中華民國自來水協會 CTWWA

中華民國自來水協會 108 年度研究計畫

降低有機高分子凝聚劑法規添加最大劑量應用探討 -以 Poly(DADMAC)為例

委託單位：中華民國自來水協會

研究單位：中華民國自來水協會技術研究委員會

計畫主持人：洪世政

協同主持人：吳振榮

研究人員：林正隆、刁文儀、游育晟、王冠中、陳乃菁

執行期間：108 年 3 月至 108 年 11 月

中華民國 108 年 11 月

中華民國自來水協會 108 年度研究計畫

降低有機高分子凝聚劑法規添加最大劑量應用探討-以 Poly(DADMAC)為例

Evaluation the reduction of regulatory maximum dosage level of poly organic coagulant – A case study of Poly (DADMAC)

委託單位：中華民國自來水協會

研究單位：中華民國自來水協會技術研究委員會

計畫主持人：洪世政

協同主持人：吳振榮

研究人員：林正隆、刁文儀、游育晟、王冠中、陳乃菁

執行期間：108 年 3 月至 108 年 11 月

中華民國 108 年 11 月

目錄

目錄 I
圖目錄 III
表目錄 VI
摘要 1
第一章 前言 5
1.1 計畫緣起 5
1.2 計畫目標 7
1.3 預期成果 8
1.4 計畫進度 9
第二章 文獻回顧 10
2.1 高分子淨水用藥 10
2.1.1 傳統淨水用藥的困境 10
2.1.2 高分子聚合物的類型 11
2.1.3 常見高分子淨水用藥簡介及毒理介紹 13
2.2 高分子聚合物使用情形 21
2.2.1 高分子聚合物作為淨水用藥的使用時機 21
2.2.2 高分子凝聚劑在台灣的使用情形及文獻回顧 25
2.3 高分子凝聚劑使用風險探討 28
2.3.1 高分子單體疑慮及各國高分子使用規範 28
2.3.2 消毒副產物疑慮 32
第三章 執行方法 37
3.1 研究架構 37
3.2 水質檢測數據管理工具 39
3.2.1 實驗室資訊管理系統(LIMS) 39
3.2.2 水質預警系統(ADTS) 40
3.3 杯瓶試驗(Jar-Test) 41
3.4 分析方法 42
3.4.1 分析方法介紹 42
3.4.2 過濾性試驗 46
3.5 高分子聚合物 47
3.5.1 藥劑購買 47
3.5.2 藥劑保存及使用 48
3.5.3 教育訓練 49
第四章 結果與討論 50

4.1 歷年資料統計分析 50
4.2 淨水場杯瓶試驗結果 52
4.2.1 選定試驗淨水場 52
4.2.2 板新給水場 53
4.2.3 石門淨水場 62
4.2.4 豐原淨水場 73
4.2.5 潭頂淨水場 84
4.2.6 路竹淨水場 91
4.2.7 鳳山淨水場(工業).....94
4.2.8 成功淨水場 98
4.2.9 七美淨水場 112
4.2.10 清洲淨水場 115
4.2.11 坪頂淨水場 119
4.2.12 綜合討論 125
4.3 高分子聚合物消毒副產物及單體分析 134
4.4 水中殘餘氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述 139
4.5 回應環保署要求說明 141
4.6 評估方案建議 144
第五章 結論與建議 145
5.1 結論 145
5.2 建議 149
第六章 參考文獻 150
附錄一 行政院環境保護署回應函 156
附錄二 台灣自來水公司淨水場使用高分子凝聚劑管理要點 159
附錄三 高分子 Poly(DADMAC)之 certificate of analysis(COA).178
附錄四 近三年各區水質課及場所檢驗濁度超內控之淨水場 179
附錄五 水中殘餘單體氯化己二烯二甲基胺檢測報告 181
附錄六 水中殘餘氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述 188
附錄七 N-亞硝基二甲基胺分析報告 198
附錄八 第 19 屆技術管理研究委員會第 1 次聯合會議意見回復辦理情形 201
附錄九 第 19 屆技術管理研究委員會第 2 次聯合會議(期中)審查委員意見回復辦理情形 202
附錄十 第 19 屆技術管理研究委員會第 3 次聯合會議(期末)審查委員意見回復辦理情形 204

圖目錄

圖 3.1-1　研究架構流程圖.....38
圖 3.2.1-1　水質管理資訊系統架構圖.....40
圖 4.1-1　近三年淨水場(期)沉澱池及快濾池超內控分佈.....51
圖 4.1-2　近三年淨水場(期)沉澱池及快濾池超內控百分比.....51
圖 4.2.2-1　板新淨水場淨廢水流程示意圖.....54
圖 4.2.2-2　板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....56
圖 4.2.2-3　板新淨水場減少混凝劑測試(濁度).....57
圖 4.2.2-4　板新淨水場 Poly(DADMAC)添加時機效果測試.....57
圖 4.2.2-5　板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....58
圖 4.2.2-6　板新淨水場最佳加藥量測試(STI).....59
圖 4.2.2-7　板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....59
圖 4.2.2-8　板新淨水場最佳加藥量測試(STI).....60
圖 4.2.2-9　板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....61
圖 4.2.2-10 板新淨水場最佳加藥量測試(STI).....61
圖 4.2.3-1　石門淨水場淨廢水流程示意圖.....63
圖 4.2.3-2　石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....65
圖 4.2.3-3　石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....66
圖 4.2.3-4　石門淨水場減少混凝劑測試.....66
圖 4.2.3-5　石門淨水場添加 Poly(DADMAC)後過濾性(STI)測試67
圖 4.2.3-6　石門淨水場雙加藥添加 Poly(DADMAC)效果測試....68
圖 4.2.3-7　石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....68
圖 4.2.3-8　石門淨水場最佳加藥量測試(STI).....69
圖 4.2.3-9　石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....69
圖 4.2.3-10 石門淨水場最佳加藥量測試(STI).....70
圖 4.2.3-11 石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....70
圖 4.2.3-12 石門淨水場最佳加藥量測試(STI).....71
圖 4.2.3-13 石門淨水場節省混凝劑測試.....71
圖 4.2.3-14 石門場不同原水濁度添加高分子濁度去除率比較.....72
圖 4.2.4-1　豐原淨水場淨廢水流程圖.....74
圖 4.2.4-2　豐原一場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....76
圖 4.2.4-3　豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....76
圖 4.2.4-4　豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....77
圖 4.2.4-5　豐原二場減少混凝劑加藥量測試.....78
圖 4.2.4-6　豐原二場 Poly(DADMAC)加藥順序測試(濁度).....78
圖 4.2.4-7　豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....79

圖 4.2.4-8 豐原二場最佳加藥量測試(STI) 79
圖 4.2.4-9 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁) 80
圖 4.2.4-10 豐原二場最佳加藥量測試(STI) 80
圖 4.2.4-11 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁) 81
圖 4.2.4-12 豐原二場最佳加藥量測試(STI) 82
圖 4.2.4-13 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁) 82
圖 4.2.4-14 豐原二場最佳加藥量測試(STI) 83
圖 4.2.5-1 潭頂淨水場平面圖 84
圖 4.2.5-2 潭頂淨水場取水及供水管線圖 85
圖 4.2.5-3 潭頂淨水場處理流程圖 85
圖 4.2.5-4 潭頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鐵) 87
圖 4.2.5-5 潭頂淨水場最佳加藥量測試(STI) 87
圖 4.2.5-6 潭頂淨水場混凝劑減少加藥量測試(濁度) 88
圖 4.2.5-7 潭頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鐵、STI) 89
圖 4.2.5-8 潭頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鐵、STI) 90
圖 4.2.6-1 路竹淨水場淨廢水流程圖 91
圖 4.2.6-2 路竹淨水場最適加藥量測試(濁度、殘餘鋁) 92
圖 4.2.6-3 路竹淨水場最適加藥量測試(UV_{254}、TOC) 93
圖 4.2.6-4 路竹淨水場最適加藥量測試(STI) 93
圖 4.2.7-1 鳳山淨水場(工業用水)淨廢水流程圖 94
圖 4.2.7-2 鳳山淨水場(民生用水)淨廢水流程圖 95
圖 4.2.7-3 鳳山工業用水最適加藥量測試(濁度、殘餘鋁) 96
圖 4.2.7-4 鳳山工業用水最適加藥量測試(UV_{254}、TOC) 96
圖 4.2.7-5 鳳山工業用水最適加藥量測試(氨氮、色度) 97
圖 4.2.7-6 鳳山工業用水最適加藥量測試(STI) 97
圖 4.2.8-1 澎湖馬公系統供水管線示意圖 99
圖 4.2.8-2 成功淨水場平面配置圖 100
圖 4.2.8-3 成功淨水場處理流程圖 101
圖 4.2.8-4 成功淨水場杯瓶試驗靜置階段 103
圖 4.2.8-5 成功淨水場最佳加藥量測試(硫酸鋁) 104
圖 4.2.8-6 成功淨水場最佳加藥量測試(硫酸鋁)(UV_{254}、TOC) 104
圖 4.2.8-7 成功淨水場最佳加藥量測試(硫酸鋁)(色度、STI) ...105
圖 4.2.8-8 成功淨水場硫酸鋁減少加藥量測試(濁度) 106
圖 4.2.8-9 成功淨水場硫酸鋁減少加藥量測試(殘餘鋁) 106
圖 4.2.8-10 成功淨水場硫酸鋁減少加藥量測試(TOC、pH) 107
圖 4.2.8-11 成功淨水場最佳加藥量測試(PACl)(濁度、殘餘鋁) .108
圖 4.2.8-12 成功淨水場最佳加藥量測試(PACl)(TOC、UV_{254}) ...108
圖 4.2.8-13 成功淨水場最佳加藥量測試(PACl)(STI) 109

圖 4.2.8-14 成功淨水場最佳加藥量測試(氯化鐵)(濁度、總鐵) .109
圖 4.2.8-15 成功淨水場最佳加藥量測試(氯化鐵)(TOC、UV_{254})110
圖 4.2.8-16 成功淨水場最佳加藥量測試(氯化鐵)(STI) 110
圖 4.2.9-1　七美淨水場淨廢水流程圖 112
圖 4.2.9-2　七美淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....113
圖 4.2.9-3　七美淨水場最佳加藥量測試(TOC、STI) 114
圖 4.2.9-4　七美淨水場減少硫酸鋁加藥量測試.....114
圖 4.2.10-1 清洲淨水場淨廢水流程圖 115
圖 4.2.10-2 清洲淨水場最適加藥量測試(硫酸鋁)(濁度、殘餘鋁)117
圖 4.2.10-3 清洲淨水場最適加藥量測試(雙加藥)(濁度、殘餘鋁)117
圖 4.2.10-4 清洲淨水場最適加藥量測試(氯化鐵)(濁度、殘餘鐵)118
圖 4.2.11-1 坪頂淨水場高雄區供水系統範圍 119
圖 4.2.11-2 坪頂淨水場及水源取水位置示意圖 120
圖 4.2.11-3 坪頂淨水場(新、舊場)淨廢水處理流程圖 121
圖 4.2.11-4 坪頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....122
圖 4.2.11-5 坪頂淨水場最佳加藥量測試(STI) 123
圖 4.2.11-6 坪頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁).....123
圖 4.2.11-7 坪頂淨水場最佳加藥量測試(STI) 124
圖 4.2.12-1 淨水場原水濁度與最適高分子添加量關係圖.....125
圖 4.2.12-2 添加 Poly(DADMAC)對濁度額外去除效果.....126
圖 4.2.12-3 水中殘餘溶解鋁減少百分比.....127
圖 4.2.12-4 過濾性(STI)比較 127
圖 4.2.12-5 減少混凝劑加藥量比率.....128
圖 4.2.12-6 總有機碳去除率變化(與原水比較).....129
圖 4.2.12-7 添加 Poly(DADMAC)對總有機碳去除率變化比較..129
圖 4.2.12-8 添加 Poly(DADMAC)對 UV_{254} 吸收減少比較.....130
圖 4.2.12-9 添加 Poly(DADMAC)順序濁度比較(板新、豐原場) 130
圖 4.3-1　石門、潭頂及成功淨水場消毒副產物及殘餘 DADMAC 單體 138

表目錄

表 1.4-1　計畫期程及進度.....9
表 2.1.2-1　高分子聚合物作為淨水用藥之應用.....11
表 2.1.3-1　常見用於淨水處理高分子聚合物之物化性比較表.....14
表 2.1.3-2　聚丙烯醯胺特性簡介.....15
表 2.1.3-3　聚丙烯醯胺的應用領域.....16
表 2.1.3-4　聚氯化己二烯二甲基胺特性簡介.....18
表 2.1.3-5　氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物特性簡介.....20
表 2.2.1-1　高分子聚合物各國淨水場處理方法及成效.....22
表 2.2.2-1　國內高分子聚合物作為淨水用藥文獻回顧.....27
表 2.3.1-1　各國高分子聚合物作為淨水用藥相關規範.....30
表 2.3.1-2　台灣現行高分子聚合物作為淨水用藥規定.....31
表 2.3.2-1　三種常見高分子聚合物作為淨水用藥風險綜整表.....36
表 4.2.1-1　選定試驗淨水場特性.....52
表 4.2.4-1　豐原給水廠各期完工日期及設計供水量.....73
表 4.2.8-1　成功淨水場原水水質(108 年 4 月 23 日).....103
表 4.2.8-2　成功淨水場原水水質(108 年 5 月 21 日).....107
表 4.2.8-3　成功淨水場不同混凝劑效益比較.....111
表 4.2.12-1 淨水場杯瓶試驗結果比較表.....131
表 4.3-1　Poly(DADMAC)消毒副產物及單體殘餘結果綜整表137
表 4.5-1　環保署要求回應彙整表.....141

摘要

台灣地區近年來因氣候暖化造成天氣變化劇烈，發生常態性豪大雨及枯旱機率增加，致使淨水場原水時有暴雨高濁及枯水期低濁或白濁難處理原水情形發生，另因藻類問題及離島地區水庫總有機碳高，大幅提高淨水加藥處理難度。此外，鑒於民眾對於飲用水水質安全需求日益提升，台水公司針對淨水場出水濁度採逐步加嚴方式管控以加強水質安全。已有許多文獻顯示添加適量有機高分子凝聚劑做為混凝過程之助凝劑，可達到良好的混凝效果。歐美國家使用有機高分子凝聚劑並無常規限制，經常用來搭配傳統混凝劑來處理低濁度高有機物的水庫原水淨水成效卓越，可有效控制清水濁度。

為改善原水發生低濁難處理現象時之供水品質，台灣自來水公司、臺北自來水事業處及中華民國自來水協會曾二度連署函請飲用水主管機關行政院環保署同意放寬高分子凝聚藥劑使用限制，惟環保署以尚有健康風險疑慮、欠缺模場測試數據，以及高分子凝聚劑在水中殘餘單體濃度檢測方法與技術尚須突破等為由未能予以同意。針對環保署疑慮的部分，本研究以北、中、南、東及離島等十一座淨水場進行杯瓶試驗，針對其疑慮提供科學性說明及未來模場試驗參考。

目前國內公告的高分子凝聚劑有 PAM、Poly(DADMAC)、Epi-DMA 三種，法規限制原水濁度達 250 NTU 以上方可使用。基於風險及飲用水安全因素，本研究限縮以毒性最低的 Poly(DADMAC)作為主要藥劑可行性探討，先行利用杯瓶試驗進行濁度、殘餘鋁、總有機碳及過濾性等一系列分析。結果顯示適當添加 Poly(DADMAC) 為助凝劑時，大部分淨水場濁度去除效果提升明顯，甚至可再往上提升高達 79.6%，並可降低殘餘總鋁或溶解鋁最高達 72%，在相同濁度處理效果下，可減少混凝劑加藥量最高達 85.7%，過濾性實驗無負面影響，

部分淨水場甚至有助濾效果最佳可提高 11.5 倍。澎湖成功淨水場原水總有機碳濃度長期偏高，採用加強混凝方式去除水中總有機碳僅達41.1%，如添加 Poly(DADMAC) 4 mg/L 時，水中總有機碳去除率可達57.9%，並同步降低消毒副產物總三鹵甲烷生成量，此外，亦可減少加藥量達 85.7%，對於離島地區藥劑運送不易及供水安全均有明顯的成效。

對於淨水流程中，添加有機高分子凝聚劑是否會與消毒藥劑(次氯酸鈉)產生消毒副產物 NDMA 或增加水中高分子分解之殘留DADMAC 單體的疑慮，經以石門、潭頂及成功場作一系列添加順序、改變加氯量等測試，其測試結果顯示，即使在水中添加原有加氯量的2 倍量時，消毒副產物 NDMA 生成濃度及水中 DADMAC 單體殘留濃度皆為未檢出(ND)，顯見添加低劑量有機高分子凝聚劑配合現有操作模式並無上述風險。

綜整本次研究結果考量濁度、有機物等去除成效，本次研究初步建議未來法規修改限縮毒性最低 Poly(DADMAC)為主要高分子用藥，原水濁度 250NTU 以下降低最大添加劑量至 5mg/L，為原 250 NTU 以上法規限制值的二分之一，降低藥劑量以維飲用水水質安全，研究成果將作為進階模場試驗參考。水中殘餘單體分析結果及建議檢驗方法亦提供委外模場試驗嬰兒健康風險評估參考方法。最終將依據模場試驗結論及嬰兒健康風險評估結果進一步確認限縮 Poly(DADMAC)藥量最安全範圍。

關鍵字：Poly(DADMAC)、高分子凝聚劑、杯瓶試驗、過濾性、消毒副產物、NDMA

Abstract

In recent years, due to Climate Change impact, the normal heavy rain and drought alternated obviously in Taiwan. The heavy rain caused not only high-turbidity in the raw water, but also low- turbidity-difficult treatment water and the occurrence of algae problems in the drought season. The high total organic carbon of the reservoirs in the off-islands will greatly impact water treatment. In addition, with regard to the increasing public demand for drinking water quality, Taiwan Water Corporation (TWC) has gradually strengthened the internal control rules of clean water. Therefore, how to improve coagulation efficiency is an urgent issue. At present, there are three types of poly organic coagulant announced by Taiwan EPA, PAM, Poly(DADMAC) and Epi-DMA. The poly organic coagulants are restricted to use when the turbidity exceed 250 NTU, and the maximum dosage level is also restricted. There have been many reports showing that adding an appropriate amount of poly organic coagulant can help to improve coagulation efficiency. In Europe and the United States, the maximum dosage level of the poly organic coagulants is restricted only. They are often combined with traditional coagulants to treat low-turbidity and high organic raw water to effectively control the clean water quality.

In order to improve the quality of water supply in drought season, TWC, TWD and CTWWA have twice requested the authority to agree the flexibility on using of poly organic coagulant. However, Taiwan EPA has failed to agree on the lack of health risk concerns, model treatment plant experimental test, and the residual monomer of poly organic coagulant in clean water detection methods. Based on the risk of human health and drinking water safety, this study evaluates the maximum dosage level goal of Poly(DADMAC), which has very low toxin risk, in TWC waterworks. This study conducted Jar Test on eleven waterworks, including North,

Central, South, East and Off- Islands, for a series of raw water turbidity level. The results show that when Poly(DADMAC) is added, the turbidity removal effect of most waterworks is obviously improved, even upgraded to 79.6%; and the total residual aluminum or dissolved aluminum can be reduced up to 72%. Under the same turbidity treatment effect, the coagulant dosage can be reduced up to 85.7%, and the filtration experiment has no negative impact. The total organic carbon concentration of the raw water in the Chen Kung water work in Penghu County is always high during drought season. The removal rate of total organic carbon in the water is only 41.1% under the enhanced coagulation method. If 4 mg/L of Poly(DADMAC) is added, total organic carbon removal rate can be upgraded to 57.9%, and the disinfection by-Products is reduced. In addition, it can also reduce the dosage amount by 85.7%, which has obvious benefit on the transportation of drugs in the off- Islands. The series addition sequence and the change of the amount of sodium hypochlorite added test showed that the NDMA and the DADMAC monomer in the clean water were not detected, even when double the amount of sodium hypochlorite.

In consideration of the risk of human health and enhancing the effectiveness of turbidity and total organic carbon removal, this study initially recommend that the future regulation could restrict Poly(DADMAC) as the main poly organic coagulant and the maximum dosage level reduce to 5 mg/L while raw water turbidity under 250NTU. It is half dosage lower than current regulation. The research results will be used as a suggested reference for further model treatment plant experimental test. The proposal of residual monomer of Poly(DADMAC) in clean water method is also provided for further human infant health risk assessment. Finally, optimal maximum dosage level of Poly(DADMAC) will recommend for authority base on above model treatment plant experiment and human infant health risk assessment.

第一章 前言

1.1計畫緣起

含有機聚電解質(organic polyelectrolytes)成分之有機高分子凝聚劑在淨水處理過程可作為混凝、膠凝、助凝、助濾等藥劑使用。一般常用於飲用水處理藥劑使用的聚電解質包括聚丙烯醯胺(polyacrylamides, PAM)、氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Polyamines (Epichlorohydrin Dimethylamine), Epi-DMA) 及聚氯化己二烯二甲基胺(Poly(Diallyldimethyl Ammonium Chloride), Poly(DADMAC))。相較於傳統混凝處理使用鋁鹽或鐵鹽為主要混凝劑，已有許多文獻顯示添加適量有機高分子凝聚劑做為混凝過程之助凝劑，可達到良好的混凝效果。歐美國家使用有機高分子凝聚劑並無常規限制，經常用來搭配傳統混凝劑以降低過濾水濁度，淨水成效卓越，可有效控制清水濁度0.5 NTU 以下或更低。

現階段我國主管機關行政院環保署僅同意於原水發生高濁度(大於 250 NTU)情形時得使用高分子凝聚劑為淨水處理藥劑。根據調查，台水公司各淨水場發生低濁度難處理原水之現象不一，多為地面水及水庫等水源、發生的可能原因也各有所異而難以歸因。在原水發生低濁難處理現象且未符合高濁度條件時，淨水場使用鋁或鐵系混凝劑處理後所形成之膠羽顆粒質地輕小，沉澱水濁度不易去除，因而增加後續過濾池之負擔，造成淨水場處理問題並增加後續處理成本，且如使用鋁系藥劑添加過量時容易使清水溶解鋁含量過高，進而影響供水品質。為改善原水發生低濁難處理現象時之供水品質，擬請飲用水主管機關行政院環保署同意放寬藥劑使用限制。

依據台水公司委託研究計畫「水公司淨水場低濁難處理原水處理最適化之研究(黃志彬，2008)」及「有機高分子凝聚劑於低濁度原水處理效能之研究(羅煌木，2013)」，結果顯示有機高分子助凝劑可有效協助處理低濁難處理原水。台水公司於 105 年 5 月 5 日第一次連署臺

北自來水事業處，並請中華民國自來水協會函送主管機關，申請放寬濁度 250 NTU 方可使用高分子凝聚劑的限制；106 年 3 月 15 日環署函復要求委第三方公正單位研究，提供 3 項高分子凝聚劑更多科學化數據，包括風險值計算及消毒副產物生成量等具體資料，以供評估調整之參據。台水公司再委託研究計劃「以有機高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑之安全性評估探討(王根樹，2018)」，結論建議未來環保署如同意增列高分子凝聚劑作為低濁度難處理原水之淨水藥劑，可考慮採取日本現行管制策略，除要求第三方認證之藥劑不純物成分標示外，同時採用嚴格之容許添加劑量配合後端清水消毒副產物監控，以保障用水安全。台水公司 107 年 6 月 15 號再次連署臺北自來水事業處中華民國自來水協會函請同意修改法令，並將劑量限制(mg/L)遠低於現行標準，如 PAM 使用量限制比照日本為現行標準十分之一(為全世界最嚴格規範)、Poly(DADMAC)(為美國境內最常使用藥劑且其毒性為三種藥劑中最低)，規範劑量比照歐盟(為全世界最嚴格規範)亦為現行標準十分之一、Epi-DMA 比照英國(為全世界最嚴格規範)則為現行標準四分之一。擬以遠比歐美先進國家更為嚴格之低劑量規範，確保清水水質並保障國民健康。107 年 11 月 28 日環署毒回應，詳附錄一，因高分子凝聚劑使用仍有單體殘餘、消毒副產物量對人體之健康疑慮、及現階段我國仍欠缺模場測試數據以及高分子凝聚劑在水中殘餘單體濃度檢測方法與技術尚須突破，故仍以維持現況為宜。

台水公司未來提案，擬以飲用水安全為考量，限縮毒性最低 Poly(DADMAC)為主要用藥及降低最大添加劑量，要求放寬原水濁度限制，建議可增加飲用水水質標準以為管制。本研究標的探討有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)於本島離島地區淨水場應用可行性，及多元水源不同濁度範圍最適添加劑量探討。

1.2計畫目標

台灣自來水公司、臺北自來水事業處及中華民國自來水協會曾二度連署函請飲用水主管機關行政院環保署同意放寬高分子凝聚藥劑使用限制，惟環保署以尚有健康風險疑慮、欠缺模場測試數據，以及高分子凝聚劑在水中殘餘單體濃度檢測方法與技術尚須突破等為由未能予以同意。故本研究為第三次連署及回應環保署要求模場試驗及水質風險評估先行杯瓶試驗研究。

目標為限縮有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)為主要用藥，其應用於台水公司可行性探討。針對北、中、南、東部及離島等主要淨水場，依不同水源特性、不同濁度之原水進行混凝杯瓶試驗，評估低濁度難處理原水如高有機物高藻類水庫水源，低濁難處理地面原水(白濁)等，使用鐵、鋁混凝劑(單獨或雙重加藥方式)及添加 Poly(DADMAC)為凝聚劑，檢視進行混凝後沉澱水之濁度及殘餘鋁是否符合內控標準，有機物含量是否下降等。整體評估限縮有機高分子助凝劑，以 Poly(DADMAC)為主是否足以因應台水公司本島離島淨水場各級原水濁度變化，不同水源高低濁度 Poly(DADMAC)最大添加量範圍，進而提供未來模場試驗研究範圍，再依據模場試驗及水質風險評估結果提出未來法規下修最大添加劑量限值範圍供主管機關參考。

1.3 預期成果

經本研究杯瓶試驗結果，可釐清不同原水如水庫高有機高藻原水及低濁難混凝沉降原水等，以有機高分子助凝劑搭配傳統混凝劑使用成效，探討如濁度、鋁含量、有機物等降低比率。同時建立各場有機高分子助凝劑最適添加劑量、添加位置(順序)。進而檢討台水公司使用 Poly(DADMAC)完整性及添加劑量範圍，作為申請法規放寬申請依據。

國內淨水場大部分均有前加氯，且前加氯地點與高分子凝聚劑加藥點相當接近，因此，氯是否與高分子凝聚劑反應使聚合體形成單體，高分子凝聚劑和氯反應是否會增加三鹵甲烷或者含氮消毒副產物 NDMA，為本研究必需釐清部分。選擇最具成效添加混凝劑搭配助凝劑 Poly(DADMAC)之杯瓶實驗條件，模擬實場加氯方式，杯瓶實驗沉澱後上層清液委外檢測單體殘餘，同時探討提出飲用水可行之殘餘單體檢測方法。同時評估 Poly(DADMAC)有機高分子助凝劑添加，是否促成含氮消毒副產物 N-亞硝基二甲胺 NDMA 生成。

目前國際上少有常用之水中高分子凝聚劑單體檢測方法，因檢測方法尚未普遍及檢測技術尚待突破，而線上水質監測殘餘聚電解質仍有技術上困難。因此在高分子凝聚劑使用之水中濃度管制策略先進國家多採技術規範 TT(Treatment Technology)推算，藥劑單體殘餘最大劑量假設百分之百轉換於清水中作為飲用水安全控制。本研究計畫將依據文獻利用高階精密儀器分析過濾水單體殘餘，同時建立分析方法概論供主管機關參考。

1.4計畫進度

計畫期程自 108 年 3 月 1 日至 108 年 11 月 30 日，首先進行文獻回顧、歷史檢驗數據分析，擇定適當淨水場後進行杯瓶實驗及水質檢測分析，並評估實驗結果，並選定台水公司 10 座淨水場(板新、石門、豐原、潭頂、坪頂、路竹、鳳山(工業)、成功、七美、清洲及坪頂淨水場)完成低、中、高及超高濁度原水狀況添加高分子(Poly(DADMAC))杯瓶試驗，已依預定進度完成所有工作，如表 1.4-1 所示。

表 1.4-1 計畫期程及進度

工作項目	108 年 3-5 月	108 年 6-7 月	108 年 8-9 月	108 年 10-11 月	完成百分比
文獻回顧	■	■			100%
檢驗數據分析及調查		■	■		100%
選定淨水場及現勘	■	■			100%
杯瓶實驗及水質檢測	■	■	■		100%
評估實驗結果	■	■	■	■	100%
提出單體檢測方法			■	■	100%
提出評估方案建議				■	100%
累計進度					100%

第二章 文獻回顧

2.1 高分子淨水用藥

2.1.1傳統淨水用藥的困境

水處理流程中混凝及膠凝(coagulation and flocculation)為關鍵的步驟，其目的在使膠體懸浮去穩定化(destabilization)，藉以去除水中懸浮固體與有機物質。傳統淨水處理常用的混凝劑多為鋁鹽及鐵鹽，像是硫酸鋁(aluminum sulfate)及氯化鐵(ferric chloride)等。然因氣候變遷，豐枯雨量差異擴大，強降雨高濁度的情形屢見不鮮、經濟活動頻繁導致各式工業及生活污水排入水體、污染水源，進而導致淨水處理難度持續提升，僅使用傳統混凝劑已難應付複雜性高的原水特性。

為了解決此問題，無機高分子混凝劑(inorganic polymer coagulant, IPC)應運而生，例如聚氯化鋁(poly-aluminum chloride, PACl)、聚硫酸鐵(poly-ferric sulfate, PFS)及聚氯化鐵(poly-ferric chloride, PFCl)等。IPC 帶有較多的正電荷以及較大的分子量，因水中的膠體物質常帶有負電並藉電子斥力懸浮於水體中，因此 IPC 中和電荷的能力會較好，混凝、膠凝效果通常也比傳統混凝劑為佳。然而，IPC 對於超高濁度原水、低濁度難處理原水或是高有機質或高藻類等異常原水狀態，效果還是有限(Zeng et al.,2008; Wang el al, 2008)。

2.1.2高分子聚合物的類型

高分子聚合物(polymer)為一種具高分子量且有機之多元電解質(Polyelectrolyte)，其結構可能為直鏈、支鏈或交叉鏈，不同結構鏈組合增加了其分子的複雜性。作為淨水處理用藥，高分子聚合物可作為主要混凝劑、助凝劑、膠凝劑和助濾劑等不同目的來使用，整理如表2.1.2-1，高分子聚合物依不同型態及單體組成有多種分類方式，例如聚合類型、電性及分子量等，分述如下：

表 2.1.2-1 高分子聚合物作為淨水用藥之應用

處理應用	聚電解質型態	化學結構	潛在前處理	後處理	劑量範圍, mg/L
助凝劑	陽離子或非離子性	polyacrylamide poly-DADMAC EPI-DMA	氧化 PAC	膠凝 沈澱 過濾 消毒	0.2-2
混凝劑	陽離子	polyacrylamide poly-DADMAC EPI-DMA	氧化 PAC	膠凝 沈澱 過濾 消毒	1-25
膠凝劑	陽離子或陰離子	polyacrylamide poly-DADMAC EPI-DMA	氧化 PAC 混凝	沈澱	0.2-2
助濾劑	非離子性或陰離子	polyacrylamide	氧化 混凝/膠凝 沈澱 消毒	消毒 薄膜處理 GAC	0.01-2

PAC：粉狀活性碳，GAC：粒狀活性碳。

Polyacrylamide：有陽離子型（CPAM）及陰離子型（APAM）。

資料來源：王根樹，2018

一、高分子依聚合類型分類：

單質聚合物(Homopolymer)－由一種單體(monomer)重複結合而成的聚合物，稱之為單質聚合物。例如：由丙烯醯胺(Acrylamide) 單體所聚合而成的聚丙烯醯胺(Polyacrylamide)即為一單質聚合物；反之由兩種以上的單體結合而成的聚合物，稱之為共聚合物(Copolymer)。例如：由丙烯醯胺單體和二甲基二丙烯銨鹽(Dimethyl Diallyl Ammomium Chloride)所聚合而成的聚合物即為共聚合物。

二、依電性分類

聚合物之單體可能帶有正電荷或負電荷，分子的總電荷數會受到溶液 pH 值及離子強度之影響；若依離子基上之電性分類，可分為陽離子型、陰離子型、非離子型及兩性聚合高分子。一般當作主要混凝劑或助凝劑使用之高分子聚合物多為陽離子化合物；而作為膠凝劑使用的則多為陰離子或非離子態之化合物，而且分子量會稍微比其他用途的聚合物來得高。而作為助濾劑使用的高分子，其形式可能是陽離子或非離子態化合物。混凝劑具有高密度陽離子電荷及較低的分子量，可增加膠羽和懸浮物質間的接觸時間，藉由吸附及表面電荷中和作用增強帶負電顆粒溶液的混凝和沈澱(過濾)作用。

三、依分子量分類

聚合物分子量由其單體型式、鍵結長度、共單體的有無、結構分枝的級數等因素決定。水處理用的高分子聚合物分子量涵蓋範圍可能<10,000 Da，或者>6,000,000 Da，其分子量及物理性結構會影響反應速率。一般用於淨水處理之聚電解質其分子量多小於 500,000 Da。

2.1.3常見高分子淨水用藥簡介及毒理介紹

一般常用於飲用水處理藥劑使用的有機聚電解質 有聚丙烯醯胺(poly-acrylamides，可再細分為陰離子型 APAMs、非離子及較少見的陽離子型 CPAMs)、氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Polyamines(Epichlorohydrin Dimethylamine), Epi-DMA) 及聚氯化己二烯二甲基胺(Poly (Diallyldimethyl Ammonium Chloride), Poly(DADMAC))，簡介如表 2.1.3-1 所示。

一、 聚丙烯醯胺(Polyacrylamide，PAM)

聚丙烯醯胺應用在水處理的過程中已有三十年的歷史，通常做為助凝劑以增進生成膠羽(Flocs)的分離。聚丙烯醯胺及其衍生物是造紙、石油、化工、冶金、地質、煤炭、紡織、水處理等領域廣泛應用的多功能聚合物，聚丙烯醯胺同時具有促進過濾及膠凝的功效，可提升過濾流程的處理效能，並促進微小顆粒子膠凝使之較易於去除其特性、型態與用途如表 2.1.3-2 及表 2.1.3-3 所示。

聚丙烯醯胺主要由丙烯醯胺單體所組成，大致分為非離子型、陰離子型或陽離子型三類聚合物，不帶電之非離子聚合物單體為丙烯醯胺，陰離子型聚合物之單體除丙烯醯胺外還包括丙烯酸(acrylic acid)，陽離子型聚合物則是由丙烯醯胺以及陽離子丙烯酸酯丙烯醯氧基乙基三甲基氯化銨自由共聚而成。可以用四個丙烯酸二甲氨基乙酯以及甲基氯來形成丙烯酸酯丙烯醯氧基乙基三甲基氯化銨。陽離子型也是水處理最常使用的類型。

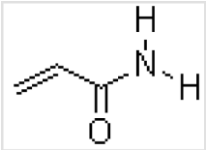
聚丙烯醯胺有無色粉末、膠狀及呈現白色的溶液狀三種型態，經皮接觸、飲用或吸入等途徑並不會對人體帶來毒性，但聚丙烯醯胺溶液中可能在製造過程中混入不純物質，包括未反應的單體以及其他反應生成的副產物，這些物質可能會造成毒性(王根樹，2018)。

表 2.1.3-1 常見用於淨水處理高分子聚合物之物化性比較表

化合物名稱	CAS 號碼	名稱縮寫	帶電性質	電荷密度，莫耳百分比	相對分子量	單體及結構	型式
Poly(diallyldimethyl-ammonium chloride)	26062-79-3	polyDADMAC	陽離子	10-25%	低~中	氯丙烯、二甲胺（DMA）線性結構	溶液（固體物為重量百分比10-40%）
Epichlorohydrin dimethylamine polyamines	25988-97-0; 42751-79-1	EPI-DMA	陽離子	>25%	低	環氧氯丙烷（EPI）、二甲胺枝狀結構	溶液（固體物為重量百分比10-65%）
Polyacrylamides	9003-05-8	APAMs	陰離子	廣範圍	高	丙烯醯胺的陰離子共聚合物、丙烯酸的陰離子單體	粉狀、乳膠狀、溶液（濃稠狀）
Polyacrylamides	9003-05-8	CPAMs 或 PAMs	陽離子或非離子性	廣範圍	高	丙烯醯胺的陽離子共聚合物、陽離子單體、丙烯醯胺的非離子性同元聚合物	粉狀、乳膠狀、溶液（濃稠狀）

資料來源：王根樹，2018

表 2.1.3-2 聚丙烯醯胺特性簡介

項目	內容
中文名稱	聚丙烯醯胺
英文名稱	Polyacrylamide (PAM)
分子式	$(C_3H_5NO)_n$
CAS No.	9003-05-8
品質管制	丙烯醯胺(Acrylamide): 500 mg/L
使用時機及用量	當飲用水水源之原水濁度大於 250 NTU 時，始得使用。最大添加劑量不得超過 1 毫克/公升(mg/L)。
結構式	$(CH_2=CHCONH_2)_n$
分子結構圖	
分子量	71.08
外觀	白色粉末或半透明珠粒或薄片
氣味	無臭
密度(23 度)	1.302 g/cm^3
臨界表面張力	30~4010-5 N/cm
玻璃化溫度	165℃
沸點	125℃ (3325 Pa)
熔點	84~85℃
LD_{50}	126 mg/kg
軟化溫度	210℃
熱失重(度)	初失重：290℃；失重 70%：430℃；失重 98%：555℃
熱分解氣體	<300 度：NH_3；> 300 度：H_2、CO、NH_3
熱穩定性	溫度超過 120 度時易分解
毒性	無毒
腐蝕性	無腐蝕性

資料來源：羅煌木，2015

表 2.1.3-3 聚丙烯醯胺的應用領域

應用領域	用途	類型
市政污水	處理生物污泥	陽離子
市政污水	物理-化學處理	陰離子
煉鋼	循環水	陰離子
硫酸鋁	生產過程去雜質	陰離子
釀造業	廢水	陽離子
黏土與陶瓷	濃縮	陰離子
洗煤	煤漿沉降、尾渣沉降、煤過濾	陰離子
奶製品加工	廢水生物處理、污泥處理	陽離子
鐵礦	沉降	陰離子
	細顆粒過濾	非離子
鋼鐵工業	高溫爐氣體洗滌、酸洗液淨化	陰離子
飲用水	提高處理效率	陰離子
	減少鋁鐵、鹽混凝劑用量	陽離子
	處理氫氧化物污泥	非離子

資料來源：李等，2005

單體丙烯醯胺(Acrylamide，AM)是由丙烯腈(2-propenenitrile)水合而成，丙烯醯胺單體有毒，可致癌、致畸，接觸會引起皮膚、眼睛和呼吸道過敏。世界衛生組織建議飲用水中濃度為 0.5μg/l。而飲用水處理用藥量(針對產品聚丙烯醯胺)為每升水中小於 1 mg 及單體含量需小於 0.05%(wt./wt.)。許多研究發現，在自然環境及實驗室實驗中，丙烯醯胺可被微生物族群快速的分解(AWWA, 2013)。由於製造過程不同，聚丙烯醯胺常混雜一些化合物如：Acrylic acid、Hydroxypropionitrile、Isobutyronitrile 等。

丙烯醯胺的暴露途徑包括了食入、皮膚接觸及吸入，一旦進入體內，可藉由身體循環系統的體液廣泛擴散至身體各部位，亦可穿透胎盤屏障至影響胎兒。某些食品經由高溫處理後會產生丙烯醯胺，人體

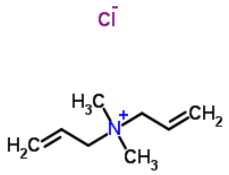
可因攝取不同的食品而暴露高濃度丙烯醯胺。食品中的丙烯醯胺濃度變化會因食品的種類、處理和烹調過程而有所差異，但一般而言會隨著溫度提升以及加熱時間增加而產生較高濃度的丙烯醯胺(WHO,2003)；富含高碳水化合物的食品，在高溫調理時會產生高濃度的丙烯醯胺(Moreno Navarro et al., 2007)。

二、 聚氯化己二烯二甲基胺(Poly(DADMAC))

聚氯化己二烯二甲基胺在美國廣泛地當作混凝劑使用，其特性如表 2.3.1-4 所示。研究指出添加聚氯化己二烯二甲基胺可增加原水濁度的移除(張等, 2007; Boltoa and Gregoryb, 2007)。它是由 Allyl choride 及 Dimethylamine 在水溶液中反應形成單體，再經由聚合作用製造而成。在單體形成後，未反應的 Allyl chloride 及其他副產品如：Allyl alcohol、Diallyl ether 及 5-hexenal 可能混雜於成品中。

較少文獻針對 Poly(DADMAC) 的毒性進行研究，但一般認為毒性最低。美國環保署針對 Poly(DADMAC) 的毒理資料進行評估並考量，大鼠的單一劑量餵食試驗顯示當 Poly(DADMAC)的劑量為 5 ml/kg (約為 2000 mg/kg)時可歸類其為「微毒性」。兩個關於基因毒性的研究指出在安姆斯測試(Ames test)及小鼠微核試驗顯示 Poly(DADMAC)對基因毒性呈陰性反應。目前 Poly(DADMAC)並無可用的致癌性研究，但由於致畸胎性、多世代及致突變性等研究均顯示 Poly(DADMAC)無顯著的毒性影響，故推論其可能不具致癌性。(王根樹, 2018)

表 2.1.3-4 聚氯化己二烯二甲基胺特性簡介

項目	內容
中文名稱	聚氯化己二烯二甲基胺
英文名稱	Poly (Diallyldimethyl Ammonium Chloride), [Poly(DADMAC)]
分子式	$(C_8H_{16}N\cdot Cl)_n$
CAS No.	26062-79-3
品質管制	氯化己二烯二甲基胺 (Diallyldimethyl Ammonium Chloride): 500 mg/L
使用時機及用量	當飲用水水源之原水濁度大於 250 NTU 時，始得使用。最大添加劑量不得超過 10 毫克/公升(mg/L)。
分子結構圖	
分子量	161.6723
外觀	無色至淡黃色粘稠液體
固體含量(120℃, 2h) %	39-41 %
粘度(25℃, cps)	2500-5000
pH	5.0-8.0
沸點	280-300 ℃
凝固點	-2.8℃
比重	1.04 g/cm^3

資料來源：羅煌木，2015

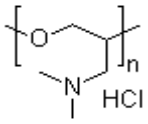
三、 氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Epi-DMA)

氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物是由環氧氯丙烷(Epichlorohydrin)及二甲胺(Dimethylamine)聚合而成，其特性如表2.3.1-5 所示。Epi-DMA 也被廣泛地使用在水處理流程上，且和Poly(DADMAC)相互競爭使用市場。

氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物經皮接觸、飲用或吸入等途徑並不會對人體帶來毒性，但與聚丙烯醯胺相同，有毒性的未反應單體或反應副產物等不純物質會存在於溶液中，如環氧氯丙烷具有急毒性，具有潛在肝臟毒性、腎毒性及影響中樞神經系統，短期急性暴露則具有皮膚刺激性，慢性長期暴露則可能導致染色體變異，且在 USEPA 分類為可能人類致癌物 B2。

綜合以上三種高分子化合物，本身聚合物毒性皆不高，但其單體存有健康疑慮，丙烯醯胺單體為可能的人類致癌物，碳水化合物高的食品，在高溫調理時會產生高濃度的丙烯醯胺（如炸洋芋片），人類主要的暴露來源為食物。Epi-DMA 則單體環氧氯丙烷為可能的人類致癌物，單體可能因飲用水處理藥劑或交換樹脂而進入飲用水中。Poly(DADMAC)則於致畸胎性、多世代及致突變性等研究均顯示較無顯著的毒性影響(王根樹, 2018)。

表 2.1.3-5 氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物特性簡介

項目	內容
中文名稱	氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物
英文名稱	Epi-DMA Polyamines (Epichlorohydrin Dimethylamine, Polymer)
分子式	$(C_2H_7N{\cdot}C_3H_5ClO)_n$
CAS No.	25988-97-0
品質管制	氯甲基一氧三環(Epichlorohydrin): 20 mg/L 以下 1,3-二氯-2-丙醇(1,3-Dichloro-2-Propanol): 1000 mg/L 以下
使用時機及用量	當飲用水水源之原水濁度大於 250 NTU 時，始得使用。最大添加劑量不得超過 20 毫克/公升(mg/L)。
分子式	$(C_{15}H_{15}ClN_2)_n$
分子結構圖	
分子量	258.7460
沸點	439 ℃ at 760 mmHg
密度(25 度)	1.1 g/mL
折射率	*n*20/D 1.427
汽化焓	70.93 kJ/mol
極性表面積	16.77

資料來源：羅煌木，2015

2.2 高分子聚合物使用情形

2.2.1 高分子聚合物作為淨水用藥的使用時機

高分子聚合物用於淨水最少已有 40 年歷史(Kawamura,1976)，高分子聚合物相較傳統混凝劑有諸多優點，例如使用劑量較低、污泥量較少及沒有殘餘鋁問題(相對於使用鋁系混凝劑)，除此之外，添加高分子聚合物還有協助膠凝、穩定膠羽、加強沉降及協助過濾之效果(Bolto and Gregory, 2007)。若配合原有混凝劑使用，更可達到減少混凝劑使用量達 40-60%的效果(Hall and Hyde, 1992)。

除一般狀況原水外，對於特殊水源如高有機質原水亦有文獻指出可添加高分子聚合物進行處理(Matilainen et al., 2010)，例如在加強混凝系統適量添加可降低消毒副產物的產生(Tryby et al.,1993)，但處理效果好壞仰賴混凝劑量、高分子助凝劑種類及劑量及操作模式的最佳化(Narkis et al., 1991)。

高分子聚合物在美國淨水場應用廣泛，例如在南卡羅來納州的兩個淨水場在遭遇低濁度(<10 NTU)、高有機質(TOC 3 mg/L~旱季 20> mg/L)及高色度(7 鉑鈷單位~旱季最高 150 鉑鈷單位)的原水狀況下以聚丙烯醯胺配合硫酸鋁或氯化鐵作為主要混凝劑、前加氯(二氧化氯、氯)作為前處理氧化劑，清水濁度可處理至 0.5 NTU 以下、總有機碳去除率可達 65％-70％。且總三鹵甲烷可控制在 0.08 mg/L 以下。此外在高濁度原水合併有高 TOC、藻類或臭味問題的淨水場如美國 RC Wilson Water plant，使用 Poly(DADMAC)配合高錳酸鉀前氧化及粉狀活性碳吸附，亦可達到良好處理效果(蘇金龍, 2001)。

在德國及澳洲水庫亦常因營養源豐富，呈現優養化狀況並引發藻類大量滋生，造成淨水場處理困難，除管控營養源進入的根本方法外，藉由添加活性碳、Poly(DADMAC)配合 pH 最適化調整的操作模式，可有效處理水質問題(籃炳樟等, 2008；徐玟玲, 2006)。相關案例整理如表 2.2.1-1 所示。

表 2.2.1-1 高分子聚合物各國淨水場處理方法及成效

場址	原水質量	遭遇問題	處理方法	成效
美國南卡 Moultrie Pleasant Water Works	設計處理水量 12 萬 CMD，原水 TOC 3~5 mg/L，濁度 8 NTU 以下，河川集水區累積大量天然有機物質，下雨後皆沖刷至河流進入湖泊，故原水總有機碳、色度均高。	原水於夏季枯水期 TOC 20 mg/L，色度 10 鉑鈷單位左右。	將前加氯改以二氧化氯或高錳酸鉀當作氧化劑，以硫酸鋁或氯化鐵為膠凝劑，調整 pH 值，加強混凝，並添加高分子凝聚劑為凝聚劑。	過濾後 TOC 之去除效果，氯化鐵優於硫酸鋁。清水加氯消毒自由有效餘氯控制在 1.0 mg/L 外，再加入氨氮，使其與有效餘氯結合為氯胺。為了梨形鞭毛蟲及隱胞子蟲問題，清水濁度控制在 0.05 NTU 左右，總三鹵甲烷 0.08 mg/L 以下。該場有加氟單元。總有機碳之去除率為 65~70 %。
美國南卡 Hanahan plant	水源來自 Mocullough、 Gibson 及 Hanahan 三條河流。設計處理水量 21 萬 CMD，原水 TOC 8~10 mg/L，平時濁度 5 NTU，色度平均為 7 鉑鈷單位。	夏季枯水期色度曾高達 150 鉑鈷單位，TOC 最高 20 mg/L，有臭度問題初嗅度曾高達 10。	目前若遇到臭度問題則以加粉末活性碳或高錳酸鉀處理。原水加酸降低 pH 值至 5.9~6.0 加硫酸鋁(TOC 8~10 mg/L、硫酸鋁量約 50~60 mg/L)，最後在慢混池添加聚丙烯醯胺 0.1 mg/L，其沈澱池為一很獨特放射扇形沈澱池。前處理除不加氯外或加氯外，或另於快濾池池後加二氧化氯，視原水水質而調整，清水再加氯與氯氨。	經沈澱池後之濁度可控制 0.5NTU 左右，總三鹵甲烷皆可在 0.08 mg/L 以下。該場有加氟加藥單元，其總有機碳之去除率可達 65~70% ，最佳處理可達 77% 。為防止梨形蟲及隱胞子蟲問題發生清水濁度控制在 0.05NTU 左右。

場址	原水質量	遭遇問題	處理方法	成效
美國 Columbus Water Works	處理水量50萬CMD，濁度平常10 NTU左右，濁度最高約200 NTU，TOC為5~10 mg/L。	夏季枯水期偶有臭味及色度問題。	原水加CaO將pH值提高至8.9，以$FeCl_3$為凝聚劑，並酌加聚丙烯醯胺當凝聚劑，過濾後加ClO_2。	沈澱後濁度在0.55 NTU左右，而清水濁度控制在0.1 NTU以下，有效餘氯控制在0.9 mg/L。總有機碳去除率可達70%，清水三鹵甲烷在0.08 mg/L以下。
美國 RC Wilson Water plant	設計出水量為28,420 CMD，原水濁度平常10 NTU以下。	原水含有藻類、臭味、色度及鐵錳。大雨時濁度高達1000多NTU(含沙)。	設有初沈池且容量大，停留時間可達3 hr。取水口處以加高錳酸鉀取代前氯，於快混池加45 mg/L(最高加藥率)粉末活性碳，以聚氯化己二烯二甲基胺做凝聚劑，過濾時間超過50 hr，就自動反沖洗砂後加氯。	淨水場TOC年平均約2.7 mg/L，沈澱後濁度在1 NTU以下，過濾水濁度在0.05 NTU，TOC去除率65~70%，自由有效餘氯控制在1.0 mg/L。
美國加州绿山谷淨水場 Green Valley water treatment plant	水源取自Frey和Madigan湖與Solano灌溉水源，設計出水量1.0 MGD(百萬加侖/天)。	添加硫酸鋁為混凝劑以陽性polymer為凝聚劑，該處理程序並未能去除TOC，致消毒後所衍生之消毒副產物(DBP)超出規定。	加入陰離子交換樹脂吸附無法使用混凝去除之中低分子量有機物，並可降低硫酸鋁以及polymer的添加量。	設置每日處理1百萬加崙之MIEX Resin前處理設施工程，可有效降低水中TOC與消毒副產物。 該場目前添加5~7 mg/L硫酸鋁與8~15 mg/L polymer，以陰離子交換樹脂作為前處理之杯瓶試驗顯示，僅添加少於15 mg/L之硫酸鋁即可。

場址	原水質量	遭遇問題	處理方法	成效
德國 Haltern 淨水場	水源來自 Haltern 及 Hullern 水庫，每日出水量 413,000 CMD。	水庫較易出現藻類優養化情形。	在水庫交接處添加活性碳(Active Carbon)、膠凝劑($FeCl_3$)，凝結水中溶解性物質使其沉積。	沉積水中有機物，減少藻類營養來源，防止水庫優養化，活性碳可吸附有機污染物。
澳洲雪梨 Prospect 淨水場	水源 Warragamba Dam(沃勒甘巴水庫)及 Nepean Dam(尼皮恩水庫)兩水庫，其中又以 Warragamba Dam 水庫為主，設計出水量為 300 萬 CMD，原水約 5 NTU 使用氯化鐵與陽性高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)。	每年 6 及 7 月為該地雨季，營養源隨雨水進入水庫，藻類大量繁殖。	為避免藻類影響在水庫水面下 40-50 m 採取水樣針對原生動物則每禮拜 6 天採樣進行原水梨形鞭毛蟲 Girada 及隱孢子蟲 Cryptosporidium 之監測(樣品收集後送 AWQC 澳洲水質研究中心檢驗)。原水調整 pH 至 7.1~7.2 後先行加入膠凝劑氯化鐵，再同步加入 polyDADMC 及石灰水調整 pH 至 8 以上。polyDADMC 加藥量分別為 1.9、1.9、1.9、2.0 mg/L，pH 分別為 9.41、9.13、9.20、9.35。pH 調整後之原水在進入過濾前，添加助濾劑。	Prospect 淨水場之反洗廢水經完善之廢水處理，借添加高分子助凝、沉澱、及砂濾後，再回收至原水端，可降低隱孢子蟲孢囊穿透之水質風險。

資料來源：羅煌木，2015

2.2.2 高分子凝聚劑在台灣的使用情形及文獻回顧

相較於國外多用於有機質、臭味污染，台灣使用高分子聚合物作為淨水處理輔助用藥的案例除法規開放的高濁度(>250 NTU)原水狀況下，作為助凝劑以外，在低濁度難處理原水應用高分子聚合物亦有相關研究，例如台水公司研究計畫「水公司淨水場低濁難處理原水處理最適化之研究(黃志彬, 2008)」藉由分析低濁度難處理水水質、顆粒物化特性再經由實驗室混沉效能評估、過濾性效能評估找出最適化操作條件，建立淨水場低濁度難處理水之最適化操作參數。並對高分子淨水藥劑適用性用進行評估。結果顯示在遭遇低濁度難處理原水時，可考慮添加高分子凝集劑作為助凝劑，添加量應控制 0.1 mg/L 以下，但高分子凝集劑的添加較不適用於低濁含藻原水。

「有機高分子凝聚劑於低濁度原水處理效能之研究」(羅煌木, 2015)更針對常見混凝劑(硫酸鋁、聚氯化鋁、氯化鐵、聚矽酸鐵)及高分子聚合物組合測試，進行模擬實場條件（含模擬實場添加氧化及消毒藥劑）進行杯瓶試驗，比較不同藥劑之處理效果，並選擇最佳 1 座淨水場建置模場並試驗，顯示有機高分子助凝劑可有效協助處理低濁難處理原水且無健康風險，提出說帖建議環保署開放原水濁度低於 250 NTU 以下之淨水場原水。

對於低濁度高有機質原水，台水公司亦曾委託台大團隊針對澎湖成功場、鳳山淨水場進行「高分子聚合物對淨水水質影響之評估」(駱尚廉，2001)，測試數種常見高分子聚合物，結果顯示中、高分子量的陽離子性高分子聚合物對 TOC 及濁度有較佳的處理效果，較不添加者約可增加 20%-30%之 TOC 去除量。對於消毒副產物三鹵甲烷的生成，後加氯能有效降低生成量，加入 Poly(DADMAC)去除 TOC 後，成功場更可大幅降低三鹵甲烷生成(110 μg/L→22 μg/L)。此外前加酸調理(原水至 pH 5.9)之加強混凝程序，中、高分子量的陽離子性高分子聚合物對濁度有極佳去除效果，而 TOC 的去除效果可達到 50%左右。

另台水公司委託中原大學團隊針對龍潭、石門場進行之「二區轄區淨水場混凝加藥及清水鋁控制策略評估」亦針對不同濁度原水條件下，測試氯化鐵、 PACl-C，或雙加藥，配合添加高分子 Poly(DADMAC)之混沉效果，結果顯示石門場原水在低濁及高濁下，添加 0.1 mg/L Poly(DADMAC)可增大膠羽粒徑且提升濁度去除率，且可降低水中溶解鋁量(林志麟, 2017)。

對於添加高分子聚合物的健康風險疑慮，台水公司委託台大公衛團隊進行研究計劃「以有機高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑之安全性評估探討」(王根樹, 2018)，蒐集有機高分子聚合物作為淨水用藥之更多科學化數據，包括風險值及消毒副產物生成量等評估資料，為避免藥劑中單體及消毒後生成消毒副產物對人體健康之潛在危害，自來水事業單位採購高分子凝聚劑時除加強單體及不純物之品管要求，使用經 NSF 認證廠商所提供之藥品，並依規範適當儲存及使用藥劑外，應於添加高分子凝聚劑時同時配合清水中 NDMA 濃度檢測，並透過最高加藥劑量管制以控制其在飲用水中之濃度。國內高分子聚合物作為淨水用藥文獻回顧如表 2.2.2-1 所示。

表 2.2.2-1 國內高分子聚合物作為淨水用藥文獻回顧

報告名稱	作者/年	標的淨水場	標的	測試項目	報告中有關高分子凝聚劑之研究結論
高分子聚合物對淨水水質影響之評估	駱尚廉，2001	鳳山、成功	低濁度及高有總有機碳	測試 4 種高分子，包含高、中、低分子量	陽離子高分子聚合物對 TOC 及濁度有較佳的處理效果，可增加約 30%之 TOC 去除量，若配合調酸加強混凝甚至可達 50%，並可降低三鹵甲烷生成。
水公司淨水場低濁難處理原水處理最適化之研究	黃志彬，2008	龍潭、板新、鯉魚潭、平鎮、寶山場	低濁低有機物、含藻、高有機物原水	硫酸鋁、PACl、PACl-Al_{13}、配合添加高分子 PAM	高分子凝聚劑 PAM 在少量添加 (<0.1mg) 有助於提升低濁難處理原水混沉後上澄液過濾性。
有機高分子凝聚劑於低濁度原水處理效能之研究	羅煌木，2013	豐原、龍潭、平鎮、東興、鯉魚潭	低濁度原水 (<250 NTU)	測試 4 種混凝劑搭配 3 種高分子	找出各場最適濁度去除比例之條件、並測試添加高分子凝聚劑無致變毒理反應(Ames、microtox、污泥毒性溶出、種子發芽測試)。
二區轄區淨水場混凝加藥及清水鋁控制策略評估	林志麟，2017	龍潭、石門場	現有操作模式有鋁超內控問題	測試氯化鐵、PACl-C 或雙加藥系統，配合添加高分子 Poly(DADMAC)	石門場原水在低濁及高濁下，添加高分子 (0.1 mg/L)均可增大膠羽粒徑且提升濁度去除率，且可降低水中溶解鋁量。
以有機高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑之安全性評估探討	王根樹，2018	蒐集整理高分子凝聚劑作為淨水用藥相關水質安全文獻，並邀集國內外專家學者召開諮商會議			提出高分子凝聚劑作為淨水藥劑之 3 點管理建議

2.3 高分子凝聚劑使用風險探討

雖然添加高分子聚合物在水處理過程中確實有相當程度效果，但亦存在疑慮，最主要關注的議題在於其單體毒性，可能殘餘在清水、廢水、製程中或生物固體中的聚合物單體對消費者的健康及環境造成潛在危害；除此之外，有機高分子聚合物與淨水處理時作為消毒劑的氯化物(氯胺、次氯酸鈉、氯氣)或作為氧化劑的臭氧等藥劑反應後產生之消毒副產物(disinfection by-products, DBPs)，亦有致癌等健康風險，因此高分子淨水藥劑的使用時機、劑量、加藥順序等皆須進行最適化。

2.3.1 高分子單體疑慮及各國高分子使用規範

高分子聚合物本身毒性很低，但其單體如聚丙烯醯胺單體丙烯醯胺具致癌、致畸毒性(致癌物分類為疑似人體致癌物 B2)；氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Epi-DMA)主要成分環氧氯丙烷亦有潛在肝臟、腎及神經毒性，且亦有染色體致變性。因此世界各國皆有相關使用規範，因此二種物質在水體中缺乏標準分析技術，美國環保署制定了處理技術要求(treatment technique, TT)，以控制在清水中之最高污染物濃度(Maximum Contaminant Level, MCL)。此二種污染物的處理技術要求限制了聚合物與共聚物中的允許單體殘餘量以及聚合物使用劑量。

此外，針對處理後清水水質，美國環保署於 1989 年提出丙烯醯胺與環氧氯丙烷的飲用水法規建議(54 FR 22062)，並於 1991 年公布最終法規(56 FR 3526)。美國國家主要飲用水法令(National primary drinking water regulations, NPDWRs)規定飲用水中丙烯醯胺濃度不可超過 0.5μg/L，NPDWRs 並制定最高污染物濃度目標(Maximum Contaminant Level Goals, MCLGs)為 0。另針對 Epi-DMA 單體環氧氯丙烷，根據其致癌物分類為疑似人體致癌物 B2，美國環保署亦制定 MCLGs 為 0。

對於 Poly(DADMAC)單體，因為現有文獻並無資料顯示 DADMAC 對人體健康有影響，故 NPDWRs 並無相關標準，亦無被列為 CCL1、CCL2、CCL3 之關切物質清單之中，在水處理系統則建立了相關標準(NSF/ANSI 60)，規定 DADMAC 單體在飲用水中不可超過 500 μg/L(王根樹, 2018)。

美國環保署的規範所有用水處理單位必須以書面報告向主管機關（例如州政府或環保署）證明高分子凝聚劑的製造劑量與單體殘餘量不會超過相關規範。處理單位必須透過第三方或是製造商認證機構如美國國家衛生基金會提出淨水場所使用高分子凝聚劑的單體殘餘含量檢測報告。現行美國使用許可要求所使用之化學藥劑必須符合美國國家衛生基金會與美國國家標準研究院(NSF/ANSI)標準 60－ 飲用水處理物質健康效應(Drinking Water Treatment Chemicals–Health Effects)，該標準是以保護人體健康為目標制定使用化學物質的要求(NSF, 2016)。因此，含有丙烯醯胺與環氧氯丙烷的高分子凝聚劑經過 NSF 標準 60 認證後，即代表當該產品按照說明使用時(例如特定目的或最高使用劑量)，該藥劑之使用符合美國環保署的規範。

目前美國 NPDWR 所規範之丙烯醯胺限值與 WHO 指南相近。其他國家對於高分子淨水用藥相關規範通常比美國 NPDWR 更嚴格，如澳洲丙烯醯胺標準僅為 NPDWR 最大允許濃度的一半(0.2 μg/L)，歐盟和英國標準的最大允許濃度更只有 NPDWR 最大允許濃度的五分之一(0.1 μg/L)。日本則依 2014 年厚生労働省令第一五號令，水道設施技術基準第一條第 16 款，允許使用有機高分子聚劑為水處理藥劑，參考歐美嚴格之使用管制，規定丙烯醯胺單體殘餘量應低於 0.00005 mg/L(非水質標準項目)，且水質檢討項目暫訂環氧氯丙烷目標值為 0.0004 mg/L。各國對於高分子聚合物作為淨水用藥相關規範整理如表 2.3.1-1 所示。

表 2.3.1-1 各國高分子聚合物作為淨水用藥相關規範

國家/區域	法規或建議值	丙烯醯胺 polyacrylamides	聚氯化己二烯二甲基胺 Poly(DADMAC)	氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物 Epi-DMA
USEPA	殘餘單體	0.05%		0.01%
	最大劑量	1 mg/L	50 mg/L	20 mg/L
	水中濃度	TT[1]		TT(Epichlorohydrin)
NSF/ANSI 60	殘餘單體	0.05%	5.0%	100 ppm
	最大劑量	1 mg/L	10 mg/L	20 mg/L
	水中濃度	0.5 ppb	500 ppb	2 ppb
英國	殘餘單體	0.02%		0.002%
	劑量	0.25 mg/L(平均) 0.5 mg/L(最大)		2.5 mg/L(平均) 5 mg/L(最大)
	水中濃度	0.1 μg/L(最大)		0.1 μg/L（最大）
歐盟	殘餘單體	0.02%	0.5%	
	劑量	0.5 mg/L	1~2 mg/L	
	水中濃度	0.1 μg/L		0.1 μg/L
WHO	水中濃度	0.5 μg/L		0.4 μg/L
澳洲	殘餘單體	-	2%	
	水中濃度	0.2 μg/L	-	0.5 μg/L
台灣	殘餘單體	0.05%	5%	20 ppm
	最大劑量	1 mg/L	10 mg/L	20 mg/L
日本	最大劑量	0.1 mg/L		
	水中濃度	0.05 μg/L		0.4 μg/L
紐西蘭	殘餘單體	0.01%	2.0%	5 ppm

資料來源：王根樹，2018

台灣目前於飲用水管理條例第 13 條規範飲用水水質處理所使用之藥劑，並公告飲用水水質處理藥劑一覽表共 21 種。其中高分子聚合物於 87 年 3 月 31 日環署毒字第 0018264 號公告開放三種，分別為藥劑編號 17 聚丙烯醯胺、編號 18 聚氯化己二烯二甲基胺及編號 19 氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物，對於高分子聚合物之使用時機、申報、記錄有所規定，並管制各藥劑之最大使用劑量及品質(藥劑殘餘單體)，相關資料整理如表 2.3.2-2 所示。

表 2.3.1-2 台灣現行高分子聚合物作為淨水用藥規定

	聚丙烯醯胺 (poly-acrylamide,PAM)	聚氯化己二烯二甲基胺(Poly(DADMAC))	氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Epi-DMA)
法源依據	飲用水管理條例第 13 條(95 年 1 月 27 日修正) 飲用水水質處理藥劑一覽表(99 年 3 月 29 日修正)		
使用時機及規範	當飲用水水源之原水濁度大於二五〇ＮＴＵ時，始得使用本公告之高分子凝聚劑，並應於每次使用後七日內依附表二高分子凝聚劑使用記錄申報表之格式填妥向本署申報。上述記錄應保存三年備查。未依規定申報或申報不實者，不得使用高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑		
現行標準	1 mg/L	10 mg/L	20 mg/L
品質管制	丙烯醯胺：0.05%	氯化己二烯二甲基胺：5%	環氧氯丙烷：20 ppm 1,3-二氯-2-丙醇：1000 ppm
聚合物中單體檢測方法	D501.30B 丙烯醯胺檢測方法液相層析儀紫外光偵測器法	D502.20B 氯化己二烯二甲基胺檢測方法液相層析儀紫外光偵測器法	D701.20B 不純物氯甲基一氧三環及 1,3 二氯 2 丙醇檢測方法氣相層析儀火焰離子化偵測器法

2.3.2消毒副產物疑慮

一、總三鹵甲烷(THMs)及其他鹵化物

除單體毒性外，高分子聚合物因氧化反應可能產生的消毒副產物亦有健康疑慮，研究顯示聚丙烯醯胺可能與氯反應而生成三鹵甲烷(Soponkanaporn and Gehr, 1989)。然而但當水中有天然有機物存在時，NOM 和氯反應產生的總三鹵甲烷濃度貢獻高得多，一般淨水流程應用高分子聚合物所產生的總三鹵甲烷濃度和 NOM 產生的相較，幾乎可忽略(Fielding et al., 1999; Chang et al., 1999)。

除總三鹵甲烷外，亦有文獻指出使用 Epi-DMA 和氯反應後生成明顯的可吸附有機鹵化物(AOX) (Fielding et al., 1999)，當 Epi-DMA 和氯反應時，可能產生的消毒副產物包含三氯甲烷、二氯乙酸、三氯乙酸、甲醛、乙二醛、甲基乙二醛等，而這些消毒副產物前質來源可能為聚合物中未反應的單體及不純物中的有機質成分，如環氧氯丙烷(epichlorohydrin)、二甲胺(dimethylamine)、環氧丙醇(glycidol)、乙二胺(ethylenediamine)及在環氧丙烷中可能出現的各種含氯芳香族醇等污染物(Letterman and Pero, 1990)，這些聚電解質的單體或不純物成分，皆可能經消毒過程時產生消毒副產物。

二、N-亞硝基二甲基胺(NDMA)

陽離子含胺類聚合物被認為和消毒副產物亞硝胺(nitrosamin)有關。亞硝胺類消毒副產物包括九種有毒、甚至具有致癌性的物質。其中 N-亞硝基二甲基胺(N-nitrosodimethylamine, NDMA)，其毒性高於三鹵甲烷(THMs)及含鹵乙酸（HAAs)而受到廣泛關注。

NDMA 具有強肝臟毒性，屬第 2A 類致癌物質(對人類很可能有致癌性)。更名列美國污染物候選清單(CCL-4)當中。針對亞硝胺類污染物，雖然美國環保署目前尚未訂定任何清水中殘餘的管制規範(MCLt)，但世界衛生組織(WHO)以及美國部分的州已對亞硝胺類污染物訂定了管制指引。世界衛生組織的管制指引對於 NDMA 的殘餘

要求為低於 100 ng/L，加州則訂定了 NDMA 的行動標準(action level)以及公共衛生目標等兩種要求，分別是 10 ng/L 和 3 ng/L，即超過此濃度時應採取適當之行動(王根樹, 2018)。

而在美國的全國性調查中，發現 NDMA 在六個亞硝胺化合物當中所佔比例最高，並在 10%的飲用水樣本檢測出其濃度中位數高達 4.1 ng/L。中國清華大學對全國飲用水系統中亞硝胺類消毒副產物的普查，從全中國 23 個省、44 個大中小城市和城鎮、共 155 個點位採集了 164 個水樣，結果顯示中國的清水及配水中的亞硝胺檢出情況要比美國嚴重，NDMA 的平均濃度分別為 11 和 13 ng/L(Bei et al., 2016)。

鑑於飲用水中亞硝胺的健康風險及檢出率，近年來開始有不少研究針對其前質及其在消毒過程中的生成機制進行調查。其中有研究指出，含胺前質與氯胺(通常是二氯胺)反應會導致 NDMA 的生成(Mitch and Sedlak, 2002; Shah and Mitch, 2012)，而含胺前質可能來自帶有二級胺、三級胺的藥劑、陰離子交換樹脂、含胺聚電解質或低、中分子量的天然有機物等(Kemper et al., 2010; Cheng et al., 2006; Padhye et al., 2013)。而在這些可能生成 NDMA 的前質當中，被用作混凝劑及助凝劑的複合混凝劑含有二甲基胺(DMA)含胺聚合物添加在使用氯、氯胺以及臭氧消毒的水體當中會導致 NDMA 的生成(Mitch and Sedlak., 2010; Park et al., 2009)。

若干研究指出，若使用氯或氯胺作為消毒劑，將會觀察到 Poly(DADMAC)的添加劑量和 NDMA 的生成量具有相關性，此一結果指出 Poly(DADMAC)很可能是 NDMA 前質的來源(Wilczak et al., 2003; Mitch et al., 2009)。更有研究指出在加氯消毒之後，Poly(DADMAC)劑量和 NDMA 的生成量會呈現線性關係(Valentine et al., 2005)，但他們觀察到的 NDMA 濃度遠低於 Wilczak 等人(Wilczak et al., 2003)使用氯胺消毒所作研究的濃度。此一現象表明了氯可能有較強的能力去破壞高分子聚合物間的鍵結。Park 等人認為對於 NDMA 的生成而言，氯胺可能是最佳的氧化劑，接著是自由氯、臭氧和二氧

化氯(Park et al., 2015)。

不過也有文獻指出，在其他水質參數條件(例如亞硝酸鹽類的存在)的影響下，可能會提高消毒劑對 NDMA 生成的貢獻，進一步導致加氯消毒產生的 NDMA 濃度高於氯胺消毒產生的濃度。實驗結果顯示，在使用 Poly(DADMAC) 搭配加氯消毒的情況下，高分子聚合物的使用劑量，以及高分子聚合物、氯和亞硝酸鹽類之間的交互作用，對 NDMA 的生成量而言是重要因子;然而當使用氯胺作為消毒劑時，僅剩下高分子聚合物的使用劑量對 NDMA 的生成量而言是重要因子(Valentine et al., 2005)。

在其他高分子凝聚劑的部分，包含聚胺(polyamine)、Epi-DMA 等，在與水中自由氯或氯胺反應後，皆被證明提高了 NDMA 的生成量(Valentine et al., 2005; Park et al., 2015)。研究結果也顯示，加氯消毒搭配 Epi-DMA 產生的 NDMA 量會比使用 Poly(DADMAC)混凝劑來得多(Valentine et al., 2005)。

研究指出使用氯胺消毒搭配 Poly(DADMAC)混凝劑或 polyamine 的情況下，NDMA 的生成是由聚電解質本身所導致的，而非聚電解質中所含的不純物(Park et al., 2009)。儘管在高分子聚合物原料中可能含有少量游離的二甲基胺(free DMA)雜質，NDMA 的生成，主要仍是因聚合物降解後釋放出的二甲基胺和氯胺產生反應，而非聚合物中殘餘的 DMA 單體(Valentine et al., 2005)。二甲基胺主要由高分子聚合物(如 Poly(DADMAC))之間的鍵結被氧化打斷產生，接著再進一步氧化形成 NDMA(Huang et al., 2011)。研究也顯示隨著操作流程中 pH 值的增加，Poly(DADMAC)經氧化後產生的 NDMA 生成量也會隨之增加(Padhye, 2010)。

前氧化處理可能也是減少 NDMA 生成的方法之一，一般常用的氧化劑包括二氧化氯、氯以及臭氧。過去有研究發現以過錳酸鉀、過氧化氫、紫外光、臭氧處理過的水，在後續的氯胺消毒過程中能夠減少 NDMA 生成潛能(Chen and Valentine, 2008)。最近研究則提到，將

受污水放流水、Poly(DADMAC)以及陰離子交換樹脂影響的水樣，先以氯經過高劑量/長接觸時間、臭氧或高強度的紫外光處理，能減少後續氯胺消毒過程中 NDMA 的形成。不過前氧化處理在某些情況下也可能增加 NDMA 的生成或增加其他消毒副產物如 THM 及 HAA 等含量，視前氧化處理的方法以及水樣的特性而定(Shah et al., 2012)。

然而一項針對 100 個供水系統(88 個來自美國 EPA 第二期未列管汙染物監測計畫(Unregulated Contaminant Monitoring Rule, UCMR 2)，另外 12 個來自安大略省飲用水監測計劃)的研究顯示，無論是否使用陽離子高分子聚合物，觀察到的 NDMA 濃度都沒有太大的差異，因此相較於使用高分子聚合物，使用氯胺消毒對 NDMA 的產生，是一個更加重要的影響因子(Russell et al., 2012)。

然而在一個小型的混凝劑使用研究中發現，使用陽離子聚電解質的淨水場，相較於沒有使用聚電解質的淨水場，NDMA 的濃度增加了 43%到 82% (Krasner et al., 2012)。這些研究的結果顯示，在陽離子聚高分子聚合物的使用導致 NDMA 濃度提高這件事上，可能有更多的因子對其產生影響。

總整相關文獻可知以氯胺消毒對於使用高分子聚合物作為水處理藥劑，可能會導致飲用水中產生 NDMA，而折點加氯則能降低水中 NDMA 之生成量，針對水處理過程中使用的高分子凝聚劑對 NDMA 生成的影響及氯胺反應、折點加氯和前氧化處理等對其之影響值得持續探討，如表 2.3.2-1 所示。

表 2.3.2-1 三種常見高分子聚合物作為淨水用藥風險綜整表

	聚丙烯醯胺 (Poly-acrylamide,PAM)	**聚氯化己二烯二甲基胺 (Poly(DADMAC))**	**氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Epi-DMA)**
現行標準 (mg/L)	1	10	20
單體不純度限制	丙烯醯胺：0.05%	氯化己二烯二甲基胺：5%	環氧氯丙烷：20 ppm 1,3-二氯-2-丙醇：1000 ppm
化學物健康疑慮	聚丙醯胺單體有神經毒性，為可能的人類致癌物，主要的暴露來源為食物	聚氯化己二烯二甲基胺經皮接觸、飲用或吸入等途徑並不會對人體帶來毒性，較少文獻針對Poly(DADMAC)的毒性進行研究，但**一般認為其毒性最低**。	環氧氯丙烷單體有潛在肝臟毒性、腎毒性及影響中樞神經系統，且在 USEPA 分類為可能人類致癌物。
消毒副產物	與氯或氯胺等消毒劑反應時可能生成 NDMA 可和氯生成 THMs（但比水中 NOM 生成的 THM 低得多）。	可和**臭氧**反應產生甲醛。 以**氯胺消毒**可能產生少量 NDMA。	可和臭氧反應產生甲醛。 以氯胺消毒會產生較多量 NDMA（比用 Poly(DADMAC)多）。

第三章 執行方法

3.1 研究架構

本研究案探討不同水源特性、高低濁度、混凝劑及次氯酸鈉加藥條件下添加高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)做為助凝劑之最適加藥量、成效及可能影響，以期能有效控制台水公司出水濁度、殘餘鋁含量、降低有機物前質、增強過濾特性等，本研究架構流程如圖 3.1-1 所示。

藉由台水公司實驗室資訊管理系統(LIMS)及水質預警系統(ADTS)，蒐集歷年淨水場之水質檢驗數據資訊進行分析、歸納及整理後，配合文獻回顧，選定本研究案標的淨水場進行測試。

針對不同特性、濁度原水進行杯瓶試驗，使用鋁、鐵系混凝劑(單獨或雙重加藥方式)及添加 Poly(DADMAC)作為助凝劑，以探討混凝劑與有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)之最適加藥量，進而評估使用高分子助凝劑 Poly(DADMAC)之成效，包含去除沉澱水濁度、殘餘鋁、總有機碳之成效、可否減少混凝劑加藥量及適用不同濁度之原水等，並依杯瓶試驗結果評估台水公司淨水場對於限縮有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)是否足以因應；了解由目前 Poly(DADMAC)法規最大添加量限值 10 mg/L 予以降低，是否可廣泛應用於各級原水濁度變化及其原水水質變化。

了解使用有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)，分解產生之殘餘單體及消毒副產物 N-亞硝基二甲胺(NDMA)，有造成人體健康影響之疑慮，因此，以挑選不同水源特性之淨水場以混凝劑及助凝劑最佳條件進行杯瓶試驗，調整次氯酸鈉加藥量及加藥點，檢測單體殘餘及 N-亞硝基二甲胺(NDMA)，探討不同次氯酸鈉加藥量、加藥點對單體殘餘及產生 N-亞硝基二甲胺(NDMA)之情形，綜整各種不同原水特性的淨水場，評估相關杯瓶實驗結果進行分析與討論，提出適當添加有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)加藥上限及其使用時機，以利未來淨

水場評估使用，並提出飲用水中 Poly(DADMAC)殘餘單體可行性檢測方法供主管機關參考。

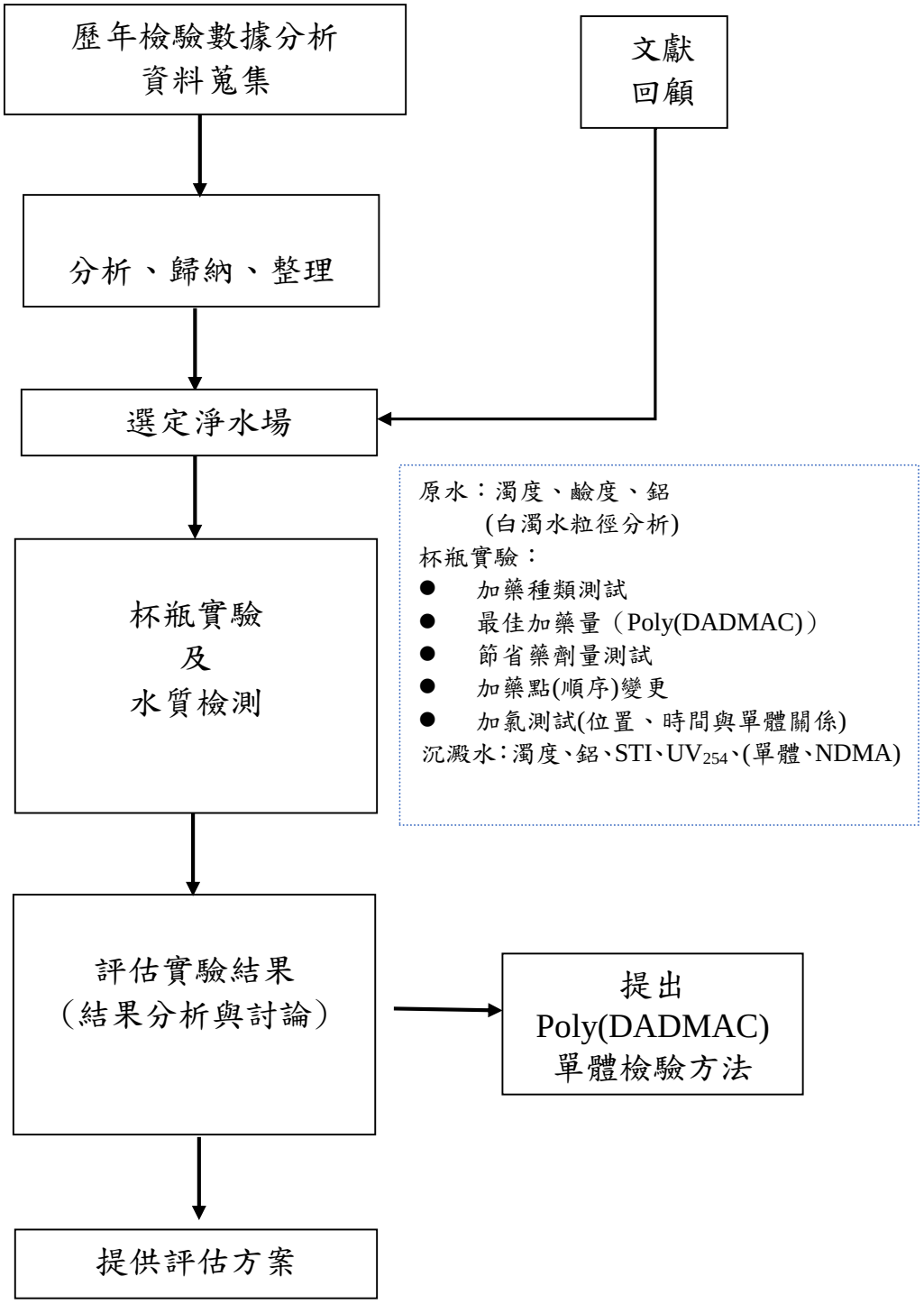


圖 3.1-1 研究架構流程圖

3.2 水質檢測數據管理工具

台水公司水質檢驗數據資料庫及水質資訊系統管理可概分為「實驗室資訊管理系統 Laboratory Information Management Systems (簡稱 LIMS)」、「水質預警系統(Alarm Data Transfer System 簡稱 ADTS)」兩大系統，兩系統功能分述如下：

3.2.1實驗室資訊管理系統(LIMS)

實驗室的分析儀器通過電腦網路連起來，採用科學的管理思想和先進的資料庫技術，實現以實驗室為核心的全方位管理。它集樣品管理，資源管理，事務管理，網路管理，資料管理(採集、傳輸、處理、輸出、發佈)，報表管理等諸多模組為一體，組成一套完整的實驗室綜合管理和產品品質監控體系，既能滿足外部的日常管理要求，又能保證實驗室分析資料的嚴格管理和控制。

台水公司實驗室資訊管理系統（LIMS）自 2003 年起上線至今，運作於十二個區處水質課與水質處，將檢驗流程資訊化管理，以提高檢驗工作及數據處理效率，並自動化產生各種表報，透過網路連結各區處分工檢驗作業，彙整了各區處水質資料，了解全省所有淨水場原水、清水、配水、廢水水質狀況，總管理處可藉由此平台查詢完整之水質資料，方便省時，數據因有完整品管鏈環環相扣，無須擔心數據準確度問題，其架構如圖 3.2.1-1 所示。

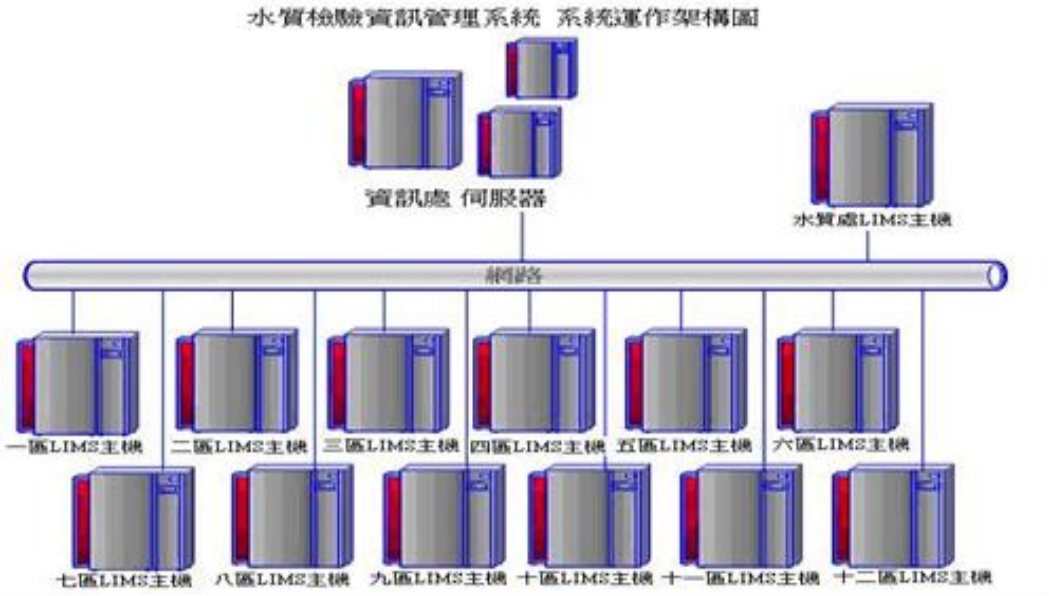


圖 3.2.1-1 水質管理資訊系統架構圖

3.2.2 水質預警系統(ADTS)

台水公司轄屬淨水場之水質檢驗單位、區處水質課及總處水質處，共同負起各淨水場水源水質、淨水流程水質、配水管網水質及排放廢水水質之檢驗及監測數據產出。公司於發生各水質項目超出台水自訂內控標準值或水質標準時，迅速進入水質預警系統(ADTS)建立水質預警事件、填報處理過程及通報相關人員，俾利採取各種必要應變措施，有效管理各區處水質狀況，達到水質預警之成效，提供民眾良好的飲用水水質。

水質預警系統(ADTS)所管理數據為超出台水自訂內控標準值標準，該標準以國家標準水源水質 10 項、飲用水水質 68 項及排放水水質 5 項之八成或八成以下訂定，及自主管理檢驗項目之台水自訂內控標準值。凡水質檢驗數據或線上自動監測儀監測數據超出台水自訂內控標準值時，水質預警系統(ADTS)將自動產生水質預警事件。水質預警事件包括環保機關抽驗之水質超標、新聞事件、天然災害、水源污染等環保事件及其他意外等重大事件。

3.3 杯瓶試驗(Jar-Test)

杯瓶試驗之目的為模擬淨水單元快混池、慢混池及沉澱池之操作情形，實驗過程中以方型水槽模擬淨水場混沉單元的槽體及攪拌器模擬淨水場中之快混及慢混的混合行為，以杯瓶試驗求取最適混凝劑、最適加藥量及最適化之操作條件。本研究模擬實場條件進行杯瓶試驗，分別以下列不同條件進行測試及評估：

一、針對不同淨水場之原水分別以最適混凝劑加藥量(硫酸鋁、聚氯化鋁、氯化鐵)求取最適有機高分子助凝劑 Poly(DADMAC)加藥量，同時分析 pH 值、濁度、總鋁、溶解鋁、總有機碳、過濾性試驗等項目，評估不同原水、不同混凝劑條件下，有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)之助凝效果。

二、求出最適化之有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)添加量後，改變混凝劑加藥量，評估添加高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)後，對於減少混凝劑加藥量之效益。

三、在最適混凝劑、高分子助凝劑 Poly(DADMAC)條件下，改變加氯量及加氯點，評估是否分解形成單體殘餘或產生 N-亞硝基二甲胺(NDMA)。

3.4 分析方法

3.4.1 分析方法介紹

依據行政院環境保護署環境檢驗所提供之檢驗方法進行水質檢驗，概述水質分析項目及檢測方法如下：

一、pH 值：以電極法(NIEA W424)檢驗水之氫離子濃度指數(pH 值)，利用玻璃電極及參考電極測定樣品之電位，可得知氫離子活性，而以氫離子濃度指數(pH 值)表示。採樣時，水樣使用玻璃瓶或塑膠瓶盛裝，於現場立即檢測或於實驗室內檢測時，樣品依個別方法之規定儘速分析。

二、濁度：以濁度計(NIEA W219)檢驗，在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。現場採樣後，立即以淨水場現有之手提式濁度計或桌上型濁度計立即檢測。

三、鋁含量：台水公司各區管理處水質課依行政院環境保護署環檢所公告之飲用水鋁檢測方法進行分析，溶解鋁以 0.45μm 孔徑的濾膜過濾，分析鋁方法如下：

(一) 水中金屬檢測方法－石墨爐式原子吸收光譜法(NIEA W303)：利用石墨爐將樣品中的待測元素原子化後測定之。以通過石墨爐的電流大小來控制加熱溫度的高低，使樣品進行乾燥、灰化、原子化溫度等步驟，最後藉由測量氣態原子在特定波長光線的吸光度，求出各元素的濃度。

(二) 水中金屬及微量元素檢測方法—感應耦合電漿原子發射光譜法(NIEA W311)：利用同時式(Simultaneous)或連續式(Sequential)感應耦合電漿原子發射光譜儀，搭配側向(Radial/Side-on)或軸向(Axial/End-on)之光譜線觀測，來進行樣品中多元素的測定。樣品經霧化後，所形成的氣膠(Aerosol)藉由載流氣體輸送至電漿焰炬，

經由無線電波(Radio-frequency)感應耦合電漿的加熱，將各待測元素激發。由各激發原子或離子所發射出 的光譜線，經由光柵(Grating)分光，分解出各特定波長的發射譜線。各光譜線的強度，再由光檢器(Photosensitive devices)予以偵測。

(三) 水中微量元素檢測方法－感應耦合電漿質譜法(NIEA W313)：本方法係利用感應耦合電漿質譜儀(Inductively coupled plasma-mass spectrometer，ICP-MS)檢測水樣中金屬及微量元素。利用適當之霧化器(Nebulizer)將待測樣品溶液先經霧化處理後，藉由載送氣流輸送，將所形成含待分析元素之氣膠(Aerosol)輸送至電漿中，經由一系列去溶劑、分解、原子化/離子化等反應，將待分析元素形成單價正離子，再透過真空界面傳輸進入質譜儀(Mass spectrometer)，藉由質量分析器(Mass-analyzer)將各特定質荷比(Mass-to-charge ratios)之離子予以解析後，以偵測系統加以偵測，來進行元素之定性及定量工作。

(四) 比色法(分光光度法)：將鋁指示劑與樣品中的鋁結合形成紅橙色，其顏色強度與鋁濃度成正比，在 522 nm 測量其吸收值，以儀器內建檢量線計算測試結果，其準確度略遜於環保署公告之標準方法，惟其可以迅速獲知現在水質之狀況，數據仍具參考功能，淨水場為求時效，對於各單元水質均以簡易迅速之方法進行檢測，以利操作參據，台水公司第一線各淨水場水中鋁之檢驗目前採用比色法。

四、鹼度：以滴定法(NIEA W449)檢驗水中鹼度，將水樣以校正過之適當 pH 計或自動操作之滴定裝置，並使用特定之 pH 顏色指示劑，在室溫下以標準酸滴定樣品到某特定的 pH 終點時，所需要標準酸之當量數即為鹼度。樣品採集於 PE 瓶或硼矽玻璃瓶，水樣應完全裝滿瓶子，然後鎖緊瓶蓋，宜貯存於約 4°C之低溫，樣品分析儘可能在一日內完成，不可超過 48 小時。若有生物性作

用影響的疑慮時，應在 6 小時內分析。同時應避免樣品攪動、搖動及在空氣中曝露過長。

五、總有機碳：以過氧焦硫酸鹽加熱氧化/紅外線測定法(NIEA W532)進行檢測，水樣導入消化反應器中與濃磷酸或濃硫酸反應後，水樣中的無機碳轉換成二氧化碳，吹氣將其排出後，殘餘水樣即再加入過氧焦硫酸鹽溶液，將有機碳氧化轉換為二氧化碳，隨即被載流氣體導入非分散式紅外線分析儀，檢測出水樣中總有機碳的濃度。樣品採集於採樣瓶中，並避免於裝填水樣時有氣泡通過樣品或封瓶時有氣泡殘餘，所用瓶蓋以厚的矽膠被覆鐵氟龍的墊片封瓶，並且是開口式，能呈正壓式密封。如果無法立即分析，則需 4±2℃儲存，避光且減少空氣的接觸，並在 7 天內完成分析；若樣品不穩定則需添加磷酸或硫酸於樣品中，使 pH 值小於或等於 2，並於 4±2℃條件下可保存 14 天。

六、自由有效餘氯：以分光光度計使用波長 515 nm(或其他特定波長)進行檢驗(NIEA W408)，水樣加入磷酸緩衝液溶和 N,N-二乙基-對-苯二胺(N,N-diethy1-p-phenylenediamine，簡稱 DPD)呈色劑後，水中之自由有效餘氯可將 DPD 氧化，使溶液轉變為紅色，立即以分光光度計在波長 515 nm(或其他特定波長)處量測其吸光度。若於前述反應溶液中再加入多量碘化鉀，則水中之結合餘氯可將碘化鉀氧化而釋出碘，碘再氧化 DPD，使溶液之顏色加深，再以分光光度計在波長 515 nm(或其他特定波長)處量測其吸光度。以同一檢量線分別求得自由有效餘氯和總餘氯之濃度，二者之差即為結合餘氯之濃度。飲用水及自來水之最低可偵測濃度大約相當於 0.01 mg/L 之氯；本方法對總餘氯檢測之最高適用濃度為 4 mg/L，當總餘氯濃度大於 4 mg/L 時，則水樣應予稀釋。現場採樣後，立即以淨水場現有之餘氯計進行檢測。

七、總三鹵甲烷：以水中揮發性有機化合物檢測方法－吹氣捕捉毛細

管柱氣相層析法/串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器檢測法(NIEA W784)進行檢測，利用惰性氣體以細微氣泡的形式將水樣中揮發性有機化合物吹出，並導入捕捉管收集。待捕捉完成後，捕捉管被加熱並通入氦氣以逆吹方式將揮發性有機化合物脫附，導入氣相層析毛細管柱，經由升溫程式將化合物加以分離，再以光離子化偵測器(Photoionization detector, PID)及串聯之電解導電感應偵測器(Electrolytic conductivity detector, ELCD)，進行水中揮發性有機物之檢測。若樣品中含有餘氯，在採樣前須於 40 mL 棕色附鐵氟龍墊片之樣品瓶內添加約 25 mg 抗壞血酸(或 3 mg 硫代硫酸鈉)；若餘氯濃度大於 5 mg/L 時，於每 5 mg/L 餘氯之樣品瓶內添加約 25 mg 抗壞血酸。採樣時須將採樣瓶內水樣略溢流(overflow)，但要避免將溶解的抗壞血酸沖出。避免於裝填水時有氣泡通過樣品或封瓶時有氣泡滯留。每 40 mL 水樣加入兩滴 1:1 鹽酸或 3 M 硫酸水溶液，使水樣的 pH 值小於 2，以鐵氟龍內襯朝下之瓶蓋密封樣品瓶後，劇烈搖動 1 min，倒轉樣品瓶，輕敲瓶壁，檢查是否有氣泡。

八、N-亞硝基二甲胺(NDMA)：參考水中半揮發性有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法(NIEA W801)進行檢測，水樣經固相微萃取後，以氣相層析質譜儀/化學游離法 (PCI-GC/MS)分析。原水以乾淨之棕色玻璃採樣瓶收集水樣 20 mL 以上，裝滿水樣的瓶子中不可有氣泡。清水或含有氯之水樣，以乾淨之棕色玻璃瓶收集水樣 20 mL 以上，含 5 mg/L 抗壞血酸(可中和最多 1.9 mg/L 含氯量)，裝滿水樣的瓶子中不可有氣泡。所有樣品在採集後，樣品須保存於暗處，須於 4±2℃ 下冷藏。樣品於 40 天內完成分析。

九、氯化己二烯二甲基胺 Poly(DADMAC)：本實驗使用的有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)單體含量經 NSF 檢測均符合法規規範

5%以內，依國內環保署 94 年公告「飲用水處理藥劑聚氯化己二烯二甲基胺中氯化己二烯二甲基胺檢測方法—液相層析儀/紫外光偵測器(NIEA D502.20B)」檢測方法。另清水單體不易檢測，委請台灣檢驗科技股份有限公司(SGS)參考國外文獻以 LC/MS/MS 進行檢測。

3.4.2 過濾性試驗

過濾性試驗的目的是用以判斷經混凝沉澱後水樣的過濾性，可了解不同混凝劑及助凝劑所形成之膠羽對後續過濾單元負擔的影響，本研究利用過續性試驗來探討添加有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)是否對後續過濾池負擔造成影響。

本研究所採用之過濾性試驗步驟如下：原水經混凝沉澱後，取上澄液定量至 500 mL 後，倒入裝有 0.45 μm 濾紙的過濾器中，打開幫浦抽氣(固定壓力)，同時開始計時，至過濾完後所需時間為 t。再取 500 mL 純水以上述相同方式操作，至過濾完所需時間為 t_0。t 與 t_0 的比值即為 filterability number，而 filterability number 比值即為過濾性指標-吸取時間指標(Suction Time Index)。

過濾性試驗(STI 值)如下所示：

$$STI = \frac{500\text{mL 處理水樣的過濾時間(s)}}{500\text{mL 純水的過濾時間(s)}}$$

3.5 高分子聚合物

3.5.1 藥劑購買

本國飲用水水質處理藥劑管理以飲用水管理條例第 13 條公告者為限，其中有機高分子凝聚劑限制原水 250 NTU 以上使用。本研究使用的有機高分子凝聚劑為聚氯化己二烯二甲基胺 Poly(DADMAC)，亦為目前台水公司及北水處為因應原水高濁度所使用的有機高分子凝聚劑，107、108 年二單位均有依政府採購法及各單位相關規定辦理採購在案，其中規範差異不大，概要如下：

(一) 依環保署 87 年 3 月 31 日(87)環署毒字第 0018624 號公告可為飲用水水質處理藥劑，藥劑編號：○一八，中文名稱：聚氯化己二烯二甲基胺，英文名稱：Poly(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)；Poly(DADMAC)，分子式：$(C_8H_{16}N\cdot Cl)n$。

(二) 本藥品低中分子量範圍多為液態產品。

(三) 品質管制項目：氯化己二烯二甲基胺(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)單體含量應低於 5wt%以下。

(四) 目視檢查要求：Poly(DADMAC)不應有不溶的膠體、可見異物、沉澱物及混濁。

(五) 有效成份(固形份)：液態產品重量百分比一般介於 5±0.5%至 40±0.5%。

(六) 盛裝容器須為不透光桶且桶上製造批號、品名須與原廠出廠證明相符。

(七) 招標時代理商須附該項產品之原廠檢驗報告須有有效成分及品質管理規定含量及保存期限。

(八) 得標廠商交貨時應附下列文件(正本):

1. 該批藥劑品質之自主檢驗合格報告書一式三份(可直接引用先

進國家已取得認可之檢驗機構出具之檢驗報告書)。

2. 藥劑來源書面資料藥劑來源之廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證字號。

3. 出廠證明。

4. 交貨清單。

(九) 該批藥品製造日期須為交貨日算起前半年所製造之產品。

(十) 使用完後容桶承辦商應予以全量回收。

(十一) 採樣送驗每批次由雙方會同隨機由所送藥劑中取樣 500 mL 共三瓶，由雙方於取樣瓶上簽名封籤雙方各留一瓶，另一瓶由雙方會同郵寄或送至商品檢驗局，檢驗不純物及有效成分。

3.5.2 藥劑保存及使用

高分子凝聚劑為避免因為照射到 UV 光而分解，故購買藥劑的盛裝容器已規定須為不透光桶，另依台水公司針對淨水藥劑的保存及管理係依「台灣自來水公司飲用水水質處理藥劑使用管理作業要點」進行，其中針對水質處理藥劑儲藥槽中進行相關的規範，如場地許可應加設遮陽設施、設置防呆裝置、適當隔離及標示藥劑名稱，以避免發生進藥錯誤情事、各類藥劑儲藥槽四周應有藥槽洩漏安全防護設施或採取相關防護措施等等。

另針對有機高分子凝聚劑使用，台水公司亦訂有「台灣自來水公司淨水場使用高分子凝聚劑管理要點」辦理。(相關規範及本研究使用高分子之 COA 詳參附錄二及附錄三)。要點明訂台水公司使用聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物三種高分子凝聚劑的使用時機，並應依各淨水場之高濁度原水狀況，先行以杯瓶試驗(Jar Test)測試其對濁度去除之效果，並考量後續污泥處理之難易及淨水成本等，選擇最合適之水質處理藥劑種類。

對於每一批使用之有機高分子凝聚劑，應取得藥劑之主成分及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料，並詳實記錄藥劑保存期限、藥劑廠商建議最高使用劑量、來源之製造、調配、包裝、銷售廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證字號。

另依行政院環境保護署「公告聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑」規定(相關法令規定如附錄二之附件 2)，要點明訂各廠(所)應於每次使用高分子凝聚劑後七日內向該署申報並副知台水公司總管理處業管單位，以確實掌握各場使用情形及藥劑用量。

3.5.3 教育訓練

台水公司已分別於 100 年、102 年及 104 年委託外部專家(成功大學及雲林科技大學)辦理「高分子凝聚劑在自來水處理上之運用」、「高濁原水添加高分子凝聚劑杯瓶實驗訓練」等相關教育訓練，對於有機高分子凝聚劑的特性、應用、實場案例以及各淨水場高分子凝聚劑杯瓶試驗的設計及操作進行訓練，後續將持續辦理教育訓練：依相關法規及台水公司內規加強高分子凝聚劑的購買、儲存、使用申報及操作管理，並定期辦理教育訓練，以強化操作人員對於高分子凝聚劑的專業知能及實務經驗。

第四章 結果與討論

4.1 歷年資料統計分析

台水公司為有效管控飲用水水質安全，訂有比飲用水水質標準更嚴格的水質內控值，如濁度法規值為 2 NTU，台水公司內訂淨水場沉澱水、過濾水及清水之濁度內控值分別為 5 NTU、0.5 NTU 及 0.5 NTU，另為進一步確保飲用水水質安全，並有效控管水中二蟲(梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲)及鋁等含量，台水公司於 108 年 5 月 24 日台水質字第 1080016130 號函頒修正「台灣自來水公司水質預警事件作業要點」3.0 版，其中針對濁度再次加嚴其水質內控值，規定新建及擴建淨水場沉澱水、過濾水及清水之濁度內控值分別下修為 2 NTU、0.2 NTU 及 0.2 NTU；至於針對現有淨水場未來亦擬採逐步加嚴方式管控以加強水質安全，惟考量現有設備改善經費及期程，此部分尚需台水公司相關權責單位再行研議。因濁度改善依淨水場設備面及操作面等不同，可選擇之改善策略眾多，而依國內外文獻顯示，適當添加高分子聚合物作為助凝劑，可提升混沉效果，對濁度的降低有所助益，尤其當特殊難處理原水、用地取得困難或是供水壓力大無法停場改善的淨水場，如能適當添加高分子聚合物以降低其出水濁度，同時提高飲用水水質安全，為可採用的改善方法之一。故以下依歷年來水質數據資料進行分析，以了解其現況及需求。

統計分析台水近三年(105~107 年)發生沉澱池出水濁度超內控(5 NTU)之淨水場共 30 場(期)，快濾池出水濁度超內控(0.5 NTU)之淨水場共 47 場(期)，其淨水場(期) 濁度超內控次數分佈如圖 4.1-1 所示，濁度超內控次數百分比如圖 4.1-2 所示。其中超內控淨水場中超過 50%以上其沉澱池及快濾池近三年超內控次數為 1-5 次，屬偶發性事件，其中 25%淨水場超內控次數達 50 次以上，詳附錄四所示。

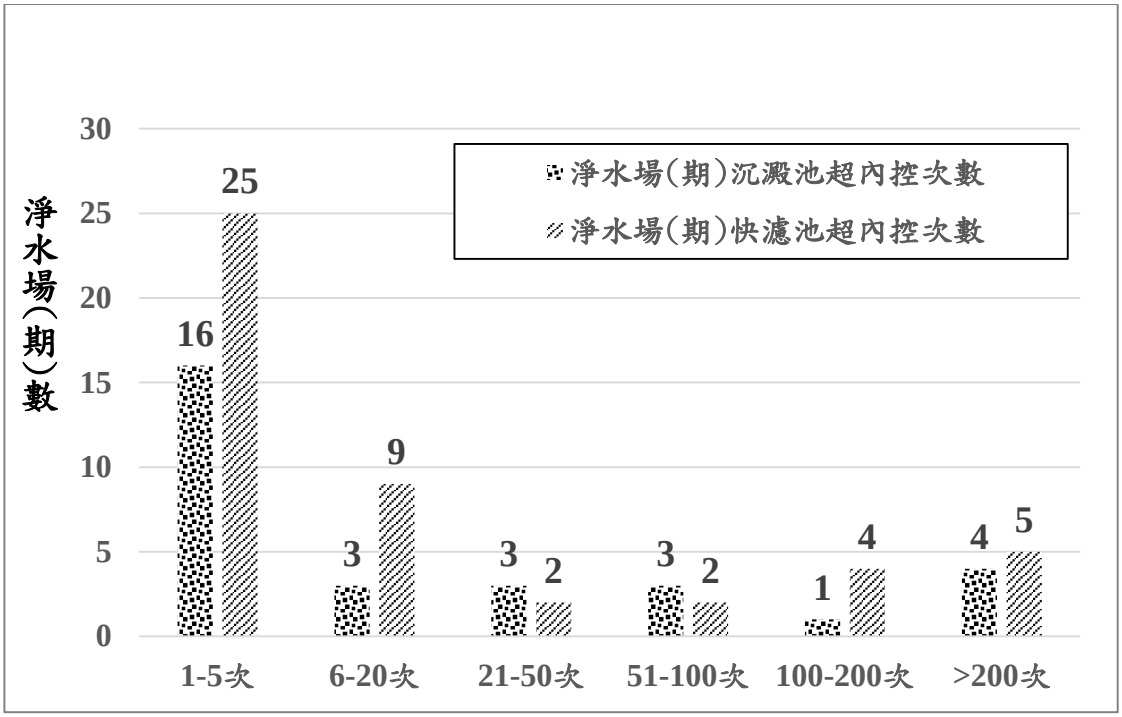


圖 4.1-1 近三年淨水場(期)沉澱池及快濾池超內控分佈

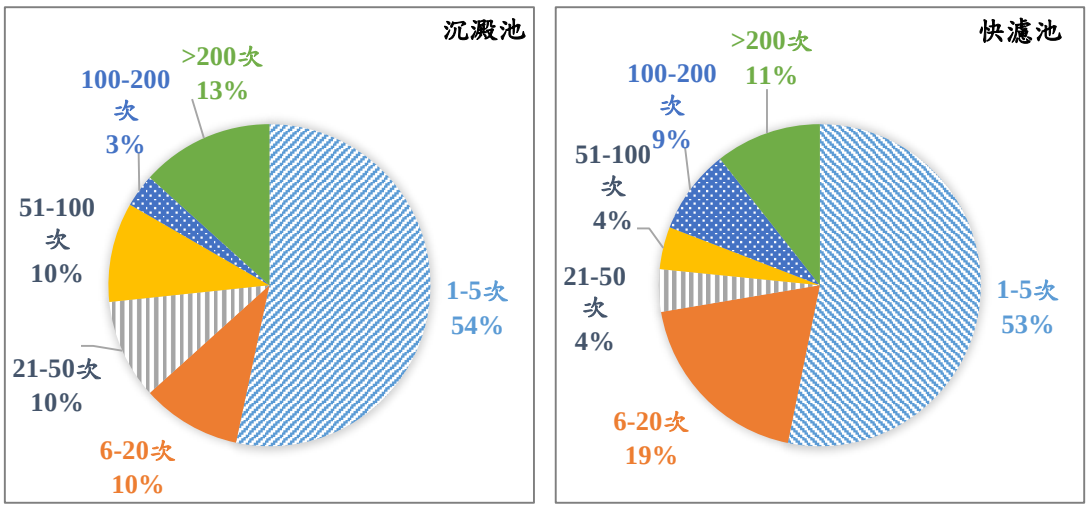


圖 4.1-2 近三年淨水場(期)沉澱池及快濾池超內控百分比

4.2 淨水場杯瓶試驗結果

4.2.1 選定試驗淨水場

本研究為能涵蓋各地淨水場以台水公司北、中、南、東部及離島地區之淨水場為原則，並以具有低濁難處理原水特性為優先，如原水水質特性屬白濁、高有機物、高氨氮、藻類等問題，搭配淨水場使用不同種類之混凝劑，如聚氯化鋁、硫酸鋁、氯化鐵、雙加藥系統等，並配合歷年檢驗數據分析等進行綜合考量，選定淨水場如表 4.2.1-1 所示，並以選定之淨水場進行各種條件下的杯瓶試驗測試，探討不同濁度、不同水質特性、不同混凝劑情形下，使用有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)之效益。

表 4.2.1-1 選定試驗淨水場特性

淨水場	地區	原水特性	加藥種類
板新	北部	白濁、高濁	混凝劑為聚氯化鋁、 曾有使用 Poly(DADMAC)經驗
石門	北部	經常白濁	混凝劑為聚氯化鋁
豐原	中部	高濁、經常白濁、濁度超內控	混凝劑為一場聚氯化鋁及氯化鐵、 二場聚氯化鋁 曾有使用 Poly(DADMAC)經驗
潭頂	南部	中濁曾有藻類問題、偶有白濁	混凝劑為氯化鐵
路竹	南部	臭味、藻類問題	混凝劑為聚氯化鋁
坪頂	南部	高濁	混凝劑為聚氯化鋁
鳳山(工業)	南部	高氨氮、有機物、濁度超內控	混凝劑為硫酸鋁
成功	離島	高有機物、藻類、低濁難處理	混凝劑為硫酸鋁
七美	離島	高有機物、藻類	混凝劑為硫酸鋁
清洲	東部	低濁	混凝劑為硫酸鋁
坪頂	南部	高濁	混凝劑為聚氯化鋁

4.2.2 板新給水場

一、背景說明

板新給水廠板新淨水場隸屬於台灣自來水公司第十二區管理處，位於台北縣三鶯大橋邊，北二高三鶯交流道附近，係由前台灣省政府公共工程局（現為營建署）擬訂「板橋地區自來水系統計劃」及「新莊地區自來水系統計劃」興建，第一期工程於民國 65 年 5 月完工供水，日出水量為 30 萬立方公尺，近 20 年為因應供水區內人口成長及工商業發展之用水需求，曾於 71 年及 85 年完成第二期及第三期擴建，目前設計出水量為每日 120 萬立方公尺，供水區域包括新北市之板橋，新莊，蘆洲，五股，泰山，八里，樹林，土城，三峽，鶯歌，等十鄉鎮市及中和，三重部份地區，供水人口約 200 萬人，普及率 98.90％，配合北水南引之政策，尚需支援桃園地區之用水。

板新場原水來源有二，其一為石門水庫配放大漢溪核配水量及大漢溪下游兩側未控流量，於新北市三峽區鳶山地區設攔河堰取水。鳶山堰主要功能在於提高大漢溪水位以利抽取及攔蓄石門水庫下游河道未控制流量，平均每日可取水量約為 41.1 萬立方公尺，其水量較為穩定，取水量佔板新場總出水量約 59%；另一為三峽河水源主要來自於上游五寮溪及大豹溪河流，集水區範圍約 150 平方公里，且多屬高山峽谷，遇豪雨瞬間逕流量大，常態流量小。取水量隨集水區降雨情形變化甚大，豐枯水期差異性頗大，最大取水量達 53 萬 CMD，最小取水量約 3 萬 CMD，平均每日可取水量約為 28.3 萬立方公尺，取水量佔板新場總出水量約 41％。板新給水廠目前有二套處理設施同時運行操作，分別為一、二期的傳統操作程序：快混、慢混、沉澱、過濾及三期的高速膠凝沉澱池，如圖 4.2.2-1 所示。

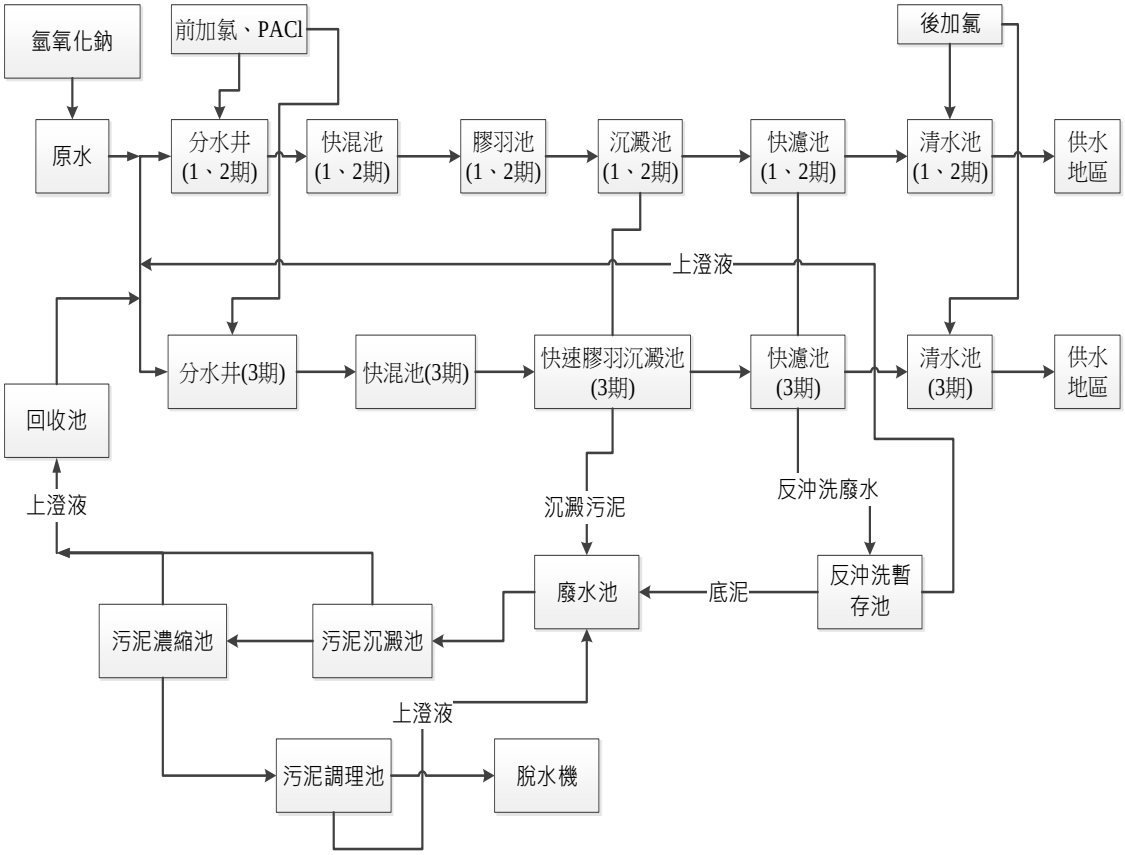


圖 4.2.2-1 板新淨水場淨廢水流程示意圖

板新淨水場過往在每年 7 至 10 月期間，常會受到颱風影響造成原水濁度的提高，更有超過 10,000 NTU 的情況發生，導致操作困難，更曾經發生疑似發生白濁水問題，沉澱池膠羽不易形成，造成濾池負擔過重，以致供水困難。為解決相關問題並增加地區供水能力，經濟部水利署在位於桃園市大溪區的大漢溪左岸，即鳶山堰上游處，利用大漢溪舊河道(中庄舊河道)開挖中庄調整池，作為排砂期間之備援水源，以解決大漢溪鳶山堰受水源濁度抬升而影響供水之問題。102 年開始動工興建，106 年正式啟用，目前每日可提供 80 萬噸的原水，於汛期高濁度時可供應大湳與板新淨水場約 6.2 天，故板新場面臨之高濁度問題近年已趨緩解。

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50NTU)

板新場因應高濁度狀況，在原水濁度大於 250 NTU 時有使用有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)的經驗，本案以板新場現有操作模式(快混 190 rpm 54 秒；慢混 20 rpm 8 分鐘；沉澱靜置 2 分鐘及 30 分鐘。原水條件：水溫約 20℃、濁度 21.0 NTU、pH 7.63、鹼度 49.8 mg/L、總鋁 0.124 mg/L、溶鋁 0.027 mg/L)進行以下測試：

1. 測試添加高分子效果：聚氯化鋁加藥量 40 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍(0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L)。
2. 測試添加最適高分子後，降低混凝劑使用量的可能性：Poly(DADMAC)加 0.1 mg/L，聚氯化鋁加藥 20、25、30、35、40、50 mg/L。
3. 測試高分子加藥時間點之效果：聚氯化鋁加藥量 40 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度 0.1 mg/L，改變高分子加入之時間點：(1)不添加、(2)快混前(與聚氯化鋁同時)、(3)快混 30 秒、(4)快混結束慢混開始前、(5)慢混 4 分鐘後、(6)慢混結束靜置開始前。

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

原水條件 125 NTU 及 214 NTU 測試高分子加藥時間點之效果，聚氯化鋁加藥量依序為 45 mg/L 及 80 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、5、10 mg/L。杯瓶試驗條件，先加混凝劑 PACl 及 Poly(DADMAC)，快混 190 rpm 58 秒；慢混 20 rpm 8 分鐘；靜置 30 分鐘。

(三) 高濁度試驗(大於 250NTU)

原水條件 536 NTU、鹼度 55 mg/L、pH 值 7.92，依現場條件原水鹼度不足加混凝劑前須調鹼度約至 pH 值 9.0，杯瓶試驗測試原水

添加 NaOH(10 g/L) 0.9 mL 調整 pH 值至 9.0，聚氯化鋁加藥量 120 mg/L，Poly(DADMAC)加藥濃度範圍 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、5、10 mg/L。杯瓶試驗條件為先加鹼 PACl 及 Poly(DADMAC)、快混 190 rpm 58 秒；慢混 20 rpm 8 分鐘；靜置 30 分鐘。

三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50NTU)

板新淨水場原水濁度 21.0 NTU 時，進行有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)最適加藥量測試，結果顯示添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 時，沉澱 2 分鐘可降低濁度約 20.1% (2.42 NTU→1.92 NTU)、若沉降 30 分鐘可降低濁度 27.1% (2.21 NTU→1.61NTU)，當 Poly(DADMAC)劑量濃度增加至 0.2 mg/L 時，濁度有反轉增加的趨勢；濃度若超過 0.5 mg/L 以上時，濁度會大幅增加，雖對於水中殘餘溶解鋁有降低作用，但因混凝效果不佳，水中殘餘顆粒鋁濃度則大幅增加導致殘餘總鋁濃度增加，如圖 4.2.2-2 所示。

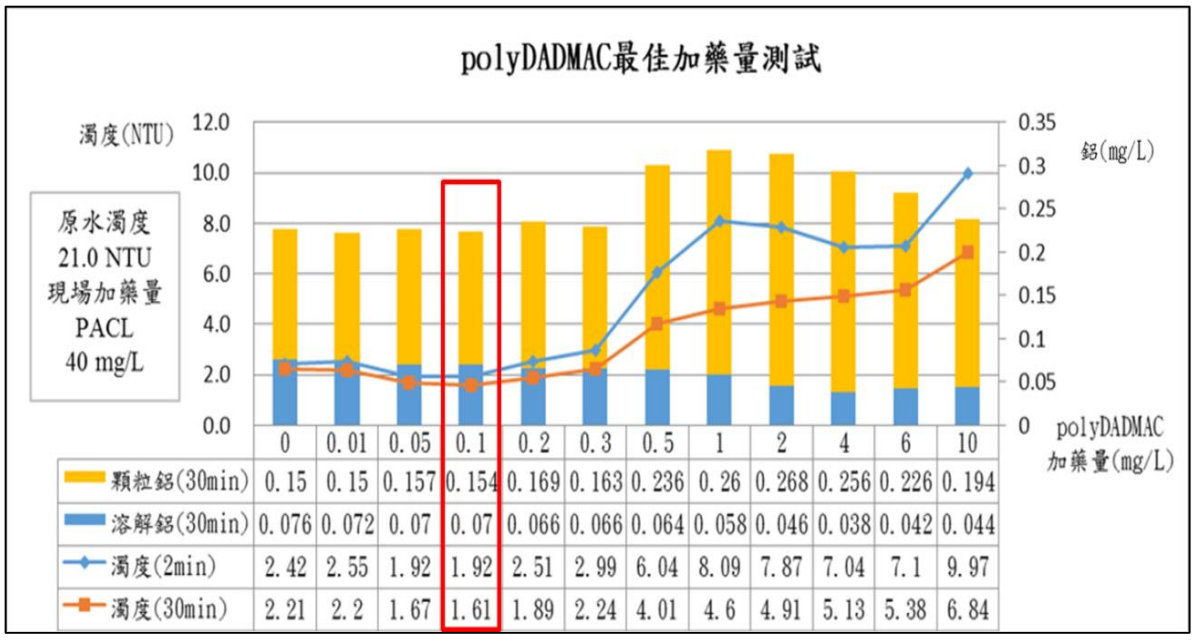


圖 4.2.2-2 板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

板新淨水場高分子 Poly(DADMAC)減少藥劑測試，當添加最適量 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 時有助凝效果，以處理後濁度為指標，

比較無添加 Poly(DADMAC)時之加藥量，在相同沉澱濁度下，約可降低 PACl 加藥量 12.5%(40 mg→35 mg)，如圖 4.2.2-3 所示。

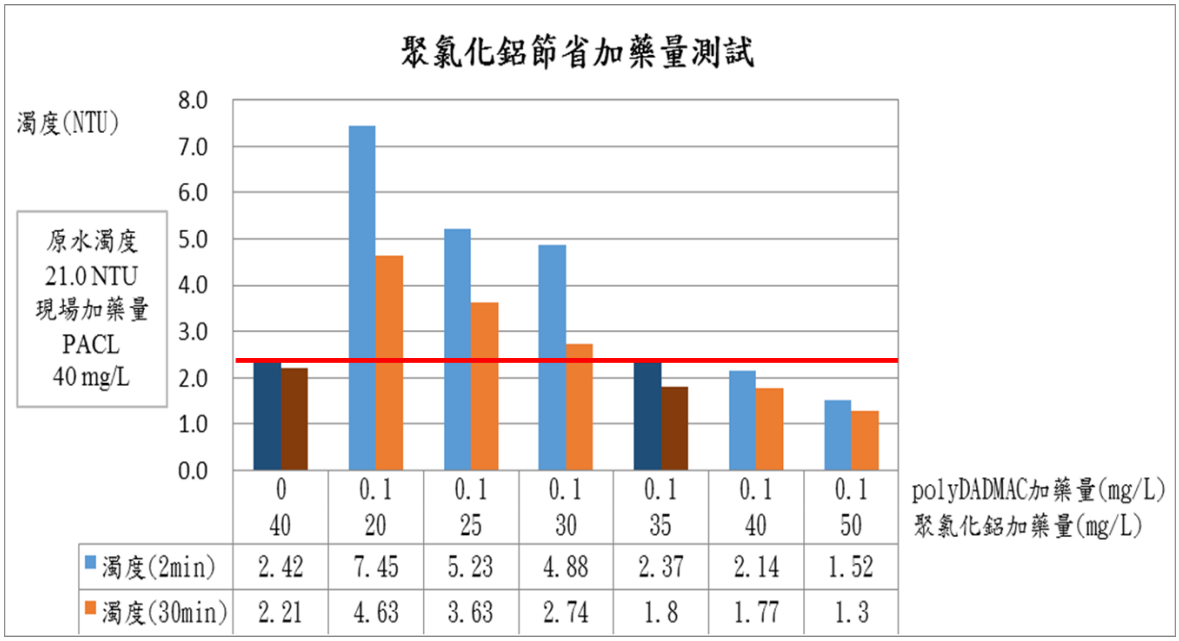


圖 4.2.2-3 板新淨水場減少混凝劑測試(濁度)

板新淨水場高分子加藥順序測試，經測試以快混一半後添加及快混後添加 Poly(DADMAC)效果略佳，濁度約比同時加藥下降 24.8% (1.97 NTU 降至 1.48 NTU)，如圖 4.2.2-4 所示。

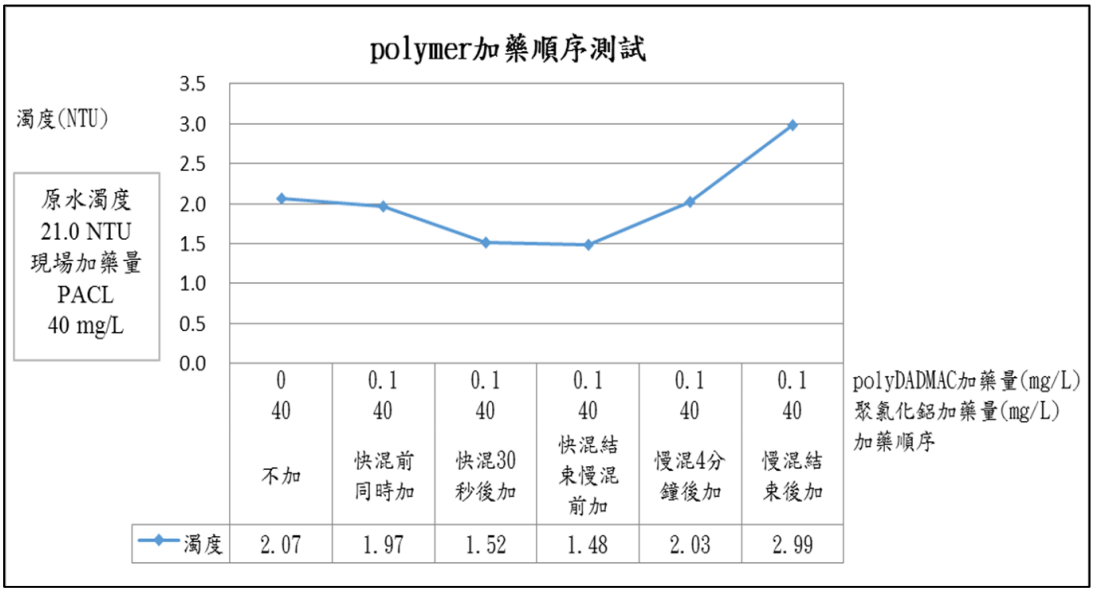
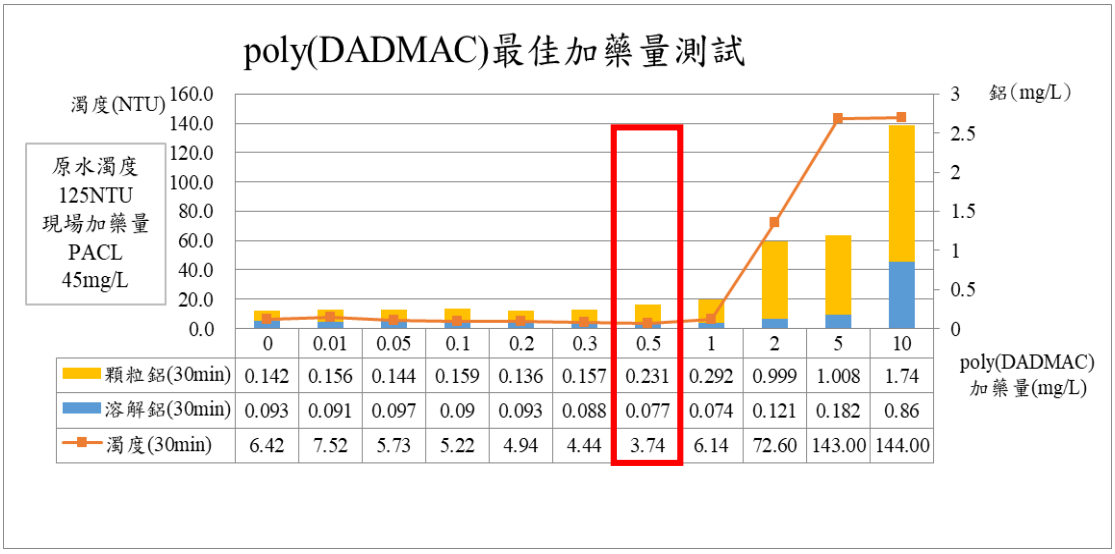


圖 4.2.2-4 板新淨水場 Poly(DADMAC)添加時機效果測試

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

1. 原水條件 125 NTU

聚氯化鋁加藥量 45 mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標 Poly(DADMAC)加藥濃度以 0.5 mg/L 為最佳。濁度去除率為 41.7%(6.42→3.74 NTU)，Poly(DADMAC)劑量增加至 1.0 mg/L 時濁度有反轉增加的趨勢會大幅增加。溶解鋁以添加 0.5 及 1.0 mg/L 有降低作用、劑量若超過 2.0 mg/L 以上，溶解鋁開始明顯增加。顆粒鋁以 0.2 mg/L 最低、劑量若超過 0.5 mg/L 以上因混凝效果不佳開始明顯增加，如圖 4.2.2-5 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	5	10
顆粒鋁(30min)	0.142	0.156	0.144	0.159	0.136	0.157	0.231	0.292	0.999	1.008	1.74
溶解鋁(30min)	0.093	0.091	0.097	0.09	0.093	0.088	0.077	0.074	0.121	0.182	0.86
濁度(30min)	6.42	7.52	5.73	5.22	4.94	4.44	3.74	6.14	72.60	143.00	144.00

圖 4.2.2-5 板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認板新淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水未添加高分子 STI 為 2.15，添加 0.5 mg/L 時 STI 為 1.92，提高過濾效果有限，僅提高 10.0%左右，當添加 Poly(DADMAC)濃度高於 1.0 mg/L 時 STI 會增大，顯示過濾性變差。值得注意的是適量添加 Poly(DADMAC)有少許助濾效果，可增加快濾池過濾效能，但添加過量反而不利於快濾池正常操作，如圖 4.2.3-6 所示。

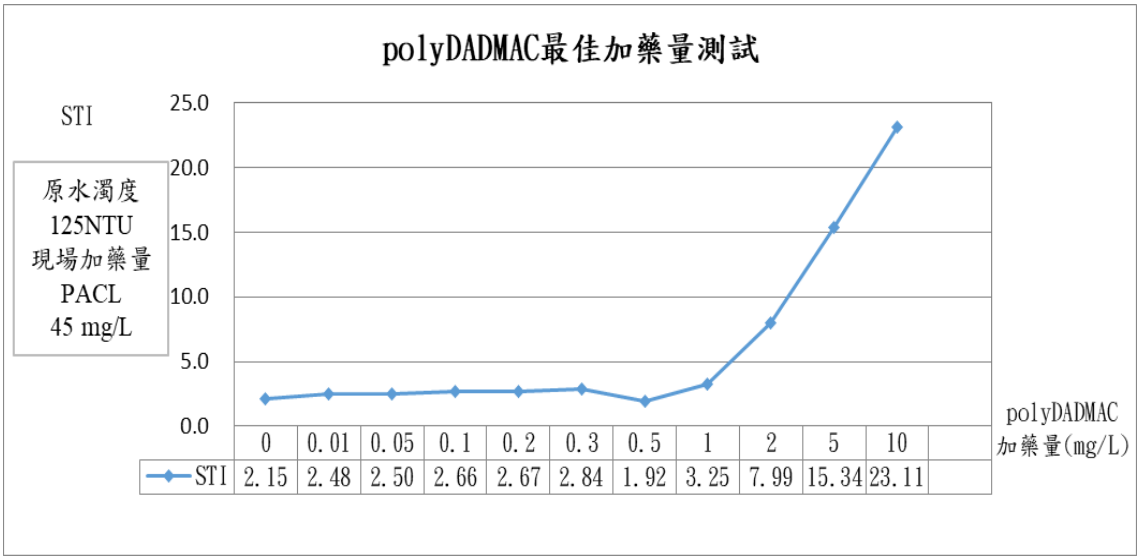


圖 4.2.2-6 板新淨水場最佳加藥量測試(STI)

2. 原水條件 214 NTU

聚氯化鋁加藥量 80 mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標，Poly(DADMAC)加藥濃度以 0.5 mg/L 為最佳。濁度去除率為 51.0%(6.08 NTU→2.98 NTU)，當 Poly(DADMAC)劑量增加至 1.0 mg/L 時濁度有反轉增加的趨勢，大於 2.0 mg/L 時會大幅增加；在 Poly(DADMAC)添加 0.5 mg/L 時，水中殘餘溶解鋁無顯著差異，如圖 4.2.2-7 所示。

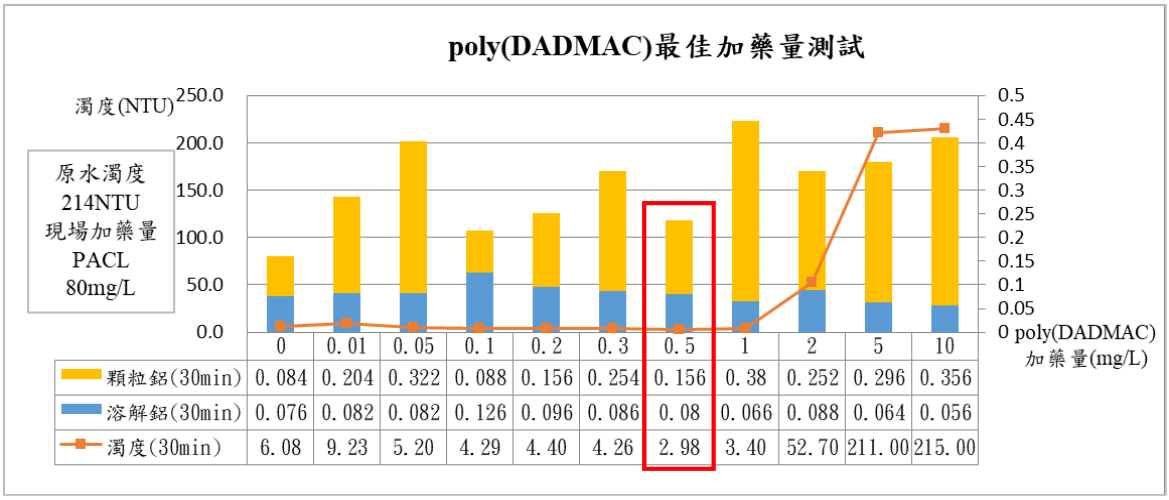


圖 4.2.2-7 板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認板新淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水未添加高分子 STI 為 2.77，添加 Poly(DADMAC)無助於提高過濾效果，如圖 4.2.2-8 所示。

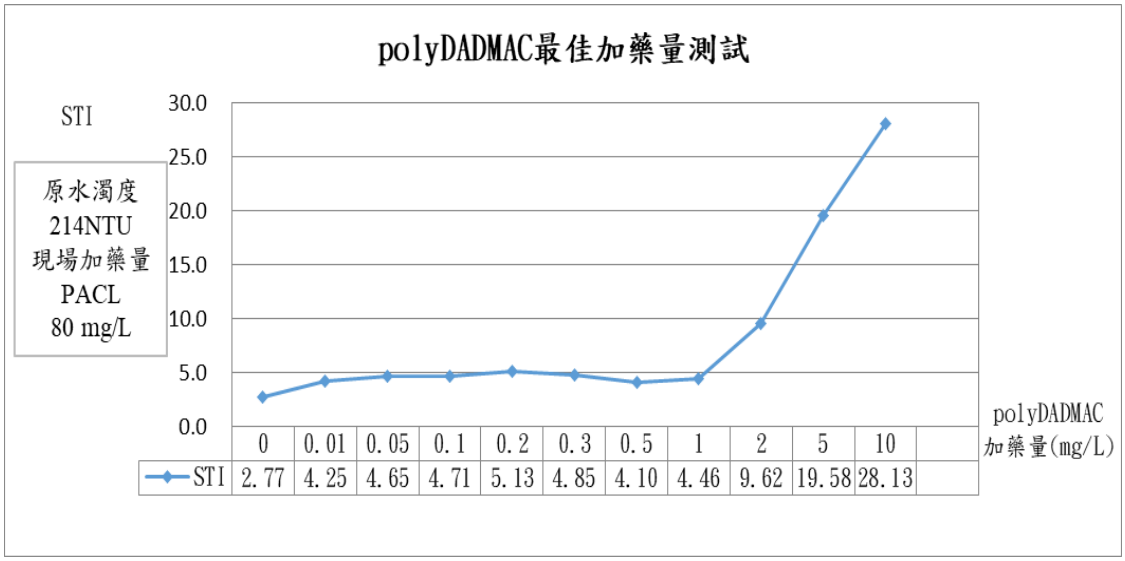


圖 4.2.2-8 板新淨水場最佳加藥量測試(STI)

(三)高濁度試驗(大於 250NTU)

原水條件 536 NTU 聚氯化鋁加藥量 120 mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標 Poly(DADMAC)加藥濃度以 0.1 mg/L 為最佳，濁度去除率為 52%(1.71 NTU→0.82 NTU)。Poly(DADMAC)劑量增加至 2.0 mg/L 時，濁度有反轉大幅增加的趨勢；而 Poly(DADMAC)添加 0.1 mg/L 殘餘溶解鋁濃度少許減少約 6.4%(0.093 mg/L→0.087 mg/L)，如圖 4.2.2-9 所示。

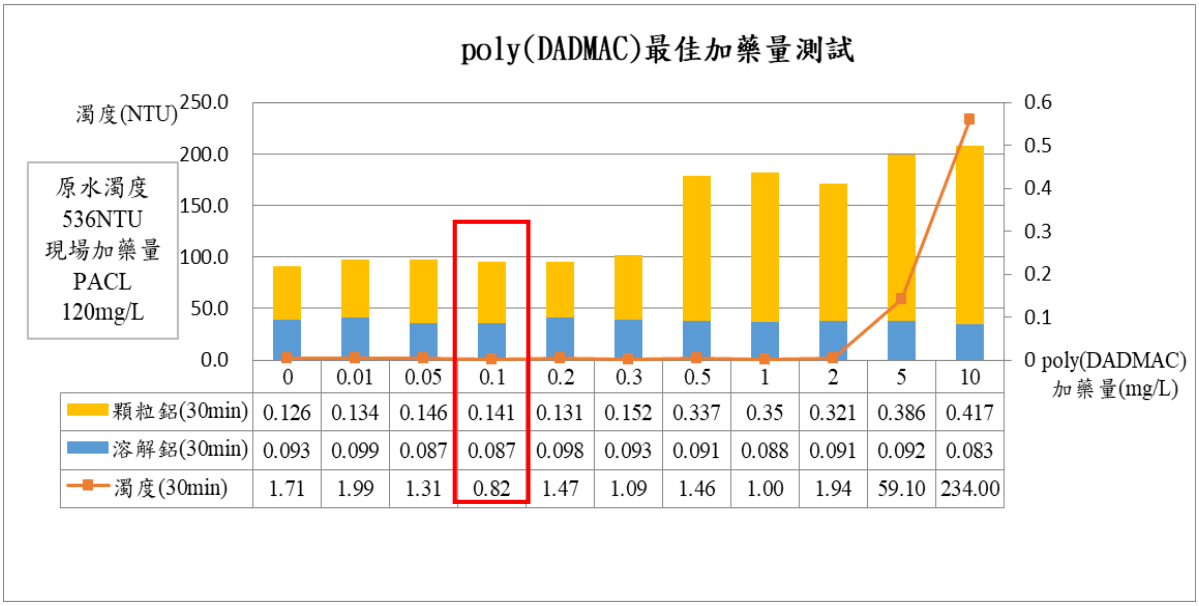


圖 4.2.2-9 板新淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認添加高分子凝聚劑之過濾性，在原水未添加 Poly(DADMAC)時，STI 為 1.74；添加最適 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 時，STI 為 1.53，有助於提高過濾效果，Poly(DADMAC)添加大於 0.5 mg/L 時，過濾效果反而明顯降低，如圖 4.2.2-10 所示。

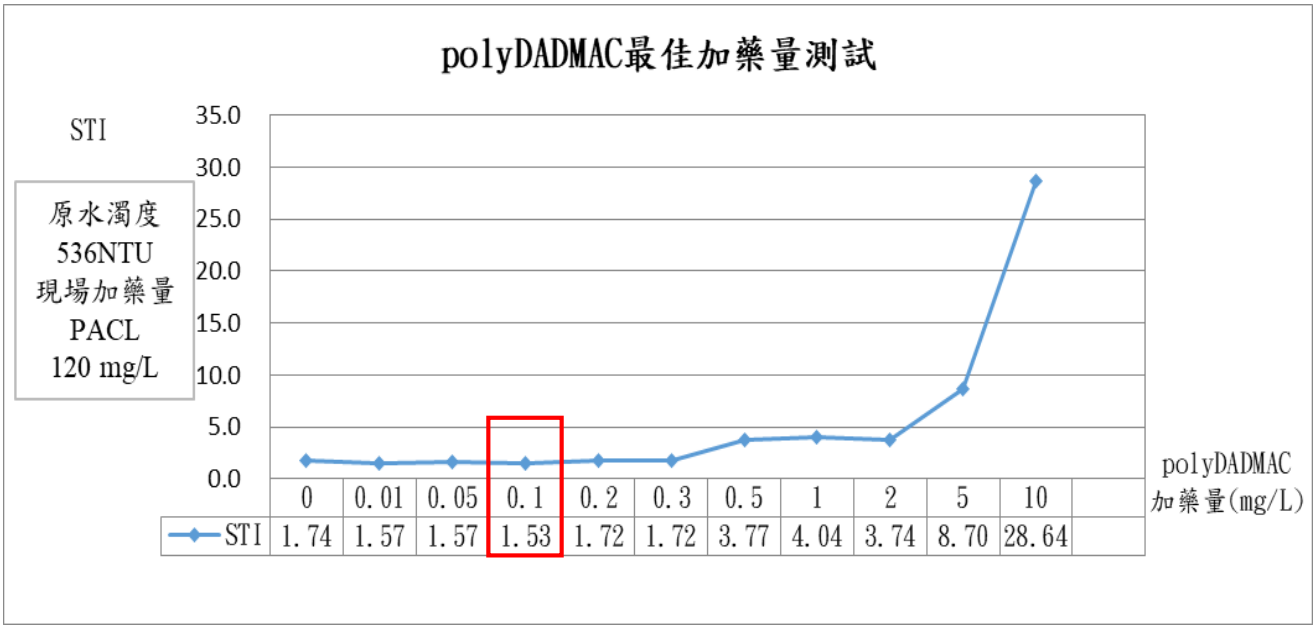


圖 4.2.2-10 板新淨水場最佳加藥量測試(STI)

4.2.3 石門淨水場

一、背景說明

平鎮給水廠石門淨水場隸屬於台灣自來水公司第二區管理處，位於平鎮區水廠路 150 號，於 53 年興建完成，設計處理量 5 萬 CMD，後於 62 年完成總處理量 10 萬 CMD 之擴建，再於 72 年改善淨水設備，合計全場設計出水量達 12 萬 CMD，供水區域包括桃園市中壢區、平鎮區、楊梅區、新屋區，新竹縣湖口鄉等行政區及及供應平鎮、幼獅工業區產業用水。

石門場之原水水源由石門水庫供應，由石門農田水利會灌溉渠道石門大圳(全長約 22 公里)輸送。為因應水庫洩洪原水濁度驟升，增加一處戰備水池(容量 50 萬頓)取水，平常由揚送抽水站送至戰備水池，俟需要時再輸送至淨水場。石門淨水處理流程如圖 4.2.3-1 所示，主要自進水分水井後分別為水躍式快混(添加之混凝劑為聚氯化鋁)、機械式慢混、沉澱及快濾(單層濾砂之韋式濾池)等流程。石門淨水場廢水來源包括反洗廢水、沉澱池廢水(人工沖洗)，廢水均全回收且零排放，目前無污泥機脫設備，由合約委外機脫清運污泥。

石門場原水於枯水期(每年 11 月至隔年 4 月)原水濁度相當低(<10 NTU)，僅於暴雨期間，原水濁度才會升高至數十 NTU，在低濁原水(<10 NTU)發生期內，水廠操作人員為了同時兼顧混凝沉澱除濁效能及降低清水殘餘鋁量，僅能酌量調整混凝加藥量，但加藥量偏低又無法有效提升混沉除濁效能，故石門淨水場操作人員於混凝加藥調控劑量相當不容易，且此時清水鋁存在超標或超內控值的風險。

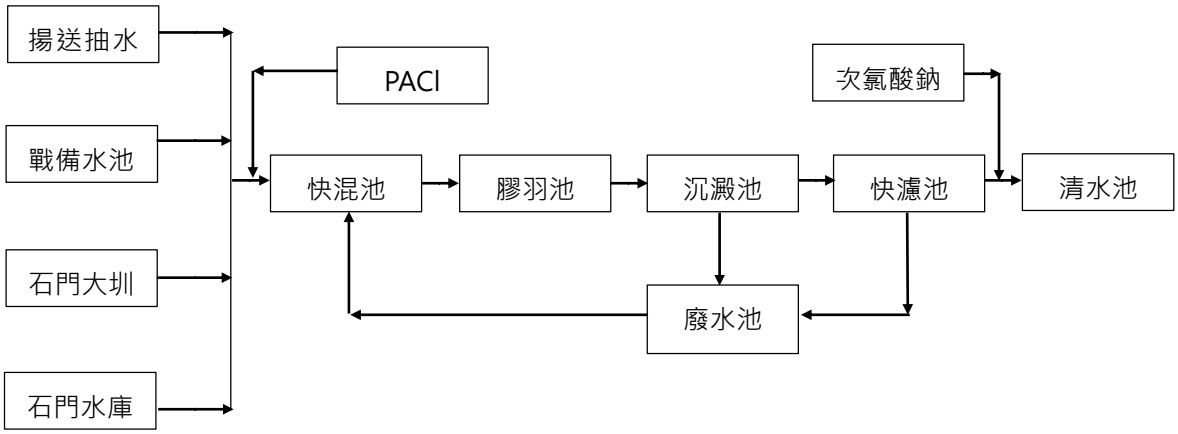


圖 4.2.3-1 石門淨水場淨廢水流程示意圖

二、 杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

石門淨水場原水常態為低濁度狀況，偶呈現白濁難處理情形，故本案多次前往進行杯瓶試驗以測試不同濁度狀況下之高分子凝聚劑添加效果，杯瓶測試條件參考該場操作參數，快混 200 rpm 20 秒；慢混 40 rpm 20 分鐘;靜置 13 分鐘及 30 分鐘進行水質分析及 STI 測試。杯瓶試驗測試項目如下：

1. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：原水水質條件為 pH 值 7.702、濁度 7.21 NTU，聚氯化鋁加藥量 5 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍(0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5 mg/L)。
2. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：原水水質條件為 pH 值 7.792、濁度 22.2 NTU、總鋁 0.02 mg/L 及溶解鋁 0.02 mg/L，聚氯化鋁加藥量 20 mg/L、Ploy(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L。
3. 測試添加最適 Poly(DADMAC)後，減少混凝劑使用量的可能性(原水濁度濁度 22.2 NTU)：Poly(DADMAC)加 0.1 mg/L，聚氯化鋁加藥 0、5、10、15、20、25 mg/L。

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

1. 測試添加 Poly(DADMAC)效果並引入鐵系混凝劑測試效果：原水濁度 50 NTU、總鋁 0.02 mg/L 及溶解鋁 0.01 mg/L，單加聚氯化鋁 35 mg/L，測試雙加藥(聚氯化鋁加藥量 15 mg/L、氯化鐵加藥量 15 mg/L)，Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5 mg/L。
2. 添加 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：原水 pH 值 7.829、濁度 160 NTU、總鋁 0.06 mg/L 及溶解鋁 0.04 mg/L，聚氯化鋁加藥量 50 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L。
3. 添加 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：原水 pH 值 7.827、濁度 228 NTU、總鋁 0.07 mg/L 及溶解鋁 0.06 mg/L，聚氯化鋁加藥量 60 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L。

(三) 高濁度試驗(大於 250 NTU)

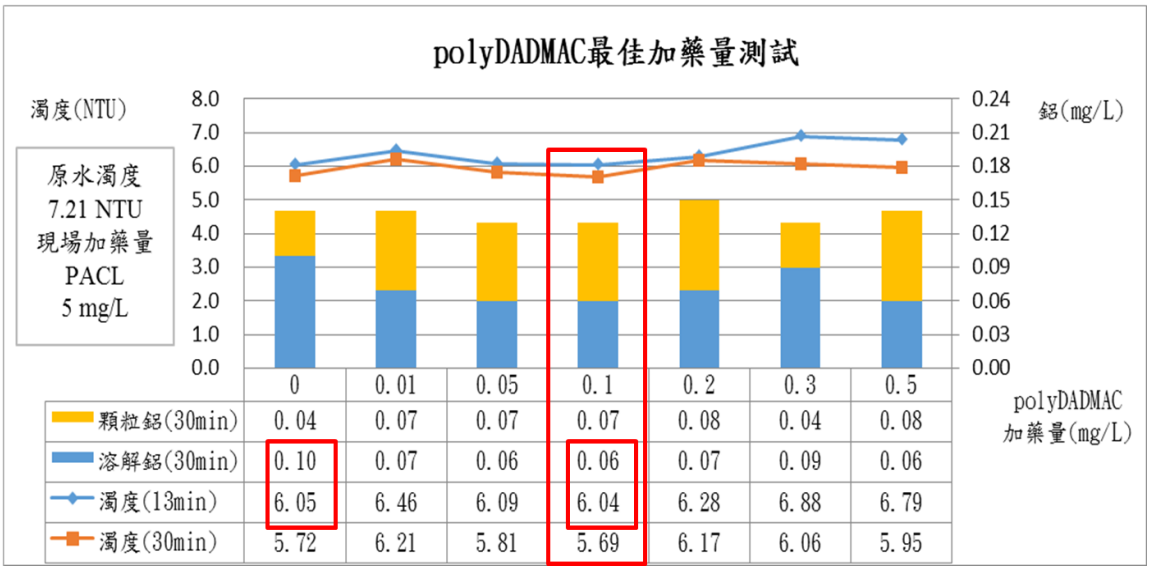
1. 添加 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：原水 pH 值 7.673、濁度 467 NTU、總鋁 0.03 mg/L 及溶解鋁 0.02 mg/L，聚氯化鋁加藥量 85 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L。
2. 高濁度原水混凝劑減少加藥量測試：原水 pH 值 7.673、濁度 467 NTU、總鋁 0.03 mg/L 及溶解鋁 0.02 mg/L，Poly(DADMAC)最適加藥量 0.5 mg/L，聚氯化鋁加藥 45、55、65、75、85 mg/L。

三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

1. 原水濁度 7.21 NTU

在最適 Poly(DADMAC)添加劑量測試中，原水添加 Poly(DADMAC)對降低濁度效果較不明顯，但對於降低溶解鋁有明顯效果，降幅可達 40.0% (0.10 mg/L→0.04 mg/L)，結果如圖 4.2.3-2 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
顆粒鋁(30min)	0.04	0.07	0.07	0.07	0.08	0.04	0.08
溶解鋁(30min)	0.10	0.07	0.06	0.06	0.07	0.09	0.06
濁度(13min)	6.05	6.46	6.09	6.04	6.28	6.88	6.79
濁度(30min)	5.72	6.21	5.81	5.69	6.17	6.06	5.95

圖 4.2.3-2 石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

2. 原水濁度 22.2 NTU

在最適 Poly(DADMAC)添加劑量測試中，添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 有最佳效果，沉澱 13 分鐘後濁度可降低 29.0%(3.34 NTU→2.37 NTU)，沉澱 30 分鐘後可降低 19.8% (2.22 NTU→1.78 NTU)，溶解鋁可降低 33.3% (0.15 mg/L→0.1 mg/L)，當加藥量超過 0.3 mg/L 時濁度即反轉增高，當加藥量超過 1 mg/L 時濁度更大幅增高，溶解鋁亦同，如圖 4.2.3-3 所示。

在 Poly(DADMAC)減少混凝劑測試中，比較相同沉澱後處理濁度，添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 可減少約 25.0%的 PACl 加藥量(20

mg→15 mg)，如圖 4.2.3-4 所示。

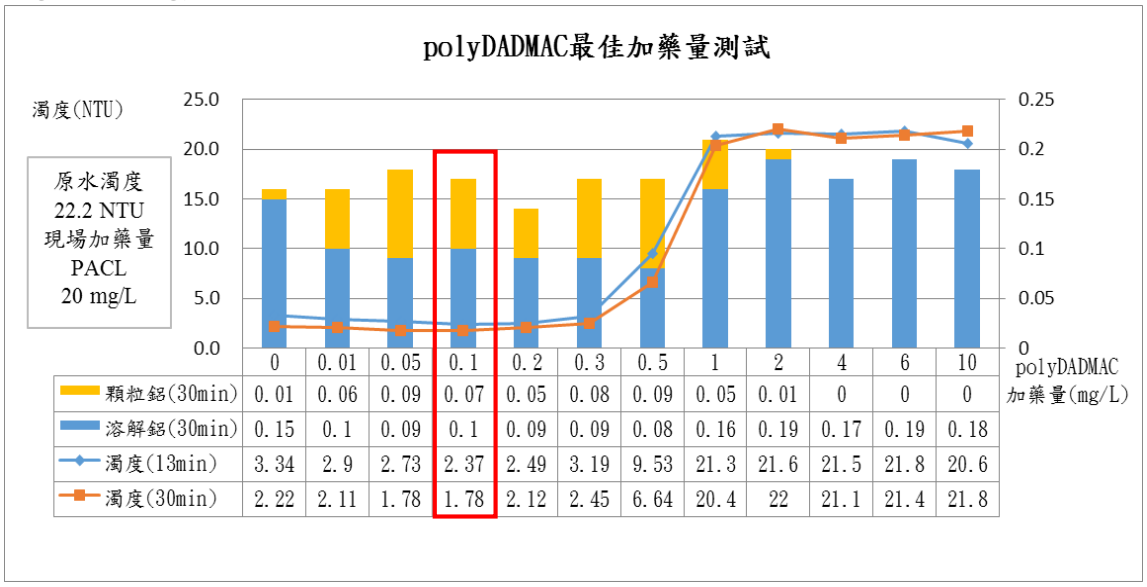


圖 4.2.3-3 石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

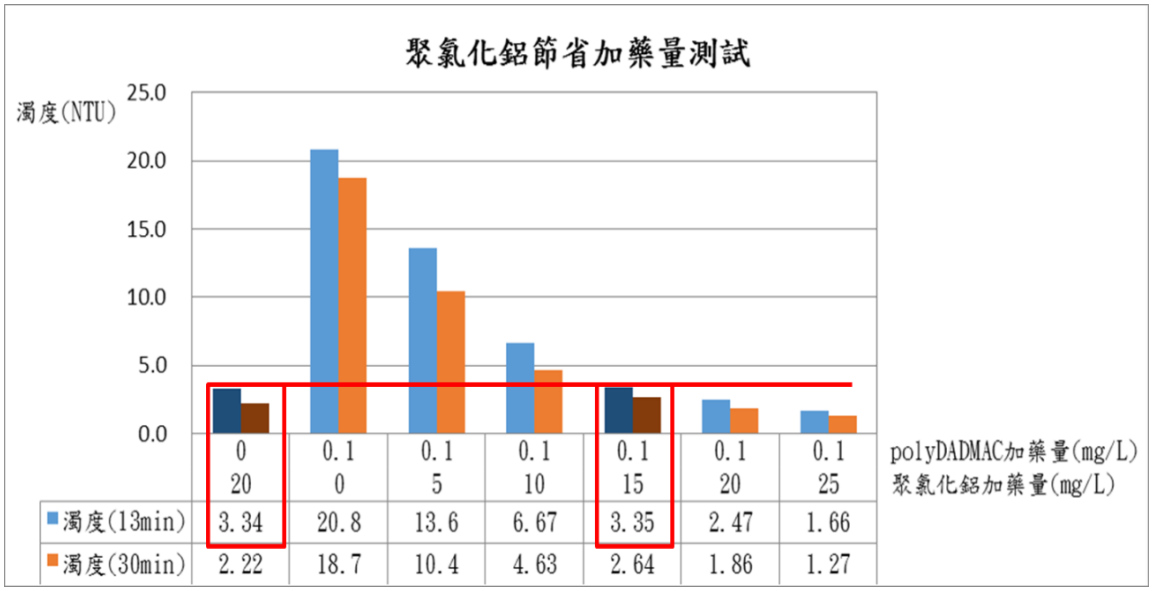


圖 4.2.3-4 石門淨水場減少混凝劑測試

利用 STI 確認石門淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水濁度 7.21 及 22.2 NTU 時，添加 0.1 mg/L 時，提高過濾效果有限，僅提高 10.0%左右，值得注意的是當添加 Poly(DADMAC) 0.3 mg/L 及 0.5 mg/L 時 STI 會增大，顯示過濾性變差，如圖 4.2.3-5 所示。

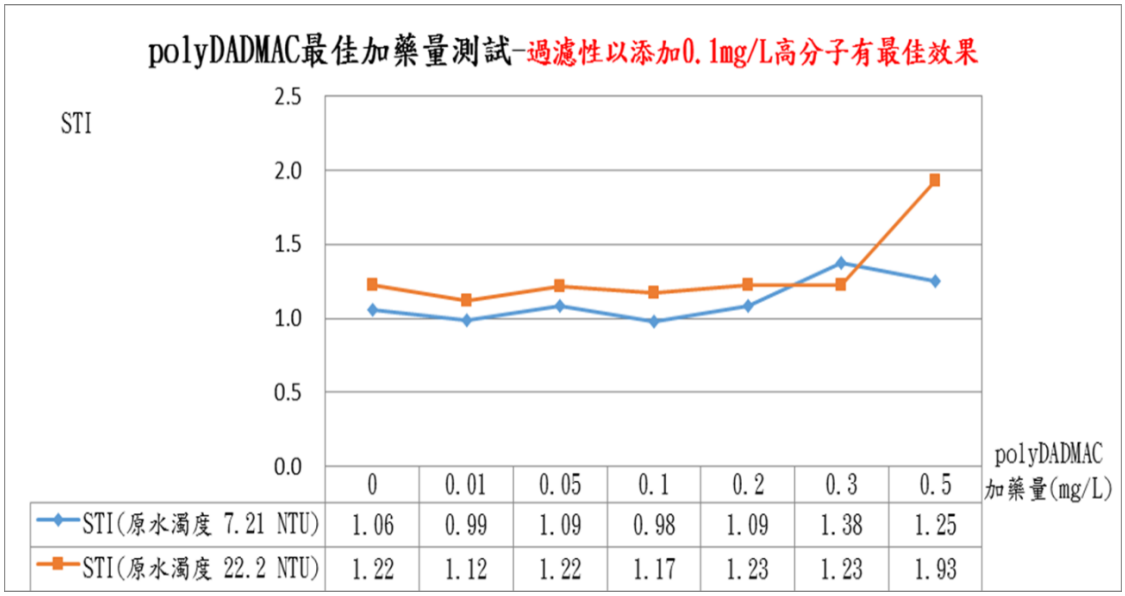


圖 4.2.3-5 石門淨水場添加 Poly(DADMAC)後過濾性(STI)測試

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

1. 原水濁度 50 NTU

引入鐵系混凝劑搭配高分子之效果測試結果顯示，使用 PACl 添加 Poly(DADMAC) 0.05 mg/L 時可降低濁度 52.6% (3.29 NTU→1.56 NTU)；改用 PACl 及氯化鐵雙加藥添加 Poly(DADMAC)子 0.01 mg/L 時可降低濁度 31.4% (3.03 NTU→2.08 NTU)，顯示雙加藥再添加高分子聚合物並無更佳處理效果，如圖 4.2.3-6 所示。

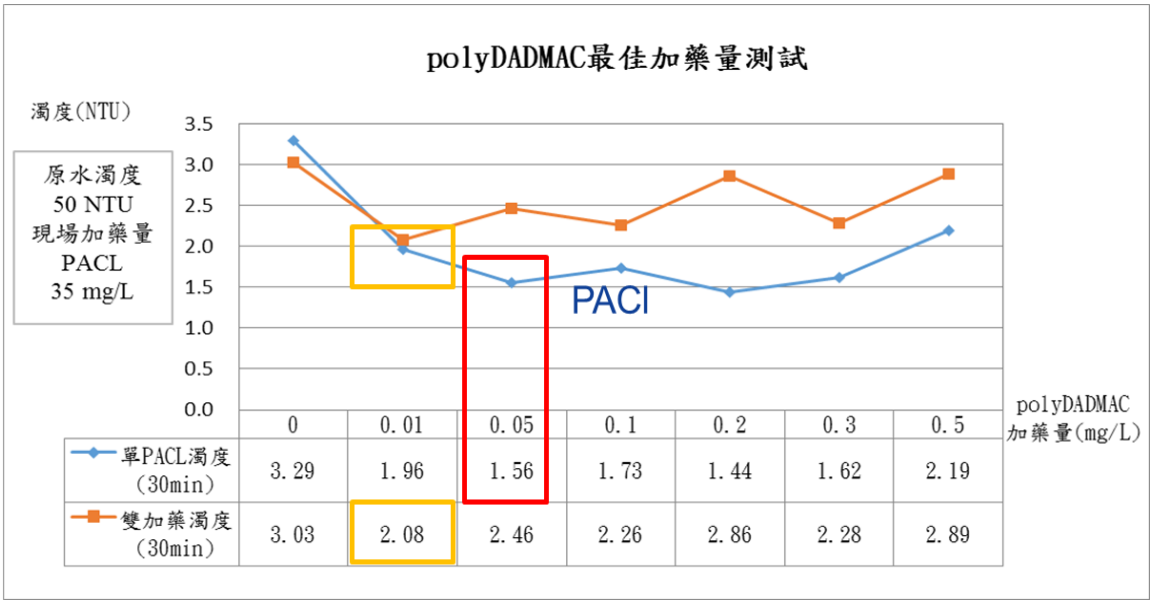


圖 4.2.3-6 石門淨水場雙加藥添加 Poly(DADMAC)效果測試

2. 原水濁度 160 NTU

測試 Poly(DADMAC)最適加藥量，經測試 Poly(DADMAC)添加量 0.5 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，由 7.12 NTU 降至 4.73 NTU，降低 33.6%，總鋁、溶解鋁及 STI 則無明顯差異。惟 Poly(DADMAC)添加量 1.0 mg/L 以上時，濁度、顆粒鋁、STI 皆明顯增加，如圖 4.2.3-7 及圖 4.2.3-8 所示。

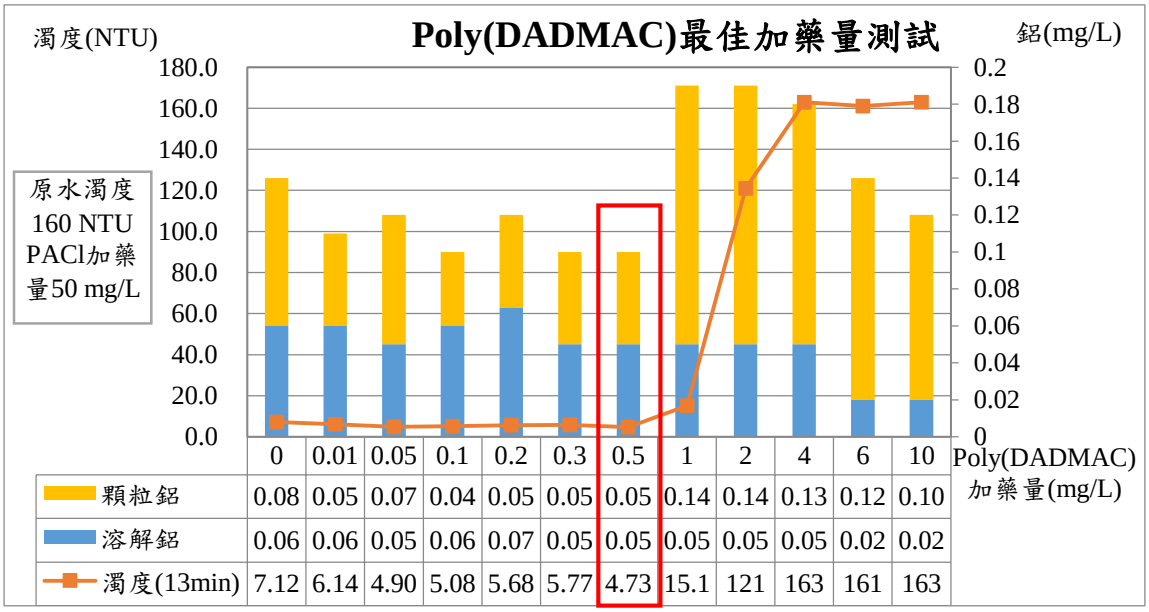


圖 4.2.3-7 石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

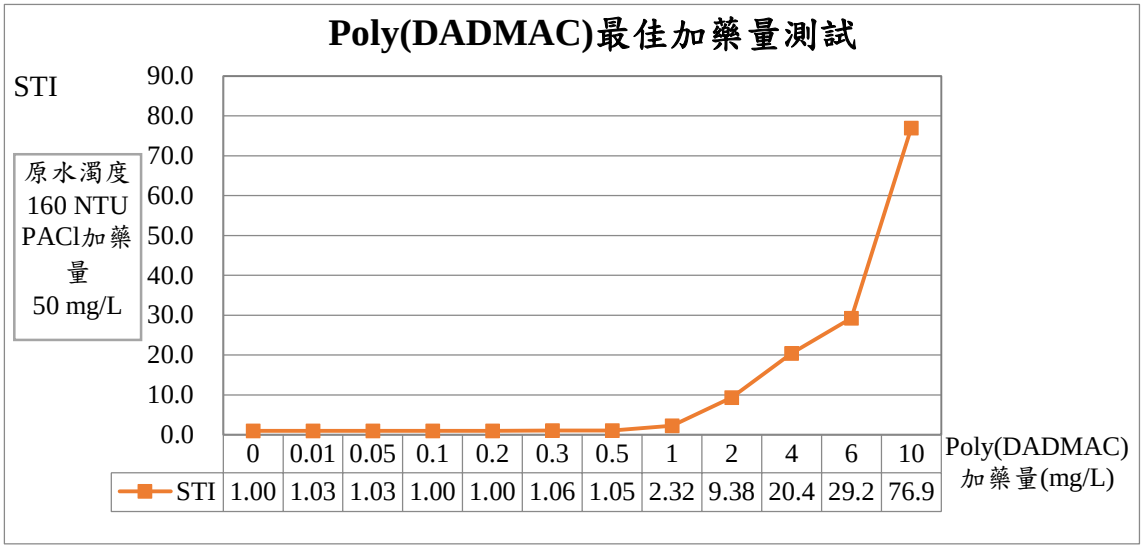


圖 4.2.3-8 石門淨水場最佳加藥量測試(STI)

3. 原水濁度 228 NTU

測試 Poly(DADMAC)最適加藥量，經測試 Poly(DADMAC)添加量 0.5 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，由 6.28 NTU 降至 2.43 NTU，降低 61.3%，總鋁、溶解鋁及 STI 則無明顯差異。惟 Poly(DADMAC)添加量 2.0 mg/L 以上時，濁度、顆粒鋁、STI 大幅增加，如圖 4.2.3-9 及圖 4.2.3-10 所示。

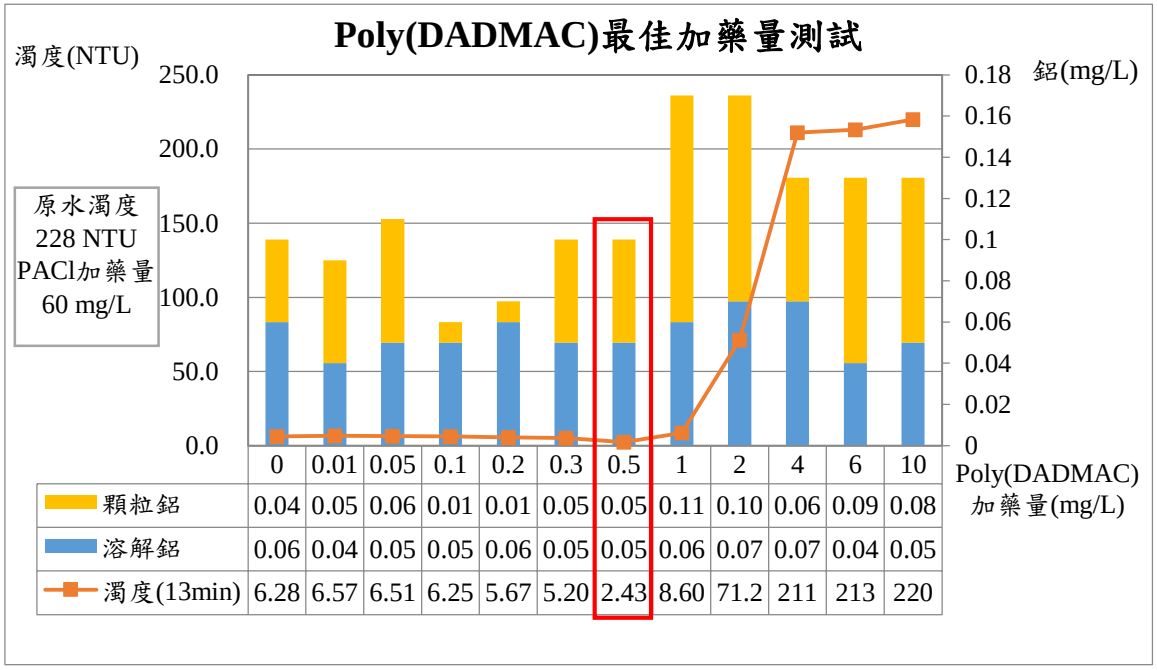


圖 4.2.3-9 石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

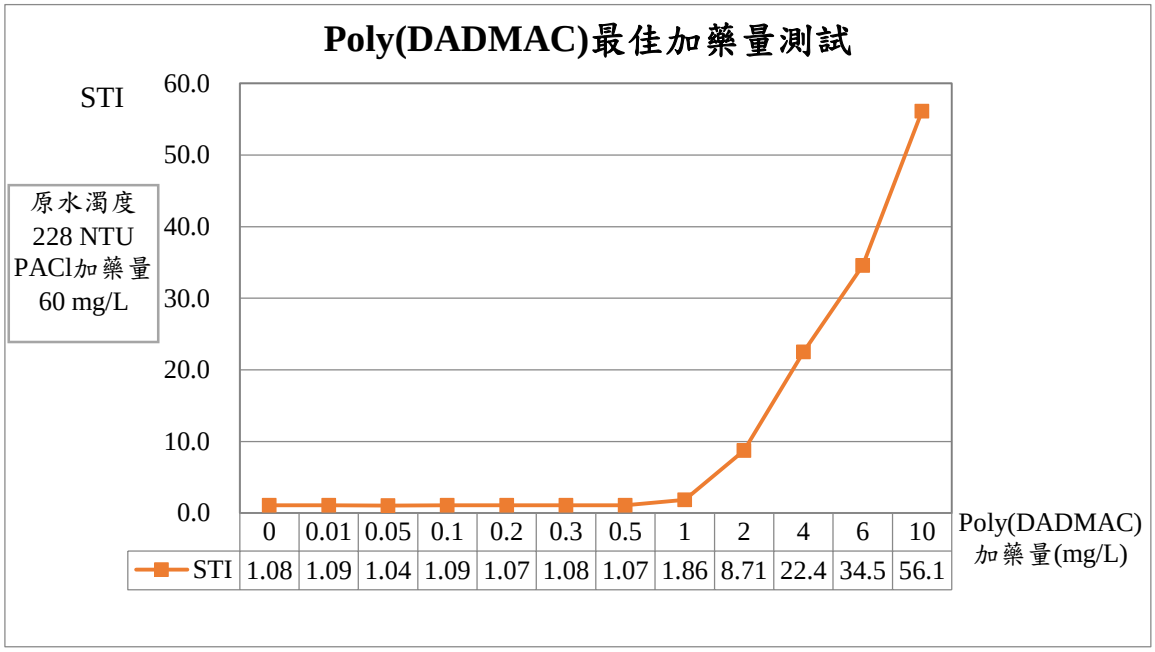


圖 4.2.3-10 石門淨水場最佳加藥量測試(STI)

(三) 高濁度試驗(大於 250 NTU)

在原水濁度 467 NTU 條件下，測試 Poly(DADMAC)最適加藥量，經測試 Poly(DADMAC)添加量 0.5 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，由 8.64 NTU 降至 3.50 NTU，降低 59.5%，總鋁、溶解鋁及 STI 則無明顯差異。惟 Poly(DADMAC)添加量 2.0 mg/L 以上時，濁度、顆粒鋁、STI 大幅增加，如圖 4.2.3-11 及圖 4.2.3-12 所示。

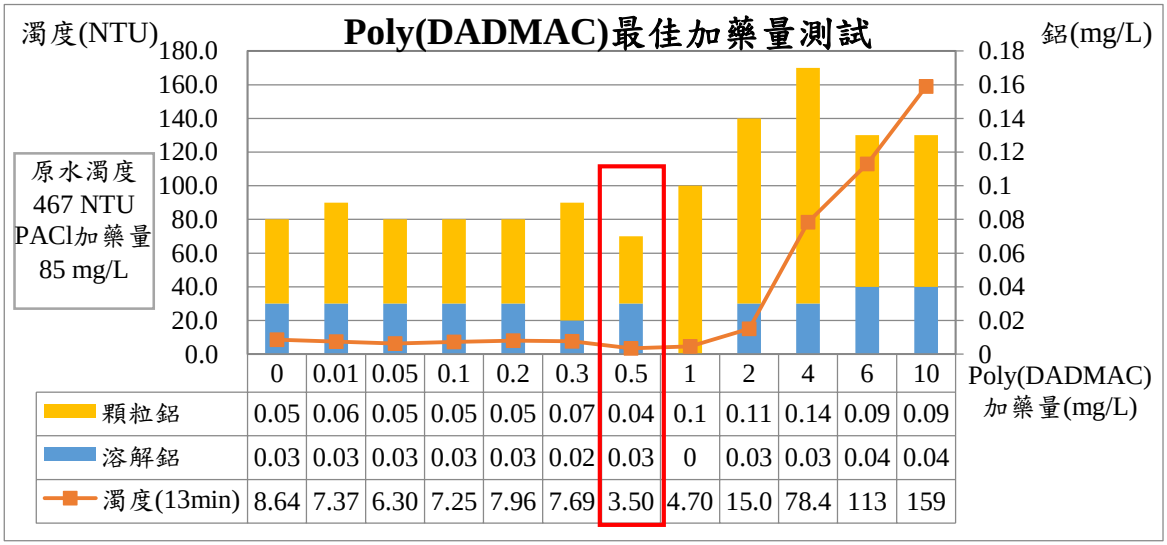


圖 4.2.3-11 石門淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

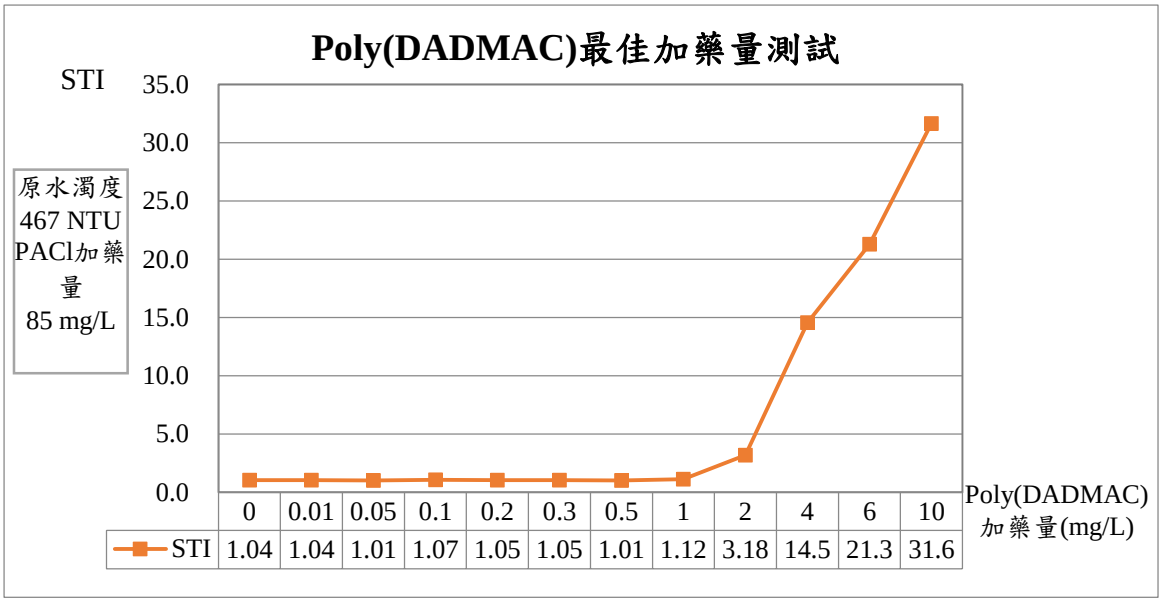


圖 4.2.3-12 石門淨水場最佳加藥量測試(STI)

在原水濁度 467NTU 之節省加藥量測試中，相同濁度處理效果下，Poly(DADMAC)添加 0.5 mg/L 時，聚氯化鋁加藥量可由 85 mg/L 降至 45 mg/L，混凝劑加藥量減少 47.1%。水中殘餘鋁及 STI 則無明顯差異，如圖 4.2.3-13 所示。

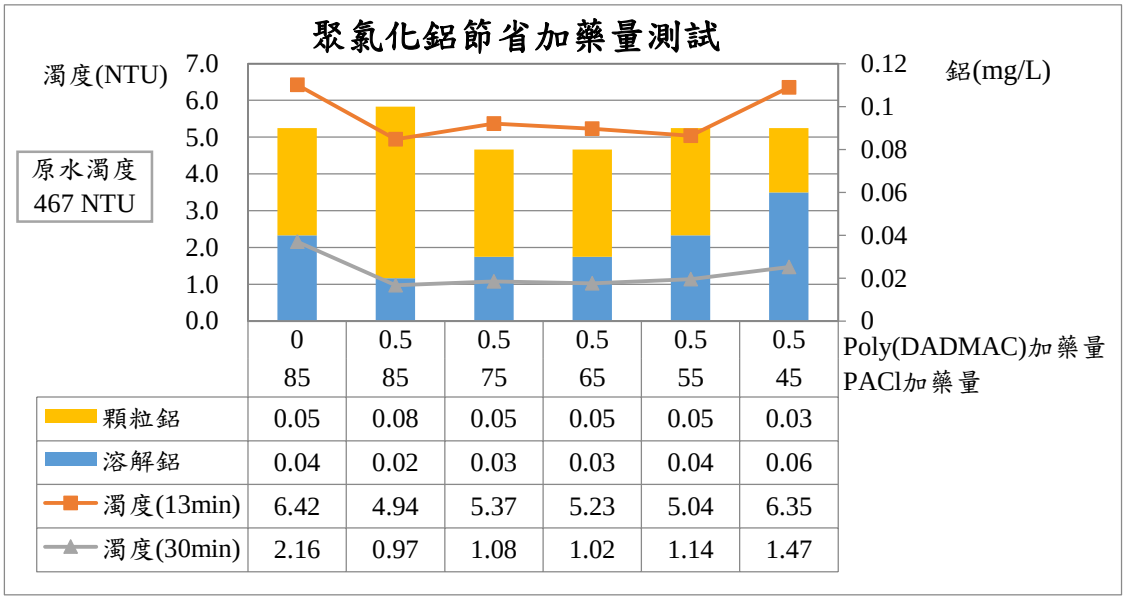


圖 4.2.3-13 石門淨水場節省混凝劑測試

比對不同原水濁度添加 Poly(DADMAC)去除濁度效果可知，當原水濁度高時，其濁度去除率效果較好，原水濁度過低時，可能無法提供足夠的架橋作用，致效果不佳，如圖 4.2.3-14 所示。

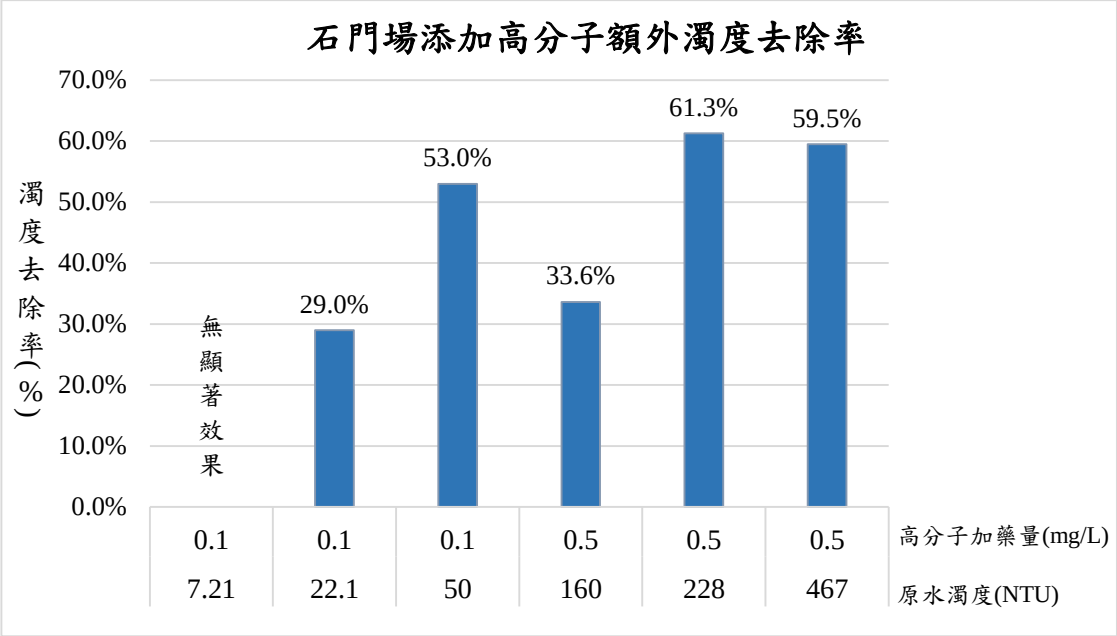


圖 4.2.3-14 石門場不同原水濁度添加高分子濁度去除率比較

4.2.4 豐原淨水場

一、背景說明

豐原給水廠位於台中市石岡區，鄰近豐原區，水源取自大甲溪石岡壩，以管徑 3,200 公釐暗管導原水至南幹渠，與農田水利會灌溉用水共流，出水能力 100 萬噸，分為豐原第一及第二淨水場。第一淨水場分為三期陸續建設，於 66 年 2 月間至 74 年 3 月間完工運轉，目前一、二、三期合計設計處理水量每日 40 萬噸。第二淨水場分為二期興建，於 81 年 7 月間至 86 年 7 月間完工，合計設計處理水量每日 60 萬噸，如表 4.2.4-1 所示。豐原給水廠總出水量可達 85 萬 CMD，為中部地區主要淨水場之一，與鯉魚潭給水廠共同聯合調配大台中地區民生及工業用水，供水範圍包括台中市、豐原、神岡、大雅、潭子、太平、大里、霧峰、烏日、大肚等及台中港特定地區(龍井、沙鹿、梧棲、清水)，並支援苗栗、彰化地區之用水。

豐原給水廠淨廢水流程如圖 4.2.4-1 所示，因大甲溪上游集水區土地超限利用，加上每年颱風、豪雨侵襲，致表土沖蝕遂洪流沖洩至下游取水口，自九二一地震後，土石鬆動導致德基水庫上游常因豪雨河岸土石崩塌，加上德基水庫調節性洩洪或排砂措施，豐原給水廠原水濁度逐年升高，原水濁度大於 500 NTU 之日數亦漸增。

表 4.2.4-1 豐原給水廠各期完工日期及設計供水量

淨水場	期別	完工日期	設計供水量	型式
豐原一場	第一期工程	66 年 2 月	10 萬 CMD	傳統式
	第二期工程	69 年 10 月	10 萬 CMD	傳統式
	第三期工程	74 年 3 月	20 萬 CMD	傳統式
豐原二場	第一期工程	81 年 7 月	30 萬 CMD	平底式污泥氈
	第二期工程	86 年 7 月	30 萬 CMD	傳統式
合計			100 萬 CMD	

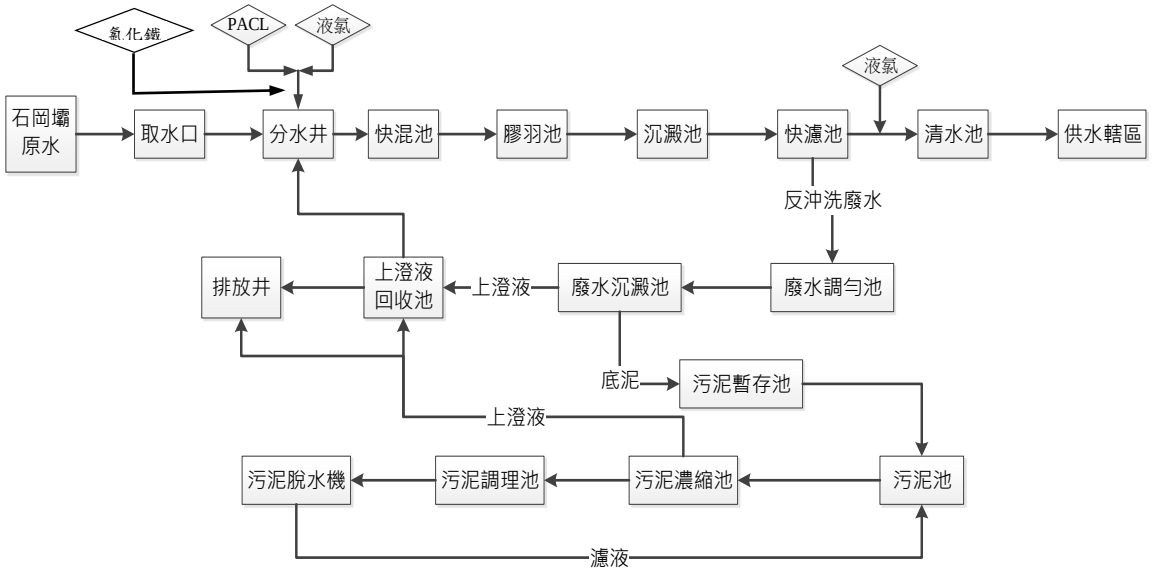


圖 4.2.4-1 豐原淨水場淨廢水流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以豐原一場及二場現有操作模式模擬，快混 300 rpm 25 秒；慢混 55 rpm 17 分鐘；靜置 30 分鐘。試驗流程如下：

1. 低濁度原水最佳加藥量測試：原水水質 pH 7.84、濁度 43.8 NTU(微白濁洗米水)、總鋁 0.04 mg/L、溶鋁 0.04 mg/L，一場使用聚氯化鋁加藥量 43 mg/L 及氯化鐵 17 mg/L、二場使用聚氯化鋁 23 mg/L，Poly(DADMAC)加藥濃度範圍(0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5 mg/L)。
2. 低濁度原水最佳加藥量測試：原水水質 pH 8.02、濁度 6.4 NTU、總鋁 0.02 mg/L、溶鋁 0.02 mg/L，二場聚氯化鋁 4 mg/L 及氯化鐵 2 mg/L 雙加藥，Poly(DADMAC)加藥濃度範圍(0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L)。
3. 低濁度原水混凝劑減少加藥量測試：原水水質 pH 8.02、濁度 6.4 NTU、總鋁 0.02 mg/L、溶鋁 0.02 mg/L，Poly(DADMAC)固定最佳加藥量，聚氯化鋁添加量固定 4mg/L，變更氯化鐵添加量 0、0.5、1、1.5、2、2.5 mg/L。

4. 測試高分子加藥時間點之效果：聚氯化鋁加藥量 4 mg/L、氯化鐵 2 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度 0.01 mg/L，改變高分子加入之時間點：(1)不添加、(2)快混前(與混凝劑同時)、(3)快混 13 秒、(4)快混結束慢混開始前、(5)慢混 8 分鐘後、(6)慢混結束靜置開始前。

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

原水條件 152 NTU 及 238 NTU 測試高分子加藥時間點之效果，聚氯化鋁加藥量依序為 20mg/L 及 30mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、5、10 mg/L。杯瓶試驗條件，先加 PACl 及 Poly(DADMAC)、快混 300 rpm 25 秒；慢混 55 rpm 17 分鐘；靜置 30 分鐘。

(三) 高濁度試驗(大於 250 NTU)

原水條件 400NTU 及 949NTU 測試高分子加藥時間點之效果，聚氯化鋁加藥量依序為 70 mg/L 及 60 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、5、10 mg/L。杯瓶試驗條件，先加 PACl 及 Poly(DADMAC)、快混 300 rpm 25 秒；慢混 55 rpm 17 分鐘；靜置 30 分鐘。

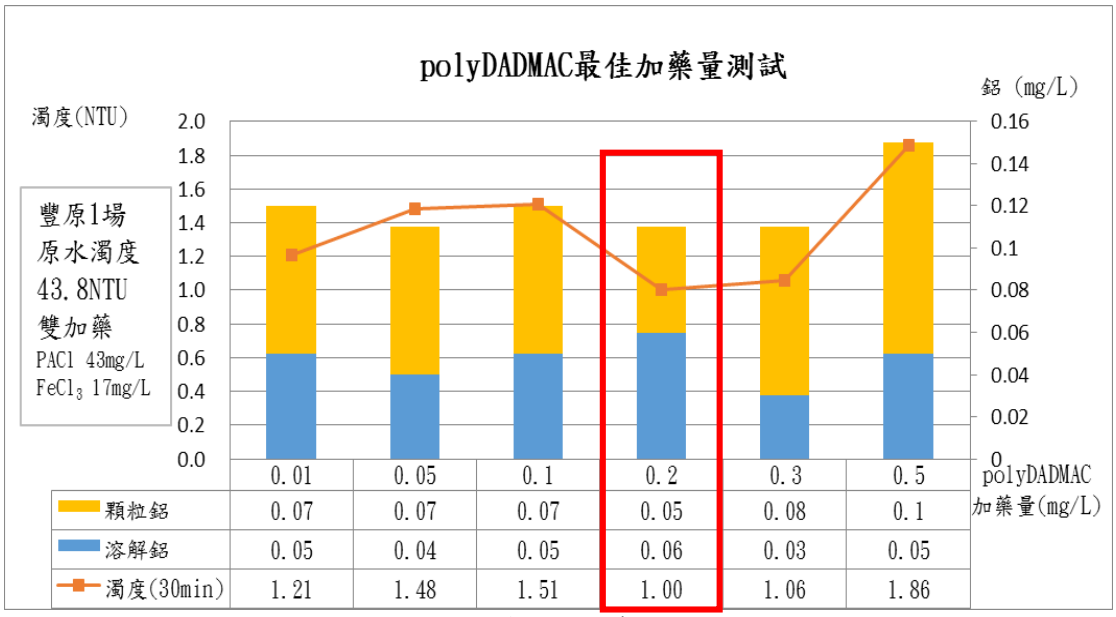
三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

1. 原水濁度 43.8 NTU

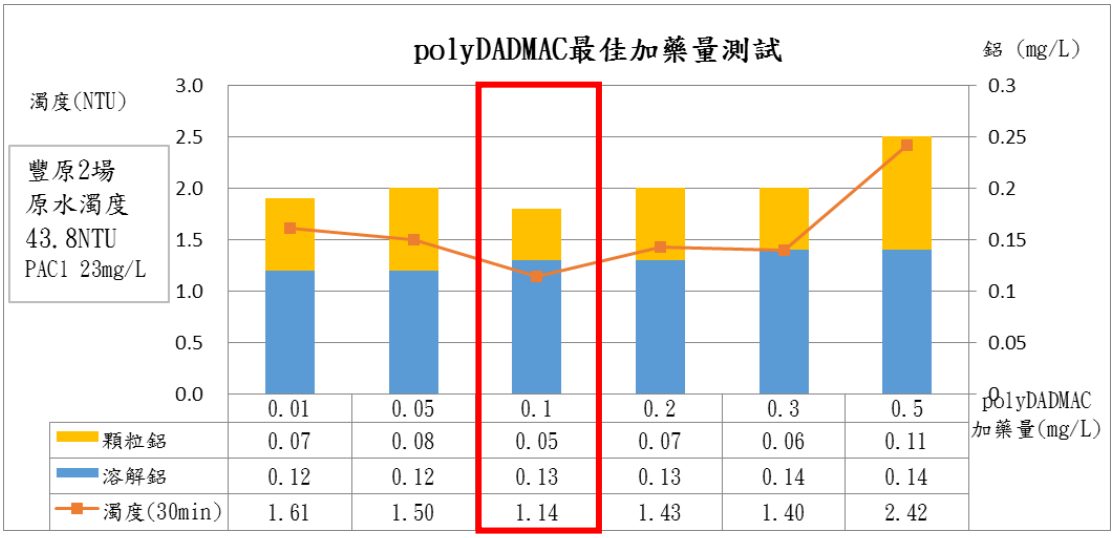
豐原一場以聚氯化鋁及氯化鐵(雙加藥方式)作為混凝劑，添加 Poly(DADMAC)之最適加藥量測試，其實驗結果如圖 4.2.4-2 所示，加 Poly(DADMAC)0.01 mg/L 之沉澱水濁度為 1.21 NTU，添加 Poly(DADMAC) 0.2 mg/L 時濁度 1.0 NTU，可知添加 Poly(DADMAC) 0.2 mg/L 可降低濁度 17.4%，添加量大於 0.3 mg/L 時濁度會反轉提高，另加 Poly(DADMAC) 0.01mg/L 之沉澱水溶解鋁為 0.05 mg/L，添加 Poly(DADMAC) 0.3 mg/L 時，溶解鋁為 0.03 mg/L，降幅可達 40.0%。

豐原二場以聚氯化鋁做為混凝劑，添加 Poly(DADMAC)做為助凝劑之最適加藥量測試，加 Poly(DADMAC)0.01mg/L 之沉澱水濁度為 1.61 NTU，添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 時濁度 1.14 NTU，可知添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 可降低濁度 29.2%(1.64→1.14 NTU)，添加量大於 0.3 mg/L 時濁度會反轉增加，但對鋁效果不明顯，如圖 4.2.4-3 所示。



polyDADMAC 加藥量(mg/L)	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
顆粒鋁	0.07	0.07	0.07	0.05	0.08	0.1
溶解鋁	0.05	0.04	0.05	0.06	0.03	0.05
濁度(30min)	1.21	1.48	1.51	1.00	1.06	1.86

圖 4.2.4-2 豐原一場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)



polyDADMAC 加藥量(mg/L)	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
顆粒鋁	0.07	0.08	0.05	0.07	0.06	0.11
溶解鋁	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14
濁度(30min)	1.61	1.50	1.14	1.43	1.40	2.42

圖 4.2.4-3 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

2. 原水濁度 6.4 NTU

豐原第二淨水場於原水濁度小於 10 NTU 時，再次進行杯瓶試驗，以聚氯化鋁及氯化鐵雙加藥方式，進行 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試。未加 Poly(DADMAC)時沉澱水濁度為 3.281 NTU，添加 Poly(DADMAC) 0.01 mg/L 時，濁度去除效果最好，濁度為 2.76 NTU，添加 Poly(DADMAC)可降低濁度 15.9%，如圖 4.2.4-4 所示。

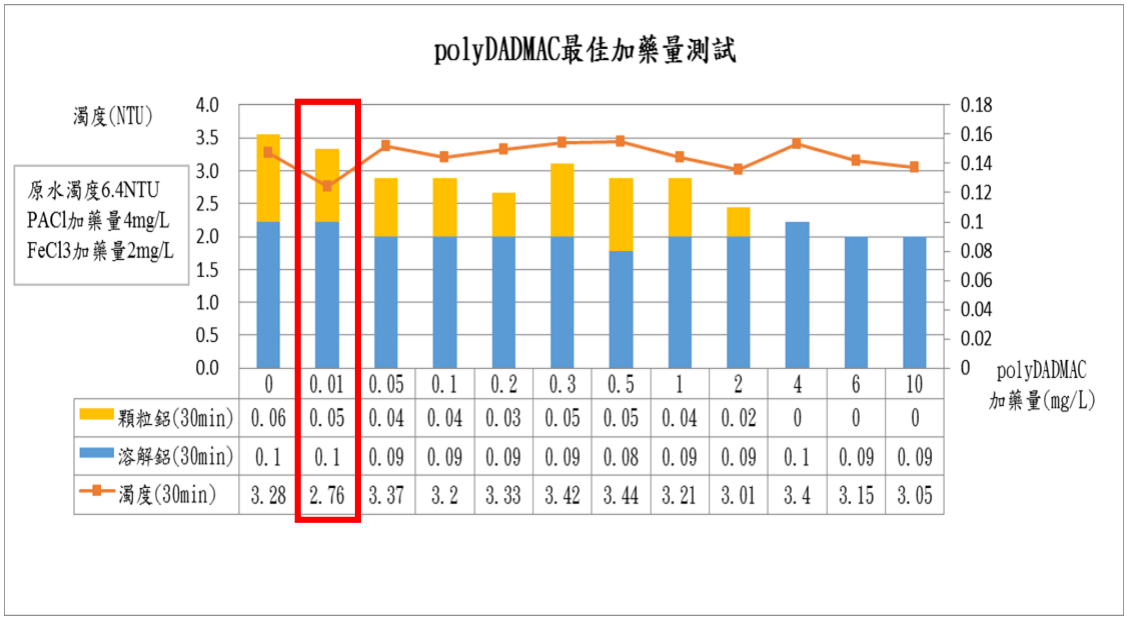


圖 4.2.4-4 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

固定聚氯化鋁加藥量 4 mg/L、Poly(DADMAC)最適添加量 0.01 mg/L，進行減少氯化鐵添加量測試，未添加 Poly(DADMAC)之沉澱水濁度為 3.28 NTU，Poly(DADMAC)添加量 0.01 mg/L、氯化鐵加藥量 1.5 mg/L 時，沉澱水濁度為 3.21 NTU 可減少 25.0%，如圖 4.2.4-5 所示。

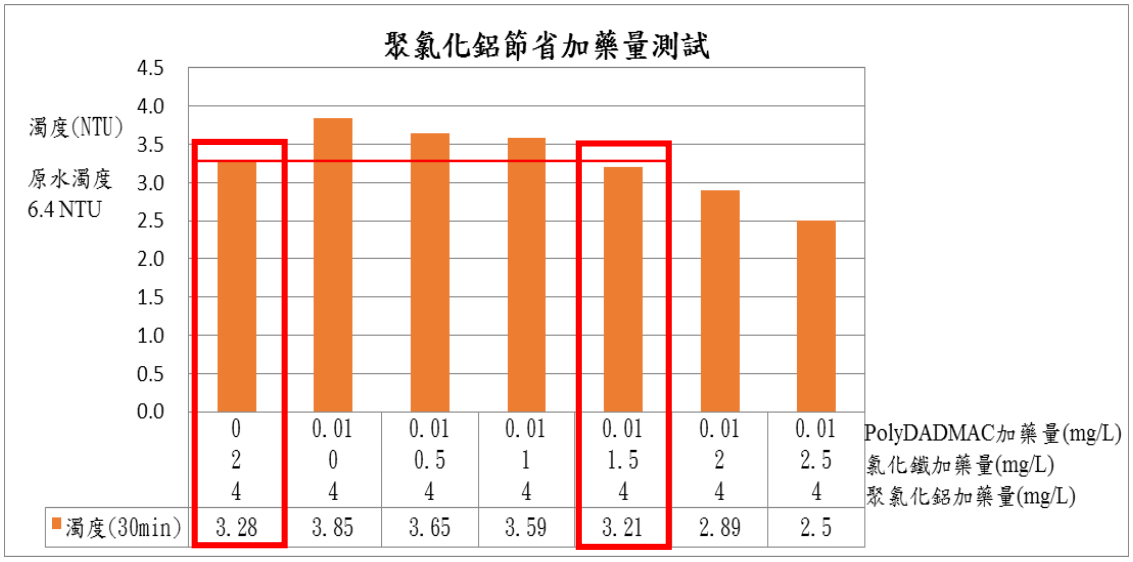


圖 4.2.4-5 豐原二場減少混凝劑加藥量測試

進行添加 Poly(DADMAC)加藥順序測試，實驗結果如圖 4.2.4-6 所示，濁度去除效果以快混前與混凝劑同時添加為最佳，沉澱後濁度為 2.79 NTU，未添加 Poly(DADMAC)濁度為 3.47 NTU，降低濁度 27.5%。

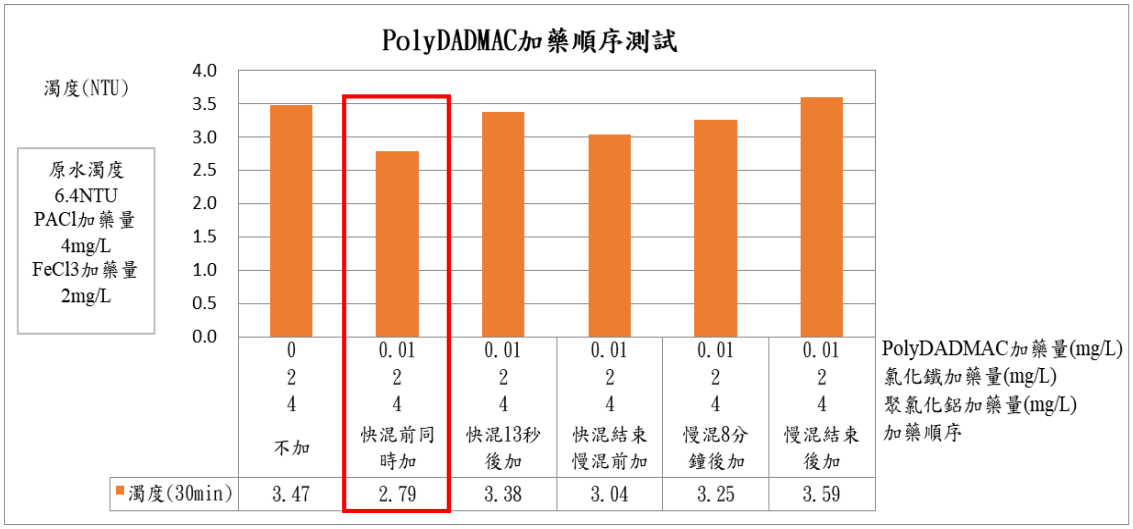
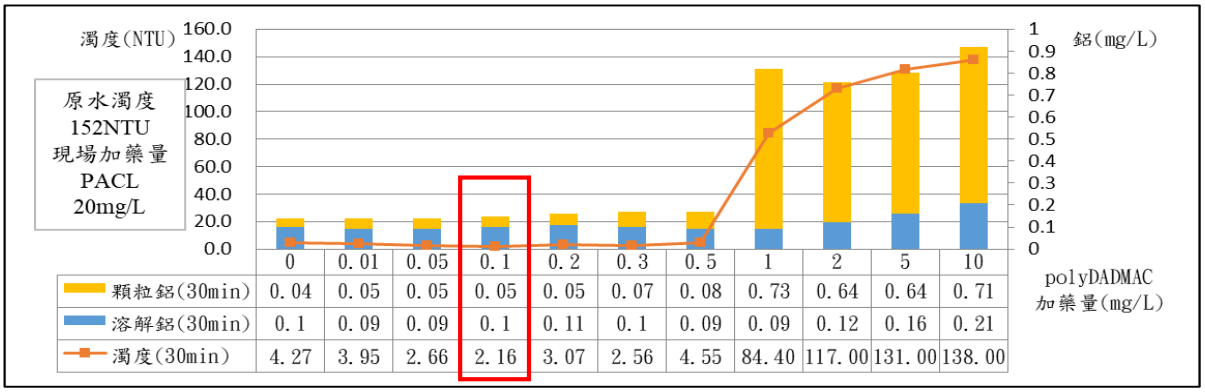


圖 4.2.4-6 豐原二場 Poly(DADMAC)加藥順序測試(濁度)

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

1. 原水濁度 152 NTU

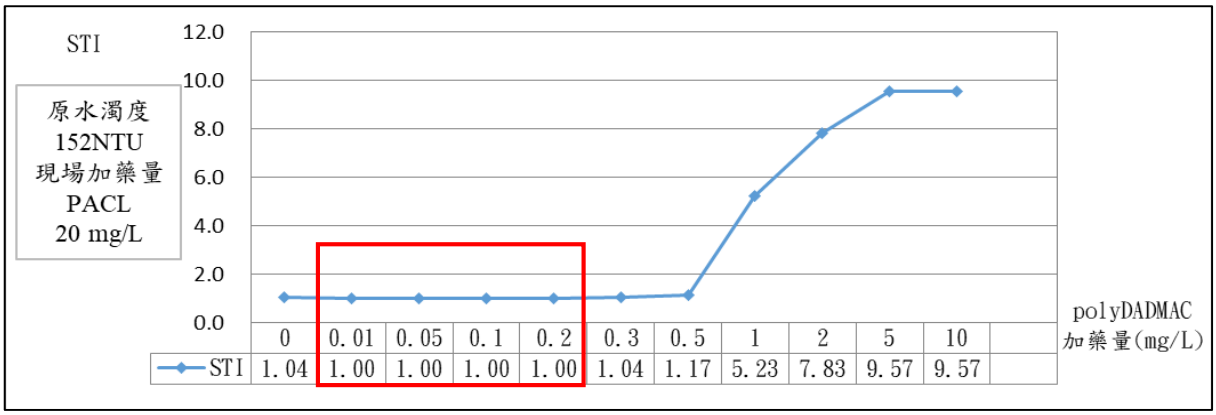
聚氯化鋁加藥量 20 mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標，Poly(DADMAC)加藥濃度以 0.1 mg/L 為最佳。濁度去除率為 49.4%(4.27 NTU→2.16 NTU)，殘餘溶解鋁濃度變化不大。當 Poly(DADMAC)劑量增加至 0.5 mg/L 時，濁度及殘餘總鋁反轉且趨勢大幅增加，如圖 4.2.4-7 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	5	10
顆粒鋁(30min)	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.73	0.64	0.64	0.71
溶解鋁(30min)	0.1	0.09	0.09	0.1	0.11	0.1	0.09	0.09	0.12	0.16	0.21
濁度(30min)	4.27	3.95	2.66	2.16	3.07	2.56	4.55	84.40	117.00	131.00	138.00

圖 4.2.4-7 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認豐原淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水未添加高分子 STI 為 1.04 添加 0.01 至 0.2 mg/L 時 STI 為小於 1.04 稍微提高過濾效果，當添加 Poly(DADMAC)高於 0.5 mg/L 時 STI 會增大，顯示過濾性變差。值得注意的是適當添加 Poly(DADMAC)有少許助濾效果不至於阻塞快濾池，但添加過量不利於快濾池正常操作，如圖 4.2.4-8 所示。

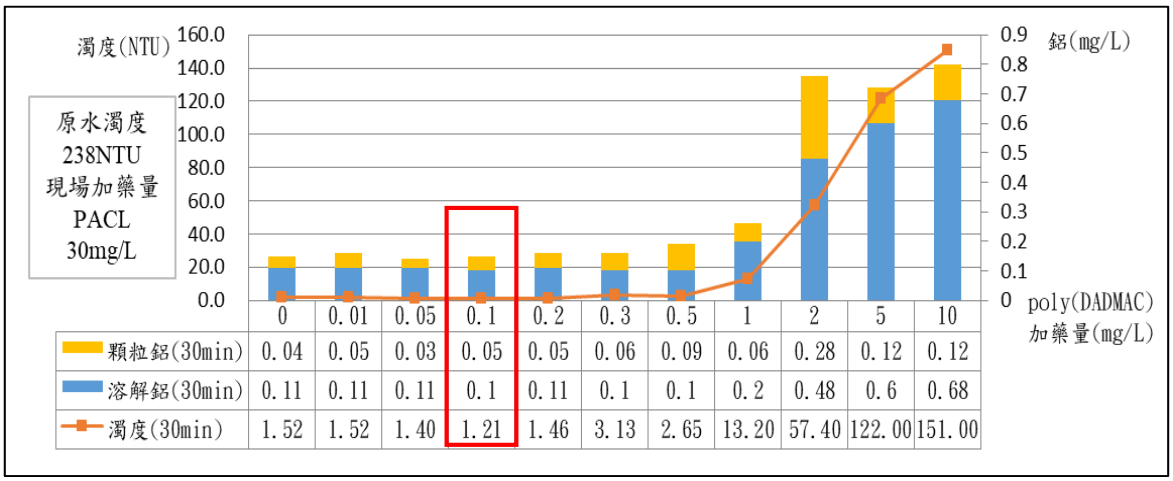


	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	5	10
STI	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.17	5.23	7.83	9.57	9.57

圖 4.2.4-8 豐原二場最佳加藥量測試(STI)

2. 原水濁度 238 NTU

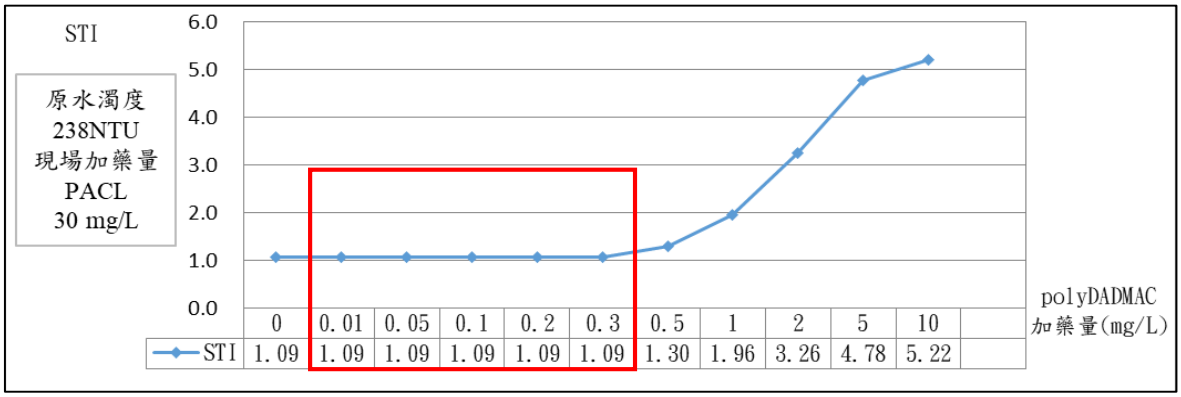
聚氯化鋁加藥量 30mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標 Poly(DADMAC)加藥濃度以 0.1 mg/L 為最佳，濁度去除率為 20.4%(1.52 NTU→1.21 NTU)。Poly(DADMAC)劑量增加至 0.1 mg/L 時濁度有反轉增加的趨勢會大幅增加。溶解鋁以添加 0.01 mg/L 及 0.5mg/L 變化不大、劑量若超過 1.0 mg/L 以上，溶解鋁開始明顯增加。顆粒鋁以 0.05 mg/L 較低、劑量若超過 0.5 mg/L 以上因混凝效果不佳開始明顯增，如圖 4.2.4-9 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	5	10
顆粒鋁(30min)	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.09	0.06	0.28	0.12	0.12
溶解鋁(30min)	0.11	0.11	0.11	0.1	0.11	0.1	0.1	0.2	0.48	0.6	0.68
濁度(30min)	1.52	1.52	1.40	1.21	1.46	3.13	2.65	13.20	57.40	122.00	151.00

圖 4.2.4-9 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認豐原淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水未添加高分子 STI 為 1.09，添加 0.01 至 0.3 mg/L 時 STI 變化不大顯示過濾效果無影響，當添加 Poly(DADMAC)高於 0.5 mg/L 時 STI 會增大，顯示過濾性變差，如圖 4.2.4-10 所示。



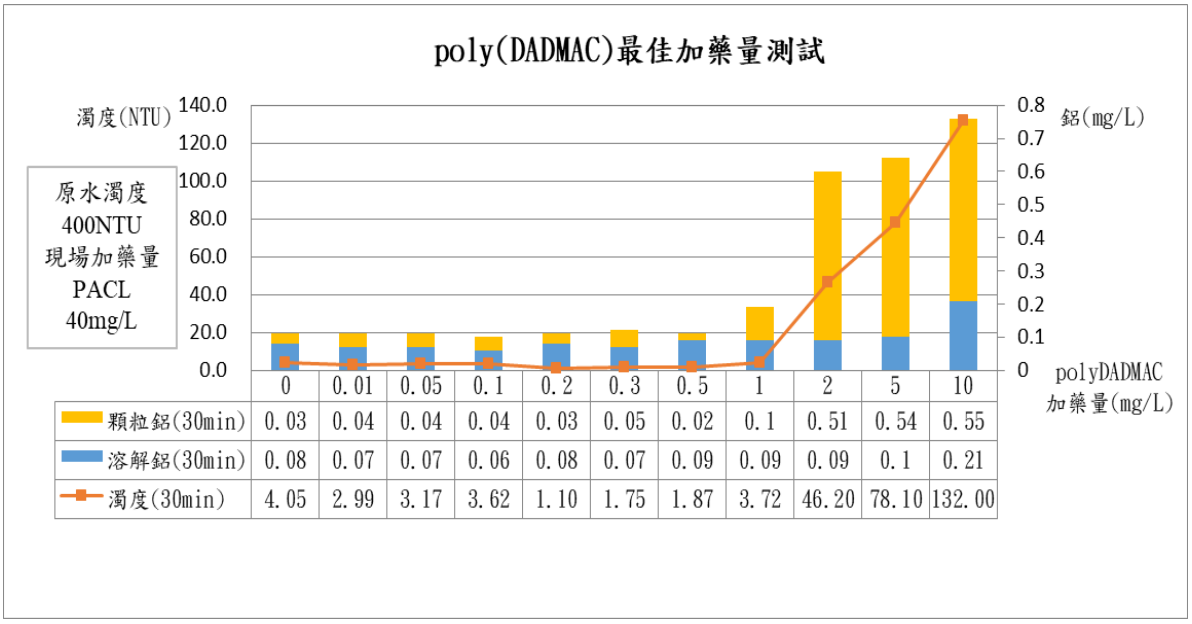
	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	5	10
STI	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.30	1.96	3.26	4.78	5.22

圖 4.2.4-10 豐原二場最佳加藥量測試(STI)

(三) 高濁度試驗(大於 250 NTU)

1. 原水濁度 400 NTU

聚氯化鋁加藥量 40 mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標，Poly(DADMAC)添加濃度以 0.2 mg/L 為最佳，濁度去除率為 72.8% (4.05 NTU→1.10 NTU)。Poly(DADMAC)添加劑量增加至 1.0 mg/L 時濁度有反轉現象，而增加至 2.0 mg/L 時之濁度會大幅增加。Poly(DADMAC)添加 0.01 mg/L 及 1.0 mg/L 殘餘溶解鋁變化不大；添加劑量若超過 5.0 mg/L 以上，則殘餘溶解鋁開始明顯增加。Poly(DADMAC)添加 0.01 mg/L 至 0.5 mg/L 時，殘餘顆粒鋁較低；添加量若超過 1.0 mg/L 以上，則因混凝效果不佳開始明顯增加，如圖 4.2.4-11 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	5	10
顆粒鋁(30min)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02	0.1	0.51	0.54	0.55
溶解鋁(30min)	0.08	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09	0.1	0.21
濁度(30min)	4.05	2.99	3.17	3.62	1.10	1.75	1.87	3.72	46.20	78.10	132.00

圖 4.2.4-11 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認豐原淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水未添加 Poly(DADMAC)時，STI 為 1.04；當添加 Poly(DADMAC)0.01 至 0.2 mg/L 時，STI 接近 1.04 過濾效果相同；當 Poly(DADMAC)添加濃度大於 0.3 mg/L 時，STI 會增大，顯示過濾性變差；添加濃度大於 1.0 mg/L 時，反而不利於快濾池正常操作，如圖 4.2.4-12 所示。

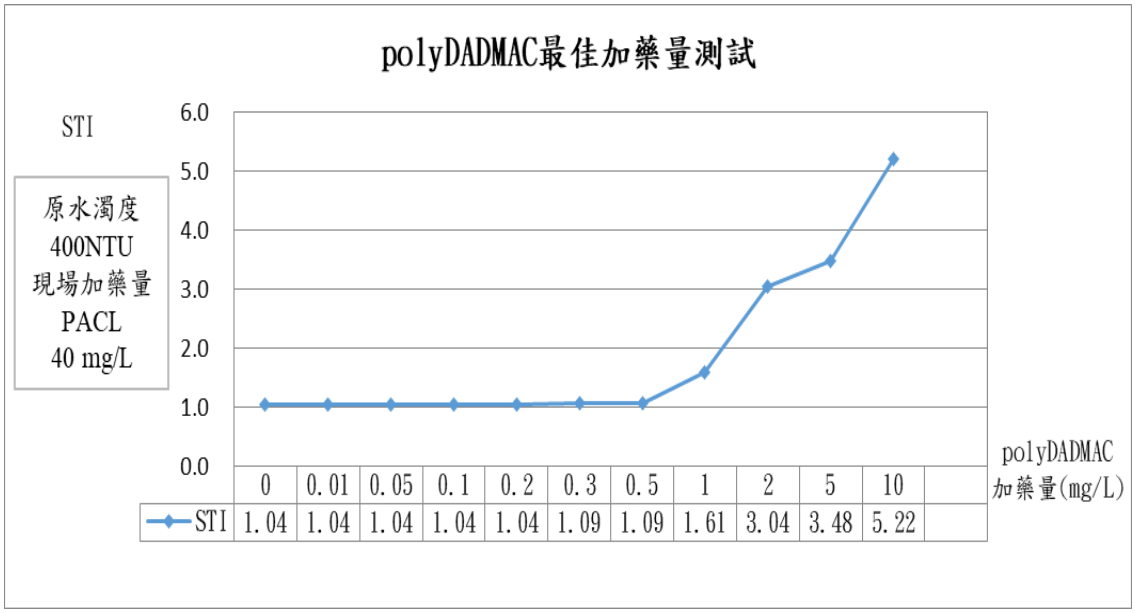


圖 4.2.4-12 豐原二場最佳加藥量測試(STI)

2. 原水濁度 949 NTU

聚氯化鋁加藥量 60 mg/L、以濁度、殘餘鋁及 STI 為指標，Poly(DADMAC)添加濃度以 0.05 mg/L 為最佳，濁度去除率為 43.8% (3.22 NTU→1.81 NTU)。Poly(DADMAC)添加濃度增加至 1.0 mg/L 時，濁度有反轉現象；當添加濃度增加至 2.0 mg/L，濁度會大幅增加。Poly(DADMAC)添加 0.01 及 0.1 mg/L 殘餘溶解鋁變化不大；添加濃度超過 2.0 mg/L 以上時，殘餘溶解鋁開始明顯增加。Poly(DADMAC)添加濃度 0.2 至 0.3 mg/L 時，殘餘顆粒鋁較低；添加濃度超過 1.0 mg/L，則因混凝效果不佳開始明顯增加，如圖 4.2.4-13 所示。

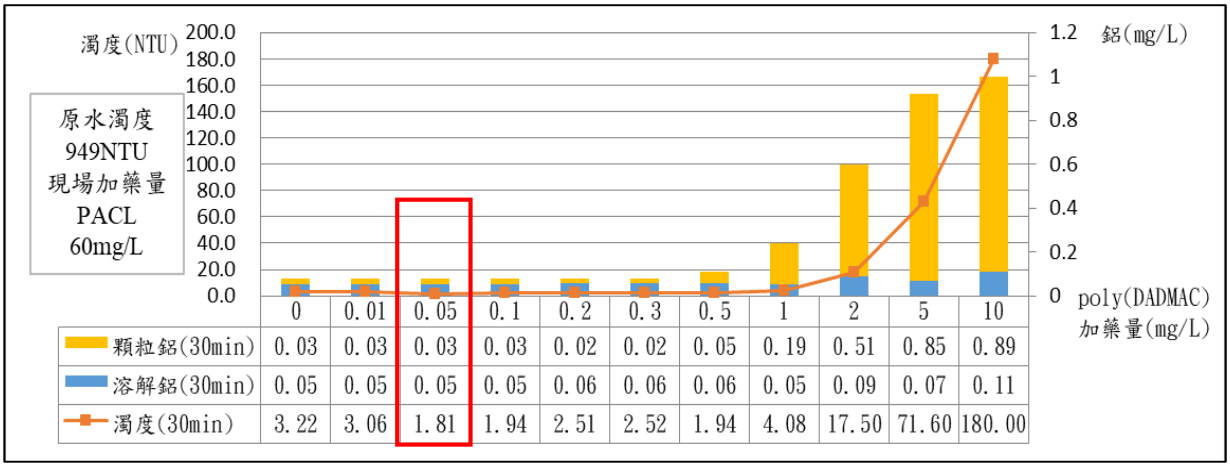


圖 4.2.4-13 豐原二場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

利用 STI 確認豐原淨水場添加高分子聚合物之後的過濾性，在原水未添加 Poly(DADMAC)，STI 為 1.09；當添加濃度 0.01 至 0.3 mg/L 時，STI 小於 1.09，過濾效果稍微提升；當 Poly(DADMAC)添加濃度高於 1.0 mg/L 時，STI 會增大，顯示過濾性變差；而添加濃度大於 2.0 mg/L 時，反而不利於快濾池正常操作，如圖 4.2.4-14 所示。

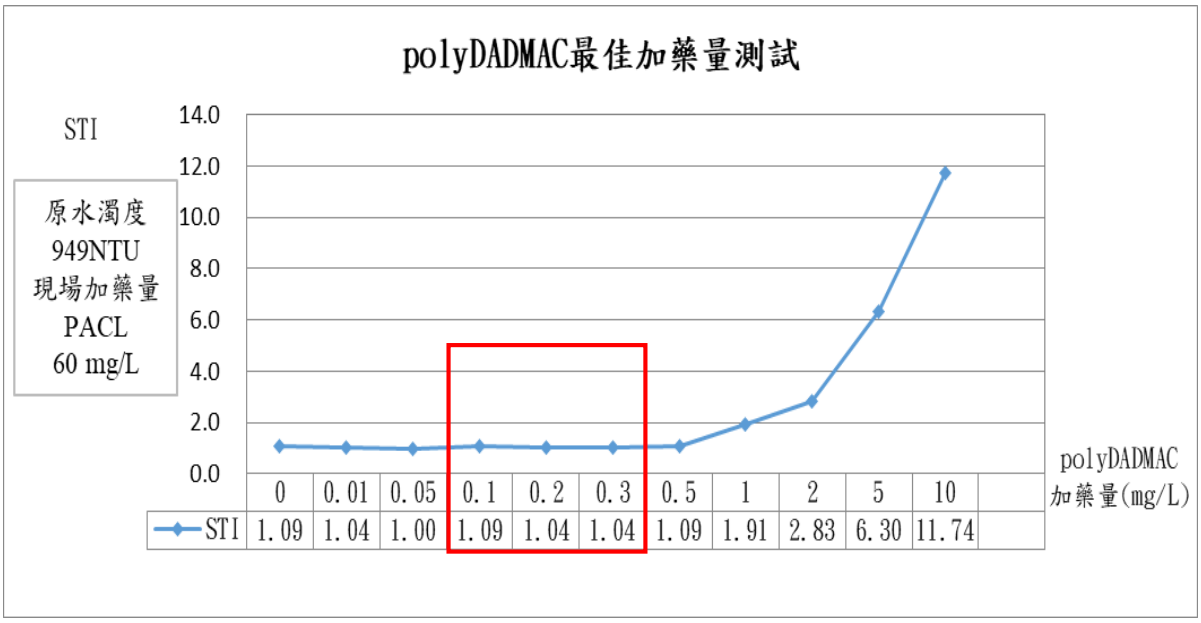


圖 4.2.4-14 豐原二場最佳加藥量測試(STI)

4.2.5 潭頂淨水場

一、背景資料

潭頂淨水場隸屬於台水公司第六區管理處台南給水廠，位於台南市新市區潭頂里 544 號，於 59 年完成潭頂淨水場第一期工程處理量 9 萬 CMD，後於 68 年完成第二期處理量 9 萬 CMD 之擴建，處理單元位置如圖 4.2.5-1 所示，合計全場設計出水量達 18 萬 CMD，供水區域包括台南市之北、西、東、中、新市區、新化區、永康區等地區，供水人口約 40 萬人，供水普及率達 98.59%。

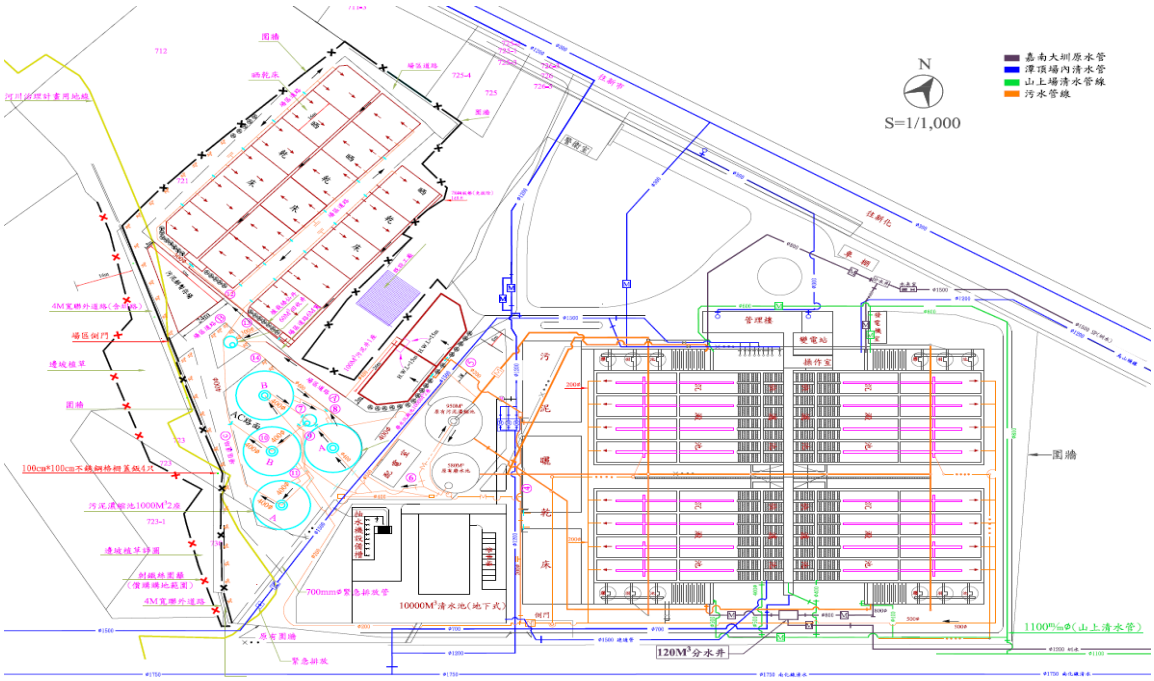


圖 4.2.5-1 潭頂淨水場平面圖

潭頂淨水場有 2 股水源，其中一股水源為經曾文溪與菜寮溪交會處下游約 500 公尺處所設置之玉峰攔河堰攔取曾文溪溪水，先經山上淨水場初步處理後做為潭頂場之原水來源(平均取水量約 4 萬 5 千 CMD)，因其已做初步處理，水質良好；另一股水源為曾文水庫放水至烏山頭水庫經嘉南大圳南幹線重力引入該場(平均取水量約 18 萬 CMD)，除暴雨期間濁度可能突增較高外，其水質因有「烏山頭水庫水源水質保護區」之劃設，長期以來均屬良好，再經該場淨水處理後，

皆可符合飲用水水質標準，如圖 4.2.5-2 所示。

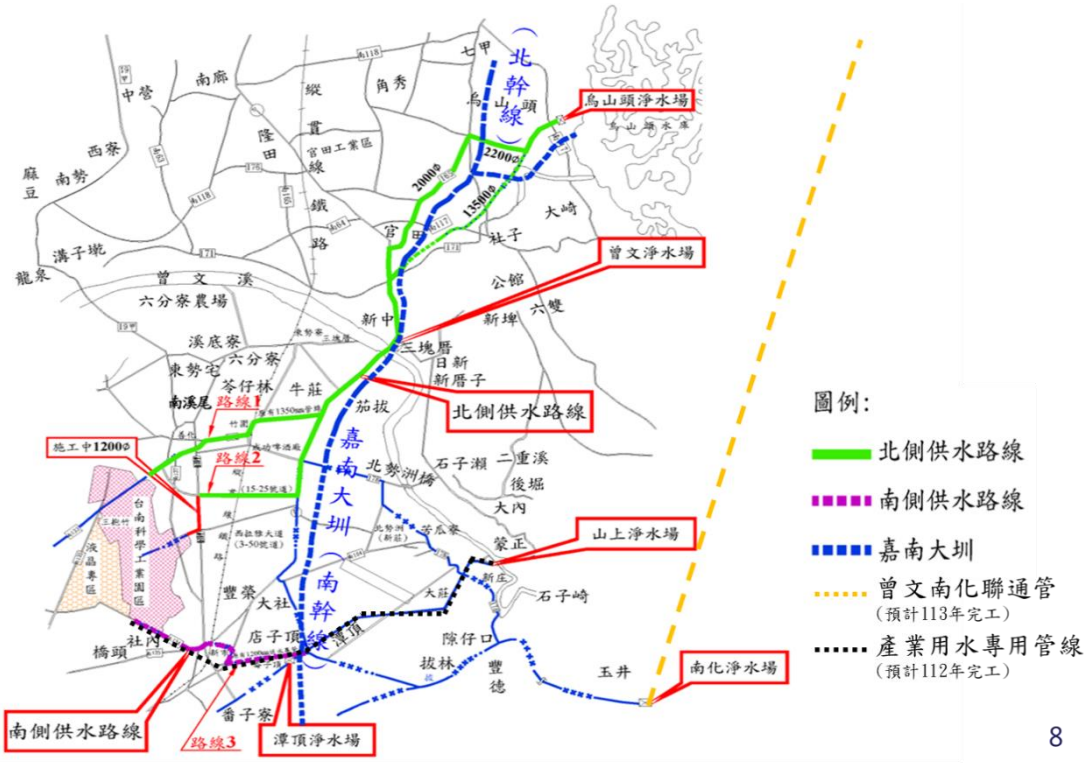


圖 4.2.5-2 潭頂淨水場取水及供水管線圖

潭頂淨水場處理流程如圖 4.2.5-3 所示，原水取自山上淨水場清水及嘉南大圳南幹線，於快混池添加前氯(次氯酸鈉)及混凝劑(氯化鐵)經迴流池、膠羽池、沉澱池、快濾池(惠勒式)等處理流程後，進入清水池再送至供水系統，另外沉澱池污泥及快濾池反沖洗廢水則經廢水調整池及污泥濃縮池後，污泥送至污泥乾燥床，上澄液及濾液則返送至膠羽池處理。

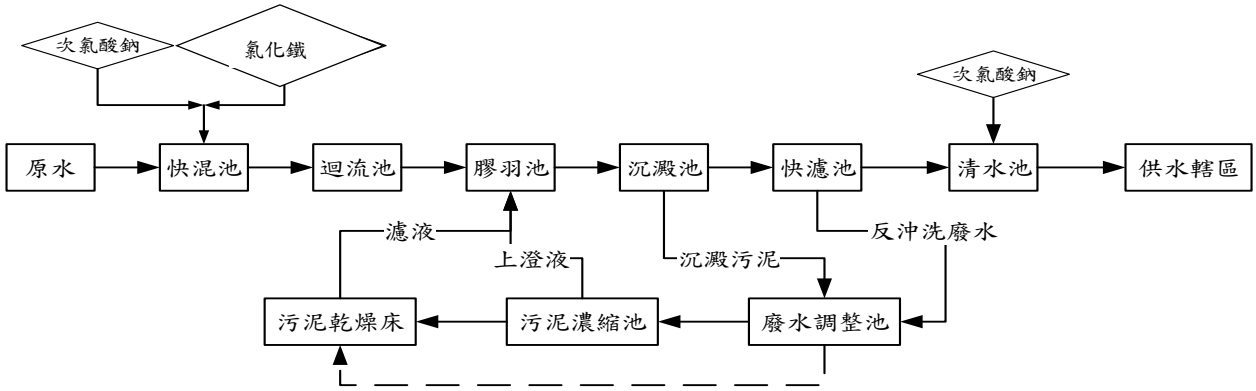


圖 4.2.5-3 潭頂淨水場處理流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以潭頂淨水場現有操作模式模擬(快混 53 rpm 147 秒；慢混第一段 54 rpm 7.6 分鐘、第二段 36 rpm 7.6 分鐘、第三段 18 rpm 7.6 分鐘；靜置 7 分鐘)，另增加靜置時間至 30 分鐘。原水水質為 pH 值 8.05、濁度 11.00 NTU、鹼度 120 mg/L、TDS 186.3 mg/L、導電度 290.2 μs，試驗流程如下：

1. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：氯化鐵最適加藥量 7 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍(0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mg/L)。
2. 混凝劑減少加藥量測試：氯化鐵加藥濃度範圍為 0、1、3、5、7、9 mg/L、Poly(DADMAC)最適加藥量 0.2 mg/L。

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

原水條件 160 NTU 及 230 NTU 測試高分子加藥時間點之效果，氯化鐵加藥量依序為 35 mg/L 及 45 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、5、10 mg/L。杯瓶試驗條件為先加氯化鐵及 Poly(DADMAC)、快混 53rpm 2 分 27 秒、快混 54rpm 7 分 36 秒、慢混 36 rpm 7 分 36 秒、慢混 18 rpm 7 分 36 秒、靜置 7 分鐘。

三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

在 Poly(DADMAC)最佳加藥測試中，原水水質在 pH 值 8.05、濁度 11.0 NTU、鹼度 120 mg/L、總溶解固體量 186.3 mg/L、導電度 290.2 μs 條件下，當 Poly(DADMAC)添加 0.2 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，較未添加 Poly(DADMAC)而言，靜置 7 分鐘濁度由 5.53 NTU 降至 3.38 NTU，減少 38.9%，靜置 30 分鐘濁度由 4.55 NTU 降至 2.38

NTU，減少 47.7%。另外，水中殘餘鐵由未添加 Poly(DADMAC)之 0.40 mg/L 逐步降至添加 0.3 mg/L Poly(DADMAC)之 0.24 mg/L，水中殘餘鐵減少 40.0%。而 STI 由未添加 Poly(DADMAC)之 3.18 逐步降至添加 0.3 mg/L Poly(DADMAC)之 1.27，過濾性提高 2.5 倍，惟當 Poly(DADMAC)添加超過 1 mg/L 以上時，可能因無法沉降殘餘於水中，造成濁度、殘餘鐵及 STI 大幅增加，如圖 4.2.5-4 及圖 4.2.5-5 所示。

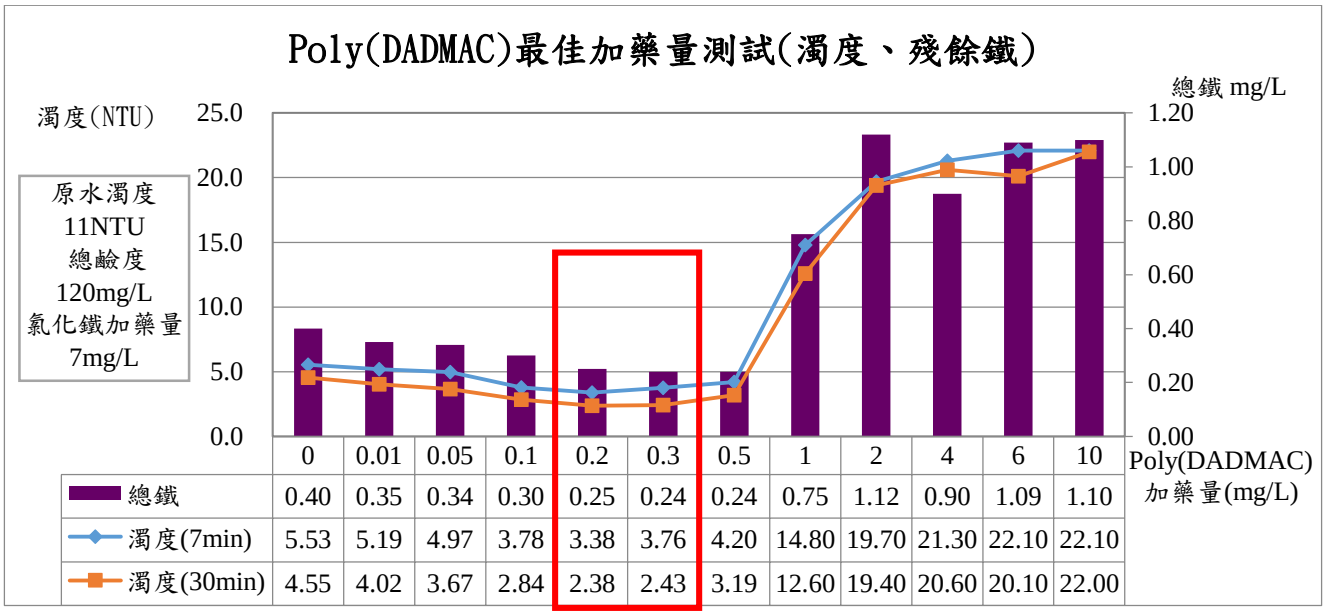


圖 4.2.5-4 潭頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鐵)

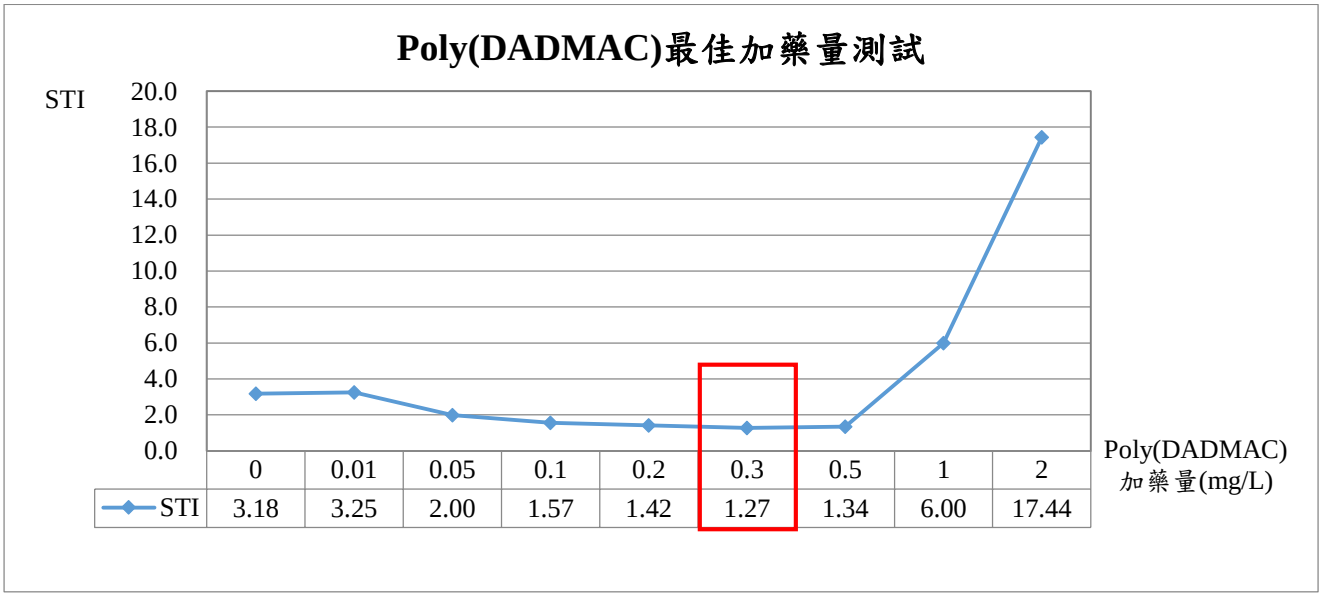


圖 4.2.5-5 潭頂淨水場最佳加藥量測試(STI)

綜上評估，潭頂淨水場在原水濁度 11.0 NTU 情況下，Poly(DADMAC)以 0.2 mg/L 添加量有最佳處理效果，且在相同混凝劑(氯化鐵)加藥量下，添加高分子助凝劑(Poly(DADMAC))可有效降低濁度、增加過濾性及減少水中殘餘鐵含量。

在減少加藥測試中，在相同處理效果(濁度)下，Poly(DADMAC)添加 0.2 mg/L 時，氯化鐵加藥量由 7 mg/L 減少至 3 mg/L，混凝劑(氯化鐵)減少加藥量達 57.1%，如圖 4.2.5-6 所示，由試驗結果可知，添加 Poly(DADMAC)大幅降低混凝劑(氯化鐵)加藥量。

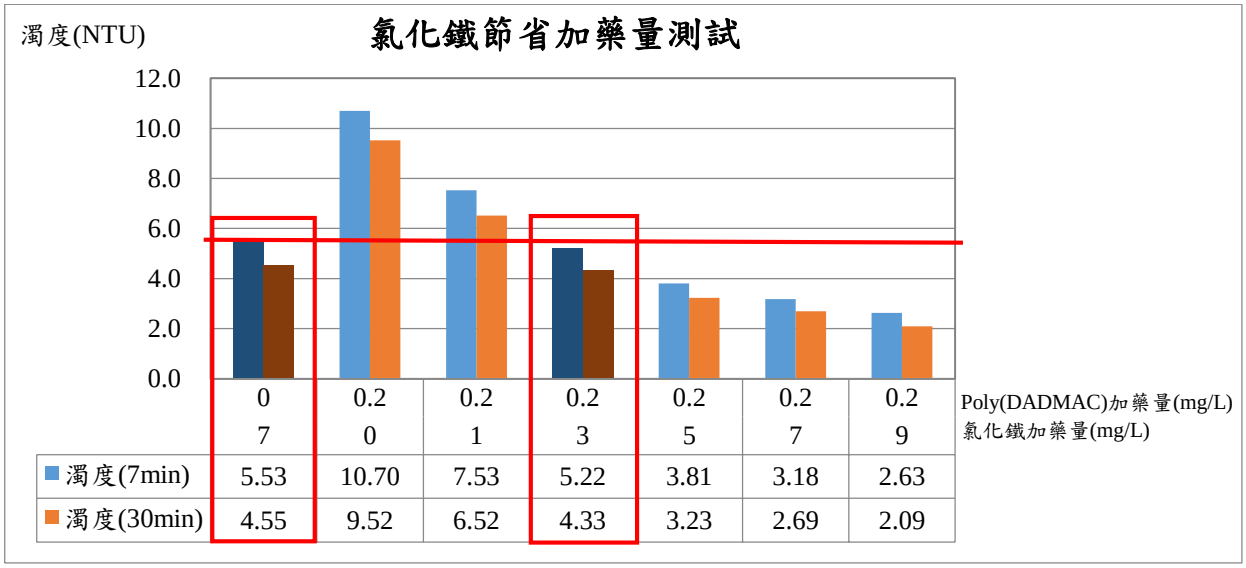


圖 4.2.5-6 潭頂淨水場混凝劑減少加藥量測試(濁度)

(二) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

1. 原水濁度 160 NTU

氯化鐵加藥量 35 mg/L，以濁度及 STI 為指標，Poly(DADMAC)添加濃度以 0.3 mg/L 為最佳。濁度去除率為 43.3% (2.10 NTU→1.19 NTU)，Poly(DADMAC)添加濃度增加至 2.0 mg/L 時，濁度反轉大幅增加。利用 STI 確認潭頂淨水場添加 Poly(DADMAC)之後的過濾性，在原水未添加 Poly(DADMAC)，STI 為 1.07；當 Poly(DADMAC)添加 0.01 mg/L 至 1.0 mg/L 時，STI 變化不大，不影響過濾效果；當 Poly(DADMAC) 添加濃度大於 2.0 mg/L 時，STI 會增大，顯示過濾

性變差，添加過量會造成快濾池阻塞。另實場殘餘鐵藉由快濾池濾除，清水中鐵含量很低，經常低於 0.05 mg/L，如圖 4.2.5-7 所示。

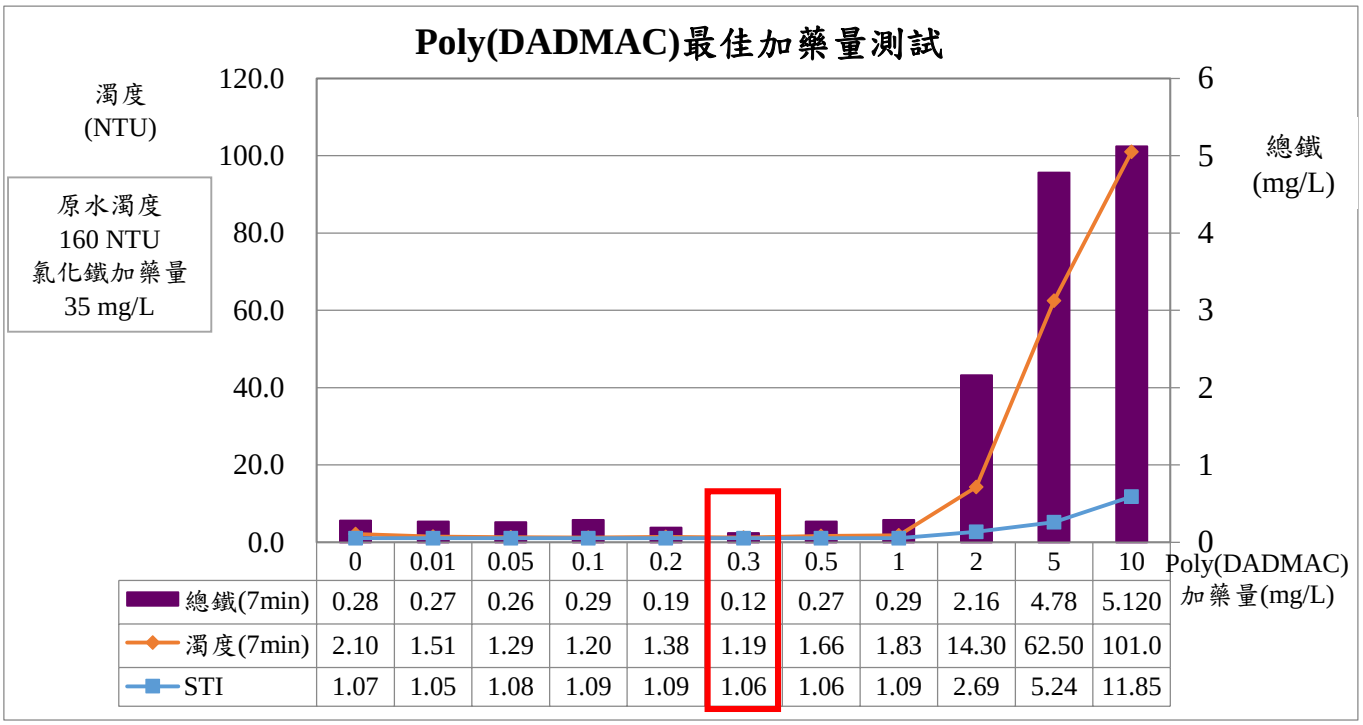
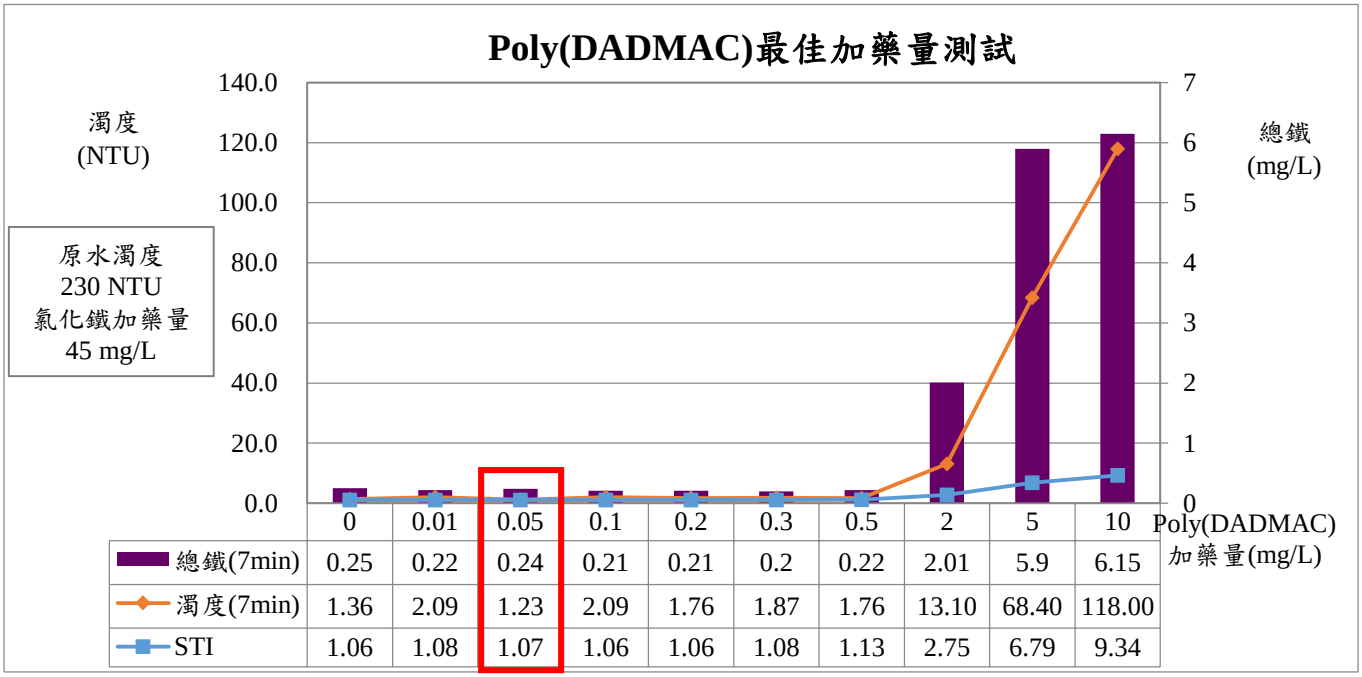


圖 4.2.5-7 潭頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鐵、STI)

2. 原水濁度 230 NTU

氯化鐵加藥量 45 mg/L、以濁度及 STI 為指標，Poly(DADMAC)添加濃度以 0.05 mg/L 為最佳。濁度去除率為 9.6%(1.36 NTU→1.23 NTU)，Poly(DADMAC)添加濃度增加至 2.0 mg/L 時，濁度有反轉大幅增加。利用 STI 確認潭頂淨水場添加 Poly(DADMAC)之後的過濾性，在原水未添加 Poly(DADMAC)時，STI 為 1.06；當 Poly(DADMAC)添加 0.01 mg/L 至 1.0 mg/L 時，STI 變化不大，不影響過濾效果，當 Poly(DADMAC)添加濃度高於 2.0 mg/L 時，STI 會增大，顯示過濾性變差。實場清水殘餘鐵經常低於 0.05 mg/L，如圖 4.2.5-8 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	2	5	10
總鐵(7min)	0.25	0.22	0.24	0.21	0.21	0.2	0.22	2.01	5.9	6.15
濁度(7min)	1.36	2.09	1.23	2.09	1.76	1.87	1.76	13.10	68.40	118.00
STI	1.06	1.08	1.07	1.06	1.06	1.08	1.13	2.75	6.79	9.34

圖 4.2.5-8 潭頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鐵、STI)

4.2.6 路竹淨水場

一、背景說明

路竹淨水場設計處理水量 12 萬 CMD，自阿公店水庫引水至路竹淨水場處理。水庫原水引至鄰近之取水站加壓後經管徑 1,000 mm、約 12.6 公里長之專用導水幹管至場內，經處理後之清水與既設管線調配供南部科學園區管理局高雄園區用水，以充分供應該園區之民生及工業用水，路竹淨水場淨廢水處理流程如圖 4.2.6-1 所示。

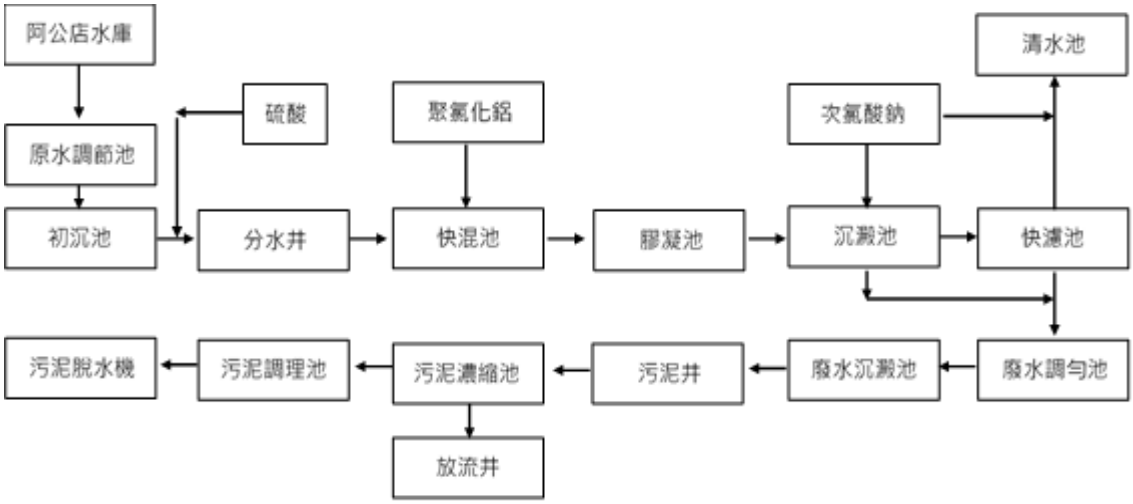


圖 4.2.6-1 路竹淨水場淨廢水流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

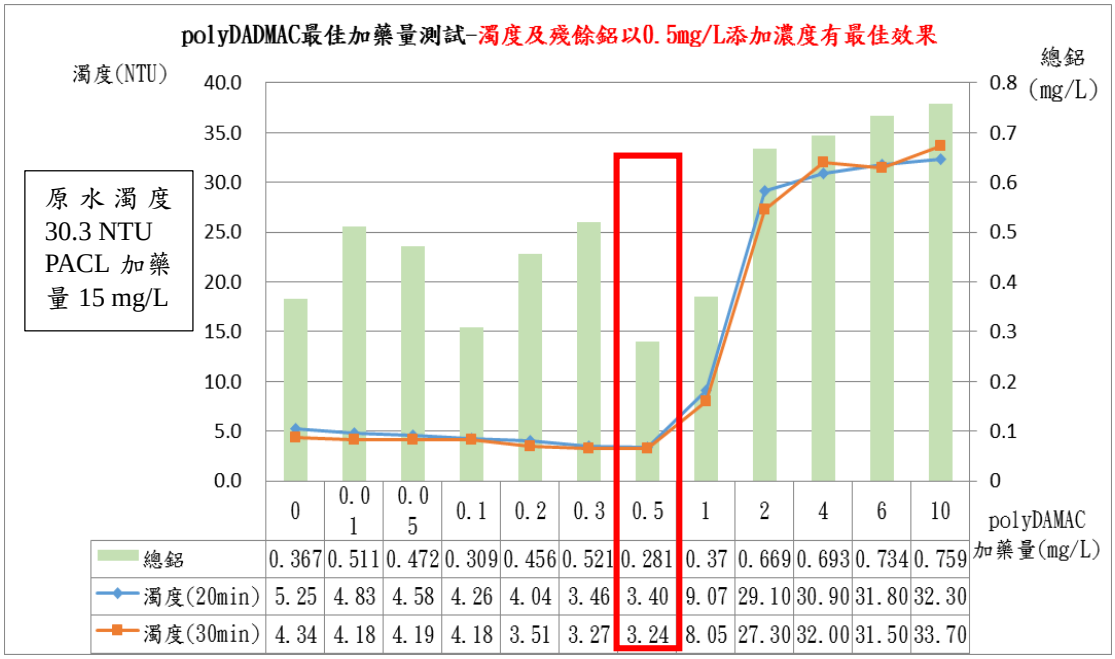
杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以路竹淨水場現有操作模式模擬，快混 120 rpm 180 秒；慢混第一段 20 rpm 10 分鐘、慢混第二段 10 rpm 10 分鐘；靜置 20 及 30 分鐘。原水條件 pH 值 8.32、濁度 30.3 NTU、鹼度 144 mg/L、TDS 308.2mg/L、導電度 462.4 μs。

Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：現場最適加藥量聚氯化鋁 15 mg/L、pH 值調整至 7.23、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mg/L。

三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

路竹淨水場原水濁度 30.3 NTU 情況下，以聚氯化鋁做為混凝劑，添加 Poly(DADMAC) 作為助凝劑之最適加藥量測試，未加 Poly(DADMAC)之沉澱水濁度為 5.25 NTU，添加 Poly(DADMAC) 0.5 mg/L 時濁度 3.4NTU，可降低濁度 35.2% ，另未加 Poly(DADMAC)之沉澱水總鋁 0.367mg/L，添加 Poly(DADMAC) 0.5mg/L 時，沉澱水殘餘鋁 0.281 mg/L，殘餘鋁降低 23.4%。惟添加 Poly(DADMAC) 2mg/L 以上，濁度及殘餘鋁逐漸上升，如圖 4.2.6-2 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	4	6	10
總鋁	0.367	0.511	0.472	0.309	0.456	0.521	0.281	0.37	0.669	0.693	0.734	0.759
濁度(20min)	5.25	4.83	4.58	4.26	4.04	3.46	3.40	9.07	29.10	30.90	31.80	32.30
濁度(30min)	4.34	4.18	4.19	4.18	3.51	3.27	3.24	8.05	27.30	32.00	31.50	33.70

圖 4.2.6-2 路竹淨水場最適加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

以 UV_{254} 及 TOC 二項指標來看，添加 Poly(DADMAC) 0.5~1 mg/L 去除效果最佳，UV_{254} 由 0.034 cm^{-1} 降至 0.024 cm^{-1} 降低 29.4%，TOC 由 1.7 mg/L 降至 1.4 mg/L 降低 17.6%，惟添加 2 mg/L 以上，兩者逐漸上升，如圖 4.2.6-3 所示。

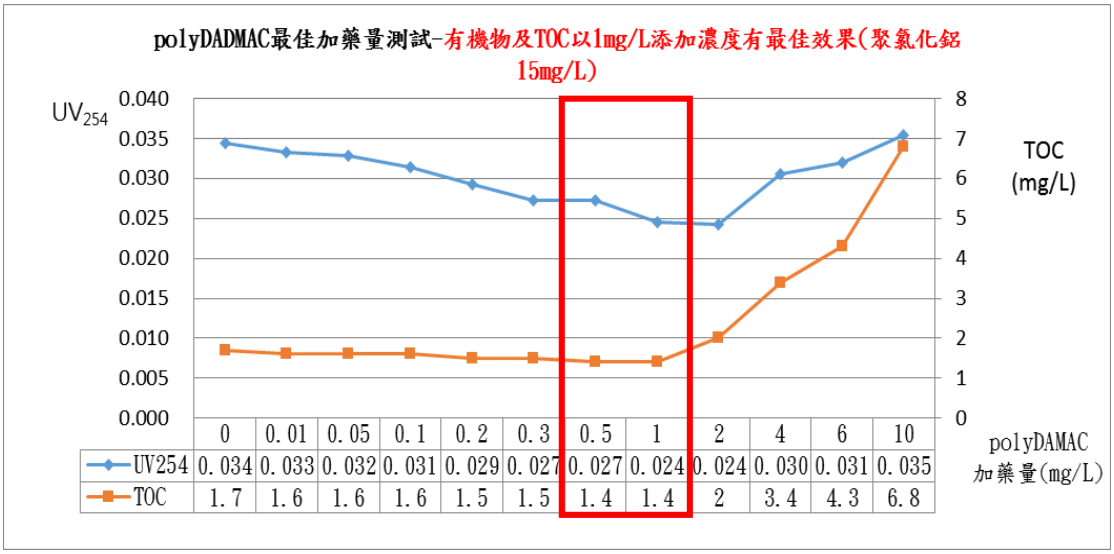


圖 4.2.6-3 路竹淨水場最適加藥量測試(UV_{254}、TOC)

以過濾指標(STI)來看，STI 由未添加 Poly(DADMAC)之 1.102 逐步降至添加 0.3 mg/L Poly(DADMAC)之 1.018，過濾性提高 1.08 倍，影響並不顯著，惟 Poly(DADMAC)添加超過 2 mg/L 以上時，可能因無法沉降殘餘於水中，而造成 STI 大幅增加，如圖 4.2.6-4 所示。

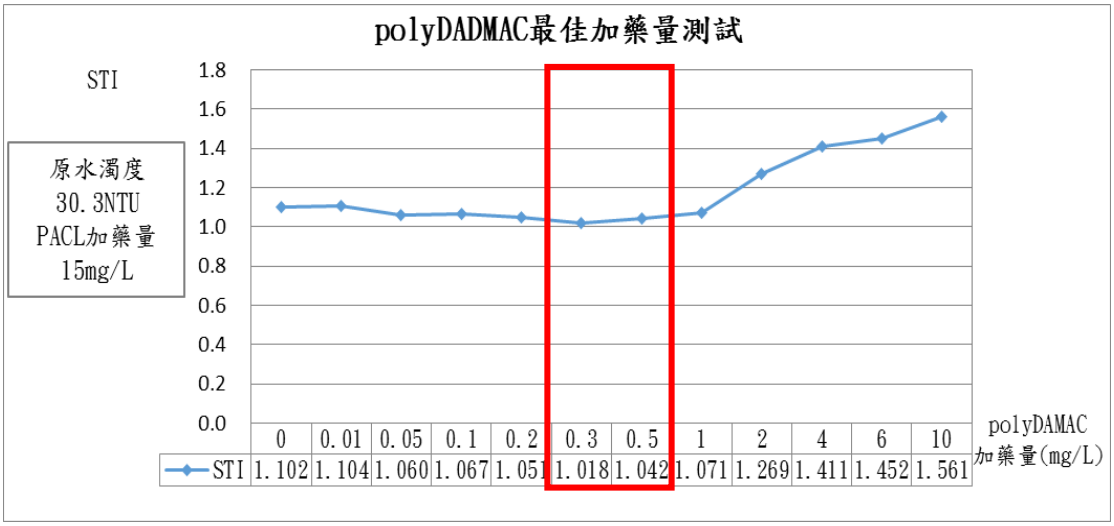


圖 4.2.6-4 路竹淨水場最適加藥量測試(STI)

4.2.7 鳳山淨水場(工業)

一、背景說明

鳳山淨水場於 66 年開始興建，是台水公司第七區管理處供水量第二大之淨水場，具有支援臨近淨水場之民生與工業用水調節供水功能，設計出水能力 70 萬 CMD，其原水來源主要有二處，一為民生用水水源：由高屏溪攔河堰抽水站抽取高屏溪水經昭明加壓站加壓送至該場(民生)。二為工業用水水源：由港西抽水站抽取東港溪水，以二條 ϕ1,750 mm 輸水幹管，送至鳳山水庫，再由水庫抽水站抽水送至該場(工業)。

該場分為民生用水及工業用水，最大出水能力民生用水 30 萬 CMD，工業用水 40 萬 CMD。民生用水目前出水量 20 萬 CMD，供水區域為供應高雄市小港區、前鎮區、旗津區等民生用水用戶。工業用水目前出水量 30 萬 CMD，供水區域為高雄市臨海工業區含中鋼、台船等及高雄縣（包括林園、 大發等工業區）等工業用戶。工業用水及民生用水淨水處理流程如圖 4.2.7-1 及圖 4.2.7-2 所示。本次試驗以東港溪前處理原水(鳳山水庫)進行測試。

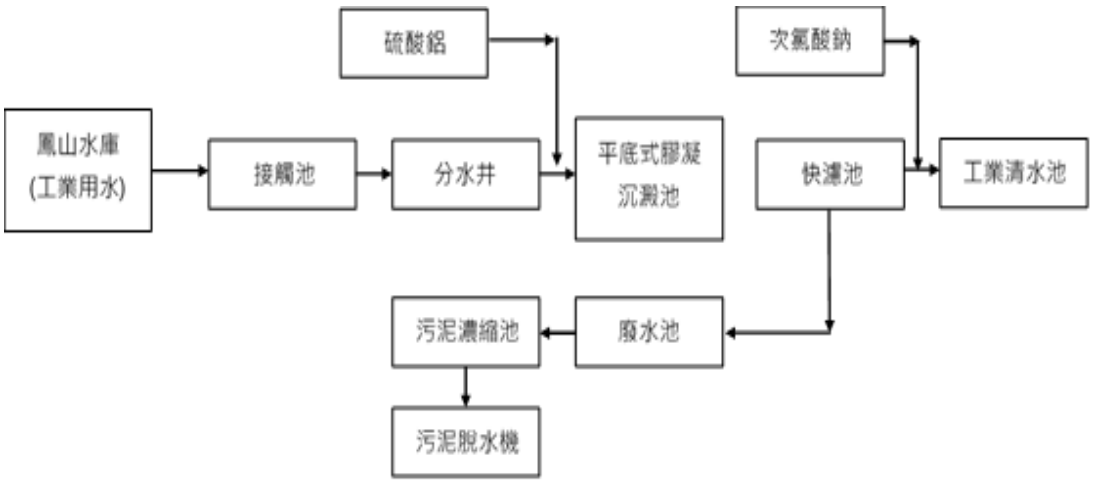


圖 4.2.7-1 鳳山淨水場(工業用水)淨廢水流程圖

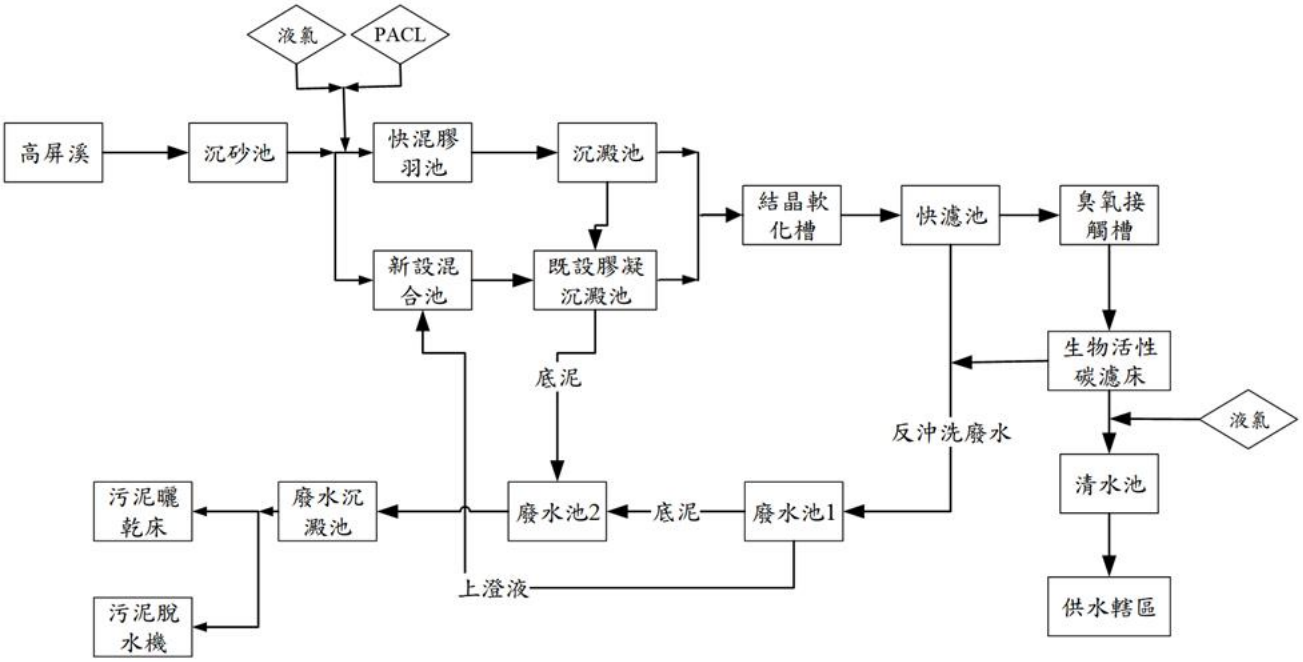


圖 4.2.7-2 鳳山淨水場(民生用水)淨廢水流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以鳳山淨水場(工業用水)現有操作模式模擬，快混 125 rpm 60 秒；慢混 30 rpm 20 分鐘；分別靜置 20 及 30 分鐘。原水條件 pH 值 7.79、濁度 9.12 NTU、鹼度 288 mg/L、色度 35、氨氮 5.02 mg/L、總有機碳 5.4288 mg/L。試驗流程如下：

Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：現場最適加藥量硫酸鋁 20 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mg/L。

三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

鳳山淨水場(工業用水)原水濁度 9.12 NTU，以硫酸鋁做為混凝劑，添加 Poly(DADMAC)做為助凝劑之最適加藥量測試，結果顯示以添加 Poly(DADMAC)濁度及殘餘鋁 1 mg/L 去除效果最佳，未加

Poly(DADMAC)之沉澱水濁度為 3.06 NTU，添加 Poly(DADMAC) 1 mg/L 時，濁度 1.41 NTU，可降低濁度 53.9%。另未添加 Poly(DADMAC)之沉澱水殘餘鋁 0.260 mg/L，添加 Poly(DADMAC) 1 mg/L 時，沉澱水殘餘鋁 0.090 mg/L，殘餘鋁降低 65.4%，惟添加 Poly(DADMAC) 2 mg/L 以上，濁度及殘餘鋁逐漸上升，如圖 4.2.7-3 所示。

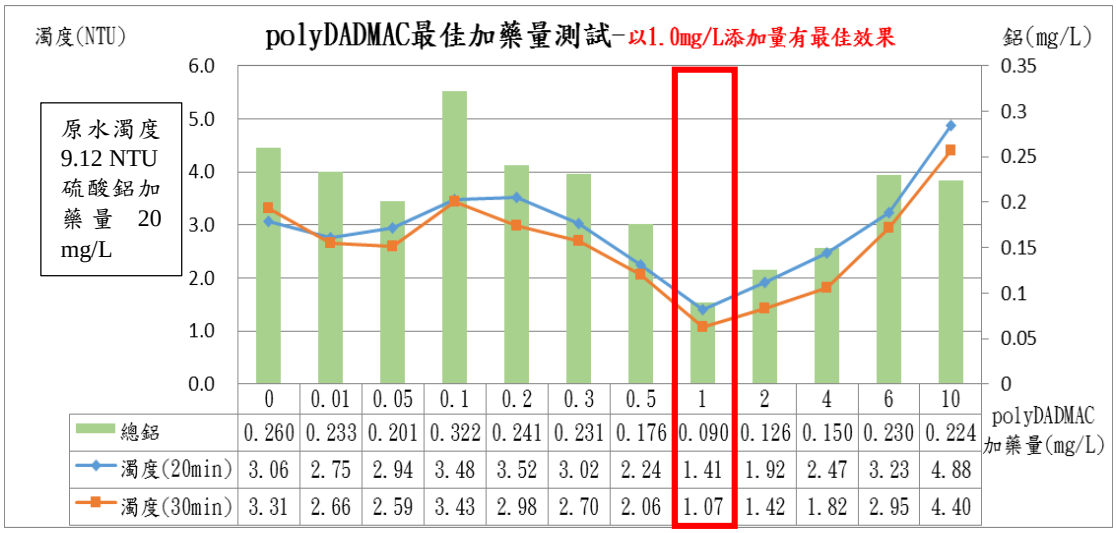


圖 4.2.7-3 鳳山工業用水最適加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

以 UV_{254} 及 TOC 二項指標來看，以添加 Poly(DADMAC) 1 mg/L 效果即佳，並以添加 Poly(DADMAC) 2 mg/L 之 TOC 及 UV_{254} 去除效果最佳，未添加 Poly(DADMAC)之沉澱水 TOC 4.7 mg/L、UV_{254} 0.1266 cm^{-1}，添加 Poly(DADMAC) 2 mg/L 時 TOC 3.5 mg/L、UV_{254} 0.0894 cm^{-1}，可降低 TOC 25.5 %及 UV_{254} 29.4 %，如圖 4.2.7-4 所示。

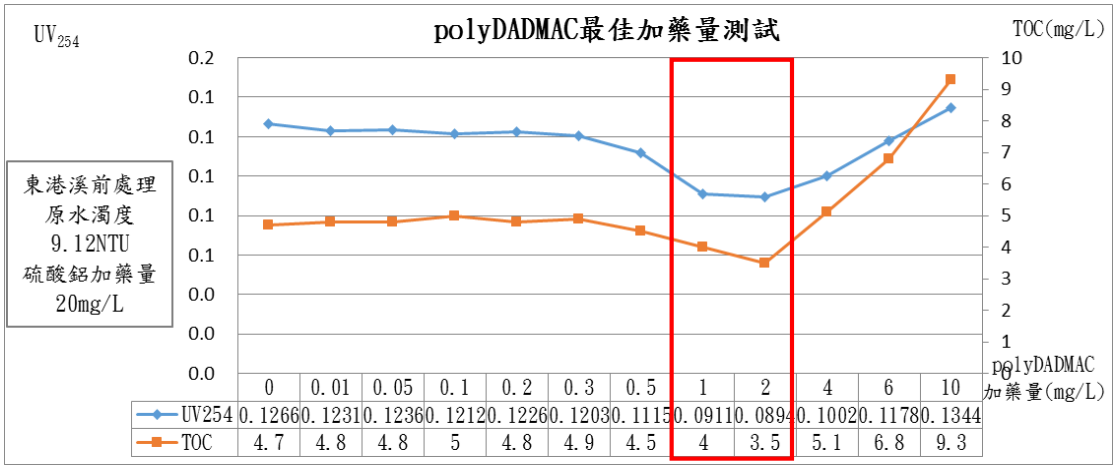


圖 4.2.7-4 鳳山工業用水最適加藥量測試(UV_{254}、TOC)

以氨氮及色度二項指標來看，添加 Poly(DADMAC)杯瓶試驗氨氮無明顯去除效果；色度部分當添加量大於 0.5 mg/L 時，色度由 28 降低至 20，降低 40%最為明顯，如圖 4.2.7-5 所示。

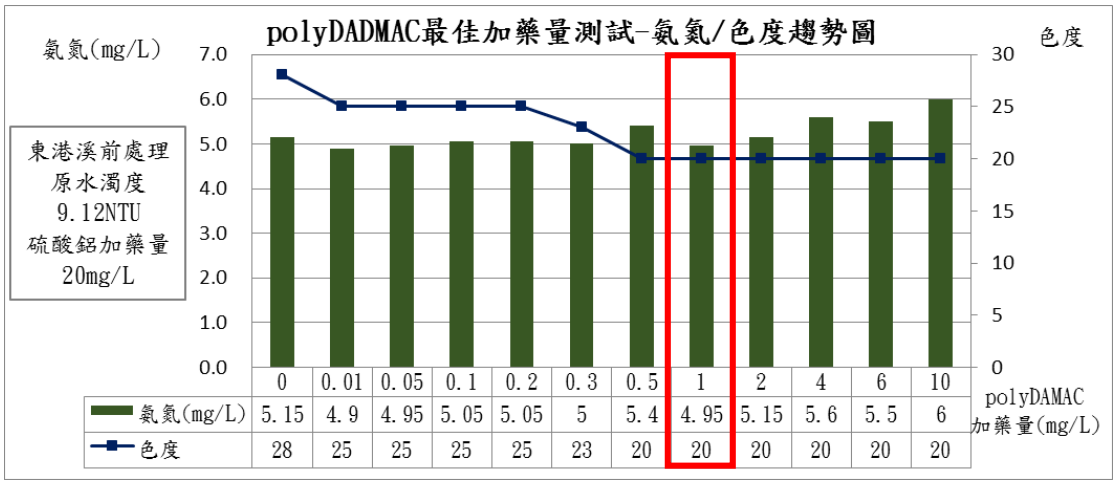


圖 4.2.7-5 鳳山工業用水最適加藥量測試(氨氮、色度)

過濾性指標(STI)以添加 Poly(DADMAC) 1 mg/L 效果即佳，並以添加 2 mg/L 為最佳，未添加 Poly(DADMAC)時，過濾性指標(STI)為 1.60，Poly(DADMAC)添加量 2 mg/L 過濾性指標(STI)為 1.12，過濾性提高 1.3 倍，添加量超過 4 mg/L 以上，STI 大幅上升，如圖 4.2.7-6 所示。

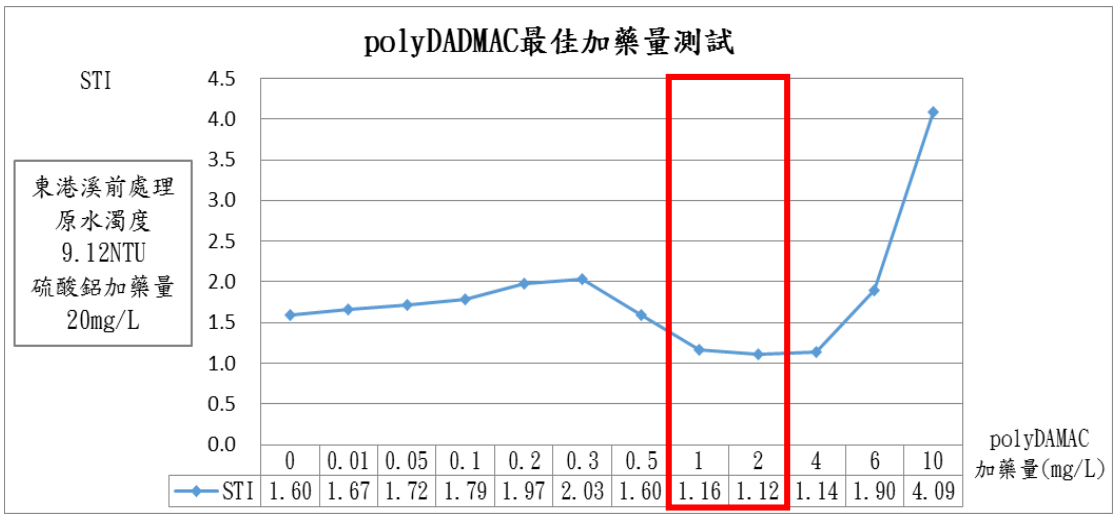


圖 4.2.7-6 鳳山工業用水最適加藥量測試(STI)

4.2.8 成功淨水場

一、背景資料

成功淨水場隸屬於台水公司第七區管理處澎湖營運所，位於澎湖縣湖西鄉 202 縣道 893 號，於 82 年 6 月 7 日完成新設 6,000 CMD 淨水設備擴建，加上原有之 9,400 CMD 淨水設備，合計傳統淨水處理水量可達 15,400 CMD，原水取自成功、東衛及興仁水庫，106 年平均水庫原水取水量為 9,558 CMD，觀光旺季(4 至 9 月)產水量達 8,000 CMD~9,000 CMD，淡季(10 月至 3 月)產水量約 6,000 CMD，搭配場內鹽井淡化廠產水量 900 CMD 及場外馬公海淡廠輸送水量約 4,500 CMD~4,700 CMD，合計全場設計出水量達 1 萬 1,400 CMD~1 萬 4,600 CMD，供水區域包括澎湖縣湖西鄉及馬公市，供水人口約 6 萬 7,407 人，如圖 4.2.8-1 所示。

成功淨水場平面配置圖及處理流程如圖 4.2.8-2 及圖 4.2.8-3 所示，經分水井添加硫酸調整 pH 值，後於水躍池添加混凝劑(固體硫酸鋁)經膠羽池、沉澱池、快濾池(重力單閥式)等處理流程後，進入 3000 噸清水池再送至供水系統，另外沉澱池污泥及快濾池反沖洗廢水則經廢水池及污泥濃縮池後，廢水池上澄液回收至分水井，污泥送至污泥晒乾床。

成功、東衛及興仁等水庫因屬湖泊水域且經常久旱不雨，造成水庫水源中天然有機物(NOM)如腐植質等濃度增加，進而使淨水場原水總有機碳含量長期偏高。水體中腐植類(黃酸、腐植酸)不但會引起色度，影響水質外觀及適飲性，同時會增加混凝劑使用量，再經過加氯消毒後亦會產生影響健康物質的消毒副產物，如總三鹵甲烷(THMs)及鹵乙酸類(HAAs)等。

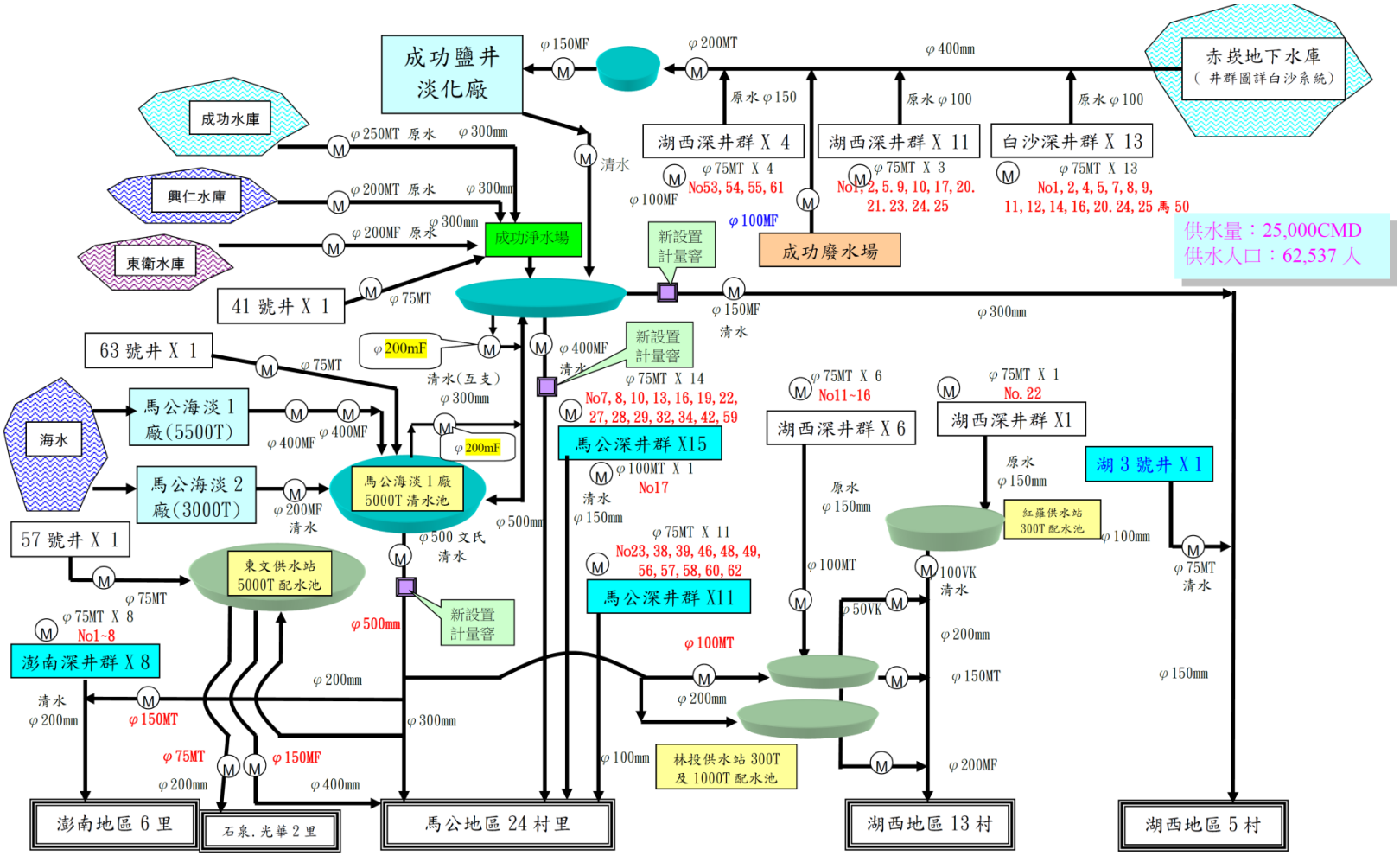


圖 4.2.8-1 澎湖馬公系統供水管線示意圖

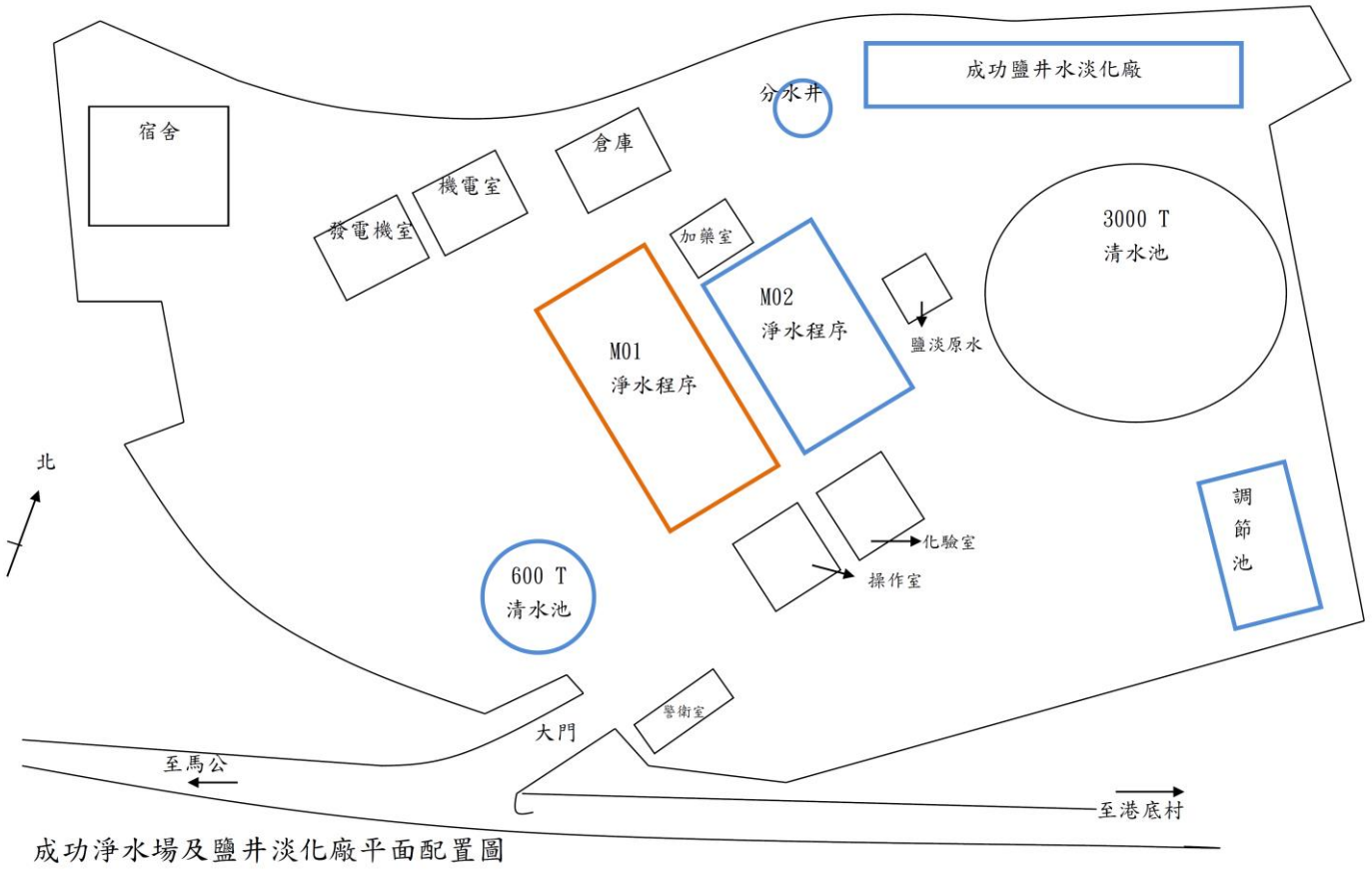


圖 4.2.8-2 成功淨水場平面配置圖

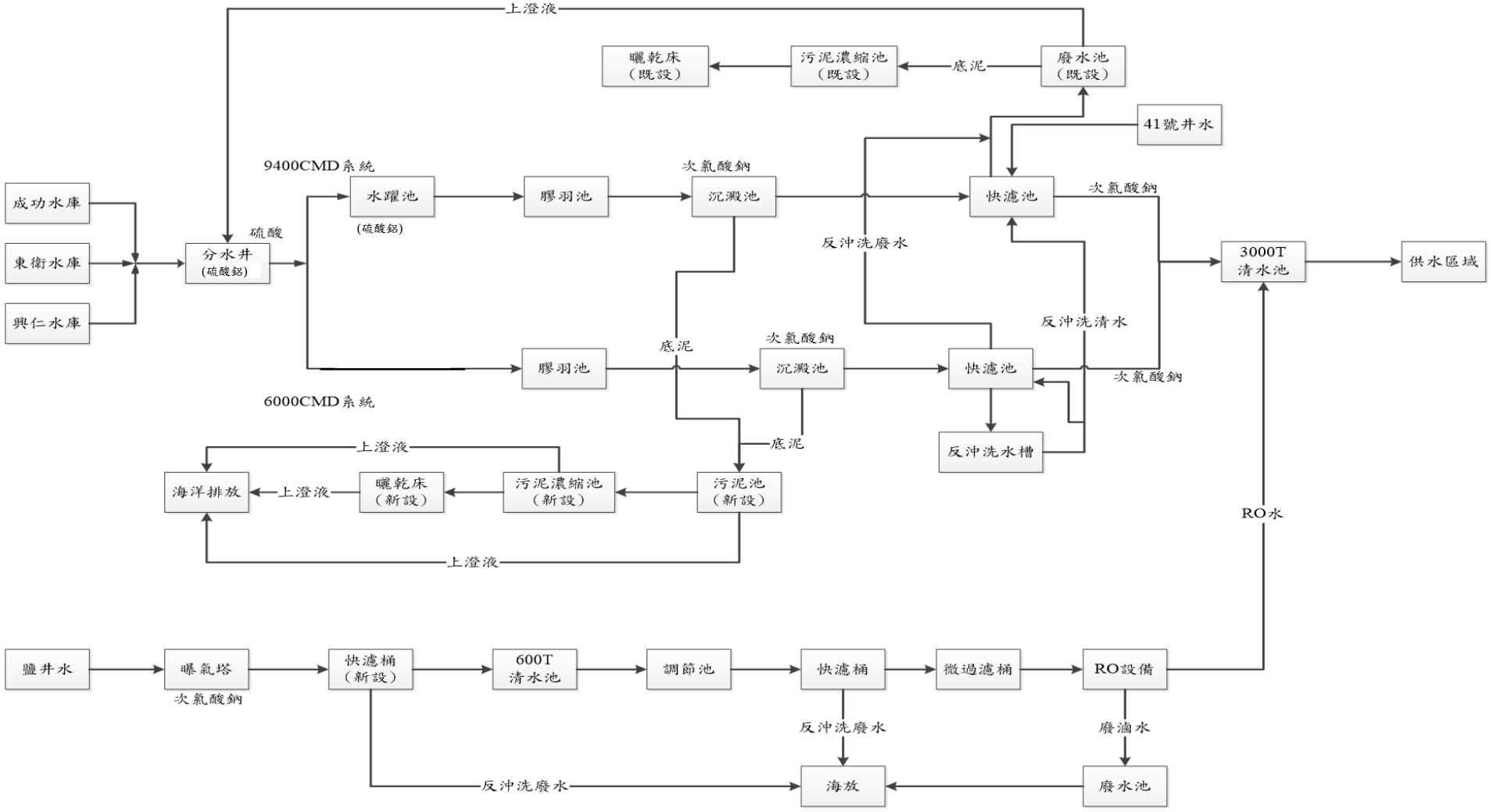


圖 4.2.8-3 成功淨水場處理流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以成功淨水場現有操作模式模擬(快混 150 rpm 1 分鐘；慢混第一段 40 rpm 9.5 分鐘、第二段 27 rpm 9.5 分鐘、第三段 13 rpm 9.5 分鐘；靜置 20 分鐘)，另增加靜置時間至 30 分鐘，如圖 4.2.8-4 所示。試驗流程如下：

1. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：pH 值調整至 6.56、硫酸鋁 70 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍(0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mg/L)。
2. 混凝劑減少加藥量測試：pH 值調整至 6.56、硫酸鋁加藥濃度範圍為 0、5、10、20、30、40、50、60、70、80 mg/L、Poly(DADMAC)最適加藥濃度 4.0 mg/L。
3. 加藥點加藥順序測試：pH 值調整至 6.56、硫酸鋁 70 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度 4.0 mg/L、加氯量範圍及方式為快混前 2.5 mg/L、快混前 5.0 mg/L、快混後 2.5 mg/L、沉澱後 2.5 mg/L、過濾後 2.5 mg/L。
4. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試-聚氯化鋁：先以杯瓶試驗求取聚氯化鋁最適加藥量，再調整 pH 值，求取成功場最適 pH 值及加藥量後，調整最適 pH 值至 6.0、最適聚氯化鋁加藥量 140 mg/L，Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mg/L。
5. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試-氯化鐵：先以杯瓶試驗求取氯化鐵最適加藥量，再調整 pH 值，求取成功場最適 pH 值及加藥量後，調整最適 pH 值至 6.0、最適氯化鐵加藥量 120 mg/L，Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mg/L。

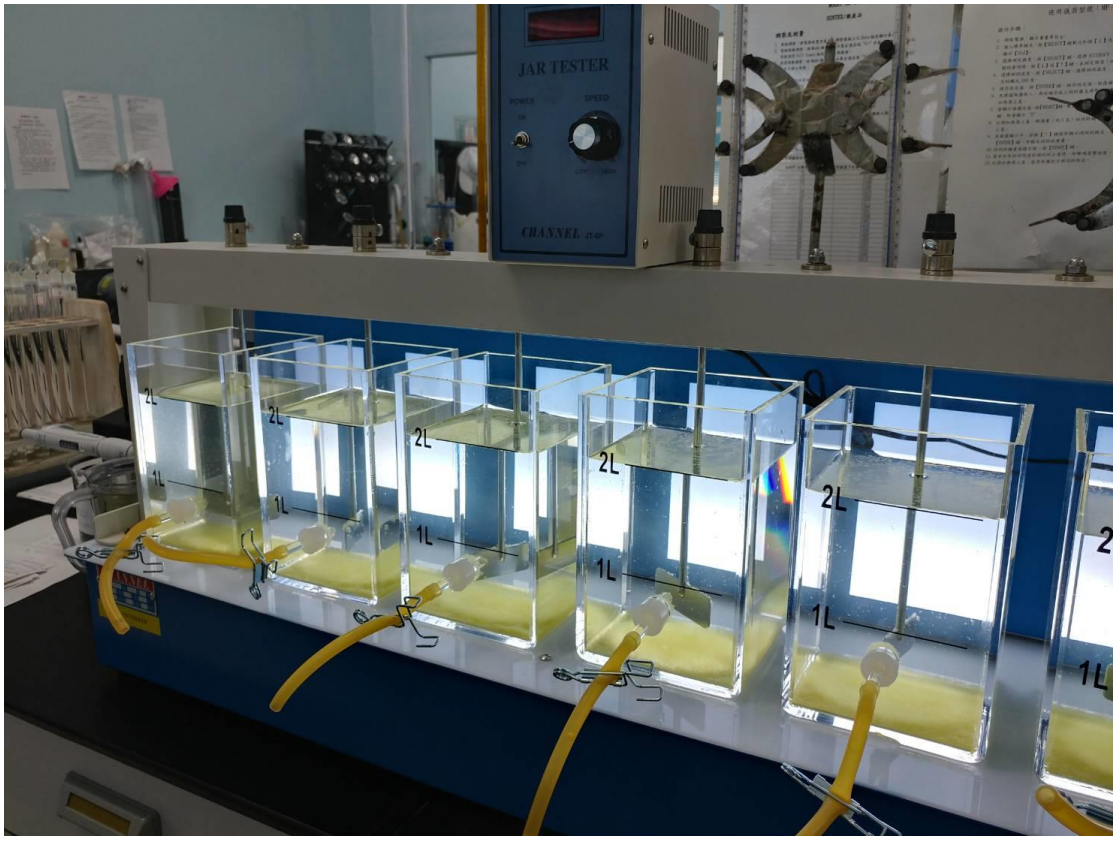


圖 4.2.8-4 成功淨水場杯瓶試驗靜置階段

三、試驗結果與討論

(一)低濁度試驗(小於 50 NTU)

Poly(DADMAC)最佳加藥量測試，原水水質經測得結果如表 4.2.8-1 所示，當 Poly(DADMAC)添加 4.0 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，較未添加 Poly(DADMAC)而言，靜置 20 分鐘濁度由 2.50 NTU 降至 0.56 NTU，減少 77.6%，靜置 30 分鐘濁度由 2.24 NTU 降至 0.52 NTU，減少 76.8%。水中殘餘鋁由未添加 Poly(DADMAC)之 1.281 mg/L 逐步降至添加 5.0 mg/L Poly(DADMAC)之 0.352 mg/L(顆粒鋁 0.323 mg/L；溶解鋁 0.029 mg/L)，水中殘餘鋁減少 72.5%，如圖 4.2.8-5 所示。

表 4.2.8-1 成功淨水場原水水質(108 年 4 月 23 日)

項目	pH 值	濁度	總鹼度	總溶解固體量	導電度
測值	8.47	8.71 NTU	220 mg/L	727.7mg/L	1060μs
項目	總有機碳	總鋁	溶解鋁	溶解性有機碳	
測值	10.7 mg/L	0.286 mg/L	0.234 mg/L	10.3 mg/L	

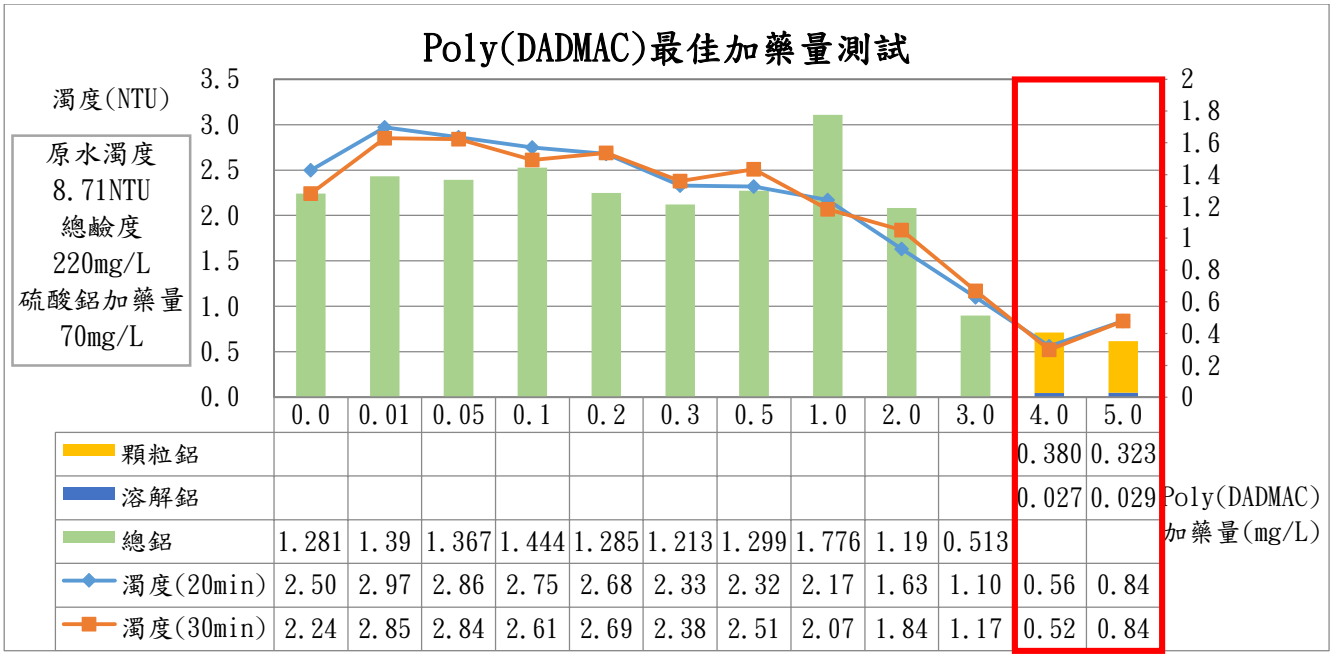


圖 4.2.8-5 成功淨水場最佳加藥量測試(硫酸鋁)

另外，水中 UV_{254} 及總有機碳(TOC)分別由未添加 Poly(DADMAC)之 0.054 cm^{-1} 及 6.3 mg/L 逐步降至添加 5.0 mg/L Poly(DADMAC)之 0.040 cm^{-1} 及 4.0 mg/L，分別減少 25.9%及 36.5%，如圖 4.2.8-6 所示。

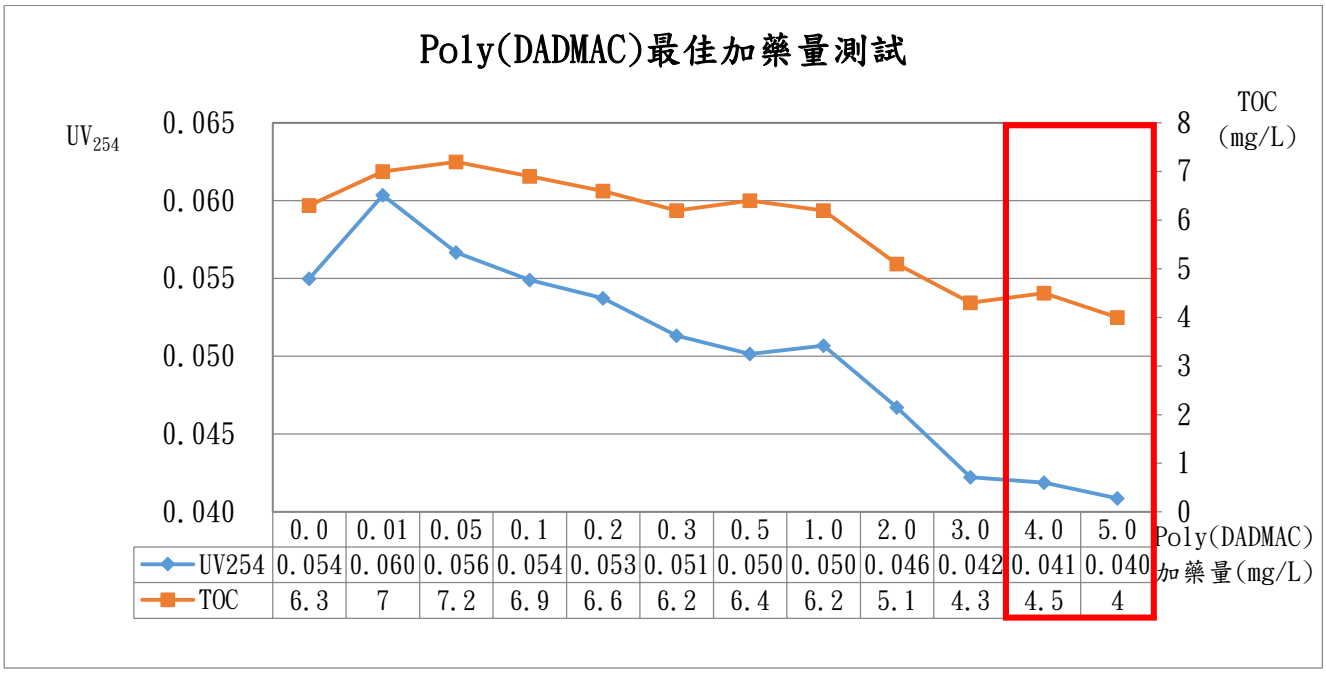
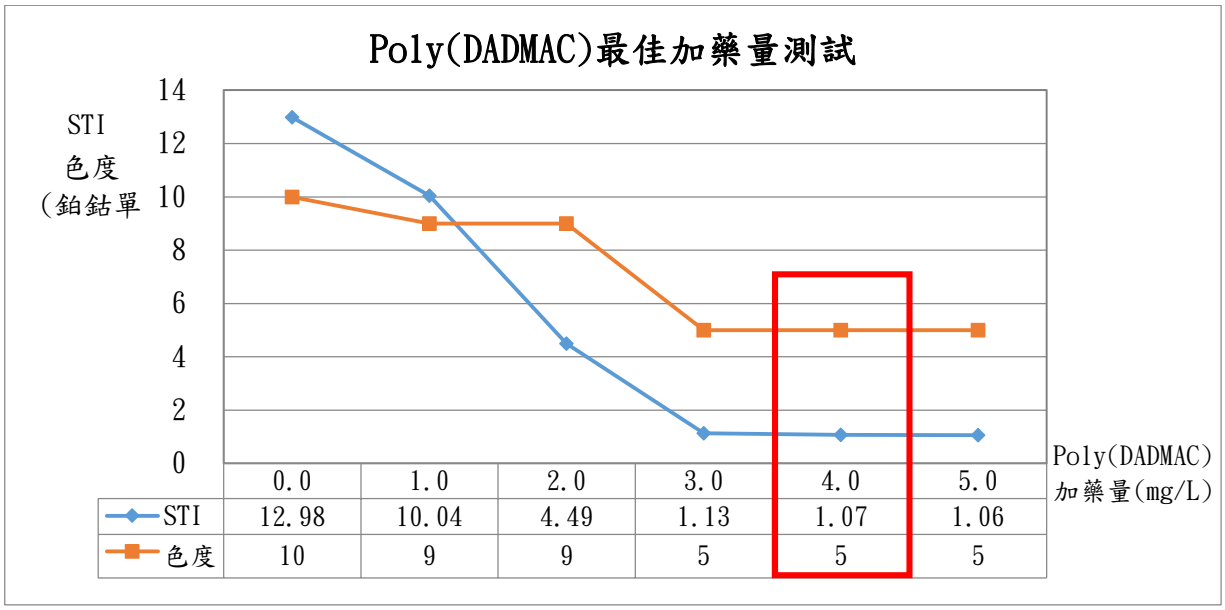


圖 4.2.8-6 成功淨水場最佳加藥量測試(硫酸鋁)(UV_{254}、TOC)

水中色度由未添加 Poly(DADMAC)之 10 鉑鈷單位逐步降至添加

3.0 mg/L 以上 Poly(DADMAC)之 5 鉑鈷單位，降低 50%。STI 由未添加 Poly(DADMAC)之 12.98 逐步降至添加 3.0 mg/L Poly(DADMAC)之 1.13，過濾性提高 11.5 倍，如圖 4.2.8-7 所示。綜上評估，成功淨水場在原水濁度 8.71 NTU 情況下，Poly(DADMAC)以 4.0 mg/L 添加量有最佳處理效果，且在相同混凝劑(硫酸鋁)加藥量下，添加高分子助凝劑(Poly(DADMAC))可有效降低濁度、減少水中總有機碳、溶解性有機碳、色度及殘餘鋁含量，並大幅增加過濾性。



	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
STI	12.98	10.04	4.49	1.13	1.07	1.06
色度	10	9	9	5	5	5

圖 4.2.8-7 成功淨水場最佳加藥量測試(硫酸鋁)(色度、STI)

減少加藥量測試，在相同處理效果(濁度)下，添加 Poly(DADMAC) 4 mg/L，混凝劑(硫酸鋁)加藥量由 70 mg/L 減少至 10 mg/L，減少量達 85.7%，如圖 4.2.8-8 所示；水中殘餘鋁亦可由 0.307 mg/L(顆粒鋁 0.239 mg/L；溶解鋁 0.068 mg/L)減少至 0.223 mg/L(顆粒鋁 0.173 mg/L；溶解鋁 0.050 mg/L)，減幅達 27.4%，如圖 4.2.8-9 所示；水中總有機碳亦可由 9.0 mg/L 減少至 7.4 mg/L，減幅達 17.8%，如圖 4.2.8-10 所示。由試驗結果可知，以 Poly(DADMAC)當作助凝劑可大幅降低混凝劑(硫酸鋁)加藥量、減少水中殘餘鋁濃度及提高總有機碳去除率。

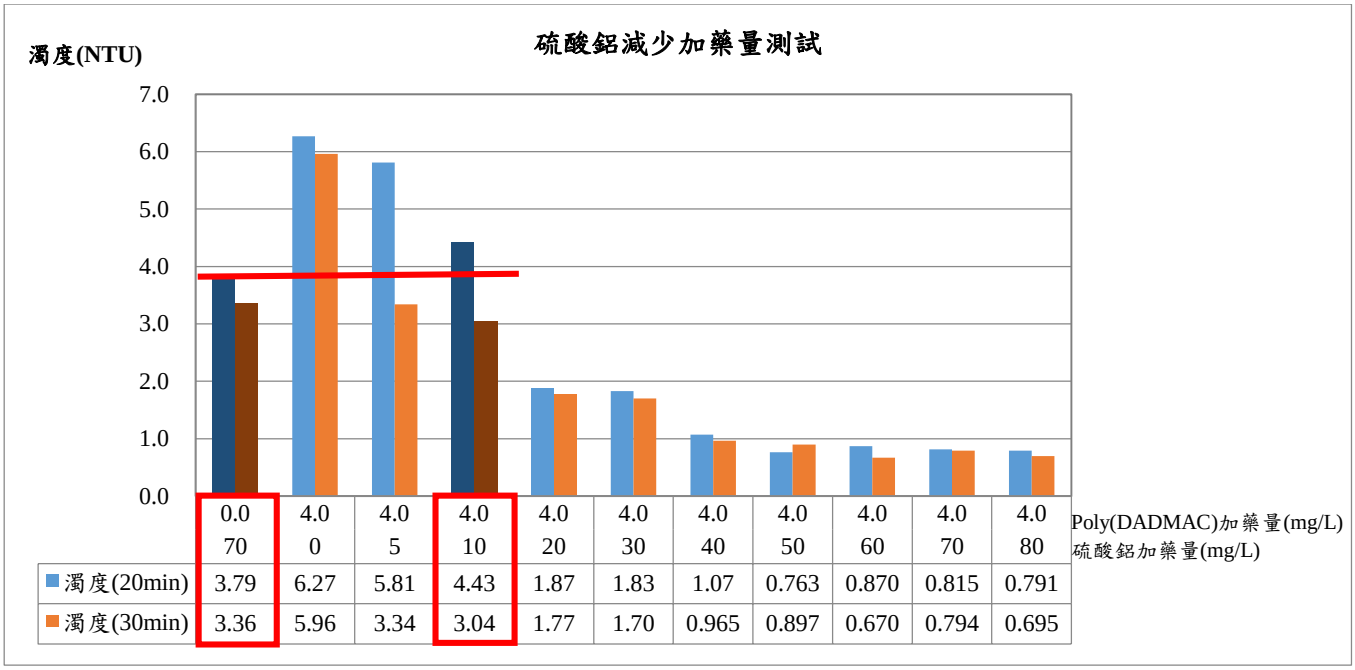


圖 4.2.8-8 成功淨水場硫酸鋁減少加藥量測試(濁度)

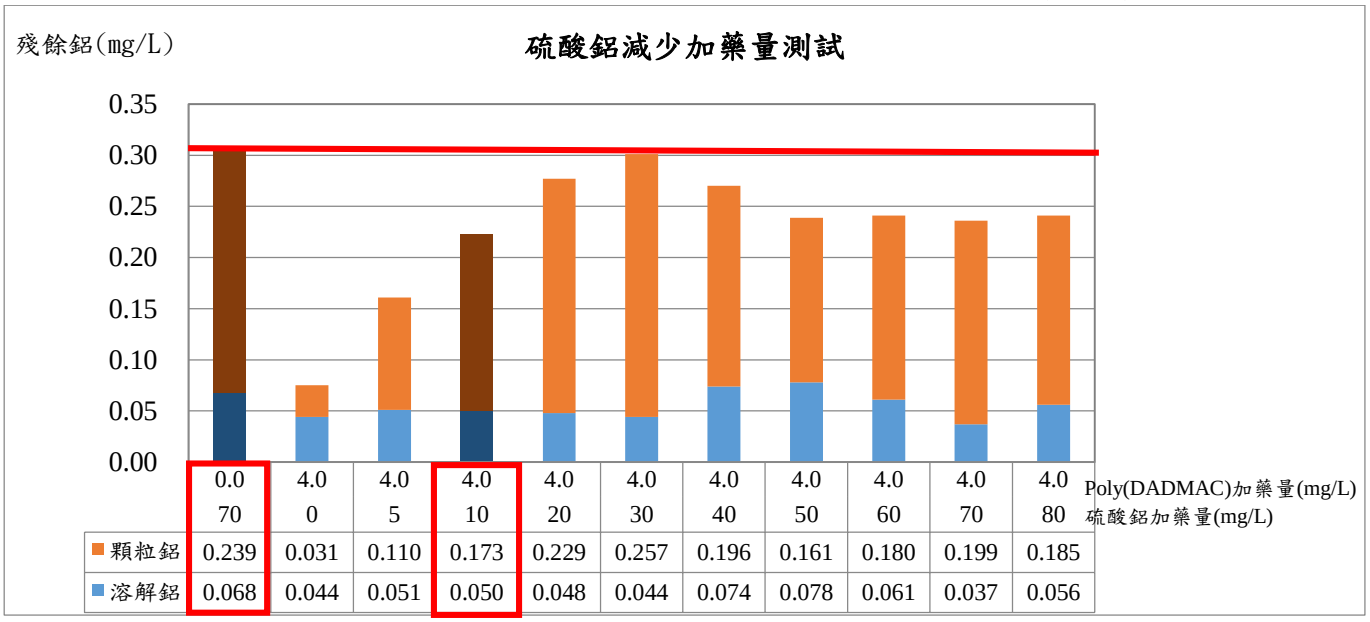
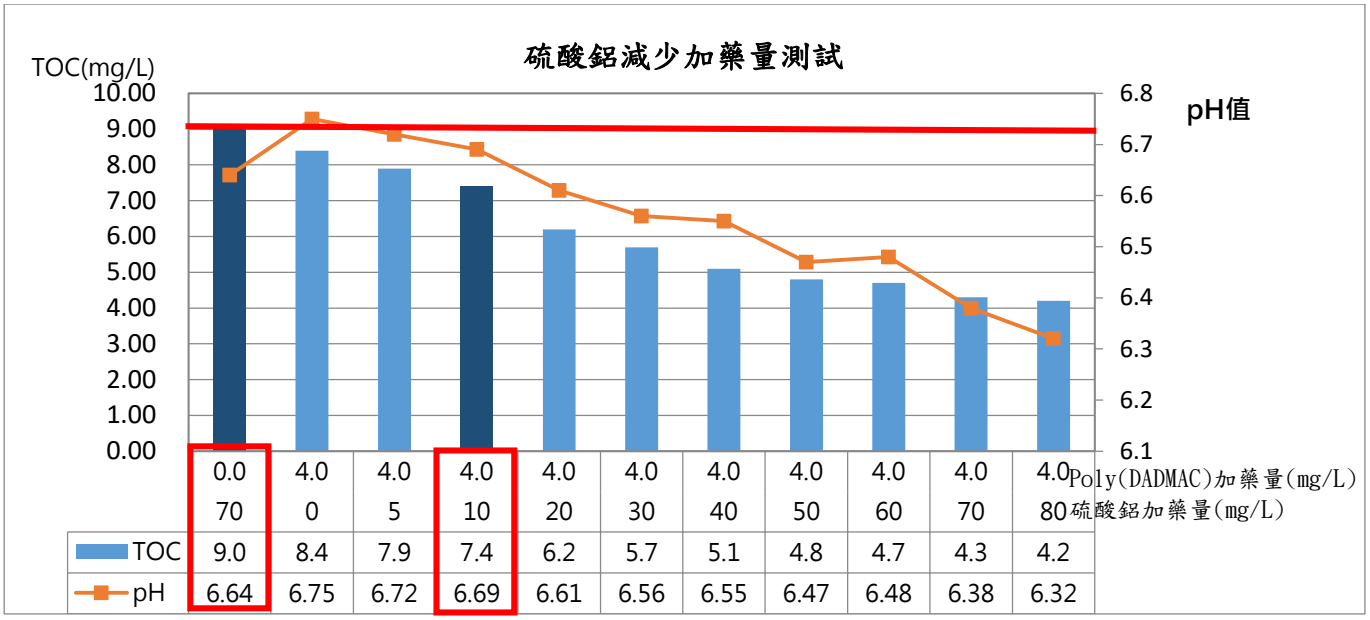


圖 4.2.8-9 成功淨水場硫酸鋁減少加藥量測試(殘餘鋁)



Poly(DADMAC)加藥量(mg/L)	0.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
硫酸鋁加藥量(mg/L)	70	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TOC	9.0	8.4	7.9	7.4	6.2	5.7	5.1	4.8	4.7	4.3	4.2
pH	6.64	6.75	6.72	6.69	6.61	6.56	6.55	6.47	6.48	6.38	6.32

圖 4.2.8-10 成功淨水場硫酸鋁減少加藥量測試(TOC、pH)

以聚氯化鋁作為混凝劑測試 Poly(DADMAC)最佳加藥量，原水水質經測得結果如表 4.2.8-2，當 Poly(DADMAC)添加 4.0 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，較未添加 Poly(DADMAC)而言，靜置 20 分鐘濁度由 1.35 NTU 降至 0.761 NTU，減少 43.6%。水中殘餘鋁由未添加 Poly(DADMAC)之 1.1 mg/L 逐步降至添加 4.0 mg/L Poly(DADMAC)之 0.7mg/L，水中殘餘鋁減少 36.4%，如圖 4.2.8-11 所示。惟溶解鋁 0.14mg/L 增加至 0.26 mg/L，且溶解鋁無法利用過濾單元去除，反而有逾法規限值 0.2 mg/L 之虞。

表 4.2.8-2 成功淨水場原水水質(108 年 5 月 21 日)

項目	pH 值	濁度	總鹼度	UV_{254}
測值	8.03	6.33 NTU	222 mg/L	0.08503 cm^{-1}
項目	總有機碳	總鋁	溶解鋁	總鐵
測值	10.2 mg/L	0.22 mg/L	0.16mg/L	0.04 mg/L

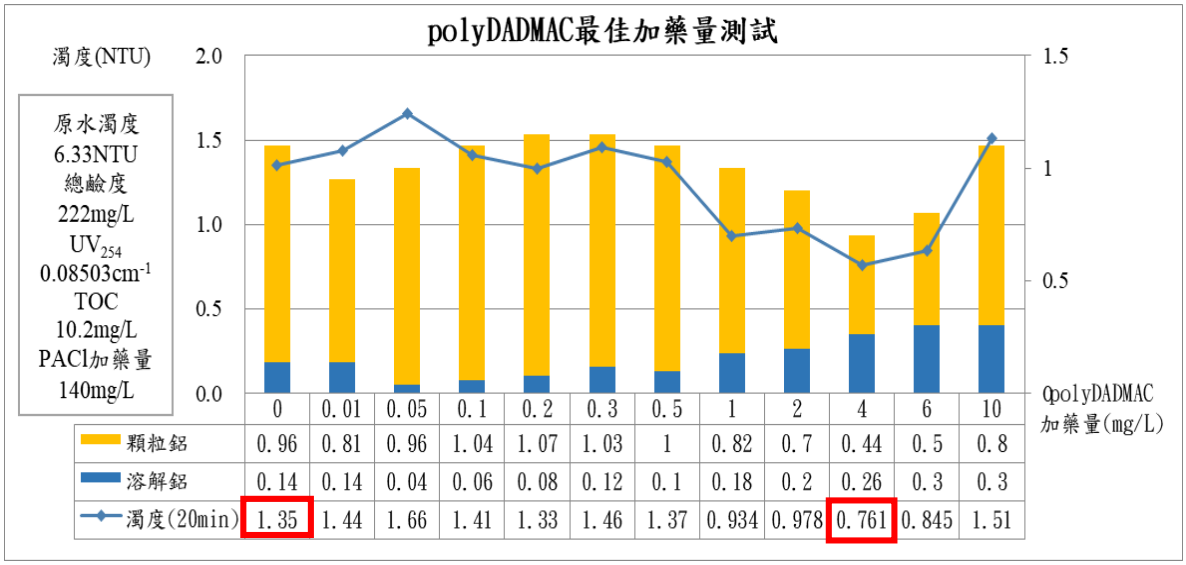


圖 4.2.8-11 成功淨水場最佳加藥量測試(PACl)(濁度、殘餘鋁)

另外，水中 UV_{254} 由未添加 Poly(DADMAC)之 0.0386 cm^{-1} 逐步降至添加 4.0 mg/L Poly(DADMAC)之 0.0345 cm^{-1} 減少 10.6%，總有機碳(TOC) 未添加 Poly(DADMAC)之 6.7 mg/L 逐步降至添加 2.0 mg/L Poly(DADMAC) 4.3 mg/L 減少 37.3%，如圖 4.2.8-12 所示。STI 由未添加 Poly(DADMAC)之 6.75 逐步降至添加 4.0 mg/L Poly(DADMAC)之 1.02，過濾性提高 6.6 倍，如圖 4.2.8-13 所示。

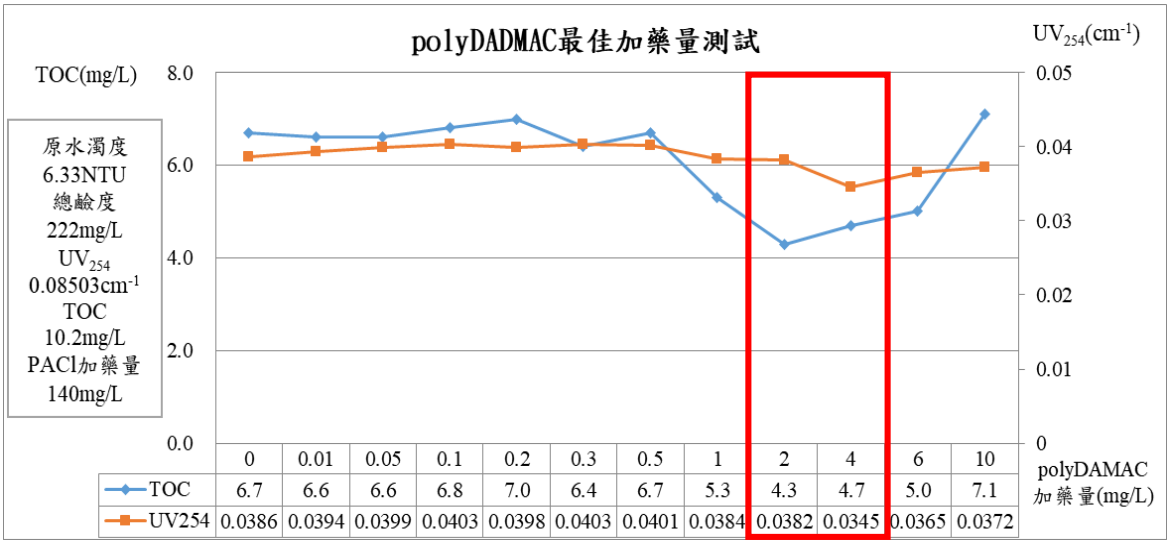


圖 4.2.8-12 成功淨水場最佳加藥量測試(PACl)(TOC、UV_{254})

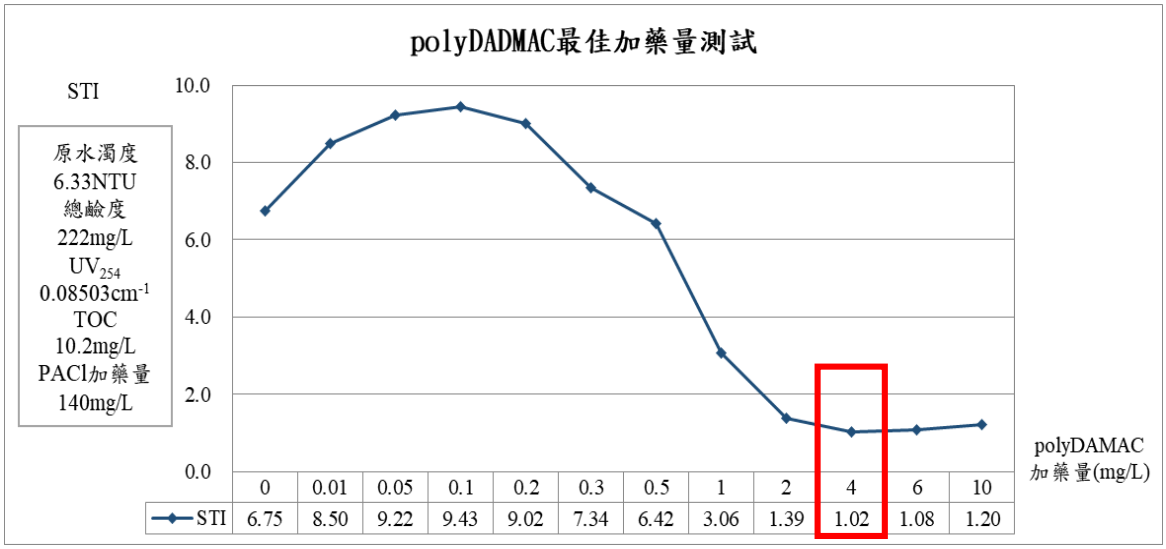


圖 4.2.8-13 成功淨水場最佳加藥量測試(PACl)(STI)

以氯化鐵作為混凝劑測試 Poly(DADMAC)最佳加藥量，原水水質經測得結果如表 4.2.8-2 所示，當 Poly(DADMAC)添加 4.0 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，較未添加 Poly(DADMAC)而言，靜置 20 分鐘濁度由 2.02 NTU 降至 1.08 NTU，減少 46.5%。水中殘餘鐵由未添加 Poly(DADMAC)之 1.58 mg/L 逐步降至添加 6.0 mg/L Poly(DADMAC)之 0.41 mg/L，水中殘餘鐵減少 74.1%，如圖 4.2.8-14 所示。

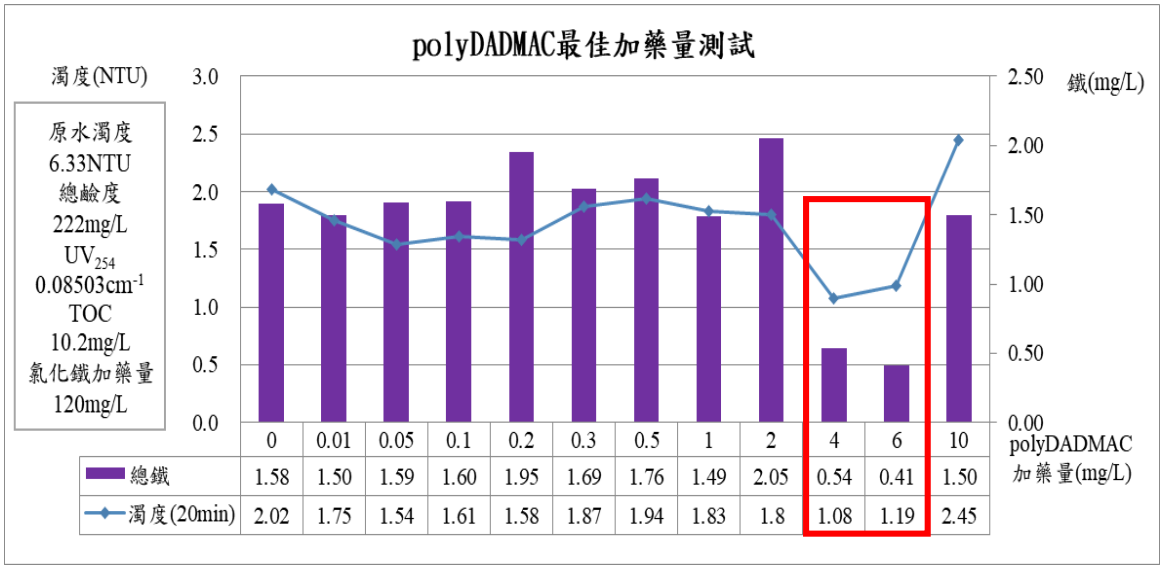


圖 4.2.8-14 成功淨水場最佳加藥量測試(氯化鐵)(濁度、總鐵)

另外，水中 UV_{254} 及總有機碳(TOC)分別由未添加 Poly(DADMAC)之 0.0252 cm^{-1} 及 5.1 mg/L 逐步降至添加 4.0 mg/L Poly(DADMAC)之 0.0227 cm^{-1} 及 3.4 mg/L，分別減少 9.9%及 33.3%，如圖 4.2.8-15 所示。

STI 由未添加 Poly(DADMAC)之 7.99 逐步降至添加 4.0 mg/L Poly(DADMAC)之 1.04，過濾性提高 7.8 倍，如圖 4.2.8-16 所示。

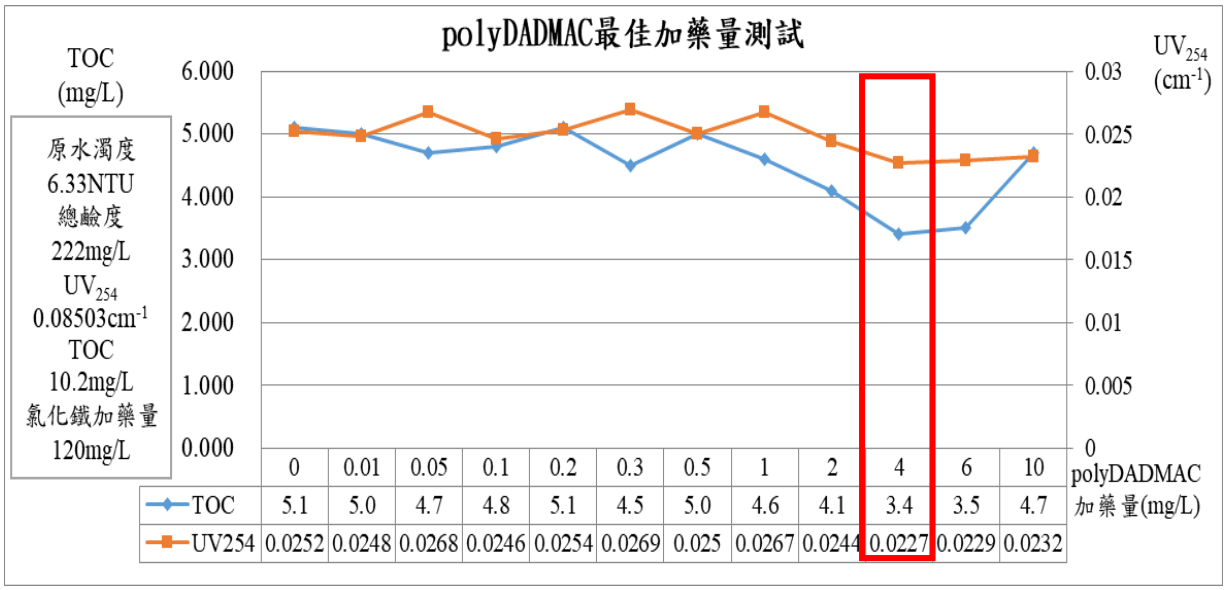


圖 4.2.8-15 成功淨水場最佳加藥量測試(氯化鐵)(TOC、UV_{254})

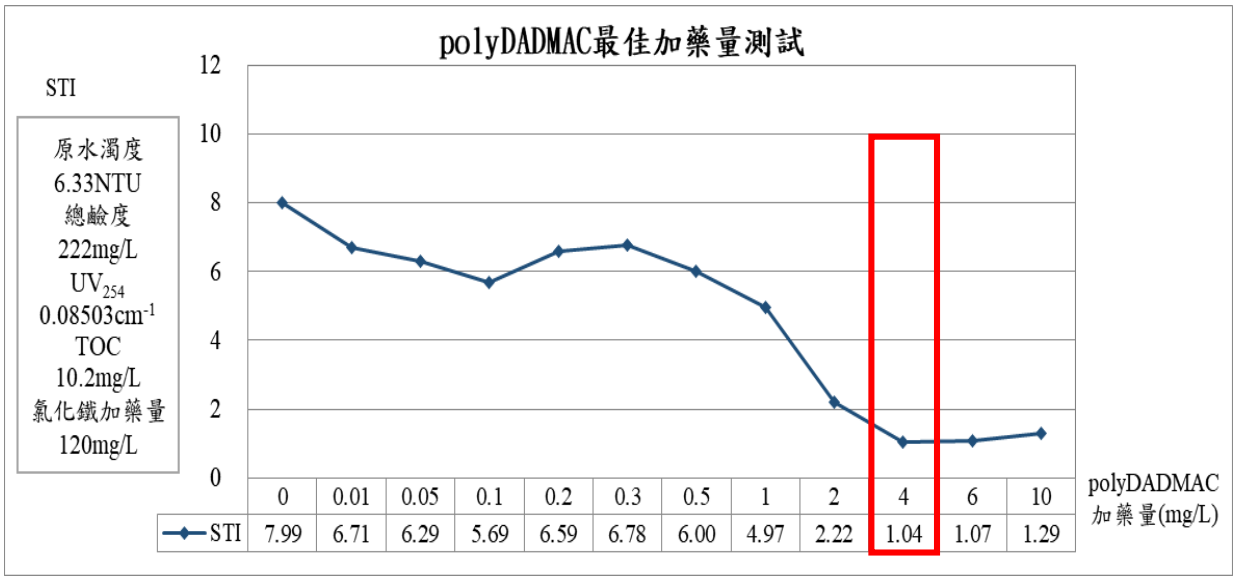


圖 4.2.8-16 成功淨水場最佳加藥量測試(氯化鐵)(STI)

綜上所述，成功淨水場以硫酸鋁為混凝劑，搭配添加 Poly(DADMAC)成效非常好，惟需添加到 3-4 mg/L 時方為最佳加藥量，為尋求是否可以降低最佳藥劑量，經以聚氯化鋁及氯化鐵不同混凝劑測試，其結果仍以添加 Poly(DADMAC) 4 mg/L 為最佳加藥量，不同混凝劑之效益比較如表 4.2.8-3 所示。

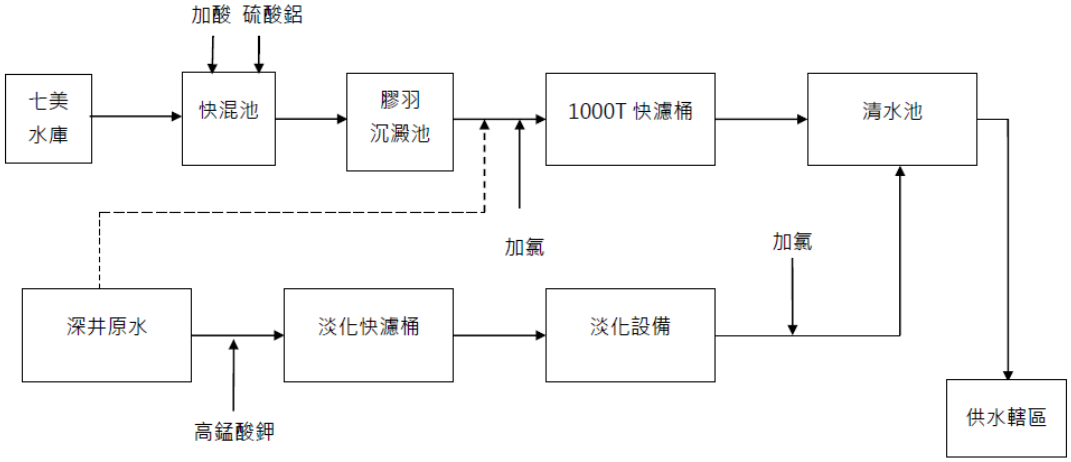
表 4.2.8-3 成功淨水場不同混凝劑效益比較

混凝劑	原水濁度 (NTU)	降低濁度	降低殘餘鋁	降低殘餘鐵	過濾性 (STI)	降低 TOC	降低 UV_{254}
硫酸鋁	8.71	77.6% (4.0)	72.5% (5.0)	-	提高 11.5 倍(3.0)	36.5% (5.0)	25.9% (5.0)
聚氯化鋁	6.33	43.6% (4.0)	36.4% (4.0)	-	提高 6.6 倍(4.0)	37.3% (2.0)	10.6% (4.0)
氯化鐵	6.33	46.5% (4.0)	-	74.1% (6.0)	提高 7.8 倍(4.0)	33.3% (4.0)	9.9% (4.0)

4.2.9 七美淨水場

一、背景說明

七美淨水場位於澎湖縣七美鄉內，屬離島地區，七美淨水場供水量約 750 CMD(夏季可高達 1,000 CMD)，有兩股原水水源，分別為七美水庫與深水井，5 口水井全量出水僅約 1,050 CMD，豐水期間，因七美水庫為有水狀態下，水庫水進入傳統處理流程，深水井水進入 RO 設備，但在枯水期間，七美水庫無水狀態，深水井水部分水量直接進入快濾池，淨水流程如圖 4.2.9-1 所示。



註：七美水庫沒供水時深井原水分別進入 1000T 快濾桶及淡化快濾桶處理

圖 4.2.9-1 七美淨水場淨廢水流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以七美淨水場現有操作模式模擬，快混 150 rpm 40 秒；慢混 20 rpm 30 分鐘；靜置 30 分鐘。原水條件 pH 值 8.49、濁度 57.6 NTU、總溶解固體量(TDS) 543.7 mg/L、導電度 802.7μs、總有機碳 8.1 mg/L、色度 50、總鋁 0.041 mg/L、溶解鋁 0.031 mg/L。試驗流程如下：

1. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：現場最適加藥量硫酸鋁 70 mg/L、加酸調至約 6.5、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、

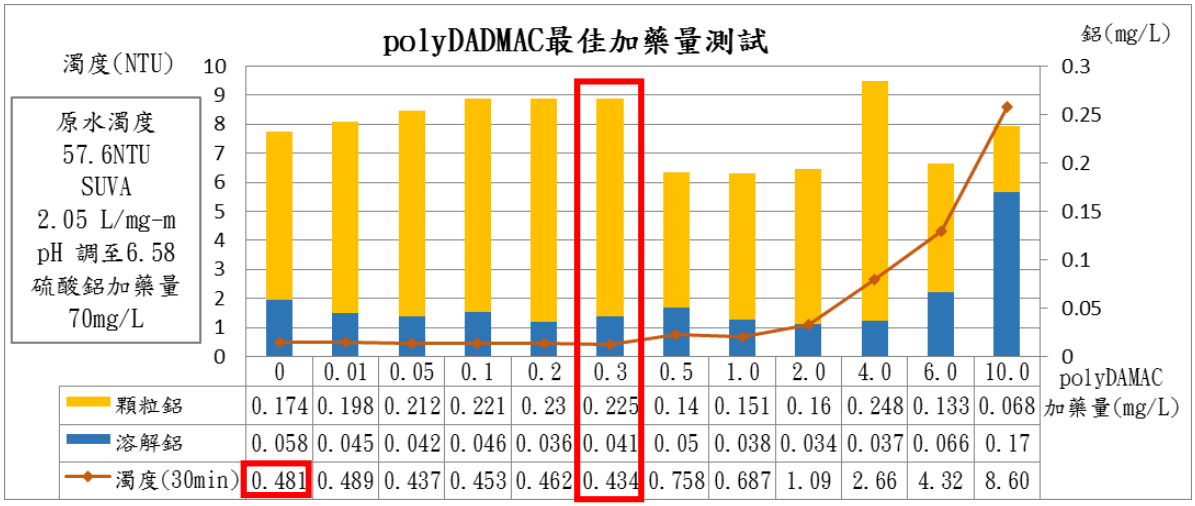
0.1、0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mg/L。

2. 硫酸鋁減少加藥量測試：Poly(DADMAC)固定最佳加藥量、加酸調至約 6.5、變更硫酸鋁添加量 30、40、50、60、70 mg/L。

三、試驗結果與討論

(一) 中濁度試驗(50 至 250 NTU)

七美淨水場原水濁度 57.6 NTU，以硫酸鋁做為混凝劑，添加 Poly(DADMAC) 做為助凝劑之最佳加藥量測試，以添加 Poly(DADMAC) 濁度 0.3 mg/L 去除效果最佳，未加 Poly(DADMAC)之沉澱水濁度為 0.481 NTU，添加 Poly(DADMAC) 0.3 mg/L 時濁度 0.434 NTU，可降低濁度 9.8%，濁度去除效果不顯著。另添加少量 Poly(DADMAC)，亦可降低溶解鋁，以添加 0.3 mg/L 時最佳，未加 Poly(DADMAC)之沉澱水溶解鋁 0.058 mg/L，添加 Poly(DADMAC) 0.3 mg/L 時，沉澱水溶解鋁 0.041 mg/L，殘餘鋁降低 29.3%。惟添加 Poly(DADMAC)超過 2 mg/L 後，濁度及溶解鋁明顯上升，如圖 4.2.9-2 所示。



polyDAMAC 加藥量(mg/L)	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	10.0
顆粒鋁	0.174	0.198	0.212	0.221	0.23	0.225	0.14	0.151	0.16	0.248	0.133	0.068
溶解鋁	0.058	0.045	0.042	0.046	0.036	0.041	0.05	0.038	0.034	0.037	0.066	0.17
濁度(30min)	0.481	0.489	0.437	0.453	0.462	0.434	0.758	0.687	1.09	2.66	4.32	8.60

圖 4.2.9-2 七美淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

以 TOC 及 STI 二項指標來看，以添加 Poly(DADMAC) 0.3 mg/L TOC 去除效果最佳，可降低 TOC 16.3%(4.3 mg/L→3.6 mg/L)。添加少量 Poly(DADMAC)(0.01 mg/L~2 mg/L)與未添加 Poly(DADMAC) STI

變化不大，惟添加 Poly(DADMAC)超過 2 mg/L，STI 明顯上升，如圖 4.2.9-3 所示。

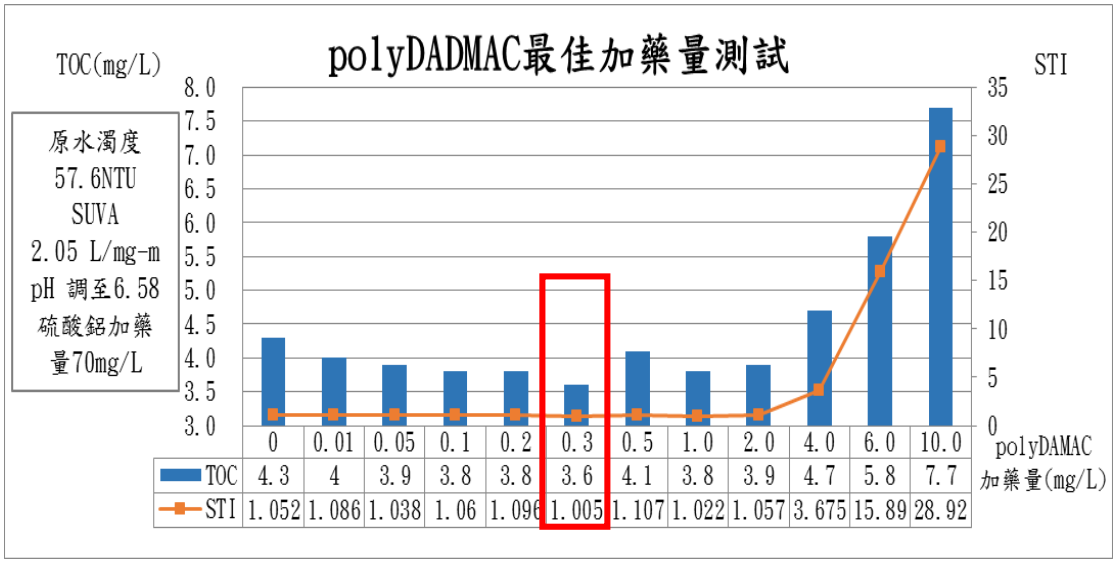


圖 4.2.9-3 七美淨水場最佳加藥量測試(TOC、STI)

以添加 Poly(DADMAC) 0.3 mg/L 條件下，調整硫酸鋁加藥量，進行混凝劑(硫酸鋁)減少加藥量測試，由圖 4.2.9-4 可知，未添加 Poly(DADMAC)之沉澱水濁度為 0.495 NTU，Poly(DADMAC)添加量 0.3 mg/L 沉澱水濁度為 0.492 NTU，表示在相同濁度下，可減少加藥量 14.3%(70 mg/L→60 mg/L)。

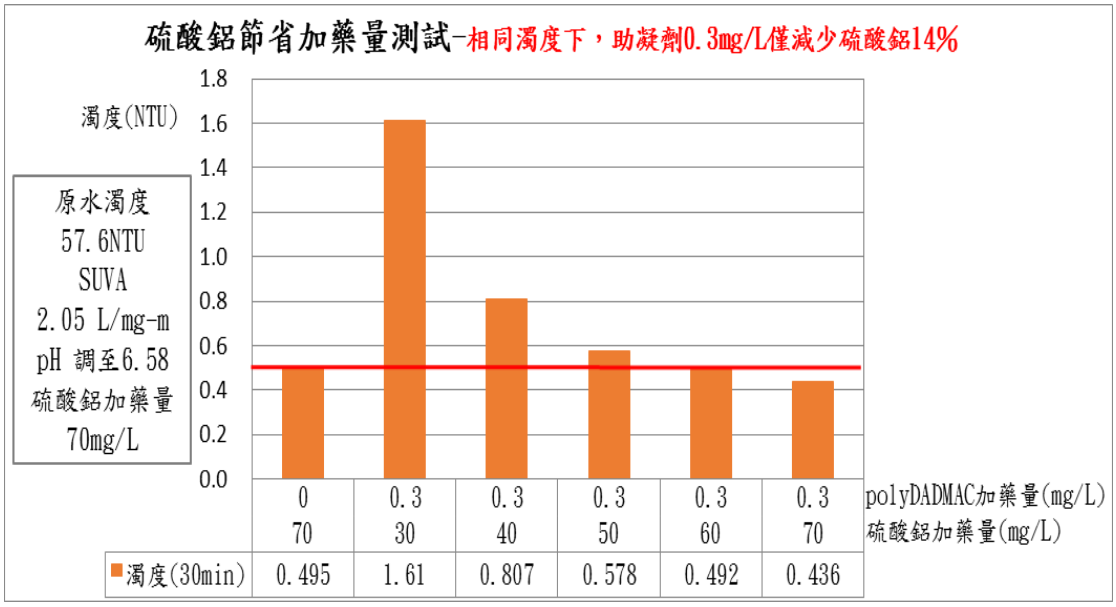


圖 4.2.9-4 七美淨水場減少硫酸鋁加藥量測試

4.2.10 清洲淨水場

一、背景說明

台水公司第八區管理處廣興給水廠清洲淨水場係因應雪隧通車，宜蘭地區觀光及各項投資成長迅速造成用水需求增加，且蘭陽平原長期使用地下水，屬地層下陷區，故由水利署於 85 年開始規劃、100 年 7 月開始興建，歷時 3 年興建完成清洲淨水場，佔地 13.3 公頃，水源由羅東攔河堰攔取羅東溪及安農溪地表水及伏流水，第一期設計每日出水量 8 萬噸，期望能達到減抽地下水及穩定地方供水的功能。

然因清洲淨水場原水屬地面水，硬度較高(220 mg/L)，未符宜蘭地區居民用水習慣，目前實際出水量僅約 1.5 萬 CMD，未達原設計出水量，且清洲場因應地面水偶發高濁度設有沉沙調節池進行初步沉降，故進入後續處理單元之原水濁度常僅有 7-8 NTU，屬常態低濁原水。清洲淨水場淨廢水流程如圖 4.2.10-1 所示。

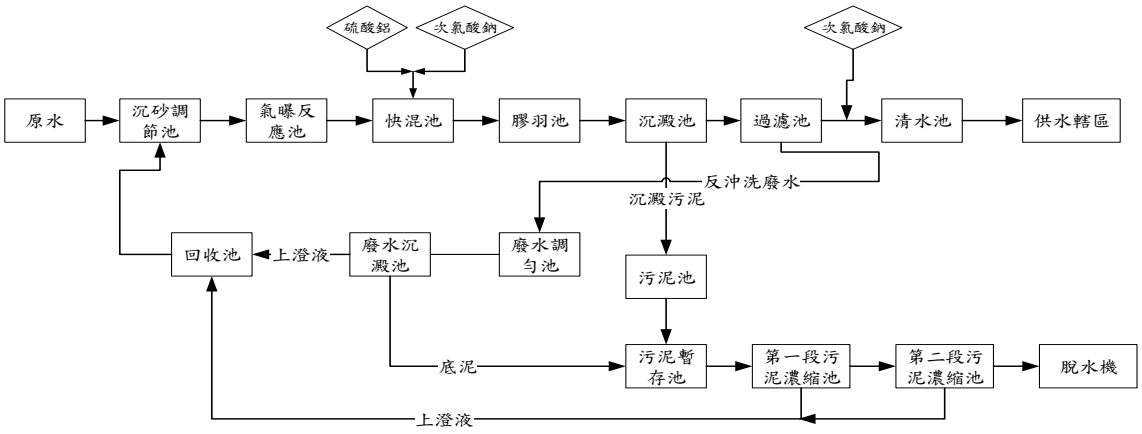


圖 4.2.10-1 清洲淨水場淨廢水流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以清洲淨水場現有操作模式模擬，快混 144 rpm 40 秒；慢混 30 rpm 20 分鐘；靜置 30 分鐘。原水條件 pH7.43、鹼度 159 mg/L 濁度 3.98 NTU(低濁度原水)、總鋁 0.041 mg/L、溶鋁 0.030 mg/L。該場混凝劑為硫酸鋁，除以該廠現行使用之混凝劑進行 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試外，另進行硫酸鋁及氯化鐵雙加藥、氯化鐵為混凝劑、Poly(DADMAC)為助凝劑之最佳加藥量測試，以比較不同混凝劑條件下，Poly(DADMAC)做為助凝劑之效益，試驗流程如下：

1. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：該場杯瓶試驗曲線最適加藥量硫酸鋁 30 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5 mg/L。
2. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試-雙加藥(硫酸鋁及氯化鐵)：固定加藥量硫酸鋁 15 mg/L 及氯化鐵 15 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5 mg/L。
3. Poly(DADMAC)最佳加藥量測試-氯化鐵：固定加藥量氯化鐵 30 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5 mg/L。

三、試驗結果與討論

(一) 低濁度試驗(小於 50 NTU)

清洲淨水場以硫酸鋁做為混凝劑，添加 Poly(DADMAC)做為助凝劑之最佳加藥量測試，以添加 0.1 mg/L 濁度去除效果最佳，未加高分子之沉澱水濁度為 2.34 NTU，添加 0.1 mg/L 時濁度 2.23 NTU，僅降低濁度 4.7%，濁度去除效果不顯著。另添加少量 Poly(DADMAC)，亦可降低溶解鋁，以添加 0.1mg/L 為最佳，未加 Poly(DADMAC)之沉澱水溶解鋁 0.159 mg/L，添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L 時，沉澱水溶解

鋁 0.083 mg/L，殘餘鋁降低 47.8%，如圖 4.2.10-2 所示。

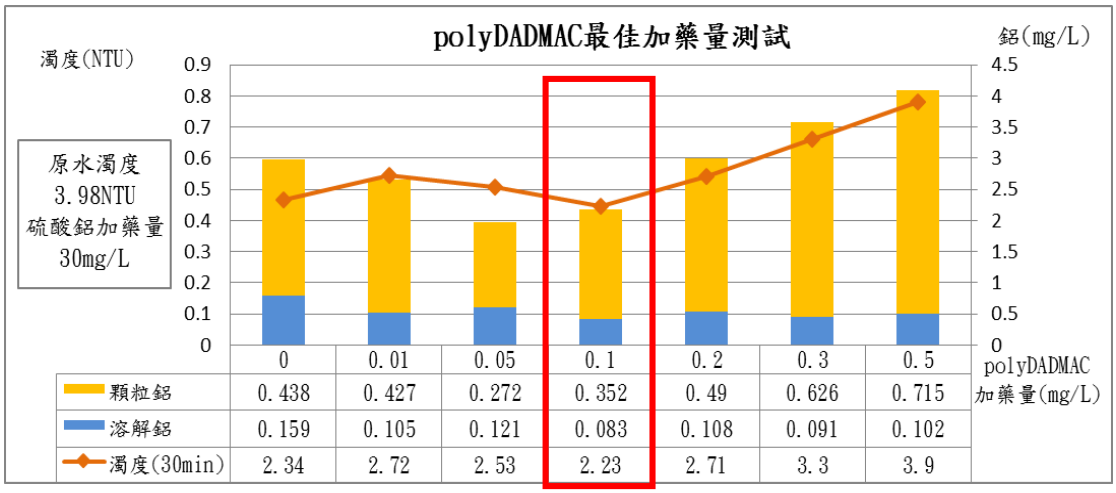


圖 4.2.10-2 清洲淨水場最適加藥量測試(硫酸鋁)(濁度、殘餘鋁)

以固定加藥量硫酸鋁/氯化鐵雙加藥(各 15 mg/L)進行 Poly(DADMAC)最適加藥量測試，因未添加 Poly(DADMAC)濁度去除效果已非常良好，未添加 Poly(DADMAC)沉澱水濁度達 0.68 NTU，故添加 Poly(DADMAC)濁度去除無顯著效果。惟添加 Poly(DADMAC)可降低溶解鋁，以添加 0.2 mg/L 為最佳，未添加 Poly(DADMAC)溶解鋁為 0.125 mg/L，添加 Poly(DADMAC) 0.2 mg/L，溶解鋁為 0.072 mg/L，可降低達 42.4%，如圖 4.2.10-3 所示。

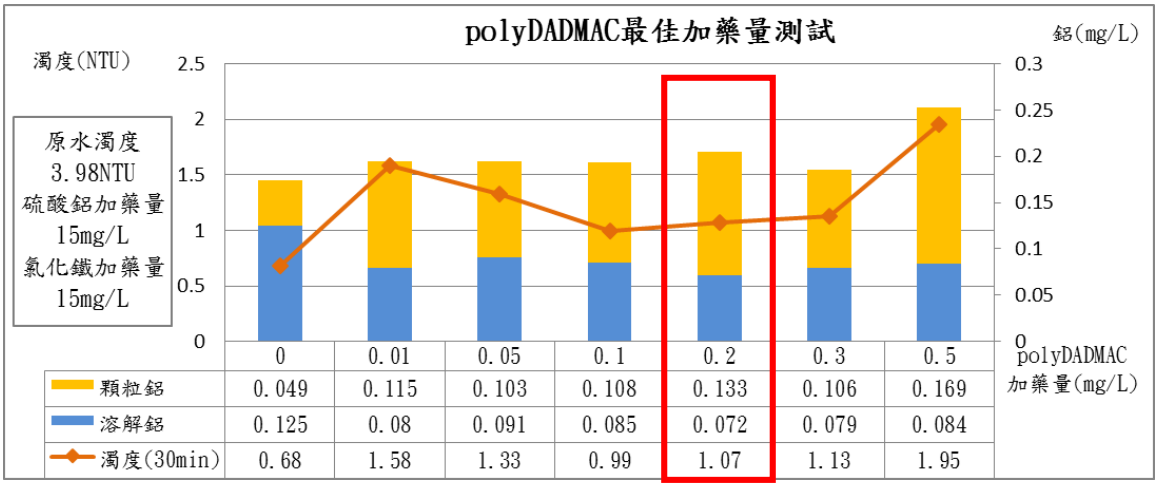


圖 4.2.10-3 清洲淨水場最適加藥量測試(雙加藥)(濁度、殘餘鋁)

以固定加藥量氯化鐵 30 mg/L 進行 Poly(DADMAC)最適加藥量測試，因未添加 Poly(DADMAC)濁度去除效果已非常良好，未添加 Poly(DADMAC)沉澱水濁度達 1 NTU，故添加 Poly(DADMAC)濁度去除無顯著效果。惟由實驗可知添加 Poly(DADMAC)水中殘餘鐵降低，以添加 0.1mg/L 為最佳，未添加 Poly(DADMAC)殘餘鐵為 0.047 mg/L，添加 Poly(DADMAC) 0.1 mg/L，殘餘鐵為 0.035 mg/L，可降低達 25.5%，本次試驗水中鐵含量皆遠低於法規標準 0.3 mg/L，如圖 4.2.10-4 所示。

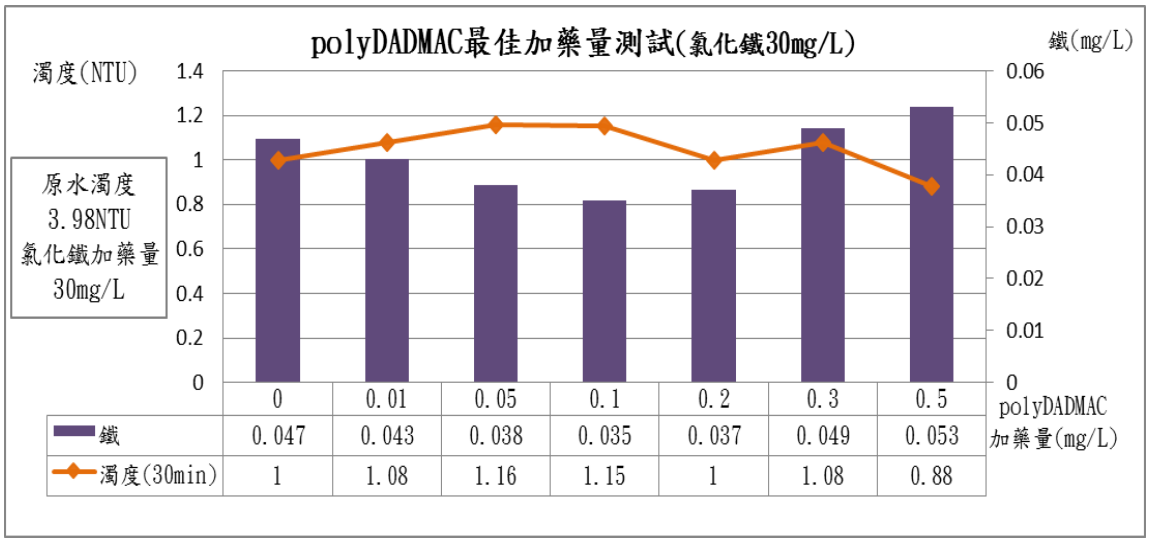


圖 4.2.10-4 清洲淨水場最適加藥量測試(氯化鐵)(濁度、殘餘鐵)

4.2.11 坪頂淨水場

一、背景說明

台水公司第七區管理處坪頂淨水場屬於高雄區系統，具備 63 萬 CMD 出水能力，供水轄區包含高雄大樹、仁武(陽明社區)、鳥松(大竹、坌埔、華美、仁美)，另支援供水包含大崗山給水廠(大社、楠梓、橋頭、岡山等北高雄地區)、澄清湖給水廠(鳥松、仁武、左營等)及拷潭給水廠(鳳山北門)，涵蓋高雄市旗山及內門以西地區，如圖 4.2.11-1 所示。

圖 4.2.11-1 坪頂淨水場高雄區供水系統範圍

該場原水有高屏溪流域及南化水庫 2 種水源供應，其中高屏溪流域水源由高屏溪攔河堰抽取高屏溪表面水送至坪頂淨水場，另由竹寮抽水站抽取高屏溪伏流水。另於高屏溪枯水期間則自南化水庫經南化聯通管輸送原水以彌補高屏溪地面水抽水量之不足如圖 4.2.11-2 所示。107 年度高屏溪攔河堰抽水量及南化水庫支援水量平均為 42 萬 7,148 CMD；竹寮抽水站抽水量平均為 5 萬 1,639 CMD，另該場平均供水量為 43 萬 9,259 CMD。因近年來氣候變遷，高屏溪原水濁度於颱風及暴

雨期間驟增，濁度常達數千甚至上萬 NTU，超過原設計值，於颱風暴雨期間，因高濁度原水常造成坪頂淨水場膠凝沉澱廢水處理不及，必須減量供水，產生淨水污泥過多，增加後段廢水處理設備負擔。

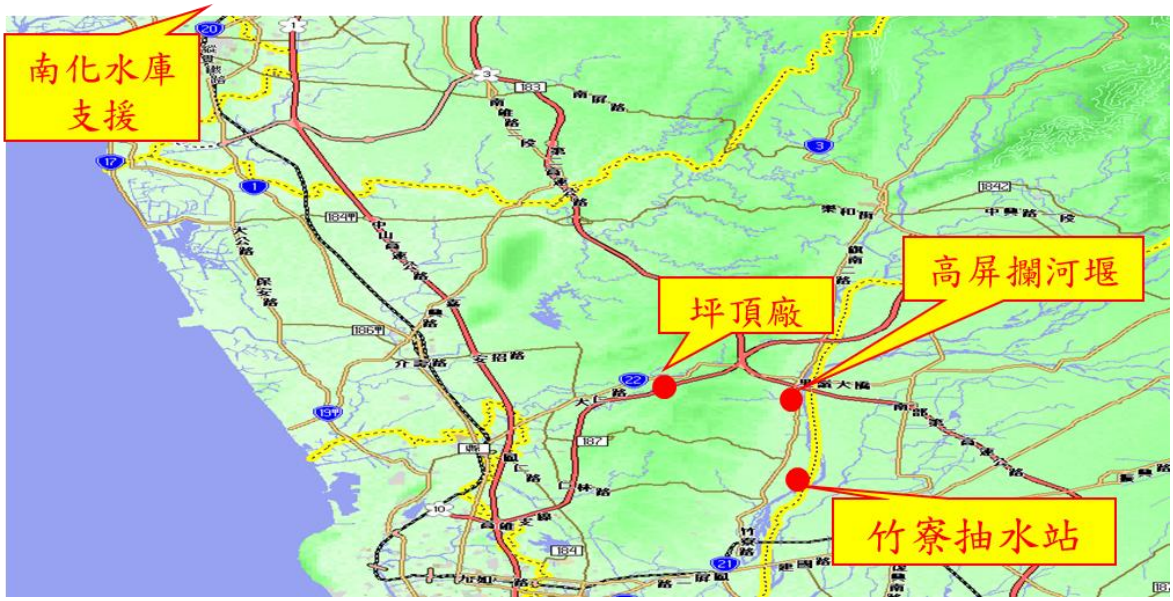


圖 4.2.11-2 坪頂淨水場及水源取水位置示意圖

坪頂淨水場(舊場)水源係抽取高屏溪攔河堰之溪水，經抽水加壓後藉 3200 m/m 導水管將原水導送至該場，原水經原水調節池後，於分水井添加液氯與聚氯化鋁(PACl)等藥劑，並於快混池藉由機械攪拌迅速混合均勻，送至膠凝沉澱池進行膠凝沉澱程序，其沉澱上澄液則繼續由後續快濾單元去除較小顆粒，過濾水進入清水池前添加液氯，以確保出水餘氯符合飲用水水質標準，最後再由抽水馬達將清水送至供水區域。在淨水處理過程中，產生沉澱污泥與反沖洗廢水分別由污泥濃縮池與廢水沉澱池進行處理，上澄液回收至分水井再次使用，濃縮後污泥則由機械脫水機進行脫水，產生淨水污泥餅則依照廢棄物清理法及經濟部再利用管理辦法及其相關子法規定辦理，流程如圖 4.2.11-3 所示。

坪頂淨水場(新場)水源係取用竹寮伏流水，其濁度相當低，於分水井添加液氯，經過傳統處流程(快混、膠凝、沉澱與過濾)後，過濾水進入清水池前添加液氯，以確保出水餘氯符合飲用水水質標準，最後再由抽水馬達將清水送至供水區域。淨水處理程序中產生廢水(含

污泥)則採分流處理，沉澱污泥經由污泥與污泥濃縮池濃縮後，再由機械脫水機進行脫水;反沖洗廢水則經由廢水調勻池與廢水沉澱池進行固液分離，其上澄液回收至分水井再次使用，底泥部分則由污泥池處理，流程如圖 4.2.11-3 所示。

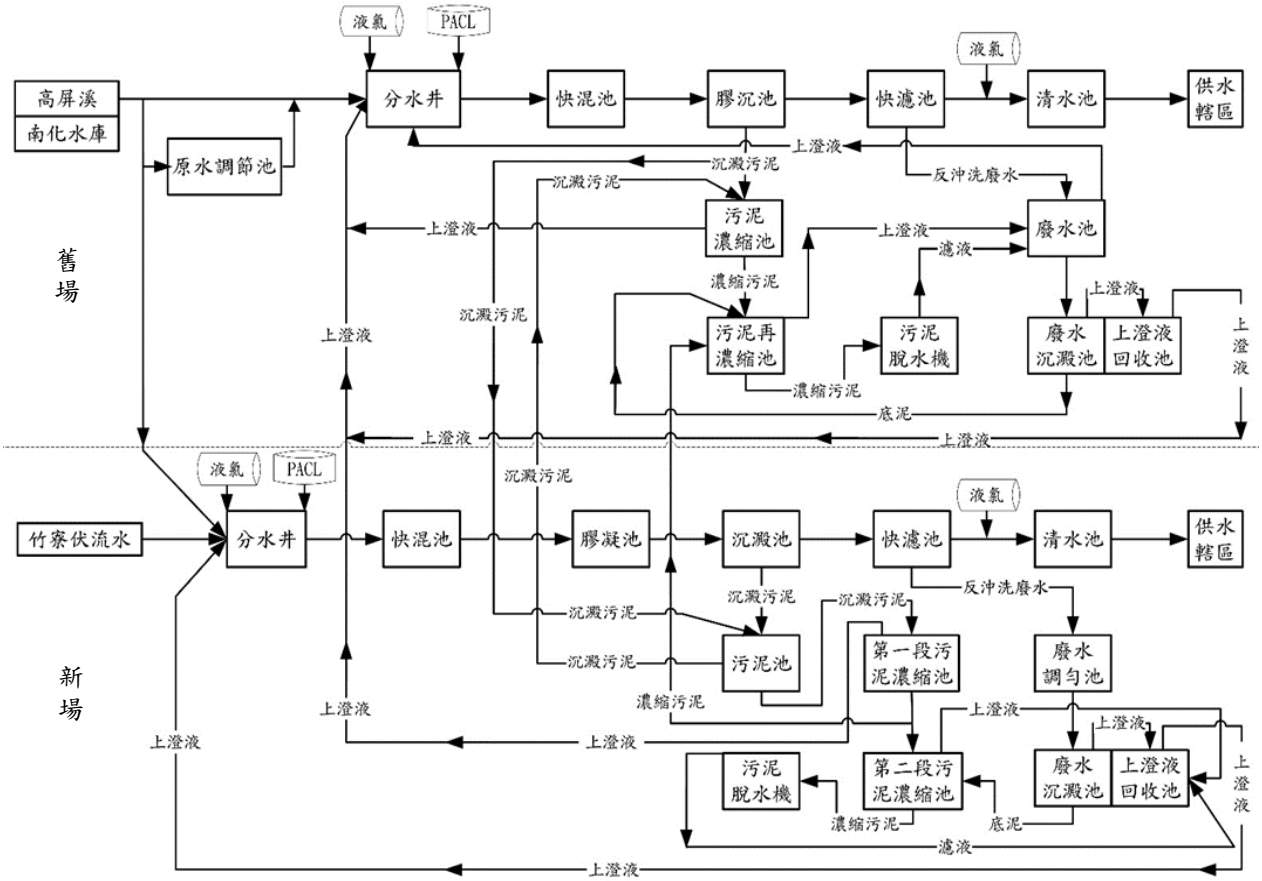


圖 4.2.11-3 坪頂淨水場(新、舊場)淨廢水處理流程圖

二、杯瓶試驗

(一) 超高濁度試驗(大於 2,000 NTU)

杯瓶試驗之快混、慢混及靜置以坪頂淨水場現有操作模式模擬(快混 100 rpm 1 分 30 秒；慢混 10 rpm 18 分；靜置 4 分 30 秒)，另增加靜置時間至 30 分鐘。試驗流程如下：

1. 原水濁度 6,200 NTU 之 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：聚氯化鋁加藥量 110 mg/L、PolyDADMAC 加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L。

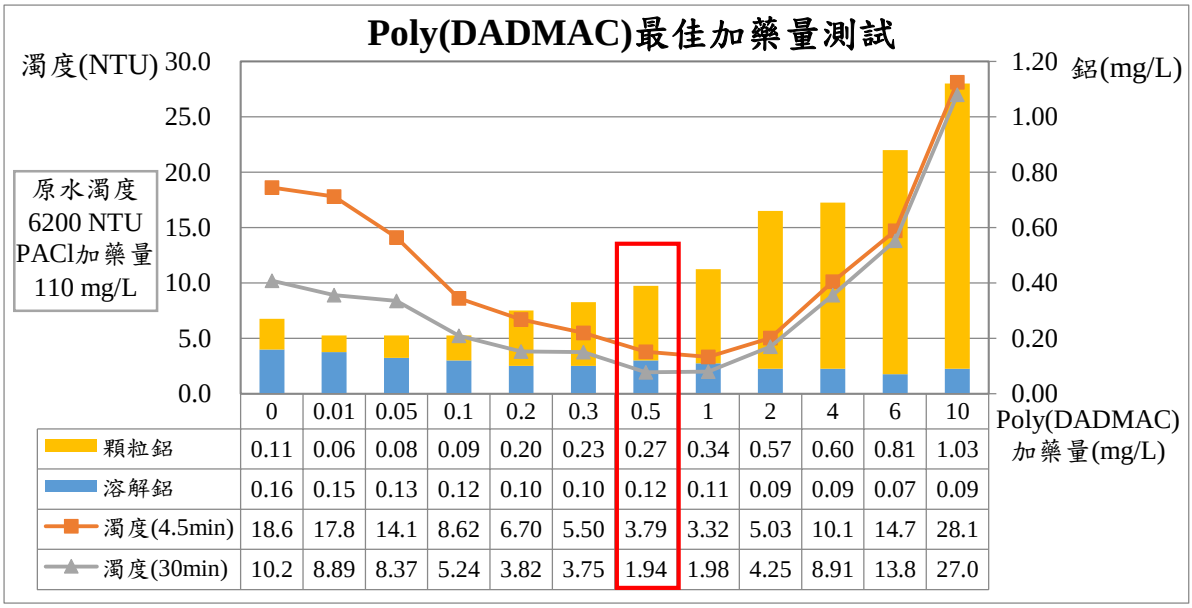
2. 原水濁度 3,215 NTU 之 Poly(DADMAC)最佳加藥量測試：聚氯化鋁加藥量 85 mg/L、Poly(DADMAC)加藥濃度範圍為 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、4、6、10 mg/L。

三、試驗結果與討論

(一) 超高濁度試驗(大於 2,000 NTU)

1. 原水濁度 6,200 NTU

Poly(DADMAC)添加量 0.5 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，由 18.6 NTU 降至 3.79 NTU，濁度去除降低 79.6%，但總鋁則由 0.11 mg/L 上升至 0.27 mg/L，溶解鋁則由 0.16 mg/L 降至 0.12 mg/L，溶解鋁降低 25%，顯示坪頂場添加 Poly(DADMAC)主要為水中顆粒鋁增加，可藉由快濾單元去除。惟 Poly(DADMAC)添加量達 2.0mg/L 以上時，濁度、總鋁、溶解鋁皆大幅上升，如圖 4.2.11-4 所示。



	0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	4	6	10
顆粒鋁	0.11	0.06	0.08	0.09	0.20	0.23	0.27	0.34	0.57	0.60	0.81	1.03
溶解鋁	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.10	0.12	0.11	0.09	0.09	0.07	0.09
濁度(4.5min)	18.6	17.8	14.1	8.62	6.70	5.50	3.79	3.32	5.03	10.1	14.7	28.1
濁度(30min)	10.2	8.89	8.37	5.24	3.82	3.75	1.94	1.98	4.25	8.91	13.8	27.0

圖 4.2.11-4 坪頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

在過濾性指標測試中，Poly(DADMAC)最適添加量 0.5 mg/L 時，STI 則較未添加 Poly(DADMAC)時微幅上升，於 Poly(DADMAC)添加量達 2.0 mg/L 以上時，STI 大幅上升，如圖 4.2.11-5 所示。

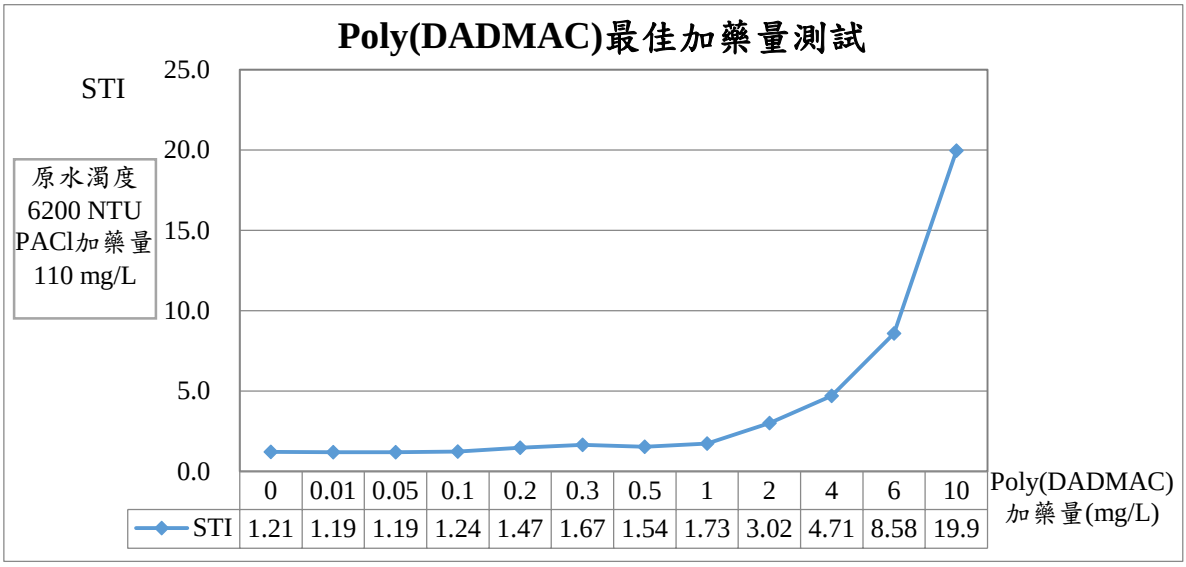


圖 4.2.11-5 坪頂淨水場最佳加藥量測試(STI)

2. 原水濁度 3,200 NTU

Poly(DADMAC)添加量 0.5 mg/L 時，濁度有最佳去除效果，由 11.8 NTU 降至 3.53 NTU，濁度去除降低 70.1%，溶解鋁則由 0.15 mg/L 降至 0.12 mg/L，溶解鋁降低 20%，總鋁則無明顯差異。惟 Poly(DADMAC)添加量達 2.0 mg/L 以上時，濁度、總鋁、溶解鋁皆大幅上升，如圖 4.2.11-6 所示。

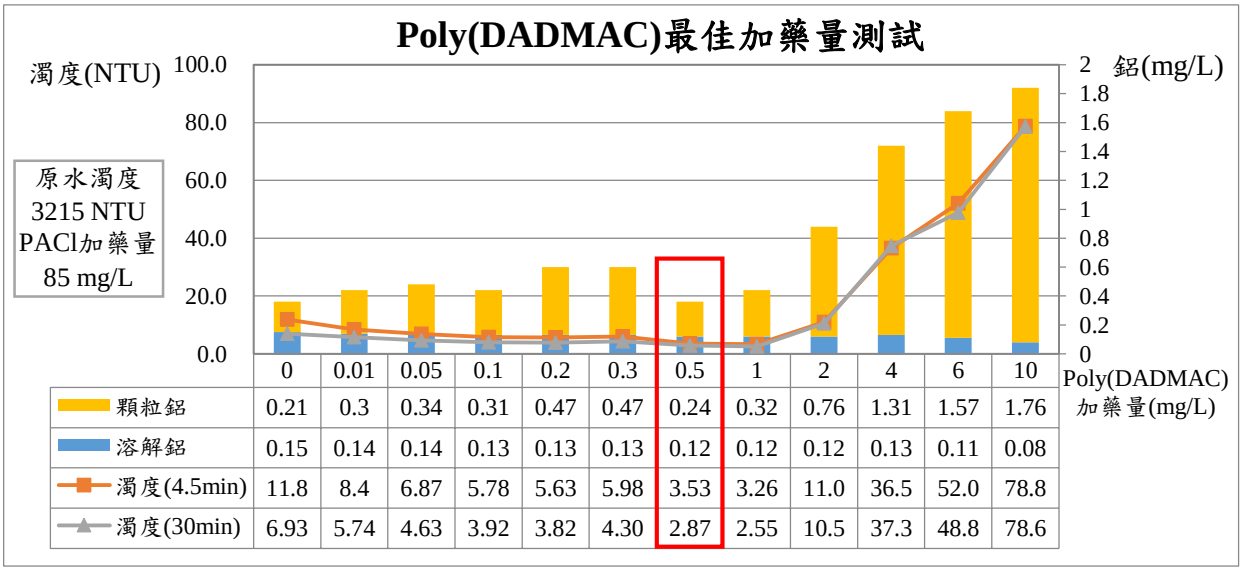


圖 4.2.11-6 坪頂淨水場最佳加藥量測試(濁度、殘餘鋁)

在過濾性指標測試中，Poly(DADMAC)最適添加量 0.5 mg/L 時，STI 則較未添加 Poly(DADMAC)時無明顯差異，於 Poly(DADMAC)添加量達 2.0 mg/L 以上時，STI 大幅上升，如圖 4.2.11-7 所示。

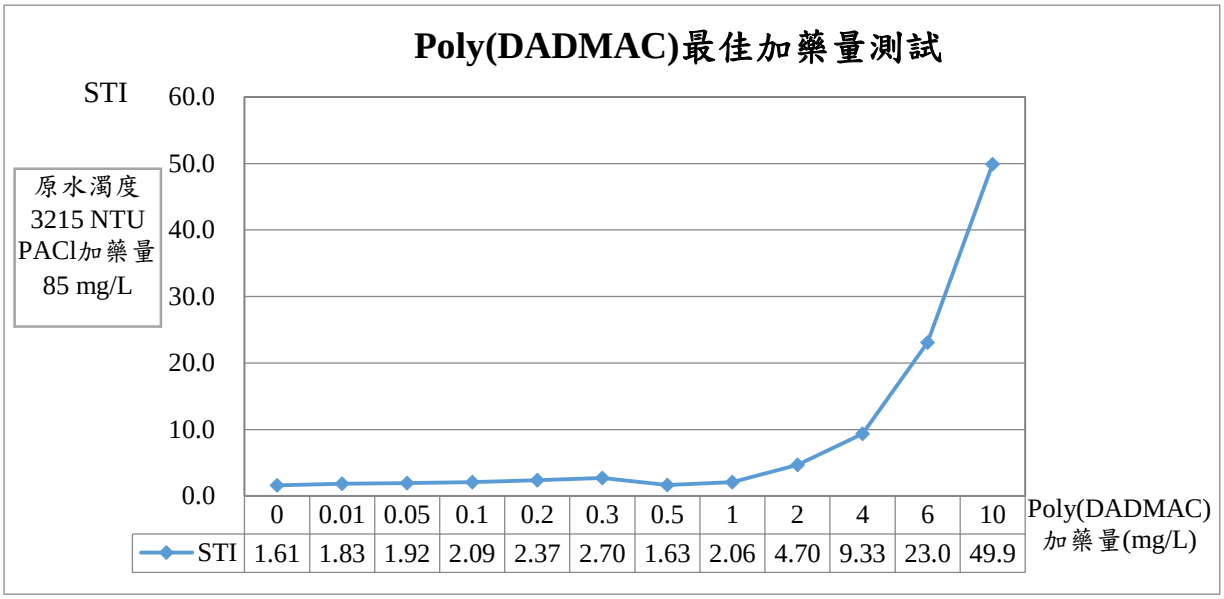


圖 4.2.11-7 坪頂淨水場最佳加藥量測試(STI)

4.2.12 綜合討論

一、最適 Poly(DADMAC)添加量

歸納各淨水場杯瓶試驗結果，如表 4.2.12-1 所示，不論是在低濁原水(<50 NTU)、中濁原水(50 NTU~250 NTU)、高濁原水(250 NTU~2,000 NTU)及超高濁原水(>2,000 NTU)原水條件下，各場最適 Poly(DADMAC)添加量僅需 0.1 mg/L~0.5 mg/L，其水中濁度即可達到最佳去除效果，與台水公司委外辦理之「二區轄區淨水場混凝加藥及清水鋁控制策略評估」採用聚氯化鋁搭配 Poly(DADMAC)之實驗結果相符(0.1 mg/L~0.2 mg/L)，惟鳳山(工業)及澎湖成功淨水場之最適添加量為 1.0 mg/L 及 4.0 mg/L，均遠小於目前法規可添加量 10 mg/L，如圖 4.2.12-1 所示。鳳山(工業)及成功淨水場最適添加量較高，研判可能因鳳山(工業)及成功淨水場原水總有機碳濃度較高(5.4 mg/L 及 10.7 mg/L)，其有機濁度顆粒表面所帶負電荷較多所致。依文獻(B.A. Bolto, 1996)指出高分子助凝最佳效果為不純物顆粒介達電位接近於零，故陽離子 Poly(DADMAC)之最適添加量較高。

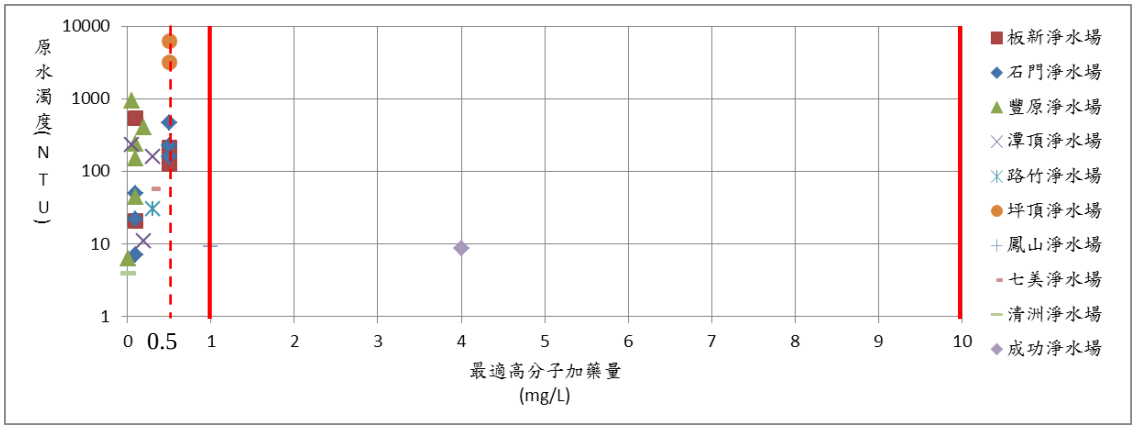


圖 4.2.12-1 淨水場原水濁度與最適高分子添加量關係圖

二、添加 Poly(DADMAC)對濁度額外去除效果

針對添加 Poly(DADMAC)對水中濁度去除率較未添加 Poly(DADMAC)之對照組比較，如圖 4.2.12-2 所示，濁度可額外減少最多近 80%，其中以超高濁原水狀態(坪頂場)效果最好，可額外提高濁度 70.1%~79.6%；高濁度原水狀態下，亦可額外降低濁度 42.0%(板

新場，濁度 536 NTU)~72.8%(豐原場，濁度 400 NTU)。此外，在現行法規尚未開放之小於 250 NTU 的中濁度(50 NTU~250 NTU)原水條件下，添加高分子仍對大部分淨水場有助益，可額外提升濁度去除率 10.0%~61.3%，其中又以板新場(約 50%)及石門場(33.6%~61.3%)效果尤佳；在低濁度(<50 NTU)條件下，各場對於高分子的效果差異較大(0%~77.6%)，普遍仍有 30%的額外去除率，其中成功場、鳳山場及潭頂場效果較佳。

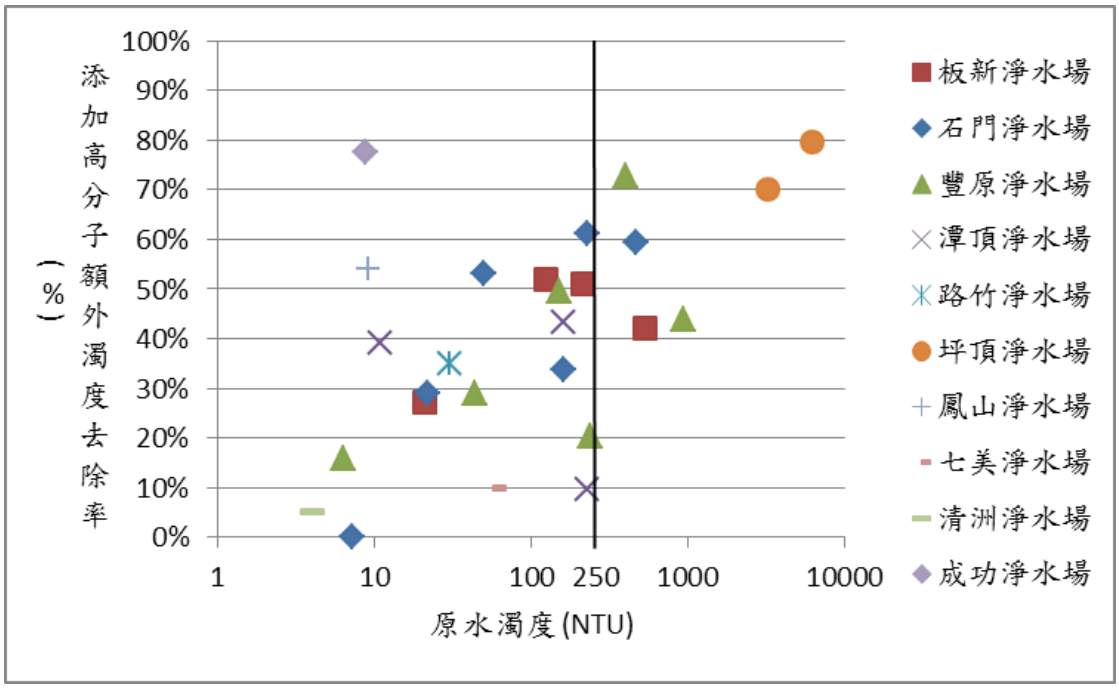


圖 4.2.12-2 添加 Poly(DADMAC)對濁度額外去除效果

三、添加 Poly(DADMAC)對殘餘鋁的影響

測試添加高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)對殘餘鋁的影響，可同步降低水中殘餘溶解鋁含量最高達 40.0%，如圖 4.2.12-3 所示，石門場及潭頂場效果最佳；對於總鋁的去除則以成功淨水場添加 4 mg/L 可額外去除 72.2%，其餘淨水場效果較不明顯，而添加鐵系(氯化鐵)之潭頂淨水場，亦可同步降低水中殘餘總鐵 40.0%。

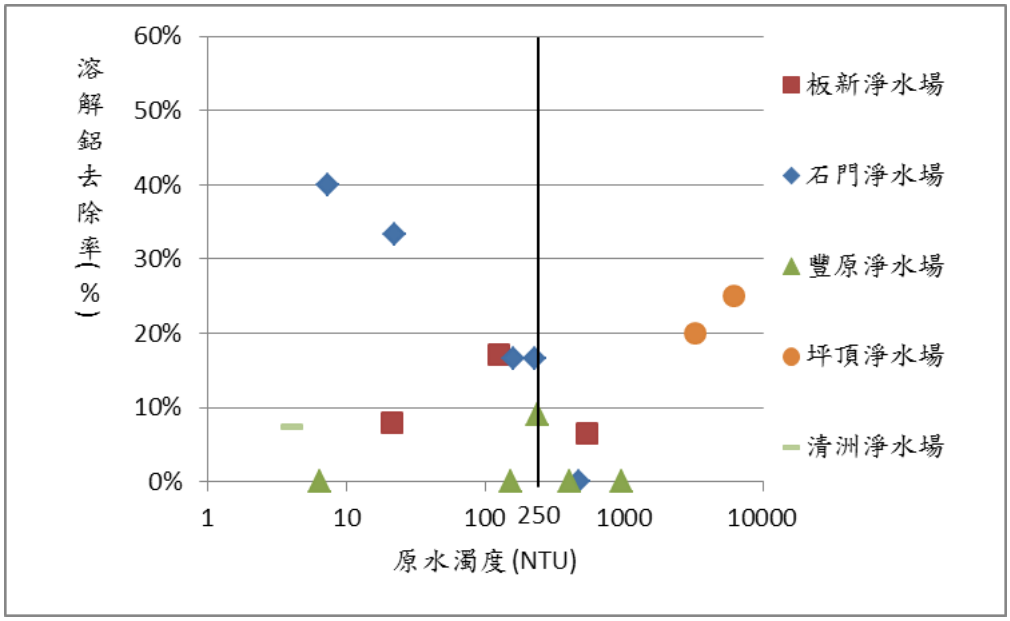


圖 4.2.12-3 水中殘餘溶解鋁減少百分比

四、添加 Poly(DADMAC)對過濾性的影響

過濾指標 STI 試驗結果顯示，本次試驗添加 Poly(DADMAC)不會增加過濾負荷，反而部分淨水場能得到更好的過濾速度，尤其是低濁度之成功、潭頂及鳳山場最為明顯，過濾性可分別提高 11.5 倍(時間少 91.8%)、2.5 倍及 1.4 倍，而其他淨水場在添加最適量 Poly(DADMAC)後過濾性則無顯著差異，如圖 4.2.12-4 所示。惟過量添加高分子時(一般為 1 mg/L 以上)，會造成過濾性變差，易造成濾床等阻塞。

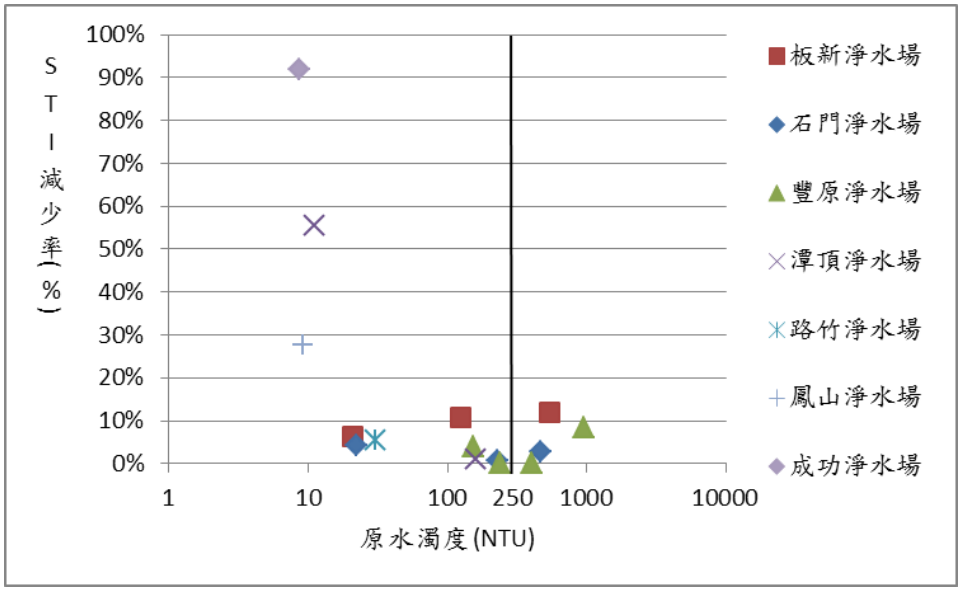


圖 4.2.12-4 過濾性(STI)比較

五、添加 Poly(DADMAC)可減少混凝劑的添加

此外，由試驗結果可知，在相同處理效果(濁度)下，添加適當 Poly(DADMAC)，混凝劑(硫酸鋁、聚氯化鋁或氯化鐵)加藥量亦可減少 12.5%至 85.7%(板新-聚氯化鋁 12.5%、石門-聚氯化鋁 25%、豐原二場-聚氯化鋁及氯化鐵雙加藥 25%、潭頂-氯化鐵 57%、成功-硫酸鋁 85.7%、七美-硫酸鋁 14%)，添加 Poly(DADMAC)大幅減少混凝劑加藥量。另針對成功場而言，以 Poly(DADMAC)當作助凝劑可減少水中殘餘鋁濃度及提高總有機碳去除率(詳 4.2.8 節)，各淨水場減少混凝劑加藥量比較，如圖 4.2.12-5 所示。

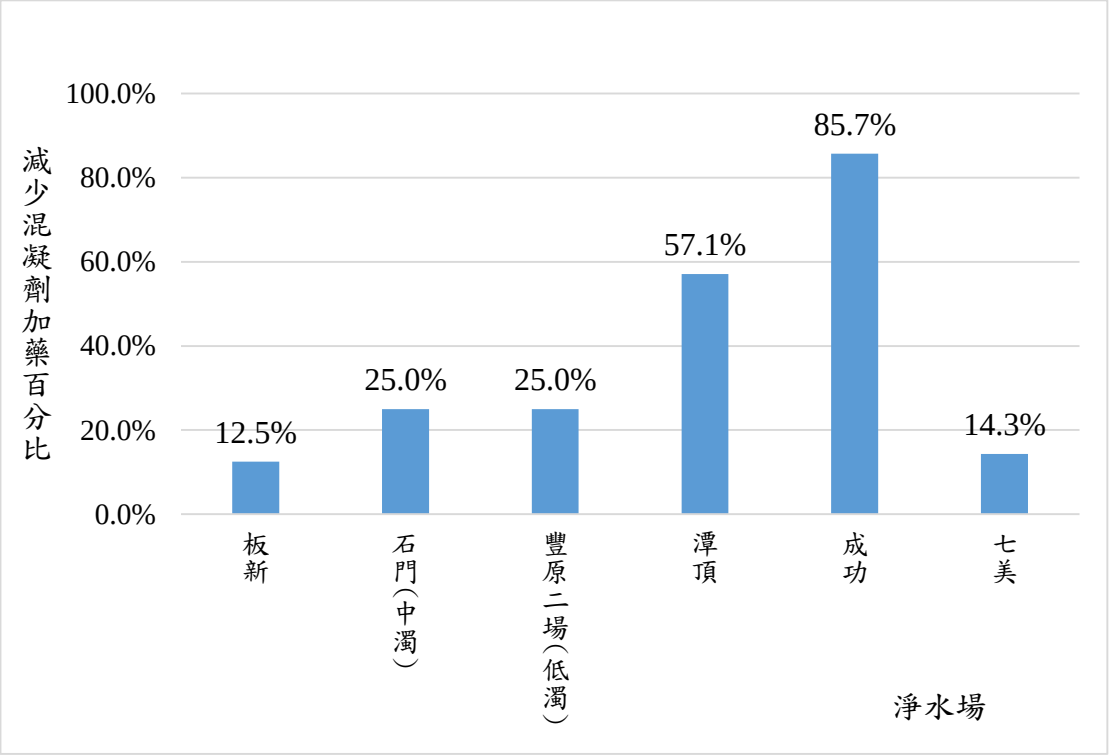


圖 4.2.12-5 減少混凝劑加藥量比率

六、添加 Poly(DADMAC)對總有機碳的去除

添加 Poly(DADMAC)較僅添加混凝劑未添加 Poly(DADMAC)者，可額外提高總有機碳去除率 16.3%至 36.5%(成功 36.5%、鳳山(工業)25.5%、路竹 17.6%、七美 16.3%)，如圖 4.2.12-6 及圖 4.2.12-7 所示，顯示在相同混凝劑加藥量下，添加 Poly(DADMAC)可有效降低水中總有機碳濃度。此外，在 UV_{254} 試驗中亦有相似結果(成功 25.9%、鳳山(工業)29.4%、路竹 29.4%)，如圖 4.2.12-8 所示。

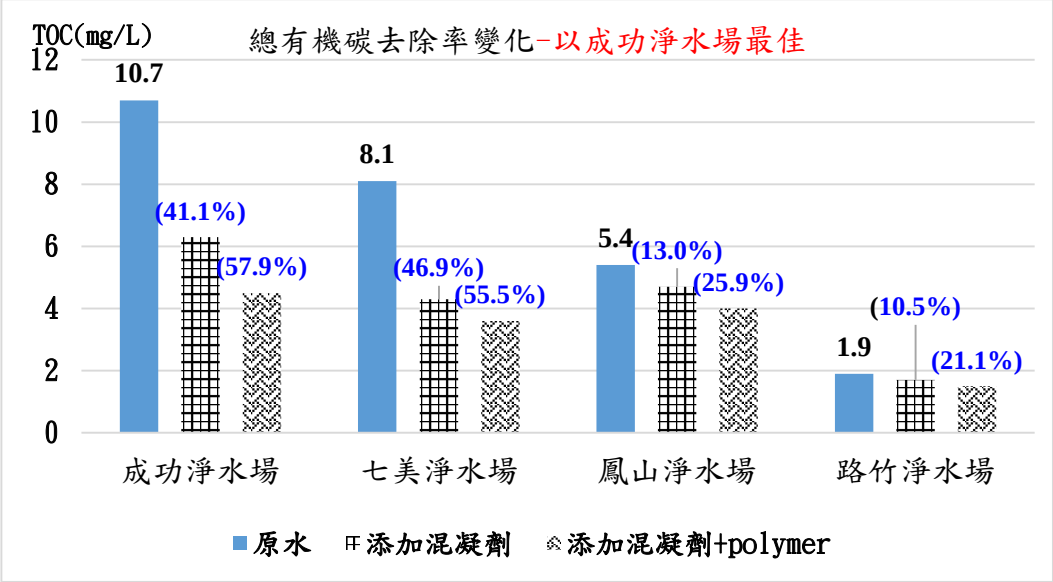


圖 4.2.12-6 總有機碳去除率變化(與原水比較)

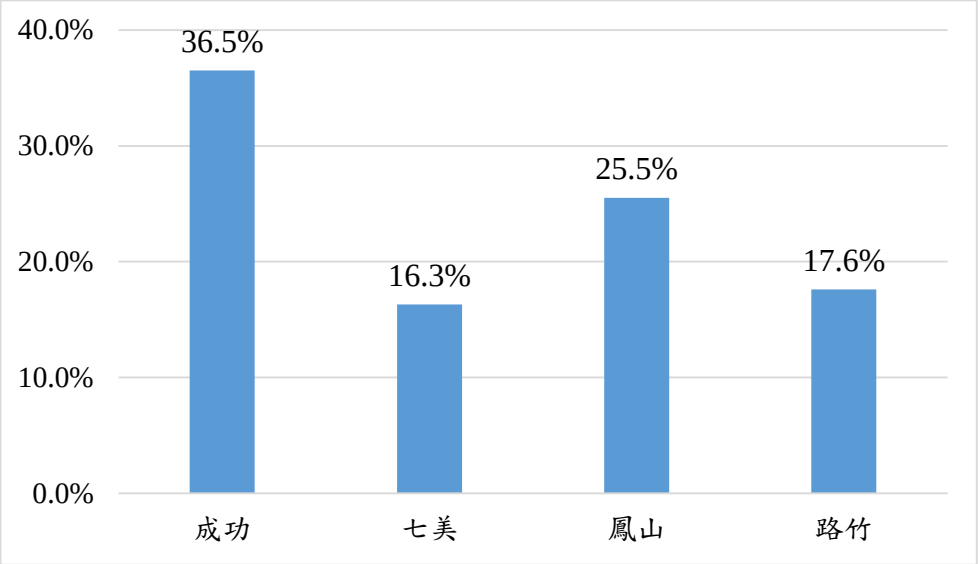


圖 4.2.12-7 添加 Poly(DADMAC)對總有機碳去除率變化比較

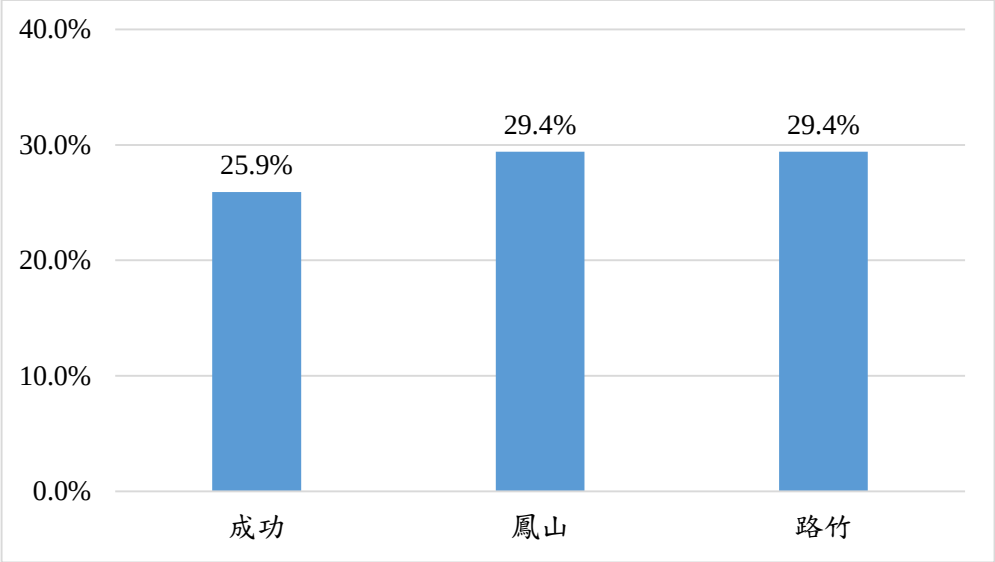
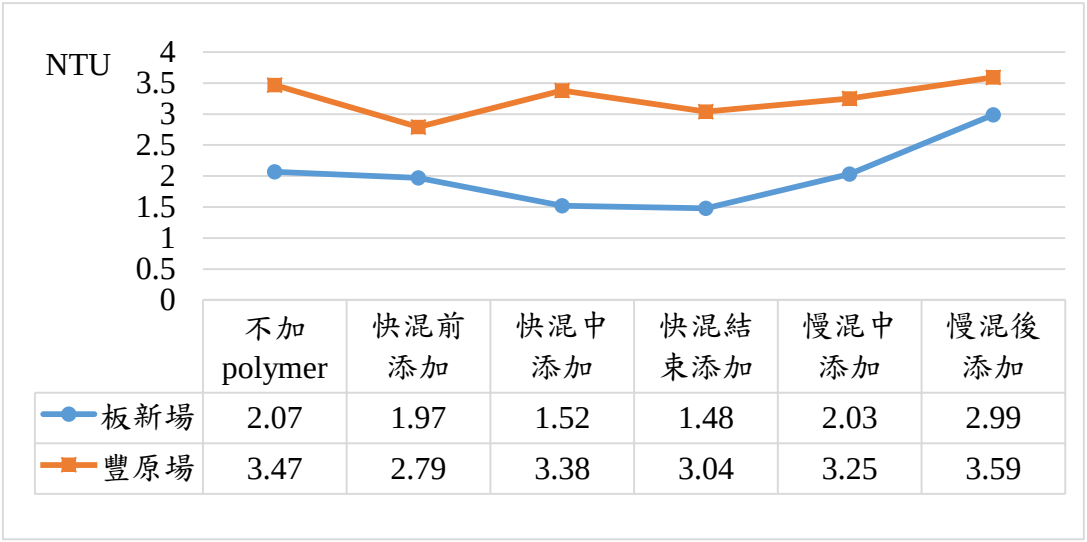


圖 4.2.12-8 添加 Poly(DADMAC)對 UV_{254} 吸收減少比較

七、添加 Poly(DADMAC)加藥順序

另針對加藥順序的比較，依板新場測試係以快混後及快混中添加較佳，而豐原一場(雙加藥)測試時，則為於同時於快混前添加效果最佳，並無固定順序(詳 4.2.2 節及 4.2.4 節)，建議各場使用前可先以杯瓶試驗確認其最適添加位置，如圖 4.2.12-9 所示。



	不加 polymer	快混前添加	快混中添加	快混結束添加	慢混中添加	慢混後添加
板新場	2.07	1.97	1.52	1.48	2.03	2.99
豐原場	3.47	2.79	3.38	3.04	3.25	3.59

圖 4.2.12-9 添加 Poly(DADMAC)順序濁度比較(板新、豐原場)

表 4.2.12-1 淨水場杯瓶試驗結果比較表

淨水場	原水類型	原水濁度 (NTU)	最適高分子濃度 (mg/L)	加高分子降低濁度效果	加高分子減少混凝劑加藥量	降低殘餘鋁鐵效果	過濾性 (STI)	其他效果
板新淨水場	低濁	21.0	0.1	可額外降低濁度 27.1%	可減少 PACl 加藥量 12.5%	無顯著差異	-	-
	中濁	125	0.5	可額外降低濁度 41.7%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	中濁	214	0.5	可額外降低濁度 51%	-	無顯著差異	-	-
	高濁	536	0.1	可額外降低濁度 52%	-	溶解鋁可降低 6.4 %	提高 13.8%	
石門淨水場	低濁白濁	7.21	0.1	無顯著差異	無顯著差異	溶解鋁降低 40%	無顯著差異	-
	低濁白濁	22.2	0.1	可額外降低濁度 29.0%	可減少 PACl 加藥量 25.0%	溶解鋁降低 33.3%	無顯著差異	-
	中濁白濁	50.0	0.1	可額外降低濁度 52.6%	-	-	-	雙加藥時，濁度降低 31.4%
	中濁	160	0.5	可額外降低濁度 33.6%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	中濁	228	0.5	可額外降低濁度 61.3%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	高濁	467	0.5	可額外降低濁度 59.5%	可減少 PACl 加藥量 47.0%	無顯著差異	無顯著差異	-

淨水場	原水類型	原水濁度 (NTU)	最適高分子濃度 (mg/L)	加高分子降低濁度效果	加高分子減少混凝劑加藥量	降低殘餘鋁鐵效果	過濾性 (STI)	其他效果
豐原一場	低濁白濁	43.8	0.2-0.3	可額外降低濁度 17.4%	-	總鋁降低 8.3%、溶解鋁降低 40%	-	-
豐原二場	低濁白濁	43.8	0.1	可額外降低濁度 29.2%	-	無顯著差異	-	-
	低濁白濁	6.4	0.01	可額外降低濁度 15.9%	可減少 PACl 及氯化鐵(2:1)雙加藥量 25%	無顯著差異	-	-
	中濁	152	0.1	可額外降低濁度 49.4%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	中濁	238	0.1	可額外降低濁度 20.4%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	高濁	400	0.2	可額外降低濁度 72.8%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	高濁	949	0.05	可額外降低濁度 43.8%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
潭頂淨水場	低濁	11.0	0.2-0.3	可額外降低濁度 38.9%	可減少氯化鐵加藥量 57.1%	可降低殘餘總鐵 40.0%	提高 2.5 倍	-
	中濁	160	0.05	無顯著差異	-	無顯著差異	無顯著差異	-
	中濁	230	0.3	可額外降低濁度 43.3%	-	無顯著差異	無顯著差異	-
坪頂淨水場	超高濁	3215	0.5	可額外降低濁度 70.1%	-	溶解鋁可降低 20 %	無顯著差異	-
	超高濁	6200	0.5	可額外降低濁度 79.6%	-	溶解鋁可降低 25 %	無顯著差異	-

淨水場	原水類型	原水濁度 (NTU)	最適高分子濃度 (mg/L)	加高分子降低濁度效果	加高分子減少混凝劑加藥量	降低殘餘鋁鐵效果	過濾性 (STI)	其他效果
路竹淨水場	中濁	30.3	0.3-0.5	可降低濁度 35.2%	-	可降低殘餘鋁 23.4%	無顯著差異	降低 UV_{254} 29.4% 降低 TOC 17.6%
鳳山淨水場(工業)	低濁高氨氮	9.12	1.0-2.0	可降低濁度 53.9%	-	降低總鋁 65.4%	提高 1.4 倍	降低 UV_{254} 29.4% 降低 TOC 25.5% 降低色度 40% 氨氮不明顯
成功淨水場	低濁高有機物原水調酸 pH 6.56	8.71	3.0-5.0	可降低濁度 77.6%	減少硫酸鋁加藥量 85.7%	降低殘餘鋁 72.5%	提高 11.5 倍	降低 UV254 25.9% 降低 TOC 36.5% 降低色度 50.0%
七美淨水場	中濁高有機物原水調酸 pH 6.5	57.6	0.3	可降低濁度 9.8%	減少硫酸鋁加藥量 14.3%	降低溶解鋁 29.3%	無顯著差異	降低 TOC 16.3%
清洲淨水場	低濁	3.98	0.01-0.1 (無顯著差異)	無顯著差異	-	降低溶解鋁 47.8%	-	-

4.3 高分子聚合物消毒副產物及單體分析

有關淨水流程中，添加高分子聚合物是否會與消毒劑(次氯酸鈉)發生反應而產生含氮消毒副產物 N-亞硝基二甲胺(NDMA, N-Nitrosodimethylamine)及有機高分子凝聚劑：聚氯化己二烯二甲基胺(Poly(DADMAC),Poly diallyl dimethyl ammonium chloride)水中殘餘單體氯化己二烯二甲基胺(DADMAC)疑慮，本研究以原水進行杯瓶試驗模擬，依各場操作條件、最適之高分子加藥量及該場現場加氯量為依據，進行不同加氯添加順序、改變加氯量等測試，杯瓶後沉澱水進行過濾(0.45μm)後分析 NDMA、總三鹵甲烷及殘餘單體 DADMAC 含量。

杯瓶試驗所使用 Poly(DADMAC) 為經 NSF 認證藥劑，濃度為 40.2%，殘餘單體 0.01%(乾基)。次氯酸鈉為 10%濃度。本研究針對六區處潭頂場(原水曾有白濁，混凝劑為氯化鐵，添加高分子效果良好)、七區處成功場(原水高有機質、混凝劑為硫酸鋁，添加高分子效果良好)、二區處石門場(原水曾有白濁，混凝劑為聚氯化鋁，添加高分子效果良好)，低濁原水進行杯瓶濾後水檢測 NDMA、總三鹵甲烷及殘餘單體。NDMA 委託成大財團法人研究基金會檢測(方法偵測極限 4.5 ng/L)，殘餘單體委託台灣檢驗科技股份有限公司(SGS)超微量分析實驗室以液相層析／串聯式質譜儀法檢驗(定量極限 1 μg/L)，總三鹵甲烷由台水公司自行檢測(方法偵測極限 0.14 μg/L~0.19 μg/L)。檢驗結果如表 4.3-1 所示。

一、水中殘餘 DADMAC 單體分析

潭頂、成功及石門場低濁原水杯瓶實驗後濾水中殘餘 DADMAC 單體檢驗結果皆為未檢出(ND)。各場分別說明如下：石門場 Poly(DADMAC) 最佳添加量為 0.1 mg/L，依現場條件快混前加氯量為 1.5 mg/L，正常加氯量 1.5 mg/L 及加倍加氯量 3.0 mg/L 杯瓶試驗濾後水殘餘單體皆未檢出；潭頂場 Poly(DADMAC) 最佳添加量為 0.2 mg/L，依現場條件快混前加氯量(2.0 mg/L)及二倍加藥量(4.0 mg/L)等二項杯瓶試驗濾後，水中殘餘單體 DADMAC 皆未檢出；成功場

Poly(DADMAC) 最佳添加量為 3.0mg/L，依現場條件快混前加氯量(3.0 mg/L)、二倍加氯量(6.0 mg/L)及沉澱後 1/3 時間加氯 3.0 mg/L，三項杯瓶試驗濾後水殘餘單體亦未檢出，詳表 4.3-1 及附錄五。顯見加氯(NaOCl)消毒對有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)結構破壞促使單體殘留於水中風險極低。目前世界各國並無水中單體最大濃度限制，僅美國 NSF/ANSI 60 要求水中最大濃度 500 μg/L(ppb)。

二、消毒副產物 NDMA 分析

潭頂、成功及石門場低濁原水杯瓶實驗顯示濾水中副產物 NDMA 皆為未檢出(ND)，顯見以低劑量 Poly(DADMAC)添加量配合現有操作模式並無 NDMA 風險。表 4.3-1 檢驗結果所示，石門場 Poly(DADMAC)添加量由 0 mg/L~1 mg/L 進行試驗，依現場條件(加氯量 1 mg/L)，測試減半加氯量及加倍加氯量、並測試快混前加氯、沉澱靜置後加氯及不加氯等變因，所有濾後水 NDMA 皆未檢出。

潭頂場 Poly(DADMAC)最佳添加量為 0.2 mg/L，依現場條件快混前加氯量為 2.0 mg/L、減半加氯量(1.0 mg/L)、二倍加氯量(4.0 mg/L)、沉澱靜置後添加正常氯量、快混前添加 2.0 mg/L+過濾後添加 0.9 mg/L 及不添加氯共 6 項濾後水 NDMA 皆未檢出。

成功場 Poly(DADMAC)最佳添加量為 3.0 mg/L、減半加氯量(1.5 mg/L)、二倍加氯量(6.0 mg/L)、沉澱靜置後添加正常氯量、靜置 13 分鐘後添加一半量、靜置 13 分鐘後添加正常量及不添加氯共 7 項濾後水 NDMA 皆未檢出，詳附錄七。依據 WHO 建議 NDMA 管制為 100 ng/L，且文獻所示以氯胺(NH_2Cl)消毒劑 NDMA 生成風險較高，台水公司加氯藥劑為次氯酸鈉(NaOCl)，依文獻及實際檢測結果均為風險極低。

三、消毒副產物總三鹵甲烷分析

由總三鹵甲烷檢驗數據可知，以各場最適 Poly(DADMAC)加藥量配合各場現有操作模式，就算加氯量加倍，總三鹵甲烷仍遠低於法規限值 0.08 mg/L (80 μg/L)，僅有成功場因原水中總有機碳濃度較高，總三鹵甲烷為 20 μg/L-40 μg/L。以總三鹵甲烷濃度而言，大致上與總有機碳及加氯量皆有相關，但加氯量超過某限值後影響程度即有限甚至下降，例如石門場加氯量為 3 mg/L 時產生之總三鹵甲烷(1.59 μg/L)較加氯量 1.5 mg/L 還低(5.87 μg/L)，成功場添加 6 mg/L 產生之總三鹵甲烷 3.56μg/L 也較加氯量 3 mg/L (4.07 μg/L)為低。此外，加氯的順序(快混前添加、靜置後添加、靜置中添加)則以後加氯產生的總三鹵甲烷明顯較少，顯示在較高總有機碳前質下延後加氯的方式較能降低總三鹵甲烷風險。

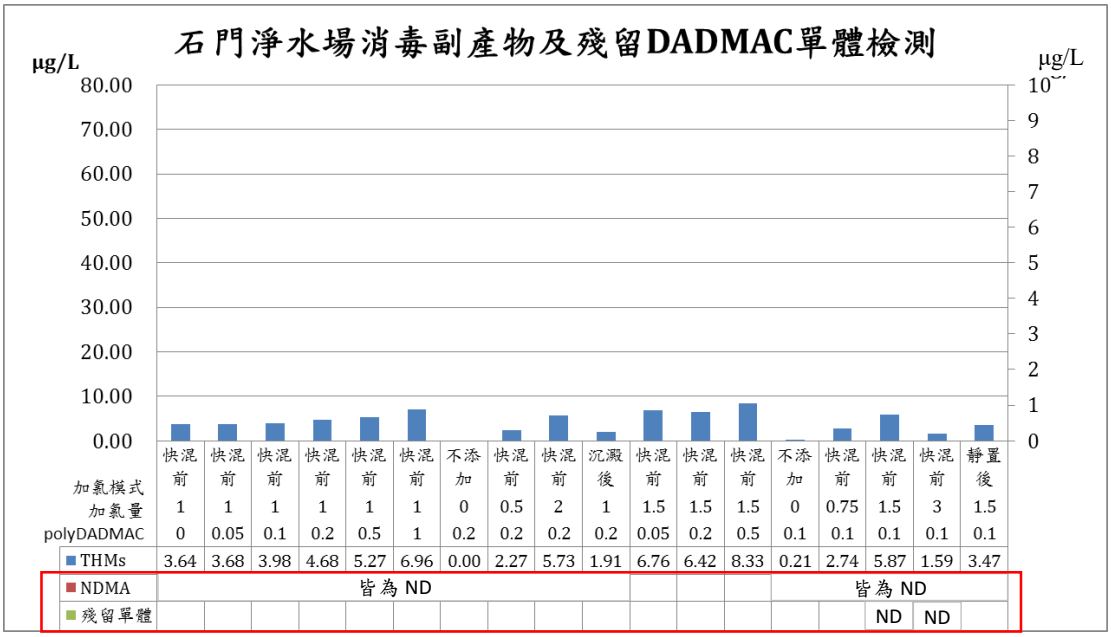
表 4.3-1 Poly(DADMAC)消毒副產物及單體殘餘結果綜整表

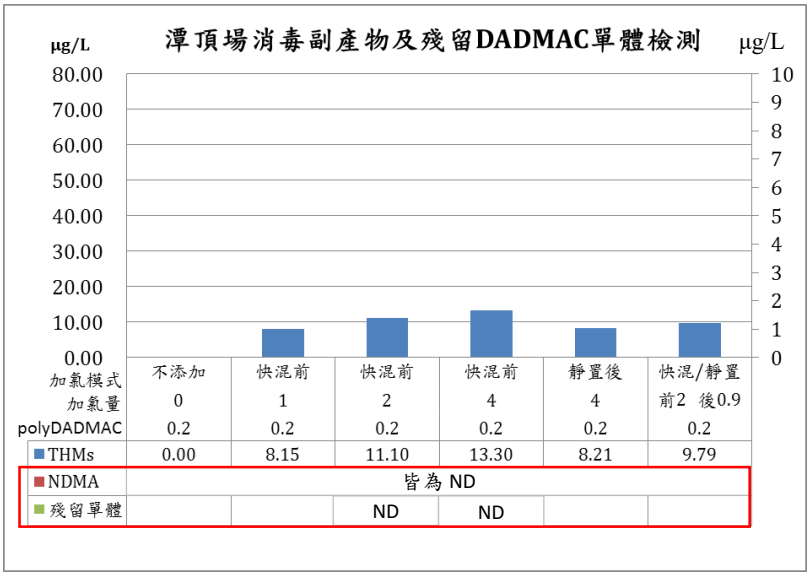
淨水場及杯瓶條件	Poly(DADMAC) (mg/L)	加氯量 (mg/L)	加氯方式	總三鹵甲烷 (μg/L)	NDMA (ng/L)	單體
石門淨水場 快混 200 rpm 20 秒 慢混 40 rpm 20 分鐘 靜置沉澱 30 分鐘	0	1	快混前添加	3.64	ND	-
	0.05	1	快混前添加	3.68	ND	-
	0.1	1	快混前添加	3.98	ND	-
	0.2	1	快混前添加	4.68	ND	-
	0.5	1	快混前添加	5.27	ND	-
	1	1	快混前添加	6.96	ND	-
	0.2	0	不添加	0.00	ND	-
	0.2	0.5	快混前添加	2.28	ND	-
	0.2	2	快混前添加	5.73	ND	-
	0.2	1	沉澱後添加	1.91	ND	-
	0.05	1.5	快混前添加	6.76	-	-
	0.2	1.5	快混前添加	6.42	-	-
	0.5	1.5	快混前添加	8.33	-	-
	0.1	0	不添加	0.21	-	-
	0.1	0.75	快混前添加	2.74	-	-
	0.1	1.5	快混前添加	5.87	-	ND
	0.1	3	快混前添加	1.59	-	ND
	0.1	1.5	靜置後添加	3.47	-	-
潭頂淨水場 快混 53 rpm 147 秒 慢混 54 rpm 7.6 分鐘 36 rpm 7.6 分鐘 18 rpm 7.6 分鐘 靜置沉澱 7 分鐘	0.2	0	不添加	ND	ND	-
	0.2	1	快混前添加	8.15	ND	-
	0.2	2	快混前添加	11.1	ND	ND
	0.2	4	快混前添加	13.3	ND	ND
	0.2	2	靜置後添加	8.21	ND	-
	0.2	2+0.9	快混前添加+過濾後添加	9.79	ND	-
成功淨水場 快混 150 rpm 1 分鐘 慢混 40 rpm 9.5 分鐘 27 rpm 9.5 分鐘 13 rpm 9.5 分鐘 靜置沉澱 20 分鐘 (原水 TOC 11.1mg/L)	3	0	不添加	0.35	ND	-
	3	1.5	快混前添加	25.6	ND	-
	3	3	快混前添加	40.7	ND	-
	3	6	快混前添加	35.6	ND	ND
	3	3	靜置後添加	20.2	ND	ND
	3	1.5	靜置 13 分鐘後添加	27.7	ND	-
	3	3	靜置 13 分鐘後添加	34.7	ND	ND

備註： 1.總三鹵甲烷法規限值：0.08 mg/L

2.NDMA WHO 建議值：100 ng/L

3.水中殘餘單體：美國 NSF/ANSI 60 要求水中最大濃度為 500 μg/L(ppb)





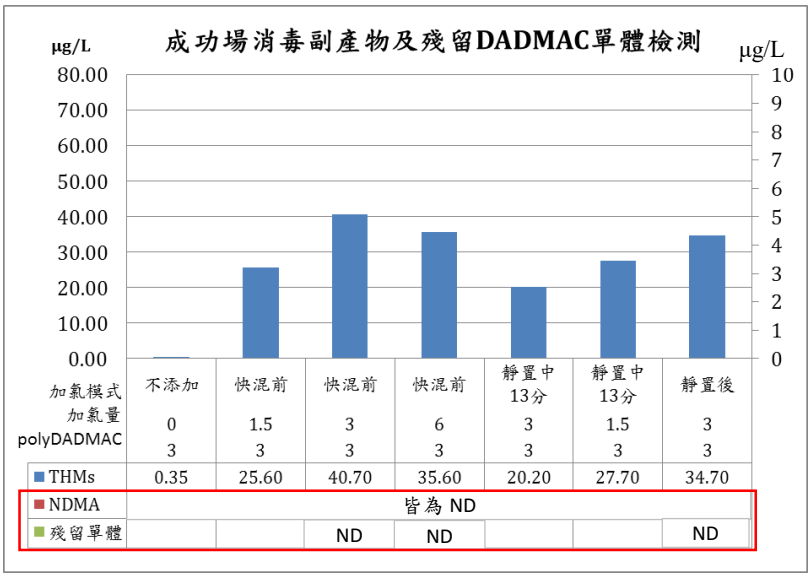


圖 4.3-1 石門、潭頂及成功淨水場消毒副產物及殘餘 DADMAC 單體

4.4 水中殘餘氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述

過去 30 年來，高效能液相層析儀(HPLC)肩負了分析化學中有機分析的許多重要責任，而其中逆相層析管柱的使用又佔其中部分。但隨著藥物與食品分析的比重逐步升高，高極性化合物的分析需求日益提高，逆相層析已不能解決所有 HPLC 分析遇到的問題。高極性有機化合物的分析，傳統方法以正相層析、離子交換等方式完成，但正相層析所需使用的低極性溶劑對水溶性物質的低溶解度限制了其應用。

近期 HPLC 最夯的議題就是 HILIC 材質於 HPLC 的應用。HILIC 全名為 Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography，意為"親水性作用液相層析"。相對於逆相層析適用於分析中至低極性化合物，HILIC 材質的分析範圍則為中至高極性的化合物。

本方法適用於飲用水等水質中高電荷密度陽離子「氯化己二烯二甲基胺」殘餘單體。由具有液相層析串聯式質譜儀分析經驗之人員或經由訓練通過認定者擔任。方法為效能基準 (Performance-based)分析方法，分析人員可依使用的前處理程序、液相層析儀、層析管柱及串聯式質譜儀廠牌的不同，適當修改本方法。

方法概要以親水作用液相層析串聯式質譜儀(Hydrophilic interaction liquid chromatography/tandem mass spectrometry HILIC/MS/MS)正相層析(normal phase)，極性溶劑移動相用以分析中至高極性的化合物，水樣經 0.22 μm 濾紙過濾後上機分析，原則上樣品不需前處理及預濃縮步驟。鑑定與分析使用液相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式(Multiple Reaction Monitoring mode，MRM)時，對每一種化合物監測其母子離子對兩對，以其中感度較高的母子離子對作為定量，另一母子離子對則作為定性的依據。氯化己二烯二甲基胺(DADMAC)母離子為 126.1 (m/z) (Precursor ions)，子離子對(Product ions)定量離子為 84 (m/z) (quantification)，定性離子為 70 (m/z) (confirmation)。

本方法概要主要參考文獻「Hydrophilic interaction liquid chromatography/tandem mass spectrometry for the analysis of diallyldimethylammonium chloride in water, Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386 , Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Barcelona, Av. Diagonal 647, E-08028 Barcelona, Spain」2011 年西班牙巴塞隆納大學所發表檢驗技術文獻。文中所提聚電解質(polyelectrolyte)聚氯化己二烯二甲基胺 Poly(DADMAC)為世界各國淨水場廣泛使用，目前無任何數據證明 Poly(DADMAC)及其單體 DADMAC 具有毒性。美國 AWWA 規範淨水場最大使用量必須低於 25 mg/L(ppm)，藥劑本身單體不純物含量必須低於 5%。西班牙國內規定淨水場最大使用量必須低於 10mg/L，依據技術推算水中殘餘單體濃度必定小於 50 μg/L(ppb)。有關巴塞隆納淨水場使用氯氣及二氧化氯為前加氯，混凝劑為硫酸鋁、Poly(DADMAC)為助凝劑，淨水流程經過臭氧及活性碳吸附，清水餘氯維持自由餘氯濃度介於 0.8 mg/L 至 1.2 mg/L。檢驗結果清水殘餘單體 DADMAC 均未檢出，定量極限為 50ng/L(ppt)。巴塞隆納大學所使用液相層析串聯式質譜儀為 Accela liquid chromatography System / TSQ Quantum Ultra AM triple quadrupole equipped with an Ion Max ionization source and hyperbolic quadrupoles (Thermo Fisher Scientific)。

本計畫委託檢驗單位為台灣檢驗科技股份有限公司(SGS)超微量工業安全實驗室，主要依據上述文獻進行樣品分析，所使用液相層析串聯式質譜儀為 Waters Xevo TQ 1-Cass UPLC。檢測方法定量極限為 1.0 μg/L。本公司所建立「水中殘餘氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述」，主要參考上述巴塞隆納大學 2011 文獻及台灣檢驗科技股份有限公司(SGS)超微量工業安全實驗室分析法法。撰寫格式則參考設環保署水中殘餘農藥檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀法 NIEA W603.50，方法概要收錄於本報告附錄六。

4.5 回應環保署要求說明

針對環保署 107 年 11 月 28 日環署毒字第 1070097097 號函復要求，依據本研究淨水場杯瓶試驗與 Poly(DADMAC)消毒副產物及殘餘單體分析結果，回應如表 4.5-1 所示

表 4.5-1 環保署要求回應彙整表

項次	環保署要求	初步回應
一	具有白濁水現象或低濁度聚氯化鋁混凝效果不彰之水場應非普遍性現象，建議先釐清是否為操作或設備老舊問題，優先考慮含鋁混凝劑使用技術克服。雖然國外已普遍使用高分子凝聚劑作為水處理藥劑，但國內原水水質條件與國外有許多差異性，故應先進行模場測試確認，據以評估放寬使用限制：	1. 因應環保署 108 年 7 月 1 日起加嚴鋁管制至 0.2 mg/L，含鋁混凝劑使用需更加謹慎，且以杯瓶試驗觀察可排除實場設備及操作問題，中低濁(<250 NTU)對於濁度、鋁及原混凝藥劑量均能有效降低，詳 4.2 節。 2. 已規劃未來於新營訓練園區傳統淨水模場完成後，參考本研究成果進一步辦理模場試驗、風險評估及相關使用時應注意事項等教育訓練。
(一)	前加氯地點與高分子凝聚劑加藥點相當接近，氯是否與高分子凝聚劑反應使聚合體形成單體，應先確認。	本案已測試不同加氯點及加氯量，結果顯示無殘留單體風險，詳 4.3 節。另將於模場試驗進一步驗證確認。
(二)	使用高分子凝聚劑時，過濾反洗水不得迴流。	後續進行模場試驗。

項次	環保署要求	初步回應
(三)	高分子凝聚劑之沉澱淤泥，一段時間後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。	後續進行模場試驗。
(四)	消毒副產物對應產生量，一併納入風險評估，此外要考慮瓶杯試驗的加氯量多為過量，與現場情況不同，可能無法反應實際消毒副產物生成情況，建議進行模場測試。	本案已測試不同加氯量，結果顯示無消毒副產物風險，後續將再利用模場進一步測試，詳 4.3 節。
(五)	毒理資料亦應考量嬰兒。	後續需委託外部專家進行風險評估。
(六)	若要開放使用應有詳盡之配套措施，包含： 1. 人員訓練計畫及落實； 2. 過濾反洗水不得迴流，使用之水場應提出水措； 3. 限制白濁情況使用； 4. 單體及消毒副產物水質監測； 5. 汙泥處理計畫及頻率等。	1. 配合辦理，詳 3.5.3 節。 2. 過濾反洗水迴流是否影響水質將於模場試驗及水質風險評估進一步驗證。 3. 經本案測試，顯示不僅白濁水適用，各種濁度之原水添加高分子皆有助益，詳 4.2 節。另將於模場試驗進一步驗證。 4. 配合辦理。 5. 配合辦理。
二	鑑於高分子凝聚劑使用後仍有丙烯醯胺等單體殘留及消毒副產物 N-亞硝基二甲胺（NDMA）對於人體健康影響	1. 經本案於杯瓶試驗模擬不同高分子添加量、加氯量、加氯點皆顯示沒有殘留單體及 NDMA 風險，詳 4.3 節。

項次	環保署要求	初步回應
	之疑慮，現階段我國仍欠缺模場測試數據，以及高分子凝聚劑在水中殘留單體濃度之檢測方法與技術尚待突破，故其使用條件仍維持現況為宜，以確保飲用水安全。	2. 本案提出 Poly(DADMAC)單體檢測方法供於模場試驗及水質風險評估進一步驗證，詳 4.4 節。 3. 進而建立詳細 DADMAC 單體檢測方法供環保單位參考，詳 4.3 節。

4.6 評估方案建議

綜整淨水場杯瓶試驗與 Poly(DADMAC)消毒副產物及殘餘單體分析結果，考量飲用水安全及淨水處理需求，建議未來法規修改限縮毒性最低 Poly(DADMAC)為主要高分子用藥，原水濁度 250NTU 以下降低最大添加劑量，最大添加劑量可訂為 5 mg/L，為原限值二分之一。本研究結果將提供未來模場試驗及水質健康風險評估進一步驗證，最終驗證結果將提環保署參考。此外，建議放寬原水濁度 250 NTU 之使用限制，如需要亦可以增加消毒副產物 NDMA 及殘餘單體 DADMAC 檢測及標準以為管制。

第五章 結論與建議

5.1 結論

一、本研究以台水公司本島北、中、南、東部地區 8 座淨水場及離島 2 座淨水場共計 10 座淨水場為標的，針對不同水源(如河川水及水庫水)並以低濁度難處理原水(白濁、高有機物、高氨氮、高藻類問題等) 為主要考量，在不同濁度範圍進行杯瓶試驗。結果顯示，不論是在低濁原水(<50 NTU)、中濁原水(50 NTU~250 NTU)、高濁原水(250 NTU~2,000 NTU)及超高濁原水(>2,000 NTU)原水條件下，基於風險及飲用水安全因素，以公告有機高分子凝聚劑中毒性最低的 Poly(DADMAC)助凝劑，搭配使用不同種類之混凝劑(硫酸鋁、聚氯化鋁及氯化鐵或雙加藥等)，大部分淨水場濁度去除效果可由原最佳情形，再往上提高最高可達 79.6%。此外，石門場及潭頂場可同步降低水中殘餘溶解鋁最高達 40.0%，成功場可額外去除總鋁 72.2%，而添加鐵系(氯化鐵)之潭頂場，則可降低水中殘餘總鐵 40.0%。

二、 搭配現有淨水場使用的混凝劑，其 Poly(DADMAC)最適添加量中，本島除鳳山(工業)場為 1 mg/L 外，其他各場僅需 0.1 mg/L~0.5 mg/L，即可得最佳濁度去除效果。惟離島地區含有高有機碳之水質，如澎湖成功場，Poly(DADMAC) 最適添加量需 4 mg/L，均小於目前法規規範限值之 10 mg/L，故 Poly(DADMAC)最大添加劑量下降為 5 mg/L 足以因應。

三、 以往添加有機高分子凝聚劑，大部分針對白濁水等濁難處理原水考量，惟本次研究發現，對於高有機碳原水去除效果也非常好，如澎湖成功場原水濁度經常性在 50 NTU 以下，枯水期水中總有機碳高居不下，屬低濁度高有機物難處理原水，以加強混凝方式可去除總有機碳約 41.1%，如經添加 Poly(DADMAC) 4 mg/L，總有機碳去除率可由最佳情形再提高 36.5%(總去除率達 57.9%)，

UV254 試驗中亦有相似結果去除率再提高 25.9%，可減少消毒副產物總三鹵甲烷生成量。此外，亦可減少加藥量達 85.7%，對於離島地區藥劑運送不易及供水安全均有明顯的成效。

四、 經本研究以過濾特性指標（STI）進行過濾性測試，發現在添加適量的有機高分子凝聚劑時，並不會造成濾床的阻塞，反而可以增加其過濾性，此現象在低濁度原水時較為明顯；中高濁度時則較不明顯。其中以成功場提高 11.5 倍最佳，惟當過量添加時，則會反轉造成濾床的阻塞、濁度及總鋁也會增加，此現象也可以說明，以前部分淨水場添加過量有機高分子凝聚劑，曾造成濾床嚴重阻塞的現象及原因，如適當下修 Poly(DADMAC) 法規最大添加劑量，將有助於管理淨水場添加高分子凝聚劑以避免過量添加造成濾床阻塞、濁度、鋁等反轉問題發生。

五、 在減少混凝劑加藥量測試中，比較有無添加 Poly(DADMAC)為助凝劑時之混凝劑加藥量，當添加最適量 Poly(DADMAC)時，以添加前後相同濁度為指標，可減少混凝劑加藥量最高達 85.7%，對於淨水場於高低濁難處理原水時為降低濁度而過度加藥現象有改善效果，可避免因過度加藥造成清水鋁或鐵的過量而超出飲用水水質標準。

六、 針對添加 Poly(DADMAC)加藥順序的比較，依板新場測試係以快混後及快混一半添加較佳，而豐原一場(雙加藥) 測試時，則為於同時於快混前添加效果最佳，並無固定順序，建議各場使用前可先以杯瓶試驗確認其最適添加位置。

七、 針對淨水場前加氯是否會破壞有機高分子結構促使單體殘餘於水中疑慮，本案以潭頂、成功及石門等 3 場原水進行杯瓶試驗，模擬各場操作條件最適之有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)加藥量及現場加氯量(NaOCl)為依據，進行不同加氯添加順序(快混前加氯及沉澱後加氯)及改變加氯量(正常加氯量及一倍加氯量)等測試，分析過濾後水中單體含量，作為此效應初步分析探討，

實驗結果皆為未檢出(ND)(定量極限 1 μg/L)，顯見添加次氯酸鈉消毒對高分子結構破壞促使單體殘餘於水中風險極低。

八、 有關淨水流程中，添加高分子聚合物是否會與消毒劑(次氯酸鈉)發生反應而產生消毒副產物的疑慮，經以最適的 Poly(DADMAC)加藥量，進行不同加氯添加順序、改變加氯量等測試，潭頂場、石門及成功場等 3 場測試結果即使在加氯量達 2 倍量及不同加氯位置，在同時添加 Poly(DADMAC)時，消毒副產物 NDMA 皆為未檢出(ND)，顯見以低劑量高分子添加量配合現有操作模式並無 NDMA 風險。依據文獻所示以氯胺(NH2Cl)消毒劑 NDMA 生成風險較高，本公司加氯藥劑為次氯酸鈉(NaOCl)，產生 NDMA 風險極低。

九、 有機高分子助凝劑的添加是否有增加總三鹵甲烷生成的風險，由總三鹵甲烷檢驗數據可知，在添加 Poly(DADMAC)後就算加氯量加倍，總三鹵甲烷仍遠低於法規限值 0.08 mg/L，僅有成功場因原水總有機碳濃度較高，總三鹵甲烷生成量為 0.02 mg/L-0.04 mg/L。以總三鹵甲烷數據而言，大致上與總有機碳及加氯量皆有正相關，但加氯量超過某限值後影響程度即有限甚至下降。此外，加氯的順序(快混前添加、靜置後添加、靜置中添加)則以後加氯產生的總三鹵甲烷明顯較少，顯示在較高 TOC 前質下延後加氯的方式較能降低總三鹵甲烷風險。

十、 台水公司為有效管控飲用水水質安全，訂有比飲用水水質標準更嚴格的水質內控值，如濁度法規值為 2 NTU，台水公司內訂淨水場沉澱水、過濾水及清水之濁度內控值分別為 5 NTU、0.5 NTU 及 0.5 NTU，為進一步確保飲用水水質安全，並有效控管水中二蟲(梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲)及鋁等含量，台水公司於 108 年 5 月 24 日台水質字第 1080016130 號函頒修正「台灣自來水公司水質預警事件作業要點」3.0 版，其中針對濁度再次加嚴其內控值，規定新建及擴建淨水場沉澱水、過濾水及清水之濁度內控值分

別下修為 2 NTU、0.2 NTU 及 0.2 NTU；至於針對現有淨水場未來亦擬採逐步加嚴方式管控以加強水質安全，如能放寬低濁度原水添加 Poly(DADMAC)，對於淨水場安全的提升（濁度降低），將會更有助益。

十一、 目前世界各國並無針對 Poly(DADMAC)水中單體最大濃度限制，僅美國 NSF/ANSI 60 要求水中最大濃度 500 μg/L(ppb)，故目前國際上少有常用之水中高分子凝聚劑單體檢測方法，因檢測方法尚未普遍及檢測技術尚待突破，而線上水質監測殘餘聚電解質仍有技術上困難。因此在高分子凝聚劑使用之水中濃度管制策略先進國家多採技術規範 TT(Treatment Technology)推算，藥劑單體殘餘最大劑量假設百分之百轉換於清水中作為飲用水安全控制。本研究建立初步檢驗方法「水中殘餘氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述」

十二、 未來提案有機高分子凝聚劑放寬原水濁度 250 NTU 以下之使用限制，擬以飲用水安全為考量，本研究建議未來法規修改限縮毒性最低 Poly(DADMAC)為主要高分子用藥，原水濁度 250NTU 以下降低最大添加劑量，最大添加劑量可訂為 5 mg/L，為原限值二分之一。研究成果將作為進階模場試驗參考。水中殘餘單體分析結果及建議檢驗方法亦提供委外模場試驗嬰兒健康風險評估參考方法。最終將依據模場試驗結論及嬰兒健康風險評估結果進一步確認限縮 Poly(DADMAC)藥量最安全範圍。

5.2 建議

一、澎湖成功淨水場使用 Poly(DADMAC)效果極佳，但最適添加為 3 mg/L-5 mg/L，可配合其他改善方案來達到更佳成效，例如行政院環保署於成功水庫進行 BIONET 及多層複合濾料水質淨化試驗模場研究、台水公司研提澎湖地區水庫集水區保育實施計畫(107-111 年)、成功淨水場設備改善汰換及廢水設施增建等，改善原水水質及淨水設備再配合低劑量的高分子凝聚劑添加達到最佳處理效果。

二、杯瓶試驗有其條件上的限制，建議未來能參考本研究成果進一步辦理模場試驗及風險評估，進行相關有機高分子凝聚劑使用風險研究。

三、因有機高分子凝聚劑添加過量時，過濾性會反轉造成濾床阻塞、濁度及總鋁也會增加，此外，新進操作同仁對於有機高分子凝聚劑等使用觀念有待加強，故建議於操作人員年度訓練課程內，可適度加入有機高分子凝聚劑添加訓練課程，以提高其本質學能。

第六章 參考文獻

1. Zeng D., J.Wu and F. John, Kennedy, Application of a chitosan flocculant to water treatment, Carbohydr. Polym. 71 (2008) 135 139.
2. Wang J . Y. Chen, S. Zhang and H. Yu, A chitosan based flocculant prepared with gamma irradiation induced grafting, Bioresour. Technol. 99 (2008) 3397-3402.
3. 王根樹，2018。台灣自來水公司以有機高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑之安全性評估探討。台灣自來水公司。
4. 李風亭、張善發、趙艷，2005。混凝劑與絮凝劑。化學工業出版社，北京，第 75-76 頁。
5. Moreno Navarro IM, Rubio Armendáriz C, Gutiérrez Fernández AJ, Cameán Fernández AM, Hardisson de la Torre A. Acrilamida, contaminante químico de procesado: Revisión. Revista de Toxicología de la Asociación Española de Toxicología. 2007; 24 (1), 1-9
6. 張躍軍、趙曉蕾、李瀟瀟、印東凱、吳曉莉、蘇功建，2007。PDM 複合混凝劑用於低溫低濁水源水處理的研究低濁度寧波姚江水處理。精細化工，第 24 卷，第 7 期，第 696-705 頁。
7. Kawamura S. Considerations on improving flocculation. J. Am. Water Works Assoc. 68 (1976) 328 336.
8. Bolto and Gregory, 2007
9. Hall T. and R.A. Hyde. Water Treatment Processes and Practices. Water Research Centre, Swindon, UK (1992).
10. Matilainen, A., Vepsalainen, M. and Sillanpaa, M. (2010), Natural Organic Matter Removal By Coagulation During Drinking Water Treatment: A Review, (Advance Colloid Interface Science Vol. 159), pp. 189–97.

11. Tryby, M.E., Miltner, R.J., Summers, R.S., 1993. TOC removal as a predictor of DBP control with enhanced coagulation. AWWA Water Quality Technology Conference. In: Proceedings of the Water Quality Technology Conference, vol. 1(21). American Water Works Association, Denver.

12. Narkis, N., Ghattas, B., Rebhun, M., Rubin, A.J., 1991. The mechanism of flocculation with aluminium salts in combination with polymeric flocculants as flocculant aids. Water Supply 9, 37–44.

13. 蘇金龍，2001。赴美國觀摩學習淨水廠及配水水質管理心得報告。台灣自來水公司。

14. 籃炳樟、張嬉麗、曾盛一、張光翹，2008。考察澳洲淨水場致病藻類防制作業、淨水處理研究趨勢暨參加 2007 年 IWA-ASPIRE 會議心得報告。台灣自來水公司。

15. 徐玟玲，2006。經濟部九十五年台德技術合作人員訓練計畫自來水淨水處理技術出國報告書。台灣自來水公司。

16. 羅煌木，2015。台灣自來水公司有機高分子凝聚劑於低濁度原水處理效能之研究。台灣自來水公司。

17. 黃志彬，2007。水公司淨水場低濁度難處理原水處理最適化之研究。台灣自來水公司。

18. 駱尚廉，2002。高分子聚合物對淨水水質影響之評估，台灣省自來水股份有限公司委託研究計畫報告書。

19. Soponkanaporn T. and R. Gehr. The degradation of polyelectrolytes in the environment: Insight provided by size exclusion chromatography measurements. Water Sci. Tech. 21 (1989) 857 868

20. Fielding M., J. Hutchison, D.M. Hughes, W.H. Glaze, and H.S. Weinberg.Analytical methods for polymers and their oxidative by

products AwwaRF Project Report, Denver, Colo: AwwaRF and AWWA (1999).

21. Chang E.E., P.C. Chiang, S.H. Chao, and C.H. Liang. Effects of polydimethyldiallylammonium chloride coagulant on formation of chlorin at e d by products in drin king water. Chemosphere. 39 (1999) 1333 1346.

22. Letterman, R. D., Pero, R. W., 1990. Contaminants in Polyelectrolytes Used in Water Treatment. Journal American Water Works Association, 82, 87-97.

23. E. Bei, Y. Shu, S. Li, X. Liao, J. Wang, X. Zhang, C. Chen, S. Krasner. Occurrence of nitrosamines and their precursors in drinking water systems around mainland China. Water Res., 98 (2016), pp. 168-175

24. Mitch W. and D. Sedlak, Formation of N nitrosodimethylamine (NDMA) from dimethylamine during chlorination, Environ. Sci. Technol. 36 (2002) 588 595.

25. Shah A. and W. Mitch, Halonitroalkanes, halonitriles, haloamides, and N nitrosamines: a critical review of nitrogenous disinfection by products formation pathways, Environ. Sci. Technol. 46 (2012) 119 131.

26. Kemper J., S. Walse and W. Mitch, Quaternary amines as nitrosamine precursors: a role for consumer products? Environ. Sci. Technol. 44(2010)1224-1231.

27. Cheng R., C. Hwang, C. Andrews-Tate, Y. Guo, S. Carr and I. Suffet, Alternative methods for the analysis of NDMA and other nitrosamines in water, J. Am. WaterWorks Assoc. 98 (2006) 82 -96.

28. Padhye L., J. Kim and C. Huang, Oxidation of dithiocarbamates to yield N-nitrosaminenitrosamines by water disinfection oxidants, Water Res. 47 (2013)725s by water disinfection oxidants, Water Res. 47

(2013)725—736.736.

29. Mitch W. and D. Sedlak, Formation of N nitrosodimethylamine (NDMA) From dimethylamine during chlorination, Environ. Sci. Technol. 36 (2002)588-595.;

30. Park S., S. Wei, B. Mizaikoff, A.E. Taylor, C. Favero, and C. Huang. Degradation of amine based water treatment polymers during chloramination as N nitrosodimethylamine (NDMA) precursors. Environmental Science & Technology. 43(5) 2009)): 1360-1366.

31. Wilczak A., A. Assadi-Rad, H.H. Lai, L.L. Hoover, J.F. Smith, R. Berger, F. Rodigari, J.W. Beland, L.J. Lazzelle, E.G. Kincannon, H. Baker, and C.T. Heaney.. Formation of NDMA in chloraminated water coagulated with DADMAC cationic polymer. Journal of the American Water Works Association. 95(9) 2003)): 94-106.

32. Mitch W.A., S.W. Krasner, P. Westerhoff, and A. Dotson. Occurrence and formation of nitrogenous disinfection by products. Water Research Foundation, Project #3014. 2009

33. Valentine R.L., J. Choi, Z. Chen, S.E. Barrett, C. Hwang, Y. Guo, M. Wehner, S. Fitzsimmons, S.A. Andrews, A.G. Werker, C. Brubacher, and K. Kohut. Factors affecting the formation of N DMA in water and occurrence. Water Research Foundation, Project # 2678. 2005

34. Park S., L. Padhye, P. Wang, M. Chod, J. Kim and C. Huang, N nitrosodimethylamine (NDMA) formation potential of amine basedwater treatment polymers: Effects of in situ chloramination, breakpoint chlorination, and pre oxidation. J. Hazard. Mater. 282 (2015) 133 140.

35. Huang C.H., L.P. Padhye, and S.H. Park. PolyDADMAC and dimthylamine as precurosrs of N nitrosodimethylamine during

ozonation. WQTC Conference Proceedings. 2011

36. Padhye L. P., Wang, T. Karanfil, and C. Huang. Unexpected role of activated carbon in promoting transformation of secondary amines to N nitrosamines. Environmental Science & Technology. 44(11) 2010)): 4161-4168.

37. Chen Z. and R. Valentine, The influence of the pre oxidation of natural organic matter on the formation of N nitrosodimethylamine (NDMA), Environ. Sci.Technol. 42 (2008) 5062-5067

38. Shah A. and W. Mitch, Halonitroalkanes, halonitriles, haloamides, and N nitrosamines: a critical review of nitrogenous disinfection by products formation pathways, Environ. Sci. Technol. 46 (2012) 119-131.

39. Russell C. G., N.K. Blute, S. Via, X. Wu, and Z. Chowdhury. Nationwide assessment of nitrosamine occurrence and trends. Journal of the American Water Works Association. 104(3) 2012)): E205-E217.

40. Krasner, S.W., Westerhoff, P., Mitch, W.A., Skadsen, J. 2012b. Case studies on nitrosamine formation and control at fullscale drinking water treatment plants. In:Proceedings of the 2012 AWWA Water Quality Techn. Conf. Denver, Colo.

附　錄

附錄一 行政院環境保護署回應函

檔　　號:
保存年限:

行政院環境保護署 函

地址：10042 臺北市中正區中華路1段83號
聯絡人：葉惠芬
電話：(02)2311-7722 2885
傳真：(02)2381-0562
電子郵件：hfyeh@epa.gov.tw

受文者：台灣自來水股份有限公司

發文日期：中華民國107年11月28日
發文字號：環署毒字第1070097097號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：貴協會轉陳台灣自來水股份有限公司及臺北自來水事業處請求放寬公告高分子凝聚劑使用限制並修改相關規定一案，復如說明，請查照。

說明：

一、復貴協會107年6月15日（107）國水協會字第000090號函。

二、本署87年3月31日公告「聚丙烯醯胺」「聚氯化己二烯二甲基胺」及「氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物」等3項高分子凝聚劑（下稱高分子凝聚劑）為飲用水水質處理藥劑，並規定使用時機為飲用水水源之原水濁度大於250NTU時，始得使用；前述3項藥劑之最大添加劑量分別不得超過1mg/L、10mg/L、20mg/L；且本公告之高分子凝聚劑應於每次使用後7日內向本署申報使用紀錄。未依規定申報或申報不實者，不得使用高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑。

三、關於自來水事業為處理白濁水問題，建議本署參考國外作法，開放原水濁度大於250NTU之使用限制。惟具有白濁水現象或低濁度聚氯化鋁混凝效果不彰之水場應非普遍性現

象，建議先釐清是否為操作或設備老舊問題，優先考慮含鋁混凝劑使用技術克服。雖然國外已普遍使用高分子凝聚劑作為水處理藥劑，但國內原水水質條件與國外有許多差異性，故應先進行模場測試確認，據以評估放寬使用限制：

(一)國內淨水場大部分均有前加氯，且前加氯地點與高分子凝聚劑加藥點相當接近，因此，氯是否與高分子凝聚劑反應使聚合體形成單體，應先確認。

(二)使用高分子凝聚劑時，過濾反洗水不得迴流。然正常情況下，只有具有水污染防治措施（下稱水措）的排放口可排放廢水，而水場大部分未具有排放許可，會造成高分子凝聚劑加藥後，反洗水被迫回收的問題。

(三)我國洗滌池污泥排泥頻率不高，含高分子凝聚劑之沉澱淤泥，是否在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。

(四)應瞭解消毒副產物對應產生的量，一併納入風險評估，此外要考慮瓶杯試驗的加氯量多為過量，與現場情況不同，可能無法反應實際消毒副產物生成情況，建議進行模廠測試。

(五)毒理資料亦應考量嬰兒。

(六)若要開放使用應有詳盡之配套措施，包含：1.人員訓練計畫及落實；2.過濾反洗水不得迴流，使用之水場應提出水措；3.限制白濁情況使用；4.單體及消毒副產物水質監測；5.汙泥處理計畫及頻率等。

四、綜上所述，鑑於高分子凝聚劑使用後仍有丙烯醯胺等單體殘留及消毒副產物N-亞硝基二甲胺（NDMA）對於人體健康

影響之疑慮，現階段我國仍欠缺模場測試數據，以及高分子凝聚劑在水中殘留單體濃度之檢測方法與技術尚待突破，故其使用條件仍維持現況為宜，以確保飲用水安全。

正本：中華民國自來水協會
副本：台灣自來水股份有限公司、臺北自來水事業處 電子公文交換章 2018/11/28 09:04:55

附錄二 台灣自來水公司淨水場使用高分子凝聚劑管理要點

台灣自來水公司淨水場使用高分子凝聚劑管理要點

98 年 9 月 22 日台水供字第 0980032187 號函

一、 目的

為加強管理淨水場於原水高濁度期間，使用高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑，以降低淨水用藥成本，特訂定本要點。

二、 適用範圍

台水公司使用聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物等經行政院環境保護署公告之飲用水水質處理藥劑作為淨水用藥之淨水場。

三、 業務分工

(一) 業務主辦單位：在總管理處為供水處，在區管理處為操作課（無設置操作課者為工務課）及檢驗室。

(二) 執行單位：各給水廠、營運（服務）所。

四、 通則

（一）台水公司各淨水場於原水高濁度期間，得使用聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物等經行政院環境保護署公告之飲用水水質處理藥劑作為淨水用藥，惟其使用時機及用量等應符合相關法令規定。

（二）高分子凝聚劑之選用，應依各淨水場之高濁度原水狀況，先行以杯瓶試驗（Jar Test）測試其對濁度去除之效果，並考量後續污泥處理之難易及淨水成本等，選擇最合適之水質處理藥劑種類。

（三）高分子凝聚劑經配製後，有效期限將會大幅縮短，故採購及配製時應考量其需求並注意其有效期限，避免造成浪費。

（四）高分子凝聚劑應保存於室內陰涼通風處。

（五）各使用高分子凝聚劑之廠（所）應取得藥劑之主成分及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料，並詳實記錄藥劑保存期限、藥劑廠商建議最高使用劑量、來源之製造、調配、包裝、銷售廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證字號（範例如附件 1）。上述記錄應保存 3 年備查。

（六）各廠（所）使用之高分子凝聚劑，其主成分及不純物檢測報告，應由經濟部商品檢驗局或行政院環境保護署認可之環境檢驗測定機構依中國國家標準（CNS）或行政院環境保護署公告之標準檢驗方法為之。

無上述方法者，應依環境檢測標準方法訂定準則第十一條規定之檢驗方法依序採用或直接引用美國、加拿大、日本、紐西蘭、澳洲及歐體（EC）等國家公告之檢驗方法為之。

另經濟部商品檢驗局或行政院環境保護署認可之環境檢驗測定機構未能出具檢驗報告時，亦可出具上述國家已認可之檢驗測定機構之檢驗報告。

五、 各廠（所）使用之高分子凝聚劑如有變質、逾保存期限或有效期限、或以生產其他工業產品所產生之廢液、廢棄物或副產品作為藥劑製造原料所生產之藥劑者，不得使用於飲用水水質處理中。

六、 各廠（所）應於每次使用高分子凝聚劑後七日內，依行政院環境保護署「公告聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑」規定（相關法令規定如附件 2）向該署申報並副知總管理處（供水處），上述記錄應保存 3 年備查。

七、 獎懲

（一）依本要點規定辦理高分子凝聚劑之使用，對於原水高濁度期間

供水穩定及淨水處理成本之降低，績效顯著者，得依台水公司員工考核獎懲實施要點辦理敘獎。

（二）違反本要點規定，致發生不良後果者，依台水公司員工考核獎懲實施要點辦理懲處。

（三）符合上開獎懲規定者，應提出具體佐證資料並填列建議獎懲名單表（如附件 3）函報總管理處核處。

八、 本要點於簽奉總經理核定後實施；修正時亦同。

參考文獻

1. 行政院環境保護署 87 年 3 月 31 日環署毒字第 0018625 號公告飲用水管理條例第十三條飲用水水質處理所使用之藥劑。
2. 行政院環境保護署 87 年 3 月 31 日環署毒字第 0018624 號公告聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑。

附件 1　藥劑檢測報告及藥劑來源等書面資料範例

〇〇有限公司

〇〇市〇〇路〇〇號

TEL：(〇〇) 〇〇〇〇-〇〇〇〇

FAX：(〇〇)〇〇〇〇-〇〇〇〇

產品規格表

化學成份(中文)	聚氯化己二烯二甲基胺
化學成份(英文)	Poly (Diallydimethyl Ammonium Chloride)
分 子 式	$(C_8H_{16}N \cdot Cl)_n$
外　　觀	稻草色黏稠液體[備註1]
固 形 份	39.0 - 41.0
Diallyldimethyl Ammonium Chloride Monomer (氯化己二烯二甲基胺單體)	<500 ppm
黏 度 (25℃)	8,000 - 12,000cps
pH (25℃)	5.0 - 7.0
有效期限[備註2]	18 個月（起算日期：〇〇年〇〇月〇〇日）
建議添加量[備註3]	使用於飲用水處理<25 mg/l

備註 1. 產品顏色會因儲存時間而變深，但不影響藥劑性能。

備註 2. 儲存於 0-35℃、乾燥陰涼之環境下。

備註 3. 添加量係依美國 NSF 組織所公佈之數據，請用戶依據本國環保署所公佈之數據為使用標準。

廠商用印

藥劑來源證明書

台水公司（○○有限公司）之產品 L-184（化學成份：聚氯化己二烯二甲基胺）係自下列之美國公司進口：

FLOMIN, INC.

ONE CHEMICAL PLANT ROAD,

RICEBORO, GA31323, USA

Tel:+1 (912) 880 8014

Fax:+1 (912) 880 8010

謹此證明。

供應廠商：○○有限公司

○○市○○路○○號

統一編號：12345678

負責人：○○○（身分證字號：A123456789）

負責人簽名

聯絡電話：○○-○○○○-○○○○

傳真號碼：○○-○○○○-○○○○

聯絡地址：○○市○○路○○號

廠商用印

負責人用印

FLOMIN, INC.
ONE CHEMICAL PLANT ROAD,
RICEBORO, GA31323, USA
Tel: +1 (912) 880 8014
Fax: +1 (912) 880 8010

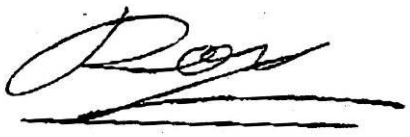
CERTIFICATE OF ANALYSIS

PRODUCT NAME : L-184
COMPONENT : Poly (Diallydimethyl Ammonium Chloride)
P.O. NO. : 970512
LOT NO. : 54PL40S0619
DATE OF CERTIFICATE : 08/11/2008

	SPECIFICATION	TEST RESULTS
Appearance	Yellow liquid	Pass
Solid Content (%)	39 - 41	40.1
Diallyldimethyl Ammonium Chloride (ppm)	< 500ppm	127ppm
pH (25℃)	5.0-7.0	5.4
Viscosity (25 ℃)	8,000-12,000	8,300

I the undersigned, certify that all tests as stipulated in the required specification were performed in accordance with approved test methods and that the result as reported are true and correct.

ROY HEPLER
QUALITY CONTROL ANALYST



廠商用印

負責人
用印

附件 2

公告飲用水管理條例第十三條飲用水水質處理所使用之藥劑

中華民國八十七年三月三十一日　環署毒字第〇〇一八六二五號

主　　旨：公告飲用水水質處理藥劑一般規定事項，本署前公告之八十六年十一月二十四日　環署毒字第七四〇三〇號公告同時停止適用。

依　　據：飲用水管理條例第十三條。

公告事項：

一、飲用水水質處理藥劑係指處理供人飲用之水時所使用之化學藥劑。但濾砂、濾石、無煙煤、活性碳及其他過濾物料、除藻劑、離子交換樹脂再生劑、離子交換樹脂、薄膜及薄膜處理之除垢劑、紫外線（UV）或非屬化學藥劑之設備或器材等，不在此限。

二、下列對象使用藥劑處理飲用水水質時，所用藥劑以經中央主管機關指定公告者為限：

自來水事業單位。

簡易自來水管理單位。

社區自設公共給水設備之管理單位。

屬連續供水固定設備之飲用水設備，其製造、輸入或販賣業者。

其他非屬連續供水固定設備之飲用水設備，且使用藥劑處理飲用水水質，其製造、輸入或販賣業者。

三、未經本署指定公告之飲用水水質處理藥劑，應向本署提出飲用水水質處理所使用之藥劑申請指定公告之相關作業程序，經本署指定公告後，始得作為飲用水水質處理藥劑。

四、飲用水水質處理藥劑使用者應取得藥劑之主成分及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料，並詳實記錄藥劑保存期限、藥劑廠商建議最高使用劑量、來源之製造、調配、包裝、銷售廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證字號。上述記錄應保存三年備查。

五、飲用水水質處理藥劑之主成分及不純物檢測報告，應由經濟部商品檢驗局或本署認可之環境檢驗測定機構依中國國家標準（CNS）或本署公告之標準檢驗方法為之。無上述方法者，應依環境檢測標準方法訂定準則第十一條規定之檢驗方法依序採用或直接引用美國、加拿大、日本、紐西蘭、澳洲及歐體（EC）等國家公告之檢驗方法為之。另經濟部商品檢驗局或本署認可之環境檢驗測定機構未能出具檢驗報告時，亦可出具上述國家已認可之檢驗測定機構之檢驗報告。

六、飲用水水質處理藥劑如有變質、逾保存期限或有效期限、或以生產其他工業產品所產生之廢液、廢棄物或副產品作為藥劑製造原料所生產之藥劑者，不得使用於飲用水水質處理中。

七、其他事項依飲用水管理條例及其他有關法令辦理。

公告聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑

中華民國八十七年三月三十一日　環署毒字第〇〇一八六二四號

主　　旨：公告聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑，本署前公告之八十六年十一月二十四日　環署毒字第七四〇三三號公告同時停止適用。

依　　據：飲用水管理條例第十三條。

公告事項：

一、公告附表一所列之聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑。

二、其他事項依本署公告之飲用水水質處理藥劑一般規定事項辦理。

三、當飲用水水源之原水濁度大於二五〇ＮＴＵ時，始得使用本公告之高分子凝聚劑，並應於每次使用後七日內依附表二高分子凝聚劑使用記錄申報表之格式填妥向本署申報。上述記錄應保存三年備查。未依規定申報或申報不實者，不得使用高分子凝聚劑作為飲用水水質處理藥劑。

附表一　公告聚丙烯醯胺為飲用水水質處理藥劑

聚 丙 烯 醯 胺

一、藥劑編號：〇一七。

二、藥劑名稱：

中文名稱：聚丙烯醯胺。

英文名稱：Polyacrylamide(PAM)。

三、分 子 式：$(C_3H_5NO)_n$。

四、品質管制：應符合下列之規定。

項　目	品　質
丙烯醯胺(Acrylamide)	500 ppm 以下

五、使用時機及用量：當飲用水水源之原水濁度大於二五〇 NTU 時，始得使用。最大添加劑量不得超過 1 毫克/公升（mg/L）。

附表一　公告聚氯化己二烯二甲基胺為飲用水水質處理藥劑(續)

聚氯化己二烯二甲基胺

一、藥劑編號：○一八。

二、藥劑名稱：

中文名稱：聚氯化己二烯二甲基胺。

英文名稱：Poly(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)，[Poly(DADMAC)]。

三、分子式：$(C_8H_{16}N \cdot Cl)_n$。

四、品質管制：應符合下列之規定。

項　目	品　質
氯化己二烯二甲基胺 (Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	500 ppm 以下

五、使用時機及用量：當飲用水水源之原水濁度大於二五○NTU 時，始得使用。最大添加劑量不得超過 10 毫克/公升（mg/L）。

附表一 公告氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物為飲用水水質處理藥劑(續)

氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物

一、藥劑編號：○一九。

二、藥劑名稱：

中文名稱：氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物。

英文名稱：Epi-DMA Polyamines
(Epichlorohydrin Dimethylamine, Polymer)。

三、分 子 式：$(C_2H_7N \cdot C_3H_5ClO)_n$。

四、品質管制：應符合下列之規定。

項　目	品　質
氯甲基一氧三環 (Epichlorohydrin)	20 ppm 以下
1,3-二氯-2-丙醇 (1,3-Dichloro-2-Propanol)	1000 ppm 以下

五、使用時機及用量：當飲用水水源之原水濁度大於二五○NTU 時，始得使用。最大添加劑量不得超過 20 毫克/公升（mg/L）。

附表二　高分子凝聚劑使用記錄申報表

一、基本資料：　　申報日期：___年___月日

	使用單位名稱			地　　址	
	負責人姓名			電話（傳真）號碼	
	藥劑名稱			化　學　式	
	購買廠商名稱			購　買　日　期	
	購買藥劑量			藥劑保存期限	

二、申報資料：

申報次數 / 申報項目	第___次使用									
	第1天	第_天	第_天	第_天	第_天	第_天	第_天	第_天	第_天	第_天
日　　期										
當日使用量（Kg）										
處理水量（M^3）										
藥劑添加劑量（mg/L）										
原水濁度（NTU）										
剩餘庫存藥劑量（Kg）										

負責人簽章：　　申報人簽章：　　使用人簽章：

附件 3

○○年度「辦理淨水場使用高分子凝聚劑管理要點」人員建議獎懲名單表

編號	單位	處（課）室別	職稱	姓名 身分證字號	建議獎懲幅度	建議獎懲事由	備註

特定化學物質危害預防標準相關條文

第 21 條　使用特定化學設備之閥、旋塞或操作此等之開關、按鈕等，為防止誤操作導致漏洩，應明顯標示開閉方向。

第 23 條　使用硫酸合計在一百公升以上時，應置備該物質等漏洩時能迅速告知有關人員之警報用器具及除卻危害之必要藥劑、器具等設施。

第 25 條　使用特定化學設備為防止供輸原料、材料及其他物料於特定化學設備之勞工因誤操作而洩漏，應於該勞工易見之處，標示該原料、材料及其他物料之種類、輸送對象設備及其他必要事項。

第 29 條　為防止特定化學設備動力源之異常導致之漏洩，應置備可迅速使用之備用動力源。

第 30 條　對使用硫酸之設備或儲槽，因改造、修理或清掃等而拆卸該設備之作業或必須進入該設備等內部作業時，應依下列規定：

一、派遣特定化學物質作業主管從事監督作業。

二、決定作業方法及順序，於事前告知從事作業之勞工。

三、確實將該物質自該作業設備排出。

四、為使該設備連接之所有配管不致流入該物質，應將該閥、旋塞等設計為雙重開關構造或設置盲板等。

五、依前款規定設置之閥、旋塞應予加鎖或設置盲板，並將「不得開啟」之標示揭示於顯明易見之處。

六、作業設備之開口部，不致流入該物質至該設備者，均應予開放。

七、使用換氣裝置將設備內部充分換氣。

八、以測定方法確認作業設備內之該物質濃度未超出容許濃度。

九、拆卸第四款規定設置之盲板等時，有該物質流出之虞者，應於事前確認在該盲板與其最接近之閥或旋塞間有否該物

質之滯留，並採取適當措施。

十、在設備內部應置發生意外時能使勞工立即避難之設備或其他具有同等性能以上之設備。

十一、供給從事該作業之勞工穿著不浸透性防護衣、防護手套、防護長鞋、呼吸用防護具等個人防護具。

雇主在未依前項第八款規定確認該設備適於作業前，應將「不得將頭部伸入設備內」之意旨，告知從事該作業之勞工。

第 31 條　對硫酸發生漏洩致有危害勞工之虞時，應立即使勞工自作業場所避難。在未確認不危害勞工之前，應於顯明易見之處，揭示「禁止進入」之標示。但在使用防護具及特定化學物質作業主管指導下搶救人命及處理現場之必要作業者，不在此限。

第 32 條　使用硫酸合計在一百公升以上者，應禁止與作業無關人員進入作業場所，並標示於顯明易見之處。

第 34 條　對設置特定化學設備之作業場所，為因應硫酸之漏洩，應設搶救組織，並對有關人員實施急救、避難知識等訓練。

第 36 條　使用硫酸時，應於作業場所設置洗眼、沐浴、漱口、更衣及洗衣等設備，並應設置緊急沖淋設備。

第 37 條　從事特定化學物質之作業時，應於作業場所指定現場主管擔任特定化學物質作業－主管實際從事監督作業。

前項作業主管執行下列規定事項：

一、預防從事作業之勞工遭受污染或吸入該物質。

二、決定作業方法並指揮勞工作業。

三、保存每月檢點之紀錄。

四、監督勞工確實使用防護具。

第 39 條　使用特定化學設備或其附屬設備實施作業時，為防止丁類物質之漏洩，應訂定操作程序，並依該程序實施作業。

第 40 條　應禁止勞工在特定化學物質作業場所吸菸或飲食，且應將

其意旨揭示於該作業場所之顯明易見之處。

第 50 條　使用特定化學物質之作業場所，應置備與同一工作時間作業勞工人數相同數量以上之適當必要防護具（不浸透性防護衣、防護手套、防護鞋、防護眼鏡、呼吸用防護具及塗敷劑等。），並保持其性能及清潔，使勞工確實使用。

職業安全衛生教育訓練規則相關條文

第 17 條　擔任使用危險物、有害物（氯、氫氧化鈉、硫酸等）作業之人員，應依其工作性質施以每三年至少三小時勞工安全衛生在職教育訓練

職業安全衛生組織管理及自動檢查辦法相關條文

第 38、49 條　對特定化學設備或其附屬設備，應每二年依下列規定定期實施檢查一次，開始使用、改造、修理時亦同：

一、特定化學設備或其附屬設備（不含配管）：

(一)內部有無足以形成其損壞原因之物質存在。

(二)內面及外面有無顯著損傷、變形及腐蝕。

(三)蓋、凸緣、閥、旋塞等之狀態。

(四)安全閥、緊急遮斷裝置與其他安全裝置及自動警報裝置之性能。

(五)冷卻、攪拌、壓縮、計測及控制等性能。

(六)備用動力源之性能。

(七)其他為防止丙類第一種物質或丁類物質之漏洩之必要事項。

二、配管

(一)熔接接頭有無損傷、變形及腐蝕。

(二)凸緣、閥、旋塞等之狀態。

(三)接於配管之供為保溫之蒸氣管接頭有無損傷、變形或腐蝕。

第 72 條　使用危險物及有害物作業時，應使該勞工就其作業有關事項實施檢點。

危害性化學品標示及通識規則相關條文

第 5 條　對裝有危害性化學品之容器，應依規定之分類、危害圖式及格式明顯標示下列事項，所用文字以中文為主，必要時輔以外文：

一、危害圖式。

二、內容：

(一)名稱。

(二)危害成分。

(三)警示語。

(四)危害警告訊息。

(五)危害防範措施。

(六)製造者、輸入者或供應者之名稱、地址及電話。

第 12 條　對含有危害性化學品之每一化學品，應提供勞工含有安全衛生注意事項之安全資料表。

第 17 條　為防止勞工未確實知悉危害性化學品之危害資訊，致引起之職業災害，應採取下列必要措施：

一、依實際狀況訂定危害通識計畫，適時檢討更新，並依計畫確實執行，其執行紀錄保存三年。

二、製作危害性化學品清單，其內容應含物品名稱、其他名稱、安全資料表索引碼、製造者輸入者或供應者名稱、地址及電話、使用資料及貯存資料等項目。

三、將危害性化學品之安全資料表置於工作場所易取得之處。

四、使勞工接受製造、處置或使用危害性化學品之教育訓練，其課程內容及時數依職業安全衛生教育訓練規則之規定辦理。

五、其他使勞工確實知悉危害性化學品資訊之必要措施。

職業安全衛生法第 12 條暨勞工作業環境監測實施辦法第 8 條 1 項第 4 款之規定

特定化學物質（硫酸）之作業場所應每六個月測定其濃度一次以上實施作業環境測定。

附錄三 高分子 Poly(DADMAC)之 certificate of analysis(COA)

CERTIFICATE
OF
ANALYSIS.

SNF FLOCCULANT CO., LTD
NO.6, NORTH BINJIANG ROAD
TAIXING ECONOMIC ZONE
TAIXING JS

INCOICE NR : 7018338

CUSTUMER PRODUCT NAME : FLOQUAT FL 4540PWG. 陽離子高分子絮凝劑 (聚氯化乙烯二烷二甲基胺)

PURCHASE NR : 1080202 PRODUCTION DATE : 04/15/2019

GENRIC NAME : poly Diallyl dimethyl ammonium chloride

MATERIAL DESCRIPTION : Clear liquid

AMOUNT : 860 KG.
EXPIRATION DATE : 04/15/2021

QUALITY CONTROL BATCH NUMBER QC

	UNIT	SPECIFICATION	PDA2B1083M	TEST
pH on solution		5.0. - 7.0	6.0	3130 A
BROOKFIELD VISCOSITY. (LV3, 6rpm)	Cps.	8000-12000.	10000	3420 A
NON VOLATILE SOLIDS	%.	39.0 - 42.0.	40.2.	3100 A
RESIDUAL DADMAC (on dry basis).	%.	< 0.05	0.01	3205 A

APPROVAL

Version : 01

Date : 11/15/2010 Signature
Muriel Huart.

Date : 06/05/2017 Signature
Tony Harris

If the # symbol appears in the QC-TEST column, then the data on that line is given for information only, and does not constitute a specification. SUP NR; OG-0098 A REVISION: 04

附錄四 近三年各區水質課及場所檢驗濁度超內控之淨水場

區處	廠所	水質課檢驗	廠所檢驗					總計
		清水	快濾池	快濾桶	沉澱池	清水池	膠凝沉澱池	
一區	文山營運所石碇淨水場	2		1	1	3		7
	淡水營運所老梅淨水場	2		7		11		20
	淡水營運所樹興淨水場	2	6			6		14
	淡水營運所興華淨水場	1	4			7		12
	新山給水廠六堵淨水場	1						1
	新山給水廠安樂淨水場	1						1
	新山給水廠新山淨水場	1						1
	瑞芳營運所員山淨水場	2						2
二區	大湳給水廠大湳淨水場一期	1	1		2	5		9
	大湳給水廠大湳淨水場二期	9	4		4	8		25
	大湳給水廠大湳淨水場三期	3	4		4	8		19
	平鎮給水廠平鎮淨水場一期	6	1		1	4		12
	平鎮給水廠平鎮淨水場二期	12	1			1		14
	平鎮給水廠石門淨水場	3				1		4
	龍潭給水廠五期清水	7			1			8
	龍潭給水廠龍潭淨水場	11				14		25
三區	竹北營運所新埔淨水場		6		4	1		11
	竹北營運所關西淨水場	1	2			3		6
	竹東營運所員崠淨水場		78		77	96		251
	東興給水廠南庄淨水場	2						2
	苗栗營運所明德淨水場		1		2	2		5
	湖口營運所湳雅淨水場	6	605		97	987		1695
	新竹給水廠第一淨水場	1						1
	新竹給水廠第二淨水場	1	2					3
四區	水里營運所人倫淨水場	1		66				67
	水里營運所水里淨水場	1	1145		8	1824		2978
	水里營運所信義淨水場		45		4	222		271
	水里營運所集集淨水場	3	3		4	3		13
	水里營運所集集淨水場二期		2		4	3		9
	水里營運所羅娜淨水場	1	5		4	5		15
	南投營運所粗坑淨水場	3		11		25		39
	埔里營運所大旗尾淨水場						4	4
	豐原給水廠二場	4				115		119
	豐原給水廠二場一期		342			209	502	1053
	豐原給水廠二場二期		313		322	210		845

區處	廠所	水質課檢驗	廠所檢驗					總計
		清水	快濾池	快濾桶	沉澱池	清水池	膠凝沉澱池	
四區	鯉魚潭給水廠一期		19			37	21	77
	鯉魚潭給水廠二期		8		13	33		54
	鯉魚潭給水廠鯉魚潭淨水場	1						1
	豐原給水廠一場	1				12		13
	豐原給水廠一場一期		117		222	127		466
	豐原給水廠一場二期		186		220	126		532
	豐原給水廠一場三期		149		290	116		555
五區	竹崎營運所觸口淨水場	1				4		5
	雲林給水廠林內淨水場				56			56
六區	白河營運所白河淨水場				179			179
	玉井營運所楠玉淨水場	1	6		6	5		18
	烏山頭給水廠曾文淨水場		3		31	5		39
	台南給水廠山上淨水場	2						2
七區	澎湖營運所七美淨水場	1						1
	澎湖營運所成功淨水場	4				1		5
	坪頂給水廠坪頂淨水場	2	32			55		89
	牡丹給水廠牡丹淨水場		4		4	4		12
	旗山營運所甲仙淨水場	1			4	139		144
	鳳山廠鳳山(民生用水)		7					7
	大崗山給水廠路竹淨水場		1			2		3
八區	深溝給水廠深溝淨水場		11		38	5		54
	廣興給水廠柑仔坑淨水場					15		15
	深溝給水廠大溪淨水場					46		46
十區	台東營運所綠島淨水場	3			27			30
	台東營運所利嘉淨水場		1					1
	成功營運所成功淨水場	1						1
十二區	板新給水廠板新淨水場一二期		3		1	6		10
	板新給水廠板新淨水場二期		2					2
	板新給水廠板新淨水場三期		1			4	3	8

備註 1：水質資料調查期間為 105 年 1 月~108 年 4 月

備註 2：附表僅列使用地面水且添加混凝劑之淨水場超內控次數

附錄五 水中殘餘單體氯化己二烯二甲基胺檢測報告

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60304A-01 日期： 2019年07月26日

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱： 石門淨水廠2-3 DADMAC
申請廠商： 台灣自來水股份有限公司
採樣單位： 由客戶自行採樣
採樣日期： 2019年06月06日
送樣日期： 2019年06月17日
測試日期： 2019年06月17日 ~ 2019年07月08日
測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺 (Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D."或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值" 表示。
5. 此份報告取代US/2019/60304報告(修改產品名稱，2019/07/26)。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

台灣檢驗科技股份有限公司
No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939 f+ (886-2) 2298 -1338 www.tw.sgs.com

Member of the SGS Group

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60305A-01　　日期： 2019年07月26日　　

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱：	石門淨水廠2-4 DADMAC
申請廠商：	台灣自來水股份有限公司
採樣單位：	由客戶自行採樣
採樣日期：	2019年06月06日
送樣日期：	2019年06月17日
測試日期：	2019年06月17日 ~ 2019年07月08日

測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D." 或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值" 表示。
5. 此份報告取代US/2019/60305報告(修改產品名稱，2019/07/26)。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

SGS Taiwan Ltd. 台灣檢驗科技股份有限公司 | No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939　f+ (886-2) 2298 -1338　www.tw.sgs.com
Member of the SGS Group

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60299　　日期： 2019年07月08日　　頁數 ：1 of 2

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱： 自來水潭頂場 3-3 DADMAC
申請廠商： 台灣自來水股份有限公司
採樣單位： 由客戶自行採樣
採樣日期： 2019年06月03日
送樣日期： 2019年06月17日
測試日期： 2019年06月17日 ~ 2019年07月08日
測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D."或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值"表示。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

台灣檢驗科技股份有限公司
No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939　f+ (886-2) 2298 -1338　www.tw.sgs.com
Member of the SGS Group

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60300　　日期： 2019年07月08日　　頁數 ：1 of 2

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱： 自來水潭頂場 3-4 DADMAC
申請廠商： 台灣自來水股份有限公司
採樣單位： 由客戶自行採樣
採樣日期： 2019年06月03日
送樣日期： 2019年06月17日
測試日期： 2019年06月17日 ~ 2019年07月08日
測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺 (Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D." 或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值" 表示。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

台灣檢驗科技股份有限公司 No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939　f+ (886-2) 2298 -1338　www.tw.sgs.com
Member of the SGS Group

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60301　　日期： 2019年07月08日　　頁數 ：1 of 2

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱： 成功淨水場 2-3 DADMAC
申請廠商： 台灣自來水股份有限公司
採樣單位： 由客戶自行採樣
採樣日期： 2019年06月04日
送樣日期： 2019年06月17日
測試日期： 2019年06月17日 ~ 2019年07月08日
測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D."或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值"表示。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

台灣檢驗科技股份有限公司
No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939　f+ (886-2) 2298 -1338　www.tw.sgs.com
Member of the SGS Group

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60302　　日期： 2019年07月08日　　

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱： 成功淨水場 2-4 DADMAC
申請廠商： 台灣自來水股份有限公司
採樣單位： 由客戶自行採樣
採樣日期： 2019年06月04日
送樣日期： 2019年06月17日
測試日期： 2019年06月17日 ~ 2019年07月08日
測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺(Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D."或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值"表示。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

SGS Taiwan Ltd. 台灣檢驗科技股份有限公司
No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939　f+ (886-2) 2298 -1338　www.tw.sgs.com
Member of the SGS Group

超微量工業安全實驗室
Ultra Trace Industrial Safety Hygiene

測 試 報 告

報告編號： US/2019/60303A-01 日期： 2019年07月26日

台灣自來水股份有限公司
40455臺中市北區雙十路2段2之1號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認:

產品名稱： 成功淨水場 2-7 DADMAC
申請廠商： 台灣自來水股份有限公司
採樣單位： 由客戶自行採樣
採樣日期： 2019年06月04日
送樣日期： 2019年06月17日
測試日期： 2019年06月17日 ~ 2019年07月08日
測試結果：

測試項目	CAS NO.	測試方法	測試結果	定量極限/偵測極限	單位
氯化己二烯二甲基胺 (Diallyldimethyl Ammonium Chloride)	007398-69-8	本測試參考Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386，以液相層析串聯質譜儀(LC/MS/MS)檢測。	N.D.	1.00	ng/mL

備註：1. 測試報告僅就委託者之委託事項提供測試結果，不對產品合法性做判斷。
2. 本報告不得分離，分離使用無效。
3. 若該測試項目屬於定量分析則以「定量極限」表示；若該測試項目屬於定性分析則以「偵測極限」表示。
4. 低於定量極限/偵測極限之測定值以 "N.D." 或" 陰性 " 表示。微生物測試低於定量極限以"<定量極限值" 表示。
5. 此份報告取代US/2019/60303報告(修改採樣日期，2019/07/26)。

-END-

Signed for and on behalf of
SGS Taiwan Ltd.

Shin-Jyh Chen
Manager

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

台灣檢驗科技股份有限公司 No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, 24890, Taiwan/ 新北市五股區新北產業園區五權七路38號
t+ (886-2) 2299-3939 f+ (886-2) 2298 -1338 www.tw.sgs.com

Member of the SGS Group

附錄六 水中殘餘氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述

水中殘留氯化己二烯二甲基胺單體檢測方法－液相層析／串聯式質譜儀概述

一、方法概要

水樣經 0.22μm 濾紙過濾後，以親水作用液相層析串聯式質譜儀(Hydrophilic interaction liquid chromatography/tandem mass spectrometry HILIC/MS/MS)正相層析(normal phase) 極性溶劑移動相用以分析中至高極性的化合物。本方法可檢測飲用水處理藥劑聚氯化己二烯二甲基胺（Poly(DADMAC),Poly（Diallydimethyl Ammonium Chloride)）使用後水中殘留單體氯化己二烯二甲基胺(DADMAC）。

二、適用範圍

（一）本方法適用於飲用水等水質中高電荷密度陽離子「氯化己二烯二甲基胺」殘留單體。

（二）本方法由液相層析串聯式質譜儀分析經驗之人員或經由訓練通過認定者擔任。

（三）本方法為效能基準 (Performance-based)分析方法，分析人員可依使用的前處理程序、液相層析儀、層析管柱及串聯式質譜儀廠牌的不同，適當修改本方法。

三、設備與材料

(一) 高效/超高效液相層析串聯式質譜儀裝置

儀器設備：

Waters Xevo TQ 1-Cass UPLC；Accela liquid chromatography System / TSQ Quantum Ultra AM triple quadrupole equipped with an Ion Max ionization source and hyperbolic quadrupoles (Thermo Fisher Scientific)；或同級品。

(二)數據處理系統：能顯示分析物的滯留時間及尖峰面積之定性及定量系統。

四、試劑

（一）試劑水：不含待測物之去離子水，或符合前述規格之市售純水。

（二）formic acid(98-100%) HPLC 級或 LC/MS 級

（三）ammonium formate(>99.0%) HPLC 級或 LC/MS 級

（四）Acetonitrile 乙腈 HPLC 級或 LC/MS 級

（五）標準品溶液配製：標準溶液可用高純度標準品配製(>97.0%)或市售可追溯濃度證明文件之溶液(100mg/L)。

1.儲備標準溶液配製：秤取約 10 mg (精確秤至 0.1 mg) 氯化己二二甲基胺標準品，以適當量的去離子水溶解並定容至 10mL，為標準儲備液濃度為 1000μg/mL 於 4℃冰箱儲存。

2.中間標準溶液配製：每月配製，取上述標準品溶液 10μL，以去離子水定容至 10 mL 濃度為 1000ng/mL。。

3.內標準品：d_4-chlormequat chloride (d_4-CQ) (>98%) used as internal standard。

五、步驟

（一）檢量線製備（建議配製方式及濃度如下，使用者可依儀器的靈敏度及線性範圍作適當調整）

1.檢量線製備：每工作日配製，添加不同濃度之待測物標準品於試劑水中，建議濃度範圍為 0.1～20ng/mL，依個別待測物感度適當調整之。

2.分析至少 5 個不同濃度(內含 1000 ng/L 內標準品 d4-CQ)，最低一點濃度應與方法定量極限之濃度相當。

依下表建議配置，取不同體積標準品於 10mL 定量瓶中以去離子水溶解並定容至 10 mL。

DADMAC 標準品濃度(ng/mL)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
DADMAC 低濃度儲備溶液添加體積 (μL)	1	5	10	50	100	150	200
定量體積 (mL)	10	10	10	10	10	10	10
DADMAC 配製濃度 (ng/mL)	0.1	0.5	1	5	10	15	20

3.檢量線的製備係採用線性迴歸法(linear regression)，根據內、外標以線性迴歸法製作檢量線，以對樣品中待測物進行檢量，其線性相關係數(correlation coefficient, r)，經 1/x 加權後必須大於或等於 0.99。若待測物感度高，致檢量線未能呈線性，亦可使用二次迴歸。

4.使用內標亦可以平均感應因子檢量，即針對用以製作檢量線的各點濃度以其待測物及內標之層析峰面積或高度對濃度計算個別之感應因子(見下式)，再求得平均感應因子與相對標準偏差(RSD)；若 RSD 小於 25%，則可以平均感應因子作定量分析。若大於 25%，則以線性迴歸法定量。

$$\mathrm{RF} = \frac{(A_s)(C_{is})}{(A_{is})(C_s)}$$

$$\overline{RF} = \frac{\sum_{i=1}^{n} RF_i}{N}$$

$$RSD\,(\%) = \frac{SD}{\overline{RF}} \times 100$$

A =待測物特性離子之感應訊號

A^S =內標準品特性離子之感應訊號

C^{is}=待測物之濃度（μg/L）

C^S =內標準品之濃度（μg/L）

RF^{is} =每一點檢量線標準溶液中，待測物的感應因子

SD^i=檢量線標準溶液待測物感應因子的標準偏差

RF=檢量線標準溶液中每一個化合物的平均感應因子

RSD =相對標準偏差

（二）水樣前處理

適量水樣於 Teflon 瓶中含餘氯水樣須加 and ascorbic(維他命 C) 4℃冷藏，如果含有微粒或是懸浮物時，由 0.22 μm 孔徑 nylon 濾紙過濾，或直徑 13 mm PTFE 針頭式過濾膜過濾後上機分析。原則上分析步驟無須前處理、預濃縮或淨化步驟過濾後水樣直接上機分析(allowed the direct analysis of samples without any pretreatment, preconcentration or clean-up step)

（三）儀器分析條件：

高效液相層析儀建議條件：

a. 層析管柱：ACQUITY UPLC BEH HILIC 1.7 μm （100 × 1.5 mm）；Ascentis1 Express HILIC 2.7 μm (100 × 2.1mm) supplied by Supelco (Bellefonte, PA, USA)或同級品。

b. 移動相 A 組成：需經過 0.22μm 孔徑 nylone 濾紙過濾。(Whatman Clifton, NJ, USA)。50mM formic acid(2.1ml/1L) /ammonium formate(3.155g/1L) pH3.75 。

c. 移動相 B 組成：Acetonitrile 乙腈(LC/MS 級)。。

d. 流速：4 mL/min。

e. 樣品注入量：10 μL。

f. 梯度設定(Gradient)。

步驟	時間(分)	A（%）	B（%）
1	0	55	45
2	3	55	45

串聯式質譜儀條件：

Ion source：ESI(電噴灑法)

Polarity：positive

Nebulizer gas：N_2

Corona pin voltage: 1.5 KV

Ion Source temp.(離子源溫度): 150 °C

Desolvation temp.(溶媒揮散溫度): 400℃

Desolvation gas(溶煤揮散流速): 1000 IJhr

Scan mode：多重反應偵測(multiple reaction monitoring, MRM)或選擇性離子偵測(Selected ion monitoring (SIM)

.母子離子對及其質譜參數如表所示。

Compounds	Precursor ions(m/z)	Product ions(m/z)	Corn voltage(V)	Collision voltage(eV)
DADMAC	126.1	84* quantification	25	11
		70 confirmation.		16
the internal standard (d_4-CQ)	126.1	58.0	25	-
		67.0		

（四）鑑定與分析：

1. 使用液相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式(Multiple Reaction Monitoring mode，MRM)時，對每一種化合物監測其母子離子對兩對，以其中感度較高的母子離子對作為定量，另一母子離子對則作為定性的依據，若感度較高的母子離子對有干擾，亦可以另一母子離子對作為定量。

2. 方法定量極限：本方法定量極限係指添加已知低濃度的待測物於不含待測物地面水中或Milli-Q純水中，經前處理後儀分結果

定量離子對S/N≧10，定性離子對S/N≧3，方法偵測極限約等於三分之一方法定量極限。

3.定性與定量準則：

（1）待測物之滯留時間須落在當天標準品或添加樣品待測物之滯留時間 ±2.5%範圍之內。

（2）若無特殊干擾，以待測物感度較高的監測母子離子對之面積來定量該待測物的含量。

（3）待測物之兩監測母子離子對須同時出現，定量離子對的訊噪比（S/N）必須≧10，定性離子對的訊噪比（S/N）必須≧3。

（4）當樣品中待測物濃度定量結果未超過法規管制標準二分之一時，即可出具報告；若超過法規管制標準二分之一時，須完整進行確認動作。

（5）待測物之定性離子/定量離子（積分面積或高度）的相對比值（Ion Ratio）須以標準品或添加樣品分析的母子離子對的比例為基準計算。

（6）當樣品待測物濃度超過檢量線時，需要推估濃度後，以定容溶劑適當稀釋後重新上機分析，應使其濃度落到檢量線範圍內。

六、結果處理

（1） 線性迴歸法

$$C_w\,(ng/L)=\frac{C_a \times V_f \times 10^3 \times D}{V_i}$$

C_w =水樣濃度，ng/L

C_a =由檢量線所求得之樣品濃度，μg/L

V_f =水樣濃縮後定容的體積，mL

V_i =水樣的體積，mL

D=稀釋因子

（2）

內標準品校正法

$$C_w(ng/L)=\frac{A_x \times C_{is} \times V_f \times 10^3 \times D}{A_{is} \times \overline{RF} \times V_i}$$

C_w =水樣濃度，ng/L

A_x =樣品溶液中待測物尖峰面積

C_{is} =內標準品添加於樣品溶液之濃度(μg/L)

A_{is} =內標準品之尖峰面積

RF=待測物平均感應因子

V_f =水樣濃縮後定容的體積，mL

V_i =水樣的體積，mL

D=稀釋因子

七、品質管制

（一）每批次分析樣品前，須確認試劑及儀器並無污染情形。

（二）檢量線應每次製作，若延用前次檢量線，須進行檢量線中點濃度查核樣品分析，以確認檢量線適用性，所測得之濃度相對誤差不得超過±30%。

（三）空白樣品分析：每批次或每 20 個樣品，應執行空白樣品分析，空白樣品分析值應小於 2MDL。

（四）查核樣品分析：每批次或每 20 個樣品，應執行查核樣品分析，其回收率範圍 50~150%。

（五）添加樣品分析：每批次或每 20 個樣品，應執行添加樣品分析，其回收率範圍 50~160%。

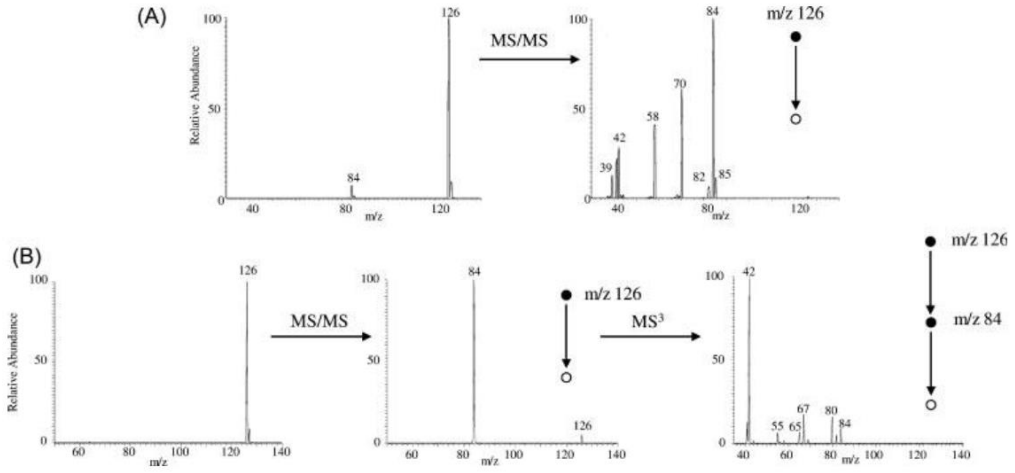
八、參考資料

（一）Hydrophilic interaction liquid chromatography/tandem mass spectrometry for the analysis of diallyldimethylammonium chloride in water, Rapid Commun. Mass Spectrom. 2011, 25, 379–386 , Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Barcelona, Av. Diagonal 647, E-08028 Barcelona, Spain

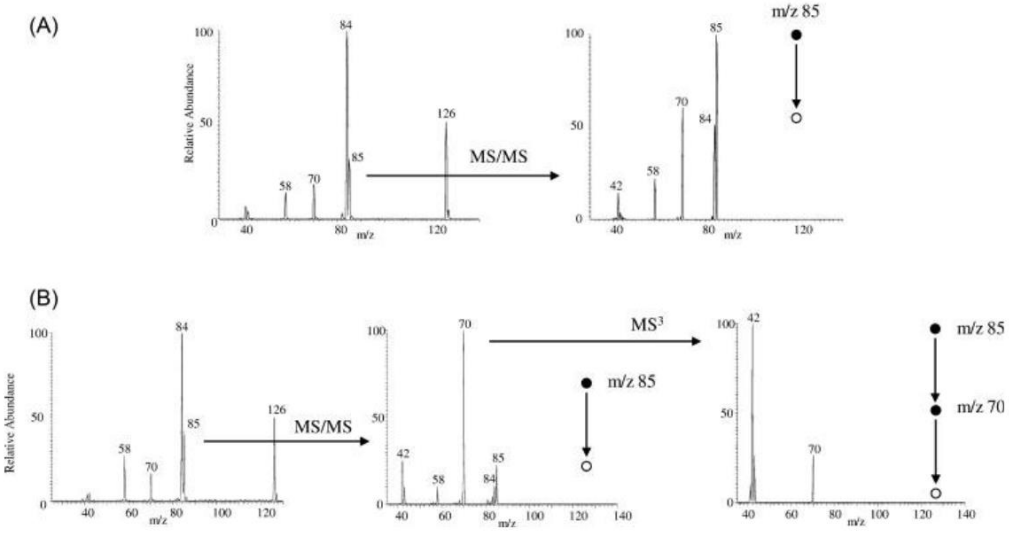
（二）台灣檢驗科技股份有限公司(SGS)超微量工業安全實驗室。

附錄

引用自 Encarna Moyano University of Barcelona ：Hydrophilic interaction liquid chromatography/tandem mass spectrometry for the analysis of diallyldimethylammonium chloride in water



Full-scan and tandem mass spectra obtained from a 10μg/mL DADMAC cation solution using (A) a triplequadupole analyzer and (B) an ion trap analyzer.



Full-scan and tandem mass spectra of ions originated by in-source

fragmentation (25 V) of a 10μg/mL DADMACcation solution using (A) a triple quadupole analyzer and (B) an ion trap analyzer.

(A) SRMchromatograms of a water sample (DADMACcation concentration: 0.38mg/L

(B) Accurate mass measurements in the triple quadrupole (TSQ Quantum Ultra AM) at Dm/z 0.04 units (FWHM) as mass resolution for confirmation of presence of the analyte in the same sample.

附錄七 N-亞硝基二甲基胺分析報告

財團法人
成大研究發展基金會
NCKU Research and Development Foundation
70101台南市東區大學路一號
1 University Road, Tainan 70101, Taiwan
TEL：+886-6-2080172 / 統編：78963987

NDMA 分析報告

成功場

檢測單位：國立成功大學環境工程學系
聯 絡 人：邱宜亭
聯絡地址：70101 台南市東區大學路 1 號
成大環工系卓群大樓 6 樓 47611 室

委託單位：台灣自來水公司
收樣日期：108 年 05 月 28 日
分析日期：108 年 06 月 28 日
報告頁數：第 1 頁 / 共 1 頁

樣品名稱	NDMA 濃度 (ng/L)
2-1	未檢出
2-2	未檢出
2-3	未檢出
2-4	未檢出
2-5	未檢出
2-6	未檢出
2-7	未檢出
= 以下空白 =	
空白試驗	未檢出
查核試驗	23.6
添加試驗_2-3	16.9
添加重複試驗_2-3	19.7

備註：1. NDMA 之檢測方法參照 Hung et al. (2010)發表之分析方法；檢測儀器為 GC-MS。
2. NDMA 查核試驗與添加試驗為 20 ng/L。
3. 低於偵測極限之測定值以"未檢出"表示。
4. 方法偵測極限，NDMA 為 4.7 ng/L。

========== 本報告僅對該樣品負責，不得作為宣傳、廣告或訴訟使用 ==========

公司名稱：財團法人成大研究發展基金會

聯 絡 人：邱宜亭　　負責人：林財富

財團法人
成大研究發展基金會
NCKU Research and Development Foundation
70101台南市東區大學路一號
1 University Road, Tainan 70101, Taiwan
TEL：+886-6-2080172 / 統編：78963987

NDMA 分析報告

石門場

檢測單位：國立成功大學環境工程學系
聯 絡 人：邱宜亭
聯絡地址：70101 台南市東區大學路 1 號
成大環工系卓群大樓 6 樓 47611 室

委託單位：台灣自來水公司
收樣日期：108 年 09 月 06 日
分析日期：108 年 09 月 07 日
報告頁數：第 1 頁 / 共 1 頁

樣品名稱	NDMA 濃度 (ng/L)
A1	未檢出
A2	未檢出
A3	未檢出
A4	未檢出
A5	未檢出
A6	未檢出
B1	未檢出
B2	未檢出
B4	未檢出
B5	未檢出
RAW	未檢出
空白試驗	未檢出
查核試驗	23.5
添加試驗_B1	25.2
重複試驗_A1	未檢出

備註：1. NDMA 之檢測方法參照 Hung et al. (2010)發表之分析方法；檢測儀器為 GC-MS。
2. NDMA 查核試驗與添加試驗為 20 ng/L。
3. 低於偵測極限之測定值以"未檢出"表示。
4. 方法偵測極限，NDMA 為 4.7 ng/L。

========== 本報告僅對該樣品負責，不得作為宣傳、廣告或訴訟使用 ==========

公司名稱：財團法人成大研究發展基金會

聯 絡 人：邱宜亭　　負責人：林財富

財團法人
成大研究發展基金會
NCKU Research and Development Foundation
70101台南市東區大學路一號
1 University Road, Tainan 70101, Taiwan
TEL：+886-6-2080172 / 統編：78963987

NDMA 分析報告

潭頂場

檢測單位：國立成功大學環境工程學系
聯 絡 人：邱宜亭
聯絡地址：70101 台南市東區大學路 1 號
成大環工系卓群大樓 6 樓 47611 室

委託單位：台灣自來水公司
收樣日期：108 年 05 月 28 日
分析日期：108 年 06 月 12 日
報告頁數：第 1 頁 / 共 1 頁

樣品名稱	NDMA 濃度 (ng/L)
1-5	5.1
3-1	未檢出
3-2	未檢出
3-3	未檢出
3-4	未檢出
3-5	未檢出
3-6	未檢出
= 以下空白 =	
空白試驗	未檢出
查核試驗	23.0
添加試驗_1-5	25.0
添加重複試驗_1-5	26.3

備註：1. NDMA 之檢測方法參照 Hung et al. (2010)發表之分析方法；檢測儀器為 GC-MS。
2. NDMA 查核試驗與添加試驗為 20 ng/L。
3. 低於偵測極限之測定值以"未檢出"表示。
4. 方法偵測極限，NDMA 為 4.7 ng/L。

========== 本報告僅對該樣品負責，不得作為宣傳、廣告或訴訟使用 ==========

公司名稱：財團法人成大研究發展基金會

聯 絡 人：邱宜亭　　負責人：林財富

註：樣品 1-5 分析數據仍需進一步確認

附錄八 第 19 屆技術管理研究委員會第 1 次聯合會議意見回復辦理情形

編號	委員意見	回復說明
1	本計劃執行有其必要，惟重心應在於確認哪些水場有白濁水問題，再以該原水進行杯瓶實驗	感謝委員支持，本案挑選標的淨水場時，已將有白濁水問題的淨水場納入重要考量之一，其中板新、石門、潭頂及豐原淨水場即具有白濁原水特性。
2	探討標的建議著重有機高分子凝聚劑加藥量，以減少清水中鋁濃度及 NDMA 生成量	感謝委員意見，針對挑選出的 9 座淨水場標的，均已著重有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)加藥量的探討，並同步探討水中濁度、鋁、過濾特性(STI)或 UV_{254}、TOC 等。單體及 NDMA 檢項由本公司自籌款委外檢測，特別針對其中 3 場進行探討。
3	單體含量建議仍以原藥劑為主，清水單體含量不易檢測。	感謝委員體諒，目前本公司使用的有機高分子凝聚劑 Poly(DADMAC)，為美國 NSF 認證用藥單體含量 5%以內，並經商檢局依 NIEA D502.20B 公告方法再次驗證。 另清水單體不易檢測，參考國外文獻需以 LC/MS/MS 進行檢驗，該項將委請 SGS 進行檢測。
4	藥劑購買及保存之 SOP 為何？在報告中應有所討論。	有關有機高分子凝聚劑(Poly(DADMAC))藥劑的購買，台水公司及北水處均有購買，台水公司則訂有「台灣自來水公司淨水場使用高分子凝聚劑管理要點」辦理，將於報告附錄二呈現。

附錄九 第 19 屆技術管理研究委員會第 2 次聯合會議(期中)審查委員意見回復辦理情形

編號	委員意見	回復說明
一、陳曼莉委員		
1	建議說明未來向主管單位爭取放寬 polymer 使用時機時，濁度是否完全不設限，另添加劑量之規範是否依濁度分段規範。	謝謝委員意見，未來向環保署爭取放寬高分子凝聚劑時，將鎖定毒性最低的 PolyDADMAC，爭取不設限濁度高低完全開放使用，依本研究針對低濁及汛期高濁度進行探討，除成功淨水場（高有機物原水）外最適用量為 4 mg/L，其他淨水場最適添加量均小於 1 mg/L，故建議原水濁度 250NTU 以下降低最大添加劑量，最大添加劑量可訂為 5 mg/L，為原限值二分之一。
2	建議對 polymer 在使用時管理面（包括通報…）如何加強，再做說明。應對之前環保署有疑慮之處（例如:單體、NDMA、濃度…）分項說明，儘量消除疑慮。	謝謝委員建議，將增加使用時管理面的說明。另因為本次限於設備因素，僅重在杯瓶試驗等研究，針對環保署疑慮的單體、NDMA 等進行探討，並補充於期末報告中，惟環保署要求應進行模場試驗，台水公司亦已規劃未來於新營訓練園區淨水場模場完成後，利用本研究成果，進行進一步的模場試驗及風險評估，並辦理相關使用時應注意事項等教育訓練，消除環保署之疑慮。
二、吳振榮委員		
1	研究人員在短時間，少經費情況下完成台水公司九個淨水場中低濁度瓶杯試驗,，值得肯定；後續汛期高濁度仍將完成瓶杯試驗及水質檢驗已臻完整。	謝謝委員的肯定，本研究將於汛期時,擇定較有高濁情形的板新、石門、豐原、潭頂及坪頂淨水場等高濁原水，進行各濁度級距最適添加量試驗，以了解 PolyDADMAC 在高、低濁的最適加藥量。
2	除特殊高 TOC 水質（如：成功廠、鳳山廠）外，其他淨水場僅添加 PolyDADMAC 1 mg/L 以下即可得最佳去除效果。或許先思考降低成功廠、鳳山廠原始 TOC 也是另一處理方式。	謝謝委員的建議，目前高分子凝聚劑 PolyDADMAC 法規添加量上限為 10 mg/L，而經重複試驗成功淨水場的最適化添加量仍為 3 mg/L~5 mgL，將配合水源水質、淨水處理改善，再搭配有機高分子凝聚劑的添加，多管

編號	委員意見	回復說明
		齊下尋求最佳處理方式。
3	後續模場試驗、風險評估及單體檢測方法，台水公司將辦理委外研究，結合本研究成果提供主管機關參考。	為配合環保署要求，已規劃未來新營訓練園區淨水場模場完成後，利用本研究成果，進一步進行模場試驗及風險評估及建立水中單體檢測方法，提供主管機關參考。
4	環保署 107 年 11 月 28 日函要求差異說明部分，將來採逐項辦理情形回應。	謝謝委員意見，未來進行模場試驗完成後，針對環保署疑慮部分，將逐項辦理及回應。
三、李嘉榮委員		
1	各淨水場淨廢水流程如 P47 圖 4.2.7.1、圖 4.2.7.2、 圖 4.2.7.3 等箭頭符號有誤，請研究單位再檢視其完整性。	謝謝委員意見，已在期末報告時修正。
2	P110 初步討論一，台水公司近三年水質數據沉澱池水濁度有 30 場超過內控值（5 NTU）、 47 場快濾池濁度超過內控（0.5 NTU），其問題何在並未表示？故此結論與本案研究要探討求得之目的未知，建請研究單位再檢視此結論是否必要。另其他初步結論建請一併檢視綜整有效之研究成果	謝謝委員意見，因依國內外相關文獻顯示添加高分子凝聚劑對於濁度有明顯的改善效果，故列出超過內控值場所，係希望找出未來潛在的應用場所及需求，惟兩者的關聯性並不高，將於期末報告時修正刪除，其他結論亦一併檢視修正於期末報告中。

附錄十 第 19 屆技術管理研究委員會第 3 次聯合會議(期末)審查委員意見回復辦理情形

編號	委員意見	回復說明
	一、丘宗仁委員	
1	報告內選定之淨水場 polyDADMAC 最佳加藥量測試多以濁度去除率判斷最佳加藥量，是否可將用藥成本效應納入考量，再行評估最佳加藥量。例如：P79 圖 4.2.4-11 豐原二場最佳加藥量測試，polyDADMAC 加藥量 0.2 及 0.1 mg/L，加藥量相差一倍，但溶解鋁分別為 0.08 及 0.06，加藥增加溶解鋁反而增加，現有過濾設備無法去除溶解鋁。顆粒鋁及濁度因加藥量增加雖有降低，但過濾設備可去除，過濾成本增加有限。P90 路竹淨水場亦同，加藥量 0.5 判定為最佳加藥量，但與加藥量 0.1 相差 5 倍，總鋁為 0.281 及 0.309 相差 9.9%，濁度為 3.24 及 4.18 NTU 相差 29% (30 min)，建議日後淨水廠最佳加藥量之選定可將加藥成本效益及溶解鋁值納入考量，polyDADMAC 加藥量應可更低。	謝謝委員意見，本研究旨在界定未來向環保署爭取放寬高分子凝聚劑使用，擬鎖定健康風險最低的 Poly(DADMAC)為主要藥劑，爭取不設限濁度高低完全開放。本研究初步結論已修正為濁度 250 NTU 以上維持最大劑量限制 10 mg/L，濁度 250 NTU 以下降低最大劑量範圍為 5 mg/L，最終適合下降劑量範圍將由未來模場試驗及嬰兒健康風險評估結論建議最安全範圍。 委員所提及加藥成本等綜合考量，將列入本公司各淨水場未來實場加藥策略參考。
	二、王傳政委員	
1	本報告在最佳加藥量顯示各不同加藥值下其濁度及溶解鋁或殘餘鋁質均相差不大，是否在容許誤差值內，未見有重複性試驗來驗證?	謝謝委員意見，本研究於汛期及枯水期於本島北中南及離島 10 個淨水場進行杯瓶試驗初步評估，本研究結果將提供未來模場試驗及水質健康風險評估進一步驗證，屆時將參考委員意見進行重複性試驗來確認最終驗證結果。
2	本研究僅做 Jar Test 試驗即建議將加高分子限量降到 1 mg/L，為原標準的十分之一是否過於樂觀?是否可考慮低濁度極高濁度或不同特性來源有不同的最大加藥基準。	謝謝委員的建議。目前高分子凝聚劑原水濁度 250 NTU 以上使用，PolyDADMAC 法規添加量上限為 10 mg/L，本研究旨在濁度 250 NTU 以下開放使用，本研究初步結論已修正為濁度 250 NTU 以上維持最大劑量限制 10 mg/L，濁度 250 NTU 以下降低最大劑量範圍為 5 mg/L，最終適合下降劑量範圍將由未來模廠試驗及

		嬰兒健康風險評估結論建議最安全範圍。
	三、王銘樽委員	
1	p.200 陳曼莉委員期中建議：回覆說明有關 polyDADMAC 最適添加量均小於 1 mg/L，故可一體適用，無需依濁度分段規範，建議維持分段規範。	謝謝委員意見，本研究初步結論已修正為濁度 250 NTU 以上維持最大劑量限制 10 mg/L，濁度 250 NTU 以下降低最大劑量範圍為 5 mg/L，最終適合下降劑量範圍將由未來模廠試驗及嬰兒健康風險評估結論建議最安全範圍。
	四、李嘉榮委員	
1.	未來續辦研究在 110~111 年之兩案計畫係在模場試驗及檢測技術建立，研究之成果要建議環保署放寬低濁度之原水(250 NTU)以下亦可採用高分子凝聚劑之規定，此議題係國內自來水事業之問題，建請由水協會主導，俾研究成果能共享。	本研究議題請主管機關環保署開放濁度限制可使用有機高分子凝聚劑，本公司連署北水處請水協提送主管機關，經二次聯署提案未果，未來第三次提案仍建請由水協主導。
	五、林逸彬秘書	
1.	未來模場實驗可考慮淨水場前加氯會產生之氯胺量，在此情況下 NDMA 生成之量，以 worst case scenario 評估安全性。	謝謝委員意見，未來模場實驗將審慎考慮淨水場前加氯會產生氯胺量及 NDMA 生成影響，並列入健康風險評估。