



96 年度

南化廠高濁度時混凝劑及助凝劑
之應用

撰寫單位： 第 六 區 管 理 處

撰寫人員：工務課 工程師 張煥獎

南化廠 技術士 江建忠

撰寫日期：中 華 民 國 96 年 5 月

目 錄

壹、研究緣起	P2
1-1 高濁度原水發生原因	P2
1-2 本廠因應高濁度原水之對策	P3
貳、研究目的	P4
2-1 高分子凝聚劑	P4
2-2 環保署公告之管制標準	P5
參、研究方法及過程	P6
3-1 杯瓶試驗 (Jar Test)	P6
3-2 分析結果	P7
肆、高濁度實際應用及因應	P16
4-1 應用成果	P20
4-2 經濟利益	P21
伍、結論與建議	P22
陸、參考文獻	P25

壹、研究緣起

南化給水廠設計出水量 80 萬 CMD，平時出水量 65 萬 CMD，主要供水區為曾文溪以南台南縣各鄉鎮市、台南市東區及支援高雄（涵蓋湖內、路竹、岡山、橋頭、楠梓工業區、左營等地區），對水源水量調配應變能力大，原水來源全數仰賴南化水庫供給。

94 年間適逢 612 豪雨、海棠颱風、泰利颱風等豪大雨、風災，造成原水濁度異常飆升，最大濁度可達 30,000 NTU 之譜。為因應廣大供水區域之供水需求壓力，雖面臨高濁度原水硬體設備無法負荷之苦，仍須以減量供水方式勉強支應需求。為使有限的設備能足以持續運作，遂嘗試改變混凝沉澱的加藥機制，使用高分子凝聚劑搭配聚氯化鋁（PAC），繼以強化混凝沉澱的硬體設備效能，以求達到供水不中斷的最高目標。

1-1.高濁度原水發生原因

南化水庫原水濁度升高的可能原因為：

- (1) 枯水期水庫消退至中低水位，原淹沒區形成裸露且無植被保護。
- (2) 921 地震造成集水區地質鬆動。

綜合以上二點，當集水區遇上颱風暴雨、豪大雨或局部性大雨時，颱風暴雨徑流造成土壤沖刷，形成水庫原水濁度驟昇的成因。

適以去年 9 月 1 日泰利颱風挾帶豪雨襲台為例，水庫集水區連續降雨 349.8 公厘，強大降雨密度使水庫溢流量達 1506.9 CMS，使水庫水位由 180 公尺驟升至 182.81 公尺，為水庫營運以來最高紀錄。高入流量加速推移質（泥砂）及懸浮質二者流動混合，造成濁度不斷攀升。當日 06:00 原水濁度由 53 NTU 驟升至 380 NTU；中午 12:00 更攀升至 8990 NTU，6 個小時內濁度翻升 170 倍。

1-2.本廠因應高濁度原水之對策

依據本廠“高濁度原水出水量管制表”（表一）之標準，如原水濁度超過 2000 NTU，即超出本廠硬體設備負荷無法繼續供水。但面臨廣大的供水壓力，即使原水濁度突破管制值，本廠仍需持續供水，無法以暫停供水方式因應。

表 1 南化給水廠高濁度原水出水量管制表

管制階段	分水井原水濁度(NTU)	出水量	備註
未管制	濁度 ≤ 600	800,000	正常供水
1	$600 < \text{濁度} \leq 800$	550,000	減量供水
2	$800 < \text{濁度} \leq 1000$	350,000	減量供水
3	$1000 < \text{濁度} \leq 1500$	250,000	減量供水
4	$1500 < \text{濁度} \leq 2000$	150,000	減量供水
5	$2000 < \text{濁度}$	0	停止供水

貳、研究目的

由於面臨高濁度時無法暫停供水及既有設備設計負荷的雙重壓力，本廠遂針對因豪雨、颱風等造成的高濁度原水，研擬添加高分子凝聚劑，並配合不同劑量之聚氯化鋁進行杯瓶試驗(Jar Test)，探討以高分子凝聚劑作為混凝劑及助凝劑時之混凝行為，冀能找出兩者之間的最佳搭配，暨而制定成標準作業程序(SOP)，藉以因應未來可能再度面臨的高濁度原水窘境。

2-1. 高分子凝聚劑

高分子凝聚劑為淨水處理程序中常用之多元電解質，為一種高分子量的合成有機聚合體，對於懸浮於溶液中的小顆粒有很強的聚合能力。聚合體由單體的次單位組成，可能帶正或負電荷。

(1)帶較多正電荷的聚合體稱之為陽離子聚合體(cationic polymers)，常作為混凝劑。

(2)帶較多負電荷的陰離子聚合體(anionic polymers)與不帶電荷或不易解離的非離子聚合體(nonionic polymers)則常作為助凝劑、膠凝劑或混凝劑，其可經由吸附及表面電荷中和作用來加強負電粒子的混凝及沈澱效果。

(3)另一種高分子凝聚劑則同時帶有正、負電，其正負電荷之含量會隨著 pH 值而改變，此種凝聚劑稱之為兩性聚合物(Ampholyte)。

2-2. 環保署公告之管制標準

由於高分子凝聚劑中應用最廣的聚丙烯醯(Polyacrylamide, PAM)聚合物被認為可能會增加致癌風險，且在多元電解質的製造過程常會含有殘餘的單體、其他的反應物及副產物等，這些物質可能對人體產生不良的影響，也可能與淨水程序的其他藥劑(如氯、臭氧等氧化劑)反應生成有害的二次衍生物。

由其他研究報告中可得知：淨水程序中所加的氯會與高分子凝聚劑反應產生有機鹵化物。混凝過程添加高分子凝聚劑後，經加氯消毒作用所產生的副產物物中生成量最大的是氯仿，其它較常出現的生成物種包括 1,1-二氯乙烯、二氯甲烷、一溴二氯甲烷等有害物質。

因此環保署公告當飲用水水源之原水濁度大於 250 NTU 時，始得使用本公告之高分子凝聚劑，最大添加劑量不得超過 1 mg/L。
(行政院環境保護署 87 年 3 月 31 日(87)環署毒字第 0018624 號)

參、研究方法及過程

依據環保署公告之管制標準，此次研究高分子凝聚劑之添加均控制在公告標準以內，並搭配不同劑量之聚氯化鋁進行杯瓶試驗，分別探討以高分子凝聚劑作為助凝劑時之混凝行為。

3-1. 杯瓶試驗 (Jar Test)

本實驗以 612 豪雨挾帶之底泥模擬水中濁度來源，加入聚氯化鋁 (PAC) 為混凝劑，並使用 Polyacrylamide (PAM) 之高分子凝聚劑添加各種不同劑量進行杯瓶試驗(Jar Test)

1.原水配製：取調節池沉積之底泥及黏土，以廠內原水調配成各種不同濁度之試驗原水，並以濁度計量測濁度紀錄之。

2.化學混凝試驗：

(1)儀器：

a.濁度計：採用 HACH-43900 型濁度計

b.PH meter (WTW 315i)

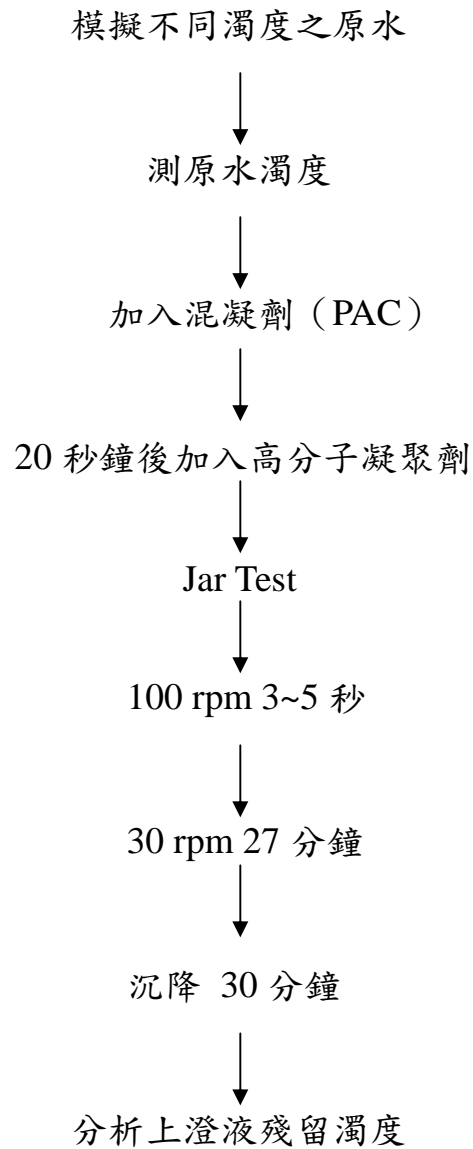
c.Jar Test 攪拌機

(2)藥品及試劑

a.聚氯化鋁 (Polyaluminum Chloride, PAC)

b.高分子凝聚劑 Polyacrylamide (PAM)

3.實驗步驟：



3-2.分析結果

本試驗使用之高分子凝聚劑 (Polymer) 使用前需預先攪拌 1 小時以上才可使用，分析結果如下列表示：

表 2 原水 75 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer (mg/l)	0.025	0.05	0.1	-	-	-
PAC (mg/l)	60	60	60	50	60	70
殘留濁度	1.43	2.01	2.45	2.23	1.40	2.39
去除率%	98.1	97.3	96.7	97.0	98.1	96.8

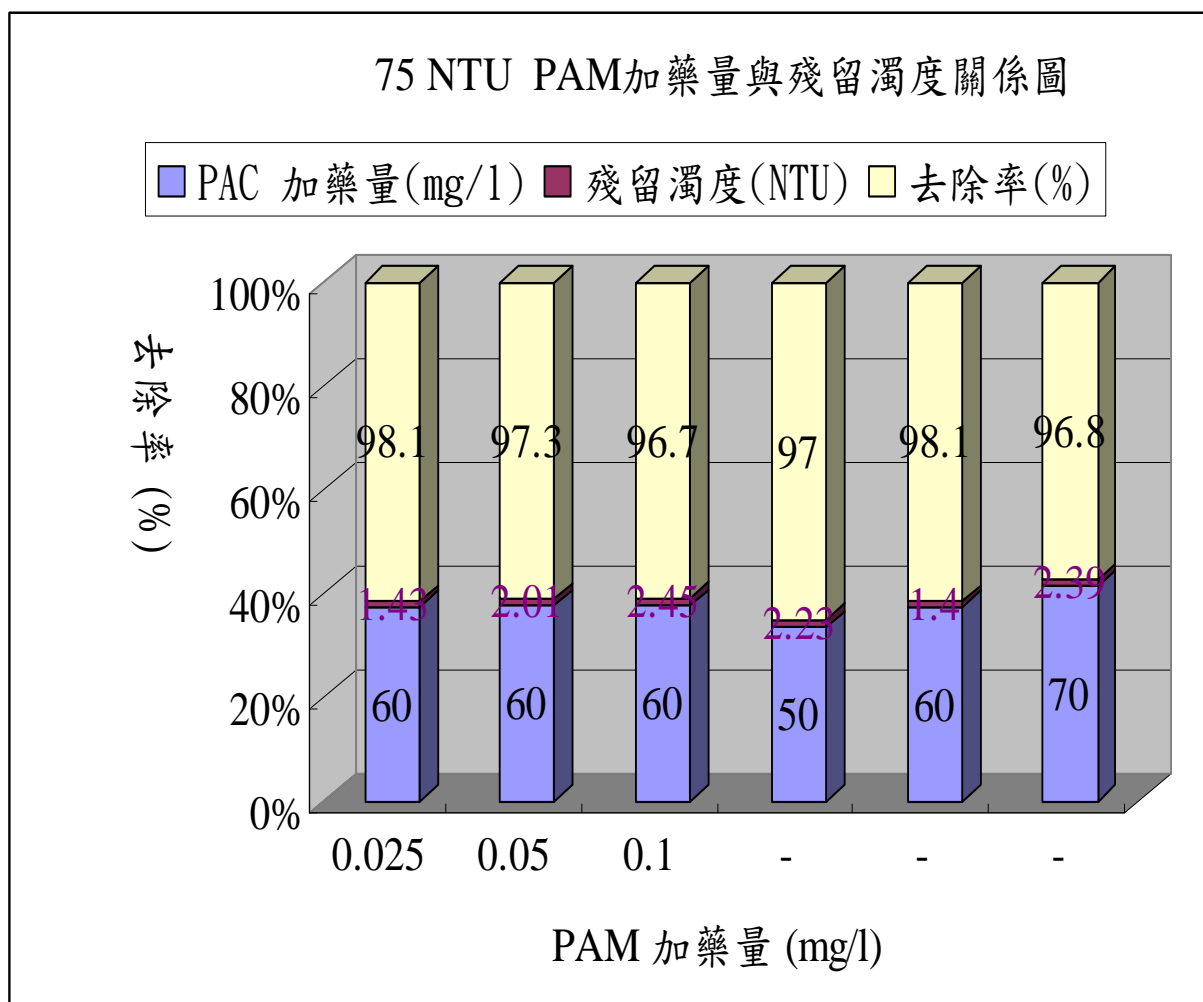


表 3 原水 145 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer (mg/l)	0.025	0.05	0.1	-	-	-
PAC (mg/l)	80	80	80	90	80	60
殘留濁度	0.51	1.56	3.01	0.96	0.85	3.87
去除率%	99.6	98.9	97.9	99.4	99.4	97.3

由表 2、3 可知在原水濁度 < 250 NTU 時加入 Polymer 凝聚劑對於濁度去除效益不是很明顯。

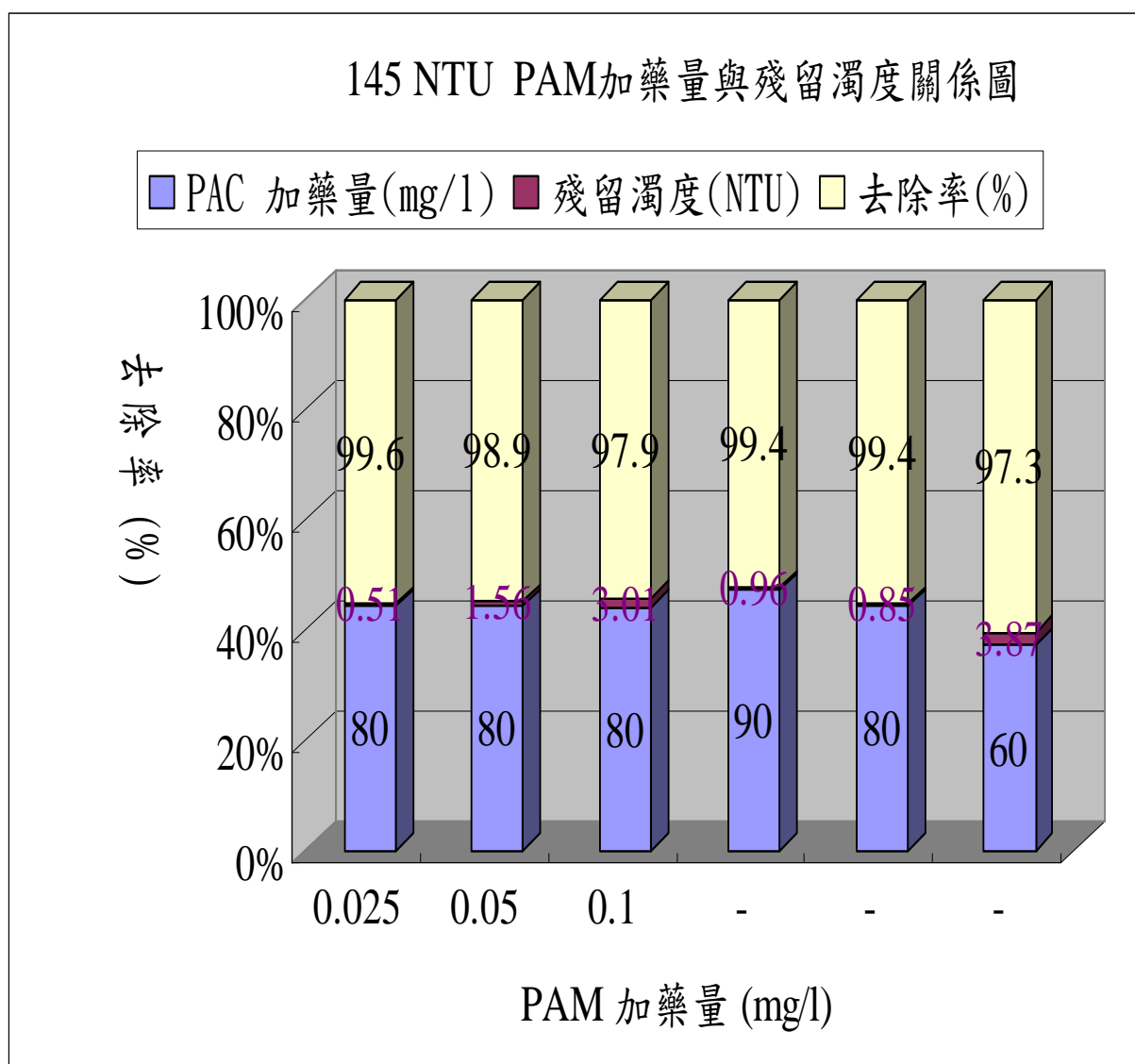


表 4 原水 256 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer	0.025	0.05	0.1	-	-	-
PAC	110	110	110	100	110	120
殘留濁度	0.56	0.98	1.15	1.2	0.9	2.63
去除率%	99.8	99.6	99.5	99.5	99.6	99.0

由表 4 發現當原水濁度 256NTU 時，加入 0.025 mg/l Polymer 凝聚劑有明顯成效。

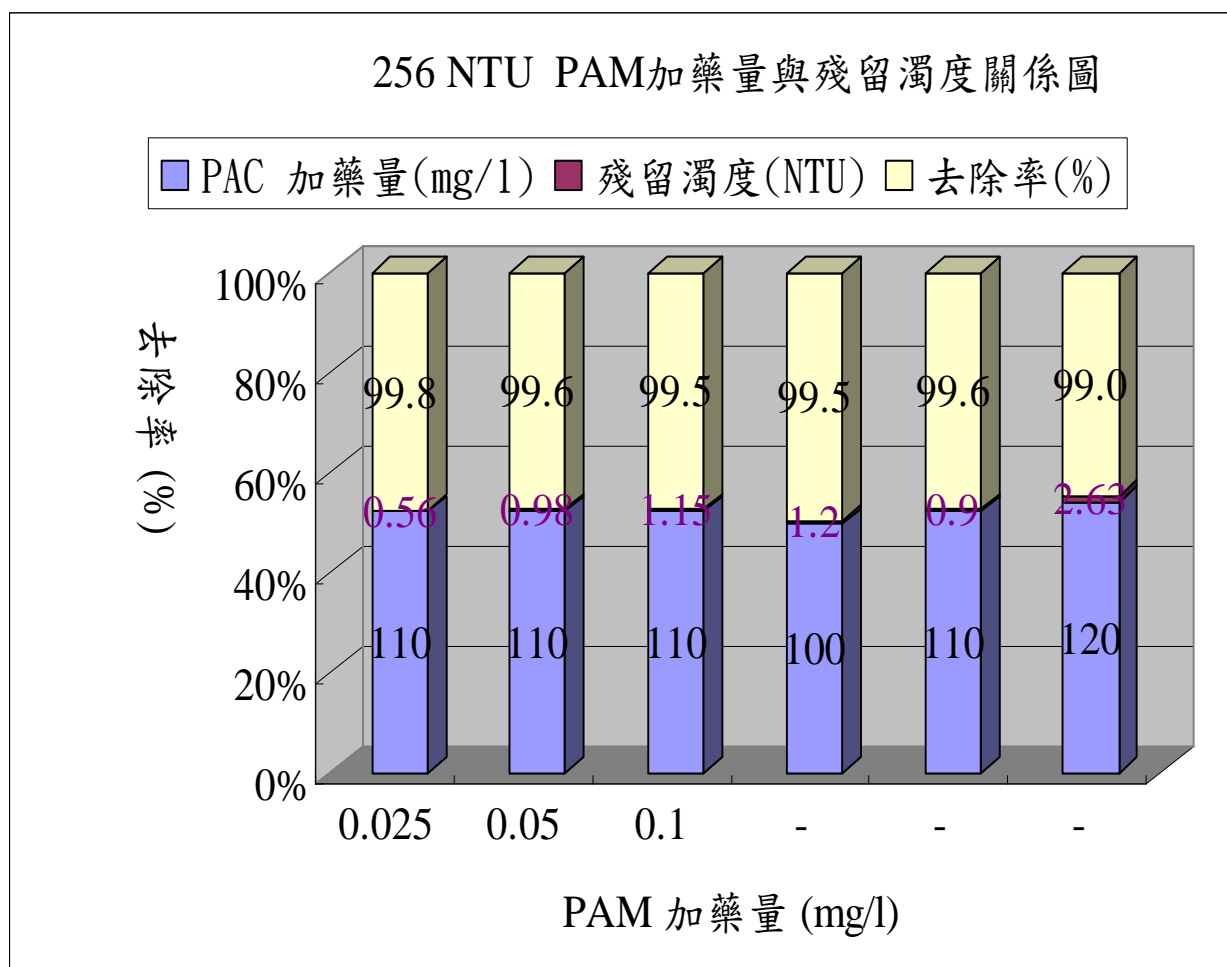


表 5 原水 600 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer	0.1	0.2	0.3	-	-	-
PAC	170	170	170	160	170	180
殘留濁度	0.60	0.70	0.88	1.64	1.40	1.62
去除率%	99.9	99.88	99.85	99.7	99.8	99.7

由表 5 可看出如果要保持良好膠羽、沉降性及去除率，Polymer 之單位加藥劑量不須隨著濁度上升而相對增加。由表 4 及表 5 分別發現 Polymer 若能控制在 0.025~0.1mg/l 反而效果更佳，因此 Polymer 及 PAC 之加入程序最好先經瓶杯實驗再依加入前、後及劑量(dosage)作現場實際加藥之操作依據。

600 NTU PAM加藥量與殘留濁度關係圖

■ PAC 加藥量(mg/l) ■ 殘留濁度(NTU) □ 去除率(%)

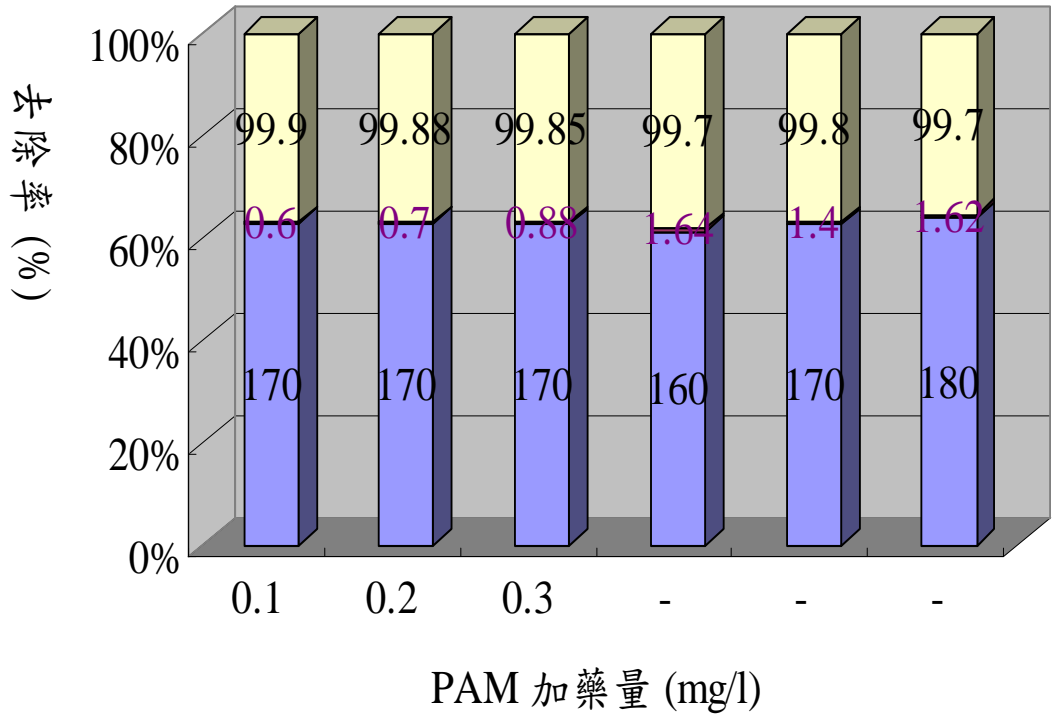


表 6 原水 1460 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer	0.2	0.3	0.4
PAC	240	240	240
殘留濁度	3.14	2.25	3.24
去除率%	99.78	99.84	99.77

1456 NTU PAM加藥量與殘留濁度關係圖

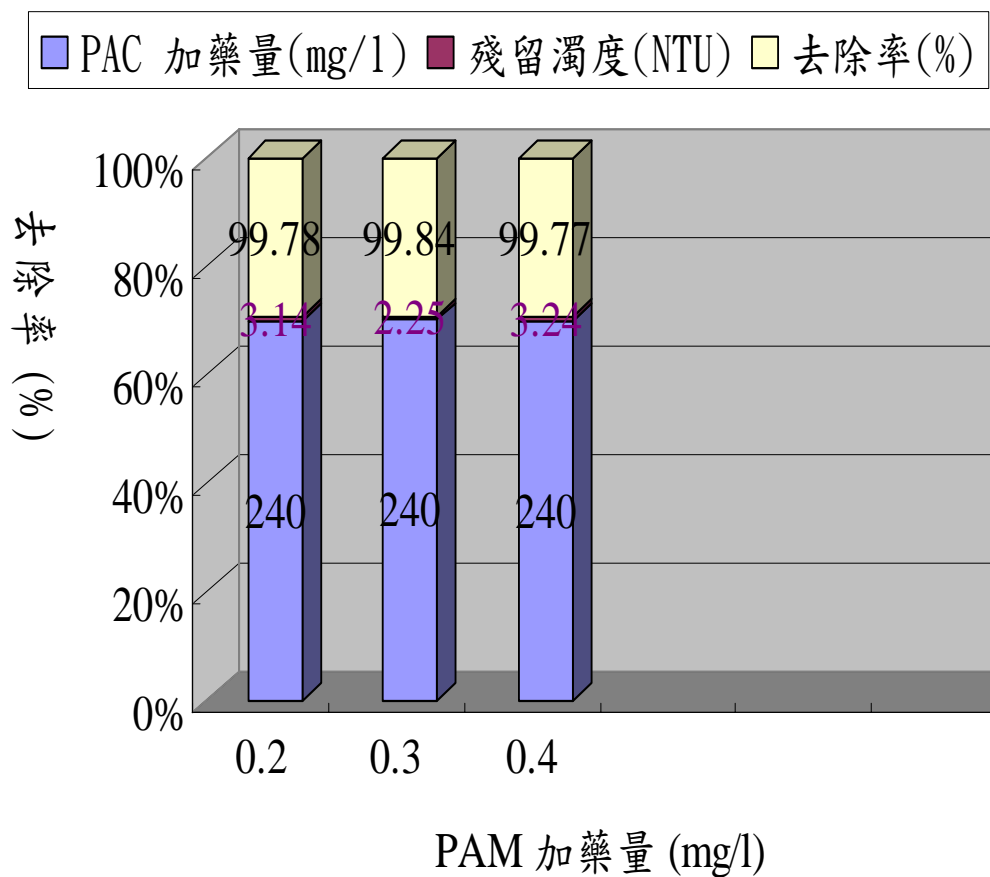


表 7 原水 2080 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer	0.2	0.3	0.4
PAC	280	280	280
殘留濁度	3.60	3.02	3.84
去除率%	99.83	99.85	99.81

2080 NTU PAM加藥量與殘留濁度關係圖

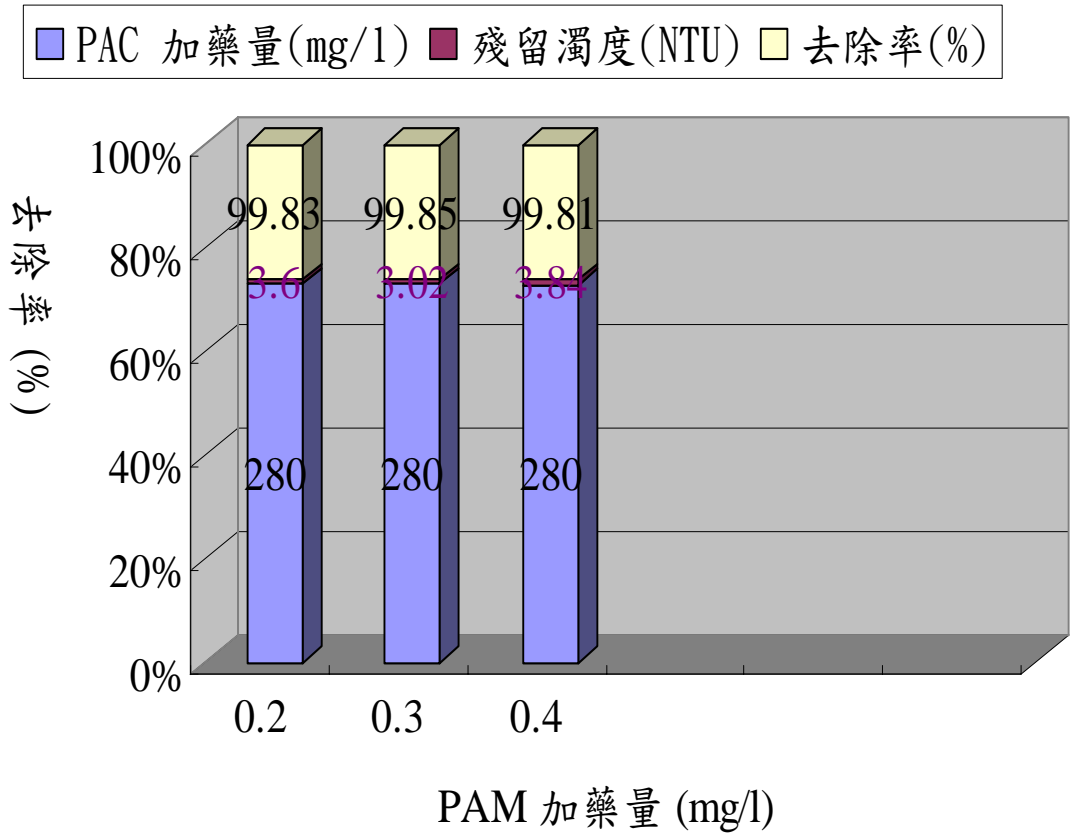
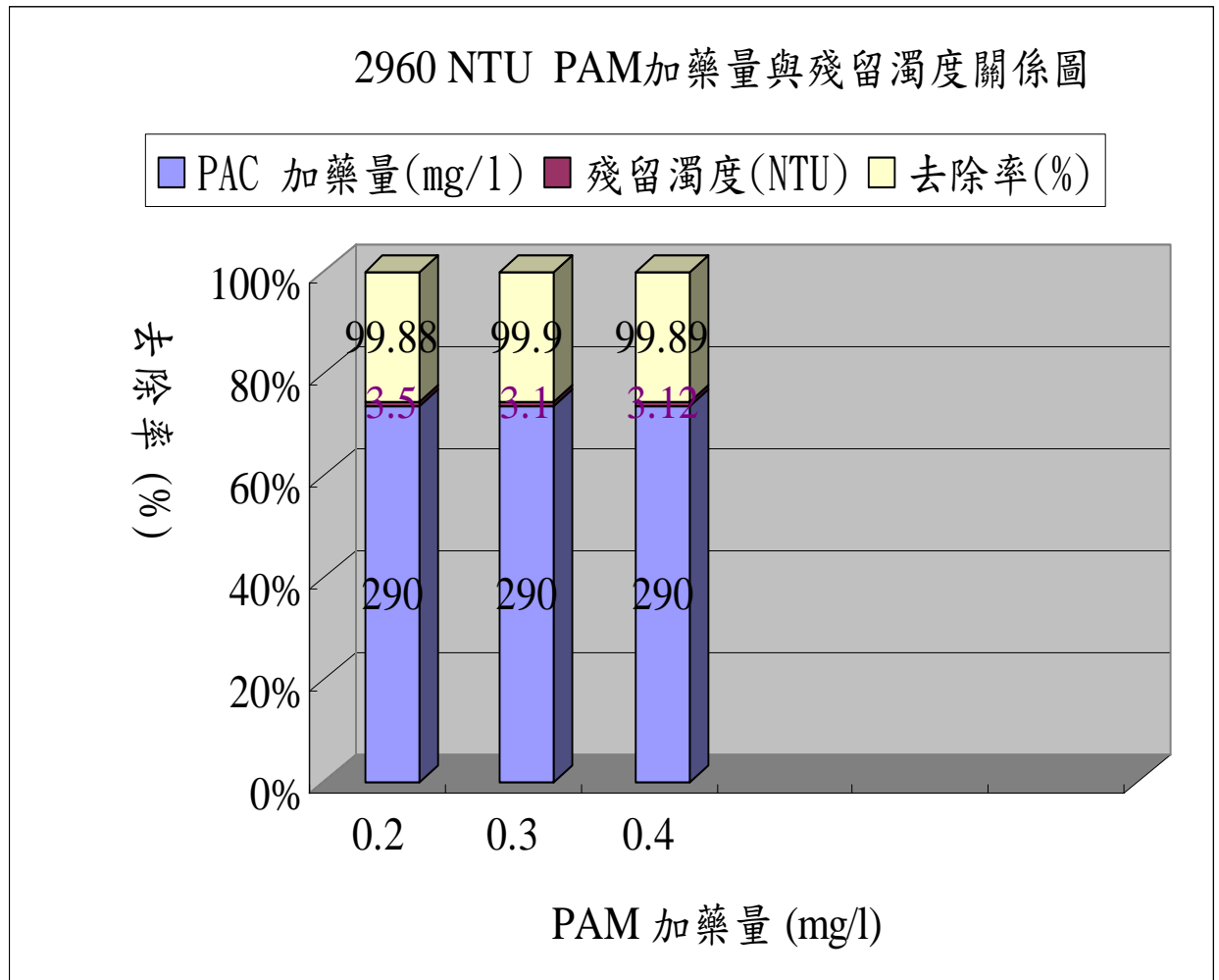


表 8 原水 2960 NTU 加藥劑量與上澄液殘留濁度關係

Polymer	0.2	0.3	0.4
PAC	290	290	290
殘留濁度	3.50	3.10	3.12
去除率%	99.88	99.90	99.89

由表 6 ~ 8 可明顯看出原水濁度在 1460、2080 及 2960NTU 添

加 Polymer 時不僅可減少 PAC 加藥量並保持良好膠羽、沉降性及去除率，Polymer 之單位加藥劑量不須隨著濁度上升而相對增加。由表 6~8 分別發現 Polymer 若能控制在 0.3mg/l 時效果更佳，。



由實驗過程發現原水濁度在 1460 及 2080NTU 沉降污泥所佔比率相當多，建議在原水濁度大於 1500NTU 時，宜停止或採減量供水方式，不要勉強全面出水避免造成更大困擾。

為解決膠沉池大量污泥排泥不及困擾，本廠針對排泥管管徑過小等缺點進行改善，如下表：

表 9 南化給水廠原水濁度濁度 3000NTU 以下之因應措施

計畫經費及 辦理情形	原水濁度	計畫改善項目	備註
淨水場別	3000NTU 以下計畫處理		
南化淨水場	1000~2000NTU	16 池膠羽池 75m/m 排泥管出口修改為 200m/m 及閘門開關	原排泥管小影響速 率及量，原池必須 整修(已完工)
南化淨水場	2000~3000NTU	16 池膠羽池於原 75m/m 排泥窰井內 增設排泥設備改善	為確保膠羽池累積 污泥能順利排除 (已完工)

肆、高濁度實際應用及因應

藉由廠內歷史加藥曲線及 612 豪雨的試驗結果，旋即於去年緊接而來的海棠、泰利颱風期間得以加以應用，結果如下列表示：

表 10 94 年 7 月 20 日海棠颱風期間南化淨水場出水情形

時間	原水濁度 (NTU)	沉澱水濁度 (NTU)	過濾水濁度 (NTU)	清水濁度 (NTU)	出水量 (萬噸)
00:00	1087	4.96	0.24	0.2	63
01:00	1409	5.34	0.24	0.19	63
02:00	1690	6.74	0.23	0.19	63
03:00	1977	7.55	0.23	0.19	40
04:00	2202	7.10	0.24	0.19	40
05:00	2336	6.54	0.24	0.19	40

06:00	2402	8.17	0.26	0.19	40
07:00	3477	9.07	0.27	0.19	40
08:00	7400	10.56	0.27	0.19	40
09:00	-	-	-	-	停水
10:00	-	-	-	-	停水
11:00	-	-	-	-	停水
12:00	-	-	-	-	停水
13:00	-	-	-	-	停水
14:00	-	-	-	-	停水
15:00	-	-	-	-	停水
16:00	-	-	-	-	停水
17:00	-	-	-	-	停水
18:00	-	-	-	-	停水
19:00	-	-	-	-	停水
20:00	6200	15.26	0.39	1.08	5
21:00	6050	14.25	0.35	1.02	7
22:00	5958	13.89	0.36	0.98	9
23:00	5862	12.56	0.35	0.86	10
24:00	5600	12.40	0.32	0.85	10

表 11 94 年 7 月 21 日海棠颱風期間南化淨水場出水情形

	原水濁度 (NTU)	沉澱水濁度 (NTU)	過濾水濁度 (NTU)	清水濁度 (NTU)	出水量(萬 噸)
00:00	2129	4.76	0.41	0.22	43
01:00	1988	3.81	1.03	0.20	43
02:00	1874	2.83	0.37	0.20	43
03:00	1668	3.16	0.37	0.18	43
04:00	1967	3.66	0.26	0.19	43
05:00	1426	3.72	0.26	0.21	43
06:00	1757	3.61	0.24	0.20	43

07:00	3300	3.61	0.24	0.19	43
08:00	3394	5.40	0.26	0.33	43
09:00	3489	7.12	0.21	0.77	43
10:00	3598	7.58	0.45	0.40	43
11:00	4000	7.66	0.30	0.58	43
12:00	3500	7.14	0.39	1.05	43
13:00	3000	7.01	0.42	0.98	43
14:00	3000	6.23	0.28	0.81	43
15:00	2000	6.46	0.26	0.83	43
16:00	2763	8.07	0.26	0.86	43
17:00	2771	6.39	0.25	0.82	43
18:00	2699	7.21	0.28	0.77	43
19:00	2546	6.06	0.30	0.80	43
20:00	2307	6.85	0.30	0.73	43
21:00	2285	5.65	0.32	0.68	43
22:00	2240	6.96	0.22	0.72	43
23:00	2205	5.14	0.21	0.85	43
24:00	2060	6.66	0.22	0.80	43

表 12 94 年 9 月 1 日泰利颱風期間出水情形表

時間	原水濁度 (NTU)	沉澱水濁度 (NTU)	過濾水濁度 (NTU)	清水濁度 (NTU)	出水量(萬 噸)
00:00	45	5.51	0.36	0.38	63
01:00	49	5.23	0.51	0.39	63
02:00	49	9.13	0.86	0.53	63
03:00	54	20.19	1.03	0.59	63
04:00	63	15.62	1.15	0.83	63
05:00	84	13.38	1.23	0.91	63
06:00	108	11.04	1.30	1.12	63
07:00	400	8.73	1.41	1.27	63

08:00	820	9.87	2.56	1.54	63
09:00	1562	12.21	2.28	2.07	53
10:00	5200	13.62	1.91	1.77	33
11:00	-	-	-	-	停水
12:00	-	-	-	-	停水
13:00	-	-	-	-	停水
14:00	-	-	-	-	停水
15:00	-	-	-	-	停水
16:00	6980	20.05	2.79	1.09	5
17:00	6500	20.05	2.60	1.01	6
18:00	6300	20.05	1.65	0.93	6
19:00	5900	20.05	1.39	0.99	7
20:00	5000	20.05	0.90	0.99	9
21:00	4800	20.05	0.95	1.09	10
22:00	4100	20.05	0.71	1.52	11
23:00	4100	20.05	0.72	1.16	15
24:00	4126	19.63	0.48	1.02	15

表 13 94 年 9 月 2 日泰利颱風期間出水情形表

時間	原水濁度 (NTU)	沉澱水濁度 (NTU)	過濾水濁度 (NTU)	清水濁度 (NTU)	出水量(萬 噸)
00:00	4126	15.51	2.12	1.02	15
01:00	3933	14.15	2.03	0.76	15
02:00	4448	24.86	1.33	0.66	15
03:00	4259	13.89	1.42	0.76	15
04:00	4204	12.56	1.16	1.16	15
05:00	4300	12.05	0.99	1.18	15
06:00	4311	10.26	0.78	1.2	15
07:00	4268	10.02	0.77	1.2	15
08:00	4280	8.46	1.23	1.2	15

09:00	3730	7.81	1.26	1.2	15
10:00	-	-	-	-	停水
11:00	-	-	-	-	停水
12:00	-	-	-	-	停水
13:00	-	-	-	-	停水
14:00	4600	3.82	0.38	0.44	20
15:00	3900	4.51	0.63	0.40	20
16:00	4700	4.11	0.49	0.41	20
17:00	4700	3.64	0.48	0.42	20
18:00	4800	3.35	0.46	0.35	20
19:00	5000	3.51	0.23	0.52	20
20:00	5000	3.62	0.22	0.71	20
21:00	5000	4.02	0.20	0.69	20
22:00	6200	5.99	0.19	0.68	20
23:00	6850	6.18	0.26	0.54	20
24:00	6830	6.59	0.29	0.50	20

4-1.應用成果

- 1.藉由表 10 ~ 13 可看出假使 PAC 搭配高分子凝聚劑的使用得宜，
即使原水濁度高於本廠設備既定負荷的 2000 NTU 時，廠內仍可
持續供水，但必須減量出水約 40 萬噸以維持水質的穩定。
- 2.當濁度超過 4000 NTU 時清水水質開始不穩定，呈現明顯下降趨
勢，為確保水質穩定必須再減量至 1/3 ~ 1/5(約 15 萬噸)。
- 3.當濁度達到 6000 NTU 清水水質已無法控制，此時已減量至 5 萬

噸，膠沉、快濾池已達設備極限，無法順利排泥、過濾，甚至必須關廠無法供水。

4-2.經濟利益

淨水場設備負荷限制的突破，除了替水廠自身暫緩高濁度時必須停止供水的困境外，更可以降低因無法供水所造成營收損失。以本廠94年遭臨海棠颱風濁度達負荷極限的2000 NTU時為例，詳述如下表：

		停止供水	維持供水		
		收益	收益	支出	
濁度 (NTU)	供水 (萬噸)	9 元/噸	9 元/噸	PAC 藥品 (1120 元/噸.水)	PAM 藥品 (67.5 元/噸.水)
2000	40	0	3600000	44800	2700
			淨利 = 收益 - PAC 藥品費 - PAM 藥品費		
			3552500		

- 1.當不添加高分子凝聚劑的情況下，濁度達2000 NTU時以突破設備負荷，必須停止供水，自然無供水營收。
- 2.若PAC搭配高分子凝聚劑使用，則濁度雖達2000 NTU，淨水場仍可以維持40萬噸的出水量持續供水，供水營收360萬，藥品支出47500元，營收淨利355萬。
- 3.濁度達4000 NTU，本廠仍繼續供水15萬噸。不但提高原設備負荷極限至二倍仍可保持運作，且單日營收135萬，營收淨利尚可

達 120 萬。

- 4.若高濁度狀況連續三天無法供水，則減少營收可能多達一千多萬，所以 PAC 搭配高分子凝聚劑使用得宜，可以大幅降低因無法供水所造成的營收損失。

伍、結論與建議

- 一、由於每座淨水場原始設計均有差異，再加上操作習慣的不同，建議每座場應逕行 PAC 和高分子凝聚劑添加的杯瓶試驗(Jar Test) ，以尋求自身最適合的加藥曲線。進行 Jar Test 時 PAC 和高分子凝聚劑的添加應先加入 PAC 再加入高分子凝聚劑，且添加高分子凝聚劑時先降低 PAC 的正常加藥量，否則可能造成濁度上升之虞。
- 二、濁度超過 250 NTU 時，如單一使用 PAC 作為混凝沉澱用， PAC 用量將予遽增，且沉澱效果不彰。建議開始添加高分子凝聚劑，可以大幅減少 PAC 加藥量，且當濁度超過 600 NTU(本廠原設計上限及 PAC 凝聚極限)時，沉澱效果應可達到顯著成效。
- 三、建議原水濁度大於 1500 NTU 時宜採減量供水方式，不要勉強全面出水避免造成設備當機的莫須有困擾。
- 四、倘若 PAC 與高分子凝聚劑兩者搭配運用得宜，硬體設備負荷應

可超越既定限制。以本廠設備為例，既定限制為 2000 NTU，在 PAC 與 PAM 搭配應用下設備負荷可提升至 4000 NTU，不但提高至既定限制的二倍，還尚可維持 1/2 供水量的基本需求。藉此不只可以暫緩高濁度時無法供水的困頓，還可為公司降低停止供水的營收損失。

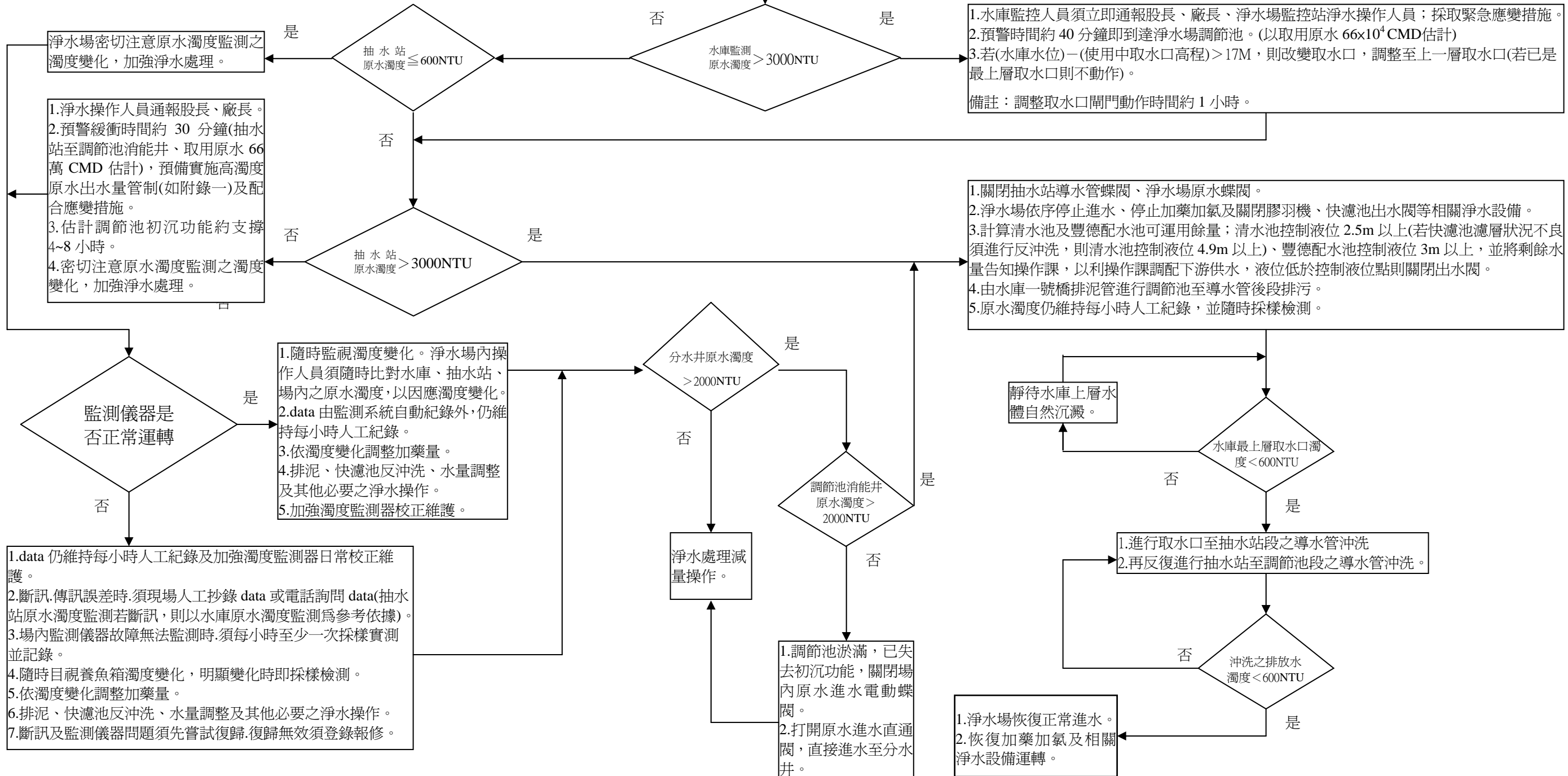
五、有文獻指出，若原水在混凝前預先加氯處理，則氯會氧化高分子凝聚劑，使其分子量降低，喪失其凝聚效力，對於濁度之去除有負面的影響。冀日後能再深入研討這兩者之間的最佳抵補關係，加以提升對濁度的去除效率、解決高濁度帶來的供水困擾。

六、原水高濁度狀態雖然難以處理，倘若能設法提升設備運作極限，則可減緩因停止供水所導致的民怨，繼而提升公司供水服務形象，在在都是無法以金錢加以衡量的附加利益。

高濁度原水操作標準作業程序

豪大雨特報、颱風侵襲。

1. 監測最接近取水口高程(使用中之取水口)之原水濁度，
 2. 隨時目視養魚箱濁度變化以了解水庫濁度變化。
 備註：1. 水庫原水濁度監測點自高程 131m 起每隔 10m 設一點，共計 5 點。取水口自高程 131m 起每隔 13m 一孔，共計 4 孔。水庫原水濁度監測模式平時以每隔 12 分鐘監測一點，每小時一輪回，亦可手動任意選擇監測點及其監測時間。
 2. 水庫監測之原水濁度未超過 3000NTU，須視水位變化將取水口變更至較佳之取水孔。
 3. 為防止斷訊之延誤，以水庫為第一線監測通報控制點，正常狀況下(未斷訊)，淨水場亦須定時監測以了解狀況。水庫監測濁度超過 2500NTU 時須立即通報淨水場以示警，如逾 3000NTU 則須進行下列步驟。



陸、參考文獻

1. 蔡騰龍，"高分子聚合物於水處理之應用"，正文書局出版，1983。
2. 李俊福、溫璧翠，"常用高分子凝聚劑對自來水混凝程序之影響"，
研究報告
3. 張怡怡，"飲用水水質處理藥劑管理規範公告前置作業"，行政院環
保署研究公告，1994。