

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌 謝.....	III
目 錄.....	IV
圖 目 錄.....	VI
表 目 錄.....	VIII
第一章 前言.....	- 1 -
1-1 研究緣起.....	- 1 -
1-2 研究目的.....	- 2 -
第二章 理論基礎與文獻回顧.....	- 3 -
2-1 鋁的水化學特性.....	- 3 -
2-1-1 鋁的水解特性.....	- 3 -
2-1-2 鋁的聚合特性.....	- 4 -
2-1-3 多核鋁物種的生成機制.....	- 7 -
2-1-4 影響 Al_{13} 生成的因素.....	- 11 -
2-1-5 水中鋁型態的分析方法.....	- 12 -
2-2 二氧化矽的水化學特性與處理方法.....	- 15 -
2-2-1 水中二氧化矽的溶解度.....	- 15 -
2-2-2 水中二氧化矽的聚合反應.....	- 16 -
2-2-3 化學混凝技術於含次微米級二氧化矽顆粒廢水處理的應用 —以化學機械研磨(Cheical mechanical polishing, CMP)廢水 為例.....	- 18 -
2-3 聚氯化鋁的應用及製造方法.....	- 20 -
2-3-1 聚氯化鋁的應用.....	- 20 -
2-3-2 聚氯化鋁的製造方法.....	- 22 -
2-4 聚氯化鋁的混凝機制與效果.....	- 24 -
2-4-1 混凝的基本原理.....	- 24 -
2-4-2 混凝效果的評估方法.....	- 26 -
2-4-3 聚氯化鋁的混凝機制與特性.....	- 27 -
2-4-4 高純度聚氯化鋁的優勢.....	- 28 -
第三章 實驗材料、設備及方法.....	- 31 -
3-1 實驗材料.....	- 31 -
3-2 實驗設備及分析儀器.....	- 34 -
3-3 實驗架構與方法.....	- 40 -
3-3-1 實驗架構.....	- 40 -
3-3-2 實驗方法.....	- 40 -

第四章 結果與討論.....	- 55 -
4-1 混凝劑的基本特性分析.....	- 55 -
4-1-1 混凝劑的鋁型態分佈情形.....	- 55 -
4-1-2 混凝劑的鋁型態轉化特性.....	- 58 -
4-2 以混凝沉澱處理人工廢水：瓶杯試驗.....	- 69 -
4-2-1 人工廢水的水質特性.....	- 69 -
4-2-2 人工廢水中二氧化矽顆粒表面電性與粒徑大小隨 pH 值改變之變化.....	- 70 -
4-2-3 pH 值及加藥量對人工廢水濁度移除的影響.....	- 72 -
4-2-4 各種混凝劑處理人工廢水的效能評估.....	- 76 -
4-2-5 各項混凝效能評估項目的綜合比較.....	- 84 -
4-3 各種混凝劑混凝沉澱處理人工廢水的混凝機制推論.....	- 86 -
4-3-1 Alum 混凝沉澱處理人工廢水的混凝機制推論.....	- 86 -
4-3-2 PACl ₁₄ 混凝沉澱處理人工廢水的混凝機制推論.....	- 90 -
4-3-3 PACl ₂₁ 混凝沉澱處理人工廢水的混凝機制推論.....	- 93 -
4-3-4 PACl-Al ₁₃ 混凝沉澱處理人工廢水的混凝機制推論.....	- 96 -
4-3-5 各種混凝劑混凝沉澱處理人工廢水後的污泥特性分析.....	- 100 -
第五章 結論與建議.....	- 105 -
5-1 結論.....	- 105 -
5-2 建議.....	- 106 -
參考文獻.....	- 107 -
附錄 A.....	- 117 -
附錄 B.....	- 119 -
附錄 C.....	- 121 -
附錄 D.....	- 129 -



圖 目 錄

圖 2-1	單體鋁於不同 pH 值下的型態分佈	- 4 -
圖 2-2	$Al_2(OH)_2(H_2O)_8^{4+}$ 型態結構圖	- 6 -
圖 2-3	六聚合鋁物種 $Al_6(OH)_{12}(H_2O)_{12}^{6+}$ 的六圓環結構模型	- 7 -
圖 2-4	十三聚合鋁物種 $Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}^{7+}$ 的核環結構模型	- 8 -
圖 2-5	Al_{13} 的缺陷結構模型	- 9 -
圖 2-6	Al_{13} 藉由陰離子架橋而聚集的結構模型	- 10 -
圖 2-7	Al-Ferron 逐時螯合比色法反應曲線	- 13 -
圖 2-8	非結晶態二氧化矽物種分佈與 pH 值之關係	- 16 -
圖 2-9	二氧化矽之聚合行為	- 18 -
圖 3-1	光纖膠羽偵測儀 (PDA 2000) 的外觀	- 38 -
圖 3-2	實驗架構	- 41 -
圖 3-3	PACI-SHOWA 與去離子水經鹼化度標定後的外觀比較	- 44 -
圖 3-4	PDA 2000 批次實驗的設備配置	- 52 -
圖 4-1	不同混凝劑的 Liquid-state ^{27}Al NMR 圖譜	- 56 -
圖 4-2	不同混凝劑隨著 pH 值變化的鋁型態轉化特性	- 60 -
圖 4-3	Alum 隨著 pH 值變化及熟化 2 分鐘、1 小時後的鋁型態轉化特性	- 65 -
圖 4-4	$PACl_{14}$ 隨著 pH 值變化及熟化 2 分鐘、1 小時後的鋁型態轉化特性	- 66 -
圖 4-5	$PACl_{21}$ 隨著 pH 值變化及熟化 2 分鐘、1 小時後的鋁型態轉化特性	- 67 -
圖 4-6	$PACl-Al_{13}$ 隨著 pH 值變化及熟化 2 分鐘、1 小時後的鋁型態轉化特性	- 68 -
圖 4-7	二氧化矽顆粒的界達電位及粒徑隨 pH 值改變的變化情形	- 71 -
圖 4-8	不同加藥量下以 Alum 直接加藥混凝後上澄液 pH 值及殘餘濁度的關係	- 74 -
圖 4-9	不同加藥量下以 $PACl_{14}$ 直接加藥混凝後上澄液 pH 值及殘餘濁度的關係	- 74 -
圖 4-10	不同加藥量下以 $PACl_{21}$ 直接加藥混凝後上澄液 pH 值及殘餘濁度的關係	- 75 -
圖 4-11	不同加藥量下以 $PACl-Al_{13}$ 直接加藥混凝後上澄液 pH 值及殘餘濁度的關係區	- 75 -
圖 4-12	不同混凝劑直接加藥混凝後消耗鹼度的情形	- 76 -
圖 4-13	加藥量為 10^{-4} M as Al 時各個混凝劑濁度去除率與 pH 值的關係	- 78 -
圖 4-14	加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時各個混凝劑濁度去除率與 pH 值的關係	- 78 -
圖 4-15	不同 pH 值下各個混凝劑加藥量為 10^{-4} M as Al 時快混後顆粒界達電位的變化情形	- 80 -

圖 4-16	不同 pH 值下各個混凝劑加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時快混後顆粒界達電位的變化情形.....	- 80 -
圖 4-17	加藥量為 10^{-4} M as Al 時各個混凝劑之總矽去除率與 pH 值的關係.....	- 81 -
圖 4-18	加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時各個混凝劑之總矽去除率與 pH 值的關係.....	- 82 -
圖 4-19	加藥量為 10^{-4} M as Al 時各個混凝劑殘餘鋁濃度與 pH 值的關係.....	- 83 -
圖 4-20	加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時各個混凝劑殘餘鋁濃度與 pH 值的關係.....	- 84 -
圖 4-21	不同 pH 值下 Alum 加藥量為 10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 88 -
圖 4-22	Alum 加藥量為 10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 88 -
圖 4-23	不同 pH 值下 Alum 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 89 -
圖 4-24	Alum 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 89 -
圖 4-25	不同 pH 值下 PACl_{14} 加藥量為 10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 91 -
圖 4-26	PACl_{14} 加藥量為 10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 91 -
圖 4-27	不同 pH 值下 PACl_{14} 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 92 -
圖 4-28	PACl_{14} 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 92 -
圖 4-29	不同 pH 值下 PACl_{21} 加藥量為 10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 94 -
圖 4-30	PACl_{21} 加藥量為 10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 95 -
圖 4-31	不同 pH 值下 PACl_{21} 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 95 -
圖 4-32	PACl_{21} 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 96 -
圖 4-33	不同 pH 值下 PACl-Al_{13} 加藥量為 10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 98 -
圖 4-34	PACl-Al_{13} 加藥量為 10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 98 -
圖 4-35	不同 pH 值下 PACl-Al_{13} 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時上澄液殘餘濁度、界達電位與矽鋁移除比的關係.....	- 99 -
圖 4-36	PACl-Al_{13} 加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時不同 pH 值下的 FI 值.....	- 99 -
圖 4-37	加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時污泥的 Solid-state MAS ^{27}Al NMR 圖譜.....	- 102 -
圖 4-38	加藥量為 4×10^{-4} M as Al 時污泥的 XRD 圖譜.....	- 103 -

表 目 錄

表 2-1 鋁的各種水解聚合型態及平衡常數	- 6 -
表 2-2 水溶液中各種鋁型態的 ^{27}Al 化學位移	- 15 -
表 2-3 二氧化矽化學平衡常數 (@ 25 °C)	- 16 -
表 3-1 PlanerLite-4218 氧化層化學機械研磨液的基本特性	- 31 -
表 3-2 Solid-state MAS ^{27}Al NMR 的實驗操作條件	- 39 -
表 3-3 X-ray powder diffractometer 的實驗操作條件	- 39 -
表 3-4 顆粒平均粒徑量測的樣品濃度限制	- 49 -
表 4-1 各種混凝劑的總鋁濃度含量	- 55 -
表 4-2 不同混凝劑儲備溶液的鋁型態分佈情形	- 57 -
表 4-3 人工廢水的水質特性	- 70 -
表 4-4 各項混凝效能評估項目的綜合比較	- 85 -

