

經濟部工業局
電鍍業污染防治法規與
處理技術手冊

出版機關：  經濟部工業局

出版年月： 中華民國 103 年 12 月

序

工業乃是我國經濟發展之重點項目，舉凡各工業上中下游供應鏈等產品，均與人類日常生活密不可分，對於促進人類文明，其功厥偉。然其巨大產量附帶而來之水污染、空氣污染及固體廢棄物污染，若未能妥善而有效的處理，對環境造成之衝擊反成為文明人類之夢靨。

近年因環保議題日漸受到關注，民眾環保意識高漲，亦帶動工業供應鏈積極投入環保投資之觀念，經濟部工業局（以下簡稱本局）身為工業主管機關，除積極協助推動產業發展外，並透過產業綠色技術提升的各項輔導、宣導與推廣作為，協助產業推動相關污染防治技術等措施，以因應國際環保趨勢及提升產業競爭力，達到企業永續發展之目標。

本局積極輔導產業從減少原料、藥品損失、減少用水量、減少溢漏等綠色生產觀念之導入，並加強操作維護管理、製程改善等方面著手之外，更重要的是將污染防治納入內部成本(on-site costs)考慮，尤其在能源、藥品、原料和人工成本均上漲之今日，業者尤應如此，以期降低生產成本，保持產品品質與減少管末處理之污染負荷，來維持市場之競爭能力，並善盡維護環境品質之社會責任。

多年來，本局積極輔導產業界進行污染防治工作，早期即有編訂相關行業技術手冊供業者參考，惟考量部分行業近幾年製程更新、廢水處理方式與技術精進、以及因應環保法令趨嚴管理，特邀集業界相關專家學者，著手進行技術手冊彙編；並依產業污染特性增列常用之處理系統及相關異常對策案例，提供納管廠商參考應用。

本手冊編撰作業，感謝莊順興、蘇銘千、王雅玟委員與其他委員等參與編輯工作，並承蒙多位審查委員指導，使得本手冊得以順利編輯完成，謹致上最誠摯的謝忱。

經濟部工業局 謹誌
中華民國 103 年 12 月

目錄

第一章 前言	1-1
1.1 緣起	1-1
1.2 行業介紹	1-1
第二章 環保法規	2-1
2.1 廢水污染防治	2-1
2.1.1 水污染防治法及其相關法規重點摘要	2-1
2.1.2 常見違法案例說明	2-10
2.2 廢氣污染防制	2-13
2.2.1 固定污染源防制	2-14
2.2.2 常見空污違法案例說明	2-16
2.3 其他污染管制	2-18
2.3.1 廢棄物污染防制	2-18
2.3.2 土壤污染整治	2-25
第三章 製程與污染特性	3-1
3.1 製程概述	3-1
3.2 污染來源與特性	3-4
3.2.1 水污染來源與特性	3-4
3.2.2 空氣污染來源與特性	3-7
第四章 水污染防治處理技術	4-1
4.1 處理原理	4-1
4.1.1 物理處理	4-1
4.1.2 化學處理	4-1
4.1.3 生物處理	4-2
4.2 處理方法	4-4
4.2.1 物理方法	4-4
4.2.2 化學方法	4-12
4.2.3 生物方法	4-24
4.3 廠內管理與減廢	4-29
4.3.1 污染源清查	4-29
4.3.2 廠內管理	4-30
4.3.3 廠內回收及減廢	4-33
4.4 處理流程	4-42
4.4.1 氰系廢水	4-42
4.4.2 鉻系廢水	4-44
4.4.3 重金屬廢水	4-45

4.4.4	有機廢水.....	4-46
4.4.5	新穎技術廢水處理.....	4-47
第五章	空氣污染防制處理技術.....	5-1
5.1	處理原理.....	5-1
5.2	處理方法及流程.....	5-1
5.2.1	局部排氣系統.....	5-1
5.2.2	酸性氣體處理技術.....	5-13
第六章	污染防治處理設備之操作管理.....	6-1
6.1	處理設備操作與維護.....	6-1
6.1.1	污水處理設備操作與管理.....	6-1
6.1.2	空污處理設備操作與管理.....	6-23
6.2	處理單元之異常對策.....	6-31
6.2.1	水污染處理單元之異常對策.....	6-31
6.2.2	空污處理單元之異常對策.....	6-46
第七章	廢水處理案例介紹.....	7-1
7.1	案例一—A 廠.....	7-1
7.1.1	前言.....	7-1
7.1.2	製程及污染來源.....	7-1
7.1.3	製程原物料種類與使用量.....	7-2
7.1.4	污染特性.....	7-2
7.1.5	製程減廢回收.....	7-4
7.1.6	廢水處理.....	7-8
7.2	案例二—B 廠.....	7-9
7.2.1	製程及廢水處理現況.....	7-9
7.2.2	改善建議.....	7-13
7.3	案例三—C 廠.....	7-19
7.3.1	製程及廢水處理現況.....	7-19
7.3.2	改善建議.....	7-20
	參考文獻.....	i

圖目錄

圖 1.2-1	金屬表面處理業產業分布情形.....	1-3
圖 2.1.1-1	水污染防治法規架構圖.....	2-1
圖 2.1.1-2	水措計畫及許可申請之流程.....	2-3
圖 2.2-1	空氣污染防制法及相關子法架構圖.....	2-13
圖 2.3.1-1	廢棄物清理法及相關子法架構圖.....	2-18
圖 2.3.2-1	土壤及地下水污染整治法及相關子法之架構.....	2-25
圖 3.1-1	裝飾電鍍典型製程及污染來源.....	3-1
圖 3.1-2	工業電鍍典型製程及污染來源.....	3-2
圖 3.1-3	電子電鍍典型製程及污染來源.....	3-3
圖 3.1-4	塑膠電鍍典型製程及污染來源.....	3-3
圖 3.2.2-1	電鍍業製程.....	3-7
圖 4.2.1-1	快濾過濾池形式.....	4-5
圖 4.2.1-2	水中常見污染物與處理方法.....	4-7
圖 4.2.1-3	逆滲透膜之原理.....	4-9
圖 4.2.1-4	薄膜分離法流程(例).....	4-11
圖 4.2.1-5	電透析法原理圖.....	4-12
圖 4.2.2-1	電荷之中和.....	4-13
圖 4.2.2-2	架橋作用概念.....	4-13
圖 4.2.2-3	杯瓶試驗裝置.....	4-15
圖 4.2.2-4	混凝沉澱系統流程圖.....	4-16
圖 4.2.2-5	攪拌設備之形式.....	4-18
圖 4.2.2-6	去除懸浮物為主的三級處理流程.....	4-18
圖 4.2.2-7	凝聚反應槽：(1)槳板式(雙槽)；(2)螺旋式(單槽)攪拌器.....	4-18
圖 4.2.2-8	活性炭吸附裝置.....	4-20
圖 4.2.2-9	多段直列吸附槽.....	4-21
圖 4.2.2-10	臭氧注入方法.....	4-22
圖 4.2.3-1	批次式活性污泥法種類及操作程序.....	4-26
圖 4.2.3-2	(a)側流式(b)沉浸式 MBR.....	4-27
圖 4.2.3-3	接觸曝氣法去除 BOD 及 N 之模式示意圖.....	4-28
圖 4.2.3-4	接觸曝氣法各種曝氣方式.....	4-29
圖 4.4.1-1	二段式鹼氣法(次氯酸鈉)去除氰化物之處理流程.....	4-42
圖 4.4.1-2	二段式鹼氣法(高壓液態氣)去除氰化物之處理流程.....	4-43
圖 4.4.1-3	離子交換法去除氰化物之處理流程.....	4-44
圖 4.4.2-1	六價鉻還原之處理流程.....	4-44

圖 4.4.2-2	三價鉻及六價鉻之離子交換處理流程.....	4-45
圖 4.4.3-1	含重金屬廢水之處理流程圖.....	4-45
圖 4.4.4-1	接觸曝氣法之處理流程.....	4-46
圖 4.4.5-1	流體化床結晶法之反應槽示意圖.....	4-47
圖 5.2.1-1	吹出氣流與吸引氣流差異示意圖.....	5-2
圖 5.2.1-2	邊長比為 1：2 之矩形開口部吸引氣流之等速剖面圖.....	5-2
圖 5.2.1-3	簡單圓形開口氣罩.....	5-4
圖 5.2.1-4	簡單矩形開口氣罩.....	5-4
圖 5.2.1-5	錐式氣罩入口壓力損失係數.....	5-7
圖 5.2.1-6	直葉型風車.....	5-12
圖 5.2.1-7	曲葉型風車.....	5-12
圖 5.2.1-8	環型風車.....	5-12
圖 5.2.1-9	風車選用.....	5-13
圖 5.2.2-1	填充洗滌塔廢氣處理系統.....	5-16
圖 5.2.2-2	濕式洗塵器的除塵原理.....	5-18
圖 5.2.2-3	流動床洗塵器之收集效率與微粒粒徑(Dp)的關係.....	5-19
圖 5.2.2-4	多孔平板洗滌器.....	5-20
圖 5.2.2-5	泡罩之衝擊表面詳圖.....	5-21
圖 5.2.2-6	典型文氏洗滌器.....	5-22
圖 5.2.2-7	可變喉口之文氏洗滌器.....	5-23
圖 5.2.2-8	衝擊噴水式噴頭及螺旋式噴頭.....	5-24
圖 5.2.2-9	簡單之噴霧塔.....	5-25
圖 5.2.2-10	除霧器.....	5-26
圖 6.1.1-1	板框壓濾式污泥脫水機.....	6-15
圖 6.1.1-2	板框壓濾式脫水機操作程序.....	6-15
圖 7.1.2-1	A 廠製造流程.....	7-1
圖 7.1.4-1	A 廠廢水分類收集系統.....	7-3
圖 7.1.5-1	A 廠流體化床電解回收設備處理流程.....	7-4
圖 7.1.5-2	A 廠節能措施處理流程.....	7-7
圖 7.1.6-1	A 廠廢水處理流程.....	7-8
圖 7.2.1-1	B 廠主要製程流程.....	7-10
圖 7.2.1-2	B 廠廢水處理流程.....	7-12
圖 7.3.1-1	C 廠電鍍製程與污染來源.....	7-19
圖 7.3.2-1(a)	C 廠鍍鎳水洗水離子交換處理流程.....	7-22
圖 7.3.2-1(b)	C 廠鍍黃銅水洗水離子交換處理流程.....	7-22
圖 7.3.2-1(c)	C 廠鉻系水洗水離子交換處理流程.....	7-23
圖 7.3.2-2	C 廠製程廢水回收處理流程.....	7-23

表目錄

表 1.2-1	表面處理主要製品關聯產值.....	1-2
表 2.1.1-1	專責人員類別規定彙整表.....	2-3
表 2.1.1-2	電鍍業一般管制項目及限值.....	2-5
表 2.3.1-1	電鍍業製程有害事業廢棄物.....	2-19
表 2.3.2-1	土壤及地下水污染整治法裁罰基準案例.....	2-32
表 3.2.1-1	電鍍廢水各類污染物主要來源.....	3-4
表 3.2.1-2	不同製程電鍍業廢水污染濃度.....	3-5
表 4.1.1-1	污水處理廠物理處理單元預期操作功能.....	4-1
表 4.1.2-1	污水處理廠化學處理單元基本原理.....	4-2
表 4.1.3-1	廢水生物處理基本程序.....	4-3
表 4.2.1-1	薄膜處理程序及其特性.....	4-6
表 4.2.1-2	各種薄膜之過濾特性.....	4-7
表 4.2.1-3	各種膜的分離去除特性.....	4-7
表 4.2.1-4	薄膜處理水水質.....	4-9
表 4.2.2-1	常用的混凝劑種類及特性.....	4-14
表 4.2.2-2	各類型高分子助凝劑的適用範圍.....	4-15
表 4.2.3-1	一般活性污泥法設計參數.....	4-25
表 4.3.3-1	原物料改善方法.....	4-36
表 4.3.3-2	電鍍槽液內雜質之粒徑分布.....	4-37
表 4.3.3-3	鹼性脫脂劑之主要成、污染項目及注意事項.....	4-39
表 4.3.3-4	酸性脫脂劑之主要成分、污染項目及注意事項.....	4-39
表 4.3.3-5	典型無氰化物鍍鋅浴成分與操作條件.....	4-40
表 4.3.3-6	低污染性或低毒性之電鍍製程.....	4-41
表 5.2.1-1	不同污染源狀態下之捕捉速度.....	5-3
表 5.2.1-2	不同邊比 r 之 b 值.....	5-5
表 5.2.1-3	氣罩入口之壓力損失.....	5-6
表 5.2.2-1	平板洗滌器之操作特性.....	5-21
表 5.2.2-2	文氏洗滌器之操作特徵.....	5-24
表 5.2.2-3	噴霧塔之操作特徵.....	5-26
表 6.1.1-1	帶壓脫水設備之特性.....	6-13
表 6.1.1-2	泵浦之構造分類.....	6-22
表 6.1.1-3	泵浦用途分類及使用材質.....	6-22
表 6.1.2-1	吸收設備維護、保養及功能查核要點.....	6-30
表 6.2.1-1	化學沉降/混凝沉澱設施之維護檢查項目.....	6-31

表 6.2.1-2	過濾系統異常現象及對策.....	6-32
表 6.2.1-3	膜分離之異常現象及對策.....	6-33
表 6.2.1-4	活性污泥異常現象之主要原因及其對策.....	6-34
表 6.2.1-5	絲狀微生物膨化原因及防治.....	6-36
表 6.2.1-6	板框壓濾式脫水機異常主要原因及對策.....	6-38
表 6.2.1-7	帶濾式污泥脫水機異常對策.....	6-38
表 6.2.1-8	電磁流量計常見的故障與排除.....	6-39
表 6.2.1-9	超音波流量計常見的故障與排除方法.....	6-40
表 6.2.1-10	渦輪式流量計常見的故障與排除方法.....	6-41
表 6.2.1-11	pH 監測計、ORP 監測之故障原因及處置方法.....	6-41
表 6.2.1-12	溶氧計常見的故障與排除方法.....	6-43
表 6.2.1-13	液位計常見的故障與排除方法.....	6-44
表 6.2.1-14	泵浦故障原因及對策.....	6-44
表 6.2.2-1	異味處理系統失效可能原因及緊急應變整備方案.....	6-46
表 7.1.3-1	A 廠製程原物料種類與使用量.....	7-2
表 7.1.4-1	A 廠廢水水質.....	7-3
表 7.1.5-1	A 廠大氣蒸發濃縮設備設計、操作基準.....	7-5
表 7.1.5-2	A 廠大氣蒸發濃縮設備效益評估.....	7-6
表 7.1.6-1	A 廠廢水處理廠之設計水量及水質.....	7-8
表 7.2.1-1	B 廠主要原料及產品之使用量、產量統計.....	7-9
表 7.3.1-1	C 廠製程廢水種類及特性.....	7-20
表 7.3.1-2	C 廠綜合廢水水質.....	7-20
表 7.3.2-1	C 廠設計廢水量及廢水水質.....	7-20

第一章 前言

1.1 緣起

工業乃是我國經濟發展之重點項目，舉凡各工業上中下游供應鏈等產品，均與人類日常生活密不可分，對於促進人類文明，其功厥偉。然其巨大產量附帶而來之水污染、空氣污染及固體廢棄物污染，若未能妥善而有效的處理，對環境造成之衝擊反成為文明人類之夢靨。

近年來，因環保議題日漸受到關注，民眾環保意識高漲，亦帶動工業供應鏈積極投入環保投資之觀念，從減少原料、藥品損失、減少用水量、減少溢漏等綠色生產觀念之導入，並加強操作維護管理、製程改善等方面著手之外，更重要的是將污染防治納入內部成本(on-site costs)考慮，尤其在能源、藥品、原料和人工成本均上漲之今日，業者尤應如此，以期降低生產成本，保持產品品質與減少管末處理之污染負荷，來維持市場之競爭能力，並善盡維護環境品質之社會責任。

台灣地區由於地狹人稠，任何污染問題若未能積極謀求改善，勢必對周遭環境造成極大的影響，因而尤應改變以往經濟發展重於環境保育之心態，著手進行污染防治工作，以為後代子孫留下一片乾淨之青山綠水。

爰此，本手冊彙整相關環保法規的修訂情形，及產業易產生污染之處理技術，編撰「電鍍業污染防治法規與處理技術手冊」，彙整常見及新穎之防治技術內容及案例說明，供產業污染防治之參考使用。

1.2 行業介紹

「表面處理」是產品在商品化前的一種加工技術，主要為達成二個目的：一是裝飾性目的，為增加產品的美觀性與獨特性，多用於手機等民生用品上；二是功能性目的，為附加或提升產品機械性質及物理化特性，如耐蝕、耐磨耗等，亦可使材料具有特殊表面性質，如導電性、光學性、焊接性等，多用於工業產品上。而加工的對象，從傳統產業到高科技工業、從以前的金屬表面到現在的塑膠、非金屬產品表面都有，可以說是「產品

的美容師」。

而金屬製品業之產品種類繁多，各類產品的生產流程包含眾多個別製程，如仔細加以歸納，其製程大致可分為三大部分：第一部分為金屬機械加工，包括車、鑽、銑、磨、裁剪、切削、焊接、成型、鍛造等；第二部分為達到預期材料使用目的及環境所施予之熱處理；第三部分則是為達到防鏽或美觀等目的所做的表面處理，包括前處理、塗裝(含刷、噴、浸等)、電鍍、無電鍍(化學鍍)、陽極處理、熱浸鍍鋅等。任何金屬製品的製造大都經過此三道程序，但由於產業特性使然，鮮少工廠同時涵蓋此三道製程，大都將熱處理及表面處理兩部分外包委託專業廠商加工。

表面處理的技術應用：電鍍處理業占49.9%、塗裝處理業占17.7%、熱處理業占13.3%、其他技術如：陽極處理、真空蒸鍍、微弧氧化等占19.1%。根據2012年金屬工業研究發展中心產業研究組整理，金屬表面處理產業廠商數約為1,320家，在金屬製品業中排名位居第一位；就業人數28,383人，在金屬製品業中排名第2位。金屬表面處理業產業分布情形如圖1.2-1。

金屬表面處理業出口比例達51%，顯示金屬表面處理業在國際市場頗具相當競爭力；但其進口依存度僅達17%，顯示國內供應體系完整，且近年來業者致力於高值化的成果不斐。金屬工業研究發展中心2012年統計，表面處理主要製品關聯產值規模如表1.2-1所示，其分析發現下列關連產值中約有25%為表面處理產業之貢獻。

表 1.2-1 表面處理主要製品關聯產值

產業別	產品例	產品產值
民生休閒用品	金屬傢俱、家電、高爾夫球頭等	2,959 億元
汽車金屬零組件	鍛造件、鑄造件、沖壓件、汽車鋁輪圈	1,843 億元
機械零組件	軸承、齒輪、閥	1,939 億元
3C 光電	殼件、壓鑄件、沖壓件、印刷電路板	1,290 億元
金屬扣件	螺絲、螺帽等	916 億元
金屬建築結構及組件	鋼結構、金屬浪板	664 億元
一般手工具	扳手類、銼鉗類、鋸類	462 億元
金屬模具	3C 產品模具、光電產品模具、汽車零件 模具、金屬製品模具	538 億元
刀具	切削刀具、鑽頭	62 億元
	合計	10,664 億元



資料來源：金屬工業研究發展中心

圖 1.2-1 金屬表面處理業產業分布情形

第二章 環保法規

本章特針對電鍍業之環保法規如水污染防治法、空氣污染防治法、廢棄物清理法與土壤及地下水整治法，就其相關法規分析，且將近日修正之裁處不法利得的作業要點與裁罰基準或裁罰準則詳細說明，並列舉違反相關案例。

2.1 廢水污染防治

電鍍業產生之廢水應依循其廢水特性完整規劃及處理，並應遵循水污染防治法及其相關法規辦法，確實處理與管理，以達到污染防治與環境保護之目的。本節彙整現行與電鍍業相關之水污染防治法規架構、說明及常見違法案例。

2.1.1 水污染防治法及其相關法規重點摘要

彙整水污染預防與管理之相關法規，架構如圖 2.1.1-1，以水污染防治法為法源，含括水污染排放標準和各項管理辦法等法規命令。



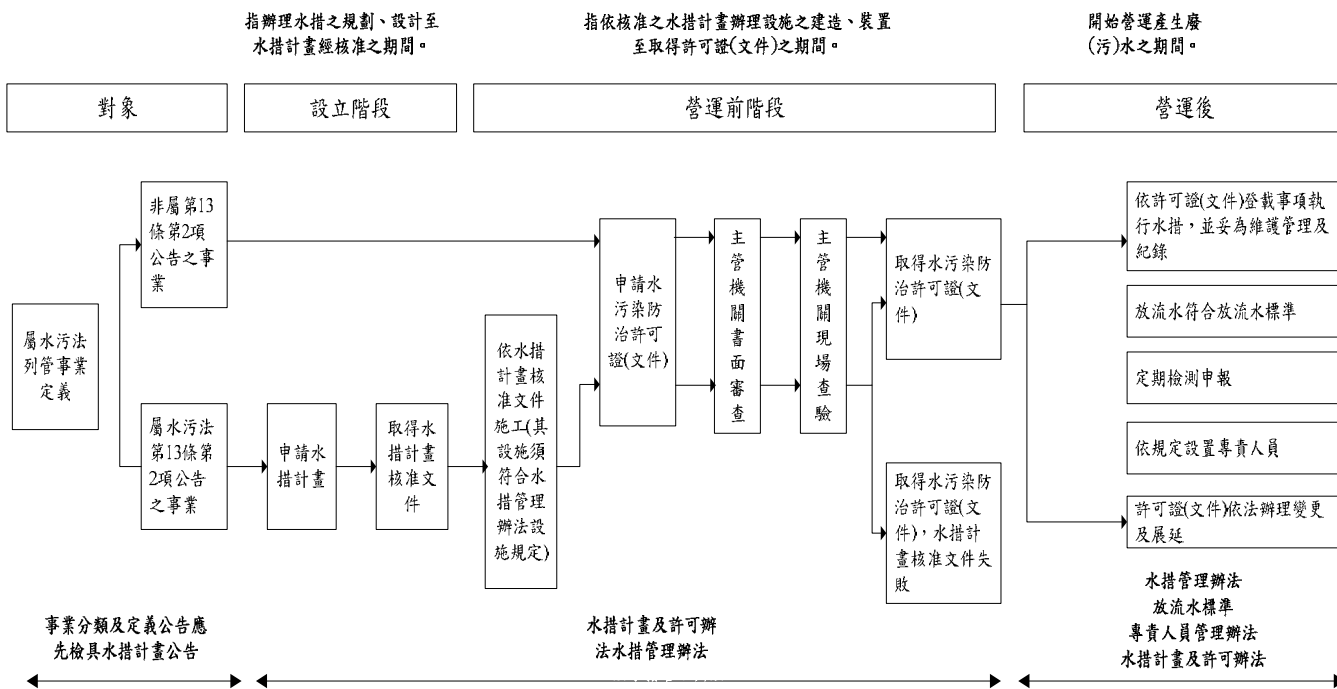
圖 2.1.1-1 水污染防治法規架構圖

依水污染防治法規定，事業於設立或變更前應先檢具水污染防治措施計畫及相關文件，送當地主管機關審查核可後，發給排放許可證。既設事業須申請排放許可，對於污染工程改善計畫書需經專業技師簽證。排放許可證之有效期限為 5 年，期滿仍繼續使用者，應自期滿 6 個月前起算 5 個月之期間內，向當地主管機關申請核准展延。每次展延不得超過 5 年。

依事業特性設置水污染防治設備，正常運作排放廢(污)水須符合放流水標準外，應依廢(污)水特性及產生量設置專責人員、定期申報廢(污)水處理設施之操作、放流水質水量之檢驗測定、用水及用電紀錄及其他有關廢(污)水處理之文件。

一、水污染防治措施計畫及許可申請

『水污染防治措施計畫及許可申請審查辦法』依污染防治法第 13 條第 3 項、第 4 項、第 14 條第 3 項、第 19 條準用第 14 條及第 20 條第 2 項規定訂定之。詳列事業的申請程序與應附文件資料，另根據排放量及擬排水體種類而申請排放許可。此外若申請採用土壤處理、回收使用等，均依本辦法之內容備妥文件申請。申請水措計畫及許可申請之流程如圖 2.1.1-2。



資料來源：江育德，2014

圖 2.1.1-2 水措計畫及許可申請之流程

二、廢水處理專責人員

事業設有水污染防治設備，則應須參照『環境保護專責單位或人員設置及管理辦法』，應依廢(污)水特性及產生量決定須設置專責單位、甲級或乙級專責人員。事業需設置專責人員之目的，係專責協助事業及污水下水道系統辦理廢污水處理、操作、維護、記錄、申報、改良及其他相關工作，間接減少污染情事發生。而其規模及專責人員類別如表 2.1.1-1 所示。

表 2.1.1-1 專責人員類別規定彙整表

廢(污)水特性規模及產生量	排放一般物質	排放有害物質
應設專責單位之水量規模	> 5,000 (CMD)	> 1,000(CMD)
應設甲級專責人員	2,000 ~ 4,999 (CMD)	200 ~ 999 (CMD)
應設乙級專責人員 (委託處理或納入下水道系統)	100 ~ 1,999 (CMD) (> 300 CMD)	< 199 (CMD) (> 100 CMD)

三、操作、檢測及申報管理

事業應設有功能足夠的水污染防治設備且需正常運作，定期檢修各單元機械設備運作功能是否正常，定期實施保養及適時維修，並依據『水污染防治措施及檢測申報管理辦法』的各項規定，作成紀錄保存3年以備查閱。

廢水管制範疇包含作業廢水、洩放廢水、未接觸的冷卻水及逕流廢水，對逕流廢水之削減規定也應依本法申報。各項水措應定期檢查申報，申報內容包含：服務規模、廢水產生量及水質、處理水量及水質、使用藥劑、處理單元操作參數、操作方式、每月操作維護費、專用電錶電量、污泥產生量等資料。排放地面水體者應申報排放廢水水量及水質、流量計每月讀數及校正維護情形等。若回收及貯留須申報如每月回收使用水量、水質及進流端流量計校正維護情形。

原廢水質採每6個月檢測一次；排放地面水體者設有專責單位或甲級專責人員應每3個月檢測一次，應設置乙級專責人員或免設置專責人員者僅需每6個月檢測一次。

納管下水道系統者為每6個月檢測一次，但若下水道主管機關另有規定則需依其規定辦理。申報頻率依其規定每季或每6個月檢測一次；每半年或每年申報辦理。若遇緊急疏漏致污染水體之虞，應採緊急措施且事件發生後3小時內通報，應變後10日內提報緊急應變記錄及處理報告。

四、放流水標準

電鍍業之水污染排放標準依其放流水體之差異可分為，放流水標準、海洋放流管線放流水標準、地面水體分類、水質標準和事業特別訂定之標準，本節僅對放流水標準予以說明。至於地面水體分類及水質標準依個案而異，本節不再另述。

電鍍業一般管制項目如表 2.1.1-2 所示，說明管制項目及其限

值，但特定區域另定有排放標準者，依其規定。

表 2.1.1-2 電鍍業一般管制項目及限值

管制項目	最大限值
水溫	1.攝氏 38 度以下(適用於 5 月至 9 月)。 2.攝氏 35 度以下(適用於 10 月至翌年 4 月)
pH	6.0 ~ 9.0
COD	100
SS	30
鎘	0.03
鉛	1.0
總鉻	2.0
六價鉻	0.5
銅	3.0
鋅	5.0
銀	0.5
鎳	1.0
其他特定項目	請參考「放流水標準」(中華民國 103 年 1 月 22 日行政院環境保護署環署水字第 1030005842 號令修正發布第 2 條條文)

註：除水溫及 pH 外，其他水質項目之單位為 mg/L。

五、其他相關辦法應分別符合其規定辦理

(一)土壤處理

- 1.事業若採土壤處理則依水污染防治法第 24 條事業或污水下水道系統產生之廢(污)水，應經前處理至符合土壤處理標準，始得採行土壤處理。
- 2.其土壤處理設施之詳細標準請參照水污染防治措施及檢測申報管理辦法第 24 條。
- 3.第 28 條事業或污水下水道系統採土壤處理者，應於排放廢(污)水於土壤前，設置採樣口，採樣口之詳細規範請參照水污染

防治措施及檢測申報管理辦法第 28 條所列之規定。

(二)回收使用

- 1.事業或污水下水道系統產生之廢(污)水，應處理至符合放流水標準始得回收使用，並於回收使用前，設置採樣口。但作為洗滌塔或其他污染防治設備、製程之用，不在此限。
- 2.回收使用作為沖洗作業環境內辦公場所、員工宿舍及其他活動場所之室內用水，應符合建築物污水處理設施之放流水標準。前項回收使用之廢(污)水應避免與人體接觸影響健康。
- 3.回收使用廢(污)水者，應於廢(污)水產生及處理後，設置獨立專用累計型水量計測設施；回收前，設置回收使用之獨立專用累計型水量計測設施。

(三)自動監測(視)及連線傳輸

事業及污水下水道系統依前條設置之水量、水質自動監測設施、攝錄影監視設施及連線傳輸設施，其種類、設置位置及自動監測項請參照污染防治措施及檢測申報管理辦法第106條第1項之規定。

六、違反水污染防治法

(一)違反水污染防治法罰鍰額度裁罰準則

- 1.依水污染防治法第 66 條之 1 規定訂定，罰鍰額度除依附表所列情事裁處外，依行政罰法第 18 條第 1 項規定，應審酌違反本法義務行為應受責難程度、所生影響及因違反本法義務所得之利益，並得考量受處罰者之資力。
- 2.若排放廢(污)水有嚴重影響人體健康卻未立即採緊急應變措施因而致人於死者、不實申報或虛偽記載者、無證排放廢水有害健康物質超過放流水標準者等，其數刑罰得判無期徒刑、有期徒刑、拘役、罰金。

- 3.排放廢水超過放流水標準者、未依法取得許可證者、繞流排放者等採行政罰，得處以 60 萬元以下罰鍰、屆期未改按日連罰、命停工停業、廢止許可證。

(二)新近裁罰修正重點

- 1.針對限期改善取消所有違規均給予限期的規定，修改為有必要者方給予改善期限，且改善期間以未進行污染改善及控管，致違規原因持續或更形惡化作為判定處分原則，按日連續處罰起始日也修正為限期改善屆滿之翌日。
- 2.有關違規改善之檢具文件，修正為需就違規原因改善，且違規原因改善證明文件須經專責人員或技師認證。
- 3.在罰鍰額度上納入不當利得的考量，也就是罰鍰額度應依附表所列情事裁處外，依行政罰法第 18 條第 1 項規定，應審酌違反本法義務行為應受責難程度、所生影響及因違反本法義務所得之利益，並得考量受處罰者之資力。
- 4.此外修正限改期間若未進行污染及控管，導致違規行為持續甚至惡化者，得依違規行為按次處罰，以確保改善期間被視為法律假期的誤解。

(三)不法利得：水污法作業要點及裁罰準則

重大違反環境法案件，常伴隨著依法應支出而未支出之防治(制)措施成本，這些應支出而未支出之成本，遠遠超過環境法上罰鍰最高額，而應支出而未支出的成本與行政罰鍰二者之間價差即為不法利得。

以往環境執法習慣採行管末採樣、檢驗，並與各項標準相較，藉以判定是否違法；此方式欠缺查核深度，難以發現違法及不法利得的全面貌，造成稽查處分率偏低；又，即便查獲違法，僅依環境法規定裁處罰鍰，受法定罰鍰範圍限制，無法追

繳因違法所受不法利得。故現行以深度稽查亟需採具經濟制裁功能之行政裁罰手段，以污染者惡意污染之所得利益，加以加重罰鍰或追繳。

1.違反水污染防治法裁處不法利得稽查及裁處作業要點(101年1月13日修正)

- 一、為強化水污法對事業及工業區專用污水下水道系統稽查及裁處執法工作。
- 二、主管機關查核比對認定事業或下水道系統有功能不足、未正常操作或繞流排放之虞時，應依本作業要點辦理稽查及裁處。
- 三、主管機關派員稽查事業或下水道系統檢查廢(污)水處理設施各項處理單元。
- 四、前點檢查結果，有任何未依照規定者，稽查人員予以詳細記錄相關事實與判斷於稽查紀錄後，應採樣檢測事業或下水道系統之放流水水質。
- 五、主管機關於稽查現場已確認前項處分之事實證據者，於現場作成限期改善處分之通知書，核給改善期間，並告知其應檢具完成改善之相關證明文件。
- 六、採樣檢測放流水之結果不符合放流水標準時，應通知事業或下水道系統，於15日內，陳述並佐證不符合放流水標準之原因。

2.違反水污染防治法罰鍰額度裁罰準則(97年5月13日)

第1條 本準則依水污法第66條之1規定訂定之。

第2條 違反水污法規定者，罰鍰額度除依附表所列情事裁處外，依行政罰法第18條第1項規定，應審酌違反水污法義務行為應受責難程度、所生影響及因違反水污法義務所得之利益，並得考量受處罰者之資力。

第 3 條 一行為違反水污法數個規定，應依法定罰鍰額最高之規定及附表所列情事計算罰鍰額度裁處之。

根據違反水污染防治法罰鍰額度裁罰準則，違法規定者將依照各類情形來決定罰鍰金額，其包括污染源規模或類型、違規紀錄、承受水體或環境類型、其他等，以下列舉出 3 類常見的違法事項：(1)排放廢(污)水不符合放流水標準；(2)疏漏污染物或廢(污)水至水體；(3)處理設施未維持正常操作，依據附表 1 所列之類別彙整列舉說明如下：

- (1)違反水污法第 7 條第 1 項，事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施排放廢(污)水不符合放流水標準，若事業或污水下水道系統為應設置環境保護專責單位者，處 9 萬元以上 12 萬元以下；排放之廢(污)水中任一污染物最高濃度為放流水標準限值 6 倍以上者，處 12 萬元以上 36 萬元以下；自本次違反之日起，往前回溯 6 個月內違反相同條款次數乘以 6 萬元；排放廢(污)水之承受水體屬地面水體分類甲類水體水系，處 6 萬元以上 8 萬元以下；繞流排放廢(污)水者，處 12 萬元以上 36 萬元以下。全部罰鍰金額為 6 萬元以上，60 萬元以下。
- (2)違反水污法第 28 條第 1 項，事業或污水下水道系統疏漏污染物或廢(污)水至水體之虞者，應採行緊急應變措施，若事業或污水下水道系統為應設置環境保護專責單位者，處 18 萬元以上 24 萬元以下；疏漏污染物或廢(污)水有不符合放流水標準時，處 6 萬元以上 18 萬元以下；自本次違反之日起，往前回溯 6 個月內違反相同條款次數乘以 6 萬元；排放廢(污)水之承受水體屬地面水體分類甲類水體水系，處 6 萬元以上 8 萬元以下；未通報且未採取緊急應變措施者，處 9 萬元以上 12 萬元以下。全部罰鍰金額為 1

萬元以上，60 萬元以下。

- (3)違反水污染防治措施及檢測申報管理辦法第 14 條，廢(污)水(前)處理設施未維持正常操作，若事業或污水下水道系統為應設置環境保護專責單位者，處 9 萬元以上 12 萬元以下；排放之廢(污)水中任一污染物最高濃度為放流水標準限值 6 倍以上者，處 12 萬元以上 36 萬元以下；自本次違反之日起，往前回溯 6 個月內違反相同條款次數乘以 6 萬元；排放廢(污)水之承受水體屬地面水體分類甲類水體水系，處 6 萬元以上 8 萬元以下；屬於廢(污)水或污泥處理設備功能不足者，處 30 萬元以上。全部罰鍰金額事業為 1 萬元以上，60 萬元以下；污水下水道系統為 6 萬元以上，60 萬元以下。

2.1.2 常見違法案例說明

經統計電鍍業常見水污染防治違反案例，主要以違反超過放流水標準、處理設施功能不足、處理設施未正常操作或維護保養、管線及設備標示不清、繞流偷排、未妥善取得操作許可或擅自變更、未設置符合資格之專責人員及因突發事故或輸送或貯存設備有疏漏致污染水體而未及時通報等。以下分別說明：

- 一、排放水質超出放流水標準、處理設施功能不足或未正常操作與妥善維護，常見因設施未維持正常操作、處理設施功能不足等問題，所造成發生排放水質超過放流水標準時，根據調查最常發生排放水質超標的項目為 COD、Cr 及 Ni，根據水污法第 7 條第 1 項一事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施，排放廢(污)水於地面水體者，應符合放流水標準。得依水污法第 40 條事業或污水下水道系統：處新臺幣 6 萬元以上 60 萬元以下罰鍰，並通知限期改善，屆期仍未完成改善者，按日連續處罰；情節重大者，得命其停工

或停業；必要時，並得廢止其排放許可證、簡易排放許可文件或勒令歇業。

若因處理設施功能不足導致污染水體事件，則違反「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第 12 條一廢(污)水(前)處理設施應具備足夠之功能及設備。

此外，未正常操作與妥善維護也是常見之違規情形，其法源依據為「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第 14 條一廢(污)水(前)處理設施，應維持正常操作，定期實施保養及適時維修，並作成紀錄，保存 3 年，以備查閱。

二、設施、管線標示不清或未設置放流口告示牌及流量計根據「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第 50 條一事業或污水下水道系統設置之下列水污染防治設施及管線，應清楚標示其名稱與管線內流體名稱及流向。此外，第 53 條一事業或污水下水道系統之放流口應符合設置位置、明確告示牌及獨立專用放流水錶等規定。

三、排放許可的申請、變更或其他違反事項

常見因排放現況與原登記不符的狀況，違反第 14 條第 2 項：前項登記事項有變更時，非於中央主管機關所定期限內辦理變更登記，其排放廢(污)水，不得與原登記事項牴觸。得根據第 45 條處新臺幣 1 萬元以上 60 萬元以下罰鍰，並通知限期補正，屆期仍未補正者，按次處罰。

若發現無許可排放或違反許可登記事項，則違反水污法第 14 條第 1 項及第 2 項規定一事業排放廢(污)水於地面水體者，應向直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之機關申請，經審查登記，發給排放許可證或簡易排放許可文件後，始得排放廢(污)水。並得依第 45 條違反第 14 條第 1 項，處新臺幣 6 萬元以上 60 萬元以下罰鍰，並通知限期補正，屆期仍未補正者，按次處罰。

四、繞流偷排、未經許可貯留廢水、輸送或貯存設備有疏漏致污染水體而未及時通報前者違反「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第 52 條第 1 項—事業或污水下水道系統應以核發機關許可之放流口排放。但緊急情形非以繞流排放，不足以搶救人員或處理設施者，不在此限。若未經許可貯留廢水，應依第 20 條第 1 項：事業或污水下水道系統貯留或稀釋廢水，應申請直轄市或縣(市)主管機關許可後，始得為之。得依第 48 條處新臺幣 3 萬元以上 30 萬元以下罰鍰，並通知限期補正或完成改善，屆期仍未補正或完成改善者，按日連續處罰。

若因疏漏導致污染水體，根據水污法第 28 條第 1 項—事業或污水下水道系統設置之輸送或貯存設備，有疏漏污染物或廢(污)水至水體之虞者，應採取維護及防範措施；其有疏漏致污染水體者，應立即採取緊急應變措施，並於事故發生後 3 小時內，通知當地主管機關。

五、未確實設置專責人員

產業設有污染防治設施且符合需設置各級專責人員，但未確實設置則違反第 21 條第 1 項：事業或污水下水道系統應設置廢(污)水處理專責單位或人員。須處以新臺幣 1 萬元以上 10 萬元以下罰鍰，並通知限期補正或改善，屆期仍未補正或完成改善者，按日連續處罰。

六、不法利得

為遏止事業規避水污染防治責任，因此訂定違反水污法裁處不法利得稽查及裁處作業要點，說明如下：

- (一)當不法利得低於法定最高罰鍰額度者：依「裁量基準」或「裁罰準則」該罰鍰逾法定罰鍰最高額者，以法定罰鍰最高額裁處之。未達法定罰鍰最低額者，以法定罰鍰最低額裁處之。

(二)當不法利得高於法定最高罰鍰額度者：以不法利得裁處之。

例如○○公司為污水廠代操作廠商，每日處理污水總量30,000多噸，但因處理容量功能不足，自94年9月起每日僅處理15,000噸，其餘污水都暫存於調勻池，至傍晚再經由私自埋設地下管線偷排入海。

依據行政罰法第20條，以污泥產生量、清運量、儲存量，計算短少污泥量，以此換算為未妥善處理的廢污水量，乘以每噸廢水收費金額，計算不法利益裁罰○○公司。

此外，查獲桃園縣○○公司未經核准排放廢污水於雨水下水道，經舉證函送桃園縣政府環保局於101年9月10日及11月14日依違反水污法裁處1萬元及3萬元罰鍰。

2.2 廢氣污染防治

電鍍業之空氣污染排放標準和處理辦法、管制架構如圖 2.2-1。



圖 2.2-1 空氣污染防治法及相關子法架構圖

2.2.1 固定污染源防制

空氣污染防制法(以下簡稱空污法)為空氣污染相關法規之法源依據，本手冊僅針對事業需遵守的固定污染源為說明討論的內容。分別就固定污染源防制、空氣品質及裁處規定，詳細說明如後。

典型電鍍製程包括脫脂、酸洗、電鍍及乾燥等程序，主要空氣污染產生源為脫脂、酸洗及電鍍程序，其所產生之空氣污染物主要為酸鹼性氣體或霧滴，經呼吸途徑進入人體之呼吸系統，因這些霧滴粒徑細小且具腐蝕性，故易對人體造成嚴重之傷害，惟其排放與整體空氣品質影響範圍甚微，因此若電鍍廠規模極大，本身具有熱源提供乾燥製程，可能需要注意之法規簡單說明如下。

一、空氣污染排放標準

電鍍業之非特定行業之排放標準為固定污染源空氣排放標準管理辦法，其重點如下：

適用於新設立或變更、或既存之固定污染源(分別簡稱為新污染源、既存污染源)；其標準可參考『固定污染源空氣排放標準』之附表 1、附表 2。但特定業別、區域或設施另訂有排放標準者，應優先適用該標準。

二、違反空污法

若違反空污法第 32 條第 1 項，未立即採取緊急應變措施或不遵行主管機關依第 32 條第 2 項所為之命令，因而致人於死者，處無期徒刑或 7 年以上有期徒刑，得併科新臺幣 500 萬元以下罰金；致重傷者，處 3 年以上 10 年以下有期徒刑，得併科新臺幣 300 萬元以下罰金；致危害人體健康導致疾病者，處 5 年以下有期徒刑，得併科新臺幣 200 萬元以下罰金。

其他違反規定之裁處則依『公私場所違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則』、『違反空氣污染防制法按日連續處罰執行

準則』之各項規定辦理。

三、不法利得

公私場所違反空氣污染防治法應處罰鍰額度裁罰準則(102年3月4日修正)

第1條 本準則依空污法第75條第2項規定訂定之。

第2條 本準則適用於公私場所之固定污染源及檢驗測定機構違反空污法時應處罰鍰之裁罰。

第3條 違反空污法各處罰條款，除空污法另有規定者外，以附表所列之裁罰公式計算應處罰鍰。但經主管機關認定，屬空污法第82條各款規定情節重大情形之一者，得以該處罰條款之最高罰鍰裁罰。

主管機關裁處時，除依前項規定計算罰鍰額度外，並應依行政罰法第18條第1項規定，審酌違反空污法上義務行為應受責難程度、所生影響及因違反空污法義務所得之利益，並得考量受處分者之資力，予以論處。

根據公私場所違反空氣污染防治法應處罰鍰額度裁罰準則，違法規定者將依照各類情形來決定罰鍰金額，包括污染程度、危害程度、污染特性等，以下列舉出2類常見的違法事項：(1)排放污染物未符合排放標準；(2)防制設施或監測設施未正常運作，說明如下。

- (1)違反空污法第20條第1項，排放污染物未符合排放標準，若事業排放粒狀污染物不透光率排放濃度超過排放標準之程度達450%者，係數為3.0；超過排放標準之污染物屬毒性污染物者，係數為1.5；違反空污法發生日(含)前1年內違反相同條款累積次數，其全部罰鍰金額為3.0乘以

1.5 乘以次數再乘以 10 萬元(非工商廠、場為 2 萬元)。

(2)違反空污法第 23 條第 1 項，未維持防制設施或監測設施正常運作，若事業之防制設施或監測設施應運作而未運作者，係數為 2.0；未正常運作之防制設施係用於抑制或減少毒性污染物者，係數為 1.5；違反空污法發生日(含)前一年內違反相同條款累積次數，其全部罰鍰金額為 2.0 乘以 1.5 乘以次數再乘以 10 萬元(非工商廠、場為 2 萬元)。

2.2.2 常見空污違法案例說明

經統計電鍍業常見空氣污染防制違反案例，主要以違反空氣污染排放標準(空污法第 20 條)、空氣污染防制設施或監測設施沒有正常運作(空污法第 23 條)、固定污染源新增或變更場內設施未依規定申請(空污法第 23 條)、違反各級防治區內之總量管制行為(空污法第 31 條)與公私場所之固定污染源因突發事故，大量排放空氣污染物時(空污法第 32 條)，為常見的違反事項，以下分別說明。

一、違反空氣污染排放標準

空污法第 20 條公私場所固定污染源排放之空氣污染物，應符合排放標準(固定污染源空氣污染物排放標準)。另依特定業別、設施、污染物項目擬訂個別較嚴之排放標準。(例如：光電材料及元件製造業空氣污染物排放標準)。

因此其改善注意事項可由原物料、燃料及產品量應依許可核定量操作，不可超出許可核定量。污染防制設備應正常有效操作，避免產生大量溢散。同時平日需注意設備及維護與保養，並確實做好維修保養記錄及內部管理稽核作業，確保設備正常運作避免違反排放標準。

二、空氣污染防制設施或監測設施未正常運作

公私場所應有效收集各種空氣污染物，並維持其空氣污染防

制設施或監測設施之正常運作；其固定污染源之最大操作量，不得超過空氣污染防制設施之最大處理容量。固定污染源及其空氣污染物收集設施、防制設施或監測設施之規格、設置、操作、檢查、保養、紀錄及其他應遵行事項之管理辦法，由中央主管機關定之。一般空污防制設施常見的缺失可歸納如下：

- (一)防制設備故障或未運轉其污染源仍繼續運作。
- (二)未依許可核定內容裝設儀錶或監測儀錶損壞。
- (三)操作參數未在許可範圍內操作(壓差、pH、電壓、流量)。
- (四)未依規定時間內進行耗材更換，如濾袋、洗滌液、活性碳等。

若防制設備故障無法操作時，前端污染設備應一併停止操作，待防制設備維修後得正常操作時，前端污染設備才可進行操作。

現場設備應與許可證登載設備內容一致，同時現場人員應確實記錄操作項目及各項操作參數、條件與結果。防制設備之操作條件中，若有核定耗材之更換頻率(如濾袋更換、洗滌液更換、活性碳更換等)，應遵照核定時間內進行更換，並記錄更換時間及留存購買收據，以供後續查驗佐證。

因此若違反上述空污法第 20 條與第 23 條的規定，依照空污法第 56 條其違反者為工商廠，處新臺幣 10 萬元以上 100 萬元以下罰鍰。依前項處罰鍰者，並通知限期補正或改善，屆期仍未補正或完成改善者，按日連續處罰；情節重大者，得命其停工或停業，必要時，並得廢止其操作許可證或令其歇業。第 1 項情形，於同一公私場所有數固定污染源或同一固定污染源排放數空氣污染物者，應分別處罰。

若公司場所不遵行主管機關依本法所為停工或停業之命令者，則依照空氣污染防制法第 49 條公司場所不遵行主管機關依本法所為停工或停業之命令者，處負責人 1 年以下有期徒刑、拘役或

科或併科新臺幣 20 萬元以上 100 萬元以下罰金。

不遵行主管機關依第 32 條第 2 項、第 60 條第 2 項所為停止作為之命令者，處 1 年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣 20 萬元以上 100 萬元以下罰金。

2.3 其他污染管制

2.3.1 廢棄物污染防治

廢棄物管制及處理相關法規之法源依據為廢棄物清理法(以下簡稱廢清法)，本手冊分別就有害事業廢棄物認定及管制、事業廢棄物之清除處理及裁處規定和資源再利用進行說明。廢棄物清理法及相關子法架構，如圖 2.3.1-1 所示。



圖 2.3.1-1 廢棄物清理法及相關子法架構圖

一、有害事業廢棄物之分類

電鍍業與有害事業廢棄物相關性主要為製程中是否使用任何公告之列管化學物質。需依廢清法第 2 條第 2 項規定，訂定有害事業廢棄物認定標準，而廢清法第 3 條和第 4 條，將事業廢棄物中分出有害事業廢棄物。其中有害事業廢棄物認定標準第 2 條有害事業廢棄物以下列方式依序判定：

- 一、列表之有害事業廢棄物。
- 二、有害特性認定之有害事業廢棄物。
- 三、其他經中央主管機關公告者。

第 3 條中列表相關之有害事業廢棄物種類如下：

一、製程有害事業廢棄物

製程有害事業廢棄物係指「有害事業廢棄物認定標準」附表 1 所列製程產生之廢棄物。事業若產生之有害事業廢棄物須依廢棄物清理法第 37 條第 2 項規定訂定之有害事業廢棄物檢測及紀錄管理辦法進行檢測。

在有害廢棄物認定標準中，電鍍業可能產生之廢棄物說明如下表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 電鍍業製程有害事業廢棄物

行業別	製程產生之廢棄物	成分		危害性
		中文	英文	
其他具有右列製程產生之廢棄物之行業	一、電鍍製程之廢水處理污泥，但下述製程所發生者除外： (一)鋁之硫酸電鍍 (二)碳鋼鍍錫。 (三)碳鋼鍍鋁。 (四)伴隨清洗或汽提之碳鋼錫、鋁。 (五)鋁之蝕刻及研磨。	鎘、六價鉻、鎳、氰化物(錯合物)、銅	cadmium; hexavalent chromium; nickel; cyanide(complexed); copper.	(T)

行業別	製程產生之廢棄物	成分		危害性
		中文	英文	
	二、鋁之化學轉化塗布製程之廢水處理污泥	六價鉻、氰化物(錯合物)	hexavalent chromium; cyanide(complexed).	(T)
	三、電鍍廢棄之氰化物電鍍液	氰化物(鹽類)	cyanide (salts).	(T)
	四、使用氰化物之電鍍程序電鍍槽底殘留物	氰化物(鹽類)	cyanide (salts).	(T)
	五、使用氰化物之電鍍程序清洗及汽提廢液	氰化物(鹽類)	cyanide (salts).	(T)
	六、使用熱處理法處理有害事業廢棄物所產生之集塵灰	鉛、鎘、鉻、2,3,7,8-氯化戴奧辛及呋喃同源物	lead; cadmium; chromium.; 2,3,7,8-TCDD (All tetrachlorodibenzo-p-dioxins)&TCDF(All tetrachlorodibenzo-furans).	(T)

註：危害性表示：(I)：易燃性；(C)：腐蝕性；(R)反應性；(T)：毒性。

二、事業廢棄物之處理辦法

一般廢棄物和有害事業廢棄物之處理途徑可分為清除、處理、輸出入、再利用。分別說明如下：

(一)清除、處理辦法

事業廢棄物之清除處理依廢清法第28條事業廢棄物之處理方式，應以自行清除、處理或委託清除、處理來進行事業廢棄物之處理。

而事業擁有自行處理之設施則須依廢清法第28條第2項規定訂定之事業自行清除處理事業廢物許可管理辦法與事業自行清除處理事業廢物許可管理辦法第5條事業應取得直轄市、縣(市)主管機關核發之自行清除、處理或清理許可後，始得自行清除、處理事業廢棄物。

事業自行清除、處理之清除機具、處理設施或設備，應符合事業自行清除處理事業廢物許可管理辦法第4條第36條之規定。

而事業須依廢清法第31條第1項第1款規定，檢具事業廢棄物清理計畫書，送直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之機關審查核准後，始得營運；廢清法第31條第1項第2款規定，依中央主管機關規定之格式、項目、內容、頻率，以網路傳輸方式，向直轄市、縣(市)主管機關申報其廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出、輸入、過境或轉口情形。

(二)事業廢棄物之輸出入

事業輸入、輸出、過境、轉口事業廢棄物皆須依廢清法第38條第2項、第4項規定訂定之事業廢棄物輸入輸出管理辦法來執行廢棄物之輸入、輸出、過境及轉口，應依事業廢棄物輸入輸出管理辦法規定申請許可後，始得為之。

但經中央主管機關依廢清法第38條第3項規定公告之廢棄物種類，禁止輸入且廢棄物之輸入、輸出，應於辦理貨品進出口通關手續時，於報關文件上依中央主管機關規定之分類方式，據實填報廢棄物名稱。

(三)事業廢棄物之再利用

事業將事業廢棄物申請再利用須依照廢清法第39條第2項規定訂定之事業廢棄物再利用管理辦法申請及再利用。

三、事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準

事業廢棄物之處理需符合廢清法第36條第2項規定訂定之事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準，其中又分為貯存、清除、事業廢棄物之中間處理、事業廢棄物之最終處置其各項重點如下：

(一)貯存

一般事業廢棄物及有害事業廢棄物之貯存方法，應符事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第6條、第7條，並貯存以

1年為限，其須延長者，應於期限屆滿2個月前向貯存設施所在地之地方主管機關申請延長，並以1次為限，且不得超過1年。而貯存設施，應符合事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第10條之規定。

有害事業廢棄物因事業無法自行處理、國內無處理機構可供委託處理或其他特殊情形，致無法於期限內處理者，事業得檢具貯存計畫書送至中央目的事業主管機關初審同意後，由中央目的事業主管機關轉中央主管機關複審同意後，得延長其貯存期限。

(二)清除

清除事業廢棄物之車輛、船舶或其他運送工具於清除過程中，應防止事業廢棄物飛散、濺落、溢漏、惡臭擴散、爆炸等污染環境或危害人體健康之情事發生。

污泥於清除前，應先脫水或乾燥至含水率85%以下；未進行脫水或乾燥至含水率85%以下者，應以槽車運載。且不具相容性之事業廢棄物不得混合清除。清除有害事業廢棄物之車輛應符合事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第16條之規定。

事業自行或委託清除機構清除有害事業廢棄物至該機構以外之貯存或處理場所時，須填具1式6聯之遞送聯單。其詳細標準請參考事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第17條。

(三)事業廢棄物之中間處理

事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第19條所列出一般事業廢棄物除再利用或中央主管機關另有規定外，應先經其標準所規定之中間處理。

有害事業廢棄物除再利用或中央主管機關另有規定外，應

先經中間處理。其詳細方法請參照事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第20條，其中有害事業廢棄物採熱處理法者，應提出試運轉計畫，報請直轄市或縣(市)主管機關核可後，依試運轉計畫進行試運轉。其詳細申請辦法請參照事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第22條。事業廢棄物之中間處理設施，應符合事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第23條之規定。

(四)事業廢棄物之最終處置

事業之廢棄物最終處置應交給符合事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第30至41條之處理事業廢棄物業者。

四、廢棄物清理專業技術人員管理辦法

事業廢棄物之處理須依照廢清法第 44 條所訂定之廢棄物清理專業技術人員管理辦法設置專職人員執行廢棄物之處理。

五、違反廢棄物清理法

事業違反廢清法須依廢棄物清理法第 61 條規定訂定之違反廢棄物清理法按日連續處罰執行準則來進行處分。

根據廢清法 45 條，違反廢清法第 12 條、第 18 條第 1 項、第 28 條第 1 項、第 7 項、第 36 條第 1 項、第 38 條第 1 項、第 39 條第 1 項或第 41 條第 1 項規定，因而致人於死者，處無期徒刑或 7 年以上有期徒刑，得併科新臺幣 1,500 萬元以下罰金；致重傷者，處 3 年以上 10 年以下有期徒刑，得併科新臺幣 900 萬元以下罰金；致危害人體健康導致疾病者，處 5 年以下有期徒刑，得併科新臺幣 600 萬元以下罰金。

六、常見違法案例說明

廢棄物清除處理常見之違法案例，包含：清運、清除或處理的廢棄物未依規定填具聯單申報、非法棄置致環境污染、事業廢

棄物之貯存為申請許可、清除或處理方法及設施未依規定設置、違反有害廢棄物輸出入辦法等，以下簡要說明：

(一)清運、清除或處理的廢棄物未依規定填具聯單申報

根據廢清法第9條規定主管機關得自行或委託執行機關派員攜帶證明文件，進入公私場所或攔檢廢棄物清除機具，檢查、採樣廢棄物貯存、清除、處理或再利用情形，並命其提供有關資料；廢棄物清除機具應隨車持有載明廢棄物、剩餘土石方產生源及處理地點之證明文件，以供檢查。其證明文件依廢清法第31條第1項第2款申報廢棄物情形所列印之遞送聯單；依事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準規定所填具有害事業廢棄物之遞送聯單，其他主管機關所定或認定之格式或文件。

常見案例如載送有害廢棄物之貨車未隨車攜帶清運聯單，違反廢清法第9條規定，則依廢清法第49條，處新臺幣6萬元以上30萬元以下罰鍰，並得沒入清除機具、處理設施或設備。

(二)非法棄置致環境污染

根據廢清法第27條任意棄置廢棄物造成地面污染等行為，則依廢清法第50條處新臺幣1,200元以上6,000元以下罰鍰。經限期改善，屆期仍未完成改善者，得按日連續處罰。

(三)事業廢棄物之貯存、清除或處理方法及設施未依規定設置

廢清法第36條規定事業廢棄物之貯存、清除或處理方法及設施，應符合中央主管機關之規定。如有害事業廢棄物應與一般事業廢棄物分開貯存、明顯標示、避免溢散污染、貯存容器或設施應與有害事業廢棄物具有相容性即保護措施避免污染。貯存以1年為限，其須延長者，應於期限屆滿2個月前向貯存設施所在地之地方主管機關申請延長，並以1次為限，且不得超

過1年。

曾發生之案例「申請承租空閒倉庫惡意堆放污泥等事業廢棄物」，得依廢清法第46條，處1年以上5年以下有期徒刑，得併科新臺幣300萬元以下罰金，其他行為詳列於廢清法第46條請自行參考。

2.3.2 土壤污染整治

土壤及地下水污染整治法之架構如圖 2.3.2-1 所示，事業若發生土壤、地下水污染事件，需根據土壤及地下水污染整治法及其相關子法之法規規定辦理，分別說明如下。



圖 2.3.2-1 土壤及地下水污染整治法及相關子法之架構

一、防治措施

為防止事業使用之土地轉移時產生的污染事宜，根據土壤及地下水污染整治法第 8 條「讓與人」(即土地所有人)應提供土壤污染評估調查及檢測資料(以下簡稱評估調查資料)，報請所在地主管機關備查：

第 8 條中央主管機關公告之事業所使用之土地移轉時，讓與人應提供土壤污染評估調查及檢測資料，並報請直轄市、縣(市)主管機關備查。

土地讓與人未依前項規定提供受讓人相關資料者，於該土地公告為控制場址或整治場址時，其責任與土壤及地下水污染整治法第 31 條第 1 項所定之責任同。

而指定公告之事業於設立、停業或歇業前，需依第 9 條「應檢具用地之土壤污染檢測資料，報請所在地主管機關備查後，始得向目的事業主管機關申辦有關事宜」，條文詳列如下。

第 9 條中央主管機關公告之事業有下列情形之一者，應於行為前檢具用地之土壤污染評估調查及檢測資料，報請直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之機關審查：

- 一、依法辦理事業設立許可、登記、申請營業執照。
- 二、變更經營者。
- 三、變更產業類別。但變更前、後之產業類別均屬中央主管機關公告之事業，不在此限。
- 四、變更營業用地範圍。
- 五、依法辦理歇業、繳銷經營許可或營業執照、終止營業(運)、關廠(場)或無繼續生產、製造、加工。

前條第 1 項及前項土壤污染評估調查及檢測資料之內容、申報時機、應檢具之文件、評估調查方法、檢測時機、評估調查人員資格、訓練、委託、審查作業程序及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

此外根據土壤及地下水污染整治法第 9 條第 2 項規定「土壤污染評估調查人員管理辦法」，訂定評估調查人員之資格、訓練內容、執行調查工作應注意事項及不得違反事項等管理辦法。

二、監測標準、管制標準

各級主管機關應定期檢測轄區內土壤及地下水品質，若污染濃度達「土壤或地下水污染管制標準」者，應採取適當措施，追查污染責任，直轄市、縣(市)主管機關並應陳報中央主管機關。若有污染，但污染濃度低於「土壤或地下水污染管制標準」而達「土壤或地下水污染監測標準」者，應持續定期監測，並將監測結果公告及報請中央主管機關備查(土污法第 6 條第 1 項)。若拒絕接受主管機關查證，可依土污法第 38 條處罰該土地所有人。

各級主管機關一旦發現土壤或地下水有受污染之虞時，應立即進行查證(土污法第 12 條第 1 項)，若經查證後確認土壤或地下水的污染已達土污法所管制之標準者，則應展開一連串的行政管制措施，並應進一步追查並確認污染整治責任人。

高污染潛勢事業具有提供土壤污染評估調查資料的義務，根據土污法第 9 條中央主管機關公告之事業有下列情形，「依法辦理事業設立許可、登記、申請營業執照、變更經營者、變更事業類別、變更營業用地範圍、依法辦理歇業、繳銷經營許可或營業執照、終止營業(運)、關廠(場)或無繼續生產、製造、加工」之一者，應於行為前檢具用地之土壤污染評估調查及檢測資料，報請直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之機關審查：土壤污染評估調查及檢測資料之內容、申報時機、應檢具之文件、評估調查方法、檢測時機、評估調查人員資格、訓練、委託、審查作業程序及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

若事業未依規定檢具用地之土壤污染評估調查資料報請審查者，依法可處 15 萬元以上 75 萬元以下之罰鍰，並通知限期補正，屆期未補正者得按次處罰(土污法第 40 條第 1 項)。

三、污染場址整治作業與評估

(一)控制場址

各級主管機關一旦發現事業所屬土壤或地下水有受污染之虞時，應立即進行查證(土污法第12條第1項)，若經查證後，場址之土壤污染或地下水污染來源明確，其土壤或地下水污染物濃度達土壤或地下水污染管制標準者，依土污法第12條第2項規定，直轄市、縣(市)主管機關應將該場址公告為土壤、地下水污染控制場址。

土污法第13條規定控制場址未經公告為整治場址者，直轄市、縣(市)主管機關應命污染行為人或潛在污染責任人於6個月內完成調查工作及擬訂污染控制計畫，並送直轄市、縣(市)主管機關核定後實施。如果是污染行為人或潛在污染責任人進行調查工作，費用即由其自行負擔。

(二) 整治場址

依土污法第12條第3項規定，當該場址被公告為控制場址之後，須進行初步評估，若有「土壤及地下水污染控制場址初步評估辦法」第2條的各項情形時，直轄市、縣(市)主管機關即報請中央主管機關審核，由中央主管機關公告為土壤、地下水污染整治場址。

土污法第14條規定整治場址的污染行為人或潛在污染責任人，應在直轄市、縣(市)主管機關通知後3個月內，提出土壤、地下水污染調查及評估計畫，經直轄市、縣(市)主管機關核定後據以實施。

如果污染行為人或潛在污染責任人不遵循直轄市、縣(市)主管機關的指示提出調查及評估計畫時，直轄市、縣(市)主管機關得通知污染土地關係人提出調查及評估計畫。直轄市、縣(市)主管機關應調查整治場址之土壤、地下水污染範圍及評估對環境的影響，並將調查及評估結果，報請中央主管機關評定處理等級。

如果是污染行為人、潛在污染責任人和污染土地關係人提出調查及評估計畫，費用即由其負擔。如果是直轄市、縣(市)主管機關進行調查及評估並支出費用，依土污法第28條、第43條及第31條規定，其費用得由土污基金支應。

依土污法第21條規定，污染行為人或潛在污染責任人應該依土污法第14條之調查評估結果，在收到直轄市、縣(市)主管機關通知後6個月內提出污染整治計畫，並送直轄市、縣(市)主管機關核定後實施；直轄市、縣(市)主管機關則應將核定的整治計畫報請中央主管機關備查，並將計畫及審查結論摘要公告。

土壤、地下水污染整治計畫之提出者，如因地質條件、污染物特性或污染整治技術等因素，無法整治至污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準者，得依土污法第24條第8項規定，報請中央主管機關核准後，依環境影響與健康風險評估結果，提出土壤、地下水污染整治目標。辦理健康風險評估作業之相關評估內容及鑑定，且其評估方法應依中央主管機關之公告辦理，內容應包含危害鑑定、劑量反應評估、暴露量評估與風險特徵描述等4項內容，經直轄市、縣(市)主管機關，邀請專家、學者、相關機關、團體之代表及其他利害關係者等舉行公聽會，並於公聽會辦理後30日內作成紀錄，併同風險評估報告送交中央主管機關，經審查、公聽等程序，決定是否核定其整治目標。

而依據「土壤及地下水污染整治場址環境影響與健康風險評估辦法」第11條，當提出者應於風險評估報告審查通過，並經中央主管機關核定整治目標後，應辦理說明會，邀集污染場址之利害關係者，說明風險評估執行結果與整治作業配合方式，並將相關資訊以網際網路、書面及其他方式公開。

而第31條規定，其費用得由土污基金支應後，再由直轄市、

縣(市)主管機關限期命污染行為人、潛在污染責任人或未盡善良管理人注意義務之污染土地關係人繳納。

四、不法利得

違反土壤及地下水污染整治法裁罰基準(101年4月17日修正)說明如下：

- 一、為使主管機關對違反土壤及地下水污染整治法之案件，裁處罰鍰符合比例原則，特訂定本基準。
- 二、違反土污法規定之行為，其罰鍰額度應由主管機關依土污法所定之額度及附表所列情事裁處之。但違反土污法規定，經主管機關認定為情節重大者，主管機關得逕依土污法所定之最高額度裁處之。
- 三、一行為違反土污法數個規定，應依法定罰鍰額最高之規定及附表所列情事計算罰鍰額度裁處之。但裁處之額度，不得低於各該規定之罰鍰最低額。
- 四、一行為違反土污法數個規定，且其法定罰鍰額均相同者，應先依附表所列情事分別計算罰鍰額度，再依罰鍰額度最高者裁處之。
- 五、依本基準計算之罰鍰逾該法定罰鍰額上限者，以該法定罰鍰額上限裁處之。
- 六、違反土污法按次處罰規定，經主管機關或目的事業主管機關命停工、停業或歇業者，自其停工、停業或歇業日起，停止按次處罰。
- 七、主管機關對違反土污法規定之行為，其罰鍰額度除依第 2 點至第 5 點規定辦理外，並應審酌違反土污法規定行為之污染程度、危害程度、應受責難程度、所生影響及因違反土污法規定

所得之利益，並得考量受處罰者之資力，予以裁處。

前項所得之利益超過法定罰鍰最高額時，得於所得利益之範圍內酌量加重，不受法定罰鍰最高額之限制。違反土污法規定之行為應受處罰，而他人受有行政罰法第 20 條第 1 項、第 2 項規定之財產上利益而未受處罰時，主管機關得追繳其所受財產上之利益。

八、前點所得利益之期間計算，應自主管機關監督查核其違反土污法規定之日起，往前回溯計算至主管機關認定其違反本法規定之日止。

前項所得利益之計算，應包含設置應支出而未支出之設施成本、操作成本與其他應執行而未執行之事項等可得計算之經濟利益及前項所受利益之計算期間所生之孳息。設施成本得以設施總成本按公共財產之法定折舊年限或設計使用年限，攤提計算。

九、主管機關依土污法第 40 條第 1 項按次裁罰，且經主管機關認相對人無補正之可能者，主管機關得依行政執行法第 29 條規定委託第 3 人或指定人員代履行之，並停止按次處罰。

違反土壤及地下水污染整治法裁罰基準的規範方式，與水污及空污略有不同，乃依其所違反的條款分別列舉條款內容、依據及罰鍰額、裁罰基準。

以下列舉 3 類常見之違法事項：(1)控制場址應於通知後 6 個月內提出調查工作及擬訂污染控制計畫；(2)整治場址應於通知後 6 個月內提出調查工作及擬訂污染整治計畫；(3)污染土地關係人未盡善良管理人之注意義務，致土地經公告為污染整治場址，分別說明及裁罰狀況如表 2.3.2-1。

其中首次違反或是連續累犯均有加重處罰的依據，且如違反土污法第 41 條第 3 項：污染土地關係人未盡善良管理人之注意義務，致土地經公告為污染整治場址，若涉及衍生污染農、漁、牧

產品而需銷毀，得加重罰鍰，且單一污染物超過 1 萬倍以上可採最高裁罰。

表 2.3.2-1 土壤及地下水污染整治法裁罰基準案例

違反的條款	依據及罰鍰額	裁罰基準
<p>第13條第1項： 控制場址未經公告為整治場址者，污染行為人或潛在污染責任人未於6個月內完成調查工作及擬訂污染控制計畫，並送直轄市、縣(市)主管機關核定實施者。</p>	<p>第37條： 新臺幣 100萬元 以上500 萬元以 下</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 行為人首次違反本項規定主管機關得視情節輕重裁罰100萬元至500萬元，原則以最輕額裁處。 2. 依本法規定未達應公告為整治場址者，經直轄市、縣(市)主管機關限期命補正而不補正或未補正完成者，每次得依前次裁罰金額加計50萬元； 3. 依土壤及地下水污染控制場址初步評估辦法第7條規定而未公告為整治場址者，每次得依前次裁罰金額加計100萬元。
<p>第22條第1項： 整治場址之污染行為人或潛在污染責任人未依第14條之調查評估結果，於直轄市、縣(市)主管機關通知後6個月內，提出土壤、地下水污染整治計畫，經直轄市、縣(市)主管機關核定後據以實施者。</p>	<p>第37條： 新臺幣 100萬元 以上500 萬元以 下</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 行為人首次違反本項規定主管機關得視情節輕重裁罰100萬元至500萬元，原則以最輕額裁處。 2. 未提送整治計畫，經直轄市、縣(市)主管機關限期命補正而不補正或未補正完成者，每次得依前次裁罰金額加計100萬元。
<p>違反第41條第3項： 一、未經公告為整治場址之污染行為人因其行為致土地經公告為污染控制場址。 二、污染土地關係人未盡善良管理人之注意義務，致土地經公告為污染整治場址。</p>	<p>第41條 第3項： 新臺幣 10萬元 以上50 萬元以 下</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 行為人違反本項規定主管機關得視情節輕重裁罰10萬元至50萬元，原則以最輕額裁處。 2. 個案場址污染結果造成衍生之農、漁、牧產品污染而須銷燬者，得於原裁罰金額加計30萬元以下罰鍰；單一污染物質濃度超過管制標準1萬倍者得以最高罰鍰額裁處。。

第三章 製程與污染特性

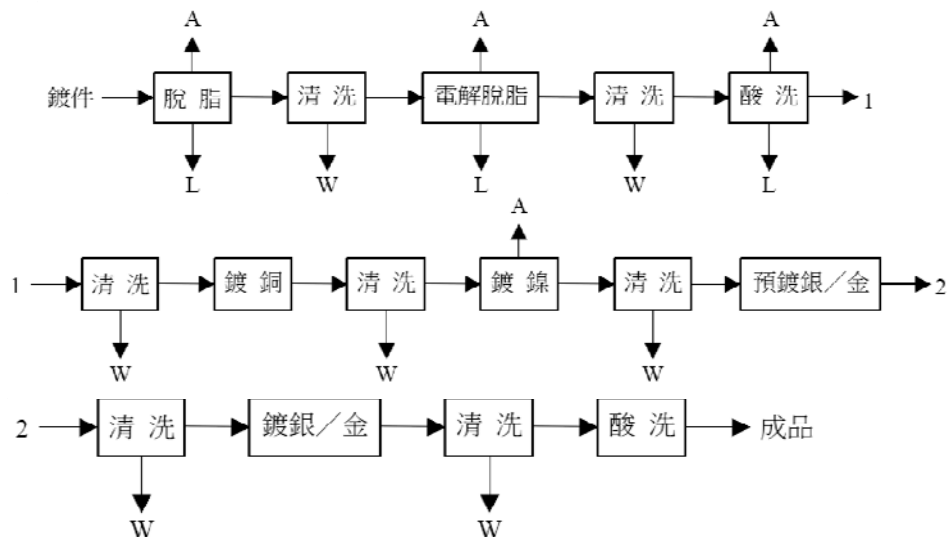
3.1 製程概述

電鍍製程是工業製品完成過程中重要的加工部分，依鍍件種類及品質要求不同，可分為掛鍍與滾鍍二種；依電鍍目的不同則可分裝飾電鍍、工業電鍍、電子電鍍及塑膠電鍍四種。

各類電鍍廠由於鍍件種類繁多，材質、用途及功能需求各異，以致製造方法及作業程序差異頗大。然電鍍之基本製程單元大致相同，即前處理(脫脂、酸洗)、電鍍及後處理(皮膜處理、乾燥)等程序。因此，各程序均須使用多種化學原料。為避免各程序之藥液相互混合污染，各程序間須使用大量的清水來進行鍍件清洗作業，使得生產過程中產生高濃度廢棄槽液及低濃度清洗廢水。同時，因製程中所使用之化學物質部分屬於毒性化學物質，且槽液易隨著溫度而蒸發，致製程中產生廢氣污染。

一、裝飾電鍍

裝飾電鍍係利用電鍍金屬層之光澤及顏色來增加商品之外觀價值，如於錶帶、眼鏡架、飾品等物品表面鍍上各種色澤之金屬合金。此類電鍍中常以鎳或銅鍍底後再鍍上金、銀等金屬，典型之裝飾電鍍製程及污染來源如圖 3.1-1 所示。



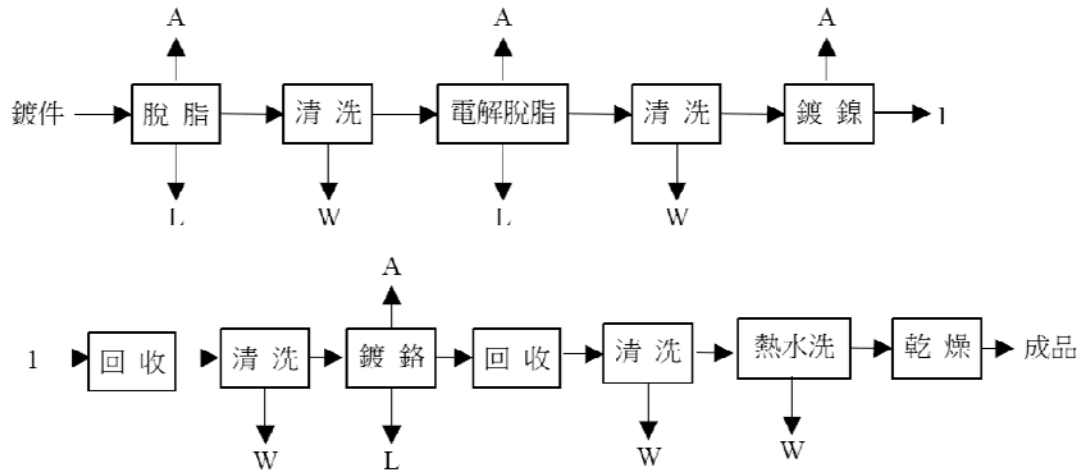
[註]W：表廢水來源 L：表廢液來源 A：表廢氣來源

資料來源：金屬表面處理業整合性污染防治技術手冊-電鍍業，91年4月資料

圖 3.1-1 裝飾電鍍典型製程及污染來源

二、工業電鍍

工業電鍍之主要目的係利用鍍層之特殊機械性質，增強鍍件之防蝕及耐磨功能，常見的有於鐵材或銅材鍍上耐蝕性強且硬度大的鎳及鉻金屬，如汽車鋼圈、輪弧、手工具等之雙重鎳-鉻電鍍。典型之工業電鍍製程及污染來源如圖 3.1-2 所示。



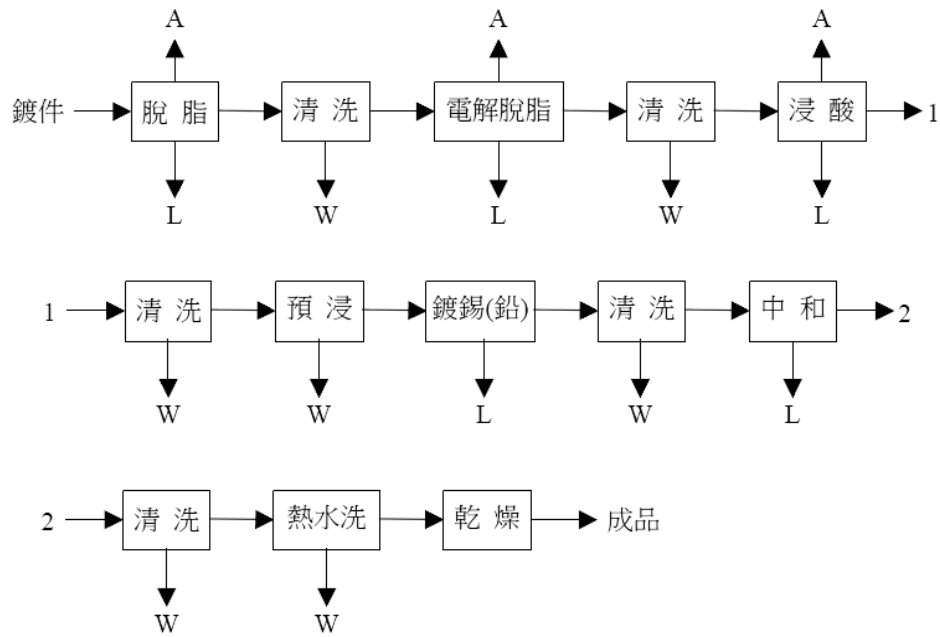
[註] W：表廢水來源 L：表廢液來源 A：表廢氣來源

資料來源：金屬表面處理業整合性污染防治技術手冊-電鍍業，91年4月資料

圖 3.1-2 工業電鍍典型製程及污染來源

3. 電子電鍍

電子電鍍之主要目的是在電機、電子材料接點上鍍錫、鉛或貴金屬，以使材料獲得良好的焊錫性或導電性。由於貴金屬材料價格昂貴，整體材料無法完全使用貴金屬，一般都於各接觸表面上電鍍一層貴金屬，以獲得穩定且較低接觸電阻的表面。典型之電子電鍍製程及污染來源如圖 3.1-3。

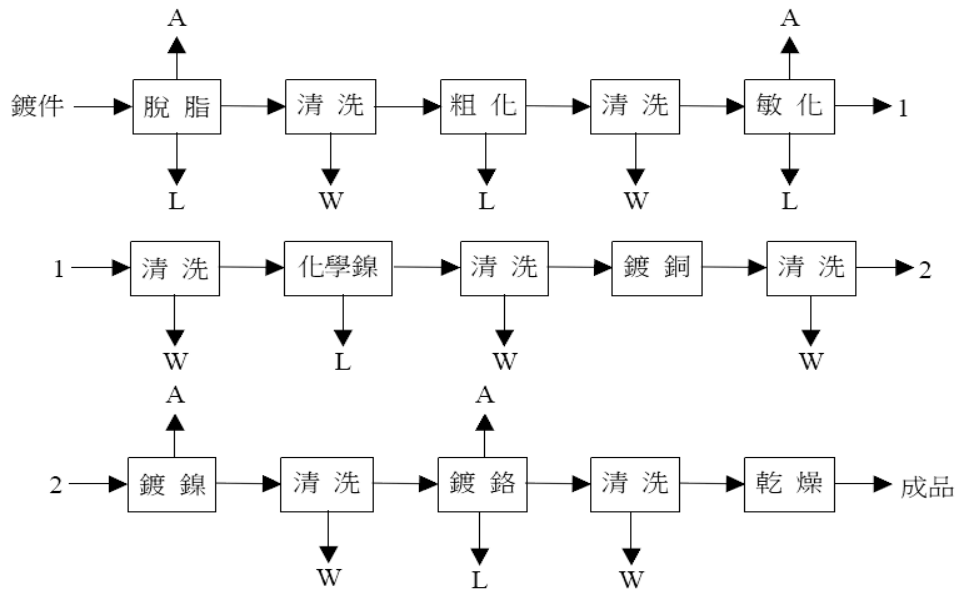


[註] W：表廢水來源 L：表廢液來源 A：表廢氣來源
資料來源：金屬表面處理業整合性污染防治技術手冊-電鍍業，91年4月資料

圖 3.1-3 電子電鍍典型製程及污染來源

4. 塑膠電鍍

塑膠電鍍係將非導電性之塑膠製品表面予以導體化，沉積上一層具導電性的金屬鍍層後，再進行一般的鍍銅、鎳及鉻等電鍍程序，以增加塑膠製品之美觀與實用性。典型之塑膠電鍍製程及污染來源如圖 3.1-4 所示。



[註] W：表廢水來源 L：表廢液來源 A：表廢氣來源
資料來源：金屬表面處理業整合性污染防治技術手冊-電鍍業，91年4月資料

圖 3.1-4 塑膠電鍍典型製程及污染來源

3.2 污染來源與特性

3.2.1 水污染來源與特性

電鍍製程之廢水來源主要是各槽體定期排放之廢液、製程清洗水及意外排放之電鍍液，依廢水性質區分可分為鉻系、氰系廢水及酸鹼廢水等三股，污染物內容則包括油脂、雜質、懸浮物、酸鹼、鉻酸鹽、氰化物及重金屬物質等。有關各類污染物之主要來源詳如表 3.2.1-1 所示。

表 3.2.1-1 電鍍廢水各類污染物主要來源

污染物質	主要污染物來源
酸	酸性脫脂、酸中和、活化及電鍍等程序之廢液及清洗水
鹼	鹼性脫脂、電鍍、活化、後續處理脫脂等程序之廢液及清洗水
油脂	脫脂廢液及清洗水、洗淨與剝離
有機物	脫脂、酸洗、活化、電鍍(鉻鍍液除外)及後處理之廢液及清洗水
懸浮固體	製程中各單元廢液及清洗水、洗淨與剝離
鉻離子	老化槽液及清洗水
氰化物	老化槽液及清洗水
重金屬離子	製程中各單元之廢液及清洗水(鉻離子除外)

綜合上表內容可知，電鍍工業之廢水主要來自二道製程：

- (1)電鍍：旨在藉電化學法將金屬鍍於被電鍍物品之表面上，以達保護及裝飾之目的。典型電鍍液配方乃依所欲電鍍之金屬而定；例如 NiSO_4 、 CrO_3 、 CuSO_4 、 NaCN 、 $\text{Zn}(\text{CN})_2$ 等。綜合上述可知，電鍍槽液及沖洗廢水所含之成分相當複雜，因此，利用離子交換系統處理此類金屬廢水時，包括樹脂之選擇、適當之前處理及良好之操控管理皆相當重要。表 3.2.1-2 為不同製程電鍍廢水水質特性。
- (2)洗淨與剝離：去除鍍件鐵鏽、油脂、塵土等所形成之廢水；以及以鹼性、酸性或合成有機溶液將被鍍物表面電鍍不良之鍍膜剝除。

表 3.2.1-2 不同製程電鍍業廢水污染濃度

污染物	裝飾電鍍	工業電鍍	塑膠電鍍	電子電鍍	電鍍業
COD	70~530	82~330	52~220	113~500	52~530
SS	20~430	29~470	10~130	13~170	10~470
氰化物	2.6~230	0.4~66	2.5	1.3~70	0.4~230
六價鉻	0.25~100	0.05~39	1.9~150	1.67	0.05~150
鎳	4.5~330	0.05~230	4.7~140	0.8~190	0.5~330
銅	1.9~150	6.2~70	3.5~230	0.34~9.8	0.34~230
鋅	45	5.3~45	—	5.8	5.3~45
鉛	—	—	—	0.4~50	0.4~50

註：單位為 mg/L

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊，100 年 6 月資料

以下就電鍍製程特性所產生之氰系廢水、鉻系廢水、重金屬廢水及酸鹼廢水加以說明。

1. 氰系廢水

氰化物屬於毒性污染物，國內放流水標準中氰化物濃度最大限值為 1.0 mg/L。廢水中氰化物存在型式如CN⁻、HCN或者錯離子(complex ion)。大部分氰化物化學活性大，易與金屬形成錯合物。氰化物其所具毒性程度隨存在型式有所不同。穩定性高之金屬氰錯合物，毒性較低。

簡單氰鹽如鹼類氰化物(NaCN、KCN等)及部分金屬氰錯合物，如Zn之氰錯合物不穩定，在酸性條件下易形成HCN，則毒性高。而鐵與鎳之氰錯合物相當穩定不易分解為HCN，毒性較低，然而就廢水處理而言，必須將錯離子破壞才算處理完全。

2. 鉻系廢水

在自然界中鉻之氧化態很廣(從-2到+6)，但在一般環境下主要是以三價和六價兩種狀態存在。在好氧狀態下，鉻之氧化態主要為六價，當pH值小於6.5時，六價鉻主要是以H₂CrO₄形式存在；pH值大於6.5時CrO₄²⁻為主要型態。而在環境中之六價鉻可與有機物或是一些具還原性無機物反應還原成三價鉻，且還原之速率隨著pH值的升高而下降。

至於三價鉻pH值小於4時以 Cr^{3+} 型態存在；pH值在4~6時 $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ 為主要物種；pH值約在6~8時 $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ 為主要物種；pH值大於8時主要是以 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 型態存在。三價鉻在環境中非常的穩定，大氣中的氧氣無法使其氧化，除非當pH值大於9的時候，才有可能將其氧化為六價。

3. 重金屬廢水

在環境污染領域中，重金屬主要是指對生物有明顯毒性的金屬元素或類金屬元素，如汞、鎘、鉛、鉻、鋅、銅、鈷、鎳、錫、砷等，此類污染物無法被微生物降解，可以通過多種途徑，如食物、飲水、呼吸等方式進入人體，與生物高分子物質如蛋白質發生強烈的作用，並蓄積在人體的某些器官中，造成慢性累積性中毒。

4. 酸鹼廢水

常見的酸系廢水(pH<7)污染來源包括酸性脫脂、酸中和、活化及電鍍等程序之廢液及清洗水；常見的鹼系廢液(pH>7)污染來源包括鹼性脫脂、電鍍、活化、後續處理脫脂等程序之廢液及清洗水。

3.2.2 空氣污染來源與特性

典型之電鍍製程包括脫脂、酸洗、電鍍及乾燥等程序，其製造流程如圖 3.2.2-1 所示，主要空氣污染產生源為脫脂、酸洗及電鍍程序。

其所產生之空氣污染物主要為酸鹼性氣體，發生原因係由於酸洗或電鍍時，在電鍍製程槽體內之鍍件沉浸部分或陽極與陰極表面處，因該等位置形成氫氣與氧氣所致。

當這些氣體形成氣泡而上升到槽體表面時，則因受大氣壓力擠壓、破裂而逸散進入空氣中，同時由於此時會挾帶部分酸性或鹼性液滴，致使於製程周遭產生細小之酸性或鹼性霧滴，經呼吸途徑進入人體之呼吸系統，因這些霧滴粒徑細小且具腐蝕性，故易對人體造成嚴重之傷害。

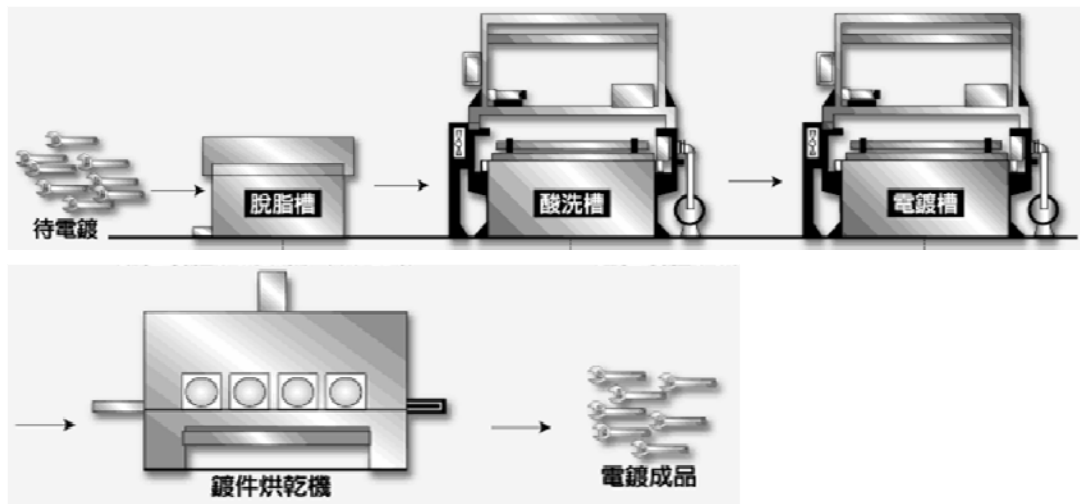


圖 3.2.2-1 電鍍業製程

第四章 水污染防治處理技術

4.1 處理原理

4.1.1 物理處理

物理處理單元包括：篩除、沉砂池、調勻池、混合、沉澱、浮除、過濾及濾膜等，處理單元預期操作功能如表 4.1.1-1 所示。

表 4.1.1-1 污水處理廠物理處理單元預期操作功能

單元操作	預期操作功能	設計型式
篩除	藉阻截作用去除水中大塊固體物	攔污柵
沉砂池	去除廢水中所含之砂土	沉砂池
調勻池	調節廢水流量及生物需氧量(BOD)與懸浮固體物(SS)之負荷	調勻池
混合	混合水中之化學藥品及氣體，並使固體顆粒呈懸浮狀	攪拌機
沉澱	去除水中易沉降之懸浮固體物並具污泥濃縮作用	沉澱池
浮除	分離與水比重相近之固體物與顆粒，亦可做生物污泥之濃縮用	浮除池
過濾	去除經生物或化學處理過之微細懸浮微粒	過濾池
濾膜	去除水中微細之粒子、膠體、大分子有機物及離子等成分	薄膜模組

資料來源：廢水處理單元-物理處理，廢水專責人員訓練教材，2006年4月資料

4.1.2 化學處理

為了淨化水質，減少水污染負荷，將有害物質轉化無害物質，必須在都市污水或工業廢水管末處裡的操作過程中添加化學藥品，進行下列各項不同目的之處理或操作，包括：中和、混凝與膠凝、沉澱、離子交換、吸附、氧化還原及消毒，處理單元基本原理如表 4.1.2-1 所示。

表 4.1.2-1 污水處理廠化學處理單元基本原理

單元操作	基本原理
中和	將水中酸性物質之氫離子(H ⁺)與鹼性物質之氫氧離子(OH ⁻)，相互反應成水或鹽類的化學反應。
混凝與膠凝	利用化學藥品，使廢水中膠體粒子或分子性粒子等凝結成較大的物體，使其容易沉澱而與液體分離的方法。
沉澱	化學沉澱係利用化學藥劑之添加於廢水中，使污染物發生化學反應而生成溶解度低的沉澱物，而予以去除。
離子交換	所謂離子交換係將水溶液中之離子，在水溶液中與固體(離子交換樹脂, ion exchange resin)間進行可逆之交換反應。
吸附	常見的吸附方式係利用活性碳當作吸附劑，將污染物累積在活性碳表面，因活性碳為一種多孔性具有極大表面積的材料，當空氣或水中微量有機污染物接觸活性碳時，會被活性碳吸引，進而停留在碳表面，達去除污染物之目的。
氧化還原	廣義的氧化為一物質失去電子，即物質的氧化狀態增加，相反的，還原為另一物質獲得電子，即物質的氧化狀態減少，氧化與還原在一反應中必同時發生，利用氧化還原原理以處理廢水，其目的在於使廢水中含有害物質轉變成另一種無害物質。
消毒	消毒係將水中之致病微生物破壞使其失去活性，但不一定完全滅菌，消毒的方法可分為化學藥劑法、物理法、機械法和輻射法，其中化學藥劑法最普遍應用於廢水處理。

資料來源：廢水處理單元-化學處理，廢水專責人員訓練教材，2006年4月資料

4.1.3 生物處理

生物處理法係利用微生物分解廢水中複雜的有機化合物，以代謝作用來處理廢水，此法對處理一般家庭廢水及有機性工業廢水最具經濟效益。生物處理可分為好氧性處理(aerobic process)及厭氧性處理(anaerobic process)。

一、好氧性處理

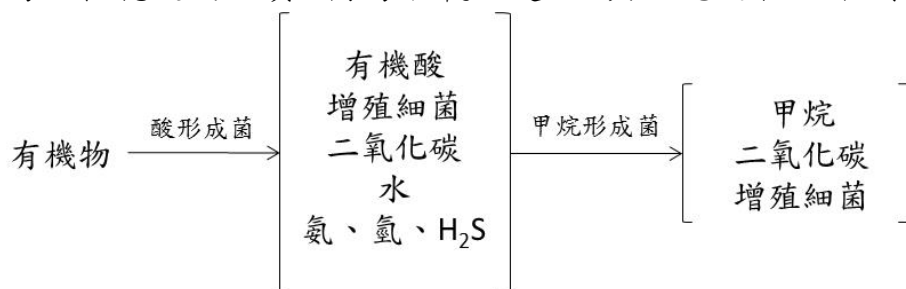
在廢水之好氧處理中，廢水之有機物(包括碳水化合物、蛋白質及脂肪)被好氧性微生物分解，其反應過程如下列所示：

有機物+微生物+氧

$\xrightarrow{\text{酵素}}$ 增殖生物(細胞) + 二氧化碳 + 水 + 硝酸鹽 + 硫酸鹽

二、厭氧性處理

利用微生物在缺氧情況下分解廢水中有機物，產生甲烷、二氧化碳、氫及硫化氫等，最後並殘留不被分解的有機物如腐植土，或為比較穩定的物質，稱為厭氧性處理，其反應過程如下列所示：



廢水生物處理方法依廢水特性，去除物質欲處理程度而有不同的選擇，常見的廢水生物處理程序，依好氧系統、厭氧系統以及懸浮生長式系統與附著生長式系統列於表 4.1.3-1。

表 4.1.3-1 廢水生物處理基本程序

型式	名稱	用途
1.好氧系統		
(1)懸浮生長式	活性污泥系統	去除含碳 BOD、硝化作用
	氧化塘	去除含碳 BOD
	曝氣氧化塘	去除含碳 BOD
	氧化渠	去除含碳 BOD、硝化作用
	氧化深渠	去除含碳 BOD、硝化作用
	回分式活性污泥法(SBR)	去除含碳 BOD、硝化作用
(2)附著生長式	滴濾池	去除含碳 BOD、硝化作用
	旋轉生物圓盤法(RBC)	去除含碳 BOD、硝化作用
	接觸曝氣法	去除含碳 BOD
	填充塔式反應槽 (置於活性污泥系統之前)	去除含碳 BOD

型式	名稱	用途
(3)組合式	滴濾池+活性污泥系統	去除含碳 BOD、硝化作用
	活性污泥系統+滴濾池	去除含碳 BOD、硝化作用
(4)介於懸浮生長式與附著生長式之間	流體化床	去除含碳 BOD、硝化作用
2.厭氧系統		
(1)懸浮生長式	厭氧接觸系統	去除含碳 BOD、脫硝作用
	厭氧污泥床	去除含碳 BOD、脫硝作用
	厭氧消化槽	穩定作用、去除 VSS
(2)附著生長式	厭氧濾床	去除含碳 BOD、穩定作用及氨化作用
(3)介於懸浮生長式與附著生長式之間	厭氧流體化床	去除含碳 BOD、穩定作用

資料來源：生物處理單元-物理處理，廢水專責人員訓練教材，2006年4月資料

4.2 處理方法

4.2.1 物理方法

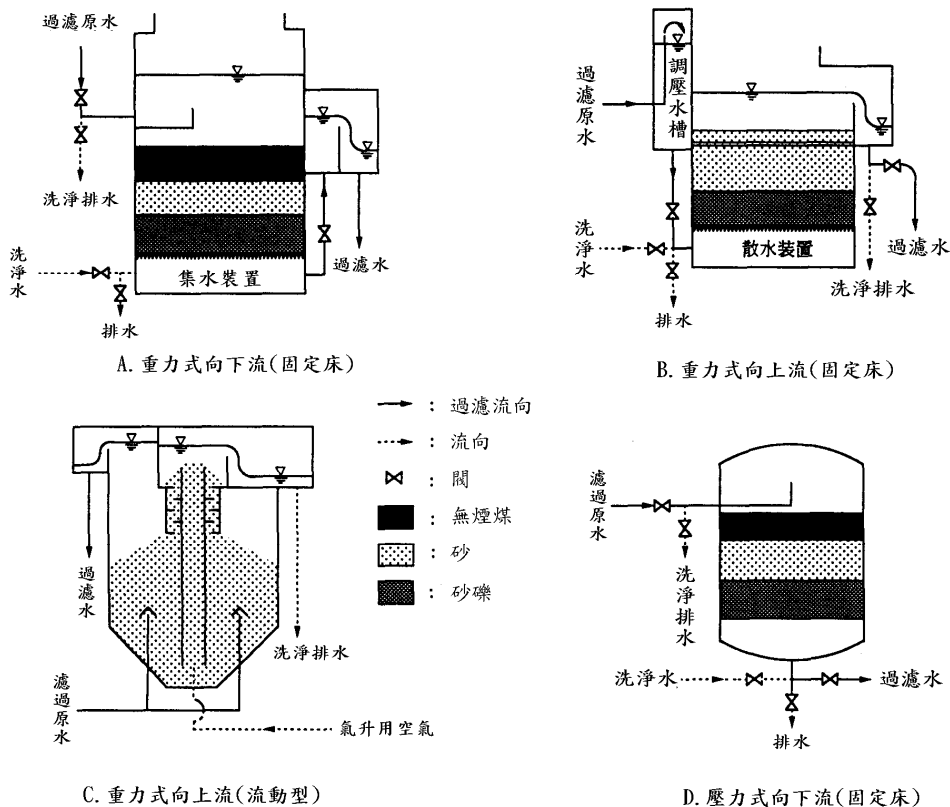
一、砂濾

污水處理水再利用多採快濾處理。快濾為以 30~100 cm 高之粒狀濾料並以 $100\sim 600\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 之濾速，藉物理性的阻留作用及沉澱作用，將懸浮物質加以捕捉，使自水中分離之，其過程包括將懸浮物質的「移送」至濾材表面及其到達濾材後以「附著」而分離之程序。

一般二級水再生處理廠放流水中殘留之懸浮性物質，其直徑約自數 mm 至數 100 μm 之微生物膠羽為多，而濾材在 0.5 mm 至數 mm 之範圍，則其去除效果就不受濾材大小所影響，依據經驗在上述之濾材條件下，可去除之懸浮微粒下限值為 10 μm ，因此幾乎經快濾後，殘留於二級處理放流水中之懸浮物大半已被去除。

但若為特殊情況，要去除 $10\ \mu\text{m}$ 以下之微粒，則可先提升懸浮微粒之粒徑，再予快濾之，快濾過濾型式如圖 4.2.1-1。

快濾最直接的處理效果為去除二級處理放流水中殘留之 SS，併同去除 SS 中所含之有機物、磷、氮化物等，因此若 SS 以外的懸浮性物質佔高比率時可有效的予以去除之。亦可為去除二級處理水之懸浮性 BOD。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.1-1 快濾過濾池形式

過濾方式有重力式及壓力式，依其過濾方向和濾層之形態而異，各種過濾構造示如圖 4.2.1-1，其選定應依設置條件、計畫回收水量、維護操作等決定之。濾層之設計以能具高去除 SS 之能力選擇之。過濾速度依流入水及處理水水質、SS 去除能力及過濾持續時間決定之。固定床之濾層清洗，視反沖洗效果，以空氣及過濾水為之。

快濾過濾之設計水量、水質，原則上以最大日污水量設計，處理原水原則上以二級處理水 SS=20 mg/L 為設計依據，原則上以每池最大 80 m²，過濾速度依水質、濾層有效利用及過濾持續時間決定之，原則上最大日以 300 m/d，最大小時 45 m/d 設計，反沖洗以每日一次，並以過濾水為水源設計之。

另，纖維過濾之濾層為由 PP 或 PE 纖維濾料粒、球、片或絲構成之壓力式高速過濾，有效濾層為 1.0~1.5 m 者，最大過濾速度可達 720~1,200 m。供水方法依各設施所需利用水量、供水壓力及設置條件決定之。

二、薄膜處理

薄膜處理可定義為利用一非移動性質(Immobilized Material)，作為水中分子或離子成分由一相流向另一相的屏障，以達分離效果之處理程序。

為達分離的效果，薄膜必須具有高度選擇性及滲透性，能讓部分物質快速通過，而其他物質則無法通過。常見之薄膜處理程序如表 4.2.1-1 所示，其中以電析(Electrodialysis)、逆滲透(Reverse Osmosis)及超過濾(Ultrafiltration)最為常用。

圖 4.2.1-2 則是常用分離程序適用的範圍。各種薄膜之過濾壓力及分離物質可參考表 4.2.1-2 及表 4.2.1-3。

表 4.2.1-1 薄膜處理程序及其特性

程序	說明	驅動力
逆滲透	逆滲透膜對水分子具有選擇性 (即僅讓水分子過)	壓力梯度
超過濾	由分子大小、形狀決定。	壓力梯度
電透析	對離子成分具選擇性及滲透性。	電動勢能
透析	對溶質傳輸具選擇性。	濃度梯度
離子電極	對特定離子具選擇性。	濃度(活性)梯度

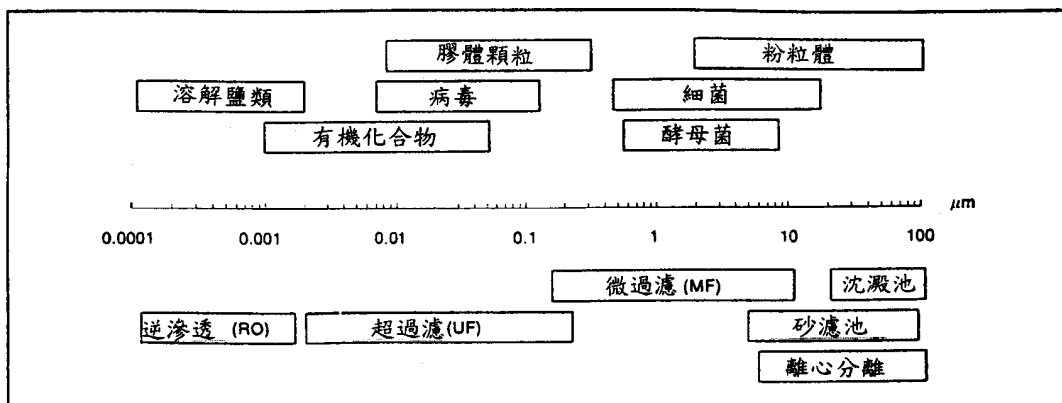


圖 4.2.1-2 水中常見污染物與處理方法

表 4.2.1-2 各種薄膜之過濾特性

種類	過濾壓力	主要分離對象
微過濾 (Micro Filtration)	1~5(kgf/cm ²)	微粒子
超過濾 (Ultra Filtration)	1~10(kgf/cm ²)	膠凝狀
逆滲透 (Reverse Osmosis)	5~100(kgf/cm ²)	鹽類、離子

表 4.2.1-3 各種膜的分離去除特性

項目/膜種類	MF	UF	RO
濁度	○	○	○
色度	△	△	○
臭度	×	×	○
SS	○	○	○
TDS	×	×	○
發泡成分	×	×	○
菌類	○	○	○
病原菌	×	○	○
N	×	×	○
P	×	×	○
TOC	×	×	○
BOD	△	△	○
COD	△	△	○

註：「○」表可分離去除，「△」表部分分離去除，「×」表無法分離去除。

薄膜依其孔徑大小，可分為 MF、UF 及 RO 等三種，以下就其三種薄膜進行簡述：

(一)微濾膜(MF)

微濾膜之去除物質為 $0.01\sim 0.1\ \mu\text{m}$ 之微細至 $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 孔徑，可藉顯微鏡直接觀測之物質，其去除視孔徑而定，但亦受物質極性影響，一般去除懸浮物質、膠狀質之一部分及細菌等。

微濾膜之過濾原理與一般過濾理論相同，孔徑較大物質附於濾膜表面，而很快至完全阻塞，比膜孔徑小的物質，則經由微細孔之中間，呈靜電力而附著去除。可分離微粒子、藻類、大腸菌、霍亂、傷寒及病毒等。

(二)超濾膜(UF)

超濾膜過濾界於微濾膜及逆滲透之間，雖沒有逆滲透之緻密，但其孔則無法藉顯微鏡量測之，因之可處理各種分子量之特定高分子水溶液，其透過率之量測成為特過性之指標。超濾膜之原理與微濾膜相同。

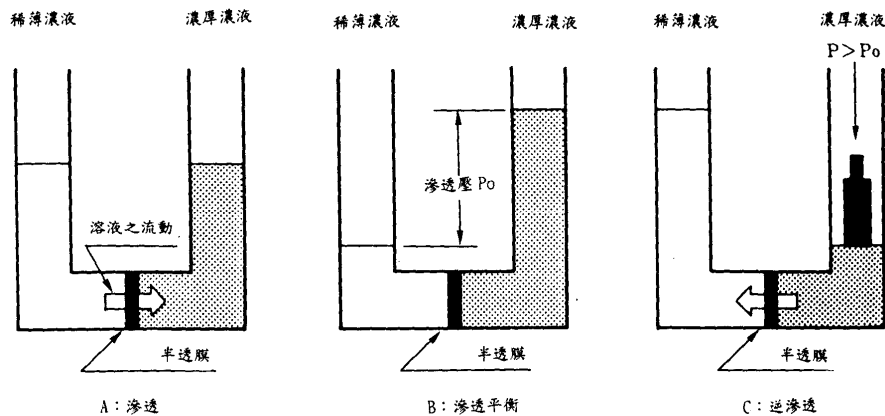
分離之性能主要為分子量在 $1,000\sim 300,000$ Dalton程度之高分子量物質為對象，可做為蛋白質之分離、濃縮、醱酵物質之分離、濃縮、精製、酵素、病毒、核酸等之分離、濃縮、精製、油分離、膠狀物質之去除、放射性物質之去除。

(三)逆滲透膜(RO)

逆滲透以去除如食鹽之鈉離子為對象。其原理示如圖 4.2.1-3。於容納有純水的槽，裝置只有水可透過之半透膜，使與食鹽水槽相連接，純水則透過膜流向食鹽水之槽，食鹽水之水位因而上升，該上升的水位稱為滲透壓。若於食鹽水槽加壓，則食鹽水中的水就透過膜而再回至純水槽，此一現象稱為逆滲透，而利用此一現象以處理水。逆滲透之驅動力為壓力差。

含有鹽分的水，依濃度而有固定的滲透壓，若於滲透壓膜上加入逆滲透壓以上的壓力，則水分就自膜的相反側流出，惟需有滲透壓的2~3倍的壓力。

一般溶解於水之無機鹽濃度1,000 mg/L，則須以0.7 kgf/cm²，海水因無機鹽濃度高至35,000 mg/L，滲透壓約需25 kgf/cm²，因之，由高鹽分之水製造純水需較高的壓力，逆滲透被利用為海水淡化利用之。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.1-3 逆滲透膜之原理

膜處理法之基本流程，基本上為減低負荷及防止膜的破損，必須先經前處理，以去除溶解物質為目的的程序，應與膜處理程序分開，而膜的部分，上述三種MF、UF、RO膜皆可適用，又不同薄膜之處理水水質可參考表4.2.1-4。

表 4.2.1-4 薄膜處理水水質

項目	MF 膜/UF 膜處理水	RO 膜處理水	備註
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	為提高消毒效果，pH 不宜降至 8.0 以下，依進流水而稍異。
大腸菌群數 (CFU/100 mL)	未檢出	未檢出	
濁度(NTU)	1 以下	1 以下	
色度	15 以下(添加混凝劑)	1 以下	
BOD (mg/L)	3 以下	1 以下	

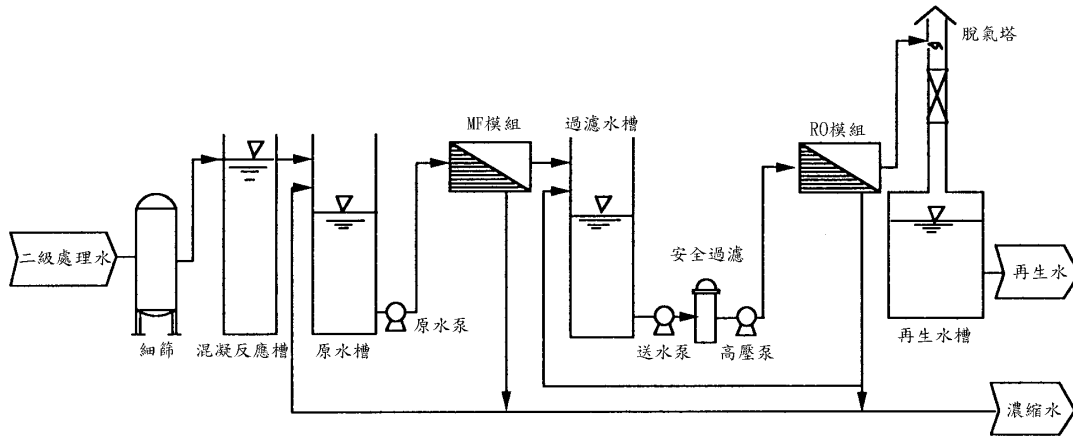
項目	MF 膜/UF 膜處理水	RO 膜處理水	備註
COD (mg/L)	10 以下	1 以下	
MBAS (mg/L)	0.3 以下	0.05 以下	
蒸發餘留物 (mg/L)	二級處理水相同	14~138	
鹼度(mg/L as CaCO ₃)	二級處理水相同	6~13	
硬度(mg/L as CaCO ₃)	二級處理水相同	1~18	
氯離子 (mg/L)	二級處理水相同	8~35	
總氮 (mg/L)	二級處理水相同	0.7~7.9	
總磷 (mg/L)	未添加混凝劑則與二級處理水相同	0.03 以下	
	添加混凝劑則 0.04~0.2		

薄膜分離系統由前處理、供水泵、薄膜及後處理所組成，如圖 4.2.1-4，其應用應注意：

- (一)二級處理水先經混凝沉澱、MF 等處理後，並調整 pH 等，並選擇合乎膜之特性處理之。
- (二)依水透過流速求出膜面積，並求出膜組數，而水透過流速則為重要設計因子，應依實驗求出之。
- (三)水回收率也即濃縮率愈高，膜面將呈垢化，分離性會降低，因之應設定不超過溶質之溶解度的濃縮倍數。
- (四)操作壓力從膜之水透過流速，為與膜作用的有效壓力成比例，依膜組之入出口平均操作壓力為壓力，而於出口以孔口或壓力調整閥控制之。
- (五)由於逆滲透膜膜面附近之溶質停滯，為使其流動，因之膜面上應有一定以上的流速，依該一流速決定供給泵揚水量。
- (六)RO 膜組因具 CO₂ 氣體容易通過之特性，使得透過水中溶解多

量的 CO_2 到 pH 稍降低，故應以脫氣塔或曝氣等方式去除水中的 CO_2 。

(七)膜面附著物除反洗外，應定期以藥劑清洗。



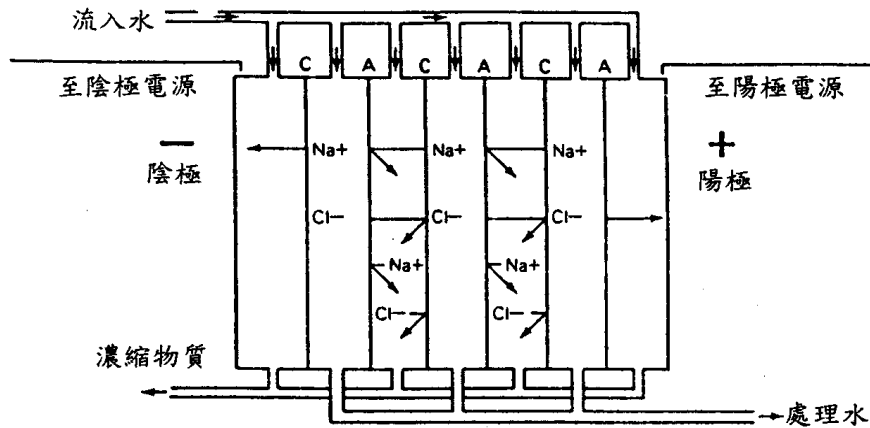
資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.1-4 薄膜分離法流程(例)

除前述 MF、UF 及 RO 薄膜處理法外，另有利用電流誘導離子與溶劑分離之電透析法(Electrodialysis)，亦為薄膜處理之一種，乃係將陽離子和陰離子膜交互排列，並通以電流使離子向二極運動，利用陽離子膜只容許陽離子，陰離子膜只容許陰離子通過的特性，使容許離子離開區間的濃度降低，而不容許離子離開區間之離子濃度提高，以達部分分離之淨化目的，如圖 4.2.1-5 所示。

良好的電透析膜須具備高度離子選擇(透過)性，低電阻、低水通量，物化性質穩定(尤以抗氧化性為最)、避免極化及積垢產生及足夠之機械強度等特性。因於電透析薄膜僅容許一種離子通過，因此極化現象可定義為當離子增加的速度大於被送走的速度，離子在膜邊界層累積之現象。當極化現象發生時，需要更高的電流來帶動離子，而當電流強度超過臨界點時，將產生如下之現象：

- (一)電阻增加，導致能源消耗增加。
- (二)發生水解作用，使薄膜一邊的 pH 值升高，另一邊降低，升高之一端將使溶液中 CaCO_3 ， CaSO_4 等沉澱，達到分離及純化。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.1-5 電透析法原理圖

4.2.2 化學方法

一、混凝沉澱

凝聚為降低粒子表面之電位，以形成複雜化合物之現象，此乃高分子凝聚劑之主要作用，同時包含有架橋作用的現象。水中的微粒子，其表面大多具同一電荷，而粒子間產生靜電的排斥作用。粒子之帶電荷，主要由於粒子表面之親水性所形成，粒子之帶電表面因吸引相反符號的離子，導致相同電荷之離子發生排斥，使得表面及內部各個的離子濃度不同。

這種膠體粒子間之排斥力的指標，以界達電位表之，此為粒子之表面所附著之外側水層之電位。降低其電位則粒子間的排斥力消失而粒子間相互附著，因之必須添加具相反電性的離子。帶負電之膠狀液體必須添加陽離子性凝聚劑，如圖 4.2.2-1 為電荷中和之現象。

凝聚的發生大多起自界達電位 20~50 mV，而於±5 mV 時由於電荷中和之進行而達完全凝聚。凝聚的另一現象為架橋作用，高分子凝聚劑之分子中各具若干極性基，該極性基被帶電荷的粒子所吸附，使粒子之間發生架橋作用而達粗大化。(如圖 4.2.2-2)。

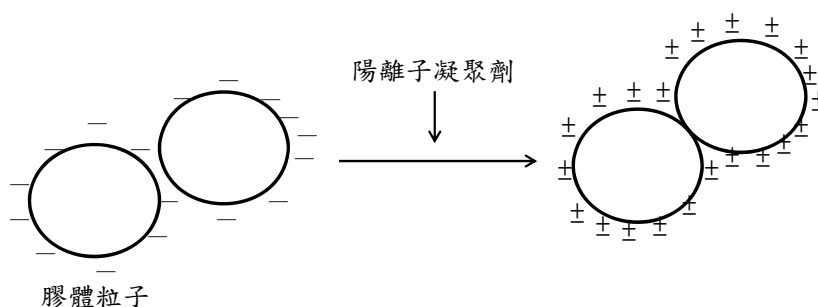


圖 4.2.2-1 電荷之中和

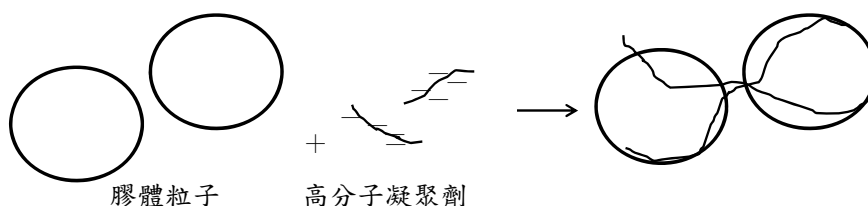
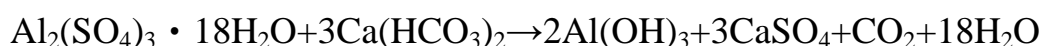


圖 4.2.2-2 架橋作用概念

過去一般以使用無機性凝聚劑較多，近年來由於高分子凝聚劑的進步，此等凝聚劑可單獨使用或與不同性質的無機性凝聚劑併用，而使其利用性更大。一般凝聚劑的分類如下：

- (一)無機凝聚劑：無機性凝聚為多價金屬離子之鹽，經加水分解而成膠狀粒子產生相反符號之較大電荷，一般使用者有硫酸鋁、硫酸亞鐵。以硫酸鋁為例，其作用如下：



由於氫氧化鋁具正電荷而產生凝聚，且由於加水分解而消耗水中的鹼分，致pH降低，有時必須補充鹼劑。

- (二)有機高分子凝聚劑：有機高分子凝聚劑，有天然存在物質而具凝聚性質者及人工合成者，現在一般以使用合成者較多。

依高分子凝聚劑(polymer)所具有的性質，可區分為陰離子性凝聚劑、陽離子性凝聚劑及非離子性凝聚劑，且各有其特性。高分子凝聚劑同時具有電荷的中和作用及架橋作用，其特性如下：

- a. 硫酸鋁不易處理之廢水，添加高分子凝聚劑具有效果
- b. 所添加的凝聚劑不會有析出現象(鋁鹽則有沉澱析出之現象)
- c. pH 不發生變化
- d. 污泥產生量比添加鋁鹽者少
- e. 可改善脫水性
- f. 不增加離子(因凝聚劑)
- g. 不易受共存鹽類、pH、溫度之影響

凝聚劑之添加及所需之用量，一般可藉杯瓶試驗(jar test)來決定最佳加藥量操作條件。由試驗所得到之加藥量約將比實際所需略為多些。

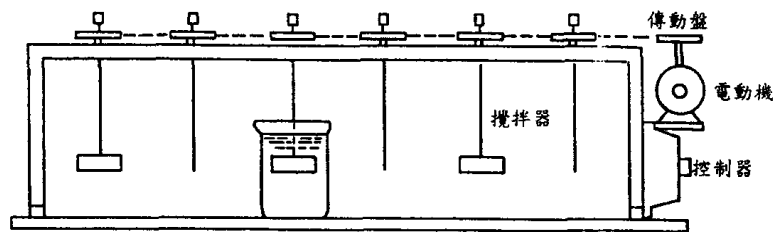
常用之混凝劑及助凝劑如表 4.2.2-1 及 4.2.2-2；本杯瓶試驗裝置如圖 4.2.2-3 所示。

表 4.2.2-1 常用的混凝劑種類及特性

種類	名稱	化學式	適用 pH 值 操作條件	特性
鋁離子	硫酸鋁	$Al_2(SO_4)_3$	4.5~7.9	混凝適宜之 pH 值接近中性，適用於生物處理的前處理單元
	多元氯化鋁	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	6.0~9.0	具有鹽基性鹽類，鹼度消耗少，且具有高價陽離子，架橋能力強，膠羽形成快
三價鐵	氯化鐵	$FeCl_3$	5.0~11.0	最佳的 pH 值範圍較廣，所形成的膠羽體積大而重，沉降性及脫水性佳，但腐蝕性高
	硫酸鐵	$Fe_2(SO_4)_3$	8.0~8.5	最佳的 pH 值範圍較廣，所形成的膠羽體積大而重，沉降性及脫水性佳，但腐蝕性高
二價鐵	硫酸亞鐵	$FeSO_4$	8.5~11.0	可還原水中的氧化物，所形成的水合物須再一步氧化成三價鐵的水合物，其他特性則與三價鐵同
鈣離子	石灰	CaO 或 $Ca(OH)_2$	7.5~11.0	在高 pH 值操作可釋出污泥中的氨氣，且可去除水中的磷、氮等物質

表 4.2.2-2 各類型高分子助凝劑的適用範圍

種類	適用特點	作用	適用對象
陽離子型	含有機性污染物或分散性膠體之偏酸性廢水	提高污泥脫水和過濾效果，及促進水質澄清	生活污水、油漆加工及食品加工等廢水
陰離子型	含無機性污染物(尤其重金屬氫氧化物)及部分有機性污染物之偏酸性廢水	促進膠羽沉降、浮除過濾效果	金屬表面理、電鍍及機械加工等廢水
非離子型	含無機性污染物或無機性與有機性污染物混合之偏中性廢水	促膠羽沉降及過濾效果	粘土、礦泥及砂石等廢水



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.2-3 杯瓶試驗裝置

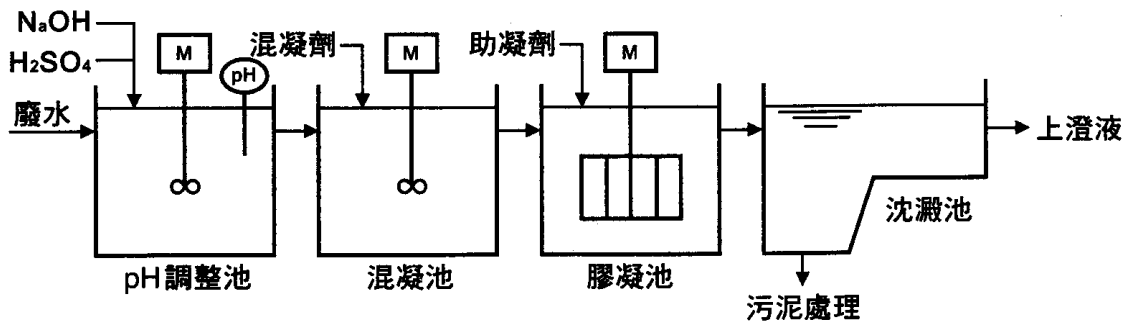
混凝沉澱之目的，在使無法藉單純沉澱去除的懸浮物質，經由凝聚予以沉澱分離，其內容包括促進沉降、促進澄清化、提高過濾效果及改善脫水性等。

- (一)促進沉降：在使微細粒子、懸浮物質、膠體性物質等粗大化以促進沉降，縮短沉澱時間，減少處理裝置之容積。
- (二)改善上澄水之清澄性：可達到微細粒子的沉澱及脫色等效果，使水質清澈。
- (三)提高過濾性：添加凝聚劑改善過濾性，獲致較佳的過濾效率。
- (四)改善沉澱污泥之濃縮性：添加凝聚劑改善污泥之濃縮脫水性，獲得含水率較低的污泥。

由於凝聚有上述之效果，得以提高物理處理之效率，且近年

來由於藥劑的改良，而得獲致更具效果的凝聚劑。其應用除單純做為沉澱分離之目的外，尚可做處理水除磷等各種處理之用。

混凝沉澱設施包括由快混槽、凝聚槽(慢混槽)及沉澱槽所成之分離型，若三者成一體之裝置即為所稱之高速混凝沉澱裝置。分離型之凝聚槽有利用堰、水流或利用機械攪拌機等以行凝聚反應。圖 4.2.2-4 為分離型機械式凝聚沉澱設施，圖中凝聚設施之配置以分成 2 段凝聚為佳，在第 1 段中先加入混凝劑快速攪拌使其與廢水相接觸混合，第 2 段則為添加助凝劑進行慢混以促進膠羽的形成。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.2-4 混凝沉澱系統流程圖

流體混合所需攪拌程度，主要之控制參數為速度坡降(velocity gradient)，G 值之定義如下：

$$G = \left(\frac{P}{\mu V} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (式 4-1)$$

- G = 速度坡降(sec⁻¹)
- P = 輸入槽中之攪拌動力(W)
- μ = 液體絕對黏度(N·S/m²)
- V = 槽中流體體積(m³)

因此，可由槽中流體體積及速度坡降決定所需攪拌動力(P)

$$P = \mu V G^2 \dots \dots \dots (式 4-2)$$

若攪拌採用曝氣方式，則曝氣量由(4-3)式決定之

$$P = 3902.4Q_a \log\left(\frac{h+10.36}{10.36}\right) \dots\dots\dots(\text{式 4-3})$$

P=所需攪拌動力(W)

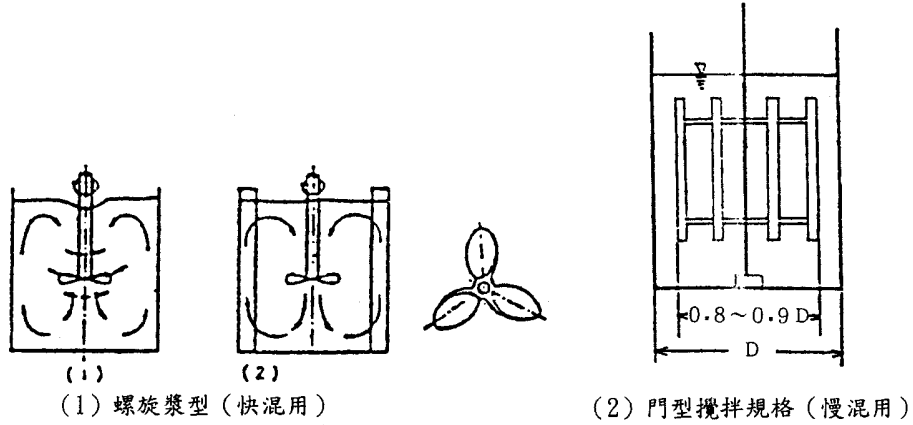
Q_a=所需曝氣量(m³/min)

H=散氣管浸水深度

廢水處理中常用的機械攪拌設備主要為螺旋槳攪拌機(propeller mixer)及輪葉攪拌機(turbine mixer)。快混池一般採用螺旋槳式攪拌機，輪葉式攪拌機則常用於膠凝池，輪葉式攪拌機轉動時常會形成渦流而影響攪拌效率，因此，設計時受池的幾何形狀而變，且一般常設置擋板以阻止渦流的產生。圖 4.2.2-5 為典型的攪拌機，輪葉及擋板與幾何形狀之關係。

一般三級處理程序對於懸浮物及膠狀物去除流程如圖 4.2.2-6；凝聚反應槽如圖 4.2.2-7。繼二級處理後，本程序幾乎可去除全部溶解物質，獲較良好水質。若三級處理水之水質要求較低時，可省去過濾階段，或二級處理水之濁度較低時，僅經凝聚、沉澱也可獲得良好的水質。

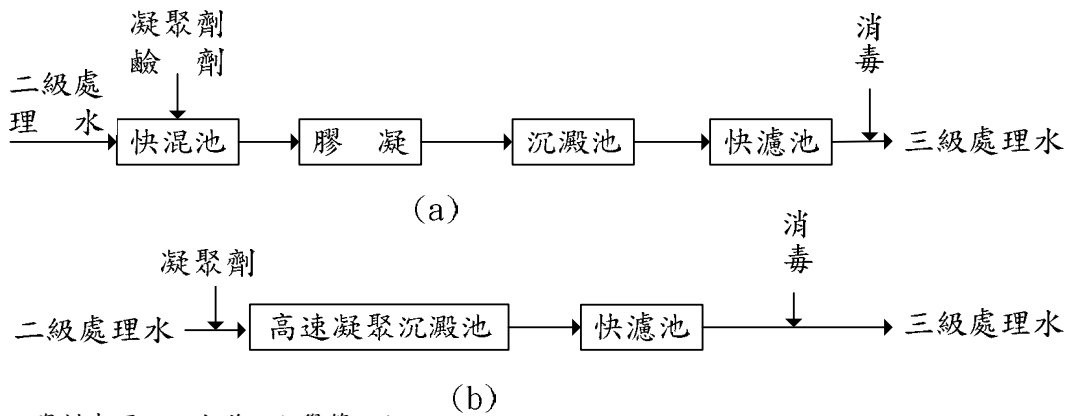
一般使用之無機凝聚劑有 Al₂(SO₄)₃ · 8H₂O、FeCl₃ 及 PAC 等。混凝及膠凝單元設計上考慮參數為表示攪拌狀況之速度坡降 G 值及水力停留時間。混凝池之水力停留時間約 1~3 分鐘，所需攪拌速度坡降 G=300~1,000 sec⁻¹。一般圓型混凝池比方型或長型效率高，圓型池其水深應等於其直徑；膠凝池之水力停留時間通常在 20~30 分鐘，速度坡降 G=20~80 sec⁻¹，Gt 值在 10⁴~10⁵；以石灰為混凝劑時，因固形物比重大，應使用較高之 G 值，若以硫酸鋁為混凝劑，可使用較低的 G 值。



(1) 螺旋葉型 (快混用)
資料來源：下水道工程學第五版。

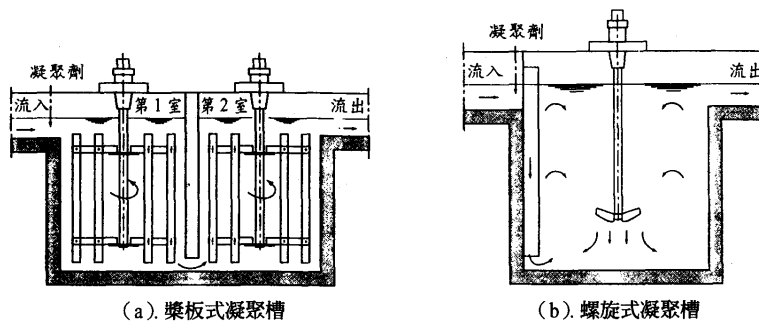
(2) 門型攪拌規格 (慢混用)

圖 4.2.2-5 攪拌設備之形式



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.2-6 去除懸浮物為主的三級處理流程



(a). 槳板式凝聚槽
資料來源：下水道工程學第五版。

(b). 螺旋式凝聚槽

圖 4.2.2-7 凝聚反應槽：(1)槳板式(雙槽)；(2)螺旋式(單槽)攪拌器

二、活性炭吸附

二級處理放流水中，尚殘存有機物量約 50~120 mg/L，及其他微量的色度和臭味等。此等物質雖可以混凝、沉澱、過濾等處理法去除之，但仍無法完全去除。而逆滲透法，蒸發法及冷凍法

或可去除，惟處理上並不經濟，而活性碳吸附法則可經濟的去除該等物質，為其最大優點，可分為粒狀碳及粉狀碳兩種。

粒狀碳之粒徑約 0.6~1.5 mm，為裝置於塔狀之容器中，將欲處理的水自塔之頂部或底部引入，予以接觸操作處理之方法。經長時間使用後則失去吸附能力，需將活性碳自塔內取出再生 (regeneration)。

粉狀碳為非常微細的碳粒，容易飛散，通常含有 30~50% 的水，以利使用。使用時與混凝劑相同，於注入欲處理之水中，予以攪拌接觸，再沉澱之處理方法。粉狀碳不再生，因此使用過後就需廢棄。

活性碳細孔之分類，依 1972 年國際所訂之分類，各種細孔直徑分別為：

(一) Macropore：細孔直徑 500 Å 以上

(二) Mesopore：細孔直徑 20~500 Å

(三) Micropore：細孔直徑 8~20 Å

(四) Sub-micropore：細孔直徑 8 Å 以下

活性碳粒上有直徑 10~10⁵ Å 之無數細孔，比表面積約達 500~1,500 m²/g，活性碳之吸附能力即賴這些微細的小孔。

活性碳的性質依細孔大小之分布，活性碳之粒度，賦活之方式等而異，又被吸附物質對於水之溶解度、分子的大小、pH 濃度、溫度等之不同，活性碳之吸著力亦異。因此活性碳處理裝置設計時，必須先行吸附實驗，做為設計依據。活性碳吸附特性一般以 Freundlich 之吸附等溫式表之。

$$\frac{X}{M} = KC^{1/n} \dots\dots\dots(式 4-1)$$

M：活性碳重量(mg /L)

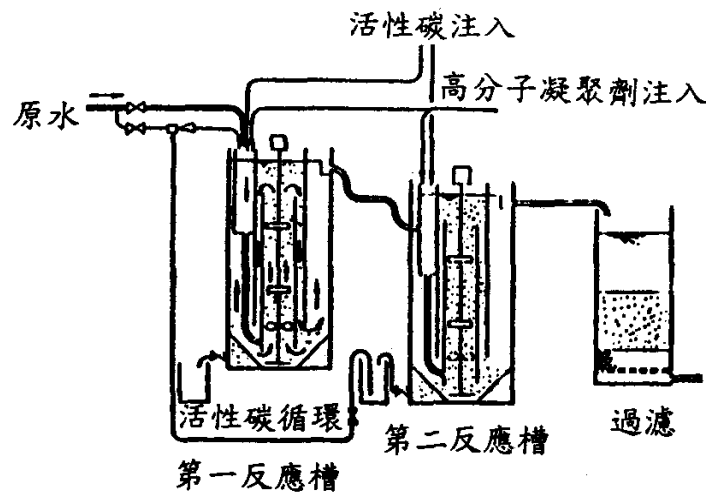
X：被吸附物質(mg/g)

C：去除物質殘存濃度(mg /L)

1/n： $\frac{X}{M}$ 與 C 所呈吸附等溫線斜率

粉狀活性碳之接觸槽，需有攪拌槽，其構造與給水工程之慢混池相同。攪拌接觸、吸附之後，活性碳粉需自水中分離之，故需有沉澱池，因此具有攪拌、接觸及沉澱分離功能之高速膠凝沉澱池也可做為活性碳吸附槽。

為充分發揮活性碳之吸附能力，以降低處理水之濃度，則可設置多段槽，而於後段使用過後之活性碳引入前段，這種稱為向流式多段吸附裝置。圖 4.2.2-8 為利用高速膠凝沉澱池之二段向吸裝置。



資料來源：下水道工程學第五版。

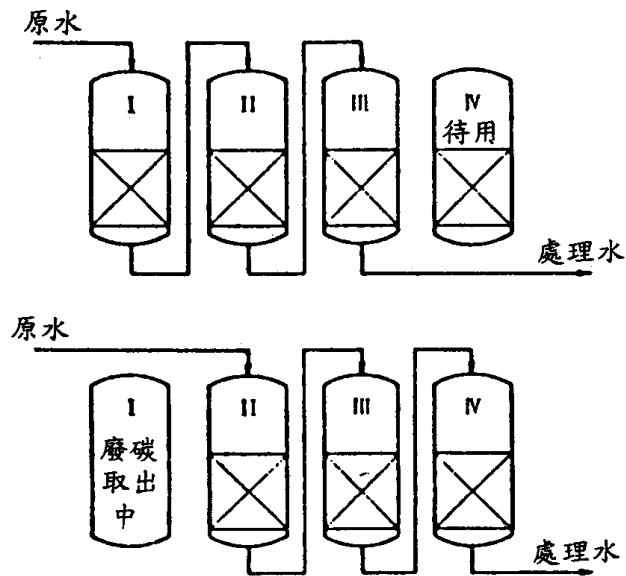
圖 4.2.2-8 活性碳吸附裝置

活性碳處理之固定層吸附槽與快濾池相同，於槽內填充粒狀活性碳過濾。由於處理水之懸浮物污染活性碳層，通水阻力增大，而需反沖洗，並為破壞表面之泥球，必須設置表面沖洗設備，此等設備也與快濾池相同。

固定層吸附槽，當被吸附物飽和時，活性碳(廢碳)應換新碳，廢碳則送再生工廠進行再生。為提高活性碳之負荷量，接觸都採多段直列式。圖 4.2.2-9 為多段直列式活性碳吸附裝置，最初以

I → II → III 之順序通水，當第 I 段之出水濃度超過容許度時，第 I 塔就必須停止操作，更換新碳，而改以 II → III → IX 之順序通水操作。

粒狀活性炭，當其吸附量達到飽和時，就必須取出再生。再生方法有濕式氧化法、藥品再生法、生物再生法，而以熱處理法最為普遍。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.2-9 多段直列吸附槽

三、臭氧氧化處理

臭氧處理主要利用水與臭氧充分接觸，藉臭氧之氧化力以去除污染物質，其注入水中之方法如圖 4.2.2-10，可分為加壓法及散氣法。加壓法為將加壓之水經噴壓器，利用噴嘴噴出、並與臭氧混和後，於反應槽底部流出，優點為氣液混合效果好，然需加壓泵將水加壓(2~3 kg/cm²)，所需之臭氧量約為處理水量之 2~3 倍，臭氧總濃度應以 20 g/Nm³ 注入(限界為 40~60 g/Nm³)。

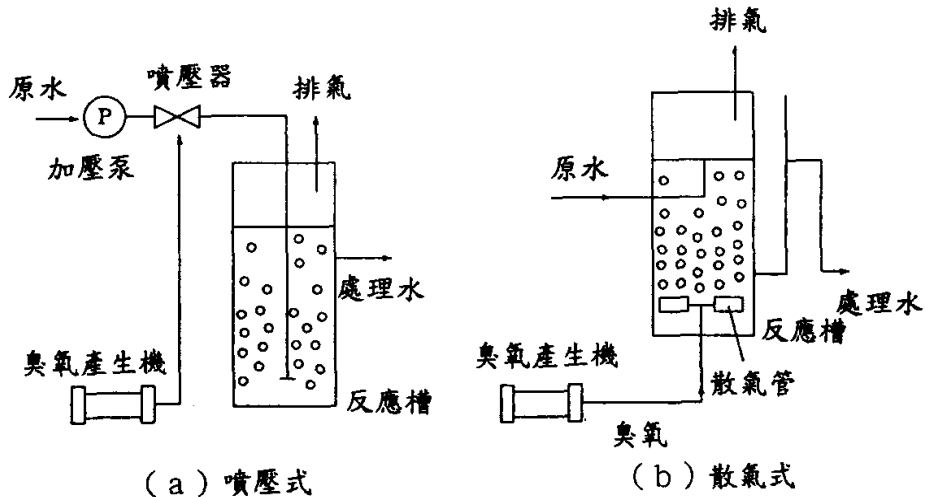
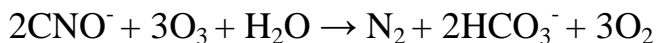
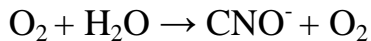


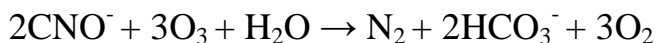
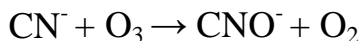
圖 4.2.2-10 臭氧注入方法

散氣式係於反應槽底部設置散氣設備，將臭氧以微細氣泡狀散出，於反應槽中與水接觸溶解，所需動力費較低、操作較容易，應用較廣。應用實為提升臭氧之吸收效率，反應槽一般深度為 3~5 m，且為防腐蝕，多以不銹鋼材、FRP 材或混凝土材等材料，散氣管亦使用耐腐蝕之陶製散氣管為宜。

臭氧之化學反應，其氧化電位如下：



臭氧之氧化力極強，為廢水處理之良好氧化劑，但其應用之主要關鍵是在臭氧之價格。氰化物(CN^-)與 O_3 反應快速產生氰酸鹽(CNO^-)，但 CNO^- 與 O_3 之反應可得到理想之結果，其化學反應式如下：



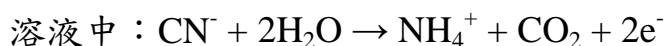
臭氧在三級處理之目的為脫色及除臭，臭氧與流入水中之亞硝酸鹽、硫化氫等無機物及有機物反應而消耗，因之注入量應依處理水之性質、處理目的、處理程度而異，應依試驗結果而定，一般生物處理所需之臭氧注入量約 10 g/m^3 。接觸反應時間為

10~15 分鐘。

臭氧處理所需之停留時間(接觸時間)依處理水之水量、水質及臭氧注入速率而有所不同；另處理水之水溫、pH 將影響水中殘餘之臭氧量，一般約將設置貯留槽，使處理水停留約 10~20 分鐘，以利殘餘臭氧充分分解、逸散；又由反應槽所排出之臭氧(約 5~20%)，若任由其散入大氣，恐造成人體危害，應將之妥善處理至 0.01 ppm 以下為宜。

四、電解氧化處理

利用陽極電解氧化法處理含 CN^- 廢水，主要特點是陽極氧化時陰極會沉積金屬離子，可加以回收。電解槽可使用一般碳鋼，陰極用鈦金屬、不銹鋼或石墨，陽極則為金屬合金。陰極電流密度以 4 A/dm^2 為宜。陽極面積為陰極面積四倍時效率最高，溫度維持在 $50\sim 90^\circ\text{C}$ 間可使電解氧化效率提高，同時減少電能之消耗量。電解氧化法最大特點乃在使安定之金屬與氰化物錯合離子在內，再者，本法處理時間不長且沉澱物不具毒性，其電解氧化之反應如下：



五、濕式氧化處理

濕式氧化法(wet air oxidation, WAO)亦可稱為濕式燃燒，此法處理氰化物時，首先將氰系廢水/廢液以貯槽收集，定量泵入反應槽，以空氣壓縮機、熱交換器等調整反應槽操作條件至 85atm 、 260°C ，以氧化破壞氰化物，並使其產生氨氣、氮氣、二氧化碳等。然後殘餘之液體先經壓濾機去除固體，濾液再經乾燥設備，產生含水率 25% 以下之污泥。處理過程中所產生的蒸氣，經收集至餾出水槽，泵送至低濃度氰系廢水貯槽，再排至廢水處理廠處理。本法因處理設備多，操作維護較繁複，故對一般中小型工廠較不

適用。

此外，濕式氧化法亦可利用高溫、高壓及高溶氧狀態對有機物分解速度及化學反應動力會加速之特性，將有機物質轉換成 H_2O 及 CO_2 ，而氮氧化物、硫化物、鹵化物通常轉換成 N_2 、 NH_3 或酸被水吸收。

4.2.3 生物方法

一般生物處理常用標準活性污泥法、分批式活性污泥法、活性污泥膜濾法以及接觸曝氣法等。

一、標準活性污泥法(Conventional activated sludge process)

迴流污泥自曝氣槽之流入端與最初沉澱池沉澱後之下水，一併流入曝氣槽，藉水平流動而經一定時間曝氣之方式。曝氣槽之流出水導入最終沉澱池沉澱分離懸浮物質，上澄水即為處理水，沉澱之懸浮物則一部分以迴流污泥迴流曝氣槽。其設計參數如表4.2.3-1所示。

標準活性污泥法曝氣槽流入部及流出部之BOD污泥負荷及生物相皆不相同，將曝氣槽流出之生物再加迴流利用，要使其再開始活動需要一段時間，故若流入下水水質變化太大時，常有無法適應的現象。

曝氣槽混合液消耗氧量，以槽之流入區較多，愈向流出區愈小。為改良本法同一曝氣量之缺點，依曝氣槽內混合液消耗氧量，調整空氣供給量之方式，稱為遞減曝氣法，此法因曝氣適當，顯有抑制硝化菌繁殖的效果。

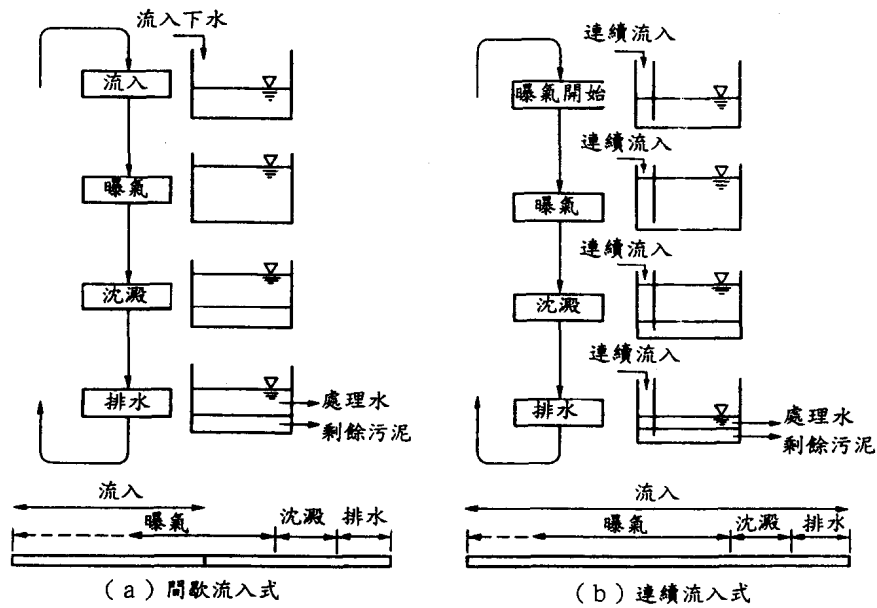
近年來有為提升污水處理之操作穩定性，而於標準活性污泥法反應槽之前端隔離出一菌種選擇段(Selector)，使進流水及迴流污泥處於厭氧狀態並加攪拌下，以抑制絲狀菌的增殖，防止發生膨化之措施，其混合停留時間一般約20~30分鐘。

表 4.2.3-1 一般活性污泥法設計參數

處理方式	食微比 (KgBOD/Kg MLSS · Day)	混合液懸浮 固體濃度 (MLSS) (mg/L)	反應槽 水深 (m)	水力停 留時間 (HRT) (hr)	污泥停留 時間 (SRT) (day)	迴流污泥率 (%)
標準活性 污泥法	0.2~0.4	1,500~2,000	4~6	6~8	3~6	25~50
批次式活性 污泥法 (SBR)	0.2~0.4 (高負荷型)	1,500~2,000 (高負荷型)	4~5	24~48	—	排水比 1/6~1/3 (高負荷型)
	0.03~0.05 (低負荷型)	2,000~3,000 (低負荷型)				排水比 1/4~1/2 (低負荷型)
活性污泥 膜濾法 (MBR)	低 (依 MLSS 而定)	8,000~15,000	依膜材 而定	3~6	長 (依 MLSS 而定)	無

二、批次式活性污泥法(Sequencing batch reactor)

批次式活性污泥法為活性污泥法的修正法，基本上為曝氣槽兼具沉澱槽之用，而依其流入水為間歇流入或連續流入而有不同操作，間歇流入者其操作分污水流入、反應、沉澱、放流及靜待五個階段進行。由污水流入至靜待為一循環，其一循環之操作包括曝氣及攪拌設備皆在一個反應槽內依次進行，而以連續循環操作之。本法不需要如同一般活性污泥法需另設置最終沉澱池及迴流污泥泵。進流方式連續流入者，則需有避免影響沉澱之阻流設施，如圖 4.2.3-1。本法多利用於小規模處理設施，並以全自動控制操作之。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.3-1 批次式活性污泥法種類及操作程序

三、活性污泥膜濾法(Membrane bio-reactor, MBR)

本法為於傳統活性污泥曝氣槽中加裝數組膜組而成，膜組可分為中空絲或片板兩種，操作時利用透膜壓力為驅動力，將經過活性污泥處理過的混合液過濾而得到過濾液放流水。由於一般使用薄膜的孔隙約僅有 0.1~0.4 μm ，因之所得放流水水質甚佳，其處理水甚至能達到回收再利用的水質標準，因之近年來普遍被利用於小規模污水廠。惟膜板必須定時反沖洗及藥洗。

活性污泥膜濾系統，進流水應先經細篩分離，穩定流量，內置中空絲膜或片板膜，放流水由膜分離之，可維持高濃度的懸浮固體液。

就一般用於污水處理之固液分離程序的 MBR 而言，可依照薄膜置入活性污泥法的位置有可區分成側流式(side stream，或稱為外部迴流式 external recirculated) 沉浸式(immersed/submerged，或稱為整合式 integrated) 兩類，如圖 4.2.3-2 所示。

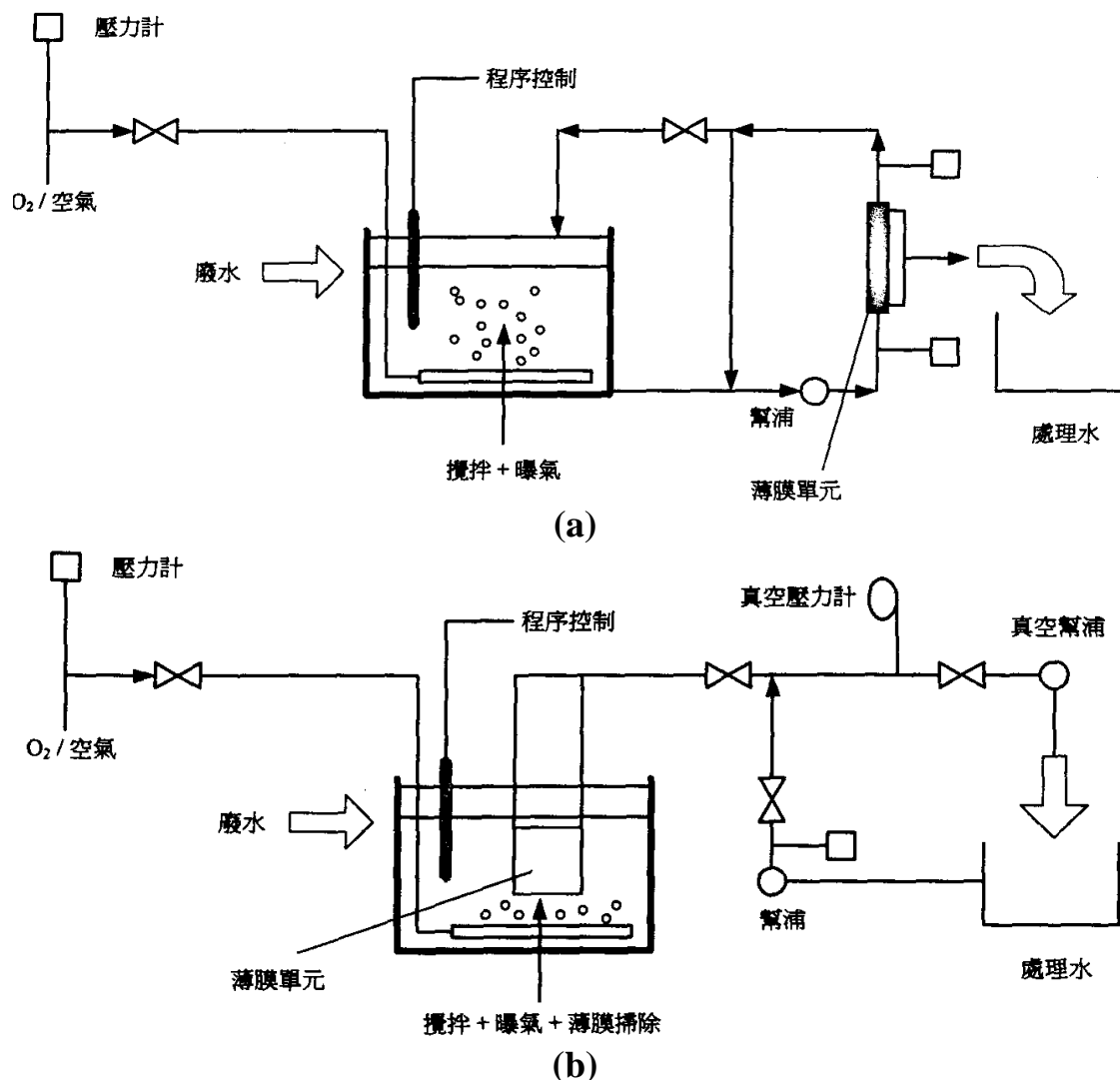


圖 4.2.3-2 (a)側流式(b)沉浸式 MBR

四、接觸曝氣法(Contact aeration)

接觸曝氣法乃是將接觸材料浸於曝氣槽內之污水中，並在槽內給予充分曝氣，使流入的廢水充分攪拌循環流動，而與接觸材料相接觸。經一段時間後，接觸材料表面開始生長附著生物性污泥(微生物)而形成生物膜，利用該生物膜在好氧性狀態下吸附、氧化廢水中有機物質的處理方法。接觸曝氣法之去除 BOD 及氮之模式如圖 4.2.3-3 所示。

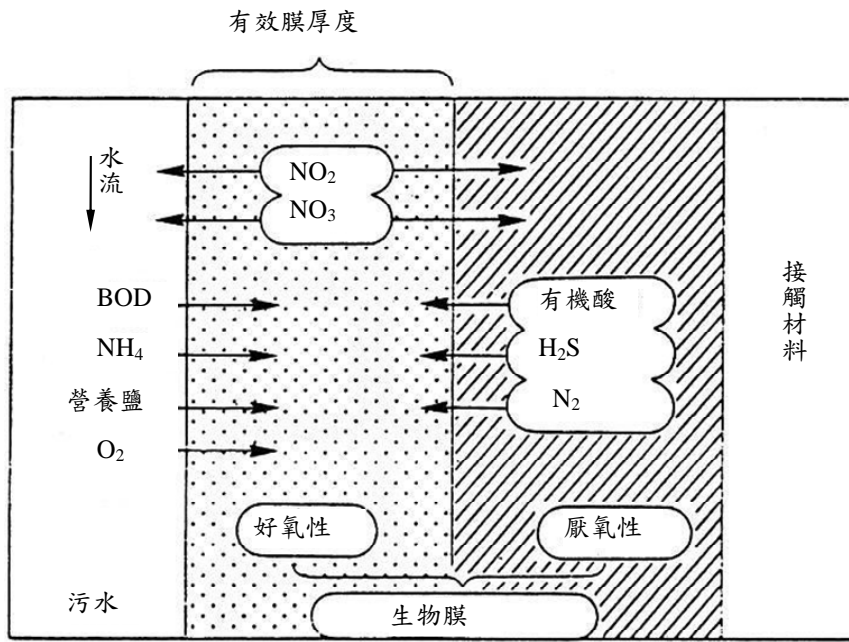


圖 4.2.3-3 接觸曝氣法去除 BOD 及 N 之模式示意圖

本法之優點包括：

- (一)不需調整 MLSS 濃度，也不需迴流污泥，操作管理容易。
- (二)可承受 BOD 負荷的變動，獲穩定之處理水。
- (三)剩餘污泥量少，污泥處理單元甚至可不需終沉池。
- (四)沒有污泥膨化問題。
- (五)好氧層生物之底下，形成厭氧生物層，可達脫硝效果。

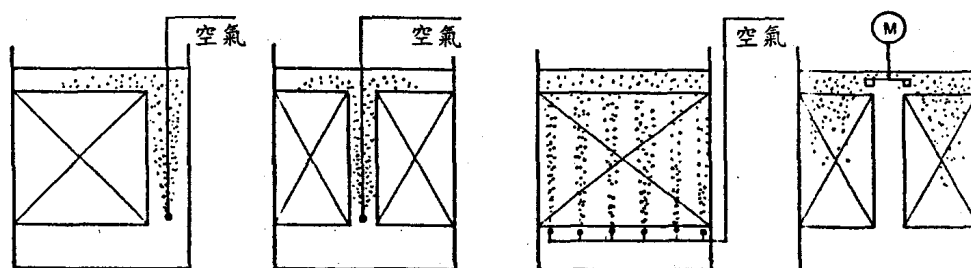
惟其缺點為：

- (一)接觸材上附著之生物量為操作條件，無法調整控制。
- (二)負荷過高時，有生物膜阻塞問題。
- (三)接觸材為固定於曝氣槽，因此欲達接觸材內之均勻曝氣不易。

本法之曝氣方式如圖 4.2.3-4 所示，有側面曝氣以形成旋迴流方式、槽中心曝氣於兩側形成旋迴流之中心曝氣方式、於槽底全面曝氣方式，以及於水面機械曝氣等方式。

無論採用何種曝氣方式，以能達到污水與空氣在反應槽內均勻混

合及旋回流動。底部全面曝氣方式，應防止接觸材表面附著之生物剝落、接觸材破損、變形或接觸材上浮等。



(A) 側面曝氣方式 (B) 中心曝氣方式 (C) 全面曝氣方式 (D) 機械曝氣方式

資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.3-4 接觸曝氣法各種曝氣方式

4.3 廠內管理與減廢

解決污染問題的對策，不外乎預防污染物的產生、減少污染物的排放及進行污染物的處理，也就是所謂的廠內管理、製程減廢及管末處理，前二者的基本精神在於「治本」，與後者的「治標」有極大的差異，但對解決污染問題，著實有重大的效益，不僅可有效率地使用原物料，更可預防及減少污染物的產生，進而降低管末管理成本。

4.3.1 污染源清查

污染源清查是執行廠內管理及減廢的首要工作，主要針對製程中可能產生的污染物，有系統地進行一連串與製程有關的調查、測量、分析、紀錄及問題查詢等工作，建立完整的廠內背景資料，以供廠內管理、製程減廢及管末處理之重要參考依據。

有效率的清查工作，必須動員工廠多數人的力量，由產生部門主管召集熟悉製程、管末處理等相關工程人員組成工作小組，在製程減廢專家的指導下進行。

一般來說，清查工作可細分為 6 項步驟，各步驟的作法逐項說明如下：

1. 瞭解工廠製造流程

進行現場勘查，實地瞭解廠內製程操作及單元程序間的關

係，以建立完整之製造流程。

2. 清查製程單元中各步驟所使用之原物料

廠內排放廢水、廢液的污染特性與製程使用原物料有直接關係，故須清查各製程單元所使用之原物料，以初步瞭解污染特性。

3. 建立製造程序及污染來源流程圖

根據製造程序，詳細調查污染來源及排放情形，確立出各製程單元步驟連續性及定期性廢水、廢液排放源，並製作流程圖。

4. 調查各製程單元步驟槽液體積及組成

詳細調查各製程單元之槽液體積及槽液基本組成，作為後續廢水、廢液污染物濃度分析的基本資料來源。

5. 調查分析各單元步驟之槽液更換(清)週期及其污染濃度

調查製程單元流程步驟之槽液更換(清)頻率及排放特性，並依其槽液組成特性，分析廢氣槽中污染物濃度，以瞭解各槽液更換(清)時，產生的污染量及污染質。

6. 推估量測及取樣水質分析各單元步驟清洗水之水量、水質

估測製程單元流程步驟用水量，並取樣檢測水質，以瞭解清洗廢水中所含污染物濃度。

經由以上步驟，建立完整的廠內廢水及廢液之污染質和污染量數據資料，再據以評估、分析廠內製程中具減廢潛力的單元及各單元所排放的污染總量，以利於後續進行廠內製程改善研擬及掌握改善工作成效，並可正確建立廢水、廢液分類收集系統及擬訂最有效且經濟的管末處理設施規劃設計或改善方案。

4.3.2 廠內管理

藉由廠內管理來達到污染防治目標往往是最簡易，也是花費最少的，

因經由管理防止物料不當使用、槽液洩漏或不當排放等情事，相對地杜絕了污染物的產生，是污染防治工作上最佳的治本之道，有關廠內管理的重點，分敘如下：

1. 物料庫存管理

對於原物料及產品，乃至於廢棄物進行適當的進出控制，可使物料使用合理化，避免物料過時或超量使用，而造成報廢品及處理/處置費用的支出。例如：

- (1)僅購置某一期間生產作業工作量所需之原物料數量。
- (2)購置適當數量及具適當大小容器(最好可回收再使用)之物料。
- (3)發展一套物料採購審核程序，評估預購物料的純度、使用期限、是否含有毒性成分、是否可提供物料安全資料表，以及供應商或代理商對容器、過時品或廢棄物是否有處理或回收再利用的服務等。
- (4)先入庫之原料須先使用，以避免原物料庫存過久，而敗壞成廢棄物。
- (5)使用電腦記錄並控制進出貨及庫存量，以達最適之狀況。

2. 洩漏及不當排放預防

電鍍廠因槽液洩漏及不當排放，造成廢水處理困擾，甚至嚴重污染環境的原因有以下幾項：

- (1)製程設備日常保養管理不週，造成故障、破損而洩漏出槽液。
- (2)製程槽液更新時機過於集中，排出量大且雜的廢液。
- (3)鍍槽老化液未進行純化再用，即直接排放廢氣，或於純化鍍液時，未能將槽底鍍液抽盡，使殘留的鍍液伴隨清洗槽體之清洗水排出。

針對上述缺失之預防對策如下：

- (1)對製程設備槽體及其附屬設備之管、閥等應嚴格實行管理及檢查，尤其是過濾機的軟管接頭固定不良，常引起槽液洩漏發生，應特別注意，而妥善的安全對策，是在製程槽周圍設置防溢堤及地下貯槽，貯槽內設有液位警報系統，當發生洩漏時，即發出警報。
- (2)廢液的貯存，應分別選擇耐酸及耐鹼性材質的貯存桶，並於桶內設置液位控制器，當液面過高時，即發出警報，防止製程蝕刻廢液再排入而造成溢滿的情況。通常液位控制器應選用耐腐蝕材質，並應經常檢視，以防故障發生。
- (3)應妥善規劃排定各製程單元更換(清)槽時間，以緩衝廢水處理的負荷，較妥善的作法是依各更槽廢液的污染特性，分別設置收集管線及貯存槽體。
- (4)鍍槽液老化，應儘可能進行純化工作，如活性碳過濾、弱電解等，不可逕行廢棄，造成廢水處理困擾。

3. 廢水、廢液分類收集

電鍍製程廢水、廢液種類繁多，性質迥異，濃度高低相差懸殊，為求有效回收再利用或處理/處置各股不同特性的污染源，妥善分類收集是廢水處理規劃初期最具決定性的一項技巧，因此，在製程規劃設計之初，即應加以確立。

基本上，各工廠應依本身製程的污染特性，並考量所欲採用的處理方式，始訂定分類收集方式，即在正確掌握污染特性的前提下，依照各類不同性質的污染源，採用不同的處理方式，以達到最有效的處理效果。

4. 員工訓練

減廢的成敗關鍵主要決定包括生產、維修、污染防治、物料管理等相關人員是否用心地執行，因此必須加強員工訓練，藉以建立正確的減廢觀念與技巧，主要訓練內容如下：

- (1)從環境、經濟、法規、責任等方面說明減廢的重要性。
- (2)強調並說明減廢對員工工作環境和工廠附近社區環境改善的效益及好處。
- (3)說明工廠管理階層對執行減廢的政策及獎勵措施。
- (4)說明正確的操作處理步驟、適當的設備使用及維修檢視程序等。

4.3.3 廠內回收及減廢

一、資源節約/回收

電鍍業之製程設備階須使用電力、石油產品及燃料等能源，且製程各單元亦須使用清水清洗元件、鍍件，因此節約能源及節水遂為執行清潔生產最重要的工作。以下就電鍍業廣為使用之資源回收方式進一步說明：

1. 水資源節約或回收利用

業界普遍使用高效率清洗方式，如加壓噴洗，可節省大量清洗水用量；多段式逆流水洗及水洗水循環使用，亦可達到良好成效。

就一般電鍍製程用水量比例而言，前處理用水量約佔40%、電鍍處理用水量約佔50%、後處理製程及雜項用水約佔10%。近年來，台灣地區電鍍工廠為節省水資源、回收原物料，多數工廠已依廠內現況及特性，執行適當之減廢措施，包括妥善的廠內管理，製程採用多段逆流水洗或反應性水洗方式，或設置離子交換系統等，並已獲得良好的減廢成效。

根據一般工廠經驗，電鍍製程用之減量成效在設置減廢回收設施後，前處理製程可回收約20%的用水量、電鍍製程可回收約32%的用水量，而經過處理後之放流水則回收約10%至前處理製程使用或做為廠內次級用水。

2. 能源節約

電鍍製程能源節約方式包括使用高效率製程設備(如高效率動力設備)及公用設施(如高效率鍋爐)、良好之槽液保溫方式、高效率烘乾機、製程區與辦公區之分隔、燃料種類之選用等，都可達到良好之能源節約。另外，對於新能源之開發應用，如利用太陽能、整流器廢熱做為槽液之加溫及鍋爐水或蒸發濃縮設備之預熱能源，將可有效節約能源，進而降低 CO₂ 排放量。

3. 有價資源節約或回收利用

有價資源回收方式包括製程槽液使用低鍍浴濃度、設置鍍液回收槽及設置線上回收系統，如蒸發濃縮、離子交換或電解回收設備等，都可有效節約使用不同特性之高貴金屬或重金屬。另外，對於廢水、污泥中所含之重金屬亦應儘量加以回收利用。

二、能源節約

由於電鍍過程中各單元都須利用機械動力設施進行傳輸及控制，同時鍍槽之攪拌、溫度控制等管理亦須週邊設施之配合，極適合進行能源節約工作。茲將可行之技術說明如下：

1. 電鍍槽節能

傳統式空氣攪拌(如多方向攪拌，multi-directional mixing)則可克服上述困擾。生產線上，電熱管改安裝蒸汽系統，電鍍槽安裝保溫材料。

2. 整流器

使用高效率、高輸出功率之整流器。擺設位置須通風良好、散熱快，以節省能源。整流器廢熱可回收做為鍍液加溫之熱能或蒸發濃縮設備之熱能。

3. 導電極板

使用高質傳導電銅板，以節省電量。電鍍槽溶液中之重金屬離子濃度適當調整(水中陽極)，以增加導電性。此外，亦可選擇適當型式或規格之鈦籃。

4. 加熱器

加熱器散熱面積須大於該電熱管產生熱量所需之散熱面積。此外，亦可使用投入式電熱器。

5. 冷陳機

配合使用高效率之壓縮機，並定期進行維修保養。此外，亦須定期清洗冷卻水塔之積沙及泥垢，廢熱亦設法回收利用。

6. 烘乾機

機械設備及管線保溫，排氣孔之廢熱回收。

7. 鍋爐

除了鍋爐須定期清洗維修外，亦可使用磁能器避免水垢產生，提昇熱傳效率。此外、鍋爐用水儘量以太陽能預熱，冷凝水則回收使用。

8. 通風系統

在鍍槽上方加裝移動式覆蓋板，防止槽液加溫蒸發擴散酸性氣體，如此將可減少通風或排氣系統動力設備之能源。若工廠位處通風良好之處所，則應儘量採用自然通風方式。

9. 其他設施

廠內燈具使用省電 5%之機具，動力機具安裝定時開關，飲水機等設施則依據工廠生產作業時間安裝定時器，以減少電力之消耗。

三、原物料改善

原物料改善係針對原物料純化及原物料替代兩方面進行改善，

主要改善方案如表 4.3.3-1 所示。

表 4.3.3-1 原物料改善方法

改善方案	內容說明
原物料純化	選用高純度原物料 使用去離子水或純水做為槽液配製用水 或補充水定期純化去除鍍液中之雜質
原物料替代	選用低污染性脫脂劑 使用無氰化物鍍液 採用低毒性鍍鉻技術(三價鉻或無鉻鍍液) 使用有機溶劑代替品

1. 原物料純化

(1) 選用高純度原物料

原物料的純度會影響槽液老化的速度，若槽液組成分之不純物濃度過高時，則會加速鍍液的老化。因此，在使用化學原料時應慎選純度高、雜質少者；化學原料進廠後應妥善保存，且庫存量不宜太多，以防止受潮、氧化，先入庫之對物料須先使用，以避免原物料庫存過久，而潮解或敗壞成廢棄物。

(2) 使用去離子水或純水做為槽液配製用水或補充水

槽液(鍍液)的配製用水有使用地下水或硬水、去離子水及純水等類型。一般而言，若使用地下水或硬水時，因其中可能含有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 陽離子及其他陰離子，容易造成化學反應的障礙，導致效率不良，並加速槽液之老化，增加廢水處理之負荷。槽液於高溫條件下操作時，槽液中的水分易蒸發，或因鍍件帶出造成槽液量不足，必須定期補充清水以維持槽液的液位。作業習慣上通常以自來水直接補充，而自來水中含有大量的陰、陽離子雜質，易造成槽液中雜質濃度增加，加速槽液老化，故

宜以去離子水或純水補充。

(3)定期純化去除槽液中之雜質

槽液中雜質來源有補充不純淨的清水、沉積於掛架上的金屬溶解、掛架(滾桶)或鍍件帶入之污染物等，雜質種類常見的有懸浮固體、鐵離子、銅離子、氯離子及三價鉻等。這些雜質必須控制在適當的濃度範圍內，以避免影響電鍍品質或縮短鍍液的使用期限。槽液中的雜質，可以使用過濾法、電解法或活性炭吸附法去除，說明如下：

(a)過濾法

過濾法具有不會影響正常電鍍作業之特點，而具操作簡單，能夠全量過濾。過濾機的選定要依鍍液性質、鍍槽操作條件及雜質種類與粒徑而決定，較常用的過濾機型式有濾布型過濾機與過濾板過濾機。一般電鍍槽內雜質之粒徑依製程單元槽液組成之不同而異，其粒徑分布狀況如表 4.3.3-2 所示，依所欲去除之雜質粒徑大小可選擇適合的濾布或濾心。

表 4.3.3-2 電鍍槽液內雜質之粒徑分布

鍍液種類	粒徑(μm)
鹼性脫脂	3.5~7.0
電解脫脂	1.5~5.0
硫酸銅	10~15
焦磷酸銅	3.5~7.0
半光澤線	3.5~7.0
全光澤線	3.5~7.0
鉻酸	1.7~7.0

(b)電解法

電解法係當電鍍槽液中含有其他金屬離子污

染物時，直接在電鍍槽內進行電解純化處理。常用的有弱電解及素陶筒電解兩種方法。弱電解法係將不銹鋼板/網折成波浪狀，並置入電鍍槽中做為陰極，通入較低的電流，使欲去除之金屬雜質於陰極上析出，常用於鍍銅及鍍鎳槽液之純化。素陶筒電解法常用於鉻酸純化，電解時素陶筒(陰極室)內須配製 150~200 g/L 的鉻酸做為陰極室之電解質，筒內放置鉛板做為陰極，再將素陶筒置入鍍鉻槽中，鍍鉻槽則為陽極室，通入電流後，鍍槽中的三價鉻會被氧化成六價鉻，同時鐵離子污染物會透過素陶筒，並於陰極鉛板上沉積，以達到去除鉻酸液之三價鉻及鐵離子等污染物之目的。

(c) 活性碳吸附法

活性碳吸附法係當電鍍槽液中含有機污染物時，先於槽內加入雙氧水(H_2O_2)氧化分解部分有機物後，再加入活性碳吸附去除殘留有機物，吸附完成靜置一段時間後，將槽內的上澄液抽送至備用貯槽，再將槽底部沈積之活性碳清除，以清水洗淨槽體後，備用貯槽內之電鍍液再利用泵抽送回原電鍍槽內，然後再補充部分新鍍液及添加劑後繼續使用。

2. 原料替代

(1) 採用低污染性脫脂劑

一般鹼性或酸性脫脂劑多半含有界面活性劑，有些鹼性脫脂劑亦含螯合劑，當此等槽液進行更新時，大量的界面活性劑排入廢水中，將造成 COD 濃度提高且易產生泡沫問題。若脫脂劑含有螯合劑，則會造成廢水中重金屬離子不易去除，

因此在選擇脫脂劑時，應瞭解其主要成分及應注意事項(如表 4.3.3-3 及表 4.3.3-4 所示)，同時分析其使用前後污染物濃度的變化，以據此選擇較低污染性的脫脂劑使用。

表 4.3.3-3 鹼性脫脂劑之主要成、污染項目及注意事項

主要成分	污染項目	注意事項
氫氧化鈉	pH	強鹼性
矽酸鈉類	pH	乳化油分，造成 COD 增加
磷酸鈉類	P	錯合廢水中之金屬離子，使金屬離子不易去除
界面活性劑	COD	更新時使廢水 COD 增加，處理時易產生泡沫
各種螯合劑	COD	螯合廢水中之金屬離子，使金屬離子不易去除，並造成 COD 增加

表 4.3.3-4 酸性脫脂劑之主要成分、污染項目及注意事項

主要成分	污染項目	注意事項
硫酸、鹽酸	pH	強酸性，操作過程中會不斷溶解金屬底材，使槽液中金屬離子濃度提高
界面活性劑	COD	更新時使廢水中 COD 增加，處理時易產生泡沫

(2)使用無氰化物鍍液

氰化物為劇毒性化學物質(尤其是分子態 HCN)，在輸送、貯存、使用過程及其所產生之廢棄物都可能造成危害。為防止氰化物產生之危害，政府已訂有相關之管理法規。國內由於氰化物原料的短缺，仰賴進口的結果造成價格昂貴，故業者應積極使用無氰化物的電鍍製程。

為徹底解決氰化物所造成的困擾，國外已成功地研發出無氰化物鍍鋅技術，並引進國內使用。無氰化物鍍鋅浴組成成分與操作條件，以哈式槽(Hull cell)進行試驗時，如表 4.3.3-5 所示。

表 4.3.3-5 典型無氰化物鍍鋅浴成分與操作條件

鍍液成分	濃度(g/L)	操作條件
氧化鋅	10	陽極板：鋅錠(99.9%) 陰極板：金屬合金 電流：1 安培 電度時間：10 分鐘 溫度：30°C 攪拌：無
氫氧化鈉	100	

無氰化物鍍鋅液於操作時須配合高濃度的光澤劑，而且適合之電流密度範圍相當小。為使無氰化物鍍鋅技術更為普遍，已研發出 2-硫苯酸塞唑、二乙基氨基甲酸雙硫酸鈉、對一甲氧基柳醛等三種光澤劑，此三種光澤劑都適用於無氰化物鍍鋅浴中。

(3)採用低毒性鍍鉻技術

三價鉻電鍍是較新的電鍍技術，可以避免毒性較強的六價鉻所造成的危害，並減少管末處理時，須將六價鉻還原成三價鉻之還原劑費用，以及減少污泥產生量。三價鉻電鍍的主要優點如下：鍍液濃度低故帶出液量較少，進而降低廢水處理成本；高穩定性、硬度高、管理容易；在低電流密度時，沉積速度較六價鉻快；覆蓋力良好，均一性優良，鍍膜色澤類似六價鉻；以及比六價鉻鍍液的缺點少，可降低不良率，提高生產力。

無鉻電鍍則是未來之重要趨勢，尤其是汽車零組件將首先被要求。無鉻電鍍技術之替代方式主要是以其他類似色澤及功能之鍍層代替，如以磷酸鹽之金屬皮膜代替，但所產生之廢水污染防治技術則須進一步研究。

(4)使用有機溶劑替代品

過去製程中使用之溶劑型脫脂劑(如三氯甲烷、三氯乙烯等)對於礦物油嚙有良好之處理成效，但卻造成臭氧層之破壞，故須使用可便宜生產、低毒性、生物可分解性之替代品，如 C₁₀H₁₆ 之類的碳氫化物。綜合彙整低污染性或低毒性之電鍍製程如表 4.3.3-6 所示。

表 4.3.3-6 低污染性或低毒性之電鍍製程

製程	類別	方法
鋅電鍍	氰化浴	降低濃度，如 NaCN 濃度由 90 g/L 降至 45 g/L，甚至更低
	鋅鹽	Zn ²⁺ (7 g/L)，NaOH，添加劑
	酸性浴	ZnCl ₂ (Zn: 35 g/L)，NH ₄ Cl(Cl: 140 g/L)，添加劑
銅電鍍	弱鹼性無氰電鍍	Cu ²⁺ ：15 g/L，pH：9.4，溫度：65°C
		Cu ²⁺ ：2.5 g/L，Zn ²⁺ ：2.5 g/L，pH：9.5
銀電鍍	無氰電鍍	槽液組成： CH ₃ SO ₃ Ag：91.3 g/L C ₄ H ₅ O ₂ N：148.5 g/L H ₃ BO ₃ ：30.9 g/L PEI：若干 pH：10 溫度：25°C
鉻電鍍	以三價鉻代替六價鉻	Cr ³⁺ ：5~8 g/L pH：3~3.4 溫度：30~50°C
	無鉻電鍍(一般電鍍)	鎳 - 鉬 - 磷 鍍層，Mo/P 莫耳比： 0.33(pH2.1) 或 0.66(pH3.8)， CeCl ₃ ·7H ₂ O：40g /L，pH：3.0
	無鉻電鍍(硬鉻電鍍)	Ni-P-W，Ni-B-W
無鎳電鍍	不同鍍層代替	上層：Cu-Sn，Cu-Sn-Zn/Pd 下層：Cu-Sn，Au-Fe，Au-In，Au-Sn， Au-Ag，Au-Cu-Ag，Au-Pd， Au-Pd-Pd

4.4 處理流程

4.4.1 氰系廢水

一、二段式鹼氣法(次氯酸鈉)

二段式鹼氣法(次氯酸鈉)去除氰化物之處理流程如圖 4.4.1-1 所示，第一段及第二段氧化槽之水力停留時間分別約需 20 及 30 分鐘以上。

為有效發揮氰化物之去除效果，工程實務上第一段氧化槽內須置入 pH 監測計及 ORP 監測計，並設有控制盤，將 pH 及 ORP 分別操控在 9~10 及 400~450 mV，以控制氧化槽內加入之氫氧化鈉劑量(俗稱液鹼；市售氫氧化鈉濃度為 45% NaOH)及次氯酸鈉氧化劑量(俗稱漂白水；市售次氯酸鈉濃度為 10%~12%有效氯)。

第二段氧化槽內亦置入 pH 監測計及 ORP 監測計，亦須設有控制盤，將 pH 及 ORP 分別操控在 8~9 及 500~600 mV，以控制氧化槽內加入之次氯酸鈉氧化劑量及硫酸劑量(市售硫酸濃度通常是 98%濃硫酸稀釋配製成 60% H_2SO_4)。另須注意 pH 及 ORP 監測計要勤加清洗、校正，以確保電極棒的靈敏度及準確度。

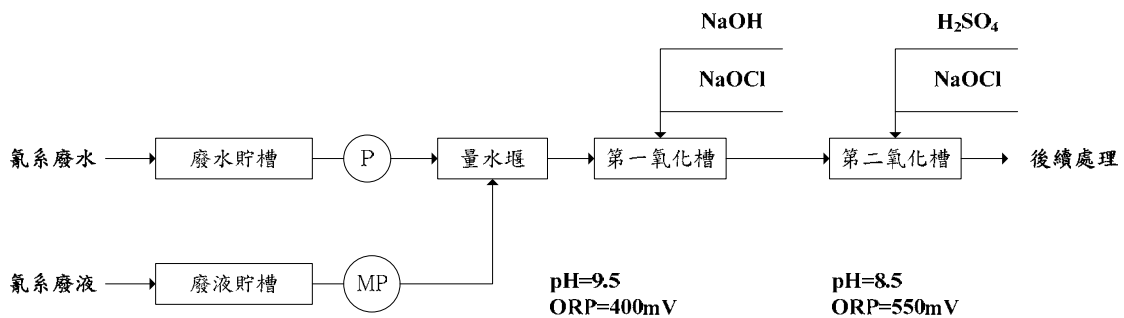


圖 4.4.1-1 二段式鹼氣法(次氯酸鈉)去除氰化物之處理流程

二、二段式鹼氣法(高壓液態氯)

二段式鹼氣法(高壓液態氯)去除氰化物之處理流程如圖 4.4.1-2 所示，第一段及第二段氧化槽之水力停留時間分別需 20 及 30 分鐘以上。每一段氧化槽都先加入鹼液(如 NaOH)後再通入釋壓後之氯氣，其目的在防

止廢水於酸性狀態下加氯後，生成氯化氰(CNCl)之有毒氣體，但於鹼性下加氯，則形成之 CNCl 即可變成毒性較低之氰酸鹽(CNO⁻)，如再將氰酸鹽於鹼性溶液中進一步加氯氧化，則最終將生成無毒性之 CO₂ 及 N₂。

為有效發揮氰化物之去除效果，工程實務上高壓液態氯氧化法之第一段及第二段氧化槽亦皆須置入 pH 監測計及 ORP 監測計，同時設有控制盤，pH 及 ORP 之設定值及其他操作要點都與次氯酸鈉氧化法相似。

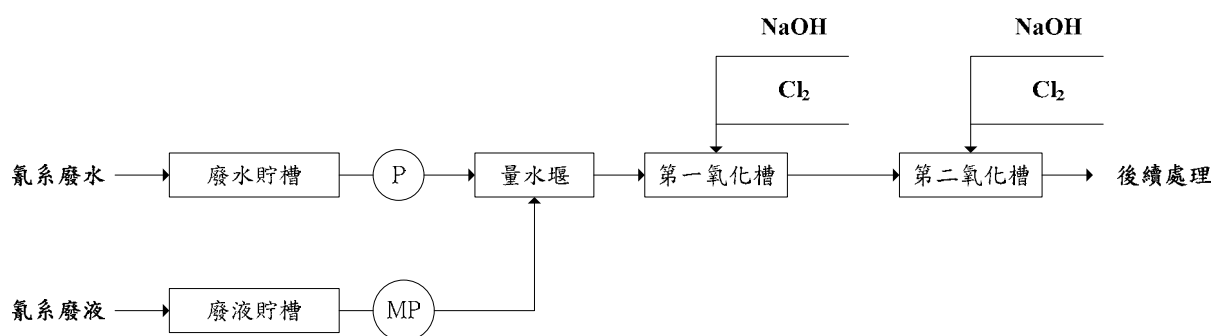


圖 4.4.1-2 二段式鹼氯法(高壓液態氯)去除氰化物之處理流程

三、離子交換法

從工業的觀點，離子交換法是處理含氰化物廢水最佳之方法，其處理流程如圖 4.4.1-3 所示。離子交換處理時，採用含弱鹼性陰離子樹脂和強酸性陽離子樹脂的混合床；弱鹼性陰離子樹脂床用來交換氰化物，但由於某些氰化物仍可能會從此交換系統漏出，故後接一強鹼性陰離子樹脂床。

混合床的貫穿點以電導度測定之，高電導度的氯離子會在錯合物產生之前出現，故當電導度突然上昇時，表示錯合物即將貫穿，此時應停止操作並進行樹脂再生，以避免錯合物進入強鹼性陰離子交換樹脂床。

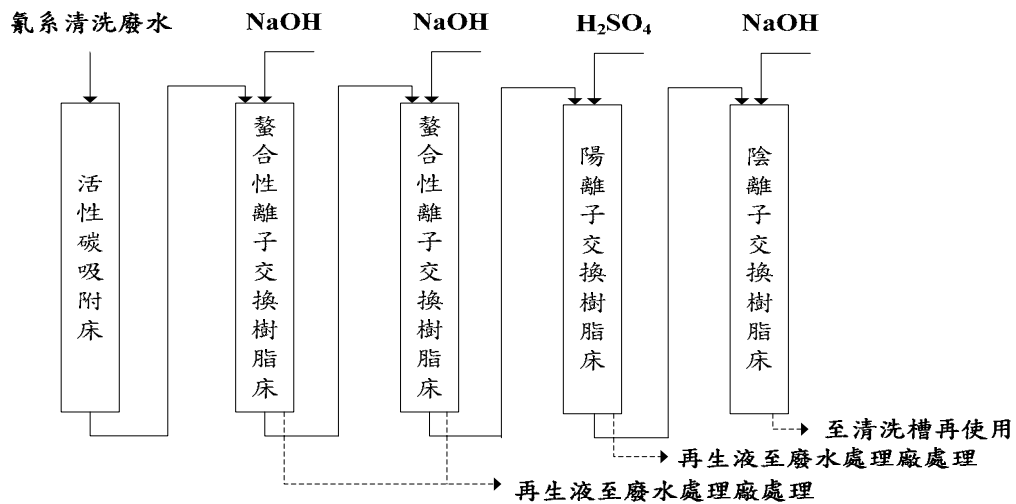


圖 4.4.1-3 離子交換法去除氰化物之處理流程

4.4.2 鉻系廢水

一、化學還原法

金屬表面處理業/電鍍業之製程使用重鉻酸鉀($K_2Cr_2O_7$)、鉻酸鉀(K_2CrO_4)、三氧化鉻(CrO_3)等藥劑之排放廢水所含六價鉻離子之處理通常都採用化學還原法，較常用之還原劑為亞硫酸氫鈉($NaHSO_3$)及亞硫酸鈉(Na_2SO_3)。

若在酸性條件(加入 H_2SO_4)下，鉻系廢水六價鉻離子會被加入之還原劑先還原成三價鉻離子後，廢水再泵送至處理一般重金屬廢水之化學沉降單元一併處理。六價鉻還原之處理流程如圖4.4.2-1所示。

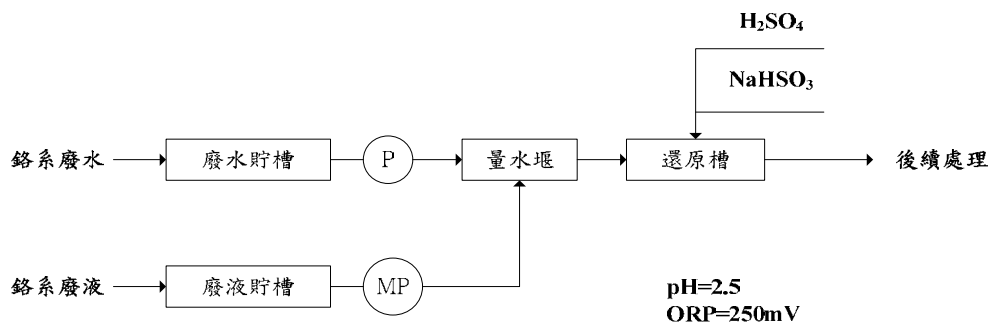


圖 4.4.2-1 六價鉻還原之處理流程

二、離子交換法

三價鉻及六價鉻之離子交換處理流程如圖4.4.2-2所示。為使操作順暢，離子交換系統應有備用交換床。再生廢液經脫鈉處理、濃縮後可循環回收使用。

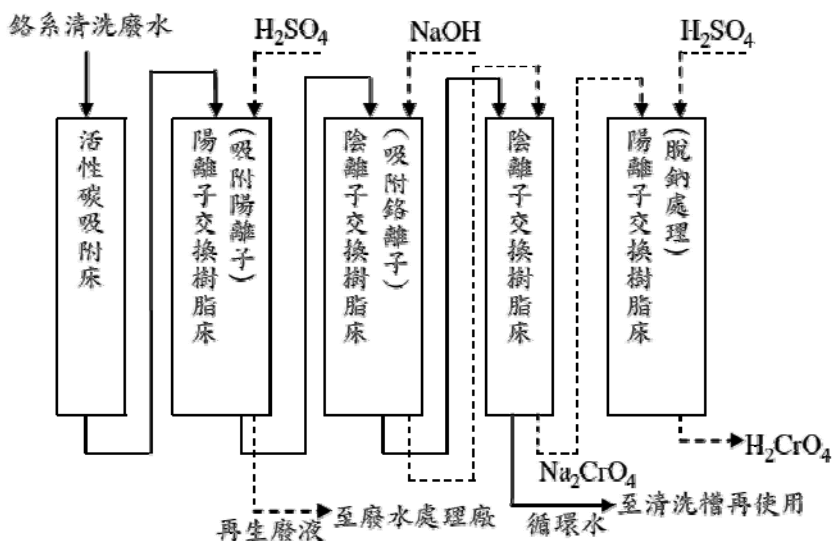
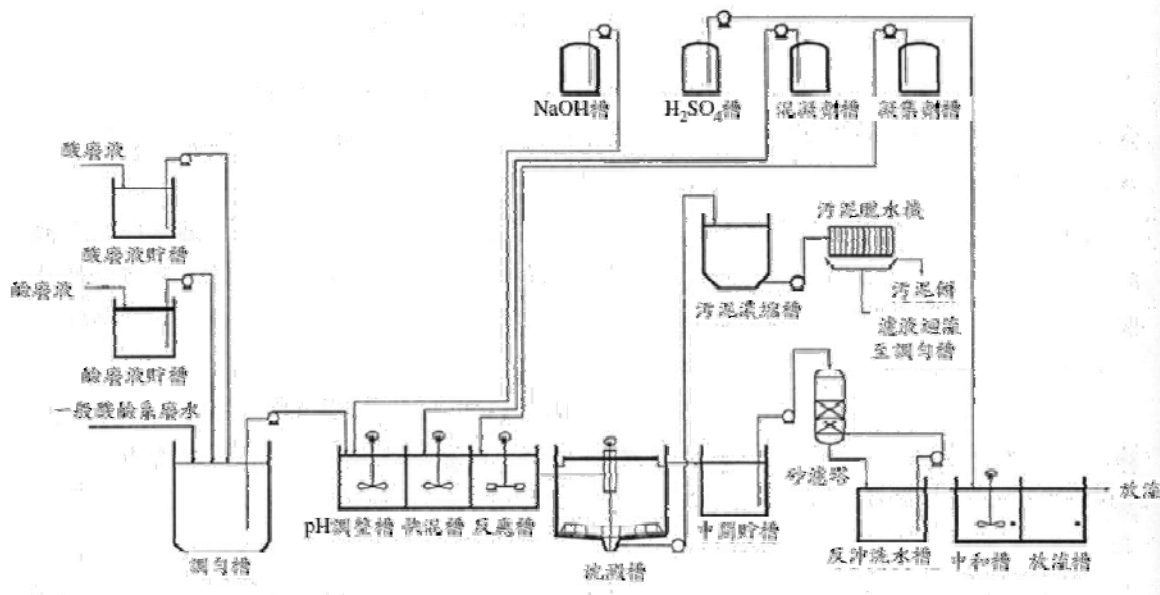


圖 4.4.2-2 三價鉻及六價鉻之離子交換處理流程

4.4.3 重金屬廢水

重金屬廢水可利用化學沉澱法處理，惟為使化學沉降去除多種重金屬離子之效果更佳並使處理水符合重金屬之放流水標準，工程實務上工廠應進行杯瓶試驗，並依實驗數據求得該廠pH調整槽之最適pH操控值。含重金屬廢水之處理流程如圖4.4.3-1所示。



資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊/100年

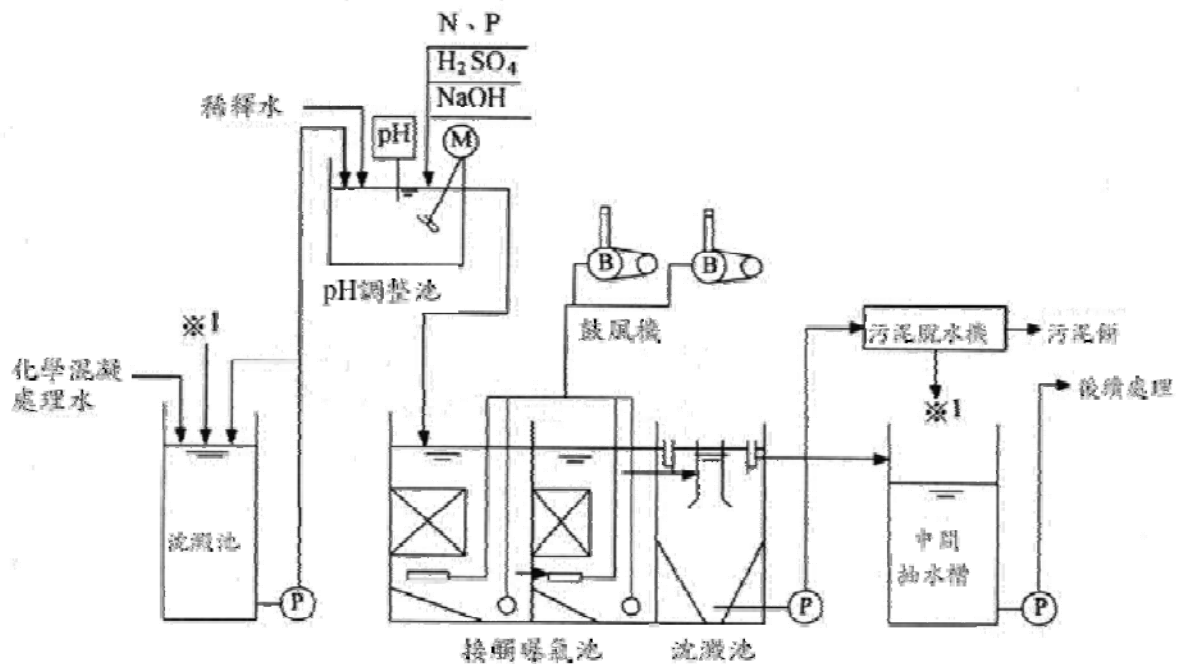
圖 4.4.3-1 含重金屬廢水之處理流程圖

4.4.4 有機廢水

生物處理法為利用微生物分解有機物(去除 COD)之方法，處理費用較一般化學處理法低。一般而言，廢水中所含之重金屬離子含量達到一定濃度即會對微生物產生抑制或毒害，各種重金屬離子之最低生物抑制濃度約為 1~5 mg/L。

換言之，在進行生物處理前，各類型廢水須以前述之各種物理、化學方法妥善處理並將重金屬離子降至允許濃度後，才能排至生物系統中處理。為了避免重金屬對微生物造成抑制或毒害，一般都將有機廢液(如脫脂廢液)及有機廢水(如脫脂清洗水)分類收集後，再泵送至生物處理系統中。

較常用之生物處理法包括：活性污泥法(適用於無機鹽含量多者)、接觸曝氣法(適用於無機鹽、油脂含量少者)及上流式厭氧污泥床法等。圖 4.4.4-1 所示為接觸曝氣法處理金屬表面處理業/電鍍業廢水中有機物之處理流程。



資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊/100年

圖 4.4.4-1 接觸曝氣法之處理流程

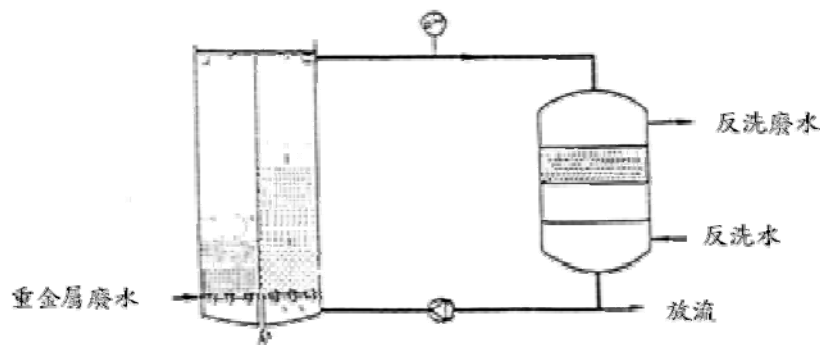
4.4.5 新穎技術廢水處理

流體化床結晶法，結晶化原理為反應槽內除了廢水所含重金屬離子外，另提供適量之化學藥劑(如碳酸鈉溶液或氫氧化鈉溶液)維持於鹼性環境下，使實際離子濃度乘積大於金屬碳酸鹽或氫氧化物固體物之溶解度積(即過飽和狀態)，即可使重金屬離子形成晶體(crystals/particles)析出，並加以回收再利用。

流體化床結晶法之反應槽示意圖如圖4.4.5-1所示。流體化床可提供極大的結晶表面，一般約為 $5,000\sim 10,000\text{ m}^2/\text{m}^3$ 擔體，處理後得到之金屬碳酸鹽或氫氧化物固體物晶體，則可使用酸劑將其溶解後再回收使用，如 NiCO_3 以 H_2SO_4 溶解後將產生 NiSO_4 ，而碳酸鹽則轉化成 CO_2 氣體逸出，故濾砂植種擔體將可再繼續使用。

流體化床結晶法可用以處理電鍍槽液、回收槽液、酸浸槽液及清洗廢水等所含之多種重金屬，惟無法處理六價鉻離子，因無法形成六價鉻之金屬碳酸鹽固體物晶體。

流體化床結晶法較適合處理中低濃度之重金屬廢水，亦即重金屬離子濃度可從10至100,000 mg/L。若處理低濃度廢水時，通常迴流量較小；若處理高濃度廢水時，則迴流較大。一般而言，重金屬離子都可形成結晶物，處理水中若仍含有少量的懸浮物質，則可藉由過濾設備去除。



資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊/100年

圖 4.4.5-1 流體化床結晶法之反應槽示意圖

第五章 空氣污染防制處理技術

5.1 處理原理

製程廢氣收集效率之好壞影響電鍍廢氣處理成效甚鉅。一般電鍍槽之廢氣收集氣罩以推拉式效果較佳，惟工廠常因廠地受限及工程設計理念不足而採用側吸式氣罩較多。

為避免因匯集二股酸、鹼氣而產生細小鹽類造成排氣之白煙問題及廢氣處理之困擾，故應將酸氣、鹼氣分流處理，以使廢氣處理能達到應有之最高處理效率。電鍍廢氣之控制設備最常使用者為低壓損之濕式填充洗滌塔，由於酸液或鹼液均會造成控制設備之腐蝕，故一般控制設備均以 PVC、PP 或玻璃纖維為材質，以避免設備材質腐蝕。

大部分電鍍工廠雖已設置濕式填充塔洗滌，惟在操作維護上較不熟悉，導致洗滌塔有阻塞、結垢、渠化，甚至於氣流速度太快時造成洗滌液被帶出等現象。以下針對氣罩設置及處理設備分別說明：

5.2 處理方法及流程

5.2.1 局部排氣系統

局部排氣系統包括：氣罩、風管、廢氣處理設備、風車及煙囪(排放管道)等，以下分別說明局部排氣系統中各項單元功能：

一、氣罩

氣罩之功能在於捕集逸散源之空氣污染物，其性能對於系統的經濟性及效率有直接的影響，一般氣罩之設置，需確保在最小的抽氣風量下達最高之捕集效率。由於污染源設備結構及生產操作特性均有所不同，氣罩的樣式相當多樣。

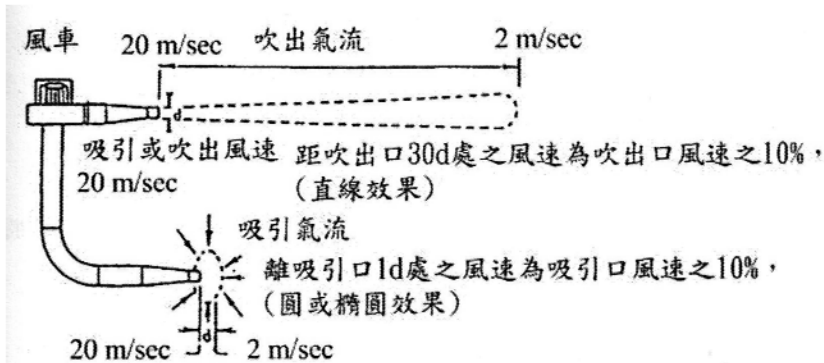
(一)氣罩設置目的與性質

氣罩設置之目的為將局部發生之粉塵或氣體，於其擴散於空氣中受稀釋之前，儘可能以高濃度捕捉收集，以防止環境之污染。而具有擴散性之粉塵或氣體，更需儘可能以小風量將其全部捕集，

為此，氣罩之設置在不妨礙作業前提下，應儘可能接近於污染發生源，且以圍板包圍減少其開口部面積，然亦需兼顧作業之方便性。

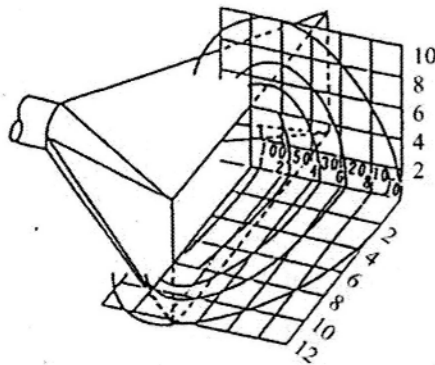
圖5.2.1-1為吹出氣流與吸引氣流之差異示意圖，其表示吹出氣流有長距離直線推進效果，即在其軸上距吹出口口徑之30倍距離處，仍能保有吹出時之1/10風速；然吸引氣流則不同，在吸引口周圍之相等吸引流速平面形成近似橢圓或圓形之形狀，而在中心軸上離吸引口約相等於一個口徑距離處，其風速已減弱至吸引口風速之1/10。

圖5.2.1-2係邊長比為1：2之矩形開口部吸引氣流之等速剖面圖，圖中之數字乃指距中心軸與開口面之距離，及其位置之吸引流速對開口部等速之百分比，由此可知距離開口部愈遠，其吸引流速之減少顯著。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-1 吹出氣流與吸引氣流差異示意圖



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-2 邊長比為 1：2 之矩形開口部吸引氣流之等速剖面圖

(二) 氣罩設計原則

局部排氣主要乃利用氣罩收集空氣污染物，氣罩設計得合理，使用較小風量即可有效控制污染物的逸散。反之，用很大的排風量也不一定達到預期的效果。設計時注意以下幾點：

1. 氣罩應儘可能將污染源包圍起來，使污染物的擴散在最小範圍內，以能防止橫向氣流干擾，減少抽氣量。
2. 氣罩抽氣方向儘可能與污染源氣流運動方向一致，充份利用污染氣流的初始動能。
3. 儘量減少集氣罩的開口面積，以減少抽氣量。
4. 集氣罩的吸氣氣流不允許先經工人的呼吸區再進入氣罩。

(三) 氣罩的設計

氣罩的設計主要包含：捕捉速度、風量設計和氣罩入口損失計算等。捕捉速度或稱控制速度，係將位於污染發生源近處或位於包圍型氣罩開口面處正要逸散或擴散之粉塵或氣體，將之吸引導入氣罩開口面內所需之氣流風速稱之。

換言之，即氣罩開口面之吸引風速，必須足以將距氣罩開口面某距離之移動對象物質，以大於捕捉速度之氣流吸引至開口面，而此捕捉速度乃依發生源之狀態及捕捉對象之性質而決定。

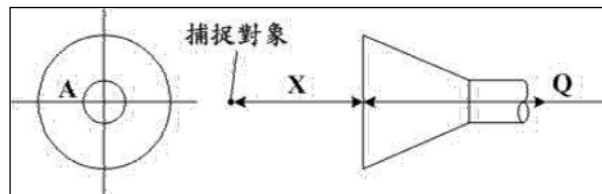
表5.2.1-1係不同污染源狀態下之捕捉速度建議範圍，氣罩之形狀與風量，即以捕捉點之風速大於捕捉速度之原則而設計。

表 5.2.1-1 不同污染源狀態下之捕捉速度

發生或擴散之狀態	實例	捕捉速度V (m/s)
以無實質速度之狀態逸散於靜止狀態之空氣中	由儲槽蒸發、油脂熔解、其他	0.3~0.5
以低速逸散於較靜止空氣中	噴霧房、間歇式裝箱(容器)、低速輸送機輸送、焊接、鍍金、酸洗	0.5~1
以活潑之發生擴散於有急速氣流之空氣中	狹長噴漆房內之噴漆、裝袋、輸送機裝卸、粉碎機	1~3
以甚快初速放出於有甚快速氣流之空氣中	研磨、研磨噴砂、滾筒打磨(tumbling)	3~10

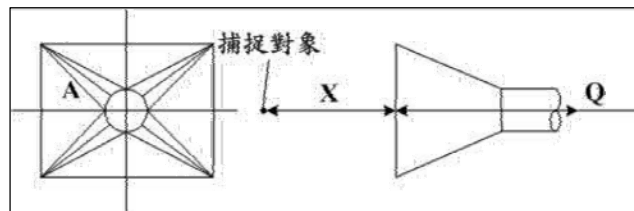
密閉或箱式氣罩之抽引風量，可以開口面吸引風速大於捕捉速度之原則計算，設計時並應考量氣流分布之均勻性。接受型外部氣罩之形狀一般由發生氣流或粉塵之狀態所決定，而其開口面之風速應大於所發生之向量。

捕捉型外部氣罩之捕捉點均在開口面外各處，故其形狀及吸引風量須以各捕捉點之風速大於捕捉速度之原則設計及計算。詳細數據則應由相似形狀氣罩之等速剖面圖(圖5.2.1-2)求之，惟為實際設計之方便，可依下列不同形狀之氣罩(圖5.2.1-3、圖5.2.1-4)而近似估算。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-3 簡單圓形開口氣罩



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-4 簡單矩形開口氣罩

A：開口面積

X：開口面與捕捉對象間之軸上距離

Vc：軸上距開口面 X 處之捕捉速度

Q：簡單圓形開口吸引風量 = $(10X^2 + A) \times Vc$

有凸緣圓形開口吸引風量 = $0.75 \times (10X^2 + A) \times Vc$

簡單矩形開口吸引風量 = $(1/bX^2 + A) \times Vc$

有凸緣圓形開口吸引風量 = $0.75 \times (1/bX^2 + A) \times Vc$

(其中，b 值依邊長比之不同而異，表 5.2.1-2)

表 5.2.1-2 不同邊比 r 之 b 值

r	b	r	b
0.1	0.020	0.6	0.071
0.2	0.037	0.7	0.075
0.3	0.049	0.8	0.078
0.4	0.059	0.9	0.081
0.5	0.065	1.0	0.083

理論上計算靜止之氣體被吸入氣罩進入風管時，若無摩擦損失，則氣罩與風管接觸點附近之靜壓(SP)與風管中之速度壓力(VP)應相等。而實際上當氣體進入氣罩時，由於氣罩之形狀會造成紊流，使部分之速度壓力變成熱能損失，此即稱之為氣罩入口壓力損失，以 h_i 為代表，則：

$$h_i = SP - VP$$

$$h_i = F \times VP = (1/C_i^2 - 1) \times VP$$

C_i ：入口係數

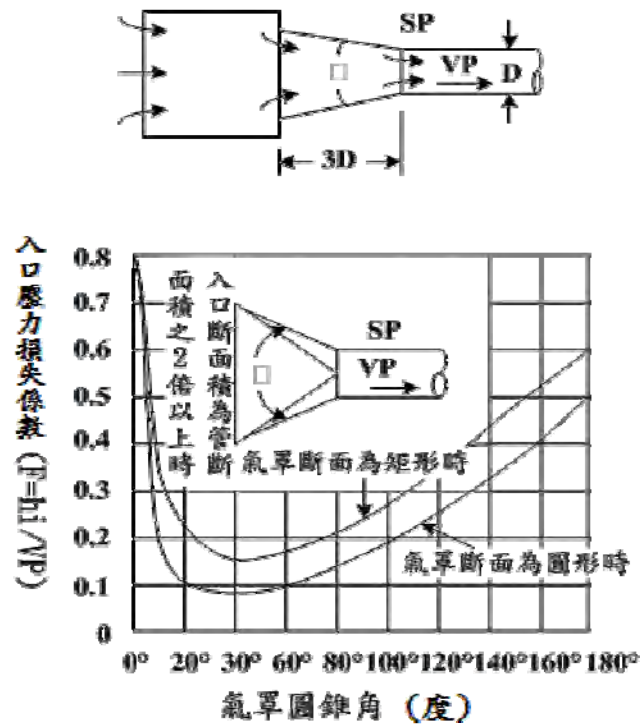
$F = (1/C_i^2 - 1)$ ：氣罩入口壓力損失係數。

依實際而求得各種氣罩之 C_i 及 F 值如表 5.2.1-3 及圖 5.2.1-5 所示。

表 5.2.1-3 氣罩入口之壓力損失

圖例	名稱	入口係數 C_i	入口壓力損失係數 $h_i/(VP) = F$
	直管	0.72	0.93
	有凸緣直管	0.82	0.49
	附有直管之廂型氣罩	0.82	0.49
	附有喇叭管之直管	0.98	0.04
	附有孔口之直管，(VP 以孔口為準)	0.60	1.78
	附有孔口及凸緣之直管	0.55	約 2.3 或 1.78(孔口 VP)+0.49(直管 VP)
	附有廂形抽氣罩及喇叭管之直管	0.97	0.06 - 0.10
	陷捕器或沉降室	~ 0.63	1.5
	複式氣罩(內附圓錐部)	~ 0.70	1.0

註： $1/C_i^2 = 1 + F$



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-5 錐式氣罩入口壓力損失係數

二、風管

在局部排氣系統中用以輸送氣流的管道稱為風管，其目的在使系統成為一體。設置風管應避免污染物沈積於管內，且避免風管壓力損失過大以增加系統壓損。

風管管內風速，集塵裝置風管內之風速必須具有足以搬送所含粉塵之速度，以防止粉塵沈積於風管中，而減少風管之有效送風面積，增加壓力損失及清理維護工作。

但風速若太大，則會增加風壓損失及對風管之磨損，故工業用集塵裝置風管內風速一般約控制於 $15\sim 25\text{ m/s}$ 間。將粉塵以不致於沈積之狀態搬送所需氣流速度與粉塵之性質及粒徑有關。

若採用高風速時可用小口徑風管以節省設備費用，但因壓力損失與風速之平方成正比，致風車所需動力增大，兩者間之選擇依條件之不同而異，例如須 24 小時連續運轉輸送大風量，且風車之動力費用佔運轉成本之大部分時，宜採用低風速。

風管壓力損失，風管之壓力，可分為兩種，即靜壓和動壓，靜壓用以產生系統之初速度及克服氣流之摩擦阻力和紊流。動壓又稱為速度壓力，即氣流運動所造成之壓力，若將氣流視為密度 1.2 kg/m^3 之空氣，則其和風速之關係，可用下式表示之：

$$V = 4.043 \times VP^{0.5}$$

V：風速(m/s)

VP：速度壓力(mmH₂O)

計算風管之壓力損失時，若氣體含塵濃度在 30 g/Nm^3 以下，通常可忽視其濃度之影響，以下僅就一般氣流進行探討，如需高含塵濃度之資料，可另參照有關氣力輸送裝置之文獻。

圓形直管壓力損失：由於氣流在風管內流動產生摩擦，而造成壓力損失，此摩擦壓力損失可應用 Fanning 公式計算而得：

$$h = DP/r = 2 \times f \times (L/D) \times u^2/g$$

h = 摩擦損失水頭(mmH₂O)

DP = 摩擦壓力損失(kg/m²)

r = 流體之密度(kg/m³)

L = 管長(m)

f = 摩擦係數

D = 管徑(m)

u = 風速(m/s)

g = 重力加速度 = 9.8 m/s^2

至於管入口、擴大管、漸縮管、彎管及合流管等之摩擦損失，亦可依下式求得：

$$h = DP/r = K \times u^2/2g$$

K：抵抗係數，可針對不同形狀而由實驗數值獲得。

長方形風管之壓力損失，若風管斷面形狀屬長方形時，則應換算為相同風量、相同單位長度壓力損失之圓形風管直徑計算，其直徑換

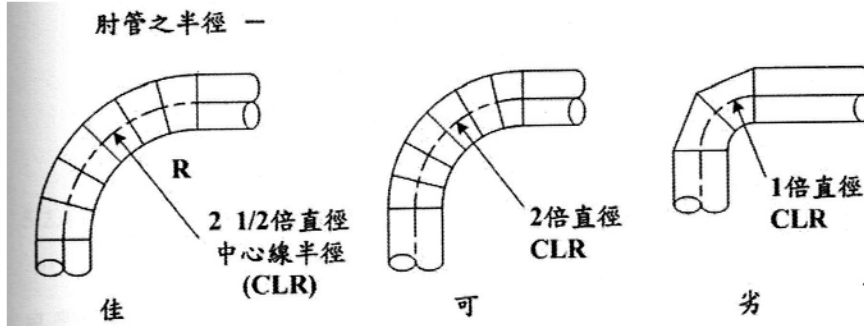
算可依下式計算：

$$De = 2ab/(a+b)$$

De：換算等似直徑(equivalent diameter)，a、b 為長方形之邊長。

風管之設計原則：

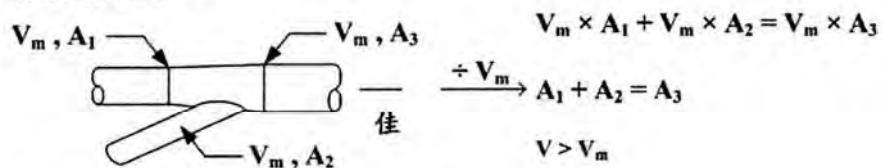
(一)若空間允許，肘管之 R/D 值最好能大於 2。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(二)適當之風管尺寸，以確保風管內風速能維持於所選用之搬運速度或較高值。

適當風管尺寸 —

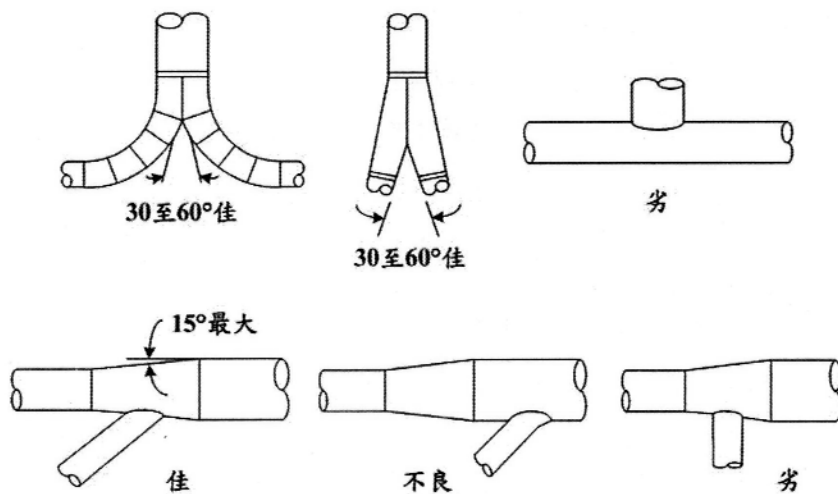


V_m = 最小運送風速， V = 最大風管口徑之搬運速度

A = 橫斷面積

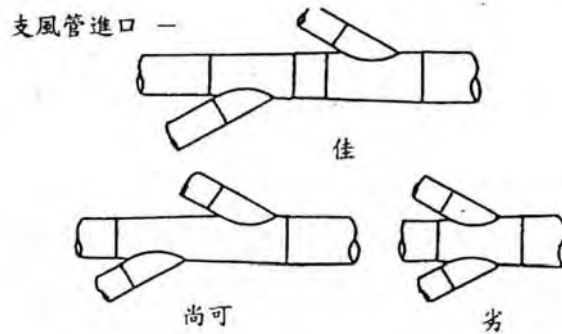
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(三)支風管應以小於 60°角進入漸擴之主風管中。



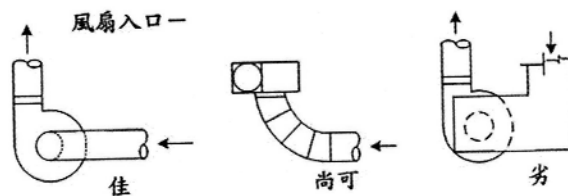
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(四)兩支風管不可對向於一點進入主風管中。



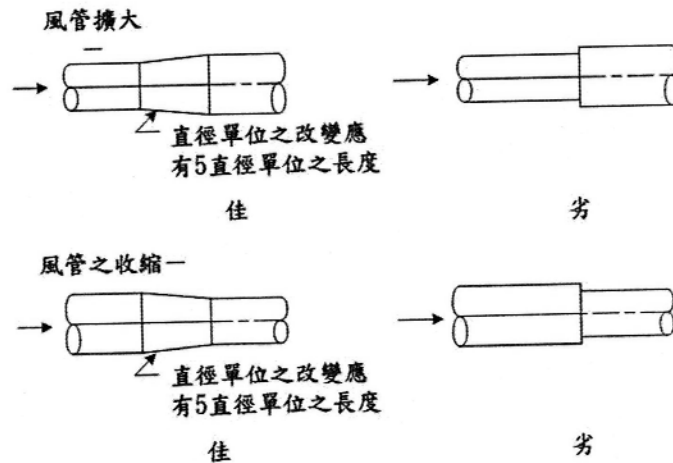
資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(五)風扇入口最好為直管入口,如必須為肘管入口,則要有一入口箱,箱內有順風片,以消除空氣之旋轉或加諸於風扇葉輪上有不平均負荷,但入口箱仍不適用於含粉塵之氣流。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(六)風管擴大與收縮,其直徑單位改變應有大於5直徑單位之長度。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

三、廢氣處理設備

經氣罩所收集之污染物濃度若超過排放標準時,需先經廢氣處理設備處理之,始得以排放。廢氣處理設備之選擇需考慮污染物濃度、污染物特性、廢氣特性、環保法令要求、設置及操作費用與污染物最

終處置等各項條件。

四、風車

風車為局部排氣系統之動力來源，風車之抽引風量需足以確保氣罩所需之最小抽引風車；且風車靜壓需大於系統中各單元之壓力損失總和。

風車之壓力、風量及動力，風車性能(performance)依氣體溫度、氣體密度、輸送量、風阻、葉輪轉速等因素而定。對一風車，轉速改變時：(1)氣體輸送量與轉速成正比；(2)總靜壓與轉速比之平方成正比；(3)馬力需求與速比之三次方成正比。一般而言，總風阻在 1,000 mmAq 以下時，氣體獲得之功率(power)為氣體流量(Q)及總風阻(P)等二者之乘積：

$$\text{氣體獲得功率(watt)} = \text{氣體流量}(Q, \text{m}^3/\text{s}) \times \text{總風阻}(P, \text{N}/\text{m}^2)$$

電力輸送至馬達，馬達轉動帶動軸及葉輪，葉輪再對輸送氣體作功。

考量上述能量傳送及風車之熱損，風車效率定義為：

$$\text{風車效率}(E) = \text{氣體獲得功率} / \text{輸入轉軸功率}$$

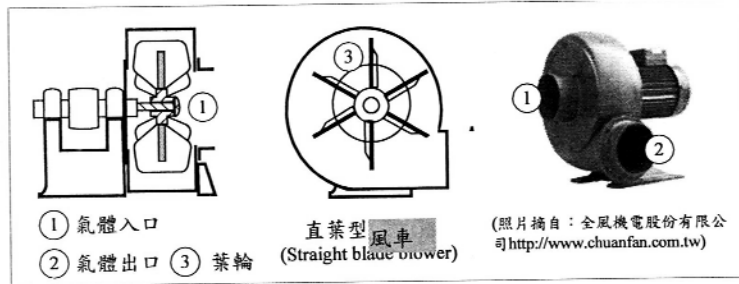
因此，輸入轉軸之功率為：

$$\text{輸入轉軸功率(watt)} = \text{氣體獲得功率(watt)} / \text{風車效率 } E$$

另外，風車效率為 40-80%，一般定為 65%。設若 $E=65\%$ ，則下式可用以估算輸入轉軸之功率：

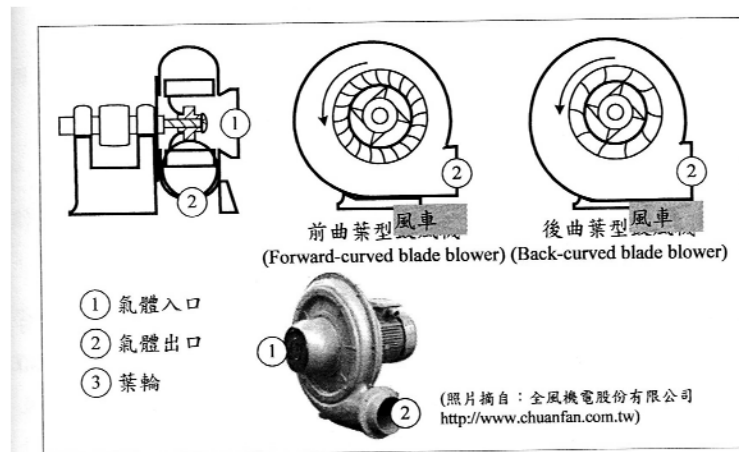
$$\text{輸入轉軸功率(kW)} = 0.000181 \times \text{總壓力 } P \text{ (mmAq)} \times \text{風量 (m}^3/\text{min)} \times 35.3 \text{ ft}^3/\text{m}^3 \div 25.4 \text{ mm/inch}$$

風車種類，空污防制工程常用的風車為低中壓型風車，此類風車分為離心(centrifugal)及正向位移(positive displacement)二型。依葉片形式，離心型分直葉、前曲葉、後曲葉三型(圖 5.2.1-6~5.2.1-7)；正向位移型則多為環型風車(圖 5.2.1-8)，用於廢水廠之魯式風車(roots blowers)較少用。



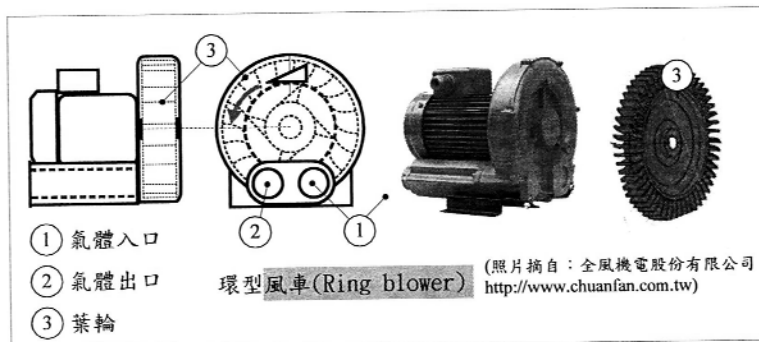
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-6 直葉型風車



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

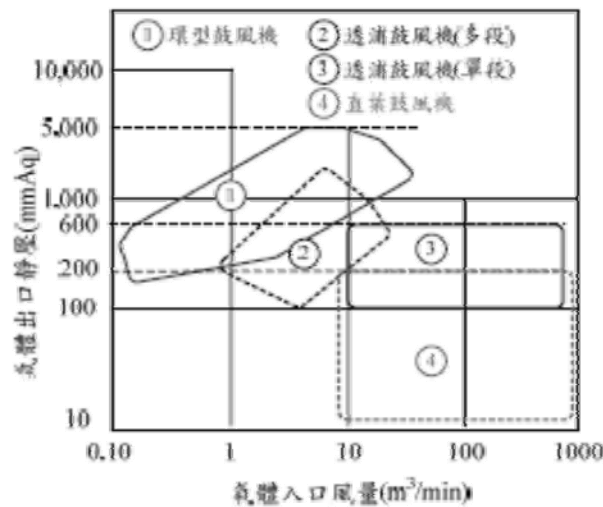
圖 5.2.1-7 曲葉型風車



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-8 環型風車

風車選用原則如圖 5.2.1-9 所示。環型風車用於低風量(<30 m³/min)及較高風阻(200~5,000 mmAq，水柱高)；透浦(turbo)風車用於廣風量(5~1,000m³/min)及中風阻(100~600 mmAq)；直葉風車用於廣風量(5~1,000 m³/min)及低風阻(<200 mmAq)。實務上，各型風車之選用須參考供應商型錄及設計者經驗。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-9 風車選用

五、煙囪(或固定排放管道)

經氣罩收集及廢氣處理設備處理後之廢氣，通常經固定排放管道排放，即所謂煙囪。煙囪需設置「煙道採樣平台」，採樣平台需長 1 米、寬 1 米、高 1 米，載重需大於 200 kg，採樣口高過欄杆 20 公分，高度大於 2 米者，爬梯需設護欄。

採樣平台每年需保養及填寫保養記錄表。煙囪高度需符合現行空氣污染物排放標準之各項規定，以確保由煙囪排放之空氣污染物足以有效擴散。

局部排氣系統乃藉由氣罩收集製程中所逸散之空氣污染物，再經由風管輸送，使廢氣經處理設施處理，再予以排放，系統中所需動力則由風車提供。局部排氣系統為工業製程逸散源最直接、最有效的廢氣收集方式，為能確實有效收集廢氣，以控制工業製程的各項逸散源，必須瞭解局部排氣的種類、設計原則、氣罩抽氣量的推估及系統的安排等。

5.2.2 酸性氣體處理技術

酸氣不可燃，多易溶於水，可用水吸收但其耗損水量較大，故採用鹼液吸收中和之去除效率較佳，常用鹼吸收液有 Na_2CO_3 、 NaOH 、 NH_4

等，去除方式有數種如濕式吸收、半乾式洗滌及濕式集塵等，其中半乾式洗滌法利用霧化器，將吸收液霧化成直徑約數 10 微米的小液滴，液滴再與廢氣接觸，大接觸面積使質傳和熱傳效率佳，液滴因吸收廢氣的熱而溫度上升，酸氣則透過液氣界面和吸收劑作用，液滴水分則因吸收熱量而漸蒸發，液滴到達塔的底部時，水分已經全部蒸發成乾粉狀態。

對氯化氫、硝酸、硫酸等酸的使用所造成之廢氣與酸霧(除 HF 與 HNO₃ 混合產生的 NO_x 外)，可採用 4% 左右的 NaOH 水溶液作為吸收劑以確保吸收效率。使用吸收法處理廢氣中的 HCl 時，因 HCl 溶於水中會放熱，且 HCl 溶解度很高，可與水起快速反應，需使用循環水或冷卻水增進吸收效果。

國外曾採用充填玻璃纖維之吸收塔處理矽晶製造所產生的 HCl 廢氣，其 HCl 廢氣來自 SiCl₄ 燃燒，廢氣並含 SiO₂ 產物與未反應 SiCl₄，其處理設備由二層充填玻璃纖維(直徑約 50 μm)填充床組合而成再加上一層除霧層，當處理氣體量為 88 m³/min，使用水量為 155 L/min，壓降為 100 mmAq，處理效率可達 99.9%，即使使用 5%NaOH 水溶液其處理效率差異有限，但此設備對細小 SiO₂ 白煙無甚大處理效率。處理 HCl 廢氣最值得注意的問題 在於處理後之水溶液具有強烈腐蝕性，宜妥善處理此類廢水。

吸收程序為典型化工單元操作之一，亦可稱之為洗滌，為氣態污染物於廢氣與洗滌液接觸時，藉由分子擴散、紊流等質量傳送及化學反應等現象傳入洗滌液，使污染物質分離而去除，以達到淨氣的效果。以吸收的方式控制氣狀污染物，其操作方式係將含有污染物之排氣導入吸收設備，使其與吸收劑接觸而除去污染物，排出已淨化之空氣，吸收法常應用於去除低沸點碳氫化合物及異味物質。

吸收單元的主體為吸收塔，伴隨溶質之廢氣從吸收塔底進入，而吸收劑從塔頂進入，以進行氣、液相之接觸。經處理過乾淨氣體自塔頂流

出，可逕行排放或導入其他單元處理，而從塔底流出之液體則需送入再生單元處理。

吸收可區分為物理吸收與化學吸收二種。物理吸收主要是藉由污染物在液體中的溶解度，而達到去除空氣污染物的目的；化學吸收之速率，主要依吸收劑與氣體污染物之反應速率決定。以水為吸收劑時，除非被吸收之氣體在水中會產生水解反應或與水發生化學反應，否則應屬物理吸收之範圍。

通常化學吸收可藉升高操作溫度、壓力來增加反應速率，不過同時卻降低了物理吸收的速率；物理吸收在較低溫操作下可達到較佳的去除效果。一般而言，化學吸收可使污染物濃度趨近於零排放，而物理吸收只能把污染物濃度降低至某程度，因此化學吸收在某些氣體污染物的控制及應用上相當重要。

常用的洗滌設備為填充塔(圖 5.2.2-1)，典型之填充塔吸收設備，其內部放入具有大表面積之充填物，以增加氣、液接觸效果。吸收液從塔頂往下流，廢氣向上流，臭氣與吸收液充分接觸而反應去除。吸收液與廢氣流量比例(液/氣比)一般為 $1\sim 3\text{ L/m}^3$ ，填料高度一般為 $2\sim 5$ 公尺，氣體空塔流速一般為 $0.5\sim 1$ 公尺/秒。若需使用大量之吸收液進行吸收，則此吸收程序就不經濟，因其吸收液會造成二次污染，且動力費可觀。

最常用的物理吸收劑是水。水除了價廉易取得外，亦可溶解相當多種類的物質。選用時，首應考慮液體對所欲去除之氣體之溶解度(或亨利常數)，其水溶性會影響使用吸收劑量之多寡。亨利常數其值愈大，表示水溶性愈差。通常亨利常數大於 0.01 之揮發性有機物，表示其水溶性不佳，不適合採用水作為吸收劑。若液/氣比設為 1 L/m^3 ，VOCs 的亨利常數(m)需小於 0.007 ，方適以水作為吸收劑。

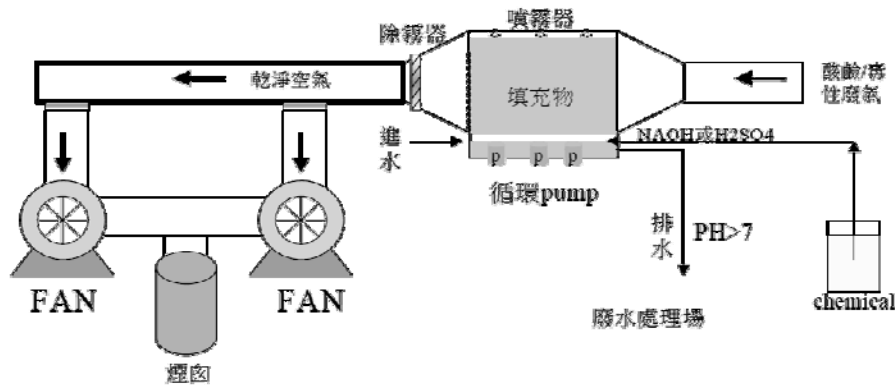


圖 5.2.2-1 填充洗滌塔廢氣處理系統

鍋爐燃燒出口廢氣中含氯化氫濃度約 300~1,000 ppm，硫氧化物濃度約 60~300 ppm 等酸氣，常用去除設備有三種型式：濕式洗滌塔、半乾式洗滌塔及乾式洗滌塔，皆可有效將廢氣中之 HCl 及 SO_x 去除。濕式洗滌塔酸氣去除效率高，單機對 HCl 之去除效率可達 95% 以上，對 SO₂ 之去除效率可達 85% 以上，若裝設第二階濕式洗滌塔，對 SO₂ 之去除率亦可達 90% 以上。

半乾式洗滌塔對酸氣的去除率不及濕式洗滌塔，單獨對 HCl 有 90% 去除效率，若結合濾袋式集塵器則對 HCl 的去除率達 97% 以上，對 SO₂ 的去除效率亦達 90% 以上。

乾式洗滌塔對酸氣的去除率不及濕式洗滌塔和半乾式洗滌塔，單獨去除效率對酸氣僅有 60% 去除效率，若乾式洗滌塔結合濾袋式集塵器則對 HCl 的去除率達 95% 以上，對 SO₂ 的去除效率亦達 90% 以上。

濕式洗塵器(又稱為洗滌器)種類很多，它是利用液體(通常為水)去除微粒或有害氣體的設備。濕式洗塵器的最大的特點是可同時去除粒狀及氣狀污染物。濕式洗塵器的設計彈性比其他污染控制設備大，除塵效率也可以設計得很高，但是它會衍生出一些其他的問題，譬如對除塵效率要求高時則壓力降太大、操作成本較高、產生的副產品不易處理、空氣污染問題可能轉化成水污染及工廠需要有廢水處理設備等。

以成本言，濕式洗塵器比簡單的旋風集塵器高，但較高效率的靜電

集塵器和袋式集塵器經濟。近年來由於環保標準的提高，在正常操作情況下，單獨使用濕式洗塵器並無法達到嚴格的粉塵排放標準。利用濕式洗塵器(如填充塔)去除有害酸鹼氣體是目前最廣為使用的方式，此時可能有部分的大微粒會同時被去除，但是對於小於 1 μm (次微米)的微粒的去除效果不佳。

濕式洗塵器與其他控制設備相比，有如下的優點：

- 1.空間需求小：整個系統可以設計在地面窄小、屋頂不高的地方。
- 2.沒有二次粉塵產生：被收集的粉塵不會再逸出或再進入系統中。
- 3.可同時收集微粒和氣體：對規模小的工業比較經濟，不需再投資不同的設備來收集微粒及氣體。尤其是焚化爐排氣處理更適合使用。
- 4.可處理高溫、高濕氣體：可以避免 ESP 及袋式集塵器之溫度限制以及凝結問題，因在濕式洗滌器中氣體受冷且積塵不斷的被洗除。
- 5.使氣體加濕：噴水過程使氣體溫度降低，體積流率減小，故風車及管道尺寸可以減小。
- 6.火災及爆炸性災害最小：因為利用噴水洗塵，故其他乾式集塵器特有的火災及爆炸事件，在濕式洗塵器很少發生。

但濕式洗塵器亦有下列缺點：

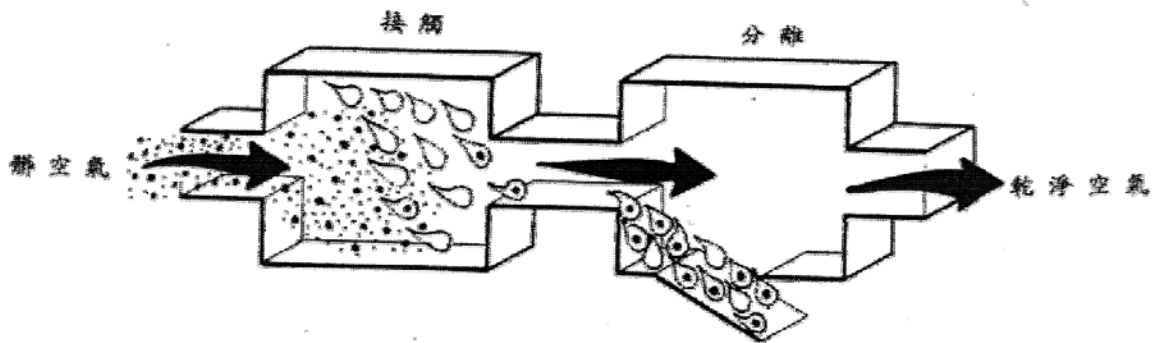
- 1.腐蝕：水及被吸收之氣體可能產生腐蝕性的酸液，選用材料時需特別的注意。
- 2.白煙：自濕式洗塵器排出之高濕度氣體會形成可見的蒸氣柱，此問題以冬天最嚴重。
- 3.壓力降及功率需求高：只有當壓力降高的時候，濕式洗塵器的除塵效率才會高，因此操作成本會相對提高。
- 4.水污染：通常需使用廢水處理設備處理排出的廢水，以符合廢水排放標準，因此若工廠無廢水處理設備時，需增加廢水處理設備。

5.難回收副產品：因為污泥脫水及乾燥之成本高，粉塵之回收再利用比較困難。

濕式洗塵器之除塵原理是使粉塵微粒與50至500 μm 直徑的水滴接觸而被收集。這些含微粒之大水滴藉著重力、與擋板衝擊或離心力自廢氣中分離，而達除塵目的。

圖 5.2.2-2 所示者為一般濕式洗塵器內的兩個區域：接觸區及分離區。液滴經由噴嘴、文氏管或機械帶動的轉子產生，在接觸區內微粒藉由3種機制與水滴接觸，即慣性衝擊(inertial impaction)，直接截留(direct interception)及擴散(diffusion)。

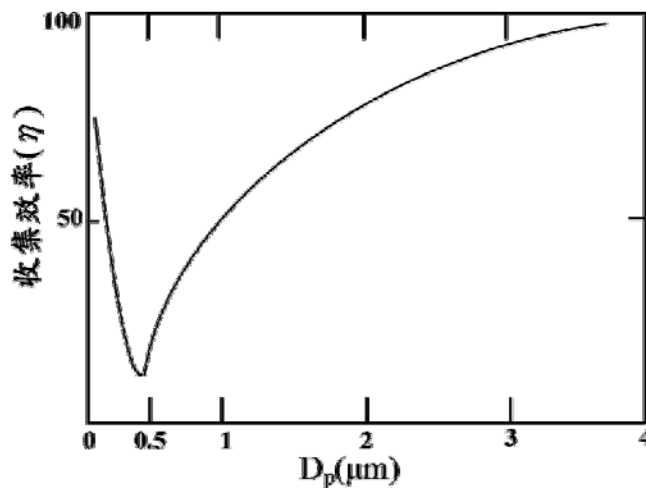
慣性衝擊是粒徑大於1 μm 以上微粒之最要收集機制；直接截留對粒徑接近於水滴粒徑之微粒比較重要。在濕式洗塵器內，水滴粒徑通常大於50 μm ，但微粒粒徑則通常小於5 μm ，故直接截留並非重要的除塵機制。由於擴散效應，小微粒接觸水滴的機會也很大，導致收集效率的增加。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-2 濕式洗塵器的除塵原理

圖 5.2.2-3 顯示一個流動床洗塵器之收集效率與粒徑的關係。由圖可見，很大及很小的微粒分別因為慣性衝擊及擴散的收集機制比較重要的緣故，收集效率比較高。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-3 流動床洗塵器之收集效率與微粒粒徑(Dp)的關係

(1) 濕式洗塵器系統

商用的濕式洗塵器系統含有下列諸項組件中的部分：噴嘴、文氏縮管、衝擊面(如擋板、填充物、泡罩等)、旋風集塵器等。由上列組件之不同組合便可變成數種不同的濕式洗塵器。

洗塵器利用氣體之壓力降(ΔP)可分低能量($\Delta P < 2$ 公分水柱($\text{cm H}_2\text{O}$))、中能量($\Delta P: 2 \sim 6 \text{ cmH}_2\text{O}$)及高能量($\Delta P: > 6 \text{ cmH}_2\text{O}$) (註 $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 98 \text{ Pa}$)。大部分濕式洗塵系統遵循收集效率隨功率消耗(與 ΔP 成正比)增加而增加的原則。氣體壓降愈大表示除塵效率愈佳，但操作成本也愈高。

濕式洗塵器依能量消耗方式分為氣相接觸式、液相接觸式、氣液相接觸式及機械補助式等四種：

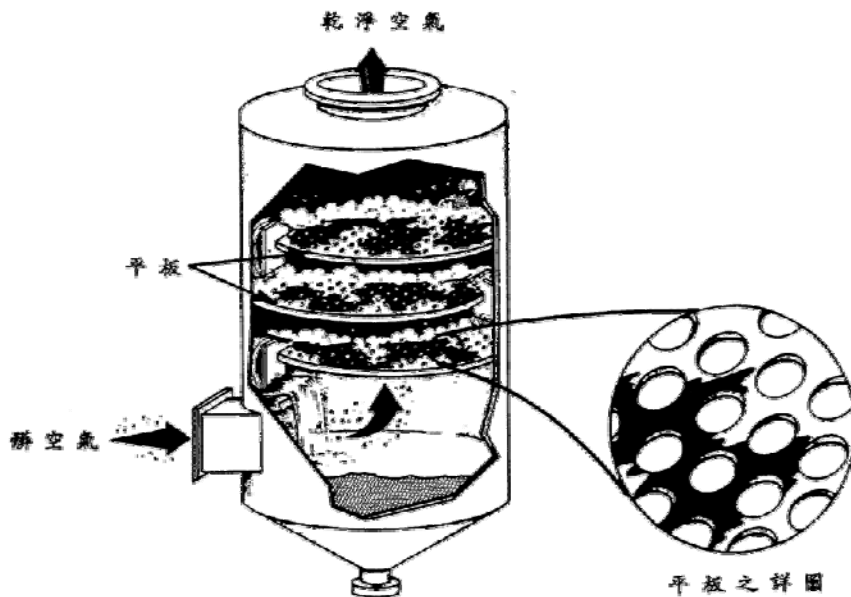
(1-1) 氣相接觸式洗塵系統

利用製程排出的廢氣提供微粒及液體接觸能量者稱為氣相接觸洗塵系統。當氣流通過一個液面時，液體被剪力打碎變成液滴。氣體中的微粒被液滴收集，最後液體被旋風或重力方式除去。

剪力的產生方法有許多種，氣體可以強行通過自平板流下之液體，或氣體從富有液體之平板上的小洞吹出或文氏管(venturi tube)等均能產生液滴。這類洗塵器包括平板洗滌器(plate scrubbers)及文氏洗滌器(venturi scrubbers)。

平板洗滌器如圖 5.2.2-4 所示。在逆流式的系統中，水由上往下流，廢氣由下往上流動。當廢氣穿過小孔時霧化孔中的液體，廢氣中之微粒打擊在液滴上而被收集。平板上每平方公尺含 6,500~32,000 個小孔。

在對流式的設計中，最乾淨的液體在最上方的平板上收集最乾淨之氣體中之微粒。與氣體吸收不同的是，這個系統通常 2~3 個即足夠。對微粒之收集而言，增加平板數目並不能顯著的提高除塵效率。



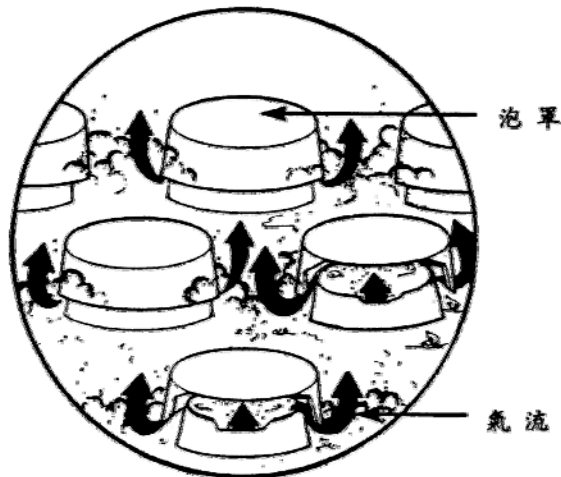
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-4 多孔平板洗滌器

減少孔徑以及增加平板上小孔的數目皆可提高除塵效率，在每個小孔上加裝衝擊板也可提高除塵效率，固定的衝擊擋板迫使氣流之方向改變，使微粒更易於接觸液滴。

氣體通過小孔之速度在 370~610 cm/s 間，小孔孔徑為 0.32~0.64 cm 間。氣體流向被迫改變的結果是液體霧化之效果增加，平板上方也產生紊流泡沫，這些現象都會使微粒與氣體之接觸機會大增，效率可以提高，但是壓力降會增加。

平板洗滌器之問題出在氣體流量降低時，液體會自小孔中向下流出，因而降低衝擊的速度、泡沫量及收集效率。當製程之排氣流量不穩定或太低時，可以使用如圖 5.2.2-5 所示泡罩式之衝擊面。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

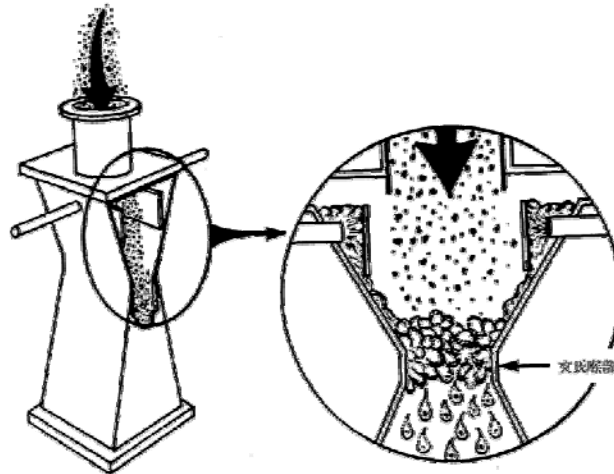
圖 5.2.2-5 泡罩之衝擊表面詳圖

平板洗滌器是中能量型之洗滌器，除塵效率中等。當它使用於高濃度之粉塵、黏性粉塵或結垢性粉塵時可能會阻塞平板上的小孔。它適用於同時去除氣體污染物及粒狀污染物。表 5.2.2-1 列舉一般平板洗滌器之操作特性，平板洗滌器無法去除小於 $1.0\ \mu\text{m}$ 之微粒。

表 5.2.2-1 平板洗滌器之操作特性

壓降(ΔP)	液/氣比 (L/G)	液體入口 壓力(PL)	截取直徑 (DP_{cut})	應用
每盤2.5~20 公分水柱高	0.3~1.2 公升/ m^3	$< 0.33\ \text{kg}/\text{cm}^2$	$> 2.0\ \mu\text{m}$	煤碳乾燥機、煉鋼煨燒 爐、鍋爐、化工製程、 煉油廠、焚化廠

圖 5.2.2-6 顯示了最簡單的文氏洗滌器的示意圖。文氏洗滌器是所有濕式洗塵器中，效率可提升至最高者，也是唯一可以去除次微米微粒者，雖然欲達到高的除塵效率時，文氏洗滌器需要大的壓力差，但是因為系統之彈性使它的運用範圍很廣。



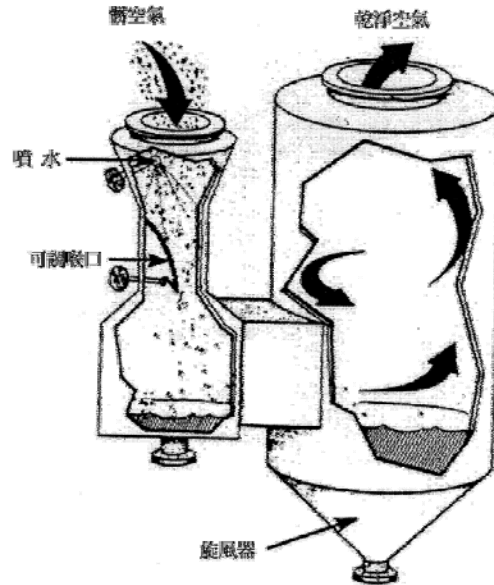
資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-6 典型文氏洗滌器

文氏管是利用氣體通過窄小的喉部，產生高速氣流，剪斷並打碎注入管壁之液體，因而產生液滴。氣體通過窄小的喉部時，速度可高達 $61\sim 244\text{ m/s}$ ($200\sim 800\text{ ft/s}$)。這個高速氣流亦產生了小的液滴，因而可以增加收集效率。在喉部產生的無數液滴以及喉部的紊流使微粒與水霧碰撞之機會大增。注水量與液滴之產生有關，通常增加液/氣量之比可以提高除塵效率。

但水量超過某個上限值時，除塵效率就不再增加。含塵粒之液滴最後仍需被排除。液滴直徑通常在 $50\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ 間，因直徑大容易被旋風集塵器及除霧器的複合系統去除。商用文氏洗滌器有許多不同種類，差異在注水方式及喉部設計。譬如有的液體注入方式是由上而下旋轉進入喉部，潤濕喉部後，再被高速氣體霧化。

在噴水式的文氏洗滌器中，以 $0.33\sim 1.0\text{ kg/cm}^2$ 的低壓水噴入喉管之中，能使液體在大一點的喉口中更均勻的分布。液體霧化之效果來自噴嘴及高速氣流，但仍以高速氣流之霧化為主。文氏洗滌器需維持一定之氣體壓力差(或氣體流量)以保持相當之除塵效率，有一些洗滌器係專為氣體流量隨時間改變之製程而設計，圖 5.2.2-7 即是這一類的設計。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-7 可變喉口之文氏洗滌器

雖然文氏洗滌器主要用於去除粉塵微粒，但亦可用於吸收氣狀污染物，其優點是結垢及粉塵阻塞的問題比較少。唯氣體吸收需要的接觸時間較長，吸收效率才會提高，然而在文氏管喉部氣體與液體接觸時間很短暫，使氣體吸收效率難以提高。

另外，夾帶粉塵之高速氣體往往造成文氏洗滌器內喉部及其他表面被刮損。因此，文氏管之喉口經常需塗覆碳化金屬類之硬質材料，以防刮損產生。在洗滌器下方通往旋風器之肘管充水，也可防止因微粒直接打擊表面造成刮損的現象。在一些用噴嘴噴水的設計中，若使用循環水可能會阻塞噴嘴，需定期作檢查維修。

文氏洗滌器之操作條件隨應用及設計方式之不同而異。表 5.2.2-2 是文氏洗滌器操作之範圍，文氏洗滌器可以去除次微米的微粒，但是壓力降需大於 100~200 cmH₂O。

表 5.2.2-2 文氏洗滌器之操作特徵

壓力降 (ΔP)	液/氣比 (L/G)	液體入口 壓力(PL)	截取直徑 (DPcut)	應用
12.5~254 cmH ₂ O	0.67~2.67 公升/m ³	<0.07~1.0 kg/cm ²	0.2 μ m (依壓降而定)	紙漿及製紙工業 酸液廠 採礦工業 乾燥機 非鐵金屬工業 製鐵及煉鋼工業 火力及工業鍋爐 焚化爐 化工

(1-2)液相接觸式洗塵系統

前一節所述之氣相接觸式洗滌器係利用製程排氣霧化液體，再利用液滴收集粉塵。液相接觸式洗滌器則利用噴嘴霧化液滴，與氣體中的微粒碰撞接觸而除塵，因此主要的能量消耗於水的霧化，氣體的壓力降不高，消耗的能量也較少，且除塵率效率不佳，無法去除次微米的微粒。

噴嘴包括衝擊噴水式、圓錐式、螺旋式(圖 5.2.2-8)等三種。在衝擊式噴嘴中，高壓的液體撞擊一個平板或者一根針產生均勻粒徑之水滴。圓錐式的噴嘴中，中心之水柱與噴嘴壁上旋轉之水流碰擊而產生水滴。螺旋式的噴嘴產生較寬角度的水霧，阻塞問題也比較少。液相接觸式洗滌器最主要者為噴霧塔。

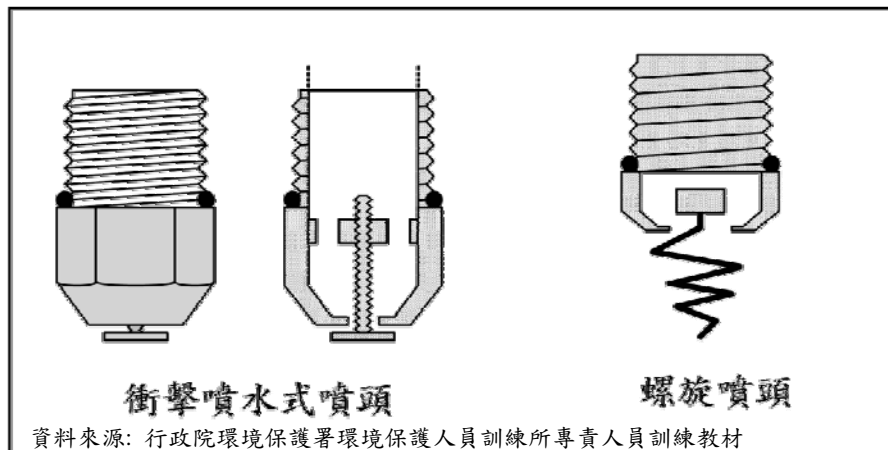
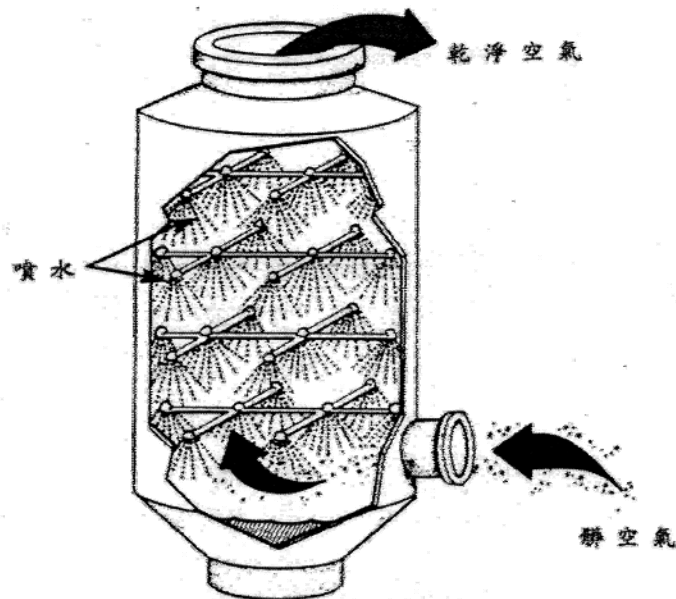


圖 5.2.2-8 衝擊噴水式噴頭及螺旋式噴頭

噴霧塔又稱為重力噴霧塔、噴霧洗滌器或噴霧室，基本設計如圖 5.2.2-9 所示。液體由一排或多排噴嘴中噴出於圓柱型或長方型的噴霧室中。水霧與通常是逆流而上的髒空氣接觸，便能除去其中所含的微粒。若是洗滌液重覆循環使用，噴嘴易被阻塞。因此本系統使用乾淨的水來作噴霧會較無問題。噴霧塔是低能量之裝置，其能量消耗比文氏洗滌器低很多，通常壓力降為 $2.5 \text{ cmH}_2\text{O}$ 。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

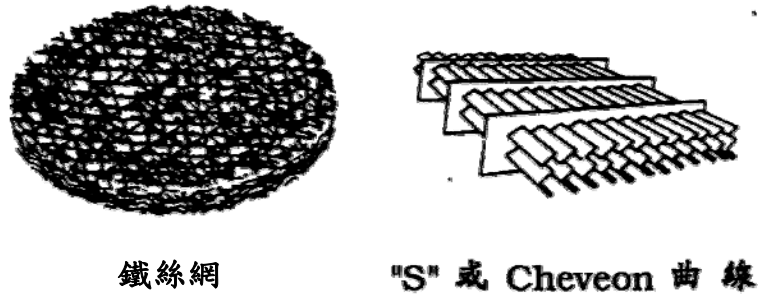
圖 5.2.2-9 簡單之噴霧塔

噴霧塔之除塵效率比其他高能量設備低。一般而言，噴霧塔對 $10\sim 25 \mu\text{m}$ 粗微粒之收集是可行的。增加噴水之壓力雖可產生較細的液滴，進而除去較小的微粒。但當水滴變小時，其終端沉降速度降低，氣體與液體之相對碰撞速度便降低，可能會降低除塵效率。一般而言，發現重力噴霧塔之最佳液滴直徑範圍為 $500\sim 1,000 \mu\text{m}$ 間。

Bethea (1978)發現當噴水壓力高達 $20\sim 30 \text{ kg/cm}^2$ 時，產生之水霧中含有十分小的水滴，此時收集機構有別於撞擊收集，因此效率可提高很多。

製程排氣進入截面積大的噴霧塔後膨脹，且被水霧冷卻。因此大流量之廢氣可以在噴霧塔中經調理後，再排出或再引入小一點的高效率設備中再處理。噴霧塔中氣體流速很低，在 $0.61\sim 1.5 \text{ m/s}$ 間。若是

氣體流速太高，會將小水滴帶入出口之氣流中。噴霧塔之出氣口通常含有水霧，可用除霧器去除。圖 5.2.2-10 所示者為鋼絲網及“S”或 Chevron 曲線型的除霧器，置於噴霧塔的最上方，作排氣之最後處理。其他洗滌器也需要加裝除霧器，以避免水滴從排氣口排出來。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-10 除霧器

噴霧塔是去除大微粒的低成本設備，它亦可用以調理製程排氣(降溫及加濕)。表 5.2.2-3 列出其操作特徵，由此可知，噴霧塔以去除數微米以上的大微粒為主。

表 5.2.2-3 噴霧塔之操作特徵

壓力降 (ΔP)	液/氣比 (L/G)	液體入口壓力 (PL)	截取直徑 (DPcut)	應用
1.28~7.62 公分水柱高	0.67~2.67 L/m ³	0.68~27 kg/cm ²	2~8 μm	採礦、製鐵、 煉鋼、鍋爐及 焚化爐化工

第六章 污染防治處理設備之操作管理

6.1 處理設備操作與維護

6.1.1 污水處理設備操作與管理

一、物理化學處理單元

(一)中和處理

中和處理係利用酸、鹼藥劑進行中和反應，調節廢水pH值至適宜範圍，一般廢水中和處理大多利用pH控制設備控制酸、鹼加藥量，pH控制設備包括pH控制面板、導線及pH電極所組成，藉由設定pH加藥範圍，在廢水pH值小於設定值時，啟動加藥設備自動加入鹼性藥劑，反之，在廢水pH值大於設定值時，即自動加入酸性藥劑，以控制廢水pH值在適宜範圍內。在化學中和處理程序中，須考慮之因素包括化學中和滴定曲線之建立、酸鹼中和藥劑之選擇及一般操作注意事項。

1.化學中和滴定曲線之建立

廢水處理廠中和處理單元功能的發揮，需依賴良好之儀表監測系統和完善之QA/QC操作維護制度，藉由現場實際水樣之中和滴定實驗預估加藥濃度與劑量，並作為未來應變之參考。

2.酸鹼中和藥劑之選擇

一般常用酸鹼中和藥劑及其中和因子，在選擇酸鹼中和藥劑時，須考慮酸鹼中和藥劑是否與酸鹼廢水起有害反應及其經濟性，以達到廢水中和之目的。

3.一般操作注意事項

(1)廢水收集系統

一般工業廢水常包含酸性及鹼性廢水，如分開收集及加藥，將會導致藥劑浪費之情形，故在進行廢水中和處理時，應先行考慮酸性廢水及鹼性廢水之特性，在不同性質廢水混合收集不

引起有害物質反應下，應利用酸性廢水中和鹼性廢水，在廢水中和後尚無法達到適宜 pH 後，再進行加入酸、鹼性藥劑，避免引起過量加藥之情形。

(2)pH 加藥控制

依後續處理單元或放流水質標準，設定 pH 加藥控制範圍，以符合經濟加藥之原則。

(3)pH 電極校正及清洗

操作時 pH 電極須保持在水面下，以防止 pH 電極劣化，另 pH 電極須定期校正及清洗，以準確測得廢水實際 pH 值，避免浪費加藥及水質不符之情形。

(二)混凝膠凝操作

混凝膠凝處理之操作包括混凝劑之選擇及加藥濃度、快慢混操作之條件要點說明如下：

1.混凝劑之選擇及加藥濃度

混凝劑的選擇依去除物質的種類、量、膠體粒子濃度、水溫、pH、共存鹽類及懸浮物質等而定。膠體粒子少者，較難形成良好之凝聚效果，而必須添加混凝劑以促進之。

在採用無機性混凝劑時，鹼度具有重要的意義。為獲知凝聚條件，對於欲處理水應先做瓶杯試驗，以改變各種操作條件所獲得之試驗結果，做為選定混凝劑及加藥濃度之依據。同時除膠羽的大小外，對於膠羽的密度也應加以檢討。

當使用無機性混凝劑時，若添加量過多，將使膠體顆粒電位發生逆轉，再度成為安定化之狀態。使用高分子助凝劑時亦相同，若過度加藥會使膠羽表面被高分子助凝劑包覆，而形成再穩定現象，而失去架橋作用；若形成之膠羽過度攪拌，也會導致膠羽破壞而成為微細狀態，因此適當的慢混攪拌強度選定也甚為重要。

目前較為常用混凝劑為石灰、多元氯化鋁(PACl)、鋁及鐵鹽，各種常用混凝劑之加藥範圍及適宜 pH，其中鋁鹽及鐵鹽之膠羽相當脆弱，可加入 0.2~1.0 mg/L 之長鏈陰離子性或非離子性聚合物(polymer)，可使膠羽在整個膠羽化時間內聚集在一起且變大，另廢水中如有界面活性劑存在時，易使膠體趨於穩定，將增加混凝劑加藥量。

2.快慢混操作條件

- (1)快混：快混之目的，在於使混凝劑與廢水迅速混合，因此注藥位置、進流點、出流點皆需充分注意，以達到充分攪拌並避免發生短流現象；一般停留時間約為 1~5 min，槽內流速通常為 1.5 m/sec 以上。
- (2)慢混：慢混之目的，是要獲得接觸的機會及迅速的凝集，但不能使其破壞已形成的膠羽，慢混凝聚所形成之粒子，通常於流速在 9 cm/sec 以下時發生沉澱，流速 75 cm/sec 以上時則被破壞，故應維持流速在 15~60 cm/sec 之範圍。一般停留時間以 20~30 分鐘為宜。

3.操作要點

- (1)控制最佳加藥量：混凝沉澱所需加藥(高分子助凝劑)量通常由瓶杯試驗(jar test)來決定最佳加藥量操作之條件，並視現場膠羽之情形調整加藥量，瓶杯試驗步驟如下：
 - A.取 200 mL 水樣於燒杯中，加少量混凝劑後，快混 1 分鐘，慢混 3 分鐘，若無膠羽產生則增加混凝劑劑量重複此步驟直到產生膠羽。
 - B.用 6 個燒杯各置 1,000 mL 水樣，以 H₂SO₄ 或 NaOH 調整 pH 值分別為 4.0，5.0，6.0，7.0，8.0，9.0。
 - C.以步驟 A 得之混凝劑劑量分別加入各燒杯。
 - D.以轉速 80~100rpm 快混 1~5 分鐘後，轉速改為 25 rpm 慢混

10~30 分鐘。

E.停止攪拌，靜至 10~30 分鐘，取上層澄清液分析水質。

F.選定適宜 pH 值後，重複步驟(B)、(D)、(E)，但使用不同混凝劑劑量。

觀察生成之膠羽大小、沉降速度，並分析上層澄清液以決定有效經濟之加藥量。

(2)加藥操作：

A.高分子助凝劑不易溶解，在泡藥時須藉由機械或曝氣攪拌，以均勻溶解，另藥劑應避免存放過久而劣化失效。

B.操作時，應視處理水量、水質及膠羽形成情形調整加藥量，並不定期量測實際加藥量，以達到最佳加藥量。

C.控制 pH 值，以達到最佳混凝沉降之條件。

(3)觀察膠羽生成之大小及沉降速度，並適時調整操作條件。

(三)化學氧化還原處理

化學氧化或還原處理，通常運用廢水中含有無法以物理方法去除之溶解性無機有毒物質，化學氧化常用氧化劑包括液氯(chlorine)、漂白粉(NaOCl)及臭氧(O₃)；由Oxidation(氧化)、Reduction(還原)、Potential(電位)的字母組合而成ORP氧化還原電位計，可用來測量物質的氧化程度、還原(抗氧化)程度以數值mv單位表示。具有氧化能力者以+(正)表示。具有還原能力者以-(負)表示。通常在進行氧化還原反應時，均會監測及控制其有適當之電位，若有變化則以添加氧化或還原劑來調整其電位，來達到氧化還原之目的，追逐加藥將使水中鹽類濃度增加，造成二次污染。

廢水中常見化學氧化處理流程包括次氯酸鈉處理電鍍廢水及臭氧處理程序。臭氧處理裝置實際應用包括下列3種方式：(1)從空氣中製造(2)由純氧製造，並將多餘的氧氣循環回到臭氧產生系統(3)從純氧活性污泥系統所需的純氧中製造臭氧，並將臭氧分解後

所得之氧氣，再循環回活性污泥系統中。

化學還原常用還原劑包括二氧化硫、亞硫酸鹽及硫酸亞鐵等；廢水處理中通常如電鍍業鉻系廢水及氰系廢水均會以ORP為控制要項。含鉻廢水處理程序即為典型化學還原處理程序，處理過程係利用還原劑如 SO_2 、 FeSO_4 、 Na_2SO_3 、 NaHSO_3 等，將六價鉻離子還原成三價鉻離子，再利用鹼性藥劑如石灰、消石灰及氫氧化鈉等，以形成不溶性之 $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 沉澱去除。

(四)調整池

調整池設置的目的主要係在減少或控制廢水水量或水質之變異現象，提供最佳之操作條件以利後續處理單元之正常操作。進一步而言，其主要功能可包括下列：

- 1.提供足夠之緩衝空間平衡有機負荷，減少生物處理單元之突增負荷。
- 2.提供適宜之pH控制，減少所需要之化學藥品。
- 3.降低流量對後續物理、化學及生物處理單元之衝擊，同時可提供適切之加藥量。
- 4.即使當工廠無廢水排入時，仍能提供連續之正常操作功能。
- 5.防止或平衡高濃度之毒性物質進入生物處理單元。

調整池常用調勻設施包括鼓風機、螺旋式水平攪拌機、水流噴射式攪拌機及表面曝氣攪拌機械等型式。

(五)快濾設施

過濾之原理係廢水通過濾層時，利用濾層對污水中懸浮性粒子之阻絕作用，使乾淨水通過濾層，懸浮性粒子被阻留於濾層中而被去除。過濾之功能主要為去除廢水中之懸浮性粒子及其所造成之BOD及COD，溶解性物質則無法藉過濾去除。

快濾設施依過濾水之水流方向可分為向下流、向上流、雙向流及水平流等4種型式：

(1)向下流式

- A.污水由濾層之上部流入，在濾層內向下流達到過濾。
- B.依過濾壓力可分為重力式及壓力式。
- C.粒子的捕捉乃於濾層表面，因此過濾阻力增大，有濾程(filter run)時間減短之情況。
- D.為提升粒子的捕捉能力，多採用多層式過濾方式。

(2)向上流式

- A.藉泵所抽送的原水，自濾層下部向上部依礫石、粗砂、砂之順序過濾。
- B.粒徑較大的粒子於礫石層或粗砂層被捕捉，較微細的粒子則於砂層被捕捉。於過濾層去除全部的粒子，過濾持續時間可較長。
- C.當濾層被阻塞，濾層過濾漸不容易時，會因流入水造成濾層的流動化，所捕捉的粒子有外洩流出之問題。
- D.為防止濾層的流動，可於濾層上部設置格子狀的板或增加濾層粗砂之厚度。

(3)雙向流式

- A.水流自濾層的上部及下部兩方向流入，於過濾槽的中央將過濾水集中。上層屬向下流式，下層則為向上流式。
- B.過濾速度大，可抑制向上流式過濾濾層之膨脹。
- C.濾層的上部為無煙煤及砂，下部則為砂或砂及礫石，比向下式可捕捉粒子量大數倍。
- D.以空氣及水沖洗，與過濾同方向進行。

(4)水平流式

- A.自圓筒過濾槽的中央部流向圓周部，於其間達成過濾。
- B.與向下流或向上流比較，濾層整體具捕捉粒子的機制，且

捕捉量大。

C.本方式增加高度，可增加過濾面積，而減少設施面積。

(六)薄膜處理法

薄膜分離法可過濾水中微粒，對於水中有機物質去除率高達90%以上，並具有去除臭味及色度之功能。在選擇薄膜時，需先對廢水成分進行了解，如pH值、親疏水性、是否含有機溶劑或特殊成分(與膜材的化學穩定性有關)、是否有特殊官能基(可能與膜材有特殊的吸附現象)，以及與膜孔大小選擇有關的資料，如粒子(溶質)的粒徑(或分子量)，粒子的濃度及帶電性等。同時也要確認進行廢水處理時，所使用的壓力及溫度範圍。依據操作時的溫度、壓力，配合廢水的pH值、化學成分等條件，選擇合用的材料，再由廢水中粒子的粒徑及特性選擇適當的薄膜孔徑。

應依膜透過率及過濾壓差，適當定期清洗濾膜，以維持處理效率，而造成薄膜阻塞之物質大致上可分為膠體阻塞及生物阻塞，相關說明如下：

1.膠體阻塞

(1)懸浮固體之阻塞

此種阻塞可由5~10 μm之捲筒式過濾器移除。

(2)膜面沉積

如CaCO₃、CaSO₄、SiO₂沉澱等，可由前處理利用離子交換將Ca²⁺等離子軟化，或調整pH及加入防垢劑等方式，以避免膜面沉積。

(3)金屬氧化物之沉澱

Fe、Mn、Al等金屬氧化物在膜面會產生沉澱物，可於前處理使用混凝、膠凝及過濾法改善。

2.生物阻塞

微生物存在會導致壓力下降及鹽去除率下降，並可能導致

膜損害，利用加氯、臭氧或 UV 方式可抑制微生物生長，以避免膜面生物阻塞，其異常現象對策如表 6.1.1-2 所示。

(七) 活性碳吸附設施

活性碳應用於廢水處理可分為兩個主要類別：當做高級廢水處理，及當做獨立的物化處理單元；在高級廢水處理過程中，活性碳被使用以吸附方式來處理不易為生物分解之有機物。在獨立物化處理單元中，原水通常需經過混凝及沉澱(或再加上過濾)後，才通過活性碳床，但並未使用二級生物處理單元尚作前處理步驟。

活性碳之現場操作一般可分為接觸系統與再生系統。廢水通過一充滿粒狀活性碳或粉狀活性碳的容器經過足夠的接觸時間後，不純物可經由吸附而被去除。

活性碳系統通常係使用數個管柱或床體當作接觸槽，大部分的接觸管柱不是開口式混凝土重力型式，就是適用向上流式及向下流式操作的鋼鐵高壓容器。

當活性碳失去其吸附能力後，則需將接觸槽從操作中移至再生系統進行活性碳之再生。在水力反沖洗及再生過程中所失去的活性碳可以新鮮碳粒補充之。

活性碳一般可為粒狀GAC直徑約為0.8 mm或粉狀PAC兩種，其中粒狀活性碳吸附常使用於管柱型之接觸床中通常為20-40 min之接觸時間。而粉狀活性碳微粒非常細微，通常不使用於管柱中，而直接加入廢水中，以混凝及沉澱的方法加以去除，因為粉狀活性碳的再生及回收不易，在廢水處理中其使用不如粒狀活性碳普遍。

二、生物處理單元

廢水二級處理主要處理方式為生物處理，可分為好氧性處理法及厭氧性處理法兩大類，每一類又可依微生物生長方式，分為懸浮生長

式及附著生長式，懸浮生長式的微生物是在水中保持懸浮狀態，附著生長式的微生物是附著於惰性介質上，又稱為固定膜式。

(一)活性污泥法

活性污泥係由好氧性細菌、原生動物等微生物、溶解性有機物及被吸附的懸浮物質所形成，具有吸附、氧化廢(污)水中的有機物，使達到安定化的機能，廢水在適當之pH值、溫度及食微比條件下，經由強制曝氣提供廢(污)水中之溶氧(1~3 mg/L)，使微生物被活化而淨化水質之方法稱為活性污泥法。

1.活性污泥之馴養

活性污泥之形成與化學反應不同，在化學反應中，反應條件改變立刻發生不同的反應。但活性污泥之環境條件一有改變，為適應新條件，活性污泥中的微生物種類及量則徐徐發生變化，而漸次形成新條件之安定化污泥，惟其所需時間甚長。活性污泥的馴養有下列三原則：

- (1)活性污泥之形成，其馴養先在 BOD 負荷 0.2 kg/m^3 以下之條件進行，俟 MLSS 達到 500~1,000 mg/L 時，再依設計值漸次提高。
- (2)迴流污泥量在活性污泥馴養完成前，迴流量應大於設計量(迴流污泥量通常為全量迴流，使活性污泥在曝氣池與終沉池中累積，不排出系統外)，俟污泥形成後再以設計量操作。
- (3)測定 SV30 及 MLSS，設定適當負荷量及操作方法，依污泥沉降狀態，維持 DO 在 1 mg/L 以上操作之。

污泥之形成方法有兩種：第一種是每日分批引入定量的廢水，連續流入並予曝氣，使污泥自然形成。第二種方法為取自相近似水質的處理廠之污泥或添加植種物質，使其形成適合處理水水質的污泥。大規模的處理廠可採用前述第一種方法馴養污泥，小規模處理廠則以後者速度較快。

2.操作控制

活性污泥法之操作控制，目的即將活性污泥系統之運作，控制在設計值範圍內，使系統可正常運轉，並使處理水質達到最佳放流水質。而活性污泥的性狀視微生物生長情況而定，要使微生物生長得好，食物分配要適中，亦即維持適當的食微比(F/M)和污泥停留時間。F/M 和 SRT 是控制處理系統的兩個重要指標。

當環境因素控制適當時，F/M 和 SRT 有下列效能：

- (1)兩者皆為最適操作，可達放流水標準。
 - (2)兩者均可維持良好的放流水質和污泥穩定性。
 - (3)兩者均能調整生長速率、代謝和穩定有機物。
 - (4)兩者均能顯示穩定有機物和獲得沉降性佳污泥品質所需之微生物量。
 - (5)藉廢棄污泥的排除可控制適當的微生物量：
 - A.欲維持原狀——排除每天的淨增量。
 - B.欲增加——減少排棄量。
 - C.欲減少——增加排棄量。
 - (6)由於彼此相互關連，每改變一個控制參數，另一參數也跟著改變。
 - (7)控制點一旦定好，須讓其保持定常狀態，直到放流水質或污泥特性需要改變才改變。
- 3.各種活性污泥法處理方式實際操作時，須依流入水質、水量、季節及活性污泥狀態進行調整，以維持良好處理效率。

(二)生物接觸曝氣法

接觸曝氣法為提升處理機能而開發出有各種修正法，其構造種類很多，主要依接觸材的狀態而區分，接觸材固定於水中者稱為固定床接觸曝氣法，接觸材藉水流於槽內流動者稱流動床式接

觸曝氣法，而後者又可分為有向上流式及完全混合式(於曝氣槽內投入接觸材粒子)兩種。

本法又依氧的供給形態，可分為完全不供給氧者(厭氣濾床法)、供給空氣者(空氣曝氣)及供給純氧者(純氧曝氣)等，供給方法有散氣式及機械曝氣式。另固定床之曝氣有曝氣循環型、直接曝氣型及槽外曝氣型等曝氣方式。

1.操作維護

(1)曝氣狀況之監視

接觸曝氣槽內狀況之監視，包括混合液之色澤、泡沫、有無臭氣、污泥之發生狀況等。接觸曝氣槽在正常狀態下，幾乎與沉澱流出水相同，懸浮污泥量少。懸浮物質異常多且如活性污泥法之曝氣槽混合液狀態時，乃由於負荷過高或剝離之污泥輸送不易，應檢討其原因改善之。

至於曝氣狀況，應觀測其迴流狀況，查看散氣管有無阻塞。

(2)接觸材之反沖洗及剝離污泥之抽送

觀察槽內懸浮污泥之發生狀況及接觸材之阻塞狀況，定期反沖洗以去除過厚的附著污泥。

(3)接觸材之維護

塑膠接觸材料應無破損之虞，但當有砂或泥土堆積於其底部而欲加清理時，就需加以注意，對於有破損之處應加更換。

(三)薄膜生物處理設施

薄膜生物處理程序是使用一組微過濾薄膜膜組或超過濾薄膜取代傳統生物沉澱池，並與生物曝氣池連結成迴路系統，利用薄膜的分離能力阻隔微生物及懸浮顆粒的流失並提高放流水品質。通常應用於二級生物處理，具有生物處理與薄膜過濾之特性，其處理水質可達到接近三級處理之性能，為一較新之生物處理技術。

通常利用超過濾或微過濾薄膜分離濃縮生物污泥，其得到水質良好之出流水及使生物反應槽內MLSS提高達10,000~30,000 mg/L之功效，具有佔地面積小與污泥產生量少之優點，因此土地成本與污泥處置成本均較傳統活性污泥程序少，出流水具有回收再利用之潛力，在目前水源缺乏之狀況下，本技術更具有實用價值。

MBR依其薄膜放置位置可區分為兩類，即支流式MBR及浸入式MBR，支流式MBR是將活性污泥在高速(通常大於2 m/s)流速下，用幫浦將污泥抽至管狀或平版模組中，會產生較大壓降及高透膜壓力，為典型橫流式模組。而浸入式MBR，是將中空纖維或平版模組浸沒於曝氣槽中，使處理水以真空抽取方式穿過薄膜。

MBR其投資成本、操作成本較傳統沉澱池高且薄膜積垢須定期反洗、操作技術較傳統沉澱池高。

三、污泥處理

(一)污泥脫水

脫水方法有機械脫水及自然曬乾兩種；機械脫水方法用地省、脫水時間短且不受天候影響，為其最大的優點。在選擇污泥脫水設備時須注意下列項目：

- 在符合污泥產生量之需求下，設備儘量小型化。
- 設備處理量具彈性，操作簡便。
- 設備處理效率高，污泥餅含水率低。

符合上述需求之污泥脫水設施有帶濾式脫水機或板框壓濾式脫水機，以下就脫水機之操作管理加以說明：

1.帶壓脫水機(Belt Press)

污泥機械脫水可在短時間內處理大量污泥，其方法包括：帶壓脫水設施、離心分離設施、加壓過濾機、真空過濾機，機械脫水設備，以普遍常用帶壓脫水設施之介紹，其特性如表6.1.1-1所示。

表 6.1.1-1 帶壓脫水設備之特性

項目	帶壓脫水
凝聚劑使用種類及比率	高分子凝聚劑(1%)
操作特性	1.構造簡單 2.濾布過長時有蛇行問題
泥餅含水率(%)	76~78
附屬設備	較少，需面積稍大
電力消耗	少
使用情形	多

帶壓脫水設備操作如下：

- (1)帶壓脫水機之操作參數
 - A.污泥進料濃度：30,000~50,000 mg/L
 - B.高分子助凝劑加藥率：2~6 g/Kg 乾污泥
 - C.固體物捕獲率：90~95%
 - D.污泥餅含水率：70~80%
 - E.污泥調理膠凝時間：大於 30 sec
 - F.輪帶速度：1~3 m/min
 - G.水污泥固體物量：150-250 kg/h
 - H.其餘項目如污泥進料泵流量、清洗水流量及壓力等，應依設備原製造廠之建議值操作。
- (2)首先先排除脫水機濾布上清洗水，接著調整濾布的張力及移行速度，且注意濾布是否平整應避免濾布發生皺摺，操作時應注意加入污泥的量及其過濾狀況。
- (3)污泥必需先經調理加藥才易於脫水，污泥在重力濃縮池膠羽形成狀況及沈降情形，可判斷注藥率是否適當及分離狀況是否良好；若分離不良污泥會於帶壓脫水濾布之兩側溢流出。
- (4)停止操作時應先停止供給污泥，並待濾布上之污泥全部排出後停機。若長時間停止操作應放鬆濾布的張力。

為增進帶濾式污泥脫水機之操作效果，於操作時應注意下

列各點：

- A. 污泥調理須有充分之接觸時間，高分子助凝劑之加量不可過多，以免阻塞濾布；亦不可過少，以免污泥由濾布邊緣漏出。
- B. 調理後之污泥進入重力脫水段，應分配均勻，避免濾布產生偏移或皺摺。
- C. 滾輪兩側之張力應均衡，避免濾布產生偏移或皺摺。
- D. 濾布偏移時，應以濾布偏移矯正裝置修正。
- E. 濾布行走速度應於正常值內。
- F. 使用適當的濾布，可增加固體物截獲和脫水機的容量。
- G. 增加清洗濾布頻率，可增加脫水機處理容量，污泥乾燥程度和濾布壽命。

帶壓脫水設備檢查事項如下：

- A. 各滾軸之給油狀有無旋轉。
- B. 濾布清洗噴嘴之噴射狀況及清理。
- C. 濾布有無皺摺及蛇行及濾布更換時間約 5,000~8,000 小時。
- D. 集水板污泥堆積狀況及各滾軸之污泥附著狀況。
- E. 脫水污泥餅剝離用刮板之破損及渣物附著狀況。

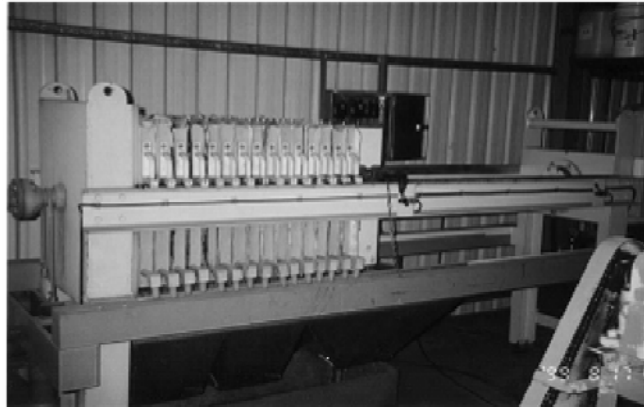
2. 板框壓濾式脫水機

板框壓濾式脫水機為不須添加高分子聚合物之脫水機，其特性為脫水程序屬間歇操作、脫水泥餅之含水率低、單位過濾速度快之設備。

(1) 構造

板框壓濾式脫水機之構造如圖 6.1.1-1 所示，為一組濾板，濾框之內側上覆以濾布，濾板間所形成的過濾室依所需要的容量排列過濾室之數目。板框壓濾式脫水機之脫水方式有單式及複式，濾布裝置方式有固定式及移動式，濾板之擠壓方式有手

動式、油壓式及電動式，過濾室之組合則有橫軸式及豎軸式。



資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊-電鍍業/100年6月

圖 6.1.1-1 板框壓濾式污泥脫水機

板框壓濾式脫水機之基本操作程序為利用污泥進料泵將污泥壓入過濾室，加壓於濾板，藉濾布的過濾作用以分離水分，操作程序如圖 6.1.1-2，說明如下：

- A. 濾框以約 150 kg/cm^2 之高油壓緊閉，污泥則以約 $4\sim 6 \text{ kg/cm}^2$ 之壓力壓入。
- B. 壓榨方法一般多使用離心泵將壓力水壓入濾室內，藉壓榨設備進行壓榨，供給壓力為 $15\sim 20 \text{ kg/cm}^2$ ，空氣供給設備送風時應避免自排水管散出污水。
- C. 濾框開框之同時移動濾布，使脫水泥餅剝離而移出。
- D. 濾布進行自動清洗並完成一循環之操作。一循環所需時間約 20~40 分鐘。

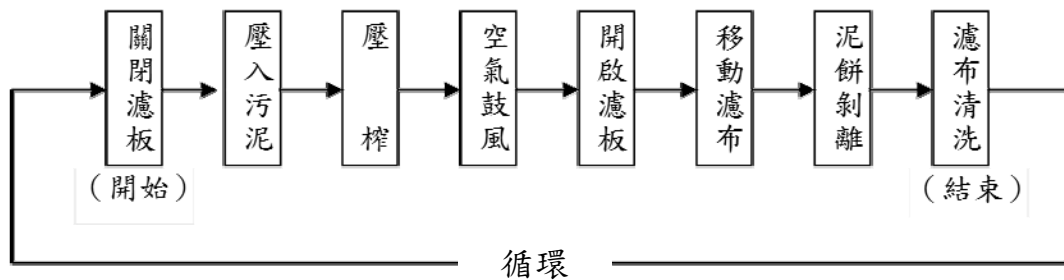


圖 6.1.1-2 板框壓濾式脫水機操作程序

(2) 附屬設備

板框壓濾式脫水機之附屬設備有污泥進料泵、壓榨用壓力水泵、送風用空壓機、濾布清水泵、油壓泵及油壓設備等。

A. 污泥進料泵：污泥進料泵多為往復式定量泵，所需壓力較高，約 $4\sim 6 \text{ kg/cm}^2$ 。

B. 壓縮用壓力水泵及濾布清洗水泵：多為單發或多段式離心泵。

C. 送風用空氣壓縮機：空氣壓縮機吐出壓力 7 kg/cm^2 ，必須設置壓力槽。

四、常用儀表

(一) 水量監測設備

流量計一般用以量測封閉管道或明渠中的流體流量。污水處理廠常用的三種流量計：電磁流量計、超音波流量計及渦輪式流量計。

1. 電磁流量計

由檢出器(或稱傳感器)及變換器(或稱轉換器)所組成。檢出器包括磁路裝置、測量導管、電極、訊號線等裝置。其檢測原理係根據檢出器依電磁感應定律作用而產生。

電磁流量計在非磁性材料製成的管道內，流過的導電液體以無數連續導電圓盤，等效長度為 D 的導體做垂直於磁場方向的運動，液體圓盤切割磁力線，按電磁感應定律，產生感應電動勢 E 。

2. 超音波流量計

污水處理廠常用的超音波流量計分為都卜勒效應法及傳播速度差法(包括時間差法、相位差法和頻率差法)，分別介紹如下。

(1) 都卜勒超音波流量計

都卜勒超音波流量計感測元件，由變換器及換能器(一對發射器-接收器)組成。發射器連續向管路流體中的顆粒發射頻率為 0.5~10 MHz 的超音波，其超音波束遇到流體中運動著的顆粒或者氣泡，再反射回來由接收器接收，發射信號與接收信號的都卜勒頻率偏移與流速成正比。所以一般而言都卜勒超音波流量計主要適合應用於含有氣泡或懸浮顆粒的液體。

(2)時間差法超音波流量計

超音波感測元件，由一對超音波發射器-接收器組成。在流量感測應用上，主要是利用傳導時間(transient time)之流速量測方法，分別量測上、下游感測器中，順流與逆流傳導訊號之差異，藉以測定流量之大小與方向。

(3)使用超音波流量計應注意下列各項，才能測得正確流量。

- A. 超音波流量計適用於測量任何流體流量，特別是腐蝕性、高黏度、非導電液體。
- B. 換能器的安裝相當重要，應嚴格要求依說明書安裝。
- C. 變換器應安裝於振動小、衝擊小、檢修方便的地點。
- D. 變換器與換能器間應使用屏蔽電纜連接。
- E. 流體中無氣泡或懸浮顆粒，都卜勒超音波流量計將無法使用。

3. 渦輪式流量計(Rota Meter)

渦輪式流量計為機械式流量感測器，最簡單的構造為一個渦輪加上齒輪組的儀表即可測量流量，另外可使用電磁元件或光遮斷元件直接測得轉速，流速大致上與轉速成正比。渦流式流量計是利用通過測定置於流體中的渦輪轉速來反映流體流量，渦輪流量計由渦輪流量傳感器和顯示儀表所組成。

顯示儀表主要用以指示、計算和控制。傳感器主要包括殼體、導流架、葉輪、軸承和電磁轉換器所組成。使用渦輪式流

量計應注意下列各項，才能測得正確流量：

- (1)精確度受被測流體黏度影響較大，口徑越小則黏度影響越大。
- (2)當流體溫度變化較大時，會造成傳感器內部尺寸變化，此時應考慮進行必要修正。
- (3)儀表的使用範圍應在儀表性曲線的線性部分。
- (4)使用於污水量測時，儀表前需加裝過濾器。
- (5)渦輪流量傳感器於使用中切忌有高速氣流引入，因此需要在傳感器前加裝消氣器。

(二)水質監測設備

1.pH 計及 ORP 計

偵測器機能須靠日常正確管理並使其維持安定狀態，為廢水處理設施運轉正常之重要維護管理項目之一。pH 計、ORP 計之維護，可分成受信部、中繼部及發信部三部分，如有缺點發生時，應迅速查明究屬那一部分出問題，並儘速修復。以下三部分所構成：

(1)指示器及記錄器—受信部。

pH 計、ORP 計之受信部具有接收從電極傳來電位變化信號，反映為機械性或電氣性指示之機能。由於受信部為精密儀器，在設置場所應充分考慮有關有害氣體、濕氣、振動、高溫及強電回路等保護措施。

受信部之維護方面，須核對儀器之設定值是否在正常位置，pH 值、ORP 值是否正確指示出來，且應依據儀器使用說明書，定期以標準液做必要的校正、調整。

(2)專用電纜(含配線盒 connector box)—中繼部。

pH 計、ORP 計之接續電纜如無法保持高絕緣性，即會引起指示不良，故應定期測定及檢查絕緣電阻使其保持高絕緣性。專用電纜之心線間絕緣電阻在 105 MΩ/100 m 以上。

(3)電極(含電極支架)－發信部。

pH計、ORP計之發信部由電極、支架、配線組成，經由專用電纜，液體的電位變動不停地傳達至受信部。

此為廢水處理自動控制之最重要部分，應對電極實施日常清洗維護，必要時應予修理，並利用標準液校正，發現有破損、劣化加速，應立即更換。此外，若電極被油污附著，則將難以顯示正確值，故至少須一週洗淨電極一次，並用標準液校正。

清洗電極時，若油污附著量甚少，則可用脫脂棉沾清水擦拭；若油污附著量多，則用脫脂棉沾肥皂水或清潔劑擦拭後，在用水清洗；若有沉澱物附著/固著時，則將電極置於15倍稀釋率鹽酸中並用脫脂棉擦拭。清洗電極時，須特別注意勿損及電極前端的玻璃膜。

電極之壽命約一年。電極的液絡部與被檢液在電流上應相通，但因氯化鉀溶液會由此流出，故每週應補充一次氯化鉀飽和溶液。有時電極內部會殘留氯化鉀結晶或內部液體遭受污染，此時氯化鉀溶液應全部倒出，重新再加入。

2.溶氧計

溶解於水中的游離氧俗稱溶解氧。其測定一般用薄膜法和碘量法。本節說明薄膜法之溶氧計。根據儀器不同結構原理，可分為極譜式和原電池式。

(1)極譜式

儀器由薄膜電極和指示儀表組成。薄膜電極由工作電極和對電極組成。電極內部電解液為氯化鉀或氫氧化鉀，外部用厚度為25~50 μm的聚乙烯或聚四氟乙烯薄膜，使水中溶解氧滲透進入電極內部。當電極兩端加0.5~0.8 V電壓時，透過薄膜的溶解氧在工作電極被還原，產生與其濃度成比例的擴散電流，電流通過外部電路(指示儀器)測得，並顯示出水中溶解氧的濃

度。為了消除溫度影響，電極內配置一個熱敏電阻。

(2)原電池式

原電池式以銀為陽極，鉛為陰極，銀和鉛浸在氫氧化鉀電解質中，外層是透氣薄膜，在銀陽極溶解氧被還原，在鉛陰極發生氧化，兩極電動勢為 0.7~0.9 V，電極的老化是一正常的現象，適當的電極保養是必要的工作，正確使用與保養可使電極的使用壽命延長。

3.液位計

液位計一般分為直讀式與推論式兩種。直讀式液位計構造較簡單，通常用於現場指示，如：翻板式液位計。推論式則常用於遠距指示、記錄、控制，如：電容式液位計、超音波液位計。

(1)翻板式液位計

翻板示液位計適用於需直讀且當液體具腐蝕性、毒性或其他危險性場所。磁性浮子裝在旁通連接由非磁性材料製成之筒體中，筒體外安裝磁性翻板指示器及限位開關。

由極薄的磁金屬片製成的翻板，正反面塗有不同顏色，當磁性浮子經過某翻板時，在相互磁場作用下，磁性翻板翻轉，因此液面以下與液面以上的翻板呈現不同顏色，可清晰地指示出液面位置。當浮子經過限位開關安裝位置時，限位開關觸點狀態改變，發出相應液位控制訊號。

(2)電容式液位計

電容式液位計電極置於儲存液中，當兩電極板加一電壓時，由液體構成一通路，電子通過的數目由電壓、電極面積、儲存液特性和兩極板間距決定。當液面越高，電子通過數目愈多，因此能作測量或控制之用。

(3)超音波液位計

超音波液位計為超音波液位計之結構與測量原理。音波轉換器向感測目標液面發射音波，音波遇到目標液面產生反射，反射音波被接收器接收，音波發射至接收所消耗之時間與其旅行之距離成比例。因音波在某一狀況下某一介質中的傳送速率為一定，故由其旅行距離可定出液面位置。一般使用時應注意下列各項，才能測得正確數值：

- A. 液位計應固定，避免隨流體漂流(尤其是浮球式液位計)。
- B. 量測污泥液位時，液位計應置於一套筒內，避免隨流體漂流。
- C. 翻板式液位計之磁性浮子於套筒內應避免堵塞，否則測值與實際值將有誤差。

(三) 泵浦及攪拌設備

1. 攪拌設備

調勻設施包括鼓風機、螺旋式水平攪拌機、水流噴射式攪拌機及表面曝氣攪拌機械等型式，而較常用的型式有離心式鼓風機及魯式鼓風機。

(1) 離心式鼓風機

離心式鼓風機又稱輪機式鼓風機，係利用葉輪葉片迴轉產生壓力，空氣由軸方向之孔眼進入葉輪，然後氣流變為徑向進入葉輪並向鼓風機外殼之內圍加速；離心式鼓風機之優點乃因其為變量定壓之機器，在進氣嘴調整即可改善容量或可在葉輪壓力側放置散氣器，如此可將額定容量降低至約 45% 且達到節省動力之效果。

(2) 魯氏鼓風機

魯氏鼓風機係藉兩個轉子以相反方向旋轉而壓縮空氣，然而兩轉子在高速旋轉時並不互相接觸，保持 0.1~0.3 mm 的間隙，轉子之間不需添加潤滑油，所以能傳送潔淨不含油氣之乾

淨空氣。

2. 泵浦設備

廢水處理廠使用泵浦種類繁多，由於泵浦須輸送腐蝕性廢水、各種藥液及污泥等，有耐酸、鹼不銹鋼製者，有合成樹脂製的泛用泵浦或特殊泵浦等。處水處理廠主要使用之泵浦構造分類如表 6.1.1-2 及 6.1.1-3 所示。

表 6.1.1-2 泵浦之構造分類

泵浦分類	種類
渦捲泵浦 (離心泵浦)	利用迴轉葉片的離心力，一般採用揚液泵浦為渦漩(volute)泵浦
往復泵浦	利用活塞運動傳送液體，故輸送量較少；有高壓式泵浦、活塞泵浦、柱塞泵浦、隔膜泵浦等，適於定量注入使用(輸送量可調整)
特殊泵浦	使用於粘稠液(油、凝集劑)及污泥排泥；有齒輪泵浦、螺旋泵浦、瓣旋(roots)泵浦等

表 6.1.1-3 泵浦用途分類及使用材質

用途	主要使用泵浦	主要使用材質
藥液注入用	磁性泵浦 隔膜泵浦	SUS 27、32 合成樹脂、合成橡膠
酸廢水用	耐酸渦捲泵浦 (主要為自吸式)	SUS 27、32 硬質 PVC
鹼廢水用	耐鹼渦捲泵浦 (主要為自吸式)	鑄鐵 硬質 PVC
污泥用	瓣旋泵浦	鑄鐵
一般廢水用	汎用渦捲泵浦	鑄鐵

(1) 泵浦日常管理

泵浦如使用方法、材質選擇錯誤時，固形異物吸入會促進腐蝕、摩擦，使泵浦之輸送能力降低，故應注意正確使用。泵浦的日常管理確認項目為揚水量、壓力檢查及填料蓋、機械軸封等之洩漏。

(2) 泵浦保養管理

泵浦的故障，除選擇錯誤以外，單純異常原因居多，但如忽略在異狀發生時即予適當判斷，迅速採取故障排除的話，會造成泵浦本體及馬達高熱，甚至導致損壞。

6.1.2 空污處理設備操作與管理

一、濕式洗塵器

各種不同的濕式洗塵器，在實際操作上發生的問題都不盡相同，雖然濕式洗塵器是較簡單的空污設備，但仍需適當的維護以確保長期操作壽命與順利運轉。適當的設計與設置雖然有助於集塵系統之完整性及除塵效率的提高，但是仍需做到定期的檢視與維護，以維持最佳的操作效率。不適當的操作性能可由下列各種跡象中發現：

- 1.不適當的系統設計或操作。
- 2.製造系統改善導致設備功能及效率無法發揮。
- 3.設備之機械狀況損壞導致性能無法符合原有要求。

在除塵技術上使用濕式收集法較其他設備有更多的異常現象，其主要問題大部分是由水引起的。例如供水、排水設備的機件磨損、控制不良、水位不夠、排氣管之阻塞、腐蝕等問題。尤其是採用噴水或噴霧方式時，常會有噴嘴阻塞現象。

此外，所收集之塵粒以污泥狀態排除時需考慮污水及污泥的處理。由於本型式之設備費不高，但操作費及污水處理費用大，所以在規劃前必須事先做好詳細的評估。

應用在有害氣體吸收時所考慮的經濟因素包括有初設費的高低、維護操作費用以及使用年限等問題。而機件受到吸收液的酸鹼度影響，在馬達、風箱、噴嘴處會有腐蝕、結垢等問題。

綜上所述，濕式洗塵器中發生的問題不外乎腐蝕、固體微粒的堆積、機件磨損以及噴嘴的堵塞等。為減少廢液量常將洗滌液循環使用，因此阻塞的原因除了由於噴嘴、管線不適當以外，洗滌液中固體含量

太高、不良的操作與設計等都是問題的來源。這個現象可以由噴出液滴的形式觀察得知，另外液體量減少也是一種徵兆。所以應該選用適當的噴嘴及管線，並且經常清洗，同時適時地排放廢液。

固體微粒的堆積係導因於物理沉澱或是化學反應所產生，一般發生在紊流狀況較低的地方，如管線、導管或偵測儀器的管線上。可以增加氣液比、控制pH以及添加化學藥劑等方式來改善操作狀況。

當氣體中含有酸性物質或電解質時最易發生腐蝕，可用pH控制或選用適當材質來改善。若氣體中含有易引起磨擦的物質，當氣體在紊流狀態中或突然改變流動方向時易產生磨擦而磨損機件。

這個現象常發生在文氏喉管、靠近離心收集氣進口處的壁面以及彎管等地方，故應使用預處理設備和彎度較小的導管。此外，風車和泵等旋轉設備亦較易磨損。

1.操作前檢查

機器安裝完成後，系統正式運轉前各單元設備應進行下列各項檢查：

- (1)洗滌塔內應先注滿清水後再予以排放，以清除洗滌塔內的髒物或其他雜物。
- (2)清除管線及風車內部的積垢或雜物。
- (3)用手撥動風車的葉片，以確定葉片可正常轉動，且不會觸及風車進口或機殼。
- (4)檢查風車皮帶的張力，若太鬆弛應立即調整至適當的緊度；另注意皮帶如磨損，應即更換。
- (5)啟動風車電源開關，以確定風車葉片轉動正常。
- (6)檢查泵循環是否順暢及泵馬達的對心準確度。
- (7)若泵具有填料箱封函，應檢查其確實已安裝密封函。
- (8)用手轉動的轉軸，確定所有轉動部分皆可正常轉動。
- (9)拆除泵的連接套筒，並輕觸按鈕短暫啟動泵以確定葉片可以正常轉

動，若轉動方向相反，泵可能造成嚴重損壞。當確定一切轉動正常後，重新接回連接套筒。

- (10)檢查泵軸承以確定已加注潤滑油。
- (11)若泵使用機械軸封，需加潤滑劑，或連續的以清水沖洗。故水量需調整至適當需要量。
- (12)關閉洗滌塔的排放閥，並於洗滌塔內注滿清水，直至注入水開始自溢流連接管流出。
- (13)調整連續進入洗滌塔的補充水量。
- (14)開啟循環管線上的所有閥門，並開啟循環泵。這時洗滌塔內的水量會稍微下降，因為部分水會流入管線內或填充料內。這是正常現象，當操作幾分鐘後，水位又會回升至溢流位置。
- (15)利用循環管線上的節流閥設定循環水量。
- (16)若有洩漏，應檢查循環管上及法蘭迫緊處是否有洩漏處。
- (17)觀察洗滌塔內的噴霧或分流板，以確定水量能均勻分布，若有分布不均的現象，應予以調整。
- (18)關閉洗滌塔的維修門，並打開系統上所有的閥門，但風車進口端的擋板仍應保持關閉，啟動風車然後逐漸打開進口擋板至設計的需求風量。
- (19)調整系統擋板使系統風量符合設計的需求風量。
- (20)檢查風車的過量噪音與振動原因，並予以調整維護，以避免造成對心偏離。
- (21)檢查所有儀器並記錄系統的功能。
- (22)啟動循環泵及風車運轉 2 小時後停機，並排放洗滌塔內洗滌水。
- (23)重新檢查噴霧嘴及過濾器有無阻塞，並予以清除。

2. 啟動與停機

機器之功能可能為吸收或洗塵，其啟動之程序各不相同，停機的程序

則相同，分別如下所述：

(1)吸收功能之正常啟動程序

- A.關閉水槽排水閥並注滿至溢流位置為止。
- B.打開補助閥。其水量已於事先設定好。
- C.泵，預先設定好節流閥。泵轉動 2~3 分鐘後再啟動風車。一般均先啟動泵再開風車，系統關閉時則先關風車再關泵。
- D.動化學注料系統，注意藥桶要有藥品。
- E.檢查所有的液體流量、氣體流量、壓力及壓力之減降大小。

(2)除塵功能之正常啟動程序

- A.由正常操作控制注入液體至預先設定的量。
- B.啟動所有泵的軸封及風車冷卻水的液體控制系統。
- C.關閉所有液體洩漏後啟動循環泵。
- D.調整液體流量到設計值。
- E.檢查系統跳脫裝置並依初設程序啟動洗塵系統。
- F.啟動風車並檢查振動狀況。若有進氣調節閥，在風車轉速正常前勿開啟閥門。
- G.檢查重要操作變數(如氣體飽和溫度、液體流量、液面高度、風車壓力變化、管線壓力減降及洗滌器整體壓力減降)。
- H.緩慢開啟排放系統以便慢慢地提高污泥濃度。測定最終濃度作為查核放流率計算之用。
- I.調整補充水流量以維持液體需要量。

(3)正常停機

- A.關掉風車及風車冷卻系統並自洗滌系統分離出來。
- B.維持液體系統運轉一陣子，以冷卻洗滌器並可藉以降低污泥濃度。

- C.關閉補充水系統，然後讓系統的水正常洩漏。
- D.當液面降至最小水位時(泵會有噪音發生)，立即關閉泵，然後關閉泵軸封水。
- E.打開系統的人孔，洩氣閥及其他排水孔口。若有爆炸之虞時需先以惰性氣體淋洗一次。在任何狀況下若欲進入內部檢查前均須以空氣淋洗。

二、濕式洗塵器之維護

濕式洗塵器啟動後系統循環水量及風量應重新檢查其是否符合系統的設計要求。連續操作二週後，應停機檢查噴霧嘴有無堵塞及重新安排填充料之高度是否維持設計之要求。通常這些現象於啟動的前二週最容易發生。在正常操作下，每天應檢查循環水至分流系統的情形及補充水量。

若有使用化學藥劑，每天應檢查藥劑的適量填加量。並且每天紀錄各儀錶的讀數，如壓力計、溫度計、流量計等，且分析有無異常狀況。

下列項目係針對一般洗塵器檢視所發現的典型問題來源，除須定期檢查外，並得依手冊上的建議做適當的保養工作。

- 1.在氣流下游及液體流速加速度的地方經常發現嚴重的磨蝕。
- 2.檢查洗塵器內表面的腐蝕狀況。(一至三個月一次)
- 3.檢查是否有過量的堆積現象，特別是在乾/濕交界區。(三個月到半年)
- 4.檢查是否有過量的結垢現象，這可能受到諸如溫度、pH、灰塵化學組成或補充水之化學成分，迴流率降低、負荷增加或固粒子去除系統故障等操作程序改變之影響。
- 5.檢查噴嘴是否結垢，有雜質堆積或者損壞。
- 6.檢查沖刷管線是否有堆積現象，可預留清潔孔管線在不停機狀況下進行清理的工作。(一到三個月一次)

7. 檢查管線及容器內之腐蝕及洩漏現象。特別是有防蝕襯裏的管線，應預防有老化衰退的現象。(一至三個月一次)
8. 檢查除液滴器的操作。液滴的形成可能由於氣流量過大、除液滴器阻塞或出風口的冷凝作用。應檢查支撐結構並順利的操作。(三個月到半年一次)
9. 檢查泵的磨蝕狀況、軸封水、墊片及操作平滑性。(每週一次)
10. 檢查節流閥及閥聯接點的磨蝕及積垢現象。(每月一次)
11. 檢查風車潤滑、風車軸承冷卻系統、皮帶磨蝕及張力和導翼的腐蝕/沖蝕程度。(每週一次)
12. 檢視在主要放流狀況下之內表面及槽支撐狀況。(半年一次)
13. 檢視所有程序及控制管線、導風管及外接頭的漏水現象。(半年一次)
14. 檢視所有儀器的操作設定狀況。

濕式洗塵器之功能查核與故障緊急應變整備正常操作注意事項：

濕式洗塵器之操作問題包括固體顆粒堆積、機件磨損、腐蝕、噴霧嘴堵塞、液體循環不順暢或桶槽洩出泡沫等問題：

1. 濕區及乾區形成：濕式洗塵器可能設計不當而造成乾區，致使含塵氣流與無法洗滌之內壁接觸而堆積。可延長導管至洗塵器內或使塔內壁保持完全濕潤。
2. 噴嘴堵塞：堵塞原因包括噴嘴選擇不當、噴嘴口大小、洗滌液太濃、接頭設計不良及原操作不正常、化學藥劑結垢及機件無法操作等問題。
3. 流量不穩定：受外界壓力影響導致流量不穩定，可以擋板及節流閥調整適當之流量解決。
4. 積垢：通常由於洗滌液之化學成分、溶解度、溫度及 pH 值等問題影響而內壁形成積垢現象。除非積垢產生於操作使用處，否則並無影響。結構可以在設計及程序上予以改良。

5. 局部腐蝕：腐蝕是降低洗滌塔操作壽命之主要因素。平常應避免凹槽處積水，同時有粉塵附著處應予以充分沖洗。
6. 儀器配件阻塞：儀器配件阻塞情形是系統上最嚴重的問題，因此通常以特殊之設計配件與接頭取代一般之標準配備。
7. 槽體產生漩渦：漩渦常發生在旋風式的洗塵器。洗滌液形成漩渦會造成嚴重的磨蝕及排水問題，可以反渦流及大量排水方式解決。
8. 小液滴：液滴分離器操作不當時易產生小液滴。幾乎所有洗塵器都有這樣的問題，只能以適量之設計使降低至最小程度。
9. 霧化：排水不當與流量不規則會在液滴去除裝置上方發生再霧化作用。同時會發生於高流速煙囪或因配件突出而產生高速氣流之處。
10. 液氣分布不良：任何洗塵器需有適當的氣液分布。不良之原因可能有隔板設計不良、粉塵堆積、機件故障、腐蝕、接頭鬆脫或設計不當。
11. 熱衝擊效應：當熱氣流遇到冷的洗滌液時會產生熱衝擊效應，適當之設計使溫度逐漸降低勿急速改變，可以分類冷卻方向解決。
12. 阻封損失：在濕式洗塵器接頭處通常以液體為阻封，阻封應於冷卻器頂部或溢流接口處。為避免氣體的洩漏必須做好阻封，阻封效應不良時常造成堵塞及機件故障。
13. 磨蝕：除非是局部集中的腐蝕否則並無影響。不幸的是濕式洗塵器磨蝕部分通常在操作位置。故只有經常更換磨蝕嚴重之處，高粉塵濃度常引起嚴重的磨蝕。
14. 振動：濕式洗塵器之風車及泵經常發生振動問題，通常以監測器控制及經常地做防止振動方面之保養。

表 6.1.2-1 吸收設備維護、保養及功能查核要點

設施	維護保養	功能查核
機件浸蝕及(或)腐蝕	1.採用抗浸蝕及腐蝕之材料或加以塗裝 2.避免殘留液體之存在 3.清除積垢	機件是否磨損(浸蝕或腐蝕)
噴嘴阻塞導致泵送異常、化學積垢密封及機械失效	1.可擇用開口較大之噴嘴 2.加強沈殿池之功能以減少吸收液之懸浮固體含量 3.清潔阻塞	1.噴嘴是否阻塞或損壞 2.是否積垢
塔內壁積垢	適當的製程控制或調整吸收液加以抑制	塔內面是否腐蝕積塵
水槽漩渦導致異常磨損及洩漏	安裝防止漩渦板或快速連續洩放	管路及容器是否腐蝕或洩漏
氣液流動不平衡	調整閥門或緩衝器流量	氣液分離器結構支架是否固定良好、氣體流率是否過高
氣液分離不佳以致排氣有水霧	改進或清潔除霧器、降低氣流流率	出口導管是否有凝結現象
氣體洩漏	加強以封膠將管路接合處密封、修理破裂或洩漏之管路以防止洩漏	管路及容器是否腐蝕或洩漏
壓力降過低、過高	1.檢查氣流流率是否過低、調整風車驅動皮帶及速度、清潔氣體入口管道、檢查入口靜壓是否過低 2.檢查氣流流率是否過高、調整風車驅動皮帶及速度、清潔吸收塔	
泵浦與風車振動	經由調整及定期保養加以控制	1.泵浦是否磨損或密封不佳 2.風車之潤滑液及軸承冷卻液是否不足皮帶是否磨損及葉輪是否浸蝕或腐蝕
熱震	使用多重冷卻界面將熱氣逐漸冷卻，而非突然改變溫度	

6.2 處理單元之異常對策

6.2.1 水污染處理單元之異常對策

一、物化處理單元

(一) 混凝膠凝處理

化學沉降/混凝沉澱效果，受進流廢水之濃度、pH及膠羽型態等之影響，且與混凝劑、助凝劑之添加方式、藥劑的性質、濃度亦有相當大的關係。為使化學沉降/混凝維持在穩定條件下操作，必須注意各項設施的維護管理工作，相關的維護檢查項目示於表 6.2.1-1。

表 6.2.1-1 化學沉降/混凝沉澱設施之維護檢查項目

單元	日常檢查項目	週/月檢查項目
快混槽	1. 混凝劑使用量(消耗量)及藥劑之補充 2. 混凝劑濃度 3. 混凝劑注入量之檢核 4. pH 值檢查 5. 攪拌狀態的檢查(是否維持適當攪拌強度)	1. 加藥泵、電磁閥之檢查(是否正常操作、洩漏等) 2. 加藥管線阻塞、破壞之檢查、清洗或更換 3. 藥液槽之檢查、清洗 4. 攪拌機翼板之檢查，附著物之去除或補修 5. 漏電之檢查及修護
慢混槽	1. 助凝劑使用量(消耗量)及藥劑之補充 2. 助凝劑濃度 3. 助凝劑注入量之檢核 4. 膠羽生成狀態的檢查(膠羽之大小及形狀等) 5. 攪拌狀態的檢查(是否維持適當攪拌強度)	1. 加藥泵、電磁閥之檢查(是否正常操作、洩漏等) 2. 加藥管線阻塞、破壞之檢查、清洗或更換 3. 藥液槽之檢查、清洗 4. 攪拌機翼板之檢查，附著物之去除或補修 5. 漏電之檢查及修護
沉澱池	1. 流入水量之校核 2. 沉澱池內水流是否有異常現象(如偏向流、捲升流等) 3. 溢流堰之水平狀況(出水是否均勻、污泥有無流出) 4. 有無污泥上浮或流出(水量過大、膠羽)	1. 污泥泵阻塞、磨損之檢查 2. 污泥泵排泥量之校核 3. 刮泥機之磨損、彎折及腐蝕情形 4. 流出渠浮渣及沉積物之清掃 5. 浮渣及浮泥之去除 6. 溢流堰之清掃及水平調整

單元	日常檢查項目	週/月檢查項目
	形成不良、污泥上浮) 5.有無污泥異常堆積 6.刮泥機是否正常運轉(有無異音) 7.污泥泵有無異常(壓力計及電流值校核)	7.補注油料(鏈條、軸承、馬達、減速機等)

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊-電鍍業/100年6月

(二)快濾系統

過濾系統為增進過濾效果，於操作時應注意下列各點。

- 1.過濾進流泵之啟動／停止次數，不可太頻繁，一般最短抽水循環時間(兩次啟動或兩次停止之間隔時間)為 15 分鐘。
- 2.水頭損失達設定值應即進行反沖洗。最好每天反沖洗一次。
- 3.反沖洗時，注意砂層膨脹應達 20~30%。
- 4.反沖洗時若發生砂層流失，應定時補砂。
- 5.過濾進流泵應交替運轉使用，避免不常使用之備用泵於需要啟動時無法使用。
- 6.若砂濾無法達成去除微細粒子之目的，則應於砂濾單元前加混凝系統以增加處理效果。

過濾系統操作過程產生之異常現象及對策，整理如表6.2.1-2所示。

表 6.2.1-2 過濾系統異常現象及對策

異常內容	原因	對策
1. 控制盤啟動後，過濾進流泵或反沖洗泵不運轉	1a.電力終止 1b.PLC(Programmable Logic -Controller)故障 1c.過濾進流池或反沖洗水池低液位	1a.檢查電力設施 1b.檢修PLC(Programmable Logic -Controller) 1c.檢查水池液位
2. 過濾進流泵或反沖洗泵啟動後，過濾桶之水頭損失不變	2a.蓄水槽低液位 2b.過濾進流泵或反沖洗泵進、出口端閘未開 2c.過濾桶壓力感測器故障 2d.管線破裂	2a.檢查水池液位 2b.開啟過濾進流泵或反沖洗泵進、出口端閘 2c.檢修過濾桶壓力感測器 2d.檢修管線系統

異常內容	原因	對策
3. 過濾進流泵或反沖洗泵啟動／停止頻繁	3a.過濾桶之水頭損失設定值不正確 3b.PLC(Programmable Logic -Controller)故障	3a.重新設定過濾桶之水頭損失設定值 3b.檢修PLC(Programmable Logic -Controller)
4. 過濾進流泵或反沖洗泵不依水頭損失設定值高點／低點進行啟動／停止之動作	4a.過濾桶壓力感測器之訊號傳送故障 4b.PLC(Programmable Logic -Controller)故障	4a.檢修過濾桶壓力感測器之訊號傳送 4b.檢修PLC(Programmable Logic -Controller)
5. 低液位時，過濾進流泵或反沖洗泵不停止	5a.液位計故障 5b.PLC(Programmable Logic -Controller)故障	5a.檢修液位計 5b.檢修PLC(Programmable Logic -Controller)
6. 蜂鳴器不作動	6a.液位計故障 6b. PLC(Programmable Logic -Controller)故障 6c.蜂鳴器故障	6a.檢修液位計 6b.檢修PLC(Programmable Logic -Controller) 6c.檢修蜂鳴器

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

(三) 薄膜過濾

微生物存在會導致壓力下降及鹽去除率下降，並可能導致膜損害，利用加氯、臭氧或UV方式可抑制微生物生長，以避免膜面生物阻塞，其異常現象對策如表6.2.1-3所示。

表 6.2.1-3 膜分離之異常現象及對策

現象	原因	對策
膜分離過濾阻力急速上升	流入水水質惡化	1. 膜分離為藉壓力差進行過濾，容易受流入水質所影響，而應先以過篩、砂濾做前處理。 2. 量測並記錄流入水濁度，並監視水質變動。
	洗淨不足	1. 膜於持續進行過濾後，若污染質不被去除，將增加過濾阻力，應定期以藥品化學洗淨膜面附著物質。 2. 洗淨不足時，過濾阻力容易上升，而必須更換新膜。

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

二、生物處理單元

活性污泥處理如有異常會立即影響處理水水質，因之，應即刻探

究其原因並採取對策，異常之主要原因大都由於流入水量、水質的變動、處理設施及操作維護不當所致。

活性污泥法異常現象對策如表 6.2.1-4 所示；絲狀微生物膨化原因及防治如表 6.2.1-5 所示。

表 6.2.1-4 活性污泥異常現象之主要原因及其對策

項目	區分	異常之現象	原因	對策	備註
1.	變色	變黑 變白	活性污泥腐敗發生 絲狀菌	參照第 7 項	正常活性污泥為 灰褐色-褐色
				參照第 3 項	
2.	膠羽輕	(1)污泥呈灰黑色，BOD低 (2)淡棕色，不能沉降或上升，BOD高	(1)污泥老化 (2) A.污泥未成熟 B.水力負荷過高 C.設備不正常	(1)增加排泥 (2) A.增加迴流污泥 B.調整或減低 C.檢查溢流堰整流設備是否正常，調整之	上澄液中有細小顆粒
3.	膨化	(1)活性污泥變白，不調和狀 (2)沉澱、分離性不良、不壓密 (3)SVI 在 200 以上 (4)活性污泥由沈澱池溢出，處理水水質不良	(1)污泥抽除不足致 zooglea 菌異常繁殖 (2)下述原因致絲狀菌異常繁殖 A.曝氣量不足 B.MLSS濃度過高或過低 C.流入水BOD過高 D.流入水含有害物質 E.pH 降低	(1)排泥 (2)探究左列原因擬訂對策，為提早恢復正常可採下列措施 A.投入凝聚劑(硫酸錳、氯化亞鐵、粘土、矽藻土等) B.添加氯鹽、次氯酸鈉、矽藻土等 C.添加過氧化氫	以顯微鏡確認其原因為(1)或(2)。若為原因(2)以其恢復較遲，有時甚至需要換污泥
4.	上浮	污泥浮於沉澱池上面流出	(1)脫氮現象 (2)活性污泥之腐敗 (3)膨化 (4)解體 (5)沉澱池的缺陷(底部、刮泥機等) (6)流量變化太大	(1) A.控制曝氣風量 B.增加迴流污泥量、排泥 (2)參照第 7 項 (3)參照第 3 項 (4)參照第 6 項 (5)沉澱池改造、調整 (6)設置流量調整槽	(1)時pH下降 上浮污泥 附著氣泡 (2)為發生於尖峰流量

項目	區分	異常之現象	原因	對策	備註
5.	混濁	處理水懸浮物濃度高，水色混濁	(1) Protozoa增殖，毒性物質流入 (2) 無Protozoa，主要為F/M過高 (3)過份曝氣	(1)預先處理控制 (2)減少流量或增加迴流污泥 (3)減少送風量	通常為暫時性，原因去除即可恢復
6.	解體	污泥被破壞成微細的膠羽現象	(1)過份曝氣 A.曝氣時間過長過份氧化之狀態 B. BOD負荷過低 (2)特定微生物異常繁殖 (3)有害物質流入 (4)機械性的破損	(1)控制曝氣量，增加流入水量使負荷適當。 (2)增加迴流污泥量 (3)管制有害物質流入 (4)減少攪拌強度	(2) 之特定微生物為Amoeba，小型鞭毛蟲等
7.	腐敗	污泥發生腐敗，變黑及不快臭氣	(1)氧氣不足 A.曝氣量不足 B.曝氣設備故障或停電 (2)沉澱池內長期貯積污泥 (3)曝氣槽、沉澱池之構造有缺陷	(1) 停止污水流入，增加曝氣依恢復程度調節流入水量 (2)增加迴流污泥量，加強排泥 (3)改善構造物	停止曝氣在夏天1天，冬天2天以上就發生腐敗
8.	發泡	曝氣槽顯著發泡	(1)污水基質之原因 (2)一般清潔劑多量流入	(1)提高MLSS 濃度操作 (2)添加消泡劑 (3)設置消泡設備	
9.	異常pH	pH 下降	(1)進行硝化 (2)混入酸性物質	(1) A.維持適當MLSS 濃度 B. 控制曝氣量(放風、分批曝氣等) C 增加迴流污泥量 (2)管制流入水水質	

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

表 6.2.1-5 絲狀微生物膨化原因及防治

原因	防治方法
醱類含量高(BOD過高) 缺乏營養鹽(N,P 等)	加氯、雙氧水、臭氧，設選種槽補充需要的營養鹽
硫化物含量高(有毒物質流入)	用曝氣或沈積法去除硫化物
低溶氧	改善曝氣系統
低 pH	加鹼，如消石灰或氫氧化鈉等
曝氣池中基質濃度低 高食微比(MLSS 過低)	採用栓柱流反應槽或設選種槽設穩定槽，將迴流污泥先曝氣3~6小時後再進曝氣池
低食微比(MLSS 過高)	採用栓柱流反應槽或設選種槽
溫度不適當	加溫

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97 年

三、污泥處理

板框壓濾式脫水機與帶濾式脫水機為工業廢水處理流程最常使用之機械脫水方式，以下針對其操作對策加以說明。

(一)運轉注意事項

板框壓濾式脫水機運轉時應注意事項包括：

1. 污泥進料泵、油壓裝置等附屬設備之操作機能皆應維持正常狀態，任何一項不正常就無法脫水。
2. 濾板的移動是否順暢、油壓是否正常、濾布有否皺摺皆應加以檢查；濾板若未完全緊閉，則污泥有散出之虞。
3. 須注意污泥進料泵壓力計之指示，若壓力上升，則污泥供給系統阻塞；若壓力下降，則污泥供給系統漏失污泥。此外，吐出壓力及濾液量之變化，皆應加以記錄，將對濾布阻塞及機器異常的發現甚有幫助。
4. 送風機相關之閥是否正常動作，並注意空氣、污泥、濾液有否散出。
5. 確認壓榨壓力是否正常，壓榨時壓榨用閥應完全緊閉，否則污泥會發生逆流，造成管體阻塞。

6. 確認濾液開啟時各濾室剝離之脫水泥餅剝離狀況是否一樣。
7. 脫水泥餅之惡化，或有濾室未產出脫水泥餅，都應停止操作並調查原因。
8. 注意濾布的移動(移動式者)及濾布清洗狀況是否正常。
9. 板框壓濾式脫水機運轉中，應能辨別其正常音及異音，並注意有無異音。

(二) 日常檢查

- 板框壓濾式脫水機有各種型式，依製造廠牌其構造亦略異。檢查作業應依各製造廠之說明書為之。日常檢查主要項目包括：
1. 各主要部分給油狀況的檢查，尤其以濾板關閉柱體及驅動部為重點。
 2. 油壓裝置之過濾器的檢查以及油面的確認。
 3. 開關裝置、壓力計之檢測器及量測器之操作是否正常。
 4. 各種閥、配管有無漏損。
 5. 供給污泥壓力、壓榨壓力、油壓壓力、濾布清洗壓力、過濾時間(一循環)等應經常注意，以防止發生異常。
 6. 機體及各零件之螺栓有無鬆脫。

(三) 定期檢查

- 除日常的檢查項目外，還應進行定期檢查，主要項目有：
1. 濾布應定期清洗和換新，板框壓濾式脫水機濾布必須取下才能酸洗。
 2. 污泥進料管及液溝常易附著泥垢，故應定期清理。
 3. 由於濾板為高壓緊閉，故應注意濾板有無裂傷。若長時間使用，則框體會變形，故應加以注意、檢查。

(四) 異常時的對策

板框壓濾式脫水機異常原因及對策如表6.2.1-6。帶濾式污泥脫水機操作過程產生之異常現象及對策，整理如表6.2.1-7所示。

表 6.2.1-6 板框壓濾式脫水機異常主要原因及對策

異常現象	可能原因	對策
污泥自濾板漏出	● 緊閉壓力不足	● 調查油壓裝置的壓力並調整之
	● 襯墊損傷	● 更換襯墊
	● 濾布折疊或破損	● 修正濾布或更換
	● 濾板間被異物夾住	● 去除異物
脫水泥餅不形成	● 污泥壓入泵阻塞	● 清理污泥壓入泵
	● 供泥管阻塞	● 清理供泥管
	● 管內有空氣混入	● 排除空氣
脫水泥餅過薄	● 污泥壓入泵之壓力降低	● 修理污泥壓入泵
	● 濾布阻塞	● 清理濾布或更換
	● 濾液管阻塞	● 清洗濾板或濾液管
	● 供給污泥之性質惡化	● 調查供給污泥濃度及注藥劑並調整
	● 過濾時間不足	● 增長過濾時間
部分濾室形成軟弱泥餅	● 壓紋齒破損	● 更換紋齒
脫水泥餅含水率高	● 壓榨壓力下降	● 調查壓入泵、管及閥之漏失。並補修之
	● 供給壓力降低	● 調查空氣壓並調查之
	● 閥類操作不良	● 補修閥或更換
	● 濾布阻塞	● 清洗濾布或更換
	● 供給污泥的性質惡化	● 調整供給污泥濃度及注藥率

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊-電鍍業/100年6月

表 6.2.1-7 帶濾式污泥脫水機異常對策

異常內容	原因	對策
1. 滾軸旋轉不良	1a.軸承磨損 1b.潤滑油不足 1c.滾軸彎曲	1a.更換新軸承 1b.檢查及補給潤滑油 1c.更換或修正滾軸
2. 污泥自兩側溢流	2a.污泥供給量過多 2b.凝聚混合不良 2c.藥劑添加率不適當	2a.調整污泥量 2b.檢查藥劑添加裝置 2c.檢查藥劑濃度

異常內容	原因	對策
3. 濾布蛇行	3a.蛇行修正裝置不良 3b.污泥未均勻分布 3c.滾軸磨損 3d.濾布發生皺摺	3a.檢查及調整濾布 3b.檢查污泥分配裝置 3c.更換或修正滾軸 3d.更換或修正濾布
4. 脫水泥餅剝離不良	4a.濾布阻塞 4b.刮板磨耗 4c.濾布移行速度過快 4d.脫水泥餅過薄	4a.清理或更換濾布 4b.更換刮板 4c.調整濾布 4d.調整污泥濃度及濾布移行速度
5. 集水板阻塞	5a.集水板上堆積污泥	5a.清理污泥

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

四、常用儀表

(一)水量監測設備

1.電磁流量計

電磁流量計，由檢出器(或稱傳感器)及變換器(或稱轉換器)所組成。檢出器包括磁路裝置、測量導管、電極、訊號線等裝置。其檢測原理係根據檢出器依電磁感應定律作用而產生。則常見的故障及排除方法如表 6.2.1-8 內容所示。

表 6.2.1-8 電磁流量計常見的故障與排除

故障狀況	排除方法
1.有流量，儀表無指示	1a.找出斷路或短路故障點，重新接續 1b.檢查是否有激磁電流 1c.流量計按流向安裝，並正確接線
2.無流量，儀表有指示	2a.零位偏高，或接地不良 2b.干擾信號過大，排除干擾
3.儀表指示值不穩	3a.消除流體中氣泡 3b.如波形有畸變，排除干擾
4.儀表使用一段時間後，準確度降低	4a.管道內壁，結垢導致電極短路 4b.襯裡絕緣不良，電極短路

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

2.超音波流量計

使用超音波流量計應注意下列各項，才能測得正確流量。

- (1)超音波流量計適用於測量任何流體流量，特別是腐蝕性、高黏度、非導電液體。
- (2)換能器的安裝相當重要，應嚴格要求依說明書安裝。
- (3)變換器應安裝於振動小、衝擊小、檢修方便的地點。
- (4)變換器與換能器間應使用屏蔽電纜連接。
- (5)流體中無氣泡或懸浮顆粒，都卜勒超音波流量計將無法使用。

超音波流量計常見的故障及排除方法如表 6.2.1-9 所示。

表 6.2.1-9 超音波流量計常見的故障與排除方法

故障狀況	排除方法
1.瞬時流量值偏大或偏小	1a.重新確定發射器與接收器相對位置的正確性 1b.調整儀表零點
2.累積流量值偏大，瞬時流量正常	2a.變換器常數設定值偏移減小，應調校修正 2b.調準變換器參數
3.累積流量值偏小，瞬時流量擺動	3a.改善換能器耦合狀態 3b.調節換能器相對位置，使信號大、噪音最小，並調整倍頻數

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

3.渦輪式流量計(Rota Meter)

使用渦輪式流量計應注意下列各項，才能測得正確流量：

- (1)精確度受被測流體黏度影響較大，口徑越小則黏度影響越大。
- (2)當流體溫度變化較大時，會造成傳感器內部尺寸變化，此時應考慮進行必要修正。
- (3)儀表的使用範圍應在儀表性曲線的線性部分。
- (4)使用於污水量測時，儀表前需加裝過濾器。
- (5)渦輪流量傳感器於使用中切忌有高速氣流引入，因此需要在傳感器前加裝消氣器。

使用渦輪式流量計應注意，渦輪式流量計主要故障原因及排除方法如表 6.2.1-10 所示。

表 6.2.1-10 渦輪式流量計常見的故障與排除方法

異常狀況	故障原因	排除方法
1. 傳感器或顯示儀表沒有輸出信號	1a.接線不正確 1b.葉輪卡死 1c.檢測線圈斷路或短路 1d.前置放大器沒有電源或電壓太低	1a.重新接線 1b.清潔葉輪或更換 1c.量測線圈 1d.檢查電源
2. 流量為零時仍有信號輸出	2a.外界強磁場干擾 2b.管路振動引起葉輪擺動或引起永久磁鐵與線圈之間有相對運動	2a.裝設磁場保護裝置 2b.重新固定管路
3. 指示流量與實際流量不符	3a.同第二點 3b.前置放大器工作不正常 3c.出口壓力過低 3d.介質黏度高 3e.軸承磨損 3f.葉輪附著雜物、髒物	3a.同第二點 3b.檢測或更換前置放大器 3c.檢查渦輪是否卡死 3d.更換他種流量計 3e.更換軸承 3f.清潔葉輪

(二)水質監測設備

1.pH 計及 ORP 計

pH 監測計、ORP 監測計之電極的液部與被檢液在電流上應相通，但因氯化鉀溶液會由此流出，故每週應補充一次氯化鉀飽和溶液。有時電極內部會殘留氯化鉀結晶或內部液體遭受污染，此時氯化鉀溶液應全部倒出，重新再加入。pH 監測計、ORP 監測計常發生之故障原因及處置方法示於表 6.2.1-11。

表 6.2.1-11 pH 監測計、ORP 監測之故障原因及處置方法

故障處所	故障狀況	故障原因	處置方法
pH 計 、ORP 計	指針不動	→電源沒接上 →保險絲不良	→以電表確認端子上是否有 AC 110V →更換
	指示不良	校正切換開關	→若校正正常，則檢查檢示部 →若校正不正常，則聯絡製廠商
檢示部(電極)	指針不動(校正正常)	玻璃電極破損(裂痕、針孔)	更換
	指針振動	→配線盒與端子板接線	→檢查、修正

故障處所	故障狀況	故障原因	處置方法
檢示部(電極)		不良 →比較電極不良 →裂痕 →KCl 不良 →電極內有氣泡 →電極引線繼線 →配線盒與端子板絕緣不良 →電極沒浸到被檢液 →玻璃電極引線的斷電端子不良	→檢查 →更換 →補充 →去除氣泡 →更換 →測定絕緣電阻 →將電極與液體充分浸漬 →更換
	指示不安定	→接繞端子接觸不良 →比較電極液絡部污染 →高絕緣迴路的絕緣性減低 →玻璃電極帽與引線端子 →配電盒、端子板 →專用電纜線 →被檢液氣泡多 →偶漏電至被檢液 →玻璃電極或專用電纜振動、移動時	→鎖緊 →清洗 →檢查 →鹼液洗淨→乾燥或更換 →鹼液洗淨→乾燥或更換 →鹼液洗淨→乾燥或更換 →消泡 →追查原因或切斷液體迴路 →追查原因並固定
	指示達到安定時間耗時	→高絕緣迴路之絕緣性減低 →玻璃電極污染 →被檢液溫度降低時(5°C 以下)高溫用電極於常溫使用	→鹼液清淨→乾燥 →洗淨 →液溫測定，提高液體溫度 →更換低溫內電極 →更換常溫用電極
	無法調查	→玻璃或比較電極性能劣化 →玻璃電極破損(裂痕、針孔) →被檢液滲入比較電極 →高絕緣迴路之絕緣性減低 →標準液 pH 變化 →高溫用電極在低溫時調整	→更換 →更換 →內部液更新 →鹼液洗淨→乾燥 →用新標準液校正 →提高標準液溫度

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊/100 年

2. 溶氧計

以銀為陽極，鉛為陰極，銀和鉛浸在氫氧化鉀電解質中，外層是透氣薄膜，在銀陽極溶解氧被還原，在鉛陰極發生氧化，兩極電動勢為 0.7~0.9 V，電極的老化是一正常的現象，適當的電極保養是必要的工作，正確使用與保養可使電極的使用壽命延長，溶氧計主要故障原因及排除方法如表 6.2.1-12 所示。

表 6.2.1-12 溶氧計常見的故障與排除方法

現象	原因	排除方法
1. 數字無法顯示	1a. 電源或電路不通	1a. 查電源及保險絲
2. 儀器之讀值在某一個數值固定不變	2a. 大地迴路干擾	2a. 將儀器信號接地線確實接地
3. 儀器讀值顯示為零或超出	3a. 使用非隔離式信號線	3a. 依廠商建議規格使用正確信號線
4. 或低於量測範圍	3b. 信號線連接不正確	3b. 依操作手冊正確接續
5. 數值飄移變化大	4a. 接線盒含有水氣或被腐蝕	4a. 烘乾接線盒，保持乾燥，並應選擇適當地點裝設接線盒
6. 電極反應速度變慢	5a. 電極老化或故障	5a. 更換電極薄膜及填充液
7. 無法零點校正	6a. 電極老化或故障	6a. 更換電極薄膜及填充液

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

3. 液位計

液位計使用時應注意下列各項，才能測得正確數值：

- (1) 液位計應固定，避免隨流體漂流(尤其是浮球式液位計)。
- (2) 量測污泥液位時，液位計應置於一套筒內，避免隨流體漂流。
- (3) 翻板式液位計之磁性浮子於套筒內應避免堵塞，否則測值與實際值將有誤差。

主要故障原因及排除方法如表 6.2.1-13 所示。

表 6.2.1-13 液位計常見的故障與排除方法

現象	原因	排除方法
1. 傳感器或顯示儀表沒有輸出信號	1a.接線不正確 1b.線圈斷路或短路 1c.前置放大器沒有電源或電壓太低	1a.檢查電源及接線 1b.檢查線圈之電流狀況 1c.檢查前置放大器之電源及電壓
2. 液位指示瞬時變動大	2a.液面擾動過大 2b.液面有漂浮物或泡沫	2a.減少液面擾動 2b.清除漂浮物或泡沫
3. 液位指示無變動	3a.感測器附近有雜物 3b.液位已超過呆液位範圍 3c.裝設位置離牆面位置過近	3a.清除雜物 3b.調整呆液位設定值 3c.調整裝設位置
4. 監測值與實際液位不符	4a.參數設定錯誤 4b.感測器未固定	4a.重新設定參數 4b.重新固定感測器

資料來源：廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材/行政院環保署訓練所編著/97年

(三) 泵浦及攪拌設備

泵浦的故障，除選擇錯誤以外，單純異常原因居多，但如忽略在異狀發生時即予適當判斷，迅速採取故障排除的話，會造成泵浦本體及馬達高熱，甚至導致損壞。表6.2.1-14提供其故障原因及對策之實例，經由檢查、修理，大體上泵浦應可維持正常。

表 6.2.1-14 泵浦故障原因及對策

故障內容	原因	對策
馬達無法啟動	● 馬達故障	● 檢查、修理
	● 忘了按熱繼電器的回復桿	● 按下回復桿
	● 接線不良(含斷線)	● 對照接線圖予以復舊，自動運轉，檢查液面繼電器壓力開關
	● 保險絲斷線(含切斷自動斷路器)	● 更換保險絲(恢復斷路器)
	● 泵浦發熱或咬住異物	● 分解、排除原因
馬達空轉吸不上來	● 吸入口前的空氣	● 檢查、修理配管，接合法蘭、軸封
	● 沒有灌水，即使灌水也洩漏	● 灌水，檢查泵浦底閥、配管是

故障內容	原因	對策
		否洩漏
	● 吸引側配管堵塞/泵浦內有異物	● 從法蘭處開始至泵浦進行清除工作
	● 吐出閥閉塞	● 打開閥
	● 逆迴轉	● 檢查接線
	● 葉片摩擦耗損	● 修理或更換
揚程、吐油量不足	● 吐出管洩漏	● 修理
	● 迴流管閥忘記關或沒關緊	● 關閉或調整
	● 葉片磨損	● 更換葉片
	● 迴轉數降低	● 檢查輸入電壓
承軸發熱	● 聯結不平衡	● 修正聯結狀況
	● 長時間超負荷運轉或封閉運轉	● 採取迴流或停止封閉運轉
	● 填料蓋墊圈過緊	● 適度鎖緊

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊-電鍍業/100年6月

6.2.2 空污處理單元之異常對策

氣狀污染物處理系統失效可能原因及緊急應變整備方案如表 6.2.2-1 所示。

表 6.2.2-1 異味處理系統失效可能原因及緊急應變整備方案

失效現象	失效可能原因	緊急應變整備方案
異味瀰漫 產源周邊	抽風機故障	1.停止生產作業 2.查核抽風機電源 3.啟動備用抽風機 4.修護故障抽風機
	集氣罩破裂	1.停止生產作業 2.修護集氣罩
	集氣空間窗門未關	關閉集氣空間窗門
煙道排放 產源異味	熱破壞系統失效	1.停止生產作業 2.查核燃燒溫度、停留時間、熱回收率、觸媒更換頻率是否正常
	冷凝系統失效	1.停止生產作業 2.查核冷凝管是否破裂或冷凝器管板腐蝕 3.查核冷凝水水質
	吸收系統失效	1.停止生產作業 2.查核觸媒更換頻率是否正常
	生物處理系統失效	1.查核微生物生長狀況是否正常 2.查核處理系統pH值
煙道排放 酸味	氮氧化物設備失效	1.停止生產作業 2.查核 NH ₃ 是否外洩、添加是否正常 3.查核觸媒更換頻率是否正常
	硫氧化物設備失效	1.停止生產作業 2.查核噴嘴及除霧器有無磨損、阻塞 3.查核吸收劑用量是否足夠
	無機酸設備失效	1.停止生產作業 2.查核洗滌塔噴水系統(水源供應、循環幫浦嘴)有無正常

第七章 廢水處理案例介紹

7.1 案例一—A 廠

7.1.1 前言

A 廠主要製程係以銅片及銅管為基材，先鍍鎳形成保護層後，再鍍黑鉻做為吸熱介質。為有效做好污染防治工作，該工廠積極推動環境管理系統，並設定階段性分別達成降低成本及提高生產力之效益、符合環保法規與標準、減少原物料及資源損耗以及污染處理設備之投資等多項目標。

7.1.2 製程及污染來源

該工廠製程是先將銅板裁切後，與銅管焊接成吸熱板胚品，胚品於電鍍製程中，經前處理脫脂，再行鍍鎳及鍍鉻等程序，以達到耐蝕、集熱功能之要求。該工廠製造及電鍍流程如圖 7.1.2-1 所示。

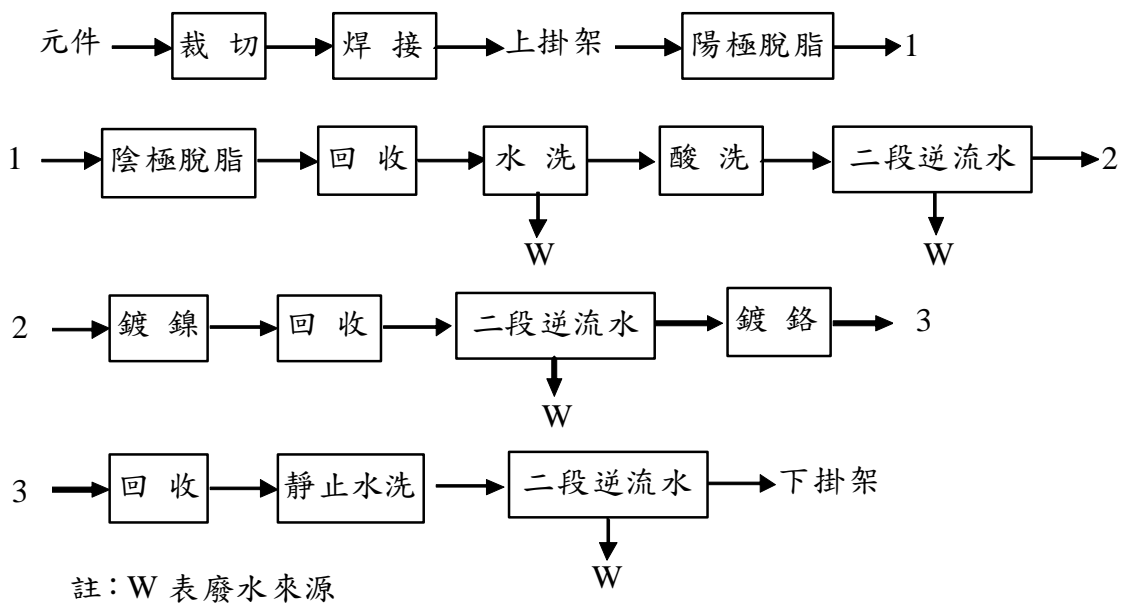


圖 7.1.2-1 A 廠製造流程

7.1.3 製程原物料種類與使用量

該工廠電鍍製程主要可分為脫脂、酸洗、鍍鎳及鍍鉻四個程序，各程序所使用之化學藥劑種類與使用量詳如表 7.1.3-1 所示。

表 7.1.3-1 A 廠製程原物料種類與使用量

製程單元	槽體積(m ³)	槽液主要成分	原物料使用量(kg/月)	處理方式
陰極脫脂	2	鹼脫脂	脫脂劑：40	循環過濾 重覆使用
陽極脫脂	2	鹼脫脂	陰極脫脂 定期補充	循環過濾 重覆使用
鹽酸	1.62	鹽酸	鹽酸：30	不排放
鍍鎳	2	硫酸鎳 氯化鎳 硫酸	鎳板：30 硫酸鎳：20 氯化鎳：15	循環過濾 重覆使用
鍍鉻	2	鉻酸 強氧化劑	鉻酸：30~50	陶瓷筒 電解除雜質

7.1.4 污染特性

該工廠廢水來源可分為定期性排放之高濃度廢棄槽液以及連續性排放之清洗廢水，廢水種類則區分為脫脂廢液、鎳廢液、鉻酸廢液、一般酸鹼廢水及鉻系廢水。綜合各污染源與製程上回收系統之狀況，該工廠之廢水分類收集系統規劃如圖 7.1.4-1 所示。

該工廠為建立污染源特性資料，乃逐一針對製程各股廢水進行廢水量之量測與廢水水質之採樣、分析。經由各股廢水水量之量測記錄統計，該工廠之綜合廢水量約55 m³/day，各股廢水量與水質如表7.1.4-1 所示。

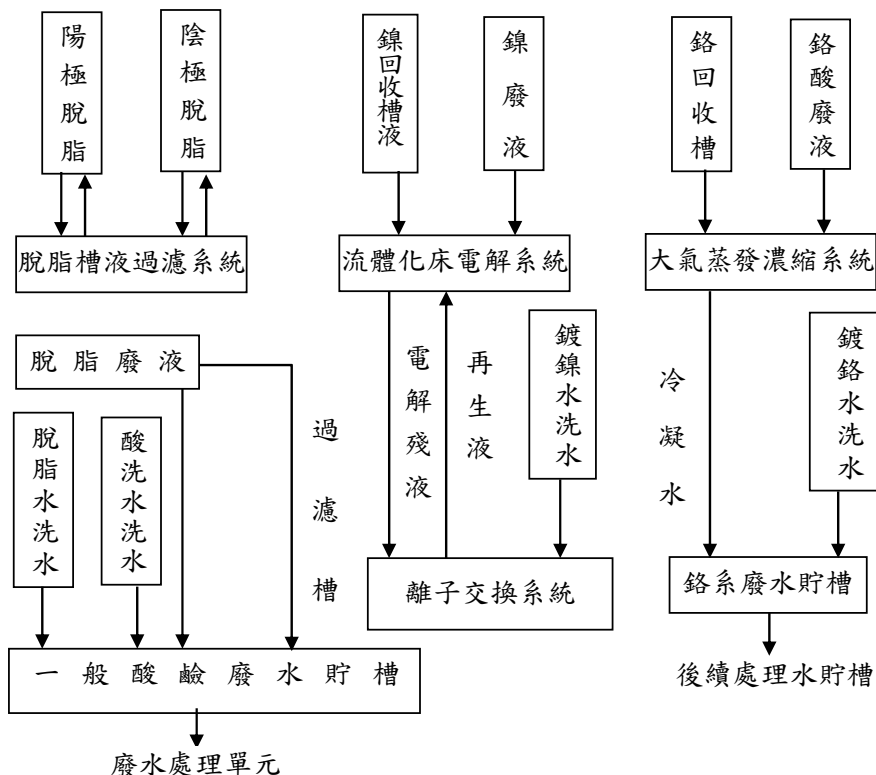


圖 7.1.4-1 A 廠廢水分類收集系統

表 7.1.4-1 A 廠廢水水質

廢水(液)種類	廢水量	pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)	Ni ²⁺ (mg/L)	Cr(VI) (mg/L)
陽極脫脂液	—	12.1	112	1,470	—	—
陰極脫脂液	—	12.2	283	998	—	—
脫脂水 washing	11 m ³ /d	9.2	3	21	—	—
酸洗水 washing	11 m ³ /d	4.5	11	101	—	—
鎳回收槽液	1.6m ³ /次	6.3	126	8,840	20,900	—
鎳靜止水 washing	1.6m ³ /d	6.8	41	2,180	5,100	—
鎳水 washing	11 m ³ /d	7.4	5	21	60,700	—
鉻回收槽液	—	1.3	58	—	—	32,700
鉻交換槽液	1.6m ³ /d	2.3	4	—	—	1,390
鍍鉻水 washing (I)	11m ³ /d	11.5	132	—	—	9.8
鍍鉻水 washing (II)	11.2m ³ /d	8.2	2	—	—	ND

7.1.5 製程減廢回收

為達到資源回收、降低廢水污染濃度並配合推行環境管理系統，該工廠規劃設置多項製程減廢回收設備，摘要介紹如下：

1. 設置脫脂槽液循環過濾回收設施

該工廠於陽極脫脂槽及陰極脫脂槽分別設置循環過濾機，將槽液中的懸浮固體及浮油予以分離去除，以延長脫脂槽液之使用期限，如此不但降低廢水污染濃度，同時亦減少脫脂劑之使用量。同時，該工廠於脫脂槽及鍍槽內增設空氣刮刀，使鍍件帶出液減少 85% 以上，以減少後續清洗水之使用量。

2. 設置流體化床電解設備回收鎳離子

該工廠定期將鍍鎳回收槽槽液抽送到貯存槽內收集，再利用泵抽送槽液至電解槽內電解回收鎳金屬，流體化床電解處理流程如圖 7.1.5-1 所示。由於回收槽液定期進行鎳離子的回收處理，使得回收槽中鎳離子濃度可以維持在一定濃度以下，使清洗廢水中之鎳離子濃度由 61 mg/L 降至 19 mg/L。

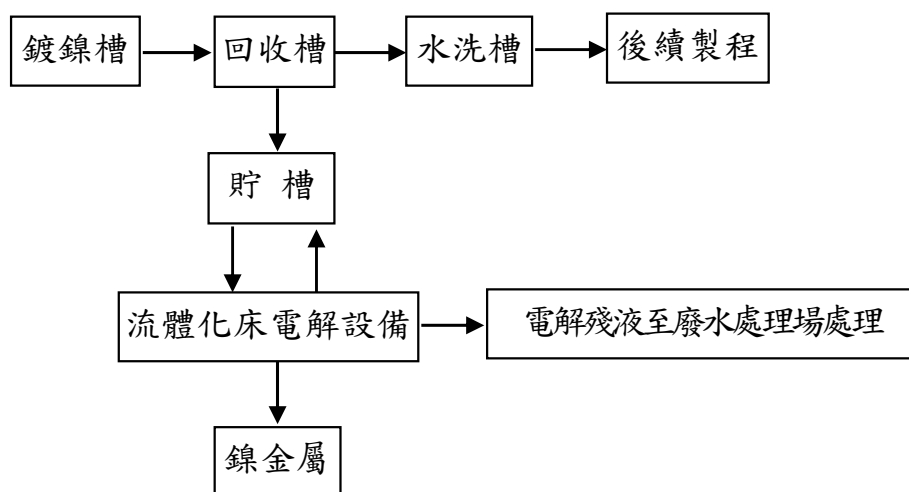


圖 7.1.5-1 A 廠流體化床電解回收設備處理流程

3.設置大氣蒸發濃縮設備回收鍍鉻槽液

該工廠之操作方式是先將回收槽液一次泵入貯槽後，再泵送至大氣蒸發濃縮設備進行連續循環濃縮，待六價鉻濃度濃縮至一定濃度後再泵回鍍槽使用。大氣蒸發濃縮設備之設計、操作基準如表 7.1.5-1 所示。

表 7.1.5-1 A 廠大氣蒸發濃縮設備設計、操作基準

項目	規格	項目	規格
蒸發量	200 L/h	鉻鍍液濃度	CrO ₃ : 200 g/L
所需動力	23 kw/h	補水量	200 L(人工補水)
排氣量	120 m ³ /min	熱交換器蒸發壓力	500psi
蒸發液循環最大流量	20 m ³ /h	—	—

大氣蒸發濃縮設備操作成本中，熱交換器操作所需之費用佔了很大的比例，工廠為兼顧能源與環保需求，因此為提昇該設備功能，乃進行以下四方面之改善：

- (1)增加熱交換面積。
- (2)改良冷卻槽噴灑系統。
- (3)降低冷卻槽擋板高度。
- (4)增設去除微細飛沫裝置。

該工廠鉻酸帶出液以大氣蒸發濃縮設備回收處理鍍鉻回收槽槽液，經運轉操作結果顯示，清水補充量約 125 L/h，若與設計補充量 200 L/h 比較，此一清水補充量約為設計量的 63%；根據統計，鉻酸使用量由濃縮設備設置前的 700 kg/月減為設置後的 150 kg/月，鉻酸使用量節省約 80%，而綜合廢水中之六價鉻濃度由濃縮設備設置前的 17 mg/L 降低至 6.4 mg/L，綜合廢水中六價鉻濃度降低 62

%。

該工廠設置鉻酸大氣蒸發濃縮及熱回收設備，以有效回收鉻酸，其總設備投資成本約為 170 萬元，每年操作成本約 50 萬元，而每年總節省成本約 180 萬元，濃縮設備回收期限約 16 個月(詳見表 7.1.5-2)。

表 7.1.5-2 A 廠大氣蒸發濃縮設備效益評估

項次	項目	單位費用	費用
初設成本	蒸發濃縮設備	1,000,000 元/組	1,000,000 元
	鍋爐系統		240,000 元
	太陽能預熱系統		156,000 元
	廢熱回收設備	150,000 元/組×2 組	300,000 元
合計			1,696,000 元
每年操作維護費用	動力(23kw/h)	2.6 元/kwh	126,300 元
	維護	佔總初設成本 2%	33,920 元
	勞力	150 元/h	9,000 元
合計			169,220 元
每年投資費用	設備折舊	(*CRF=0.149)	252,700 元
	總操作維護費用		155,300 元
	燃料費	8,000 元/日	96,000 元
合計			504,000 元
每年可節省費用	鉻酸原料	30kg/日，80 元/kg	633,600 元
	還原劑(NaHSO ₃)	36kg/日，30 元/kg	285,120 元
	鹼劑(NaOH)	136kg/日，8 元/kg	287,230 元
	污泥最終處置	116kg/日，18 元/kg	551,230 元
合計			1,757,180 元
每年總淨節省費用			1,253,180 元 ^[註 2]
回收期限			16 個月 ^[註 3]

[註 1]*CRF(設備投資還原因子)= $i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$ ，i(年利率)=8%；n(設備使用年限)=10 年

[註 2] 每年總淨節省費用=1,757,180 元-504,000 元=1,253,180 元

[註 3] 回收期限=1,696,000÷1,253,180=16 個月

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊/100 年

5. 節能措施

該工廠為節省能源，採用自製的太陽能集熱設施，做為大氣蒸發濃縮系統鍋爐用水之預熱設備，並將鍋爐煙道中之廢熱及餘熱回收使用，以節省能源；鍋爐用水經熱交換器處理後之冷凝水則循環回收使用。該工廠之節能措施處理流程如圖 7.1.5-2 所示，說明如下：

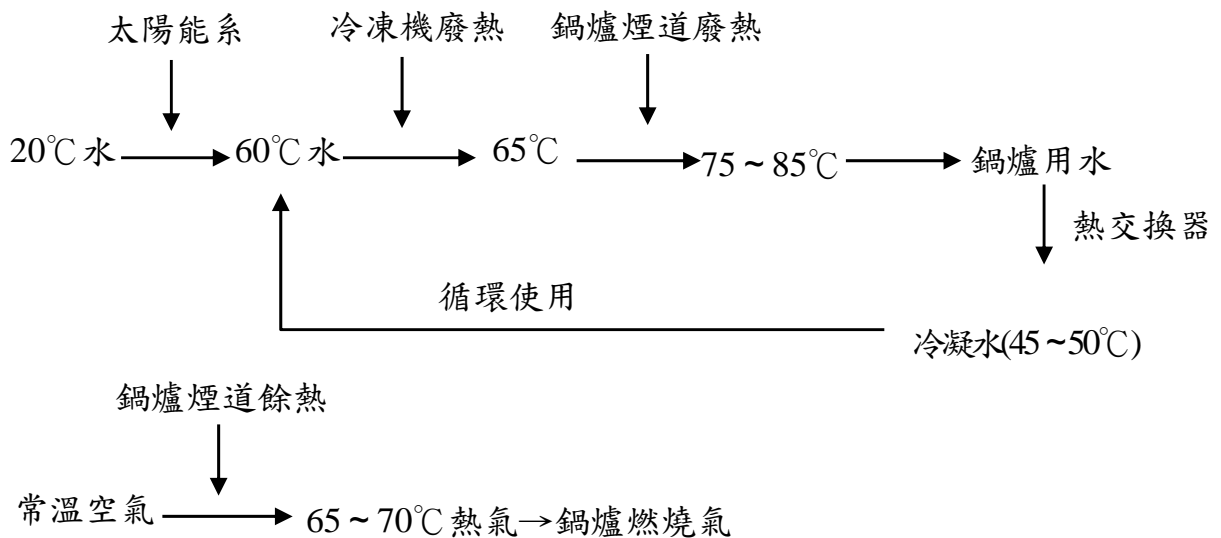


圖 7.1.5-2 A 廠節能措施處理流程

- (1)原水經太陽能集熱系統處理，使水溫由 20°C 提升至 60°C；再將鍍鉻用之 15 噸冷凍機產升之廢熱回收使用，使水溫再提升至 65°C。
- (2)鍋爐煙道之廢熱則利用熱管式熱交換器將 65°C 水提升至 75~85°C，以做為鍋爐用水；而高溫之鍋爐水經熱交換器處理後之冷凝水水溫約 45~50°C，此股水則利用泵浦循環回收至太陽集熱槽使用。
- (3)鍋爐煙道之餘溫利用管器式熱交換器，將供給鍋爐燃燒之氣體由常溫提升至 65~70°C，以節省加熱成本。

7.1.6 廢水處理

該工廠在積極進行製程減廢回收後，各項污染物之濃度已降至相當低，且為更有效處理處理製程廢水，將廢水種類分成鉻系廢水及一般酸鹼廢水，鉻系廢水先還原處理(將六價鉻還原成三價鉻)後，再與一般酸鹼廢水一起流入廢水調整槽及後續之處理單元(pH 調整、化學混凝、沉澱、中和、過濾、活性炭吸附)處理，廢水及污泥處理流程如圖 7.2.6-1 所示。該工廠總設計廢水量為 120 m³/8h，設計水質示於表 7.2.6-1。

該工廠在妥善控制操作參數及操作人員細心操作下，處理後水質如下：pH 8.5，SS：35 mg/L，COD：72 mg/L，Ni²⁺：0.5 mg/L，Cr(VI)：0.07 mg/L。

表 7.1.6-1 A 廠廢水處理廠之設計水量及水質

廢水種類	鉻系廢水	一般酸鹼廢水
設計水量(m ³ /8h)	20	100
設計水質(mg/L)	pH：2~4 SS：50 Cr(VI)：40	pH：2~4 SS：50 COD：45 Ni ²⁺ ：30

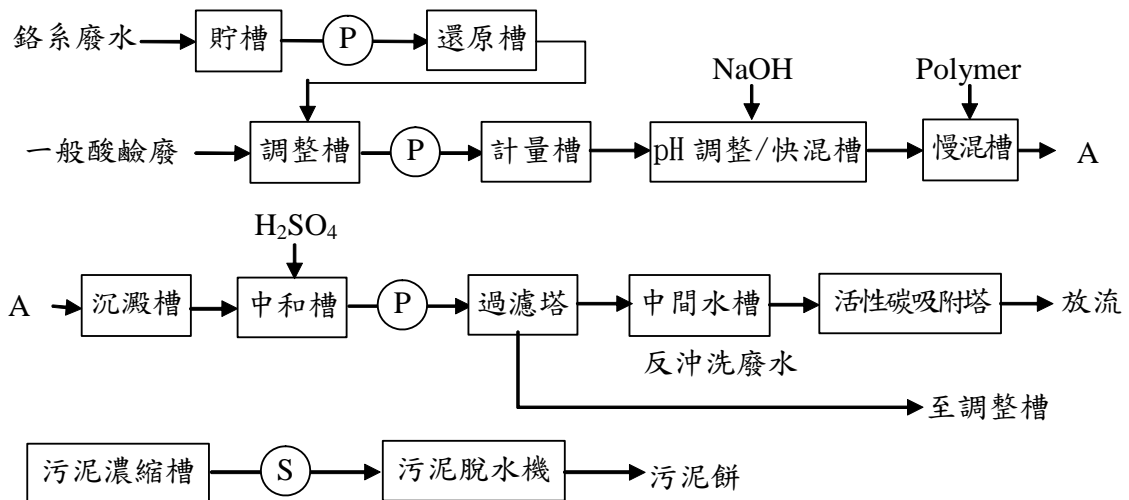


圖 7.1.6-1 A 廠廢水處理流程

該工廠從製程之資源回收及能源節約方面降低廢水之排放濃度，既可達到降低生產成本及廢水/污泥處理費用，並使資源有效地永續利用。

7.2 案例二—B 廠

7.2.1 製程及廢水處理現況

一、工廠製程簡述

B廠屬電鍍業，於民國84年2月正式營運，主要營業項目包括鋅電鍍加工、鋅鎳合金電鍍加工、鋅鐵合金電鍍加工、電著塗裝表面處理加工、三價鉻鉻化處理等，員工約120人。公司主要原料及產品之使用量、產量如表7.2.1-1所示；主要製程流程如圖7.2.1-1所示。

表 7.2.1-1 B 廠主要原料及產品之使用量、產量統計

類別	名稱	每日最大量(公斤/日)
產品量	汽機車零組件、五金零件	7.692(公噸/日)
原料量	素材	7.6(公噸/日)
原料量	片鹼	10.9
原料量	粒鹼	149.66
原料量	HCl	823.3
原料量	HNO ₃	42.35
原料量	H ₂ SO ₄	19.3
原料量	鈍化劑	157.98
原料量	氰化鈉	10.3
原料量	脫脂劑	162
原料量	除膜劑	19.9
原料量	樹脂	133.3
原料量	鋅塊	227.9
原料量	鉻酸	42

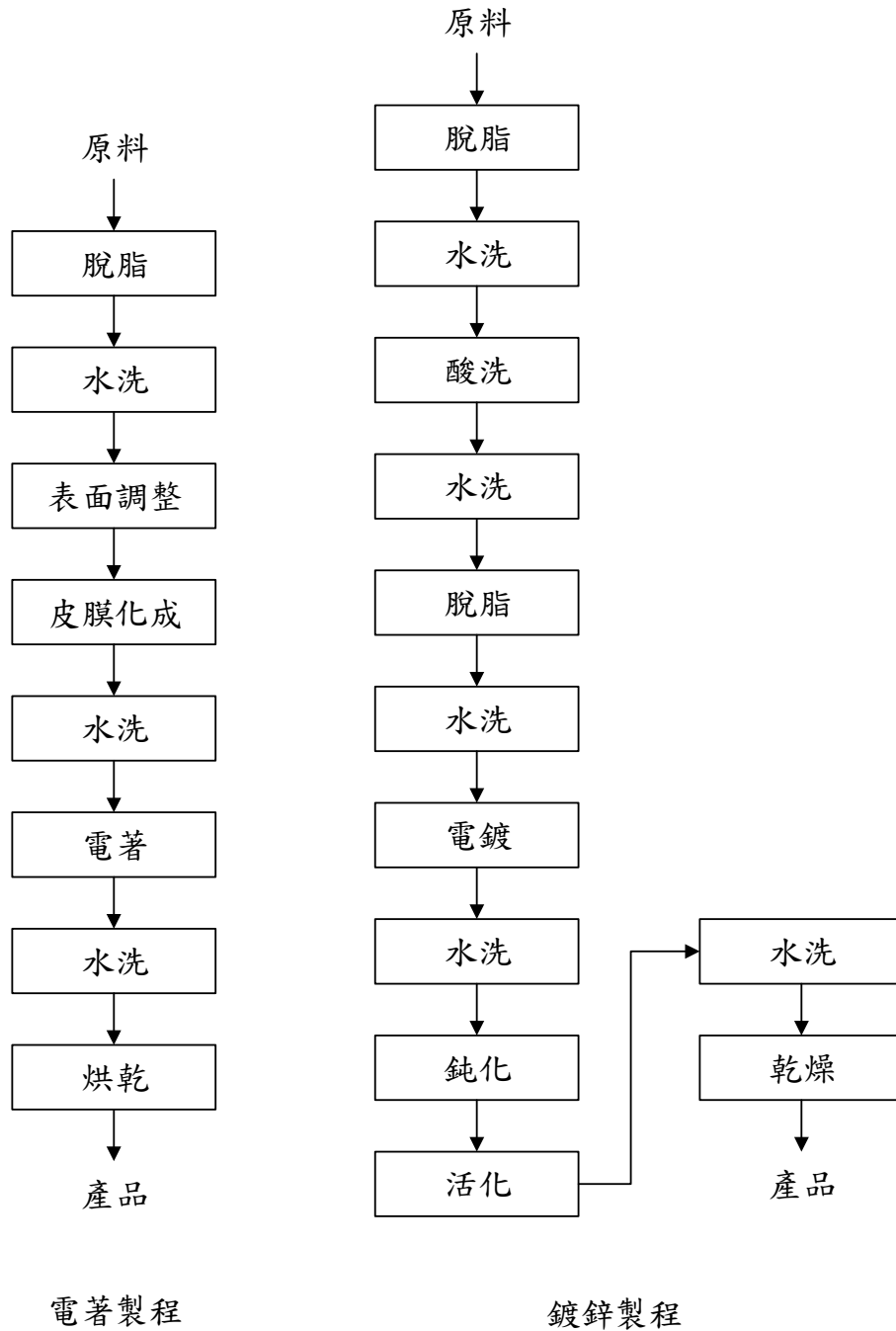


圖 7.2.1-1 B 廠主要製程流程

二、廢水處理現況

該公司產生之廢水種類及性質如下：

1. 廢水種類

主要為電鍍製程，產生廢水包括：

(1)作業廢水440 CMD(包括電著製程水洗廢水300 CMD、鍍鋅製程水洗廢水85 CMD、鉻系廢水15 CMD、酸性廢水15 CMD、氰系廢水20 CMD、脫脂廢水5 CMD)及(2)生活污水10 CMD，合計總廢水量約450 CMD。

廢水處理流程詳圖7.2.1-2。各股作業廢水先排入廢水貯存槽暫存，再與生活污水一同匯入廢水調整池(T01-09)，之後進入快混槽(T01-10)、pH調整池(T01-11)、慢混槽(T01-12)、化學沉澱槽(T01-13)等處理後，排中間槽(T01-14)，最後再經由砂濾器去除SS後，排放至工業區污水處理廠。

2.廢水性質

由101年7~12月的平均檢測結果得知，該廠目前廢水排放量平均約為375 CMD，排放水水質COD平均約為89.9 mg/L、SS平均約為11.1 mg/L。

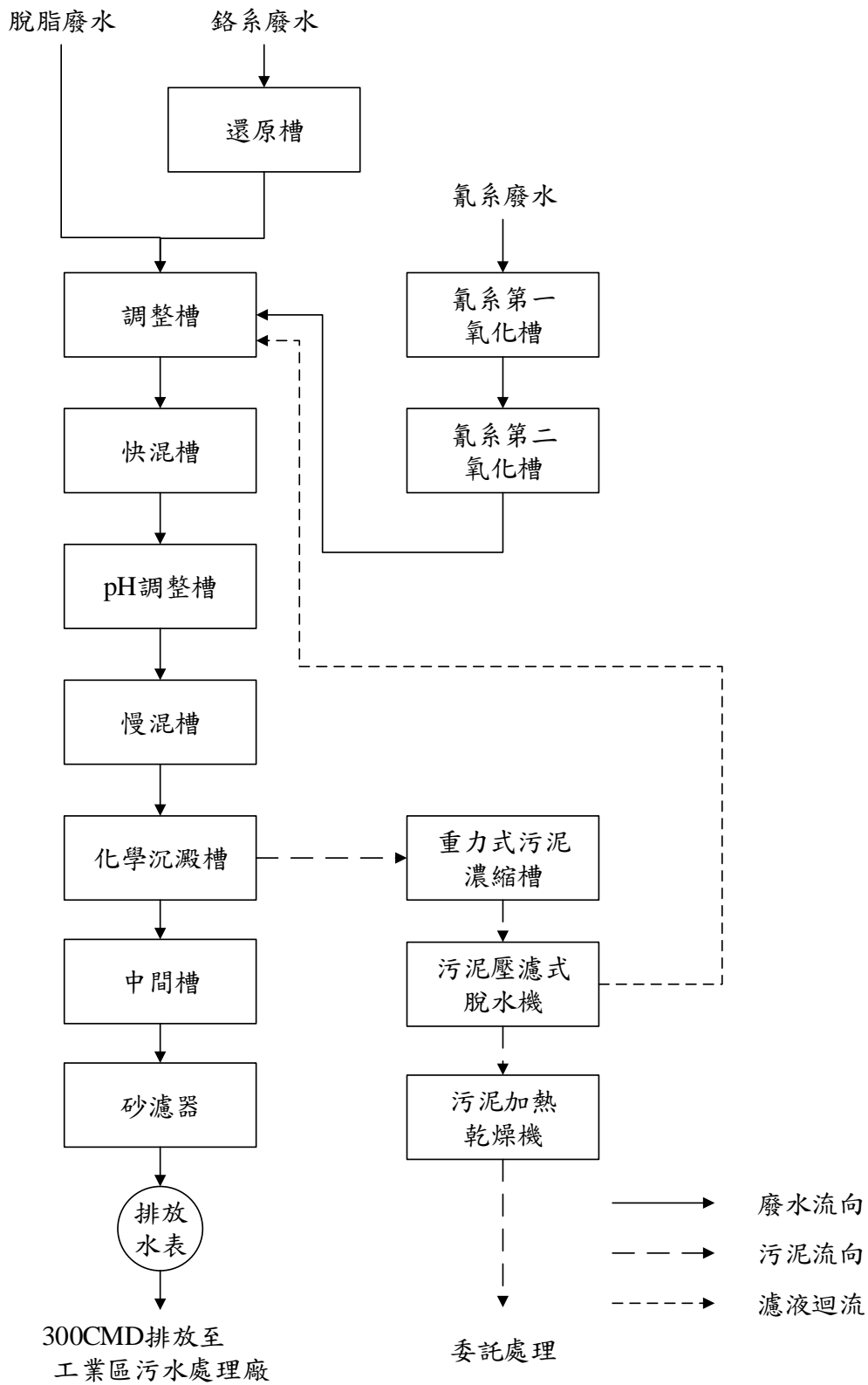


圖 7.2.1-2 B 廠廢水處理流程

7.2.2 改善建議

現場輔導工作針對製程清潔生產技術、雨污水分流、採樣井設置及廢水前處理設施等層面提出專業改善建議，期能協助該廠達到提升廢水前處理功能目標，同時減輕對污水廠之負荷衝擊；經現場輔導後確認，工廠主要面臨之問題如下：

一、製程清潔生產技術

現勘狀況	建議改善方案
<p>1. 目前已執行多項清潔生產措施，相關措施包括：</p> <p>(1) 將目前 8 條氰電鍍製程，7 條改為環保鹼性電鍍。</p> <p>(2) 以雲端控制用電，以了解生產線用電情況，若超過預設用電量，則展開設備用電控制。</p> <p>(3) 自 101 年起設置 UF + RO 系統，執行中水回收計畫，目前整廠回收率已達 60~70%。</p> <p>(4) 將原柴油堆高機改為電動堆高機，降低廢氣污染。</p> <p>(5) 將鍋爐燃料由重油改為 LPG，降低廢氣污染。</p> <p>(6) 將冷凝水之廢熱用於污泥脫水機之預熱處理。</p> <p>2. 廠房光線不佳，使用耗能之照明設備。</p>	<p>A. 建議廠房盡量採取自然採光，減少照明耗電量，可將屋頂部分區域改為採光板(如圖 7.2.2-1)，白天使用自然採光，以節省電費。</p>  <p>圖 1 屋頂部分區域改為採光板</p>

二、雨污水分流

現勘狀況	建議改善方案
<ol style="list-style-type: none"> 1. 鍋爐冷凝水、清洗污水等排入雨水收集溝。 2. 電鍍槽刮除的殘渣包置於雨水溝上方。 3. 雨污水未妥善分流收集，為避免製程廢水流至雨水管線排出廠外，因此該廠將雨水管線截流，設置泵浦將雨水管線收集之水全數回抽至廢水前處理設施進行處理後，納入工業區污水處理廠。 	<ol style="list-style-type: none"> A. 建議將鍋爐冷凝水及清洗污水另收集，避免排入雨水溝。 B. 應立即將殘渣包移至室內合適處堆置。 C. 建議檢視廠內廢水可能溢流之區域或管線，逐步將此區域廢水收集避免進入雨水收集管線，以減少該廠前處理設施及工業區污水處理廠之負荷。

現場狀況照片




有鍋爐冷凝水、清洗污水等排入雨水收集溝。




電鍍槽刮除的殘渣包置於雨水溝上方。

三、採樣井設置

現勘狀況	建議改善方案
1.該廠之廢水採樣井設於周界內。	A. 建議利用圍牆退縮空間設置採樣井。
現場狀況照片	
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>採樣井設於周界內。</p> </div> </div>	

四、廢水前處理設施

1.最適化處理流程評估

現勘狀況	建議改善方案
1. RO 濃排水排入化學沉澱槽稀釋後排放。	<p>A. 建議將 RO 濃排水導入化混槽先去除高 TDS、導電度以及高溶解性 COD，降低後端負荷，以免影響放流水質。</p> <p>B. 可考量將濃排水作為工廠內的設備清洗、反洗、抑或泡藥之用。</p>
現場狀況照片	
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>RO 濃排水排入化學沉澱槽稀釋後排放。</p> </div> </div>	

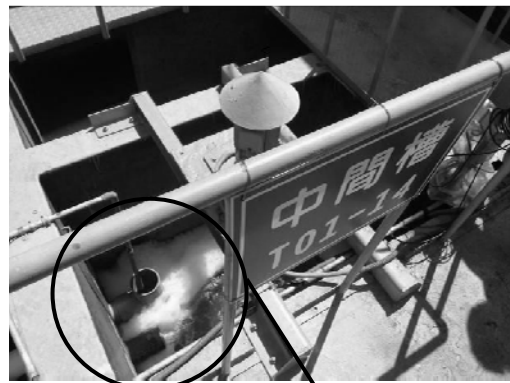
2.操作維護建議

現勘狀況	建議改善方案
1. 藥品儲槽防溢堤高度僅 5 公分，不符合規定。	A. 建議應將防溢堤高度應在 50 公分以上，使防溢堤之容量為儲槽容量 110% 以上。
2. 該廠目前廢水多數已回收供製程使用，部分廢水儲存後批次處理，現勘時處理設施未運轉。	B. 因目前採批次操作，建議應注意廢水進流量，以免廢水流入時未啟動相關設備。
3. 中間槽泡沫多。	C. 建議應設置消泡裝置。
4. 重金屬捕捉劑及化混藥劑等添加量固定，易導致加藥量過多或不足。	D. 建議定期進行瓶杯試驗，掌控精確的重金屬捕捉劑、混凝劑及 polymer 添加量。
5. 處理設施因批次處理，重力濃縮池污泥停留時間過久，有上浮情形。	E. 建議加速排泥頻率及速率，避免造成厭氧情況。若為排泥管阻塞，則應逆流清理管線。

現場狀況照片



藥品儲槽防溢堤高度僅 5 公分，不符合規定。

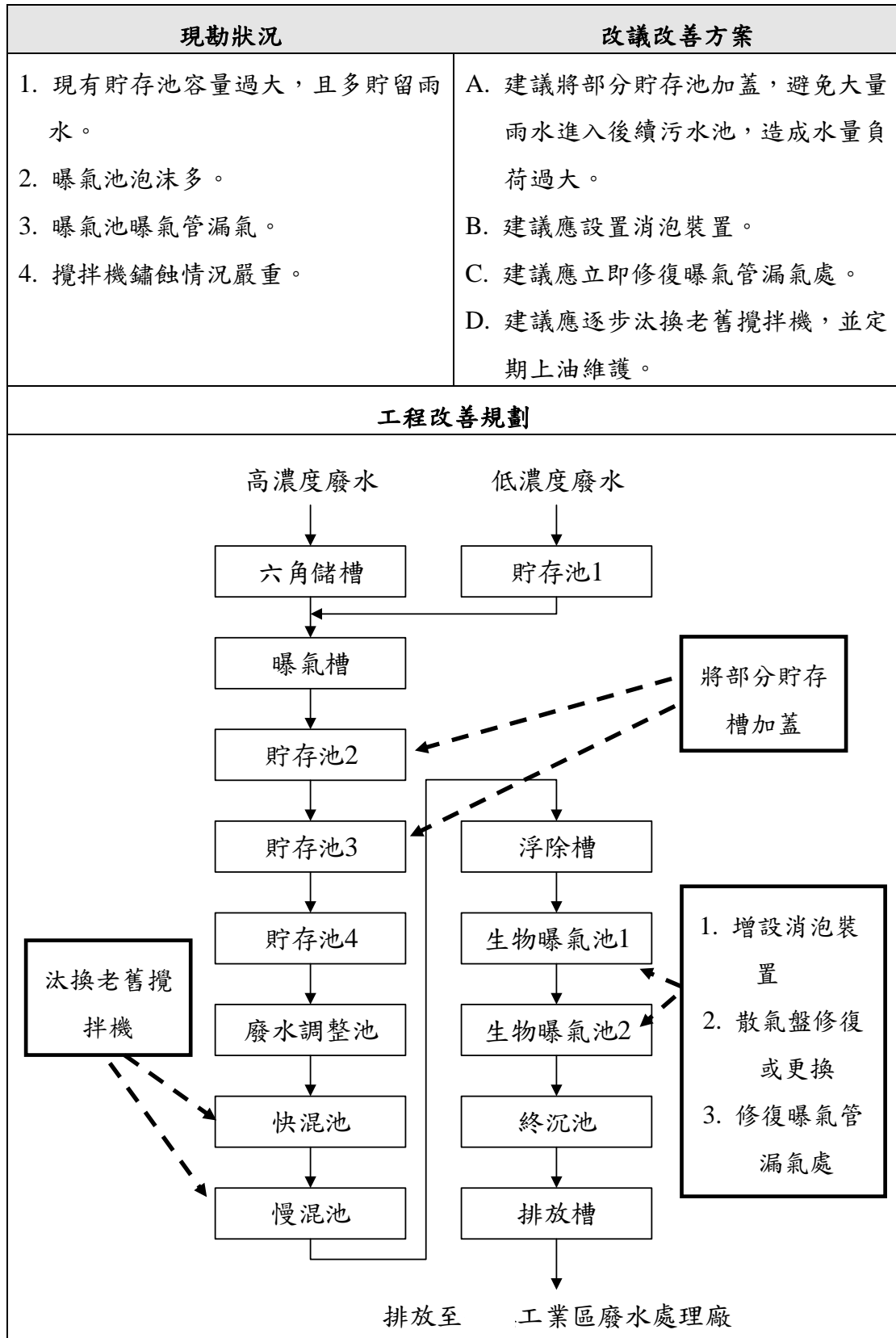


中間槽泡沫多。



重力濃縮池污泥上浮。

3.工程改善規劃



五、相關改善效益分析

廢水前處理功能輔導在整體規劃上，應以符合工業區污水廠管制標準為前提，並提升污染防治設施效能與落實操作維護之管理機制，以達到永續經營之目標。工廠若依上述建議進行各項改善，其主要預期成果如下：

改善建議摘要	預期成效(含預估改善後產生之環境及經濟績效)	改善經費 (萬元)
A. 藥液貯槽(桶)應減少接頭處，PE 等材質之貯桶構造應適當補強，防止其扭曲、變形，造成洩漏。	※減輕處理設施負荷，降低納管費用。 ※提升廢水設施處理效果，降低納管費用。 ※化學需氧量可減量 20%，懸浮固體物可減量 10%，換算每年約有 2.1 萬元的經濟效益。	-
B. 將空調冷凝水及清洗污水另收集，避免排入雨水溝。		-
C. 定期清除雨水溝中雜物，並免雨天時堵塞而影響排水功能。		-
D. 建議將部分貯存池加蓋，避免大量雨水進入後續污水池，造成水量負荷過大，亦可評估雨水回收再利用可行性。		5
E. 調整池應進行曝氣以達到調勻目的。		-
F. 應檢視曝氣池散氣盤是否堵塞，必要時進行更換。		1
G. 曝氣池應設置消泡裝置。		1
H. 汰換老舊攪拌機。		5
I. 建議應立即修復曝氣管漏氣處。		0.5
J. 建議加速沉澱池排泥頻率及速率，避免造成厭氧情況。若為排泥管阻塞，則應逆流清理管線。		-
K. 建議應定期清除終沉池溢流堰淤積物。	-	

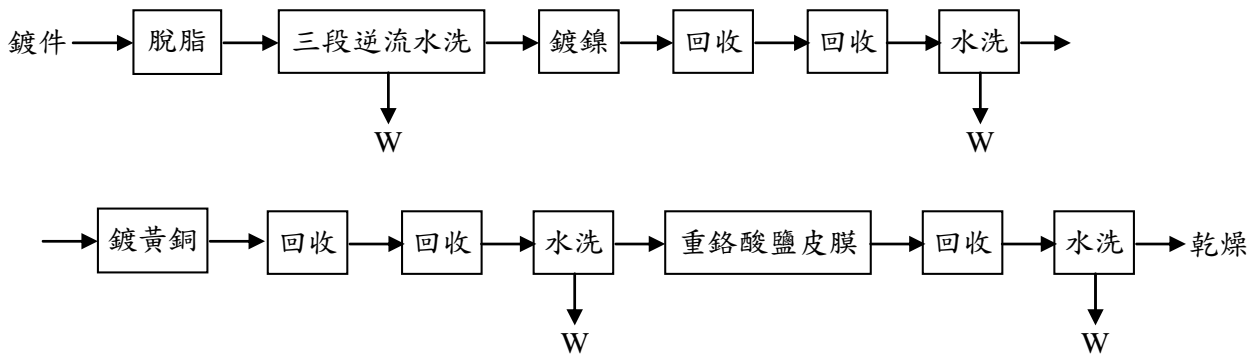
7.3 案例三—C 廠

7.3.1 製程及廢水處理現況

一、工廠現況

C 廠位於工業區內，係一專門從事五金零件電鍍鎳及黃銅之加工工廠，工廠之電鍍程序採人工手動操作方式，工廠於製程規劃之初，即設置省水之鍍件水洗程序，並於製程線上設置三套離子交換回收處理系統，以回收各鍍槽後水洗程序的清洗水及原物料再用，同時將廢水處理後之放流水全量回收使用，以落實減廢回收工作。

C 廠之電鍍製程及污染來源如圖 7.3.1-1 所示，鍍件經脫脂處理後，即進行鍍鎳及鍍黃銅之程序。



註：W 表廢水排放源

圖 7.3.1-1 C 廠電鍍製程與污染來源

二、廢水種類與特性

工廠之廢水種類依廢水來源及特性，可區分成脫脂水洗廢水、鍍鎳水洗廢水、氰系廢水與鉻系廢水等四類。各類廢水污染成分與廢水量彙整成表 7.3.1-1，廢水水質如表 7.3.1-2。

表 7.3.1-1 C 廠製程廢水種類及特性

廢水種類	污染來源	污染成分	廢水量
脫脂廢水	脫脂程序後清洗鍍件之連續性排水	界面活化劑、鹽酸	38.4m ³ /日
鎳廢水	鍍鎳後清洗鍍件之連續性排水	氯化鎳、硫酸鎳	9.6m ³ /日
氰系廢水	鍍黃銅後清洗鍍件之連續性排水	氰化鈉、氰化銅、氰化鋅	9.6m ³ /日
鉻系廢水	重鉻酸鹽皮膜處理後清洗鍍件之連續性排水	鉻酸鹽	9.6m ³ /日

表 7.3.1-2 C 廠綜合廢水水質

項目	SS	COD	Ni ²⁺	Cr ⁶⁺	Cu ²⁺	CN ⁻
濃度 (mg/L)	45	120	35	15	8	17

7.3.2 改善建議

一、重金屬廢水離子交換及管末處理

(一)設計廢水量及水質

C廠之設計廢水量及廢水水質如表7.3.2-1所示。

表 7.3.2-1 C 廠設計廢水量及廢水水質

設計廢水量 (m ³ /日)				設計廢水水質 (mg/L)		
脫脂廢水	鎳水洗廢水	氰系廢水	鉻系廢水	SS	COD	Ni ²⁺
				100	200	50
40	10	10	10	Cr ⁶⁺	Cu ²⁺	CN ⁻
合 計：70				50	20	30

(二)處理原則

C廠基於減廢回收觀念，在廢水污染防治工作上考量下列三項處理原則：

1. 分流處理：將各種不同性質的廢水分類收集，並採取適當的

回收處理方法，以回收製程物料再用，減少污染源之產生，使廢水處理趨向單純化。

- 2.回收水洗水與鍍槽槽液：製程中各鍍槽後之水洗排水，在妥善分類處理的原則下，分別採離子交換樹脂法處理，處理水循環再使用，而離子交換樹脂飽和之再生液，除氰系廢液外，亦回補至原鍍槽再利用。
- 3.回收放流水：脫脂水洗廢水及離子交換樹脂系統之反沖洗排水，含有少量之懸浮物及有機物，經化學沉澱法及活性炭吸附處理後，回收至前處理製程脫脂單元使用。

(三)重金屬廢水回收處理系統

C廠為有效回收處理各股製程廢水，乃針對鍍鎳、鍍黃銅及重鉻酸鹽皮膜程序後之水洗排水，於廠內分別設置了三套離子交換系統，其處理流程分別如圖7.3.2-1(a)、(b)、(c)所示；脫脂程序之水洗排水，以及離子交換系統之反沖洗水與再生廢液，則採化學沉澱法處理，並將處理後之放流水全量回收，其處理流程如圖7.3.2-2所示。

(四)處理特色

- 1.各鍍槽後之水洗排水分別經離子交換系統處理，並循環水洗水再使用，而廢水處理設施僅處理一般酸鹼廢水（脫脂水洗水）及離子交換樹脂塔之反沖洗排水，使得廢水處理成本大幅降低，同時所產生的污泥量少，且因不含有害重金屬離子成分，污泥屬於一般事業廢棄物，可減少污泥處置的困擾。
- 2.在廢水妥善分類收集、處理的原則下，各股重金屬離子廢水分別以符合特性的樹脂進行處理時，樹脂不易氧化，使用期限長；離子交換樹脂飽和再生週期，依實際操作情形約一個月再生乙次，而離子交換處理系統之反沖洗及再生程序均採

用自動化連續操作方式，可以減輕現場操作人員工作負擔。

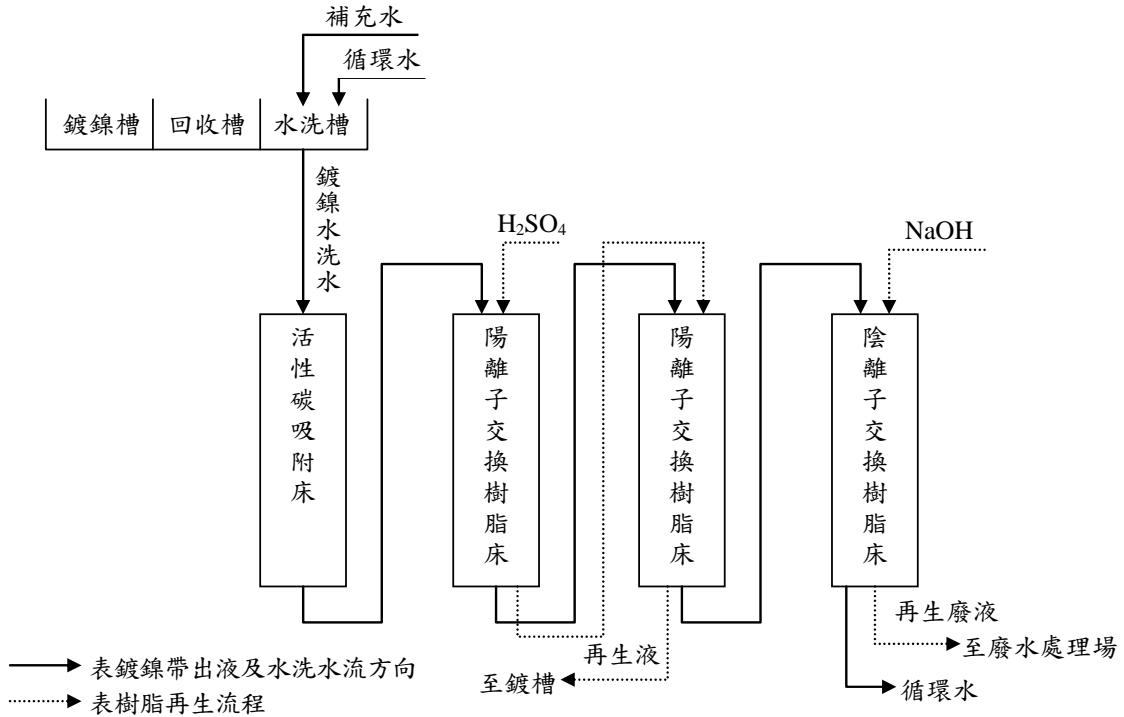


圖 7.3.2-1(a) C 廠鍍鎳水洗水離子交換處理流程

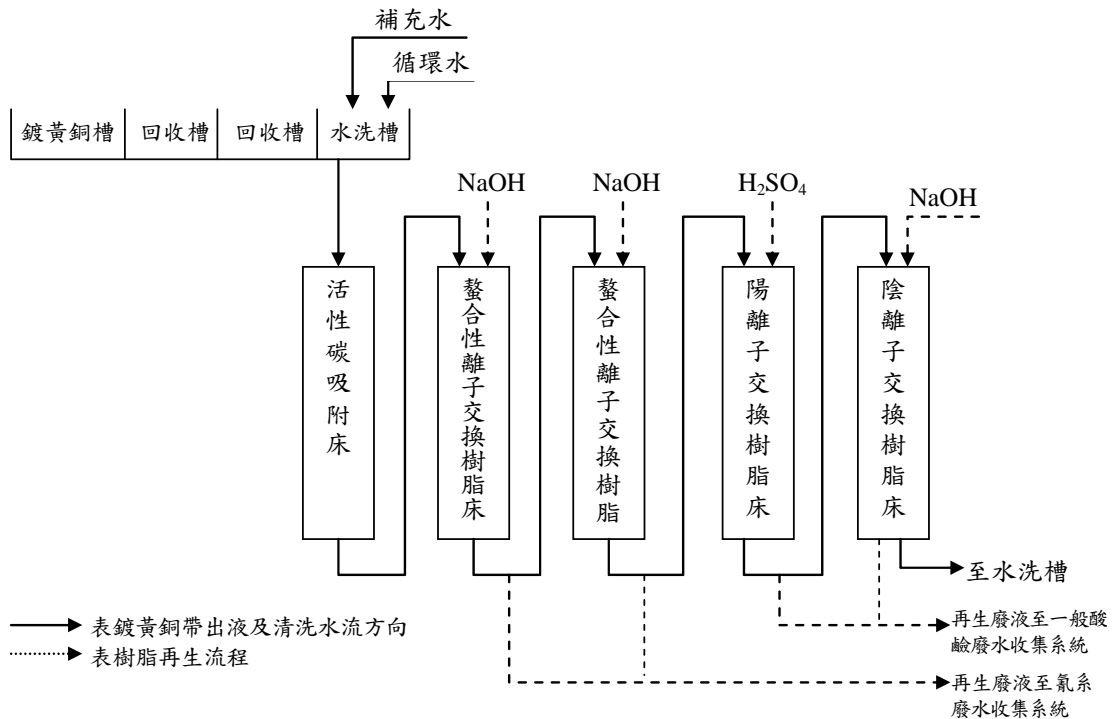


圖 7.3.2-1(b) C 廠鍍黃銅水洗水離子交換處理流程

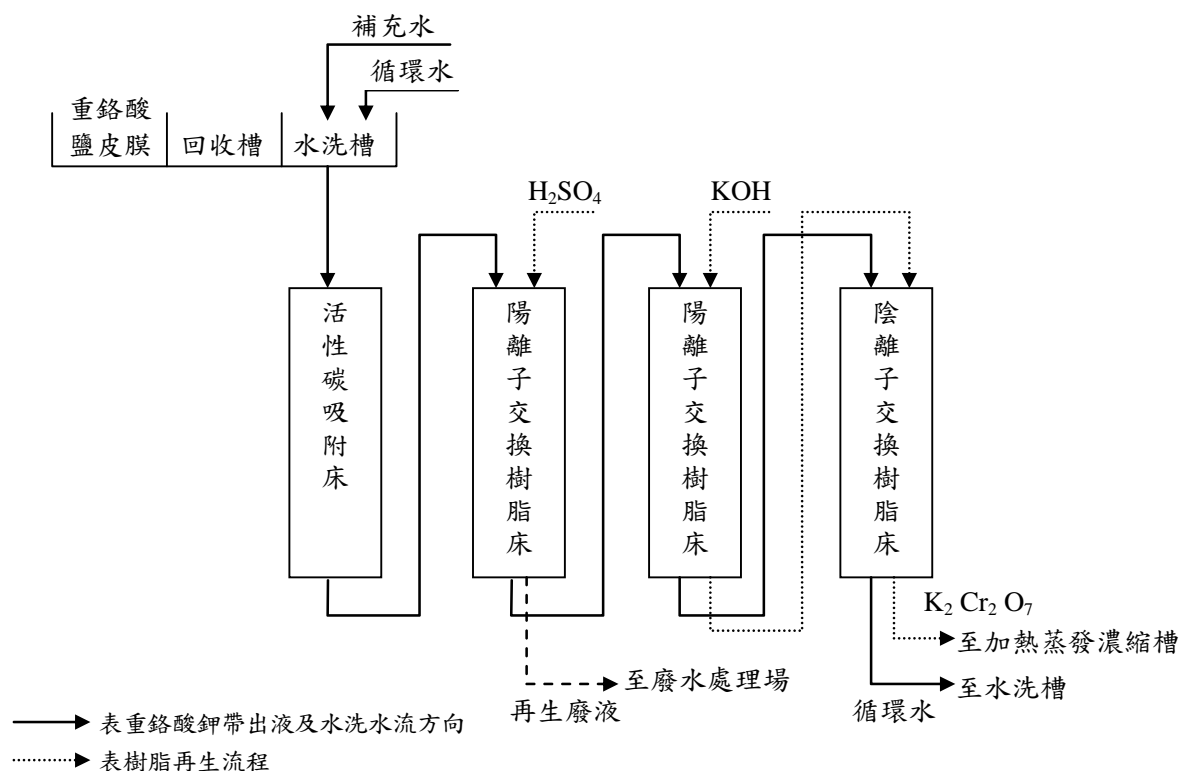


圖 7.3.2-1(c) C 廠鉻系水洗水離子交換處理流程

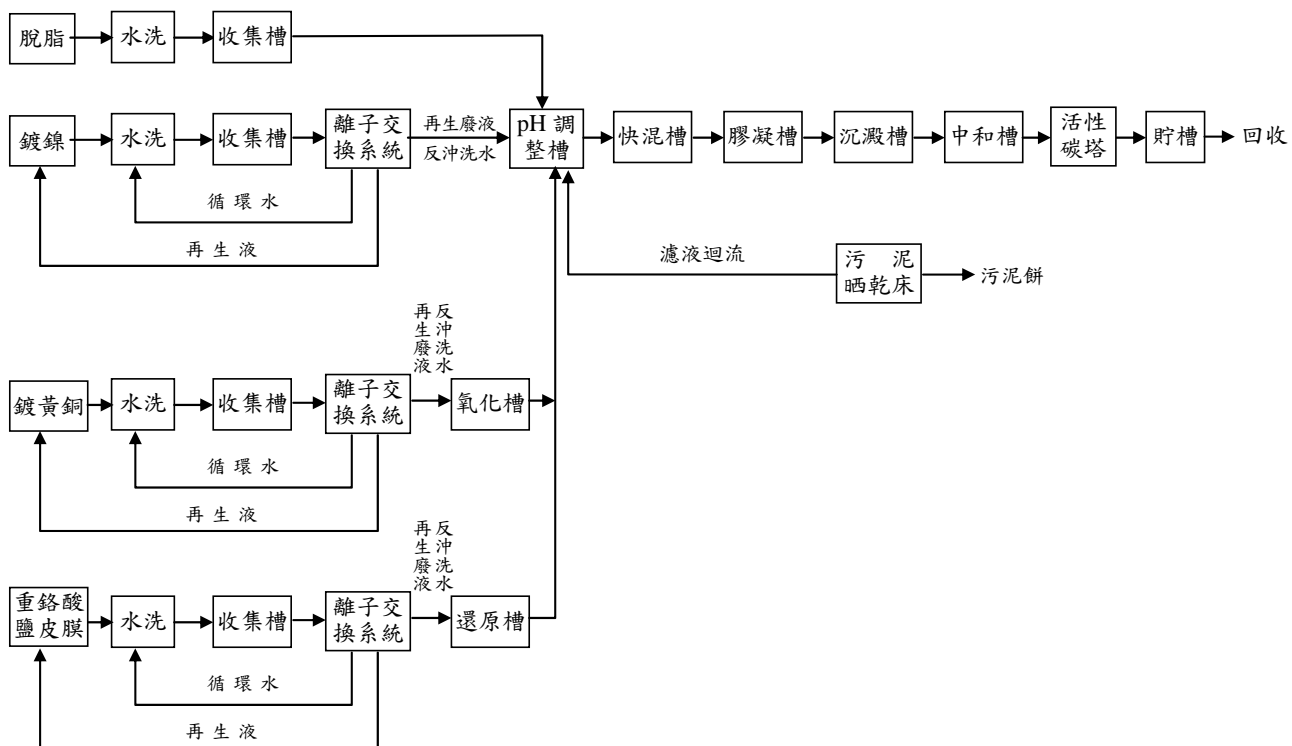


圖 7.3.2-2 C 廠製程廢水回收處理流程

3. 整體而言，C 廠結合減廢回收系統及廢水處理設施可減少污染物及廢水的排放量，但對於處理水循環使用比例或次數，須視鍍件清洗品質的要求，進行部分放流或定期排放更新，同時因一般酸鹼廢水中所含之有機物以化學沉澱法處理，其處理成效有限，須藉由活性碳吸附以維持回收水之水質，故此部分之處理成本較高。
4. 工廠在廠區面積有限的情況下，使用減廢回收措施，將廢水量減少使廢水處理設施小型化，並設置套裝式廢水處理設施，以節省廢水管末處理設施之佔地面積，有助於工廠土地之有效利用。

二、處理成效

(一)處理成效

1. 工廠之廢水處理設施以處理脫脂水洗水為主，處理水則全量回收使用，同時各電鍍程序排放之重金屬離子廢水則以離子交換系統處理，處理水亦循環作為水洗水使用。如此，工廠每日可以節省 70 m³ 的清洗水量。
2. 工廠之鍍鎳及重鉻酸鹽皮膜水洗水以離子交換系統處理時，樹脂飽和再生週期約一個月乙次，其樹脂飽和再生液則回補至原鍍槽繼續使用，因而可節省鍍鎳槽及鉻酸鹽槽之原物料使用量，根據統計每月約可節省 700 公斤的硫酸鎳及 20 公斤的重鉻酸鉀。
3. 工廠由於將處理後之處理水全量回收使用，因此，雖已接管至工業區之污水處理廠，然因平日並無廢水排放，故可進一步節省工業區污水處理廠的管理費用。

(二)效益評估

C 廠在正常操作下，設置離子交換系統之效益評估如下：

1. 初設成本

整體離子交換系統設置成本，含週邊設備共計 2,500,000 元。

2. 操作維護費

(1) 動力費用： $6 \text{ Hp} \times 0.75 \text{ kW/HP} \times 4 \text{ hr/日} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 2.6 \text{ 元/kW.hr} = 14,040 \text{ 元/年}$

(2) 再生藥品費用：共計 6,480 元/年

NaOH： $20 \text{ kg/月} \times 15 \text{ 元/kg} \times 12 \text{ 月/年} = 3,600 \text{ 元/年}$

H₂SO₄： $30 \text{ kg/月} \times 8 \text{ 元/kg} \times 12 \text{ 月/年} = 2,880 \text{ 元/年}$

(3) 樹脂更換費用(以每月平均 3,300 元計算)： $3,300 \text{ 元/月} \times 12 \text{ 月/年} = 39,600 \text{ 元/年}$

(4) 操作維護費用總計： $14,040 \text{ 元/年} + 6,480 \text{ 元/年} + 39,600 \text{ 元/年} = 60,120 \text{ 元/年}$

3. 節省費用

(1) 水洗水： $70 \text{ m}^3/\text{日} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 8 \text{ 元/m}^3 = 168,000 \text{ 元/年}$

(2) 硫酸鎳： $700 \text{ kg/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 55 \text{ 元/kg} = 462,000 \text{ 元/年}$

(3) 重鉻酸鉀： $20 \text{ kg/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 75 \text{ 元/kg} = 18,000 \text{ 元/年}$

(4) 廢水處理藥劑費：

A. NaHSO₃ 加藥費用：以處理 1 kg Cr⁶⁺ 需添加 3kg NaHSO₃ 計算， $20 \text{ kg/月} \times 52/100 \times 3 \text{ kg} \times 12 \text{ 月/年} \times 25 \text{ 元/kg} = 9,360 \text{ 元/年}$

B. NaOH 加藥費用： $15 \text{ kg/月} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 8 \text{ 元/kg} = 36,000 \text{ 元/年}$

(5)污泥處置費用（以委託代處理費 10 元/kg 估算）： $110 \text{ kg/月} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 10 \text{ 元/kg} = 330,000 \text{ 元/年}$

(6)總計每年可節省費用： $168,000 \text{ 元/年} + 462,000 \text{ 元/年} + 18,000 \text{ 元/年} + 9,360 \text{ 元/年} + 36,000 \text{ 元/年} + 330,000 \text{ 元/年} = 1,023,360 \text{ 元/年}$

4.設備回收期限

(1)每年總淨節省費用： $1,023,360 \text{ 元/年} - 60,120 \text{ 元/年} = 963,240 \text{ 元/年}$

(2)回收期限： $2,500,000 \text{ 元} \div 963,240 \text{ 元/年} = 2.6 \text{ 年}$

C 廠應用離子交換樹脂法分別回收各鍍槽後水洗水，且飽和樹脂再生液亦可回補至原鍍槽再用，使得管末廢水處理趨向於單純化，而有利於放流水回收再使用。

由此案例之介紹，可明確瞭解到電鍍業廢水污染防治工作，應從整廠減廢回收及管末廢水處理二方面著手，方能經濟有效地處理廢水。

參考文獻

- [1] 行政院環保署水污染防治，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [2] 環保署水保處江育德技正(2014)，水污染防治法規及實務案例說明
- [3] 環保署水保處中華民國(2011)，違反水污染防治法實際案例探討
- [4] 李元陞國立宜蘭大學環工系教授，水污染防治相關法令現場操作及設備常見缺失
- [5] 行政院環保署空氣污染防制，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [6] 臺南市政府環保局空噪科專員林界宏(2014)，空氣污染防制法法規介紹
- [7] 高雄市政府環境保護局(2013)，固定污染源案例宣導說明會
- [8] 行政院環保署 廢棄物清理，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [9] 桃園縣政府環境保護局事業廢棄物管理科徐進財(2013)，違反廢棄物清理法實際案例探討
- [10] 環境保護署環境督察總隊林茂原，廢棄物稽查重點、常見問題及案例分析
- [11] 行政院環保署土壤污染整治，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [12] 行政院環保署(2012)，土壤及地下水污染整治及基金求償手冊
- [13] 91 年度經濟部工業局，金屬表面處理業整合性污染防治技術手冊-電鍍業。
- [14] 100 年度經濟部工業局，金屬表面處理業廢水前處理技術手冊。
- [15] 99 年度經濟部工業局，老舊工業區水再生利用推動計畫「產業節水與水再生技術手冊及案例」。
- [16] 經濟部工業局 102 年度產業用水效能提升計畫，OO 鋼鐵股份有限公司廢水前處理功能輔導報告書。
- [17] 經濟部工業局 102 年度產業用水效能提升計畫，OO 工業股份有限公司廢水前處理功能輔導報告書。
- [18] 經濟部工業局 102 年產業用水效能提升計畫，OO 科技股份有限公司二廠廢水前處理功能輔導報告書。
- [19] 96 年度行政院環保署訓練所，廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

電鍍業污染防治法規與處理技術手冊 / 經濟部
工業局.-- 初版.-- 臺北市：工業局，民 103.12
面；公分
ISBN 978-986-04-3710-2 (平裝)
1.水汙染防制 2.空氣汙染防制 3.電鍍業
445.9 103025972

電鍍業污染防治法規與處理技術手冊

發行人：吳明機

總編輯：游振偉

審查委員：歐陽嶠暉、高思懷、張添晉、李澤民、周明顯、陳見財、吳文蘭

編撰：王雅玢、康世芳、張維欽、莊順興、游勝傑、蔡勇斌、蘇銘千(依姓氏筆
劃排列)

出版所：經濟部工業局

台北市信義路三段 41-3 號

TEL：(02)2754-1255 FAX：(02)2704-3753

<http://www.moeaidb.gov.tw>

出版日期：中華民國 103 年 12 月

版次：初版

GPN：1010302938

ISBN：978-986-04-3710-2

展售處：國家書店：台北市松江路 209 號 1 樓(02-2518-0207)

<http://www.govbooks.com.tw/>

五南文化廣場：台中市軍福七路 600 號(04-2437-8010)

<http://www.wunanbooks.com.tw/>

定價：新台幣參佰元整

著作權利管理資訊：經濟部工業局保有所有權利。欲利用本書或部分內容者，需徵求
經濟部工業局同意或書面授權。

聯絡資訊：圖書室(02)2754-1255 轉 3916

