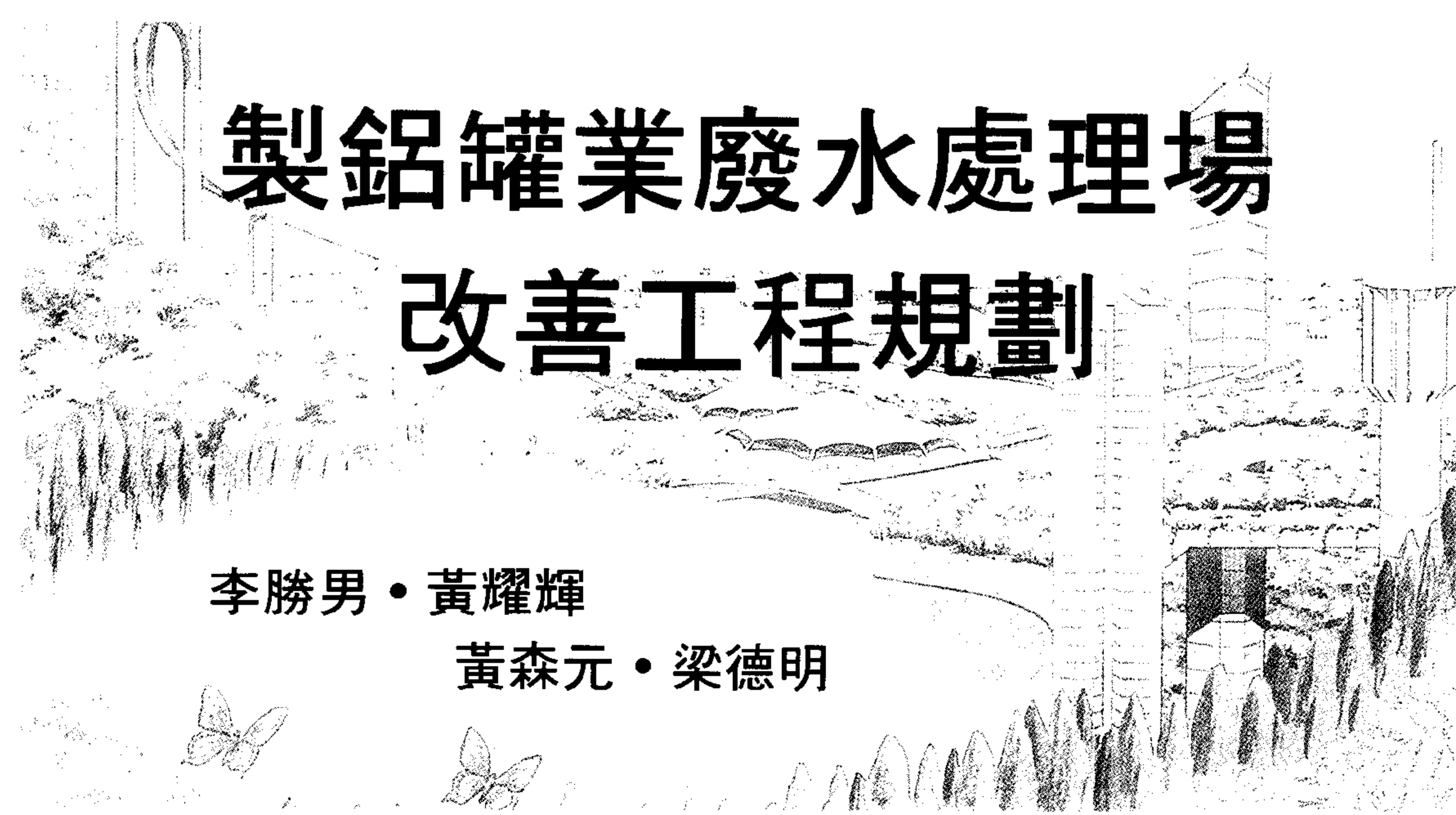




製鋁罐業廢水處理場 改善工程規劃

李勝男・黃耀輝

黃森元・梁德明

前言

Corner公司主要產品為鋁罐製造，在生產過程中所產生的廢水主要分為更新廢水及清洗廢水。Corner公司於民國84年5月與化工所合作，研究在符合87年放流水標準的前提下進行廢水處理程序評估，以尋求最經濟、有效且操作方便的廢水處理流程。廢水處理場改善規劃案自簽約後進行評估、試驗、規劃、設計、施工至試車完成，共歷時1年7個月。

Corner公司改善前的主要處理單元為酸化、除油、混凝浮除及活性炭吸附，其處理後水質已能符合放流水標準，經研究改善後的主要處理單元為酸化、除油、混凝浮除及接觸氧化生物膜。在合作的各個階段雙方進行充分且良好的溝通與配合，試車後的結果亦令雙方滿意，經過半年多來的實際全量運轉，證實雖投資660萬元進行硬體改善，但每年可節省292萬元操作成本並減少442噸污泥排放，投資回收年限為2.3年。改善後放流水平均水質COD < 70 mg/L、BOD < 10 mg/L、SS < 10 mg/L及

透視度大於30公分，已完全符合87年金屬表面處理業國家放流水標準。

製程簡介及廢水來源

Corner公司是專門製造兩片罐（drawn & ironing can）的工廠，製造空罐容器的主要金屬材料是鋁片及馬口鐵片，廢水處理場設置的目的在處理工場內產生之各類廢水，因此廢水處理場處理的功能可否能有效發揮，與廢水處理場建造前是否能有效掌握廢水來源及特性有極大的關係。表1為Corner公司各類廢水水質、水量與污染量之調查，由數據顯示主要污染源為更新廢水和清洗廢水，而更新廢水平均水量僅達3 CMD，但COD濃度高達80 g/L，故需分流收集並定量排入廢水處理場，以免造成調勻槽水質變化太大。同時為有效掌握廢水來源非得從瞭解Corner公司製程著手不可，圖1為化工所與Corner公司參與計畫研究人員對於製程中會產生廢水來源之調查。根據調查結果，化工所瞭解Corner公司之廢水特性

表1 Corner公司廢水水質、水量與污染量調查

廢水種類	水量 CMD			pH			COD g/L			平均污染量 kgCOD/day
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	
1.生活廢水	0	0	0	—	—	—	—	—	—	0
2.反沖洗廢水	2	2	2	7	7	7	0	0	0	0
3.更新廢水	4	3	3	9	8	8.5	120	40	80	240
4.清洗廢水	430	240	300	—	—	—	3	0.4	0.73	218
5.其他	0	0	0	—	—	—	—	—	—	0
6.綜合廢水	436	245	305	5	3	3.5	3.94	0.25	1.5	458

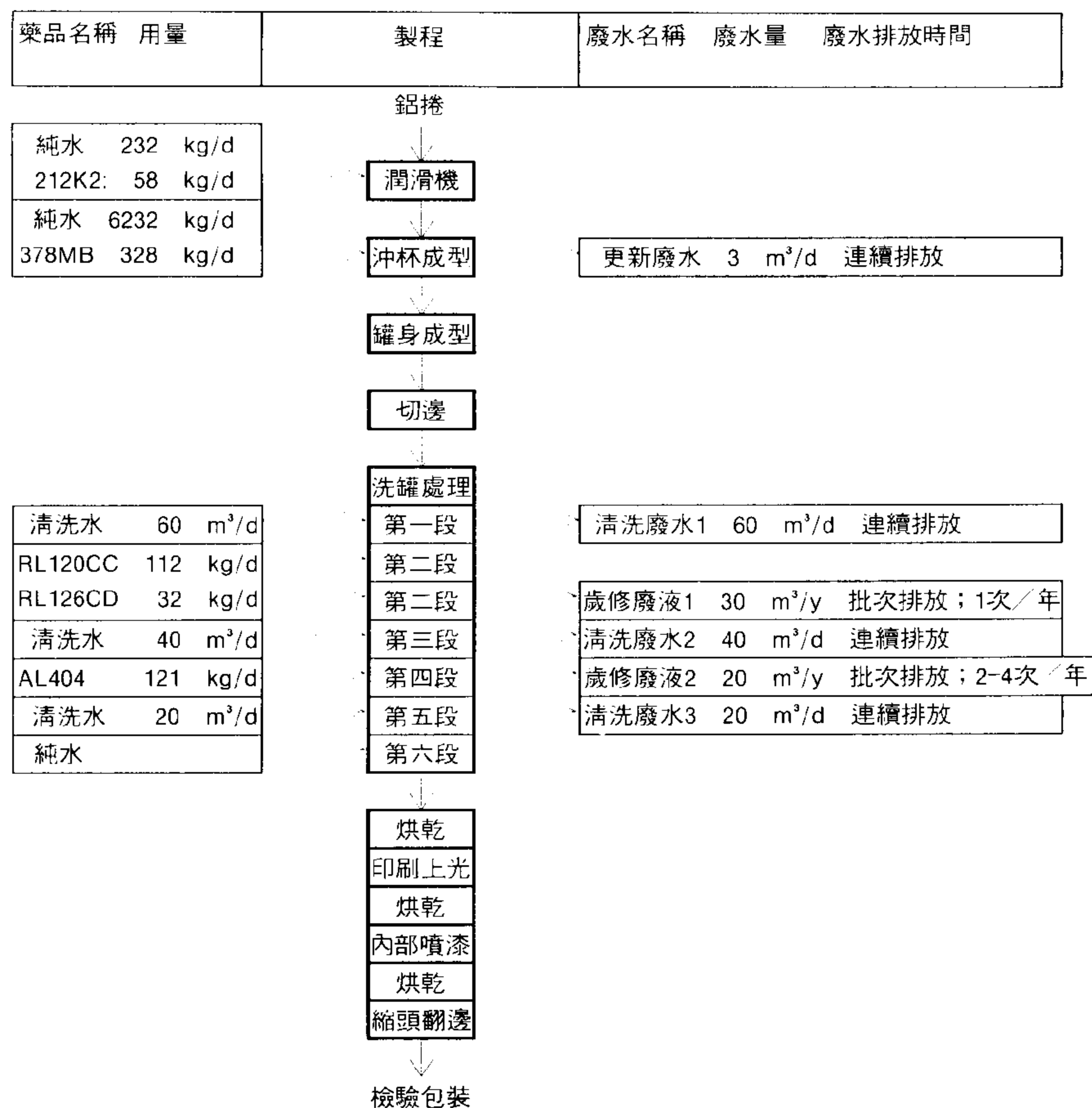


圖1 Corner公司製程與廢水來源

及來源之後，然後再規劃實驗以進行處理程序試驗評估。

既有廢水處理場狀況之瞭解

Corner公司改善前的主要處理單元為酸化、除油、混凝浮除及活性炭吸附（如圖2所示），其處理後水質已能符合放流水標準。然而，主要單元去除COD的不穩定性（如圖3所

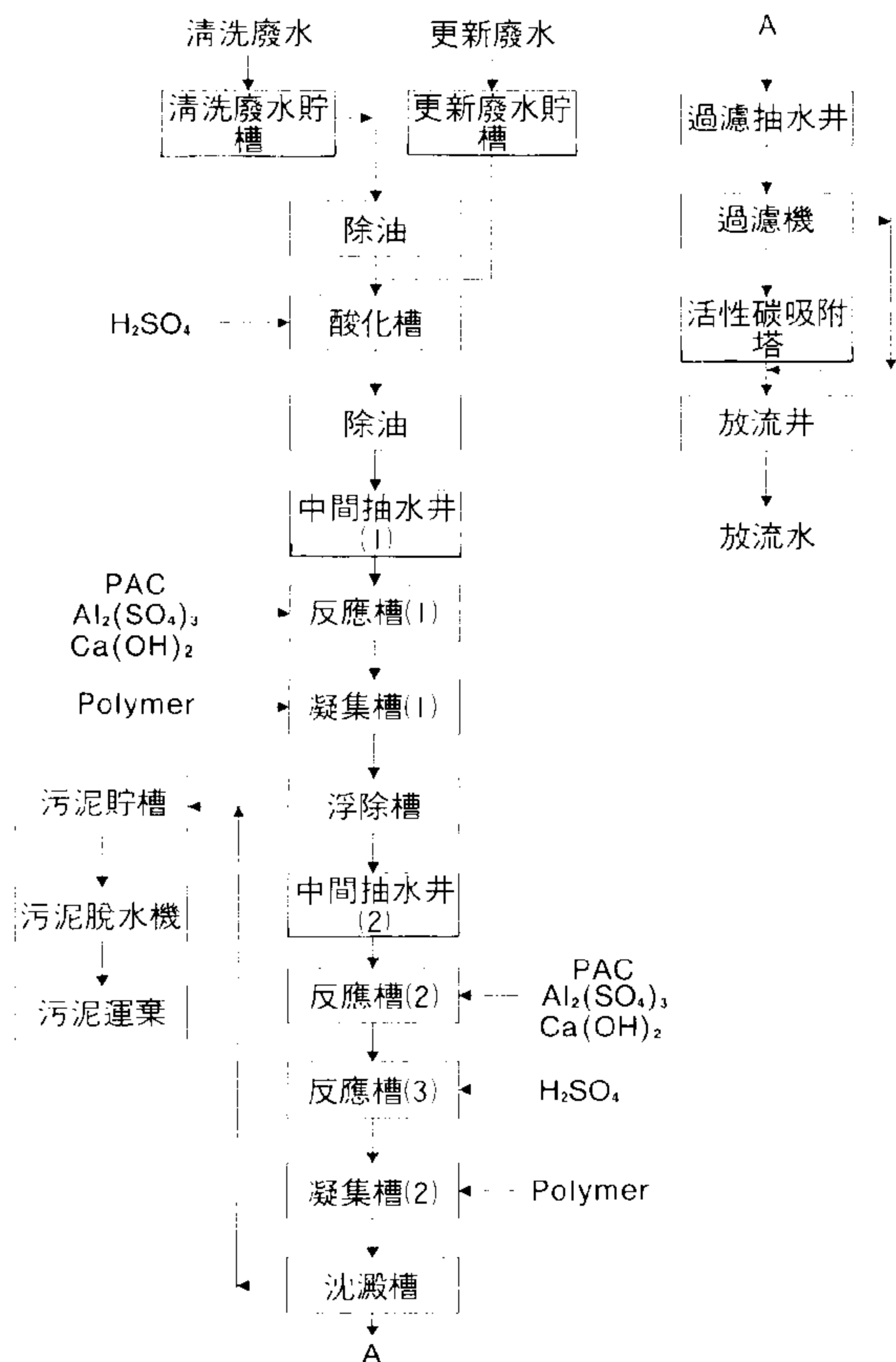


圖2 Corner公司廢水處理場改善前之處理流程

示)、活性碳高昂的處理成本及大量廢棄污泥的處理,都令Corner公司高層及現場處理人員頭痛不已。於是化工所就根據現狀之分析及以往在廢水處理流程設計之經驗,規劃多組實驗進行廢水處理程序評估,最後選定一種較佳的處理程序以達到Corner公司之需求。

廢水處理程序評估

化工所針對Corner公司之廢水特性,進行實驗設計與處理程序評估。在廢水一級處理方面,化工所模擬Corner公司既有設備進行酸化後廢水之混凝處理,其結果則列於表2。由三種混凝劑去除COD的效果比較,以保麗鐵的處理效果較佳,但與其他混凝劑的差距並

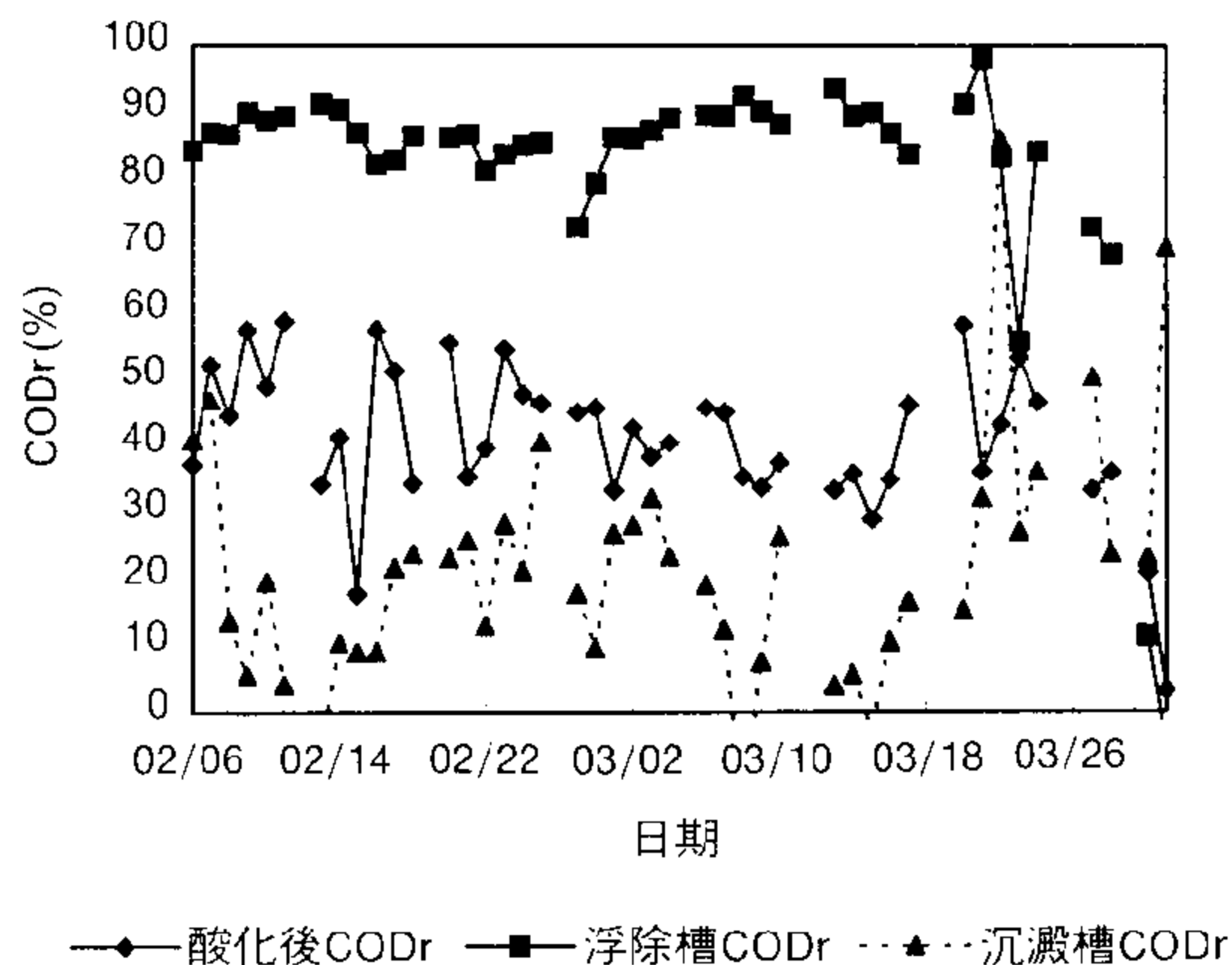


圖3 Corner公司廢水處理場改善前主要單元之COD去除率調查

表2 酸化後廢水以混凝劑處理之結果

用量 (mg/L)	硫酸鐵 COD	硫酸鋁 COD	保麗鐵 COD
0	1236	1236	1236
1000	484	494	142
2000	496	490	438

不大,在考量藥劑成本及後續單元適用性後,仍建議Corner公司保留原有之混凝單元。在廢水二級處理方面,依據化工所以往在廢水處理場設計之經驗研判,生物處理法仍是目前廢水處理操作成本最低的方法,因此欲有效降低Corner公司廢水處理之操作成本非得從生物處理之可行性研究著手不可。表3為Corner公司廢水之生物分解性試驗評估之結果,顯示經酸化後廢水在只提供曝氣下其COD分解速率相當慢,經過72小時的曝氣其COD只由1125 mg/L降為960 mg/L,去除率僅達15%;若提供曝氣及適當植種污泥則酸化後廢水其COD去除率可達83%,證實具有生物可分解性。同樣地,酸化後廢水先經混凝劑處理再僅供給曝氣下其COD去除率可達38%;若提供曝氣及適當植種污泥,其COD可處理至145 mg/L去

除率則達到58%。因此，由初步生物分解性實驗獲知Corner公司廢水以生物處理之可行性相當高，為瞭解此組合程序處理效能之穩定性，化工所設計模擬設備進行較長期之處理適用性評估，並從中篩選出生物處理單元。圖4為酸化後廢水以生物處理之結果（HRT=1day），由於酸化單元處理的不穩定性使得生物單元之進流水質（COD_i）產生巨幅變化，此現象長期性對於生物處理系統將造成不良影響，且生物出流水（COD_o）無法穩定達到100 mg/L以下之要求。圖5為酸化後廢水先經混凝

表3 酸化後廢水與混凝劑處理後之生物分解性試驗結果

時間 (hr)	酸化廢水 空白COD (mg/L)	酸化廢水+汙泥 COD (mg/L)	混凝後 空白COD (mg/L)	混凝後+汙泥 COD (mg/L)
0	1125	815	448	348
2		668	416	315
4		574	400	296
6	1104	471	378	260
8		428	357	232
12		389	381	233
20	1095	300	330	234
30	1040	270	306	220
48	1004	208	291	204
72	960	138	278	145

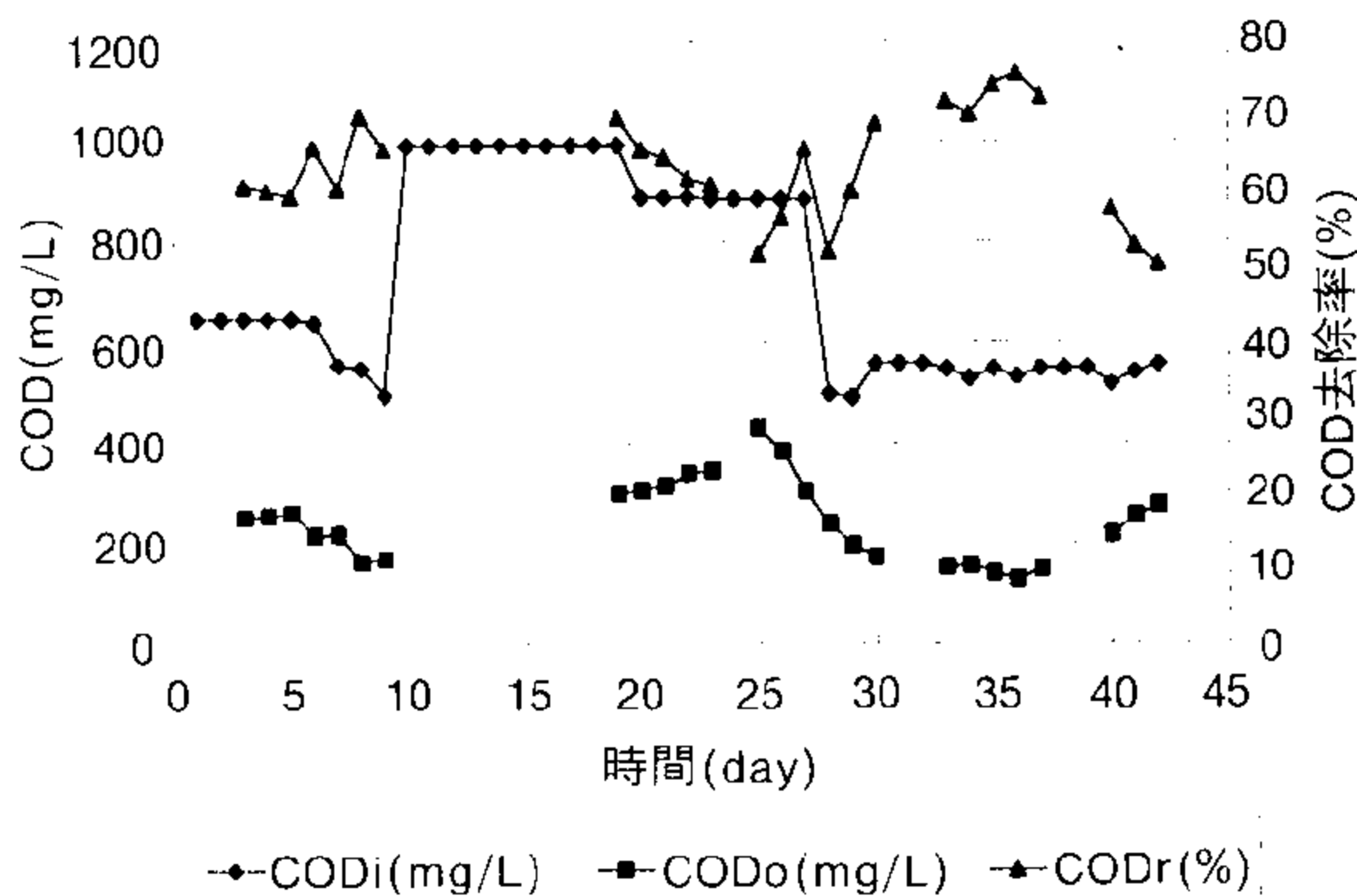


圖4 Corner公司酸化後廢水以生物處理之結果

處理再以生物處理之結果（HRT=1day），顯示經混凝後之進流水質可以穩定控制在700 mg/L以下，對於有效控制且穩定生物之食微比有莫大幫助，所以在長期之操作下生物出流水獲得穩定之水質，其COD亦可直接處理至100 mg/L以下之要求。

化工所在廢水場規劃設計上，儘量朝自動化方向設計，一方面可使廢水處理場管理自動化，以減少人為錯誤操作所造成系統不穩定之頻率，一方面可降低操作人員之工作負擔，而將心力放在問題診斷及故障排除，並透過日常監測報表及異常警報記錄，可瞭解當日廢水處理場之操作狀況。圖6為Corner公司廢水水質COD與TOC之關係圖，以目前線上監測技術而言，TOC不管在及時分析之時效或設備經

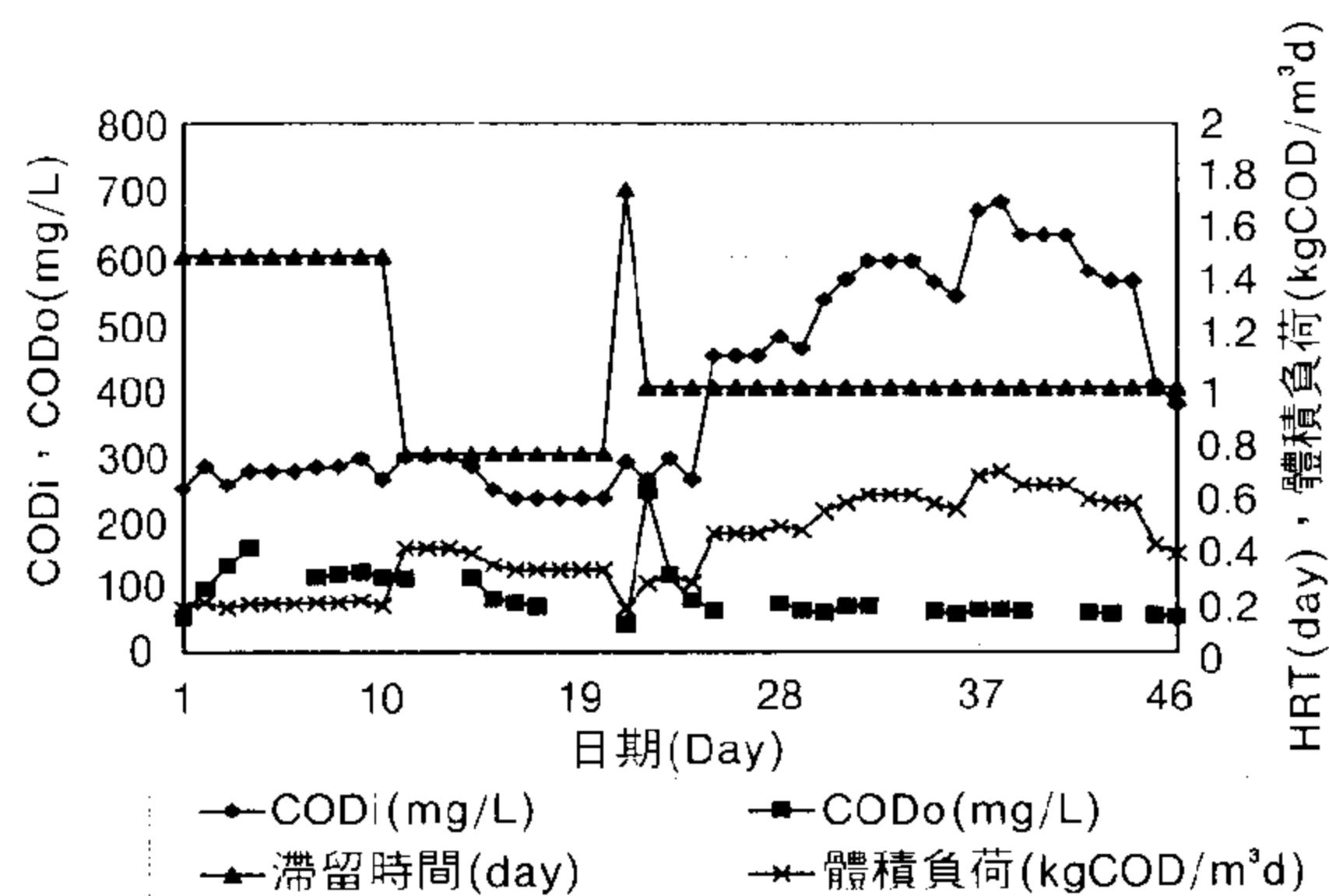


圖5 Corner公司酸化後廢水先經混凝處理再以生物處理之結果

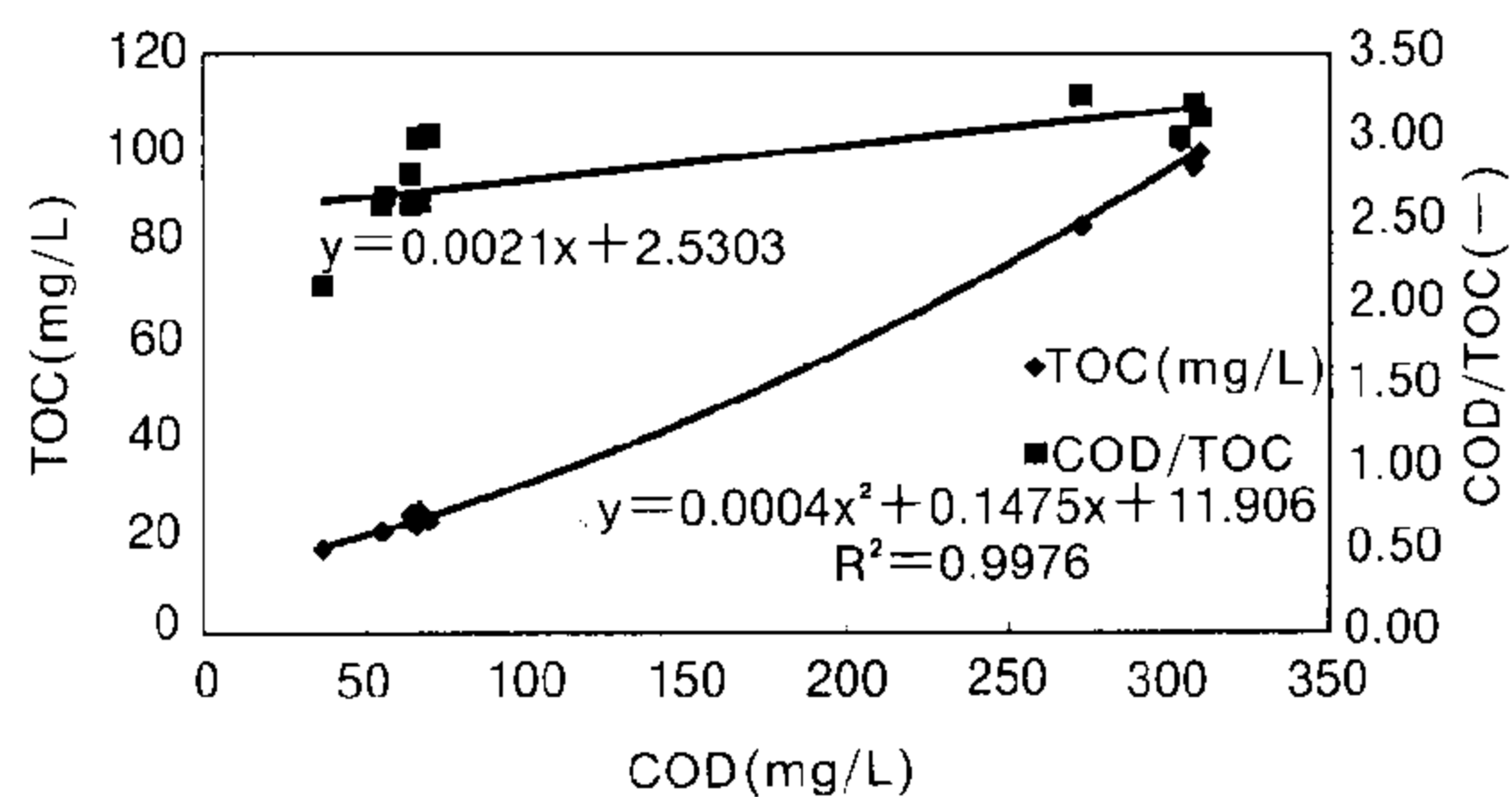


圖6 Corner公司廢水水質COD與TOC之關係圖

費需求上，都遠優於COD線上監測儀且容易推廣，從圖6可獲得Corner公司廢水水質其COD與TOC具有相當好的關係式，而COD/TOC平均值為2.53。因此，TOC線上監測可作為Corner公司廢水處理場之操作指標，進行單元自動化控制及水質線上監測。

表4為Corner公司酸化混凝後廢水以Fenton化學氧化處理之結果，其處理後水質雖可達到法規之要求，但考量操作成本時，此方法可用於水質變異時之緊急處理單元，而正常水質時仍以生物處理為主。

工程概要

化工所根據處理程序評估所獲得之結果進行基本設計，其主要之設計參數如表5所示，Corner公司並依據化工所所建議之流程與單

元（如圖7）進行發包施工。其工程承包商在與化工所充分溝通設計理念後，進行細部設計及工程施工。完成施工後，在化工所之協助下進行起動試車，配合階段之操作策略成功地完成全量運轉。

廢水處理場改善後之效果

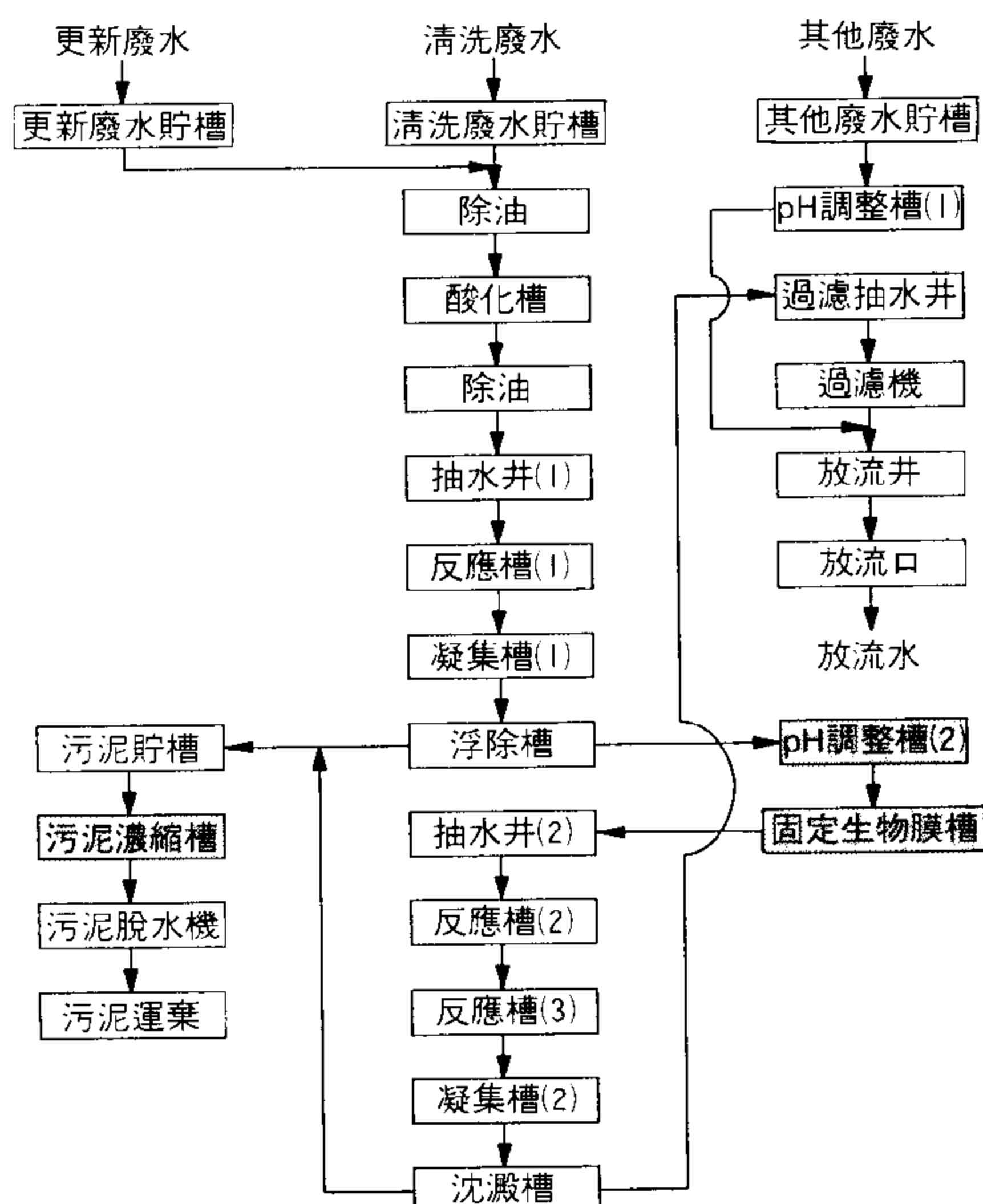
Corner公司參與人員在化工所之協助及訓練下，全力配合廢水處理場試車與起動，在試車的過程中，針對調勻池、加壓浮除槽、接觸曝氣槽三個單元進行採樣分析，其COD分析結果如表6所列。由表中9/24～9/28日調勻槽的COD數據分析，獲得COD平均值約為862 mg/L，標準偏差為368 mg/L，亦即調勻槽的COD=862±368 mg/L，其COD變化量高達42.7%，但原廢水濃度仍在設計值之下。

表4 Fenton法處理混凝後廢水之反應條件與處理結果

水 質			反應條件				處理後水質		
項目	數值	單位	樣品次	氧化劑濃度 mg/L	pH	反應時間 min	pH _t	COD _t mg/L	COD去除率 %
[Cl ⁻]	118	mg/L	1	0	3.5	30	7.0	168	23.6
pH	7.5		2	100	3.5	30	7.0	141	35.9
			3	200	3.5	30	7.0	105	52.3
COD _i	208	mg/L	4	300	3.5	30	7.0	90	59.1
COD _f	202	mg/L	5	400	3.5	30	7.0	79	64.1
Vol.	1.0	L	6	500	3.5	30	7.0	74	66.4

表5 Corner公司廢水處理場改善工程設計參數

項 目	單 位	更新廢水		綜合廢水	
		範圍	平均	範圍	平均
1.pH		8~9	8.5	3~5	3.5
2.COD	(g/L)(kgCOD/d)	40~120	80	3.94~0.25	1.5
3.COD污染量		—	240	—	458
處理單元	設計參數	單 位		設計值	
固定生物膜(FF)	體積負荷	(kg－COD/m ³ ·d)		0.60	
	污泥轉化率	(kg－SS/kg－COD)		0.14	
	停留時間*	(hr)		25	
	濾料填充率	(%)		60	



*註：網點部份為新增設備

圖7 Corner公司廢水處理場改善工程之廢水處理流程圖

化學凝集槽水質可由pH調整槽獲得（加壓浮除槽出流水），COD平均值為293 mg/L，標準偏差為75 mg/L，亦即化學凝集單元COD去除率達66%以上，由Corner公司所提供之加藥量分析，其石灰加藥量為200~250 mg/L較原設計300 mg/L為低。固定生物膜槽操作狀況良好，排放水質符合COD低於100 mg/L以下之設計要求。在完成試車驗收後，其放流水平均水質為COD < 70 mg/L、BOD < 10 mg/L、SS < 10 mg/L及透視度大於30公分。目前Corner公司廢水處理場之配製藥品槽用水，已經大部分以放流水回收再利用。

廢水處理場改善後之經濟效益評估

廢水處理場驗收後經過半年多的全量運轉，由藥品用量與電力費用的統計資料（Cor-

ner公司提供列於表7），可發現藥品費用已大量降低（特別是活性炭用量、硫酸鋁用量），同時污泥發生量也大量降低，每年可減少442噸污泥排放。而增加部分為電力費用（其主要來自15HP的鼓風機用電）。整體而言，改善後廢水處理場之操作費用，由數據顯示可節省年操作費292萬元，回收年限為2.3年。

結語

製鋁罐業所產生的廢水，主要污染源為更新廢水及清洗廢水。本案例廠Corner公司改善前的主要處理單元為酸化、除油、混凝浮除及活性炭吸附，其處理後水質雖已能符合放流水標準，但為了節省操作成本及減少廢棄污泥排放，所以委託工業技術研究院化學工業研究所進行廢水處理程序評估研究，尋求經濟、有效且操作方便的處理流程。經研究改善後的主要處理單元為酸化、除油、混凝浮除及接觸氧化生物膜，雖投資660萬元進行硬體改善，但每年可節省292萬元操作成本並減少442噸污泥排放，投資回收年限為2.3年。改善後放流水平均水質COD < 70 mg/L、BOD < 10 mg/L、SS < 10 mg/L及透視度大於30公分。目前Corner公司廢水處理場之配製藥品槽用水，已經大部分以放流水回收再利用。在試車驗收後全量運轉下，至目前為止（88.7.31）其放流水水質與操作成本都符合設計要求。爾後Corner公司必須注意的地方是如何均勻原廢水水質、控制更新廢水之排放量與維持混凝浮除之正常功能，如此才能將生物處功能達到穩定狀態，也唯有如此才能大量降低藥品之使用量及降低後續高級處理單元起動之頻率。

本研究之處理程序評估結果充分反應到實際改善後單元之功能，不但經濟、有效的解決Corner公司的廢水問題，同時也降低其廢棄污泥產量，對於現場操作人員之操作性改善及水資源之再利用都有極大之貢獻。■



表6 Corner公司廢水處理場試車起動期單元之處理功能分析

日期	調勻槽 V02	pH調整槽	FF槽 (L)	FF槽 (R)	FF出流水	放流水槽	備 註
9/3			44	49			植種馴養第三天
9/5			24	25			開始進水200CMD
9/6			19	25			
9/7			26	30			
9/9			29	27			
9/10			28	27			
9/11			25	28			
9/12			38	43			
9/16		228			33		
9/17		238			23		進2CMD高濃度廢水
9/18		315			42		
9/19		417			67		
9/20		392			74		
9/21		393			87		
9/23		261			59		
9/24	752	199			39		
9/25	572	346			76		
9/26	1262	382			112		進3CMD高濃度廢水
9/27	1433	376			112		
9/29	1427	388			60		
9/30	1307	348			99		
10/1	1313	326			96		
10/2	893	308			94		
10/3	1030	290			96		
10/4	556	209			85		
10/5	371	165			47		
10/7	767	244			32	38	開始全量試車
10/8	477	199			37	45	
10/9	486	208			27	22	
10/11	406	208			33	41	
10/12	687	257			70	30	
10/14	748	308			33	29	
10/15	620	252			40	35	
10/18	1265	363			43	39	結束試車
平均	862	293	29	32	62	35	
偏差	368	75	8	9	28	7	

表7 Corner公司廢水處理場改善前後操作費用之比較

改善前

項目 (年/月)	電量 (度/月)	石灰 (kg/月)	活性碳 (kg/月)	濃硫酸 (kg/月)	硫酸鋁 (kg/月)	助凝劑 (kg/月)	污泥 (m ³ /月)	稀硫酸 (kg/月)
83/11	5069	3440	4880	109	9150	115	45	3581
83/12	4101	3100	5680	118	8050	110	45	3650
84/01	3059	2220	3180	85	5200	60	45	3606
84/02	4449	3380	5960	56	8400	110	45	4488
84/03	4151	4720	6480	152	9400	120	45	6238
84/04	3315	4180	4920	75	7700	50	45	3871
合計	24144	21040	31100	595	47900	565	270	25434
單價	1.5	5	41	3	3	106	1050	2
半年費用	36216	105200	1275100	1785	143700	59890	283500	50868

改善後

項目 (年/月)	電量 (度/月)	石灰 (kg/月)	活性碳 (kg/月)	濃硫酸 (kg/月)	硫酸鋁 (kg/月)	助凝劑 (kg/月)	污泥 (m ³ /月)
85/12	37376	2740	0	3100	0	80	7
86/01	23840	1280	0	561	0	30	12.5
86/02	27688	2120	0	1079	0	30	3.3
86/03	33040	1980	0	1271	0	40	7.7
86/04	36352	2880	0	1543	650	70	9.7
86/05	38896	3100	0	1775	750	70	8.5
合計	197192	14100	0	9329	1400	320	48.7
單價	1.5	5	41	3	3	106	1050
半年費用	295788	70500	0	27987	4200	33920	51135

參考文獻

實務技術研討會論文集，PP.631-642, 1994。

1. Imre Horvath C. Sc., Hydraulic in Water and Wastewater Treatment Technology, John Wiley & Sons, New York, 1994.
2. W. Wesley Eckenfelder, Alan R. Bowers, John A. Roth, Chemical Oxidation Technologies for the Nineties, Proceedings of the Fifth International Symposium, Vol.5, 1995.
3. 歐陽嶠暉，工業廢水接觸氧化處理，工業污染防治技術手冊之12，民國76年11月。
4. 梁德明、李勝男、陳致君、卓連泰，壓克力水性樹脂工廠廢水處理，工業污染防治工程

- (李勝男任職於工業技術研究院化學工業研究所研究員)
- (黃耀輝任職於工業技術研究院化學工業研究所研究員)
- (黃森元任職於工業技術研究院化學工業研究所研究員)
- (梁德明任職於工業技術研究院化學工業研究所研究員)
- (張德裕任職於製鋁罐業廠課長)