

再生水應用規劃

中鋼 新材料研發處 陳彥旻 研究員

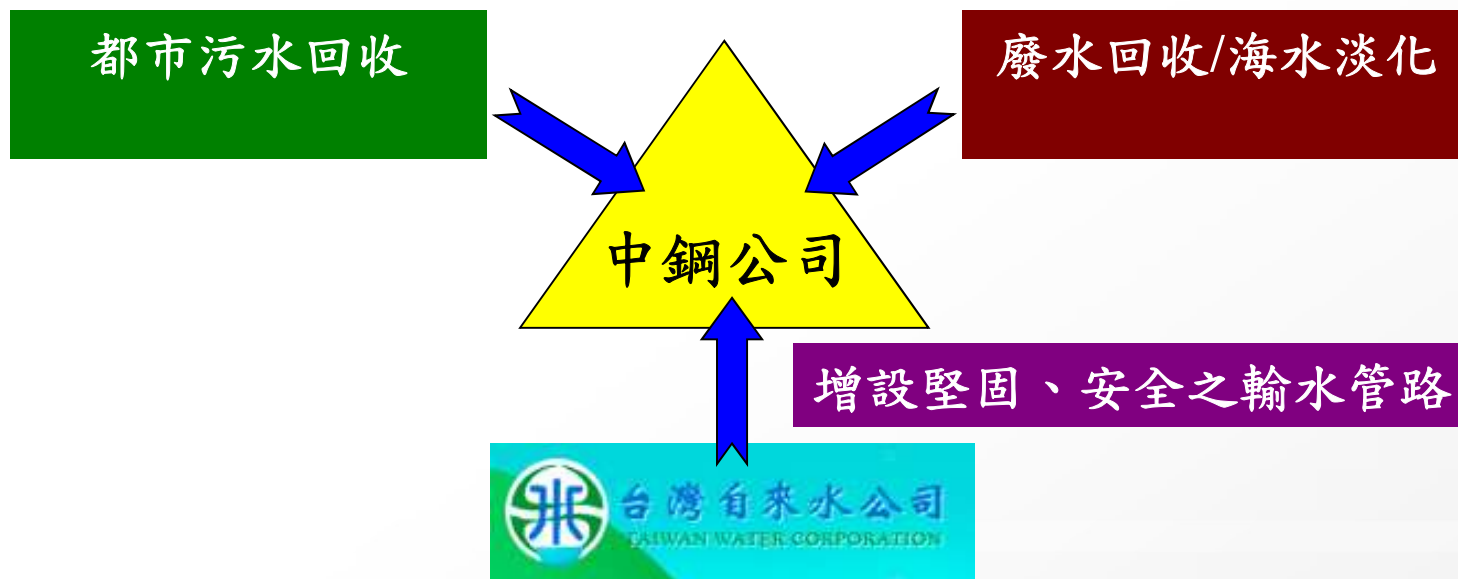
2021年11月8日

簡報大綱

- 壹、前言
- 貳、模場測試建立關鍵參數與水質指標
- 參、適化用水策略與技術建立
- 肆、效益分析
- 伍、結論

壹、前言

考慮企業**永續經營**，思忖**穩定**之**供水水源**為公司營運之**命脈**所繫。除考量評估現有**水源安全性**，另為**避免**未來發生**自來水限水**造成**缺水**情況，有必要開發「**多元水源**」，以防患於未然。



鳳山溪都市污水

- (1) 行政院核定內政部所提「**公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案**」(102.10)
- (2) 內政部長、經濟部長與高雄市政府共同簽訂合作意向書，推動「**鳳山溪污水處理廠放流水回收再利用供給臨海工業區**」為**全國第一例公共污水處理廠放流水回收再利用示範計畫**(102.11)。
- (3) 個案計畫報行政院核定通過(103.09)



經濟部
內政部
縣市政府



都市污水回收再利用模式

	太原鋼鐵	唐山鋼鐵	河北前進鋼鐵	POSCO Pohang
時間	2007	2009	2009	2014
流程	都市污水→生物處理 →砂濾→UF→RO	都市污水二級處理 →化學軟化→沉澱 →作為工業新水； 化學軟化沉澱出水 混和工業廢水 →MMF→UF→RO	都市污水二級處 理→混凝沉澱→ 過濾→UF→RO； 二級 RO 作為鍋 爐補水。	都污二級處理放 流水→UF→RO
用途	製程/冷卻用水	工業新水作為冷卻 補水；RO 為軟水管 網補水。	製程/冷卻用水	製程/冷卻用水
用量	處理生活污水 5 萬噸/日，產出除鹽 水 3.1 萬噸/日	工業新水設計量 7.2 萬噸/日；RO 設計產 量 3.17 萬噸/日	RO 產量=0.74 萬 噸/日；二級 RO 產量=0.39 萬噸/ 日。	RO 設計產量= 10 萬噸/日，佔 整廠用水 43%。
pH	6~9	7~9	6~9	
導電度	≤100	1,100	<200	150
TOC				
COD	≤10	10~20	0	2
SS	≤1	<5	0	0.5
總硬度	≤24		<20	20
鈣硬度		<100		
總氮				
氨氮	≤3		0	
硝酸氮				
總磷	≤1	<2	<1	
Cl ⁻	≤9		<50	30
SO ₄ ²⁻	≤10.5			

	寧波鋼鐵	唐山鋼鐵
時間	2008	2009
流程	都市污水二級處理放流水+自來水(6:1)	都市污水二級處理 →化學軟化→沉澱 →作為工業新水； 化學軟化沉澱出水 混和工業廢水 →MMF→UF→RO
用途	冷卻用水	工業新水作為冷卻補水；RO為軟水管網補水。
用量	都污二級處理放流水+新水=3.75+0.62萬噸/日	工業新水設計量7.2萬噸/日；RO設計產量3.17萬噸/日
pH		7~9
導電度	800~1,200	1,100
TOC		
COD		10~20
SS		<5
總硬度	200~250	
鈣硬度	150~200	<100
總氮		
氨氮		
硝酸氮		
總磷		<2
Cl ⁻	160~220	
SO ₄ ²⁻		
備註	導電度、氯鹽、硬度增加，須優化冷卻水系統緩蝕藥劑與殺菌方案，穩定水質。	

	BlueScope Steel Port Kembla	天津榮程鋼鐵
時間	2005	2008
流程	都市污水二級處理 →MF→RO； 自來水:RO=4:5混 和，作為工業新 水。	鋼廠廢水+都市污水 (7:2)→生物處理→混 凝沉澱→MF→RO； MF+RO產水=1:2混 和，作為工業新水。
用途	冷卻/除塵等非人體 接觸製程	工業新水作為冷卻補 水; RO為軟水補 水。
用量	RO產量= 2.0萬噸/日	工業新水產量= 2.8萬噸/日
pH	7.5	7.19
導電度		
TOC		
COD		58.5
SS	<1	
總硬度	<20	215
鈣硬度		
總氮	<5	10.5
氨氮	<1	
硝酸氮	<4	
總磷	<1	0.19
Cl ⁻	<20	480
SO ₄ ²⁻	<1	207
備註		氯鹽濃度偏高，須藉 優化緩蝕藥劑與殺菌 方案穩定水質。

再生水應用規劃之考量

- 建立自廠基本用水資訊
 - 各用水製程之水量、水質、在不同時間之平衡
- 規劃水量
 - 涉及規模經濟之效益
- 規劃水質
 - 供水與用水之差異
 - 水處理流程設計
- 規劃水穩
 - 蓄水池規模
 - 保命用水量
 - 水質/水量不符標準之應變措施

簡報大綱

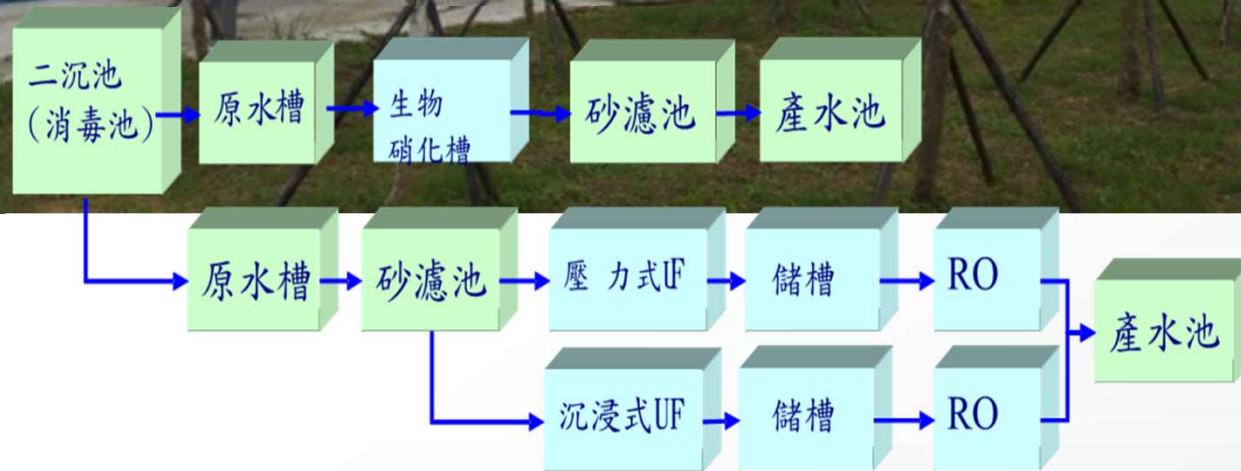
壹、前言

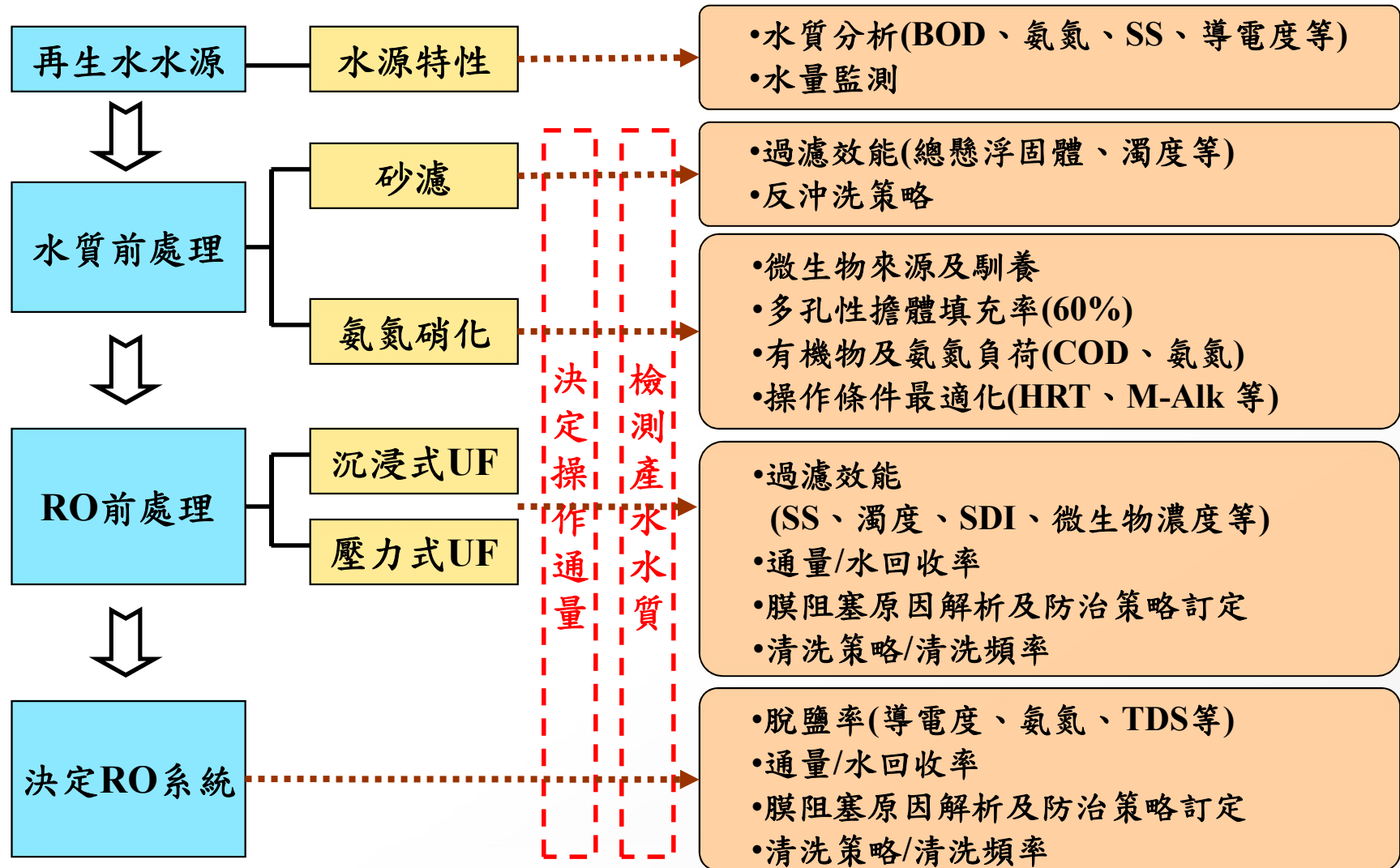
貳、模場測試建立關鍵參數與水質指標

參、適化用水策略與技術建立

肆、效益分析

伍、結論





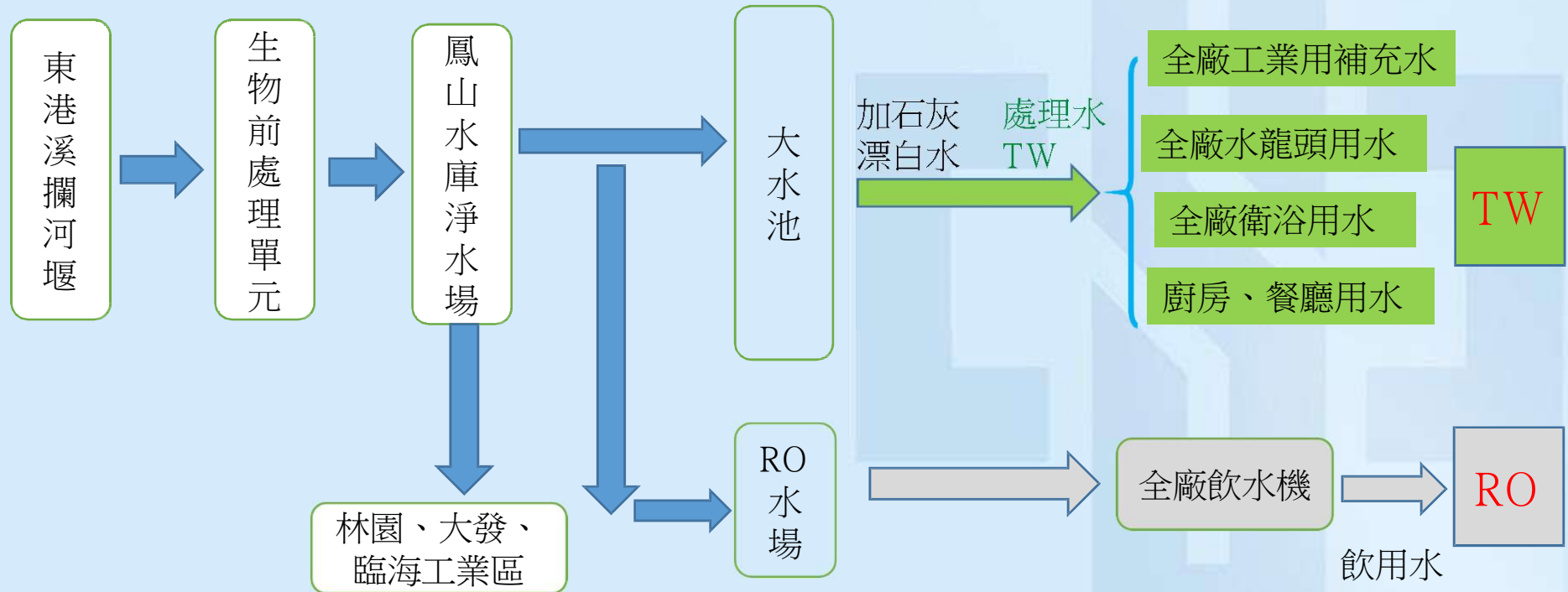
模場測試建立關鍵參數與水質指標

- 評選四種硝化生物擔體，以A牌擔體於水力停留時間20min下，體積負荷平均為 $0.7 \text{ kg NH}_3\text{-N/d/m}^3$ 為最佳操作條件。
- 由於該放流水水量與水質變化造成 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度變異較大，為符合再生產水 $\text{NH}_3\text{-N} < 0.5 \text{ mg/L}$ 之要求，必須採部分或全量硝化策略，將RO進流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 減至 $< 5.0 \text{ mg/L}$ 。
- 生物硝化-UF-RO處理後之再生水水質確認符合中鋼再生水水質標準：導電度 $< 100 \text{ }\mu\text{S/cm}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N} < 0.5$ 、硬度 $< 20 \text{ (as CaCO}_3\text{)}$ 、 $\text{TOC} < 5$ 、懸浮固體 $< 3 \text{ mg/L}$ 、濁度 $< 0.2 \text{ NTU}$ 。

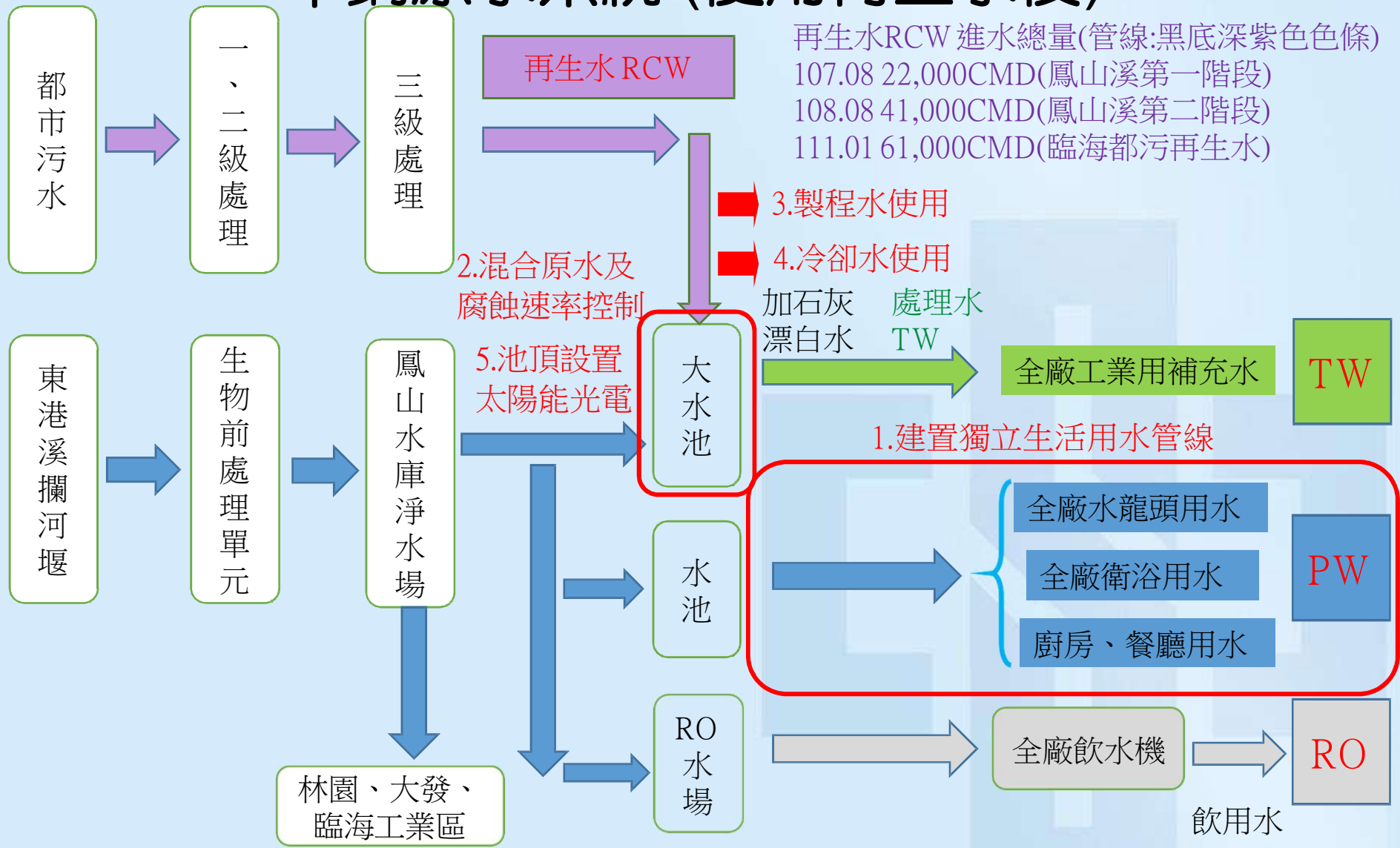
簡報大綱

- 壹、前言
- 貳、模場測試建立關鍵參數與水質指標
- 參、適化用水策略與技術建立**
- 肆、效益分析
- 伍、結論

中鋼原水系統 (使用再生水前)



中鋼原水系統 (使用再生水後)



1. 建置獨立生活用水管線

- 再生水不得供作直接食用及食品業、藥品業之用水，故不宜將再生水併入現有臺水系統(再生水資源發展條例，2015)
- 建置全廠新生活用水管網，水源為臺水自來水，管線顏色以比照臺水自來水管線的天空藍作為區分，並於管線上以PW(Potable Water)縮寫標示，與未來原工業用水管網混入部份再生水的製程用水完全獨立分開。
- 該工程2015年開始建置管網、2018.03規劃接管策略、2018.04逐區切換、2018.06完成管線長度36公里、5個供水區、245個接水點。



1. 建置獨立生活用水管線

- 都污再生水則規劃併入中鋼現有蓄水池與臺水原水相混，此股水透過現有工業用水管網當做全廠製程及冷卻水補水。
- 依再生水水質標準及使用遵行辦法規定，再生水供水管線外露部分以紫色標示以作為區分(再生水水質標準及使用遵行辦法，2016)
- 再生水管材質為HDPE高密度聚乙烯管，由於添加碳黑抵抗紫外線照射，故管線主體底色為黑色，並於四個象限以紫色線條標示，並於管線上以RCW (Reclaimed Water)縮寫標示



2. 混合原水及腐蝕速率控制

- 都污再生水進入中鋼6.5萬噸大水池與自來水混合
 - 第一階段2018年再生水使用2.2萬噸/日混合未軟化之原水4.3萬噸/日，廠內用水鈣硬度約100~132 mg/L as CaCO₃，與過去經石灰軟化後之工業用水鈣硬度相近，藍氏飽和指數(LSI)=-0.5~0.5之pH=7.54~8.54；
 - 2019年再生水4.1萬噸/日混合未軟化之原水2.4萬噸/日，廠內用水鈣硬度約60~80 mg/L as CaCO₃，約為過去經石灰軟化後之工業用水鈣硬度之80%，藍氏飽和指數(LSI)= -0.5~0.5之pH=7.91~8.91。

3.製程水使用

- 以鳳山溪再生水取代臺水自來水，進入離子交換樹脂製程製造純水。
- 經實際使用後，以往使用臺水自來水製造純水，每批次造水量為6,000噸，意即離子交換樹脂產水導電度 $>3 \mu\text{S}/\text{cm}$ 時，距上次再生後，該次總產出之水量=6,000噸；同時，當產水導電度 $>3 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，即進行再生。
- 實際使用鳳山溪再生水製造純水後，每批次造水量大幅提昇為40,000噸至60,000噸之間。
- 離子交換樹脂產製純水操作成本由每噸13元降低至2元，每月造水費用由767,846降低至116,445元(107.09~108.09平均)，每年降低780萬成本。

4.冷卻水使用

- 供應扁鋼胚、氧化還原爐等製程冷卻用之密閉循環水，原採經離子交換樹脂之純水為補充水。
- 為降低補水及銅防蝕藥劑成本，投入評估以鳳山溪再生水直接取代純水為補充水之可行性，同時協同中宇公司自主研發新型防蝕藥劑。
- 經與其他市售防蝕藥劑比較在50°C高溫、5 mg/L之高氨氮下對於銅之抗腐蝕效果，結果顯示中宇藥劑優於市售，可降低>10%成本。

5.池頂設置太陽能光電

- 都市再生水與自來水混合後之緩衝水池可儲水6.5萬公噸，**大水池設置水面型太陽光電系統，裝置總容量為1.21MW。**
- 本體結構由模組、浮體、支架、及沉錨所組成，其中接觸水面的浮體部分，主要以食用級高密度聚乙烯(High Density Polyethylene, HDPE)材質所製作，**符合飲用水等級之安全規範**
- 目前國內外水面型PV系統以設置在埤塘、水庫及滯洪池居多，而此位於工業區大型儲水槽之型式，**為國內第1個應用案例。**



簡報大綱

- 壹、前言
- 貳、模場測試建立關鍵參數與水質指標
- 參、適化用水策略與技術建立
- 肆、效益分析**
- 伍、結論

效益分析

- 2019年新水消耗已較2018年大幅減少約10%。2019年中鋼平均每日新水使用量已下降至約9.92萬噸。單位鋼胚耗用新水量為3.57噸水/噸鋼胚，相較2018年3.98噸水/噸鋼胚、2017年4.91噸水/噸鋼胚，已有大幅降低。
- 4.1萬噸/日再生水於工業用水系統，約可節省石灰軟化成本3.01元/噸、純水製造成本0.41元/噸、減少排放水及廢水處理1.48元/噸，合計4.9元/噸；然使用再生水須增加支出6.3元/噸，總計使用再生水為負效益1.4元/噸。
- 枯水期東港有海水滲入抽水站，而造成水質氯離子異常增加之情形。水質的鹽化將導致中鋼電廠蒸汽產生所需的純淨水系統的產水效率大幅降低。透過引進都污再生水作為工業用水後，已改善鹽化程度。

結論

- 中鋼率先配合國家開發新興水資源政策，在內政部營建署、經濟部水利署和工業局極力牽線促成全國首例公共污水處理廠放流水回收再利用－鳳山溪再生水廠，成為全臺第一個大量使用都污再生水的企業。
- 積極參與此示範計劃，2012年協同中宇公司於鳳山溪污水處理廠設置生物硝化-UF-RO、產水21CMD放流水再生試驗模場，收集長期之水質數據，確認最適硝化擔體及關鍵操作參數，確保水質符合用水需求。

結論

- 為建立第二水源與不同水質操作策略，本研究由原水使用、製程水、冷卻水等層面適化水系統操作，建立工業用水管線防蝕技術並自主研發密閉水系統防蝕藥劑，新水消耗已較2018年大幅減少約10%，單位鋼胚耗用新水量由2017年4.91降至3.57噸水/噸鋼胚。
- 總體而言雖用水費用增加，但能助於改善枯水期原水水質鹽化程度、降低缺水風險以穩定生產，實踐循環經濟，善盡社會企業責任，創造和諧共贏的局面。

感謝聆聽
敬請指教

陳彥旻 研究員

172882@mail.csc.com.tw