



垃圾焚化廠廢水之回收與再利用

關蓓德・孫世勤

摘要

焚化處理已為台灣地區垃圾中間處理之主流，故對於焚化廠所產生之二次污染，如廢氣、廢水、噪音及臭味等均必須適當處理，不僅應達到法規之排放標準，亦宜以零排放為最高目標，以消弭焚化廠建廠之阻力及獲得週遭民衆之認同。目前於焚化廠得做到的即是廢水之完全回收零排放，負責籌建之環保主管機關亦已因應此趨勢，將廢水零排放納入「垃圾資源回收廠規格標準化基本設計原則」內，一方面完全杜絕可能之廢水二次污染，減少部分建廠阻力，另一方面亦得減輕焚化廠用水之負擔。故於近五年來所興建之大型垃圾焚化廠，均致力於廠內廢水之回收與再利用，並多順利達成該目標。

本文將由垃圾焚化廠廢水之產源與質量特性著手，介紹不同產源廢水之特性以及廠內收集系統與處理系統之設計方式，進而說明廠內

廢水回收再利用之各種途徑，並探討再利用水應用於不同用途時應注意之水質項目、污泥餅返送爐內焚化之適宜性等問題。此外，本文亦以台灣地區某已完工運轉之大型焚化廠為例，說明廠內用水及廢水之途徑，以及其處理後再利用水水質與功能測試結果等，供各界參考與指正。

前言

焚化處理為台灣地區主要之垃圾處理方式，面臨環保意識高漲以及資源永續利用之實質需求，焚化廠所產生之二次污染，如廢氣、廢水、噪音及臭味等不僅必須適當處理，以達到法規之排放標準及符合環境影響評估之要求外，更宜以「零排放」為最高目標，期望由確實做好污染防制及整廠環境管理為起點，逐步化解焚化廠建廠之阻力及獲得週遭民衆之認同。本文針對目前於焚化廠得做到的廢水完全回收

零排放進行探討，說明國內近年所興建大型垃圾焚化廠廢水回收與再利用之設計原則，除可杜絕廢水二次污染，亦得減輕焚化廠用水之負擔，達到資源回收的功效。此外，藉由實績廠之建廠設計與實測資料，亦可證明在工程技術上確可達到廠內廢水之完全回收與再利用，惟建議宜按照不同再利用水使用處所之需求，加強導入再利用水水質監測之觀念，確保環境管理認證ISO 14000中「零排放」之承諾。同時相信隨著國內垃圾焚化廠營運經驗逐漸累積，操作成熟度提高，得利用不斷累積之營運資料與分析，進一步回饋於日後工程設計與營運之改善¹⁾。

垃圾焚化廠廢水之質量特性

焚化廠之廢水依其水質特性可分為無機廢水及有機廢水兩大類。其中無機廢水包括鍋爐排洩廢水、鍋爐用水處理再生廢水、灰渣貯坑廢水及出灰車道清洗廢水、實驗室廢水、雜項無機廢水等；有機廢水則包括生活廢水、垃圾傾卸平台清洗廢水、洗車廢水、垃圾貯坑廢水、雜項有機廢水等。以下分別說明各項廢水之來源、廢水量及其性質²⁾。

1. 垃圾貯坑廢水：垃圾中所含廢水，來自廚餘、市場廢棄物、污泥及雨水等。當垃圾送入貯坑中，因分解及重力作用，所含廢水有部分會滲透至坑底，含有高濃度之有機物質且污染性大。一般生化需氧量（BOD₅）約為20,000~50,000mg/L，懸浮固體（SS）約為500~1,000mg/L，並含有重金屬成份及難分解之有機物質。其廢水量亦隨季節而有很大變動，夏天及雨季廢水量多，冬天及乾季廢水量少，一般每噸垃圾約可滲出50公升之廢水。
2. 灰渣貯坑廢水及出灰車道清洗廢水：焚化爐排出之灰渣溫度很高，需先以水冷卻，再送

至灰渣貯坑中，故在冷卻設備及灰渣貯坑均有廢水產生，惟其水量因部分由蒸發損失，實際排出之廢水量不大，而以出灰車道之清洗廢水為主。其廢水水質隨垃圾燃燒狀況而有變化，一般BOD₅約為200~600mg/L，SS約為400~1,000mg/L，並常含有重金屬物質。其廢水量視灰渣冷卻設備之型式、焚化爐種類與燃燒方式及每日清洗車道之頻率而異。

3. 鍋爐用水處理再生廢水：鍋爐需使用純水，以免水管結垢減低效率。純水處理過程需經過離子交換設備，其樹脂再生所排放之廢水含有高濃度之可溶性鹽類，其廢水為間歇性排放，每日約排放一次，廢水量與鍋爐用水處理量及軟化設備有關。
4. 鍋爐排洩廢水：鍋爐運轉期間排洩之廢水溫度高於100°C，故在排放前需經過冷卻裝置冷卻，廢水含有鐵鹽及磷酸鹽等無機鹽類，其廢水量與鍋爐設備有關。
5. 生活廢水：生活廢水來自員工、垃圾車司機、參觀訪客使用廁所及洗滌用水等。一般BOD₅及SS約為200mg/L。
6. 垃圾傾卸平台清洗廢水：垃圾傾卸平台每日清洗3~5次，以清除地面上之殘留垃圾及滲出液，其BOD₅及SS均約為100~200mg/L。
7. 洗車廢水：垃圾車傾卸後至洗車場清洗車上垃圾殘渣及滲出液，所排放之廢水BOD₅約200~300mg/L，SS約300~500mg/L，並含有機性污染物及油脂等。其廢水量與洗車設備有關。
8. 實驗室廢水：廠內設置之實驗室，亦會排放廢水，惟其質量變化性大，較不易掌握，基本上焚化廠污水處理廠只接受由實驗室排出之二次洗滌液，高濃度廢液並不允許排入污水廠內。
9. 雜項廢水：廢水來源除前述各項外，尚包括

若干有機及無機之雜項廢水。無機部分如來自廠內各項機械設備及管線系統之滲漏水、鍋爐室與渦輪發電機室等之清洗廢水，以及其他可能之排洩廢水等。

垃圾焚化廠廢水之收集與處理

如前述由廠內產生之有機廢水及無機廢水係採分開獨立之方式予以收集，再藉重力流或機械抽送至廢水處理廠之有機與無機進水槽。至於典型之焚化廠廢水處理流程如圖1所示，並說明如下：

(一)垃圾貯坑廢水 (高溫爐內焚化)

垃圾貯坑廢水含有高濃度有機物質，宜單獨處理。一般於收集後，經過濾除去雜物，再以泵浦及雙流體霧化噴嘴噴入焚化爐內，藉爐內850~1,050°C之高溫予以燃燒蒸發，並將所含之有機物質完全氧化分解。惟受季節性之影響，有時遇雨季垃圾之含水量增加，發熱量亦降低，不宜再將垃圾貯坑之廢水噴入爐內，而必須藉水肥車將其抽除或返送回垃圾貯坑之垃圾層上部，以免廢水貯坑淹水無法處理。此外，由於垃圾貯坑廢水之濃度高、黏稠性強，再加上貯坑內其他雜質之阻礙，廢水於垃圾貯坑底部之流動性不佳，尤其在大型垃圾焚化廠，貯坑之長度在60公尺以上，而集水坑僅得設於儲坑兩端，故儲坑底部排水坡度及集水溝之設計便顯得格外重要。

貯坑底部之集水溝宜沿靠傾卸門之長邊側設置，以便快速收集甫投入貯坑垃圾內之污水，另亦得於貯坑短邊之兩側加設排水溝協助排水，此外，為避免垃圾自重壓縮阻塞集水溝上部格柵式孔道，得設計卵石層過濾；坡度方面則宜分區規劃，尋求最小之排水距離；並應於

貯坑兩端集水坑附近避免堆積太多垃圾，以保持排水通暢。

(二)無機廢水 (物化處理流程)

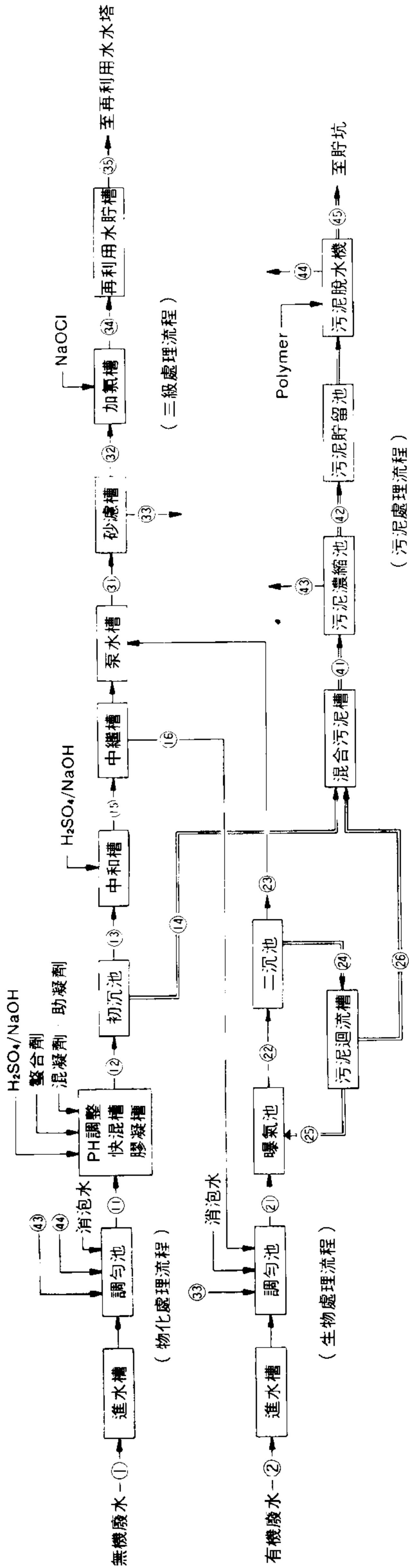
無機廢水包括灰渣貯坑廢水、出灰車道清洗廢水、鍋爐用水處理再生廢水、鍋爐排洩廢水、實驗室廢水及其他雜項廢水等，其內多含有鹽類及重金屬。其處理流程為廢水經收集後，先於進水槽以攔污柵去除廢水中所含固體物，以避免後續之處理設備、抽水機、配管、閘類等受阻塞及損耗，並減輕處理設備之廢水處理負荷。再經調勻池暫存與曝氣，由於廢水水量與水質常隨時間變化而有相當之差異，故為確保各處理單元之設計功能可充分發揮，需於廢水經處理前予以調勻其水量與水質。

調勻槽之功能包括，1.緩和廢水質與量之驟變，降低尖峰負荷與防止超量負荷，2.調勻槽中設曝氣機予以曝氣調勻，兼具有預先曝氣之前處理效果，3.增加後續處理設備之穩定性及減少物理化學處理程序之加藥量。

復經pH調整，並加入重金屬螯合劑、混凝劑與膠凝劑，去除廢水中重金屬離子及不易沉降之懸浮膠體微粒等，槽體依功能需要分隔成pH調整、快混及膠凝三區，進流廢水首先經酸劑（ H_2SO_4 ）及鹼劑（ $NaOH$ ）調整至混凝操作之最適pH值，並添加螯合劑，藉以螯合水中溶解性之重金屬離子，進入快混區時，添加適量之混凝劑並予充分攪拌，復經膠凝區進行助凝劑之添加及慢混，使經螯合之重金屬離子及懸浮膠體等凝聚變大，促使金屬膠羽之形成，於初沉池中利用重力自然沉降方式去除。處理後之無機廢水再串聯接入有機廢水之生物處理流程（調勻池內），或直接導入三級處理流程中。

(三)有機廢水 (生物處理流程)

有機廢水包括員工生活廢水、傾卸平台清



流體編號		①	②	①①	①②	①③	①④	①⑤	①⑥	②①	②②	②③	②④
流體名稱		無機進 流廢水	有機進 流廢水	物化處理 調勻池 出流水	膠凝槽 出流水	初沉池 出流水	初沉池 污泥	中和槽 出水至 中繼槽	中繼槽出 水至生物 調勻池	生物處理 調勻池 出流水	曝氣池 出流水	二沉池 出流水	第一段 迴流生 物污泥
流量	平均日(M ³ /day)	191.7	300	256.07	256.88	248.98	7.90	248.98	248.98	612.02	1292.90	608.09	684.09
	尖峰時(M ³ /hr)	40	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SS	平均日(mg/l)	1000	1000	919.71	1120.60	189.18	30000	189.18	189.18	578.12	5000	20.00	9000
	平均值(kg/d)	191.7	300	235.51	287.86	47.10	240.76	47.10	47.10	353.82	—	12.18	—
BOD	平均日(mg/l)	200	500	185.25	184.66	95.26	—	95.26	95.26	290.93	—	14.0	—
	平均值(kg/d)	38.34	150	47.44	47.44	23.72	23.72	23.72	23.72	178.05	—	8.52	—
流體編號		②⑤	②⑥	③①	③②	③③	③④	③⑤	④①	④②	④③	④④	④⑤
流體名稱		第二段 迴流生 物污泥	生物 污泥	砂濾槽 進流水	砂濾槽 出流水	砂濾槽 反洗廢水	加氯槽 出流水	再利用水 槽出流水	混合 污泥	濃縮 污泥	濃縮池 上澄液	脫水機 濾液及 清洗水	脫水 污泥餅
流量	平均日(M ³ /day)	676.56	7.53	608.81	547.93	60.88	547.93	547.93	15.43	6.67	8.77	53.44	1.23
	尖峰時(M ³ /hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SS	平均日(mg/l)	9000	9000	20.00	10.00	110.00	10.00	10.00	—	40000	3406.36	260.48	—
	平均值(kg/d)	—	57.91	12.18	5.48	6.70	5.48	5.48	298.67	268.80	29.87	13.92	255.36
BOD	平均日(mg/l)	—	—	14.0	7.67	70.96	7.67	7.67	—	—	685.19	57.48	—
	平均值(kg/d)	—	36.36	8.52	4.20	4.32	4.20	4.20	60.08	54.07	6.01	3.07	51.37

註：焚化廠規模：3×450T/D
資料來源：參考文獻³⁾

圖1 垃圾焚化廠廢水處理廠流程圖（範例）

洗廢水、洗車廢水及其他雜項廢水等。其處理流程為廢水經收集後，先於進水槽以攔污柵去除雜物，再經調勻池暫存與曝氣，再經過延長曝氣池曝氣或其他生物處理方式（如具濾材之生物反應槽等）處理。有機廢水中之主要污染質為有機物及懸浮微粒，經活性污泥單元前端之曝氣槽內微生物攝取分解利用而去除，不可分解之懸浮微粒與微生物代謝細胞則於後端之沉澱槽中沉降生成污泥，部分迴流至曝氣槽中維持微生物濃度，部分則併入污泥處理系統處理之，另為顧及有機廢水流量變化不定之因素，若選定延長曝氣法為本單元之活性污泥處理流程，槽內活性污泥的停留時間約為20~30天，分離之上澄液則導入三級處理流程中，經過濾及加氯消毒後回收再利用。

按垃圾焚化廠實際操作經驗，在有機廢水方面，常遇到壓縮式垃圾車所附儲水罐內高濃度有機廢水，究竟應於廠內何處排水之困擾，按其廢水性質應以自備之軟管接引排入垃圾貯坑為宜，惟部分垃圾車儲水罐之排水口未設有得接軟管之凸榫，垃圾車司機配合度亦不高，故常為求方便就近於傾卸平台上排水，由於每車之廢水量不大但濃度仍高，造成在傾卸平台上流動性不良，常積存其上隨輪胎夾帶出廠，或甚至由儲水罐隨車沿路滴落衍生臭味污染問題，故建議若垃圾車司機的確無法配合將廢水排入貯坑，替代之排水地點宜為垃圾車洗車場，以便藉較大量之洗車水稀釋較高濃度之垃圾車廢水，再一併導入廢水處理廠處理。

(四)三級處理流程

配合焚化廠回收水之用途，三級處理主要為過濾及加氯，過濾槽用於處理物化處理單元及生物處理單元中，沉澱池沉澱後仍無法去除之懸浮微粒，為節省設備的體積，多採用自動連續反沖洗式砂濾池。經過濾後之處理水於消毒槽中加氯（ NaOCl ）消毒以防止水中殘留

微生物及細菌之孳生。另若進流水之含汞濃度太高，亦得考慮加設選擇性除汞樹脂塔。經三級處理後之有機與無機廢水均可達法規之放流水標準，即使於廠內停爐維修期間無法達成完全零排放，亦得合法放流入鄰近水體。

(五)污泥處理

前述於無機廢水及有機廢水攔污柵所篩除之雜物，經收集後送回垃圾貯坑，與垃圾一併送入焚化爐中焚化。至於由初沉池及二沉池所產生之廢棄污泥則送入混合污泥貯槽，生物污泥與化學污泥於此槽充分混合，使性質均一，再經污泥濃縮槽重力壓縮降低水分，減輕脫水機等設備之負荷，最後加凝聚劑（如Polymer等）以壓濾機脫水形成污泥餅，污泥餅之含水份約在80%以下，以易於運送及最終處置。至於污泥餅中含有之重金屬，因已與螯合劑作用固定，故於掩埋處置後，應不致有重金屬溶出的問題。

廢水處理廠若採屋內式，得置於廠房垃圾傾卸平台之下方，其內配置整套物化、生物、三級及污泥處理設備，至於污泥之脫水設備則設置在垃圾貯坑之一端，其下方應保留卡車通道，經脫水後的污泥餅得直接掉入卡車內載出。

(六)臭味控制

廢水處理過程中可能產生臭味，主要來自有機廢水處理流程與污泥脫水設備等，為免臭氣外洩，有機廢水調勻槽、曝氣槽、沉澱槽及迴流污泥貯槽、污泥混合槽、污泥濃縮槽等均加裝防蝕材料製成之頂蓋，污泥脫水設備則置於密閉之脫水機房內。所有加蓋之槽體及脫水機房內之臭氣，以抽風機抽送至垃圾貯坑，連同貯坑內產生之臭氣一併導入焚化爐體內，作為助燃用空氣焚化處理。當整廠停止運轉時，前述廢水處理產生之臭氣仍繼續抽送至垃圾貯

洗廢水、洗車廢水及其他雜項廢水等。其處理流程為廢水經收集後，先於進水槽以攔污柵去除雜物，再經調勻池暫存與曝氣，再經過延長曝氣池曝氣或其他生物處理方式（如具濾材之生物反應槽等）處理。有機廢水中之主要污染質為有機物及懸浮微粒，經活性污泥單元前端之曝氣槽內微生物攝取分解利用而去除，不可分解之懸浮微粒與微生物代謝細胞則於後端之沉澱槽中沉降生成污泥，部分迴流至曝氣槽中維持微生物濃度，部分則併入污泥處理系統處理之，另為顧及有機廢水流量變化不定之因素，若選定延長曝氣法為本單元之活性污泥處理流程，槽內活性污泥的停留時間約為20~30天，分離之上澄液則導入三級處理流程中，經過濾及加氯消毒後回收再利用。

按垃圾焚化廠實際操作經驗，在有機廢水方面，常遇到壓縮式垃圾車所附儲水罐內高濃度有機廢水，究竟應於廠內何處排水之困擾，按其廢水性質應以自備之軟管接引排入垃圾貯坑為宜，惟部分垃圾車儲水罐之排水口未設有得接軟管之凸榫，垃圾車司機配合度亦不高，故常為求方便就近於傾卸平台上排水，由於每車之廢水量不大但濃度仍高，造成在傾卸平台上流動性不良，常積存其上隨輪胎夾帶出廠，或甚至由儲水罐隨車沿路滴落衍生臭味污染問題，故建議若垃圾車司機的確無法配合將廢水排入貯坑，替代之排水地點宜為垃圾車洗車場，以便藉較大量之洗車水稀釋較高濃度之垃圾車廢水，再一併導入廢水處理廠處理。

(四)三級處理流程

配合焚化廠回收水之用途，三級處理主要為過濾及加氯，過濾槽用於處理物化處理單元及生物處理單元中，沉澱池沉澱後仍無法去除之懸浮微粒，為節省設備的體積，多採用自動連續反沖洗式砂濾池。經過濾後之處理水於消毒槽中加氯（NaOCl）消毒以防止水中殘留

微生物及細菌之孳生。另若進流水之含汞濃度太高，亦得考慮加設選擇性除汞樹脂塔。經三級處理後之有機與無機廢水均可達法規之放流水標準，即使於廠內停爐維修期間無法達成完全零排放，亦得合法放流入鄰近水體。

(五)污泥處理

前述於無機廢水及有機廢水攔污柵所篩除之雜物，經收集後送回垃圾貯坑，與垃圾一併送入焚化爐中焚化。至於由初沉池及二沉池所產生之廢棄污泥則送入混合污泥貯槽，生物污泥與化學污泥於此槽充分混合，使性質均一，再經污泥濃縮槽重力壓縮降低水分，減輕脫水機等設備之負荷，最後加凝聚劑（如Polymer等）以壓濾機脫水形成污泥餅，污泥餅之含水份約在80%以下，以易於運送及最終處置。至於污泥餅中含有之重金屬，因已與螯合劑作用固定，故於掩埋處置後，應不致有重金屬溶出的問題。

廢水處理廠若採屋內式，得置於廠房垃圾傾卸平台之下方，其內配置整套物化、生物、三級及污泥處理設備，至於污泥之脫水設備則設置在垃圾貯坑之一端，其下方應保留卡車通道，經脫水後的污泥餅得直接掉入卡車內載出。

(六)臭味控制

廢水處理過程中可能產生臭味，主要來自有機廢水處理流程與污泥脫水設備等，為免臭氣外洩，有機廢水調勻槽、曝氣槽、沉澱槽及迴流污泥貯槽、污泥混合槽、污泥濃縮槽等均加裝防蝕材料製成之頂蓋，污泥脫水設備則置於密閉之脫水機房內。所有加蓋之槽體及脫水機房內之臭氣，以抽風機抽送至垃圾貯坑，連同貯坑內產生之臭氣一併導入焚化爐體內，作為助燃用空氣焚化處理。當整廠停止運轉時，前述廢水處理產生之臭氣仍繼續抽送至垃圾貯

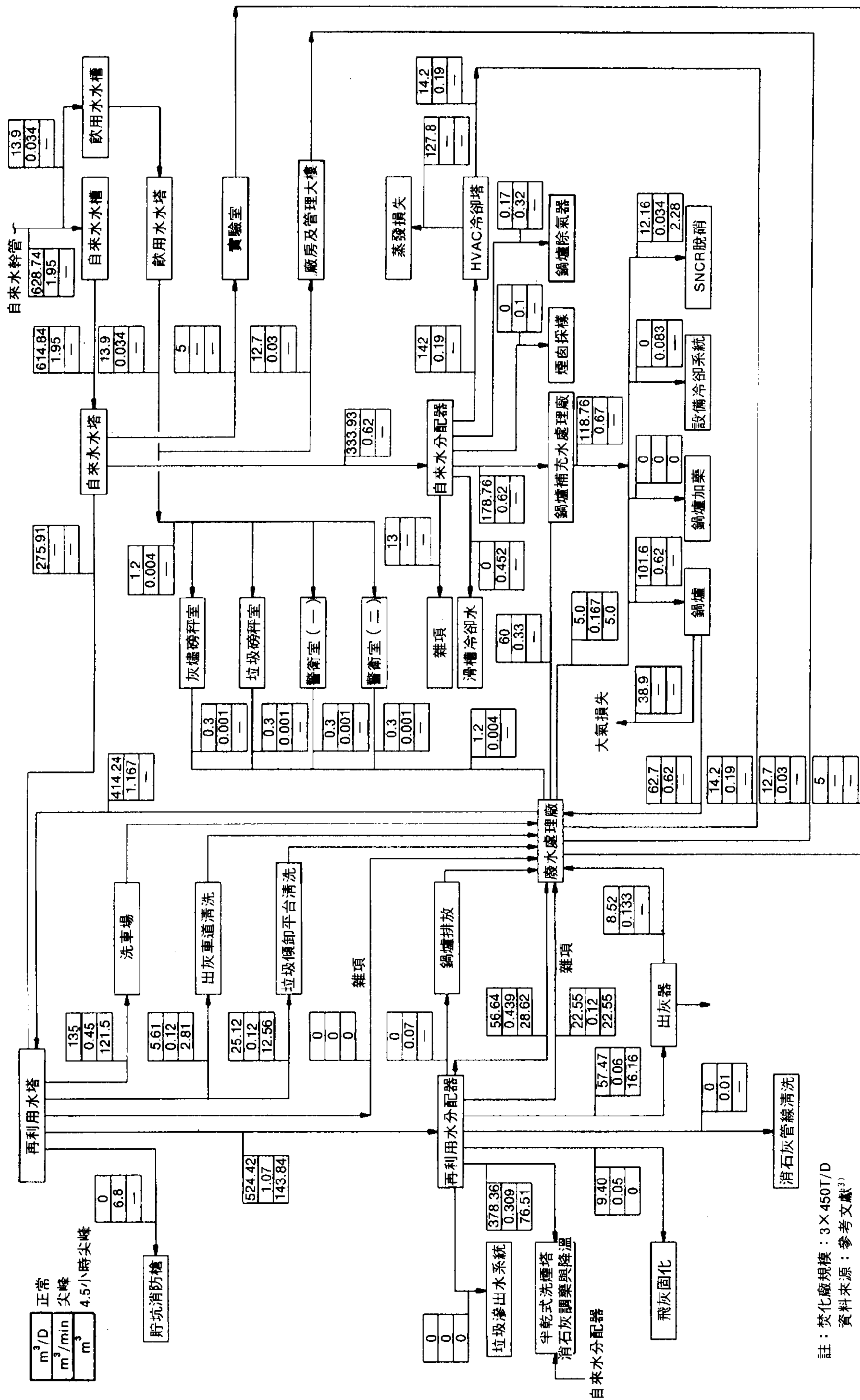


圖2 垃圾焚化廠用水平衡圖（範例）

註：焚化廠規模：3×450T/D
資料來源：參考文獻³⁾

表1 垃圾焚化廠再利用水用水單元及水量估計原則

單 元	平均日用水量	尖峰時用水量
洗車用水	0.3m ³ /車次	30車次/小時×0.3m ³ /車次
垃圾傾卸平台清洗用水	每平方公尺0.01m ³ /d~0.02m ³ /d	平均日用水量÷(4小時~6小時)
出灰車道清洗用水	每平方公尺0.01m ³ /d	平均日用水量÷(4小時~6小時)
消石灰乳泥調藥用水及半乾式洗煙塔冷卻用水	若廢氣自鍋爐出口降溫至150℃，約每焚化一噸垃圾需0.3公噸用水	同左，再加尖峰管線清洗用水0.5m ³ /h
飛灰固化用水	乾飛灰量×20%	平均日用水量÷(8小時~12小時)
出灰器補充水	乾底灰量×30%	同左
廢水處理廠用水	消泡、清洗等用水，每CMD廢水量約為其10%	平均日用水量÷6小時
貯坑滅火槍用水	—	緊急狀況5~7m ³ /分鐘
雜項清洗用水	—	平均日用水量÷(4小時~6小時)
其他	—	—

表2 垃圾焚化廠自來水用水單元及水量估計原則

單 元		平均日用水量	尖峰時用水量
廠內員工及生活用水	廠內員工	0.15~0.3m ³ /人日，含管理大樓廠房、警衛室、磅秤室等	平均日用水量÷24小時×3倍
	垃圾車司機	0.01m ³ /人日，廁所使用用水	平均日用水量÷12小時
	外來參觀者	0.01m ³ /人日，廁所使用用水	平均日用水量÷4小時
實驗室用水		一般以3~5m ³ /日計	平均日用水量÷24小時×3倍
補充純水製造廠	再生逆洗水	補充水製造廠產量之10%~20%	平均日用水量÷3小時
	循環冷卻水損失	總循環水量之1%	同左
	鍋爐加藥用水	藥槽容量	平均日用水量÷0.3小時(20分鐘內加滿)
	鍋爐排放損失	鍋爐蒸發量之1%	同左
	吹灰損失	鍋爐蒸發量之1.25%	平均日用水量÷6小時
	除氧器損失	鍋爐蒸發量之0.1%	同左
	鍋爐水採樣	50~300m ³ /分鐘/點，並視自動採樣點多寡而變	同左
	系統循環損失	鍋爐蒸發量之0.5%	同左
	SNCR還原劑調藥	還原劑貯槽容量	平均日用水量÷2小時
	廢水處理調藥	藥槽容量	平均日用水量÷2小時
HVAC空調用水		循環水量之1.5%	平均日用水量÷3小時
除臭噴灑用水		1升/分鐘/噴嘴×10次/日×0.5分鐘/次×(1-5%)	除臭劑貯槽容量÷2小時
垃圾進料滑槽冷卻水		—	0.3m ³ /時/爐以下
灰渣滑槽冷卻水		—	0.75m ³ /時/爐以下
植生澆灌用水		每20m半徑250升/日	平均日用水量÷8小時
SNCR還原劑稀釋		噴入濃度若以5%計，約需0.015m ³ 用水/公噸垃圾	同左
其他		—	—

註：SNCR：無觸媒脫硝。

為焚化垃圾量之千分之1左右），但終究必須作最終處置，且因該污泥餅係於焚化廠內之廢水處理廠產生，故除得如前述併同灰渣作掩埋最終處置外，是否得就近投入垃圾貯坑內與垃圾一併抓投入爐內焚化處理，亦為一值得探討之話題。

由於污泥餅量相對於垃圾焚化量之比例甚低，雖然其含水量高且熱值低，但判斷應對爐體之熱輸出不會造成太大之衝擊，惟於抓投進料時，污泥餅很可能因吊車抓斗之壓縮而形成球塊狀（lump），並混雜於同一把投料之垃圾中，該球塊狀污泥於爐條式焚化爐內，因無法有效分散而不利完全燃燒，致影響灰渣之灼熱減量易超過設計標準，故若擬直接將污泥餅返送爐內焚化，應特別注意應事前將污泥餅於貯坑內充分混合（並不容易），避免集中貯存於一隅，不利分散抓取，若量多時（如儲存一週或數週之污泥餅，方一次焚化），甚至應加設額外之污泥進料設備，以期將污泥儘量於爐床上攤平，避免結塊以利焚化。至於若直接將污泥餅掩埋，因其量少，在運送及掩埋作業時，並不會增加太多之負荷，且如前述，因於廢水處理流程中已加入螯合劑穩定重金屬，故污泥餅之毒性特性溶出試驗（TCLP）溶出值應不會超過法規標準。

實例介紹

為具體說明垃圾焚化廠廢水回收再利用之方式，茲以甫於89年5月正式運轉之南部某大型焚化廠為例，彙整其廢水處理流程（圖1）、整廠水平衡（圖2）、進流廢水實測值（表3）、處理後再利用水實測值（表4），供對照參考。

在未處理前進流廢水性質方面，按表3所示，進流廢水之BOD值顯示有較大變動現象，該廠無機廢水之進流BOD值甚至高於有機

廢水之進流BOD值，其原因可能係於2個月焚化爐連續負荷測試期間，僅主要處理流程之設備完工運作，其他附屬土建工程尚未完全完工，一般行政管理人員亦尚未進場，再加上主要貢獻有機廢水之清洗廢水及洗車廢水並未正常產出，故使得有機廢水性質有失真波動情況，此種有機廢水濃度變動或過低現象，常造成廢水處理廠試車時活性污泥馴養困難，這也是諸多焚化廠於試運轉期間經常面臨之難題。至於無機廢水進流性質則相對較為穩定，在重金屬濃度方面，僅鉍於部分廠相對較高，其他並無特殊不易處理之污染物。

於上述諸表顯示之監測項目可知，進行驗收前功能測試時，主要係針對放流水法規規定之項目進行監測，以確認處理廠之功能，對於經運轉一段期間且數度循環再利用後，再利用水是否仍符合各用水處所不同之水質需求，恐無法於功能測試期間納入考量。雖然按整廠水平衡，總再利用水量中約60%來自廢水處理廠處理後排放水，另40%來自新鮮自來水補充，惟如前述用量較大，且攸關整廠是否得達成零排放目標至鉅之消石灰乳泥調藥與廢氣冷卻用水，仍需注意監測其是否有鹽類與溶解固體物累積等現象。故當焚化廠實際營運後，宜按相關操作經驗增加再利用水之監測項目，以獲得更多數據供作調整爾後操作方式之依據，並得回饋於日後新建焚化廠之工程設計中。

結 語

隨著台灣地區逐漸邁入全面焚化的時代，對於焚化爐可能造成二次污染之監督與要求亦逐步提高，「零排放」已成為最高努力之目標，而回收與再利用即為達到零排放之主要手段，目前大型垃圾焚化廠已成功達成廢水完全回收再利用及零排放，接下來宜對灰渣之回收與再利用尋求突破，以保留日益減少之掩埋場容

表3 南部某垃圾焚化廠進流廢水性質實測資料

檢驗項目	單位	物化處理流程進流廢水性質 (24小時混合樣, 每3小時採樣一次)																		平均值
		88.11.15	88.11.18	88.11.22	88.11.25	88.11.29	88.12.2	88.12.6	88.12.9	88.12.13	88.12.16	88.12.20	88.12.23	88.12.27	88.12.30	89.1.3	89.1.6	89.1.10	89.1.13	
pH	-	6.9-9.9	9.6-11	7.1-11	9.2-11	3.3-11	8.8-11.3	8.7-11.1	8.8-11.5	7.8-11.3	9-11.1	8.6-11.5	7.6-10.8	10.6-11.1	7.3-10.7	8.7-11.4	7.8-11.3	7.2-9.4	7.2-10.1	
溫度	℃	42.5-55.5	32-42	37.5-44	31.2-32	30-30.5	28.9-31.1	27.9-30	28-29.2	27-30.5	30.5-32	25.8-30	21.9-24.1	27.2-28.3	26-28	28.5-30	28.5-31.2	30-32	29.7-31.2	
SS	mg/l	260	142	234	217	86	184	249	151	152	384	256	206	295	236	146	252	320	208	221
BOD	mg/l	97.8	223	88.2	76.3	64	50.2	49.5	50	101	92.6	72.1	222	72.9	155	312	219	108	123	120.92
COD	mg/l	183	359	200	183	131	156	110	183	533	285	307	457	236	193	515	220	307	317	270.83
Cr ⁺⁺	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
As	mg/l	ND	ND	ND	0.02	<0.01	<0.01	ND	ND	<0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02
Cu	mg/l	0.17	0.66	0.26	0.13	0.19	0.18	0.21	0.25	0.92	0.5	0.33	0.31	0.39	0.17	0.59	0.24	0.51	0.13	0.34
Zn	mg/l	0.15	0.09	0.08	0.29	0.11	0.1	0.12	0.08	0.06	0.17	0.5	0.21	0.62	0.58	0.73	0.26	0.57	0.18	0.27
Pb	mg/l	0.15	0.36	0.12	<0.1	<0.1	<0.1	0.13	0.17	0.37	0.93	0.22	0.12	0.49	0.18	0.79	0.2	0.58	0.18	0.33
Cd	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
總Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	<0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.001	<0.001	ND	ND	ND	
溶解性Fe	mg/l	0.21	0.37	0.2	0.21	<0.1	0.11	<0.1	0.1	0.1	0.14	0.41	<0.1	1.37	0.46	0.17	ND	0.16	<0.1	0.31
溶解性Mn	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.05	ND	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.03	ND	<0.05	ND	<0.05	0.05

檢驗項目	單位	生物處理流程進流廢水性質 (24小時混合樣, 每3小時採樣一次)																		平均值
		88.11.15	88.11.18	88.11.22	88.11.25	88.11.29	88.12.2	88.12.6	88.12.9	88.12.13	88.12.16	88.12.20	88.12.23	88.12.27	88.12.30	89.1.3	89.1.6	89.1.10	89.1.13	
pH	-	7.5-8	10.8-11.1	7.3-10.6	7.4-7.7	7.3-7.6	7.5-8	7.5-8.3	7.4-7.6	7.7-8.6	7.4-7.5	7.3-7.6	7.4-7.5	7.1-7.4	7.2-7.3	7.1-7.5	7.3-7.6	7.2-7.5	7.2-7.4	
溫度	℃	31.5-36.8	30.5-36	31-36.2	29.5-31	28-30	27.1-28.8	27.1-29	26.5-27.3	25-27	28-28.9	25-26.7	22.5-25.1	22.3-23.2	23-25.3	25.9-27	26.5-27.8	28-28.5	26.6-28.8	
SS	mg/l	30	10	32.8	12.6	12	25	34.2	16	20.2	22	15.8	12.6	18.5	13.5	11.5	18.2	10.2	8.4	17.97
BOD	mg/l	26.8	ND	12.9	9.9	4.8	4.5	4.9	3.2	9.2	6.4	7.2	5.2	8	2.5	2.9	4.5	2.8	ND	7.23
COD	mg/l	89.1	292	108	109	45.2	85.4	65	64.4	80.4	105	79.2	65.3	75.4	69.3	75	75	77.9	70.4	90.61
Cr ⁺⁺	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	ND	<0.02	<0.02	<0.02	ND	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	<0.02	ND	ND	ND	
As	mg/l	ND	ND	0.02	0.01	0.02	<0.01	ND	<0.01	<0.01	<0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02
Cu	mg/l	<0.1	0.6	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ND	<0.1	0.25	0.12	<0.1	<0.1	ND	ND	ND	<0.1	<0.1	0.27
Zn	mg/l	ND	<0.02	ND	ND	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.07	0.03	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04
Pb	mg/l	ND	<0.1	<0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Cd	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
總Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.001	<0.001	ND	ND	ND	
溶解性Fe	mg/l	0.26	0.28	0.17	0.19	<0.1	0.1	ND	<0.1	<0.1	<0.1	0.12	<0.1	0.13	ND	<0.1	ND	ND	ND	0.18
溶解性Mn	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
陰離子介面劑	mg/l	0.15	0.12	0.15	0.05	0.01	0.06	0.03	0.04	0.16	0.18	0.06	0.03	0.06	0.03	0.08	0.03	0.05	0.04	0.08
總磷	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
氮	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
油Grease	mg/l	3.6	2.5	8.2	ND	ND	ND	ND	ND	1	0.8	ND	1.3	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	2.66
酚	mg/l	0.05	0.32	0.08	ND	ND	ND	ND	<0.05	ND	<0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.15
氰化物	mg/l	0.086	0.088	0.081	0.078	0.037	0.041	0.053	0.061	0.075	0.089	0.029	0.034	0.042	0.034	0.037	0.051	0.051	0.042	0.06
有機氯	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

表4 南部某垃圾焚化廠處理後再利用水水質實測值

檢驗項目	單位	LHV=2300kcal/kg		LHV=1400kcal/kg		LHV=1900kcal/kg		110%過負荷	平均值	標準值
		第一回	第二回	第一回	第二回	第一回	第二回			
BOD	mg/l	2.7	4.5	4.4	2.6	3.2	2.7	6.9	3.86	20
COD	mg/l	70.4	75.4	72.2	74.2	65.3	60.3	70.4	69.74	80
SS	mg/l	18	14	18	18.2	19	17	12	16.60	20
Grease	mg/l	1.8	1.3	ND	ND	1.6	1.6	1.9	1.64	10
As	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.01	0.3
Cu	mg/l	ND	<0.1	0.12	0.14	0.11	0.1	<0.1	0.12	3
Zn	mg/l	ND	0.04	0.03	0.04	<0.02	0.06	0.06	0.05	5
總Cr	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2
Cr+6	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
溶解性 Fe	mg/l	<0.1	<0.1	ND	0.1	ND	<0.1	ND	0.10	5
溶解性 Mn	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5
Pb	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
Cd	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.03
有機Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總 Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.005
鎳	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1
酚類	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1
氰化物	mg/l	0.028	0.033	0.032	0.03	0.026	0.024	0.063	0.03	1
陰離子介面活性劑	mg/l	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.08	0.07	10
PH	—	7.3—7.5	7.4—7.5	7.4—7.6	7.4—7.5	7.2—7.4	7.3—7.4	7.4	—	6.0—9.0

量，最後有關廢氣之零排放，則可能涉及焚化方式之大幅變更（如採氣化熔融/氣機發電或其他更新穎之技術），且讓環境工程領域之參與者拭目以待。■

程相關計算書及功能測試報告，日商日立造船股份有限公司，民國86年及88年。

5. 台北市北投垃圾焚化廠興建工程功能測試報告，日商日立造船股份有限公司，民國85年。

參考文獻

1. 闕蓓德，「焚化廠環境資料庫之建置研究」，GIS成果應用研討會論文集，民國89年11月。
2. 高雄縣岡山垃圾資源回收（焚化）廠興建工程可行性研究及規劃設計報告，中興工程顧問股份有限公司，民國86年9月。
3. 高雄縣仁武垃圾資源回收（焚化）廠興建工程相關計算書及功能測試報告，中鼎工程股份有限公司，民國86年及88年。
4. 台中縣后里垃圾資源回收（焚化）廠興建工

作者：闕蓓德

學歷：台灣大學環境工程學研究所博士

經歷：台灣大學環境工程學研究所兼任助理教授、台北科技大學土木系所兼任助理教授、中興工程顧問社工程師。計14年專業技術顧問與教學經驗

現職：東南技術學院環境工程科，專任助理教授

專長／研究領域：焚化廠規劃、污水下水道管

網設計、廢棄物清理、環境
管理、地理資訊系統

作者：孫世勤

學歷：美國威斯康辛大學麥迪遜校區環境工程
碩士

經歷：中興工程顧問社計畫副理、計畫主任、
工程師、大學講師，計14年專業技術顧
問經驗

現職：中興工程顧問公司環境工程二部，技術
經理

專長／研究領域：焚化廠規劃設計、空氣污染
防治設備規劃設計、戴奧辛
處理、廢棄物清理



電子月刊

2月號第67期精彩內容介紹

UPS

專輯

～鄒應嶼先生 主編～

- DSP-PowerLab：DSP模組化數位電源控制發展系統
- 單相在線式UPS的DSP全數位控制
- 單級高功因充電器之研究
- 網際網路時代的UPS供電系統
- 如何為UPS供電系統選配柴油發電機

電子商務

專輯

～韓復華先生 主編～

- 由企業競爭談電子企業網路的經營模式
- 電子商務網站之建置規劃
- 電子化供應鏈整合相關課題
- 網際網路經濟之定義與衡量

精選文章

- (ITS)構成智慧型乘載系統的電子技術動向
- 促進IP的流通以恢復日本半導體的霸權

專 欄

- 個人電腦通訊和LAN在雷擊方面的對策
- 大型DRAM混載LSI製程技術
- 十億位元時代的DRAM單元技術
- 光連接的現狀與未來展望

報 導

- 從切換、廣播用攝影機到放影機

動態消息

- 國際會議、展示會
- 產業大事紀
- 廠商熱訊