

行政院國家科學委員會 一〇八年度專案研究計畫

不同鹼度來源對污水處理生物系統氨氮減 量效益及操作營運費用之影響 - 台南園區污水處理為例

研究項目：不同鹼度來源對污水處理生物系統氨氮減量效益
及操作營運費用之影響 - 台南園區污水處理為
例

研究單位：南部科學園區管理局

研究人員：蘇宏益、張逸平

研究期程：108年1月至108年11月

中華民國 108 年 12 月

目錄

壹、研究目的	4
貳、研究方法或步驟	5
2-1 研究方法	5
2-2 研究步驟	5
參、結果與討論	8
3-1 加藥量與化藥費用	8
3-2 氨氮濃度變化趨勢及去除率	9
3-3 操作營運費用之最佳化	10
肆、結論	11

表目錄

表 2-1 106~107 年鹼度提供化學藥劑平均單價	5
表 2-2 107 年一期基地加藥濃度調整設定值	7
表 3-1 106 年及 107 年加藥量及化藥費統計	8
表 3-2 一期基地氨氮進出流水濃度、水量及鹼度化藥添加	9
表 3-3 一期基地鹼度化藥用量及費用比較	10

圖目錄

圖 2-1 一期基地處理流程圖	6
圖 2-2 一期基地硝化曝氣池及接觸材	6
圖 3-1 106~107 年一期基地加藥濃度與去除率變化.....	10

不同鹼度來源對污水處理生物系統氨氮減量效益及操作營

運費用之影響 - 台南園區污水處理為例

科技部南部科學園區管理局環安組環保科

蘇宏益 科長、張逸平 技士

壹、研究目的

科技部南部科學園區管理局（以下簡稱南科）台南園區進駐廠商行業別包含半導體業、光電業及太陽能產業等，製程上使用各種有機溶劑，其內包含有機質及含氮化學藥品，雖大多數的廠商於製程端進行高濃度廢液回收或委外處理，然而部分低濃度含氮廢水經廠內前處理設施處理至符合納管標準後，排入園區之污水下水道，流進污水廠成為氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）的污染來源。過多之氨氮排入自然界環境水體可能會使水中藻類大量生長造成優養化，消耗水中溶氧，造成水質惡化，甚至因厭氧而產生臭味之情形。

廢水中氨氮為重要污染管制項目，環保署於 101 年 10 月 12 日公告修訂放流水標準新增氨氮之管制，針對科學園區污水下水道系統於 102 年 7 月起管制氨氮濃度 75mg/L，並分階段加嚴實施，但提出削減計畫經同意後，可延至 104 年 1 月 1 日實施；106 年 1 月 1 日起排放濃度管制至 30mg/L 以下。配合此放流水標準修訂，台南園區污水處理廠自 101 年起陸續進行一期基地硝化去除氨氮之功能提升工程。

氨氮經生物去除主要機制為在好氧環境下透過硝化菌，轉換成硝酸鹽氮（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）或亞硝酸鹽氮（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）稱為硝化反應，其硝化過程將消耗水原廢水之鹼度，造成 pH 值降低，致影響硝化反應的進行，也降低了氨氮去除的效率，故需添加氫氧化鈉（ NaOH ）及碳酸氫鈉（ NaHCO_3 ）化學藥劑提供鹼度幫助硝化作用進行。

茲因 NaOH 及 NaHCO_3 之成本及所提供之鹼度不同，本研究將探討以 NaOH 及 NaHCO_3 兩種不同的鹼度添加來源，對廢水處理系統中除氮效率之影響，並依其加藥量及單價成本，評估操作營運費用最佳化，作為行政管理及未來納管標準修訂之參考。

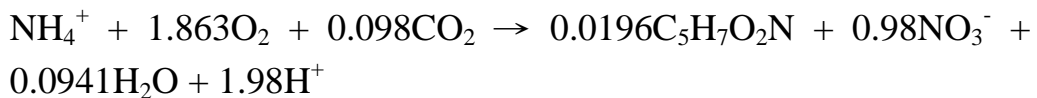
貳、研究方法或步驟

2-1 研究方法

本研究以南科台南園區污水廠為實廠對象，調整 NaOH 及 NaHCO₃ 於不同配比之加藥量，同時穩定削減氨氮濃度的情況下，進一步減少整體加藥量，達到降低操作成本、減少資源使用，保護地球環境，創造雙贏之局面。

在污水廠處理系統中之生物硝化接觸曝氣池，於一定 pH 範圍(7.1~8.0)之條件下，添加不同比例之 NaOH 及 NaHCO₃ 作為硝化作用的鹼度提供來源，並比較其進流、出流廢水中的氨氮濃度，研判是否達到削減氨氮濃度之目標，並找到操作費用與藥劑加藥量之平衡點。

其費用評估依據乃參考政府採購網之 106~107 年該藥品之平均單價，如表 2-1 所示，另操作評估乃參考 NaOH 及 NaHCO₃ 所提供之鹼度能力，如以下化學式所示：



硝化 1mole 氨氮約需消耗 1mole CaCO₃ 鹼度，等於消耗 2mole 之 NaOH 或 1mole 之 NaHCO₃，另產生約 2mole H⁺。

表 2-1 106~107 年鹼度提供化學藥劑平均單價

項目	化學藥劑單價(元/公斤)	
	NaOH	NaHCO ₃
106~107 年平均單價	8.8	10.8

2-2 研究步驟

1. 研究對象及範圍

南科台南園區污水處理廠一期基地處理流程為接觸曝氣法加混凝沉澱，再經砂濾系統之三級處理廠，處理流程如圖 2-1 所示，設計處理水量為 90,000 CMD (m³/day)。一期基地共分

為兩階工程（各 45,000 CMD），兩者之主要差異為硝化曝氣池之接觸材料，一期基地一階工程採用 PU 生物擔體、一期基地二階工程採用繩狀濾材，如圖 2-2 所示，本研究範圍為一期基地（含一、二階）硝化曝氣池，探討不同鹼度加藥配比對處理效率及化藥費用之影響。

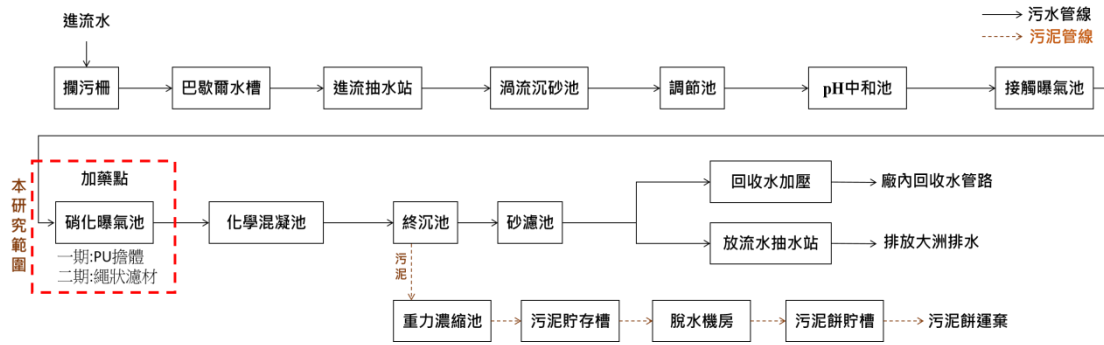


圖 2-1 一期基地處理流程圖



一期基地硝化接觸曝氣池



Bio NET 生物擔體



Bio Code 繩狀濾材

圖 2-2 一期基地硝化曝氣池及接觸材

2. 研究範疇及步驟

設定生物硝化曝氣池出流水目標氨氮濃度為低於 15 mg/L，此設定乃考量進流水氨氮約 30 mg/L 之現況，一期基地一階採用 PU 擔體去除率約為 60~70%；一期基地二階採用繩狀濾材去除率約為 40~60% 進行估算，同時參考行政院環保署公布之放流水標準，台南園區適用放流水氨氮濃度為 30 mg/L，另考量處理系統及放流水之穩定性，避免超標之虞，故設定之目標值低於放流水標準 50%。以此為依據調整不同之 NaOH 及 NaHCO₃ 添加量做為鹼度來源進行研究，107 年加藥濃度逐步調整之設定值（如表 2-2），以求經濟效益及放流水氨氮濃度達到平衡之較佳營運操作。

表 2-2 107 年一期基地加藥濃度調整設定值

107 年季度	Q1	Q2	Q3	Q4
NaOH (g/m ³)	150.0	125.0	100.0	65.0
NaHCO ₃ (g/m ³)	0.3	1.5	9.0	32.0

3. 氨氮分析方法

氨氮分析參照行政院環境保護署環境檢驗所標準方法，以水中氨氮之流動分析法—靛酚法 (NIEA W437.52C) 量測其進流、出流廢水中的氨氮濃度，比較在不同鹼度來源的配比下對去除氨氮之影響。

方法概要為將含有氨氮或銨離子之水樣注入自動連續式流動分析系統，於載流液 (Carrier) 中依序混入緩衝溶液、鹼性酚鈉、次氯酸鈉等溶液，進行本貝洛氏 (Berthelot) 反應產生深藍色高吸光度之靛酚染料 (Indophenol dye)。此溶液之顏色於混入亞硝醯鐵氰化鈉 (Nitroprusside) 後會更加強烈，此深藍色物質於波長 630 nm 處量測其波峰吸光值並定量水樣中之氨氮 (NH₃-N) 濃度。

參、結果與討論

3-1 加藥量與化藥費用

廠內以 45%液鹼(NaOH)與 5%碳酸氫鈉(NaHCO₃)為鹼度化藥添加藥劑，並以 NaOH 為大宗，而 NaHCO₃ 為一種無機碳源，對 pH 能產生緩衝能力，主要為穩定 pH 變化之作用。

比較 106 年整年度與 107 年各季度變化，107 年進行配比最佳化調配，NaOH 加藥量由 107 年 Q1 的 150.8 g/m³ 大幅下降至 Q4 的 63.0 g/m³，為穩定水中 pH 變化，因此透過增加 NaHCO₃ 進行調配，由 Q1 之 0.34 g/m³ 增加至 Q4 的 32.07g/m³，然而無論 NaOH 及 NaHCO₃ 加藥量均接近 107 年加藥濃度調整設定值，而化藥費於 107 年 Q4 低於 1.00 元/m³ 以下，獲得較佳之經濟效益，如表 3-1 所示。

表 3-1 106 年及 107 年加藥量及化藥費統計

項目	106 年	107 年			
		Q1	Q2	Q3	Q4
NaOH 加藥量 (g/m ³)	181.9	150.8	124.7	95.0	63.0
NaHCO ₃ 加藥量 (g/m ³)	2.90	0.34	1.62	8.36	32.07
NaOH 化藥費 (元/m ³)	1.76	1.46	1.21	0.92	0.61
NaHCO ₃ 化藥費 (元/m ³)	0.03	0.003	0.02	0.08	0.30
化藥費合計 (元/m ³)	1.79	1.46	1.23	1.00	0.91

由此實驗結果可以觀察到 107 年逐季調高 NaHCO₃ 的加藥量（由 0.34 g/m³ 提高至 32.07 g/m³），雖然 NaHCO₃ 的加藥費用明顯提高（由 0.003 元/m³ 提高至 0.30 元/m³），但 NaOH 的加藥量及加藥費用亦有顯著降低，整體加藥費用已由 106 年 1.79 元/m³ 降低至 0.91 元/m³，降幅達 49%，對於污水廠化藥費用節約有顯著貢獻。

3-2 氨氮濃度變化趨勢及去除率

一期基地 106 年進流水氨氮平均濃度 30.9 mg/L，107 年進流水氨氮平均濃度 30.1 mg/L(如表 3-2 所示)；106 年因對進流水質於生物系統之反應穩定性及相關操作參數尚未完全掌握，為免放流水超標而受罰，甚而影響園區廠商生產運作，故以保守之加藥方式操作；107 年已具相當系統操作經驗又部分參數收集，對系統操作穩定性已可控制，故以設定目標控制一期基地低於 15.0 mg/L 為依據，調整不同之 NaOH 及 NaHCO₃ 添加量做為鹼度來源，避免鹼度化藥添加浪費。

統計 106 年~107 年硝化池氨氮變化趨勢，106 年出流水氨氮濃度介於 10.0~15.7 mg/L，平均濃度 12.3 mg/L，平均去除效率達 60.2%。107 年出流水氨氮濃度介於 9.0~19.0 mg/L，平均濃度 14.1 mg/L，平均去除效率達 53.5%(如表 3-2)。

106 年與 107 年進流水氨氮濃度差距不大，107 年水量略大於 106 年，雖 106 年出流水氨氮平均濃度及去除率均優於 107 年，但觀察圖 3-1 得知 NaOH 加藥濃度從 107 年第一季起較 106 年大幅下降，另為穩定水中 pH 變化添加 NaHCO₃，NaHCO₃ 加藥濃度呈現微幅上升趨勢，並 107 年出流水氨氮平均濃度為 14.1 mg/L 接近設定之目標值 15.0 mg/L。

表 3-2 一期基地氨氮進出流水濃度、水量及鹼度化藥添加

統計區間	進流水 氨氮濃度 (mg/L)	出流水 氨氮濃度 (mg/L)	去除效率 (%)	水量 (CMD)
106 年	30.9 (29.2~32.3)	12.3 (10.0~15.7)	60.2 (46.4~68.3)	66,577 (62,104~69,372)
107 年	30.1 (27.6~33.7)	14.1 (9.0~19.0)	53.5 (39.7~68.3)	68,579 (65,440~72,908)

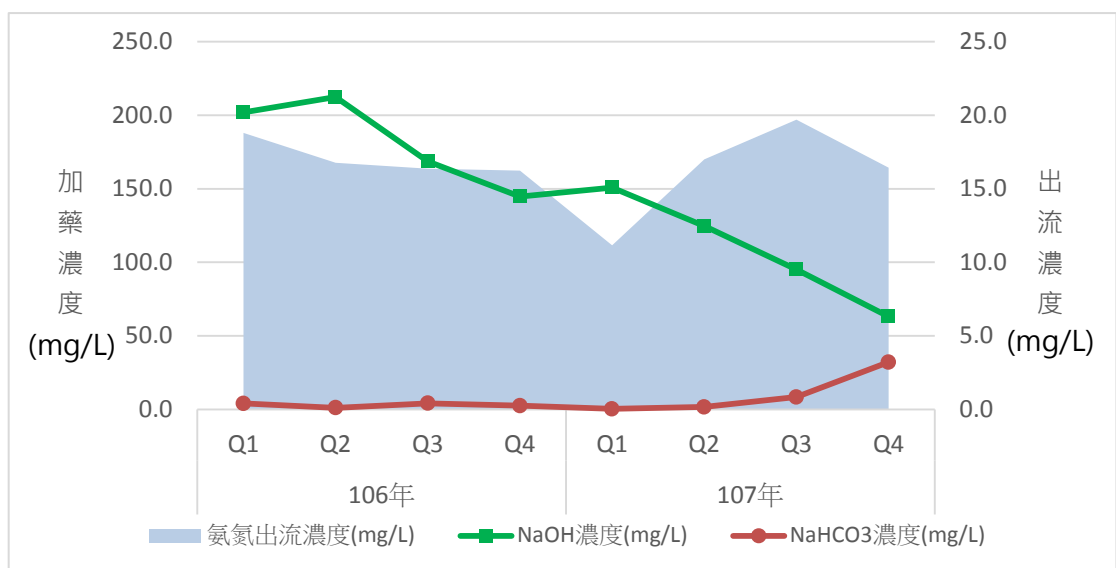


圖 3-1 106~107 年一期基地加藥濃度與去除率變化

3-3 操作營運費用之最佳化

針對一期基地鹼度化藥費用進行分析，鹼度化藥包含 NaOH 及 NaHCO₃，107 年月平均鹼度化藥總費用均低於 106 年，並考量水量 107 年較 106 年高之影響因素，因此進行計算處理每立方公尺水量所花費之單價，107 年為 1.15 元/m³ 較 106 年的 1.79 元/m³，下降 0.64 元/m³，下降幅度達 35.8%，107 年 Q1~Q4 無論是化藥用量、化藥費用及單價均呈現下降趨勢，其放流水氨氮濃度符合目標值，同時比較營運費用之成效，107 年優於 106 年，結果如表 3-3 所示。

表 3-3 一期基地鹼度化藥用量及費用比較

統計區間	化藥用量(kg)		處理水量(m ³)		化藥費用(元)		單價(元/m ³)	
106 年	4,474,605		24,293,551		43,389,499		1.79	
107 年	Q1	942,232	2,973,541	6,229,885	25,026,215	9,139,222	28,790,246	1.46
	Q2	765,590		6,063,362		7,424,270		1.23
	Q3	666,353		6,431,950		6,453,327		1.00
	Q4	599,366		6,301,018		5,773,428		0.92
差值	1,501,064		-732,664		14,599,253		0.64	

肆、結論

1. 透過鹼度化藥添加濃度最佳化操作，單位廢水鹼度化藥成本已由 106 年平均 1.79 元/m³ 下降至 107 年第四季平均 0.91 元/m³，大幅降低 49%。
2. 統計比較調整前後之化藥費用，相較於 106 年，107 年污水處理廠鹼度添加劑化藥費用節省近 1,460 萬元。
3. 本研究的結果顯示，在穩定削減氨氮濃度條件下調配控管不同鹼度來源之添加量，可有效降低單位水量操作成本，提昇行政管理績效，亦減少資源使用，減輕環境負荷，增加廢水處理效益。