

## 曾文溪感潮河段水資源利用模組廠

### 規劃及試驗評估(2/2)

Planning and testing of Zengwen River brackish water sources resource  
utilization test site (2/2)

### 總成果報告書



主辦機關：經濟部水利署南區水資源分署

執行單位：艾奕康工程顧問股份有限公司

中華民國 113 年 03 月

# 目 錄

目錄.....	目-I
表目錄.....	表-I
圖目錄.....	圖-I
摘要.....	摘-I
Abstract .....	A-I
結論與建議.....	結-I
第一章 前言.....	1-1
一、計畫緣起及說明.....	1-1
二、工作項目及內容.....	1-2
三、相關計畫彙整.....	1-3
四、曾文溪模組廠大事記.....	1-9
第二章 基本資料收集及模組廠試驗規劃.....	2-1
一、背景資料蒐集分析.....	2-1
二、模組廠試驗規劃.....	2-23
三、模組廠後續利用規劃研擬.....	2-34
四、相關法規要求.....	2-40
第三章 模廠建置設計審查及相關技術諮詢.....	3-1
一、文件審查作業.....	3-1
二、設備調整改善及技術諮詢.....	3-4
第四章 模組廠產水試驗階段.....	4-1
一、模組廠產水試驗期間視察作業.....	4-1
二、異常原因研判及排除建議.....	4-1
三、水質水量檢驗分析.....	4-3
四、模廠試驗操作評析.....	4-40
五、遭遇困難與因應對策.....	4-48
六、操作條件及標準作業程序.....	4-49

# 目 錄

第五章	試驗產水宣傳規劃與執行.....	5-1
一、	試用水廠商媒合.....	5-1
二、	公開說明會.....	5-16
三、	教育訓練.....	5-21
第六章	曾文溪感潮河段水資源利用規劃.....	6-1
一、	供水潛能.....	6-1
二、	廠址說明.....	6-7
三、	工程規劃.....	6-9
四、	特殊水質項目之因應.....	6-34
五、	成本估算.....	6-40
六、	相關機關(構)及單位分工及配合事項初擬.....	6-45
參考文獻	.....	參-I
附錄一	歷次會議審查意見及辦理情形	
附錄二	諮詢紀錄表單	
附錄三	另案計畫各類水質檢測項目及限值	
附錄四	本計畫各類水質檢測成果(詳光碟)	
附錄五	另案計畫各類水質檢測成果(詳光碟)	
附錄六	公開說明會廠商意見及辦理情形	
附錄七	問卷調查結果	
附錄八	功能計算與 RO 模擬成果	

# 表 目 錄

表 1-1	感潮河段半鹹水淡化相關計畫彙整表 .....	1-4
表 1-2	排放模擬情境設定.....	1-8
表 1-3	曾文溪感潮河段水資源利用模組廠大事記 .....	1-9
表 2-1	阿里山氣象站統計表.....	2-2
表 2-2	臺南氣象站統計表.....	2-2
表 2-3	鄰近模組廠之曾文溪（斷面 54）第一階段水質檢測成果表 .....	2-6
表 2-4	鄰近模組廠之曾文溪（斷面 54）第二階段水質檢測成果表 .....	2-8
表 2-5	麻善大橋豐枯水期水質中位數資料表 .....	2-9
表 2-6	國內半鹹水淡化廠現況一覽表 .....	2-10
表 2-7	國外半鹹水淡化廠現況一覽表 .....	2-10
表 2-8	英國 Beckton 半鹹水淡化廠原水水質 .....	2-15
表 2-9	韓國半鹹水淡化廠現況一覽表 .....	2-16
表 2-10	國外半鹹水相關案例彙整 .....	2-18
表 2-11	感潮原水及前處理水質每日檢驗項目及限值表 .....	2-23
表 2-12	永康再生水水質標準.....	2-24
表 2-13	模組廠前處理流程變更歷程表 .....	2-33
表 2-14	我國各淡化設施設置情形 .....	2-36
表 3-1	緊急海淡設備移置適用性審查作業 .....	3-1
表 3-2	執行計畫書審查作業.....	3-1
表 3-3	緊急海淡機組移置、整地、取排水管管材進場審查作業 .....	3-2
表 3-4	試車計畫書審查作業.....	3-2
表 3-5	試車水質水量成果審查作業 .....	3-2
表 3-6	試車成果報告書審查作業 .....	3-3
表 3-7	產水量及水質檢測資料審查作業 .....	3-3
表 3-8	再生水水質改善成果報告審查作業 .....	3-4
表 3-9	工作會議辦理情形彙整表 .....	3-5

## 表 目 錄

表 3-10	試車作業改善檢討會議辦理情形彙整表 .....	3-6
表 3-11	機關督導視察辦理情形彙整表 .....	3-8
表 3-12	模廠整體功能紀錄表（111 年 11 月 28 日） .....	3-10
表 3-13	模廠整體功能紀錄表（111 年 11 月 29 日） .....	3-11
表 3-14	模廠整體功能紀錄表（111 年 11 月 30 日） .....	3-12
表 3-15	模廠整體功能紀錄表（111 年 12 月 01 日） .....	3-13
表 4-1	模組廠產水試驗期程.....	4-1
表 4-2	模組廠設備異常原因及改善建議 .....	4-2
表 4-3	原水水質檢測項目表.....	4-3
表 4-4	飲用水水質（簡要）檢測項目及限值表 .....	4-4
表 4-5	飲用水水質（完整）檢測項目及限值表 .....	4-5
表 4-6	永康再生水水質檢測項目及限值表 .....	4-6
表 4-7	放流水水質檢測項目及限值表 .....	4-6
表 4-8	水質檢驗作業之取樣頻率、時間一覽表 .....	4-8
表 4-9	SGS 原水水質檢測成果（曾文溪） .....	4-14
表 4-10	SGS 原水水質檢測成果（水庫原水） .....	4-16
表 4-11	試驗期間處理單元變更情形 .....	4-17
表 4-12	模組廠產水水質檢測結果（以飲用水標準為限值）（簡易項目） .....	4-24
表 4-13	模組廠產水水質檢測結果（以飲用水標準為限值）（完整項目） .....	4-28
表 4-14	永康再生水水質檢測成果 .....	4-34
表 4-15	放流水水質檢測成果彙整 .....	4-39
表 4-16	模組廠不同季別藥劑之日平均使用量 .....	4-42
表 4-17	模組廠操維成本估算表 .....	4-42
表 4-18	曾文溪模組廠執行期間遭遇問題及因應對策 .....	4-48

## 表 目 錄

表 5-1	曾文溪感潮河段水資源利用模組廠產水試用意願調查表 .....	5-2
表 5-2	問卷調查成果彙整表.....	5-3
表 5-3	模組廠送水方式比較表.....	5-4
表 5-4	媒合用水廠商訪談議題說明表 .....	5-5
表 5-5	用水廠商媒合結果一覽表 .....	5-6
表 5-6	模組廠第一季（112 年 2 月份）試驗產水供水 .....	5-7
表 5-7	模組廠第二季（112 年 3 月份）試驗產水供水 .....	5-8
表 5-8	模組廠第二季（112 年 5 月份）試驗產水供水 .....	5-8
表 5-9	模組廠第三季（112 年 9~10 月份）試驗產水供水 .....	5-9
表 5-10	模組廠第四季（112 年 11 月份）試驗產水供水 .....	5-9
表 5-11	台積電公司針對模組廠產水疑義及回覆說明 .....	5-10
表 5-12	模組廠四季次產水提供予廠商試用一覽表 .....	5-15
表 5-13	廠商試用水意見回饋彙整表 .....	5-15
表 6-1	曾文溪感潮段水權資料現況與新中(1)站平均流量比較表.....	6-1
表 6-2	廠商用水需求量調查統計表 .....	6-4
表 6-3	麻善大橋水質監測站近三年水質資料 .....	6-6
表 6-4	可行廠址綜合評估表.....	6-8
表 6-5	取水管線規劃路線評估表 .....	6-9
表 6-6	本計畫取水型式比較表.....	6-14
表 6-7	逆滲透膜組進水條件限制表 .....	6-16
表 6-8	逆滲透膜組之前處理方式評估表 .....	6-17
表 6-9	超濾膜（UF）進水條件限制表 .....	6-18
表 6-10	產水水質限值.....	6-22
表 6-11	各單元停留時間表.....	6-26
表 6-12	逆滲透產水水質模擬表 .....	6-27
表 6-13	灌溉水質基準值.....	6-33

## 表 目 錄

表 6-14	各國飲用水硼離子管制表 .....	6-34
表 6-15	放流水標準比較.....	6-38
表 6-16	混凝試驗後上層液濁度紀錄 .....	6-39
表 6-17	曾文溪半鹹水實廠直接工程費（6 萬 CMD） .....	6-40
表 6-18	曾文溪半鹹水實廠總工程費用（6 萬 CMD） .....	6-43
表 6-19	曾文溪半鹹水實廠產水成本估算（6 萬 CMD） .....	6-45

## 圖目錄

圖 1-1	計畫位置圖.....	1-1
圖 1-2	曾文溪感潮河段範圍圖.....	1-5
圖 1-3	曾文溪感潮河水處理流程圖.....	1-7
圖 2-1	臺南地區公共給水供需圖.....	2-3
圖 2-2	臺南地區公共用水供水系統圖.....	2-5
圖 2-3	美國 Antioch 淨水場.....	2-11
圖 2-4	伊拉克 Mheila 半鹹水廠.....	2-12
圖 2-5	以色列 Afikey Maim 半鹹水廠.....	2-13
圖 2-6	英國 Beckton 半鹹水淡化廠及其處理流程.....	2-15
圖 2-7	韓國半鹹水淡化廠通用處理流程.....	2-16
圖 2-8	菲律賓 PutatanII 半鹹水淡化廠.....	2-17
圖 2-9	Beckton 半鹹水模組廠原水濁度變化.....	2-21
圖 2-10	Beckton 半鹹水模組廠測試之各處理流程圖.....	2-21
圖 2-11	伊朗阿瓦茲大學半鹹水模組測試.....	2-22
圖 2-12	半鹹水模組輸入壓力與脫鹽率之關聯.....	2-22
圖 2-13	模組廠建置與操作計畫之處理流程圖（第二季次）.....	2-27
圖 2-14	模組廠建置與操作計畫廠區配置圖（第二季次）.....	2-28
圖 2-15	模組廠建置與操作計畫之處理流程圖（第三季次）.....	2-30
圖 2-16	模組廠建置與操作計畫之處理流程圖（第四季次）.....	2-31
圖 2-17	模組廠建置與操作計畫廠區配置圖（第四季次）.....	2-32
圖 2-18	楠梓加工出口區再生水模型廠.....	2-34
圖 2-19	新竹緊急海淡設備復歸點交辦情形.....	2-38
圖 2-20	模組廠場地復舊作業辦情形.....	2-39
圖 4-1	原水水溫（採樣與現場線上）監測成果.....	4-9
圖 4-2	原水 TDS（採樣與現場線上）監測成果.....	4-12
圖 4-3	原水濁度（採樣與現場線上）監測成果.....	4-12

## 圖目錄

圖 4-4	曾文水庫區域平均雨量統計 (111/1~112/12)	4-12
圖 4-5	原水硼與尿素採樣檢測成果	4-13
圖 4-6	國統公司線上監測之前處理產水濁度	4-18
圖 4-7	國統公司檢測之前處理產水 SDI15	4-18
圖 4-8	模組廠產水 pH 值檢測結果	4-19
圖 4-9	飲用水水質 TDS 檢測成果	4-20
圖 4-10	飲用水水質濁度檢測成果	4-21
圖 4-11	飲用水水質標準之其他水質項目監測結果	4-23
圖 4-12	永康再生水水質硼檢測成果	4-31
圖 4-13	永康再生水水質尿素檢測成果	4-32
圖 4-14	國統公司之放流水每日線上水質監測紀錄	4-37
圖 4-15	模組廠水措計畫之處理流程	4-38
圖 4-16	一級 RO 進流壓力與進產水 TDS、SDI 等水質監測紀錄	4-41
圖 4-17	第一、二階段產水硼去除檢測	4-44
圖 4-18	第一、二階段產水尿素去除檢測	4-45
圖 4-19	曾文溪感潮河段模組廠各操作單元設備編號示意圖	4-56
圖 5-1	模組廠輸水管路線示意圖	5-4
圖 5-2	模組廠槽車送水辦理情形 (第一季)	5-11
圖 5-3	模組廠槽車送水辦理情形 (第二季)	5-12
圖 5-4	模組廠槽車送水辦理情形 (第三季)	5-13
圖 5-5	模組廠槽車送水辦理情形 (第四季)	5-14
圖 5-6	第一次公開說明會辦理情形 (第一年度)	5-18
圖 5-7	第二次公開說明會辦理情形 (第一年度)	5-19
圖 5-8	第二年度公開說明會辦理情形	5-20
圖 5-9	教育訓練辦理情形 (第一年度)	5-21
圖 5-10	教育訓練辦理情形 (第二年度)	5-22

## 圖目錄

圖 6-1	曾文溪感潮河段水權登記現況圖 .....	6-1
圖 6-2	麻善大橋水質監測站近三年水質資料變化圖 .....	6-5
圖 6-3	取水管線規劃路線圖.....	6-10
圖 6-4	取水塔及引水管設置示意圖 .....	6-11
圖 6-5	取水堰及側邊取水平面示意圖 .....	6-12
圖 6-6	集水管管溝回填示意圖.....	6-12
圖 6-7	英國 Beckton 半鹹水淡化廠取水示意圖 .....	6-13
圖 6-8	取水頭及集水井設置示意圖 .....	6-14
圖 6-9	排水管線規劃路線圖.....	6-15
圖 6-10	感潮河段水資源處理流程圖 .....	6-20
圖 6-11	半鹹水廠(高 TDS)質量平衡 .....	6-20
圖 6-12	平面配置示意圖(套繪).....	6-29
圖 6-13	輸水路線示意圖.....	6-31
圖 6-14	供水替代方案輸水路線示意圖 .....	6-33
圖 6-15	強鹼陰樹脂與除硼樹脂之處理效能比較 .....	6-36
圖 6-16	模組廠試驗四季之原水水質變化 (TDS 與 SS) .....	6-39
圖 6-17	混凝加藥後靜置 10 分鐘上層液 .....	6-40

# 摘要

## 一、計畫緣起

近年來科技產業積極投資，用水需求日益提升；且極端氣候影響對南部地區水資源調度更為不利，因此需積極開發相關多元水資源因應。經濟部水利署南區水資源分署於 111 年度完成南部地區河川感潮河段開發新興水源可行性規劃，初步評估曾文溪感潮河段具有開發潛能，故辦理模組廠試驗以評析產水水質與效益。

## 二、模組廠試驗規劃

### (一)水質需求及試驗標準

模組廠原水及前處理水質標準依據「曾文溪感潮河段水資源利用模廠建置計畫」(以下簡稱另案計畫，由國統公司辦理)規定，原水水溫 15~35°C、總溶解固體物 (TDS)  $\leq 10,000$  mg/L、濁度  $\leq 3,000$  NTU；前處理產水濁度  $\leq 0.2$  NTU、SDI<sub>15</sub>  $\leq 3$ 。第一階段產水水質須符合飲用水水質標準 (及符合台水公司內控值) (每日 300 立方公尺)，第二階段產水則須符合永康再生水水質標準 (每日 30 立方公尺)。共進行四季次的產水，每季次產水達 30 日以上。

本計畫考量模組廠產水水質，及模組廠與可能供水標的之相對位置，以距離模組廠較近之南科臺南園區及樹谷園區為供水標的，並媒合園區內廠商試用模組廠所產淡化水。

### (二)水質處理技術評估選用

#### 1、緊急海淡機組適用性說明

為活化新竹或臺中緊急海淡機組設備，評估移置新竹或臺中緊急海淡機組進行模組廠建置及操作試驗之可行性。考量緊急海淡機組設備產水規模較大，降載操作恐影響產水水質，加上膜與原水水質適用性，不適合直接移置緊急海淡機組設備進行產水，經會議討論，南水分署同意國統公司儘可能移用緊急海淡機組設備，搭配新設租賃設備，進行模廠產水試驗。

#### 2、計畫處理流程





### 三、模組廠後續規劃利用

考量模組廠試驗及操作維護完成後，如未復原至緊急海淡原地，針對模組廠後續運用可朝向設施「移動支援外離島地區發揮產水功能」及「提供其他地區河川進行感潮河段水資源利用模組廠試驗」為目標，以確保設備持續有效活化使用，延續設施使用壽命，達到最佳化運用；惟依據 111 年 05 月 12 日召開「曾文溪感潮河段水資源利用模廠建置計畫」移置新竹緊急海淡機組研商會議結論，模廠試驗期間，倘因北水分署辦理緊急供水之需，國統公司應於接獲機關通知 14 天內，無償復原該機組設備，並達原有產水能量。

模組廠為配合 112 年度之抗旱需求，由新竹緊急海淡計畫移置之相關設備已於 112 年 03 月 26 日返還供復舊，除 4 顆砂濾及 1 台空壓機仍續留曾文溪感潮河段水資源模廠建置計畫使用外，其餘設備儀器均為國統公司財產。經洽國統公司瞭解模組廠設備儀器利用規劃，該模組廠計畫結束後，相關設備儀器將先進行整修，並轉作為國統公司其他計畫測試用途。

### 四、模組廠相關文件審查及技術諮詢

模組廠建置及試車期間（111 年 05 月 12 日~111 年 12 月 01 日），本計畫辦理緊急海淡設備移置資料審查、模組廠執行計畫書審查、新竹緊急海淡機組、整地、取排水管管材進場資料審查、試車計畫書審查、試車水質水量成果審查及試車成果報告書審查，以確保文件資料及試車成果符合契約規範。模組廠產水試驗期間（111 年 12 月 15 日~112 年 11 月 29 日），本計畫辦理模組廠四季次產水量及水質檢測資料審查、再生水水質改善成果報告書審查，以確保水質水量是否符合契約規範需求書規定，及國統公司針對不合格水質所提改善措施是否適宜。

另本計畫亦進行現場視察諮詢共計 33 次，辦理試車作業改善檢討會議共計 9 次，工作會議共計 5 次（南水分署召開），機關督導視察（水利署、南水分署等）共計 6 次，協助承攬廠商針對模組廠機組設

備於建置及試車期間所遭遇問題提供改善評估調整諮詢，以確保模組廠之功能性。模組廠於 111 年 11 月 28 日至 111 年 12 月 01 日進行第二次試車查驗，水質水量符合契約規定限值，查驗結果合格。

## 五、模組廠產水試驗期間

### (一) 模組廠視察及異常原因研判與排除建議

模組廠產水試驗期間（詳摘表 1），本計畫進行模組廠視察共計 21 次，並提供各設備單元調整改善諮詢，以確保模組廠正常運作。另產水試驗期間，設備發生 5 次異常狀況，其中第一季為矽藻土桶槽鏽蝕破損影響產水及能源回收器異常作動影響運作，第二季為汲取水設備破損導致進水量受影響，第三季為浮動平台取水泵線材損毀，且抽水泵吸入異物導致無法正常作動，第四季為原水泵動力線及液位傳輸訊號線損壞導致無法正常補水。經現場視察瞭解設備異常原因並與國統公司進一步討論，提出建議改善對策。

摘表 1 模組廠產水試驗期程

季次	試驗開始時間	試驗結束時間	備註
第一季 (111/12~112/02)	111/12/15	111/12/20	分三階段操作
	112/01/09	112/01/15	
	112/02/07	112/02/26	
第二季 (112/03~112/05)	112/03/07	112/03/22	分二階段操作
	112/05/02	112/05/17	
第三季 (112/08~112/10)	112/08/20	112/08/26	原擬連續 30 日操作，惟因原水濁度超出進流限值及設備損毀致停止操作，停止操作 17 日，故延至 112/10/08 完成
	112/08/29	112/09/04	
	112/09/18	112/09/27	
第四季 (112/10~112/11)	112/09/29	112/10/08	
	112/10/30	112/11/29	連續 30 日操作

### (二) 試驗成果說明

#### 1、原水水質

由檢測結果可知，自 111 年 10 月至 112 年 5 月（枯早期）由於降雨量低，曾文溪川流量少，受感潮影響 TDS 呈現上升趨勢。而豐水期降雨量增加，原水 TDS 呈現劇降情形，第三、四

季原水 TDS 監測值多在 900 mg/L 以下，回歸至正常河川水質。模組廠試驗區域水源之 TDS 呈現高低峰值明顯差距，實廠規劃與運作時淨化處理設施應納入考量，以穩定供水能力。

濁度與 SS 部分，豐水期（112 年 5 月至 10 月）降雨量增加，曾文溪川流量增加，水質濁度與 SS 受川流量增加之沖刷效應影響，原水濁度與 SS 呈現上升趨勢，至 112 年 09 月達高峰期。模組廠試驗區域水源之濁度與 SS 呈現高低峰值明顯差異，實廠規劃與運作時濁度與 SS 處理設施應將豐枯水期濁度與 SS 高低峰值變化納入考量，並具適當涵容能力，以穩定供水能力。

摘表 2 模組廠原水水質主項目檢測成果

計畫別	季別	原水水質項目	
		總溶解固體物 (mg/L)	濁度 (NTU)
本計畫	第一季	4,190~8,300	38~100
	第二季	9,940~18,500	19~36
	第三季	244~454	33~650
	第四季	492~974	55~180
另案計畫	第一季	5,479 ~ 12,180	32.8 ~ 389.8
	第二季	8,807 ~ 14,330	18.0~167.0
	第三季	116~395	217~8,898
	第四季	375~877	17~1,861

## 2、產水水質

### (1)前處理水質

第一季前處理產水濁度為 0.08~0.18 NTU，SDI<sub>15</sub> 為 1.3~2.7；第二季前處理產水濁度為 0.07~0.19 NTU，SDI<sub>15</sub> 為 1.1~2.6；第三季前處理產水濁度為 0.1~0.19 NTU，SDI<sub>15</sub> 為 1.8~2.8；第四季前處理產水濁度為 0.08~0.20 NTU，SDI<sub>15</sub> 為 2.0~2.8。四季期間前處理產水皆符合限值規定（濁度 $\leq$ 0.2 NTU、SDI<sub>15</sub> $\leq$ 3），表示模組廠採砂濾系統及 UF 系統作為前處理程序能有效降低原水濁度及 SDI<sub>15</sub>，避免 RO 膜之阻塞。

### (2)飲用水水質（簡易項目）

飲用水水質 pH 部分，本計畫與另案計畫檢測結果分別為 7.0~8.6 及 7.4~8.3，大多符合契約規定產水限值(6.1~8.4)，

僅本計畫於 112 年 02 月 21 日之 pH 檢測值為 8.6 超出產水限值，評估可能原因為 RO 產水經礦化程序 CO<sub>2</sub> 添加量或控制餘氯時 NaOCl 添加量等操作條件控制不當所致。

飲用水水質 TDS 部分，本計畫與另案計畫檢測結果分別為 60.5~416 mg/L 及 70~299 mg/L，大多符合契約規定產水限值 ( $\leq 300$  mg/L)，其中 111 年 12 月 16 日、112 年 01 月 11 日及 112 年 02 月 09 日之 TDS 檢測值分別為 320 mg/L、388 mg/L 及 416 mg/L 超出產水限值，評估 111 年 12 月 16 日應為模組廠可能因處於正式運轉之初，相關設備操作參數尚在調整階段所致，而 112 年 01 月 11 日及 112 年 02 月 09 日則因 RO 系統排列調整(2 級 RO 調整為 1 階 RO)所致。

第二季起因 RO 系統再改以二級排列，產水 TDS 已獲改善，即使在高峰期 (TDS=18,500 mg/L) 產水仍可符合契約規定產水限值 300 mg/L 以下之要求，且經測試，淨水 RO 膜使用海水膜 (SWRO) 與半鹼水膜 (BWRO)，在二級系統似影響不大，基於節能與簡化操作考量，實廠規劃與運作時，建議應先選用半鹼水 BWRO 膜。

飲用水水質濁度部分，本計畫與另案計畫檢測結果分別為 0.1~0.25 NTU 及 0.09~0.25 NTU，符合契約規定產水限值 ( $\leq 0.4$  NTU)。

摘表 3 模組廠飲用水水質 (簡易項目) 主要項目檢測成果

計畫別	季別	飲用水水質項目		
		pH	總溶解固體物 (mg/L)	濁度 (NTU)
本計畫	第一季	7.2~8.6	104~416	0.1~0.2
	第二季	7.4~7.8	106~139	0.1~0.25
	第三季	7.3~8.0	60.5~96	0.05~0.15
	第四季	7.0~8.0	73.5~134	0.05~0.2
另案計畫	第一季	7.6~8.2	70~299	0.09~0.25
	第二季	7.4~8.3	71~155	0.13~0.25
	第三季	7.5~8.1	98.2~141	0.16~0.22
	第四季	7.5~8.1	103~169	0.16~0.19

### (3)飲用水水質（完整項目）

依據本計畫及另案計畫針對飲用水水質（完整項目）所進行之水質取樣分析結果，本計畫 112 年 09 月 19 日之溴酸鹽測值 0.367 mg/L（限值 $\leq$ 0.008 mg/L）及自由有效餘氯測值 0.21 mg/L（限值 0.3~0.9 mg/L）超出限值，由於檢測出之溴酸鹽測值過高，初步評估應為不當添加過量次氯酸鈉所致，而自由有效餘氯測值偏低之原因評估為次氯酸鈉添加量較少所致；另案計畫於 112 年 09 月 25 日之溴酸鹽測值 0.01mg/L（限值 $\leq$ 0.008 mg/L），評估應為改善氨氮濃度過高問題，所添加次氯酸鈉藥量過多所致。其餘水質項目皆符合產水限值標準。

### (4)再生水水質

再生水水質硼部分，本計畫與另案計畫檢測結果分別為 ND~0.67mg/L 及  $<0.01\sim 0.46$  mg/L，多次檢測值未符合產水限值標準（ $<0.1$  mg/L）之情形。模組廠第一季硼未能符合永康再生水水質標準之原因，評估應為模組廠使用海水膜（SWRO），可能因操作壓力不足（僅 15~22 kgf/cm<sup>2</sup>），而非海水膜建議操作壓力（約 50 kgf/cm<sup>2</sup> 以上），除鹽能力略低，且 112 年 02 月 15 日才進行添加 NaOH 鹼劑進行產水，使硼離子轉換成硼酸鹽型態更易被 RO 膜攔除，因此硼去除率不佳；第二季雖已加鹼劑，且淡化系統已進行增壓，惟因添加 NaOH 鹼劑係採定量加藥方式，受原水水質變動影響，定量加藥方式未能配合水質變動即時調整，造成除硼效果不穩定；第三、四季增加硼選擇性離子交換樹脂進行除硼，產水可小於 0.1 mg/L，再生水操作產水可符合限值範圍。依四季期間模組廠試驗結果，海水 RO 膜雖有除硼能力，限於操作壓力不足，無法有效除硼，實廠規劃與運作時，建議淨水 RO 膜應優先選用半鹼水 RO 膜，並配合除硼樹脂設施。

再生水水質尿素部分，本計畫與另案計畫檢測結果分別為 ND~24.0 ppb 及 ND~46 ppb，多次檢測值未符合產水限值標準(<5 ppb)之情形，表示模組廠尿素去除效果尚未穩定，有待調整操作參數及加藥量。

模組廠第一季再生水水質尿素未能符合產水限值原因評估為模組廠於 112 年 02 月 14 日以前僅規劃利用 SWRO 膜去除尿素，由於 SWRO 膜除尿素效果有限，自 112 年 02 月 15 日以後才進行 NaBr 及 NaOCl 藥劑添加，藉由加藥氧化程序將尿素降解成氮氣及二氧化碳，提升尿素去除效率；第二季仍有部分時間超出產水限值標準，評估應為二級 SWRO 對於去除小分子尿素有限，導致除尿素效果不穩定；而第三、四季則因更換為 BWRO 膜，除 11 月 3 日因原水尿素偏高外，需再經加藥處理後亦可符合再生水水質要求，其餘時間產水尿素即已達到再生水水質要求 (<5ppb)，不須藥劑處理。初步歸納原水尿素濃度低於 75 ppb 時，只需經 2 級 BWRO 處理，高於此濃度時產水需進行尿素加藥處理。

摘表 4 模組廠再生水水質主要項目檢測成果

計畫別	季別	再生水水質項目	
		硼 (mg/L)	尿素 (ppb)
本計畫	第一季	0.05~0.61	1.41~24.0
	第二季	0.10~0.67	1.04~10.20
	第三季	ND~0.02	ND~2,86
	第四季	ND~0.05	ND
另案計畫	第一季	0.03~0.46	ND~46
	第二季	0.09~0.13	1.0~1.1
	第三季	<0.01~0.022	ND
	第四季	0.02~0.07	ND~2.16

註：檢測值低於方法偵測極限 (MDL) 時，以"ND"表示

### 3、放流水水質

依據本計畫及另案計畫針對放流水水質所進行之水質取樣分析結果，所有水質項目皆符合放流水限值標準。

#### 4、產水量分析

模組廠第一季飲用水水質標準產水量約每日 300.1 ~ 331.4 立方公尺，平均約每日 315.2 立方公尺；再生水水質標準產水量約每日 30.0 ~ 34.7 立方公尺，平均約每日 31.3 立方公尺。

模組廠第二季飲用水水質標準產水量約每日 278.6 ~ 318.9 立方公尺，平均約每日 302.5 立方公尺；再生水水質標準產水量約每日 30 ~ 35.1 立方公尺，平均約每日 31.6 立方公尺。

模組廠第三季飲用水水質標準產水量約每日 272.9 ~ 326.0 立方公尺，平均約每日 307.2 立方公尺；再生水水質標準產水量約每日 28.9 ~ 33.0 立方公尺，平均約每日 30.6 立方公尺。

模組廠第四季飲用水水質標準產水量約每日 300.0 ~ 312.0 立方公尺，平均約每日 302.7 立方公尺；再生水水質標準產水量約每日 30.0 ~ 30.8 立方公尺，平均約每日 30.2 立方公尺。

依另案計畫規範需求書規定，模組廠飲用水水質標準之產水量每日 300 立方公尺 ( $\pm 10\%$ )，每季產水總量應達 9,000 立方公尺，永康再生水水質標準之產水量每日 30 立方公尺 ( $\pm 10\%$ )，每季產水總量應達 900 立方公尺。由產水成果彙整，模組廠產水量符合計畫規範需求書要求。

#### 5、耗能分析

第一、二季高原水 TDS 期，模組廠採 SWRO 膜，操作平均壓力在 18.1~18.8 kgf/cm<sup>2</sup>，全廠單位產水用電量在 2.7~3.1 kWh；第三、四季原水水質 TDS 下降至 1,000 mg/L 以下，及採用 BWRO 膜，一級 RO 操作平均進水壓力亦下降至 6.7~7.19 kgf/cm<sup>2</sup>，全廠單位產水用電量在 1.6~1.7 kWh，詳摘圖 4 所示。第三、四季與第二季飲用水處理產水 TDS 在 100~150 mg/L 區間，顯示不同高低 TDS 經二級處理產水相近，惟用電量相差約 1 kWh/m<sup>3</sup> (2.7 : 1.7 kWh)。

建議實廠規劃優先採用 BWRO 膜，以降低耗能與操作費；而模廠試驗因原水狀況不同，未以 BWRO 試驗處理高 TDS 水質情境，

建議可再進行驗證，以掌握操作特性與應變方式。



摘圖 4 原水 TDS、進流壓力及單位產水用電量分析圖

## 6、用藥量分析

模組廠季別用藥量操作係以前一季用藥與水質檢測結果進行該季操作用藥控制依據，第一、二及三季產水水質不穩定，各藥劑尚在調整使用中，如摘表 5 所示，NaOCl 因初期考量飲用水水質氨氮要求 (<0.08 mg/L) 低，現場擬以折點加氯法降低氨氮水質，故增加加氯控制，NaOH 初期用藥量高因三級 RO 除硼水質調整，後期改用除硼樹脂，修正 NaOH 用藥量，NaBr+NaOCl 用藥增加依據水質檢測結果進行追加調整。

摘表 5 模組廠不同季別藥劑之日平均使用量

季別 藥劑	NaOCl (L)	NaOH (L)	NaBr+NaOCl (L)
用途	產水餘氯	除硼與再生水水質加鹼	尿素去除
第一季	3.35	15.10	0.83
第二季	3.45	4.93	2.69
第三季	1.50	0.37	2.97
第四季	1.30	0.70	2.30

## 7、操維成本分析

模組廠產水規模每日 330 立方公尺 (包含飲用水水質標準每日 300 立方公尺、永康再生水水質標準每日 30 立方公尺)，操維費用包含操作電費、加藥費用、水質檢測費用及設備維護費用 (不含人事費用)，操維費用以第二、四季二級 BWRO 處理程序估算，模組廠單位產水費用分別約為 20.91 與 16.30 元/m<sup>3</sup> (非實廠操作費用或用水單價)，如摘表 6 所示。

摘表 6 模組廠操維成本估算表

項目	費用(元/m <sup>3</sup> )	備註
操作電費	8.35/5.2	高 TDS：單位產水用電以第二季之 2.73kWh 估計 低 TDS：單位產水用電以第四季之 1.7kWh 估計 每度電以 3.06 元進行估算
加藥費用	2.27/0.8	NaOCl、NaOH 及 NaBr+NaOCl 等藥劑使用量以第二、四季用估算，不含 RO 與混凝沉澱藥劑費
水質檢測費用	6.13	每月委外進行淡化水水質、永康再生水水質及每季委外進行放流水水質、淡化水水質之檢測費用
設備維護費用	4.16	模組廠進行設備零件汰換之費用
合計	20.91/16.30	不含稅金、管理、人事等費用

## 六、試驗產水宣傳規劃與執行

### (一)問卷調查

針對潛在用水廠商進行模組廠試驗用水使用意願調查，採發放問卷方式進行調查，共計回收 30 份問卷，符合契約規定有效問卷數 (≥30 份)；其中有試用意願廠商計 15 間 (南科臺南園區 9 間、樹谷園區 6 間)，願意試用水量 4,494 CMD (南科臺南園區 3,348 CMD、樹谷園區 1,146 CMD)；無試用意願廠商為 15 間。

另洽詢台積公司詢問將模組廠試驗產水提供給予試用之意願，台積公司表示若模組廠產水水質能符合永康再生水水質標準，則有試用水意願，惟經多次追蹤，台積公司未提供問卷。

### (二)試用水廠商媒合

本計畫考量模組廠如採專管方式供水，相關作業如申請路證、透地雷達探測或探挖及管線施工等較為耗時，加上園區內地下管線複雜、施工不易，評估作業時間恐無法配合模組廠試驗期程，故建議採槽車方式送水。

前述可知，廠商願意試用之水量已遠大於模組廠產水規模，且在槽車送水經費有限下，模組廠產水勢必無法全部提供廠商試用。故經本計畫進一步進行用水廠商媒合結果，南科臺南園區之試用水廠商包含晶元光電 S1 廠、晶元光電 S3 廠、和鑫光電 (已更名為精金科技)、台灣大福高科技及聯華電子；樹谷園區之試用水廠

商為啟耀光電，廠商試用水情形彙整詳摘表 7 所示。

台積電原對於模組廠產水之硼及尿素去除效果有所疑慮，經調整改善處理程序後，第三、四季模組廠產水之硼及尿素檢測值已符合契約規定限值，惟經聯繫台積電，並提供模組廠水質檢測成果予以參考，台積電仍對取水硼測值之代表性、關鍵水質(硼、TOC、COD)連續監測資料及前兩季無法達標之原因有所疑義，經本計畫回覆說明後仍未表示願意試用模組廠產水。

摘表 7 廠商試用水情形彙整表

園區	試用廠商	試用水質	試用水量 (立方公尺)				飲用水 標準 (立方公尺)	永康再生水 標準 (立方公尺)
			第一季	第二季	第三季	第四季		
南科臺南園區	晶元光電 S1	飲用水標準	50	50	50	50	200	-
	晶元光電 3		50	50	50	50	200	-
	精金科技		20	20	20	20	80	-
	台灣大福高科技		15	15	10	15	55	-
	聯華電子	永康再生水標準	30	30	20	30	-	110
樹谷園區	啟耀光電	飲用水標準	20	20	20	20	80	-
合計							615	110

註：模組廠 112.10.05 因颱風因素停止操作，故台灣大福高科技及聯華電子之供水試用暫停一次

## 七、曾文溪感潮河段水資源利用實廠初步檢討評估

實廠研擬供水對象為南科臺南園區之用水需求端，考量園區廠商針對水質需求標準不一致，且科學園區內水源供應亦是以供應飲用水水質標準的自來水，廠商再行針對其所需水質狀況進行處理，故建議優先以符合飲用水水質標準(及符合台水公司內控值)作為供水水質，再依廠商用水需求提升至永康再生水之出水水質。

河川地面水取水設施國內常用包含取水堰、取水門、取水塔、取水管渠等不同構造物，擬自曾文溪感潮河段取水約每日 13.5 萬立方公尺，配合曾文溪現況條件，利用前述取水構造物互相搭配使用，研擬不同取水方式，另亦將近年伏流水常使用之鋼骨繞線式集水暗管輔以濾層過濾以降低原水濁度之取水方式納入評估，並蒐集英國 Beckton 半鹹水淡化廠取水方式納入說明。綜合評析比較結果，初步建議採圓形取水塔，配合引水管作為曾文溪半鹹水實廠之取水設施型式，以壓

力方式送水，雖所取得之原水濁度較高，惟可藉由加強前處理效能克服，且此取水方式不易於颱風豪雨後因高濁度原水影響取水作業，有利於後續半鹹水實廠之維護管理，取水長度約 1,700 公尺。

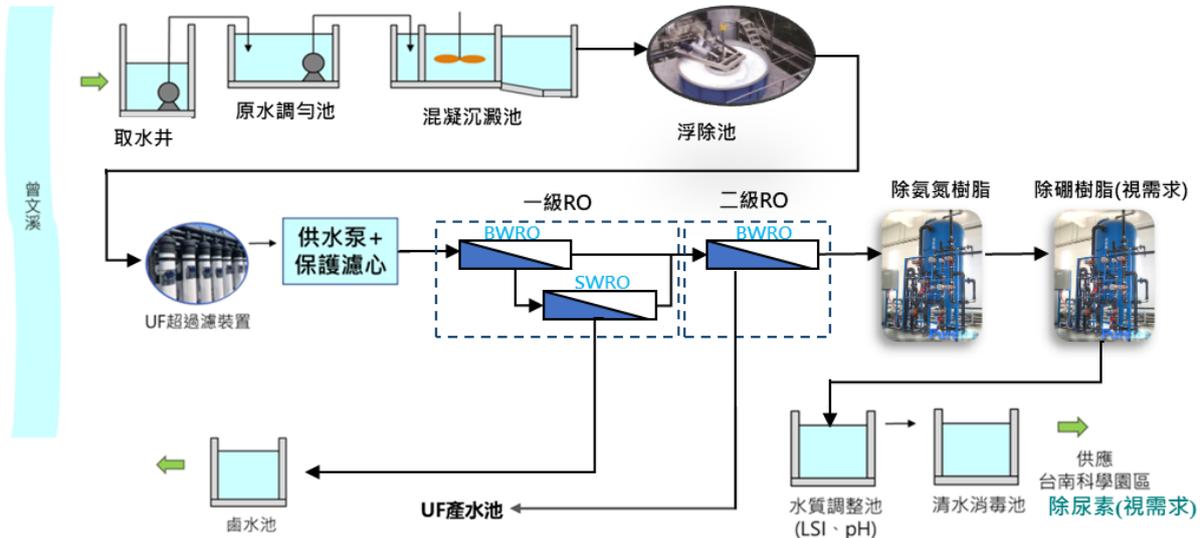
排水設施部分規劃排放口可設置於河道平直段及距離跨河構造物較遠處，以利濃排水擴散。排放主管沿高灘地佈設，採  $\phi 900$  mm 之 HDPE 管，管線長約 8,200 公尺，排放支管延伸至河道內，每 10 公尺一個排放口，總計 3 個排放口，支管外徑為  $\phi 300$  mm，維持出口速度大於 3m/s，濃排水採設置 5 台 150 HP 抽水機浦（含 1 台備用）進行動力排放，總揚程約 15 公尺。

考量曾文溪原水水質（TDS、濁度）變化大及原水含藻類及有機物等微小物質恐影響實廠產水穩定性，本計畫依據模組廠試驗成果及以往執行水資源處理相關經驗，建議設置停留時間 24 小時之調勻池於原水水質條件較佳之情況下先行取水蓄存，並採用混凝沉澱、浮除、UF 薄膜作為前處理程序，以確保半鹹水實廠產水功能與逆滲透薄膜使用壽命，並以 2-Pass RO 系統（Pass-1: BWRO+SWRO, Pass-2: BWRO）作為主要淡化處理程序，並利用除氨氮樹脂作為後處理，以去除氨氮濃度，後端再利用除硼樹脂及高級處理（添加 NaOCl 及 NaBr）以去除硼及尿素，尿素處理則建議參考永康再生水廠除尿素系統規劃另設置處理設施，處理程序如摘圖 5 所示。

曾文溪原水 TDS 變化範圍介於 302~18,500 mg/L 之間，SS 變化範圍介於 15.5~675 mg/L 之間，初步建議進水限值 TDS 為 20,000 mg/L，SS 為 500 mg/L 或濁度 < 3000 NTU。其中 SS 或濁度操作方法為利用備援之沉砂池與沉澱池做為緩衝，增加高 SS 或濁度之處理能力。遇超高 SS 或濁度或颱風暴雨時，高於進水限值，建議採關閉取水閘門或減量取水，以避免取水道淤積堵塞，高 TDS 或濁度時，建議啟動備援 RO 機組及降低產水率運作方式，以維持供水量穩定。

工程經費估算包含取排水設施、半鹹水實廠及輸水設施工程，設計監造費參考技服辦法編列以直接工程費用 3% 估算，間接工程費用以直接工程費用 10% 估算，初步估算結果，產水規模為每日 6 萬立方

公尺之半鹹水實廠總工程費約 106.35 億元，單位產水營運成本約 20.01 元/立方公尺（含稅），如含硼處理（每立方公尺 0.43 元計）為 20.44 元/立方公尺（含稅），如含硼與尿素處理（每立方公尺 4.4 元計）為 24.84 元/立方公尺（含稅）。



摘圖 5 曾文溪感潮河段水資源處理廠處理流程示意圖

## 八、遭遇困難與因應對策

依據曾文溪感潮河段水資源利用模組廠執行經驗，彙整模組廠四季次操作期間所遭遇問題，並進行因應對策研擬，以作為後續其他河川半鹹水模組廠或實廠推動之參考，如摘表 8 所示。

摘表 8 曾文溪模組廠執行期間遭遇問題及因應對策

季別	遭遇困難	因應對策
第一季 (111/12/15~112/02/26)	原水 TDS 高	<u>模組廠階段：</u> 1、調整高壓泵操作方式及產水率因應，以符產水水質  <u>實廠階段：</u> 1、建議實廠或其他半鹹水模組廠可以將電透析 EDR 方式納入前處理進行評估測試，以降低高峰期之 TDS 及 RO 操作難度 2、初步評估可利用 2-Pass RO 系統混合模組（Pass-1：BWRO+SWRO、Pass-2：BWRO）以達到高低 TDS 處理需求
第二季 (112/03/07~112/05/17)	原水 TDS 高	

摘要 8 曾文溪模組廠執行期間遭遇問題及因應對策 (續)

季別	遭遇困難	因應對策
<p>第三季 (112/08/20~112/10/08)</p>	<p>1、原水濁度高</p>	<p><u>模組廠階段：</u> 1、模組廠試驗階段因廠址空間限制未設置 凝沉澱，故停止操作，避免系統設備 因高濁度而損壞</p> <p><u>實廠階段：</u> 1、建議實廠或其他半鹹水模組廠進行凝沉 澱連續測試，以瞭解詳細操作參數 及對後續薄膜過濾之影響 2、建議實廠可利用增大調勻沉沙池、原水 池與沉澱處理增加停留時間做為因應</p>
	<p>2、藻類經砂濾及 UF 累積死亡，產 生氨氮，導致氨 氮濃度超標</p>	<p><u>實廠階段：</u> 1、因應藻類去除需求，建議實廠可於沉澱 後增加浮除設施(DAF)，以去除藻類。 2、建議實廠可於 RO 系統後納入除氨氮樹 脂進行去除氨氮之評估測試</p>
<p>第四季 (112/10/30~112/11/29)</p>	<p>藻類死亡產生氨氮， 導致氨氮濃度超標</p>	

## **Abstract**

In recent years, the technology industry has been actively investing, leading to an increasing demand of water. Furthermore, influenced by extreme weather, the challenge of water resource supply in southern Taiwan has exacerbated. Therefore, it's necessary to promote and develop diverse water resources to cope with this situation. In 2022, the Southern Region Water Resources Branch completed the "Feasibility Planning for the Development of Emerging Water Sources in Tidal River Segments in the Southern Region." Preliminary assessments indicate that the tidal segment of the Zengwen River is a potential candidate. Therefore, pilot tests for modular plants were conducted to further evaluate the quality of permeate water and benefits.

The tidal segment of the Zengwen River is affected by tidal fluctuations and river flow, resulting in significant variation of total dissolved solids and turbidity in raw water. Additionally, with the contain of algae, fine particles, and organic matter, the pretreated water quality in commissioning stage didn't satisfy the inlet requirement for RO desalination systems. After multiple adjustments and tests for pretreatment process, the modular plant finally adopted media filtration and UF systems as the pretreatment. The pretreated water then undergoes the first stage of desalination treatment by the RO system, producing desalinated water that meets drinking water quality standards (and internal control values of Taiwan Water Corporation). Then, the product water was further treated through boron resin and urea removal process by chemical dosing, producing desalinated water that meets the quality standards for Yongkang recycled water.

The significant variation of raw water quality enhance operational difficulty of the modular plant. Changes in TDS can be managed by adjusting the operating pressure of RO high-pressure pumps and recovery rate. However, high turbidity levels affect the lifespan of RO membranes. Restricted by the project schedule and space limitations, there is no coagulation and sedimentation facility installed. Therefore, under high turbidity conditions, the pilot plant will stop operation to prevent equipment from being damaged.

Algae in raw water undergoes decomposition in the sand filtration and UF systems, leading to the generation of ammonia nitrogen. This often results in ammonia nitrogen concentrations in the produced water exceeding the limit in the first stage. This study suggests the full-scale brackish water desalination plant consider to set up flotation facilities in the pretreatment process to remove algae. Additionally, for organic matter in the raw water, it is recommended to include biological pretreatment in subsequent modular plant tests for evaluation.

During pilot tests in these four seasons, approximately 36,700 cubic meters of water meets drinking water quality standards (and internal control values of Taiwan Water Corporation). The water volume satisfies Yongkang recycled water quality standards is about 3,700 metric tons. The unit electricity consumption for water production was approximately 2.73 kWh/cubic meter during the 2<sup>nd</sup> quarter (March to May 2023, with high TDS); during the 4<sup>th</sup> quarter, unit energy consumption of water is around 1.70 kWh/cubic meter (October to November 2023, with low TDS). The unit water production costs were approximately 22.11 NTD /cubic meter and 16.30 NTD /cubic meter, respectively (excluding personnel costs).

The full-scale brackish water desalination plant aims to provide drinking water meeting drinking water quality standards. After the intake chamber, a mixing tank (with a retention time of 24 hours) is installed to cope with seasonal fluctuations and tidal effects. This study plans the pretreatment process involving coagulation and sedimentation, flotation, UF, and then the pretreated water will further treated by a 2 Pass RO (Pass-1: BWRO+SWRO, Pass-2: BWRO) system, followed by post-treatment with ammonia nitrogen removal resin. The requirement of boron and urea removal facilities separately depends on the need of industrial park or the manufacturers. The development scale is 60,000 cubic meters per day, with a total project cost of approximately \$ NTD 10.635 billion. The water production cost is about 20.01 NTD/cubic meter (including tax). If boron treatment is included, it becomes 20.44 NTD /cubic meter (including tax), and if boron and urea treatment are included, it becomes 24.84 NTD /cubic meter (including tax).

# 結論與建議

## 一、結論

- (一) 模組廠第一次試車因前處理產水水質未達到契約規範標準，試車結果不合格，初步評估係原水中含有機或無機微小顆粒等物質所致；模組廠處理程序經多次改善檢討會議討論、處理流程變更及設備調整改善之後，第一、二季處理流程修正為原水 → 砂濾系統 → UF系統 → 保安過濾器 → 一、二級SWRO → 添加NaOH經三級SWRO（除硼） → 高階處理（除尿素）。
- (二) 為因應不同原水水質條件（主要為TDS），模組廠第三、四季進行不同膜組（SWRO、BWRO）排列測試，並新增硼選擇性離子交換樹脂進行除硼，移除三級SWRO，以瞭解其產水效能及耗能，處理程序為原水 → 砂濾系統 → UF系統 → 保安過濾器 → 二級RO → 硼選擇性離子交換樹脂 → 高階處理（除尿素）
- (三) 本計畫於模組廠建置及試車期間進行現場視察諮詢共計 33 次，協助國統公司於模組廠建置及試車期間所遭遇問題提供改善評估調整諮詢。辦理試車作業改善檢討會議共計 9 次，協助國統公司改善調整模組廠處理程序及機組設備，使模組廠產水符合契約規定限值。模組廠產水試驗期間進行模組廠視察共計 21 次，協助提供各設備單元調整改善諮詢。
- (四) 模組廠四季次（第一季 111 年 12 月~112 年 02 月，第二季 112 年 03 月~112 年 05 月，第三季 112 年 08 月~112 年 10 月，第四季 112 年 10 月~112 年 11 月）產水水質本計畫檢驗成果說明如下：
  - 1、原水水質  
原水 TDS 及濁度檢測值均呈現高低峰值明顯差異，枯旱期 TDS 上升、濁度下降，豐水期 TDS 下降、濁度上升。
  - 2、前處理水質  
採砂濾系統及 UF 系統作為前處理程序，產水濁度介於 0.07~0.20 NTU，SDI<sub>15</sub> 介於 1.1~2.8，皆符合限值規定。
  - 3、飲用水水質

模組廠運轉之初，設備操作參數尚在調整，且 RO 系統配合產水水質及產水量進行排列調整（一階 SWRO），導致部分 TDS 未能符合飲用水水質標準；第二季起 RO 系統改以二級排列，產水 TDS 已獲改善，淡化 RO 膜使用海水膜(SWRO)與半鹼水膜(BWRO)，在二級系統下皆可處理達到水質要求。

#### 4、再生水水質

第一、二季再生水水質硼及尿素去除效果不穩定，評估原因為模組廠係採定量加藥方式進行除硼及除尿素，惟受原水水質變動影響，定量加藥方式未能配合水質變化即時調整加藥量，造成除硼及除尿素效果不穩定。第三、四季已改採硼選擇性離子交換樹脂進行除硼，並加強藥劑添加提升產水尿素之穩定，去除效果良好。

#### 5、放流水水質

放流水所有水質項目皆符合放流水限值標準。

#### 6、產水量分析

模組廠四季次產水飲用水標準約每日 306.9 立方公尺、永康再生水標準約每日 30.9 立方公尺，產水量符合契約規定。

#### 7、耗能分析

第一、二季高原水 TDS 期，模組廠採 SWRO 膜，操作平均壓力在 18.1~18.8 kgf/cm<sup>2</sup>，全廠單位產水用電量在 2.7~3.1 kWh；第三、四季原水水質 TDS 下降至 1,000 mg/L 以下，及採用 BWRO 膜，一級 RO 操作平均進水壓力亦下降至 6.7~7.19 kgf/cm<sup>2</sup>，全廠單位產水用電量在 1.6~1.7 kWh。

#### 8、用藥量分析

模組廠添加 NaOCl 調整產水餘氯，添加 NaOH 進行除硼及再生水水質加鹼，添加 NaBr+NaOCl 除尿素。NaOCl 因初期考量飲用水水質氨氮要求 (<0.08 mg/L) 低，現場擬以折點加氯法降低氨氮水質，故增加加氯控制；NaOH 用藥量隨除硼方式由加鹼劑配合 RO 過濾方式除硼改以除硼樹脂而減少；NaBr+NaOCl 用藥量依據尿素檢測結果進行追加調整。

## 9、操維成本分析

模組廠產水規模每日 330 立方公尺（包含飲用水水質標準每日 300 立方公尺、永康再生水水質標準每日 30 立方公尺），操維費用包含操作電費、加藥費用、水質檢測費用及設備維護費用（不含人事費用），操維費用以第二、四季二級 BWRO 處理程序估算，模組廠單位產水費用分別約為 20.91 元/立方公尺與 16.30 元/立方公尺。

- (五) 模組廠產水提供南科臺南園區之晶元光電 S1 廠、晶元光電 S3 廠、精金科技、台灣大福高科技、聯華電子，及樹谷園區啟耀光電試用；四季次產水試驗期間，已完成供水量飲用水水質標準 615 立方公尺，再生水水質標準 110 立方公尺，共計 725 立方公尺。
- (六) 模組廠配合 112 年度抗旱需求，由新竹緊急海淡計畫移置之相關設備已於 112 年 03 月 26 日返還供復舊，除 4 顆砂濾及 1 台空壓機仍續留曾文溪感潮河段水資源模廠建置計畫使用外，其餘設備儀器均為國統公司財產。
- (七) 曾文溪半鹹水實廠規劃符合飲用水水質標準（及符合台水公司內控值）作為供水水質，除硼及除尿素處理則依視廠商需求另增，實廠產水以專管送至園區分界點，再由園區設置配水池，及後續供應用水端（廠商）。
- (八) 由於感潮河段原水水質 TDS、濁度及 SS 變化大，實廠應先設置調勻池先行取水蓄存水質較佳之原水，調勻池停留時間增大為 24 小時，確保水質處理穩定性；前處理則以混凝沉澱、浮除及 UF 程序去除水中懸浮固體、藻類等微小物質；鹽度及 TDS 則利用 2-Pass RO 系統混合模組（Pass-1：BWRO+SWRO、Pass-2：BWRO），達到兼具高低 TDS 處理需求及提高產水率，亦可維持膜間流速減輕污堵；後端再利用除氨氮、硼樹脂及高級處理（添加 NaOCl 及 NaBr）以去除硼及尿素。
- (九) 經小型混凝試驗，高濁度原水經試驗氯化鐵處理成效優於 PAC，上層液濁度可下降至小於 20 NTU，顯示高濁度原水經混凝沉澱單元可有效去除濁度，可納入後續模組廠或實廠之前處理程序。

- (十) 依模組廠試驗原水水質分析，TDS 與 SS 變化大，TDS 變動範圍介於 302~18,500 mg/L 之間，SS 變動範圍介於 15.5~675 mg/L 之間；考量設施處理能力與供水需求，建議進水限值 TDS 為 20,000 mg/L，SS 為 500 mg/L 或濁度<3,000 NTU。
- (十一) 當 SS 或濁度高於進水限值，建議停止取水或減量取水，以避免取水道淤積堵塞，當 TDS 或濁度較高時，可啟動備援 RO 機組及降低產水率運作方式，以維持供水量穩定。
- (十二) 產水規模為每日 6 萬立方公尺之感潮河段水資源處理廠總工程費約 106.35 億元，處理至飲用水水質之單位產水營運成本約 20.01 元/立方公尺(含稅)，如含硼處理為 20.44 元/立方公尺(含稅)，如含硼與尿素處理為 24.84 元/立方公尺(含稅)。
- (十三) 本計畫針對海淡水、半鹹水與再生水之水源條件、取排輸水規劃、處理程序及產水成本等進行彙整比較，以作為未來主管機關推動水資源開發計畫之評估參考。

水源/項目	半鹹水	海淡水	再生水
水源穩定性	豐枯水期水量變化大，水源供應中等	四季水源穩定，水源供應大	四季水源穩定，水源供應中等
水質穩定性	豐枯水期水質變化大、另有受感潮影響 TDS 變化大	水質變異小、惟受颱風影響，水源 SS 變化大	水質變異小、成分複雜
取排水工程	鄰河道取排水，管線設置應考量河道穩定，需防河道淤積與清淤管理	離岸取水，需海事工程配合，工程費高	鄰污水廠取水，管線距離短，工程費低
處理程序	豐枯水期 TDS 與 SS 變異大，豐水期低 TDS 高濁度，前處理為重點，枯水期高 TDS 低濁度，脫鹽處理為重點	高 TDS 處理為重點，RO 操作壓力高，設備耐鹽份要求高	中等 TDS 與成分複雜，防薄膜污堵為重點
產水用途	民生或產業用水	民生或產業用水	製程生產用水
輸水工程	如直供產業用水較無供水彈性，如併入管網供水效益大	如直供產業用水較無供水彈性，如併入管網供水效益大	僅提供作為不與人體接觸之用水，故常專管直供產業使用
產水成本 (非售水價格)	約 20-30 元/m <sup>3</sup>	約 30-40 元/m <sup>3</sup>	約 15-25 元/m <sup>3</sup>
評析	水源供應量穩定，惟水質變化大，較不穩定，操作難度較高，適合中型廠(5-10 萬 CMD)	水源穩定，處理費用高，產水可供民生用水，用途廣泛，適合大型廠(10 萬 CMD 以上)	污水回收再利用，提高水資源利用，水源有限，適合中小型廠(5 萬 CMD 以下)

## 二、建議

- (一) 感潮河段水資源仍為模組廠試驗階段，法規面尚未如再生水法規要求，應提出用水計畫內容之開發單位，需使用一定比率之系統再生水；建議未來相關單位應評估將感潮河段水資源納入用水計畫需使用一定比率，以提高感潮河段水資源使用需求。
- (二) 依據耗水費徵收辦法第 6 條規定，再生水及海淡水使用達一定量以上並取得證明者，耗水費得予減徵。針對感潮河段水資源使用量（或認購量）能否減徵耗水費尚未有所認定，建議未來相關單位應評估將感潮河段水資源使用量（或認購量）納入耗水費減徵或枯水期節水量抵減計算，以增加廠商使用感潮河段水資源之誘因。
- (三) 感潮河段 TDS 變化大，對淡化脫鹽處理操作難度高，建議若其他河川欲進行模組廠試驗時，可將如 EDR 淡化脫鹽程序納入考量，藉其電流供應可控性，進行水源 TDS 穩定化操作，以降低後端 RO 操作範圍。另感潮河段亦有高低濁度變化大之情形，取水端設施亦受高濁度影響取水功能，以及前處理負擔，建議後再驗證混凝、膠凝、沉澱處理負荷量能與備援數量，以達供水穩定之目標。
- (四) 由於水源受豐枯水期與潮汐影響，水質變化大，增加處理難度與產水水量水質不穩定，模組廠限於經費問題與期程，水源變化與因應對策建議進行長期測試。建議可再持續辦理試驗驗證作業，建立優化處理系統與供水之穩定，包含如長期水源水質觀測、混凝沉澱連續試驗、後浮除藻試驗、EDR 預處理試驗、混合 RO 膜最佳組合評估、水源 TDS 變化之 RO 最適操作、生物處理改善 RO 污堵評估，以瞭解詳細操作參數及對後續薄膜過濾之影響。

專業

創新

永續

---

經濟部水利署南區水資源分署

燕巢辦公區

地址：高雄市燕巢區工程路1號

網址：<https://www.wrasb.gov.tw/>

總機：(07)6166137

傳真：(07)6166046

EBN：10113M0011

定價：新臺幣900元整