

工業技術研究院

含氮磷廢水之減量技術介紹
(含實務案例分享)

報告人 : 徐樹剛 資深研究員

日期 : 2013.08.02



大綱

1. 含氮廢水之減量技術介紹
2. 含磷廢水之減量技術介紹



事業放流水標準含氮物質管制 現況

- 氨氮：行業別管制
 - 晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業、科學工業園區污水下水道系統。新設**20 mg/L**，既設**30 mg/L**(半導體104年7月1日起、其他106年1月1日起)
 - 石油化學業、石油化學專業區污水下水道系統。新設與非高含氮既設**20 mg/L**，高含氮既設**60 mg/L**(105年7月1日)
- 硝酸鹽氮：一般事業放流水排放標準
 - **50 mg/L**
- 總氮：個別環評承諾
 - **6-50 mg/L**

資料來源：EPA-101-G104-02-214



科學園區廢水處理廠廢水含氮物質濃度

園區		氨氮, mg/L	硝酸鹽氮, mg/L	總氮, mg/L
竹科	A園區	原廢水45.9-99.4 放流水 55.7-111	原廢水4.9-20.0 放流水2.3-4.7	原廢水20.3-116 放流水61.1-124
	B園區	原廢水54-130(一期) 放流水 47.6-107(D01)	原廢水5-31(一期) 放流水10-38	
	C園區	原廢水186-1,020 放流水 209-765	原廢水0.2-58.3 放流水8.4-44.0	原廢水254-1,100 放流水271-973
中科	D園區	原廢水13.2-126 放流水16.2- 95.8	原廢水3.9-15.7 放流水4.3-22.9	-
	E園區	原廢水107-224 放流水 104-207	原廢水0.81-17.6 放流水0.59-29.8	原廢水125-196 放流水80.1-205
南科	H園區	原廢水60.2-90.4 放流水 56.0-94.7	原廢水3.1-14.1 放流水1.3-15.0	-
	I園區	原廢水2.1-55.9 放流水0.46-20.5	原廢水6.8-19.6 放流水4.5-17.3	-

資料來源：EPA-101-G104-02-214



科學工業園區廢水氨氮排放現況

園區		半導體	LED	TFT-LCD
竹科	A園區	◎		
	B園區		◎	◎
	C園區		◎	
中科	D園區	◎		
	E園區	◎		
南科	H園區	◎		

- **TFT-LCD及半導體業廢水氨氮主要來自**
 - 氨水、顯影劑TMAH、蝕刻液氟化銨和去光阻劑MEA；
- **LED業廢水氨氮主要來自**
 - 氨氣經洗滌塔處理後轉為高氨氮廢水。

資料來源：EPA-101-G104-02-214



氨氮廢水處理與回收技術

高
技術成熟度
低



0.001

0.01

0.1

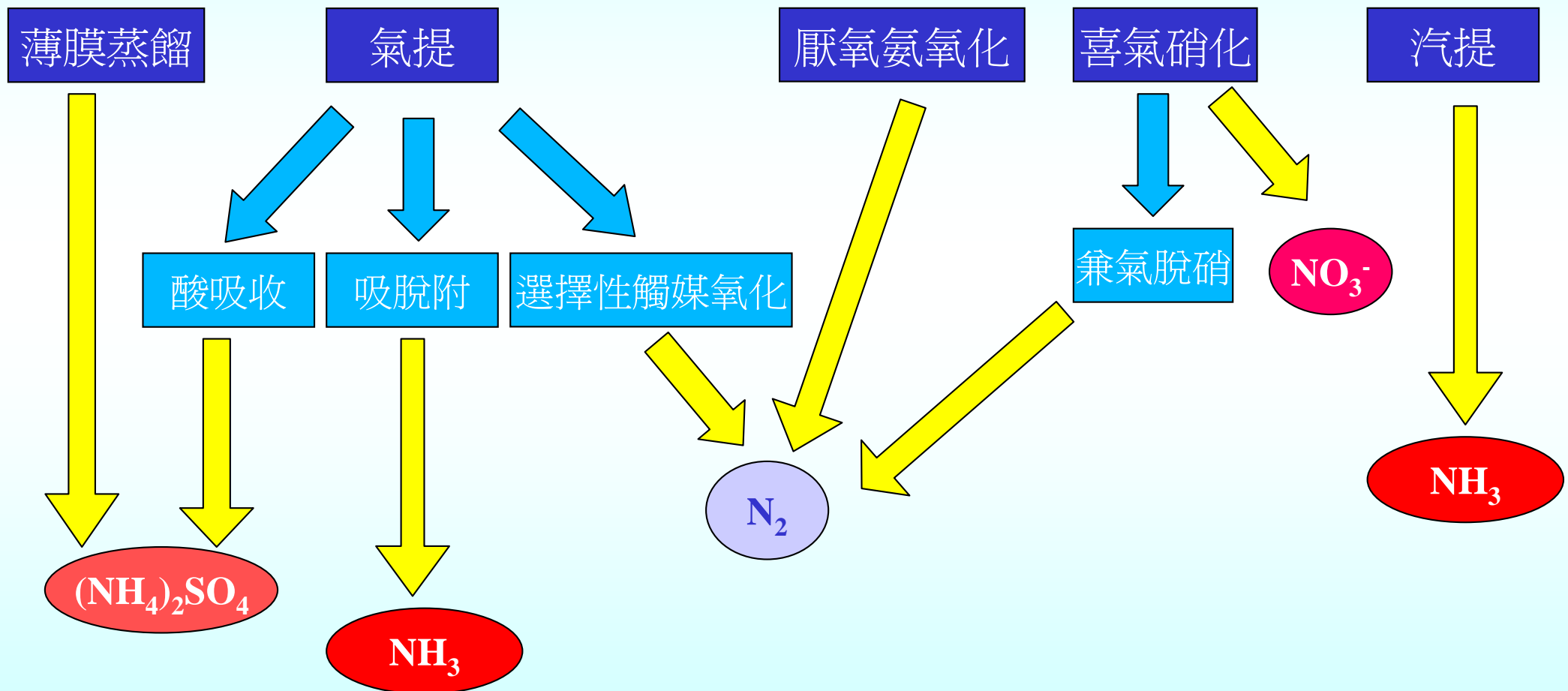
1

wt %

廢水中氨氮濃度

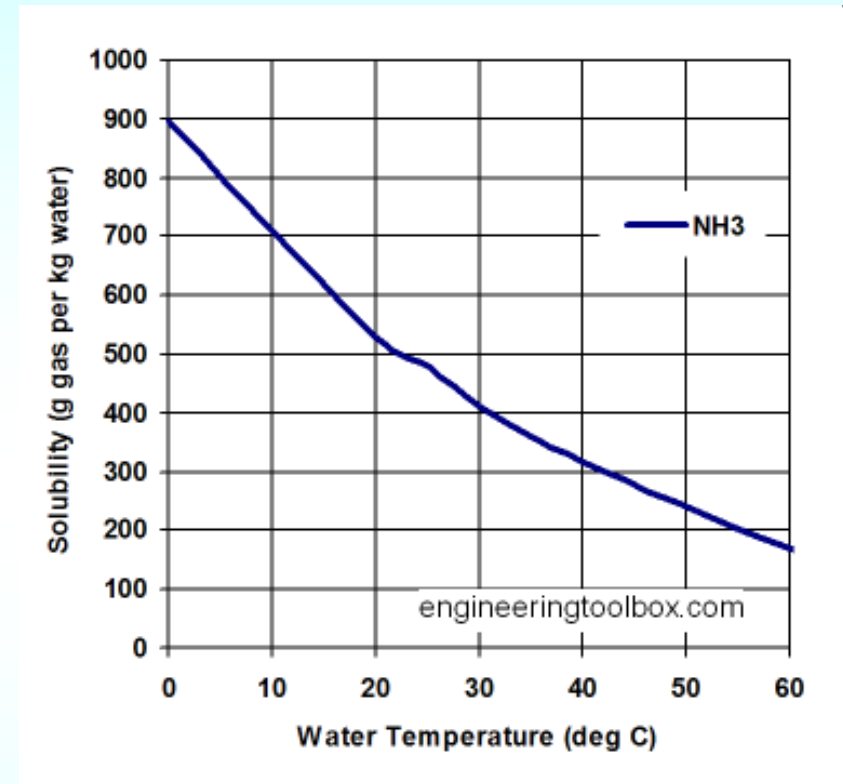
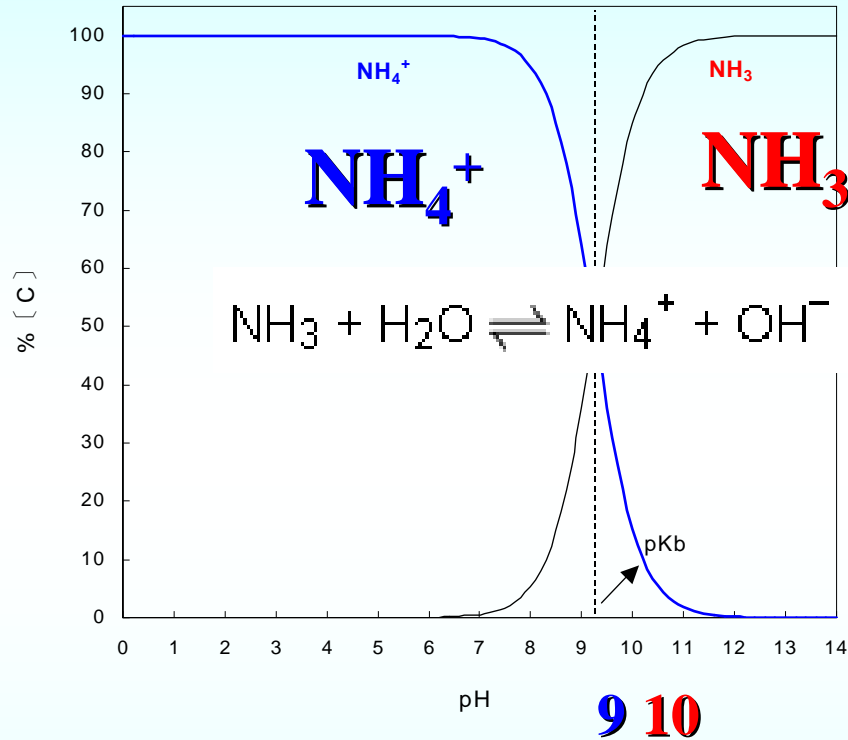


氨氮廢水處理與回收最終產物





氨水基本性質



Solubility of Ammonia - NH_3 - in Water

http://www.engineeringtoolbox.com/gases-solubility-water-d_1148.html

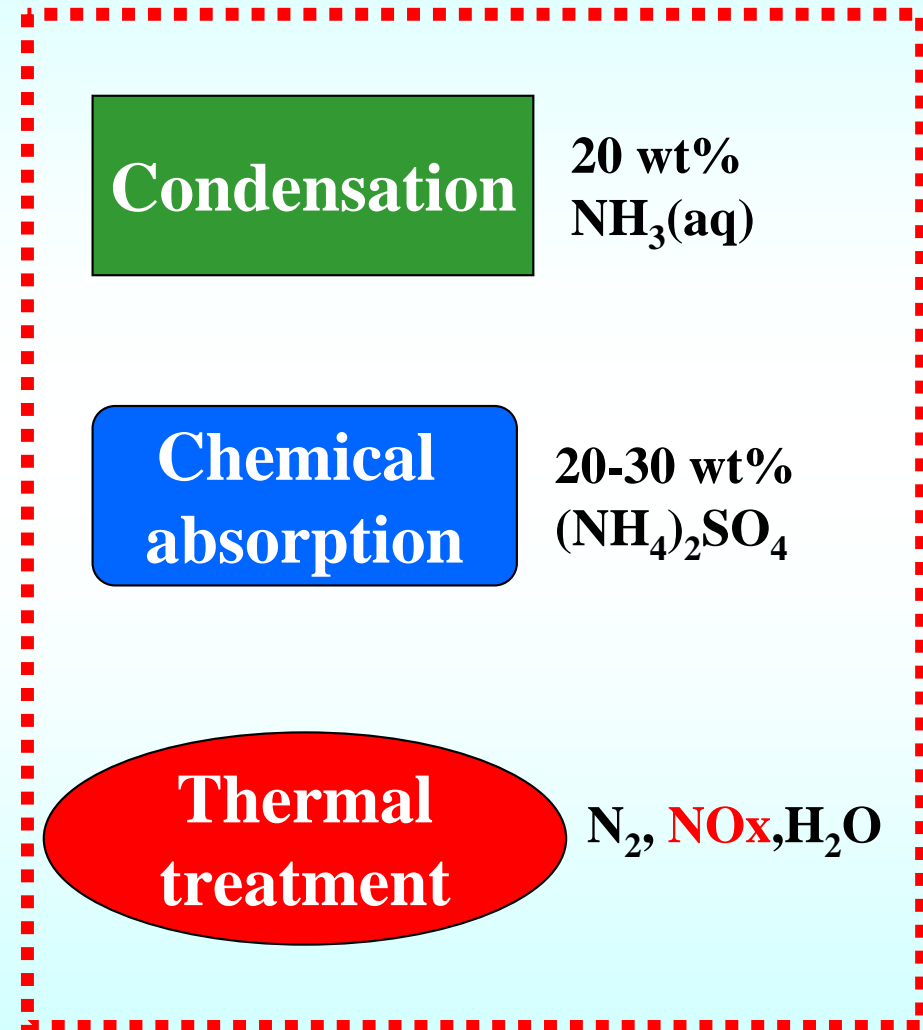
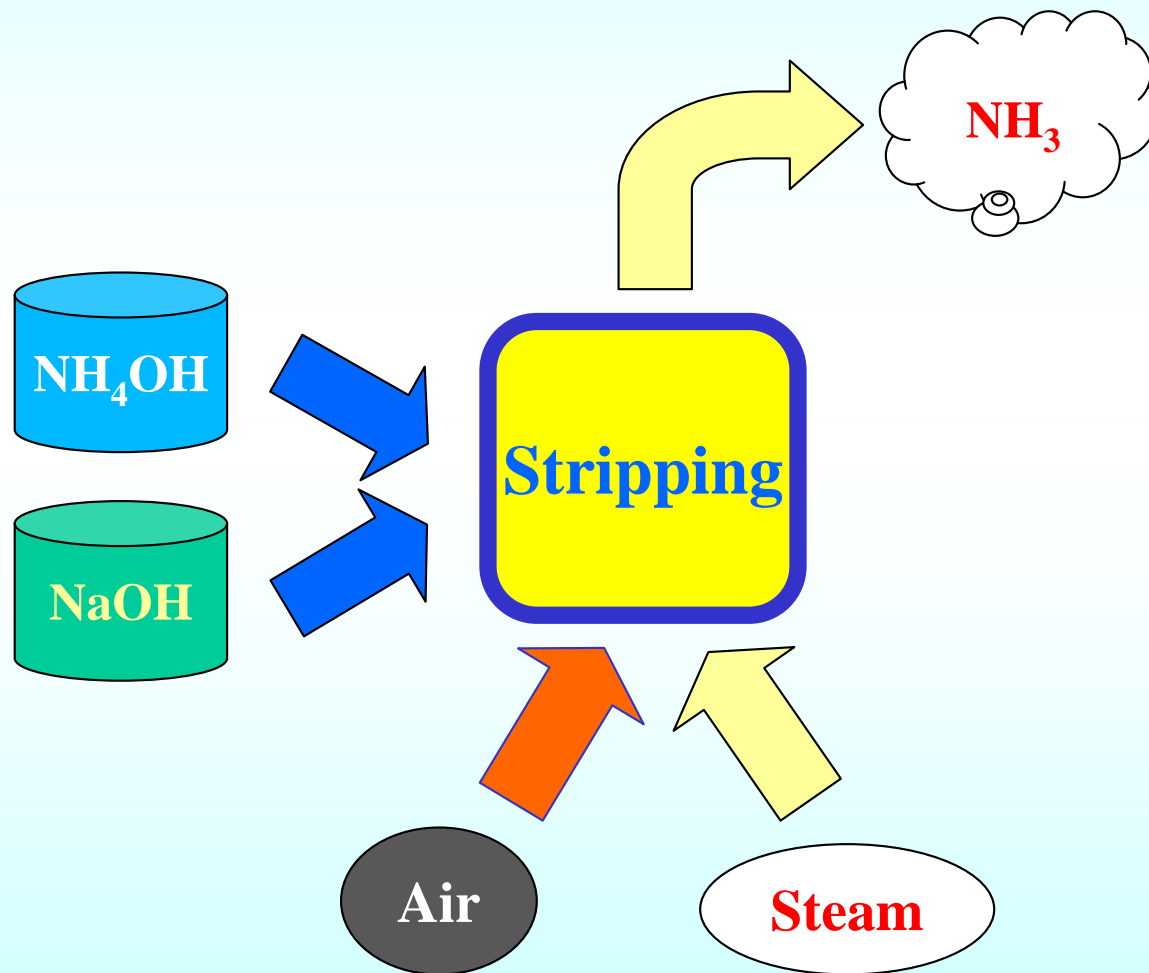
物化

有強烈刺鼻氣味，具弱鹼性。

NH_3 水中揮發度約與丙酮相當。 56 M/atm



氣(汽)提





Stripper Design

- **Stripping formula**
 - Mass flow, NTU, sizing, facilities,.....
- **Aspen plus software**
 - Mass & energy flow, NTU, sizing, facilities,

Using Henry's law [see Eq. (2-46)], y_e is defined as follows:

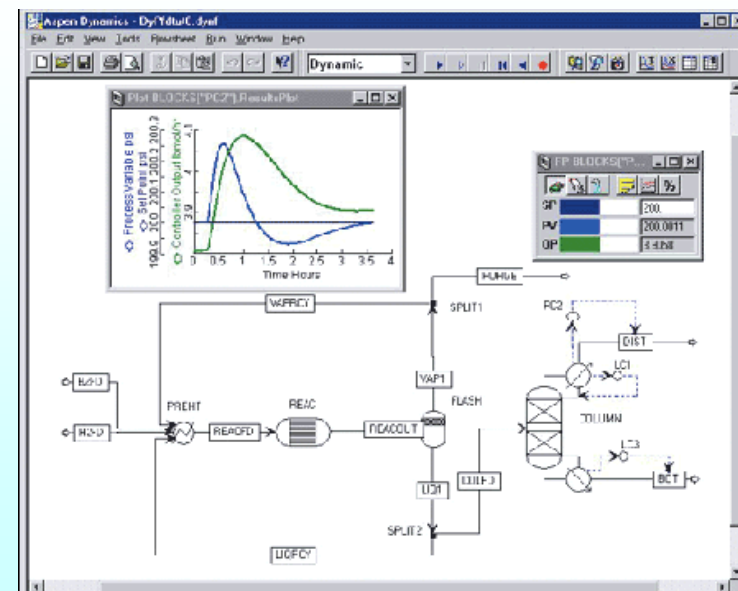
$$y_e = \frac{H}{P_T} C'_o \quad (11-82)$$

where y_e = concentration of solute in gas leaving the top of the tower, moles of solute per mole of air
 H = Henry's law constant, $\frac{\text{atm (mole gas/mole air)}}{\text{(mole gas/mole water)}}$
 P_T = total pressure, usually 1.0 atm
 C'_o = concentration of solute in liquid that is in equilibrium with the gas leaving the tower, moles of solute per mole of liquid

Using Eq. (11-82), Eq. (11-81) can be written as follows:

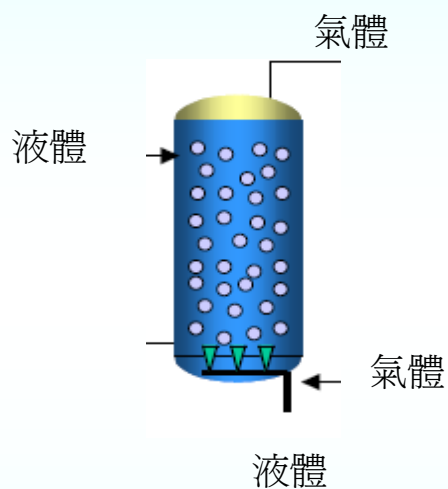
$$C'_o = \frac{L}{G} \times \frac{P_T}{H} (C_o - C_e) \quad (11-83)$$

If it is assumed that the concentration of solute in the liquid entering the tower is in equilibrium with the gas leaving the tower, Eq. (11-83) can be written as

$$\frac{G}{L} = \frac{P_T}{H} \times \frac{C_o - C_e}{C'_o} \quad (11-84)$$


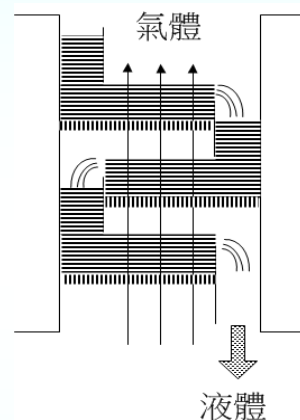
氣(汽)提塔種類

鼓泡塔



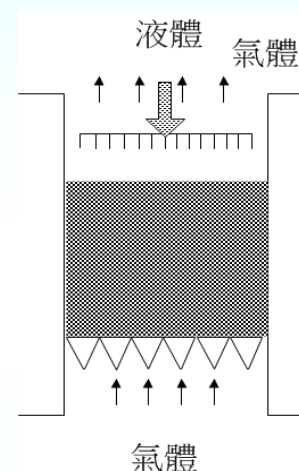
效率低, 幾乎不用

板式塔



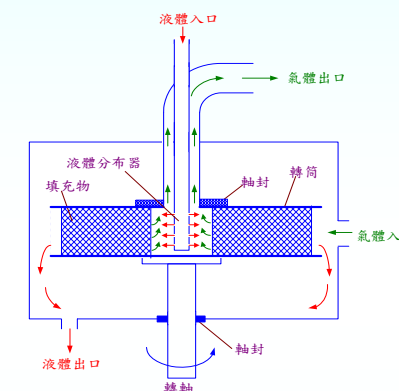
比較容許易結垢物系

填料塔



分為規整填料, 散裝填料, 目前較常用

旋轉填充床



適用空間受限, 固含量較高者

- 操作彈性大
- 讓汽液兩相充分接觸，促進分離效率
- 降低流體流動的阻力，即降低塔內的壓力降
- 價格合理

- 氣體為蒸汽：操作效率較高
- 氣體為空氣：操作效率較低

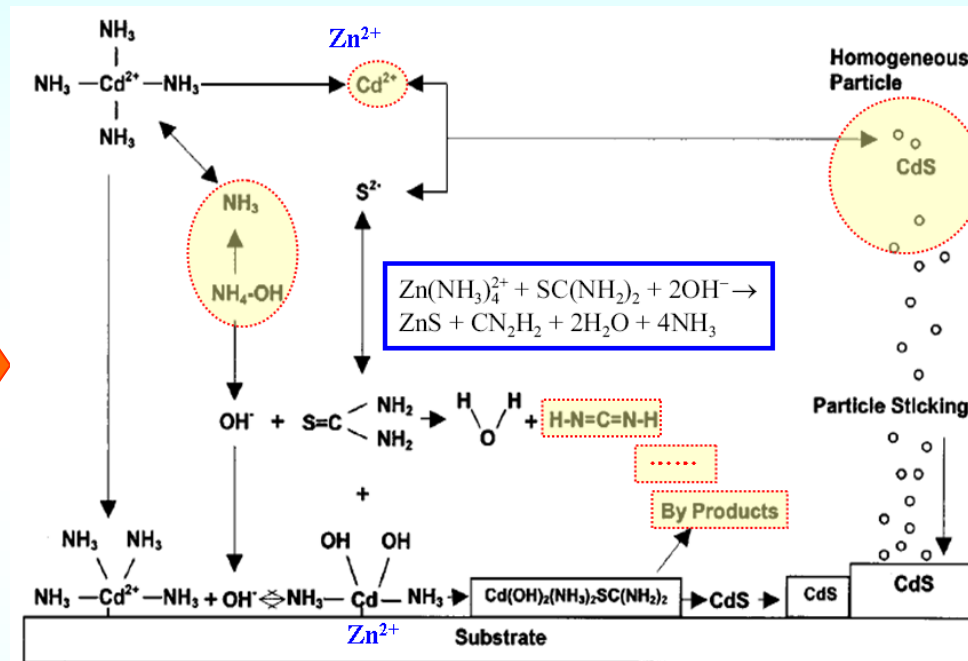


CIGS太陽能電池之CBD廢液特性

製程原料

$CdSO_4$, $SC(NH_2)_2$
 NH_4OH

Chemical Bath Deposition
CdS緩衝層



廢水組成

CdS
 Cd^{2+}
 $SC(NH_2)_2$
 NH_4OH
 $C(NH_2)_2$
.....



NH_3 : 100-5,000 mg/L
1MW產線 NH_3 排放量150 kg/day



CIGS廠氨氮廢水氣提案例

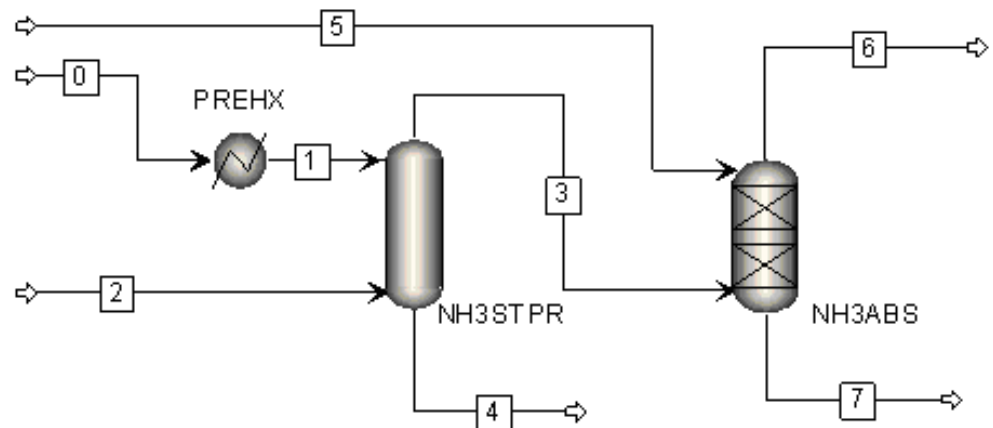
CIGS廠CBD製程廢水

廢水氨氮濃度10,000 mg/L(預熱至90 °C)

空氣為脫除流體

G/L=500，氨氮脫除率80%

塔徑75cm、六層塔件



CdS廢水[0]經”PREHX”預熱至90°C後[1]進入stripper ”NH₃STPR”，利用常溫乾空氣將[2]ammonia吹出；由stripper頂部排出之含ammonia空氣[3]，導入absorber “NH₃ABS”底部與來自塔頂的濃硫酸[5]進行反應吸收形成硫酸銨排出[7]



超重力氨水汽提回收測試結果

編號	回收氨水濃度	廢水氨濃度	蒸汽/廢水量	
測試一	B1	15.0%	0.87%	267 kg/ton
	B2	10.5%	0.51%	267 kg/ton
測試二	B1	18.8%	0.92%	232 kg/ton
	B2	10.7%	0.54%	268 kg/ton
測試三	B1	9.7%	0.47%	321 kg/ton
	B2	4.9%	0.24%	321 kg/ton

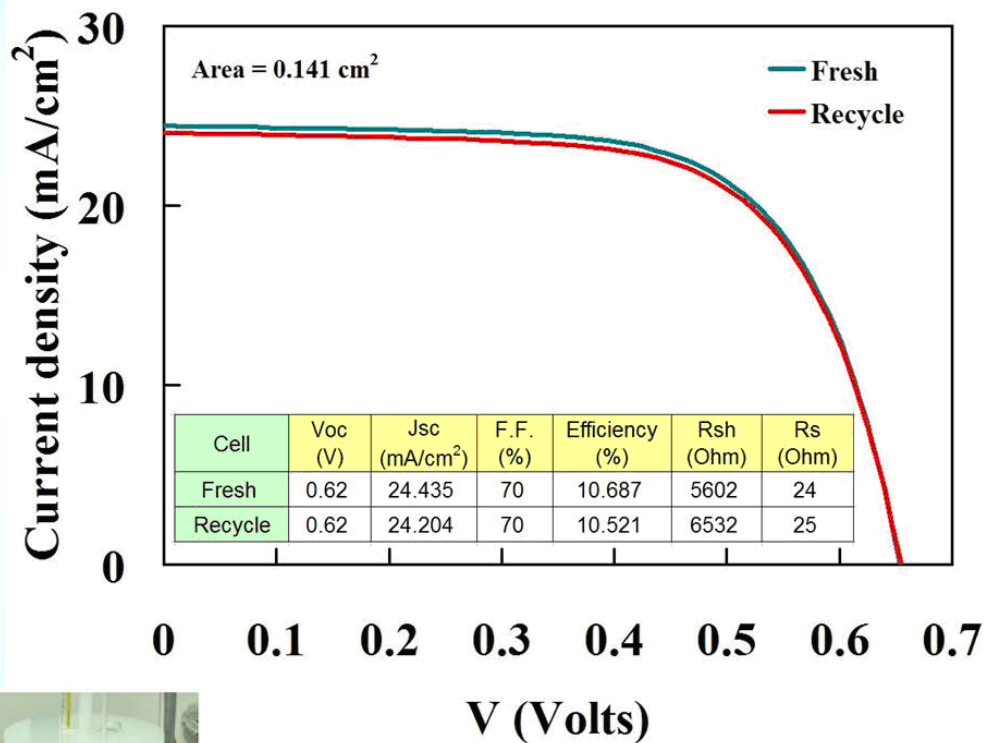


於旋轉填充床轉速**1,000 rpm**、廢水氨濃度**1.66 wt%**、每公噸廢水通入**267 - 321 kg**蒸汽條件下，第一次汽提所回收之氨水濃度**9.7 - 18.8 wt%**，約為原廢水氨濃度**5.8 - 11.3**倍，而廢水經二次汽提回收後，其氨水回收率均大於**80 %**。

CBD製程模擬廢液與超重力設備回收之氨水照片。後者於外觀上已顯著無前者所含黃橘色沉澱物；另分析回收氨水所含硫脲及總鎘濃度分別低於**1 mg/L**與**0.03 mg/L**。



回收氨水製程再利用測試

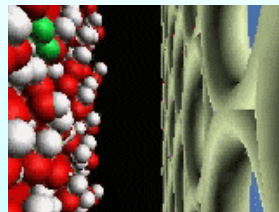
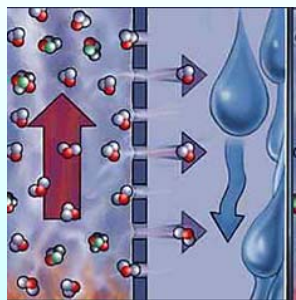


樣品編號	光電轉換效率, %	
	市售氨水	回收氨水
樣品一	9.208	9.000
樣品二	10.071	10.609
樣品三	9.764	9.733
樣品四	9.369	9.344
樣品五	9.900	10.075
樣品六	9.801	8.968
平均值, %	9.686	9.622
標準差, %	0.329	0.646



薄膜蒸餾(MD)技術

中空纖維膜 (PP、PVDF)



$\Delta T \Delta P$

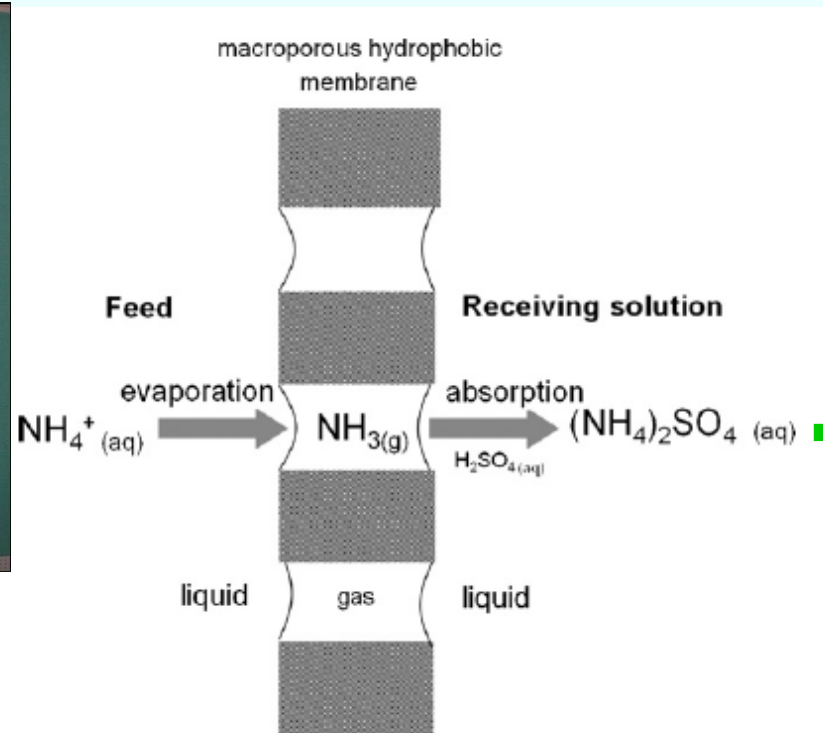
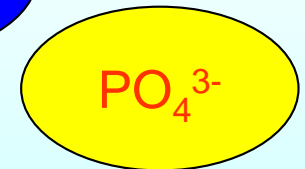
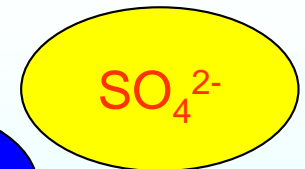
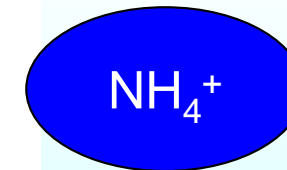
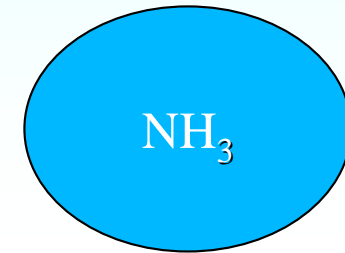


Fig. 1. Principle of the extraction process.

回收型態



<http://www.purity.se/company/technologies.html>

Source : Ammonia removal from wastewater streams through membrane contactors : Experimental and theoretical analysis of operation parameters and configuration Chemical Engineering Journal 160 (2010) 530–537

MD回收產品

硫酸銨

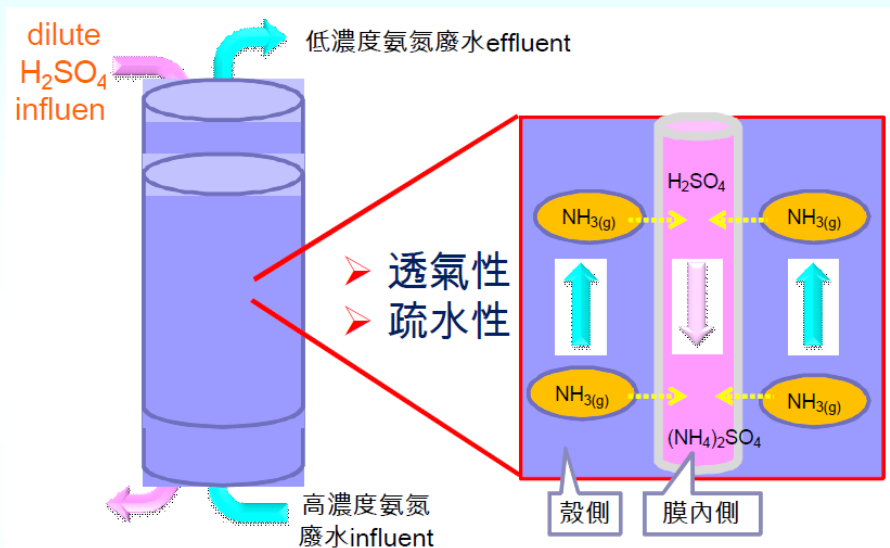


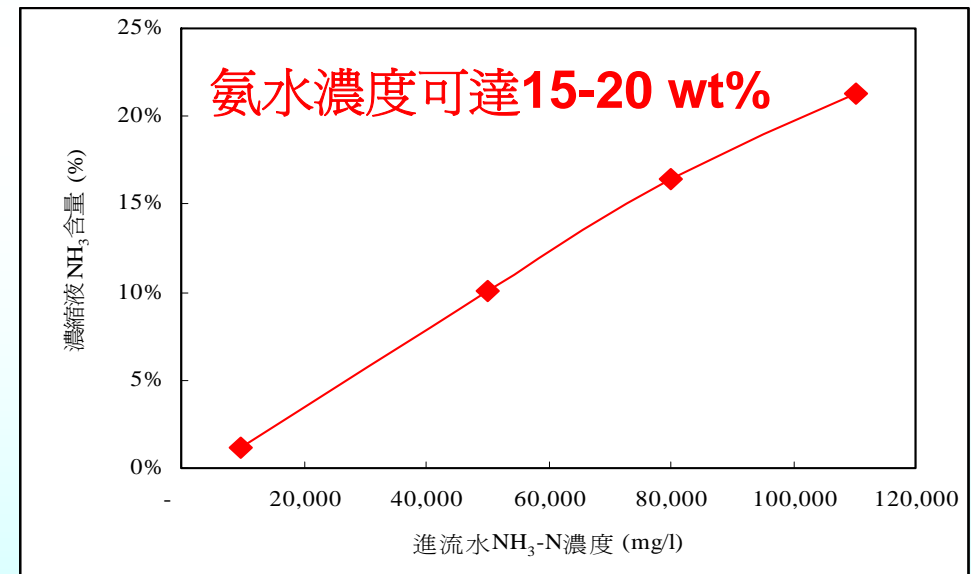
圖 2 中空纖維透氣膜中氨氮質傳與反應機制簡圖

- 適當條件下，氨氮脫除率可達**98%**以上。
- 濃側硫酸銨濃度可達**20-30wt%**。

中空纖維透氣膜於廢水中氨氮去除之應用，楊東昱等，2012清潔生產暨環保技術研討會

氨水

進料pH：11-12
溫差操作



不同進料NH₃-N濃度與濃縮液平衡濃度之關係



化學沉澱法

- 本法乃於含氨氮廢水中添加 Mg^{2+} 和 PO_4^{3-} (EPA-99-G104-02-215)，藉以形成低溶解度之硫酸銨鎂複合鹽類 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ (Magnesium ammonium phosphate, MAP)沉澱，此化合物溶解度積為 2.5×10^{-13} ，反應式如下所示。



- 影響本法處理效果的因素主要有**pH值**、**藥劑比例**、**氨氮濃度**等，通常最適pH值為9 ~ 11(黃俊,2002)，於此pH值條件下， $n(Mg^{2+}) : n(PO_4^{3-}) : (NH_4^+) = 1 : 1 : 1$ ， $n(H_3PO_4) : n(MgO) > 1.5 : 1$ 時，對廢水中氨氮去除率達99%(王莉萍,2009)。



流體化床結晶

- 添加磷酸、鎂，以形成磷酸銨鎂結晶
- 需維持磷酸、銨、鎂適當比例，因此需較嚴格之控制。
- 產生含水率低之晶體，且易資源化

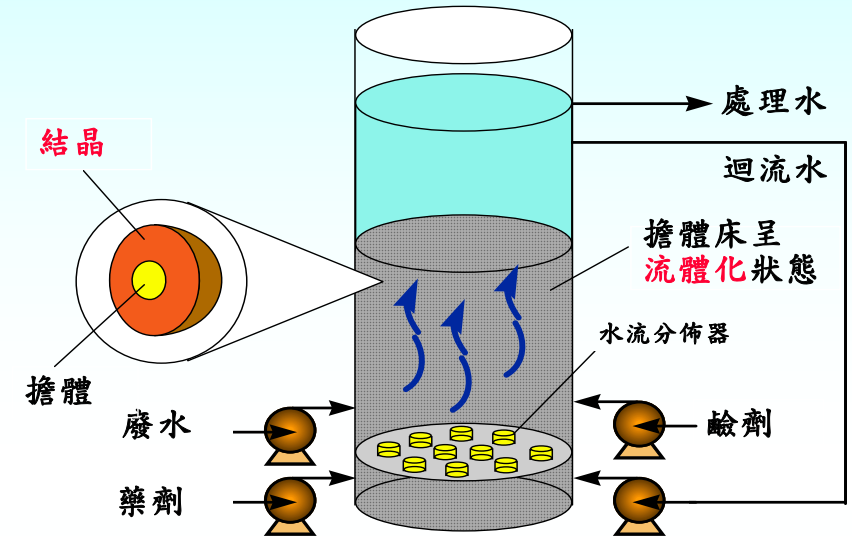
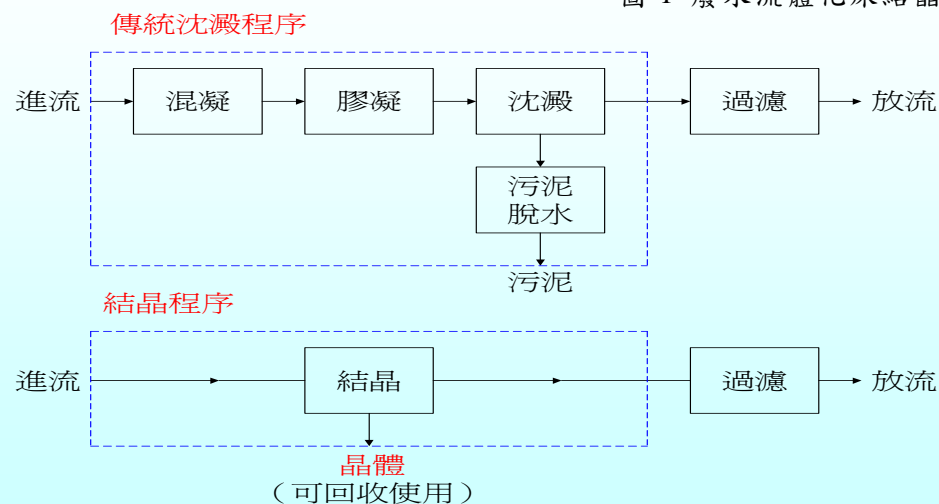
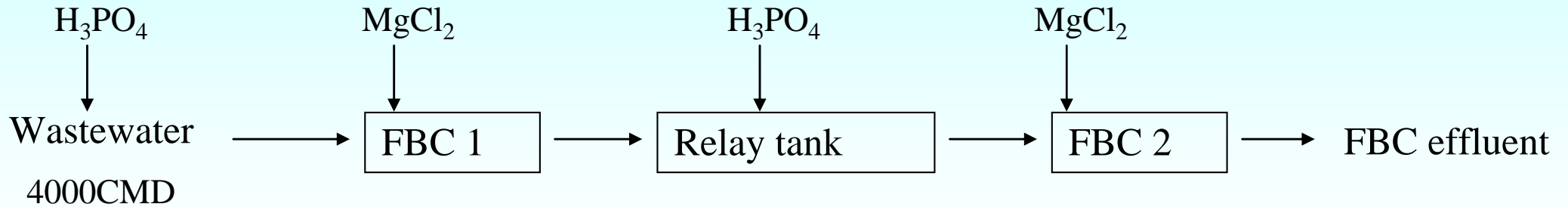


圖 1 廢水流體化床結晶處理裝置示意圖





某光電廠磷酸銨鎂結晶運轉測試



Chemical usage of two-stage FBC process to remove $\text{NH}_4^+\text{-N}$

Run NO.	First stage	Second stage
	$\text{NH}_4\text{-N} : \text{PO}_4 : \text{Mg}$ (mol ratio)	$\text{NH}_4\text{-N} : \text{PO}_4 : \text{Mg}$ (mol ratio)
1 & 2	1.0 : 0.9 : 0.9	1.0 : 0.6 : 0.6
12&13	1.0 : 0.4 : 0.5	1.0 : 0.4 : 0.3
14&15	1.0 : 0.7 : 0.6	1.0 : 0.4 : 0.4

Experimental results of two-stage FBC process to remove $\text{NH}_4^+\text{-N}$

NO.	Wastewater		chemical		FBC1 effluent				chemical		FBC2 effluent				$\text{NH}_4^+\text{-N}$ Removal efficiency%
	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/L	SS mg/L	PO_4^{3-} mg/L	Mg mg/L	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/L	PO_4^{3-} mg/L	Mg^{2+} mg/L	SS Mg/L	PO_4^{3-} mg/L	Mg mg/L	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/L	PO_4^{3-} mg/L	Mg^{2+} mg/L	SS mg/L	
1 & 2	170	3	980	5,100	47	32	16	155	700	3,400	31	ND	160	98	82
12&13	313	-	772	5,100	168	ND	72	233	902	3,400	85	ND	70	222	73
14&15	502	-	2,450	9,500	198	ND	49	125	1,260	6,400	69	ND	90	375	86



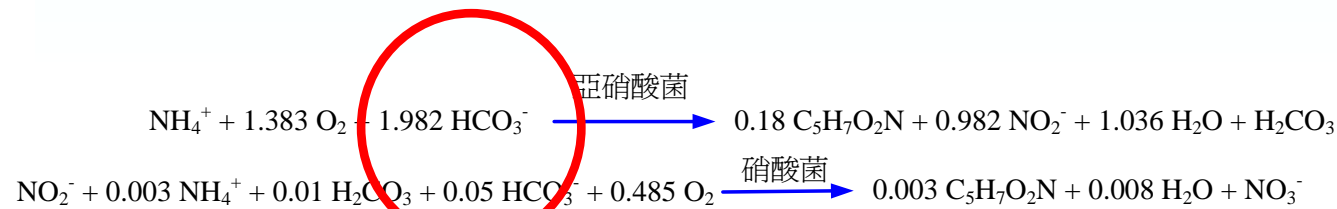
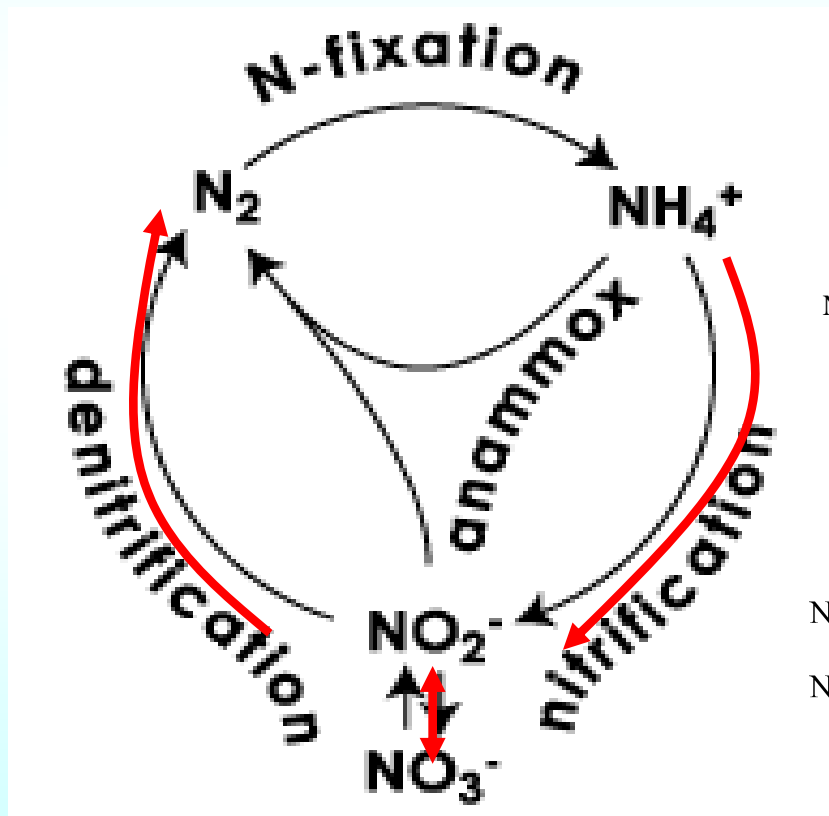
生物硝化脫硝

自然界氮的循環

● 化學自營性微生物(Chemoautotrophs)

--- 能量來源：無機物(NH₄⁺)氧化

--- 碳源：無機碳(CO₂)



失去鹼度



獲得鹼度

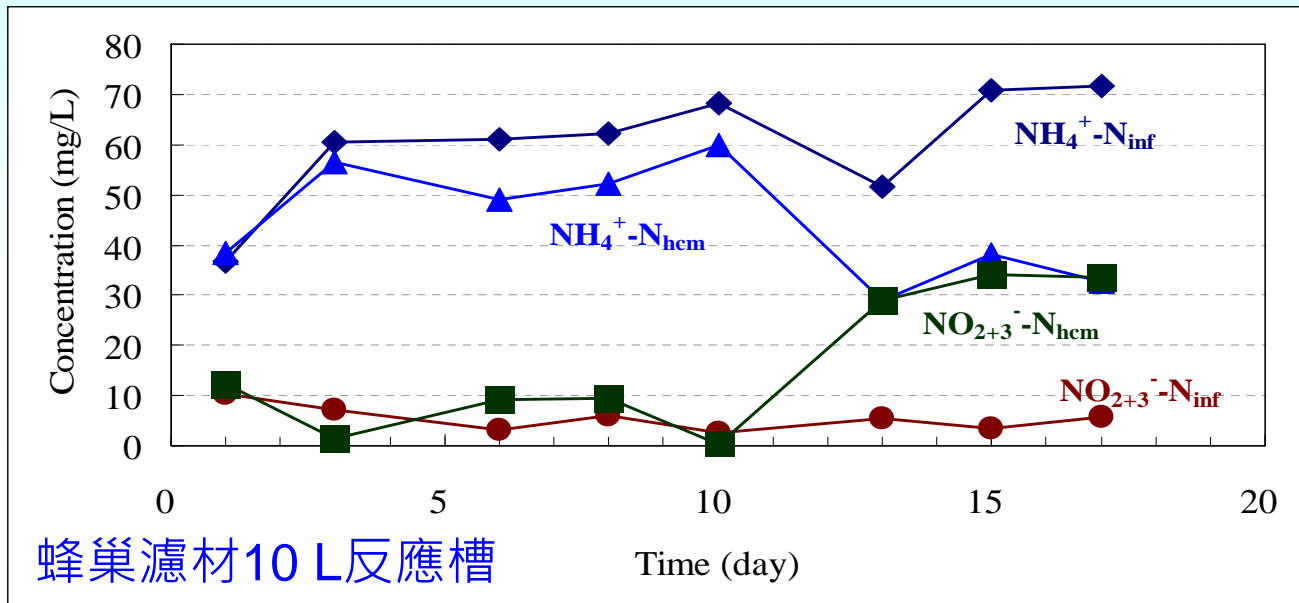


生物硝化脫硝條件

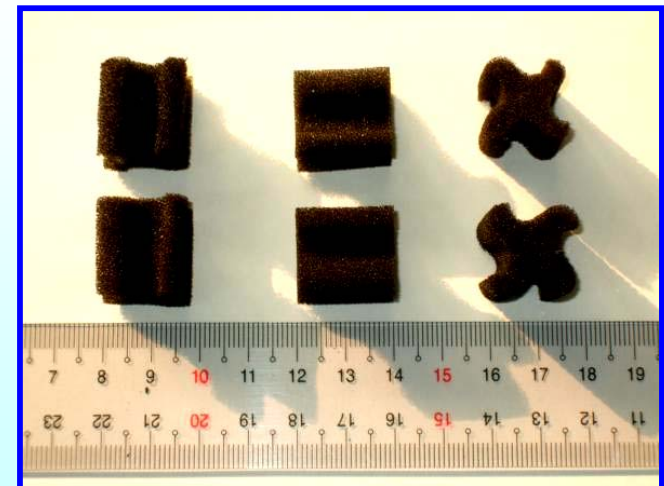
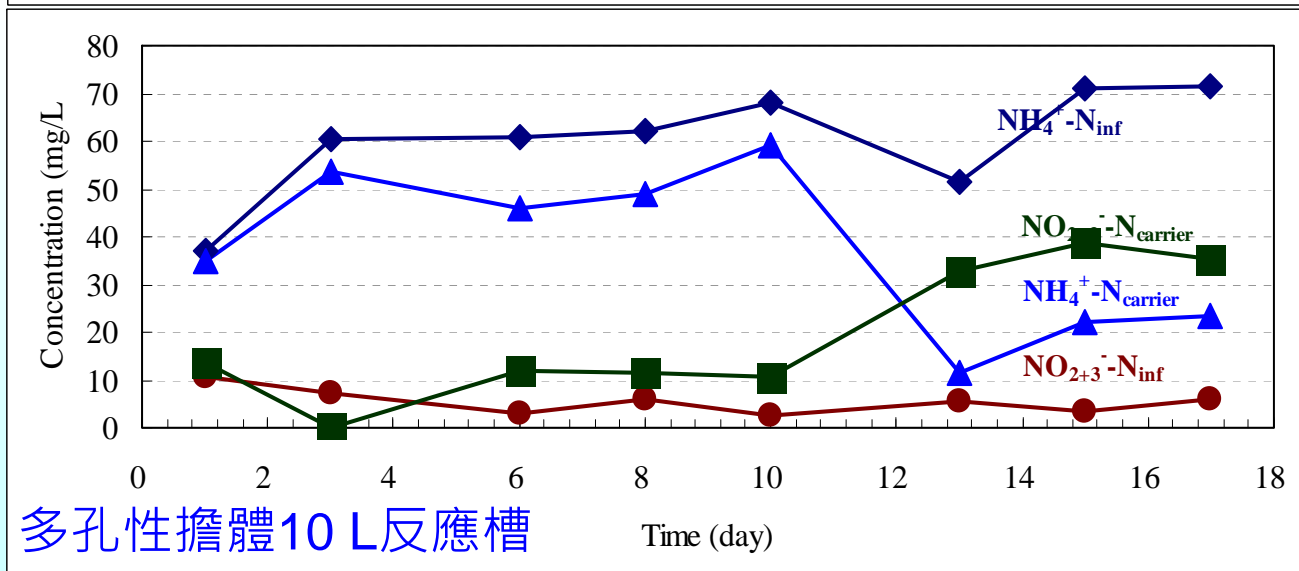
	硝化	脫硝
碳源	COD/NH ₄ ⁺ 比值愈低愈適合硝化菌生長	2.86 g-BOD ₅ / g-NO ₃ ⁻ N , COD/NH ₄ ⁺ > 5為佳
溫度	<5 °C 停止硝化作用，20 ~ 35 °C 為佳	異營菌條件
pH值	7-8	異營菌條件
溶氧	DO > 2 mg/L，不可< 1 mg/L	DO<0.5 mg/L



硝化程序案例



蜂巢式濾材

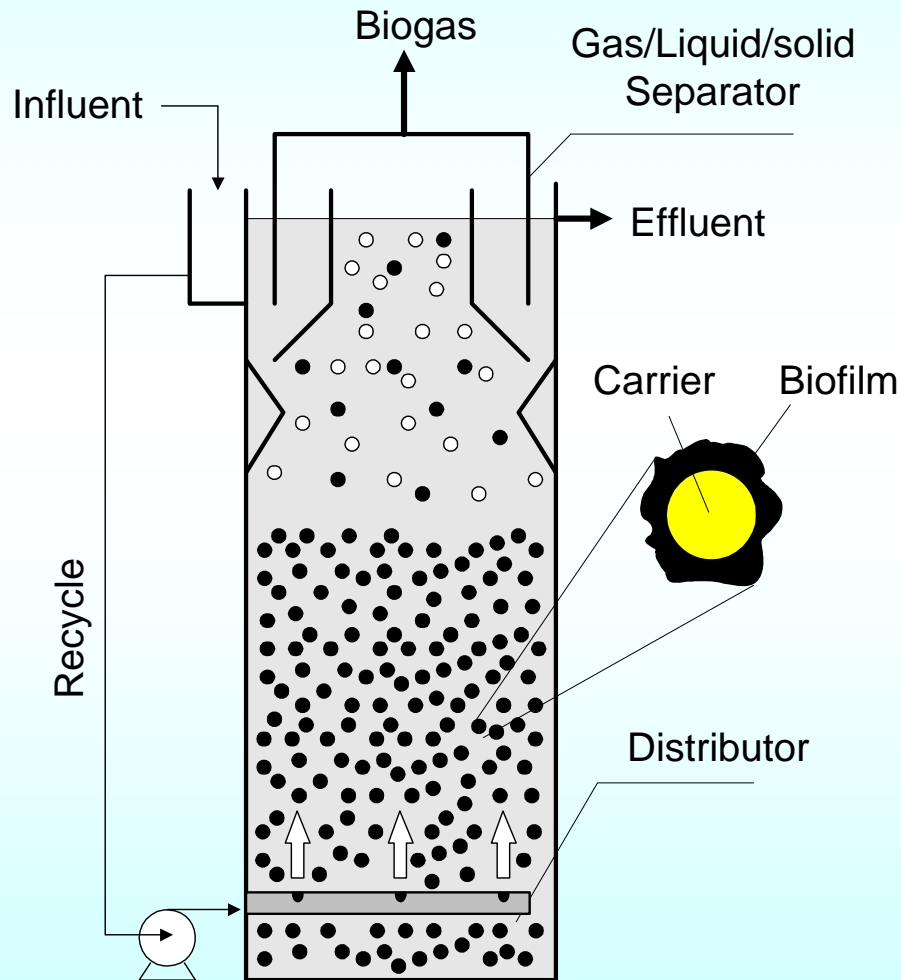


多孔性擔體



脫硝程序案例

厭氧流體化床



體積負荷高，佔地空間小

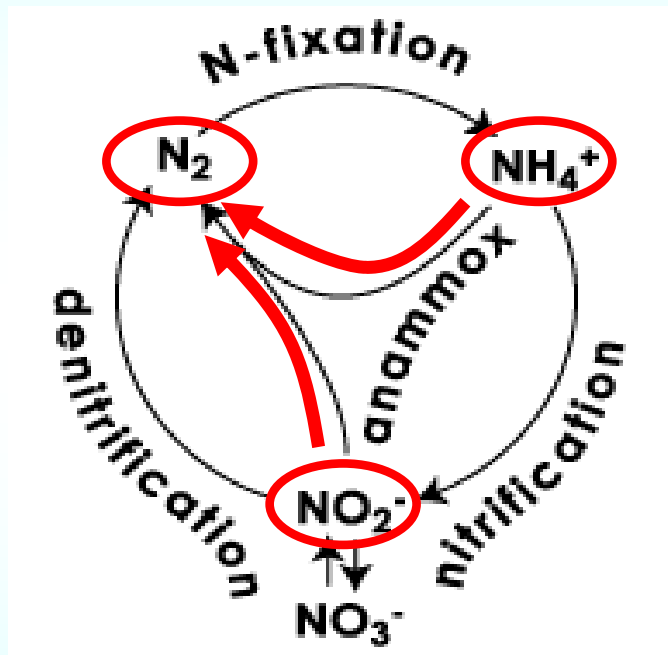
某LED廠	水量 (m ³ /day)	T-N (mg/l)	COD (mg/l)
製程含氨水 洗廢水	800	~500	<100

先以多孔性擔體(喜氣生物)將氨氮轉為硝酸氮後，再以厭氧流體化床(缺氧)將硝酸氮轉成氮氣去除。脫硝除率大於90%。





厭氧氨氧化Anammox



自營性微生物

氧氣會抑制厭氧氨氧化微生物生長，生長條件

為無氧/厭氧

Doubling time約11-14天

• 優點

- 節省操作成本，減低能源消耗
- 不需添加碳源，符合高科技廠廢水特性
- 符合高科技廠廢水特性

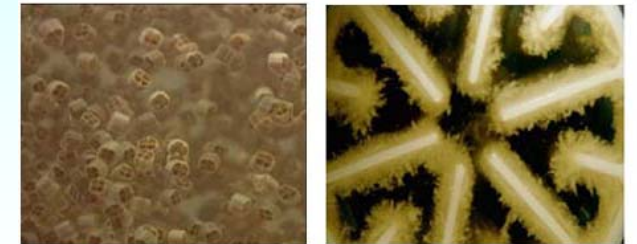
• 缺點

- 自營菌，生長緩慢。如何保留有效污泥為工程化重要目標
- 絕對厭氧（氧氣有抑制性）需要去除氧氣
- 需要亞硝酸氮共同參與反應

Anammox關鍵問題

- 微生物生長緩慢

- 有效植種為加速系統成功之關鍵
- 如何保留anammox微生物為系統長期操作指標

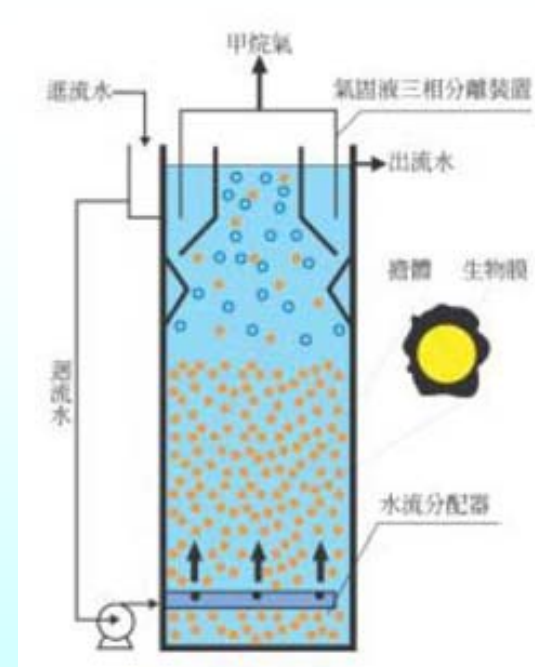


shenlan-hb.com

- 可運用技術

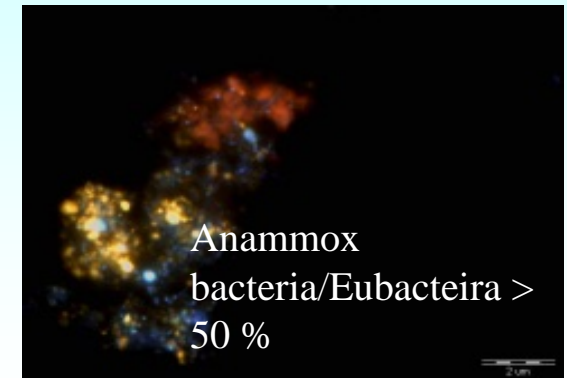
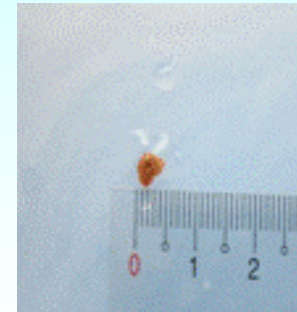
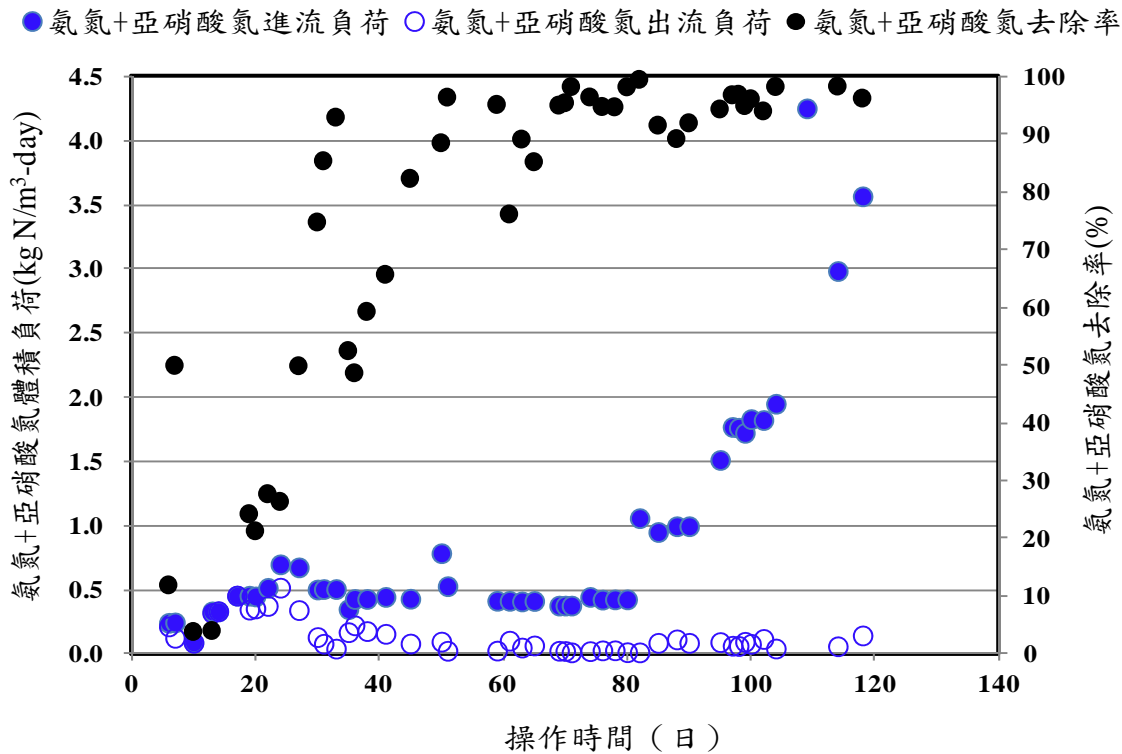
- 流體化床 (PAQUES, ITRI)
- 擔體：MBBR (Anita™ Mox) 、Sponge(ITRI)
- Single Sludge SBR (DEMON)

1. 2-stage: 負荷 $3.0 \text{ kg-N/m}^3\text{-day}$ ， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ R.E. >90%
2. 1-stage: 負荷 $1.0\text{-}1.5\text{kg-N/m}^3\text{-day}$ ， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ R.E.>90%



wateronline.com

Anammox操作策略



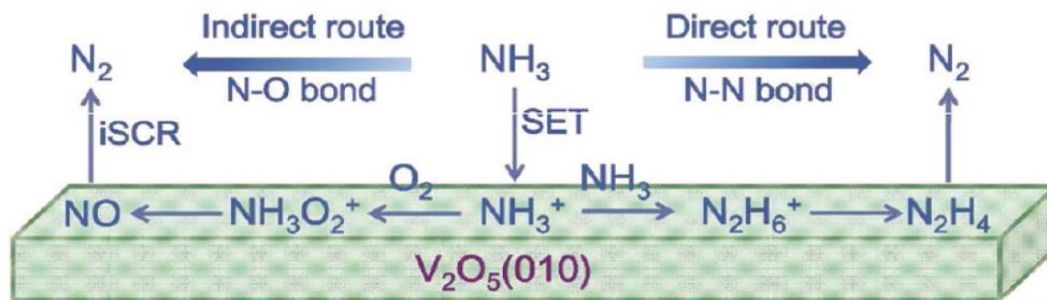
利用**分子生物技術**，可有效篩選植種菌源與快速監控系統中厭氧氨氧化菌數量，達到縮短啓動時間(>6個月→3個月)與提高反應器負荷功效。

Total Nitrogen removal rate > 90 %
Nitrogen loading > 3.0 kgN/day-m³
Anammox bacteria/Eubacteria > 50 %



觸媒燃燒法

Two competitive routes for selective catalytic reduction of NH₃



氨氧化催化反應

高含氧

低含氧

偏向進行SCR反應

偏向進行SCO反應

產生 N_2O 及 NO 副產物

直接生成 N_2

J. Phys. Chem. C **2011**, *115*, 21218–21229

SCO (Selective catalytic oxidation)

氨直接氧化成氮氣



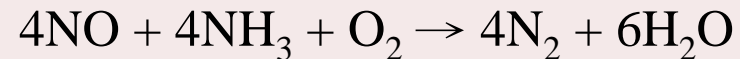
Catalysts: Co_3O_4 , MnO_2 , CuO , Fe_2O_3 , V_2O_5 ,

MoO_3 , WO_3

SCR (Selective catalytic reduction)

氨先氧化成一氧化氮

一氧化氮再與氨進行氧化還原成氮氣

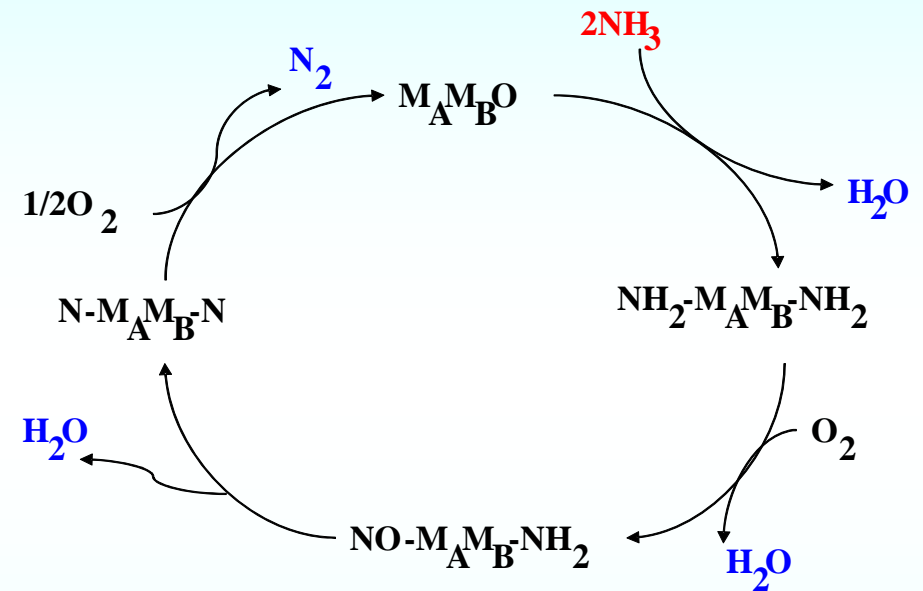


Catalysts: Pd, Rh, Pt, RuO_2

SCO 去除NH₃ 技術說明

ITRI目前SCO技術特點 (GEL-NANO-1)

- 低溫高去除效率：
 - 99% @ 300°C
 - 95% @ 280 °C
- 高選擇性: NO_x 產生率 < 1%
- 可同時去除H₂
- GHSV : 10,000 h⁻¹(每1 CMM氣流僅需7 L 觸媒床)
- 已經過實廠連續測試



技術聯絡人: 顏紹儀 經理
Tel: 03-5917805
E-mail: SYyen@itri.org.tw



大綱

1.含氮廢水之減量技術介紹

2.含磷廢水之減量技術介紹



水中磷鹽去除技術

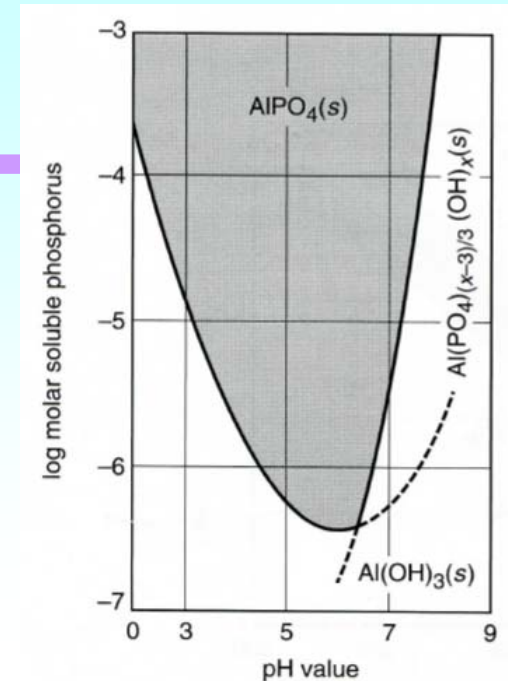
技術	目標	廢水應用	污泥型式	磷的型式	優點	缺點
化學沉降	除磷	一、二、三級處理	化學污泥	主要為化學鍵結之金屬磷酸鹽	易建置、操作，磷的去除量高	需要藥劑，產生大量污泥
生物除磷	除磷，亦可能包含總氮去除	二級處理	生物污泥	以 Poly-P 蓄積於生物體內	不需藥劑，同時去除氮磷	系統複雜，污泥處理不易
結晶	除磷及磷回收	三級處理	磷酸鈣、砂	磷酸鈣(40 ~ 50%)	可改良、磷可回收	需要藥劑和操作技術
離子交換	製造肥料	三級處理	$MgNH_4PO_4$	磷酸鹽泥漿	高除磷效果	複雜技術、需要藥劑、廢液洗出
逆滲透	濃縮	三級處理	無	磷酸鹽	操作簡便	易結垢
吸附	除磷	發展中	未知	磷酸鈣	具回收磷之潛力	未成熟之技術
三級過濾	增進放流水質	三級處理	化學污泥	難溶性磷酸鹽	已成熟技術、易改進及操作	不可回收磷

資料來源：EPA-94-G103-02-202

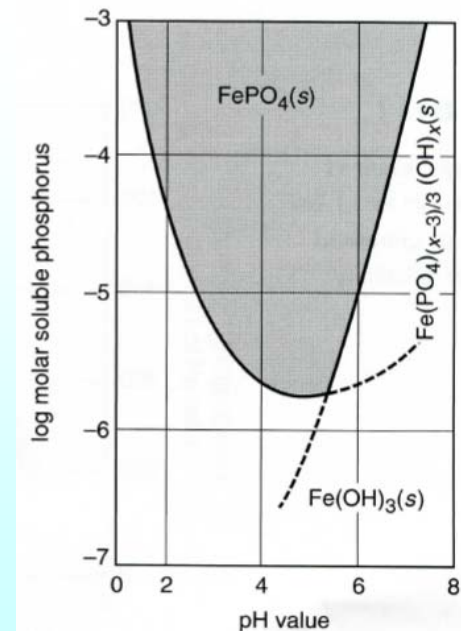
化學除磷

主要機制	特性
$\text{Al}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{AlPO}_4 \downarrow$, pH 6 ~ 7 $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4 \downarrow$, pH 5 ~ 5.5	<p>Al^{3+}與Fe^{3+}離子與OH^-反應形成$\text{Me}(\text{OH})_3$沈澱，加藥量一般需為理論加藥量1.5倍。</p> <p>常用鋁離子藥劑有硫酸鋁、多元氯化鋁</p> <p>常用鐵離子藥劑有硫酸亞鐵、氯化鐵</p>
Calcium phosphate 、 Apatite etc. $\text{pH} \geq 8.5$ $10\text{Ca}^{2+} + 6\text{PO}_4^{3-} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	<p>廢水中鹼度、pH值等均會影響除磷所需之Ca^{2+}離子添加量，需以實驗數據決定最佳加藥量。</p>

METCALF & EDDY, Wastewater engineering, 4th edition



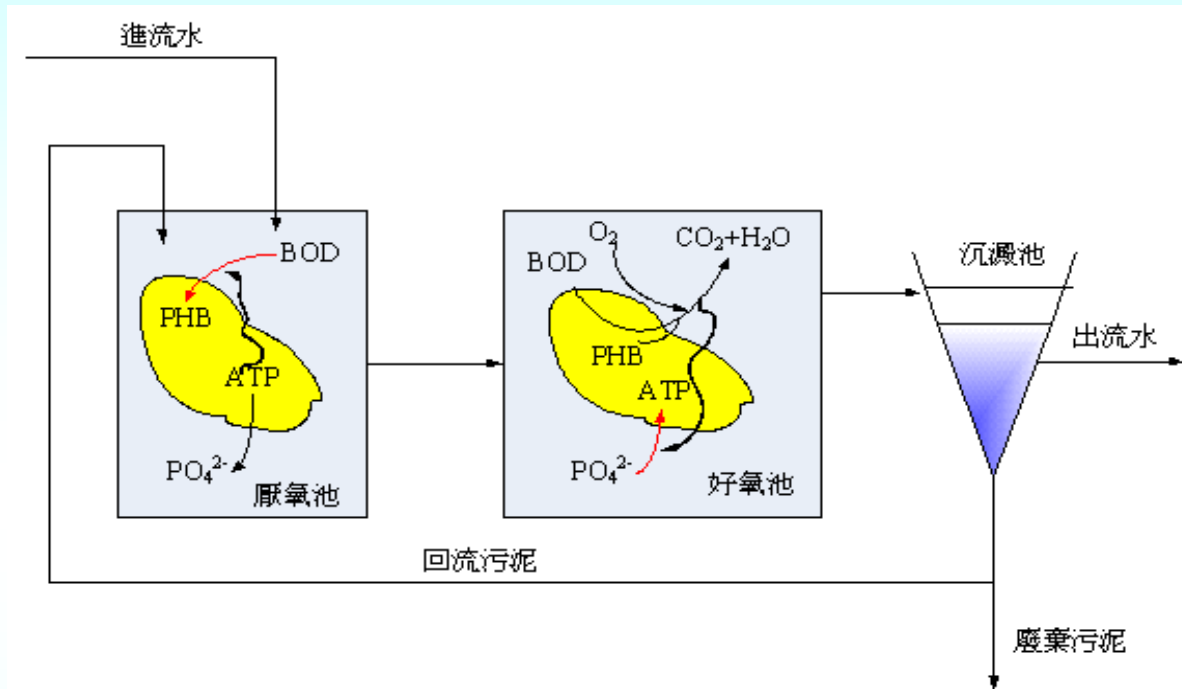
(a)



(b)



生物除磷



- 蓄磷微生物於厭氧環境釋磷，並於好氧環境超量攝磷，藉由移除污泥去除廢水所含之磷。
- 主要應用於生活污水除磷。

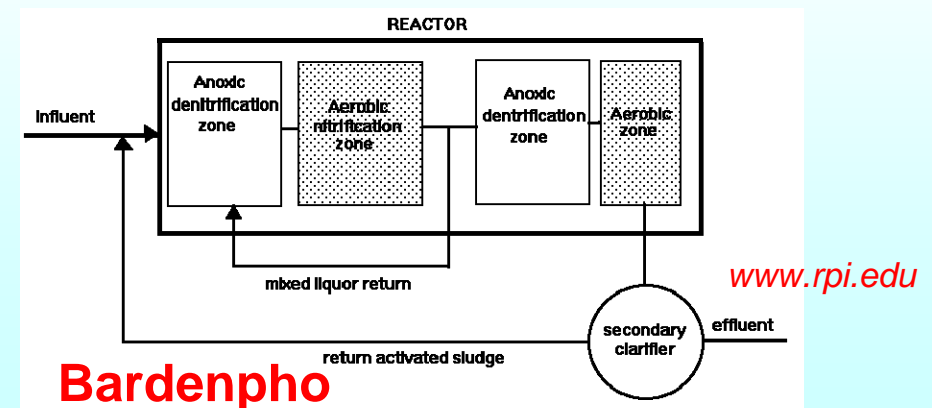
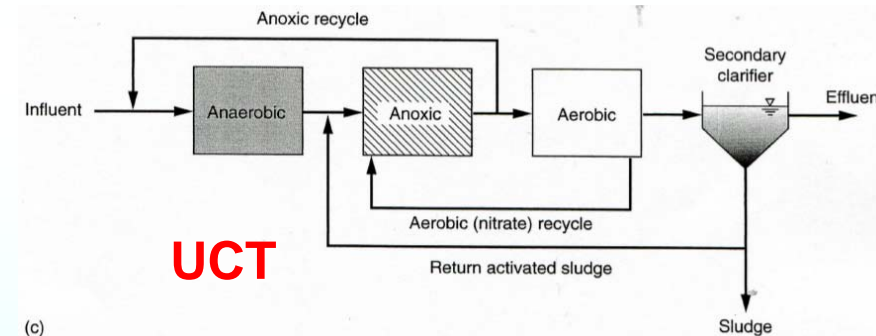
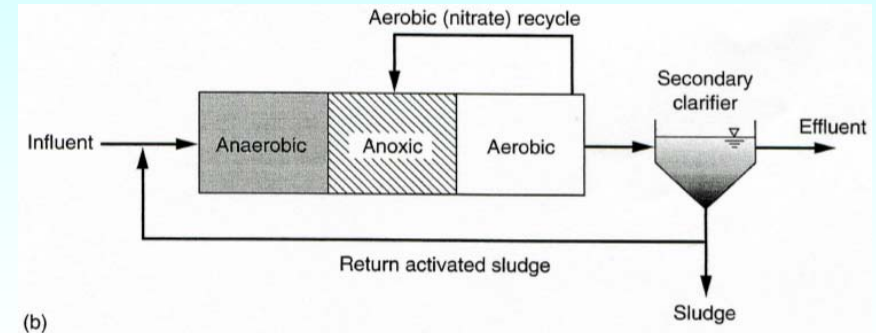
環境條件	反應	功能	機制
厭氧	釋磷	1.發酵 2.吸收揮發酸/釋磷	1.發酵菌將COD轉化為揮發酸 2.磷蓄積菌代謝細胞內之聚磷酸鹽，獲得能量以攝取揮發酸並轉化成PHB
好氧	攝磷	1.攝取磷 2.新細胞生成	1.磷蓄積菌氧化PHB並攝取水中之正磷酸鹽，以聚磷酸鹽型式貯存 2.磷蓄積菌增殖，形成新細胞

李曉芬,莊順興，
朝陽科大碩士論文，民國97年。

生物除磷操作條件

pH值	6.0-7.5
溶氧	厭氧段<0.2 mg/L，好氧段2 mg/L。
硝酸與亞硝酸鹽	對系統操作有影響。 1 gNO ₃ -N消耗5 g COD
污泥齡, day	Phoredox, VIP <8 A2O, UCT 7-15 Bardenpho 15-25
COD/P ratio, g/g	Phoredox, VIP 26-34 A2O, UCT 34-43 Bardenpho >43

METCALF & EDDY, Wastewater engineering, 4th edition





高科技業除磷成本分析

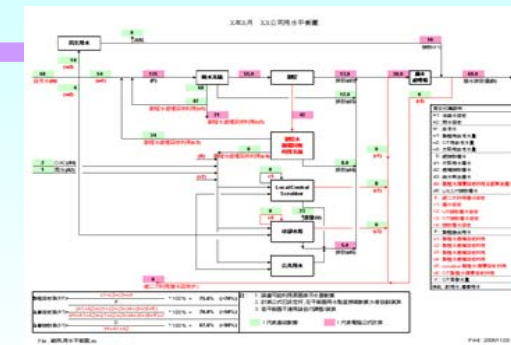
廢水特性：正磷酸鹽濃度30 mg/L，水量10,000 CMD
處理至放流水正磷酸鹽濃度10 mg/L，污泥含水率75%

項目	生物除磷技術	化學除磷技術
優點	放流水導電度增加較少	操作簡易、可靠度高
缺點	穩定性與操作彈性較低 污泥處理過程可能有磷釋出	污泥處理費高
污泥量	以醋酸為碳源2,500 kg/day 以葡萄糖為碳源2,500 kg/day 較化學除磷為低	硫酸鋁6,400 kg/day PAC 13,200 kg/day 硫酸亞鐵11,200 kg/day 氯化鐵11,600 kg/day
操作成本	以醋酸為碳源183,934元/day 以葡萄糖為碳源36,574元/day	鹼劑114,352元/day 硫酸鋁63,161元/day PAC 77,845元/day 硫酸亞鐵51,782元/day 氯化鐵71,889元/day

李曉芬,莊順興，
朝陽科大碩士論文，
民國97年。

磷減量案例介紹

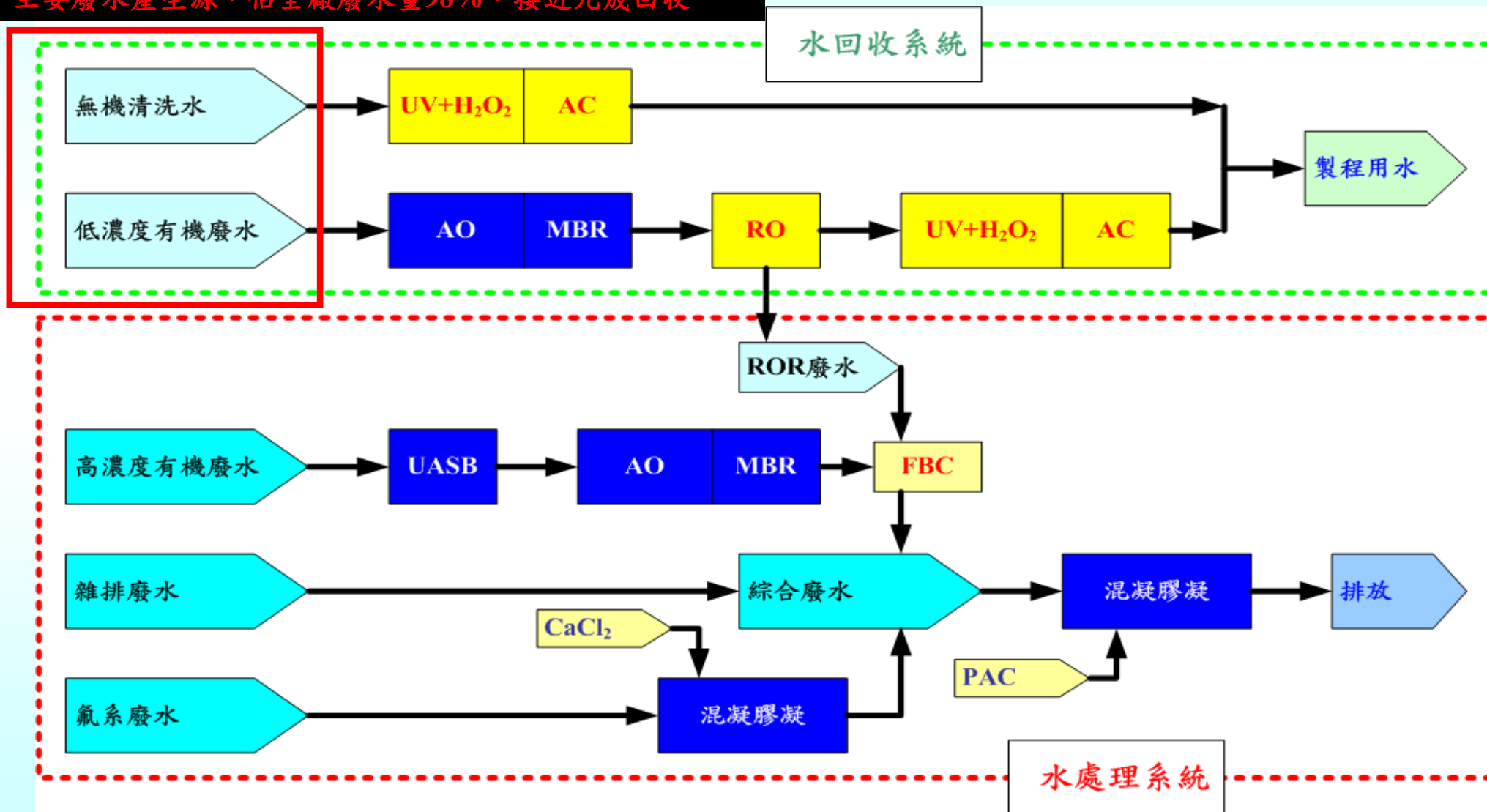
- 為新世代(≥ 6 代) TFT-LCD製造工廠
- 環評承諾事項
 - 製程水回收率 $>75\%$ 、全廠水回收率 $>85\%$ 。
 - 現況，製程水回收率 $>80\%$ ，全廠水回收率 $>88\%$ 。為96年度節水績優廠。
- 水處理系統規劃重點
 - 高水回收率、資源化。
 - 以有機、無機、氟系區分廢水源，分別設置適合單元進行回收或處理。





水處理流程

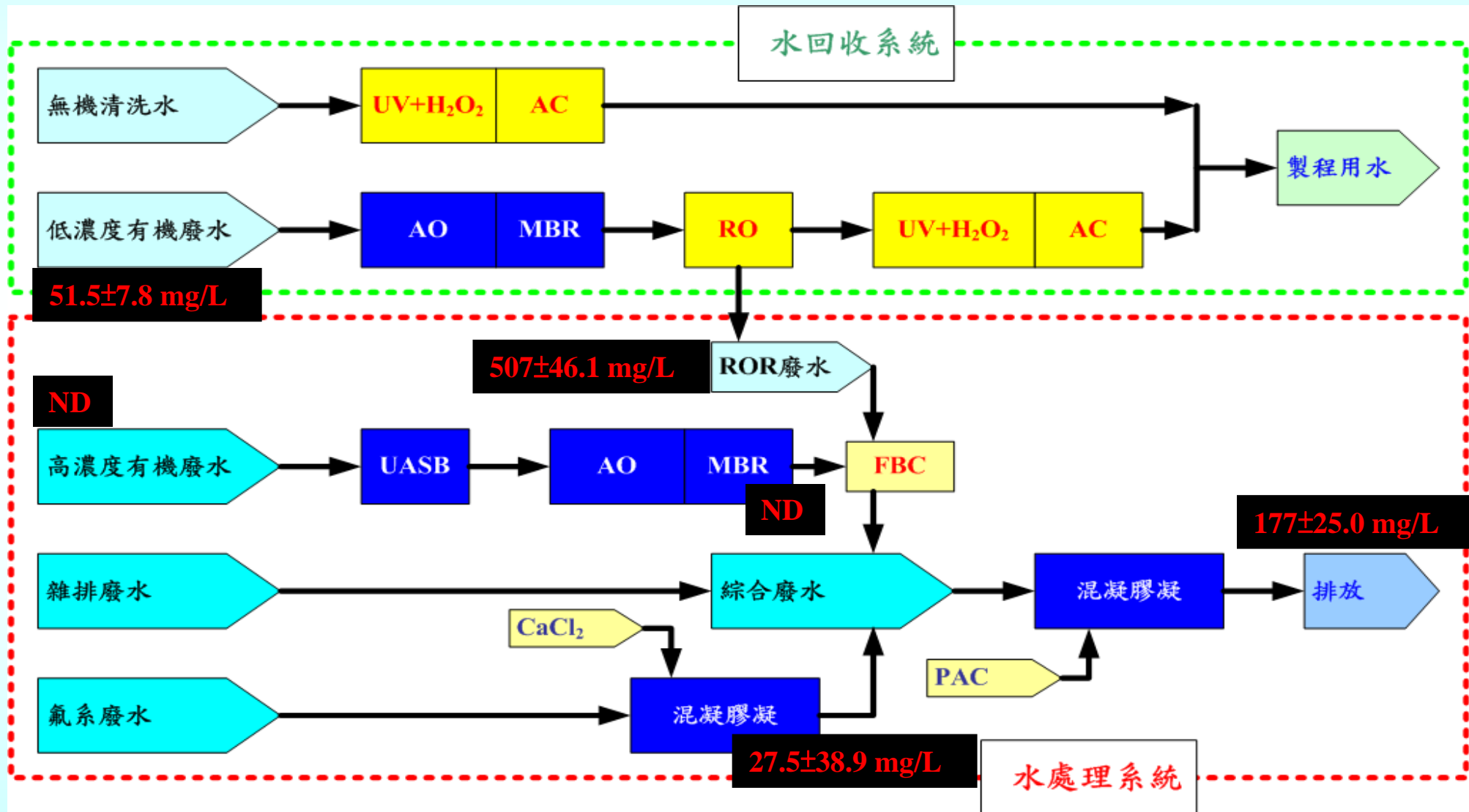
主要廢水產生源，佔全廠廢水量98%，接近九成回收





磷流佈分析

TP濃度



「ROR廢水」之含磷量佔全廠廢水總含磷量9成以上



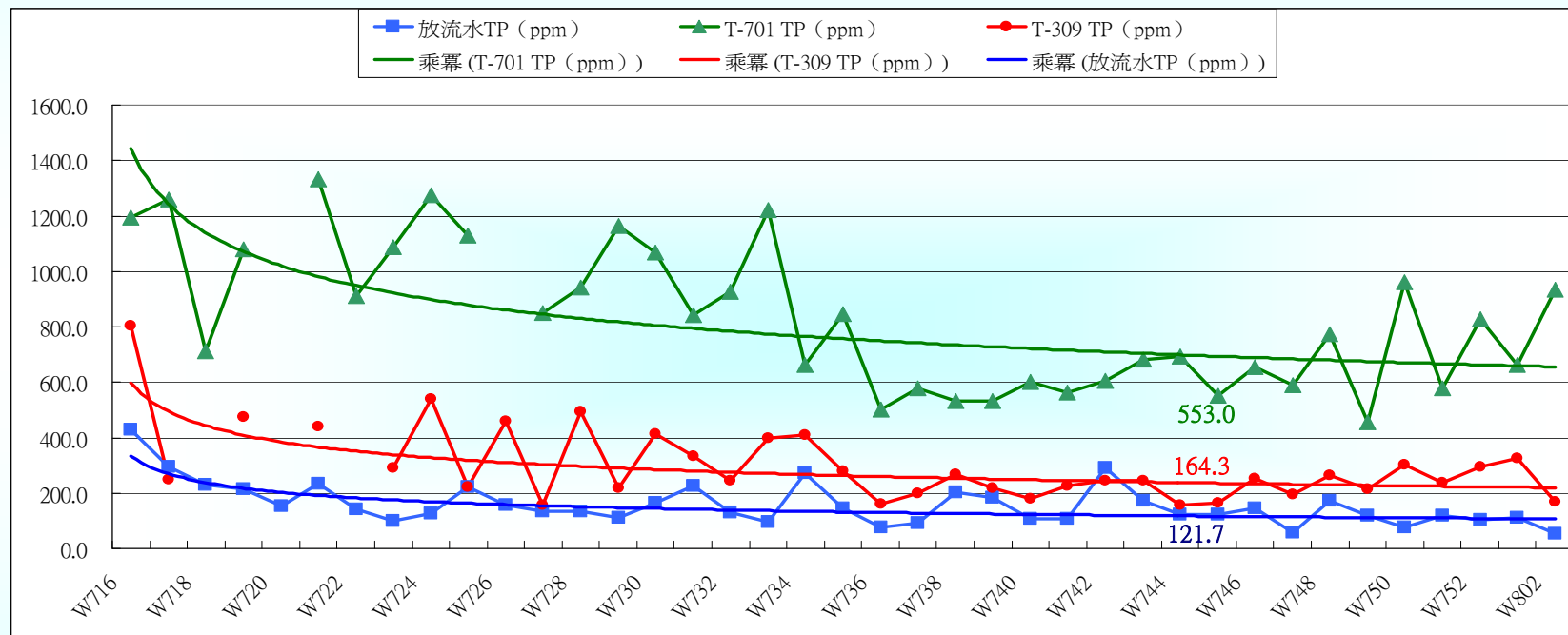
既有系統磷處理能力 分析

含磷廢水類別 /處理單元	廢水除磷現況	備註
低濃度有機廢水 /AO+MBR生物處理程序	幾無效率	無厭氧生物段，無法誘發磷蓄積菌產生 釋攝磷機制。
ROR廢水/FBC	無	設計功能為廢水除氨，因現階段廢水氨 濃度低於結晶範圍，目前無法運轉。
綜合廢水/混凝沉澱	幾無效率	本單元以去除SS為目的，僅添加少量 PAC藥劑。



放流水總磷排放減量策略-1

製程原物料減量



- 藉由製程減量，放流水磷濃度自96年1月之300 mg/L，降至97年2月之130 mg/L以下。



放流水總磷排放減量策略-2

- 考量案例廠為既設廠，土地利用空間受限，且須符合高水回率之條件下－製程水回收率>75 %、全廠水回收率>85 %。進行廢水廠含磷廢水處理能力提升分析，並就分析結果進行相關測試驗證。



含磷廢水特性整理

廢水類別	水量 CMD	有機污染物	無機污染物	現有處理 程序
ROR廢水	2,200	COD平均濃度約 40 mg/L	PO ₄ ³⁻ -P平均濃度約270 mg/L	無
綜合廢水	5,000	COD平均濃度約 55 mg/L	PO ₄ ³⁻ -P平均濃度約130 mg/L，其濃度變化受ROR廢 水除磷狀況而改變。 氟平均濃度約15 mg/L	添加PAC 進行混凝 膠凝處理

含磷廢水之PO₄³⁻-P濃度高，適合採用「[化學除磷](#)」一級處理技術。(EPA-94-G103-02-202)

含磷廢水之COD濃度低，「[生物除磷](#)」需外加碳源，且現階段受限建築法令，無空間可新設水處理單元。

ROR廢水PO₄³⁻-P濃度高、雜質含量低，適合以「[結晶除磷](#)」回收水中磷鹽。



可行方案評估-化學除磷

FBC設備除磷能力測試

Ca/P	PO ₄ ³⁻ 結晶率	PO ₄ ³⁻ 去除率
0.8 ~ 1.21	60 ~ 69 %	60 ~ 72 %
1.64 ~ 2.27	26 ~ 87 %	64 ~ 87 %

廢水源：ROR廢水+高濃度有機出水

pH控制：6.9 ~ 7.5

高Ca/P比易增加沉澱物產生量，易使系統管路堵塞。建議長期操作之Ca/P為1.6，預估平均PO₄³⁻-P去除率約可達70%。

混凝膠凝設備除磷能力測試

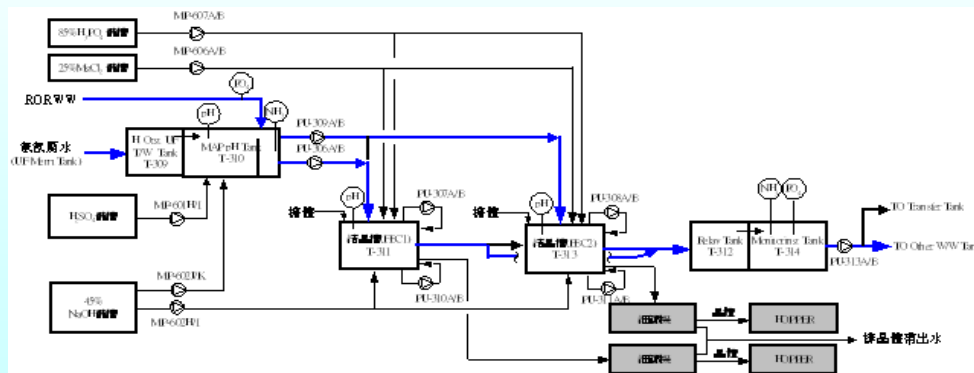
廢水源：綜合廢水

設備最大加藥條件：Al/P=0.9

pH控制：6.5 ~ 7.0

PO₄³⁻-P去除率42%

當設備於最大運轉量七成狀態下操作，估計此時Al/P莫耳比可達0.6，預估「混凝膠凝單元」平均PO₄³⁻-P去除率可達20%。





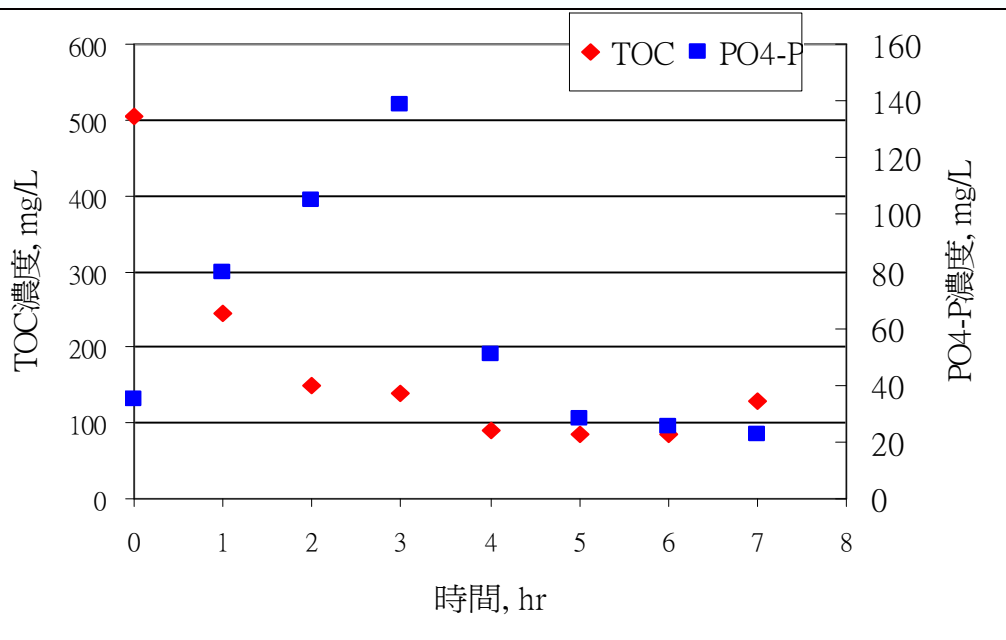
可行方案評估-生物除磷1

- 典型光電業廢水不會抑制PAO菌群之釋磷。(莊,2007)
- 既有AO+MBR系統以水回收為主要目的。
- **COD濃度200 ~ 300 mg/L、TP濃度30 mg/L**左右之水質特性，不利於生物脫氮除磷系統運轉，需外加碳源，而選擇廠內適用碳源為生物除磷程序之關鍵。

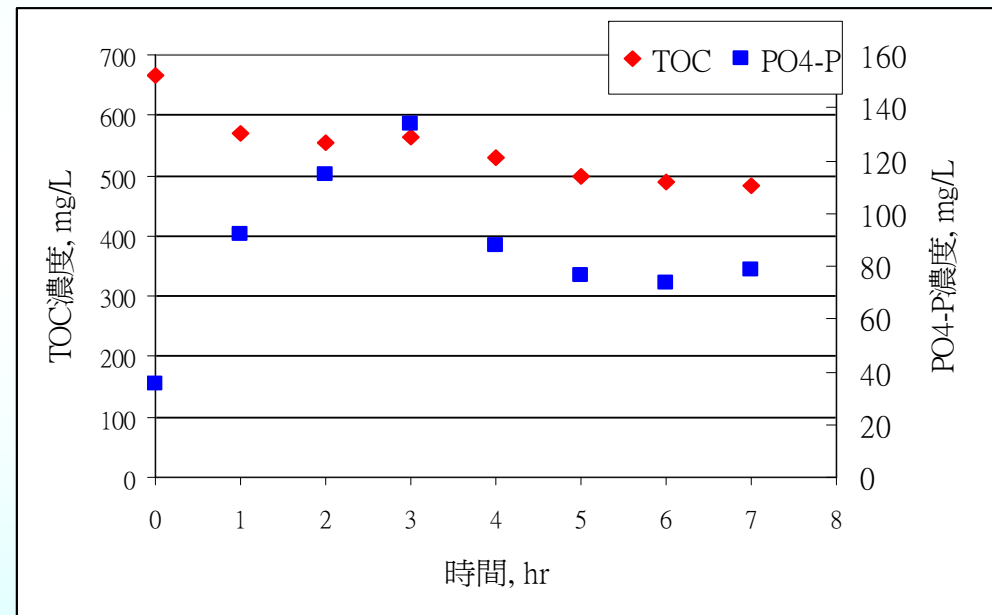


可行方案評估-生物除磷2

TMAH為碳源之厭氧釋攝磷批次測試



葡萄糖為基質



TMAH為基質



改善方案成本評估

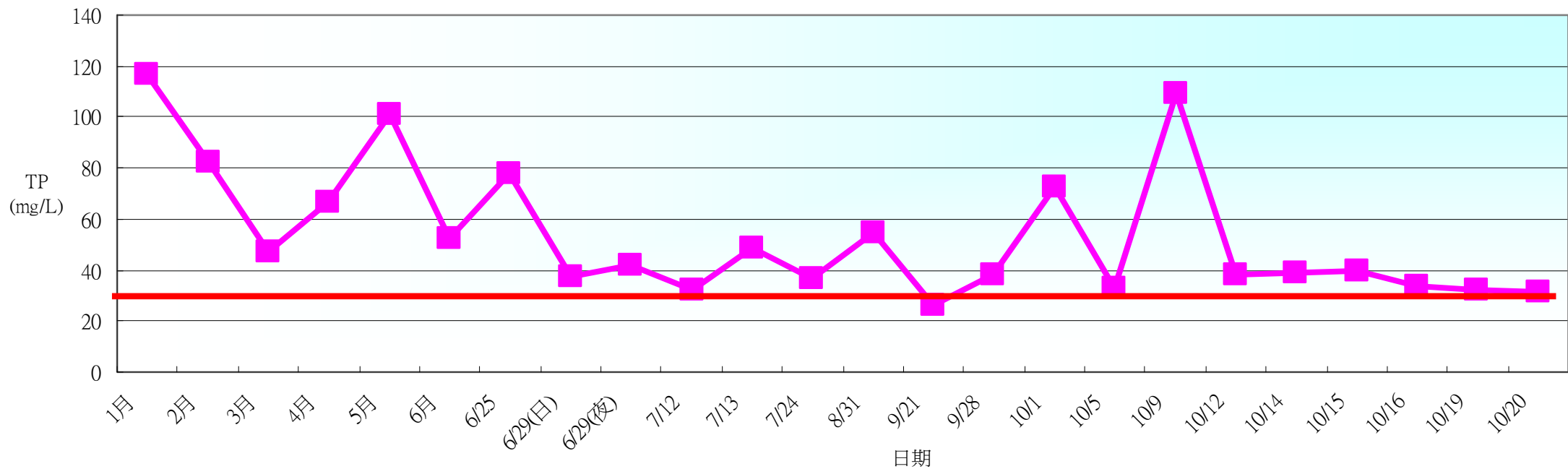
- 以「**FBC設備**」去除**70 %**「**ROR廢水**」之 **$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$** ，再以「**混凝膠凝單元**」去除**20 %**「**綜合廢水**」之 **$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$** ，估計放流水 **$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$** 濃度可低於**40 mg/L**。
- 估計每日化學污泥(濕)產生量為**4.5公噸**，操作費用為**4.9萬元**。
- 四個月測試**FBC設備**長期運轉穩定性。



化學除磷實廠驗證

FBC運轉曲線

—■— 放流水TP





謝謝聆聽
敬請指教