

廢水氨氮處理與節水政策之應結合

主講人:張芳淑 博士

現職-聯合水業股份有限公司董事長(主要從事下水道系統BOT專案及水再生廠BOT專案之投資與運營管理)

水礦科技股份有限公司總經理(主要從事電子、太陽能、PCB、半導體等產業廢水處理及回收規劃設計施工)

水脈資源科技股份有限公司董事長(水礦子公司)(主要從事PCB產業製程線上水資源回收系統及貴重金屬回收)

學歷-環工博士、環工技師、助理教授

專長-廢水處理及MBR薄膜處理及回用技術
工程技術(廢水或污水處理廠規劃設計)

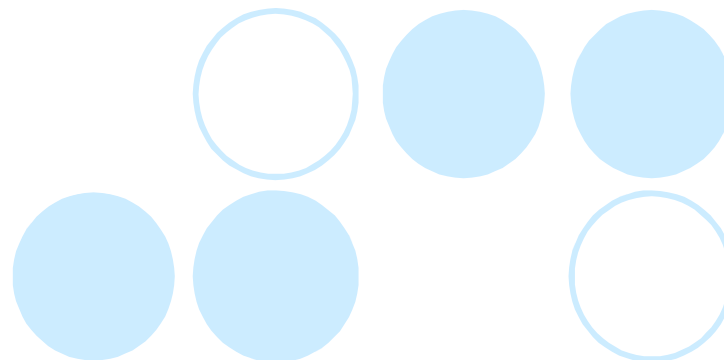
廢(污)水處理廠代操作維護管理及執行、廢水處理廠效率提升改善建議
PCB產業水資源回用及貴重金屬回收

中華民國102年9月13日

一、 氨氮處理技術

二、 園區節水政策

三、 氨氮處理技術與節水政策之結合



水中氨氮對環境之危害

氮在廢水中以分子態氮、有機態氮、氨態氮、硝態氮、亞硝態氮以及硫氰化物和氰化物等多種形式存在，而**氨氮是最主要的存在形式之一**。

氨氮存在於許多工業廢水中，氨氮排入水體所引起之危害如下：

- 1.引起水中藻類及其他微生物大量繁殖，形成富營養化污染，除了會使自來水處理廠運行困難，造成飲用水的異味外，嚴重時會使水中溶解氧下降，魚類大量死亡，甚至會導致湖泊的乾涸滅亡。
- 2.氨氮也造成給水消毒和工業迴圈水殺菌處理過程增大了用氯量
- 3.對某些金屬，特別是對銅具有腐蝕性；
- 4.當污水回用時，再生水中氨氮可以促進輸水管道和用水設備中微生物的繁殖，形成生物垢，堵塞管道和用水設備，並影響換熱效率。

為滿足公眾不斷提高的環境品質要求，**台灣與大陸開始對氨氮制訂了越來越嚴格的排放標準**，因此研究開發經濟、高效的除氮處理技術已成為

2 水污染控制工程領域研究的重點和熱門技術。

新增加之放流水標準-氨氮與生物急毒性之關係

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
錳	0.1	0.1
鎘	0.1	0.1
鉍	0.6	0.6
生物急毒性TU _a	1.43 (監視值)	1.43 (監視值)

新增項目，給予
因應緩衝期，自
101年1月1日起
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高於管制定值時，業者須加強監測

表4.2-43 TUa與水質參數相關性

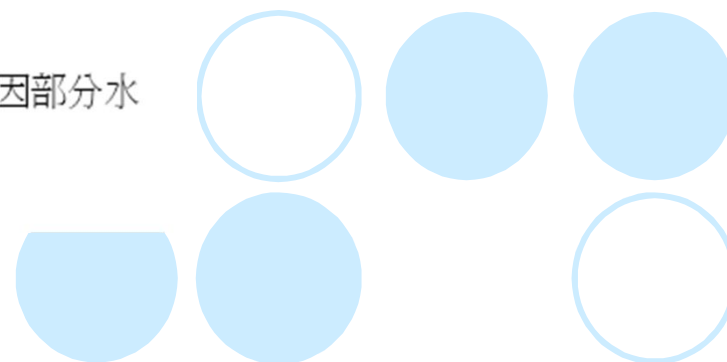
水質參數	公式	相關係數 (R ²)
導電度	$Y=0.0018X-2.3019$	0.4234
SS	$Y=-0.0152X+4.0046$	0.0826
BOD	$Y=-0.0031X+3.0236$	0.0062
COD	$Y=-0.0051X+3.406$	0.0237
TOC	$Y=-0.0121X+3.442$	0.0293
TKN	$Y=0.0303+0.0059$	0.4315
TN ^[1]	$Y=0.0249X+0.1784$	0.3774
TP	$Y=-0.0192X+3.9294$	0.1002
THM ^[2]	$Y=0.3605X+0.5263$	0.1917

其中導電度及
TKN、TN與生
物急毒性指標相
關性較大些

註：[1] 其中部分廠家水樣因僅檢測 TKN，無檢測硝酸鹽氮和亞硝酸鹽氮，

因此以該廠其他次 TKN/TN 比值，進行 TN 數據估算

[2] THM 為總重金屬，係為本次分析 18 項重金屬濃度累加，因部分水
樣無檢測重金屬，因此僅採用 9 組數據迴歸



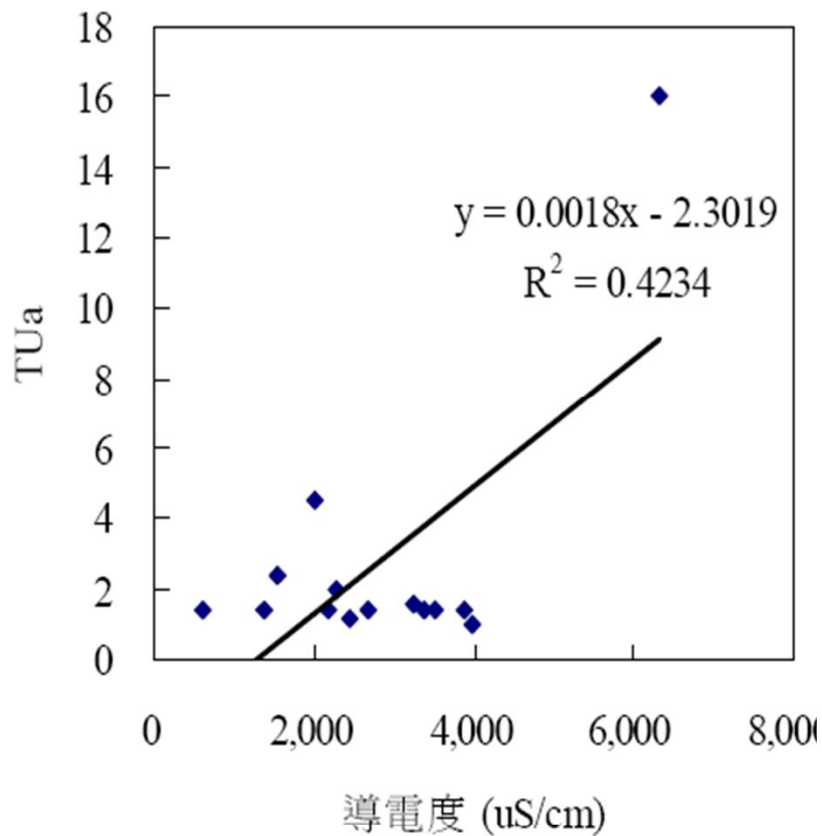


圖 4.2-7 TUa 與導電度關聯性

導電度、TN濃度高時
易造成生物急毒性反應

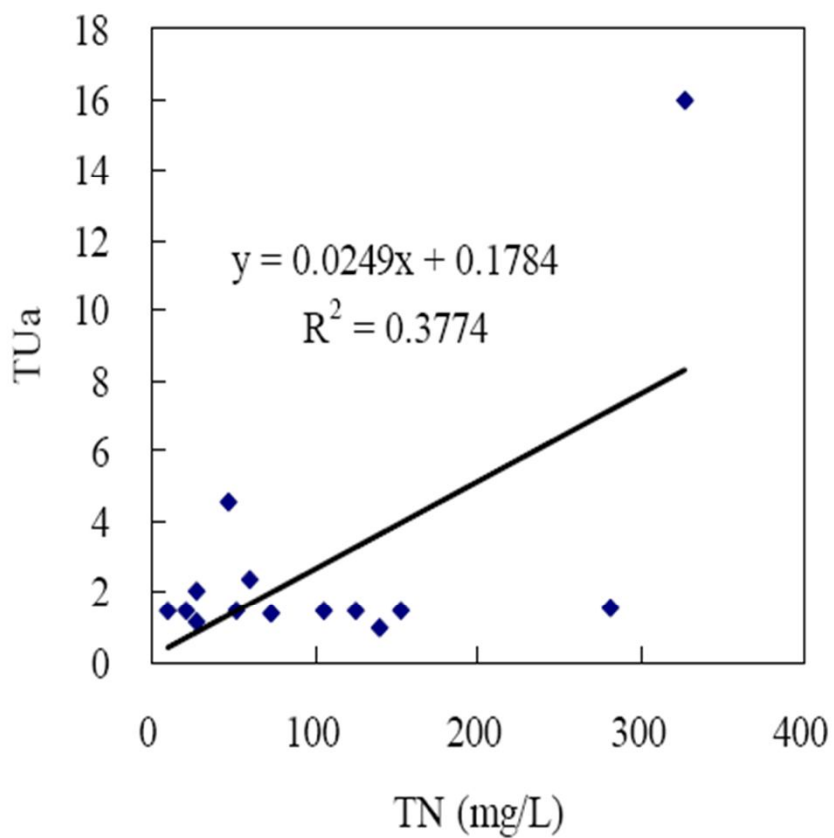
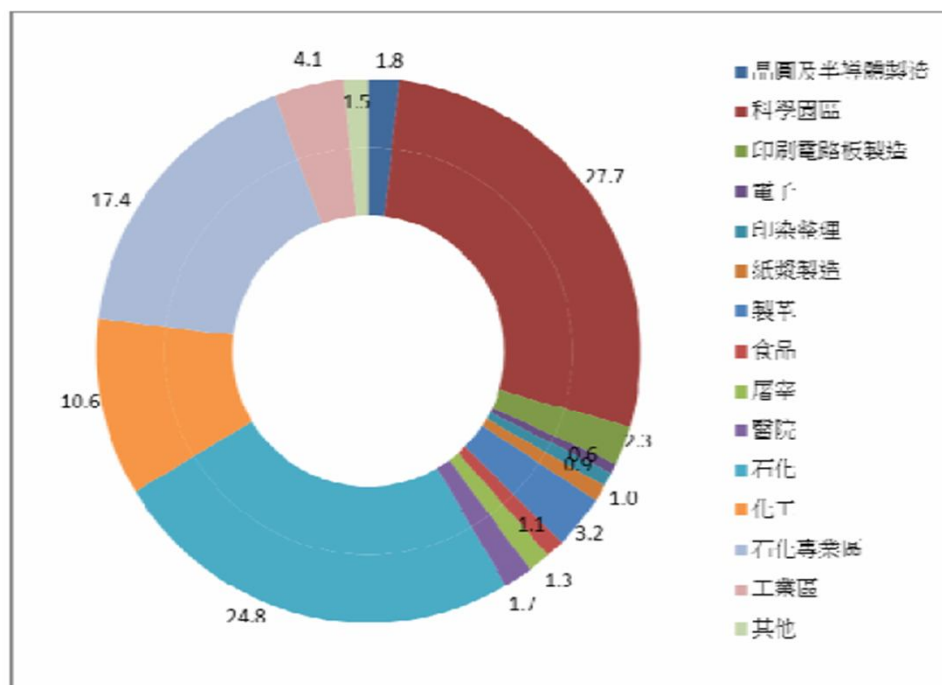


圖 4.2-12 TUa 與 TN 關聯性

氨氮污染現況

石化與電子產業

- 產值達**5兆新台幣**，佔**GDP** 約**40%**
- 氨氮排放量約佔總氨氮排放量之**70%**



大陸十二
五也將氨
氮列為新
管制項目

高科技廠氨氮廢水排放特性

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：放流水氨氮管制推動，中興工程顧問社(97.9.22)

中高濃度氨氮廢水處理市場分析

- 國內產業氨氮廢水
 - 半導體業：濃度~ 0.2 wt%，水量1,000 CMD(12吋晶圓廠)
 - LED產業：濃度~ 2 wt%，水量30 CMD(磊晶、晶粒廠)
 - PCB產業：濃度~ 7 wt%，水量5 CMD(氨銅製程)
 - 太陽能光電產業：濃度~ 1wt%，水量50 CMD(MGW產線)
 - 其他....
- 市場規模推估
 - 高科技產業廢氨水排放量接近1,000,000噸/年*(1 wt%)

*以電子級氨水70%排入廢水、電子級氨氣70%被水吸收成廢水估計

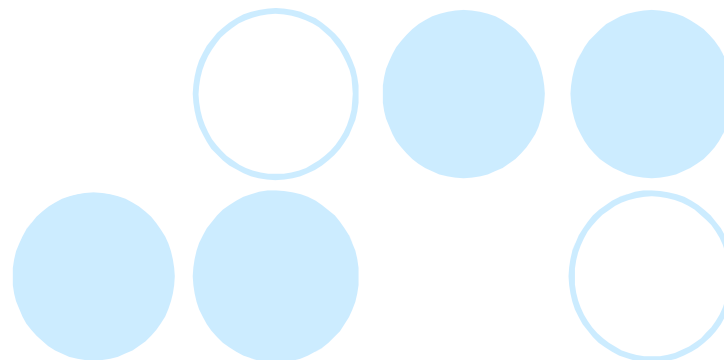
氨氮管制趨勢

- 依新竹、竹南及龍潭園區汙水下水道可容納排入水質標準暨使用費計價基準修訂草案之內容103年1月1日後始取得納管許可之園區**新設事業**之氨氮容許限值擬訂為 30mg/L; **既有廠**管制期程如下:

管制期程	氨氮可容許排放濃度(mg/L)		
	新竹	竹南	龍潭
102.10.01~103.9.30	125	90	160
103.10.1~105.12.31	75	75	75
106.1.1起	50	30	50

一、氨氮處理技術回顧— 物化處理法

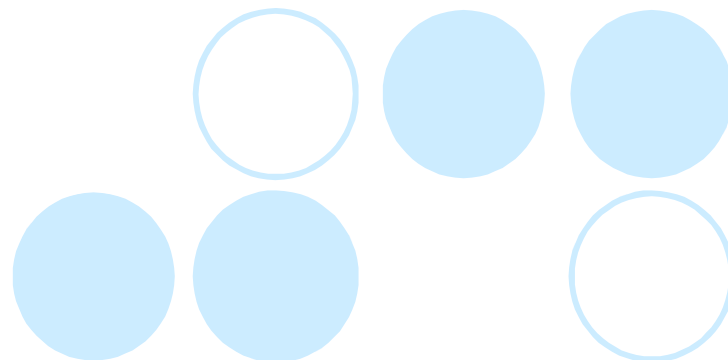
本章節所有資料取自網路或是發表文章資料於此彙整提供參考之



處理方式

選擇技術方案主要取決於

- 水的性質
- 處理效果
- 經濟效益



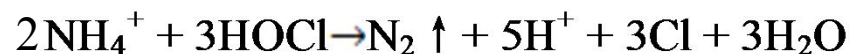
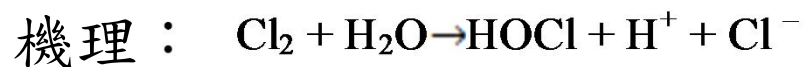
處理方式

物化法包括

- 折點加氯法
- 化學沉澱法
- 吹脫法和氣提法
- 離子交換法
- 液膜法
- 電透析法
- RO分離法
- 高級氧化技術
- 循環冷卻系統脫氮
- 膜分離技術
- 氨水汽提回收法

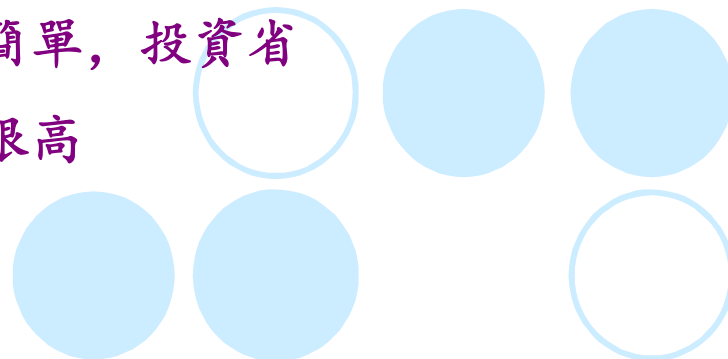
處理方式-----物化法

折點加氯法：其除氨的機理為氯氣或次氯酸鈉與氨反應生成無害的氮氣

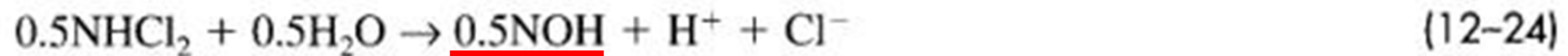


➤ 效果最佳，不受水溫影響，操作方法簡單，投資省

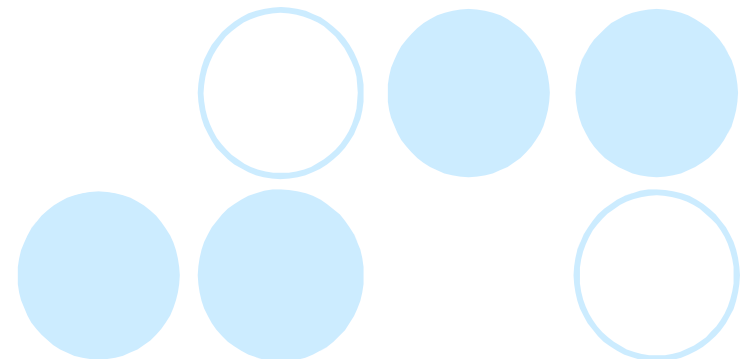
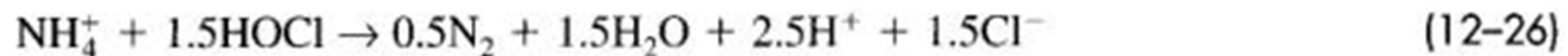
➤ 對於高濃度氨氮廢水的處理運行成本很高



Possible reactions to account for the appearance of N_2 and N_2O and the disappearance of chloramines during breakpoint chlorination are as follows (Saunier, 1976; Saunier and Selleck, 1976):



The overall reaction, obtained by summing Eq. (12-22) through Eq. (12-25), is given as



操作說明-

折點氯化法是將氯氣通入廢水中達到某一點，在該點時水中游離氯含量較低，而氨的濃度降為零。當氯氣通入量超過該點時，水中的游離氯就會增多。因此，該點稱為折點，該狀態下的氯化稱為折點氯化。

反應後 N_2 逸入大氣，使反應源源不斷向右進行。加氯比例： m_{Cl_2} 與 m_{NH_3-N} 之比為8 :1- 10 :1（理論質量比7.6:1，實際添加量需更高）。當氨氮濃度小於20 mg/ L 時，脫氮率大於90 %，pH 控制4效率高消耗氯大且會產生較多三氯胺具嗆鼻臭味，pH大於6有毒副產物較少，通常控制pH在6-7，反應時鹼度須保持（去除1ppm 氨氮需大於14.3ppm鹼度）。

此法用於廢水的深度處理，脫氮率高、設備投資少、反應迅速完全，並有消毒作用。但液氯安全使用和貯存要求高，對pH 控制要求也很高，加鹼量高，因此處理成本高。另外副產物氯胺和氯代有機物會造成二次污染。

處理方式-----物化法

化學沉澱MAP法

原理： $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-} = \text{MgNH}_4\text{PO}_4$

當 $[\text{Mg}^{2+}] [\text{NH}_4^+] [\text{PO}_4^{3-}] > 2.5 \times 10^{-13}$ 可生成MAP，

除去廢水中的氨氮。

影響沉澱效果的因素有沉澱劑種類及配比、pH值、廢水中的初始氨的濃度、干擾成分等。

- (1) 過量的銨離子對形成磷酸銨鎂沉澱有利；
- (2) 鎂離子可能是形成磷酸銨鎂沉澱的限制因素；
- (3) 如果要想從廢水中回收磷酸銨鎂，需要得到比較大的晶體顆粒，則至少需要3 h的結晶時間；
- (4) 沉澱的pH值應大於8.5。(一般控制9~11視廢水性質而定)

操作說明-

在一定的pH條件下，水中的 Mg^{2+} 、 HPO_4^{3-} 和 NH_4^+ 可以生成磷酸銨鎂沉澱，而使銨離子從水中分離出來。

有研究表明沉澱法去除廢水中**氮氮的pH值為10.0**，**物質的量之比Mg:N= 1.2~1.3、P : N = 1.02~1.1**時沉澱效果最好，**氮氮去除率達到90%**。

趙慶良等研究表明， $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 和 $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ 組合沉澱劑優於 MgO 和 H_3PO_4 組合，垃圾滲濾液中的氮氮品質濃度可由5618 mg/ L降低到65 mg/ L。

化學沉澱法的最大優點是可以回收廢水中的氮，所生成的沉澱可以作為複合肥而利用。存在的主要問題是**沉澱劑的用量較大、鎂鹽費用高**，且需要對廢水的**pH進行調整**，另外有時生成的沉澱顆粒細小或是絮狀體，工業中**固液分離有一定困難**。

MAP沈澱法技術台灣案例

本公司取台灣某廠其廢水性質如下：

pH 9.08, NH_4^+ 1400mg/L, conductivity 15.48 ms/cm

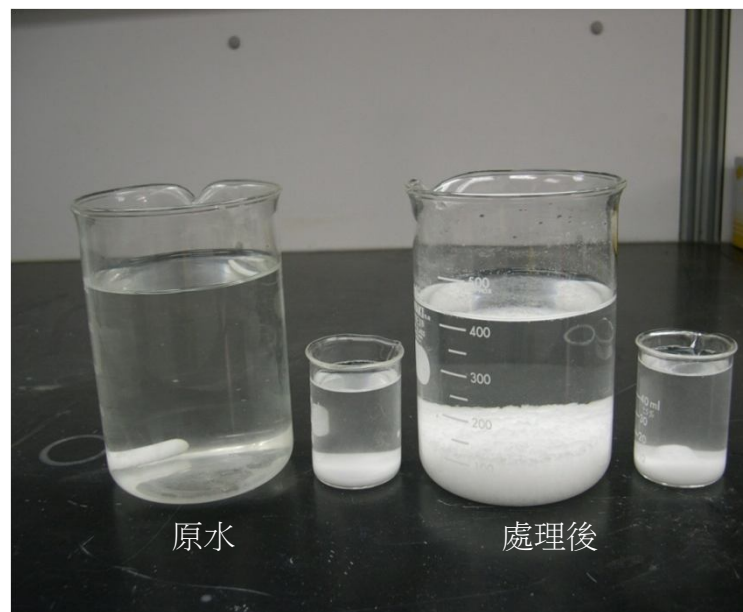
採用一段加藥處理 NH_4^+ 降至

217.5mg/L去除率84.5%。

兩段加藥可降至 NH_4^+ 降至

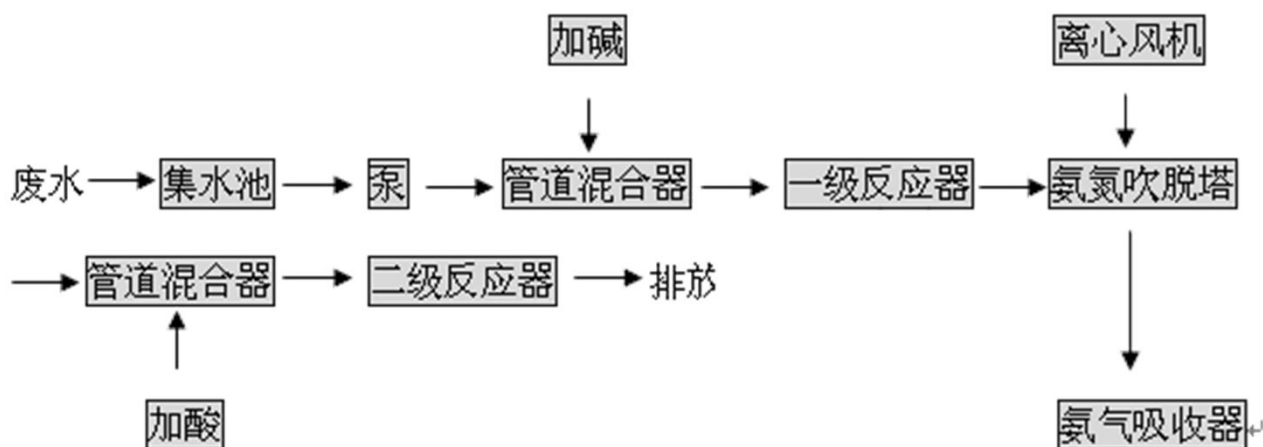
10mg/L去除率97.5%，合計

99.3%去除率，效果非常好。



處理方式-----物化法

吹脫、氣提法



註：低溫時效率不高

- 流程簡單，處理效果穩定，建設費和運行費較低
- 生成水垢，在大規模的氨吹脫、氣提塔中，生成水垢是一個嚴重的操作問題

操作說明-

在鹼性條件下，利用氨氮的氣相濃度和液相濃度之間的氣液平衡關係進行分離的一種方法。一般認為**吹脫效率與溫度、pH、氣液比有關**。

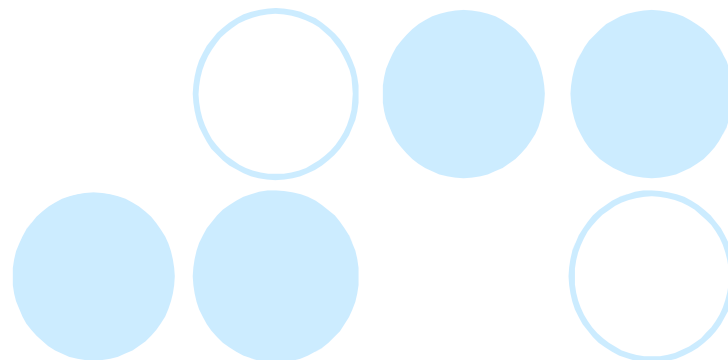
王文斌等對吹脫法去除垃圾滲濾液中的氨氮進行了研究，控制吹脫效率高低的關鍵因素是溫度、氣液比和pH。**在水溫大於25℃，氣液比控制在3500左右，滲濾液pH控制在10.5左右，對於氨氮濃度高達2000~4000 mg/L的垃圾滲濾液，去除率可達到90%以上。吹脫法在低溫時氨氮去除效率不高。**

王有樂等採用超聲波吹脫技術對化肥廠高濃度氨氮廢水（例如882 mg/L）進行了處理試驗。最佳工藝條件為pH=11，超聲吹脫時間為40 min，氣水比為1000：1試驗結果表明，**廢水採用超聲波以後**，氨氮的吹脫效果明顯增加，與傳統吹脫技術相比，氨氮的去除率增加了17%~164%，在90%
20 以上，吹脫後氨氮在100 mg/L以內。

操作說明-

有些工廠為了節省鹼劑費用採用**氫氧化鈣將pH調節至鹼性**，此方式**須注意易生水垢**。同時，為了防止吹脫出的氨氮造成二次污染，需要在**吹脫塔後設置氨氮吸收裝置**。

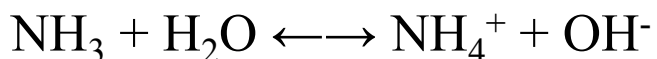
Izzet等在處理經UASB預處理的垃圾滲濾液（氨氮2240 mg/L）時發現在**pH=11.5**，**反應時間為24 h**，**僅以120 r/min的速度梯度進行機械攪拌**，**氨氮去除率便可達95%**。而在pH=12時通過曝氣脫氨氮，在第17小時pH開始下降，氨氮去除率僅為85%。據此認為，吹脫法脫氮的主要機理應該是機械攪拌而不是空氣擴散攪拌。



NH₃與pH值

氨在水中呈現兩種不同形式，
分子態NH₃與離子態NH₄⁺。其
濃度總和稱總氨量。

pH值會影響水體中兩者的比例，
正常狀況下，pH值越高，NH₃
比例越高。



pH值上升，反應向左。

pH值低，反應向右。

pH值、溫度與氨比例的關係如
右表所示。

表一：分子態的氨在各種不同 pH 及水溫所佔之比率 (%)

pH	水溫 (°C)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0.29	0.34	0.39	0.46	0.52	0.60	0.69	0.80	0.91
7.2	0.46	0.54	0.63	0.72	0.83	0.96	1.10	1.26	1.44
7.4	0.73	0.85	0.98	1.14	1.31	1.50	1.73	1.98	2.26
7.6	1.16	1.34	1.56	1.79	2.06	2.36	2.71	3.10	3.53
7.8	1.82	2.11	2.44	2.81	3.22	3.70	4.23	4.82	5.48
8.0	2.86	3.30	3.81	4.38	5.02	5.74	6.54	7.43	8.42
8.2	4.45	5.14	5.90	6.76	7.72	8.80	9.98	11.29	12.72
8.4	6.88	7.90	9.04	10.31	11.71	13.26	14.95	16.78	18.77
8.6	10.48	11.97	13.61	15.41	17.37	19.50	21.78	24.22	26.80
8.8	15.66	17.73	19.98	22.41	25.00	27.74	30.62	33.62	36.72
9.0	22.73	25.46	28.36	31.40	34.56	37.83	41.16	44.53	47.91
9.2	31.80	35.12	38.55	42.04	45.57	48.09	52.58	55.99	59.31
9.4	42.49	46.18	49.85	53.48	57.02	60.45	63.73	66.85	69.79
9.6	53.94	57.62	61.17	64.56	67.77	70.78	73.58	76.17	78.55
9.8	64.99	68.31	71.40	74.28	76.92	79.33	81.53	83.51	85.30
10.0	74.63	77.36	79.83	82.07	84.08	85.88	87.49	88.92	90.19
10.2	82.34	84.41	86.25	87.88	89.33	90.60	91.73	92.71	93.38

pH>11.3 幾乎轉成游離氨氣體

大部分轉成氨氣

資料來源：Ref: Emerson K., Russo R. C., Lund R. E. and Thurston R. V. 1975

Aqueous ammonia equilibrium calculation effect of pH and
temperature. J. Fish. Res. Bd. Can. 32 : 2379-2383

案例-

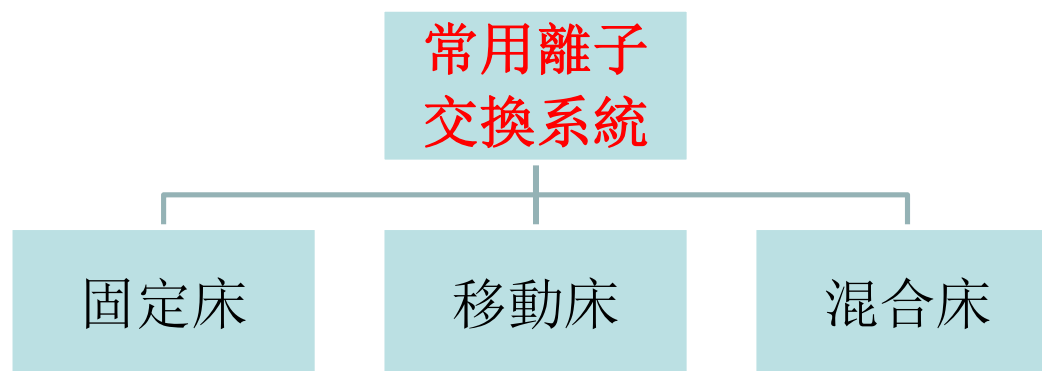
針對沾益化肥廠的廢水，為了研究吹脫法除氮的最佳條件，主要是pH和溫度，我們做了如下實驗。原廢水中pH值為8.74，氮總含量為6980mg/L。採用水浴加熱，攪拌吹托的方法，用NaOH調節pH值，攪拌吹脫時間為5min。所得的實驗結果如表1。

表1 廢水的 pH 值及溫度對氨氮去除率影響的實驗結果

pH 值	溫度 (°C)	V_{NaOH} (mg/L)	處理後 C_{NH_3-N} (mg/L)	去除率 (%)
13.5	40	35.65	3447.32	50.61
	60		2911.61	58.29
	80		1572.32	77.47
	94		334.11	95.21
13.0	40	31.0	3669.64	47.43
	60		2956.25	57.64
	80		1929.46	72.38
	94		365.54	94.76
12.5	40	25.5	4119.60	40.98
	60		3045.54	56.37
	80		2759.82	60.46
	94		411.82	94.10
12.0	40	19.8	4875.89	30.14
	60		3536.61	49.33
	80		2866.96	58.93
	94		411.82	94.10

處理方式-----物化法

離子交換法



必須考慮沸石再生問題：再生液法和焚燒法

- 投資省，工藝簡單，操作較為方便，具有較高的氨除去率和穩定性，能成功的除去原水和二級水中的氨氮
- 因樹脂再生頻繁而造成操作困難，且再生仍為高濃度氨氮廢水需再處理

操作說明1-

利用沸石中的陽離子與廢水中的 NH_4^+ 進行交換以達到脫氮的目的。沸石一般被用於處理低濃度含氮廢水或含微量重金屬的廢水。然而，蔣建國等探討了沸石吸附法去除垃圾滲濾液中氮氮的效果及可行性。小試研究結果，**每克沸石具有吸附15.5 mg氮氮的極限潛力，當沸石粒徑為30~16目時，氮氮去除率達到了78.5%**，且在吸附時間、投加量及沸石粒徑相同的情況下，進水氮氮濃度越大，吸附速率越大，沸石作為吸附劑去除滲濾液中的氮氮是可行的。

Milan等用沸石離子交換法處理經厭氧消化過的豬肥廢水時發現Na-Zeo、Mg-Zeo、Ca-Zeo、k-Zeo中**Na-Zeo沸石效果最好，其次是Ca-Zeo**。增加**離子交換床的高度可以提高氮氮去除率**，綜合考慮經濟原因和水力條件，床高18 cm ($H/D=4$)，相對流量小於7.8BV/h是比較適合的尺寸。離子交換法受懸浮物濃度的影響較大。

應用沸石脫氮法必須考慮**沸石的再生問題，通常有再生液法和焚燒法**。採用焚燒法時，產生的氮氣必須進行處理。



操作說明2-

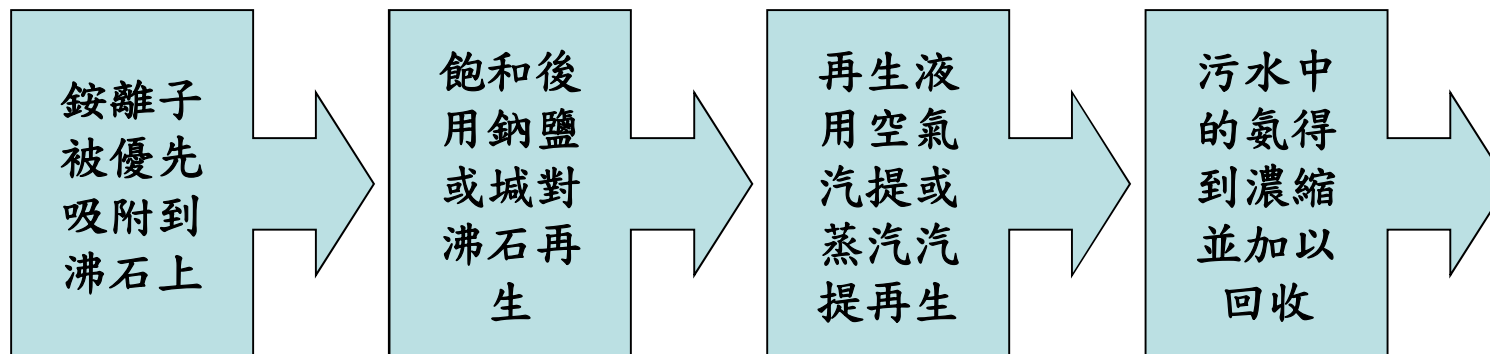
离子交换法采用无机离子交换剂沸石作为交换树脂，沸石具有对非离子氨的吸附作用和与离子氨的离子交换作用，它是一类硅质的阳离子交换剂。成本低，它对 NH_4^+ 有很强的选择性^[11, 12]。一般作为离子交换树脂用于去除氨氮的为斜发沸石，其对离子的选择顺序依次为： $\text{Ca}^+ > \text{Rb}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+ > \text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 。PH=4-8 是沸石离子交换的最佳范围。当 $\text{pH} < 4$ 时， H^+ 与 NH_4^+ 发生竞争。 $\text{pH} > 8$ 时， NH_4^+ 变为 NH_3 而失去离子交换性能。

沸石的結構是以矽或鋁氧化物的四面體（ SiO_4 或 AlO_4 ）為基本單元，以氧原子連接矽、鋁的四面體而成的三度空間骨架結構。其中斜發沸石為沸石類礦物中Si/Al比值較高的種類，通常存在含矽量較高的環境，為弱酸性陽離子交換劑。

活化沸石裝填料一定要平整、必須達到設計要求高度，反沖洗強度壓力應為 $15\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{S}$ ，濾速 $4 \sim 12\text{m}/\text{h}$ 。加入8%氯化鈉溶液浸泡48小時以上，可去除水中的酚、鐵、錳、氟等物質。其中活化沸石對物質部分的去除率如下：

- (1) 鐵、錳：50~80%
- (2) 氨氮：50~90%
- (3) 四氯化碳：50~80%
- (4) 氟：30%
- (5) 苯酚：10~40%
- (6) 陰離子、洗滌劑：10%
- (7) COD：20~30%
- (8) 氟：污水去除率不等
- (9) 生活用水去除率50%。

銨離子交換法除煉油廢水中的氨氮



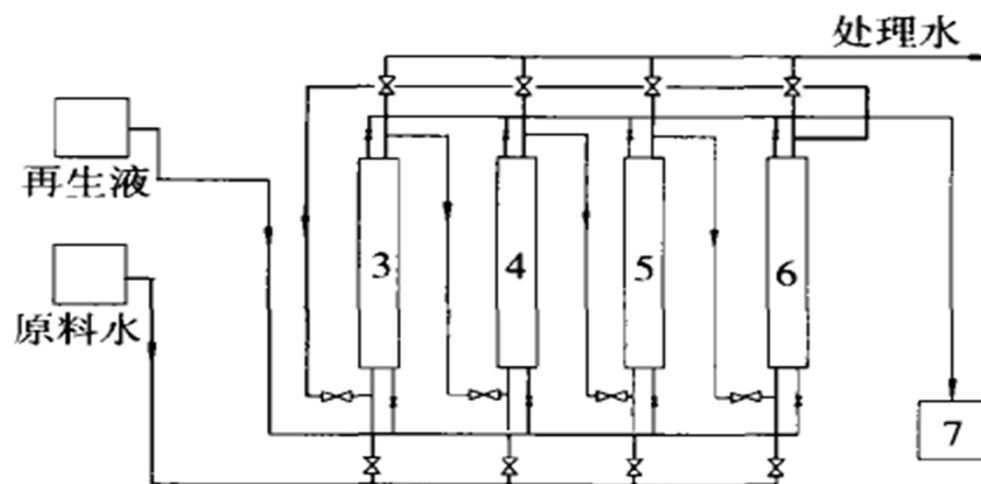
該種方法對氨氮有著很高的去除率，
尤其處理低濃度氨氮廢水時更顯示出其優越性。

銨離子交換劑的再生原理

當銨離子選擇交換達到一定程度後，
用含較高濃度 Na^+ 離子的再生銨離子選擇交換劑，
利用再生液中高濃度 Na^+ 的化學勢能置換 NH_4^+ ，
使銨離子選擇交換劑重新變為 Na^+ 型，
具有交換 NH_4^+ 的能力

銨離子交換法除煉油廢水中的氨氮

工藝流程：

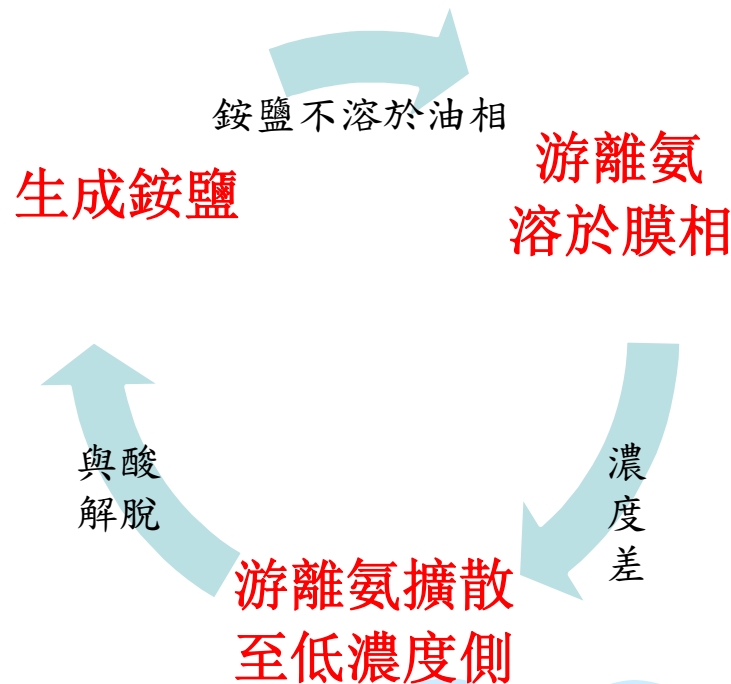
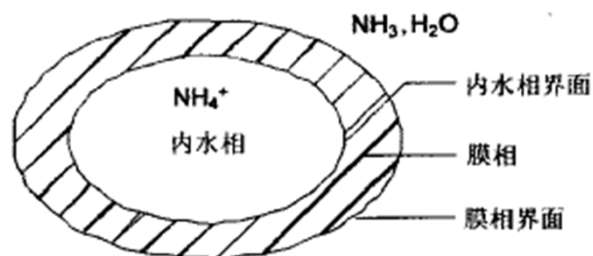


✦ 交換劑再生時停止進水，各個交換柱分別進行再生，再生液為碳酸鈉溶液或氯化鈉和氫氧化鈉構成的混合溶液

處理方式-----物化法

液膜法：一種以液膜為分離介質、以濃度差為推動力的膜分離操作

基本原理：

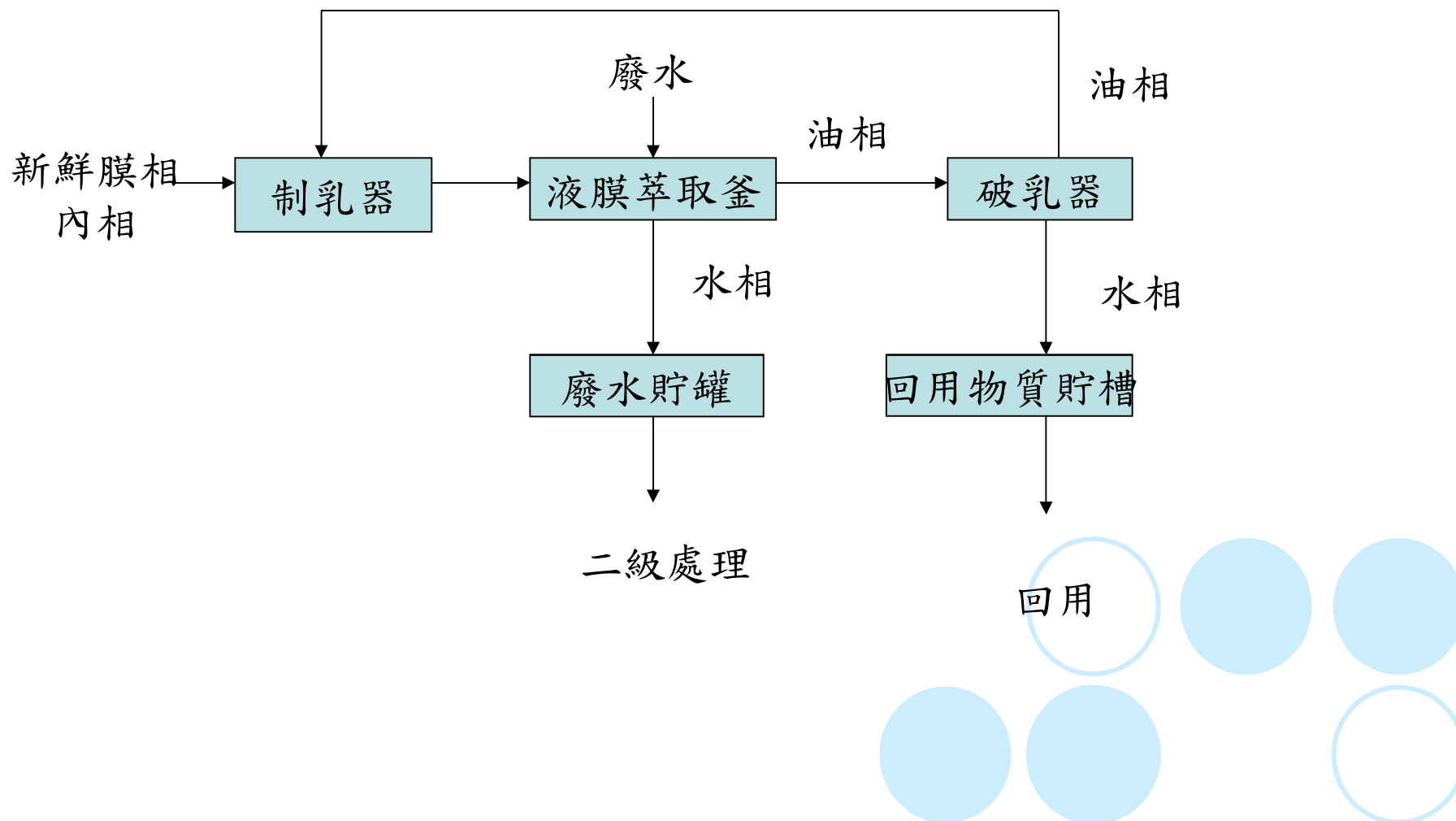


➤ 應用乳狀液液膜技術分離廢水中氨氮的可操作性和效果主要取決於氨氮在液膜中的溶解度

➤ 適用於低濃度金屬離子提純及廢水處理等過程

液膜法除三聚氯氰工藝廢水中的氨氮

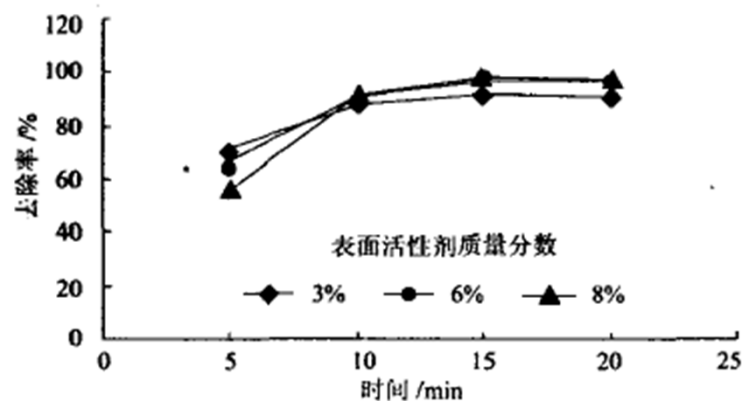
工藝流程：



液膜法除三聚氯氰工藝廢水中的氨氮

油膜組分的確定：

表面活性劑品質分數對氨氮去除率的影響



分離初期，分離率隨著表面活性劑質量分數的增加而減小

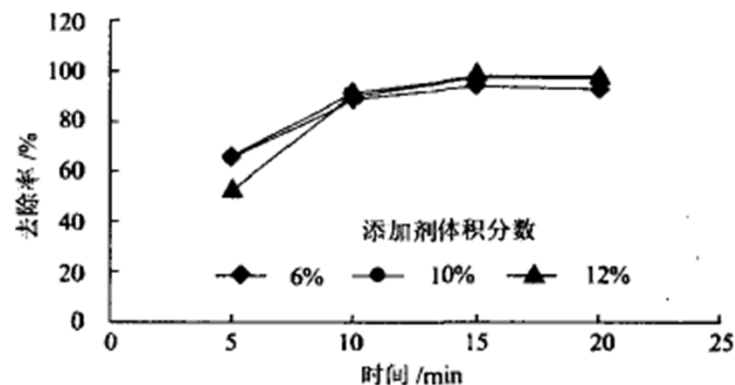
接觸時間延長，表面活性劑品質分數大者表現出更好的氨氮分離效率

表面活性劑品質分數過大，雖然膜穩定性好，但破乳困難，同時治理成本也會增加

表面活性劑品質分數選定6%

液膜法除三聚氯氰工藝廢水中的氨氮

添加劑體積分數對氨氮去除率的影響



添加劑的作用是提高膜的黏度，增強膜的穩定性

添加劑體積分數為6%，
氨氮分離效率較差

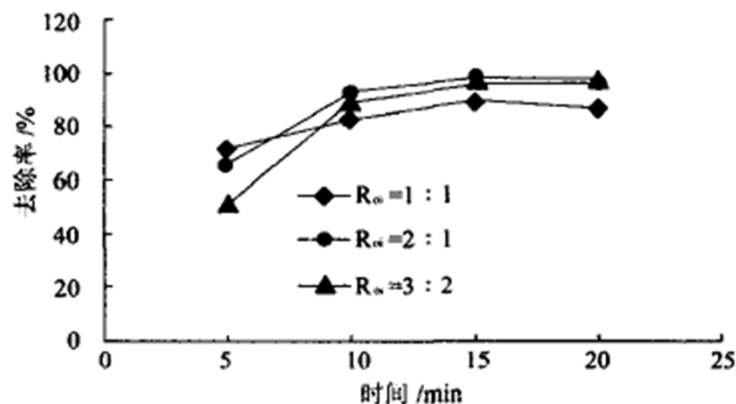
添加劑體積分數提高至
10%氨氮分離效率較好

添加劑增加到12%，
分離效果無明顯變化，乳
液破乳時間延長

選定添加劑體積分數為10%

液膜法除三聚氯氰工藝廢水中的氨氮

油內比Roi對氨氮去除率的影響



油內比能影響液膜穩定性和氨氮的遷移富集效率

油內比過大時，膜相厚度增加，單位時間的傳質通量減慢，使氨氮的遷移效率降低，成本增加

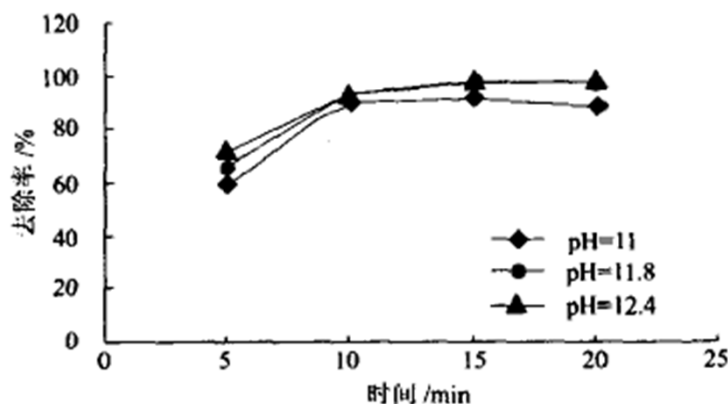


油內比較小時，膜相較薄，雖然有利於氨氮的遷移效率，但膜相穩定性降低、膜相容易破裂

油內比為2:1時，效果最優

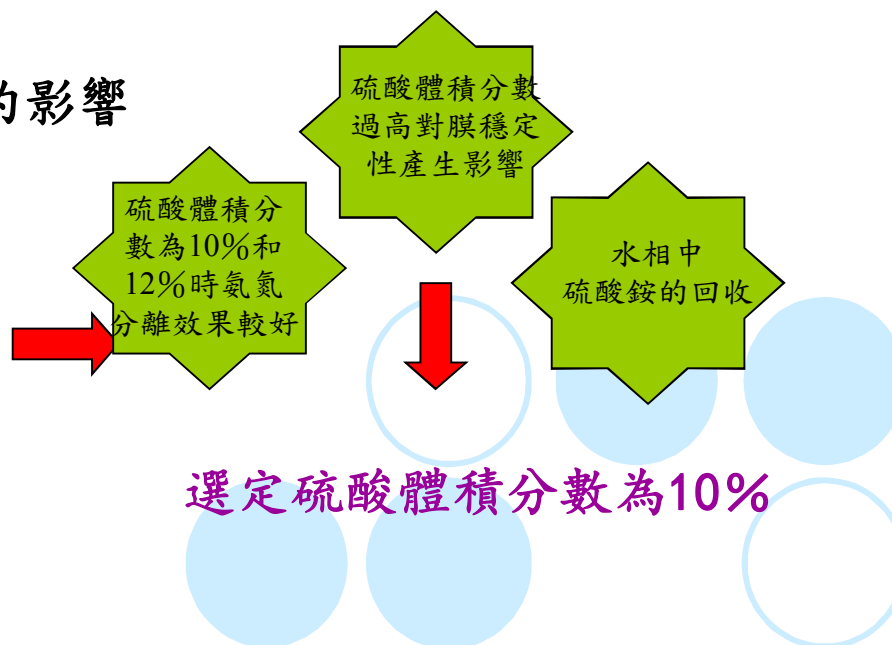
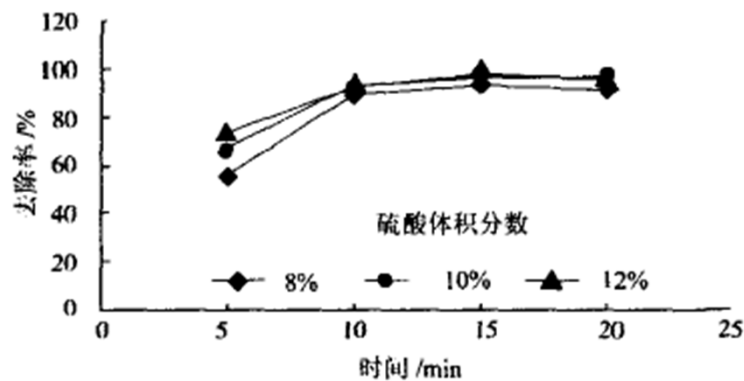
液膜法除三聚氰氨工藝廢水中的氨氮

外水相pH值對氨氮去除率的影響



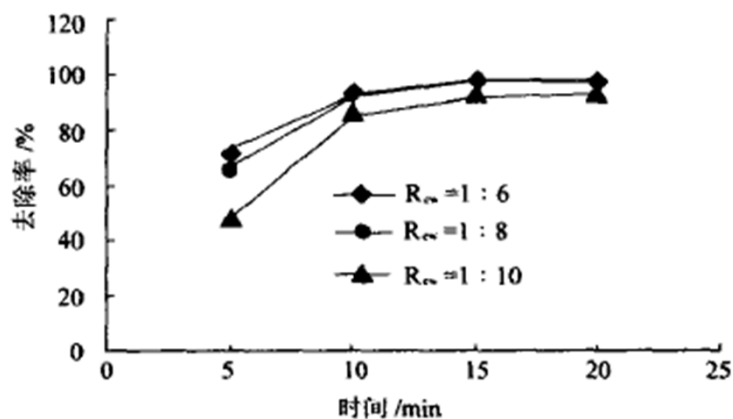
外水相pH值達到11.8時，效果較好，增加其pH值，變化不大，故選定外水相pH值為11.8

內水相硫酸體積分數對氨氮去除率的影響



液膜法除三聚氰氨工藝廢水中的氨氮

乳水比 R_{em} 對氨氮去除率的影響



乳水比關係到氨氮的去除效果和廢水治理的經濟效益

隨著乳水比的增大
氨氮去除率也相應增大


綜合考慮氨氮的
去除效果和經濟效益

選用乳水體積比為1:8

液膜法除三聚氯氰工藝廢水中的氨氮

最終確定：

- ▶ 6% 聚胺類表面活性劑 (品質分數)
- ▶ 10% 有機胺類添加劑 (體積分數)
- ▶ 內水相 10% 硫酸 (體積分數) 乳狀液膜體系
- ▶ $R_{oi}=2:1$ 、 $R_{ew}=1:8$ (體積比)
- ▶ 外水相 pH 值 11.8

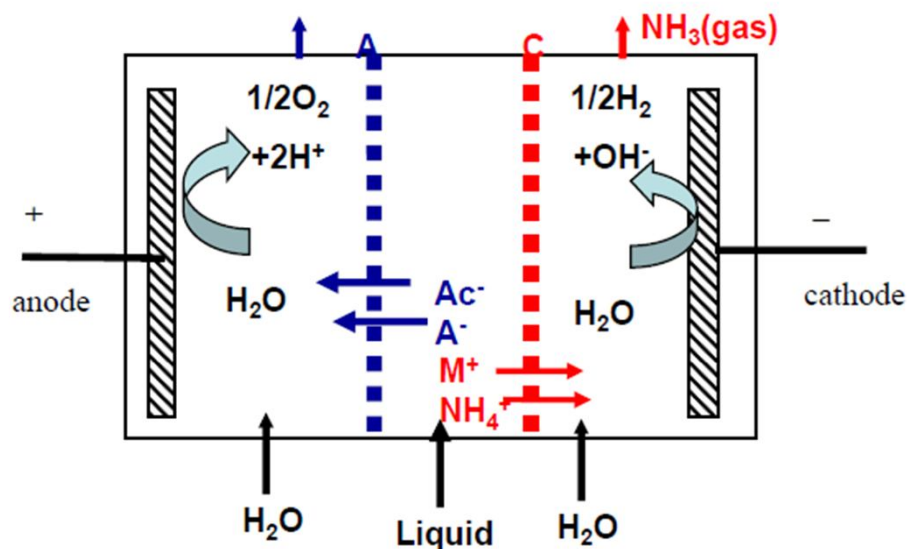


可有效去除三聚氯氰廢水中的氨氮，一級去除率可達 97% 以上

油相連續套用 5 次仍然具有很好分離效率，回收相中硫酸銨含量達 10%，具有很好經濟效益

處理方式-----物化法

電透析法



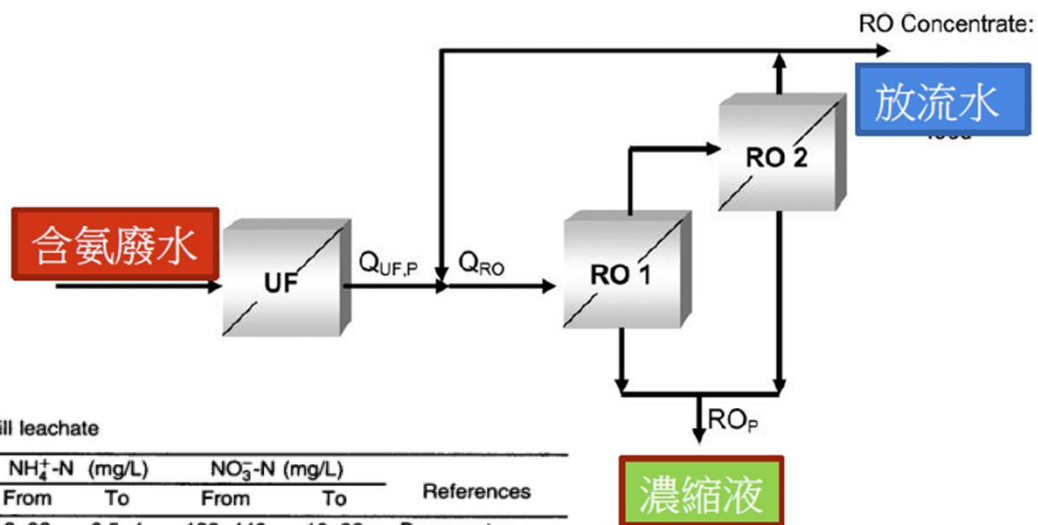
文獻資料結果，Ohio State University (OSU) Environmental Design Team有一50 gpm流量之氨氮處理實廠，**可以將氨氮濃度為0.25-1.25 %之廢水經ED分離後，其淡水濃度低於20 mg/L。**

原理:為一種膜分離技術，其在電滲透析室之陽極滲透膜間施以直流電壓，水中銨離子及其他離子在電場影響下，通過陽極滲透膜進到濃水側，於此端濃縮並與原水分離。

37 **➡ 此法廢水不受pH、溫度的限制，操作簡便，且可回收氨**

處理方式-----物化法

RO分離法



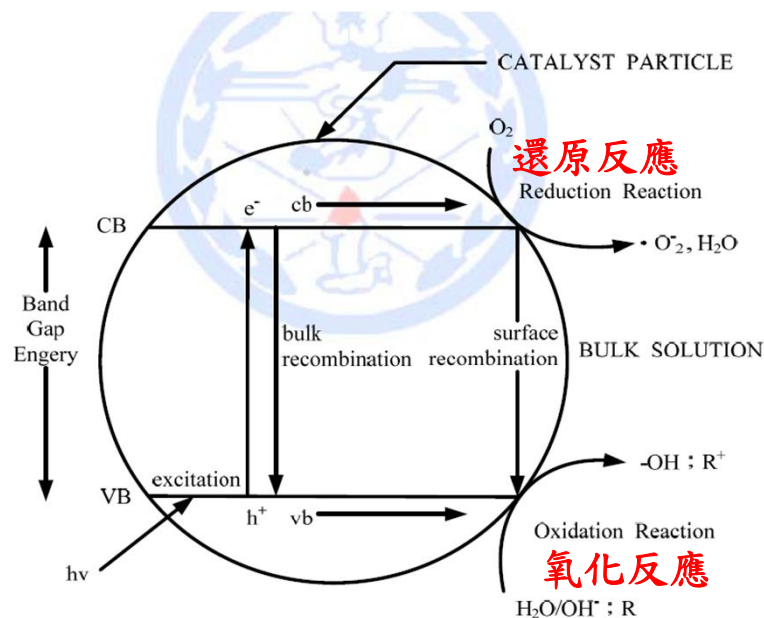
Performance of reverse osmosis applied on landfill leachate

Pretreatment	Material/type	Pressure (bar)	Flux (L/h-m ²)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)		NO ₃ ⁻ -N (mg/L)		References
				From	To	From	To	
Nitrification/ Denitrification	Two-stage: 1 st tubular, 2 nd spiral wound	40	15-30	2-92	0.5-4	129-440	10-23	Baumgarten and Seyfried (1996)
Nitrification/ Denitrification	Polyamide/ spiral wound	-	15-22	40	<1	<30	<2	Cornelissen <i>et al.</i> (2001)
Raw	Polyamide	60	21-29	3052	10-12	-	-	Di Palma <i>et al.</i> (2002)
Raw	Two-stage: Tubular	20-50	35	140	8	-	-	Linde <i>et al.</i> (1995)
Sand filtering	Disc tube	12-20	6-13	1-30	<1.5	-	-	Ushikoshi <i>et al.</i> (2002)

➡ 此法雖設備昂貴，對銨離子可以有效分離濃縮，惟濃縮液需再處理，操作維養費高

處理方式-----物化法

高級氧化技術法 ➤ 光催化氧化技術



圖六 半導體受光激發後之電子—電洞生成及界面反應示意圖

光催化氧化法是目前流行的一種從廢水中除去污染物的高級氧化法 (AOP) [18]。AOP 非均相反應主要是利用諸如 TiO_2 及其複合半導體作催化劑，同時結合一定能量的光輻射，使光敏半導體在光的照射下激發產生電子—空穴時，吸附在半導體上的溶解氧、水分子等與電子—空穴作用，產生氧化性極強的 $\cdot\text{OH}$ 自由基，通過與污染物之間的羟基加合、取代、電子轉移等使污染物全部或部分礦化，最終達到降解污染物的目的。

➤ 光催化氧化反應還具有兩個特點：

(1) 反應只在催化劑表面進行；

(2) 只有在被紫外光源照射到的部位才進行反應。

操作說明-

利用非均相多相光催化氧化法治理廢水是80年代中期發展起來的一種新技術，由於**具有高效、節能等優勢**，已引起廣大科技工作者的關注。

該本章探索了**以固定態TiO₂膜為催化劑，光催化氧化降解氨氮的新工藝**。催化劑的固定是光催化氧化反應的一個重要環節。本文通過以矽酸鈉為粘結劑，較優的TiO₂固載條件為：TiO₂與Na₂SiO₃品質配比为1.6, 焙燒溫度400, 焙燒時間3 h; 制得的催化劑具有較高的活性，大大提高了氨氮脫除率。光催化降解氨氮過程中，**影響因素主要為光強、曝氣量、pH值、催化劑用量、反應溫度等**。

通過試驗得出：其最佳工藝條件為：**曝氣量為240L/h，pH為8，催化劑用量為2.5g/L，氨氮去除率53.9%**。

台大駱尚廉教授利用二氧化鈦光觸媒技術進行「選擇性轉化水中硝酸鹽為氮氣之研究」，以雙金屬技術及以**二氧化鈦為光觸媒**，探討數種可以進行光催化降解水中氮化物的金屬的轉化率。

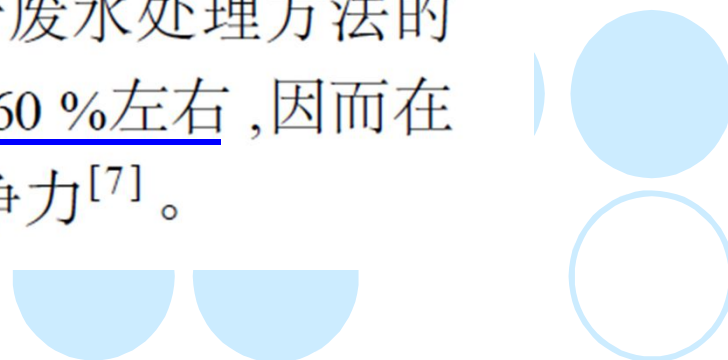
發現**鈀 (Pd) / 鋅 (Zn)** 可以完全還原水中的硝酸鹽，同時提升氮氣的**產生率達到 60%**。另駱教授採用選擇改良型的奈米材質，處理水中氨氮，利用改良奈米材質上面披覆著觸媒，而受測的觸媒有鎳、鉑與鈀。研究結果顯示披覆鎳的比率增加時，效果越來越差，這可能是因為產生遮蔽的效應。而**披覆鉑和鈀的，則會隨著披覆的比率升高而有較好的產生氮的結果，甚至達到將近 100% 的轉換效果**。不過使用鈀會有相當的比率轉化成為硝酸鹽與亞硝酸鹽，唯有 30% 鉑的披覆比率才會有極少的硝酸鹽和亞硝酸鹽的產生，比較符合處理水中氨氮污染的預期效果。

處理方式-----物化法

高級氧化技術法

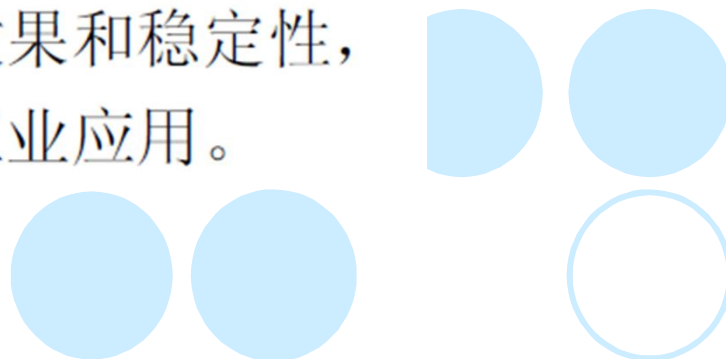
- ▶ 催化溼式氧化法
- ▶ 電化學生物反應器

催化湿式氧化法是 20 世纪 80 年代国际上发展起来的一种治理废水的新技术^[6]。在一定温度、压力和催化剂作用下,经空气氧化,可使污水中的有机物和氨分别氧化分解成 CO_2 , N_2 和 H_2O 等无害物质,达到净化的目的。该法具有净化效率高(废水经净化后可达到饮用水标准)、流程简单、占地面积少等特点。经多年应用与实践,这一废水处理方法的建设及运行费用仅为常规方法的 60 %左右,因而在技术上和经济上均具有较强的竞争力^[7]。



目前国内外用湿式催化氧化法处理氨氮废水及催化剂的制备进行了研究，研究主要是以贵金属为催化剂。杜鸿章^[15, 16]等研究了焦化废水催化湿式氧化净化技术，并研制了高氧化活性及稳定性的贵金属催化剂，处理焦化废水，NH₃-N的去除率达到99%以上。Qin^[17]等共同研制Ru/Al₂O₃催化剂在 503K，15MPa和PH=12 的情况下对氨氮(初始浓度为 1500×10⁻⁶)的去除率达到99%。虽然贵金属催化剂表现出较好的催化效果和稳定性，但是其昂贵的价格限制它的工业应用。

✦Ru= 鈳元素是一種極好的催化劑



S. Yutaka 等^[13]开发出电化学生物反应器 (electrochemical-bioreactor), 其原理是, 将酶或生物膜固定于电化学生物反应器的阴极表面, 通以电流, 水电解产生氢, 硝酸盐从溶液主体扩散至生物膜, 氢作为电子供体将其还原为氮。 Van der Graaf 等^[14]发现, 氨可直接作为电子供体而进行反硝化反应, 并称之为厌氧氨生物氧化 (anaerobic ammonium oxidation, 简称 Anammox)。他们的重大发现为研究厌氧氨生物氧化技术提供了理论依据。与传统的硝化-反硝化技术相比, 厌氧氨生物氧化技术具有的优点是: 不需要外加有机物作电子供体, 既可节省费用又可防止二次污染; 可以经济有效地利用氧, 能耗大幅度下降。

處理方式-----物化法

迴圈冷卻水系統脫氮法

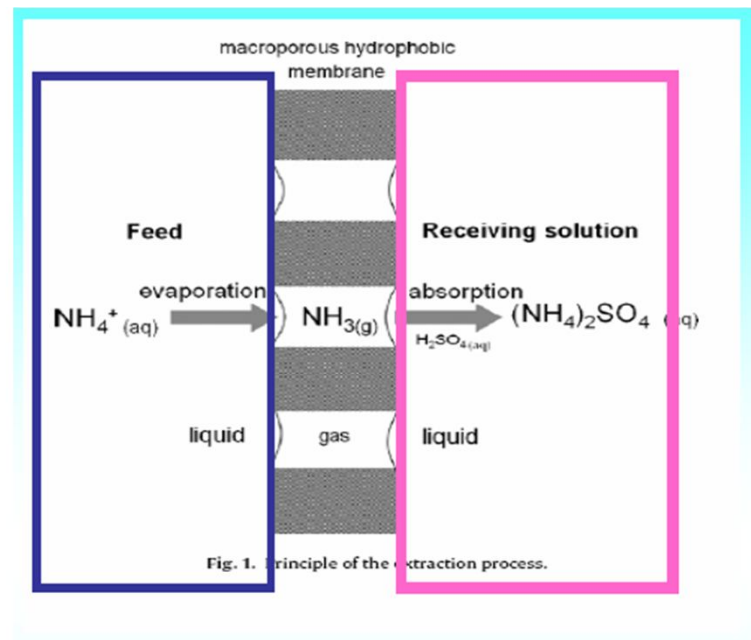
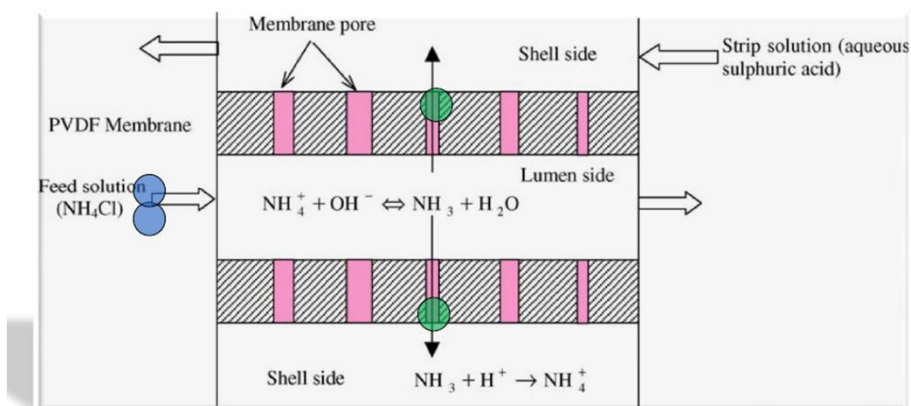
循环冷却水系统由冷却塔、循环泵和换热设备组成，它是一个特殊的生态环境，具有合适的水温、长的停留时间、巨大的填料表面积、充足的空气等优良条件，可促使氨氮的转化^[30]。氨氮主要是在冷却塔内得以脱除，其中80%为硝化作用，10%为解吸作用，10%为微生物同化作用，三种作用综合影响、但以硝化作用为主。

本法适宜处理氨氮浓度低于 50mg/L 的废水，一般操作条件：温度为 25-40℃，停留时间为 12.5h，pH 为 7.0-8.2。对于大多数企业，循环冷却水系统兼用脱氮不需增加费用就可使废水处理达标，具有双重效益。然而在实际运用中，必须要考虑系统内生物膜的形成对热交换效率、水质稳定等造成的影响。

- 迴圈冷卻水系統兼用脫氮不需增加費用就可使廢水處理達標，具有雙重效益。
- 然而在實際運用中，必須要考慮系統內生物膜的形成對熱交換效率、水質穩定等造成的影響。

處理方式-----物化法

膜分離技術



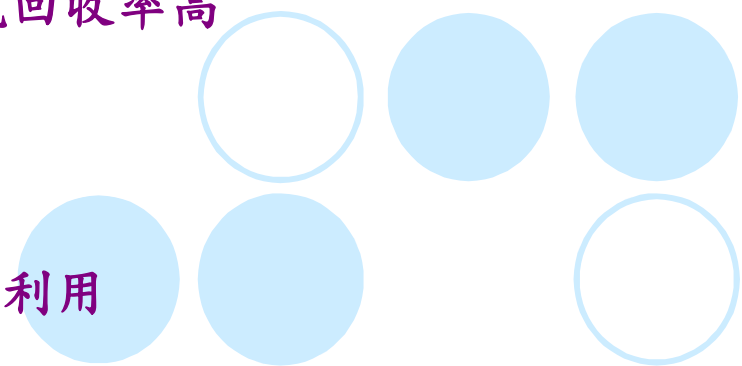
Xiaoyao., J. Membr. Sci.
271, 59-68(2006)

➤ 這種方法操作方便，系統路線最短，氨氮回收率高

➤ 最終產品無毒性抑制問題

➤ 初設成本與佔地面積均低

46 ➤ 利用稀硫酸吸收NH₃成為無害硫酸銨可再利用



硫酸溶液與 $\text{NH}_3(\text{g})$ 反應形成硫酸銨，根據方程式(2)及圖 3 所示。在 $\text{NH}_3(\text{g})$ 經薄膜與硫酸結合過程中產生的硫酸銨濃縮液高達 30%。

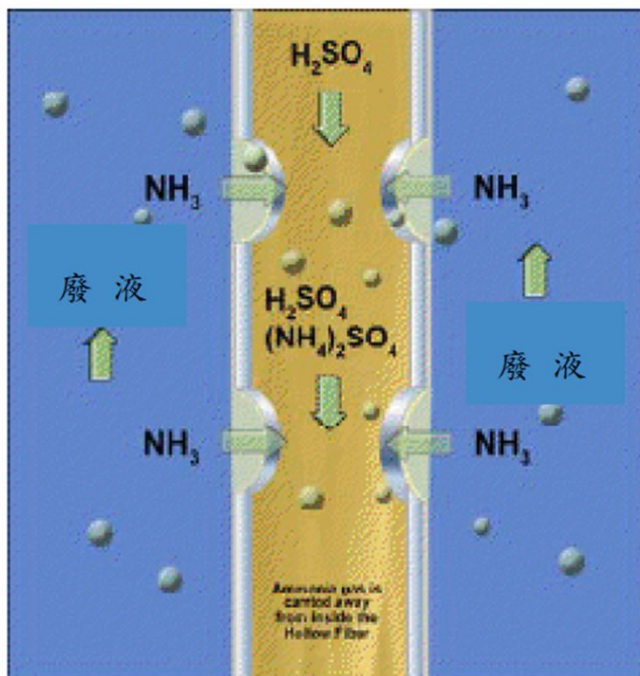
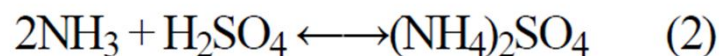
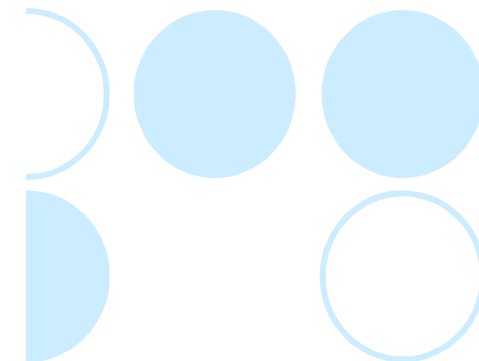
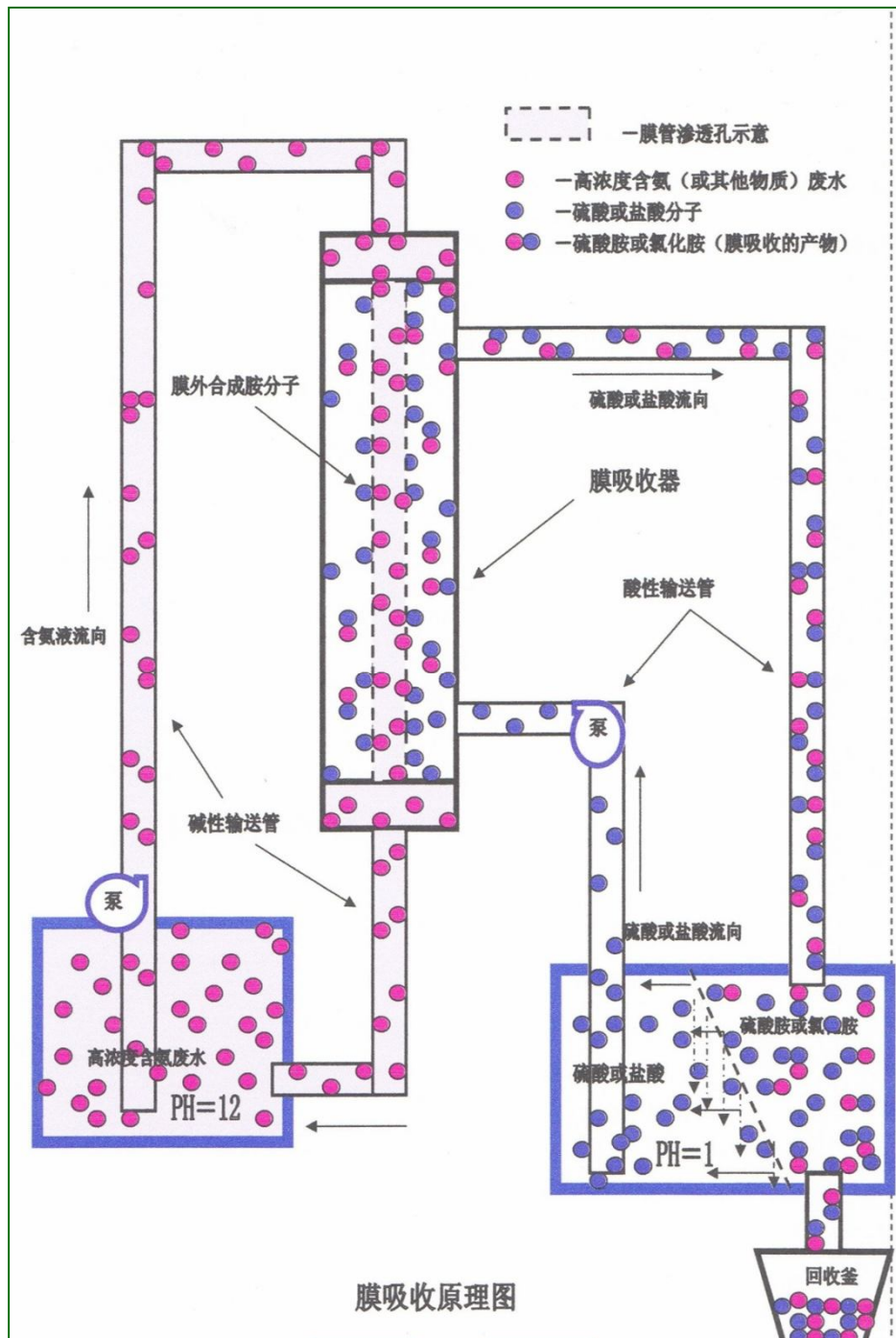


圖 3. $\text{NH}_3(\text{g})$ 經中空纖維疏水膜與硫酸結合過程示意圖



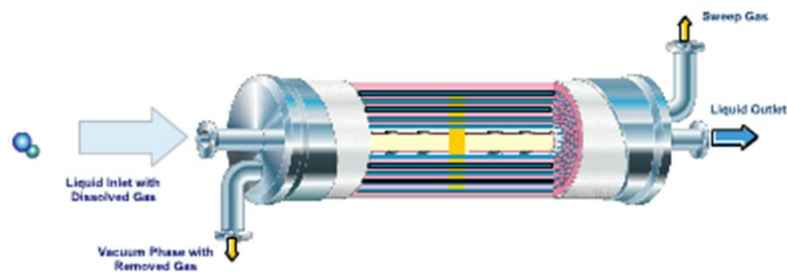
選擇性膜分離技術說明

原水調整pH至高鹼性使水中氨水轉成分子氨，經過選擇性薄膜滲透至另一側由硫酸（或鹽酸）吸收，經過多此循環，廢水中氨水逐漸降低達到廢水處理之目標。經過薄膜分離後之硫酸銨可以回收再利用。

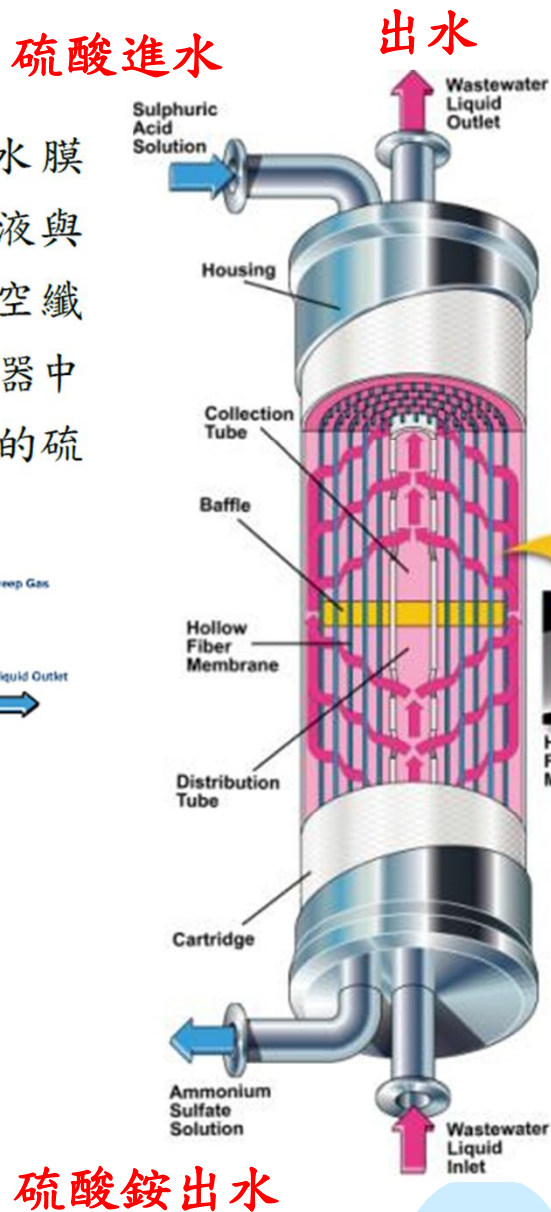


膜吸收原理圖

微孔 PP(聚丙烯)中空纖維疏水膜組，以下簡稱為膜組。循環的硫酸溶液與廢液形成兩個流通路徑，廢液流經中空纖維膜接觸器(如圖 2)， $\text{NH}_3(\text{g})$ 由膜接觸器中的纖維膜管束外進入管束內，與循環的硫酸溶液接觸反應成硫酸銨溶液。

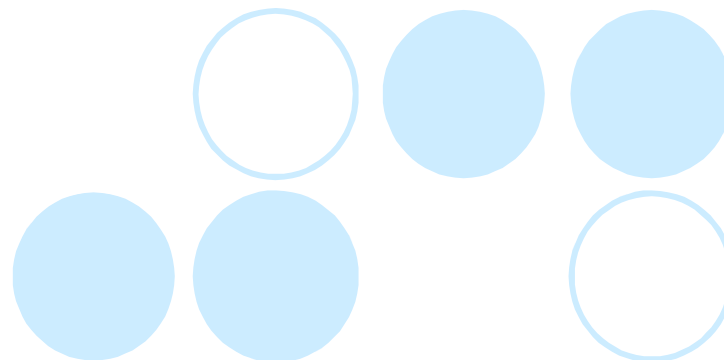


2500ppm 以下適用



操作說明-

利用膜的選擇透過性進行氨氮脫除的一種方法。這種方法操作方便，氨氮回收率高，無二次污染。蔣展鵬等採用電滲析法和聚丙烯(PP)中空纖維膜法處理高濃度氨氮無機廢水可取得良好的效果。**電滲析法處理氨氮廢水2000~3000 mg/L，去除率可在85%以上，同時可獲得8.9%的濃氨水。**此法工藝流程簡單、不消耗藥劑、運行過程中消耗的電量與廢水中氨氮濃度成正比。**PP中空纖維膜法脫氨效率>90%，回收的硫酸銨濃度在25%左右。運行中需加鹼，加鹼量與廢水中氨氮濃度成正比。**



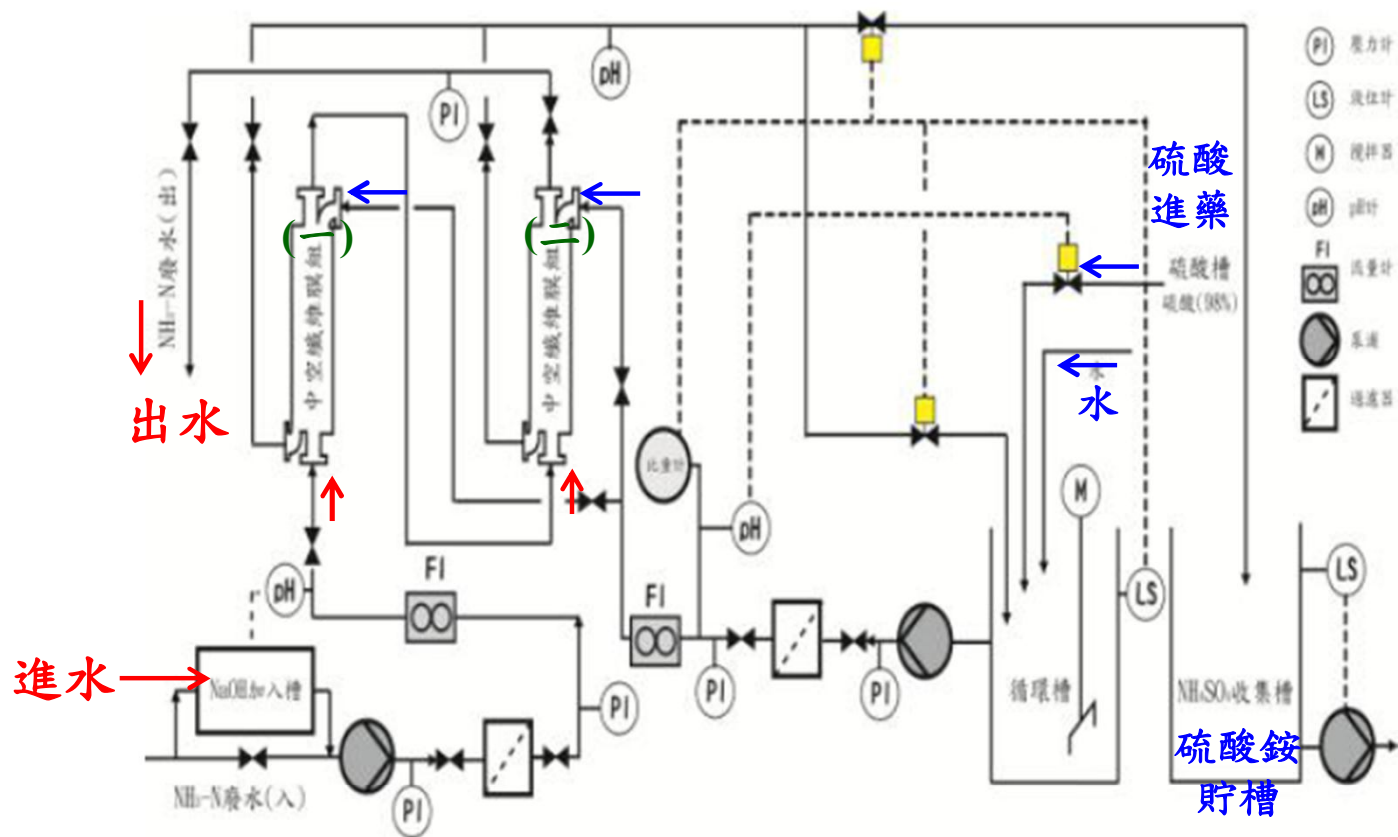


圖 5.中空纖維薄膜接觸器結合硫酸水溶液去除廢水中氨氮之 P&ID 圖

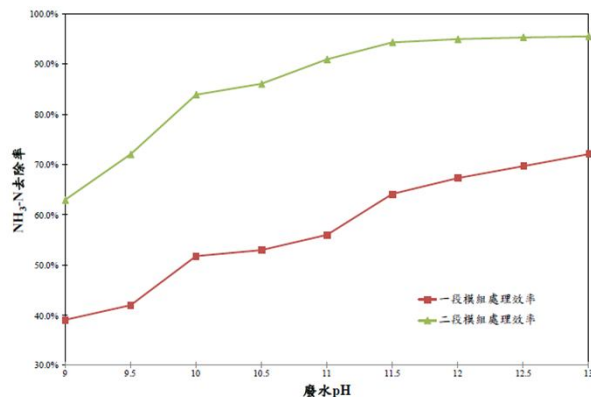


圖 6. 廢液 pH 值對氨氮去除率之影響

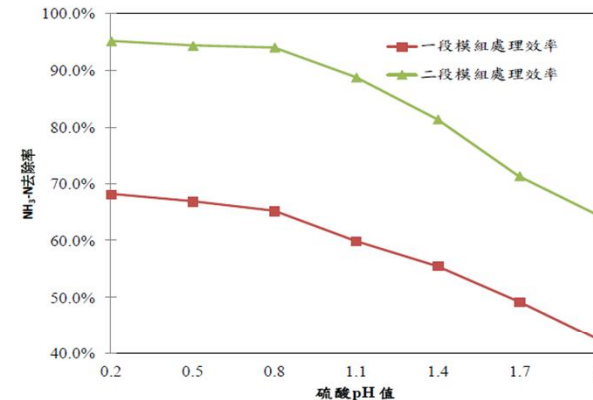


圖 7. 硫酸 pH 值對氨氮去除率之影響

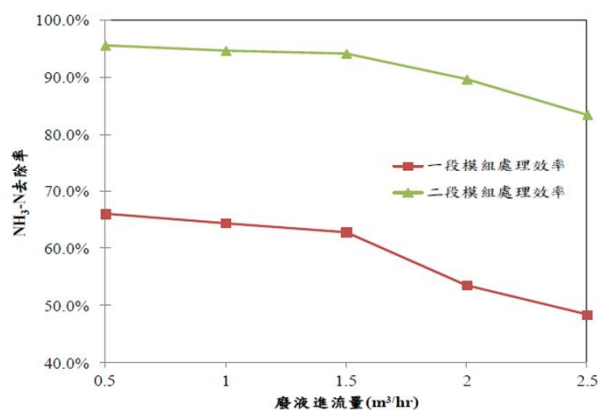


圖 8. 廢液進流量對氨氮去除率之影響

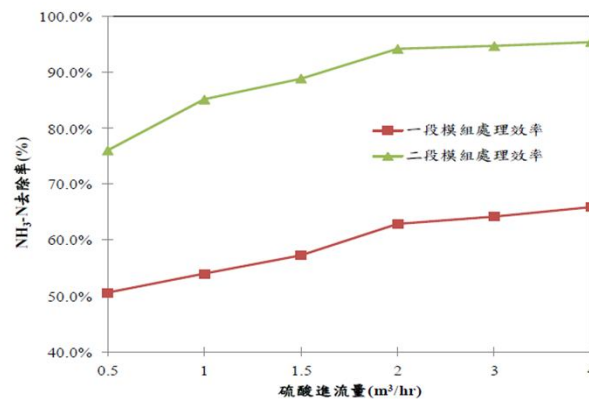
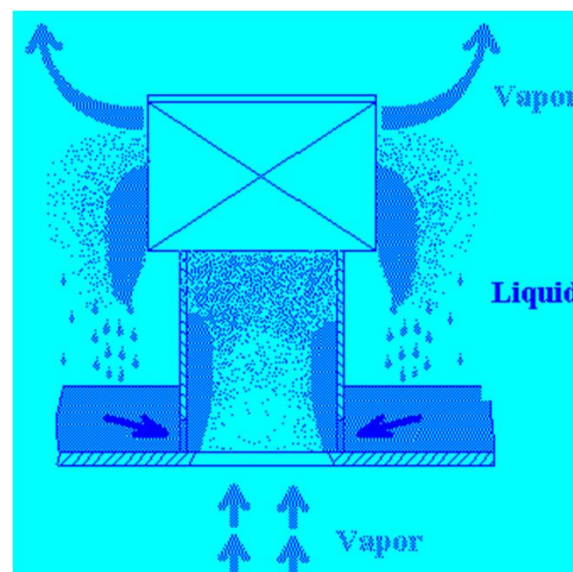
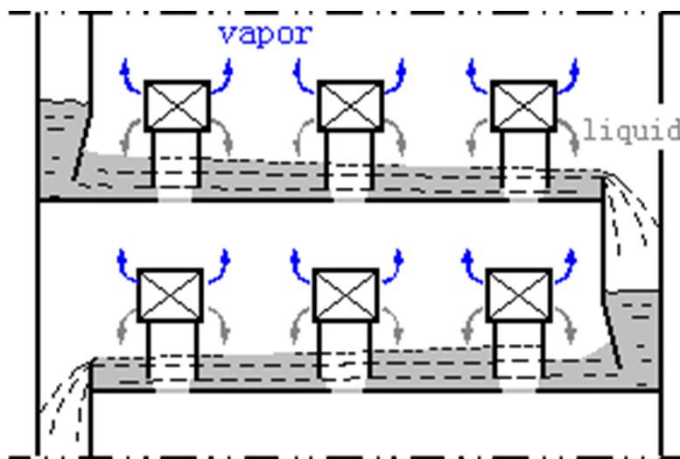


圖 9. 硫酸進流量對氨氮去除率之影響圖

由研究成果顯示：當廢液 pH 值越高且硫酸 pH 值越低時，中空纖維薄膜處理氨氮之效率越佳，當使用直徑 6" 中空纖維薄膜組二組串連，且在氨氮濃度介於 300~400ppm 時，及操作溫度為 28°C 條件下，廢液 pH 值 ≥ 11.5 、硫酸 pH 值 ≤ 0.8 、廢液流量 ≤ 1.5 m³/hr、硫酸流量 ≥ 2 m³/hr，氨氮處理效率可達 94% 以上。 (李九龍等)

處理方式-----物化法

氨水汽提回收法

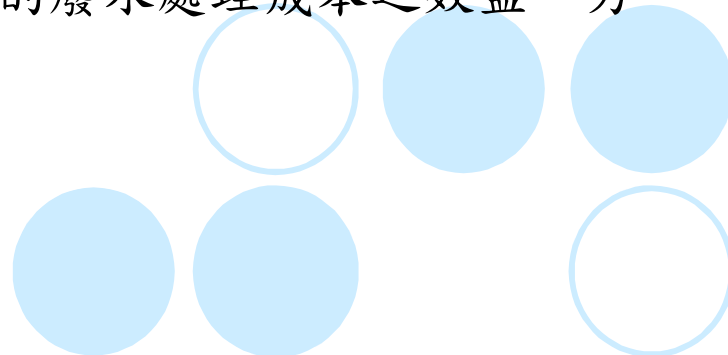


- 處理效率高、操作彈性大，特別適用於須大液體流率之廢氣處理
- 易保養維護，可適應較大之廢氣溫度、流量變化，耐堵塞
- 與packed tower相較高，通常塔氣壓損較高、整體重量較重

操作說明-

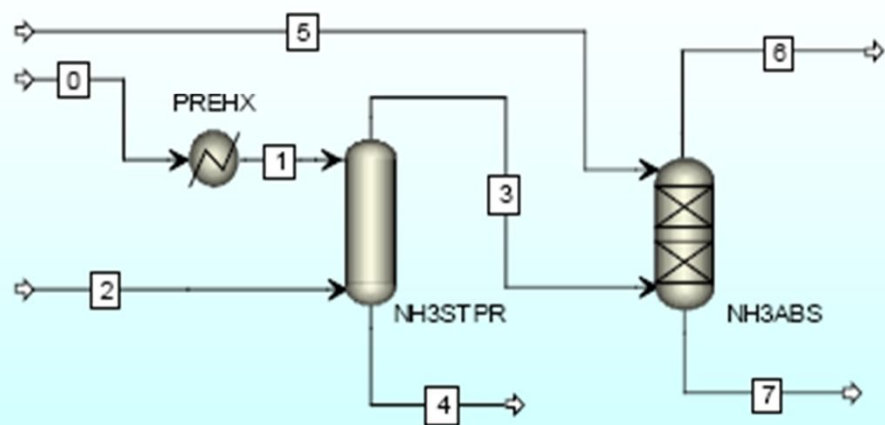
而氣提法以化工技術上來說屬於傳統成熟之技術，重點僅需提升反應器之氣液接觸效率，以增高氣提濃縮比例。因此，**工研院在反應器之設計上採用噴射板塔（Jet Co-flow Plated Tower, JCPT）與超重力旋轉填充床（HiGee）反應器，利用效率較高之氣液接觸，達到體積小、效率高之氨氣提率。**

工研院規劃案例：**回收濃度為20wt.%之氨水約87kg/h，回收率>98%。**若採chiller water冷凝，保存溫度15°C，回收氨水濃度可再提高至30%，**操作成本以蒸汽為主**，大約每小時花費500~700NTD，以回收20wt.%氨水（9NTD/kg計），恰可抵消蒸汽成本，具有節省的廢水處理成本之效益，另可回收塔底廢水熱量至進料預熱器。



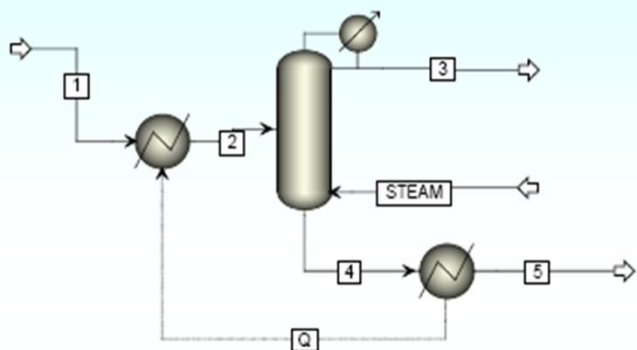
工研院汽提處理案例

- 薄膜太陽能電池**CBD**製程廢水
 - 廢水氨氮濃度**10,000 mg/L**
- 空氣為脫除流體
 - **G/L=500**，氨氮脫除率**80%**



表示氨水濃度大於0.7%者回收價值可抵操作成本

案例試算 - 0.7 wt% 廢氨水

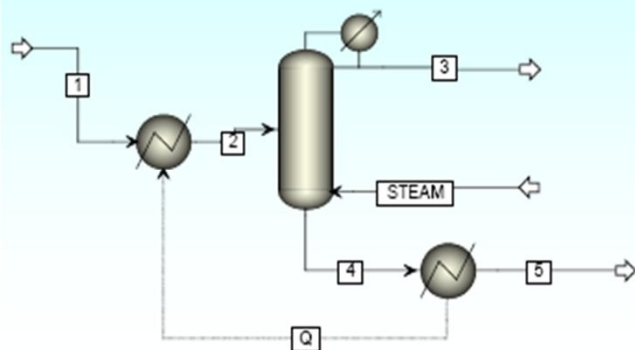


Heat and Material Balance Table							
Stream ID		1	2	3	4	5	STEAM
Temperature	C	30.0	70.3	39.5	100.0	65.0	120.2
Pressure	kg/sqcm	3.033	1.200	1.033	1.033	1.033	2.033
Vapor Frac		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Mole Flow	kmol/hr	138.827	138.827	4.887	161.695	161.695	27.754
Mass Flow	kg/hr	2500.000	2500.000	87.031	2912.969	2912.969	500.000
Volume Flow	cum/hr	2.537	2.645	0.098	3.174	3.053	455.199
Enthalpy	Gcal/hr	-9.403	-9.300	-0.282	-10.803	-10.905	-1.582
Mass Flow	kg/hr						
WATER		2482.500	2482.500	69.625	2912.875	2912.875	500.000
AMMONIA		17.500	17.500	17.406	0.094	0.094	
UREA							
Mass Frac							
WATER		0.993	0.993	0.800	1.000	1.000	1.000
AMMONIA		0.007	0.007	0.200	32 PPM	32 PPM	
UREA							
Mole Flow	kmol/hr						
WATER		137.800	137.800	3.865	161.689	161.689	27.754
AMMONIA		1.028	1.028	1.022	0.006	0.006	
UREA							

計算說明：

- ◆ 蒸餾塔需有6板以上理論板數。
- ◆ 可回收塔底廢水熱量至進料預熱器；
- ◆ 回收濃度為20wt.%之氨水約87kg/h，回收率>98%。
- ◆ 回收氨水濃度可再提高至30%，但須採chiller water冷凝，保存溫度也需在15°C
- ◆ 操作成本以蒸汽為主，大約每小時花費500~700NTD
- ◆ 20wt.%氨水以9NTD/kg計，恰可抵消蒸汽成本，效益來自於節省的廢水處理成本。

案例試算 - 6 wt%廢氨水



Heat and Material Balance Table							
Stream ID		1	2	3	4	5	STEAM
Temperature	C	30.0	63.5	39.5	100.0	65.0	120.2
Pressure	kg/sqcm	3.033	1.200	1.033	1.033	1.033	2.033
Vapor Frac		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Mole Flow	kmol/hr	139.253	139.253	42.113	147.097	147.097	49.958
Mass Flow	kg/hr	2500.000	2500.000	750.000	2650.000	2650.000	900.000
Volume Flow	cum/hr	2.605	2.701	0.847	2.887	2.778	819.359
Enthalpy	Gcal/hr	-9.063	-8.970	-2.427	-9.828	-9.921	-2.847
Mass Flow	kg/hr						
WATER		2350.000	2350.000	600.001	2649.999	2649.999	900.000
AMMONIA		150.000	150.000	149.999	0.001	0.001	
UREA							
Mass Frac							
WATER		0.940	0.940	0.800	1.000	1.000	1.000
AMMONIA		0.060	0.060	0.200	273 PPB	273 PPB	
UREA							
Mole Flow	kmol/hr						
WATER		130.445	130.445	33.305	147.097	147.097	49.958
AMMONIA		8.808	8.808	8.808	< 0.001	< 0.001	
UREA							

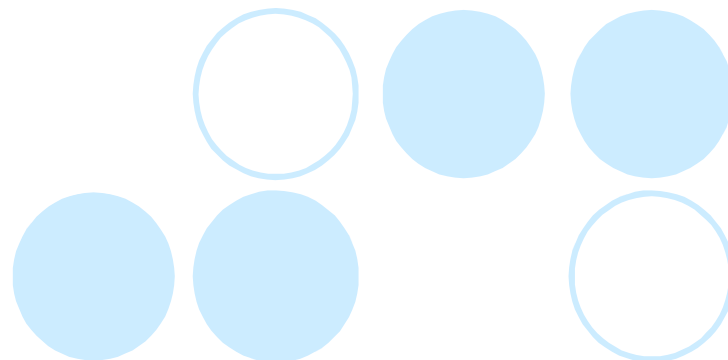
計算說明：

- ◆ 蒸餾塔需有6板以上理論板數。
- ◆ 可回收塔底廢水熱量至進料預熱器；
- ◆ 回收濃度為20wt.%之氨水約750kg/h，回收率>99%。
- ◆ 回收氨水濃度可再提高至30%，但須採chiller water冷凝，保存溫度也需在15°C
- ◆ 操作成本以蒸汽為主，大約每小時花費1,000~1,200NTD
- ◆ 20wt.%氨水以9NTD/kg計，扣除蒸汽成本後，年獲效益高達四千萬以上(尚未計算節省的廢水處理成本。)

本案氨水濃度2.67%，相對有
1780萬/年之回收價值

一、氨氮處理技術回顧— 生物處理及生化聯合法

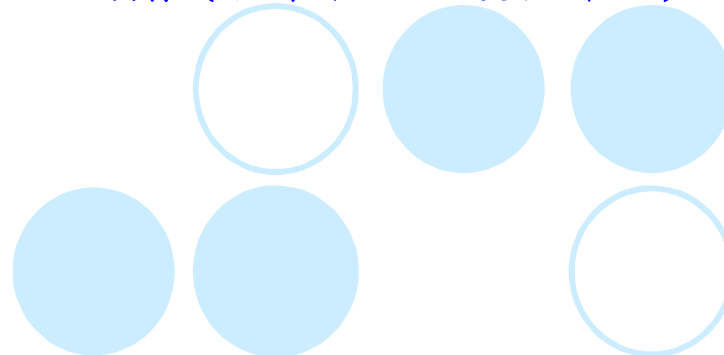
本章節所有資料取自網路或是發表文章資料於此彙整提供參考之



處理方式-----生物法

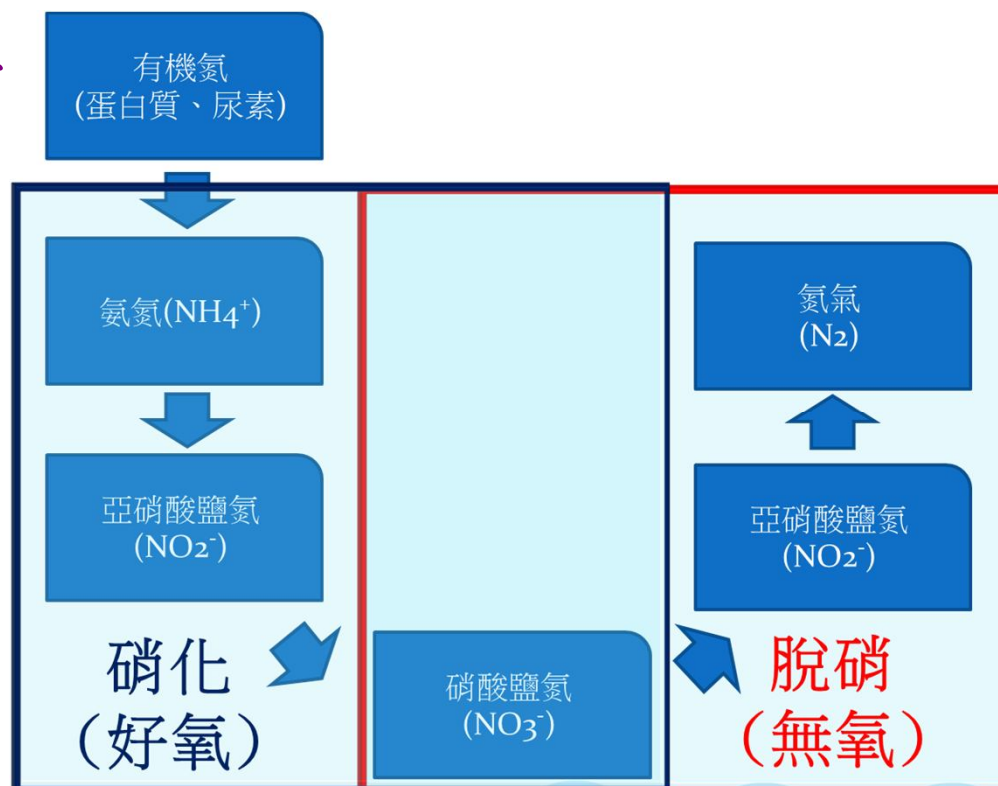
生物法包括

- 硝化及脫硝生物法(AO、SBR法等)
- Anammox技術
- 生化聯合技術
 - ☛ 吹脫-缺氧-好氧
 - ☛ 生物活性碳流化床
 - ☛ 石灰絮凝沉澱+空氣吹脫+好氧生化處理池中加入吸附劑（粉末狀活性碳和沸石）
 - ☛ 傳統生物加上膜-生物反應器技術（MBR）
 - ☛ 沸石吸附與生物硝化處理結合



處理方式-----物化法

硝化及脫硝生物法



➤ 適合處理大水量低濃度氨氮廢水，技術成熟，操作方便

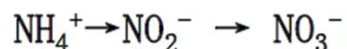
➤ 處理排放的廢水可符合排放標準

➤ 最終廢水回收再利用

AquaLab 生物處理原理

有機氮廢水生物處理：利用微生物於無氧與好氧組合程序中，除分解廢水中有機污染物外，將氮系污染物行生化代謝作用轉為無害氮氣。

a. 主要硝化反應：



b. 適合溫度：20 ~ 35 °C

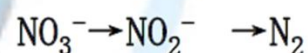
c. 溶氧：硝化菌為好氧性

DO > 2 mg/L 有利硝化作用

d. 容易受以有機物影響 COD/ NH₄⁺ 比

值愈低越適合硝化菌生長

a. 主要脫硝反應：



b. 適合溫度：15 ~ 30 °C

c. 溶氧：產生競爭效應不利於脫

硝作用

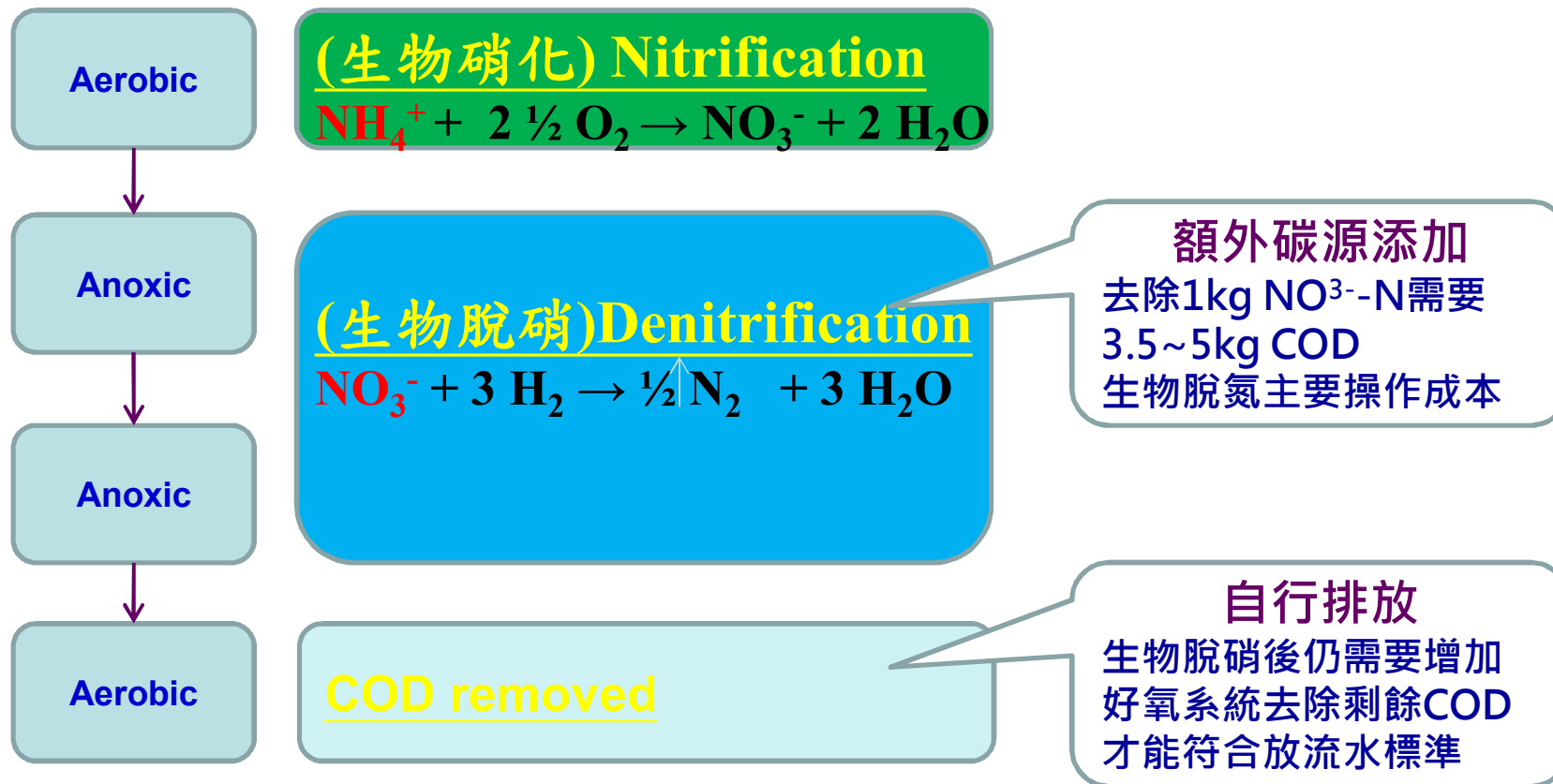
d. 需有機物加以反應

COD/ NO₃⁻ > 5 較佳

DO 影響

有機物影響

NH₄⁺-N & NO₃⁻-N degraded

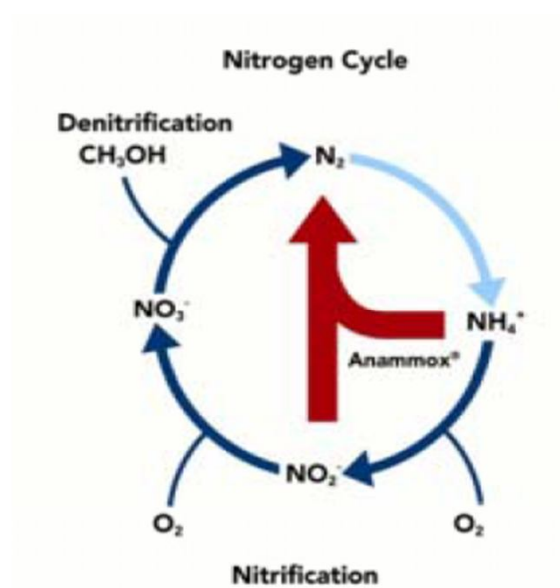


苗栗縣某光電業實廠氨氮處理系統	
規劃處理前NH ₄ ⁺ -N	<400 mg/L
規劃處理後NH ₄ ⁺ -N	<15 mg/L

桃園縣某光電業實廠硝酸鹽處理系統	
實際處理前NO ₃ ⁻ -N	<150mg/L
實際處理後NO ₃ ⁻ -N	<30 mg/L

處理方式-----物化法

Anammox技術



Anammox process

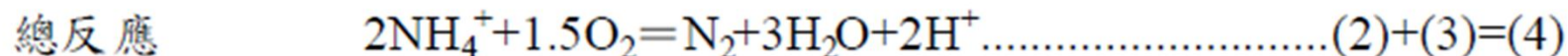
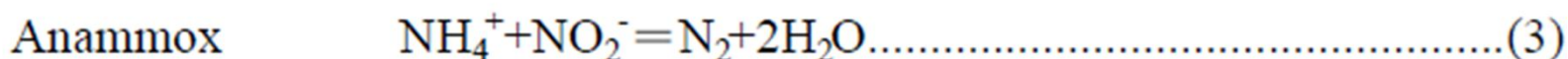
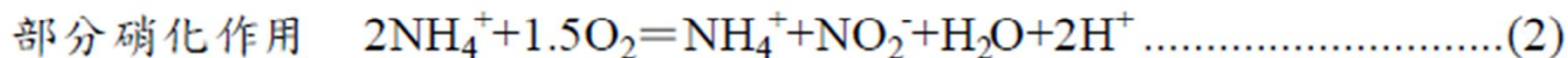


- 不須額外添加碳源且至少可節省25%曝氣量，操作成本低
- 減少反應槽體積至少50%，初設成本低
- 系統反應不排放CO₂，減碳功效良好
- 配合薄膜單元運用，增加水回收量

將 Anammox 技術應用於廢水處理是一項嶄新的技術，主要是針對

碳／氮比值較低(<0.15)之廢水，係結合 Anammox 與部分硝化作用兩程

序，同樣地促使氨氮轉化生成氮氣，其反應過程如下所示：

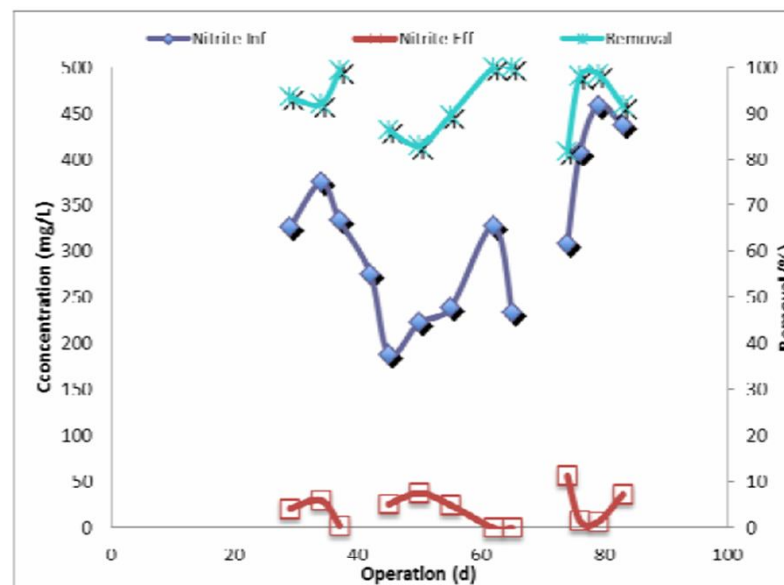
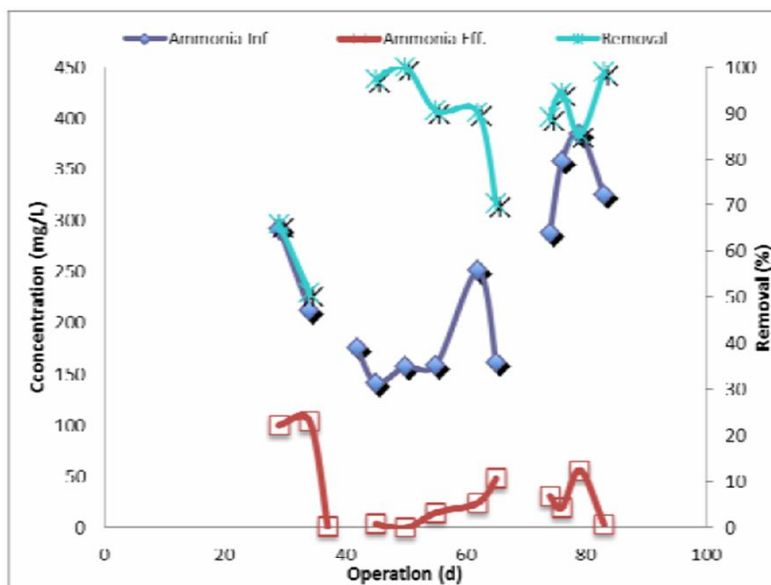


藉由此新型處理技術能降低傳統廢水處理過程中大量曝氣及額外添加碳源的需求，而得以大幅減少整體操作費用，且因反應過程中微生物利用水中 HCO_3^- 作為碳源、減少 CO_2 排放，對於溫室氣體減量有相當助益，將成為未來進行廢水處理的重要技術。

表 1 Anammox 操作條件

項目	條件	說明
溶氧	<0.5%	Anammox 為厭氧反應，當溶氧 >0.5% 即停止反應。
NO ₂ ⁻	<0.02M	當 NO ₂ ⁻ >0.02M 即停止反應；若當 NO ₂ ⁻ >0.005M 且持續超過 12 小時，也會造成 Anammox 活性消失，但此時只要加入 Anammox 中間產物聯胺(N ₂ H ₄)或羥胺(NH ₂ OH)即可恢復其活性。
溫度	6~43°C	
pH	6.7~8.3	pH=8 時具有最佳狀態
NH ₃	不影響	
NO ₃ ⁻	不影響	
最大 NH ₄ ⁺ 消耗速率	5.5μmole/ 每克蛋白質 /每分鐘	
親和力	<10μM	
微生物表現型態	生長緩慢	若需人為操作，應考量以固定膜方式增長污泥停留時間，以克服微生物生長緩慢之劣勢，可設計類似 SBR 或 UASB 反應槽。

模廠測試結果：Anammox



原水：

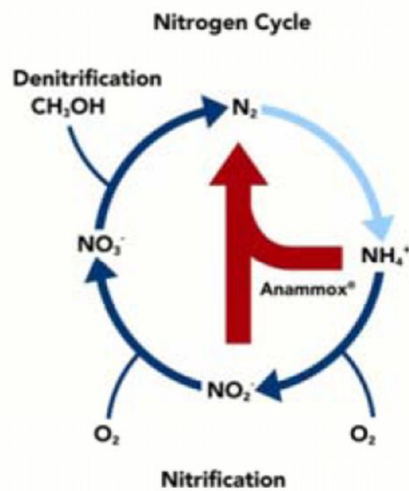
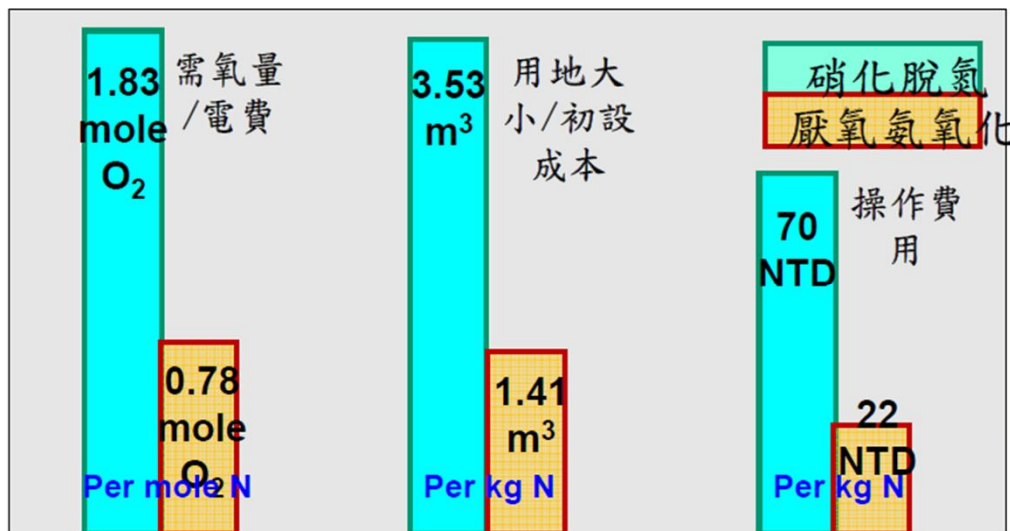
氨氮濃度：141~385 mg/L (avg. 242 mg/L)；亞硝酸氮濃度：187~458 mg/L (avg. 317 mg/L)

Anammox處理後：

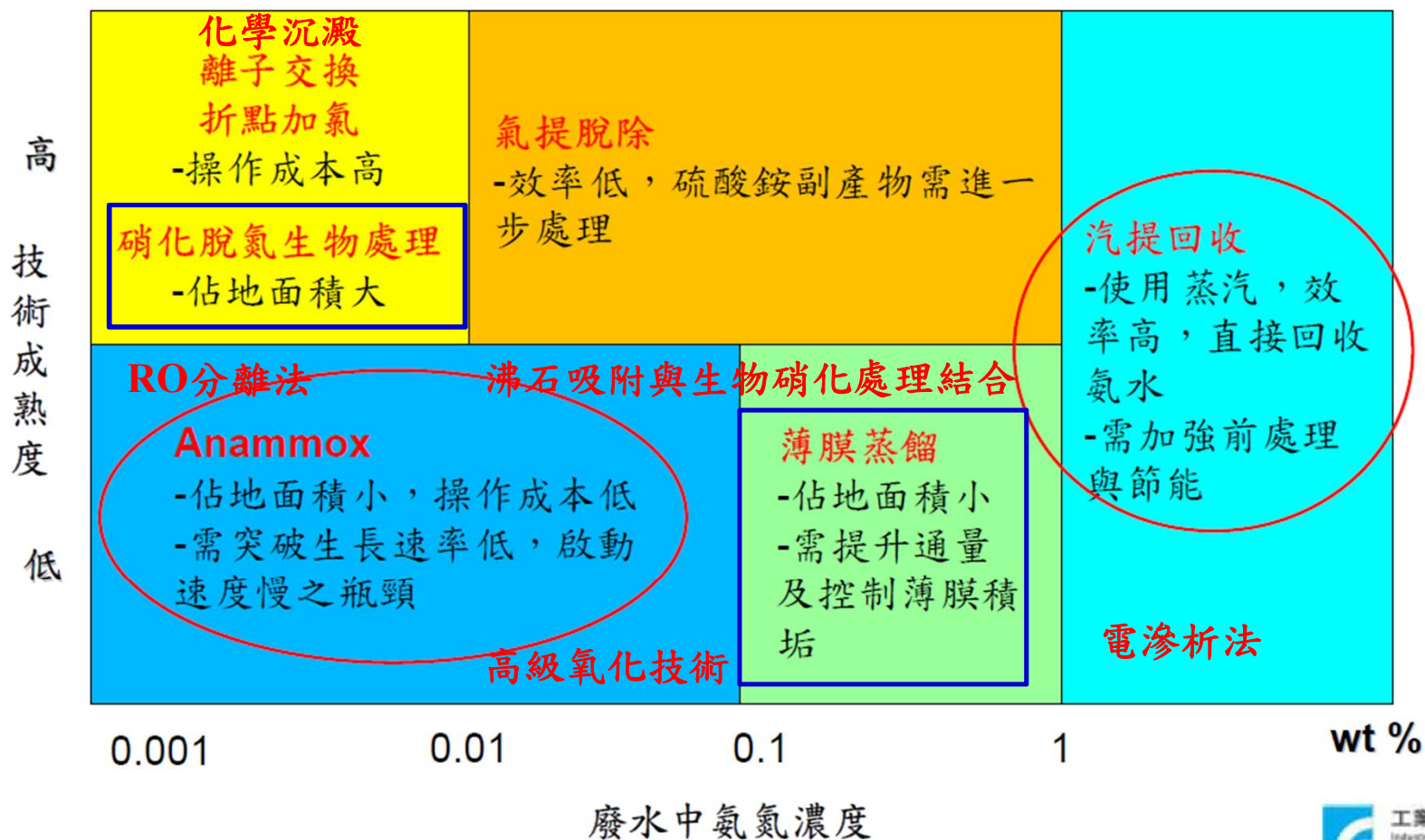
氨氮濃度：Avg. 33.9 mg/L，去除率85%；亞硝酸氮濃度：Avg. 20.8 mg/L，去除率93%

創新生物除氮技術- Anammox

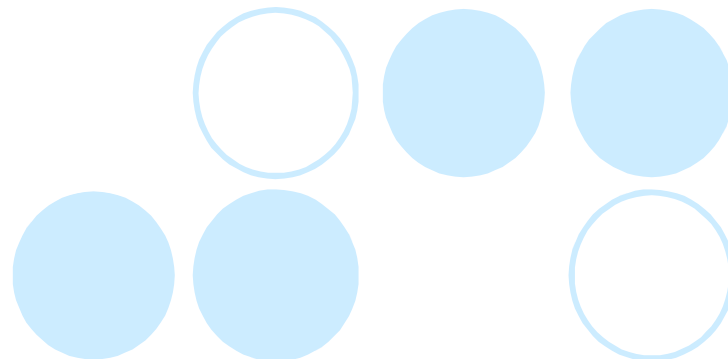
- **Anaerobic Ammonia Oxidation** 厭氧氨氧化反應簡稱Anammox
- $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^- \rightarrow \rightarrow \text{N}_2$
- **遭遇問題**
 - ✓ 傳統生物硝化程序，高耗能、佔地面積大、需額外添加碳源
 - 硝化 / 半硝化之體積負荷：0.3 kg N/m³-d
 - 脫氮 / 厭氧氨氧化之體積負荷：5 kg N/m³-d



氨氮廢水處理技術分析



氮氮去除方法有多種，不同方法有各自的優勢與不足之處，有時需要採取多種技術的聯合處理，才能取長補短達到較好的處理效果。而且由於不同廢水性質上的差異，我們必須針對不同工業廢水的性質，以及它所含的成分進行深入系統的研究，選擇和確定處理技術及其工藝。與此同時，我們還要盡可能的選擇高效、經濟、穩定的方法處理氮氮廢水，避免二次污染。



處理方式-----生化聯合法

生化聯合技術

物化方法在處理高濃度氨氮廢水時不會因為氨氮濃度過高而受到限制，但是不能將氨氮濃度降到足夠低（如100 mg/L以下）。而生物脫氮會因為高濃度遊離氨或者亞硝酸鹽氮而受到抑制。實際應用中採用生化聯合的方法，在生物處理前先對含高濃度氨氮的廢水進行物化處理。

盧平等研究採用吹脫-缺氧-好氧工藝處理含高濃度氨氮垃圾滲濾液。結果表明，吹脫條件控制在pH=9.5、吹脫時間為12 h時，吹脫預處理可去除廢水中60%以上的氨氮，再經缺氧-好氧生物處理後對氨氮（由1400 mg/L降至19.4 mg/L）和COD的去除率>90%。

Horan等用**生物活性碳流化床處理垃圾滲濾液**（COD為800~2700 mg/L，氨氮為220~800 mg/L）。研究結果表明，在氨氮負荷0.71 kg/(m³·d)時，硝化去除率可達90%以上，COD去除率達70%，BOD全部去除。

Fikret等以**石灰絮凝沉澱+空氣吹脫做為預處理**手段提高滲濾液的可生化性，在**隨後的好氧生化處理池中加入吸附劑（粉末狀活性碳和沸石）**，發現吸附劑在0~5 g/L時COD和氨氮的去除效率均隨吸附劑濃度增加而提高。對於氨氮的去除效果沸石要優於活性碳。

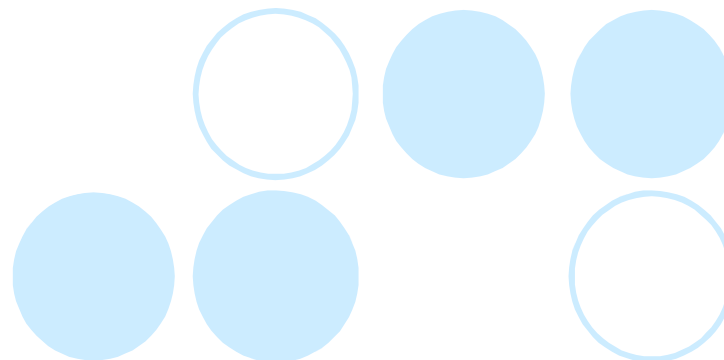
膜-生物反應器技術（MBR）是將膜分離技術與傳統的廢水生物反應器有機組合形成的一種新型高效的污水處理系統。MBR處理效率高，出水可直接回用，設備少占地面積小，剩餘污泥量少。其難點在於保持膜有較大的通量和防止膜的滲漏。李紅岩等利用一體化膜生物反應器進行了高濃度氨氮廢水硝化特性研究。研究結果表明，**當原水氨氮濃度為2000 mg/L、進水氨氮的容積負荷為2.0 kg/(m³·d)時，氨氮的去除率可達99%以上**，系統比

沸石吸附與生物硝化處理結合-

近年来,国外还报道了一些结合各种方法的新的氨氮脱除工艺。如 O. Lahav 等^[19]使用沸石作为离子交换材料,既作为把氨氮从废水中分离出来的分离器,又作为硝化细菌的载体。该工艺在一个简单的反应器中分吸附阶段和生物再生阶段两个阶段进行。在吸附阶段,沸石柱作为典型的离子交换柱;而在生物再生阶段,附在沸石上的细菌把脱附的氨氮氧化成硝态氮。研究表明,该工艺具有高的氨氮去除率和稳定性,能成功地去除原水和二级出水中的氨氮。D. Cliffird 等^[20]用生物反硝化法和离子交换法的 IX-SBR 组合工艺去除饮用水中的硝酸盐,研究表明,与完全使用离子交换法相比,组合工艺使再生剂的消耗减少了 50%,而排出的废盐降低了 90%。

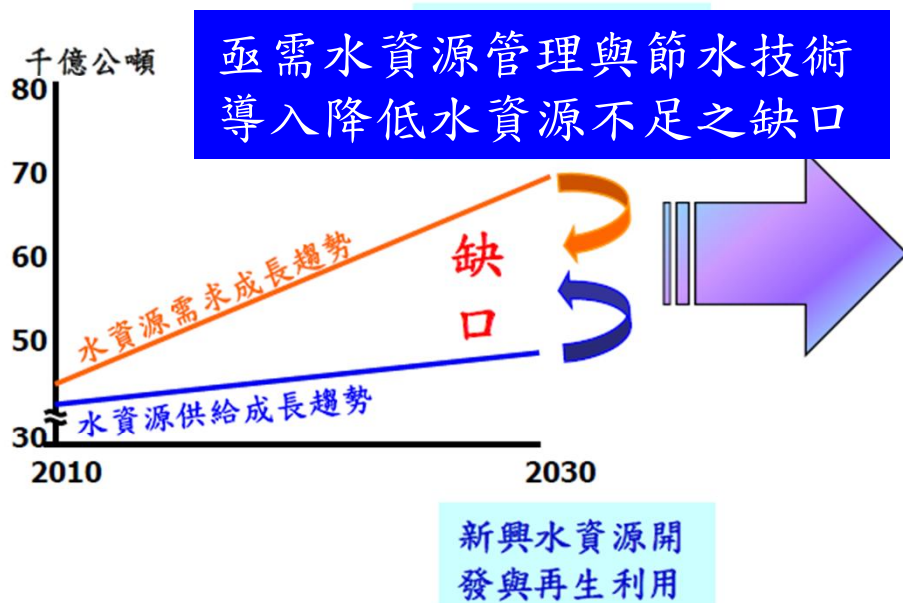
園區節水政策

本章節所有資料取自網路或是發表文章資料於此彙整提供參考之

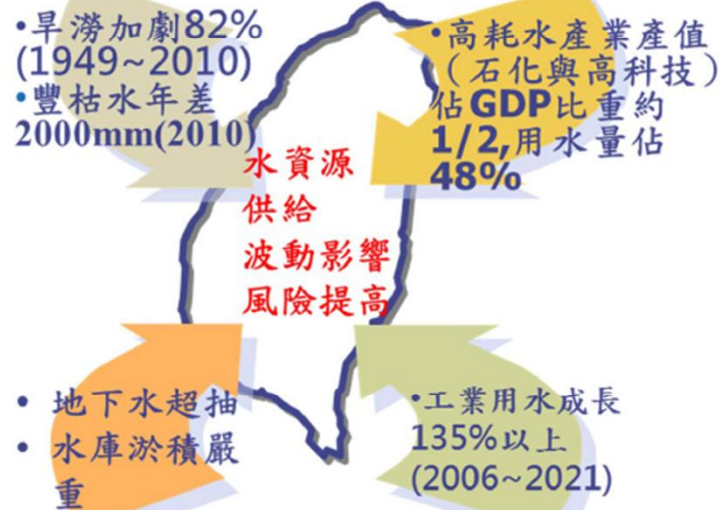


水資源現況

全球水資源 缺口逐漸擴大



台灣水資源 面臨問題



- 在現有發展情境下全球水資源供需缺口將逐漸擴大。
- 用水管理/節水技術與新水源開發為解決缺口之重要解決方案，水處理技術與產業扮演重要角色。

區域水資源供需缺口分析

用水分區		假設水利設施如期完工				假設水利設施未如期完工			
		目標年缺口量				目標年缺口量			
		100	110	120	備註 1	100	110	120	備註 2
北部區域	宜蘭地區	0	0	0	--	0	0	0	--
	基隆地區	0	0	1.2 萬	假設八堵抽水站及新山水庫改善作業如期於 98 年完工，其供水能力係以每日 52.5 萬立方公尺做估算	3.3 萬	4.7 萬	7 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 4 萬立方公尺做估算
	台北地區	0	0	0	--	0	0	0	--
	桃園地區	27.7 萬	0	3.9 萬	假設民國 102 年板新供水改善計畫二期工程、桃園海淡廠、中庄調整池如期完成，其供水能力係以每日 150 萬立方公尺做估算	27.7 萬	42.5 萬	49.9 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 104 萬立方公尺做估算
	新竹地區	3.7 萬	7.0 萬	9.6 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 61 萬立方公尺做估算	3.7 萬	7.0 萬	9.6 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 61 萬立方公尺做估算
中部區域	苗栗地區	2.4 萬	1.4 萬	2.5 萬	假設民國 105 年天花湖水庫如期完成，其供水能力係以每日 41.7 萬立方公尺做估算	2.4 萬	12.4 萬	13.5 萬	供水缺口係以供水能力為每日 30.7 萬立方公尺做估算
	台中地區	5.5 萬	12.4 萬	25.9 萬	假設大安溪大甲溪水源如期於民國 102 年聯合運用，烏嘴潭人工湖如期於民國 106 年完工，其供水能力係以每日 178 萬立方公尺做估算	5.5 萬	38.4 萬	51.9 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 152 萬立方公尺做估算
	南投地區	0	0	0	--	0	0	0	--
	彰化地區	4.1 萬	0	0	假設烏溪大度堰如期於 104 年完工，其供水能力係以每日 128 萬立方公尺做估算	4.1 萬	65.6 萬	73.9 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 38 萬立方公尺做估算
	雲林地區	22 萬	11.9 萬	16.9 萬	假設湖山水庫如期於 103 年完工並與集集堰聯合運用，其供水能力係以每日 101.4 萬立方公尺做估算	22 萬	58.3 萬	63.3 萬	供水缺口以目前供水能力為每日 55 萬立方公尺做估算

北部地區
15~67萬CMD

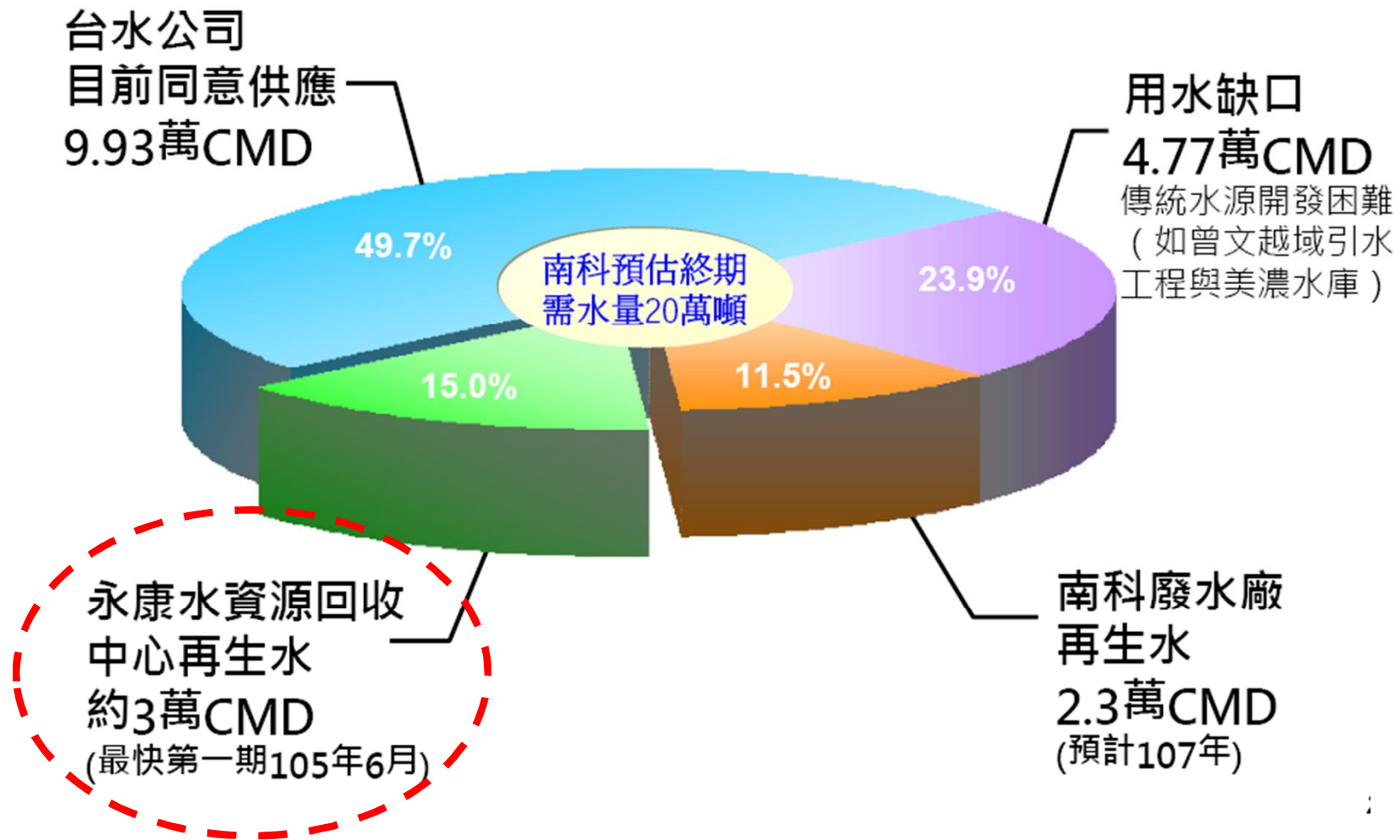
中部地區
45~203萬CMD

區域水資源供需缺口分析

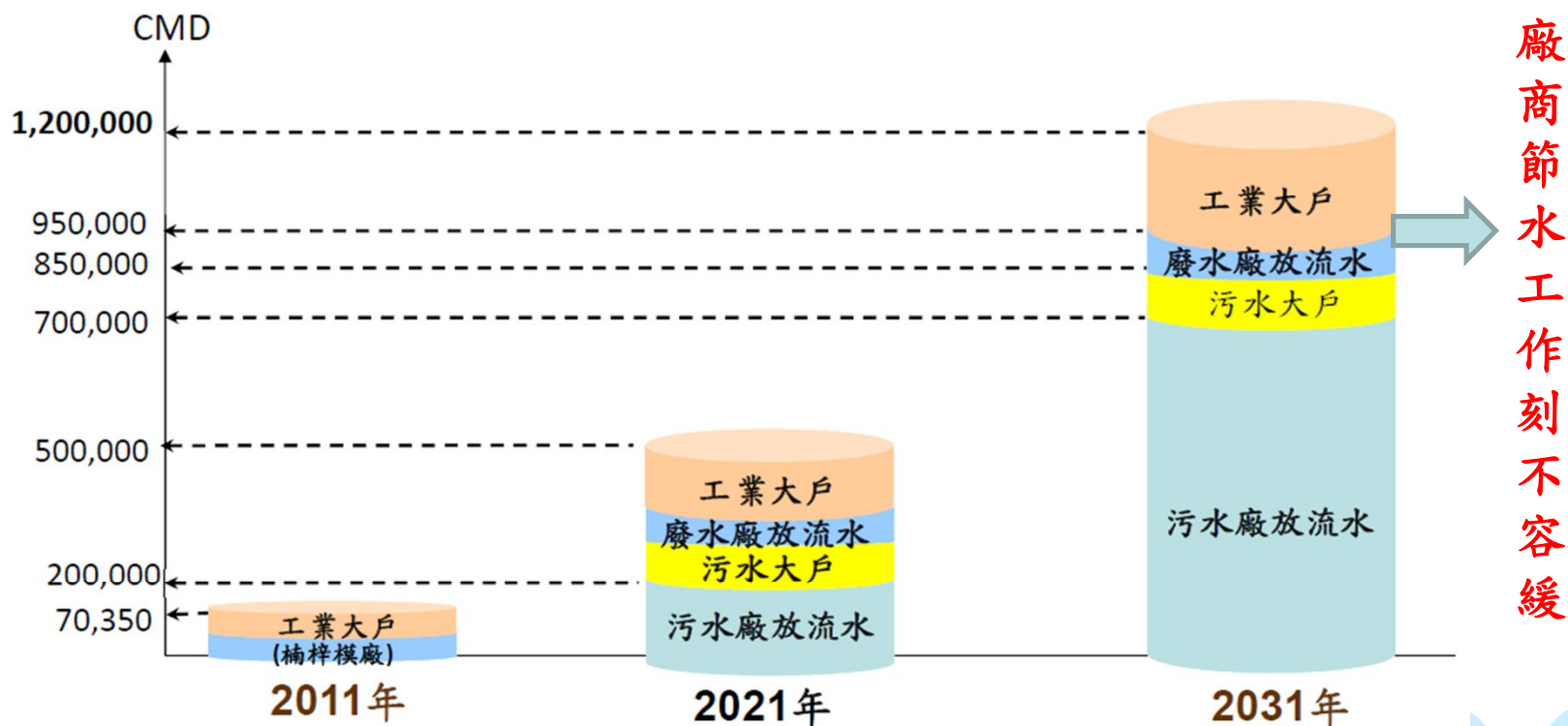
用水分區		假設水利設施如期完工				假設水利設施未如期完工			
		目標年缺口量				目標年缺口量			
		100	110	120	備註 1	100	110	120	備註 2
南部區域	嘉義地區	0	0	0.2 萬	假設曾文水庫越域引水工程如期於 101 年完工，其供水能力係以每日 51 萬立方公尺做估算	0	14.8 萬	17.2 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 34 萬立方公尺做估算
	台南地區	2.3 萬	0	1.5 萬	假設曾文水庫越域引水工程如期於 101 年完工，加上高屏地區水源支援，其供水能力係以每日 119 萬立方公尺做估算	2.3 萬	15.7 萬	21.5 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 119 萬立方公尺做估算
	高雄地區	17.5 萬	0	0	假設曾文水庫越域引水工程如期於 101 年完工，加上高屏大湖工程一、二期完工，其供水能力係以每日 213 萬立方公尺做估算	17.5 萬	36.6 萬	44.2 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 166 萬立方公尺做估算
	屏東地區	0.1 萬	0	0	假設士文水庫如期於 110 年完工，其供水能力係以每日 28 萬立方公尺做估算	0.1 萬	2 萬	8.7 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 16 萬立方公尺做估算
東部區域	花蓮地區	0	0	0	假設馬鞍溪水源如期於 110 年開發完工，其供水能力係以每日 27 萬立方公尺做估算	0	0.9 萬	1.7 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 21.6 萬立方公尺做估算
	台東地區	0	0	0	--	0	0	0	--
離島區域	金門地區	0	0	0	若「海淡二期」、「小金門海淡」及「大陸福建省引水工程」等計畫如期完成，其供水能力係以每日 4.16 萬立方公尺做估算	0.49 萬	0.90 萬	0.92 萬	供水缺口係以目前供水能力為每日 3.17 萬立方公尺做估算
	澎湖地區	0	0	0	供水缺口係以目前供水能力為每日 3.6 萬立方公尺做估算	0	0	0	供水缺口係以目前供水能力為每日 3.6 萬立方公尺做估算
	馬祖地區	0	0	0	供水缺口係以目前供水能力為每日 0.5 萬立方公尺做估算	0	0	0	供水缺口係以目前供水能力為每日 0.5 萬立方公尺做估算

南部地區
 2~92 萬 CMD

南科園區未來供水結構



台灣水資源現況-台灣再生水利用政策目標量



● 再生水定義：

→ (1)都市污水廠、(2)綜合廢水廠、(3,4)工廠及生活污水處理設備欲排放之放流水或納管水經再生處理之再生水，不包含廠內或建築物內循環使用（reuse）。

園區管理局節水管制策略

A、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。

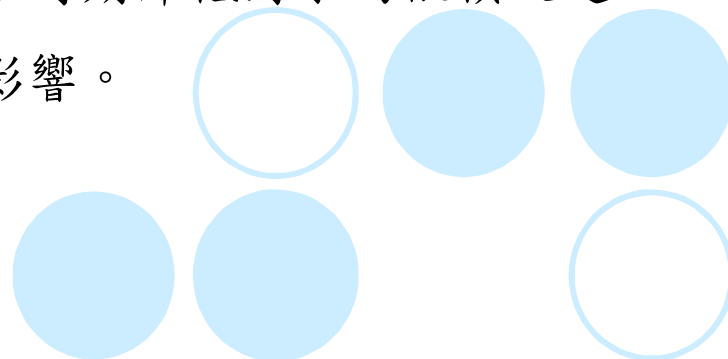
B、八十三年至八十八年興建者，製程回收率需大於百分之七十，全廠回收率需大於百分之五十，排放率需小於百分之八十。

C、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。

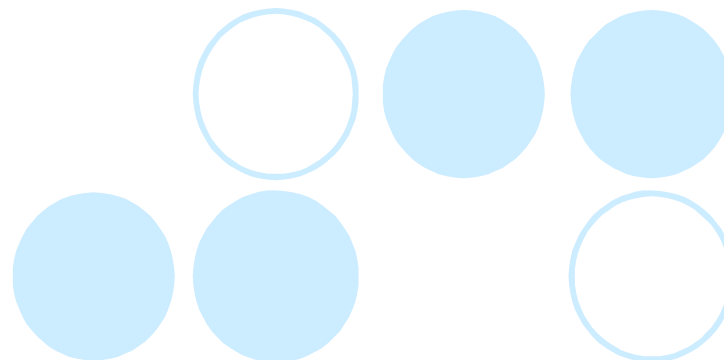
廠商因應對策

北、中、南科學園區在嚴峻的供水環境下，也遵循管理局的規範廠商使出渾身解數，利用各種方法及水處理技術，來達到世界級的回收標準，但無奈產業的成長迅速，政府設立新水源的執行因主、客觀的因素影響，令供水成長不及於產業成長。

在此環境下，各廠商須更努力的開發可回收水源，來補充新水源開發時期的供水缺口，讓“水”不會變成阻礙企業產業成長的藉口，進一步降低企業產業的生產成本，更甚在枯水時期降低對水的依賴及延長生產線的稼動，讓國家的經濟成長不受影響。

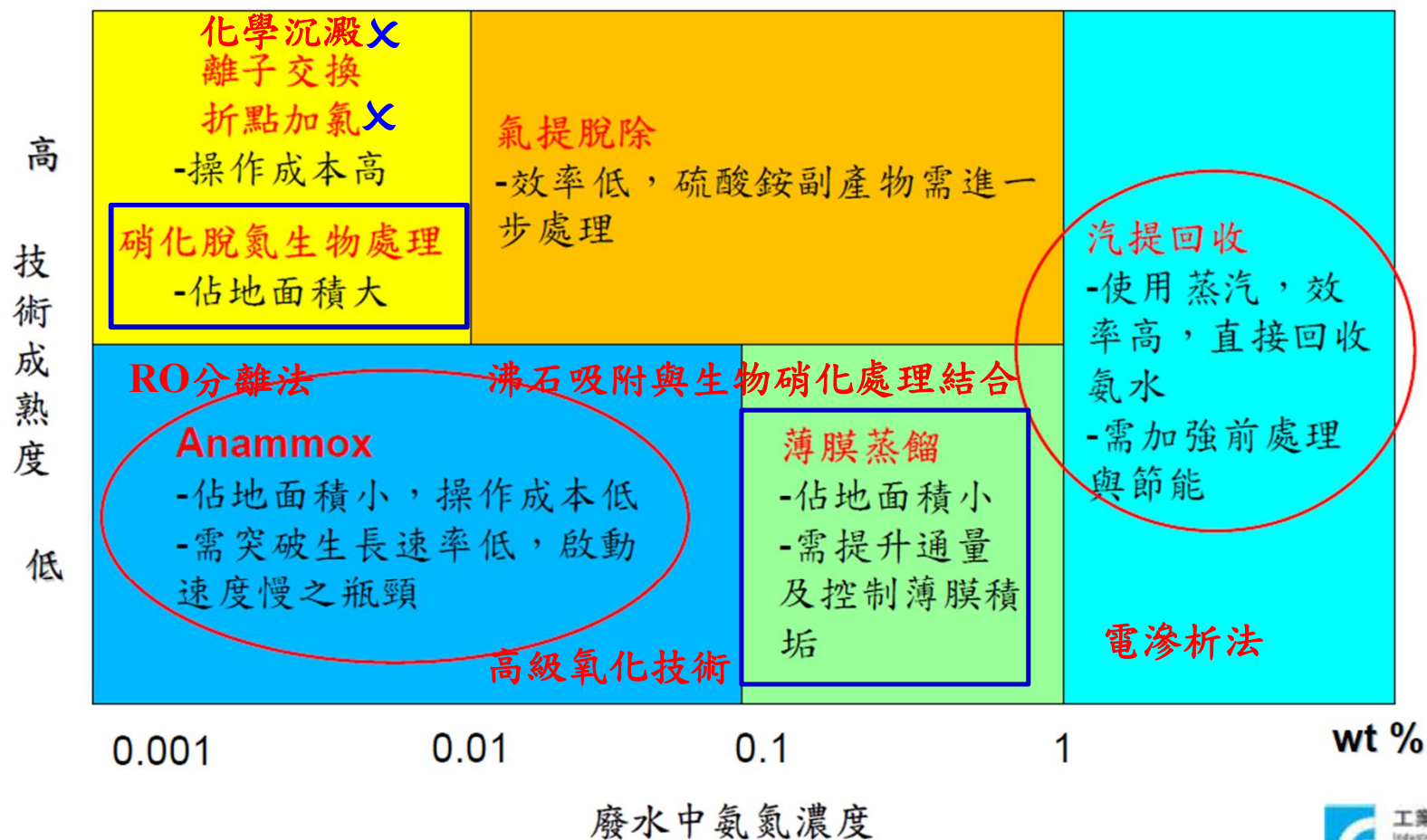


氮氮處理技術與節水政策之結合



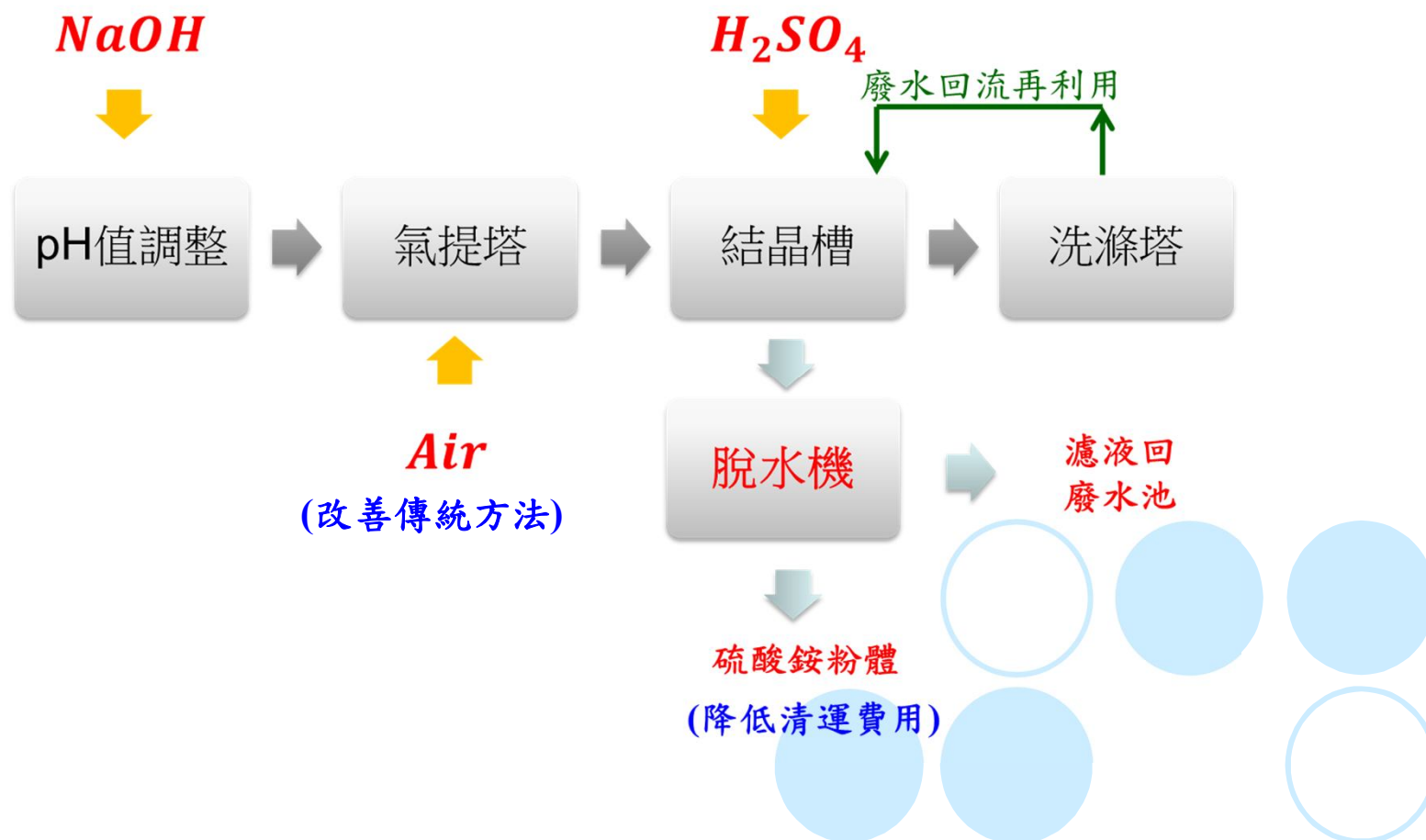
氨氮廢水處理技術分析

節水角度來看



氨氮物化處理可搭配水回用之技術

氨氮回收成硫酸銨(無薄膜)



技術上：氣提結晶法以處理廢水氨氮成為硫酸銨的製程為例

該技術氨氮處理製程純粹是利用化工技術來解決廢水中所含氨氮的問題，其特點包括：

1. 建造成本適中不昂貴：不具昂貴的薄膜設備、汽提塔及其周邊設備(如冷凝器、熱交換器、冷卻水塔、鍋爐等)
2. 操作成本低廉：節省膜片更換及大量的鍋爐燃料費用
3. 降低清除成本：較之其他製程所產出的硫酸銨溶液、硫酸銨固體的清除費用至少可節省三倍以上。
4. 設備操作上不易發生塞管及填料堵塞的問題。
5. 徹底解決氨氮問題，使達新頒放流水的氨氮排放標準。
6. 密閉系統操作，避免二次空氣汙染。

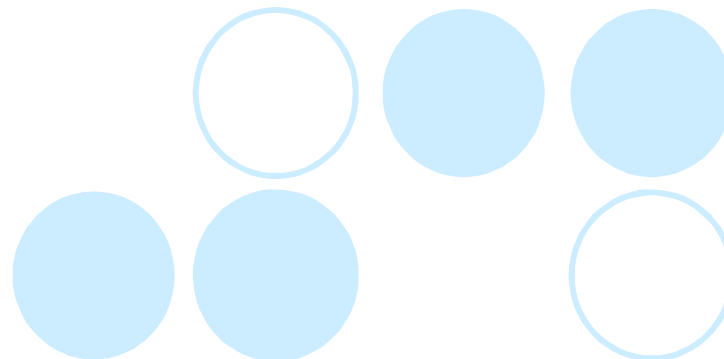
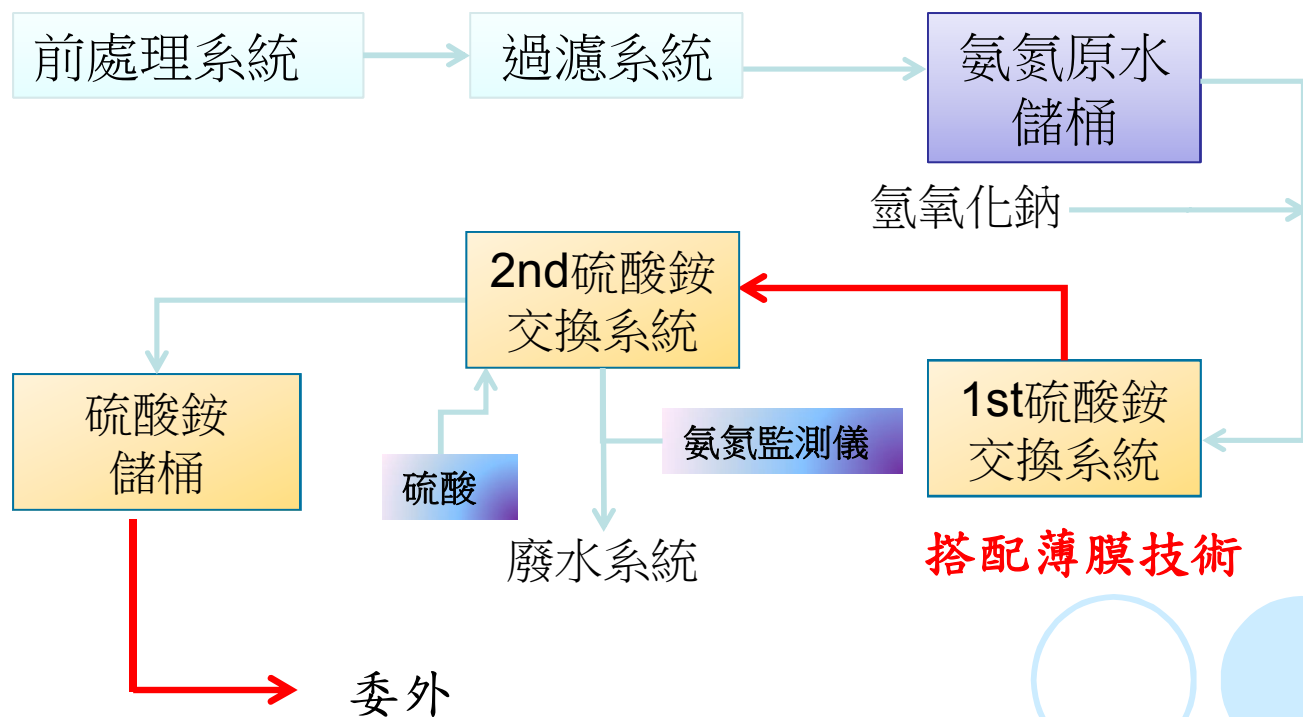
處理程序優缺點比較

除氮技術	氮氮去除效率(%)	優點	缺點	操作成本
氣提結晶法	95~98	<ol style="list-style-type: none"> 1. 較傳統氣提轉換為氮氮效率高 2. 採用結晶法將硫酸銨固體化降低清運成本 3. 不同濃度氮氮廢水皆適用 4. 管線不易堵塞 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 初設成本較傳統氣提費用高 2. 須有合格之廢棄物再利用廠商配合 	中

案例:此技術一般用在化工溶劑分離與濃縮結晶中

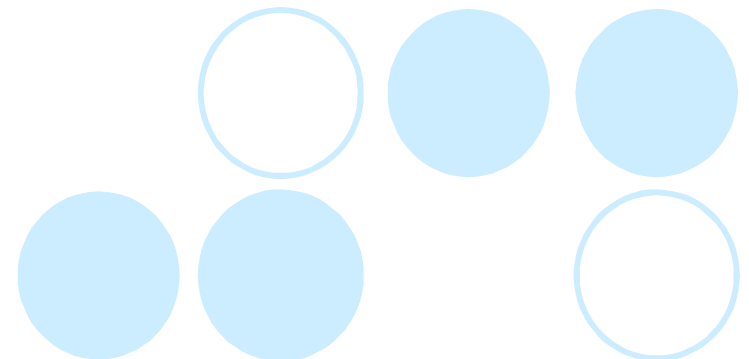
氨氮物化處理可搭配水回用之技術

氨氮回收成硫酸銨(搭配薄膜技術)



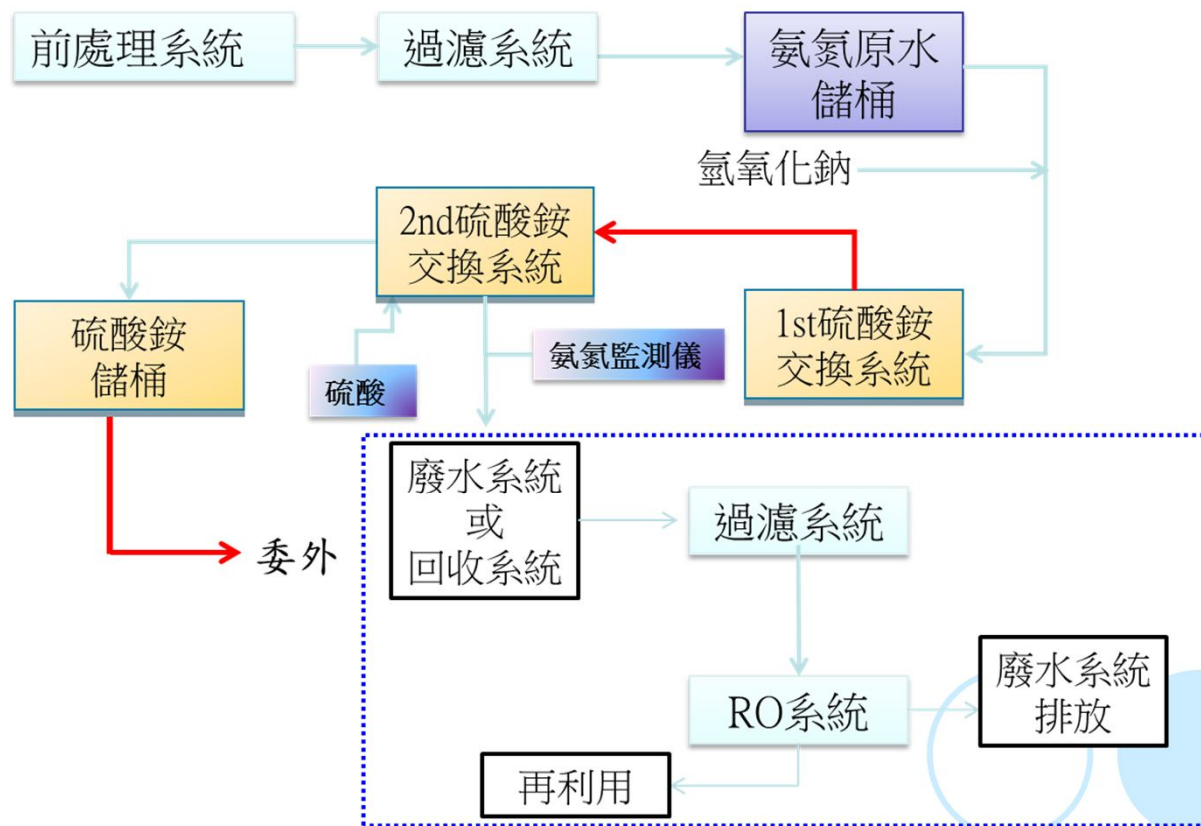
技術上:膜接觸萃取法以處理廢水氨氮成為硫酸銨的製程為例

以膜的技術來處理廢水中的氨氮，於現今業界而言是成熟地在國外亦被廣泛的應用，因為低成本高效率之緣故於此製程中的氨氣相，是處於膜和液相中產生反應，氨的氣相出現短暫，幾乎不會造成洩漏的危險，是較安全的製程在廢水端，因較高的pH水質，可利用中和後再使用RO膜等技術來去除水中的鹽類，以得到較佳的水質，使得水回收再利用得以實現。



氨氮物化處理可搭配水回用之技術

氨氮回收成硫酸銨再搭配生物處理達標



低濃度氨氮再搭配生物處理及RO系統可有效達到水資源回用

技術上:傳統硝化脫氮生物處理廢水氨氮製程以達標水回收為例

1. 以生物處理的技術來處理廢水中的氨氮，於現今業界廣泛應用，因為**低成本高穩定性**之緣故。
2. 所以各工業區及化工製程等污水處理中心均會採用此製程，生物處理因利用生物分解的特性，故**水質狀況除符合放流水水質外，水質污染物單純，實質上更合乎於回收再利用。**
3. 礙於主管機關現在實施廢水氨氮嚴格管制時程，各工廠為增加競爭能力，工廠腹地的建蔽率和容積率已被充分利用，如果**法規上適當開放建蔽率和容積率，提供業界專設氨氮處理系統，業界可以藉此選擇低成本高穩定性處理系統，並對回收再利用有所貢獻。**

處理程序優缺點比較

除氮技術	氨氮去除效率(%)	優點	缺點	操作成本
膜接觸萃取法	95	1. 最終產品無毒性抑制問題 2. 系統路線最短 3. 初設成本與佔地面積均低 4. 利用稀硫酸吸收NH ₃ 成為無害硫酸銨, 再利用	1. 須有合格之廢棄物再利用廠商配合	中

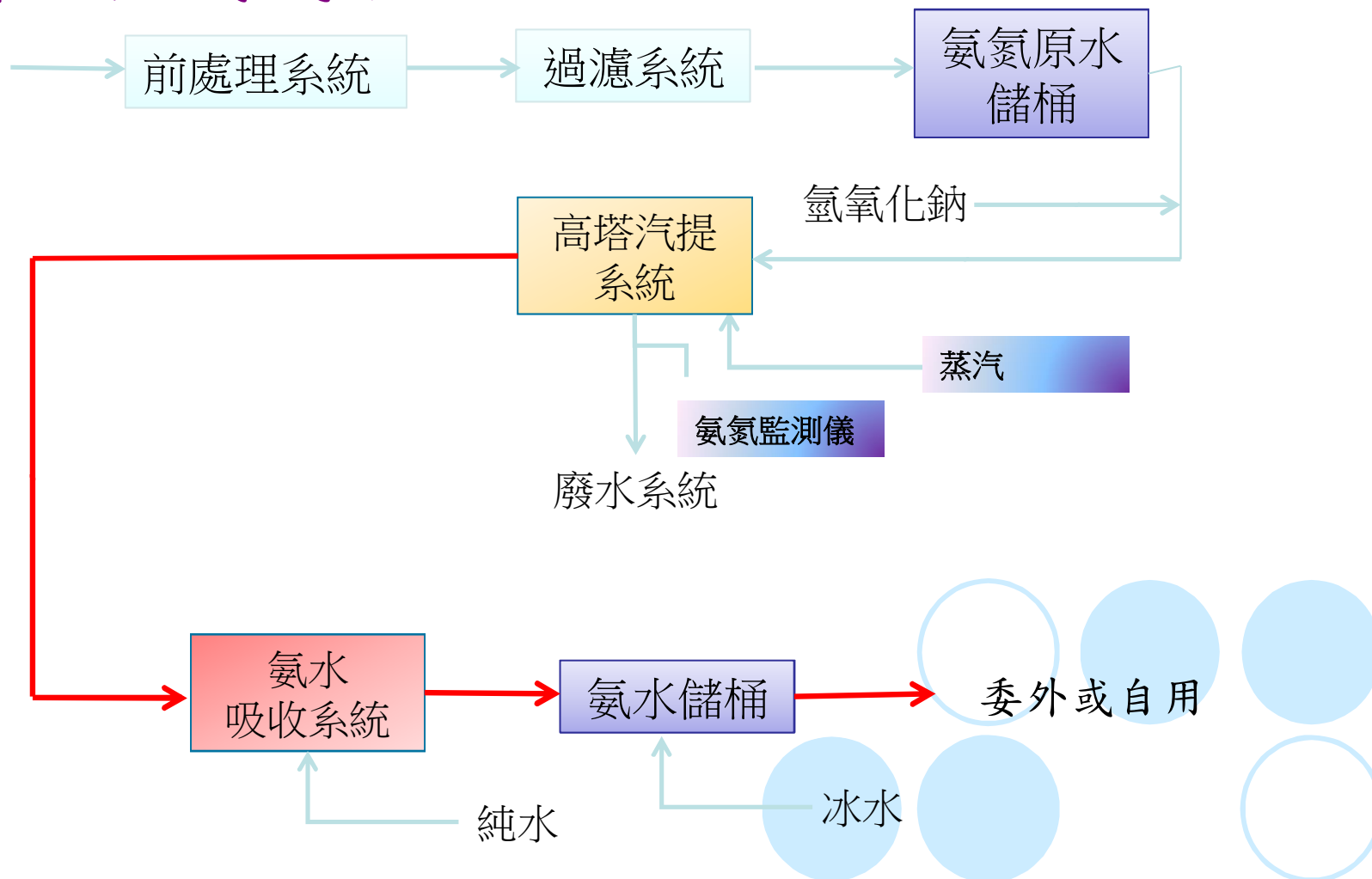
案例: 德國汙水下水道汙水處理廠

傳統硝化脫氮生物程式	90~95	1. 處理排放的廢水可符合排放標準 2. 最終廢水回收再利用	1. 需額外添加碳源 (40~70%操作成本) 2. 需兩個反應槽進行脫氮處理 3. 汙泥產量較大 4. 占地較大	中
------------	-------	-----------------------------------	--	---

90 案例: 非常多為普遍技術

氨氮物化處理可搭配水回用之技術

氨氮回收成氨水



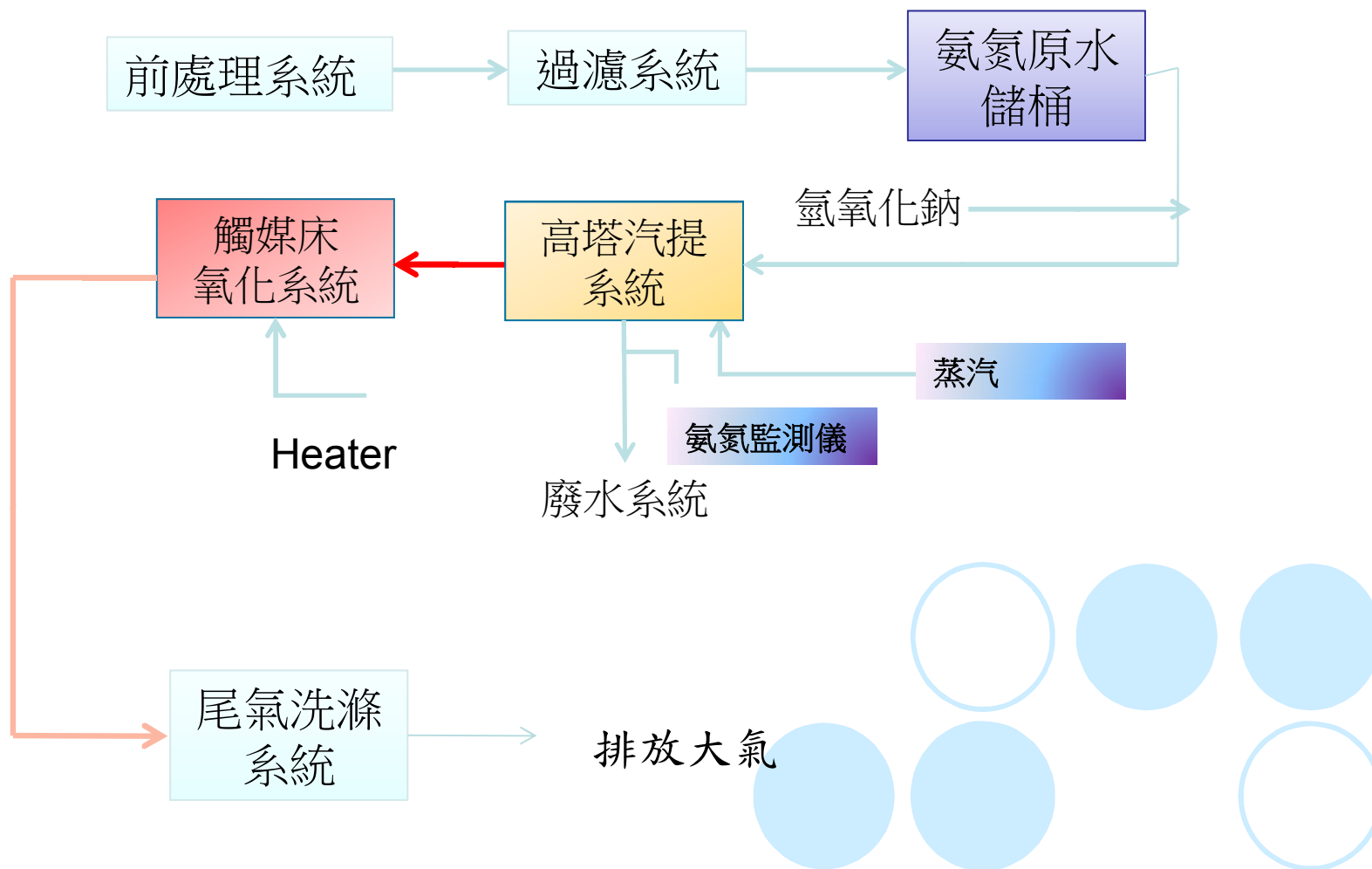
處理程序優缺點比較

除氮技術	氮氮去除效率(%)	優點	缺點	操作成本
萃取+汽提+純水吸收	95	1. 萃取段：處理低濃度之濃縮，同時保證穩定之排放水質 2. 汽提吸收段：高濃度濃縮廢水氮氮轉換成氨水資源化回收使用(汽提後，以水吸收)	1. 須有合格之廢棄物再利用廠商配合 2. 氨氣洩漏防制 3. 氨水儲存及運輸特殊安全條件 4. 製程設備結垢能源效率低	中

案例:華映,晶元南科

氨氮物化處理可搭配水回用之技術

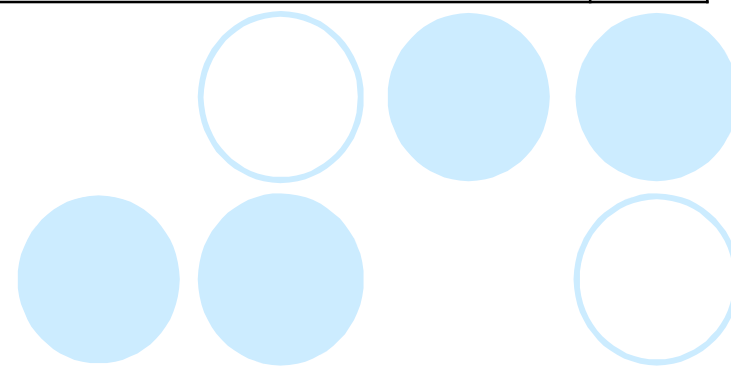
氨氮直接處理成氮氣



處理程序優缺點比較

除氮技術	氮氮去除效率(%)	優點	缺點	操作成本
觸媒法	99	<ul style="list-style-type: none"> 1. 轉換為N_2，無廢棄物 2. 低濃度氮氮廢水適用 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 初設成本最高操作成本亦高 2. 鍋爐安全及氮氣洩漏防制 3. 依操作條件可能產物為NO及NO_2和N_2並存 4. 製程設備結垢能源效率低 	高

案例:UMC J,日本較多



根據市場上的作業系統經驗比較-

	膜接觸萃取法	觸媒法	萃取+汽提+純水吸收	傳統硝化脫氮生物程式	氣提結晶法
技術代號	A	B	C	D	E
設置成本	1	4	3	3	0.8
操作成本	1	4	2.0	1	0.8
委外成本	1	0	0~0.5	0.3	0.3

說明:”1”作為費用單位代表，”4”表示為4倍之費用

擔心有不純物
NH₄HCO₃存在

五種技術費用整體來看: $B > C > D > A > E$

五種技術成熟度來看: $B < A < C < E < D$

建議-目前各廠所遭遇的問題

1. 建築法規的**建蔽率與容積率限制**，導致廠商投資氨氮處理技術選用受限。若能選擇性的開放讓業者能投資環保設施，可避免適法性問題。
2. 氨氮的處理技術有多重的選擇，從成本與風險來看，各有利弊，以結果來看，**資源再利用(廢棄物再利用)上，主管機關應該協助業者安排更多的配套措施，讓廠商樂於投資環保防治設施，達到管理、環保、成本等三贏局面。**
3. 回收水再利用，相關主管單位**開放更多再利用標的法則**，讓回收水有更多的依據應用，否則造成過分投資，頻增成本，卻未達成再利用的目的和目標，失去環保的意義。

Thank You

END

