



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

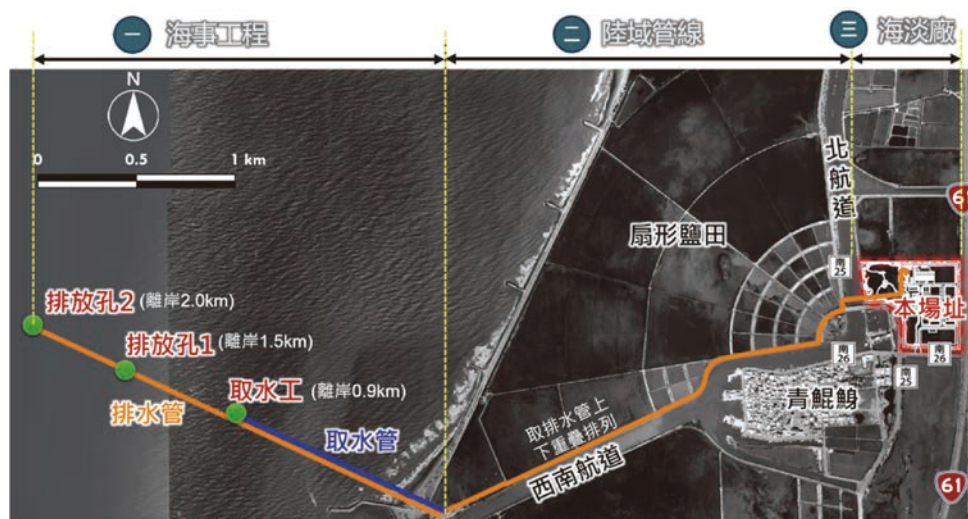
本工程之興建緣起於南部地區降雨豐枯懸殊、水資源開發不易，加以近年半導體產業用水需求提升，政府乃積極推動海水淡化廠作為穩定供水之新興水源。臺南海水淡化廠工程計畫（第一期）業於 112 年 4 月經行政院核定，環境影響說明書並於 111 年 7 月完成審查通過。經濟部水利署南區水資源分署（以下簡稱機關）於 113 年 6 月與統包商簽訂本工程契約，於臺南市將軍區扇形鹽田旁約 17 公頃公有土地上，興建產水量每日 10 萬立方公尺（土建量體以全期每日 20 萬立方公尺規模興建）之海水淡化廠，產水納入台灣自來

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

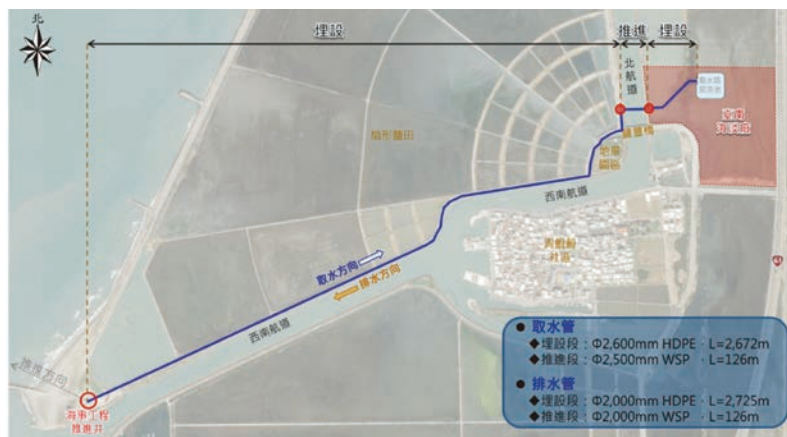
陸管工程施工面臨數項挑戰：其一為作業空間受限，海堤道路最窄處僅約 4 至 5 公尺，扣除維持通行

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。

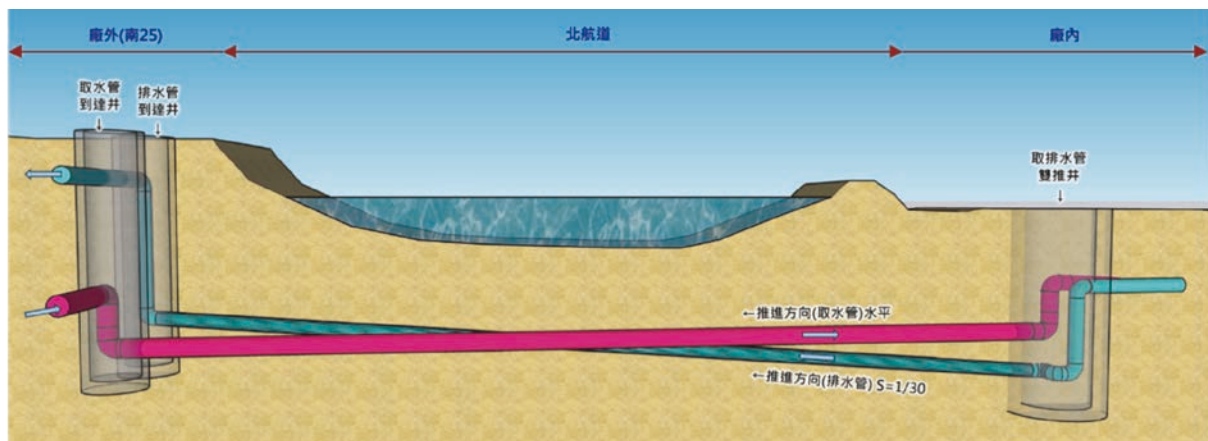
關鍵因應對策

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。

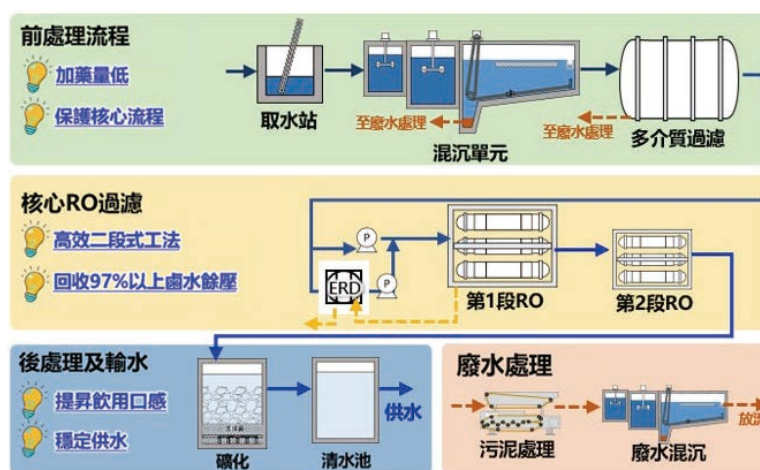
RO 單元為全廠主要耗能來源，為降低產水能耗，高壓泵搭配高效率能源回收裝置，回收鹵水餘壓以推動增壓泵，藉此有效縮減高壓泵所需容量並降低整體用電需求，使全廠產水能耗優於環境影響說明書所預估之數值（4.26 度 / 噸）。RO 產水經礦化單元處理，藉由天然石材濾床使碳酸鈣溶入水中，以調整水質之飽和指數（LSI），提升口感並降低對下游輸水管線之腐蝕性；礦化後產水貯存於清水池，依機關需求書規定，清水池總容量須滿足全期產水需求，不得小於 8 萬立方公尺，池內並設置抽水設施供應後續輸水系統。

分期配置原則

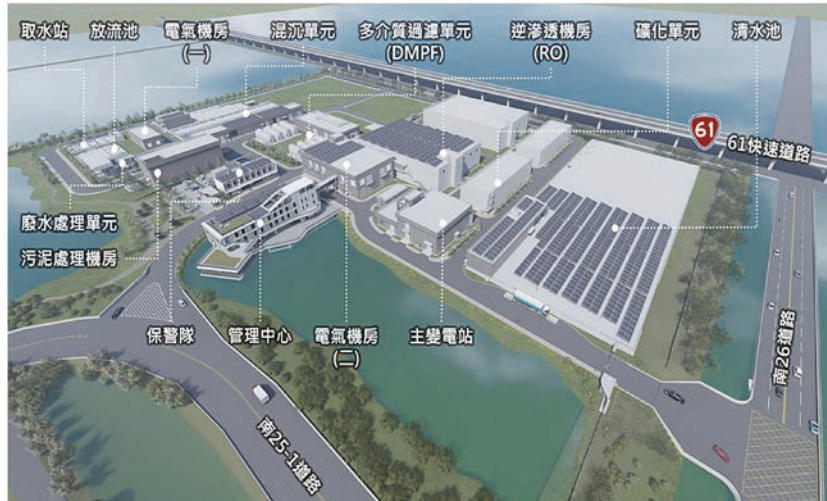
本工程為第一期工程，產水規模為每日 10 萬立方公尺，惟依機關需求書規定，取排水設施、清水池等共用設施須以全期（每日 20 萬立方公尺）規模興建土建量體，機電設備則僅安裝第一期所需容量，並預留二期擴建空間。廠區配置依機能分區，並配合北側取水、南側清水池之地形與流向特性，由北而南依序配置前處理、淡化、清水池等設施，二期擴建用地則規劃於相鄰單元附近，以利未來施工銜接並降低與既有設施間之相互影響。

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