

廢水UASB/活性污泥系統功能提昇輔導案例

吳美惠* 張資穎* 林冠嘉* 朱昱學** 楊萬發***

摘要

本案例係針對生產飲料、乳品及速食麵類為主的工廠進行既有廢水處理系統功能提昇之輔導。該廠於民國83年擴建完成時，處理程序為DAF+UASB+活性污泥系統，因製程高濃度廢液批式排出作業以及調勻槽未具攪拌功能，致使日常進流水質有數十倍的差異，影響DAF+兩段式生物處理的功能穩定及負荷有效分配。經由本團對歷年研究文獻及操作日報表的數據分析診斷，完成既有處理設備的功能評估，同時進行UASB及好氧生物處理的模型試驗，據以提出廢水處理改善工程規劃、建立最佳操作參數及功能診斷指標，以及該廠目前規模下最大可能的負荷容量。現場初步完成UASB系統pH調整及保溫的施設，以及相關操作參數調整後，UASB系統之COD平均去除率由過去的53%提昇至76%，最高達90%，且DAF+UASB+活性污泥之總COD去除率亦提高至99%，出流水COD平均為43mg/L，穩定的符合87年放流水標準。

【關鍵字】

1. 食品廢水(food effluent)
2. 上流式厭氧污泥床(UASB)
3. 柱塞流活性污泥法(plug-flow activated sludge)
4. 無氧/好氧法(A/O)

* 工業污染防治技術服務團工程師

** 工業污染防治技術服務團組長

*** 工業污染防治技術服務團團長

一、前　　言

工業污染防治技術服務團(以下或簡稱本團)主要之工作目標即在協助業者了解污染防治缺失、輔導業者設置污染防治設備及提供技術諮詢等。統一楊梅總廠(以下或簡稱該廠)於民國83年擴充完成廢水處理設施，處理程序為DAF+UASB+活性污泥系統。84年4月間，因生產新產品，造成原廢水水質劇烈變動，處理系統因未及時因應調整操作，以致處理成效降低，水質惡化，本團於初次現場輔導時，建議立即進行操作調整，提高活性污泥槽曝氣量，大量投入他廠之活性污泥並全量迴流污泥，迅速提升MLSS濃度，使F/M值降低並趨於穩定，然後逐步恢復UASB系統功能，最後調整各系統之操作負荷，至設施功能回復正常。其後該廠為深入掌握其廢水處理系統之最佳操作程序，並了解功能診斷及應變方式，乃申請本團之技術輔導。輔導期間，本團協助整合廠內專業人員，自製程源頭處進行製程減廢、用水減量及回收再用等整廠性的規劃、執行，以達到污染減量目的，並根據全廠污染特性，進行既有處理設施的功能評估診斷。且運用本團的模廠設備模擬UASB及好氧生物處理系統操作各項操作參數，以進一步了解廢水處理系統的控制方式及可行之改善方案，作為該廠於處理設施操作維護時的參考，期望藉由操作維護的落實，提昇處理設施的功能，並進行必要的改善工程，以符合87年國家放流水標準。

二、深入輔導執行方式

為順利推展各項工作，本深入輔導在工廠決策層的主導下成立工作小組與本團相互配合，進行如圖1之各項工作。

三、廢水污染特性

工廠廢水來源依收集系統配置分為三股，分別為(1)乳一廠及飲料廠廢水，(2)乳二廠及生活污水，(3)食品廠廢水。各股廢水量依82年1月～83年1月期間現場流量監測統計結果如表1所示，全廠廢水量平均值為1,020CMD，其中注水、清洗等製程雖屬批式作業，因採電腦自動操作，總廢水排出量的變化較小。

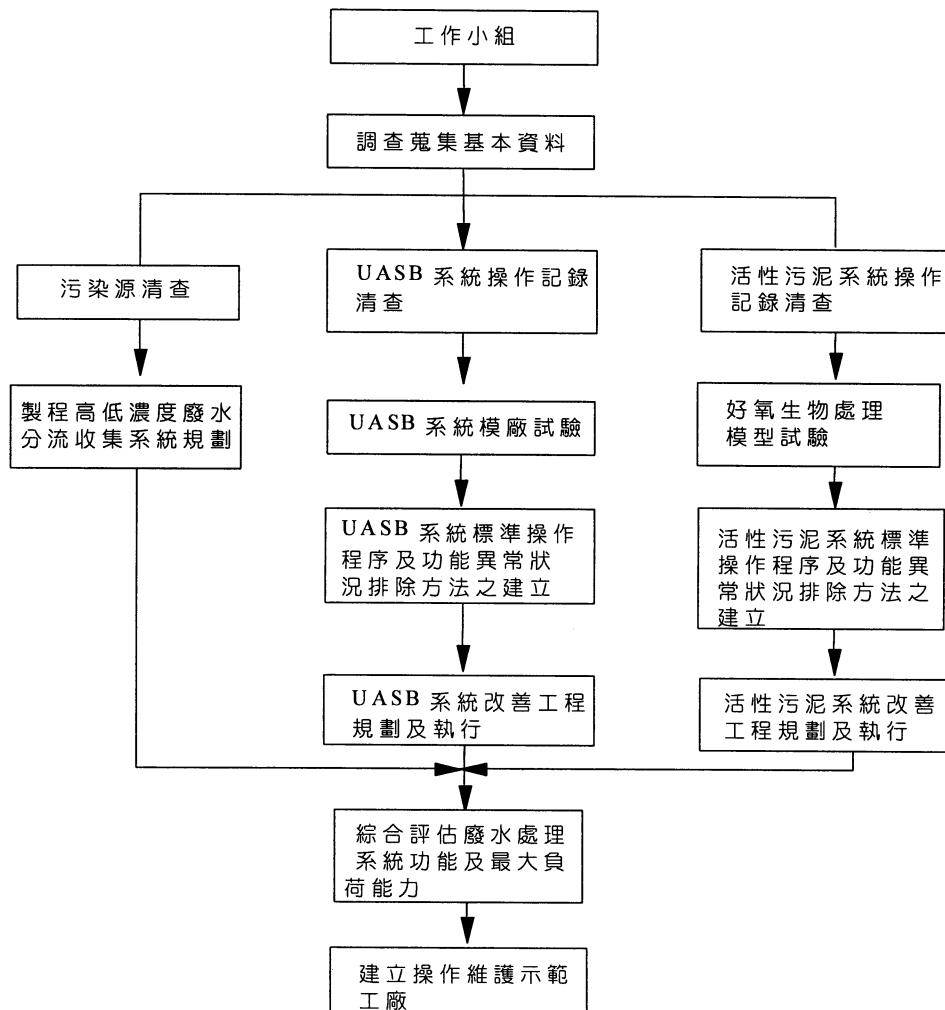


圖1 工作流程

表1 統一楊梅總廠廢水量變化

單位：CMD

來 源	範 圍	平 均 值	標 準 偏 差
乳一廠+飲料廠	15~522	350	85
乳二廠+生活污水	299~1,349	650	138
食品廠	—	20	—
總 計	—	1,020	—

水質部份依83年1月份針對三股廢水源進行24小時連續取樣，每3小時水樣混合後化驗混合水質，其結果如表2所示。該三股水質每日中每三小時之變化非常大，係因製程批式清洗槽體瞬間排水作業，造成高低濃度污染量改變，且該三股廢水分別於製程區地下貯槽滿水位時，以泵自動泵出至槽內排空為止，污染呈瞬間排出，產生尖峰污染。於細篩機出流水質 COD在 111~7,634mg/L範圍變動，SS為 38~1,458mg/L，需仰賴處理系統足夠的調勻容積來克服水質的變化。

表2 統一楊梅總廠廢水水質變化

來 源	pH			COD (mg/L)		
	範 圍	平均值	標準偏差	範 圍	平均值	標準偏差
乳一廠+飲料廠	3.89~12.24	7.14	2.58	531~11,941	3,461	2,768
乳二廠+生活污水	3.52~11.49	6.23	2.30	708~5,914	2,879	1,463
食品廠	4.44~7.41	5.52	0.94	435~3,626	1,262	647

四、既有廢水處理系統功能查核

統一楊梅總廠既有廢水處理系統如圖2所示，依據84年間廢水處理場統計月報表、化工所「廢水處理程序評估報告」、鄭幸雄教授的「統一企業公司廢水處理場功能提昇之研究」，以及與工廠操作、管理人員會談記錄，綜合評估既有處理設施之功能與缺失概況如下：

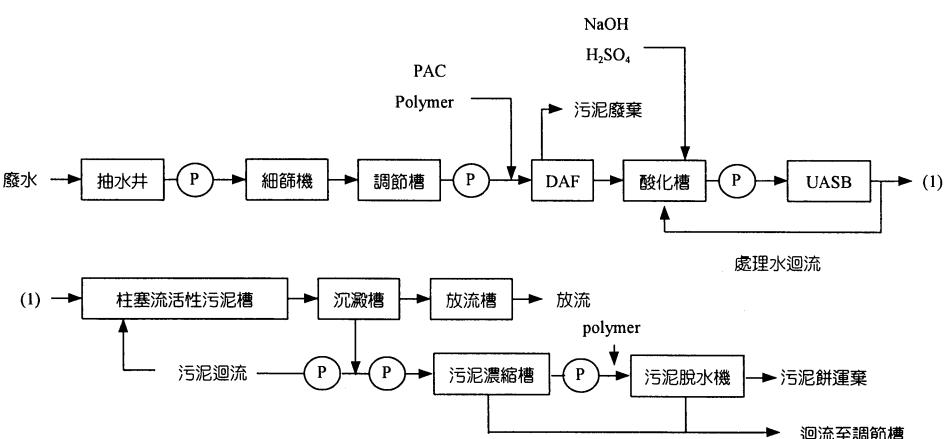


圖2 統一楊梅總廠廢水處理程序

1. 調節槽內攪拌機停止轉動，致使出流水水質變化很大，COD在1,000~5,000mg/L之間變動，影響後續處理的穩定性。
2. 廠內廢水一則因調勻不足，二則因廢水內含物特性不同之故，最佳之混凝條件每日變異很大，處理時現場加藥未加以因應調整，影響浮除單元之處理效率。84年間現場DAF單元COD平均去除率為21.5%，標準偏差達20.1%，變化頗大，不穩定的COD出流水易影響後續兩段生物處理系統之操作負荷及參數的調整。
3. 84年4月間本團前往現場輔導時，UASB系統中的酸化槽pH值曾因pH電極棒故障而失去控制，以致厭氧污泥受抑制而流失，嚴重影響UASB的功能。
4. 84年4月之前因廠內增加新產品製程，污染量提高，致使UASB系統處理功能受到抑制，其去除率僅24.5%；經本團建議先將廢水繞流至活性污泥系統處理，重新啓動UASB，使厭氧污泥逐漸穩定，出流COD濃度漸趨下降，在2個月內去除率升高為53.4%。
5. 調節池因未攪拌，而池內各點有機物已分別進行不同程度的酸化反應，出流水再經DAF、酸化槽後，揮發酸濃度介於50~1100 mg/L之間，數值變化很大。揮發酸如果未對厭氧污泥造成抑制，則厭氧污泥可將揮發酸分解為 CH_4 ，相對的如污泥受抑制時，揮發酸因未分解而形成累積之惡性循環現象。該廠係於酸化槽中採每日一次投入定量鹼度方式操作，而未依流量大小及揮發酸濃度之變化隨時調節鹼度之添加量，對揮發酸濃度之控制效果不佳。
6. UASB的處理效果可由產氣量之變化加以判斷，該廠84年內UASB的產氣量對應其COD去除量呈現正比趨勢，平均去除一公斤的COD產氣量為 0.298m^3 ，此數值與鄭幸雄教授在81至82年間，於該廠進行評估測試時所統計獲得之產氣轉化率月平均值 $0.32\sim 0.76\text{m}^3/\text{kg COD}$ 加以比較，產氣量偏低，依據Henze & Harremoes 1983厭氧處理之文獻回顧資料，厭氧處理BOD去除率達80~90%時，產氣量為 $0.5\text{m}^3/\text{kg COD}$ ，顯見本UASB系統之產氣量偏低，其原因可能為厭氧污泥功能未發揮所致。而此長期的系統產氣轉化率則可作為系統功能評斷之指標。
7. 由於甲烷菌活性較穩定的反應溫度為30°C以上，觀察廠內UASB槽出流水水質與槽內溫度之關係發現在30°C以上的操作溫度時，UASB出流水COD大部份分佈在1,500mg/L以下，在30°C以下時，出流水之COD則多分佈在2,000mg/L以下，COD去除率明顯降低，因此冬季時UASB系統操作溫度控制為一重要的操作條

件。

- 8.該廠活性污泥槽於84年3月至5月間因原水水質變化，UASB COD去除效率大減，連帶使活性污泥槽之負荷異常提高至F/M比接近 $1\text{kgCOD/kgVSS \cdot day}$ ，致使活性污泥系統水質惡化。其餘時間皆操作良好，自6月以後，放流水COD及SS分別維持在 60mg/L 及 24mg/L 以下，平均之COD去除率為92%，顯示活性污泥系統效果良好。
- 9.該廠活性污泥的沉降 SV_{30} 有2個分佈區域，亦即 $35\sim 60\%$ 以及 $75\sim 100\%$ ，與F/M比之關係不甚明顯，其中 SV_{30} 偏高時，菌相中出現大量絲狀菌，沉降界面明顯，且上澄液清澈，但出流水SS仍易昇高，而 SV_{30} 降低後，絲狀菌則銳減，甚至沒有，出流水SS較為穩定，顯示好氧處理的操作調整仍有利於污泥膨化之防止。
- 10.84年4月間水質異常時，於現場採污泥樣觀察菌相發現污泥呈解體狀況，有多量的細菌類微生物，已死亡正被分解的*Arulla*屬有殼變形蟲類，大量出現膜口目*Uronema*屬纖毛蟲，顯示活性污泥系統處於高負荷、低溶氧而水質惡化的狀態，由現場全段活性污泥槽內溶氧值均低於 0.3mg/L ，出流水COD高達 880mg/L 可為佐證。
- 11.該廠84年DAF、UASB及活性污泥系統之COD平均去除率分別為21.1%、40.42%及31.24%，累計總平均去除率為92.76%，若以第100天以後之進流水平均COD 2727mg/L 計算，則放流水COD仍高達 197mg/L ，因此對該廠整體操作而言，改善前可能無法穩定地符合87年甚至現行的放流水標準。

五、模廠試驗結果

應用本團模廠設備，進行UASB、接觸曝氣法、柱塞流式活性污泥法以及A/O法的現場模擬試驗，探討各系統操作參數對處理功能的影響，並由系統有機負荷階梯式提昇的動力程序，以了解該廠生物處理系統之最大可能負荷。試驗結果顯示，除接觸曝氣法的生物膜不易生長，生物量太少，以致COD去除效果未盡理想外，UASB、柱塞流式活性污泥以及A/O法的試驗成效均甚佳，可據以判斷實廠處理設施之處理負荷尚有提昇空間，唯進流水水質的變化幅度為處理穩定與否之要素。

5.1 模廠試驗內容

1.UASB模廠試驗

本團UASB模廠容積為 4m^3 ，包括進流單元、酸化單元、pH調整單元、厭氧反應單元、處理水迴流單元及溫控加熱單元，處理流程如圖3所示。UASB模廠試驗目的為探討該案例之廢水特性下，最佳的操作參數以及控制方法。試驗之操作參數如下所示。

• F/M比 $0.03 \sim 0.65\text{kgCOD/kgVSS \cdot day}$ ，採階梯負荷提昇式操作。

• 體積負荷 $2 \sim 4\text{kg/m}^3 \cdot \text{day}$

• 進流水 COD $1,500 \sim 2,500\text{mg/L}$ (平均 $2,000\text{mg/L}$)

• 上升速度 $0.38 \sim 0.48\text{m/hr}$

• UASB水力停留時間 10hr

• 總鹼度 $> 1,000\text{mg/L as CaCO}_3$

• UASB控制溫度 $25 \sim 35^\circ\text{C}$

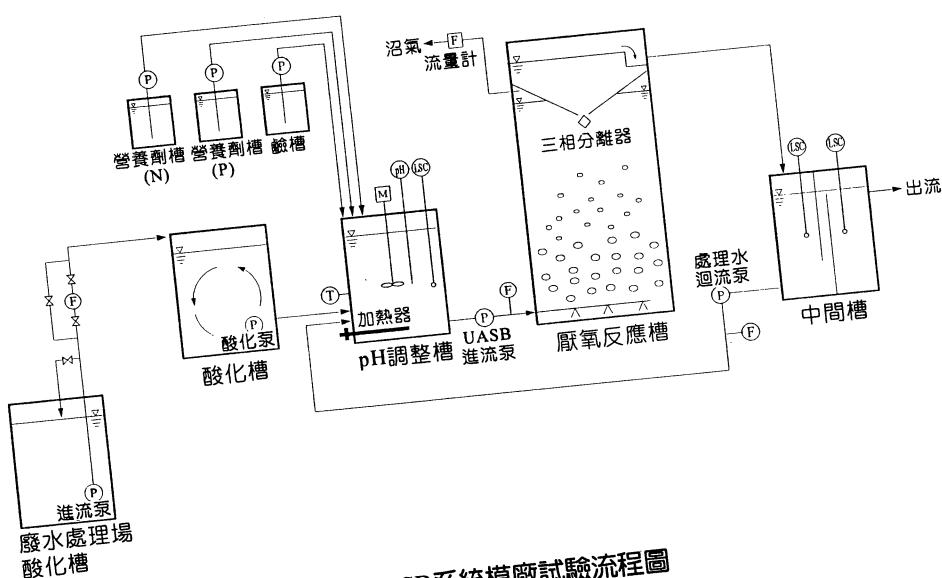
2.A/O法模型試驗

由於本案案例之活性污泥系統一直有污泥膨化的問題，本團以無氧/好氧模型設備，模擬實廠系統改建為無氧/好氧操作方式時，探討其對污泥膨化之抑制可行性。處理流程如圖4所示。試驗之控制參數如下所示。

• F/M比 0.35 及 $0.63\text{ kgCOD/kgVSS \cdot day}$

• 進流水 COD $500 \sim 600\text{ mg/L}$

• 水力停留時間 11hr 及 8hr



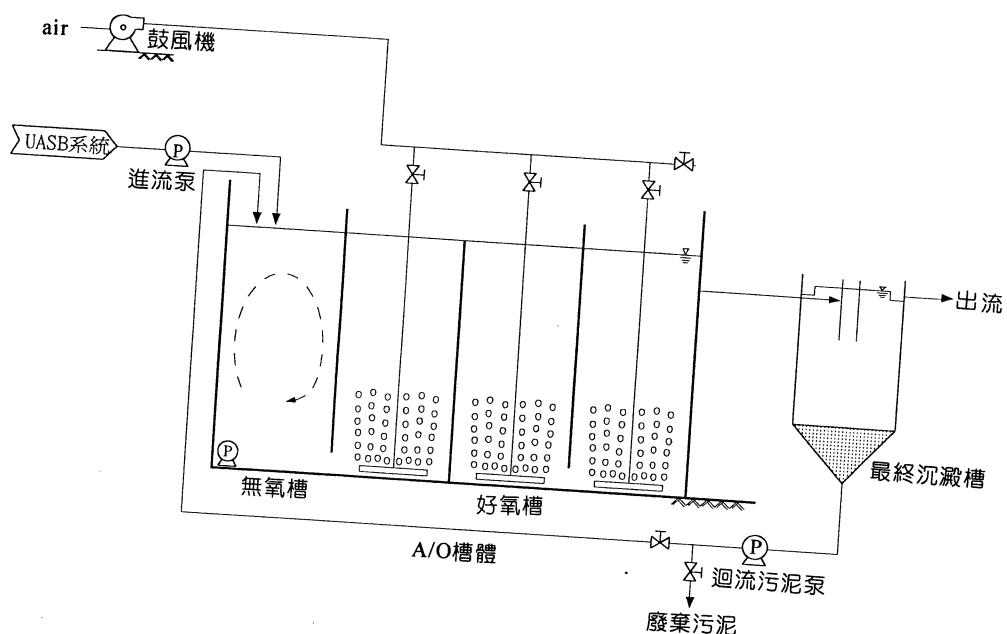


圖4 A/O法模型試驗流程圖

3. 柱塞流活性污泥法模型試驗

模擬本案例實廠之串聯式柱塞流活性污泥法，探討不同有機負荷之處理功能及微生物菌相的轉變。處理流程如圖5所示。試驗之控制參數如下所示。

- F/M比 $0.1 \sim 0.59 \text{ kgCOD/kgVSS \cdot day}$
- 進流水COD $500 \sim 600 \text{ mg/L}$
- 水力停留時間10hr

5.2 模廠試驗結果

1.UASB

運用本團模廠設備，採用階段式提高負荷的方法，用以了解UASB在本案例廢水特性操作下，可行的最高負荷狀況。試驗結果如下說明。

(1)UASB模廠階梯負荷原控制F/M比分別為 0.1 、 0.2 、 0.3 、 $0.4 \text{ kgCOD / kgVSS \cdot day}$ ，但因進流廢水COD濃度在 $300 \sim 4,000 \text{ mg/L}$ 大幅變動，且平均值偏低，而厭氧反應槽內污泥量取得數據，用以調節控制污泥量，以維持操下控制條件，因此實際試驗係維持在 $0.2 \text{ kgCOD / kgVSS \cdot day}$ 以下，以及 $0.55 \sim 0.9$ (平均為 0.65) $\text{kgCOD / kgVSS \cdot day}$ 兩部分。

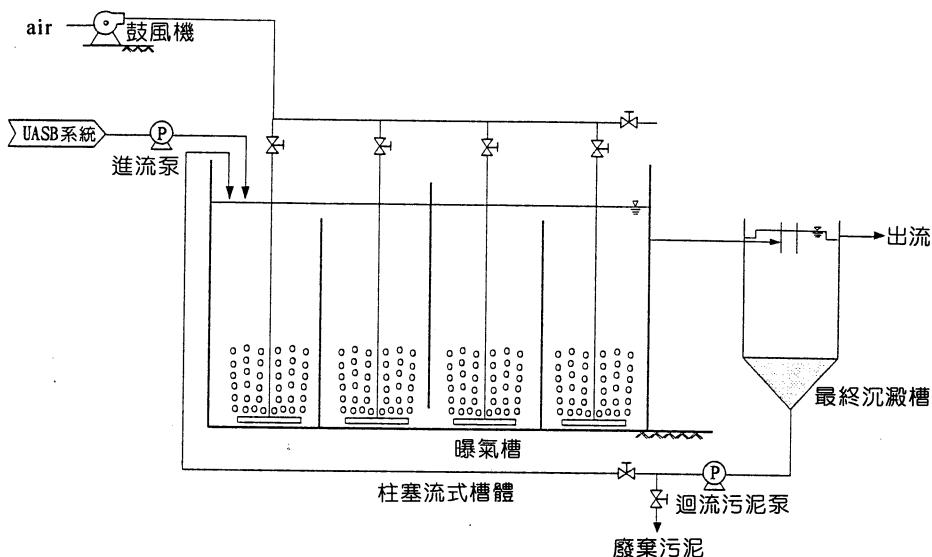


圖5 柱塞流活性污泥法模型試驗流程圖

(2)如圖6，於F/M比在 $0.2\text{kgCOD/kgVSS \cdot day}$ 以下時，COD去除率平均維持在87%上下，最高達92%，此結果與連續迴流馴養時期之累積去除率87%相當。而其出流水則依進流水COD之變化在147~232mg/L之間變動，此時污泥顆粒較不結實，易有微細固體物流出。因反應槽內上升速度已不利顆粒污泥保存，因此較高污泥有機負荷需以減少污泥量方式取代提高進流量操作，於 $0.65\text{kgCOD/kgVSS \cdot day}$ 負荷時，平均COD去除率降低為73%，最高達81%，出流水COD平均值為532mg/L，但系統極易受揮發酸影響，實為該廠所提供之進流水水質極為不穩定，進流揮發酸一日內可由200mg/L升高到900mg/L asCaCO₃，對於甲烷菌的抑制作用影響非常大。

(3)本案例UASB的進流水COD濃度在4,000mg/L以下，平均值低於2,000mg/L，屬於偏低濃度，由於對厭氧污泥的基質營養供應較少，厭氧污泥顆粒粒徑較小。而在進流水COD濃度較低時，欲提高污泥有機負荷，必須提高進流水量，此時相對的加大槽內上升速度，將使小粒徑厭氧污泥不斷流失，影響處理成效。依據模廠及實廠的操作記錄，建議COD平均值在2,000mg/L以下，並且變化範圍超過150%時，污泥有機負荷F/M比宜控制在 $0.2\text{kgCOD/kgVSS \cdot day}$ 以下，而上升速度應維持在 0.4m/hr 以下，以該廠UASB的規模，進水量，進水量加迴水量總合只能維持在1,000CMD以下，以預留進流水質大幅變異所引起之徒增負荷作用。

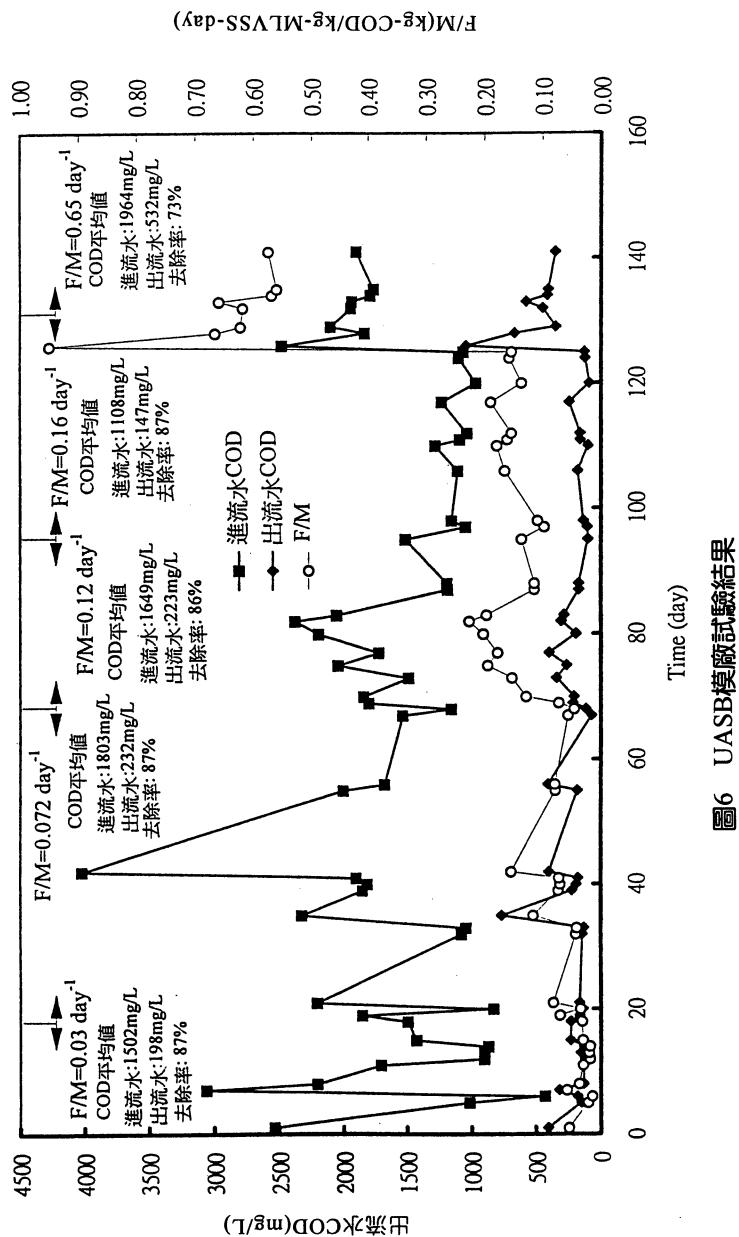


圖6 UASB模廠試驗結果

- (4)當UASB進流水的COD濃度超過4,000mg/L時，根據文獻資料及其他食品業操作的經驗，建議應考慮將污泥有機負荷提高在F/M值0.2kg COD/kg VSS · day以上，藉由提高厭氧污泥營養基質的負荷量，有利於厭氧污泥活性及產氣量的提升，並將促使顆粒化厭氧污泥的結構粒徑更為良好。由於模廠及實廠UASB，一直無機會進行COD4,000 mg/L以上的試驗，因此實際應用時仍應階梯式提高負荷，以了解該廠廢水操作的屬性。
- (5)對於停車後再起動的技術，化工所於處理高濃度製酒廢水之再啓動試驗中，停機50天後，以較低濃度COD5,000mg/L開始進流，並逐步提升進流水COD濃度至原來的20,000mg/L，共需10的時間。本案例則顯示欲逐步增加負荷至恢復原處理效果之時間，需視停機時間及污泥顆粒化結構而定，補充微量機質有助於污泥活性的維持，而連續迴流水操作則有助於保持污泥的顆粒化，尤其是處理低濃度COD廢水時。

2.無氧好氧活性污泥法

無氧好氧活性污泥法試驗結果示如圖7，同時利用微生物菌相觀察，用以了解本程序對於解決污泥膨化問題的可行性。

- (1)於F/M比0.35kgCOD/kgVSS · day時，平均COD去除率為85%，處理水COD平均值為62mg/L，變化範圍為35~101mg/L，而F/M比控制在0.63kgCOD/kg VSS · day時，處理效果即顯不穩定。
- (2)微生物菌相觀察顯示污泥膠羽狀況較實廠佳，有效抑制絲狀菌的生長，但因本模型設備的沉澱槽排泥效果較差，因此出流水SS較實廠稍差。

3.柱塞流活性污泥法

柱塞流活性污泥法試驗結果示如圖8，用以探討實廠系統最大可能負荷範圍。

- (1)由於進流水COD從250~700mg/L變動，本階段試驗極為不穩定，第一階段F/M比為0.1~0.28(平均為0.18)kgCOD/kgVSS · day，第二階段則為0.25~0.59(平均為0.45)kgCOD/kgVSS · day。
- (2)F/M比0.18 kg COD/kgVSS · day，COD去除率可達89%，平均出流水COD為77mg/L，SS則為58mg/L，且SVI值皆較實廠為低，更有利於降低出流水SS的濃度；但此負荷下的操作仍偶有絲狀菌存在。

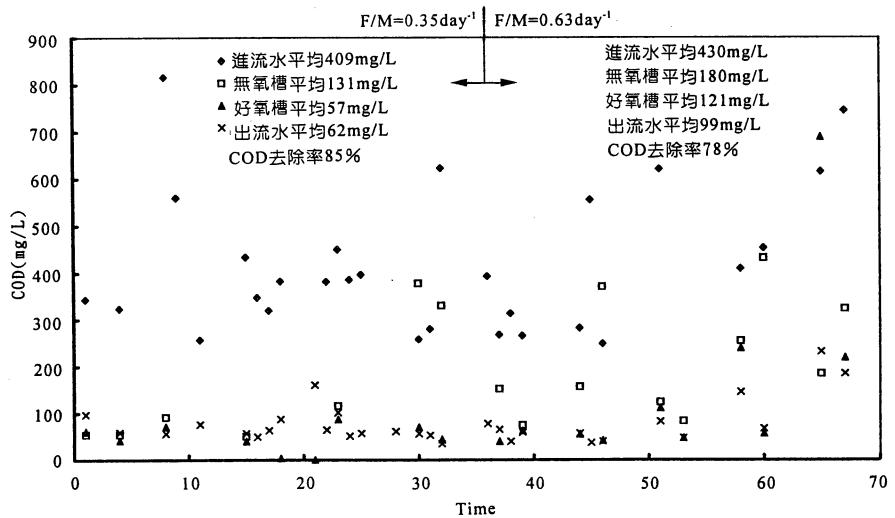


圖7 無氧/好氧槽試驗結果

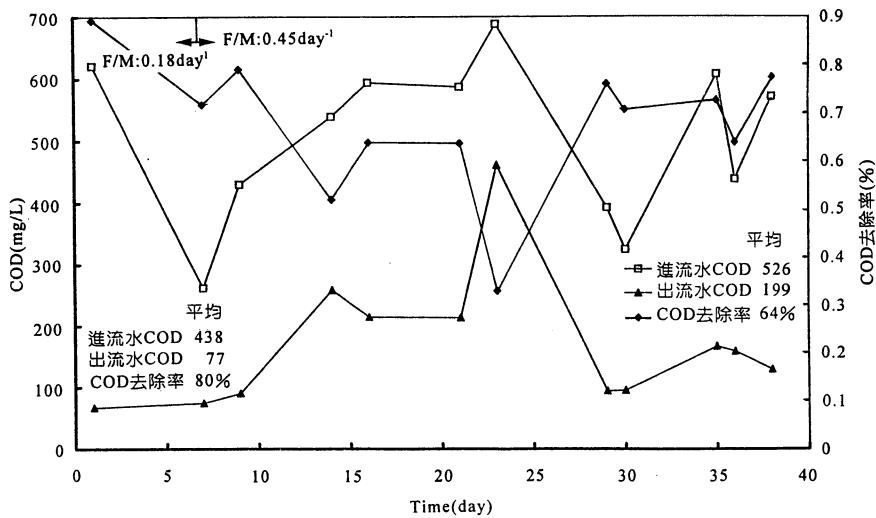


圖8 柱塞流活性污泥法試驗結果

(3) F/M比0.45 kg COD/kgVSS · day，COD去除率降至64%，出流水COD顯的不穩定，介於94~461mg/L間。

(4)微生物菌相顯示污泥仍有些許絲狀菌存在，但較實廠為少。

(5)實廠的操作紀錄顯示柱塞流式以F/M比值在0.06~0.53kgCOD/kgVSS · day之間，處理水質良好，惟因污泥有機負荷變化劇烈，菌相顯示老化污泥及絲狀菌量多，SVI偏高，影響沉澱池操作的穩定性，因此宜以每天排泥4~6次的頻率，穩定控制F/M比值，以取代原來每天排少部份廢棄污泥，而於星期日才大量排泥之作業方式。

有關模廠及實廠的操作結果及處理成效整理如表3。由於實廠廢水水質調勻效果仍未能有效發揮，故建議該廠UASB之F/M值宜控制在0.2kgCOD/kgVSS · day以下，以利因應瞬間的負荷變異，而好氧處理則維持既有的柱塞流式操作，除改善污泥量控制方法外，另應維持進流COD的穩定度，以有效調整F/M比，或可採用階梯曝氣法，均衡有機負荷方可改善污泥膨化問題。

六、廢水污染防治工作改善建議

該廠現有廢水處理系統DAF + 兩段式生物處理程序之功能已於前述章節進行分析。該廠生產製程廢水排放係屬批式作業，水量、水質的變化顯著，而以該廠兩段式生物處理的處理程序而言，有機負荷的分配及其操作的技術又難於一般的活性污泥處理程序，目前進流原廢水水質變化及有機負荷分配不穩定，在影響現有廢水處理設施操作的穩定性，尤其UASB厭氧污泥屬於極敏感菌相，受影響之操作因素甚多，極易因操作環境變異而引起系統的潰敗致污泥解體流失，而影響有機物的處理去除效果。因此為維持該廠DAF + UASB + AS處理程序的穩定，除必須進行部份設備之局部改善外，實有賴於在操作維護方面下功夫。針對各單元穩定操作之需求，綜合提出處理程序改善建議如圖9所示，以及操作維護方面的改善建議事項如下：

1.分流及調勻前處理

(1)從飲料廠製程線用水量調查結果判斷，此部份製程仍有節水的空間，勵行節水可減少廢水量，並提高COD濃度，有利於UASB的操作。

(2)設置高濃度廢棄產品貯槽及通報作業，並以定量泵泵至調勻槽，以減低瞬間尖峰污染量，同時可減少調勻所需容積。

表3 模型系統及實廠系統生物處理負荷量的比較

處理 程序	模 型 系 統				實 廠 系 統					
	COD 出流水 (mg/L)	去除率 (%)	SVI (ml/g)	菌 相	目前*1 F/M	COD 出流水 (mg/L)	去除率 (%)	出流水 SS (mg/L)	SVI (ml/g)	菌 相
UASB	0.14 0.20 (0.16)	89 245 (147)	84 92 (87)	52 226 (107)	—	出流水 SS 超過 250 mg/L時，厭氧污泥有 解體或短流現象	0.07 0.23 (0.12)	221 1,434 (449)	61 90 (76)	176 685 (333)
柱塞流 活性污 泥法	0.1 0.28 (0.18)	55 111 (77)	33 89 (80)	56*2 68 (58)	10 203 (126)	膠羽呈開放型，微細 膠羽分佈，污泥有些 微老化現象，偶見絲 狀菌	0.06 0.53 (0.1)	27 73 (43)	79 97 (89)	10 25 (14)
無氧/ 好氧法	0.18 0.47 (0.35)	35 101 (62)	78 94 (85)	56*2 195 (125)	43 228 (121)	膠羽呈開放型，微細 膠羽更多，污泥較年 輕，沒有絲狀菌	—	—	—	—

註1：F/M單位為kgCOD/kgVSS · day

2：模型系統之沉澱槽因排泥效果較差，經常有污泥上浮，影響出流水SSS的濃度

3：括弧內數字表示平均值

- (3) 調勻槽內攪拌機應啓動，如有損壞、故障，必須維修或換新，或者增設循環用泵，將調勻槽內廢水循環攪拌，使廢水水質均勻。
- (4) 增設分水計量堰或流量控制計，使廢水定量平均地流入後續處理設施，穩定後續處理系統的水力負荷。
- (5) 將調勻槽出流水水量、水質包括pH、COD、SS、油脂等資料繪製成長期趨勢圖及統計表，以利掌握原廢水的變化，作為後續處理系統有機負荷分配及功能校核的依據。

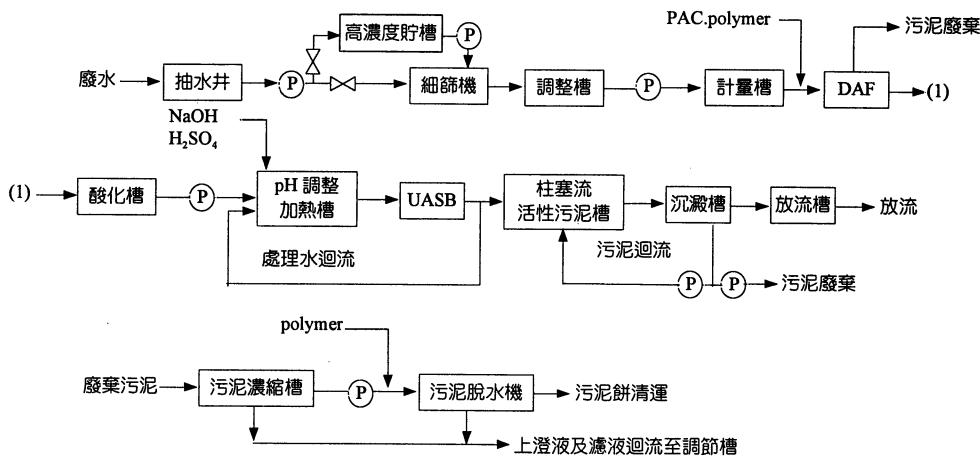


圖9 廢水處理修正程序

2. 溶解空氣浮除槽(DAF)

- (1) 該廠進流廢水因製程批式作業及調勻不足之故，水質不穩定影響混凝條件，建議在水質未調勻前每日應測試調整最佳藥劑量，以穩定DAF處理的效果，降低後續單元的負荷量。
- (2) 將杯瓶試驗及現場處理水質關係製成長期趨勢圖，並於圖上記錄水質異常現象及原因，以利操作判別之依據。

3. 酸化槽

- (1) 酸化槽pH值曾因pH電極棒故障，導致UASB單元受抑制，宜加強酸化槽各項監測設備清洗、維修、保養及校正。
- (2) 目前酸化槽中鹼度添加方式為依pH值每日一次添加於UASB迴流水中。建議應視酸化槽內揮發酸、鹼度濃度以及pH值採用定量泵添加，以維持UASB槽穩定之緩衝能力。

(3)採多段式pH調整，以維持酸化及甲烷化程序槽適合之pH值。

(4)以該廠蒸氣餘熱進行加溫，使UASB的溫度控制在35°C左右。

4.UASB系統

(1)加強UASB厭氧污泥槽A槽及B槽各項操作參數建立及比對。

(2)原操作係於酸化槽係採每天投一次固定量的NaHCO₃方式提供廢水中鹼度，未依據揮發酸的量而調整，恐影響UASB功能。為有效掌握UASB系統的操作狀況，建議改採用定量泵添加NaHCO₃方式補充鹼度，方能確保UASB中隨時皆能維持足夠的鹼度。

(3)產氣量為UASB槽中整體污泥活性的直接指標，84年之日操作記錄迴歸值為0.298m³/kg CODr，較81年月平均值0.36~0.78m³/kg CODr為低，其間之變化與COD去除率及污泥活性有關，因此宜定期維護氣體流量計並長期記錄產氣量，以為操作經驗值。除換算為產氣轉化率之外，亦可直接以每日之產氣量數值，來評估當日污泥之活性。

(4)出流水SS變化為判別污泥解體與否之依據，建議將UASB出流水SS濃度、外形、顏色之變化繪成圖表每日檢視比對，依據現場操作及模廠處理經驗，可判別UASB處理狀況之出流水SS外觀說明如下：

—白色浮渣：有蛋白質流入，包裹污泥所致。

—黑色較大顆粒：可能進流管局部阻塞，造成局部斷面水流上升速度太快，挾帶污泥而出。

—細小顆粒較多：污泥可能解體，亦可能為長期負荷過低，應同時比對VFA、pH值、溫度等，以了解引起解體之原因。

(5)UASB槽中對揮發酸未具分解力時，則pH將下降，因此比對UASB進出水之pH變化，亦為UASB功能異常評定之指標。

(6)每日取定量污泥於BOD瓶內，並添加定量廢水量緊閉後，以目測法定性觀察BOD瓶內細氣泡冒出速度及量，可作為每日污泥活性簡便的觀測，亦可採不同位置之厭氧污泥作為不同斷面層或區域厭氧污泥活性差異之比對。

(7)由於厭氧污泥極敏感，一旦呈現污泥活性受抑制狀態時，實難以系統調整控制方式迅速恢復其活性，因此建議貯存備用污泥緊急投入，作為維持系統負荷之方法，且備用污泥需定時添加基質、與現場UASB槽內污泥交換操作，以維持其活性及顆粒化。

(8)依據前述建議之統計圖表及趨勢圖，尋找UASB系統最佳之操作參數、負荷量及異常觀測指標，當廠內污染量增多時，將多餘污染物繞流至活性污泥槽中，或於UASB單元並聯設置均質槽，將瞬間過多的污染物繞流至均質槽，以穩定UASB的負荷。

(9)定期逆水操作UASB各槽的進水管，以防止進水管阻塞。

5.活性污泥系統

活性污泥槽的操作調整，較UASB系統來得容易，因此宜將污染量變化增多之負荷轉移至活性污泥槽中處理，並應建立各項操作參數，才能掌握活性污泥之功能，須加強之處包括：

- (1)該廠活性污泥槽呈柱塞流式，應加強每段槽體DO的偵測，而非僅於出流處偵測DO值，並應定期、維修、校正監測器，以利正確數據的讀取。
- (2)污泥膨化問題，需穩定污泥有機負荷及調整曝氣量，加以控制。
- (3)建立長期活性污泥菌相觀測記錄，以作為處理狀況評定之依據。
- (4)建議於廢水處理場操作狀況較佳時，例如進流污染量最低，或夏季時UASB功能最佳時，將活性污泥槽進行並聯式處理試驗，以作為突增負荷彈性操作時之選擇程序。
- (5)現場採每日少量排泥，一週大量排泥之操作方式常有污泥老化現象，應將排泥方式改為每日少量多次之方式，同時清除沉積死角之污泥，避免因污泥堆積太久引起污泥上浮，影響出流水水質。
- (6)溢流堰及出流水池壁有固體物累積，應定期沖洗溢流堰及池壁。

七、改善後廢水處理系統功能評估

該廠UASB系統於輔導前因無加熱保溫設備，常於冬季氣溫降低時影響厭氧污泥整體活性，降低厭氧系統處理效率，致使後續活性污泥之有機負荷提高，而超過好氧系統處理容量，導致整體處理效果不穩定。經本團輔導後，該廠於84年12月完成UASB進流管保溫設施，利用鍋爐蒸氣餘熱，設置UASB進流管線蒸氣餘熱加溫系統；，並於85年2月底於酸化槽後新建一pH調整暨加熱槽，可提供UASB蒸氣加溫系統不足之熱源，操作至今，UASB槽平均可維持在28°C左右，UASB出流水COD即逐漸穩定的降低至250~450mg/L，系統處理效果有明顯提升，亦穩定後續活性污泥系統負荷，處理效果明顯提升；對於UASB + 活性污泥兩段式生物串聯系統，此為一

良性循環。茲將改善後處理系統85年6月份之操作數據整理如后。

1. 圖10及圖11為84年及85年UASB槽之操作紀錄，其COD平均去除率由53%已提昇至目前之平均值76%，最高至90%。
2. 於85年6月18日，UASB進流COD曾高達3700mg/L，F/M幾乎為平均的3倍，然UASB系統之COD去除率雖較平常略低，但仍可維持近60%的去除率，並且可於2日內即恢復原處理效能，並未因負荷的突增導致系統累積揮發酸而持續降低去除率。可知目前UASB系統對負荷的應變力增強，污泥活性頗佳。
3. UASB槽之產氣量0.312m³/kg COD，較84年之0.298m³/kg COD有稍許昇高，顯示整體污泥活性提高。
4. 由UASB模廠操作經驗及85年6月份實廠UASB出流水COD及SS之關係，當出流水SS達300mg/L以上時，COD即有超過400mg/L之可能，乃將該值作為觀察指標，超過時，厭氧污泥活性即有可能開始受到抑制，導致污泥發生解體流出現象，或者系統內局部短流致負荷提昇引起局部污泥解體而流出。
5. 現場活性污泥槽進出流水COD平均分別為527mg/L及43mg/L，其F/M值為0.1kgCOD/kgVSS · day時效果良好，而模廠及實廠經驗顯示F/M尚可提高至0.34kgCOD/kgVSS · day且能獲致良好之處理水質。惟建議仍須避免瞬間突增負荷，並加強曝氣及迴流污泥量的調整，使COD去除率穩定。
6. 目前的活性污泥槽溶氧約介於2~3mg/L間，其值略高於去年間之溶氧平均值，且變化範圍小。顯示因進流之COD濃度降低，需氧量相對的減少，而在未調整曝氣量的條件下，溶氧自然提高，且85年6月份曝氣效果較為均勻，因此溶氧變化範圍縮小。
7. 85年6月份終沉槽出流水SS均可維持在25mg/L以下，污泥SV₃₀約在50%以下，可為污泥沉降性現場觀察之指標。建議若活性污泥SV₃₀大於50%時，應進行(1)微生物相觀察，是否絲狀菌生長過多(2)曝氣過度、老化或抑制物導致污泥解體(3)污泥廢棄量不足，致老化污泥過多(4)水量增大，沉澱池負荷過高等查核工作。
8. 如圖12及圖13，85年6月份廢水處理系統整體COD去除率為99%，分配為DAF單元16%，UASB單元67%，活性污泥單元為16%，UASB之COD平均去除量較去年增加了27%。在維持目前處理效率條件下，放流水水質可穩定的達到87年標準。另外，現場活性污泥系統負荷仍有增大至F/M=0.3kgCOD/kg VSS · day的彈性空間。

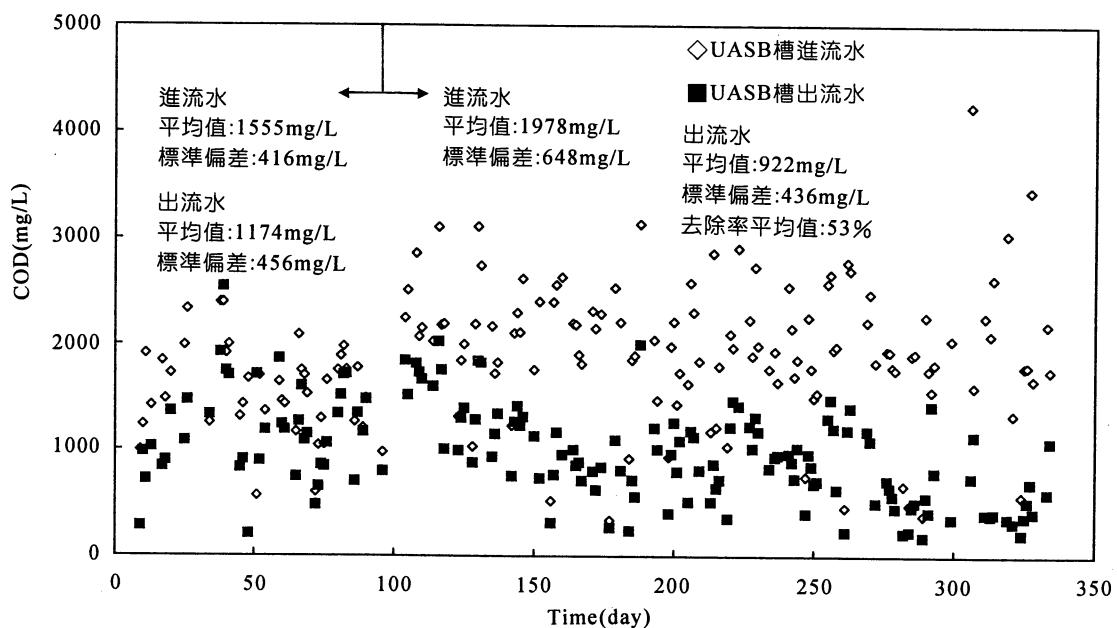


圖10 84年UASB進出流水COD變化圖

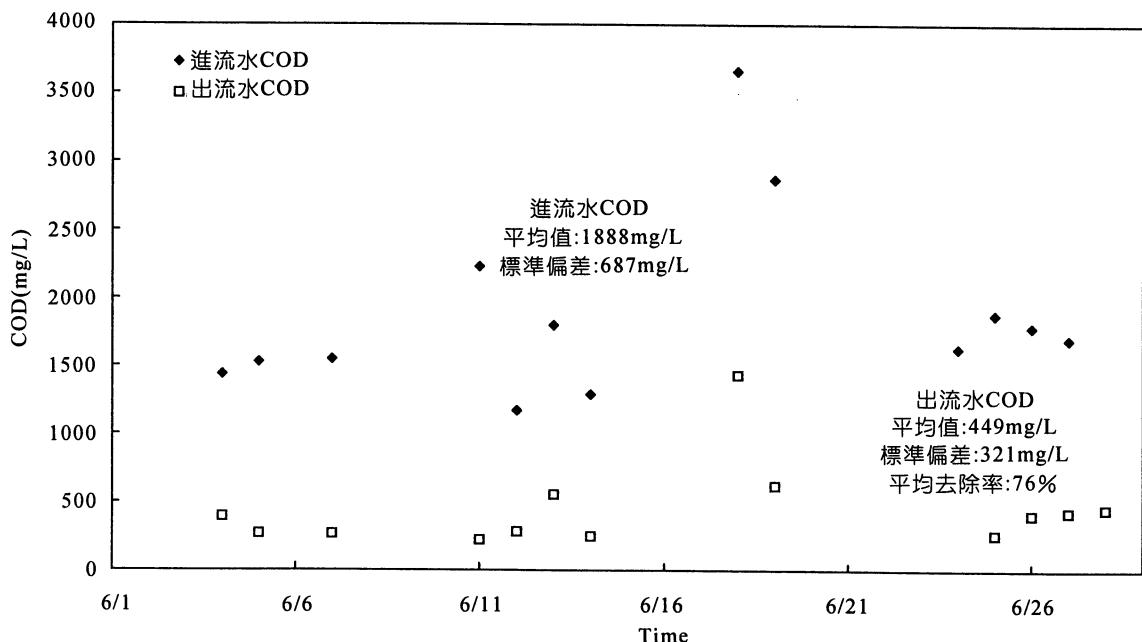


圖11 85年六月份UASB進出流水COD變化圖

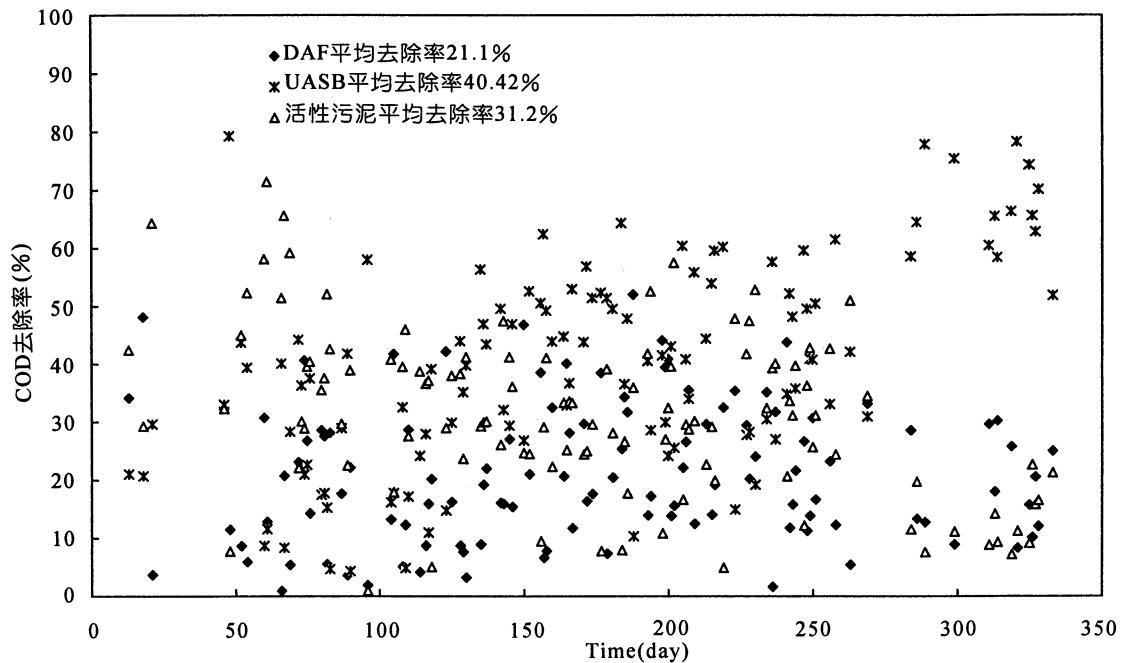


圖12 84年各處理程序COD去除率

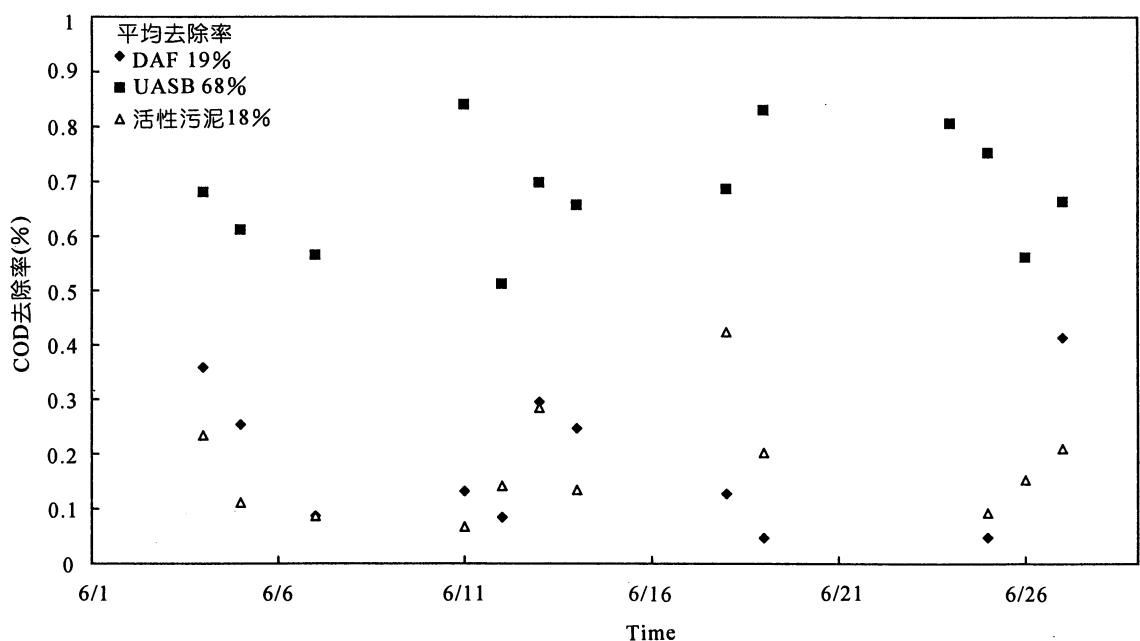


圖13 六月份各處理單元COD去除率

八、結論

由此輔導案例顯示廢水進流水質的穩定與否，明顯地影響廠內兩段式生物處理系統的處理效率。參考模廠試驗結果及善用實廠水質化驗紀錄與統計資料，可確實了解實廠各項操作參數的適切性，並可掌握現場操作時的功能性指標有助於適時調控操作參數，使處理系統的運轉操作效率達到最佳化。此外，本案例經評估後亦顯示在各項操作、控制完善的情形下，廢水處理設施尚有提高處理負荷的空間，工廠未來在產量擴增、污染量增高的情況下如能妥善運用模廠操作經驗參數調整系統處理負荷與各項操作條件，相信必能維持良好的處理效率。

參考文獻

- 1.張坦卿等，UASB程序實廠操作經驗—pH控制及鹼度控制，第十四屆廢水處理技術研討會論文集，PP.205~214，1989。
- 2.彭明鏡等，UASB程序實廠操作經驗一起動技術之探討，第十四屆廢水處理技術研討會論文集，PP.215~227，1989。
- 3.黃森元等，UASB處理低濃度廢水適用性及污泥顆粒特性之研究，第十五屆廢水處理技術研討會論文集，PP.139~153，1990。
- 4.白陽泉，上流式厭氧污泥槽UASB之污泥層水力循環對處理效率之影響，第十八屆廢水處理技術研討會論文集，PP.249~260，1993。
- 5.鄭幸雄等，統一企業公司廢水處理場功能提昇之研究，民國82年。
- 6.Lettinga, G., A. F. M. Van Velsen, W. de Zeeuw, and S. W. No bma 497, Feasibility of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)-Process, Proceedings of 1979 ASCE National Conference on Environmental Engineering.
- 7.中國技術服務社工業污染防治技術服務團，厭氧處理新技術，工業污染防治技術手冊37，PP.83~108。
- 8.工研院化工所，廢水處理程序研究報告，民國83年。
- 9.徐瑞堂，活性污泥絲狀微生物控制，工業污染防治第50期，PP.45~57，1994。