

# 112年南科園區廠商節水節能輔導計畫- 節水節能教育訓練

## 高科技廠之水回收技術及實務

元智大學特聘教授 林錕松博士

112/9/26



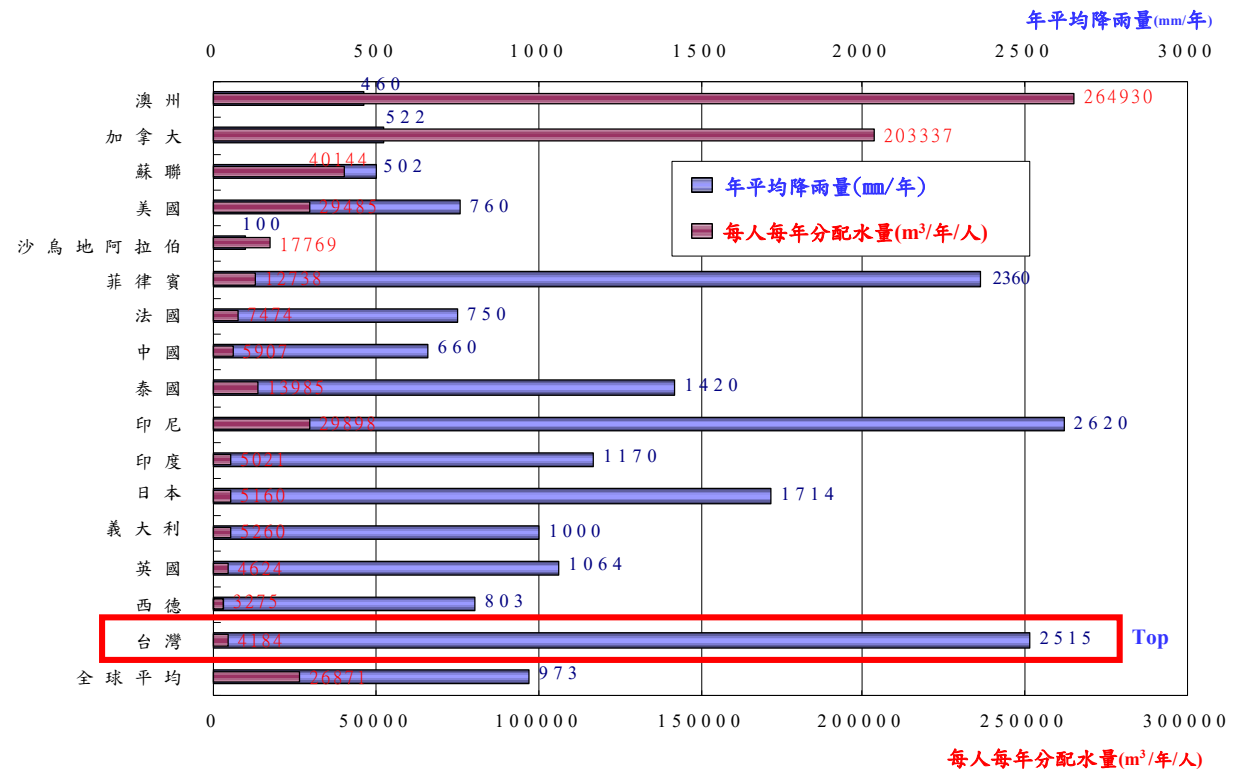
## 演講大綱

- 壹 全球水資源現況及政府解決缺水方案
- 貳 高科技產業製程節水技術及方法策略
- 參 科技產業製程節水技術介紹及案例實務
- 肆 結論及未來趨勢分析



# 全球水資源現況及政府解決缺水方案

# 全球水資源現況及分佈比較



資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

## 台灣地區水資源現況

- 台灣地區年平均降雨量約為**2,515公釐**，為**世界平均值2.6倍**。
- 每人每年分配量約為**4,300立方公尺**，僅為世界平均值之1/8。
- 豐水期(**5月-10月**)—降雨量佔全年**78%**及河川逕流量佔**77%**。
- 枯水期(**11月至翌年4月**)平均河川天然流量約僅全年逕流量 **23%**，其有效逕流量(水庫集水區與攔河堰控制面積之逕流量)約為72億，為滿足此期間各標的用水量90億噸，**短缺18億噸**水量部分，須依賴水庫蓄豐濟枯及地下水調配供應。
- 河川坡陡流急，**80%之河川逕流量入海，取用水量低**。

資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

## 科學園區備戰—南科節水10%/中科及竹科自主節水5%

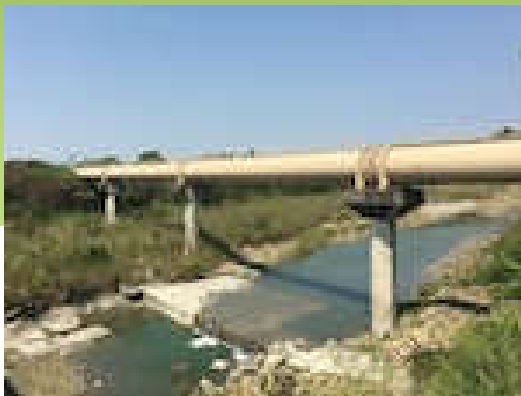


南科管理局表示，根據規定，台南地區**每月1,000度以上工業用水戶以節水10%**為目標，同時優先針對每日用水量1,000度以上、節水未達10%工業用水戶進行專案水表鉛封作業；科學園區及工業區由國科會及經濟部工業局**採總量管制方式實施節水10%** (照片為南科三期擴建都市計畫案)。

(相關網址 [https://udweb.tainan.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=17104&s=8553965](https://udweb.tainan.gov.tw/News_Content.aspx?n=17104&s=8553965))

## 水情告急!北中南三科學園區用水增/水利署推「珍珠串計畫」供水

根據水利署規劃，「**珍珠串計畫**」一把水源跟管線全部串起來，西部從**台北翡翠水庫**以下一直到**雲林**，各個水庫可以互相調度。珍珠串計畫遍及全台，將打通各區供水瓶頸，擴大互相支援，強化西部供水管網，整體會在**116至117年之間全數完成**，工業及民生用水並不會互相影響。



「珍珠串計畫」力拚打通西部各區供水瓶頸，**擴大互相支援互通，發揮區域水源調度功能**。圖為台南、高雄聯通管。



把握汛期前河川水位較低契機，國軍投入清淤工作。圖為國軍54工兵軍群協助**曾文水庫擴大清淤工程施工情形**。



**海淡水**是「科技造水」要角，圖為110年百年大旱期間建置的**新竹緊急海淡機組**，預計**112年4月中旬開始產水**。

# 政府解決缺水方案及目前執行成果(1/6)

一、推動穩定供水建設，確保用水無虞：

- ◆ 開源&節流：解決供需問題
- ◆ 調度&備援：因應氣候變遷

① + ② + ③ =  
合計增加水源  
每日519萬噸



開源節流：解決供需問題；  
調度備援：因應氣候變遷；  
1.增加供水能力(供給↑每日183萬噸)、2.提高用水效率(節流↑每日306萬噸)、3.降低缺水風險(備援每日↑30萬噸)、4.增加支援能力(調度↑每日124萬噸)；合計增加水源每日519萬噸。

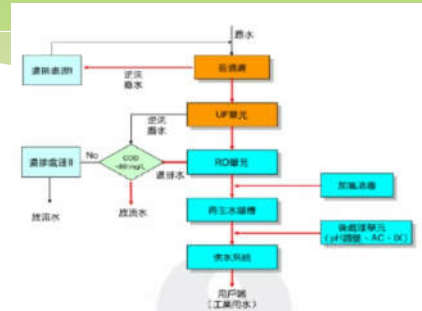
# 政府解決缺水方案及目前執行成果(2/6)

## 二、穩定供水方案執行成果：

1. 106年迄今已增加水源每日175萬噸：已完成包括中庄調整池、湖山水庫、曾文水庫加高蓄升、高雄鳳山溪再生水、臨海再生水、高屏溪大樹及溪埔伏流水及自來水減漏等，總計增加水源每日175萬噸。
2. 114年前將再增加水源每日77萬噸，未來供水更穩定：持續趕辦烏溪鳥嘴潭人工湖計畫、再生水工程、翡翠原水管工程、曾文淨水廠擴建、曾文南化聯通管開發，總計增加水源每日77萬噸。
3. 持續協助產業用水：經盤點全臺重要產業區供水及投資臺灣三大方案產業所需用水，均能滿足水源供應，將持續協助產業所需用水，促進投資。



烏溪水資源開發分期推動計畫



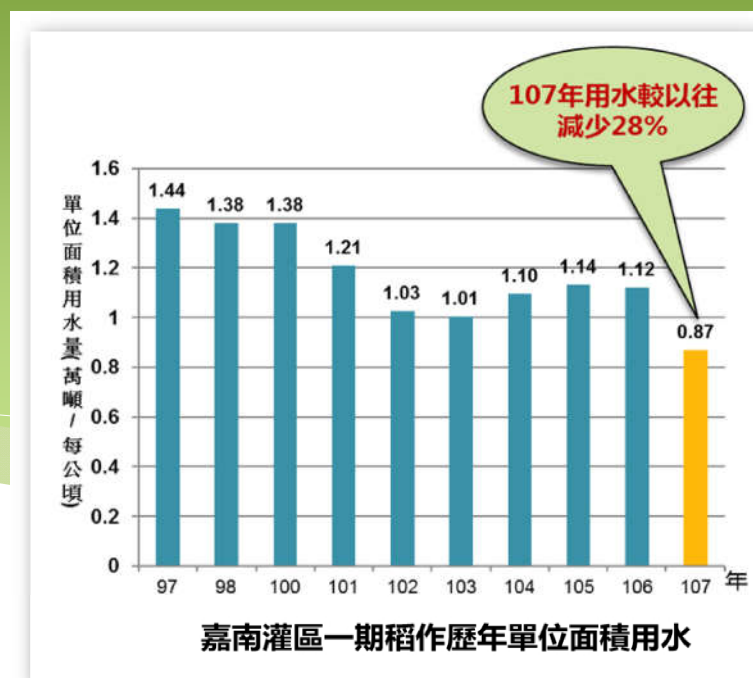
鳳山溪污水處理廠之再生水計畫再生水廠處理流程圖 民間參與高雄市臨海污水廠暨放流水回收再利用BTO計畫

經濟部水利署官網 <https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=1273>

## 政府解決缺水方案及目前執行成果(3/6)

### (三) 嘉南灌區掌水工制度節水成效佳，將擴大推廣：

1. 由107年抗旱經驗來看，透過**掌水工加強灌溉管理**，每公頃單位用水量僅8,700噸，創下歷年用水新低，全台總計農業節水量高達2.2億噸，超過一座石門水庫蓄水量，**農業節水效益相當顯著**，未來應持續推展至其它水庫灌區。
2. 針對水資源較不足地區，加強水庫灌區農業節水：已攜手農委會**推動老舊圳路改善、省水管路推廣及一期作轉旱作，擴大節約水庫用水**。其中，一期作轉旱作部分，108-110年陸續推動桃園石門水庫、新竹上坪堰、苗栗明德、鯉魚潭下游及嘉南灌區一期作轉旱作，計畫實施面積1.1萬公頃，總計節水7,700萬噸。
3. 強化智慧灌溉解決人力不足及提高灌溉效率：掌水工年紀偏高且人力不足，**未來將透過大數據及物聯網技術**，監測田間含水量及作物需水量等，**提高灌溉效率**，預估可再**節水5-10%**。逐步落實農業節水提升用水效率，推動綠色對地補償，藉由耕作作物的調整，**大幅減少農業用水需求**。

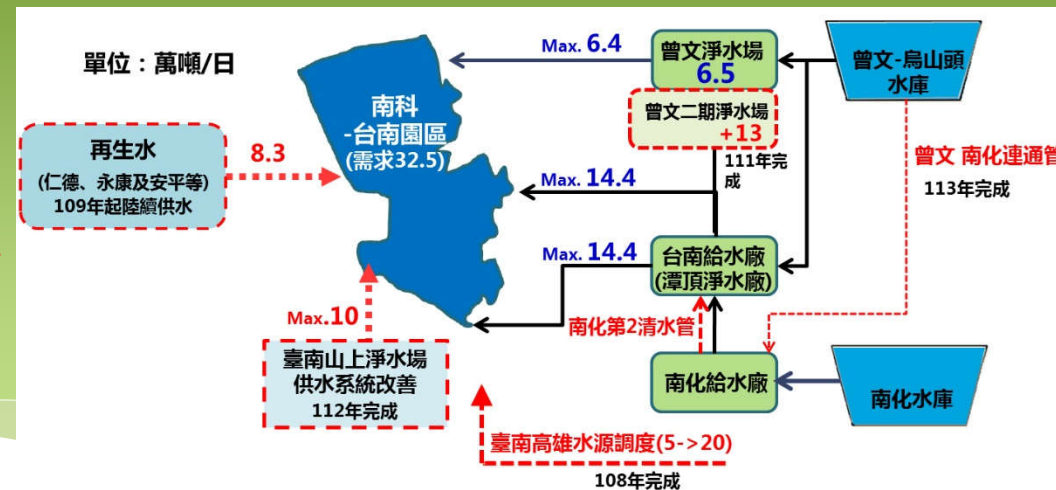


經濟部水利署官網 <https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=1273>

## 政府解決缺水方案及目前執行成果(4/6)

### 四、持續強化枯旱供水應變及重要產業區供水安全，因應氣候變遷影響及提高供水韌性與確保供水。

1. 已建立**枯旱應變機制**並將持續加強水情監測、水源調度及用水管控等，確保供水穩定。
2. 已盤點政府興辦**127處工業及產業園區供水安全評估**，其中**21處具專管供應**，將持續強化各產業區供應，增加調度備援管線，提高供水穩定。如以南科**台南園區**為例，透過山上淨水供水改善及再生水推動，未來將有**3股水源(曾文-烏山頭-南化水源、山上淨水場水源及再生水源)**及**5條供水管線**，整體供水備援能力達**165%**，未來再生水歲修時，仍可確保供水穩定，不影響產業用水生產。



#### 強化產業用水穩定-以南科台南園區為例

強化產業用水穩定-以南科台南園區為例：**曾文南化連通管113年完成**、**臺南高雄水源調度108年完成**、**臺南山上淨水場供水系統改善112年完成**、**再生水(仁德、永康及安平等)109年起陸續供水**。

經濟部水利署官網 <https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=1273>

# 政府解決缺水方案及目前執行成果(5/6)

## 五、強化與產業連結，協助推動用水：

1. 逐案盤點投資臺灣廠商用水，全臺產業區尚有**充裕水源每日109萬噸**可供應，產業投資用水無虞。
2. 擴大產業鏈結及溝通對話，掌握需求：水利署除已**設置專網提供最新供水情勢及相關水資源建設進展**，讓產業便利取得資訊取得外，目前定期與相關產業召開座談，並已建立線上群組，即時回應產業問題，未來將擴大與其它重要工業區或產業建立溝通機制，了解產業需求並主動協助。



經濟部水利署官網 <https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=1273>

## 政府解決缺水方案及目前執行成果(6/6)

- 生活節水
- 農業節水
- 工業節水

### A. 節約用水

- 持續推動減漏
- 設施永續經營管理
- 用水計畫稽(審)查
- 健全法規

### B. 有效管理

節流



### C. 彈性調度

- 加強灌溉管理調度移用農業用水
- 調度及備援系統提昇

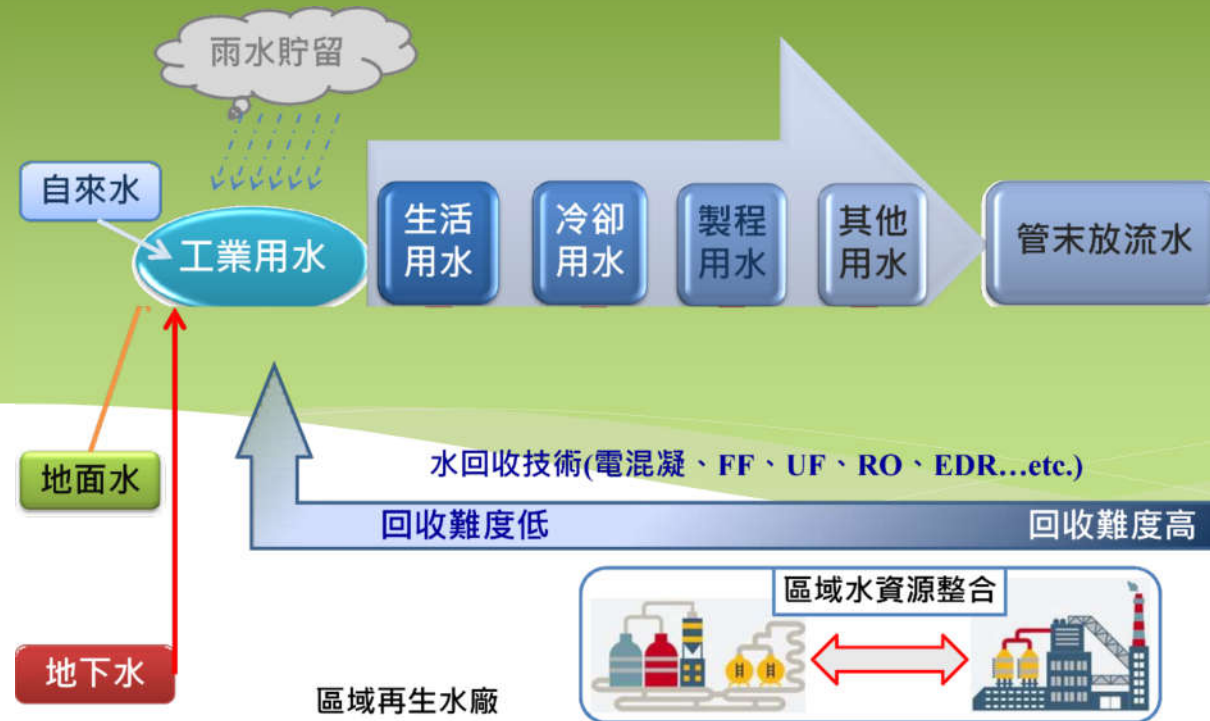
### D. 多元開發

- 新水源開發
- 興建海水淡化廠
- 水回收再利用

開源



# 高科技廠水源與用水標的



# 高科技工業節水目標

■ 延續過去10年之動能，將工業用水回收率由 70% 提升至 80%

- 因應未來產業發展需要，需持續提高用水重複利用率，降低總用水量，為產業永續發展之關鍵
- 回收率每年成長 0.6% ，預期民國 120 年前達成此目標

民國 120 年工業用水取水量約 12.2 億噸/年，節省 5.3 億噸/年

總用水量 61.2 億噸/年 (成長 5%)

**目標回收 80%**

循環用水 43.0 億噸  
回收用水 6.0 億噸

現工業用水取水量約 17.5 億噸/年

總用水量 58.3 億噸/年

現況回收 70%  
循環用水 35.8 億噸  
回收用水 5.0 億噸

103年

總用水量 59.2 億噸/年

目標回收 72%  
循環用水 37.4 億噸  
回收用水 5.2 億噸

107年

總用水量 60.0 億噸/年

目標回收 75%  
循環用水 39.0 億噸  
回收用水 5.4 億噸

110年

節約用水常態化行動方案(草案) (104. 11)

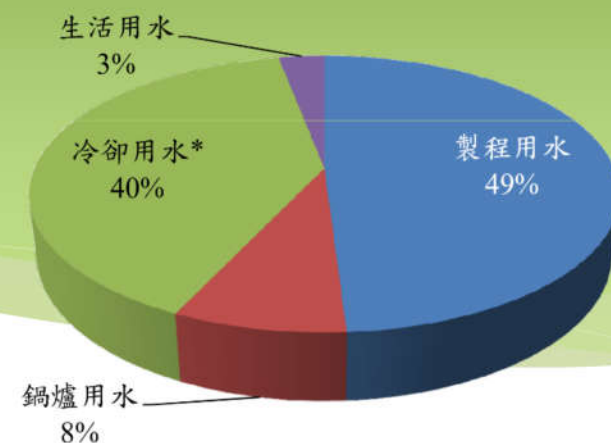
120年

建構智慧管理水資源政策 (104. 10)

# 高科技工業用水特性

◎ **工業用水量集中於廠內特定用途**：49%用水供應廠內製程用水使用，40%作為廠內冷卻用水。

業別	主要製程耗水用途
電子業	各階段製程加工成品清洗、空調淨水系統
化材業	冷卻、成品與桶槽清洗，蒸氣加熱
基本金屬業	冷卻、各階段製程加工成品清洗
石化業	冷卻、合成反應、成品清洗，蒸氣加熱
化學製品業	冷卻、成品與桶槽清洗，蒸氣加熱



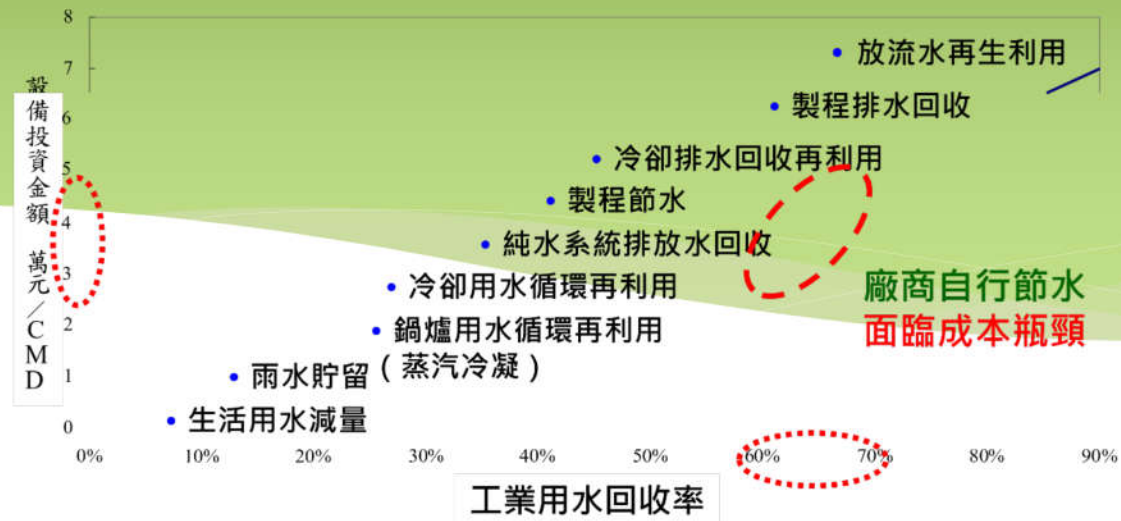
工業區各產業用水標的百分比  
(冷卻用水不含循環水量)

# 高科技工業用水效率提升限制(1/2)

## ▶ 節水技術之限制

### 節水設施成本瓶頸

- 隨著回收率提高，處理難度提高，再進一步提高回收率所需**投資金額較龐大**
- 節水設施多為**進口設備**，若無法降低節水成本，則無法顯著提升回收率



蔡人傑，財團法人環境與發展基金會(105年)。

## 高科技工業用水效率提升限制(2/2)

### ➤ 低水價環境之限制

- ◆ **水價偏低**導致用水回收再利用之利基薄弱，**廠商不願投入製程設備改善或進行廢水回收再利用之投資**。
- ◆ 缺乏水價合理分級制度。

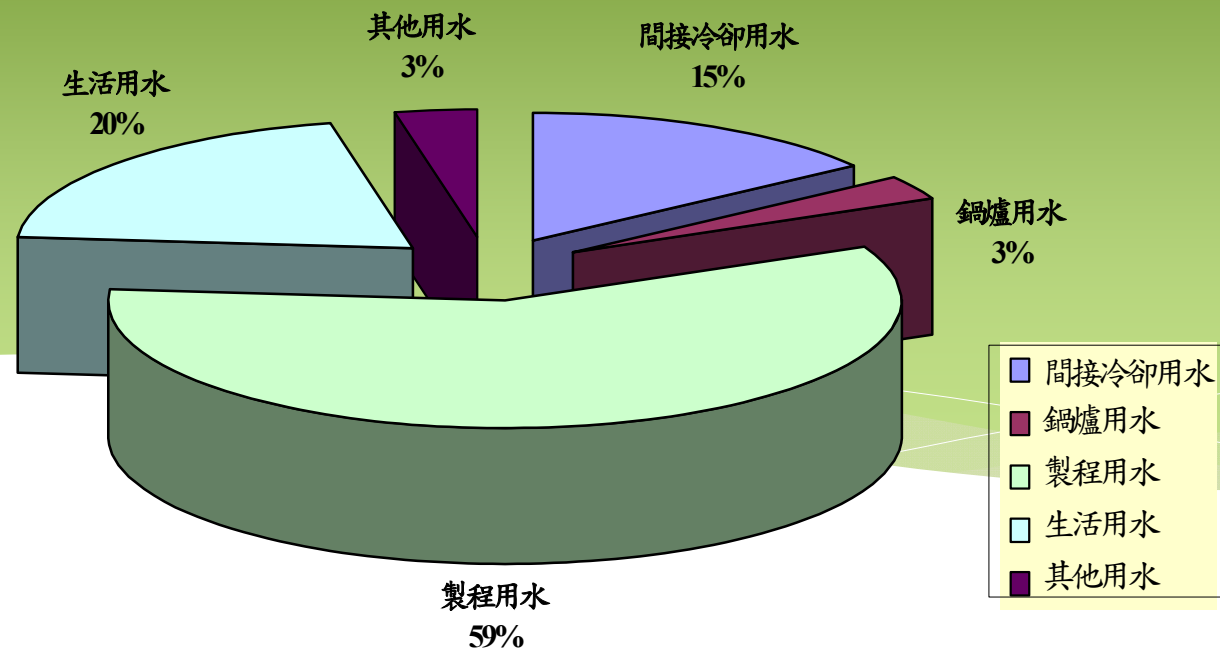
### ➤ 法規環境之限制

- ◆ **缺乏用水效率行政管制**，無法強制高耗水產業採行節水措施。
- ◆ 在目前法令下，**不易管控關鍵產業或廠商用水**。
- ◆ **缺乏工業用水最佳製程技術(BAT)及總量管制等相關規定**。

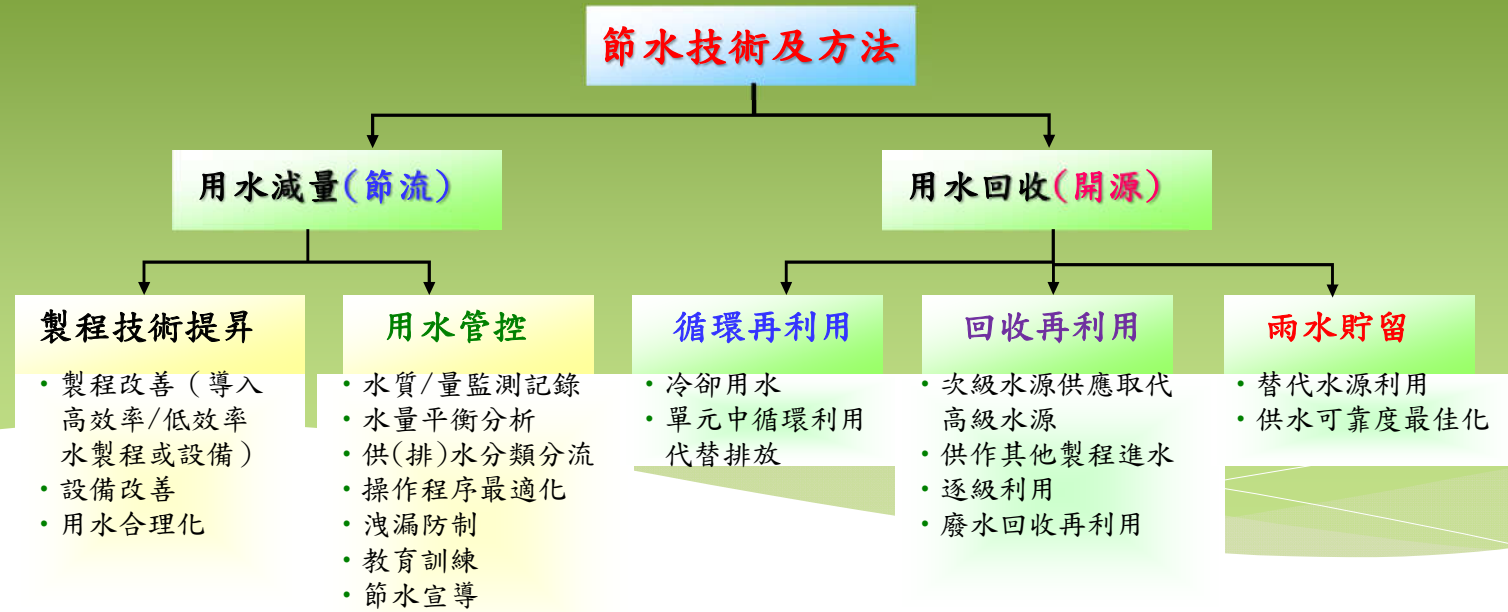


## 高科技產業製程節水技術及方法策略

## 產業用水分類(以高科技電子產業為例)



# 高科技產業節水技術及執行方法



資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

# 高科技產業製程節水方法中常用之設備

## □ 回收再利用(薄膜)

1. 超過濾(UF)及奈米過濾(NF)設備
2. 逆滲透(RO)設備



## □ 前處理設備

1. 電凝(EC)設備
2. 瓶杯實驗(Jar Test)



## □ 檢漏設備

1. 檢漏儀器設備
2. 管路流量量測設備



## 高科技產業製程節水方法及策略

- 製程用水：推動製程改善，評估製程用水之必要性，儘量減少製程用水，或加強循環使用。
- 冷卻用水、鍋爐用水：可透過簡單處理，加強循環回收率。
- 雨水貯流：視廠區有無適合之場地，雨水回收水經過適當處理(過濾、滅菌)後，可作為冷卻水塔補充用水或其餘水質要求較低之補充用水。
- 員工用水、其他用水：非與人體接觸之用水，如沖廁用水、澆灌用水等，可儘量使用廠內回收水。
- 廢水：依照污染性的不同，分流收集處理，降低廢水處理廠負荷，並進行廢水回收再利用。

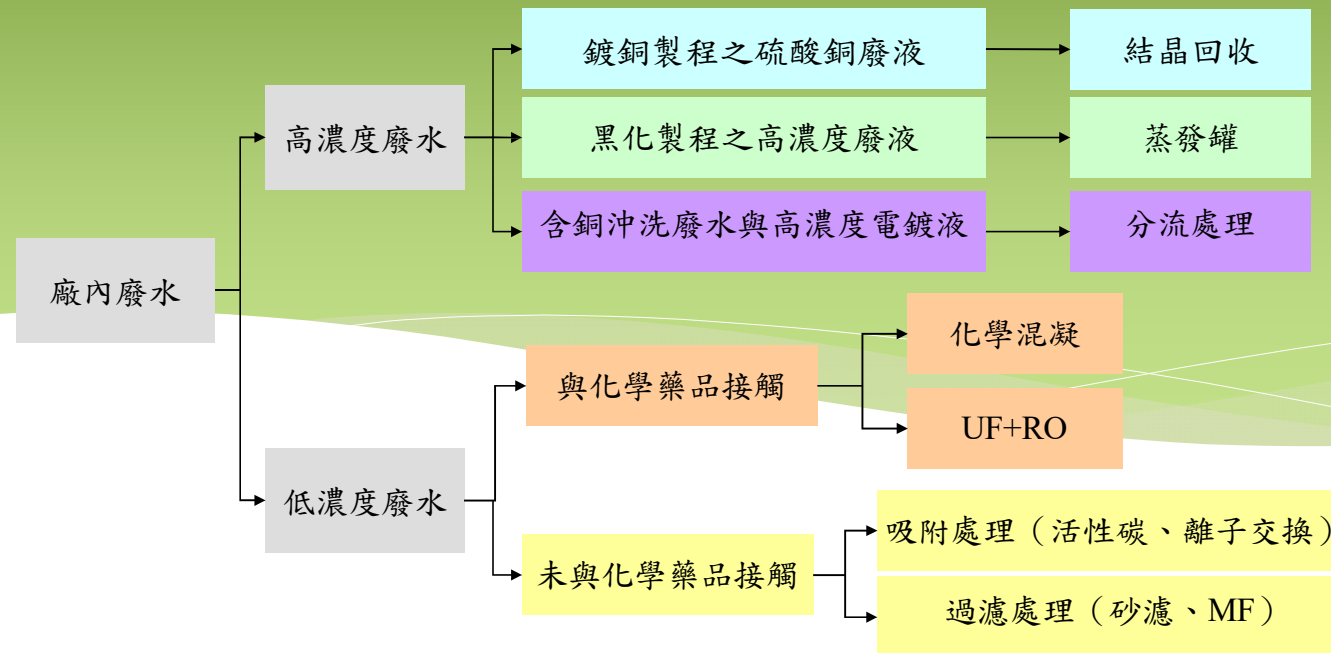
資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。



## 科技產業製程節水技術介紹及案例實務

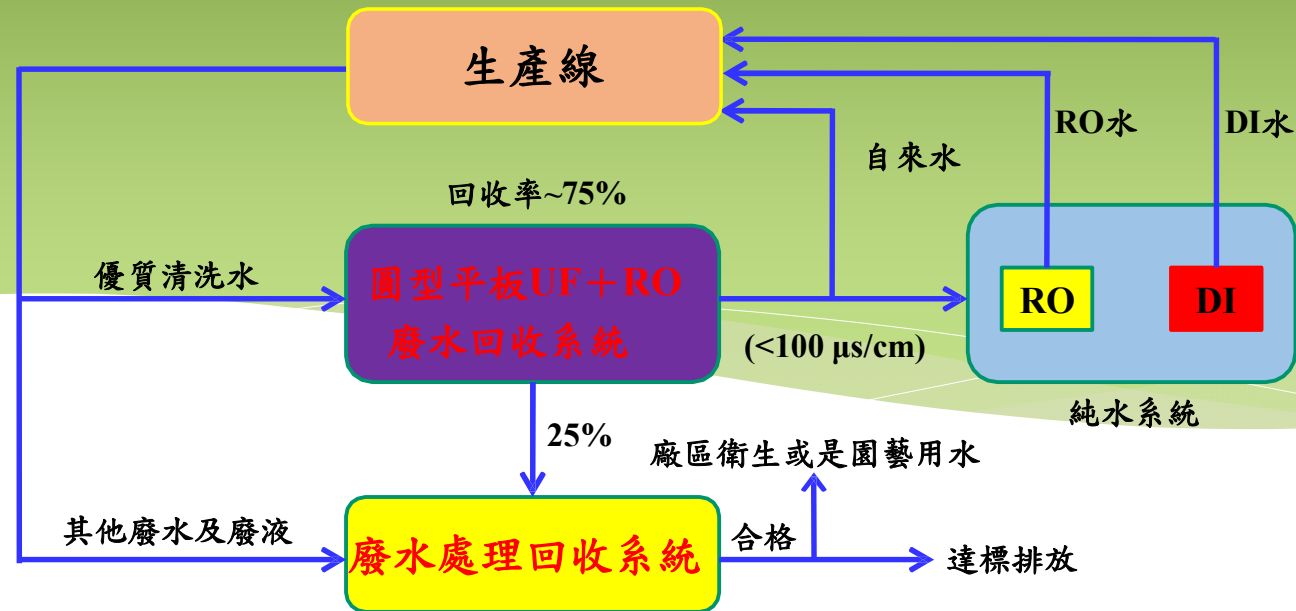
# 科技產業製程節水技術介紹 – PCB製造業(1/2)

以電子業PCB廠為例，進行廠內製程廢水分流處理，可使廢水回收再利用更落實。



## 科技產業製程節水技術介紹 – PCB製造業(2/2)

PCB廠進行廠內製程廢水及優質清洗水分流回收處理，可有效降低用水成本。



資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

## 科技產業製程節水技術介紹－晶片封裝業

BG廢水包含：

1. 主要成分為矽晶砂。
2. 純水：利用RO透過水(<10  $\mu\text{m}/\text{cm}$ )或超純水。
3. 水質：pH值為 6~8 之間。  
導電度介於 10~150  $\mu\text{m}/\text{cm}$ 之間。  
懸浮顆粒濃度約為 300~1,500 mg/L。  
濁度為 2,500~4,000 NTU。  
平均粒徑為 290 nm。  
顏色為棕黑色。



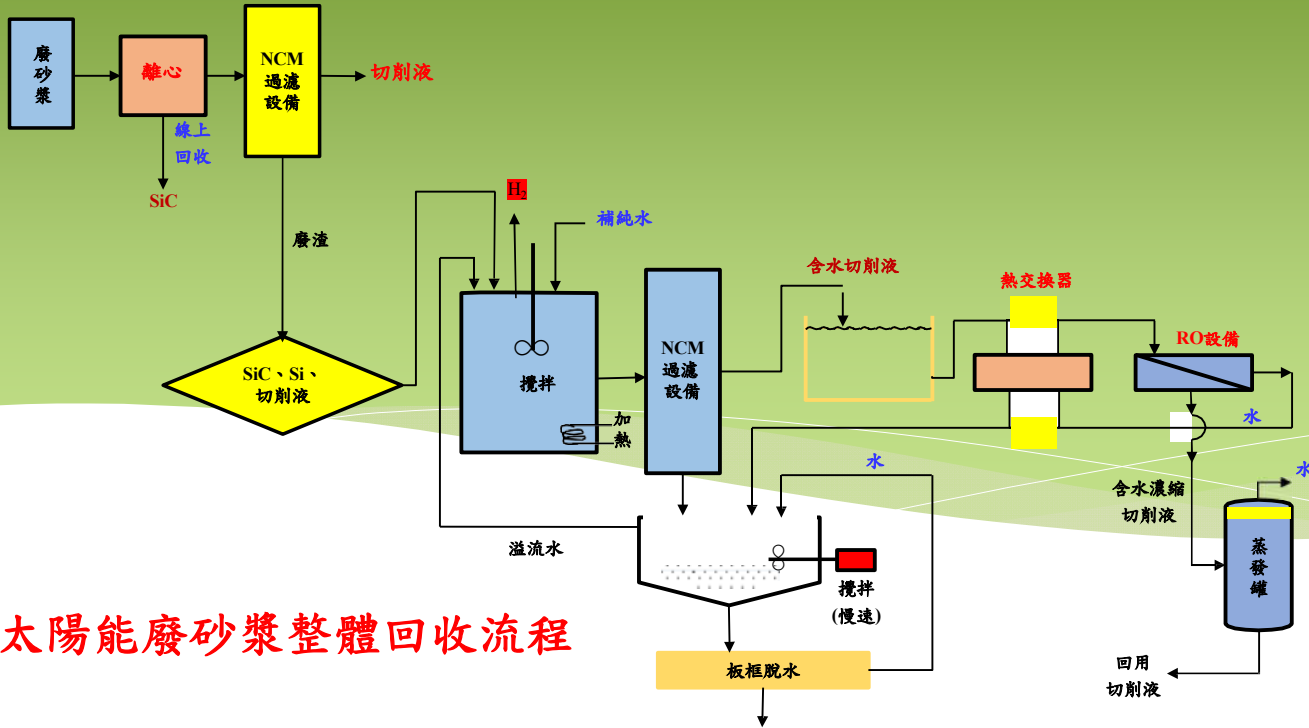
處理水量：  
2,500 CMD

USV1-185-M80  
UF膜 負壓操作



資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

# 科技產業製程節水技術介紹 - 太陽能晶片切割



太陽能廢砂漿整體回收流程

資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

## 科技產業製程節水技術介紹 – 冷卻用水(1/3)

### • 冷卻水塔水再利用技術

- 診斷您的水塔資料的記錄及審閱乃工作之重點

- 冷卻循環水水質問題及水塔之保護

(a) 結垢 (b) 腐蝕 (c) 菌藻污塞 (d) 外來物阻塞

- 診斷評估您的冷卻水塔用水效率

當濃縮倍數在 $<5$ 時，增加濃縮倍數，可明顯地節省大量的冷卻用水當濃縮倍數在 $>6$ 時，則可節約之冷卻用水便非常有限。

- 造成上述情況的主要原因，乃因蒸發損失約佔冷卻用水之80%左右，而蒸發損失是無法加以避免的。

- 冷卻水處理方法

(a) 改良式傳統化學加藥處理 (b) 加硫酸處理法 (c) 旁流過濾處理法  
(d) 臭氧處理法 (e) 靜電場處理法

# 科技產業製程節水技術介紹 – 冷卻用水(2/3)

## 冷卻水塔水節水措施評估

措施內容	優點	缺點
管理操作改善(blowdown)及加入化學品	<ul style="list-style-type: none"> <li>低投資費用</li> <li>低操作費用</li> <li>低維護需求</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濃縮倍數有一定限度</li> </ul>
加酸處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>低投資費用</li> <li>低操作費用</li> <li>增加濃度比</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>潛在人員安全危害</li> <li>加藥過量造成腐蝕</li> </ul>
旁流過濾處理法	<ul style="list-style-type: none"> <li>減低阻塞可能性</li> <li>增進操作效率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先期投資略高</li> <li>對溶解固體物處理效果有限</li> <li>需額外維護</li> </ul>
臭氧處理法	<ul style="list-style-type: none"> <li>增加濃度倍數</li> <li>產少化學品量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高先期投資</li> <li>系統複雜</li> <li>高程度危害風險</li> </ul>
磁化處理法	<ul style="list-style-type: none"> <li>減少水垢</li> <li>減少化學加藥</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無先例的技術</li> <li>處理成果仍具爭議性</li> </ul>
回收水作為替化水源	<ul style="list-style-type: none"> <li>減少整個用水體系之用水量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>增加阻塞風險</li> <li>需低濃度比</li> <li>須外加預處理設施</li> </ul>

資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

# 科技產業製程節水技術介紹 – 冷卻用水(3/3)

提高濃縮倍數可省下之冷卻水排放量

		CR2										
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
CR1	1.5	33%	44%	50%	53%	56%	58%	60%	61%	62%	63%	64%
	2.0		17%	25%	30%	33%	38%	40%	42%	43%	44%	45%
	2.5			10%	16%	20%	25%	28%	30%	31%	33%	34%
	3.0				7%	11%	17%	20%	22%	24%	25%	26%
	3.5					5%	11%	14%	17%	18%	20%	21%
	4.0						6%	10%	13%	14%	16%	17%
	5.0							4%	7%	9%	10%	11%
	6.0								3%	5%	6%	7%

CR1：原濃縮倍數

CR2：提高後之濃縮倍數

n%：節約之排放水量

# 科技產業製程節水技術介紹 - 冷凝回收水

## 鍋爐用水再利用技術評估

### 冷凝水回收

- 提高鍋爐給水溫度，降低用水量。
- 冷凝水為蒸餾水，結垢成份較低。
- 提高鍋爐給水水質，降低水處理成本。
- 給水溫度提高或添加奈米銅粒子，提高熱傳導速度，降低鍋爐負荷，延長鍋爐壽命。

### 案例說明：某供應高科技產業化學品製造廠

- 案例說明：本廠從事供應高科技產業化學品製造。
- 輔導重點：清洗用水效率提升、鍋爐用水回收。
- 節水方案：
  - 方案一 清洗設備替換
  - 方案二 鍋爐冷凝水回收
- 具體效益：可回收約250噸/天之用水量。



以噴霧水槍代替軟管清洗



鍋爐冷凝水回收用於鍋爐再使用

部分資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

## 奈米銅微粒流體增加熱傳之技術

### 奈米銅微粒流體增加熱傳之原因：

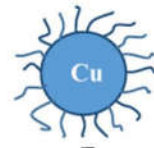
- 奈米銅微粒增加流體之熱含量及固液表面積。
- 奈米銅微粒具有較高之熱傳導係數，因此增加整體之熱傳性質。
- 奈米銅微粒增加與流體及管壁之碰撞機率。
- 奈米銅微粒增加流體之擾流性。
- 奈米銅微粒平整化溫度梯度，減少熱傳阻力。
- 有效節省冷卻水塔用水或製程循環用水之數量。

# 奈米熱流及熱傳導度(1/4)

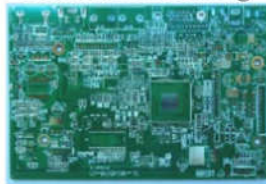
Copper-containing waste etchants (CCWEs) solution



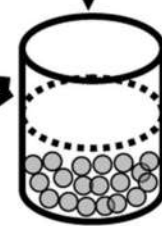
Microemulsion  
NaBH<sub>4</sub>



PCB Manufacturing

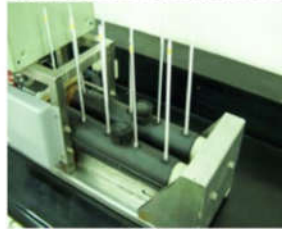


Application



Cu nanoparticles

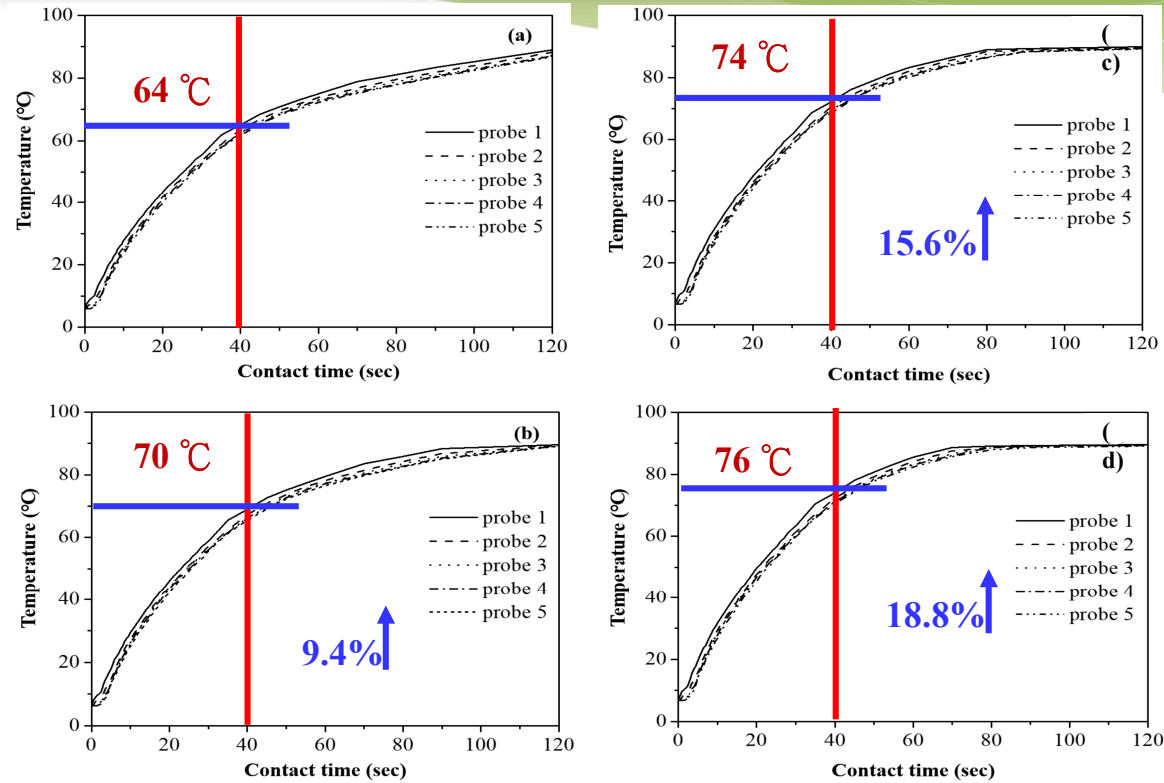
Heat transfer test with the addition of Cu nanofluid



Cu nanofluid



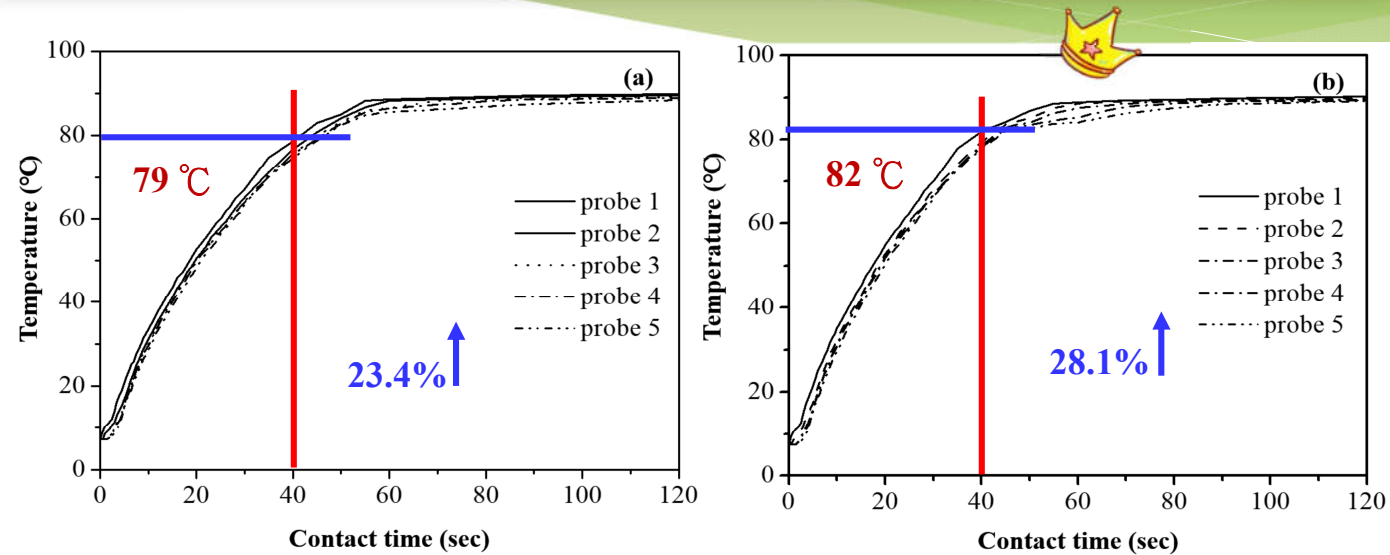
## 奈米熱流及熱傳導度(2/4)



上圖 (a)純水及(b)添加0.1 (c)0.2 (d)0.3wt%奈米銅微粒之奈米流體經熱傳導實驗機所測得知溫度上升曲線，所被測量的奈米流體之**熱傳導度**都有**明顯的增加**(使用精密微量溫差/熱導量測儀)。

2023/9/26

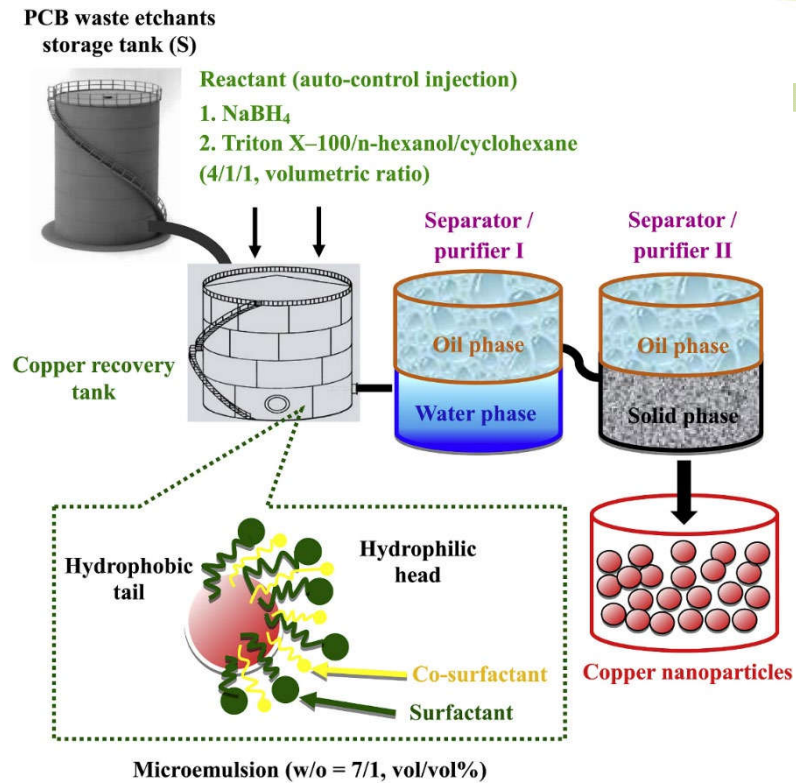
## 奈米熱流及熱傳導度(3/4)



上面兩圖 添加(a)0.4及(b)0.5 wt%奈米銅微粒之奈米流體經熱傳導實驗機所測得知溫度上升曲線，所被測量的奈米流體之**熱傳導度都有明顯的增加**(使用精密微量溫差/熱導量測儀)。實驗中所合成出之奈米銅微粒在加入特殊**有機酸當作表面改質分散劑**分散在純水中，再**經10 min超音波的震盪後靜置可達48 h以上的懸浮效果**。

# 奈米熱流及熱傳導度(4/4)

由實際PCB廠蝕刻製程中CuCl<sub>2</sub>廢液或濃縮後之微蝕刻廢液利用微乳化法回收奈米銅微粒之製程概念說明

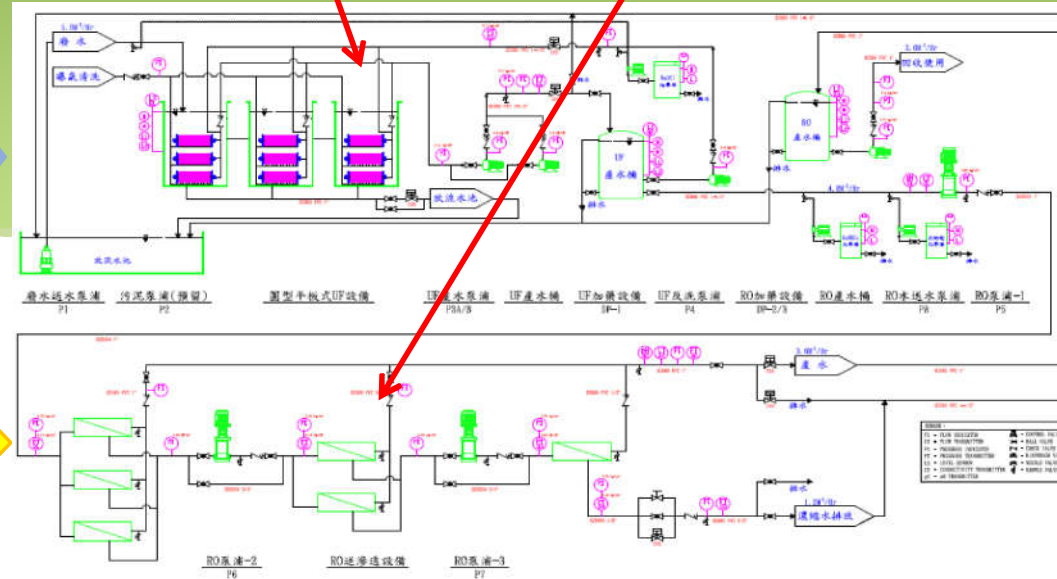


# 科技產業製程節水技術介紹 - 區域型回收系統(1/3)

主設備名稱	UF超過濾設備	RO逆滲透設備
功能	去除不溶解性顆粒及懸浮物、膠體物質、淤泥等	去除溶解性有機物及無機礦物質
產水量 / 回收率目 標水質	116 CMD / $\geq 99\%$ ; SS < 1 ppm	87 CMD / $\geq 75\%$ ; Conductivity < 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$

可反洗式沉浸式  
UF設備，可忍受  
不穩定或高濁度水質

用分段加壓方  
法使RO每段的  
流通量穩定，  
適用於高TDS或  
變化大的水質



資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。

## 科技產業製程節水技術介紹 - 區域型回收系統(2/3)



**RO逆滲透設備**

資料來源：史濟元，製程節水技術介紹，新世膜科技有限公司。



**UF超過濾設備及待處理的廢水**

## 科技產業製程節水技術介紹 - 區域型回收系統(3/3)

假設處理回收廢水**5,000 CMD**，  
回收**4,000 CMD**，**回收率80%**，設  
備投資約**30,000,000**元。

(折舊 10 年計)

1. 設備攤提(含利息)	3.3 元/噸
2. 操作費用	
(1)消耗電力(0.6~1 kW/M3)	1.2~2.0 元/噸
(2)加藥(除垢、酸、鹼)	0.9 元/噸
(3)UF 更換	1.2 元/噸
(4)RO 更換	1.2 元/噸
(5)維修保養	1.5 元/噸
<b>小計</b>	<b>6.0~6.8 元/噸</b>
<b>1+2</b>	<b>9.3~10.1 元/噸</b>

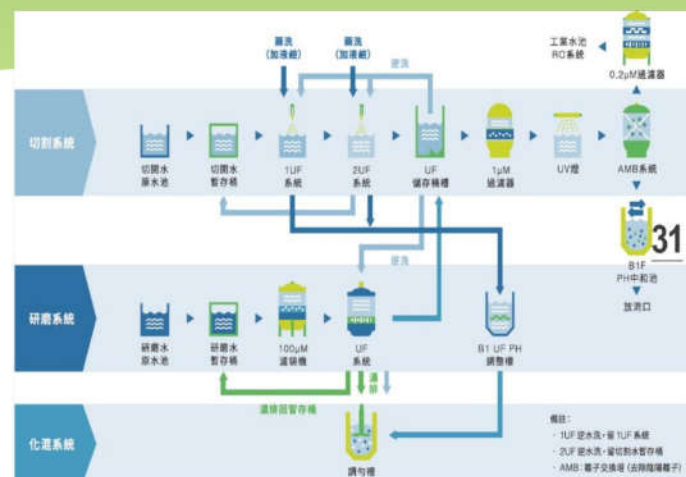
# 力成科技製程節水技術及措施(1/2)

## 永續水資源—製程節水 強化管理提升效益

力成科技建立水資源管理機制，定期由工安環保委員會收集、監督水資源使用情況，並將水風險之辨識、評估及管理流程彙報於風險管理委員會，完備水資源治理的運作機制，並由風險管理委員會每年定期向於董事會報告，持續強化組織面對水資源管理的能力。

力成科技積極推動各廠區節水措施，依據「減量、再利用與回收」三項策略進行水資源管理，妥善利用與保護水資源。自2009年起，力成科技積極投入廠區製程廢水回收處理，改善生產過程中產出內含大量二氧化矽細微懸浮微粒製程廢水之情況。

力成科技股份有限公司，氣候相關財務揭露報告，2022。



## 提升水循環使用效益

除了應急的準備措施外，力成也將水資源管理落實於日常之中，在企業營運日常中提升節水與用水效率，主要水循環項目有製程廢水回收、中水回收、雨水回收及生活節約用水等。

類別	措施說明
製程廢水回收	佔水循環大宗，2022年回收水效益為87%
中水回收	施用於冷卻水塔用水、廁所用之水等
雨水回收	儲存施用於清潔用水、園藝植物澆灌等
生活用水節約	採購具省水標章之器具、水龍頭等；宣導個人節約用水習慣

## 用水節約

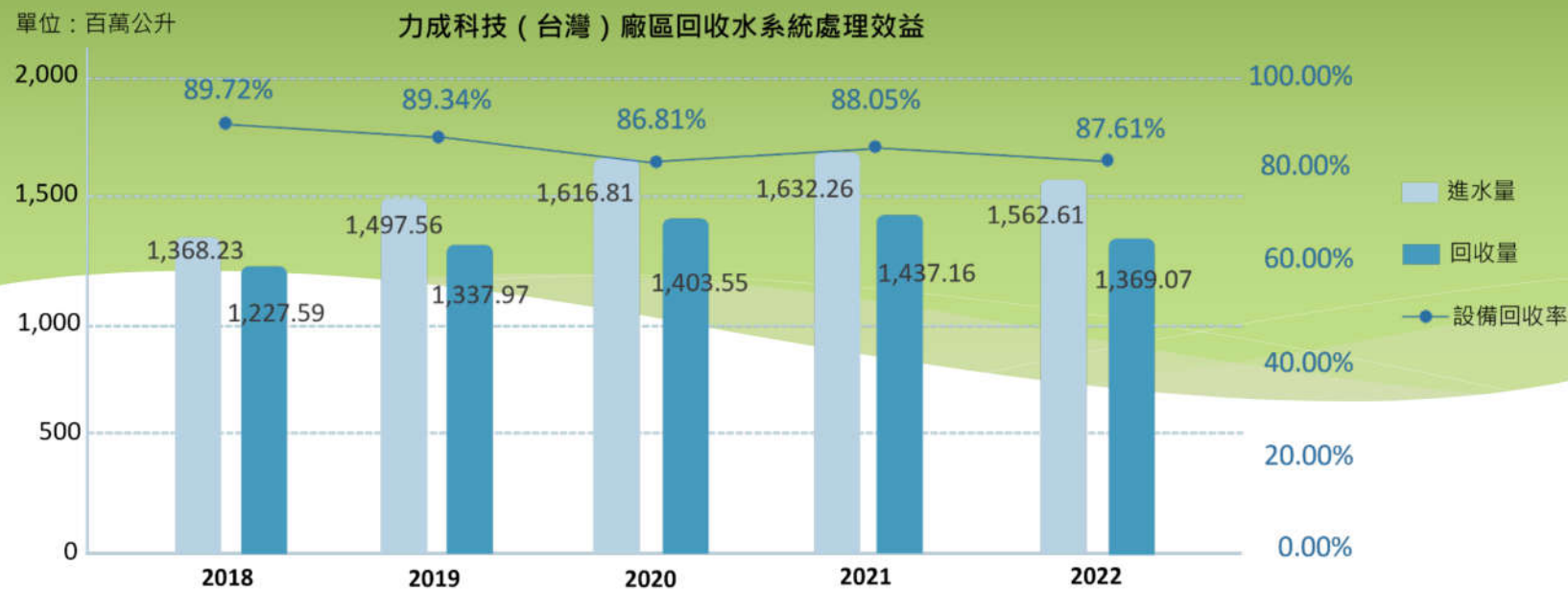
為提升節約用水的成果，力成科技廠區除了裝置節水、環保設備外，亦使用省水裝置（如省水水龍頭、灑水器、廁浴設施等），更透過平常的宣導與告知，落實人員節約用水的習慣。



## 力成科技製程節水技術及措施(2/2)

### ● 製程節水

力成科技了解到「開源」途徑有限時，平時即積極投入廠區製程廢水回收處理系統，藉由 UF ( Ultra - filtration ) 超過濾機，以中空纖維過濾膜濾除非溶解性固體，穩定回收再利用廠內之切割研磨製程廢水，且為了因應公司產能規劃，回收系統仍不斷的擴充建置中，並透過可靠性高且易維護的關鍵零組件導入，以增加回收水量及提高回收循環使用，目前回收水效益皆近於九成 ( 2022 年為 87% )。



## 水資源管理

集團各廠區主要供水來源為市政用水，對周邊水域未造成影響。同時，為減少水資源消耗，每年各廠區對節水方案及用水設備進行檢討。此外集團積極推動水資源回收再利用，並在部份生產原料中已納入再生/生物可分解性素材，有效降低產製過程中對環境的衝擊。同時藉由水資源風險鑒別，進行各項節水項目推廣及達標廢水減量化排放，以期達到有效利用水資源，減少廢（污）水排放，降低對環境影響之目標。

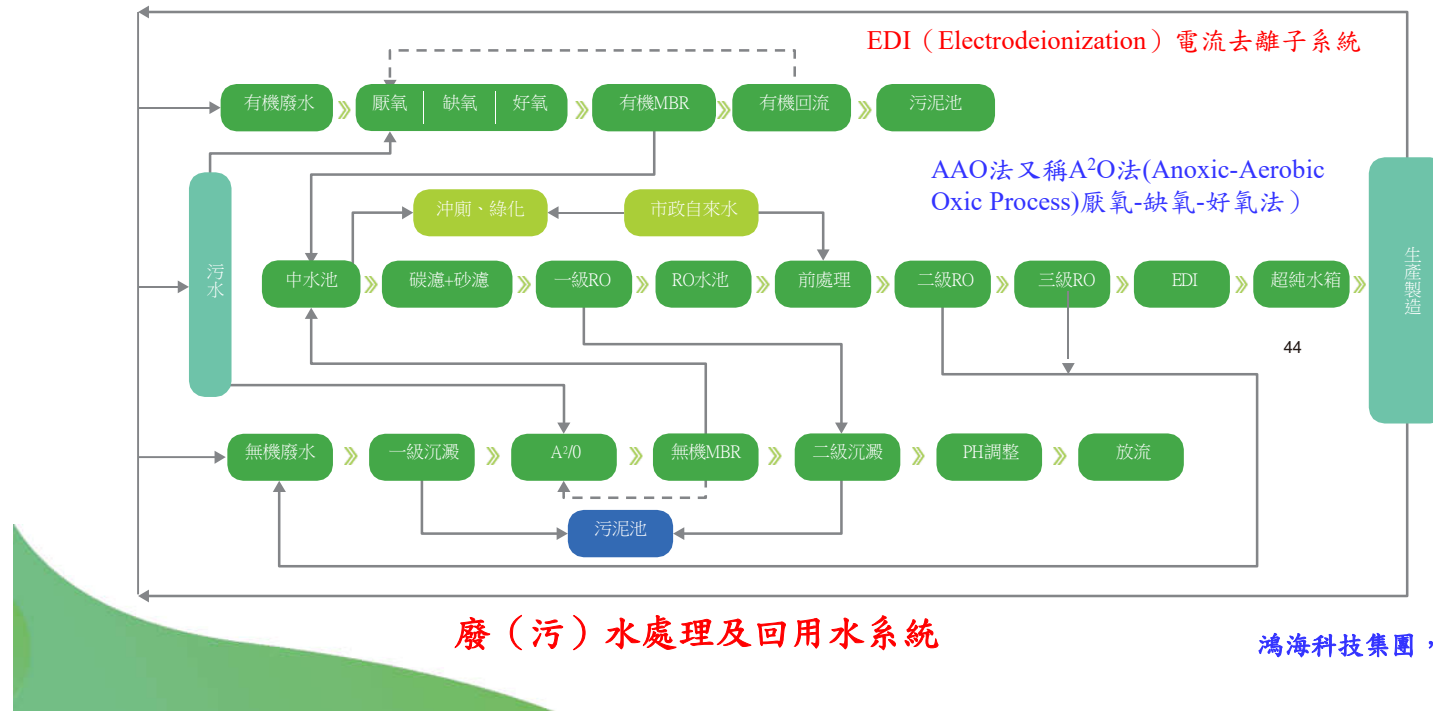
單位：千噸

					印度	北美州	南美洲	歐洲	總計
取水量	市政供水	85,505	848	1,542	762	386	4	38	89,124
	地下水	2,064	-	-	-	224	58	-	2,346
	總取水量	87,568	848	1,542	762	610	62	78	91,471
排水量	污水排水量	70,055	678	1,058	610	488	45	32	72,966
	廢水排放量	13,887	293	17	-	67	-	41	14,303
	總排水量	83,941	971	1,075	610	555	45	73	87,269
回收水量	循環用水	4,287	-	483	67	107	-	-	4,944
	回收水率	4.90%	0.00%	31.30%	8.81%	17.55%	0.00%	0.00%	5.40%

註：中國大陸、台灣地區、印度和北美洲的污水排放量是以用水量的0.8倍估算。

## 廢(污)水處理

集團從源頭著手，優化生產製程，減少水資源的使用，同時積極推行污水回收工程，將處理後的生活污水再利用於生產製程與環境綠化，大幅減少對外部環境的衝擊。同時，為確保所產生的廢(污)水不會污染環境，各廠區均設有污水處理設備，由專人定期點檢保養，使處理設備保持正常運作，符合污水排放標準，也搭配線上監測儀器，以較嚴格標準預警水質異常情形，即時提出因應措施，並定期委外交由合格檢測公司進行檢測，2022年未發生環境污染事件。



廢(污)水處理及回用水系統



## 水管理

策略	民國119年目標	民國112年目標	民國111年成果
<b>水資源風險管理</b> 執行減緩氣候風險方案，持續落實日常節水與缺水調適	單位產品用水量降低 <b>30%</b> (公升/12吋晶圓當量-光罩數) (民國99年為基準年)	單位產品用水量降低 <b>2.7%</b> (公升/12吋晶圓當量-光罩數) (民國99年為基準年)	單位產品用水量降低 <b>2.6%</b> (公升/12吋晶圓當量-光罩數) (民國99年為基準年) 目標：16% <span style="float: right;">-</span>
<b>拓展多元水資源</b> 發展再生水技術，持續落實製程節水與再生水利用	再生水替代率 <b>60%</b> 以上	再生水替代率 <b>5%</b> <sup>註2</sup> 持續與政府合作，台南安平再生水廠完工啟用。	「台積電南科再生水廠」於民國 <b>111年9月19日</b> 正式供水。 目標：「台積電南科再生水廠」啟用，開始供水。 <span style="float: right;">✓</span>
<b>開發防治技術</b> 提升水污染防治處理效能，加強去除水中污染物	水污綜合指標削減率 <b>60%</b> 以上 <sup>註3</sup>	水污綜合指標削減率 <b>56%</b>	水污綜合指標削減率 <b>54.3%</b> 目標：45% <span style="float: right;">↑</span>

註1：民國111年台積電增加晶圓十八廠第6、7、8期廠區，雖尚未正式生(量)產，仍有固定用水量，因此單位產品用水量未達年度目標；若不計入新建廠區，單位產品用水量為15.6%。未來計算將先排除未達經濟規模的廠區。

註2：(1)再生水來源包含市政排水與工業排放水；(2)再生水替代率=再生水用量/(再生水用量+自來水用量)。

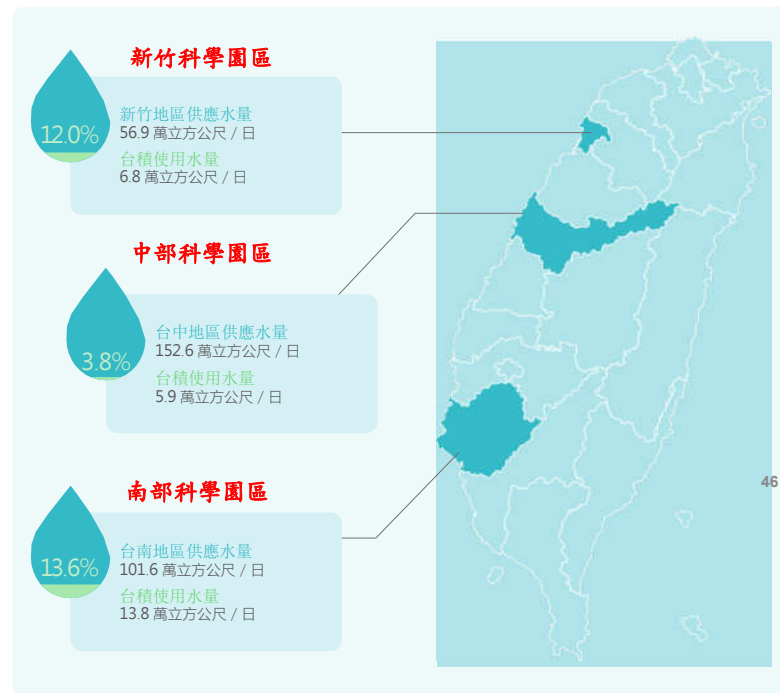
註3：民國111年水污綜合指標削減率達54.3%，優於年度設定目標45%，亦超越民國119年削減率達50%的長期目標，因此將長期目標由50%提升至60%以上。

↑超越    ✓達成    -未達成

民國 111 年，台灣無颱風登陸，而挾帶水氣的鋒面過境時亦未涵蓋水庫集水區，以致南部地區面臨降雨量偏少的狀況，台積電依據水利署公布的水情燈號，遵循《台積電原水供應不足危機管理內控作業流程》採取因應措施，盤查廠區節水機會點、持續強化回收水系統設備用水效率，民國 111 年新增節水量 335 萬立方公尺，全年度累計回收水量達 2 億 1,500 萬立方公尺。

除致力提升廠內用水回收效益，為更善用每一滴水資源，台積電亦積極發展再生水技術，民國 111 年 9 月 19 日台灣第一座民營再生水廠「台積電南科再生水廠」正式通水，將南部科學園區工業廢水轉製成再生水並導入先進半導體製程使用，亦為全球半導體業創舉；台積電公司於此基礎上持續與政府合作，「台南安平再生水廠」預計民國 112 年完工啟用，未來每日將可產出 3 萬 5,000 立方公尺再生水供應台積電南科廠區使用，透過擴大再生水挹注，逐年降低自來水用量。此外，台積電公司亦針對「水資源正效益 (Water Positive)」概念進行研析，以期未來透過水資源復育，落實水循環永續行動。

### 台積公司三大科學園區用水占比



資料來源：經濟部水利署網站公開訊息

### 水情應變措施

水利署燈號	政府應對措施	台積公司因應措施
藍 水情正常	供需穩定	<ul style="list-style-type: none"> <li>檢視 署各供水水庫水情</li> <li>定期舉辦演練</li> </ul>
綠 水情稍緊	鼓勵休耕	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾旱跨組織緊急應變小組運作</li> <li>盤點水源、水車載量</li> <li>自主節水 5%</li> </ul>
黃 第一階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定時段減壓供應</li> <li>區域稻作停灌</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自主節水 7%</li> <li>水車載運演練</li> </ul>
橙 第二階段	工業用戶減量供水 5-20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>啟動水車載運</li> <li>自主節水 7-20%</li> </ul>
紅 第三階段	分區停止供水	<ul style="list-style-type: none"> <li>啟動水車載運</li> <li>自主節水 7-20%</li> </ul>

## 水資源風險管理

台積公司每年利用世界資源研究所 (World Resources Institute, WRI) 的水風險評鑑工具，針對各廠區所在區域的水風險指標等級進行鑑別，民國 111 年結果與民國 110 年相同：WaferTech 位於低風險區域；台灣廠區及采鈺公司位於中低風險區域；台積電（中國）及台積電（南京）因所屬地區原水供應水質差異，分別位於高風險及中高風險區域。民國 111 年台積公司增加晶圓十八 B 廠，於興建階段即提高廠區基地高程與設置防水閘門，同時將既有廠區已施行的回收再利用系統、廢水處理措施納入規畫建置，使新建廠房開始運轉即具備最佳防洪能力與製程水回收率，妥善利用水資源，降低環境風險衝擊。

### 依循 AWS，有效管理水資源

民國 111 年，位於新竹科學園區的晶圓十二 A 廠、晶圓十二 B 廠、晶圓五廠及龍潭科學園區的先進封測三廠獲頒可持續水管裡 (Alliance for Water Stewardship, AWS) 白金級證書，至此，台積公司位於台灣三大科學園區的先進製程廠區，**連續 3 年皆以最高級別驗證通過**，為全球首家獲此佳績的半導體企業。

台積公司依循 AWS 標準 落實各廠區水資源永續管理，民國 111 年南科廠區首度導入工業再生水，並逐步供應晶圓六廠、十四廠、十八廠使用，降低自來水用水量，達成可持續水平衡的階段性目標。優良水質方面，具體成果包含晶圓三廠廠內新建氫氧化四甲基銨 (TMAH) 處理系統，有效降低放流水排放

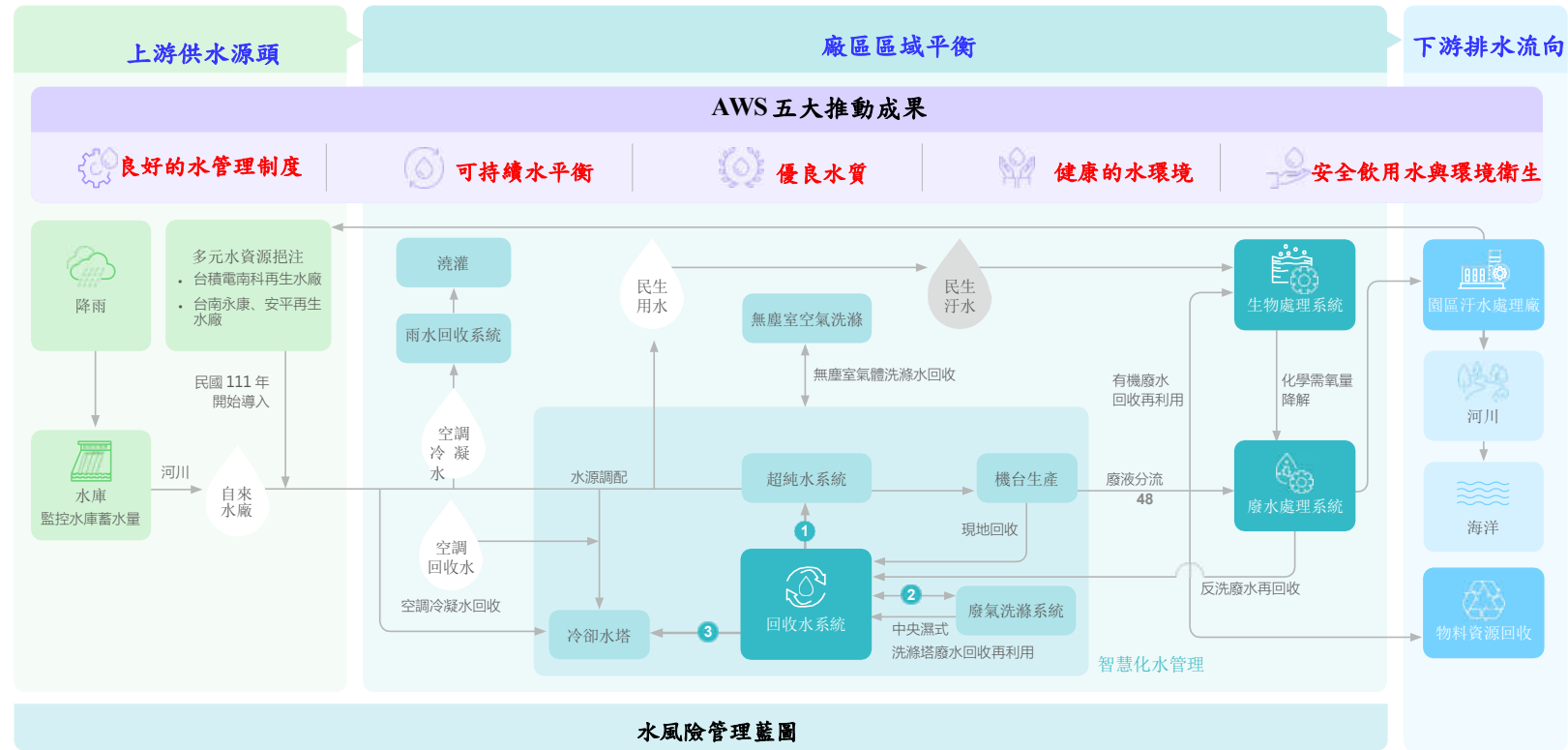
濃度達 90%；先進封測三廠放流水銅排放減量 70%，有助改善老街溪水環境；晶圓十五 B 廠建置的「**氫氟酸廢液合成冰晶石系統**」，經改善反應槽冷卻設備、降低批次反應時間後，民國 111 年 6 月達到氫氟酸廢液零渣運。民國 111 年共累計處理 4,193 公噸氫氟酸廢液、產出 1,025 公噸冰晶石。除了水系

統運轉優化外，廠區周邊生態復育與水土保持亦為 AWS 執行重點之一，台積公司透過建立棲地管理流程復育螢火蟲並推動植樹行動，民國 111 年**三大廠區總計出現逾 1,900 隻成蟲**，全台累積種植喬木超過 10 萬 8,000 棵、灌木 32 萬棵，綠化面積達 10.1 公頃，促進更健康的水環境。

### WRI 風險鑑別



### 用水平衡與上下游環境關係圖



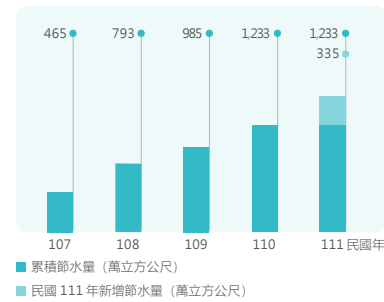
1 精煉回收水替代自來水    2 廢氣洗滌水循環利用    3 智慧補水模式調配尖峰用水

## 強化廠區水回收與用水效率

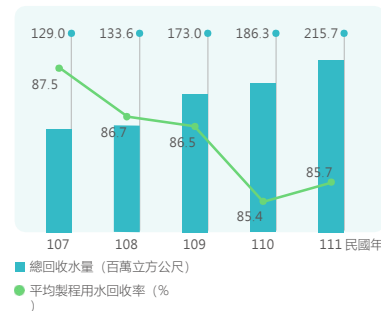
為全方位掌握並有效管理廠內用水，台積公司建製內部水資源平台 (Water Map)，持續追蹤各地水庫蓄水量，並於廠內布建水質、水量監測點，依據水平衡圖監控製程用水、回收水、廢水及生活用水，進一步整合水流向、流量與回收再利用機制，做為計算回收 / 排放率及預估各用水單元的水量調配依據。民國 111 年，台積公司持續落實「提升系統產水率、廠務系統排水減量、增加廠務廢水回收、降低系統排水損失」四大節水措施，整體回收系統增加 335 萬立方公尺節水量，晶圓單位產品用水量 137.3 (公升 /

十二吋晶圓當量-光罩數)，相較於基準年 (民國 99 年) 的 140.9 (公升 / 十二吋晶圓當量-光罩數) 下降 2.6%，未達年度目標，主因為民國 111 年成立新廠區且為試產階段，雖然產能尚不具經濟規模，但仍需一定程度的用水量，導致節水率下降；至於單位產品廢水排放量則為 93.0 (公升 / 十二吋晶圓當量-光罩數)，相較前一年上升 18%，同樣與新建廠區試產階段用水需求有關，在新建廠區產能達到經濟規模前，台積公司將持續優化回收水系統設備操作參數、提升用水效率，降低廢水排放量。

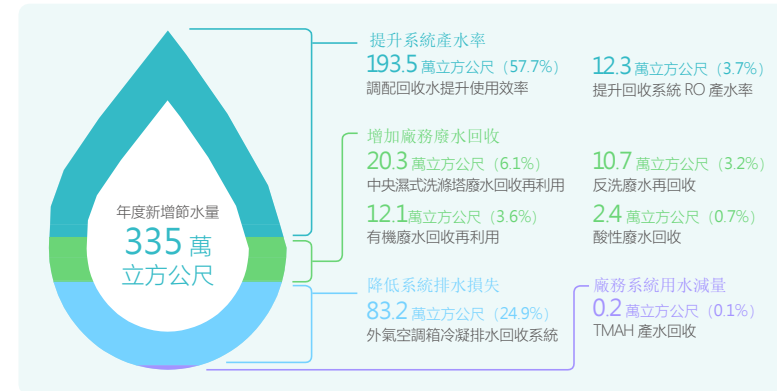
### 歷年節水量



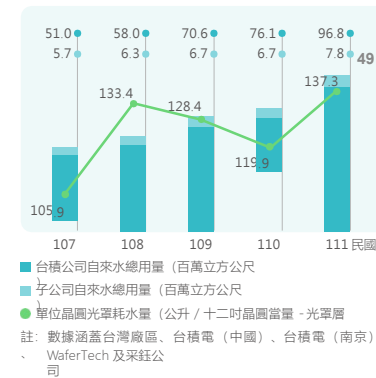
### 水資源回收量及回收率



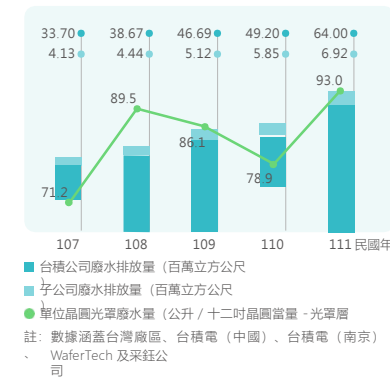
## 民國 111 年新增節水措施及成果



### 自來水用量及單位產品用水量統計



### 單位廢水排放密集度統計



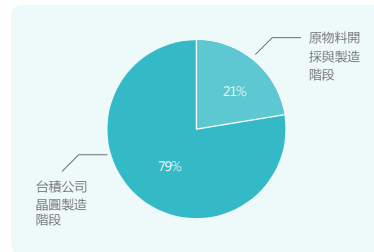
註：數據涵蓋台灣廠區、台積電 (中國)、台積電 (南京)、WaferTech 及采鈺公司

註：數據涵蓋台灣廠區、台積電 (中國)、台積電 (南京)、WaferTech 及采鈺公司

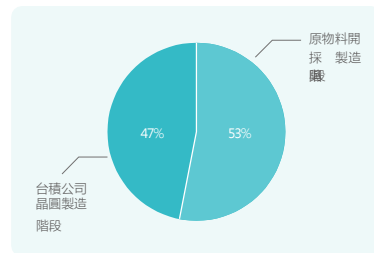
### 產品水足跡

台積公司致力降低產品水足跡，包括原物料製造及運輸、產品製造、測試與封裝等各階段，民國 111 年取得 ISO 14046 第三方驗證，且每 3 年執行一次產品水足跡評估調查，

#### 產品水足跡分布圖 - 耗水指標



#### 產品水足跡分布圖-水質指標



依據民國 110 年調查結果顯示，耗水指標方面，台積公司廠區占 79%，以廠內直接用水為主，原物料供應商則占 21%，主要為化學品、原料矽晶圓及大宗氣體廠商；水質指標方面，台積公司廠區占 47%、原物料供應商占 53%，水汙染物質主要為懸浮固體、金屬物質及化學需氧量。台積公司除積極於製造過程降低水資源耗用與水汙染物排放外，同時輔導供應商透過每年永續管理自評問卷設定節水目標，並依《供應商行為準則》落實水資源使用與排放管控，從中檢視節水機會點並推動相關措施，詳細內容與成果請參閱「[永續供應鏈管理](#)」章節。

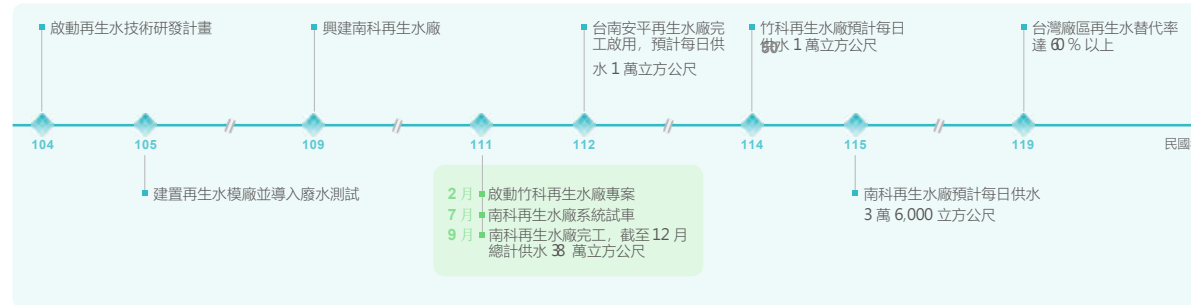
### 拓展多元水資源

民國 111 年為台積公司再生水元年。為善用每一滴水資源，台積公司除積極落實製程節水外，亦致力投入再生水技術發展，為使水質符合先進製程規格與潔淨度需求，台積公司攜手產官學單位開發低能耗生物處理、低能耗汙泥處理、高效能尿素去除等創新技術並透過多重且即時自動化監測確保再生水供應品質；民國 111 年 9 月「台積電南科再生水廠」正式啟用，成為台積公司南科廠區再生水製造、偵測與供應中心，截至 12 月總計供應 38 萬立方公尺工業再生水。為持續拓展多元水資源，預計民國 112 年台南安平再生水廠完工啟用，民國 115 年南科再生水廠產能將

提升至每日供水 3 萬 6,000 立方公尺，降低自來水用量並友善環境。此外，台積公司亦創新系統設計，研發以廢熱進行濃縮廢水回收及汙泥資源化技術，降低濃排廢水外流。

民國 111 年，除南科再生水廠落成，台積公司同步啟動竹科再生水廠專案，持續擴大再生水應用範圍，預計民國 114 年每日可供水 1 萬立方公尺，未來導入 2 奈米製程廠區及配合市政再生水供應後，可達成竹科新建廠區 100% 使用再生水，強化組織營運韌性，落實水循環永續管理。

### 再生水導入時程

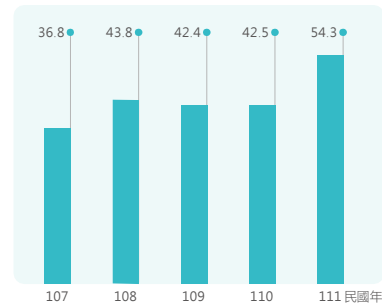


## 開發防治技術

台積公司持續精進水汙染防治處理效能，因應先進製程需求而衍生的有機化學物質用量增加，透過導入生物薄膜處理系統強化去除廢水中汙染物，民國 111 年降低化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD) 納管平均濃度至 151.5ppm，氫氧化四甲基銨 (TMAH) 排放濃度亦降低至 3.75ppm。為進一步強化 COD 削減能力，民國 111 年晶圓

### 水污綜合指標削減率

單位：%



註：數據涵蓋台灣廠區

十五 B 廠導入超重力旋轉床技術，經實驗室實驗推估，可降低廢水中 70% 的 COD，預計民國 112 年正式上線；另外，因硫酸鈷 (Cobalt Sulfate) 用量增加而擴建的硫酸鈷處理系統亦同步啟用，有助民國 111 年水污綜合指標削減率達 54.3%，不僅遠優於年度設定目標 45%，亦超越民國 119 年削減率達 50% 的長期目標，因此將長期目標提升至 60% 以上，以期達成環境永續。

### 廢水分類及資源化系統

台積公司建立 38 種分流系統，依製程廢水成分與濃度分別至不同系統加以處理、回收再利用，落實廢水資源化管理。民國 111 年，晶圓十五 B 廠透過優化「[氫氟酸廢液合成冰晶石系統](#)」，成功於民國 111 年第三季達成廠區氫氟酸廢液零清運，精進國內循環經濟產業的再生技術；台積公司亦同時於零廢中心進行機械研磨汙泥試驗，透過乾燥研磨與表面改質程序轉化製成矽鋁氧化物，可做為塑膠填充劑，提供化工廠使用。

## 廢水分類及資源化



## ■ 焦點案例

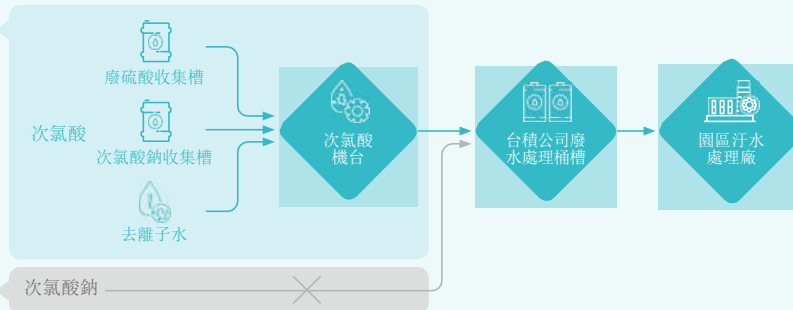
### 創新研發「次氯酸混合系統」，達成化學品減量又減碳

因應半導體製程技術演進，處理廢水污染物的次氯酸鈉 (NaOCl) 用量持續增加，為實踐綠色製造使命，降低環境衝擊並改善外排水質，台積公司於民國 111 年啟動次氯酸鈉減量計畫。由於次氯酸鈉在酸鹼值 (pH) 5.5-6.5 時會產生次氯酸 (HOCl)，其氧化力為次氯酸鈉的 80 倍以上，台積公司運用此化學特性，於次氯酸鈉中加入從製程回收的硫酸廢液、搭配去離子水 (DI Water)，經反覆測試調

製出三者混合濃度的最適比例，成功研發「次氯酸混合系統」，可穩定將次氯酸鈉轉製為次氯酸水，在維持相同的殺菌與氨氮去除效果下，可減少次氯酸鈉用量。民國 111 年導入晶圓十五 B 廠進行實測，預估每年可減少 80 公噸次氯酸鈉用量、10 公噸二氧化碳排放，未來將陸續推廣至其他廠區，不僅友善環境、亦提升廢液的再利用價值，以綠色創新促進環境永續效益。

#### 次氯酸混合系統運作機制

##### 新做法



台積公司研發次氯酸混合系統，減少次氯酸鈉用量。



## 結論及未來趨勢分析

## 結論及未來趨勢分析

- 製程節水勝於管末處理，管末回收勝於處理排放。
- 廢水回收伴隨用水回收設備價格下降及設計操作之精進，已可提供優於自來水之水質，且降低用水成本。
- 工業用水要求循環運用，運用率也要提高，產業未來用水需求要使用一定比例再生水。民生使用端力行節水，使用省水器材。

簡

報

完

畢

Q & A

敬請各位長官及來賓批評及指教!

*Thank you for your attention!*

