

台中市福田水資源回收中心污泥厭氧消化系統操作實例探討

陳政良¹、鐘興²、陳耿安³、徐揚鈞⁴

¹台中市政府建設局下水道課-課長

²台中市政府建設局下水道課-技士

³上化環境工程有限公司-福田水資源回收中心計畫主持人

⁴上化環境工程有限公司-福田水資源回收中心廠長

摘要

以台中市福田水資源回收中心操作經驗，介紹厭氧消化系統之操作維護工作；並探討厭氧消化系統之操作參數對系統之影響。但要達到以上之目的，則需仰賴良好的操作技術，而良好的操作則需進行長期的實廠操作以求得適合該廠的操作參數，俾使污泥厭氧消化系統保持良好之運轉狀況，回收沼氣供熱水鍋爐使用，維持消化系統在 35°C 左右之中溫環境，節省大量之鍋爐燃料費用。

關鍵詞：污泥厭氧消化、沼氣、操作參數

一、前言

台中市福田水資源回收中心，位於台中市南區綠川與旱溪會合處北岸，面積約十三點六公頃，處理容量為最大日污水量八萬七千五百公噸，基本設計資料及如表 1 所示。本中心係採標準活性污泥之二級處理設施，處理流程詳圖 1。目前本中心平均進流量約 53,000CMD，進流水 SS 平均值約 29.0mg/L，進流水 BOD 平均值約 16.8mg/L，進流水 COD 平均值約 35.9mg/L。

本中心主要收集台中市區日常用水所產生之污水，經本中心處理後放流至旱溪，放流水質符合環保署於民國 92 年 11 月 26 日修正後之放流水標準，以期能減輕台中市綠川、梅川、柳川、旱溪下游等河川水質，解決本市污水因未經處理所造成河川水質污染及環境惡化問題。

台中市福田水資源回收中心為國內少數可正常操作厭氧消化系統之水資源回收中心，其原因除了當初承包廠商之施工品質良好外，也端賴台中市政府之管理完善及代操作廠商之努力。以下就本中心厭氧消化系統的操作經驗作簡單介紹與探討，以期各界專家學者能提供寶貴意見，供本中心操作管理之參考與修正。

表 1 福田水資源回收中心基本設計資料

項目	數值	單位
最大時污水量	121,200	CMD
最小時污水量	44,000	CMD
最大日污水量	87,500	CMD
平均日污水量	76,000	CMD
其中家庭污水量	62,000	CMD
地下水滲入量	13,800	CMD
污水水質	BOD ₅	180 mg/L
	SS	250 mg/L
放流水質	BOD ₅	15 mg/L
	SS	20 mg/L

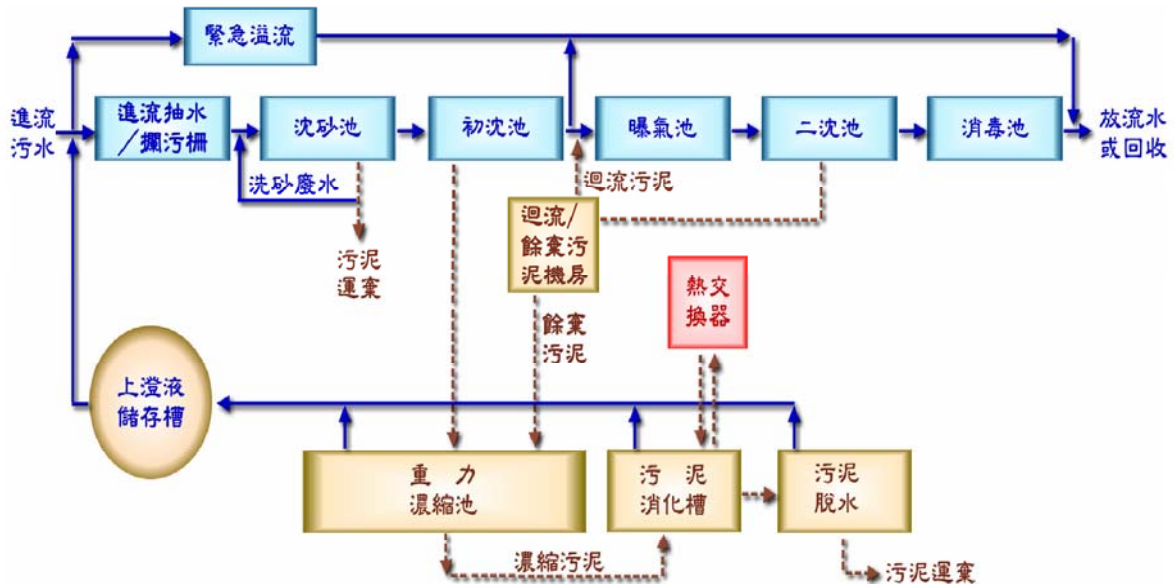


圖 1 福田水資源回收中心污水處理流程圖

二、厭氧消化系統概述

厭氧消化系統設置的目的不外以下幾種：1.使污泥穩定化，2.消除臭味，3.去除致病菌及寄生蟲等，4.將污泥轉化為氣、液體，減少污泥處置問題，5.使污泥較易脫水及乾燥。但要達到以上之目的，則需仰賴良好的操作狀況，而良好的操作則需進行長期的實廠測試以求得適合該廠的操作參數，為求得最佳化之操作

參數，本中心持續進行厭氧消化的實廠測試；表 2 為本中心厭氧消化系統之相關設計參數，而表 3 為目前本中心厭氧消化系統之相關操作參數。

本中心由於目前進流污水的 BOD 濃度遠低於設計值，平均約 16.8mg/L，故生物處理系統之餘棄污泥量少，因此進入消化槽之污泥量亦少，目前每日投入消化槽之污泥量約 52~68m³，遠低於設計值 333m³/day，故消化時間長達 90 天；容積負荷率亦因為投入基質不足，故僅有 0.14 Kg.vs /m³.day，約為設計值的 1/9；揮發酸(VA)及揮發酸/鹼度(VA/ALK)之比值亦同樣因為投入基質不足導致數值偏低，揮發酸(VA)目前約為 40mg/L，而揮發酸/鹼度(VA/ALK)比值約為 0.02，根據判斷應為投入基質少，故只要基質一投入，經由酸生成菌轉化為揮發酸，即刻被大量的甲烷生成菌分解為甲烷及二氧化碳等氣體，故揮發酸(VA)及揮發酸/鹼度(VA/ALK)之比值偏低；雖上述操作參數皆偏低，但因幾項重要操作參數如 pH 及溫度皆控制在最佳操作範圍內，pH 控制在 6.8~7.2，溫度控制在 35°C 左右，故本中心厭氧消化系統仍可維持正常運作。

表 2 福田水資源回收中心厭氧消化系統設計參數

名稱	單位	數量(值)	備註
消化槽數	座	2	—
熱水鍋爐	組	2	內、外套管
消化槽尺寸	m ³	5400	φ 25m×11m
消化溫度	°C	35	正常操作值 30~37°C
消化時間	day	16.2	設計值(單段)
消化方式	段	2	串聯或並聯皆可

表 3 福田水資源回收中心厭氧消化系統相關操作參數

名稱	單位	目前操作數值	設計參數
pH	—	6.9~7.1	6.8~7.2
揮發酸(VA)	mg/L	40	300~1000
鹼度(ALK)	mg CaCO ₃ /L	1690	2000~3000
揮發酸/鹼度	(VA/ALK)	0.02	0.1~0.25
產氣量	m ³ /day	230~260	—
容積負荷率	Kg.vs /m ³ .day	0.14	1.25
3 號槽污泥濃度	mg/L	34000~36000	61000
進流污泥量	m ³ /day	52~68	333
進流污泥濃度	mg/L	32000~35000	60740
消化時間	天	90	16.2(單槽)

三、厭氧消化系統主要設備與操控策略

厭氧消化系統欲維持良好之操作狀況，端賴各設備發揮設計功能，方可使消化系統維持完善之功能，以下就本中心厭氧消化系統主要設備之操控策略與操作參數作探討：

1. 消化槽配置

本中心消化系統第一期工程配置有厭氧消化槽 2 座，目前採兩槽串聯方式之兩段消化操作，於第一段消化槽(3 號槽)進行加溫及攪拌混合，第二段消化槽(4 號槽)使消化污泥與澄液分離。第一段消化槽之壓縮機採連續運轉以進行攪拌作用，每日僅停止運轉 2 小時，使消化污泥沉降，抽取上層液至第二段消化槽作固液分離，並藉此將第一消化槽之浮渣排出第一消化槽外。

2. 攪拌設備

為均勻消化槽內之溫度及使投入之基質可和消化污泥充份接觸以促進消化作用，必須設置攪拌設備。攪拌設備依攪拌方式可分為(1)機械攪拌及(2)利用產生之沼氣進行攪拌；本中心採用後者之攪拌方式，以壓縮機將部份沼氣壓縮後再注入消化槽，藉氣體上昇進行攪拌作用，詳圖 4 攪拌系統示意圖及圖 5 沼氣壓縮機與攪拌管線照片。

以壓縮機壓縮沼氣之攪拌方式可有效均勻消化槽內的溫度及提供基質與消化污泥充份混合之攪拌動力，雖然攪拌設備及管線等設施較複雜，但槽內無驅動設備，維護較簡易；目前每 1 座消化槽(5400m³)配置有 30Hp 沼氣壓縮機 1 台，厭氧消化槽每 1m³ 僅需 4.1w 的攪拌動力，即達到良好之處理效果，節省大量之動力費用。

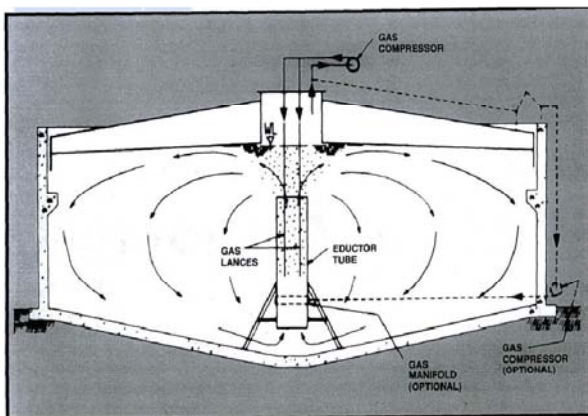


圖 4 攪拌系統示意圖



圖 5 沼氣壓縮機與攪拌管線

3. 加溫設備

本中心污泥消化系統屬中溫消化系統，而中溫性的甲烷生成菌最佳活性範圍為 30~37°C，故為促進消化槽內污泥的消化作用，必須維持消化槽的溫度在此範圍內，維持消化槽溫度有以下三種方法：(1)於槽內設置加溫管，並通以溫水加溫，(2)於槽外設置熱交換器，將槽內的污泥循環加熱，(3)將蒸氣噴入消化槽內。目前國內較常用之加溫方法為第(2)種，亦為本中心消化系統之加溫法；此外，本中心之加溫設備有另一項特點，即污泥熱交換器與熱水鍋爐結合為一體，照片詳圖 6。消化槽內的污泥利用污泥循環泵輸送至污泥熱交換器加熱，且在污泥熱交換器的污泥管出入口，設置有溫度監控設施，當污泥溫度低於 35°C 時，即啟動鍋爐燃燒機，對污泥進行加熱，當污泥溫度高於 35.5°C 時，則關閉鍋爐燃燒機，停止對污泥加熱，使消化槽之污泥可維持在 35°C 之適當溫度。

目前因原廠對鍋爐燃燒機之設計，點火時需較高純度之甲烷，故鍋爐燃燒機在啟動時仍需以天然瓦斯點火後再切換為沼氣燃燒，故每月仍有約 1 萬餘元之瓦斯費用。但相較於規模相當之它廠，本中心平均處理每噸廢水之瓦斯費用僅為它廠之 1/10，每年替台中市政府節省相當可觀之瓦斯費用，請參考表 4。



圖 6 污泥熱交換器照片

表 4 本中心水電瓦斯費用比較表

項目	費用	它廠		本中心	
		元/年	元/年·噸	元/年	元/年·噸
自來水費		384,000	0.011	359,969	0.018
電力費		14,400,000	0.395	7,216,320	0.360
瓦斯費*		2,400,000	0.066	131,275	0.006
處理水量，CMD			100,000		55,000
處理水量，噸/年			36,500,000		20,000,000
約可回收沼氣量，m ³ /年			無裝設瓦斯計量器		100,000

*註 1：因回收廠內厭氧消化沼氣做為鍋爐燃料使用。

資料來源：提昇都市污水處理廠營運管理體系合理化之研究，內政部營建署研究報告

4. 消化槽頂蓋

厭氧消化系統依消化槽頂蓋之型式可分為兩種：一種為浮動蓋式(詳圖 7)，另一種為固定蓋式(詳圖 8)；本中心之厭氧消化系統採用浮動蓋式，其特點為消化槽頂蓋可隨產生之沼氣量多寡而升降，以調節消化槽之壓力；且消化槽本身亦作為氣體儲槽使用，不必另行設置沼氣儲槽。



圖 7 浮動蓋式消化槽-本中心(鋼構)



圖 8 固定蓋式消化槽-它廠(RC)

四、沼氣產量與沼氣成份之探討

本中心厭氧消化系統每年約可產生沼氣 100,000 m³，除少部份經由廢氣燃燒塔點火燃燒消耗外，其餘皆回收用於鍋爐加熱以維持消化槽之溫度。

表 5 為最近一年本中心消化系統污泥進流量及沼氣生成量統計表，由表中可看出沼氣產量均超過理論生成量 50% 以上。

此外亦委託中興大學環境工程研究所環境復育實驗室針對沼氣成份作分析，分析結果如下，甲烷(CH₄)約為 63%，二氧化碳(CO₂)約 27%，氮氣(N₂)約 10%，比照文獻資料(詳表 6)，可發現本中心的沼氣成份位於正常範圍，顯示本中心的厭氧消化系統運作良好。

表 5 厭氧消化系統進流污泥與沼氣生成量統計表

月份	進流污泥量 CMD	進流 TSS kg/day	進流 VSS kg/day	消化分解 之 VSS kg/day	理論氣體 產量 m ³ /day	實際產量 m ³ /day	實際產量佔理 論之百分比 %
95/05	61.5	2060.3	927.1	463.6	433.9	253.12	58%
95/06	62.0	2077.0	934.7	467.3	437.4	256.55	59%
95/07	67.2	2251.2	1013.0	506.5	474.1	245.44	52%
95/08	59.6	1996.6	898.5	449.2	420.5	259.73	62%
95/09	52.1	1745.4	785.4	392.7	367.6	259.95	71%
95/10	66.8	2237.8	1007.0	503.5	471.3	254.94	54%
95/11	67.7	2268.0	1020.6	510.3	477.6	251.36	53%
95/12	67.3	2254.6	1014.5	507.3	474.8	248.09	52%
96/01	62.4	2090.4	940.7	470.3	440.2	230.10	52%
96/02	60.6	2030.1	913.5	456.8	427.5	237.55	56%
96/03	57.4	1922.9	865.3	432.7	405.0	247.18	61%
96/04	56.2	1882.7	847.2	423.6	396.5	249.10	63%

註：1.進流污泥濃度約：33500 mg/L

2.VSS/TSS：0.5

3.VSS 降解率：50%

4.理論氣體產率：0.936m³/kgVSS

表 6 本中心消化氣體成份比較表

	甲烷	二氧化碳	氫	氮	硫化氫
文獻資料*	60~65%	33~35%	0~2%	0~3%	0.01~0.03%
福田水資源 回收中心	63%	27%	—	10%	—

*污水處理廠操作與維護，詹式書局

五、結論

- 1.自 94 年 12 月 01 日起由台中市政府執行台中市福田水資源回收中心委託代操作維護管理以來，上化環境工程有限公司均能有效執行操作及維護工作，並維持本中心污泥厭氧消化系統之完整功能
- 2.經厭氧消化後之污泥較易脫水，污泥量亦減為原來的 20~35%，且污泥臭味已減至最低，有利於台中市政府後續執行污泥回收再利用之計畫。
- 3.進一步回收沼氣供鍋爐加熱維持消化槽溫度，節省瓦斯費用，為台中市政府節省可觀之支出。
- 4.本中心未來將朝向效率與節能之操作目標前進，繼續維持本中心污泥厭氧消化系統之正常運轉，以因應未來可能任何水質之變化。

六、參考文獻

- 1.曾石吉，台中市水資源回收中心教育訓練課程-厭氧污泥消化系統原理及操作控制，王技工程顧問有限公司，民國 92 年 5 月。
- 2.歐陽嶠暉，污水處理廠操作與維護，詹氏書局。
- 3.大桂環境科技股份有限公司，台中市污水處理廠教育訓練講義-污泥消化系統設備之操作維護。
- 4.陳政良等(2006)，台中市福田水資源回收中心操作實例，2006 年下水道工程實務研討會論文集，pp. 175-183。
- 5.歐陽嶠暉，下水道工程學，長松文化公司。