



科學工業園區管理局
Science Park Administration



水污染防治法修訂對廢水處理之影響及處理技術探討

財團法人中興工程顧問社
黃欣栩 副研究員

101.08.02



報告大綱

- ✚ 緣起
- ✚ 水污染防治法修訂對廢水處理之影響
 - ✚ 水污染防治法歷年修訂重點
 - ◆ 水污法概論
 - ◆ 國內產業管制現況
 - ✚ 特定污染物廢水處理技術概論
- ✚ 產業用水效率提升規劃
 - ✚ 水再生處理技術
 - ✚ 水回收再利用方案規劃



緣起

- ✚ 為防治水污染，確保水資源之清潔，以維護生態體系，改善生活環境，增進國民健康，水污染防治法於63年7月11日公布施行，截至目前為止，已歷經72、80、89、91及96年五次修正
- ✚ 環保署自99年起，依據事業廢水特性，修訂高科技產業放流水標準
 - ✚ 放流水標準中科學工業園區和光電材料及元件製造業新增銻、鎘、鉬、總毒性有機物與生物急毒性管制項目
 - ✚ 晶圓製造及半導體製造業放流水標準新增氨氮管制項目
 - ✚ 科學工業園區及光電材料及元件製造業放流水氨氮濃度偏高，氨氮排放量占工業廢水總排放比例34%，且研究顯示與生物急毒性具相關性，爰規劃將氨氮納入管制(已於6月18日召開草案研商會)



緣起 (續)

- ✦ 我國近年因旱澇交替，導致水資源分配不均，在人口持續成長以及產業結構改變的影響下，使得民生與工業用水量逐年增加，各標的用水已呈現不敷調配
- ✦ 持續推動各類廢污水再生，輔導相關水利產業發展，促進地區發展替代性區域儲備水源，以提升整體供水可靠度，為水利署既定政策
- ✦ 透過各類產業用水效率提升輔導計畫、放流水再生模廠先期規劃、模廠試驗驗證以及教育宣導，預期民國120年達到再生水使用量120萬噸之目標



緣起 (續)

✦ 廠商對於水回收再利用關切重點

✦ 經濟面

- ◆ 先期投資成本
- ◆ 操作營運成本

✦ 技術面


- ◆ 再生水水質與自來水相同或更佳，以銜接目前製程，減輕純水系統負擔
- ◆ 設置線上監控再生水水質
- ◆ 規劃緊急備用水源，確保再生水供應穩定



應避免再生系統濃排水，對既有廢水處理設施造成負擔，影響處理效能



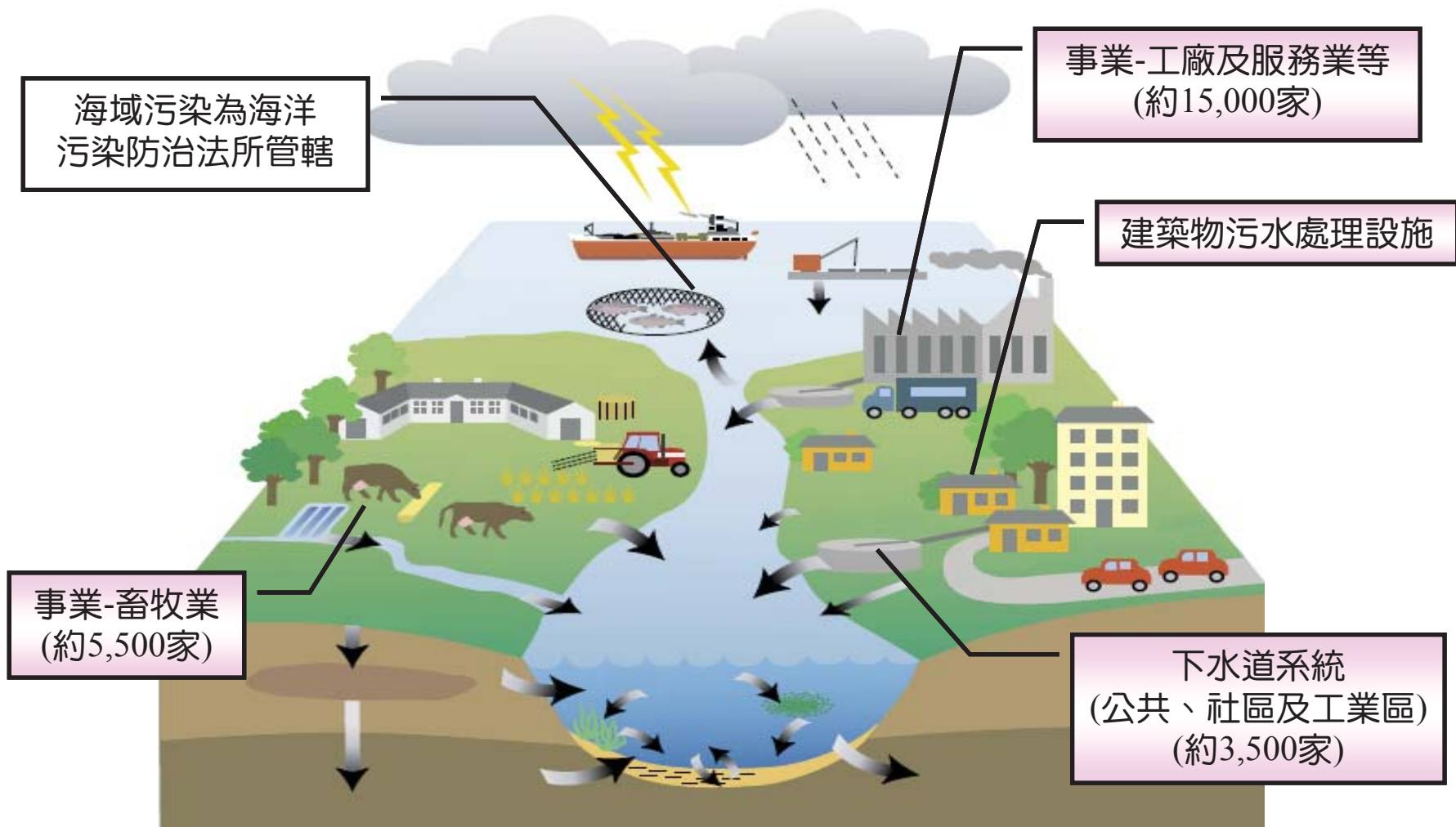
科學工業園區管理局
Science Park Administration



水污染防治法修訂對廢水 處理之影響



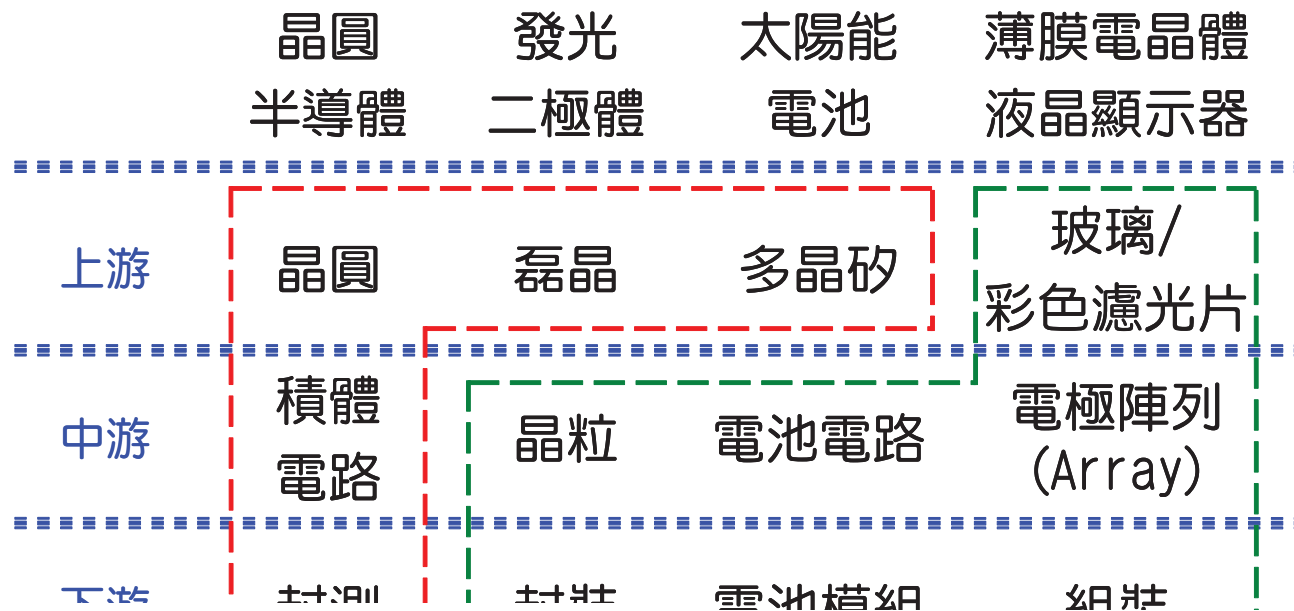
水污法管制對象及範圍





水污法管制對象及範圍 (續)

「水污染防治法事業分類及定義」計列管59種業別
(99.12.15修正)



(1)從事以拉晶、晶柱生長、切割、研磨、拋光、蝕刻、清潔等晶圓製備程序之事業
 (2)從事以氧化、微影、蝕刻、摻配、氣相沉積、磊晶、蒸鍍、濺鍍等半導體製造及封裝之事業

(1)從事液晶面板及其組件製造之事業
 (2)其他光電材料及元件製造業之事業



地面水體分類及水質標準

- ✦ 利用水體承受或傳運放流水，不得超過水體之涵容能力
- ✦ 排放造成水體水質之變動，不得超過水體分類及水質標準
- ✦ 依水體特質規範：(甲類水質要求最高)

適用性質：陸域

甲類



游泳用水



一級公共用水

乙類



一級水產用水



二級公共用水

丙類



一級工業用水



三級工業用水



二級水產用水

丁類



灌溉用水



二級工業用水



環境保育用水

戊類



環境保育用水

海域 甲類



游泳用水

乙類



二級工業用水

丙類



環境保育用水



一級水產用水



一級水產用水



環境保育用水

- ✦ 環境基準項目：保護人體健康-重金屬、農藥、累積性危害
保護生活環境-pH、DO、BOD、SS、大腸桿菌群、
NH₃-N、TP(陸域)
pH、DO、BOD、大腸桿菌群(海域)



排放標準

✚ 放流水標準 (100.12.01.修正)

- ✿ 排放廢(污)水於地面水體者均應符合放流水標準
- ✿ 包含共同適用(水溫、pH、重金屬及農藥等)、各業別適用項目(BOD、COD、SS、真色色度及大腸桿菌群等)
- ✿ 依事業製程與廢水特性，獨立訂定業別放流水標準
 - ◆ 晶圓製造及半導體製造業(100.12.01訂定)
 - ◆ 光電材料及元件製造業(草案)
 - ◆ 科學工業園區(草案)

✚ 海洋放流管線放流水標準 (100.12.01.修正)

- ✿ 適用對象為以管線輸送廢(污)水排放於離開海岸之海洋，且最初稀釋率達100倍以上者，並依甲、乙類海域分別訂有不同管制限值
- ✿ 管制項目包括：pH、COD、BOD、SS、大腸桿菌群、油脂、酚類、氰化物、砷、鎘、總鉻、銅、鉛、總汞、鋅、鎳、總餘氯、水溫

放流水標準

光電業和科學園區新增管制項目與限值

管制項目 \ 類別	光電材料及 元件製造業	「石油化學專區以 外之工業區」內之 科學工業園區
生化需氧量	30	平均值及最大限值， 依原規定期程辦理。
化學需氧量	100	
懸浮固體	30	
真色色度	550	
總毒性有機物TTO	1.37	1.37
鎳	0.1	0.1
鎘	0.1	0.1
鉬	0.6	0.6
生物急毒性TU _a	1.43	1.43

■ 新增項目，給予因應緩衝期，自101年1月1日起施行

■ 科學工業園區提放流水生物急毒性削減管理計畫，經核定並依計畫內容執行者，生物急毒性之管制自101年12月31日施行

註：[1] 真色色度和生物急毒性TU_a無單位

[2] 生物急毒性TU_a高於管制定限值時，業者須加強監測



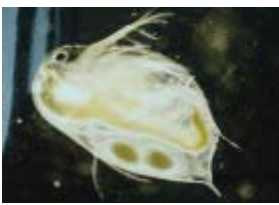



放流水標準 (續)

總毒性有機物TTO (30項)

類別	英文名稱	中文名稱	CAS No.	類別	英文名稱	中文名稱	CAS No.
苯類	1,2-dichlorobenzene	1,2-二氯苯	95-50-1	酚類	2-Chlorophenol	2-氯酚	95-57-8
	1,3-dichlorobenzene	1,3-二氯苯	541-73-1		2,4-Dichlorophenol	2,4-二氯酚	120-83-2
	1,4-dichlorobenzene	1,4-二氯苯	106-46-7		4-Nitrophenol	4-硝基酚	100-02-7
	1,2,4-trichlorobenzene	1,2,4-三氯苯	120-82-1		Pentachlorophenol	五氯酚	87-86-5
	Toluene	甲苯	108-88-3		2-Nitrophenol	2-硝基酚	88-75-5
	Ethylbenzene	乙苯	100-41-4		Phenol	酚	108-95-2
烷類	Chloroform	三氯甲烷	67-66-3	酯類	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-三氯酚	88-06-2
	1,2-dichloroethane	1,2-二氯乙烷	107-06-2		Bis(2-ethylhexyl)phthalate	鄰苯二甲酸乙己酯	117-81-7
	Dichloromethane	二氯甲烷	75-09-2		Di-n-butylphthalate	鄰苯二甲酸二丁酯	84-74-2
	1,1,1-trichloroethane	1,1,1-三氯乙烷	71-55-6	Butylbenzylphthalate	鄰苯二甲酸丁苯酯	85-68-7	
	1,1,2-trichloroethane	1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	其他	Anthracene	蒽	120-12-7
	Dichlorobromomethane	二氯溴甲烷	75-27-4		1,2-Diphenylhydrazine	1,2-二苯基聯胺	122-66-7
烯類	Tetrachloroethylene	四氯乙烯	127-18-4		Isophorone	異佛爾酮	78-59-1
	Trichloroethylene	三氯乙烯	79-01-6	Carbon tetrachloride	四氯化碳	56-23-5	
	1,1-dichloroethylene	1,1-二氯乙烯	75-35-4	Naphthalene	萘	91-20-3	

放流水標準 (續)

生物急毒性測試物種與評估指標

方法	測試物種		測試時間	評估指標
水蚤靜水式法 (NIEA B901.12B)	水蚤 <i>Daphnia similis</i>		48小時	<ul style="list-style-type: none"> 半數致死濃度 (LC₅₀) 水蚤第二觸角、胸腳及後腹部等器官或部位，有明顯不活動，並經過輕敲燒杯亦無反應
米蝦靜水式法 (NIEA B905.11B)	多齒新米蝦 <i>Neocaridina denticulata</i>		48小時	<ul style="list-style-type: none"> 半數致死濃度 (LC₅₀) 觸、鬚及鰓的活動停止；蝦體已翻倒，經細玻璃棒輕觸沒反應
羅漢魚靜水式法 (NIEA B902.11B)	羅漢魚 <i>Pseudorasbora parva</i>		96小時	<ul style="list-style-type: none"> 半數致死濃度 (LC₅₀) 鰭及鰓的活動停止；玻璃棒輕觸沒反應
鯉魚靜水式法 (NIEA B904.11B)	鯉魚 <i>Cyprinus carpio</i>			

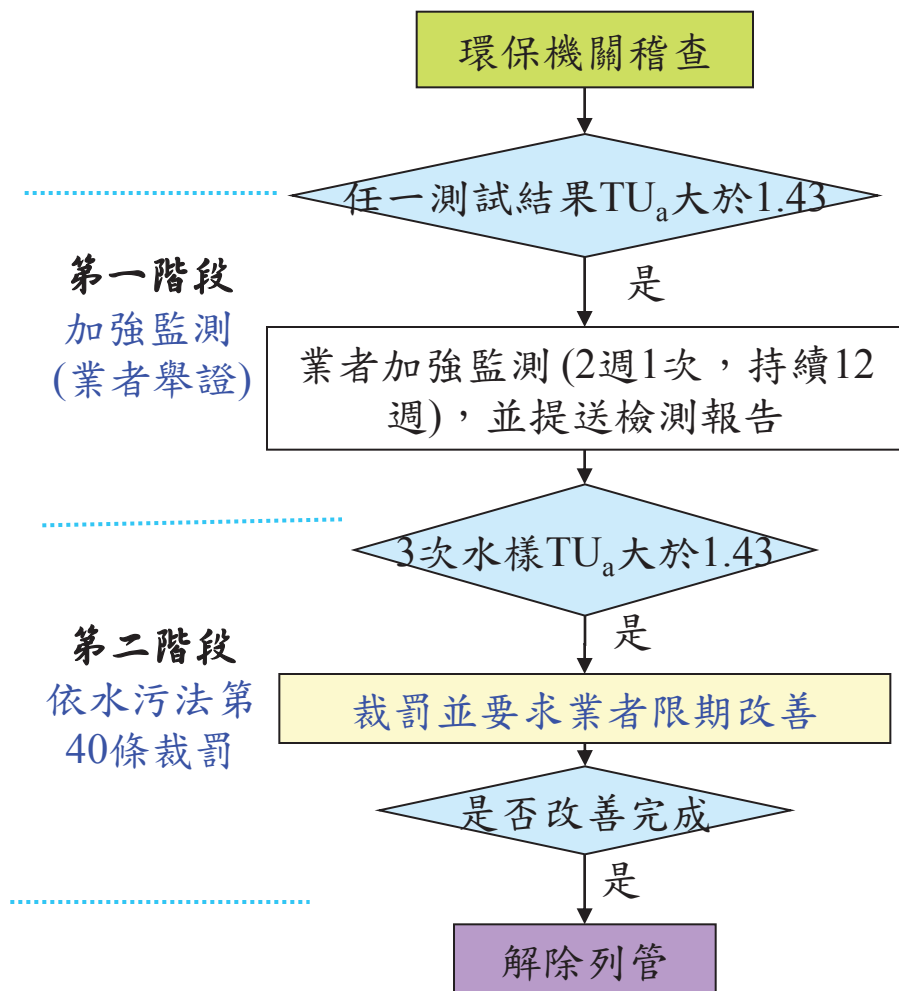




放流水標準 (續)

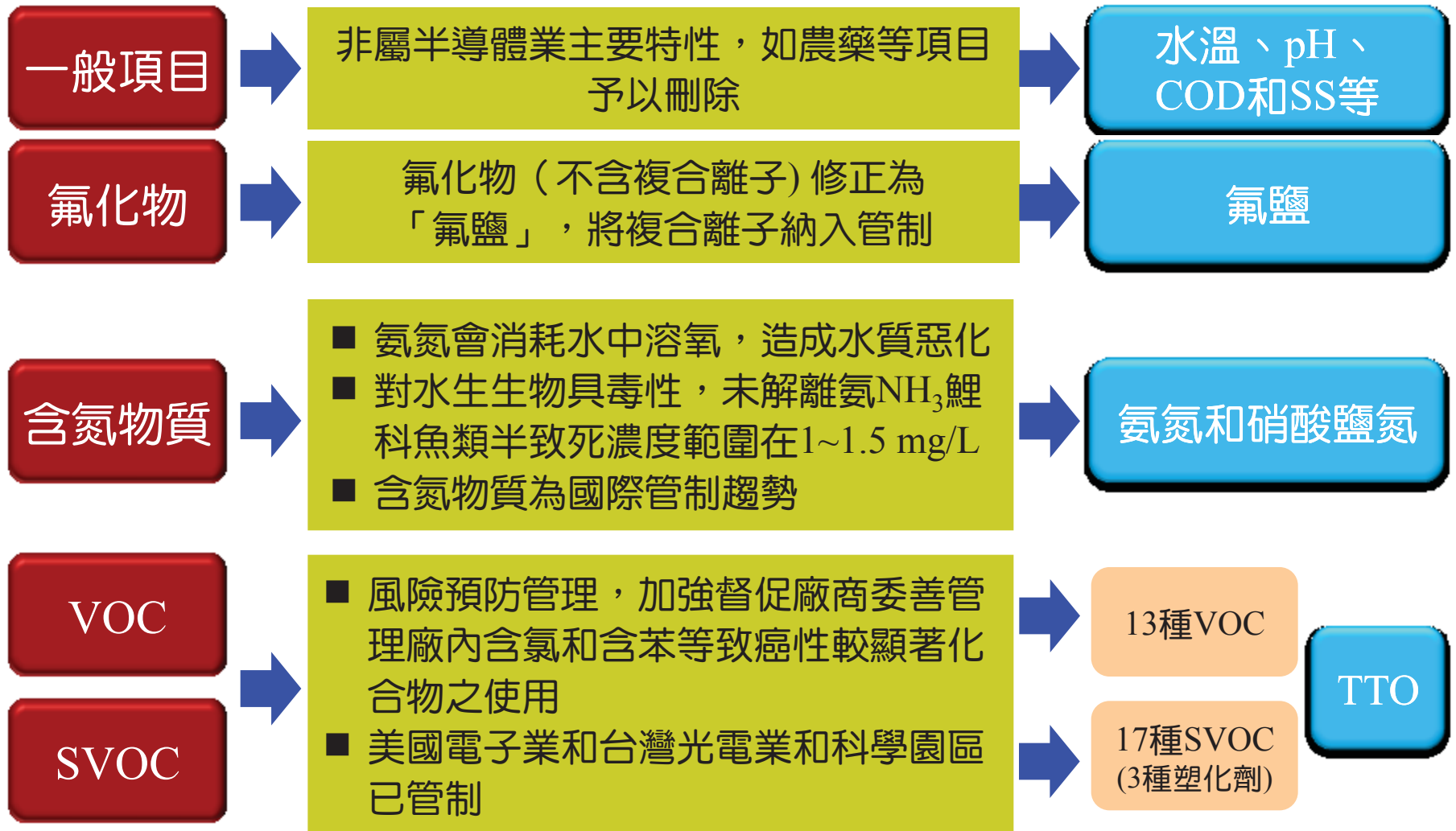
生物急毒性管制機制

- 不同測試物種對於污染物的反應程度有所差異，考量廢水特性之複雜，故以4種生物作為測試，並以選定鯉魚、羅漢魚擇一，水蚤、米蝦擇一，進行兩種生物檢測
- 主管機關稽查時，其中一生物 TU_a 超標，則要求業者加強監測
- 業者執行加強12週監測時，2週1次，6次有3次監測結果，兩種 TU_a 都超標，認定水體有毒性，依水污法40條裁處並給予限期改善期限





晶圓製造及半導體製造業放流水標準





晶圓製造及半導體製造業放流水標準 (續)

管制項目共計28種

管制項目	限值 (mg/L)	施行時間
水溫、pH、硝酸鹽氮、正磷酸鹽、酚類、陰離子界面活性劑、氰化物、油脂、溶解性鐵、溶解性錳、鎘、鉛、總鉻、六價鉻、總汞、銅、鋅、銀、鎳、硒、砷、硼、硫化物、COD、SS	原限值	發布日起
氟鹽	15.0	發布日起
氨氮	10.0 (原限值) (適用排放廢(污)水於水源 水質水量保護區內者)	發布日起
	20 (新設事業)	發布日起
	75	自101年7月1日起，如提削減計畫並 執行者，自102年7月1日起
	30	自104年7月1日起
總毒性有機物	1.37	發布日起



未來修法重點

- ✚ 依據事業廢水特性，99年放流水標準中科學工業園區和光電材料及元件製造業已新增銻、鎘、鉬、總毒性有機物與生物急毒性管制項目
- ✚ 環保署於101年針對科學工業園區和光電材料及元件製造業放流水之管制進行檢討
 - ✚ 氨氮與生物急毒性具相關性，且科學工業園區及光電業放流水氨氮濃度偏高，氨氮排放量占工業廢水總排放比例34%，有必要將氨氮納入管制
 - ✚ 生物急毒性自放流水標準移除，改以「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」進行管理
 - ◆ 生物急毒性宜透過定期監測與管理，並藉由毒性鑑定與毒性減量等方式，規範業者改善水質特性，較單以放流水標準管制，更能促使原料或製程控管、處理設備功能提升



未來修法重點




科學園區與光電業廢水特性

污染特性	主要物種
重金屬	包括鐵、錳、銅、鎳、鋅、 銻 、 鎳 、 鉬 、銀、鋁等物種
氟離子	主要來自二氧化矽蝕刻液 (氟化銻) 和氫氟酸
<u>含氮物質</u>	主要來自二氧化矽蝕刻液 (氟化銻)、顯影劑氫氧化四甲基銻 (TMAH) 和氨水等
含磷物質	主要來自磷酸與鋁蝕刻液 (含磷酸)
其他大宗製程化學品	包括異丙醇、丙酮等
生物急毒性	各廠情況不一；目前調查結果顯示氨氮濃度高， TU_a 亦相對高，但 TU_a 尚有其他影響因子



未來修法重點 (續)

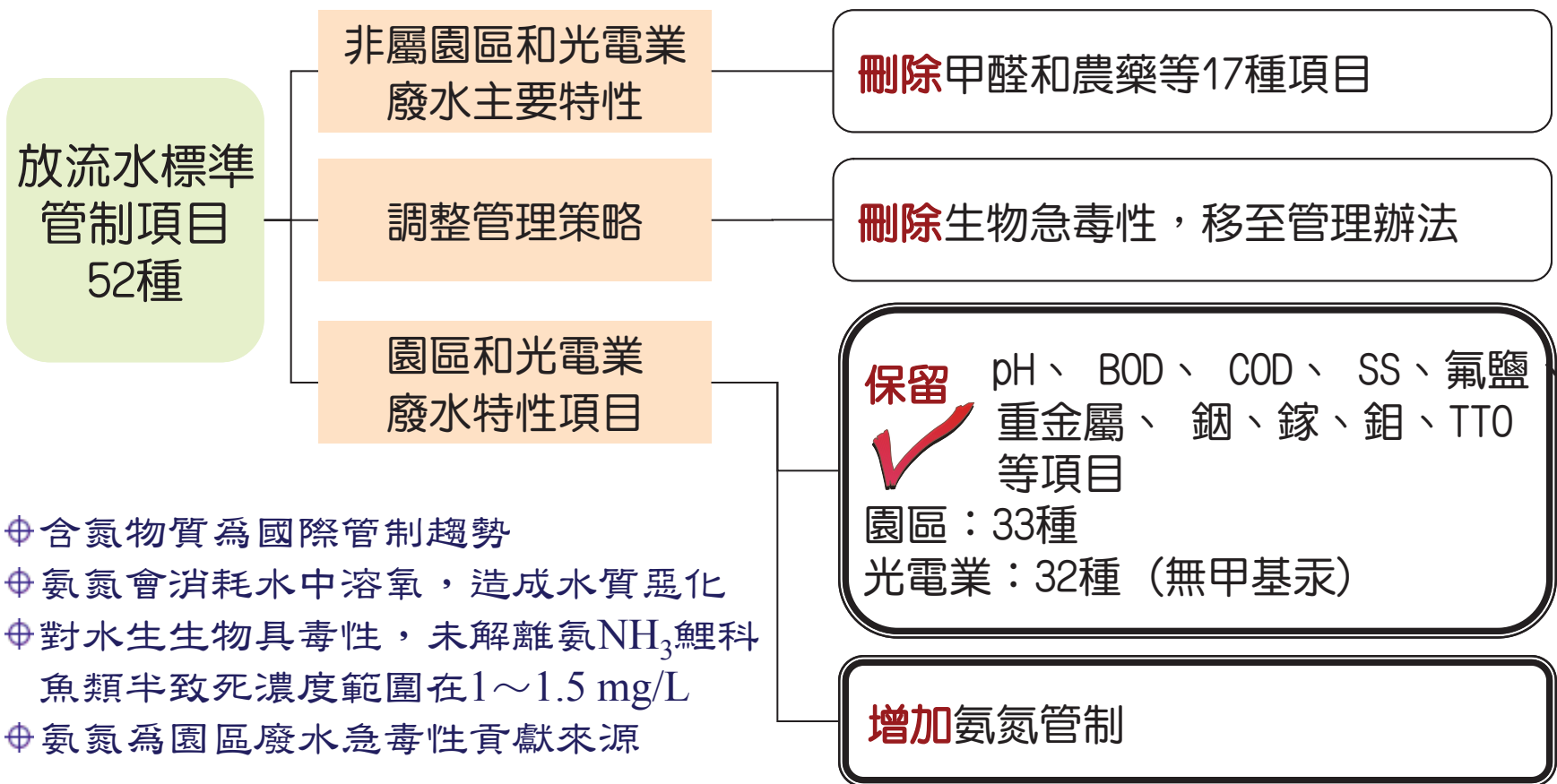
光電業子業別放流水與納管水氨氮濃度

光電業子業別	各廠典型 排水量 (CMD)	放流水 氨氮濃度 (mg N/L)	納管水 氨氮濃度 (mg N/L)
薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD) 	數千至三萬	0.1 ~ 17.1	6.1 ~ 12.5
發光二極體 (LED) 	數百 (多小於1,000)	0.99 ~ 78.6	1.64 ~ 177
太陽能電池 (Solar cell) 	數百 (多小於1,000)	15 ~ 18.6	5.74 ~ 41.7



未來修法重點 (續)

- ✦ 依科學工業園區和光電業製程與廢水特性、國內調查成果和國外管制趨勢，新增氨氮管制



- ⊕ 含氮物質為國際管制趨勢
- ⊕ 氨氮會消耗水中溶氧，造成水質惡化
- ⊕ 對水生生物具毒性，未解離氨 NH_3 鯉科魚類半致死濃度範圍在1~1.5 mg/L
- ⊕ 氨氮為園區廢水急毒性貢獻來源

未來修法重點 (續)

科學工業園區和光電業管制項限值及標準施行時間

類別	管制項目	限值 (mg/L)	施行時間
一般項目	水溫、pH、COD和SS、氟鹽等	原限值	發布日起
產業特殊項目	銻	0.1 (原限值)	發布日起
	鎘	0.1 (原限值)	
	鉬	0.6 (原限值)	
	TTO	1.37 (原限值)	
含氮物質	氨氮	10 (原限值) 適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區內者	發布日起
		20 (新設事業或園區)	
		75	自102年7月1日起，如提削減計畫並執行者，自104年1月1日起
	30	自106年1月1日起	
	硝酸鹽氮	50 (原限值)	發布日起



科學工業園區放流水標準草案條文

- 第一條 本標準依水污染防治法第七條第二項規定訂定之。
- 第二條 本標準專用名詞定義如下：
- 一、七日平均值：指間隔每四至八小時採樣一次，每日共四個水樣，混合成一個水樣檢測分析，連續七日之測值再算術平均之。
 - 二、總毒性有機物：係指1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、1,2,4-三氯苯、甲苯、乙苯、三氯甲烷、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、二氯溴甲烷、四氯乙烯、三氯乙烯、1,1-二氯乙烯、2-氯酚、2,4-二氯酚、4-硝基酚、五氯酚、2-硝基酚、酚、2,4,6-三氯酚、鄰苯二甲酸乙己酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁苯酯、蒽、1,2-二苯基聯胺、異佛爾酮、四氯化碳及萘，計三十種化合物之濃度總和。
 - 三、新設者：指科學工業園區於中華民國一百零一年○○月○○日前尚未完成規劃者，或已完成規劃，但尚未完成工程招標者。
 - 四、既設者：指科學工業園區於中華民國一百零一年○○月○○日前已完成建造、建造中或已完成工程招標者。
- 第三條 本標準適用範圍為科學工業園區污水下水道系統。
- 第四條 本標準規定水質項目及限值如附表。
- 第五條 科學工業園區污水下水道系統或環境保護相關團體得隨時提出具體科學性數據、資料，供檢討修正之參考。
- 第六條 本標準所定之化學需氧量限值，係以重鉻酸鉀氧化方式檢測之；真色色度，係以真色色度法檢測之。
- 第七條 本標準各項目限值，除氫離子濃度指數為一範圍且無單位外，均為最大限值，其單位如下：
- 一、水溫：攝氏度(°C)。
 - 二、真色色度：無單位。
 - 三、其餘各項目：毫克/公升(mg/L)。
- 第八條 本標準各項目限值，除水溫及氫離子濃度指數外，科學工業園區污水下水道系統自水體取水作為冷卻或循環用途之未接觸冷卻水，如排放於原取水區位之地面水體，不適用本標準。
- 第九條 本標準除另定施行日期者外，自發布日施行。

二、總毒性有機物：係指1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、1,2,4-三氯苯、甲苯、乙苯、三氯甲烷、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、二氯溴甲烷、四氯乙烯、三氯乙烯、1,1-二氯乙烯、2-氯酚、2,4-二氯酚、4-硝基酚、五氯酚、2-硝基酚、酚、2,4,6-三氯酚、鄰苯二甲酸乙己酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁苯酯、蒽、1,2-二苯基聯胺、異佛爾酮、四氯化碳及萘，計三十種化合物之濃度總和。

科學工業園區放流水標準草案附表內容

管制項目計34種

管制項目	限值 (mg/L)	施行時間
水溫、氫離子濃度指數、氟鹽、硝酸鹽氮、正磷酸鹽、酚類、陰離子介面活性劑、氰化物、油脂、溶解性鐵、溶解性錳、鎘、鉛、總鉻、六價鉻、甲基汞、總汞、銅、鋅、銀、鎳、硒、砷、硼、硫化物、生化需氧量(最大值和七日平均值)、化學需氧量(最大值和七日平均值)、懸浮固體(最大值和七日平均值)、真色色度、銻、鎘、鉍、總毒性有機物	原限值	發布日起
氨氮	10 (原限值) (適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區內者)	發布日起
	20 (新設者)	發布日起
	75	自102年7月1日起，如提削減計畫並執行者，自104年1月1日起
	30	自106年1月1日起



光電材料及元件製造業放流水標準草案條文

- 第一條 本標準依水污染防治法第七條第二項規定訂定之。
- 第二條 本標準專用名詞定義如下：
- 一、總毒性有機物：係指1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、1,2,4-三氯苯、甲苯、乙苯、三氯甲烷、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、二氯溴甲烷、四氯乙烯、三氯乙烯、1,1-二氯乙烯、2-氯酚、2,4-二氯酚、4-硝基酚、五氯酚、2-硝基酚、酚、2,4,6-三氯酚、鄰苯二甲酸乙己酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁苯酯、蒽、1,2-二苯基聯胺、異佛爾酮、四氯化碳及萘，計三十種化合物之濃度總和。
 - 二、新設事業：指事業於中華民國一百零一年○○月○○日前尚未完成規劃者，或已完成規劃，但尚未完成工程招標者。
 - 三、既設事業：指事業於中華民國一百零一年○○月○○日前已完成建造、建造中或已完成工程招標者。
- 第三條 本標準適用對象為水污染防治法事業分類及定義公告列管之光電材料及元件製造業。
- 第四條 本標準規定水質項目及限值如附表。
- 第五條 事業及其所屬公會或環境保護相關團體得隨時提出具體科學性數據、資料，供檢討修正之參考。
- 第六條 本標準所定之化學需氧量限值，係以重鉻酸鉀氧化方式檢測之；真色色度，係以真色色度法檢測之。
- 第七條 本標準各項目限值，除氫離子濃度指數為一範圍且無單位外，均為最大限值，其單位如下：
- 一、水溫：攝氏度(°C)。
 - 二、真色色度：無單位。
 - 三、其餘各項目：毫克/公升(mg/L)。
- 第八條 本標準各項目限值，除水溫及氫離子濃度指數外，事業自水體取水作為冷卻或循環用途之未接觸冷卻水，如排放於原取水區位之地面水體，不適用本標準。
- 第九條 事業有二種以上不同業別或同一業別有不同製程，其廢水混合處理及排放者，應符合各該業別之放流水標準；相同之管制項目有不同管制限值者，應符合較嚴之限值標準。各業別中之一種業別廢水水量達總廢水量百分之七十五以上，並裝設有獨立專用累計型水量計測設施者，得向主管機關申請對共同管制項目以該業別放流水標準管制。
- 前項廢水量所占比率，以申請日前半年之紀錄計算之。
- 第十條 本標準除另定施行日期者外，自發布日施行。

- 一、總毒性有機物：係指1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、1,2,4-三氯苯、甲苯、乙苯、三氯甲烷、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、二氯溴甲烷、四氯乙烯、三氯乙烯、1,1-二氯乙烯、2-氯酚、2,4-二氯酚、4-硝基酚、五氯酚、2-硝基酚、酚、2,4,6-三氯酚、鄰苯二甲酸乙己酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁苯酯、蒽、1,2-二苯基聯胺、異佛爾酮、四氯化碳及萘，計三十種化合物之濃度總和。



光電材料及元件製造業放流水標準草案附表內容

管制項目計33種

管制項目	限值 (mg/L)	施行時間
水溫、氫離子濃度指數、氟鹽、硝酸鹽氮、正磷酸鹽、酚類、陰離子介面活性劑、氰化物、油脂、溶解性鐵、溶解性錳、鎘、鉛、總鉻、六價鉻、總汞、銅、鋅、銀、鎳、硒、砷、硼、硫化物、生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、真色色度、銻、鎘、鉍、總毒性有機物	原限值	發布日起
氨氮	10 (原限值) (適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區內者)	發布日起
	20 (新設者)	發布日起
	75	自102年7月1日起，如提削減計畫並執行者，自104年1月1日起
	30	自106年1月1日起



公告檢測方法

管制項目	環檢所公告檢測方法
銻、鎘、鉬	NIEA W313.52B水中金屬及微量元素檢測方法－感應耦合電漿質譜法
總毒性有機物	NIEA W785.54B水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 NIEA W801.51B水中半揮發性有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法
生物急毒性	NIEA B901.12B水樣急毒性檢測方法－水蚤靜水式法 NIEA B905.11B水樣急毒性檢測方法－米蝦靜水式法 NIEA B902.11B水樣急毒性檢測方法－羅漢魚靜水式法 NIEA B904.11B水樣急毒性檢測方法－鯉魚靜水式法
氨氮	NIEA W437.51C水中氨氮之流動注入分析法 - 靛酚法 NIEA W446.52C水中氨氮檢測方法 - 氨選擇性電極法 NIEA W448.51B水中氨氮檢測方法 - 靛酚比色法
硝酸鹽氮	NIEA W415.52B水中陰離子檢測方法 - 離子層析法 NIEA W417.51A水中硝酸鹽檢測方法 - 馬錢子鹼比色法 NIEA W436.50C水中硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮之鎘還原流動注入分析法 NIEA W452.50C水中硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮檢測方法 - 鎘還原法



管理辦法生物急毒性規定

管理辦法第84條

- 擴大生物急毒性適用對象：核准許可廢（污）水排放量達2萬CMD以上之特定事業或系統
- 要求定期檢測申報：6個月1次

管理辦法第84條之1

- 測試物種：兩種（鯉魚、羅漢魚擇一，及水蚤、米蝦擇一）
- 水質具生物急毒性之認定
- 毒性鑑定及毒性減量程序執行時程和方式，及成果報告內容

管理辦法生物急毒性規定 (續)

草案內容 (101.06.28公告)

第八十四條 事業或污水下水道系統申報之水質或監測資料，應依附表一之項目進行檢測、監測。但主管機關得依實際需要，增加申報項目。

石油化學專業區及石油化學專業區以外之工業區專用污水下水道系統或屬晶圓及半導體業、光電材料元件業、印刷電路板製造業、石油化學業、化工業、造紙業之事業，核准許可廢(污)水排放量達每日二萬立方公尺以上者，應每六個月進行一次放流水水質之生物急毒性檢測。

事業或污水下水道系統之製程及廢(污)水處理程序中，不使用且不產出附表一項目，且其檢測結果低於方法偵測極限者，得檢具證明文件，向主管機關申請免檢測申報該項目。

第八十四條之一 事業或污水下水道系統辦理放流水水質之生物急毒性檢測申報，應依中央主管機關公告之檢測方法執行之，該生物急毒性檢測得於鯉魚、羅漢魚擇一選定，及水蚤、米蝦擇一選定，進行兩種生物檢測。主管機關進行稽查採樣時，亦同。

前項檢測申報或稽查採樣數據累計達六次，其中有三次水樣兩種生物 TU_a 值均超過一，四三時，認定水質具有生物急毒性之虞者，直轄市、縣(市)主管機關得命事業或污水下水道系統進行毒性鑑定及毒性減量程序，執行期間以兩年為限，屆滿前三十天如無法完成前述毒性鑑定及毒性減量程序，得向直轄市、縣(市)主管機關提出展延申請，展延次數以一次為限，展延時間為兩年，毒性鑑定及毒性減量程序執行期間屆滿後十五天內，事業或污水下水道系統應向直轄市、縣(市)主管機關提送成果報告。

前項之成果報告內容應包括「基本資料表」、「廢(污)水排放特性與急毒性檢測結果」、「毒性鑑定和減量評估步驟」及「毒性鑑定和減量評估成效」。



因應法規修訂之廢水改善方案

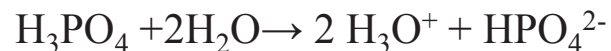
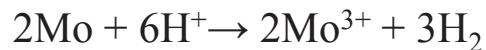
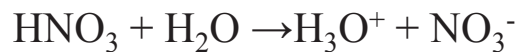
- ✦ 重金屬 (銅、鎘和鉬) 廢水來源與改善方案
- ✦ 生物急毒性之毒性來源與改善方案
- ✦ 含氮 (氨氮、顯影劑TMAH) 廢水來源與改善方案



含鉬廢水來源

- ✚ 鉬靶材濺鍍於面板形成鉬金屬薄膜後，再以鋁蝕刻液（濕蝕刻）把沒有被光組覆蓋及保護的部分加以去除，將光罩圖案轉移到薄膜上

- ✚ 鋁蝕刻液組成爲磷酸（ H_3PO_4 ）、硝酸（ HNO_3 ）和醋酸（ CH_3COOH ）



- ✚ 各廠產品設計不同，未必均採用鉬作為金屬電極層

- ✚ 彩色濾光片製造無鉬金屬薄膜

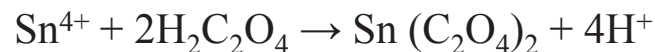
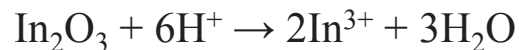
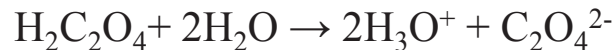
- ✚ 高濃度鋁蝕刻液廢水中含有被去除的金屬鉬



含銻廢水來源

- ✚ 氧化銻錫 (Indium tin oxide, ITO) 靶材濺鍍於面板形成ITO金屬薄膜後，再以氧化銻錫蝕刻液 (濕蝕刻) 把沒有被光組覆蓋及保護的部分加以去除，將光罩圖案轉移到薄膜上

- ✚ ITO蝕刻液組成爲草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)



- ✚ ITO因具有低電阻率和高光穿透性率，目前尚無替代材料可取代其在TFT-LCD的用途

- ✚ 面板和彩色濾光片均有ITO金屬薄膜

- ✚ 高濃度ITO蝕刻液廢水中含有被去除的金屬銻



含銻和鉬廢水改善方案

- ✚ 既設廠商未特別單獨回收處理，僅與廠內其他股廢水稀釋後排出
- ✚ 專管收集高濃度製程廢水，以離子交換樹脂進行回收
 - ✚ 銻回收價值低，目前以廢棄物方式處理飽和樹脂
- ✚ 廢棄物清運方式處理
- ✚ 回收廠商進行回收



含鎂廢水來源

- ✚ 洗滌塔廢水：磊晶生成製程中以氣態金屬烷基化合物進行磊晶，含砷及鎂廢氣經洗滌塔處理後，可能進一步進入廢水
- ✚ 含蝕刻液廢水：利用酸性蝕刻液將不需要的金屬去除，含蝕刻液廢水中可能會含有鎂
- ✚ 研磨廢水：電路製作完成之磊晶，需進一步平坦化，經研磨程序將厚度控制在一定範圍，磊晶上的金屬(砷、鎂等)可能於此過程被帶入廢水



含鎂廢水廢水改善方案

- ✦ 目前多數廠商均未特別單獨回收處理，僅與廠內其他股廢水稀釋後排出
- ✦ 部分鎂會於含砷（鎂）廢水或研磨廢水混凝沉澱過程中予以去除
- ✦ 製程收集高濃度含鎂廢液
 - ✦ 以離子交換樹脂回收處理
 - ✦ 直接委外清運



生物急毒性之毒性來源與改善方案

- ✦ 依據園區公會調查結果顯示，園區廢水生物急毒性與氨氮、導電度、 H_2O_2 具相關性
- ✦ 氨氮與導電度污染改善困難度較高，且與水回收再利用亦有正相關，需通盤思考改善策略



廢水導電度來源

✚ 廢水導電度來源

- ✚ 製程使用之磷酸和硝酸，高濃度廢液回收後，少量隨清洗水流至廢水單元
- ✚ 純水單元離子交換樹脂再生液 (TDS 一般在 20,000~50,000 mg/L間)
- ✚ 純水單元RO濃排水 (TDS一般在1,000~5,000 mg/L間)
- ✚ 廢水處理單元加藥調整pH
- ✚ 廢水處理單元加藥去除F⁻與重金屬

✚ 一般工業廢水導電度多達數千 $\mu\text{S}/\text{cm}$



廢水導電度改善方案

- ✚ 以管線輸送至海洋排放
 - ✿ 濃縮液需能與周圍海水迅速擴散混合，對於內陸區域管線費為限制因子
- ✚ 單效蒸發器 (single-effect evaporator) 或是蒸氣壓縮蒸發器 (vapor compression evaporator)
 - ✿ 能源消耗高、後續鹽分處理造成處理費用高昂
- ✚ 熱處理：熱蒸發器 (thermal evaporator)、結晶器 (crystallizers) 和噴霧乾燥機 (spray dryers)
 - ✿ 將濃縮液變成泥漿 (slurry, near ZLD) 或是可掩埋處置之固體產物
 - ✿ 初設和維護費高、適用小流量需求

含氮廢水來源與改善方案

含氮廢水來源

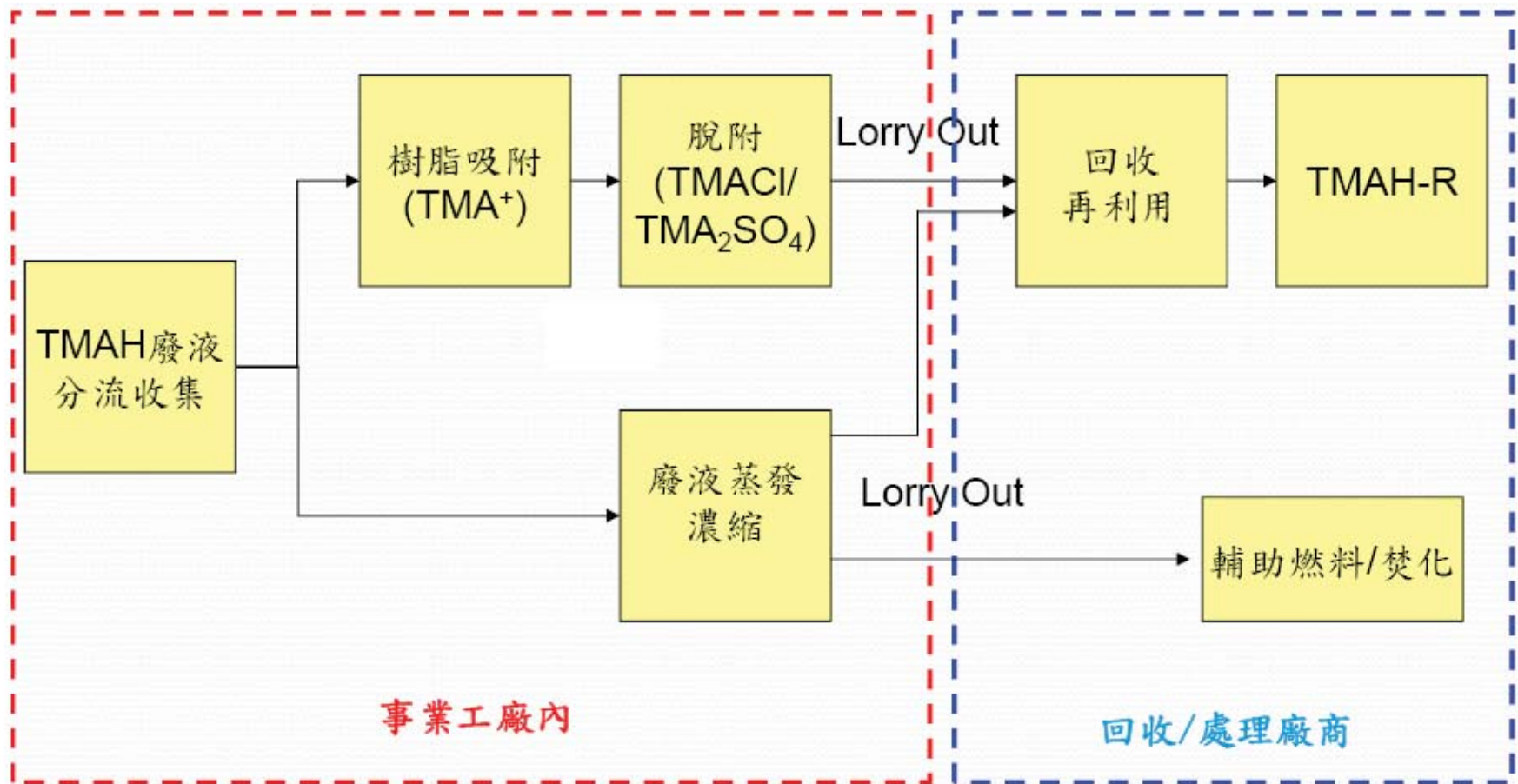
業別	TFT-LCD、半導體業	LED
氨氮來源	(1)氨水、(2)顯影劑TMAH (3)蝕刻液氟化銨(4)去光阻劑MEA	氨氣經洗滌塔處理後轉為高氨氮廢水
改善作法	<ul style="list-style-type: none"> ● TMAH回收 ● 氨水直接濃縮 ● 氨水回收成磷酸銨或硫酸銨 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃燒式洗滌塔處理而無廢水產生 ● 氨氣回收成氨水 ● 氨水回收成磷酸銨或硫酸銨

改善方案

- 製程源頭減量：製程化學品濃度管理、盤查污染源、高濃度含氮物質回收再利用及源頭減量等
- 提升廢水處理效能：延長既有生物處理單元水力停留時間和曝氣量，適時添加鹼度，維持水中pH，提升硝化效能
- 增設廢水處理程序：包括AO等硝化脫硝活性污泥，或其他具類似功能之設施



含氫氧化四甲基銨廢水回收技術



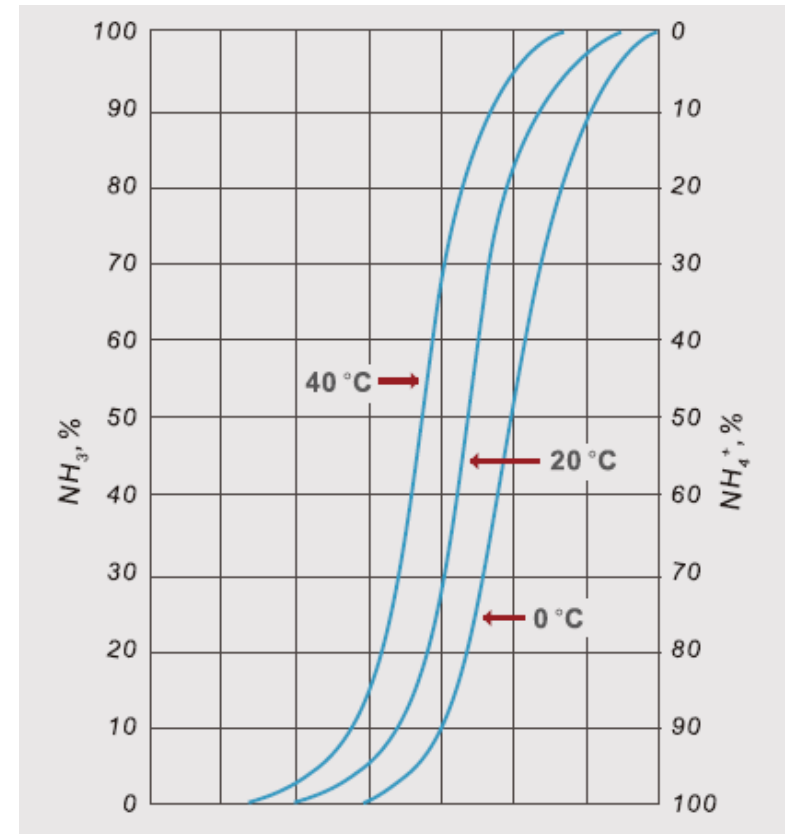


含氨氮放流水處理技術

處理技術	優點	缺點	適用範圍
氣提法	<ul style="list-style-type: none">技術簡單投資成本低效果穩定適用範圍廣	<ul style="list-style-type: none">能源消耗大有二次污染問題僅能去除氨氮	<ul style="list-style-type: none">適用各種濃度氨氮廢水多用於中、高濃度氨氮廢水
離子交換	<ul style="list-style-type: none">技術簡單操作容易投資成本低	<ul style="list-style-type: none">樹脂用量大操作成本高再生困難有二次污染問題	<ul style="list-style-type: none">低濃度氨氮廢水
折點加氯	<ul style="list-style-type: none">除氮效率高投資成本低	<ul style="list-style-type: none">操作技術需求高操作成本高產生有害氣體	<ul style="list-style-type: none">適用各種濃度氨氮廢水多用於低濃度氨氮廢水
磷酸銨沉澱法 (MAP)	<ul style="list-style-type: none">技術簡單投資成本低能充份回收氨	<ul style="list-style-type: none">用藥量大操作成本高操作技術需求高用途有待開發	<ul style="list-style-type: none">適用各種濃度氨氮廢水多用於高濃度氨氮廢水
薄膜分離	<ul style="list-style-type: none">效果穩定適用範圍廣	<ul style="list-style-type: none">能源消耗大操作成本高操作技術需求高	<ul style="list-style-type: none">適用各種濃度氨氮廢水
生物處理 (A2O)	<ul style="list-style-type: none">除氮效率高可除氮磷適用範圍廣	<ul style="list-style-type: none">佔地面積大操作技術與硬體需求高可能需外加碳源	<ul style="list-style-type: none">適用各種濃度氨氮廢水

氣提法

- 先調整廢水pH使之形成鹼性溶液，在氣提塔中使廢水與空氣接觸，從而使氨氮被空氣帶走，自水中移除，所得之氨可再利用稀酸之吸收加以回收，供作肥料使用
- 去除效率與溶液pH及溫度有關，當廢水pH值由8.6上升至9.3時，氨氮的去除效率可由41%提升至80%；氨的溶解度隨溫度降低，故需維持於一定溫度下操作





離子交換法

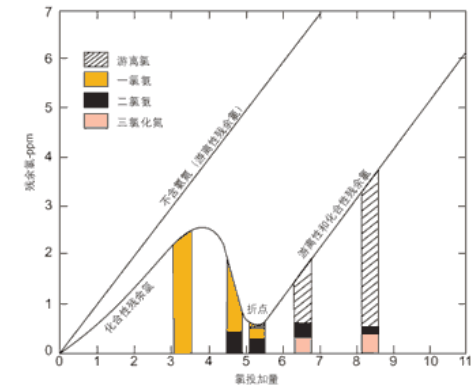
- ✦ 離子交換係一可逆的反應過程，一般採用天然沸石作為離子交換劑，利用沸石之陽離子與廢水中的銨離子交換，達到脫氮的目的，1 g沸石約可吸附 16 mg氨氮
- ✦ 具有低投資成本、操作簡單之優勢
- ✦ 主要操作成本為離子交換樹脂之再生，將衍生廢棄樹脂處理問題
- ✦ 再生溶液需進一步處理，避免造成二次污染



本法亦可應用於鈉、鎂、鉀之去除，
惟需尋求合適之離子交換樹脂

折點加氯法

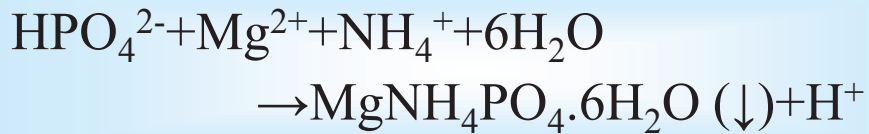
- 主要機制為氧化還原，廢水中的氨氮在適當pH時，可與氧化劑如次氯酸鈉反應形成氯氨，再氧化分解為氮氣，而達到脫除的目的



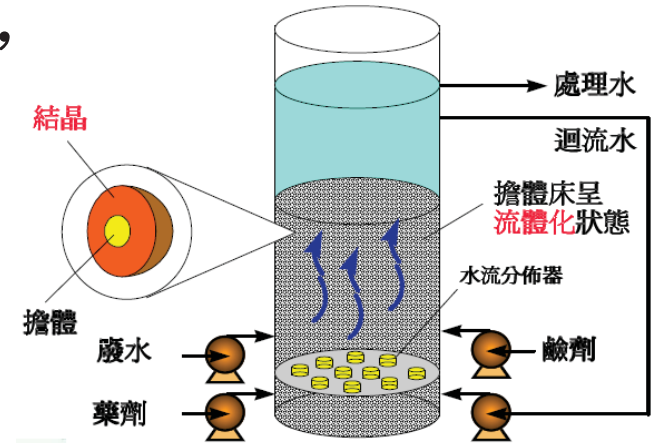
- 廢水pH需維持在4左右，以維持較高的反應效果，反應時間宜控制在30~60分鐘內
- 理論上，氯氮質量比約7.6：1，實際添加劑量需達8：1或10：1
- 由於折點加氯會產生氫離子消耗鹼度，故每處理1 mg/L氨氮，需添加15 mg/L鹼度，因此增加6.6 mg/L溶解固體
- 水中殘餘氯可能影響化學需氧量檢測分析，並對承受水體造成毒性影響

磷酸銨鎂沉澱法

- 添加磷酸、鎂，與氨氮反應，形成磷酸銨鎂結晶

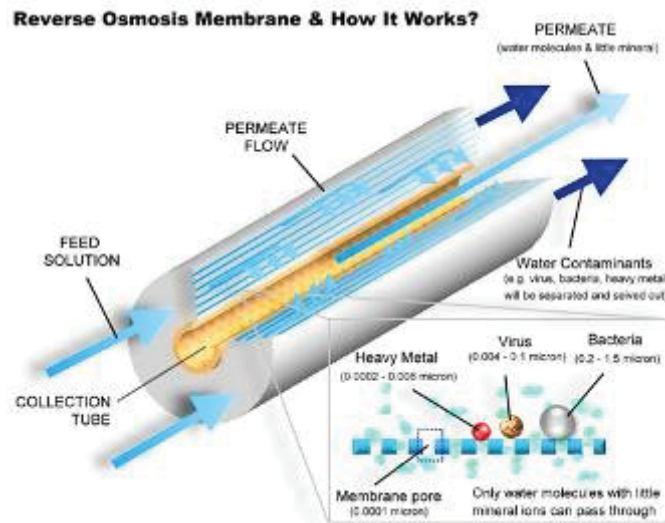


- 可產生含水率低的晶體，易資源化
- 磷酸、氨、鎂需維持適當比例，一般而言，鎂：氮：磷的比例約為1.2~1.3：1.0：0.9
- 最適操作pH為8.5，溫度則為25 °C

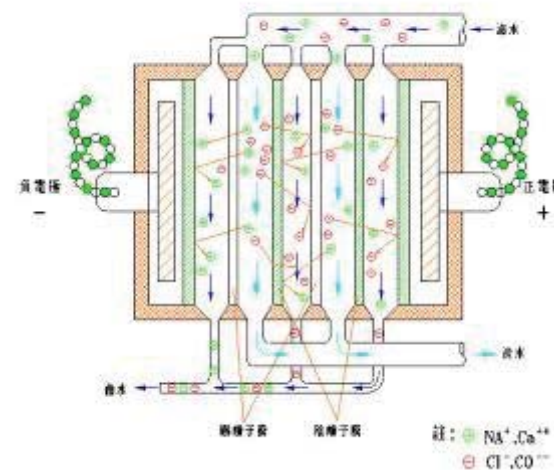


薄膜分離法

- 薄膜分離法係利用薄膜構造與分子粒徑、電位分布等差異，使溶質及溶液分離，其中常見之逆滲透膜系利用壓力為驅動力；電透析法之驅動力為電場；薄膜蒸餾法則為蒸汽壓
- 本法之處理效果佳，惟操作難度較高、維護成本較大，且需避免膜件受到有機污堵



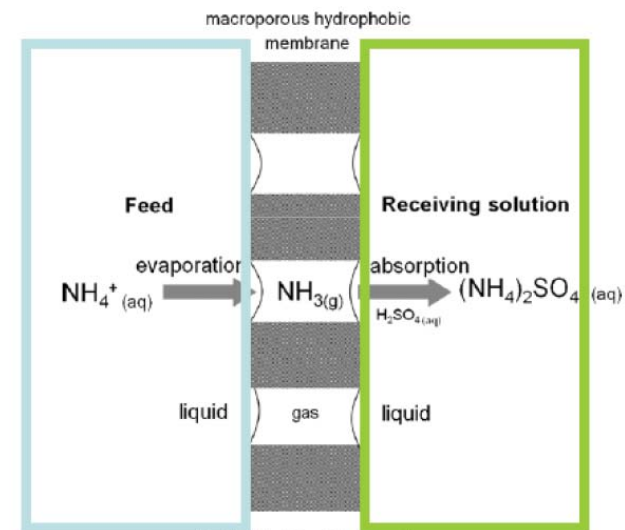
逆滲透



電透析

薄膜蒸餾

- ✦ 以疏水性微孔膜將不同溫度的水溶液分隔兩側，利用溫度差造成蒸汽壓差，驅動高溫側溶液以氣體分子的形式通過薄膜孔洞滲透到低溫處並凝結，進而達到分離的目的
- ✦ 優點
 - ✦ 可在低壓及較低溫度下操作
 - ✦ 可應用於海水淡化及鹵水脫鹽、含高揮發性溶質(如 VOCs)的廢水處理，以及水溶液中高揮發性溶質的純化與回收等
 - ✦ 較於傳統的蒸餾法，設備所佔據的空間小，操作容易，且可利用膜組設計增加處理面積
 - ✦ 相較於逆滲透系統，由於薄膜蒸餾的操作壓力低，因此結垢問題較輕微





A2O生物處理法

- ✦ 利用微生物於好氧與無氧組合程序中，除分解水中含碳物質外，亦可將含氮物質分解為無害之氮氣
- ✦ 系統的好氧槽，係將進流中的氨氮及有機氮氨化成的氨氮，通過生物硝化作用，轉化成硝酸鹽

- ✦ 硝化菌適合生長溫度為20~35 °C，溶氧濃度在2 mg/L以上，有利硝化作用。一般在低碳氮比條件下，較利其生長



- ✦ 在缺氧段，脫硝菌利用厭氧槽進流之碳源，將硝酸鹽進行脫硝作用產生氮氣，從而達到除氮的目的

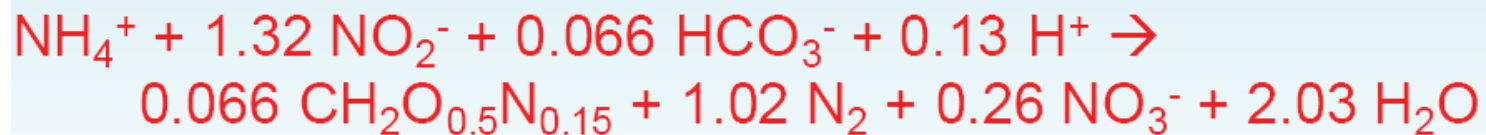
- ✦ 脫硝菌適合生長溫度為15~30 °C，溶氧濃度在0.5 mg/L以下，有利脫硝作用。一般在高碳氮比條件下，較利其生長



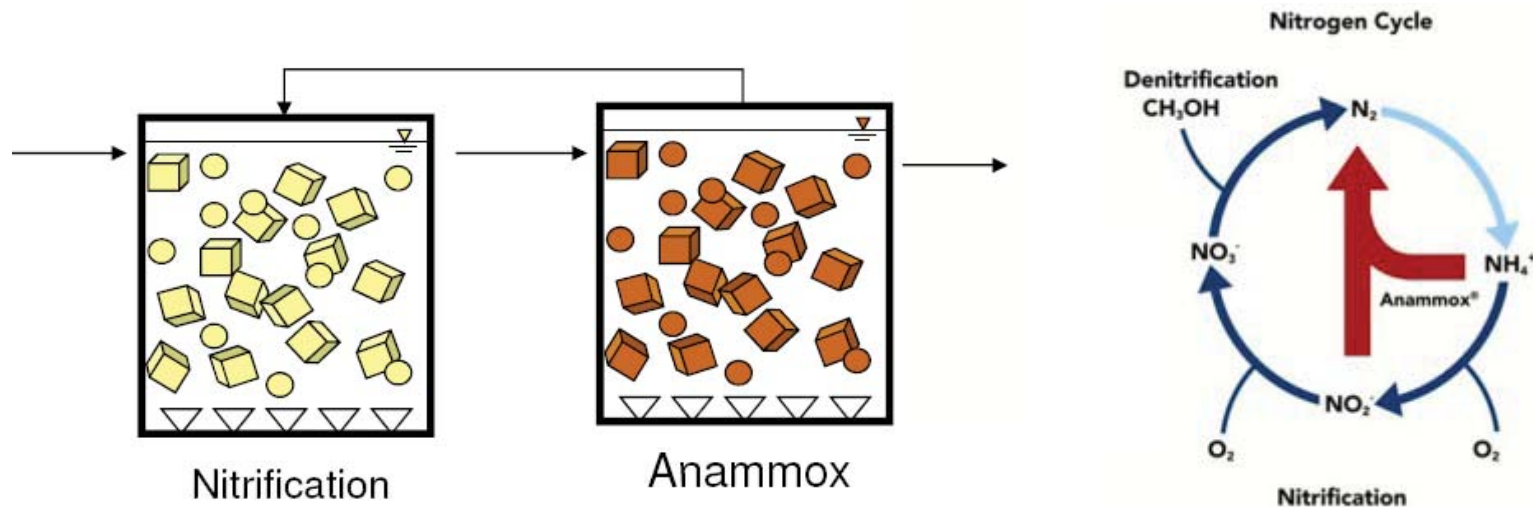


Anammox法

- ✦ 氨氮經過半硝化反應槽後，轉換為亞硝酸氮
- ✦ 亞硝酸氮與氨氮產生厭氧氨氧化反應，產生氮氣，自水中移除



- ✦ 氨氮去除率可達80~85%，硝酸鹽氮去除率約80~90%，總氮去除率可達75%





Anammox法 (續)

優點

- 至少可節省25%曝氣量，減低能源消耗，節省操作成本
- 反應體積減少50%，初設成本低
- 不需額外添加碳源，適合處理高科技廠廢水
- 配合薄膜單元運用，可增加水回收量

缺點

- 屬自營菌，生長緩慢，需較長的啓動時間
- 絕對厭氧，需去除氧氣
- 需亞硝酸鹽氮共同參與反應，故前處理之反應條件需嚴格控制



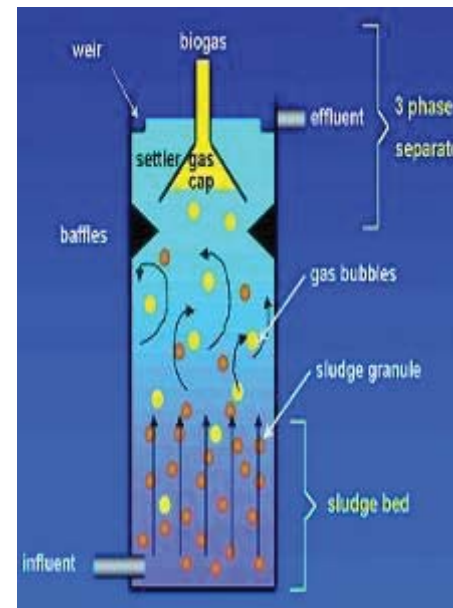
Anammox法 (續)

關鍵問題

- 如何保留anammox微生物，為系統長期穩定操作指標
- 有效植種為加速系統成功的關鍵

型式

- 流體化床
- MBR
- 固定床：不織布、濾材
- 擔體：MBBR、Sponge

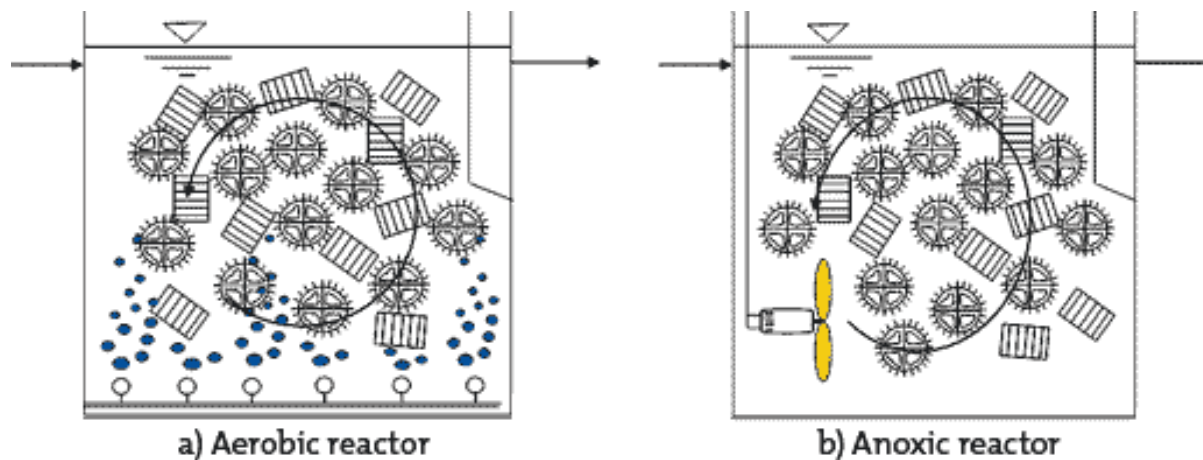




MBBR

✚ MBBR (Moving Bed Bio-film Reactor，流動床式生物膜廢水處理系統)

- ✚ 於生物槽中投入接觸材，此接觸材之填充率可達67%，可在好氧操作下以空氣攪拌，或在兼/厭氧操作下以機械攪拌，使生物接觸材在水中均勻的懸浮流動
- ✚ 運用生物膜法的基本原理，結合了懸浮性活性污泥法的優點，兼具去除有機物及脫氮除磷之效果





MBBR (續)

技術核心

- 比重較水微輕、可懸浮於污水中的PE的生物接觸材，具有廣大的表面積，提供微生物最適的生長環境

技術規格及特性

- 總體表面積：800 m²/m³
- 有效體表面積：500 m²/m³
- 傳氧效率：8.5 g/Nm³.m
- 硝化效率：400 g NH₄-N/m³.d
- 脫硝效率：670 g NO_x-N/m³.d
- BOD₅氧化效率：6,000 g BOD₅/m³.d (去除率可大於80%)



挪威卡尼茲 (Kaldnes)
公司開發



MBBR (續)

優點

- 用地省、設備精簡、操作方便
- 生物槽之設計具彈性
- 幾乎不必維修
- 無須污泥迴流
- 污泥產量少
- 生物接觸材的生物負荷可達一般接觸濾材的500%
- 施工簡單，只要增加少量的機械設備及池槽，便可將現有的系統轉換MBBR系統



休息一下





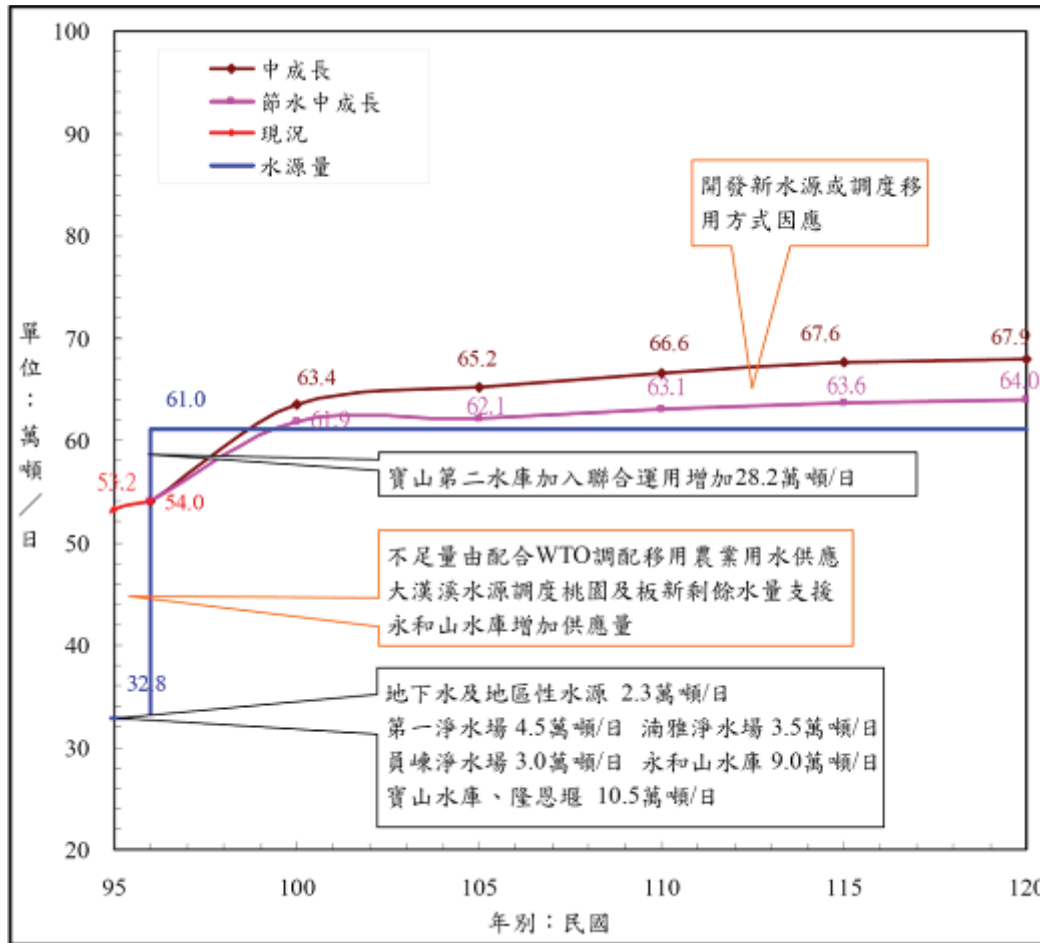
科學工業園區管理局
Science Park Administration



產業用水效率提升規劃



新竹地區用水供需分析



- ✦ 主要水源為頭前溪，利用隆恩堰、寶山水庫以及寶山第二水庫貯蓄
- ✦ 目前每日供水能力61萬立方公尺，已有供水缺口
- ✦ 近期無水利設施相關規劃，用水缺口隨用水需求日漸增加



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

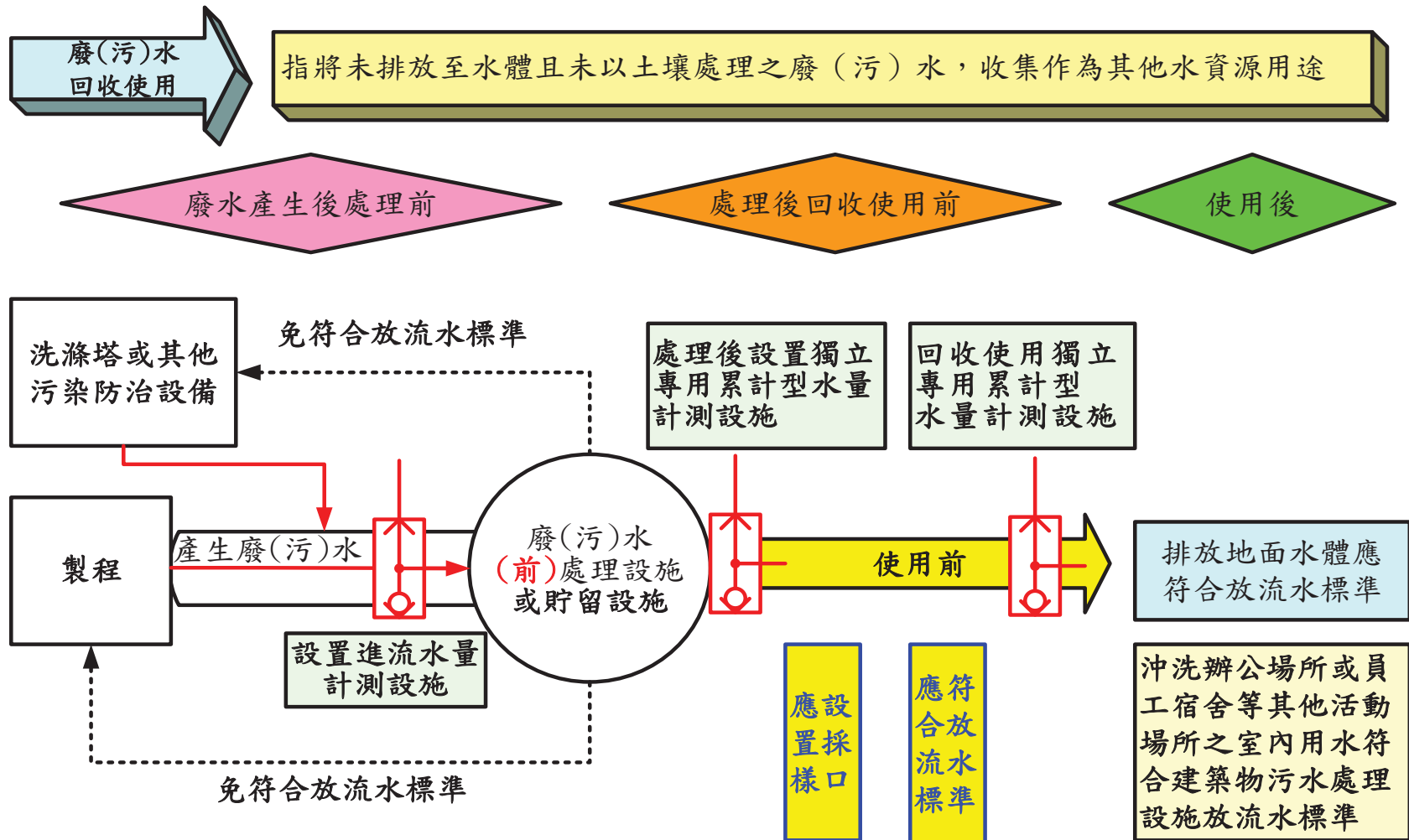
為何要進行節水與水回收

- + 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





水污染防治措施管理重要規定





相關節水輔導計畫

◆ 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

◆ 計畫緣起

◆ 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

◆ 新竹科學園區管理局積極作為

◆ 歷年積極推動「節約用水措施」政策

- 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

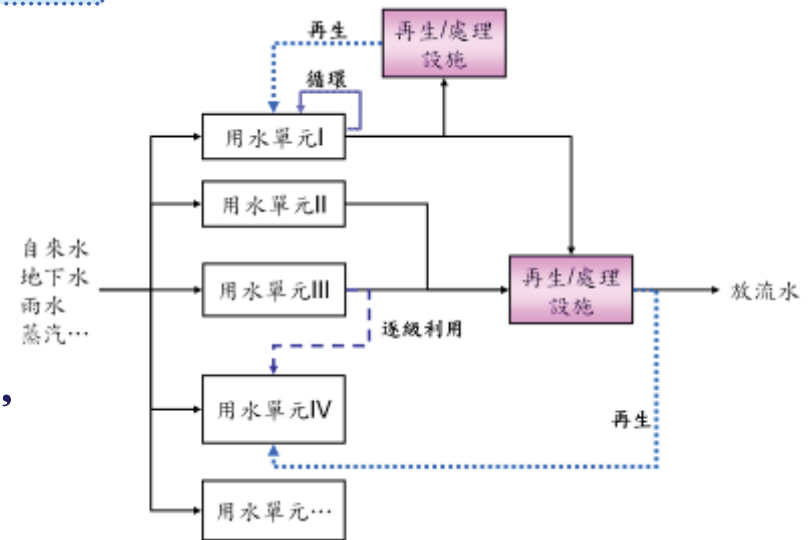
回收利用

- 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

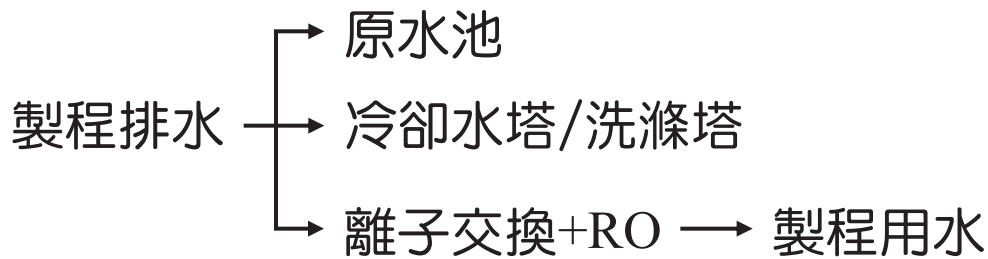




水回收與再生處理 (續)

製程用水 → 機台內部循環再利用

冷卻用水/洗滌水 → 冷卻水塔/洗滌塔內部循環再利用



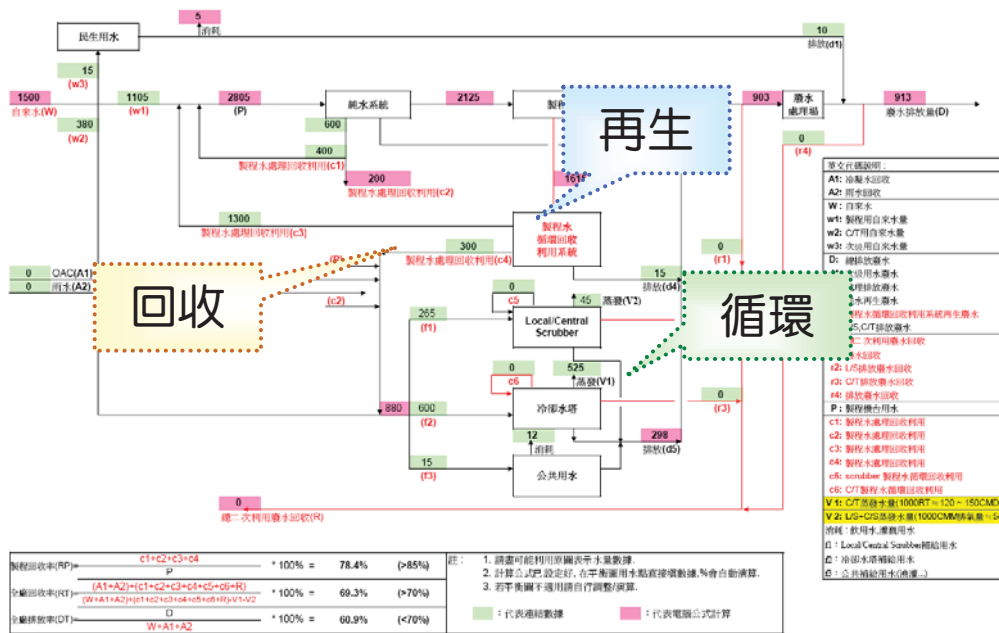
循環

循環

回收

回收

再生

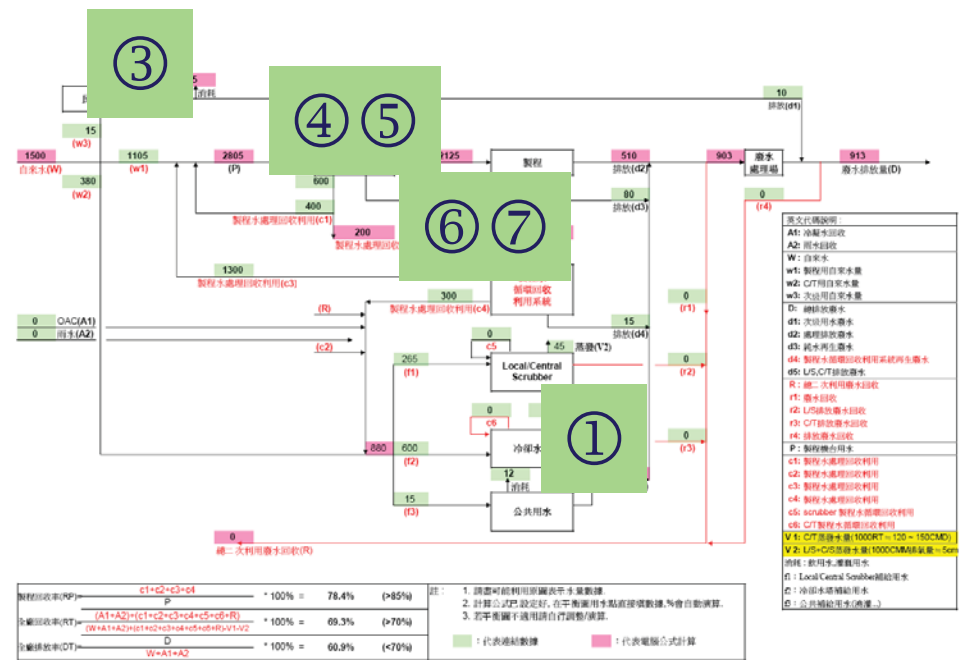




水回收與再生處理 (續)

可節用或回收之特定廢水

- ① 循環冷卻系統排放水
- ② 鍋爐冷凝排放水
- ③ 生活用水
- ④ 過濾系統反洗水
- ⑤ 純水逆滲透系統濃排水
- ⑥ 製程清洗用水
- ⑦ 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



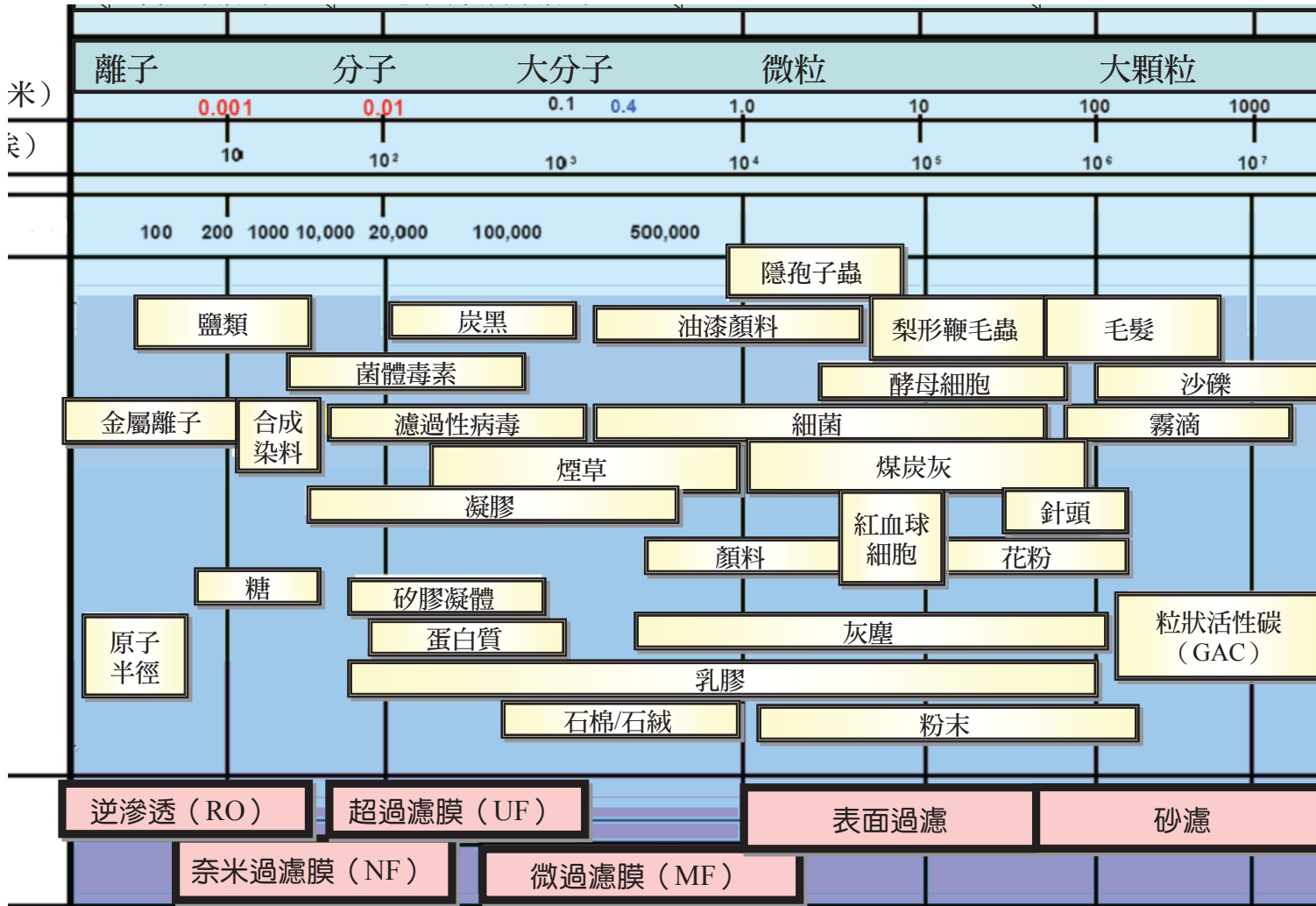
各種水處理單元對於污染物去除效率評估

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	+	○	○	○	+	○	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	*	*
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

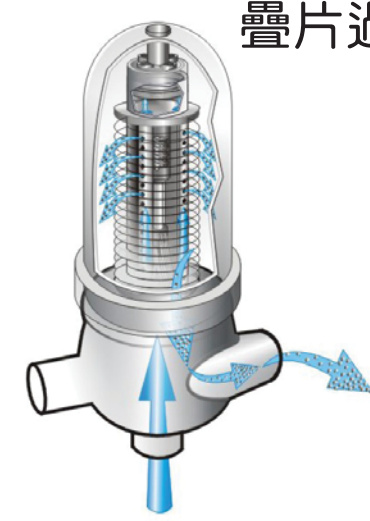
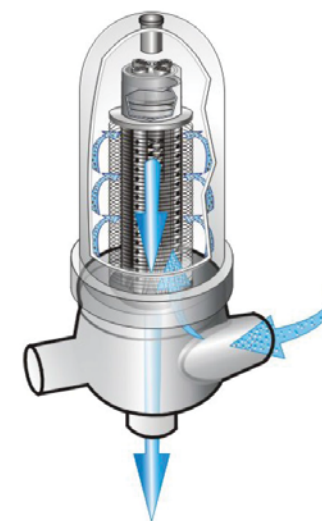
- 不同於砂濾等深層過濾，表面過濾係在濾材表面阻截顆粒物質 (1 ~ 10 μ m)
- 表面過濾具有比砂濾更精密之過濾效果，一般亦可操作在更高之流速範圍 (> 300 m/day)
- 濾材多有專利

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



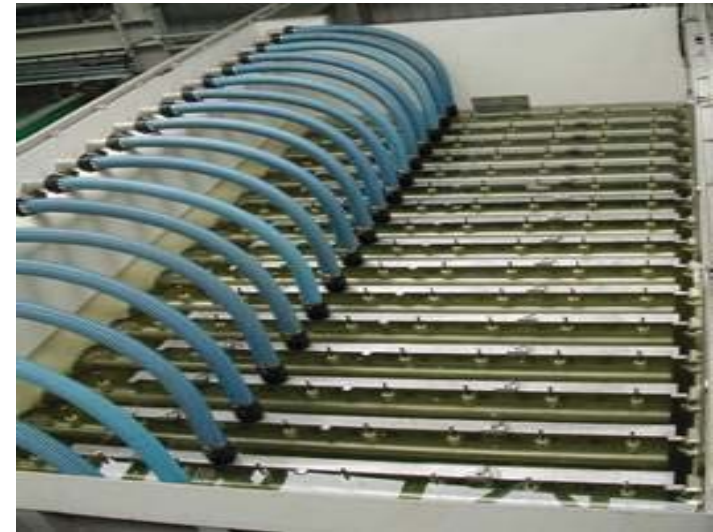
超過濾膜 (Ultrafiltration)

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

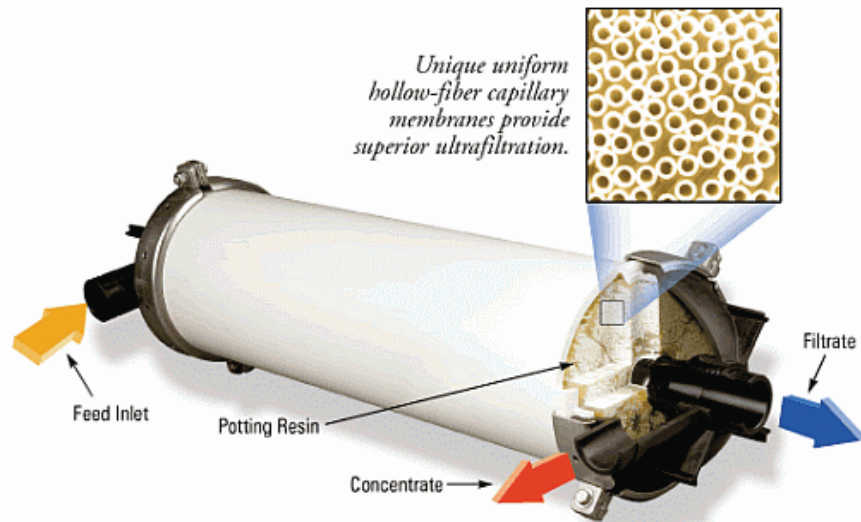
- 微過濾膜
 - ◆ 孔徑約數百nm
 - ◆ 去除細菌、原生動物、懸浮固體
 - ◆ 可作為RO進水之前處理
- 超過濾膜
 - ◆ 孔徑約數十nm
 - ◆ 去除細菌、原生動物、懸浮固體
 - ◆ 去除分子量為數萬以上之大分子
- 目前微過濾膜與超過濾膜在商用產品上已無太大區別





超過濾膜 (Ultrafiltration) (續)

中空纖維 (Hollow-fiber)



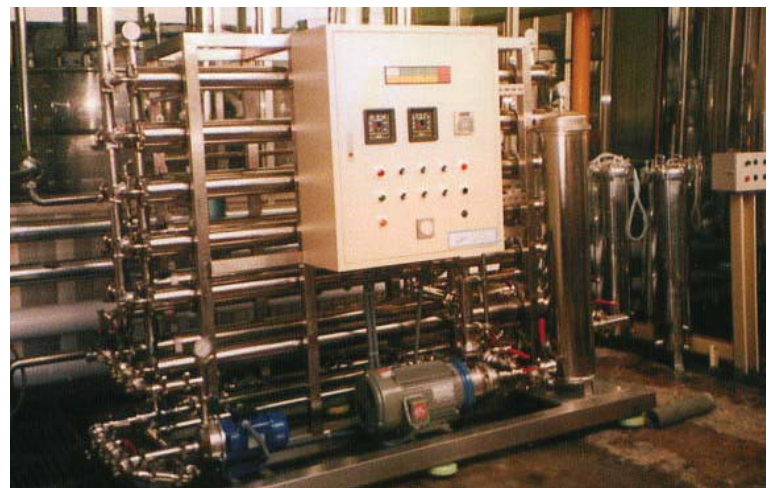
逆滲透 (Reverse osmosis)

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

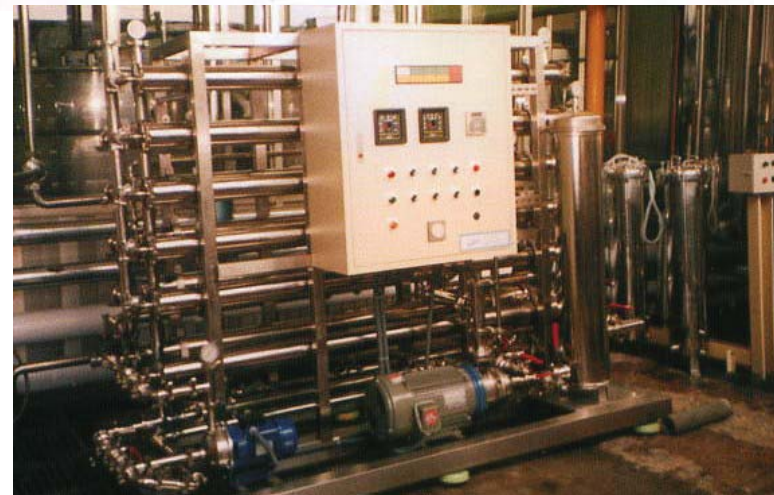
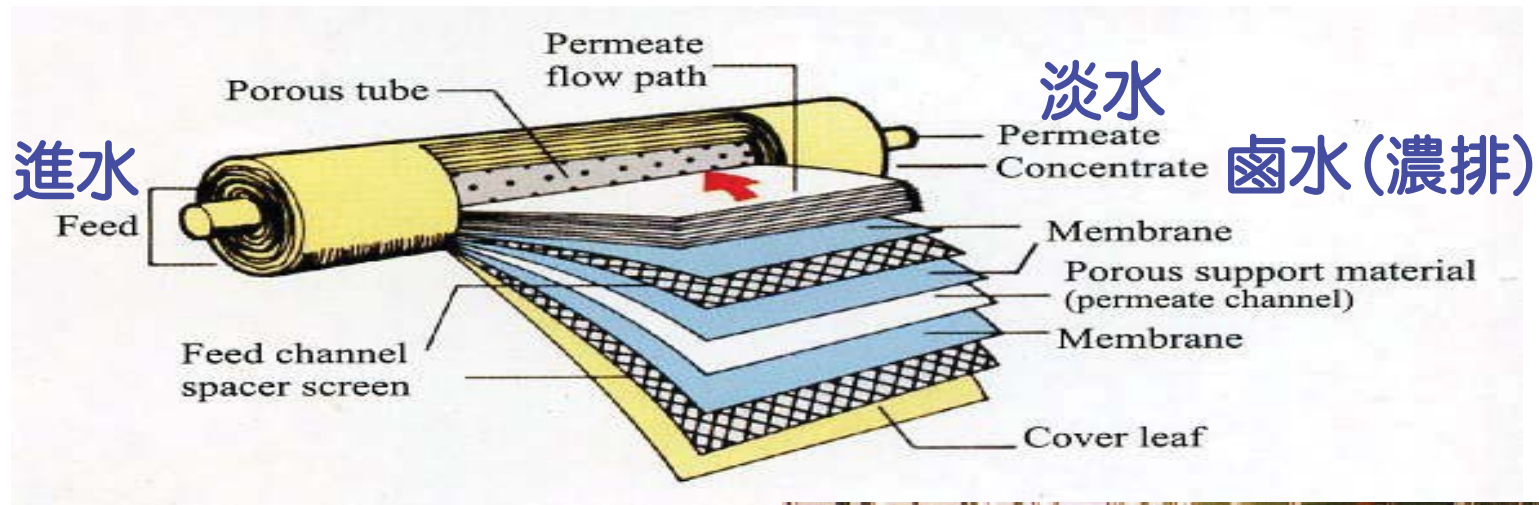
- ◆ 逆滲透膜
 - ◆ 孔徑小於0.1 nm
 - ◆ 去除鹽類與有機物
 - ◆ 去除細菌與病毒
- ◆ 奈米過濾 (nanofiltration)
 - ◆ 功能同逆滲透膜，對二價以上鹽類去除效甚佳，對有機物與一價鹽類則較差





逆滲透 (Reverse osmosis) (續)

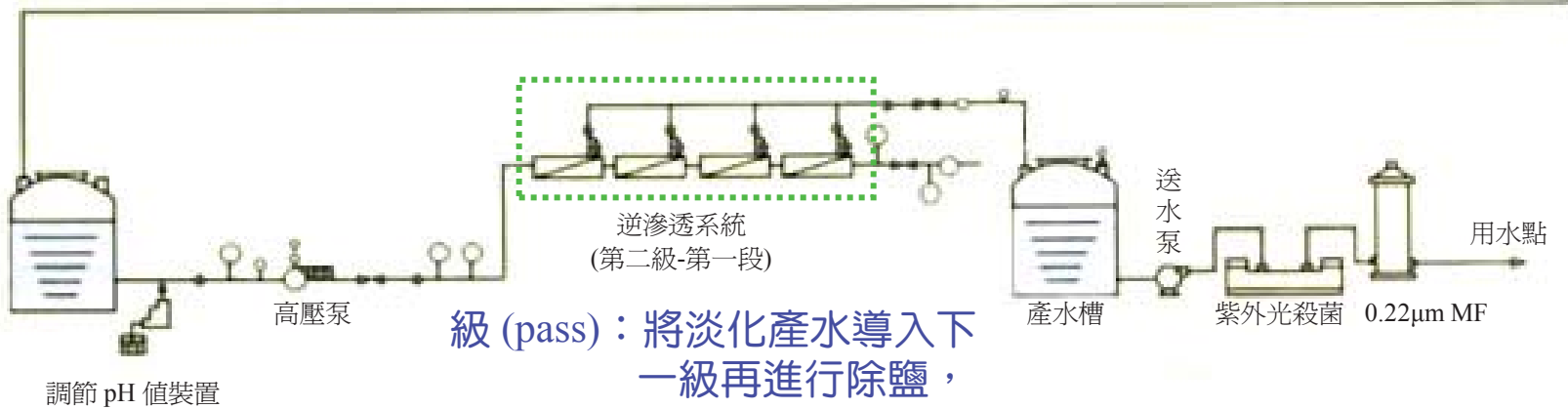
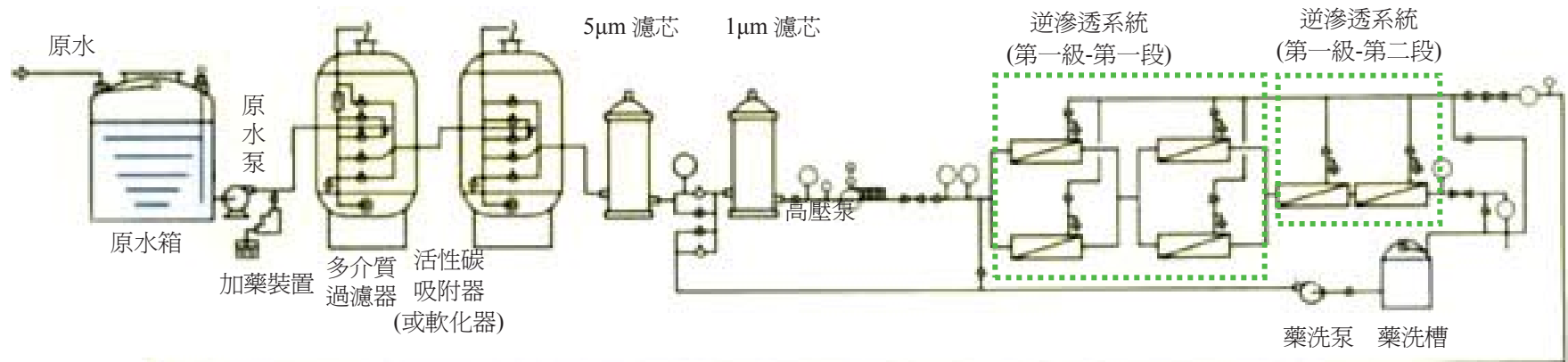
卷式 (Spiral-wound)





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

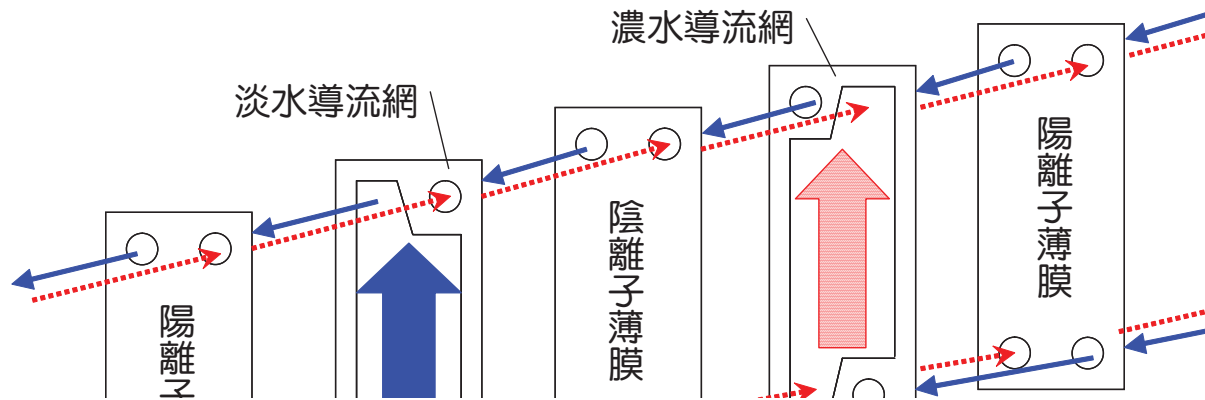
型式

- 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)



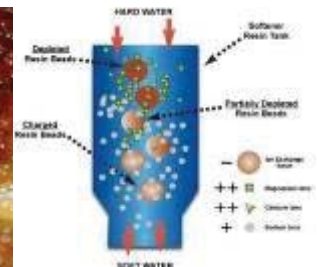
離子交換 (Ion exchange)

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





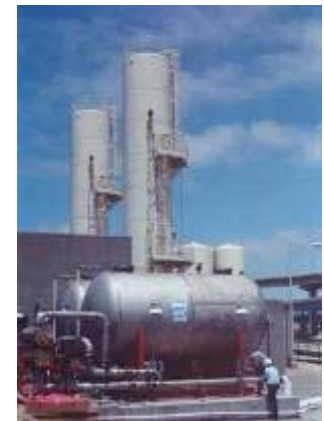
高級氧化系統 (Advanced oxidation)

+ 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)

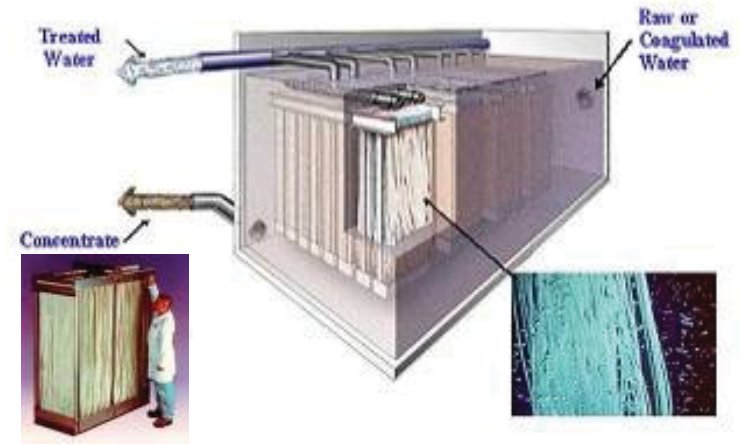
設置目的

- 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





第1步：用水清查

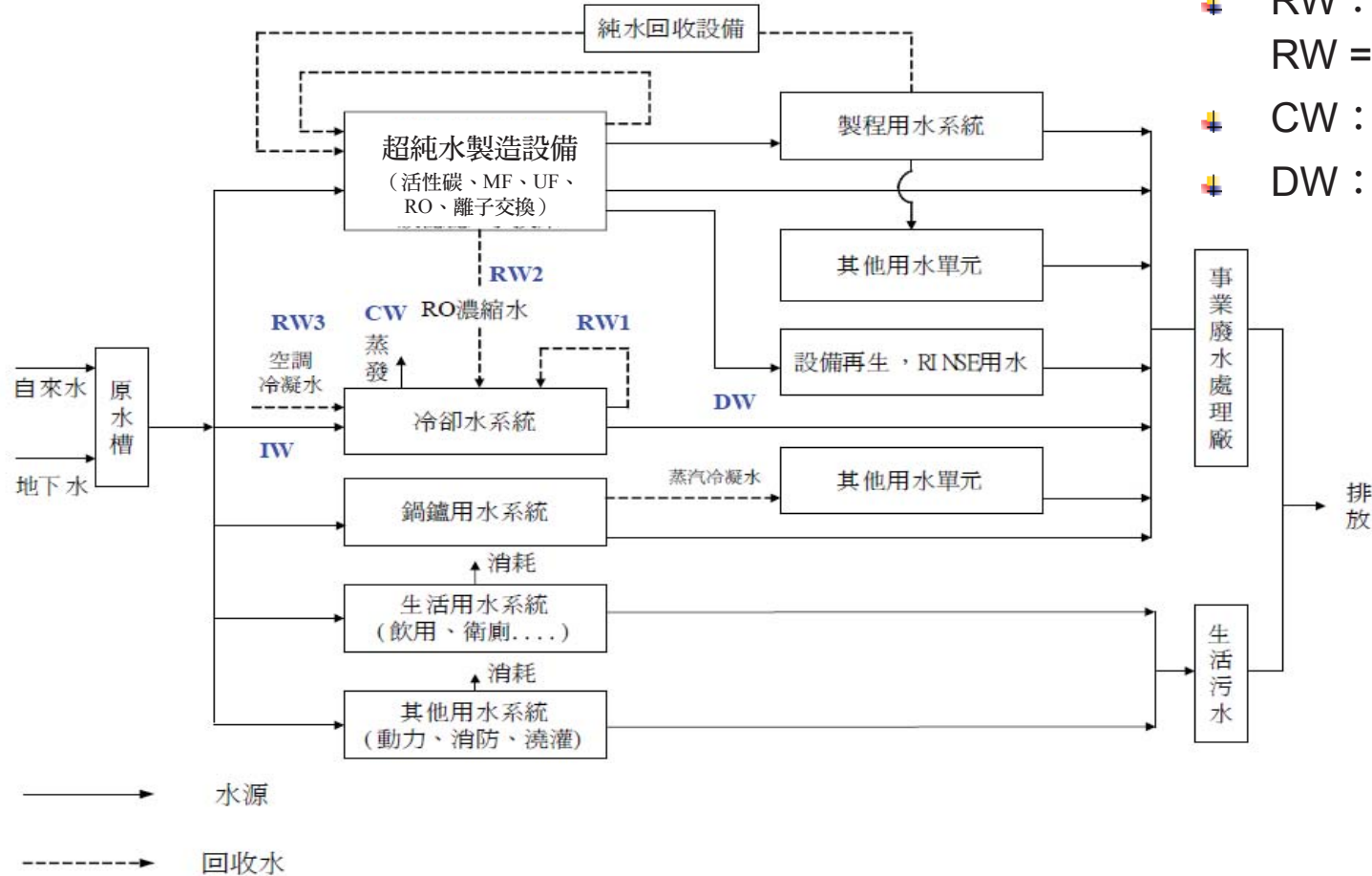
✚ 調查用水基線資料

- ✚ 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)

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

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

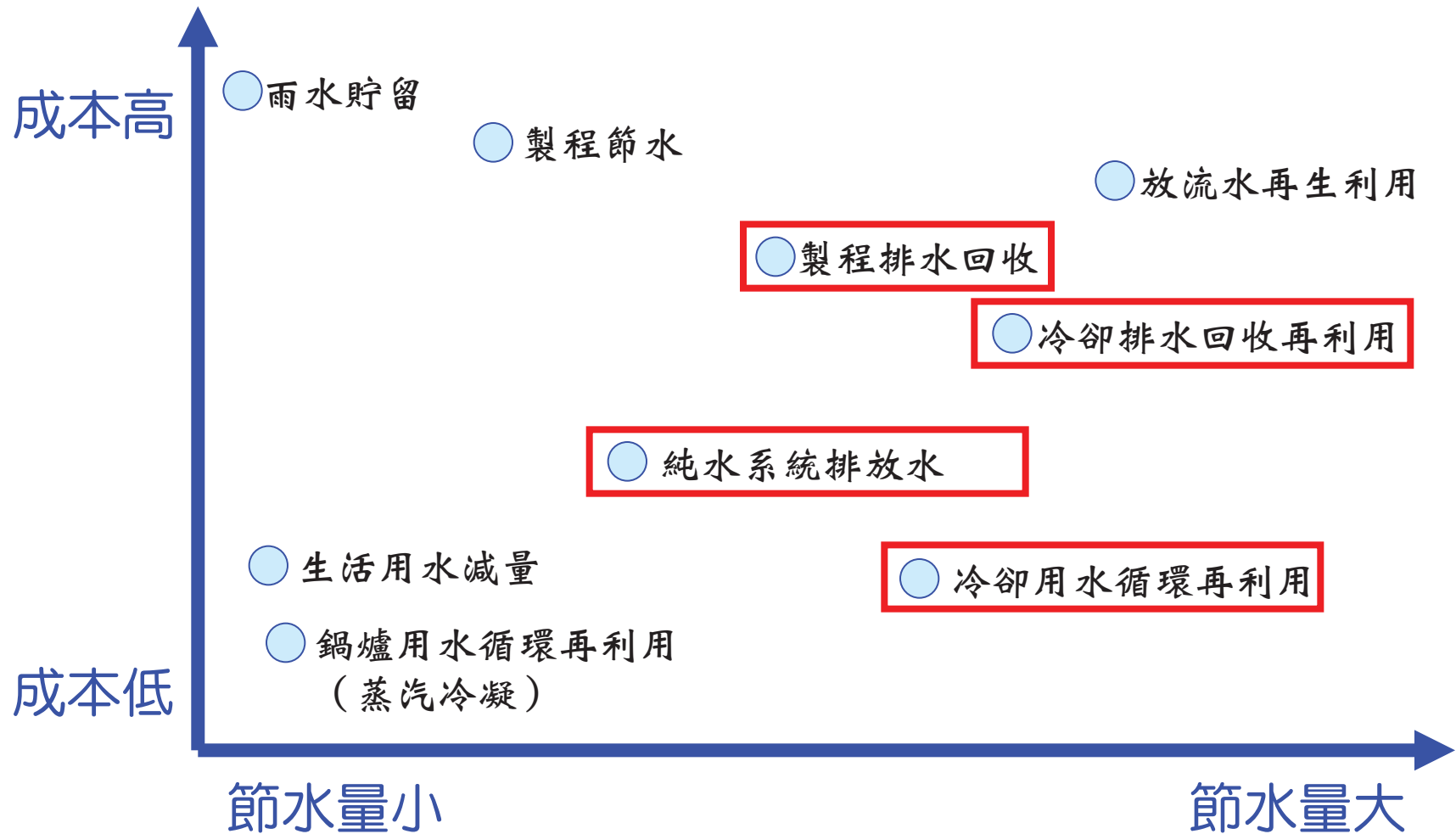
製程回收率(RP)=	$\frac{c1+c2+c3+c4}{P}$	* 100% =	78.4%
全廠回收率(RT)=	$\frac{(A1+A2)+(c1+c2+c3+c4+c5+c6+R)}{(W+A1+A2)+(c1+c2+c3+c4+c5+c6+R)-V1-V2}$	* 100% =	69.3%
全廠排放率(DT)=	$\frac{D}{W+A1+A2}$	* 100% =	60.9%

英文代碼說明：	R ：總二次利用廢水回收	V 1 ：C/T蒸發水量(1000RT ≈ 120 ~ 150CMD)
A1 ：冷凝水回收	r1 ：廢水回收	V 2 ：L/S+C/S蒸發水量(1000CMM排氣量 ≈ 5cm
A2 ：雨水回收	r2 ：L/S排放廢水回收	消耗：飲用水,灌溉用水
W ：自來水	r3 ：C/T排放廢水回收	f1：Local/Central Scrubber補給用水
w1 ：製程用自來水量	r4 ：排放廢水回收	f2：冷卻水塔補給用水
w2 ：C/T用自來水量	P ：製程機台用水	f3：公共補給用水(澆灌...)
w3 ：次級用自來水量	c1 ：製程水處理回收利用	
D ：總排放廢水	c2 ：製程水處理回收利用	
d1 ：次級用水廢水	c3 ：製程水處理回收利用	
d2 ：處理排放廢水	c4 ：製程水處理回收利用	
d3 ：純水再生廢水	c5 ：scrubber 製程水循環回收利用	
d4 ：製程水循環回收利用系統再生廢水	c6 ：C/T製程水循環回收利用	
d5 ：L/S,C/T排放廢水		

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 μ 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－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)
 - ◆ $LSI = pH - pH_s$
 $= pH - (9.3 + A + B - C - D)$
 - 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 $CaCO_3$)
 - D：鹼度 (mg/L as $CaCO_3$)
 - ◆ $LSI < 0$ ，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

冷卻水塔排放水處理方式

- 過濾處理
- 脫鹽設備





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

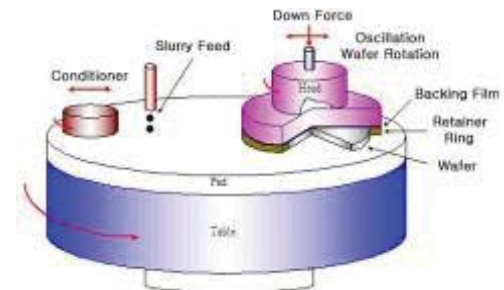
- ◆ 化學研磨 (Chemical mechanical polishing) 為將矽晶片表面起伏介電層加以平坦化之技術
- ◆ 採用純水加入砥粒形成研漿，進行研磨
- ◆ 約數百m³/day

✚ 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 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

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)

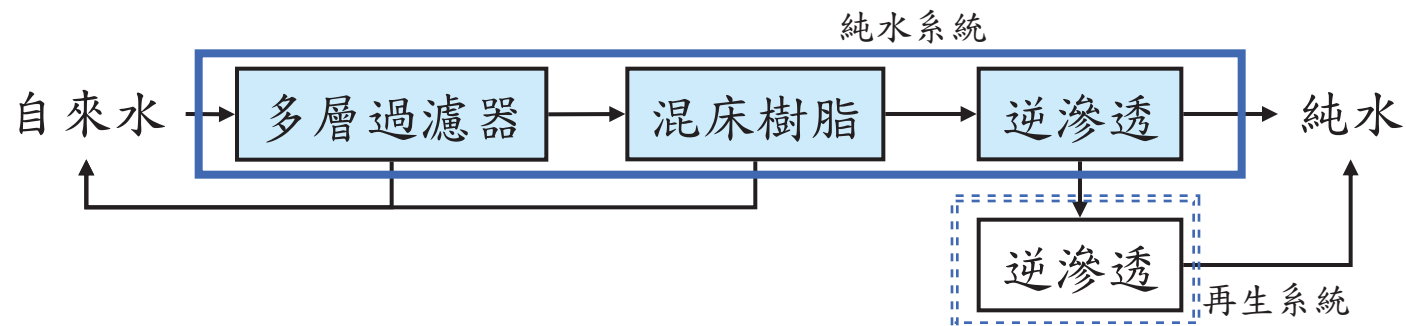
優先送檢水質項目	影響	處理技術
鹽垢物質 ✚ 鈣、鎂、鋇 ✚ 鋁*、鐵、錳 ✚ 碳酸根*、碳酸氫根* ✚ 二氧化矽	管線結垢	化學混凝 結晶軟化 離子交換 薄膜過濾 添加抗垢劑 調整pH
鹽類物質 ✚ 鈉*、鉀* ✚ 硫酸鹽 ✚ 氯離子、氟離子*	管線或設備腐蝕	離子交換 薄膜過濾 添加緩蝕劑
微生物 ✚ 總菌落數、大腸桿菌 ✚ 退伍軍人症菌*	致病 感染風險	消毒 過濾 薄膜過濾 活性炭吸附

* 視行業別決定

純水系統排水再生利用案例說明

某晶圓代工工業

- 純水系統處理單元包括多層過濾器等、混床樹脂過濾塔、逆滲透膜
- 已收集多層過濾器等以及混床樹脂過濾塔後段再生廢水，導入原水池回收再利用
- 另設置小型逆滲透設備，回收逆滲透膜濃排水，產水可作為製程用水

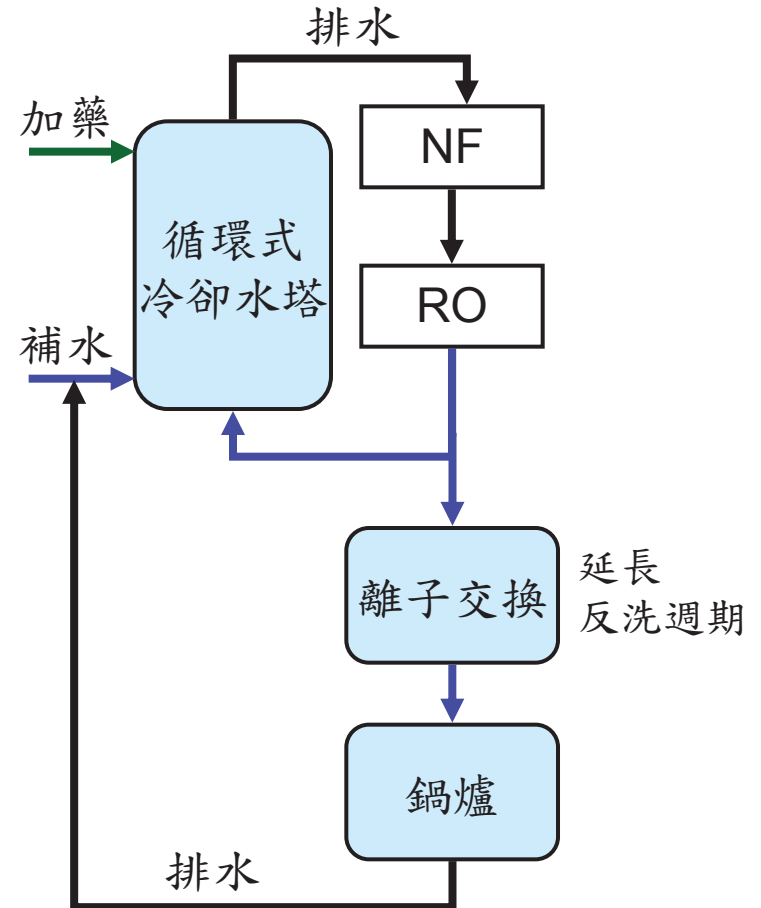




冷卻水塔排水再生利用案例說明 (I)

某電力供應業

- 節水措施係將冷卻水塔排放水經NF+RO處理後，產水之導電度約80~160 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，部分作為冷卻水塔補充水，部分作為軟水系統進水，供應鍋爐使用
- 相較於當地自來水導電度約400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，改採RO產水作為軟水處理系統進水，因可降低離子交換樹脂負荷，而**延長產水週期**從1,200噸增加至2,400噸，降低反洗及再生次數

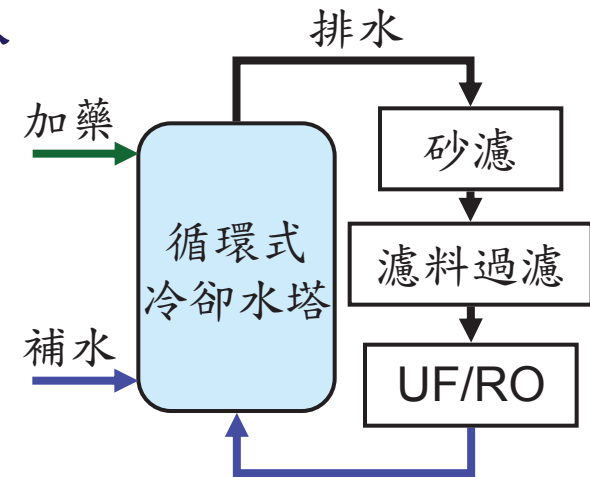




冷卻水塔排水再生利用案例說明 (II)

某化學材料製造業

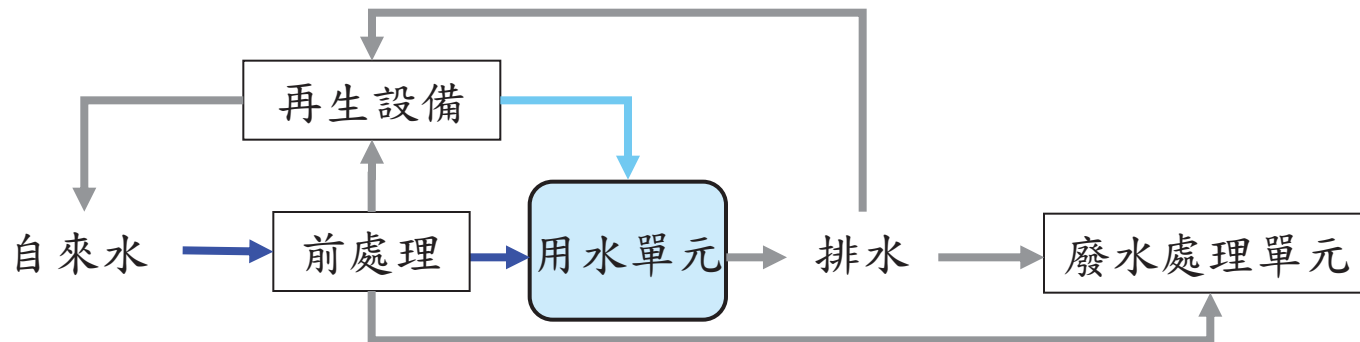
- ❁ 冷卻水塔原以添加酸劑、抗垢劑、殺菌劑方式以及定期排放方式管理
 - ◆ 鈣離子管制值900~1,000 mg/L
 - ◆ 導電度管制值3,000 μ S/cm
- ❁ 冷卻水塔排放水增設砂濾與纖維濾料兩道前過濾後，再導入UF + RO再生系統降低導電度，再生水循環作為冷卻水塔補充水（維持既有循環次數不變）
- ❁ 再生系統產生廢水（反洗水與濃排水）排入廢水處理流程



製程排水再生例用案例說明 (I)

某彩色濾光片製造業

- ◆ **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，產水做為製程原水
- ◆ **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
- ◆ 放流水直接做為污泥脫水機濾布清洗用水

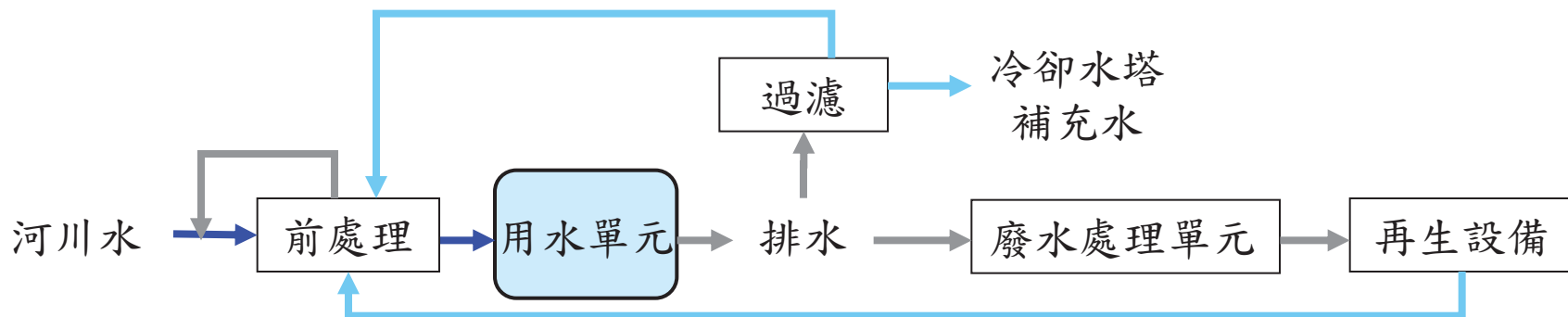




製程排水再生例用案例說明 (II)

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 $<1 \text{ mg/L}$ 、導電度約 $260 \mu \text{ S/cm}$
- 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
 - ◆ 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）





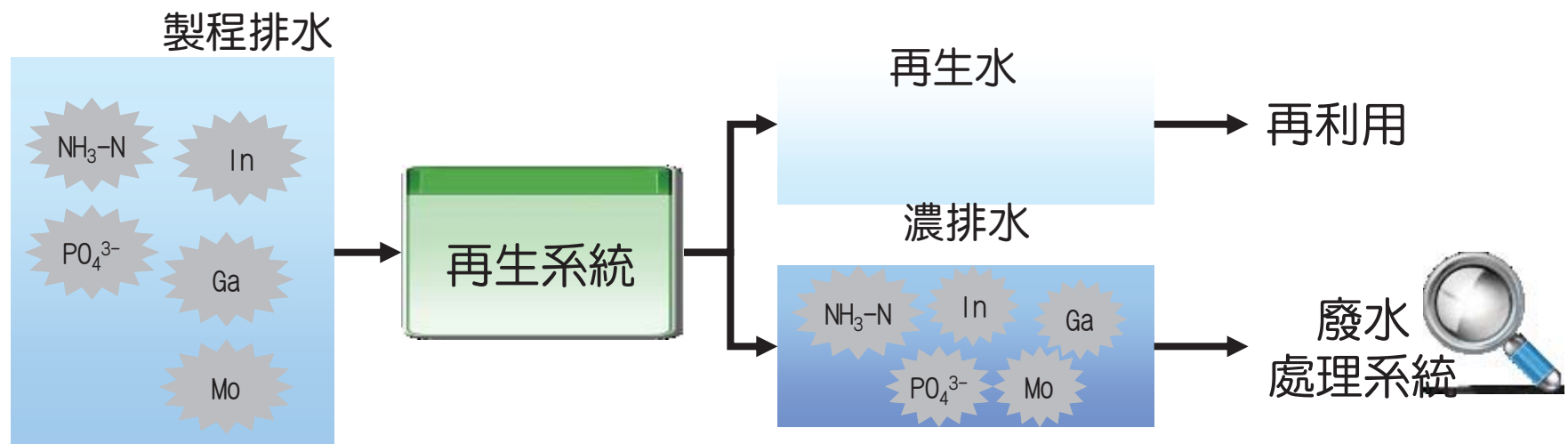
結語

- ✚ 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
 - ◆ 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
 - ◆ 製程回收率、全廠回收率
 - ◆ 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

結語 (續)

因應未來放流水標準管制趨勢

- 濃排水之排放需注意不應使廢水排放水質劣化（需提升既有廢水處理效能）
- 氨氮放流水標準日趨嚴格，需依據排放廢水之特性，設置適切之含氮廢水處理設施
- 若能有效回收水中氨氮，除可降低放流水中氨氮濃度外，亦可獲得資源化產品，提升處理效益





科學工業園區管理局
Science Park Administration



簡報完畢
敬請指教