

中油林園廠二級廢水處理工場操作概述

姚俊宇*

摘要

中油林園廠為提昇全廠的放流水水質，於民國77年年初開始委託中鼎公司規劃全廠廢水的二級生物處理工場，並於78年6月16日動工興建，79年11月完工、試車，總工程費約十億元。所興建的廢水處理工場主要流程概述如下：不同操作工場的製程廢水先利用泵浦送至廢水處理工場的前處理單元----欄污柵、巴歇爾流量堰、重力式油水分離池後，再泵至緩衝槽調勻水質、水量，之後再以泵浦打到冷卻水塔，做熱交換處理，降低水溫，出流水則利用重力流，流經混凝、膠凝兩單元，緊接著做加壓空氣浮除，隨後再以泵浦提高揚程至13公尺高的深槽活性污泥曝氣池，經過長時間的曝氣停留時間後，溢流至再曝氣池，接著至終沉池。其出流水則泵送至林園工業區聯合污水處理廠，並不排至廠區外圍的河川中。

至目前為止，操作上尚稱順利，廢水處理工場的出流水水質 COD 通常可維持在 150mg/L 以下，油份濃度則平均維持在 3mg/L 左右，SS 則保持在 $20 \sim 40\text{mg/L}$ 之間；而即使進流廢水的酚濃度在 10mg/L 以上，處理後酚濃度亦可經常維持在 0.2mg/L 以下。未來俟操作技術更純熟，系統一切都進入正軌後，處理完的出流水水質必可符合87年環保署公佈的放流水標準。

一、前言

無可諱言，人類進行任何一項活動一定都會造成環境污染，這種現象在人類從事工業生產製造時，更是特別明顯，但這些污染並非不

* 中油林園廠環保工程師

可控制，事實上現今的科技是如此之發達，因此只要工業界表現出誠意，好好規劃環保措施，運用各種發展成功的污染防治設備，則環境遭受污染的速度必定可減緩下來，甚至讓週遭環境品質逐漸好轉。

中油林園廠在77～80年度環保預算方面，編列了新台幣23億餘元，陸續增設多項污染防治設備，在80～83年度環保預算方面，又編列了新台幣45億餘元，預計從事更多的污染防治計畫，本文即就林園廠最近完工的廢水處理工場，來探討其操作狀況與處理效率。

二、廢污質量及特性

林園廠的廢水污染問題與一般煉油工業類似，目前排放至廢水處理工場的廢水主要來自製程廢水、油槽廢水與污染區之地表逕流水，分述如下：

1. 製程廢水

製程廢水中污染程度較為嚴重者為來自輕油裂解工廠的Quench Water 以及廢鹼液，至於其他的製程廢水其污染程度則較為輕微。整個工廠產生之製程廢水量約在3,000～4,000CMD，以下就 Quench Water 及廢鹼液說明如下：

(1) Quench Water

第三、第四輕油裂解工場稀釋蒸汽發生系統會隨其操作狀況排放出一些含有酚類、油份的廢水，目前廠內有四條排放此種廢水之排水管：三輕工場Q-105 Overflow及T-180 Blow Down；四輕工場為V-1104 Blow Down及D-1117 Blow Down。其水質一般含有較高之Phenol、懸浮固體(100ppm)、油份(50ppm)、乳化油及溫度(50°C)，若是將此類廢水直接混入一般製程廢水中，因其所含之油份及乳化油並無法在油水分離池中做有效的分離，往往造成後段處理上的困難。目前三輕的Q.W.都先經過自行開發的蒸氣汽提處理，破除乳化現象以及吹除酚後，再排往廢水處理工場；四輕的Q.W.則直接排往廢水處理工場。

(2) 廢鹼液

為第三、第四輕油裂解工廠之鹼洗塔所產生，廢鹼液量三輕工場約為 90CMD，四輕工場亦約為 90CMD，廢鹼液除含高濃度廢鹼外，尚含有硫化鈉、碳酸鈉等成分。目前三、四輕之廢鹼液都先使用中和法處理後，再定量排往廢水處理工場。

2. 油槽廢水

此類廢水主要來自油槽底部之排放水，主要污染物為高濃度的含油污水，廢水量不大，約在 100CMD 以內。

3. 污染區之地表逕流水

包括沖洗水、雨水及意外溢漏的廢水。沖洗水來自廠內清潔及沖洗操作；部分地表逕流水因與地面之油漬或污染物接觸而成為受污染之逕流水，其污染程度以初期降雨所造成之地表逕流水最為嚴重。此類廢水量概估約為 2000CMD。

本廠進入廢水處理工場的廢水水質如表 1 所列，可以看出水質變化頗鉅，極不穩定。

表 1 廢水處理工場的進流廢水水值

| 日期 | COD(mg/l) | Oil(mg/l) | SS(mg/l) | 酚(mg/l) |
|------|-----------|-----------|----------|---------|
| 5/21 | 470 | 28 | 54 | — |
| 5/22 | 1,287 | 85 | 88 | 3.91 |
| 5/24 | 9,359 | 0.65% | 390 | 6.16 |
| 5/28 | 830 | 54 | 87 | — |
| 5/29 | 480 | 28 | 46 | 2.72 |
| 5/30 | 1,101 | 66 | 147 | — |
| 5/31 | 466 | 26 | 111 | 5.80 |
| 6/04 | 1,579 | 105 | 167 | — |

三、處理流程及其特點

1. 廢水處理部份

(1) 設計基準

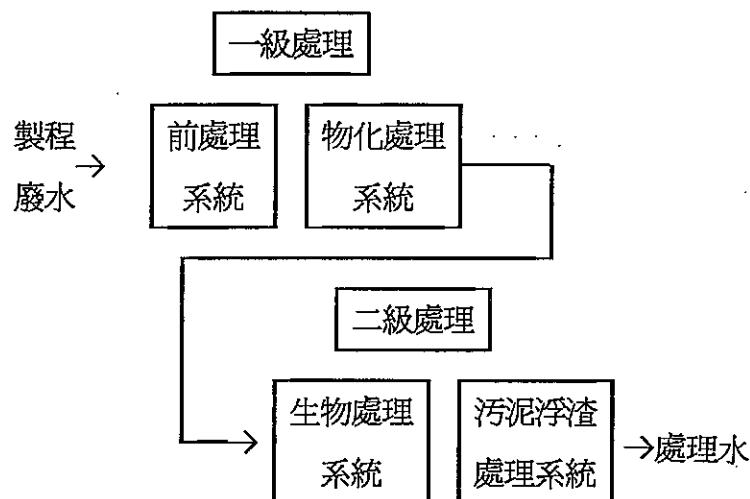


圖 1 二級廢水處理工場系統流程簡圖

林園廠廢水處理工場主要是為了用來處理本廠各個製程所產生的廢水，其方式採用深槽活性污泥程序的延長曝氣法之設計理念，設計質如下：

- 設計處理水量共 14,000CMD，以兩套處理單元並聯操作，每套的設計處理容量為 7,000CMD。
- 設計進流水水質

| | |
|-------------|------------|
| 生化需氧量(BOD) | 650 mg/l |
| 化學需氧量(COD) | 1,500 mg/l |
| 懸浮固體物(SS) | 500 mg/l |
| 油脂(oil) | 450 mg/l |
| 水溫(temp) | 40~50 °C |
| 氫離子濃度指數(pH) | 4~14 |
| 酚類(Phenol) | 50 mg/l |

c. 處理後放流水水質限值

| | |
|-------------|-------------------------|
| 生化需氧量(BOD) | $\leq 50 \text{ mg/l}$ |
| 化學需氧量(COD) | $\leq 150 \text{ mg/l}$ |
| 懸浮固體物(SS) | $\leq 150 \text{ mg/l}$ |
| 油脂(oil) | $\leq 10 \text{ mg/l}$ |
| 水溫(temp) | $\leq 35^\circ\text{C}$ |
| 氫離子濃度指數(pH) | $\leq 6\sim 9$ |
| 酚類(Phenol) | $\leq 3 \text{ mg/l}$ |

(2) 廢水前處理系統（攔污、除油、調勻、冷卻）

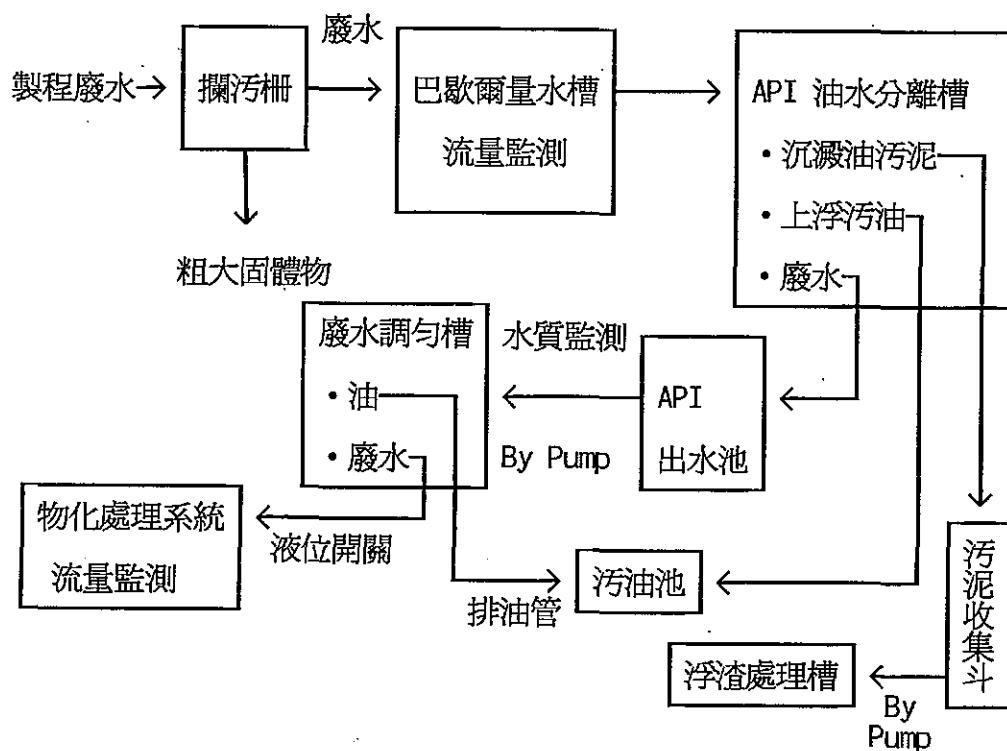


圖 2 前處理系統

當廠內的製程廢水一送到廢水處理工場，首先先進入廢水進水渠，廢水進水渠分成兩道並聯的水渠，一道為機械式攔污柵，另一道則為人工攔污柵（攔污柵之目的主要為攔除廢水中夾帶之

粗大固體物，以避免造成後續處理程序之管線或設備的阻塞），兩道水渠以電動閘門隔開交替操作，正常時以機械式攔污柵操作，當機械有故障或在維修期間，則改以人工攔污柵代替。

廢水進水渠之後，廢水進入巴歇爾量水堰，所利用的超音波液位流量計可測定、記錄及累算進入廢水工場之流量。巴歇爾量水堰後，廢水進入API油水分離池，本單元為利用重力差別原理，使廢水自然達成油水分離（池體積為330公秉／池，表面積150平方公尺，設每池流量 $Q=5,000\text{CMD}$ ，則停留時間約95分鐘，溢流率 1.4m/hr ）。本池配備有API刮泥機一組（刮泥機驅動馬達附有高扭矩保護裝置，具關斷及警報之功能），當刮板行進於液面上時，可驅動污水、匯集污水，當刮板行進於池底時，則可刮送已沉澱之污泥至池底前端的污泥斗中；其中污水之收集，乃藉14"撇油管輸送至污水池，再經由污水泵浦以液位開關控制，泵送至污水槽中。沉澱後之污泥被刮到污泥斗後，於污泥斗中經螺旋輸送機進一步收集，以API污泥泵浦定時輸送至浮渣處理槽，等待進一步處理。除油後之廢水經可調式溢流堰溢流至API出水池中，再以液位開關控制，經由API出水泵浦輸送至廢水調勻槽中。為收集API油水分離池前端所積聚之污水，本池另配備有移動式旋流除油機，採不定期操作，使本池之除油功能更為完善。

除油後之廢水則進入廢水調勻槽，本槽的主要功能為將廢水的水質均勻化，並兼具部份之除油功能（槽體積為6,000公秉／槽，兩槽共12,000公秉，日平均廢水進流量約 $10,000\text{CMD}$ ，則儲留時間約1.2天）。本槽配備有側邊伸入式之攪拌機，一方面均勻污水水質，另一方面並可防止固體物沉澱；槽身不同高度各設有四組除油管，可於廢水靜置時，將浮上之污水收集至污水池中。調勻後的廢水可藉液位開關控制，以調勻槽的出水泵浦輸送至八套並聯操作的廢水冷卻器。調勻槽泵出水的管線上並設有電磁流量計一組，輔以其下游所裝設的球型閥（globe valve），可達成流量指示、記錄、積算及調節的功能。

廢水冷卻器的功能為將廢水的溫度由50°C降至35°C，使用的冷卻水系統包含兩座逆流誘導式冷卻水塔及冷卻水泵浦。本型冷卻器使用低壓蒸氣及壓縮空氣進行清洗，清洗工作的執行由現場控制盤的程式控制器(PLC)指揮。

(3) 廢水初級處理系統

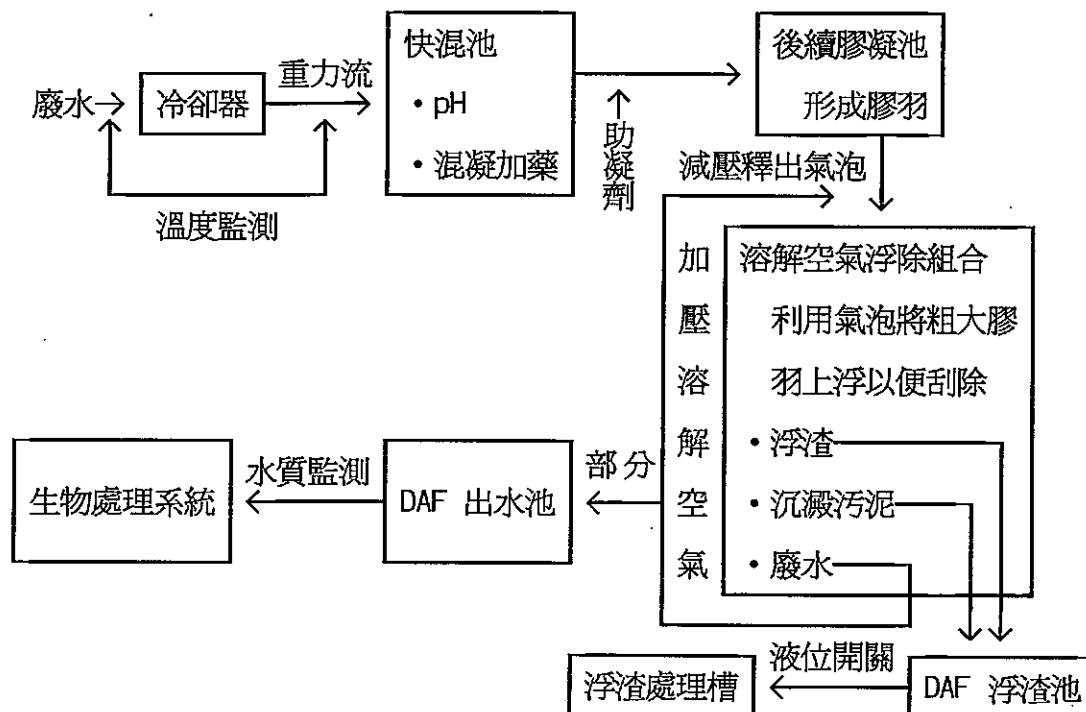


圖 3 初級處理系統

經過冷卻系統後之廢水接著準備進行混凝浮除程序。混凝的過程，廢水先進入快混池中，進行酸鹼值的調節（以pH指示暨控制器指揮酸鹼液加藥泵的作動，以達成pH調節），並同時加入混凝劑、助凝劑，藉由快混池配備的快速攪拌機，使廢水能達到完全混合型態，以利混凝劑與廢水中固體顆粒能完全接觸；膠凝池位於混凝池之後，配備有膠凝機一部，在慢速的攪拌環境下，使固體粒子進一步凝聚，以便進行浮除程序。

溶解空氣浮除單元採用部份迴流方式，迴流水經加壓泵升壓

後，於空氣溶解管中通入高壓空氣（於高壓狀態下，空氣可超量溶解於廢水中），而後藉調壓閥之降壓，使超量溶解之空氣釋出成為無數多的微細氣泡，再導入進流廢水的管線中，當廢水進入溶解空氣浮除槽中時，藉由氣泡上浮之行為，膠凝槽中所形成的凝聚粒子即可被帶動至浮除槽液面，而槽面所裝設的周邊驅動刮泥機可迅速將形成的浮渣刮除，刮除之浮渣集中收集至DAF 浮渣池中，再以液位開關控制，經DAF 浮渣泵浦輸送至浮渣處理槽，等待進一步處理。浮除後之廢水則引入DAF 出水池，再藉液位開關控制，經DAF 出水泵浦泵送至活性污泥曝氣池，以便進行廢水二級生物處理。

(4) 廢水二級處理系統（生物處理）

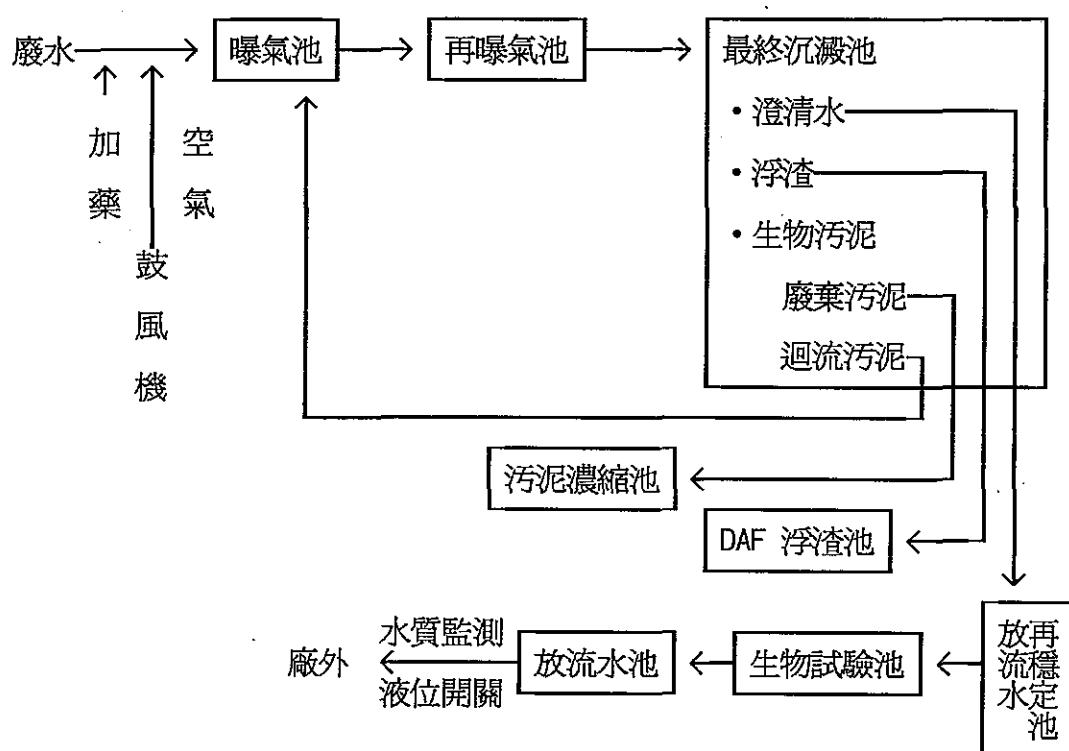


圖 4 生物處理系統

廢水進入二級生物處理系統前，管線上裝有電磁流量計，以便指示、記錄及積算進入生物處理系統的廢水流量。同時，生物

處理系統所需之氮、磷營養鹽亦在管線中注入，以維持廢水中適當比例的營養鹽。生物處理的原理乃利用曝氣池中馴養良好之微生物族群，在適當的環境下，氧化廢水中可被分解的有機物質，達成廢水穩定之目的。本工場曝氣池共計六座，藉管路及閥門之安排，使各池可並聯或串聯操作，提高本單元的操作彈性。目前分兩路來處理廢水，每路三座曝氣池串聯，每座曝氣池體積約1,800KL，則每總體積約5,400KL，而每路的廢水處理量約5,400CMD（含迴流污泥流量），因此曝氣停留時間約一天。每一曝氣池均配備有機械攪拌機一部，使曝氣池內的流況趨近於完全混合型態，空氣由六部鼓風機供應，進入各曝氣池的空氣皆以流量控制閥維持設定值。各曝氣池均設置有溶氧線上分析儀及pH值線上分析儀，具指示及記錄的功能。

曝氣池之後，廢水進入再曝氣池，再曝氣池池底鋪設有粗氣泡式散氣器，通入空氣後可造成擾動，達到將附著於生物膠羽上之氣泡趕除的目的。再曝氣池後，廢水進入最終沉澱池，藉由重力沉降原理，使廢水達成固液分離（終沉池體積：1,200 KL／池，表面積：350 平方公尺，停留時間約5.3hr，溢流率 = 15.4m／日）。本單元設有中央驅動式刮泥機一部，刮泥機驅動馬達附有高扭矩保護裝置，具關斷及警報的功能，沉降後之生物污泥則藉迴流暨廢棄污泥泵浦泵出，泵出之污泥一部份迴流至曝氣池中，以維持系統中一定的微生物量，一部份由系統所增殖的污泥則將之廢棄，輸送至污泥濃縮池進行污泥處理程序。污泥迴流及廢棄管線皆設置流量控制閥，以調節各股之污泥量，提高生物處理系統的彈性及穩定性。

經過最終沉澱池後，廢水可視為已完成生物處理，其有機污染含量(COD、BOD)都已大為降低，但為了再進一步穩定水質，廢水仍再導入放流水再穩定池，該池的底部同再曝氣池一樣，鋪設有粗氣泡散氣器，以曝氣方式將水質進一步穩定。廢水經本池之後，已完成整個工場的廢水處理部份，為監視並掌握處理過的污

水水質特性，特設有生物試驗池，以長期觀察本廠處理過之排放水對鄰近水域水生動物的生態效應。

本工場的處理水在泵出之前，先在放流水池貯留，經液位開關控制以處理水出流泵浦泵送至林園工業區的聯合污水處理廠，並不排放至廠外的排水溝。處理水泵出管線上以分歧管迴流部份處理水，用來當做本工場曝氣池的消泡水及污泥濃縮池的稀釋水。處理水泵出管線上設有電磁流量計，以監測、記錄、積算處理水之流量。

2. 污泥／浮渣處理部份

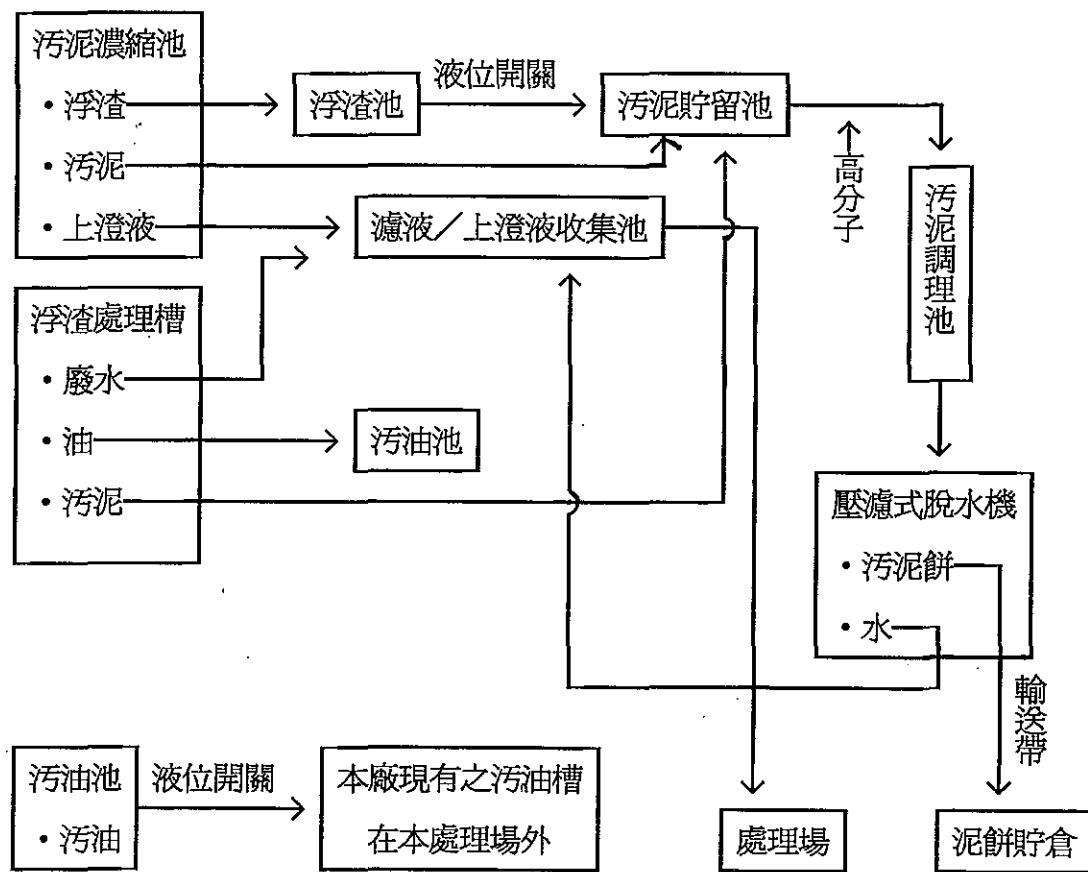


圖 5 污泥浮渣處理系統

濃縮池具污泥減量及衡量的功能，本工場所產生之生物廢棄污泥均先排至污泥濃縮池，池中央設有驅動刮泥機一部，此刮泥機驅動馬達附有高扭矩保護裝置，具關斷及警報的功能；濃縮後之污泥

以濃縮污泥泵浦泵送至污泥貯留池中。

浮渣池收集終沉池及濃縮池液面浮渣，收集之浮渣藉浮渣泵以液位開關控制，泵送至污泥貯留池中。

浮渣處理槽收集API油污泥及DAF浮渣，本槽通入中壓蒸氣，以維持一定之高溫，並利用重力靜置方式，使油、水、污泥達成三相分離。本槽同樣設有中央驅動式刮泥機一部，刮泥機驅動馬達亦附高扭矩保護裝置，具關斷及警報的功能，本槽的溫度維持由溫度傳送暨控制器調節蒸氣控制閥來達成。二座浮渣處理槽採批式交替操作；當其中一槽操作時，另一槽則作進料之用。本單元的操作於進料結束後分三階段進行，第一階段通入蒸氣，維持槽內一定溫度，其次蒸氣關斷後，靜置一段時間供固液分離，最後為出料階段；所分離得到的污油回到本工場污水池中，廢水回到濾液暨上澄液收集池中，沉降後之污泥則以浮渣處理槽的污泥泵浦泵送至污泥貯留槽。

污泥貯留槽的功能為用來儲存本工場所產生的污泥及浮渣，本槽配備有機械攪拌機一部，以拌勻槽內的污泥及浮渣；污泥貯留槽槽面上裝置有超音波液位控制儀器，具液位指示、警告功能，並可指揮泵進、泵出的動作。

貯留槽之後，準備進行一連串的污泥脫水操作，污泥先以貯留槽泵浦泵入污泥調理池中，進入池內前管線上先注入高分子聚合物，以便進行凝聚作用。污泥調理池配備有機械攪拌機一部，可促進污泥顆粒與高分子聚合物之間充分接觸，達成一定的凝聚效果。本池同樣裝置有超音波液位控制儀器，具液位指示、警告功能，並可指揮泵進、泵出之動作。

污泥調理後，經壓濾機進料泵浦泵出，送至壓濾機進行脫水。壓濾式脫水機為用來進一步將污泥減量化，脫水後之污泥餅含水率可降至70%以下；操作時，壓濾式脫水機的濾布必須預敷(precast)砂藻土，壓濾程序的主要步驟包括：預敷→進料→過濾→吹氣(air

blow) → 排除污泥餅。脫水後之污泥餅掉落至污泥餅輸送機，經輸送帶輸送至污泥餅貯倉中貯存，等待進一步運送至污泥焚化爐（興建中）進行焚化減量。

3. 水質監測站

本處理工場設置有水質監測站四座，以便指示、記錄廢水處理工場各點之水質狀況，提高操作彈性，並使管理作業更加完善。四座水質監測站名稱、目的及監測項目如下：

(1) 進流廢水水質監測站

用來監測進入本工場廢水水質；監測項目有pH、懸浮固體物(SS)、水溫、硫化物、油份(oil)、酚類(phenols)及化學需氧量(COD)等。

(2) API 出流水水質監測站

用來監視API油水分離池出流水水質，以評估API的功能；監測項目有懸浮固體物、水溫及油份等。

(3) DAF 系統出流水水質監測站

用來監視DAF系統的出流水水質，以評估DAF系統的功能；監測項目有pH、水溫、硫化物、油份、酚類及化學需氧量。

(4) 處理後出流水水質監測站

用來監測本處理工場處理後出流水的最終水質，以評估本廢水處理工場的處理功能，並作為處理水是否再處理或供決定排放策略的參考；監測項目有油份、酚類、化學需氧量、透視度、溶氧、pH、懸浮固體物、硫化物及水溫等。

4. 臭氣收集處理裝置

本廢水處理工場各單元均採封閉式設計，以避免臭氣溢散而造成二次污染。各單元之臭氣防治系統均各自獨立，每個處理單元所產生的臭氣經收集後，都先經過活性碳吸附後再排放。活性碳吸附罐一般均具風扇，以提供臭氣收集、吸附所需之動力，唯在油氣較重的處理單元，為避免廢水所含油份因抽氣而過度揮發，造成工安

顧慮並縮短活性碳罐的操作週期，一般在操作上就不以風扇抽送，而藉助自然壓差，達到排氣除臭效果。

四、設備概要

本廢水處理工場嘗試引入數項新的污染防治設備，限於篇幅，在此僅介紹一套新的DAF系統。

理論上溶解空氣浮除法(DAF)為利用經高壓溶解的空氣在水中析出，形成微小的氣泡，附著於廢水中之油滴、懸浮固體物(SS)及混凝產生的膠羽上，以降低上述物質的密度，使其上升至水面予以分離，因此DAF不僅可去除廢水原有之SS，亦可去除細小的膠體物質及被混凝劑吸附之溶解性物質，所以DAF系統廣泛應用於各種工業廢水，如煉油廢水、屠宰廢水、食品廢水、染整廢水、紙漿廢水等。

DAF系統的作用就如同沉澱單元，不過傳統式DAF系統仍有其缺點；以致於未能取代慣用的沉澱池，但隨著社會的需求暨科技的進步，未來環保界中，這種輕巧且佔地面積小的污染防治設備將逐步為世人所接受，換句話說DAF系統仍存在有很大的發展空間，不過首先並須面對的便是如何去改良，使DAF更符合實際的要求。

事實上DAF技術的改良應著重在於瞭解固體物混合氣體後的表面特性，並設法控制氣泡大小與分佈狀況，及改善浮除槽內的流況與氣體溶解效率等等因素，才能進一步突破傳統DAF之瓶頸，研究出具更高固液分離效率的浮除設備。其中以“改善浮除槽內的流況”最為簡易，因此一般來說發展改良式DAF系統的重點仍朝著這個方向研究，盡量減低紊流狀態，避免氣泡與顆粒結合體再被破壞，以便能迅速的達成固液分離的目的。近來發展之新型式的DAF系統(supracell)採用新的機械設計，改善了傳統式DAF槽內流況，產生零相對速度，並運用高速率氣液質傳之理論與氣體溶解方式，使DAF系統具高效率的固液分離效果，且因槽體的精縮而降低設備的建造費，應可取代傳統廢水處理程序中之沉澱池（惟需要較高之維護費用與操作技術）。

目前本廠之廢水二級處理工場便引進此種高速率的浮除設備，其構造如圖 6 所示，主要包含了 9 個部份，如進流的泵浦、空氣供給系統、加壓的泵浦、空氣溶解管（加壓桶）、減壓閥、浮除槽、廢水分水管、螺旋刮渣器與出流水收集管。基本上與傳統式構造並無多大差異，重點主要在於由廢水的分水管、螺旋刮渣器與出流水收集管構成一組同心旋轉的組合。圖 6 中的外環為浮除槽槽體，內環為匯合三支出流水收集管；再內部為刮除後之污泥收集區，最中間部份為進水管連接可旋轉接頭，將廢水引入分水管。槽內整套轉動的組成由外圍槽體上的馬達驅動，方向逆時針旋轉，相對於地面的轉動速度，經設計使其與水流噴出的速度（相對於分水管）相等。因此就廢水而言，當其離開分水管時，在浮除槽內的速度即為零（換言之噴出的水流在槽內即呈靜止狀態），減少了亂流的發生，使得經由分水管出來的廢水在原地即產生固液分離的效果，等旋轉設備轉一圈回來之後，澄清液部份先進入收集管，上層浮渣由刮渣器刮除。此 DAF 系統的分水設備如圖 7 所示，分水管之後仍接有整流隔板，其目的在使噴出的水減少紊流發生。刮渣設備之操作情形如圖 8 所示，半圓形的勺子向下轉時將浮渣刮起（A 部份），向上轉時浮渣向下流入收集管內，利用重力流向中間的浮渣收集區（B 部份），再由管線抽送。出水設備由三支集水管線構成，主要目的是為了增加集水面積，減少因出水所造成的紊流。

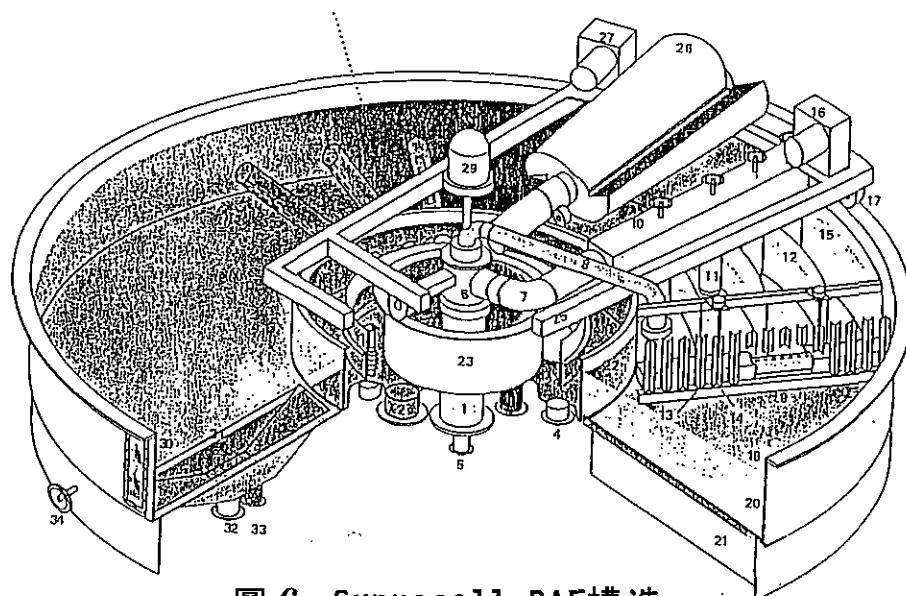


圖 6 Supracell DAF 構造

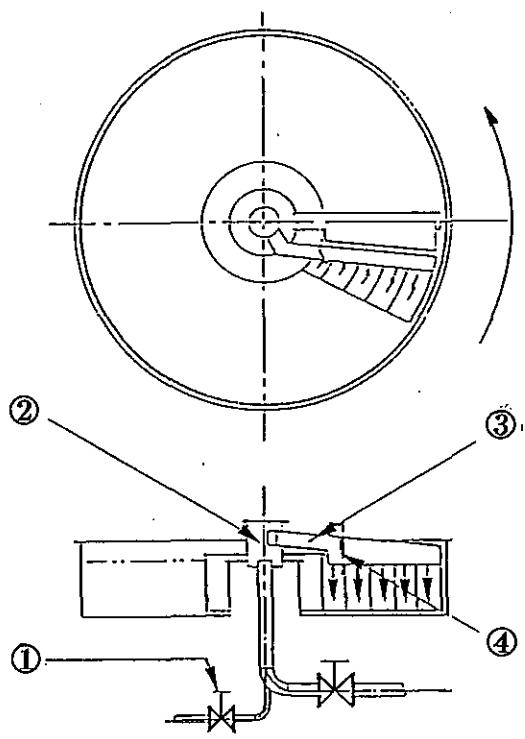


圖 7 DAF 分水設備

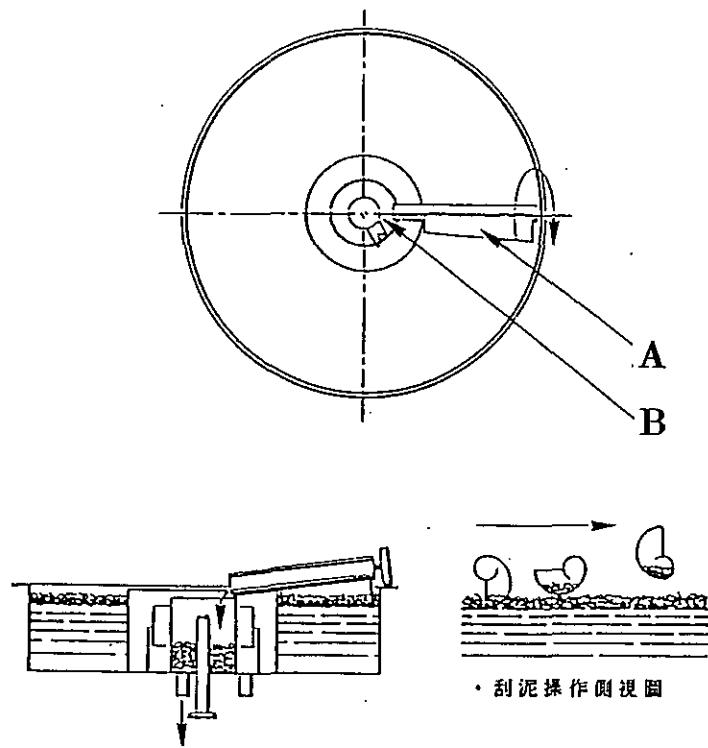


圖 8 DAF 刮渣設備

由於上述的改良，使得溶氣式浮除法發揮了很大的功能，將改良式 DAF 與傳統式 DAF 作一比較，可發現它具有下列之優點：

1. 溢流率提升至 0.14m/min ，佔地面積小，可節省土地空間。
2. 浮除槽內水力停留時間降至 3min ，可縮小所需之槽體體積。
3. 有效的浮除深度最低可降至約 0.3m 左右（視廢水特性而異）。
4. 因槽體的體積小，且所佔面積較小，可由不鏽鋼構築，安裝較容易，且可縮短施工時間；必要時可在原設備上加蓋兩層或三層，更有效的利用空間。
5. 加壓槽之氣體溶解的停留時間可縮短至 10 秒鐘之內，較傳統式 DAF 所需的時間為少。
6. 由於槽體的水位淺，因此單位面積的重量較小，地基埋設工程費可較節省。
7. 加藥量少，節省操作費用，且浮除固體物濃度高，降低污泥的濃縮成本。

基於上述之優點，廢水在浮除槽內只停留 3 分鐘，溢流率達 0.14m/min ，將之作爲傳統式沉澱池的替代單元，兩相比較，可得到下面之結果：

1. 佔地面積僅需沉澱池的 20% （設沉澱池的溢流率爲 $40\sim 42\text{m/D}$ ）。
2. 所佔之體積僅需沉澱池的 3% （設沉澱池的停留時間爲 100min ）。
3. 可與沉澱池之混凝程序使用相同之藥劑。
4. 操作成本雖較沉澱池爲高，但在建造費上卻節省許多。
5. 採不鏽鋼建造，一來可採塗裝防蝕，易於作防蝕控制，二來在建造上富有彈性，易於做硬體上之修改；而沉澱池多以鋼筋混凝土構築，建造費昂貴又不易修改。

五、處理效果

廢水處理工場出流水的 COD 變化趨勢如圖 9 所示，其中在元月底有一次出流水的 COD 高達 1500mg/l ，那是由於工場在歲修時排放出大

量甲醇，並疏忽通知廢水處理工場，以致於發現時已隔了二天，迫使生物處理單元重新培養活性污泥。

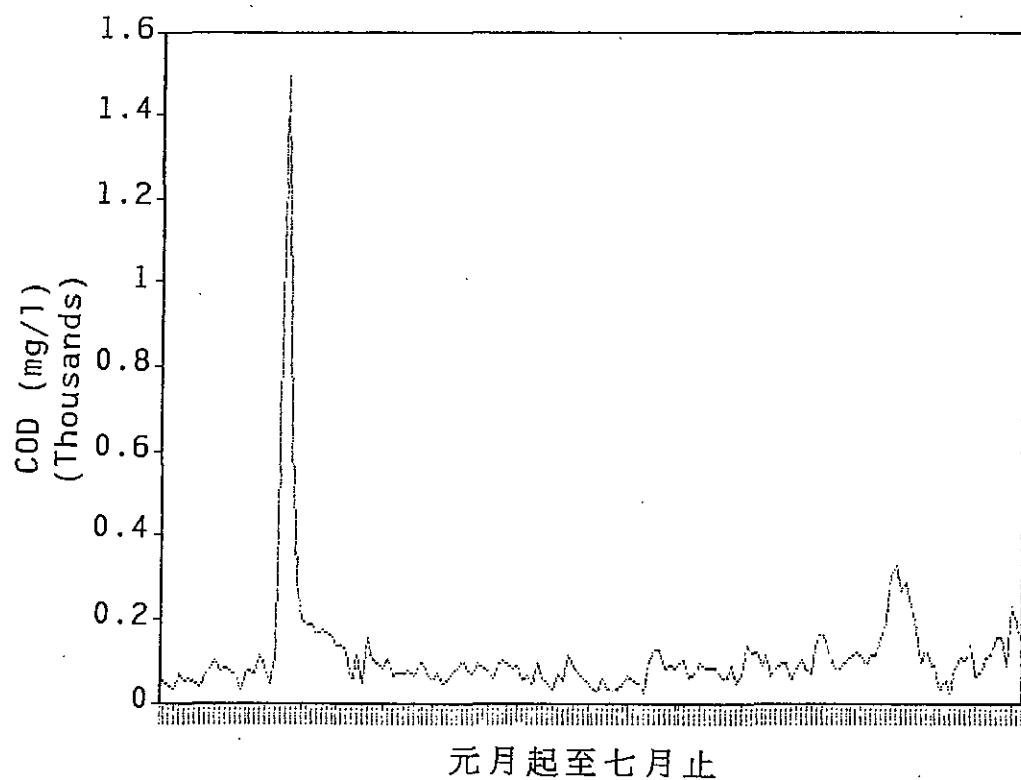


圖 9 廢水處理工場出流水 COD 變化沿革圖

至目前為止，操作上尚稱順利，廢水處理工場的出流水水質 COD 通常可維持在 150mg/l 以下，油份濃度則平均維持在 3mg/l 左右，SS 則保持在 $20 \sim 40\text{mg/l}$ 之間；而即使進流廢水中酚濃度在 10mg/l 以上，處理後酚濃度亦可經常維持在 0.2mg/l 以下。

而單就廢水處理工場的出流水水質來看，如表 2 所示為試車期間，委託環保署認可之代檢業所分析得到的水質；而自行化驗之月平均水質列如表 3。

表 2 放流水委託化驗水質檢測報告

| 檢測項目 樣品編號 | 懸浮固體 ppm | 化學需氧量 ppm | 生化需氧量 ppm | 酚類 ppm | 油脂 ppm | 備註 |
|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 12月29日17:00 | 10.0 | 59.5 | 10.3 | ND | 2.3 | ND<0.5ppm |
| 12月30日08:00 | 9.3 | 53.2 | 7.8 | ND | 3.1 | |
| 12月30日17:00 | 9.3 | 58.5 | 6.4 | ND | 2.8 | |
| 12月31日08:00 | 8.3 | 45.5 | 5.0 | ND | 3.2 | |
| 12月31日17:00 | 5.4 | 39.6 | 4.5 | ND | 2.2 | |
| 01月01日08:00 | 4.6 | 39.4 | 4.4 | ND | 2.7 | |
| 01月01日17:00 | 4.2 | 66.4 | 6.0 | ND | 3.1 | |
| 01月02日08:00 | 3.6 | 69.1 | 6.3 | ND | 4.3 | |
| 01月02日17:00 | 7.0 | 38.0 | 3.5 | ND | 2.0 | |
| 01月03日08:00 | 9.0 | 41.3 | 4.4 | ND | 5.2 | |
| 01月03日17:00 | 8.8 | 51.8 | 5.0 | ND | 4.8 | |
| 01月04日08:00 | 9.8 | 56.7 | 6.9 | ND | 3.3 | |
| 01月04日17:00 | 13.8 | 44.5 | 8.1 | ND | 0.3 | |
| 01月05日08:00 | 10.2 | 42.8 | 7.8 | ND | 2.3 | |
| 01月05日17:00 | 7.4 | 25.0 | 4.6 | ND | 1.9 | |
| 01月06日08:00 | 6.0 | 26.5 | 4.5 | ND | 5.0 | |
| 01月06日17:00 | 7.3 | 41.3 | 3.8 | ND | 3.1 | |
| 01月07日08:00 | 13.5 | 53.2 | 4.6 | ND | 2.6 | |
| 01月07日17:00 | 11.0 | 63.3 | 9.6 | ND | 2.4 | |
| 01月08日08:00 | 9.5 | 53.8 | 8.0 | ND | 2.4 | |
| 01月08日17:00 | 11.2 | 52.2 | 6.8 | ND | 2.6 | |
| 01月09日08:00 | 7.7 | 50.3 | 6.4 | ND | 1.8 | |
| 01月09日17:00 | 11.7 | 49.5 | 7.8 | ND | 2.3 | |
| 01月10日08:00 | 6.2 | 30.2 | 6.4 | ND | 2.6 | |
| 01月10日17:00 | 14.5 | 65.7 | 11.8 | ND | 2.6 | |
| 01月11日08:00 | 13.7 | 53.7 | 11.2 | ND | 2.8 | |
| 01月11日17:00 | 13.8 | 57.5 | 10.8 | ND | 2.1 | |
| 01月12日08:00 | 15.8 | 66.5 | 11.4 | ND | 1.8 | |
| 01月12日17:00 | 20.3 | 71.5 | 15.9 | 1.88 | 2.9 | |
| 01月13日08:00 | 26.3 | 84.3 | 21.2 | 2.89 | 3.8 | |
| 01月13日17:00 | 14.8 | 72.8 | 10.7 | 2.36 | 3.2 | |

表 2 放流水委託化驗水質檢測報告（續）

| 檢測項目 樣品編號 | 懸浮固體 ppm | 化學需氧量 ppm | 生化需氧量 ppm | 酚類 ppm | 油脂 ppm | 備註 |
|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------|-----------|----|
| 01月14日08:00 | 9.0 | 43.8 | 5.8 | 0.61 | 1.9 | |
| 01月14日17:00 | 12.5 | 52.4 | 11.9 | ND | 2.3 | |
| 01月15日08:00 | 8.0 | 43.8 | 8.3 | ND | 1.7 | |
| 01月15日17:00 | 10.8 | 46.2 | 9.5 | ND | 1.2 | |
| 01月16日08:00 | 11.3 | 50.6 | 9.0 | ND | 1.3 | |
| 01月16日17:00 | 8.5 | 52.5 | 12.7 | ND | 1.8 | |
| 01月17日08:00 | 11.3 | 54.5 | 13.9 | ND | 1.4 | |
| 01月17日17:00 | 8.3 | 55.2 | 9.7 | ND | 1.8 | |
| 01月18日08:00 | 16.7 | 69.1 | 13.0 | 0.59 | 2.0 | |
| 01月18日17:00 | 20.2 | 78.4 | 15.2 | 0.48 | 2.6 | |
| 01月19日08:00 | 24.7 | 89.6 | 19.6 | 0.95 | 2.4 | |
| 01月19日17:00 | 24.6 | 97.8 | 26.0 | 1.62 | 2.3 | |
| 01月20日08:00 | 22.3 | 81.3 | 21.4 | 0.48 | 1.8 | |
| 01月20日17:00 | 16.5 | 77.4 | 14.4 | 0.41 | 1.6 | |
| 01月21日08:00 | 14.0 | 47.6 | 7.5 | 0.93 | 2.2 | |
| 01月21日17:00 | 12.6 | 91.2 | 20.8 | ND | 1.5 | |
| 01月22日08:00 | 15.4 | 95.9 | 22.9 | ND | 1.3 | |
| 01月22日17:00 | 15.2 | 76.8 | 14.7 | ND | 2.2 | |
| 01月23日08:00 | 16.6 | 81.9 | 17.1 | ND | 1.7 | |
| 01月23日17:00 | 16.8 | 84.6 | 24.9 | ND | 1.9 | |
| 01月24日08:00 | 15.6 | 77.1 | 15.2 | ND | 2.1 | |
| 02月04日17:00 | 43.0 | 97 | 21.4 | ND | 1.7 | |
| 02月05日08:00 | 36.0 | 92 | 19.3 | ND | 2.1 | |
| 02月07日17:00 | 37.0 | 105 | 20.3 | ND | 4.1 | |
| 02月08日08:00 | 19.5 | 75 | 13.8 | ND | 2.3 | |
| 02月08日17:00 | 33.0 | 100 | 22.5 | ND | 2.6 | |
| 02月09日08:00 | 38.5 | 105 | 21.2 | ND | 1.9 | |
| 02月09日17:00 | 42.5 | 118 | 22.0 | ND | 2.8 | |
| 02月10日08:00 | 40.0 | 116 | 21.2 | ND | 3.1 | |
| 02月10日17:00 | 34.0 | 105 | 19.8 | ND | 2.2 | |
| 02月11日08:00 | 28.0 | 96 | 18.5 | ND | 1.8 | |

表 3 廢水處理工場出流水月平均值

| 月份 | pH | COD(mg/l) | Oil(mg/l) | SS(mg/l) | 酚(mg/l) |
|----|------|-----------|-----------|----------|---------|
| 一 | 7.63 | 179.5 | 2.87 | 20.3 | 0.40 |
| 二 | 7.45 | 103.2 | 2.89 | 28.0 | 0.18 |
| 三 | 7.67 | 78.2 | 1.88 | 23.8 | 0.07 |
| 四 | 7.33 | 69.0 | 1.36 | 16.6 | 0.09 |
| 五 | 7.19 | 95.6 | 3.31 | 35.1 | 0.10 |
| 六 | 7.21 | 146.0 | 4.87 | 29.9 | 0.12 |

值得一提的是處理後之出流水中常含有濃度不一的COD、氨氮，如表4所列，分別為80年6月28日暨7月22日，針對放流水做24小時連續取樣分析，其中COD在一天中的變化幅度極大，意味著廢水處理設備仍可提高處理效率；而氨氮在同一天的表現值雖變化不大，但不同日期所表現的濃度卻有極為明顯的差異，這表示操作工場會不定期排放出含總凱氏氮的廢水，因而使得處理後的出流水中含有偏高的氨氮，甚至超出82年環保署公佈的放流水標準（氨氮20mg/l），需及早重視此問題。

廢水處理工場的設置後，對本廠排往林園工業區聯合污水處理廠之綜合廢水水質的影響可從表5暨圖10～圖13看出有顯著的改進，對本廠排放的污染物總量亦有明顯降低（圖14～圖17）。

六、操作管理問題與對策

1. 調勻槽操作程序

調勻槽的功能在調節廢水水質與水量，儘量不使曝氣池之生物處理單元有突增負荷現象。本廠廢水工場的兩座調勻槽採批式交替操作（當其中一槽操作時，另一槽則作進料用），這與衛工設計的原理不符，不僅增加現場操作人員的工作負荷與繁雜性，且在兩槽交替操作之際，經常就存在有水質變化的困擾。

表 4 廢水處理工場出流水水質 (24小時連續取樣)

| 次 序 | 6 月 28 日 | | | 7 月 22 日 | | |
|--------|----------|------|-----|----------|------|-----|
| | COD | 氨 氮 | 油 份 | COD | 氨 氮 | 油 份 |
| 1 | 32 | 2.35 | 1.9 | 32 | 13.8 | 2.0 |
| 2 | 40 | 2.43 | | 80 | 13.9 | |
| 3 | 38 | 2.36 | | 103 | 13.9 | |
| 4 | 97 | 2.41 | | 49 | 14.1 | |
| 5 | 28 | 2.41 | 2.6 | 22 | 24.2 | 1.7 |
| 6 | 35 | 2.32 | | 46 | 14.6 | |
| 7 | 57 | 2.34 | | 20 | 15.0 | |
| 8 | 36 | 2.33 | | 44 | 15.3 | |
| 9 | 57 | 2.30 | 2.5 | 64 | 16.0 | 1.9 |
| 10 | 35 | 2.42 | | 35 | 16.8 | |
| 11 | 30 | 2.23 | | 29 | 17.9 | |
| 12 | 42 | 2.20 | | 60 | 18.5 | |
| 13 | 36 | 2.19 | 2.8 | 14 | 20.3 | 2.0 |
| 14 | 118 | 2.16 | | 39 | 19.8 | |
| 15 | 57 | 2.16 | | 38 | 21.3 | |
| 16 | 62 | 2.13 | | 67 | 21.6 | |
| 17 | 90 | 2.09 | 2.5 | 55 | 22.9 | 2.1 |
| 18 | 59 | 2.09 | | 69 | 24.7 | |
| 19 | 56 | 2.09 | | 44 | 24.7 | |
| 20 | 98 | 2.06 | | 40 | 29.2 | |
| 21 | 46 | 2.01 | 2.6 | 38 | 30.7 | 2.1 |
| 22 | 44 | 2.00 | | 28 | 32.2 | |
| 23 | 78 | 1.97 | | 36 | 35.6 | |
| 24 | 96 | 1.99 | | 60 | 42.2 | |

註：單位均為 mg/l

表 5 林園廠綜合排放水水質

| 月份\年度 | 78 年 度 | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| pH 平均值 | 9.4 | 9.8 | 9.9 | 9.4 | 8.2 | 9.9 | 9.1 | 7.6 | 7.4 | 7.4 | 7.5 | 7.4 |
| COD 平均值 | 565 | 600 | 726 | 511 | 685 | 761 | 455 | 288 | 267 | 227 | 237 | 450 |
| OIL 平均值 | 8 | 10 | 13 | 14 | 19 | 45 | 20 | 5 | 7 | 8 | 6 | 9 |
| SS 平均值 | 58 | 72 | 91 | 71 | 87 | 127 | 77 | 56 | 34 | 43 | 38 | 45 |
| Phenol平均值 | 7 | 6 | 6.7 | 3.6 | 2.0 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 1.6 | 2.2 | 2.2 | 2. |

| 月份\年度 | 79 年 度 | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| pH 平均值 | 7.5 | 7.2 | 7.1 | 7.2 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.5 |
| COD 平均值 | 272 | 206 | 222 | 228 | 192 | 201 | 238 | 248 | 230 | 334 | 368 | 256 |
| OIL 平均值 | 2 | 10 | 6 | 6 | 9 | 7 | 8 | 9 | 5 | 20 | 12 | 10 |
| SS 平均值 | 31 | 46 | 29 | 35 | 53 | 57 | 54 | 72 | 105 | 76 | 36 | 40 |
| Phenol平均值 | 2.0 | 1.5 | 2.3 | 2.7 | 2.3 | 1.3 | 1.7 | 1.0 | 1.0 | 2.6 | 4.1 | 2.1 |

| 月份\年度 | 80 年 度 | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| pH 平均值 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.2 | | | | | |
| COD 平均值 | 165 | 161 | 113 | 61 | 79 | 127 | | | | | | |
| OIL 平均值 | 3 | 3 | 1.5 | 1.1 | 1.8 | 2.8 | | | | | | |
| SS 平均值 | 38 | 66 | 39 | 55 | 36 | 29 | | | | | | |
| Phenol平均值 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | | | | | | |

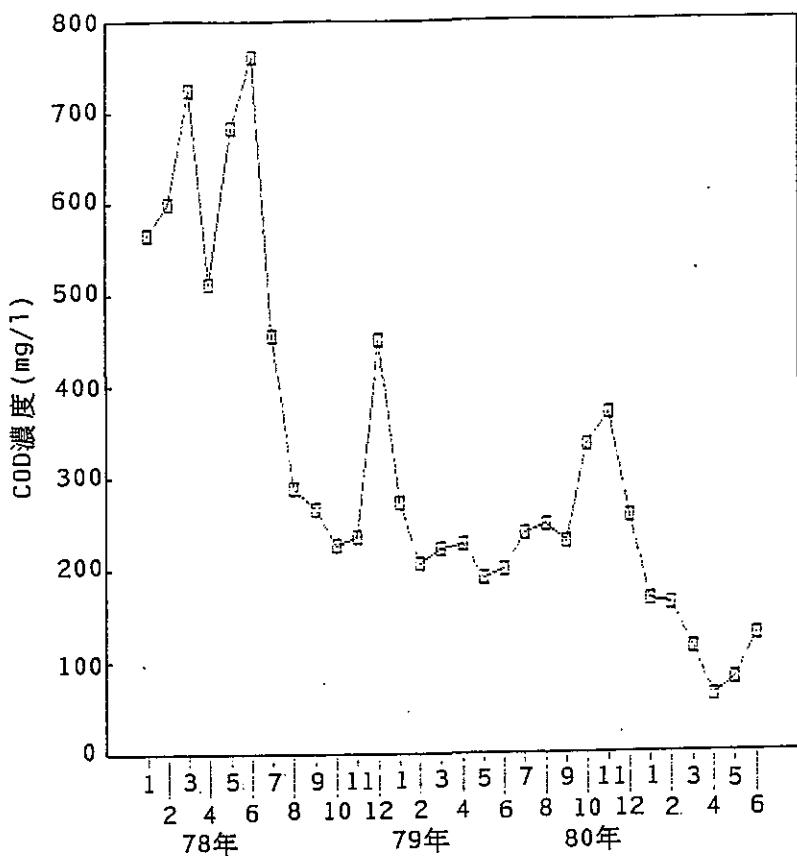


圖10 綜合廢水COD平均濃度變化趨勢

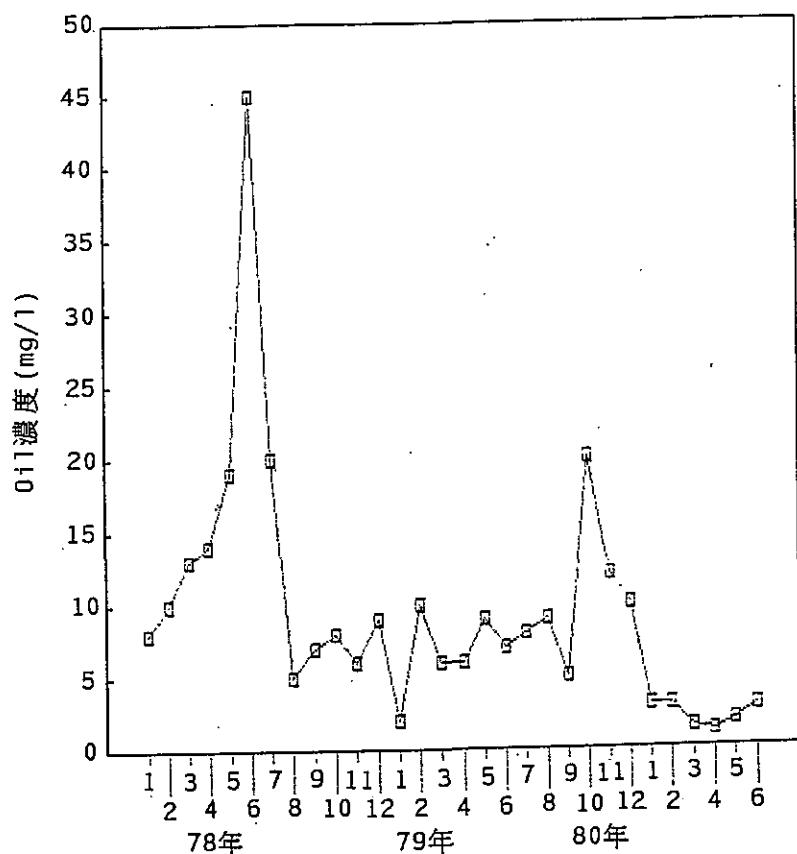


圖11 綜合廢水Oil平均濃度變化趨勢

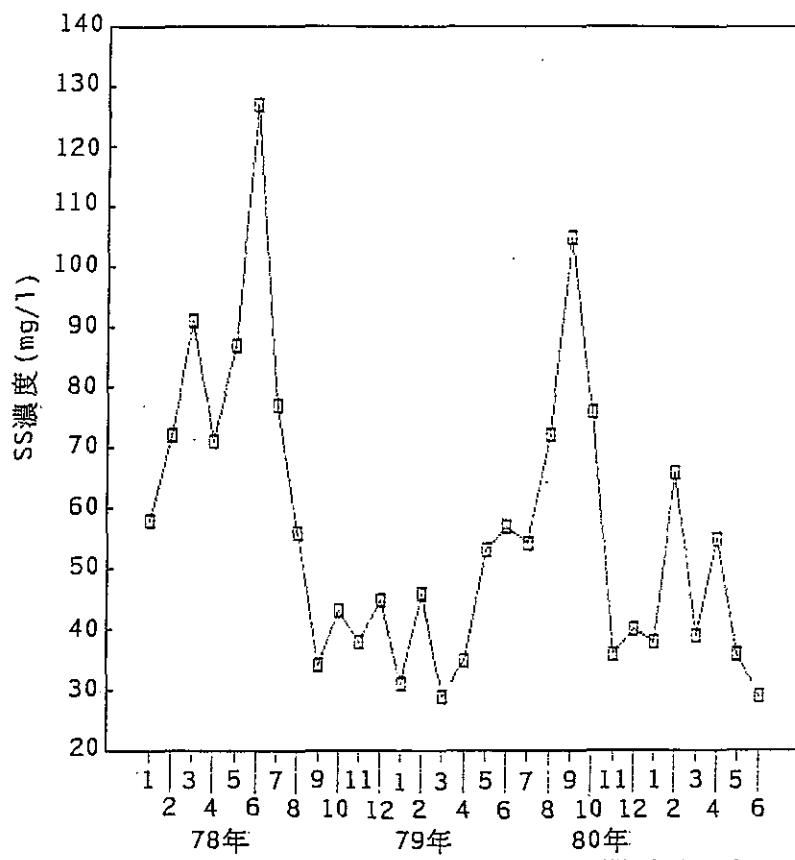


圖12 綜合廢水SS平均濃度變化趨勢

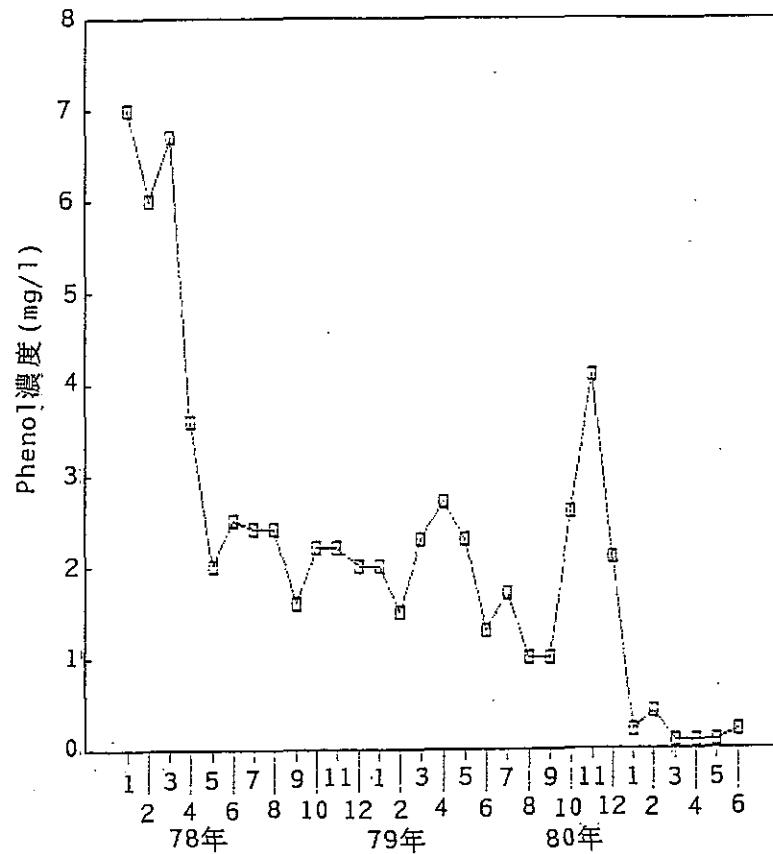


圖13 綜合廢水Phenol平均濃度變化趨勢

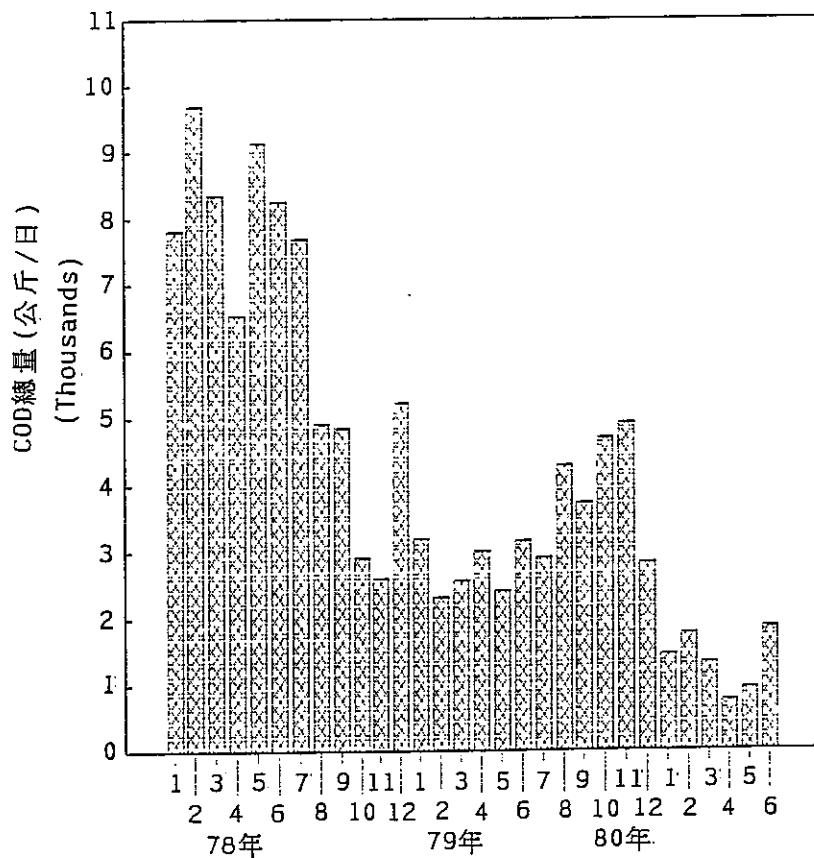


圖 14 廢水排放 COD 總量管制變化趨勢

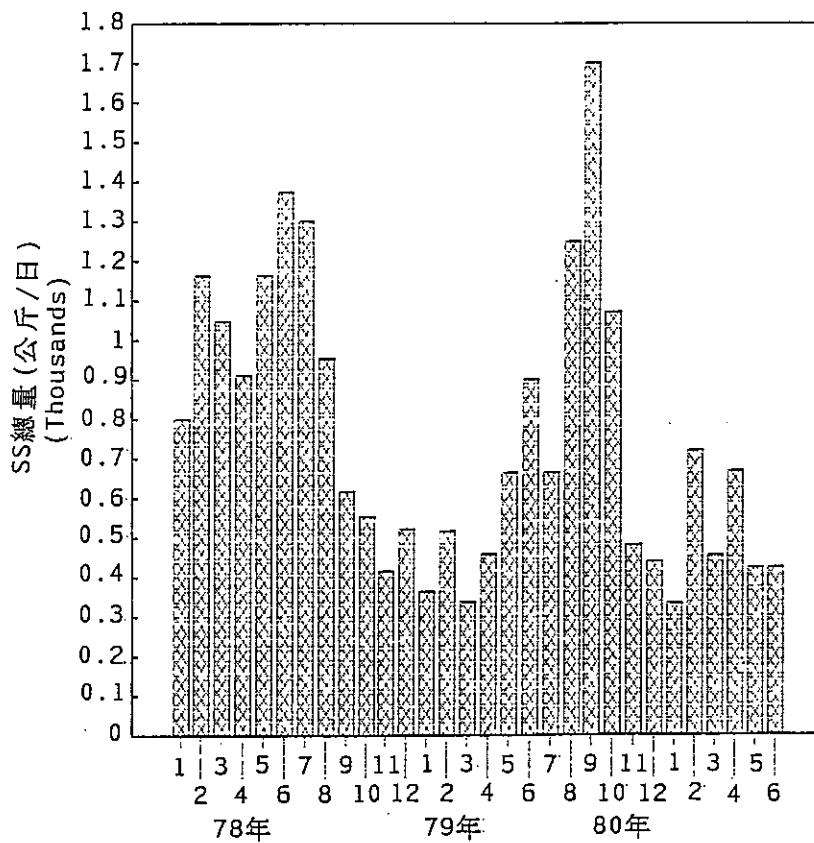


圖 15 廢水排放 SS 總量管制變化趨勢

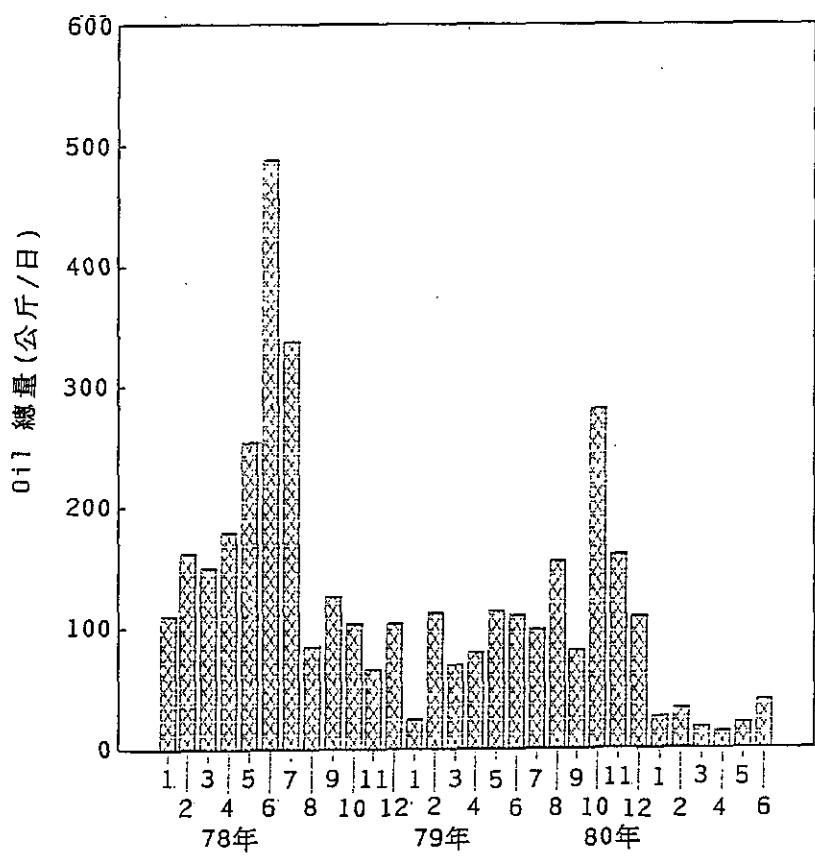


圖 16 廢水排放SS總量管制變化趨勢

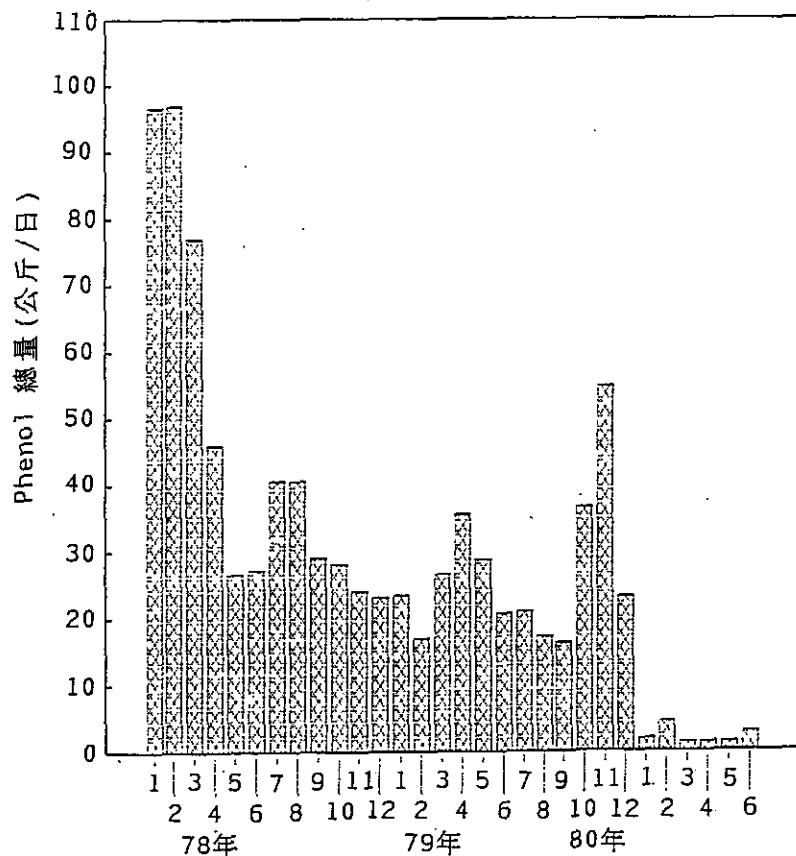


圖 17 廢水排放Phenol總量管制變化趨勢

2. 連續式線上水質分析儀器的操作困擾

前面所提到的水質監測站內所裝設的各項水質監測儀器仍無法正常運作，主要原因是由於廢水中所含的有機物、懸浮固體物及油份經常會造成儀器阻塞、結垢，導致儀器測量有誤差，事實上這也是現今所有的污水處理廠都會碰上的困擾，因此目前唯有靠日常例行工作上特別安排時間做儀器清理事宜，才能繼續讓儀器運作。

3. 出流水氨氮含量偏高

處理後之出流水，其所含的氨氮濃度有時會偏高，甚至超過82年環保署所訂定之放水管制標準（ 20mg/l ），為提昇本廠的放流水水質，目前正在擬定特殊污染源的調查計劃，期能截留高濃度之氨氮污染源預做處理，並進行規劃廢水三級處理的方案，使廢水處理更為完整，期能達到污水再利用的最終目標。

4. 缺乏完善的整體單元之配置規劃

設備單元之配置缺乏完善的整體規劃，特別是沒有從水力設計的觀點來考量，使得各單元的高程高高低低參差不齊，不僅耗費大量泵浦動力能源，且增加泵浦數量，提高設備費；又若一旦泵浦發生機械故障，便會造成操作人員工作的繁雜化。舉例來說，本廢水處理工場所引進的DAF 系統為目前全世界最淺之DAF 設備，但卻配上深槽式曝氣池，兩者之間高程差約十公尺，每天所消耗的電量高達270 度，而後續的沉澱池單元又必須漸次卸除約十公尺之高程所產生的動能，因此在曝氣池與終沉池之間便考慮加入一個再曝氣池設備，來抵消水的衝力，但現場試車時，經實際的觀察結果顯示，終沉池的流速仍偏快，分水並不十分均勻，還是有污泥被擾動，使得沉澱效果大打折扣，這些起因都源自當初規劃時所疏忽的整體考量。

5. 缺少應有的例行性水質檢測分析

因廢水本身存在有不穩定的特性，雖經過調勻設備，使水質均勻化，但基於操作安全度的考慮下，仍應依廢水處理工場的各單元設備與處理功能，訂定例行的水質檢測項目，一般常包括：水溫、

pH、DO、TOC、BOD、COD、透視度、MLVSS、SVI，並觀察微生物相；倘若發現系統異常或有特殊目的時，可增加N、P、重金屬、ABS、油脂、酚類、硫化物等水質分析項目。目前本廠並無統籌負責水質化驗的單位，通常只分析放流水的pH、COD、SS、油份、酚，項目仍嫌不足，未來所努力的目標，便是成立一個完善，標準的水質檢驗室，以使本廠的水污染防治系統更週全。

七、結論與建議

- 1.二級廢水處理工場的操作重點在於生物處理單元，而眾所週知，生物處理的效果，主要取決於微生物的活性，唯有在高活性的生物作用下，才能有良好的處理效率，因此選定一種微生物活性的分析方法來鑑定生物活性的大小，實為廢水生物處理的入門。特別是對目前本廠新成立的廢水處理工場來講，積極去從事生物活性的鑑定工作更是相形重要，因為藉由生物活性鑑定方法建立，可將生物活性數量化，一來當生物處理單元必須借助外來污泥來種植，以改善系統的處理效率時，生物活性鑑定的結果正可以作為種植污泥選擇、取捨之依據，二來亦可監視生物系統，預判廢水處理效果的良窳，作為調整操作條件的參考。建議應嘗試運用生化技術來測定生物處理單元的生物活性，並儘可能發展出短時間內便可完成之生物活性迅速鑑定法（例如比攝氧率），以隨時應付廢水水質不穩定的特性，及改善突增負荷時，生物處理單元的操作條件，即藉“生化動力學控制程序”突破目前環境工程師慣用“流體力學控制程序”之瓶頸，提昇廢水處理技術的水準。
- 2.本廠之廢水處理工場目前的操作性能仍未發揮至理論上應有的效率，主要是缺乏完善的單元性能試驗評估，因此對處理效率的好壞，只知其然，卻不知其所以然，完全無法掌握各項可調整的變數，以應付不同廢水水質的需要；應及早著手進行單元性能試驗評估，以便使各單元都能充分發揮其作用。

3. 以活性碳吸附揮發性氣體和臭味效果顯著，但若當活性碳吸附量達到飽和時，就予以廢棄，而不考慮作活性碳再生處理，以便重覆使用，則這種治標措施並未達到真正的污染防治效果；建議研擬簡易、有效且方便的活性碳再生方法，以便延長活性碳的使用壽命，達到真正的減廢目的。
4. 膠凝池與DAF 系統之間的連接管，所設計的管徑太小(12")，導致通過其間的廢水流速太快(0.8m/sec)，易使原先在膠凝池所形成的膠羽被打散，完全喪失廢水處理工場設計膠凝單元的作用，應設法改善使流速保持在 $0.03\sim 0.1\text{m/sec}$ 。

八、參考文獻

- (1) 中鼎公司，中油林園廠廢水處理工場操作手冊，民國79年 9月。
- (2) 梁德明，溶氣浮除法在廢水處理之應用，工研院化工所試驗報告。
- (3) 姚俊宇，比攝氧率鑑定硝化菌活性之研究，成大環境工程研究所碩士論文，民國75年 7月。