使水庫集水區土石鬆動，易受沖刷而產生水庫淤積砂源，上游來砂在可預見的未來將不會中斷。

機械清淤及水力排砂技術為水庫庫容維持或回復的主要策略，利用汛期入庫流量排洪減淤，減少泥砂落淤量，操作水庫蓄清排渾，達成穩定供水之功能；若能搭配枯水期浚漂清淤，則能達到水庫永續經營之目標。

2020下半年至2021上半年臺灣遭逢百年大旱，中部地區主要供水水庫蓄水量僅餘1~3%。水庫管理單位化危機為轉機，全力展開國內各重要水庫清淤工作，國軍及水利署河川局並以實際行動支援。

一、未來極端氣候之挑戰

近年來極端水文事件越趨頻繁，且短延時強降雨事件增加，加速集水區沖蝕，造成泥砂下移輸送量增加並隨洪流進入落淤水庫，致水庫蓄水容量降低，濁度增加造成水源調供不易，降低水源

調蓄能力，如2009年莫拉克颱風造成曾文水庫增加9,108萬立方公尺淤積，占設計總容量12%，南化水庫增加1,706萬立方公尺淤積，占設計總容量11%；另2004年艾利颱風致石門水庫增加2,788萬立方公尺淤積，占設計總容量9%，均為極端颱風事件產生大量泥砂造成水庫嚴重淤積。

自2018年起，適逢國際局勢致使外資大舉投資臺灣，水資源需求更為殷切，且由於豐枯水期降雨量比例懸殊，惟水資源開發成本提高、環保意識日漸高漲與壩址尋覓不易，使得水庫興建日益困難。另氣候變遷造成豐越豐及枯越枯的降雨變化趨勢（如圖1），未來水庫將面臨乾旱與洪水量加劇及來砂量增加的多重挑戰，因此對於維護水庫現有功能及水庫壽命之延長顯得格外重要。

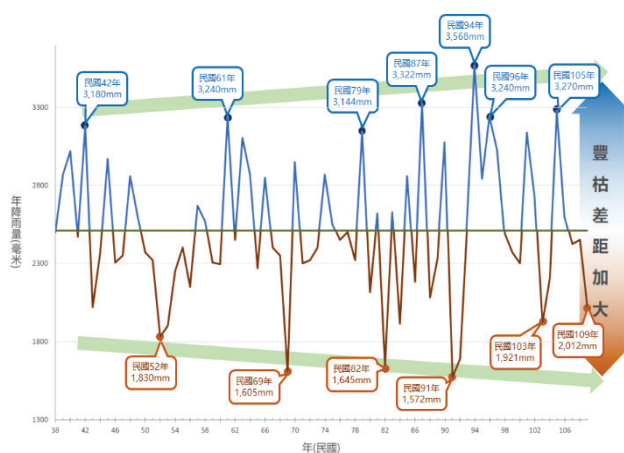


圖1 臺灣地區年降雨變化趨勢圖

二、推動「水庫庫容有效維持綱要計畫」

經濟部2016年核定「水庫庫容有效維持綱要計畫」，針對全臺13座重要供水及淤積高風險之水庫，包括石門、明德、德基、霧社、日月潭、仁義潭、白河、烏山頭、曾文、南化、阿公店、澄清湖及牡丹水庫，透過上游集水區保育減淤、庫區陸挖、抽泥及水力排砂等四大措施，各措施清淤(減淤)貢獻比率如圖2，朝向清淤量體極大化與淤積零成長之目標前進。

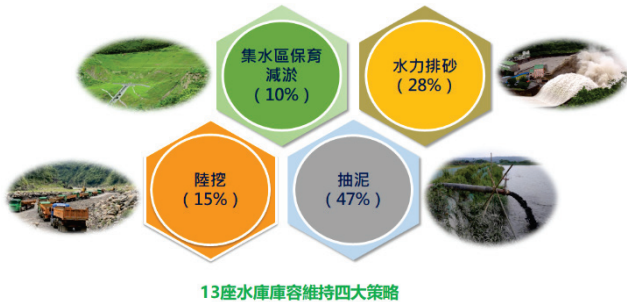


圖2 四大清淤(減淤)措施貢獻比率

此外，各水庫管理單位持續推動各項水庫改造計畫，包括石門水庫發電鋼管改造排砂鋼管於2013年完工啟用、曾文水庫防淤隧道於2017年完工啟用、白河水庫防淤隧道於2019年完工、南化水庫防淤隧道於2021年6月完成有水試運轉操作（如圖3）、石門水庫阿姆坪防淤隧道預計2022年5月完成整體工程、白河水庫繞庫防淤隧道預計2022年底完工及霧社水庫防淤隧道預計2027年底完工等，以達成2031年前泥砂進出平衡為目標。



圖3 南化水庫防淤隧道2021年6月試運轉

截至2020年底已達成石門、明德、仁義潭、白河、烏山頭、曾文、阿公店、澄清湖及牡丹水庫等9座水庫淤積零成長；預計2022年底達成南化水庫、2023年底達成日月潭及2031年底達成德基及霧社水庫等2座水庫淤積零成長。各水庫庫容淤積零成長目標期程，如圖4。

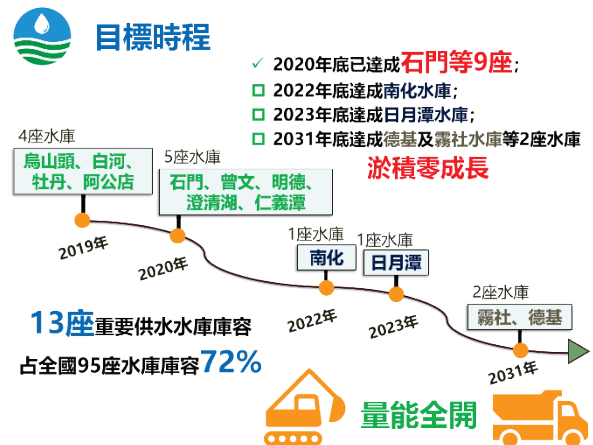


圖4 水庫庫容淤積零成長目標期程

三、全臺13座重點清淤水庫辦理情形

1. 石門、日月潭、烏山頭、白河、曾文、南化及牡丹等7座水庫，經持續加大

抽泥、陸挖量體，或增設防淤隧道後，庫容回復效果顯著，分述如下：

(1)2021年石門及曾文水庫抽泥量體約300萬立方公尺，未來年度將逐步提升至每年400萬~500萬立方公尺，除排出近年來砂量外，更將進一步移除沉積底部多年的淤泥。

(2)日月潭水庫近年透過抽泥，每年清淤量約3萬立方公尺，但該清運量體與來砂量體尚有差距，為提高清淤量體，行政院於110年6月4日核定「武界壩排洪設施改造工程計畫」，由台灣電力公司執行排洪隧道及壩體改造，完成後使日月潭來砂量減少達每年50萬立方公尺。後續抽泥並藉由發電引水隧道排放至濁水溪，每年約15萬立方公尺，將可逐漸降低淤積率。

(3)烏山頭水庫目前每年抽泥量約20萬立方公尺，此作業須配合二期作灌溉供水同步辦理，稀釋泥水濃度以降低對下游自來水淨水場與田間影響(如圖5)，其抽泥量體在既有模式下相當有限。未來配合新烏山嶺引水隧道啟用，評估將舊烏山嶺引水隧道設置抽泥管放淤至曾文溪，其庫容將平穩維持。



圖5 烏山頭水庫抽泥放淤

(4)白河水庫目前由前瞻基礎建設計畫補助辦理「白河水庫後續更新改善工程計畫第一階段」，在大規模陸挖及外運(如圖6)，搭配後續完成繞庫防淤隧道，其庫容有效維持指日可待。



圖6 白河水庫機械陸挖及外運

(5)南化水庫每年抽泥量約80萬立方公尺，後續再搭配剛完工防淤隧道，減少淤積量，其淤積率將可顯著下降。

(6)牡丹水庫每年抽泥量約20萬立方公尺，後續研議朝上游擴大抽泥，並針對淤泥較厚地點採更高效能抽泥泵，可加速回復庫容。

2. 明德、仁義潭、阿公店及澄清湖等4座水庫持續採陸挖方式清淤，並搭配適度規模抽泥來降低淤積率，分述如下：

- (1)明德水庫總庫容配合枯水期低水位增加陸挖量體，逐步回復庫容。
 - (2)仁義潭水庫過往每年陸挖量體約5萬立方公尺，將於2022年開始抽泥，期達成每年至少10萬立方公尺清淤量。
 - (3)阿公店水庫利用溢洪管及灌溉管，於汛期實施空庫防淤操作，大量減少洪水時泥砂落淤，以維持水庫有效容量。
 - (4)澄清湖水庫辦理進水口區域之水下挖掘清淤，近5年平均清淤量約20萬立方公尺。2021年總庫容已較2018年增加10.42萬立方公尺。
3. 德基及霧社等2座水庫因地理條件僅能辦理小規模陸挖，需持續降低集水區超限利用及國有林班地承租收回，並配合山坡地治理及崩塌地處理，降低來砂量，其清淤辦理情形如下：
- (1)德基水庫每年陸挖量約10萬立方公尺，水庫管理單位將於2022年起開始抽泥，後續每年可增加抽泥量體24萬立方公尺。
 - (2)霧社水庫每年陸挖量約20萬立方公尺，後續配合抽泥設施及防淤隧道於2027年完成後，將可另增加抽泥量體60萬立方公尺，以及具備年排砂量75萬立方公尺能力，減少泥砂落淤。

四、2021年枯水期擴大清淤辦理情形

2021上半年臺灣遭逢百年大旱，行政院蘇貞昌院長於2021年3月18日指示

國軍及民間協助擴大清淤，3月19日李孟諺秘書長於行政院主持「國軍全面支援水庫清淤事宜會議」指示：目前各水庫水位比往年低，為清淤最佳好時機，請國軍動員機具和人力，儘速完成整備投入清淤工作，並請水利署納入「緊急抗旱水源應變計畫2.0」（抗旱2.0計畫）辦理。利用枯水期由國軍與河川局邀集民間力量共同投入擴大水庫清淤工作，透過軍民一體共同合作，國軍由陸軍六軍團53工兵群、十軍團52工兵群、八軍團54工兵群、工兵訓練中心、海軍陸戰隊指揮部，民間由水利署第二、三、四、五、六及十河川局所委託廠商，分別協助辦理石門、明德、鯉魚潭、日月潭、仁義潭、白河、曾文、南化、阿公店及澄清湖等10座水庫之清淤工作。

期間國軍陸續動員投入兵力達523員，挖土機35部、砂石車74部；各河川局邀集民間廠商共同投入人力超過208員、挖土機57部、砂石車93部等。至6月28日止，合計完成清淤161.52萬立方公尺。其中河川局完成91.31萬立方公尺，國軍完成70.21萬立方公尺。



圖7 2021年5月鯉魚潭水庫國軍陸挖

蔡英文總統於2021年5月3日至石門水庫視察擴大清淤辦理情形，除感謝各單位通力投入抗旱工作，並指示下列3項工作要求相關單位務必貫徹執行：

1. 加速完成新水源開發工作，從去年開始，國家提前因應56年來，首次沒有颱風帶來雨量的嚴峻考驗，總統感謝經濟部，尤其是水利署、國防部、桃園市政府，以及所有相關單位通力合作。
2. 水庫目前處於低水位，請相關單位務必加大力道加速清淤，並請經濟部整合各水庫單位，協調國軍弟兄姐妹的戰力，同時也動員民間廠商，持續投入人力、機具，以政府、部隊、民間三方合作的模式，加快速度進行各水庫的清淤工作。
3. 因應極端氣候趨勢，請相關單位加強對未來的應變，持續完成相關水資源建設，除了持續清淤、維持水庫容量外，也要求經濟部以多元的方式，推動各項水資源計畫，比如海水淡化、污水回收再利用，並繼續進行自來水減漏工作，以多元開發新水源的方式，提供穩定水源。



圖8 蔡英文總統視察石門水庫擴大清淤

五、結語

未來極端氣候對於水資源的衝擊將更顯著，而臺灣民生及產業用水多數仰賴水庫，也使得水庫庫容有效維持課題至關重要，故對於重點清淤水庫持續辦理集水區保育治理、上游野溪疏通、庫區陸挖及抽泥、下游河道放淤等各項清淤措施，期於目標期程前達淤積零成長。另外，2021年上半年水情極度嚴峻，同時水庫水位也處相對低點，是辦理水庫清淤的好時機。藉由國軍與民間攜手擴大清淤，除增加水庫容量外，亦能向社會大眾展現政府重視水庫清淤的積極作為。

參考資料

1. 經濟部水利署，水庫庫容有效維持綱要計畫，2016年8月。
2. 經濟部水利署，水庫防淤管理與技術應用，2020年2月。
3. 經濟部，緊急抗旱水源應變計畫2.0，2021年4月。
4. 經濟部水利署，抗旱2.0擴大水庫清淤成果報告，2021年8月。

集水區保育治理

行政院農業委員會水土保持局/李鎮洋局長

關鍵字：水資源、集水區、保育治理、農塘

摘要

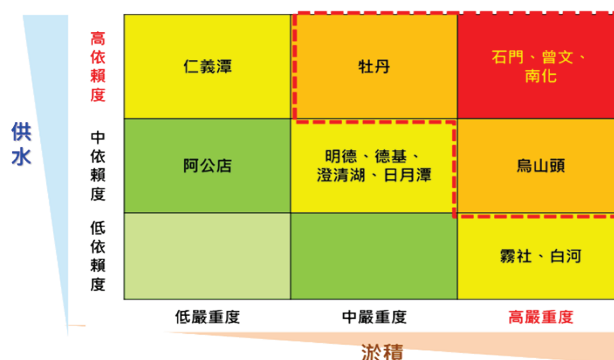
隨著氣候變遷趨勢，臺灣降雨型態已逐漸改變，乾旱與短期強降雨頻率皆逐年增加，且臺灣山勢陡峻、河短流急，水資源蓄留不易，為使民生用水無虞與環境永續經營，集水區保育治理及水資源涵養，已成為當今重要課題。透過集水區保育治理，除可抑制泥砂下移入庫，增加水庫蓄水量外，亦可強化森林覆蓋，增加集水區水源涵養；另透過活化坡地農塘方式，提供在地農民蓄水、灌溉，以及滯洪、泥砂調節等功用，有效利用地表逕流水資源。最後，導入科技協助掌握集水區泥砂來源及潛在危機，以及有效管理活化水資源調節，達到建構永續利用水資源環境之目標。

一、保育治理推動歷程

全台面積為 362 萬公頃，其中山坡地面積約為 261.7 萬公頃，佔全台面積 74%，平均河川坡降皆高於世界各國，因河短流急，水資源蓄留不易，在極端氣候事件下，水旱災成常態化。

因此，面對氣候變遷挑戰，民國 95 年行政院核定「水庫集水區保育綱要」，水保局積極辦理蓄水範圍以外山坡地整體性治山防災工作，除因應民國 98 年莫拉克颱風侵臺造成集水區上游土砂災害外，另於民國 102 年至 107 年間，分年分期逐步完成臺灣本島所有水庫

集水區地形、地貌變異監測與環境資料蒐集。民國 106 年，行政院核定「前瞻基礎建設計畫-加強水庫集水區保育治理計畫」，以「減少水庫集水區土砂災害」以及「改善集水區水體水質」兩大主軸，加強辦理全台 66 座水庫集水區內保育治理工作。同時，水保局亦優先針對石門、曾文等 13 座淤積率大於 6% 且供水依賴程度較高者之水庫集水區(如圖 1)，配合「水庫庫容有效維持綱要計畫」，強化辦理減淤工作，延長水庫使用年限。



資料來源：水利署(2016)

圖 1 13 座重要水庫集水區示意圖

此外，為加強坡地保土蓄水，水保局亦配合政府「廣設農塘藏水於農，充裕可靠水資源」水資源政策(2017)，提出四大策略十大措施(如表 1)，除加強崩塌地復育及集水區保育工作，提升水源涵養效益及防止土砂下移；活化坡地農塘並推廣農地水土保持，有效利用地表水資源，推動『藏水於農、滯洪於坡』的政策，期減少對水庫依賴，發揮農業水資源「調豐濟枯」功能。

表 1 坡地水源涵養策略表

策略	措施
藏水於農	1.活化坡地農塘 2.推廣農地水土保持 3.增能防砂設施水源利用 4.加強森林復育
治山防災	1.加速崩塌地復育 2.加強集水區保育
良善管理	1.強化水土保持管理 2.發揮森林保護成效
智慧防災	1.強化大規模崩塌防減災 2.應用 AI 及 IoT 科技

二、集水區上游保育治理

全台灣山坡地面積共計 261.7 萬公頃，其中包含國有林 161.6 萬公頃、以及一般山坡地 100.1 萬公頃，若能有效維持山坡地植生覆蓋、減少裸露坡面與土砂災害，將可提高集水區水源涵養效益。經統計，植生坡面相較於裸露坡面，可抑制約 48% 表土流失量，且降雨時能鞏固入滲水防止蒸散。此外，每減少 1 萬立方公尺土砂下移入庫，在水庫每年操作 3 次前提下，即可增加 3 萬公噸水資源可利用。

(一)崩塌整治

針對崩塌地治理，本文以石門水庫集水區-泰平溪玉峰道路旁崩塌地處理二期工程為例，透過自由樑框護坡植生及鋪網噴漿溝等崩塌處理工法，有效處理裸露坡面 0.4 公頃，減少潛在土砂量

約 0.4 萬立方公尺(假設崩塌深度 1 公尺)，並於竣工 1 年後恢復植生，如圖 2 所示。

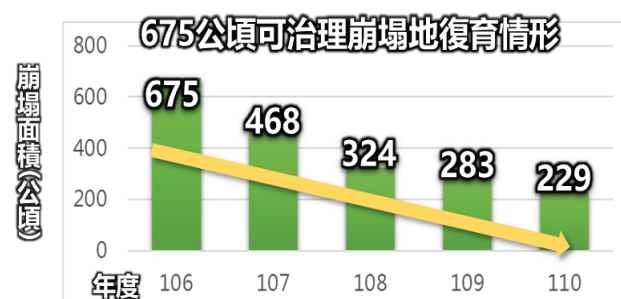


(a)整治前(民國 108) (b)整治後(民國 109)

資料來源：水保局(2021)

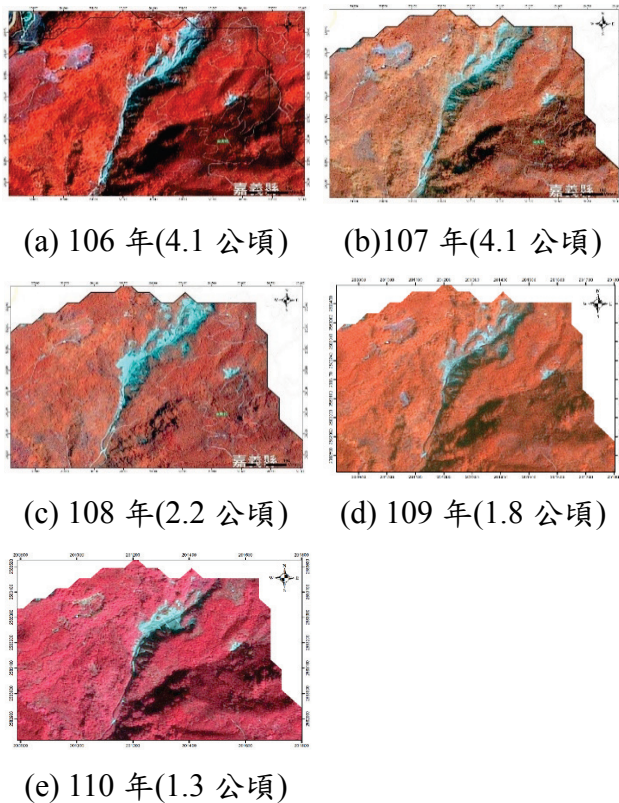
圖 2 崩塌地治理示意圖(以泰平溪玉峰道路旁崩塌地處理二期工程為例)

水保局自民國 106 年起，陸續針對 13 座重要水庫集水區內，機具可達之可治理崩塌地進行整治及復育，透過遙測圖資追蹤顯示，自 106 年起至 110 年 4 月期間，可治理崩塌地面積已由原 675 公頃降至 229 公頃，如圖 3 所示，復育情形已超過 6 成，減少約 446 萬方土砂下移(假設崩塌深度 1 公尺)，以白河水庫集水區-「白河-0001 可治理崩塌地」為例，透過崩塌治理工程投入，崩塌地面積已由原 4.1 公頃復育至僅存 1.3 公頃，如圖 4 所示。



資料來源：水保局(2021)

圖 3 13 座水庫集水區 675 公頃可治理崩塌地歷年面積變化情形彙整圖



資料來源：水保局(2021)

圖 4 白河-0001 可治理崩塌地歷年衛星影像彙整圖

(二)野溪整治

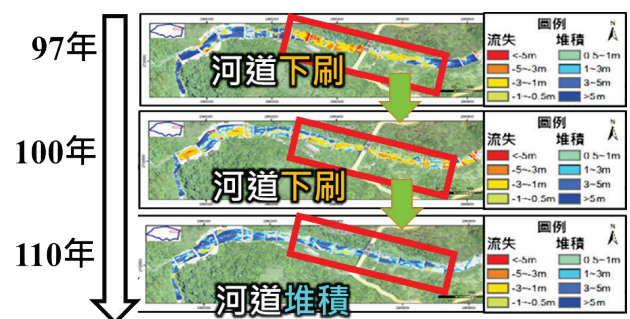
為減緩野溪殘留土砂受洪水冲刷下移，可透過設置適當之河道構造物整治，如圖 5 所示，其目的為抑制野溪土砂大量生產，加速溪流穩定，降低野溪斷面與坡降之激烈沖淤變動。其中包含防砂壩、固床工、及護岸等，防砂壩一般係指為攔蓄河道泥砂、調節泥砂輸送，當防砂壩築構時，其埋深基礎可將原溪床內不安定土砂量，轉化成相對安定狀態，減輕溪床下切及側蝕作用，以抑制溪床生產量(陳信雄等人，1989；連惠邦和蔡易達，2013)。



資料來源：水保局(2019^a)

圖 5 野溪整治示意圖(以三灣大河底野溪整治三期工程為例)

水保局歷年已陸續設置 794 座防砂設施，另民國 107 年至 109 年期間，在「前瞻基礎建設計畫-加強水庫集水區保育治理計畫」加速下，已有效透過設置防砂設施減少 272 萬方土砂下移，亦可長期改善河道淘刷情形。水保局(2020^b)曾針對石門水庫集水區之蘇樂溪進行歷年數值地形高程分析，成果顯示蘇樂溪透過野溪整治，土砂遞移率亦由 65% 降至 24%，如圖 6 所示，整體而言，透過適當野溪整治，可減緩土砂下移，增加土砂環境穩定度，間接降低下游致災事件發生頻率。

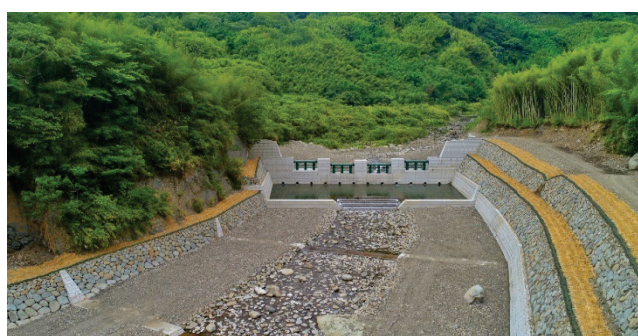


資料來源：水保局(2020^b)

圖 6 石門水庫集水區-蘇樂溪歷年河道高程變化分析示意圖

(三)野溪清疏

集水區坡面若產生大量土砂，運移至河道堆積，將會妨礙排洪、威脅道路、橋梁、公共設施及保全對象，進而流入水庫，影響水庫壽命及蓄水庫容。因此，可透過清疏及設置永久性沉砂設施等方式，解決河道沖淤失衡與流路變遷情形。水保局自民國 90 年起，已陸續針對 13 座重要水庫集水區辦理河道清疏，清疏量體約 200.6 萬立方公尺，以曾文水庫集水區「巴沙娜橋上下游野溪整治工程」為例，其清疏量約為 5.5 萬立方公尺，如圖 7 所示，後續將強化汛期前後巡查，並立即通報清疏，減少土砂下移。



資料來源：水保局(2020^b)

圖 7 曾文水庫集水區清疏沉砂空間示意圖(以巴沙娜橋上下游野溪整治工程為例)

(四)設置囚砂設施

水保局自民國 108 年起，已陸續針對石門、南化、曾文、德基、霧社等水庫集水區，辦理囚砂設施區位之調查規劃(水保局 2019^{c、d})，以南化水庫為例，水保局於民國 106~108 年期間針對後堀溪仁耀橋上下游處辦理 4 期保育治理工程，主要工程內容為穩定仁耀橋下游右岸坡面崩塌復育、及下方設置護岸保護

坡腳，現已規劃為囚砂空間，預計囚砂量體為 4.2 萬立方公尺，如圖 8 所示，同時預留清疏便道，期以透過定期辦理清疏，加強疏通河道淤積土砂，達到野溪輸砂平衡、減少土砂下移入庫之目的。



資料來源：水保局(2020^b)

圖 8 南化水庫集水區囚砂設施示意圖(以後堀溪仁耀橋上下游為例)

三、農塘水資源活化

農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，構築堤壩攔蓄逕流，以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之用(水土保持技術規範第 55 條)。

坡地農塘多位於低窪排水不良或水路中、上游之區域，除具有蓄水供給灌溉用水外，亦能補充地下水、淨化水源、遲滯洪水減緩下游地區水患、調節下游泥砂量等多種功能，如圖 9 所示。近年來全球氣候變遷，氣溫、降雨頻率的改變、強降雨與極端氣候的發生，造成旱災與涝災的發生頻率提高，農塘的調洪蓄水功能益形重要。滯洪農塘的設置可促進增進氣候變遷調適能力、強化韌性並降低脆弱度。

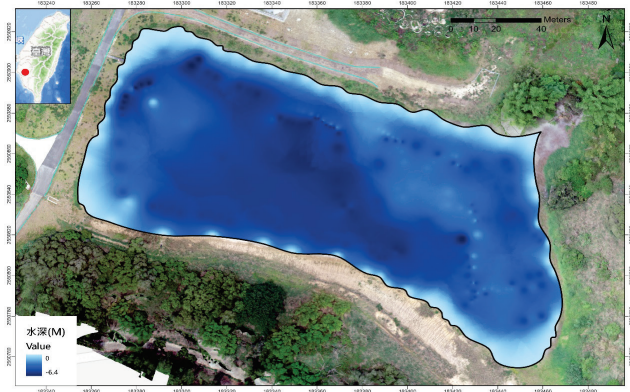


資料來源：水保局(2021^b)

圖 9 農塘蓄水示意圖(以龍崎牛埔農塘為例)

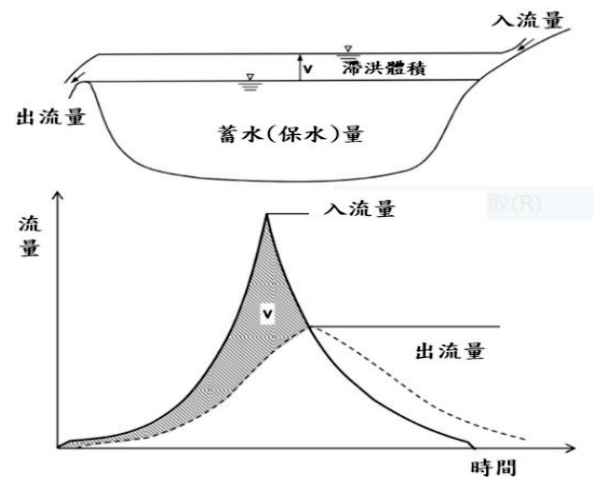
根據衛星影像判釋，臺灣早期坡地農塘約有 18,000 多座，水保局為有效管理及評估農塘水資源，自民國 107 年起近三年已優先活化大型農塘 130 座，可蓄水滯洪 79.5 萬公噸；並補助農民興建灌溉用蓄水池，近三年已補助 1,094 座，增加蓄水量約 5.3 萬公噸，。

同時，為強化農塘永續發展，水保局另針對滯洪農塘，參考區域水文、地文、氣候條件，以科學方式量化遲滯洪水減緩下游地區水患、調節下游泥砂量等效益。本文以水保局(2021^b)新化農改場 2 號農塘為例，透過 UAV 及水下超音波測深方式探測，計算其蓄水範圍(如圖 10 所示)與蓄水效益，約 12 萬公噸。此外，透過辦理豎井口與臥管排水口之水資源監測，有效量化降雨時提供之滯洪效益，如圖 11 所示，成果顯示在單場降雨事件下，可降低下游洪峰流量約 45%，減緩災害發生。



資料來源：水保局(2021^b)

圖 10 新化農改場 2 號農塘蓄積高程示意圖



資料來源：水保局(2021^b)

圖 11 農塘滯洪效益示意圖

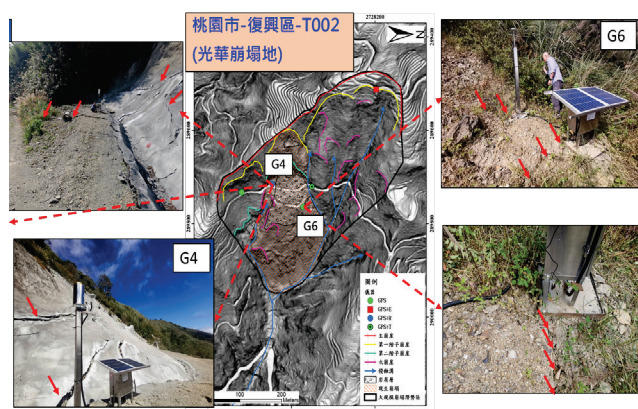
四、科技導入監測與管理

近年隨著無人飛行載具、物聯網、5G 行動通訊等科技發展，已驅動政府公共治理發展創新，尤其以近年快速發展之低功耗廣域網路技術(LPWAN)，可對於地處偏遠、設備管理及維護不易之集水區，有機會提供較以往更為密集、完整的監測資訊。水保局於土砂論壇(2018)提出之「8+1 大策略」中，期以應用人工智能(Artificial Intelligence, AI)、物聯

網(Internet of Things, IoT)等科技，提升防災監測為科技創新面，達成『和諧山林、智慧防災』之願景，爾後辦理水庫集水區大規模崩塌潛勢監測、上游野溪集水區水砂監測、及築壩式農塘水資源智慧監測等科技手段，以達風險預知、安全環境等目的，分述如後。

(一)大規模崩塌潛勢監測

水保局已於民國 107 年至 110 年期間，針對水庫集水區內之大規模崩塌潛勢區，運用多元尺度監測方式，陸續完成 45 處廣域(InSAR)及 25 處細部(傾斜管、水位計等)等監測，如圖 12 所示，並依監測結果進行 31 處減災工程治理，避免發生大規模崩塌災害，預防約 4.8 億立方公尺土砂下移，若以水庫每年操作 3 次計，可活用 14.4 億公噸蓄水量。



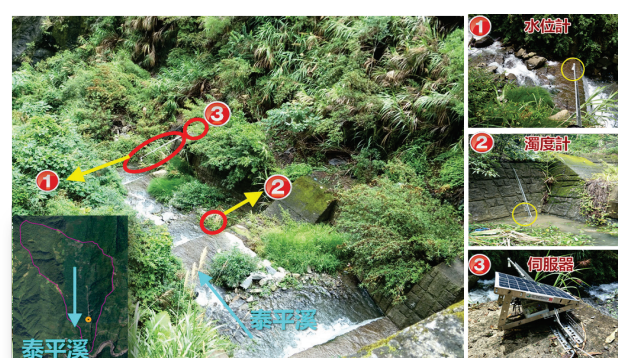
資料來源：水保局(2019^b)

圖 12 大規模崩塌監測示意圖
(以桃園市-復興區-T002 為例)

(二)上游野溪集水區水砂監測

除針對水庫集水區投入保育治理工程外，掌握上游野溪集水區產砂熱區分布，亦為未來水庫集水區保育治理規劃之重要參考及依據。因此，受益於近

年微控制器、感測器、通訊傳輸及資料應用分析之整合技術日趨成熟，水保局自民國 109 年起，已運用 IoT 監測技術陸續針對石門、曾文、霧社、德基等淤積程度較嚴重之水庫集水區，辦理上游野溪集水區流量及產砂量監測，如圖 13 所示，有效掌握實際土砂流出量體、及建立長期水庫集水區輸砂觀測資料，藉以回饋評估保育治理之成效。

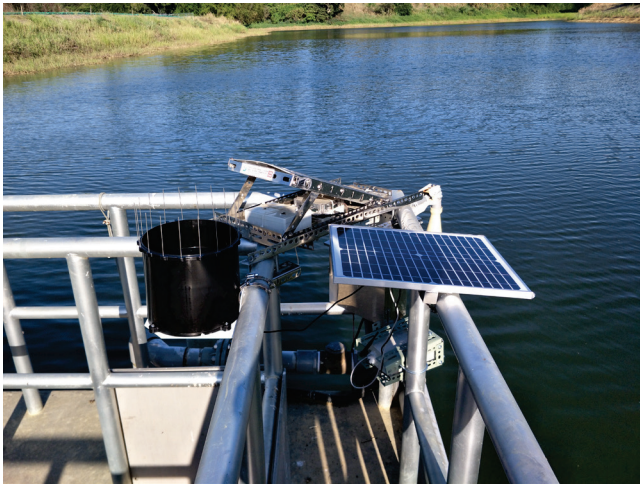


資料來源：水保局(2020^a)

圖 13 野溪水砂監測示意圖
(以石門水庫集水區泰平溪為例)

(三)築壩式農塘水資源智慧監測

為有效透過即時性水位資訊掌握溢流情形，以有效回饋逕流分攤、出流管制，提早針對當地降雨情況及時獲知，或進行相關防災整備工作，以有效降低可能面臨之災害損失，確保周圍人民生命或財產安全，水保局已於民國 110 年以物聯網技術推動辦理農塘水資源智慧監測，如圖 14 所示，即時掌握地區降雨、蓄水、及排水資訊，推估農塘溢流量、降雨新增蓄水量等基礎資訊，有效進行防災整備工作。



資料來源：水保局(2021^b)

圖 14 農塘水資源智慧監測佈設示意圖
(以新化農改場 2 號農塘為例)

五、結論

水保局透過辦理崩塌治理、野溪整治、及野溪清疏沉砂等保育治理手段，加速水庫集水區崩塌復育、穩定邊坡，適地放大水道斷面，營造土砂蓄容空間，減緩洪水及土石災害，以達減砂入庫成效；另透過有效管理、維護蓄水農塘，期以強化坡地保水功能，優化農塘水資源應用價值，多元利用地表水資源；未來將藉助於各項遙測及資訊等新科技的運用與研發，加速崩塌復育、精進監測與管理集水區水砂問題，以增益國土水源涵養效能，落實韌性水資源環境。

參考文獻

1. 陳信雄、陳明杰、李錦育(1989)，「防砂工程學」，臺灣大學森林學系。
2. 水保局(2008)，「集水區整體調查規劃參考手冊」。
3. 連惠邦、蔡易達 (2013)，「水土保持防砂工程防砂量計量模式之建立與應用」，中華水土保持學報，第 44 期，第 4 卷，第 351~362 頁。
4. 水保局(2016)，「野溪淤積土石整體調查及清疏規劃參考手冊」。
5. 水保局(2017)，「水土保持手冊」。
6. 水保局(2019^a)，「加強水庫集水區保育治理計畫-網頁維管、友善生態管理及成效評估」。
7. 水保局(2019^b)，「108 年度大規模崩塌防減災計畫成果及坡地水砂資料發佈評估」。
8. 水保局(2019^c)，「曾文水庫集水區永久性沉砂設施調查與可行性評估」。
9. 水保局(2019^d)，「德基水庫集水區永久性沉砂設施調查與可行性評估」。
10. 水保局(2020^a)，「109 年石門水庫集水區崩塌地演變與土砂料源調查評估」。
11. 水保局(2020^b)，「109 年 13 座重要水庫集水區庫容有效維持保育減砂量目標追蹤暨治理成效評析」。
12. 水保局(2021^a)，「110 年 13 座重要水庫集水區庫容有效維持保育減砂目標暨入庫砂量評估」。
13. 水保局(2021^b)，「築壩式重點農塘之韌性水資源環境調查與永續發展評析」。

打造西部供水廊道計畫

經濟部水利署水利規劃試驗所

陳春宏所長

經濟部水利署水利規劃試驗所

畢嵐杰正工程司

經濟部水利署水利規劃試驗所

葉俊明副所長

經濟部水利署水利規劃試驗所

葉時偉副工程司

經濟部水利署水利規劃試驗所

汪平洋研究員

經濟部水利署水利規劃試驗所

王彥程工程員

摘要

近年氣候變遷加劇，枯旱風險漸增。以 109 年為例，豐水期無颱風過境臺灣，主要水庫集水區 6 至 9 月平均降雨量為歷史平均值約 2 至 6 成，石門、寶二、永和山、鯉魚潭及德基等重要水庫蓄水率偏低，截至 110 年 5 月，永和山、鯉魚潭及德基等 3 座供應新竹、苗栗及臺中等地區用水重要水庫，水情極為嚴峻。鑒於 110 年 2 月完成之桃園支援新竹幹管，於 110 年度嚴峻旱象，具維持桃竹地區供水穩定實績，經濟部水利署（以下簡稱水利署）推動打造西部供水廊道計畫(如圖 1)，藉由規劃辦理南勢溪引水至石門水庫、石門水庫至新竹原水管、臺中至雲林管線連通改善及濁幹線與嘉南大圳串接等 4 大工作，以擴大翡翠水源南調及打通中部瓶頸，提升區域水源調度能力。

擴大調度、打通瓶頸：打造西部廊道珍珠串計畫

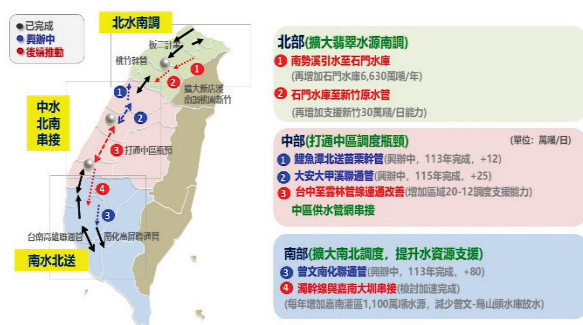


圖 1 打造西部供水廊道計畫

一、前言

臺灣降雨時間及空間差異極大，為提升水資源運用效率，強化區域水源調度為穩定供水重要工作。目前已完成北部包括臺北支援基隆及板新、大漢溪水源南調桃園及桃園支援新竹幹管；中部包括臺中支援彰化、雲林支援彰化及嘉義；南部包括臺南支援嘉義、臺南高雄水源聯合運用等區域調度管線。惟經盤點尚有部分調度瓶頸待克服，爰提出打造西部供水廊道計畫，可進一步強化跨區調度支援能力，降低區域缺水風險。

二、南勢溪引水至石門水庫

經濟部水利署水利規劃試驗所（以下簡稱水規所）於 106 年完成「石門水庫自蘭陽溪引水調查規劃檢討」，並於 109 年完成「石門水庫擴大集水區規劃檢討評估」，目的皆為解決北部區域降雨空間及時間不均情況。

鄰近新店河流域之翡翠水庫因冬季有東北季風挹注降雨量，若能透過引水隧道調配水源增加石門水庫旱季天然逕流量，對於台灣北部區域穩定供水有正面之助益。

(一) 方案內容

分為兩方案進行檢討，工程布置如圖 2 所示。

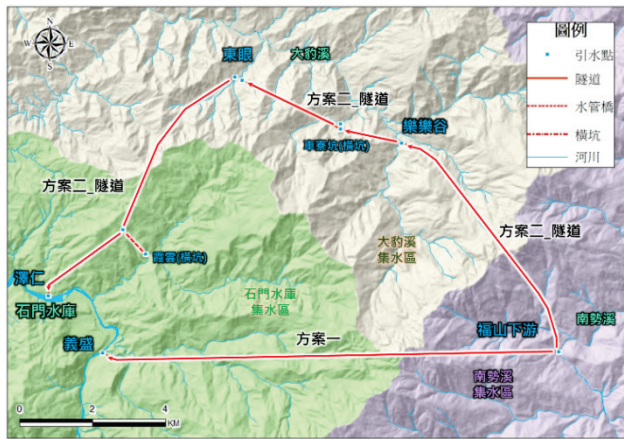


圖 2 引水方案平面佈置圖

1. 方案一

引水方案一以南勢溪流域與石門水庫本流間最短距離做為引水路線，藉此降低隧道長度，以減少工程費用與工期。堰址規劃於南勢溪福山下游 1.5 公里，集水區主要為大羅蘭溪、札孔溪及哈盆溪等支流，於福山下游設堰取水後透過高程差以長隧道進行重力輸水，出水口位置為大漢溪主流，其位於石門水庫集水區中游右岸之義盛，距石門大壩約 12.5 公里。取水口高程約為 EL.320m，出水口高程 250 公尺，隧道全長約 12.56km，輸水縱坡約為 1/280，隧道上方岩覆深度最大達 1,300 公尺。

2. 方案二

方案一隧道長度達 12 公里以上，在考量縮短單一隧道距離、工期要徑及增加施工工作面等目的下提出方案二，同時北繞之路線亦可迴避原住民保留地以及自然保留區。方案二規劃引水路全線採重力輸水，自福山下游設堰引水後以隧道送至大豹溪流域樂樂谷，而後隧道段經車寮坑後直至東眼出洞，經水管橋通過東眼溪谷後，以長隧道送水至

石門水庫集水區下游澤仁。

另為達成水資源多標的利用成果，增加區域水源調配彈性，方案二於樂樂谷規劃一分水工，引水隧道自樂樂谷河床下方通過，並同時規劃大豹溪放水口及取水口，其兼具作為下游三峽河抽水站與板新給水廠備援水源，以及自大豹溪取水，可增加引水隧道至石門水庫之引水量效益。方案二引水路線共計 5 段隧道、1 座水管橋以及 2 段橫坑，路線總長 20.40 公里。

(二) 水源效益

1. 供水能力

方案一於清水系統維持現況情境下，南勢溪越域引水可使石門水庫系統常態供水量增加 9.2 萬 CMD，使石門水庫系統整體供水能力達 149.8 萬 CMD；當清水系統改善至未來情境時，越域引水方案之增供水量成效略減，南勢溪越域引水可使石門水庫系統常態增供水量增加 8.0 萬 CMD，石門水庫系統整體供水能力可提升至 161.1 萬 CMD。

越域引水方案二於清水系統維持現況情境，南勢溪及大豹溪越域引水可使石門水庫系統常態供水量增加 10.7 萬 CMD，大漢溪系統整體供水能力達 151.4 萬 CMD，當清水系統改善至未來情境時，南勢溪及大豹溪越域引水亦可使系統增供 10.7 萬 CMD，大漢溪系統整體供水能力提升至 163.8 萬 CMD。兩方案供水效益比較(如表 1)。

表 1 方案供水效益比較表

新店溪及大漢溪 清水系統情境	引水方案	大漢溪系統 供水能力 (SI=0.5) (萬CMD)	大漢溪系統 常態增加供水能力 (萬CMD)
現況情境	無越引	140.7	—
	方案一	149.9	+9.2
	方案二	151.4	+10.7
未來情境	無越引	153.1	—
	方案一	161.1	+8.0
	方案二	163.8	+10.7

備註：

1. 清水系統現況情境：新店溪系統在翡翠蓄水達下限以上時供板新桃園85萬CMD，大漢溪水源南調桃園51萬CMD，北桃支援南桃3萬CMD。
2. 清水系統未來情境：新店溪系統在翡翠蓄水達下限以上時供板新桃園100.5萬CMD，大漢溪水源南調桃園51萬CMD，北桃支援南桃20萬CMD。

2. 抗旱能力

在 109-110 嚴重乾旱事件情境模擬下，方案一 109 年 6 月至 110 年 6 月每日可引 45 萬立方公尺，全程引入 1.6 億立方公尺水量，引入後大漢溪系統供水區該期間平均缺水率自 35% 降至 20%，缺水率超過 10% 天數由 135 日降至 49 日。

方案二 109 年 6 月至 110 年 6 月每日約可引 50 萬立方公尺，全程引入 1.8 億立方公尺水量，引入後大漢溪系統供水區該期間平均缺水率自 35% 降至 19%，缺水率超過 10% 天數由 135 日降至 36 日。

3. 區域調配能力

方案一、二越域引水路規模相同，皆可以進入石門水庫蓄存，並銜接石門水庫後端輸配水系統，方案二則可將越

引水量送至三峽河並送至三峽堰及板新水廠，調配上相對彈性。

(三) 工程規劃

因應地方訪談後之地方民意，新增納入地方意見之取水方案可行性評估，並進行方案內容調整，分述如下：

1. 方案規劃

目前仍屬執行階段，因方案一穿插天山自然保留區，農委會林務局表示因涉及文資法第 86 條「自然保留區禁止改變或破壞其原有自然狀態」，結合納入地方意見，新增評估兼顧水利考量及地方交通規劃之引水方案，並提出利用既有堰壩(羅好壩、桂山壩)引水至三峽河、鳶山堰或板新水場運用方案構想(如圖 3)。

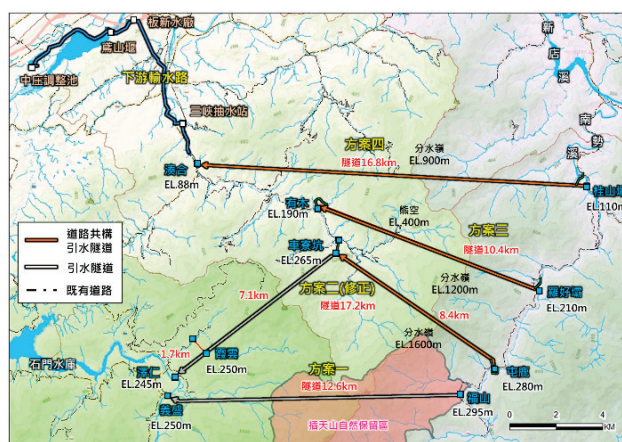


圖 3 納入地方意見之引水方案平面圖

方案二經調整後下移取水點以迴避插天山自然保留區，路線(屯鹿-車寮坑-澤仁)起始自南勢溪流域之屯鹿，途經大豹溪流域之車寮坑後，送至石門水庫上游之澤仁，可直接引南勢溪水進石門水庫以庫容調配利用，隧道全長約 17.2 公里，由屯鹿至車寮坑 8.4 公里及車寮坑至澤仁 8.8 公里組成。其中屯鹿

至車寮坑段之輸水隧道，考量連接烏來與三峽之地方交通考量，採兼具車行功能之原水隧道進行規劃，車寮坑至澤仁段則維持單一標的輸水隧道。

方案三路線起始自南勢溪流域既有羅好壩，以單一長隧道送水至大豹溪流域之有木，隧道全長約 10.4 公里，考量連接烏來與三峽之地方交通考量，全線採兼具車行功能之原水隧道進行規劃。其引水至三峽河後由下游板新水場、鳶山堰及中庄調整池聯合運用，惟無法利用石門水庫庫容調蓄。

方案四因在水源效益及交通考量等效益皆與方案三相同，且出水口已進入三峽高度開發之密集聚落用地取得難度高，故在工程成本遠高於方案三下不予採用。

2.計畫效益

方案二自南勢溪之屯鹿引水，經大豹溪之車寮坑至石門水庫調蓄利用，增加集水面積為南勢溪流域 180 平方公里及大豹溪流域 36 平方公里。方案三，自南勢溪羅好壩引水至大豹溪之有木，水源由下游板新水廠、鳶山堰及中庄調整池聯合運用，增加集水面積為南勢溪流域 198 平方公里及大豹溪流域 49 平方公里。

方案二屯鹿至車寮坑隧道段若先行完工上場，雖無法直接引原水至石門水庫，仍可引取南勢溪原水至大豹溪，供下游水利設施聯合運用，故仍將方案二屯鹿至車寮坑先行完工情境增列比較。

彙整納入地方意見之取水方案效益(如表 2)。由於方案二-1(屯鹿-車寮坑-澤仁)水源引取終端利用石門水庫庫容

調蓄，無論水源常態效益、備援效益或調度彈性皆較佳，方案二-2(屯鹿-車寮坑)及方案三因原水未經石門水庫庫容條蓄水源利用率較低。

表 2 效益彙整表

方案	方案二-1	方案二-2	方案三
	進石門水庫	進板新水場	
路線	屯鹿-大豹溪-石門水庫	屯鹿-大豹溪-板新水場	羅好壩-大豹溪-板新水場
路線長度	17.2km	8.4km	10.4km
常態效益	增供10.7萬CMD	增供4.2萬CMD	增供4.5萬CMD
備援效益	引水1.6億噸	引水0.5億噸	引水0.5億噸
交通	■ 公路隧道須符合消防、通風及照明規定。 ■ 隧道長度3公里以上，需設置雙孔隧道，若僅設置單孔隧道，則僅供緊急災難時開放使用。		
觀光	可帶動串聯周邊產業及觀光，結合地方特色。		

另依現行法規，輸水隧道若欲共構公路隧道達到車行功能，因緊急避難要求需以雙孔隧道配置，惟公路隧道非屬水利署可執行之權責範圍，公路隧道規劃仍以交通部為主管機關可進行後續推動，故兼具車行功能之原水隧道，以僅供臨時緊急通行使用為目標。

二、石門水庫至新竹聯通管工程

考量新竹地區於 110 年上半年旱象期間，其主要供水水源-寶山第二水庫之蓄水率一度僅餘約 2.6%(水庫之蓄水量約 83 萬噸)，供水情勢極度緊張，因此規劃設置石門水庫至新竹聯通管工程，使石門水庫可擴大以原水支援新竹寶山-寶二水庫及竹東圳，提升水源設施原水調度與備援能力，未來配合板二計畫供水調度能力提升及南北桃聯通管等清水系統改善，將可透過原水及清水北水南送，達到整體水資源聯合運用之效果，地理位置(如圖 4)。

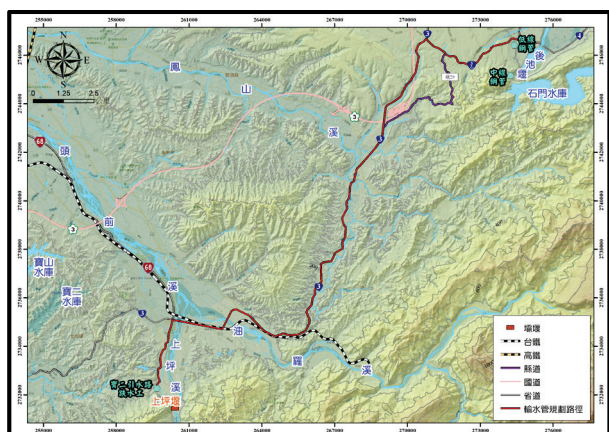


圖 4 地理位置圖

(一) 水源分析

南勢溪、石門水庫及頭前溪上坪堰各旬次水源量如圖 5 所示，石門水庫與上坪堰入流量於第 29 旬次(10 月中旬)開始急遽減少，而南勢溪水源於 11~12 月逕流量雖減少，但逕流量仍高；進一步考量石門水庫與南勢溪逕流量，石門水庫年計入流量 14.44 億立方公尺，遠比南勢溪 11.48 億立方公尺高，但 29~36 旬次逕流量南勢溪比石門水庫高，此乃南勢溪集水區有秋冬季東北季風降雨，而石門水庫集水區並無東北季風降雨。

另比較三者各旬次流量佔年計流量百分比，更可明顯看出南勢溪於 10~12 月逕流量比例偏高，有利於供水調配，而石門水庫與上坪堰各旬次入流量比例相當，如圖 6 所示。

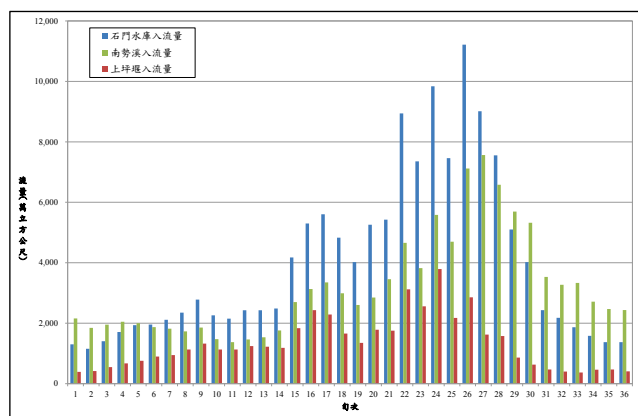


圖 5 石門水庫、南勢溪與上坪堰各旬計流量比較圖

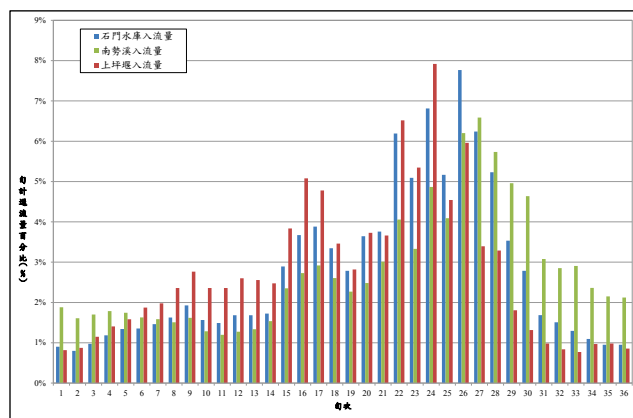


圖 6 石門水庫、南勢溪與上坪堰各旬計流量百分比比較圖

(二) 供水能力分析

根據水規所最新評估結果顯示，新店溪水源供水能力為每日 295 萬立方公尺時，缺水指數為 0.085；大漢溪水源供水能力為 150.4 萬立方公尺時，缺水指數為 0.579；頭前溪水源供水能力為 43.2 萬立方公尺時，缺水指數飆升至 2.17。前兩者建議維持既有供水能力，而頭前溪水源因受到民國 109 下半年至 110 年上半年嚴重枯旱事件影響，導致缺水指數飆升，故建議石門水庫與寶山及寶二水庫系統原水連通，達成水資源聯合運用，穩定新竹地區供水。

圖 7 為 103~109 年自石門水庫枯旱引水前後之寶二水庫蓄水量，因 103 年石門水庫自 9~12 月間水源量少，無法引水至寶二水庫，造成新竹 104 年缺水率無法降低；106~107 年間，石門水庫水源尚充足，可有效提高頭前溪水源系統水庫蓄水量及降低缺水率，108~109 年則因兩水庫蓄水量不佳，導致自石門水庫引水量少，109 年蓄水量均甚低。整體而言，自石門水庫取水可增加寶二蓄水量，增加供水穩定度。

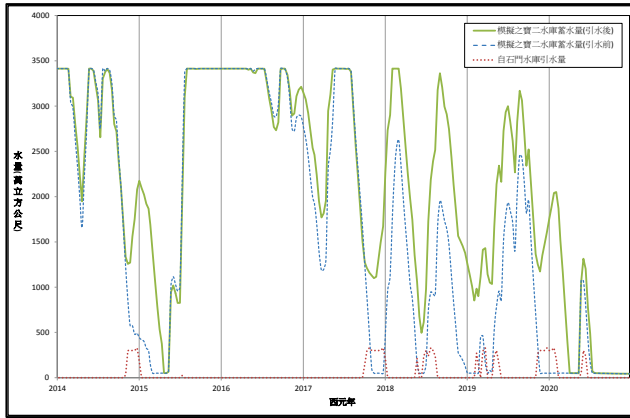


圖 7 寶二水庫自石門水庫引水前後之模擬蓄水量

(三) 工程規劃

為使新竹地區於枯旱期間，具備石門水庫水源可調度新竹地區每日 30 萬噸之緊急供水備援能力。本計畫輸水管線平面圖(詳圖 8)、管線水力坡降分析圖(詳圖 9)。

依據水力分析，輸水管線由石門水庫分層取水之既有中線鋼管分歧新設 $\phi 2,000\text{mm}$ DIP，先以輸水隧道通過石門山，再沿竹 28-1 縣道轉台 3 線於道路下方埋管，另以鋼管形式分別設置水管橋通過油羅溪及上坪溪後，於上坪溪高灘地埋管，再轉至東峰路(竹 122 縣道)埋設，至寶山第二水庫之引水隧道前跌水工止，管線長度約 25.1 公里。另於沿途適當地點施作電動閘、制水閘、排氣閘、排水閘及檢查人孔等，以便日後操作維護。

主要工程內容如下：

1. $\phi 2,000\text{ mmDIP}$ 輸水管線總長度約 25.1 公里。
2. 輸水隧道總長度約 3.4 公里。
3. 油羅溪與上坪溪水管橋總長度約 1.1 公里。
4. 調整池、閘類及附屬設施(包含機電配電、閘閥及監控等設施)。



圖 8 石門水庫至上坪堰原水聯通管布置圖

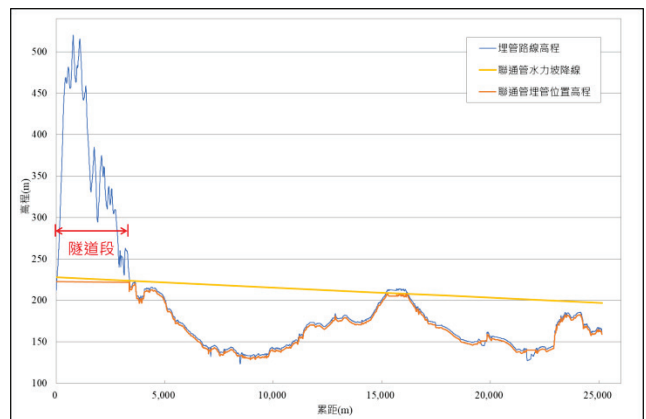


圖 9 石門水庫至上坪堰原水聯通管水力坡降分析圖

三、臺中至雲林區域水源調度管線改善

為改善中部區域水源調度瓶頸，於枯旱或緊急用水時期滿足在地用水需求，強化跨區水源運用效率、擴大水源調度能力，期望藉由本管線施設完成後可延緩分區限水時程(圖 10)。

(一) 現況區域管網

1. 臺中地區

近年來本地區人口快速成長，公共用水隨之逐年增加，為解決供水需求須新增相關管線，台水公司針對臺中區域供水管網重新進行檢討規劃，擬增設鯉魚潭第二送水管、豐原場送水管複線、

豐原大道環狀管線及臺中鐵路高架化騰空廊道下埋設管線。臺中地區供水系統及管網圖(如圖 11)。



圖 10 目的及效益



圖 11 臺中供水系統及管網圖

2. 彰化地區

為解決彰投地區目前地下水涵養不足並提供質優量穩之水源，烏嘴潭人工湖計畫水源取自烏溪，並蓄存於湖區運用，每日約可供應地面水 25 萬噸，其原水經烏嘴潭淨水場處理完成後利用送水(幹)管，使處理後之清水送至草屯

鎮及彰化縣各淨水場內，以利各供水區水源調度與利用，供水區域為彰化全縣、臺中市烏日區溪尾里及草屯地區。彰化地區供水系統及管網圖(如圖 12)。

3. 雲林地區

湖山水庫主要供水標的為滿足雲林縣二十鄉市鎮之民生及公共用水之成長，並替代傳統地下水源，以有效解決雲林地區大量抽用地下水所衍生地層下陷等諸多問題。林內淨水場及新建湖山淨水場之原水係由集集堰與湖山水庫聯合運用供應，兩水源主要以「湖山水庫下游連接管路」採單管雙向供水串接。雲林地區供水系統及管網圖(如圖 13)。



圖 12 彰化供水系統及管網圖



圖 13 雲林供水系統及管網圖

(二) 區域供水管網關鍵問題

目前中部區域僅單向跨區域支援供水，如苗栗北送新竹、臺中北送苗栗及南送彰化、雲林北送彰化及南送嘉義。彰化地區因多為獨立供水系統，受供水系統尚未無連通及輸水管徑不足等因素影響，現況臺中-彰化、北彰化-南彰化、彰化-雲林均無法雙向供水，彰化地區為中部區域調度瓶頸，致南北水源無法相互調度(圖 14)。惟臺中至雲林地區供水系統，尚有部分管段管徑不足或未串聯等因素影響，為中部區域水源調度瓶頸，須辦理改善。



圖 14 彰化地區為中部區域水源調度瓶頸

依據「臺灣各區水資源經理基本計畫」檢討成果，中部區域現況整體供水能力約每日 268.3 萬噸，尚滿足用水需求約每日 250.4 萬噸；惟未來用水需求變化呈現地區性差異，苗栗、臺中及彰化等地區因社會經濟發展快速，用水需求呈現成長趨勢，預估 125 年用水需求約每日 267.1 萬噸(如表 3)。

表 3 中部區域公共用水需求推估

單位：萬噸/日

區域	地區	108 年用水需求	目標年 125 年用水需求	成長幅度
中部區域	苗栗	23.06	28.69	24.41%
	臺中	141.37	157.80	11.62%
	彰化	39.72	41.20	3.73%
	南投	17.08	14.40	-15.69%
	雲林	29.12	25.00	-14.15%
	合計	250.35	267.09	6.69%

備註：

- 1、公共用水包含生活用水及工業用水。
- 2、生活用水為參考國發會「中華民國人口推計(2020至2070年)」、自來水普及率、漏水率、每人每日生活用水量及自行取水量變化趨勢等資料推估。
- 3、工業用水為參考現有工業用地用水成長趨勢、已核定用水計畫(包含現有、開發中、已編定工業區完成後用水量總和)，並依據國土計畫國土功能分區及分類納入產業用地面積等資料推估用水趨勢。
- 4、“-”代表供給大於需求，無用水缺口；各區域供需缺口係由地區之供需缺口相加，非為該區域合計供水能力與目標年用水需求相減。

資料來源：臺灣各區水資源經理基本計畫(核定本)，經濟部水利署，110年。

另因應氣候變遷加劇及社會經濟發展，中部區域目前正推動烏溪鳥嘴潭人工湖、大安大甲溪聯通管、鯉魚潭北送苗栗幹管等工作維持區域供水穩定，並推動大安溪及烏溪伏流水、整合地下水備援井網等工作，強化備援供水能力，提升氣候變遷調適能力。

台水公司刻正辦理「鳥嘴潭人工湖下游自來水供水工程」，預計 113 年完工後，北彰化、南彰化供水系統可完成串聯。惟彰化北斗第二淨水場以南管徑不足輸水能力有限，且臺中至彰化、彰化至雲林仍無法雙向供水，枯旱或緊急用水時期無法支援輸水仍為調度瓶頸，尚須辦理改善。因此必須透過打通臺中至雲林供水系統瓶頸段，以進行臺中至雲林雙向調度供水工作。

(三) 工程規劃

臺中-彰化雙向送水管每日最大送水量為 20 萬噸，埋設管線總長度約 20 公里；彰化-雲林雙向送水管每日最大送水量為 12 萬噸，埋設管線總長度約 11 公里。相關工程位置如圖 15，並視細部調查、實際需求滾動調整相關工作或位置，相關內容說明如下。

1. 臺中 - 彰化雙向調度管線改善工程 (圖 15)

(1)彰化-烏日雙向送水管：起於大肚橋旁既有水管橋 ϕ 2,200 毫米管線銜接新設 ϕ 1,500 毫米管線，經台一線轉至榮和路後銜接環河路轉入公園路，經公園路延一心街銜接至烏日配水池，全長約 5.6 公里。

(2)烏日-大里雙向送水管：起於烏日配水池加壓送水銜接環河路至大里橋供大里地區用水，埋設 ϕ 1,200 毫米管線，長約 7.8 公里。

(3)烏日-南屯雙向送水管：起於烏日配水池延五光路接新興路、光日路至建國路後，於大同路銜接永春東三南路並往北埋管至環中路四段，銜接環中路四段與黎明路一段處既有 ϕ 800 毫米管線，總長約 3.5 公里埋設 ϕ 1,000 毫米管線。惟光日路與建國路段因需穿越鐵路及捷運軌道，於既有光日路與建國路地下道下方進行推進或潛盾工法穿越，其地下道至大同路長約 500 公尺。另銜接環中路四段既有 ϕ 800 毫米管線向北埋設 ϕ 1,000 毫米管線至市政路口，銜接未來市府新闢道路，此段長約 3.0 公里，供南屯區用水使用，另於新闢道路完成後未來可調配水源至第一供水區使用。

2. 彰化 - 雲林雙向調度管線改善工程 (圖 16)

(1)彰南配水池-北斗雙向送水管：埋設起於彰南配水池經台一線中山路一段至斗苑二段交會處，銜接鳥嘴潭人工湖工程計畫之 B 幹管，埋設 ϕ 900 毫米管線，總長約 8.0 公里。

(2)西螺-彰南配水池管線：預計於既有西螺大橋旁水管橋上增設 ϕ 600 毫米管線，並銜接至彰南配水池，水管橋處長度約 2.1 公里，跨河後至彰南配水池約 0.5 公里，總長約 2.6 公里。

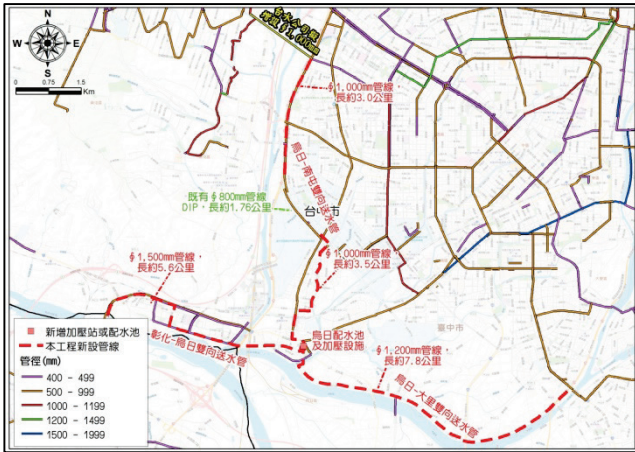


圖 15 臺中-彰化雙向送水管工程位置圖



圖 16 彰化-雲林雙向送水管工程位置圖

四、濁幹線與嘉南大圳串接工程

預期透過修復既有北港溪倒虹吸工及相關通水渠道，恢復北水南引或南水北調之條件，除可利用濁水溪剩餘水源，透過濁幹線及北港溪倒虹吸工送至嘉南灌區，並減少曾文-烏山頭水庫農業供水，增加水庫蓄存，另曾文溪水源若有多餘流量，可於濁水溪水源短缺時，透過本調度系統支援雲林灌區，整體調度功能效益可進而提高雲林、嘉義、台南地區供水穩定，地理位置(如圖 17)。

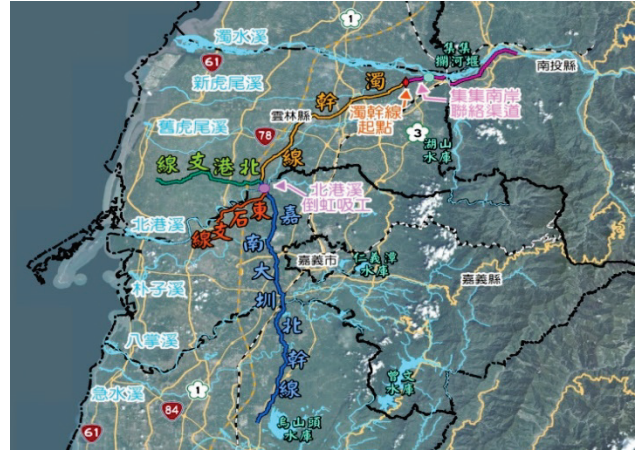


圖 17 地理位置圖

(一) 水源分析

1. 濁水溪水源

集集堰年平均入流量為 44.42 億立方公尺，斗六堰年平均取水量為 0.66 億立方公尺；農業、公共及工業用水之年平均供水量分別為 17.75 億、0.34 億及 1.01 億立方公尺。91~109 年集集堰實際供水量與水權之比較(如圖 18)。實際引水量介於 $Q_{85} \sim Q_{50}$ 之間，故以實際供水操作下，濁水溪水源於供應各標的用水時尚有剩餘水量可供北水南引使用。

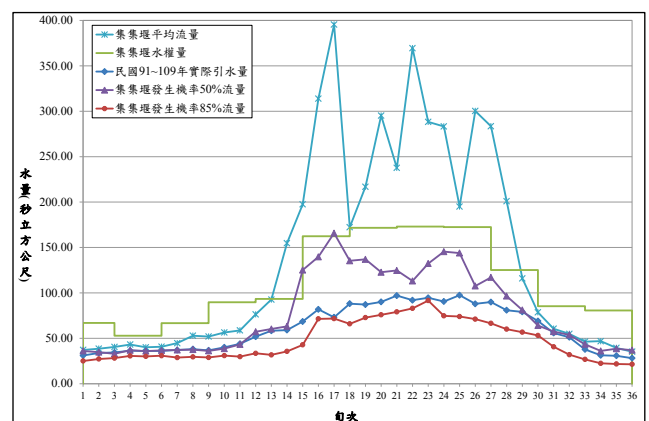


圖 18 集集堰水權量與實際用水量比較

2. 曾文溪水源

統計 91~109 年曾文-烏山頭水庫系統之營運資料(表 4)，曾文水庫歷年平均

進水量為 12.34 億立方公尺，各標的供水水量為 7.28 億立方公尺，包含灌溉用水 5.68 億立方公尺、工業用水 0.19 億立方公尺與公共給水 1.41 億立方公尺。其中公共給水水權量為 1.2 億立方公尺，歷年平均調度 2,071 萬立方公尺。

表 4 曾文-烏山頭水庫系統營運統計表

單位：萬立方公尺

年	曾文水庫				東口堰引水量	東口堰溢流量	各標的供水量			
	進水量	發電放水量	河道放水口放水量	溢流堰洩洪量			灌溉用水	工業用水	公共給水	小計
91	56,749	89,540	24	0	89,563	0	59,979	2,500	12,992	75,471
92	51,475	60,217	1,975	0	62,192	0	39,054	2,421	12,996	54,470
93	111,171	63,600	5,952	6,898	65,099	11,350	41,622	3,130	12,642	57,394
94	224,757	98,750	5,353	120,332	81,794	142,642	64,052	2,632	14,616	81,301
95	170,627	104,491	9,476	56,650	90,248	80,359	70,539	2,655	14,063	87,257
96	164,221	96,317	11,712	46,336	89,787	64,578	68,434	2,553	14,270	85,256
97	199,011	100,065	16,559	84,001	90,689	109,928	70,144	2,233	13,629	86,006
98	162,223	80,978	22,795	77,080	87,054	93,800	67,533	1,951	14,198	83,682
99	100,981	47,699	24,893	10,872	69,295	14,176	45,699	2,075	14,533	62,306
100	79,702	52,716	30,244	0	82,488	473	57,811	2,135	13,317	73,263
101	163,974	49,270	38,749	80,388	83,628	84,779	59,285	2,022	12,962	74,268
102	141,654	85,647	6,489	45,900	84,252	53,747	58,772	1,933	13,983	74,688
103	72,178	75,726	18	0	74,863	882	53,899	1,954	14,361	70,214
104	109,763	70,687	3,976	23,778	67,068	31,372	49,193	1,637	14,615	65,444
105	134,399	83,523	9,840	37,233	79,377	51,219	62,096	1,253	13,087	76,436
106	114,388	89,574	1,746	38,232	82,902	46,648	60,944	1,137	15,865	77,945
107	114,479	71,257	13,949	19,728	76,662	28,272	50,930	873	14,890	66,693
108	128,643	73,535	9,093	10,062	67,526	59,569	51,949	900	14,604	67,453
109	44,721	64,979	1,484	0	66,231	232	47,250	657	15,731	63,638
平均	123,427	76,767	11,280	34,605	78,459	46,001	56,799	1,929	14,071	72,799

(二) 供水串接問題與成效

嘉南大圳系統包含濁幹線及烏山頭水庫南、北幹線，透過北港溪倒虹吸工，將濁幹線與嘉南大圳予以串接，以利濁水溪與曾文溪水源於枯旱時期相互調度備援。北港溪倒虹吸工於 19 年興建，可經此虹吸管相互流通雲林及嘉南灌區用水，曾北水南引 28 次、南水北調 9 次，最大可引水流量為 4.363 秒立方公尺，惟自臺灣地區水利會(現農田水利署)重新調整區域後即未再有營運。後因嘉南灌區嚴重乾旱，於 80 年 11 月至 82 年 6 月分二期辦理北港溪倒虹吸工管內疏濬，並同時先期試行通水，北水南引 2 次，最大通水流量為 1.66 秒立方公尺，通水期間發現漏水與冒水現象，如欲恢復原有通水能力，尚須修護改

善。後續因北港溪河道持續沖刷(圖 19)，致使倒虹吸工沖毀(圖 20)，現況已無法進行水源調度，如欲恢復調度功能，須予以重建。

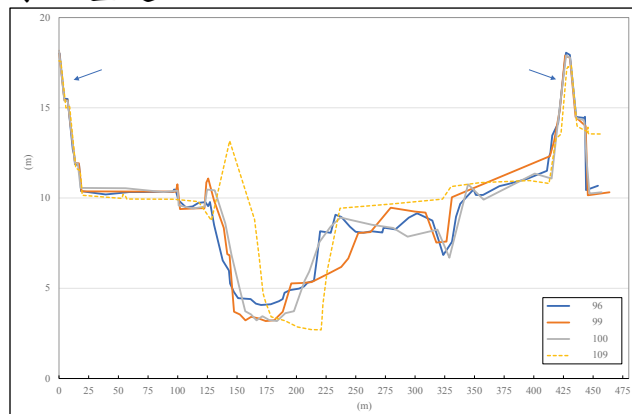


圖 19 北港溪倒虹吸工縱斷面高程變化圖



圖 20 北港溪倒虹吸工現況圖

北港溪倒虹吸工現況雖未登錄文化景觀，仍具有歷史文化價值，且透過修復既有北港溪倒虹吸工及相關通水渠道，恢復北水南引或南水北調之條件，可利用濁水溪豐水期(每年 6~11 月)剩餘水量，透過濁幹線及北港溪倒虹吸工送北水南引至東石及崙子支線供灌區域，並減少曾文-烏山頭水庫農業供水，增加水庫蓄存，每年可調度水量平均達 1,100 萬立方公尺；亦可利用曾文-烏山頭水庫水源，透過嘉南大圳北幹線及北港溪倒虹吸工南水北調至北港支

線供灌區域，惟曾文溪水源北調之平均灌溉水量(267 萬立方公尺)遠低於北港支線灌溉需求(年約 15,821 萬立方公尺)，供灌比例僅 1.7%，供水效益甚低，南水北調應視水情狀況協商後啟動調度，不建議常態啟動。透過本調度系統，可提昇整體調度功能效益，進而提高雲林、嘉義、臺南地區供水穩定，將來視濁水溪庫容變化滾動檢討。

(三) 工程規劃

相關工程位置(如圖 21)，並視細部調查、實際需求滾動調整相關工作或位置。

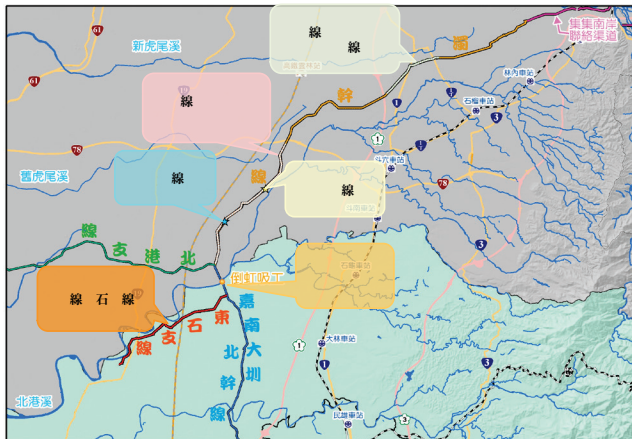


圖 21 串接工程位置分佈圖

1. 濁幹線渠道改善工程

(1) 油車制水閘～埤內支線間渠道改善工程：渠道長約 8.2 公里，有內面工破損與部分渠段維持土溝尚待改善。以渠道設計流量 44~47 秒立方公尺，採寬 12 公尺、高 3.3 公尺 U 型座槽改善。

(2) 土庫制水閘～內寮制水閘間渠道改善工程：渠道長約 7.5 公里，有部分渠段植生土坡滑落堆積與內面工破損或高度不足的狀況，有輸水安全性問題。以渠道設計流量 13~16 秒立方公尺，採寬 8 公

尺、高 3.3 公尺 U 型座槽改善。

(3) 沉砂池工程：於濁幹線下游端 29K+194 處(縣道 145 甲線瓦瑤橋下游段)增設 1 處沉砂池，長約 300m，透過增加斷面寬度及渠深來減緩流速，達到沉砂作用，採寬 20 公尺、高 4.5 公尺之雙槽 U 型座槽改善，沉砂池進、出口處並設操作閘門，以確保分池清淤功能，工程佈置(如圖 22)。

(4) 退水路工程：於濁幹線土庫制水閘上游處左岸設置 1 處退水路，排入北港溪主深槽右岸，長約 350 公尺，採寬 4 公尺、高 3.3 公尺 U 型座槽改善，退水路進口處並設操作閘門，工程佈置(如圖 23)。

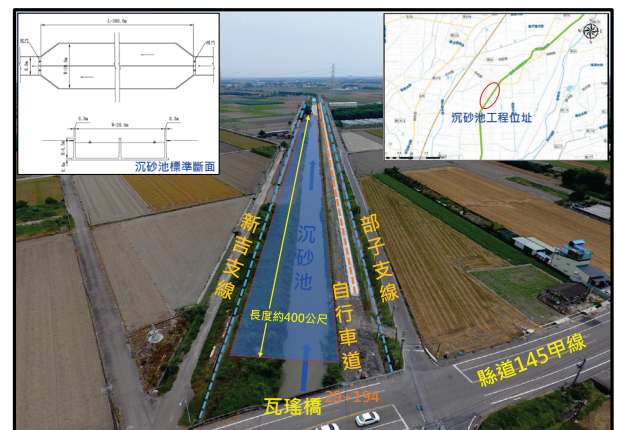


圖 22 沉砂池工程位置與標準斷面圖



圖 23 退水路工程位置與標準斷面圖

2. 北港溪過河段工程

考量施工工期、工程經費、施工安全、河防安全、管線水理、營運維護、供水操作等因素，採倒虹吸工方案(圖 24)。

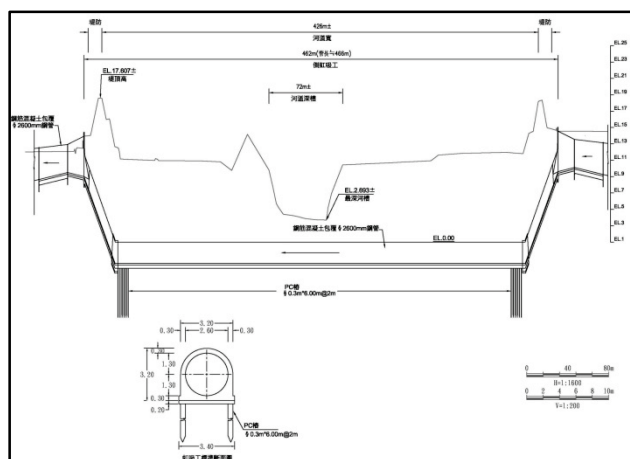


圖 24 北港溪過河段倒虹吸工方案斷面圖

3. 北幹線東石支線渠道改善工程

現況仍有東石支線約 10.5 公里、永賢分線約 1.2 公里及蚶子寮分線約 1.1 公里渠道有內面工破損，造成內填石料裸露，及部分渠段通水斷面不足的情況，擬採寬 2~3 公尺、高 1.6 公尺~2 公尺 U 型座槽改善(如圖 25)。

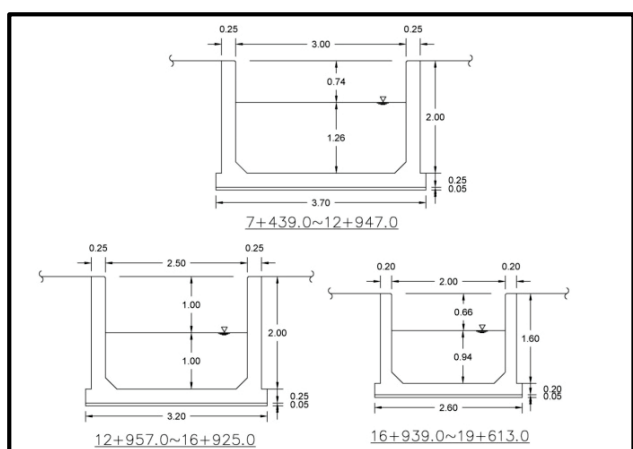


圖 25 東石支線渠道改善工程標準斷面圖

五、結語

- (一) 近年完成的板二計畫、桃園支援新竹幹管，與目前推動中的鯉魚潭北送苗栗幹管、大安大甲溪聯通管及曾文南化聯通管外，藉由目前規劃辦理的南勢溪引水至石門水庫、石門水庫至新竹原水管、臺中至雲林管線連通改善及濁幹線與嘉南大圳串接 4 大工作，可進一步增加跨區調度支援能力，以強化供水韌性、維持區域供水穩定等功效，具有推動之必要性。
- (二) 南勢溪引水至石門水庫方案因應地方建議納入交通功能，經評估各方案採道路共構引水隧道方式其經費增加約 1 倍，且需考量結合周邊交通路網，將持續與地方、主管單位協商，循序推動。
- (三) 石門水庫至新竹聯通管工程可再增加石門水庫支援新竹每日 30 萬噸備援水量，配合已完成桃園支援新竹幹管及抗旱水井等，可有效提升新竹地區供水穩定，避免枯旱或臨時緊急狀況時，對社會及經濟造成嚴重損失。
- (四) 臺中-彰化調度管線完成後，可調度大里、南、南屯、烏日等區域，臺中地區一、二、三供水區水源可相互支援調度，管線最大輸水能力提高至每日 20 萬立方公尺；彰化-雲林調度管線完成後，可支援水源雙向調度南北彰化及雲林地區，管線最大輸水能力提高至每日 12 萬立方公尺，進一步提升中部區域水源調度支援能力。

(五) 濁幹線與嘉南大圳串接工程，可改善中南部區域水源調度瓶頸，於枯旱或緊急用水時期滿足在地用水需求，強化跨區水源運用效率、擴大水源調度能力。完成後濁水溪可北水南引至嘉南大圳之東石及崙子支線供灌區域，年最大約達 1,100 萬立方公尺；另曾文烏山頭系統亦可南水北調至濁幹線之北港支線供灌區域，年最大約達 267 萬立方公尺。透過整體調度功能提高雲林、嘉義、臺南地區之供水穩定。

參考文獻

1. 台中區供水系統規劃，台水公司，民國 105 年。
2. 大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫-替代方案可行性規劃，經濟部水利署中區水資源局，民國 106 年。
3. 烏嘴潭人工湖下游自來水供水工程可行性研究報告，台水公司，民國 107 年。
4. 北北桃水源運用整體供水調度規劃(2)-增供新竹地區改善規劃，經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 107 年。
5. 烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫(第 1 次修正)(核定本)，經濟部，民國 109 年。
6. 備援調度幹管工程計畫(核定本)，經濟部，民國 109 年。
7. 加強平地人工湖及伏流水推動計畫(核定本)，經濟部水利署，民國 110 年。
8. 臺灣各區水資源經理基本計畫(核定本)，經濟部水利署，民國 110 年。
9. 緊急抗旱水源應變計畫 2.0(核定本)，經濟部水利署，民國 110 年。
10. 台灣自來水公司 109 年底各區管理處營運中供水系統設計供水人口及供水能力統計表，台水公司，民國 110 年。

備援地下水及伏流水

經濟部水利署/吳明哲正工程司

關鍵字：抗旱、緊急備援、地下水、伏流水

摘要

受全球暖化、氣候變遷影響，水資源管理的困難日益增加。聯合國於 2020 年世界水資源日發布的旗艦報告指出，要減少氣候變遷的影響和驅動因素，就需要人類改變使用地球有限水資源的方式，其中之一即為透過提升用水效率，解決日益嚴重的水資源壓力，爰此，再生水資源之開發與利用成為必然之趨勢。臺灣接軌國際發展趨勢，已透過發布再生水資源發展條例等法規規範，營造發展再生水資源友善環境，藉由跨部會合作推動再生水資源發展與多元化利用，實現有效利用水資源，減低水資源短缺風險，並期在循環經濟推動趨勢下，發展再生水創新技術與扶植產業，回收廢污水中有價物質，型塑資源永續利用之水循環經濟模式。

一、環境背景

臺灣平均年降雨量達 2,502 毫米，遠高於世界平均值 973 毫米，但雨量分布不均，約有 78% 集中於豐水期，南部地區更高達 89%，需仰賴興建蓄水設施以蓄豐濟枯，方能提高枯旱時期之供水穩定度，維持各項發展所需。惟臺灣土地狹小陡峭、人口稠密，可開發的優良壩址有限，加上民眾對環保生態日益重視，近 15 年來，僅新建寶山第二及湖山兩座水庫，根據 2014 年聯合國世界

農糧組織（FAO）資料估算，世界每人可擁有的水庫蓄水容量平均值約為 1,236 立方公尺，而目前國內每人可擁有的水庫蓄水容量僅約 83 立方公尺，遠低於世界平均值。

(一)臺灣水資源利用結構

臺灣地區近十年平均雨量約達 2,542 毫米，年總降雨量平均約有 915 億噸，扣除蒸發量之損失及入滲之水量，流入河道之逕流量仍約有 665 億噸，其中僅約 40 億噸為水庫所蓄存，另約有 73 億噸為河道引水使用，其餘超過 500 億噸流入大海；平均總用水量部分，經推估約為 168 億噸（不含保育用水及非灌區農業用水），其中生活用水約 32 億噸（約占 19%），工業用水約 1.6 億噸（約占 10%），農業用水約 120 億噸（約占 71%），而地下水抽水量仍有超過天然補注量之情況。整體水資源及利用架構，如圖 1 所示。

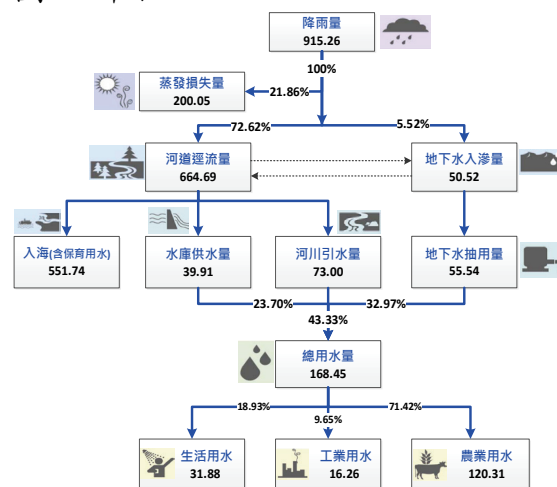


圖 1 2010-2019 年水資源及利用架構

(二)2021 年降雨及水庫蓄水情形

今(2021)年上半年臺灣本島西半部地區發生嚴重乾旱事件，主要因為自去年(2020)年梅雨季雨情不佳，接續並無受颱風影響，致臺灣西部防汛重點水庫有效蓄水量自去年 6 月起即持續下降，於今年 5 月達最低(圖 2)。整體而言，自 2020 年 6 月至 2021 年 2 月間，新竹至嘉義水庫集水區累計雨量達到歷年最低，相較同期歷史平均值 1,780 毫米，減少約 1,000 毫米(圖 3)，亦低於 2014~2015 年旱災同期降雨量約 300 毫米，使臺灣面臨嚴峻水情狀況。

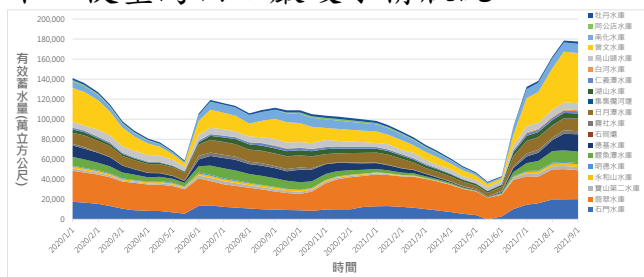


圖 2 防汛重點水庫有效蓄水量堆疊圖

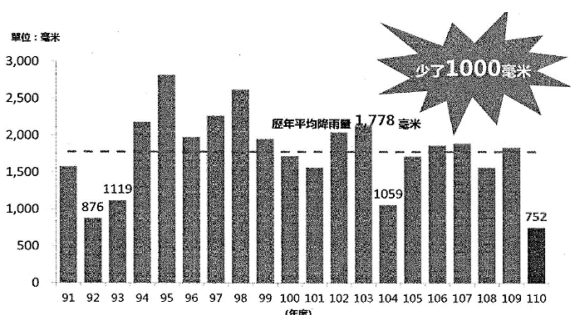


圖 3 前一年 6 月至當年 2 月底水庫集水區歷年平均降雨量

(三)地下水、伏流水運用現況

無論是地下水或伏流水皆具有水質清澈及開發成本較低優勢，依各區域水文地質條件因地制宜開發利用，除可作為高濁度水情事件備援外，部分亦可作為常態水源使用，已是水利署目前多元

水源開發之重要一環。

地下水部分，由於地質構造與地形不同，臺灣各地地下水之蘊藏與產生狀況亦各相異，其中，現代沖積層因多孔隙，且富含地下水，為臺灣地下水重要來源，亦為被開發利用最廣泛之岩層，主要分布於臺北盆地、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、蘭陽平原及花東縱谷地區等 9 區；依據 109 年行政院主計總處「綠色國民所得帳編製報告」，臺灣地下水每年使用量約介於 53~58 億噸，108 年使用量約為 53.72 億噸，以濁水溪沖積扇、嘉南平原與屏東平原為地下水使用量較多之地區。

伏流水部分，全臺目前已有多處開發伏流水並供水營運中之設施，包含羅東攔河堰(最大每日 20 萬噸)、二峰圳(最大每日 25 萬噸)、南和圳(最大每日 13.9 萬噸)、九曲堂取水站(最大每日 35 萬噸)、會結取水站(最大每日 7 萬噸)、能高大圳(最大每日 37.3 萬噸)、翁公園取水站(最大每日 10 萬噸)、竹寮取水站(最大每日 10 萬噸)及大樹伏流水(最大每日 10 萬噸)等；另於前瞻水環境建設中納入趕辦者包含通霄溪(最大每日 0.3 萬噸)、濁水溪(最大每日 3 萬噸)、高屏溪溪埔伏及大泉伏流水(最大每日各 15 萬噸，已完成)等，於 109 年陸續完成後，可再增加最大每日 33.3 萬噸伏流量，包括常態供水每日 0.3 萬噸及備援供水每日 30 萬噸，以因應平時用水需求及颱風期間高濁度備援供水(如圖 4)。

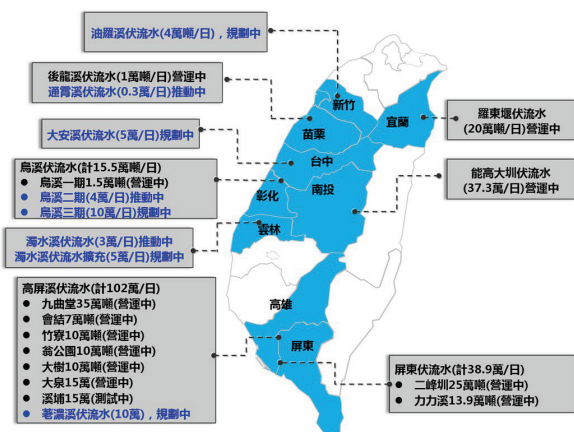


圖 4 全臺伏流水開發利用與規劃現況

二、2021 年旱災對臺灣用水需求之影響

因雨季降雨未如預期，桃園、新竹、苗栗、臺中及北彰化等於去年 10 月水情燈號即轉為黃燈，並陸續導致今年部分地區進入不同程度的減壓、減量或分區供水情況，至 5 月底達到最嚴峻狀態(如表 1)。

旱災期間，中央災害應變中心於 3 月 24 日會議因考量苗栗、臺中及北彰化部分地區水情較嚴峻，故自 4 月 6 日起即發布分區供水紅燈，其中，位於中部之苗栗、臺中兩縣市實施分區供水，以供水 5 天、停水 2 天進行民生用水限水措施，受影響戶數約為 106.4 萬戶；針對設有專管的中部科學園區、后里科學園區進行減供，以節水 15%。另高雄地區水情燈號 4 月 1 日起由減壓供水黃燈轉為減量供水橙燈，連江地區由水情提醒綠燈轉為減壓供水黃燈。

因 4 月降雨情勢不佳，5 月上旬全國水情燈號維持不變，5 月下旬桃園市、新北市林口區水情燈號調整為橙燈並進行減量供水，高雄地區則因降雨稍明顯，使水情燈號由「減量供水」橙燈轉

為「減壓供水」黃燈；6 月上旬則因降雨情勢好轉，6 月 6 日起解除苗栗、臺中與北彰化等地區分區供水措施；而至 8 月上旬時，臺灣本島、澎湖、金門、馬祖地區，全區水情恢復正常。

表 1 各地水情燈號表

時間	燈號	措施	實施地區
109年10月	黃燈	減壓供水	桃園市及新北市林口區、新竹縣(市)、苗栗縣、臺中市及彰化縣北部地區
110年5月	紅燈	分區供水	苗栗縣、台中市及彰化縣北部地區
	橙燈	減壓供水	嘉義縣市、臺南市、高雄市
	黃燈	減壓供水	彰化縣南部地區、南投縣、雲林縣

三、抗旱整備與應變作為

臺灣因降雨分配不均、蓄水設施興建不易，水資源的利用與分配則顯得格外重要，加上受到極端氣候影響，預期地下水在水資源運用中扮演著相當重要的角色，更是抗旱時期可快速作為緊急備援使用的主力水源之一，故水利署於 2016 年的前瞻計畫即已投入「防災及備援水井建置計畫」之相關整備工作，以穩定水資源供應及降低缺水風險，此外，面對此次旱災影響，除啟用既有備援水井外，另亦透過「緊急抗旱水源應變計畫 1.0」、「緊急抗旱水源應變計畫 2.0」以開發並有效的調度水源；其相關說明如後。

(一)整備：防災及備援水井建置計畫

本計畫於是於2017年7月10日奉行政院核定後實施，其中，第2次修正係於2020年8月18日核定，主要辦理「防災緊急備援井網」及「常態備援水井建置」等2項主要整備工作，以增加地下水備援水量，提升抗旱及緊急事件應變能力，其目標與效益(如表2)所示。

透過此計畫之執行，分別於桃園、新竹、臺中三轄區完成防災緊急備援井網(如表3)，並建置37口備援水井，總計每日約可增加提供9.82萬噸之緊急備援水量；另於臺中與屏東同時完成41口常態備援水井建置(如表3)，總計每日約可增加11.29萬噸之常態備援水量。

表2 防災及備援水井建置計畫目標及效益

主要工作	預期目標	效益
防災緊急備援井網	增加桃園、新竹、臺中地區地下水緊急備援水量總計8萬噸/日	提高枯旱或緊急事件之水源調度應變能力
常態備援水井建置	增加臺中、屏東地區地下水常態備援供水總計10萬噸/日	增加自來水供水系統穩定度

表3 防災及備援水井建置計畫執行成果

績效指標	地區	數量(口)	水量目標(萬噸/日)	實際執行(萬噸/日)
增加緊急備援水量	桃園	7	1	1.08
	新竹	17	3	3.20
	臺中	13	4	5.54
	小計	37	8	9.82
增加常態備援水量	臺中	30	7	7.11
	屏東	11	3	4.18
	小計	41	10	11.29

(二)應變：緊急抗旱水源應變計畫 1.0 與 2.0 地下水緊急應變用水開發情形

依據「109年下半年旱災緊急應變—抗旱水源緊急利用計畫」(簡稱抗旱1.0計畫)核定內容，將抗旱水井相關工作納入此計畫增辦，第3次修正計畫於110年1月12日奉行政院核定，最終於新北、新竹、苗栗、臺中、彰化、高雄與屏東等轄區共完成18口抗旱水井，總計每日約可提供3.95萬噸之地下水作為緊急應變用水調度使用(如表4)。

緊急抗旱水源應變計畫2.0(簡稱抗旱2.0計畫)則主要是考量2021年4至6月降雨正常偏少機率高，後續水情仍極為嚴峻之情勢下，為因應後續供水應變需求，而所提出之應變工作，藉由強化淨水場周邊水源利用方式，全力減緩枯旱缺水衝擊。其中，抗旱井建置工作部分，規劃於新竹、苗栗、臺中、彰化、高雄等轄區共完成183口抗旱水井，總計每日約可提供32.28萬噸之地下水作為緊急應變用水調度使用(如表4)；截至目前為止已完成180口，另有3口建置期間雖降雨逐漸明顯且水情好轉，但考量適宜的緊急抗旱水源尋求不易，而相關建置成果能厚實未來備援能量，故持續進行中。

表 4 抗旱 1.0 及 2.0 計畫抗旱井設置成果

地區	執行情形	抗旱 1.0 計畫		抗旱 2.0 計畫	
		數量(口)	水量(萬噸/日)	數量(口)	水量(萬噸/日)
全台	已完成	18	3.95	180	30.78
	執行中	0	0	3	1.50
新北	已完成	4	0.40	0	0
	執行中	0	0	0	0
新竹	已完成	1	0.12	23	2.04
	執行中	0	0	0	0
苗栗	已完成	4	0.93	10	1.09
	執行中	0	0	0	0
臺中	已完成	4	0.9	79	12.73
	執行中	0	0	3	1.50
彰化	已完成	2	0.6	6	1.33
	執行中	0	0	0	0
高雄	已完成	1	0.40	62	13.58
	執行中	0	0	0	0
屏東	已完成	2	0.6	0	0
	執行中	0	0	0	0

抗旱 2.0 計畫中除加強淨水場周邊地下水水源利用外，另亦透過伏流水擴大利用方式於後龍溪、大安溪、烏溪與南部地區增加緊急應變水源，相關內容如下所述，包含：

1. 後龍溪伏流水

因苗栗縣政府已完成最大取水能力每日 1 萬噸集水井，而伏流水現況供水量僅約 0.5 萬噸，仍有提升使用量空間，故本方案為擴大利用後龍溪伏流水由每日 0.5 萬噸提升至每日 1 萬噸，降低永和山水庫供水壓力。



圖 8 後龍溪伏流水緊急取水站建置情形

2. 大安溪伏流水

參考水利署 107 年「大安溪下游河段伏流水取水調查研究及規劃」，大安溪舊鐵橋斷尚有每日 2 萬噸伏流水供水潛能，故本方案為於大安溪舊鐵橋段至后里圳間合適地點設計並增設取水能力約每日 2 萬噸伏流水取水設施，再透過后里圳送水至鯉魚潭抽水站至鯉魚潭淨水場運用，由新增水源降低鯉魚潭供水壓力。



圖 9 大安溪伏流水寬口井建置情形

3. 烏溪伏流水

參考水利署 107 年「臺灣中部烏溪流域備援伏流水開發調查規劃」，於鄰近烏溪伏流水一期(福田井)尚有伏流水可開發潛能，故本方案包含利用既有烏溪福田伏流水設施，增設淨水設施以增加每日 0.5 萬噸供水能力；另於烏溪伏流水一期(福田井)附近合適地點，設計並增設取水能力約每日 2 萬噸伏流水取水設施，由新增水源供應彰化，降低臺中支援彰化之供水壓力。



圖 10 烏溪伏流水取水工程建置情形

四、未來策進作為及策略

受全球暖化、極端氣候影響，可預期的是水資源短缺將有可能成為常態，因此，除有效的使用每一滴現有可利用之水源外，亦應尋求其他可能之替代或備援水源。伏流水與地下水等位於地表下仍可被使用的水源，於本年度旱災應變期間扮演著救命水的任務，已存在顯示其潛能與支持性，因此，確保地表下相關地下水資源狀態維持，為應持續進行方向，其未來策進作為與策略初步規劃如下：

(一)地下水補注

地下水補注為地下水保育及復育之積極作為，目前水利署「地下水保育管理暨地層下陷防治計畫」已將地下水補注列為主要策略之一，且美國、澳洲、德國、荷蘭、以色列等國均將地下水補注甚至管理作為其國家水資源整合管理重要的一環。因此，藉由地下水補注之作為，以積極達成地下水保育之目的。

水利署過去已針對彰化、雲林等過去地下水情勢較為嚴峻之區域，持續於濁水溪河槽推動與辦理地下水補注工作，而本次旱災過後，配合中央地質調查所公布之地下水補注地質敏感區，再進一步盤點較適宜擴大辦理地下水補注的地點，期望能提升地下水入滲補注及保育成效，並減緩區域因抽水所造成之影響。在考量水源、土地等條件下，目標範圍仍是以水源取得便利、土地易於取得之河川灘地為主，目前規劃原則包含：

1. 緩流(消能)：減緩流速、減少沖刷、保護補注設施範圍以維持設施操作。
2. 滯水(增量)：增加蓄水深度、補注範圍、延長補注時間。
3. 入滲(補注)：維持補注效率、配合監測以確實掌握補注成效。

考量本年度旱災過後確有增加地下水補注之需求，因此，水利署於110年6月起即積極尋求擴大辦理之方案；目前已依據設施規劃原則與現地調查結果，確認110年擴大辦理方式，規劃於濁水溪沖積扇上游地下水補注地質敏感區內，包含既有設施於今年底前共計完成106公頃地下水補注範圍分布(如圖11)，預期未來每年可提供約3,000萬噸地下水入滲補注水量。

此外，持續針對濁水溪沖積扇較具補注潛勢者持續評估可能規劃為地下水補注之區位(如圖12)，並預期後續評估調查臺中、高雄、屏東等於今年有抗旱抽水且亟欲進行地下水復育之地區，複製目前補注經驗與擴大辦理相關工作之可行性，以期能持續且穩定推動地下水保育與復育工作。



圖 11 110 年濁水溪河槽擴大補注規劃成果

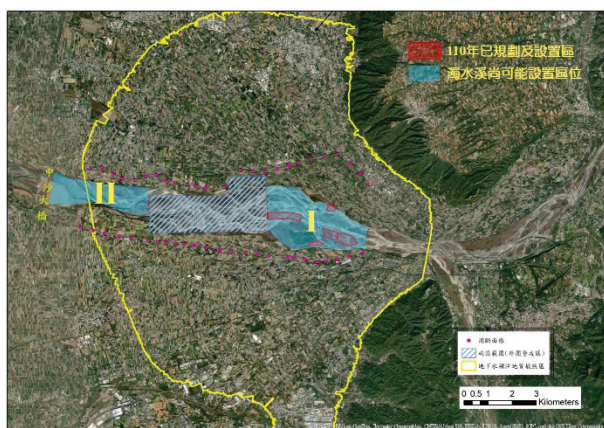


圖 12 後可持續規劃地下水補注區位初步調查

(二)伏流水運用

相關研究指出在尋求替代水源過程中，以水資源聯合運用為較適當的解決方案，其中，又以伏流水為其中一重要項目，主要是考量伏流水兼具開發地表水及地下水源的優勢，且相對於其他工程，開發伏流水對於生態環境衝擊較低。由於伏流水具水質清澈，供水成本低優勢，加上近年在河川水文、管材等不斷突破，伏流水已列為目前穩定供水重要水源之一。

因此，未來除確保油羅溪(最大每日 4 萬噸)、通霄溪(最大每日 0.3 萬噸)、大安溪(最大每日 5 萬噸)、烏溪(二與三期最大每日 14 萬噸)、濁水溪(最大每日 8 萬噸)、荖濃溪(最大每日 10 萬噸)等伏流水方案之執行外，另可再評估適當地點增加方案取水，其中，設計理念應包含：

1. 開發區位當汛期高濁度取水時，應確保河防安全及取水機能。
2. 需可汲取潔淨及充足之水源，以符合備援需求。
3. 須符合現地條件，降低周邊環境及生

態的影響。

4. 盡可能簡化構造設施，使能利於施工、操作維護兼顧經濟安全。
5. 土地取得以公有地為優先，降低民眾抗爭、增加推動可能性。
6. 集水管規劃應配合以埋設深度、計畫取水量、河床沖刷之影響深度、施工安全與可行性以及現場環境進行設計，以確保後續設施之運作及獲取足夠水量。

五、結語

伏流水與地下水等位於地表下的水源，已是國外面對乾旱或水資源缺乏時可供替代或備援的重要來源。目前全臺地下水開發使用量約介於 53~58 億噸，雖部分區域有開發較多情形，但在本年度臺灣面對旱災應變其間，已在在顯示其備援的潛能；因此，地下水不是不能用，而是要持續地進行保育與妥善管理使用。

面對地下水保育及管理議題，水利署除於全臺建置 825 口觀測井，構建完善地下水觀測網絡，其中 772 口已裝置無線傳輸設備，已能掌握即時有用資訊外，亦可提供地下水資源管理評估依據，兼顧抗旱與環境保育的雙贏目標。另業已依據區域特性，劃定地下水管制區、持續落實水井管理，以限制或禁止使用地下水，控制抽水行為以保育地下水及減緩地層下陷問題；百年大旱後，並已再擴大辦理地下水補注相關工作，期能涵養與保育地下含水層。

有鑑於水資源短缺將有可能成為常態，因此，旱災過後已持續盤點抗旱井，

評估是否納入常態備援持續利用或暫時封停作為緊急備援啟用；另本次旱災期間所開創的建築工地地下水抗旱新方法，短、中期內擬週期性於枯早期前媒合台水公司併入管網利用，並擴大作為市政與消防用水，另將以水湳經貿園區為試辦區，併入中央公園自來水系統原水儲水池供自來水利用，另設置人工水路，輸送各點狀建築工地地下水，達到環境改善及供水。各項精進作為皆是期望能不浪費每一滴珍貴的地下水，保留與維持目前所得來不易的備援潛能，以做好準備，面對下一次的挑戰。

參考文獻

1. 劉維民、洪志雄、劉奇峯，鋼骨繞線式集水管之伏流水取水工程探討，自來水會刊，第 35 卷第 2 期第 19~26 頁，2016 年。
2. 經濟部水利署，氣候變遷降雨情境差異對洪旱災衝擊評估研究，2017 年。
3. 經濟部水利署，臺灣中部烏溪流域備援伏流水開發調查規劃，2018 年。
4. 經濟部水利署，再生水多元化發展與整合推動模式，2019 年。
5. 李慧宜，水的秘密基地-二峰圳重見天日全紀錄，財團法人公共電視文化事業基金會：我們的島，2017 年。
6. 經濟部水利署，臺灣伏流水應用及取水技術發展，2019 年。
7. 陳佳利、張岱屏，缺水下的緊急應變 | 尋求多元水源，財團法人公共電視文化事業基金會：我們的島，2021 年。
8. 經濟部水利署，109 年下半年旱災緊急應變－抗旱水源緊急利用計畫，2021 年。
9. 經濟部水利署，緊急抗旱水源應變計畫 2.0，2021 年。