

中華民國一一五年八月・第五十三卷第四期

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

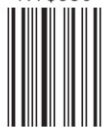
August
2026



ISSN 0253- 3804



NT\$350



9 770253 380006



Volume 53, No. 4

社團法人
中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

塵封的流光

國道新建工程局
與
第二高速公路工程

國道7號高雄路段
新建計畫

工程技術及發展

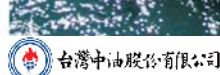
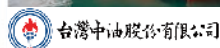
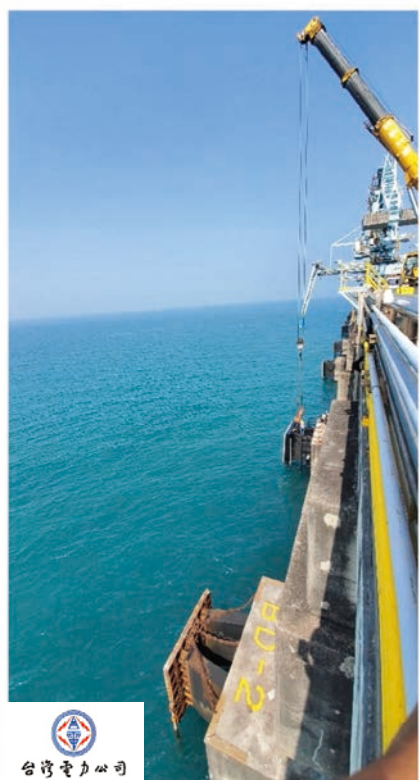
專 輯

面對極端氣候變遷下
的積極應對作為—
科技造水



志成橡膠廠股份有限公司

CHIH CHENG RUBBER FACTORY CO., LTD



臺灣最專業的港灣碰壁設施製造商 為航海運輸提供最可靠的防護

本公司針對不同港灣條件，設計及製造符合特性的防護碰墊。由於產能與機具領先同業，完全可滿足大型船舶的防護性能及其他特殊需求。產品規格齊全，使用年限長，是航商最經濟的選擇。

嘉義縣民雄鄉興南村工業二路 3 號
TEL : 05-2211126

E-mail : chihcheng168@gmail.com
FAX : 05-2218914

Made In
Taiwan
臺灣製造



2016.08.18 14:27



臺南海水淡化廠

土木水利

社團法人中國土木工程學會會刊



發行人：謝尚賢

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：黃炳勳（台灣世曦工程顧問股份有限公司總經理、編輯出版委員會主任委員兼總編輯）

定價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元（航郵另計）

繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會

會址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：http://www.ciche.org.tw

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地址：363001苗栗縣公館鄉石埕村石埕305-1號

電話：(037) 230469

社團法人中國土木工程學會第二十七屆理監事（依姓氏筆劃排序）

理事長：謝尚賢

常務理事：朱惕之 林子剛 莫仁維 黃炳勳

理事：王宇睿 李政安 林其璋 林祐正 林聰利 邱建國 胡宜德

莊均緯 許泰文 陳仲賢 黃一平 楊正君 楊亦東 歐善惠

蔣啟恆 賴建信 謝震輝 嚴世傑

常務監事：高宗正

監事：呂良正 吳瑞賢 宋裕祺 沈景鵬 邱琳濱 楊偉甫

先進工程

- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 非破壞檢測
- 先進工程

永續發展

- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠營建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生活動

學會活動

- 學會選舉
- 學術活動
- 土水法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係 [工程倫理]

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

中國土木工程學會任務

1. 研究土木水利工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第518號 執照登記為雜誌 行政院新聞局出版事業登記証 局版臺誌字第0248號

「面對極端氣候變遷下的積極應對作為—科技造水」專輯

專輯序言：面對極端氣候變遷下的積極應對作為—科技造水	黃貞凱／顏呈仰／李立愷	3
全國海水淡化事業未來之展望—建構氣候韌性下之多元供水新格局	陳仲安／李祈宏／李啓瑞／趙永楠／陳聖文／葛武松	5
風城造水—新竹海水淡化廠規劃設計與工程推動	柯雅婷	11
海水淡化廠關鍵工程技術探討—以臺南海水淡化廠統包工程為例	張社國／林志墩／劉偉裕／劉民偉／李立愷／林冠廷	19
曾文溪感潮河段水資源利用結合自然解方與水岸環境營造初步規劃	黃郁芳／黃俊維／李祈宏／陳汶圓／趙永楠／陳聖文／葛武松	24
澎湖赤崁地下水庫半鹹水淡化處理及水源運用	吳軒蘋／林家煌／黃聖然	33
澎湖馬公第二海水淡化廠第一期工程經驗分享	劉炘憲／洪修棟／歐琇英	38

工程技術及發展

騰空遨行的路廊・建構區域完整交通拼圖—國道7號高雄路段新建計畫	陳宏仁／蔡宗楷／黃炳勳／蔣啟恆／吳嘉文／黃蕙蓉／葉淑華／張念如／陳明谷／陳韋丞	41
---------------------------------	---	----

工程歷史

塵封的流光—記國道新建工程局與第二高速公路工程	鄭文隆	49
-------------------------	-----	----

廣告特搜

志成橡膠廠股份有限公司 — 臺灣最專業的港灣碰設施製造商 為航海運輸提供最可靠的防護	封面裡
邑莒工程顧問有限公司 YICHANG Engineering Consultants Ltd.	10
巨延工程顧問股份有限公司 GT International	23
經濟部水利署南區水資源分署 — 阿公店水庫 空庫防淤操作	32
山林水環境工程股份有限公司 — 品質、專業、使命必達	58
財團法人臺灣營建研究院 — 改善國內營建環境及提升技術水準	59
林同棧工程顧問股份有限公司 — 國道1號新增大雅系統交流道	59
亞新工程顧問股份有限公司 — Our World Our Work	60
義力營造股份有限公司 — 義呈實諾 力呈卓越	60



面對極端氣候變遷下的積極應對作為——科技造水

專輯序言

專輯客座主編 黃貞凱／黎明工程顧問股份有限公司 董事長
顏呈仰*／黎明工程顧問股份有限公司 副總經理
李立愷／黎明工程顧問股份有限公司 副理

台灣是一個四面環海的孤島型國土環境，並且山高流急、河川坡降陡峭使得天然降雨不易留存；因此在民生及產業用水上，我們面臨著相較其他國家更為嚴苛的水資源困境。

除了天然的地理困境外，近年自然與人為環境的演變也使得穩定水資源供給的任務挑戰加劇。首先是氣候的變遷，台灣全島長 400 公里，高聳的中央山脈橫亘其中造成了降雨不均的地理環境特性，台灣北部得益於雪山山脈攔截東北季風帶來的濕冷

水氣，在冬季有著較為穩定的降雨，但是這樣的降雨特性在桃園以南的地區逐漸變得不明顯；台灣南部則是在每年五到六月間有一波的梅雨季，太平洋高壓與蒙古冷氣團交會下產生豐沛雨量的滯留鋒面，為台灣南部帶來穩定降雨。除了這兩種類型的北部冬雨和南部梅雨外，台灣的水資源僅能依靠夏季颱風所帶來的降雨，但是颱風的降雨對水資源運用而言，如同倚賴賭桌上的賭局，尤其是近年來的氣候變遷經常使得冬雨與梅雨陷入空包彈，還出現夏季連續發生颱風過門而不入的窘境，民國 110 年發生的百年大旱事件就是其中的經典案例。

* 通訊作者，yen5492@ms7.hinet.net

氣候變遷並不是唯一的供水挑戰，台灣蓬勃經濟發展背後的硬核是穩定的水資源供給，現今的台灣西部廊道上存在著北北基黃金首都圈、桃竹苗大矜谷、中彰雲投精密智慧新核心、嘉南高屏大南方新矜谷等四大產業發展區塊，每一區塊都有自己的核心產業重點發展，都是經濟發展的重中之重，也都是水資源供應的重要課題。除此之外，各區產業發展帶動區塊內的核心都會區人口高度集中，如今台灣西部廊道上的台北、新北、桃園、台中、台南、高雄六大都會區匯集了全國 7 成的人口，如何穩定供給百萬級都會區的民生用水也是一項嚴苛挑戰。

前述的人為環境變遷固然顯示了國土均衡發展的努力成果，也表示台灣不再是過去北部工業、南部農業，人口高度集中於大台北周邊的社經環境，而是整個西部廊道都有重要工業發展與核心都會區的分佈；因此在水資源調度上的難度也較過往困難許多，尤其是氣候變遷降雨不再穩定後，更加仰賴各種人為的積極作為來適應極端降雨的嚴苛挑戰。

我國政府面對以上的水資源供給的課題，除了執行各項計畫維持水庫庫容外，以珍珠串工程計畫加強區域間的用水調度來克服氣候變遷帶來的降雨不均和通過海水淡化等科技造水來營造極枯旱事件時保有不用看天活命的人工源泉。

本期專輯即是針對台灣從過去在離島地區的海

水淡化經驗，延伸到現在本島積極推動的新竹、台南海淡計畫，更由經濟部水利規劃分署協助撰文說明未來關於海水淡化事業的展望。

分享的文章從陳仲安等人以水利署水利規劃分署多年規劃成果撰寫的「全國海水淡化事業之展望——建構氣候韌性下之多元供水新格局」，由宏觀的視角論述台灣推動海水淡化事業的過去與未來，緊接著是緊鑼密鼓執行中的兩大海水淡化工程興建計畫介紹，分別是柯雅婷撰寫水利署北區水資源分署執行的「風城造水——新竹海水淡化廠規劃設計與工程推動」與林冠廷等人撰寫水利署南區水資源分署執行的「海水淡化廠關鍵工程技術探討——以臺南海水淡化廠統包工程為例」，然後我們邀請黃郁芳等人撰寫「曾文溪感潮河段水資源利用結合自然解方與水岸環境營造初步規劃」，這是水利署水利規劃分署關於感潮河段半鹹水利用的開拓性計畫，而半鹹水的利用台灣省自來水公司在澎湖的赤崁地下水庫也有豐富的經驗，因此吳軒蘋等人撰寫的「澎湖赤崁地下水庫半鹹水淡化處理及水源運用」即以此為題材，最後是目前全國處理能力最大的台灣省自來水公司澎湖馬公海淡廠營運經驗分享，由劉炘憲等人撰寫的「澎湖馬公第二海水淡化廠第一期工程經驗分享」。

以上數篇文章概略的橫跨台灣海水淡化事業過去與未來，冀望讀者能從這些作者的分享中瞭解台灣在氣候變遷與產業發展雙重壓力下，以科技造水作為解方因應水資源供給之挑戰。🇹🇼





全國海水淡化事業未來之展望—— 建構氣候韌性下之多元供水新格局

陳仲安*／AECOM 艾奕康工程顧問股份有限公司 助理總監

李祈宏／AECOM 艾奕康工程顧問股份有限公司 技術總監

李啓瑞／經濟部水利署水利規劃分署 工程員

趙永楠／經濟部水利署水利規劃分署 科長

陳聖文／經濟部水利署水利規劃分署 科長

葛武松／經濟部水利署水利規劃分署 主任工程司

近年來全球氣候變遷加劇，極端乾旱與強降雨事件發生頻率及強度均明顯增加，傳統仰賴水庫蓄水與河川取水之供水系統正面臨前所未有之挑戰。臺灣年平均降雨量約 2,500 毫米，雖為全球平均值之 2.6 倍，但受限於地形陡峭、河川短促、降雨時空分布不均及水庫淤積等先天地理條件，實際可利用水資源相對有限。隨著高科技產業持續發展，產業及民生對穩定且高品質供水之需求日益提升，建構具韌性、多元化及氣候調適能力之供水系統，已儼然成為國家水資源治理的重要課題。海水淡化具備不受降雨條件限制及供水穩定性高等優勢，近年已逐步由離島地區之供水補充水源，發展成為國家多元水資源戰略的重要組成。本文透過回顧我國海水淡化政策之發展歷程，探討離島供水改善、技術驗證及大型化推動等關鍵階段，並說明新竹、臺南及嘉義等重大海水淡化廠建設推動情形。同時分析技術創新、國際合作、政策支持及社會溝通等核心推動策略，進一步探討能源、環境與成本等未來發展挑戰。最後提出全國海水淡化事業發展願景與策略方向，期能作為未來推動我國多元水資源發展之參考。

關鍵詞：海水淡化、供水韌性、氣候變遷、多元水源、水資源治理

前言：氣候變遷下臺灣水資源之挑戰

臺灣長期被視為降雨豐沛之地區，年平均降雨量約達 2,500 毫米。然而，豐沛的降雨量並不代表可利用水資源充裕且穩定。由於中央山脈縱貫全島，地勢陡峭，河川坡降大，降雨於短時間內迅速入海，致難以有效蓄存雨量。依經濟部水利署統計資料，臺灣年平均降雨總量約 885 億噸，但實際可利用水量僅約

163.72 億噸，占總降雨量不到 20%，其餘則因蒸發或逕流入海而無法有效利用（圖 1），顯示水資源利用率相對偏低。

此外，臺灣降雨時空分布極為不均，北部地區豐枯水期降雨量比例約為 6：4，中部與東部地區約為 8：2，而南部地區則高達 9：1（圖 2）。南部地區供水系統高度依賴梅雨及颱風降雨，一旦降雨量不如預期，便容易出現水庫蓄水量快速下降，進而影響區域供水安全。

* 通訊作者，Ian.Chen@aecom.com

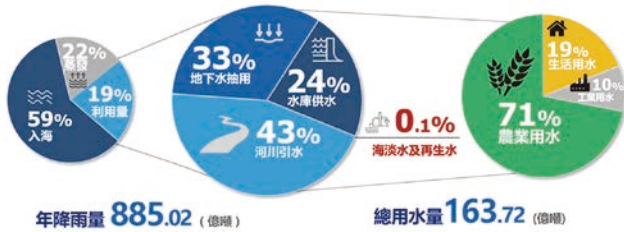


圖 2 臺灣地區豐枯水期降雨比例

根據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 第六次評估報告相關研究成果顯示，未來臺灣年最大連續不降雨日數將呈現增加趨勢，最劣情境下至本世紀末可能增加超過 10%，同時強颱發生比例也趨於頻繁。此趨勢意味降雨可能更加集中，旱澇交替現象更加明顯，迫使傳統供水系統與供水調度面臨之風險持續升高。

另一方面，我國產業結構持續朝高科技、高附加價值及智慧製造方向發展。半導體、電子製造、綠能及智慧製造等產業對供水穩定及水質要求極高，一旦供水中斷，不僅可能導致重大經濟損失，更可能影響

全球供應鏈運作。因此，尋求不受氣候限制且可長期穩定供應之替代水源，已成為國家永續發展及產業競爭力確保的重要基礎。

在此背景下，海水淡化因具備穩定供水、區域自主及調適氣候風險等特性，正逐漸成為臺灣建構水資源韌性的重要戰略工具。

我國海水淡化政策之發展歷程

離島供水改善階段

我國海水淡化發展始於離島地區。早期金門、馬祖及澎湖等離島因降雨量有限、水庫興建條件不足及地下水鹽化問題，長期面臨缺水風險。因此政府自 79 年起陸續興建小型海水淡化廠，以確保民生用水穩定供應。

截至目前為止，金門、馬祖及澎湖地區已建置多座海水淡化廠 (圖 3)，每日產水規模自數百立方公尺至 1 萬立方公尺。近年完成之澎湖馬公第二海水淡化廠、七美海水淡化廠及吉貝海水淡化廠，更有效改善離島地區供水品質與穩定性。這些離島海水淡化工程除滿足居民用水需求外，也累積了國內海水淡化設施規劃、設計、施工及營運管理的重要經驗。

本島技術驗證階段

99 年後，隨著傳統水資源開發日趨困難，政府開始重新檢視海水淡化於本島地區應用之可能性。由於新建水庫涉及環境、生態及土地取得等問題，且開發成本逐漸增加及開發期程持續增長，而海水淡化則具備不受天候限制之優勢。因此政府陸續辦理本島各地海水淡化廠可行性研究，並在新竹地區設置海水淡化試驗模組，驗證逆滲透系統在臺灣本島海域水質條件下之操作效能，以累積相關維運技術與管理經驗。



圖 3 馬祖、澎湖及金門地區海水淡化廠

大型海淡推動階段

在 110 年臺灣遭遇百年大旱，成為我國海水淡化政策的重要轉捩點。當年度主要水庫蓄水量大幅下降，部分地區甚至已採取分區供水措施。面對嚴峻水情，經濟部水利署於極短時間內分別完成新竹及臺中緊急海淡機組建置，其中新竹緊急海淡機組在 66 天內完成第一階段每日 3,000 立方公尺產水，100 天內達到每日 13,000 立方公尺供水量（圖 4）；臺中緊急海淡機組則於 51 天內達成每日 13,000 立方公尺產水目標（圖 5），展現海水淡化技術作為緊急備援水源之高度機動性。

其後於 112 年，高雄地區水情緊張期間，更將臺中緊急海淡機組移置臺電興達電廠（圖 6），於 40 天內完成每日 15,000 立方公尺供水能力，再次驗證海淡設施於供水危機下的重要價值。這些實際成果改變了社會各界對海水淡化設施的認知，也加速政府推動大型海水淡化建設的決心。

本島大型海水淡化建設之推動

歷經 110 年百年大旱考驗後，海水淡化已由緊急抗旱措施正式納入國家長期供水策略，並成為建構供水韌性的重要基礎設施。

行政院於 112 年核定新竹及臺南大型海水淡化計



圖 4 新竹緊急海淡設施（上）及取水管（下）



圖 5 臺中緊急海淡設施

畫，其中新竹海水淡化廠及臺南海水淡化廠一期之設計產水規模為每日 10 萬立方公尺，兩案均已通過環境部的環境影響評估審查並順利完成工程發包作業，目前已進入施工建設階段（圖 7）。依據現行推動期程，新竹海水淡化廠預計於 116 年營運產水，臺南海水淡化廠一期則預計於 117 年投入營運。前述兩座海水淡化廠除提供穩定民生及產業用水外，也將成為我國首批官辦大型常態化營運之海水淡化設施。

除上述計畫外，嘉義海水淡化廠正辦理工程可行性規劃，近期亦通過環境部的環境影響評估審查，未來將於行政院核定後，接續進入工程招商及建設階段。政府藉由逐步推動大型海水淡化設施布局，策略建構全國性多元供水網絡，而臺南海水淡化廠第二期工程之促參先期作業、高雄海水淡化廠之工程可行性規劃作業亦同步進行中。若相關規劃陸續完成及建設，全國大型海水淡化設施產能可望超過每日 75 萬立方公尺，成為供水占比僅次於傳統地面水源的新興穩定水源。而於雲林麥寮六輕工業區亦由台塑石化公司自行投資興建每日產水規模 10 萬立方公尺之海水淡化設施，以滿足產業發展所需用水。此案例顯示海水淡化不僅為公共供水系統的重要選項，亦已逐步成為產業自主供水策略的重要組成。



圖 6 高雄緊急海淡設施（上）及蔡英文前總統視察（右）



圖 7 新竹海水淡化廠（左）及臺南海水淡化廠（右）

海水淡化推動之核心策略

大型海水淡化事業並非單一工程建設，而是一項跨領域、跨部門的系統工程。依近年推動經驗顯示，成功關鍵包括以下四大核心策略。

技術創新驅動永續發展

海水淡化成本主要來自能源消耗，因此提升系統產水效率始終是產業發展重點。目前國際主流技術以薄膜法（RO 逆滲透）為主，我國亦同步投入薄膜蒸餾（MD）、電容去離子技術（CDI）、生物處理技術及濃排水資源化等研發工作，希望透過自主技術建立更完整的海水淡化技術產業鏈。未來智慧化管理將成為主流趨勢，透過人工智慧監控、數位孿生系統與預測維護技術，提高設備可靠度、降低能源需求及延長膜組件壽命，進一步降低產水成本。

國際合作提升工程量能

大型海水淡化屬高度專業工程，涉及水處理技術、薄膜技術、能源回收設備、海洋工程及智慧控制系統等領域。因此，政府透過國際水週及相關論壇積極推動國際交流，並鼓勵國際廠商與本土業者共同參與工程建設。此模式不僅有助導入國際最佳實務經驗，也能快速扶植國內海淡產業能力，未來隨著國內工程量體增加及實務經驗的累積，臺灣亦有機會建立海水淡化工程輸出能力，拓展海外市場。

政策支持確保供水韌性

海淡水雖然價格較高，但其最大價值在於供水穩定。目前政府已將多元水源納入產業用水管理機制，要求新設產業須評估再生水及其他替代水源使用方案，同時透過長期購水機制，提供海水淡化設施穩定

需求基礎，使工程投資具備長期經濟效益。從整體社會成本觀點而言，預防缺水所造成之產業停工損失，遠較海淡供水成本更具經濟效益。

推動多元溝通建立共識

海淡工程涉及海域取排水、生態保育及地方發展議題，必須透過與地方充分溝通爭取支持，才能順利推動上線營運。新竹與臺南海淡計畫推動期間進行近百場地方說明及協調會議，參加對象涵蓋中央、地方、漁民團體及周邊居民等利害關係人。此種充分參與機制，是大型公共建設順利推動的重要基礎（圖8）。

未來發展挑戰

儘管海水淡化已逐漸成為全球重要的新興水源之一，並在臺灣供水韌性政策中扮演日益關鍵的角色，惟推動過程仍面臨能源、環境及成本等各項挑戰，此外，氣候變遷帶來的不確定性，將使未來供水策略更加複雜。海水淡化不應被視為單一解決方案，而應與再生水、伏流水、地下水保育、水庫更新及節水措施共同整合相互搭配，建構完整且多元的供水系統，以提升國家整體供水韌性。

能源轉型與低碳發展挑戰

海水淡化廠營運高度依賴電力供應，雖然，當前國際海水淡化系統已利用高效能膜材及能源回收裝置大幅降低能耗，但整體營運核心仍是需要電力系統支

持，因此，在全球淨零碳排與能源轉型趨勢下，未來海水淡化廠營運如何結合綠電（如離岸風電、太陽光電及儲能系統及綠電憑證機制等）以降低產水過程之碳排放，將成為海淡產業永續性之重要課題。

環境保護與生態平衡挑戰

海水淡化廠營運涉及取水及濃排水排放可能對海洋環境產生影響的議題，針對濃排水的排放水質，規劃設計階段雖可透過軟體進行擴散模擬加以修正其成果，營運時亦可透過精準管控及透過持續的海域監測機制，有效控制濃排水擴散範圍及鹽度變化，以降低對海洋生態之影響。除了取水工程規劃設計亦需兼顧魚類資源保育、生態棲地維護、海岸環境保護及漁業活動需求外，依近年海淡計畫推動經驗，規劃設計階段持續與地方溝通，有助社會信任並凝聚共識。此外，未來於施工時，選用低環境衝擊工法及環境監測管控等措施；另營運階段則持續採取環境監測及管理措施，降低對周邊生態環境之影響。

成本控制與產業自主挑戰

面對全球能源價格波動與設備成本提高，海水淡化之產水成本仍相對較高，因此，如何透過規模經濟、設備國產化、技術精進及專業人力在地化等措施以降低產水成本，提升經濟效益，是當今海淡產業發展關鍵重點，另外，隨著大型海淡計畫推動，建構在地化專業人才養成機制亦相當重要。透過產官學研合作，可逐步建



圖8 臺南海水淡化廠地方溝通（左）及新竹海水淡化廠地方溝通（右）

立設計、施工、操作及維護管理完整技術體系，進而提升我國海淡產業自主能力及國際競爭力。

未來展望：打造國家水資源韌性的重要設施

展望未來，海水淡化在臺灣水資源發展中將逐步由「替代水源」提升為確保供水安全的重要「戰略水源」。當大型海水淡化設施陸續完成建設後，其功能已不僅是於乾旱期間提供緊急備援，更將進一步成為支持高科技產業發展、穩定民生供水及強化國家競爭力的重要基礎設施。尤其在全球供應鏈重組及高科技產業高度集中於臺灣的情況下，供水穩定性已不僅是民生重要議題，更攸關國家產業發展與經濟安全的重要戰略議題。

未來海水淡化事業發展方向，將促進本土產業提高國內產業相關設備及技術的競爭力、研究發展濃排水資源再利用技術創造附加價值及循環經濟理念、推動智慧化技術因應人力短缺的狀況。面對極端氣候下日益漸增之供水風險，預期透過強化調度設施與優化系統操作模

式，全面提升抗旱與防災韌性；藉由建構跨區支援輸水管網，並推展科技造水等措施，實質厚植備援量能。

回顧臺灣海淡事業三十餘年的發展歷程，從滿足離島居民供水需求出發，歷經技術驗證、旱災考驗及大型工程推動，如今已逐步建立完整發展架構與政策體系，未來隨著新竹、臺南、嘉義及高雄等大型海水淡化計畫陸續推動，海水淡化將與再生水、水庫水、伏流水及地下水等水源共同形成多元供水體系。

在氣候變遷已成常態的新時代，水資源管理的核心目標已不再只是追求供水量增加，而是要能確保供水韌性與永續性。海水淡化所代表的，不僅是一項供水技術的進步，更象徵是一種由「被動因應缺水」轉向「主動創造水源」的思維轉變。透過持續技術創新、完善制度規劃、強化社會參與及深化產業合作，臺灣海水淡化事業將有機會發展成為亞太地區氣候韌性下多元供水的重要典範，並為國家未來數十年的經濟發展與社會安全奠定最堅實的基礎。 🇹🇼



邑菖工程顧問有限公司

YICHANG Engineering Consultants Ltd.



服務範圍

- 道路工程
- 橋樑及高架橋工程
- 建築結構工程
- 工業廠房工程
- 土木施工規劃顧問
- 工程專案管理服務
- 可行性研究
- 工程規劃、設計及監造
- 評估鑑定
- 營建管理
- 計劃管理

23444 新北市永和區保生路2號19F-3

19F-3, No.2, Baosheng Rd, Yonghe Dist, New Taipei City 234, Taiwan (R.O.C.)

Tel : 02-29279609 Fax : 02-29279617

E-mail : shen2680@ms13.hinet.net



風城造水 — 新竹海水淡化廠

規劃設計與工程推動

柯雅婷* / 經濟部水利署北區水資源分署 工程員

面對氣候變遷導致乾旱日趨頻繁，如何為城市建立不受降雨限制的穩定水源，已成為當今水資源工程的重要課題。新竹海水淡化廠由經濟部水利署北區水資源分署以概念設計統包模式推動，設計日產水量達 10 萬噸（CMD），為國內首座公辦大型海水淡化廠，工程範圍涵蓋設計、施工及完工後 15 年（得後續擴充 10 年）之操作維護，目前正積極施工中。有別於常規的海淡處理流程，本廠規劃設計緊扣新竹海域水質特性（高鹽、高硼、季節性藻類及懸浮固體變化），並以「因地制宜、低度干預、減少用藥、資源循環」為核心理念，展開一系列製程優化：取水管維護以清管器系統取代傳統加次氯酸鈉抑制管內海洋生物孳生、前處理以混凝浮除（DAF）取代混凝沉澱、以雙介質壓力過濾（DMPF）取代超濾（UF），主處理則採預分水二階逆滲透（RO）系統因應除硼，不僅兼顧處理效能、全生命週期成本與海洋環境友善，整體設計更進一步延伸至能源回收、用地減量與生態共榮等永續指標。本文將分享本案之設計依據、製程權衡、永續規劃與統包推動經驗，期能作為國內後續海水淡化廠建設之參考。

關鍵詞：新竹海淡、供水韌性、逆滲透、前處理、永續設計、統包工程

前言：從缺水課題到海淡對策

臺灣年降雨量雖然豐沛，卻因地形坡陡流短與降雨時空分布不均，先天即難以將珍貴的水資源輕易留下。近年在氣候變遷衝擊下，更導致豐枯水期差異加劇、旱澇頻繁交替。回顧民國 110 年的「百年大旱」，中北部多座水庫蓄水率跌至歷史新低，迫使政府啟動大規模限水與分區供水。這場旱象不僅是極端氣候的縮影，更深刻凸顯臺灣水資源體系的結構性脆弱。缺水，已不再是偶發的環境考驗，而是水資源管理必須嚴陣以待、長期布局的核心課題。

新竹作為我國高科技產業重鎮，民生及產業用水需求逐年攀升。民國 110 年大旱期間，新竹地區每日用

水量約 55 萬噸，至 115 年已成長至約 70 萬噸（增幅達 25%），其中新竹科學園區單日需水量即高達 20 萬噸。然而，新竹地區自有水源涵養條件不足，長期須仰賴桃園石門水庫及苗栗永和山水庫跨區調度支援，整體供水韌性相對脆弱。

面對氣候變遷衝擊與科技產業用水需求快速成長，新竹地區亟需增加保障水源以提升供水韌性。「海淡水」具備水源穩定、不受降雨豐枯限制及可就近取用等優勢，且產出之淡化水能直接併入自來水管網系統，與既有區域水源聯合調度運用，因而成為新竹地區新增水源的重要選項。為此，行政院於 112 年 4 月 27 日核定「新竹海水淡化廠工程計畫」，興建日產 10 萬噸淡水之海水淡化廠及輸水管線，以提升新竹地區自有水源比例及氣候變遷應變能力^[1]；全案完成後，預

* 通訊作者，ytke0502@gmail.com

計每年可為新竹地區挹注約 3,000 萬噸的保障水源，補足竹科近半數之用水需求，大幅強化新竹地區供水穩定性，並支撐地方經濟與高科技產業永續發展。

「新竹海水淡化廠工程計畫」總經費 120 億元^[1]，整體建設主要分為海水淡化廠與輸水管線兩大區塊推動（如圖 1）^[2]。其中「新竹海水淡化廠興建及操作維護」統包工程，由經濟部水利署北區水資源分署以概念設計統包方式辦理，由中鼎工程（CTCI）、法商蘇伊士（SUEZ）、宏華營造及信鼎技術服務組成之團隊聯合承攬，工程範圍不僅涵蓋海水淡化廠本體與取排水管線之設計與施工，更包含完工後長達 15 年（得後續擴充 10 年）之操作維護管理，以確保設施營運長期穩定。產出之海淡水先儲存於廠內總容量約 3 萬立方公尺之清水池，再經由輸水管線送往新竹第二淨水場與滿雅淨水場併入區域供水系統；因輸水管線工程涉及既有自來水系統之實體銜接與調配，故委由台灣自來水公司代辦。藉由專業分工協作，確保海淡水源順利併網並發揮最大供水效益。

值得放在產業脈絡下理解的是新竹海水淡化廠的指標性定位：國內現有海水淡化廠多數位於離島且最大處理量約 8,000 CMD，本島雖有 3 座，但均專供工業用水，近年在極端氣候影響下，海淡水才逐漸出現支援民生使用的趨勢^[3]；相較之下，本廠設計供水量達 10 萬 CMD，為國內首座公辦大型海水淡化廠，就水資源韌性布局而言，本廠不單是一項工程建設，更具有為國內大型海水淡化廠累積設計與營運經驗之示範意義。本文即以工程機關視角，分享本廠從設計依據、製程權衡到工程推動的經驗，期能為國內水資源工程提供實務參考價值。

設計的起點：在地海域條件與製程理念

海水淡化廠之規劃設計，首要在於掌握原水水質特性，據以建立適切之設計基準及處理流程，包括原

水條件、目標產水量及產水水質要求。本廠設計基準係綜整機關需求書之原水水質調查成果，並經由統包團隊（JV CTCI/SUEZ）偕同 Actimar 進行研究，針對 2002 年至 2022 年間約 20 年之新竹海域海洋資料進行分析^[3]，並輔以現地採樣驗證，據以模擬各種營運情境、調整製程配置及萃取關鍵設計參數，以優化逆滲透（RO）海淡系統設計，本廠設計範圍如表 1^[3]。

表 1 新竹海水淡化廠設計範圍

項目	設計值／指標	說明
設計淨產量	100,000 CMD (約 4,167 m ³ /h)	全廠設計產能
前處理出水 SDI	≤ 5.0	保護 RO 膜壽命之 關鍵指標
前處理出水 濁度	≤ 1.0 NTU	
海水溫度	15 ~ 32°C	統包團隊根據海水 數據之設計範圍
pH 值	8 ~ 8.4	
鹽度	≤ 36 psu	
總溶解固體（TDS）	≤ 37,000 mg/L	
總懸浮固體（TSS）	≤ 50 mg/L	
硼	≤ 5 mg/L	
總有機碳（TOC）	≤ 1.3 mg/L	
葉綠素 a	≤ 5 µg/L	

新竹沿海海域受地理位置及海象條件影響，原水具有高鹽度、高硼濃度、季節性藻類及懸浮固體變化等特性，對海水淡化系統之取水、前處理及淡化程序均形成不同程度的設計挑戰。因此，本案製程規劃並非直接套用傳統海水淡化廠標準流程，而係依據新竹海域水質特性進行適地化評估，並以降低化學藥劑使用、減少耗材依賴及提升資源循環利用效率為設計方向，在確保產水品質與供水穩定之同時，降低製程對海洋環境的影響。

其中，高硼濃度為本廠淡化程序的重要控制課題。歷年水質調查結果顯示，新竹海域原水硼濃度約介於 4.10 ~ 5.87 mg/L，本廠並以 6.5 mg/L 作為設計限值^[3]，由於硼於海水中主要以硼酸形式存在，較容易穿透 RO 膜，若僅採單階 RO 程序，難以同時兼顧脫鹽效率及



圖 1 新竹海水淡化廠工程計畫範圍

除硼需求。因此，考量高科技產業製程用水需求及未來水質標準提升趨勢，本廠將產水硼濃度自主設定為 $\leq 1.0 \text{ mg/L}$ [3]，作為淡化系統設計之重要控制目標。

另一項影響製程選擇的重要因素為季節性藻類及懸浮固體變化。經統包團隊分析新竹 20 年海域調查數據發現，新竹海域夏季水溫升高，藻類容易繁殖，葉綠素 a 容易超過 1.8 mg/m^3 [3]，由於藻類及浮游生物具有密度低、沉降性差等特性，傳統混凝沉澱程序需增加混凝藥劑投加量以維持處理效能，除提高操作成本外，亦增加化學藥劑使用量。此外，新竹沿岸受季風及海象影響，原水懸浮固體及漂砂濃度具有季節性變化，亦增加前處理系統穩定操作之挑戰。

綜合上述新竹海域原水特性，本案確立以「因地制宜、低度干預、減少用藥、資源循環」作為整體製程設計核心，透過原水條件與處理需求之整合評估，建構出最切合在地環境條件的海水淡化流程，藉此兼顧供水韌性、操作穩定及環境友善。後文各節有關取水、前處理及淡化程序之工程權衡，即為此一理念的具體落實。

製程設計之工程權衡

本廠處理流程主要為「取水→前處理（氣浮池、雙介質過濾、保安過濾）→二階 RO 逆滲透→礦化→消毒→送水」（圖 2）[3]。以下各單元之選擇，均係針對前述新竹海域水質條件，於多方案間權衡後之結果（如表 2）。

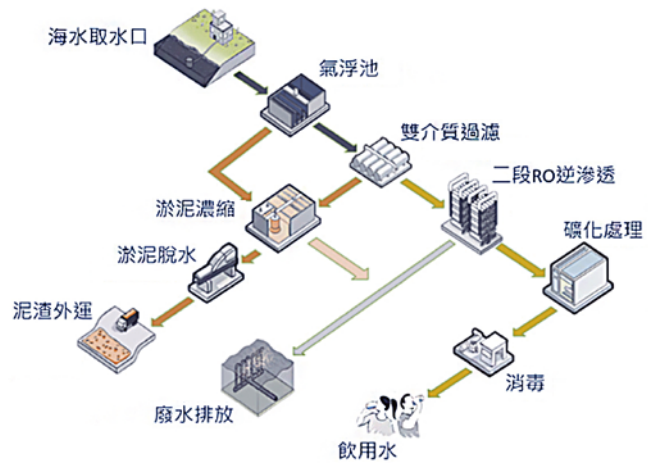


圖 2 新竹海水淡化廠產水製程示意圖

清管系統取代加氯：友善海洋生態

海水淡化廠取水管長期浸置於海中，藤壺、貽貝等附著生物容易滋生並造成管路阻塞。國內既有中小型海淡設施多採加氯（次氯酸鈉）方式抑制生物附著，惟長期使用除增加藥劑成本外，排放之餘氯亦可能對海洋生態造成影響。本廠採「不加氯」取水策略，導入機械式動力清管系統，以物理方式取代化學抑制機制，兼顧取水可靠性與海洋環境保護。

清管系統主要由清管器（Pipeline Inspection Gauge, PIG）及清管發射器組成（如圖 3）。作業時以海水作為推進動力，將清管器自發射端送入取水管內，沿途刮除附著生物及積砂後，再由海域端出口回收，規劃每年執行約 1 次清管作業 [3]。配合取水管線之坡度與流速

表 2 本廠與傳統海水淡化廠製程之比較

處理環節	傳統做法	本廠做法	工程效益
取水管防生物附著	取水段加氯（次氯酸鈉）抑制	機械式動力清管系統（每年清管約 1 次）	年減加氯藥劑約 2 萬公斤、友善海洋生態
前處理－固液分離	混凝沉澱，藻類去除受限、加藥量大	混凝浮除（DAF）	省地約 85%、減藥 33% 以上、高除藻、無水下機械動件
前處理－過濾	超濾（UF）膜，須換膜、藥洗	雙介質壓力過濾（DMPF）+ 保安過濾	免換膜、免藥洗、鹵水反洗年回收約 40 萬 m^3 、省地約 80%
除硼	單階 RO 難兼顧脫鹽與除硼	預分水二階 RO + pH 調節	產水硼 $\leq 1.0 \text{ mg/L}$ 、延長 RO 膜壽命至 7~10 年、鹵水迴流減排

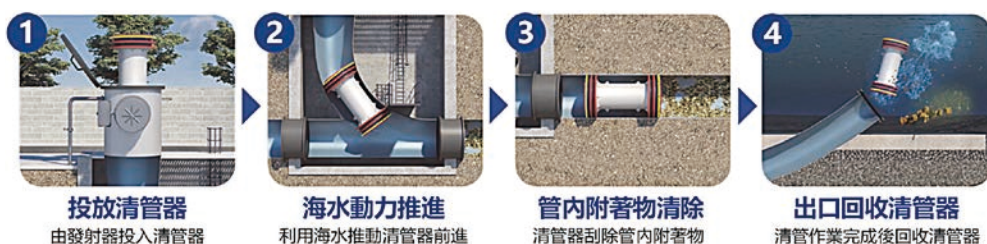


圖 3 清管器作業流程示意圖

設計，可有效降低生物附著及沉積風險，無須投加化學藥劑。相較於傳統加氯抑制之作法，本廠預估每年可減少約 2 萬公斤加氯藥劑使用量^[3]，除降低營運成本外，亦展現以工程設計取代化學控制的思維，體現本案「低度干預、減少用藥」之設計理念。

混凝浮除（DAF）取代混凝沉澱：因應藻類的工程判斷

前處理為海淡成敗之關鍵，RO 膜壽命與產水品質之穩定，很大程度取決於前處理之淨化成效。傳統前處理之固液分離多採混凝沉澱法，利用重力使膠羽沉降；然而，新竹海域夏季藻類易孳生且質輕，不易沉降，導致傳統沉澱程序處理效率受限，若欲提高去除率往往需增加混凝劑投加量，經濟效益較差。基於海域水質特性綜合分析，本廠改採混凝浮除技術（Dissolved Air Flotation, DAF；本案採用之商用系統為 SeaDAF），藉微細氣泡使懸浮物上浮，再於出水端以閥控溢流方式去除浮渣，可更有效去除藻類、浮游生物及浮油等質輕物質，並具備因應颱風、豪雨期間高濁度、高懸浮固體原水之處理能力。SeaDAF 結構分為混凝及浮除兩部分（如圖 4）^[3]，混凝槽透過隔板交錯配置形成之水力擾動，促使混凝劑與原水充分混合反應；生成之膠羽於浮除槽經細氣泡附著上浮後，浮渣去除採用「差壓式浮渣排除」設計，藉出水端閥件調控浮除槽液位，使浮渣藉液位差自動溢入浮渣斗排除，全程無攪拌機、浮渣刮除器等機械動件；浮除區並採用專利集水底板，維持最佳水力穩定，確保絮凝物之高效浮除。就工程設計與長期營運角度而言，採用混凝浮除系統具備多重效益^[3]：

1. 節省用地：懸浮固體去除能力高（表面負荷達 28 m/hr），較原規劃沉澱池節省約 85% 空間（約 7,240 m²），槽體配置更緊湊。
2. 減少藥劑與能耗：混凝劑、助凝劑加藥量約可減少 33% 以上，於懸浮固體較低期間可繞流不經浮除，直接至過濾階段，節省能耗與藥劑。
3. 提升除藻效能：除藻與去除有機物（如浮油）之能力遠高於沉澱池，有助於降低逆滲透膜之生物污染風險、清洗頻率及化學藥品消耗，延長膜元件壽命。
4. 操作彈性高：運作數量可依進流水質與產水量需求彈性調度，降低整體運轉能耗及化學藥品消耗。
5. 維護需求低：無水下金屬運轉設備，降低設備腐蝕危害及故障點，有助維持系統運作穩定。

雙介質壓力過濾（DMPF）取代超濾（UF）系統：全生命週期的考量

在前處理過濾階段，海水淡化廠常採用超濾（Ultrafiltration, UF）膜系統，以提供穩定之出流水質。然而，UF 系統於操作期間須定期換膜及化學藥洗，耗材與廢液構成長期的營運維護與環境成本。本廠改採雙介質壓力過濾器（Dual Media Pressure Filtration, DMPF；本案採用之商用系統為 SEACLEAN）（如圖 5）^[3]，並搭配保安過濾器攔除 5 μm 以上顆粒，以保護後端 RO 膜系統。此一選擇並非單純考量初期建置成本，而係基於全生命週期成本及操作維護需求之綜合評估。DMPF 填充濾砂和無煙煤，過濾速度高於傳統的重力式過濾器，以 DMPF 搭配保安過濾器，不僅能穩定提供符合 RO 系統進水標準之水質，相較於 UF 系統更具有設置空間較小之優勢，且面對複雜多變的原水水質展現出較佳的操作彈

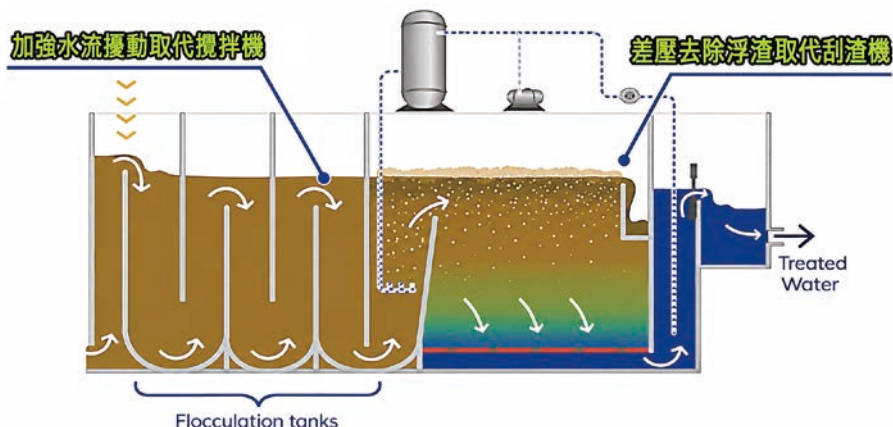


圖 4 SeaDAF 混凝浮除系統構造示意圖

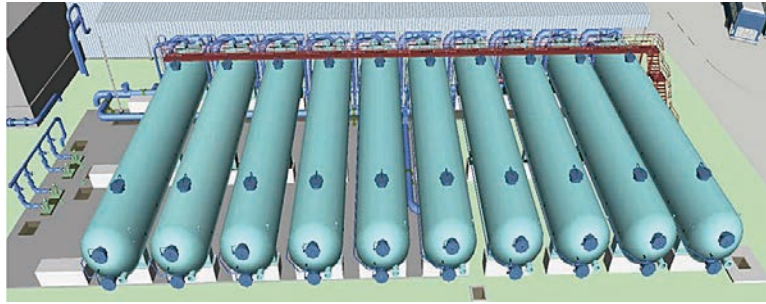


圖 5 雙介質壓力過濾器構造示意圖

性與應變能力，於國際大型海水淡化廠已有相當應用實績^[3]。更關鍵的是耗材與用水管理，DMPF 無須定期更換膜元件，免化學藥洗，並採製程鹵水作為濾料反沖洗水源，無 UF 廢棄物產出，有效降低耗材成本、化學廢液產生量及清水消耗，減少長期操作維護成本及環境負荷。對於一座操作維護長達 15 年（得後續擴充 10 年）的海水淡化廠而言，DMPF 於全生命週期所累積之經濟與環境效益，往往比初期建置成本更具價值與意義。採用 DMPF 主要優點如下^[3]：

1. 降低耗材與重置成本：免除 UF 膜每 4 ~ 6 年之更換需求及相應耗材與廢棄膜材，減輕環境負荷。
2. 減少用地與建材使用：DMPF 可採露天配置，無須興建 UF 機房，佔地面積較原規劃 UF 單元機房減少約 80% 空間（約 4,600 m²），並降低混凝土等建材使用量，具減碳效益。
3. 減少藥劑與環境負荷：免除 UF 膜藥洗需求，可減少約 200 噸 / 天（濃度：11%）加氯藥量，並避免餘氯隨鹵水排放影響海洋生態。
4. 提升 RO 膜保護效果：無藥洗餘氯殘留問題，降低後端 RO 膜受損風險。
5. 提升水資源利用效率：以製程鹵水進行濾料反洗，每年鹵水可回收再利用約 40 萬立方公尺，減少海水取水量與取水能耗。

預分水二階 RO 逆滲透系統：除硼與能耗的權衡

除硼為本廠淡化程序之核心課題。單階 RO 不易同時滿足整體脫鹽（降低 TDS）與嚴格除硼之雙重要求，因此本廠採二階式 RO 設計，使海水經兩道 RO 處理，並於適當環節加藥調整 pH 值以提升硼之去除率；加藥量可依進流濃度彈性調整，於確保除硼效果之同時兼顧藥耗控制。本廠並進一步採「預分水」二階配置（如圖 6）^[2]，系統於第一階 RO（Sea Water Reverse Osmosis, SWRO）處理之前段即預先分水，其餘產水再進入第二階苦鹹水 RO（Brackish Water Reverse Osmosis, BWRO）進行深度處理，水質較佳的二階出流水再與一階預分水混合後，即得符合水質標準之產水。預分水設計可依實際原水水質及產水需求靈活調整分流比例，有效降低後段膜元件之操作壓力及膜通量，不僅達到節能效果，亦有助於延長 RO 膜使用壽命至約 7 至 10 年。此外，第二階 RO 產生之鹵水 TDS 甚至低於原始海水，可迴流與前處理出流水混合後作為第一階 RO 進水，藉此降低濃鹵水排放量並提升整體產水效率^[3]。

本系統第一級 RO 設計回收率約 45%，第二級 RO 約 90%，因第二級僅處理部分產水且鹵水迴流，整體 RO 回收率約 44.3%（實際數值因海水特性而異）^[3]。二階 RO 設計雖增加部分設備投資與操作能耗，卻能兼顧除硼效

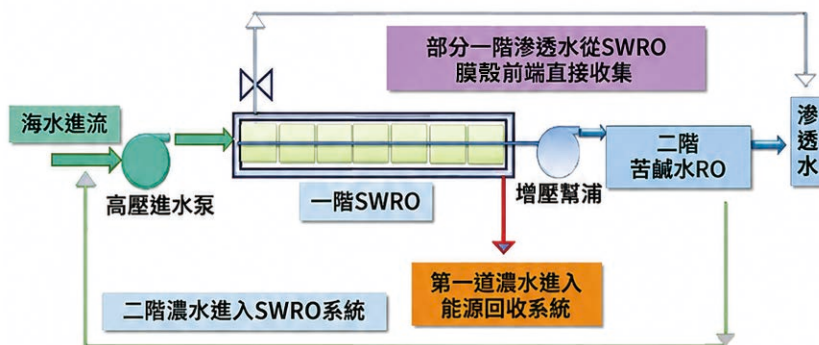


圖 6 預分水式二階 RO 系統示意圖

能、出水品質穩定性、膜元件壽命及濃鹵水減量需求，係大型海水淡化系統於效能與能耗間之最佳化權衡。

把永續放進設計：節能減碳與生態共榮

本廠所秉持之「因地制宜、低度干預、減少用藥、資源循環」理念，不僅落實於製程本身，更全面延伸至廠區之能源管理、土地利用與生態保育等面向，構成本廠之永續設計藍圖。

能源效率與減碳實踐

耗能問題向來是海淡工程最受各界關切之議題，因此，提升能源效率是本廠邁向永續營運之關鍵課題。本廠於最耗电之逆滲透環節裝設等壓式能源回收裝置（Energy Recovery Device, ERD），每組 RO 機組配置一套 ERD，採壓力交換型式，每套 ERD 系統包含 15 台壓力交換器（Pressure Exchanger, PX），將 RO 的高壓鹵水壓力轉移至部分進流海水再利用，降低 RO 高壓泵組能耗，提升系統效率（如圖 7），壓力傳遞效率高達 97%，估計每年最多可減省 0.57 億度電（相當於 2.7 萬 tCO₂e）；除能源回收裝置外，本廠放流池採調壓式，利用 RO 濃鹵水餘壓，使放流池維持 10 公尺以上水頭壓力放流，無須再設置鹵水放流泵^[2,3]。

整體減碳成效方面，以通過 ISO 14064 標準認證之碳足跡工具 O2C™，比較「UF 薄膜方案」與「本廠前處理及 RO 系統方案」兩種情境之耗材（含運輸）及營運電力碳排放量，結果顯示影響碳排最大之因素為能源消耗，佔基本設計方案總排放量之 92%，而耗材與化學品等約佔 7%；經製程與能源效率之改善，本廠全廠碳排放量由 120,057 tCO₂eq/年降至 97,006 tCO₂eq/年，每年減少 23,051 tCO₂eq/年（約 16%），約相當於 60 座臺北市大安森林公園之年碳吸存量^[3]，印證前述製程選擇

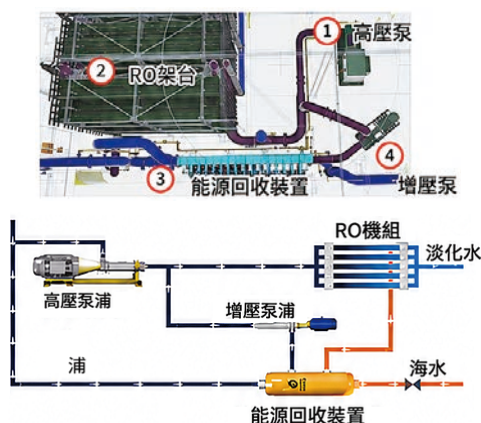


圖 7 能源回收裝置流程圖

（採用 DMPF 免 UF 換膜、減少加藥及耗材）於減碳上之實質貢獻。此外，本廠依環評承諾規劃最大化利用管理大樓、淡化廠房、變電站及配水池屋頂設置太陽能光電系統，總容量約 1,800 kW，預估每年發電量約 216 萬度電^[3]，以進一步降低營運階段之碳足跡。

資源循環與用地減量

在資源循環方面，前處理階段 DMPF 以製程鹵水反洗濾料，每年約可回收再利用 40 萬立方公尺之鹵水^[2]，大幅減少取水消耗與廢液排放；主處理之二階 RO 系統，亦將第二階產生之低鹽度鹵水迴流作為第一階進水，有效提升產水效率並降低濃廢水排放；在土地使用上，透過空間配置及製程設計優化（如圖 8），採用氣浮池及雙介質過濾器相較原概念設計之沉澱池及 UF 系統分別節省約 7,240 與 4,600 平方公尺用地（全廠配置節省用地約 32%），並減少開發北側土丘約 2.1 公頃，保留土丘不僅降低地貌破壞，增加綠地，並以自然穩定邊坡取代擋土牆，降低生態衝擊^[2]，更有利整體景觀融合與阻擋海風鹽蝕。

生態友善與環境共榮

本廠對環境之考量，從看不見的海底一路延伸到廠區地面。取排水管線於近岸潮間帶採共構管溝方式佈設（如圖 9），陸上段採虹吸設計，以縮小開挖與淺挖範圍，降低對環境生態影響^[2]；鹵水採多孔排放，經擴散及再循環模擬確認（如圖 10），距排放口約 300 公尺處海水鹽度即降回至背景變動值且不隨潮汐持續累積^[2]。廠區地面上，建築順應地勢配置，善用地形阻擋海風，輔以水平遮陽、自然通風採光等被動式節能設計，管理中心亦規劃取得綠建築銀級標章；景觀綠化以臺灣原生濱海樹種為主，喬木、灌木、地被構成三道抗風防線，既有喬木儘量移植保留，全區種植逾 400 株原生喬木，並利用地勢創造微滯洪地形及透水鋪面，強化基地保水，減輕周邊排水負擔^[3]。



圖 8 新竹海水淡化廠空間配置及製程設計優化

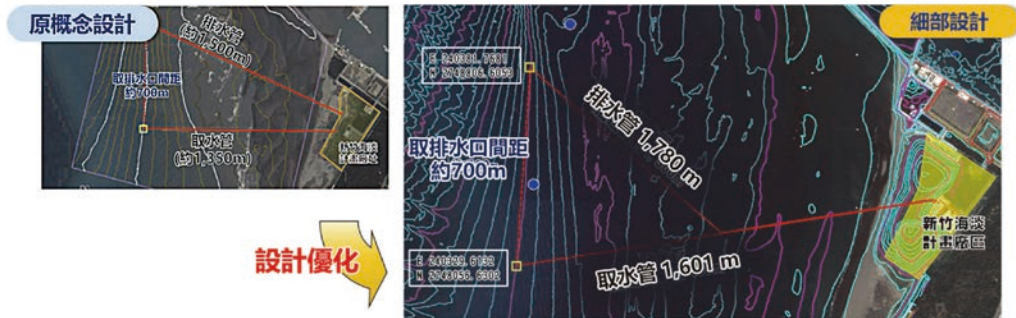


圖 9 取排水管線潮間帶採共構管溝方式設計示意圖

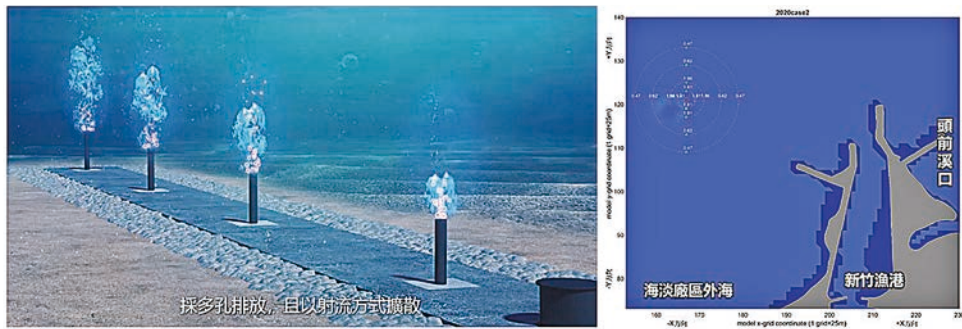


圖 10 排放口設計與鹵水擴散模擬

為鄰里共好，機房防噪方面，將高噪音設備集中設置於高隔音等級材質之廠房內，設備音量控制 85 dB(A) 以下，經電腦模擬（如圖 11），鄰近民宅室內夜間低頻噪音可低於 27 dB(A)，將營運對周邊之干擾降至最低^[2]。廠區並結合濱海休憩空間（如圖 12）^[2]，兩處入口分別銜接南寮漁港與濱海自行車道，沿著廠區規劃了風箏步道、望海平台、風起高原與融入海洋圖騰的活動公園，整體景觀設計強調與周遭景觀及社區生活整合，使本廠於供水機能之外，亦成為與地方共榮之公共資產。

統包模式與業主角色

本廠採概念設計統包（設計施工一併發包）方式辦理，由統包團隊負責基本及細部設計、施工、試運轉，

並接續完成長達 15 年（得後續擴充 10 年）的操作維護，其成果須符合需求書所訂的效能保證標準。值得一提的是，此種「設計、施工、營運責任合一」之模式，適足以說明前述一連串製程選擇背後之部分動機：因為同一團隊須長期營運本廠，方有誘因於設計階段即選擇免換膜、少加藥、高能效之方案，使全生命週期最佳化由理念化為實踐。就工程機關而言，統包有助於整合設計與施工介面、縮短工期，並由統包商承擔較大之整合責任；相對地，業主之角色則由「逐項審查設計」轉為「把關需求與效能」，因此需求書的效能標準是否周延及基本設計審查機制是否落實，成為統包案成敗之關鍵。

依契約，本計畫工期 1,350 天（含 1 年第二階段試運轉），自 113 年 7 月 1 日開工、117 年 3 月 11 日完工，實

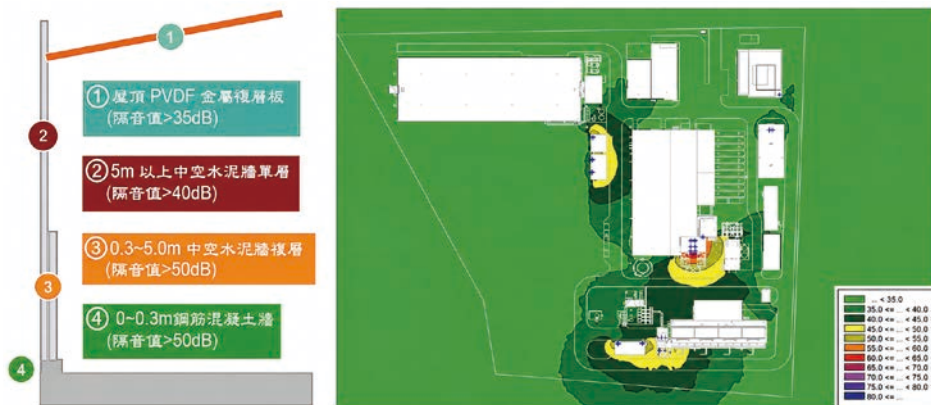


圖 11 防噪設計與噪音電腦模擬圖



圖 12 廠區建築與景觀設計圖

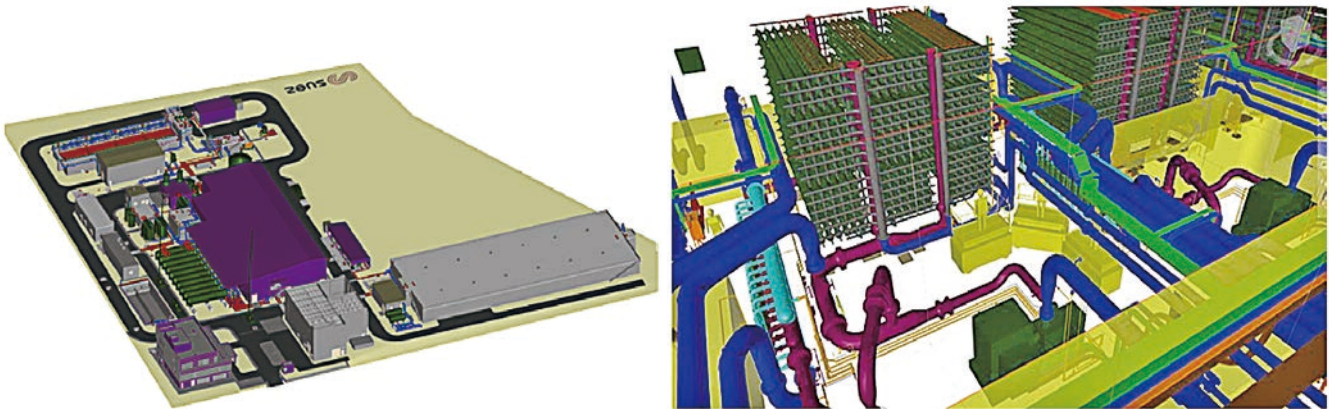


圖 13 建置 BIM 模型排除施工介面衝突

際則依環評自 114 年 3 月 17 日動工。其中取排水管線施工深受海象條件牽制，須把握合適海象窗口方能作業，為工期管控上的一大重點；本案施工管理全程導入建築資訊模型（BIM）（如圖 13），先以三維模型模擬空間佈置與介面衝突再行施工，並延伸應用於高空與局限空間作業之安衛模擬，乃至日後的運維培訓^[2,3]。全廠儀控系統則依取水、前處理、淡化、礦化等區域分區設計，整體來說，99% 的流程可全自動運行，只有小部分需要手動操作^[3]，亦為後續長期營運預留了效率與可靠的基礎。

截至目前，本廠仍在施工階段，各項土建與設備工程正依核定期程推進，後續將陸續推動設備安裝、系統整合與試運轉，並持續透過統包管理與品質查核機制，確保工程如期如質完成。

結語

綜觀本廠之規劃設計，最值得與同業分享的，並不在於採用了何種嶄新的單一技術，而在於一套「以在地海況為依據、於多方案間權衡取捨」的設計方法：因海洋生態而以清管系統取代加氯、因藻類而改採混凝浮除、因全生命週期成本而改採雙介質過濾、

因除硼而採預分水二階 RO。每一項選擇背後，均是效能、成本、環境與維運的綜合判斷；而設計與 15 年（得後續擴充 10 年）營運責任的合一，更使節能、低碳、生態、永續理念的選擇與實踐有了長遠的著力點。

作為國內首座公辦大型海水淡化廠，本廠的設計與後續營運經驗，對國內海淡工程之推展具有一定的示範意義。隨著工程逐步完成，即將進入試運轉與營運階段，各項設計成效也將接受實際檢驗，屆時亦可就營運經驗與各界分享。面對氣候變遷之長期挑戰，海水淡化作為穩定的多元水源，其重要性將與日俱增，期望本廠規劃設計與統包推動經驗，能為國內後續海水淡化廠建設提供有益之參考。

參考資料

1. 經濟部，「新竹海水淡化廠工程計畫」（核定本），民國 112 年 4 月。
2. 經濟部水利署北區水資源分署，「新竹海水淡化廠工程計畫簡介」，內部技術文件，民國 115 年 7 月。
3. 中鼎工程股份有限公司（代表廠商），「新竹海水淡化廠興建及操作維護基本設計報告」（第 0-D 版），經濟部水利署北區水資源分署，民國 114 年 2 月。



海水淡化廠 關鍵工程技術 探討

— 以 臺南海水淡化廠 統包工程為例

張社國*／台灣世曦工程顧問股份有限公司 計畫副理

林志墩／台灣世曦工程顧問股份有限公司 副理

劉偉裕／台灣世曦工程顧問股份有限公司 技術經理

劉民偉／黎明工程顧問股份有限公司 工程師

李立愷／黎明工程顧問股份有限公司 副理

林冠廷／經濟部水利署南區水資源分署 副工程司

臺南海水淡化廠統包工程（第一期）暨代操作維護由經濟部水利署南區水資源分署主辦，選址於臺南市將軍區濱海約 17 公頃土地，全期目標產水量每日 20 萬立方公尺，第一期產水量每日 10 萬立方公尺（土建量體以全期規模興建）。本工程整體可區分為海事工程、陸管工程及海淡廠三大範疇，分別對應離岸取排水設施、陸域輸水管線及廠內產水處理設施。本文彙整各分項之設計理念及重點成果：海事工程說明取水工型式選擇、取排水海管佈設路徑及保護工設計；陸管工程說明路線規劃、管材配置及狹窄路幅下之垂直雙層埋管關鍵工法；海淡廠則說明處理流程選用、主要單元配置及節能設計考量。

工程概述

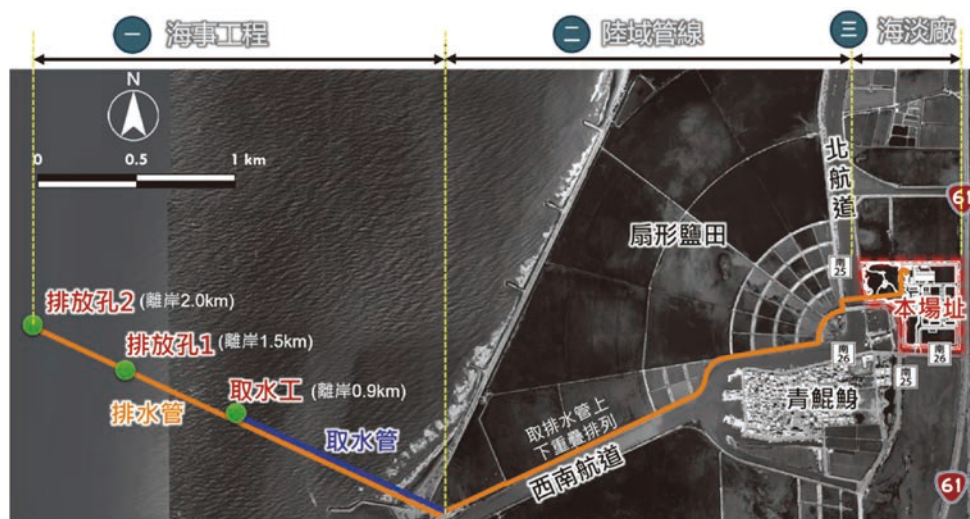
本工程之興建緣起於南部地區降雨豐枯懸殊、水資源開發不易，加以近年半導體產業用水需求提升，政府乃積極推動海水淡化廠作為穩定供水之新興水源。臺南海水淡化廠工程計畫（第一期）業於 112 年 4 月經行政院核定，環境影響說明書並於 111 年 7 月完成審查通過。經濟部水利署南區水資源分署（以下簡稱機關）於 113 年 6 月與統包商簽訂本工程契約，於臺南市將軍區扇形鹽田旁約 17 公頃公有土地上，興建產水量每日 10 萬立方公尺（土建量體以全期每日 20 萬立方公尺規模興建）之海水淡化廠，產水納入台灣自來

水公司佳里配水池，供應臺南地區民生及工業用水。

本工程範圍包含設計、施工、試運轉及完工後 25 年之代操作維護工作，主要工作項目可區分為海事工程、陸管工程及海淡廠三大部分，各部分之設施內容及產水量體概述如下：

1. 海事工程：涵蓋取水工、取排水海域段管線及排放設施等，依機關需求書規定，取水管應離岸佈設至少 900 公尺，排水管應離岸佈設至少 2,000 公尺，最大取水量約每日 55.4 萬立方公尺，最大排水量約每日 35.4 萬立方公尺。
2. 陸管工程：銜接海事工程推進井與廠區取水站、放流池間之陸域輸水管線，依機關需求書規定，陸域段管線佈設長度約 3,000 公尺，涵蓋取水管及排水管雙管線。

* 通訊作者，ckchang@ceci.com.tw



本工程平面配置圖

3. 海淡廠：廠區內產水處理設施，包含取水站、前處理設施、逆滲透（RO）淡化設施、礦化單元及清水池等，第一期產水量為每日 10 萬立方公尺，海淡水清水池總容量須滿足全期產水需求，依機關需求書規定不得小於 8 萬立方公尺。

以下各章分別就海事工程、陸管工程及海淡廠之設計重點進行說明。

海事工程

海事工程主要包含取水工、排放設施及海域段取排水管線，設施均座落於離岸海域，設計上須同時考量海象條件、生態衝擊及施工可行性。

取水工型式選擇

考量臺灣夏季颱風頻繁及海峽商船往來密集，本工程優選採用沉箱式取水工，設計使用年限可達 50 年。取水工採直立式設計，進水格柵佈設於沉箱四面立面。依機關需求書規定，取水入口平均流速不得超過每秒 0.15 公尺，本工程參考國外相關文獻建議，將提升進流面積以降低實際進流流速，減輕生物受汲入影響之風險，同時亦有助延緩生物附著造成之通水斷面損失。取水工設置於離岸 900 公尺以上之海床，取水口底部並高於海床面一定淨高，以滿足需求書所訂之取水水位要求。

取排水海管佈設

依機關需求書規定，取水管應離岸佈設不少於 900 公尺，管中流速不得超過每秒 1.29 公尺；排水管應離

岸佈設不少於 2,000 公尺。海管於潮間帶及穿越海堤路段，優先採用推進工法等免開挖工法施工，以降低對潮間帶灘地生態之擾動；其餘海域段則採浚挖溝槽後埋設方式施工，管頂覆土深度依需求書規定不得小於 2 公尺。管線材質採用高密度聚乙烯（HDPE）管，推進段因須承受較大施工應力，則改採鋼管（WSP）。海管沿線並依一定間距設置人孔，供後續定期清淤維護使用。

排放設施設計

依機關需求書規定，排放設施應設置 2 處排放點，每處各設 4 孔，排放孔距海床應保持一定淨高，且排放孔之間距不得小於 15 公尺，以避免排放水相互干擾。本工程針對兩處排放點之流量分配進行水力分析，發現若採相同孔徑配置，流量將明顯集中於壓損較低之排放點，恐加重該處鄰近海域之生態衝擊；為此，本工程進一步調整兩處排放孔徑配置，使流量分佈趨於均衡，並透過近域場及遠域場擴散模擬，確認調整後之配置可降低濃排水對局部海域之衝擊，相關模擬成果並可作為後續細部設計及環境監測之參考依據。

海床防淘刷保護工

取水工沉箱及海管佈設於海床後，因結構物阻礙水流，易於周邊產生渦流並導致海床淘刷，影響結構安全。本工程針對取水工及海管沿線進行防淘刷保護工設計，並考量長重現期颱風波浪條件下之流速進行保護工塊石重量及保護範圍計算，後續並將透過水工模型試驗進一步驗證及回饋調整設計成果。

陸管工程

陸域管線銜接海事工程推進井與廠區取水站、放流池，路線沿西南航道海堤道路佈設，並穿越北航道進入廠區，全長依機關需求書規定約 3,000 公尺，涵蓋取水管及排水管雙管線。

路線與管材配置

陸域管線起點銜接海事工程推進井，沿西南航道海堤道路以垂直擋土開挖方式埋設，路線行經地景園區西側道路，接續往北沿既有道路佈設至工作井位置，並以推進工法穿越北航道進入臺南海淡廠用地，進廠後採斜坡明挖方式續埋，直至銜接廠內取水站及放流池。取水管埋設段採用大口徑 HDPE 管，推進段則因應施工應力需求改採 WSP 鋼管；排水管配置原則亦與取水管相同。

施工瓶頸與挑戰

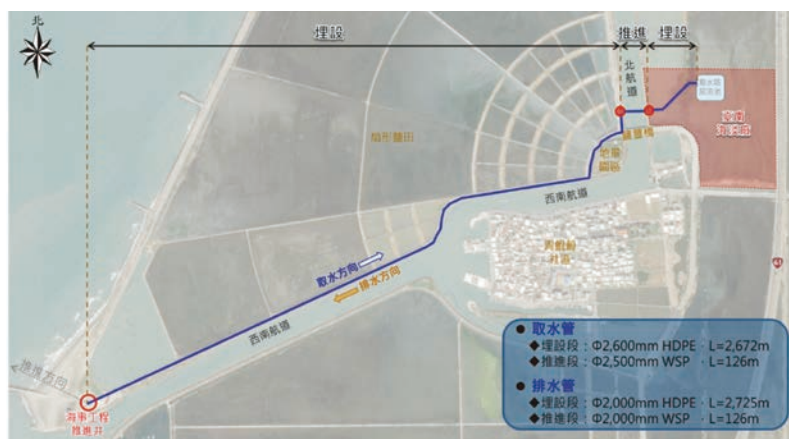
陸管工程施工面臨數項挑戰：其一為作業空間受限，海堤道路最窄處僅約 4 至 5 公尺，扣除維持通行

所需之施工便道後，可用作業空間極為狹窄；其二為地質及地下水條件不利，施工區域（含北航道穿越區）屬粉質砂土地層，且常態地下水位接近地表，深開挖時面臨極大湧砂風險及擋土穩定挑戰；其三為大口徑 HDPE 管材熱熔接須於乾燥環境下進行，於狹窄海堤管溝內設置並維持乾燥熔接坑，施工難度甚高。

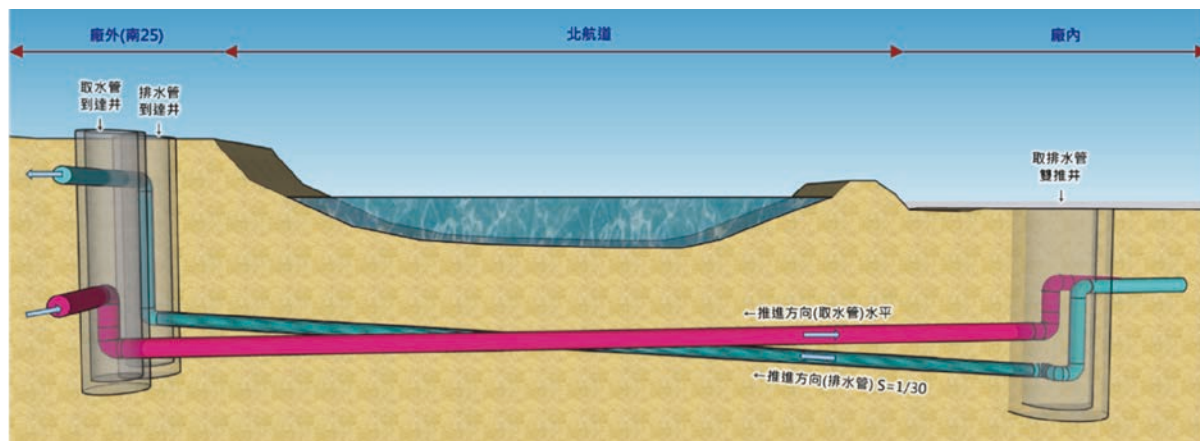
關鍵因應對策

為克服路幅不足，並滿足取水管重力流所需之埋深需求，本工程管線採取「取水管在下、排水管在上」之垂直排列方式配置。開挖擋土則採用長型鋼板樁搭配 H 型鋼組成之支撐系統，並採水中開挖工法，藉維持內外水壓力平衡以確保開挖穩定。

管線熔接採路面上熔接方式進行，待管段熔接完成後，先暫置於橫向臨時型鋼（H300×300×10×15）及枕木上，隨後移除臨時型鋼及枕木，並於管內灌注清水增加載重（必要時搭配預鑄配重塊），使管段緩慢且平穩地下沉至設計高程；管段定位後即設置抗浮支撐並以控制性低強度材料（CLSM）進行灌漿固定，此一沉管工法



陸域管線平面佈置圖



推進穿越北航道示意圖

可兼顧熔接品質及施工安全性。上層管段則依序重複前述施工步驟完成埋設，逐步完成全線雙層管線施工。

穿越北航道路段，因取、排水雙管須同時通過，本工程於廠區側設置一座大直徑圓形推進井，同坑同時進行取、排水雙管推進作業，並於對側道路設置到達井；為順利銜接高程並確保長期耐蝕需求，取水管採水平推進、排水管採坡度推進之方式施作，推進管材並自複合套管方案改採內側加厚之單層鋼管，以簡化施工介面。

海淡廠

海淡廠為本工程產水處理核心設施，座落於廠址內特定目的事業用地，處理流程依序為取水設施、前處理設施、淡化設施、礦化及清水池等單元，經處理後之產水納入自來水系統供應臺南地區使用。

處理流程選用

原水經取水站抽送後，先進入前處理設施進行預處理及過濾，以去除水中砂粒、藻類、懸浮固體物及部分有機物，使出流水質符合後續淡化設施進水水質要求；再進入以逆滲透（RO）為核心之淡化設施進行脫鹽，產水依序經礦化單元調整水質後，貯存於清水池中，供後續輸配水系統取用。廠內另設置污泥處理單元及廢水處理單元，以妥善處理前處理及淡化過程中所產生之污泥與廢水，降低對海域環境之影響。

淡化設施依機關需求書規定，須設置保安過濾器、前加藥設備、RO 機組、藥品貯存槽及海淡水清水池等，並要求 RO 機組備援容量不得低於產水量之 20%，每組機組並須搭配能源回收裝置，能源回收率不得低於 95%。本工程 RO 單元採二段式配置，藉由部分

產水再處理方式提升整體產水率及水質穩定性，各模組間備援配置符合需求書所定備援容量規定，並設置換膜及維修走道，以利日後操作維護作業。

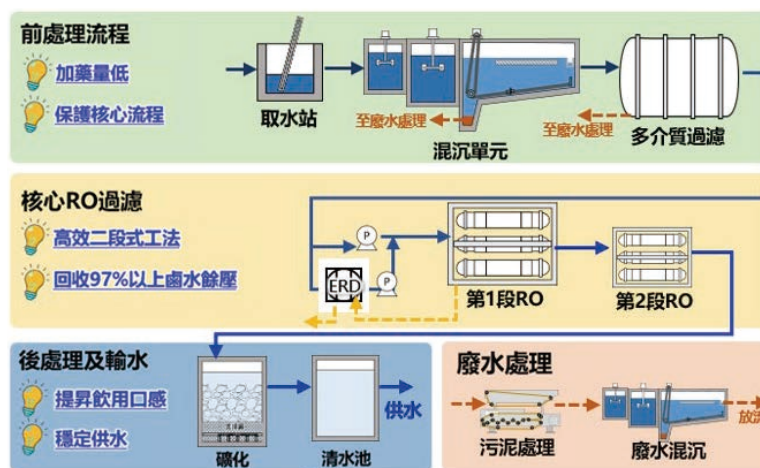
RO 單元為全廠主要耗能來源，為降低產水能耗，高壓泵搭配高效率能源回收裝置，回收鹵水餘壓以推動增壓泵，藉此有效縮減高壓泵所需容量並降低整體用電需求，使全廠產水能耗優於環境影響說明書所預估之數值（4.26 度 / 噸）。RO 產水經礦化單元處理，藉由天然石材濾床使碳酸鈣溶入水中，以調整水質之飽和指數（LSI），提升口感並降低對下游輸水管線之腐蝕性；礦化後產水貯存於清水池，依機關需求書規定，清水池總容量須滿足全期產水需求，不得小於 8 萬立方公尺，池內並設置抽水設施供應後續輸水系統。

分期配置原則

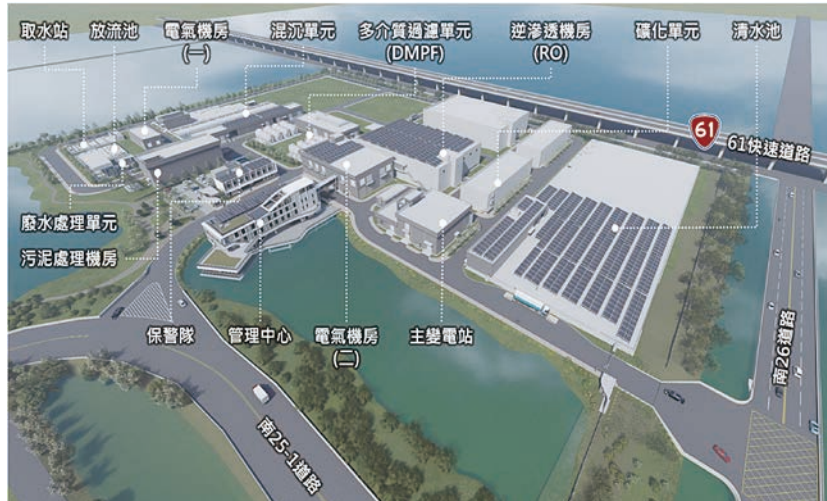
本工程為第一期工程，產水規模為每日 10 萬立方公尺，惟依機關需求書規定，取排水設施、清水池等共用設施須以全期（每日 20 萬立方公尺）規模興建土建量體，機電設備則僅安裝第一期所需容量，並預留二期擴建空間。廠區配置依機能分區，並配合北側取水、南側清水池之地形與流向特性，由北而南依序配置前處理、淡化、清水池等設施，二期擴建用地則規劃於相鄰單元附近，以利未來施工銜接並降低與既有設施間之相互影響。

節能與環境考量

海淡廠因逆滲透程序耗能較高，本工程於設計階段即納入多項節能措施，包含高效率泵浦、能源回收裝置及變頻控制等，並依環境影響說明書規定設置一定契約容量以上之太陽光電系統供廠區自用，以降低整體用電負擔並符合綠能使用承諾。



海淡廠處理流程



海淡廠配置圖

結語

本文綜整本工程三大工程主軸，包含海事工程、陸域管線及海淡廠之設計理念，其中海事工程以降低取水流速、均勻擴散鹵水、潮間帶推進等工法降低對

海洋生態之可能影響；陸域管線以垂直埋管、北航道推進克服用地不足；海淡廠以優化二段式 RO 流程、高能源回收裝置、礦化濾床等工法提昇產水水質及降低能耗，以確保供應臺南地區優質足量之海淡水。

GTI TEAM

巨廷工程顧問股份有限公司

G T International

- 監造服務作業
- 文宣及動畫製作
- 工程可行性規劃
- 總顧問及諮詢服務
- 工程基本及細部設計
- 技術轉移及教育訓練
- 計畫許可申請及審查資料
- 研討會/座談會/工作坊

台北公司

台北市中山區南京東路三段
215號2樓
(02)8712-8966

台中公司

台中市西屯區文心路三段
241號3樓之6
(04)2328-3866



服務領域

防災預警
水質處理
水文技術
設施營運

管路系統
綜合治水
施工管理
河道治理

永續水庫
防洪排水
海綿城市
水力發電

環境影響
水資源規劃
水環境營造
集水區治理



曾文溪感潮河段 水資源利用 結合 自然解方 與 水岸環境營造 初步規劃

黃郁芳／AECOM 艾奕康工程顧問股份有限公司 主辦工程師

黃俊維*／AECOM 艾奕康工程顧問股份有限公司 高級計畫經理

李祈宏／AECOM 艾奕康工程顧問股份有限公司 技術總監

陳汶圓／經濟部水利署水利規劃分署 助理研究員

趙永楠／經濟部水利署水利規劃分署 科長

陳聖文／經濟部水利署水利規劃分署 科長

葛武松／經濟部水利署水利規劃分署 主任工程司

近年來科技產業積極在臺灣投資布局，並因應政府「大南方新矽谷推動方案」串聯南部半導體 S 廊帶，相關產業用水需求快速成長，且受氣候變遷及極端氣候影響導致降雨時空分布日趨不均，豐枯水期差異加劇，南部地區水資源調度面臨嚴峻挑戰。為建構完善且穩定供水網絡，短期除積極強化節約用水、加速降低漏水率、強化跨區調度措施及提升備援能力外，積極開發多元水資源因應係為我國當前重要的水資源開發策略。

經調查分析綜合評估後，曾文溪感潮河段（又稱半鹹水）具開發潛能^[1]，因此，本計畫以曾文溪感潮河段為對象，探討半鹹水資源開發結合水岸環境營造之可行性。研究結果顯示，曾文溪感潮河段水源穩定充足，水質導電度（EC）及總溶解固體（TDS）較海水低，鄰近用水端可減省輸水管線距離及成本等優勢，整體產水成本可低於海淡水，若取水規模小於 2 CMS（立方公尺／秒）可減輕抽取水源之環境衝擊範圍與程度，進而精簡行政程序。

本計畫初步規劃產水規模為每日 6 萬立方公尺，結合近自然槽池、人工濕地、生物濾床及自然為本解決方案（Nature-based Solutions, NbS），透過原水調勻、生態棲地復育及濕地淨化功能，改善原水水質穩定性並降低淡化系統運轉風險，以確保取水水源具備水資源開發所需之質與量。淡化處理流程採多階段前處理程序、二級逆滲透（two pass BWRO）、除硼及除尿素程序，以符合高科技產業用水需求。本規劃成果可提供作為未來臺灣感潮河段水資源利用及流域永續治理之重要參考。

關鍵詞：曾文溪、感潮河段、半鹹水（Brackish Water）、水資源利用、人工濕地、逆滲透（RO）、自然解方（NbS）、ESG、淨零碳排

計畫背景

近年高科技產業積極投資帶動用水需求快速成長，加上極端氣候導致枯旱事件頻率增加，使南部地

區對穩定供水之需求日益迫切。另一方面，受全球氣候變遷影響，既有水庫及河川水源面臨供水穩定度之嚴峻挑戰，使南部地區供水韌性備受考驗。為因應未來供水需求，經濟部水利署近年積極推動再生水、海淡水、半鹹水（Brackish Water）及伏流水等多元水源開

* 通訊作者，rivera.huang@aecom.com

發策略。其中，曾文溪感潮河段因位處臺南科學園區鄰近區域，且具備水源穩定、水質導電度（EC）及總溶解固體（TDS）低於海水及輸水距離較短等優勢，111 年完成曾文溪感潮河段新興水源可行性規劃，評估自河口至鐵路橋約 33 公里感潮河段具半鹹水利用潛力，其範圍如圖 1 所示，已被列為具開發潛力之重要新興水源^[2]。111 至 113 年模廠試驗結果顯示，感潮河段原水受潮汐及河川流量變化影響，總溶解固體、濁度、藻類及有機物濃度變化幅度較大^[3,4]，如何降低原水水質波動、減輕前處理系統負荷及控制淡化系統操作風險，成為推動半鹹水利用的重要課題。因此，本計畫規劃過程針對曾文溪感潮河段進行水質調查及水質特性分析，以掌握其水質之週期性變化，並透過近自然槽池等設施規劃，輔以人工濕地營造等友善環境措施，初步調勻水質及降低污染負荷，提升原水穩定性，藉由整合水資源利用、水岸環境營造及生態棲地復育，型塑曾文溪感潮河段水資源永續利用發展的水環境願景。

水文與水質特性

曾文溪感潮河段水體系由上游河川淡水與海水混合形成，屬典型半鹹水環境，其水質導電度及總溶解固體受河川流量、季節降雨及潮汐漲退等因素交互影響，呈現明顯之時空分布特性，水量則受河川逕流及海水上溯調節，水源穩定豐沛。空間分布方面，依據

近 10 年環境部水質監測資料（如表 1 及圖 2）顯示，感潮河段下游國姓橋、西港大橋至河口受海水入侵影響較明顯，導電度中位數約 39,100 ~ 50,100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，隨距離出海口愈近而越高，水質接近海水；上游麻善大橋至鐵路橋河段則受河川淡水主導，水體多屬中度半鹹水以下，導電度中位數約 707 ~ 7,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，且隨距離出海口愈遠而逐漸降低。時間分布方面，豐水期（6 ~ 10 月）因河川流量增加，感潮河段水源受上游淡水稀釋作用顯著，導電度較低且受潮汐影響相對較小；枯水期（11 月至翌年 5 月）河川流量減少，海水入侵程度提高，感潮河段水源導電度明顯高於豐水期，且每日潮汐漲退變化呈現滿潮高、乾潮低之週期性變化趨勢。以麻善大橋為例，乾、滿潮導電度變化幅度約 4,670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，懸浮固體（SS）則受颱風及豪雨事件影響，豐水期濃度通常高於枯水期，如圖 3 和圖 4 所示^[5]。綜合評估，曾文溪感潮河段以麻善大橋上游至鐵路橋河段兼具穩定水量與較適宜水質條件，為最具半鹹水資源利用之優選區位，惟原水中藻類、硼及尿素偶有偏高情形，如未來供水對象以高科技產業為主，則應規劃相應之水質處理單元，以符合產業用水需求。

技術挑戰

曾文溪感潮河段半鹹水資源開發雖具供水力，惟主要仍面臨原水水質變異、處理系統穩定性及環境影響管



圖 1 曾文溪感潮河段範圍

表 1 曾文溪感潮段水質中位數資料表

項目	曾文溪河口		國姓橋		西港大橋		麻善大橋	
	豐水期	枯水期	豐水期	枯水期	豐水期	枯水期	豐水期	枯水期
河川污染程度	未（稍）受污染		未（稍）受污染		未（稍）受污染		輕度污染	
水體分類	丙		丙		丙		丙	
水溫 (°C)	30.7	23.3	30.6	24	30.4	24	30.4	24.2
導電度 (μS/cm)	39,100	50,100	26,550	39,650	5,910	29,700	707	7,500
溶氧 (mg/L)	6.50	6.90	5.40	7.00	5.80	6.90	6.50	7.40
懸浮固體 (mg/L)	30.65	27.90	33.25	27.05	40.30	23.90	60.90	37.60
氯鹽 (mg/L)	13,900	18,800	9,185	14,300	3,180	10,400	38.7	2,690
總磷 (mg/L)	—	—	0.0950	0.0910	0.1330	0.1290	0.1490	0.2355
生化需氧量 (mg/L)	1.10	0.00	1.20	1.10	1.20	1.30	1.40	2.50
化學需氧量 (mg/L)	9.45	7.40	10.65	8.65	12.60	9.75	13.80	14.20
大腸桿菌群密度 (MPN/100ml)	100	20	510	80	3,100	320	4,500	390
氨氮 (mg/L)	0.15	0.18	0.18	0.22	0.32	0.37	0.22	0.41
總有機碳 (mg/L)	—	1.06	—	1.36	—	1.98	—	2.00
砷 (mg/L)	0.003	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.005	0.005
鉛 (mg/L)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.004	< 0.001
鎘 (mg/L)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
鉻 (mg/L)	—	—	—	—	—	—	—	—
汞 (mg/L)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
硒 (mg/L)	—	< 0.001	—	< 0.001	—	< 0.001	—	< 0.001

備註：表格中「—」代表該項目無有效數據，資料來源：行政院環境部水質監測資料，105~114 年

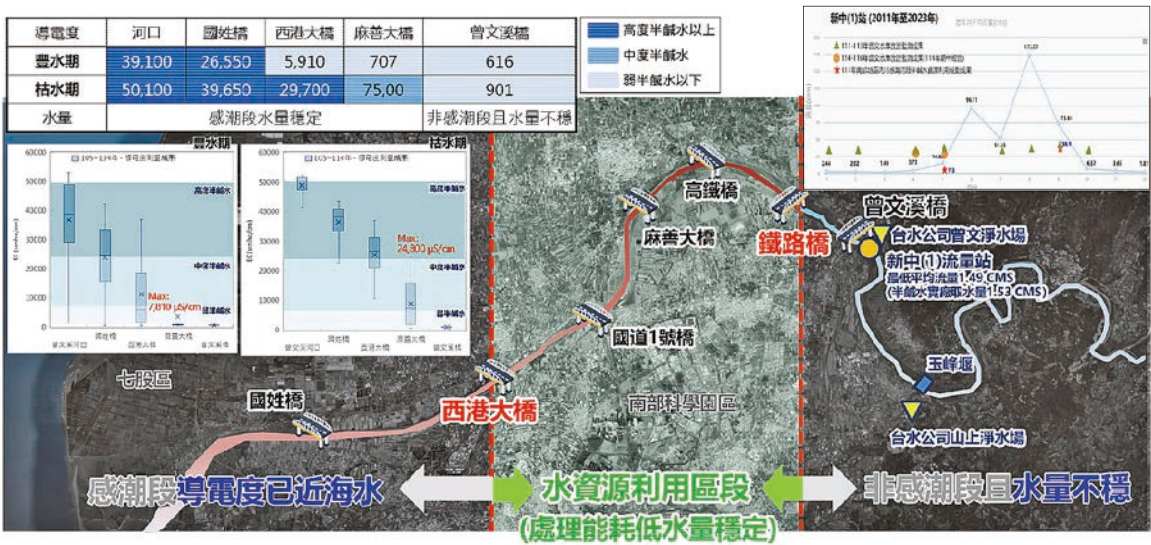


圖 2 曾文溪感潮河段水質（導電度）空間分布特性

控等多項技術挑戰。首先，感潮河段原水水質受豐枯水期流量變化、潮汐漲退及颱風暴雨影響，導致總溶解固體與導電度具有明顯變化，如圖 5，枯水期海水入侵增加，可能增加前處理設施與淡化系統操作負荷及逆滲透薄膜污堵風險。其次，原水中藻類、細菌及有機物等微細污染物，粒徑可能小於 1 μm，易造成前處理及逆滲透薄膜污堵及通量衰減，增加維護需求。此外，硼及尿素等特殊水質項目可能超出高科技產業用水要求，需增

設除硼樹脂、高級氧化等處理程序。颱風期間或水庫放淤作業可能造成懸浮固體及濁度升高，影響取水設施運轉。另外，提升高灘地設施洪水韌性，以確保系統長期穩定運作。在環境面向，濃排水之排放方式及受納水體承受能力亦為規劃重點，規劃設計階段，濃排水需進行擴散模擬與生態影響評估，未來須透過水理及水質模擬分析，建立完善監測與管理機制，以降低對感潮河段生態系統之潛在影響。

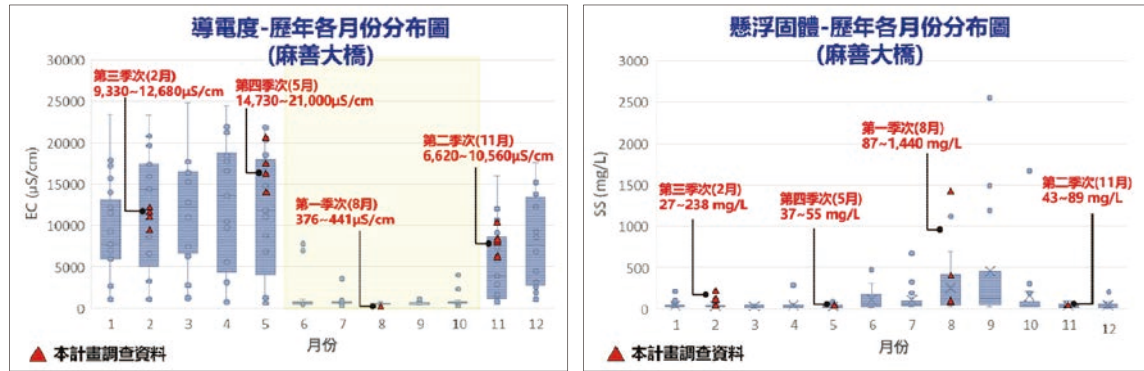


圖3 曾文溪感潮河段麻善大橋導電度 (EC) 及懸浮固體 (SS) 歷年月份分布

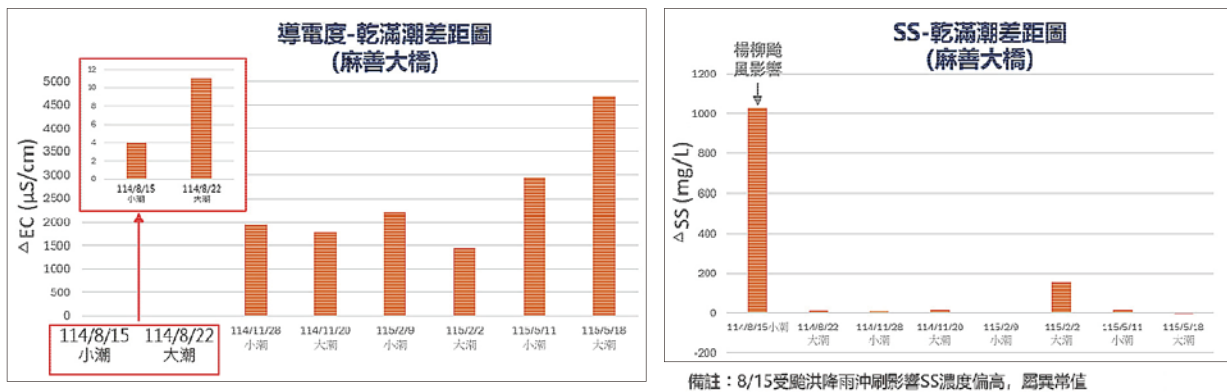


圖4 曾文溪感潮河段麻善大橋導電度 (EC) 及懸浮固體 (SS) 乾滿潮變化

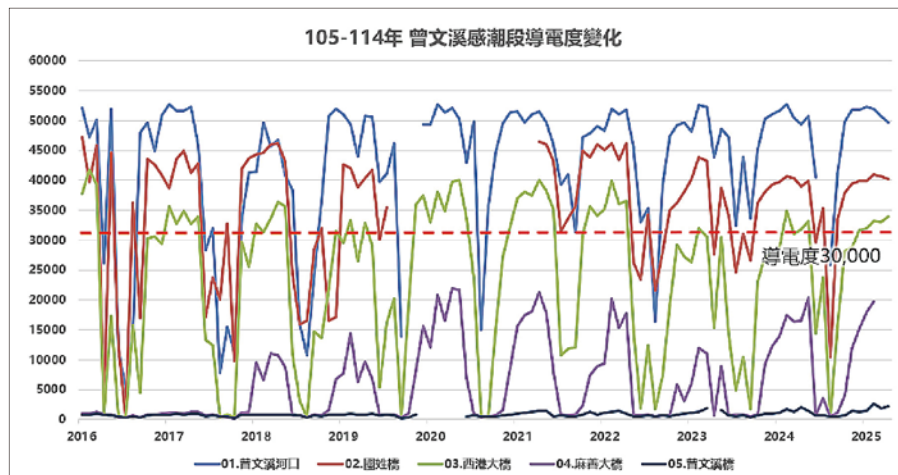


圖5 近10年曾文溪感潮段水質測站導電度各月份變化趨勢

案例借鏡

目前國內外半鹹水資源利用案例多以鹽化湖庫水及地下水為主要原水，感潮河段半鹹水淡化案例則以美國 Antioch 及英國 Beckton 較具代表性。美國 Antioch 為淨水場擴建之半鹹水淡化廠，原水取自聖華金河及水務公司 (CCWD) 購買，受氣候變遷及海平面上升影響，聖華金河鹽度逐漸升高，增加外購原水依賴與供水成本，因此增設 RO 設備處理河川半鹹水，產水

量約 2.27 萬 CMD，並以河水氯離子濃度 $> 75 \text{ mg/L}$ 為淡化設施啟動機制，透過將河水與 CCWD 原水混合及 RO 處理維持供水穩定 [6]；英國 Beckton 淡化廠則為因應乾旱及人口成長需求，取用泰晤士河的半鹹水進行淡化處理，產水量約 15 萬 CMD，設定進水 TDS 上限 $11,000 \text{ mg/L}$ ，於退潮末期取水，並利用容量 17.5 萬 m^3 原水緩衝池蓄存混合，以降低鹽度及懸浮固體波動，另依 TDS 變化調整 4stage RO 操作模式，兼顧產水穩

定與節能，濃排水則與既有污水處理廠放流水混合排放，利用稀釋降低鹽度衝擊^[7]。綜整案例顯示，感潮河段半鹹水利用可透過選擇適當取水時段、原水緩衝調勻、RO 系統彈性操作及濃排水混合稀釋等措施，降低水質變動與環境衝擊，對曾文溪半鹹水資源開發利用具有重要的參考與借鏡價值。

水資源利用初步規劃

水資源利用區位及優先推動廠址

本計畫設施廠址運用層級分析法（AHP），從工程、自然、社會及經濟四大面向進行遴選，建議優先以麻善大橋下游左岸堤內用地作為半鹹水淡化廠推動廠址，如圖 6 所示，其具防洪安全佳、地質條件穩定、公有土地可無償撥用、原水水質總溶解固體濃度較低及鄰近南科用水端等優勢，惟該廠址受生態敏感性之自然面向影響，且部分土地尚待編定。未來開發應落實生態調查、採用低干擾工法施工及補償措施，並結合環境教育型濕地營造，提升社會接受度與生態效益。

廠址配置及供水初步規劃

考量曾文溪河道變遷（沖刷、淤積及流心偏移）可能對淡化設施造成損壞或阻塞等影響，因此，取水設施建議設置於曾文溪鐵路橋下游約 900 公尺（約斷面

72）處，且為確保能取得充足水源及較佳原水水質，規劃設計以平均潮位 EL. + 0.271 m 進行取水，取水口則設置於距河床 0.6 倍取水深度以上，以防止河川表層漂浮物以及底層的泥砂進入取水設施。近自然槽池調勻設施則規劃設置於高灘地，水力停留時間採 12 小時設計，以涵蓋曾文溪半日潮週期，透過水體混合、沉降及自然淨化作用，初步達到調勻原水水質波動之目的後，再導入堤內半鹹水淡化處理設施產製淡化水供應用水端，如圖 7 所示，同時結合自然解方理念，利用濕地生態功能，營造低灘恢復自然演替濱水生態多樣性棲地環境，以達成水資源運用、濕地環境營造、生態棲地復育等多元目標。

曾文溪半鹹水廠規劃產水規模為每日 6 萬立方公尺，淡化水透過設置輸水專管方式，供應南科臺南園區。供水水質標準則參考南科臺南園區再生水使用經驗，規劃符合 21 項工業再生水標準，其中導電度控制 $< 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、總溶解固體物（TDS） $< 150 \text{ mg}/\text{L}$ 、硼 $< 0.1 \text{ mg}/\text{L}$ 及尿素 $< 0.005 \text{ mg}/\text{L}$ 。淡化處理流程採多階段程序，包括混凝沉澱 / 浮除及超濾（UF）前處理，以降低濁度及藻類負荷；後續採二級逆滲透半鹹水薄膜系統（two-pass BWRO）進行脫鹽淡化處理，並設置除硼樹脂及高階氧化程序去除硼與尿素等特定物質，如圖 8，以符合高科技產業用水需求，確保半鹹水淡化系統長期穩定操作。

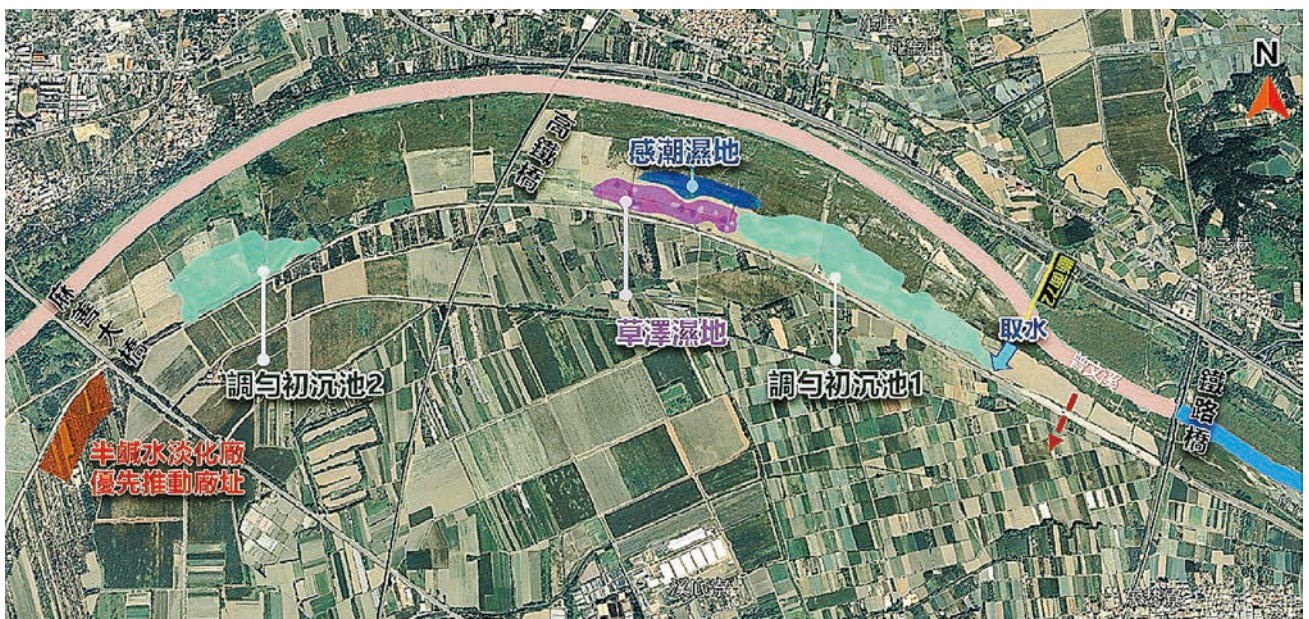


圖 6 感潮河段水資源利用區位及優先推動廠址

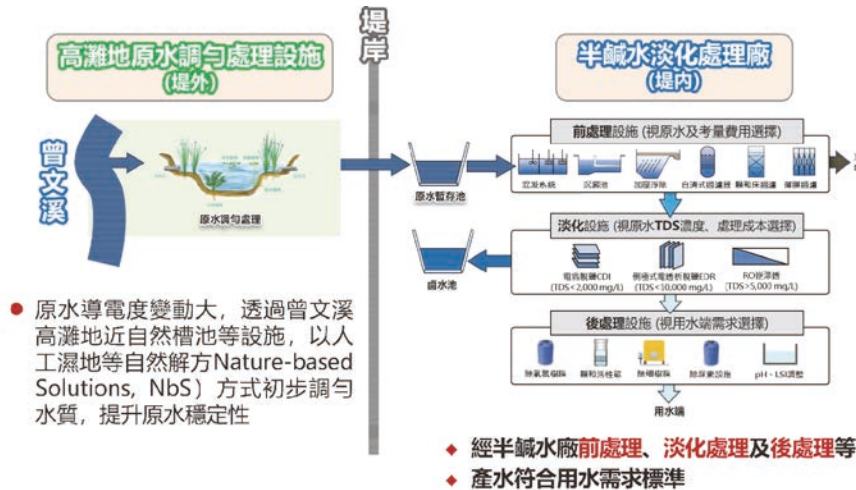


圖 7 感潮河段水資源利用原水調勻及淡化處理程序

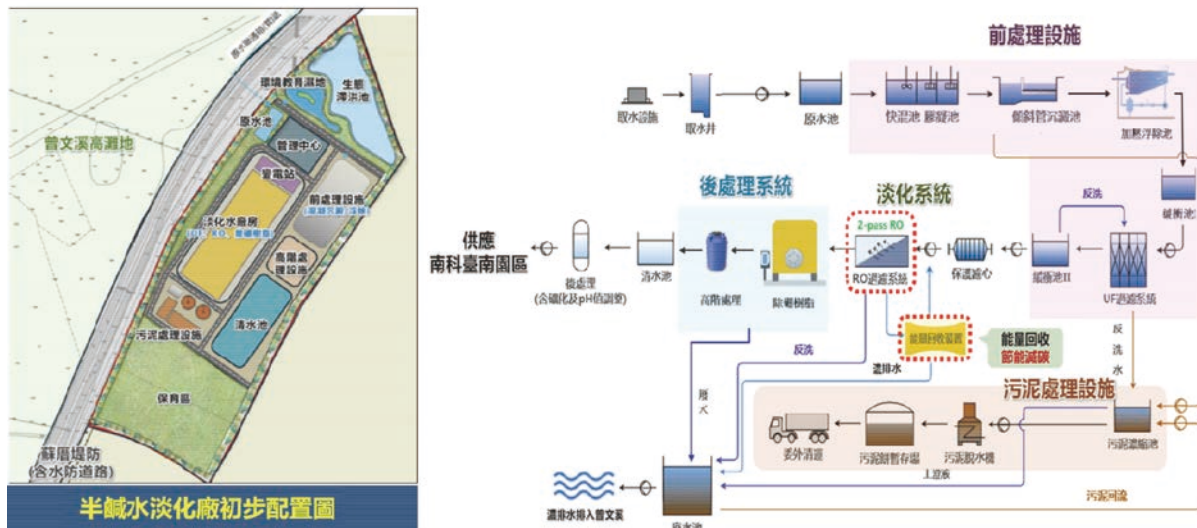


圖 8 曾文溪半鹹水淡化廠處理流程及廠區配置示意圖（初步配置僅供參考）

淡化濃排水位置規劃於曾文溪西港大橋（約斷面 41）附近河段，該河段較為平直且穩定，以多點加壓向上射流方式排放，並採連續 24 小時排放，藉由感潮河段水體稀釋、潮汐混合及自然擴散作用，使排放區域鹽度逐步回復至河川背景濃度。透過建立水質監測、預警與管制機制，於鹽度接近管制值時調整排放量或暫停排放，控制鹽度低於 35 psu，以降低對廣鹽性及狹鹽性水生生物之生態影響。未來並結合提濃減量及資源化技術，逐步降低濃排水量與環境負荷。

生態復育及環境營造

本計畫於推動曾文溪感潮河段半鹹水水資源開發利用同時，亦將河川環境改善及生態棲地復育納入整體規

劃架構，期能藉由結合河灘地、堤防內外及周邊環境營造與濕地功能復育等構想，同時考量河道地形、水質變化與生態系狀態，導入近自然槽池、人工濕地等自然為本解決方案（Nature-based Solutions, NbS），改善水環境基礎條件，初步調勻感潮段原水水質，恢復自然演替之濱水帶，確保生物環境連續性及水質具備後續水資源開發所需之可行性與穩定性，期能達到水資源與環境共榮發展理念。規劃將採自然為本解決方案（NbS）理念，依河灘地洪水漫淹頻率，以防洪安全、生態優先及低干擾、低維護管理為原則，建置約 40 公頃兼具水質改善及生態復育功能之多功能人工濕地，如圖 9。其中，淨化型濕地透過高灘地設置近自然槽池等設施，初步調勻穩定感潮段原水水質，將濕地劃分為進水緩衝的沉砂槽

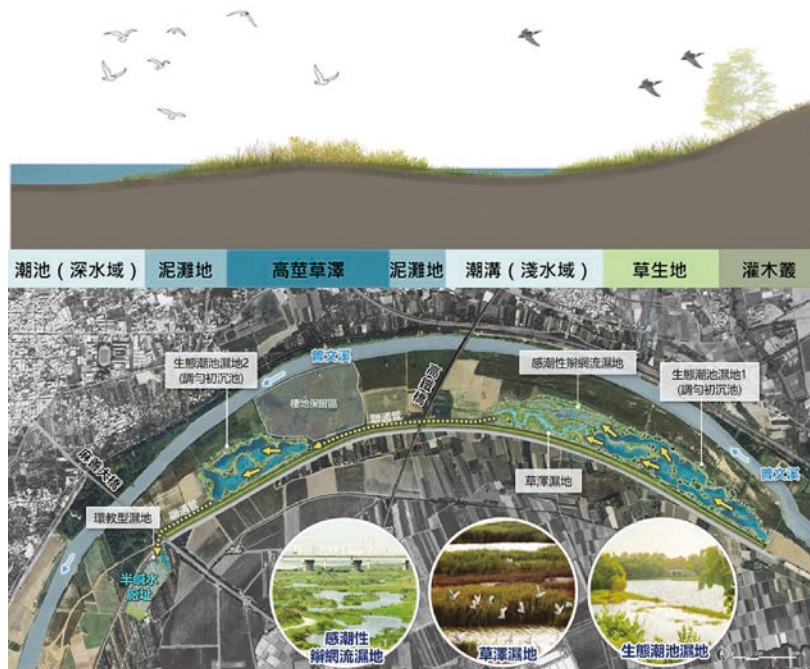


圖 9 感潮河段水資源利用生態復育及環境營造規劃構想

池、植生處理的草澤濕地區與出水穩定生態調勻池；復育型濕地透過營造濱水帶、砂洲、草澤、潮溝、泥灘地及耐鹽原生植群等多樣微棲地，恢復自然演替與河岸生態連續性，以維持生物多樣性與保護生物棲地；環境教育型濕地則提供濕地保育、環教解說功能，強化社會參與及地方認同感。

淨零碳排效益初評

因應全球氣候變遷趨勢及國際淨零排放政策目標，低碳造水已成為水資源永續發展的重要課題。本計畫以曾文溪感潮河段半鹹水淡化系統為對象，藉由減排 (Carbon Mitigation) 及碳移除 (Carbon Removal) 兩大面向評估淨零效益。參考多項生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 研究結果顯示，半鹹水淡化廠之碳排放主要集中於營運階段之能源消耗，約占整體碳排放量之 80% 至 95%，因此優先採用依原水豐枯水期水質中總溶解固體變化，調整逆滲透 RO 薄膜操作模式 (以 one-pass 或 two-pass 操作)、導入能量回收裝置 (ERD) 及建置 10% 綠能設施 (約 930 kW) 等節能措施，預估每年可分別減碳約 1.4 萬、0.75 萬及 533 公噸二氧化碳當量 (CO₂e)，整體年減碳量約 2.2 萬公噸二氧化碳當量 (CO₂e)，列如圖 10。另將 40 公頃調勻初沉池規劃成為人工濕地作為自然碳匯，每年可增加約

277 公噸二氧化碳當量 (CO₂e) 碳吸存量。

推動營運及發展願景

為提升計畫推動效率及永續營運效益，以提高公共服務水準、加速社會經濟發展，爰建議採促參 2.0 架構辦理，利用促參法第 9-1 條「政府有償取得公共服務」機制，結合 BOT 或有償 BTO 模式，引進民間資金、專業技術及營運管理能力，降低政府投資風險並提升公共服務品質。依財政部促參司 115 年 04 月 29 日公告之「促進民間參與公共建設法之重大公共建設範圍」，本計畫開發規模符合重大公共建設範疇。整體推動期程涵蓋可行性評估、先期計畫、招商甄審、設計及施工營運等階段。水資源利用結合水域環境發展願景，如圖 11，利用「科技造水」結合自然為本解決方案 (NbS) 理念，納入產業 ESG 推動架構及公私協力機制，並結合「水資源正效益」(Water Positive) 理念，藉由公私協力整合雙方資源與技術，例如由企業端以 ESG 資金支持高灘地調勻初沉設施 (友善環境設施) 之興建與後續 10 ~ 20 年的維運成本，換取該設施產出之「水資源正效益」配額，而政府則協助設施用地取得及水資源調度供應，合作推動水資源環境永續發展，達到提升區域水資源永續性與產業用水韌性，以彰顯整體政策與社會價值。

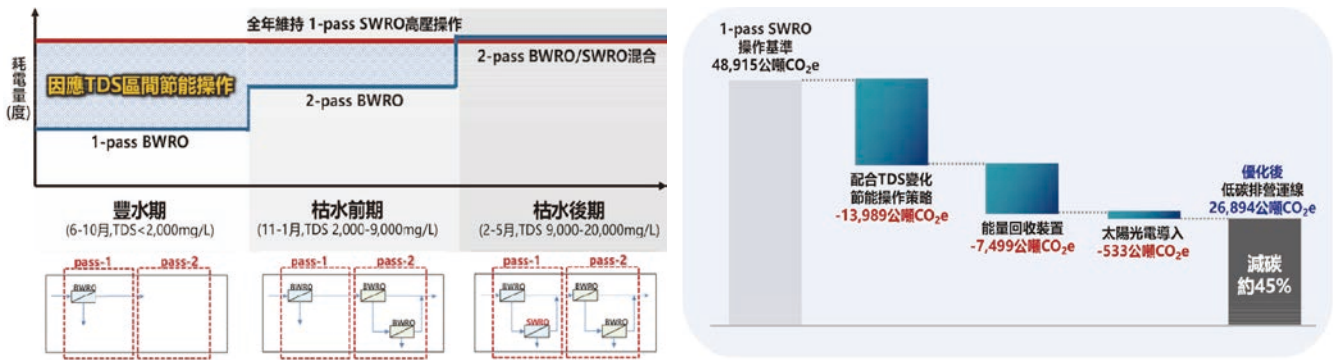


圖 10 半鹹水淡化廠節能操作策略及碳排放減量效益分析圖



圖 11 半鹹水淡化水資源利用結合水域環境發展願景效果圖

關鍵課題

本計畫屬曾文溪感潮河段半鹹水資源利用之初步規劃，後續實質開發仍須從技術、經濟、人文、土地、環境及營運等面向深化評估。淡化處理技術方面，考量感潮水質之變化特性，初步規劃之水質處理流程建議後續建立長期、連續性水質監測資料，掌握原水導電度（EC）、總溶解固體（TDS）、懸浮固體物（SS）、鹽度及濁度之時變特性與極端值，並透過 Pilot Test 驗證混凝沉澱、浮除、UF 及 RO 等處理程序，作為前處理效能、膜材選型、操作壓力、系統操作模式及節能效益之設計依據。工程與場址方面，人工溼地主要功能為調勻水質，其效益、耐洪韌性及長期維護需求亦應重視，而取水位置仍應考量潮汐水位及河川沖淤變化，評估適宜之取水方式與供水穩定性，後續建議優先選擇洪水風險較低之高灘地，採低干擾及易維護設計，保留滯洪緩衝空間，避免過多機械設備

及景觀設施，並應進一步分析改善效益、洪水漫淹頻率、河川沖淤及生態敏感性等條件，以提升耐洪韌性及災後快速復原能力。土地方面，因部分用地涉及國有地承租農作，土地取得涉及租約終止、補償回饋及地方溝通等議題，需建立適當之溝通與協調機制，以降低社會衝突對計畫期程之影響。環境方面，RO 濃排水之排放方式與位置對水域生態影響亦為重要課題，建議就規劃之排放位置、時段及擴散設施等條件，透過數值模式評估鹽度稀釋與擴散範圍，並配合生態調查及長期監測，以確認對周遭環境之影響。營運面考量國內感潮河段半鹹水淡化實廠操作經驗有限，建議依水資源供需、產業發展及實際用水需求，滾動檢討供水策略與開發規模，採分期、分階段推動，以降低初期投資及營運風險，避免設備長期閒置，提升整體設備利用率及產水效益，確保供水穩定性。

結論

本計畫針對曾文溪感潮河段半鹹水資源利用與水岸環境營造進行初步規劃，初步規劃成果顯示麻善大橋至鐵路橋河段具備水量穩定、鹽度適中及鄰近用水需求區等優勢，適合作為未來半鹹水開發利用之優先區位。規劃採每日 6 萬立方公尺產水規模之半鹹水淡化系統，透過近自然槽池、人工濕地及二級逆滲透薄膜（two-pass BWRO）淡化處理程序，結合除礫及高級氧化程序後，降低原水水質波動及提升系統運轉穩定性，產水滿足高科技產業用水需求。同時藉由自然為本解決方案措施導入，建置約 40 公頃人工濕地，除可兼顧水質改善、復育生態棲地外，並融合環境教育等多重效益。此外，透過節能操作策略、綠能設施導入及人工濕地碳匯功能（每年約增加 277 公噸二氧化碳當量之碳匯效益），降低系統生命週期碳排放量。惟後續推動仍應持續就淡化技術、工程耐洪、土地取得、

環境影響及營運策略等面向深化評估，並透過監測驗證及分期推動方式降低開發與營運風險。整體而言，本計畫不僅提供南部地區穩定新興水源之可行方案，更展現水資源開發、生態保育、產業永續及淨零排放共存之整合價值，可供作未來臺灣感潮河段半鹹水利用與流域治理推動之參考案例。

參考文獻

1. 經濟部水利署水利規劃試驗所，「台灣感潮河段設置半鹹水淡化廠利用研究」，民國 94 年 12 月。
2. 經濟部水利署南區水資源局，「南部地區河川感潮河段半鹹水資源利用規劃」，民國 111 年 03 月。
3. 經濟部水利署南水分署，「曾文溪感潮河段水資源利用模廠建置計畫」，民國 113 年 03 月。
4. 經濟部水利署南水分署，「曾文溪感潮河段水資源利用模組廠規劃及試驗評估」，民國 113 年 03 月。
5. 經濟部水利署水利規劃分署，「感潮河段水資源利用結合水岸環境營造初步規劃（第四次期中報告）」，民國 115 年 07 月。
6. Brackish Water Desalination Facility Draft EIR, 2018.
7. An Overview of the 150,000 m3/day Beckton Desalination Plant in London, 2009.





澎湖赤崁地下水庫 半鹹水淡化處理及水源運用

吳軒蘋*／黎明工程顧問股份有限公司土木一部 工程師

林家煌／台灣自來水公司第七區管理處 處長

黃聖然／台灣自來水公司第七區管理處水質課 課長

澎湖縣因天然地表蓄水條件不足，長期仰賴地下水作為主要供水來源。然而，受海水入侵及地下水鹽化影響，地下水氯鹽濃度逐漸升高，促使半鹹水淡化技術成為維持離島供水穩定之重要措施。赤崁地下水庫為國內唯一利用地下截水牆攔蓄地下水之水庫，其抽取之半鹹地下水經白沙鹽井水淡化廠採用半鹹水逆滲透（Brackish Water Reverse Osmosis, BWRO）技術處理後，納入白沙供水系統，形成地下水資源與半鹹水淡化整合應用之供水模式。本文介紹赤崁地下水庫及半鹹地下水特性，說明白沙鹽井水淡化廠之處理流程、逆滲透原理及設備運轉概況，並整理白沙供水系統之水源運用及供水策略演變。歷年供水資料顯示，白沙供水系統已由早期以地下水為主之供水模式，逐步發展為地下水、半鹹水淡化及跨區供水共同調度之多元水源架構，赤崁地下水庫之功能定位亦由主要供水水源逐步轉變為兼具地下水涵養及備援供水等多元功能。本文可作為離島地區半鹹水淡化、多元水源整合及供水系統規劃之工程案例參考。

關鍵詞：赤崁地下水庫、白沙鹽井水淡化廠、半鹹水淡化、白沙供水系統

前言

澎湖縣因缺乏高山、河川及天然湖泊等地表蓄水條件，且年蒸發量長期高於降雨量，致使天然水資源蓄存能力有限，長期面臨供水穩定性不足之問題。為尋求穩定水源，澎湖縣政府於民國 56 年間委託臺灣省政府水利局辦理全面性水源調查與規劃^[1]。

白沙鄉北端之赤崁盆地為一深厚珊瑚砂層，具良好透水性及含水性，為地下水蓄存之天然條件。故於此規劃興建赤崁地下水庫（圖 1 及圖 2），並於民國 75 年完工啟用。其主要利用地下截水牆攔蓄地下水，再利用抽水設施取用地下水^[1-4]，成為臺灣首座且唯一之地下水庫。

赤崁地下水庫除作為地下水蓄存設施外，其地下水亦透過半鹹水淡化處理供應白沙地區民生用水，形成地下水資源與逆滲透淡化技術整合運用之供水模式。本文將以赤崁地下水庫及白沙鹽井水淡化廠為例，探討半鹹水淡化處理流程、供水運作及水源運用策略。

赤崁地下水庫及半鹹地下水特性

赤崁地下水庫位於澎湖縣白沙鄉北側沿海地區，為國內唯一採地下截水牆攔蓄地下水之地下水庫，於民國 75 年完工啟用，主要目的為攔蓄地下水並提供白沙地區民生用水水源。地下水庫利用地下截水牆攔蓄地下水，並透過抽水井取用地下水，再輸送至白沙淨水場進行後續處理，其主要設施及基本資料如表 1 所示。

* 通訊作者，whp1024@li-mi.com.tw



圖 1 赤崁地下水庫地理位置圖



圖 2 赤崁地下水庫空拍影像

赤崁地下水庫啟用初期，地下水水質尚佳，可直接作為白沙地區民生用水水源。然而，由於地下水庫鄰近海岸，長期受到海水入侵及地下水鹽化影響，原水鹽度逐漸升高，導致部分抽水井因水質鹽度過高，無法供給白沙地區使用。

為改善地下水鹽化問題，於民國 92 年完工啟用白沙鹽井水淡化廠，由鹽化之地下水庫水源輸送至白沙淨水場後，再經由白沙鹽井水淡化廠進行淡化處理，後續供應白沙地區使用。

地下水受鹽化影響後，其總溶解固體（Total Dissolved Solids, TDS）及氯鹽濃度均逐漸增加，使地下水形成介於淡水與海水之間之半鹹水（Brackish Water）。相較於海水，半鹹水鹽度較低，因此逆滲透（Reverse Osmosis, RO）淡化所需操作壓力及能耗相對較低，目前多採用逆滲透技術進行淡化處理。

目前赤崁地下水庫抽取之半鹹地下水均輸送至白沙淨水場，經淡化處理後，再與白沙淨水場處理之深井清水共同調配混合，供應白沙地區民生用水。

表 1 赤崁地下水庫基本資料表

項 目	概 述
施工年月	民國 74 年 7 月 26 日～民國 75 年 8 月 31 日
管理機關	台灣自來水公司第七區管理處
水庫位置	澎湖縣白沙鄉
主要標的	增加地下水續存量
集水區面積	214 公頃
最高蓄水位	EL.3.00 m
總蓄水量	6,590,000 m ³ (設計值)
有效蓄水量	1,278,000 m ³ (設計值)
地下截水牆型式	皂土連續壁
地下截水牆尺寸	寬度 0.55 m、長度 820 m、最大深度 25 m
抽水井	共 18 口井，目前 5 口維持運轉（#5、#7、#11、#12、#18）
取水方式	抽水井取水後送至白沙淨水場，依水質狀況經白沙鹽井水淡化廠處理

半鹹水淡化處理與白沙鹽井水淡化廠

半鹹水淡化處理流程

白沙鹽井水淡化廠原水取自赤崁地下水庫抽取之半鹹地下水。由於原水受海水入侵影響，總溶解固體（Total Dissolved Solids, TDS）及氯鹽濃度較高，無法直接供作民生用水，因此須經淡化處理後方可納入供水系統。白沙淨水場依原水水質特性設置半鹹水淡化處理設備，主要處理流程包括前處理、微過濾（Microfiltration, MF）及半鹹水逆滲透（Brackish Water Reverse Osmosis, BWRO）等設備，最後將淡化後之清水送入清水池，並與深井處理後之清水共同調配，供應白沙地區民生用水，其處理流程如圖 3 所示。

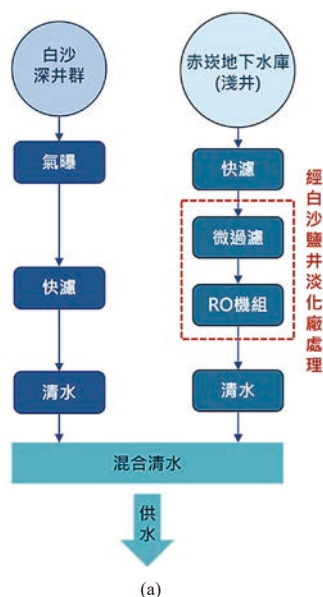
半鹹水淡化處理原理

半鹹地下水淡化處理主要係利用物理過濾及薄膜分離技術，逐步去除原水中之懸浮固體、膠體、微生物及溶解性鹽類。白沙鹽井水淡化廠之處理流程包括快濾、微過濾（Microfiltration, MF）及半鹹水逆滲透（Brackish Water Reverse Osmosis, BWRO）等主要單元，各處理程序之功能^[5]如下。

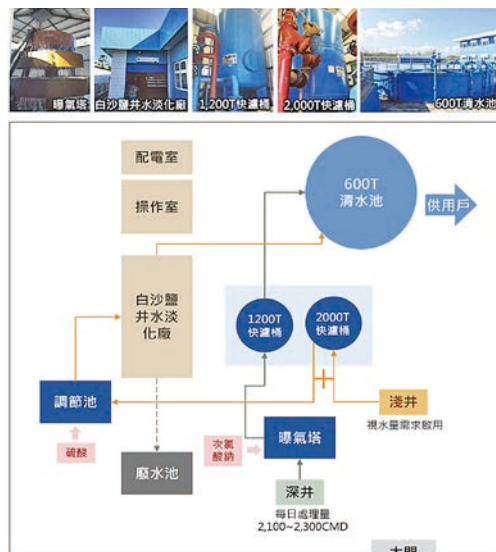
赤崁地下水庫抽取之半鹹地下水先進入 2,000 噸快濾桶（壓力式快濾池）進行前處理。主要利用濾料層對水中顆粒物質之附著作用與物理篩除作用，去除原水中較大粒徑之懸浮固體及部分膠體，降低原水濁度，以減輕後續薄膜處理單元之負荷^[5]。

經快濾處理後，原水流入調節池並投加硫酸鋁等混凝劑，以促使原水中細小懸浮物及膠體凝聚成較大顆粒，改善微過濾對顆粒物質之過濾效能。經混凝及微過濾處理後，可有效降低原水之淤泥密度指數（Silt Density Index, SDI），使後續進入逆滲透系統之原水符合 SDI 小於 3 之操作要求，亦降低逆滲透膜污染及阻塞風險，提升系統運轉穩定性，並延長逆滲透膜之使用壽命^[5]。

經上述前處理後，原水由高壓泵浦加壓送入半鹹水逆滲透（BWRO）機組。逆滲透（圖 4）係利用半透膜具有允許水分子通過而阻隔溶解性鹽類之特性，當施加高於原水滲透壓之操作壓力時，水分子通過半透膜形成淡化水，而鹽類及其他溶解性物質則被截留於濃縮液



(a)



(b)

圖 3 白沙淨水場原水處理流程圖

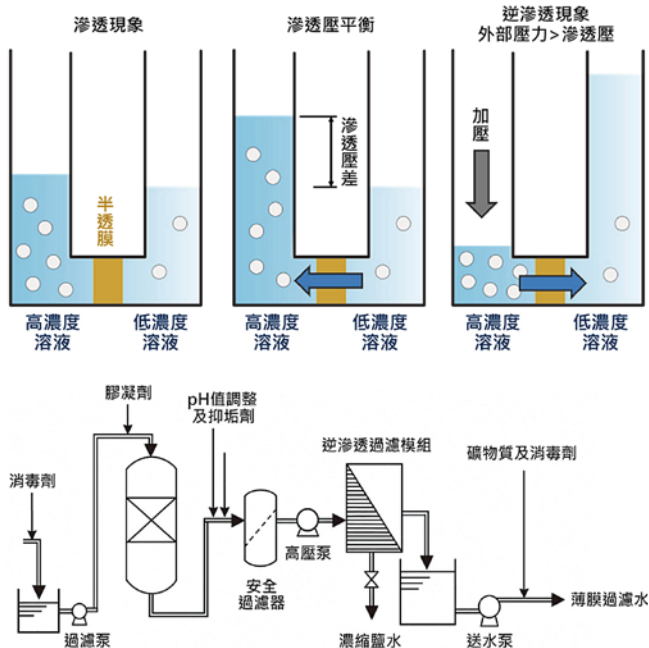


圖 4 逆滲透原理示意圖

圖片來源：改繪自台灣自來水公司「台灣自來水設備維護手冊（2023）」

中，以達成脫鹽目的。依原水鹽度不同，逆滲透系統可分為海水逆滲透（Seawater Reverse Osmosis, SWRO）及半鹹水逆滲透（Brackish Water Reverse Osmosis, BWRO）兩類。由於赤崁地下水庫原水屬半鹹地下水，因此白沙鹽井水淡化廠採用 BWRO 機組進行淡化處理，可於較低操作壓力下達成脫鹽需求。

白沙鹽井水淡化廠設備及運轉概況

白沙鹽井水淡化廠設置於白沙淨水場內，主要處理赤崁地下水庫抽取之半鹹地下水，相關設備詳表 2。目前設置 3 組半鹹水逆滲透（BWRO）淡化機組，各機組設計產水量均為每日 600 CMD，總設計產水能力為每日 1,800 CMD，主要設備及運轉概況如表 2 所示。各機組均配置 1 部高壓泵浦，馬達額定功率為 30 馬力（HP），提供逆滲透系統運轉所需之高壓進水壓力^[3,4,6]。

表 2 白沙鹽井水淡化廠基本資料表

項目	概述
淡化機組	3 組半鹹水逆滲透（BWRO）機組
設計產水量	單組 600 CMD，總設計產水量 1,800 CMD
高壓泵浦	30 HP/ 組
現況進水量	單組 650 CMD
現況產水量	單組 500 CMD
濃鹽水排放量	單組 150 CMD
產水回收率	76.9%

現行機組每日進水量約為 650 CMD，每日產水量約為 500 CMD，濃鹽水排放量約為 150 CMD，平均產水回收率約為 76.9%^[6]。目前實際操作依白沙地區供水需求及設備運轉狀況調配機組運轉，以維持系統穩定供水。

白沙供水系統之水源運用

澎湖地區供水系統可分為馬公、白沙、西嶼、望安、七美及吉貝等六大供水系統。其中，白沙供水系統平均日供水量約 2,300 CMD，每年 4 月至 9 月觀光旺季期間，尖峰日供水量可達 2,400 CMD 以上，主要供應白沙鄉 14 個村落，民生用水人口約 8,323 人^[6,7]。白沙供水系統主要由白沙淨水場及白沙鹽井水淡化廠共同運作，其原水主要來自深井地下水及赤崁地下水庫抽取之半鹹水兩種水源。

其中，深井地下水取自白沙地區深井群，採用傳統淨水處理程序，設計處理量為 1,200 CMD，平時維持 6 口深井運轉，另配置 3 口深井作為備援。深井原水抽取後先經氣曝塔進行氣曝處理，使原水與空氣接觸，提升溶氧量，氧化原水中之鐵、錳，同時去除水中臭氣物質及游離碳酸。其後再送入 1,200 噸快濾桶去除懸浮固體，處理完成之清水送入清水池儲存^[5,6]。

另一供水來源為赤崁地下水庫抽取之半鹹地下水，經第三節所述之半鹹水淡化處理程序後，淡化水送入白沙淨水場清水池，再與深井地下水處理後之清水共同調配混合，供應白沙地區民生用水。

供水策略演變與未來展望

圖 5 為民國 107 年至 114 年間白沙供水系統之供水統計結果。赤崁地下水庫出水量約佔白沙供水系統總供水量之 19%～46%，其中民國 108 年達到最高峰 46%，顯示地下水庫於 110 年以前仍為白沙地區重要供水水源之一。然而，自 112 年起，地下水庫區水質因海水入侵而鹽化情形逐漸加劇（圖 6），導致地下水庫可抽用水量減少，供水佔比降至 19%。113 年至 114 年間，白沙鹽井水淡化廠因淡化設備機組停機及可供取用之原水不足而暫停產水，地下水庫自此由主要水源逐漸調整為備援供水。

然而，近年為了改善白沙地區地下水鹽化及供水品質問題，主管機關現已推動「成功淨水場至白沙淨水場清水管及監控工程」（圖 7），預計於民國 115 年完工^[8]。工程完成後，可將成功淨水場之清水輸送至白沙

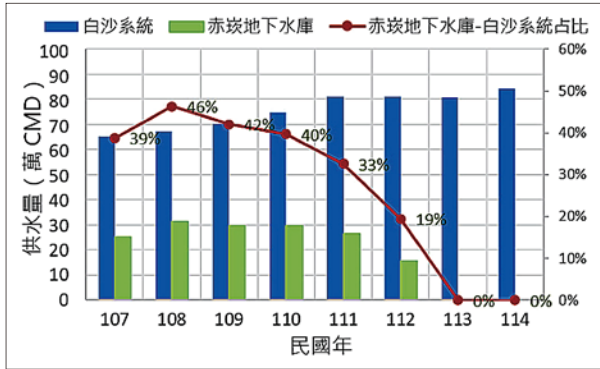


圖 5 107 年至 114 年供水概況

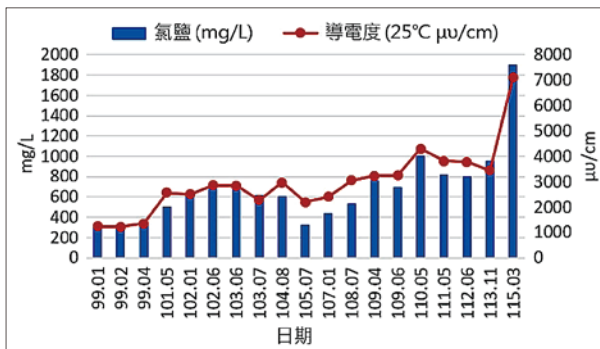
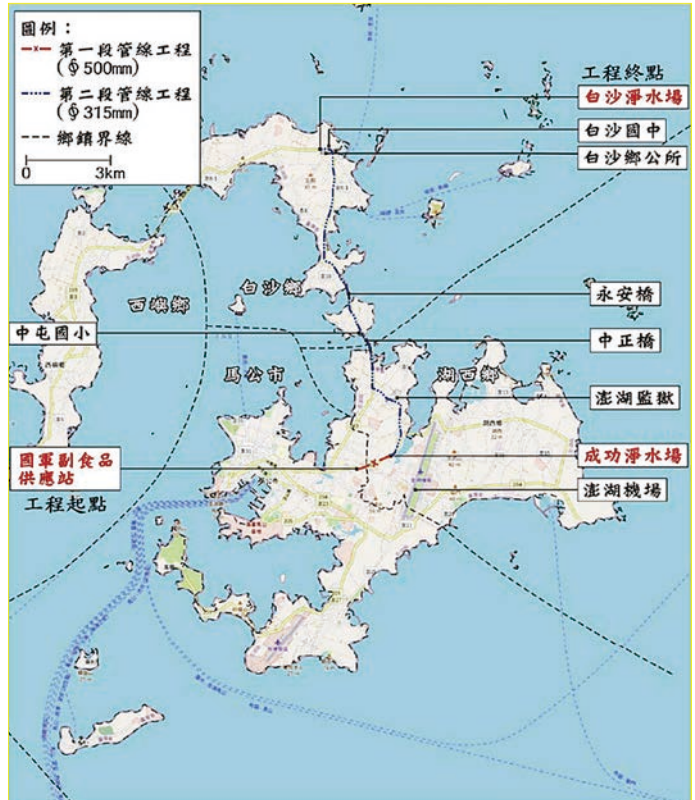


圖 6 地下水庫歷年鹽化情況



圖片來源：台灣自來水公司第七區管理處「成功淨水場至白沙淨水場清水管及監控工程施工計畫（第二版）（2024）」

供水系統，不僅可提升供水穩定性，亦可改善白沙地區之水質。

隨著成功—白沙清水專管完工並穩定運轉後，白沙供水系統將由原有地下水供水模式，逐步轉變為跨區供水與地下水共同調度之多元供水架構。赤崁地下水庫之功能定位亦將逐步轉變為兼具地下水涵養、水源復育及備援供水等多元功能，可於管線歲修、設備故障或災害事件發生時提供備援水源，提升白沙供水系統之調度彈性與韌性，亦展現半鹹水淡化、跨區供水及地下水資源整合運用之多元供水策略。

結語

赤崁地下水庫為國內地下水開發結合半鹹水淡化技術之代表性工程案例，利用地下截水牆攔蓄地下水，再結合半鹹水淡化處理技術，形成地下水資源開發與淡化技術整合應用之供水模式，展現離島地區因應水資源限制之工程特色。

白沙供水系統之發展歷程顯示，白沙地區供水策略由早期地下水開發，逐步演變為半鹹水淡化及跨區

供水共同調度之多元模式，赤崁地下水庫之功能定位亦由主要供水水源，逐步轉變為兼具地下水涵養、水源復育及備援供水功能，反映白沙供水系統已由單一地下水供水模式，朝向多元水源整合發展。

未來白沙供水系統仍可依據供水需求及水源條件，持續整合地下水、半鹹水淡化及跨區供水等多元供水方式，以提升供水穩定性及系統韌性。

參考文獻

1. 台灣省水利局（1986），「赤崁地下水庫工程施工報告」。
2. 台灣自來水公司（2013），「赤崁地下水庫集水區保育實施計畫」。
3. 台灣自來水公司第七區管理處（2014），「成功、興仁、東衛、小池、赤崁水庫安全評估」。
4. 台灣自來水公司第七區管理處（2023），「澎湖 8 座水庫第三次定期安全評估—赤崁地下水庫」。
5. 台灣自來水公司（2023），「台灣自來水設備維護手冊」。
6. 台灣自來水公司第七區管理處澎湖營運所，「102 年～114 年澎湖供水概況表」。
7. 經濟部水利署南區水資源分署 <https://www.wra.gov.tw/wrasb/cp.aspx?n=31376>，「水源調度供需圖歷史資料」。
8. 台灣自來水公司第七區管理處（2024），「成功淨水場至白沙淨水場清水管及監控工程施工計畫（第二版）」。



澎湖馬公第二海水淡化廠

第一期工程經驗分享

劉炅憲*／國統國際股份有限公司 經理

洪修棟／國統國際股份有限公司 課長

歐琇英／國統國際股份有限公司 廠長

澎湖水資源條件嚴峻，海水淡化已占供水八成以上，成為維持民生與觀光的重要基載水源。馬公第二海淡廠第一期工程以「低碳、環境友善、高韌性」為核心，前處理採用活化玻璃砂與袋濾單元，核心 RO 系統搭配專利能量回收器抑制結垢，達成全製程無添加化學藥劑及免 CIP 化學藥洗的突破。此外，善用放流鹵水進行砂濾反洗，年省 22.2 萬噸過濾水並減碳 53 公噸，產水 TDS 遠優於標準，成功兼顧離島供水韌性與海洋生態保育。

前言

澎湖群島位於臺灣海峽中央，地理環境特殊，天然水資源條件極為嚴峻。其地質主要由玄武岩方山台地構成，地形起伏平緩，缺乏常年穩定發源之主要河流，降雨後所形成之地表逕流大多迅速順勢入海，極難有效蓄存為可長期利用之穩定水源。此外，澎湖年平均降雨量僅約 1,000 mm 左右，遠低於臺灣本島多數地區（年平均約 2,500 mm），且蒸發量常年大於降雨量，呈現極為顯著的乾旱型氣候特徵。這種天然降雨有限、蒸發旺盛且地形留水不易的環境，使澎湖地區的水資源供應長期面臨結構性的先天限制。

過去澎湖地區的供水主要仰賴地表水庫蓄水以及深井地下水之抽取。然而，受限於降雨季節極度不穩定、集水區面積狹小且蓄水條件不足，加上乾旱枯水期水庫蓄水量常急劇下降，傳統水源早已難以充分支應日益增加的民生與經濟用水需求。另一方面，地下

水若長期處於過度抽取狀態，將極易引發含水層鹽化、海水入侵及地下水文環境永久劣化等嚴峻問題，進一步加劇離島地區水資源系統的脆弱性。隨著近年澎湖觀光產業蓬勃發展、季節性旅遊人口大幅成長，尖峰用水壓力呈現爆發性增加，如何建立穩定、獨立且可持續的自主水源，已成為澎湖維持民生品質、推動在地產業發展及保障公共服務正常運作的首要課題。

然而，離島地區的基礎建設發展不僅面臨水資源匱乏的挑戰，更同時受到電力供應、土地資源及生態承載量有限等多重限制。澎湖周邊海域擁有一流的水質與豐富的海洋生態，屬極具敏感性的生態環境。海水淡化技術雖然能打破傳統降雨時空限制，有效提升離島水資源之自主性，降低對降雨與地下水之過度依賴，但傳統海淡技術若未經妥善規劃，其高昂的能源消耗、高濃度鹵水排放以及化學藥劑添加使用等議題，亦極可能對周邊海洋生態環境造成二次負擔與衝擊。因此，澎湖海水淡化工程的規劃與推動，不應僅止於解決「缺水」問題，更必須朝向「低碳化、環境友善化及高韌性」的現代綠色工程方向推進。

* 通訊作者，paul.liu@kti.com.tw

基於此一發展背景，國統國際股份有限公司（以下簡稱國統公司）於澎湖興建第一座海水淡化廠至今已 22 年，為最了解澎湖水資源與在地需求的專業團隊。國統公司所承攬之「馬公第二海水淡化廠第一期工程」如圖 1，其設置核心目的在於全面補強澎湖既有供水體系之不足，顯著提升枯水期及觀光尖峰期間之供水韌性與穩定度。對此，在規劃設計與實際營運上，特別強調並落實「低碳、環境友善、高韌性」的技術理念，期能在確保水資源穩定供應的同時，最大化降低能源消耗與環境負荷，減少對周邊海洋生態之潛在衝擊，建立離島綠色海淡廠之新基準。

澎湖自來水供水現況與多元水源結構

根據自來水公司統計，澎湖地區平日自來水每日總需求量約為 30,000 餘噸。然而，澎湖供水系統面臨顯著的季節性壓力，每年進入觀光旺季及花火節等大型活動，大量觀光客湧入帶動單日用水需求急遽激增 10% 以上，日總需求量迅速攀升至 33,000 餘噸。而在離島土地與水庫蓄水容量受限的情況下，地表水庫常因夏季乾旱而告急，過度抽取地下水又面臨含水層鹹化風險。

因此，目前澎湖本島已建立高度仰賴海水淡化的多元供水體系。經過多年的海淡廠建置與系統擴建，澎湖整體自來水供水量中，海水淡化水已占高達 80% 的絕對主導地位，成為維持民生基本生活與觀光發展的基載主力水源。傳統水庫地表水與深井地下水則調降為季節性調節與緊急備援水源。水利署統計顯示，

位於澎湖縣的海水淡化廠年總造水量占全台灣離島海淡總產水量之八成左右，凸顯海淡廠對澎湖地區的高度重要性。

環境衝擊與友善平衡的挑戰

澎湖周邊海域因水質優良、生態資源豐富，經主管機關依法劃設為「甲類海域」。在此類高標準的海域環境中，海水淡化廠不論是在「取水工程」或「鹵水排放工程」的規劃設計上，皆面臨極高的環境保護標準與技術課題。

在逆滲透（Reverse Osmosis, RO）海水淡化系統中，為防止海水中高濃度的鈣、鎂、矽等礦物質在薄膜表面結垢結晶，通常需要持續添加化學抑垢劑（Antiscalants）。此外，為了恢復薄膜因有機物或微生物污染而下降的通量，系統必須定期進行線上化學清洗作業（Clean-in-Place, CIP）。若海淡廠採用超濾膜（Ultra Filtration, UF）作為前處理系統，同樣需要頻繁進行 CIP 化學藥清洗以維護薄膜效能。這些傳統操作流程最終產生的排放水與廢液中，雖經有效處理並符合排放標準，但不可避免地會含有微量或低濃度的化學藥劑與殘留物，對敏感海域生態構成潛在威脅。

國統公司為降低海淡廠開發做造成的環境衝擊，於馬公第二海水淡化廠第一期工程規劃設計全製程處理流程皆不使用化學藥劑，徹底降低化學品隨排放水流入澎湖海域之環境風險。

在此創新設計下，前處理系統全面採用「玻璃砂多介質過濾」搭配「袋濾單元」。其中，砂濾系統特別



圖 1 馬公第二海水淡化廠第一期工程砂濾單元



活化玻璃砂

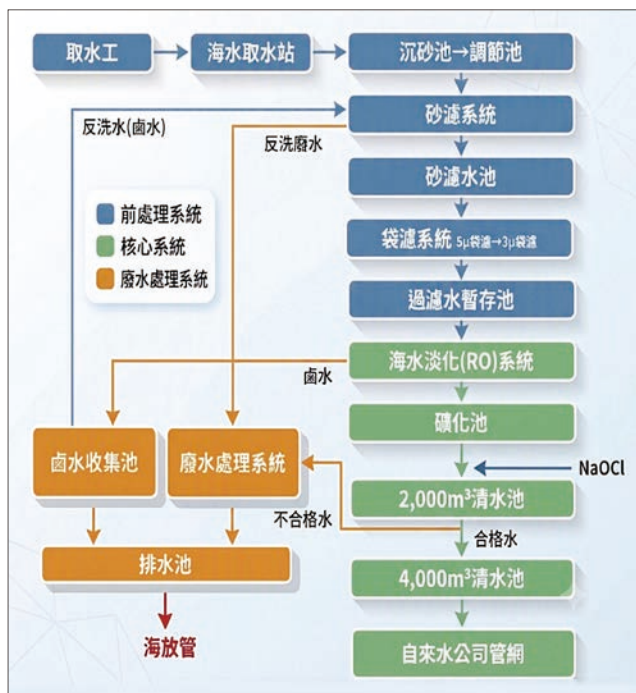


圖 2 馬公第二海水淡化廠第一期處理流程

選用具備表面活性與介孔結構的活化玻璃砂濾料。利用玻璃砂表面顯著的負電荷（Zeta 電位）與靜電吸附機制，即使在完全不添加任何混凝劑（Coagulant）或助凝劑（Flocculent）的條件下，系統仍能高效捕捉並去除海水中微米級的懸浮顆粒與膠體物質；同時，其特殊的表面物理特性更能有效抑制細菌附著，防止生物膜（Biofilm）的形成與滋生。整套前處理單元在常態運作與維護過程中，實現了全程無需添加任何化學藥劑或化學清洗劑的目標。此外，後續搭配的袋濾單元採用可拆卸清洗、重複使用的過濾袋，不僅從源頭徹底杜絕了化學藥劑隨排水進入海洋的風險，亦大幅降低離島地區高昂的廢棄物處置負擔與產生量，展現極佳的綠色循環效益如圖 2。

一般使用 UF 膜（ultra filtration）反洗需要消耗大量寶貴且已完成過濾的淨水，造成水資源的二次浪費。因此，在砂濾系統的反洗（Back wash）機制設計上，直接利用 RO 系統預計放流的鹵水進行砂濾反洗，使整個反洗過程完全無須消耗任何寶貴的過濾水。每年可為廠內節省過濾水高達 22.2 萬噸，相當於每年直接減少約 53 公噸 CO₂e 的碳排放量，充分實現了廠內水資源的高效循環利用與低碳營運雙重目標。

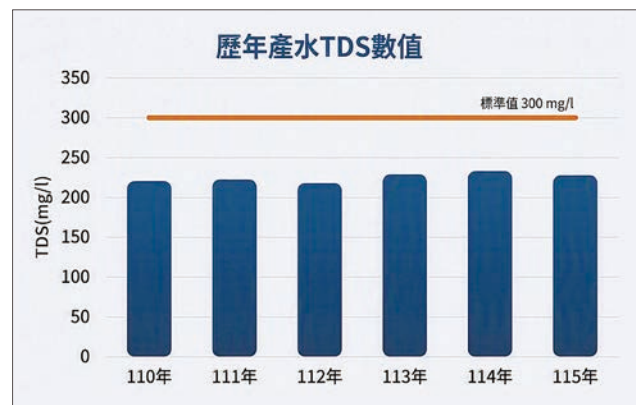


圖 3 歷年產水 TDS 值

對於 RO 核心系統而言，傳統海淡廠每年通常需要對 RO 膜進行 2 至 4 次繁複的 CIP 化學藥洗，藥洗後產生的酸鹼廢液亦須另行處理後排放。國統公司憑藉其擁有之「自有專利能量回收器」的獨特作動模式產生脈衝水流，有效抑制了 RO 薄膜表面的結垢與沉積問題。在完全不添加抑垢劑且實現無 CIP 作業的突破性條件下，歷年產水總溶解固體量（TDS）均穩定保持在 217 至 233 mg/l 之間如圖 3，遠低於 300 mg/l 的產水標準，不僅能維持 RO 膜的高效運作週期與優異水質，更徹底免除了排放水中殘留化學品對澎湖海洋環境的潛在威脅，樹立了環境友善型海淡廠的典範。

結語

台灣自來水公司每季皆嚴謹針對計畫區域周圍進行全方位環境監測。依據資料顯示，周邊海域水質持續穩定符合「甲類海域水質」標準，且海域生物多樣性與物種豐富度表現優異，充分印證了開發與保育能夠並行。

由馬公第二海水淡化廠第一期工程的成功經驗顯示，面對氣候變遷帶來的嚴峻水資源挑戰，離島地區的水資源解方不應僅止於「造水」。透過國統公司深耕澎湖 22 年的在地工程經驗、技術上的突破創新、綠色營運思維、環境教育的落實以及與在地環境的和諧共生，海水淡化廠不僅能轉化為一座提供源源不絕乾淨水資源的「穩定造水設施」，更可躍升為國內離島地區「低碳、永續與生態友善」的典範，為臺灣未來的永續水資源規劃提供寶貴且具體的可行經驗。



騰空遨行的路廊・

建構區域 完整交通拼圖

——國道7號 高雄路段新建計畫

陳宏仁／交通部高速公路局 副局長

蔡宗描／交通部高速公路局 副總工程師

黃炳勳／台灣世曦工程顧問股份有限公司 總經理

蔣啟恆／台灣世曦工程顧問股份有限公司 副總經理

吳嘉文／台灣世曦工程顧問股份有限公司 資深協理

黃蕙蓉／台灣世曦工程顧問股份有限公司運輸土木部 技術經理

葉淑華／台灣世曦工程顧問股份有限公司運輸土木部 計畫經理

張念如*／台灣世曦工程顧問股份有限公司運輸土木部 正工程師

陳明谷／台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部 協理

陳韋丞／台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部 計畫副理

由於台灣高雄都會區人口數及高雄港吞吐量日益成長，其交通運輸型態日益複雜且壅塞，長期仰賴國道1號提供長途城際與都會通勤功能，並承擔高雄海空國際運輸服務功能。為有效解決高雄都會區域城際及都會交通壅塞問題，並提高高雄港聯外運輸效率，提升高雄港交通營運績效及競爭力，故於2007年啟動相關可行性研究、綜合規劃與環評作業，前後歷經20年，終於至2022年9月28日通過環境影響評估大會，正式拉起序幕，推動「國道7號高雄路段新建工程」。

本計畫預計自高雄市南星路起，沿臨海工業區東側往北，經小港、大寮、鳳山、鳥松區後，於高雄市仁武區附近銜接國道10號，透過機關運籌帷幄，團隊努力實踐願景，擘劃區域快捷運輸藍圖、啟動空間藍海新視界、看見南方城市無限可能，終能在2026年完成以高架道路方式跨越，獨特又與眾不同的、如同一道騰空遨行的生態路廊之國道7號高速公路。計畫重視環境承諾，降低衝擊，實現國7跨越好行願景，打造水圳城鄉，森活綠廊，落實生態保護，形塑橋梁意象，且融入環境的故事。以下讓我們來了解團隊如何建構區域完整交通拼圖的專業精彩重點及內容。

* 通訊作者，anita@ceci.com.tw

之間，以精準的空間規劃，為原本受地形與舊有道路限制的高雄東側，鋪設出一條貫穿南北的大器長廊。

基於近年來區域發展迅速，路廊周邊公共建設（捷運計畫、高屏2快計畫、高鐵南延計畫）積極推動，環境限制條件嚴峻，前規劃階段之建議路線，設計階段須進一步掌握關鍵課題，多次設計改線避開密集建物及補辦環差之過程，計畫執行非常注重民眾權益，且不畏過程繁瑣。本團隊細膩檢討並精進優化，路線優化課題包括公共建設工程介面整合、交流道區位與型式、現況建物拆遷評估、避開環境敏感區位暨高利用價值土地、及使用公有地減少私地徵收等，建構具地方共識與完善運輸服務之路線方案。

交通效益：客貨分流，還路於民的解套之鑰

長期以來，重型貨櫃車與一般市民車輛在市區幹道交織，不僅造成沿線道路負荷過重，亦帶來潛在的交通安全隱憂。國道7號的興建是高雄交通轉型的關鍵解方：

- 客貨分流，提升安全：將港區龐大的重車流量直接引導至高架專用道，避免重車駛入沿海路、中山路等市區主要幹道，大幅提升在地居民的日常通行安全。
- 分流紓壓，暢行無礙：有效分擔國道1號（中山高）與台88線快速道路的繁重車流，緩解長期以來的塞車瓶頸，顯著縮短跨區通勤與物流運送的時間成本。
- 健全路網，彈性應變：與國道1號、國道10號及台88線串聯成完整的環狀與放射狀高快速公路網，增強整體大高雄地區交通系統的韌性與應變能力。

區域發展：產業串聯，繁榮共振的經濟走廊

道路所及之處，即是繁榮滋生之所在。國道7號不僅是一條交通管道，更是帶動南臺灣產業轉型與區域均衡發展的動能引擎：

- 驅動港口物流升級：國道7號作為高雄港洲際貨櫃中心最重要的陸運後線，能讓貨物出港後直上國道，極大化港口轉運效率，鞏固高雄港在亞太地區的樞紐地位。
- 串聯南部產業S廊帶：順暢地連結臨海工業區、和發產業園區、大寮工業區及仁武產業園區，並向北延伸至高雄科學園區，構築出極具競爭力的科技與製造業物流動線。
- 縫合城鄉差距，活化高雄：交通網絡的補齊將顯著縮短東高雄與市中心的時空距離，帶動沿線土地開發、吸引企業投資，並為沿線區域挹注優質的生活機能與發展契機。

國道7號之建設以前瞻的路廊規劃築起安全通行的基石，用流暢的交通脈絡帶動產業與城市的雙重升級，為港都高雄劃出一道迎向永續繁榮的壯麗弧線。本計畫全線共布設2處系統兼地區服務性交流道、5處服務性交流道及1處起點端點（包括：仁武系統、鳥松、鳳寮、大寮系統、小港、大坪頂、及臨海交流道），每個節點均如同精心打磨的樞紐，準確對接高雄市東側市道與主要工業門戶，實現長短程車流分離與流暢對接，並展現交流道特色，這7個精心配置的動脈節點，由南至北緊扣港區、重工業區、城鄉生活圈與科技廊帶，以最優化的連絡路網佈設，交織出立體且具韌性的高雄區域交通網，重點說明如下。



圖2 國道7號主線路線圖

交流道的故事

(仁武系統及大寮系統交流道的精采故事)

1. 仁武系統交流道(隱形翅膀的起點)

- 銜接路網與連絡道路：國道10號(高雄支線)、澄觀路(預留未來銜接高屏第二東西向快速公路空間)(詳圖3)。
- 布設型式：Y型系統交流道，並配置地區進出匝道。
- 樞紐效益：作為北端的總樞紐，將車流順暢匯入國道10號，不僅串聯仁武、大社等產業重鎮，更遙相呼應半導體S廊帶，提供作為高雄往來市區與戰略轉運點。

本計畫路線起點為仁武系統交流道，主要為銜接國道10號高速公路，車流可由國道1號利用國道10號移轉到本計畫，使本計畫能成為第2條高雄南北大動脈，舒緩國道1號交通壅塞。本計畫為避免影響既有鼎金系統交流道，不設置銜接國道10號西向匝道，僅允許車流利用國道10號銜接國道3號，未來將搭配高屏二快完整路網進行鏈接。

2. 大寮系統交流道(彩鷺棲地的誕生)

- 銜接路網與連絡道路：台88線(高雄潮州快速公路)、市道188號
- 佈設型式：半直接式單苜蓿葉型系統交流道。
- 樞紐效益：與東西向的台88線強強聯手，有效分流台88線與國道1號五甲系統長期過載的瓶頸，同時直接服務和發產業園區與大發工業區，為產

業物流注入速捷動能。

大寮系統交流道為本計畫銜接台88線快速道路之第2座系統交流道，讓本計畫與台88線各方向均完整銜接，完工後將成為高雄都會區重大交通樞紐，完整整體高快速路網。並配合大寮地區民眾利用本計畫南來北往需求。設置地區交流道銜接市道188號及內坑路。為國內少數高快速系統亦可兼具服務地方需求之交流道。大寮系統交流道考量運轉功能及擷節用地，右轉皆以直接式匝道布設，左轉則半直接式匝道或環道分兩方案。此外為配合與台88全向系統銜接，台88既有匝道配合改善，採取先出後入減少交織，提升交通運轉服務(詳圖4)。

創新材料・打造橋梁新篇章

(橋梁意象、New RC與UHPC應用，實現結構輕量化與耐久永續)

橋梁意象與設計構想：

國道7號路線經過鳳山水庫、鳳山丘陵等自然棲地，也為周邊特有種、保育鳥類重要棲地，「鳳」代表鳳山，也是古代吉祥的飛禽；整體橋墩柱型式以鳳為意象，以收鳥類體態輕盈融入環境的優美。墩柱側身弧面曲線鳳凰展翼意象，中央為鳳首低頭之姿，下方為鳳爪抓牢大地，象徵國道7號是一條兼顧三生共融的綠色國道，將隨高雄一同展翅高飛(詳圖5)。

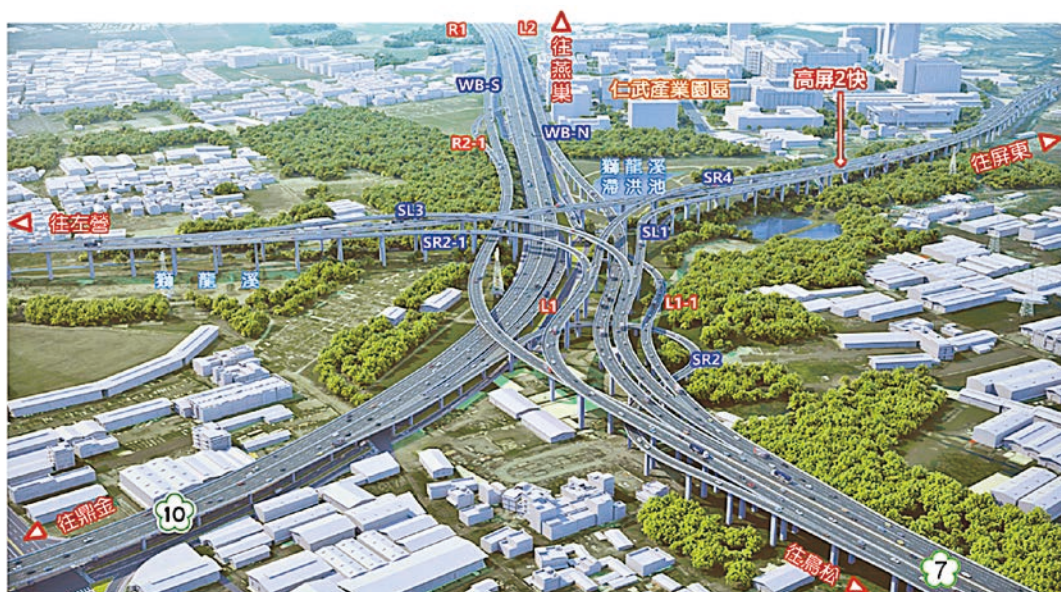


圖3 仁武系統交流道透視圖



圖 4 大寮系統交流道透視圖



圖 5 本計畫橋梁主題意象圖

New RC 與 UHPC 應用，實現結構輕量 / 耐久 / 永續：

臺灣營建產業正面臨少子化與勞動力短缺的嚴峻考驗，傳統鋼筋混凝土（RC）工法因現場施工複雜、鋼筋密集，導致施工效率難以提升。為因應此現況並實踐環境永續，交通部高速公路局於「國道 7 號新建工程」中積極導入 New RC 與超高性能混凝土（UHPC）材料與技術。透過提升材料性能，不僅優化橋梁結構設計與施工，更從全生命週期的角度達成工程減碳的目標。

國道 7 號透過提升鋼筋與混凝土強度，解決了傳統墩柱鋼筋過於密集導致的施工瓶頸。

- 最適材料搭配方案：設計階段分別以一般跟徑及長跨徑橋梁為對象，經過不同材料搭配方案，考量國內材料產能與材料經費，決定選用混凝土強度 $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ 搭配主筋強度 $f_y = 5,600 \text{ kgf/cm}^2$ 。

- 減省用量並提升效益：具體可減省鋼筋用量約 12%，工程經費可減省約 4%。有效降低材料使用量，提升工程經濟性，也具有提高施工效率、增進施工品質，減少施工風險之效益。

另外，國道 7 號第 C705S 標也是臺灣首度將 UHPC 有規模地應用於橋梁主要結構的指標性工程，不僅是臺灣橋梁工程在新材料技術上的重大里程碑，更是針對臺灣多地震、多颱風及高鹽害之嚴峻環境，提供了具備高度韌性的結構解決方案。

規劃階段歷經多次與高速公路局及國內專家學者討論，決定將 UHPC 應用於預鑄 U 形梁、橋面連接板（Link Slab）及伸縮縫錨固材料等三大範疇，實踐了結構輕量化、橋面連續化以及大幅延長維護週期之目標。

- 預鑄 U 形梁：於小港交流道匝道跨越橋設計 UHPC 預鑄 U 形梁（長度約為 30 m ~ 39 m），本工程採取

UHPC 之 U 形梁搭配傳統混凝土橋面板的複合式結構設計。對主梁採取分段預鑄策略，綜合評估國內運輸機具承載力與道路法規限制，將每根梁拆分為 5 個節塊生產，控制單一節塊最大長度為 12 m，減少工地現場接縫、提升結構完整性的同時，亦兼顧了節塊運輸的安全性與技術可行性（詳圖 6）。

- 橋面連接板（Link Slab）：在國 7 小港交流道與既有高松路橋的新舊橋面銜接處採用橋面連接板（Link Slab）取代傳統的橋面伸縮縫，利用 UHPC 卓越的抗拉韌性，以橋面連接板取代伸縮縫使橋面連續化。此設計能有效吸收轉角與垂直變位，徹底消除震動與衝擊噪音，提供平穩靜謐的行車環境。同時解決積塵與滲水造成的養護困擾，顯著提升道路服務水準並落實永續發展目標（詳圖 7 及圖 8）。
- 伸縮縫錨固材料：以 UHPC 取代傳統無收縮水泥砂漿，提升伸縮縫錨固區材料之韌性與耐久性，雖然初期材料成本較高，但從全生命週期管理的角度評估，其顯著降低了後續營運期間的交維成本、維修工料費及對交通造成的衝擊。

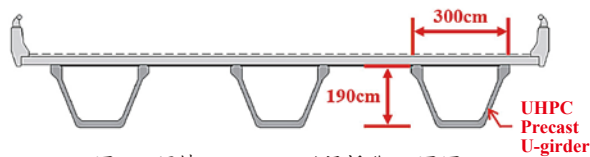


圖 6 預鑄 UHPC U 形梁橋斷面圖

國 7・騰空遨行的生態路廊

（保護棲地，執行生態景觀設計、生態檢核與公共藝術的焦點計畫）

本計畫執行首要任務就是必須保護周邊棲地環境，因考量計畫路線位於寬廣平坦之高雄平原，主線沿著高雄市都市邊陲及原高雄縣聚落之間的農地或丘陵而行，東為鳳山台地，西有多處縱橫交錯的水圳與農田，沿線行經大小不一的聚落社區、稻田，少有高聳地物，地勢平緩，視域遼闊，是鄰近都會核心區地帶屬中至低強度人為開發之區域。

為迴避棲地，本計畫基本全程採高架型式設置，整體推動於設計階段依循生態背景、現地勘查及路線沿線所面對的生態課題，彙整生態課題，並依據環境條件與設計規範之要求，針對路線進行全面性生態及景觀分析，同時採取適當環境對策與納入生態設計措施，落實動植物保護及嚴謹執行生態檢核作業，務必實踐環境永續的任務。

國 7 小港交流道匝道跨越橋配置

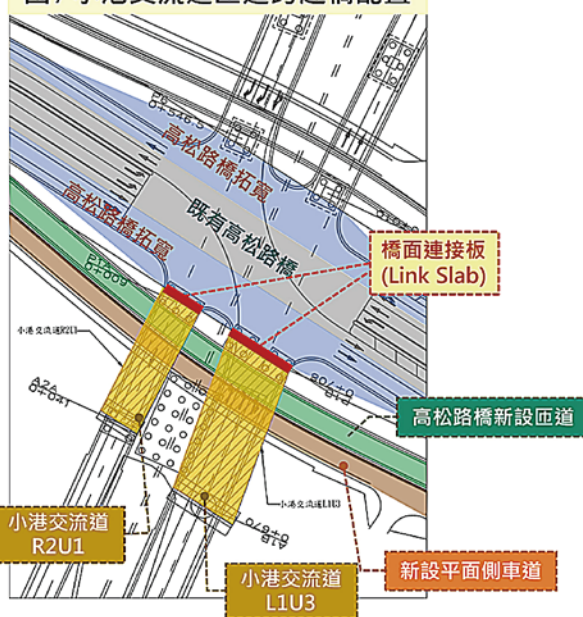


圖 7 國道 7 號 UHPC 橋面連接板應用區域 (I)

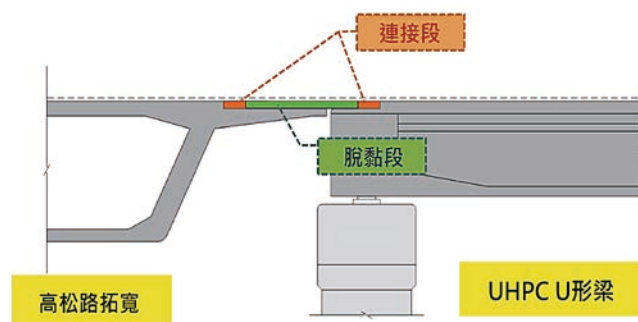


圖 8 國道 7 號 UHPC 橋面連接板應用區域 (II)

接續前期本計畫對環境影響評估審查時的承諾，團隊於設計階段針對各個生態敏感路段與配合六大工程分標，分別提出生態保護對象、生態策略、防護設施及生態設計（詳圖 9 及圖 10）。

生態保育焦點計畫包括：大寮系統交流道大型彩鵲棲地營造（詳圖 11 及圖 12）、小港路段五處動物通道生態設計、及環評承諾路段生態防護牆設計等，目的在保護生態標的，維繫陸域及水域棲地；生態檢核核心則著重「生態專業」與「工程專業」共同參與，結合工程及環境友善，減少對棲地與生物造成負面影響，雙方協調出可行「生態保育措施」，並繪製於設計圖中，輔以「民眾參與」與「資訊公開」，增加互信，最終達到公共工程實踐之社會責任，為環境永續發展盡一份力量。

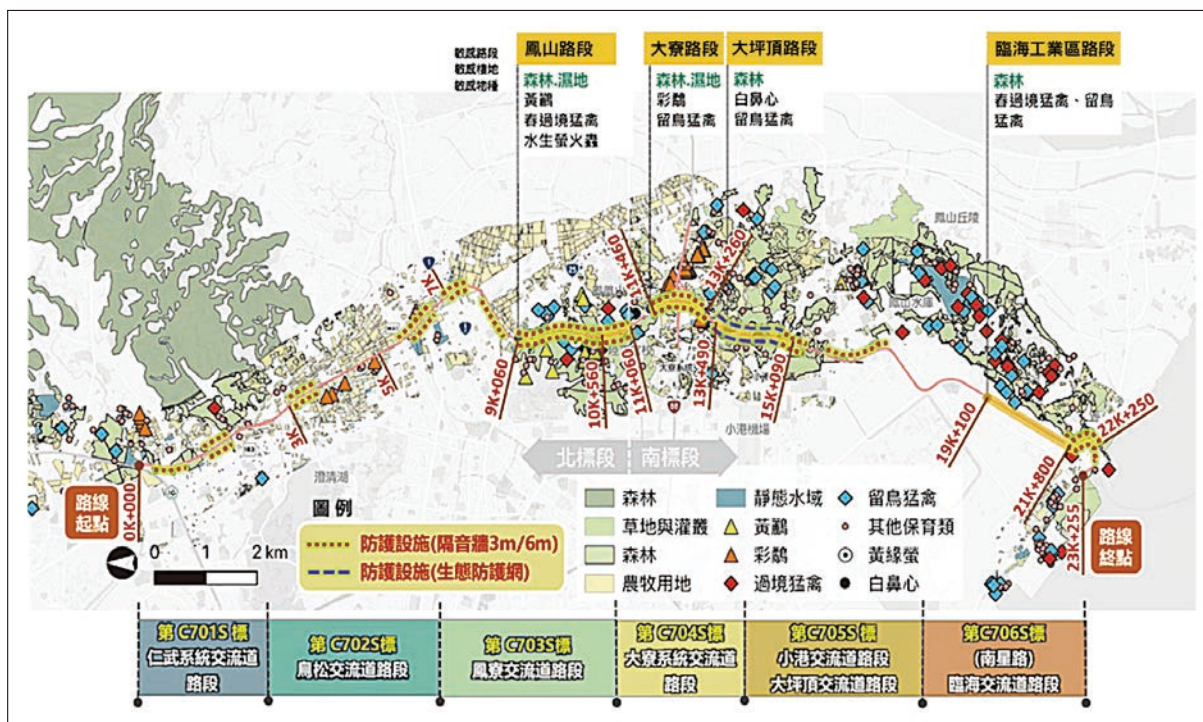


圖 9 本計畫環評承諾各生態路段保護對象與防護設施位置圖

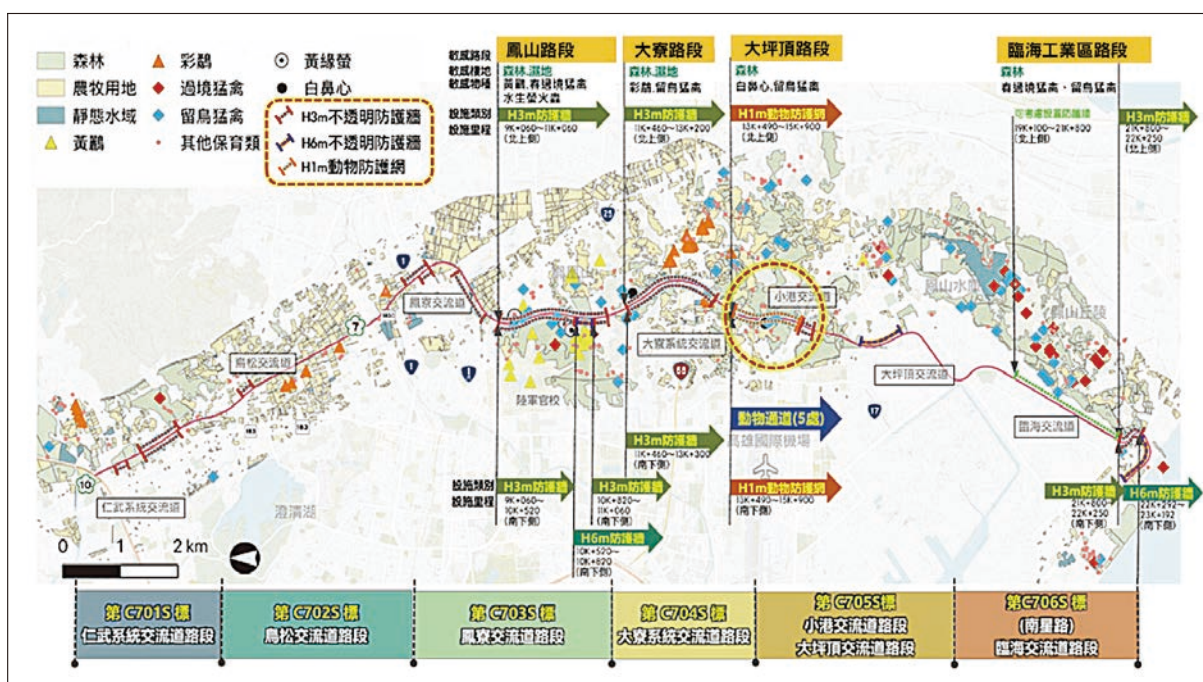


圖 10 本計畫六大標段生態保育設施施作地點圖

傳奇就緒・啟程遊行

(國 7 設計精彩結論與貢獻)

騰空路廊已躍然紙上，隨著最後一張設計圖紙的落筆與審核通過，國道 7 號正式告別漫長的籌備與設計雕琢，邁入終極實踐的工程里程碑。從構想、鑽研

到精密佈局，每一條彎道的弧度、每一座橋樑的跨距，都凝結著無數工程與設計團隊的智慧與堅持。如今，藍圖已成，輪廓清晰，這條承載著各界期盼的南部交通大動脈，如同蓄勢待發的弓箭，未來勢必將全屏地區的交通路網與港區樞紐緊密串聯。



塵封的流光

——記國道新建工程局與第二高速公路工程

鄭文隆*／國道新建工程局局長 前局長

本文作者係國道新建工程局創立時之副局長及該局第二任局長，任內全程參與了北二高工程之施工，及二高後續計畫之規劃、設計、施工。民國 93 年，二高全線通車後離開國工局。本文記錄了第二高速公路興建過程之重要歷程，及當年國道新建工程局的相關作為，盼為台灣工程史留下該有的歷史篇章。

國道新建工程局

50 年代末期，政府推動了創造台灣經濟奇蹟的十大建設，其中影響經濟發展甚大的南北高速公路（國道 1 號中山高速公路），在民國 67 年通車以後，刺激了車輛及經濟的快速成長。民國 60 年台灣的車輛數大約 5 萬輛，民國 70 年增為 50 萬輛，國內車輛每年呈幾何級數的增加，讓高速公路呈現不足，因此交通部高速公路管理局在 70 年代初期，就啟動台灣第二條高速公路的規劃及興建計畫。

民國 76 年，台灣的第二條高速公路正式進入執行階段，首先由北部路段開始，簡稱北二高。可是在開工後的前三年中，因為恰逢台灣經濟高度發展，土地伴隨漲價，政治解嚴，民意高漲，北部地區的用地徵收產生極大的問題，多處民眾激烈抗爭土地徵收，導致工程雖開工多年卻幾乎沒有進度可言，北二高工程的執行陷入恐慌狀態。

民國 78 年 4 月，交通部郭南宏部長成立了「南宜

快速公路籌備處」，賦予興建台北－宜蘭快速公路之任務，同年 6 月，接任的張建邦部長又構思了新的方案，把甫成立的該籌備處和高速公路管理局的北二高工程處合併成一個新的單位，引進新的人才，用新的工程觀念及做法，推動新的建設。

民國 79 年 1 月 5 日，交通部成立了國道新建工程局，局長由年輕的南宜快速公路工程籌備處歐晉德處長擔任，副局長則由南宜快速公路籌備處的副處長和北二高工程處的副處長轉任，開始展開一連串的工程推動。

國道新建工程局成立伊始，沿用南宜快速公路籌備處的辦公室，設址於台北市建國南路與信義路交會處附近，郵政總局福利會管理之集合住宅房舍中。因人員擴編關係，次年改租民生東路與松江路口東北角之國泰大樓（現已拆除改建），後因租金昂貴，再於 84 年與土地銀行合建大樓於和平東路三段一巷一號，於 86 年底遷址辦公。

國道新建工程局採用派用方式成立，屬於派用單位，也就是內部人員不必經過高考程序，直接可以進

* 通訊作者，wenlonxen@gmail.com

用，不屬於正式文官。因此在立法院的攻防中，屢屢被指稱為黑機關，裡面的公務員也被戲稱為黑官。還好國工局同仁夠優秀，工程成果亦豐碩，因此歷次受立委質詢質疑，也都安然度過。

當時會用派用方式成立新單位來推動重大工程，主要考慮到當時文官體制下的工程人員非常僵化，面對快速變遷的社會，舊的思維已無法滿足社會期待及需求所致。

國道新建工程局簡稱國工局，既然是派用單位，就可以自己招聘技術人員，網羅很多優秀的學者、專家進場。成立之初，除挑選原來北二高工程處的部分人員及網羅工程界的菁英外，也嚴格招募一批優秀的工程人員。

在設立的第一個階段，國工局就擁有很多高學歷的技術人才，擁有博士學位的就有 11 位，碩士學位的更是不計其數。對比當時的其他工程單位，國工局算是水準非常高的一個工程機構。

用另一個說法來描述剛成立的國工局組成，來自南宜快速公路籌備處的成員，年輕、高學歷、熱忱、活力、充滿理想。挑自北二高工程處的成員，則是老成持重、經驗豐富。兩批人馬並無太大隔閡，古木逢春，新學識、老經驗交迸火花，老幹新枝，磨合期非

常短，很快就融成一體，肩負起已經延宕了三年的工程推動方案。

首任局長歐晉德博士魅力十足，風采翩翩，是年輕、熱誠的技術人才，更是優秀的開局者。他希望創立一個帶有創新、傑出特色的新工程單位，能做為時代的表率，改革當時外界對工程人員及工程界文化的刻板印象。

整合過的國工局立刻就發揮戰力，提出的方案在交通部張建邦部長的支持下，很快就突破用地取得困難，進入施工，一路披荊斬棘，開創了工程新局。

第二高速公路

第二高速公路就是國道 3 號公路，在政府的財務預算裡分成北二高計畫及二高後續計畫，二高後續包含中二高及南二高。從工程及交通的角度，這就是一條連續的道路。國道 3 號公路，北起基隆市安樂區大武崙的基金交流道，分別在汐止系統交流道、新竹系統交流道、彰化系統交流道與國道 1 號交會，南至屏東縣林邊鄉，貫穿整個臺灣西部。其中汐止到新竹的路段，切入較內陸的山區鄉鎮，新竹到彰化經由濱海地區，彰化以南再沿山區開設，均是採取與中山高平行的路線（圖 1）。



圖 1 第二高速公路路線圖



圖 2 中港系統交流道

二高主線總長 432 公里，加上各橫向高速公路，國 3、國 2、國 4、國 6、國 8、國 10，全由國工局完成，全長總計 518 公里。在施工興建的年代裡，二高這個名詞，泛指上述國道 2、3、4、6、8、10 等公路編號之統稱。台灣的國道編號系統，南北向以奇數編號，東西向則為偶數。

主線部份中和至鶯歌及霧峰至南投為八車道，九如至林邊為四車道，其餘則為六車道。環支線部份，高雄支線燕巢系統至鼎金系統交流道及台中環線中港系統（圖 2）至后豐交流道為六車道外，其餘為四車道。

總計，服務性交流道 64 處、系統性交流道 18 處、收費站 11 處、服務區 7 處。興建完成後，歷經多年變化，亦增加不少交流道。完工通車時的 11 個極具特色的收費站，在電子收費推動後，也予以拆除，只留下部分較具特色且不妨害交通的幾個收費棚（圖 3 至圖 9），供大家憑弔。



圖 3 七堵收費站懷古



圖 4 樹林收費站懷古



圖 5 後龍收費站懷古



圖 6 大甲收費站懷古



圖 7 名間收費站懷古



圖 8 善化收費站懷古



圖 9 田寮收費站懷古

隧道工程

國道 3 號公路全程共有 14 個隧道路段，其中有 9 個路段聚集在臺北盆地南邊的山區，屬北二高計畫。開挖時分成 23 個隧道，貫通後合併為 9 個隧道。二高後續計畫則有 5 個隧道路段。北二高的隧道總長度

（雙向）為 16.248 公里；最長隧道為 1,875 公尺長的木柵隧道北上線（表 1）。二高後續計畫之隧道總長度（雙向）為 11.028 公里，最長為中寮隧道南下線 1,858 公尺（表 2）。各隧道依山開闢，洞口美化設計，創造出不少之景觀如圖 10 和圖 11。

表 1 北二高隧道彙總表
單位：m

隧道名稱	北上線	南下線
福德隧道	1,726	1,762
木柵隧道	1,875	1,848
景美隧道	573	564
新店隧道	1,222	1,185
碧潭隧道	503	521
安坑隧道	398	466
中和隧道	827	872
台北隧道 I	796	790
台北隧道 II	179	183

表 2 二高後續計畫隧道彙總表
單位：m

隧道名稱	北上線	南下線
基隆隧道	1,278	1,225
七堵隧道	555	530
汐止隧道	643	666
中寮隧道	1,828	1,858
蘭潭隧道	1,212	1,233



圖 10 田寮高架橋與中寮隧道景觀



圖 11 蘭潭隧道洞口景觀

橋梁工程

除了隧道外，橋梁也是二高的一大特色。北二高配置 90 座橋梁，長 15.93 公里；二高後續配置 268 座橋梁，長 160.70 公里，橋梁佔主線長度 40.74%。這些橋樑相當多採用自動化的工法，包括支撐先進工法，節塊推進工法，平衡懸臂工法，預鑄斜撐版工法及預鑄節塊工法等，各自動化工法之統計，如表 3。很多工法的實踐，在當時都是第一次在台灣推出。更由於相當多橋梁工程師的投入，很多美觀的橋樑也被設計出，造就了二高的美景，如圖 12 至圖 15。

表 3 橋梁自動化工法彙總表

	北二高		二高後續	
	座數	長度 (m)	座數	長度 (m)
支撐先進	3	10,275	47	137,881
節塊推進	9	6,987	24	23,961
平衡懸臂	6	3,639	28	24,269
預鑄斜撐版	1	630	6	21,097
預鑄節塊			9	49,908



圖 12 北二高碧潭橋夜景



圖 13 南二高高屏溪斜張橋夜景



圖 14 中二高通宵一號跨越橋



圖 15 南二高內埔仔二號橋

規劃與設計

不論是高公局時代執行的北二高規劃設計，或是國工局時代二高後續計畫的規劃設計，均是由國內公司自行完成的。執行規劃及設計的公司芳名，記載於表 4、表 5。

表 4 執行規劃的顧問公司

顧問公司	路段
中華顧問工程司	基隆汐止段、中和關西段、新竹林邊段
中興工程顧問公司	汐止中和段
亞新工程顧問公司	關西新竹段

表 5 執行工程設計的顧問公司

設計顧問	設計路段	公里數
中華顧問工程司	基隆汐止、中和關西、新竹香山、快官草屯、台南屏東路段、台南支線及高雄支線	257
中興工程顧問	汐止中和、西湖大甲、彰濱快官、雲嘉路段	124
林同棧工程顧問	新店路段	2
亞新工程顧問	關西新竹	21
亞新工程顧問、中鼎工程	大甲彰濱、南投路段	58
昭凌工程顧問	竹南西湖、台中環線	44

用地取得

用地取得部分，總計路線經過 18 個縣市 92 個鄉鎮市區，取得土地的面積、徵收之地主數及拆遷戶數，列於表 6。

表 6 二高徵收之土地及拆遷統計

	取得土地（公頃）	地主數	拆遷戶數
北二高	1,415	13,563	2,513
二高後續	3,439	22,849	1,615
合計	4,854	36,412	4,128

二高後續計畫無論是整體路線長度、取得用地數量及地主數量都遠比北二高來得多，但拆遷數卻大幅下降，主要是國工局在北二高工程嚐盡苦頭，學乖了，因此在二高後續計畫裡盡量避開大量的拆遷行為所致。用地取得的執行機關是縣市政府，本應遵照中央政府的政策，運用公權力完成任務，但在解嚴後的日子裡，台灣社會漸漸走向民粹，縣市長要的是選票，因此評估公權力展現後會不會影響其選票，變成大部分地方首長徵收交通用地時的最大考量。

北二高興建之初即面臨土地徵收的棘手問題，興建國道 1 號中山高速公路時期，僅依公告現值加二成即取得土地，甚至有民眾因不知道高速公路性質，以為未來自家門口有公路，自願無償提供，在土地徵收上並無過多爭議。

到二高興建時，欲以公告現值徵收土地，卻產生了很大的反彈與抗拒。主要因為民國 77 年臺灣解嚴，各種價值觀產生劇烈的震盪、跳躍及轉變，國內政治

環境逐日開放，民主意識高漲，導致群眾抗爭事件屢見不鮮，讓用地取得的過程面臨了極大的挑戰。

舉例來說，北二高工程於規劃時即經過台北市邊緣熱鬧地區，對於當地住戶的拆遷是無可避免的，在當時的平面媒體報導中，即清楚記錄了群眾頭綁白布條誓死抗爭的畫面，恰與當時工程人員因抗爭衝突頭上血跡斑斑的白紗布，形成強烈的對比。

鑑於北二高執行的經驗，國工局深切瞭解工程規劃與用地取得兩者間的關係是密切相關、無法完全切割的，因此在二高後續計畫規劃時，便特別注意盡可能地避開住戶群及相關重要設施。

第二高速公路在用地取得方面，遭遇過相當多路段的抗爭，也不得不發揮公權力進行最後的用地取得，如果沒有那麼果斷的進行土地取得，也沒有辦法如期完成全國人都需要的公路建設。比較大的用地取得困難點，大概有中和交流道中和土城路段，桃園內環線路段，竹南路段，台中路段，林內路段，竹山路段，善化路段，屏東路段等。

中和土城路段的困難點，發生在中和交流道以及樹林收費站附近，當時在目前交流道附近已經有相當多的大樓，大樓中有數十住戶，土城地區有很多的魚塢，抗爭出現時，地主搬出很多的石頭，鹽酸、糞桶等進行投擲抗爭，抗爭激烈，協商無效，交通部張建邦部長在了解困難之後，政策性的以公告地價加四成的方式授權國工局進行徵收，再配合工程處各同仁的努力協商，終於完成該路段的用地取得。

桃園內環線就是現在的國道 2 號，剛開始徵收時有 200 個地主進行抗爭，縣長選票考量，站在抗爭地主那邊，與國工局對抗，拒絕辦理土地徵收作業。當時的行政院院長是郝柏村先生，政策性宣布廢除桃園內環線計劃，引起更多沿線居民的不滿，抗爭的人從 200 個人變成另外的 2000 個人。這個策略性的宣布，造成縣長瞬間的轉變，由拒絕辦理徵收，改成帶頭陳情不可以廢線，也允諾發揮公權力，強制性拆除所需的用地。拆除地上物那天，縣府動員約 2000 警力維持秩序，土地價款提存法院，供抗爭地主自行去領取，這樣完成桃園內環線的用地取得。

竹南路段的用地取得困難，發生在西濱公路和台 3 線交叉路段附近，地屬龍鳳里，該處主要是因為西濱公路剛剛劃定，國工局才把道路規劃公佈，結果變成兩條路把一個社區整個孤立起來了，左邊一條快速公路右邊又有一條高速公路造成窘境，好在龍鳳里的抗爭在跟地方好好溝通解釋之後順利地完成，為一大幸。

台中路段的用地抗爭，涉及土堤設計以及路線規劃問題，當時中部地區的民意代表相當程度的介入抗爭，連立法院劉松藩院長都介入協調，好在劉松藩院長畢竟是公部門的觀念，在瞭解規劃的困難後，並不再介入抗爭行列，反倒是地區的縣議員及里長們為了選票的關係，盡情地表演，有一次甚至在台中召開協調會時，把國工局同仁鎖在會議室裡不准出來，其對執行公務的國工局人員，行為已違法，很多人認為那次的違法行為應予提告，但是基於用地取得的誠意，國工局忍氣吞聲的承受了，也終於維持了原路線的規劃而取得土地。

規劃的竹山路段是走在濁水溪的附近，路線公佈後，立刻有路線的南北岸之爭，國工局的規劃走的是南岸路線，地方有一批地主希望走北岸路線，且由僑選的立法委員帶頭抗爭，路線的爭議演變成政治問題，最後該路線進入立法院院會進行表決，表決結果，68 比 66，維持國工局方案，驚險過關，如果立法院有兩票變化，則路線將移往北邊，除了重新設計曠日費時外，亦將為該路段帶來水患。通車後數十年下來，幾次的颱風水災，印證了國工局規劃的南案路線是正確的。離譜的是，路線規劃本是工程專業，工程專業的成果竟然由立法院的藍綠動員表決，真是很難接受。

善化路段的用地取得是二高的一個特殊案例，原路線規劃的原則，是經過住戶較少地方，以減少徵收衝突，不料公佈見光的路線，竟然是閃開了一個豪門的墳墓，路線經過的地方又是一般小農的空曠田地。用地取得說明會時，地方的老農民們展開了非常激烈的抗爭，有王姓老農民現場還拿著鐮刀，說那是他祖先留下的土地，揚言要血濺五步。我和陳唐山縣長兩人在主持說明會的時候，還有 100 個拿著透明盾牌的警察圍著保護我們兩人進行說明會。陳縣長是很開明的縣長，他知道用地取得對工程單位有不得已的苦衷，無論怎麼規劃都會有一批人反對，因此他全力支持國工局的決定。此案因為我覺得農民的陳情具有相當程度的意義，地方也提出訴求，路線可否由他們來決定？回台北後，向劉兆玄部長報告，部長聽取我的意見後，也同意我的看法，不如將這個路線交給台南縣政府，用民意投票方式來決定路線。

陳唐山縣長很高興國工局願意這樣子決定，當時公投還未立法，他也願意設計一個投票方式，用地主的土地面積或是地主人數等等去投票，反正是改由民意決定。投票出來後，民意贊成改線，國工局上報交通部，交通部也尊重我們的決定，同意改線。這是第一次用投票來決定路線的變更。在這事件的次年，台灣通過了公投法。善化路段等於是走在公投法前面的一個用投票決定公共政策的案件。

屏東人因一高沒有進入屏東，因此對二高有極大的期待。國工局規劃的二高，將路線深入了屏東，穿越屏東縣人口稠密、交通已繁忙的鄉鎮，一路到林邊，屏東路段的高速公路總共規劃了 38 公里。可是，屏東的縣長反對路線那樣規劃，他希望路線是沿著屏東的兩側山區及溪邊進行，全是人煙稀少尚未開發的地方。國工局規劃的是中央路廊，服務現有已交通擁擠地區，若要走偏遠路段，變成是 76 公里的道路去帶動偏遠地區的發展，與國工局的解決擁擠交通理念不符。由於土地必須由縣政府徵收，縣政府不動我們也沒辦法。由於屏東是最末端路段，國工局策略上決定，屏東縣府不辦徵收，我們不急，高速公路到高雄就停止吧。

這個措施又引起屏東人另外的聲音，在地方選舉換新縣長後，蘇縣長贊成中央線的規劃，認為走山區

兩側那是炒地皮的做法，他配合國工局進行工程推動，發揮公權力，將中央路線所有的土地徵收障礙全部排除，交給國工局施工。因為這樣，二高的工程全部突破，也才能夠在 92 年，在原訂的規劃時程內完成二高計劃的執行。

工程施工

北二高的發包，絕大部分採用議價方式發包，二高後續計畫則全部以公開招標方式決標，北二高主体工程標案 41 標，標案內容主要為施工，二高後續分為 80 標，各標案因取消局供材料關係，預算金額皆龐大甚多，最大標達五十億餘。由於工程量大，又是國家重大建設，參與建設之營造公司甚為踴躍，且施工品質甚佳，爰將參加建設之包商芳名臚列於表 7。

表 7 參與第二高速公路工程施工廠商芳名錄

九泰營造	力拓營造	上大營造	大金營造	大陸工程
工信工程	中華工程	太平洋建設	文亮營造	加華營造
正翔營造	利德工程	宏義工程	泛亞工程	長鴻營造
南莊營造	建中工程	皇昌營造	唐榮鐵工廠	國登營造
國裕建設	得盛營造	盛泰營造	華升營造	華熊營造
新亞建設	嘉連營造	榮工公司	榮金營造	肇益營造
德寶營造	興松公司	興福營造	日商大成	日商川田

第二高速公路於民國 76 年開工，由北二高、南二高再中二高推進，92 年底全線完工，93 年 1 月 11 日全線通車，施工期長達 17 年。

二高計畫執行期間，尖峰時期國工局設有五個工程處，局屬人員、工程師加行政人員約一千餘人，全路段主体工程標案分成 121 個標發包，北二高 41 標，二高後續 80 標，整個施工團隊在最盛時期達一萬三千餘人。

工程進行中，共造成工殤死亡人員 77 名，完工後分別於關西服務區，清水服務區，東山服務區立碑記載，供後人憑弔。

依工程推動進度，中二高因交通需求孔切，加以南二高進度順利，是以中二高提前兩年啟動，後又因 921 地震關係，全台工程能量影響，推遲兩年，因此二高後續計畫可謂如期完成。

二高是採用特別預算編列及執行的，從預算的角度來看，在當時是中央政府播遷來台以後最大的公共

工程建設，行政院核准且經立法院通過的預算，分別是北二高 1,708.1 億、二高後續計畫 5,251 億，另外再納入東西向快速公路的彰濱快官段 152.7 億，國工局執行的公路建設總工程經費達 7,111.8 億。

民國 92 年，眼見二高即將完成，二高後續計畫預算仍有大量節餘，故在估算後，註銷特別預算 2,542 億，創下公共工程註銷大量預算之罕例。其簡省之主因在於土堤大量改採高架橋樑替代，減少用地徵收，施工採自動化工法，再加上預備金全部未使用所致。減列之特別預算，促成國道中橫計畫霧峰埔里段（國 6）之提前開設，審計部之最終官方決算報告，記載二高後續計畫減列 2,058 億，為一台灣工程史特殊記錄。

國工局工程能量之外溢

代辦工程

在興建第二高速公路及北宜高速公路的同時，由於二高階段性成果不斷的出現，雪山隧道的施工困難（80 年開工至 93 年貫通）及國工局人員的努力，不斷的被媒體披露，令國工局大放異彩，成了政府眼中極專業又可信賴的工程專業機關，影響所及，政府很多的工程都委託國工局去完成，當時的名詞叫做代辦工程。

二高興建的那些年，國工局代辦的工程，總計有民航局的中正機場鋪面工程，南竿機場新建工程，北竿機場跑道擴建工程，馬公機廠航廈新建工程，花蓮機場航廈新建工程；司法院的士林司法園區；觀光局的大鵬灣環灣道路及大鵬橋；尤其是九二一震災的鯉魚龍門橋及安定隧道復建工程，各以四個月完成，更是得到行政院的高度讚賞，總統府的電子報直接說國工局是全國執行力最高的機關，榮耀之至。

機關文化之外溢

民國 79 年，國工局在交通部的期待下成立，網羅了不少優秀人員進場，不只是完成第二高速公路工程及北宜高速公路工程，也確確實實藉著該兩大工程的執行，進行了工程文化的改造推動。

國工局明確詮釋了甲乙方的互動倫理，局內同仁一起配合推動，因其主管之工程數量相當大，配合之協力商甚多，參與之工程人員及技術工甚眾，因此以

甲方身份推出執行理念時，得以有效澈底實施，並將該等效應擴及其他工程單位，甚至影響整個工程界。

初次提出甲乙方開會或聯誼互動，所有的餐飲開銷全由國工局買單時，被認為是天方夜譚式的宣示，然，風行所止，先是令人耳目一新，接著工程單位的驗收及估驗款發放作業亦起了化學變化，過去的顛預、拖延、弊端等作業現象全改善了。取消局供材料，培養國內大營造廠的措施，也透過二高發包策略漸漸成形了。發包前的兩週「預覽」招標文件措施，杜絕了不合理的綁標機會，連同國工局推動的各式規範，漸漸都成了公共工程委員會各項規定引用的依據。工程仲裁理論的引用與實際的運用更成了其他工程機關的領頭羊。民國 88 年，國工局所有單位，包含工程、行政、人事、政風等，全部通過 ISO9001 的執行勇氣，讓交通部及其他機關不得不側目。

凡此種種，書不勝書，很多現在工程界視之「正常」「本就應如此」的常態，有不少是那個年代，國工

局同仁上下一心，帶出來的風氣及結果。

國工局的結束

民國 93 年二高全線完工通車，雪山隧道貫通，本人奉調卸任，改由邱琳濱局長接任，民國 95 年 6 月北宜高全線通車，國工局成立時之兩大任務全部完成，中央行政體系醞釀將國工局結束，唯在各方疾呼下仍予保留。民國 98 年 7 月曾大仁接第四任局長，99 年 2 月曾大仁轉任高速公路管理局局長兼代國工局局長，國工局業務漸漸式微，103 年 4 月，105 年 10 月，陳彥伯及趙興華分任第五任及第六任國工局兼代局長。

民國 107 年 2 月 12 日，國工局在行政院毛治國院長決策下正式熄燈走入歷史，總計國工局成立 28 年，完成的建設相當的多，在執行中創造出的機關文化在當代令人耳目一新，影響後來甚深，寫下台灣工程史非常特殊及輝煌的一頁，撫今追昔，可謂流光已逝，餘暉猶存。🏡



股票代號：8473

山林水環境工程股份有限公司

FOREST WATER ENVIRONMENTAL ENG'G CO., LTD.

山林水服務專案

品質、專業、使命必達



焚化爐底渣
活化再生

生質能發電

污水下水道系
統興建營運

再生水系統興
建營運

工業廢水
處理

海水淡化興
建營運

一般、事業
廢棄物處理

生活污水
處理



總公司：台北市中山區吉林路99號3樓
TEL：(02)2100-2195 / FAX：(02)2100-2196

台北辦公室：台北市中山區長安東路二段112號12樓
TEL：(02)2516-8358 / FAX：(02)2516-8480
Email：mfw@mfw.com.tw



財團法人臺灣營建研究院

Taiwan Construction Research Institute

建構安全、高效、永續的建設生態系
改善國內營建環境及提升技術水準



□技術研發組

混凝土相關材料之研發、設施維護管理與檢測技術、設施及材料性能評估、材料驗證與施工問題鑑定等

□工程防災組

設施自動化檢測、設施安全評估、規範修訂及生命週期維護管理、鑑定及第三者驗證等

□資訊科技組

工程破管理與循環經濟導入、專案管理系統導入、建築模組化工法實證推廣、BIM國際標準導入、建築全生命週期系統開發等

□營建管理組

智慧營造、提升品質安衛、碳盤查分析、鋁模系統應用、營建四化科技防災、ESG/物價/植栽等

□教育訓練組

專業在職訓練、產業證照訓練、產業政策與議題等

□工程服務組

協促材料及工程性能檢驗服務、產業輔導升級等

工程鑑識中心

爭議鑑定、事故評估、鑑識工程教育推廣等

離岸風電海工技術研發中心

政策研議-離岸風電政策白皮書、離岸風電專案計畫執行、離岸風電人才培訓、辦理技術研討會等



財團法人臺灣營建研究院

Taiwan Construction Research Institute

地址：231新北市新店區中興路二段190號11樓

電話：886-2-89195000

Email: tcrlms1@tcrl.org.tw



優質混凝土聯盟



預拌混凝土廠足跡聯盟



優質砂石粒料聯盟



再生瀝青瀝凝土廠評鑑計畫
臺北北環道路共好計畫

官方網站



人才招聘



TYLin

國道1號新增大雅系統交流道 (第186標)

Connecting — PEOPLE, PLACES & IDEAS

114年 交通部金路獎傑出工程類「第一名」

113年 結構工程學會結構工程技術獎

113年 台灣混凝土學會混凝土工程優良獎「優良」

112年 交通部公共工程優良工程獎「優等」

風電綠能生態鏈整合／景觀工程／水資源工程／BIM
交通工程／高科技廠房安全分析／檢測評估／城鄉規劃
建築工程／營建管理／土地開發／機場港灣／環境工程
橋梁工程／公路工程／鐵路工程／捷運工程／隧道工程

林同棧工程顧問股份有限公司
中棧工程顧問股份有限公司
美商同棧國際工程顧問股份有限公司 台灣分公司

台北市大安區仁愛路三段136號12樓1202室

02-27840988 02-27071430

高雄市新興區中正三路2號6樓A室

07-2356956 07-2356959

台中市西屯區市政路402號16樓之6

04-22548803



tylin.com



tylin.com.tw



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 | 北京



運輸工程 | 大地工程 | 數位工程 | 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



Tel: (886-2) 2696-1555

Fax: (886-2) 2696-1166

Website: www.maaconsultants.com

E-mail: maagroup@maaconsultants.com

義力營造股份有限公司
EARTHPOWER CONSTRUCTION CO., LTD.

董事長 謝金榮
總經理 謝金榮
副總經理 謝金榮
副總經理 謝金榮



大港系統交流道、國道1號增設南下出口及北上入口匝道
2025金馬獎 傑出工程類第一名
2024金馬獎 傑出工程類第一名

義承實諾 力呈卓越

義力營造創立於民國八十三年，甲等綜合營造業
深耕台灣，致力鑽研土木、環境、建築、區段徵收、開發工程
秉持追求全員工安、品質提升的精神
在誠信踏實的經營態度之下，堅守營建道德崗位
各項工程實績屢獲優良工程金安獎、公共工程金質獎



中沙大橋、全國最大跨河橋梁剛度改水樁補強
金質獎特種/金安獎優等

土木 機場、整地、道路、排水橋梁
工程 護坡、植生景觀、管線工程

環境 掩埋廢棄物分類清除、土壤污染改良
工程 污水處理、復育工程、廢棄物分類機械製造

建築 辦公大樓、廠辦新建
工程 特殊建築、集合住宅

區段 區段徵收工程
徵收 土地重劃、公設工程施工

開發 工業園區開發
工程 社區開發、租賃管理



臺中中區區平福路353號1樓

電話: www.earthpower.com.tw

專線: earthpower@maahinet.net

TEL: 04-2696-1555

FAX: 04-2696-1166

卓越 | 誠信 | 安全 | 技術 | 品質

年會系列活動 2026 CICHE 國際論壇 10 月 29 日在台南盛大舉行 敬請期待

115 年年會系列活動：CICHE 國際論壇、年會大會暨土木水利工程論壇

共同主辦：臺南市政府經濟發展局、國家地震工程研究中心、國立成功大學、中國土木水利工程學會南部分會

115 年 10 月 29 日 (四) 2026 CICHE International Forum 國際論壇

~ Smart & Resilient Infrastructure for Economic Growth and Global Competitiveness ~

Date: Thursday, October 29, 2026

Venue: ICC Tainan 【大臺南會展中心】(高鐵台南站旁)

時 間	議 程		
9:15-10:00	Registration 【3F 大員 B】		
10:00-12:20	2026 CICHE International Forum 【3F 大員 B】 Open Ceremony Keynote Speech 1: Prof. Kenichi TSUKAHARA, Kyushu University, Japan Urban Flooding in Japan: Characteristics, Information Challenges, and Sustainable Countermeasures Keynote Speech 2: Vice President Ching-Hung CHENG, Taiwan Power Company Power Development in the AI Era Keynote Speech 3: Prof. Ho-Kyung KIM, President-Elect of KSCE, Seoul National University, Korea Expanding the Built Environment to the Sea: Modular Floating Infrastructure for a Smart and Resilient Future Keynote Speech 4: Mr. Charlie CHANG, Co-Founder & CEO, Ally Logistic Property (ALP) Beyond Warehousing: Reimagining Logistics Infrastructure for a Smart, Resilient and Competitive Economy  網路報名		
12:20-13:30	Lunch (Boxed Lunch) 【3F 大員 B】		
13:30-15:00	Session 1 Sustainable Infrastructure Maintenance & Materials (supported by TC30, TC36) 【1F 努山塔里亞 A】	Session 2 Earthquake Resilience (supported by TC38, CICHE) 【1F 努山塔里亞 D1】	Session 3 Climate Resilience: Flood and Drought (supported by TC40, CICHE) 【1F 努山塔里亞 D2】
15:00-15:30	Networking Break		
15:30-17:00	Session 4 Digital Transformation & AI (supported by TC31, TC33, TC34) 【1F 努山塔里亞 A】	Session 5 Renewable Energy (supported by TC35) 【1F 努山塔里亞 D1】	Session 6 Transdisciplinary Approach to Resilience (supported by TC21) 【1F 努山塔里亞 D2】
17:30-20:00	Speakers and International Guests Dinner (by invitation)		

115 年年會大會 暨 論壇 10 月 30 日在台南盛大舉行

敬請期待

115 年年會系列活動：CICHE 國際論壇、年會大會暨土木水利工程論壇

共同主辦：臺南市政府經濟發展局、國家地震工程研究中心、國立成功大學、中國土木水利工程學會南部分會

115 年 10 月 30 日 (五) 年會大會 暨 土木水利工程論壇

~ 智慧與韌性基礎建設：驅動城市經濟與國際競爭力 ~

地點：【大臺南會展中心】(臺南市歸仁區武東里歸仁十二路 3 號--高鐵台南站旁)

時 間	議 程 (草)		
9:00-9:45	相見歡 (註冊、報到與領取資料) 【3F 熱蘭遮 A】		
9:45-12:00	115 年年會大會 【3F 熱蘭遮 A】 1. 開幕式、介紹貴賓 2. 開幕致詞：主席 謝尚賢理事長 3. 大會貴賓 致詞：臺南市政府 黃偉哲市長 4. 邀請貴賓 開幕致詞 5. 大會 專題演講：臺南市政府經濟發展局 張婷媛局長 「AI 驅動韌性城市：推動臺南產業智慧化與永續發展布局方向」 6. 頒發「土木水利 工程獎章」：評獎委員會報告、得獎人致詞 7. 頒發「中技社土木水利學術獎」：頒獎人致詞、得獎人致詞 (財團法人中技社捐贈) 8. 頒發「工程特殊貢獻獎」：頒獎人致詞、得獎人致詞 (曾元一先生捐贈) 9. 頒發「土木文化資產認定證書」：土木歷史與文化委員會報告、得獎人致詞 10. 頒發「論文獎」 11. 頒發「獎學金」 12. 頒發「AI 應用獎」 (莫若礪先生捐贈) 13. 資訊委員會報告「2026 學生 BIM 軟體應用競賽」、頒獎 14. 學生活動委員會報告「第四屆土木水利盃英語簡報競賽」、頒獎 15. 青年委員會報告「2026 全國大專院校學生工程創意競賽」、頒獎 16. 年會籌備報告：籌委會主任委員 黃忠發特聘教授 17. 115 年會務報告 18. 唱大禹歌、禮成  網路報名		
12:00-13:00	午餐 (餐盒) 【3F 熱蘭遮 A】		
13:00-15:00	年會 論壇一 土木工程論壇 從智慧到韌性： AI 與數位學生的城市新未來	年會 論壇二 莫若楫總裁紀念論壇 AI 在大地工程的 創新和應用	年會 論壇三 2026 學生 BIM 競賽 優勝發表
	【3F 熱蘭遮 B】	【1F 努山塔里亞 C】	【1F 努山塔里亞 D1】
15:00-15:30	交 流 茶 敘	交 流 茶 敘	
15:30-17:30	年會 論壇四 水利工程論壇 因應氣候變遷之 水利資源工程新思維	年會 論壇五 第四屆 英語簡報競賽 優勝發表	年會 論壇六 2026 全國大專院校 學生工程創意競賽 優勝發表
	【3F 熱蘭遮 B】	【1F 努山塔里亞 C】	【1F 努山塔里亞 D1】
17:30-20:00	大 會 晚 宴 【3F 大員 A+B】		
20:00	賦 歸 ~ 明年再見 ~		