

經濟部工業局  
染整業污染防治法規與  
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，感謝康世芳、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

<b>第一章</b>	<b>前言</b> .....	<b>1-1</b>
1.1	緣起 .....	1-1
1.2	行業介紹 .....	1-1
1.2.1	產業特性 .....	1-1
1.2.2	染整產業概述 .....	1-4
<b>第二章</b>	<b>環保法規</b> .....	<b>2-1</b>
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 .....	2-14
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 .....	2-20
2.3	其他污染管制 .....	2-24
2.3.1	廢棄物污染防制 .....	2-24
2.3.2	土壤污染整治 .....	2-30
<b>第三章</b>	<b>製程與污染特性</b> .....	<b>3-1</b>
3.1	製程特性 .....	3-1
3.2	污染來源與污染特性 .....	3-3
3.2.1	水污染來源與特性 .....	3-3
3.2.2	空氣污染來源與特性 .....	3-9
<b>第四章</b>	<b>水污染防治處理技術</b> .....	<b>4-1</b>
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 .....	4-13
4.2.3	生物方法 .....	4-24
4.3	處理流程 .....	4-29
<b>第五章</b>	<b>空氣污染防制處理技術</b> .....	<b>5-1</b>
5.1	處理原理 .....	5-1
5.2	處理方法及流程 .....	5-2
5.2.1	局部排氣系統 .....	5-3
5.2.2	VOCs 控制技術 .....	5-15
5.2.3	酸性氣體控制技術 .....	5-35

<b>第六章 污染防治處理設備之操作管理</b> .....	<b>6-1</b>
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 .....	6-26
6.2 處理單元之異常對策 .....	6-29
6.2.1 水污染處理單元之異常對策 .....	6-29
6.2.2 空污處理單元之異常對策 .....	6-45
<b>第七章 廢水處理案例介紹</b> .....	<b>7-1</b>
7.1 案例 A 工廠--全綿梭織布印花廠案例 .....	7-1
7.2 案例 B 工廠--混紡梭織布染整廠案例 .....	7-4
7.3 案例 C 工廠--尼龍梭織布染整廠案例 .....	7-8
7.4 案例 D 工廠--混紡染整廠案例 .....	7-11
7.5 案例 E 工廠--紡織廠案例 .....	7-15
<b>參考文獻</b> .....	<b>i</b>

## 圖目錄

圖 1.2.1-1	紡織上中下游關係.....	1-4
圖 1.2.2-1	紡織纖維染整工程分類.....	1-5
圖 1.2.2-2	2009 至 2013 年台灣染整產業產值.....	1-6
圖 2.1.1-1	水污染防治法規架構圖.....	2-2
圖 2.1.1-2	水措計畫及許可申請之流程.....	2-3
圖 2.2-1	空氣污染防治法及相關子法架構圖.....	2-14
圖 2.3.1-1	廢棄物清理法及相關子法架構圖.....	2-24
圖 2.3.2-1	土壤及地下水污染整治法及相關子法之架構.....	2-31
圖 3.1-1	染整技術涵蓋領域.....	3-1
圖 3.1-2	依不同纖維型態之染整製程分類表.....	3-2
圖 3.1-3	染整製程單元分類彙整圖.....	3-3
圖 3.2.1-1	筒紗染整廠生產流程與廢水來源.....	3-4
圖 3.2.1-2	針織布浸染廠生產流程與廢水來源.....	3-5
圖 3.2.1-3	梭織布連續式染廠生產流程與廢水來源.....	3-6
圖 3.2.1-4	梭織布浸染廠生產流程與廢水來源.....	3-8
圖 3.2.2-1	紡紗、織造及染整工程與製程別.....	3-10
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.....	4-8
圖 4.2.1-3	逆滲透膜之原理.....	4-10
圖 4.2.1-4	薄膜分離法流程(例).....	4-12
圖 4.2.1-5	電透析法原理圖.....	4-13
圖 4.2.2-1	電荷之中和.....	4-14
圖 4.2.2-2	架橋作用概念.....	4-14
圖 4.2.2-3	杯瓶試驗裝置.....	4-17
圖 4.2.2-4	混凝沉澱系統流程圖.....	4-18
圖 4.2.2-5	攪拌設備之形式.....	4-19
圖 4.2.2-6	去除懸浮物為主的三級處理流程.....	4-19
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.....	4-20
圖 4.2.2-8	活性炭吸附裝置.....	4-21
圖 4.2.2-9	多段直列吸附槽.....	4-22
圖 4.2.2-10	臭氧注入方法.....	4-23
圖 4.2.3-1	分批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	接觸曝氣法之 BOD、氮去除特性.....	4-28
圖 4.2.3-4	接觸曝氣法各種曝氣方式.....	4-29

圖 4.3-1	棉類染整廢水處理流程.....	4-32
圖 4.3-2	毛類染整廢水處理流程.....	4-33
圖 4.3-3	合纖類染整廢水處理流程.....	4-34
圖 5.2-1	吹出氣流與吸引氣流差異示意圖.....	5-4
圖 5.2-2	邊長比為 1:2 之矩形開口部吸引氣流之等速剖面圖.....	5-4
圖 5.2-3	簡單圓形開口氣罩.....	5-6
圖 5.2-4	簡單矩形開口氣罩.....	5-6
圖 5.2-5	錐式氣罩入口壓力損失係數.....	5-9
圖 5.2-6	直葉型風車.....	5-14
圖 5.2-7	曲葉型風車(通稱透浦風車(turbo blowers)).....	5-14
圖 5.2-8	環型風車.....	5-14
圖 5.2-9	風車選用.....	5-15
圖 5.2-10	揮發性有機物控制技術選用原則及流程.....	5-17
圖 5.2-11	揮發性有機物控制技術相對費用及濃度適用範圍.....	5-18
圖 5.2-12	各式廢氣焚化設備.....	5-21
圖 5.2-13	揮發性有機物冷凝回收系統.....	5-25
圖 5.2-14	活性炭吸附回收系統示意圖.....	5-28
圖 5.2-15	填充洗滌塔廢氣處理系統.....	5-30
圖 5.2-16	生物濾床裝置.....	5-33
圖 5.2-17	生物滴濾塔裝置.....	5-33
圖 5.2-18	滴濾式生物濾床裝置.....	5-34
圖 5.2-19	生物洗滌法.....	5-34
圖 5.2-20	氣燃比與氮氧化物、碳氫化合物及一氧化碳之典型關係.....	5-36
圖 5.2-21	選擇性觸媒還原法處理程序示意圖.....	5-40
圖 5.2-22	氧氣濃度對觸媒轉化 NO <sub>x</sub> 的影響.....	5-43
圖 5.2-23	NH <sub>3</sub> 添加量對 SCR 反應的影響.....	5-43
圖 6.1.1-1	板框壓濾式污泥脫水機.....	6-17
圖 6.1.1-2	板框壓濾式脫水機操作程序.....	6-18
圖 7.2-1	案例 B 工廠廢水處理流程圖.....	7-7
圖 7.5-1	案例 E 紡織工廠廢水處理流程圖.....	7-16



## 表目錄

表 1.2.1-1	2004 至 2013 年台灣紡織業產值統計.....	1-2
表 1.2.1-2	2013 年台灣紡織品貿易金額統計.....	1-3
表 1.2.1-3	2008 至 2013 年台灣紡織產業工廠家數與從業員工人數統計.....	1-3
表 2.1.1-1	專責人員類別規定彙整表.....	2-4
表 2.1.1-2	染整業一般管制項目及限值.....	2-5
表 2.3.2-1	土壤及地下水污染整治法裁罰基準案例.....	2-38
表 3.2.1-1	T/C、全棉、Nylon 筒子紗染整廠廢水污染值分布.....	3-4
表 3.2.1-2	針織布浸染廠廢水污染值分布.....	3-5
表 3.2.1-3	梭織布連續式染廠廢水污染值分布.....	3-7
表 3.2.1-4	梭織物浸染廠廢水污染值分布.....	3-8
表 3.2.2-1	染整業製程空氣污染源及污染物.....	3-12
表 3.2.2-2	染整業定型機廢氣污染特性.....	3-14
表 4.1.1-1	污水處理場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.....	4-8
表 4.2.1-2	各種薄膜之過濾特性.....	4-8
表 4.2.1-3	各種膜的分離去除特性.....	4-9
表 4.2.1-4	薄膜處理水水質.....	4-11
表 4.2.2-1	常用的混凝劑種類及特性.....	4-16
表 4.2.2-2	各類型高分子助凝劑的適用範圍.....	4-16
表 4.2.3-1	一般活性污泥法設計參數.....	4-25
表 4.3-1	染整廠廢水處理現況(採用二、三級處理技術).....	4-31
表 5.2-1	不同污染源狀態下之捕捉速度.....	5-5
表 5.2-2	不同邊比 r 之 b 值.....	5-7
表 5.2-3	氣罩入口之壓力損失.....	5-8
表 5.2-4	各種揮發性有機物控制技術之優缺點.....	5-16
表 5.2-5	常見碳氫化合物的燃燒範圍.....	5-21
表 5.2-6	影響吸附的因子.....	5-27
表 5.2-6	影響吸附的因子(續).....	5-28
表 5.2-7	生物處理分解揮發性有機物之難易度.....	5-31
表 5.2-8	可行之燃燒控制改善方式.....	5-38
表 5.2-9	燃燒後氮氧化物控制技術.....	5-39
表 5.2-10	選擇觸媒應注意之事項.....	5-41
表 5.2-11	排氣 SO <sub>x</sub> 控制設備選用及特性.....	5-47

表 5.2-12	常用於除酸的吸收(附)劑 .....	5-47
表 6.1.1-1	帶壓脫水設備之特性 .....	6-15
表 6.1.1-2	泵浦之構造分類 .....	6-25
表 6.1.1-3	泵浦用途分類及使用材質 .....	6-25
表 6.1.2-1	熱破壞防制設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-26
表 6.1.2-2	冷凝防制設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-26
表 6.1.2-3	吸收設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-27
表 6.1.2-4	吸附設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-28
表 6.1.2-5	生物處理設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-28
表 6.1.2-6	氮氧化物設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-29
表 6.1.2-7	硫氧化物設備維護、保養及功能查核要點 .....	6-29
表 6.2.1-1	化學沉降/混凝沉澱設施之維護檢查項目 .....	6-30
表 6.2.1-2	過濾系統異常現象及對策 .....	6-31
表 6.2.1-3	膜分離之異常現象及對策 .....	6-32
表 6.2.1-4	活性污泥異常現象之主要原因及其對策 .....	6-33
表 6.2.1-5	絲狀微生物膨化原因及防治 .....	6-35
表 6.2.1-6	板框壓濾式脫水機異常主要原因及對策 .....	6-37
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 .....	6-38
表 6.2.1-9	超音波流量計常見的故障與排除方法 .....	6-39
表 6.2.1-10	渦輪式流量計常見的故障與排除方法 .....	6-40
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 .....	6-42
表 6.2.1-13	液位計常見的故障與排除方法 .....	6-43
表 6.2.1-14	泵浦故障原因及對策(例：自動控制系統) .....	6-43
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 .....	6-45
表 7.5-1	案例 E 工廠原廢水之進流與放流水質 .....	7-15

# 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「染整業污染防治法規與處理技術手冊」，彙整較新穎之防治技術內容及案例說明，提供產業污染防治之參考使用。

## 1.2 行業介紹

### 1.2.1 產業特性

依據經濟部統計處資料顯示，2013 年人造纖維業產值為新台幣 1,386 億元，較 2012 年同期負成長 3.3%，佔整體紡織產業產值比重為 31%；紡織業為新台幣 2,954 億元，較 2012 年成長 1.7%，佔整

體紡織產業產值比重為 64%；成衣及服飾品業產值為新台幣 226 億元，較 2012 年負成長 5.6%，其佔整體紡織產業產值比重 5%，整體紡織產業總產值達新台幣 4,566 億元，較 2012 年負成長 0.3%。

2013 年台灣整體紡織產業產值約略維持在前一年的水準，在次產業中惟有織布業呈現正成長，台灣擁有織布染整後加工的技術優勢，加上優良上游原料的供應，促使紡織業佔台灣整體紡織產業的比重持續提高；而人造纖維業、成衣業在 2013 年呈現衰退趨勢，台灣紡織產業尚面臨新興市場崛起的競爭、生產要素成本提高及台灣參與區域整合(FTA)未能有效擴大等因素，導致 2013 年台灣整體紡織產業未能有明顯成長。

表 1.2.1-1 2004 至 2013 年台灣紡織業產值統計

單位：百萬元新台幣；%

年度	人造纖維業	紡織業	成衣及服飾業	總計
2004	171,597	340,055	52,895	564,547
2005	164,064	301,051	46,235	511,350
2006	164,494	294,290	40,897	499,681
2007	167,160	307,554	37,223	511,937
2008	134,529	280,251	31,927	446,707
2009	111,985	238,062	24,749	374,796
2010	153,078	302,758	26,486	482,322
2011	162,924	312,613	25,256	500,793
2012	143,445	290,604	23,882	457,931
2013	138,646	295,440	22,550	456,637
2013/2012 增減率(%)	-3.3	1.7	-5.6	-0.3
佔整體紡織產業百分比	31	64	5	100
2014 <sup>f</sup>	140,000	306,000	22,000	468,000
2014/2013 增減率(%) <sup>f</sup>	1.0	3.6	-2.7	2.5

註：人造纖維業統計數字包含碳纖維及玻璃纖維；f 為預測值。

資料來源：經濟部統計處，紡織所 ITIS 計畫整理推估，2014.8

表 1.2.1-2 2013 年台灣紡織品貿易金額統計

單位：億美元；%

進出口貿易	出口		進口		出超/入超	2013/2012 增減率(%)
	出口值	年增減率(%)	進口值	年增減率(%)		
整體貿易	3,054.5	1.42	2,700.7	-0.15	353.8	15.2
紡織品	117.0	-1.00	33.1	-0.44	84.0	-1.2
紡織品佔整體比重(%)	3.8	-	-- 1.2		-- 23.7 --	

2013 年來出口值達 117 億美元，出超具有 84 億美元，佔整體 23.7%

資料來源：財政部統計處；紡織所 ITIS 計畫整理，2014.5

表 1.2.1-3 2008 至 2013 年台灣紡織產業工廠家數與從業員工人數統計

年度	工廠家數(家)	從業員工人數(人)	每人每月平均薪資(新台幣元)	每人每月平均工時(小時)
2008	4,423	168,644	36,151	188.8
2009	4,313	161,874	34,567	187.5
2010	4,300	163,678	34,947	193.1
2011	--	168,510	35,969	190.4
2012	4235	168,033	36,932	188.6
2013	--	165,054	33,219 <sup>註3</sup>	184.0 <sup>註3</sup>

註 1：本表包括紡織業、成衣及服飾品製造業及人造纖維製造業，不含玻璃纖維製造業

註 2：2006 年、2011 年、2013 年因配合工商普查，未辦理工廠校正暨營運調查，故無工廠家數資料

註 3：2013 年資料不含人造纖維製造業，因經濟部統計處分類調整，人造纖維已歸類於化學材料製造業

資料來源 1：經濟局統計處(工廠校正暨營運調查)；中華民國統計資訊網(主計處薪資及生產力統計)；紡織所 ITIS 計畫整理，2014.6

資料來源 2：2014 紡織產業年鑑，p422

2014 年，可望受惠於世界經濟好轉、失業率下滑，及歐洲經濟局勢的改善，而推升全球消費市場的成長，並帶動中國大陸、台灣和東協國家的紡織品出口市場成長。另一方面，全球平價時尚紡織成衣和機能性戶外休閒服市場仍具備高成長空間，且伴隨著機能性戶外休閒服飾、平價時尚成衣的須求遞增，更將提升國際品牌商對台灣紡織業者的下單意願，有助於台灣的紡織品及成衣出口至歐美市場的表現。預估 2014 年台灣整體紡織業產值可以達到新台幣 4,680 億元，較 2013 年成長 2.5%。

我國紡織業從事天然纖維織造、人造纖維織造、紡紗、織布、染整、成衣之生產已歷 40 餘年，雖是傳統產業，但經業者積極引進國外生產技術及自動化設備，已逐漸轉型為資本及技術密集的產業。台灣紡織業之產業體系完整，具有相互支援之產業群聚現象，在過去為台灣締造不小佳績，依此定義紡織業之上中下游關聯詳如圖 1.2.1-1 所示。

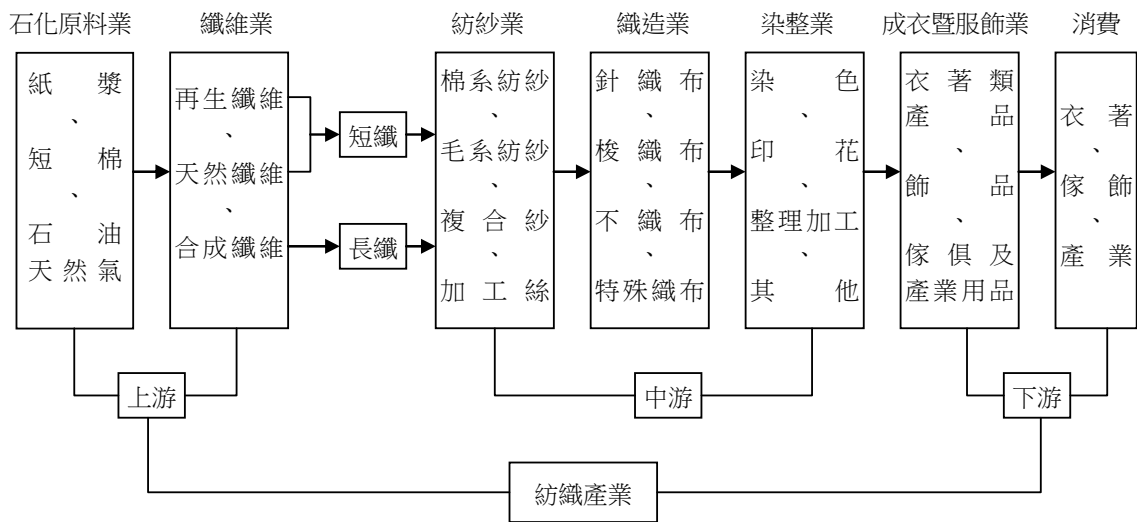


圖 1.2.1-1 紡織上中下游關係

### 1.2.2 染整產業概述

染整工業為紡織工業中上承人纖、紡紗、織布業，下接成衣服飾品業之上中下游產業體系中，提高加工織物附加價值的關鍵產業，亦是上游人纖業的銷貨通路與支援下游製衣業往高級產品開發的供應源頭。行政院主計處編印之中華民國行業標準分類中紡織業之定義為「凡從事纖維之紡紗、織布及染色整理等行業均屬之」。

根據工業局染整業申請外勞者至 2013 年止具有工廠登記證之合法染整廠 470 廠次以上，其中染布廠約 69%，染紗廠約 18%，其餘如印花整理等 13%，主要分布於台北、桃園及彰化等地區，除少數工廠型式為將紡織—染整—成衣加工之一貫化作業大廠外，其餘大多屬於代工性質之中、小型工廠。

「染整」產業技術係將紡織品(包括纖維、紗織、布疋、成衣等)以物理、化學方式或兩者兼具方式處理，經適當的前處理(退漿、精練、漂白等)、染色、印花及整理加工，賦予紡織產品具有顏色、光澤的外觀、舒適的觸感及特殊的機能性功能(如防水、透氣、防火、抗菌等)，扮演著美化成衣服飾及提昇產品附加價值的重要角色，尤其在現今強調產品少量多樣化的趨勢潮流下，更突顯出染整業的重要性，為紡織工業價值鏈中不可或缺的一環。染整產業涵蓋範圍廣泛，以紡織材料種類區分，主要可分為染紗、染布及成衣染色三大類，在台灣染整業當中以筒紗及針織、梭織布染色最為普遍。

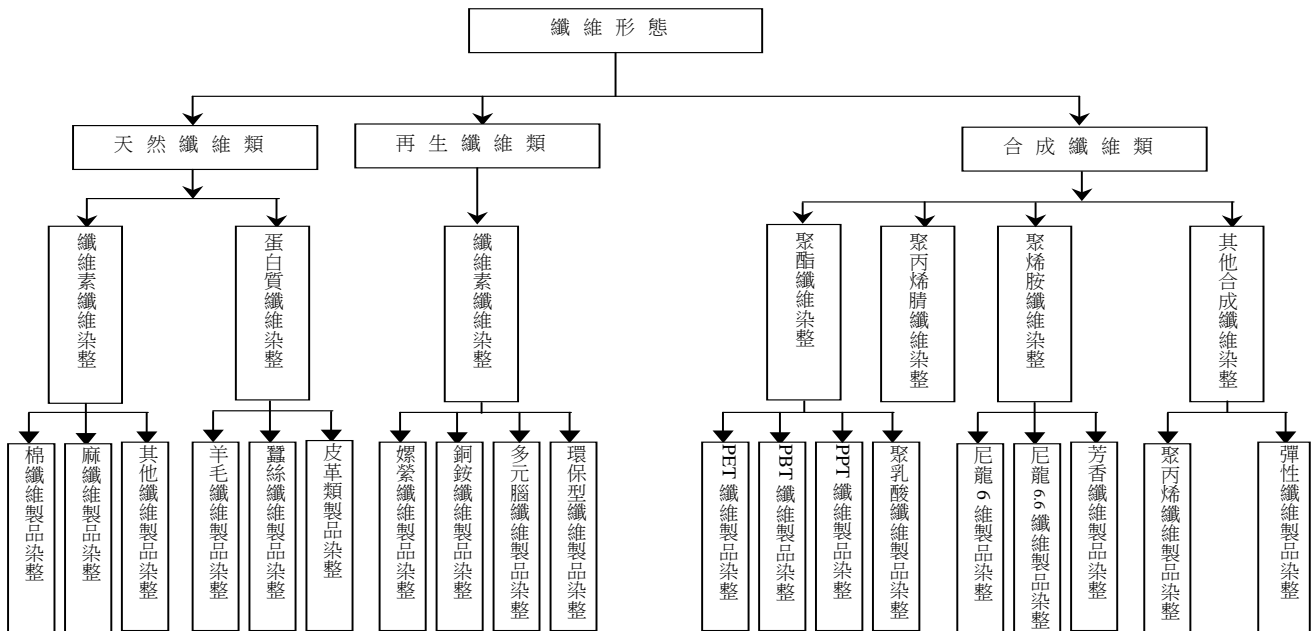
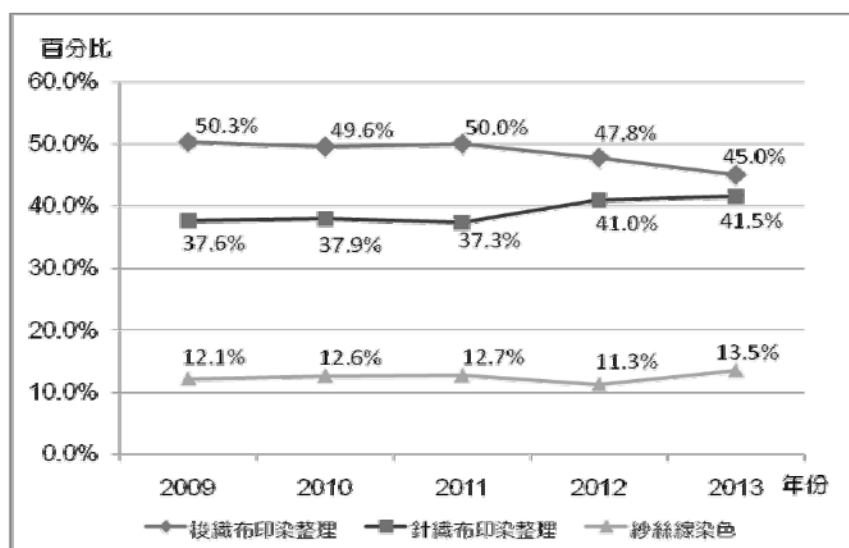


圖 1.2.2-1 紡織纖維染整工程分類

依據 2014 年 4 月份經濟部公布的工業生產統計，2013 年台灣染整業總產值達新台幣 231 億 3 千萬元，較 2012 年產值新台幣 196 億元大幅成長 18%。其中，2013 年梭織布印染整理業產值達新台幣 104.1 億元，較上年成長 11.2%；針織布印染整理業 2013 年產值達新台幣 96.1 億元，較上年成長 19.7%；紗絲線染色業產值達新台幣 31.2 億元，較上年成長 41.2%(參見圖 1.2.1-2)。



資料來源：經濟部統計處紡織所 IT IS 計畫整理，2014.4

資料來源：2014 年紡織產業年鑑 P173

圖 1.2.2-2 2009 至 2013 年台灣染整產業產值



## 第二章 環保法規

本章特針對染整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一一說明，並列舉違反相關案例說明。

### 2.1 廢水污染防治

染整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，以達到污染防制與環境保護之目的。本節彙整現行與染整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

根據水污染預防與管理之相關法規，彙整法規架構如圖 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

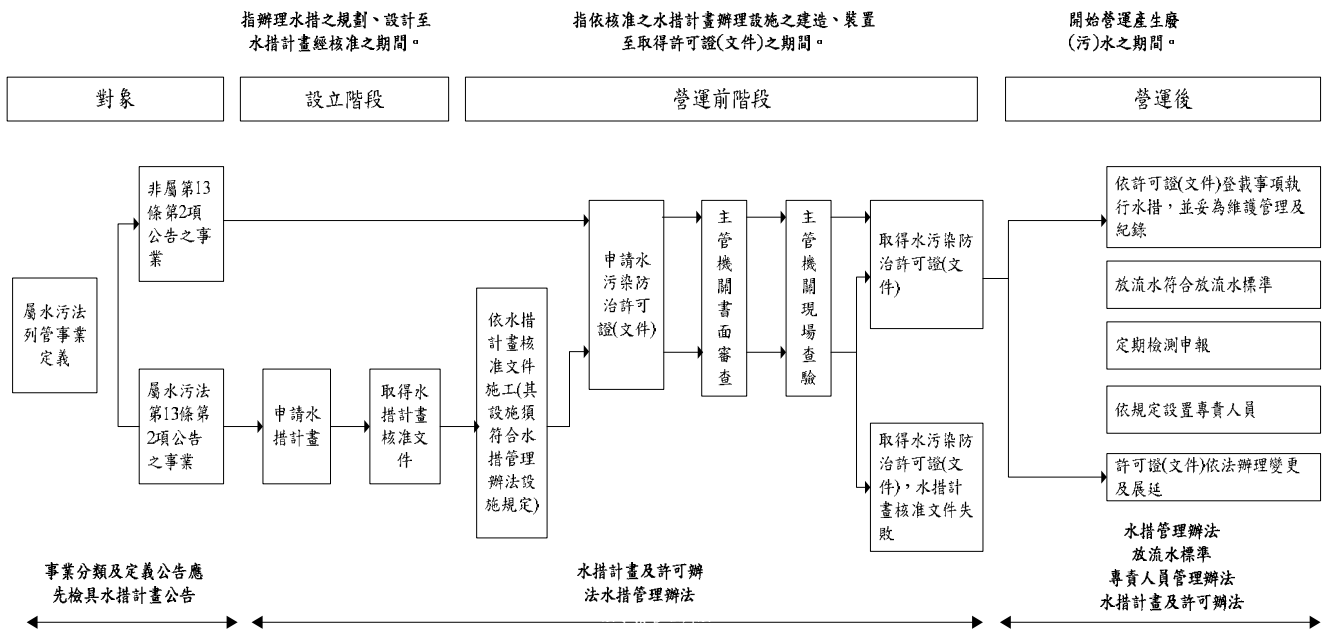
水污染防治法中明訂事業的定義與類別，須遵循的法規如圖 2.1.1-1 架構所示。

依水污法規定，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須經專業技師簽證。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，另根據排放水量及擬排放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 所示。



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(污)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。事業須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須正常運作，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(污)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置專責人員者僅須每 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須依其規定辦理。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

染整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。

染整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 染整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	
BOD	30	
COD	160	印花、梭織布染整者
	140	筒紗、絞紗染色、針織布及不織布染整者
	100	整理、紙印花、刷毛、剪毛、磨毛及非屬前二類者
SS	30	
真色色度 (ADMI)	550	
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、pH 及真色色度外，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，修正為須就違規原因改善，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須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、為強化水污染防治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 本準則依水污染防治法(以下簡稱本法)第66條之1



規定訂定之。

第 2 條 違反本法規定者，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。

第 3 條 一行為違反本法數個規定，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。

根據本裁罰準則，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

經統計染整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 及 ADMI(真色色度)，根據水污法第 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)水於地面水體者，應符合放流水標準。得依第 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—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—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—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—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表等規定。

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，不得與原登記事項抵觸。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 項一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 項一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須設置各級專責人員，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，因此訂定違反水污染防治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

染整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

空氣污染防治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。

#### 一、空氣污染排放標準

##### (一)非特定行業之排放標準

染整業之非特定行業之排放標準主要為固定污染源空氣

排放標準，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)特定行業別法規管制對象

染整業若設有鍋爐、汽電共生等設備需要注意其氮氧化物、硫氧化物及粒狀污染物之排放，染整業之電力設施須符合依「空氣污染防制法」第20條第2項規定訂定之電力設施空氣污染物排放標準其詳細排放標準請參照此標準第4條之附表。

## 二、空氣品質監測

依照固定污染源空氣污染物自動監測管理辦法監測設施之種類及量測項目如下：

(一)粒狀污染物不透光率監測設施，其量測項目為不透光率。

(二)氣狀污染物監測設施，其量測項目為：二氧化硫、氮氧化物(一氧化氮及二氧化氮)、一氧化碳，其他經中央主管機關指定之種類及項目。

## 三、既存固定污染源污染物排放量認可準則

於未符合空氣品質標準之總量管制區內，公私場所未指定公告之既存固定污染源者，應依公告實施總量管制之日起1年內，向地方主管機關申請認可其全廠(場)及個別污染源之污染物年排放量。本準則適用於粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物及揮發性有機物等四類污染物排放量認可申請。公私場所申請污染物排放量認可時，應檢具申請表及排放量相關佐證資料。但公私場所依前條第1項規定申請者，得免附排放量相關佐證資料。

#### 四、固定污染源設置與操作許可證管理辦法

固定污染源經認定為第 1 類固定污染源或第 2 類固定污染源之公私場所，申請固定污染源設置許可證時，應填具申請表，連同經依法登記執業之環境工程技師或其他相關專業技師簽證之空氣污染防制計畫，向直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之政府其他機關申請之。空氣污染防制計畫其應包括內容應依循固定污染源設置與操作許可證管理辦法第 6 條之規定，取得設置許可證後方能進行固定污染源設備安裝或建造。

公私場所有數固定污染源，其形式、規模、操作條件及污染防制設施均相同者，得准用固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法規定，申報經審核機關核准，擇一定數量污染源進行檢測作業。

此外，申請許可證展延者，應填具申請表，向審核機關為之。申請展延操作許可證者，並應檢具 1 年內最近一次之檢測報告，或其他足以說明符合本法相關規定之證明文件。但因停工(業)無法檢具 1 年內最近一次檢測報告者，得報經審核機關同意以替代證明文件辦理。

公私場所固定污染源因產能或產品變動快速，須持續申請許可產能異動或變更者，得一次申請未來 5 年內將達成之產能條件許可或與空氣污染物排放有關之原(物)料、燃料使用量之最大操作條件許可。

另外有關空氣污染物年許可排放量，其推估量須依據連續自動監測 1 年以上結果、試車檢驗報告數據，或主管機關或公私場所自行或委託執行 3 次以上之檢測報告數據；中央主管機關公告之排放係數及控制係數、國內外相關技術論文與測試數據、其他經主管機關認可之排放係數或替代計算方式，作為設置許可證及操作許可證變更之依據，其增加量百分比計算，應以相同之



推估依據計算之。

#### 五、固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法

固定污染源應依主管機關指定公告之污染物項目及頻率，自行或委託經中央主管機關認可之環境檢驗測定機構執行定期檢測，其檢測頻率分為下列3級：

- (一)第1級：每3個月檢測1次，於每年1月至3月、4月至6月、7月至9月及10月至12月期間內應各執行1次檢測。
- (二)第2級：每6個月檢測1次，於每年1月至6月期間及7月至12月期間內應各執行1次檢測。但2次定期檢測間隔不得超過9個月。
- (三)第3級：每年檢測1次，第2年以後之定期檢測，應於相同於第1年定期檢測月份之前後1個月份期間內進行檢測。

執行定期檢測時，其污染防制設施應維持正常運轉，且同一公私場所有數個相同型式、規模、操作條件及污染防制設備之固定污染源，得依操作許可證許可內容規定或報經當地主管機關核准，擇一定數量以上污染源進行檢測。但連續2次檢測之污染源不得相同。其他條件及檢測頻率須求，均依該辦法實施。

#### 六、公私場所固定污染源空氣污染物排放量申報管理

公私場所應申報固定污染源空氣污染物排放量，其空氣污染物種類如下：

- (一)粒狀污染物。
- (二)硫氧化物。
- (三)氮氧化物。
- (四)揮發性有機物。

應依規定格式採上網申報，並於每年 1 月底前向直轄市、縣(市)主管機關申報前 1 年該公私場所全廠(場)之空氣污染物排放量。若未依規定申報空氣污染物排放量者，直轄市、縣(市)主管機關得逕依原(物)料使用量、燃料購買量、產品產量、歷史檢測資料或其他有關資料，計算其空氣污染物排放量。其他狀況可參照該法各項說明申報辦理。

而申請改善排放空氣污染物總量及濃度控管，應依中央主管機關公告或認可之空氣品質模式模擬規範進行模擬，證明其模擬範圍內各受體點或軌跡線或網格之各時段平均空氣污染物濃度，應低於抵換前之各時段平均濃度。並填具申請表檢具規定之文件。

各項申請文件、許可證書、檢測紀錄等均依規定年限保留，若有不實文件，主管機關得撤銷其核准證明。而公私場所違反第 9 條或第 10 條第 2 項規定者，主管機關依本法第 56 條規定辦理；具有本法第 82 條第 2 款至第 7 款情形之一者，主管機關除得命其停工或停業外，並得廢止其核准證明。

## 七、環境保護專責單位或人員設置及管理辦法

事業應依規定設置各級專責人員，主要藉由專責人員辦理廠內空氣污染防制設備之操作維護及相關空氣污染防制管理等作業，間接減少污染情事發生，故倘公私場所屬停工停業狀態者，因其並無產生污染之虞，故得於停工期間免設專責人員，惟日後恢復生產時，則仍應於生產前依規定設置專責人員。而其應執行之業務為：

- (一)釐訂空氣污染防制設施及改善計劃，並協調有關部門實施。
- (二)監督空氣污染防制設施之正常運作，並保存相關資料。
- (三)擬定並協調實施突發事故之緊急應變措施。

- (四)辦理固定污染源設置、變更及操作許可申請，並監督依許可內容操作。
- (五)監督或進行排放管道及周界空氣污染物排放狀況之檢查與鑑定，分析及保存檢測數據，並申報污染源之資料。
- (六)其他有關空氣污染防制管理事項。

#### 八、違反空氣污染防制法

若違反空氣污染防制法第 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。

#### 九、不法利得

公私場所違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則 (102 年 3 月 4 日修正)：

第 1 條 本準則依空氣污染防制法(以下簡稱本法)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本法時應處罰鍰之裁罰。

第 3 條 違反本法各處罰條款，除本法另有規定者外，以附表所列之裁罰公式計算應處罰鍰。但經主管機關認定，屬本法第 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，審酌違反本法上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，並得考量受處分者之資力，予以論處。

根據本裁罰準則，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，根據附表列舉說明如下。

(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；違反本法發生日(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；違反本法發生日(含)前 1 年內違反相同條款累積次數，其全部罰鍰金額為 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

經統計染整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(空氣污染防制法第 20 條)、空氣污染防制設施或監測設施沒有正常運作(第 23 條)、固定污染源新增或變更場內設施未依規定申請(第 23 條)、違反各級防治區內之總量管制行為(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(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

空氣污染防制法 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。同時平日須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、活性炭更換等)，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。

因此若違反上述第 20 條與第 23 條的規定，依照空氣污染防制法第 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。

### 三、固定污染源新增或變更場內設施未依規定申請

公私場所具有經中央主管機關指定公告之固定污染源，應於設置或變更前，檢具空氣污染防制計畫，向直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之政府其他機關申請核發設置許可證，並依許可證內容進行設置或變更。

前項固定污染源設置或變更後，應檢具符合本法相關規定之證明文件，向直轄市、縣(市)主管機關或經中央主管機關委託之政府其他機關申請核發操作許可證，並依許可證內容進行操作。常見缺失可歸納如下：

- (一)現場增設、漏列或移除污染源設備、防制設施。
- (二)或排放管道時，導致許可登載內容不符。
- (三)物質流向或廢氣流向錯誤。
- (四)防制設備及污染設備形式更換與許可不符。

某工廠經許可查核時，發現工廠新申請之廢酸純化暨再生處

理程序，尚未取得固定污染源設置許可證，即已裝設儲槽及部分污染源設備，已違反空氣污染防制法第 24 條第 1 項及固定污染源設置與操作許可證管理辦法第 11 條之應取得設置許可證後，始得進行設備安裝或建造)。

當工廠現場的製程設備(如污染設備、防制設備、管道..等)有變動時(如增加、設備形式改變或流向改變)，須先提送操作許可證異動或設置許可證變更申請，並取得主管機關認可後，才能進行製程變動。工廠若預計新增製程時，須先提送設置許可證申請，並取得主管機關認可後，才能建造及設置設備。

違反上述規定時得依空氣污染防制法第 57 條之公私場所未依第 24 條第 1 項或第 2 項取得許可證，逕行設置、變更或操作者，其違反者為工商廠、場，處新臺幣 10 萬元以上 100 萬元以下罰鍰，並命停工及限期申請取得設置或操作許可證。

## 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，本手冊僅針對事業須遵守的事業廢棄物之處理為說明討論的內容。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。事業廢棄物清理之辦法管制於廢棄物清理法其架構如圖 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

染整業與有害事業廢棄物相關性較少，惟仍須注意製程中是否使用任何公告之列管化學物質。須依廢棄物清理法第 2 條第 2



項規定，訂定有害事業廢棄物認定標準，而第 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：指附表 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。

## 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棄物清理法第 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棄物清理法第 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。

而事業須依廢棄物清理法第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；廢棄物清理法第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，皆須依廢棄物清理法第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棄物清理法第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，須依照廢棄物清理法第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

事業廢棄物之處理須符合廢棄物清理法第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，並以一次為限，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條所列出之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棄物清理法第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

事業違反廢棄物清理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。

根據廢棄物清理法45條，違反廢棄物清理法第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

根據廢棄物清理法第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、剩餘土石方清除機具，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、剩餘土石方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。其證明文件依廢棄物清理法第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，違反廢棄物清理法第9條規定，則依廢棄物清理法第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

根據廢棄物清理法第27條任意棄置廢棄物造成地面污染等行為，則依廢棄物清理法第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

廢棄物清理法第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」，得依廢棄物清理法第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，須根據主管機關的相關規定，應由圖 2.3.2-1 之相關子法依據法規規定，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

為防治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，其責任與本法第 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，須依第 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條的規定，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(以下簡稱本法)之案件，裁處罰鍰符合比例原則，特訂定本基準。
- 二、違反本法規定之行為，其罰鍰額度應由主管機關依本法所定之額度及附表所列情事裁處之。但違反本法規定，經主管機關認定為情節重大者，主管機關得逕依本法所定之最高額度裁處之。
- 三、一行為違反本法數個規定，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、一行為違反本法數個規定，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、違反本法按次處罰規定，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、主管機關對違反本法規定之行為，其罰鍰額度除依第2點至第5點規定辦理外，並應審酌違反本法規定行為之污染程度、危害程度、應受責難程度、所生影響及因違反本法規定所得之利益，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。違反本法規定之行

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本法規定之日起，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、主管機關依本法第 40 條第 1 項按次裁罰，且經主管機關認定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、牧產品而須銷毀，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"> <li>1. 行為人<b>首次違反</b>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。</li> <li>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<b>限期命補正而不補正或未補正完成者</b>，每次得依前次裁罰金額加計50萬元；</li> <li>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<b>未公告為整治場址者</b>，每次得依前次裁罰金額加計100萬元。</li> </ol>
<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"> <li>1. 行為人<b>首次違反</b>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。</li> <li>2. 未提送整治計畫，經直轄市、縣(市)主管機關<b>限期命補正而不補正或未補正完成者</b>，每次得依前次裁罰金額加計100萬元。</li> </ol>
<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"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol>

## 第三章 製程與污染特性

### 3.1 製程特性

染整製程主要係利用紡織、化學與機械專業知識，將纖維的集合體(如紗、布)經過適當的前處理(退漿、精練、漂白、絲光)、染色、印花及整理等工程來提升附加價值。

生產製程涵蓋了以纖維原料製成之半成品或成品(含纖維本身)為基材，利用化學或物理方式處理而賦予顏色、圖案，提供紡織品更多的機能與實用，所以染整技術或軟體、設備、染助劑、樹脂開發等方面，皆可隸屬於染整產業領域。染整製程技術涵蓋領域如圖 3.1-1 所示。

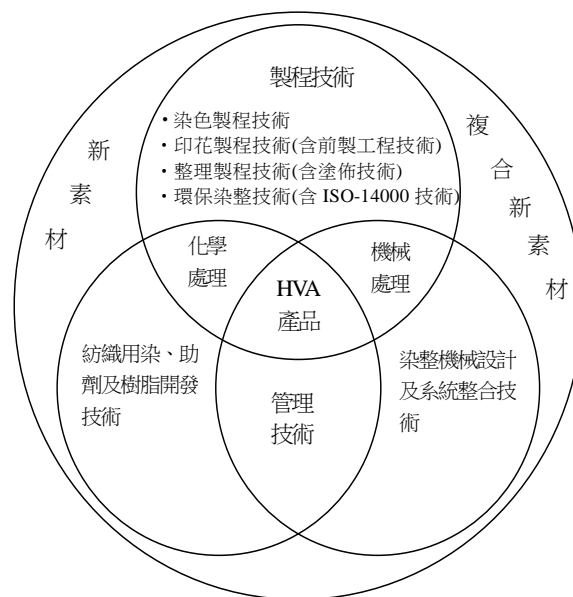


圖 3.1-1 染整技術涵蓋領域

纖維種類一般區分為天然纖維、再生纖維、合成纖維等三大分類，分類情形如圖 3.1-2 所示。染整工程依序為一般分為前處理、退漿、精練、漂白、絲光、染色及後處理加工，而加工製程可分為染紗、梭織布染整、針織布染整、連續染色、印染，目前染整加工仍以染布最為普遍，工廠之數目最多，染紗次之，成衣染色最少。染整加工各單元

流程彙整如圖 3.1-3 所示。

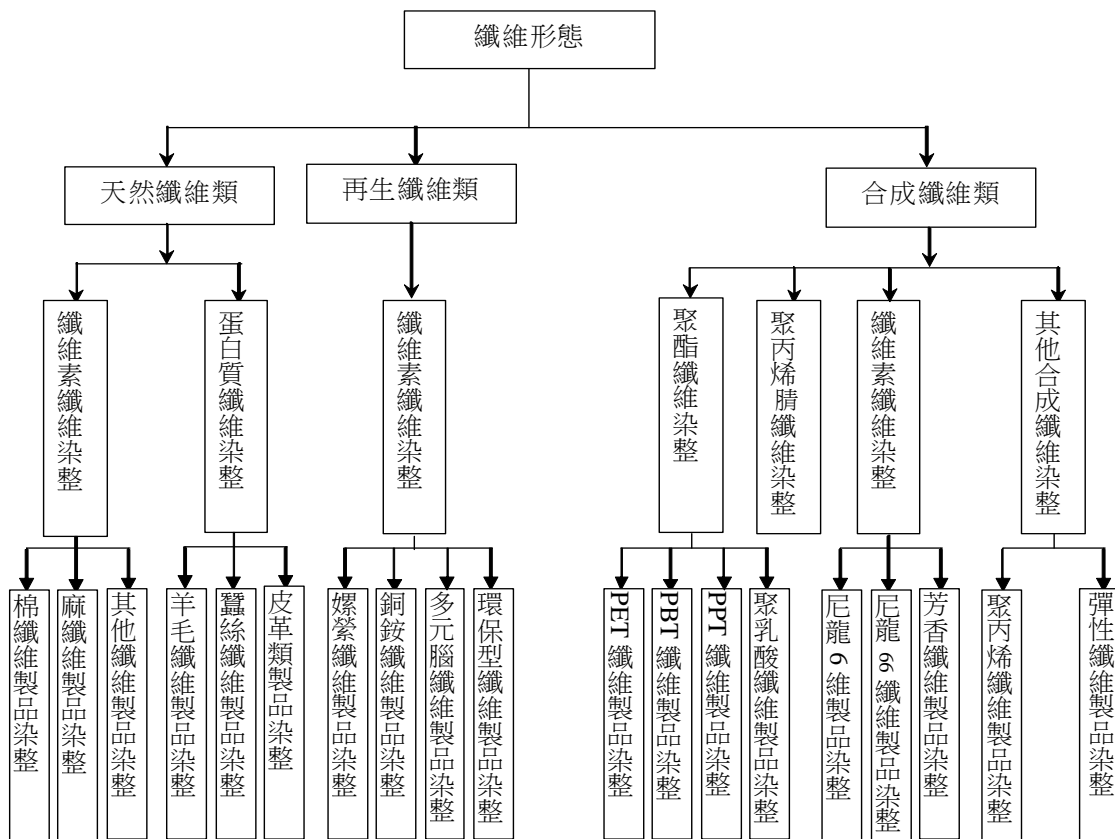


圖 3.1-2 依不同纖維型態之染整製程分類表



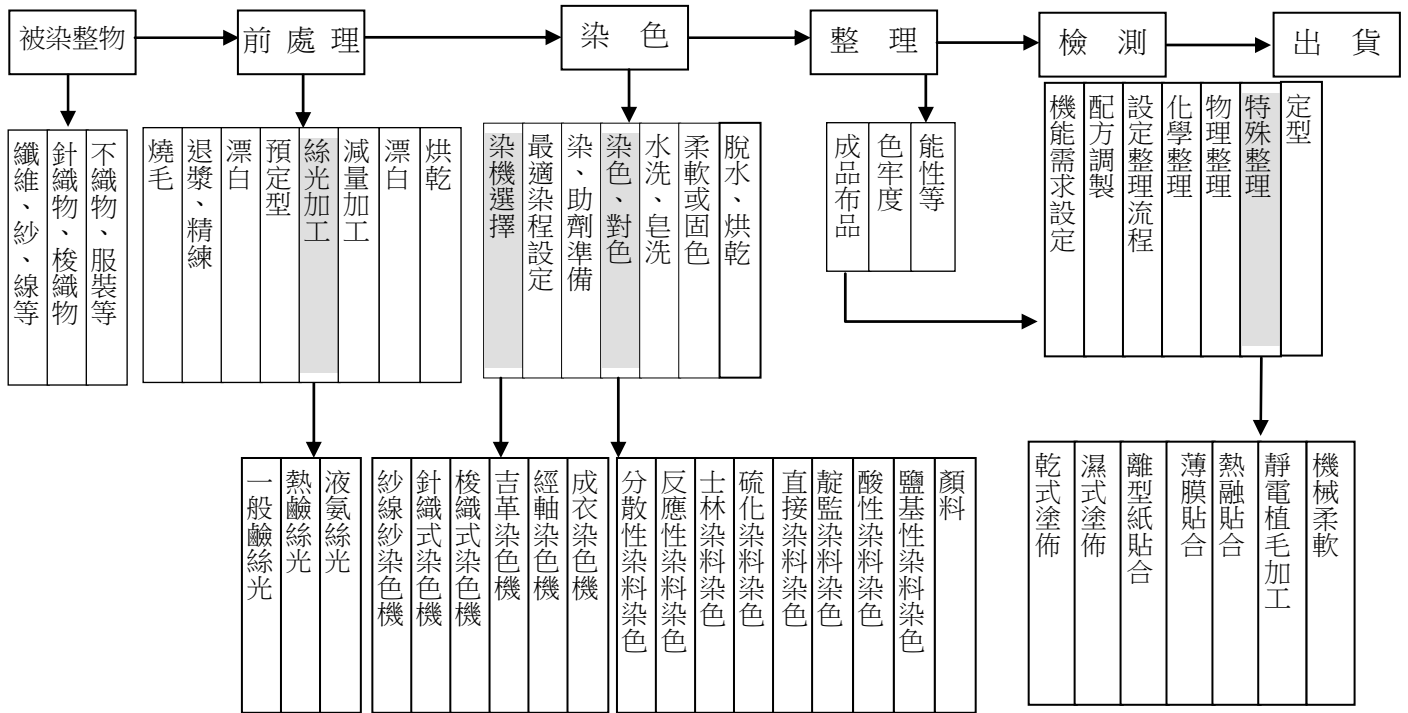


圖 3.1-3 染整製程單元分類彙整圖

### 3.2 污染來源與污染特性

#### 3.2.1 水污染來源與特性

染整加工流程視織物素材的成分、組織、性質及最終用途之不同而會有極大差異，但一般來說，染整製程從準備工程、前處理、染色、印花、整理、中檢、成檢、包裝、加工，單元製程多者十幾道，少者有八、九道，同時在過程中耗用大量的水、熱能以及染料助劑，因此產生許多的廢水(液)。

染整廢水特性為高溫及高 pH 值，但亦有部分廢水因為使用酸性染料及助劑致產生低 pH 值之廢水。

#### 一、筒紗染整廠廢水特性

##### (一)基本生產流程與污染源特性

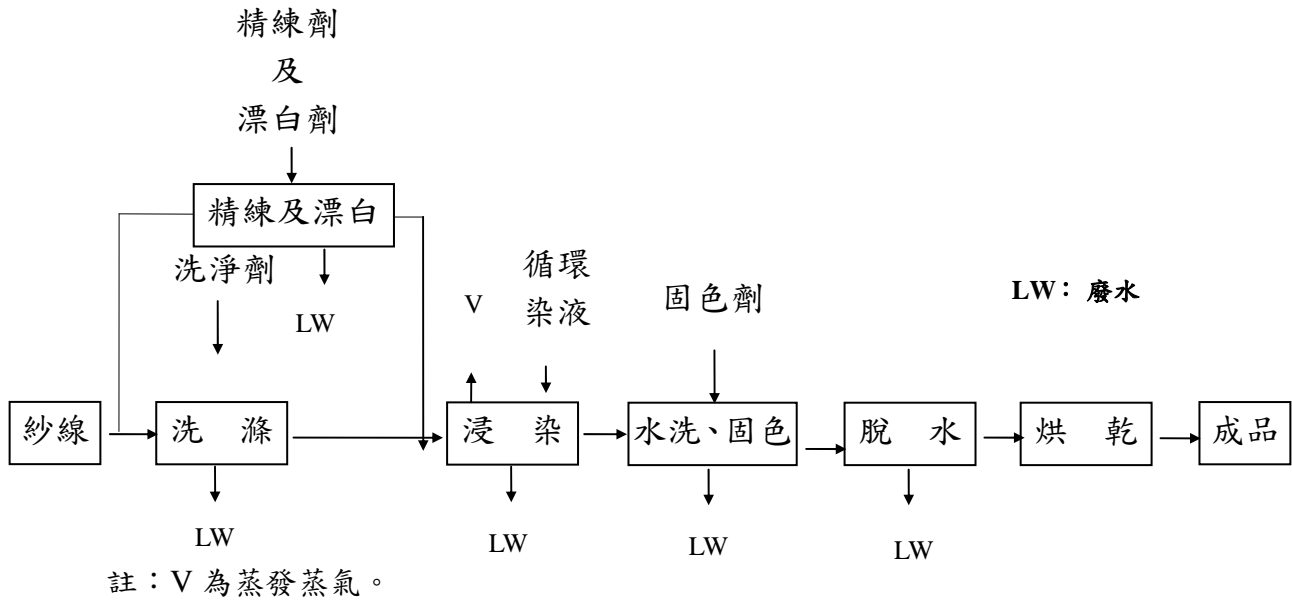


圖 3.2.1-1 筒紗染整廠生產流程與廢水來源

胚紗常帶有相當多的不純物如油劑、寡聚合物(oligomer)等，須先經前處理工程去除之。前處理工程包括精練及漂白工程，以去除紗線上的不純物，以利後續的染色加工。

(二)廠區廢水污染值分布

筒紗染整製程排放廢水的主要污染源來自前處理工程的精練、漂白，浸染過程的染色、整理階段的柔軟、固色、靜電防止劑等殘液排放，各階段排放的污染度如表3.2.1-1所示。

表 3.2.1-1 T/C、全棉、Nylon 筒子紗染整廠廢水污染值分布

製程	廢水特性	污染指標		
		pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)
精練 漂白	強鹼 有懸浮固體物	12	300~400	5,000~6,000
染色	高色度	4~12	200~400	2,000~2,500
柔軟	浮白混濁狀	5.5~6.0	500~700	400~1,000
綜合廢水		7-8	160~1,000	400~1400

## 二、針織布染整廠

任何針織物無上漿之困擾，基本上僅須精練、漂白工程，但依材質與針織織造之蠟、油而決定前處理工程之技術。

### (一)生產流程、廢水來源及其特性

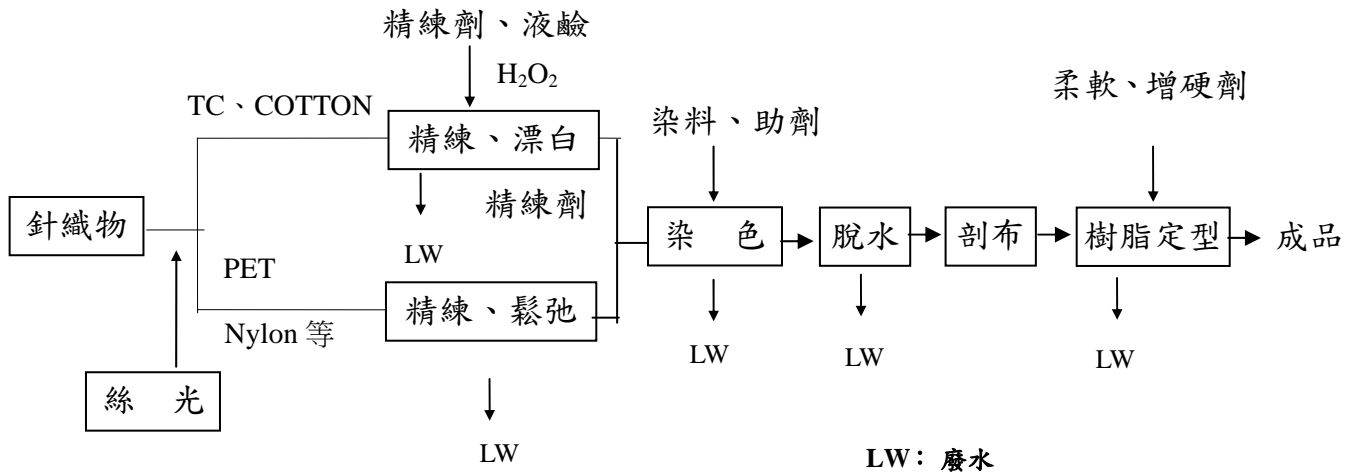


圖 3.2.1-2 針織布浸染廠生產流程與廢水來源

### (二)廠區廢水污染值分布

針織布浸染廠廢水主要來自前處理的練漂廢水及染色廢水，其污染度分布如表3.2.1-2所示。

表 3.2.1-2 針織布浸染廠廢水污染值分布

製程	廢水特性	污染指標		
		pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)
精練 漂白	外表呈混濁有細小懸浮固體，呈強鹼性	11~12	60~130	2,000~4,000
染色	屬高色度廢水，含有各種有機染料界面活性劑等助劑	5~10	20~500	1,000~3,000
整理	外觀呈浮白混濁狀含有高懸浮固體、透視度低、高濃度樹脂殘液	5~7	3,000~4,000	16,000~30,000
綜合廢水		7~9	100~900	400~800

### 三、梭織布染整廠廢水特性

梭織布織造時為求高織造效率及經紗平滑性，避免毛羽產生糾結情形，因此於經紗加以上漿，在染整過程則必須先有退漿工程，基本染整流程可分為連續式染整廠與浸染廠加以討論。

#### (一)梭織物連續式染色整理廠

##### 1.生產流程、廢水來源及其特性

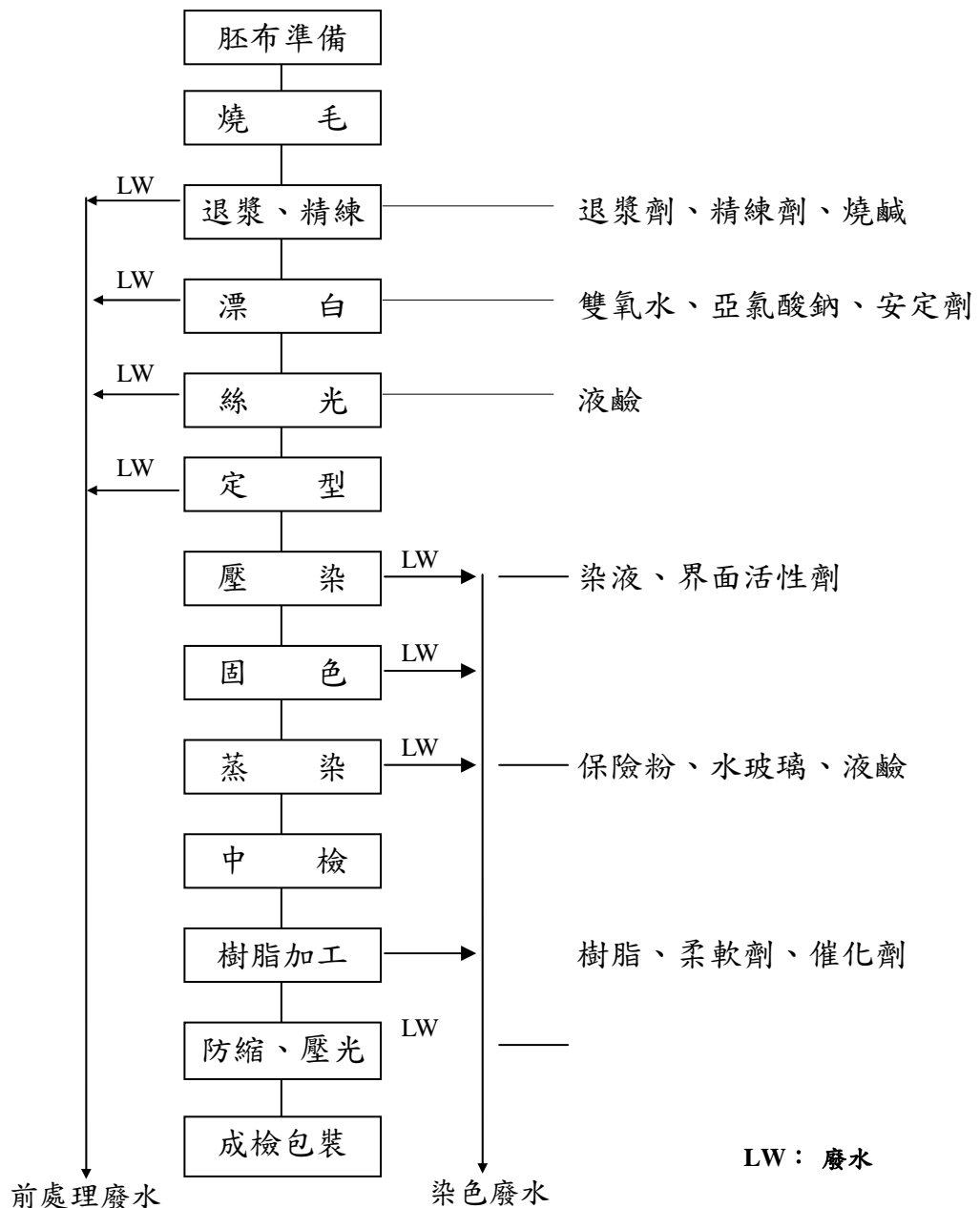


圖 3.2.1-3 梭織布連續式染廠生產流程與廢水來源

## 2. 廠區廢水污染量分布

梭織布連續式染廠較浸染廠用水量節省，其廢水主要污染源包括前處理工程的退漿、精練、漂白及絲光等，屬於鹼性高污染度排放廢水；壓染機槽底廢水為高色度來源，製程各階段污染度分布如表3.2.1-3所示。

表 3.2.1-3 梭織布連續式染廠廢水污染值分布

製程		廢水特性	污染指標		
			pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)
退漿	預處理水洗	纖維碎屑、漿料界面活性劑、殘鹼、油、蠟、廢熱	6.1	250	10,000-15,000
	後水洗		6.0	366	2,000-6,200
精練			7.3	925	4,800-11,400
漂白			10.3	21	530-660
絲光		高溫、高鹼性、廢熱	13-13.3	0-91	40-2,680
壓染槽底廢水	淺	高色度廢水	6-8	—	6,000-15,000
	中		6-8	—	20,000-27,000
	深		6-8	—	40,000-50,000
蒸煮	反應	高色度廢水、水玻璃、保險粉、液鹼及界面活性劑		—	1,000-1,260
	士林		11	—	425
水洗	磨毛布水洗	懸浮固體	8.4	16	158
樹脂廢水		懸浮固體、透視度低、高濃度廢水		27	18,000-22,000
綜合廢水			10-12	100-400	2,000-3,000

結果說明：1.退漿段佔全廠總污染(COD值)約60-80%。2.壓染機槽底殘液佔全廠色度約90%。

## (二)梭織布浸染廠

梭織物中全棉、T/C、T/R...等系列浸染生產製程之污染量，基本上和連續式染色，類似於此針對於長纖系列產品(PET、Nylon等)之製程污染加以分析。

### 1.生產流程、廢水來源及其特性

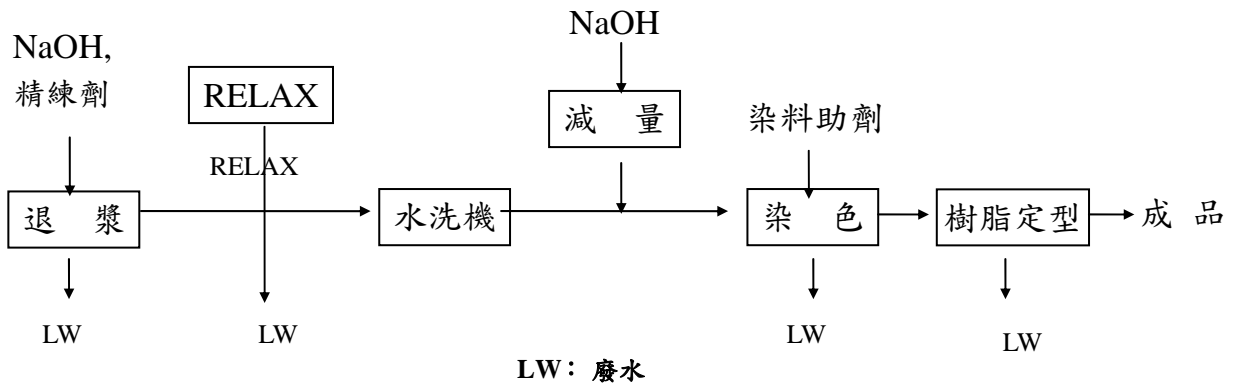


圖 3.2.1-4 梭織布浸染廠生產流程與廢水來源

### 2.廠區廢水污染量分布

梭織布浸染廠一般退漿工程在連續式退漿機處理，減量加工可增加織物手感，但產生的廢水 COD 屬高污染度。其製程各階段污染值分布如表 3.2.1-4 所示。

表 3.2.1-4 梭織物浸染廠廢水污染值分布

製程	廢水特性	污染指標		
		pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)
退漿	油、蠟、界面活性劑 漿料、懸浮固體物	7-12	200-700	450-7,000
減量	高鹼度 寡聚合物(Oligomer)	13	2,000	40,000-50,000
染色	高色度廢水、廢熱	—	15-90	1,000-4,000
整理	乳白渾濁狀、高懸浮 固體、透視度低	7-7.5	300-1,500	3,000-15,000
綜合廢水		7-8	60-120	900-1,200

此外，染整廠放流水水質不合格項目主要為 COD 與 SS，染整廠廢水處理廠規劃設計之水質參數為 SS、BOD、COD，故一般無色度參數，且色度主要採化學混凝去除，染整廠依其水質特性調整混凝劑加藥量，以使放流水色度達標準 ADMI 值 550 單位。

染整業依製程及使用染料種類，原水色度範圍為 1,000~3,000，經化學混凝或化學混凝併用氧化脫色(次氯酸鈉漂白水)，放流水色度範圍可達約 80~550 單位。但為去除色度產生很多化學污泥，目前染整業面臨污泥餅最終處置之委託清運費用高。

### 3.2.2 空氣污染來源與特性

染整業為紡織工業重要之中間環節產業，染整製程一般概分為染前處理(準備工程)、印染過程(含染色或印花工程)及染後處理(整理加工)三大部分，染前處理之主要目的在去除纖維上之雜質，以免影響染色或印花工程，而染後處理之主要目的則在增加纖維的使用性或為某種特殊用途所作之特殊加工，如防火、防水、透氣等。因染整之製程與助劑之使用主要係依纖維種類區分，即棉、毛、人造纖維及混紡纖維等，紡紗、織造及染整工程與製程別如圖 3.2.2-1 所示。

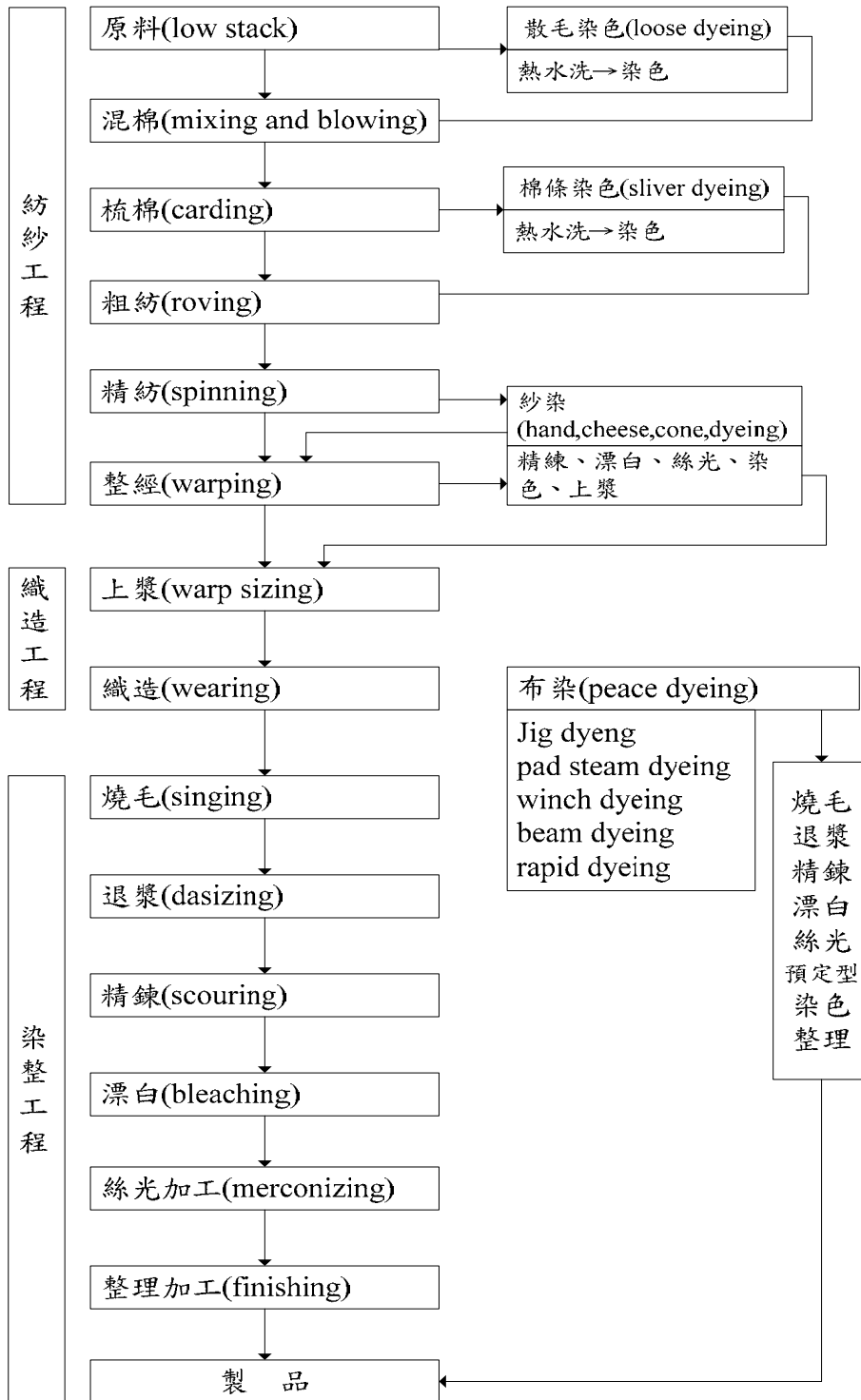


圖 3.2.2-1 紡紗、織造及染整工程與製程別

定型機是在染色整理加工端的關鍵設備，熱定型機原理是利用熱空氣對針織物或平織物進行烘乾和樹脂整理加工並使之定型。



染整廠定型機所排放之廢氣，因含有油霧與助劑，於煙囪排放口常會因溫度降低凝結而形成大量淡藍色油煙，油滴也會飄落至工廠周邊地面造成污染，同時有時也會造成異味問題，工研院能資所曾實地採取染整廠定型機廢氣樣品，經分析結果發現染整業定型機廢氣中除含油霧外，亦含有苯、酚與奈類之揮發性有機物。

印染整業製程中可能產生煙霧及揮發性有機物等空氣污染之作業流程包括織布、洗絨、熱固、染色、整理、塗裝、加固、燒毛等，如表 3.2.2-1 所示，並分述如下：

- (一)織布：紡織品常含有織布油及針織油，易於織布的過程排放煙煙或不完全燃燒的碳煙。
- (二)洗絨：紡織品熱固定之前，可藉洗絨作用降低油的排放量。利用水洗可將含油量降低至 0.5%；使用溶劑時，則可降低至 0.1%，惟易於排放揮發性有機物。
- (三)熱固：熱固的目的係防止紡織物產生收縮現象，在此過程中除了會排出含織布油的煙霧外，還會產生聚酯聚合物及其他多種聚合物，由於水洗洗絨時去除了一部分的污染物，因此降低了熱固時所產生的污染物。
- (四)定型：染料在定型與烘乾時易產生大量的水蒸氣及熱空氣，且易排放煙霧，由於印花時使用高濃度有機溶劑，在高溫定型烘乾時會排出藍灰色煙霧，所排放的有機物中可能含有三氯苯、 $\beta$ -甲基奈、苯甲酸甲酯及聯苯，且常伴隨異味。
- (五)烘乾：有機溶劑載體易於烘乾機中揮發，再由煙囪排放，所排放有機物含丙酮、苯、氯仿、乙醇、乙酸乙酯、乙三醇、甲醇、四氯乙烯、甲苯、三氯苯、三氯乙烯、二甲苯、甲醛、尿素等等。

表 3.2.2-1 染整業製程空氣污染源及污染物

製程	排放之機制	排放點	排放之重要物質
織布	熱	加熱器	織布油
洗絨	熱、空氣	---	溶劑
熱固	熱	---	織布油、紡織油、聚合物
染色	水蒸氣	進料口	染料
整理	熱、空氣	定型烘乾機	織布油、有機化合物、染料、溶劑、樹脂
塗裝	熱、空氣	烘箱	溶劑、塗裝料
加固	熱	加熱器、定型機	溶劑
燒毛	熱	燒毛處	紡織品、燃燒產物

由染整製程可知，印染整理業主要空氣污染源係由下列設備單元產生：

- 蒸汽鍋爐與熱媒鍋爐須燃燒重油作為熱源，產生廢氣。
- 燒毛機係將須燒毛處理的胚布，藉燃燒機火源將胚布表面之不純物燒掉，目前多燃燒天然氣。
- 刷毛機與起毛機於加工前須添加之起毛油與刷毛油。
- 剪毛機係將胚布表面纖維剪除而形成平整的絨毛狀。
- 磨毛機會產生纖維細絮。
- 定型機主要藉由高溫使胚布中所添加之加工助劑(如柔軟劑、平滑劑、手感調整劑等)與纖維形成交聯。
- 樹脂加工機主要功能為防縮、防皺、防水加工，其構造與定型機類似，均利用高溫將胚布中所添加之樹脂與纖維形成交聯，達到其預期功能。
- 上膠機係胚布進行貼合加工處理加工前須使用膠劑。

印染整理業空氣污染特性：

- 蒸汽鍋爐與熱媒鍋爐燃燒廢氣產生之SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、粒狀污染物。
- 燒毛機燃燒廢氣產生之SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、粒狀污染物。
- 刷毛機與起毛機會產生纖維絮，而所添加之起毛油與刷毛油將會於後續熱定型加工中揮發出來，形成油煙。
- 剪毛機會產生大量纖維細絮，若未加以收集將是粒狀物溢散的主要來源。
- 磨毛機會產生纖維細絮。
- 定型機為主要整理加工設備，藉由高溫使胚布中所添加之加工助劑(如柔軟劑、平滑劑、手感調整劑等)與纖維形成交聯。定型機產生之廢氣，除含有胚布殘存的紡織油劑外，熱定型加工前所添加之刷毛油、起毛油、與助劑所含的蠟質、溶劑、乳化劑、高分子單體等，於高溫定型時均會揮發出，排放廢氣形成油煙。
- 樹脂加工機主要功能為防縮、防皺、防水加工，其構造與定型機類似，均利用高溫將胚布中所添加之樹脂與纖維形成交聯，達到其預期功能。樹脂加工機產生的廢氣可能含有害物質，如甲醛，即使低濃度亦會有臭味溢散問題。
- 上膠機主要於熱加工時，膠劑所使用的有機溶劑，如甲苯，會揮發出來，產生臭味。

由於定型機為染整廠整理加工之必要設備，且設備數量頗多，其排放之廢氣中會含有大量油脂、蠟質、有機蒸汽等，形成主要污染源，有關其廢氣污染特性如表3.2.2-2所示。

表 3.2.2-2 染整業定型機廢氣污染特性

定型機操作條件	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 烘乾定型室大多為 7-8 室</li> <li>• 操作溫度 120-210°C.</li> <li>• 一般進步速率 20-60 m/min</li> </ul>
主要污染物	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有機蒸氣</li> <li>• 粒狀污染物 (包括氣膠、油霧)</li> </ul>
污染形成原因	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 布料中油脂或蠟質遇高溫揮發，當進入大氣因溫度下降發生冷凝，形成無數次微米粒子，容易排放淡藍色白煙</li> </ul>
污染特性	<p>據國外文獻指出</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 粒狀物濃度 70-230 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 不透光率 20-50%</li> <li>• 粒徑分布 0.01-1.0 μm</li> </ul>
污染組成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 上游紡織之織布油、紡紗油</li> <li>• 染料及染色助劑 (導染劑)</li> <li>• 整理加工之樹脂、柔軟劑等</li> <li>• 印花糊劑之尿素、溶劑等</li> </ul>

## 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、浮除及過濾等，處理單元預期操作功能如表 4.1.1-1 所示。

表 4.1.1-1 污水處理場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須氧量(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 <sup>+</sup> )與鹼性物質之氫氧離子(OH <sup>-</sup> )，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

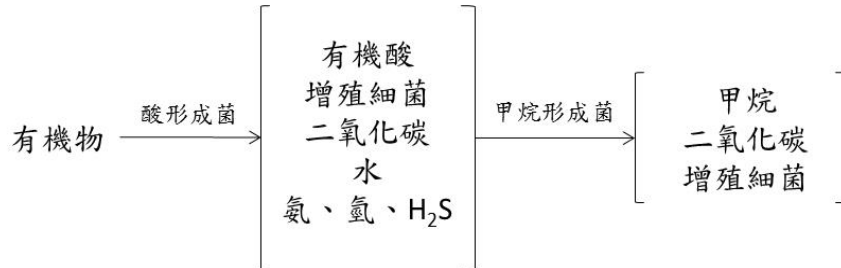
在廢水之好氧處理中，廢水之有機物(包括碳水化合物、蛋白質及脂肪)被好氧性微生物分解，其反應過程如下列所示：

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
(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

型式	名稱	用途
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、穩定作用及氮化作用
(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

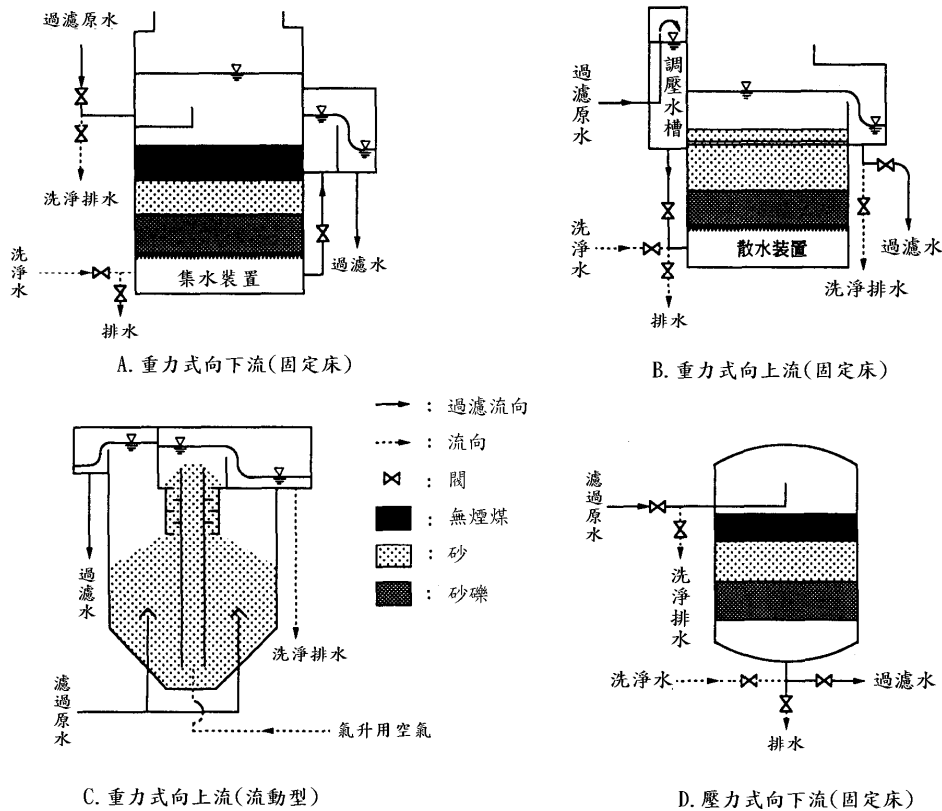
#### 一、砂濾

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  $100\sim600\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$  之濾速，藉物理性的阻留作用及沈澱作用，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  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$ ，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 m<sup>2</sup>，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。

快濾對於二級處理水之再利用處理，最大之效果為：增進清

澈度、提高使用者之接受性，及減少再生水之消毒藥劑量，並提升消毒效果。其種類與形式可分為：

- 重力式、壓力式：以確保濾壓的方法
- 向下流、向上流、水平流、上下向流：依過濾方向分
- 固定床、移動床：濾層之運動方法

綜上，各種類與形式，可將快濾設施依其運作方式分為多種，以下就常用之幾種進行簡要說明：

#### (一)重力式向下流過濾

重力式向下流(固定床)式之設施，為以無煙煤及細砂而成兩層過濾為標準，濾層的厚度約為無煙煤厚度的60%以下。無煙煤的有效直徑為1.5~2.0 mm為標準，砂的有效直徑的2.7倍以下。無煙煤及砂之均勻係數以1.4以下。無煙煤及砂層的濾層厚度為60~100 cm。支承礫石之粒徑及厚度，應配合下部的洗淨及反沖洗速度和空氣清洗速度決定之。

#### (二)重力式向上流過濾

依圖4.1.1-1(B)向上流過濾時，應於過濾池的前後設置過篩或細篩。濾層由下部的支承砂礫及上部的砂組成之。支承砂礫的粒徑，粗粒者置於下層，細粒者置於上層。濾層以單層，砂的厚度以1.0~1.8 m為標準。濾材的有效直徑為1~2 mm，均勻係數為1.4以下為標準。

#### (三)向上流流動床過濾

其形式如圖4.1.1-1(C)，過濾池之前後設置細過篩設備。濾材以砂粒，有效徑1.0 mm為標準。以砂構成單層過濾，濾層厚度以1 m為標準。砂的均勻係數以1.4以下為宜。設置氣升設備

及所須空氣源。

#### (四)壓力式向下流過濾

其形式如圖4.1.1-1(D)，以砂及無煙煤形成兩層式的濾層，砂層的厚度為無煙煤厚度的60%以下。無煙煤的有效粒徑為1.5~2.0 mm為標準，砂的有效粒徑的2.7倍以下。無煙煤及砂的均勻係數以1.4以下。無煙煤及砂所形成之濾層厚度以60~100 cm。支承礫石之粒徑及厚度，應配合下部的清洗及反沖洗速度和空氣清洗速度決定之。支承礫石，粗者在下層，細者在上層為標準。供水方式依各設施所須利用水量、供水壓力及設置條件決定之。

#### (五)纖維過濾

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須利用水量、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
凝膠層析	阻滯高子量溶質的貫穿。	濃度梯度
電極分離	分離鹽類物質及膠體	電動勢能
離子電極	對特定離子具選擇性。	濃度(活性)梯度

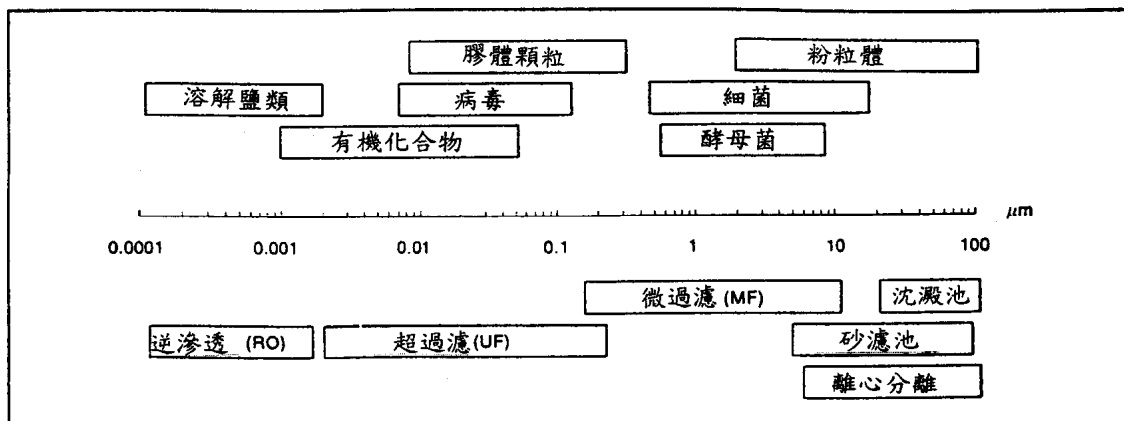


圖 4.2.1-2 水中常見污染物與處理方法

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 <sup>2</sup> )	微粒子
超過濾 (Ultra Filtration)	1~10(kgf/cm <sup>2</sup> )	膠凝狀
逆滲透 (Reverse Osmosis)	5~100(kgf/cm <sup>2</sup> )	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0.01~0.1 μm之微細至1~50 μm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。

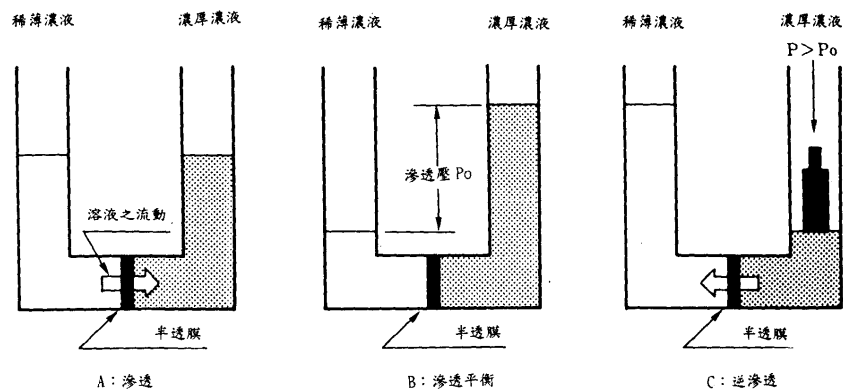
分離之性能主要為分子量在1,000~300,000(Da)程度之高分子量物質為對象，可做為蛋白質之分離、濃縮、醱酵物質之分離、濃縮、精製、酵素、病毒、核酸等之分離、濃縮、精製、油分離、膠狀物質之去除、放射性物質之去除。

### (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，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，惟須有滲透壓的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/cm<sup>2</sup>的滲透壓力，海水濃度高至35,000 mg/L，滲透壓約須25 kgf/cm<sup>2</sup>，因處於高鹽分之水中製造純水須較高的壓力，故逆滲透常被利用為海水淡化。



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	
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 <sub>3</sub> )	二級處理水相同	6~13	
硬度(mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	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：

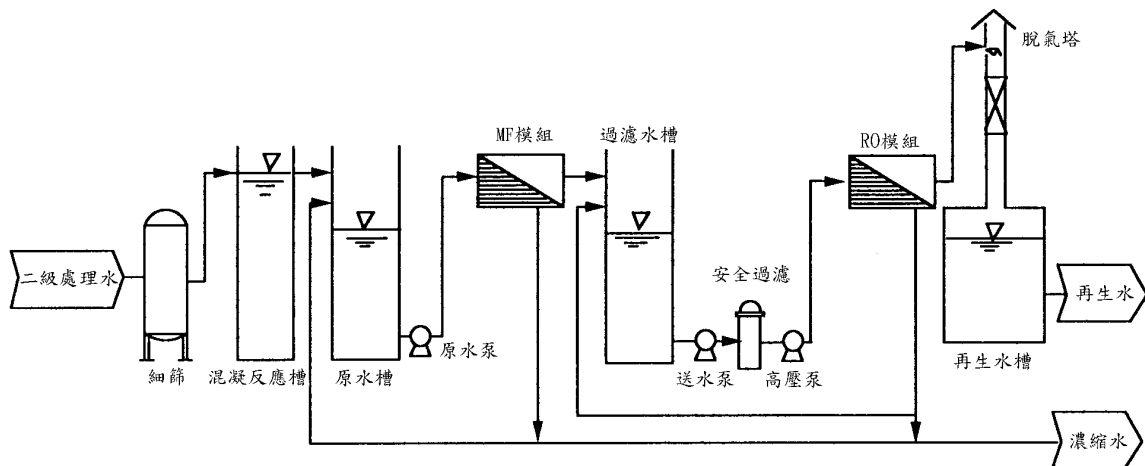
- (一)二級處理水先經混凝沉澱、MF 等處理後，並調整 pH 等，並選擇合乎膜之特性處理之。
- (二)依水透過流速求出膜面積，並求出膜組數，而水透過流速則為重要設計因子，無法用理論計算，應依實驗求出之。
- (三)水回收率也即濃縮率愈高，膜面將呈垢殼，分離性會降低，因之應設定不超過溶質之溶解度的濃縮倍數。

(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  $\text{CO}_2$  氣體容易通過之特性，使得透過水中溶解多量的  $\text{CO}_2$  到 pH 稍降低，故應以脫氣塔或曝氣等方式去除水中的  $\text{CO}_2$ 。

(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，使離子在膜邊界層有累積的現象。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  $\text{CaCO}_3$ ， $\text{CaSO}_4$  等沈澱，降低分離及純化效果。

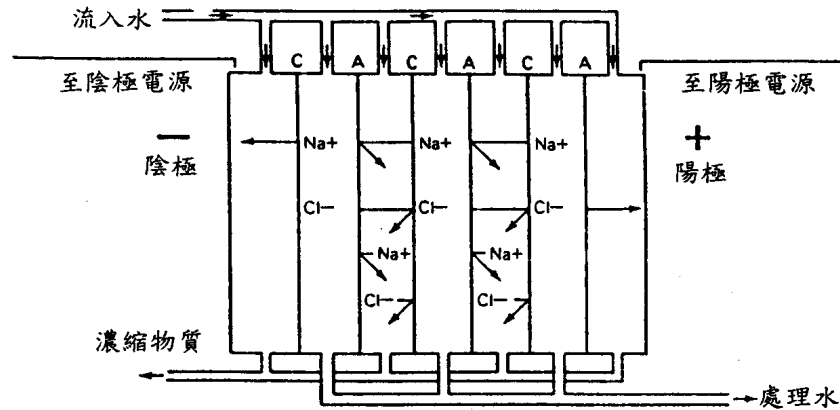


圖 4.2.1-5 電透析法原理圖

資料來源：下水道工程學第五版。

## 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符號的離子。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)。

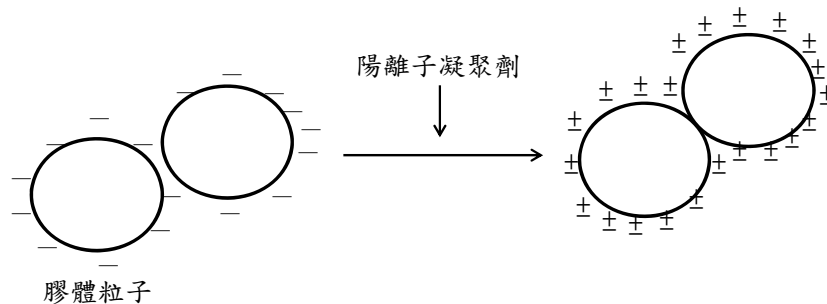


圖 4.2.2-1 電荷之中和

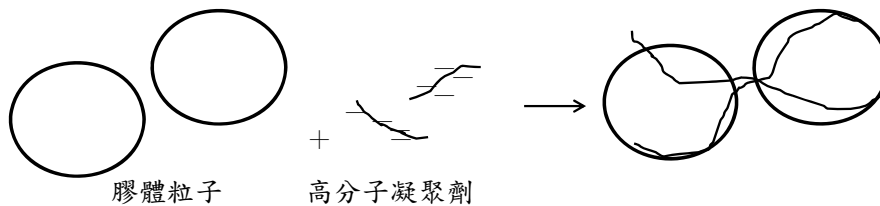
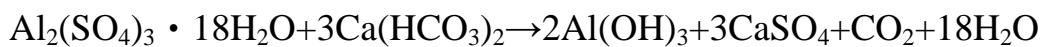


圖 4.2.2-2 架橋作用概念

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

凝聚劑之添加及所須之用量，一般可藉杯瓶試驗(jar test)來決定最佳加藥量操作條件。由試驗所得之加藥量約將比實際所須略為多些。杯瓶試驗步驟如下：

- 1.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覆此步驟直到產生膠羽。
- 2.用 6 個燒杯各置 1000 mL 水樣，以  $H_2SO_4$  或  $NaOH$  調整 pH 值分別為 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0。
- 3.以步驟(1)得之混凝劑劑量分別加入各燒杯。
- 4.以轉速 80~100 rpm 快混 1~5 分鐘後，轉速改為 25 rpm 慢混

10~30 分鐘。

5.停止攪拌，靜置 10~30 分鐘，取上層澄清液分析水質。

6.選定最適宜之 pH 值後，重覆步驟(2)、(4)、(5)，但使用不同的混凝劑劑量，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而經濟之加藥量。

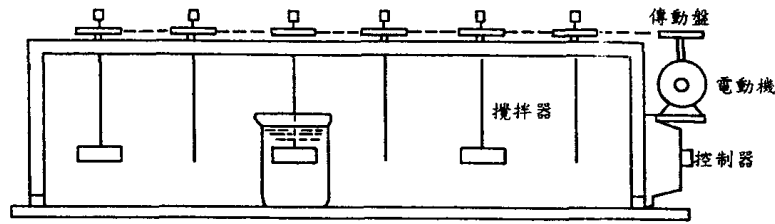
常用之混凝劑及助凝劑如表 4.2.2-1 及 4.2.2-2；本杯瓶試驗裝置(jar tester)，如圖 4.2.2-3 所示。

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	含有無機性污染物(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

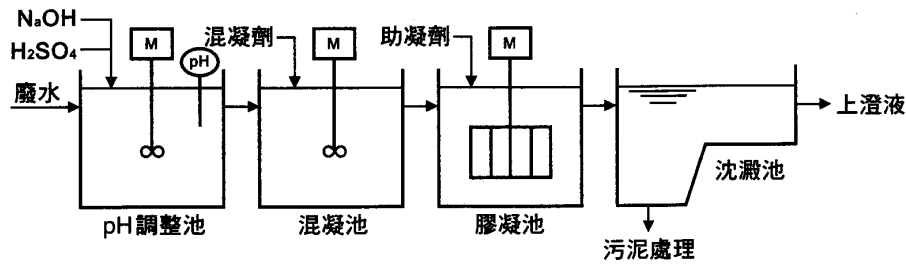
混凝沉澱之目的，在使無法藉單純沉澱去除的懸浮物質，經由凝聚予以沉澱分離，其內容包括促進沉降、促進清澄化、提高過濾效果及改善脫水性等。

- (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：可達到微細粒子的沈澱及脫色等效果，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、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，以進行凝聚反應。

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

流體混合所須攪拌程度，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<sup>-1</sup>)
- P = 輸入槽中之攪拌動力(W)
- μ = 液體絕對黏度(N-S/ m<sup>2</sup>)
- V = 槽中流體體積(m<sup>3</sup>)

因此，可由槽中流體體積及速度坡降決定所須攪拌動力(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

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

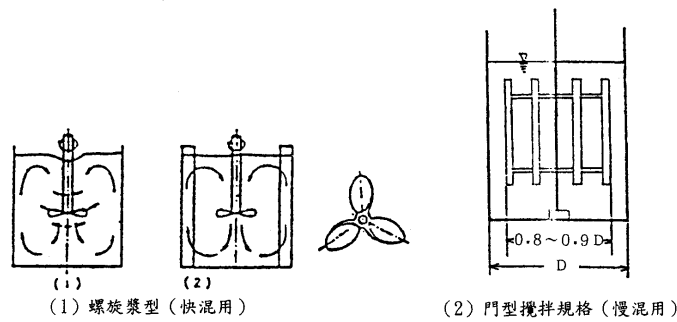
- P = 所須攪拌動力(W)
- Qa = 所須曝氣量(m<sup>3</sup>/min)
- H = 散氣管浸水深度

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，輪葉及擋板與池幾何形狀之關係。

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；

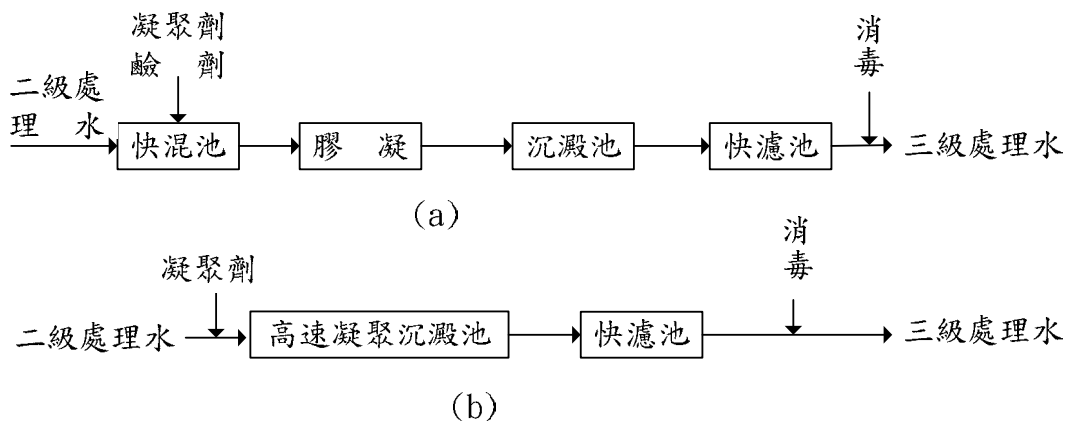
凝聚反應槽如圖 4.2.2-7。在繼二級處理後，本程序幾乎可去除全部溶解物質，獲較良好水質。若三級處理水之水質要求較低時，可省去過濾階段，或二級處理水之濁度較低時，僅經凝聚、沉澱也可獲得良好的水質。

一般使用之無機凝聚劑有  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ 、 $FeCl_3$  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，所須攪拌速度坡降  $G=300\sim1,000\text{ sec}^{-1}$ 。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  $G=20\sim80\text{ sec}^{-1}$ ， $Gt$  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。



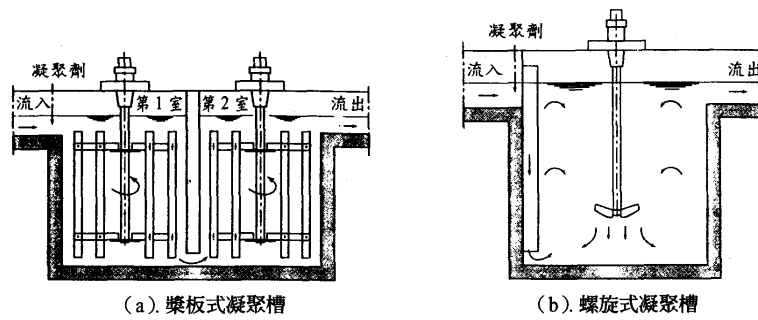
資料來源：下水道工程學第五版。

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



資料來源：下水道工程學第五版。

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，而活性炭吸附法則可經濟的去該等物質，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，須將活性炭自塔內取出再生 (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，因此使用過後就須廢棄。

活性炭細孔之分類，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



活性炭粒上有直徑  $10\sim 10^5(\text{\AA})$  之無數細孔，比表面積約達  $500\sim 1,500\text{ m}^2/\text{g}$ ，活性炭之吸附能力即賴這些微細的小孔。

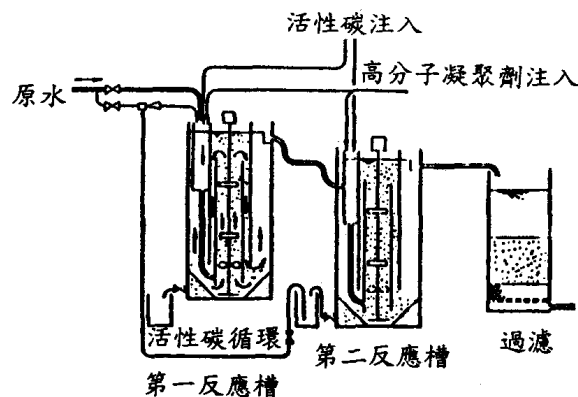
活性炭的性質依細孔大小之分布，活性炭之粒度，賦活之方式等而異，又被吸附物質對於水之溶解度、分子的大小、pH 濃度、溫度等之不同，活性炭之吸著力亦異。因此活性炭處理裝置設計時，必須先行吸附實驗，做為設計依據。活性炭吸附特性一般以 Freundlich 之吸附等溫式表之。

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

- M：活性炭重量(mg/100mL)
- X：被吸附物質(mg)
- 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

粉狀活性炭之接觸槽，須有攪拌槽，其構造與給水工程之慢混池相同。攪拌接觸、吸附之後，活性炭粉須自水中分離之，故須有沉澱池，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炭吸附槽。

為充分發揮活性炭之吸附能力，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炭引入前段，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流式多段吸附裝置。



資料來源：下水道工程學第五版。

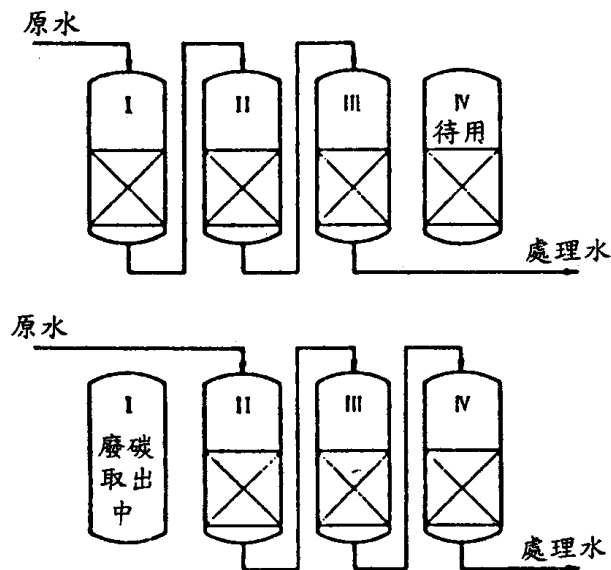
圖 4.2.2-8 活性炭吸附裝置

活性炭處理之固定層吸附槽與快濾池相同，於槽內填充粒狀活性炭過濾。由於處理水之懸浮物污染活性炭層，通水阻力增大，而須反沖洗，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，活性炭(廢碳)應換新碳，廢碳則送再生工廠進行再生。為提高活性炭之負荷量，接觸都採多段直列式。圖 4.2.2-9 為多段直列式活性炭吸附裝置，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。

熱處理法，為將廢碳投入再生爐，首先於 100~150°C 下乾燥之，繼再於 300~700°C 之高溫下使揮發物揮發，而後升溫度至 700~1,000°C，以水蒸氣或二氧化碳氣體予以賦活。再生爐內應避免空氣流入，以防止活性炭發生燃燒。



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，然須加壓泵將水加壓( $2\sim 3 \text{ kg/cm}^2$ )，所須之臭氧量約為處理水量之  $2\sim 3$  倍，臭氧總濃度應以  $20\text{g/Nm}^3$  注入(限界為  $40\sim 60 \text{ g/m}^3$ )。

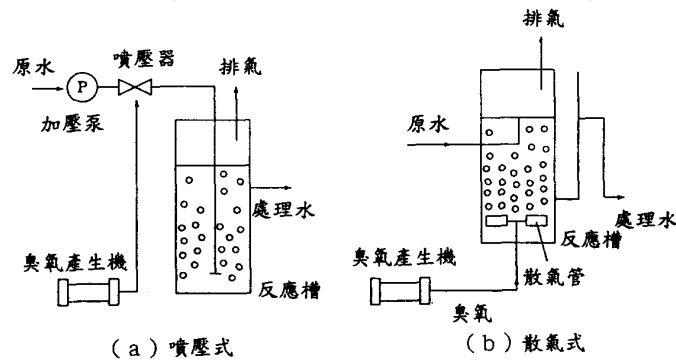


圖 4.2.2-10 臭氧注入方法

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，所須動力費較低、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  $3\sim 5 \text{ m}$ ，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相反應而消耗，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，一般生物處理所須之臭氧注入量約  $10 \text{ g/m}^3$ 。接觸反應時間為  $10\sim 15$  分鐘。

臭氧處理所須之停留時間(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  $10\sim 20$  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。

### 4.2.3 生物方法

一般生物處理常用標準活性污泥法、批次式活性污泥法、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，以抑制糸狀菌的增殖，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

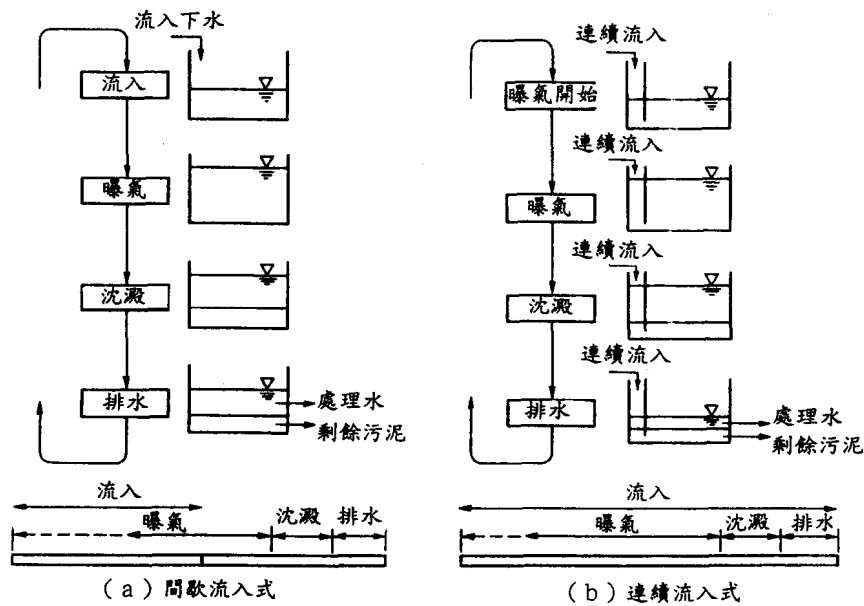
處理方式	食微比 (KgBOD/Kg MLSS · Day)	混合液懸浮 固體濃度 (MLSS) (mg/L)	反應槽 水深 (m)	水力停 留時間 (HRT) (hr)	污泥停留 時間 (SRT) (day)	迴流污泥率 (%)
標準活性 污泥法	0.2~0.4	1,500~2,000	4~6	6~8	3~6	25~50
批次式活性 污泥法 (SBR)	0.2~0.4 (高負荷型)	1,500~2,000 (高負荷型)	4~5	24~48	—	排水比 1/6~1/3 (高負荷型)
	0.03~0.05 (低負荷型)	2,000~3,000 (低負荷型)				排水比 1/4~1/2 (低負荷型)
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須另設置最終沉澱池及迴流污泥泵。進流方式連續流入者，則須有避免影響沉澱之阻流設施，示如圖 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 分批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  $\mu\text{m}$ ，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，因之近年來普通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。

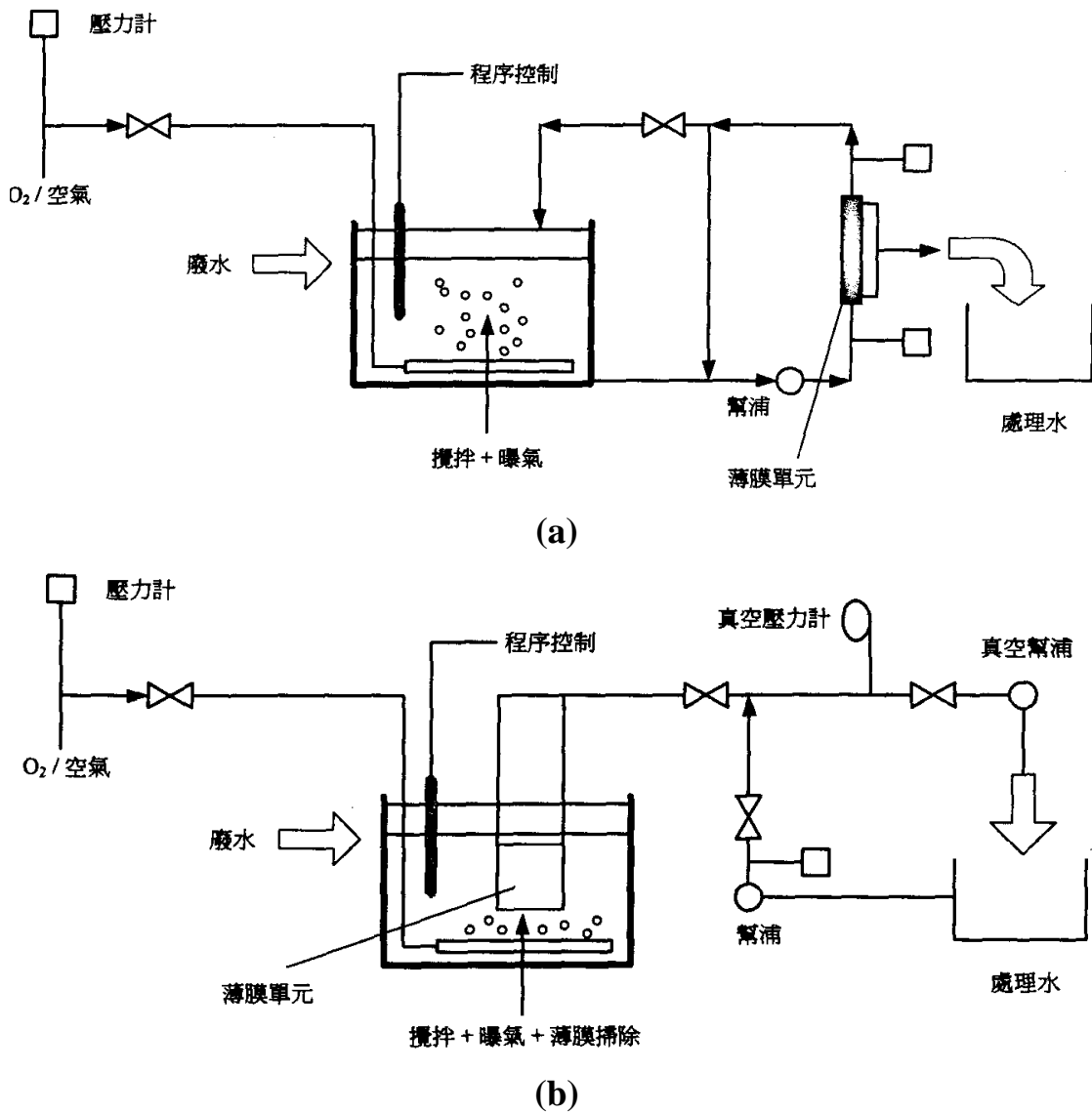
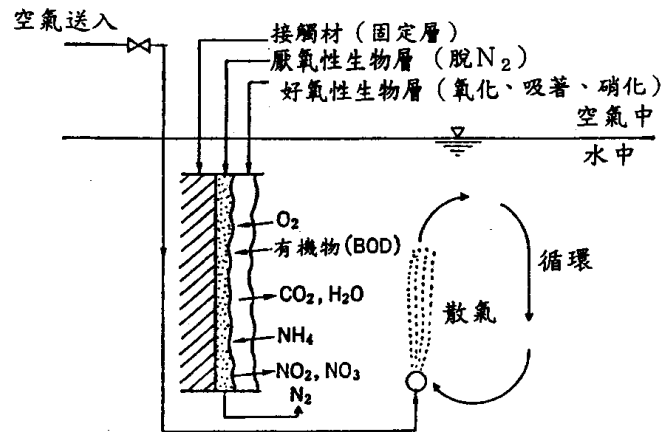


圖 4.2.3-2 (a)側流式(b)沉浸式 MBR

#### 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 及去除氮的模式示如圖 4.2.3-3 所示。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.3-3 接觸曝氣法之 BOD、氮去除特性

本法之優點包括：

- (一)不須調整 MLSS 濃度，也不須迴流污泥，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須終沉池。
- (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。

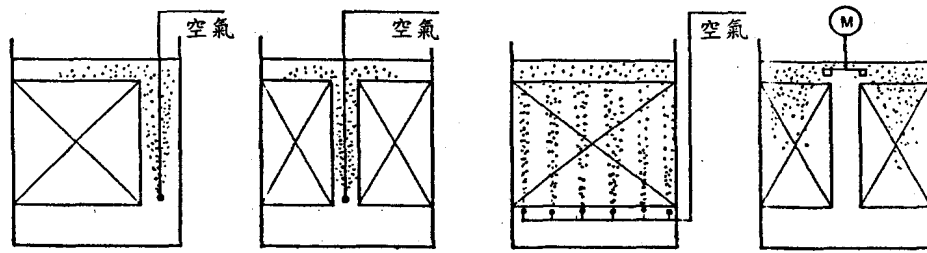
惟其缺點為：

- (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 處理流程

染整加工流程視織物素材的成分、組織、性質及最終用途之不同而會有極大差異，但一般來說，染整製程從準備工程、前處理、染色、印花、整理、中檢、成檢、包裝、加工，單元製程多者十幾道，少者有八、九道，同時在過程中耗用大量的水、熱能以及染料助劑，因此產生許多的廢水(液)。

染整廢水特性一般含生物難分解有機物(COD)，高溫、高色度及高 pH 值，染整業放流水水質為符合放流水標準，一般廢水處理流程採用生物與物化程序組合為主。現行染整業放流水標準乃將 87 年放流水標準，依染整生產製程將 COD 限值分為三種，於民國 89 年實施至今已 14 年。因放流水標準未修訂，染整廠廢水處理流程以設備更新為主，且採用既有處理程序，只有少數更新時採用新處理技術如生物薄膜法(MBR)。

由於現行染整業放流水標準為 14 年前修訂公告，近 10 餘年無染整業廢水處理調查資料。根據台灣區絲綢與棉布印染公會於民國 88 年，針對國內 51 家染整廠廢水量、廢水水質特性以及處理設備進行調查，統計結果顯示，廢水量日平均值在 1,000 CMD 以下者有 16 家；1,000~5,000 CMD 者有 33 家；5,000 CMD 以上者有 4 家，總計約 63% 廠家廢水量介於 1,000~5,000 CMD；同時，廢水量小於 5,000CMD 之廠家數佔 84%，顯示染整業廠家仍以中、小企業規模為主。

綜合廢水 COD 分布方面，COD 濃度為 500 mg/L 以下有 9 家(約佔 18%)，可併用化學混凝與生物處理，即可達 87 年放流水標準；而另外 13 家(佔 25%)須增設高級處理才能達到 87 年放流水標準；27 家(佔 25%)染整廠 COD 介於 500~1,000 mg/L，亦須增設高級處理才時確保放流水 COD 低於 100 mg/L。

依調查資料結果，將現行廠家採用之處理技術分為化學混凝及生物處理(包括活性污泥或接觸曝氣法)之二級處理，及三級處理組合兩大類，三級處理則指於二級處理外再增加過濾或化學氧化法處理設施者。表 4.3-1 顯示受調查廠商多數仍以二級處理為主佔 65%，而有 35%之廠商有採行三級處理。

在二級處理中，有 20 家(佔總廠數之 39%)廠商採用化學混凝與生物處理法(活性污泥或接觸曝氣法其中一種)；另外有 8 家(佔總廠數之 16%)廠商有串聯之處理組合，亦即於生物處理單元串聯活性污泥及接觸曝氣法。

在三級處理方面有 9 家(佔總廠數之 18%)採用以增加過濾來加強其污染物去除，另外有 7 家(佔總廠數之 14%)則增設化學氧化法，表 4.3-1 顯示有 2 家同時增設過濾及化學氧化。化學氧化法之應用方面，現行採用都是添加漂白水或脫色劑在處理廢水系統，但大多數廠商採用漂白水為主。

染整廠其中染整業者為符合 87 年放流水標準，曾評估多種高級處理技術，其中以活性炭吸附技術佔多數，其餘為 Fenton 及電凝法、臭氧處理、活性炭吸附、高壓生物氧化法、純氧曝氣法、電凝等高級處理。但其處理成本，很少被染整業採用。

表 4.3-1 染整廠廢水處理現況(採用二、三級處理技術)

廢水處理流程技術	廠數	百分比(%)	累積百分比
化學混凝法	5	9.8	二級處理技術 佔 64.7%
化學混凝法+生物活性污泥法 (或生物接觸曝氣法)	20	39.2	
化學混凝法+生物活性污泥法+生物接觸曝氣法	8	15.7	二十三級處理 技術佔 35.3%
化學混凝法+生物活性污泥法 (或、及)生物接觸曝氣法+過濾	9	17.6	
化學混凝法+生物活性污泥法(或、及) 生物接觸曝氣法+化學氧化法	7	13.7	
化學混凝法+生物活性污泥法(或、及) 生物接觸曝氣法+化學氧化法+過濾	2	3.9	

由於染整素材之不同，其整造程序也有所差異，因此，產生之廢水水質當然也有所不同，有鑑於此，處理之初，宜做好水質水量調查，並依據下列處理原則設計處理流程。

#### 一、處理系統規劃時須考慮操作之彈性

目前染整廢水處理失敗率高之原因常由於業者面臨環保壓力，急就章地設置處理設施，並在節省經費的考慮下，致使當製程異動或產量增加即會造成處理設施容量不足的狀況，面臨日益嚴格的環保要求須再次投資而形成浪費，因此規劃時即須考慮既設的處理設施可重新調整組合或是可彈性改變不同處理條件以及預留處理容量等因應措施，如此方能配合不同時期的污染負荷要求。

#### 二、節省操作費用

依據實廠處理經驗評估染整廢水的處理流程若先以生物處理再經物化混凝沉澱處理可節省加藥費用，但此種流程須是廢水中不含抑制微生物正常生長的成分且調勻池須正常發揮調勻水質的功能，維持生物處理單元的負荷變動不致過於激烈，才能發揮正常去除率。

### 三、確保放流水質

對於不適於生物分解之廢水，須先用物化混凝沉澱處理後再經生物處理，其處理水質若仍不符合放流水質，則須考慮增設三級(高級)處理，以便去除 COD，提高透視度，確保放流水質。

### 四、廢水性質及處理流程介紹

以下提供棉類、毛類、合成纖維及混紡纖維廢水性質及處理流程介紹：

#### (1)棉類

一般棉類之染整廢水含有天然雜質及漿料、鹼、染料、助劑等添加物質，其廢水濃度較高，COD約在1,500~3,000 mg/L之間，處理上屬染整廢水中較難處理之一種，一般需要生物處理+化學混凝沉澱(浮除)，至於三級處理之需要與否，則視各廠之水質而異，應先經可行性試驗決定。混凝劑之選用一般PAC可有良好效果，但若使用硫化染料或反應性染料則以亞鐵鹽效果較佳，在流程之選擇上若使用硫化染料須考慮其對生物處理之毒性，評估是否將化學混凝法放在生物處理之前，一般情況則以化學混凝法放在後較佳。其處理流程見圖4.3-1。

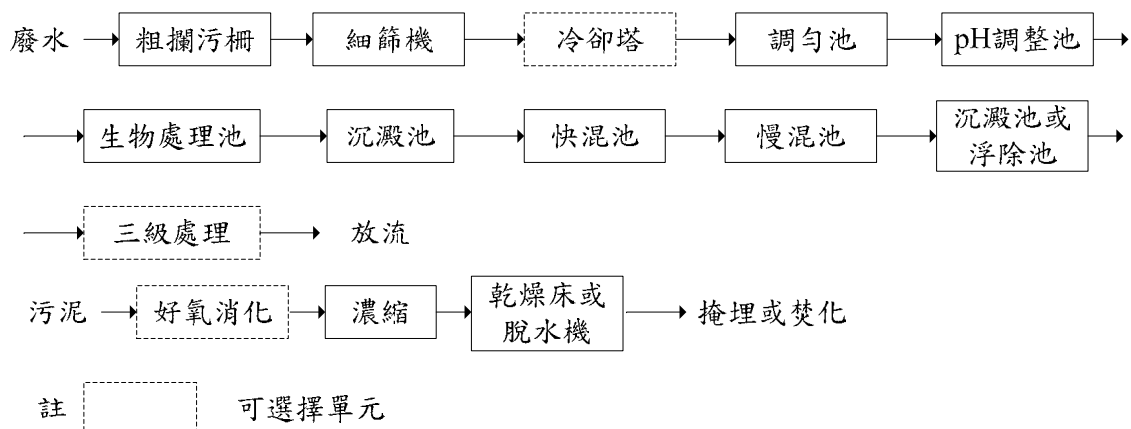
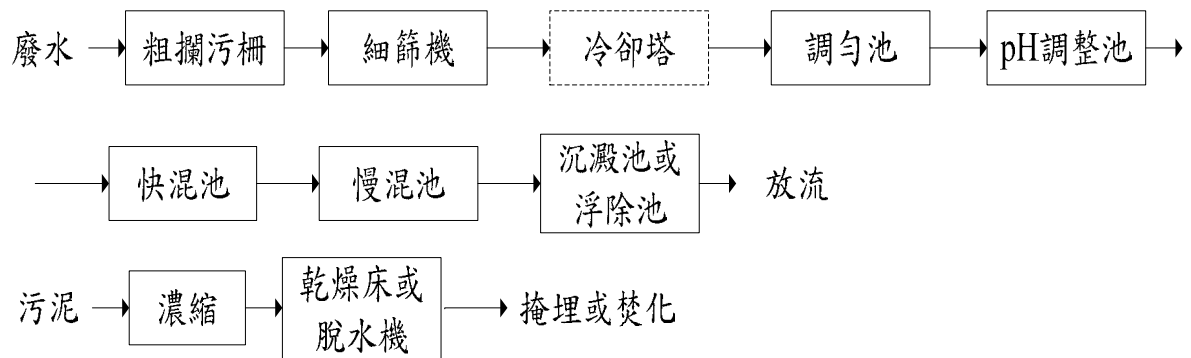


圖 4.3-1 棉類染整廢水處理流程

## (2)毛類

一般毛類之染整廢水其污染物濃度較低，COD約在300~600 mg/L，依目前實際操作資料，單獨採物化處理或生物處理均能將廢水處理至放流水標準，但物化處理法產生大量污泥，其處理及處置問題為其一大缺點，兩種處理方法之流程見圖4.3-2。

## \*物化處理法



## \*生物處理法

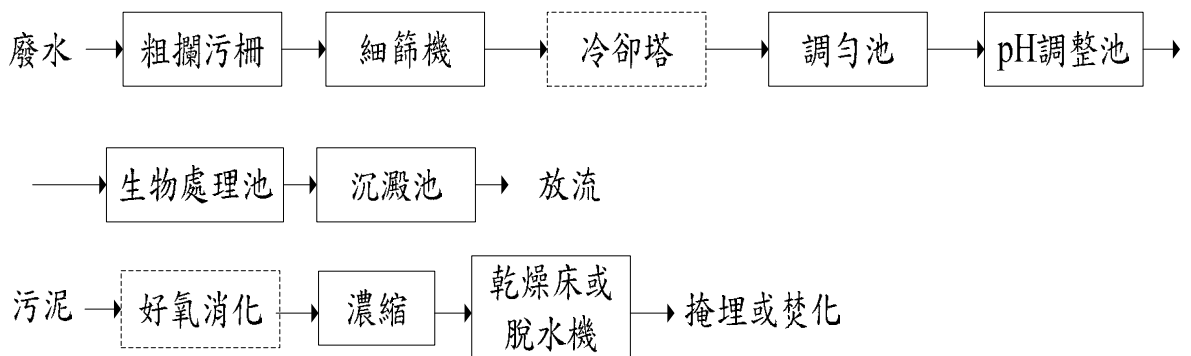


圖 4.3-2 毛類染整廢水處理流程

## (3)合成纖維

一般合成纖維因不含天然雜質，若染色前之程序簡單且使用之染料較少，吸收度高者，此時工廠廢水濃度較低，COD約在300~500 mg/L間，通常使用化學混凝沉澱或浮除法即可將廢水處理至合乎放流水標準，一般混凝劑使用PAC可得良好效果，又若使用鹽基性染料時則以亞鐵鹽或鐵鹽之效果較佳。但工廠

若有退漿或印花等較複雜之程序，則其污染濃度較高，此時則須增設二級生物處理才能使處理水合乎放流水標準，依統計資料顯示，其COD濃度為310~4,530 mg/L(P50 = 1,375 mg/L)，一般宜有生物處理程序，甚至後續處理單元始能確保處理水質符合放流水標準。其處理流程見圖4.3-3。

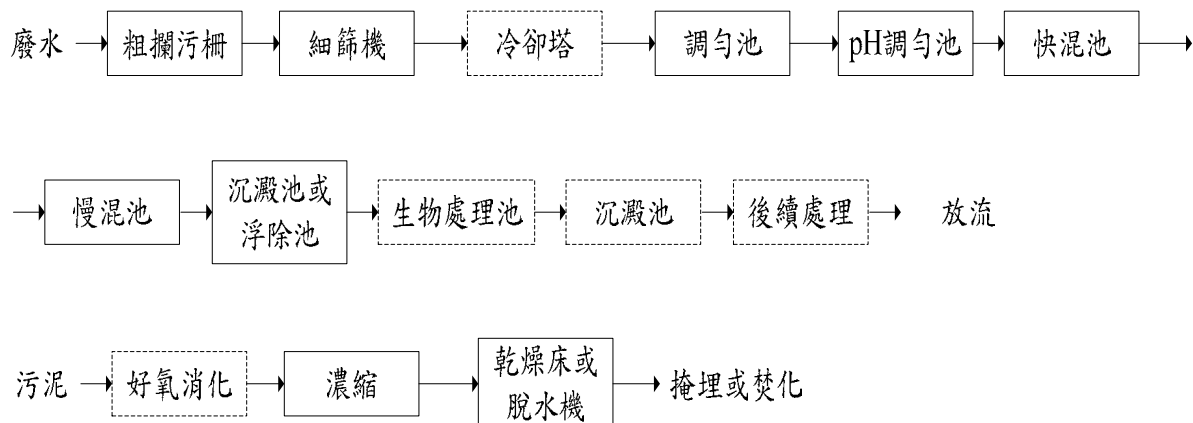


圖 4.3-3 合纖類染整廢水處理流程

#### (4)混紡纖維

混紡纖維其染整廢水之性質視其所混紡之天然纖維及合成纖維種類而異，可參照前述之方法處理。

## 第五章 空氣污染防制處理技術

### 5.1 處理原理

染整廠大多須利用鍋爐取得蒸氣熱源，或以熱煤鍋爐、加熱煤油，供定型機使用，其主要的空污問題來自二部分：(1)鍋爐、排煙的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$  問題。(2)揮發性有機化合物逸散：除  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$  等問題之外，染整業在製造過程中所使用之染料、定型劑、軟化劑等有機物質在烘乾、定型等過程中，會產生煙霧與揮發性有機物，不僅可能會影響員工健康，於煙囪排放口形成大量白色油煙影響視程，同時亦可能會造成異味問題，因此常在各製程單元使用集氣罩來收集逸散性的污染物，以維持作業環境的安全及控制逸散量。

因此下列處理原理主要針對染整業常見污染物 VOCs， $\text{NO}_x$  及  $\text{SO}_x$  進行介紹。

#### 一、VOCs

揮發性有機物係指：在 1 大氣壓下，測量所得初始沸點在攝氏 250 度以下有機化合物之空氣污染物總稱。一般 VOCs 控制技術包括：燃燒、吸收、吸附、冷凝及生物處理法等。選擇時須考慮污染物及排氣本身的物理與化學性質、處理效率以及對控制設備的特殊要求(如場地、位置、大小、成本等)。

#### 二、 $\text{NO}_x$

一般鍋爐類的燃燒設備所排放的廢氣中，NO 約佔  $\text{NO}_x$  之 90~95 %，因此燃燒所形成之  $\text{NO}_x$  中，絕大部分是 NO，但 NO 在大氣中很容易被氧化成  $\text{NO}_2$ ，所以通常將 NO 與  $\text{NO}_2$  合併稱為  $\text{NO}_x$ 。燃燒所產生的  $\text{NO}_x$ ，可以經由三條途徑生成：

##### (一)熱生成機制(thermal $\text{NO}_x$ )

燃燒反應所須空氣中的氮( $\text{N}_2$ )和氧( $\text{O}_2$ )在高溫狀態下反應而成 NO，通常燃燒溫度愈高越容易發生。這種情況所生成的  $\text{NO}_x$ ，稱為

熱氮氧化物(thermal NO<sub>x</sub>)，燃燒控制於高溫環境會促使NO生成。

### (二)燃料生成機制(fuel NO<sub>x</sub>)

燃料中含氮有機物以C-N鍵結存在於燃料中，因其碳氮鍵結為單鍵的結構，極易在燃燒過程中與氧結合形成氮氧化物。在燃油和燃煤鍋爐排氣中，fuel NO<sub>x</sub>約佔總NO<sub>x</sub>排放量的25~40%。這種燃料中所含的各種氮的化合物，燃燒時可能會被氧化生成NO，稱為燃料氮氧化物(fuel-NO<sub>x</sub>)。

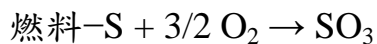
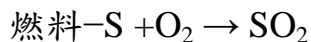
### (三)瞬時生成機制(prompt NO<sub>x</sub>)

當以碳氫化合物作為燃料，並以空氣作為助燃劑時，在富燃料比(fuel rich)、高溫的條件下，碳氫化合物會分解生成活化自由基(CH·)，再與空氣中的氮氣發生反應形成氰酸(HCN)，此反應快速且不可逆。因此，在燃燒進行時，常可發現在火燄前緣(溫度比燃燒區低)有NO<sub>x</sub>快速形成。

一般處理原理分成燃燒前除氮，燃燒中調整操作條件控制氮氧化物生成及燃燒後脫氮反應。

## 三、SO<sub>x</sub>

燃燒時，若燃料含硫份，於高溫氧化作用下極易形成硫氧化物，整體而言，燃燒爐內硫氧化物的形成反應包括：



SO<sub>2</sub>及SO<sub>3</sub>可合稱為SO<sub>x</sub>，會透過乾沉降或濕沉降，沉積於環境中。一般處理原理分成燃燒前除硫，燃燒中吸硫及燃燒後脫硫反應。

## 5.2 處理方法及流程

隨著染整製程特性之不同，空氣污染物逸散的特性亦有相當的差異，且



各個工廠的管理方式不同，儘管是有相同的製程，亦可能因管理不當而導致污染物大量排放。對於製程所逸散之空氣污染物，其控制方法有：加強設備操作維護、製程改善及增設收集處理設備。

其中增設收集及處理設備為最後之手段，工廠面對逸散性污染源控制，首要之務，應先檢討平日之設備維護工作是否落實，進而檢討製程改善之可行性，最後再考慮是否增設收集及處理設備。染整產業因具備許多操作單元，各單元之空氣污染物常經由局部排氣系統的設置進行收集後送至後端污染防治設備進行處理，此章節將針對局部排氣系統的設置及污染防治設備進行介紹。

### 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，乃須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。

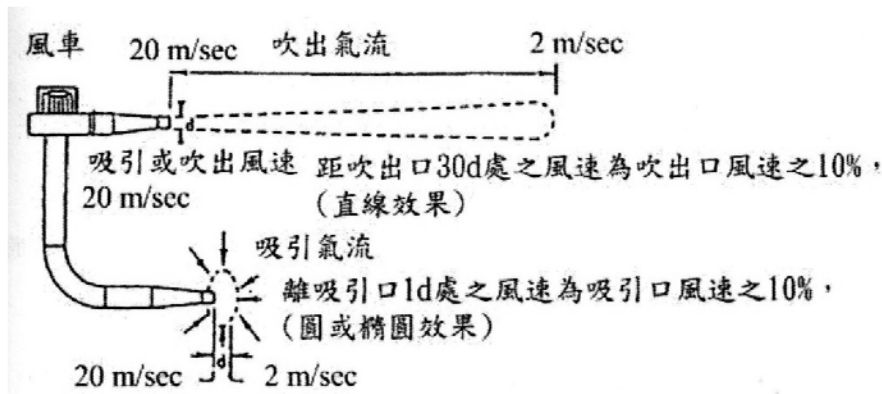
##### (一)氣罩設置目的與性質

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，更須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，然亦須兼顧作業之方便性。

圖5.2-1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

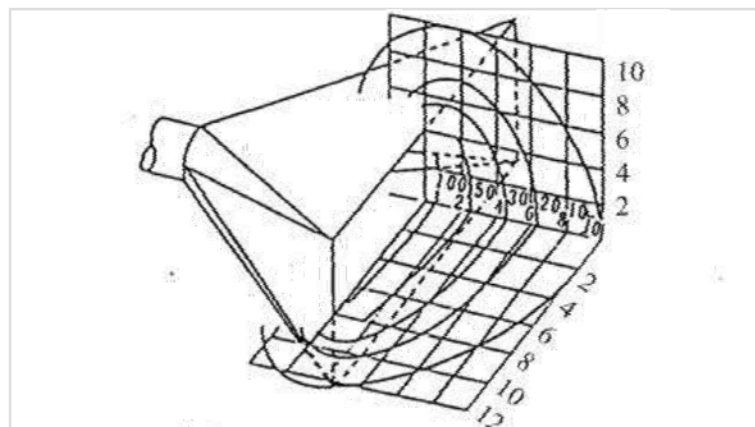
相等吸引流速平面形成近似橢圓或圓形之形狀，而在中心軸上離吸引口約相等於一個口徑距離處，其風速已減弱至吸引口風速之1/10。

圖5.2-2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 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 5.2-2 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須之氣流風速稱之。

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。

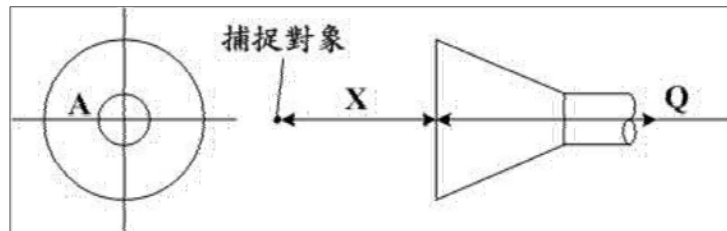
表5.2-1係不同污染源狀態下之捕捉速度建議範圍，氣罩之形狀與風量，即以捕捉點之風速大於捕捉速度之原則而設計。

**表 5.2-1 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

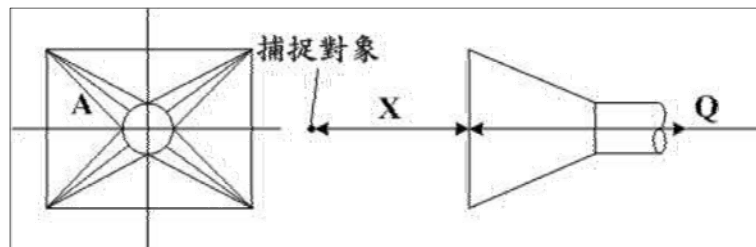
密閉或箱式氣罩之抽引風量，可以開口面吸引風速大於捕捉速度之原則計算，設計時並應考量氣流分布之均勻性。接受型外部氣罩之形狀一般由發生氣流或粉塵之狀態所決定，而其開口面之風速應大於所發生之向量。

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5.2-2)求之，惟為實際設計之方便，可依下列不同形狀之氣罩(圖5.2-3, 5.2-4)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 5.2-3 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 5.2-4 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 5.2-2)

表 5.2-2 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：

$$h_i = SP - VP$$

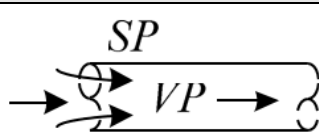
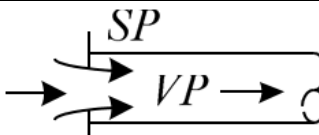
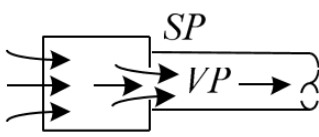
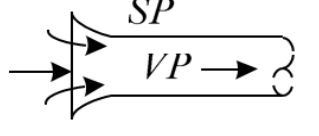
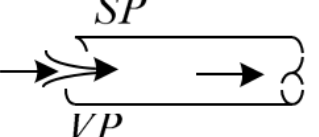
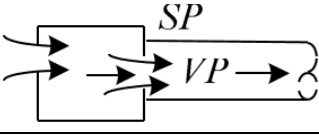
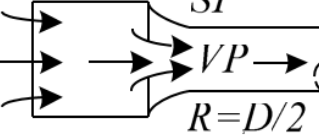
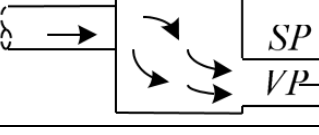
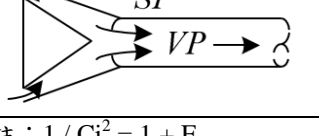
$$h_i = F \times VP = (1/C_i^2 - 1) \times VP$$

$C_i$ ：入口係數

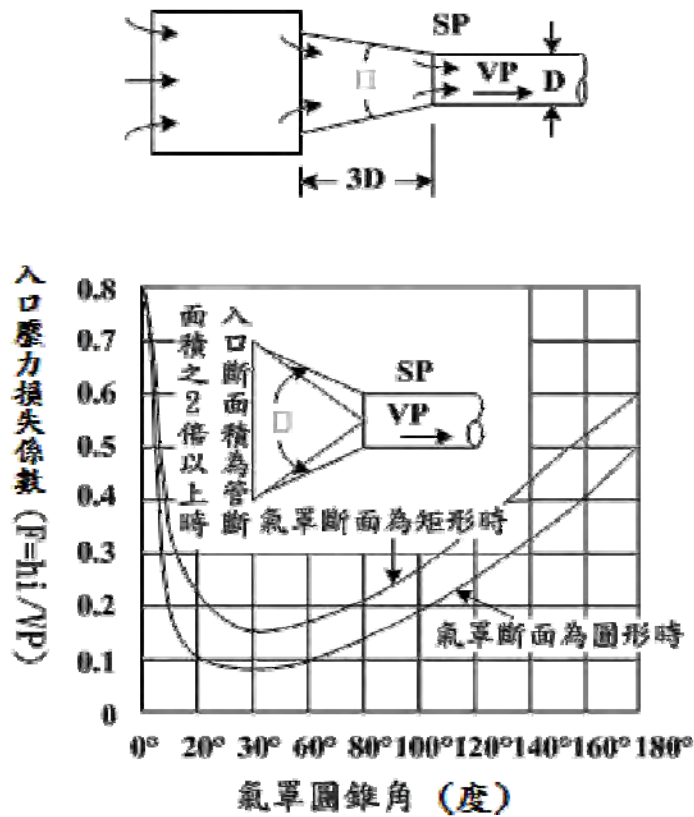
$F = (1/C_i^2 - 1)$ ：氣罩入口壓力損失係數。

依實際而求得各種氣罩之  $C_i$  及  $F$  值如表 5.2-3 及圖 5.2-5 所示。

表 5.2-3 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 5.2-5 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 15~25 m/s 間。

將粉塵以不致於沈積之狀態搬送所須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，致風車所須動力增大，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  $1.2 \text{ kg/m}^3$  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(mmH<sub>2</sub>O)

計算風管之壓力損失時，若氣體含塵濃度在  $30 \text{ g/Nm}^3$  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，如須高含塵濃度之資料，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(mmH<sub>2</sub>O)

DP = 摩擦壓力損失(kg/m<sup>2</sup>)

r = 流體之密度(kg/m<sup>3</sup>)

L = 管長(m)

f = 摩擦係數

D = 管徑(m)

u = 風速(m/s)

g = 重力加速度 =  $9.8 \text{ m/s}^2$

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



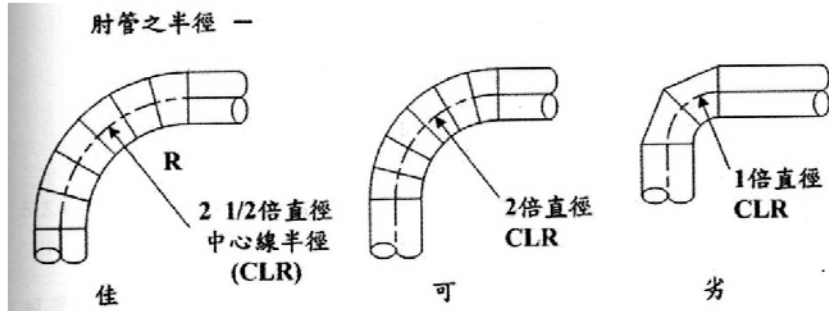
依下式計算：

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

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

風管之設計原則：

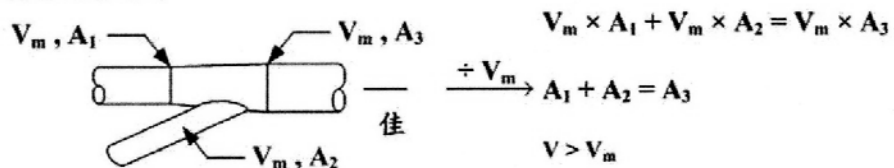
(一)若空間允許，肘管之 R/D 值最好能大於 2。



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。

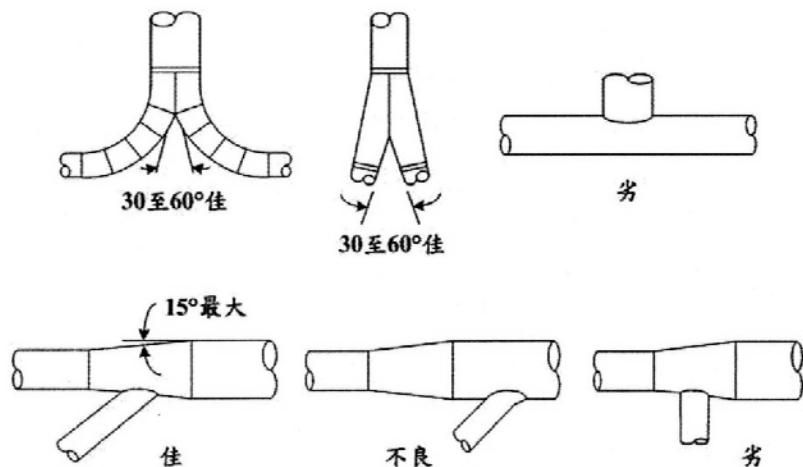
適當風管尺寸 —



$V_m$  = 最小運送風速， $V$  = 最大風管口徑之搬運速度  
 $A$  = 橫斷面積

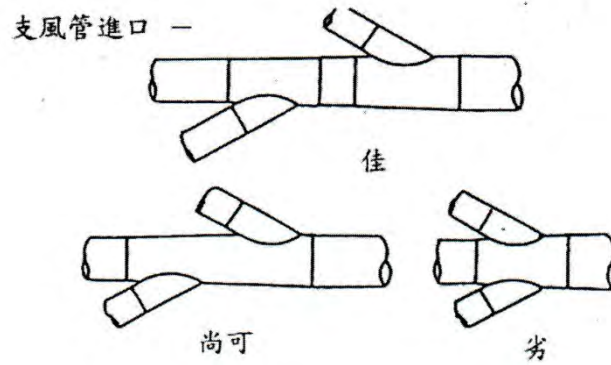
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(三)支風管應以小於 60°角進入漸擴之主風管中。



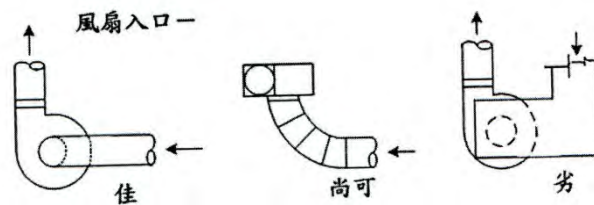
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(四)兩支風管不可對向於一點進入主風管中。



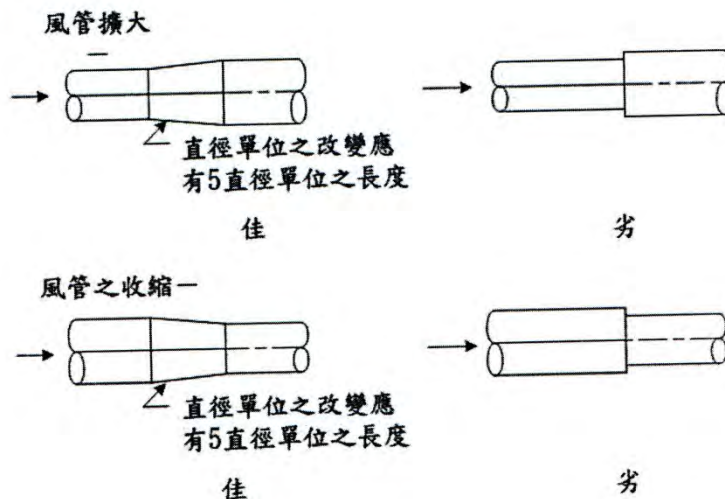
資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

(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)風管之擴大與收縮，其直徑單位之改變應有大於 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，須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須考慮污染物濃度、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，風車之抽引風量須足以確保氣罩所須之最小抽引風車；且風車靜壓須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)馬力須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：

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

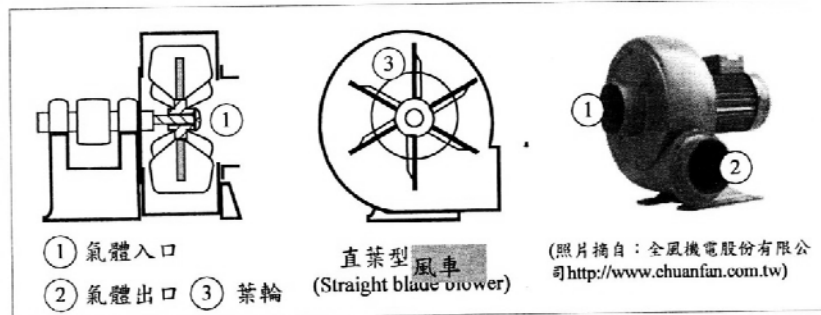
因此，輸入轉軸之功率為：

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

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：

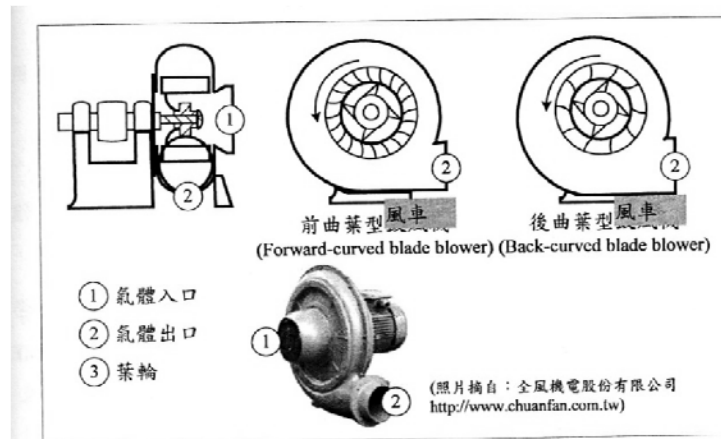
$$\text{輸入轉軸功率(kW)} = 0.000181 \times \text{總壓力 } P (\text{mmAq}) \times \text{風量} \\ (\text{m}^3/\text{min}) \times 35.3 \text{ ft}^3/\text{m}^3 \div 25.4 \text{ mm}/\text{inch}$$

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 5.2-6~5.2-7)；正向位移型則多為環型風車(圖 5.2-8)，用於廢水廠之魯式風車(roots blowers)較少用。



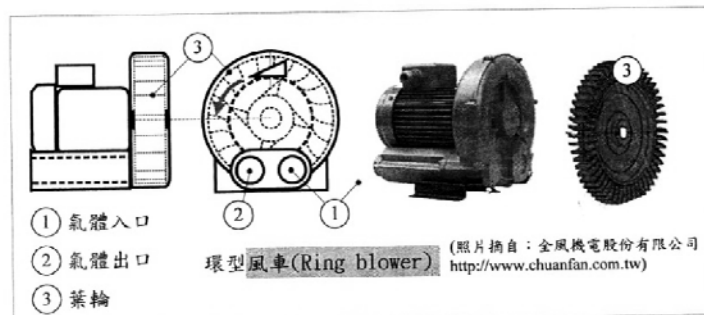
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2-6 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

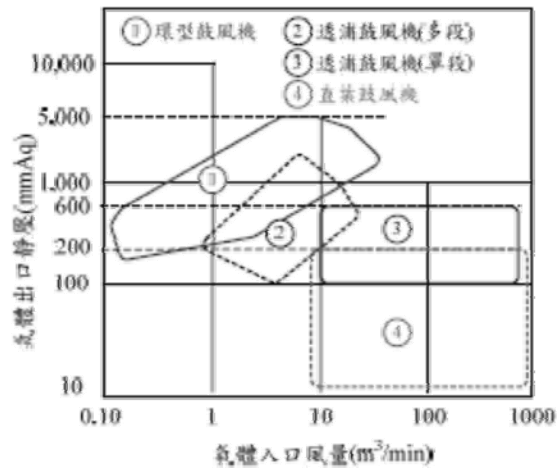
圖 5.2-7 曲葉型風車(通稱透浦風車(turbo blowers))



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 5.2-8 環型風車

風車選用原則如圖 5.2-9 所示。環型風車用於低風量( $<30 \text{ m}^3/\text{min}$ )及較高風阻(200~5,000 mmAq，水柱高)；透浦(turbo)風車用於廣風量( $5\sim 1,000 \text{ m}^3/\text{min}$ )及中風阻(100~600 mmAq)；直葉風車用於廣風量( $5\sim 1,000 \text{ m}^3/\text{min}$ )及低風阻( $<200 \text{ mmAq}$ )。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 5.2-9 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。煙囪須設置「煙道採樣平台」，採樣平台須長 1 米、寬 1 米、高 1 米，載重須大於 200 kg，採樣口高過欄杆 20 公分，高度大於 2 米者，爬梯須設護欄。採樣平台每年須保養及填寫保養記錄表。煙囪高度須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，系統中所須動力則由風車提供。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 VOCs 控制技術

一般 VOCs 控制技術包括：燃燒、吸收、吸附、冷凝及生物處理法等。選擇時須考慮污染物及排氣本身的物理與化學性質、處理效率以及對控制設備的特殊要求(如場地、位置、大小、成本等)。

各種揮發性有機物控制技術之優缺點整理如表 5.2-4。選擇最適當的控制技術，才能夠有效發揮其效能。此外，尚須考量操作成本問題。

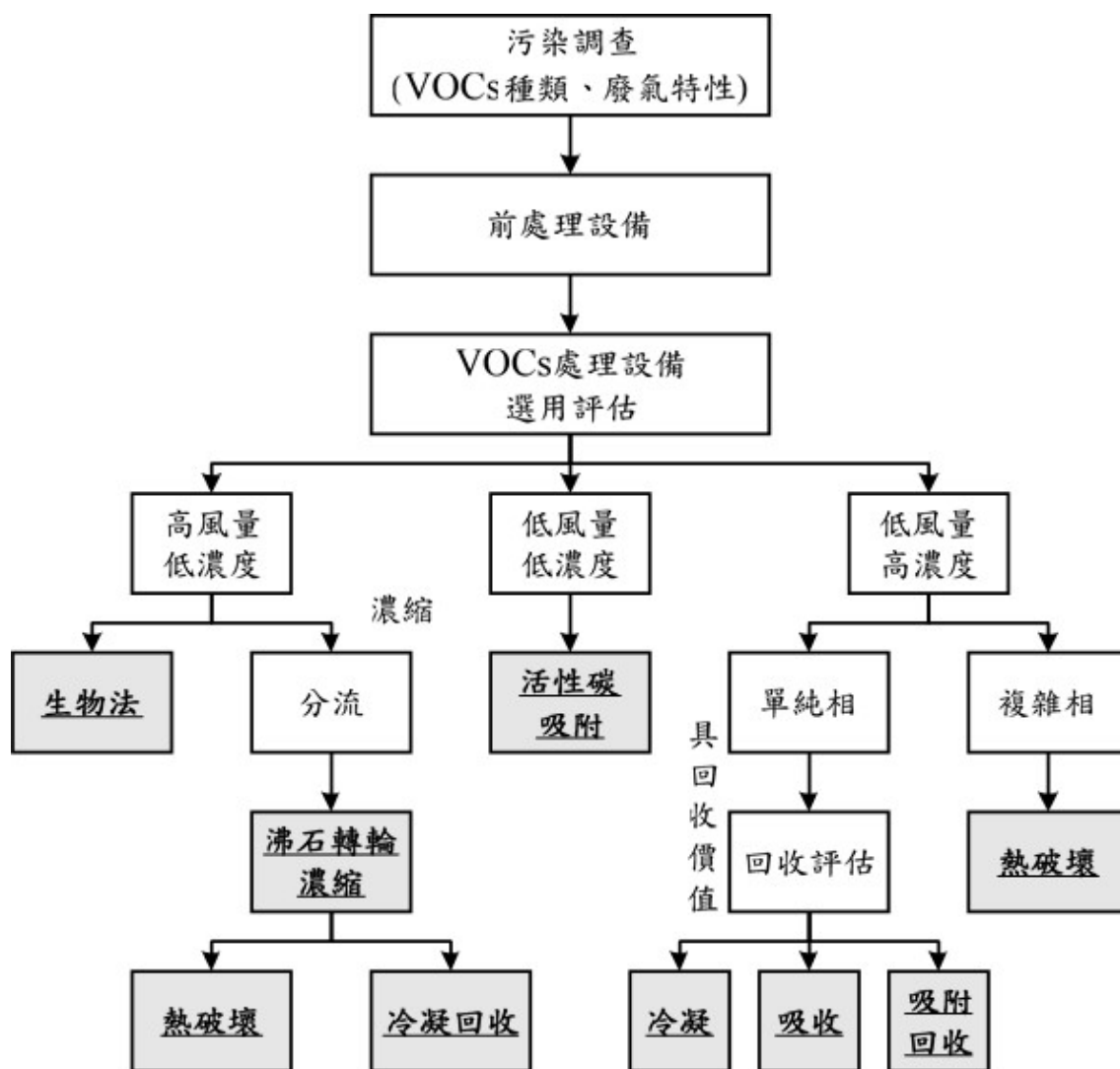
VOCs 控制技術選用原則及流程如圖 5.2-10 所示。一般而言，可依廢氣中 VOCs 濃度及廢氣流量等二參數，作為設備選擇依據，如圖 5.2-11。

以下有幾項經驗法則可作為選用時參考：

**表 5.2-4 各種揮發性有機物控制技術之優缺點**

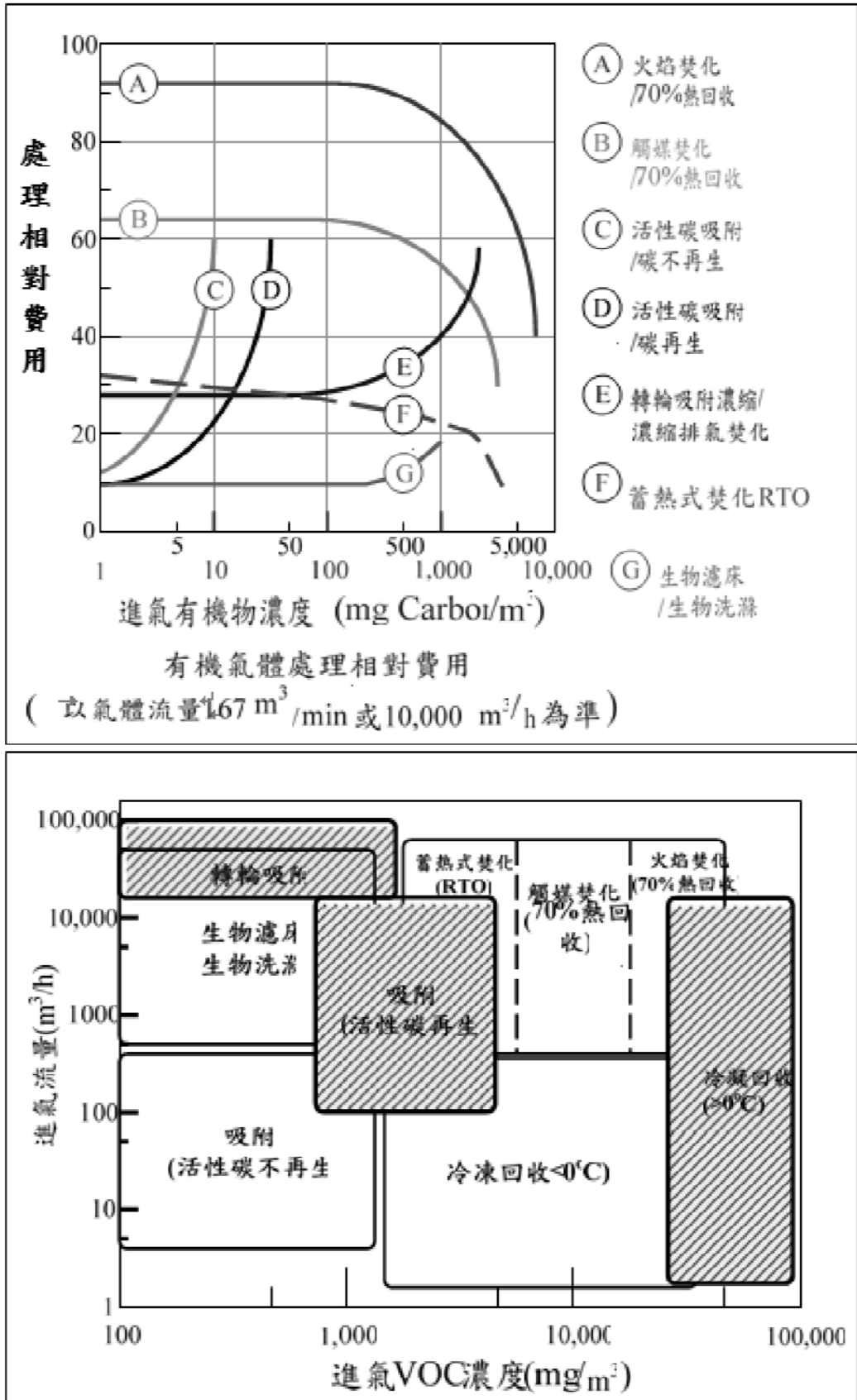
	優點	缺點
熱破壞法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 操作不甚困難</li> <li>2. 能回收蒸氣或其他形式之熱能</li> <li>3. 對大部分可燃性有機物控制效率佳</li> <li>4. 對各種可燃性污染物可同時去除</li> <li>5. 可處理異味氣體</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 熱焚化法須大量輔助燃料，操作費高</li> <li>2. 觸媒焚化之觸媒昂貴，且易被毒化</li> <li>3. 有回火因而造成爆炸之危險</li> <li>4. 不完全燃燒時，可能產生黑煙</li> <li>5. 廢氣流量變化太大時不易控制</li> <li>6. 有NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HCl及CO排放問題</li> </ol>
冷凝法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可回收高純度物質</li> <li>2. 費用低且操作容易</li> <li>3. 對高濃度廢氣之處理效率較佳</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一般處理效率不佳，單獨使用難符合排放標準</li> <li>2. 不適用於低濃度廢氣之處理</li> <li>3. 有些冷凍劑價格昂貴</li> </ol>
吸收法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 壓力降較低</li> <li>2. 標準化之FRP製品耐腐性佳</li> <li>3. 高質傳效率</li> <li>4. 可加塔高或板數以增加處理效率</li> <li>5. 初設費低</li> <li>6. 設備佔用空間小</li> <li>7. 能同時處理氣態及粒狀污染物</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 產生廢水處理問題</li> <li>2. 設計時須考慮參數較複雜</li> <li>3. 粒狀物累積可能造成堵塞</li> <li>4. 使用FRP材質時，對溫度較敏感</li> <li>5. 維護費高</li> <li>6. 排氣可能造成白煙問題</li> </ol>
吸附法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 污染物可以回收</li> <li>2. 隨製程改變之操作彈性佳</li> <li>3. 當污染物回收至製程時，無廢棄物問題</li> <li>4. 可自動操作</li> <li>5. 可處理至相當低濃度</li> <li>6. 可同時處理多種有機蒸氣</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 回收系統須外加昂貴之蒸氣系統</li> <li>2. 吸附劑隨使用時間劣化而降低處理效率</li> <li>3. 吸附劑再生須蒸汽或真空設備</li> <li>4. 更換吸附劑費用昂貴</li> <li>5. 廢氣須經前處理以避免粒狀污染物阻塞吸附床</li> <li>6. 廢氣須冷卻至常溫操作</li> <li>7. 脫附高分子量碳氫化合物時須消耗大量蒸汽</li> <li>8. 廢棄吸附劑須再處理</li> </ol>
生物法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 操作費用低</li> <li>2. 操作容易</li> <li>3. 程序簡單</li> <li>4. 去除率高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 濾料易結塊，不易調濕，易阻塞</li> <li>2. 不適合處理高濃度有機物</li> <li>3. 對低溶解度氣體效率不彰</li> <li>4. 對環境條件敏感</li> <li>5. 處理含鹵素氣體時不穩定</li> <li>6. 設備空間須求較大</li> <li>7. 系統一旦發生問題，要達到再穩定須時很長</li> </ol>

註：FRP (Fiberglass Reinforced Plastics)玻璃纖維管



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 5.2-10 揮發性有機物控制技術選用原則及流程



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 5.2-11 揮發性有機物控制技術相對費用及濃度適用範圍



## 一、熱破壞法

揮發性有機物在較高濃度時(1,000~5,000 ppm)，VOCs 燃燒發熱量高，適用熱破壞法，一般可達 95~99% 之去除效率。但燃燒程序有時會產生不完全燃燒產物或其它有害副產物，須加上其他的設備作後處理。

### (一)熱破壞原理

燃燒是一種快速的氧化反應。物質燃燒，須具備燃燒三要素：助燃之空氣、可燃之物質及燃點溫度。欲使氣狀污染物完全燃燒，並轉化為無害物質，燃燒過程必須具備下列四個要件：

- 1.空氣：物質燃燒必須供應足夠的空氣量(或氧氣量)才可使氧化反應完全。若空氣量供應不足，則使燃燒不完全，易產生黑煙、一氧化碳或其他污染物；若空氣供應量過大，則會降低爐溫、增加排放量及爐內熱量損失。因此，供應適量的空氣量十分重要。
- 2.溫度：可燃物只有達到自燃點以上才能與氧氣反應而燃燒。所謂自燃點亦稱著火溫度，係指在該溫度時，物質不需要外來火源即可發火的溫度，亦為在氧氣存在下，可燃物開始燃燒所必須達到的最低溫度。部分揮發性有機物及輔助燃料之自燃點。若廢氣中揮發性有機物濃度不高，則污染物燃燒產生之熱對廢氣溫度提升相當有限，尚須添加輔助燃料，才能維持所須之燃燒溫度。
- 3.時間：燃燒室內所有可燃物(含揮發性有機物及輔助燃料)在高溫區的氣體停留時間，應超過其後氧化反應所須時間，使燃燒室內所有可燃物有充足時間完全反應。燃燒室的大小及形狀決定於氣體停留時間。
- 4.混合：可燃物與空氣中的氧充分混合，使氧化反應迅速且完全。混合程度取決於氣流的紊流強度。

其中，溫度(temperature)、停留時間(time)與紊流強度(turbulence)合稱為燃燒的3T原則，每個條件皆可視需要情況加以修正，並準確

控制，以使揮發性有機物完全燃燒，達到預期之處理效果。

燃燒下限，或稱為爆炸下限(lower explosive limit, LEL)，為使可燃物燃燒之最小氣體體積濃度分率。濃度在LEL以下時，因可燃物濃度不足，即使接觸火源，也不發生燃燒。燃燒上限，或稱為爆炸上限(upper explosive limit, UEL)，為使可燃物燃燒之最大氣體體積濃度分率。濃度在UEL之上時，即使接觸火源，亦不燃燒。可燃氣體與空氣於一定溫度下混合時，其體積濃度分率必須在LEL及UEL間才可燃燒，此稱為燃燒範圍。

表5.2-5為碳氫化合物在1大氣壓及25°C之空氣中之燃燒範圍，這些值受溫度及壓力的影響。一般而言，壓力增加，燃燒範圍亦增加，唯其影響較小可忽略。當溫度升高時，LEL值減小且UEL值增加，使燃燒範圍增加。一般而言，空氣溫度每升高100°C，燃燒下限減少8%，而燃燒上限增加8%。

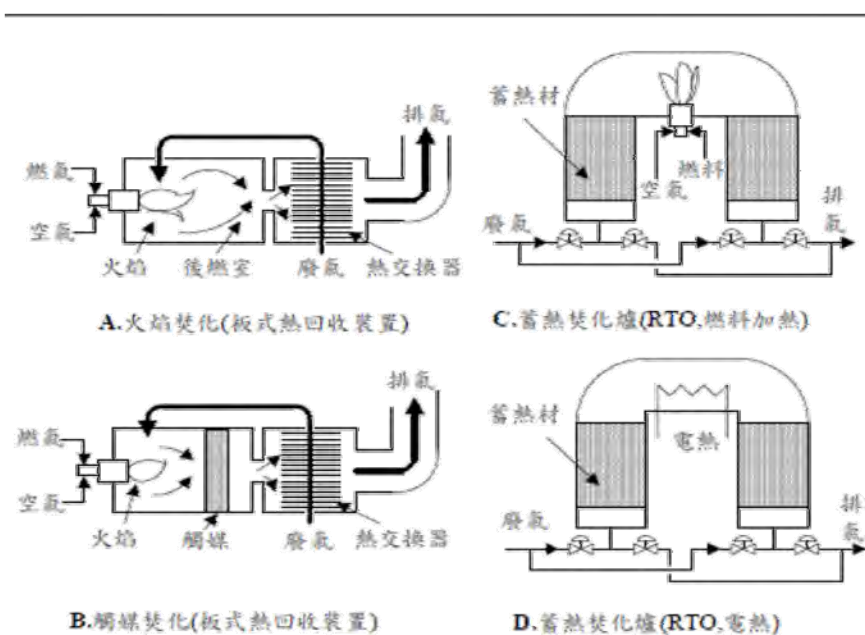
## (二)熱破壞處理設備

圖5.2-12顯示各型焚化控制設備。依觸媒之有無，焚化一般分無觸媒熱焚化(簡稱熱焚化)及觸媒焚化二種。依熱回收方式，焚化設施又可分熱回收型(thermal recuperative)及蓄熱型(thermal regenerative)。

熱回收型者以表面式熱交換器(surface heat exchanger)回收焚化設施高溫排氣熱量，一般熱回收率<70%；蓄熱型者以陶瓷或石質蓄熱材回收排氣熱量，一般熱回收率可達90%以上。

表 5.2-5 常見碳氫化合物的燃燒範圍

物質名稱	LEL	UEL	物質名稱	LEL	UEL
氫	4.00	75.0	苯	1.40	7.90
一氧化碳	12.5	74.0	甲苯	1.27	7.10
甲烷	5.00	15.0	二甲苯(o,m)	1.00	6.40
乙烷	3.00	12.4	二甲苯(p)	1.00	6.60
丙烷	2.10	9.50	異丁烷	0.90	6.50
丁烷	1.86	8.40	環己烷	1.26	7.80
己烷	1.20	7.40	甲基環己烷	1.10	6.70
環氧乙烷	3.00	100	甲醇	6.72	36.0
乙炔	2.50	100	乙醇	3.30	19.0
乙烯	2.70	36.0	二甲醚	2.00	27.0
丙烯	2.00	11.0	二乙醚	1.70	27.0
1-丁烯	1.60	10.0	乙醛	3.97	36.0
2-丁烯	1.70	9.70	丙酮	2.55	13.0
1,3-丁二烯	2.00	12.0	丁酮	1.80	10.0
汽油	1.00	7.10	聯氨	4.00	100



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 5.2-12 各式廢氣焚化設備

## 1. 熱焚化

熱焚化可應用於揮發性有機物及有機氣膠等污染問題。於廢氣含大量粒狀物或金屬等可能毒化觸媒成分之情況，更顯見其適用性。熱焚化法之優點為適於處理各類有機廢氣及異味氣體，處理效果極佳且可回收廢熱利用(如圖 5.2-12-A)。但缺點為燃料費及操作成本高，同時若無連續且高濃度之廢氣來源，則會造成能源之浪費。一般熱焚化之火焰溫度可達  $1,370^{\circ}\text{C}$  ( $2,500^{\circ}\text{F}$ )。

混合氣體在後燃室燃燒溫度為  $650\sim 820^{\circ}\text{C}$  ( $1,200\sim 1,500^{\circ}\text{F}$ )，氣體停留時間為 0.3~0.5 秒，氣流速度為 3~15 m/s。在上述條件下，異味物質之去除率可達 99% 以上，燃燒產物通常為水、二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物等。

熱焚化一般可有效改善由各種成分所致之高濃度臭氣問題，但相當耗費燃料，燃燒不完全時，可能產生甲醛、有機酸、芳醛 (aromatic aldehydes)、不飽合醛類及酸類 (a,b-unsaturated aldehydes and acids)、次氧化物 (suboxides) 等二次污染物，其中有機酸具酸臭味，不飽合醛酸類具刺激味 (irritating pungency)，次氧化物具燒焦味。因此，燃燒器應設計使含惡臭物質廢氣直接通過火焰，並使氣體在後燃器有足夠溫度、停留時間及氣流強度，以提高去除率。

## 2. 觸媒焚化

觸媒焚化可有效改善由 VOCs 所致之臭氣問題。觸媒焚化之混合氣體通常須預熱至後燃室燃燒溫度為  $350\sim 425^{\circ}\text{C}$  ( $650\sim 800^{\circ}\text{F}$ )，氣體以 3~15 m/s 之流速通過一觸媒層，於燃燒室內停留時間為 0.1~0.3 秒。觸媒焚化一般使用貴金屬觸媒(主要為鉑 Pt、鈀 Pd、銠 Rh)或一般金屬氧化物觸媒(主要為  $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Co}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ )，異味物質之去除率可達 95%。燃燒室後可安裝熱回收裝置，以回收廢熱(圖 5.2-12-B)。

一般而言，在同樣操作條件下，有機物之觸媒焚化難易程度由易而難依次為：醇、醛、芳香烴、酮、乙酸、脂肪烴、氯烴。廢氣通常採過濾設備去除粒狀物質，以預熱設備使脂肪類、多環芳香烴等物質之液滴或固體氣膠在接觸觸媒表面之前即揮發氣化。若含有可能對觸媒造成毒化或影響其性能之成分，則必須先予排除，以延長觸媒使用年限。

觸媒毒化或失效之原因略為：(1)載體燒結：一般支撐貴金屬觸媒之載體為沸石(主成分為矽酸鋁 silica aluminate)、氧化鋁、氧化矽，這些氧化物的散熱性能多不佳，在高放熱的觸媒反應中，常會在觸媒表面形成一些高熱點(hot-spot)，嚴重時便會造成原本分散在載體表面的觸媒燒結(分散良好的活性觸媒成分熱凝結)，或造成貴金屬與載體產生活性較低的合金，觸媒效能因而降低。因應對策為控制進氣 VOCs 濃度及進氣預熱溫度。

(2)阻塞：觸媒係依廣大的表面積與流體接觸以得到 VOCs 去除效果，若表面被粉塵或積碳覆蓋阻塞，便無法發揮功效。因應對策為將氣體粉塵先行過濾，並定期以蒸汽或空氣將觸媒表面的粉塵吹除。

(3)毒化：觸媒接觸到一些特定元素，如鉛、銻、氯、硫、磷等時，觸媒的活性金屬會與該等特定元素產生合金或化合物，觸媒活性會降低甚至完全喪失。因應對策為將特定元素先行由進氣中去除，或選用較耐特定元素之一般金屬氧化物觸媒。

(4)破損：塊狀觸媒受到撞擊、粒狀觸媒相互碰撞、或熱脹冷縮破碎時，會影響氣體壓損，另使欲處理氣體無法均勻接觸到觸媒，影響 VOCs 去除效率。因應對策為更換觸媒塊或篩除破碎觸媒粉粒，另可選用適當載體，使其能承受所須應力及熱脹冷縮衝擊。

### 3.蓄熱式焚化

熱式焚化法(regenerative thermal oxidation, RTO)為一種高熱回收率焚化裝置(圖 5.2-12-C、D)，它是屬於熱焚化的一種衍生體，以提供廢氣燃燒、回收廢熱、減少熱能損失為主要目的。當進氣中缺乏足夠的可燃物維持燃燒時，則須增加額外的燃料或以電熱加熱氣體。

一般蓄熱式焚化系統至少包括二個蓄熱床、進氣控制設備、加熱及溫度控制設備。蓄熱床內填充石質或陶瓷蓄熱材料，欲處理氣體先進入一已預熱至一定溫度的蓄熱床(A床)，以反應去除其中之 VOCs，反應後高溫氣體通過另一蓄熱床(B床)時，氣體熱能傳入原已冷卻之蓄熱材，即高溫氣體之顯熱已被儲存，氣體則以較低的溫度排放。待一定時間後，欲處理氣體則導入該高溫床(B床)預熱，反應後高溫氣體能量則儲存於 A 床，完成一操作循環(operation cycle)。

預熱室中填充陶瓷材質或能耐高溫的填充物，其蓄熱效果甚佳，熱回收率可達 90%以上。故僅須極少量的輔助燃料，即可將揮發性有機物完全破壞去除，設備使用年限可高達 20 年。

## 二、冷凝法

使用冷凝法時，須有相對較高之入口濃度(大於數千 ppm)才可達到 80%以上之效率。通常冷凝法在低溫或高壓條件下才能得到較佳之效率。

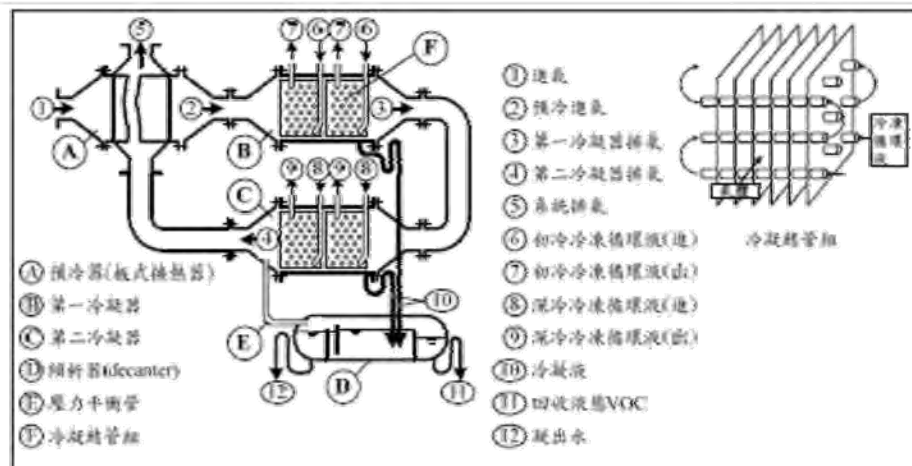
冷凝器(condenser)屬於熱交換器的一種。其原理係利用熱量交換，達到冷卻、降溫、結露。因此溫度降低後，沸點較高的物質結露冷凝發生相變化變成液體狀而與氣體分離，氣體本身的體積也減少。冷凝作用包括兩種方式：(1)在定壓下，降低系統溫度、(2)在定溫下，增加系統壓力。由於加壓所須設備較多且操作成本較貴，一般使用降溫方式以達

到冷凝之目的。

一般冷凝回收系統如圖 5.2-13 所示，高溫或常溫排氣通過預冷器先行冷卻後，流入第一冷凝器去除大部分水分及部分 VOCs，再經第二冷凝將大部分 VOCs 冷凝成液體。視法令須求及其他實際需要，經冷凝系統處理後之排氣可逕排大氣或作進一步處理。

冷凝液流入傾析器中，經沉除水分後，可得回收之 VOCs。第一及第二冷凝器內裝鰭管或板管式冷卻裝置，以冷凍循環液作冷媒。

冷凝回收技術一般使用於揮發性有機物濃度 5,000 ppm 以上之排氣處理，例如貯槽、油品罐裝、製程等排氣。冷凝回收亦適用於回收排氣中低濃度、高單價揮發性有機物。



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 5.2-13 揮發性有機物冷凝回收系統

冷凍機壓縮機及冷媒循環幫浦等馬達均須防爆等級，以防溶劑洩漏時引爆。進氣如含氧，VOCs 濃度須嚴守 <25%LEL 之要求；如為不含氧之氮封貯槽排氣，仍須嚴防其洩漏至大氣所引發之爆炸危險。

### 三、吸附法

VOCs 濃度在數百 ppm 時，利用吸附法可達 90% 以上之效率；達 1,000 ppm 以上之濃度時，可超過 95% 之效率。吸附處理須考慮吸附劑用量、費用及所吸附污染物之最終處置問題，如回收或燃燒處理。

以吸附法去除 VOCs，乃利用可與 VOCs 進行物理結合之物質為吸

附劑，將 VOCs 去除或回收。

吸附現象乃吸附劑(adsorbent)表面對外來吸附質(adsorbate)分子之親和力(affinity)作用。吸附劑表面具有許多活性點(active site)，每個活性位置均可進行吸附作用，而吸附作用即是利用固體表面力，將流體中某些物質吸著並集中於固體表面活性位置的現象。

一般而言，吸附法如用於回收 VOCs，具適用範圍大與操作費用低等優點。吸附為一放熱反應，且其效能隨溫度之升高而降低，故操作前應預先冷卻廢氣溫度以提高吸附效率。影響吸附之因子如表 5.2-6 所示。

活性炭吸附系統常應用於 VOCs 的控制，如脂肪族、芳香族、有機氯化物、酮類、醇類(甲醇除外)及酯類等的吸附控制。不適合活性炭吸附處理之 VOCs 包括：(1)反應性化合物：有機酸、醛類、部分酮類、某些單體；(2)高沸點物質：可塑劑、樹脂類、長鏈碳氫化合物(碳數>14)、酚類、二元醇、胺類。

目前國內業界普遍使用固定式活性炭吸附床，處理控制製程中 VOCs 廢氣。一般吸附系統為固定式再生床，為便於更換吸附劑，亦有採用抽取式或纖維濾網式之吸附設施。一固定床有機溶劑吸附回收系統如圖 5.2-14 所示。一般固定床式吸附設備操作條件如下：

- (1)廢氣空塔速度 0.2~0.5 m/s。
- (2)廢氣空塔停留時間 1~2 秒。
- (3)廢氣通過碳床壓損 70~150 mmH<sub>2</sub>O。

一般吸附能力隨平衡 VOC 濃度之增加、溫度及濕度之降低而增加。吸附操作溫度宜維持在 40℃ 以下，若廢氣含有大量水分，將在活性炭表面凝結，使污染物質吸附效果下降。此外，灰塵、煙霧、雜質若覆蓋在吸附劑表面亦會降低吸附能力，故皆必須先將干擾物質除去。

若考慮回收 VOCs，進口廢氣濃度宜在 300~5,000 ppmv(即分壓 0.23~3.8 mmHg)間。若考量工業安全，通常進流廢氣的 VOCs 濃度須低



於 25% 之 LEL。吸附操作一段時日後吸附劑會達飽和狀態，此時須更換或再生吸附劑。再生之方法，一般採用水蒸氣進行脫附，以提供 VOCs 脫附所須蒸發熱及吹驅力(將脫附的 VOCs 從活性碳層內吹出來)。吸附劑內 VOCs 蒸氣經冷凝及重力分離後，可回收 VOCs。

對於高風量低濃度之揮發性有機廢氣，可採用濃縮處理技術，沸石濃縮轉輪(zeolite rotary adsorber)即為典型的例子。沸石轉輪濃縮器之目的為將大流量、低濃度 VOCs 廢氣轉換成小流量高濃度氣流，使系統處理較經濟。

沸石轉輪之核心單元為蜂巢狀轉輪，其中具疏水性沸石，可選擇性吸附欲去除之 VOCs。沸石轉輪適用風量為 2~100 m<sup>3</sup>/sec，VOCs 濃度為 0~1,500 mg/Nm<sup>3</sup>，轉輪轉速 2~5 轉/小時。

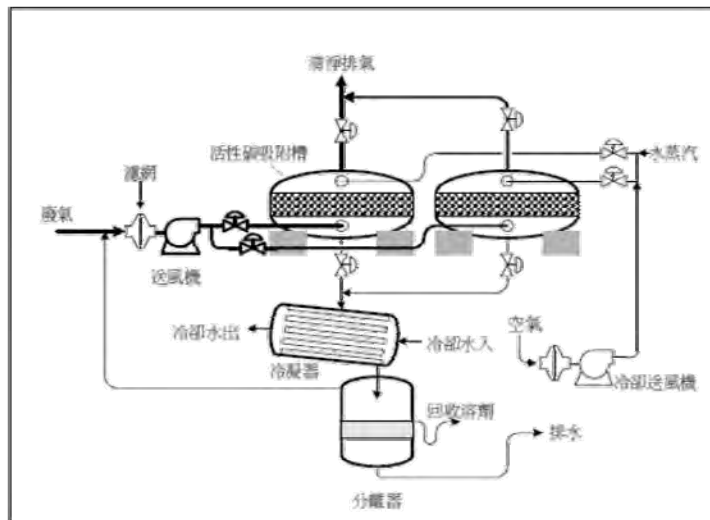
當轉輪轉動時，轉輪持續通過吸附區及脫附區，換言之吸附與脫附同時進行，因此整體系統之操作無須間斷，可以連續處理。沸石轉輪可得濃縮比約 6~15 倍之高濃度 VOCs 氣流。濃縮後物質可考慮回收，或以燃燒或觸媒加以氧化。若選擇焚化方式，可以熱交換器預熱進氣，同時當作脫附氣體之加熱熱源。

表 5.2-6 影響吸附的因子

吸附劑性質	比表面積	比表面積愈大，飽和吸附容量愈高。
	孔隙大小	孔隙愈小，單位比表面積愈大，吸附容量愈高。
	表面官能基及極性	在原活性碳表面是呈非極性，故對非極性的有機分子具有極高的親和力。當活性碳表面被氧化物如臭氧、高錳酸鉀及氯等氧化時，則有一部分表面變成極性。
吸附質性質	分子大小	適合吸附物質之分子量約介於 45~200 間，且分子量愈大者，被吸附能力愈佳。
	沸點	適合吸附物質之沸點約介於 20~175℃ 間，且沸點愈高，吸附能力愈佳。
	溶解度	溶解度愈大其受濕度之影響愈大。
	官能基及極性	同系分子中，具某特定官能基愈多者與低極性化合物(甲醇除外)吸附能力愈佳。
	濃度	進流 VOCs 濃度愈大，其吸附貫穿時間愈短。

表 5.2-6 影響吸附的因子(續)

環境因子	溫度	因吸附為放熱反應，故溫度愈低愈有利吸附作用。
	濕度	相對濕度愈大，活性炭飽和吸附容量愈低，且吸附質濃度愈低或溶解度愈大者其受影響愈大。
	流量	流量增大會使貫穿時間縮短。
	熱傳效果	選擇吸附塔半徑及管壁厚度較小者，可增加散熱作用，提高吸附效果。



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 5.2-14 活性炭吸附回收系統示意圖

#### 四、吸收法

吸收法之效率係由入流之污染物濃度來決定。通常，較低之污染物濃度(數百 ppm 以下)時，處理效率約為 90%；超過數百 ppm 之污染物濃度時，效率可超過 90%。吸收處理須考慮後續之廢水處理或吸收油液再生等問題。

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。

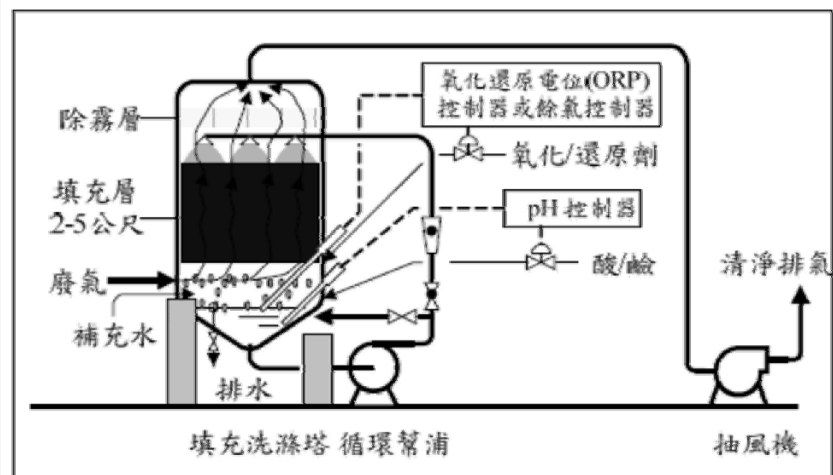
吸收單元的主體為吸收塔，伴隨溶質之廢氣從吸收塔底進入，而吸收劑從塔頂進入，以進行氣、液相之接觸。經處理過乾淨氣體自塔頂流出，可逕行排放或導入其他單元處理，而從塔底流出之液體則須送入再生單元處理。

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 5.2-15)，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。若須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  $1\text{ L/m}^3$ ，VOCs 的亨利常數(m)須小於  $0.007$ ，方適以水作為吸收劑。



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 5.2-15 填充洗滌塔廢氣處理系統

## 五、生物法

以生物處理法處理揮發性有機物，空塔停留時間 0.5~3.0 分鐘時可達 95% 以上處理效率。生物處理法包括生物濾床、生物滴濾塔、滴濾式生物濾床及生物洗滌法等四種，適用條件各有不同，須謹慎選擇。

生物法為將排氣通過生物濾床、生物滴濾塔或活性污泥混合液，排氣中的異味或 VOCs 等成分傳輸入液相或固相後，為其中之微生物分解。適用生物處理之排氣中揮發性有機物，分解性由易至難排列大致如表 5.2-7。

一般在氣體空塔停留時間 0.5~3 分鐘之條件下，VOCs 去除可達 95% 以上。生物氧化法分生物濾床、生物滴濾塔、滴濾式生物濾床、生物洗滌法等四種，茲分述其技術概要。

生物處理所須的生物植種來源為：(1)大氣吸入；(2)處理含類似 VOCs 廢水之活性污泥池污泥；(3)特殊微生物(來自生物製劑或菌種保存機構)。一般採前二種即可。

表 5.2-7 生物處理分解揮發性有機物之難易度

難易性*	揮發性有機物
1	含氧烴：醇、醛、酮、醚、有機酸
1	芳香烴：苯、甲苯、二甲苯、異丙苯、乙苯、苯乙烯
1	酚：酚、甲酚
1	含氮氧烴：丙烯醯胺、丙烯腈、乙醯胺、二甲基甲醯胺
2	烯烴：丁二烯
3	含氯、氮烴：1,2-二氯乙烷、氯乙烯、苯胺

\*1：易分解；2：蒸氣壓高，僅可用生物濾床分解；3：須植種特殊微生物以促進分解，或添加其他有機物作共消化(cometabolism)分解。

### (一)生物濾床法

生物濾床(圖5.2-16)可處理有機廢氣與臭氣。處理時，廢氣中空氣污染成分傳輸進入濾料表面生物膜後，為其中之微生物所分解。生物濾床廢氣處理系統堆置高度通常小於1公尺，與廢氣接觸之濾料較易失水，廢氣採下流方式，因可直接噴水於濾料表面增濕，較利於控制濾料水分。此系統可處理低水溶性成分，較不適合處理含高濃度硫、氮、或鹵素化合物之排氣，因其代謝產物(硫酸、硝酸及其鹽類、鹽酸等)不易由濾料中移除。

### (二)生物滴濾塔法

有機廢氣及臭氣亦可使用生物滴濾塔(如圖5.2-17)處理，生物滴濾塔廢氣處理機制為：(a)廢氣中空氣污染成分傳輸進入滴濾塔填充物表面附生之生物膜中，(b)污染成分為生物膜中微生物分解，例如甲苯( $C_6H_5-CH_3$ )之生物分解：適用生物滴濾塔處理之有機物，如苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯、醇酮酯醚、醯胺等，均有良好處理效果。與生物濾床比較，滴濾塔較適合處理水溶性大或易產生酸鹼類代謝產物之VOCs或異味成分。

### (三)滴濾式生物濾床

滴濾式生物濾床(trickling biofilter)為生物濾床之改良，濾料主體為塑膠、石質、木料、蛇木屑、樹皮等惰性物質，濾料之比表面積

一般小於生物濾床濾料，但大於生物滴濾塔濾料。本法與生物濾床不同者為濾料不含氮磷等營養源，而須由濾料頂噴淋含營養源水溶液提供，此與生物滴濾塔者相同；本法與生物滴濾塔不同者為不須以循環水連續淋洗濾料表面，而僅以間歇噴霧或噴淋營養源水溶方式潤濕濾料表面之生物膜，以維持其功能。

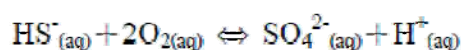
一種填充蛇木屑之滴濾式生物濾床如圖5.2-18所示，VOCs處理機制為：(a)廢氣中空氣污染成分傳輸進入蛇木屑表面附生之生物膜中，(b)污染成分為生物膜中微生物分解，(c)分解產物二氧化碳及其他代謝產物隨處理氣體或少量滴出水排出。

適用滴濾式生物濾床與生物濾床及生物滴濾塔類似，濾料表面生物膜積存酸鹼類代謝產物(硝酸鹽、硫酸鹽)及過剩生物膜可以大量水沖除。

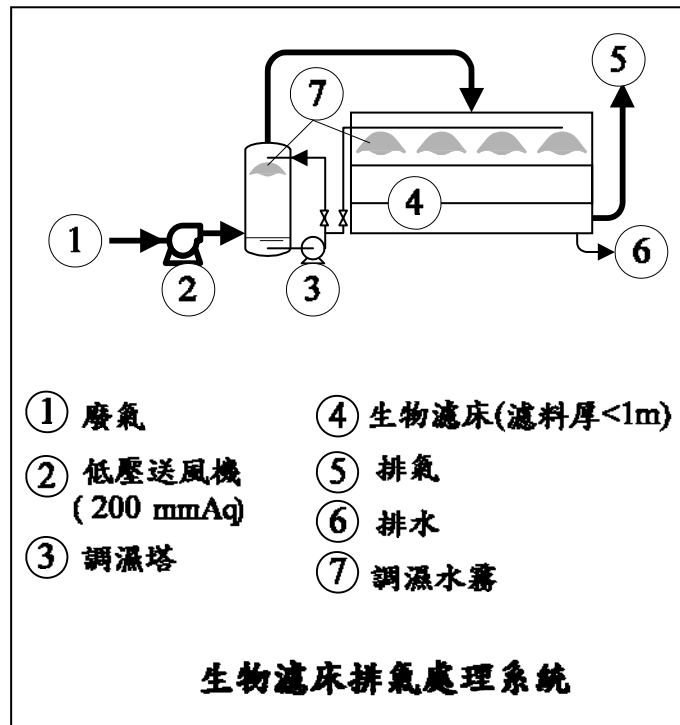
#### (四)生物洗滌法

生物洗滌法有數種，視氣體量及活性污泥系統配合情況而異，如圖5.2-19所示。廢氣量為數10 CMM時，可以中壓或高壓活性污泥曝氣鼓風機配合曝氣管，將廢氣直接注入1.0~1.5或4.0~5.0 m深之活性污泥混合液中；廢氣量>100 CMM時，可以填充式或板層式洗滌塔，以活性污泥處理後澄清廢水或活性污泥混合液吸收排氣中VOCs或異味成分，再利用活性污泥池將該等污染物氧化去除。

生物洗滌法之機制為：(a)廢氣中水溶性空氣污染物成分溶入上澄液或活性污泥混合液中，(b)污染成分為活性污泥中微生物分解，例如排氣中硫化氫之處理：

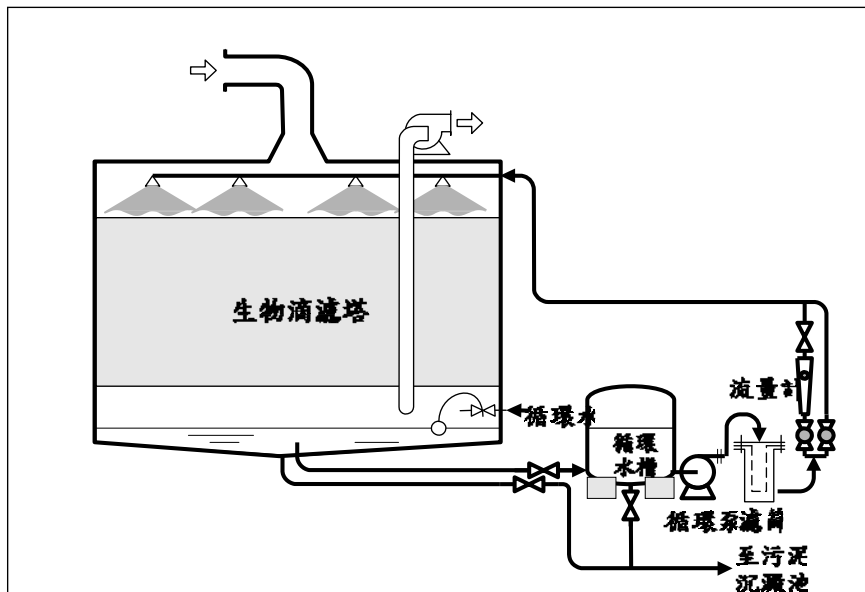


水溶性高之成分，如氨、低級胺、硫化氫、低級醇、低級酮、低級揮發性有機酸等，適以本法處理。



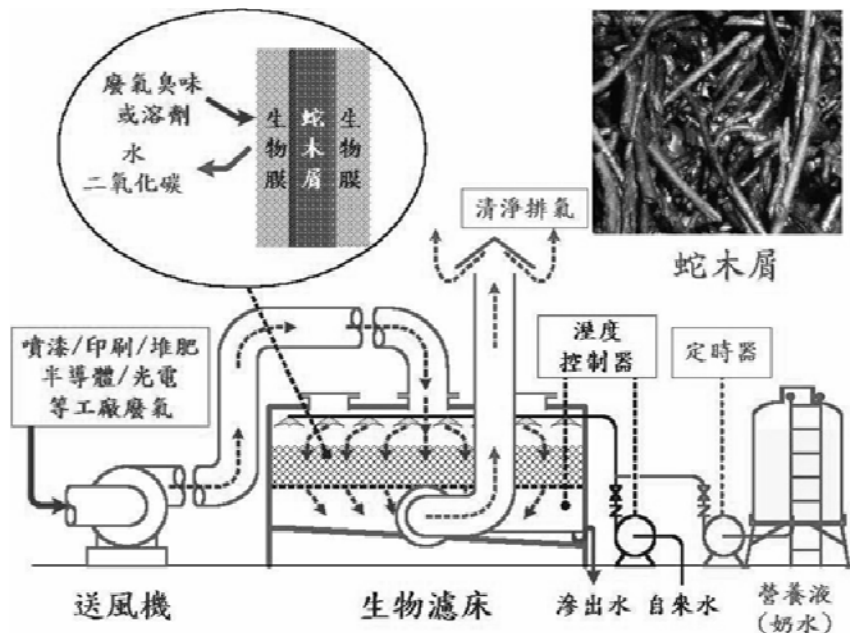
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2-16 生物濾床裝置



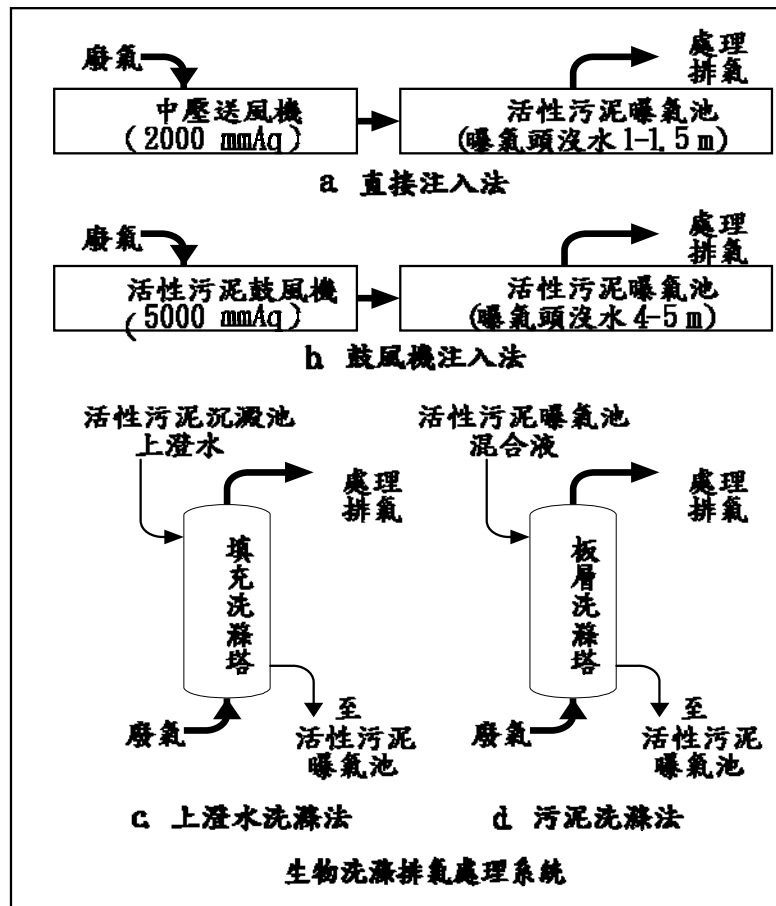
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2-17 生物滴濾塔裝置



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 5.2-18 滴濾式生物濾床裝置



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 5.2-19 生物洗滌法



### 5.2.3 酸性氣體控制技術

染整業之空氣污染物除 VOCs 之外，尚包括酸性氣體之排放，包括 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 及 HCl 等。上述酸性物排至大氣後經由酸沈降(acid precipitation) 落至地面，影響人體健康、腐蝕建築設備、降低空氣品質、甚至破壞自然生態環境。以下分別論述：

#### 一、氮氧化物

在燃燒系統中控制 NO<sub>x</sub> 的產生，必須符合下列幾點原則：

- (一)使用不含有機氮化合物之燃料。
- (二)降低燃燒區的氧氣濃度。
- (三)縮短燃燒氣體在高溫區中的滯留時間。
- (四)降低燃燒溫度，特別是不要有局部的高溫區域產生。

不論是單獨應用上述任何一個原則，或者應用這些原則之組合，都可以達到降低 NO<sub>x</sub> 的效果。

由氮氧化物成因可知，Thermal NO<sub>x</sub> 與 Prompt NO<sub>x</sub> 之生成，主要是來自於助燃空氣中的氮氣參與反應。所以，即使燃料本身不含氮的成分，於高溫燃燒下仍會有氮氧化物的產生。要避免此項情況發生，可採用非碳氮化合物作為燃料或是改採純氧來助燃。目前已有利用純氧燃燒的方式來處理有害廢棄物的實例，純氧燃燒可提高火焰溫度，使有害廢棄物的破壞效率提高，此因氣流中不含氮氣，可避免 Thermal NO<sub>x</sub> 的生成，並且減少排放廢氣體積，但此種燃燒方式仍須考量經濟性及安全性。

燃燒前之防制方法：燃料低氮化，即改採含氮量低的燃料，可避免 Fuel NO<sub>x</sub> 的形成，如天然氣、高品質燃料(低氮)或是使用加氫脫氮處理過的燃料。但相對地，這些措施會使成本提高，且仍無法遏止 Thermal NO<sub>x</sub> 於高溫下生成。未來，地球上的乾淨能源日益枯竭，使用燃煤或重油機會將增加，因此本法所能達到之控制效果有限。

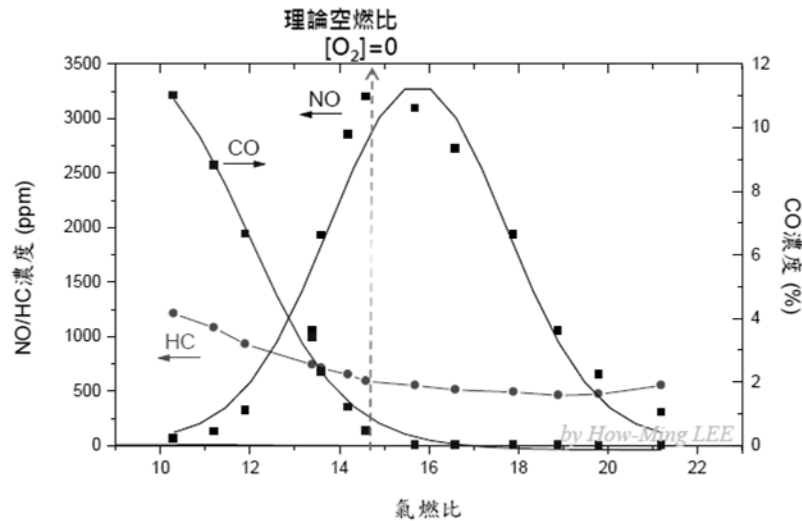
燃燒中之防制方法：就經濟面評量，改善燃燒過程或改良燃燒器為較經濟的方式，可從兩方面著手：(1)變更運轉條件；(2)應用新燃燒法。整體可使 NO<sub>x</sub> 濃度降低至 370 ppm 以下。各種常用技術分述如下：

(一)變更運轉條件

變更運轉條件，是執行燃燒管理以降低NO<sub>x</sub>之策略。除部分燃燒控制裝置之外，並沒有必要進行設備上的改造，是一種設備投資比較少的方法。一般說來，它與後述的應用新燃燒法比較起來，NO<sub>x</sub> 的控制減量有限，同時也會產生弊害，例如：缺氧燃燒可能造成未完全氧化的CO及黑煙。

1.降低過剩空氣量

操作在理論氣燃比(完全燃燒)可得到最大的能量輸出，此時燃燒溫度達到最高，一氧化碳(CO)及未完全燃燒之碳氫化合物(HC)生成濃度最低，但高溫卻促成 NO 的大量生成，如圖 5.2-20 所示。



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 5.2-20 氣燃比與氮氧化物、碳氫化合物及一氧化碳之典型關係

低氣燃比(過剩空氣少)時，由於燃燒室的氧氣濃度會減少，燃燒器內之火焰溫度也會降低。因此，可同時減低 Fuel NO<sub>x</sub> 及 Thermal NO<sub>x</sub>，但易使氧氣不足導致燃燒不完全，使排氣中 HC 及

CO 濃度偏高，當空氣量降低得太低時，則很容易燃燒不完全而產生黑煙。

當空氣量逐漸增高時(即高氣燃比)，氧氣濃度也會隨著增加、燃燒溫度下降，使 Thermal NO<sub>x</sub> 和 Fuel NO<sub>x</sub> 產量減少。此法雖可提供充足氧氣令燃燒得以完全，但過量的空氣造成燃燒效率不佳，亦使排氣量增加。因此，可採最低空氣量燃燒來執行燃燒管理。低空氣量燃燒也可以成為省能源對策，不過，無法大幅控制 NO<sub>x</sub>。

## 2.降低燃燒室熱負荷

當燃燒室負荷增大時，爐內溫度以及火焰溫度都會上升，使得 Thermal NO<sub>x</sub> 生成量也會隨著增加。因此，為減低熱負荷，可降低火焰溫度與減慢燃料釋熱的速率，以控制 Thermal NO<sub>x</sub> 生成。須注意此方法會降低爐的燃燒效率和鍋爐的產汽效能。

## 3.降低空氣預熱溫度

為提高燃燒設備的熱效率，通常會利用排氣中的熱量預熱燃燒用的空氣。由於預熱燃燒用之空氣會直接影響燃燒溫度，因此，將預熱溫度降低即可減少 NO<sub>x</sub> 的排出。不過，在採用此法時會產生與前述的燃燒室熱負荷的情況同樣的缺失，與節省能源對策背道而行。

## (二)應用燃燒改善法

為了減低NO<sub>x</sub>，可採用燃燒改善法。此法應用在新的設備，設計時就可直接採用；若應用在既有設備，大多須改造舊設備。工業上可行之燃燒控制改善方式如表5.2-8所示。

燃燒後之防制方法：面對日益嚴苛的排放標準，設置高效率之污染防制設備以進行後處理已成趨勢。燃燒後處理控制技術概分為：乾式法、溼式法、氣態氧化法等，目前應用或發展中之NO<sub>x</sub>控制技術如表5.2-9所示。

表 5.2-8 可行之燃燒控制改善方式

方法	控制原理	相關說明	去除率(%)	燃料適用性	備註
低NO <sub>x</sub> 燃燒器	屬於燃燒設備的改良，藉由控制燃氣比達到分段燃燒之目的。	1.燃燒區域大，火焰甚長，須注意燃料與氣體混合程度。 2.初設成本甚高，但操作成本較低，目前業界應用廣泛。	30-60	各種燃料	1.既存鍋爐改裝不易。 2.可與煙道氣循環法配合增加效率。 3.此法並不適用於含氮成分過高的燃料(如煤)。
煙氣迴流法	藉此降低氣流中之含氧量與燃燒溫度以抑制 thermal NO <sub>x</sub> 。	須控制迴流氣體流量，否則氣流過大將致使火焰不穩定，甚至引起管線的損壞。	20-40	氣態燃料 低氮燃料	1.影響熱傳導與系統壓力。 2.須裝設煙道和風車。 3.影響系統壓力。
火上風空氣法	延遲燃燒的程序，使完全燃燒離開主要燃燒區。	主要燃燒區域為富燃料條件(fuelrich)，等待一些熱能以熱輻射傳導出去，再供應充分空氣量使其完全燃燒。	15-35	各種燃料	1.無法充分混合二次空氣與主燃燒區的燃燒產物。 2.增加煙塵與CO排放。 3.局部火焰過長，爐管過熱。 4.降低鍋爐效率。
低過剩空氣法	減少過剩空氣量，使氣流中O <sub>2</sub> 降低，減少O <sub>2</sub> 與N <sub>2</sub> 反應形成NO <sub>x</sub> 的機率。	避免供氣量低於理論燃燒計量，以防止因燃燒不完全產生CO及焦炭等物質。	1-15	各種燃料	1.易造成不完全燃燒。 2.可藉由CO濃度之量測，來判斷鍋爐之燃燒條件。
階段燃燒法	階段控制供氣燃氣比，降低O <sub>2</sub> 濃度，以延緩釋熱速度，避免主要燃燒區火焰溫度過高。	主要燃燒區域進行缺氧燃燒，次燃燒區則補充適當的空氣量以進行完全燃燒。	30-60	各種燃料	1.既存鍋爐改裝不易。 2.火焰增長。 3.影響鍋爐燃燒效率。
水(蒸汽)注入法	於燃燒過程注入水或水蒸汽，以降低燃燒區火焰溫度。	1.火焰強度與燃燒效率易受影響，甚至不完全燃燒。 2.風扇耗能增加，增加操作成本。	40-65	氣態燃料 低氮燃料	1.耗費能源。 2.不完全燃燒之問題。 3.須考量燃燒效率減低之影響。

方法	控制原理	相關說明	去除率(%)	燃料適用性	備註
減少空氣預熱法	藉此使火焰溫度不致過高以減少 thermal NO <sub>x</sub> 生成。	針對天然氣或低氮成分燃料進行處理，目的在抑制 thermal NO <sub>x</sub> 。	25-65	氣態燃料 低氮燃料	1. 能量損失。 2. 進氣氣流溫度下降將使燃燒效率減低。
再燃燒法	將燃料分兩階段注入。鍋爐則分為三區，主燃區因過剩空氣，NO <sub>x</sub> 產生較少；再燃燒區添加二次燃料(碳氫化合物)將第一區生成之 NO <sub>x</sub> 部分還原為 N <sub>2</sub> ；過剩未燃燒物於燃盡區完全燃燒。	此法之觀念類似整合階段燃燒法與上火空氣法兩技術，但實際效果更好。	20-50	各種燃料	1. 既存鍋爐改裝不易。 2. 影響鍋爐燃燒效率。

表 5.2-9 燃燒後氮氧化物控制技術

乾式法	溼式法	氣態氧化法
選擇性觸媒還原法	氧化/吸收法	電子束法*
選擇性非觸媒還原法	吸收/還原法*	電暈放電法*
無選擇性觸媒還原法	氧化/吸收/還原法*	介電質放電法*
觸媒分解法		
吸收法		
吸附法		
移動床活性碳法*		

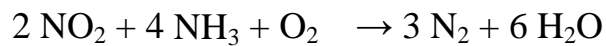
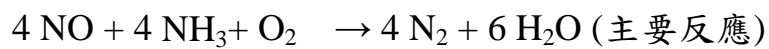
註 \*：可同時去除氮氧化物及硫氧化物

本節介紹目前大量商業應用且處理效果較佳的方法：選擇性觸媒還原法(selective catalytic reduction, SCR)及選擇性非觸媒還原法(selective non-catalytic reduction, SNCR)。整體可使排氣 NO<sub>x</sub> 濃度降低至 75~150 ppm 以下，以 SCR 處理效率較佳。

### (三)選擇性觸媒還原設備(SCR)

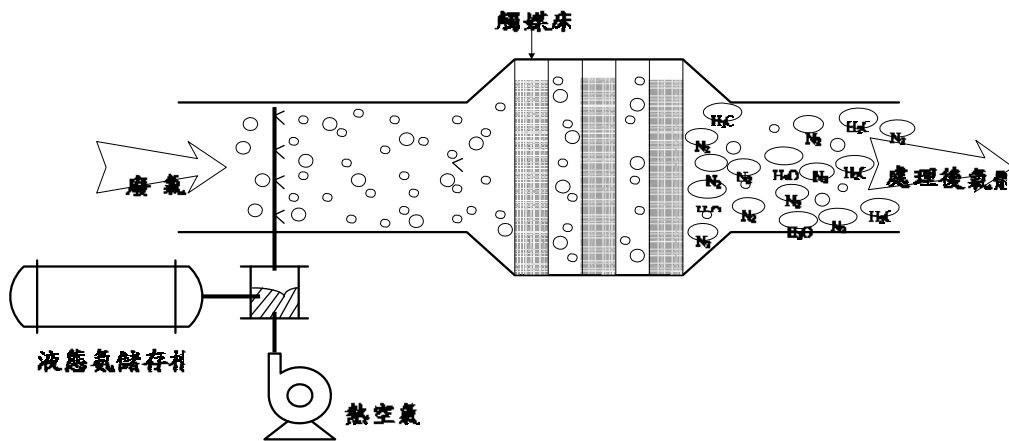
各類氮氧化物控制設備中，以選擇性觸媒還原設備(SCR)的除氮效率最高，一般可達80%以上。

其原理是利用還原劑(如NH<sub>3</sub>尿素等)，藉由適宜的觸媒將氮氧化物選擇性地還原成氮氣，再排入大氣，處理程序如圖5.2-21所示。其中以NH<sub>3</sub>為還原劑之應用最為普遍，主要反應如下：



選擇NH<sub>3</sub>為還原劑的優點，是其具備良好選擇性，在氣流含有適當氧氣時，能夠選擇性地與NO<sub>x</sub>反應，而不被O<sub>2</sub>所氧化。

影響SCR系統處理效能之因素有：(a)觸媒型式；(b)操作溫度；(c) 氧氣含量；(d)NH<sub>3</sub>添加量；(e)其他。



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 5.2-21 選擇性觸媒還原法處理程序示意圖

#### 1.觸媒型式

就 SCR 系統而言，觸媒種類甚為重要，直接影響其他的操作參數，如操作溫度範圍、最佳還原劑的選擇、反應停留

時間或抗酸腐蝕能力。另一方面，觸媒排列型式會影響每單位體積所處理的流量(即空間速度)、觸媒活性與耐用程度。NO<sub>x</sub> 的轉化率隨著孔隙愈密而提高。因為質傳和孔擴散速率，均與表面積成正比。因此高孔隙度觸媒的單位體積，具有較大的表面積，單位體積對 SCR 脫硝速率亦較大。選擇觸媒應注意之因素如表 5.2-10 所示。

表 5.2-10 選擇觸媒應注意之事項

處理型式	燃煤發電廠，蒸汽鍋爐系統
抗酸與抗腐蝕	煙道氣體成分多以酸性氣體為主，觸媒應具備良好之抗酸與抗腐蝕能力。
耐用性	因應空氣污染防制設備之處理負荷日益增加，選擇觸媒應以高效率、且耐用期限較長者為佳。
適用溫度	不同種類的觸媒對 SCR 反應溫度範圍會改變，選用適用溫度範圍較廣者(或反應溫度控制容易)較佳。
成本	觸媒材質多以金屬或貴重金屬為主，其成本應合理。

SCR 技術發展於日本，雖然其去除率較高，但相對地成本也高。使用之觸媒多為貴金屬、金屬氧化物或沸石等，其適合之應用溫度並不相同，使用最多的主要為 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-TiO<sub>2</sub>，再添加其他特殊成分製成。

觸媒易受粉塵磨蝕而降低使用年限，且長期使用後，觸媒活性隨反應時間耗減，將影響 NO<sub>x</sub> 去除效果。而毒害後的觸媒不得任意棄置，否則將造成二次污染，因此，妥善處置已使用的觸媒亦將增加處理成本。

## 2. 操作溫度

溫度為 SCR 技術中相當重要的控制參數：溫度過低，觸媒無法發揮功效；溫度過高，則使 NH<sub>3</sub> 氧化，使轉化率變低。所以不同的觸媒種類或還原劑，將使適宜操作的溫度範圍有所不同。例如，鈳系觸媒以 NH<sub>3</sub> 為還原劑時，反應溫度範圍約為 200~450℃。在設計觸媒床前，應先蒐集所處理煙道氣

的溫度資料，不但有利於觸媒種類選擇，亦可藉此減少所處理氣體之預熱成本。

### 3. 氧含量

氧氣在 SCR 反應中有許多重要的功能。氧氣實際參與 SCR 反應，對還原 NO<sub>x</sub> 之效率將有正面貢獻。此外，進行 NH<sub>3</sub>-NO 反應時，氧氣有助於讓已反應之觸媒活性位置再生。

由圖 5.2-22 可知，氣流含氧量的最佳範圍是 0.1~1%。在此範圍之內，NO<sub>x</sub> 經 NH<sub>3</sub> 轉化成 N<sub>2</sub> 的效率可大幅度提升，並可明顯降低反應溫度範圍，增加 SCR 的性能。

### 4. NH<sub>3</sub> 添加量

NH<sub>3</sub> 在 SCR 脫硝反應中，主要擔任還原劑的角色，與氮氧化物作用。但在高溫有氧環境下，氨本身亦可能會被氧化成氮氧化物或氮氣。圖 5.2-23 顯示觸媒對 NO<sub>x</sub> 的轉化率隨著 NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> 比值增加而增加當達其反應的化學當量時(即 NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub>=1)，轉化率達到最高。添加過多的氨並不能使 NO<sub>x</sub> 的轉化率增加，多餘的氨反而隨著廢氣排出，造成二次污染。

因此一般操作上將氨的進料控制在 NH<sub>3</sub>/NO=0.85~1.0 間，以確保觸媒的轉化效率(85%)及最低的氨逸漏。此外，氨的注入方式，會影響氨與氮氧化物的混合，進而影響 SCR 脫硝效能與氨逸漏的多寡。

操作時應注意添加過量的氨與煙道氣中的 NO<sub>x</sub> 反應，容易發生氨外洩。此外，氨會與煙道氣中的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 反應，分別形成 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、(NH<sub>4</sub>)HSO<sub>4</sub> 等氣膠，可能造成觸媒堵塞、腐蝕管線或逸散於大氣環境。

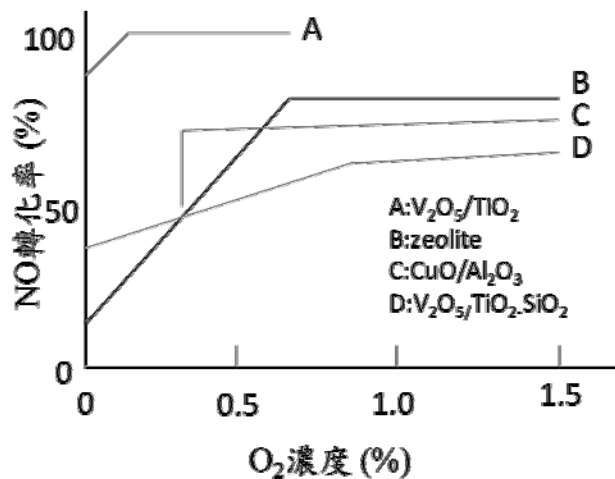
### 5. 其他

除了上述幾點較重要的操作參數外，其他次要因子包括水氣含量、SO<sub>2</sub> 含量、CO<sub>2</sub> 含量、空間速度(例如 10,000 h<sup>-1</sup>，



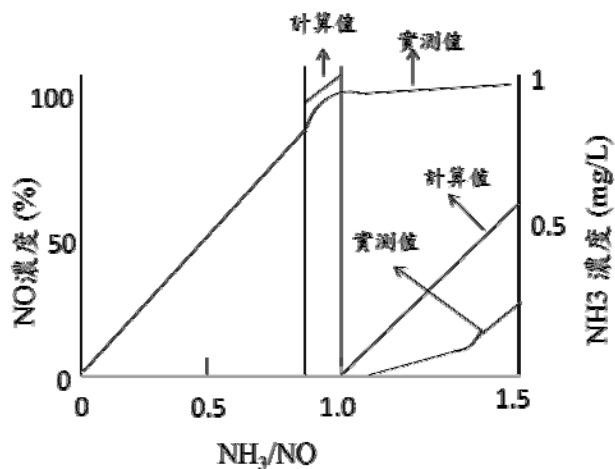
即每小時可處理 10,000 倍觸媒體積之進氣)、還原劑/氮氧化物比值等，這些操作參數須經由實地測試才能確實瞭解其個別的影響。

SCR 安裝位置可於靜電集塵器(ESP)前、靜電集塵器後或煙氣除硫設備後。若安裝於靜電集塵器後，須使用高溫靜電集塵器；安裝於煙氣除硫設備後，則須增設再熱器加熱煙氣，以達到 SCR 所要求之反應溫度。因此一般流程中以裝設於 ESP 前，惟因大量飛灰易使觸媒之活性衰減，洩漏之  $\text{NH}_3$  亦會造成惡臭之問題，因此必須妥善控制  $\text{NH}_3$  之洩漏量。



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 5.2-22 氧氣濃度對觸媒轉化 NO<sub>x</sub> 的影響



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

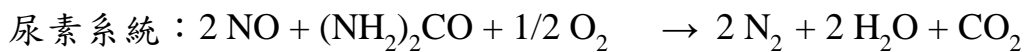
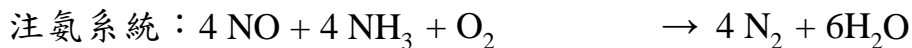
圖 5.2-23 NH<sub>3</sub> 添加量對 SCR 反應的影響

#### (四)選擇性非觸媒還原法(SNCR)

選擇性非觸媒還原法(SNCR)是於不添加催化劑之情形下，在煙氣溫度850~1,050°C時，將氨或尿素均勻噴入爐內，藉由高溫提供能量，以產生具高反應性的自由基，並藉著這些高活性物質與氮氧化物進行反應，使廢氣中之氮氧化物還原成氮氣排放。

SNCR可避免SCR系統中的觸媒問題，不過仍有發生氨外洩的可能。一般而言，SNCR 處理效率約50~60%，低於SCR(約80~90%)。

注氨系統與尿素系統為目前 SNCR 所普遍使用的兩種系統，其化學反應如下：



這兩種方法之間最大的不同是：氨(液氨)是在氣態下注入煙道氣，尿素則為水溶液。因為尿素在煙道氣流中還要多一道汽化手續，所以尿素系統需要多一點的滯留時間；注氨系統使用的是氨水，滯留時間也是一樣需要長一點。

液氨因具毒性有安全上之考量，目前已很少工廠願意採用；尿素雖須較高之反應溫度，且尿素使用前須先泡製較為麻煩，但因完全無毒性不須安全防護設施，尿素價格也較氨水便宜，已成為目前普遍使用之還原劑。

SNCR之主要優點為設置與操作費用低廉，主要設備僅還原劑貯槽與噴注系統，且可避免SCR法中觸媒燒結或老化問題。對於既存工廠而言，設備改裝極為容易。但其NO<sub>x</sub>去除率僅約50~60%，遠低於SCR之80%以上之去除率。

此外，SNCR所須熱能也較SCR為高，最適合之反應溫度為850~1,050°C，若煙氣溫度低於800°C時，脫硝速度很慢。因此，SNCR適合應用於煙氣溫度較高之製程，如水泥旋窯、汽電共生鍋爐以及重油引擎發電機等。

影響SNCR系統處理效能之因素有：(a)操作溫度；(b)氧氣含量；(c) NH<sub>3</sub>添加量；(d)添加劑；(e)其他。分述如下：

### 1. 操作溫度

由於 SNCR 不用觸媒，且須藉由裂解還原劑以處理 NO，此過程所須的反應溫度很高。但若溫度過高(>1,100°C)，NH<sub>3</sub> 還原劑易被氧氣氧化成 NO<sub>x</sub>；若溫度太低時，反應所須的自由基生成量將非常有限。因此，SNCR 最佳溫度操作範圍，約在 850~1,050°C 間。停留時間越長去除 NO<sub>x</sub> 效果越佳，一般建議須在 0.5 秒以上。

### 2. 氧氣含量

當氣流含有適量的 O<sub>2</sub> 時，有助於還原劑裂解。當氧過量時，會造成還原劑被氧化；當氧不足時，會造成自由基生成量不足的問題。

### 3. NH<sub>3</sub> 添加量

NH<sub>3</sub>/NO 比值愈高，代表添加 NH<sub>3</sub> 越多，有利於 NO<sub>x</sub> 之還原。若 NH<sub>3</sub> 過量，未反應的 NH<sub>3</sub> 易外洩(NH<sub>3</sub>slip)造成惡臭污染，或導致管線腐蝕。NH<sub>3</sub>/NO 比值宜控制在 1.3~1.5 間。

### 4. 添加劑

添加劑目的在改善 SNCR 的反應條件，例如於燃燒過程添加 H<sub>2</sub> 或 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，不但可使反應溫度範圍降低，減少外加熱能的耗損，並可降低氨外洩。

## 5.其他

其他影響 SNCR 的因子還包括 NH<sub>3</sub> 注入點、NH<sub>3</sub> 與氣流的混合程度、及氣流其他成分含量(如 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>)等。

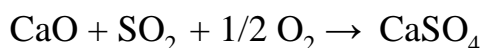
## 二、硫氧化物

### (一)燃燒前之防制方法

可選用低硫燃料，或於燃料進入燃燒室前，先行處理以降低硫份。如洗煤技術或加氫脫硫，以含硫量3%的重油為例，經過加氫脫硫處理後，含硫量可減至0.3%。若以廢棄物作為燃料，則應儘量排除混入或避免含高硫份廢棄物的燃燒，以減低燃燒煙氣中的硫氧化物。

### (二)燃燒中之防制方法

可在燃燒室內直接加入或噴入吸硫劑，如氧化鈣，使其產生下列反應以去除煙道之 SO<sub>x</sub>：



如流體化床焚化爐內的流化介質摻配部分的石灰石(提供 CaO)，或燃燒爐之煙氣轉角處的耐火材料用高氧化鈣的材質，此等皆有助於降低SO<sub>x</sub>的排放。

### (三)燃燒後之防制方法

煙道氣離開燃燒室後，再以吸收劑脫硫，其中排煙脫硫主要分成濕式除酸法、半乾式除酸法及乾式注入除酸法等三種方式。在選擇控制技術上，必須考慮污染源之特性及其限制條件，如污染物濃度、最低去除效率要求、投資成本、場地限制、操作維修成本、施工期對生產的影響及設備的使用年限等。

排氣SO<sub>x</sub>控制設備之比較如表5.2-11所示。常用於除酸的吸

收(附)劑如表5.2-12所示。

表 5.2-11 排氣 SO<sub>x</sub> 控制設備選用及特性

設備名稱	除硫效率	投資費用	操作費用	空間須求	特點
濕式	>90%	100%	低	高 100%	1.用水量大 2.材質腐蝕較嚴重 3.排氣有白煙產生 4.須廢水處理
半乾式	>90%	65~90%	中	高 80-100%	1.無白煙問題(露點以上操作) 2.材料腐蝕問題輕微 3.產物(乾粉)易處理 4.不產生廢水
乾式	50%	30%	高	低 20-30%	1.吸收劑用量大 2.處理效率不高 3.設備費用低 4.操作維修容易

表 5.2-12 常用於除酸的吸收(附)劑

吸收劑	溼式	半乾式	乾式	適用的酸性氣體
水	V			Cl <sub>2</sub> 、HCl、HF、NH <sub>3</sub> 、HCN，等及其他水溶性高的酸性氣體
Ca(OH) <sub>2</sub>	V	V	V	SO <sub>2</sub> 、HCl、H <sub>2</sub> S、CO <sub>2</sub>
CaO	V	V		SO <sub>2</sub> 、HCl、H <sub>2</sub> S、CO <sub>2</sub>
CaCO <sub>3</sub>	V			SO <sub>2</sub> 、HCl
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			V	SO <sub>2</sub> 、HCl
NaOH	V			SO <sub>2</sub> 、HCl
MgO	V			SO <sub>2</sub> 、HCl
胺類	V			CO <sub>2</sub>
活性焦炭			V	SO <sub>2</sub> 、NO

### 1. 濕式除酸法

於洗滌塔中，藉由氣體與液體間的接觸，將氣體中的污染物傳送到液體中，然後再將清潔的氣體與被污染的液體分離，達成清淨氣體之目的。氣態污染物則藉紊流、分子擴散等質量傳送、及化學反應等現象傳入液體，達到與進流氣體

分離之目的。常用之吸收劑有三種：

- (1)石灰石、氫氧化鈣：副產品為石膏。
- (2)氧化鎂、氫氧化鎂：副產品為硫酸鎂。
- (3)氫氧化鈉：副產品為硫酸鈉。

溼式法雖然可同時處理廢氣中之粒狀物與其他氣態污染物，但處理過程中煙氣被冷卻至 60°C 左右，若直接引至煙囪會產生排氣的上升力及浮力不足及水蒸氣凝結產生白煙之困擾。因此，煙氣引至煙囪前須再加熱，將增加操作成本。

## 2. 半乾式除酸法

半乾式除酸法(semi-dry or spray-dryer absorber, SDA)則利用一霧化器(atomizer)將吸收劑漿液(一般為 NaOH、Ca(OH)<sub>2</sub> 或 Mg(OH)<sub>2</sub>)霧化成直徑約數十微米的小液滴，這些小液滴在噴霧乾燥吸收塔中接觸廢氣，煙氣高溫將蒸發吸收劑漿液的水分，廢氣中的 SO<sub>2</sub>、HCl 及 HF 與吸收劑反應生成鈣鹽，由於接觸面積廣，質傳與熱傳效率均佳。當小液滴到達塔的底部時，水分已幾乎全部蒸發而成乾粉狀態，因而無廢水處理問題。

酸氣與吸收劑之化學反應與濕式除酸系統相似，主要差別在於半乾式之操作溫度較濕式為高，因此降低 SO<sub>2</sub> 之吸收效率。SO<sub>2</sub> 在噴霧吸收過程中包括以下三階段：

- (1)擴散期：SO<sub>2</sub> 及伴隨之 CO<sub>2</sub>、HCl、HF、NO<sub>2</sub> 擴散進入霧化液滴，此諸酸性分子之擴散將會阻礙水分子由液滴表面蒸發，降低液滴表面之蒸發速率。
- (2)反應期：液滴表面繼續蒸發，同時 SO<sub>2</sub> 及伴隨之酸氣溶解入液體，SO<sub>2</sub> 轉化成亞硫酸根(HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>)並與吸收劑 Ca(OH)<sub>2</sub>

反應生成  $\text{CaSO}_3$ ，部分  $\text{CaSO}_3$  與氧氣反應成  $\text{CaSO}_4$ 。部分  $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{NO}_2$  分別轉化成  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{CaF}_2$  及  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 。

- (3)終止期：水分蒸發，吸收漿液變成低含水率之塵粒。由於會產生粉塵，尚須於反應器出口安裝除塵裝置，以收集反應後產物。由於煙道氣通過之濾餅仍有未反應之吸收劑，若最後之除塵裝置為袋式過濾設備且煙道氣水氣含量足夠，則將會於濾餅內再吸收  $\text{SO}_2$ 。

半乾式洗滌技術之應用範圍廣泛，如去除酸性氣體： $\text{SO}_x$ (燃油鍋爐、燃煤鍋爐)、 $\text{HCl}$ (焚化爐)、 $\text{HF}$ (玻璃熔爐、陶瓷業、磚瓦窯業)；塵粒；重金屬： $\text{Hg}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{As}$  等；毒性物質：戴奧辛(dioxins)、呋喃(furans)等。

### 3.乾式注入除酸法

乾式注入除酸法係將吸收劑粉體注入煙道中，與煙氣中酸氣反應。常用吸收劑為鈉基( $\text{NaHCO}_3$ )與鈣基( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )之吸收劑，直接將粉狀之鹼性吸收劑注入系統中，藉由氣固化學反應，達到除酸之目的，排氣常須再以除塵裝置收集反應後之吸收劑。

乾式注入除酸法藉由噴入吸收劑乾粉與霧化液滴碰撞，其霧化液滴捕捉吸收劑的機制有慣性衝擊、直接截留、擴散(布朗運動)等。

一般而言，若吸收劑顆粒直徑大於 1 微米時，以慣性衝擊效應為主；若吸收劑顆粒直徑小於 0.1 微米以下時，則以擴散效應為主。

酸氣與吸收劑之化學反應則與半乾式除酸系統相似。此方法優點為設備簡單，初設成本低且反應生成物為乾燥粉體，

處理容易，對煙氣溫度影響小。缺點則為氣、固相間反應，處理效率差(~50%)，且吸收劑用量大，操作成本高，並大幅增加集塵設備之粉塵負載。

### 三、HCl 控制技術

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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{NH}_4$  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十微米的小液滴，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  $\text{HNO}_3$  混合產生的  $\text{NO}_x$  外)，可採用 4% 左右  $\text{NaOH}$  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，須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  $\text{SiCl}_4$  燃燒，廢氣並含  $\text{SiO}_2$  產物與未反應  $\text{SiCl}_4$ ，其處理設備由二層充填玻璃纖維(直徑約 50  $\mu\text{m}$ )填充床組合而成再加上一層除霧層，當處理氣體量為 88  $\text{m}^3/\text{min}$ ，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%  $\text{NaOH}$  水溶液其處理效率差異有限，但此設備對細小  $\text{SiO}_2$  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。

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<sub>x</sub> 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 SO<sub>2</sub> 之去除效率可達 85% 以上，若裝設第二階濕式洗滌塔，對 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 的去除效率亦達 90% 以上。



## 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，須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、出流點皆須充分注意，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：混凝沉澱所須加藥(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 200mL 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  $H_2SO_4$  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 80~100 rpm 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( $O_3$ )；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三種方式：(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須的純氧中製造臭氧，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氟系廢水均會以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 $\text{SO}_2$ 、 $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{NaHSO}_3$ 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)除油

廢水中常見油脂污染主要來自餐廳廚房廢水、機械加工物件清洗廢水、機械保養維修等，常見油脂去除方法包括曝氣、重力分離，其操作說明如下。

1.曝氣：利用散氣設備提供曝氣量，使廢水中油脂上浮，並利用浮渣去除裝置去除廢水中浮油。

(1)啟動鼓風機，送風量控制在  $0.2 \text{ m}^3$  空氣量/ $\text{m}^3$  廢水。

(2)停留時間控制在 3 分鐘。

(3)視浮油多寡，調整浮渣去除裝置操作頻率。

2.重力分離：利用油水分離設備將油脂去除，並可藉由增設加熱設備及吸附材料以增加油脂去除效率。

- (1)定期清理油脂分離設備。
  - (2)具有吸附材料之油脂截留槽，視吸附材料之吸附油份之情形，定期更換吸附材料。
  - (3)排水量較大時，將造成油水分離設備效果不佳，故應視排水之情形，調整操作頻率。
- 3.撇清池：撇清池用以去除較輕之上浮物質，池的形狀可為矩形或圓形，停留時間 1~15 分鐘，水深 2.5 m，附有撇清裝置，為增進效果，也可於每立方公尺廢水中通入空氣 0.35~0.75 m<sup>3</sup>，有時加入少量之氣效果更佳。

#### (五)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。

#### (六)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。

### 1.快濾設施種類

依過濾水之水流方向可分為向下流、向上流、雙向流及水平流等四種型式：

#### (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。

#### (七)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。

薄膜分離技術是利用不同成分穿透膜速率上的差異來達到分離的效果，依膜孔徑大小可區分為微過濾(microfiltration)、超過濾(ultrafiltration)、奈米過濾(nanofiltration)、及逆滲透(reverse osmosis)，其中微過濾孔徑大小為0.1~10  $\mu\text{m}$ 、超過濾孔徑大小為1~100  $\mu\text{m}$ 、逆滲透膜的孔徑小於 1 $\mu\text{m}$ 、奈米過濾孔徑大小介於逆滲透膜及超過濾膜之間。薄膜分離主要使用薄膜為分離介質，並以壓力差為驅動力以進行固液分離。除採用橫流過濾的方式進行操作外，延長薄膜使用壽命及降低能量消耗，為該程序是否經濟可行之主要因素。

在選擇薄膜時，須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  $\mu\text{m}$  之捲筒式過濾器移除。

#### (2) 膜面沉積

如  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{SiO}_2$  沉澱等，可由前處理利用離子交換將  $\text{Ca}^{2+}$  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。

### (八) 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，活性炭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，原水通常須經過混凝及沉澱(或再加上過濾)後，才通過活性炭床，但並未使用二級生物處理單元尚作前處理步驟。

活性炭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炭或粉狀活性炭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。

活性炭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。

當活性炭失去其吸附能力後，則須將接觸槽從操作中移至再生系統進行活性炭之再生。在水力反沖洗及再生過程中所失去的活性炭可以新鮮碳粒補充之。活性炭一般可為粒狀GAC直徑約為0.8 mm或粉狀PAC兩種，其中粒狀活性炭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。而粉狀活性炭微粒非常細微，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，因為粉狀活性炭的再生及回收不易，在廢水處理中其使用不如粒狀活性炭普遍，

## 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，惟其所須時間甚長。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  $0.2 \text{ kg/m}^3$  以下之條件進行，俟 MLSS 達到  $500\sim 1,000 \text{ mg/L}$  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  $1 \text{ mg/L}$  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須之微生物量。
  - (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，則應觀測其旋回流狀況，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

塑膠製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，就須加以注意，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；機械脫水方法用水省、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須求下，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。

符合上述須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，須面積稍大
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：> 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) 污泥必須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  $150 \text{ kg/cm}^2$  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。一循環所須時間約20~40分鐘。

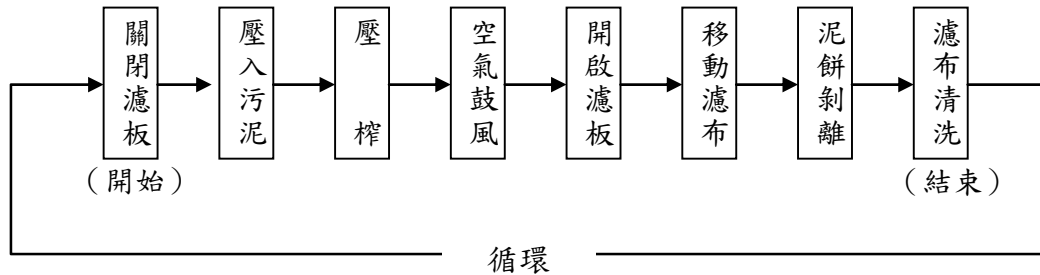


圖 6.1.1-2 板框壓濾式脫水機操作程序

#### (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，所須壓力較高，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  $7 \text{ kg/cm}^2$ ，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  $0.5\sim 10\text{MHz}$  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，儀表前須加裝過濾器。
- (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 1 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  $\mu\text{m}$  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須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，轉子之間不須添加潤滑油，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、熱破壞防制設備之操作維護

表 6.1.2-1 熱破壞防制設備維護、保養及功能查核要點

設施	維護保養	功能查核
熱焚化	1.焚化設施定期查核及保養 2.馬達及風車運轉是否有異音	1.焚化溫度是否足夠 2.停留時間是否足夠 3.混合是否均勻 4.空氣加入量
觸媒焚化	1.焚化設施定期查核及保養 2.觸媒定期更新避免老化 3.過濾裝置定期更新 4.廢觸媒處置	1.停留時間是否足夠 2.混合是否均勻 3.空氣加入量 4.觸媒是否須更新 5.溫度控制
蓄熱焚化	1.焚化設施定期查核及保養 2.蓄熱材定期維護 3.氣體交換控制閥維護	1.焚化溫度是否足夠 2.停留時間是否足夠 3.壓降 4.熱回收率 5.蓄熱材清潔

### 二、冷凝防制設備之操作維護

表 6.1.2-2 冷凝防制設備維護、保養及功能查核要點

設施	維護保養	功能查核
冷凝管外侵蝕	蒸汽含有水分避免高速排入冷 凝器時撞及冷凝管	蒸汽排入冷凝器速度
冷凝管入口內部 侵蝕	1.冷凝水避免高流速 2.冷凝管避免有懸浮固體物 3.冷凝水須加以處理	1.冷凝水流入速度 2.冷凝水水質
冷凝管破管或冷 凝管接合處洩漏	採用管塞(plug)將此冷凝導管塞住	溫度差
冷凝器管板腐蝕	冷凝器管板定期維護	避免冷凝水產生之漩渦

### 三、吸收防制設備之操作維護

表 6.1.2-3 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	

#### 四、吸附防制設備之操作維護

**表 6.1.2-4 吸附設備維護、保養及功能查核要點**

設施	維護保養	功能查核
導管	塵埃聚集狀況並定期清洗 接觸部分狀況	吸附系統阻力
吸附床	應緩慢注水冷卻以免著火	1.避免碳床溫度超過150°C 2.避免大量水氣瞬間產生，導致吸附床破裂
鼓風機	1.檢視塵埃聚集狀況並定期清洗 2.軸承及潤滑油補注 3.皮帶是否鬆弛	定期以壓差計量測

#### 五、生物處理防制設備之操作維護

**表 6.1.2-5 生物處理設備維護、保養及功能查核要點**

設施	維護保養	功能查核
生物濾床	1.防止濾床注水系統阻塞 2.溫度控制上不可有劇烈的變化 3.生物濾床的操作pH值維持穩定保持 在pH=7左右 4.避免產生厭氧區域	1.濾料含水率 2.濾床溫度、pH 值 3.營養源 4.污染負荷 5.氧氣供應
生物滴濾塔	1.使用逆洗的方式將過厚的生質藉 沖洗排出，以維持正常壓降及排氣 的正常流通量 2.pH值維持在6至8 3.溫度最好控制在25~35°C間 4.循環水量及排氣量控制	1.微生物生長狀態 2.循環水pH值 3.塔內溫度 4.循環水流量 5.營養鹽添加
生物洗滌塔	1.pH值維持在6至8 2.污泥濃度可控制在2,000~3,000 mg/L	1.塔內pH值 2.營養鹽添加 3.污泥濃度

## 六、氮氧化物設備之操作維護

**表 6.1.2-6 氮氧化物設備維護、保養及功能查核要點**

設施	維護保養	功能查核
選擇性觸媒 還原法	1.防止NH <sub>3</sub> 外洩 2.避免管線腐蝕 3.避免觸媒失效 4.避免觸媒堵塞	1.NH <sub>3</sub> 添加量 2.氧氣含量 3.觸媒是否須更新 4.溫度控制
選擇性非觸 媒還原法	1.防止NH <sub>3</sub> 外洩 2.避免管線腐蝕	1.NH <sub>3</sub> 添加量 2.氧氣含量 3.混合程度 4.溫度控制

## 七、硫氧化物設備之操作維護

**表 6.1.2-7 硫氧化物設備維護、保養及功能查核要點**

設施	維護保養	功能查核
濕式除酸法	1.洗滌塔定期檢視及保養 2.防止噴嘴及除霧器阻塞 3.防止風車腐蝕 4.填充材定期清洗 5.管線防止沉積	1.塔本體是否有腐蝕 2.噴嘴及除霧器有無磨損、阻塞 3.填充材及管線清理
半乾式除酸 法	1.洗滌塔定期檢視及保養 2.防止噴嘴磨損、腐蝕、阻塞 3.霧化器是否磨損、阻塞、腐蝕	1.塔本體是否有腐蝕 2.噴嘴及霧化器有無磨損、阻塞
乾式除酸法	1.洗滌塔定期檢視及保養 2.防止噴嘴磨損、腐蝕、阻塞 3.霧化器是否磨損、阻塞、腐蝕	1.塔本體是否有腐蝕 2.噴嘴及霧化器有無磨損、阻塞

## 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)	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 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、出口端閥未開 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、出口端閥 2c.檢修過濾桶壓力感測器 2d.檢修管線系統
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)

異常內容	原因	對策
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 參照第 3 項	正常活性污泥為 灰褐色-褐色
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
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	(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

項目	區分	異常之現象	原因	對策	備註
			(3)過分曝氣		
6.	解體	污泥被破壞成微細的膠羽現象	(1)過分曝氣 A.曝氣時間過長 過分氧化之狀態 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)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)氧量不足 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
脫水泥餅含水率不高	● 壓榨壓力下降	● 調查壓入泵、管及閘之漏失。並補修之
	● 供給壓力降低	● 調查空氣壓並調查之
	● 閘類操作不良	● 補修閘或更換
	● 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
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，儀表前須加裝過濾器。

(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。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、修正 →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
		玻璃電極引線的斷電端子不良	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℃以下)高溫用電極於常	→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

故障處所	故障狀況	故障原因	處置方法
		溫使用	
	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(例：自動控制系統)**

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)

故障內容	原因	對策
	● 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、吐出 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 <sub>3</sub> 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

參考經濟部工業局於 2011 年 7 月出版「染整業廢水前處理設施最佳流程及標準操作手冊」，全綿梭織布印花廠、混紡梭織布染整廠、尼龍梭織布染整廠、混紡染整廠、及紡織廠等 5 個廠廢水處理案例介紹如下。

### 7.1 案例 A 工廠--全棉梭織布印花廠案例

#### 一、生產概要

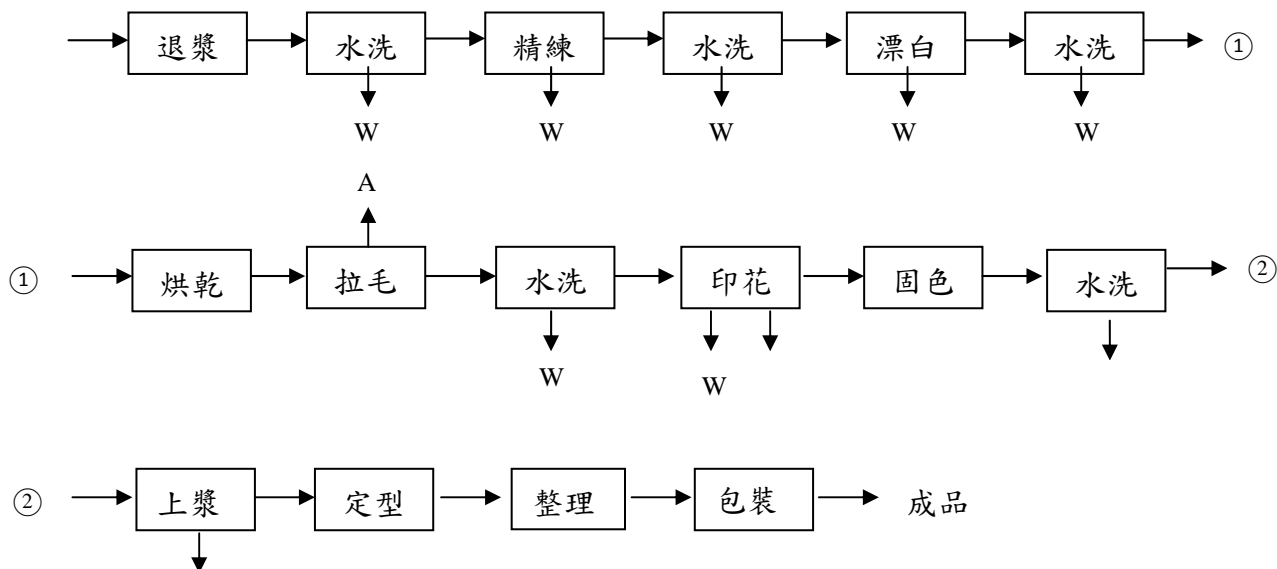
A 染整廠係以純棉梭織布印花為主，產量約每月 120 萬碼，染料以酸性和直接染料為主每月用量約 1,250 kg，另顏料用量每月約 2,800 kg。

#### 二、製程污染特性

##### (一)製程概述

梭織布經酵素退漿劑退漿，再經精練、漂白、拉毛等步驟整理後，以印染方式染色，再依客戶須求進行不同種類的整理加工即是成品。

##### (二)製程及污染來源。



### (三) 污染源概述

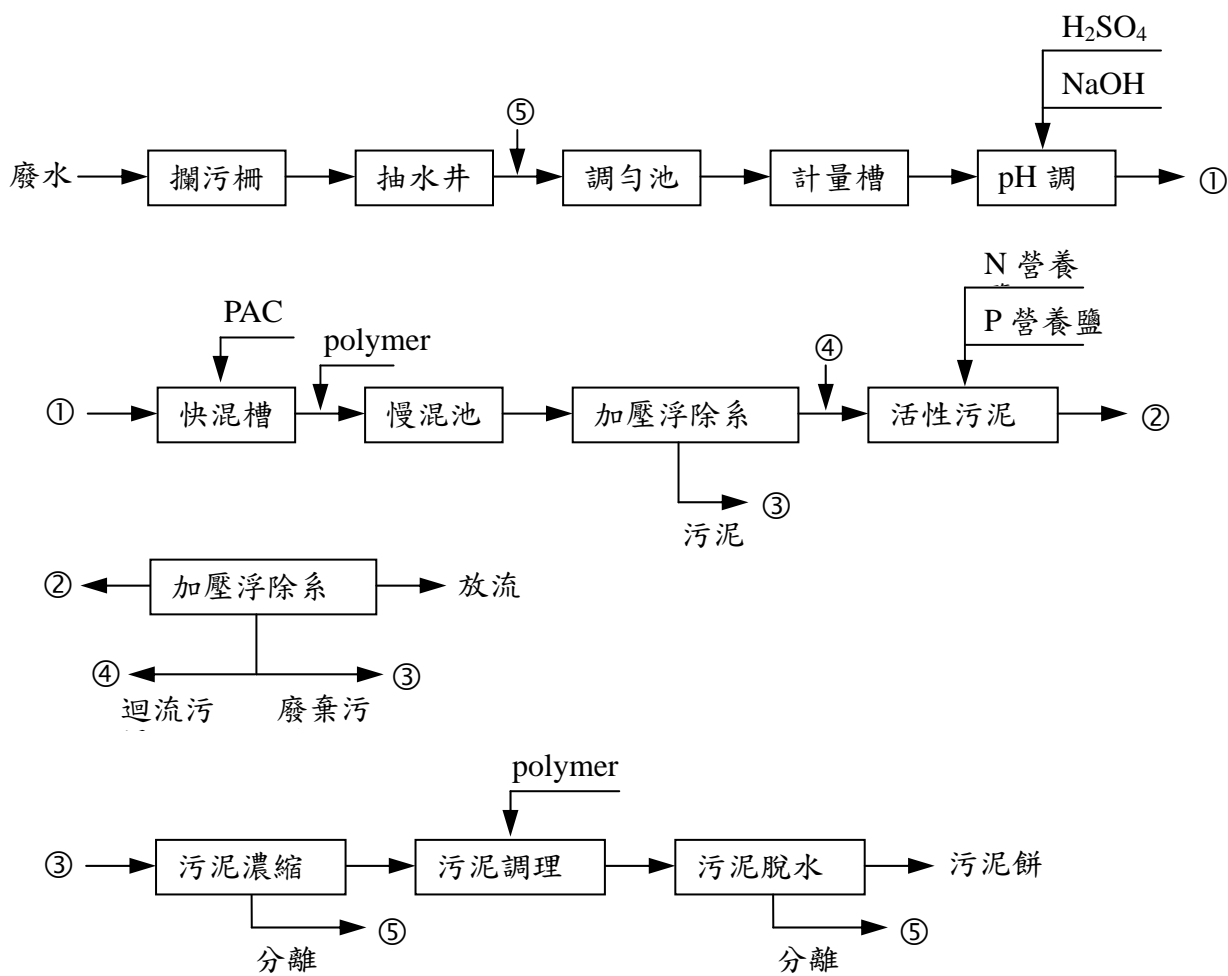
主要污染源包括退漿、精練、漂白、印花等加工程序之廢水，印花過程中刮刀所刮除下來及滾筒、貯槽所剩的染料及糊劑的調合物以固廢型態處理可減低廢水處理的負荷。污染物成分以漿料、界面活性劑、染料、助劑等由胚布去除或未被吸著的有機成分，另外添加殘留的氧化、還原性藥劑，酸、鹼亦是廢水中必須處理的成分。

## 三、污染防治與處理成效

### (一) 特色

廢水處理採用先混凝浮除的物化處理再活性污泥的生物處理系統。因考慮用地問題固液分離均採加壓浮除設備。

### (二) 處理流程



(三)控制重點

- 1.快混池：分為兩池採用曝氣攪拌，於第一池添加多元氯化鋁 (PAC as 10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，第二池的出口處添加高分子助凝劑 2 mg/L，以利藥劑擴散。
- 2.加壓浮除系統：以處理水迴流，迴流比 50%。
- 3.活性污泥池：食微比 0.15 kg BOD/kg MLSS-d。

(四)設計可處理之水質及水量

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)
水質設計	處理前	6~11	1,350	600	90	<550

	處理後	5~9	<160	<30	<30	<550
設計水量		800 CMD				
備註		為符合放流水標準，活性污泥生物處理池後之加壓浮除系統，添加生物可分解之高分子凝集劑(bio-polymer)，以提升生物處理後之處理效率，另以顯微診斷，最佳化穩定控制生物效果。				

### (五)初設成本及操作費用

項目	初設成本	操作費用		
		藥品費	電力費	污泥處理費
費用	850 萬元	215,000 元/月	38,750 元/月	260,000 元/月
單位處理成本	1.06 萬元/CMD	11.47 元/m <sup>3</sup>	2.58 元/m <sup>3</sup>	13.87 元/m <sup>3</sup>

註:成本計算僅供參考，成本估算須以當年度物價計算為主。

(六)處理成效，經活性污泥生物處理池後之加壓浮除系統，添加生物可分解之高分子凝集劑(bio-polymer)等改善後可有效降低污染量。

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)
實際水質	處理前	5~10	1,250	600	180	800
	處理後	6~9	<150	<25	<25	<550
實際水量		550~700 m <sup>3</sup> /d(24 小時操作)				

## 7.2 案例 B 工廠--混紡梭織布染整廠案例

### 一、生產概要

B 染整廠專門從事梭織布壓染工廠，平均月產量 300 萬碼，使用染料種類以反應性染料為主(佔 65%)。

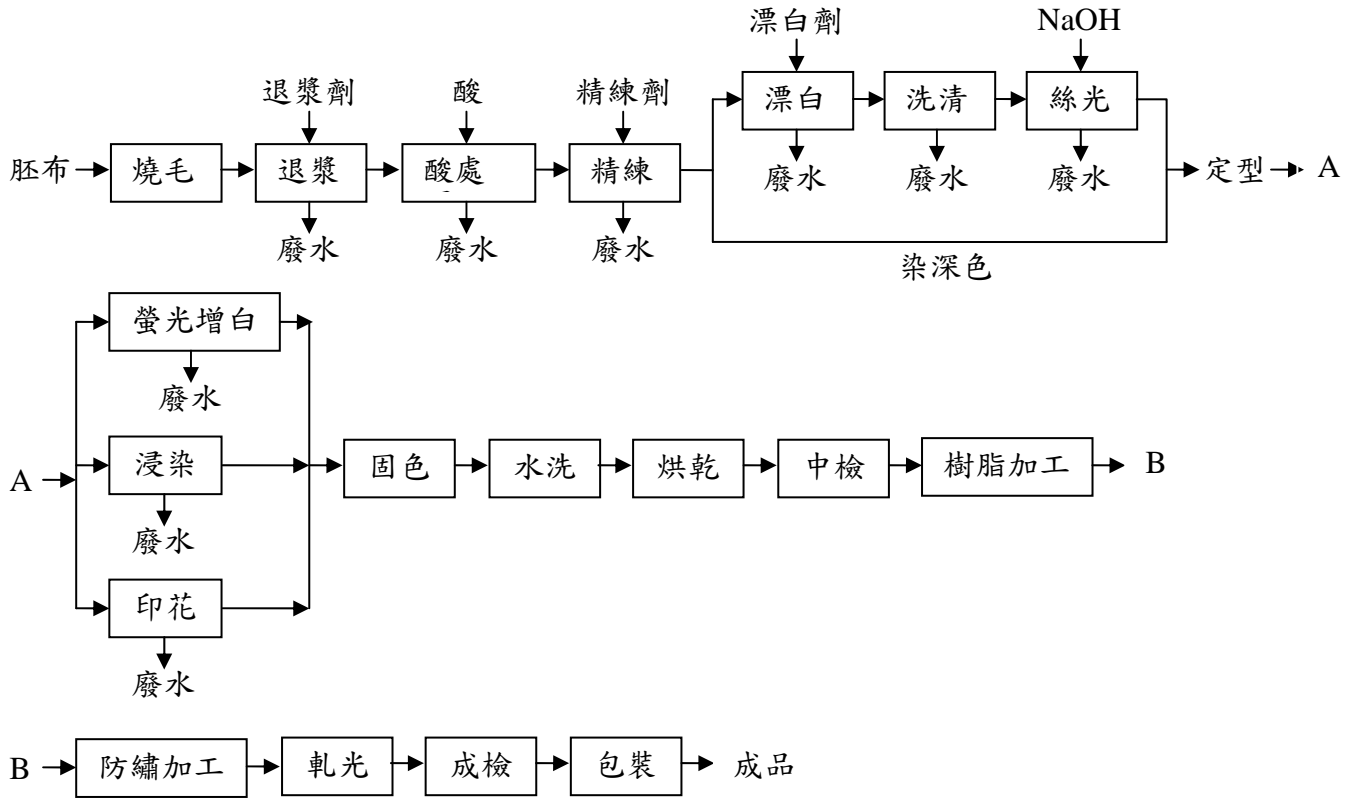
### 二、製程污染特性

#### (一)製程概述

棉屬天然纖維，一般胚布上含有天然雜質及紡織過程所添加之物質必須於染色前予以去除，而其適用之染料種類亦頗多，加上各種後處理使棉纖維之染整加工幾乎包含了所有各種染

整工程。

(二)製程及污染來源



(三)污染源概述

廢水之發生源，主要為退漿、精練、絲光、漂白、染色等步驟。

(四)污染特性

廢水來源	退漿	精練	漂白	絲光	壓染	蒸染	浸染	樹脂	綜合廢水
COD	1,000~10,000	1,000~10,000	400~900	—	1,200~3,200	300~1,500	—	700~1,400	1,600~2,500
BOD	1,000~1,500	400~800	—	—	—	—	—	—	300~800
SS			80~120	100~280	300~922	100~256	—	200~370	150~450
pH	5.2	12.9	11.6	13.0	12.0	12.3	—	6.8	11.5

廢水量	300	400	300	200	200	1,000	300	300	3,000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-------

\*：污染物濃度單位 mg/L，pH 除外

### 三、污染防治與處理成效

#### (一)特色

廢水處理採用活性污泥＋深槽曝氣＋接觸氧化＋化學混凝浮除＋砂濾等處理流程，如圖7.2-1所示。

#### (二)設計水質及水量

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)
設計水質	處理前	5.2~11.5	1,600~3,000	300~800	150~450	1,000~2,000
	處理後	5~9	<150	<25	<25	<550
設計水量		3,000 CMD				

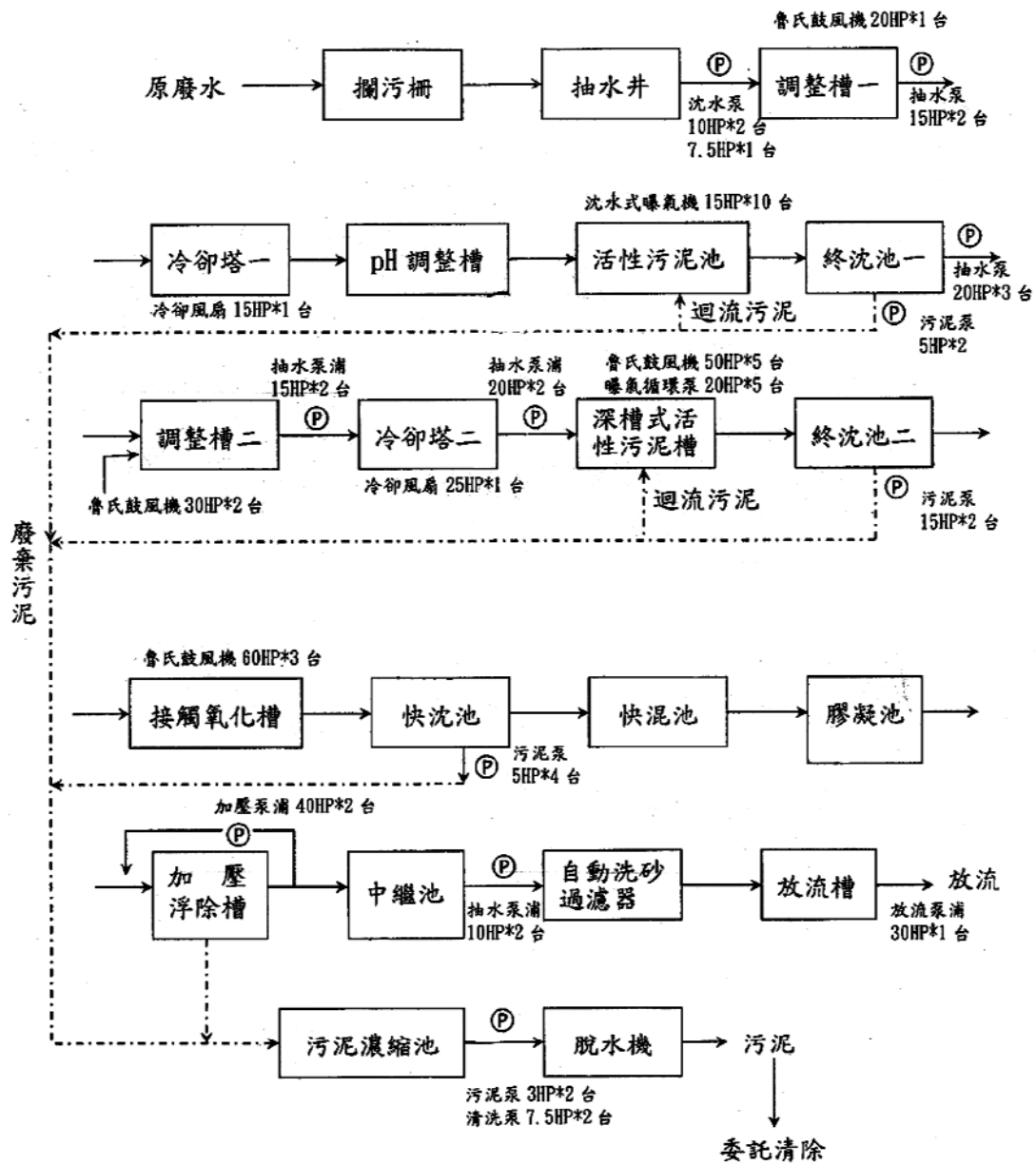


圖 7.2-1 案例 B 工廠廢水處理流程圖

(三)初設成本及操作費用

項目	初設成本	操作費用		
		藥品費	電力費	污泥處理費
費用	7,680 萬元	2,176,000 元/月	2,160,000 元/月	930,000 元/月
單位處理成本	2.56 萬元/CMD	24 元/m <sup>3</sup>	24 元/m <sup>3</sup>	16.24 元/噸

註:成本計算僅供參考,成本估算須以當年度物價計算為主。

## (四)處理成效

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)
實際水量	處理前	5.2~11.5	2,100	500	3,500	1,000~2,000
	處理後	6~9	64~100	<25	<25	<550
實際水量		3,000 CMD				

## 7.3 案例 C 工廠--尼龍梭織布染整廠案例

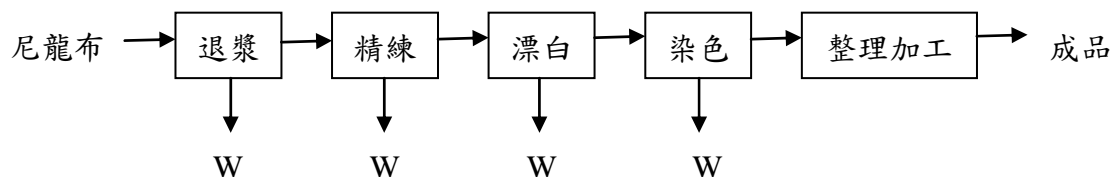
## 一、生產概要

C 染整廠係以染尼龍布為主，胚布來自各大小型紡織廠。染料類別依客戶要求而異，主要為分散性及酸性染料，平均每月使用量分散性染料約為 330 kg，酸性染料約為 715 kg。該廠以代工方式進行尼龍布之染整工程，平均尼龍梭織布染整之產量約為 75 萬碼/月。

## 二、製程與污染特性

## (1)製程概述

尼龍布先經退漿二次徹底將合成染料說除後，再添加液鹼進行精練，然後水洗。再依客戶須求進行漂白、染色，或直接染色之程序，染色後清洗，再行烘乾，然後依客戶要求予以整理加工後即為成品。以下即為其製程及污染來源：



\*：部分尼龍布未經漂白程序

[註] W：廢水



## (二) 污染源概述

主要污染源包括退漿、精練、漂白、染色、整理加工等程序之廢水，一般均為間歇排放，污染物之主要成分為退漿劑、漿料、界面活性劑、染料、助劑等未染著物質以及酸、鹼。

## (三) 污染特性

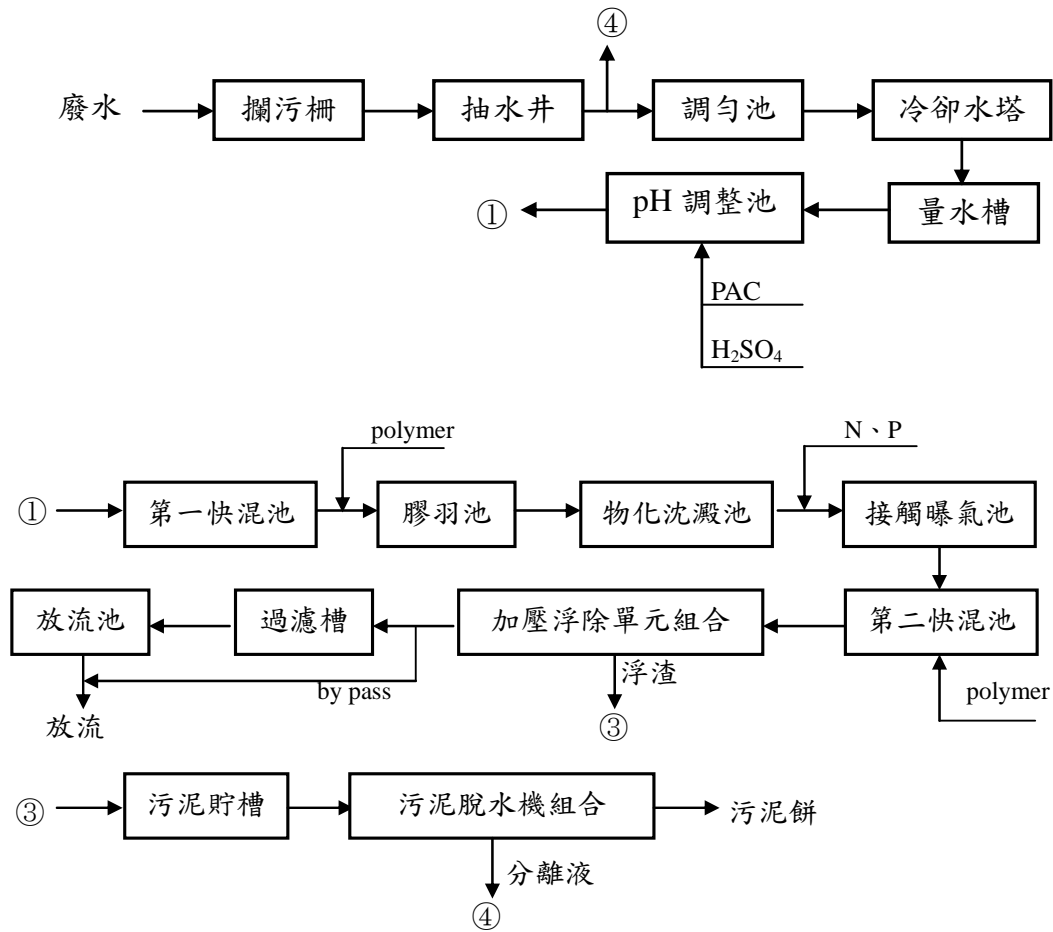
主要污染種類	污染來源	廢水量	廢水水質
退漿廢水	添加氧化退漿劑、液鹼等藥劑之退漿程序廢水	10~40 CMD	pH：8~10 COD：6,000~7,000 mg/L
精練廢水	添加液鹼、蘇打灰、界面活性劑等藥劑之精練程序含水洗廢水	25~60 CMD	pH：10~12 COD：400~700 mg/L
漂白廢水	添加亞氯酸鈉、緩衝劑等藥劑之漂白程序水洗廢水	5~45 CMD	pH：7~8 COD：200~500 mg/L
染色廢水	添加酸性、分散性染料、弱酸界面活性劑、助劑及其它藥劑之染色程序廢水及皂洗廢水	70~145 CMD	pH：3~6 COD：1,000~6,000 mg/L
整理加工廢水	添加整理加工劑、樹脂等藥劑之整理加工程序	1~3 m <sup>3</sup> /批次	因客戶要求之條件而異

## 三、污染防治與處理成效

### (一) 特色

廢水處理採用物化混凝+接觸曝氣+物化混凝之處理系統，其處理後之放流水水質可符合工業區污水廠進廠限值。

### (二) 處理流程



(三)控制重點

- A. pH 調整池：pH 調整於 7~8 之間，添加多元氯化鋁(PAC，10 %  $Al_2O_3$ )藉由曝氣攪拌方式，使其藥劑均勻擴散。
- B. 第一快混池：於出口處添加高分子助凝劑 2~3 mg/L。
- C. 接觸曝氣池：於進口處添加營養劑。
- D. 第二快混池：添加 PAC 溶液 350 mg/L，polymer 約 1~3 mg/L。

(四)設計水質及水量

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)	溫度(°C)
水設計	處理前	10~11	1,400	410	137	1,000~2,000	50~55
	處理後	6~9	140	30	30	<550	>35
設計水量		270 CMD					

## (五)初設成本及操作費用

項目	初設成本	操作費用	
		藥品費	電力費
費用	580 萬元	30,500 元/月	8,100 元/月
單位處理成本	2.15 萬元/CMD	8.13 元/m <sup>3</sup>	2.03 元/m <sup>3</sup>

註:成本計算僅供參考,成本估算須以當年度物價計算為主。

## (六)處理成效

項目		pH	COD (mg/L)	真色色度 (ADMI)	溫度 (°C)
實際水質	處理前	8~13	1,000~1,900	1,000~2,000	45~55
	處理後	6~8	60~100	<550	28~33
實際水量		150 CMD (24 小時操作)			

## 7.4 案例 D 工廠--混紡染整廠案例

## 一、生產概要

D 染整廠係以從事紗線染色為主,紗線種類主要為 T/C 混紡紗線,少部分為純綿紗線。紗線來源部分為關係企業的紡紗廠產品,大部分為外廠委託加工染整,此種以代工染整為主係國內染整廠典型的經營型態,目前每月加工量約 40 萬磅紗線。

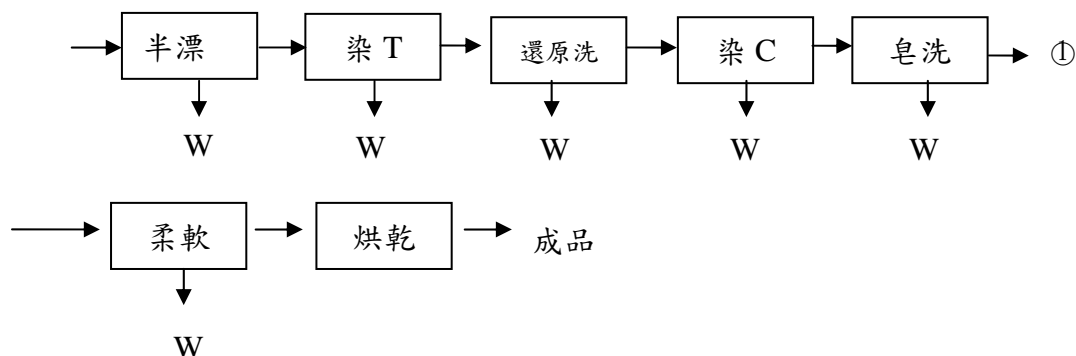
## 二、製程與污染特性

## (一)製程概述

廠內目前有 12 部高溫高壓筒子紗式染色機,染色時紗線先製成筒式紗置於染色機中,再視進行的步驟注入漂白劑或精練劑或染料、助劑等藥劑,然後升溫、升壓至所須條件並保持一段特定時間,如此按所須步驟逐次完成。因此排水特性為批式(batch)操作程序中批次排出廢水。

## (二)製程及污染來源

T/C紗染色時係採二段二浴法，主要流程如下：



註：W：廢水

### (三)污染源概述

廢水主要來自製程各步驟排出含未完全反應之藥劑及反應後之雜質的製程廢水，另外製程中須多次水洗的清洗廢水污染質較輕，但水量較大，估算完成一次T/C紗染漂依顏色深淺及操作經驗而定，排水次數約10~19次。

以廠內主要的染色機型式而言，每次染紗量為350~400 kg，每次排水量約3 m<sup>3</sup>。主要污染物為有機物和色度，其中有機物來源有精練時來自紗線上的雜質、未被紗線吸收的殘餘染料及助劑等物質，色度則主要來自殘餘的染料。

### (四)污染特性

主要污染種類	污染來源	廢水量	廢水水質
半漂廢水	添加 NaOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 安定劑等藥劑之精練、漂白程序廢水	約 3 m <sup>3</sup> /批次	pH：10~12 COD：約 2,000 mg/L
染色廢水	添加分散性、反應性染料、醋酸、均染劑、分散劑、芒硝, NaHCO <sub>3</sub> 等藥劑之染色程序廢水	約 3 m <sup>3</sup> /批次	pH：10~11 COD：250~2,200 mg/L

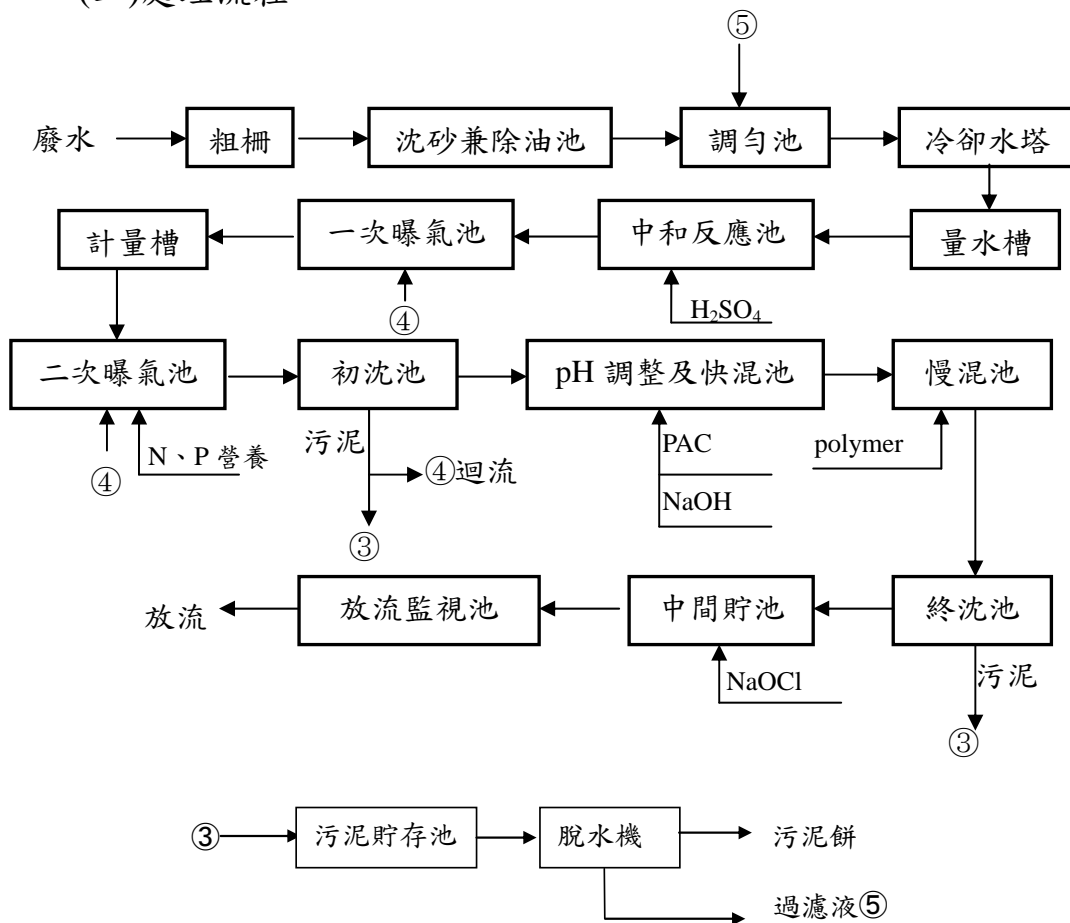
主要污染種類	污染來源	廢水量	廢水水質
皂洗廢水	添加皂洗劑之皂洗程序廢水	約 3 m <sup>3</sup> /批次	pH：7~8 COD：1,000~2,000 mg/L
整理加工之軟水	添加柔軟劑之柔軟程序廢水	約 3 m <sup>3</sup> /批次	pH：7~8 COD：< 50 mg/L
清洗廢水	各項製程間的清洗程序	約 15~30 m <sup>3</sup> /批次	pH：7~8 COD：< 50~200 mg/L

### 三、污染防治與處理成效

#### (一)特色

廢水處理採用先生物處理再化學混凝沉澱，因有硫化染料乃於活性污泥池前設置預曝氣氧化單元以提高還原性物質，因設計容量足夠。

#### (二)處理流程



### (三)控制重點

- 1.中和反應槽：pH 值調整於 7~7.5 之間，以利生物分解。
- 2.曝氣池：溶氧量控制於 2 mg/L 以上。
- 3.pH調整及快混池：將 pH 控制在 6.5~7，加入多元氯化鋁(PAC，10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)約 800 mg/L。
- 4.慢混池：添加高分子助凝劑 2 mg/L。

### (四)設計水質及水量

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)
設計水質	處理前	8~10	<1,200	<750	<50	1500
	處理後	6~8	<140	<30	<30	<550
設計水量		2,000 CMD				

### (五)初設成本及操作費用

項目	初設成本	操作費用	
		藥品費	電力費
費用	17,000 萬元	300,000 元/月	80,000 元/月
單位處理成本	0.85 萬元/CMD	10.5 元/m <sup>3</sup>	2.8 元/m <sup>3</sup>

註：成本計算僅供參考，成本估算須以當年度物價計算為主。

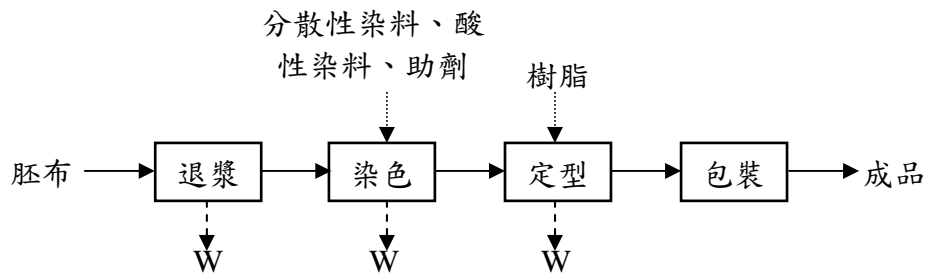
### (六)處理成效

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	真色色度 (ADMI)
實際水質	處理前	8~9	300~1100	—	—	—
	處理後	6~7	<100	<30	<30	<550
實際水量		1,100 CMD (24 小時操作)				

## 7.5 案例 E 工廠--紡織廠案例

### 一、生產概要

E 案例工廠位於桃園縣蘆竹鄉，為上市公司之一；主要係以胚布為原料經退漿、染色、定型、包裝等製程產業各種成衣用布、各種裡布、旅行箱及手袋用布等。製程廢水中主要污染源為退漿、染色、定型等階段之排放水，其中定型廢液污染濃度雖較高，COD 約 8,000 mg/L，但 10~15 天排放一次；退漿廢水之 COD 約 3,000~4,000 mg/L，每日廢水量約 600 m<sup>3</sup>；染色廢水之 COD 約 500~600 mg/L，平常每日廢水量約 1,300 m<sup>3</sup>，故退漿及染色製程為廠內主要廢水污染源，其污染物主要為有機物及色度。工廠生產作業流程及廢水污染來源如下所示。



註：W 表廢水來源

### 二、廢水處理流程

案例工廠之廢水經收集調勻後，以活性污泥系統及物化處理系統處理後排放，處理流程為典型生物處理 + 化學處理程序，其處理流程如圖 7.5-1 所示。產品產量會隨著季節影響因素變化，其原廢水水量約為 2,000 CMD~3,000 CMD，而水質與放流水質如表 7.5-1 所示。

表 7.5-1 案例 E 工廠原廢水之進流與放流水質

項目	COD (mg/L)	SS (mg/L)	水溫(°C)	pH
進流水質(平均)	900	700	40	9
放流水質(平均)	110	15	30	7

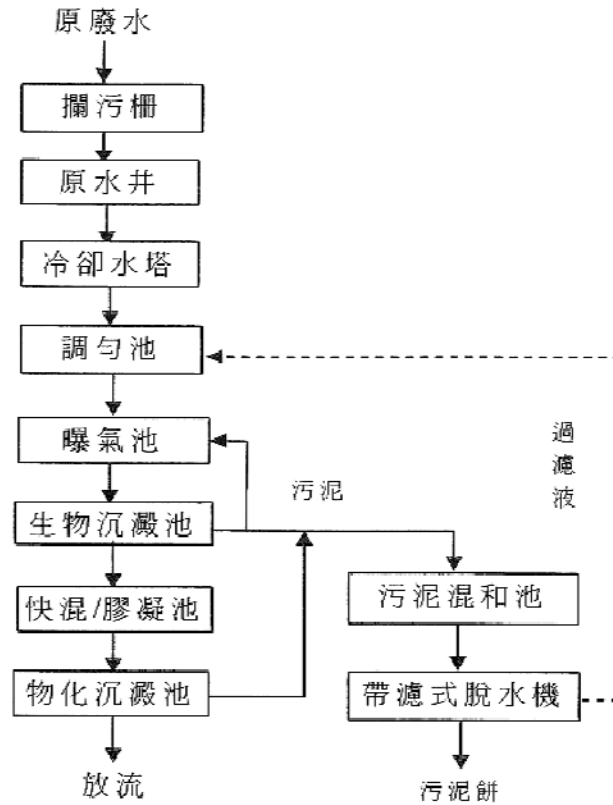


圖 7.5-1 案例 E 紡織工廠廢水處理流程圖

### 三、污染防治設施操作與處理成效

- (一)調勻池池深 4.5 m，目前液位控制為 2~4 m 間，為保守型操作；由於高液位操作可有較大之水質調勻能力，經評估製程廢水排放狀況及排放，案例工廠將低液位點由 2 m 提高至 2.5 m，可穩定處理效率且減少放流水質之波動程度。
- (二)曝氣池為兩座矩形池體構成，水力停留時間為 72 小時，為栓塞型且為延長曝氣設計，改善作法為提高曝氣池污泥迴流率及檢測相關之操作參數，使池內 MLSS 濃度維持於 2,500~3,000 mg/L 間，溶氧維持於 1.5~2.0 mg/L 間，有效提升生物處理效率。
- (三)曝氣池與生物沉澱池有高程差及距離問題，改採用隔膜式泵取代離心式泵送至處理水，以保持污泥完整性。



## 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)，違反廢棄物清理工法實際案例探討
- [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] 廢水處理單元-物理處理，廢水專責人員訓練教材，環保署環境保護人員訓練所，2006年4月
- [14] 廢水處理單元-化學處理，廢水專責人員訓練教材，環保署環境保護人員訓練所，2006年4月
- [15] 廢水處理單元-生物處理，廢水專責人員訓練教材，環保署環境保護人員訓練所，2006年4月
- [16] 紡織染整業工業用水效率提升及回收再利用技術手冊，經濟部工業局，2003年12月
- [17] 染整業廢水前處理設施最佳流程及標準操作手冊，經濟部工業局，2011年7月
- [18] 楊宜蓁、龔薇文、王冠翔、閻潔等(2014)，2014年紡織產業年鑑，紡織綜合所

## 國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

染整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 978-986-04-3688-4 (平裝)  
1.水汙染防制 2.空氣汙染防制 3.染整業  
445.9 103025927

## 染整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、林伯儒、簡瑛雪

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：1010302932

ISBN：978-986-04-3688-4

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

