



# 工業廢水回收再利用 案例介紹

黃欣栩 副研究員

[hhuang@sinotech.org.tw](mailto:hhuang@sinotech.org.tw)

財團法人中興工程顧問社  
環境工程研究中心

102年9月26日



# 報告大綱

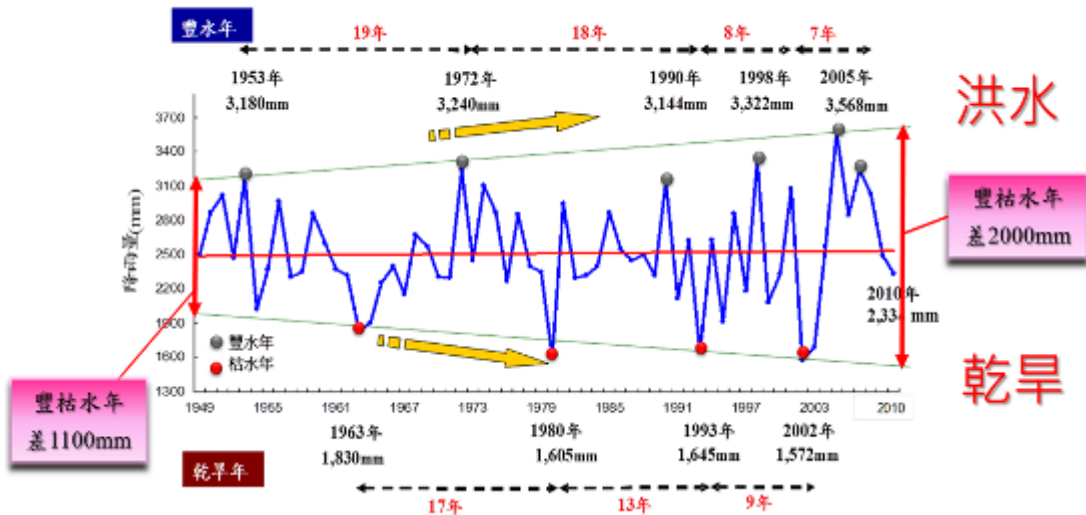
- 前言
- 何謂水回收再利用
- 水回收再利用處理技術
- 處理系統之設計規劃
- 實際案例介紹
- 結論



# 前言

# 天然水資源開發困難

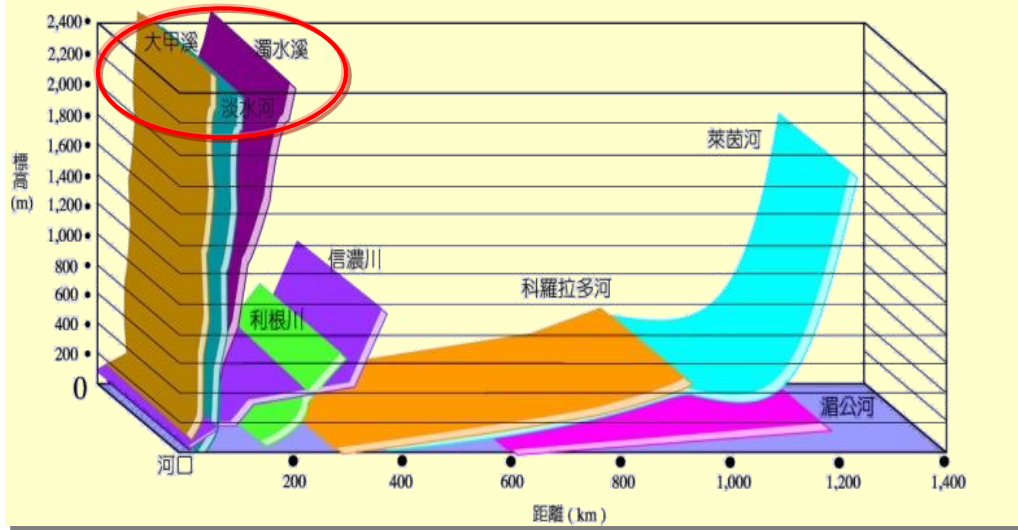
年雨量統計圖(1949-2010)



降雨量分佈不均

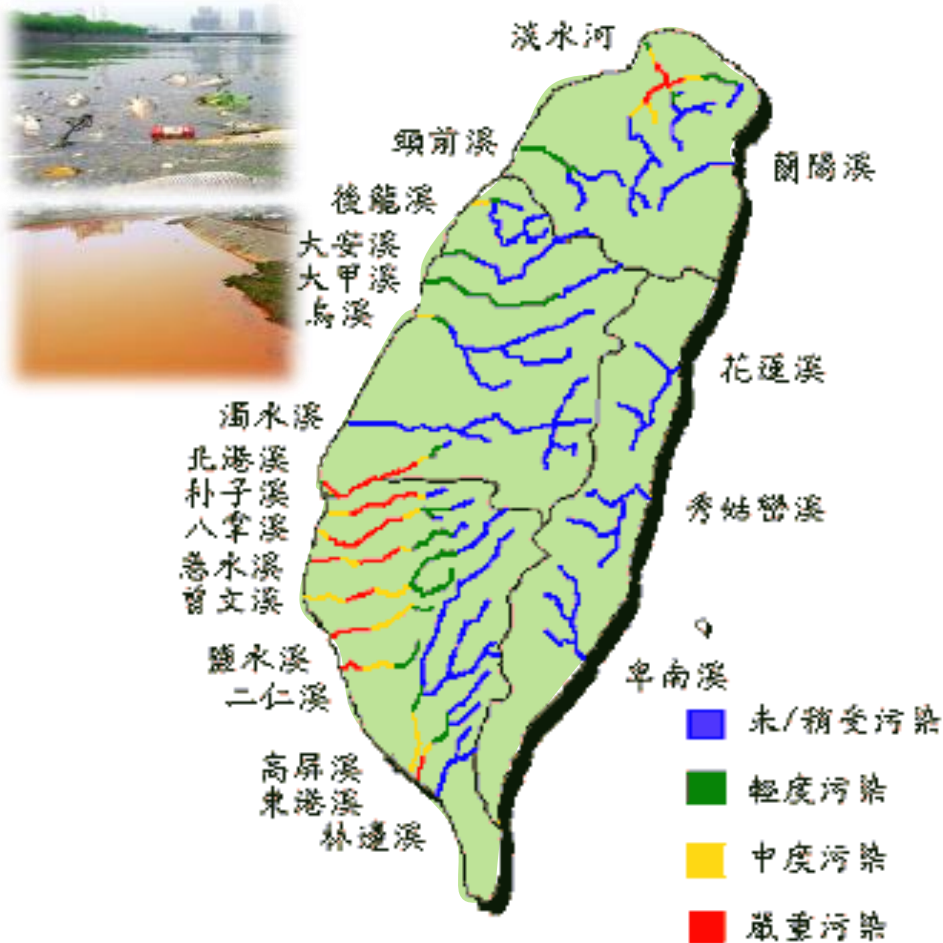
河川坡降比較圖

❖ 河川上游坡降多超過1/100



河川地形地勢險峻

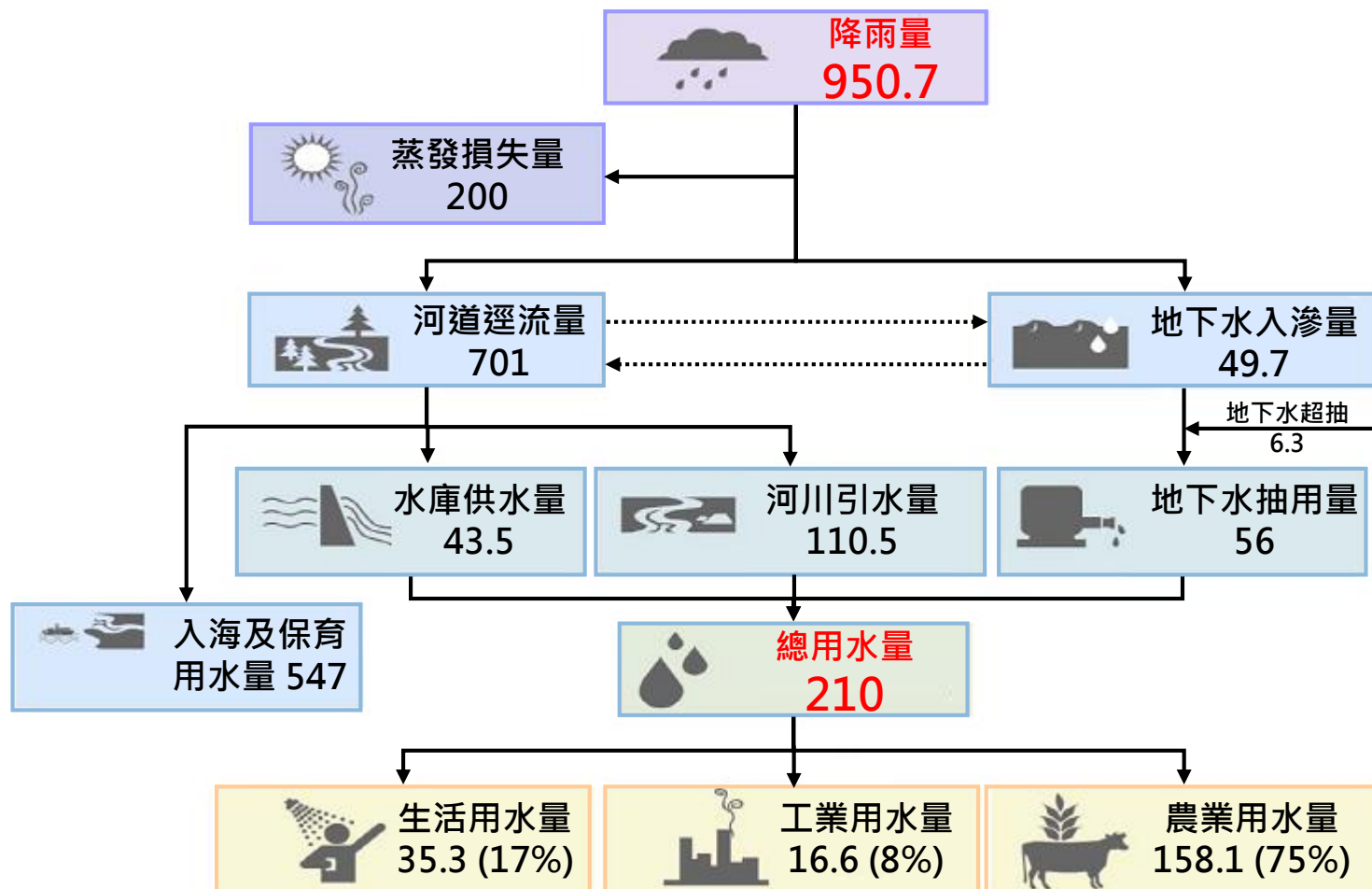
# 環境水資源取用不易



河川污染 水質不佳

過度開發 保水不易

# 可利用水資源佔比偏低



總用水量僅占降雨量22%

單位：億噸

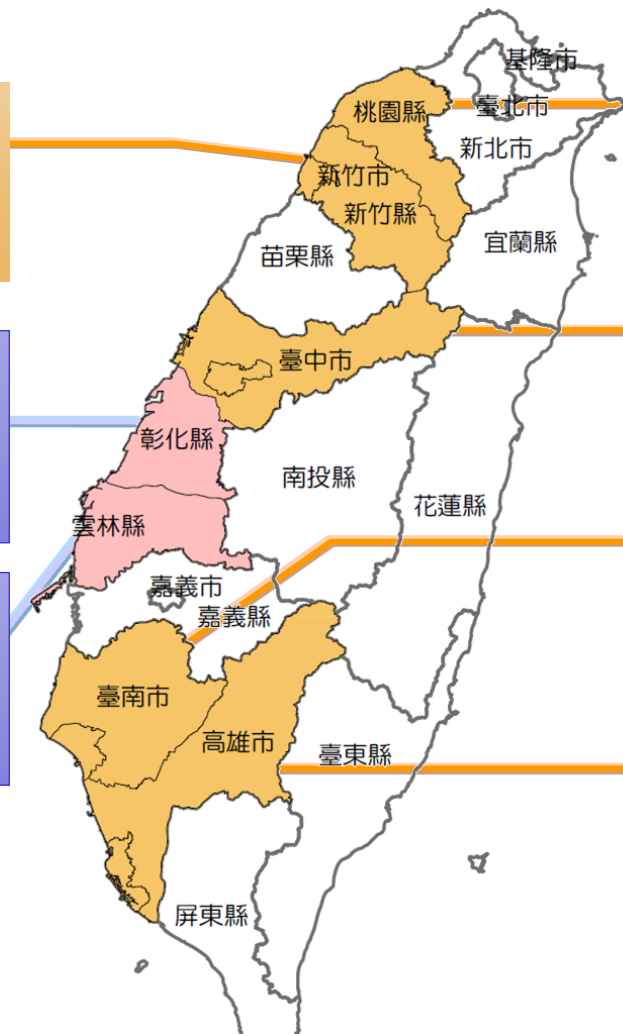


# 七大重點區域用水缺口分析



用水缺口：區域水資源開發不及用水成長

單位：CMD



**新竹**  
 + 現階段：無  
 + 110年：-5.6萬

**彰化**  
 + 現階段：無  
 + 110年：-3.2萬

**雲林**  
 + 現階段：無  
 + 110年：-0.9萬

**桃園**  
 + 現階段：-11.7萬  
 + 110年：-3.9萬

**台中**  
 + 現階段：無  
 + 110年：-46.1萬

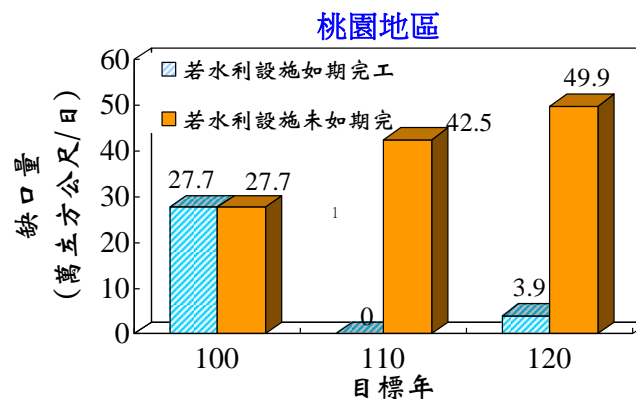
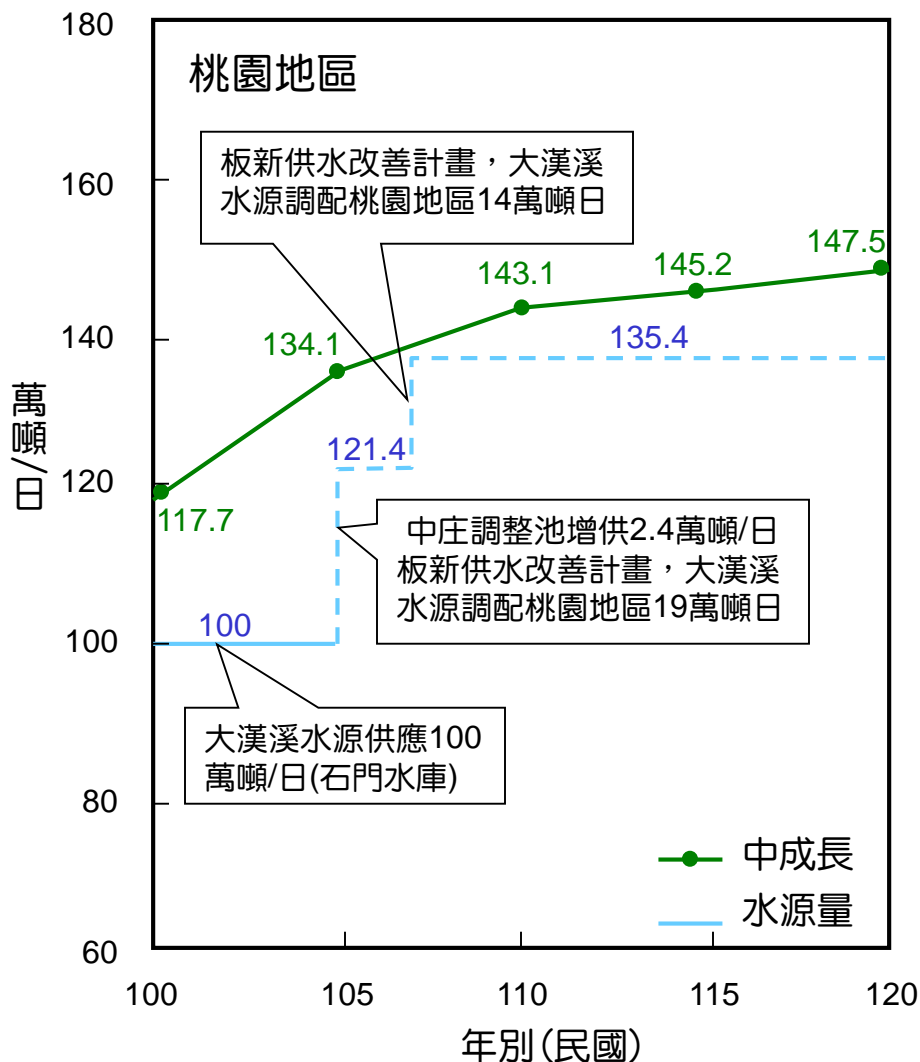
**台南**  
 + 現階段：-0.9萬  
 + 110年：-12.4萬

**高雄**  
 + 現階段：-14.8萬  
 + 110年：-27.4萬

：高缺水風險區

：嚴重地層下陷區

# 桃園地區用水供需分析



- 主要水源為大漢溪，石門水庫為桃園地區主要調蓄供水設施
- 目前供水能力為100萬 CMD，需水量約為117.7萬CMD，現階段已有供水缺口
- 供水變數：「板新供水改善計畫二期工程」、「桃園海淡廠」、「中庄調整池」是否能如期完工供水，及其水質水量穩定性



# 經濟部水利署管理措施

## 工業用水總量管制

- 工業用水將維持既有之工業區用水量及目前已核定用水計畫之工業區用水量至民國110年約29億噸/年之目標，不再成長
- 民國100年，平均用水回收率應提昇至65%以上

## 訂定工業用水指標建議值

- 回收率 **用水計畫書審查作業要點**

$$R1\text{回收率(重複利用率)} = \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\%$$

$$R2\text{回收率(不含冷卻水塔循環量)} = \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\%$$

## 研訂再生水資源發展條例(草案)

- 獎勵民間投資開發、使用再生水，並帶動產業發展

# 相關部會管理措施

## ✚ 經濟部工業局

- ✚ 工廠管理輔導法第17條，工業主管機關得基於水資源合理利用、生態環境及公共利益維護，於「許可工廠設立或核准登記時附加負擔」或「擇定產品或地區，公告停止受理工廠之新設或既有工廠之擴充或強制既有工廠減量生產或停止生產」

## ✚ 行政院環保署

- ✚ 工業區開發環境影響評估審議規範，工業區全區用水總回收率（含廠內用水回收、中水道系統回收及污水處理廠廢水回收等）應至少達百分之七十。但情形特殊，經本署環境影響評估審查委員會同意者，不在此限



# 科學工業園區管理措施

## 科學工業園區水電輔導管制辦法

- 園區用戶應於申請興建、租賃廠房或增資時，提供用水計畫書送交管理局審查後，向自來水事業提出未來供水調配及規劃
- 每日用水量達五百立方公尺以上之園區用戶，應於每年年底前提出未來五年及最終用水計畫量，送交管理局審查

## 科學工業園區節約用水輔導計畫執行要點

- 八十三年以前興建之廠房，製程回收率需大於百分之五十，全廠回收率需大於百分之三十，排放率需小於百分之八十
- 八十三年至八十八年興建者，製程回收率需大於百分之七十，全廠回收率需大於百分之五十，排放率需小於百分之八十
- 八十八年以後興建者，製程回收率需大於百分之八十五，全廠回收率需大於百分之七十，排放率需小於百分之七十
- 但需辦理環評之廠商，依環評審定之承諾事項辦理

製程回收率及全廠回收率管制日益嚴格

# 相關節水輔導計畫

## ✦ 推動工業節水綜合行動(92~98年)

經濟部工業局

- ✦ 完成18個行業共571家工廠之工業用水效率提升輔導作業，推動節約用水政策，總計節水量達每年4,556萬噸

## ✦ 園區廠商節水節能減碳輔導計畫

新竹科學工業園區管理局

- ✦ 2008年國科會規劃
  - ◆ 2008至2011年科學工業園區廠商每年達成節水量100萬公噸以上，其中新竹科學工業園區應達成每年節水量50萬噸/年以上
- ✦ 新竹科學工業園區管理局積極作為
  - ◆ 91~99年期間已持續推動之節水輔導111場次
  - ◆ 91~99年期間接受節水輔導之廠商持續追蹤(111場次65家)

## ✦ 水再生利用推動盤查與促動服務計畫(101~103年)

經濟部水利署

- ✦ 預計完成420份再生水使用情形問卷調查
- ✦ 預計完成35處工業用水戶及生活污水戶現場盤查
- ✦ 預計完成2處工業用水戶及2處生活污水戶深入輔導與評估試驗

# 為何要進行節水與水回收

## 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

### 缺水！桃園林口3/15啟動第一階段限水

2013-03-06 | 中廣新聞 | 戎華儀

由於春季降雨不足，水利署今天（6號）中午宣布，三月十五號起將啟動石門水庫供水區第一階段限水措施，桃園縣和新北市林口區每天晚上十一點到清晨五點降低水壓，民眾住家可能都有水塔，所以不會有明顯感覺。

水利署昨天才表示水情燈號還是綠燈，但氣象預報未來一週不會有明顯降雨，梅雨季來臨前雨量可能正常偏少，因此水利署決定三月十五號起，水情燈號轉為黃燈，代表水情稍微吃緊，必須實施限水措施。水利署研判水情不樂觀，呼籲大家積極節約用水，經濟部水利署網站（<http://www.wra.gov.tw/>）也隨時提供最新水情資訊。

### 缺水區開發 將強制使用再生水

2013-07-08 01:43 | 工商時報 | 【記者潘靜菁／台北報導】

經濟部水利署正加速草擬「再生水資源發展條例」草案，嚴格控管產業用水量，據悉，未來桃園、新竹、台中、台南與高雄均列入缺水地區，在缺水地區新投資案，將強制規畫再生水使用比率。

目前工業用水每度費用是12元，再生水預估每度至少17元，廠商生產成本將大幅增加。

經濟部長張家駒6月啟動投資列車，要求水利署加速立法，使用效率並促使再生水產業發展。水利署長楊偉甫表示，整個草案目標是在今年底前出爐，儘速送行政院審查，送立法院通過。

水利署表示，台灣中南部在枯水期與汛期水量落差極大，在枯水期更有缺水風險，考量產業界需要穩定供水量，為珍惜水資源，因此擬定再生水資源發展條例草案。

草案主要規劃方向，是公告缺水的地區，廠商所提出新開發案，不論用水量大小，必須強制納入再生水使用比率，若無法達到政府要求，廠商必須繳交一筆負擔費。至於再生水的法定使用比率，水利署說，會考量產業別與個案處理。

水利署指出，目前許多耗水產業都已被要求使用一定比率再生水，據統計，台積電與友達等高科技產業，再生水使用比率高達80-90%，印刷電路板等電子產業，比率約75%。

官員說，由於進駐科學園區或要經過環評的投資案，政府都會要求廠商慎重提出水計劃書，並清楚交代再生水使用比率，因此許多電子與基本金屬業廠商都已使用再生水。

這項草案是針對在缺水區，不必環評的新增投資，業者可以如同台積電自行購置再生水設備，或是向政府購買再生水。水利署官員坦言，後續該怎麼執行廠商有疑慮。

草案通過後，水利署第一波公告缺水地區，包括桃園、新竹、台中、台南與高雄，換言之，若廠商在上述區域的新增投資，都要強制使用再生水。



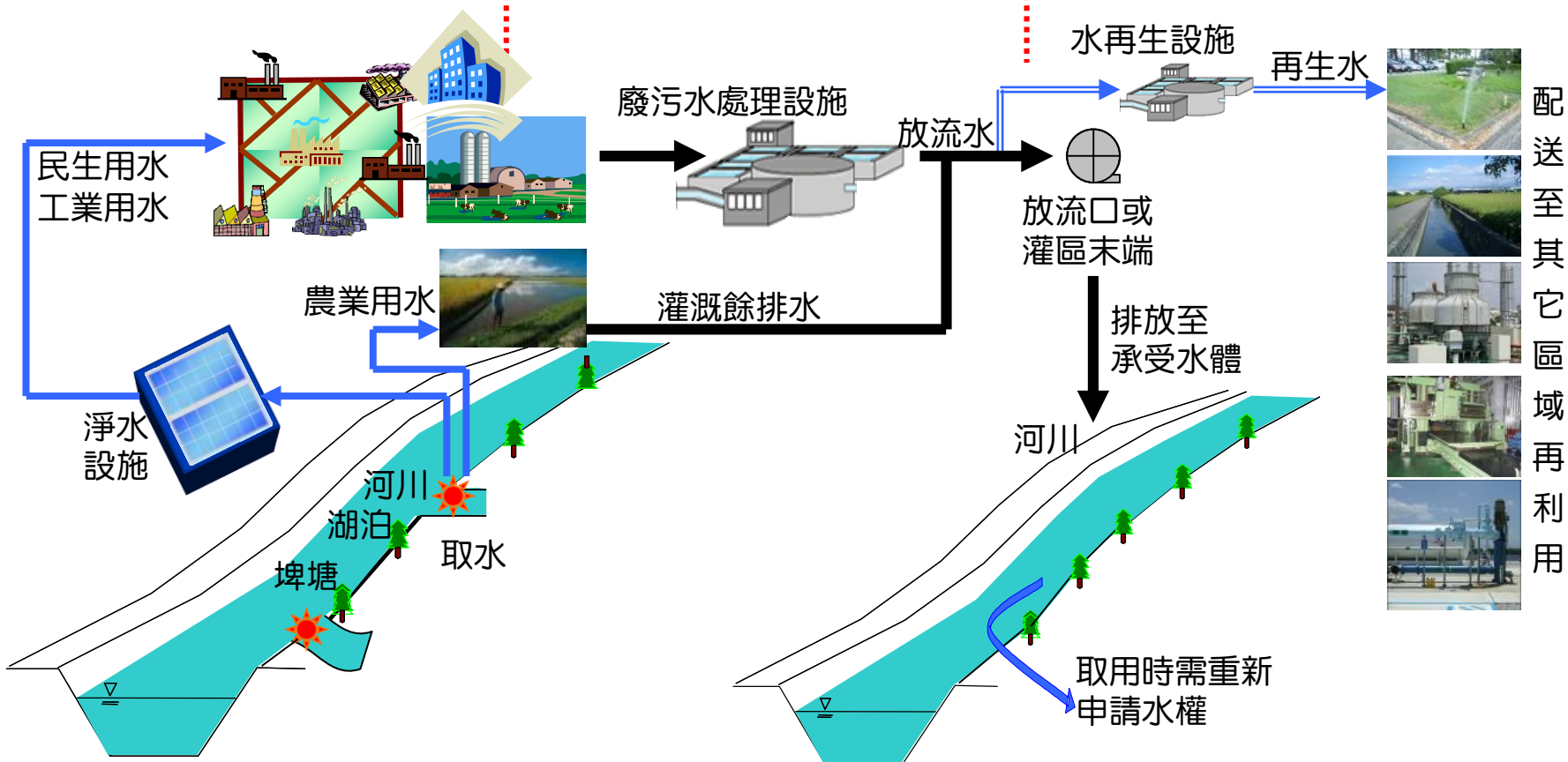
# 何謂水回收再利用

# 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

# 水回收與再生處理

## 循環利用

### 用水計畫書審查作業要點

- 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

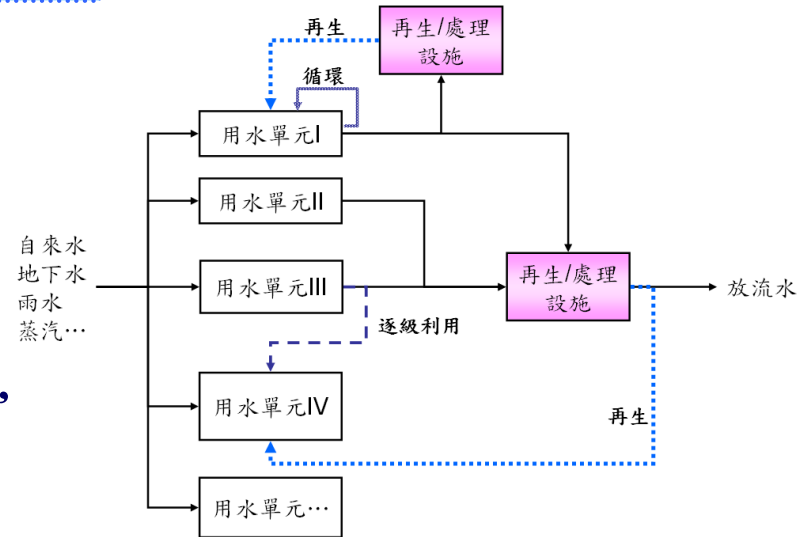
## 回收利用

- 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

## 再生利用

### 再生水資源發展條例(草案)

- 再生水指以污水、廢水或污(廢)水處理後之放流水為水源，經再處理產生之水









# 水回收再利用處理技術

# 水再生利用需符合法定水質標準

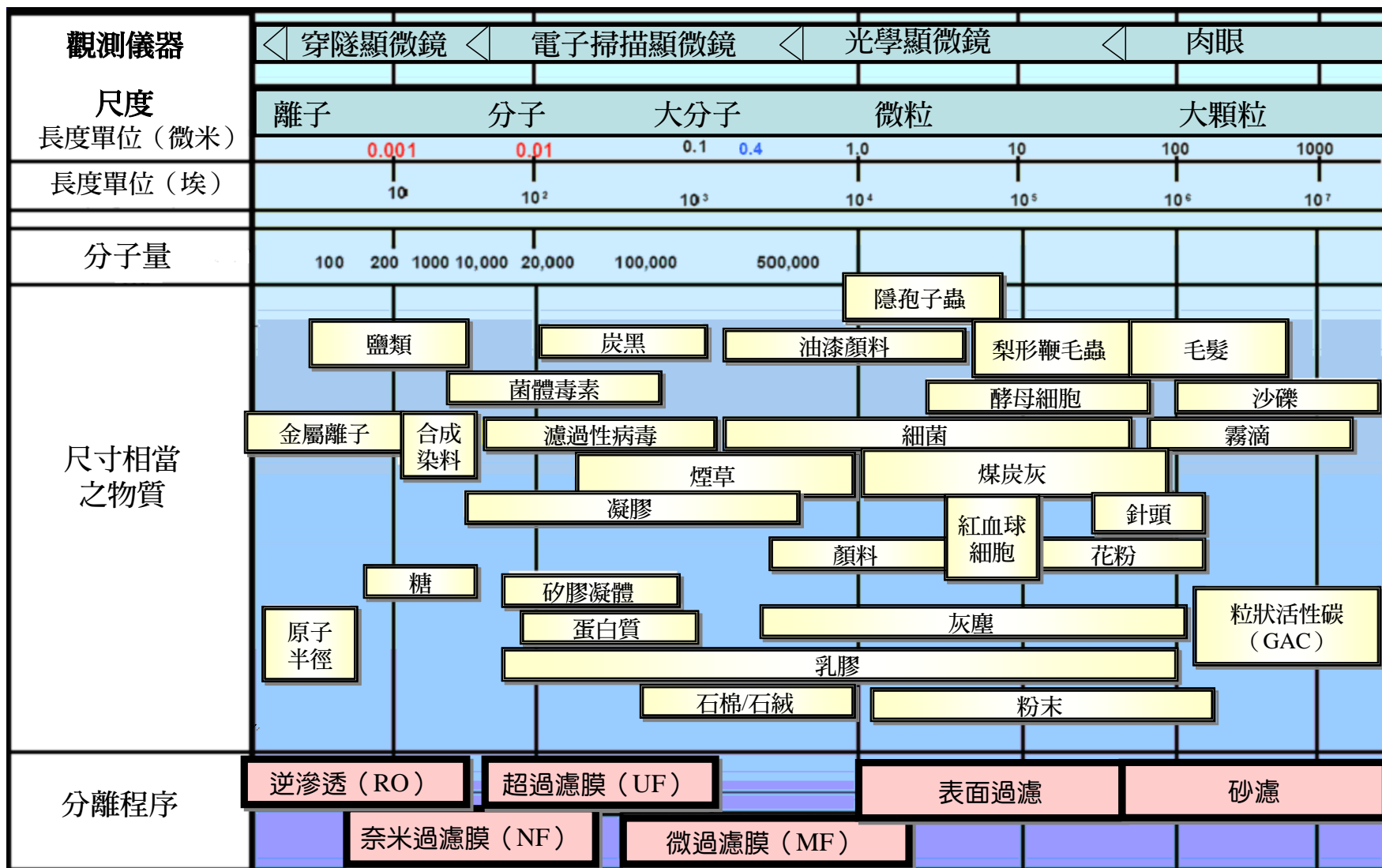
水質項目	景觀用水	自來水 (水利署)	灌溉用水	注入地下水
導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	--	--	750	--
生化需氧量 $\text{BOD}_5$ (mg/L)	< 15	--	--	1
總溶解固體TDS (mg/L)	--	800	--	800
氟離子 $\text{F}^-$ (mg/L)	--	0.8	--	0.8
氯離子 $\text{Cl}^-$ (mg/L)	--	250	175	250
硫酸根 $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	--	250	200	250
總硬度(mg/L)	--	400	--	--
大腸菌群 (CFU/100mL)	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 $\text{CN}^-$ (mg/L)	--	0.05	--	0.01

# 各種水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	活性炭吸附	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	奈米活性炭電極
細菌	+	○	○	○	+	○	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	*	*
原蟲	+	+	+	+	+	+	*	○	+	+	+	*	+	+	+	+	*	+	*	*
病毒	*	*	*	*	○	*	*	+	+	+	+	○	○	+	+	+	*	+	*	*
大於10μm顆粒	+	+	+	+	+	+	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+	○	*
小於10μm膠體	○	○	+	+	+	+	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	○	+	*	*
色度	+	*	*	*	+	*	*	○	+	○	+	+	○	○	+	+	*	○	*	*
生化需氧量BOD	+	○	○	○	+	*	○	○	○	○	+	○	○	○	+	+	*	○	*	*
化學需氧量COD	+	○	○	○	○	○	○	○	+	○	+	+	○	○	+	+	○	○	*	*
氮	*	*	*	*	○	○	+	○	○	*	*	○	*	*	+	+	+	○	*	*
磷	+	○	○	○	○	○	○	*	*	*	*	*	+	+	+	+	*	+	+	*
重金屬	+	*	*	*	*	○	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+
鹼度	○	*	*	*	*	○	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	*	+
二價以上離子	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+
一價離子	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	○	+	+	+	*	+
溶解性有機物	*	*	*	*	+	*	*	*	+	*	+	○	*	*	○	+	*	*	*	*
微量毒性物質	*	*	*	*	○	*	*	*	○	*	+	*	*	*	○	+	*	*	*	*

註：「+」可有效移除 「○」：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





# 表面過濾器 (Surface filtration)

## 設置目的

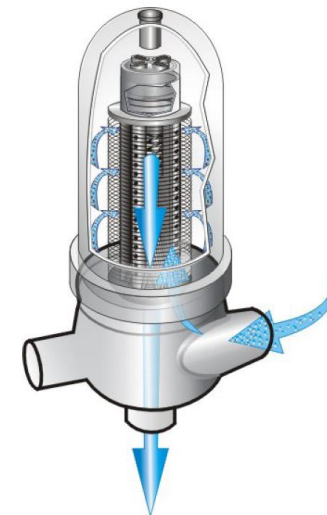
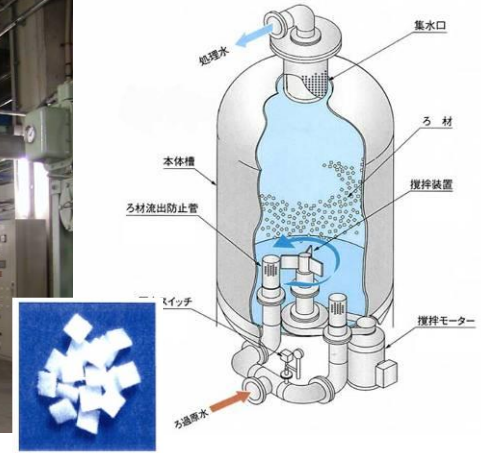
- 不同於砂濾等深層過濾，表面過濾係在濾材表面阻截顆粒物質 (1 ~ 10 $\mu$ m)
- 表面過濾具有比砂濾更精密之過濾效果，一般亦可操作在更高之流速範圍 (> 300 m/day)
- 濾材多有專利

## 類型

- 纖維過濾
- 疊式過濾
- 匣式過濾
- 碟式過濾



纖維過濾



疊片過濾



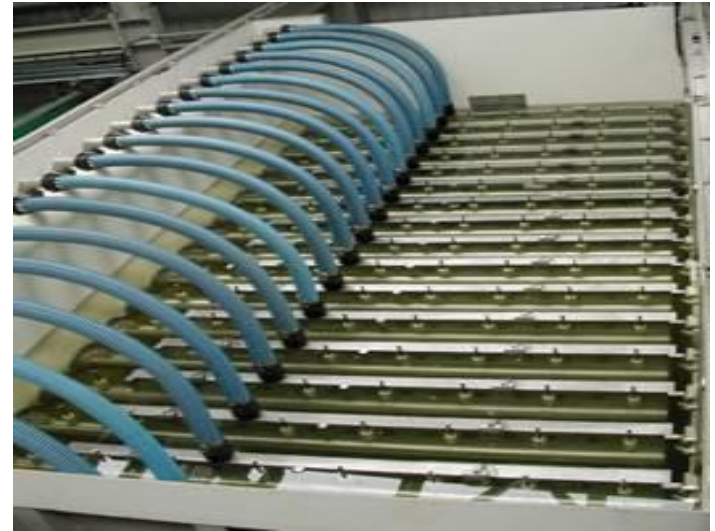
# 超過濾膜 (Ultrafiltration)

## 設置目的

- 屬於表面過濾的一種
- 去除水中微細膠體離子，從而降低膠體阻塞趨勢
- 經超過濾膜處理後之產水可直接導入逆滲透膜等除鹽單元再降低導電度

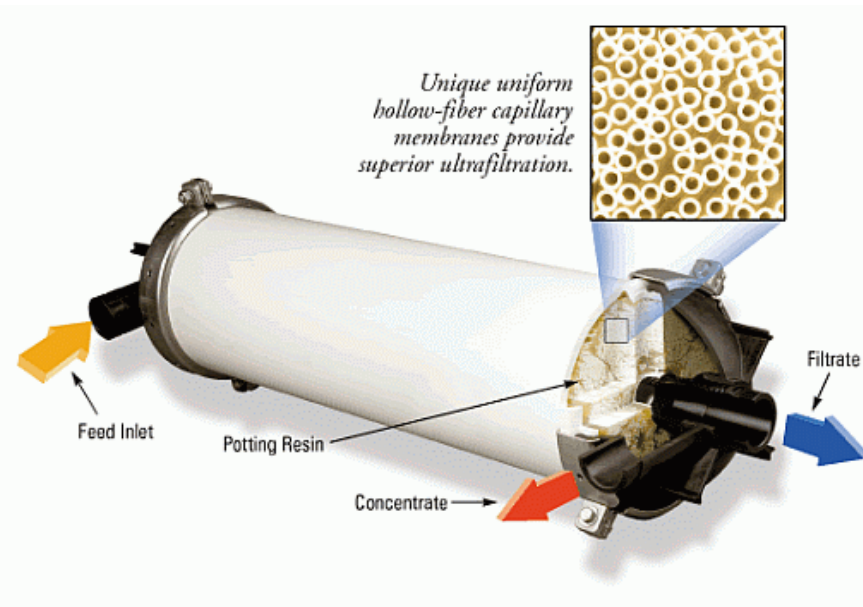
## 型式

- 微過濾膜
  - ◆ 孔徑約數百nm
  - ◆ 去除細菌、原生動物、懸浮固體
  - ◆ 可作為RO進水之前處理
- 超過濾膜
  - ◆ 孔徑約數十nm
  - ◆ 去除細菌、原生動物、懸浮固體
  - ◆ 去除分子量為數萬以上之大分子
- 目前微過濾膜與超過濾膜在商用產品上已無太大區別



# 超過濾膜 (Ultrafiltration) (續)

## 中空纖維 (Hollow-fiber)





# 逆滲透 (Reverse osmosis)

## 設置目的

- ◆ 逆滲透膜僅讓水分子能通過，將離子與溶解性質阻截於濃縮側，形成濃排水排出，從而取得低硬度／導電度／溶解性有機物之產水
- ◆ 除鹽率最高可達99%，價格自90年代後日趨下降，目前已成爲最常用於放流水除鹽之單元
- ◆ 因最多僅能回收六成之產水，使得產水成本偏高

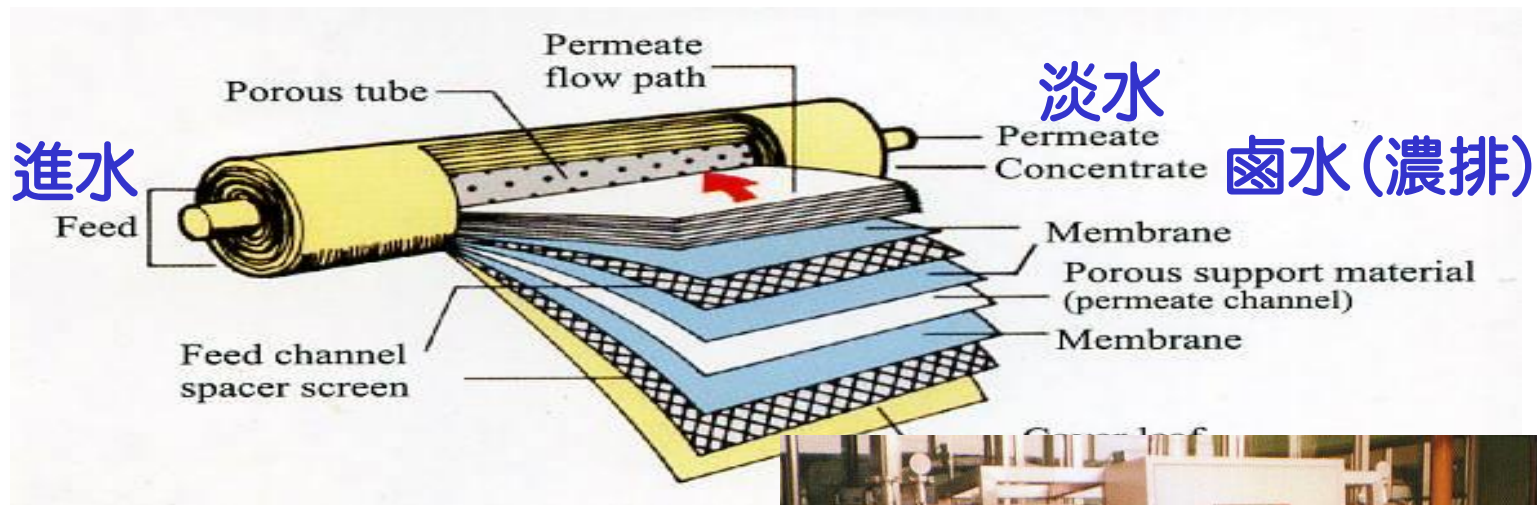
## 型式

- ◆ 逆滲透膜
  - ◆ 孔徑小於0.1 nm
  - ◆ 去除鹽類與有機物
  - ◆ 去除細菌與病毒
- ◆ 奈米過濾 (nanofiltration)
  - ◆ 功能同逆滲透膜，對二價以上鹽類去除效甚佳，對有機物與一價鹽類則較差



# 逆滲透 (Reverse osmosis) (續)

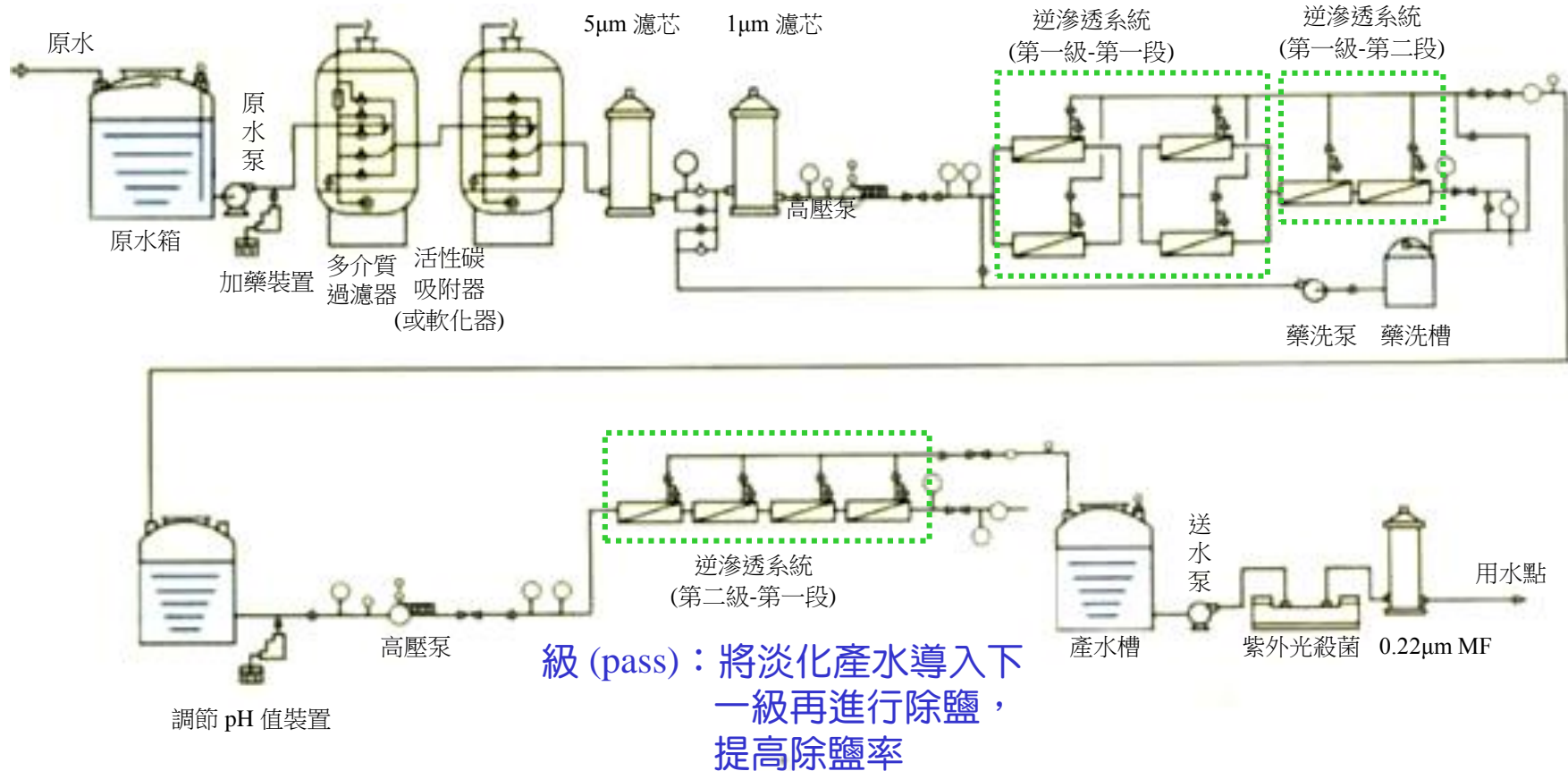
## 卷式 (Spiral-wound)





# 逆滲透 (Reverse osmosis) (續)

段 (stage) : 將濃排導入下一段再進行除鹽，提高產水回收率



級 (pass) : 將淡化產水導入下一級再進行除鹽，提高除鹽率



# 電透析系統 (Electrodialysis)

## ✚ 設置目的

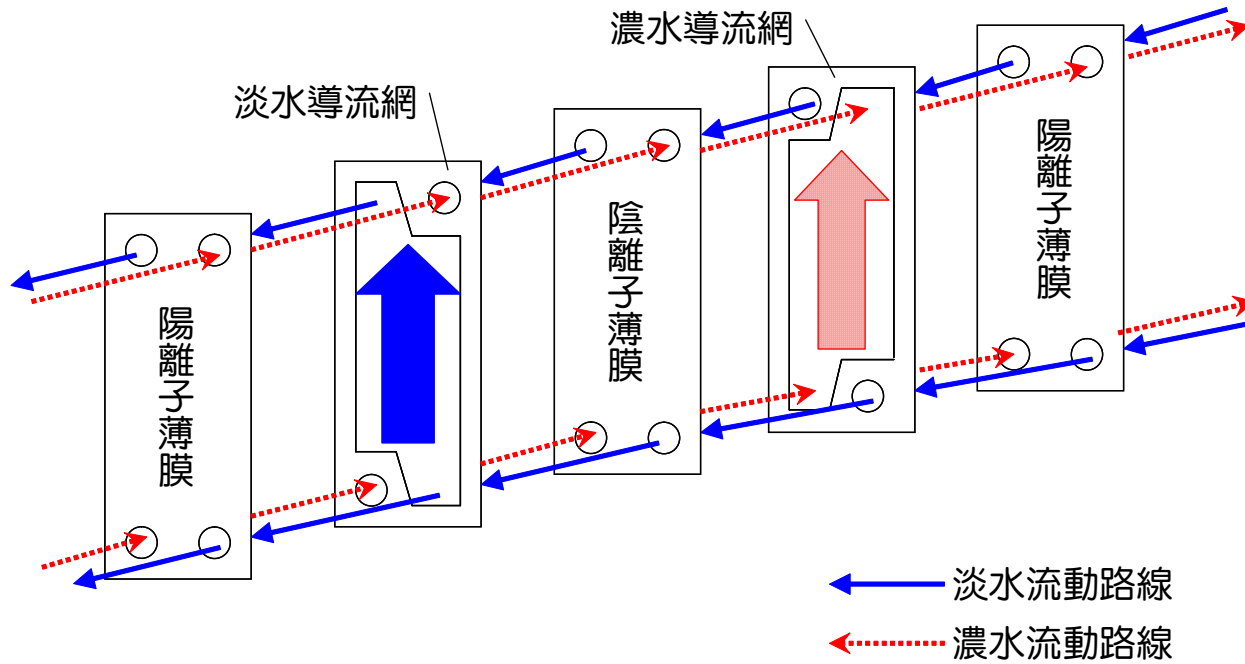
- ✪ 採用陰、陽離子交換膜多層交替，使陽離子與陰離子分別移往陰極與陽極，而可得到淡水
- ✪ 除鹽效率不如逆滲透膜，處理水質一般TDS小於5,000 mg/L

## ✚ 型式

- ✪ 電透析 (Electrodialysis, ED)
- ✪ 電去離子 (Electro-deionization, EDI)
- ✪ 倒極電透析 (Electrodialysis reversal, EDR) (週期性地改變電極極性，以降低在電極上產生鹽垢之情形)，較適合用於放流水再生



# 電透析系統 (Electrodialysis)



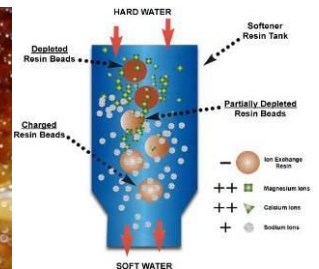
# 離子交換 (Ion exchange)

## 設置目的

- 液相中的離子與固相（樹脂）中離子間互相交換，而達到除鹽效果
- 可單獨搭配活性碳槽運用，或設於RO後端處理RO出水，以獲得更低電導度之純水
- 處理水質TDS不宜超過500 mg/L，不適合處理放流水（再生頻率過高）

## 型式

- 離子交換樹脂一般呈現多孔狀或顆粒狀，其大小約為0.1~1mm
- 依交換特性可分為
  - ◆ 陽離子樹脂：可去除懸浮顆粒、有機物、以及正電荷離子，進行水質軟化
  - ◆ 陰離子樹脂：去除帶負電荷之無機鹽類





# 活性炭吸附 (Activated carbon)

## 設置目的

- 活性炭是一種多孔性的含碳物質，可藉由物理性吸附力與化學性吸附力去除水中有機物或餘氯
- 若處理一般放流水，更換活性炭頻率極高，成本難以接受；較適合用於純水系統

## 型式

- 粉末狀活性炭
- 顆粒狀活性炭
- 纖維狀活性炭





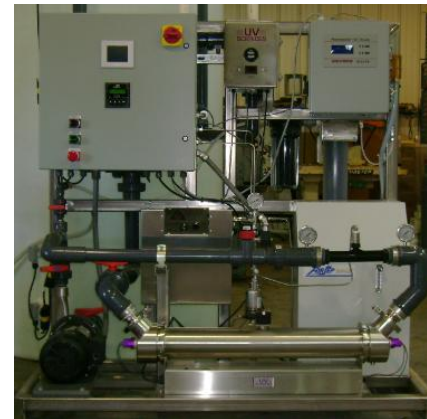
# 高級氧化系統 (Advanced oxidation)

## + 設置目的

- ✿ 以強氧化劑去除放流水中微量有機物（低於10 mg/L等級）或去除放流水中有毒物質（如環境荷爾蒙，0.001 mg/L等級）
- ✿ 可作最後階段之拋光處理（polishing），或作薄膜前處理（降低有機堵塞趨勢）

## + 型式

- ✿ 臭氧
- ✿ 臭氧+紫外光
- ✿ 臭氧+過氧化氫
- ✿ 紫外光+過氧化氫





# 薄膜生物反應器(Membrane bioreactor)

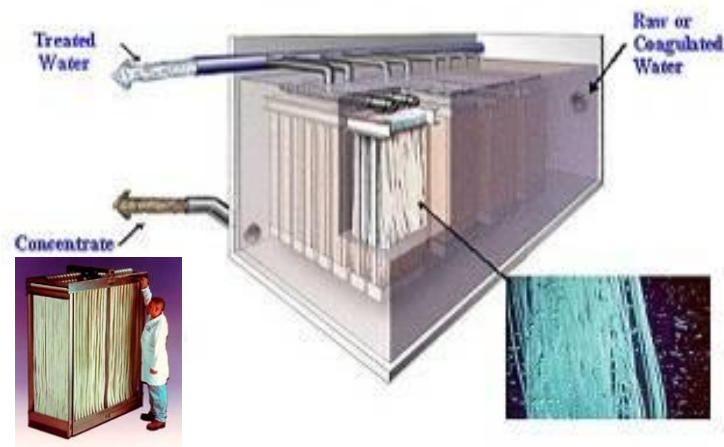
## 設置目的

- 包含曝氣槽(生物反應)與二沉池(固液分離)之功能
- 藉由薄膜阻攔,可提高生物處理單元內污泥濃度,提升處理效能;微/超濾膜可有效濾除懸浮固體物、微生物
- 可濃縮污泥而節省二沉池空間,轉作裝設再生水設備之用地,適合用在缺乏用地的廢污水處理廠

## 型式

- 依薄膜所在位置分成沉浸式(薄膜浸在曝氣池的污泥中)與外掛式(薄膜在曝氣池之外)
- 依薄膜型式分成中空絲與平板式

ZeeWeed® Process



2005/02/28



# 處理系統之設計規劃



# 第1步：用水清查

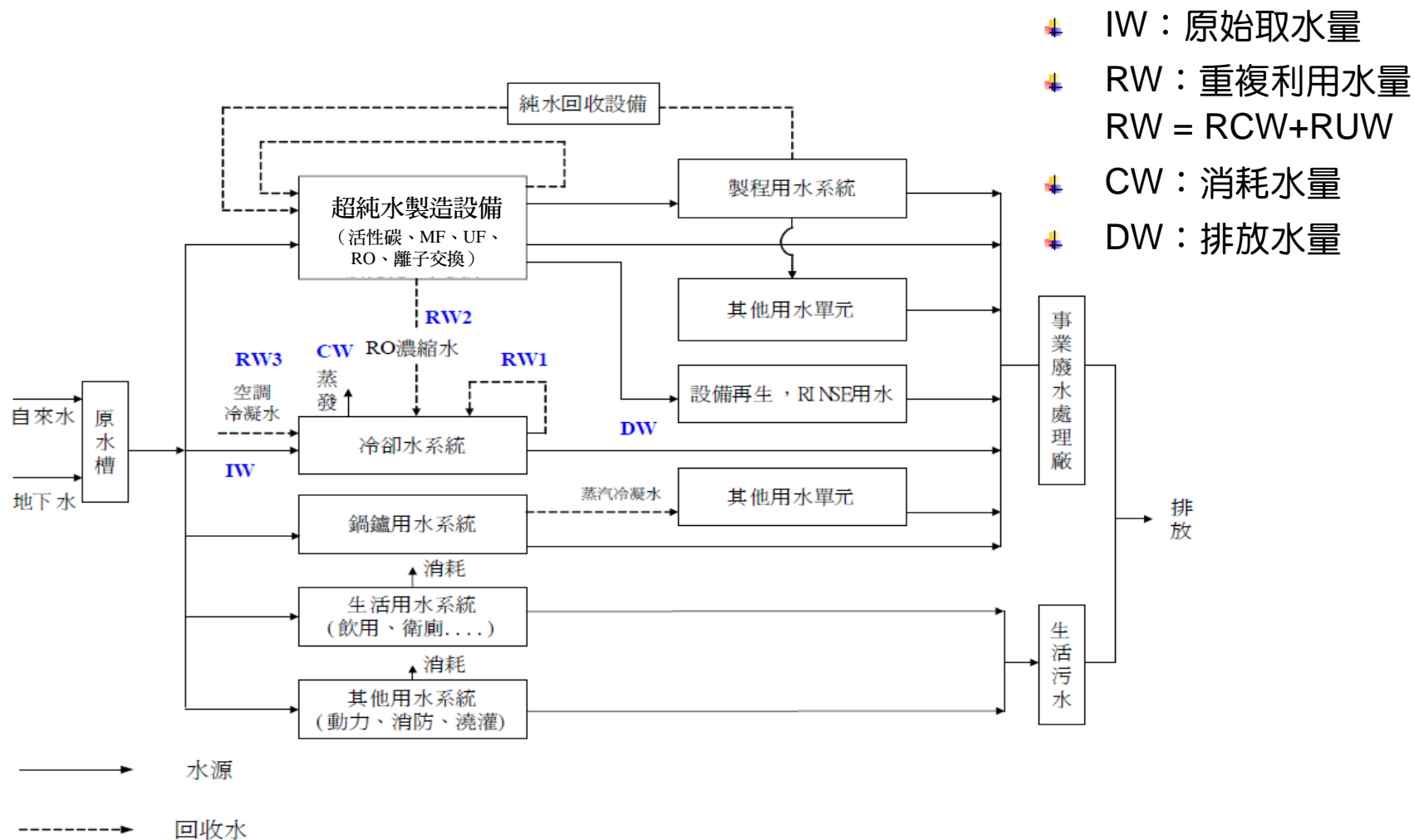
## ✦ 調查用水基線資料

- ✦ 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)



- ✚ IW：原始取水量
- ✚ RW：重複利用水量  
RW = RCW+RUW
- ✚ CW：消耗水量
- ✚ DW：排放水量

# 第1步：用水清查 (續)

## 回收率用水指標

R1回收率(重複利用率)

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

R2回收率(不含冷卻水塔循環量)

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

若R1小於50%或R2小於20%，有必要檢討是否有節水空間

# 第1步：用水清查 (續)

## 科學工業園區廠商

製程回收率(RP)=	$\frac{c1+c2+c3+c4}{P}$	* 100% =	78.4%	(>85%)
全廠回收率(RT)=	$\frac{(A1+A2)+(c1+c2+c3+c4+c5+c6+R)}{(W+A1+A2)+(c1+c2+c3+c4+c5+c6+R)-V1-V2}$	* 100% =	69.3%	(>70%)
全廠排放率(DT)=	$\frac{D}{W+A1+A2}$	* 100% =	60.9%	(<70%)

英文代碼說明：
A1: 冷凝水回收
A2: 雨水回收
W: 自來水
w1: 製程用自來水量
w2: C/T用自來水量
w3: 次級用自來水量
D: 總排放廢水
d1: 次級用水廢水
d2: 處理排放廢水
d3: 純水再生廢水
d4: 製程水循環回收利用系統再生廢水
d5: L/S,C/T排放廢水

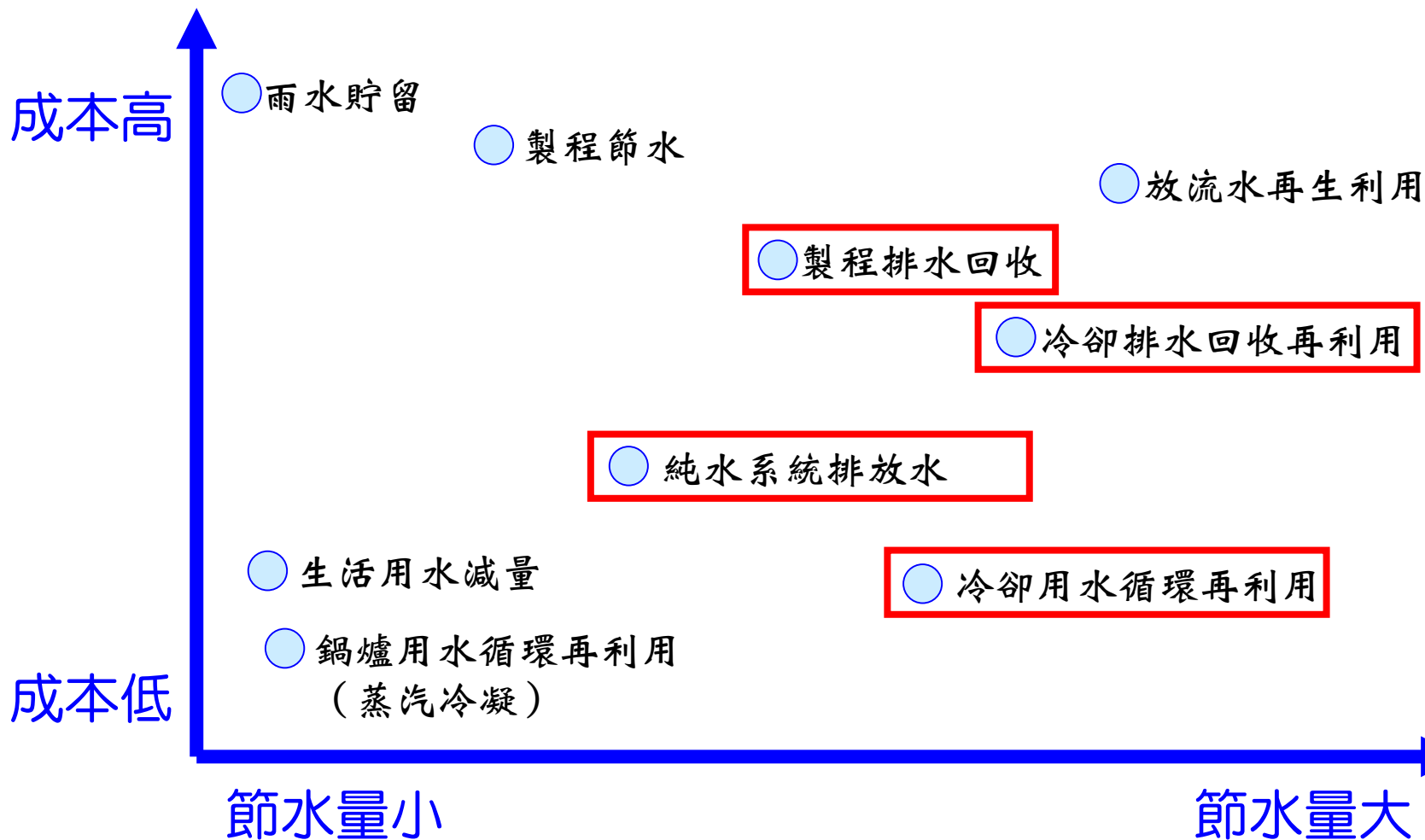
R: 總二次利用廢水回收
r1: 廢水回收
r2: L/S排放廢水回收
r3: C/T排放廢水回收
r4: 排放廢水回收
P: 製程機台用水
c1: 製程水處理回收利用
c2: 製程水處理回收利用
c3: 製程水處理回收利用
c4: 製程水處理回收利用
c5: scrubber 製程水循環回收利用
c6: C/T製程水循環回收利用

V 1: C/T蒸發水量(1000RT = 120 ~ 150CMD)
V 2: L/S+C/S蒸發水量(1000CMM排氣量 = 5cm)
消耗: 飲用水, 灌溉用水
f1: Local/Central Scrubber補給用水
f2: 冷卻水塔補給用水
f3: 公共補給用水(澆灌...)

若製程回收率及全廠回收率未達規定，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－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
    - » 微薄膜處理

### 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

### 脫鹽：

- ◆ 去除水中溶解性固體物質
- ◆ 逆滲透膜濃排水具有回收潛力
  - 約數百CMD（產水量之40~50%）
  - 導電度在1,000 $\mu$ S/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），需考慮避免矽垢之產生
- ◆ 處理程序
  - 濾芯過濾 + RO
  - 濾芯過濾 + EDR

# 第2步：界定節水空間－純水系統排水(續)

## ✚ 純水系統反洗廢水回收再利用

- ✚ 反沖洗水一般佔產水量2~5%
- ✚ 高濃度懸浮固體與濁度(數百至一千NTU)
- ✚ 一般直接迴流至前端原水端處理回收，但可能造成膠體物質在其中累積
- ✚ 處理程序
  - ◆ 混凝沉澱 + 過濾 + 加氯
  - ◆ 微薄膜處理 + 加氯



# 第2步：界定節水空間－純水系統排水(續)

## ✚ 純水端逆滲透膜濃縮液

- ✱ 當導電度在 $1,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 以內，均具回收效益
- ✱ 一般約數百 $\text{m}^3/\text{day}$
- ✱ 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，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)

## 製程用水節水策略

### 製程用水減量

- ◆ 改變原料或改善製程，減少製程用水量

### 使用替代性水源

- ◆ 雨水貯留、海水淡化、廢污水再生

### 製程排水循環再利用

- ◆ 單元製程內用水循環再利用

### 製程排水回收再利用

- ◆ 製程排水回收作為次級用水

### 製程排水再生再利用

- ◆ 藉由再生處理，提升排放水質，以符合標的用水水質要求

# 第2步：界定節水空間－製程用水 (續)

## ✦ 半導體件製造業

節水點	性質	處理技術	再利用用途
研磨廢水	懸浮固體物、SiO <sub>2</sub>	過濾、薄膜過濾	製程原水、冷卻用水
氟系廢水	氟離子、重金屬	化學混凝、流體化床結晶法	製程原水
酸鹼廢水	酸、鹼	直接使用	廢氣洗滌水、廢水調勻池調整pH
放流水回收再利用	鹽類、微量有機物、懸浮固體物	砂濾、薄膜過濾、活性碳	製程原水、冷卻用水、生活雜用水、澆灌用水

# 第2步：界定節水空間－製程用水 (續)

## 印刷電路板製造業

節水點	性質	處理技術	再利用用途
研磨廢水	懸浮固體物、氧化銅粉	過濾	製程原水
清洗廢水	酸、鹼、重金屬	薄膜過濾、電透析	製程原水、冷卻用水
放流水回收再利用	鹽類、微量有機物、重金屬、懸浮固體物	砂濾、薄膜過濾、離子交換、活性炭	製程原水、冷卻用水、生活雜用水、澆灌用水

## 染整業

節水點	性質	處理技術	再利用用途
後段清洗廢水	含少量之色度	直接使用	清洗用水
放流水回收再利用	鹽類、有機物、色度、懸浮固體物	砂濾、薄膜過濾、高級氧化程序、活性炭	製程原水、冷卻用水、生活雜用水、澆灌用水

# 第2步：界定節水空間－製程用水 (續)

## ✚ 化學材料業

節水點	性質	處理技術	再利用用途
清洗廢水	酸、鹼、有機物、重金屬	化學混凝、氧化法、薄膜過濾	冷卻用水、製程原水
放流水回收再利用	鹽類、有機物、懸浮固體物	砂濾、薄膜過濾、高級氧化程序、活性炭	製程原水、冷卻用水、生活雜用水、澆灌用水

## ✚ 造紙業

節水點	性質	處理技術	再利用用途
製程白水	懸浮性固體物、溶解性有機物	過濾、纖維過濾	製程原水、冷卻用水
放流水回收再利用	懸浮性固體物、溶解性有機物	化學混凝、活性炭、薄膜過濾	製程原水、冷卻用水、生活雜用水、澆灌用水



# 第2步：界定節水空間－製程用水（續）

## 化學研磨廢水

### 定義

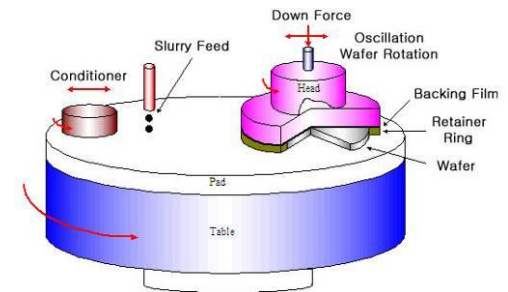
- ◆ 化學研磨 (Chemical mechanical polishing) 為將矽晶片表面起伏介電層加以平坦化之技術
- ◆ 採用純水加入砥粒形成研漿，進行研磨
- ◆ 約數百 $m^3/day$

### 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
- ◆ 沉浸式超過濾膜 + RO



# 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m<sup>3</sup>/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CMD

### ✦ 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
- ◆ 氧化還原 + 重金屬吸附 + 過濾 + RO
- ◆ 過濾 + 螯合型離子交換樹脂 + RO





# 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

$$= \text{蒸散量} + \text{排水量} + \text{飛散損失}$$

### ✦ 蒸散量計算(經驗式)

- ◆ 蒸散量 =  $0.0014 \times \text{循環用水量} \times \text{溫度差} (^{\circ}\text{C})$   
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)

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

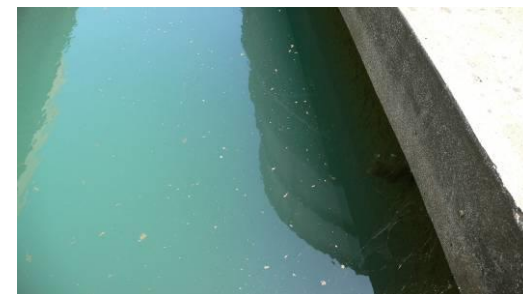
- pH<sub>s</sub>：水中飽和時pH值
- A：總溶解固體物 (mg/L)
- B：水溫 (°C)
- C：鈣離子濃度 (mg/L as CaCO<sub>3</sub>)
- D：鹼度 (mg/L as CaCO<sub>3</sub>)

◆ LSI < 0，腐蝕傾向，LSI < -2，嚴重腐蝕

◆ LSI > 0，結垢傾向，LSI > 2，嚴重結垢

◆ LSI = 0，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



# 第2步：界定節水空間－冷卻用水（續）

## 冷卻水塔排放水處理方式

### ◆ 過濾處理法

- ◆ 去除水中懸浮固體物，減低結垢及阻塞潛勢

### ◆ 脫鹽設備

- ◆ 利用薄膜之選擇性、分離性，將鹽類自水中分離，經處理過之再生水，可循環再利用於冷卻水塔補充水，相關設備包括EDR、離子交換樹脂、UF/NF/逆滲透等

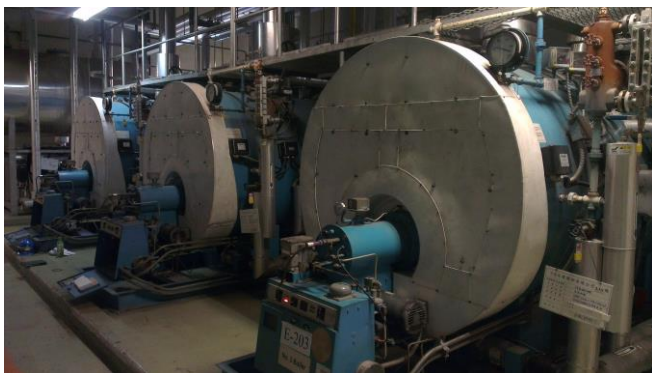






# 第2步：界定節水空間－鍋爐用水

- ✚ 功能：工業生產中，提供生產或發電之蒸汽，在鍋爐內進行汽化所需的用水
- ✚ 操作概述：將產生之蒸汽導入製程，藉由熱交換器與標的製程達到熱平衡
- ✚ 鍋爐用水節水策略
  - ✪ 使用潔淨水源 (鍋爐用水預處理)
  - ✪ 鍋爐蒸汽循環再利用
  - ✪ 蒸汽冷凝水回收再利用



# 第2步：界定節水空間－鍋爐用水 (續)

## 鍋爐用水循環再利用

### 優點

- ◆ 提高鍋爐給水溫度，可降低用水量及燃料使用量
- ◆ 冷凝水為蒸餾水，結垢成分較低
- ◆ 提高鍋爐給水水質，降低水處理成本
- ◆ 給水溫度提高、提高熱傳導速度，降低鍋爐負荷，可延長鍋爐壽命

### 管理問題

- ◆ 鍋爐用水循環再利用，多於密閉系統下進行，較無微生物孳生之困擾，然會產生腐蝕及結垢現象



# 第2步：界定節水空間－鍋爐用水 (續)

## 鍋爐用水循環再利用管理對策

### ◆ 鍋爐用水預處理

- ◆ 鍋爐進水先經離子交換、軟化或脫鹽設備，**去除水中鹽類或硬度物質**，可在避免結垢或腐蝕之前提下，增進鍋爐用水循環次數

### ◆ 設置監控系統

- ◆ 監測鍋爐用水水質並定期排放，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，藉由增加蒸汽循環再利用或冷凝水回收再利用次數，達到節約用水之目的



# 第2步：界定節水空間－鍋爐用水 (續)

## 鍋爐用水循環再利用管理對策

### 腐蝕控制

- ◆ 除氧：利用熱力除氧或化學除氧方式，針對鍋爐用水補充水進行除氧處理，防止或減輕鍋爐之溶解氧腐蝕
- ◆ 調節進水pH值：一般採用氨或有機胺，中和水中二氧化碳，調高溶液pH值，防止金屬材料腐蝕
- ◆ 控制鹼度：藉由脫鹼處理或增加鍋爐水含鹽量，降低水中鹼度
- ◆ 氧化：於水中加入氧或過氧化氫，使金屬表面形成保護膜，防止金屬腐蝕
- ◆ 添加螯合劑：所加入之EDTA會先與水中鐵離子形成溶解性螯合物，再於280~300 °C溫度範圍內，發生熱分解而於金屬管壁表面生成保護膜

# 第2步：界定節水空間－鍋爐用水 (續)

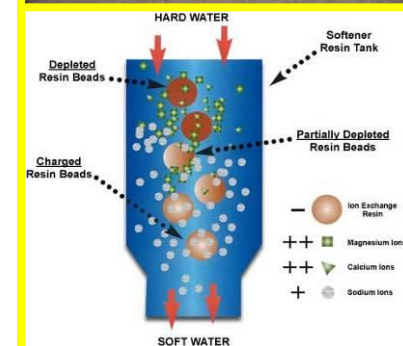
## 鍋爐用水循環再利用管理對策

### 結垢控制

- ◆ 低壓鍋爐加藥處理：加入碳酸鈉、磷酸鈉、聚磷酸鹽等藥劑，與水中結垢物質產生反應，使其成為水渣排出或以溶解狀態存在於鍋爐用水中
- ◆ 中高壓鍋爐加藥處理：使用藥劑以磷酸三鈉為主

### 鍋爐排放水再生再利用

- ◆ 離子交換處理：去除水中硬度
- ◆ 表面過濾：去除水中固體物，降低阻塞或結垢之潛勢
- ◆ 脫鹽設備：利用RO逆滲透薄膜之選擇性、分離性，將鹽類自水中分離，經處理過之再生水，可循環再利用於鍋爐用水





# 第2步：界定節水空間－生活用水

- ✚ 生活用水定義：員工及工作環境所需飲用、衛生等用水
  - ✪ 以每位勞工每日工作8小時計，合理用水量約50~100公升
  - ✪ 若廠內包含餐廳、宿舍或淋浴設備，合理用水量應低於250公升
- ✚ 其他用水定義：景觀用水、防火用水等，與生產或生活均較無直接之關係，使用時間較不定，可歸納為雜項其他用水
- ✚ 用水減量策略
  - ✪ 使用替代性水源
  - ✪ 採用省水器材
  - ✪ 調降供水水壓
  - ✪ 汰換老舊供水管線，積極查漏

# 第2步：界定節水空間－生活用水 (續)

## 生活用水減量策略

- 使用替代性水源，作為生活雜用水
  - ◆ 雨水貯留
  - ◆ 冷卻水塔排放水
  - ◆ 鍋爐排放水
  - ◆ RO濃縮水
- 採用省水器材
  - ◆ 二段式沖水馬桶
  - ◆ 省水龍頭
- 改變澆灌方式
  - ◆ 設置土壤濕度感應器，搭配自動灑水系統，減少景觀用水量
- 供水管線定期檢視、維護與汰換，減少因管線洩漏所造成之水資源浪費





# 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



# 第4步：水質調查與單元選擇

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 <sub>3</sub> UV-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

廢污水處理

放流水再生

用戶端純水處理

生活雜用



灌溉



工業冷卻



地下水補注



工業製程



間接飲用



※ 若進流水導電度偏高，依個別用途水質標準需求，可能需另增除鹽程序

# 第4步：水質調查與單元選擇 (續)

優先送檢水質項目	影響	處理技術
有機物指標 + 生化需氧量 (BOD) + 化學需氧量 (COD) + 油脂*	微生物孳生 產生臭味 生物污堵	生物處理 氧化處理 化學混凝 油水分離
固形物質指標 + 粒徑* + 濁度 + 懸浮固體 + 淤泥密度指數 (SDI)	降低透視度 膠體阻塞 減低消毒效果	化學混凝 過濾 浮除 薄膜過濾
優養化物質指標 + 硝酸鹽氮 + 氨氮 + 總凱氏氮* + 正磷酸鹽	藻類孳生 降低透視度 產生臭味	生物處理 氣提 加氯 離子交換 沉澱

\* 視行業別決定

# 第4步：水質調查與單元選擇 (續)

優先送檢水質項目	影響	處理技術
鹽垢物質 + 鈣、鎂、鋇 + 鋁*、鐵、錳 + 碳酸根*、碳酸氫根* + 二氧化矽	管線結垢	化學混凝 結晶軟化 離子交換 薄膜過濾 添加抗垢劑 調整pH
鹽類物質 + 鈉*、鉀* + 硫酸鹽 + 氯離子、氟離子*	管線或設備腐蝕	離子交換 薄膜過濾 添加緩蝕劑
微生物 + 總菌落數、大腸桿菌 + 退伍軍人症菌*	致病 感染風險	消毒 過濾 薄膜過濾 活性碳吸附

\* 視行業別決定

# 第5步：評估建置費用與產水成本



## 建置費用

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

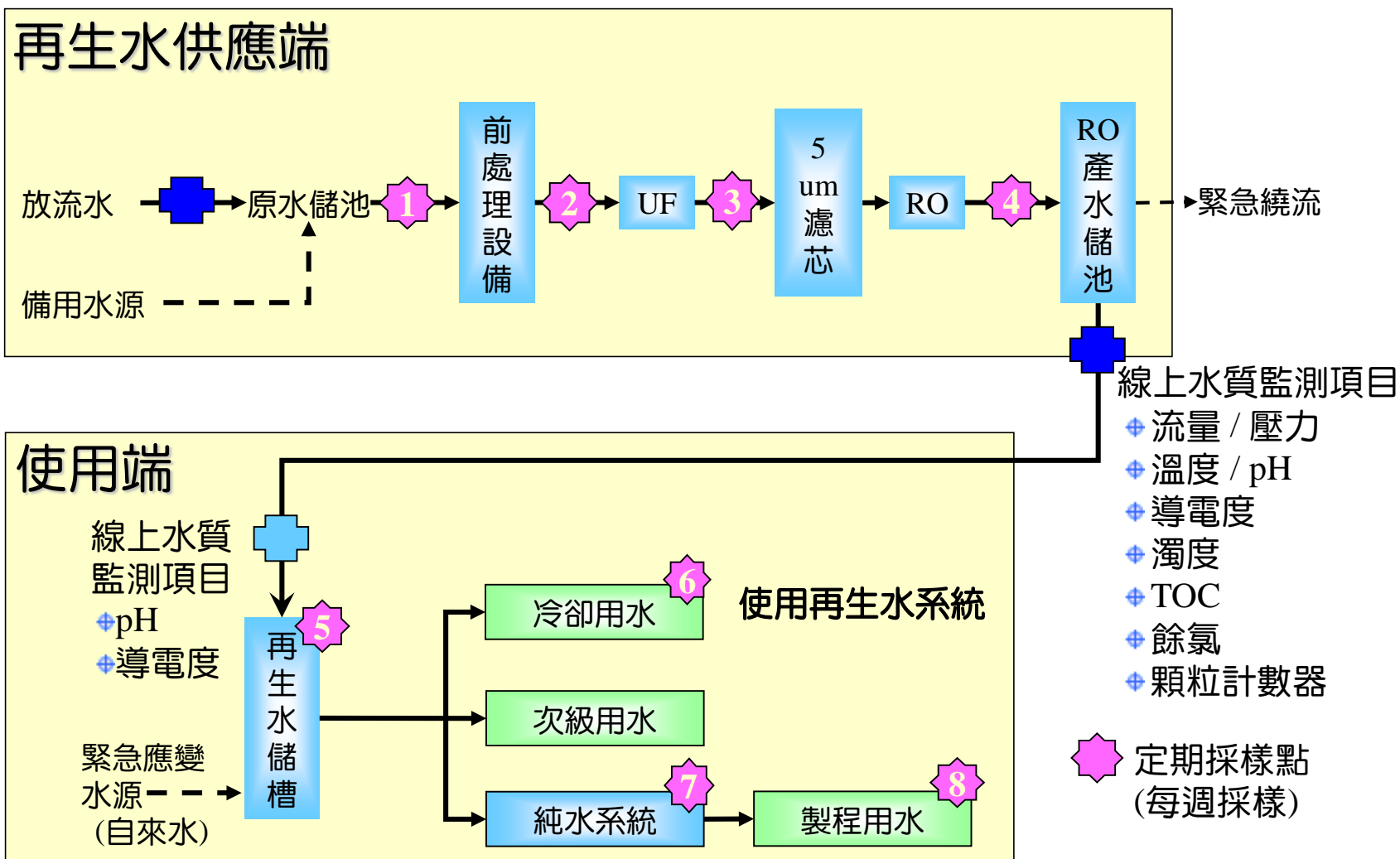
# 第5步：評估建置費用與產水成本 (續)



## 操作維護費用

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

# 其他：研擬水質安全控管機制



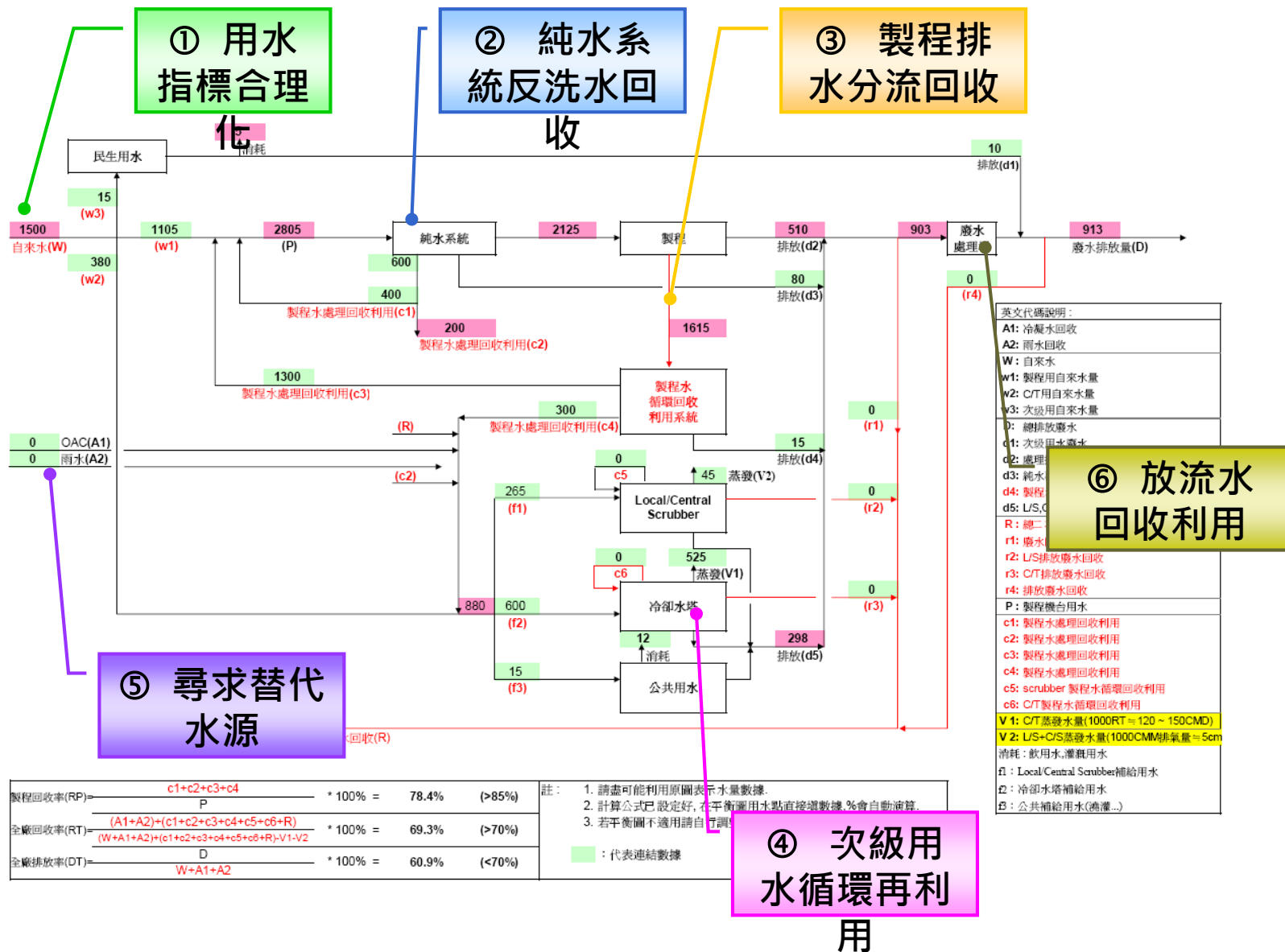


# 結論

- ✚ 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



# 水回收再利用小提示





簡報完畢  
謝謝聆聽指導