

The background is a detailed blue-toned illustration depicting the water cycle and wastewater treatment. At the top, the words 'WATER RECYCLES' are written in a large, stylized, bubbly font. Below this, in a smaller, simpler font, is the subtitle '-The Complete Story-'. The illustration shows clouds at the top with rain falling into a body of water on the right. On the left, a large arrow points upwards, representing evaporation. In the center, there's a depiction of a city with buildings and a river. Below the city, a circular area represents a wastewater treatment plant with various tanks and structures. Arrows indicate the flow of water from the city into the treatment plant and then back into the natural water cycle. The entire scene is set against a backdrop of mountains and trees.

WATER RECYCLES

-The Complete Story-

工業節水技術 廢水處理與水回收技術

Wastewater Treatment and Reclamation Technology

Liang-Ming Langmuir Whang
Department of Environmental Engineering
Global Water Quality Research Center (GWQRC)
Sustainable Environment Research Lab (SERL)
National Cheng Kung University

2017/12/21



NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING
OF THE NATIONAL ACADEMIES



Engineering's Grand Challenges

WHAT
DO YOU
THINK?

Click on the engineering challenge you think is the most important:



Make solar energy
economical

Energy



Provide energy
from fusion



Develop carbon
sequestration
methods

Climate



Manage the
nitrogen cycle

Nitrogen



Provide access to
clean water

Water



Restore and
improve urban
infrastructure



Advance health
informatics



Engineer better
medicines



Reverse-engineer
the brain



Prevent nuclear
terror



Secure
cyberspace



Enhance virtual
reality



Advance
personalized
learning



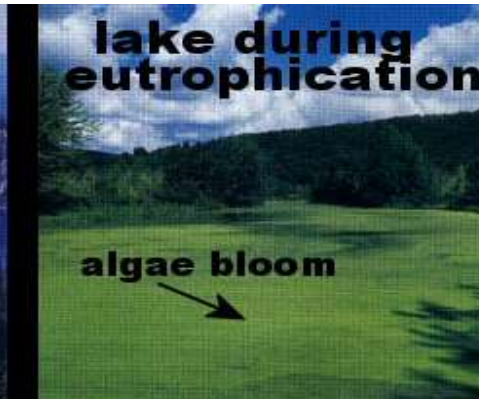
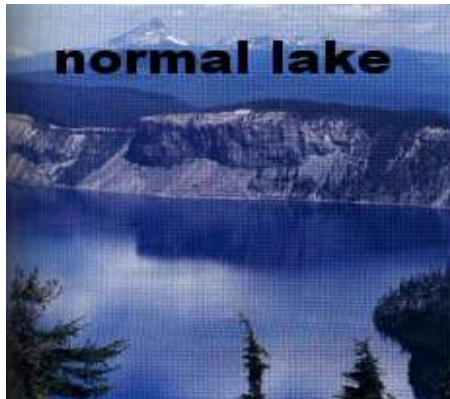
Engineer the tools
of scientific
discovery

With input from people around the world -- on this website -- an international group of technological thinkers were asked to identify the Grand Challenges for Engineering in the 21st Century. Now their conclusions are revealed on this website.

Watch the video (6:37)

Impacts of Waste Discharge

- Consume D.O.
- Eutrophication
- Toxicity
- Environmental consciousness
- More stringent regulation



兩年來重大污染事件

高雄台塑仁武廠 (10/03/24)
 環保署報告：地下水含致癌「1,2-二氯乙烷」超標30萬倍
 台塑仁武廠：污染已控制在廠內，且只超出標準兩倍
 高雄潮寮毒氣外洩 (08/12/01)
 連續多起毒氣外洩案(緊鄰大發工業區)，多人受害
 環保署公佈7肇事廠商並開罰(09/1/3)
 環團痛批工業局，環保署，呼籲建立有毒廢氣監測機制
 高雄大寮毒鴨：(09/11/12)
 發現多處空地傾倒廢爐渣，大坪頂地區驚傳鴨子含超量戴奧辛
 撲殺焚毀9千多隻鴨子，持續偵辦約談

2009台灣十大環境新聞

資料來源：台灣電視資訊協會

1. 八八水災沖出國土規劃大「災」問
2. 戴奧辛爐渣毒鴨
3. 台灣重啟美牛進口談判 人心惶惶
4. 珊瑚總體檢顯示珊瑚生態破壞嚴重
5. 澎湖博奕公投 反方大勝
6. 動保法12年 流浪動物收容仍不人道
7. 台灣白海豚進入滅絕倒數
8. 中科四期二林園區 環評不平
9. 能源稅徵不徵？不徵！
10. 台江國家公園誕生



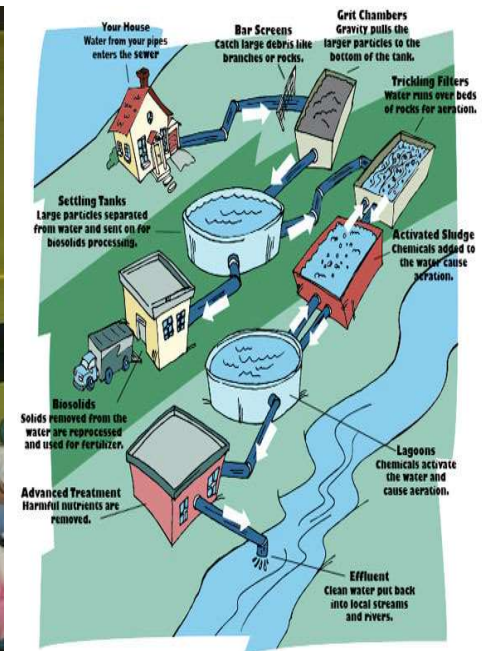
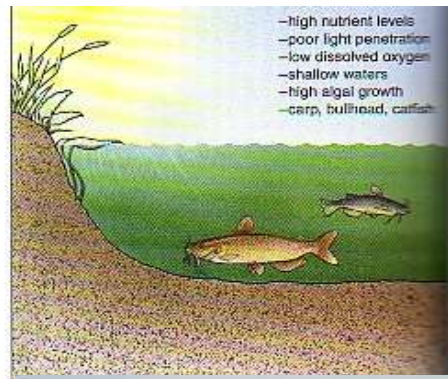
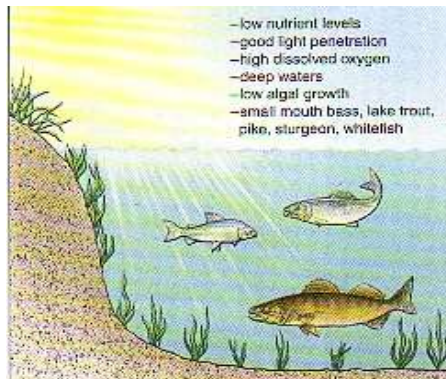
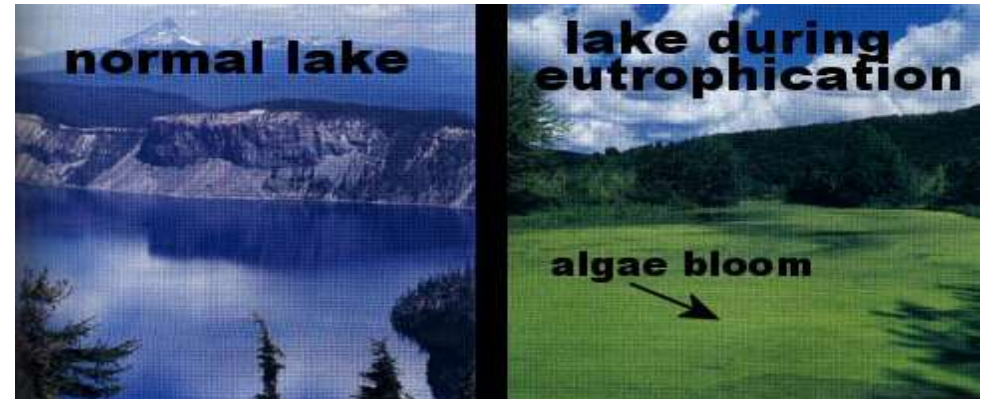
2010年競爭力評比：台灣環保表現

資料來源：IMDI(國際會提供)

項目	09→10變動
企業優先重視環保永續	30→5
環保法規不妨礙企業發展	46→19
綠技術 (green technology)	6(新增)
快速溶入競爭力	

Harmful Effects of Nitrogen Discharge

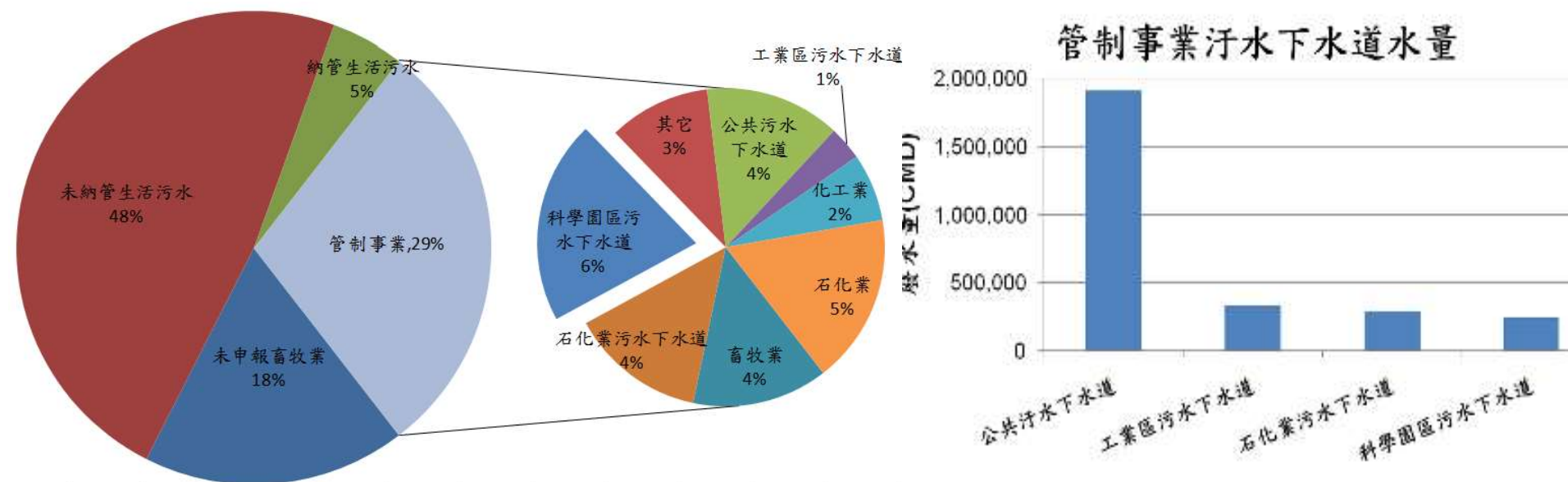
- Eutrophication
- Consume D.O.
- Ammonia toxicity
- Blue baby syndrome
- **More stringent N regulation**
- Reuse of wastewater



Primary Treatment	Secondary Treatment	Advanced Treatment
Bar Screens	Tricking Filters	Advanced Treatment
Grit Chambers	Activated Sludge	Effluent
Settling Tanks	Lagoons	
Biosolids		

國內產業類別氮系污染貢獻量調查

國內諸多事業具氮系污染潛勢，依現有調查數據綜合評估，顯示水污染管制事業與污水下水道系統氮系排放總量約為71,644 kg/day(總排放水量乘以平均濃度)，最大貢獻來源有**科學工業園區專用下水道系統**，**石油化學與化工相關產業**和**畜牧業**；部分相關產、公(協)會和目的事業主管機關已著手進行含氮水質調查評估，仍需就整體具氮系污染排出潛勢之業別進行水質調查及評估，以通盤規劃及管理。



資料來源：99年 環保署 「產業廢水污染調查及管制措施研議計畫(第二年)」

「晶圓製造及半導體製造業放流水標準」草案

規 定			說明
附表			明定本標準第四條水質項目及限值。
項目	限值	備註	
水溫	三八	適用放流水排放至非海洋之地面水體者(適用於五月至九月)。	
	三五	適用放流水排放至非海洋之地面水體者(適用於十月至翌年四月)。	
	四二	適用放流水直接排放於海洋者，且距排放口處之表面水溫差不得超過四度。	
氫離子濃度指數	六・〇—九・〇		
氟鹽	一五・〇		
硝酸鹽氮	五〇		
氨氮	一〇・〇	適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區內者。	
	二〇	適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區外之新設事業。	
	七五	一、適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區外之既設事業，自中華民國一百零一年七月一日起施行。 二、涉及工程等改善措施者，於中華民國一百零一年三月三十一日前提出放流水污染物削減管理計畫，經直轄市、縣(市)主管機關核定並依計畫內容執行者，其氨氮之管制，自中華民國一百零二年七月一日起實施。	
	三〇	適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區外之既設事業，自中華民國一百零四年七月一日起施行。	
正磷酸鹽(以三價磷酸根計算)	四・〇	適用排放廢(污)水於水源水質水量保護區內者。	

資料來源： 行政院環境保護署公告 100年6月16日

光電產業放流水管制法源依據

1. 南科液晶電視及產業支援工業區環境影響評估承諾總氮排放標準 $TN < 20 \text{ mgN/L}$

2. 友達和華映兩 TFT-LCD 製造大廠，因原核定承受水體霄裡溪下游為灌溉用水，故均提出放流水總氮（硝酸鹽氮＋亞硝酸鹽氮＋有機氮＋氨氮）小於 10 mg/L 之承諾

3. 竹科銅鑼基地因其承受水體-西湖溪為灌排兩用之乙級水體，提出放流水總氮小於 6 mg/L 環評承諾（中 科 四 期）

			SS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	其他
竹科	新竹 園區	98 年 7 月前	20	20	80	-	-
		98 年 7 月後	10	10	80	-	-
	銅鑼基地		5	10	40	6	-
	竹南基地		20	20	80	-	-
	宜蘭城南基地		20	20	80	營運兩年後提出 TN 限值之執行檢討報告	-
中科	台中基地 (暨雲林基地)		20	20	80	-	-
	虎尾基地		20	20	80	-	-
	后里基地		10	10	-	-	檢測生物急毒性
	二林基地 (中科四期)		15	15	60	50；氨氮 10	總磷 10、生物急 毒性、重金屬 (包 含鉍、銻和鎘)、 總毒性有機物和 製程化學品管理
南科	台南基地		20	20	80	-	-
	樹谷園區		10	10	80	核定後三年 內總氮之放流 水水質標準為 20 mg/L	核定後一年內完 成磷去除 BACT 研究，並依研究 成果於二年內完 成改善
友達	龍潭科技園區		10	10	80	-	應提出含磷物質 最佳可行性控制 技術
	龍潭渴望園區		20	10	80	10	應提出含磷物質 最佳可行性控制 技術
華映	龍潭廠		10	10	80	10	-
現行放流水標準			30	30	100	-	-

台南科學園區放流水氨氮兩階段列管

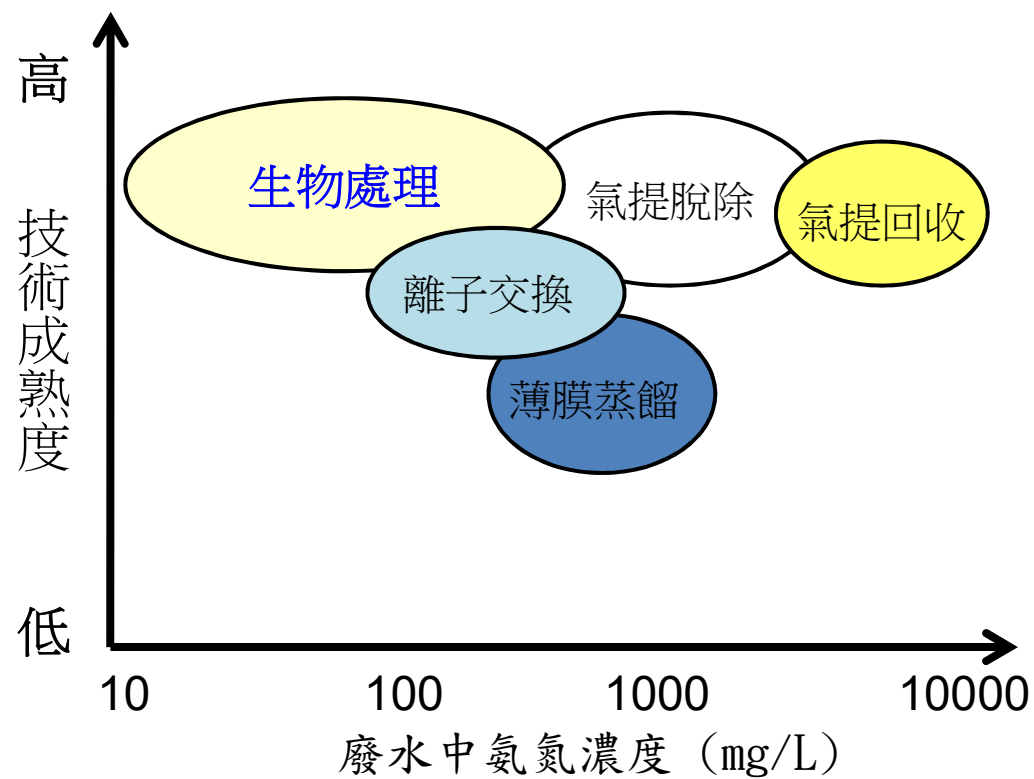
法規名稱	1. 科學工業園區污水下水道系統放流水標準 (101.10.12) 2. 光電材料及元件製造業放流水標準 (101.10.12)	南部科學工業園區台南園區暨高雄園區污水下水道容許標準暨收費標準 (101.09.03)
適用對象	直接排放地面水體事業； 科學工業園區污水下水道系統	南部科學園區 (台南園區、高雄園區污水下水道) 納管事業
氨氮 (NH_4^+-N)	<u>第一階段</u> (102.07.01) : 75 mg/L <u>第二階段</u> (106.01.01) : 30 mg/L	<u>第一階段</u> (103.07.01) : 90 mg/L(既設) 60 mg/L(新設) <u>第二階段</u> (106.01.01) : 60 mg/L
硝酸鹽氮 (NO_3^--N)	50 mg/L	(103.01.01施行) 30 mg/L

高科技產業放流水氮系污染物特性

水質項目	半導體製造業		TFT-LCD製造業		LED製造業
	自排廠商 放流水	園區廠商 納管水	自排廠商 放流水	園區廠商 納管水	園區廠商 納管水
亞硝酸鹽氮	0.2	ND	ND	ND-6.1	ND
硝酸鹽氮	7.4	7.4-34.3	1.6-17.5	ND-1.2	4.8-26.9
氨氮	17	53.7-88.5	1.3-32.2	6.1-12.5	150-848
凱氏氮	35.4	33-163	0.5-35	9.3-52.8	300-986
總氮	43	87-197	3.6-53.2	9.3-60.1	327-991

資料來源：放流水氮氮管制推動，中興工程顧問社(97.9.22)

氨氮廢水處理技術



氨氮廢水處理技術

處理技術	原理	優點	缺點
生物法	各種型態的氮均可由細菌作用，進行硝化和脫硝反應	1. 所有氮化合物均可去除 2. 去除率高且穩定(工業廢水?) 3. 無二次污染	1. 操作運轉較為複雜 2. 溫度降低會影響效能 3. 易受毒性物質影響
氣提法	提高pH值，將水中銨離子形成氨氣，再利用空氣加以吹除	1. 建設費與管理費用便宜(?) 2. 操作程序簡單 3. 可去除高濃度含氨態氮之廢水	1. 會有氨氣溢出造成二次公害 2. 可能會有水垢產生 3. 低溫下效能降低
折點加氯	次氯酸與氨態氮於加氯量達折點後，會發生作用形成氯氣	1. 建設費便宜 2. 具安定性 3. 水溫影響較小	1. 管理費用高 2. 可能產生有害之氯胺
離子交換	利用選擇性陽離子吸附劑去除銨離子	1. 去除率高 2. 水溫影響較小 3.	1. 再生時產生高濃度廢液 2. 管理費用高 3. 處理水量有限
薄膜處理	利用各種不同規格薄膜之模組進行污染物攔阻	1. 去除率高 2. 可同時去除有機物 3. 促進水回收	1. 膜組價格偏高 2. 操作維護較困難 3. 薄膜容易阻塞反洗頻率高

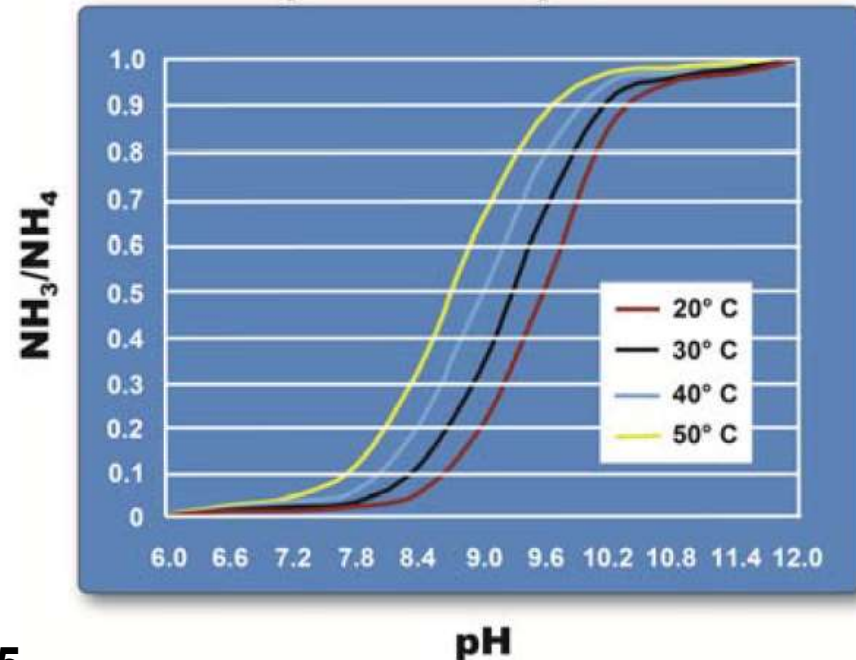
Ammonia Stripping



pH Driven
pH > 12

- Hydraulic wastewater loading (0.1 to 0.2 l/min/m³ or 1 to 2 gal/min/ft²).
- Stripping air flow rate (32 to 54 l/min/m³ or 300 to 500 ft³/min/gal).
- Packing depth (6.1 to 7.6 meters or 20-25 ft).
- pH of wastewater (10.8-11.5).
- Air pressure drop (0.015" – 0.019" of water/ft).

**Solubility of Free Ammonia
Based on pH and Temperature**



Thermally Driven
Temp: 65-70°C

Ammonia stripping with waste heat

AMMONIA DISPOSAL

There are a number of options available for disposal of ammonia. It is tempting to consider the **possibility of commercial recovery**, and in some circumstances this may be a realistic option. Recovery may be accomplished by reacting stripped ammonia gas in a reactor designed to combine the gas with a sulphate or phosphorous ion. Both **ammonium sulphate** and **ammonium phosphate** are commercially used as **soil additives**. However, great care must be made to establish the market, and the specifications required for **acceptance within the market**, in order to produce a commercially viable product. Another option is to **destroy ammonia gas** using a **catalytic bed**. Such approaches have been employed with success. They have the great advantages of requiring low fuel consumption (the catalytic bed normally operates at relatively low temperature) as well as releasing the ammonia as **nitrogen into the atmosphere**. The preferred option within the Organics process is to use the ammonia-laden air as combustion air in the heat-raising process. **By this means ammonia gas is destroyed as a part of the process of thermally powering the system.**

TransMembrane-ChemiSorbtion" (TMCS)

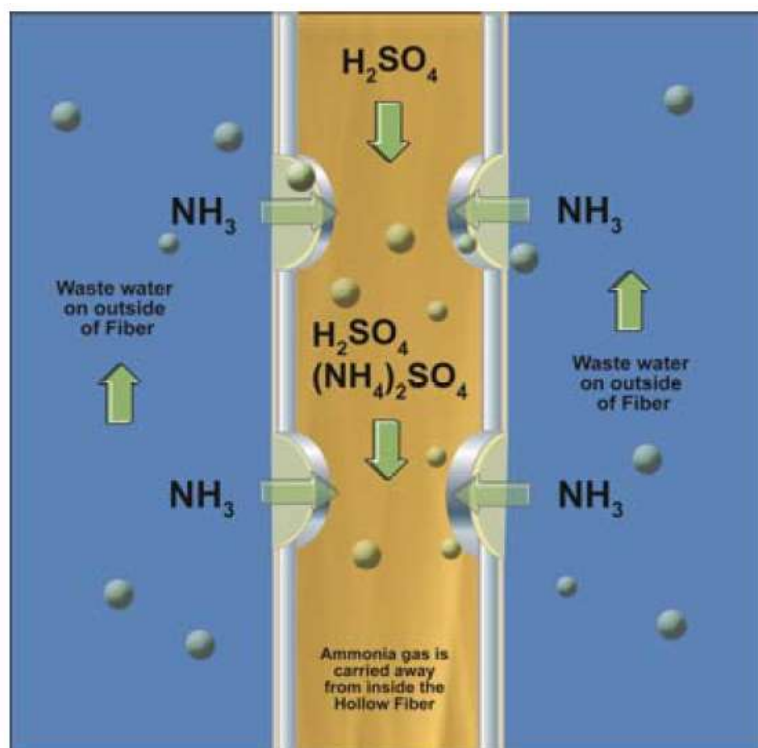


Fig. 2: TMCS process scheme for ammonia removal

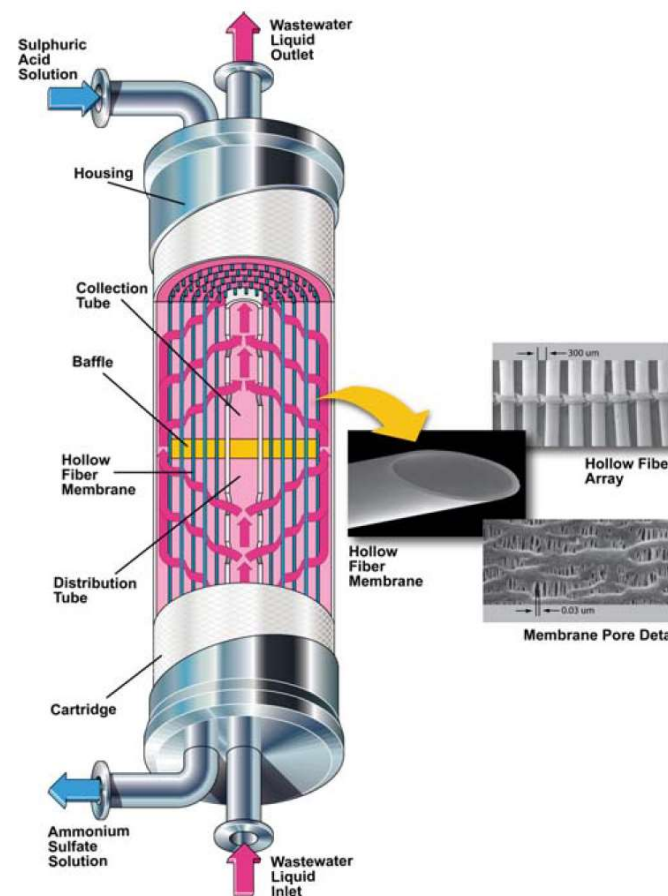


Fig. 3: TMCS of ammonia using Liqui-Cel® Module

Ideal Process Parameters for Ammonia Removal

- NH3 inlet conc. >500ppm
- Pre-filtration <10µm abs
- Temperature 40-55°C
- Feed stream pH>10
- Acid stream pH<2

半導體產業

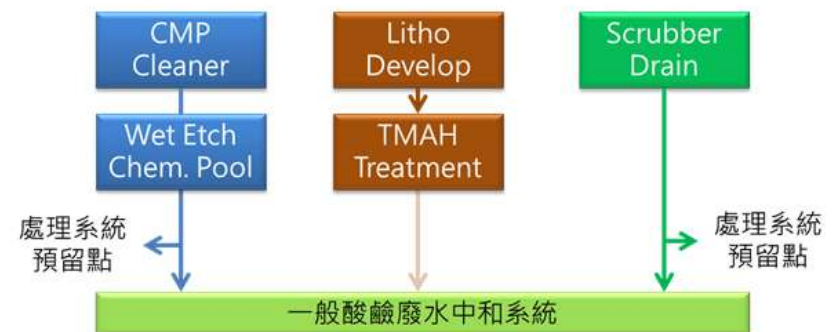
因應科學工業園區管理局污水納管標準新增氮氣與氫氧化四甲基銨(TMAH)管制項目，各廠區**推動含氮污染物質源頭減量專案**，為了持續降低廢水氮濃度，以減少對排放水體的危害：1. 持續推動氨水源頭減量第二階段專案 2. 評估與建置氨氮廢水處理設備

主要改善對策為降低製程端氨水使用濃度與減少清洗時間，執行過程需經果繁瑣的製程變更程序與長時間的觀察驗證，確認對於產品沒有影響後。半導體產業廠內含氮原物料主要可分為氨水29 %、PME混酸、二氧化矽蝕刻液BOE及顯影液2.38 %。源頭減量措施(含氮原物料減量使用)：針對機台排放含有氨氮廢水之機台，檢測機台排放氨氮濃度，分析機台 NH_4OH 使用機制、氨氮廢水濃度特性、排放時機等，再進行相關減量措施。

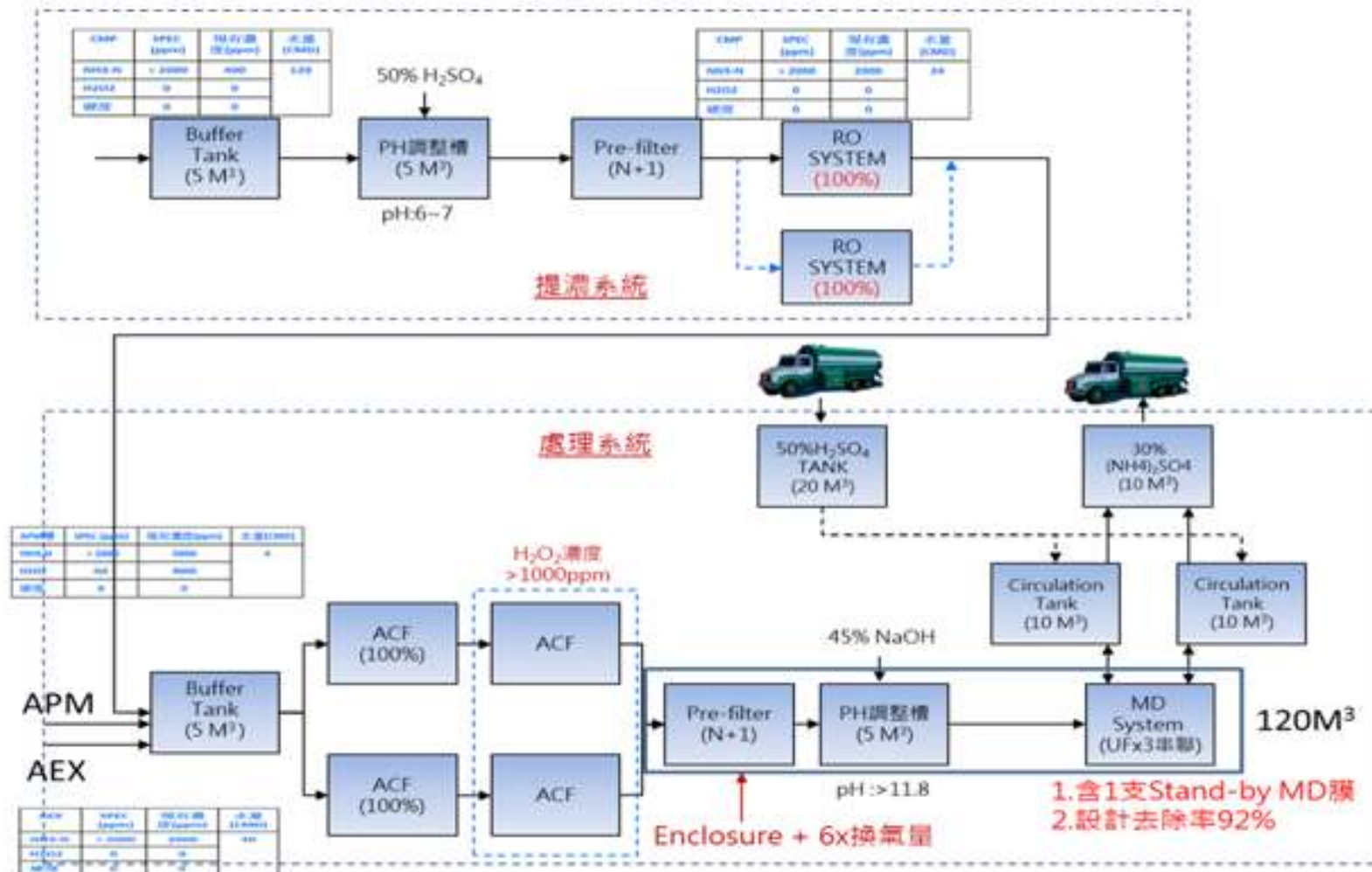
含氮原物料化學式及成分比例

項目	氨水 29 %	PME 混酸	二氧化矽蝕刻液 BOE	顯影液 2.38 %
化學式	NH_4OH	-	-	$\text{N}(\text{CH}_3)_4\text{OH}$
成份百分比	氨溶液 29 %	氯化銨 77 %	氫氟酸 49 %	氫氧化四甲基銨 2.38 %
	水 71 %	磷酸二氫胺 5 % 水 18 %	氯化銨 40 % 水 11 %	水 97.62 %

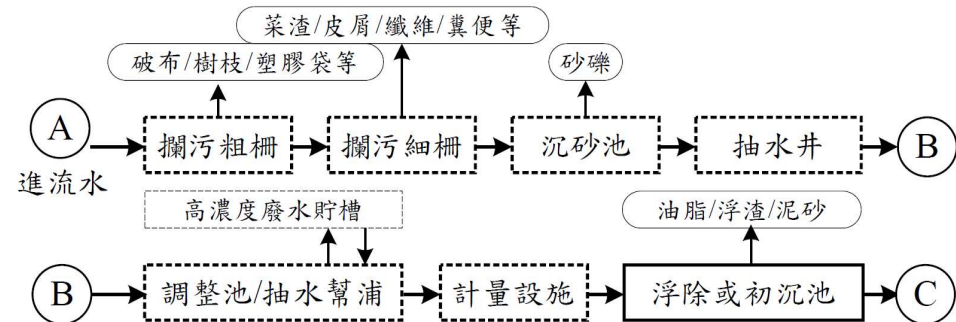
項目	成分	月平均(公升)
蝕刻緩衝液(BOE)	20 % 氯化銨	1,808
顯影液	2.38 % 氫氧化四甲基銨	141,215
氮氣	100 % 氮氣(G)	31
一氧化二氮	100 % 一氧化二氮(G)	4,911
三氟化氮	100 % 三氟化氮	2,101
氨水	29 % 氫氧化銨	18,480
六甲基二矽胺(HMDS)	99.5 % 六甲基乙矽胺	459



半導體產業針對含氮污染物削減計畫，評估與建置氨氮廢水處理設備為設置薄膜硫酸銨方法，針對Scrubber排水、機台NH₄OH清洗製程進行處理

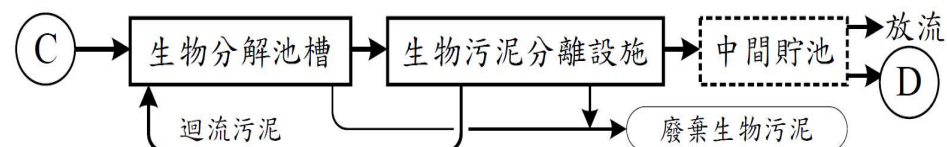


一般廢水處理流程



前處理程序可輔助去除有機性廢水中：
非水溶性有機物(有機性懸浮固體物/油脂)

前處理



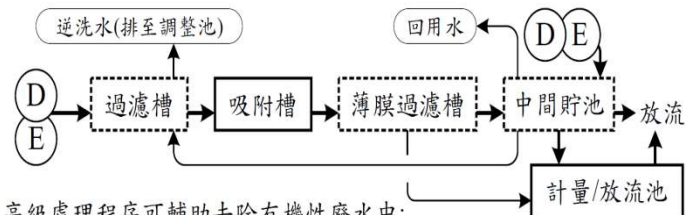
生物處理程序主要去除有機性廢水中：

生物處理

- (1) 水溶性有機物
- (2) 部分非水溶性有機物(微細有機性懸浮固體/乳化油脂/膠體)
- (3) 部份氮及磷

常用生物處理程序包括：

- | | | |
|---------------|-------------|-------------|
| (1) 活性污泥法 | (2) 批式活性污泥法 | (3) 活性污泥膜濾法 |
| (4) 氧化渠法 | (5) 接觸曝氣法 | (6) 厭氧濾床法 |
| (7) 上流式厭氧污泥床法 | (8) 上述方法之組合 | |

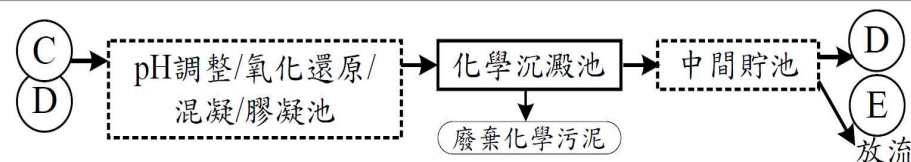


高級處理程序可輔助去除有機性廢水中：

- (1) 生物難分解之水溶性有機物
- (2) 部分非水溶性有機物(微細有機性懸浮固體)
- (3) 無機離子

高級處理
回用/放流

mschou(2006/12)



化學處理程序可輔助去除有機性廢水中：

化學處理

- (1) 生物難分解之水溶性有機物
- (2) 部分非水溶性有機物(微細有機性懸浮固體/乳化油脂/膠體)
- (3) 部份磷及其他無機離子

產業用水面臨的問題

- 台灣降雨時難處(民生水資源不足)
- 各類產業，容忍度極低
- 減緩傳統水調影響，增自來水供水
- 為因應產業



工業用水再減供1成 電子鋼鐵廠憂

2015.04.16



The Dilemma for Industries

Regulation

Nitrogen

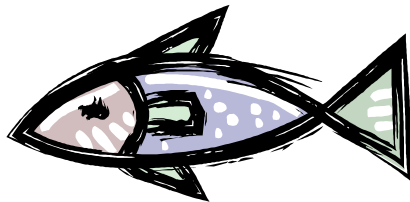
Total Toxic Organics

Indium (In)

Molybdenum (Mo)

Gallium (Ga)

Acute Bio-Toxicity



魚與熊掌不可兼得？

You cannot sell the cow and drink the milk

Wastewater Reclamation

Wastewater Treatment

Concentrated
Rejected Water

科學園區水回收率標準

1. 新竹科學園區：

依各廠建廠時程不同訂定下列標準：

83年以前興建之廠房：

製程回收率 $> 50\%$ 。

全廠回收率 $> 30\%$ 。

全廠排放率 < 80 。

83年~88年興建之廠房：

製程回收率 $> 70\%$ 。

全廠回收率 $> 50\%$ 。

全廠排放率 $< 80\%$ 。

88年以後興建之廠房：

製程回收率 $> 85\%$ 。

全廠回收率 $> 60\%$ 。

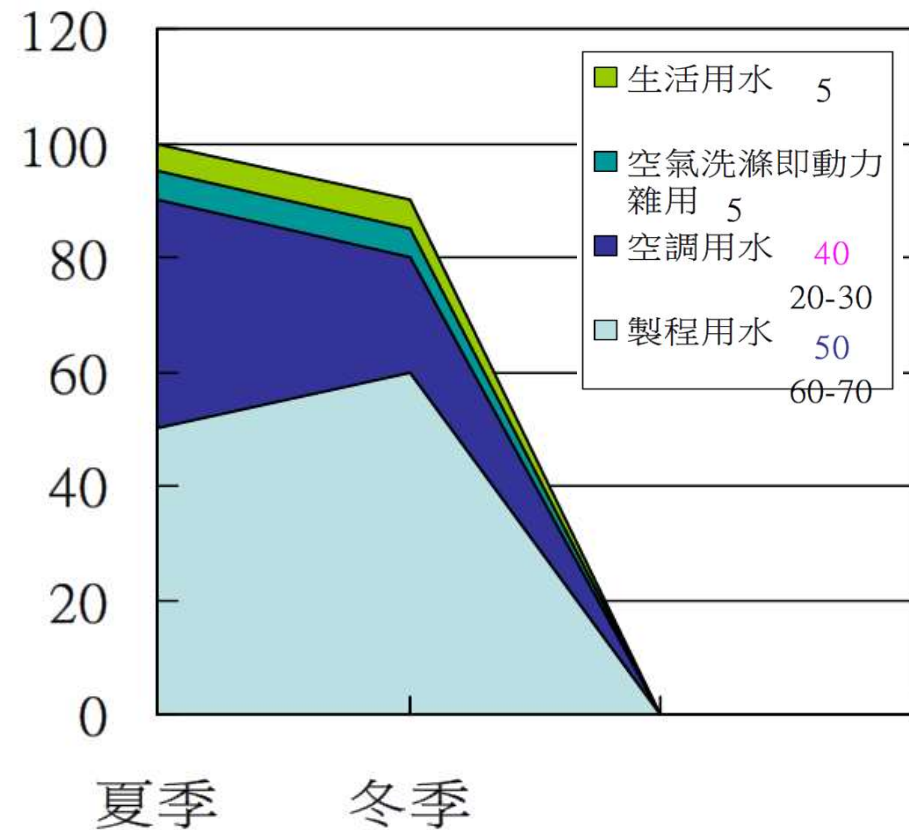
全廠排放率 $< 70\%$ 。

2. 中部及南部科學工業園區：

製程回收率： $> 85\%$ 。

全廠回收率： $> 75\%(77\%)$ 。

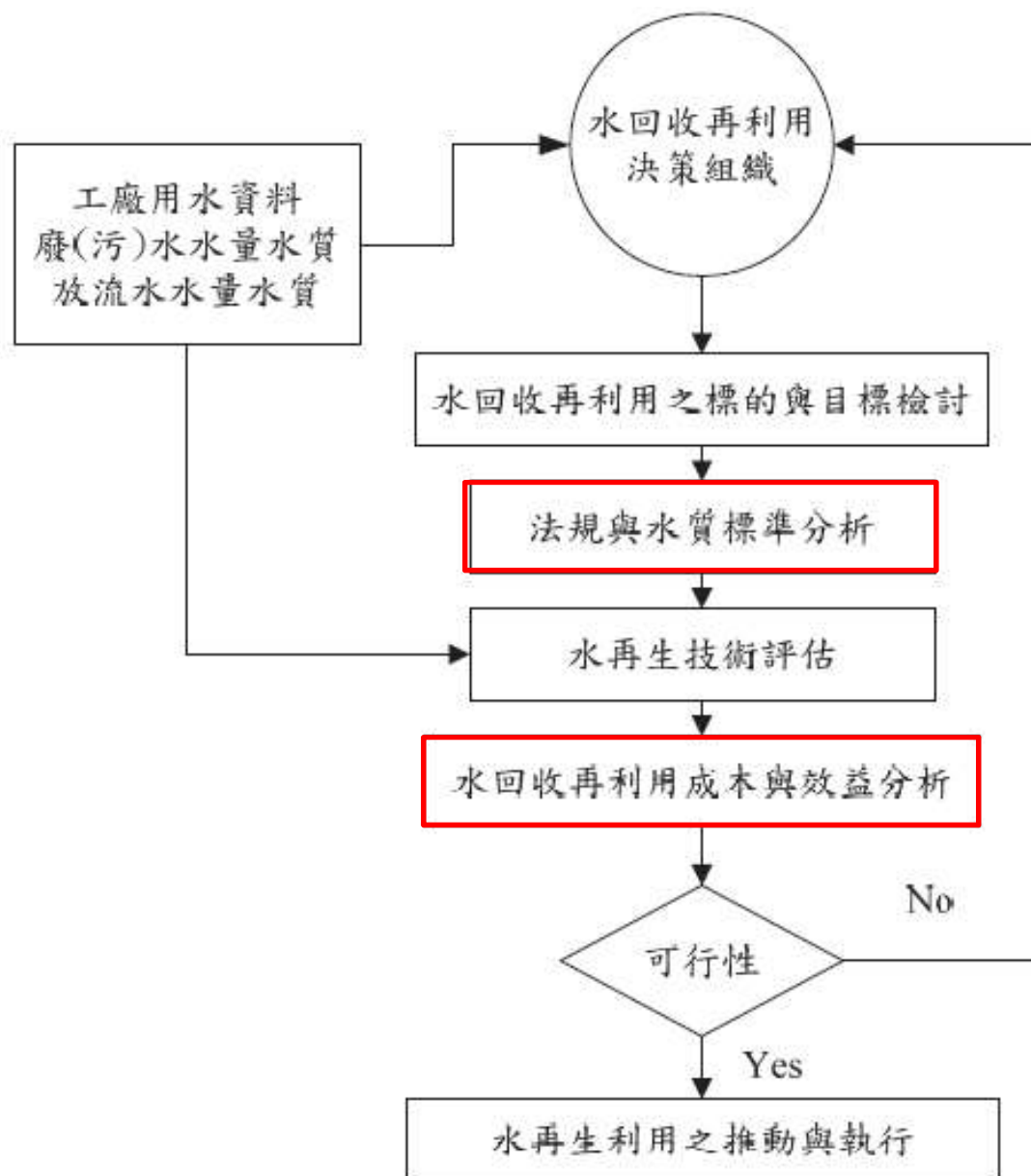
全廠排放率： $< 70\%$ 。



資料來源：「高科技產業用水特性及節水技術之研究」，林文雄等，工業技術研究院能源與環境研究所

PS： 辦理環評廠商，依環評審定承諾標準。

廢污水回收再利用技術評估系統架構



資料來源：「廢污水回收再利用技術評估」，莊順興，財團法人中技社

各類回收再利用之關鍵水質項目與濃度

關鍵水質項目	工業利用 (冷卻)	農業利用 (灌溉)	環境利用 (補注地下水)	生活次級利用
Solids (mg/L)	Turbi.<2-20 NTU SS<5-300			Turbi.<2-5 NTU
Cond (μS/cm) / TDS (mg/L)	TDS<500-1000 Cond<300-1600	Cond.<750	TDS<800	
Organic	BOD<10-30		BOD<1 THM<0.15	BOD<10
Nutrients (mg/ L)	NH ₃ -N<10 TP<0.2-1	TN<3	NH ₃ -N<0.1 NO ₃ -N<10 NO ₂ -N< ND	
Ions (mg/L)	Cl ⁻ <100-500 SO ₄ ²⁻ <50-600 SiO ₂ <3-150 TH<50-700	Cl ⁻ <175 SO ₄ ²⁻ <200 SAR<6 (meq/L) ^{1/2}	F ⁻ <0.8 Cl ⁻ <250 SO ₄ ²⁻ <250	Free Chlorine>0.1 Combined Chlorine >0.4
Metal (mg/L)	Fe, Mn, Na	Cu, Cd, Pb, Mn, Ni, Cr	Fe, Mn, Cd, Pb, Cr, Ni	
Bacteria (CFU/100 ml)	TC<3-350			E.C.<200

資料來源：「廢污水回收再利用技術評估」，莊順興，財團法人中技社

膜技術在半導體及TFT-LCD廢水回收的應用

Type	Proposed Unit Operation Process								
	Coag Neut	Bio + MF	GAC	AOP	IEX	MF/UF	RO	Distl	Bipolar
Organic Waste									
DMSO		○	○	○		○	○		
Tetramethyl Ammonium Hydroxide (TMAH)		○		○	○		○		
CH ₃ COOH		○		○	○				
MeOH, IPA		○		○				○	
Surfactants, Nonion & Anion			○	○					
Solvents		○	○	○					
Inorganic									
HF, HNO ₃ , NH ₄ F, H ₂ SO ₄ , HCl, H ₃ PO ₄ , NaOH, NH ₄ OH	○				○		○		○
Others									
Chemical Mechanical Polishing (CMP) Waste	○					○	○		
End of Pipe wastewater	○	○		○		○	○		
RO Concentrate					○		○	○	

AOP: Advanced oxidation process

Bio: Biological, Membrane Bioreactor, and Bio-contact Filter Treatment

資料來源：「膜技術在廢水回收的應用」張文榮（2009）

各種薄膜對特定物質分離範圍

(以分子截留量作為界定孔徑之單位)

尺寸(μm)	離子範圍	分子範圍	巨分子範圍	微粒子範圍		巨粒子範圍	
	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000
分子量	100 200 1,000 10,000 20,000 100,000 500,000						
水體中污染物 分佈範圍	金屬離子 水中溶解鹽	病毒	腐植酸	細菌 藻類 孢子 黏土 石棉纖維	砂粒		
薄膜分離程序	逆滲透 RO	奈米過濾 NF 超過濾 UF		微過濾 MF	傳統過濾程序		

MF/UF/NF/RO應用

- **MF/UF**：近年來常見於RO之前處理，用於去除水中懸浮固體物，避免大顆粒物質直接阻塞RO；於半導體業中，UF可置於RO之前去除水中溶解性及懸浮態的二氧化矽(SiO_2)可有效延長RO的使用期限。
- **NF**：具有去除二價離子之作用，因此會被用於去除水中硬度離子，如鈣離子及鎂離子，達到水質軟化之要求；利用MF前處理後進入NF膜，再加以消毒，出流水可進行再利用。
- **RO**：飲用水處理：海水淡化。用於工業廢水二級處理之後及高科技產業之廢水回收再利用。去除率：單價離子：90~98%；雙價離子：95~99% (可以防止分子量大於200 Da的物質通過)

薄膜型態

平板式薄膜 (flat plate)



中空纖維式薄膜(hollow fiber)



管式薄膜(tubular)

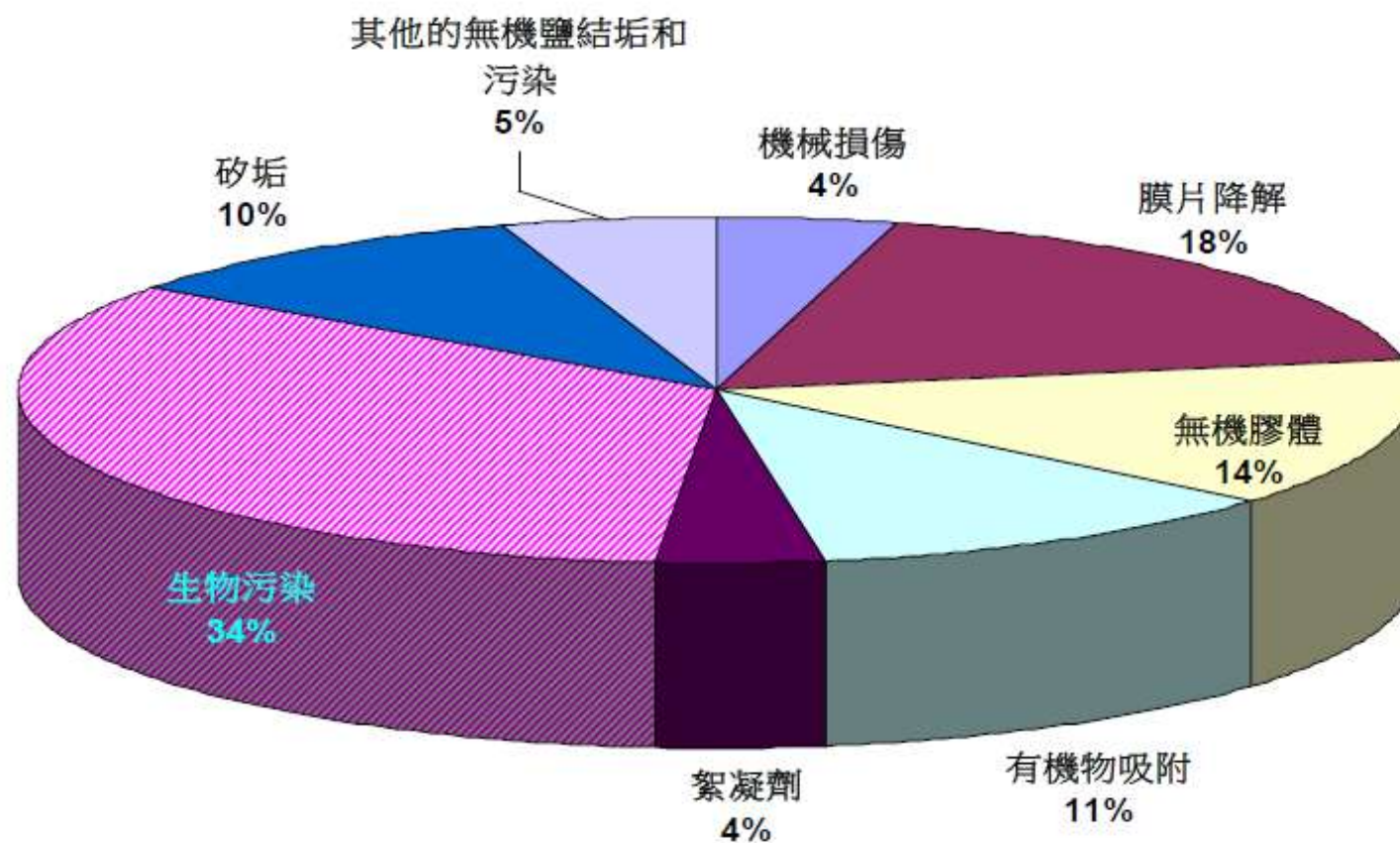


螺旋捲式薄膜(spiral wound)



產業廢水回收再利用面臨的挑戰

◆製程廢水水質變異性大	➤突發性水質異常 (無機與有機物污染物)
◆處理設備積垢問題	➤積垢造成效率下降 ➤需要周期性清潔保養
◆薄膜設備阻塞問題	➤滋生細菌問題 ➤增加抑菌劑費用
◆再生水技術經濟效益	➤ 如何有效降低水回收操作費用 (水費、電費、加藥費等)



- 經過大量膜元件的解剖分析證明：在脫鹽和廢水回用中，**生物污染**是導致反滲透系統污堵最普遍的現象。

MF/UF/NF 薄膜阻塞種類、機制及清洗方式

- ✓ 薄膜阻塞是影響薄膜過濾效能及薄膜發展的主要因素
- ✓ 積垢型式包括有：(1)積垢(泥餅形成)：進流中之物質累積在薄膜表面、。(2)結垢：進流物質因為化學特性之故，在薄膜表面形成化學沉積。(3) 薄膜損害：進流物質會與薄膜反應而破壞薄膜。
- ✓ 薄膜阻塞：薄膜通量下降，薄膜壽命減短及滲出液減少等問題；因此需要依賴前處理、清洗設備、操作設計及保養來預防積垢現象產生。

清洗方式

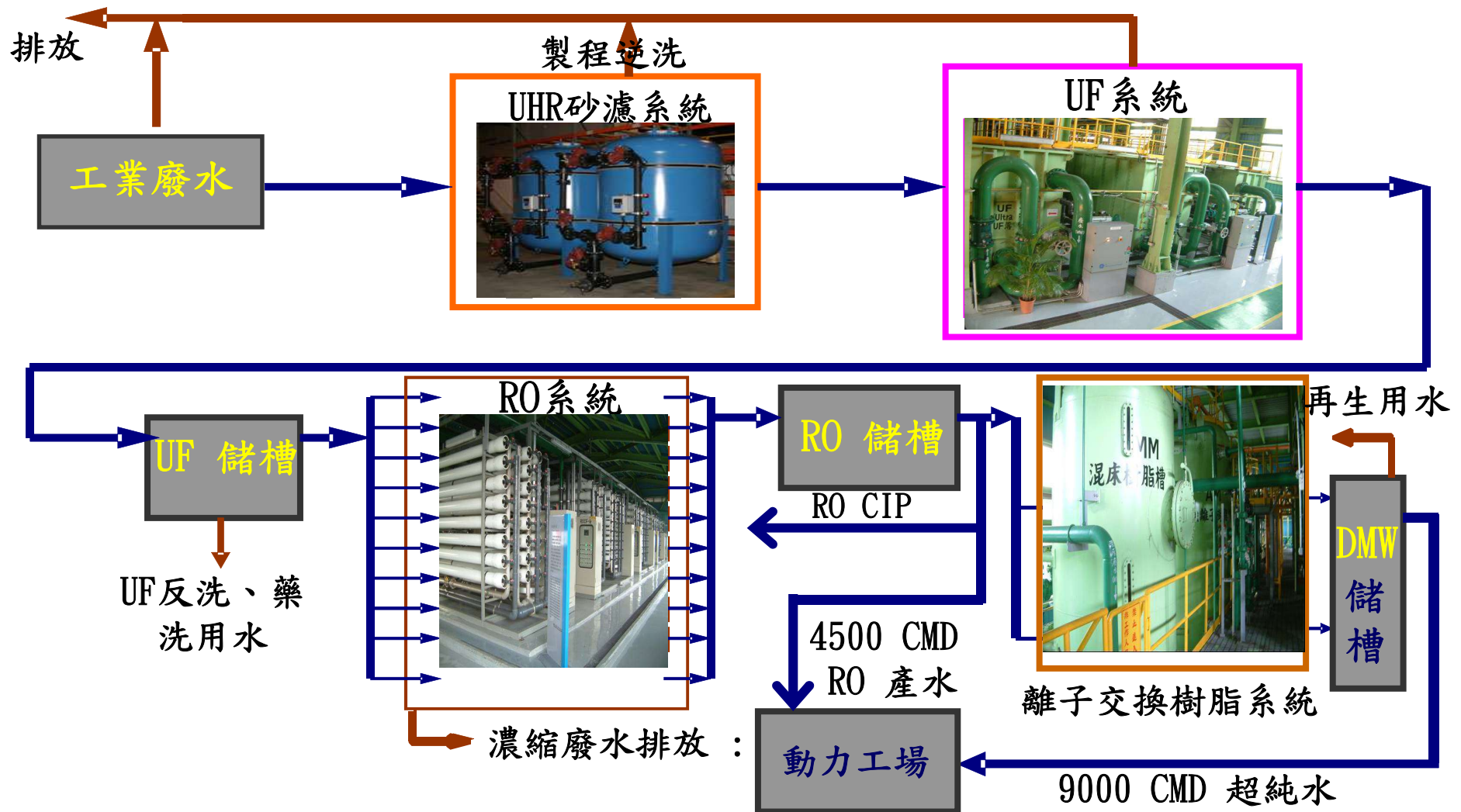
1. 可逆積垢：所造成的通量衰減可以利用物理性清洗加以回復
2. 不可逆積垢：無法經由物理性清洗去除的積垢，此類積垢需要經由化學藥劑清洗
 - ✓ 化學清洗：鹼劑、酸劑、界面活性劑、金屬螯合劑及觸媒
 - 無機性積垢物如鐵、錳氧化物：0.3 %之檸檬酸清洗
 - 二氧化矽垢物：鹼洗
 - 生物性積垢物：次氯酸鈉
 - ✓ 清洗方式：浸泡或直接過濾
 - ✓ 清洗時間：依積垢狀況作調整

RO膜之阻塞種類與機制

- **可逆性阻塞－濃度極化**：當膜表面累積溶質濃度提升，透膜壓力或滲透壓變大，導致溶質反向擴散至水中，當達平衡時溶質被帶至膜表面的量等於反向擴散至水中的量，此時膜表面所累積濃度必大於主體溶液之濃度。影響：滲透液通量衰減，滲透壓差變大。當系統停止操作，此現象將消失，故為可逆之膜阻塞現象，但若不加以重視，將可能導致進一步之膜表無機物沉澱結垢。
- **顆粒或膠體性阻塞**：顆粒性及膠體性積垢一般包括有懸浮固體物及金屬膠體，如 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 等，一般而言，此類物質於MF、UF之過濾程序中，阻塞機制為直接沉積於膜表面或進入薄膜孔洞之中，然由於RO膜之孔徑約小至 $0.001\text{ }\mu\text{m}$ （小於1000 MWC0），因此顆粒及膠體性積垢之形成機制，主要以表面沉澱或受其他具黏性有機質黏附為主。衡量水質是否適宜進入RO單元之重要指標：SDI (silt density index)值，當 $\text{SDI} < 2 \sim 3$ ，方可進入RO處理單元。
- **無機性結垢**：當水流經RO膜表面，滲透液不斷被移除，同時濃縮液不斷濃縮，當濃縮液之鹽類濃度被濃縮至超過某限值，則將產生鹽類沉澱析出，並於膜表面結垢。RO膜之無機性結垢主要受濃縮水之濃縮倍率影響。一般而言，經一階段RO膜後，其濃縮液濃度約可增加2倍，經二階段RO膜則可增至4 ~ 5倍，RO膜表面最常見之結垢物包括有 CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 CaF_2 及 SiO_2 等。水中鹽濃度、離子強度、各鹽類溶解度、溫度、pH值及RO水回收率等皆為影響結垢物於膜表面沉澱析出之重要參數。

中鋼廢水淨化回收用於製程用水

工業廢水純化場 (13500 CMD)

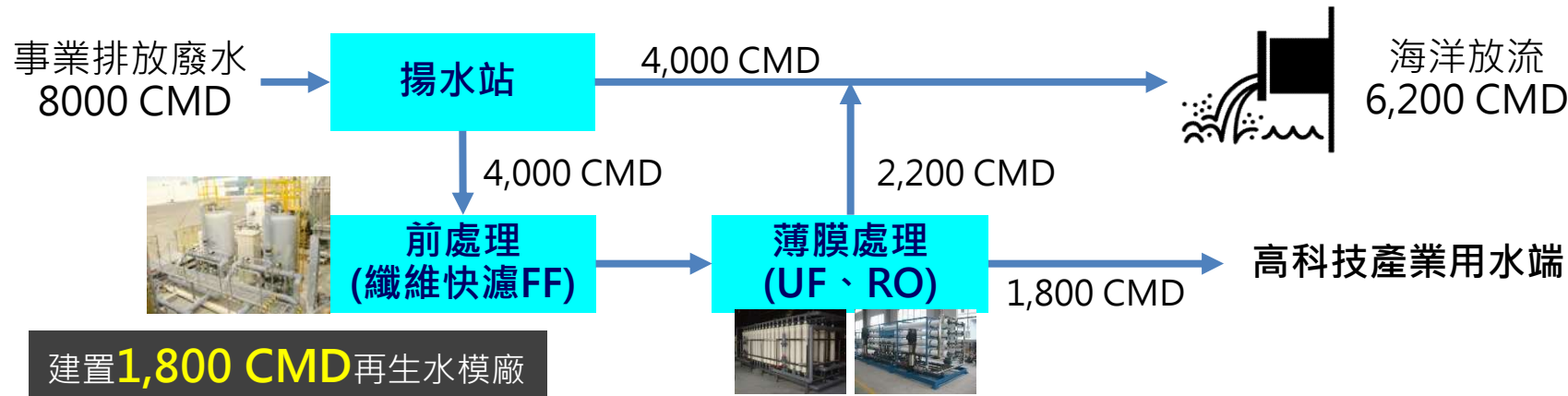


Courtesy of CSC

楠梓加工區再生水模廠



海放水回收處理並使用於製程



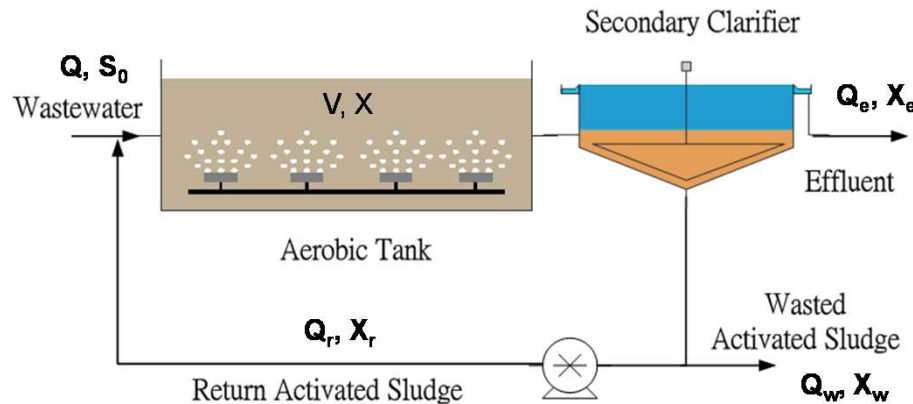
產水水質優，使用於製程用水

水體 項目	事業 排放水	纖維過濾水 (FF)	超過濾水 (UF)	逆滲透水 (RO)	高雄市 自來水
比導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2,310	2,250	2,240	28	570
酸鹼值	7.6	7.5	7.8	7.0	7.4
化學需氧量 (mg/L)	73.5	55.9	31.2	<3.0	<3.0
濁度 (NTU)	45	7.4	0.1	0.01	0.15

Finished waster
can meet
reclaimed water
standard, but
ammonia and
RO biofouling
are problems

Courtesy of AECOM

活性污泥系統



活性污泥系統基本原理

在曝氣槽中，藉曝氣設備供給氧氣，將有機廢水、微生物充分混合，**溶解性有機污染物**即被微生物**分解成穩定物質及增殖微生物**，以達微生物去除有機物之目的。活性污泥混合液(mixed liquid suspended solid, MLSS)再送至沉澱池予以固液分離，其中固體物部份（即沉降之高濃度活性污泥）大部份再迴流至曝氣槽中（又稱**迴流污泥**，return sludge），以控制槽中足夠之活性污泥濃度；另一部份排出另行處理（又稱**廢棄污泥**，waste sludge）。液體部份（**上澄液**）則逕行放流或進入下一處理單元繼續處理。

活性污泥系統由五個基本單元所構成

前處理：包括攔污、沉砂、除油、初沉、調整等設施，其功能有二，一為降低曝氣槽之有機負荷，二為避免因惰性固體物在曝氣槽中累積，而使其有效容積減小。

曝氣槽：好氧微生物利用有機物，進行生物氧化作用以淨化廢水。

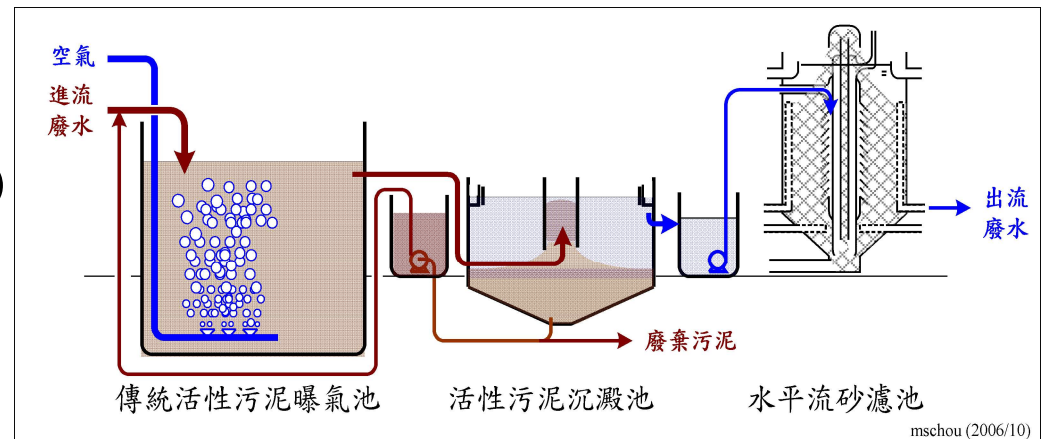
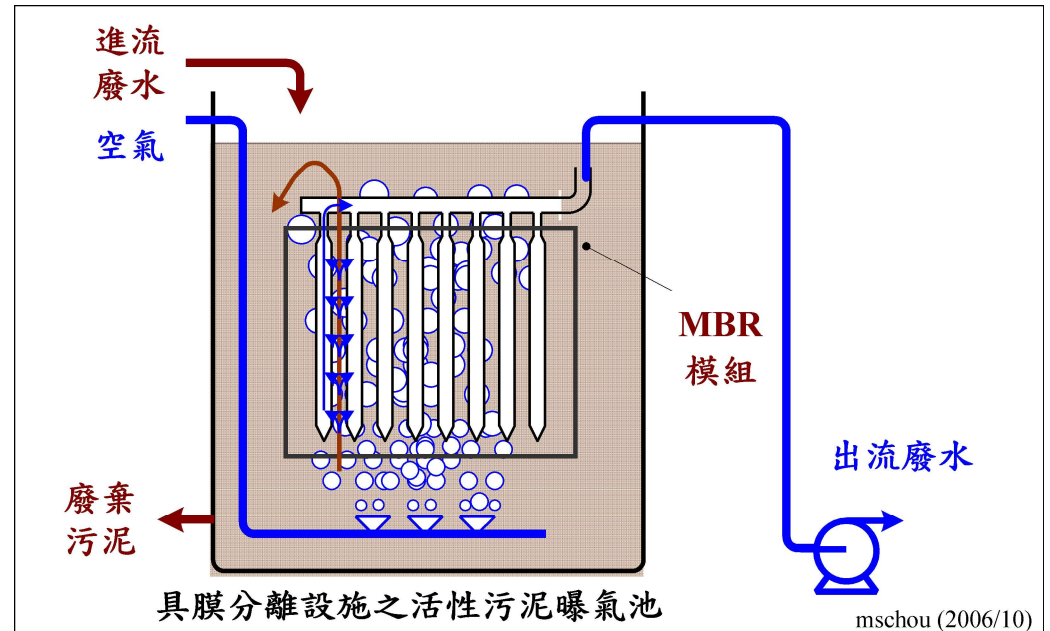
污泥沉澱：具有澄清及濃縮之雙重功用。

迴流污泥：使曝氣槽內保持一定數量之混合液懸浮固體物（微生物），須將大部份沉澱在沉澱池之污泥抽取返送回曝氣槽中，此即為迴流污泥。

排泥：維持曝氣槽內之微生物濃度不變，通常將增殖污泥量予以排除。

活性污泥膜濾法(MBR)

- MBR主要為利用超過濾(UF)或微過濾(MF)薄膜由活性污泥系統中分離生物污泥，以取代傳統之活性污泥沉澱池及砂濾池，並獲得更優質之出流水。
- 目前有多家國外公司已有商業化膜組產品，加拿大Zenon與日本Kubota公司有較多實廠案例，該二技術模組型式雖不同，但均使用微孔薄膜。
- 國內工研院則開發使用較大孔隙之薄膜技術，具有操作壓力低與高濾速之優點。
- 造成MBR快速發展，其中包括：(1)膜製造技術改善，使其使用壽命延長3至8年；(2)薄膜價格大幅降低，減少固定成本與操作成本投資；(3)MBR技術可解決新興產業污染問題。



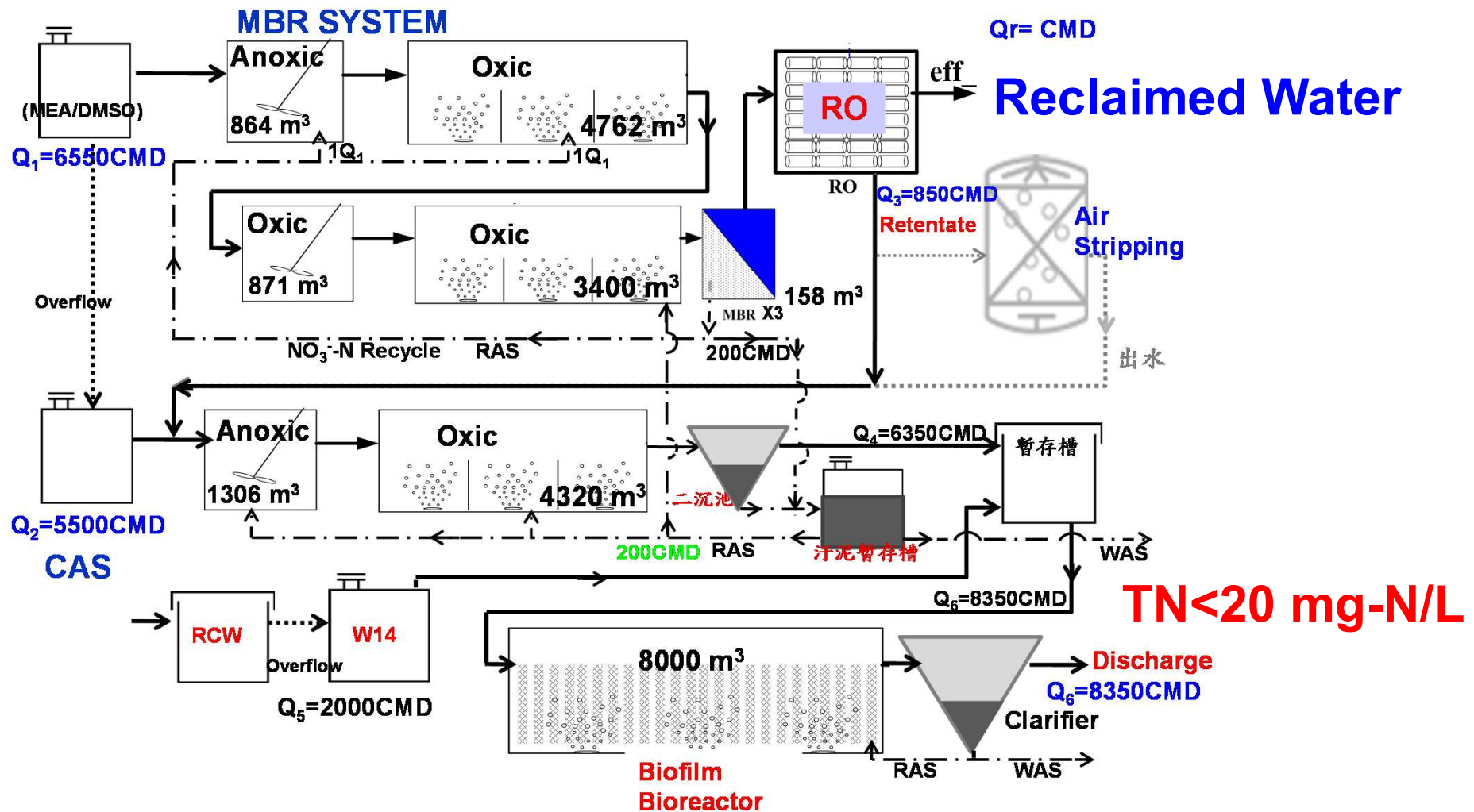


台灣工業廢水處理回收再利用MBR+RO系統

No.	Industry Types	Capacity (CMD)	Commissioning Date	Applied Processes
1	TFT-LCD(3.5G)	1,270	Dec., 2000	MBR + RO for reclamation
2	PDP	800	Jan., 2002	MBR + RO for reclamation
3	Polarizer	600	Mar., 2004	MBR for discharge
4	TFT-LCD(4.5& 5G)	5,000	Apr., 2004	Anaerobic + MBR + RO + AOP's for reclamation
5	Polarizer	600	Apr., 2005	MBR + RO for reclamation
6	Polarizer	200	Apr., 2005	Anaerobic + MBR for discharge
7	TFT-LCD(6G)	11,250(phase I) 11,250(phase 2)	Jun., 2005 Apr., 2007	MBR + RO + AOP's for reclamation
8	TFT-LCD(6G)	1,500	Jun., 2005	Anaerobic + MBR for discharge
9	TFT-LCD(6G)	6,000	Jul., 2005	MBR + RO + AOP's for reclamation
10	Color Filter(6G)	1,600	Aug., 2005	MBR for discharge
11	Petro-chemical	10,000(phase I) 10,000(phase 2)	Oct., 2005 Jun., 2006	MBR for discharge
12	Microelectronics	600	Apr., 2005	MBR + RO for reclamation
13	TFT-LCD(5G)	2,000 2,800 4,00	Nov., 2007 Mar., 2008 Mar., 2009	MBR + RO for reclamation MBR + RO for reclamation MBR + RO for reclamation
14	TFT-LCD(6G)	2,000 2,000 2,000 2,600	Jan., 2008 Jul., 2009 Jan., 2010 Sep., 2011	MBR + RO for reclamation MBR + RO for reclamation MBR + RO for reclamation MBR + RO for reclamation
15	TFT-LCD(7.5G)	13,200	Jul., 2009	MBR + RO + AC for reclamation
16	Microelectronics	50	Jul., 2009	MBR for discharge
17	Microelectronics	200	Jul., 2009	MBR for discharge
18	Petro-chemical	5,000	Oct., 2009	MBR for Reclamation
19	Microelectronics	1,200	Dec., 2009	MBR + RO for reclamation
20	TFT-LCD(8.5G)	15,000	Mar., 2011	MBR + RO + AC for reclamation
21	TFT-LCD(4G)	2,500	Dec, 2011	MBR + RO for reclamation
22	TFT-LCD(3.5G)	1920	May., 2011	MBR + RO for reclamation
23	Industrial Park	3000	Jun., 2012	MBR for discharge

(Ni and Lin, 2013)

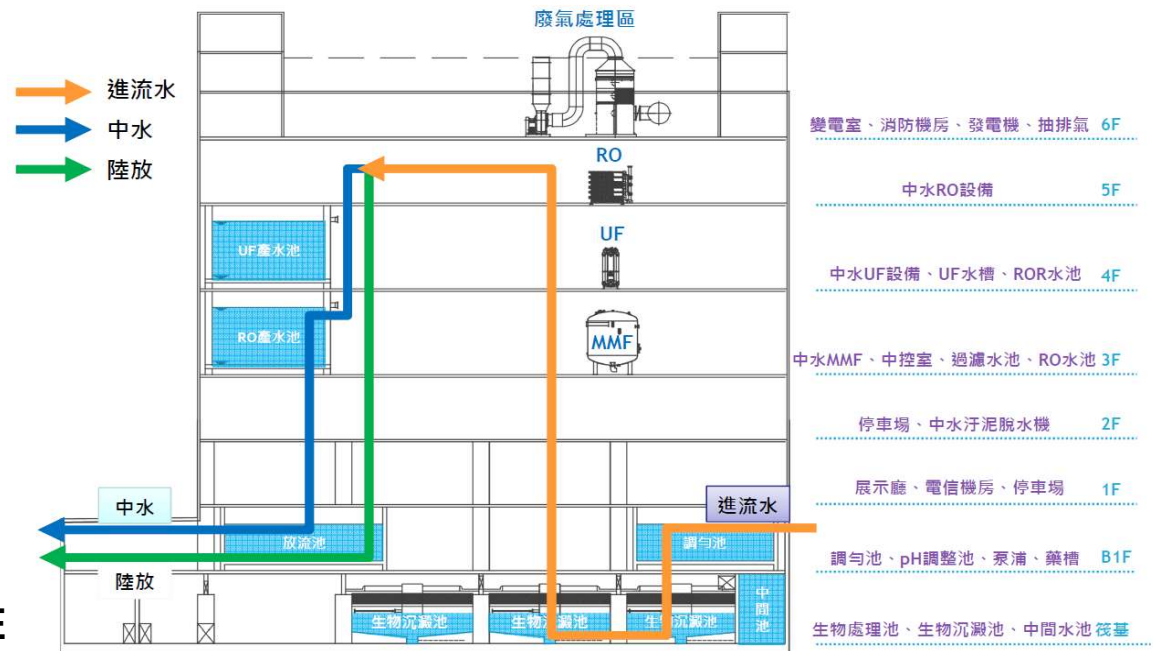
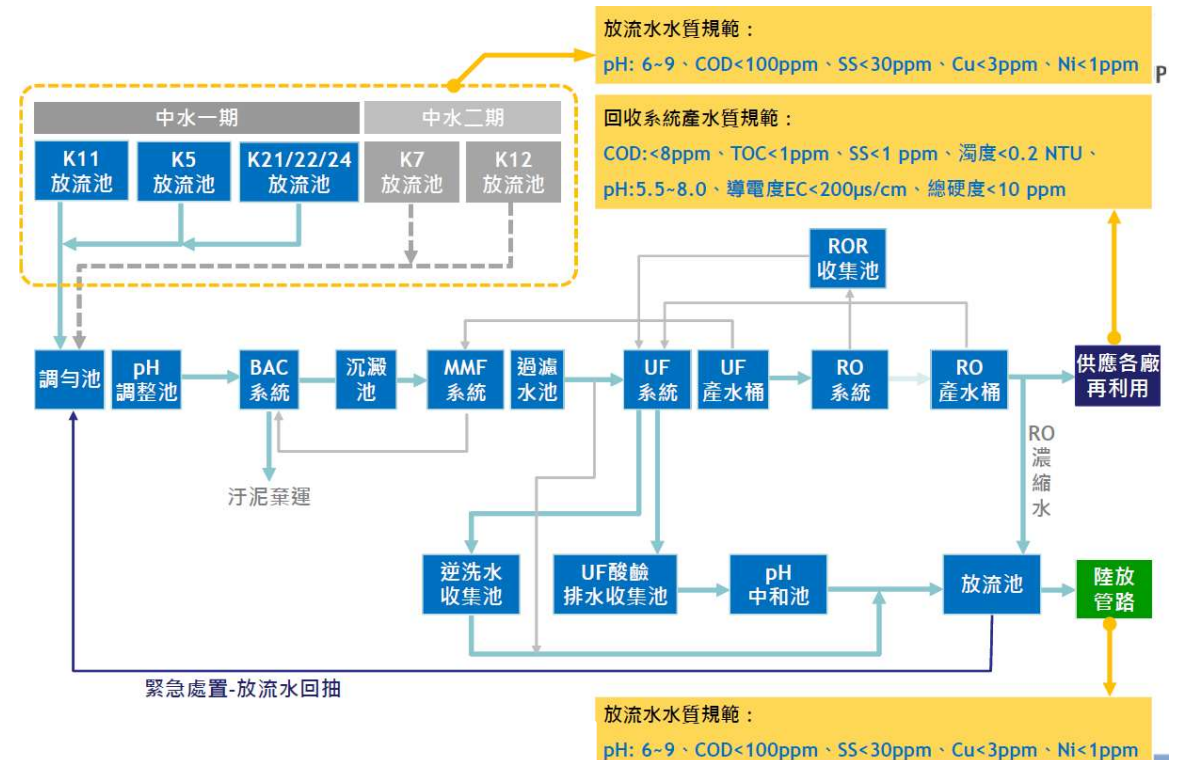
Challenges: Nitrogen permit ($\text{TN} < 20 \text{ mg-N/L}$) vs Wastewater reclamation



南部某加工區 高科技產業 廢水回收案例

進流量為20000 CMD，
預期中水回收系統整體回收率為50%，產出中水量10,000 CMD
(系統回收率>50%)，
以減少10,000 CMD 放流水排放量。

Courtesy of ASE



放流水回收再利用計畫

污水下水道建設計劃一~四期

第四期計畫(98~103年)期間

- 污水處理廠完成18座
- 增加處理污水量26.83萬噸/日



用戶接管
總戶數220萬



已建設完成57處污水處理廠
總處理能量約395萬噸/日

居家環境品質之改善
改善河川水體水質，恢復川流風采

污水下水道第五期(104~109年)

污水處理廠 結合 再生水廠



水循環

再利用

水資源生力軍

再生水



- 工業用水回收率
75%→80%
- 零增自來水
優先利用再生水

放流水回收再利用計畫

- 辦理**6座示範案例**
- 總再生水量共**28萬噸/日**
- 污水下水道建設經費 (102~109年)

福田水資源回收中心(營運中)

13萬噸/日(二級放流水)

臺中港工業專區

個案計畫106.7.7經內政部核定
續辦用水契約協商及招標事宜

安平水資源回收中心(營運中)

6萬噸/日

供南科/樹谷園區

臺南市政府辦理可行性評估中
及視用水端需求續辦

鳳山溪污水處理廠(營運中)

4.5萬噸/日

供臨海工業區

105.12.15動工,107年供水2.5
萬噸/日,108年供4.5萬噸/日

豐原污水處理廠(建設中)

2萬噸/日

供中科用水

俟臺中市府水湳廠評估結果及
用水端需求續辦

永康水資源回收中心(建設中)

1.55萬噸/日

供南科/樹谷園區

個案計畫106.5.16奉行政院核定
續辦用水契約協商及招標事宜

臨海污水處理廠(建設中)

1萬噸/日

供臨海工業區

市府籌辦合作意向書簽訂事宜
結合前瞻計畫擴大供水
至3.3萬噸/日



高雄鳳山溪污水處理廠二級處理出流水 再生處理模場

鳳山溪污水處理廠既有處理流程水量、水質特性

a. 水量

- ❑ 設計處理量**10萬CMD**
- ❑ 目前實際處理量約**4萬CMD**
- ❑ 預計**105年**提升污水量至**5萬CMD**
- ❑ 鳳山溪污水處理廠水再生利用規劃
105年完成每日供水**4.5萬噸**之設計

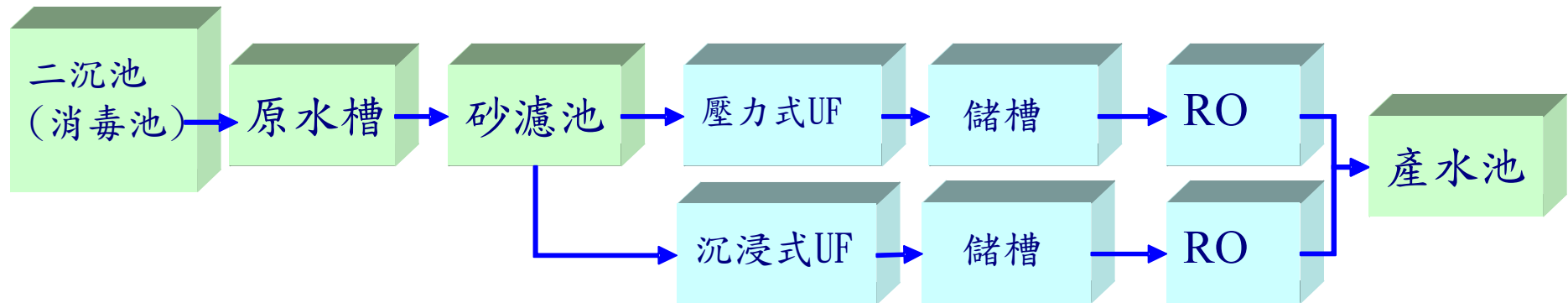
b. 水質

- ❑ 經二級生物處理出流水
- ❑ 主要需去除污染物為**導電度、TOC**
、氨氮、濁度、懸浮固體與硬度。

水質項目	單位	鳳山溪污水廠 排放水水質	再生水 水質要求
溫度	℃	22~33	15~35
pH	—	6.0~8.0	5.5~8.0
導電度	μS/cm	500~1,000	<100
TOC	mg/L	0~16	<5
氨氮	mg/L	0~11	<0.5
濁度	NTU	0~45	< 0.2
懸浮固體	mg/L	2~72	<3
硬度	mg/L (as CaCO ₃)	150~310	<10

高雄鳳山溪污水處理廠二級處理出流水 再生處理模場

設計及建置前處理、UF處理與RO處理流程，並向高雄市政府承租場地，於鳳山溪污水處理廠，完成產水21 CMD模場，並建立各處理單元適化操作參數。



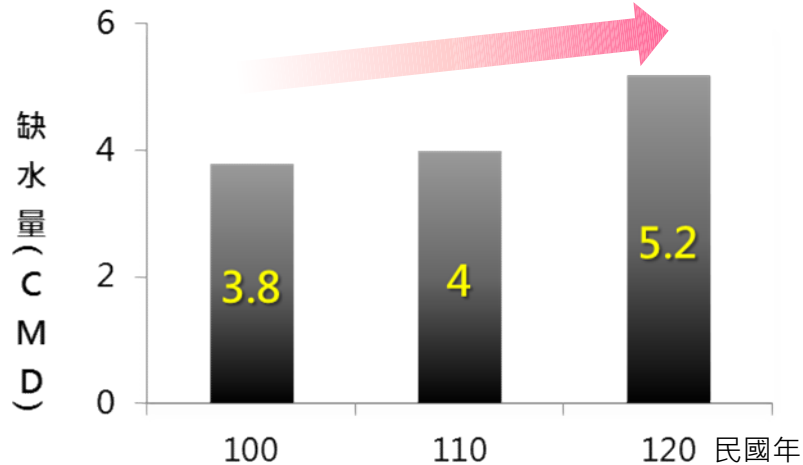
鳳山溪污水處理廠二級出流水再生處理流程



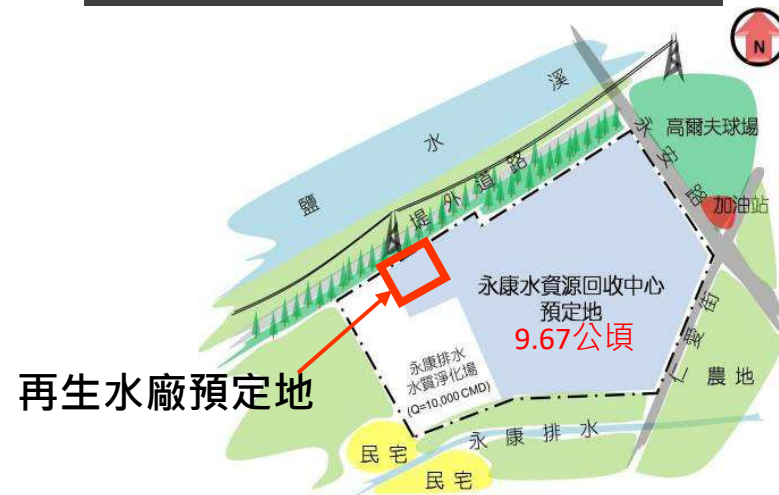
Courtesy of CSC

台南永康再生水廠簡介1/2

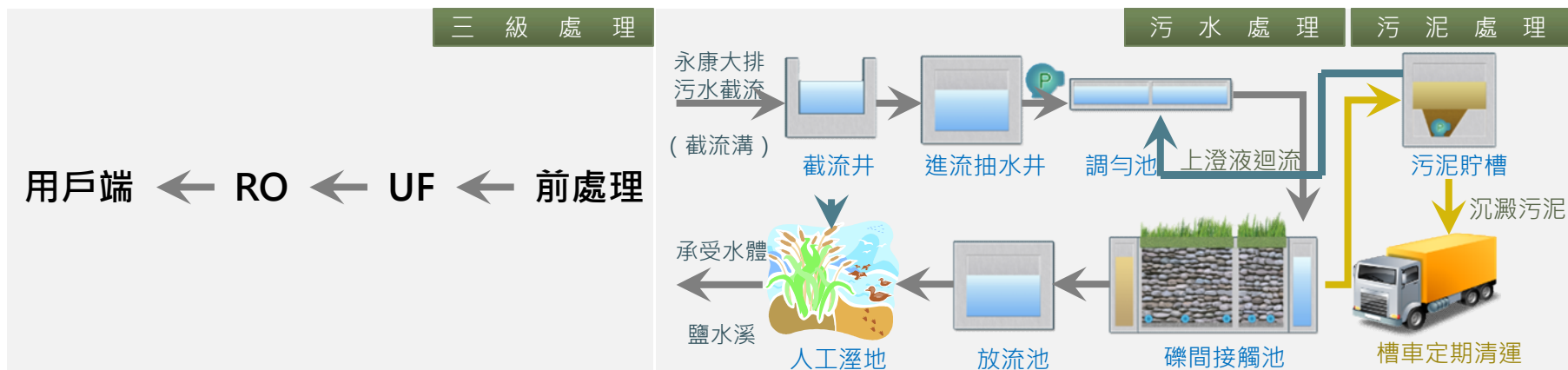
台南地區水資源缺口持續**上升**



民國110年興建**4萬CMD**再生水廠



以**永康水資源回收中心、水質淨化廠**放流水作為處理水源



台南永康再生水廠簡介2/2



編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
名稱	廢水收集桶	純水收集桶	FF	FF產水桶	採水平台	UF	UF產水桶	RO循環桶	RO

進行為期180天模廠平行測試

- 測試期間：103/9/11~104/3/10
- 處理水源：水質淨化場放流水
- 處理流程：進水→FF→UF→RO→放流
- 水質標準：如右表



水質項目	進水水質標準	產水水質標準
pH	6.0~9.0	6.5~8.0
比導電度 (μS/cm)	<2,000	<250
總硬度 (mg/L)	<800	<100
化學需氧量 (mg/L)	<100	ND<4.7
總有機碳 (mg/L)	<10	<1.0
懸浮固體 (mg/L)	<30	<1.0
濁度 (NTU)	<20	<0.3
氨氮 (mg/L)	<5	<0.5

Courtesy of AECOM