



工程

- ▶ 蔡總統英文接見並嘉勉本學會111年得獎人
- ▶ 拜會臺灣日本關係協會蘇嘉全會長
- ▶ 莫衡先生紀念獎學金簽約儀式
- ▶ 「把水留住 灌溉大地」擴大灌溉穩定水源-雅悠古圳風華再現
- ▶ 百年大旱挑戰 - 前瞻水資源經理策略
- ▶ 邁出水岸縫合復興運動第一步 - 虎尾潮韌性城鎮國際競圖
- ▶ 導入碳預算管理提升水利工程減碳新策略



工程淬鍊 前瞻與創新



轉爐石

循環經濟

再生資源綠建材



高強度耐壓透水磚



優良道路鋪面材料



水泥生料應用減碳



水利工程淬鍊、前瞻與創新

水利工程對於供水、防洪減災、地方經濟發展及人民生活有著重要的作用。然而，在氣候變遷、水資源短缺和都市化發展等多重挑戰下，我們必須尋找更多有效率、智慧及永續的水利工程對策，以確保社會、環境和經濟可穩定發展。本次會刊包括5篇專題文章，探討了不同面向的水利工程創新策略。包括碳預算管理制度、自然解方運用、韌性規劃、水資源經理策略及數位技術在水利管理上的應用，相信這些創新策略都能為水利工程帶來不同的創意與多方發展，並確保其可持續發展運作。

特別報導

02 蔡總統英文接見並嘉勉本學會111年得獎人

活動報導

05 中國工程師學會暨各專門工程學會112年聯合餐會

07 拜會臺灣日本關係協會蘇嘉全會長

09 莫衡先生紀念獎學金簽約儀式

回顧與展望

11 把握離岸風電發展契機，積極建立我國海事工程船舶自主能量

19 克服軟弱地盤之圍堤造地工程設計新思維-以基隆港土方收容填區圍堤造地工程為例

26 111年台灣鑛冶工業之進展

31 先進封裝設備產業概況

34 「把水留住 灌溉大地」擴大灌溉穩定水源-雅悠古圳風華再現

45 台電公司111年度電力重要建設

水利工程淬鍊、前瞻與創新

客座主編：賴建信 / 經濟部水利署署長

93 導入碳預算管理提升水利工程減碳新策略 / 賴建信、許朝欽、林哲震、陳加榮

106 自然解方於外傘頂洲防護應用 / 莊曜成、林宏仁、徐立昌、甘芳亘

121 邁出水岸縫合復興運動第一步-虎尾潮韌性城鎮國際競圖 / 曹華平、李榮富、張力仁、蔡至禹

140 百年大旱挑戰-前瞻水資源經理策略 / 吳嘉恆、江俊生、李文獻

160 水利工程也可以很數位-總統盃黑客松「多采多資水蓋鮮」 / 李文生、李戎威、游景雲、侯嘉洪

會務佈告

180 中國工程師學會112年各獎項得獎名單

185 民國112年工程獎章得獎人優良事略

理事長：楊正宏

常務理事：李順欽 胡湘麟 陳仲賢 楊宗興

鄭光遠 賴建信

理事：王宇睿 王錫福 伍勝園 江秀丹

余信遠 宋裕祺 李政安 李偉賢

周永暉 林聰利 莫仁維 許泰文

許鈺漳 陳守道 陳哲生 陳國隆

黃維焄 楊正君 楊慶煜 廖學瑞

常務監事：施義芳

監事：高宗正 陳玫英 歐善惠 蘇玫心

秘書長：劉國慶

副秘書長：李瑋聆

發行所：中國工程師學會出版委員會

主任委員：黃炳勳

委員：方振仁 王子安 王宇睿 余信遠

林建華 洪文玲 徐強 張人懿

莫仁維 陳守道 陳哲生 劉國慶

賴建信

總編輯：張鈺輝

客座主編：賴建信

編輯：李宥萱 李綺馨 林秀琴 袁雅玲

梁愛倫 許舜雅 蔣雪芬

聯絡地址：114710 臺北市內湖區陽光街323號

電話：(02)8797-3567轉8200、8225、8234

傳真：(02)8797-4585

會址：100026 臺北市仁愛路二段1號3樓

電話：(02)2392-5128

傳真：(02)2397-3003

網址：<http://www.cie.org.tw>

郵政劃撥：00059892

戶名：社團法人中國工程師學會

編印：英杰企業有限公司

地址：106411 臺北市大安區復興南路二段
293-3號10樓之1

電話：(02)2732-1234

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌0765號

中華郵政臺北誌字第721號執照登記為雜誌交寄

入會申請手續請上本會網站查詢



蔡總統英文接見 並嘉勉本學會111年得獎人

112年3月7日上午蔡總統於總統府大禮堂接見中工會111年各項得獎人，蔡總統致詞時表示，很高興能夠和中工會111年度重要獎項得獎先進們見面，各位得獎人能夠在激烈的競爭中脫穎而出，非常的不容易。因此特別向獲得111年度「會士」、「工程獎章」、「傑出工程教授」、「傑出工程師」、「優秀青年工程師」、「詹天佑論文」及「產學合作績優單位」各類組得獎者，表達崇高的敬意與歡迎。

蔡總統也恭喜台南應用科技大學楊正宏校長，於去年11月當選本學會第73屆理事長，相信在楊理事長的帶領下，不論是公共政策的制定，以及工程人才的培育，本學會



▲ 楊正宏理事長引言

都會積極參與，並且扮演更重要的角色。

蔡總統同時肯定本學會三位新任會士，在各自專業領域都有非常亮眼的成就。楊宗興會士為中鼎集團副總裁，帶領中鼎團隊完



▲ 工程獎章得獎人楊宗興董事長致詞



▲ 施義芳常務監事代表致贈紀念品



▲ 111年會士賴建信署長代表受贈紀念品

成中油五輕、大潭電廠以及泰國電廠等重大工程，對臺灣的建設及與國際間交流合作有卓越的貢獻。賴建信會士在水利署署長的崗位上全力以赴，帶領水利同仁，辦理多項重大水利建設以及抗旱措施，努力克服水情挑戰。洪瑞華會士為陽明交通大學特聘教授，長期致力於光電領域，並將研發技術移轉給國內各大光電廠，優異的研發能量結合業界的高階技術，大幅提升臺灣產業的國際競爭力，是非常好的典範。

蔡總統表示，獲獎人員來自產官學研各界，在工程專業領域都有非常傑出的表現，提升臺灣整體工程品質，也為民眾打造更良好的生活環境，非常值得肯定，因此感謝所有得獎人的努力和貢獻。同時肯定本學會積極推動工程產業和全球接軌，為臺灣業者打開更廣大的市場，也開啟更多參與新南向國家工程建設的機會，因此特別感謝本學會的付出。

楊理事長接著引言，感謝總統於百忙中特別撥冗接見本學會111年度各獎項得獎人，這是各得獎人榮耀的一刻，也是本學會持續努力協助促進國家進步的動能。工程獎章得主楊宗興董事長代表致詞，賴建信署長接受總統贈禮，施義芳常務監事致贈總統紀念品。本次得獎人發言踴躍，分別就各自專業領域，對我國公共建設、教育、人才培養、新創產業等發展現況及政策，提出許多的建言，總統非常認真聆聽回覆，並請府方人員後續持續追蹤瞭解，並轉達相關部會研議。

蔡總統認為，在推動國家工程發展上，每一個人都是政府的重要夥伴。所交付新內閣團隊的四大任務，其中一項就是「持續提升國家基礎建設」。未來，希望在大家的支持之下，政府和民間一起努力，打造更完善的基礎建設環境，促進臺灣的整體發展。



▲ 蔡英文總統偕 111 年得獎人合影

晉見結束後，總統與全體與會人員至一樓大廳合影，這是各得獎人所獲得的最佳禮物。各得獎人在志工導覽下參觀總統府文物館，分享歷史古蹟總統府的建築奧妙和歷史回顧，行程圓滿結束。

總統府新聞稿及影片詳連結：<https://www.president.gov.tw/News/27347>

中國工程師學會暨 各專門工程學會112年聯合餐會

本學會於112年3月28日晚間假台北茹曦酒店5樓舉辦「中國工程師學會暨各專門工程學會112年聯合餐會」，共約250位貴賓出席活動，場面歡欣熱鬧。

本次聯合餐會獲得專門工程學會熱烈的迴響，包括中國土木工程學會、台灣化學工程學會、中國造船暨輪機工程師學會、中國機械工程學會、中國鑛冶工程學會、中國測量工程學會、中華民國工業工程學會、中華民國環境工程學會、中華民國防蝕工程學會、中華民國結構工程學會、中華民國生物醫學工程學會、中華鋪面工程學會、中華



▲ 女性工程師上台合唱

民國大地工程學會、台灣海洋學會、台灣混凝土學會、台灣氣膠研究學會、中華價值管理學會、台灣軌道工程學會及中華民國航空測量及遙感探測學會等，包含本學會共計



▲ 各學會代表上台大合唱



▲ 餐會交流合影



▲ 各學會代表歡唱

21個專門工程學會參加，成功的展現了團結的氣勢，全場氣氛相當熱烈。

餐會開始由楊理事長致詞，楊理事長感謝各專門工程學會的熱心支持，並表示這幾年因新冠疫情，加速了產業趨勢的變化，迫切需要各領域的工程人員攜手合作。因此，我們也特別加強與各專門工程學會間的聯繫，推動各工程領域人員間的聯誼與參訪，增加組織成員間的互動與溝通，希望透過與各學會間持續密切的友好合作關係，進一步凝聚工程界的力量，共同為國家的工程學術與工程建設發展，創造更輝煌的成績。

楊理事長續表示，今年中工會與各專門工程學會112年聯合年會已訂於9月在台北茹曦酒店舉辦，本次委請台灣世曦工程顧問股份有限公司廖學瑞總經理擔任籌備會主任委員負責籌劃，屆時歡迎各學會邀請會員朋友踴躍出席與會，共襄盛舉。

中工會目前與30個專門工程學會簽有合作協議，除固定每年辦理聯合年會，為工程界一大盛事，平時則透過秘書長座談會、學術活動資訊分享維持互動關係。為了提昇與各結盟學會間之交流合作，本學會自民國100年起發起辦理春季聯合餐會活動，獲得各專門工程學會熱烈支持及迴響，成功擴大各專門工程學會成員間之往來與溝通，因此持續辦理聯合餐會，維繫臺灣工程師界菁英交流平台，並凝聚工程界的向心力，以共同為各專門領域之工程師提供更好的服務。

拜會臺灣日本關係協會蘇嘉全會長

為順利舉辦「第34屆中日工程技術研討會」，本學會楊正宏理事長、施義芳常務監事、中日工程技術委員會李順欽主任委員、謝牧謙副主任委員及劉國慶秘書長等一行8人於112年5月10日拜會臺灣日本關係協會蘇嘉全會長，邀請蘇會長參加研討會活動並協助相關推動工作。

「第34屆中日工程技術研討會」原訂於110年召開，因疫情延至今年11月舉辦。本

屆研討會在李主任委員的大力促成下，特別邀請半導體產業的崇越科技以及我國鋼鐵業龍頭的中鋼集團分別參加研討會的專業分組，使本屆的分組陣容更加的堅強壯大。有鑑於半導體產業缺才情況日益嚴重，且台積電日前已在日本熊本設廠，因此本屆研討會特別希望可以加強與日本相關產業人才之交流，以促成未來共同培養半導體產業人才之契機。



▲ 楊正宏理事長致贈本學會感謝牌子蘇嘉全會長



▲ 李順欽主任委員致贈紀念品予蘇嘉全會長



▲ 蘇嘉全會長偕拜會人員合影

蘇會長表示非常樂於促成臺日間之交流活動，同時肯定中日工程技術研討會對促進臺日之產官學研交流的豐碩成果，並同意將親自出席研討會之開幕典禮及惜別晚宴，且

全力協助本學會與日方辦理研討會之相關事宜。此外，蘇會長表示該協會有30多位精通日語的優秀外交官，活動期間若有需要可尋求協會的支援。

莫衡先生紀念獎學金簽約儀式

中國工程師學會於112年5月26日由楊正宏理事長代表與莫若礪博士簽署捐助契約，於中工會成立「莫衡先生紀念獎學金」，自113年起發放。

莫若礪博士為亞新集團共同創辦人，原於夏威夷大學任教，返國後與弟弟莫若楫博士共同創立亞新工程顧問股份有限公司，秉持品質第一的原則，人才多元的理念，參與許多重要工程建設以及海外技術輸出，不斷

推動提升我國工程產業的發展，已為東南亞地區首屈一指的工程顧問集團。

亞新集團積極推動學術與技術交流，熱心參與中工會及相關學協會會務工作，為鼓勵優秀工程人才，莫若礪博士以父親的名義成立「莫衡先生紀念獎學金」。莫衡先生於民國44年擔任本學會第19屆理事長，長期參與國家各項建設，持身廉潔，認真負責，擔任台灣鐵路管理局局長12年（民國38年至50



▲ 楊正宏理事長（左）與莫若礪博士（右）合影



年) 期間，對臺灣鐵路的復原與建設，貢獻卓越。

本次捐助獎學金新台幣300萬元，每年贊助優秀學生兩名，每名發給獎金新臺幣5萬元

整。獎勵對象須為公私立高等院校大學部就讀之在學生、工程相關科系具有傑出事蹟者（土木、結構和交通運輸相關科系的學生優先考慮），以及前一學年度學業和操行成績總平均80分以上者，即符合申請資格。



▲ 雙方交換捐助契約



▲ 全體出席人員合影

把握離岸風電發展契機， 積極建立我國海事工程船舶自主能量

中國造船暨輪機工程師學會

前言

年初以來在造船界有兩件引人注目的事件，一為兩條台馬通信海纜中斷，卻須苦等國際海纜船來修且所費不貲，政府在牽涉國安的關鍵基礎設施方面的作為引起民代及各界的關切，並呼籲政府須強化通信安全備

案，包括自建海纜船；另一事件為中國大陸在蔡總統過境美國拓展外交之際，發起對台軍演甚至派遣其福建省海事局最大巡護船海巡06巡護台海，並稱將對台灣船舶進行登檢，我海巡署遂派遣我國最新自製的大型巡防艦—編號CG5002新竹艦（圖1），前往監視中國海巡06的動向，維護我國海域主權並展



（台船公司建造，2022年交艦，與美國海岸巡防隊現役傳奇級（Legend Class）同級）

圖1 新竹艦—海巡署最大之5000噸級新型巡防艦



現我國海巡實力，獲得各界迴響及好評。

同為海洋事務的一環，但這兩個事件卻顯示出我國在海事工程船舶（如海纜船及離岸風電安裝船）及巡防船艦（如軍艦及海巡艦）自主能量上有極大的差別。我國的海巡船艦在政府積極且長期擘劃下，透過國艦國造的長期穩定推動，已建立實力強大的一支艦隊，小至數十噸大至5000噸的各式船艦均由國人建造並兼具平戰轉換功能，除達成海巡任務目標之外，對我國造船產業發展助益極大，是我國近年來自主造艦能量得以快速建立的最大功臣；反觀海事工程船舶的發展付之闕如，目前除了台船投資建造的環海翡翠輪（Green Jade）之外，僅有小型人員交通船的自建案，餘均仰賴外籍船或引進現有非為主力安裝船之中小型支援船，遠不及發展離岸風電與未來海洋產業及維護國安之需。

台馬海纜中斷事件不僅是單一個案，其背後隱藏更大的問題是我國海事工程船舶的自主能量嚴重不足，除將影響未來離岸風電海事工程施工及再生能源進程之外，亦將成為我國未來發展海洋產業及推展海洋事務上重大的瓶頸及隱憂，值得吾人重視並探究根因及妥研對策，並盼政府能統一事權，比照對國艦國造及建立海巡船艦能量的作為，藉由我國大力發展離岸風電之良機，加快及加大建立我國海事工程船舶自主能量的努力，俾能及早建立一支能量完整的海事工程船隊，除可確保再生能源目標之達成外，亦

可建立我國電力及通信海纜之鋪設與維修能量，維護電力及通信安全，提供海難救助及海上緊急事件處理之船機與能量，確保我國海洋事務之健全發展，維護國安之餘亦為海洋產業發展奠定堅實的基礎，讓台灣成為一個真正的海洋國家。

離岸風電海事工程船隊

為達成2050淨零碳排的目標，再生能源（包括太陽光電、風電、地熱發電及海洋能等）已成為全球各國積極開發的目標，我國亦不例外，尤其在離岸風電方面，台灣更是領先亞洲國家，率先完成示範風場及商業風場的併網發電，政府決心發揮台灣海峽離岸風場之優越條件，吸引國際開發商來台投資，除引進國外開發經驗及工程能量以確保開發時程外，並藉由產業關聯方案之推動帶動本土核心關聯產業之發展，強化離岸風電的本土供應鏈及產值，並培育未來產業自主及外銷所需人才與能量，政府的苦心擘劃與積極執行亦已初具成果，目前離岸風電計畫已進入第三階段的區塊開發階段，並完成第一期計3GW的選商及場址與容量分配，後續各期的風場招商乃至浮動式示範風場的選商亦將陸續推動，朝2035年底總容量達25GW及2050年前40-50GW的目標前進。

台灣雖有起步較早之優勢，唯目前正是全球離岸風電火熱發展的時候，勢將面臨須與其他國家爭奪離岸風場建設所需設備組件

與施工船舶的困境。事實上此一海事工程船舶不足的影響，在過去新冠肺炎蔓延期間及前面二個階段風場開發過程中均已出現，並造成風場建設施工時程及經費上的不良影響，甚或影響併網時程或造成開發成本超支的財務困境；此外，全球海事工程船舶在數量上已不足以應付目前復甦的石油天然氣開採與離岸風電爆發性成長的需求，新造船雖有增加但數量及時間上亦趕不上前述兩大市場之需，雖然開發商在競標風場均承諾會要求供應商提供船舶來源及保證提供替代方案，然未來執行時是否完全無虞及長期以往是否可靠穩健，潛藏極大變數與不確定性，從能源安全及國家海洋發展的角度來看，仍非積極可靠之方案。

特別是離岸風場施工建設期間所需的三大主力安裝船，包括：水下基礎安裝船（Foundation Installation Vessel，簡稱FIV或Marine Installation Vessel，簡稱MIV）（圖2）、風機安裝船（Turbine Installation Vessel，簡稱TIV）（圖3）及海纜鋪設船（Cable Laying Vessel，簡稱CLV）（圖4）在全球更是稀缺。一般而言一個約500-700MW的風場便需要一組施工船隊，換言之，台灣每年有1.5 GW風場要施工，至少需要2-3組前述三大主力安裝船，但目前為止我國離岸風場的主力安裝船均為國外船舶，僅有台船環海公司於台船建造中的環海翡翠輪堪稱目前唯一的國造及國籍水下基礎安裝船，其他付之闕如，數量及種類均遠不及前述我國風



（台船公司建造，預於 2023 年完工交船，由台船環海公司擁有及營運）

圖 2 環海翡翠輪（Green Jade）—大型水下基礎安裝船（MIV）



圖 3 風機安裝船 (TIV)



圖 4 海纜鋪設船 (CLV)

場建設施工之需，需要政府政策大力支持推動，及早建立我國海事工程船舶自主能量，俾形成自主之國防軍艦/海巡艦隊/海事工程船

隊三足鼎立的局面，除確保再生能源長遠目標順利達成之外，並可奠定我國海洋經略發展可長可久之穩固基礎。



積極建立我國海事工程船舶自主能量

工欲善其事必先利其器，而工程師的職責就在解決產業面臨的實務問題，俾利社會進步發展及人類文明演進。回顧以往，台灣的造船產業幾經跌宕起伏，我們造船學會也見證其中的筭路藍縷。近年來，隨著政府的國艦國造政策的展開，造船產業有比較穩定的訂單，但更重要的是，產業界所展現的戮力以赴、雄心、能力與實力。

面對我國海事工程船舶自主能量嚴重不足的困境，學會積極尋求改善之道，期能兼顧產業發展與能源開發。為此，過去一年來，造船工程師學會結合台灣區造船工業同業公會與台灣風能協會，就政府推動的離岸風電國產化政策，在離岸風場競標的評選與

加分機制中，共同透過各種方式，包括研討會、座談會、發文建言、與政府相關部門面對面討論等，提出海事工程船舶在本土建造與改造更細緻的加分建言，並提出近期與中長期的加分策略，這些都得到政府的具體回應與採納，期待有助國內船舶產業的擴展與技術提升，我們的口號是「開發台灣船，經營台灣能」。

在2022.5.19舉行的「離岸風電海事工程船舶發展策略研討會」上我們邀請產官學研各界專家研討我國離岸風電海事工程船舶的現況與發展策略，獲得經濟部能源局及工業局的高度重視並指派主管長官參與，此次研討會極為熱烈及成功（圖5~圖7）。相關概況如下：



圖 5 研討會現場主視覺



圖 6 研討會貴賓、與談人合影



圖 7 研討會現場

研討會由能源局李君禮副局長致詞開幕，他侃侃而談離岸風電發展，展示政府對離岸風電的發展藍圖，整體而言已達循環開發的經濟架構，海事工程船舶的建造與投入可有長期運轉使用的機會。

接著會議由能源局、工業局、船舶中心與造船公會代表分別就「台灣離岸風電推動策略」、「離岸風電在地化推動策略」、「海事工程船舶的需求與機會」、「造船產業如何投入海事工程船舶區塊」等議題引言，簡連貴



理事長主持。這些來自政府、法人和產業的引言，將離岸風電與國內海事工程船舶的發展作了立體拼接，把政府的長期離岸風電與產業發展政策、船舶中心的超前設計部署以及造船產業的強烈發展企圖心交織在一起。

引言之後是與談人和現場來賓互動討論時間，七十餘位與會的各界代表也在熱烈討論之後，綜整出幾個面向的建言。

1. 在海事工程船舶國產化評分的面向，與會來賓肯定工業局將海事工程船舶建造與改造納入加分機制，並基於造船的專業性，建議由造船界產學研專家組成小組研訂基準，並進行審查。
2. 造船工程係技術研發、船舶設計、船舶建造、設備供應、測試驗證等面向綜合而出的系統整合，故建議不論新造或改造的本土化程度皆應涵蓋這些發展要項，不宜偏廢，俾利造船產業的健全發展與轉型升級。
3. 開發商則應自述其國產化量能，包括技術、設計、建造、設備、測試驗證、產值及市場效益等，以相對比較性方式評定各開發商分數的高低。
4. 為加速我國海工船舶修造產業之發展，首先是政府資源的投入，如挹注經費，加強所屬法人在海事工程船舶基準船型及相關

技術之研發；同時積極支持、獎勵響應建造或改造海事工程船舶國產化方案的業者，以形成帶動及示範作用。

5. 應建立常態性推動機制，推動海工船舶設計、建造、營運的技術與經驗交流，加速本土海事工程船隊的建立。
6. 在推動上應循序漸進，由數量多且技術門檻適中的船型及設備切入，建立實績及信心，再進而尋求建造及改造更複雜及高門檻的安裝船舶。
7. 與會者也指出人才培育的重要性，故建議要把海事工程船舶的概念、特性與設計建造融入現有課程之中，並強烈建議相關學會、協會與相關政府部門共同合作，邀請業師和學校教師開發影音課程，提供全國學子使用。

台灣區造船工業同業公會韓育霖理事長會後表示，好的審查與評分規劃將帶動我國海工船舶的穩健發展，不僅有利造船產業的健全成長，更可帶領我國往海洋國家邁進。

台灣風能協會簡連貴理事長表示，國外船廠及設計公司皆積極在布局再生能源相關的海事工程船舶，國內各船廠亦應掌握此一海事工程船舶長遠的商機，積極參與，轉型升級，國內風場採用國內建造的船舶，將更適合在地風場特性。



最後，中國造船暨輪機工程師學會陳建宏理事長總結表示，期待這個研討會的結束是我國海事工程船舶發展的新起點，在政府帶隊整合下，產學研橫向分工，縱向整合，從人才培育到產業投入，從船舶設計到供應鏈發展，從規劃到船隊營運，積極投入，響應及支持政府的產業關聯計畫，「開發台灣船，經營台灣能」。

結語

國艦國造在政府大力主導及支持下，已看到豐碩成果，且具體展現在近年來相繼成軍之海軍與海巡船艦上，而最困難的潛艦國造也將在未來3年內看到振奮人心的成果。造船業及造船與輪機工程師們過去數十年來所累積的實力與能量，將足以面對我國建立自主海事工程船隊的需求，相信在政府有識之士的支持與主導帶動之下，鼓勵公民營業者加速投資自建主力安裝船等各型海事工程船舶，持續強化及落實離岸風電的本土產業關聯方案，提高投資自建海工船舶之誘因與效益，必可如國艦國造一般很快地展現成果，建立我國自主的海事工程船舶能量，達成「開發台灣船，經營台灣能」的目標，並進一步打進國際海工市場，亦將指日可待！



克服軟弱地盤之圍堤造地工程設計新思維 - 以基隆港土方收容填區圍堤造地工程為例

台灣海洋工程學會理事長、國立海洋大學校長 / 許泰文
台灣世曦工程顧問股份有限公司副總經理 / 張欽森
台灣世曦工程顧問股份有限公司計畫經理 / 郭少谷
台灣世曦工程顧問股份有限公司正工程師 / 胡瑋靖

關鍵字：圍堤造地工程、軟弱地盤、拋石基礎改良工法、節能減碳

摘要

基隆港土方收容填區圍堤造地工程為克服軟弱底床承載力不佳問題，確保堤體下方承載力足夠，以往工程案例皆採用土方清除之方式進行，惟因本案軟弱土層厚度高達 10 m，若採置換方式其工程費將大幅提高，故本工程針對地盤改良工法提出設計新思維，利用拋石基礎改良工法增加堤底承載力，以拋放堤心石自然沉陷方式置換軟弱土層。另造地工程為達到節能減碳及環境永續發展目標，本計畫造地料源主要以航道、迴船池之再利用浚挖土方作為擴建港埠用地之填地料源，減少將疏浚土方海拋或外運之費

用，並響應政府之環境保育政策。整體而言，基隆港土方收容填區圍堤造地工程，除配合國家重大建設發展外，後續亦可作為基隆港區內之施工場地，並兼顧基隆港港池疏浚及土方收容需要，以達到節能減碳及提升全球海運之競爭力之目的，使基隆港更具發展潛力。

一、前言

國內各港口發展規模日益龐大，另因應環保團體訴求與自然生態保育區之維護，港灣工程建設已難自由地選擇適當工址進行施工，轉而尋求工程設計角度來因應各工址之自然條



件不良狀況。海床存在深厚之軟弱黏土層，將造成港灣構造物基礎承载力不良，並產生劇烈之沉陷現象，因此，港灣構造物基礎與軟弱黏土力學特性交互作用探討，勢必為港灣工程與大地工程學研究之重要課題。

為配合國家重大建設發展，並兼顧基隆港港池疏浚及土方收容需要，臺灣港務股份有限公司（以下簡稱臺灣港務公司）遂推動「基隆港土方收容填區圍堤造地工程」（以下簡稱本計畫），範圍如圖1，已於111.08完成本計畫圍堤造地工程，除可因應後續基隆港擴建工程之施工場地及施工碼頭需求外，亦可提供基隆港區浚挖土方收容填區，並使現有航道及迴船池滿足未來貨櫃輪大型化之進出港水深需求。惟由地質鑽探資料可知（如圖2），本工程圍堤堤址軟弱土層（SPT-N值 <4 ）厚度約為10.0 m，為檢核各斷面水深堤體穩定性，經地工分析軟體STABL計算之成果可知，若以未經改良前之現況地質進行



圖1 基隆港土方收容填區圍堤造地工程平面配置圖

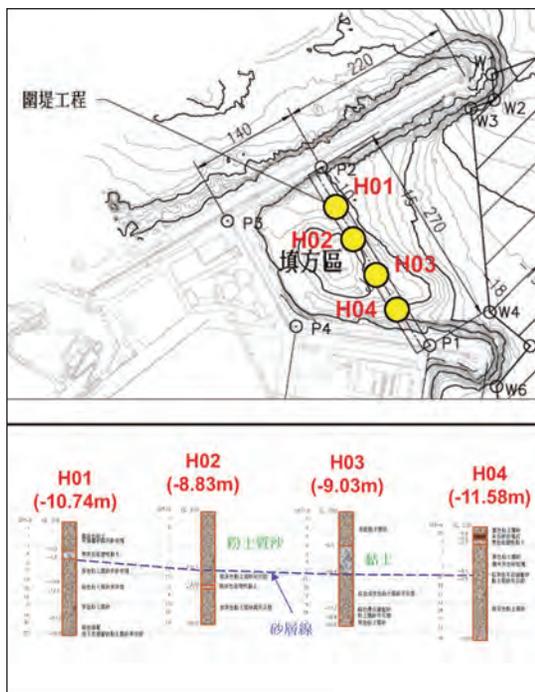


圖2 圍堤範圍地質鑽探資料

圍堤堤體施作，堤體圓弧滑動各破壞面之安全係數皆小於1.0，顯示未來堤體將可能因海床承载力不足而產生破壞，故勢必針對地盤改良工法提出設計新思維，以克服軟弱地盤之工程問題。

二、工程概述

（一）圍堤工程

圍堤堤線將以西防波堤堤頭向堤根處220 m與W33B碼頭延伸至西碎波堤兩點連線作為定案配置，堤址總長約270 m。相關平面配置詳圖3所示。

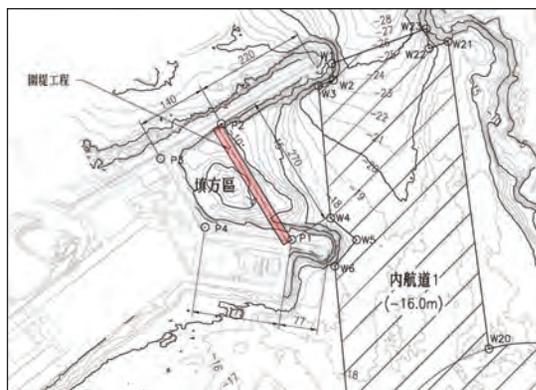


圖3 圍堰造地工程平面配置圖

(二) 造地工程

依據已奉核之「臺灣國際商港未來發展及建設計畫(106~110年)」，為降低單位運輸成本，近期航商積極部署更大型之貨櫃船，以提升自身競爭優勢；為配合近年來貨櫃輪大型化趨勢與航商需求，計畫進港船型擬提升為6,000TEU貨櫃輪滿載進出港，航道、迴船池需配合進行浚深至16.0 m，以響應政府之環境保育政策，再利用浚挖土方作為擴建港埠用地之填地料源，減少將疏浚土方海拋或外運之費用。

三、工程之創新性、挑戰性及周延性

(一) 友善設計新思維：

為克服軟弱底床承載力不佳問題，確保堤體下方承載力足夠，以往工程案例皆採用土方清除之方式進行，即將軟弱土層之部分

全部挖除後，再將承載力良好之石料進行置換，惟因本案軟弱土層厚度高達10 m，若採置換方式其工程費將大幅提高，故本工程擬利用拋石基礎改良工法增加堤底承載力，以拋放堤心石自然沉陷方式置換軟弱土層，工法概念示意圖詳圖4所示。

本項工程於堤心塊石拋放時，即對此淤泥層造成擾動，而產生大量之擠壓置換情形。初步整理研究報告有關拋石堤興建於軟弱土層上之物理行為，概述如下：

1. 獨立塊石貫入深度：依塊石之浮力大小及淤泥層之貫穿承載力而定，首拋之獨立堤心石，依大小形狀分佈約在海底淤泥層下30 cm~80 cm處。
2. 拋石拋放逐漸增加而接觸疊置情形增大時，大部分塊石呈下沉，部分呈側向推擠，而邊緣處之塊石則呈隆起情形，如圖5所示。
3. 海床地層承載力檢核：依防波堤斷面計算作用於海床面之壓力，並依1:1向下傳遞壓

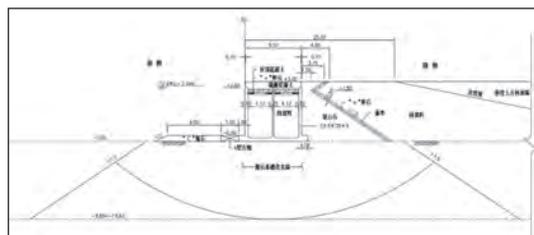


圖4 拋石基礎改良工法概念圖

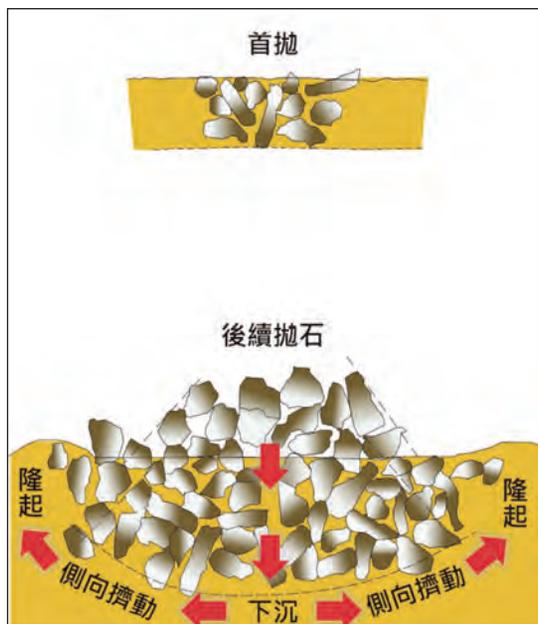


圖 5 拋石拋放擠壓情形示意圖

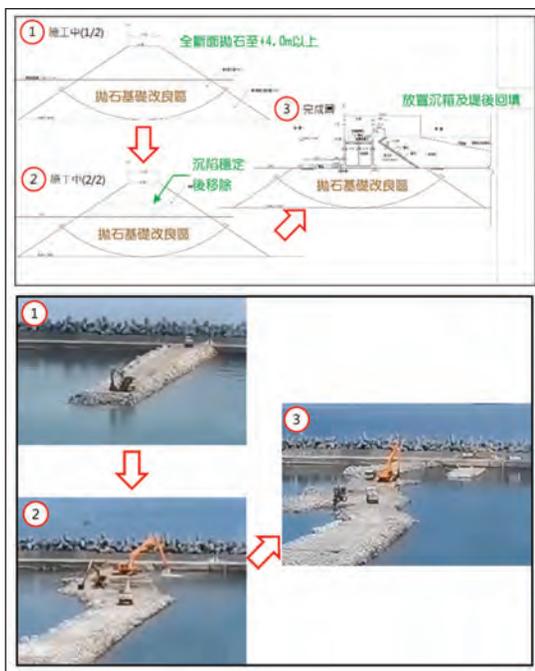


圖 6 拋石基礎改良工法工序示意圖

力，計算結果顯示海床淤泥層之承载力尚不足以承载拋石層及防波堤之載重壓力，而必須依靠下層較堅實之土層承载。

4. 依據以往福澳防波堤施工後之鑽孔柱狀圖，結果顯示淤泥層出現完全擠壓置換現象，拋放塊石底部係座落於SPT-N值為5~15較堅硬之地層上。

(二) 周延考量不遺漏：

1. 妥善研擬工法工序，以達到預期成效：

為克服軟弱底床承载力不佳問題，確保堤體下方承载力足夠，擬利用土方置換工法增加堤底承载力，以拋放堤心石自然沉陷方

式置換軟弱土層，並依沉陷監測結果於穩定後，將未來堤體底部高程以上之石料回收，方可進行沉箱安放及方塊吊排等工項，本計畫拋石基礎改良工法工序如圖6所示。而施工過程中，因基礎拋石將底床之軟弱土層擠除，造成堤體旁之地盤有隆起現象，為維持防波堤之設計水深，須定期進行水深測量並浚深至設計水深。

2. 樁間濾層－兼具防漏與維護機能柔性工法：

圍堤防漏砂設計主要係將海水與回填料間以濾石層構造阻隔達成防漏效果，本計畫主要考量回填料並無嚴重之化學污染性，故

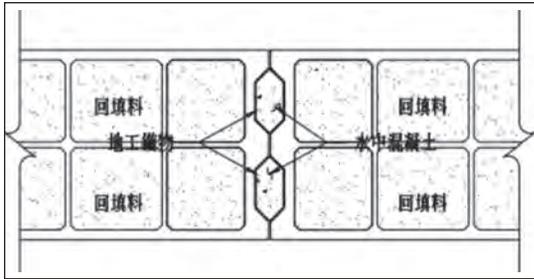


圖 7 沉箱樁槽標準斷面圖



圖 8 W28 碼頭與工址相對平面位置關係圖

容許回填區內水份滲出，但仍須防止回填材料藉滲透水一併漏出。通常採用濾層設計防漏，此為國內常用之方式；濾層之設計在排除土壤中多餘之水份，或防止土壤之沖蝕，採用土壤粒徑大小之濾石層方式以達到過濾及排水效果。

除堤後濾層外，以往漏沙發生位置大多位於沉箱樁之間隙，故於本計畫中，於沉箱安置定位好後，將於沉箱樁間灌注水中混凝土，以確保背填沙不因海水位潮汐或波浪作用而漏沙。斷面示意圖詳圖7所示。

(三) 完善施工計畫安排，克服海上惡劣天候，友善職安工作環境：

本案共有9座沉箱，以往海事工程沉箱製作部分皆採用海上浮沉台船進行作業，惟因近年大型海事工程日益增多，國內浮沉台船之數量目前尚無法支應本工程，而因本工程沉箱尺寸相對較小，故本工程可利用基隆港W28碼頭之升降平台進行沉箱製作，該沉箱



圖 9 基隆港 W28 碼頭之升降平台之施工安全防護設施照片

製作場屬基隆港內（平面位置關係詳圖8所示），將可克服因海上惡劣天候造成之風險，惟該區域場地較小，無法使用滑模進行沉箱製作，僅可利用普通鋼模層層構築，在施工場地有限之條件下，仍於工期內施作完畢。

每一階段人員之上下進出，或施工人員之施作，其高度均小於一昇層（2.8 m），大大降低施工時墜落、滾落之風險，並於臨海測均加裝安全護欄，使之本為高風險作業之沉箱施工，依此施工法則變成可有效管控之施工項目，相關施工安全防護設施照片詳圖9所示。



四、工程顯著效益：

(一) 工程效益：

1. 未來圍堤造地完成後，將可提供港區內之新生地，供基隆港港務使用，以提升基隆港區作業能量。
2. 亦可配合既有W33B碼頭進行連線，延伸既有W33B碼頭之長度，增加港區碼頭數，可為基隆港再增加碼頭席數，提升未來使用彈性，發揮本工程之最大效益。

(二) 節能減碳及環境永續發展：

1. 由於本工程為於西防波堤及西碎波堤間設置圍堤，勢必需與既有防波堤銜接，西碎波堤側大多為4T及8T消波塊，可回收再使用。
2. 本計畫沉箱內回填沙及堤後背填沙可就地取材，採用港區浚挖之土方，減少外購沙

所產生運輸排碳量。

(三) 完工現況：

本工程於109年1月18日開工，並於111年8月10日完工驗收，相關完工照片如圖10所示。

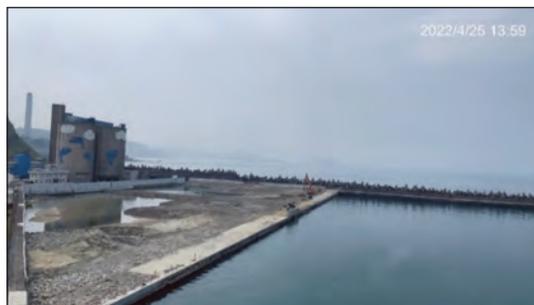
五、結語

基隆港土方收容填區圍堤造地工程為近年基隆港較大規模之港灣工程開發案，其中圍堤造地工程屬港埠建設的先鋒部隊，在有完善的新生地填築下，方能讓碼頭、道路、建築及公共設施順利推動與施工，故規劃設計上更須完整性考量，方可達到最佳的成效。

圍堤工程為克服軟弱底床承载力不佳問題，確保堤體下方承载力足夠，以往工程案例皆採用土方清除之方式進行，惟因本案軟



(a) 圍堤工程完工



(b) 造地工程完工

圖 10 圍堤造地工程完工照片



弱土層厚度高達10 m，若採置換方式其工程費將大幅提高，故本工程針對地盤改良工法提出設計新思維，利用拋石基礎改良工法增加堤底承載力，以拋放堤心石自然沉陷方式置換軟弱土層。

造地工程為達到節能減碳及環境永續發展目標，本計畫造地料源主要以航道、迴船池需配合進行浚深至16.0 m之再利用浚挖土方作為擴建港埠用地之填地料源，減少將疏浚土方海拋或外運之費用，並響應政府之環境保育政策。

在施工階段除落實規劃設計理念外，並在安全第一、工進如期、品質符規、航安落實等各方面高度要求下，設計、監造與施工團隊共同合作，循序完成此工程。

整體而言，基隆港土方收容填區圍堤造地工程，除配合國家重大建設發展外，後續亦可作為基隆港區內之施工場地，並兼顧基隆港港池疏浚及土方收容需要，以達到節能減碳及提升全球海運之競爭力之目的，使基隆港更具發展潛力。

本文僅就基隆港土方收容填區圍堤造地工程之規劃、設計與施工扼要介紹，圍堤之設計雖已盡可能完整介紹，然對於細節之交代仍不免有所遺漏。冀由本文介紹，可作為日後軟弱土層上之圍堤造地工程規劃、設計、施工之參考。

參考文獻

1. 臺灣港務股份有限公司基隆分公司 (2022),「基隆港航道迴船池水域加深浚挖工程及土方收容填區圍堤工程」航港新知。
2. 台灣世曦工程顧問股份有限公司 (2018),「基隆港航道迴船池水域加深浚挖工程及土方收容填區圍堤工程」初步設計報告書(定稿)。
3. 大地工程技術發展~專業技術發展(2023),「臺灣大地工程技術應用案例」



111 年台灣鑛冶工業之進展

中國鑛冶工程學會理事長、中國鋼鐵股份有限公司技術部門副總經理 / 鄭際昭

前言

根據報告顯示111年台灣經濟成長率為2.43%，主因為是出口重挫，受到全球需求驟降、庫存調整持續，以及中國大陸疫情惡化干擾產銷等3大利空影響。另依據經濟部國際貿易局資料指出，進口之礦產品價值共達新台幣1兆2,983億3,032萬元，較111年增加66.59%；進口量為1億66,86萬7,717公噸，較民國111年減少3.49%，原因係能源、金屬及工業原料礦物減少所致。台灣地區111年礦產品出口總量為141萬1,272公噸、出口總值為新台幣631億5,654萬元，較民國111年出口總量增加0.59%、出口總值增加24.25%，原因係工業原料礦物增加所致。

茲再就111年我國油氣礦業、鋼鐵工業、非鐵金屬工業、粉末冶金工業及地質調查與研究之進展，重點摘錄分述如下：

一、油氣礦業

111年在俄羅斯入侵烏克蘭後，雖因禁運憂慮造成國際市場油氣價格短暫飛漲，惟業界持續投資及生產，供需平衡，油氣價格回趨穩定，針對國內陸上、海域及國外探採石油及天然氣分述如下：

- (一) 俄入侵烏對全球油氣供需與市場價格影響有限：入侵烏克蘭後，雖造成原油價格因禁運憂慮而短暫衝破每桶120美元，但在全球油氣穩定供給下，重回市場機制，北海布蘭特原油與美國西德州原油價格全年分別上漲約9%與5%，年均價則每桶分別為100美元與95美元。
- (二) 全球油氣探採投資持平：約有180家公司將約200個油氣田投產，其中60%是油田，總投入資本約1080億美元(較



110年的1310億美元減少約18%)；油氣資產交易總金額達1540億美元，較110年的1940億美元減少約21%。

(三) 油氣探採技術創新：全球油氣業界公司約有92%以上在投資發展人工智慧應用技術。例如「油氣生產數位對照模型(Digital Twin)」，採用影子內閣概念，把生產中油氣田的地下生產層特性與地面設備規範建成數位模型，用歷史資料進行機器深度學習，進而對油氣田生產作最佳化智慧管理或超前部署因應可能發生之設備故障，以杜絕生產中斷風險。

(四) 國內油氣生產與能源轉型政策推動：民國111年完成宜蘭縣土場地區地熱鑽探，預計於民國112年前可完成建置4MW地熱示範發電廠。

二、鋼鐵工業

(一) 國內市場供需

1. 粗鋼、鋼材產量：民國111年完成宜蘭縣土場地區地熱鑽探，預計於民國112年前可完成建置4MW地熱示範發電廠。
2. 鋼材、半成品進出口量：111年鋼材進口量333.9萬公噸，減少30.7%；出口量980.0萬公噸，減少7.6%。半成品(扁鋼胚+小鋼

胚)方面，111年進口量359.2萬公噸，減少20.8%；111年出口量3.2萬公噸，較110年增加68.4%。

3. 鋼材表面消費量：111年我國主要鋼品表面消費受國際情勢多變與通膨升息影響，全球原物料與鋼鐵市況呈現整體衰退。台灣下游產業部分，碳鋼與烤漆類別約有1~3成減幅，僅彩色鋼片與鋼筋類產品受國內公共工程表現持穩，營建與廠房方面需求維持增長。不鏽鋼產品整體呈現平均約2成左右減幅。

(二) 鋼鐵產業發展

111上半年受俄烏戰事爆發，掀起全球能源價格與物價飆漲，因俄烏皆為鋼鐵出口大國，鋼鐵供給緊縮之下，帶動鋼鐵原物料掀起一波推漲格局，然因俄烏局勢僵持與國際政經衝突升高，地緣政治紛擾加劇全球物流與市場波動，且歐美主要國價通膨指數居高不下，致使美國聯準會於111年初開啟史上步伐最快的升息腳步，開始收攏資金熱錢，也宣告疫情之後貨幣寬鬆的時代結束。

台灣鋼鐵產業面對戰爭與貨幣寬鬆後，強力升息下，原物料行情有所壓抑，疫情、地緣政治和物流不順導致下游庫存暴增與生產工作受阻，為避免全球陷入衰退與系統性風險，與病毒共存將成為主要國家政策主軸，陸續解封後，供應鏈明顯緩解，加以基



建與刺激內需計畫甚至未來戰爭與地震後的重建潛在需求等，可望挹注112年鋼鐵需求穩健成長。

(三) 新技術、新產品開發與製程改善成果 及與鋼鐵業者合作情形：

1. 推動國科會前瞻技術產學合作計畫：為落實多元減碳路徑，與成功大學合作推動國科會前瞻技術產學合作計畫「高爐低碳煉鐵技術開發」，集結國內相關產學研發量能，齊力發展適合台灣的次世代低碳冶煉技術，規劃(1)低碳物料操作、(2)富氫氣體噴吹、(3)爐頂氣提濃改質回噴等三大分項技術，並將成果落實於中鋼高爐現場，創造減少碳排放之效益。
2. 跨世代車用鋼：開發超高強度冷軋CR1300T冷加工車用鋼、熱軋80公斤級擴孔材及熱軋CP780複相鋼等，並邁向更高強度、更高擴孔之鋼品發展，持續供應國內外車廠之需求。
3. 鋼化聯產技術開發及先導工廠建置：完成台灣第一座「鋼化聯產」先導工廠建置，可作為開發高爐氣和轉爐氣變壓吸附捕CO和CO₂技術、關鍵吸附劑開發和製程預測模型等「鋼化聯產」生產技術之用，及與工研院進行技術合作，並透過和石化業夥伴籌組「鋼化聯盟」，以共同合作進行「鋼化聯產」示範場之運作。

4. 自黏鐵芯自動化量產示範線開發與建置：中鋼完成自黏塗膜電磁鋼捲開發，並更進一步導入預衝斷模具疊片技術，建置一套全自動化自黏鐵芯量產示範線，整合出一種技術可行且具競爭力的自黏鐵芯量產解決方案。目前已開放給國內廠商觀摩，協助業界縮短學習曲線、降低生產的技術門檻。

三、非鐵金屬工業

- (一) 全球鋁產業的排碳量現況：111 年全球二氧化碳排碳當量達到 402 億噸，其中鋁產業佔約 11 億噸，約全球排碳當量的 3%，因此，在歐盟制訂碳邊境調整機制中，將鋁與水泥、鋼鐵、肥料、電力並列為第一階段五大課徵碳稅之首波產業，此因鋁先天上具有難以提煉的特性，致使冶煉過程中極度耗能；儘管如此，由於鋁的質輕與高強度特性，常應用於節能部品上，以汽車為例，相關研究指出，若以鋁替代鋼材，經以汽車產品生命週期估算，將減少約 2.8 噸排碳當量，顯示鋁材扮演極重要低排碳量的材料角色。
- (二) 全球低碳鋁品的发展趨勢：目前國際鋁廠中，以 Novelis 使用再生鋁比例達 59% 為業界第一，其主要係以汽車與罐材廢鋁為主，利用建構上下游閉鎖循環鏈回收廢鋁，同時於全球各地大量選



購合適之廢鋁與再生鋁錠，並藉由與知名品牌業者合作，如 Ford、Nespresso 等，重新將廢鋁再生為鋁製品，創造循環經濟價值。

(三) 中鋼鋁業的低碳產品發展：為響應政府 2050 淨零排放之政策，已於日前完成廠內碳盤查，並由低碳能源、低碳原料與設備及製程減碳等各面向著手，開發低碳產品；在低碳原料方面，除增購水力等綠色能源之鋁錠外，亦與業者合作收購加工廢鋁或再生鋁錠，藉由提高產品中再生鋁比例以降低原料排碳量。

四、粉末冶金工業

回顧 111 年，前半年與後半年對粉末冶金工業而言，是劇烈變化的，疫情陸續解封，前半年延續 110 年訂單需求旺盛的餘熱，生產上都還在消化 110 年未消化完的訂單，然而 2 月份開啟的烏俄戰爭，及原本恐慌性的訂單降溫，已開始改變了市場的供需。首先在能源的供應影響，造成供電成本大增，原物料的供應數造成緊張局勢，而全球疫情雖已趨緩，海運塞港、IC 晶片短缺也陸續緩解，但好景不常，歐美的通膨連帶造成消費緊縮，加上 110 年的瘋狂下單，庫存異常升高，於是造後半年的需求大幅下降，與 110 年在汽車、電動工具、民生工業等市場出現超過三到五成以上的需求，形成強烈反差。去庫存

化成了訂單轉壞的毒藥。

再者，中美關係惡化，政治的對立也對經貿、供應鏈開始產生影響，地緣政治改變以前全球化供應鏈的結構，開始轉向區域採購的思維，別於 110 業界在業績上大幅成長，創歷史新高，整體大致衰退到 109-110 的平均水準，行業中也出現如同電子業鼓勵員工多放特休假的現象。

五、地質調查與研究

為達成「建立完善之國家地質資料，支援國土、環境與資源安全永續利用」目標，推動之核心工作項目包括：基本地質調查、資源地質調查、災害地質調查、執行地質及地質資料供應與諮詢服務等。111 年度對於礦產資源方面之相關調查研究，調查成果及施政成效概述如下：

(一) 臺灣東北海域礦產資源地質調查：111 年度進行之調查主要工作在於分析既有二維多頻道反射震測資料，瞭解區域地質構造，判釋斷層、火山及隱伏火成岩體的分布；實施底拖側掃聲納暨海床底質剖面、磁力及多音束水深探測等調查，瞭解淺部地層的沉積與構造特性；辦理海水層柱水樣與沉積物岩心採集和分析及海底影像觀測，瞭解海床近表層沉積物及礦化岩樣的熱液換質特性與礦石種類，以及熱泉活動與熱液換質 / 礦



化作用的海床影像特徵，以評估金屬礦床的類型及蘊藏潛能。

- (二) 離岸風場海域地質調查及地質環境資訊服務：111 年度開始推動加速落實風能產業配套之 4 年期離岸風場海域地質調查及地質環境資訊服務計畫，規劃於離岸風電場及周邊區域進行詳細地質調查及地質與環境感知系統建置。

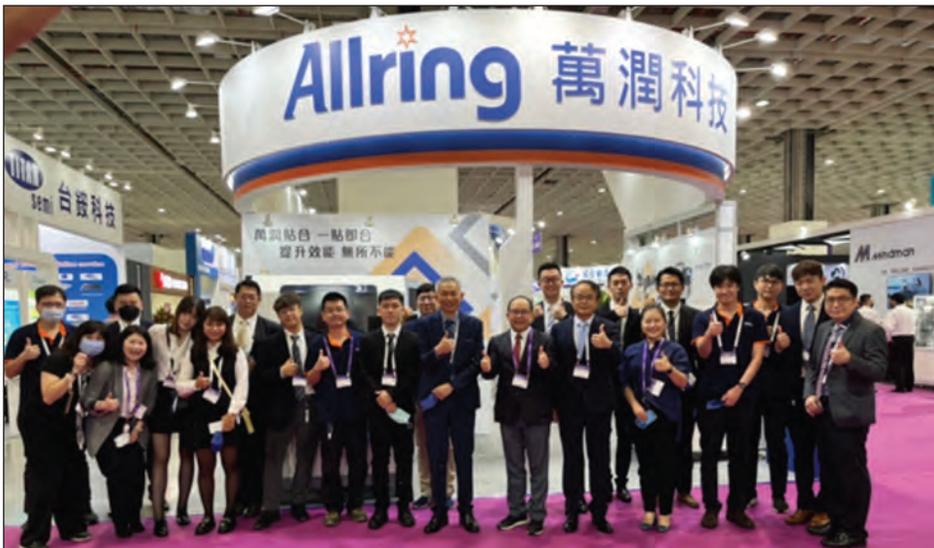


先進封裝設備產業概況

中國機械工程學會

台灣半導體產業獨步全球，除了核心的製程技術以外，相關上下游的產業也蓬勃發展。隨著各式電子裝置功能越來越多，且越來越輕薄，使晶片必須變得更小且效能更高。為滿足這種需求，半導體技術不斷進步，透過微縮製程來增加電晶體的整合數量以滿足性能、功耗、面積、訊號傳輸速度等

要求，然而微縮製程仍具有其物理上的限制，因此成為整體半導體產業重要的議題。為了符合產品規格需求，除了延續摩爾定律改善製程技術以外，也需要採用先進封裝製程，以製造高性能、低耗能、傳輸訊號更快、體積更小的產品。



萬潤科技（股）公司 2022 年半導體參展合照



封裝是半導體製程中一項重要環節，在國內的半導體產業聚落中，長久以來有著紮實的基礎。目前最領先的先進封裝技術是台灣晶圓大廠所採用的3D Fabric製程，而國內也有眾多廠商積極的投入先進封裝製程設備的供應鏈。半導體封裝設備的主要核心技術包括點膠、貼合、視覺檢測、微控和自動化等，均有高度的領域專業與獨特性。作為全世界最大的半導體元件生產國，國內廠商在封裝設備上的技術與品質正處於百花爭鳴的階段，例如地處於封裝大本營高雄的萬潤科技，該公司應用其核心技術開發出可運用於先進封裝製程的相關機台設備，包括點膠機、六面檢查機、散熱片植片製程線等，均有賴公司能自主掌握關鍵的核心技術來符合封裝產業的需求，並維持於其設備產業競爭中的領先。

點膠機主要用於芯片底部填充（Underfill）、Dam & Fill、助焊劑噴塗（Flux spray）等後段製程，保護基板、微電路和IC等，防止微塵、水氣、光線等物質進入晶片，避免對產品造成損壞。該機台的主要的關鍵特點是點膠閥，由於應用需求的特殊與多樣，此元件為萬潤科技自行研發，可根據



點膠機 機台照片

客戶不同產品製程規格進行調整，並整合即時檢測功能，具有自動校正功能和即時數值監控以保護產品。此外，還可以與自動化串線機台搭配使用，實現跨機台的自動化生產系統，提高UPH、降低耗材價格和延長使用壽命，並運用點膠追高技術、水平點膠技術和薄霧化Flux噴塗等技術，藉以提升封裝作業的品質與效能。

六面檢查機主要用於先進封裝製程中，各重要製程站點間的全面外觀檢查。此外，它亦可被用於來料與出貨QC的檢查設備，此產品特色在於其可泛用於封裝製程中的各種不同的檢查需求。機台主要製程為正面檢查、背面檢查一、背面檢查二、側邊檢查等，共四個檢查站。它可適用於BGA類型產品，產品尺寸從30 mm × 30 mm到120 mm × 120 mm。其中主要關鍵技術為全面性的2D檢查能力，並可搭配各式產品載具以及入出料方式。

散熱片植片製程線主要是將散熱片及待冷卻之元件黏合，達到熱源及散熱片之間的低熱阻，使之間熱對流達最大化，達到最大散熱效果的製程線。它的特色為整合傳統散熱膏、Graphite TIM、Metal TIM 不同世代之散熱材料封合產線，並能依據客戶產品之運用進行模組化設計。整組生產線包含TIM Attach、Flux jetting、Dispenser、LID Attach、Snap cure五種製程機，更可依客戶製程需求自由搭配。另外，此設備可搭配TIM AOI、Glux AOI、正背檢、BLT 四種檢



測功能、量測機於各製程站點搭配。此外，亦可以依照產能規劃進行製程機間的串線。該公司於此領域運用其核心技術包含滾貼方式，高效排泡與貼合能力及 Snap cure 每 Unit 獨立控制等，並可將製程過程數據回傳。

另外，針對車用電子的晶片需求，萬潤科技自行研發開發了高壓電容測試機。主要功能是針對SMD型MLCC中的高耐壓電容產品進行Cp/Df & IR&HV量測，並對測量結果進行產品分類和統計。產品特色包括高電壓測試（最高達3.6kV）、雙軌道設計、歪斜料自動排除、測盤殘料自動排除等。技術重點在於同一站點能量測多組參數、測盤具有檢知感測器、測試站探針高度自動調整、收料不停機，以及多項防呆機制等，方能滿足車用電子領域嚴苛的零件耐久性要求。

在半導體產業方面，台灣擁有完整的

產業鏈。我們有半導體晶圓代工的龍頭 TSMC，半導體封測第一大廠 ASE，再搭配到一流的週邊產業形成聚落，從上游到下游，這是世界上少有的優良環境！再加上台灣有完整的教育體系，提供大量的專業科技人才，這都是我們的優勢。並透過積極的產官學的合作，讓我們的下一代在學校扎根學理基礎時，也能夠結合產業需求，培養基礎技能並製造更多發揮所長的機會，讓他們參與這個極具前景的產業！為了提升學生的專業能力和創新潛力，激發創造力，產業界也積極配合學校舉行各種競賽活動，例如崑山科技大學多年來與萬潤科技聯合舉辦「萬潤2022創新創意競賽」。透過競賽的舉辦，學生可以透過創造性思考和製作產品參加競賽，提高他們的創新和專利申請的能力與興趣，並獎勵傑出人才作為產業的即戰力，進而提升國家的競爭力。



第 15 屆萬潤創新創意競賽 - 論文組得獎師生大合照



「把水留住 灌溉大地」 擴大灌溉穩定水源 - 雅悠古圳風華再現

行政院農業委員會農田水利署苗栗管理處股長 / 謝佩鸞
行政院農業委員會農田水利署科長 / 張光耀
行政院農業委員會農田水利署組長 / 孫維廷

關鍵字：雅悠圳、渠道改善、智慧管理、低碳韌性、古圳文化

一、前言

臺灣年平均降雨量達2,500 mm，約為全球年平均降雨量的2.8倍，卻因地勢坡陡流急，降雨後約有80%的雨水因蒸發或直流入海，而無法被有效運用，如何有效的將水資源蓄存與利用，一直都是我國關注的重要議題。面對氣候變遷、極端降雨事件的侵襲，完善的農田水利基礎建設，在農業的發展與永續經營方面，扮演著相當重要的角色。

臺灣的農田水利事業歷經400年來演進發展，已有17個管理處提供農田水利事業區域內（以下簡稱灌區內）的農地灌溉排水、水

源調配與水質檢測等各項服務，其所管理農田灌溉排水渠道約7萬餘公里、農田水利構造物約20萬餘座。除此之外，位於農田水利事業區域外（以下簡稱灌區外）的農地，因水源情況、地形地勢或農民意願等不同因素，未能享有同等的灌溉服務，行政院農業委員會農田水利署（以下簡稱農田水利署）於109年10月成立的重要任務之一即在於將農田水利事業擴大至灌區外適作農地。

苗栗縣大湖鄉即屬於上述灌區外的農地，而在大寮村的雅悠古圳，開鑿至今一百多年，乘載了當地先民開墾及族群協調之歷史淵源，然而因為年久失修，圳路有著滲漏



嚴重，無適當巡檢通道的問題，致使農民灌溉水源較不穩定且農民進行圳路維護管理工作極為不便。有鑑於此，農田水利署於工程規劃階段，透過探究雅悠圳開鑿歷史與文化傳承意義，並考量周遭自然環境的融合，採取對當地環境最低擾動的工法，亦考量農民維護管理的便利性。另針對草莓產業進行智慧灌溉試驗，以有效實施精準灌溉進而提升產值與產量。以上措施除能穩定農民的灌溉水源，幫助提升農民收入外，亦成功再現雅悠古圳的百年風華。再者，更進一步傳承先人筭路藍縷的精神，實踐古圳歷史文化。

農田水利署以「把水留住 灌溉大地」的願景推行擴大灌溉服務政策，不單是為了生產，更關乎生活及生態，將友善土地、維護

生態環境一併納入考量，遂行農業及環境永續的目標。

二、雅悠古圳改善工程

(一) 自然環境特性

大湖鄉四面環山，冬季受東北季風影響較小，適宜的氣候溫度條件加上長久的種植歷史與栽培技術，使大湖鄉形成全臺最大的草莓生產園區，占全臺草莓產量7成以上。雅悠古圳位於水頭寮地區，水源源自大窩地區南湖溪支流上游，其主要灌溉農地面積約為40公頃，以種植草莓為主，其相對地理位置如圖1所示。

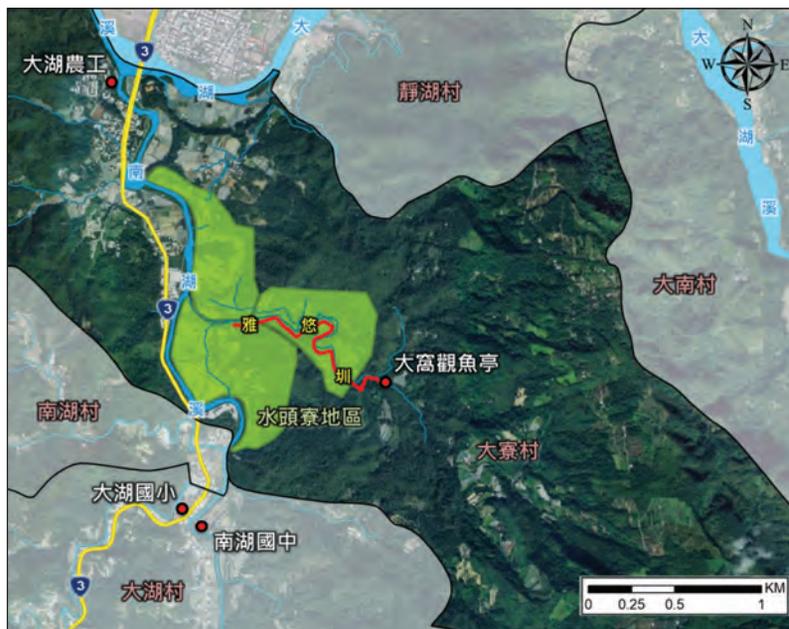


圖 1 基地位置圖



(二) 歷史與人文

依據羅文賢先生著作「通事陳履獻與大湖開拓」一書（羅文賢，2016），咸豐6年（1856年）清軍入墾大湖地區，因當時尚無灌溉設施，農作物主要種植旱作與生產樟腦為主。後因開墾發展需求，開始興建農田水利灌溉設施，然而在開墾過程中，時常與原住民族發生爭執。

其中一位當地商人陳履獻先生，負責漢人與原住民之間傳譯溝通的事務，不但通曉原住民語，且詳知原住民部落民情，並廣為原住民所知。於1872年間，陳履獻與泰雅族人Yayud通婚，因此開啟民族合作的契機。Yayud自與陳履獻結為夫妻後，就協助先生陳履獻處理許多與原住民相關的事務。

明治30年（1897年），陳履獻見住處附近的大窩溪溪水清淨，有鱸鰻、馬口魚等許多臺灣原生魚種，溪水長年有水且水位落差大，便出資開鑿。但大窩溪原屬於原住民生活區域，因此，陳履獻開闢水圳時，不時有被原住民破壞的情況發生，每當有衝突發生，Yayud便會出面協調。整個大窩地區有許多開鑿山壁的輸水設施，例如阿缺潭附近取水口的輸水設施曾多次受破壞，也是透過Yayud出面協調，對於排解原客族群糾紛厥功甚偉，雅悠圳因此能夠順利完工。後代子孫為了紀念水圳帶來的豐饒物產，賦予它極具故事與美麗的名字「雅悠圳」。因有此圳之供水系統，才漸漸發展出往後水稻與草莓等產業，其農業灌溉發展歷史脈絡如圖2所示。



(原客融合大合照、陳履獻土地申告書原件、明治40年開墾成果報告照片由羅文賢先生提供)

圖2 大寮村農業灌溉歷史

(三) 古圳整體規劃及設計原則

雅悠圳是一條位於臺灣苗栗縣大湖鄉大窩地區的古圳，1897年以穿山引水的方式開鑿。由於建造時間久遠，當地的農田灌溉系統已不完善且滲漏水嚴重，多處渠道破損且渡槽年久失修，導致農民灌溉用水不穩定，為減少圳路滲漏以有效穩定農民灌溉用水，提升在地農業產能，農田水利署遂進行本工程的規劃設計，工程內容設計概念如圖3。

1. 穩定供水、減少滲漏水損失

雅悠圳由於其周邊開發密度較低，在確保穩定供水之前提下，以尊重自然環境之理

念作為設計時的優先考量，並同時考量農民後續維護管理的便利與安全性。工程以既有渠道為改善對象，不進行大範圍環境擾動。其中，透過清淤及無收縮水泥填縫的工程手段，有效減少水源輸送過程中的滲漏損失、護岸破損、雜草叢生及淤積等問題，施工前後對比如圖4。

2. 巡檢通道優化，增進維護管理之安全性

雅悠圳臨陡坡，其灌溉水路旁缺乏巡檢通道，維護管理不易，致圳路通水能力日益衰退，為提升維護管理的便利性及減少人力負擔，新設巡檢通道及自動化排砂系統，減少維護管理頻率，同時提升設施維護效率及安全性。



圖 3 工程內容設計概念圖



圖 4 施工前後對比圖

由於施工範圍狹小，材料、機具搬運不易，且同時為符合節能減碳等友善環境之潮流，本工程以就地取材的方式，採用淤泥自拌清淤道工法如圖5所示。透過現地土方拌合，優點為無需使用鋼網等硬性材料且施工簡單，達成就地取材、修補容易、耐久性佳、融合現地環境，且符合營建綠指標之多重目標。

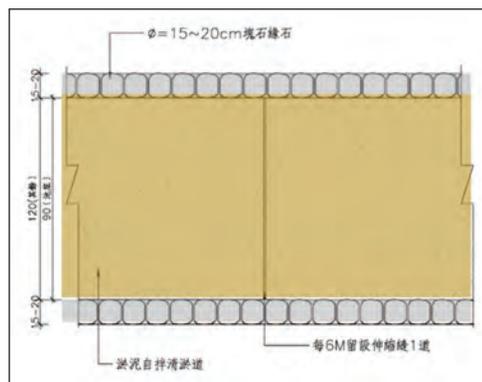


圖 5 自拌清淤道設計圖

此外，於施工石材的選取方面，亦使用在地現有材料，避免自外地取材，減少工程碳足跡及工程建造成本，亦避免破壞

取材原產地之生態。其工法施作流程如圖6所示。



圖 6 自拌清淤道施工過程

3. 智慧化維護管理、全時化環境監控

為提升維護管理效率、降低人力負擔及淤砂（泥）清運成本，並減少對自然環境的擾動，本工程設置5處自動化排砂設施及電動蝶閥，可透過物聯網系統設備進行遠端操控如圖7所示，另亦架設戶外型日夜監控攝影機3組，以即時掌握圳路狀況，上述設施皆由太陽能供電系統供應，以達到節能減碳之效（如圖8）。

三、智慧灌溉試驗

為能使灌溉水源穩定後，有效利用每一滴水資源，利於未來有效實施精準灌溉，於雅悠圳下游選定在地草莓產業，設置智慧灌溉示範區。此示範區係針對慣行農法（由農



圖 7 遠端控制 APP 畫面

民種植經驗自行判斷是否供灌)及智慧灌溉（依氣象及土壤濕度感測器等環境感測資料



圖 8 監控攝影機及自動排砂道

來作為灌溉與否之決策)等不同灌溉方式進行灌溉效益分析。同時,透過APP自動化控制系統之建置(如圖9),以雲端方式蒐集作物需水量等重要數據。依試驗結果顯示,智慧灌溉區相較慣行農法區而言,節水率高達83%、產量提升33%、節省人力75%,顯示智慧灌溉系統應用於草莓的生產,確實有極為顯著的效益。此示範場域的試驗結果,經推廣在地農民週知後,紛紛表示未來期盼能於自家的草莓果園設置智慧灌溉設備,有關智慧灌溉系統之相關設施如圖10所示。



圖 9 智慧灌溉 APP 監測資料



圖 10 智慧灌溉示範區域之配置

四、尊重自然及環境共生

雅悠圳之設計發揮農田水利事業生產、生態、生活之三生功能,透過灌溉設施的維



圖 11 環境友善公民參與活動



圖 12 文史工作者及 NGO 團體友善環境解說

護，穩定區域的灌溉用水。除滿足農業經營之需要，設計理念以尊重當地自然環境、保持生態之完整、維持棲地多樣性為重，使改善工程設施與周遭環境融合，並扣合淨零碳排推動策略，減少使用混凝土，達成減少構築材料碳排放，符合環境友善之效益。

雅悠圳工程改善，主要的內容有渠道整理、塑木棧道、自動排砂設施以及護坡修復，施工位置主要落在生態低度敏感區，且屬於既有設施改善，依規定無需辦理生態檢核工作，然為求謹慎而不影響在地自然環境生態，於工程規劃階段，亦主動邀請文史工作者、NGO團體（苗栗縣自然生態學會）等專家辦理環境友善公民參與活動（如圖11）。

透過前述活動的舉辦，與專家、地主、主辦單位及重要權益關係人，一同走訪雅悠圳，也凝聚了環境友善作為的共識（如

圖12）。其中，在設計方面，採用低維管、就地取材方式，減少開挖面積等友善方法；施工方面，低度使用工程機具，多採取人為施工，雖增加施工難度，相對亦達成對環境低擾動之目的（生態關注區域圖及工程配置圖如圖13）。另於材料選用上，供農民巡檢圳路之塑木棧道係採用工廠加工，現地組裝等友善措施，亦有效維護原有環境（如圖14）。再者，實際執行工程時，亦每月進行工程友善措施自主檢查，以確保環境衝擊最小化。此外，因灌溉渠道上游鄰近取水點，故加強保留既有原生樹種，提供鳥類棲息，維持當地物種豐富性及生物棲息地。上部維護欄杆採用堅固耐用、無毒性、防潮防腐蝕及易維護之塑木欄杆，使整體工程融入自然環境，符合環境永續目標。而於渡槽段除了以組裝鋼構件補強外，亦增設棧橋，並採用塑木結構而非混凝土構造，將設施於發揮功能的同時，亦能融入當地景觀。以上種種環境友善措施，期能於兼顧農民生計的同時，實踐符



圖 13 生態關注區域圖及工程配置



圖 14 低擾動工法，友善環境

雅悠圳長年以來為大寮村重要之灌溉水源之一，由於渠道年久失修，在地農民有用水需求，故積極向公部門爭取經費，並於工程設計及施工階段參與說明會，提出灌溉用水需求與建議，以利整體工程效益之提升。完工後，除有效減少圳路滲漏情形外，並可穩定供水，以提升農業產值。

合國際趨勢及國家推行永續經營政策理念，賦予百年古圳新生命（雅悠圳工程執行成果如圖15）。

五、城鄉社區意識之凝聚

社區意識是居民基於對社區的認同，藉由鄰里頻繁互動進而對所屬社區產生情感，並形成對於社區的關懷、關心且願意付諸行動解決所面臨的問題。其內涵主要有三項：對環境的認知、累積對社區的情感與認同，以及如何增進居民對社區事務的參與。

由於雅悠圳承載先民開墾、族群協調之歷史淵源，為延續其精神並凝聚社區之認同，本工程亦針對雅悠圳歷史及其改善工程，拍攝介紹影片（如圖16），藉由影片之拍攝，邀請Yayud之後代羅文賢先生，介紹水圳之歷史並展示過去之文史資料，說明開墾水圳之背景、衝突及和解。再由當地農民簡介雅悠圳更新整修前面臨之困境，最後亦藉由農民親身說法，敘明工程改善後之效益。透過影片之拍攝完整說明雅悠圳的優美故事，並透過撥放、傳承這些故事，凝聚當地



圖 15 雅悠圳工程執行成果



圖 16 雅悠圳歷史及工程改善成果影片

居民對水圳之情感認同。

為使民眾更加了解推動情形，並了解真實民意，於112年2月辦理「苗栗縣大湖鄉雅悠圳竣工典禮暨擴大灌溉服務推動說明」（如圖17），說明透過具有文化傳承意義的

圳路整建及相關農田水利建設，完成苗栗縣推動擴大灌溉服務政策的開端。

水是生命的泉源，農業發展的命脈，亦為人類永續發展的基礎，透過雅悠古圳擴大灌溉服務工作的推行，不僅挖掘了本地客家及原住民族群融合的歷史故事，採取友善環境作為的施工方法，亦符合國際潮流及我國永續政策的推行，更甚者，藉由草莓智慧灌溉試驗成果，以做為未來實施精準灌溉的依據，使得珍貴的水資源有效進入每一塊田間，進而轉化為農民幸福生活的笑顏。

雅悠圳路修繕完成後，供灌受益面積將達到40公頃、受益農戶30戶，並能為草莓產



圖 17 雅悠圳竣工典禮暨擴大灌溉服務推動活動剪影結語

業帶來1.6億的經濟產值。目前於雅悠圳服務地區已有約3成農戶為青農，未來農田水利署將持續優化供水系統，為各方青壯農民創造優質的營農環境，進而提升青農回流農村意願，帶動區域農業產業鏈的發展，進而達成永續農業的目標。



台電公司 111 年度電力重要建設

台灣電力股份有限公司

一、台中發電廠 - 電力網路與環保 GOGO 的關鍵堡壘

台中發電廠是為了配合民國70年代的國家長期經濟發展，與能源多元化政策，以及因應中部地區工商發達，用電量快速增加而興建。台中發電廠於78年成立，廠區面積達277.5公頃，是抽取台中港航道的砂浚填成之新生地。是第一座通過環評興建的電廠。廠區綠覆率約20%，是一座公園綠電廠。目前電廠以燃煤為主之10部機組，4部氣渦輪機組，總裝置容量578.8萬瓩，佔台電公司總裝置容量約10.8%，肩負穩定供電的責任。未來將有2部130萬瓩2對1的燃氣複循環機組投入供電行列。

為了加強電網的可靠度及配合新建燃氣機組、及離岸風電所需，本廠於112年3月起因應台中電廠新建燃氣機組計畫進行345kV 氣體絕緣開關及附屬設備工程：GIS 3710、

3720檔位汰換工程，將GIS 3710、3720設備容量由4000A提升至6000A；配合離案風力發電加強電力網第一期計畫於111年12月起進行台中發電廠345kV（南）開關場GIS更新工程：GIS 3910、3920、3930檔位汰換工程，將GIS 3910、3920、3930容量由4000A提升至6000A，相關GIS容量提升汰換工程未來陸續施工，以強化電網韌性，提高電力網運轉可靠度及穩定度（圖1）。

基於政府宣示2050年溫室氣體淨零排放，希能於能源轉型過程中，同時發展電廠碳捕捉計畫政策。台電公司除了提供質優而穩定的電力之外已於台中發電廠中9機執行微型碳捕捉試驗計畫，發展化學吸收法及物理吸附法等碳捕捉技術。近年更規劃於台中發電廠中9/10機旁設置「減碳技術園區」，發展二氧化碳捕捉（Capture）及再利用（Utilization）等技術，亦積極推動二氧化碳封存技術（Storage），將二氧化碳捕捉及再



利用（CCU）提升至二氧化碳捕捉再利用及封存（CCUS），使二氧化碳最終固化於深部地質構造，避免其排放至大氣中。在「減碳技術園區」內設置之小規模碳捕集廠，預計每年可進行2,000噸的碳捕集試驗，後續亦持續規畫進行二氧化碳封存試驗，透過小規模之注儲試驗，以驗證系統及風險評估方法之適用性，未來將依據試驗結果評估擴大二氧化碳捕集及封存規模，並提供後續商轉計畫（預計規模為100萬噸/年）相關經驗指引，以因應迫切淨零碳排目標（圖2）。

二、協和發電廠 - 協和珠山分廠建置儲能設備

珠山電廠位於馬祖地區主要供電範圍為南、北竿地區屬獨立電網，夏季尖峰用電約12,000KW，冬季用電尖峰為10,500KW皆集中在夜間時段，珠山機組共有4部機3,850KW/機，考量機組N-1狀況下不造成用戶用電權益，長期單機占比受限，機組常時運轉在中、低載低效率工作點的狀況，致機組增壓機積碳嚴重造成效能低落，待需要扛



圖 1 開關場 GIS 設備汰換工程作業前 TBM



圖 2 微型測試區

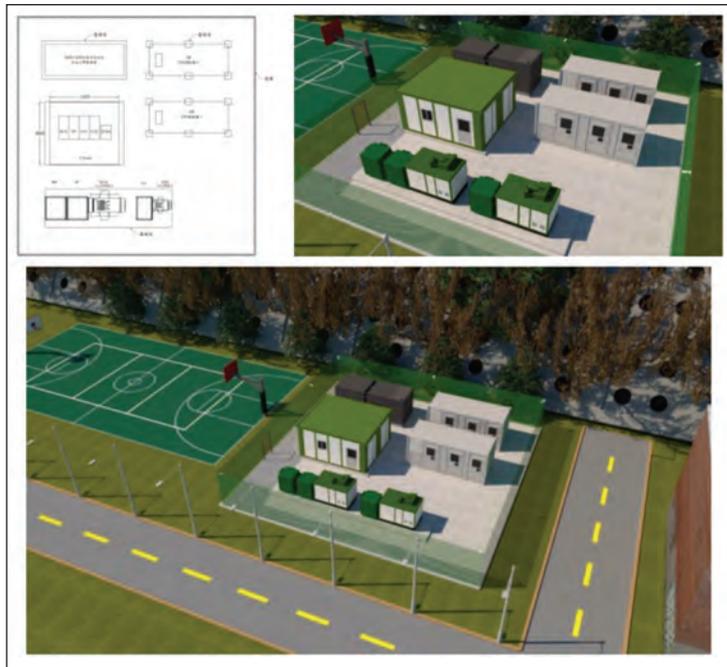


圖 3 儲能設備平面配置圖

載時卻無法發揮應有效能，甚至於會觸動增壓機保安機制連鎖而連續跳機，造成系統穩定供電風險高。

本次建置儲能設備容量為2MW，主要功能用於輔助電廠之供電電網穩定為前提，廠家提出 AFC 調頻服務可即時填補機組N-1狀況下供電缺口、削峰填谷服務可填補再生能源供電穩定性不足問題及於發電機保養或臨時檢修時短時間頂替發電機供電角色等控制策略建議。

期待在本案儲能系統加入後即可擺脫珠山機組單機占比的限制，珠山機組可以工作

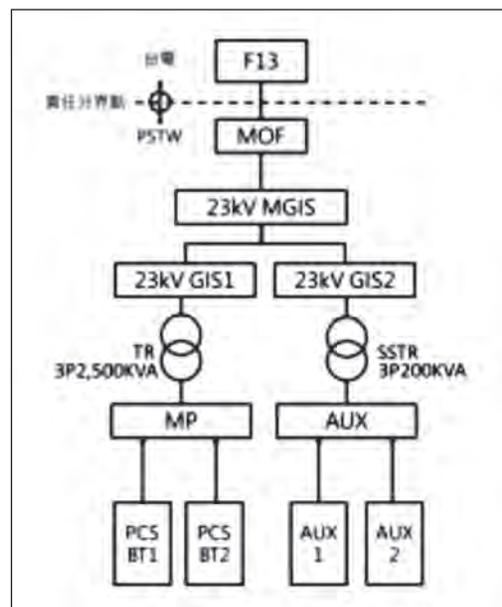


圖 4 儲能設備單線架構簡圖

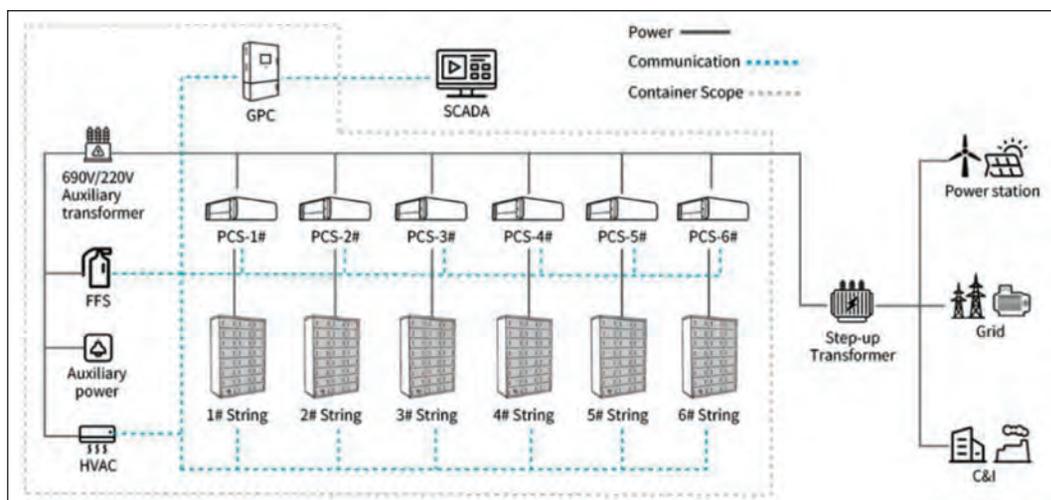


圖 5 儲能設備基本架構示意圖

在合理工作點，確保機組效能，並可以增加線上熱備轉容量率，隨時填補用電需求，並藉以整合儲能系統、機組發電、再生能源即時運轉資料等的能源管理系統，扮演關鍵的智慧電網調度之角色，提升能源使用效率，對於機組維運與供電穩定助益甚大，本案已於112.03.14由台灣松下得標，預計於112.12.31建置完成（圖3~圖5）。

三、通霄發電廠 - 增建小型機組以應付再生能源間歇性負載變化

通霄發電廠因應近年政府擴大再生能源發展政策，未來再生能源滲透率將逐年提高，且風電及光電等綠電之發電量皆對氣候依賴性較高，其間歇性之特性將導致「電力供應不穩定」及「鴨子曲線」問題，使得傳統機組須於天候不佳及日落時段快速升載，以彌補再生能

源無法24小時穩定供電之情境；爰此，未來電力系統調度將面臨挑戰，補充「小型化」、「具快速起停能力」之機型將越顯重要，通霄發電廠規畫興建升降載率高且可靠度高之9號機組（航改型小型機組），以補大型機組起停能力較慢之不足，俾以補充發電設施多元性並滿足系統調度需求，爰推動本計畫藉以提升電網供電穩定性。

通霄發電廠隨著增建9號機組計畫的推動與展開，於111年8月16日成立試運轉小組，積極進行9號機組試運轉工作，第一台氣渦輪機於111年12月31日併聯，其餘機組接續併聯及完成試運轉工作，預計112年4月30商轉，整部機組以最短工期完工，工程期約1年2個月（111年2月15訂約），及時緩解因核能機組除役之電力缺口及再生能源間歇性能源衝擊，9號機組設置6台氣渦輪機，每台裝置



圖 6 通霄發電廠

容量3.0142萬瓩（8分鐘即可滿載），整部機裝置容量18.0852萬瓩（圖6）。

通霄發電廠增建9號機組對電力系統供電穩定貢獻極為顯著，每天日落時段即可見各部機組接連啟動發電，尤其因具備快速起停（8分鐘即可滿載），且升降載率高（升載率250瓩/秒）之特性，可及時提供系統可靠電力，緩解「鴨子曲線」問題及間歇性負載變化問題，對電力系統供電穩定提供莫大助益。

四、南部發電廠 - 南一機汽機更新

南部發電廠一號機自1995年商轉至今已逾25年，效率降低，蒸氣熱能轉換效率差，且汽機長期存在軸承震動大、二號軸承及低壓段排氣溫度高等問題，根據他廠同型機組及本廠二號機汽機延壽評估報告內容，推論

可能還存在內缸變形、龜裂、腐蝕及低壓葉片裂紋等潛在問題，依原廠設計，一號機汽機將於112年逾越原廠設計壽命（200K運轉小時），有影響運轉安全之虞。

原廠根據過去運維經驗，提供汽機更新方案，含新型備品（3D葉片、升級低壓段葉片、新型高壓內缸等），均有針對機組效率優化，改良現有機組問題，提高運轉穩定性及可用率。

汽機性能提升後複循環發電容量可由309.8MW提升至314.4MW（汽機發電容量109.8MW提升至114.4MW），即發電容量增加4.6MW。以容量因素75%估算，改善後在相同天然氣用量下，每年增加發電量30,222,000度電。



綜合上述，本次一號機組更新有助於提升電廠整體發電效能並增加發電量，對滿足大幅增加的用電需求有正面效益。

五、核火工處 - 協和電廠更新改建計畫

本計畫為配合國家能源轉型政策及協和電廠既有4部燃油機組於民國108年起陸續除役，為因應北部地區用電需求，將採先拆後建、分期改建方式，設置2部單機容量約100~130萬瓩級之複循環機組，總裝置容量約200~260萬瓩，預計於民國116年8月及119年6月商轉發電，藉此可降低二氧化碳、減輕空氣污染排放、增加能源效率、穩定電力供應，達到對環境永續的目標。

為供應2部燃氣機組所需用氣，並確保供氣穩定，本計畫規劃於協和電廠外海以填海造地方式自行興建LNG接收站，於基隆港外港水域興建LNG運輸船進出及卸收所需港灣設施進行卸收供應，經由輸氣管線輸送至新建複循環機組；接收站面積約14.5公頃，設置2座16~18萬公秉之地上型LNG儲槽。

六、核火工處 - 大林電廠燃氣機組更新改建計畫

本計畫為因應未來台灣電力系統長期電力負載成長及未來南部地區再生能源大量併網，規劃利用既有#3、4機拆除後空地及廠內剩餘空間作為主要用地，計畫總用地面積

約為14.4公頃，規劃設置2部1配1複循環機組，單機容量範圍約55~70萬瓩，計畫總裝置容量範圍約110~140萬瓩。2部燃氣機組所需用氣由中油永安接收站以既設陸管方式供應，輸送至新建複循環機組；2部新機組預計於116年6月商轉，可滿足未來用電需求，對於高雄市發展有正面效益。

七、核火工處 - 大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫

本計畫為因應未來台灣電力系統整體需求，配合政府計畫擴大使用天然氣發電之政策，及提升大潭電廠營運績效及競爭力，規劃於大潭發電廠內增建三部（#7~#9）高效率燃氣複循環機組，總裝置容量達316萬瓩。新機組發電效率可達60.7%以上，並安裝新型低氮氧化物燃燒器（LNB）及選擇性觸媒轉化器（SCR）等污染防治設備，環評承諾值氮氧化物排放濃度為5ppm，均低於法規標準，兼具高效能及環保效益。

7號機因配合106年供電需求已先安裝單循環氣渦輪發電機組，即「大潭電廠燃氣單循環緊急發電計畫」，安裝二台氣渦輪發電機組，裝置容量合計為60萬瓩，並持續運轉至111年底，再完成擴建複循環機組及第二階段商轉。

第8、9號機組主設備及第7號機組單循環擴建複循環主設備採購帶安裝案皆已於108



年決標，循環水系統工程也於107年決標，目前現場施工中，並新設大潭新~林口161kV輸電線路引接至林口電廠，分散龍潭超高壓變電所線路過度集中之風險，供應北部用電。其中8號機組預定商轉日為112年12月，9號機組預定商轉日為113年11月，7號機組預定商轉日為114年1月，於115年12月底計畫完成。

八、核火工處 - 通霄電廠更新擴建計畫

本計畫為舊機組汰舊更新，共設置三部低污染排放且高效率之燃氣複循環燃氣發電機組及一部小型氣渦輪機組。新燃氣複循環機組效率高達為60.69%，較舊機組提升23.69%，每部機組發電量為89.26萬瓩並設置高效率污染防治設備，硫氧化物及氮氧化物排放量均低於法規標準，且新機組每度電所排放之二氧化碳排放量較舊機組低，有利於減緩氣候變遷，且電廠坐落北台灣就近供應北部用電，減少長距離輸送之電力損耗；小型氣渦輪機組則具備快速啟停能力，以避免間歇性再生能源對供電穩定度影響，並補充發電設施多元性以滿足系統調度需求。

本計畫燃氣複循環機組已陸續於107年2月27日商轉、108年5月30日及109年5月26日正式商轉，小型氣渦輪機組亦於112年1月23日接受調度，有效提升台灣整體供電能力及供電韌性。

九、核火工處 - 通霄電廠第二期更新改建計畫

本計畫因應長期電力負載成長需求，考量既有機組屆齡退休及兼顧電力發展與環保併進之條件，積極提升電廠整體營運績效及競爭力，爰於通霄電廠廠址既有4及5號機除役拆除後空地及廠內剩餘空間，規劃設置總裝置容量270~330萬瓩之一對一單軸式燃氣複循環機組，並預計於118年6月起陸續正式商轉發電，以因應未來再生能源大量併網時，維持系統穩定度並提升調度彈性。

十、核火工處 - 台中新建燃氣機組計畫

本計畫為配合國家規劃在民國114年達到天然氣發電占比50%之能源轉型政策，將於廠區第9、10號機組南側空地，設置二部單機容量約130萬瓩級之複循環機組，總裝置容量約260萬瓩，初估面積約13.4公頃，燃氣#1機預計於民國114年商轉發電，燃氣#2機預計於民國115年商轉發電，藉此可降低單位發電量所產生之二氧化碳、減輕空氣污染排放、增加能源效率、穩定電力供應，達到對環境永續的目標。

本計畫規劃機組用天然氣將透過本公司自建LNG接收站進行卸收供應，於台中港工業專業區（II）北側之既有土地興建LNG接收站，經由輸氣管線輸送至新建複循環機組，接收站面積約53公頃，設置有5座16萬公



乘之地上型LNG儲槽。

十一、核火工處 - 台中電廠第 5-10 號機空污改善工程計畫

台中發電廠為我國重要基載電廠之一，為國內電源穩定供應擔負重任。因應國際環保趨勢，以及國人對於改善空氣品質之期待，本公司著手規劃更新既有燃煤機組煙氣處理設備，採購國際最新設備提高煙氣污染物捕集效率，大幅降低污染物排放濃度。

台中電廠既有1~4號燃煤機組已於109年底完成設備改善，成效卓著。107年起接續規劃第5~10號機空氣污染防制設備改善計畫，並依臺中市政府當時研擬修訂之「臺中市電

力設施空氣污染物排放標準修正草案」為改善目標，以確保台中電廠 5~10 號機在新標準生效後均能符合環保法規要求下運轉，達到能源、環保與經濟三贏的局面。

本公司善盡國營事業之社會責任及做為國內產業界的表率，投資145.6億元更新既有第5至10號機之空污防制設備，包含增設濕式靜電集塵器、更新脫硝、脫硫系統元件及除汞設備等。改善計畫自111年4月函報開工，7、8號機分別於同年7月及10月停機施作，並於112年3月7號機達到通氣里程碑，預計 114 年底前完成6部機組改善工作。預期改善後各空氣污染物排放濃度減量將達50% ~ 82%，有助提升環境品質（圖7）。



圖 7 濕式靜電集塵器吊裝作業



十二、核火工處 - 興達電廠燃氣機組更新改建計畫

為因應既有機組除役及長期電力負載成長需求，並提升電廠整體營運績效及競爭力，降低二氧化碳與空污排放，爰推動「興達電廠燃氣機組更新改建計畫」，規劃設置3部燃氣複循環機組，總裝置容量為390萬瓩，每年淨發電量約21,718百萬度。興達發電廠位於高雄市永安區與茄萣區交界處，廠區面積約150公頃，北臨興達漁港，東側則以濱海公路台17號為界。興達電廠目前設置有4部燃煤火力機組及5部複循環機組，總裝置容量為432.595萬瓩。本計畫利用興達電廠東南側發電設施預定地北側區域（不含永安地方級重要濕地約41.25公頃、既設太陽光電約9.45公頃及既成道路與設施約1公頃）面積約78.6公頃及既有廠區部分區域約3.59公頃，合計約82.19公頃做為本計畫範圍。本計畫採用之多軸式燃氣複循環機組由1台汽輪發電機搭配2台氣渦輪發電機組成，每1台氣渦輪發電機均配置1台熱回收鍋爐及輔助附屬設備。考量輸電線路容量上限以設置總裝置容量390萬瓩之燃氣複循環機組為目標。天然氣總使用量推估約為每小時435.3公噸，年用氣量約247.8萬噸。本計畫採用天然氣作為燃料，天然氣屬潔淨燃料，其空污排放以氮氧化物（NO_x）為主，硫氧化物（SO_x）及粒狀污染物（PM）排放皆屬微量。

本計畫主發電設備採購帶安裝案已於109

年9月1日決標，冷卻循環水系統工程及天然氣管線輸送系統工程也分別於108年12月13日及109年1月21日決標，目前現場施工中。其中1號機預定商轉日期為113年2月，2號機預定商轉日期為113年6月，3號機預定商轉日期為114年2月。

十三、輸工處（北區施工處）- 福和 D/S 新建工程

本工程係因應台北市南區之用電成長需求，區內台灣大學及公館周遭店家等設施用電量大，需仰賴他所轉供，造成線路損失增加及變電所間轉供能力受限制，在台北市區營業處內新建一棟多目標變電所，以提高該區域供電可靠性，並滿足當地長期負載需求。

本多目標變電所為下層變電所上層辦公大樓之模式，除取得了耐震設計標章以確保結構安全，亦為台電第一件取得綠建築鑽石級及唯二與總管理處大樓取得候選智慧建築銀級之案例，更是本公司第一件導入建築資訊模型（BIM）以減少施工界面衝突之工程（圖8）。

福和多目標變電所，其「高資訊科技化」及「人性化」的生活空間，與環境友善及資源有效運用的設計，未來除將成為輸工處及北區處進駐之辦公大樓，亦期能成為多目標變電所之指標建築。



圖 8 多目標變電所示意圖

十四、輸工處（中區施工處）－義和開閉所 新建工程

義和開閉所隸屬「第七輸變電計畫」，主要因應台電公司「通霄電廠更新擴建計畫」而興建，俾為通霄電廠更新擴建完成後之電力轉運站，將電力轉供至峨眉及后里超高壓變電所，提供區域供電調度需求，確保供電穩定及強化電網之緊急應變能力。

本開閉所係為台電公司第1所屋內式345kV等級開閉所，自102年11月開始覓地，為配合系統線引接位置，於苗栗山區爬山涉水、披荊斬棘尋找適合用地範圍，歷經相關法定購地程序，於106年5月完成用地變更編定，106年7月取得產權；本工程從105年2月開始規劃設計，並經設備採購、土建施工、

開關設備及監控系統安裝與完工試驗等工作，其中監控系統導入IEC 61850標準建立自動化監控架構，採最新一代自動化變電所通訊技術，整合所內各項電力設備通訊協定，結合開關設備智慧監測、大數據收集及分析，使電力系統調度更即時、靈活及可靠。

興建期間雖歷經環境影響差異分析審查、民眾抗爭及各級民代關切，然經台電公司董事長及各級主管持續與地方溝通及協調終獲共識，終於化解地方疑慮而順利進場施工，為達成任務，台電公司竭盡所能精進施工方案，突破傳統作法，採土建與變電裝機併進施工，並將345kV GIS等開關設備拆解分裝，克服物料搬運進場困境等積極方式以為因應（圖9~圖13）。

因本案施工地點偏僻，對台電同仁體力及毅力為一大考驗，然在同仁克服萬難鑽趕工進下，345kV氣體絕緣開關設備安裝完妥後，相關輸電線路陸續於110年12月12日至

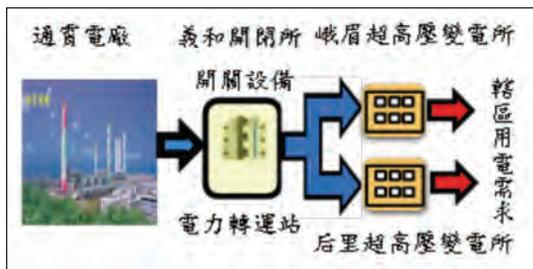


圖 9 義和開閉所功能示意圖



圖 10 義和開閉所用地（興建前）



圖 11 義和開閉所完成外觀



圖 12 控制室（IEC 61850 系統）



圖 13 345kV 氣體絕緣開關設備

111年5月13日相繼加入系統，不辱使命完成任務，對供電穩靠提供最直接有效的助力。

十五、輸工處（南區施工處）-161kV 山上~台南一進一出裕農線路工程

為因應臺南市東區集合購物中心、影城、重劃區及成大生活圈可預見的用電量急速成長，台電公司於民國90年提報裕農配電變電所及161kV山上~台南一進一出裕農變電所及輸電線路工程，經行政院核准送立法院



審核通過，納入台電輸變電工程計畫，於民國91年起進行規劃設計及工程興建。

本工程由既設山上~台南線一進一出引接裕農D/S，其間新建161kV 2000mm² XLPE二回線複導體地下輸電電纜線路。輸電線路施工期間遭遇民眾抗爭、路徑修改及地質複雜等施工瓶頸，採用複合式曲線推進工法（推管+潛盾）設計穿越高速公路，直達裕農D/S，以確保穿越高速公路施工安全及避免影

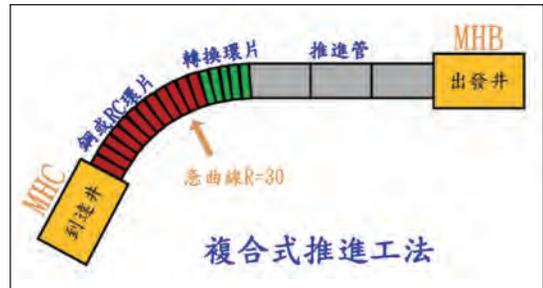


圖 15 複合式推進工法

響裕農路交通。並配合本工程辦理既有69kV太子線地下化，改善市容（圖14、圖15）。



圖 14 台南一進一出裕農線路工程

電力建設攸關地方繁榮與安定，更是都市經濟發展所必需之公共建設。針對山上~台南一進一出裕農161kV地下輸電線路的路徑選擇、施工可行性、交通衝擊性及對民眾影響等因素，台電公司一本企業責任與良心，進行專業審慎的評估，採取最先進的工法，設置161kV地下輸電線路，經歷20年寒暑終於圓滿完成，為台電輸變電工程歷史再添光輝。

十六、台北供電區營運處 - 板橋變電所改建案

「板橋一次變電所」為民國58年興建之傳統屋外式變電所（圖16），隨著工商都會已漸無法融入地區景觀，100年4月19日本公司陳前董事長拜會新北市政府，朱市長提出板橋一次變電所改建為屋內式的建議，經本公司檢討，板橋一次變電所改建為屋內式變電所為可行，並規劃於變電所上層興建備勤房屋，以作為變



圖 16 舊屋外式板橋一次變電所



圖 17 屋內式板橋一次變電所

電所與居家結合，供教育社會之示範。

板橋一次變電所（圖17）於108年12月加入系統，舊屋外開關場於110年11月全數拆除完畢，並騰空約2公頃土地，本改建案將原先架空纜線全數地下化，還給市民乾淨的天空，將原傳統屋外設備改建為屋內式變電所，設備置於建築物內，不受外在天氣環境影響，提升供電可靠度，並將舊有變電設備汰舊換新，且設備更新後可降低設備故障率及減少外物碰觸及鹽霧害事故；備勤房屋改建於變電所內，可提高事故搶修時效。

本公司擔負電力電網供應責任，必須維持電力設施正常運轉，以確保產業、商業活動及社會大眾用電品質，不因電力設施故障、停電而影響，故須派員隨住工作場所或鄰近地區，俾就近隨時兼顧工作或臨時召集從事緊急搶修任務，故建置員工備勤房屋以因應各種突發性的電力事故之搶修；設置備勤房屋於變電所上層可縮短搶修交通路程，

加速事故修復與復電時間，減少損失同時也加重配住同仁的責任與義務。

多年來，國內民眾視變電所為鄰避設施，排斥輸電線、變電所興建，尤以都會區較嚴重，致電力建設延宕、落後，也相對地造成供電瓶頸，使國家重大公共工程建設、經濟發展受影響。本公司將備勤房屋建於變電所樓層上，係以示範模式，一方面是藉由員工與家人工作及日常生活均在變電所內，消除民眾對變電所的誤解，以減少社會成本；另一方面向民眾說明電力建設有安全的設計和規範，可以和住宅、社區之發展共存共榮，藉由該項示範達到宣導與教育功能。

配合變電所改建案可騰空部分土地，提升土地利用效益，本案乙種工業區土地配合變電所改建後，可納入土城地區都市計畫第三次通盤檢討將臨金城路側騰空約2公頃變更為商業區土地，並依「都市計畫工業區檢討變更審議規範」規定之法定變更回饋比例



40.5%，變更後商業區土地為12,556平方公尺（約3,798.19坪）。另毗鄰同段4-3地號住宅區土地，現為本公司備勤房屋，未來配合改建工程設置於變電所上方後，該住宅區土地6,819.18平方公尺（約2,062.80坪）亦可騰空，得以合併整體規劃開發方式提升加值效果，創造規模經濟效益。

十七、台北供電區營運處 - 核一廠乾華 S/S 遷移 69kV 線路改接工程

摘要

本案為配合核一廠除役計畫內之乾華二次變電所遷移，所內相關輸電線路須改接至新乾華變電所，故配合辦理多條線路遷移改接。

(一) 緣由

1. 由於核電廠除役作業前需將反應器及用過

核燃料池內之核燃料移出，方能進行廠房內設備拆除工作，為使除役工作能順利進行，故核一廠規劃興建第二期乾式貯存設施，完成後可將反應器、用過核燃料池及一期乾貯設施存放之用過核子燃料，一併遷移至二期乾貯設施。

2. 為使二期乾貯計畫順利推動，配合核一廠內之舊乾華S/S位址遷移並改建GIS，進行新乾華S/S出口69kV線路遷移改接。

(二) 施工規劃

因改接線路眾多（圖18）需分多階段進行施工：

1. 第一階段：

進行69kV乾華~興仁線、金山~乾華線、金山~茂林線之鐵塔遷移與線路串接作業，於111年5月完成新建3座鐵塔、5座鐵柱及1座鋼

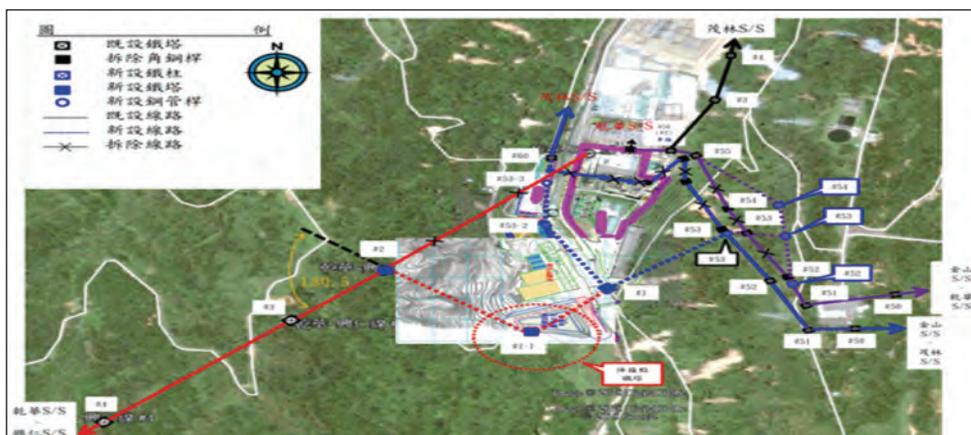


圖 18 線路改接配置



管桿；拆除2座鐵塔、5座角鋼桿、5座水泥桿（圖19），各線路停電改接時程如下：

- (1) 69kV乾華~興仁線：111年4月12日~4月29日
- (2) 69kV金山~乾華線：111年3月7日~4月6日
- (3) 69kV金山~茂林線：111年3月7日~4月11日

申接後之69kV線路名稱更改為金山~乾華興仁紅線與金山~茂林興仁白線。

2. 第二階段：

配合舊乾華S/S遷移並改接GIS，進行新乾華S/S出口69kV線路遷移改接（圖20）。於112年3月底前完成新建2座鐵柱，拆除2座水泥桿及1座角鋼桿，（圖21）線路改接時程如下：

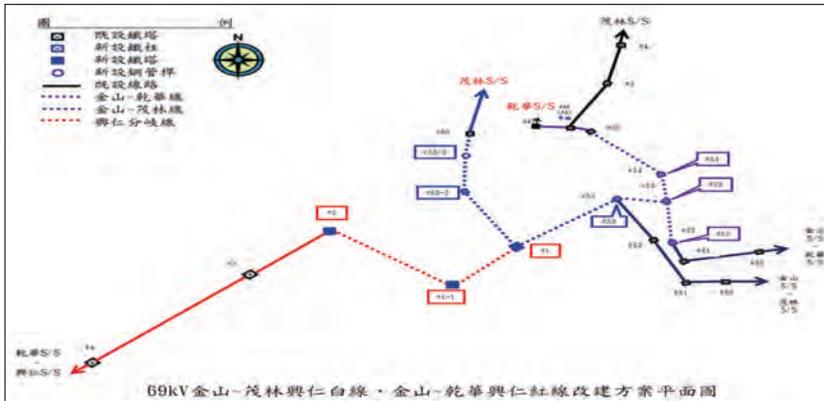


圖 19 第一階段改接後示意圖



圖 20 第二階段改接配置圖

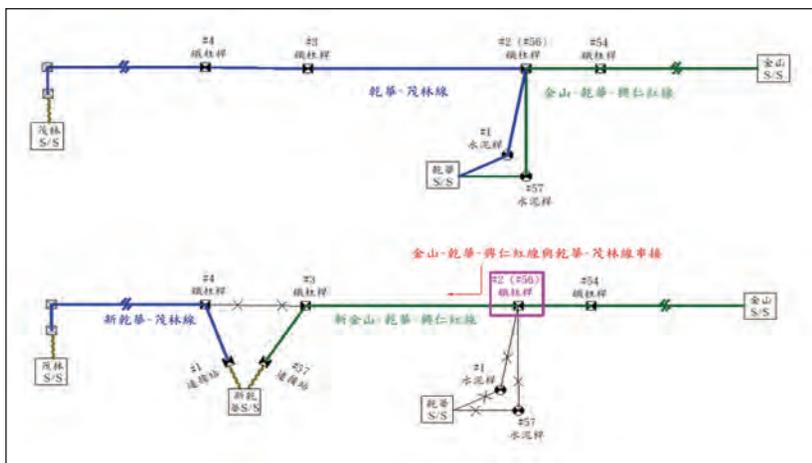


圖 21 第二階段改接示意圖

- (1) 69kV金山~乾華興仁紅線：112年2月20日~2月28日
- (2) 69kV乾華~茂林線：112年3月1日~3月14日

(三) 施工介面溝通與協調

考量線路停電期程短，且須停電線路為數眾多；為使支持物遷移、線路改接如期完成，除透過線路停電以外時間裝建新支持物（圖22），於線路停電期間進行延架線、舊桿塔拆除（圖23）與線路改接作業（圖24），減少線路停電天數，降低線路風險。



圖 22 鐵塔裝建（吊車法）

(四) 遭遇問題及因應

高壓輸電線路於新設或改接時，必需先進行對相作業，確認電壓及相角與系統網

路相符才能送電；若將R、S、T三相相序接錯，將造成用戶設備損壞。因此，確保高壓輸電線路相序的正確性實為重要。



圖 23 舊桿塔拆除



圖 25 對相聯繫作業

正確外，於送電前亦須經對相測試與聯繫（圖25）確認完成後，方能加入系統。

（五）結語

本工程除有效地結合本處內部各部門的專業分工與第一核能發電廠通力合作戮力同心，共同完成此不可能之任務，終使改接線路得以於112年3月如期完工加入系統，其設計規劃、施工與相關溝通經驗皆可作為未來新線路改建、遷移之典範。

十八、新桃供電區營運處 - 超一路（345kV 天輪～龍潭山海線）四導體陣風型鐵塔改建工程

舊超一路「天輪～龍潭線」於民國68年竣工，歷經數十年來為台灣的經濟發展及民生用電提供穩定電力，然而隨著高端科技及先進工業等經濟快速成長，舊線路之輸電載容量已無法滿足經濟快速成長下之用電需求，



圖 24 線路改接作業

由於本次遷移工程，串接線路多且複雜，於本次遷移改接工程完成前，除須現場逐一確認接地是否拆除、施工時相序是否



同時為配合因應未來台灣中、南部發展再生能源併網需求，故須加速辦理超一路「天輪~龍潭線」鐵塔改建進度，以提高未來輸電幹線電力傳輸之能力。

電網提升，再造天龍

改建線路全線採既設鐵塔（複導體）改建為345kV 四導體陣風型鐵塔，並配合將複導體導線更換為四導體耐熱導線架設，線路由南至北途經台中市、苗栗縣、新竹縣、桃園市等地區，全長約90.95公里，共210座鐵塔，須改建134座鐵塔，原供電能力僅為239萬瓩（二回線），未來擴線完成後提升至724萬瓩（二回線）融通電力，為南北部地區提供更可靠的電力，健全超一路幹線系統穩定性。超一路輸電線路路徑（圖26）



圖 26 超一路輸電線路路徑

分工認養，克服艱鉅挑戰

依據106年6月26日新桃供轄區超一路天輪~龍潭線改建工作協調會議紀錄，由各分工單位（由龍潭E/S向南）：台北供、北區處、新桃供、南區處及台中供轄區由嘉南供及台中供辦理分工認養施工。各分工單位施工區間及至112年施工進度（圖27）

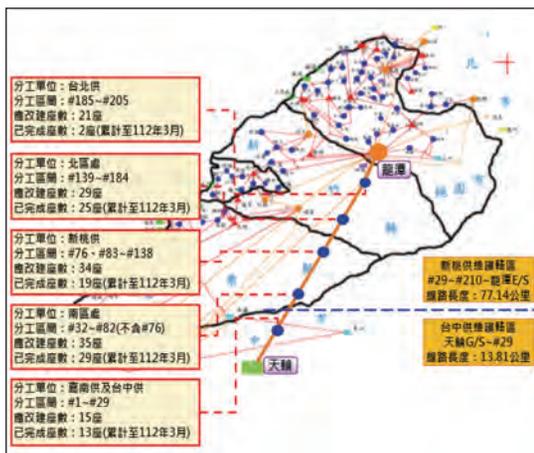


圖 27 分工單位施工區間

原地包建式基礎及鐵塔施工

囿於地價高漲及地主權益抬頭，新建鐵塔地權取得日益困難；既有鐵塔線下地主亟

思開發使用，要求遷塔還地或提高電線高度，惟遷塔還地茲事體大，故甚多案例需在原鐵塔購地範圍內，改建較高的鐵塔。

「原地包建式鐵塔基礎及機電改建」，其鐵塔基礎設計方式，係以地上以樑柱構架

昇高數米，連接地下之大口徑基樁完成；原地包建方式因應特殊情況之對策，除「解決購地困難外，也節省購地成本」(圖28)。

機電改建係新鐵塔包著舊鐵塔方式進行改建，施工過程初期舊鐵塔可不先拆且維持正常供電情況下興建新鐵塔下塔身，後續配

合兩回線全停電辦理移線、拆除舊鐵塔並同時興建新鐵塔上塔身，以「克服因線路供電考量下，兩回線無法長時間同時停電之困境」，另亦因應改建鐵塔大多數位處山區陡峭地形處，鐵塔裝建無法以大型移動式起重機進行吊掛裝建，現場以「台棒法進行施工，以解決施工場域問題」(圖29)。



圖 28 原地包建式基礎示意圖



圖 29 原地包建鐵塔示意圖



總經理暨各級主管蒞臨指導

112年3月1日王總經理耀庭及蕭副總經理勝任視察本處「345kV天輪~龍潭線#114~#116鐵塔改建工程」，視察期間總經理提到，超一路「天輪~龍潭線」擴建工程對未來再生能源併網供電之重要性，同時也感謝辛苦投入現場工作的承攬商夥伴及本公司第一線同仁們（圖30、圖31）。

十九、台中供電區營運處 - 大城 D/S#1、#2 主變二次側擴充 23kV CGIS 檔位 - 因應再生能源併網需求

為因應再生能源併網需求，本公司規劃以增設23kV開關設備（以下簡稱CGIS）引接饋線方式來增加併網容量，惟再生能源之容量需符合本公司「再生能源發電系統併聯技術要點」主變壓器N-0逆送率低於80%之限制，另



圖 30 總經理慰勞本公司第一線同仁們



圖 31 總經理慰勞承攬商夥伴



考量熱區併網潛能且避免既設CGIS擴充饋線檔位二次施工不易，故採增設整套CGIS方式且預留主變裝設位置，除可增加拱位外，未來如既設主變逆送量達80%上限時，可於既有預留空間擴增主變以解決逆送限制，且避免主變裝設及CGIS檔位重新施作不易。

因農委會提出於大城鄉大型牧場設置太陽光電併網需求，故本公司彰化區處請本處評估於大城D/S辦理GIS擴增之可能性（含主變及主變二次側CGIS），經現勘後發現該變電所CGIS室雖有空間可擴充，但其#3、#4主變空間已裝設離岸風機案場升壓站（圖32、圖33）

上述擴增整套GIS並無空間擴充主變，若



圖 32 大城 D/S 既設 CGIS 室備用空間

再購建主變恐影響再生能源併網時程。分開辦理變壓器及CGIS或一併辦理整套變壓器裝設工程（特高壓開關、變壓器、中壓開關）差異彙整如下表：

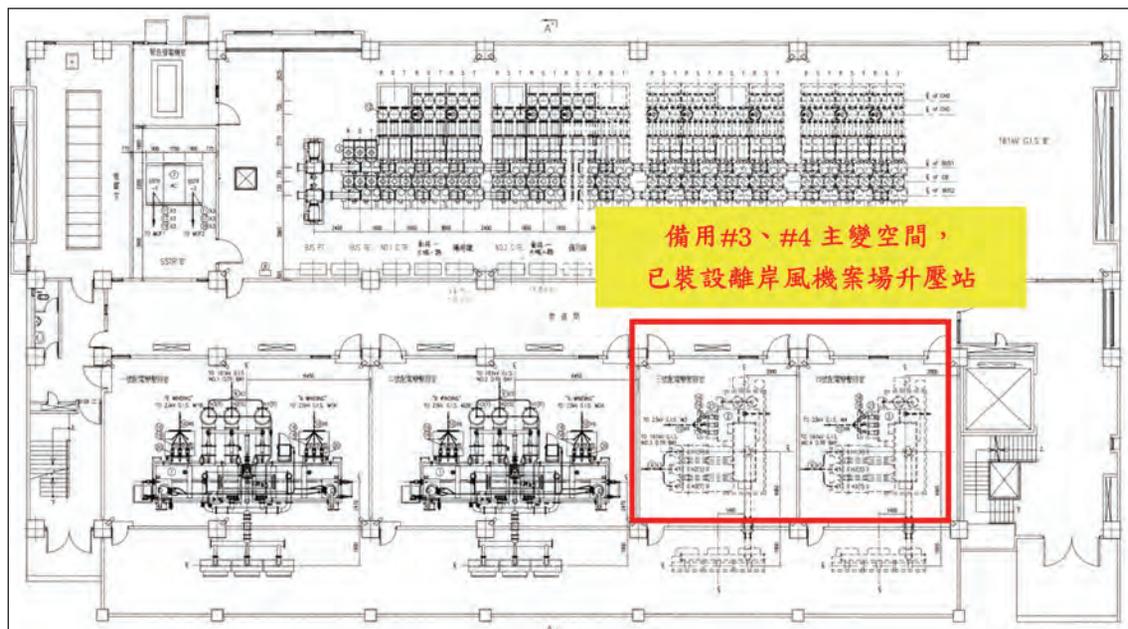


圖 33 大城 D/S 1F 平面配置圖



擴增設備項目	設備數量	預估工期	施工預算
CGIS	2 套	4 個月	2,500 萬
整套變壓器 (含特高壓開關、變壓器、中壓開關)	161kV GIS*1 套 25MVA DTR*1 台 CGIS*2 套	20 個月	8,000 萬
	161kV GIS*1 套 25MVA DTR*1 台 CGIS*2 套	20 個月	1 億

故本案評估既有饋線與擴增饋線後所屬變壓器利用率且經彰化區處檢討結果，於既有#1B增設#1B2 CGIS 6個檔位（其中包含4個再生能源專用饋線）、於既有#2A增設#2A2 CGIS 6個檔位（其中包含4個再生能源專用饋線）供再生能源併網使用（圖34）。

大城D/S擴充CGIS加入系統時程原定112年，為配合綠能先行政策，本處變電設計部

門趕辦發包作業，施工測試相關部門及維護接管部門於施工及竣檢階段戮力執行設備會測點交、竣檢查驗、弱點改善等，自111.7.25開工後共投入約120人次/天，使本案提早於111.9.22完工加入系統（圖35）。在N-0主變壓器逆送80%限制條件下，大城D/S #1B2 CGIS之再生能源專用饋線可提供20.4MW併網量、#2A2 CGIS之再生能源專用饋線可提供20.1MW併網量，以建立友善併網環境。

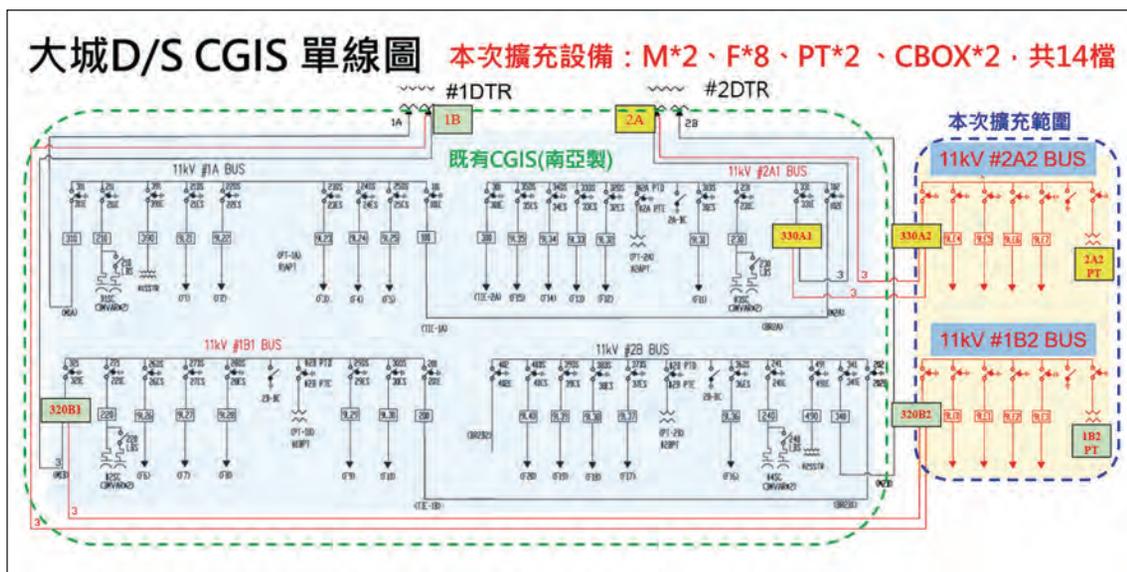


圖 34 大城 D/S 擴充 CGIS 規劃



圖 35 大城 D/S 擴充 CGIS 於 111.9.22 順利加入系統

二十、台中供電區營運處 - 大城 D/S#1、#2 主變二次側擴充 23kV CGIS 檔位 - 因應再生能源併網需求

(一) 緣由

台中S/S於民國19年加入系統，所內建築物及供電設備已逾齡運轉，有事故停電潛在風險，且變電所鄰近臺中市孔廟，市府及地方反應改建屋內式變電所，本公司系規處規劃將台中S/S 整所改建為D/S，列「變電所整所改建一期專案計畫」預定115年完工。

(二) 既設 5 回線 69kV 電纜線路旁通系統 規劃

1. 因台中 S/S 腹地狹小，無空間先興建新變電所再拆除舊設備或於空地裝置臨時開關場及臨時變壓器，故改建期間需將負載全

部移撥，另須考量改建期間（約 4~5 年）既設 69kV 系統環路之完整性，避免供電環路超載及單電源風險。

2. 經檢討規劃如下

- (1) 霧峰~台中線及台中~北屯線二回線旁通為霧峰~北屯臨時線，形成霧峰~北屯環路。
- (2) 中東~台中線於台中S/S端開路，中東S/S端斷路器啟斷，俟改建完成後再恢復送電。
- (3) 維持西屯~台中線及台中~自由線於台中S/S旁通。
- (4) 於改建完成後仍須設置69kV開關場並恢復原5回線之引接。

(三) 工程規劃

1. 若電纜於所外人孔內接續旁通，電纜被覆

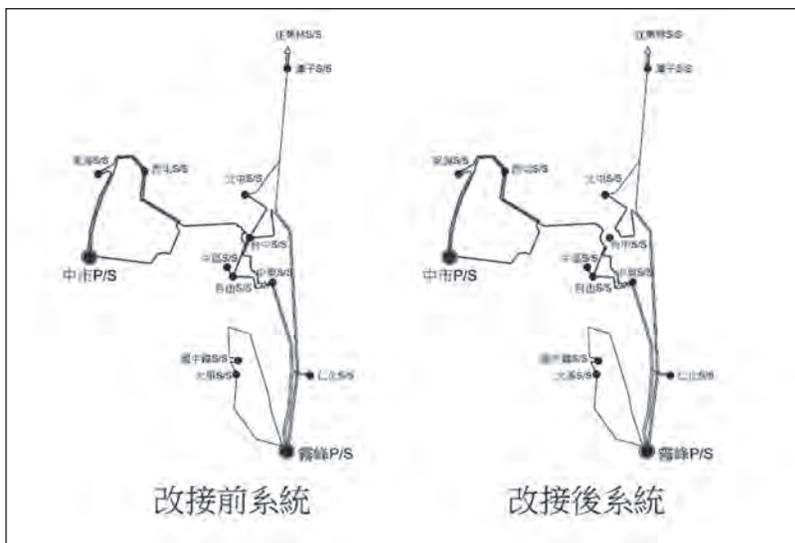


圖 36 系規處建議之系統改接方案

接地系統匹配困難及台中 S/S 前雙十路已無空間再埋設新管路，故考慮於台中 S/S 改建基地外、北側之宿舍區域空地辦理旁通（圖 36）。

2. 經評估可於門口旁空地場鑄 L 型人孔一座銜接既設管排，再以電纜溝引入宿舍區域空地，規劃以電纜台架方式辦理旁通，前期土建工程如圖 37。

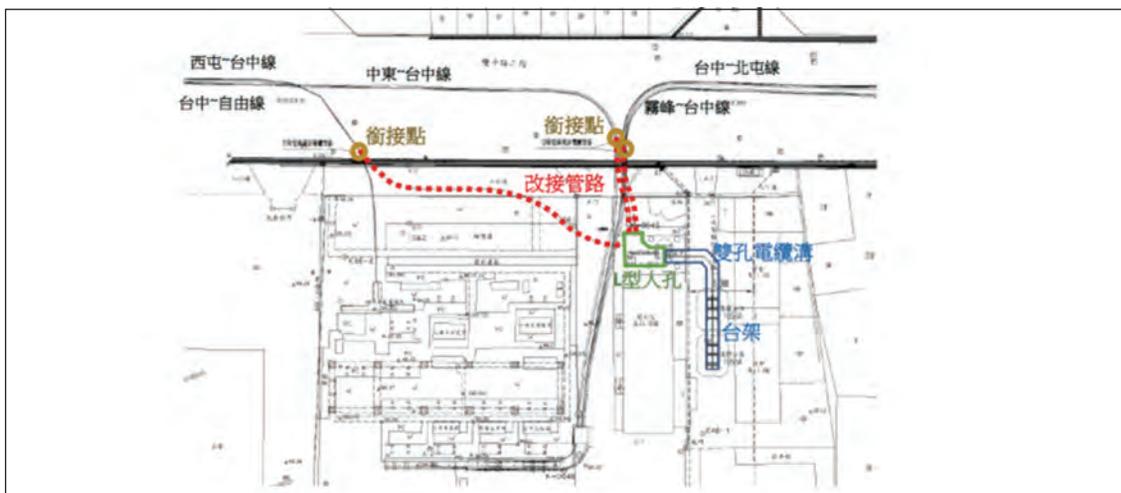


圖 37 改建前期土建工程



(四) 停電改接步驟

配合台中 S/S 改建 D/S 工程，辦理既設 5 回 69kV 電纜線路旁通停電改接步驟 109.7.15 製表

停電步驟	日期	停電線路	施工項目 [建議分工單位(依顏色區分)]	復電線路	說明
前置作業 (註)	110.8~ 110.12.19	無	1. 需先拆除台中 S/S 控制室西側電波鐵塔 [台中區處] 2. 新建台中 D/S 先期土建工程-既設電纜旁通所需構造物(含 L 型人孔、電纜溝、台架及部分管路) [中區施工處] 3. 台中 S/S 配電負載全部卸載 [台中區處]	-	另請先就台中 S/S 卸載後之鄰近變電所轉供方式預為檢討規劃 [高規處]、[台中區處]、[台中供電區處]
一	110.12.20~ 110.12.21	中東-台中線	1. 電纜接續匣往台中 S/S 側電纜切斷及封頭 [台中供電區處] 2. 抽除中東-台中線 M13-台中 S/S 區間電纜(3條) [台中供電區處]	- (不復電)	中東-台中線長期停用至台中 D/S 改建完成後始復電(115.1)
二	110.12.22~ 111.1.28 (約37天) (111.1.29~ 111.2.6春節 假期)	1. 霧峰-台中線 2. 台中-北屯線	1. 電纜接續匣細部分解(6組) [台中供電區處](3天) 2. 抽除霧峰-台中線之 M29-台中 S/S 區間及台中-北屯線之台中 S/S-M1 區間電纜(6條) [台中供電區處](2天) 3. 既設管路打除銜接新建管路至 L 型人孔 [中區施工處](18天) 4. 佈放霧峰-台中線之 M29-旁通台架及台中-北屯線之 M1-旁通台架區間電纜(6條) [台中供電區處](2天, 鐵鉗配件可提前施作) 5. 電纜接續(6組)及終端組立(6組) [中區施工處](12天, 含試驗)	霧峰- 北屯線 (旁通之 臨時線)	第5項施工以2班人力計, 耐壓方式建議以24小時系統持壓。 霧峰-北屯臨時線預定供台中 D/S 改建完成後恢復原系統 (115.1)
三	111.2.8~ 111.3.16 (約37天)	1. 西屯-台中線 2. 台中-自由線	1. 電纜接續匣細部分解(6組) [台中供電區處](3天) 2. 抽除西屯-台中線之台中 S/S-M1 區間及台中-自由線之台中 S/S-M1 區間電纜(6條) [台中供電區處](2天) 3. 既設管路打除銜接新建管路至 L 型人孔 [中區施工處](18天) 4. 佈放西屯-台中線之 M1-旁通台架及台中-自由線之 M1-旁通台架區間電纜(6條) [台中供電區處](2天, 鐵鉗配件可提前施作) 5. 電纜接續(6組)及終端組立(6組) [中區施工處](12天, 含試驗)	西屯- 自由線 (旁通之 臨時線)	第5項施工以2班人力計, 耐壓方式建議以24小時系統持壓。 西屯-自由臨時線預定供台中 D/S 改建完成後恢復原系統 (115.1)
後續作業	111.3.17~ 111.4.30	無	台中 S/S 所內機電設備拆除 [台中區處]	-	
	111.5.2~	無	台中 S/S 改建 D/S 土建進場施工 [中區施工處]	-	台中 D/S 預定 114.12 加入系統

註:如台中 D/S 招標作業不順、前置土建工程可能延後完成時,步驟一~三之停電時間須配合順延(最慢可能需延至 3、4 月始完成停電步驟一~三)。

(五) 工程特色

1. 跨單位合作，台中區處負責負載全部移撥及場域清空，台中供電區營運處負責既設 5 回線 69kV 電纜線路旁通，中區施工處負責協調、整體規劃及前期土木工程施作。
2. 臨遷與永遷併案考量、統一介面，可使管路工程於臨遷時即可完成，畢其功於一役，無須多次管路改接，減少工期、停電

時間及工程經費。

(六) 結語

變電所整所汰舊換新改建完成後，屋外式之變電及開關設備汰換成屋內式之 GIS 設備，使設備小型化，降低設備故障及電驟降發生機率，以提供各變電所轄區用戶充裕、質優、安全、穩定與可靠之電力，滿足用戶期望，為客戶創造利益。



二十一、台中供電區營運處 - 芳苑工業區 69kV 架空線路強化及弱點改善工程

(一) 緣起

芳苑工業區用電主要由彰林超高壓變電所引供，相關電源「系統線路」及「用戶線路」皆依據電業法採特高壓架空線路沿工業區「人行道」及「排水溝」施設，支持物均為「電桿」，數量約有115座。

因該等線路係於民國83~85年間設置，且位處鹽霧害D級區，使用迄今約27年，已達本公司供電單位作業程序書-輸電線路維護作業程序規定汰換條件，陸續進入設備維護汰換階段。

本公司自民國96起陸續登桿檢視設備狀況，於最少停電天數及最低供電影響下，完成部分設備維護及汰換，惟仍有部分設備受限於需「長時間」停電（依慣例每年僅停電1天），迄今尚無法順利完成汰換（例：支持物、導線、桿上裝置物…等）。

為全面汰換已達使用年限之架空線路設備，同時強化設備供電穩定及安全，本公司於110~112年著手規劃辦理改善。

(二) 芳苑 S/S 供電系統及線路概況

圖38所示，芳苑S/S由3回系統線供電，

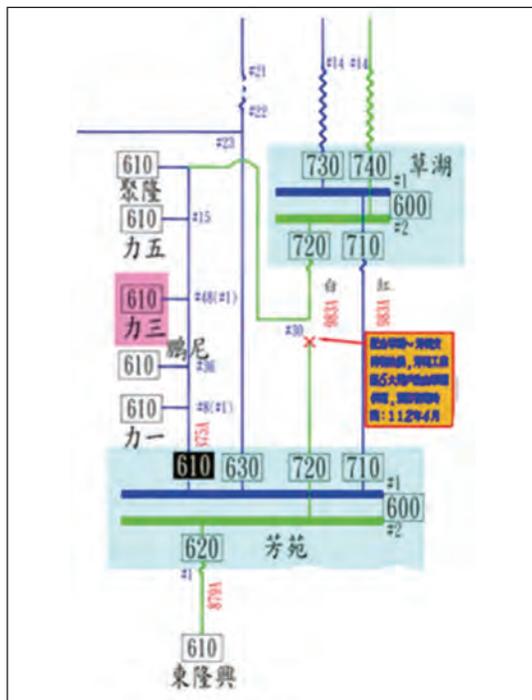


圖 38 芳苑 S/S (二次變電所) 供電系統圖



圖 39 芳苑 S/S 出口線路現況圖

分別為草湖~芳苑紅線（由#710拱位引接）、草湖~芳苑白線（由#720拱位引接）及彰林~二林紅線、芳苑分歧線（由#630拱位引接），圖39為芳苑S/S出口線路現況圖；大用



戶線共計六回線，全線皆為電桿線路，除芳苑~東隆興線由#620拱位引供外，其餘芳苑~力一線（力一C/S）、力三分歧線（力三C/S）、力鵬分歧線（鵬尼C/S）、力五分歧線（力五C/S）及聚隆分歧線（聚隆C/S）皆由#610拱位串接引供，圖40為六大用戶線路現況圖。

（三）工程規劃

因線路電桿數量多，需分階段進行規劃改善：

1. 第 1 階段：配合力麗公司廠房位置，先行辦理力三分歧線 #23~#53 及聚隆分歧線 #1~#14 等 45 座電桿改建，改建完成後僅剩鐵柱 15 座(力三分歧線 #23~#31 共 9 座；聚隆分歧線 #1~#6 共 6 座)。(圖 41)

2. 第 2 階段：沿力麗公司廠房位置，再辦理後續力三分歧線 #1~#22 等 22 座電桿改建，改建完成後僅剩鐵柱 8 座（力三分歧線 #1~#8 共 8 座)。(圖 42)

（四）工程困難點及克服

1. 無合適地點設置新鐵柱支持物

既設電桿線路係沿工業區人行道邊線設置，而恰巧污水管線位於人行道正中央（圖 43），深度約3公尺，且人行道寬度僅約2.8公尺，而鐵柱基礎直徑寬度約2.5公尺，因此無法容納基礎設置。

若為配合鐵柱位置設置新線路，則必須變更原線路路徑，屆時恐跨越新線下地主，而引起陳抗等情事。



圖 40 六大用戶線路現況圖

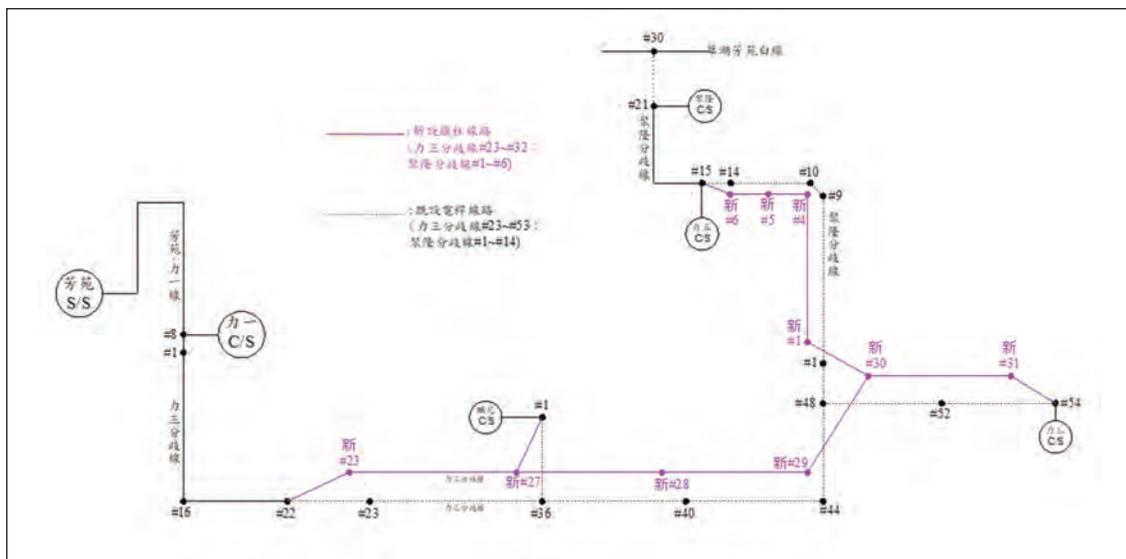


圖 41 第 1 階段工程規劃

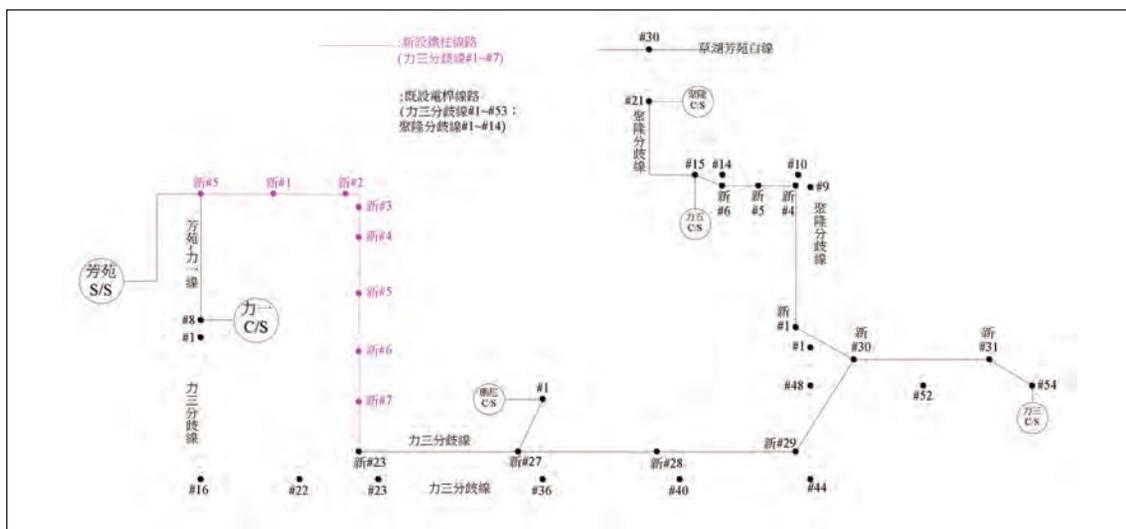


圖 42 第 2 階段工程規劃

經多次協調會同相關單位協調，力麗公司表示願意提供廠區內圍牆旁用地供台電公司設置，惟須保持電線位於人行道或道路上方。

2. 停電施工期間影響力三大用戶供電

施工區間聚隆分歧線#1~#6新路徑鄰近既設#1~#14路徑，為確保施工安全，須於前端之架空線路跳線切離，方能安全施工，惟



圖 43 污水管線位置

為確保施工安全及避免工程執行期間影響大用戶及芳苑S/S供電，採變更現況系統供電方式，預計將力一C/S、鵬尼C/S及力三C/S等三用戶改由芳苑S/S GIS #610引供；力五C/S及聚隆C/S維持由草湖~芳苑白線#30塔T接引供，同時藉由#30次號側跳線閉合（接回），將草湖~芳苑白線電源引入芳苑S/S（圖45），以維持芳苑S/S兩回線供電。

（五）效益與影響

跳線切離後，造成原串接線路斷開，使得力一C/S、鵬尼C/S及力三C/S等三大用戶無法供電（圖44）。

芳苑工業區共計有六大用戶，除東隆興公司使用專用線路外，其餘五大用戶係採以單一回線串接供電，因長久以來停電極為困

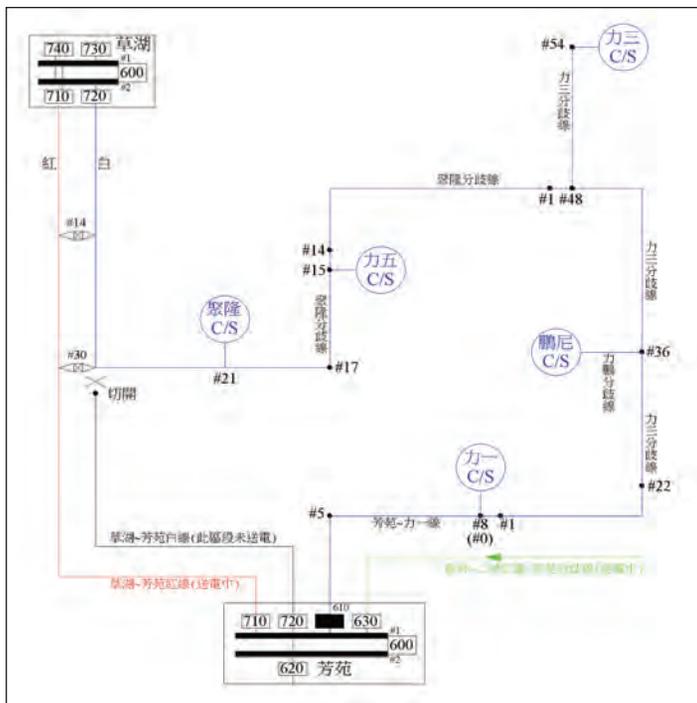


圖 44 原系統供電狀況

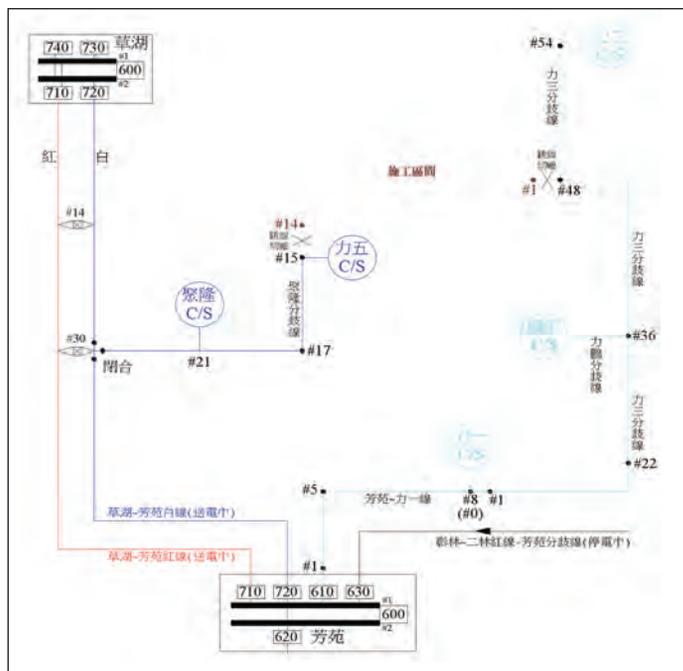


圖 45 變更系統供電方式

難，且每年大用戶僅同意停電1天，評估於有限停電時間內完成設備汰換係極為困難。

本案架空電桿線路改建鐵柱後，將線路設備全數汰換更新，大幅提高線路高度（提升約6M）及減少支持物數量（減少電桿約67座），除增進工業區景觀美化，提高本公司後續線路維護工作之執行效率，降低五大用戶後續供電影響及確保線路供電穩定及安全，為公司建立良好形象。

(六) 感謝

本改建工程得以順利完成，首要感謝芳苑

工業區服務中心及力麗公司提供改建用地，其中8座鐵柱設置位於工業區人行道（圖46），13座設置於力麗廠區內圍牆旁（圖47）。



圖 46 工業區人行道之鐵柱



圖 47 力麗公司廠房圍牆內鐵柱

二十二、台中供電區營運處 - 備援系統之 RTU 網路規劃與運用

(一) 前言

台中ADCC備援系統RTU網路早期規劃時，為Layer 2環形網路架構，但在Layer 2網路架構下容易產生廣播風暴（broadcast storm），並出現網路癱瘓情形，為減少此問題，使用IEEE 802.1W快速生成樹協定

（Rapid Spanning Tree Protocol，RSTP），但仍有發生無法收斂形成迴圈，造成網路癱瘓之虞，因此我們將環狀網路做整體的改善，升級成Layer 3網路架構並運用OSPF技術，以降低網路癱瘓的問題。另隨著調度監控系統增多，在Layer3網路下使用VLAN及trunk技術來區別彼此網域，互不干擾。

(二) 系統通訊與網路連線架構

1. 系統通訊連線架構

台中ADCC備援系統網路架構可分為2個網路群組，分別為SCADA LAN與RTU LAN，兩個網路群組皆採用Channel Bonding網路架構，Channel Bonding是一個透過多網卡創建的team，可提供負載平衡與容錯的功能，而SCADA LAN與RTU LAN再透過SCADA伺服器的四個網路介面進行系統連結，其系統通訊連線如圖48。

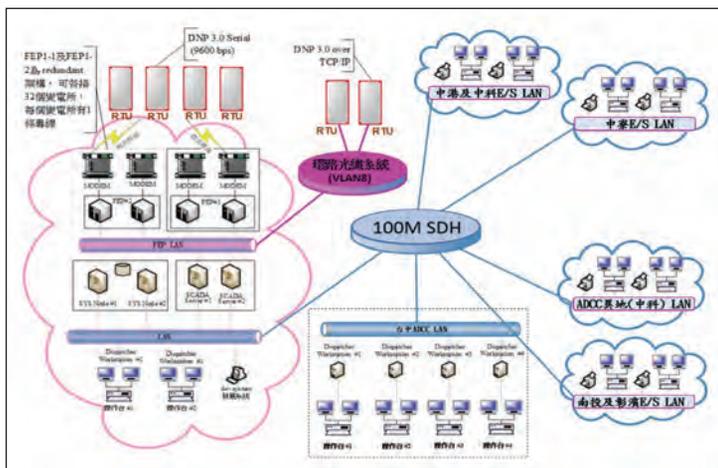


圖 48 通訊系統連線圖



2. RTU網路連線架構

備援系統RTU環狀網路建置是以台中ADCC為光纖環路匯集中心，向外擴建各子環路系統，各子環路系統可經台中ADCC交匯轉接，以Layer 3 網路架構並搭配通訊處同步數階層SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 網路，相較於原先Layer2網路傳述速率將更加優化，架構圖如圖49。

主要光纖纜線是與通信處申請（地下光纜及OPGW）1迴路使用，可支援頻寬最高可達10Gbs，主要還是採SDH為主，考慮到網路傳輸以及系統的穩定性使用變電所建置之SDH通信網路系統，可減低網路建置成本，目前SDH通信網路系統傳輸速率達100M，而各處所節點內之應用系統和工作站、監測

電腦至節點處所內交換器至通信室之光纖、CAT5區域網路線幾乎均自行安裝。

(三) RTU 環狀網路規劃及運用

早期規劃時，RTU環狀網路是以Layer 2 環形網路架構來規劃，但在Layer 2網路架構下容易產生廣播風暴 (broadcast storm)，雖使用IEEE 802.1W快速生成樹協定 (Rapid Spanning Tree Protocol, RSTP) 可解決上述問題，但隨著變電所越多的加入帶來更複雜的網路結構，仍有發生無法收斂形成迴圈，造成網路癱瘓之虞，故台中ADCC環狀網路部分的交換器全面升級至Layer 3，並利用OSPF協定來提升網路穩定度，而變電所控制室以及分支鏈路的變電所傳輸模型由於架

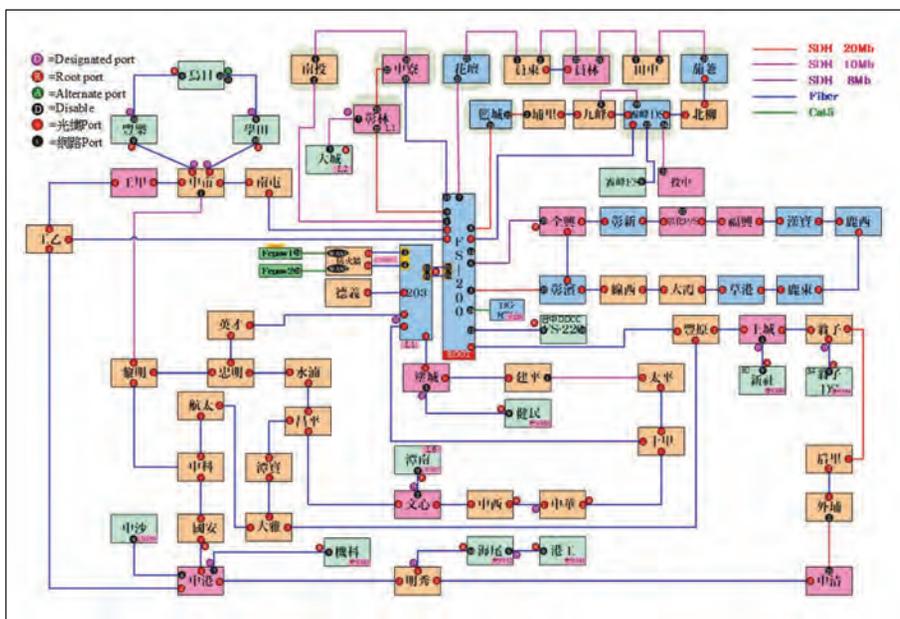


圖 49 備援系統 RTU 環狀網路圖

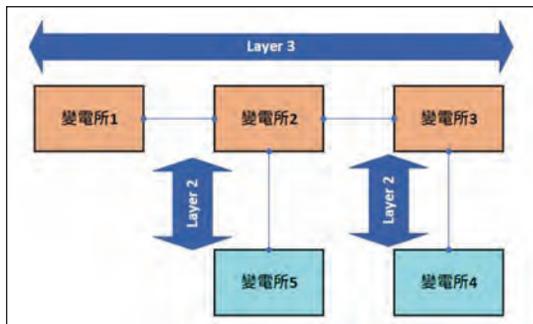


圖 50 變電所 RTU LAN 環狀網路及分支鏈路傳輸模型

構簡單及成本考量則沿用Layer 2網路架構（如圖50）。

隨著變電所RTU需傳輸之調度系統增多，如ADCC備援、DDCC小型SCADA、未來EMS等系統加入，若採實體線路區隔將造成作業繁雜及日後查修不易，故運用VLAN及Trunk技術可以將多主站置放在不同的VLAN來降低規劃的複雜度，以下將針對Layer3交換機路由技術、VLAN及Trunk技術來介紹。

1. Layer 3 交換器路由技術

Layer 3交換器又稱為IP交換器，與Layer 2交換器不同的是多了路由表功能，讓效能更加提升，且也克服了Layer 2 交換器容易造成廣播風暴的問題，一般來說路由技術又分為靜態路由與動態路由，可依網路拓樸的大小或複雜度來選擇哪一種技術。

(1) 靜態路由：

所謂靜態路由則是當網路拓樸建置完成，則路由表即為固定，不會隨時改變，好處是不會造成網路負擔，但當有新的節點加入，需人工修改路由表。

(2) 動態路由：

Layer 3設備之間的路由表可隨時交換訊息，並規劃出新的路由表，目前常用的技術有鏈路路由法（Link-State Routing）以及距離向量路由法（Distance Vector Routing），而這兩種技術所衍生出的協定有OSPF路由協定、IGRP路由協定、EIGRP路由協定，台中ADCC環路的路由協定即是使用OSPF協定。

(3) OSPF（Open Short Path First）協定介紹與應用

OSPF中文名稱為開放式最短優先路徑，依字面上來解釋該格式為開放式架構，可讓各個製造廠商自行使用並進行修改，相同區域內的交換器會彼此交換動態路由，當有資料封包需傳輸到指定IP時，所經過的交換器會採用最短路徑法（採用鏈路路由法技術）並定時傳送LSA封包給其同一區域，經計算後以最短路徑找出所有路由器中最短路徑，將資料藉路由表所規劃的方式（如表1）傳遞出去，其中LSA封包訊息含有連接介面、Metric、及其他相關變數。

2. VLAN 與 Trunk

(1) VLAN介紹

VLAN可針對不同群組套用不同設定，



表 1 XX 變電所路由表

路由表	sh ip route
路由表	192.168. xx. xx /32 is subnetted, 19 subnets O 192.168. xx. xx [110/4] via 192.168. xx. xx, 7w0d, GigabitEthernet1/2 O 192.168.xx.xx [110/4] via 192.168.xx.xx, 4w3d, GigabitEthernet1/2 O 192.168.xx.xx [110/5] via 192.168.xx.xx, 2w6d, GigabitEthernet1/2 O 192.168.xx.xx [110/4] via 192.168.xx.xx, 7w0d, GigabitEthernet1/2 O 192.168.xx.xx [110/5] via 192.168.xx.xx, 7w0d, GigabitEthernet1/2 O 192.168.xx.xx [110/4] via 192.168.xx.xx, 7w0d, GigabitEthernet1/2 以下省略

假如擁有多套系統需在同一個LAN上做資料傳送，但又不希望多個系統能互相存取資料，這時候運用VLAN技術來區分不同網段，例如把系統A歸類為VLAN10，系統B歸類在VLAN20，這樣的好處是規劃完後系統A和系統B的資料得以阻隔，不會互相傳送，既可達到網路安全又可以縮小廣播域，降低網路負擔。

(2) Trunk介紹

利用VLAN規劃不同網段需傳送的資料，但假如同個（或多個）VLAN已跨越多台交換器時，此時需使用Trunk技術，該技術就是將傳送的封包貼上標籤，使交換器可辨認要送往到哪一個

VLAN；Trunk技術又分兩種協定，分別是802.1Q與ISL，考量未來高靈活度的設備擴充性本處採用802.1Q協定來執行Trunk技術。

(3) VLAN與Trunk技術實際應用

備援系統環狀網路因節點變電所數量較多，為辨認RTU LAN每一所傳輸的RTU資料，各個變電所設定不同的VLAN，依明秀變電所為例（圖51），通訊室交換器是利用Layer 3交換器，其相鄰介接的變電所分別有中港變電所、中清變電所，皆採用Layer 3交換器，另外分支鏈路的部分海尾變變所、港工變電所為Layer 2交換器，首先先規劃明秀、海尾與港工變電所為同一VLAN A，因跨越

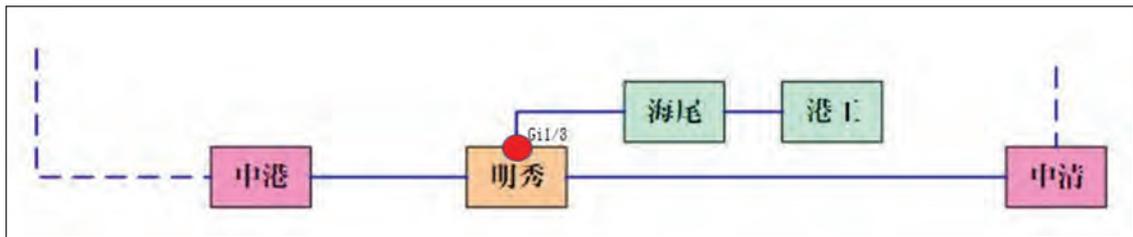


圖 51 明秀變電所網路架構



表 2 明秀變電所 Trunk 設定

Port	Mode	Encapsulation	Status	Native vlan	Vlans allowed on Trunk
Gi1/3	on	802.1q	trunking	1	1,A

不同的交換器，故我們須設定Trunk並規劃一埠專屬於Trunk在傳送封包的線路，採用802.1Q協定，規劃詳如表2。將海尾、港工變電所交換器設定好VLAN後並設置Trunk連接到明秀變電所通訊室交換器，此時海尾、港工傳送封包時可藉由VLAN A帶標籤送出去，這樣就完成Layer 3交換器與Layer 2交換器連接的設定，但環路部分皆為Layer 3交換器，這時候可以利用Layer 3的路由技術來達到封包收送的作用。

(四) 結語

由於公司變電所日益增加且未來配合各調度系統汰換及網路化，環狀網路拓樸將持續增長，使用Layer 3網路架構規劃及相關技術的運用將增加RTU LAN之網路穩定性，對於網路管理以及節點擴充也更加便利，且在資訊化的時代，對於提升維護人員的網管能力更是一大幫助。

二十三、嘉南供電區營運處 - 興達 ~ 龍崎一路及南科 ~ 龍崎二路配合電源線容量提升

為配合「興達電廠燃氣機組更新改建計

畫」，龍崎超高壓變電所編號#3610、#3620及#3630斷路器載流量由4000安培提升至6000安培，可增加約120萬瓩載流量，可強化電網韌性。

本工程於111年9月1日停電開始施工，111年8月18日召開345kV興達~龍崎一路、南科~龍崎二路同停電協調暨風險管控會議，並於111年8月24日由龍崎E/S邀集南區施工處及中興電工召開共同協議組織會議宣導發生危害因子。111年8月30日依風控中心指示邀集電力調度處、供電處、發電處、興達電廠、南區施工處再召開風險管控會議。因應南科供電穩定於111年9月1日蕭副總經理與供電處、高屏供電區營運處、南區施工處等單位再召開風險管控會議，會中決議停電作業並避開10月份空污期間發電量降低之風險並能提高南科園區供電可靠度及興達電廠出力，先保留#3620斷路器，將興達~龍崎一路及南科~龍崎二路直通，土木採分段施工，111年11月23日依施工進度及供電緊澀期已過，進行#3620斷路器停電。

施作工區以甲種圍籬菱形網進行隔離，並以紅外線電子圍籬進行機具限高管控及全程CCTV錄影。經過風險管控會議的研討，改變施工流程雖然會造成施工不能很順暢，



圖 52 龍崎 E/S 興達~龍崎一路及南科~龍崎二路配合電源線容量提升工程(1)



圖 53 龍崎 E/S 興達~龍崎一路及南科龍崎二路配合電源線容量提升工程(2)

但可提高供電可靠度，由原風險等級3級降為2級。

南科園區345kV輸電線路共有4回線供電，目前南科~龍崎二路停電工作期間為避免再發生N-2事故造成南科轄區電壓崩潰，工程期間配合併用豐華D/S #1570、#1580分界

點。輸變電部門依管控作為進行風險管控。

在龍崎超壓變電所及嘉南供相關部門全體努力下於112年3月25日完成竣工試驗，345kV#1、#2匯流排引接及利用系統加壓完成，保護電驛完成取載試驗後正式加入系統。此工程完成對興達電廠出力有很大助益，提升供電可靠度(圖52、圖53)。

二十四、配電處 - 台北市區營業處電動車充電示範場建置

配合我國綠能政策及電動車持續成長，台電公司扮演電動車能源供給的關鍵角色，除持續提供充裕穩定電力外，為向外界展示電動車以專用電表供電及搭配電能管理系統與電動車專用電價進行充電管理之整體方案，已於台北市區處打造「集合住宅電動車智慧充電示範場」並在111年5月27日正式啟用，示範場提出充電設施專表供電(電動車專用電表)，電源線路整體規劃，搭配EMS電能管理系統的整體方案，以展示電動車在家充電的最佳模式，搭配111年5月30日推出的「電動車充換電設施電價」，透過「低基本費(約僅一般時間電價的20%)、高價差(尖離峰價差達4倍)、離峰長(1天有18小時的離峰時間)」的優惠電價費率，鼓勵電動車主主動調控於離峰充電，除可降低電費支出外還可確保用電安全，以協助電動車推廣，共同為環境友善盡一份心力(圖54)。



圖 54 電動車充電示範場開幕儀式活動照片

二十五、配電處 - 配電系統強韌計畫 (2018~2022 年)

台電公司配電系統遍佈全國各地，線路設備龐雜綿密，長年暴露在外，易因鳥獸樹竹等外物碰觸或風吹雨淋設備自然老舊，難免發生小區域故障停電之零星案件，又於2018年5月期間因缺電議題引起社會關注區域性停電事件。

為確保供電穩定可靠，台電公司奉經濟部部長指示進行配電系統事故肇因分析，導入新科技應用及大數據分析，做為穩定供電策

進作為的目標與方向，針對數據分析結果，就系統性問題擬訂器材管理、施工管理、運維管理、設備汰換、預防工作及科技引進6大構面策進作為，研擬對策改善線路體質，訂定「配電系統強韌計畫」，並訂定訂定關鍵性指標 (KPI) 「供電可靠度平均停電時間指標 (SAIDI) 每年降低0.1分/戶.年」作為績效管控目標。

「配電系統強韌計畫」於2018年8月奉經濟部核准後啟動，投資預算新台幣162.5億元，分5年 (2018年~2022年) 執行，推動配電線路及二次變電所設備更新汰換、饋線自動化擴建及智慧變電所建置等四大主要工程，以提升供電可靠度 (圖55、圖56)。

整體計畫工程項目執行情形

- (一) 二次變電所設備：設備達使用年限或依評鑑結果逐年更新，累計汰換主變壓器 130 具 (達成率：100%)、裝甲開關箱 (MCSG) 汰換為氣體絕緣斷路器 (GIS) 228 具 (達成率：100%)。
- (二) 配電線路設備：累計汰換高壓被覆線 5,507 公里 (達成率：119%)、高壓交連 PE 電纜 1,880 公里 (達成率：128%)。
- (三) 饋線自動化設備擴建：累計新增 6,839 具配電自動線路開關 (達成率：152%)。



(四) 智慧變電所建置：二次變電所機械式電驛全面更新為智慧型電子裝置 (IED)，累計更新 193 所 (達成率：100%)。

本計畫推動後，有效增加線路設備強度、提升供電品質，進而降低停電事故發生，事故件數從推動前 (2017年) 15,264 件，降至 2022 年 8,140 件，減少 7124 件

(47%)，平均停電時間亦從 2017 年 16.442 分/戶-年，降至 2022 年 14.6452 分/戶-年，減少 1.7968 分/戶-年，整體計畫均有達成目標，實施成效良好。

2017 至 2022 年平均停電時間進步情形如附表。

附表 2017 年至 2022 年停電事故件數及平均停電時間

年度	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
平均停電時間 (分/戶·年)	16.442	15.6661	15.8496	15.207	14.9962	14.6452



圖 55 MCSG 更換為 GIS



圖 56 更換被覆線

二十六、配電處 - 屏鵝公路纜線 141 公里 地下化暨種樹百里 2.0 計畫

「屏鵝公路纜線141公里地下化暨種樹百里2.0計畫」最初原型，是時任行政院長蘇貞昌擔任屏東縣長時，為使屏鵝公路成為台灣最美的綠色隧道，而啟動的種樹百里計畫。當時種下的樹苗逐漸茁壯，卻也影響到台電架空桿線的安全，為此，勢必需經常修剪路樹，如此將與當初的計畫初衷相背，其次因屏鵝公路上多數電桿架設於空曠的沿海，每年十月，當屏東颳起落山風，難免吹斷路樹而使得電力供應中斷，加上易受颱風等天災影響電力供應。台電原定十年執行電纜下地的工程，在行政院規劃及台電全面總動員下，就像坐上了高鐵，將為期十年的計畫壓縮為半年，跨部會團隊集結所有資源與最優秀的人力，全力朝屏鵝公路

電桿地下化的目標前進。如今恆春居民不用再擔心強風吹斷電線停電，還能看到更美的天際線（圖57）。

二十七、公服處 - 台電屏東防災型微電網

為強化偏鄉部落對於氣候變遷等災難適應能力，台電與屏東縣政府合力於屏東縣霧台鄉、牡丹鄉及獅子鄉共7處部落避難中心建置防災型微電網系統，於111年4月11日正式啟用。防災型微電網可透過太陽光電、儲能電池及柴油發電機供電，在能源管理系統調控下，於災害發生時自主供電逾72小時，維持基本維生用電，提供在地居民安心避難處所。

屏東縣原鄉佔總面積高達六成，許多部



落因地處偏遠、道路狹小，當天然災害侵擾致聯外道路或橋梁中斷時，台電人員難以進入搶修，易成孤島。屏東縣政府篩選出11處相對脆弱的部落，推動防災型微電網建設，107年起陸續於4處獨立興設，後為加速建設，108年起攜手台電，於霧台鄉佳暮村、牡丹鄉旭海村、東源村、石門村、獅子鄉草埔村、丹路村和南世村等7處原鄉部落避難中心打造防災型微電網，並於111年4月11日正式落成，未來部落遭遇天災時，仍可維持防災避難中心基本照明維生用電，為災區爭取黃

金救援時間。

屏東地區日照資源豐富，台電屏東防災型微電網均備有太陽光電發電系統、柴油發電機，及可儲存37度電的鋰電池儲能系統，透過能源管理系統（Energy Management System, EMS）自動調配切換，平時供應區域內用電需求，每套設備每年約可發出8,000度電，約減少近3公噸碳排放量，災害時則可以提供基本維生電力逾72小時。



圖 57 種樹百里 2.0 計畫



二十八、公服處 - 台電蘭嶼推儲能系統搭MR科技巡修支援

為滿足台東蘭嶼鄉用電需求，台電聯手台達電子，於蘭嶼發電廠建置可儲存1100度電的儲能系統，並與台灣微軟合作將混合實境技術（Mixed Reality，MR）導入機組巡修，於111年6月17日正式啟用。

蘭嶼地區屬小型獨立電力系統，總用電戶數約2000戶，電力供需都得自給自足，遇突發事故較易受影響。現有蘭嶼電廠包含6部柴油發電機組，目前最大發電量約4800瓩（kW），另有再生能源太陽光電約61.2瓩，近年隨蘭嶼觀光蓬勃發展，除帶動當地經濟，亦推升用電量，年用電量約以6.6%成長，109年6月更創下蘭嶼地區最大用電量紀錄（4679瓩）。

為強化蘭嶼電力品質，台電繼109年金門合作經驗，再度聯手電源與能源管理知名企業台達電子，於蘭嶼電廠設置容量500瓩（kW）/1.1MWh（百萬瓦小時）的儲能系統，由160個鋰電池模組組成，可儲存1100度電的超大電池，等同可提供近100個家庭用戶一整天的用電量，這套儲能系統上線後，平時可維持電網穩定，如遇跳機等突發電力事件，更可在0.2秒內瞬間供電救援，並以500瓩功率連續供電2小時，提供事故搶修緩衝時間。

除建置儲能系統，為提升蘭嶼電力檢修

效率，克服離島交通距離限制，台電亦與台灣微軟合作，導入混合實境技術，用以協助日常檢修工作，台電蘭嶼同仁執行巡修作業時，只要配戴MR設備即可即時查看機組操作流程等相關資訊，更可直接遠端與本島的台電專家團隊連線，協助現場同仁排除故障。

台電將陸續推動既有機組汰舊換新，預計113年裝置容量可增加3500瓩，兼顧蘭嶼用電需求及環境保護，現亦努力將38.8公里環島公路電力線路地下化，已完成13.4公里，預計112年可再完成近4公里，除可降低電力線路受颱風、鹽害等外在環境影響，更為守護蘭嶼自然美景共同盡一份力。

二十九、公服處 - 繁華地段深埋電纜洞道，大安潛盾洞道貫通

大安變電所它不僅是台北市中心第一座地下化超高壓變電所，也是國內首例與商業旅館共構的變電所。從開挖深度、推進速度、急曲彎度，三大面向比較，大安變電所的施工難度不輸捷運，其中「松湖~大安」輸電線施工10年於111年9月貫通，但是洞道貫通只是第一步，未來也會成為松湖變電所的管路前置工程。大安變電所114年完工後，也會成為台北市核心區的供電樞紐，科學數據已驗證變電所電磁波近於環境背景值。

大安變電所地上是旅館，地下有變電設施及兩條345kV輸電線路，分別是通往內湖



的「松湖~大安」線，長度4,634公尺，洞徑達4.6公尺，及連結信義路共同管線通往深坑的「深美~大安」線，長度966公尺，洞徑達5.5公尺，合計造價約36億元。

電網工程的困難度不輸捷運工程，在開挖深度方面，31公尺的開挖深度已超越台北101大樓（22.95公尺）；以推進速度來看，架空線路平均一天就能完成30米，但地下潛盾工程每天最多前進5米，若遇到堅硬地質，一天可能只能推進2到3米，潛盾洞道的施工速度只有架空線路的十分之一，造價卻是架空線路的8倍；再從急曲彎度而言，「深美~大安線」從復興南路往東轉進仁愛路，再往南沿大安路推進，短短路徑即面臨3處「急曲線」，施工難度相當大。

此外，捷運及高鐵隧道工程依法可以從民宅下方穿越，然而電纜洞道工程只能沿馬路下方施工，以「松湖~大安線」來說，地下洞道洞徑達4.6公尺，其路徑接連通過捷運忠孝敦化站連續壁、文湖線基樁、臺鐵及高鐵連續壁、基隆河堤防基樁等，只能從下方通過，因此洞道深度平均45公尺，最深達55公尺，成為都會區最深的地下洞道。

三十、公服處 - 台電公布強化電網韌性建設計畫

台電111年9月15日召開記者會，正式公布「強化電網韌性建設計畫」，將於10年內

投入5645億元，以「力求分散、持續強固、加強防衛」3大主軸、10大面向，全面提升全國電網面對突發事故的因應能力，以及為2050淨零轉型目標做好準備。

台電指出，「分散工程」聚焦降低電網集中風險，包括「電廠直供園區」減少跨區供電，「綠能分散供電」則可促進綠能併網及在地就近供電，「樞紐節點分群」可分散3大樞紐變電所供電風險，「增加配送節電」則透過增建關鍵變電所，紓解都會地區供電瓶頸，並藉由「精進區域調度」分散調控風險等5項作為。

「強固工程」則著重提升設備穩定程度，其中涵蓋3項作為：「電網擴充更新」將加速設備更新升級及容量擴充，「廣增儲能設備」則可搭配綠能發展，增進電力系統穩定，另將透過持續推動「變電所屋內化」防止外力及極端氣候干擾影響。

「防衛工程」部分，台電將透過「強化防衛縱深」提升電廠、電網間各層次保護設定，「即時動態防衛」可監測相關設備狀態，提高防衛精準度，整體有助阻止停電事故擴散，協助電網若遇突發事故，可在短時間隔離故障點，縮小事故範圍，盡速恢復穩定運轉。

台電強調，強化電網韌性計畫包含短中長期各項工程，短期（2年）內將加速辦理



執行中的韌性工程並強化系統保護及防衛能力，中期（5年）內持續推動電網分散及強固工程，長期（10年）則將完成3大樞紐節點分散工程及相關長程計畫，力求杜絕單一事故造成大範圍停電再現。

三十一、公服處 - 台電離岸風電二期開工

台電第2座離岸風電場111年11月3日正式開工動土，台電表示，離岸風電發展見證台灣綠能發展從陸地走向海洋，離岸二期聯手全本土黃金團隊，將隨111年11月3日陸上電氣室動土正式邁入施工階段，預計113年開啟海上工程，114年發電商轉，屆時可年供10億度綠電，等同近24萬家戶年用電量，同時年減碳排約50萬噸。

台電54年於澎湖設立全國第一座風力發電機，開啟我國風力發電史，至今自建168部陸域風機，累計發出達百億度電，因應臺灣海峽先天風場條件，台電推動「海風借電」計畫，105年建海氣象觀測塔蒐集設置離岸風機所需參考數據，接續於彰化芳苑外海開啟離岸一期計畫，21部風機於110年8月加入發電行列，而離岸二期自109年6月正式啟動，台電投入628.88億元，由富崙能源承攬統包工程與5年運轉維護，將設置31部9.5MW風機、裝置容量達294.5MW，111年11月3日動土的陸上電氣室由國內星能公司負責，為海上風場與併網基地彰一開閉所之間的重要中繼點，預計113年完工。

台電111年正同步進行水下基樁製造，同樣由本土團隊世紀鋼鐵及世紀風電公司協助，112年起將陸續投入海上變電站、海陸纜製造、風機製造和預組裝，預計113年開啟海上工程，114年9月併聯發電商轉。

三十二、綜研所 - 金門公民電廠

面對全球溫室效應下，地球暖化速度比預期的還要快，要阻止氣候變遷是艱難的挑戰，各國將減碳視為重大議題，目前約有100多個國家正推動淨零碳排或碳中和相關政策，我國國家展原委會亦於111年3月提出「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，在能源產業方面以電氣化與去碳電力（再生能源、氫能、火力+CCUS、抽蓄水力）為發展方向，因此，推動再生能源為重要工作項目之一。金門電網屬孤島系統，同時又具有良好的風光條件，非常適合發展再生能源以降低碳排放量。在推動能源轉型的過程中非常需要在地居民的認同與支持，以減少地方抗爭增加再生能源建置量，其中推動公民電廠（社區電廠）即是良好的地方溝通及再生能源發展策略。

綜研所與成功大學及臺灣經濟研究院共同協助輔導籌設「金門再生能源社區合作社」，於109年5月正式營運，是離島地區第一家，全國第五家綠能發電合作社。於110年完成兩座案場建置裝置容量分別為16.32kW、11.22kW共27.54kW，同時亦於



金門地區推動公民電廠加總超過100kW之裝置容量。為提升民眾綠能意識、改變用電行為及支持能源轉型，於金門各地區舉辦節能減碳宣導說明會，向居民解說全球溫室氣體效應、氣候變遷之影響、傳統機組發電之碳排放、潔淨能源的重要性及節能減碳生活等。

「金門再生能源社區合作社」在各界人士的協助下，預計112年第3季將完成建置第3座案場，裝置容量為19.72kW。合作社未來仍將持續推動金門民眾深化綠能意識、再生能源建置量及低碳社區等，讓低碳的鏈結由點、線、面擴展至全島，朝向金門低碳島邁進。

三十三、環境保護處 - 電力與環境

台電相信穩定供電的意義與價值，除了掌握國家經濟脈動與民生必要的用電需求、適時開拓多元能源外，各項鼓勵民眾的節電措施以臻減碳成效，也是我們念茲在茲的重點規劃作為。回顧過去一年，在國際一片綠能永續的趨勢浪潮下，持續各項潔淨能源的開發及電力智慧化推動早已成為台電奮鬥努力的目標，而不斷致力各項友善環境的作為，則是我們接軌國際、善盡企業社會責任及符合民眾期待的最大體現。綜整過去這一年來，台電於電力事業經營的同時，其相關環境關懷的具體行動闡述如下：

(一) 基於節能減碳之重要性，台電除持續輔

導推動各火力電廠引進能源管理系統外，並輔導各單位持續更新新版環境管理系統，秉此原則，台電除能挹注所轄現場單位符合國際標準的要求外，更可藉此持續推升電力環境品質。

(二) 環境美化一直是民眾關注的焦點，因此，為美化電力設施周邊環境，台電積極透過合宜的景觀規劃，將電力設施與周遭環境充分調適，除於大觀發電廠及明潭發電廠宿舍區景觀綠美化外，並辦理大林電廠燃氣機組更新改建計畫景觀規劃工作，以海港電廠為意象，讓電廠成為自然景觀的一部分。

(三) 台電秉承公司「友善環境」的使命，打造企業經營在環境面向的發展策略與目標，展現台電邁向世界級電力事業集團的企圖，以及成為全方位綠色企業的決心。111年環境月發表會以「電·零碳未來」為主題，呼應國家發展委員會發表「臺灣2050淨零排放路徑」，發表會中並與德國西門子能源公司簽署混氫技術合作備忘錄，率先啟動混氫發電技術合作，後續將落實打造零碳能源系統，同時提升能源系統韌性，呼應社會電力穩供期待。

(四) 為讓民眾更加了解台電對生態保育的用心，興達發電廠永安濕地北側陸域環境目前為銀合歡入侵較為嚴重之區域，有



危害本土物種生存之虞並降低生物多樣性，為保護濕地生態及擬定銀合歡防除策略，特邀請具防除經驗的專家學者及廠商，與當地區里民辦理「永安濕地外來入侵種銀合歡防除經驗分享及實作工作坊」，共同研討並現地示範正確銀合歡移除及處理方法，不僅加強地區生態保育意識，亦增進電廠夥伴關係。

(五) 為實質展現台電綠色環保企業之形象，台電亦積極參與國內各項環保獎項角逐，並獲獎如下：

1. 111年台電環境月發表會活動與社會創新企業合作，累計達到參獎採購金額，彰顯台電踐行CSR精神將相關資源投入協助社創組織取得資源開拓商機，未來仍將秉持初衷，積極響應政府政策，持續與社會創新組織共同合作，採購社創組織產品、服務，逐步擴大合作創造永續影響力。
2. 協助相關電廠參加第8屆國家環境教育獎「機關（構）組」，卓蘭發電廠及尖山電廠於110年通過當地初審，尖山發電廠於111年參與複審。

(六) 為加強國際交流合作及引進電力及環保等相關知識技術，積極對外參與相關研討會，諸如「精進垃圾焚化廠焚化再生粒料再利用品質策進暨垃圾機械分選燃料化技術論壇」、「社團法人台灣循環經

濟學會第二屆第二次會員大會暨淨零趨勢研討會」、「綠色永續下創新水戰略國際論壇」、「2022 空氣品質改善研討會：改善績效及精進方向」、「台盟企業空氣污染減量暨環境永續論壇」、「2022 綠色能源及低碳永續工程技術研討會」、「111 年環境執法攜手相廉 - 企業交流與誠信論壇」、「中華民國環境工程學會第三十四屆（2022 年）年會暨各專門學術研討會」、「2022 年亞洲氣膠學術研討會」等。

(七) 在環境關懷方面，每年中秋前夕各沿海電廠主動發起淨灘活動，同步連結國際淨灘行動機制（ICC）記錄海洋垃圾分類結果，提供國際組織分析海洋生態，以海洋垃圾公斤數計算，同時基於回饋地方、增裕海洋資源及保護海洋生態環境，持續於電力設施附近海域進行魚苗放流，積極參與臺灣沿海漁業資源的復育工作，足證明台電逐步邁向全方位綠色企業，實踐環境永續之綠色價值的努力與決心。

(八) 為落實推廣環境教育，協助台電相關電廠推動申請環教設施場所，目前萬大發電廠及大甲溪發電廠分別於 106 年及 111 年取得環境教育設施場所認證。

(九) 為揭露公司環境保護資訊，台電於 104 年架設「台電綠網」，該網站以「綠色



生活」、「人文采風」、「低碳永續」、「生態保育」、「循環經濟」為5大主軸，紀錄公司各單位環境友善作為，並期望透過綠色行動事蹟的分享，普及環保知識，共創永續未來。

(十) 此外，台電亦積極推動綠色環保工地制度，針對更新改建之發電廠、輸電及配電等相關設施之現場單位，透過執行工地及電廠現場環保調查與輔導工作，藉此協助現場管理單位及工程承攬商落實工地環保管理，並辦理公司內工程單位之工程評鑑、環保總體檢以及營建工程相關環保法規與環保措施之宣導，強化環保管理及友善環境措施，除能達到符合法規外，更積極朝向推展低污染工法、生態保育、敦親睦鄰、節能減碳以及工地綠美化等友善環境作為，輔導成果除可作為現場單位持續改善的依據，亦可水平展開至其他單位參考，降低因疏漏違反環保法規之風險。

(十一) 依政府能源政策，未來電力發展將啟動能源轉型，為擴大潔淨能源天然氣使用，台電推動「通霄電廠增設航改式小型機組」、「馬祖珠山新建四部2000 瓩燃油機組」、「大林發電廠燃氣機組更新改建計畫」、「台中電廠設置二氧化碳封存試驗場址」，各計畫均辦理環境影響評估工作，詳實分析對環境面之影響，擬定環境保護對策

及環境監測計畫，並提出多項環境友善措施，各計畫之環評書件經行政院環境保護署審查通過後，將遵照環評審查結論，執行相關環境保護承諾及對策，以維護環境品質。

展望未來，在因應氣候變遷的國際趨勢下，各國通力合作期望達成全球減碳的目標，喊出2050淨零碳排的口號，然而氣候變遷不僅是科學議題，還是政治與國家安全議題，未來去碳化將改變全球地緣政治版圖，中東與產油國地緣優勢不再，在能源轉型大趨勢下，再生能源新增裝置容量已超越傳統能源，而碳定價議題是否會發展成綠色關稅，仍需持續關注，氣候風險評估與財務揭露也將成為衡量一家企業是否具有永續體質的參考指標。台電是台灣電力的守護者，在風起雲湧的時代浪潮下，面臨最壞的時刻，也是最好的時刻，那是一個危機與轉機同時存在的時代，也是轉型的契機，期待蛻變後的台電能再度與國人共創一個更潔淨、永續的美好家園。



水利工程淬鍊、前瞻與創新 - 專輯序言

經濟部水利署署長 / 賴建信

摘要

水利工程對於供水、防洪減災、地方經濟發展及人民生活有著重要的作用。然而，在氣候變遷、水資源短缺和都市化發展等多重挑戰下，我們必須尋找更多有效率、智慧及永續的水利工程對策，以確保社會、環境和經濟可穩定發展。本次會刊包括5篇專題文章，探討了不同面向的水利工程創新策略。包括碳預算管理制度、自然解方運用、韌性規劃、水資源經理策略及數位技術在水利管理上的應用，相信這些創新策略都能為水利工程帶來不同的創意與多方發展，並確保其可持續發展運作。

一、導入碳預算管理提升水利工程減碳新策略

除了創新科技，減碳也是水利工程的重要發展方向之一，為了確保水利工程能實現減碳目標，水利署率先推動水利工程落實節能減碳，導入碳預算管理制度；以水利工程

生命週期減碳的管理思維，具體落實系統性工程減碳，從源頭減少碳排放，降低水利工程的碳足跡，以達到淨零碳排放之目標。

二、自然解方於外傘頂洲防護應用

外傘頂洲原本位於雲林縣口湖鄉外海，因受波浪、沿岸流等因素影響，逐年往西南方向漂移，目前已漂至嘉義縣海岸外側，被稱為「移動的國土」。近年來，外傘頂洲因沙源補助減少及海潮作用下，面積日益縮小，已改變沿岸之波浪及近岸流場特性，不僅造成國土減少，同時影響沿海養殖產業發展。因此，水利署尋求自然解方，在地取材，利用竹樁蚵架天然材料耐候特性，將大量廢棄蚵棚回收再利用；採用竹樁攔沙、竹籠固沙、蚵殼定沙三種工法，減緩沙灘流失，在公私協力合作下，竹樁定沙試驗已有初步成效。我們創新地將自然解方運用於外傘頂洲防護工作，進一步增強了臺灣的海岸線防禦韌性。



三、邁出水岸縫合復興運動第一步 - 虎尾潮韌性城鎮國際競圖

為重塑及拉近人與水岸的關係，水利署舉辦「虎尾潮韌性城鎮水岸縫合國際競圖」，以北港溪及虎尾鎮作為示範案例，將水岸文化、在地文史、在地特色、產業資源、民眾需求鏈結於城鎮總體規劃內，期將虎尾打造成為臺灣韌性城鎮的規劃標竿；將自然環境和都市規劃結合，提高城市水岸的韌性，保護和發揮水資源的重要功用，以應對氣候變遷和自然災害。

四、百年大旱挑戰 - 前瞻水資源經理策略

面臨最嚴峻的百年大旱，水利署提前部署應變，啟動各項抗旱準備，守視水情趨勢滾動檢討加大應變作為，強化水庫細緻操作、日日監看水情、跨區調度、農業節水、人工增雨、自來水減壓及產業節水等應變措施多管齊下；同時，注入創新思維，利用建築工地水、川流水回抽、移動式淨水設備等，多元開發緊急水源，努力穩定供應民生及產業用水的需求，透過中央、地方及民間通力合作來省水、找水及調水全力抗旱。極端氣候的治水思維，讓我們體認到工程硬體已無法完全避免淹水災害的發生，而是要透過嶄新思維與務實的作法，建構「不怕水淹的韌性臺灣」，從預防災害發生與減低災害衝擊等方向來努力。

五、水利工程也可以很數位 - 總統盃黑客松「多采多資水蓋鮮」

隨著科技的進步，我們不再只侷限於傳統的水利管理方式，而是藉由數位技術來提升水利工程的效率與品質。水利署透過產官學研的合作，參加2022年總統黑客松，提出水資源監測的構想，以數學模型即時計算河川水質，即時提供溶氧及污染資訊，事先掌握並協助預防極端氣候造成的生態影響，提供政策研擬工具。善用數據、人工智慧等科技不僅提高水利設施的監測、管理和維護效率，同時還可以減少水資源的浪費，相信這個成果能為我們的水利工程帶來更多的創意和革新。

希望透過本專輯讓讀者瞭解水利署因應氣候面遷等各種挑戰，近期在水利領域上透過創新思維、前瞻作法而淬鍊出的各種經驗與技術，期待透過分享，進而推廣水利領域相關資訊。



導入碳預算管理提升 水利工程減碳新策略

經濟部水利署署長 / 賴建信

經濟部水利署組長 / 許朝欽

經濟部水利署正工程司 / 林哲震

經濟部水利署正工程司 / 陳加榮

關鍵字：碳預算管理、系統性減碳、植樹固碳、總量管制、工程生命週期

摘要

隨著極端氣候加劇，全球氣候變遷已成為事實，我國提出減碳12項關鍵戰略及2050淨零排放路徑雖已明確訂定未來執行政策方向，但未規範水利工程領域相關減碳內容；面對生存環境的惡化，水利工程無疑地必須在減碳上竭盡心力。爰此，水利署為推動水利工程節能減碳之目標，參考國外減碳作法、指標及國內政策方向，於每年推動眾多水利工程無法逐案碳盤查之現況下，首創「碳預算管理」方法，而以系統性減碳之策略及管控，自工程預算編列開始即導入減碳思維採行總量管制，且以工程生命週期規劃、設計、施工、營運等各階段擬定相對應策略，編撰「水利工程減碳作業參考指引」

作為本署減碳方針，並已通過英國標準協會（BSI）查證確認。經盤點過去2019年至2021年水利署推動水利工程之碳排量，平均每年排放約58.7萬tCO₂e作為基期碳排量，以2022年減碳基期碳排量20%、2023年減碳基期碳排量30%、2030年減碳基期碳排量40%，直至2050年減碳基期碳排量50%，並搭配轄管土地植樹固碳等措施，以落實淨零轉型之長期願景目標。

一、水利工程淨零目標及減碳政策推動

（一）全球趨勢與臺灣轉型策略

溫室氣體排放逐年攀升所致全球暖化效應，已被聯合國政府間氣候變遷專門委員會



(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 公布之第六次評估報告 (IPCC AR6) 中揭示並呼籲，面對排放濃度不斷提升之現況，將全面衝擊人類未來的生存環境；因此，如何抑制碳排放量持續攀高，將為全球各國急需著力探討之重要課題。其中，面對世界各地極端旱澇事件及熱浪等氣候異常現象頻仍之環境變異，身為海島國家之臺灣，響應各國提出「2050淨零排放」的宣示與行動，於2022年3月公布「2050淨零排放路徑及策略總說明」，明確指出面臨嚴峻之轉型挑戰，政府將透過科技研發及氣候法制兩大基礎，逐步推動能源、產業、生活、社會等轉型策略（圖1），及十二項關鍵戰略，同步全球實現淨零轉型之長期目標願景[24]，使臺灣擁有更好的防災耐受能力與韌性。

（二）水利工程減碳目標

為呼應政府轉型政策及各項減碳行動構想，雖水利工程領域尚未具體規範轉型策略，惟水利署仍以超前部署之勢，率先推動水利工程落實節能減碳；盱衡各國淨零時程、關鍵里程碑設定與國內減碳路徑規劃等主流做法，設定2050淨零碳排為核心目標，並盤點過去2019年至2021年所推動之水利工程碳排放量（平均每年排放約58.7萬tCO₂e）作為基期碳排放量，採總量管制，以2022年減碳基期碳排放量20%、2023年減碳基期碳排放量30%、2030年減碳基期碳排放量40%，直至2050年減碳基期碳排放量50%，及搭配轄管土地植樹固碳等措施，同步全球達成碳中和目標。（圖2）



圖 1 臺灣淨零轉型之策略與基礎 [24]



圖 2 水利工程淨零減碳里程碑

(三) 水利工程減碳政策推動

為貫徹水利工程生命週期減碳之管理思維，於工程規劃、設計、施工、營運等生命週期各階段擬定策略（圖3），在最具減碳效益之工程規劃設計階段，於2022年2月獨步全國提出「水利工程減碳作業參考指引」（規

劃設計篇），具體導入水利工程碳預算管理做法及整體減碳策略（包括綠色經費佔5%經費以上、混凝土規範礦物摻料提升等）供各所屬機關依循推動；使工程設計人員於該階段即確認工程特性，提出耐久性、易維護、減少營運耗能之節能減碳構想，同時鼓勵採用有利於工程節能減碳之新技術、新工法、



圖 3 工程生命週期各階段減碳策略



表 1 混凝土坡面工作項目單位碳排量範例

工作項目：坡面工，混凝土，厚 20cm		單位：M2		計價代碼：0238510302	
工料名稱	單位	數量	單位碳排量	碳排量 (kgCO ₂ e)	編碼 (備註)
產品，預拌混凝土材料費，175kgf/cm ²	M3	0.200	193.145	38.629	
技術工	工	0.005	0.000	0.000	
普通工	工	0.010	0.000	0.000	
開挖機，0.70~0.79 m ³	時	0.022	49.068	1.079	
零星工料	式	1.000	0.000	0.000	
合計	M2	1.000		39.708	
人工：	機具：	碳排係數 (kgCO ₂ e/M2) 計		39.708	
材料：	雜項：				

資料來源：「水利工程工資工率分析參考手冊」(2020)

新材料或創新管理等措施。此外，於實際作為上除透過設計階段的碳排量估算與分析外，研提減碳策略過程更落實綠色材料、綠色能源、綠色工法、綠色環境等概念，積極導入再生材料、減廢、營建自動化、生態、節能、固碳、耐久等多元措施於設計中，達成管理目標與低碳設計之關鍵指標；至於工程生命週期其他階段，則配合推動減碳施工、規範增修、機具優化、材料管理、水庫滯洪池植樹固碳、設備節能運用、太陽能與小水力開發、跨域合作等整合性具體策略及作為，以展現整體水利工程減碳成效。

二、水利工程碳預算管理方法

(一) 工程碳排量計算

為推動碳預算管理方法俾達減碳目標

及量化管制作為，水利工程碳排量計算與各工作項目碳排係數之建立至關重要。水利署根據英國標準協會 (British Standards Institution, BSI) 公布之PAS 2050準則，採以「排放係數法」由各工作項目的「活動強度」乘以「碳排係數」之合計加以估計二氧化碳當量 (CO₂e)。至「碳排係數」是最難建立條件之一，水利署根據所頒定「水利工程工資工率分析參考手冊」之單價分析所包括「機具」(含電力/燃料使用)、「工料」、及「人員」等三大類，依其組成之活動強度，並透過文獻或公開資訊提供之碳排係數資料，以單位長度、體積或重量中原料含量，搭配施工經驗進行轉換，進而求得各工作項目之碳排係數 (表1)。

其中為明確工程碳排量估算內容，援引環保署「溫室氣體排放量盤查作業指引」所



定義工程碳排量估算範疇作為邊界條件，藉由公共工程委員會開發之既有經費電腦估價系統（PCCES）架構，以其編碼作為碳排係數分類索引，並自行撰擬Microsoft開發工具Visual Basic for Applications（VBA）程式及開發系統自動化代入計算，藉以估計2019年至2021年全署推動約千件水利工程之碳排量，進一步設定全署減碳目標，作為推動碳預算管理之依據（圖4）。

（二）碳預算管理方法

水利工程執行面向廣泛且種類不勝枚舉，水利署每年平均辦理高達300餘件工程，實務上實難以由第三方碳管理單位輔導減碳設計，並逐案執行施工階段碳盤查，因此必須採系統性管理，爰於2022年2月編定之「水利工程減碳作業參考指引」（規劃設計篇）中，除含括水利工程常見工作項目碳排係數與計算方法之律定，以及循工程發包年相應之減碳目標外，為落實減碳策略實質應用於所推動之各類工程；經考量執行單位、工程類別等屬性、碳排量管理範圍，依河海工程（包含河海類工程、集水區保育治理工程及一般疏濬工程）、水資源小型工程及水資源

大型報院計畫工程等類別，適性制訂各類別工程減碳審查流程，並整合以「碳預算管理」模式辦理系統性減碳[23]。其模式主要依工程採購作業、執行期及規模之差異，以水資源大型報院計畫工程採專案列管，並對於河海工程及水資源小型工程之減碳作業推動與審查流程，如圖5，圖中依序可見碳預算管理之基礎為發包年度之減碳目標確立，並以此基礎考量工程屬性、物調指數等特性，由各執行單位於工程提報階段以水利署過去推動工程之數據經驗（即為各工程減碳前之基準），採標準斷面估算法或工程類別回歸係數推估法，進行提報工程碳排量盤點，並將成果提報由水利署統籌檢討以各所屬機關為單位，核定各案工程容許碳排量及管制總量，使工程推動及實施自工程勘評階段，即與經費同步以目標需求進行個案及總量碳排管控。

當完成工程容許碳排量核定後，工程設計人員即可依其節能減碳構想，進行工程規劃設計，並於編列工程預算書時，運用經費電腦估價系統（簡稱PCCES）編碼編列成果，以及水利署開發之碳排量計算工具，實際計算與填報工程碳排放量檢核表，提送各

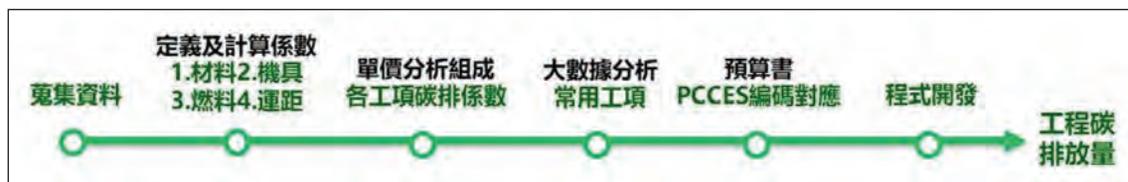


圖4 碳排量計算流程

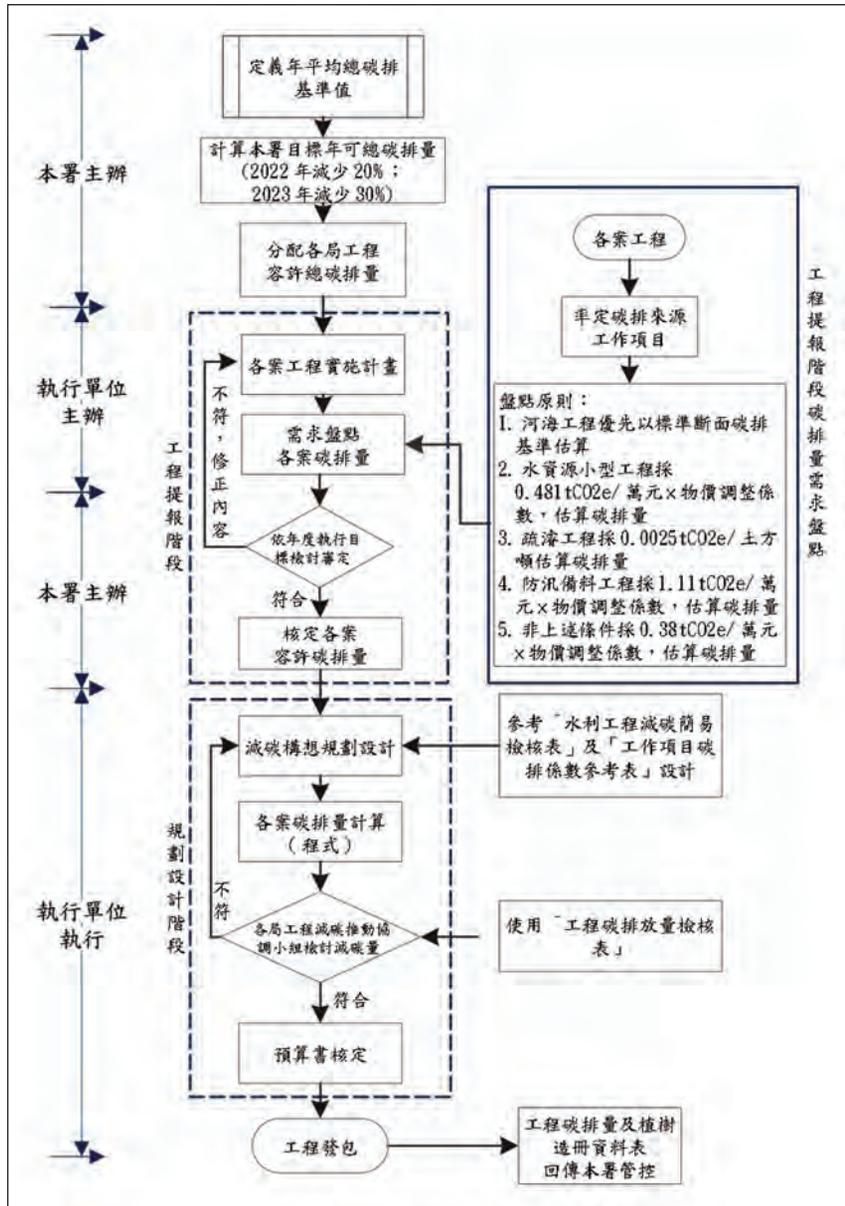


圖 5 工程碳排放量審查流程 [25]

執行單位成立之工程減碳推動協調小組檢討碳排量；倘遇個案工程因特殊原因致無法達標，則可由各執行單位副局長所建立之推

動協調小組，進行內部工程案件碳額度交換（調整）檢討或報署協調管控（圖6）。最後，於核定工程總碳排量管控下，所辦工



圖 6 工程提報與推動小組審查機制

程即可依程序核定預算書、發包執行及造冊列管。上開整體管理架構即所稱「碳預算管理方法」。

(三) 第三方公正單位查證

鑒於所提出之減碳管理機制及方法學為全國首創，為使其更具有公信力且可實際落實推動，水利署特邀第三方公正單位，即英國標準協會臺灣分公司（BSI）辦理相關查證作業。減碳機制經三階段查證，透過檢視減碳基準與目標設定、整體碳管理之流程與機制、碳排係數引用來源及數值正確性、工作項目碳排係數之組成及水利工程碳排計算程式系統建置等；查證結果表示已可提供規劃設計階段合宜的碳足跡估算方式，減碳機制

明確且減碳效益評估模式及各項碳排係數確實可反映整體之工程碳排量，尤其透過標準作業流程（SOP）之制定更可落地執行以達所設定之短、中長期減碳目標，提升管理之效度。

(四) 小結

水利署為推動國內水利工程落實節能減碳之願景，透過國際間廣泛使用之「排放係數法」進行工作項目之「活動強度」乘以「碳排係數」之合計加以估計二氧化碳當量（CO₂e）；並藉由PCCES工項編碼及程式整合開發之應用，估算水利署2019年至2021年之工程碳排量。另為推動減碳工程之碳排量需求盤點，採逐年設定減碳目標之方式，首



創「碳預算管理」方法，以最具減碳效益之工程規劃設計階段優先納入系統性減碳策略及管控，自工程預算編列開始即導入減碳思維及策略並據以設定減碳目標，使設計單位可依政策指導，導入再生材料、減廢、營建自動化、生態、節能、固碳、耐久等多元措施與概念。最後，在各執行單位之推動協調小組檢討合於碳排量總量管制目標前提下，辦理工程發包執行及造冊列管，以逐步達成水利工程淨零目標。

三、減碳策略運用與實際案例

(一) 水利工程減碳策略應用

為落實水利工程全生命週期減碳策略應用，以四大綠色內涵（綠色材料、綠色工法、綠色環境、綠色能源）納入工程考量，以政策引導方式綜合考量對環境之影響及計畫合理效益，以減量設計為主軸；搭配選用低碳排係數工項及材料、因地制宜工法，配合施工階段抽查及有效節能營運管理，逐步執行達成減碳成效。經調查水利署2022年發包之170件工程常用減碳策略如下：

1. 低耗能之工法：採用自動化或標準化施工方式、結構體輕量化設計（如系統模板）、於施工方法中導入預鑄品（如預鑄護欄、預鑄溝蓋、預鑄車阻、預鑄鋼筋混凝土管、預鑄樑柱、預鑄外牆、預鑄隧道環片等）。
2. 減少工程廢棄物：由源頭減少資源的產出

並考量營建廢棄物回收與再利用、透過管理手段對營建材料的供應、裝卸動線及倉儲配置等進行妥善規劃。

3. 土方挖填平衡：規劃應以最小面積開挖或以最短運送距離操作、優先考量用於工區填挖平衡以減少外運；剩餘土方堤前培厚。
4. 生態工法（近自然工法）：因地制宜使用自然材料之施工方法，如回包式加勁工法、地工沙腸袋工法、石籠工法搭配現地土石或取自工區河床之自然石材的砌石工法。
5. 綠建材或環保建材：低汙染、省資源、再生利用、可回收之綠建材或再生材料等綠色環保產品、設備。
6. 新型混凝土：高性能混凝土（HPC）、自充填混凝土（SCC）、超高性能混凝土（UHPC）。
7. 再生工程材料：再生瀝青混凝土、再生混凝土、高壓混凝土磚再生建材、再生橡膠地磚、再生陶瓷面磚建材、水庫淤泥利用、使用焚化底渣再生粒料或廢棄物再利用。
8. 就地取材：砌石護岸、鋪塊石、混凝土排塊石、混凝土砌塊石、乾砌塊石、混凝土襯排塊石、混凝土襯砌塊、拋石護坦工、自然河床料便道鋪築、土堤培厚等。
9. 替代材料：混凝土礦物摻料提升替代水泥用量。
10. 環保低污染材料：綠建材、省水標章、環保標章、減碳標籤及節能標章、ESG廠商產品與服務。

（二）創新減碳工法運用

除常用之水利工程減碳策略外，水利署亦不斷嘗試新減碳工法，如「濁水溪下溪墘堤防段防災減災工程」土工沙腸袋工法運用（圖7），以具抗紫外線之高強度聚丙烯（PP）編織而成，經縫合成管狀織布袋，再抽取現地土砂填灌，由於織布之孔隙可將水排除而保留砂土於袋體內，而形成廣泛應用於河川及水利方面之大型重力式結構物。利用現地材料回填，可取代傳統消波塊或混凝土構造物，完工後整體效益良好，且施工快速、不需用混凝土、袋體尺寸可客製

化、施工簡易無須大量施工機具、柔性工法，易於修補維護、友善環境等特性等。實務案例亦有運用於各式壩體類結構堤心材料（突堤、離岸堤、防波堤、潛堤）、臨時施工圍堤或圍堰、橋墩保護、海岸線保護、人工沙丘、人工養灘、河川護岸堤心材料或其他保護工程。

水利工程常有疏濬需求，利用疏濬現地砂、水加上少許水泥就地拌和調配，既無使用鋼筋又不須外運進來混凝土，可有效減少砂石車運具載運，達節能減碳之效。實際應用案例如「濁水溪許厝寮堤段整體環境改善



圖 7 土工沙腸袋應用情形



圖 8 固化土步道施作情形



工程」(圖8)，相當於減少1,089 m³混凝土用量、現地土方再利用約15,400 m³，計可減少碳排放約563tCO₂e。

(三) 策略使用頻率分析

經統計2022年發包之170件水利工程，依據減碳方式原則四大策略：「綠色材料」、「綠色工法」、「綠色環境」及「綠色能源」，粗略分為以下14項具體執行方式(表2)，並歸納工程使用減碳策略計達296次；其中減碳策略使用以就地取材使用82次為最高、植樹固碳及生態營造使用69次居次，再者為再生工程材料則使用45次，而使用較少方式為以自然為本的解決方案(1次)、最小營建規模(2次)、新型混凝土(2次)，可為

後續持續努力推廣之方向。有關綠色能源部分，鑒於水利工程設計過程較無綠色能源開發之應用，針對該項策略，現階段執行單位多納入施工階段及營運階段考量，未來如有新科技或工法開發應用相關綠色能源技術，可進一步於水利工程中設計導入及推廣。

(四) 實際案例

工程設計已導入減碳思維，其中2022年代表性工程如第六河川局的「鹽水溪新埔橋至北新橋堤防新建工程併辦土石標售」(圖9)，減碳策略主要以石籠取代坡面工8,000 m³、植樹喬木100株、綠色經費佔31.4%，共減碳2,650 tCO₂e；及水利署第十河川局的「磺溪南勢湖二號堤防整建工程」

表 2 水利工程減碳策略與執行頻率

減碳策略	落實執行方式	具體方式	使用次數
綠色材料	環保與耐久材料	使用環保標章建材	10
	新型混凝土	使用 HPC、SCC、UHPC	2
	再生工程材料	再生瀝青、水庫淤泥等	45
	就地取材	石材、土方就地取用	82
	替代材料	礦物摻料等	8
綠色工法	低耗能之工法	系統模板、預鑄品等	4
	減少工程廢棄物	既有構造留用等	11
	土方挖填平衡	挖填平衡降低棄土	24
	生態工法(進自然工法)	砌石工、石籠等	38
綠色環境	最小營建規模	減量設計	2
	植樹固碳、生態營造	種植喬、灌木、植披	69
	以自然為本的解決方案(NbS)	NbS 生態設計	1
綠色能源	再生能源系統	水力、風力、太陽能	-
	節約能源設備	LED、節能設備等	-



圖9 石籠取代坡面工



圖10 使用環保與耐久材及大量植樹

(圖10)使用環保標章材料-馬賽克磚1177.8才、植樹喬木63株、灌木6,216株等減碳策略，綠色經費佔33%，共減碳595 tCO₂e。兩案件皆已充分將減碳策略融入於設計中，不同於以往傳統工法，在安全考量下，以就地取材、環保與耐久材料及大量植樹固碳，不單能美化環境，更能落實工程減碳。

四、執行成果與效益

水利署為瞭解推動系統性減碳成果，經統計2022年發包之170件工程，其中河海類工程計99件、水資源小型工程計24件、疏濬工程計37件、防汛備料類工程計10件，減碳量共計80,661 tCO₂e，減少比例24.1%，綠色經費比例14%；並統計種植喬木約14萬株，灌木約137萬株，面積達178公頃，已順利達成2022年減碳目標（-20%）。

就效益而言，因應氣候變遷，溫室氣體效應導致全球暖化升溫，降低溫室氣體排放是減緩氣候變遷的主要手段。水利工程碳預算管理之方法於設計階段即落實工程節能減碳，並以植樹方式進行固碳之方式，均能間接推動各類相關產業往淨零轉型方向邁進，以低碳材料進行設計或採低耗能之施工機具達到減碳成效，對環境及企業有正面影響。希望藉此帶動其他機關及民間企業社會責任，並使企業能落實「環境保護（Environment）、社會責任（Social）和公司治理（Governance）」，帶動機關與民間企業攜手共創淨零碳排的新局面；植樹部分則針對轄管土地加大種樹力道，結合綠美化環境營造與河川揚塵防制業務，推動於滯洪池或環境營造工程周邊栽植，除能對減碳做出具體貢獻外，更能營造人與自然生態共存的優質環境，並使綠色供應鏈之產業帶來效益，



加速產業升級及創造就業機會。

五、結論

本文屬拋磚引玉之探討，期望引起更多產、官、學界之關注，並帶動跨界、跨領域之工程減碳思維及策略探討。水利署已於2022年全面啟動碳預算管理機制，依統計資料顯示，可有效將減碳思維及推動流程與方法落實於各所屬機關執行過程。2022年設定之減碳目標（-20%），各案工程皆落實減碳設計，透過利用碳排量估算程式，在預算書成立時即自行檢視碳排量，避免超過總量上限或啟動碳額度交換機制；除個案管控碳排量外，於總量管制上亦可充分掌握管理。確經由初始目標設定、律定碳排量計算模式及總量管控等碳預算管理機制，為推動淨零目標之合宜方式。

面對2050淨零之挑戰，未來水利署將投入更多人力、經費，全面思考工程減碳創新策略及作為；除已領先公部門於2023年2月完成「ISO 14067產品碳足跡主任查證員訓練課程」輔導60位同仁取得查證資格外；並研議辦理各類型工程碳足跡盤查，取得第三方公證單位查證後，回饋碳排係數資料庫並驗證水利署首創之工程系統性減碳-碳預算管理機制。未來將更致力於低碳材料與工法之研究開發，如低碳水泥（淤泥）材料、節能監控技術開發；並建構完善之智慧節能設計及智能監造系統，將綠色轉型（Green

Transformation, GX）與數位轉型（Digital Transformation, DX）結合同步發展，配合以自然為基礎解決方案（Nature-based Solutions, NbS），落實水利工程淨零轉型之長期願景目標。

參考文獻

1. 「公共工程納入節能減碳與綠色能源之策略及作法」簡報資料，公共工程委員會，民國109年。
2. 產品與服務碳足跡計算指引，行政院環境保護署，民國109年。
3. 永續公共工程政策白皮書-修正版，行政院公共工程委員會，民國110年。
4. 新興公共工程計畫落實節能減碳評估，行政院農業委員會林務局，民國110年。
5. 碳排放資訊於水資源有效利用之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所，民國110年。
6. 「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」委託研究案-成果報告減碳規則篇，行政院公共工程委員會，民國101年。
7. 水庫系統碳足跡與水資源工程溫室氣體排放量評估（總報告），經濟部水利署水利規劃試驗所，民國102年。
8. 應用公共工程經費電腦估價系統（PCCES）架構估算工程二氧化碳排放量委託研究案成果報告，行政院公共工程委員會，民國102年。
9. 公共工程碳排放量試辦計畫，行政院農業委員會水土保持局，民國103年。
10. 水資源工程計畫碳管理制度研究（總報告），經濟部水利署水利規劃試驗所，民國104年。
11. 永續水利工程評估指標推廣與碳盤查作業研究，經濟部水利署，民國104年。
12. 水利署及其所轄機關設施碳中和潛力評估研究，經濟部水利署，民國106年。
13. 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程之鋪面工程生命週期排碳特性分析，鋪面工程16卷2期，民國107年。
14. 水利工程工資工率分析手冊，經濟部水利署，民國108年。
15. 製造業產品環境足跡及資源永系資訊專區（網站），經濟部工業局，民國110年。
16. 溫室氣體排放量盤查作業指引，行政院環境保護署，民國111年。
17. 綠色企業（<https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/esg/environmental-sustainability/5g-green-enterprise>），中華電信。
18. 產品碳足跡資訊網（<https://cfp-calculate.tw/cfpc/WebPage/LoginPage.aspx>），行政院環境保護署。
19. UK Environmental Agency (2012), Carbon calculator



for construction activities. <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/37543.aspx>

20. "Building a low-carbon economy – the UK's contribution to tackling climate change." by CCC,
21. 2009, "Advice on the fourth carbon budget." by CCC; 2011, "Advice on the fifth carbon budget." by CCC, 2015.
22. 英國氣候變遷委員會 (Climate Change Committee, CCC) 官網, <https://www.theccc.org.uk/>, 於 2021 年 10 月 6 日造訪。
23. 「社團法人中國土木工程學會」第四十九卷第六期刊, 「全國首創水利工程碳預算管理方法」, 2022。
24. 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明, 國家發展委員會, 2022。
25. 「水利工程減碳作業參考指引」(規劃設計篇), 經濟部水利署, 2022。



自然解方於外傘頂洲防護應用

經濟部水利署中區水資源局局長（前第五河川局局長）/ 莊曜成

經濟部水利署第五河川局簡任正工程司 / 林宏仁

經濟部水利署第六河川局研究員（前第五河川局規劃課課長）/ 徐立昌

經濟部水利署第五河川局規劃課副工程司 / 甘芳亘

關鍵字：外傘頂洲、自然解方（NBS）、沙洲侵蝕防護

摘要

外傘頂洲不僅是嘉義沿海養殖產業主要屏障，同時是嘉義沿海重要防護沙洲。惟多年來因颱風暴潮、水道治理、沿海土地開發及相關設施興建等影響，外傘頂洲在沙源補助減少及海潮作用下，逐漸侵蝕淺化。為減緩外傘頂洲侵蝕速率，內政部整合外傘頂洲沙灘流失問題，擬定「防止外傘頂洲沙灘流失整體防護計畫」，並分短、中、長期計畫處理。水利署第五河川局依計畫分工，採用NBS方法（Natural Based Solution），執行河口與海岸疏濬補充海岸沙源計畫，並採用自然材料建置長短突堤、排樁與3種沙洲攔沙工，除了增加海岸防護能力外，並利用海岸的自然廢棄材料，達到生態環境與沙洲防護雙重效益。

一、前言

（一）外傘頂洲變動歷程

依據前臺灣省土地資源開發委員會在民國62年[1]報告指出，雲林海岸在17及18世紀即有沙洲島群存在，但海岸並未出現瀉湖與沼澤。早期雲林海岸沙洲地形發達主要係因濁水河流域沙源豐富，在濁水溪未整治前，上游土沙成扇狀沿北港溪、舊虎尾溪、新虎尾溪等河道輸往雲林海岸，遂有當年海岸沙洲羅列景象；其中主要沙洲，包含台西鄉外海豐島、四湖鄉外海箔子寮汕、統仙洲，以及口湖鄉外海外傘頂洲，嗣因東北季風由北往南漂沙影響，沙洲逐漸往南移動。

前臺灣省水利局在民國70年[2]綜合1900

年到1980年間，歸納出雲林海埔地地形變遷特性略以：1911年為分界，1911年日本人治理北港溪等五大河川以前，濁水溪河口海埔地僅止於崙子頂西方，當年台西港為水深超過10公尺之天然良港。1911年濁水溪治理後，海埔地逐年向南伸展，到1947年延伸至舊虎尾溪口西方，1962年延伸到三條崙港西方，1981年延伸到箔子寮漁港西方。前後80年間海埔地在雲林縣境內合計南伸12公里，即每年平均南移150公尺。後因濁水溪上游沙源全數由濁水溪入海，北港溪等河川排出沙源銳減，海岸沙洲遂逐年往陸地方向靠近，沙洲面積逐年縮小。分析1920~1979年約60年期間，外傘頂洲後退約3.9公里，平均每年

後退距離約65公尺；此期間沙洲面積減少約6,300公頃，估計每年侵蝕量在1,000萬立方公尺。

另依據國家海洋研究院報告[3]，整理1985至2019年期間，外傘頂洲變遷相關研究如表1；相關研究報告說明外傘頂洲1980年以後變動趨勢，呈現逐年往南、往陸側移動，且沙洲面積逐漸縮減。1984~2022年期間，外傘頂洲灘線與面積變化如圖1與圖2所示，顯示沙洲東半段臨北港溪口位置退縮較慢，西半段接近澎湖水道灘線退縮較快，且越接近沙洲西南端之灘線退縮越明顯。2014年外傘頂洲西端出現缺口，此後缺口逐漸擴大，西

表 1 1985~2019 年期間外傘頂洲變遷之研究成果摘錄

研究報告	研究方法	研究成果
林銘崇、莊文傑，(1985)「外傘頂洲地形變遷之研究」[4]	由古地圖、衛星影像及河口海岸地形數值模式，預測外傘頂洲未來變化	於 1932~1982 年間，外傘頂洲北段平均每年大約向南漂移 250 公尺。
吳啟南、李元炎、彭森祥，(1992)「遙測應用於外傘頂洲的變遷分析」[5]	衛星影像	1973~1982 年間向南漂移速度更快，平均每年向南移動約 500 公尺，且沙洲面積估計減少 200 平方公頃。
顏志偉、張恆文，(1999)「外傘頂洲對近岸地形變遷影響之研究」[6]	數值模擬 (COMOR 海岸地形變遷模式)	模擬一年及五年後之地形變化，模式中分別考慮潮流、北方入射波及西南入射波之影響後，結果顯示，箔子寮沙洲會向南及本土陸地方向移動，然因離島工業區之存在可能使南移之箔子寮沙洲無法依照原先移動速率於未來補充沙源於外傘頂洲，而外傘頂洲南方端點有持續成長之趨勢，其平均輸沙量之方向由潮流所控制，一部分之淤沙往北延散，另一部分淤沙則藉由折射波及繞射波繞過南端往南移動聚積成尾洲。
張憲國、陳蔚璋 (2005) 「以衛星影像探討外傘頂洲的海灘變遷」[7]	以 1993~2004 年 SPOT 衛星影像進行分析	於 1993~2004 年期間，海側及陸側皆有向臺灣本島靠近的陸化現象。海側陸化速度較陸側為快。西南側的陸化速度較東北側為快，故外傘頂洲本體呈以逆時鐘方向旋轉，並有向東南延伸趨勢。陸側灘線上游與下游部分之變化，各以平均速度 26.49 與 79.56 m/year，往臺灣本島方向靠近，若灘線變遷趨勢不改變情況下，則上游及下游部份將分別於 2103 年及 2178 年與臺灣本島相連。



研究報告	研究方法	研究成果
經濟部工業局 (2013)「雲林離島式基礎工業區永續環境管理計畫」[8]	以 1984 年至 2013 年外傘頂洲測量資料進行分析	自 1982 年起灘線位置即呈現退縮的趨勢，東半段灘線位置退縮較慢，西半段灘線退縮較快。 1982 年至 2004 年期間，外傘頂洲北岸灘線後退速率小於 100 公尺 / 年，其中外傘頂洲西端沙嘴位置，在 2004~2010 年期間每年平均後退速率達到 256 公尺 / 年，在 2010~2013 年期間後退速率達 252 公尺 / 年。 由 2003~2013 年期間沙洲面積變化（高程 -0.5 m 以上）資料顯示，於 2003~2011 年期間，外傘頂洲面積由 4445.8 公頃縮減至 1541.8 公頃，每年平均縮減約 363 公頃，迄至 2013 年時面積僅餘 1281.04 公頃。 由各高程級距面積變化資料情形知，2003 年時高程大於 1 m 之沙洲面積尚有 548.76 公頃，至 2011 年時僅餘 41.24 公頃，顯示外傘頂洲沙洲脊線，於該期間內明顯侵蝕。
外傘頂洲變遷對嘉義海岸防護影響之研究 (2014) [9]	以 1993 年至 2014 年外傘頂洲測量資料進行分析	臨西側海岸線整體大致往東側移動約 0.11~3.55 公里。臨東側海岸線整體大致往東側移動約 0.25~3.31 公里。由 1999 年以後沙洲面積變化資料，進行二次曲線回歸。若沙洲面積縮小趨勢不變，則依沙洲面積變化曲線推算結果，於 2028 年以後沙洲高度將沒入 EL.0 m 以下
張憲國、賴昇齊、陳蔚璋 (2017)「應用衛星影像的水線辨識於外傘頂洲的灘線變遷」[10]	衛星影像 SPOT-5、SPOT-6 及 SPOT-7 (2007~2015)	以 2007~2015 年的陸地面積被侵蝕速率，可預測外傘頂洲的陸地將於 2060 年完全低於平均潮位而淪為潛沒沙洲。
彭新雅、曾國欣、錢樺、陳彥欽 (2019)「運用多時期衛星影像探討外傘頂洲變遷」[11]	衛星影像 Landsat-5/-7/-8、SPOT-2/-4/-5/-6/-7 以及 Sentinel-2 (1984~2015)	根據 1990~2018 年衛星資料分析，外傘頂洲體積變化量從 18.8 百萬立方公尺減少為 10.3 百萬立方公尺，沙洲移動速率為 78.7-221.3 m yr ⁻¹ ，其中沙洲南端移動速度大於北端，且預計 2048 年前後沙洲本體會向鰲鼓濕地淤積。

資料來源：國家海洋研究院 (2020)「雲嘉海岸 (外傘頂洲) 侵退防治研究委託專業服務案」[12]

端沙洲於 2017 年沉沒海平面下，然而 2018 年沙洲東南端出現新的浮動沙洲且與東半段沙洲接合。

由歷年外傘頂洲北側灘線位置，分析 1984~2004 年期間沙洲每年後退速率約 100 公尺；2004~2010 年期間西半側每年後退速率達 256 公尺，顯示沙洲高程降低陸域面積縮小後，沙洲後退速率呈現加快趨勢。統計 1984 年至 2021 年期間沙洲灘線變化，整體沙洲往南移動約 3.5 公里，最南端灘線往東約移動 6 公里，平均每年後退速率為往南移動 95 公

尺，往東移動 162 公尺，整體沙洲呈現逆時鐘方向持續向嘉義海岸靠近。

(二) 外傘頂洲防護工作面臨挑戰

由往昔文獻研究，分析外傘頂洲灘線往南後退侵蝕主要因為漂沙來源不足，加上冬季期間東北季風引致的沿岸流與劇烈風沙搬運，加速外傘頂洲南移速率。此外，颱風過境伴隨強浪所產生的越洗作用，容易使沙洲陸域淺化。因此，外傘頂洲侵蝕防護工作，除了必須同時對抗沿岸流、風吹沙與波

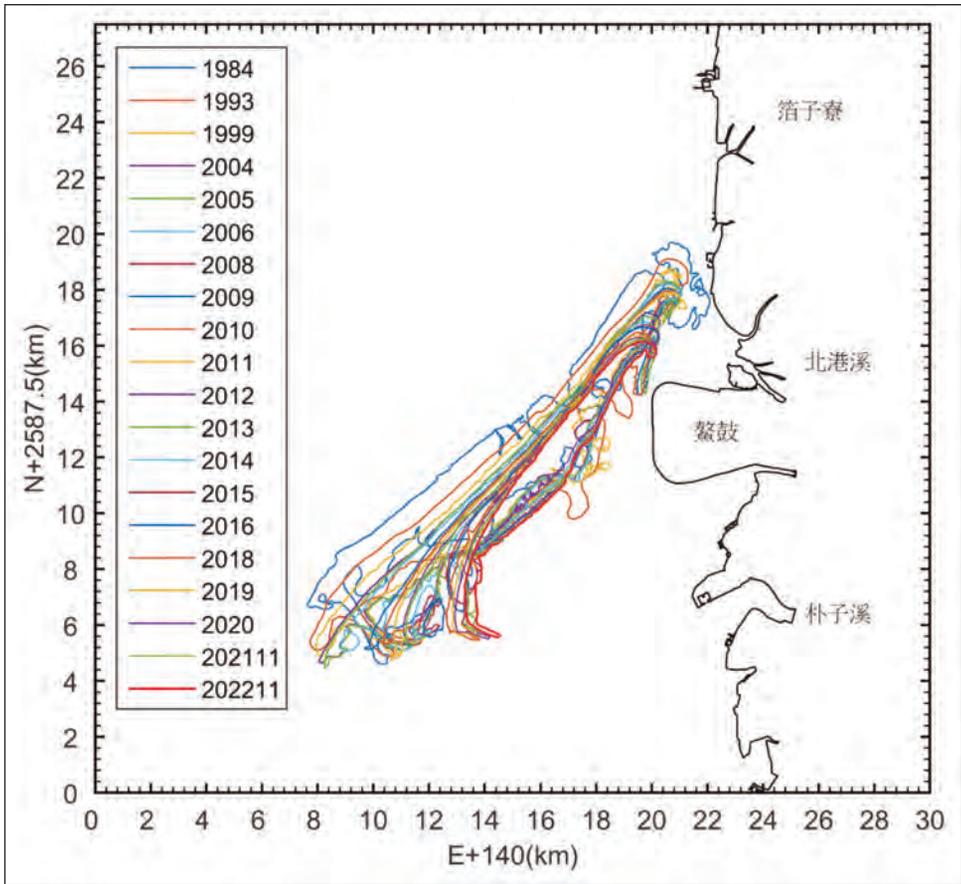


圖 1 1984~2022 年期間外傘頂洲灘線變化

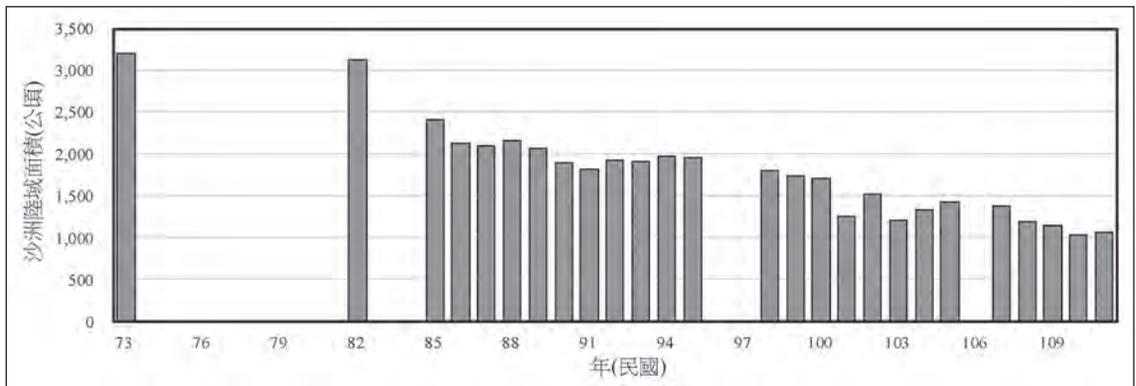


圖 2 1984~2022 年期間外傘頂洲陸域 (0 m 水深線) 面積變化

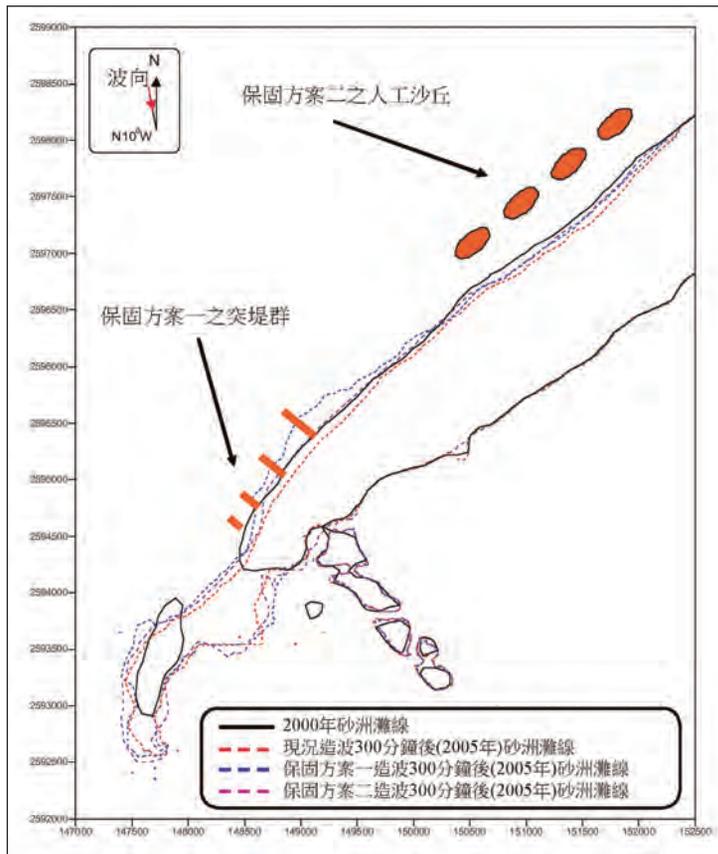


浪越洗作用外，還要設法補充漂沙來源以穩定沙灘。

雲林縣政府曾於民國45年間在外傘頂洲上進行約50公頃的植栽造林工作，試圖降低風吹沙影響；然因保護措施不足，林木終被侵襲摧殘。爾後，林務局採用編籬定沙方式結合管草、馬鞍藤等地被植物進行防風定沙工作；然仍無法承受強風、飛沙、鹽霧與乾旱危害，最終仍告失敗。民國77年間，雲林

縣政府再度於外傘頂洲進行植栽造林，然林木存活率低造林計畫仍宣告失敗。

在沙洲灘線防護對策上，嘉義縣政府於民國91年委託成功大學辦理水工模型試驗 [13]，在沙灘保護措施對策上，採用地工沙管突堤群及潛沒人工沙丘（參圖3配置）進行水工模型試驗。該試驗結果顯示，在外傘頂洲灘線穩定上，地工沙管突堤群較潛沒人工沙丘可以達到更佳防護效果。此外，基於



資料來源：郭禮安等人（2003）「外傘頂洲保護措施進行數值分析與水工模型試驗之研究」 [13]

圖 3 外傘頂洲保固方案配置



過去植栽造林計畫失敗經驗，該研究報告在飛沙防治對策上，建議採用植物演進工法配合沙丘重建，分階段分不同樹種進行植栽計畫，並以堆沙回復沙丘高度。

(三) 外傘頂洲沙灘流失對東石海岸養殖環境影響

依嘉義縣政府調查資料[14]顯示，位於外傘頂洲東側的養殖水域，因為外傘頂洲變遷對當地養殖環境之衝擊，包括沙洲往內側移動使得水域淤淺，養殖面積逐步縮小，沙洲高度淺化後波浪由西側越過沙洲進入東側水域機率增加，影響水域靜穩度；諸多因素加總後，將嚴重影響外傘頂洲東側水域牡蠣產量與品質；水域面積以及牡蠣單價變化情形如圖4所示，2009年養殖面積約有4,720公頃，至2020年減少至2,863公頃，每年約減少155公頃。圖5是2021年9月外傘頂洲東側水域

內牡蠣養殖型式分佈範圍，由蚵架型式分佈研判，外傘頂洲變遷影響首當其衝的是潟湖西南側緊鄰沙洲內側水域；該區域現階段多以浮棚式蚵架為主，在2019年調查時該區域仍存有少部分平掛式蚵架，訪查得知該區域蚵架受沙洲東移的影響而遭到掩埋，且浮棚式養殖區域水面靜穩度變差，蚵架受損率亦增加。至於沙洲東半內側水域，受沙洲高度潛沒內移影響，波浪越波機率增加，導致養殖水域靜穩度惡化，養殖區水域面積變化，同時影響養殖區底質特性、浪高、流速、懸浮質濃度、細菌相、生態、水溫、鹽度及水質等條件，致牡蠣產量、產值、產業規模、品質以及養殖方式均產生變化。

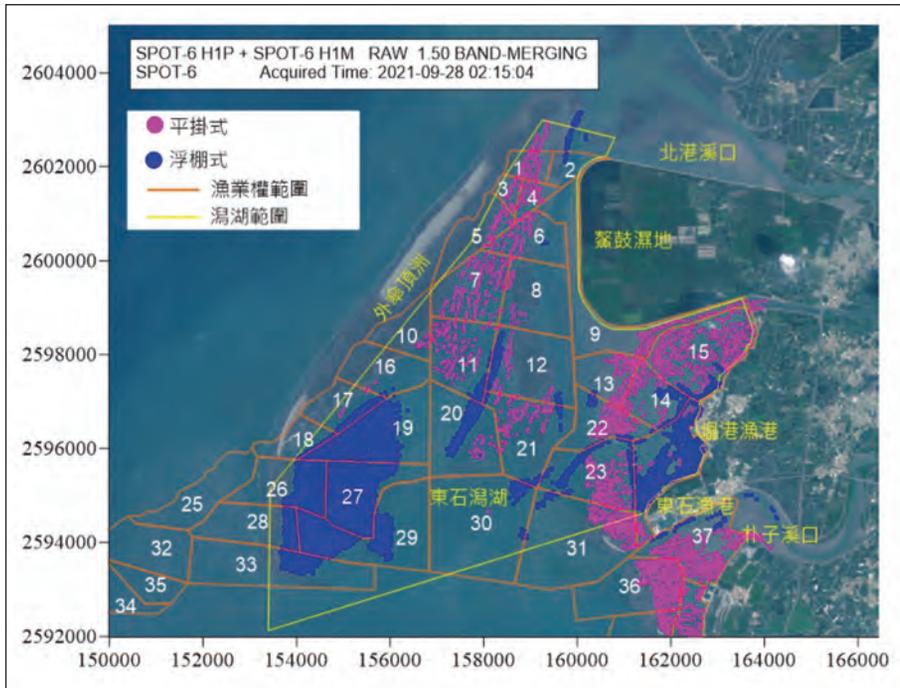
二、外傘頂洲沙灘侵蝕整體防護策略

外傘頂洲侵蝕問題存在已久，過去單純辦理植栽造林工作較無明顯成效，且沙洲侵



資料來源：嘉義縣政府 (2021)「嘉義縣東石海岸濕地沙洲與潟湖變遷監測計畫」[14]

圖 4 2009~2020 年嘉義沿海牡蠣養殖面積及單價變動



資料來源：嘉義縣政府（2021）「嘉義縣東石海岸濕地沙洲與潟湖變遷監測計畫」[14]

圖 5 2021 年 9 月東石潟湖內牡蠣養殖型式分佈概況

蝕防護以及衍生的問題涉及跨部會權責。民國109年海洋委員會曾召開跨部會協調會議，整合各類議題並進行相關研究。海洋委員會依據相關研究結論，向行政院公共工程委員會反映權責單位必須採取應急保護措施，爾後行政院公共工程委員會召開數次「研商外傘頂洲沙灘流失問題因應對策協調會議」，依據會議結論請內政部整合外傘頂洲沙灘流失問題與因應對策，隨後內政部提出「防止外傘頂洲沙灘流失整體防護計畫」，並研擬短、中、長期因應措施，及各部會負責執行分工項目、工作內容、經費等具體執行計畫。整體防護工作內容與執行區域參見

圖6，工作方法依據水利署建議主要採用NBS方法，以近自然海岸養灘為主要手段；輔以海岸滯沙與沙洲攔沙工，以及植栽定沙等方法。海岸養灘料源主要來自河口、海岸、港灣等區域淤沙疏濬，藉以達到土沙回收再利用目的。滯沙工與攔沙工以自然材料竹子與生物材料蚵殼為主，除降低對沿岸水流攔阻外，亦可達到生態環境保育，以及廢棄蚵架、廢棄蚵殼再利用目的。

綜合而言，沙灘流失整體防護計畫內容的計畫目標有下列五點：

1. 防治海岸災害：保護民眾生命財產安全，

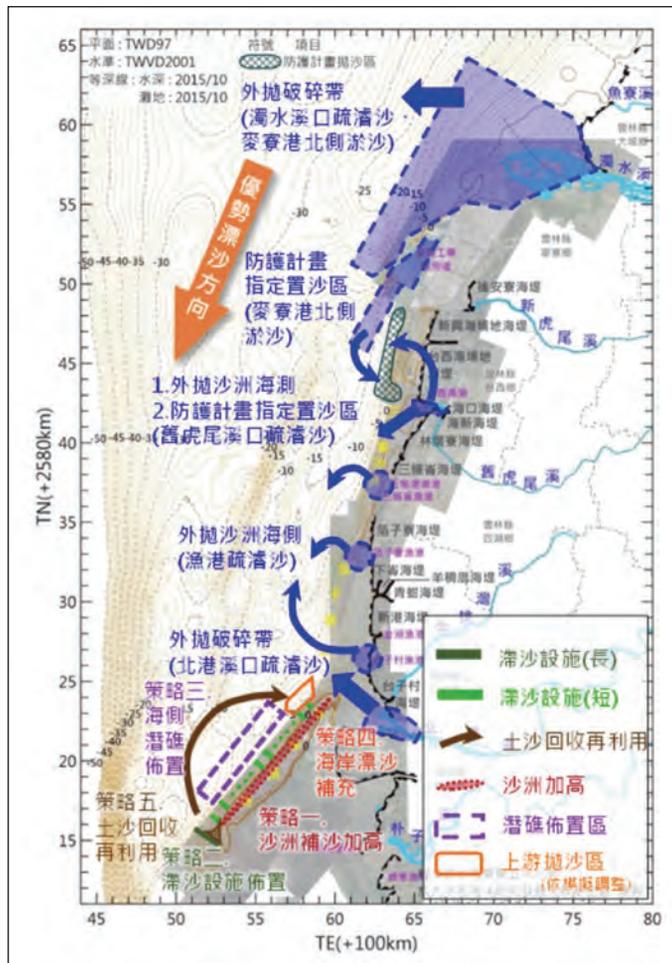


圖 6 外傘頂洲整體防護工作規劃示意圖

- 降低天然災害造成之損失與影響。
2. 維繫動態平衡：同時解決工業區或港區淤沙與海岸侵蝕問題，使沿岸輸沙量供需達到平衡狀態，穩定外傘頂洲沙灘。
 3. 海岸零損失：利用人工養灘工法培育沙洲寬度，以提升海灘消浪能力，減緩沙洲侵蝕退縮速度，以回復近自然海岸。
 4. 保護養殖產業：保護養蚵產業安全及減少

娛樂漁業影響。

5. 持續監測：藉由長期海岸地形之監測成果，作為預測或預警海岸地形變遷趨勢及納為因應措施調整之參考。

三、自然解方（NBS）的應用

水利署第五河川局針對外傘頂洲海岸沙



源不足、沿岸流漂沙不足，以及波浪越洗作用等3種沙洲侵蝕機制，分別擬定公私協力3種沙洲攔沙工、人工養灘、突堤滯沙設施等NBS方法；其中，河口疏濬養灘工程與海岸滯沙工程仍在辦理中，而沙洲攔沙工於111年度試辦3種工法，總長度雖然僅有135公尺，然實施半年後已略顯成效。

(一) 沙洲公私協力攔沙工

嘉義沿海牡蠣養殖業興盛，強風大浪期間，沿海蚵架受襲倒塌後漂流至岸邊成為海岸廢棄物，造成海岸環境髒亂，對海岸景觀與生態環境均產生威脅。為達到海岸防護與天然廢棄物再利用的雙重目標，水利署第五河川局藉由公私協力活動，結合相關政府機關、學術單位與地方居民力量，收集沿海漂流蚵架，在外傘頂洲背風面利用廢棄蚵架施作簡易沙洲攔沙工設施；同時藉由公私協力活動整合地方共識，與在地居民共同推動外

傘頂洲防護工作。

3種NBS沙洲攔沙工布置參見圖7，初期選擇位於高潮位線與低潮位線區域，以倒「品」字型排列方式，分別布置竹籠攔沙、竹籠固沙與蚵殼定沙等3種攔沙固沙工；3種工法長度約在45公尺左右，間距在15~20公尺之間，主要目標在於攔截沙洲迎風面波浪越洗時攜帶沙源進入養殖區水域內，進而防止養殖水域受波浪越洗作用影響而淤淺。

2022年8月15日完工3種沙洲攔沙工後，於8月22日設置侵淤深度監測點，並於10月6日進行監測點侵淤厚度調查，3種沙洲攔沙工位置淤沙情形參見圖8~圖10。在沙洲攔沙工完工後1個月，構造物位置已經出現明顯淤沙，其中又以蚵殼定沙工淤沙情形最明顯，蚵殼串一半高度均已經埋入沙堆中。竹籠固沙工雖然也出現淤沙情形，但是構造物周圍卻出現水流冲刷坑洞，研判是竹籠透水



圖 7 3種沙洲攔沙工以倒「品」字型排列方式布置

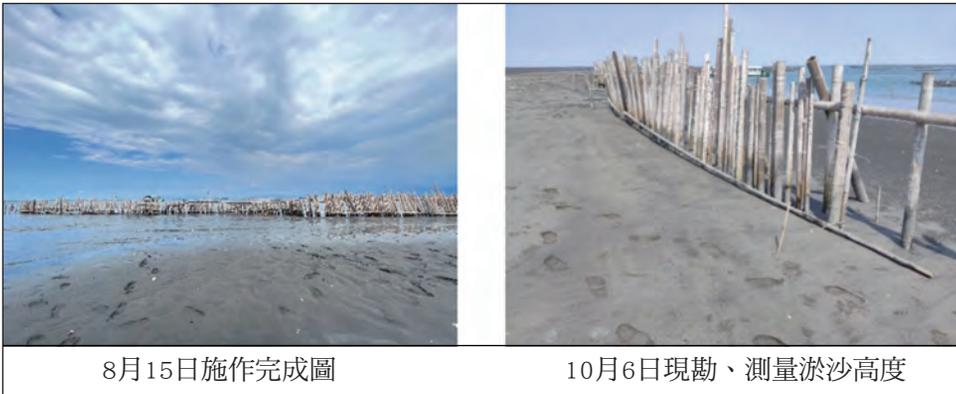


圖 8 竹樁攔沙工攔沙成效



圖 9 竹籠固沙工攔沙成效

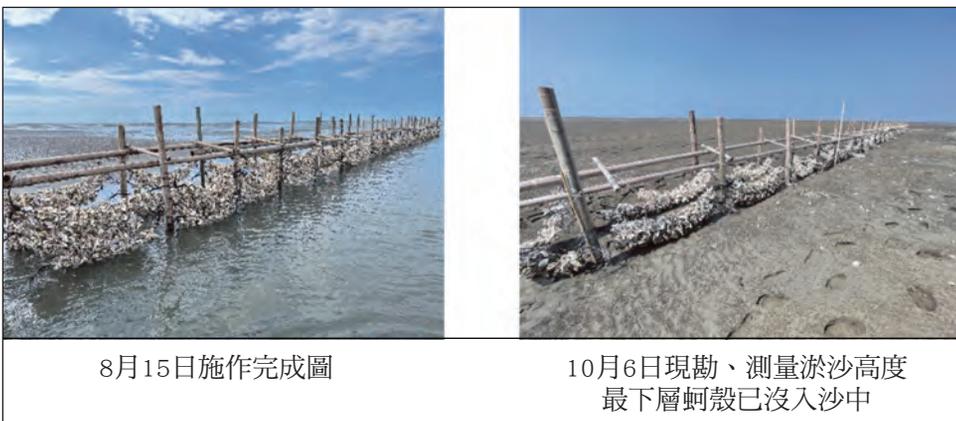


圖 10 蚵殼定沙工攔沙成效



率較低對水流阻擋大，導致竹籠附近出現沖刷坑，竹樁攔沙工效果則介於其他兩種工法之間。

圖11是2022年8月22日至10月6日共計45天期間，3種沙洲攔沙工周圍淤沙高度觀測結果。在竹籠固沙與蚵殼定沙工西側，即沙洲迎風面出現低於24公分厚度的沖刷現象，以及低於5公分的淤沙厚度。此結果說明觀測期間，沙洲優勢漂沙方向係由東往西，符合沙洲西端走向。蚵殼定沙工東側出現20~35公分淤沙厚度，顯示水流經過蚵殼串後流速降低，增加水中泥沙落淤效果。竹籠固沙工東側亦出現明顯淤沙，厚度介於10~20公分，淤沙成效低於蚵殼串。推斷水流經過竹籠時受阻攔而往左右兩側移動，導致竹籠前方淤

沙量較低。竹樁攔沙位於竹籠與蚵殼串下游面，由於水流到達竹樁前，水中大部分泥沙已經落淤，因此竹樁攔沙成效不若蚵殼串攔沙效果。

(二) 北港溪河口疏濬沙進行人工養灘

外傘頂洲冬季最大波高約在2~4 m之間，在抑制波浪越波目標上，若將沙洲高度提升到4公尺以上，可有效防止波浪越波進入東側水域，進而有效改善養殖水域內靜穩度。此外，沙洲高度堆高後，須配合高灘定沙工或其他固沙工，以防止風飛沙將高灘沙子帶入東側水域，造成養殖水域水深淤淺。

在雲林海岸地形變遷歷程中，位於箔子

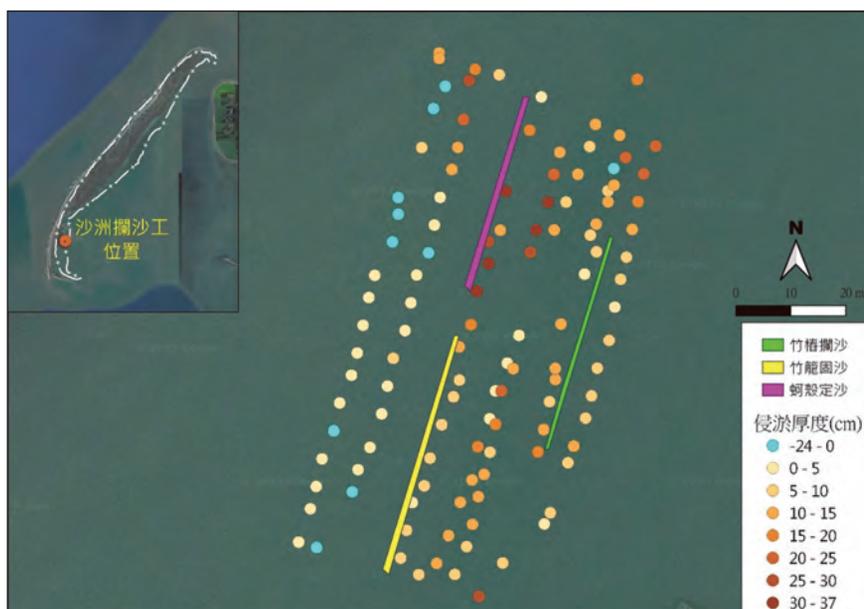


圖 11 3 種沙洲攔沙工攔沙厚度分布 (2022 年 8 月 22 日 ~10 月 6 日)

寮漁港外海的浮動沙洲在民國86年尚有96公頃露出海面，至民國99年僅剩4.7公頃露出海面。該沙洲潛沒海面後仍持續往南移動，於民國103年左右到達外傘頂洲東半段，成為外傘頂洲東半段沙灘最大的漂沙補注來源。此期間外傘頂洲西半段持續侵蝕，而東半段仍可維持灘線穩定，主要原因即是箔子寮外海浮動沙洲補充沙源。然該沙源持續往南移動時，受外海波浪與潮流推動，其移動方向偏向北港溪河口，造成台子村漁港與北港溪河口之間水域淤積。本次河口疏濬養灘工程範圍與施工布置參見圖12，主要是將前述淤積區域，即河口-1m區域浚深至-4m，藉以提升北港溪河口通洪能力，促使外海漂沙在

深槽區落淤，避免持續往陸地方向移動而影響漁港航道水深。本次工程預計補充外傘頂洲10萬立方公尺土方量，利用輸沙管線抽沙至養灘區，將沙洲高度填築至+4.0m（參見圖13），並將臨海側坡面整坡至1:7，以利自然營力作用將沙源補充至外傘頂洲南側。

（三）海岸滯沙工

垂直海岸方向之突堤工法可有效攔阻往下游移動漂沙，但同時也會造成突堤下游端侵蝕。為穩定沙灘岸線、抑制沙洲灘線侵退，在沙洲西側採用具有高透水率竹樁群建構突堤，並在竹樁群內部吊掛蚵殼，除增加

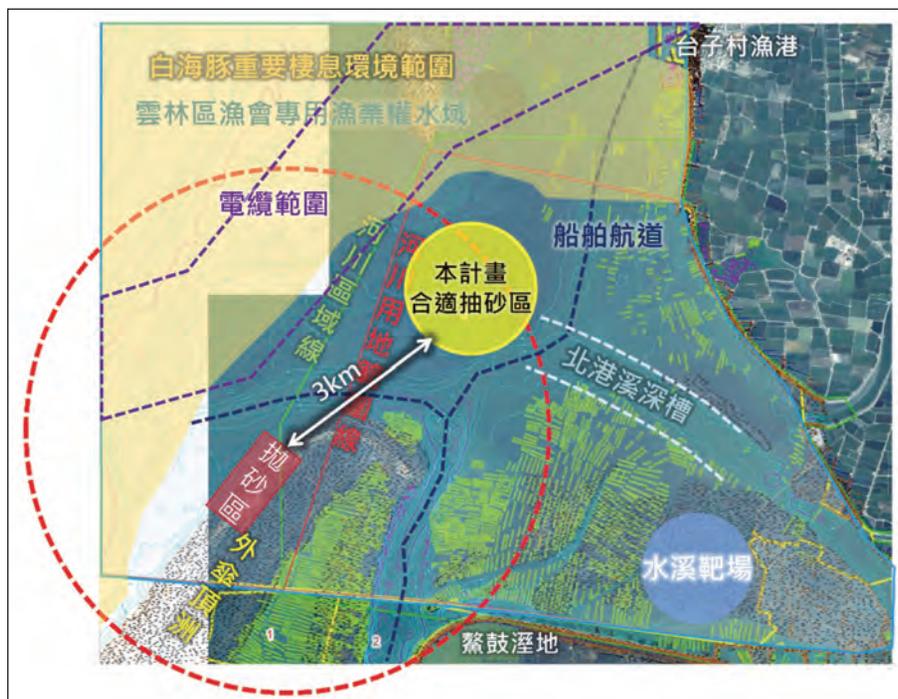


圖 12 北港溪河口疏濬養灘工程示意圖

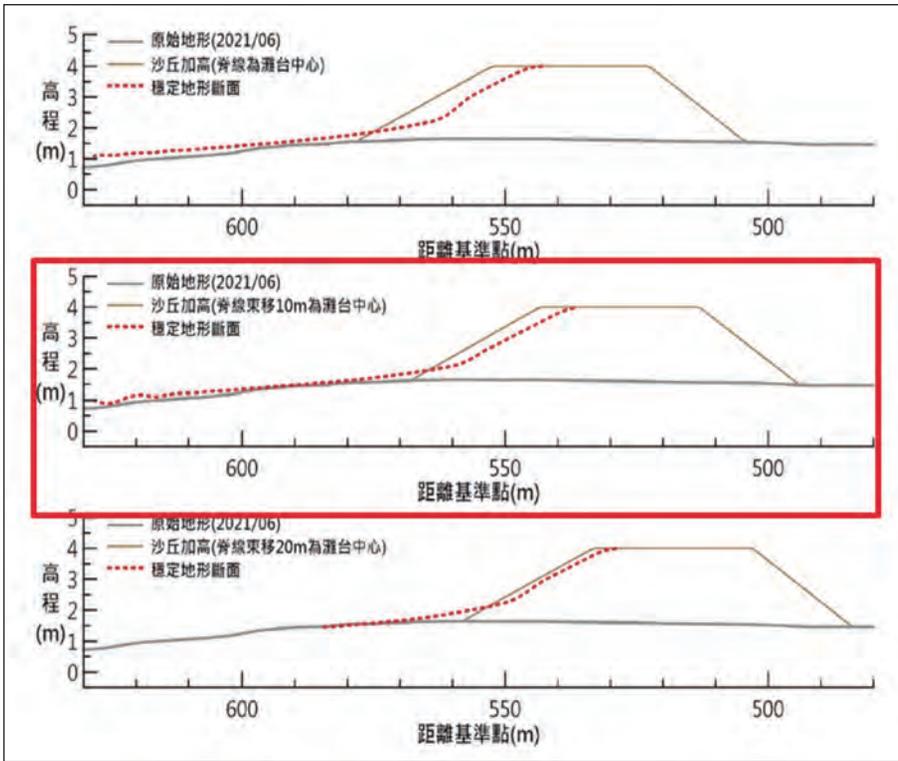


圖 13 外傘頂洲北段不同置沙加高位置穩定斷面模擬結果圖

攔沙效果外，亦可營造浮游生物附著環境，達到沙洲防護與生態環境保育目標。突堤整體規劃布置如圖14所示，包含：

1. 於沙洲南端布置約300公尺長突堤一座（編號A），以減阻漂沙往南流失或往西南流於海側深溝損失。長突堤平面示意圖參見圖15，堤頭採用直徑4公尺的八角形設計，堤頭內部採用竹樁群排列，利用竹樁群削弱波浪能量；為防止堤頭倒塌，在八角形內部輔以電桿支持以穩固堤頭。連接堤頭與沙灘的堤身內部，零公尺水深下採用牡蠣串與牡蠣殼，營造牡蠣礁環境；超過零公尺水深區域，則以竹樁加強攔沙效果。
2. 於沙洲南端沿岸侵蝕段，布置120公尺短突堤兩座（編號C1、C2）。短突堤群目標在於降低灘線侵蝕後退，以穩定灘線降低沙洲海岸線後退為主要目標。
3. 於沙洲破口段，利用竹樁設置1座180公尺之排樁（編號D），其目標在於抑止波浪對沙洲破口位置的沖刷能量，達到防止破口擴大目標。



圖 14 外傘頂洲南端滯沙工程位置圖

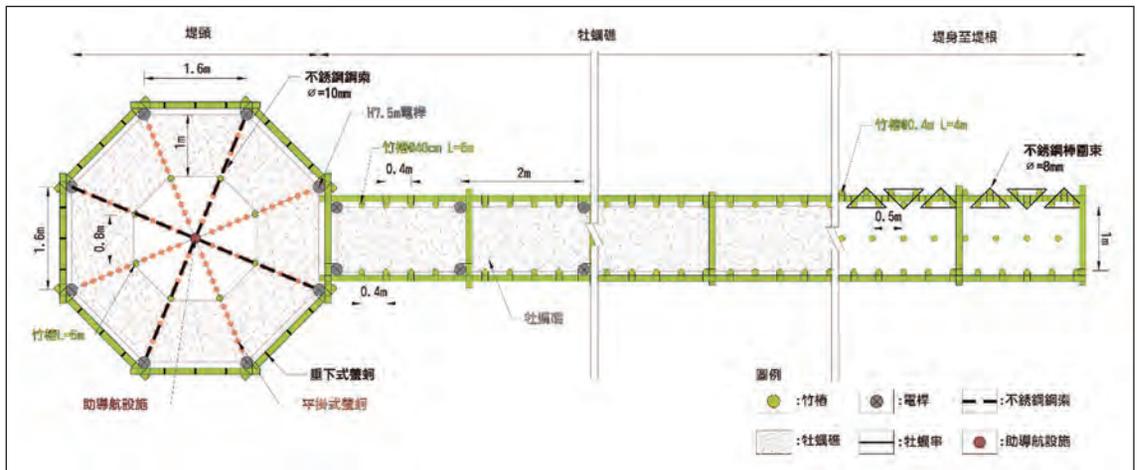


圖 15 外傘頂洲南端長突堤布置平面示意圖



四、結論

由過去超過100年的相關文獻，說明外傘頂洲侵蝕機制至少包含沿岸流漂沙、風飛沙，以及波浪越洗作用等3種機制；至於潮流與雨滴沖刷作用影響，則尚無相關文獻。水利署第五河川局在外傘頂洲防護工作全面採用近自然工法，並針對海岸沙源補充、沿岸流漂沙、風飛沙與波浪越洗作用規劃對應策略，包含沙源補注措施、人工養灘措施、滯沙攔沙工等，其防治成效尚待各項措施全面啟動後，再滾動式檢討實施方式。

水利署第五河川局辦理公私協力計畫，採用竹樁攔沙、竹籠固沙、蚵殼定沙等3種工法，初期顯現攔沙固沙工周圍出現超過30公分以上淤沙成效，3種工法中又以蚵殼定沙成效最好，有效地攔阻波浪越洗將沙帶入沙洲養殖水域。由於採用工法與材料取得容易，因此大幅度激勵沿海漁民參與意願，可做為未來公私協力防護外傘頂洲的長期目標。至於有關採用北港溪河口疏濬沙，進行沙洲堆高養灘計畫，以及沙洲南側透水性長突堤結合竹樁與蚵殼攔沙功能，除了達到突堤攔沙效果外，對生態保育亦有正面作用；由於工程尚未完工，其效益仍待後續評估。

參考文獻

1. 臺灣省土地資源開發委員會，臺灣西海岸水文氣象報告，1964~1971。
2. 臺灣省水利局規劃總隊，七十年度臺灣西海岸海埔地調查研究報告，1981。
3. 國家海洋研究院，雲嘉海岸（外傘頂洲）侵退防治先期規劃研究，2019。
4. 林銘崇、莊文傑，外傘頂洲地形變遷之研究，土木水利季刊，1985，12（3），23~39頁。
5. 吳啟南、李元炎、彭森祥，遙測應用於外傘頂洲的變遷分析，第十四屆海洋工程研討會（1992），483~497頁。
6. 顏志偉、張恆文，外傘頂洲對近岸地形變遷影響之研究，外傘頂洲開發保護聽研討會論文集（1999），6-1~6-21頁。
7. 張憲國、陳蔚璋，以衛星影像探討外傘頂洲的海灘變遷，第二十七屆海洋工程研討會論文集（2005），823~830頁。
8. 經濟部工業局，雲林離島式基礎工業區永續環境管理計畫，2013~2015。
9. 經濟部水利署第五河川局，外傘頂洲變遷對嘉義海岸防護之影響分析研究，2014~2015。
10. 張憲國、賴羿齊、陳蔚璋，應用衛星影像的水線辨識於外傘頂洲的灘線變遷，航測及遙測學刊，2017，22（4），243~262頁。
11. 彭新雅、曾國欣、錢樺、陳彥欽，運用多時期衛星影像探討外傘頂洲變遷，國土測繪與空間資訊，2019，7（2），103~119頁。
12. 國家海洋研究院，雲嘉海岸（外傘頂洲）侵退防治研究委託專業服務案，2020。
13. 郭禮安、楊瑞源、劉景毅、張裕弦，外傘頂洲保護措施進行數值分析與水工模型試驗之研究，第25屆海洋工程研討會，2003，857~864頁。
14. 嘉義縣政府，嘉義縣東石海岸濕地沙洲與潟湖變遷監測計畫，2021。



邁出水岸縫合復興運動第一步 - 虎尾潮韌性城鎮國際競圖

經濟部水利署副署長 / 曹華平

經濟部水利署河川海岸組組長 / 李榮富

經濟部水利署河川海岸組正工程司 / 張力仁

經濟部水利署河川海岸組正工程司 / 蔡至禹

關鍵字：水岸縫合、國際競圖、韌性城鎮、逕流分擔、在地滯洪

摘要

全臺僅存唯二仍在運作的製糖工廠且歷史底蘊濃厚之虎尾糖廠鄰近北港溪，蔡英文總統於108年至現場視察，期待讓雲林縣虎尾鎮脫胎換骨復興成為更具魅力的城鎮。

在地方仕紳及在地民意代表大力倡議下，水利署與台灣設計研究院合作，結合設計美學的規劃手法，跳脫傳統河川治理思維，從北港溪水岸出發，將虎尾糖廠、安慶圳、平和滯洪池，乃至虎尾都市計畫區及虎尾鎮古蹟（縣定古蹟虎尾糖廠酒精槽、虎尾鐵橋、日式宿舍群等）、地方人文歷史，透過「水岸縫合」拉近北港溪、安慶圳與城鎮

間人與水的關係，除讓地方能夠見到河川之美外，也將地方文化、空間美學與公共服務帶進虎尾人的生活。

以虎尾鎮為全國首創「韌性城鎮」的規劃標竿，整合虎尾鎮文化記憶、工業歷史、經濟產業，讓韌性的概念能夠深植於都市各個角落，作為總體規劃指標及後續工程設計監造之實踐。

虎尾潮韌性城鎮總體規劃案採國際競圖方式辦理，希望透過國際競圖，帶來跨域文化的交流與經驗的學習，有助於激發創新及提升技術，並且能開啟與世界接軌的契機。



水利署首次辦理國際競圖採購案，邀請國內外頂尖設計團隊、工程顧問公司共同參與，導入融合土地、河川及社區人文價值，營造永續水環境之創新作法，共同擘劃韌性承洪兼具設計美學的魅力城鎮，期待能夠翻轉傳統水環境治理思維，樹立水利工程全新里程碑。

一、計畫緣由

全球目前正面臨氣候變遷的威脅，面對極端氣候挑戰，政府持續投入治水預算以降低淹水損失。現代化的都市城鎮在面對極端氣候的環境條件下，應具有相當的調適能力，且不能因水道而導致居民與環境疏離；如何讓人與河川之間不再受制於堤防的阻

隔，打造與水共存、孕水創生的韌性城鎮，是政府部門近年所面對的課題。

蔡英文總統於108年至虎尾視察虎尾糖廠（圖1），希望透過整體環境營造，讓雲林縣虎尾鎮脫胎換骨復興成為更具魅力的城鎮。

在地方仕紳及在地民意代表大力倡議下，水利署與臺灣設計研究院合作，導入「逕流分擔」與「在地滯洪」策略，讓虎尾鎮在面對極端氣候下之水患與旱象具有調適能力，並且能改善人與水疏離的環境關係，將空間美學、地景設計、人文藝術、文化景觀完整連結，以韌性形塑臺灣鄉鎮新特色，進而驅動城鄉再造、展現城鎮水環境新風貌。



資料來源：中華民國總統府網站

圖1 蔡英文總統108年視察虎尾糖廠酒精槽留影

鑒於以往水利工程建設推動偏重於防洪功能之工程需求，缺乏水岸縫合相關經驗，為突破傳統河川工程設計框架，亟需尋求具備公共工程專業空間美學設計技術能力之廠商，導入創新思惟，建立河川設計空間美學案件招標作業範例、審查重點、作業流程及注意事項。

爰此，水利署籌辦全國首創水利工程領域之國際競圖，期望透過競圖機制，找出整合跨單位、跨領域、跨專業之優秀團隊，提出整合空間美學與公共服務之策略，樹立臺灣水利工程建設新的里程碑。

為提高國內、外優質設計團隊參與意願，本計畫提出總額達300萬元競圖獎勵金，廣邀各國設計好手，期將虎尾鎮打造成為臺灣韌性城鎮的規劃標竿。

二、計畫範圍及競圖項目選定

本計畫擇定北港溪虎尾鎮周邊河段為推動範圍，該河段為虎尾鎮街區發展之起點，自清代五間厝聚落至日據時期虎尾糖廠發展製糖工業，逐步擴大至現今虎尾鎮規模。

早期河川防洪設施，以採用自然土堤方式為主，隨著經濟產業發展、人口活動及土地利用改變，民眾對於防洪構造物保護強度要求提高，遂逐漸改採鋼筋混凝土方式興建，導致國人對水岸記憶、在地人文、歷史

及產業資源聯結較為薄弱。

為達「水岸縫合」整體願景，本計畫以北港溪虎尾糖廠河段（平和橋至興南大橋）及鄰近地區（虎尾糖廠廠區含同心公園等），進行示範性水岸縫合之河川環境整體改善與調適規劃；盼整合虎尾糖場之大面積綠地，掀開安慶圳既有暗渠河道，透過水質淨化、河道整理，重新找回河川生命力。

運用周邊適當用地，規劃為設置逕流分擔與在地滯洪措施之範圍，減緩虎尾市區因短延時強降雨造成內水積淹之情形；並串聯鄰近地區各種型態之文化遺構，如虎尾鐵橋（圖2）、酒精槽（圖3）、倉庫群、廠房、同心公園等，帶動北港溪虎尾糖廠河段、中山路及虎尾舊軸線之商業、產創活動發展，形塑具「水與文化」之城鎮意象新休憩活動空間及地標。

規劃範圍涉及雲林縣政府及台灣糖業股份有限公司權管範圍，為利計畫推動，水利署特於110年7月洽雲林縣政府及台灣糖業股份有限公司簽署三方合作意向書。

本計畫競圖項目分為總體規劃及水岸縫合工程設計兩項，說明如下：

（一）總體規劃

就虎尾市區、虎尾糖廠與鄰近地區及北港溪、安慶圳等空間，藉由總體規劃，提高



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合國際競圖網站

圖 2 北港溪虎尾鐵橋



資料來源：虎尾潮・韌性城鎮國際競圖成果專輯

圖 3 虎尾糖廠酒精槽文化遺址

虎尾地區承洪韌性，並達到都市紋理、區域發展、歷史文化、景觀生態與水岸之縫合。

提出具有結合都市公共空間美學之總體

規劃設計藍圖，針對本計畫涉及相關機關權管之複雜工程及項目制定主要工作計畫，並在總體規劃設計藍圖架構下規劃多個子計畫，供相關權責機關參照依循推動後續工作。



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 4 國際競圖整體規劃及設計範圍

(二) 水岸縫合工程設計

水岸縫合設計主要有三大區塊，分別為北港溪虎尾堤段（自平和滯洪池至興南大橋止）右岸堤防及水防道路約3,370公尺及右岸公有高灘地約36公頃、安慶圳（自光明路93巷至中山路止）約1,200公尺、平和滯洪池周遭綠地約10公頃。

三、計畫目標

人與水的關係自古以來即非常密切，自聚落開基之始，水便是確保生活與生產的穩定因素，水源決定人類族群是否能生存與擴散的文化基礎，亦是流動人與土地血脈的臍帶。

水是重要的自然資源，深植於人類生活，是社會發展的動力。早期我國政府推動

的各項水利建設係為確保生命財產安全，建置堤防、護岸、水防道路及鄰近土地利用、灌溉、與水源開發等設施為主，卻使民眾對於水岸的記憶、歷史脈絡…等日益疏遠；因此如何導入新生活型態與掌握水周邊文化串聯在地產業發展，帶動新的地方樣貌是我們須努力的新方向。

荷蘭國土有26%的面積低於海平面，13世紀以來，荷蘭人不斷地築堤造壩，與水爭地；但在全球暖化及地層嚴重下陷情形下，導致堤防需不斷加高以防汛患，為了不讓國人生活在高牆下，荷蘭政府提出「還地於河 Room for the river」計畫（圖5及圖6），將土地還給河道，採洪氾平原策略，除解決防洪問題，亦能補助地下水源，減緩地層下陷，提升居民生活品質。



該計畫涉及既有民眾居住及工作環境，在都市更新初期階段就納入利害相關人、在地居民等共同參與，透過設計協助公共政策創新，與居民達成發展共識，解決政策與空間發展衝突。

本計畫目標為打造融合「水與安全」、「水與環境」與「水與文化」三大主軸，參考荷蘭「還地於河Room for the river」計畫，期達成水岸縫合目標願景。分別說明如下：



資料來源：“Room for the River.” urbanNext

圖 5 荷蘭「還地於河 Room for the river」- 改善前



資料來源：“Room for the River.” urbanNext

圖 6 荷蘭「還地於河 Room for the river」- 改善後

(一) 水與安全

極端氣候帶來短延時強降雨，造成都市受積淹的威脅與日俱增，防洪管理措施需要進一步強化。水利法於107年增訂逕流分擔與出流管制專章，將原本全部由水道承納的降雨逕流，擴大由水道與國土共同分擔，並要求土地與建築開發者必須共同分擔減洪工作，以提高土地整體耐淹能力。

逕流分擔推動，需公告特定河川流域或

區域排水集水區域，並完成逕流分擔計畫書後，由各相關機關共同辦理兼具滯洪功能之公共設施。目前優先推動公有土地與公共空間進行多目標使用設計，將人行步道、自行車道、停車場、校園、圖書館、游泳池等公共設施，規劃設置滯水設施，於降雨期間延緩地表逕流流入水道時間，降低水道溢淹機率。本計畫盤點虎尾鎮具一定規模的大型公有地（圖7），結合安慶圳大排範圍，作為逕流分擔潛在用地，以有效分散逕流降低洪災，提升虎尾鎮的承洪韌性。



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 7 虎尾鎮公有地盤點示意圖



在地滯洪係利用現有農地，稍加改善後成為臨時滯洪場所。為降低區域淹水風險，利用在地滯洪區域規劃作為滯洪暫置空間，並以適當獎勵及補償方式鼓勵該區域土地之所有權人及實際耕作者積極參與及配合。依水利署於110年7月26日頒布「經濟部水利署暨所屬機關辦理在地滯洪獎勵及補償作業要點」，經認定為在地滯洪區域者，由執行機關與在地滯洪區域土地之所有權人及實際耕作者協商、完成執行計畫書、簽訂契約，並於在地滯洪措施完成後，依規定可給予獎勵金、補償金及辦理相關事項；本計畫將規劃虎尾糖廠酒精槽周邊農地作為在地滯洪範圍（圖8）。

本計畫將導入逕流分擔（圖9）及在地滯洪（圖10）概念，創造具韌性承洪能力之城鎮，使相關設施除具原功能用途外，亦可兼具降低水災、旱災、水質污臭及提升水循環再利用等特點。

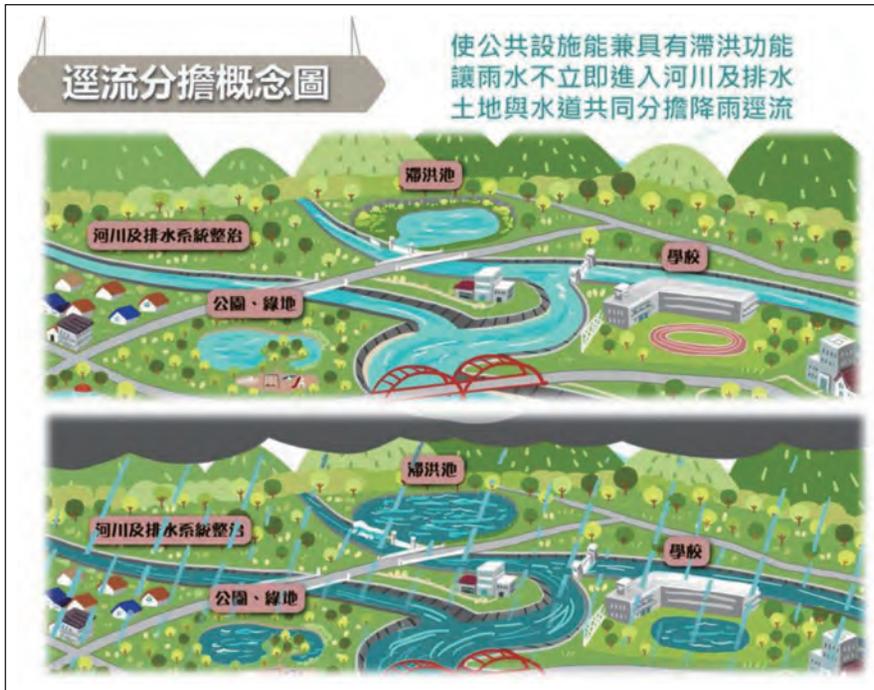
（二）水與環境

早期水利設施之硬體建設多未考量周邊生態環境，大量的水泥工程造成水環境與生態的斷層或衝擊。本計畫將導入藍綠生態網絡保育概念，考量周邊生態環境，降低對環境負面衝擊（LID, Low Impact Development）（圖11）；從設計源頭尊重物種多樣性、



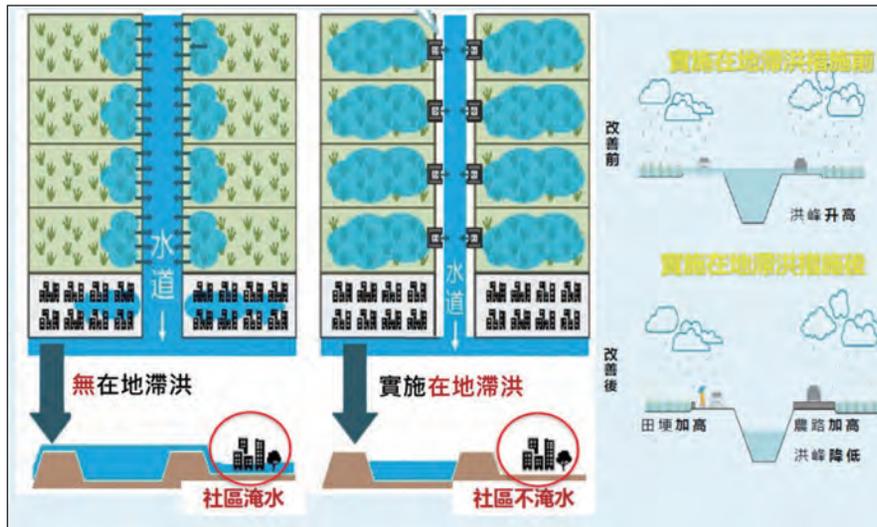
資料來源：虎尾潮・韌性城鎮國際競圖成果專輯

圖8 酒精槽遺址水花園模擬圖



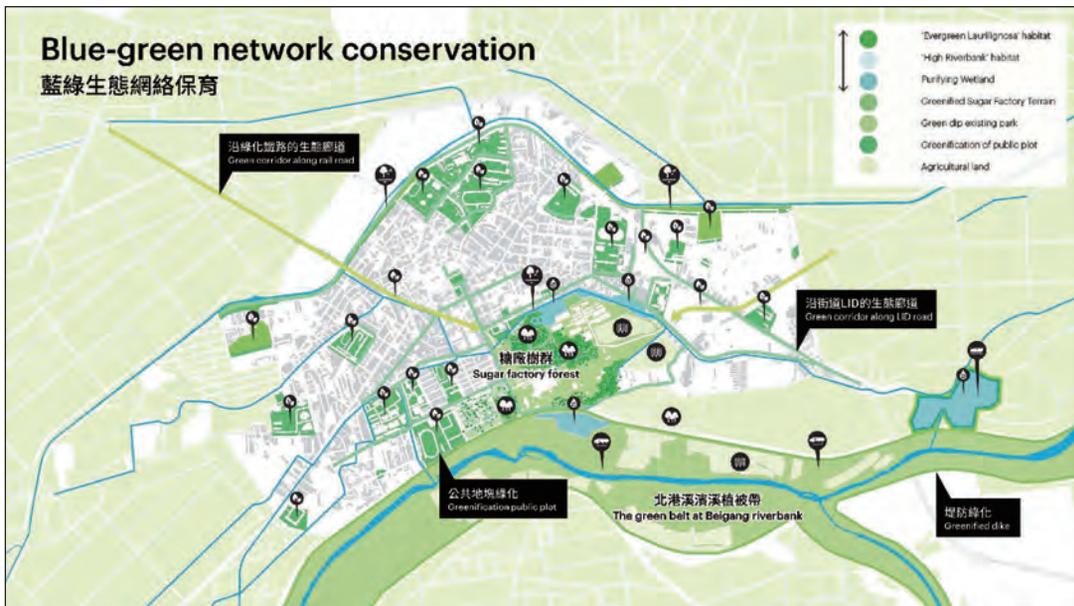
資料來源：經濟部水利署電子報

圖 9 逕流分擔概念示意圖



資料來源：經濟部水利署電子報

圖 10 在地滯洪概念示意圖



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 11 安慶圳導入 LID 設施示意圖

減少施工過程中的資源損耗、保存養份與水循環、維護棲息地品質、關注人類與生態系健全的相關條件，導入環境友善及仿生技術來應對不同的自然災害。期與大自然為伴，調適並整合自然過程的永續設計，以彰顯地方特徵與自然的流動，建立韌性的水環境，運用在地廢棄物以減少新物料的支出，以達成循環經濟之目標；進而推廣至全國水利工程計畫，以生態及水質監測相關資料作為設計依據，連結在地文化及推廣環境教育，找回臺灣河川的生命力。

(三) 水與文化

虎尾擁有多處閒置土地，其中包括公私

有建築、虎尾糖廠與宿舍等，皆因無整體計畫，導致歷史資源閒置未妥善利用。本計畫透過尋找具潛力的老屋空間再利用、建立輔導團隊協助在地深化空間與街區營造，以公私部門專業團隊或組織合作機制，回應人口老化、都市防災及社區經濟等議題。

依現況調查情形，將虎尾街屋分類為街屋、縣定古蹟、歷史建物、宗教設施等類型；縣定古蹟如虎尾糖廠宿舍群、虎尾鐵橋及糖廠內酒精槽；歷史建物多位於林森路上，如虎尾合同廳舍現為咖啡廳（圖12）、虎尾郡役所現為雲林布袋戲館（圖13）、虎尾郡守官邸現為雲林故事館、虎尾出張所現為雲林記憶cool（圖14），皆已對外開放使



資料來源：河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫成果報告書

圖 12 虎尾合同廳舍（現誠品書局及星巴克咖啡）



資料來源：河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫成果報告書

圖 13 虎尾郡役所（現雲林布袋戲館）



資料來源：河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫成果報告書

圖 14 虎尾出張所（現雲林記憶 cool）

用；而多數街屋位於中山路、中正路上，如虎尾製糖工場會社分配所現為虎尾糖廠冰品部、虎尾明德中藥房現為閒置建築、原虎尾郡虎尾街圖書館現為黨部民眾服務站、日本運通株式會社現為民間經營機車行、虎尾郵便局長官舍現為民間經營餐飲店、三多醫院現為閒置建築等，這些街屋具有相當的文化歷史價值，如能妥適串聯將能形成一個迷人且吸引人的觀光城鎮。

四、辦理競圖過程與成果

本計畫依政府採購法、機關辦理公共工程國際競圖注意事項等規定，採二階段評選方式辦理國際競圖，邀請國內外具生態、景

觀、水利各領域專家學者共13位評選委員；包含荷蘭還地於河（Room for the River）計畫主要負責人、新加坡國立大學設計學院、中華民國景觀學會、文化大學景觀學系、行政院農業委員會、國立成功大學水利及海洋工程學系、雲林縣政府、台糖公司等，為本次國際競圖挑選出最佳的團隊為雲林虎尾在地鄉親服務，打造優質舒適的水域環境。歷經近半年的兩階段評選競爭（圖15），選出優勝團隊（都市里人規劃設計有限公司與荷蘭MVRDV公司合作）對外辦理成果展（圖16）並接受表揚（圖17）。

首獎團隊係由臺灣都市里人規劃設計有限公司、以樂工程顧問股份有限公司及佶雋



資料來源：河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫成果報告書

圖 15 虎尾潮韌性城鎮水岸縫合國際競圖期程



資料來源：河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫成果報告書

圖 16 虎尾潮韌性城鎮水岸縫合國際競圖成果展



資料來源：河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫成果報告書

圖 17 虎尾潮韌性城鎮水岸縫合國際競圖頒獎典禮

建築師事務所統籌，結合荷蘭MVRDV公司的景觀設計專業及荷蘭Deltares的氣候變遷與水利專業、臺灣觀察家生態顧問、虎尾科技大學、智行交通等都市規劃、都市、建築、景觀設計、水利工程、氣候變遷應變、生態工程、交通工程、社會溝通等各領域專業公司共同組成。希望透過國際水景觀環境的設計思維，為虎尾地區提出具有前瞻性的韌性城鎮水岸縫合的景觀改造策略，並由臺灣團隊協助落實符合本土環境現況、生活文化、營造技術與環境管理法規之整合與調整。

整體設計概念以達到承洪韌性、生態多樣性且具人文氛圍的「虎尾水塘場」獲得本次國際競圖評選委員青睞，包函整合水網路、鏈結生態、縫合水與生活場域及活躍魅

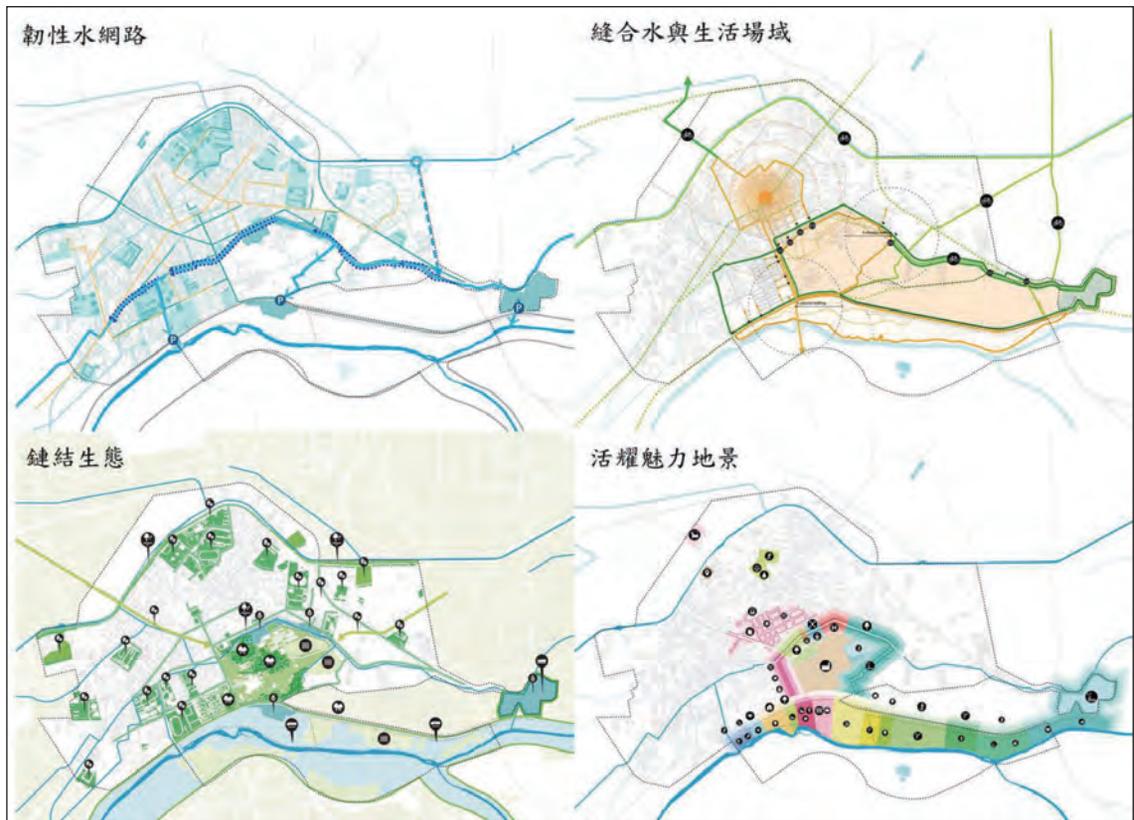
力地景等四大策略（圖18），說明如下：

（一）韌性水網路

改造安慶圳沿線土地為洪水短期調節用地，並運用公有地推動逕流分擔，形成城市尺度的水緩衝與儲存網絡。利用礫間接觸、人工濕地等生態工法淨化水質，處理後的水，除能作為二次水再利用之外，同時可補助河川水量，促進水體循環流動，維持河川生態健康。

（二）鏈結生態

選用地原生物種營造不同的微氣候棲地，提升棲地品質與連接性，為生物提供多樣棲息空間。



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 18 「虎尾水塘場」總體架構

（三）縫合水與生活場域

以慢行交通串連在地生活及觀光元素，將現況城市與自然間的阻礙轉變為和諧的串聯，創造新的城市交流與休閒路網。

（四）活耀魅力地景

利用乾季、雨季以及河岸高低變化的多樣化條件，衍生出不同類型的親水活動空間。

五、得獎作品

得獎作品設計手法包括安慶圳沿線的酒精槽遺址設置水花園及林間濕地生態島、北港溪河濱公園及平和湖，彼此串聯形成永續的水綠網絡；並以歷史糖廠鐵道、生態自行車道及洪汜平原步道，三環線串接既有人文路徑，形成新城市文化休閒廊道，創造符合虎尾慢活且多元親水休憩環境等，說明如下：



(一) 酒精槽遺址水花園

打開被水泥遮蓋的安慶圳及長久以來封閉的糖廠圍牆，並運用糖廠北側非生產區土地，以兼具水緩衝和儲水機能的水景觀，結合紅磚酒精槽遺蹟及未受擾動的自然樹林區，打造與自然相容的文化休閒設施。將水圳、人文記憶、綠野地景交織在一起，復興水岸活力。原污染的水圳也透過生態工法的水質淨化單元，轉變為與城市相連的健康水域藍帶（圖19）。

(二) 林間濕地生態島

現有的混凝土圳道改造成濱水植被的礫

石水岸，拉長圳道以強化與水淨化能力，原線狀水流轉化為具有動態高程的多樣化濕地景觀，並在高水位區應用淨化材料和植物達到淨化效果。選用在地原生物種營造不同的微氣候棲地，將基地改造成一連串具有「生態島」機能的緩衝濕地，可因應旱雨季氣候調節水位，也成為動物的天然庇護所，並於島間設置木棧道，增強水域景觀可及性（圖20）。

(三) 北港溪河濱公園

依高灘地的漫淹頻率Q1-Q10、既有地景樣貌與周邊城市脈絡，規劃不同強度與機能的季節性活動區域。由北港溪至堤防間依序規劃為洪氾平原生態區、人工濕地永續循



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 19 酒精槽遺址水花園設計構想



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 20 林間濕地生態島設計構想

環區及堤頂景觀區，創造隨著季節及天氣變化，而呈現多元幻變的魅力休閒新場域，提供四季不同的活動體驗（圖21）。

（四）平和湖

利用具淨化功能的植物軟化滯洪池邊緣，減緩浮島坡度並新增植被，提升生物棲地連接與豐富度，以不擾動環境的前提，於既有池岸輪廓設置木棧道增強人行通透性。藉由綠色路徑結合休憩點，創建人與生物和諧並存的生態多樣性平台，達到生物復育及棲地補償之效果（圖22）。

六、結語

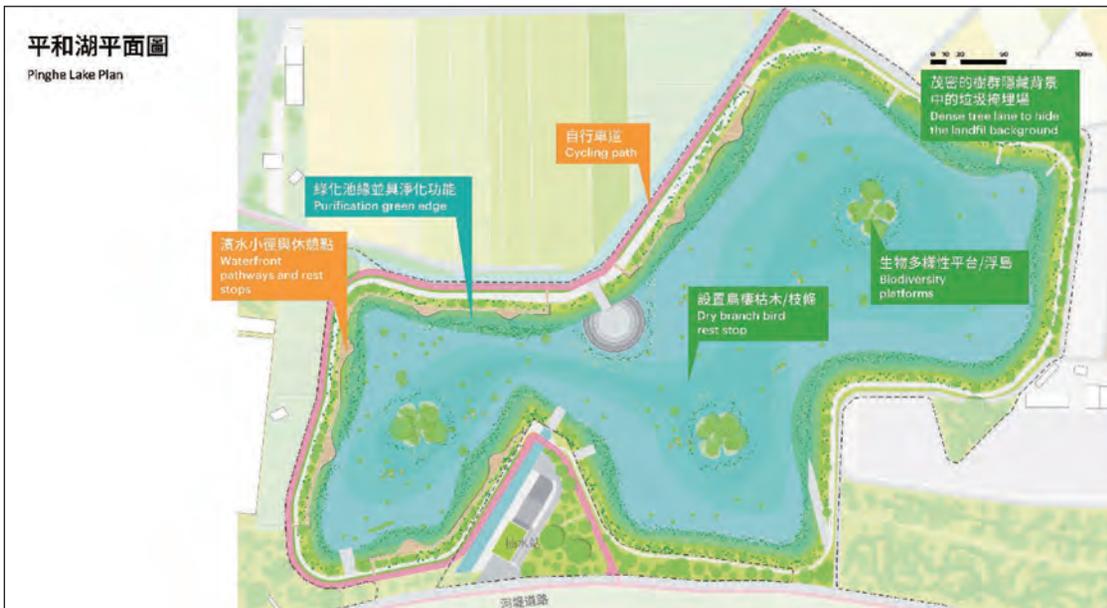
因應時代趨勢，水利建設涵蓋面向漸廣，除功能性工程設計外，兼具生活休憩的軟性工程，可提升人與美感的精神層面，且有助於民眾主動親近水、關懷水，並愛護水資源及水環境；如荷蘭的「還地於河Room for the river」全國防洪計畫，概念即是與水共生、擁抱自然，透過設計協助公共政策創新，與居民達成發展共識，解決政策與空間發展衝突。

本計畫透過虎尾潮韌性城鎮國際競圖，



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 21 北港溪河濱公園設計構想



資料來源：虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案期初報告書

圖 22 平和湖設計構想



作為水岸縫合復興運動的拋磚石，期待翻轉傳統水利治理思維，樹立水環境全新里程碑，並希望透過本次國際競圖活動經驗分享，讓國內相關水利單位共同學習，積極與國際美學接軌，將創新與設計美學融入水利工程領域，創造更多與國際交流機會。水岸縫合復興運動未完待續，營業中，期待能激起更多水利思維新浪花、翻騰更多水漾環境新可能！

參考文獻

1. 經濟部水利署電子報，水利法修正通過「逕流分擔與出流管制」未來可有效提升土地耐淹能力，2018。
2. 中華民國總統府網站，總統府新聞-總統視察前瞻基礎建設（水與環境計畫）-『虎尾糖廠酒精槽』，2019。
3. 虎尾潮韌性城鎮水岸縫合國際競圖網站，https://www.hoowave.tw/zh-TW/projects_category/5，2020。
4. CSR@天下網站，我們可以學學荷蘭讓千年古城，還地於河嗎？，2020。
5. 經濟部水利署電子報，擴大在地滯洪成效提高村落保護標準，2022。
6. 經濟部水利署「河川設計導入水文化創新策略與空間美學行動計畫」行政作業委託專業服務案成果報告書，2022。
7. 經濟部水利署「虎尾潮·韌性城鎮國際競圖成果專輯」，2022。
8. “Room for the River” urbanNext, <https://urbannext.net/room-for-the-river/>，2023。
9. 經濟部水利署「虎尾潮韌性城鎮水岸縫合規劃設計暨監造案」期初報告書，2023。



百年大旱挑戰 - 前瞻水資源經理策略

經濟部水利署水源經營組組長 / 吳嘉恆
經濟部水利署水源經營組簡任正工程司 / 江俊生
經濟部水利署水源經營組副工程司 / 李文獻

關鍵字：氣候變遷、百年大旱、水資源

摘要

全球氣候變遷造成嚴重枯旱風險，2020-2021年臺灣降雨為有紀錄以來最少，供水相當嚴峻。水利署面對百年大旱，攜手地方及民間團體，透過多省水、多找水及多調水等措施全力抗旱，抗旱期間所建立之有效調配機制及備援設施，未來將持續利用；如農業節水灌溉、建築工地地下水併入自來水系統常態運用、水庫低水位擴大清淤、跨域合作抗旱、抗旱設施備援運用等，提供水資源管理新思維，讓水資源管理機制往前邁進一大步。此外，面對未來全球環境變遷，水利署於百年大旱後邀集國內專家學者，針對建設面、管理面及制度面等議題，提供精進作

為，並落實於「臺灣各區水資源經理基本計畫」，作為未來水資源建設藍圖，讓水資源供應更有韌性。

一、前言

臺灣因地形坡陡流急，水資源蓄存不易。加上近年氣候變遷加劇，枯水期降雨偏少；如2020年豐水期無颱風侵臺帶來足夠降雨，且2021年春雨亦不如預期，造成百年來最嚴重旱象。今後水資源管理將更具挑戰，未來不一定每年都會風調雨順，故汲取百年大旱經驗，預先做好準備，讓衝擊降到更低，已成為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供水挑戰

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）在2021年8月公布AR6情境推估，臺灣在最劣情境（SSP5-8.5）下，21世紀中、末之年平均氣溫可能上升超過 1.8°C 、 3.4°C ；年最大1日暴雨強度增加幅度約為20%、41.3%；連續不降雨日數增加幅度約為5.5%、12.4%；冬季長度從目前約70天減少為0-50天。全球暖化情形將使溫度及降雨較AR5情境更為惡化，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數七成，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，至2023年3月，投資臺灣三大方案計有廠商1,325家，投資金額達2兆41億元。因諸多重大投資案件（如半導體等）持續開發，未來產業用水需求將持續成長，故需加速推動相關措施以穩定供水。

三、關注氣候變化趨勢超前部署減少衝擊：

依據氣象站觀測資料顯示，2020年6月至2021年5月之年平均降雨僅僅1,078毫米，創下自1910年氣象局有史以來雨量最少紀錄（如圖1）。所幸水利署透過日日監看水庫蓄水變化，及時察覺異於以往歷史變化趨勢



圖 1 2020年6月至2021年5月累積雨量



(如圖2)，自2020年7月提前展開部署，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、人工增雨及農業加強灌溉管理等多項抗旱措施，在最短時間推動緊急抗旱水源計畫，採取多找水、調水及省水措施，總計每日增加167萬噸水量，並在各界及全體國人配合節水下，將旱災衝擊降到最低。

四、前瞻水環境及穩定供水建設提早做，發揮關鍵救旱成效

為降低氣候變遷對供水影響及因應用水成長，水利署於2017年起即推動產業穩定供水策略行動方案，透過開源、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；至今已

完成板二計畫、中庄調整池、桃園支援新竹幹管，湖山水庫、濁水溪伏流水、高屏溪伏流水、鳳山再生水、鳥嘴潭人工湖一期、自來水減漏等多項建設，每日增供197萬噸水源，相當於全國18%公共用水。各項水資源建設已於百年大旱期間發揮關鍵救旱效果，分述如下：

- (一) 板新地區供水改善二期計畫於 2019 年通水，抗旱期間將翡翠水庫水源南送板新地區每日 83.4 萬噸達歷史最高，累計支援量達 2.8 億噸；透過北水南送支援，減少石門水庫出水，將水源留在桃園運用或往南擴大支援新竹，讓北部地區供水更具彈性。
- (二) 桃園支援新竹幹管提前於 2021 年 2 月完工通水（如圖 3），由桃園調度新竹水

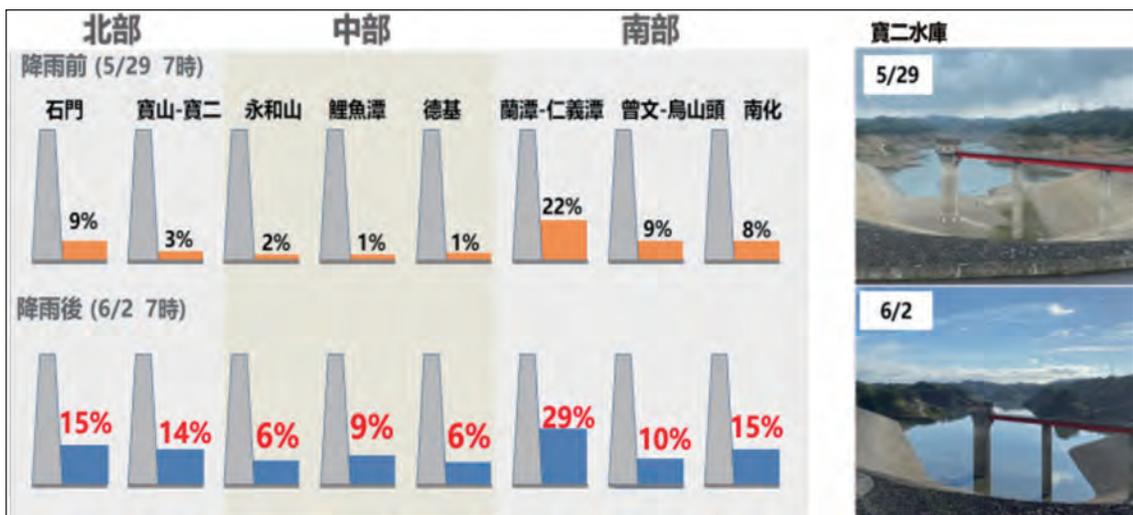


圖 2 2021 年 5 月 29 日全臺水庫蓄水量



圖3 桃竹幹管施工情形

量提升至最大每日 22.5 萬噸，約為新竹地區 40% 用水。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。對照 2021 年 5 月 30 日降雨來臨前，新竹寶山寶二水庫原水容量僅剩 70 萬噸，如無桃竹幹管，水庫早已空庫。

(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%。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，也成功化解以往臺南及高雄地區在枯水期間常發生的搶水爭議。

(四) 防災及備援水井建置工作自 2017 年起持續辦理（如圖 4），在中央部會及地方政府協力合作下，百年大旱期間完成新鑿及整備共 354 口水井，其中 331 口水井因水質優良直接併入自來水系統，另外 23 口提供民眾及產業載水作為次級用水使用。每日可增供 77 萬噸備援用水，並配合旱情變化短期應變，有效節省水庫供水。

(五) 伏流水具有水質潔淨、水量穩定等特性，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（如圖 5），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



圖 4 抗旱水井施工情形



圖 5 溪埔及大泉伏流水完工照片

實施分區供水，而 2021 年百年大旱期間，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、百年抗旱新措施，轉為典章制度

因應百年大旱，水利署透過多省水、多找水、多調水等措施因應，在政府、產業及國人共同努力下全力減緩旱情影響。其中包含許多成效良好的創新作法，提供了水資源管理的新思維，已納入後續水資源建設管理工作做為未來推動參考。

（一）促成農業部門節水調度維持桃3供灌

百年大旱期間，水利署調度抽水機，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（如圖6），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1,353萬噸用水；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水。透過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。

（二）建築工地地下水併入自來水系統運用

百年大旱期間臺中地區水情不佳，因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，透過水利署、台水公司、地方政府、營建工地廠商、內政部、環保署及產業界等公私單位在抗旱期間



圖 6 支援桃3灌區移動式抽水機抽水情形



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（如圖7），每日供水可達9.8萬噸以上，有效降低中部鯉魚潭及德基水庫供水負荷，也延長水庫供水時程，此一成功經驗，也讓行政院於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。」未來透過建築工地地下水的常態化運用，有效利用寶貴的水資源，進一步提升整體供水能力。

（三）政府與軍民合作擴大水庫清淤作業

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。百年大旱水庫低水位期間，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（如圖8）；2020年6月至2021年5月間，全國水庫總清淤量達破紀錄的1,650萬立方公尺，清淤量超過「3座寶山水庫」，讓全臺水庫在後續梅雨鋒面來臨時，能存下更多的水量。其中，曾文水庫近年持續強化抽泥作業，除已設置二艘抽泥船日夜抽泥外，另透過抓斗清淤方式，結合水庫船運便利性，將庫區中游以上淤泥回歸自然河道，突破陸挖交通運輸限制。



圖7 建築工地地下水利用情形



圖 8 國軍協助水庫清淤情形

（四）跨域合作公私協力，共同克服旱災

2020年6~9月西半部水庫集水區降雨量僅為歷史平均值2~6成，尤其桃園至嘉義水庫集水區更有紀錄以來最低；石門水庫蓄水量剩不到1億噸，也沒颱風帶來降雨，因此水利署立即加強水源調度及加速趕辦執行中的工程。

此外，為可能面臨冬雨、春雨偏少的最壞狀況做好準備，同時啟動緊急抗旱水源計畫多元找水。經水利署、台灣自來水公司（以下簡稱台水公司）及農田水利署等相關單位盤點緊急可供救災抗旱水源，2020年10月21日向行政院報告獲原則同意後，旋即於10月23日將「109年下半年旱災緊急應變--抗

旱水源緊急利用計畫」（以下簡稱抗旱1.0）函報行政院爭取經費14億元趕辦各項工作，並奉行政院11月30日核定，於2021年2月達成每日增加78萬噸水源之救旱效益（如圖9）。

1. 抗旱1.0計畫相關工作成效簡述如下：

（1）抗旱水井

將抗旱水井抽水量併入自來水系統，由115口每日20萬噸，增加至160口每日34萬噸。

（2）埤塘水源

桃園為「千塘之鄉」（如圖10），為充分利用埤塘水量，降低石門水庫出水，將鄰近桃園大圳之桃1-4號、社子1A及員08等3處埤塘，經圳路併入自來



圖 9 抗旱 1.0 執行成效



圖 10 桃園埤塘空拍圖

水供水系統；另49處則開放民眾自行取用及12處供產業用水使用，累計64處共提供209萬噸埤塘水源。

(3) 水資源中心放流水

開放全國水資源中心放流水共65處約每日42.5萬噸，提供作為公園綠地澆灌、植栽澆灌、道路灑水、營建工地灑水及沖廁等使用，並供作產業冷卻、製程用水及民生次級用水等使用。（如圖11）

(4) 新竹緊急海淡機組

考量短期供水急迫性，採套裝型海淡貨櫃機組併入自來水系統供水，此係臺灣本島第1座供應民生使用之萬噸級海淡廠。第1階段工程即僅花66日於2021年1月底完工產水每日0.3萬噸，2月

底再完成產水每日1萬噸，不到百日即達成產水每日1.3萬噸目標（如圖12）。

(5) 移動式淨水處理設施

除既有4組RO淨水設施（每組淨水能力每日15噸）機動支援各地用水外，並增購3組大型RO及3組砂濾淨水設備（每組淨水能力每日1,500噸），合計每日9,060噸。其中RO淨水設備優先佈設於桃園、新竹、苗栗重要產業區旁，砂濾淨水設備則佈設於新北、桃園及苗栗，經處理後提供民眾及產業使用。該設施具移動性，可機動調整設置地點，如同都市小型再生水廠，適時提供補充用水，減少自來水使用，充分發揮設施功能及提升抗旱效益（如圖13）。

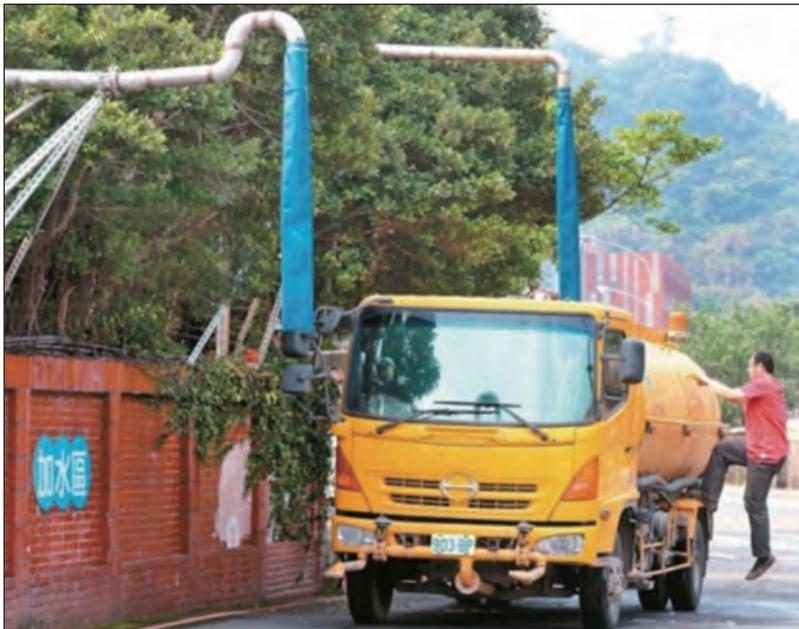


圖 11 水資中心放流水開放取水情形



圖 12 新竹緊急海淡機組



圖 13 RO 移動式淨水設備

2021年春雨不如預期，水庫蓄水量為歷年同期最低，旱象嚴峻，為百年來極端枯旱。中央、地方及民間團體攜手合作努力透過多省水、多找水及多調水各項措施因應，來延長水庫供水時程，降低旱災影響。

為多省水，逐步擴大自來水系統夜間減壓到全日減壓，節省水庫出水；經溝通，產業逐步提高節水率，最高達17%；農業則如桃3灌區，透過抽水機充分使用埤塘、區排、河川的水量，幾乎無需水庫出水灌溉。

考量桃園以南地區水情越趨嚴峻，且旱災中央災害應變中心氣象分析組預報，4月至6月降雨為正常偏少機率高；3月中旬水利署及台水公司即再密集開會盤點強化緊急抗旱水源工作，經提3月18日行政院第3743次會議專案報告獲同意推動後，3月24日即再將「緊急抗旱水源應變計畫2.0」（以下簡稱抗旱2.0）函報行政院爭取經費25億元趕辦強化抗旱水源，於4月15日奉行政院核定。惟直至5月29日前水庫集水區仍幾無降雨，旱象更顯嚴峻，為儘可能延長水庫供水期程，經相關

單位積極擴大趕辦多找水及多調水等工作，每日增加88萬噸水源之救旱效益，超過原計畫目標每日16.8萬噸之5倍（如圖14）。由於各項工作所需經費已增加至49.21億元，因此配合實際執行情形於5月24日再陳報修正計畫奉行政院8月16日核定。

2. 抗旱2.0計畫相關工作簡述如下：

(1) 強化區域調度

- a. 利用既有板二計畫管線增加調度水量，由每日81萬噸提升至每日83.4萬噸，增加翡翠水庫支援石門水庫供水區。
- b. 透過2021年2月完成之桃園支援新竹幹管，增加石門水庫調度新竹水量，由每日20萬噸提升至每日22.5萬噸。

- c. 各河川局協助調度抽水機，抽取河川剩餘水源供桃3灌區農業使用，自2021年5月13日至7月10日累積抽水480萬噸，減少水庫供水。
- d. 以臨時管路將油羅溪伏流水及河川剩餘流量，抽引至員嶼淨水場利用（如圖15），儘量將上坪溪水源蓄存於寶山及寶二水庫。
- e. 於隆恩堰下游建置臨時蓄水設施及佈設抽水機，抽取利用溢流量及周邊高灘地滲流水（如圖16）。
- f. 透過中港溪尖山下圳送水至北溝坑溪，再由北溝坑溪就近抽水至東興淨水場，充分利用中港溪水源（如圖17）。
- g. 新增臨時抽水機、輸水管及田美堰下游集水坑，將集水坑水源抽回田美



圖 14 抗旱 2.0 執行成效



圖 15 油羅溪緊急抽水施工照片



圖 16 隆恩堰下游緊急抽水情形



圖 17 中港溪尖山下圳抽水至東興淨水場

- 堰，送至永和山水庫蓄存。
- h. 儘量使用川流水，由山上淨水場每日增供3萬噸及烏山頭淨水場每日增供4萬噸，延長烏山頭水庫供水時程。
 - i. 經由甲仙堰將旗山溪灌溉後剩餘流量引入南化水庫蓄存，再視高雄水情由南化高屏聯通管支援至高雄。
 - j. 透過曹公圳將高屏堰下游側流量引至澄清湖水庫蓄存（如圖18）。
- (2) 淨水場周邊水源利用

為加速抗旱水井鑿設速度，透過緊急採購開口契約，由機關指定鑿設位置，在淨水場旁或可送到淨水場供水系統的適合地點鑿設抗旱水井，包括：新竹新

鑿23口、臺中（含北彰化）88口及高雄62口等，併入自來水系統之抗旱水井增加至328口，抽水量達每日64.2萬噸。

(3) 伏流水開發

後龍溪、大安溪及烏溪緊急伏流水，增加每日7萬噸水源，延長中部水庫供水期程。

(4) 增設移動式緊急海淡機組

於臺中港區建置緊急海淡機組，產水每日1.5萬噸併入自來水系統，並設置取水點供產業載水。因有抗旱1.0新竹緊急海淡的推動經驗，臺中緊急海淡2021年3月開工後，更縮短至51日即開始產水（如圖19）。



圖 18 曹公堰引水至澄清湖



圖 19 臺中緊急海淡機組

(5) 淨水處理設備擴增及運用

新購18櫃大型移動式淨水設備（每櫃每日500噸），再生處理每日9,000噸

提供縣市政府、科學園區及工業區等使用；軍方亦支援6部移動式淨水設備（每部每日225噸）。

上述新竹隆恩堰、苗栗田美堰、高雄高屏堰自下游回抽餘水、新竹油羅溪佈管抽水及苗栗尖山下圳抽水…等措施，儘可能充分利用河川水源，及建築工地地下水利用，都是這次抗旱多調水及多找水的創新作法，讓水庫供水期程得以延長。

六、持續強化供水韌性

(一) 重新檢討臺灣各區水資源經理基本計畫

百年大旱後，就未來全球氣候變遷趨勢及本次抗旱經驗，經濟部隨即於2021年6月邀集國內水資源專家商討未來強化供水精進作為，將水資源建設管理工作新思維納入「臺灣各區水資源經理基本計畫」檢討推動，並奉行政院於2021年8月6日核定（如圖20），未來主要工作方向如下：

1. 開發多元水源，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取得設施等；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，中部地區烏嘴潭人工湖興辦中，另已經規劃開發新竹、臺中、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。

2. 因應降雨不均，強化區域調度供水管網

持續辦理西部廊道供水管網串接規劃，除了近年完成的板二計畫、桃園支援新竹幹管，以及推動中的北部石門水庫至新竹聯通管、中部鯉魚潭北送苗栗幹管、大安大甲溪聯通管、臺中至雲林管線聯通改善，以及南部曾文南化聯通管、濁幹線與嘉南大圳串接等工程外（如圖21），未來可進一步強化跨



圖 20 臺灣各區水資源經理基本計畫架構



區調度支援能力，讓水資源調度更靈活。

3. 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，增加枯水期保險水源，分述如下：

(1) 行政院已核定建置11座再生水廠（圖22），其中鳳山廠於2019年完工，可提供每日4.5萬噸水源；臨海廠於2021年



圖 21 西部廊道供水管網串接推動情形



圖 22 核定 11 座再生水廠推動情形



供水每日3.3萬噸；永康廠於2022年12月開始供水每日0.8萬噸；其餘8座（桃園北區、竹北、臺中豐原、水湳、福田、臺南仁德、安平及高雄楠梓等廠）亦持續推動中。未來針對產業新增用水，將透過制度促進產業優先使用再生水，以循環利用有限的水資源。

- (2) 臺灣四面環海，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，為因應百年大旱，水利署已於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月完成臺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，水利署正推動新竹每日10萬噸及臺南每日10萬噸海淡廠計畫，營運將採節能產水操作，兼顧供水及供電穩定，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。
- (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。目前正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。

（二）水資源建設持續規劃，提升供水效能：

因應氣候變遷及產業用水持續成長，依循臺灣各區水資源經理基本計畫三大主軸及五大策略持續滾動檢討推動各項水資源管理

建設，目標在確保全臺現況及未來至125年供水均可以滿足需求，重點推動工作如下（如圖23）：

1. 北部地區：新竹海淡廠、再生水（桃北、中壢、新竹）、寶二水庫加高、石門水庫至新竹聯通管及油羅溪伏流水等。供水能力自現況（112年）每日548萬噸提升至125年每日589萬噸，增加每日41萬噸。
2. 中部地區：烏溪鳥嘴潭人工湖、大安大甲溪聯通管、再生水（福田、豐原及水湳）、伏流水（大安溪及烏溪）、鯉魚潭北送苗栗幹管及臺中至雲林區域水源調度管線改善等。供水能力自現況（112年）每日285萬噸提升至125年每日323萬噸，增加每日38萬噸。
3. 南部地區：臺南海淡廠、濁幹線與北幹線串接工程、曾文南化聯通管工程、南化高屏聯通管工程、再生水（永康、仁德、安平、岡橋、楠梓及臨海）、南化水庫加高、阿公店溢洪道加高及荖濃溪伏流水等。供水能力自現況（112年）每日329萬噸提升至125年每日397萬噸，增加每日68萬噸。

七、結語

「氣候變遷，是挑戰也是機會」，全球最高端的晶片約有90%在臺灣生產，如果供



圖 23 全台長期重點工作與預期成效

水出現缺口，將影響全球晶片供應鏈，使國際社會對臺灣乾旱議題高度關注（如圖24）。水利署長期與各國水務單位及駐臺單位建立國際合作溝通平台，以水利專業形象搭起合作橋梁，相互交流、知識共享。自臺灣遭逢嚴峻旱象時，國際合作溝通平台成為我國抗旱過程中有效工具之一，在我國需要時，各國主動分享其經驗；如人工增雨所需焰劑、再生水廠、海水淡化廠建置及水庫清淤等項目所需技術，為抗旱帶來實質效益。水利署同時透過國際視訊與各國進行交流，積極展現我國技術優勢，以「臺灣經驗」實現水利外交政策。

面對百年來最嚴峻旱象，已將有效的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，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，今後的水資源管理更具挑戰，未來不必然風調雨順，但必須有更好的感知能力、調適能力，和更好的韌性；百年大旱各項創新及應變經驗不是曇花一現，也不是短暫應變創舉，是做為推動新世代進步基石。水利署將持續透過科技應用、技術發展、水與文化的結合等等，讓水更自然、更親近走入民眾日常生活，讓水利產業走出一片天，期能帶給社會大眾從思維的轉換，共創新時代水文化價值（如圖25）。

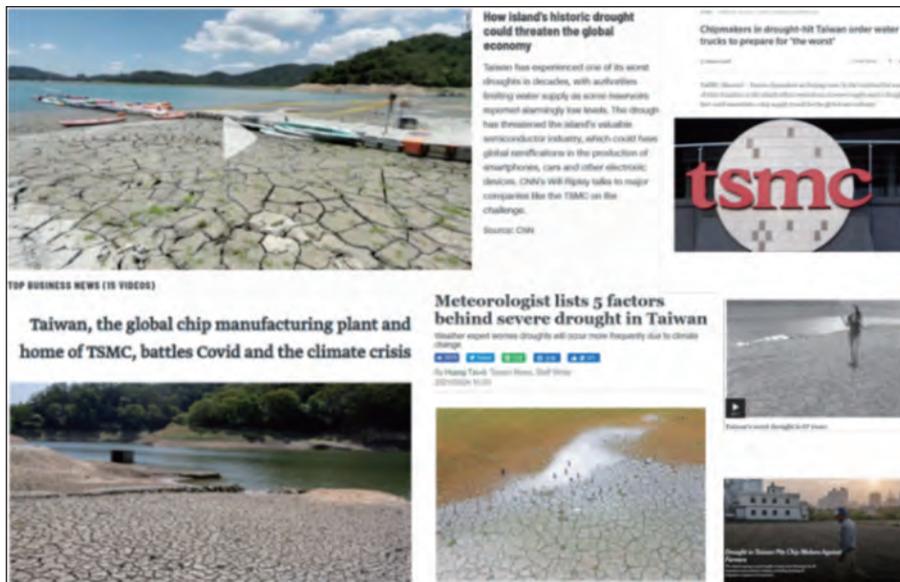


圖 24 百年大旱吸引國際關注



圖 25 未來展望與傳承

參考文獻

1. 109 年下半年旱災緊急應變 - 抗旱水源緊急利用計畫 (核定本)，經濟部，109 年。
2. 緊急抗旱水源應變計畫 2.0 (核定本)，經濟部，110 年。
3. 緊急抗旱水源應變計畫 2.0 (第 1 次修正) (核定本)，經濟部，110 年。
4. 臺灣各區水資源經理基本計畫 (核定本)，經濟部，110 年。
5. 109~110 年百年大旱抗旱紀實，經濟部水利署，111 年。



水利工程也可以很數位 - 總統盃黑客松「多采多資水蓋鮮」

多采科技有限公司董事長 / 李文生
多采科技有限公司水利技師 / 李戎威
國立臺灣大學水工試驗所主任 / 游景雲
國立臺灣大學水科技與低碳永續創新研發中心執行長 / 侯嘉洪

關鍵字：河川水質、溶氧量、生化需氧量、即時計算

摘要

河川水質顯著影響生態環境和生活品質，即時掌握河川水質，可協助政府機關快速處理問題，避免延誤處理引起重大生態浩劫和財產損失。對於人民，水質資訊可提昇河畔居住品質，並提供河岸或水域內戶外活動之參考。

目前國內河川水質僅依靠監測站提供資訊，且測量頻率較低，難以提供完整時間、空間的水質資訊。本研究採用水質數學物理模式，選定溶氧量（DO）和含碳物生化需氧量（CBOD）為求解變數，即時計算河川水質變化狀況，並進行污染來源和去向分析。

擇定淡水河流域淡水河本流、大漢溪、新店溪、以及基隆河段為示範場區，結合經濟部水利署（以下簡稱水利署）即時河川流況及現有監測站資訊，建立即時查詢網站供民眾使用。

一、前言

國內可用水，無論是家庭民生用水，或是工、商業區域用水，多只使用一次便成為排放污水；部份污水透過下水道或區域排水系統進入污水處理廠處理，但有更多是隨著排水路直接排入河川，影響河川水質。

排入河川的污水水質與水量對於水資源

應用、水域環境等具顯著影響。目前河川水質多靠定點定期人工採樣進行監測，但人工取樣只能測得採樣處當時的水質，難以呈現河川水質的真正樣貌；即便測到嚴重污染，也因時效問題難以循線找到污染源。

近年自動監測水質的技術趨於成熟，透過物聯網（Internet of Things, IoT）等技術回傳即時訊息，可提供足夠的資訊協助掌握污染源。監測設備體積縮小，雖成本便宜，數量變多，提供較多資訊，同時也伴隨龐大的維護成本，耗材汰換亦易造成環境二次污染。

因應國家發展需求，展現政府對開放資料與資料運用創新之重視，行政院自2018年開始每年辦理「總統盃黑客松」競賽，藉由跨機關、跨領域及公私協力共組黑客團隊之競賽方式，鼓勵資料擁有者、資料科學家及領域專家多方交流，加速公共服務優化並鼓勵主動創新。2022年以『安居永續·均衡臺灣』為競賽主題，以聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）[1]為願景，從「安居樂業」（SDGs社會面）、「永續發展」（SDGs經濟面）及「均衡臺灣」（SDGs環境面）三大面向號召全民許願，黑客解題。本研究即是回應公民許願之水質環境相關議題，於2022年總統盃黑客松組隊參與競賽，期能透過公私協力，在廣設監測儀器外，探討運用最新數位科技，提昇國內河川水質監測技術。研究目標是應用數學物理運算技術，計算整條河川的水質變化，提

供政府機關改善、社區開發，以及民眾休閒活動等相關參考。期望透過總統盃的高度，促成水利和環保專業適度整合，齊力共創經濟、社會及環境兼具的宜居臺灣。

二、研究背景和架構

（一）臺灣河川水質資訊現況

國內河川水質目前僅能依靠監測站提供資訊，根據行政院環保署（以下簡稱環保署）河川水質測點基本資料，全臺灣啟用中的人工水質測站共有304座。以臺灣首善區大臺北淡水河流域為例，在長度超過150公里的河段內，僅有38座人工水質測站，每月進行一次水質採樣。圖1為111年環保署淡水河流域水質測站分布和水質污染狀況[2]，可看出111年度淡水河流域於中下游為輕度至中度污染。臺北市政府環境檢驗中心率先全臺各直轄市建置5座河川水質自動連續監測站，如圖2，並將數據展示於臺北市環境品質資訊網[3]，如圖3，可看出即時監測項目包含溶氧等項，除自動站外，每月對16定點進行水質採樣檢測。

河川污染通常是接獲民眾舉報後，政府機關才追查污染原因，然而定點定期進行人工採樣，僅能測得採樣處當時水質，難以即時掌握污染源，無法得知河川水質完整樣貌。此外，為維持設備正常運作，確保測量資訊準確性，水質監測設備需定期保養維護



圖 1 111 年環保署淡水河流域水質測站分布和水質污染狀況



圖 2 臺北市水質監測站分布



圖 3 臺北市環境品質資訊網水質即時監測 https://www.tdep.gov.taipei/Public/EnvMonitoring/River_Normal_Station.aspx

及校正，帶來大量維護成本；設備設置於河川內，容易受洪水衝擊毀損，耗材汰換同時造成環境二次污染。

由以上可知，即使是首善之區臺北市，在時間和空間層面能提供的水質資訊也相當稀少。除透過有限的監測數據外，採用水質數學物理模式，可計算河川水質變化狀況，並進行污染來源和去向分析。水質數學物理模式在國際上發展成熟，若能建置模式並以

監測數據檢定，即可掌握河川各區水質，提供時空分布上遠優於現況的水質資訊。

(二) 研究區域

本研究的目標區域為淡水河流域。水質模式即時化計算，需掌握物質傳輸背景場，即河川流況。淡水河流域自民國85年由水利署第十河川局（以下稱十河局）委託國立臺灣大學水工試驗所建置國人第一代洪水預



報系統，為臺灣最早開始發展洪水預報系統的流域；經過20年持續精進，已可即時計算河川流況，每小時提供包含水位和流量等資訊，對於本研究所需建構的即時水質計算可提供良好的模式背景場。[4, 10~41]

除此之外，以淡水河流域為研究區域具有以下優勢：（1）觀測資料豐富：目前設置超過40座即時自動觀測水位站，5座即時監測水質測站，可提供豐富觀測資料協助數值模式檢定與驗證；（2）人口多：流域範圍包含臺北市、新北市、基隆市將近700萬人口，影響層面廣；（3）河川高灘地高度利用：由於人口密度高，市區用地取得不易，河川

高灘地成為非洪水時期高度利用的公共運輸和休閒空間；淡水河流域的高灘地有堤外道路、河濱公園、停車場、自行車道，步道、各式球場、寵物公園等，民眾使用率為全國最高，受河川水質影響也最直接；（4）河川活動多樣頻繁：淡水河主流受河口潮位和上游流量影響，全年均維持穩定水位；加上高灘地設施完善，使河川活動多樣而頻繁，如船運、龍舟競賽、風帆等，水質的掌握和活動品質關聯性高；（5）沿岸區域排水，抽水站數量多：區排和抽水站均會將水排入河川，影響河川水量和水質，建置模式可協助評估未來區排系統的開發應用。圖4為淡水河流域河川利用狀況。



圖 4 淡水河流域河川高度利用狀況



(三) 研究架構

環保署水質監測站目前提供的水質參數如表1所列，由表1可知水質參數多達19項，本研究選擇DO溶氧和CBOD生化需氧量建置模擬模式。整體模式架構如圖5，第一部分以河川模式為基礎，採用交通部中央氣象局（以下簡稱氣象局）的降雨資料，透過降雨逕流模式演算，並搭配水庫放流量及河口潮位，進行河川變量流水理演算，以獲得河川流況資訊，河川流況資訊包含每個演算河川斷面的水位和流量。第二部分結合政府資料開放平臺、環保署、水利署、氣象局及地方政府的相關數據資料，建置淡水河流域的即

時演算水質模式，進行模擬演算並產出水質參數結果。第三部分將水質參數進行數據分析及圖表分析，匯入水質模式資料庫，並建置前端展示網頁，最後透過河道斷面資料、地形資料等基礎資料，同時套疊國土測繪圖資服務雲的地圖資訊，繪製水質地圖，將演算結果呈現於網頁，提供民眾查詢使用。

三、研究方法

(一) 即時河川流況

即時河川流況包含水位和流量，可透過河川變量流水理模式推求。臺灣河川的水流

表 1 環保署水質監測站水質參數

1	DC 電壓
2	DEPTH 量測深度
3	DO 溶氧
4	EC 導電度
5	NH3-N 氨氮
6	pH 酸鹼度
7	SS 懸浮固體
8	WTEMP 水溫
9	BOD5 生化需氧量
10	SS 懸浮固體
11	溶氧飽和度
12	化學需氧量
13	大腸桿菌群
14	氯鹽
15	總磷
16	總有機碳
17	硝酸鹽氮
18	亞硝酸鹽氮
19	各類金屬

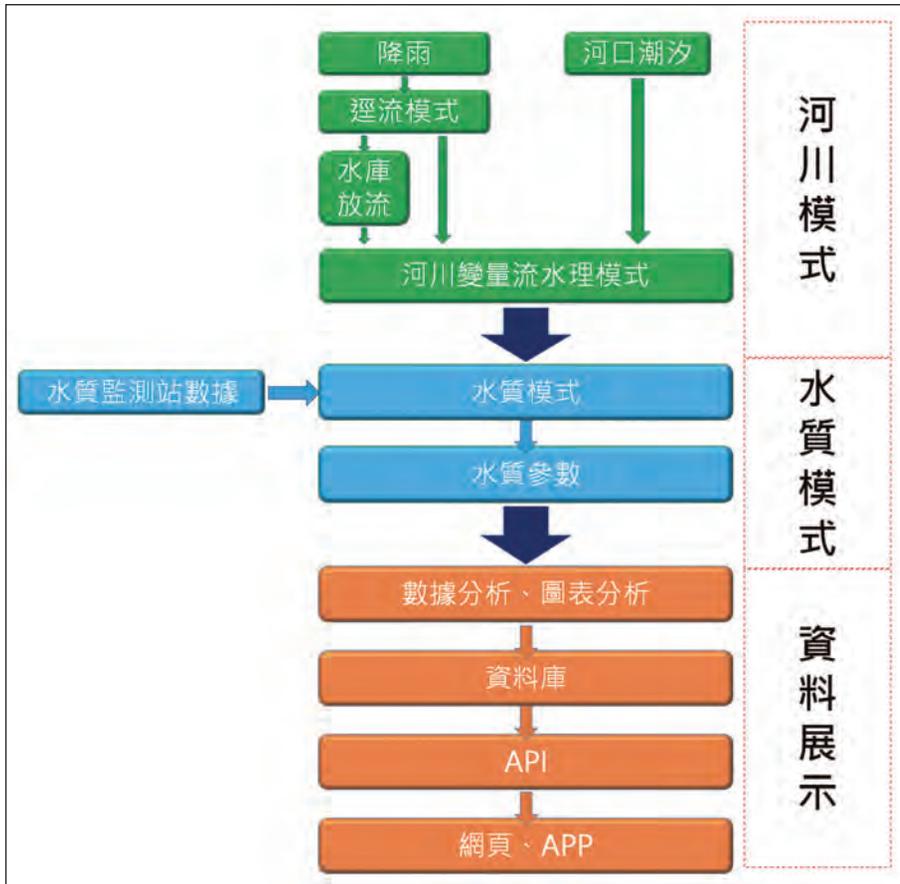


圖 5 本研究模式架構

來源主要為降雨，要計算河川的流況，必須掌握降雨、集水區逕流、河口潮汐、水庫放流等條件，如圖5上半部。流域降雨資料經由逕流模式轉換為集水區逕流，逕流除直接排入河川外，亦可流入水庫，再由水庫放流入河。河川流況除受到上游和流路中匯入的逕流影響外，也會受到河口潮汐變化的影響。

河川變量流水理模式是求解de Saint Venant方程式[8]，包含連續方程式及動量方

程式，公式如下：

連續方程式：

$$b_s \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_i - q_o \quad (1)$$

動量方程式：

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{K^2} = q_i V_i - q_o V_o \quad (2)$$

其中， Q 為流量 (L^3/T)， h 為水位 (L)，

b_s 為面積水位變率 (storage width, L)， A 為通水斷面積 (L^2)， β 為動量係數， g 為重力加速度 (L^2/T)， K 為輸水容量 (conveyance, L^3/T)， q_1 為單位堤岸長度側向流入流量 (L^2/T)， V_1 為側入流在主流河道方向的速度分量 (L/T)， q_o 為單位堤岸長度的溢岸流量 (L^2/T)， V_o 為溢岸流在主流河道方向的速度分量 (L/T)。

口潮位及集水區逕流匯入之河川側入流量，十河局之河川水力模式以交錯式網格點配置，並以有限差分法求解非線性偏微分方程式，輸出每個演算節點的水位、流量、流速等結果。演算節點是以河川大斷面為基礎，平均約500公尺有一處施測斷面，河川大斷面分布和橫斷面圖如圖6所示。本研究於河川流況的掌握上，是採用十河局提供之逐時計算資料，其演算河段如圖7 [4]。

邊界條件包含上游水庫放流量、下游河



圖 6 圖左河道上的連線為淡水河大斷面分布示意圖。圖右為臺北橋河川橫斷面圖，橫軸為左岸到右岸距離，縱軸為高程，藍線為河川斷面，淺綠色塊代表河川水位在斷面的位置



圖 7 十河局轄區河川變量流水理模式演算河段



(二) 水質模式

河川水質傳輸動力主要來自河川水流條件，而河川水流條件包括水深、流量、坡度、河床材質及河寬等因素影響，在常用的水質模式如QUA2E，採用定量流量為動力條件，然而，在淡水河下游河段，受到海水潮汐影響，其流量隨時間而改變，並非定量。為充分模擬淡水河下游河段的水質，受潮汐影響而隨時間變化情形，本文利用水利署所提供之基礎資料，建立河川水理模式後，進行演算，獲得各河川斷面之動態河川水位、流量及流速等資訊，做為水質模式所需的動力條件來源。

1. 控制方程式[9]

水質模式透過物質傳輸控制方程式，以數值方法模擬水質參數。一般物質傳輸控制方程式，考慮延散、傳輸、衰減效應，公式如下：

$$\frac{\partial s}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial s}{\partial x} \right) - \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (Qs) - Ks + w \quad (3)$$

其中， s 為物質濃度 (M/L^3)， A 為河川通水面積 (L^2)， E 為延散係數 (L^2/T)， Q 為河川流量 (L^3/T)， K 為衰減係數 ($1/T$)， w 為物質來源 (M/T)。

本研究擇定水質重要指標之二CBOD (含碳物的生化需氧量) 及DO (溶氧) 進行試作，CBOD係水中易受微生物分解的有機

物質，在特定時間及溫度下，被微生物分解氧或作用消耗的氧量，可用以表示水中生物可分解的有機物含量，即水體受有機物污染的程度；DO係水中含氧量，當水中有機污染物質或低價離子之含純量越多，微生物作用越強烈，消耗大量溶氧將使DO值變低，可作為廢水污染程度的重要指標。

水質傳輸控制方程式包含CBOD模式及DO模式，考慮流量傳輸、延散、曝氣、CBOD耗氧量、光合作用、呼吸作用及外加來源等作用，公式如下：

CBOD 方程式

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC) - KC + w_c \quad (4)$$

其中， C 為CBOD濃度 (M/L^3)， w_c 為物質來源 (L^2)。

DO 方程式

$$V \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (QC) - K_a V (C_s - C) - K_d VL + p_a V - RV + W_c \quad (5)$$

$$\begin{cases} K_d = 0.3 \left(\frac{H}{8} \right)^{-0.434}, & 0 \leq H \leq 8' \\ K_d = 0.3, & H > 8' \end{cases} \quad (6)$$

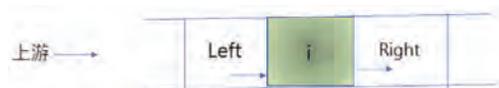
$$\begin{aligned} K_a &= 3.93 \frac{U^{0.5}}{H^{1.5}}, \\ H &= 0.30 \text{ m} \sim 9.14 \text{ m}, \\ U &= 0.15 \text{ m/s} \sim 0.49 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (7)$$

其中， V 為段元體積 (L^3)， C 為水中溶氧濃度 (M/L^3)， c_s 為飽和溶氧濃度 (M/L^3)， p_a 為光合作用係數， R 為呼吸作用係數 ($M/(L^3/T)$)， K_a 為再曝氣係數 ($1/T$)， K_d 為CBOD耗氧係數 ($1/T$)， U 為流速 (L/T)， H 為水深 (L)。

2. 數值處理

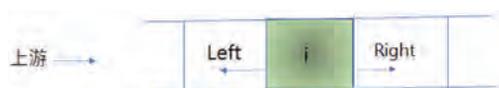
因感潮河段流量向下游流動為正值，向上游為負值，為求數值模式穩定，需採用Upwind Scheme (上游差分法) 計算物質傳輸項。感潮河段物質傳輸項的差分式如下：

上游及下游流量方向均為順流



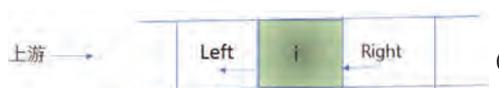
$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = Q_{Left} C_{Left} - Q_{Right} C_{Right} + \dots \quad (8)$$

上游流量方向為逆流，下游流量方向為順流



$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = -|Q_i| C_i - Q_{Right} C_{Right} + \dots \quad (9)$$

上游及下游流量方向均為逆流



$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = -|Q_i| C_i + |Q_{Right}| C_{Right} + \dots \quad (10)$$

上游流量方向為順流，下游流量方向為逆流

$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = Q_{Left} C_{Left} + Q_{Right} C_{Right} + \dots \quad (11)$$

水質模式與河川水理模式串接，需要段元的水體體積、流速及水深等三種水理參數資料。將研究區域劃分成多個水質河段，對應河川斷面即可與河川水理模式串接，如圖8，第1個段元是最上游，將水體分類並以顏色標示，河川水理模式的參數、抽水站、水門或區域排水、污染物質等參數皆以側入流形式匯入對應段元，河段下游邊界條件為另一河段的段元。CBOD/DO濃度。

3. 演算條件設定

水質模式除以上理論和數值模式建置外，對於邊界和污染源點需進行相關設定。本研究水質演算範圍是淡水河流域之淡水河主流 (含上游大漢溪)、新店溪、以及基隆河。淡水河出海口為模式下邊界，上邊界為位於新北市土城和新北市樹林間的城林橋大漢溪河段；新店溪上邊界為新北市新店區的陽光橋河段；基隆河上邊界為新北市汐止之江北橋河段。以上河段均在圖7十河局轄區河川變量流水理模式演算河段範圍內，可取得十河局即時演算之河川流況背景場資料。

河川水溫採用外部檔案設定，於演算時段內為固定值。污染源的設定，下邊界為淡水河口CBOD為1 mg/L，DO為5.5 mg/L；各河段上邊界採用CBOD為5 mg/L，DO為4 mg/L。各河段間，主要受都市排水排放CBOD，參考設定如表2。

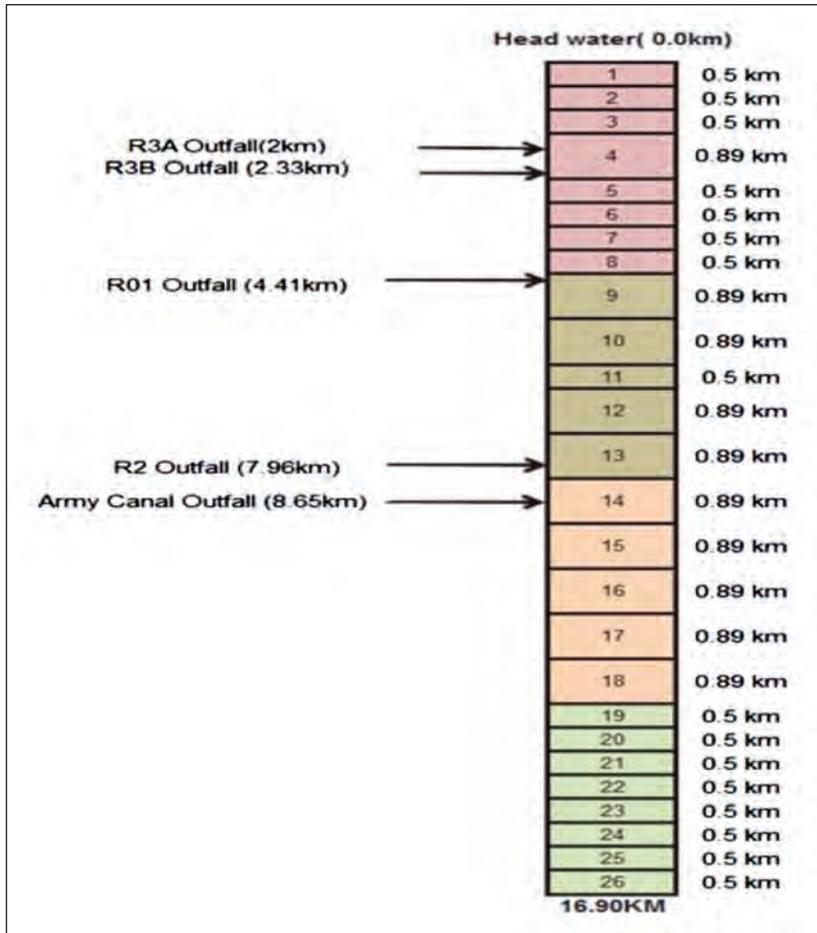


圖 8 水質模式與河川段元分配示意圖

表 2 淡水河流域都市排水污染源參考表

區域		三蘆	板橋	中永和	臺北市
人口數	人	800,000	500,000	700,000	1,000,000
每日用水量	L/man/day	300	300	300	300
污水 / 用水比例		0.8	0.8	0.8	0.8
BOD5/ 人	mg/L	180	180	180	180
區域總污染量	kg/day	34560	21600	30240	43200
流達率	%	0.5	0.8	0.9	0.3
流達河川之污染量	kg/day	17280	17280	27216	12960



(三) 即時系統建置和展示

1. 即時系統架構

以上數值模式開發完成後，需透過自動化排程即時演算，每小時計算河川水質狀況。本研究開發「多彩水淨0」系統，即時介接並解析水質模式所需資料，即時串接各演算模組演算水質，水質演算結果即時輸入資料庫，並透過地圖網頁方式呈現水質資訊，即時系統之架構如圖9。

圖9中顯示，本研究和河川流況以及水質相關的資料計有34類資料集（列於圖左），系統採用之資料圖集分為「MAP DATA」、「原始檔案」、以及「開放資料」，其中「MAP DATA」為內政部國土測繪中心國土

測繪圖資服務雲[5]之平台，為系統展示之地圖平台。「原始檔案」包含十河局提供之淡水河各斷面之即時流況資料，以及臺北市政府水利局提供之水質污染處理資料，「開放資料」包含水利署、氣象局，以及環保署等各單位提供的開放資料。上述資料圖集透過「數據處理」程序，以事前整理分析和即時介接程式等方式，分別轉檔為模式輸入檔「DATA FILES」和資料庫伺服器「SQL SERVER」，再開發網頁應用程式，提供本研究之成果網頁「多彩水淨0」即時呈現。此架構亦把未來擴充應用方向同時考慮，可提供第三方網頁或APP開發使用，河邊活動舉凡健行、跑步、釣魚、自行車、風帆、泛舟、露營等相關APP，或環保署環境即時通APP之水質資訊等，均可接收應用。

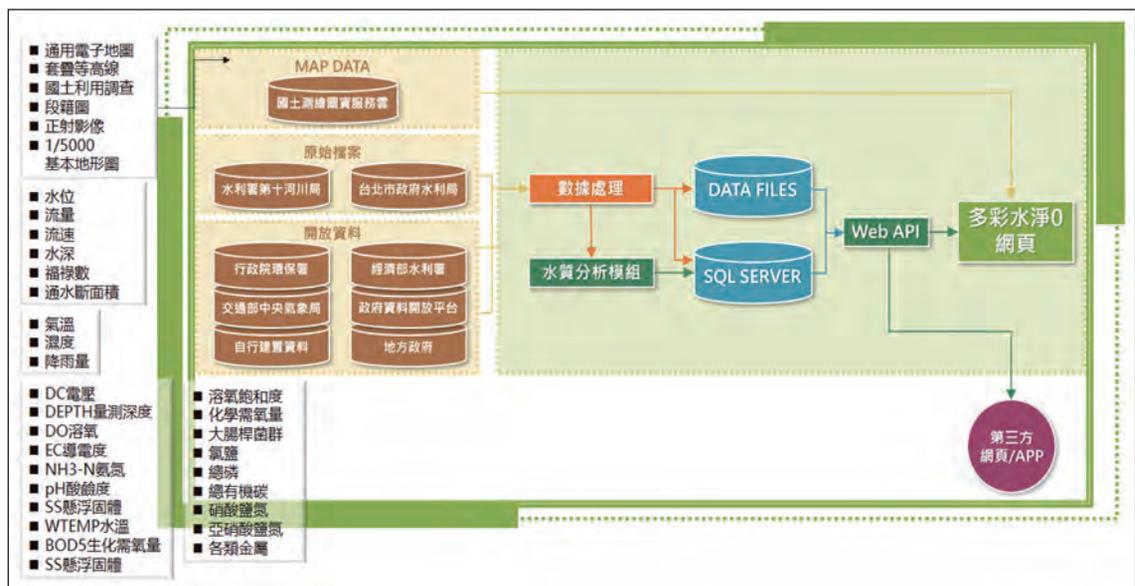


圖 9 「多彩水淨 0」即時系統架構



2. 展示網頁和架設

本研究將即時水質資訊採用網頁進行開發呈現，網頁以地圖方式呈現，資料需求主要區分基礎資料和即時資料，基礎資料主要為各已知設施之空間坐標資料，包含十河局提供之河川大斷面左右樁位，氣象局氣象測站，環保署和臺北市環保局水質監測站，污水下水道截流站等。以上基礎資料與十河局提供河川大斷面左右樁位資料需進行大量的人工調整程序，包含多河段銜接，以及河川彎道處理。接著進行上下游空間關係的建立，並介接即時資料呈現，即時資料包含觀測站監測數據和模式計算結果。由於本研究主要成果為河川溶氧DO和碳生化需氧量CBOD的呈現，為加強使用感受，依DO和CBOD的量值大小以不同顏色表示影響程度。

為彰顯總統盃黑客松的黑客精神，於前端網頁的架設上，採用公開免費資源GitHub Page進行架設，GitHub Page是GitHub提供的一個網頁代管服務，於2008年推出，可用於存放靜態網頁、免費網域設定，GitHub平台提供原始碼版本管理和易於協同合作的功能，上傳之網頁原始碼可自動化建置網頁，並有錯誤自動回報功能。

四、研究結果

2022年8月11日基隆河大佳河濱公園到上游內湖科學園區間的河段，發現大量死魚群，臺北市政府啟動緊急應變，環保局派員

現場查察後研判為連日高溫、水中溶氧偏低所致。工務局水利工程處動員船隻和多名工作人員打撈清除，環保局也調派清潔隊人力協助撿拾岸際魚體，共計動員8艘船隻及逾70名人力，清除69.64噸死魚。此次事件環保局稽查人員沿岸巡查未發現污染偷排情形，現場檢測水溫達31.3度，溶氧3毫克/升、pH值7.45及重金屬快篩均屬正常[6]。

本研究以上述時間點進行淡水河水質狀況分析，分別說明淡水河受感潮影響對於上下游DO和CBOD傳輸的影響，並嘗試從河川流況以及模擬水質結果還原20220811基隆河死魚事件的真相，最後說明本研究之成果網頁和應用情境。

(一) 模式測試和現象探討

模式模擬時間為2022年8月10日0時至2022年8月11日12時，圖10為淡水河口的模擬結果，橫軸為日期時間，上半圖為河口水質模擬時序，左縱軸為CBOD (mg/L)，右縱軸為DO (mg/L)；下半圖為河口流況模擬時序，左縱軸為河口流量（流量係指單位時間內，通過河川橫斷面的水量，常用單位為立方公尺/秒 (cms)），右縱軸為通水斷面積 (m²)。由圖10下半圖可判斷河口為漲潮或退潮，通水斷面積之峰表示河口高潮位，時間約為8月10日9時與22時，8月11日10時；通水斷面積之谷表示河口低潮位，時間約為8月10日3時與16時，8月11日4時。退潮時段

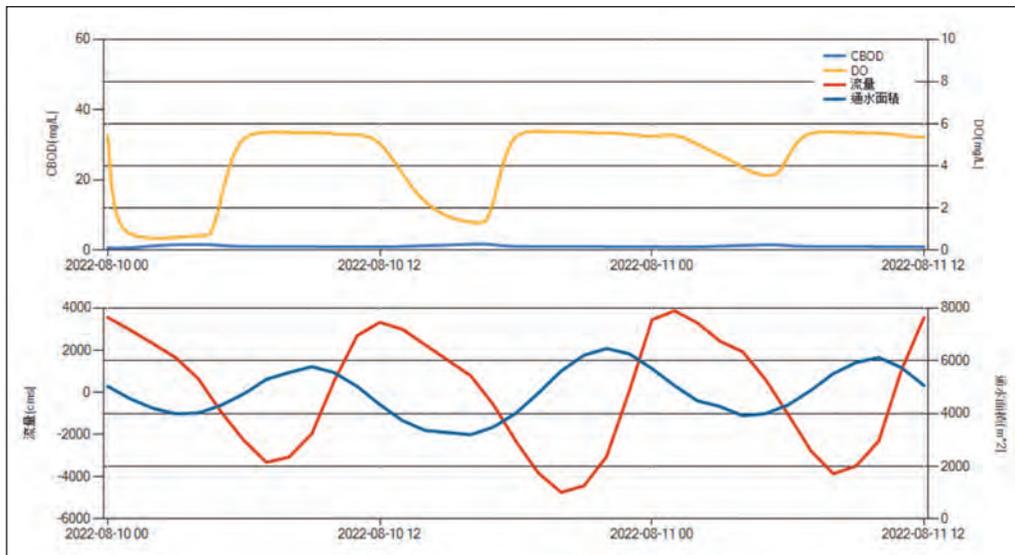


圖 10 淡水河口模擬之河川流況和水質時序圖

為8月10日0時至3時、8月10日9時至16時、8月10日22時至8月11日4時，其餘時間為漲潮時段。流量為負值表示水流由河口向上游流動，會在漲潮後漸漸發生；為正值表示水流由上游向河口流動，於河口退潮後發生，河口漲退潮的流量變化可由-4,000 cms到4,000 cms。由於淡水河口為半日潮，於模擬時段內有三次漲退潮，擷取退潮段到漲潮段DO和CBOD自上游到下游模擬分布如圖11，圖中橫軸為距河口距離（公尺），最左邊505公尺為最接近河口的河段，最上游將近30,000公尺為土城樹林一帶。圖11之DO和CBOD呈現相同現象，在退潮時，濃度峰值是隨著水流向下游河口傳遞；漲潮時，雖然從河口湧入4,000 cms高溶氧的新鮮水，但還沒流到河口的污染物又會被水流向上游推送。上游產生的污染物在河川傳遞過程中，無法在一次感

潮時段出海，根據模擬結果可推算從土城出發的污染物，要隨著潮水漲退花費將近7天才會出海，由此分析亦可推論淡水河中游段的水質會較差，呼應圖1環保署之資料結果。

（二）事件驗證與分析

8月11日死魚群發生的河段位於基隆河，將8月10日至11日具有自動觀測資料的基隆河承德橋和成美長壽橋水質模擬結果和觀測資料繪如圖12和圖13，圖內配置同圖10，但增加DO觀測資料，以紅點表示。由DO模擬值和觀測值之比較結果，可看出DO模擬結果無論趨勢或量值都和觀測值非常接近，驗證成果良好。環保署全國環境水質監測資訊網[7]指出，魚類基本存活的要求水中溶氧3 mg/L或4 mg/L以上，連日高溫降低水中溶氧量，

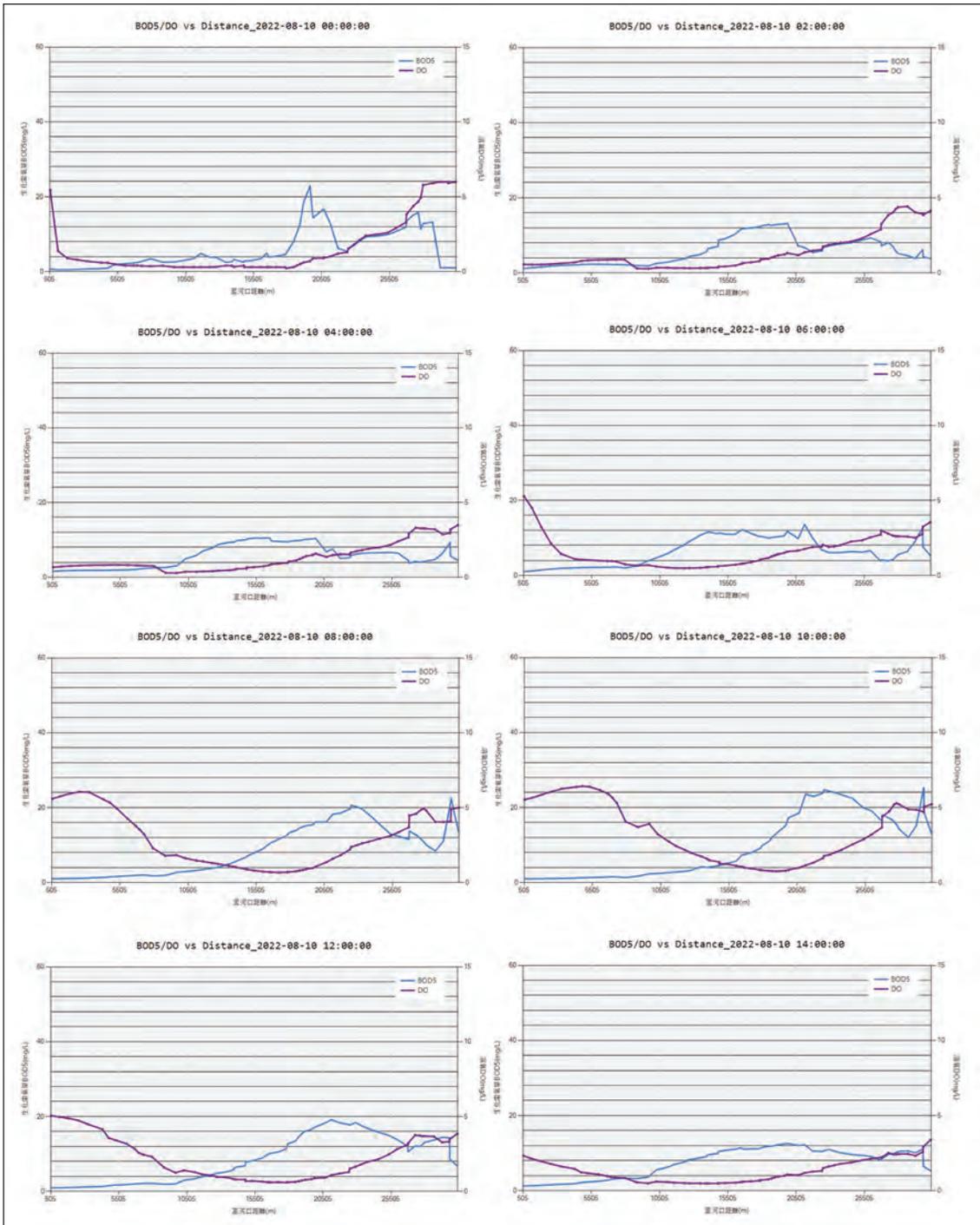


圖 11 淡水河主流漲退潮之 DO 和 CBOD 自下游到上游之分布

當水中溶氧低於2 mg/L時可能就會造成魚類缺氧死亡。圖12和圖13中，承德橋8月11日清晨4時的DO觀測值為0.26 mg/L，模擬值為0.47 mg/L，成美長壽橋DO觀測值為0.89 mg/L，模擬值為1.24 mg/L，均屬於低溶氧環境，且時間長達數小時，可能是造成魚群死亡的原因。

此外，由於較下游的承德橋DO較上游之成美長壽橋更低，因此可推測造成死魚發生的河段應在下游一帶，由於8月11日4時後淡水河口開始漲潮，河水由河口一路往上游傳輸，由圖12可看出承德橋約在8月11日6時左右流量出現負值，因此死魚群將隨著感潮的河水自下游向上游傳輸，最後集中在大佳河

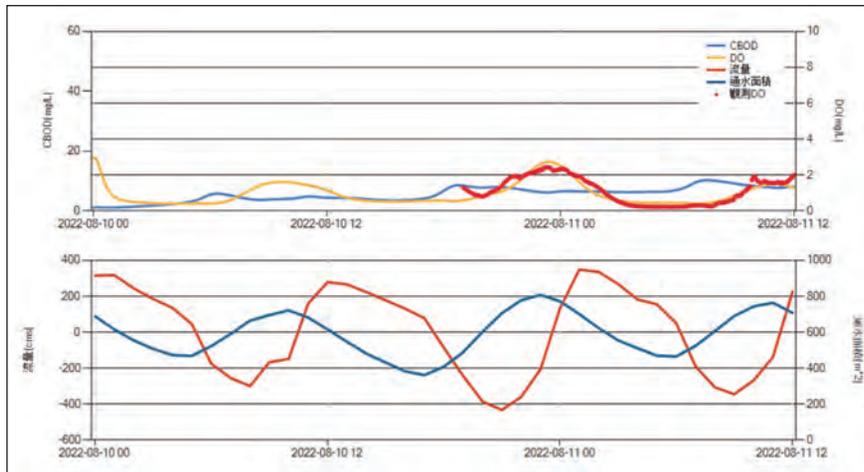


圖 12 基隆河承德橋 8 月 10 日至 11 日之水質模擬和觀測驗證結果

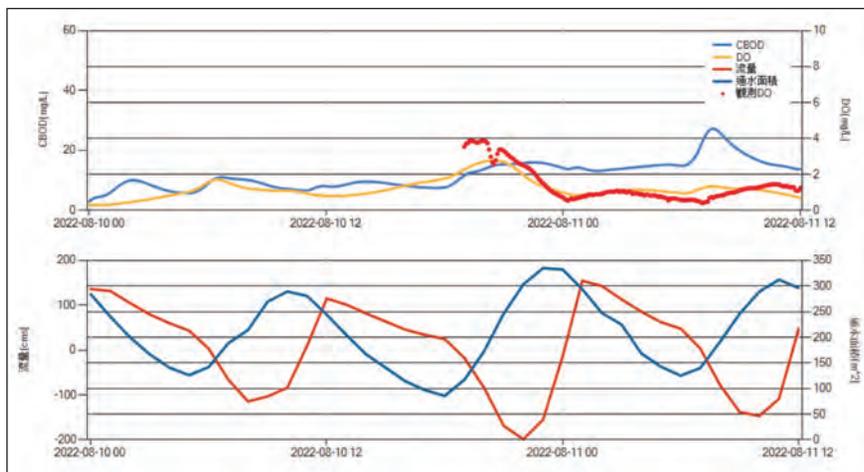


圖 13 基隆河成美長壽橋 8 月 10 日至 11 日之水質模擬和觀測驗證結果



濱公園至內湖科學園區一帶的河段。

由以上分析可知，結合水質模式的計算，較有限數量的單點觀測資料，更能掌握河川水質，可協助分析河段內水質變化狀況，搭配河川流況，更可分析物質傳輸的源頭和去向，協助釐清問題，提供未來防範參考。

(三) 串接結果和展示網頁

本研究之水質模式採用即時系統運作，根據最新河川流況和水溫等資料，每小時自動化演算，並將結果透過地圖化網頁呈現，系統命名為「多彩水淨0」，如圖14和圖15。圖15為專家版，提供專家掌握對河川斷面的模擬數據。圖14是以一般民眾為使用對象，以生活應用普及化的地圖化展示，圖中右上角可選用不同地圖圖層為「故事舞台」，包含「臺灣通用電子地圖」、「臺灣通用電子地

圖透明」、「臺灣通用電子地圖（套疊等高線）」、「國土利用調查成果圖」、「段藉圖」、「正射影像圖（通用版）」、以及「1/5000基本地形圖」，預設為「臺灣通用電子地圖」，民眾可依需求選用地圖圖層。

右側「關心重點」是最主要功能，為貼近民眾採用科普應用設計，以「水中氧氣」和「水中污染」分別表示DO和CBOD，提供民眾點選，預設為「水中氧氣」，可由圖中看出各河段DO狀態，以不同顏色表示「氧氣充足」、「水中快缺氧」、以及「水中缺氧」，圖例如圖14左下所示，若出現「驚嘆號」標誌，則表示水中溶氧極低，可能造成魚群死亡，民眾將可能在所在河段看見死魚漂流，政府機關則可調派曝氣船前往該河段進行曝氣提昇DO，減少魚群缺氧死亡的風險，展現政府的積極作為。「水中污染」展示河川CBOD狀況，以不同顏色表示「嚴重污



圖 14 「多彩水淨0」民眾版地圖化即時水質資訊網頁

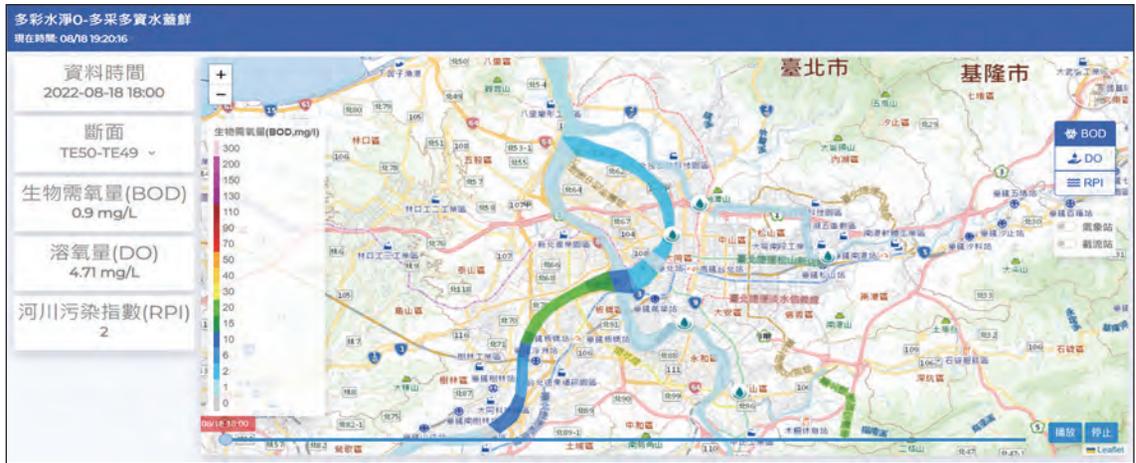


圖 15 「多彩水淨 0」專家版地圖化即時水質資訊網頁

染」、「中度污染」、「輕度污染」、以及「未（稍）受污染」，民眾若在「嚴重污染」的河段遊憩，應避免碰觸河水，並可能聞到臭味。搭配圖14左側的「水邊情報」，會將河川DO和CBOD的狀況以「可能發生死魚河段」、「異味影響」、以及「不建議遊憩」提出參考文字訊息。「可能發生死魚河段」是以河川為單位，如淡水河、基隆河、新店溪；「異味影響」呈現河川週邊的村里，並在地圖上以紅色塊標註村里位置；「不建議遊憩」則以河邊的休閒設施為單位，如河濱公園等。

右側「鄰近站況」包含「氣象站」和「截流站」，開啟功能後，將顯示流域內氣象局氣象站即時觀測資料，如圖14右下角示意為淡水站觀測時間的氣溫和濕度，以及臨河川之下水道污水截流站資訊。地圖具備定位功能，可查詢「我在哪裡」，並放大展示附

近河段的水質資訊。地圖最下方為時間軸，點選不同時段可展示該時段的水質資訊，並可開啟動畫播放功能，觀看水質在河道內的變化。

五、結論及未來展望

本研究建置水質數學物理模式，即時計算河川水質變化狀況，並以20220811基隆河死魚事件進行驗證，對污染來源和去向進行模擬分析。水質監測設備需與水接觸，其折損率高，且需要定期汰換並投入高昂維護成本，而監測數據也需較高檢覈辨識成本。

透過「多彩水淨0」系統即時計算結果，監測時間頻率由原先一個月一次提高720倍效益為每小時演算；水質數據點位由22處觀測點提升8倍效益至163處演算點；監測空間



距離由原先平均站距5.8公里提升10倍增密為0.5公里解析度之計算值，有效提升高時空解析度之水質資料，提高經濟效益。此外，更可結合水質感測元件，透過科學計算結果協助判斷異常監測調整儀器、提供後續汰換及佈設點位評估，突破傳統計算模擬的限制達到數位孿生的目標，將感測元件成本降至最低，達到環保減碳成效。

建置「多彩水淨0」地圖化網頁，提供全民使用，或經機關許可納入機關官網和APP。對於民眾而言，過去需實際走近河邊才看到死魚或發現水質問題而無法遊憩，現在可擁有全河段水質數據提供遊憩活動參考；對於政府機關，過去僅能接獲通報後緊急處理追查，現在可即時提供主動積極作為，如發現缺氧河段，則調派曝氣船增加溶氧，降低魚群死亡機率；當相鄰監測站數據明顯差異，也可透過系統計算結果找出可能源頭，協助判斷工廠偷排廢水地點，更可協助提供人工濕地、截流站操作及大型活動辦理之參考依據，有效提升民眾友善觀感，落實愛河川、親近水的目標。

未來透過計算，即能提供透明的水質資訊，擴充氮、懸浮質，計算河川污染指數RPI，應用至全臺灣河川。目前政府已有優質空污資訊，結合細緻高時空解析度之水質資訊更能具體落實智慧城市目標。本研究即時河川水流、水質計算為目前國際先進的技術，並符合多項聯合國SDGs的目標，成果

和經驗可輸出國際，增加臺灣聲量。透過科學、科技與創新能力，擴大科技使用，加強永續發展政策的一致性，於國際上朝向人人有最佳用水、確保生態系統運作正常，能安居永續的終極目標。

六、致謝

本研究承蒙2022年總統盃黑客松評審團自全國近200隊參賽團隊中評選為卓越團隊，水利署張廣智副總工程司於參賽期間提供許多良善建議和方向，十河局提供世界頂尖的即時河川流況計算資訊，並由臺北市政府工務局水利工程處提供詳實的死魚事件相關處理資料，特此感謝。卓越團隊「多采多資水蓋鮮」由經濟部水利署，多采科技，多采工程顧問，臺大水科技與低碳永續創新研發中心，臺大水工試驗所，富鈞水資組成，由衷感謝各團隊於參賽期間的付出。

參考文獻

1. The 17 Sustainable Development Goals of United Nations, <https://sdgs.un.org/goals>
2. 環保署水質保護網：<https://water.epa.gov.tw/Public/CHT/River/Tamsui.aspx>
3. 臺北市環境品質資訊網 https://www.tldep.gov.taipei/Public/EnvMonitoring/River_NormalStation.aspx
4. 111年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國111年。
5. 內政部國土測繪中心國土測繪圖資服務雲 <https://maps.nlsc.gov.tw/>
6. 聯合新聞網「熱死了！基隆河連日魚群暴斃」，<https://udn.com/news/story/7323/6533666>
7. 環保署全國環境水質監測資訊網，https://wq.epa.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/WaterKnowledge/Pedia_01.aspx
8. Applied Hydrology, Chow, Ven Te/Maidment, David R./Mays, Larry W., 1988。



9. Surface Water-Quality Modeling ,Steven C, Chapra. , 2008。
10. 洪水預報與減災應變網絡雜型建置計畫，經濟部水利署，民國 93 年。
11. 洪水預報與減災應變格網建置計畫 (1)，經濟部水利署，民國 94 年。
12. 洪水預報與減災應變格網建置計畫 (2/2)，經濟部水利署，民國 95 年。
13. 水文模式與分散式洪水預報系統整合應用計畫 (1/3)~(3/3)，經濟部水利署，民國 96~99 年。
14. 機率式洪水預報系統之研發 (1/2)~ (2/2)，經濟部水利署，民國 99~100 年。
15. 系集洪水預報系統資訊整合及加值應用，經濟部水利署，民國 103 年~
16. 系集洪水預報決策支援服務之研發應用，經濟部水利署，民國 104 年。
17. 洪水預報決策支援服務建置及加值應用，經濟部水利署，民國 105 年。
18. 洪水預警決策支援服務技術研發及加值應用，經濟部水利署，民國 106~107 年。
19. 洪水預警服務支援及智慧防汛系統研發應用，經濟部水利署，民國 108~110 年。
20. 水情預警資訊服務精進及資料分析應用評估，經濟部水利署，民國 111 年。
21. 臺北防洪整體檢討計畫，經濟部技術處，民國 85 年。
22. 臺北防洪整體檢討計畫 (二)，經濟部技術處，民國 86 年。
23. 淡水河整體洪水預報系統模式之研發，經濟部水利署，民國 87 年。
24. 淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充計畫 (一)，經濟部水利署第十河川局，民國 89 年。
25. 淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充計畫 (二)」，經濟部水利署第十河川局，民國 90 年。
26. 淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充計畫 (三)」，經濟部水利署第十河川局，民國 91 年。
27. 基隆河洪水預報模式建置計畫」，經濟部水利署第十河川局，民國 91 年。
28. 淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護」，經濟部水利署第十河川局，民國 97 年。
29. 98 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護，經濟部水利署第十河川局，民國 98 年。
30. 99 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護，經濟部水利署第十河川局，民國 99 年。
31. 100 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護，經濟部水利署第十河川局，民國 100 年。
32. 101 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護，經濟部水利署第十河川局，民國 101 年。
33. 102 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 102 年。
34. 103 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 103 年。
35. 104 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 104 年。
36. 105 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 105 年。
37. 106 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 106 年。
38. 107 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 107 年。
39. 108 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 108 年。
40. 109 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 109 年。
41. 110 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國 110 年。



中國工程師學會 112 年各獎項得獎名單

中國工程師學會 112 年會士名單

姓名	服務單位	職稱
施義芳	台灣世曦工程顧問股份有限公司	董事長
宋裕祺	國立臺北科技大學土木工程系	特聘教授
邱永芳	臺灣海洋產業聯合會	理事長
薛文珍	微笑頻率研究室	主持人

中國工程師學會 112 年各獎項得獎名單

工程獎章

姓名	服務單位	職稱
施義芳	台灣世曦工程顧問股份有限公司	董事長

傑出工程教授

姓名	服務單位	職稱
吳嘉文	國立臺灣大學化學工程學系	特聘教授
李志鵬	國立中山大學電機工程學系	特聘教授
林志隆	國立成功大學電機工程學系	特聘教授
侯拓宏	國立陽明交通大學電子研究所	講座教授
歐昱辰	國立臺灣大學土木工程學系	特聘教授
盧明俊	國立中興大學環境工程學系	特聘教授
羅偉誠	國立成功大學水利及海洋工程學系	特聘教授
羅裕龍	國立成功大學機械工程學系	講座教授



姓名	服務單位	職稱
楊耀州	國立臺灣大學機械工程學系	特聘教授
張傳育	國立雲林科技大學資訊工程系	特聘教授

傑出工程師

姓名	服務單位	職稱
伍勝園	交通部鐵道局	局長
李正中	工業技術研究院電子與光電系統研究所	副所長
洪士博	長春石化集團技術與工程部	專員
栗正暉	群策工程顧問股份有限公司	總經理
陳再富	聯華電子股份有限公司	處長
楊國政	中國鋼鐵股份有限公司	研究員
楊敦年	台灣積體電路製造股份有限公司	R&D 處長
劉世桐	交通部公路總局	副總工程司
劉松河	工業技術研究院	南分院組長
蘇仁斌	聯發科技股份有限公司	協理

優秀青年工程師

姓名	服務單位	職稱
尤佳偉	中鼎工程股份有限公司煉油石化專案三部	專案經理
何偉碩	台灣積體電路製造股份有限公司 N3 製程整合發展一部	部經理
李信宏	聯華電子股份有限公司技術開發三處	經理
李裕群	台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣工程部	計畫副理
林新惟	中國鋼鐵股份有限公司 T61	研究員
施尊穎	中興工程顧問股份有限公司大地工程部	地質師
陳韋任	台灣積體電路製造股份有限公司	PVD2 部經理
湯曜任	工業技術研究院資訊與通訊研究所	技術經理
楊傑銘	信鼎技術服務股份有限公司技術開發部	資深工程師
蔡承翰	工業技術研究院機械與機電系統所	副經理

優秀工程學生獎學金

姓名	學校	科系
呂博揚	國立屏東科技大學	環境工程與科學系



姓名	學校	科系
周書非	淡江大學	建築系
邱琬茹	國立清華大學	材料科學及工程學系
王奕涵	國立中興大學	化學工程學系
黃文譽	國立臺北護理健康大學	資訊管理系
盧彥勳	國立陽明交通大學	資訊工程學系
李連鑫	中原大學	電子工程系
林羿成	國立臺灣大學	電機工程學系
邱祥恩	國立彰化師範大學	電子工程學系
蕭珮甄	逢甲大學	自動控制工程學系

沈怡獎學金

姓名	學校	科系
周亞棻	國立高雄科技大學	土木工程系
戴瑞傑	國立清華大學	電機工程學系

詹天佑論文獎

論文題目	作者	推薦學會
自黏鐵芯感應加熱之磁熱耦合預測模型建立	陳星嶧、林省揚、郭嘉旭、陳伽達、李旺龍	鑛冶

工程論文獎

論文題目	作者	推薦學會
Dielectric gel electrolytes for safe charge storage from -20 to 80°C by double-layer capacitors	蘇蕙涵、施淳彥、蘇頌淮、李玉郎、謝建德、鄧熙聖	化工
抗潛變經濟型高溫壓力容器用鋼開發	吳宗峯、陳昱文	防蝕
變斷面桁架圍束式挫屈束制支撐設計分析與試驗研究	陳律安、吳安傑、陳雋、蔡克銓	結構
Optimization and kinetics studies of biodiesel synthesis from Jatropha curcas oil under the application of eco-friendly microwave heating technique: an environmentally benign and sustainable bio-waste management approach	Kassian T. T. Amesho、林淵淙、陳志恩、程培正、Vinoth Kumar Ponnusamy	環工



論文題目	作者	推薦學會
結構物線上健康診斷安全評估系統建置：應用於國震中心大樓	陳雯惠、周中哲、林沛暘、羅俊雄	土木

石延平教授工程論文獎（從缺）

工程優良獎

工程名稱	主辦單位	協辦單位
興建大臺南會展中心統包工程	臺南市政府 工務局	監造：中興工程顧問股份有限公司 統包：福清營造股份有限公司 / 金光裕建築事務所
桃園市中壢區一號基地（東寮段 325-4 地號）新建公營住宅統包 工程	桃園市政府 住宅發展處	專案（含監造）：中興工程顧問股份有 限公司 / 台北國際聯合建築師事 務所 統包：潤弘精密工程事業股份有限公司 / 李安憲建築師事務所
廣慈博愛園區整體開發計畫行 政大樓第 A 標及社福大樓第 B 標統包工程	臺北市府 都市發展局	專案管理：台灣世曦工程顧問股份有限 公司 監造：喻台生建築師事務所 施工：泛亞工程建設股份有限公司 設計：蕭力仁建築師事務所
花蓮區農業改良場強化有機試 驗示範場域及建立有機農業設 施典範興建工程	行政院農業委員會 花蓮區農業改良場 內政部營建署	代辦：內政部營建署 設計監造：陳荊洲建築師事務所 施工：慶譽營造有限公司
烏溪烏嘴潭人工湖計畫 - 引水設 施工程	經濟部水利署 中區水資源局	設計：黎明工程顧問股份有限公司 監造：經濟部水利署中區水資源局 施工：興安營造股份有限公司 / 南寧工程股份有限公司
臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣 化工程建設計畫 -C712A 標菩安 金崙段土建及一般機電工程	交通部鐵道局 東部工程處	設計：中興工程顧問股份有限公司 監造：美商同棧國際工程顧問股份有限 公司台灣分公司 施工：根基營造股份有限公司 / 冠慶機電股份有限公司
國道 4 號臺中環線豐原潭子段 第 C711 標豐勢交流道工程	交通部高速公路局 第二新建工程處	設計：中興工程顧問股份有限公司 監造：交通部高速公路局第二新建工程 處材料試驗所 施工：遠揚營造工程股份有限公司



工程名稱	主辦單位	協辦單位
安坑輕軌運輸系統計畫機電系統統包工程	新北市政府 捷運工程局	專案管理：中興工程顧問股份有限公司 監造：亞新工程顧問股份有限公司 統包：中國鋼鐵股份有限公司
金門大橋建設計畫第 CJ02-2C 金門大橋接續工程	金門縣政府	代辦：交通部高速公路局 設計及監造：台灣世曦工程顧問股份有限公司 施工：東丕營造股份有限公司
台 74 線大里及霧峰地區增設匝道工程（台 74 線草湖交流道）	交通部公路總局 第二區養護工程處	設計：台灣世曦工程顧問股份有限公司 監造：交通部公路總局第二區養護工程處員林工務段 施工：鐵山營造工程有限公司

產學合作績優單位

組別	得獎單位
公私立大學	國立陽明交通大學
	國立清華大學
	國立成功大學
公私立科技大學	國立高雄科技大學
	崑山科技大學
	國立臺北科技大學
	國立勤益科技大學
	國立屏東科技大學
	明新科技大學
高中職	臺中市立臺中工業高級中等學校
	國立羅東高級工業職業學校
企業組 (公民營事業單位)	台灣世曦工程顧問股份有限公司
	金屬工業研究發展中心
	中興工程顧問股份有限公司
	桃園大眾捷運股份有限公司



民國 112 年工程獎章得獎人優良事略

姓 名：施義芳

學 歷：國立高雄應用科技大學土木工程系
博士

國立中央大學土木系碩士

國立臺灣科技大學學士

現 職：台灣世曦工程顧問股份有限公司董
事長



得獎人簡介及優良事略

一、為工程服務的先行者

施義芳先生於國立高雄應用科技大學土木工程系畢業取得博士學位，並在國立中央大學土木系取得碩士學位。從國立臺灣科技大學畢業之後，曾至中鼎工程股份有限公司任職，爾後離職至營造廠服務，並創設自己的工程顧問公司，熱心參與公會事務，先後擔任中華民國土木技師公會聯合會理事長、臺灣省土木技師公會理事長、臺灣營建仲裁協會理事長、臺北市土木技師公會理事長、中國工程師學會理事長及中華智慧運輸協會理事長。

由於表現傑出，2008、2012、2016年

分別獲民進黨提名為不分區立委候選人，於2016年5月26日擔任中華民國第9屆立法委員，在擔任立委期間，分別推動建築法、建築師法、土木工程草案、技師法、營造業法、都市更新條例部分條文修正草案、都市危險及老舊房屋加速重建條例以及政府採購法部分條文修正草案等土木工程相關法案。以上幾項法案，皆為工程界相當重視，且符



合公平正義之修法或立法，施先生本著「工程專業、技師優先」的初衷，於各法案審查時，將工程界的需求、建議意見，成功地納入新法之中，為工程界開拓更寬闊的藍海。

在擔任土木技師公會理事長一職時，施先生對於國內的災害救治有著利用專業服務眾人的心。15年前，他登高一呼，在公會成立了災害防救總隊，除了每年會舉辦突襲式集合演練之外，更與政府的救災相關單位接受一樣的訓練，只要有參加救災總隊的土木技師都有著國家認證的救災資格。

土木技師公會救災總隊成立後，每逢臺灣重大災害，從高雄美濃大地震、台南大地震維冠大樓倒塌、花蓮大地震甚至最近的太魯閣出軌事件，都有土木技師公會救災總隊出動的身影。土木技師到災難現場可以協助消防救災人員結構專業，讓消防救護人員知道救援當下，可以在多創造出多少救援空間，提供救災人員安全救災環境與搶得受災民眾更多的救援時間。除此之外，更能提供地檢署鑑定調查意見與資料，除了救災也併同進行鑑定工作，以保全證據，保障受災民眾權益。

在土木技師災害防救總隊參與救災，過程都是無償的。所有的救災動員工作都由技師公會運作，技師因救災產生的費用與津貼也都技師公會支付，沒有用到政府的錢，這也是施先生所創下的制度。他的初心即是土

木技師是一個專業團體，土木技師的存在，是由於社會的需要，才能從中獲取報酬，由於土木技師的奉獻，才能造就公會的茁壯，所以當公會號召技師從事這些活動時，就應該取之於社會，用之於社會，正向循環，社會才能更美好。

二、屢創新績的領導者

立法委員任期結束後，蔡英文總統借重施先生的專長，將其派任至台灣世曦工程顧問股份有限公司擔任董事長一職，自109年4月擔任董事長以來，台灣世曦營業收入從108年43.5億元，109年提升到48.9億，110年達到56.7億，最近111年又再度創新高到64.6億。簽約額部分109年從48.9億，110年一口氣突破百億（107億），111年更再度創台灣世曦設立以來最高簽約額118億，充分展現其經營長才，也讓台灣世曦成為名符其實臺灣工程顧問龍頭。

經營有成之外，被視為協助臺灣前瞻計畫的多項國家重大工程建設：金門大橋、桃園機場第三航廈、天然氣第三接收站、高雄科技園區、沙崙科學園區、高鐵南延等等，都可以看見台灣世曦參與的身影。尤其是去年10月啟用的金門大橋，更是我國工程史上困難度第一的工程建設，也是首座全由國人一磚一瓦打造的跨海大橋。5.41公里長的車程只需5分鐘通過，卻歷經12年、花費超過96億元，堪稱史上最難蓋的跨海大橋。金門



大橋，也是國內首座真正意義上的「跨海大橋」，相比澎湖跨海大橋，跨海部分僅700公尺，金門大橋一口氣橫跨了數公里之遠，海面深度更達23公尺之深，建造過程中，除了必須考慮興建成本、人力成本之外，更得考慮氣候、海象、地質等因素，難度之高亦是世界難見。金門大橋的完成，可謂是立下我國工程史上新的里程碑。

而現在如火如荼建造中的桃園機場第三航廈，從2018年開始施工，預計2026年完工，多次流標的桃園機場第三航廈，在施先生上任後，積極與各方協調，終於在第三航廈主體工程於2021年3月、8月分別完成土建及機電工程發包，目前已陸續完成主體航廈地下2樓至3樓板之混凝土及鋼構吊裝等工項，另北登機廊廳工區亦同步推展混凝土、鋼構吊裝、航站北路道面及共同管溝等作業，整體施工進度順遂推動。整體計畫截至2022年10月底的累計進度為41.58%，較預定進度超前0.21%。

而攸關臺灣能源轉型的第三天然氣接收站，從一開始選址到環評審查都相當受到環保團體的關注，施先生上任後不久，就遇到環保團體舉辦藻礁公投未過關，三接興建才確定。爾後在施工中，又再度遇到環評問題，他不因此氣餒，除了努力跟環保團體溝通之外，更進行更深度的環境評估，為求能源轉型與環境保護兼顧，在環評許可的範圍內，將工業港再外推455公尺，不必浚挖、不

破壞水下礁體，不僅兼顧供電，也護藻礁，對沿岸潮間帶藻礁影響也更小。三接工程已施工3年，同步持續進行生物監測，結果顯示柴山多杯孔珊瑚、小燕鷗、殼狀珊瑚藻等生物皆呈現穩定發展，代表三接外推能夠兼顧開發與保育的平衡，預計2025年6月即可完工。

在施先生的努力下，台灣世曦的得獎紀錄也屢創新高，2020年更榮獲由國際道路協會（IRF）所頒贈的2020年全球道路成就獎，也在同年度拿下2020年全球唯一道路成就工程設計獎首獎。2021年獲亞澳道路協會Mino大獎最佳工程獎項第一名。2022年也榮獲亞洲土木工程聯盟（ACECC）111年度優良工程獎。

在國內部分，第20屆金質獎，是台灣世曦公司成立以來獲得最多獎項的一年，更勇奪公共工程品質優良獎1項特優、4項優等，以及4項佳作，尤其在特別貢獻獎部分，一口氣奪下設計單位、監造單位及專案管理單位三大項目。台灣世曦亦榮獲金擘獎政府團隊獎特優獎及佳等。

除了品質有目共睹之外，台灣世曦在講究以員工為本的施先生率領下，屢獲勞動部金安獎肯定，更特別獲頒勞動健康特別獎，並通過CNS 45001與ISO 45001驗證，在施先生與全體台灣世曦全體同仁的努力下，台灣世曦得獎紀錄甚豐。



三、跨工程專業的前瞻者

全球經濟快速發展，城市的智慧化儼然成為各國城市的升級策略，身為工程人更不能忽視這項世界浪潮。當無人機、自駕車、鐵道智慧化等浪潮來襲，臺灣智慧運輸風潮也將順勢而起，施先生以其在工程界的豐富經驗，以老將新兵之姿、擔任臺灣智慧運輸的背後推手。

接任中華智慧運輸協會理事長之後，積極扮演與政府溝通角色，具體建議政府應在ITS強化投資項目；以及開放台灣世曦成為ITS交流平台，提供與會員同業分享，創造更多商機；另外並連結學術創新研發，跨年度長期支持研發團隊；發展海外市場，積極發展業務管道，並組成臺灣隊進軍海外。

由全球都市發展所造成的人口壓力，衍生出巨量的碳排放以及大量耗能，使得生活居住環境隨著人口的增加而每況愈下。他於演講中強調，要解決這些問題，不單僅僅只是擴大都市範圍以容納更多的住民，而是要從資通訊技術入手，透過廣泛建置ICT、CIVIL基礎建設，來達成「智慧化」的智慧城市。

台灣世曦長期參與政府重大交通建設，從公路、鐵路、高鐵一直到機場，都有其足跡，除了致力替民眾打造一條安全回家的道路，智慧運輸科技的導入，更是現今交通建

設不可或缺的思維，希望「開放世曦」成為ITS業者交流平台，匯集眾人智慧，創造無限可能。

在國際合作方面，就算在疫情期間，施先生為了提高並開拓我國智慧運輸在國際上的能見度，除了率領協會成員至德國漢堡、美國洛杉磯參展之外，更到波蘭簽署MOU，甚至前往杜拜、新加坡、日本等國洽談合作。除了為我國業者拓展產業商機外，更希望透過非官方的合作締約，突破臺灣的外交困境。

四、工程知識的傳承者

面對全球化與科技化帶來的衝擊，企業面臨日新月異的經營挑戰，企業所需要的人才，與過去大不相同。臺灣專業人才培育不易，期望透過以「學用合一」機制增進學生就業競爭力，促成就學、就業無縫接軌，養成具有獨立思考與創新開發能力、工程專業技術以及國際視野的優秀人才。

至擔任重要職務以來，施先生多次至各校分享從業心得、上課，甚至擔任相關校務相關職務，為的就是鼓勵更多學子至工程界服務。爾後擔任台灣世曦工程董事長，更是戮力與各個學校合作，簽訂產學合作MOU，並提供獎學金吸引學生至台灣世曦實習，讓更多學子了解工程界的工作，培養學子的實務經驗。

專注、堅持 慢工出細活
慢飛天使一樣可以提供高品質的服務
中油有愛 陪伴他們慢慢起飛
傳遞善與關懷 願一路上有你



官網



愛心加油站

廣告

企業 ESG 工程 ing



中國工程師學會暨各專門工程學會
112年聯合年會

時間：112年9月15日

地點：茹曦酒店
(臺北市松山區敦化北路100號)

敬邀各位會員踴躍報名參加！





專業製造 工程整合 E.P.C

鋼鐵設備

Products for Iron and Steel Making & Rolling mill

輸送設備

Products for Material Handling and Transportation

軌道車輛

Products for Rolling Stock

鑽油平台操作設備

Equipment for Oil Rig

自動倉儲系統

Automation Storage System

風力發電廠設備

Products for Wind Mill

發電廠及石化設備

Products for Power Plant and Petrol-Chemical

天車製作

EOT Cranes

齒輪製作

Gear Reducer

油壓缸製造維修及測試

Manufacturing & Testing for Hydraulic Cylinders

大型組件

Products of Large Components

鋼鐵鑄件

Products of Casting Steel/Iron

輥輪再生

Roller Reclamation

CSMC 中銻機械
CHINA STEEL MACHINERY



高雄市小港區81246台機路3號
3 Tai Chi Road, Hsiao Kang, Kaohsiung 81246, Taiwan, R.O.C.
TEL / 886-7-802-0111
FAX / 886-7-802-2613
http://www.csmc.com.tw

中宇淨安心 600A空氣清淨機



CADR 600
最大適用22坪空間

高效抑菌 安淨守護

中鋼技術指導
改質活性炭



1. 強效活性炭濾網

✓ 1.3kg填充量 濾網壽命長

✓ 99.9%吸附各種異味

Ex: 有害化學氣體、菸味、甲醛等...

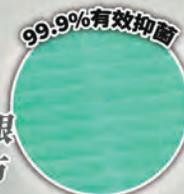
2. 專利菌捕手

✓ 奈米銀不織布

✓ 攔截細菌、抑制孳生



奈米銀
不織布



3. H12 HEPA濾網

✓ 過濾PM0.3極細

懸浮微粒99.5%





花東

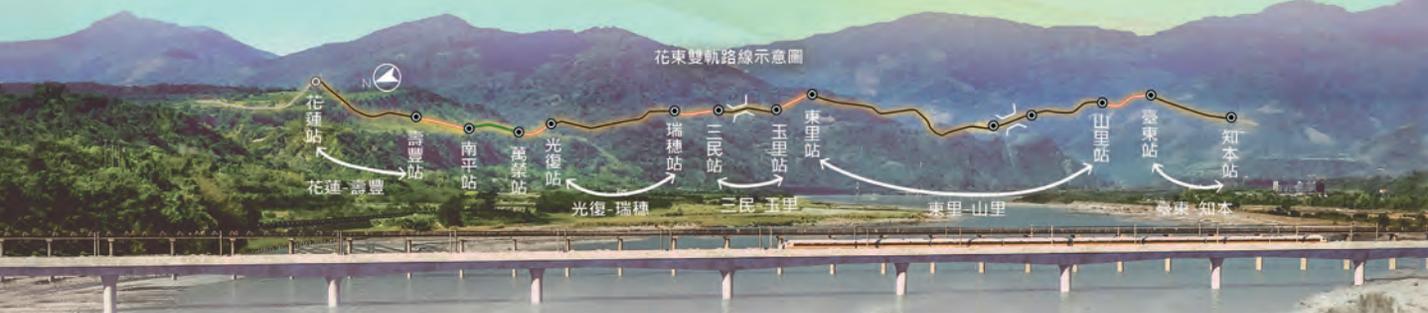
地區

悠遊花東 雙軌便捷

一票難求的花東車票，終將成過去

鐵路雙軌電氣化計畫

Railway dual-track electrification plan in Hualien and Taitung area



軌道工程



土建工程



橋梁工程



車站工程



號誌電訊工程



電車線工程

贊助機關：交通部鐵道局 廣告



交通部鐵道局
Railway Bureau, MOTC
為者常成 行者常至



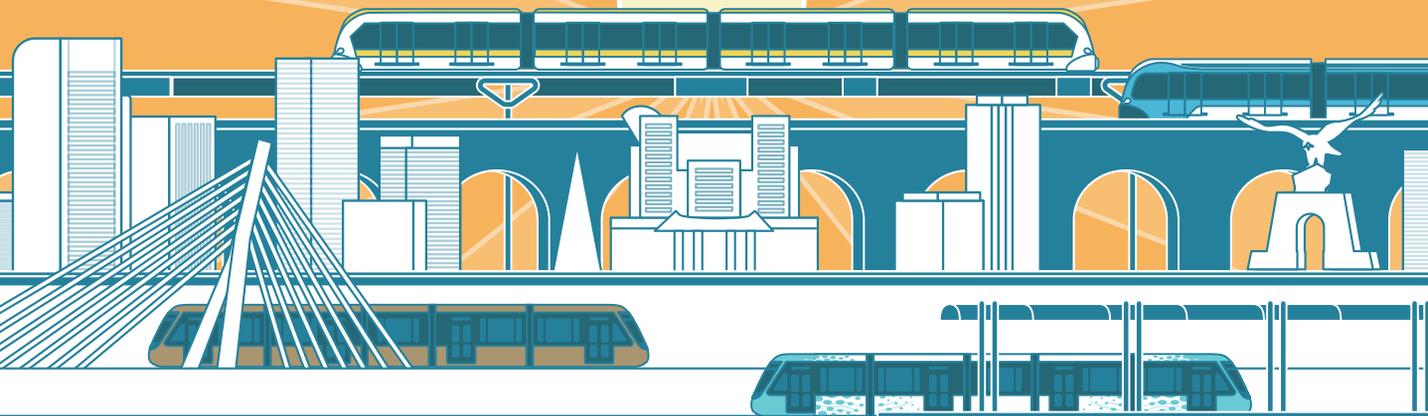
亞新工程顧問股份有限公司 MOH AND ASSOCIATES, INC.

台北 | 台中 | 高雄 | 仰光 | 曼谷 | 新加坡 | 香港 | 澳門 | 北京

運輸工程 | 大地工程 | 結構工程 | 環水工程 | 專案及施工管理 | 建築、都市計劃、景觀及室內設計 | 機電工程 | 數位工程



幸福前進 永續前行



新北捷運

UG 聯合大地工程顧問股份有限公司
UNITED GEOTECH, INC.

台北市內湖區瑞光路583巷21號5樓 <http://www.ugi.com.tw>
TEL : +886-2-27985198 · FAX : +886-2-26580958
E-Mail : services@mail.ugi.com.tw

大地工程之調查規劃設計與監造
Geotechnical Engineering

隧道設計、監造與檢測補強
Design · Construction Supervision &
Rehabilitation of Tunnels

工程地質與工址調查、地球物理探測
Engineering Geology · Site Investigation &
Geophysical Prospecting

水利水保工程之規劃設計與監造
Hydraulic Engineering · Soil & Water Conservation

土木運輸工程之規劃設計與監造
Transportation Engineering

專案管理
Project Management

調查 · 規劃 · 設計 · 監造 · 專案管理

Investigation · Planning · Design · Construction Supervision · Project Management



交通部公路總局 廣告

CTCI 中鼎集團

CTCI 中鼎集團 (TWSE: 9933、TPEX: 5209、TPEX: 6803) 為國際級統包工程公司，承攬多元化重大工程。創立於 1979 年，總部位於台灣台北市，致力提供全球最值得信賴的統包工程服務。在全球逾 10 個國家設立約 40 個據點，集團員工總數約 7,000 人，並入選道瓊永續指數 (The Dow Jones Sustainability Indices, DJSI)。



業務領域

- 煉油石化
- 電力
- 環境
- 交通
- 一般工業
- 高科技設施
- 液化天然氣

服務內容

- 專案管理
- 可行性研究及前端工程設計
- 工程設計
- 工程採購
- 設備製造
- 工程建造與維修
- 工廠試車
- 智能解決方案
- 自動化控制
- 無塵室與機電配管工程
- 智能頂進工法
- 地盤冷凍工法
- 操作及維護

產品項目

- 設備製造
- 化學添加劑
- 智慧化能源管理系統

ctci
中鼎集團

111033 台北市中山北路六段89號
Tel: (886)2-2833-9999
Fax: (886)2-2833-8833

www.ctci.com

ctciEF
財團法人中鼎教育基金會

112037 台北市北投區福善路16號2樓
Tel: (886)2-2769-8599
Fax: (886)2-2769-9299

www.ctcief.org

msi[®]



台灣高鐵會員 **TGO**

累積多點美好 All in TGO



加入高鐵會員 **TGO** 用點數把美好收進口袋

