

產業節水實務案例說明 與新興水源開發規劃

財團法人中興工程顧問社
朱敬平 cpchu@sinotech.org.tw
100.08.26

背景



為何要進行節水與水回收

🌈 地下水井長年抽用後出現鹽化的情況日趨普遍

👉 地下水水質日漸變劣，對自來水之倚賴反而增加

🌈 氣候變遷，嚴重缺水不再是百年一遇

👉 同樣的生產量下，每減一分用水，就少一分風險

🌈 每節一噸自來水，可以省下：

👉 一噸取水成本

👉 一噸廢水廠內處理成本

👉 一噸廢水的納管費處理

👉 一噸廢水相當之水污費（近期將開徵）

🌈 降低產品「水足跡」將成為一種趨勢

水回收與再生處理

🌈 循環利用

- 📄 在特定一個用途單元（系統）內部循環的水量
- 📄 如冷卻水塔系統中大量的水循環利用

🌈 回收利用

- 📄 已經在某單元（系統）用過的水，提升水質後再用於其他用水單元（系統）的水量
- 📄 屬於跨用途單位之間的水再利用

🌈 再生處理

- 📄 針對原本已要排放至河川水體之廢水（已符合放流水標準之放流水），進一步提升水質，以符各類用途，再送至他處使用
- 📄 經常指送至其他事業或其他非特定事業之用途（如區域民生次級用水）

🌈 代表性單元

- 📄 表面過濾、超過濾膜、逆滲透膜、離子交換、電透析、高級氧化

水回收與再生處理 (續)

可節用或回收之特定廢水

 循環冷卻系統排放水

 鍋爐冷凝排放水

 生活用水

 過濾系統反洗水

 純水逆滲透系統濃排水

 製程清洗用水

 特定製程廢水

水再生利用需符合法定水質標準

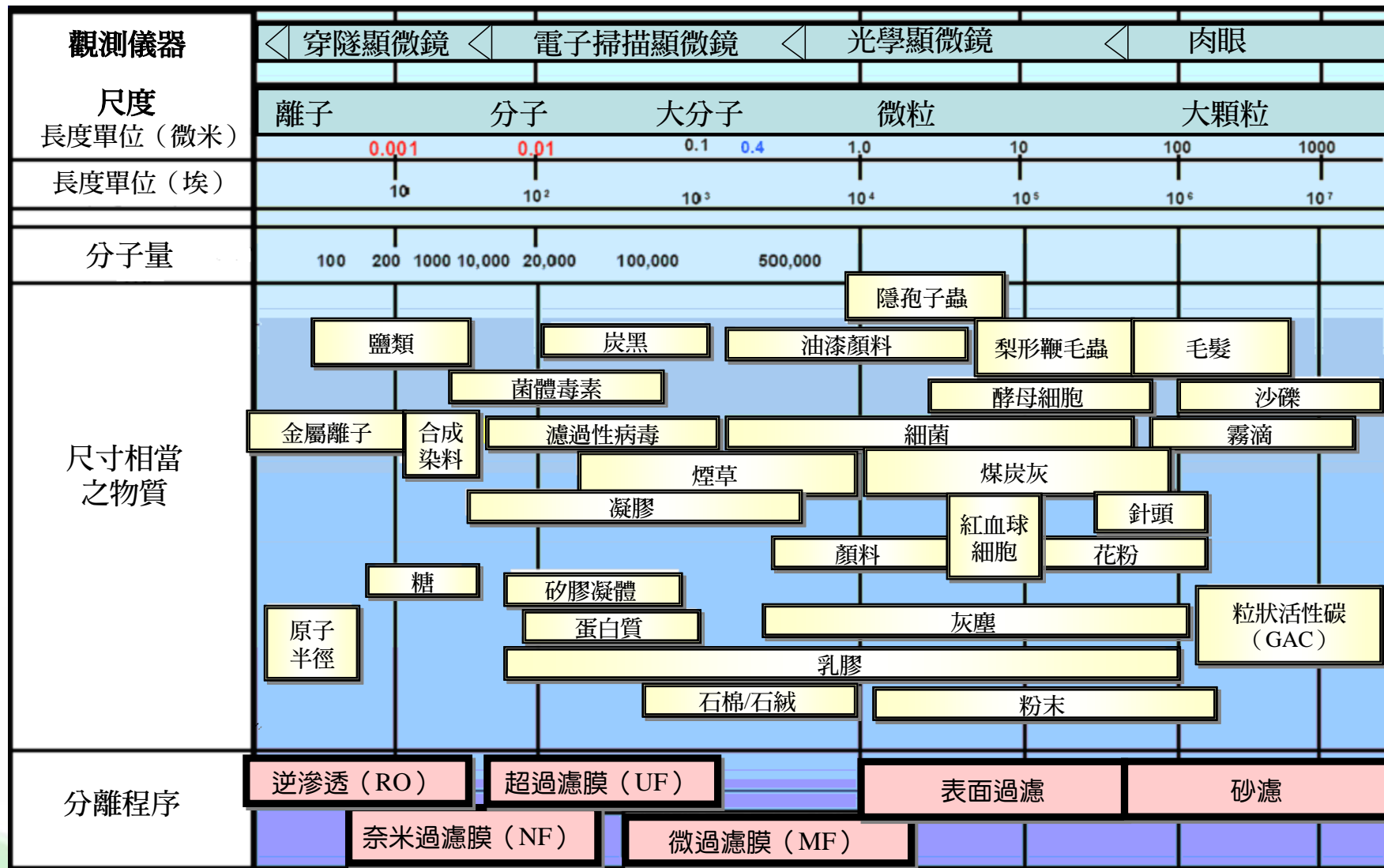
水質項目	景觀用水	自來水 (水利署)	灌溉用水	注入地下水
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	--	--	750	--
生化需氧量 BOD_5 (mg/L)	< 15	--	--	1
總溶解固體TDS (mg/L)	--	800	--	800
氟離子 F^- (mg/L)	--	0.8	--	0.8
氯離子 Cl^- (mg/L)	--	250	175	250
硫酸根 SO_4^{2-} (mg/L)	--	250	200	250
總硬度(mg/L)	--	400	--	--
大腸菌群 (CFU/100mL)	不得檢出	6	--	50
濁度 (NTU)	< 5	2	--	--
總氮(mg/L)	--	--	3.0	--
硝酸鹽氮 $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	--	10	--	10
亞硝酸鹽氮 $\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	--	0.1	--	不得檢出
氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	--	0.5	--	0.1
總磷TP (mg/L)	--	--	--	--
砷As (mg/L)	--	0.05	0.05	0.05
鎘Cd (mg/L)	--	0.005	0.01	0.005
鉻Cr (mg/L)	--	0.05	0.1	0.05
銅Cu (mg/L)	--	1.0	0.2	1.0
鎳Ni (mg/L)	--	--	0.2	0.1
陰離子型界面活性劑 (mg/L)	--	0.5	5.0	0.5
氰化物 CN^- (mg/L)	--	0.05	--	0.01

各種處理單元對於污染物去除效率評估

單元 \ 污染物	加藥沉澱	砂濾	超微細篩機	表面過濾	活性碳吸附	浮除	硝化脫硝	加氯	臭氧	UV殺菌	UV + 雙氧水	芬頓法	MF	UF	NF	RO	離子交換樹脂	電透析	加藥軟化	奈米活性碳電極
細菌	+	O	O	O	+	O	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	*	*
原蟲	+	+	+	+	+	+	*	O	+	+	+	*	+	+	+	+	*	+	*	*
病毒	*	*	*	*	O	*	*	+	+	+	+	O	O	+	+	+	*	+	*	*
大於10µm顆粒	+	+	+	+	+	+	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+	O	*
小於10µm膠體	O	O	+	+	+	+	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	O	+	*	*
色度	+	*	*	*	+	*	*	O	+	O	+	+	O	O	+	+	*	O	*	*
生化需氧量BOD	+	O	O	O	+	*	O	O	O	O	+	O	O	O	+	+	*	O	*	*
化學需氧量COD	+	O	O	O	O	O	O	O	+	O	+	+	O	O	+	+	O	O	*	*
氮	*	*	*	*	O	O	+	O	O	*	*	O	*	*	+	+	+	O	*	*
磷	+	O	O	O	O	O	O	*	*	*	*	*	+	+	+	+	*	+	+	*
重金屬	+	*	*	*	*	O	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+
鹼度	O	*	*	*	*	O	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	*	+
二價以上離子	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+
一價離子	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	O	+	+	+	*	+
溶解性有機物	*	*	*	*	+	*	*	*	+	*	+	O	*	*	O	+	*	*	*	*
微量毒性物質	*	*	*	*	O	*	*	*	O	*	+	*	*	*	O	+	*	*	*	*

註：「+」可有效移除 「O」：具移除效果但較不顯著 「*」：不具效果或缺乏研究資料

各種過濾設備可濾除顆粒尺寸









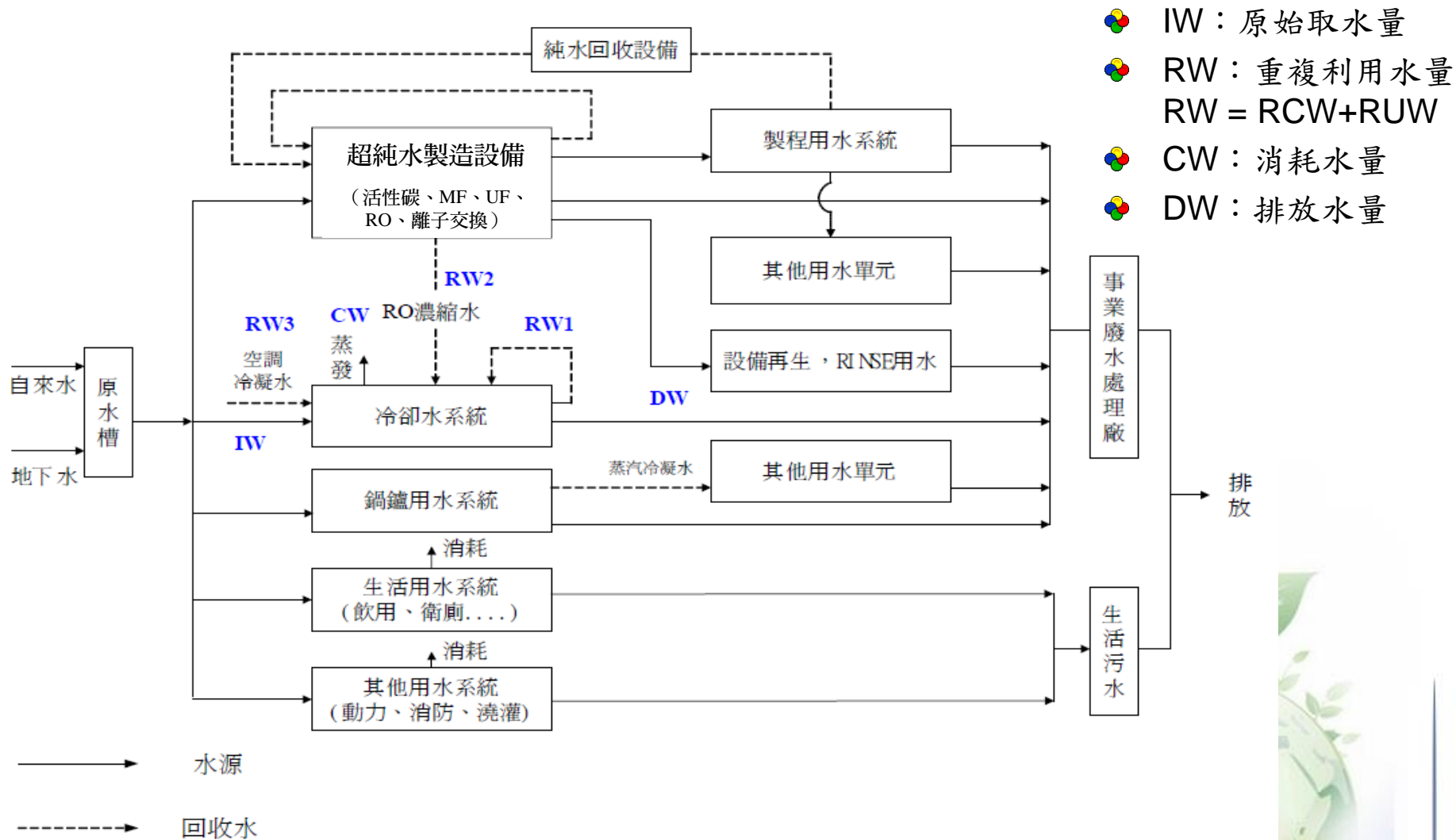
處理系統之設計規劃

第1步：用水清查

調查用水基線資料

-  原始取水量 (IW, Intake Water)：各供應來源引進工廠被第一次利用之水量，包括自來水、地表水、地下水等
 -  循環利用水量 (RCW, Recycling Water)：特定一個用途單元（系統）中循環的水量，如冷卻水塔系統中大量的水被循環利用
 -  回收利用水量 (RUW, Reuse Water)：已經用過的水，再用於其他用水單元的水量，一般是屬於跨用途單位水的再利用
 -  消耗水量 (CW, Consumption Water)
 -  排放水量 (DW, Discharge Water)
-  建置用水平衡圖，並於重要用水點設置流量計

第1步：用水清查 (續)



第1步：用水清查 (續)

🌈 回收率用水指標

R1 回收率 (重複利用率)

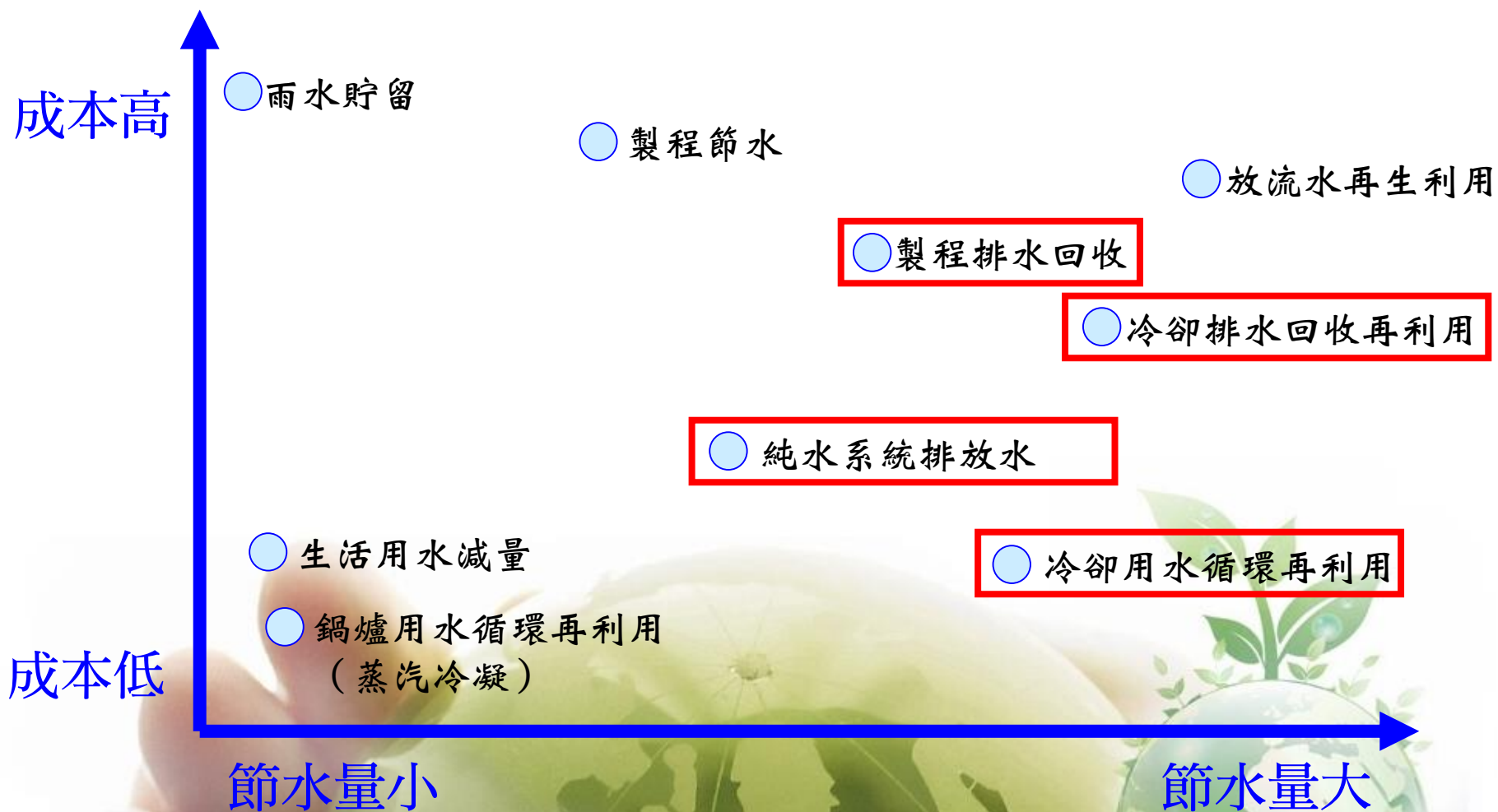
$$= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\%$$

R2 回收率 (不含冷卻水塔循環量)

$$= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\%$$

- R1小於50%或R2小於20%之狀態，有必要檢討是否有節水空間

第2步：界定節水空間



第2步：界定節水空間－冷卻用水

🌈 功能：

- 📄 工業生產中，為吸收或轉移生產設備及製品多餘熱量，維持正常溫度下工作所用之水

🌈 循環操作概述：

- 📄 冷卻用水在與標的物完成熱交換平衡後，進入冷卻水塔中，藉由水的蒸發逸散，達到降溫之目的

🌈 冷卻水塔補水量

= 蒸散量 + 排水量 + 飛散損失

- 📄 蒸散量計算(經驗式)

■ 蒸散量 = $0.0014 \times \text{循環用水量} \times \text{溫度差} (\text{°C})$

或 蒸散量 = $0.0085 \times \text{循環用水量}$

* 蒸散量與循環用水量單位相同



第2步：界定節水空間－冷卻用水 (續)

冷卻用水節水策略

使用潔淨替代水源


- 製程後段清洗用水、RO濃縮水以及貯留雨水等

提升冷卻用水循環次數

- 增加濃縮倍數

冷卻水塔排放水再生循環再利用

冷卻水塔管理問題

-  冷卻用水因蒸發及飛散，導致水中鹽類持續被濃縮，當達一定值即會產生結垢、腐蝕等現象，或因持續暴露於空氣中，而有微生物生長、藻類孳生情形，影響冷卻水塔運作效能

第2步：界定節水空間－冷卻用水 (續)

冷卻用水水質指標

- 🗑️ 結垢：鈣、鎂離子、二氧化矽等鹽垢物質
- 🗑️ 腐蝕：硫酸鹽、氯離子等鹽類物質

濃縮倍數

- 🗑️ 排放水比導電度/進流水比導電度，合理範圍3~6
- 🗑️ 藍氏飽和指數 (Langelier Saturation Index, LSI)
- 🗑️ 穩定指數 (Ryznar Stability Index, RSI)

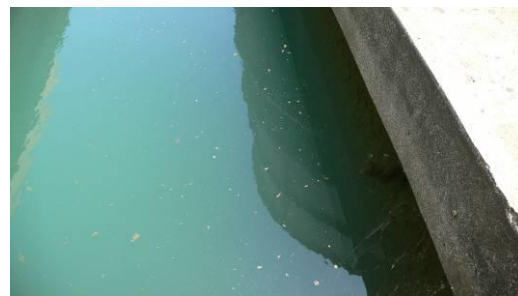
$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ LSI} &= \text{pH} - \text{pH}_s \\ &= \text{pH} - (9.3 + A + B - C - D) \end{aligned}$$

$$\blacksquare \text{ RSI} = 2\text{pH}_s - \text{pH}$$

- ⊕ pH_s：水中飽和時pH值
- ⊕ A：總溶解固體物 (mg/L)
- ⊕ B：水溫 (°C)
- ⊕ C：鈣離子濃度 (mg/L as CaCO₃)
- ⊕ D：鹼度 (mg/L as CaCO₃)

- LSI < 0、RSI > 7，腐蝕傾向，LSI < -2，嚴重腐蝕
- LSI > 0、RSI < 7，結垢傾向，LSI > 2，嚴重結垢
- LSI = 0、RSI = 7，水質穩定，-0.5 < LSI < 0.5，理想狀態

- 🗑️ 微生物孳生：有機物、營養化物質、微生物



第2步：界定節水空間－冷卻用水（續）

增加冷卻用水濃縮倍數管理對策

設置監控系統

- 監測冷卻水塔的水質導電度並定期排放，避免鹽類濃度過高形成結垢或腐蝕，在不影響操作及不破壞設備之前提下，藉由控制冷卻水塔濃縮倍數，達到節約用水之目的

化學加藥法

- 酸劑(硫酸)：降低pH，使重碳酸鈣轉換為溶解度較高之硫酸鈣
- 有機磷酸鹽、聚磷酸鹽：與鈣、鎂、矽、鐵等離子結合成高溶解度錯合鹽，減少碳酸鹽沉積發生
- 磷酸鹽、矽酸鹽、亞硝酸鹽、鉬酸鹽等：抑制金屬的腐蝕或於金屬表面形成一種保護膜，避免腐蝕
- 次氯酸鈉、氯錠：抑制微生物及藻類孳生

冷卻水塔排放水處理方式

過濾處理

脫鹽設備

必要時需輔以生物處理



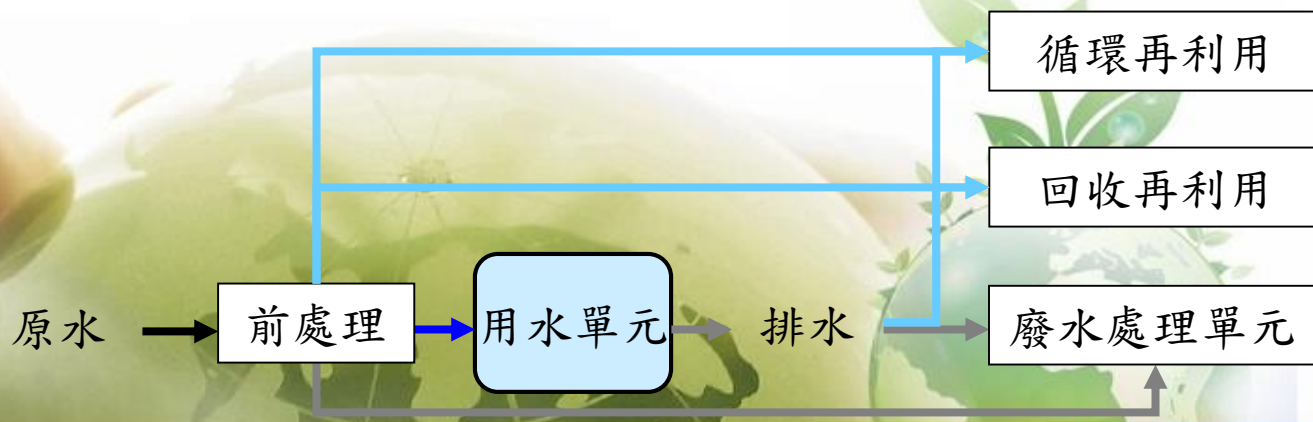
第2步：界定節水空間－製程用水

🌈 功能：

- 👉 作為原料用水或製造過程中原料或半成品進行化學反應或物理作用所需的水，亦包括作為原料、半成品與成品、機具、設備等與生產有關之清洗用水等

🌈 操作概述：

- 👉 原水經取水後，依產品或製程水質要求，進行適當的前處理；而使用過之製程排水由於含有污染物質，視污染程度，選擇排入廢水處理設施，或循環回收再利用
- 👉 依產品製程之不同，排水水質存在極大差異性



第2步：界定節水空間－製程用水 (續)

🌈 化學研磨廢水

💧 定義

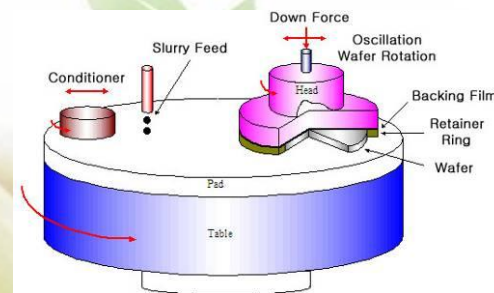
- 化學研磨 (Chemical mechanical polishing) 為將矽晶片表面起伏介電層加以平坦化之技術
- 採用純水加入砥粒形成研漿，進行研磨
- 約數百 m^3/day

💧 問題

- 產生廢水含奈米級砥粒或剝落物，不易以一般過濾去除
- 整體導電度極低，矽顆粒會造成後段逆滲透膜產生嚴重的二氧化矽堵塞

💧 處理程序

- 鋁鹽混凝 + 沉澱 + 多層濾料過濾 + RO + 泥漿脫水
- 沉浸式超過濾膜 + RO + 泥漿脫水



第2步：界定節水空間－製程用水 (續)

微影製程清洗廢水

定義

- 半導體電路製程中，基材經光阻→光罩→顯影→蝕刻後，最後將以去光阻劑剝除基材表面殘餘有機物，而產生廢水
- 在大型TFT-LCD製造廠中，這股水約數百m³/day

問題

- 水中含有數十至數百mg/L的顯影劑(氫氧化四甲基胺TMAH)與光阻劑(乙酸丙二醇甲酯PGMEA)衍生物
- 複雜有機組成(含高濃度有機氮與氨氮)會造成超過濾膜與逆滲透膜之生物阻塞與有機阻塞

處理程序

- 缺氧槽 + 薄膜生物反應器 (MBR) + 逆滲透膜



第2步：界定節水空間－製程用水 (續)

🌈 電鍍重金屬廢水

📄 定義

- 鍍件浸入電鍍槽完成電鍍取出後，會浸入清洗槽洗去高濃度殘留鍍液
- 依鍍液性質，分成氰系、鉻系與酸鹼系三種重金屬廢水
- 在大型印刷電路板廠或封裝廠，這股水約數百 m³/day

📄 問題

- 水中含有氰化物、六價鉻與銅鎳等重金屬
- 含有機螯合劑，影響重金屬氧化及捕捉

📄 處理程序

- 氧化還原 + 混凝沉澱 + 過濾 + RO + 污泥脫水
- 氧化還原 + 重金屬吸附 + 過濾 + RO + 污泥脫水
- 過濾 + 螯合型離子交換樹脂 + RO



第2步：界定節水空間－純水系統排水

🌈 純水系統

🧴 過濾：

- 去除水中固體物質、有機物及微生物
- 反沖洗水具有回收潛力
 - ⊕ 一般佔產水量2~5%
 - ⊕ 處理程序
 - ☀ 混凝沉澱 + 過濾 + 加氯
 - ☀ 微薄膜處理 + 加氯

🧴 離子交換：

- 去除水中硬度、離子，降低進水導電度，以鹽或酸鹼劑再生
- 再生液或可以加藥軟化方式回收之，但成本甚高

🧴 除鹽：

- 去除水中溶解性固體物質，定期進行藥洗
- 逆滲透膜濃排水具有回收潛力
 - ⊕ 約數百m³/day（產水量之40~50%）
 - ⊕ 導電度在1,000μS/cm以內，均具回收效益
 - ⊕ 含多種藥劑（如含磷抗垢劑等），並非只有鹽類問題待處理
 - ⊕ 當含較高濃度矽時（> 60 mg/L），回收率需考慮避免矽垢之產生
- 處理程序
 - ⊕ 濾芯過濾 + RO
 - ⊕ 濾芯過濾 + EDI

第3步：限制分析

🌈 當年度預算是否足夠

🌈 能否突顯節水效益

📁 運用工業局、科管局或加工出口區管理處輔導能量

🌈 有無能力定義具風險水質項目

📁 優先運用在低風險用途，如冷卻系統補充水

🌈 是否能夠安裝第二套管線或桶槽

📁 管架空間大小

📁 容積率規定

📁 建築物結構強度

🌈 是否清楚各股產水水量與流向

🌈 產水水質是否穩定

📁 提高貯留量係增加穩定度之最直接方案

🌈 是否使廢水排放水質劣化（競合問題）

📁 因節水減少水量所降低的納管收費，似大於因節水水質劣化所增加的納管收費



應用案例之研究探討

冷卻用水管理案例說明 (I)

- ❁ 某鋼鐵製造業冷卻水塔原以添加抗垢劑、殺菌劑方式以及定期排放方式管理
- ❁ 冷卻水塔排放水除含有鹽垢物質外，固體物質含量亦偏高(含有鐵砂)
- ❁ 冷卻水塔排放水**增設砂濾處理**，循環作為冷卻水塔補充水
- ❁ 使用冷卻水塔內部用水作為砂濾塔反洗水，砂濾反洗廢水排入廢水處理流程
- ❁ 經濟效益分析

❁ 用水成本

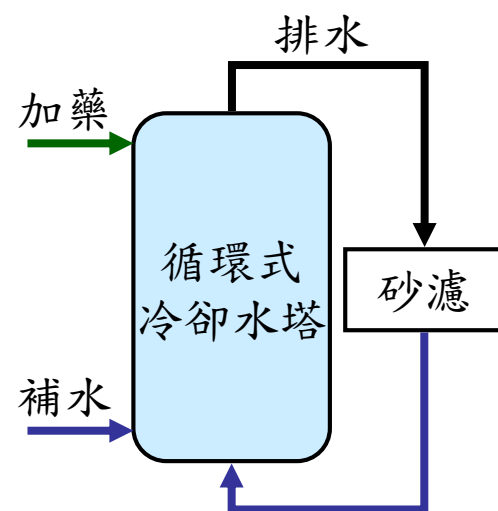
■ 自來水費 (3元/噸，契約價格) + 廢水處理費 (12元/噸)
= 15元/噸

❁ 設備費用

■ 砂濾系統 (處理量6,000 CMD) 約3,000萬

❁ 操作維護費約350萬元

❁ 每噸再生水成本約4元 (以10年攤提)，約13個月可回本



冷卻用水管理案例說明 (II)

某化學材料製造業冷卻水塔原以添加酸劑、抗垢劑、殺菌劑方式以及定期排放方式管理

鈣離子管制值900~1,000 mg/L

導電度管制值3,000 μ S/cm

冷卻水塔排放水增設砂濾與纖維濾料兩道前過濾後，再導入UF+RO再生系統降低導電度，再生水循環作為冷卻水塔補充水（維持既有循環次數不變）

再生系統產生廢水（反洗水與濃排水）排入廢水處理流程

經濟效益分析

用水成本

■ 自來水費 (11.5元/噸)+廢水處理費 (15元/噸)
+ 納管費 (4.5元/噸)= 31元/噸

設備費用

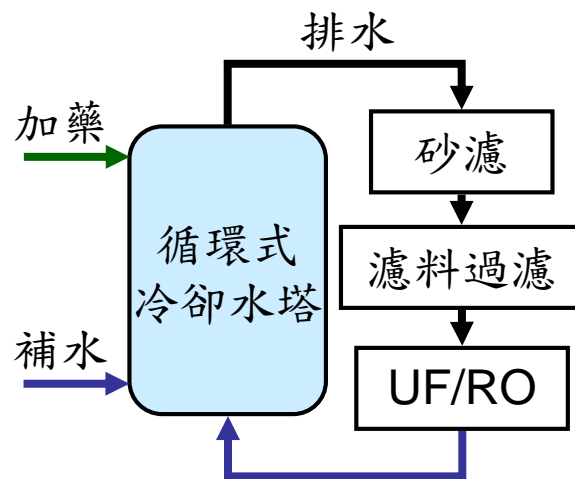
■ 濾料過濾系統 (處理量500 CMD) 約250萬

■ UF/RO系統 (產水量250 CMD) 約700萬

操作維護費約100萬元

每噸再生水成本約21.4元(設備以10年攤提)，約62個月可回本

可延長冷卻水塔使用壽命



製程節水案例說明 (I)

某彩色濾光片製造業

- 改建建築物屋頂作為集雨區域，貯留雨水作為製程原水，貯留量2 CMD
- 增設**沉浸式UF-RO單元**處理冷卻水塔排放水、純水系統前處理設備反洗水、RO濃縮水、純水系統檢測儀器排水、蒸發器EVP冷凝水，再生產水做為製程原水，預計最大節水量可達1,000 CMD
- 增設**混凝沉澱單元-砂濾**，併同處理研磨排水與洗劑濃厚排水，預計最大節水量可達節水量400 CMD
- 放流水直接做為污泥脫水機濾布清洗用水，節水量6 CMD

經濟效益分析

用水成本

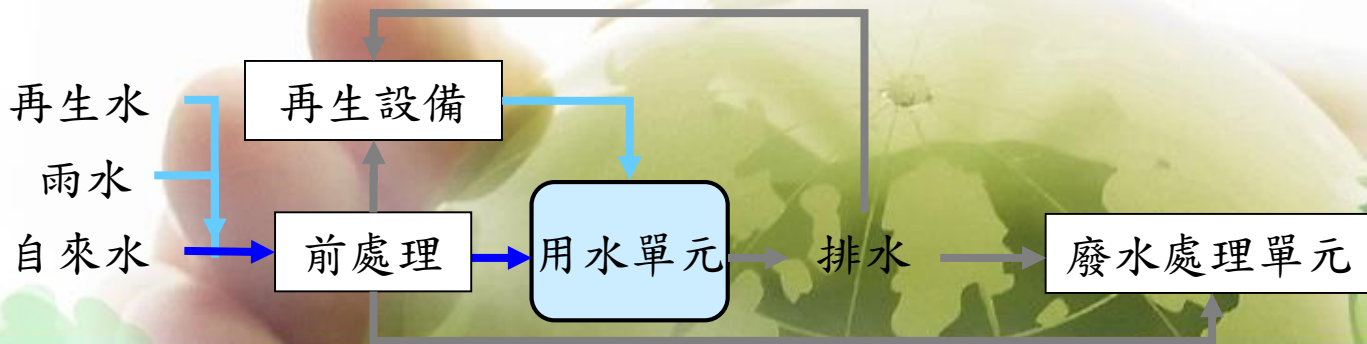
$$\blacksquare \text{ 自來水費 (11.5元/噸)} + \text{廢水處理費 (15元/噸)} + \text{納管費 (12元/噸)} = 38.5\text{元/噸}$$

設備費用

$$\blacksquare \text{ UF/RO系統 (產水量200 CMD) 約800萬}$$

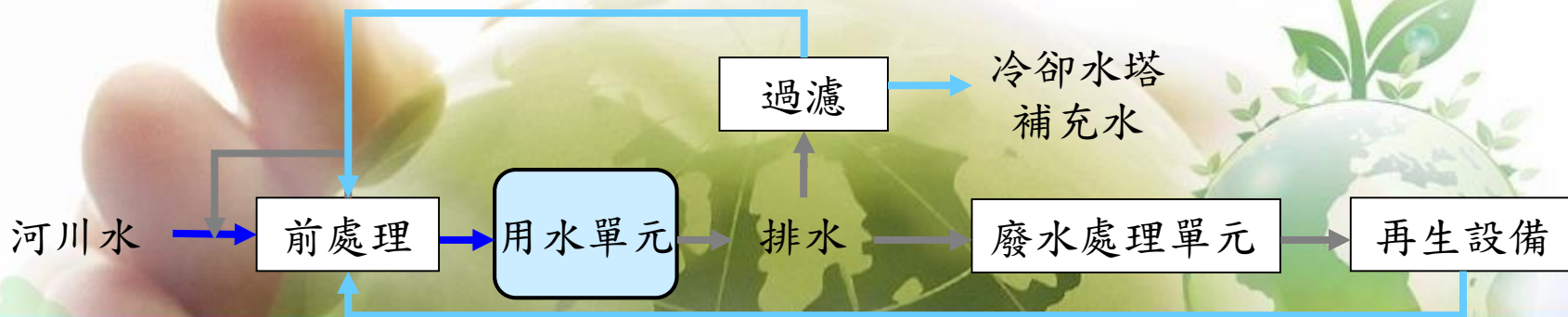
操作維護費約80萬元

每噸再生水成本約21.9元(設備以10年攤提)，約4年可回本



製程節水案例說明 (II)

- 某印刷電路板業水源為河川水，經化學混凝、過濾前處理後，作為製程原水，再經RO處理純化，作為製程用水
- 刷磨機廢水以**袋濾**收集銅粉後，回收作為製程原水
 - 進流水質銅離子<1 mg/L、導電度約260 μ S/cm
- 製程排水分流收集較潔淨數股排水
 - 增設袋濾及匣式濾芯等表面過濾單元**，作為冷卻水塔補充水，最大節水量評估可達400 CMD
 - 若改**增設化學混凝-過濾處理-UF-RO**再生系統，產水可作為製程原水（產水導電度控制在30 us/cm以下），最大節水量評估可達1,000 CMD
- 經濟效益分析
 - 用水成本
 - 自來水費 (11.5元/噸)+廢水處理費 (28元/噸) = 39.5元/噸
 - 設備費用
 - UF/RO系統 (產水量1,800 CMD)約5,400萬
 - 操作維護費約550萬元
 - 每噸再生水成本約16.6元(設備以10年攤提)，約32個月可回本



製程節水案例說明 (III)

- 某化學材料製造業自來水經過濾處理，作為冷卻用水；經離子交換去除水中硬度及離子，供應製程原水及鍋爐用水
- 離子交換再生廢水**增設加藥軟化系統（流體化床結晶槽）**，去除水中硬度及鹽類，循環做為製程原水
- 無機製程排水**增設消毒—多重過濾 (MMF)—活性炭—UF—RO再生系統**，產水可作為冷卻水塔補充水
- 冷卻水塔除既有添加抗垢劑、殺菌劑，**增設監測導電度**設定定期排放，評估濃縮倍數可從既有4倍增至6倍

經濟效益分析

用水成本

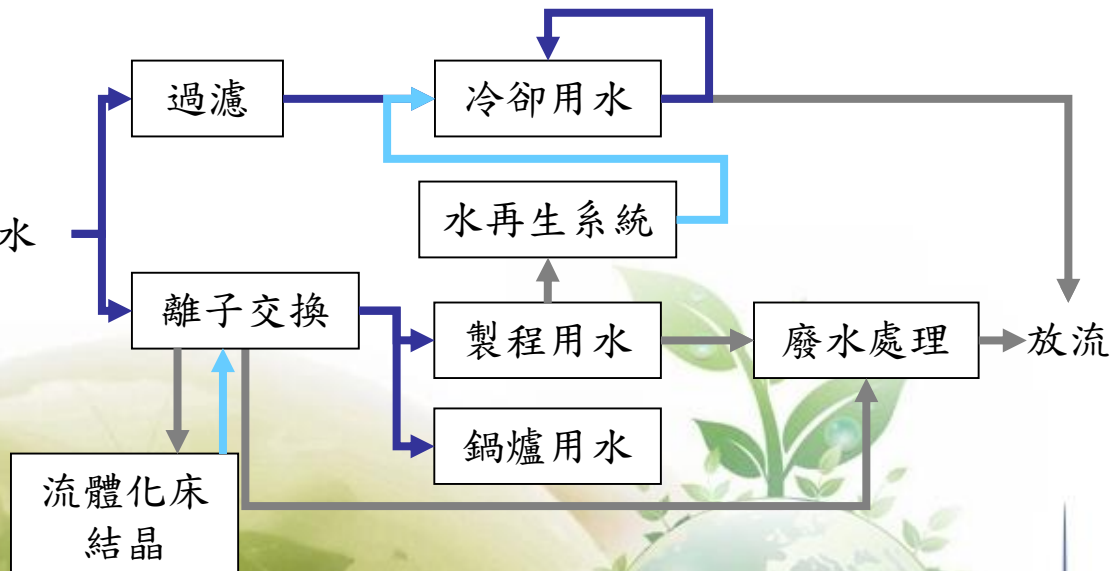
$$\begin{aligned} & \blacksquare \text{ 自來水費 (11.5元/噸)} + \\ & \text{廢水處理費 (25元/噸)} + \text{自來水} \\ & \text{納管費用 (6元/噸)} \\ & = 42.5 \text{元/噸} \end{aligned}$$

設備費用

- MMF+活性炭系統約3,200萬 (處理量8,000 CMD)
- UF/RO系統約14,000萬 (產水量4,000 CMD)

操作維護費約1,600萬元

每噸再生水成本約22.7元，約45個月可回本



結論

🌈 節水與水回收已成為一種趨勢

📁 建立全廠用水監控設備

- 建立全廠用水基線資料，掌握各用水點之水質資訊
- 排水分流收集
- 裝設水表，紀錄及盤查整廠各類用水情形
- 設置導電度計、pH電極，監控各股排水水質變化

📁 建置工業用水指標，據以評估各標的用水合理性

- R1回收率(重複利用率)
- R2回收率(不含卻水塔循環量)
- 單位產品用水量

📁 分析水質、水量資訊，評估潛在節水空間

- 水質調查
- 積垢腐蝕指標

📁 依回收水質特性選擇適當之處理單元

新興水源利用



新興水源利用

- ❁ 傳統水資源主要來自於河川、水庫及地下水，惟因近年來氣候變遷，導致河川豐枯不定，加上部分地區大量超抽地下水，導致地層下陷或海水入侵，且水庫興建又迭遭保育團體質疑及抗議，致使傳統水資源面臨供給不足的壓力
- ❁ 在各種天然條件限制及環境保育政策考量下，傳統水資源已不易開發，經濟部水利署因此尋求「**新興水源**」作為輔助性水源，以供應水利法規定之**第三順位「工業用水**」（**主要為新開發案**）；其中，「**廢污水回收再利用**」即為新興水源之一環

新興水源分類

	一	二	三	四	五
	都市污水	工業廢水	農業水源	海水	雨水
回收 (取用模式)	建築物內 中水回收	事業製程 節水 (工業節水)	農田 迴歸水 利用	--	--
再生 (取供模式)	都市污水 處理廠 放流水再生	工業區廢水 處理廠 放流水再生	農業灌區 末端排水 (灌區尾水) 回收	海水 淡化	雨水 貯留 處理

：手冊規劃內容說明重點

新興水源分類 (續)

再生處理 (取供模式)

- 針對原本已要排放至河川水體之廢水 (已符合放流水標準之放流水)，進一步提升水質，以符各類用途，再送至他處使用
- 經常指送至其他事業或其他非特定事業之用途 (如區域民生次級用水)

循環與回收 (取用模式)

循環利用

- 在特定一個用途單元 (系統) 內部循環的水量
- 如冷卻水塔系統中大量的水循環利用

回收利用

- 已經在某單元 (系統) 用過的水，提升水質後再用於其他用水單元 (系統) 的水量
- 屬於跨用途單位之間的水再利用

水再生示意圖

回收（取用模式）

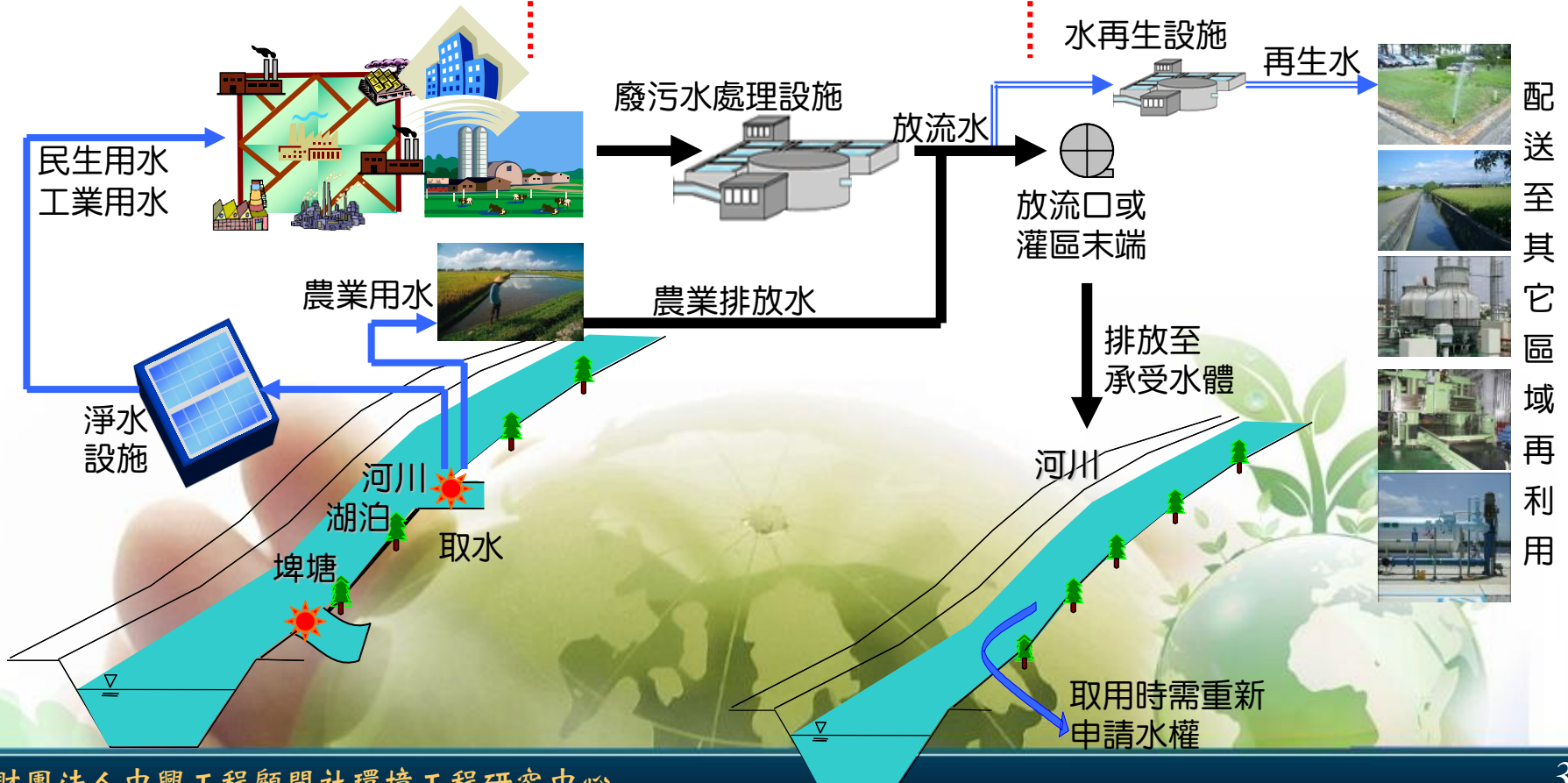
事業/家戶於建築物內產生之廢水，符合放流水標準後可進行內部回用

處理

事業/家戶使用後之廢污水處理至符合放流水標準後排放至承受水體

再生（取供模式）

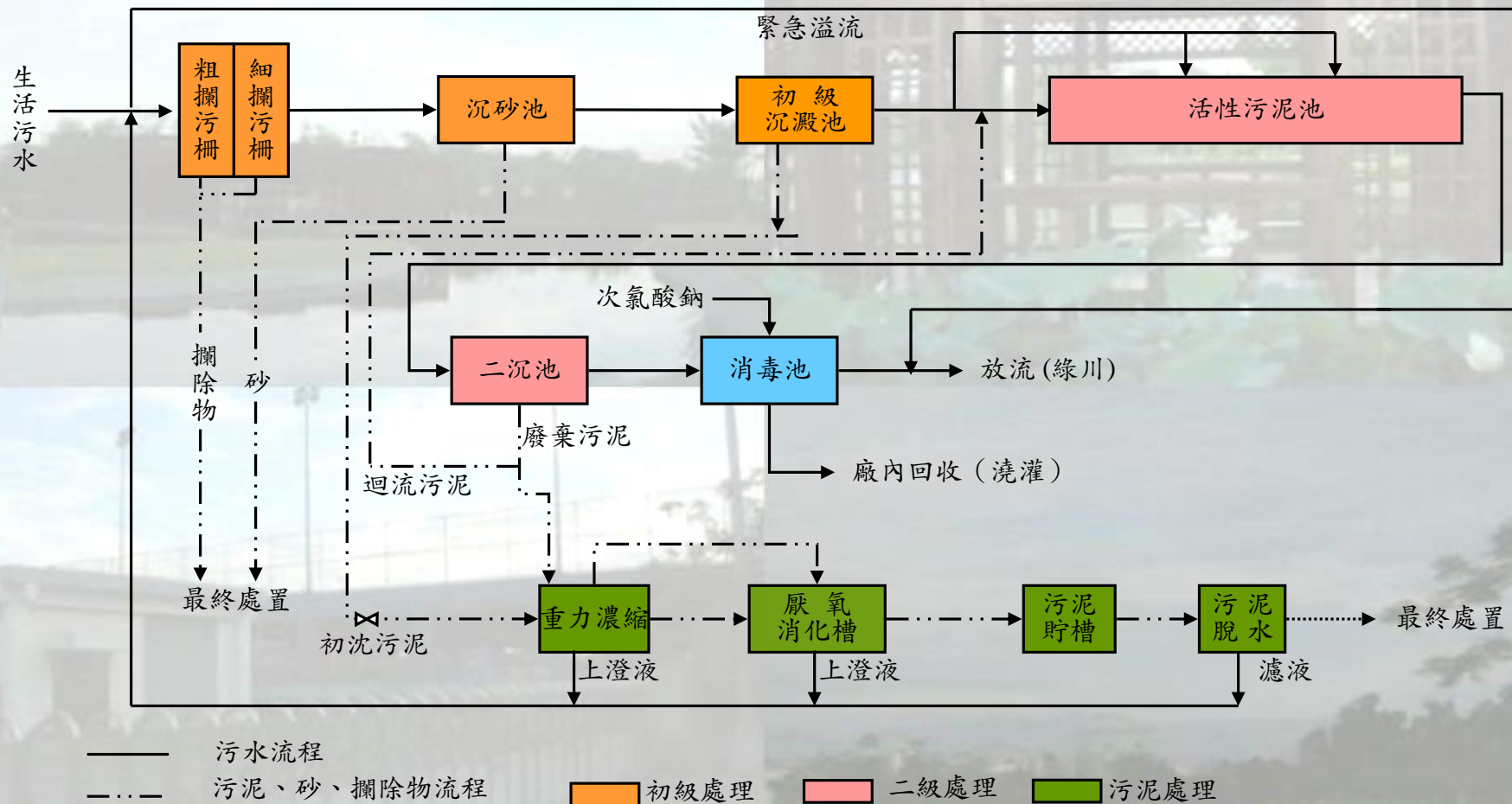
事業/家戶排放前處理至符合各類用途法規標準，送至其他用戶端使用



配送至其它區域再利用

典型都市污水處理廠處理流程

福田水資源回收中心

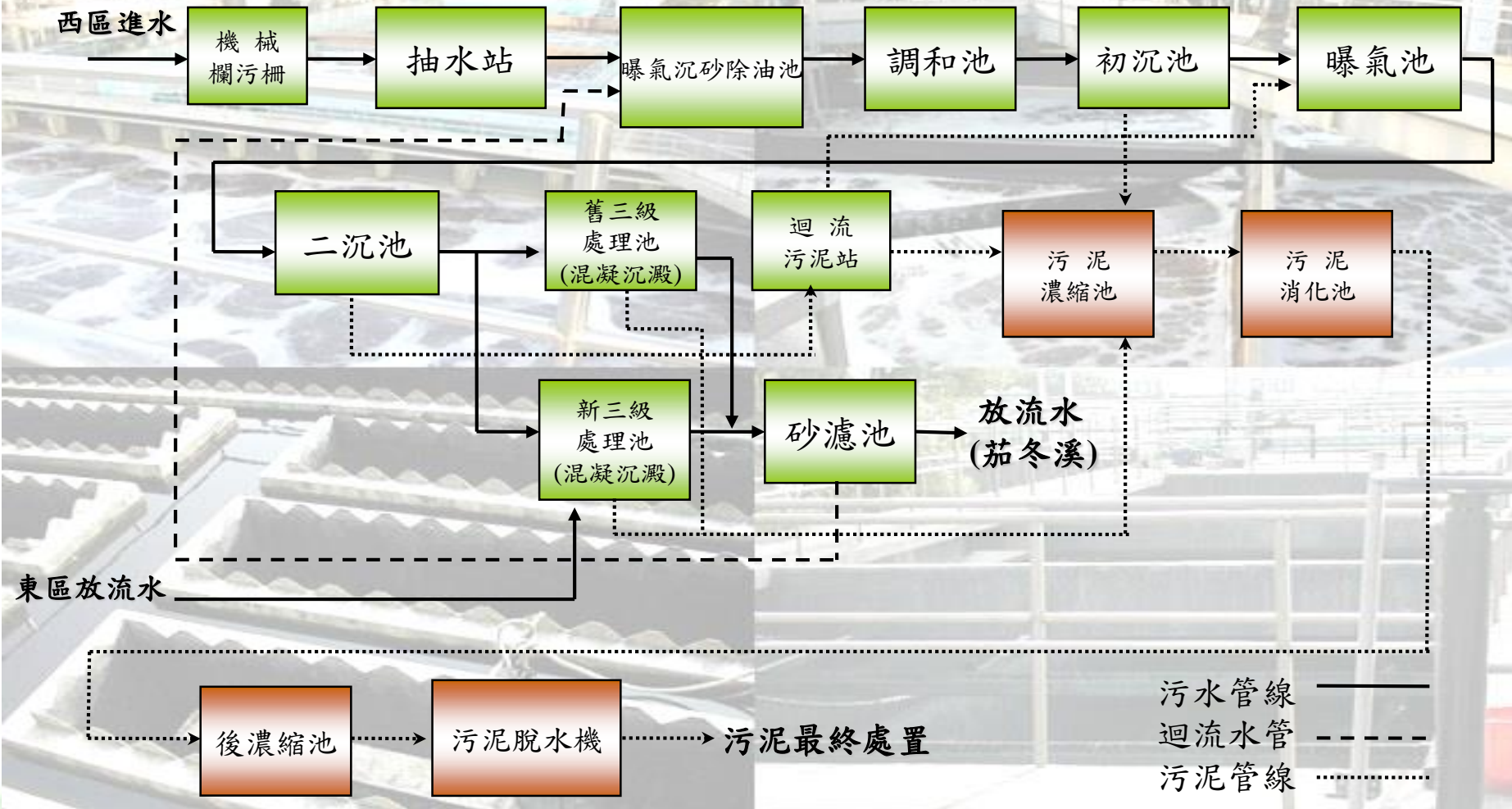


典型都市污水處理廠放流水水質

水質項目	都市（初級）	都市（二級）	都市（二級）	都市（二級）	都市（二級）	都市（二級/感潮）
	八里污水處理廠放流水	福田水資源回收中心放流水	林口南區污水處理廠放流水	台中港特定區污水處理廠放流水	鳳山溪污水處理廠放流水	安平污水處理廠放流水
導電度	1020	427 ~ 459	787 ~ 791	722 ~ 834	371 ~ 790	1200 ~ 2000
TDS	512	216 ~ 354	348 ~ 513	349 ~ 606	371 ~ 494	944 ~ 2410
F ⁻	*	0.05 ~ 0.18	0.18 ~ 0.2	0.2 ~ 1.34	0.14 ~ 0.25	0.16 ~ 0.41
Cl ⁻	164	16.8 ~ 45.3	73 ~ 232	92.9 ~ 156	41.1 ~ 126	308 ~ 1080
SO ₄ ²⁻	73	56 ~ 63	75.53 ~ 141	26.9 ~ 29.8	75.8 ~ 88.4	80 ~ 197
總硬度	173	81 ~ 168	182 ~ 191	57 ~ 138	232 ~ 241	293 ~ 527
濁度	45	1.2 ~ 4.3	0.12 ~ 8.88	0.14 ~ 2.32	0.39 ~ 2.8	1.2 ~ 2.2
總氮	22.1	17 ~ 20	17.34 ~ 20.3	2.26 ~ 46.8	26.11 ~ 31.5	10 ~ 14
NO ₃ -N	0.2	16.6 ~ 19.7	15.2 ~ 18.8	0.16 ~ 44.8	22.6 ~ 23.5	9.2 ~ 12.9
NO ₂ -N	0.07	<0.01	0.01 ~ 0.09	0.01 ~ 0.02	1.67 ~ 1.71	0.01 ~ 0.03
NH ₃ -N	20.6	0.01 ~ 0.42	0.05 ~ 0.97	0.14 ~ 1.11	1.08 ~ 6.15	0.05 ~ 0.3
TP	1.6	1.46 ~ 3.49	3.35 ~ 7.17	10.98 ~ 40.18	2.63 ~ 7.63	*
As	*	ND	ND ~ 0.002	ND ~ 0.004	ND	0.003 ~ 0.007
Cd	0.004 ~ 0.024	ND ~ 0.001	ND	ND	ND	ND ~ 0.009
Cr	0.04	ND	0.003 ~ 0.02	ND ~ 0.002	ND ~ 0.001	ND
Cu	0.01 ~ 0.12	ND ~ 0.005	0.008 ~ 0.017	0.013 ~ 0.119	0.004	ND
Ni	0.18	ND ~ 0.009	ND ~ 0.0245	ND ~ 0.0058	ND ~ 0.0037	ND
陰離子型界面活性劑	3.49	ND	ND ~ 0.05	ND ~ 0.06	0.15 ~ 0.18	ND ~ 0.22
CN ⁻	0.008	ND ~ 0.004	ND	ND ~ 0.002	ND ~ 0.055	ND ~ 0.002

典型工業區廢水處理廠處理流程

新竹工業區西區廢水處理廠

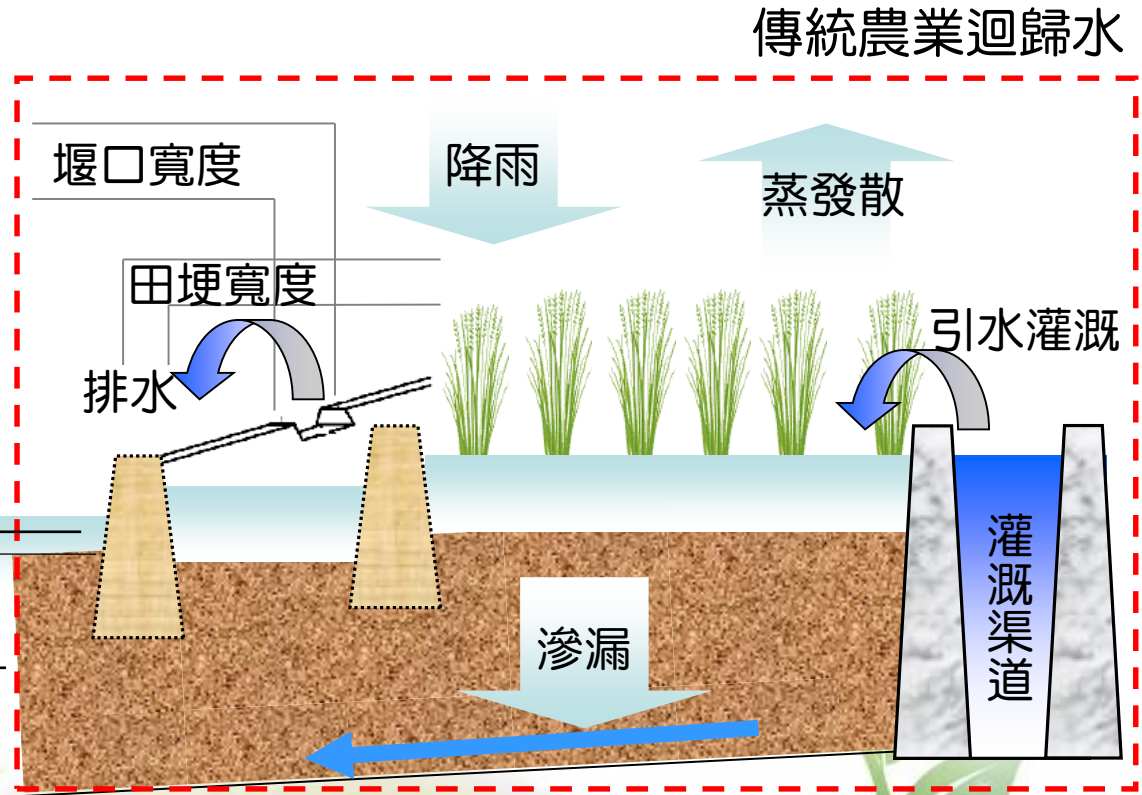


典型廢水處理廠放流水水質

廢水廠 水質項目	工業 (初級)	工業 (三級/綜合)	工業 (三級/科技園區)	工業 (三級/綜合)	工業 (三級/綜合)	工業 (三級/科學園區)
	林園工業區 廢水廠放流水	新竹工業區 廢水廠放流水	華亞科技園區 廢水廠放流水	臨海工業區 廢水廠放流水	龜山工業區 廢水廠放流水	中科台中基地 廢水廠放流水
導電度	6680 ~ 6860	2700 ~ 3700	870 ~ 895	3,500 ~ 5,420	1,538 ~ 2,040	2630 ~ 3020
TDS	3300 ~ 3680	2000 ~ 2400	390 ~ 444	1,610 ~ 3,040	867 ~ 916	1380 ~ 1660
F ⁻	1.12 ~ 3.93	*	1.96 ~ 2.05	1.68 ~ 4.60	0.1 ~ 0.15	4.2 ~ 4.6
Cl ⁻	210 ~ 1190	280 ~ 480	96.9 ~ 239	950 ~ 1260	236 ~ 688	628 ~ 654
SO ₄ ²⁻	17.46 ~ 943	520 ~ 880	75.23 ~ 106	44.72 ~ 447	69.25 ~ 200	70.5 ~ 207
總硬度	513 ~ 710	220 ~ 700	104 ~ 124	352 ~ 361	112 ~ 128	256 ~ 266
濁度	4.0 ~ 7.0	3.7 ~ 6.9	3.8 ~ 6.3	2.8 ~ 9.7	3.2 ~ 7.7	2.6 ~ 3.2
總氮	12.3 ~ 12.6	16 ~ 25	21.80 ~ 23.2	12.9 ~ 22.55	13.04 ~ 18.8	32.3 ~ 33
NO ₃ -N	8.1 ~ 10.0	15 ~ 23	6.87 ~ 16.50	0.03 ~ 18.20	5.45 ~ 12.8	13.9 ~ 15.4
NO ₂ -N	0.1 ~ 0.88	<0.01	0.31 ~ 0.48	0.04 ~ 0.22	0.02 ~ 3.32	0.20 ~ 0.28
NH ₃ -N	1.1 ~ 2.5	0.08 ~ 0.12	4.43 ~ 15.8	3.68 ~ 8.64	0.07 ~ 0.26	16.3 ~ 18.8
TP	1.93 ~ 6.76	3.4 ~ 15	8.40 ~ 8.93	4.24 ~ 6.56	0.22 ~ 1.18	19.9 ~ 54.7
As	ND ~ 0.004	*	ND ~ 0.024	ND ~ 0.013	ND	ND
Cd	ND ~ 0.0004	0.01	ND ~ 0.0004	ND ~ 0.0003	ND ~ 0.0004	ND ~ 0.0006
Cr	0.0038 ~ 0.0045	0.04	ND ~ 0.0017	0.0041 ~ 0.017	0.0048 ~ 0.009	0.0027 ~ 0.0028
Cu	0.01 ~ 0.0487	0.11	0.036 ~ 0.0665	0.0036 ~ 0.017	0.057 ~ 0.0603	0.0044 ~ 0.0047
Ni	0.0268 ~ 0.0272	0.18	0.022 ~ 0.0472	0.041 ~ 0.056	ND ~ 0.0236	ND ~ 0.0152
陰離子型 界面活性劑	0.08	0.2 ~ 0.32	0.07 ~ 0.11	0.08 ~ 0.17	0.46 ~ 0.53	ND ~ 0.06
CN ⁻	ND ~ 0.009	0.008 ~ 0.01	ND ~ 0.025	ND	ND ~ 0.002	ND ~ 0.012

農業排放水示意圖

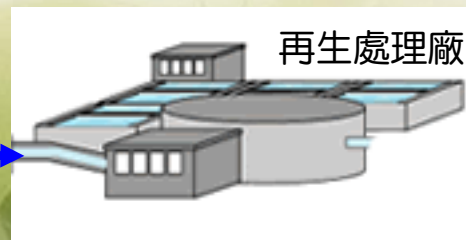
各灌區引水灌溉與迴歸利用後，排入最下游區域排水（水權消滅點）之前的剩餘水量



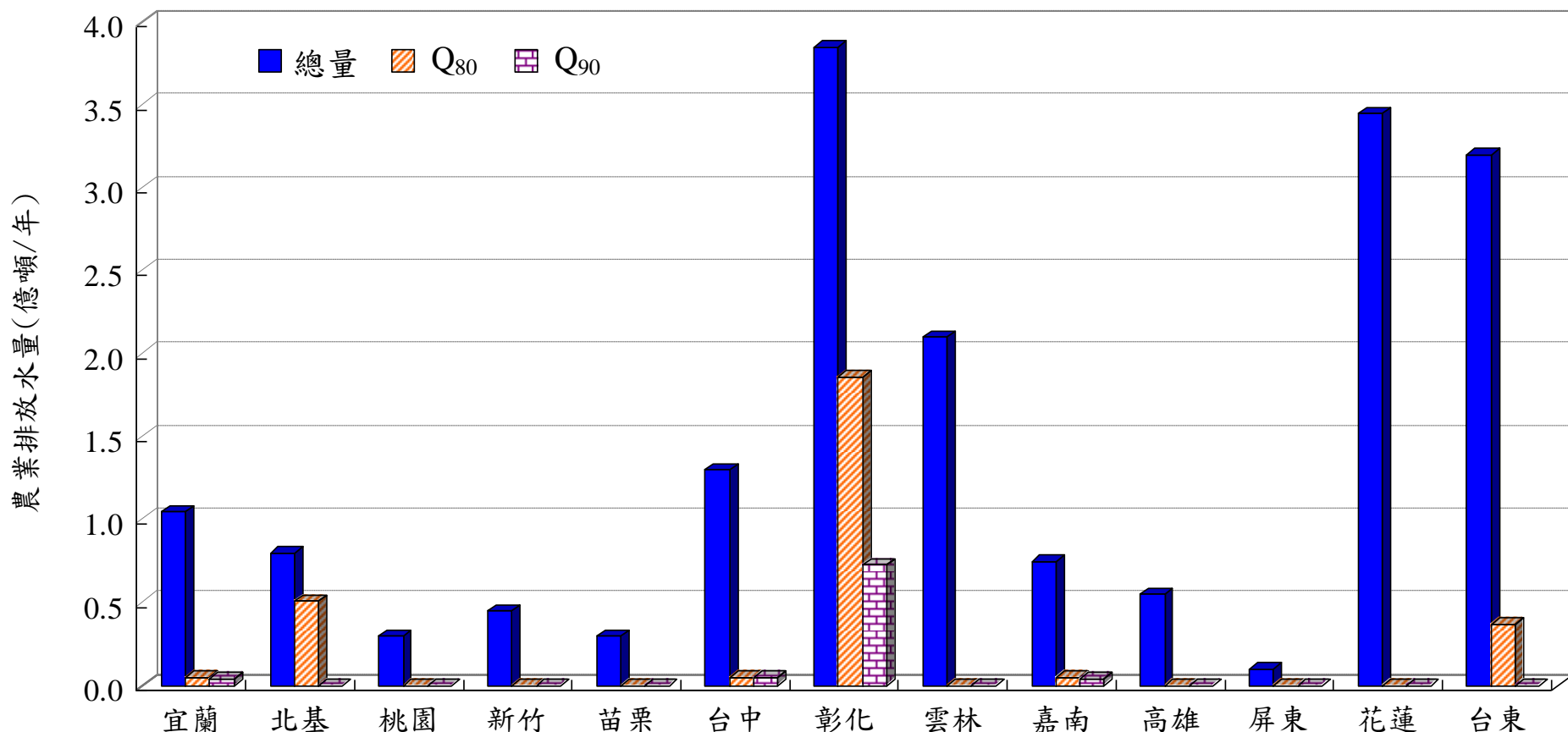
農業排放水

區域排水
水利會大排

調蓄池



各水利會農業排放水水量推估



備註：1. 統計資料截至98年1月

2. Q_{80} 指「80%潛能量」，代表80%之時間裡流量高於此值

2. Q_{90} 指「90%潛能量」，代表90%之時間裡流量高於此值

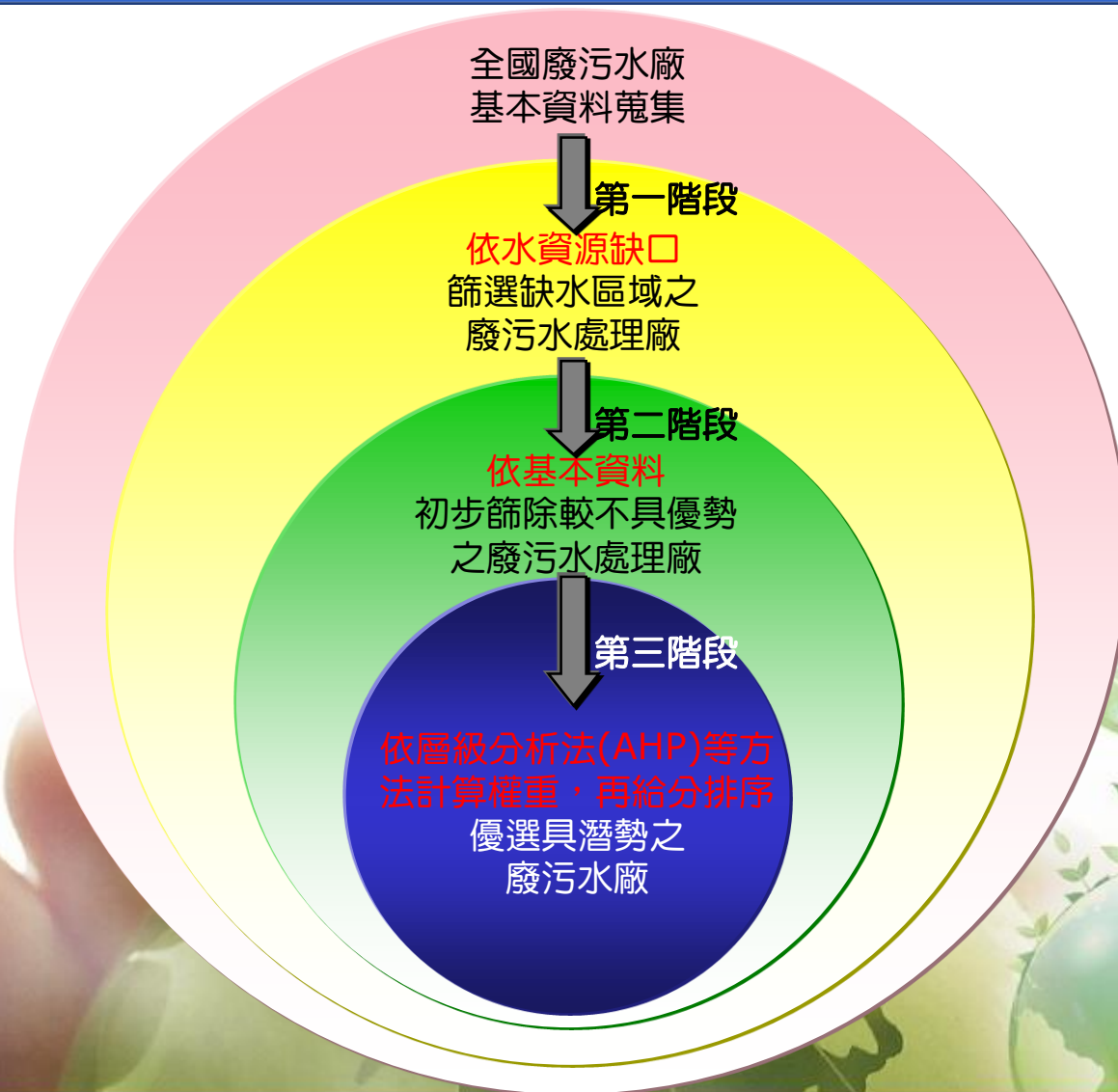
典型農業排放水水質（無感潮）

水質項目	雙溪	大肚圳排水路	舊濁水溪	竹圍大排
導電度	340 ~ 405	127~522	770 ~ 845	460 ~ 590
TDS	290 ~ 360	113~420	430 ~ 740	230 ~ 430
Cl ⁻	35 ~ 40	5.3~48.3	15 ~ 21	3.6 ~ 24
總硬度	100 ~ 110	46.5~183	270 ~ 440	210 ~ 320
濁度	20 ~ 30	17~31.2	9 ~ 18	25 ~ 265
總氮	4.0 ~ 5.0	2.07~6.07	3.5 ~ 70	3.1 ~ 9.8
NO ₃ -N	2.0 ~ 2.15	0.68~4.68	0.5 ~ 0.6	0.4 ~ 3.6
NO ₂ -N	0.2 ~ 0.4	0.02~0.31	0.1 ~ 0.4	0.04 ~ 0.1
NH ₃ -N	0.8 ~ 0.9	0.46~2.12	1.1 ~ 22.5	0.7 ~ 6.2
TP	0.2 ~ 0.3	0.03~0.64	0.3 ~ 1.0	0.1 ~ 1.0
As	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND
Cr	ND ~ 0.005	ND	ND ~ 0.002	ND ~ 0.015
Cu	ND ~ 0.006	ND	ND ~ 0.007	ND ~ 0.03
Ni	ND ~ 0.02	0.01~0.02	ND	ND ~ 0.02

選址與再生程序規劃原則

The background is a composite image. At the top right, there are blue solar panels. In the middle left, there is a row of white wind turbines. In the bottom left, there is a two-story house with a porch. In the bottom right, there is a city skyline with several buildings. In the center, there is a globe with a green plant growing out of it. The overall theme is sustainable development and environmental planning.

評選具再生潛勢廢污水處理廠流程示意圖

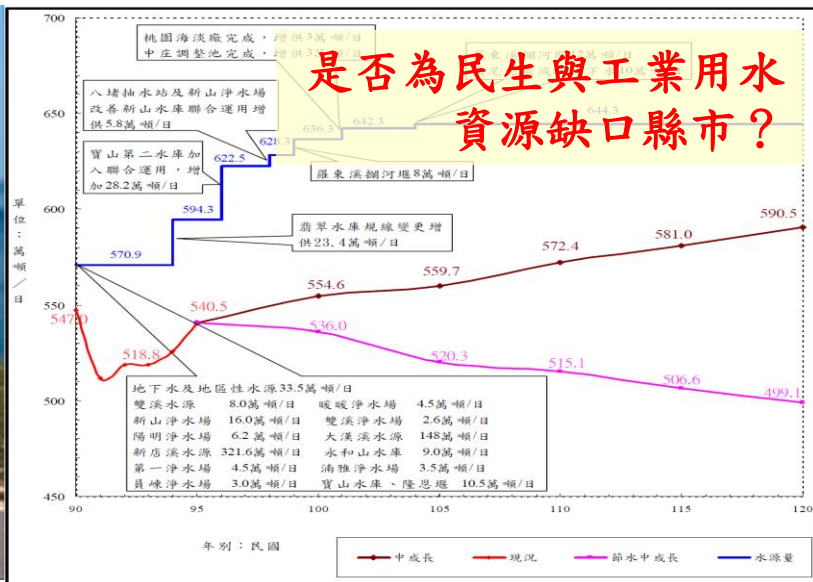


第一階段評選：適合以再生水補充之區域

是否為天然水資源缺乏的離島區域？



是否為民生與工業用水資源缺口縣市？



是否為亟需補注地下水以阻止海水入侵之區域？

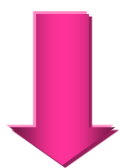


鄰近是否有專供灌溉的水庫？

第二階段評選：依各廠條件作初步排除



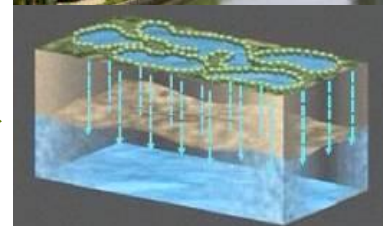
第二階段評選：依各廠條件作初步排除 (續)



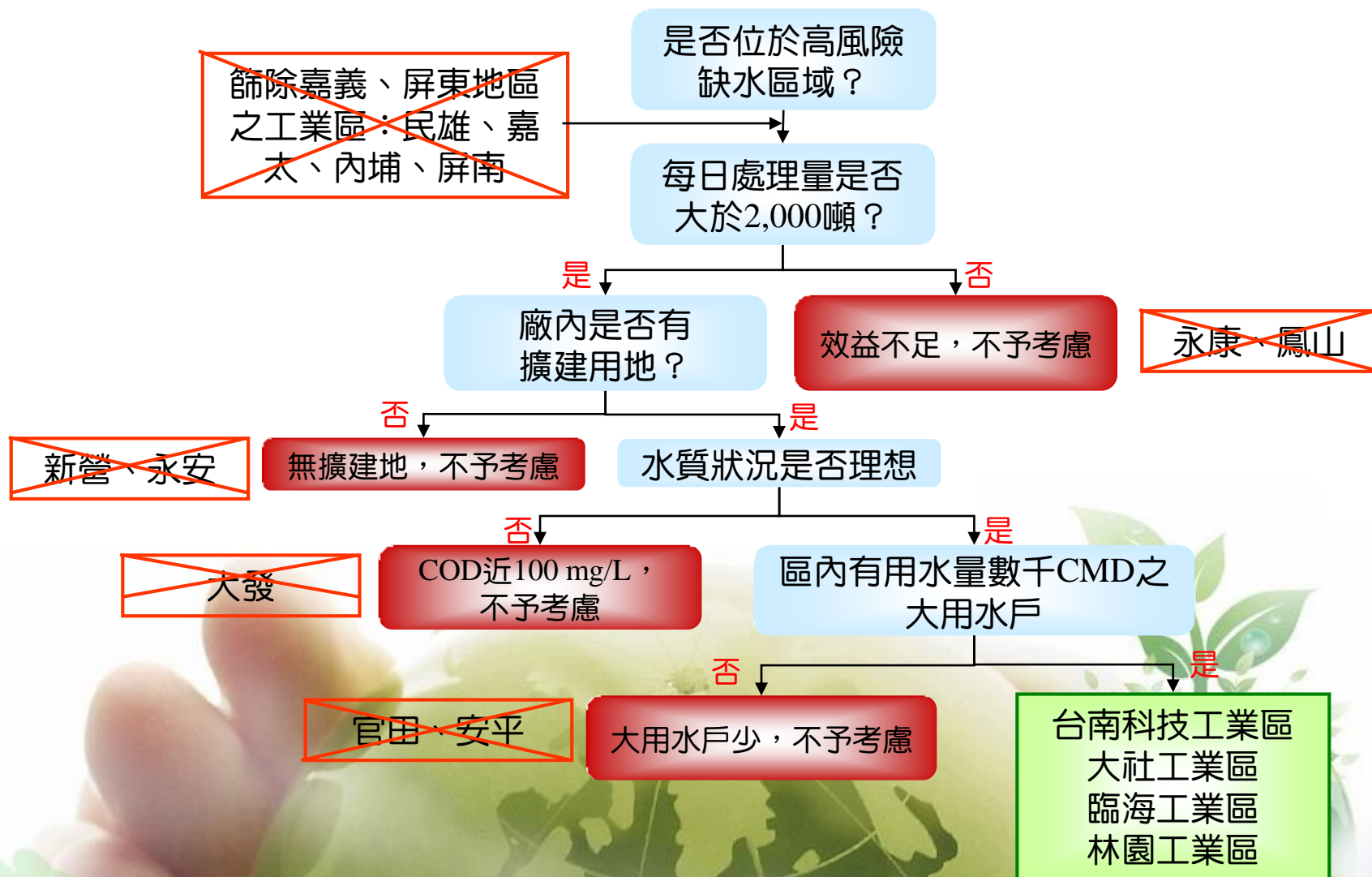
缺水時期作為
工業備援備載用水
(採特定契約供應)



平常性供應
(示範性質)



第二階段評選：依各廠條件作初步排除 (續)



第三階段評選：依各廠條件作細部排序

- 由多位專家針對獨立的評選層面個別給定權重
- 採用層次分析法（AHP）或德爾菲法等確認最終權重
- 依客觀數據就各評選層面給分
- 將各層面權重與得分相乘與加總，依分數排出優先序

放流水再生成本

53.8%

區域水資源缺口或備
援備載需求

12.8%

13.1%

實際
處理量

20.3%

鄰近需求具
多元性

■ 攸關用水者意願高低，確認後意願後再啟動規劃

第三階段評選：依各廠條件作細部排序 (續)

	台南科技	大社	臨海	林園
放流水水量	<ul style="list-style-type: none"> ● 平均放流量7,900 CMD，變動幅度12.7% ● 放流量較少 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平均放流量13,400 CMD，變動幅度9.7% ● 放流量穩定性較高 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平均放流量19,917 CMD，變動幅度24.5% ● 放流量穩定性低 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平均放流量約為41,000 CMD，變動幅度10.2% ● 放流量穩定性較高
放流水水質 (COD、SS)	<ul style="list-style-type: none"> ● 放流水水質穩定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 放流水水質穩定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 放流水水質較不穩定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 放流水水質穩定
放流水水質* (其他項目)	<ul style="list-style-type: none"> ● 受鹽化地下水入滲影響，導電度高 	<ul style="list-style-type: none"> ● 硬度及TOC為4座工業區中最高，產水率預期偏低 	<ul style="list-style-type: none"> ● 放流水水質較佳，有導電度、氯鹽及硬度偏高問題 	<ul style="list-style-type: none"> ● 放流水水質較佳，有導電度、氯鹽及硬度偏高問題
最高可回收水量	<ul style="list-style-type: none"> ● 3,000 CMD 	<ul style="list-style-type: none"> ● 5,000 CMD 	<ul style="list-style-type: none"> ● 7,500 CMD 	<ul style="list-style-type: none"> ● 16,000 CMD
擴建用地	<ul style="list-style-type: none"> ● 已有擴建用地規劃，面積約500 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ● 三角形空地，面積約4,400 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ● 空地畸零，面積約560 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ● 空地方正，面積約2,000 m²
排序	次優先	次優先	優先	優先

第三階段評選：依各廠條件作細部排序 (續)

		臨海工業區	林園工業區
放流水穩定性	水量	平均水量為19,917 CMD 變動幅度約25%	平均水量為41,000 CMD 變動幅度約10%
	水質	水質較佳，但較不穩定 <ul style="list-style-type: none"> 🌈 COD最高曾達600 mg/L，遠超過海洋放流水標準，月均變動幅度超過20% 🌈 硝酸鹽氮及TOC 濃度偏高且不穩定，不利於放流水再生單元 	水質佳，但較穩定 <ul style="list-style-type: none"> 🌈 COD穩定在70 mg/L附近，變動幅度約10% 🌈 硝酸鹽氮及TOC較低且穩定，有利於進行放流水再生
管線分布長度		配管路徑較複雜，主幹管長度約10公里	配管路徑較單純，主幹管長度約4公里
再生水水質需求		冷卻用水與製程純水系統進水兩大類	冷卻用水與製程純水系統進水兩大類
擴建用地		擴建用地較小，僅560 m ²	擴建用地較大，面積約2,000 m ²
界面問題		迴流至前端可能影響生物處理單元之微生物活性與效能，處理效能不佳時有責任歸屬等營運界面問題	廢水處理廠中僅設有調勻池，無實質處理單元濃排水的迴流或排放不至於造成營運界面問題
其他再生水規劃		水利署已著手規劃設置都市污水再生水模廠，預定102年產水2萬CMD	無
排序		2	1

規劃原則1：誘因創造與客戶爭取

- 🌈 初期透過**示範區推動計畫**，建立社會普遍共識與信心
- 🌈 針對具良好放流水再生條件之廢污水處理廠進行推動
 - 📁 搭配各項新增設備規劃與擴建計畫，推動放流水再生，減少工程設計上的阻力
- 🌈 在自來水價不調高之前提下，尋找潛在使用者
 - 📁 鎖定廠區或製程具有新興水源使用優勢之產業作為使用者
 - 📁 增加政策誘因與限制，提高再生水潛在使用者接受度
 - 📁 比照興建水庫，由政府負擔建廠成本，使用者只負擔操作維護費
- 🌈 使農田水利會參與推動新興水源
 - 📁 由農田水利會經營都市污水處理廠與灌區尾水，搭配既有灌溉用水之調配；使農田水利會成為利益者 (stakeholders)，而非新興水源之競爭者

規劃原則1：誘因創造與客戶爭取 (續)

成功要素	說明
使用再生水意願之廠商	位於高風險缺水區域工業區內，需有大用水戶表示願意配合參與再生水示範計畫
區內供水管線系統	因不可與人體接觸，配送區域需視配送水量與用戶分布設置配水系統(中水道管線)
推動與營運模式	依再生水價而訂定具誘因之營運模式
合理再生水價	再生水廠產水量達經濟規模時，廠商所分攤之費用或可達現行自來水價之水準
水質水量穩定	參考先進國家成功案例以及楠梓加工出口區成功案例，規劃水量穩定供應、水質監測與應變機制
輔導廠商用水管理	同步輔導廠商進行廠內製程及管線改善，使用再生水可符合廠內生產需求，並確保產品品質穩定

規劃原則1：誘因創造與客戶爭取 (續)

項次	誘因	預期抵減費用 (元/噸)	備註
1	再生水為低導電度優質軟水，可減少廠商既有軟水系統操作成本	5 ~ 6	<p>再生水屬低導電度軟水，水質優於當地自來水，其優勢為：</p> <ul style="list-style-type: none"> •可延長既有純水設備使用年限 •減少純水系統反洗次數與用藥量 •降低廠商純水系統成本
2	減少水污費開徵費用，降低使用再生水價	0.5	<ul style="list-style-type: none"> •未來水污費開徵後，將增加水污費支出項目，進而提高廠商納管費率 •放流水再生將減少廢水排放量，所減少水污費徵收，將轉成提供廠商試用再生水價優惠
3	協助廠商設置二元管線系統	--	依據廠商意見，考量於產業創新條例中，訂定使用再生水需額外增加設備相關補助辦法

規劃原則2：水再生利用需符合法定水質標準

水質項目	景觀用水	自來水 (水利署)	灌溉用水	注入地下水
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	--	--	750	--
生化需氧量 BOD_5 (mg/L)	< 15	--	--	1
總溶解固體TDS (mg/L)	--	800	--	800
氟離子 F^- (mg/L)	--	0.8	--	0.8
氯離子 Cl^- (mg/L)	--	250	175	250
硫酸根 SO_4^{2-} (mg/L)	--	250	200	250
總硬度(mg/L)	--	400	--	--
大腸菌群 (CFU/100mL)	不得檢出	6	--	50
濁度 (NTU)	<5	2	--	--
總氮(mg/L)	--	--	3.0	--
硝酸鹽氮 $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	--	10	--	10
亞硝酸鹽氮 $\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	--	0.1	--	不得檢出
氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	--	0.5	--	0.1
總磷TP (mg/L)	--	--	--	--
砷As (mg/L)	--	0.05	0.05	0.05
鎘Cd (mg/L)	--	0.005	0.01	0.005
鉻Cr (mg/L)	--	0.05	0.1	0.05
銅Cu (mg/L)	--	1.0	0.2	1.0
鎳Ni (mg/L)	--	--	0.2	0.1
陰離子型界面活性劑 (mg/L)	--	0.5	5.0	0.5
氰化物 CN^- (mg/L)	--	0.05	--	0.01

規劃原則2：水再生利用需符合法定水質標準 (續)

- 符合放流水標準即可進行回收（水污染防治措施及檢測申報管理辦法第41條）
- 甲類陸域地面水體：
 - 適用於一級公共用水、游泳、乙類、丙類、丁類及戊類
- 乙類陸域地面水體：
 - 適用於二級公共用水、一級水產用水、丙丁類及戊類
- 丙類陸域地面水體：
 - 適用於三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水、丁類及戊類
- 丁類陸域地面水體：
 - 適用於三級公共用水、灌溉用水、二級工業用水及環境保育
- 戊類陸域地面水體：
 - 適用於三級公共用水、環境保育最低標準

規劃原則2：水再生利用需符合法定水質標準 (續)

水質項目	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：甲類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：乙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：丙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：丁類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：戊類陸域地面水體之水質標準	放流水標準 (民國98年7月28日修正)
水溫 (°C)	--	--	--	--	--	<38 (5-9月)；<35 (10-4月)
pH	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0 ~ 9.0
溶氧DO (mg/L)	> 6.5	> 5.5	> 4.5	> 3	> 2	--
真色色度	--	--	--	--	--	550
懸浮固體SS (mg/L)	< 25	< 25	< 40	< 100	無漂浮物且無油污	30
生化需氧量BOD ₅ (mg/L)	< 1	< 2	< 4	--	--	30
化學需氧量COD (mg/L)	--	--	--	--	--	100
陰離子型界面活性劑 (mg/L)	--	--	--	--	--	10
油脂(mg/L)	--	--	--	--	--	10
硝酸鹽氮NO ₃ -N (mg/L)	--	--	--	--	--	50
氨氮NH ₃ -N (mg/L)	< 0.1	< 0.3	< 0.3	--	--	--
總磷TP (mg/L)	< 0.02	< 0.05	--	--	--	--
正磷酸鹽 PO ₄ ³⁻ (mg/L)	--	--	--	--	--	4
氟化物 F ⁻ (mg/L)	--	--	--	--	--	15
硫化物 S ²⁻ (mg/L)	--	--	--	--	--	1

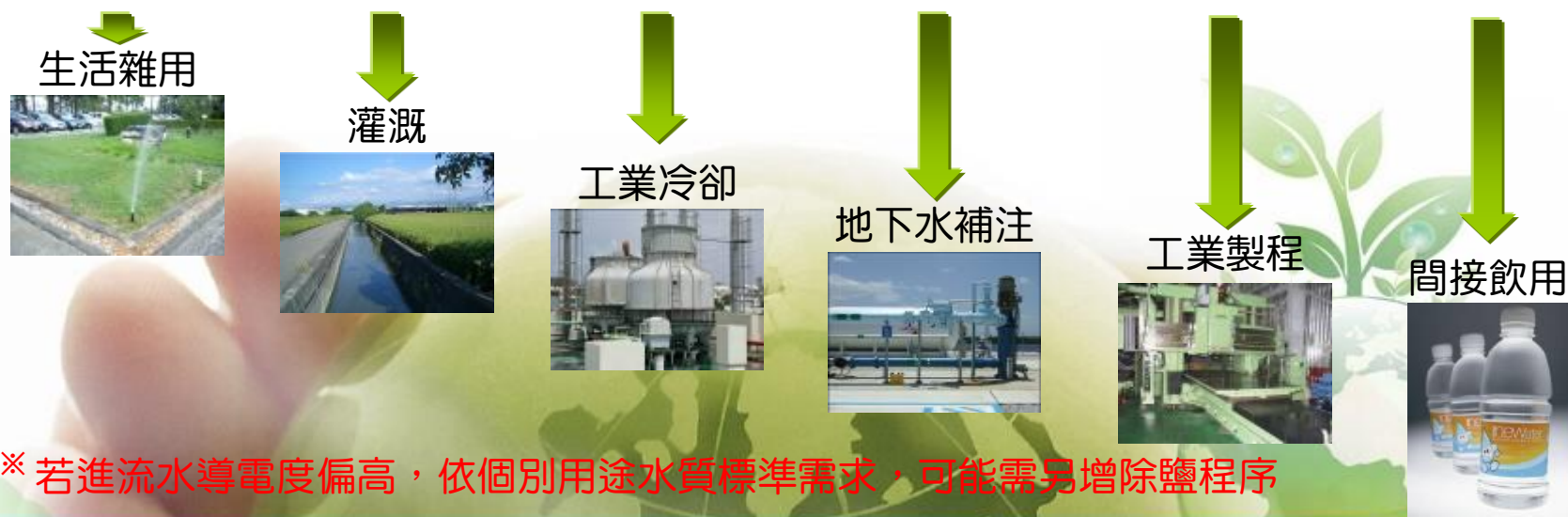
規劃原則2：水再生利用需符合法定水質標準 (續)

水質項目	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：甲類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：乙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：丙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：丁類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準 (民國87年6月24日修正)：戊類陸域地面水體之水質標準	放流水標準 (民國98年7月28日修正)
大腸菌類 (CFU/100mL)	< 50	< 5000	< 10000	--	--	200,000
氰化物CN ⁻ (mg/L)	--	--	--	--	--	1
錳 Mn (mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	--
溶解性鐵(mg/L)	--	--	--	--	--	10
溶解性錳(mg/L)	--	--	--	--	--	10
銀Ag (mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
砷As (mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
鎘 Cd (mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
總鉻 Cr (mg/L)	--	--	--	--	--	2
銅 Cu (mg/L)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	3
總汞Hg (mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005
鎳 Ni (mg/L)	--	--	--	--	--	1
鉛 Pb (mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
硒Se (mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
鋅 Zn (mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5
硼 B (mg/L)	--	--	--	--	--	1
六價鉻(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
有機汞(mg/L)	--	--	--	--	--	不得檢出
五氯酚(mg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

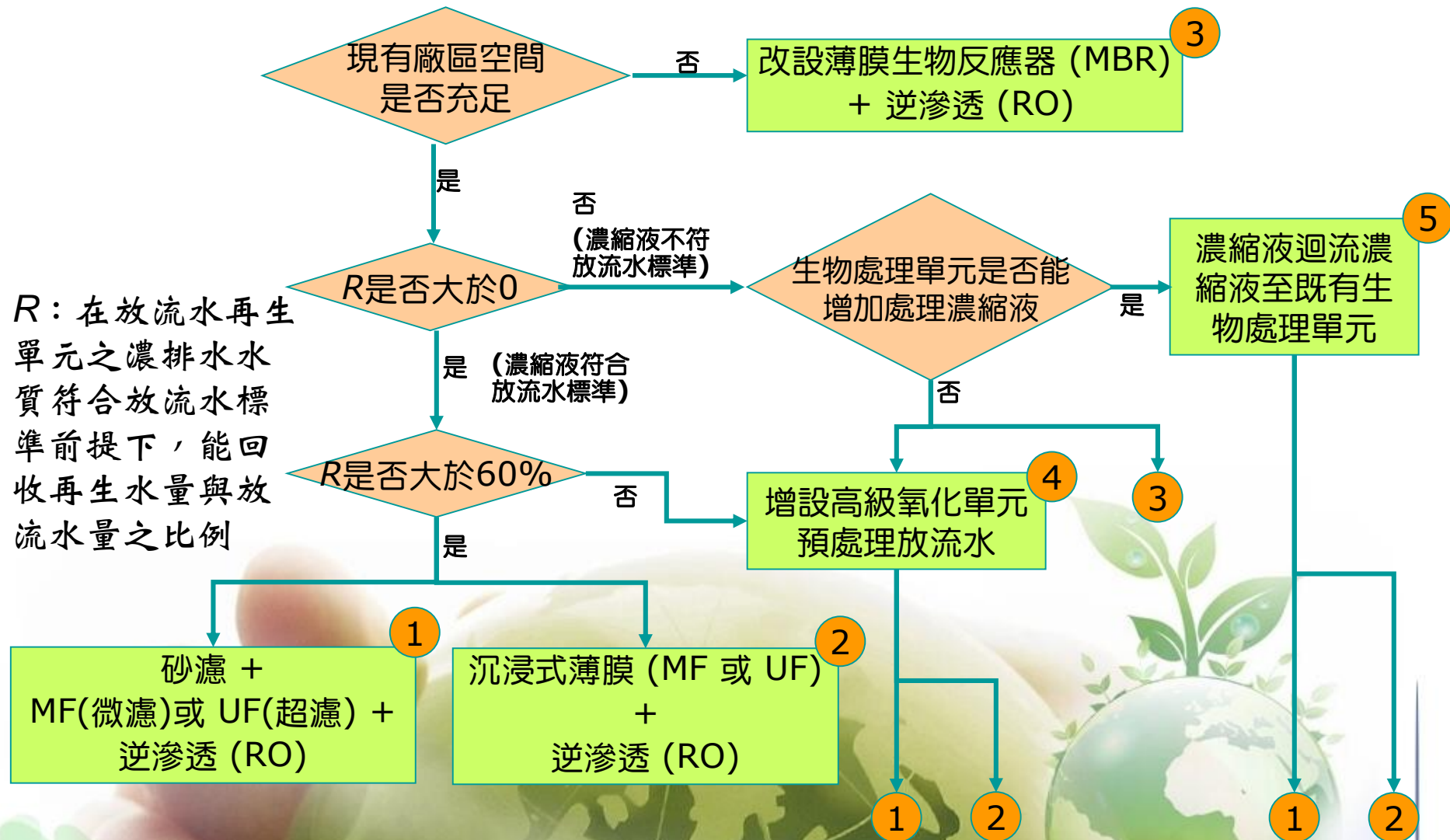
規劃原則3：依需求選擇單元與程序

消毒※	除碳脫硝※	一般過濾※ (10μm以上顆粒)	精密過濾※ (10μm以下膠體)	除鹽	高級氧化
加氯 臭氧 紫外光	無氧/好氧法 土壤處理 人工濕地	砂濾 活性炭 表面過濾	外掛/沉浸式 微/超濾 薄膜生物 反應器	加藥軟化 奈米過濾 逆滲透 電透析 離子交換	UV-O ₃ UV-H ₂ O ₂

←----- 廢污水處理 ----- 放流水再生 ----- 用戶端純水處理 ----->



規劃原則3：依需求選擇單元與程序 (續)



規劃原則3：依需求選擇單元與程序 (續)

國際著名案例

國家	案例	供給用途	再生水量 (CMD)	放流水再生程序
日本	東京都再生水利用事業 (落合、有明與芝浦)	河川保育、沖廁、澆灌、洗車、冷卻、街道灑水	~500,000	二級污水廠放流水－過濾－臭氧－微過濾(部分)
以色列	特拉維夫計畫	灌溉	~300,000	三級污水廠放流水(脫硝)－曝氣－導入砂質含水層過濾－鑿井抽出
美國	加州橘郡GWR	地下水補注 阻擋海水入侵	~ 200,000	二級污水廠放流水－微過濾－逆滲透－高級氧化 (UV-H ₂ O ₂)
新加坡	NEWater (新生水)	水庫入注 工業用水	~ 100,000 (2011年五間廠均建成後約300,000)	二級污水廠放流水－微過濾－逆滲透－紫外光消毒

規劃原則3：依需求選擇單元與程序 (續)

國內近期案例

縣市	廢污水處理廠	供給用途	再生水量 (CMD)	放流水再生程序	備註
高雄市	楠梓加工區揚水站 (廢水處理廠)	區內廠商製程用水	1,800 (第一期)	前處理+超過濾膜+逆滲透膜	預定年底產水
金門縣	太湖污水處理廠	鄰近區域林業用水	數十~數百	無	
高雄縣	林園工業區廢水處理廠	區內廠商製程用水	5,000 (第一期)	前處理+超過濾膜+逆滲透膜	先期規劃階段
高雄市 高雄縣	臨海污水處理廠 鳳山溪污水處理廠	鄰近工業區冷卻用水	未定	超過濾膜+逆滲透膜 (暫訂)	尚在評估
台中市	福田水資源回收中心	台中港工業專業區各類用水	未定	未定	尚在評估
新竹縣	竹北污水處理廠 竹東污水處理廠	鄰近工廠用水	未定	未定	尚在評估
連江縣	南竿諸污水處理設施	生活雜用	數百	薄膜生物反應器	尚在評估

規劃原則4：預先設置模廠進行評估



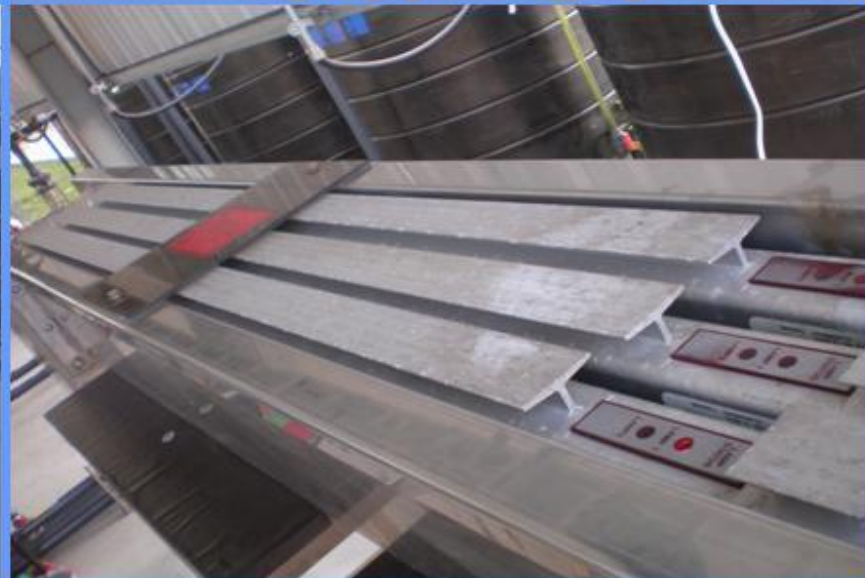
規劃原則4：預先設置模廠進行評估 (續)



福田水資源回收中心為台中市最大的都市污水處理廠，處理效能理想，廠區用地充足，放流水水質良好，適合作為放流水再生利用的優先推動對象



規劃原則4：預先設置模廠進行評估 (續)



規劃原則4：預先設置模廠進行評估 (續)

🌈 觀察進流水量長期變化

- 📄 廢污水處理放流水再生程序：依 Q_{99} 進行單元設計
- 📄 農業排放水再生程序：依 Q_{90} 進行單元設計

🌈 觀察進流水質長期變化

- 📄 取 C_{95} （95%的時間均小於此濃度）或濃度平均值加2倍標準差（假設水質為常態分布，95%之水樣濃度均小於此值）進行單元設計

🌈 評估各單元設計參數與操作問題

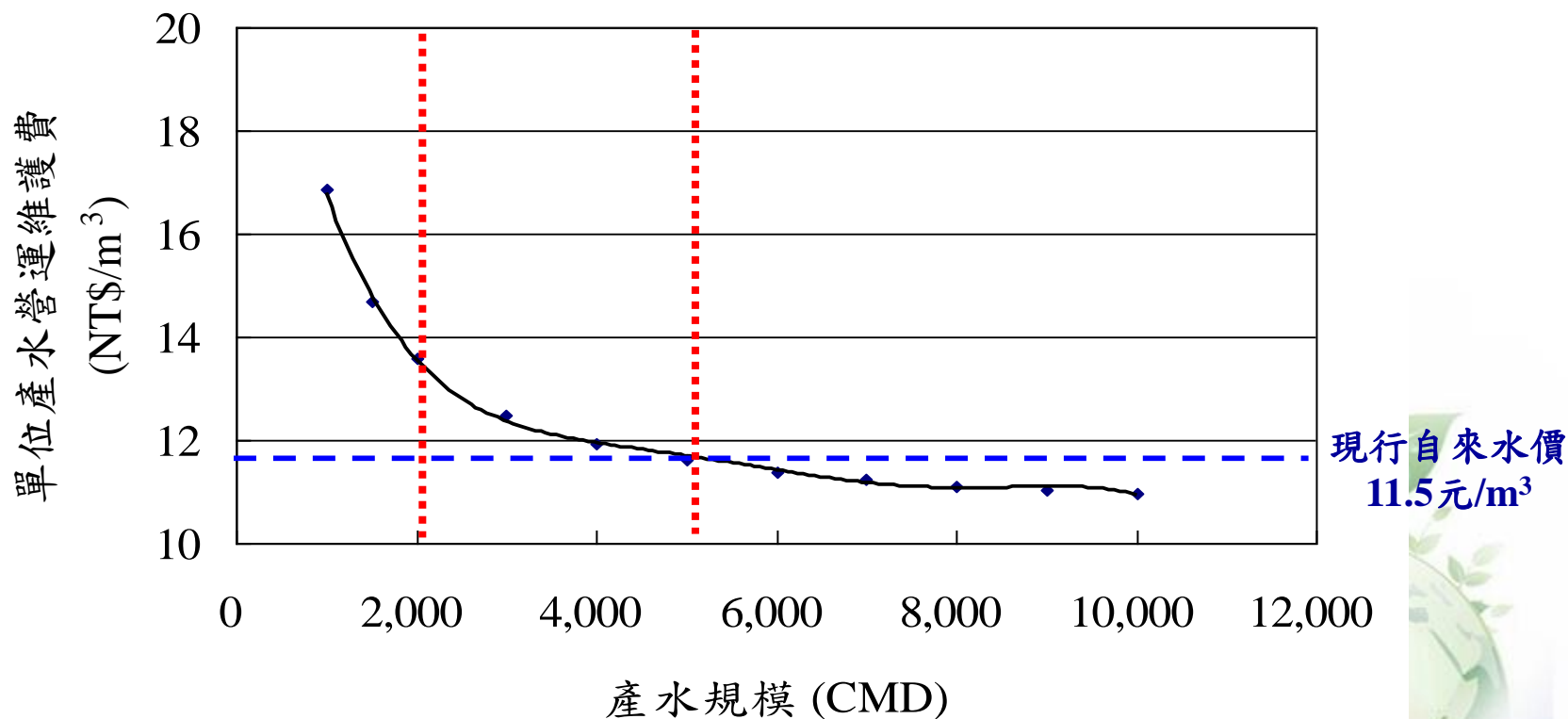
- 📄 各段貯留槽所需容積
- 📄 產水通量／穩定度
- 📄 污染物去除效率／穩定度
- 📄 藥品用量／其他耗材用量／膜材壽命
- 📄 濃排水產生量與水質／廢棄物產生量
- 📄 反洗頻率／清洗頻率／反洗與清洗產生廢水
- 📄 前端進水波動／加藥（如加氯、混凝劑、絮凝劑）對系統影響
- 📄 其它測試（腐蝕／積垢／毒性等）

規劃原則4：預先設置模廠進行評估 (續)

單元	參數	設計值/初始值	最適化數值
超過濾膜 (中空絲膜，膜面積40平方公尺，孔徑50奈米)	日平均產水量(CMD)	105	120
	膜瞬間通量 (m/hr)	0.066	0.072
	SDI ₁₅	< 3	1 ~ 1.5
	產水濁度	< 0.5 NTU	0.2 NTU
	次氯酸鈉反洗添加量	2 mg/L	0.8 mg/L
	產水週期設定	產水30分鐘、順洗60秒、反洗100秒、順沖100秒	產水 40 分鐘、順洗60秒、反洗20秒、順沖 35 秒
逆滲透膜 (卷式膜，聚醯胺，膜面積37平方公尺)	日平均產水量(CMD)	70	85
	膜瞬間通量(m/hr)	0.032	0.037
	系統整體回收率 (%)	55	71
	RO單元回收率 (%)	51	51
	導電度移除率 (%)	98%	95 %
	亞硫酸氫鈉添加量	2 mg/L	4 mg/L
	抑垢劑添加量	1 mg/L	1 mg/L
	鹽酸添加量	1 mg/L	1 mg/L

規劃原則5：評估產水成本與經濟規模

- 配水管線與人事費不隨產水規模而變動，產水規模越大，單位產水成本隨之降低，可提高用水廠商使用意願



規劃原則5：評估產水成本與經濟規模 (續)

費用項目	說明
直接工程成本	<ul style="list-style-type: none"> • 直接工程成本為「發包工程費」及「業主供給材料」之合計，為興建工程目的物所需成本，依設計圖、工程數量等資料編製費用，包括直接工程成本、承包商管理費及利潤、施工設施、工地費用及營業稅等項目。 • 針對水再生利用工程，直接工程成本可再區分為土建工程、管線工程、機電及儀錶工程、環境監測設備、雜項工程、安全衛生及環境保護等，以下即就前述項目再作說明： <ol style="list-style-type: none"> 1. 土建工程－包含儀控機房、儲水槽與再生處理單元等；若為農業排放水再生，則需另外考慮集水渠道、排水箱涵、蓄水池、土方開挖、土堤填築、防水設施及抽水站等。 2. 管線工程－指再生水於配送至用戶端管線；再生水廠內放流水抽取管線及各單元間之連結管線可計入「機電及儀錶工程」。 3. 機電及儀錶工程－包括機電設備、加藥機、薄膜系統、藥洗機、化學藥劑儲槽、配管工程、電力工程、電控系統及再生水配送抽水機等。 4. 環境監測設備－包括電子式流量計、導電度監測器、pH 監測器、濁度監測器及餘氯監測器等。 5. 雜項工程－一般按直接工程成本之 5% 估列。 6. 安全衛生及環境保護－一般按直接工程成本之 2% 估列。

規劃原則5：評估產水成本與經濟規模 (續)

費用項目		調勻－混凝沉澱－曝氣－砂濾－加氯殺菌		砂濾－紫外光消毒	砂濾－超過濾－逆滲透	
直接工程成本	土建工程	<ul style="list-style-type: none"> 放流水再生廠房 集水渠道 排水箱涵 蓄水池、抽水站 土方開挖 	<ul style="list-style-type: none"> 土堤填築 防水設施 調勻池 曝氣槽 混凝沉澱池 快濾池 消毒池 	<ul style="list-style-type: none"> 放流水再生廠房 快濾池土建設施 快濾池設備廠房 	<ul style="list-style-type: none"> 放流水再生廠房 快濾池土建設施 快濾池設備廠房 	
	管線工程	再生水配送管線工程		再生水配送管線工程	再生水配送管線工程	
	機電及儀錶工程	<ul style="list-style-type: none"> 進水幫浦 曝氣設備 混凝劑加藥機及 機械攪拌設備 次氯酸鈉加藥幫機 壓濾式脫水機 	<ul style="list-style-type: none"> 配管工程 電力工程 電控系統 再生水配送抽水機 廠內放流水抽取管線 	<ul style="list-style-type: none"> 快濾池機電設備 快濾池加藥機 紫外光殺菌(UV)系統 配管工程 電力工程 電控系統 再生水配送抽水機 廠內放流水抽取管線 	<ul style="list-style-type: none"> 快濾池機電設備 快濾池加藥機 超過濾膜系統 超過濾膜加藥機 超過濾膜藥洗機 逆滲透膜系統 逆滲透膜加藥系統 	<ul style="list-style-type: none"> 逆滲透膜藥洗機 化學藥劑儲槽 配管工程 電力工程 電控設備 再生水配送抽水機 廠內放流水抽取管線
	環境監測設備	<ul style="list-style-type: none"> 電子式流量計 濁度監測器 		<ul style="list-style-type: none"> 電子式流量計 pH監測器 濁度監測器 餘氯監測器 	<ul style="list-style-type: none"> 電子式流量計 導電度監測器 pH監測器 濁度監測器 餘氯監測器 	

規劃原則5：評估產水成本與經濟規模 (續)

費用項目	說明
設計階段作業費用	<ul style="list-style-type: none"> 針對再生水工程，本項費用主要包括相關測量(如管線用地勘察)、調查(如水質與處理單元效能)、階段性專案管理及顧問、設計等；設計階段作業費用又分為「基本設計」及「細部設計」兩階段，設計作業費一般為直接工程成本之2~5%估列。
用地取得及拆遷補償費	<ul style="list-style-type: none"> 用地費用包含「用地取得費」及「拆遷安置計畫所需費用」，用地取得費用之估算以公告土地現值加計四成來估算，拆遷安置則按地上物分布情況依查估標準編列；如水再生利用工程設置地點為廢污水處理廠內，則此項費用可不計。
間接工程成本	<ul style="list-style-type: none"> 間接工程成本係指業主為監造管理工程目的所需支出成本，包含工程行政管理費、工程管理及監造費、顧問費、環境監測費及初期運轉費等，因不同工程性質與各機關規定，一般以直接工程成本之10~20%估列。
工程預備費	<ul style="list-style-type: none"> 為彌補先期規劃(可行性研究)、綜合規劃及設計期間，因蒐集引用資料之精度、品質和數量等不夠完整，可能的意外或無法預見之偶發事件等狀況，所準備之費用，但不包括超出原研究規劃設計以外之工程範圍和內容變更所造成之費用增減；工程預備費之編列按直接工程成本百分比估計，編列標準因各工程性質與類別有所差異，分成「重大新建工程計畫」與「一般工程計畫」，水再生利用工程性質較屬「一般工程計畫」，工程預備費編列標準下限為0，上限依工程類別為「直接工程成本」之8~20%。
物價調整費	<ul style="list-style-type: none"> 物價調整費係直接工程成本及間接工程成本與工程預備費之合計，依升冪估列，施工費平均每年以2~8%上漲，一般可於綜合規範階段將物價調整年增加率設定為3.5%，按升冪計算。第一年按現值估算工程經費，第二年後開始按物價指數年增率調整編列分年資金需求，經費核定後，在不同年份可按實際物價指數狀況調整並修正總額。就水再生利用工程而言，一般施工年限約在兩年以內。
施工期間利息	<ul style="list-style-type: none"> 依分年經費(設計階段作業費用、用地取得及拆遷補償費與工程建造費)及資金來源，按複利逐年估算(如年利率6%)。

規劃原則5：評估產水成本與經濟規模 (續)

大項	細項	說明
固定年成本	年利息	<ul style="list-style-type: none"> 採複利計算，計算公式如下：年利息 = 工程建造費 (P) × 年利率 (i)
	年償債基金	<ul style="list-style-type: none"> 為初期投資之攤還年金，以建造成本為準，採用年金法，每年提存等值之金額，以年利率複利計算，專戶生息至經濟分析年限屆滿時，所積存之本息恰足以清償計畫之建造成本，一般經濟分析年限採用 20 年計算，計算公式如下： $\text{年償債基金} = \frac{P \times i}{(1+i)^n - 1}$
	期中換新準備金	<ul style="list-style-type: none"> 依各工程項目之構造物種類、特性、大小而有所不同，以水再生利用工程而言可採直接工程成本的 1~3% 估列。
	保險費與稅金	<ul style="list-style-type: none"> 保險費以工程建造費之 0.12% 估列，稅金以工程建造費之 0.5% 估列 (參考民國 76 年水資會之「水資源開發計畫規劃報告內容、資料標準及評估準則」)。
營運維護費		<ul style="list-style-type: none"> 常見項目包括人事費及行政管理業務費 (如負責操作維護之人員、水質檢驗人員、行政業務人員、維修人員等，及日常之行政費用)、備品耗材費用 (包括各機械電氣設備之零件與耗材、各種酸鹼劑、抗垢劑、藥洗劑、消毒劑、濾材更換、薄膜更換，與各式檢測耗品等)、電費、機電及儀錶維修費、管線及土建設備維修費 (主要與處理程序有關，維修費設為相關費用之一定百分率，如 0.5%) 若為農業排放水回收，則需另外考慮土地租金、集水渠道、蓄水池及水處理工程等。

規劃原則5：評估產水成本與經濟規模 (續)

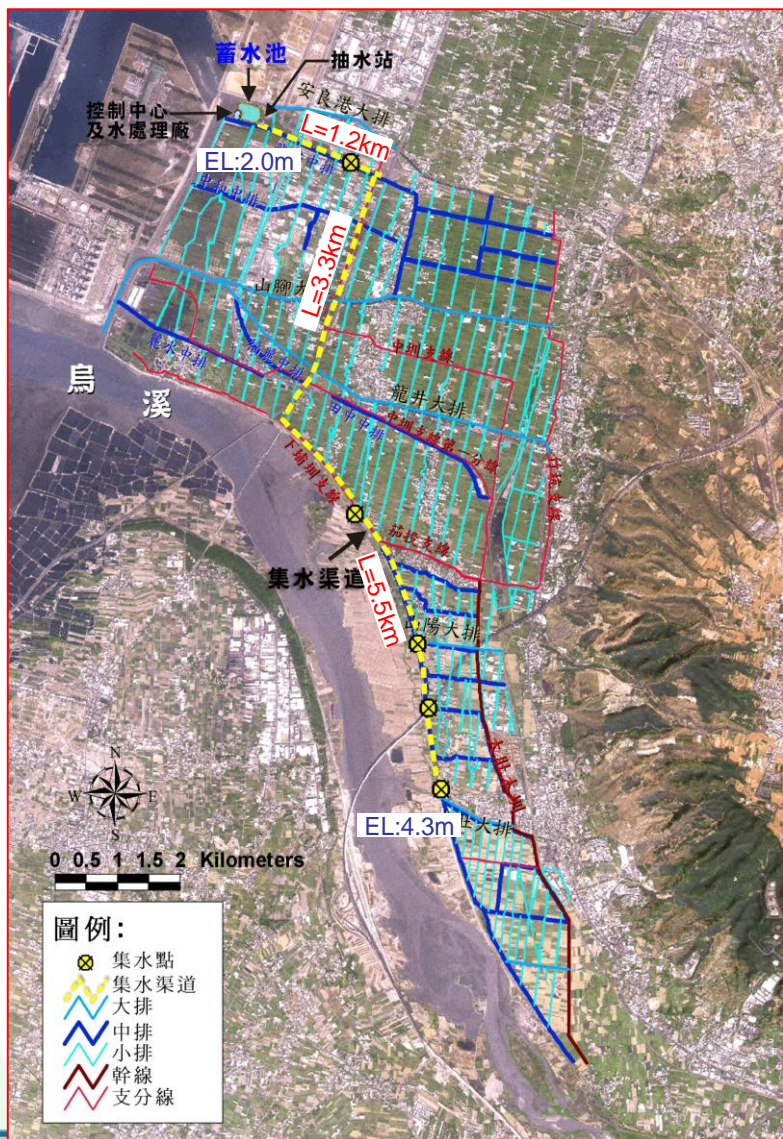
大項		細項
營運維護費	濾材	<ul style="list-style-type: none"> ● 超過濾膜更換費 ● 逆滲透膜更換費 ● 濾砂更換費 ● 保護濾芯更換費
	藥品費	<ul style="list-style-type: none"> ● 次氯酸鈉 (砂濾進水, 消毒) ● 次氯酸鈉 (UF反洗, 消毒) ● 亞硫酸氫鈉 (RO進水, 除氯) ● 鹽酸 (RO進水) ● 抗垢劑 (RO進水) ● 聚氯化鋁 (混凝沉澱) ● 藥洗劑 (酸洗) ● 藥洗劑 (鹼洗)
	其他	<ul style="list-style-type: none"> ● 電費 ● 機電及儀錶維修費 ● 管線及土建設備維修費 ● 人事費

規劃原則5：評估產水成本與經濟規模 (續)

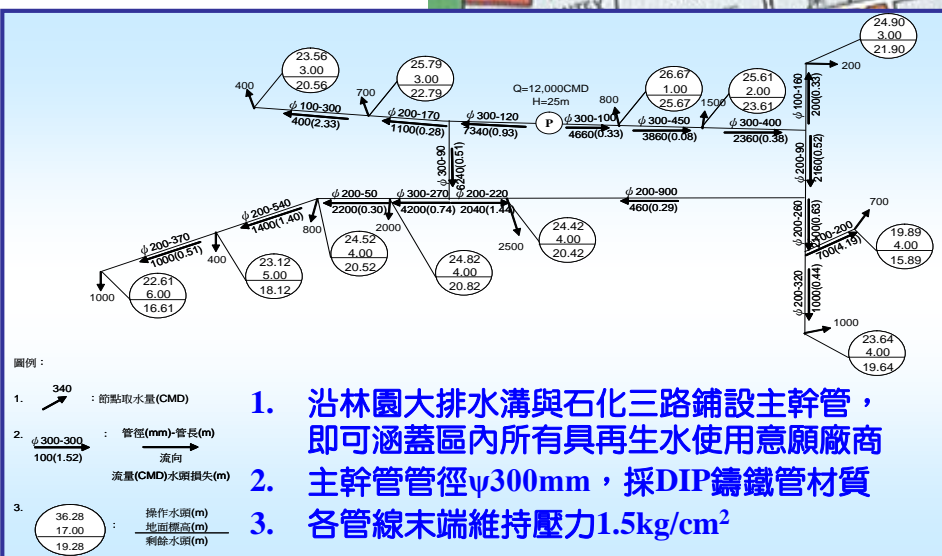
	程序	總成本 (元/m ³ 產水)
都市污水處理廠放流水	砂濾 + 消毒 (Class C)	4 ~ 5元
	砂濾 + 超濾 (Class B)	6 ~ 7元
	砂濾 + 超濾 + 逆滲透 (Class A)	16 ~ 19元
工業區廢水處理廠放流水	砂濾+超濾+逆滲透	25 ~ 30元

- 註：1. 此處總成本包含設置成本（土建加機電）與操作維護費用；不含至用戶端輸水管線費用
2. 操作維護費用一般佔總成本40 ~ 60%不等
3. 上述費用依「公共建設工程經費估算編列手冊」格式編列與估算，含直接與間接工程費等項目
4. 經濟分析年限為20年，年利率為6%
5. 工業區廢水處理廠放流水若未經除鹽，原則上無法供作任何用途，故未作其它程序之估價

規劃原則6：再生水廠設置點與取水點



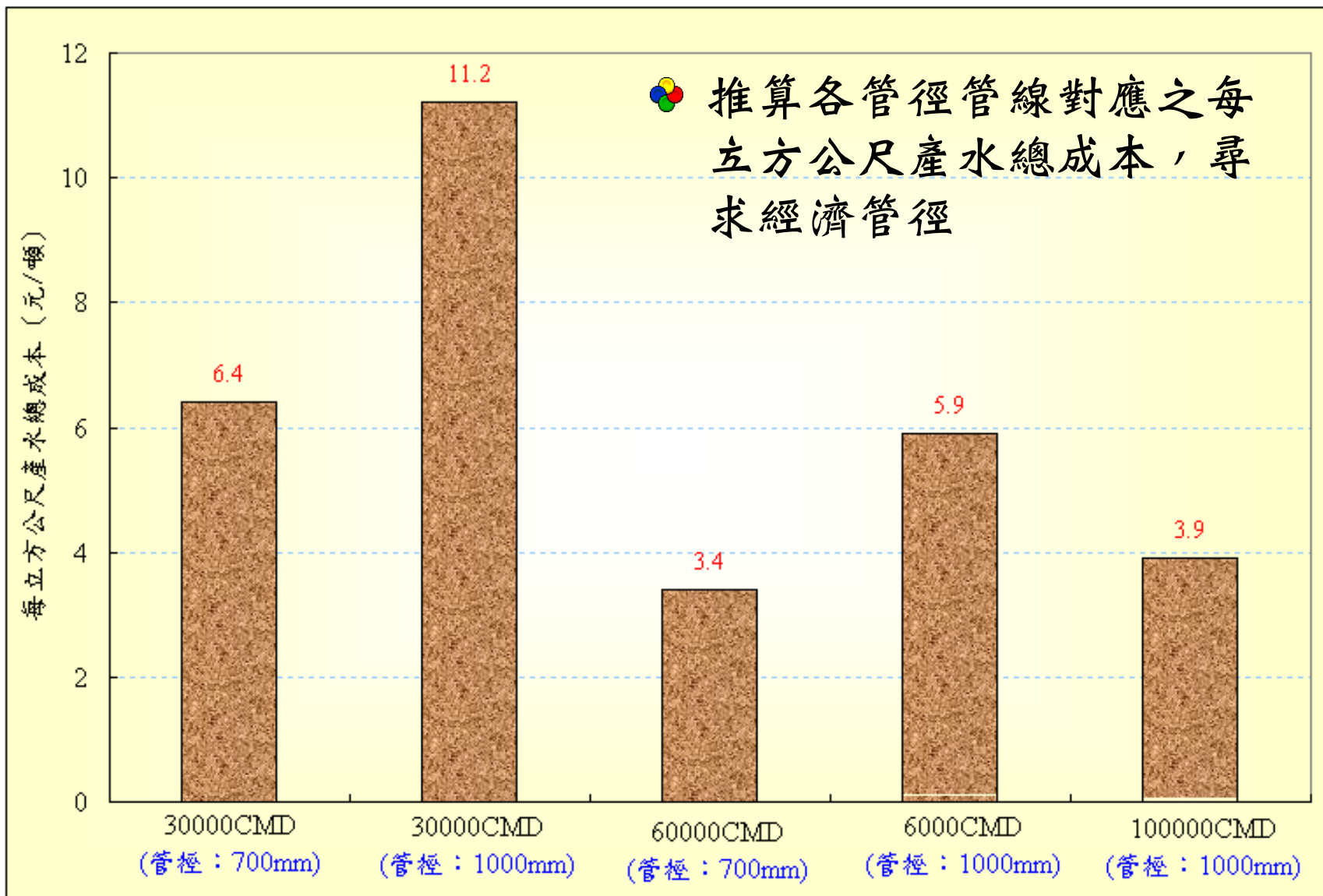
規劃原則7：再生水配送管線規劃



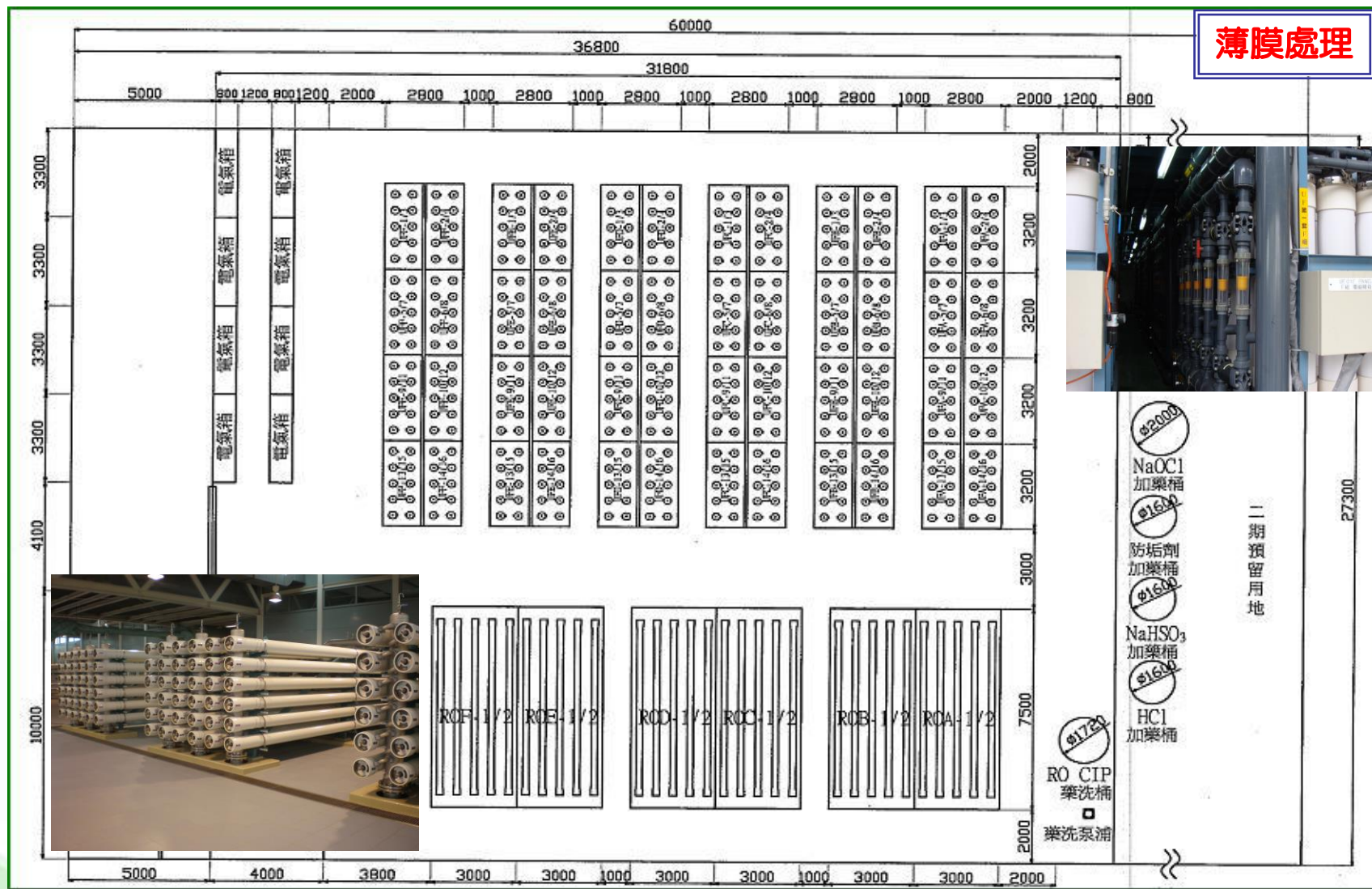
- 沿林園大排水溝與石化三路鋪設主幹管，即可涵蓋區內所有具再生水使用意願廠商
- 主幹管管徑φ300mm，採DIP鑄鐵管材質
- 各管線末端維持壓力1.5kg/cm²

- 選擇對交通影響最少，水管橋最短，涵蓋最多具再生水使用意願廠商之路徑
- 管末維持1.5 kg/cm²之出口壓力

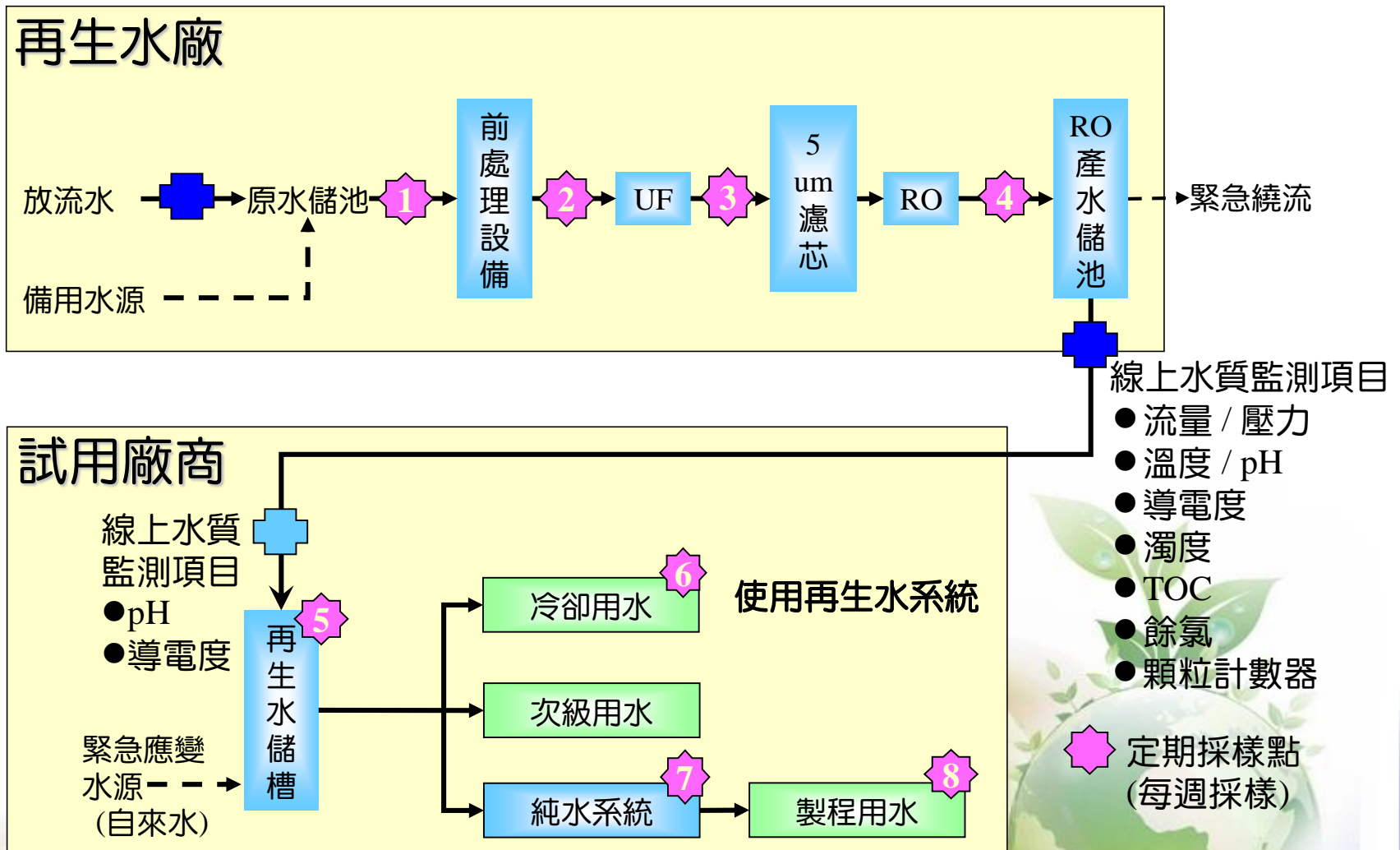
規劃原則7：再生水配送管線規劃 (續)



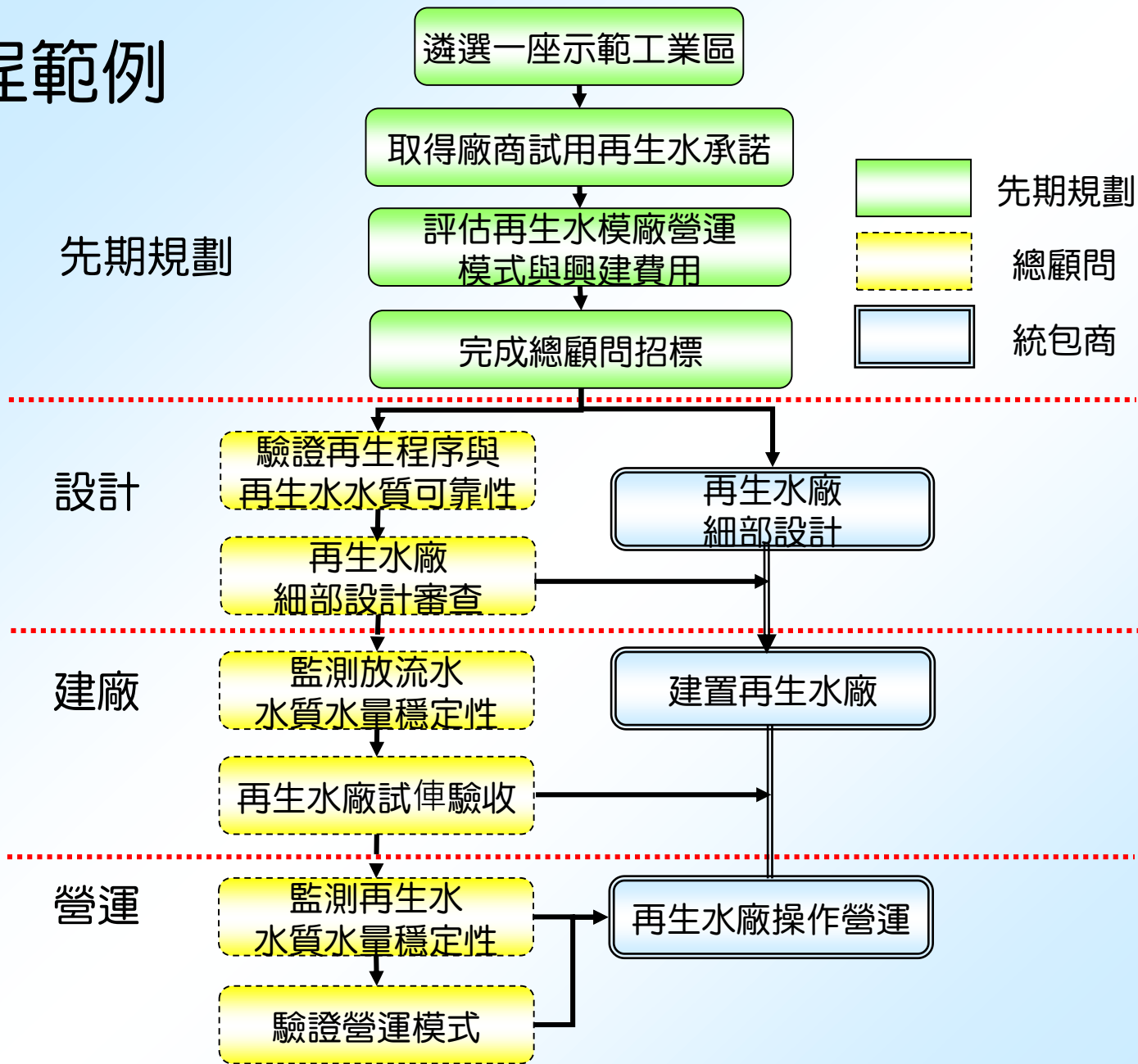
規劃原則8：再生廠平面配置



規劃原則9：研擬水質安全控管機制



推動期程範例





敬請指正！