

經濟部工業局
食品製造業污染防治法規與
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，感謝蘇銘千、莊順興、王雅玢委員與其他委員等參與編輯工作，並承蒙多位審查委員指導，使得本手冊得以順利編輯完成，謹致上最誠摯的謝忱。

經濟部工業局 謹誌
中華民國 103 年 12 月

目 錄

第一章	前言	1-1
1.1	緣起	1-1
1.2	行業介紹	1-1
第二章	環保法規	2-1
2.1	廢水污染防治	2-1
2.1.1	水污染防治法及其相關法規重點摘要	2-1
2.1.2	常見違法案例說明	2-11
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	2-21
2.3	其他污染管制	2-26
2.3.1	廢棄物污染防制	2-26
2.3.2	土壤污染整治	2-32
第三章	製程與污染特性	3-1
3.1	製程概述	3-1
3.2	污染來源與污染特性	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	3-5
第四章	水污染防治處理技術	4-1
4.1	處理原理	4-1
4.1.1	物理處理	4-1
4.1.2	化學處理	4-1
4.1.3	生物處理	4-2
4.2	處理方法	4-4
4.2.1	物理方法	4-4
4.2.2	化學方法	4-12
4.2.3	生物方法	4-23
4.3	處理流程	4-31
第五章	空氣污染防制處理技術	5-1
5.1	處理原理	5-1
5.2	處理方法及流程	5-3
5.2.1	旋風集塵器	5-5
5.2.2	袋式集塵器	5-14
5.2.3	濕式洗塵器	5-28
5.2.4	熱破壞原理	5-37
5.2.5	生物處理	5-42
5.2.6	氮氧化物控制技術	5-47

5.2.7	硫氧化物	5-58
第六章	污染防治處理設備之操作管理	6-1
6.1	處理設備操作與維護	6-1
6.1.1	污水處理設備操作與管理	6-1
6.1.2	空污處理設備操作與管理	6-26
6.2	處理單元之異常對策	6-47
6.2.1	水污染處理單元之異常對策	6-47
6.2.2	空污處理單元之異常對策	6-63
第七章	廢水處理案例介紹	7-1
7.1	案例一—A 廠	7-1
7.1.1	工廠概述及廢水污染特性	7-1
7.1.2	改善建議	7-3
7.2	案例二—B 廠	7-4
7.3	案例三—C 廠	7-6
7.3.1	製程與污染特性	7-6
7.3.2	污防設施操作與處理成效	7-7
7.4	案例四—D 廠	7-8
7.4.1	製程與污染特性	7-8
7.4.2	污防設施操作與處理成效	7-12
7.5	案例五—E 廠	7-12
7.5.1	製程與污染特性	7-12
7.5.2	污防設施操作與處理成效	7-16
	參考文獻	i

圖目錄

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	空氣污染防制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.....	2-26
圖 2.3.2-1	土壤及地下水污染整治法及相關子法之架構.....	2-32
圖 3.1-1	罐頭食品製造流程.....	3-1
圖 3.1-2	調味加工類之冷凍水產製造流程及污染來源.....	3-2
圖 3.1-3	冷凍肉類製造流程及污染來源.....	3-2
圖 3.1-4	植物油製煉之製造流程及污染來源.....	3-2
圖 4.2.1-1	快濾過濾池形式.....	4-5
圖 4.2.1-2	水中常見污染物與處理方法.....	4-7
圖 4.2.1-3	逆滲透膜之原理.....	4-9
圖 4.2.1-4	薄膜分離法流程(例).....	4-11
圖 4.2.1-5	電透析法原理圖.....	4-12
圖 4.2.2-1	電荷之中和.....	4-13
圖 4.2.2-2	架橋作用概念.....	4-13
圖 4.2.2-3	杯瓶試驗裝置.....	4-15
圖 4.2.2-4	混凝沉澱系統流程圖.....	4-16
圖 4.2.2-5	攪拌設備之形式.....	4-17
圖 4.2.2-6	去除懸浮物為主的三級處理流程.....	4-18
圖 4.2.2-7	凝聚反應槽：(1)槳板式(雙槽)；(2)螺旋式(單槽)攪拌器.....	4-18
圖 4.2.2-8	活性碳吸附裝置.....	4-20
圖 4.2.2-9	多段直列吸附槽.....	4-21
圖 4.2.2-10	臭氧注入方法.....	4-21
圖 4.2.3-1	分批式活性污泥法種類及操作程序.....	4-25
圖 4.2.3-2	(a)側流式(b)沉浸式 MBR.....	4-26
圖 4.2.3-3	接觸曝氣法去除 BOD 及 N 之模式示意圖.....	4-27
圖 4.2.3-4	接觸曝氣法各種曝氣方式.....	4-28
圖 4.3-1	廢水處理流程.....	4-32
圖 4.3-2	各類冷凍水產、肉類加工及罐頭廢水處理流程.....	4-33
圖 4.3-3	製油業廢水處理流程.....	4-34
圖 5.2-1	空氣污染控制基本流程.....	5-3
圖 5.2.1-1	微粒之收集機構.....	5-6
圖 5.2.1-2	旋風集塵器的種類.....	5-7
圖 5.2.1-3	常用的旋風集塵器.....	5-8

圖 5.2.1-4	進氣口干擾現象.....	5-8
圖 5.2.1-5	進氣口的型式.....	5-9
圖 5.2.1-6	切線進氣式旋風集塵器之各部分名稱.....	5-10
圖 5.2.1-7	高中效率旋風集塵器設計.....	5-11
圖 5.2.1-8	串聯的旋風集塵器.....	5-12
圖 5.2.1-9	四個切線進氣式旋風集塵器之並聯組合.....	5-13
圖 5.2.1-10	並聯的軸向導翼型旋風器.....	5-13
圖 5.2.2-1	濾袋及其支架.....	5-16
圖 5.2.2-2	濾袋及漏斗.....	5-16
圖 5.2.2-3	內部過濾(微粒被收集在濾袋內部).....	5-17
圖 5.2.2-4	濾袋屋之粉塵進口.....	5-18
圖 5.2.2-5	濾袋附件.....	5-18
圖 5.2.2-6	漏斗.....	5-19
圖 5.2.2-7	濾餅過濾現象.....	5-20
圖 5.2.2-8	毛氈式的濾材.....	5-21
圖 5.2.2-9	振盪洗袋法.....	5-23
圖 5.2.2-10	反洗空氣洗袋法.....	5-24
圖 5.2.2-11	脈衝噴氣式集塵器裝置圖.....	5-25
圖 5.2.2-12	脈衝噴氣式集塵器之空氣供應系統.....	5-26
圖 5.2.3-1	濕式洗塵器的除塵原理.....	5-30
圖 5.2.3-2	流動床洗塵器之收集效率與微粒粒徑(Dp)的關係.....	5-30
圖 5.2.3-3	多孔平板洗滌器.....	5-31
圖 5.2.3-4	泡罩之衝擊表面詳圖.....	5-32
圖 5.2.3-5	典型的文氏洗滌器.....	5-33
圖 5.2.3-6	可變喉口之文氏洗滌器.....	5-34
圖 5.2.3-7	衝擊噴水式噴頭及螺旋式噴頭.....	5-35
圖 5.2.3-8	簡單之噴霧塔.....	5-36
圖 5.2.3-9	除霧器.....	5-37
圖 5.2.4-1	各式焚化控制設備.....	5-40
圖 5.2.5-1	生物濾床裝置.....	5-45
圖 5.2.5-2	生物滴濾塔裝置.....	5-45
圖 5.2.5-3	滴濾式生物濾床裝置.....	5-46
圖 5.2.5-4	生物洗滌法.....	5-46
圖 5.2.6-1	氣燃比與氮氧化物、碳氫化合物及一氧化碳之典型關係.....	5-48
圖 5.2.6-2	選擇性觸媒還原法處理程序示意圖.....	5-52
圖 5.2.6-3	氧氣濃度對觸媒轉化 NO _x 的影響.....	5-55
圖 5.2.6-4	NH ₃ 添加量對 SCR 反應的影響.....	5-56

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	B 廠製程之流程.....	7-5
圖 7.4.1-1	D 廠製作及生產流程.....	7-9
圖 7.4.1-2	D 廠廢水處理流程.....	7-11
圖 7.5.1-1	E 廠製造程序製程流程.....	7-14
圖 7.5.1-2	E 廠廢水處理流程.....	7-15

表目錄

表 2.1.1-1	專責人員類別規定彙整表	2-4
表 2.1.1-2	食品製造業一般管制項目及限值	2-5
表 2.1.1-3	醱酵業放流水標準	2-5
表 2.3.2-1	土壤及地下水污染整治法裁罰基準案例	2-39
表 4.1.1-1	污水處理廠物理處理單元預期操作功能	4-1
表 4.1.2-1	污水處理廠化學處理單元基本原理	4-2
表 4.1.3-1	廢水生物處理基本程序	4-3
表 4.2.1-1	薄膜處理程序及其特性	4-6
表 4.2.1-2	各種薄膜之過濾特性	4-7
表 4.2.1-3	各種膜的分離去除特性	4-7
表 4.2.1-4	薄膜處理水水質	4-9
表 4.2.2-1	常用的混凝劑種類及特性	4-14
表 4.2.2-2	各類型高分子助凝劑的適用範圍	4-15
表 4.2.3-1	一般活性污泥法設計參數	4-24
表 4.3-1	水產罐頭及各類冷凍水產、肉類之綜合水質	4-33
表 5.2.1-1	切線進氣旋風集塵器之設計尺寸比例	5-10
表 5.2.2-1	濾袋使用之典型纖維材料	5-22
表 5.2.2-2	典型的空氣—濾布比(A/C)	5-27
表 5.2.2-3	淨濾布面積與因子之關係	5-27
表 5.2.3-1	平板洗滌器之操作特性	5-32
表 5.2.3-2	文氏洗滌器之操作特徵	5-35
表 5.2.3-3	噴霧塔之操作特徵	5-37
表 5.2.4-1	常見碳氫化合物的燃燒範圍	5-39
表 5.2.5-1	生物處理分解揮發性有機物之難易度	5-43
表 5.2.6-1	可行之燃燒控制改善方式	5-50
表 5.2.6-2	燃燒後氮氧化物控制技術	5-51
表 5.2.6-3	選擇觸媒應注意之事項	5-53
表 5.2.7-1	排氣 SO _x 控制設備選用及特性	5-59
表 5.2.7-2	常用於除酸的吸收(附)劑	5-59
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	耐磨材料硬度與相對壽命表	6-28
表 6.1.2-2	旋風集塵器之功能查核	6-29
表 6.1.2-3	熱破壞防制設備維護、保養及功能查核要點	6-46

表 6.1.2-4	生物處理設備維護、保養及功能查核要點.....	6-46
表 6.1.2-5	氮氧化物設備維護、保養及功能查核要點.....	6-47
表 6.1.2-6	硫氧化物設備維護、保養及功能查核要點.....	6-47
表 6.2.1-1	化學沉降/混凝沉澱設施之維護檢查項目.....	6-48
表 6.2.1-2	過濾系統異常現象及對策.....	6-49
表 6.2.1-3	膜分離之異常現象及對策.....	6-50
表 6.2.1-4	活性污泥異常現象之主要原因及其對策.....	6-51
表 6.2.1-5	絲狀微生物膨化原因及防治.....	6-52
表 6.2.1-6	板框壓濾式脫水機異常主要原因及對策.....	6-55
表 6.2.1-7	帶濾式污泥脫水機異常對策.....	6-55
表 6.2.1-8	電磁流量計常見的故障與排除.....	6-56
表 6.2.1-9	超音波流量計常見的故障與排除方法.....	6-57
表 6.2.1-10	渦輪式流量計常見的故障與排除方法.....	6-57
表 6.2.1-11	pH 監測計、ORP 監測之故障原因及處置方法.....	6-58
表 6.2.1-12	溶氧計常見的故障與排除方法.....	6-60
表 6.2.1-13	液位計常見的故障與排除方法.....	6-60
表 6.2.1-14	泵浦故障原因及對策(例：自動控制系統).....	6-62
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.....	6-63
表 7.2.1-1	B 廠廢水及處理水水質.....	7-6
表 7.3.1-1	C 廠製程主要原料及產品之使用量.....	7-6
表 7.4.1-1	D 廠主要原料及產品之使用量.....	7-8
表 7.5.1-1	E 廠主要原料及產品之使用量、產量統計表.....	7-13

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「食品製造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

凡從事將農、林、漁、牧業產品加工製成食品之行業皆屬之，如肉類、魚類、水果及蔬菜之加工保藏、動植物油脂、乳製品、磨粉製品及動物飼料等製造。食品製造業細分有屠畜場、畜肉加工廠、水產加工廠、各種罐頭製造工廠、牛乳及乳製品工廠、醋、蕃茄加工、醬

瓜類、味增、醬油、酒類、植物油、冷凍食品、麵類、豆腐、麵包、製糖、餅乾、澱粉、製粉、清涼飲料等各種業別。

食品工廠種類眾多且分布極廣，這些工廠以不同大小規模分布於都市與原料產地，但由於市區用地之不易取得，因之如小規模豆腐、麵包、麵類等製造業之廢水的處理幾乎是不可能，除非有下水道系統予以收集處理。但如屠畜工廠、牛乳工廠、植物油工廠、清涼飲料工廠、酒廠等，則規模大污染性高，且為點污染源，其影響亦大，是為食品工廠污染防治之重點。

第二章 環保法規

本章特針對食品製造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，且說明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，並列舉違反相關案例。

2.1 廢水污染防治

食品製造業產生之廢水應依循其廢水特性完整規劃及處理，並應遵循水污染防治法及其相關法規辦法，確實處理與管理，以達到污染防治與環境保護之目的。本節彙整現行與食品製造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

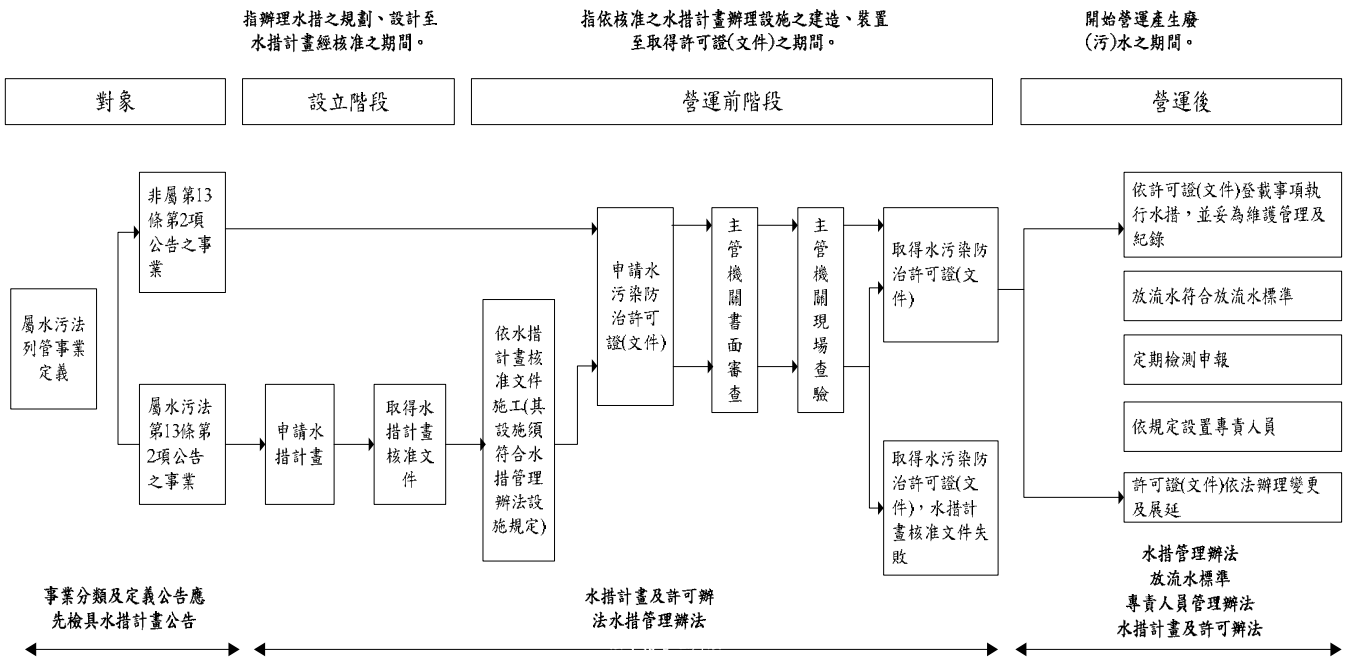
水污染防治法中明訂事業的定義與類別，需遵循的法規如圖 2.1.1-1 架構所示。

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需經專業技師簽證。排放許可證之有效期限為 5 年，期滿仍繼續使用者，應自期滿 6 個月前起算 5 個月之期間內，向當地主管機關申請核准展延。每次展延不得超過 5 年。

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

一、水污染防治措施計畫及許可申請

『水污染防治措施計畫及許可申請審查辦法』依污染防治法第 13 條第 3 項、第 4 項、第 14 條第 3 項、第 19 條準用第 14 條及第 20 條第 2 項規定訂定之。詳列事業的申請程序與應附文件資料，另根據排放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。



資料來源：江育德，2014

圖 2.1.1-2 水措計畫及許可申請之流程

二、廢水處理專責人員

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

表 2.1.1-1 專責人員類別規定彙整表

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

三、操作、檢測及申報管理

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

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

原廢水質採每6個月檢測一次；排放地面水體者設有專責單位或甲級專責人員應每3個月檢測一次，應設置乙級專責人員或免置專責人員者僅需每6個月檢測一次。納管下水道系統者為每6個月檢測一次，但若下水道主管機關另有規定則需依其規定辦理。申報頻率依其規定每季或每6個月檢測一次；每半年或每年申報辦理。若遇緊急疏漏致污染水體之虞，應採緊急措施且事件發生後3小時內通報，應變後10日內提報緊急應變記錄及處理報告。

四、放流水標準

食品製造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。

食品製造業一般管制項目如表 2.1.1-2 所示，而其中醱酵業須遵守醱酵業放流水標準如表 2.1.1-3 所示。

表 2.1.1-2 食品製造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	100
SS	30
大腸桿菌群 (100 CFU/mL)	200,000
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 及大腸桿菌群外，其他水質項目之單位為 mg/L。

表 2.1.1-3 醱酵業放流水標準

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)。
BOD	50
COD	150
SS	50
真色色度 (ADMI)	550

註：除水溫及色度外，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，修正為需就違規原因改善，且違規原因改善證明文件須經專責人員或技師認證。
- 3.在罰鍰額度上納入不當利得的考量，也就是罰鍰額度應依附表所列情事裁處外，依行政罰法第 18 條第 1 項規定，應審酌違反本法義務行為應受責難程度、所生影響及因違反本法義務所得之利益，並得考量受處罰者之資力。
- 4.此外修正限改期間若未進行污染及控管，導致違規行為持續

甚至惡化者，得依違規行為按次處罰，以確保改善期間被視為法律假期的誤解。

(三)不法利得：水污法作業要點及裁罰準則

重大違反環境法案件，常伴隨著依法應支出而未支出之防治(制)措施成本，這些應支出而未支出之成本，遠遠超過環境法上罰鍰最高額，而應支出而未支出的成本與行政罰鍰二者之間價差即為不法利得。以往環境執法習慣採行管末採樣、檢驗，並與各項標準相較，藉以判定是否違法；此方式欠缺查核深度，難以發現違法及不法利得的全面貌，造成稽查處分率偏低；又，即便查獲違法，僅依環境法規定裁處罰鍰，受法定罰鍰範圍限制，無法追繳因違法所受不法利得。故現行以深度稽查亟需採具經濟制裁功能之行政裁罰手段，以污染者惡意污染之所得利益，加以加重罰鍰或追繳。

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

- 一、為強化水污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

經統計食品製造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 SS，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錶等規定。

三、排放許可的申請、變更或其他違反事項

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

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

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

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

五、未確實設置專責人員

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

六、不法利得

為遏止事業規避水污染防治責任，因此訂定違反水污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

食品製造業之空氣污染排放標準和處理辦法、管制架構如圖 2.2-1 所示。



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

食品製造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：

1. 固定污染源空氣排放標準

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

食品製造業若設有鍋爐或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，食品製造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、總還原硫(包括硫化氫等其他經中央主管機關指定之種類及項目。)
- (三) 當 2 個以上適用相同排放標準之固定污染源，其排放氣體混合後經 1 個排放口排放時，得於混合後之排放管道設置監測設施，而當同一污染源之排放氣體經 2 個以上排放管道排放時，每一排放管道應設置監測設施。但排放量較小之排放管道，經主管機關核准者，得免予設置。

(四)2 個以上之排放管道，其排放氣體來自相同型式、規模、操作條件及污染防制設備之固定污染源，得共同設置單一監測設施進行量測，且其連續監測時間應平均分配。

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，其推估量需依據連續自動監測 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需求，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

經統計事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。同時平日需注意設備及維護與保養，並確實做好維修保養記錄及內部管理稽核作業，確保設備正常運作避免違反排放標準。

二、空氣污染防制設施或監測設施未正常運作

公私場所應有效收集各種空氣污染物，並維持其空氣污染防制設施或監測設施之正常運作；其固定污染源之最大操作量，不

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

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

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)，需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，需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。

四、違反各級防制區內之總量管制行為

依空氣污染防制法第 31 條，在各級防制區及總量管制區內，不得有下列行為：

- (一)從事燃燒、融化、煉製、研磨、鑄造、輸送或其他操作，致產生明顯之粒狀污染物，散布於空氣或他人財物。
- (二)置放、混合、攪拌、加熱、烘烤物質或從事其他操作，致產生惡臭或有毒氣體。
- (三)餐飲業從事烹飪，致散布油煙或惡臭。
- (四)其他經主管機關公告之空氣污染行為。

前項空氣污染行為，係指未經排放管道排放之空氣污染行為。第 1 項行為管制之執行準則，由中央主管機關定之。

違反上述規定時得依空氣污染防制法第 60 條違反第 31 條第 1 項各款情形之一者，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。

依前項處罰鍰者，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，得命其停止作為或污染源之操作，或命停工或停業，必要時，並得廢止其操作許可證或勒令歇業。

五、公私場所之固定污染源因突發事故大量排放空氣污染物

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，依空氣污染防制法第 32 條，負責人應立即採取緊急應變措施，並於 1 小時內通知當地主管機關，且主管機關除命其採取必要措施外，並得命其停止該固定污染源之操作。

依照空氣污染第 46 條違反第 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。

依照空氣污染防制法第 61 條違反第 32 條規定者，處新臺幣

10 萬元以上 100 萬元以下罰鍰；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勒令歇業。

若公私場所不遵行主管機關依本法所為停工或停業之命令者，則依照空氣污染防治法第 49 條公司場所不遵行主管機關依本法所為停工或停業之命令者，處負責人 1 年以下有期徒刑、拘役或併科新臺幣 20 萬元以上 100 萬元以下罰金。

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

2.3 其他污染管制

2.3.1 廢棄物污染防治

廢棄物管制及處理相關法規之法源依據為廢棄物清理法，本手冊僅針對事業需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、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。

二、事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準

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

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

(二)清除

清除事業廢棄物之車輛、船舶或其他運送工具於清除過程

中，應防止事業廢棄物飛散、濺落、溢漏、惡臭擴散、爆炸等污染環境或危害人體健康之情事發生。污泥於清除前，應先脫水或乾燥至含水率85%以下；未進行脫水或乾燥至含水率85%以下者，應以槽車運載。且不具相容性之事業廢棄物不得混合清除。清除有害事業廢棄物之車輛應符合事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第16條之規定。

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

(三)事業廢棄物之中間處理

事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第19條所列出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。

三、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。

四、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。

五、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；廢棄物清除機具應隨車持有載明廢棄物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，需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，需依第 9 條「應檢具用地之土壤污染檢測資料，報請所在地主管機關備查後，始得向目的事業主管機關申辦有關事宜」，條文詳列如下。

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

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

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

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

二、監測標準、管制標準

各級主管機關應定期檢測轄區內土壤及地下水品質，若污染濃度達「土壤或地下水污染管制標準」者，應採取適當措施，追

查污染責任，直轄市、縣(市)主管機關並應陳報中央主管機關。若有污染，但污染濃度低於「土壤或地下水污染管制標準」而達「土壤或地下水污染監測標準」者，應持續定期監測，並將監測結果公告及報請中央主管機關備查(土污法第 6 條第 1 項)。若拒絕接受主管機關查證，可依土污法第 38 條處罰該土地所有人。

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

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

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

三、污染場址整治作業與評估

(一)控制場址

各級主管機關一旦發現事業所屬土壤或地下水有受污染之虞時，應立即進行查證(土污法第 12 條第 1 項)，若經查證後，

場址之土壤污染或地下水污染來源明確，其土壤或地下水污染物濃度達土壤或地下水污染管制標準者，依土污法第12條第2項規定，直轄市、縣(市)主管機關應將該場址公告為土壤、地下水污染控制場址。

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

(二) 整治場址

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

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

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

如果是污染行為人、潛在污染責任人和污染土地關係人提

出調查及評估計畫，費用即由其負擔。如果是直轄市、縣(市)主管機關進行調查及評估並支出費用，依土污法第28條、第43條及第31條規定，其費用得由土污基金支應。

依土污法第21條的規定，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

需銷毀，得加重罰鍰，且單一污染物超過 1 萬倍以上可採最高裁罰。

表 2.3.2-1 土壤及地下水污染整治法裁罰基準案例

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

第三章 製程與污染特性

3.1 製程概述

食品製造業工廠因產品不同，污染特性有極大的差異，不同類型工廠由於原料、製造程序及方法的差異而產生不同性質之污染物，以下即依罐頭食品、冷凍水產、冷凍肉類、植物油製煉四類食品工廠之製程及污染源描述如下：

1. 罐頭食品

罐頭食品依原料及產品可分為果實、蔬菜罐頭、果汁飲料罐頭、水產罐頭三大類。其中果實罐頭之原料包括鳳梨、蘆筍、荸薺…等，果汁飲料罐頭依製造形態及原汁成分，可分為天然果汁、果醬、果汁飲料、人造果汁飲料，而水產罐頭之原料則包括鮪魚、鰻魚、鯖魚…等，其調理方式可分為水煮、添加蕃茄汁、調味、油漬等四種。

罐頭食品製造程序因使用原料之不同而略有差異，然其一般製造流程如圖 3.1-1 所示。

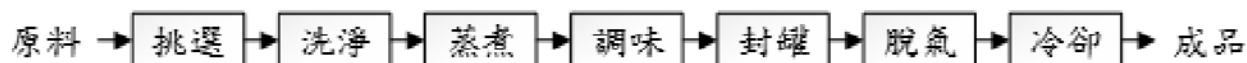


圖 3.1-1 罐頭食品製造流程

2. 冷凍水產

冷凍水產加工業之種類極多，一般可分為鹽乾類、調味加工類、冷凍魚介類等三種。就原料而言，冷凍水產一般包括魚類及介類，魚類通常為鰻魚、魷魚、鯖魚…等，而介類通常為蝦、蟹…等。其產品之類別亦多，一般可分為鹽乾類、調味加工類、冷凍魚類等三種。以下就調味加工類之製程及污染源予以說明：

調味加工類之冷凍水產主要為鰻魚，其製程如圖 3.1-2。而製造流程中所產生之污染來源包括：(1)殺淨廢水、(2)洗滌廢水、(3)蒸煮廢水、(4)調味液廢水、(5)冷卻廢水等五種。

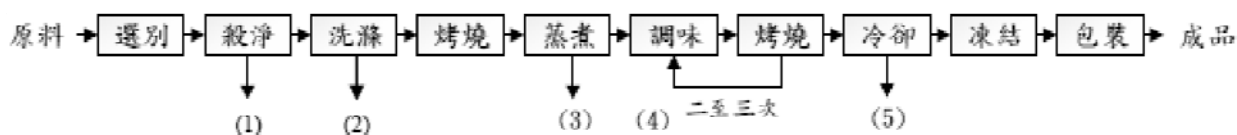


圖 3.1-2 調味加工類之冷凍水產製造流程及污染來源

3. 冷凍肉類

冷凍肉類加工業之原料，一般可分為豬肉及牛肉等兩大項，而就其製造方式，一般可分為鹽乾類、調味加工類、冷凍類三種。其製造程序一般如圖 3.1-3 所示。

而製造流程中所產生之污染來源包括：(1)解凍廢水、(2)切斷廢水、(3)調味液廢水、(4)充填後之廢水、(5)湯煮廢水、(6)冷卻廢水等六種。

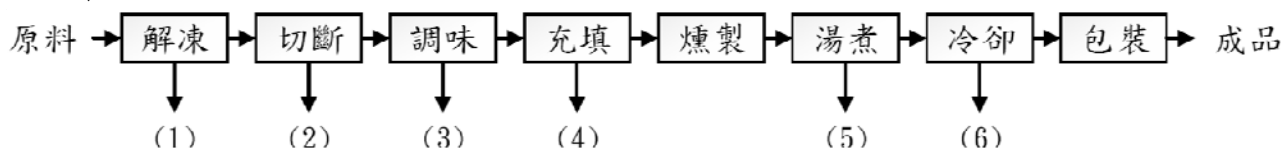


圖 3.1-3 冷凍肉類製造流程及污染來源

4. 植物油製煉

植物油製煉之常用原料有菜籽、大豆、米糠、花生及棉籽等，目前台灣大多使用大豆，僅少數使用米糠或花生。其製程如圖 3.1-4。而製造流程中所產生之主要污染來源包括：(1)油渣分解之水、(2)脫酸清洗廢水、(3)脫色廢水、(4)脫臭廢水、(5)洗瓶廢水等五種。

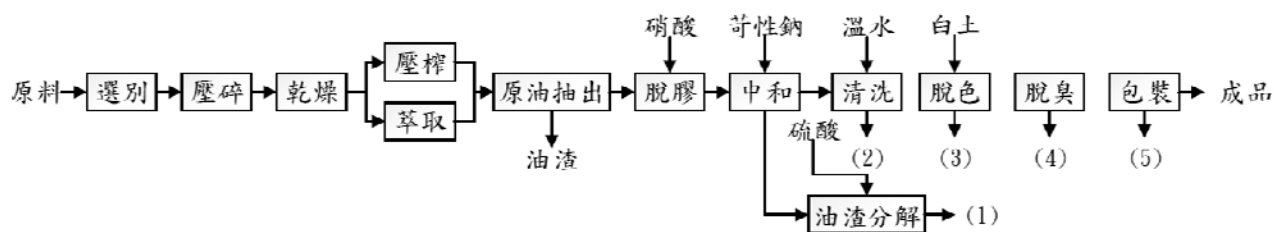


圖 3.1-4 植物油製煉之製造流程及污染來源

3.2 污染來源與污染特性

3.2.1 水污染來源與特性

食品工廠污染量因工廠規模、製造程序及其他生產技術之不同而異，一般其廢水量每日在數噸到數千噸之範圍，而其廢水水質項目可分為：(1)酸鹼值(pH)、(2)懸浮固體物(SS)、(3)化學需氧量(COD)、(4)生化需氧量(BOD₅)、(5)油脂(Grease)。

一般而言，食品工廠之廢水水質屬於有機性，幾乎可以生物處理方式處理，但仍需輔以其他物化處理單元，以期能獲致良好之處理效果，而就各類製程之廢水污染來源，依其污染特性加以分類，則可歸納成以下四種污染特性相似之類別。

第一種為不含油脂且 COD、BOD₅、SS 濃度不高之果實、蔬菜罐頭廢水，第二種為 pH 值變化大且 COD 濃度較高之果汁飲料罐頭廢水，第三種為含有 COD、BOD₅、SS 及部分油脂之水產罐頭及各類冷凍水產、冷凍肉類廢水，第四種為含有較高濃度油脂及 COD、BOD₅ 之植物油製煉廢水，今就各類別之廢水量及廢水水質予以敘述如下：

1. 果實、蔬菜罐頭

果實、蔬菜罐頭之廢水主要來自調味及洗淨廢水，其綜合水質濃度較低，其污染特性說明如下：

(1)廢水水量：由於果實、蔬菜罐頭之製造受季節、氣候之變化影響很大，通常在原料之生產旺季大量生產，故其廢水量變化相當大，一般每日廢水量從數噸到數千噸不等。

(2)原廢水綜合水質：

$$\text{pH}=5\sim 9$$

$$\text{COD}=1,000\sim 2,000 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_5=800\sim 1,500 \text{ mg/L}$$

$$SS = 200 \sim 500 \text{ mg/L}$$

2. 果汁飲料罐頭

果汁飲料罐頭之廢水主要來自榨汁、過濾及洗淨廢水，其綜合水質之 pH 值變化大，且 COD 濃度較高。其污染特性說明如下：

(1) 廢水水量：由於台灣地屬亞熱帶，盛產水果，利用其製成果汁，風味鮮美，其產量主要是受消費者之喜愛而有所不同，一般而言，其廢水量在每日數十噸到數千噸不等。

(2) 原廢水綜合水質：

$$pH = 4 \sim 12$$

$$COD = 900 \sim 4,000 \text{ mg/L}$$

$$BOD_5 = 250 \sim 1,500 \text{ mg/L}$$

$$SS = 100 \sim 500 \text{ mg/L}$$

3. 水產罐頭及各類冷凍水產、冷凍肉類

由於水產罐頭及各類冷凍水產、冷凍肉類之廢水主要來自解凍、殺淨、蒸煮、洗滌等廢水，其綜合水質均含有部分油脂及 COD、BOD₅、SS，由於其水質相似，故將其歸為同一類型。其污染特性說明如下：

(1) 廢水水量：此類之廢水量依其加工方法的種類、原料、鮮度及季節的變化而有所差異，一般而言，除鹽乾類之冷凍水產、冷凍肉類及水產罐頭之廢水量，每日在數十噸到數千噸不等，所以，此類之廢水量每日在數十噸到數千噸之範圍。

(2) 原廢水綜合水質：

$$pH = 4 \sim 9$$

$$COD = 200 \sim 15,000 \text{ mg/L}$$

$$BOD_5 = 100 \sim 11,000 \text{ mg/L}$$

$$SS = 80 \sim 5,000 \text{ mg/L}$$

油脂 = 30~350 mg/L

由於各廢水來源之廢水量不同，造成有些高濃度之廢水被較低濃度之廢水所稀釋，使得其廢水水質濃度相對降低，因此，各廢水水質之濃度有一定之變化。

4. 植物油製煉：

植物油製煉之廢水主要來自脫酸、脫色、脫臭及洗瓶廢水，且其中脫酸清洗廢水及脫臭冷卻廢水之正己烷取物質佔總廢水量的 95% 以上。而正己烷萃取物質之中，主要為中性油、脂肪酸石鹼、脂肪酸、磷脂質等，將此等物質去除後 COD、BOD₅ 濃度將會降低。而工廠一般於廠內設置加酸裂解槽以回收油脂，然後再予以排放。其污染特性說明如下：

(1) 廢水量：通常產品 1 噸(原料 2.5 噸)之廢水量，若脫臭設備之廢水循環利用時為 2~3 m³，未循環利時為 20~30 m³。一般而言，其廢水量每日在數十噸到數千噸之範圍。

(2) 原廢水綜合水質：

經過加酸裂解後之廢水及其他廢水之綜合水質為：

pH = 5~11

COD = 1,800~14,000 mg/L

BOD₅ = 1,500~5,000 mg/L

SS = 150~800 mg/L

油脂 = 150~600 mg/L

3.2.2 空氣污染來源與特性

食品製造業涵蓋範圍甚廣，依工業生產統計，食品製造業可細分包括罐頭食品、冷凍食品等 22 個子行業。

食品製造業子行業雖多，但在空氣污染所遭遇的問題則是大同小異，綜合其空氣污染之特性，可區分為粒狀物、VOCs 及臭味、硫

氧化物及氮氧化物等三大類。茲將食品製造業三類空氣污染物之污染源分述如下：

一、粒狀物

食品製造業之粒狀物污染源主要為顆粒狀或粉狀之原物料(如大豆、玉米及麵粉等)，於進料貯存、輸送、粉碎、篩選、混合等操作加工過程中，由開放空間逸散粒狀物或由固定排放管道所排出之粒狀物。

二、VOCs 及臭味

食品製造業之 VOCs 及臭味主要來源大致如下：

- (一)原料、廢棄物、下腳料、不良品之堆置或處理過程中產生之異味，其中以冷凍水產之下腳料異味最易引起抗議。
- (二)加工等過程中之味道，如蒸煮、燒烤、油炸等過程之味道及油煙問題。
- (三)廢水池及廢水污泥之臭味，食品製造業之廢水中蛋白質、脂肪之含量高，且廢水生物處理過程之味道較濃，特別是因化學加藥後，易凝集脂肪蛋白質而生浮渣，造成腐敗。
- (四)廠房之味道，因食品工廠常瀰漫蒸氣或水氣，故原物料、加工過程、消毒水等味道，融合成工廠的味道。
- (五)VOCs 的逸散，如食用油以正己烷萃取提油。

三、硫氧化物及氮氧化物

大部分食品製造業製程中，皆需熱源，用以蒸煮、消毒、殺菌、加熱、保溫等操作，廠內都配置有蒸氣鍋爐或熱煤油鍋爐，一般皆使用重油為燃料，故鍋爐排氣中含有硫氧化物及氮氧化物等污染物。

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 污水處理廠物理處理單元預期操作功能

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

資料來源：廢水處理單元-物理處理，廢水專責人員訓練教材，2006年4月資料

4.1.2 化學處理

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

表 4.1.2-1 污水處理廠化學處理單元基本原理

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

資料來源：廢水處理單元-化學處理，廢水專責人員訓練教材，2006年4月資料

4.1.3 生物處理

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

一、好氧性處理

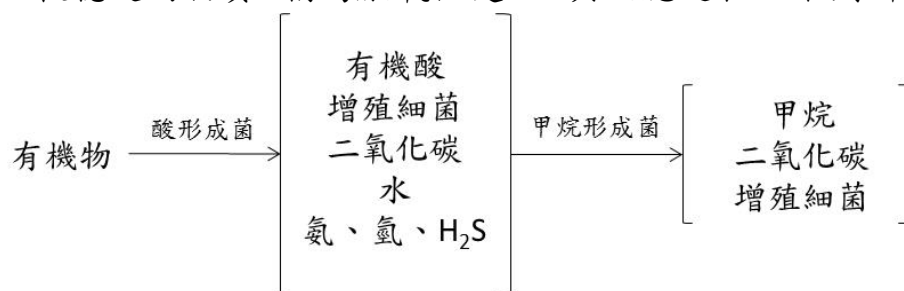
在廢水之好氧處理中，廢水之有機物(包括碳水化合物、蛋白質及脂肪)被好氧性微生物分解，其反應過程如下列所示：

有機物+微生物+氧

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

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

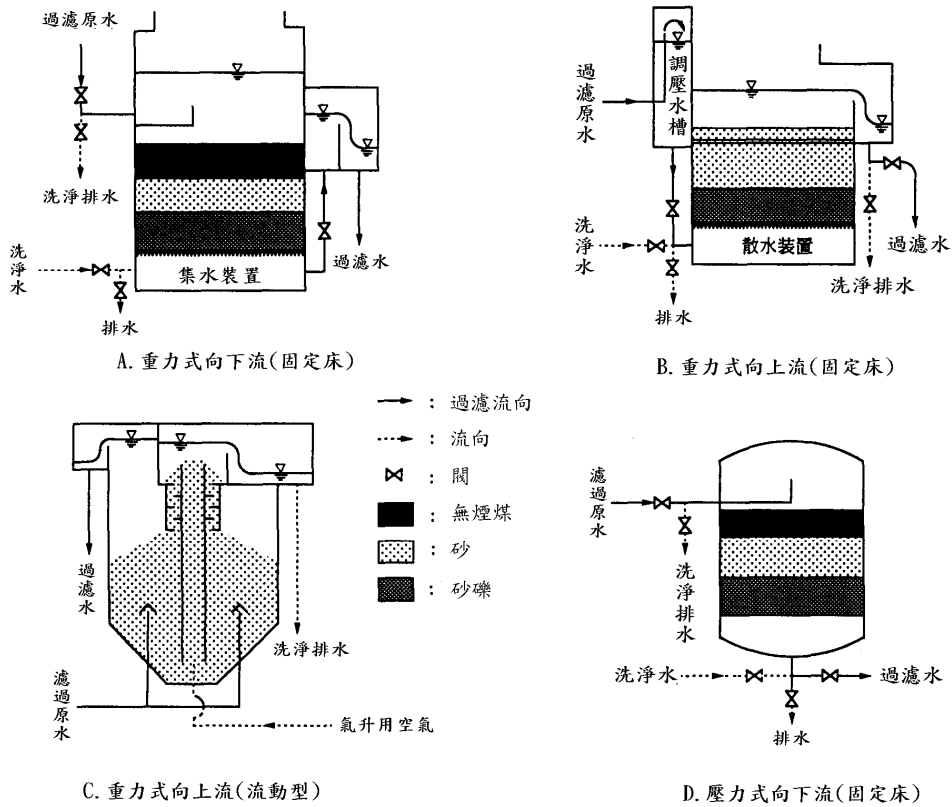
一、砂濾

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 $100\text{ }\mu\text{m}$ 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 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，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 $10\text{ }\mu\text{m}$ 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 $SS=20 \text{ mg/L}$ 為設計依據，原則上以每池最大 80 m^2 ，過濾速度依水質、濾層有效利用及過濾持續時間決定之，原則上最大日以 300 m/d ，最大小時 45 m/d 設計，反沖洗以每日一次，並以過濾水為水源設計之。

另纖維過濾槽之濾層為由 PP 或 PE 纖維濾料粒、球、片或絲

構成之壓力式高速過濾，有效濾層為 1.0~1.5 m 者，最大過濾速度可達 720~1,200 m。供水方法依各設施所需利用水量、供水壓力及設置條件決定之。

二、薄膜處理

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

為達分離的效果，薄膜必須具有高度選擇性及滲透性，能讓部分物質快速通過，而其他物質則無法通過。常見之薄膜處理程序如表 4.2.1-1 所示，其中以電透析(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
微過濾	由顆粒大小、形狀決定。	壓力梯度
電透析	對離子成分具選擇性及滲透性。	電動勢能
透析	對溶質傳輸具選擇性。	濃度梯度
離子電極	對特定離子具選擇性。	濃度(活性)梯度

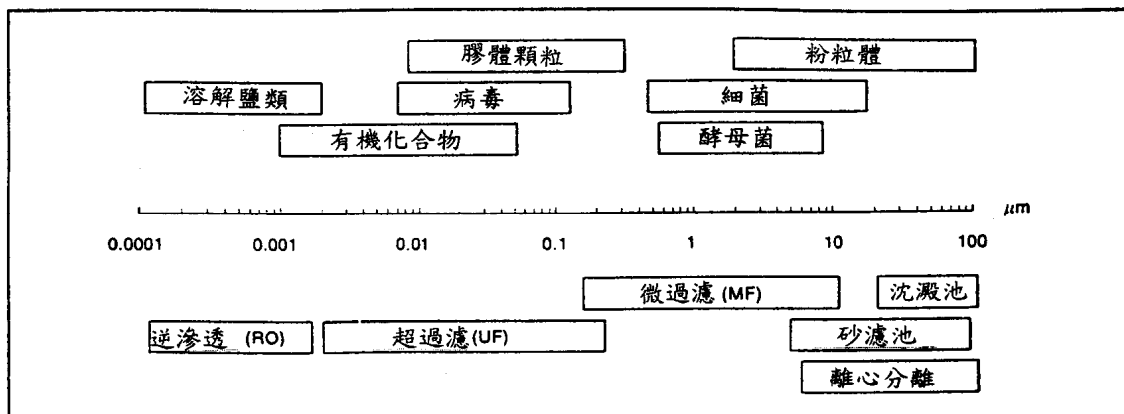


圖 4.2.1-2 水中常見污染物與處理方法

表 4.2.1-2 各種薄膜之過濾特性

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

表 4.2.1-3 各種膜的分離去除特性

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

註：「○」表可分離去除，「△」表部分分離去除，「×」表無法分離去除。

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

(一)微濾膜(MF)

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

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

(二)超濾膜(UF)

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

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

(三)逆滲透膜(RO)

逆滲透以去除如食鹽之鈉離子為對象。其原理示如圖 4.2.1-3。於容納有純水的槽，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測流出，惟需有滲透壓的2~3倍的壓力。

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

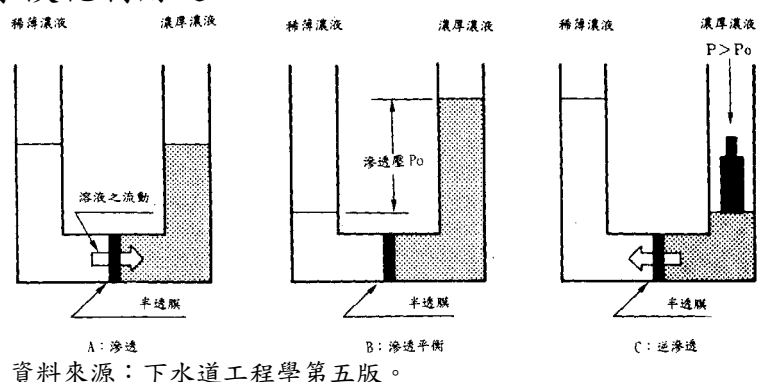


圖 4.2.1-3 逆滲透膜之原理

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。

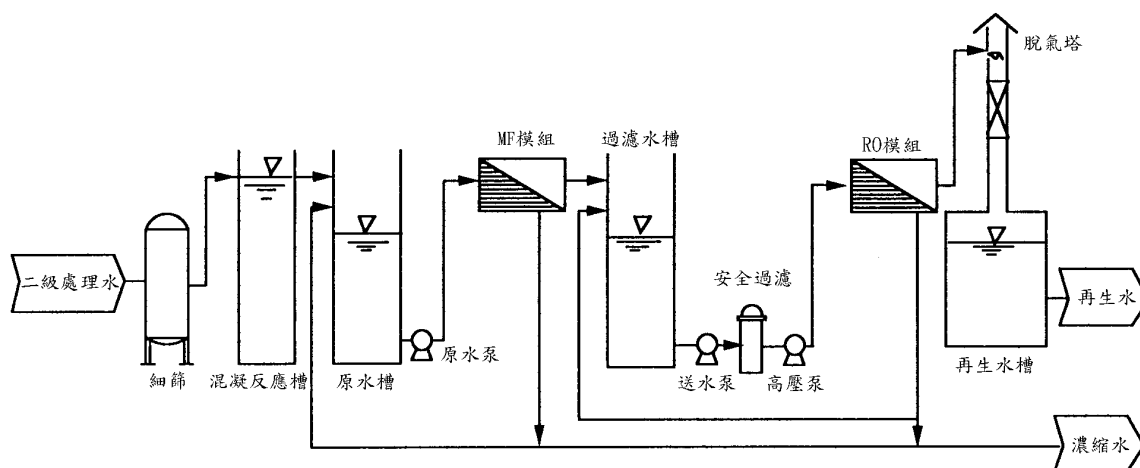
表 4.2.1-4 薄膜處理水水質

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(ADMI)	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	

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

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

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



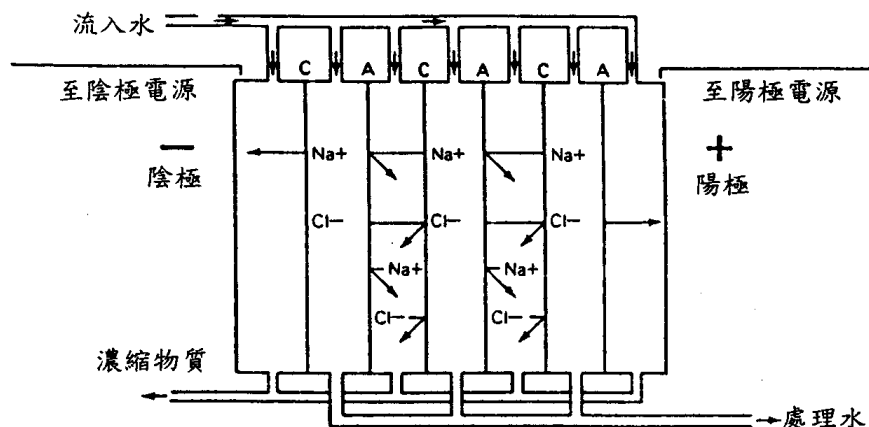
資料來源：下水道工程學第五版。

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 CaCO_3 ， CaSO_4 等沈澱，降低分離及純化效果。



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.1-5 電透析法原理圖

四、加壓浮除

化學混凝形成之膠羽亦可以加壓浮除來進行固液分離，最常見的處理方式為溶解空氣浮除法(Dissolved Air Flotation, DAF)，乃以 $3\sim 6\text{ kg/cm}^2$ 之壓力將空氣打入廢水中，再將之導入浮除槽，在大氣壓下，空氣自液相中釋出，形成微小氣泡附著在膠羽上，由於氣泡上浮，將膠羽一併帶至液面處形成浮渣，再以刮板刮除，DAF 一般用來去除不易沉降分離之懸浮固體物及油脂，特別對乳化狀油脂可提高其去除效果。

4.2.2 化學方法

一、混凝沉澱

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)。

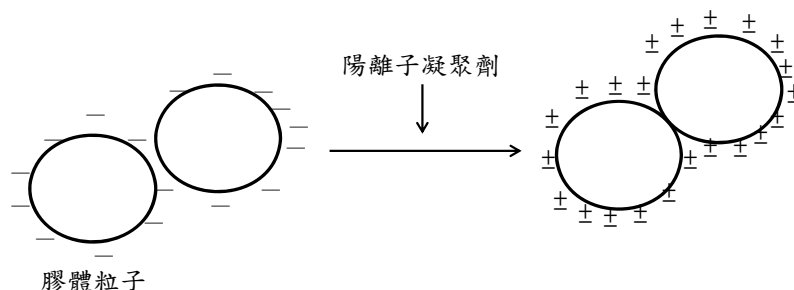


圖 4.2.2-1 電荷之中和

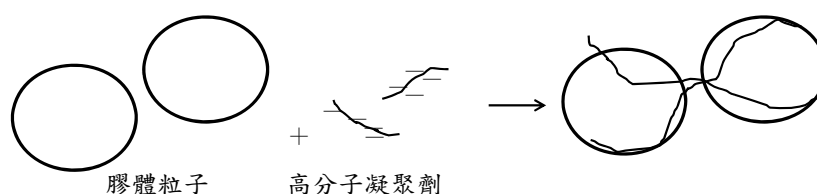
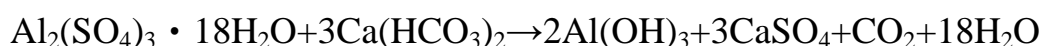


圖 4.2.2-2 架橋作用概念

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

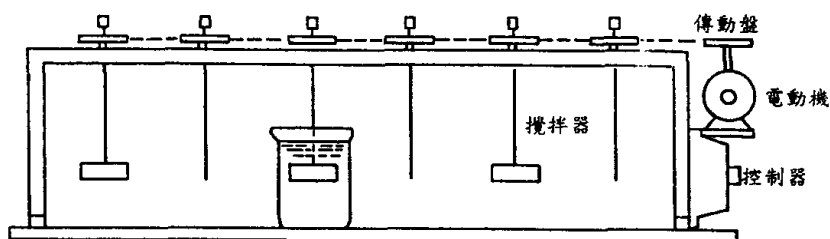
常用之混凝劑及助凝劑如表 4.2.2-1 及 4.2.2-2；杯瓶試驗裝置(jar tester)，如圖 4.2.2-3 所示。

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

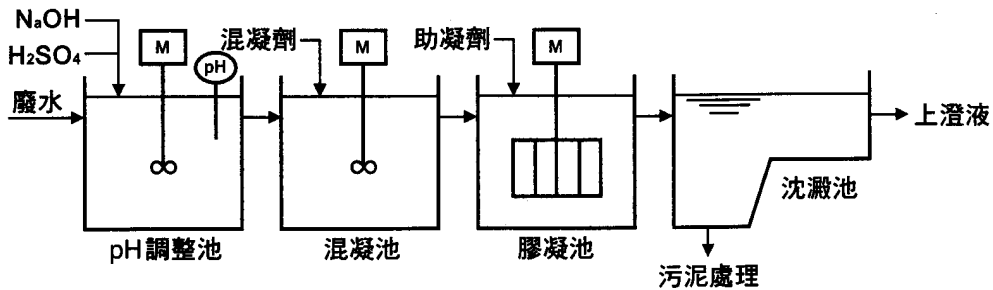
混凝沉澱之目的，在使無法藉單純沉澱去除的懸浮物質，經由凝聚予以沉澱分離，其內容包括促進沉降、促進清澄化、提高過濾效果及改善脫水性等。

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



資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.2-4 混凝沉澱系統流程圖

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

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

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

因此，可由槽中流體體積及速度坡降決定所需攪拌動力(P)

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

若攪拌採用曝氣方式，則曝氣量由(4-3)式決定之。

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

P = 所需攪拌動力(W)

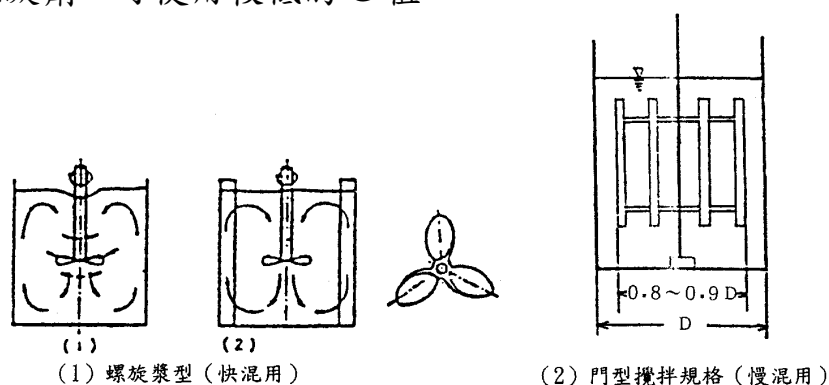
$$Q_a = \text{所需曝氣量} (\text{m}^3 / \text{min})$$

$$H = \text{散氣管浸水深度}$$

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。

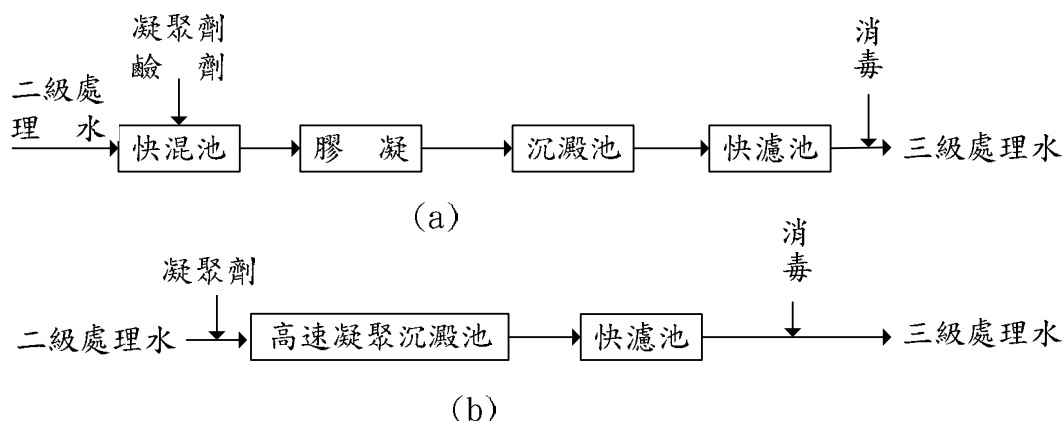
一般三級處理程序對於懸浮物及膠狀物去除流程如圖 4.2.2-6；凝聚反應槽如圖 4.2.2-7。在繼二級處理後，本程序幾乎可去除全部溶解物質，獲較良好水質。若三級處理水之水質要求較低時，可省去過濾階段，或二級處理水之濁度較低時，僅經凝聚、沉澱也可獲得良好的水質。

一般使用之無機凝聚劑有 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 、 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，所需攪拌速度坡降 $G = 300 \sim 1,000 \text{ sec}^{-1}$ 。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 $G = 20 \sim 80 \text{ sec}^{-1}$ ， 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。



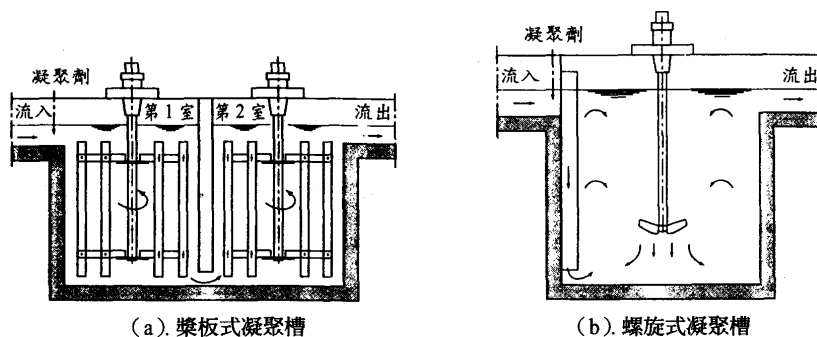
資料來源：下水道工程學第五版。

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除該等物質，為其最大優點，可分為粒狀碳及粉狀碳兩種。

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

使用過後就需廢棄。

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 10~10⁵ Å) 無數細孔，比表面積約達 500~1,500 m²/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。

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

M：活性炭重量(mg /L)

X：被吸附物質(mg/g)

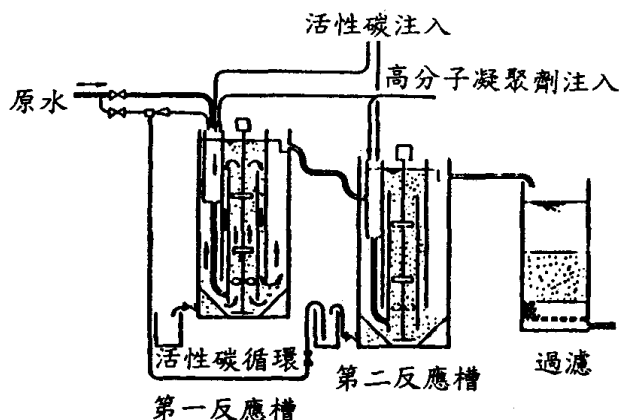
C：去除物質殘存濃度(mg /L)

1/n： $\frac{X}{M}$ 與 C 所呈吸附等溫線斜率

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

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。

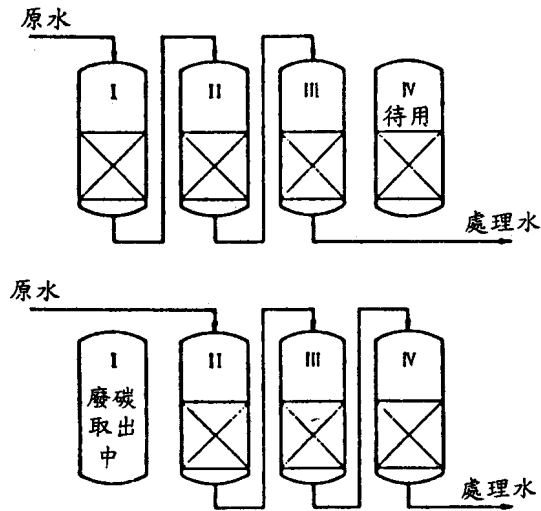
圖 4.2.2-8 活性炭吸附裝置

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，而需反沖洗，並為破壞表面之泥球，必須設置表面沖洗設備，此等設備也與快濾池相同。

固定層吸附槽，當被吸附物飽和時，活性炭(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。



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，然需加壓泵將水加壓(2~3 kg/cm²)，所需之臭氧量約為處理水量之 2~3 倍，臭氧總濃度應以 20 g/Nm³ 注入(限界為 40~60 g/Nm³)。

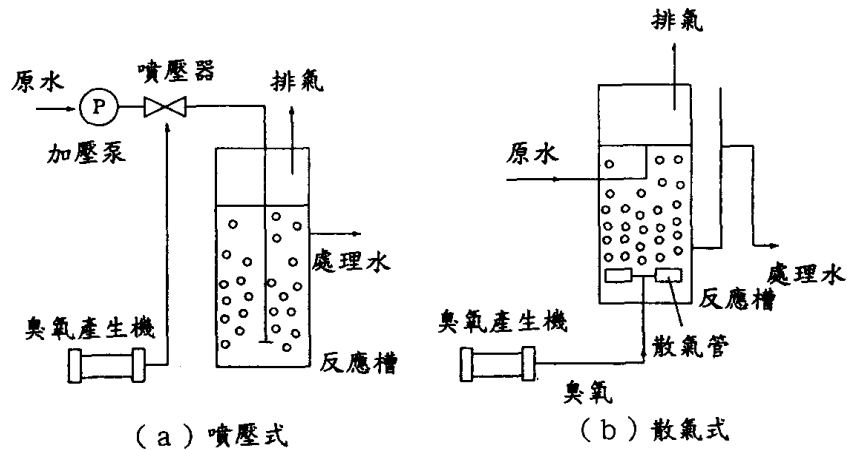
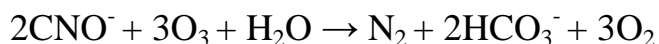
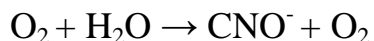


圖 4.2.2-10 臭氧注入方法

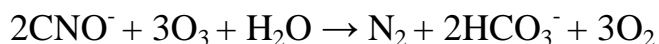
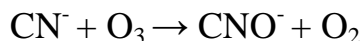
散氣式係於反應槽底部設置散氣設備，將臭氧以微細氣泡狀散出，於反應槽中與水接觸溶解，所需動力費較低、操作較容易，

應用較廣。應用實為提升臭氧之吸收效率，反應槽一般深度為 3~5 m，且為防腐蝕，多以不銹鋼材、FRP 材或混凝土材等材料，散氣管亦使用耐腐蝕之陶製散氣管為宜。

臭氧之化學反應，其氧化電位如下：



臭氧之氧化力極強，為廢水處理之良好氧化劑，但其應用之主要關鍵是在臭氧之價格。氰化物(CN⁻)與 O₃ 反應快速產生氰酸鹽(CNO⁻)，但 CNO⁻ 與 O₃ 之反應可得到理想之結果，其化學反應式如下：



臭氧在三級處理之目的為脫色及除臭，臭氧與流入水中之亞硝酸鹽、硫化氫等無機物及有機物相反應而消耗，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，一般生物處理所需之臭氧注入量約 10 g/m³。接觸反應時間為 10~15 分鐘。

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

4.2.3 生物方法

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

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

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

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

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

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

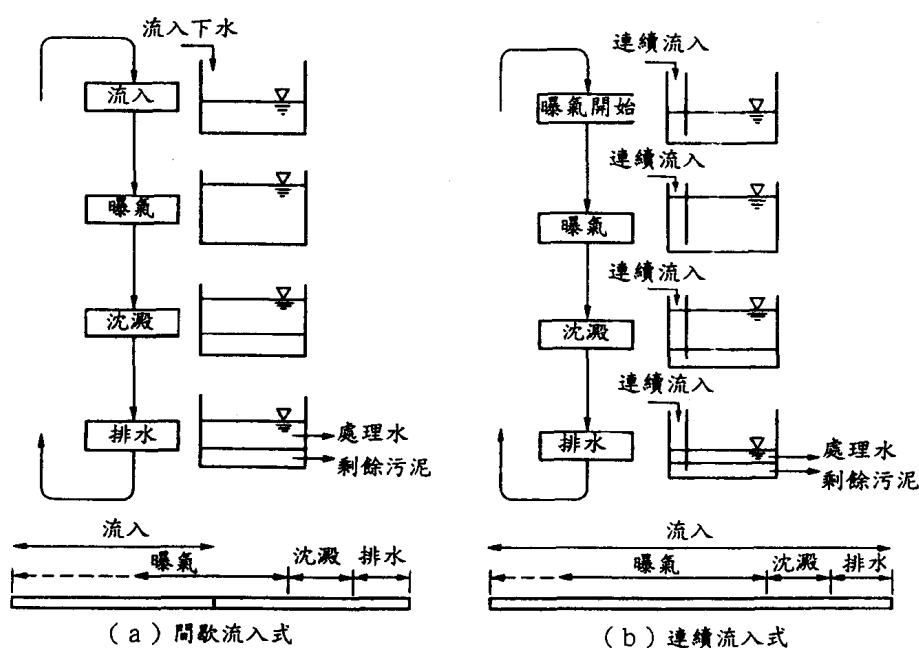
表 4.2.3-1 一般活性污泥法設計參數

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

二、批次式活性污泥法(Sequencing batch reactor)

批次式活性污泥法為活性污泥法的修正法，基本上為曝氣槽兼具沉澱槽之用，而依其流入水為間歇流入或連續流入而有不同操作，間歇流入者其操作分污水流入、反應、沉澱、放流及靜待五個階段進行。

由污水流入至靜待為一循環，其一循環之操作包括曝氣及攪拌設備皆在一個反應槽內依次進行，而以連續循環操作之。本法不需要如同一般活性污泥法需另設置最終沉澱池及迴流污泥泵。進流方式連續流入者，則需有避免影響沉澱之阻流設施，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 $0.1\sim 0.4\ \mu\text{m}$ ，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。

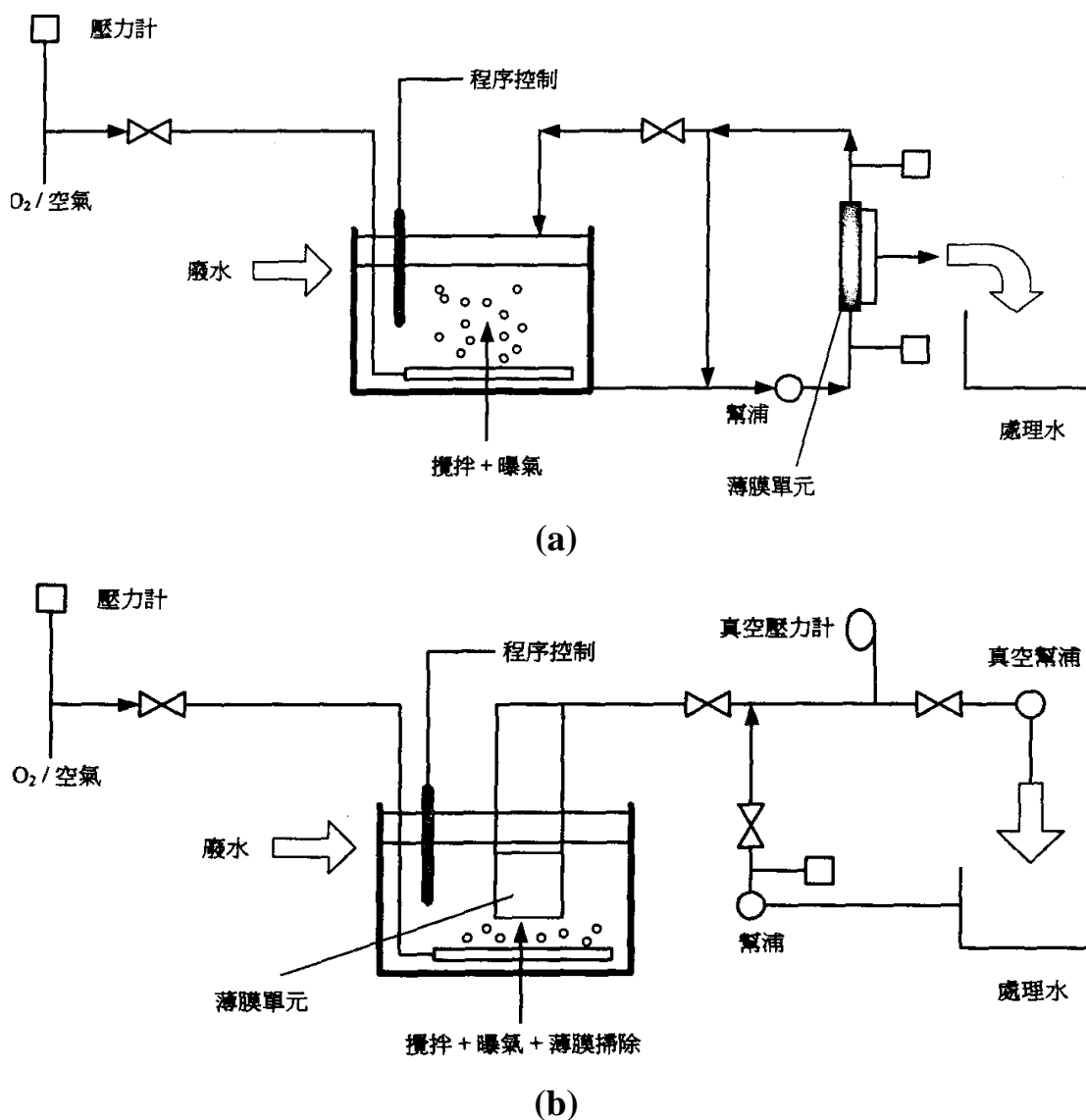


圖 4.2.3-2 (a)側流式(b)沉浸式 MBR

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 及氮之模式示如圖 4.2.3-3 所示。

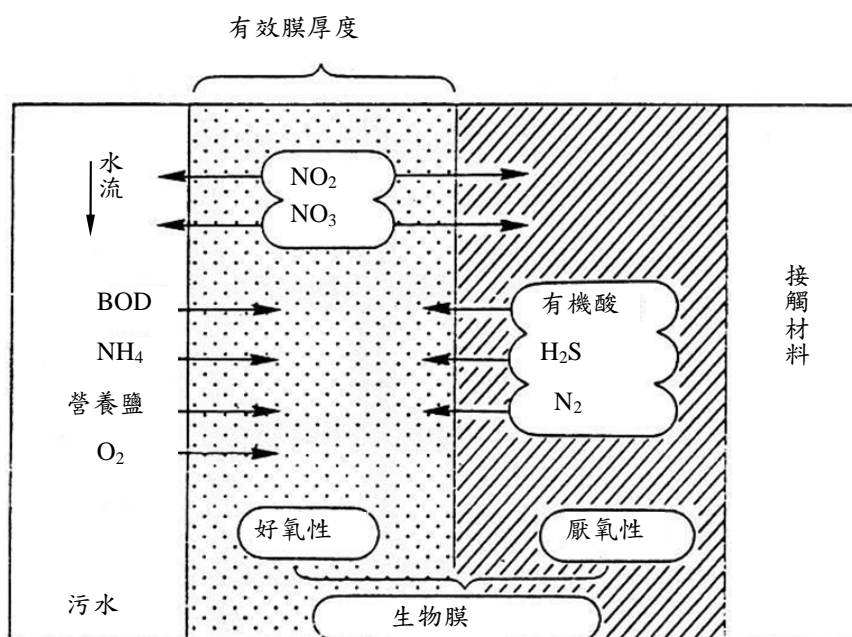


圖 4.2.3-3 接觸曝氣法去除 BOD 及 N 之模式示意圖

本法之優點包括：

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

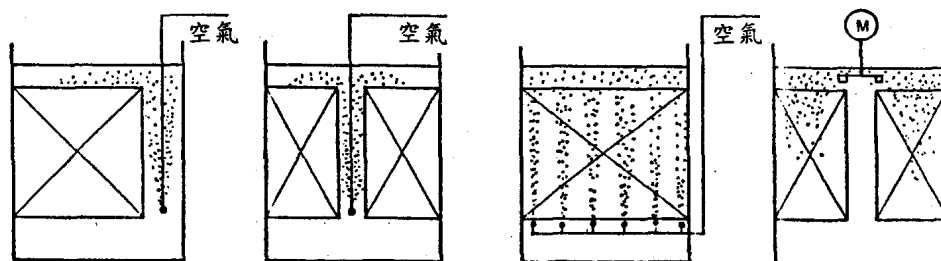
惟其缺點為：

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

本法之曝氣方式如圖 4.2.3-4 所示，有側面曝氣以形成旋迴流方式、槽中心曝氣於兩側形成旋迴流之中心曝氣方式、於槽底全

面曝氣方式，以及於水面機械曝氣等方式。

無論採用何種曝氣方式，以能達到污水與空氣在反應槽內均勻混合及旋回流動。底部全面曝氣方式，應防止接觸材表面附著之生物剝落、接觸材破損、變形或接觸材上浮等。



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

資料來源：下水道工程學第五版。

圖 4.2.3-4 接觸曝氣法各種曝氣方式

五、厭氧處理(Anaerobic treatment)

厭氣生物分解係藉著厭氣性微生物之生化作用，將複雜之有機物經酵素電子傳遞反應轉化成甲烷(CH_4)和二氧化碳(CO_2)等最終產物，此過程由一系列複雜之反應所構成。通常厭氣性微生物降解有機物可分為三個反應階段，包括：(1)水解(hydrolysis)；(2)酸化(acidogenesis)；(3)甲烷化(methanogenesis)，每個階段皆有其特定的微生物族群和酵素參與反應。

由於厭氣生物處理程序可處理高濃度有機廢水，且所產生之污泥量低，又可在處理過程中回收能源，因此，厭氣生物處理是具有經濟效益之處理方法，而高效率的厭氣生物處理程序亦已大量運用於處理食品廢水，例如上流式厭氣污泥床反應器(UASB)、膨脹顆粒污泥床反應器(EGSB)及厭氣流體化床反應器(AFB)等。

(1)上流式厭氣污泥床反應器(UASB)

上流式厭氣污泥床(upflow anaerobic sludge bed, UASB)係由 Lettinga et al.(1980)開發完成，已廣泛地被應用於處理高濃度有機

廢水。UASB 反應器中無需置入填充材料或流動顆粒介質，其特性為利用馴化之粒狀生物污泥，藉本身重力沈降，於反應器底部形成高濃度之污泥床，而廢水自反應器底部向上流經污泥床時，有機物能迅速被產酸菌和甲烷菌，降解為最終產物：甲烷及二氧化碳。

UASB 反應器通常可分為三個區域，由下往上分別為：

- a. 污泥床區(sludge bed zone)：為主要之反應區域，具有高濃度之顆粒狀生物污泥，可有效與由底部向上進流之廢水基質接觸而將有機物降解，並產生大量氣體而攪動污泥，使部分污泥上浮至污泥氈區。
- b. 污泥氈區(sludge blanket zone)：為污泥濃度之漸變段，亦為上浮污泥之緩衝區，具有促進懸浮狀離散污泥之膠凝化作用。
- c. 沈降分離區(settling zone)：主要為一氣(氣體)、液(廢水)、固(污泥)三相分離器，以分離附著於污泥顆粒上之氣泡，使污泥顆粒重回反應器中，避免污泥流失。

在國內外，UASB 已大量運用於處理食品廢水，荷蘭 Biothene 及 Paques 公司就設計了上百套 UASB 系統成功處理製糖、澱粉、罐頭、啤酒、飲料、發酵業、果醬、乳品、奶酪、肉品/蔬菜加工等食品製造業廢水。

(2) 膨脹顆粒污泥床反應器(EGSB)

膨脹顆粒污泥床(expanded granular sludge bed, EGSB)為 UASB 反應器的一種改良型式，係藉由處理水迴流操作方式，提高反應器之表面流速(液體向上速度)至 4~10 m/h，使部分污泥顆粒達流體化，促進污泥顆粒與液相基質的混合接觸，有利於液相基質傳輸到污泥顆粒。此外，藉由出流水迴流操作提高表面流速，可降低反應器進流端之基質濃度，有利於高濃度有機廢水之降

解。

作為 UASB 反應器的改良型式，EGSB 反應器採用了大的迴流比和高度直徑比，明顯提高了反應器中液體之表面流速，高表面流速使污泥床處於膨脹化狀態，部分污泥顆粒達到流體化，這將有利於基質和代謝產物在顆粒污泥內外之擴散及傳遞，從而使 EGSB 反應器保有高的處理效能。

UASB 及 EGSB 反應器和其他厭氣生物處理法比較，具有下列之優點：

- a. 反應器體積小，且可往高空發展，佔地面積小。
- b. 設備構造簡單，且不需設置攪拌、迴流污泥等機械設備。
- c. 保有高濃度生物菌種(污泥床內 15000~40000 mg VSS/L)，可容許較高之體積負荷率(volumetric loading rate, VLR)。
- d. 無需填充濾材，故不會有填充材料阻塞及減少反應器有效容積等問題。
- e. 水力停留時間(hydraulic retention time, HRT)短，廢水中之有機物能迅速被分解。
- f. 對水質、水量變化之適應力強，系統穩定。

(3) 厭氣流體化床反應器(AFB)

厭氣流體化床(anaerobic fluidized bed, AFB)處理技術為利用厭氣反應槽內填充細小擔體，其具有廣大表面積以提供厭氣微生物附著，並利用快速上升水流使生物膜擔體流體化，以增加基質傳送速率，進而提高生物處理效率的一種廢水處理技術。工研院已設計數套厭氣流體化床於國外成功運用於處理乳品、飲料等食品廢水。

厭氣流體化床具有下列特點：

- a. 特別適用低濃度廢水和含有生物抑制性成分的廢水，在高

水力負荷下操作。

b.處理槽內污泥濃度高，體積負荷高。

c.處理槽呈瘦高形狀，可節省用地。

4.3 處理流程

大致上食品廢水處理方法係以預先處理設備去除大型固體物及油脂，【註：食品製造業廢水前處理程序以去除油脂為主，油脂分離最常見之處理方式為溶解空氣浮除法(Dissolved Air Flotation, DAF)】，若廢水中含高量的懸浮固體物，則使用物理化學方法將懸浮固體物分離，以減輕後續生物處理系統的負荷，廢水中的溶解性有機物(BOD、COD)之去除則採用生物處理單元，其中以活性污泥法和接觸曝氣法最為普及，然而近年來厭氣生物處理程序亦廣泛使用於高有機濃度之食品製造業廢水。

食品工業廢水與其他工業的廢水最大差異是食品工廠排出來的廢水，一般都不含重金屬、農藥等有害物質，然而其 BOD、COD 等一般會偏高。由於食品工業範圍很大，且因製品、製程、季節及地區等不同因素，即使產生成品相同，其排出的廢水亦不盡相同，致廢水污染特性及污染量差異頗大，其排放廢水所需之處理方式亦有所不同。大致為調整 pH、去除有機物等基本原則。

1. 典型廢水處理流程

以果實蔬菜業(包含果實蔬菜罐頭業、澱粉業、製糖業)為例，由於澱粉及製糖廢水其 COD 濃度高達 7,000 mg/L 以上，因此可在活性污泥前，先設置厭氣處理系統進行前處理。廢水處理流程如圖 4.3-1 所示。

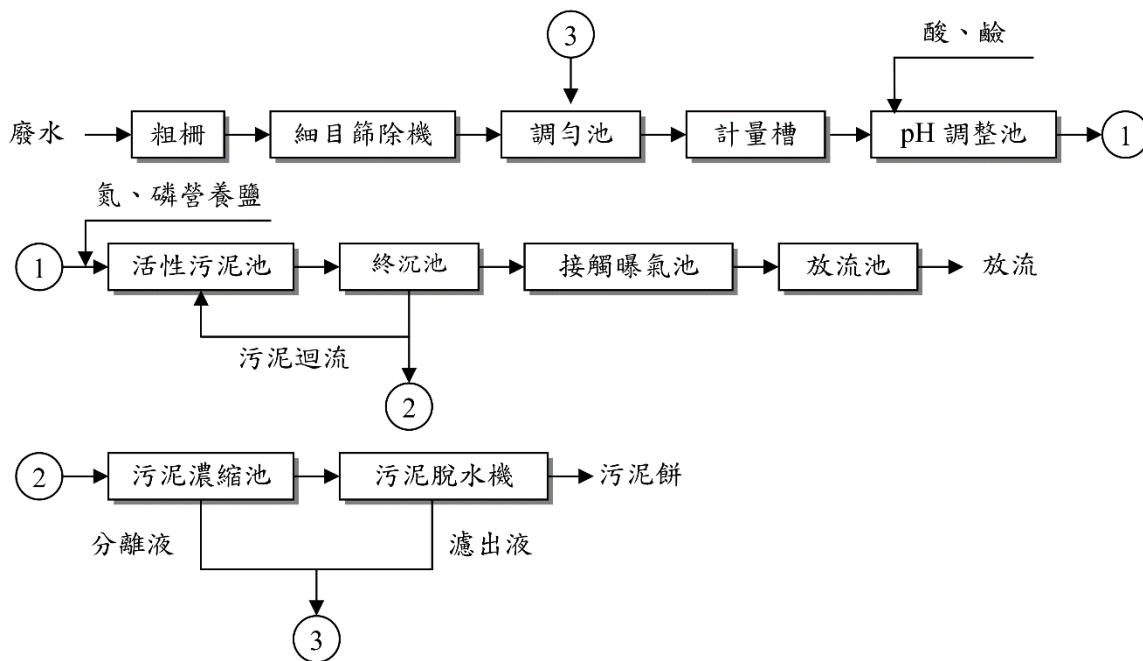


圖 4.3-1 廢水處理流程

2.各類冷凍水產、肉類加工及罐頭：

冷凍水產、肉類加工及罐頭之廢水主要來自解凍、殺淨、蒸煮、洗滌等廢水，其綜合廢水均含有部分油脂及 COD、BOD、SS，其污染特性說明如下：

- (1)廢水水量：此類之廢水量依其加工方法的種類、原料、鮮度及季節的變化而有所差異，一般而言，根據工廠規模，此類之廢水量每日在數十噸到數千噸之範圍。
- (2)原廢水綜合水質：水產罐頭及各類冷凍水產、肉類之綜合水質如表 4.3-1。

表 4.3-1 水產罐頭及各類冷凍水產、肉類之綜合水質

類別 項目	水產 罐頭	冷凍水產			冷凍肉類			總計
		鹽乾類	調理 加工類	冷凍類	鹽乾類	調理 加工類	冷凍類	
pH	5~9	6~8	6~8	6~8	4~9	6~8	6~8	4~9
COD (mg/L)	200~4,000	10,000~12,000	600~3,000	300~1,500	8,000~15,000	600~3,000	300~1,500	200~15,000
BOD (mg/L)	100~3,500	600~10,000	200~1,600	100~1,000	1,000~11,000	200~2,000	100~1,000	100~11,000
SS (mg/L)	100~2,000	80~1,000	90~500	80~300	2,000~5,000	100~1,000	80~500	80~5,000
油脂 (mg/L)	50~150	150~250	80~150	30~80	150~350	100~250	30~150	30~350

廢水中 COD、BOD、SS 濃度高並含部分油脂，故需先除油並採用物化及生物處理方式予以處理，其處理流程如圖 4.3-2。

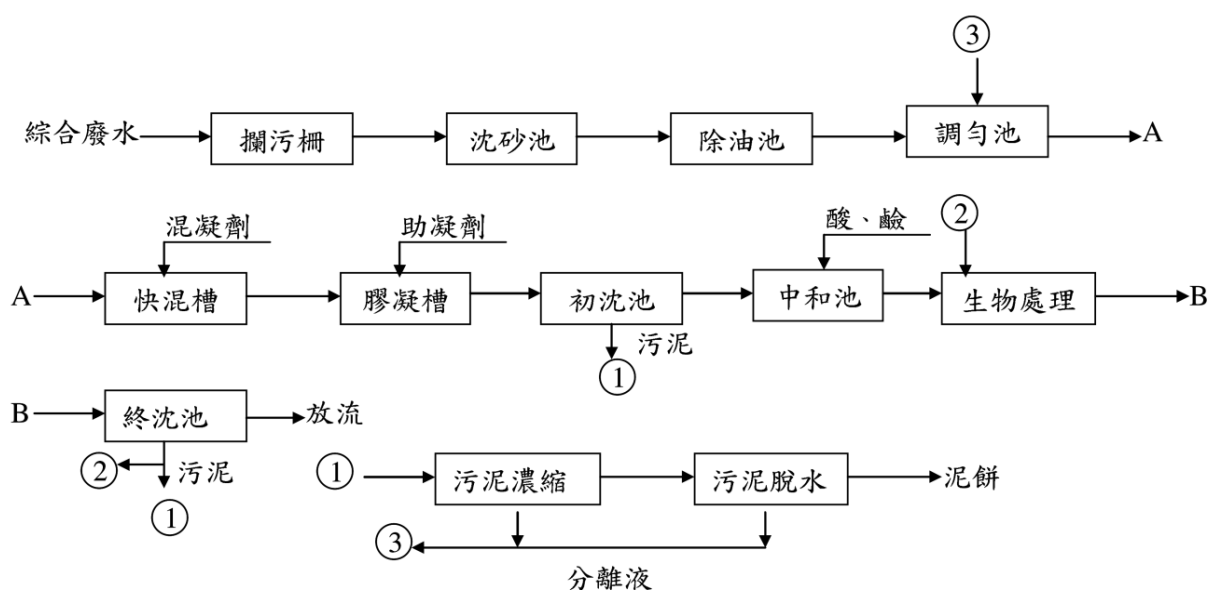


圖 4.3-2 各類冷凍水產、肉類加工及罐頭廢水處理流程

3. 製油業廢水：

植物油煉製之廢水主要來自脫酸、脫色、脫臭及洗滌廢水，若將製程中所產生而排放之油脂(主要為中性油、脂肪酸石鹼、脂肪酸、磷脂質苯乙烯等)去除，可大幅降低 COD、BOD 濃度，而一般工廠會設置加酸裂解槽以回收油脂。污染特性說明如下：

pH=5~11

COD=1,800~14,000 mg/L

BOD=1,500~5,000 mg/L

SS=150~800 mg/L

油脂=150~600 mg/L

(1)廢水量：通常產品 1 噸(原料 2.5 噸)之廢水量，若脫臭設備之排水循環利用時為 2~3 m³，未循環利用時為 20~30 m³。一般而言，其廢水量每日在數十噸到數千噸之範圍。

(2)原廢水綜合水質：雖然大部分製油業皆經過加酸裂解回收油脂，然綜合廢水中仍會有高濃度 COD、BOD 及部分油脂，通常以加壓浮除及其他物化、生物處理方式予以處理，其處理流程如圖 4.3-3。

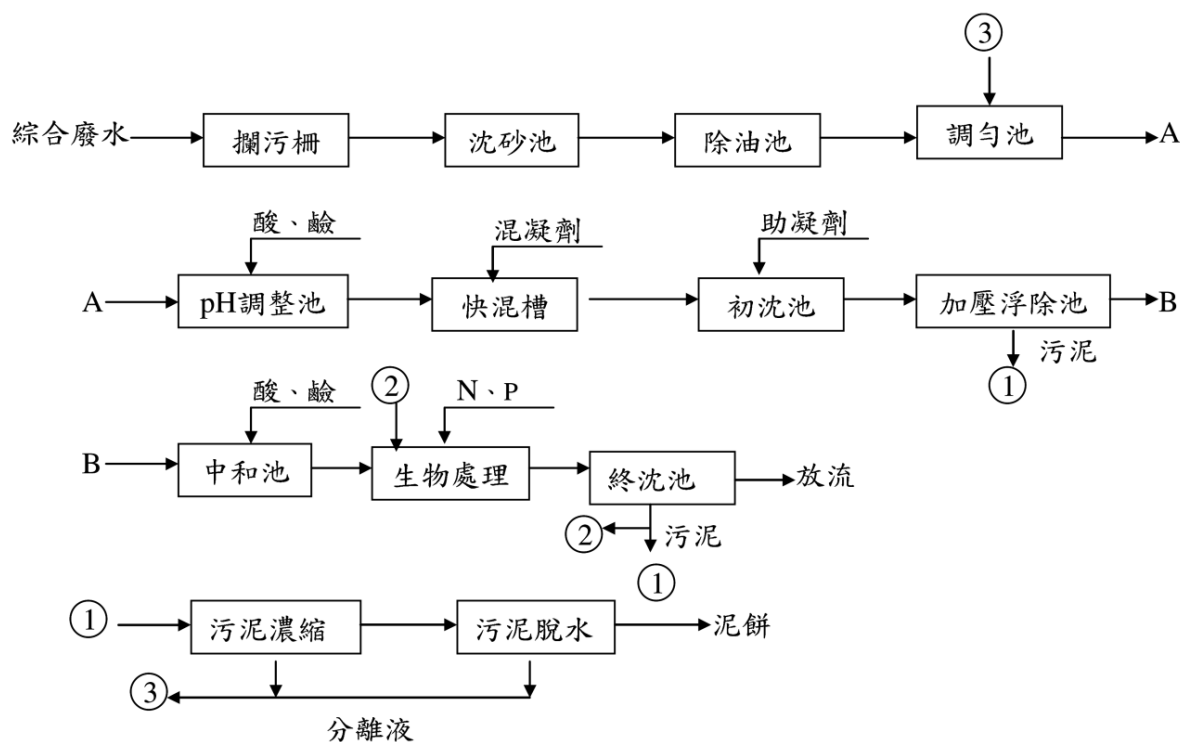


圖 4.3-3 製油業廢水處理流程

第五章 空氣污染防制處理技術

5.1 處理原理

以下針對食品製造業之空氣污染物，分項說明其污染防制技術：

一、粒狀物

食品製造業之粒狀物大部分為廠內原物料，其特性為含塵濃度高、含水率低、粉塵顆粒大且具回收價值，故旋風集塵機及袋濾集塵機為食品工廠常用之粒狀物集塵設備。茲就其集塵原理、優缺點及適用條件，分述如下：

(一)旋風集塵機

旋風集塵機之種類依進氣口型式，可分為螺旋式與翼軸式兩類，其差異處為氣體進入旋風集塵機本體之方式不同。當粒狀物進入旋風集塵機後，氣流中之粒狀物依其慣性以直線方向運動，此時氣流高速旋轉運動所產生之離心力將粒狀物拋向圓柱及圓錐體內壁，則粒狀物會因重力作用沿壁面滑落而掉入貯槽中。淨化後氣流則反轉其向下之渦流線，而逐漸地旋轉上升至排氣管。

旋風集塵機的優點是構造簡單、無移動機件、保養容易、可耐高溫(<350°C)且造價低廉；缺點是集塵效率受限於粉塵粒徑，當粉塵粒徑多數小於10 μm以下時，則旋風集塵機僅可作為廢氣控制系統的前處理設備。

(二)袋濾集塵機

袋濾集塵機以脈動式最常用，當含塵廢氣於通過濾布孔隙時，粉塵微粒被捕集於濾布纖維及表面塵餅上，而穿過濾布之乾淨空氣則由排氣裝置排出。當沉積於濾布表面上之塵餅逐漸增厚至某一程度後，再藉由高壓空氣產生之脈衝波，將粉塵自濾布表面振落至集塵斗中，以完成逆洗動作，如此週而復始以達成廢氣過濾

之目的。

袋濾集塵機處理效率依過濾廢氣與塵粒特性、過濾速度及堆積之粉塵負荷等而有所不同，但在無濾袋破損及粉塵洩漏正常操作下，其處理效率可達99%以上，並可輕易達到 10 mg/Nm^3 以下之含塵濃度，故袋濾集塵機應用於食品工廠之粒狀物廢氣處理上，可符合日趨嚴格之環保法規標準。

二、VOCs 與臭味

食品製造業 VOCs 及臭味所含之成分複雜，其製程所排放空氣污染物之惡臭物質，可能包括有氨氣、硫化氫、硫化甲基、硫醇類、甲基氨類或其他 VOC 等，其可行性之控制技術有濕式洗滌法、生物濾床法及直燃焚化法等。

濕式洗滌法之脫臭控制方式，主要是利用填充式洗滌塔將臭味脫除；生物濾床法之脫臭原理主要藉濾床中濾料所附著之微生物，將廢氣中可被生物分解之污染物質予以分解；直燃焚化法之脫臭原理係將含臭味之廢氣，藉由特定燃燒溫度，將臭味物質焚化，獲得高脫臭效率。

三、硫氧化物與氮氧化物

食品製造業之鍋爐一般採重油為燃料，故排出之空氣污染物除了微量的粒狀污染物之外，尚含有硫氧化物及氮氧化物。針對固定污染源硫氧化物與氮氧化物實際的排放量，若欲降低空氣污染防制費，可參考下列方法進行鍋爐排氣改善。

(一)改用清潔燃料

現階段環保署為鼓勵使用清潔燃料，規定以天然氣或液化石油氣為燃料之固定污染源，可免徵收空氣污染防制費，故業者可考慮將重油燃料改為天然氣或液化石油氣，以節省空氣污染防制費，且鍋爐排氣亦較為乾淨。

(二)加裝脫硫技術

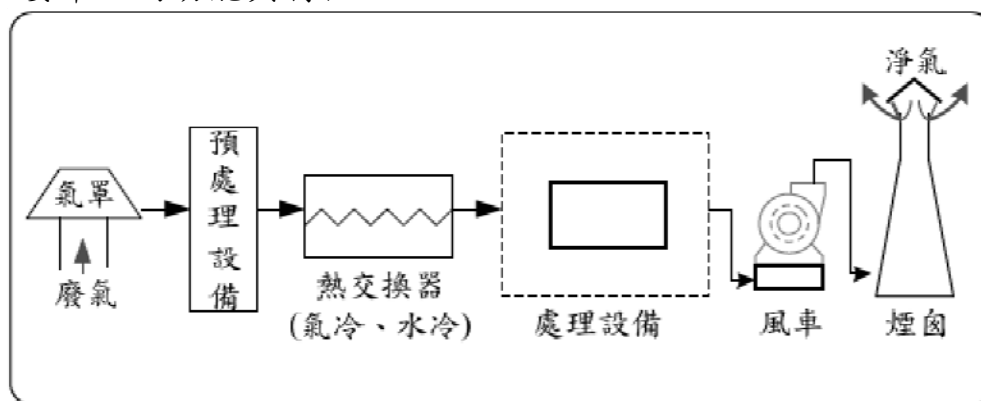
煙道氣排煙脫硫技術(FGD)，可分為濕式、半乾式及乾式吸收系統三大類。其中濕式系統為一般的濕式洗滌塔；半乾式吸收系統為噴霧乾燥塔，此系統需搭配袋濾集塵機使用；而乾式吸收系統及為煙道噴注系統，工廠可在符合經濟成本或改善環境的考量上，使用上述煙道脫硫技術，以降低硫氧化物之排放量。

(三)加裝脫硝技術

食品製造業鍋爐常見之脫硝技術有二：一為改裝低氮氧化物燃燒器(LNB)；二為採用選擇性觸媒還原法(SNCR)，來降低氮氧化物之排放量。

5.2 處理方法及流程

一個基本的空氣污染控制流程如圖 5.2-1 所示。完整的系統包括廢氣收集系統，預處理設備(如旋風集塵器)，避免因溫度過高而損害設備的溫度調理器(如熱交換器)，控制設備本體。當然系統中包含使廢氣流動的送風機(風車)，及粉塵排放系統與相關附屬設施。以下介紹基本控制流程中幾個主要單元的功能與特性。



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 空氣污染控制基本流程

1.廢氣收集系統

廢氣收集系統是整個控制流程中最重要單元，收集效率的好壞

是影響污染控制系統效能的關鍵。如收集效率不佳，縱使後續設置一套高效能的處理設備，也僅能處理被收集進入處理設備內的粉塵，但其他從收集氣罩旁逸散的粉塵，則仍繼續對作業環境造成污染。

2. 預處理設備

空氣污染控制流程的規劃，須先考慮到被收集粉塵的特性，如果粉塵的顆粒太粗或過於尖銳，或有火星等可能對後續處理設備造成損害或超負荷者，這些粉塵在進入處理設備前都應先經一預處理設備後再進入後處理設備，以避免造成危害或降低其效能。

3. 溫度調理器

污染源所排放的廢氣溫度，因製程條件不同而各有差異。廢氣在進入主要設備前，必須先判斷其對設備的影響，並予以適當的調理。一般而言，廢氣須要調理的情形有下列兩種：

(1) 廢氣溫度過高

廢氣溫度太高會對處理設備造成損害或導致濾袋破裂等問題，故須於處理設備前，先降低廢氣溫度，而降低的程度，則須考慮設備材質所能承受的溫度範圍。若因濾袋的承受溫度而考量降溫，由於濾袋材質種類及價格各異，故應同時顧及日後更換的成本。

如果處理設備為靜電集塵器，則應顧及廢氣溫度對處理效率的影響。而降溫的方式亦應同時考慮濕度對處理效率的影響。降溫可分間接或直接冷卻、氣冷或水冷等各種方式。

(2) 廢氣溫度過低

各種不同的廢氣有其不同的露點(dew point)溫度，當廢氣成分中含水量高，且於露點下操作時，則廢氣中的水分將被冷凝而由氣態轉為液態，而這些冷凝水在設備中則易造成腐蝕、結垢及堵塞濾袋的現象。為避免這些現象的產生，須在控制設備前，先將廢氣予以升溫，以免損害控制設備。升溫的方法可配合控制設備

的特徵選擇適當的設施。

4.送風機(風車、風扇)

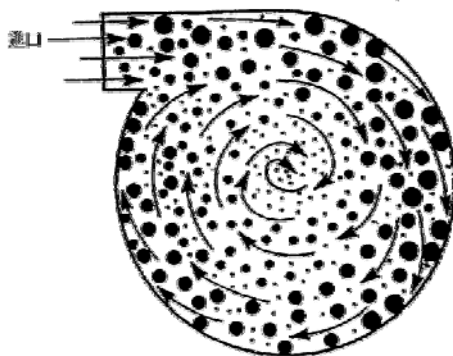
送風機設置的位置的不同對集塵機亦會造成不同的影響。若送風機置於集塵器之前將廢氣吹入集塵器，稱為「正壓式集塵器」；反之，若送風機置於集塵器之後而廢氣是被吸入集塵器時，則稱為「負壓式集塵器」。若採用負壓式設計，整個集塵機的結構需特別的加強以免設備外殼受壓變形。設計正壓集塵器時可以使用稍微弱一點的結構，但需防止送風機的葉片及軸承受粉塵的撞擊而容易損壞。

5.2.1 旋風集塵器

旋風集塵器通常用來收集氣動直徑大於 $10\ \mu\text{m}$ 以上的微粒，常用在效率高的集塵器之前，當做預淨器。旋風集塵器是一種低成本的集塵設備。如圖 5.2.1-1 所示，微粒隨著氣體沿切線方向進入旋風集塵器內，被迫旋轉，大的顆粒受離心力的影響，偏離流線沿徑向往旋風器內壁運動，最後到達旋風集塵器的內壁而被收集。當粉塵累積到一定量後因重力及外部的振動力量掉到底部的漏斗裡。氣體在旋風集塵器的內部呈螺旋向下的運動，因此微粒有更多的機會向外偏離流線，衝擊在內壁上。

旋風集塵器的直徑可以小到 1~2 公分，這類的裝置一般用來採集粒狀污染物並求取其粒徑分布；大的可以到 5 米直徑左右，如用於一般之工業除塵，及濕式洗滌器之後的液滴收集。

微粒收集效率取決於微粒氣動直徑，旋風器直徑及其他相對尺寸的大小。有時可將數個旋風集塵器串聯或並聯使用，以增加收集效率。例如若將幾個小直徑的旋風集塵器並聯使用，作成所謂的多管式旋風集塵器，收集效率可以比單一個大的旋風器高，最小可收集到氣動直徑為 $5\ \mu\text{m}$ 以上的微粒。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-1 微粒之收集機構

基本上旋風集塵器依進氣方式分成三種型式：上部進氣式、軸向進氣式及下部進氣式，如圖 5.2.1-2 所示。

其中上部進氣式是最典型的構造之一，氣體在集塵器的上方循切線方向進入集塵器的內部，以達到集塵的目的。這種構造被廣泛的使用在木材廠、肥料廠、水泥廠、發電廠、熔煉廠及許多工業製程之中。

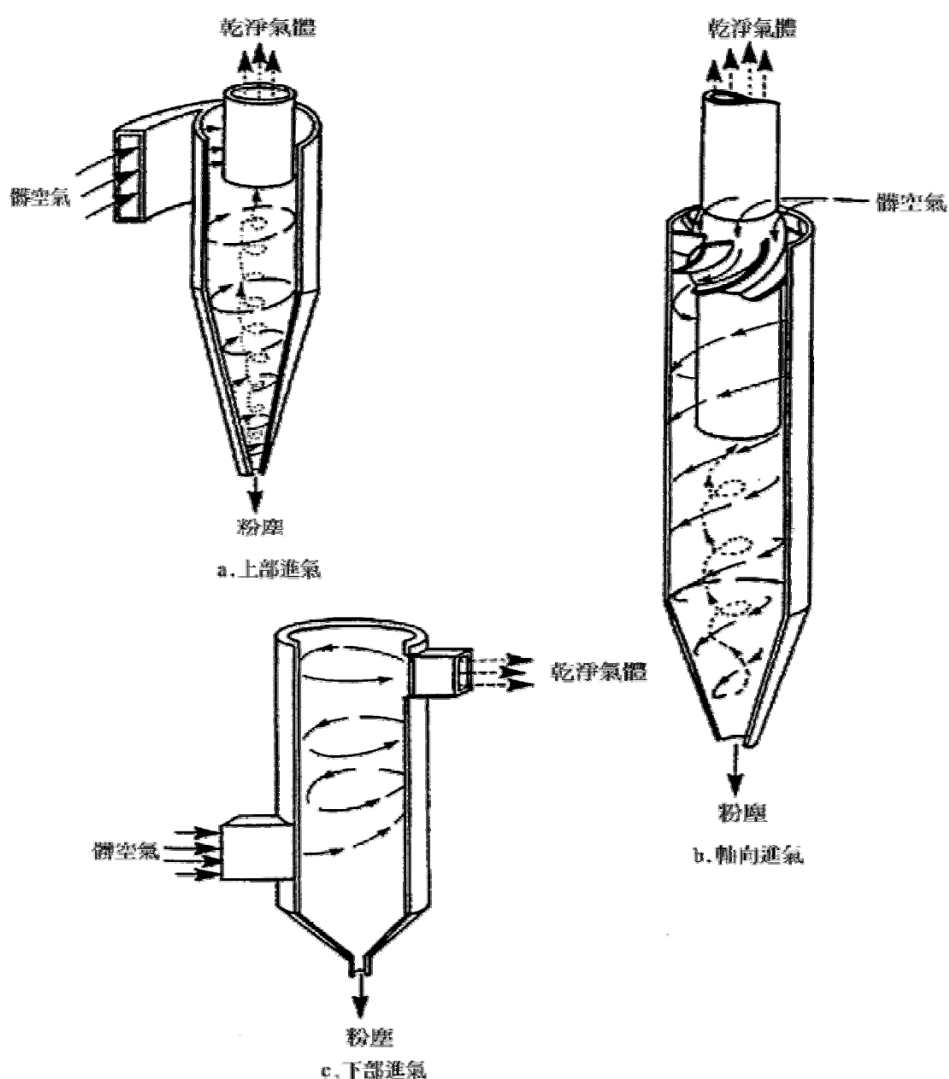
在軸向進氣式的集塵器中，氣體由上方沿軸向方向進入，經過導翼後呈螺旋式的轉動，以達成集塵的效果。軸向進氣式旋風器所具有的氣體容量，約為同直徑之上部進氣式的兩倍。軸向進氣式的旋風集塵器在相同的壓力損失下，可處理大量廢氣，通常組合成多管式旋風集塵器使用。軸向進氣式旋風集塵器所處理的粉塵的濃度有一定的限制，不可以過份磨損或堵塞入口導片。

下部進氣的構造，通常使用於濕式洗滌器之後，以方便液滴之收集。氣體由下部循切線方向進入形成漩渦，含微粒的大顆粒液滴往內壁方向運動而被收集。

常用的上部切線進氣式旋風集塵器如圖 5.2.1-3 所示，包含 4 個主要的部分：進氣口、本體(圓柱體和圓錐體)、粉塵排放口、出氣口。每一個部分都對微粒收集效率有影響。進氣口引導氣體沿切線方向進入本體中，對旋渦的形成很重要。在圓柱體內，微粒衝擊在內壁上而被收集。在下部的圓錐區中氣流的旋轉速度增加，使較小的微粒也能被收集在內

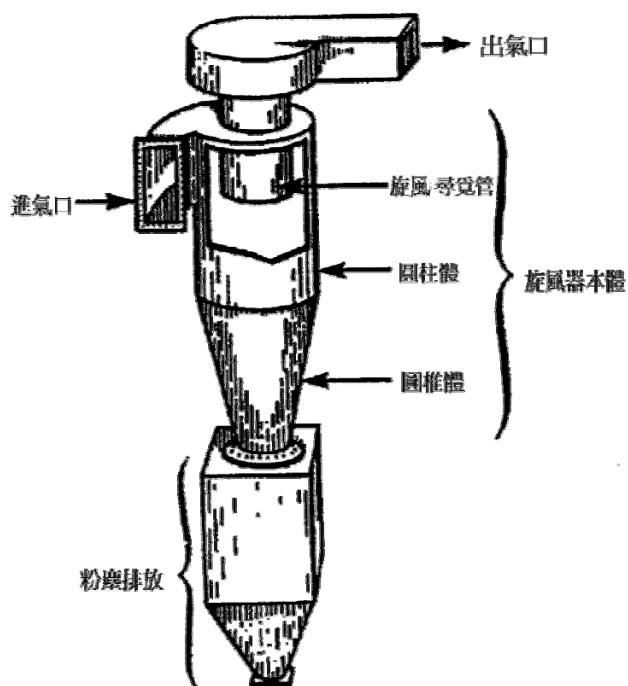
壁上。附著於內壁上的粉塵微粒掉落並集中於漏斗中，且定期或連續的被排出旋風器外。

從圓錐的底部開始，較乾淨的氣體由下往上形成內旋渦，經由出氣管排出。集塵器的上方有一根圓管伸入圓柱本體內，這根圓管稱為旋渦尋覓管(vortex finder)。上升的氣體形成內旋渦進入此管中，並從出氣管排出。在出氣管中可以使用螺旋形管道或接一個鼓起的大管以消除旋渦及減少壓力降。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-2 旋風集塵器的種類

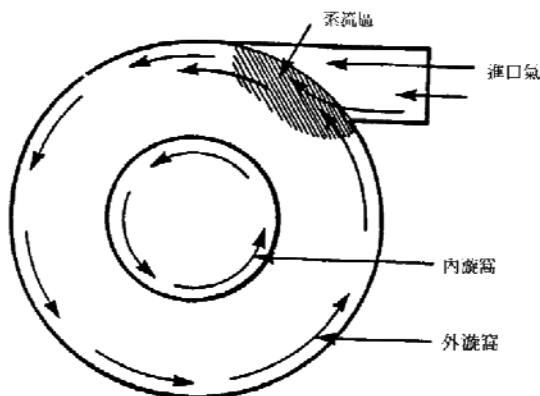


資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-3 常用的旋風集塵器

一、進氣口

進氣口的目的是將氣體的直線運動變成旋渦運動。在進氣口處有幾個問題會產生，首先由於內部本來有氣體，進來的會被壓縮，亦即壓力損失會提高，同時若是進氣口設計不良時，會產生如圖 5.2.1-4 所示的進口亂流，進氣能量會損失於此，無法充分轉換成旋渦氣流。



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

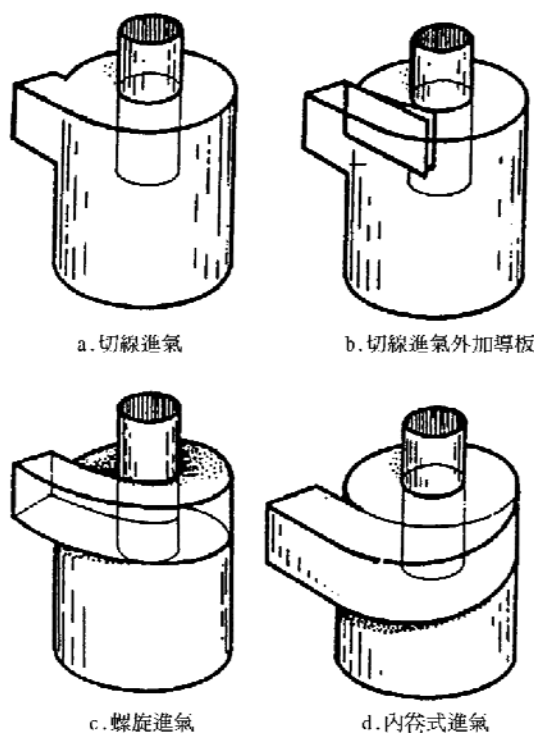
圖 5.2.1-4 進氣口干擾現象

進氣口的設計有圖 5.2.1-5 所示的數個方法。圖 5.2.1-5a 所示簡單

切線進氣口會產生一些亂流現象，一部分的微粒會直接進入出氣口而被排出。如圖 5.2.1-5b 所示，若在切線方向加裝導板於旋器風器內部，可使氣流更集中於切線方向，且減少壓力損失，然導板會壓制旋渦的形成及減少收集效率。

螺旋式的進氣方式(圖 5.2.1-5c)之設計目的是使氣流有切線及向下運動的方向，希望能有助於旋渦的逐漸形成，但目前的實驗數據不足以確定這種進氣方式是否可以增加收集效率或減少壓力損失。

內捲式進氣之旋風集塵器之進氣管內壁與筒體相切(圖 5.2.1-5d)，此設計有助於減少進口亂流的產生。實驗亦發現其效率優於切線式的進氣，且壓力降亦比較低。微粒可以更有效的被拋至筒體內壁上。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

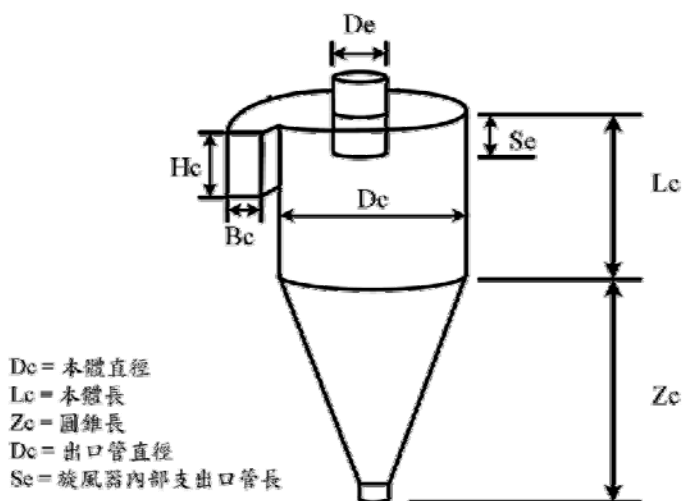
圖 5.2.1-5 進氣口的型式

二、圓柱本體及圓錐部分

一個旋風集塵器的集塵效率與其各部分之尺寸有極大的關連。流量固定時，壓力降受本體直徑直接的影響。圓柱本體的總長度則決定與總效率有關的氣體旋轉圈數。

進氣口的長度及寬度也十分重要，進氣口小，則進氣速度高，集塵效率會增加，但壓力降也隨之增加。圖 5.2.1-6 顯示旋風集塵器之各部名稱，許多不同的設計只是改變圖 5.2.1-6 之各部位尺寸而已。

表 5.2.1-1 是文獻上所載的幾種不同設計的尺寸大小，各部位的尺寸係指相對圓柱本體的直徑。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

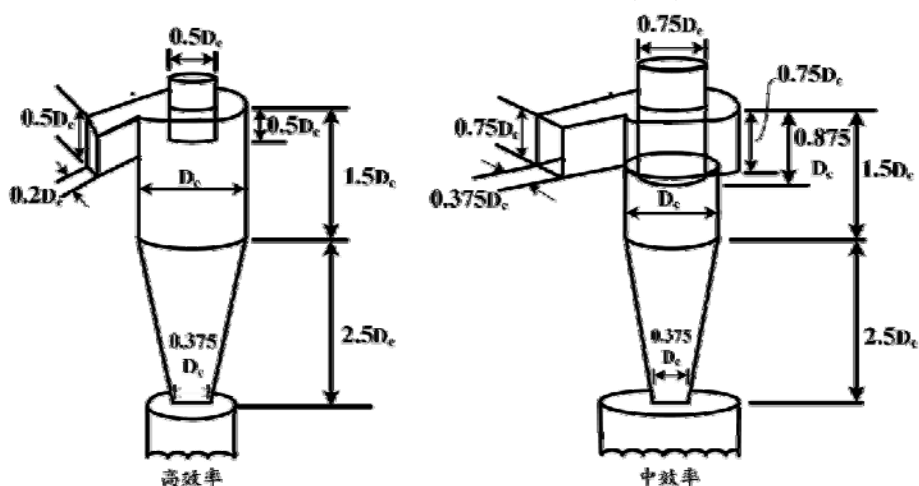
圖 5.2.1-6 切線進氣式旋風集塵器之各部分名稱

表 5.2.1-1 切線進氣旋風集塵器之設計尺寸比例

符號	名稱	高效率	中效率	傳統式
D_c	本體直徑	1.0	1.0	1.0
H_c	進口高度	0.5	0.75	0.5
B_c	進口寬度	0.2	0.375	0.25
S_e	出口長度	0.5	0.875	0.625
D_e	出口直徑	0.5	0.75	0.5
L_c	圓柱體長度	1.5	1.5	2.0
Z_c	圓錐體長度	2.5	2.5	2.0
D_d	粉塵出口管直徑	0.375	0.375	0.25

高效率的集塵器通常進口、出口及本體直徑較小，全長較長。傳統的集塵器直徑在 1.2 到 3.6 公尺之間，高效率者之直徑則小於 0.9 公尺。高效率旋風集塵器之設計見圖 5.2.1-7。

旋風集塵器圓錐部分的目的是將微粒沿著壁上送至漏斗裡。此部分的氣體切線速度快，可以除去較小的微粒。即使各部分的設計均是最佳的尺寸，但仍舊有些問題，會使效率減低。譬如粗糙的內壁會減低氣流的切線速度，進口端的迴流或亂流會使微粒直接進入排氣管中。微粒也可能自壁上反彈，而使收集效率降低。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-7 高中效率旋風集塵器設計

由於內旋渦中的氣體運動速度較快造成負壓，微粒也可能自外旋渦中飄流進來。這些問題有時可以獲得解決，譬如使用較平滑的材料以減少氣體與內壁的摩擦便是可行的方法。假設微粒反彈是一個問題時，在旋風器的內壁上噴水可以防止此現象，同時兼具洗除粉塵的效果，但也要考慮內壁上附著的粉塵餅是否可以掉至漏斗中。

三、粉塵排放系統(漏斗)

除非在圓錐底部和漏斗之間加裝一些零件阻止旋渦進入，否則旋渦可能會直接進入漏斗內攪動且揚起粉塵。漏斗有漏氣現象時，由於旋渦內的空氣有輕微負壓之故，粉塵也會被吸入旋渦中。

防止粉塵再揚起問題發生的辦法之一，是在圓錐底部與漏斗之間的管子加裝整流翼或軸向圓盤，以消除旋渦；或是將漏斗之體積加大加深，使旋渦無法低於收集粉塵之高度。加裝旋轉氣鎖閥可有效的防止氣流進入漏斗之中，同時粉塵也可連續或週期性的被排出，這也是

較為實際可行的辦法。

四、出氣口

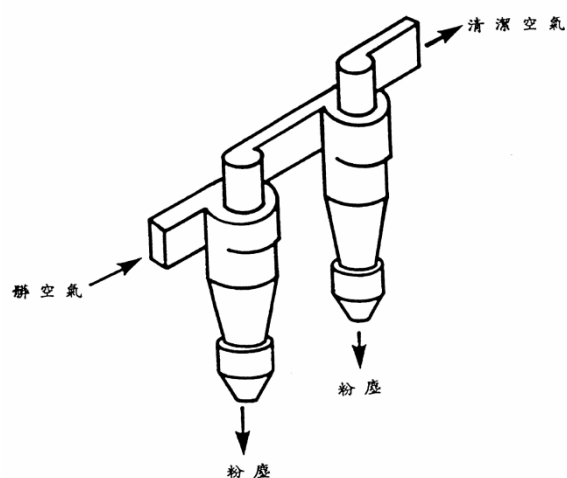
出氣管也是重要的設計項目之一，它的管子必須伸入旋風器內且低於進氣口的底部，以防止在進口亂流處的粉塵排入出氣管。排出氣體一部分的能量可以在出口處設置出口鼓，以較大的空間降低流速，減少壓降。

五、旋風集塵器的設計組合

由以上的設計討論得知，小的旋風器比大的旋風器之集塵效率高，但壓降也升高。因此若將數個小的旋風器串聯或並聯起來即可達到高效率、低壓降的效果。但這種組合之旋風器易於堵塞，增加了維護上的困難。此外，若僅使用一般的漏斗，粉塵再揚起也是一個困擾。

1. 串聯組合

典型的串聯組合如圖5.2.1-8所示。這種組合的優點是大微粒可在第一個旋風器中被收集，較細的微粒則在第二個效率較高之旋風器中被收集。如此，因第二個旋風器的塵量減少了，刮損現象自然會比較輕。串聯組合的缺點是第二個旋風器增加了壓力損失，可能導致總壓力損失太高。

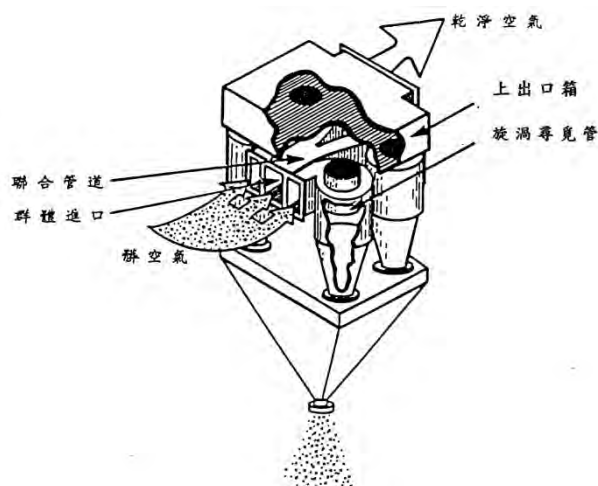


資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-8 串聯的旋風集塵器

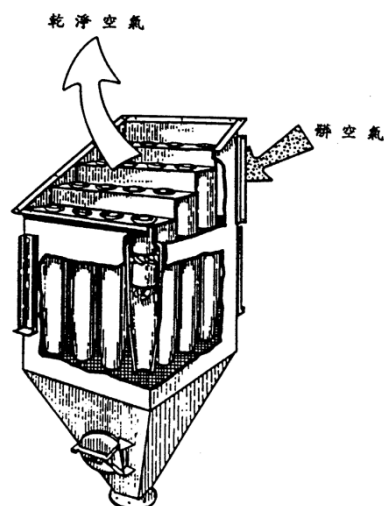
2. 並聯組合

有許多種不同的並聯組合設計，圖5.2.1-9所示的切線進氣式旋風器之並聯組合是一例。並聯的旋風器共用一個進氣室，總壓力降小且氣體流量大。並聯的旋風器若使用同一個漏斗，每個旋風器的壓降要設計成等值，否則氣體流經每個旋風器會有流量不一樣的情形，而使集塵效率降低。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.1-9 四個切線進氣式旋風集塵器之並聯組合



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 5.2.1-10 並聯的軸向導翼型旋風器

另一種並聯組合為多管式旋風集塵器，使用如圖5.2.1-10的軸向進氣式組合，便於煙道連接。此旋風器的集塵效率高，整體壓

降小，空間使用少以及成本低廉。它們是利用導翼來產生旋渦，通常壓力降在0.1到0.15公尺水柱之間。若採用軸向進氣的方式，則比較沒有切線進氣使用導翼時產生亂流的問題。

設計此類含有數個旋風器的組合體時，需謹慎設計共用的進氣室，以使進氣能均勻的分配至每個單獨的旋風器。同時需防止黏滯性的粉塵進入本體，因為導翼及較小的出氣管都是容易阻塞的地方。

5.2.2 袋式集塵器

袋式集塵器亦稱為濾袋屋，是收集微粒最常用的方法之一，其除塵效率是所有集塵器最高者，袋式集塵器使用的濾布有二種：一為可丟棄者，另一為可重覆使用者。可丟棄者一般用於室內空氣過濾，它可以作成濾墊或厚濾床(0.3公尺以上的厚度)的型式。濾墊用玻璃纖維棉作成，外面框以鐵架補強。厚濾床則使用玻璃纖維、玻璃纖維紙或其他惰性材料(如細鋼絲)，此諸濾材對粒徑大於0.3 μm 以上的微粒，收集效率很高(可達99.97%)，但是當微粒已累積至相當量或壓力降增至很高時，則必須更換濾材。

工廠的廢氣處理需使用可重覆使用的濾布材料。微粒被濾布收集，穿過濾布的氣體變成乾淨氣體。可重覆使用的濾布濾材中，被收集的微粒需自濾布上清除。洗袋的方式有機械振盪式、脈衝噴氣式及反洗空氣式三種，以脈衝噴氣式濾袋屋的過濾及洗袋效果最好，最為常用。被清除的微粒掉入下方的漏斗後，定期排出或回收使用。

微粒被乾淨濾材收集的機制，最主要者有慣性衝擊、直接截留和擴散三種。當過濾進行時，粉塵餅遂漸增厚，此時粉塵餅的過濾會變成最主要的過濾機制。其他比較次要的收集機制如重力沉降、微粒聚結(或凝結)和靜電吸引等，亦可增加微粒的收集效率。

多個微粒因外力(如音波)聚結成較大的微粒時，收集效率會增高。

微粒亦可被帶電荷的濾材吸引而提高效率，這種靜電吸引效應對次微米微粒的過濾效率之提高較為顯著。靜電效應在室內空氣清靜機及空調箱過濾之應用較多，在工業用的濾袋屋上很少使用。重力沉降的收集機制對大微粒於低的過濾速度，及濾材呈水平擺置時較為重要。

袋式集塵器利用過濾作用(直接截取)原理來收集直徑大於 0.3 μm 之粉塵，去除率>99%。廢氣通過袋式集塵器前需將廢氣降溫，可利用廢氣稀釋、輻射冷卻及蒸氣冷卻作為前處理。袋式集塵器的優缺點如下：

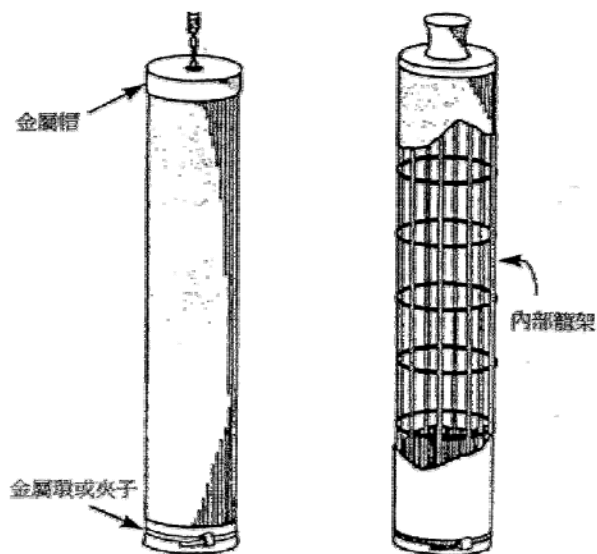
優點：(1)設置空間需求小。(2)除塵效率高，>99%。(3)設備成本低。(4)可回收塵料。缺點：(1)不適用高溫廢氣。(2)對濕度敏感。(3)需常清理。(4)濾布老化更新成本高。(5)過濾有機質易生爆炸。(6)對過濾速度敏感。

(1)袋式集塵器之系統及構造

可重覆使用的袋式過濾系統稱為袋式集塵器系統。袋式集塵系統包括下列組件：

- 1.濾袋及支架。
- 2.濾袋清洗設備。
- 3.收集漏斗。
- 4.外殼。
- 5.抽(送)風車。

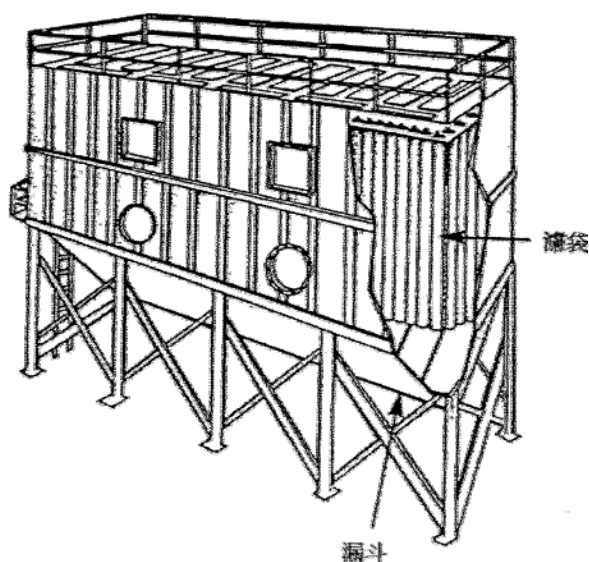
微粒的收集表面包括濾袋和一些支撐濾袋的支架。濾布可用上下兩個鐵環或以鐵籠支撐(圖 5.2.2-1)。大型濾袋屋由數個隔間組成，以便於維護，每個隔間內含許多布管。



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 5.2.2-1 濾袋及其支架

袋式集塵器由數百或數千個垂直懸掛的濾袋構成。當粉塵累積至一定厚度時，粉塵被逆洗清除至下方漏斗，再利用氣壓或螺旋輸送器自漏斗中排出。集塵器外殼用薄鋼板製成，以保護濾袋免受氣候影響(圖 5.2.2-2)。



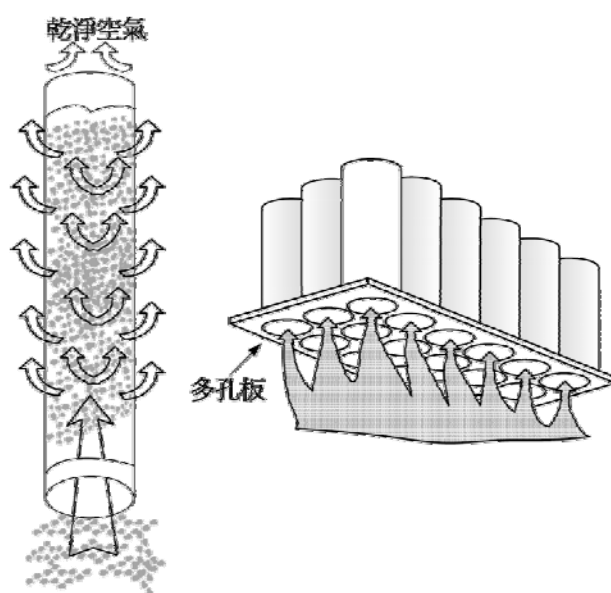
資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-2 濾袋及漏斗

(2) 過濾方式

袋式集塵器依廢氣過濾方向分成兩種方式，一是內部過濾，另一是

外部過濾。機械振盪式及反洗空氣式濾袋屋為內部過濾，而脈衝噴氣式濾袋屋則為外部過濾。內部過濾方式中，含微粒氣體由濾袋下方或上方經由多孔板或擴散翼進入濾袋內部，微粒在濾袋內部被收集，如圖 5.2.2-3 所示。其中，多孔板是一個環繞著濾袋口的薄鋼板，它將乾淨氣體與濾袋屋的進氣口隔開。髒氣體經過微粒被收集在濾袋內部，乾淨空氣則從濾袋外部逸出。

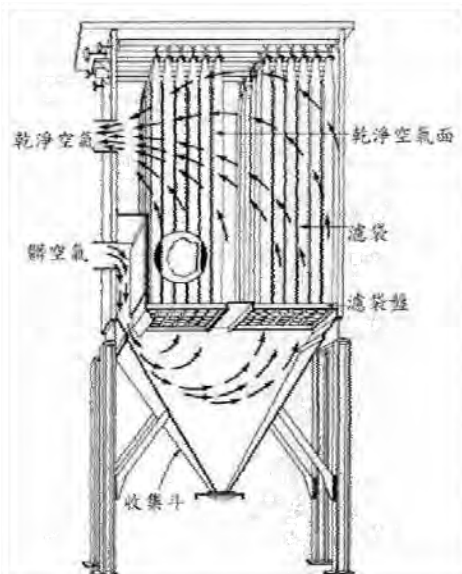


資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-3 內部過濾(微粒被收集在濾袋內部)

在外部過濾系統，微粒收集在濾袋外部。髒空氣自濾袋外部流進濾袋，乾淨的空氣從內部上方逸出。濾袋內部需使用鐵籠或數個鐵環支撐，否則濾袋容易損壞。廢氣進氣口依濾袋屋之型式與製造商之不同而異。

若進氣口在上方，向下流動的氣體會有一點清洗濾袋的作用，濾袋上粉塵清洗時隔可長一點；若廢氣由下方進入，進氣口通常就位於漏斗上方(圖 5.2.2-4)。下方進氣式在設計及製造上比上方者容易一些，但是應注意氣體流動方向及分布情形，免得將粉塵自漏斗中再揚起。為了使含有粉塵的廢氣能夠均勻分布在每個濾袋，在漏斗內靠近進氣管的地方通常會裝設擋板，使氣流分散。

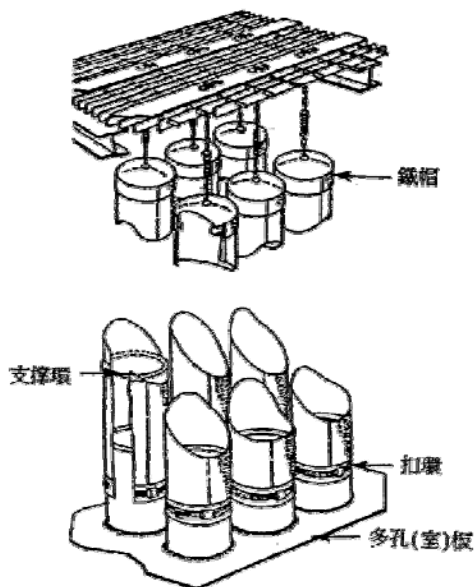


資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-4 濾袋屋之粉塵進口

(3) 濾袋與其配件

濾管長度及直徑依設計及製造商之不同而異，通常長度在 3~12 公尺、直徑在 0.15~0.45 公尺間。濾袋通常垂直懸掛，下方或上方用鐵環、鐵帽、夾具或扣環等支持(圖 5.2.2-5 所示)。多孔鋼板也用在某些系統作為濾袋支撐之用。外部過濾系統之濾袋內部用鐵籠支持，濾布則用扣環夾撐在鐵籠上。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-5 濾袋附件

(4)外殼

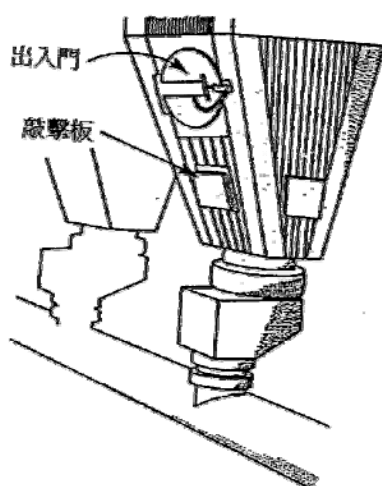
袋式集塵器由堅固的鋼板構成。它可以是處理廢氣量小時用的獨立單元，或廢氣量大時用的多個分隔室的組合。

廢氣流量小的場合有噴漆或研磨等操作的廢氣排放；流量大的場合有工業鍋爐或煉鋼廠等。高溫廢氣若含水分，應考慮在濾袋屋外部使用絕緣材料，以免因氣體冷卻時水氣及酸霧凝結在壁上，加速濾袋屋的腐蝕及損壞。

(5)漏斗

漏斗是儲存粉塵的裝置。通常漏斗內部設計成 60° 的斜坡，讓粉塵能從上方自由的掉到漏斗的底部。有些製造商在漏斗上裝了打擊板、振動器、敲擊器或搗灰孔等，以促進粉塵的排放。

打擊板只是鎖在或焊在漏斗外壁的金屬板，若是粉塵阻塞，可以用木槌敲擊打擊板，讓粉塵掉到下方的排放裝置。漏斗外壁經常裝有保養檢查用的門或是孔，詳如圖 5.2.2-6 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 5.2.2-6 漏斗

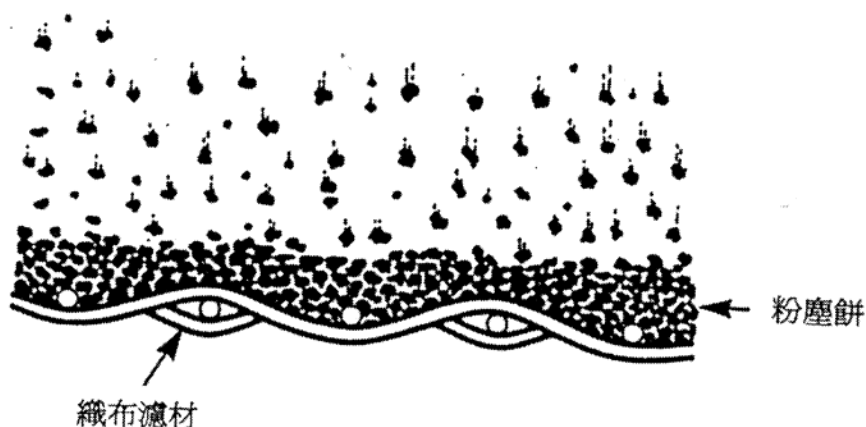
(6)濾布材料與濾袋清洗

濾袋使用二種濾材：織布型(woven)或毛氈型(felted)兩種。織布型濾材是由細紗編織而成，毛氈型濾材是將不規則的纖維壓縮成濾墊並用

較鬆散的編織材料作背襯。織布型的濾材適用於低能量之清洗法，如振盪式或反洗空氣式濾袋屋；毛氈型濾材則適用於高能量清洗方法，如脈衝噴氣式濾袋屋。

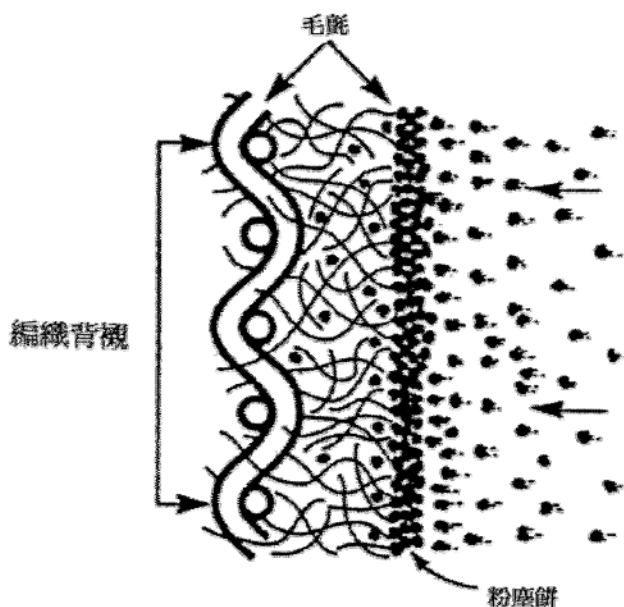
織布型的濾材真正過濾的表面是堆積的粉塵餅(filter cake)。濾袋捕捉過濾初期時的微粒，除塵效率較差，當微粒由於衝擊、擴散及截留等機制被捕捉時，織布的空隙便逐漸被填滿，這個過程稱為濾餅過濾(圖 5.2.2-7)。當塵餅產生後，除塵效率變得很高，甚至可達 100%，這時的壓降增加太多，需要進行洗袋。有效的過濾時間依微粒之濃度而異，從 15~20 分鐘至數小時之久都有可能。

毛氈型濾材是由不規則方向的纖維壓縮在編織背襯上，毛氈與編織背襯之間以化學、加熱樹脂或縫合等法接合。與織布型濾材不同的是，這種毛氈式濾材的每根纖維都是收集粉塵的標的，即使是小微粒在過濾開始時會在濾材表面上被收集(圖 5.2.2-8)，效率即很高，當粉塵餅形成時，濾餅過濾的除塵效率變得更高，接近 100%。毛氈型的濾材較厚，厚度約織布型濾材的 2~3 倍。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-7 濾餅過濾現象



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 5.2.2-8 毛氈式的濾材

毛氈式濾材通常使用脈動噴氣式洗袋法，此法在每單位濾布面積上能處理的空氣量較振盪式或反洗式之洗袋法為高。毛氈型濾布不適用於處理含高濕度的廢氣(尤其當微粒是親水性時)，避免濾布阻塞。

(7) 纖維種類

濾布使用之纖維材料依工業應用上之不同而異，分成天然及人造纖維兩種，目前以人造纖維的使用最為普遍。天然纖維由棉花或羊毛作成，價格低廉，但氣體溫度不能超過 100°C，且耐磨性差。

人造纖維的耐溫性及耐蝕性較天然纖維佳，其中聚脂纖維 (polyester)、諾美克斯 (Nomex, aromatic polyamide)、桑通 (Ryton, polyphenylene sulfide)、P-84 (polyimide) 等常被採用，具良好的耐溫性及耐磨性，人造纖維以聚脂纖維的價格最低。鐵弗龍 (Teflon) 及玻璃纖維 (Fiberglass) 之耐溫性可高達 260°C，且耐酸性高，但價格昂貴。表 5.2.2-1 列出各種纖維材料之溫度上限、耐酸鹼性、抗磨性。

表 5.2.2-1 濾袋使用之典型纖維材料

濾布種類	最高耐溫 (°C)	抗酸性	抗鹼性	抗撓曲 磨損性
棉花(cotton)	82	差	很好	很好
聚丙烯(polypropylene)	88	好-絕佳	很好	絕佳
尼龍(Nylon)	93~107	差-普通	好-絕佳	絕佳
奧龍(Orlon ^R)	116	好-絕佳	普通-好	好
壓克力(acrylic)	127	好	普通	好
聚脂纖維(polyester)	150	普通	普通	絕佳
諾美克斯(Nomex ^R)	204	普通	佳	絕佳
桑通(Ryton ^R)	180	絕佳	絕佳	佳
P-84 ^R	240	佳	普通	普通
鐵弗龍(Teflon ^R)	232	絕佳	絕佳	普通
玻璃纖維(Fiberglass ^R)	260	差	普通	普通

R：註冊商標

濾布在使用前通常需經過預先處理，如水洗、烘乾及熱固加工，以增進機械及尺寸方面的穩定性，避免使用時尺寸縮小；另外，表面也須經加工處理，如樹脂加工、牙光加工、燒毛加工等，以提高過濾及洗袋之性能，延長濾布的壽命。例如用矽脂處理過的濾布在粉塵餅去除時效果較佳。

(8) 濾袋損壞的機構

濾袋破損更換佔了濾袋屋操作成本的最大比例。縮短濾袋壽命的原則主要有三種：刮損、熱損及化學侵蝕。選擇濾袋時最主要的設計參數是廢氣溫度，它決定了濾袋的材質。有時降低氣體溫度以防止熱損雖然可行，但是要注意濕氣及酸霧凝結所造成的腐蝕問題。

濾袋最常碰到的另一個問題是刮損。刮損是由於布管的距離太近，導致濾袋在洗袋時互相摩擦或是濾袋與支撐物間摩擦。例如在振盪洗袋時，若振盪太劇烈，濾袋連接支持物之處容易破裂；若採脈衝噴氣洗袋，濾袋可能因不斷與鐵籠作微小的摩擦而導致損壞。

因此若是濾袋屋設計不當，使用太高的過濾速度，使得粉塵餅形成很快，需經常洗袋時，濾袋刮損的情形就會很嚴重，濾袋壽命會大幅縮

短。在正常的設計及操作狀況下，濾袋應可使用一年以上或更長時間。

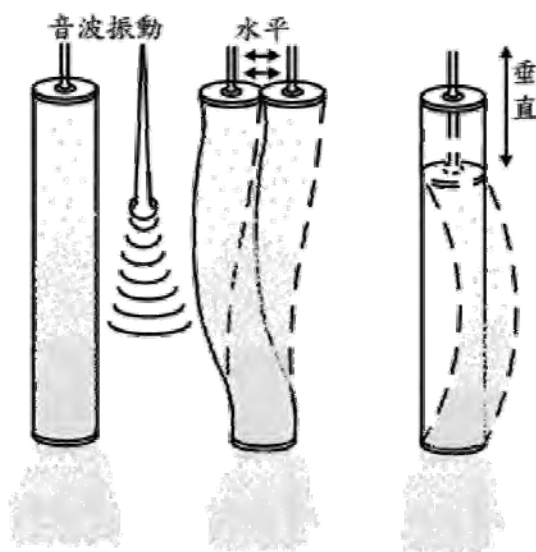
(9) 濾袋清洗

濾袋之清洗方式依時間順序區分為間歇性、週期性及連續性洗袋等三種。間歇性法是在需要時才洗袋，洗袋時需停止操作，濾袋一排一排或同時被清洗，此法適用於批式生產製程。

週期性法用於具有多個分隔室(濾室)的濾袋屋除塵設備，洗袋時將廢氣自欲清洗的那個分隔室轉入其他已清洗好的分隔室，過濾因而不會中斷，一個分隔室清洗完之後再轉至其他分隔室清洗，週而復始。

連續洗袋是一種自動的方法。常用的例子有脈衝噴氣式法。此法最大的好處是過濾不受影響，在每一個時段裡，總有一排濾袋正在接受清洗，其他濾袋則正常操作。大型的濾袋屋通常設計成許多的分隔室，若某一分隔室的濾袋破損，僅需將該部分停機修理即可。

濾袋清洗的方式常用者包括機械振盪、反洗空氣及脈衝噴氣式三種。機械振盪法(圖 5.2.2-9)可藉手動來達成，但大型濾袋屋通常使用機械振盪，振盪可以水平或上下方向為之。在振盪洗袋法裡，濾袋的上方密封連接扣環或掛鉤，下方則敞開連接多孔板。



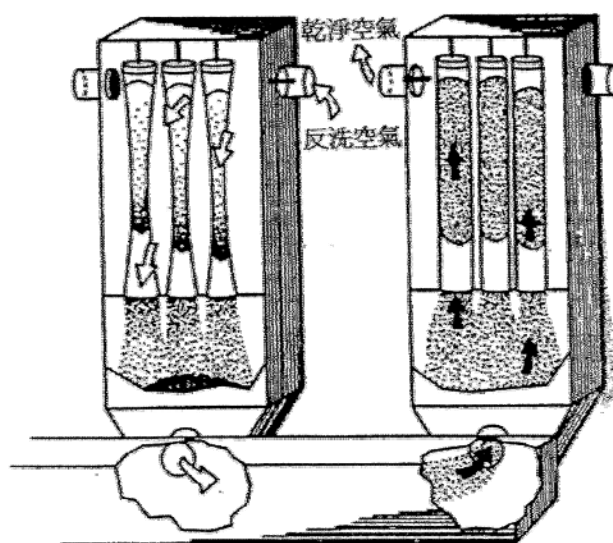
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.2-9 振盪洗袋法

振盪的力量及頻率依製造商之設計及粉塵餅之性質而異。若是收集黏性大的粉塵，振盪所需力量太大，容易損壞濾布，因此振盪式清洗法不適用於收集黏性大的粉塵。有一些設計使用如圖 5.2.2-9 所示的音波振盪來進行洗袋，由於音波頻率低，不至於發生可感知的噪音，目前此法並不常用。

反洗空氣法是最簡單的方法之一(圖 5.2.2-10)。在此法中，廢氣暫時停止進入濾袋屋，在過濾的反方向引入低壓之乾淨空氣使濾袋凹陷，黏於其上的粉塵餅便自然破裂並掉落漏斗中。

由於洗袋之力量溫和，若使用反洗空氣法時，可以使用抗磨性較差的濾材如 Fiberglass 等。使用反洗空氣式洗袋法時，通常將濾袋屋分成多個濾室。當一個濾室被清洗時，其他濾室仍可照常運作。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

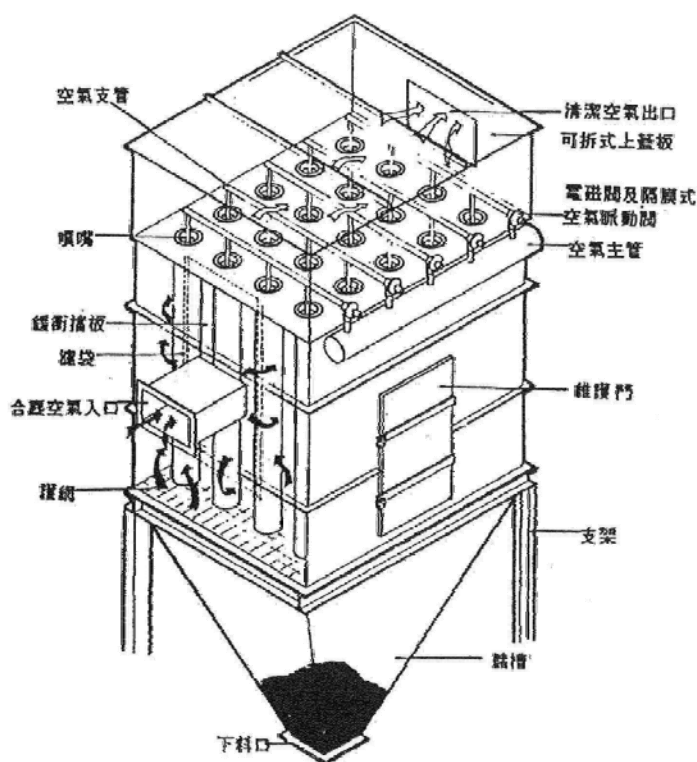
圖 5.2.2-10 反洗空氣洗袋法

在袋式集塵器中，空氣-濾布比(air to cloth ratio, A/C 比)是一個很重要的操作參數。A/C 比定義為單位濾布面積所通過的氣體流率，其單位為 $(\text{cm}^3/\text{sec})/\text{cm}^2$ 。A/C 比與過濾速度之意義相同。

反洗空氣式的濾袋屋 A/C 比較低，在 0.5~1.5 cm/s 間。比較之下，振盪式的濾袋屋過濾速度較高，其值在 1.0~3.0 cm/s 間。過濾速度高(或

A/C 比高), 表示單位濾布面積可以處理較大流量的氣體, 因此就處理相同的廢氣流量而言, 反洗空氣式濾袋屋之 體積比振盪式者龐大。

第三種濾袋清洗法是常用的脈衝噴氣法。現在的濾袋屋絕大部分使用此方式洗袋。高壓的空氣經由濾袋上方的文氏管由上往下噴出, 形成壓力波往下方移動, 濾袋遇此壓力波時會膨脹, 附著於其外的濾餅隨即破裂掉入漏斗之中(圖 5.2.2-11)。壓力波到達濾袋底部再折回之時間約 0.3~0.5 秒。在有些設計中, 並未使用文氏管, 空氣脈衝直接由吹管上之噴嘴噴入濾袋中, 進行洗袋。



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

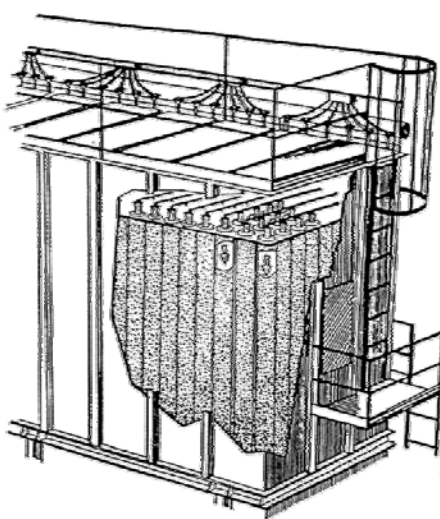
圖 5.2.2-11 脈衝噴氣式集塵器裝置圖

脈衝噴氣反洗系統設計時, 需注意噴出氣體強度需足使壓力波到達袋底且能使濾餅裂開。空氣由一排濾袋上方的共用管路中供應, 經由每個濾袋上方的文氏管產生強氣流。使用的壓力在 414~689 kPa 間(參見圖 5.2.2-12)。

脈衝噴氣洗袋法使用之濾袋直徑在 0.10~0.15 公尺間, 長度為

3.05~3.66 公尺，也可長達 7.6 公尺。相對之下，機械振盪式及反洗式之濾袋比較大，其直徑在 0.15~0.45 公尺間，長度可達 12 公尺。脈衝噴氣式的過濾速度之設計值比其他方式為高，在 1.0~7.5 cm/s 間。因為強壓力波的關係，濾材需使用毛氈式的材料，比較耐用。

由於沒有可動的機械零件，同時清洗的時間很短暫，此方法廣受歡迎，但是濾布之抗拉強度要求較高，才能應付強壓力波的衝擊。使用脈衝噴氣方法若能減少洗袋的頻率，濾布壽命可延長。



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 5.2.2-12 脈衝噴氣式集塵器之空氣供應系統

(10)過濾速度

如前所述，過濾速度與空氣-濾布比(A/C)是相同的。過濾速度愈高，表示濾布的使用面積較少，初設成本較低，但是太高的過濾速度會使洗袋的頻率增加，濾袋的壽命會縮短，反而增加更換濾袋的費用。過濾速度 V_f 可以用下式表示：

$$V_f = Q/A_c$$

$$Q = \text{氣體之體積流率}(\text{cm}^3/\text{s})$$

$$A_c = \text{濾布表面積}(\text{cm}^2)$$

空氣-濾布比(A/C)是單位濾布表面積所能過濾之空氣流量，與過濾

速度具相同之物理意義。A/C 比隨不同之濾袋屋設計而異(表 5.2.2-2)。機械振盪式與反洗空氣式之濾袋屋 A/C 較小，分別小於 3 與 1.5 cm/s；脈衝噴氣式之 A/C 較大，在 1.0~7.5 cm/s 間；對於燃燒廢氣之處理，通常使用的 A/C 在 1.0~2.0 cm/s 間。亦即對同一廢氣流量而言，脈衝噴氣式濾袋屋比其他兩種濾袋屋體積來的小。

A/C(或過濾速度)是設計及操作濾袋屋之重要參數。假若操作時 A/C 過高，粉塵餅可能會被緊壓在濾袋上，造成嚴重的壓力降，而且粉塵餅可能過早破裂，造成效率降低。A/C 比低之濾袋屋的問題是濾袋屋之體積會變得龐大一些。

表 5.2.2-2 典型的空氣—濾布比(A/C)

濾袋	A/C 範圍(cm/s)
屋洗袋方式	
振盪式	1.0~3.0
反洗空氣式	0.5~1.5
脈衝噴氣式	1.0~7.5

高的 A/C 將造成壓力降過高，效率降低，粉塵阻塞，以及因高應力導致濾袋提前破損等。由氣布比 A/C 可以決定總濾布面積，考慮安全係數，總濾布面積 A 必須比淨濾布面積 A_n 大，以一大於 1.0 的因子 f 乘上 A_n ，可得總濾布面積 A，安全因子 f 可由表 5.2.2-3 查得。

表 5.2.2-3 淨濾布面積與因子之關係

淨濾布面積 A_n (m ²)	淨濾布面積 A_n (ft ²)	Factor f
1~371	<4,000	2.0
372~1,114	4,000~12,000	1.5
1,115~2,229	12,000~24,000	1.25
2,230~3,344	24,000~36,000	1.17
3,345~4,459	36,000~48,000	1.125
4,460~5,574	48,000~60,000	1.11
5,575~6,689	60,000~72,000	1.10

淨濾布面積 A_n (m ²)	淨濾布面積 A_n (ft ²)	Factor f
6,690~7,803	72,000~84,000	1.09
7,804~8,918	84,000~96,000	1.08
8,919~10,033	96,000~108,000	1.07
10,034~12,263	108,000~132,000	1.06
12,264~16,722	132,000~180,000	1.05
> 16,723	> 180,000	1.04

5.2.3 濕式洗塵器

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

濕式洗塵器(如填充塔)去除有害酸鹼氣體是目前最廣為使用的方式，此時可能有部分的大微粒會同時被去除，但是對於小於 1 μ m(次微米)的微粒的去除效果不佳。

濕式洗塵器與其他控制設備相比，有如下的優點：

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

6.火災及爆炸性災害最小：因為利用噴水洗塵，故其他乾式集塵器特有的火災及爆炸事件，在濕式洗塵器很少發生。

但濕式洗塵器亦有下列缺點：

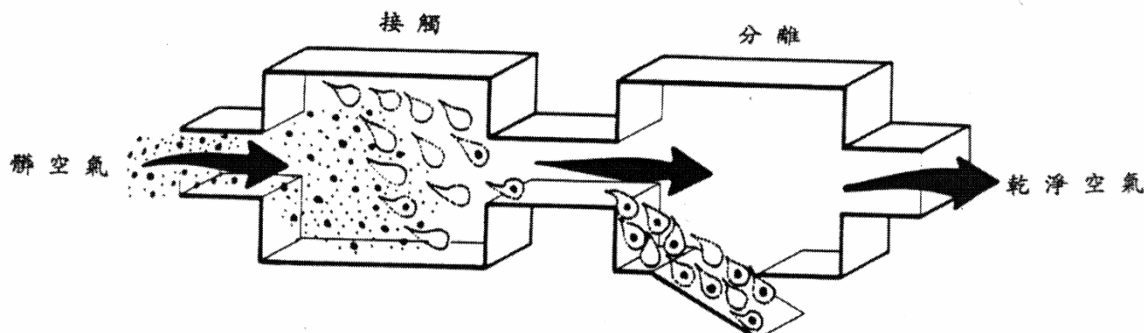
- 1.腐蝕：水及被吸收之氣體可能產生腐蝕性的酸液，選用材料時需特別的注意。
- 2.白煙：自濕式洗塵器排出之高濕度氣體會形成可見的蒸氣柱，此問題以冬天最嚴重。
- 3.壓力降及功率需求高：只有當壓力降高的時候，濕式洗塵器的除塵效率才會高，因此操作成本會相對提高。
- 4.水污染：通常需使用廢水處理設備處理排出的廢水，以符合廢水排放標準，因此若工廠無廢水處理設備時，需增加廢水處理設備。
- 5.難回收副產品：因為污泥脫水及乾燥之成本高，粉塵之回收再利用比較困難。

濕式洗塵器之除塵原理是使粉塵微粒與 50 至 500 μm 直徑的水滴接觸而被收集。這些含微粒之大水滴藉著重力、與擋板衝擊或離心力自廢氣中分離，而達除塵目的。圖 5.2.3-1 所示者為一般濕式洗塵器內的兩個區域：接觸區及分離區。

液滴經由噴嘴、文氏管或機械帶動的轉子產生，在接觸區內微粒藉由三種機制與水滴接觸，即慣性衝擊(inertial impaction)，直接截留(direct interception)及擴散(diffusion)。慣性衝擊是粒徑大於 1 μm 以上微粒之最重要收集機制；直接截留對粒徑接近於水滴粒徑之微粒比較重要。在濕式洗塵器內，水滴粒徑通常大於 50 μm ，但微粒粒徑則通常小於 5 μm ，故直接截留並非重要的除塵機制。

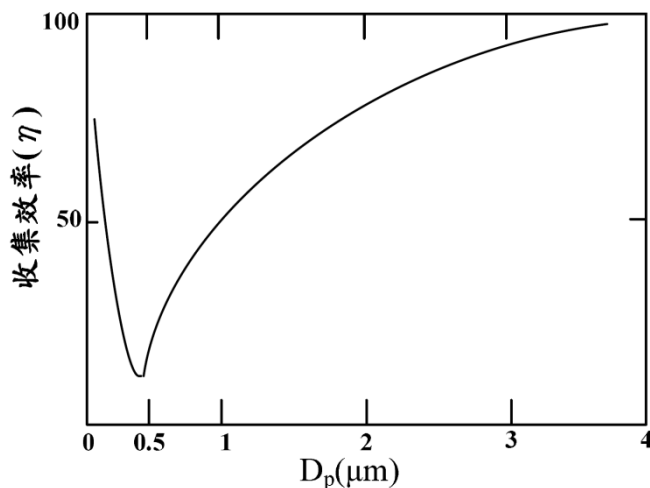
由於擴散效應，小微粒接觸水滴的機會也很大，導致收集效率的增加。圖 5.2.3-2 顯示一個流動床洗塵器之收集效率與粒徑的關係。由圖可見，很大及很小的微粒分別因為慣性衝擊及擴散的收集機制比較重要

的緣故，收集效率比較高。



資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-1 濕式洗塵器的除塵原理



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 5.2.3-2 流動床洗塵器之收集效率與微粒粒徑(D_p)的關係

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

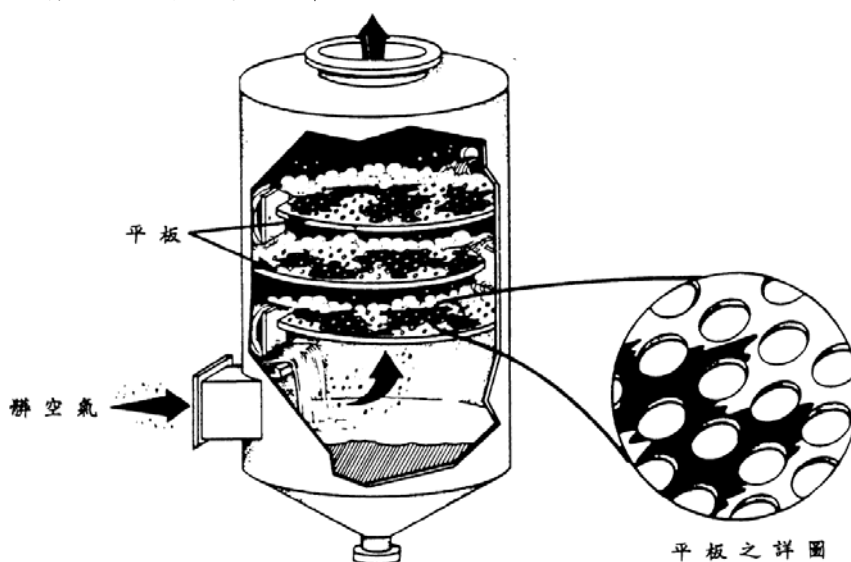
洗塵器利用氣體之壓力降(ΔP)可分低能量($\Delta P < 2$ 公分水柱(cmH_2O))，中能量($\Delta P : 2 \sim 6 \text{ cmH}_2\text{O}$)及高能量($\Delta P : > 6 \text{ cmH}_2\text{O}$)(註：1 $\text{cmH}_2\text{O} = 98 \text{ Pa}$)。大部分濕式洗塵系統遵循收集效率隨功率消耗(與 ΔP 成正比)增加而增加的原則。氣體之壓降愈大表示除塵效率愈佳，但操作成本也會愈高。

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

(1-1) 氣相接觸式洗塵系統

利用製程排出的廢氣提供微粒及液體接觸能量者稱為氣相接觸洗塵系統。當氣流通過一個液面時，液體被剪力打碎變成液滴。氣體中的微粒被液滴收集，最後液體被旋風或重力方式除去。剪力的產生方法有許多種，氣體可以強行通過自平板流下之液體，或氣體從覆有液體之平板上的小洞吹出或文氏管(venturi tube)等均能產生液滴。這類洗塵器包括平板洗滌器(plate scrubbers)及文氏洗滌器(venturi scrubbers)。

平板洗滌器如圖5.2.3-3所示。在逆流式的系統中，水由上往下流，廢氣由下往上流動。當廢氣穿過小孔時霧化孔中的液體，廢氣中之微粒打擊在液滴上而被收集。平板上每平方公尺含6,500~3,2000個小孔。在對流式的設計中，最乾淨的液體在最上方的平板上收集最乾淨之氣體中之微粒。與氣體吸收不同的是，這個系統通常2~3個即足夠。對微粒之收集而言，增加平板數目並不能顯著的提高除塵效率。



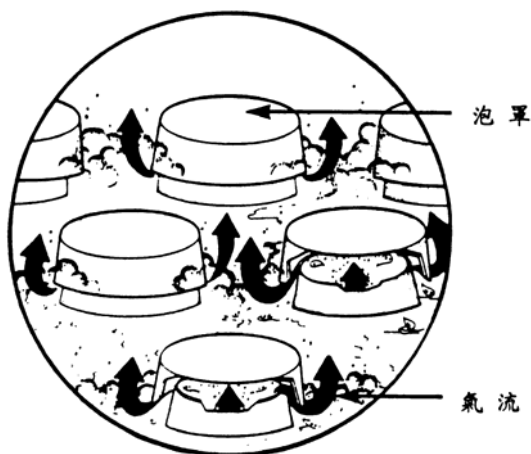
資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-3 多孔平板洗滌器

減少孔徑以及增加平板上小孔的數目皆可提高除塵效率，在每個小孔上加裝衝擊板也可提高除塵效率，固定的衝擊擋板迫使

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

平板洗滌器之問題出在氣體流量降低時，液體會自小孔中向下流出，因而降低衝擊的速度、泡沫量及收集效率。當製程之排氣流量不穩定或太低時，可以使用如圖5.2.3-4 所示泡罩式之衝擊面。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-4 泡罩之衝擊表面詳圖

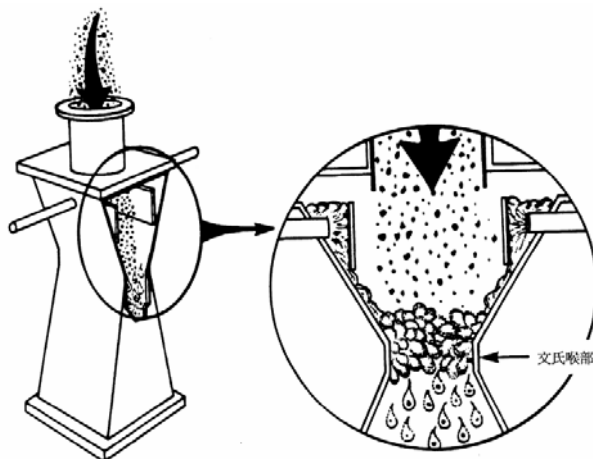
平板洗滌器是中能量型之洗滌器，除塵效率中等。當它使用於高濃度之粉塵、黏性粉塵或結垢性粉塵時可能會阻塞平板上的小孔。它適用於同時去除氣體污染物及粒狀污染物。

表5.2.3-1列舉一般平板洗滌器之操作特性，平板洗滌器無法去除小於 1.0 μm 之微粒。

表 5.2.3-1 平板洗滌器之操作特性

壓降(ΔP)	液/氣比 (L/G)	液體入口 壓力(PL)	截取直徑 (DPcut)	應用
每盤2.5~20 公分水柱高	0.3~1.2 公升/ m^3	< 0.33 kg/cm^3	> 2.0 μm	煤碳乾燥機、煉鋼煅燒 爐、鍋爐、化工製程、 煉油廠、焚化廠

圖5.2.3-5顯示了最簡單的文氏洗滌器的示意圖。文氏洗滌器是所有濕式洗塵器中，效率可提昇至最高者，也是唯一可以去除次微米微粒者，雖然欲達到高的除塵效率時，文氏洗滌器需要大的壓力差，但是因為系統之彈性使它的運用範圍很廣。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-5 典型的文氏洗滌器

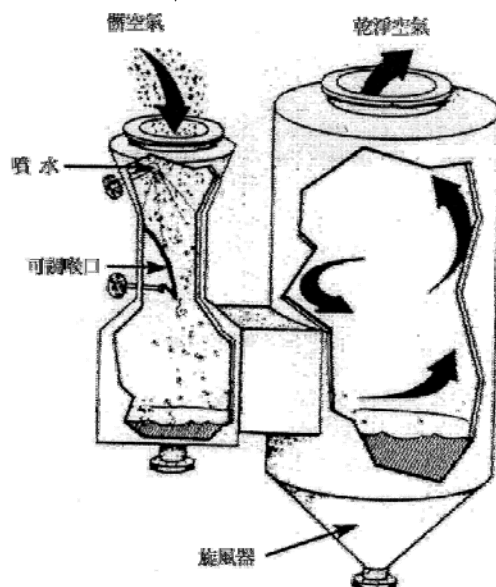
文氏管是利用氣體通過窄小的喉部，產生高速氣流，剪斷並打碎注入管壁之液體，因而產生液滴。氣體通過窄小的喉部時，速度可高達 $61\sim 244\text{ m/s}$ ($200\sim 800\text{ ft/s}$)。這個高速氣流亦產生了小的液滴，因而可以增加收集效率。

在喉部產生的無數液滴以及喉部的紊流使微粒與水霧碰撞之機會大增。注水量與液滴之產生有關，通常增加液/氣量之比可以提高除塵效率。但水量超過某個上限值時，除塵效率就不再增加。含塵粒之液滴最後仍需被排除。液滴直徑通常在 $50\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ 間，因直徑大容易被旋風集塵器及除霧器的複合系統去除。

商用文氏洗滌器有許多不同種類，差異在注水方式及喉部設計。譬如有的液體注入方式是由上而下旋轉進入喉部，潤濕喉部後，再被高速氣體霧化。

在噴水式的文氏洗滌器中，以 $0.33\sim 1.0\text{ kg/cm}^2$ 的低壓水噴入喉管之中，能使液體在大一點的喉口中更均勻的分布。液體霧化之

效果來自噴嘴及高速氣流，但仍以高速氣流之霧化為主。文氏洗滌器需維持一定之氣體壓力差(或氣體流量)以保持相當之除塵效率，有一些洗滌器係專為氣體流量隨時間改變之製程而設計，圖 5.2.3-6即是這一類的設計。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-6 可變喉口之文氏洗滌器

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

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

文氏洗滌器之操作條件隨應用及設計方式之不同而異。表 5.2.3-2是文氏洗滌器操作之範圍，文氏洗滌器可以去除次微米的微粒，但是壓力降需 $>100\sim 200\text{ cmH}_2\text{O}$ 。

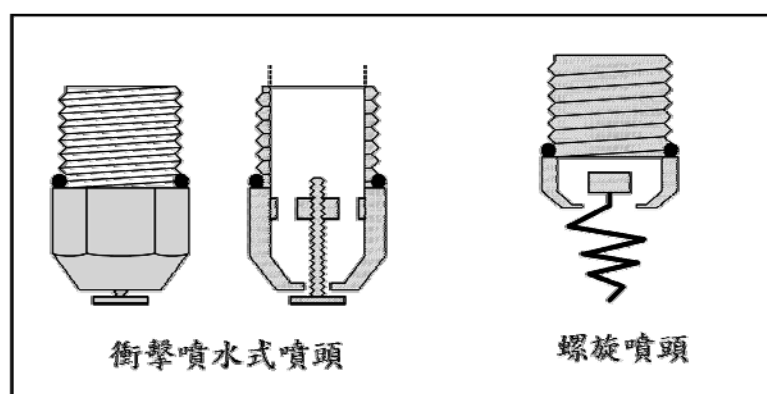
表 5.2.3-2 文氏洗滌器之操作特徵

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

(1-2)液相接觸式洗塵系統

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

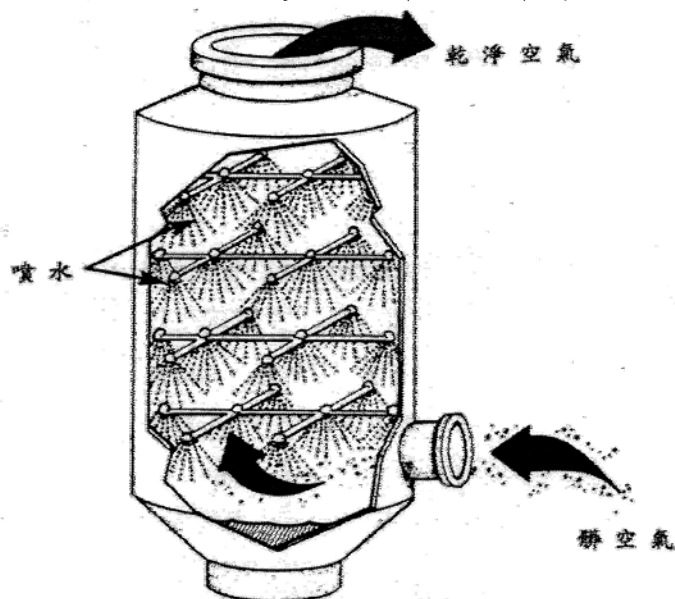
噴嘴包括衝擊噴水式、圓錐式、螺旋式(圖5.2.3-7)等三種。在衝擊式噴嘴中，高壓的液體撞擊一個平板或者一根針產生均勻粒徑之水滴。圓錐式的噴嘴中，中心之水柱與噴嘴壁上旋轉之水流碰擊而產生水滴。螺旋式的噴嘴產生較寬角度的水霧，阻塞問題也比較少。液相接觸式洗滌器最主要者為噴霧塔。



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 5.2.3-7 衝擊噴水式噴頭及螺旋式噴頭

噴霧塔又稱為重力噴霧塔、噴霧洗滌器或噴霧室，基本設計如圖5.2.3-8所示。液體由一排或多排噴嘴中噴出於圓柱型或長方型的噴霧室中。水霧與通常是逆流而上的髒空氣接觸，便能除去其中所含的微粒。若是洗滌液重覆循環使用，噴嘴易被阻塞。因此本系統使用乾淨的水來作噴霧會較無問題。噴霧塔是低能量之裝置，其能量消耗比文氏洗滌器低很多，通常壓力降為 $2.5 \text{ cmH}_2\text{O}$ 。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-8 簡單之噴霧塔

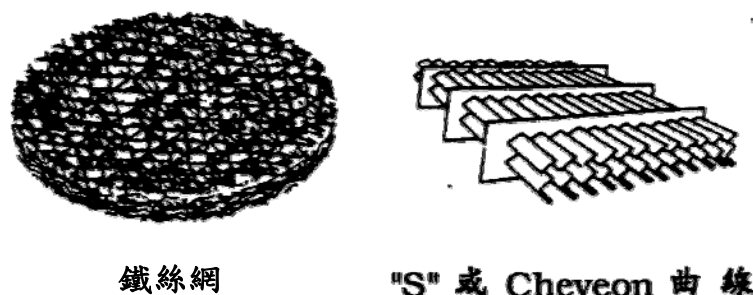
噴霧塔之除塵效率比其他高能量設備低。一般而言，噴霧塔對 $10\sim 25\mu\text{m}$ 粗微粒之收集是可行的。增加噴水之壓力雖可產生較細的液滴，進而除去較小的微粒。但當水滴變小時，其終端沉降速度降低，氣體與液體之相對碰撞速度便降低，可能會降低除塵效率。

一般而言，發現重力噴霧塔之最佳液滴直徑範圍為 $500\sim 1,000 \mu\text{m}$ 間。Bethea(1978)發現當噴水壓力高達 $20\sim 30 \text{ kg/cm}^2$ 時，產生之水霧中含有十分小的水滴，此時收集機構有別於撞擊收集，因此效率可提高很多。

製程排氣進入截面積大的噴霧塔後膨脹，且被水霧冷卻。因此大流量之廢氣可以在噴霧塔中經調理後，再排出或再引入小一點的

高效率設備中再處理。噴霧塔中氣體流速很低，在0.61~1.5 m/s間。若是氣體流速太高，會將小水滴帶入出口之氣流中。噴霧塔之出氣口通常含有水霧，可用除霧器去除。

圖5.2.3-9所示者為鋼絲網及“S”或Chevron曲線型的除霧器，置於噴霧塔的最上方，作排氣之最後處理。其他洗滌器也需要加裝除霧器，避免水滴從排氣口排出來。



資料來源: 行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.3-9 除霧器

噴霧塔是去除大微粒的低成本設備，它亦可用以調理製程排氣(降溫及加濕)。表5.2.3-3列出其操作特徵，由表5.2.3-3可知，噴霧塔以去除數微米以上的大微粒為主。

表 5.2.3-3 噴霧塔之操作特徵

壓力降	液/氣比	液體入口壓	截取直徑	應用
1.28~7.62 公分水柱高	0.67~2.67 L/m ³	0.68~27 kg/cm ²	2~8 μm	採礦製鐵及煉 鋼鍋爐及焚化 爐、化工

5.2.4 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，尚需添加輔助燃料，才能維持所需之燃燒溫度。
- (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需時間，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5.2.4-1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

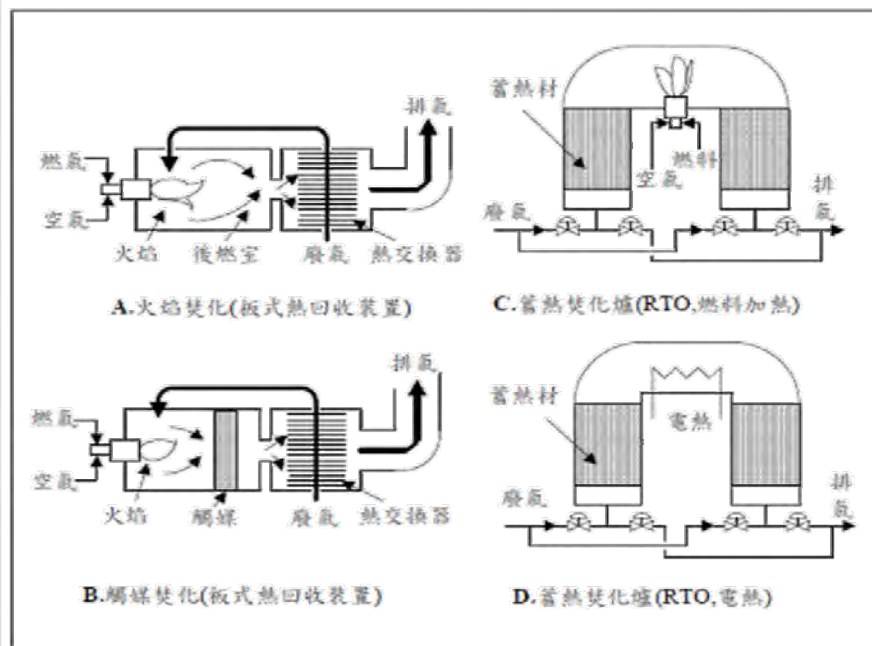
較小可忽略。當溫度升高時，LEL值減小且UEL值增加，使燃燒範圍增加。一般而言，空氣溫度每升高100°C，燃燒下限減少8%，燃燒上限增加8%。

圖5.2.4-1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 5.2.4-1 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 5.2.4-1 各式焚化控制設備

(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5.2.4-1-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°C(2,500°F)。混合氣體在後燃室燃燒溫度為650~820°C(1,200~1,500°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需預熱至後燃室燃燒溫度為350~425°C (650~800°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Cr₂O₃/Al₂O₃、CO₂O₃/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5.2.4-1-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VOC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，使其能承受所需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5.2.4-1-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，則需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。

5.2.5 生物處理

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5.2.5-1。

一般在氣體空塔停留時間 0.5~3 分鐘之條件下，VOC 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。

生物處理所需的生物植種來源為：(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 5.2.5-1 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。

1. 生物濾床法

生物濾床(圖5.2.5-1)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。

2. 生物滴濾塔法

有機廢氣及臭氣亦可使用生物滴濾塔(如圖5.2.5-2)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(C₆H₅-CH₃)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。

3. 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。

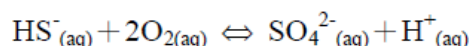
一種填充蛇木屑之滴濾式生物濾床如圖5.2.5-3所示，VOCs處理機制為：(a)廢氣中空氣污染成分傳輸進入蛇木屑表面附生之生物膜中，(b)污染成分為生物膜中微生物分解，(c)分解產物二氧化碳及其他代謝產物隨處理氣體或少量滴出水排出。

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。

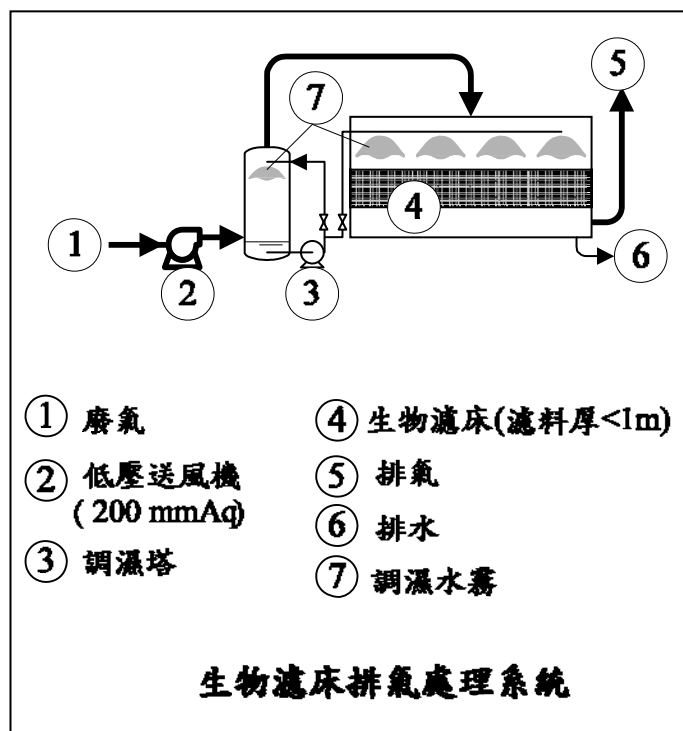
4. 生物洗滌法

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5.2.5-4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：

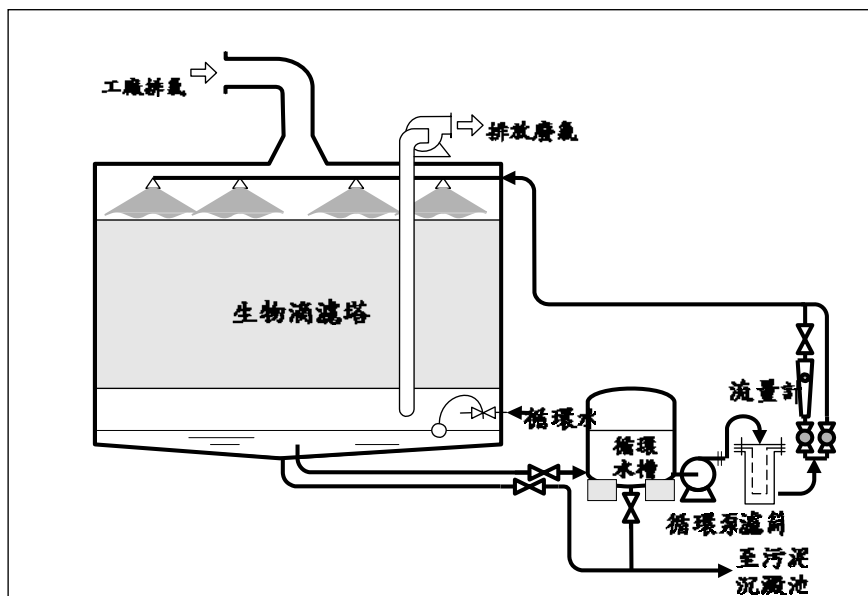


水溶性高之成分，如氨、低級胺、硫化氫、低級醇、低級酮、低級揮發性有機酸等，適以本法處理。



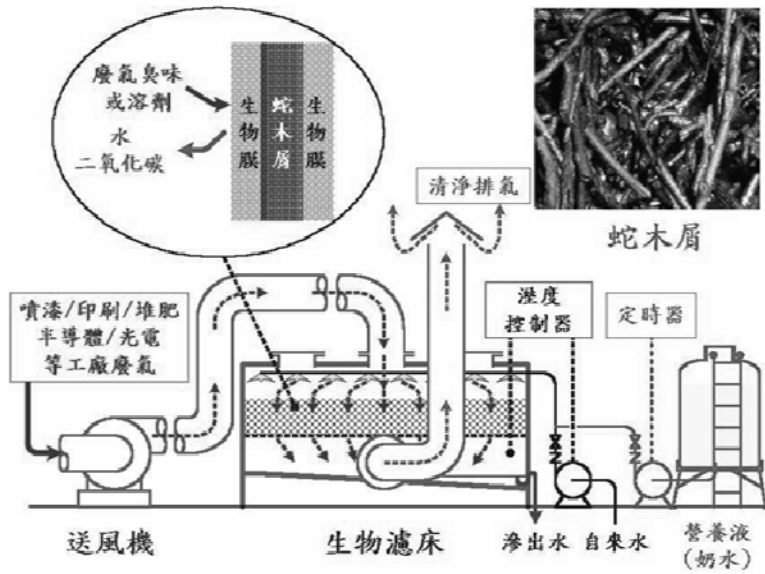
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.5-1 生物濾床裝置



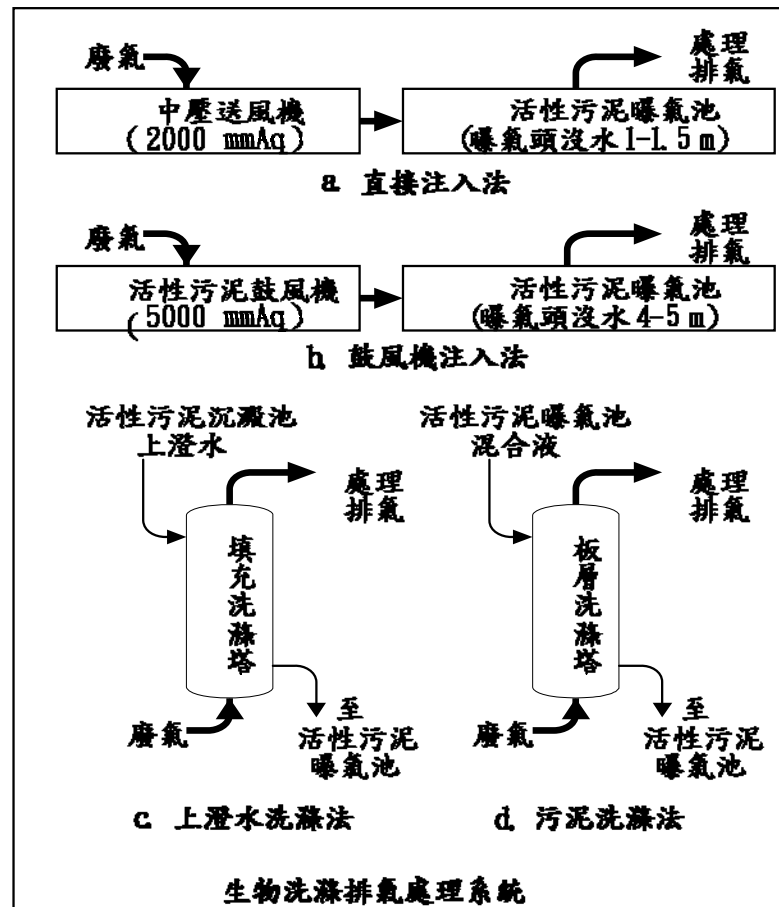
資料來源：行政院環境保護署環境保護人員訓練所專責人員訓練教材

圖 5.2.5-2 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 5.2.5-3 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 5.2.5-4 生物洗滌法

5.2.6 氮氧化物控制技術

在燃燒系統中控制 NO_x 的產生，必須符合下列幾點原則：

1. 使用不含有機氮化合物之燃料。
2. 降低燃燒區的氧氣濃度。
3. 縮短燃燒氣體在高溫區中的滯留時間。
4. 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_x 的效果。

由氮氧化物成因可知，Thermal NO_x 與 Prompt NO_x 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_x 的生成，並且減少排放廢氣體積，但此種燃燒方式仍需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_x 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_x 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。

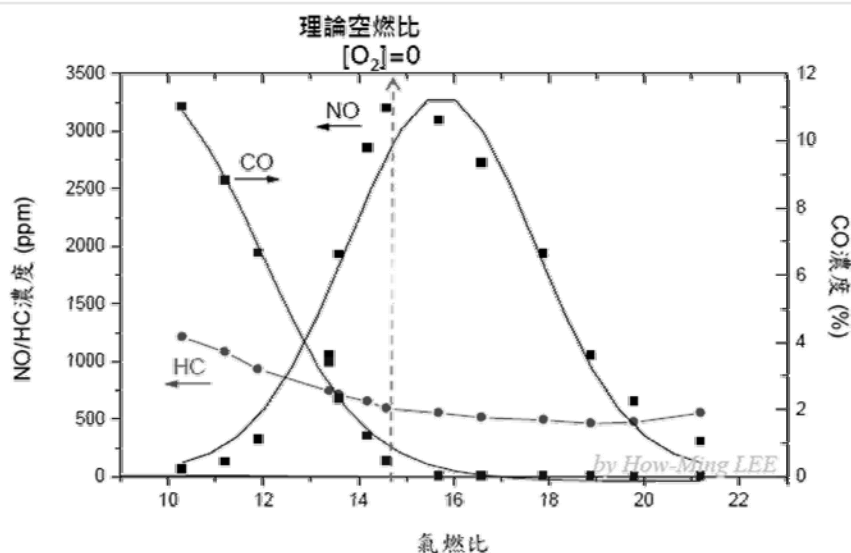
燃燒中之防制方法：就經濟面評量，改善燃燒過程或改良燃燒器為較經濟的方式，可從兩方面著手：(1)變更運轉條件；(2)應用新燃燒法。整體可使 NO_x 濃度降低至 370 ppm 以下。各種常用技術分述如下：

一、變更運轉條件

變更運轉條件，是執行燃燒管理以降低 NO_x 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_x 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。

A. 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 5.2.6-1 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 5.2.6-1 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_x 及 Thermal NO_x ，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_x 和 Fuel NO_x 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_x 。

B. 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_x 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_x 生成。需注意此方法會降低爐的燃燒效率和鍋爐的產汽效能。

C. 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_x 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_x ，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 5.2.6-1 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_x 控制技術如表 5.2.6-2 所示。

表 5.2.6-1 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 _x 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，需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份過高的燃料(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 _x 。	需控制迴流氣體流量，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.需裝設煙道和風車。 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(fuel rich)，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 ₂ 降低，減少O ₂ 與N ₂ 反應形成NO _x 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 ₂ 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.需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 _x 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 _x 。	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 _x 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 _x 部分還原為 N ₂ ；過剩未燃燒物於燃盡區完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風空氣法等兩種技術，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 5.2.6-2 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 選擇性非觸媒還原法 無選擇性觸媒還原法 觸媒分解法 吸收法 吸附法 移動床活性碳法*	氧化/吸收法 吸收/還原法* 氧化/吸收/還原法*	電子束法* 電暈放電法* 介電質放電法*

(註) *：可同時去除氮氧化物及硫氧化物

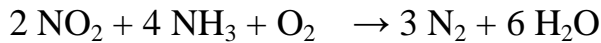
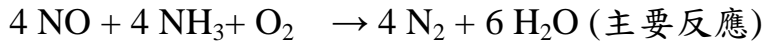
本節介紹目前大量商業應用且處理效果較佳的方法：選擇性觸媒還原法(selective catalytic reduction, SCR)及選擇性非觸媒還原法(selective non-catalytic reduction, SNCR)。整體可使排氣 NO_x 濃度降低至 75~150 ppm 以下，以 SCR 處理效率較佳。

(一)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)

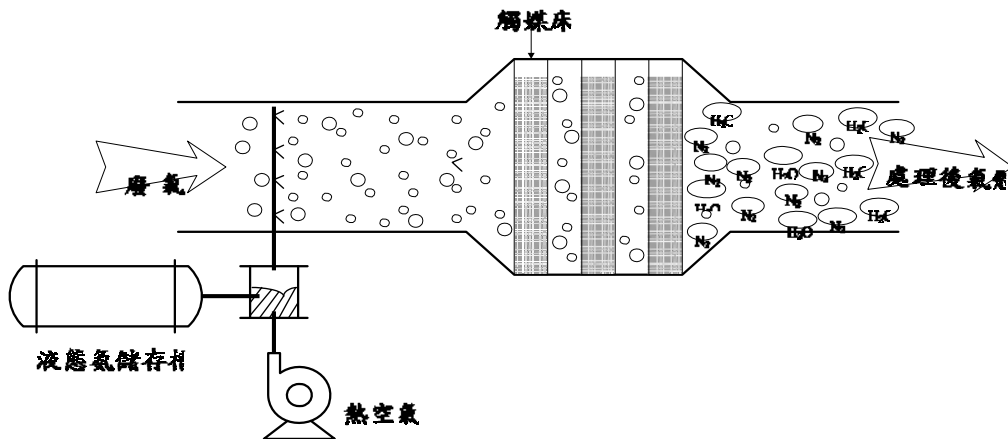
的除氮效率最高，一般可達80%以上。

其原理是利用還原劑(如NH₃或尿素等)，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5.2.6-2所示。其中以NH₃為還原劑之應用最為普遍，主要反應如下：



選擇 NH₃ 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_x 反應，而不被 O₂ 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)NH₃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 5.2.6-2 選擇性觸媒還原法處理程序示意圖

A. 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_x 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 5.2.6-3 所示。

表 5.2.6-3 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	因應空氣污染防治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 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2$ ，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_x 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。

B. 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_3 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，釩系觸媒以 NH_3 為還原劑時，反應溫度範圍約為 $200\sim 450^\circ\text{C}$ 。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。

C. 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_x 之效率將有正面貢獻。此外，進行 $\text{NH}_3\text{-NO}$ 反應時，氧氣有助於讓已反應之觸媒活性位置再生。

由圖 5.2.6-3 可知，氣流含氧量的最佳範圍是 $0.1\sim 1\%$ 。在此範圍之內， NO_x 經 NH_3 轉化成 N_2 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。

D. NH_3 添加量

NH_3 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 5.2.6-4 顯示觸媒對 NO_x 的轉化率隨著 NH_3/NO_x 比值增加而增加當達其反應的化學當量時(即 $\text{NH}_3/\text{NO}_x=1$)，轉化率達到最高。添加過多的氨並不能使 NO_x 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 $\text{NH}_3/\text{NO}=0.851\sim 1.0$ 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。

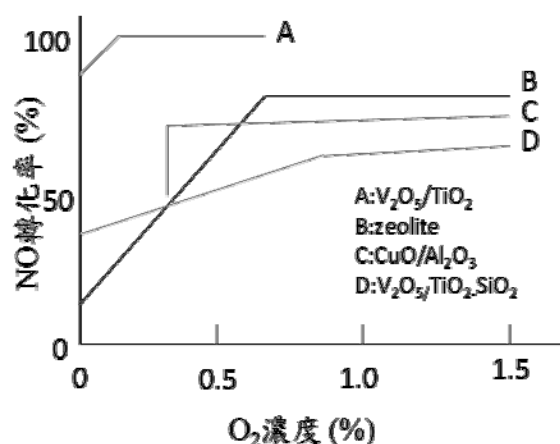
操作時應注意添加過量的氨與煙道氣中的 NO_x 反應，容易發生氨外洩。此外，氨會與煙道氣中的 NO_x 、 SO_x 反應，分別形成 NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ 等氣膠，可能造成觸媒堵塞、腐蝕管線或逸散於大氣環境。

E. 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、SO₂ 含量、CO₂ 含量、空間速度(例如：10,000 h⁻¹，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，這些操作參數需經由實地測試才能確實瞭解其個別的影響。

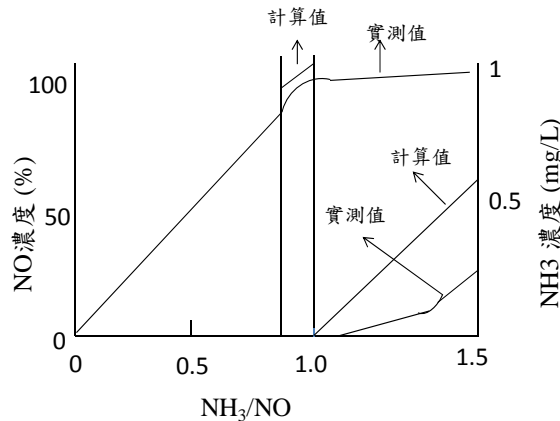
SCR 安裝位置可於靜電集塵器(ESP)前、靜電集塵器後或煙氣除硫設備後。若安裝於靜電集塵器後，須使用高溫靜電集塵器；安裝於煙氣除硫設備後，則須增設再熱器加熱煙氣，以達到 SCR 所要求之反應溫度。

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 NH₃ 亦會造成惡臭之問題，因此必須妥善控制 NH₃ 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 5.2.6-3 氧氣濃度對觸媒轉化 NO_x 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 5.2.6-4 NH₃ 添加量對 SCR 反應的影響

(二)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；尿素雖需較高之反應溫度，且尿素使用前須先泡製較為麻煩，但因完全無毒性不需安全防護設施，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_x去除率僅約50~60%，遠低於SCR之80%以上之去除率。此外，SNCR所需熱能也較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)NH₃添加量；(d)添加劑；(e)其他。分述如下：

A.操作溫度

由於SNCR不用觸媒，且須藉由裂解還原劑以處理NO，此過程所需的反應溫度很高。但若溫度過高(>1,100°C)，NH₃還原劑易被氧氣氧化成NO_x；若溫度太低時，反應所需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_x效果越佳，一般建議需在0.5秒以上。

B.氧氣含量

當氣流含有適量的O₂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。

C.NH₃ 添加量

NH₃/NO 比值愈高，代表添加 NH₃ 越多，有利於 NO_x 之還原若 NH₃ 過量，未反應的 NH₃ 易外洩(NH₃ slip)造成惡臭污染，或導致管線腐蝕。NH₃/NO 比值宜控制在 1.3~1.5 間。

D. 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 H₂ 或 H₂O₂，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。

E. 其他

其他影響 SNCR 的因子還包括 NH₃ 注入點、NH₃ 與氣流的混合程度、及氣流其他成分含量(如 CO₂、SO₂)等。

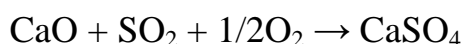
5.2.7 硫氧化物

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_x：



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_x 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_x 控制設備之比較如表 5.2.7-1 所示。常用於除酸的吸收(附)劑如表 5.2.7-2 所示。

表 5.2.7-1 排氣 SO_x 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	空間需求	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.需廢水處理
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 5.2.7-2 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_2 、 HCl 、 HF 、 NH_3 、 HCN ，等及其他水溶性高的酸性氣體
$Ca(OH)_2$	V	V	V	SO_2 、 HCl 、 H_2S 、 CO_2
CaO	V	V		SO_2 、 HCl 、 H_2S 、 CO_2
$CaCO_3$	V			SO_2 、 HCl
Na_2CO_3			V	SO_2 、 HCl
$NaOH$	V			SO_2 、 HCl
MgO	V			SO_2 、 HCl
胺類	V			CO_2
活性焦炭			V	SO_2 、 NO

(一)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昇力及浮力不足及水蒸氣凝結產生白煙之困擾。因此，煙氣引至煙囪前需再加熱，將增加操作成本。

(二)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)₂或Mg(OH)₂)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SO₂、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SO₂之吸收效率。SO₂在噴霧吸收過程中包括以下三階段：

- 1.擴散期：SO₂及伴隨之CO₂、HCl、HF、NO₂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_2 及伴隨之酸氣溶解入液體， SO_2 轉化成亞硫酸根(HSO_3^-)並與吸收劑 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反應生成 CaSO_3 ，部分 CaSO_3 與氧氣反應成 CaSO_4 。部分 CO_2 、 HCl 、 HF 、 NO_2 分別轉化成 CaCO_3 、 CaCl_2 、 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，尚需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 SO_2 。

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

(三)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(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，排氣常需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。

第六章 污染防治處理設備之操作管理

6.1 處理設備操作與維護

6.1.1 污水處理設備操作與管理

一、物理化學處理單元

(一)中和處理

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

1.化學中和滴定曲線之建立

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

2.酸鹼中和藥劑之選擇

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

3.一般操作注意事項

(1)廢水收集系統

一般工業廢水常包含酸性及鹼性廢水，如分開收集及加藥，

將會導致藥劑浪費之情形，故在進行廢水中和處理時，應先行考慮酸性廢水及鹼性廢水之特性，在不同性質廢水混合收集不引起有害物質反應下，應利用酸性廢水中和鹼性廢水，在廢水中和後尚無法達到適宜 pH 後，再進行加入酸、鹼性藥劑，避免引起過量加藥之情形。

(2)pH 加藥控制

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

(3)pH 電極校正及清洗

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

(二)混凝膠凝操作

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

1.混凝劑之選擇及加藥濃度

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

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

當使用無機性混凝劑時，若添加量過多，將使膠體顆粒電位發生逆轉，再度成為安定化之狀態。使用高分子助凝劑時亦相同，

若過度加藥會使膠羽表面被高分子助凝劑包覆，而形成再穩定現象，而失去架橋作用；若形成之膠羽過度攪拌，也會導致膠羽破壞而成為微細狀態，因此適當的慢混攪拌強度選定也甚為重要。

目前較為常用凝劑為石灰、多元氯化鋁(PACl)、鋁及鐵鹽，各種常用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，將增加凝劑加藥量。

2. 快慢混操作條件

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

3. 操作要點

- (1)控制最佳加藥量：凝沉沉澱所需加藥(高分子助凝劑)量通常由瓶杯試驗(jar test)來決定最佳加藥量操作之條件，並視現場膠羽之情形調整加藥量，瓶杯試驗步驟如下：
 - A.取 200 mL 水樣於燒杯中，加少量凝劑後，快混 1 分鐘，慢混 3 分鐘，若無膠羽產生則增加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需的純氧中製造臭氧，並將臭氧分解後所得之氧氣，再循環回活性污泥系統中。

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

(四)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 m^3 空氣量/ 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 m³，有時加入少量之氯效果更佳。

(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)、及逆滲透(reverse osmosis)，其中微過濾孔徑大小為0.1~10 μm 、超過濾孔徑大小為1~100 μm 、逆滲透膜的孔徑小於1 μm 。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，需先對廢水成分進行了解，如pH值、親疏水性、是否含有機溶劑或特殊成分(與膜材的化學穩定性有關)、是否有特殊官能基(可能與膜材有特殊的吸附現象)，以及與膜孔大小選擇有關的資料，如粒子(溶質)的粒徑(或分子量)，粒子的濃度及帶

電性等。同時也要確認進行廢水處理時，所使用的壓力及溫度範圍。依據操作時的溫度、壓力，配合廢水的pH值、化學成分等條件，選擇合用的材料，再由廢水中粒子的粒徑及特性選擇適當的薄膜孔徑。

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

1. 膠體阻塞

(1) 懸浮固體之阻塞

此種阻塞可由 5~10 μm 之捲筒式過濾器移除。

(2) 膜面沉積

如 CaCO_3 、 CaSO_4 、 SiO_2 沉澱等，可由前處理利用離子交換將 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

性碳被使用以吸附方式來處理不易為生物分解之有機物。在獨立物化處理單元中，原水通常需經過混凝及沉澱(或再加上過濾)後，才通過活性碳床，但並未使用二級生物處理單元尚作前處理步驟。

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

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

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

活性碳一般可為粒狀GAC直徑約為0.8 mm或粉狀PAC兩種，其中粒狀活性碳吸附常使用於管柱型之接觸床中通常為20~40 min之接觸時間。

而粉狀活性碳微粒非常細微，通常不使用於管柱中，而直接加入廢水中，以混凝及沉澱的方法加以去除，因為粉狀活性碳的再生及回收不易，在廢水處理中其使用不如粒狀活性碳普遍，

二、生物處理單元

廢水二級處理主要處理方式為生物處理，可分為好氧性處理法及厭氧性處理法兩大類，每一類又可依微生物生長方式，分為懸浮生長式及附著生長式，懸浮生長式的微生物是在水中保持懸浮狀態，附著生長式的微生物是附著於惰性介質上，又稱為固定膜式。

(一)活性污泥法

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

1. 活性污泥之馴養

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

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

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

2. 操作控制

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

當環境因素控制適當時，F/M 和 SRT 有下列效能：

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

(二)生物接觸曝氣法

接觸曝氣法為提升處理機能而開發出有各種修正法，其構造種類很多，主要依接觸材的狀態而區分，接觸材固定於水中者稱

為固定床接觸曝氣法，接觸材藉水流於槽內流動者稱流動床式接觸曝氣法，而後者又可分為有向上流式及完全混合式(於曝氣槽內投入接觸材粒子)兩種。

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

1.操作維護

(1)曝氣狀況之監視

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

至於曝氣狀況，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，就需加以注意，對於有破損之處應加更換。

(三)薄膜生物處理設施

薄膜生物處理程序是使用一組微過濾薄膜膜組或超過濾薄膜

取代傳統生物沉澱池，並與生物曝氣池連結成迴路系統，利用薄膜的分離能力阻隔微生物及懸浮顆粒的流失並提高放流水品質。通常應用於二級生物處理，具有生物處理與薄膜過濾之特性，其處理水質可達到接近三級處理之性能，為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，具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，本技術更具實用價值。

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

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

三、污泥處理

(一)污泥脫水

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

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

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

1. 帶壓脫水機(Belt Press)

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

表 6.1.1-1 帶壓脫水設備之特性

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

帶壓脫水設備操作如下：

(1) 帶壓脫水機之操作參數

- A. 污泥進料濃度：30,000~50,000 mg/L
- B. 高分子助凝劑加藥率：2~6 g/kg 乾污泥
- C. 固體物捕獲率：90~95%
- D. 污泥餅含水率：70~80%
- E. 污泥調理膠凝時間：大於 30 sec
- F. 輪帶速度：1~3 m/min
- G. 污泥固體物量：150~250 kg/h

H.其餘項目如污泥進料泵流量、清洗水流量及壓力等，應依設備原製造廠之建議值操作。

- (2)首先先排除脫水機濾布上清洗水，接著調整濾布的張力及移行速度，且注意濾布是否平整應避免濾布發生皺摺，操作時應注意加入污泥的量及其過濾狀況。
- (3)污泥必需先經調理加藥才易於脫水，污泥在重力濃縮池膠羽形成狀況及沈降情形，可判斷注藥率是否適當及分離狀況是否良好；若分離不良污泥會於帶壓脫水濾布之兩側溢流出。
- (4)停止操作時應先停止供給污泥，並待濾布上之污泥全部排出後停機。若長時間停止操作應放鬆濾布的張力。

為增進帶濾式污泥脫水機之操作效果，於操作時應注意下列各點：

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

帶壓脫水設備檢查事項如下：

- A.各滾軸之給油狀有無旋轉。

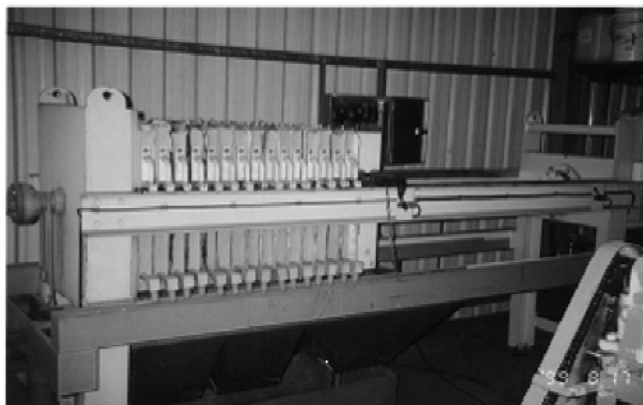
- B. 濾布清洗噴嘴之噴射狀況及清理。
- C. 濾布有無皺摺及蛇行及濾布更換時間約 5,000~8,000 小時。
- D. 集水板污泥堆積狀況及各滾軸之污泥附著狀況。
- E. 脫水污泥餅剝離用刮板之破損及渣物附著狀況。

2. 板框壓濾式脫水機

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

(1) 構造

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



資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊-電鍍業/100 年 6 月

圖 6.1.1-1 板框壓濾式污泥脫水機

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

- A. 濾框以約 150 kg/cm^2 之高油壓緊閉，污泥則以約 $4\sim6 \text{ kg/cm}^2$ 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 $15\sim20 \text{ kg/cm}^2$ ，空氣供給設備送風時應避免自排水管散出污水。
- C. 濾框開框之同時移動濾布，使脫水泥餅剝離而移出。
- D. 濾布進行自動清洗並完成一循環之操作。一循環所需時間約 20~40 分鐘。

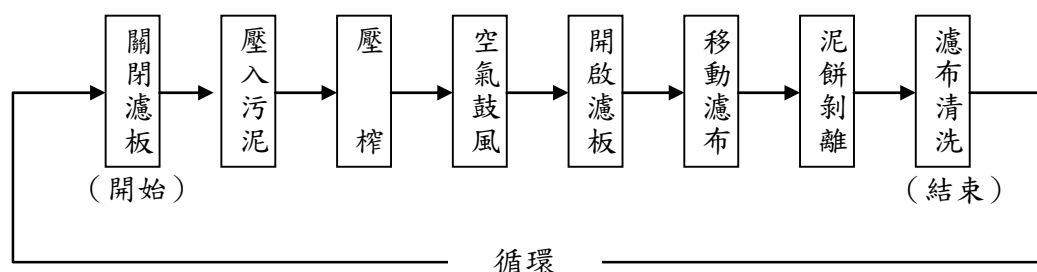


圖 6.1.1-2 板框壓濾式脫水機操作程序

(2) 附屬設備

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

- A. 污泥進料泵：污泥進料泵多為往復式定量泵，所需壓力較高，約 $4\sim6 \text{ kg/cm}^2$ 。
- B. 壓縮用壓力水泵及濾布清洗水泵：多為單發或多段式離心泵。
- C. 送風用空氣壓縮機：空氣壓縮機吐出壓力 7 kg/cm^2 ，必須設置壓力槽。

四、常用儀表

(一) 水量監測設備

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

1. 電磁流量計

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

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

2. 超音波流量計

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

(1) 都卜勒超音波流量計

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

(2) 時間差法超音波流量計

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

異，藉以測定流量之大小與方向。

(3)使用超音波流量計應注意下列各項，才能測得正確流量。

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

3.渦輪式流量計(Rota Meter)

渦輪式流量計為機械式流量感測器，最簡單的構造為一個渦輪加上齒輪組的儀表即可測量流量，另外可使用電磁元件或光遮斷元件直接測得轉速，流速大致上與轉速成正比。渦流式流量計是利用通過測定置於流體中的渦輪轉速來反映流體流量，渦輪流量計由渦輪流量傳感器和顯示儀表所組成。顯示儀表主要用以指示、計算和控制。傳感器主要包括殼體、導流架、葉輪、軸承和電磁轉換器所組成。使用渦輪式流量計應注意下列各項，才能測得正確流量：

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

感器前加裝消氣器。

(二)水質監測設備

1.pH計及ORP計

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

(1)指示器及記錄器—受信部。

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

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

(2)專用電纜(含配線盒 connector box)—中繼部。

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

(3)電極(含電極支架)—發信部。

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

此為廢水處理自動控制之最重要部分，應對電極實施日常清洗維護，必要時應予修理，並利用標準液校正，發現有破損、

劣化加速，應立即更換。此外，若電極被油污附著，則將難以顯示正確值，故至少須一週洗淨電極一次，並用標準液校正。

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

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

2. 溶氧計

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

(1) 極譜式

儀器由薄膜電極和指示儀表組成。薄膜電極由工作電極和對電極組成。電極內部電解液為氯化鉀或氫氧化鉀，外部用厚度為 25~50 μm 的聚乙烯或聚四氟乙烯薄膜，使水中溶解氧滲透進入電極內部。當電極兩端加 0.5~0.8 V 電壓時，透過薄膜的溶解氧在工作電極被還原，產生與其濃度成比例的擴散電流，電流通過外部電路(指示儀器)測得，並顯示出水中溶解氧的濃度。為了消除溫度影響，電極內配置一個熱敏電阻。

(2) 原電池式

原電池式以銀為陽極，鉛為陰極，銀和鉛浸在氫氧化鉀電

解質中，外層是透氣薄膜，在銀陽極溶解氧被還原，在鉛陰極發生氧化，兩極電動勢為 0.7~0.9 V，電極的老化是一正常的現象，適當的電極保養是必要的工作，正確使用與保養可使電極的使用壽命延長。

3. 液位計

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

(1) 翻板式液位計

翻板示液位計適用於需直讀且當液體具腐蝕性、毒性或其他危險性場所。磁性浮子裝在旁通連接由非磁性材料製成之筒體中，筒體外安裝磁性翻板指示器及限位開關。由極薄的磁金屬片製成的翻板，正反面塗有不同顏色，當磁性浮子經過某翻板時，在相互磁場作用下，磁性翻板翻轉，因此液面以下與液面以上的翻板呈現不同顏色，可清晰地指示出液面位置。當浮子經過限位開關安裝位置時，限位開關觸點狀態改變，發出相應液位控制訊號。

(2) 電容式液位計

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

(3) 超音波液位計

超音波液位計為超音波液位計之結構與測量原理。音波轉換器向感測目標液面發射音波，音波遇到目標液面產生反射，

反射音波被接收器接收，音波發射至接收所消耗之時間與其旅行之距離成比例。因音波在某一狀況下某一介質中的傳送速率為一定，故由其旅行距離可定出液面位置。一般使用時應注意下列各項，才能測得正確數值：

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

(三) 泵浦及攪拌設備

1. 攪拌設備

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

(1) 離心式鼓風機

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

(2) 魯氏鼓風機

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

氣。

2. 泵浦設備

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

表 6.1.1-2 泵浦之構造分類

泵浦分類	種類
渦捲泵浦 (離心泵浦)	利用迴轉葉片的離心力，一般採用揚液泵浦為渦漩(volute)泵浦
往復泵浦	利用活塞運動傳送液體，故輸送量較少；有高壓式泵浦、活塞泵浦、柱塞泵浦、隔膜泵浦等，適於定量注入使用(輸送量可調整)
特殊泵浦	使用於粘稠液(油、凝集劑)及污泥排泥；有齒輪泵浦、螺旋泵浦、瓣旋(roofs)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	SUS27、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)	SUS27、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、旋風集塵器

旋風集塵器對微細粉塵的處理效率雖低，但能夠處理高濃度含塵量的氣體。一般設計上旋風集塵器經常被選用為其他更高效率集塵器的前處理設備，一方面可降低後處理設備的負荷，一方面又可提升收集效率，延長使用壽命，一舉數得。

(一) 旋風集塵器之操作

旋風集塵器的除塵性能幾乎是依其形狀、尺寸、比例而決定，在一般操作情形下，最常遭遇到的問題不外是磨損、腐蝕及堵塞等。操作時常會遭遇廢氣中含高硬度的粉塵或屬於高濕度的氣體，對付這種高速氣流所攜帶的粉塵，必須採用極堅硬的合金導片，才能獲得滿意的使用壽命。導片一經磨損，旋風集塵器的效率就會降低，必須定期更換，以維持其應有的效能。正常選用的設備，壽命可維持五年以上。

處理附著性較強的粉塵時，一開始若已有粉塵附著於器壁，隨之就會愈來愈多，並且由於受到離心力的強力壓縮，粉塵不容易脫落終造成阻塞現象。

此時如果全面堵塞而影響到抽吸作用時，就能夠迅速發現，但如果只有圓錐下堵塞就不容易發現，因此必須隨時檢查捕集粉

塵的排出狀況加以防患。以上這些異狀都可由壓力損失變化觀察出來，檢查既方便又簡單。

粉塵附著所造成的內部故障比外部變形的故障為多，必須特別注意。談到粉塵附著的防止方法時必須瞭解附著的原因，處理高溫多濕的含塵氣體不僅要注意旋風集塵器全體是否完全保溫，有時也要考慮是否需要另外加熱；電熱器裝置的費用並不高，且確實能消除許多運轉問題，特別是對裝置在室外的除塵設備。電熱器能自動開關，耗費的電力有限。如果蒸汽的來源方便，採用蒸汽加熱也很實在。

粉塵的附著情形隨旋風集塵器的大小而有所不同，如果事先已經知道要處理的氣體含有黏著性的粉塵，圓柱體直徑就必須設計在50 cm以上，粉塵排出口徑也要比標準尺寸稍微大些。

(二)旋風集塵器之維護

旋風集塵器使用一段時間後，效能可能會降低，其原因大半是由於器壁的磨損。在幾乎不施行機器保養的工廠裡，常常會發現有些旋風集塵器的圓錐部分早已磨穿成孔，卻仍繼續使用。因器壁磨損或粉塵排出裝置氣密性不良所引起的洩氣，會造成上吹現象而使效能降低，因此在發現後應即時修復再行使用。

處理高溫氣體的旋風集塵器，若其外側設有保溫裝置，通常不易發現是否已經磨損，因此要特別注意。雖然腐蝕也是器壁磨損的原因之一，但是仍以粉塵的磨損最為嚴重，這也是旋風集塵器所無法避免的宿命。

選擇適當的耐磨材料，可以降低磨損速度，粉塵粒子高速運行且受到強勁的離心力時，所造成的磨損現象容易集中於材料組織較弱之處。此種現象與固體間磨擦(面間磨擦)所發生的磨損性質不同，耐磨材料在金屬材料中除高硬度的特殊鋼以外不易尋得。

一般較常使用之材料其硬度及相對壽命如表6.1.2-1所示。依照粉塵的負荷及磨損力，製造者一定要選擇最適合的導片。

表 6.1.2-1 耐磨材料硬度與相對壽命表

材質	勃氏硬度	相對壽命(年)
灰鑄鐵	180	1
鉻鐵	325	1.5
白鑄鐵	500	2

旋風集塵器應擬定一適當之維護程序，將可減少維修時之時間損失及維修費用。若能按照下列各項基本之方法進行，將可有效地達成維護工作：

- 1.嚴重磨損之部分(如進氣口或導翼)選用較耐磨材料製造，可能發生故障之零件應設置於更換按裝容易之位置。
- 2.建立旋風集塵機之資料檔案，其內容應包括原始之操作數據，諸如氣體處理量、操作溫度、進口及出口風速、壓力損失、粉塵負荷及其他影響操作之數據等。
- 3.保存旋風集塵器之操作手冊或構造圖，如部分個體構造圖或備用零件圖，以及所使用之零件如墊圈、螺絲、螺帽及皮圈等規格尺寸。
- 4.隨時檢查捕集粉塵之排出狀況，並防止圓錐下部全面堵塞而影響抽吸作用，此等異狀皆可自壓力損失之變化觀察而得，藉由壓差變化進行檢查既方便又簡單。
- 5.集塵斗中之粉塵需定時清除，並檢查旋風集塵器之各部分，以確保操作正常。
- 6.因集塵斗壁面磨損或粉塵排出裝置不良所引起之洩漏，會造成上吹現象，而使旋風集塵器之性能降低，因此在發現後應即時修理再行使用。

- 7.旋風集塵器不能有漏氣現象發生，機體各部分連接處如粉塵排放口及維修門均需保持緊密，方能有效進行集塵作業。
- 8.檢查旋風集塵器之漏氣並不困難，可使用燈光進行檢查，即於夜晚或陰暗處將燈光從底部照入集塵機內，當有墊圈破損或焊接不佳時，從集塵機外部即可察覺燈光透出設備本體。

表 6.1.2-2 旋風集塵器之功能查核

檢查項目	檢查週期
1.製程操作狀況(如廢氣溫度、壓力、廢氣處理量等)之觀察及記錄	每小時
2.檢視排氣之不透光率	每日(目視)
3.粉塵排出系統(包括螺旋輸送機、旋轉閥及其他閥門之操作情形，及集灰量與底部潮濕情形)。	每日
4.集塵斗敲振情形(包括敲振之頻率、強度及順序)	每日
5.旋風集塵機本體、及其他各連接部氣密情形之查漏	每週
6.添加潤滑油(包括旋風集塵機本體、粉塵排出系統及風車驅動部分)	每週
7.集塵斗內粉塵量計測裝置之準確性	每月
8.風車(包括軸承溫度、振動及皮帶張力情形)	每月
9.檢查塗裝、腐蝕、磨耗情形(包括本體、栓、焊接、集塵斗等)	每季
10.檢測排氣之污染物濃度	每半年

二、袋式集塵器

1.影響濾袋壽命的因素

(1)廢氣量

因袋式集塵器之設計集塵面積，完全決定於氣布比(A/C ratio)。若因製程的不穩定造成氣布比超過原設計值，則可導致廢氣通過濾袋表面速度加快，因而造成塵粒磨損纖維及纖維張力受

損，導致濾袋易於損壞，且若含塵濃度不變時將導致濾袋壓差迅速增加，因而造成洗袋次數增加 易使濾布鬆散，且因廢氣快速通過濾袋易造成小顆粒卡在纖維內層，導致濾袋阻塞。

(2)廢氣溫度

因袋式集塵器的濾袋材質須因應製程廢氣溫度而定，若因製程的不穩定，溫度上下超過袋子所能承受最高或最低值時，纖維將增長而失去彈性，可能導致濾袋的損壞。高溫導致濾袋融化破洞，低溫導致露點發生，尤其是溫度升降很大時，會造成一些區域性低溫，產生腐蝕現象。

(3)水分

水分是濾袋的最大剋星，水分常會因為低溫而發生凝結水，造成濾袋堵塞，若凝結水與灰餅相結合更易導致壓差發生，造成袋子損壞，纖維失去彈性而破裂，凝結水常常發生的位置為艙蓋口、灰斗、流體死角等地方。

(4)廢氣化學性

廢氣中或多或少含有些酸鹼性物質，隨著這些化學物質濃度不同造成露點的改變，若一般操作啟動或停機時則常常操作在露點以下，則氣體中的 SO_2 遇水變成 H_2SO_4 ，若沾在袋子上，造成纖維溶化拉長失去彈性而破洞，若煙氣中含 HF 則會使玻璃纖維濾袋損壞。例如玻璃纖維濾袋暴露在 HF 含量 200 ppm 以下之 260°C 煙氣，操作可維持 2 年；在同溫，若 HF 達 1,200 ppm，最多持續 2 個月。

(5)塵粒濃度及特性 塵粒濃度、粒徑分布及硬度的大小影響著洗袋頻率。若清潔頻率過高，易使織布類的濾袋組織鬆散，造成小顆粒的滲透；粒徑若過小易造成濾袋阻塞，粒徑過大的飛灰則容易磨損濾袋；硬度大的顆粒則易造成濾袋的磨損；塵粒若具有黏性

則容易造成黏性的灰餅，將造成濾袋清潔的困難，嚴重時可導致濾袋阻塞失去功能；塵粒中若含有火星則可能將濾袋燒破，嚴重的可引發塵爆等問題，最好先使用旋風集塵器去除之。

(6)濾袋所造成的壓差氣體流經濾布時，因受纖維的阻礙一定會產生壓力差，因此壓力差是濾袋狀況的指標，為維持良好的操作狀況，一定範圍的壓力差是必然的，而壓力差也因為袋濾器種類，氣布比、濾布種類不同而不同，其大約範圍為5~15公分水柱，若發生壓力差過大時則表示濾袋阻塞，若壓差過小時則表示濾袋破洞。

(7)出灰系統

積灰斗中的灰若不即時清除，且灰斗內溫度若低於露點時，極易造成架橋結塊，阻塞出口管路，腐蝕外殼等問題，且堆在灰斗內的灰又極易受氣體的影響而飛揚，造成塵粒濃度增加。若積灰高及濾袋時更會減少集塵面積造成氣布比增加，因此灰斗內積灰需定期排放。

2.操作程序

袋式集塵器之操作過程可分為啟動、一般操作及停機等三項，分別介紹如下：

(1)啟動

不正常的啟動程序，會影響到許多的濾袋，同時也會減短濾袋的壽命增加運轉的成本，故啟動前應先檢查所有的橡皮封、分布器元件、煙道、螺栓、濾袋、擋板、固定濾袋元件、清潔系統、出灰系統、各儀錶功能，並更換需換的備件，檢查風車及擋板(damper)等設備是否一切正常，且人員工具完全離開後，方可蓋上艙門開始啟動風車。

若袋式集塵機系統中有換袋子，新袋子一開始若受大量塵粒負載很容易磨損(因新袋子壓差最低，大量氣流流經該袋造成氣布比，增加極易磨損)。有兩種方法可處理此問題，一是讓袋濾器由輕負載開始慢慢升載(如果允許的話)，另一是先將新濾袋預覆(precoat)一層灰(如高領土或石灰石粉末)，造成濾袋表面有阻力即可。

露點也是重要的考慮因素，因為啟動時很容易在露點溫度下操作，加上袋濾器因長時間停機濾袋表面會有冷凝水，若有大量灰塵進入濾袋時將在濾袋表面造成泥狀物，而塞住了濾袋，此時可用石灰石粉末預覆一層，因石灰石遇水會凝固，但當升溫則容易烘乾而流動。對於含有較黏性顆粒(如瀝青及火星)的燃氣均可使用此法以防止濾袋被阻塞燒破，若是濾袋屋之前裝設旋風集塵器，也可避免一部分這種問題的發生。

因啟動時不完全的燃燒將會產生黏性的未燃碳物質，黏在濾袋上或落在灰斗中，無形之中容易造成二次燃燒，因此，繞流(bypass)這些燃燒排氣直到穩定的燃燒後再將部分排氣導入，使濾袋預熱直到袋濾器熱平衡後，再完全導入。

脈衝式濾袋屋在啟動時應注意下列項目：

- A.待壓差升到 7.5~10 公分水柱時將進口擋板全開。
- B.在開機時不要使用計時器控制脈衝系統，待壓差達 10~12.5 公分水柱時才開始使用脈衝系統。
- C.啟動時若是為了乾燥濾袋，則除了風車不開外其餘所有附屬設備均開啟。
- D.啟動風車時擋板應全關，以避免過載。
- E.使用脈衝噴氣式洗袋設備，並保持壓差在設定值內操作，壓縮

空氣越強週期越短，壓差則越小，反之壓差越大。

反洗空氣式濾袋屋在啟動時應注意下列項目：

- A.使用灰斗加熱器預熱濾袋。
- B.濾袋在沒有預熱前不可將廢氣導入。
- C.使用瓦斯或燃油鍋爐預熱煙道管。
- E.使用瓦斯或燃油鍋爐預熱濾袋。
- F.預覆濾袋表層。
- G.檢測濾袋表面確實預覆一層。

(2)一般操作

在正常情況下操作袋式集塵器，應隨時注意集塵器的出口之不透光計(若有裝設時)，並固定自動記錄長時間追蹤，若發生破袋致針孔出現時，不透光計的讀值會上升以供判別。

每個濾室的壓差也是觀察濾袋器狀況的指標，並應自動記錄各室狀況，因而判斷那一室有袋子破裂或阻塞(不過當溫度變化時也會影響壓差)。

另外利用風車馬達的電流也可判斷壓差的狀況。廢氣風量、溫度則應隨時注意並自動記錄。至於粉塵粒徑分布，進口塵粒濃度、水分、化學性也應該保持記錄，所有操作記錄均應長時間保存，以供日後參考。

每一班均應有人做例行檢查清潔系統及出灰系統，以保持良好的操作狀態。

A.脈衝噴氣式一般操作時應注意事項

(A)在清灰時，壓差計也應跳一下，若沒反應，應拆去與大氣接通的一端，看是否有壓差，若沒則表示濾袋阻塞。

(B)在沒有清灰時，檢查空氣儲存器內壓力有無下降，決定膜片閥有無洩漏。

(C)在清灰時，傾聽各膜片閥及電磁閥，動作需乾脆而不延遲。

(D)在清灰時，不透光計讀值應上升一些，但如有破洞時則應上升許多。

(E)檢查壓縮空氣儲存槽內是否有水或油，若有則應加裝祛水器及祛油器。

B.反洗空氣式或機械震動式一般操作時應注意事項：(A)檢查差壓計是否有阻塞，方法同脈衝噴氣式。(B)在振動洗袋時差壓計應為0，若仍有壓差表示擋板洩漏。(C)在反洗空氣式洗袋時產生逆壓造成壓差減少。(D)檢查預覆層系統，此系統僅應操作在清灰週期時。

(3)停機操作

停機時最應注意的是露點問題，因此沖吹(purge)濾袋以將酸性物質及水分排出袋濾器為第一優先，在停機後應先清潔所有濾袋二個週期，待濾袋表面的灰餅完全清除，再清除所有灰斗的灰，以防止灰塵再度上揚，且可避免因停機降溫而造成的結塊及人員進入造成傷害。

任何設備都有一定的壽命，為使得設備在預定計畫下運轉，定期的檢修是有必要的，而問題的診斷則是檢修的方針，但問題的診斷尚需許多的經驗方可做正確的判斷，以下將提供工作安全、資料管理及問題診斷以供參考。

1.工作安全

(1)個人安全設備應符合工業安全衛生法規中粉塵危害預防標準的規定，於高粉塵下作業應有的設備，安全帽、防塵眼鏡、防塵呼

吸器(或口罩)、防塵衣帽、手套、安全鞋、耳塞等設備。

(2)進入袋式集塵機中應有的安全常識：

- A.所有的灰斗門應有安全連鎖裝置，僅在停機時可進入。
- B.門上應有檢視孔及二道鎖，以防止門後有大量灰，造成開門時人員受傷。
- C.所有系統接地，防止靜電引起塵爆。
- D.敲擊灰斗避免有灰積在死角，當人員進入時突然倒落使人員受傷。
- E.確定灰斗中灰已清除，以免熱灰傷人。
- F.工作環境的通風避免有毒害氣體或氣爆發生。
- G.使用安全燈避免明火造成氣爆。
- H.若該袋式集塵器用來收集毒害性化學物質，應避免吸入、攝取或接觸皮膚。
- I.如尚有其餘袋式集塵器在並聯使用時，進入前應確定所有隔阻門氣密，以避免有毒氣體洩漏。

2. 資料管理

一部袋式集塵器的性能關係者許多因素，因此若要使袋式集塵器的性能能完全發揮，應有的資料收集及保管是不可缺的。一個良好的工程師能由許多資料中找尋蛛絲馬跡，修正操作方式，確使袋式集塵器能保持良好的狀況。資料可分為：

(1)試車資料：

試車資料是一部袋式集塵器最原始的資料，所以應該最詳細，以做為往後操作維修的基準，其中應包含條件資料、設計資料、測試資料及完整的圖面，由於每次維修後或多或少會有些改變，

故試車資料最好在每次維修後再做一次，俾作為下次操作的基準。

試車資料應包括：(1)污染源、(2)氣體流量、(3)氣體溫度、(4)氣體性質、(5)塵粒種類、(6)塵粒徑分布、(7)進出口塵粒濃度、(8)塵粒硬度、(9)風車馬力、(10)風車型式、(11)風車靜壓、(12)風車動壓、(13)風車電壓、(14)風車電流、(15)擋板開度、(16)每室(module)的壓差、(17)每組溫度、(18)清袋週期、(19)震動馬達的電壓電流、(20)逆洗風扇馬達電壓、電流、靜壓、動壓、(21)壓縮空氣壓力、(22)出灰系統、(23)警報設定值、(24)不透光計讀值。

(2)操作資料：

由於袋式集塵器除塵效率下降並非一下就改變，需長時間才看的出來，因此每2個小時至少有一次資料的記錄，資料至少應包含：(1)污染源、(2)氣體流量、(3)氣體溫度、(4)氣體性質 CO、CO₂、O₂、SO_x、NO_x 等、(5)各濾室(module)差壓、(6)風車馬達電壓、電流、(7)擋板開度(8)每組溫度、(9)不透光計讀值、(10)清潔週期、(11)出灰系統狀況。又由於氣體溫度、各室壓差、濁度計對濾袋屋的操作影響很大，故最好有24小時連續記錄以觀察袋式集塵器的變化。

(3)維護資料：

每次進行維修時，袋式集塵器內部或多或少會有些改變，並且對於損壞的袋子應做詳細的記錄，並依照方位加以編號，並定出破袋位置。記錄更新濾袋的材質、時間、廠牌等資料。資料管理應分類處理並加標示後妥為儲藏，並應隨時拿出來分析以供問題診斷。

3. 診斷檢查

(1)脈衝噴氣式

不透光計讀值升高時，可將壓差較低的袋子隔離，再由清潔側檢查是否有破洞。由於塵粒會在袋口散佈很廣，如肉眼無法判斷時可用螢光燈來檢查，如壓差過大或不透光率不高時，則可能是濾袋阻塞，有可能是清潔空氣中含有油或水分因而阻塞濾袋，此情況可由清潔側查出。

若發現濾袋阻塞可由集塵側檢查，若發現濾袋表面有大塊灰餅，可用手去彈，若灰很容易掉落則表示灰是乾的，可能是洗袋系統不良所致，反之則可能是水分過高，有水凝結，可能是操作溫度造成的問題。若發現濾袋底部破裂，則可由濾袋底部觀查，是否有濾袋相碰，若有可能是支架(cage)歪斜，也可能是支板(tube sheet)變形所致。

若要測試袋子是否受到酸性腐蝕可用螺絲刀插入袋子，若很容易撕破則表示袋子受到腐蝕，反之則沒有。換裝袋子時應十分小心，因為支架表面若不光滑，極可能傷到袋子，若所有破洞均發生在袋口，則可能是洗袋時壓縮空氣的噴口有沒對正袋中心。

(2)反洗空氣式及機械振盪式

量測袋式集塵器入口及出口之 O_2 及 CO_2 ，出口之含氧量不應大於入口 1%。若超過，則可能是搖動設備或逆洗設備有洩漏所導致。若發現不透光計讀值持續升高，或壓差高或低則應檢查清潔側，若有濾袋有破洞可以很容易看出明顯的灰塵痕跡。

用手握住袋子若可完全握緊，表示袋子張力不足應換新。測試濾袋是否受到腐蝕也可用前節方式測試，濾袋破洞可能因高溫、水分及化學物質等腐蝕磨損，或正常的振動過久而磨損，多數濾袋都是磨破，除非受化學物質腐蝕否則是不可能撕破的。

4. 緊急操作

當突發性高溫，檢測出火花或因製程損壞需緊急停機，此時在停機前可先旁通廢氣，以避免濾袋損壞，但若遇到灰斗內起火或濾袋起火時，可能讓它燃燒比緊急停機要適當，因為不讓廢氣流入而有火存在時極易發生爆炸，更不可用水滅火，因會導致水在高熱又缺氧的情況下水解生成氫氣，更易造成爆炸。

如果是其他製程損壞時僅需旁通廢氣，待恢復正常後再切入即可，若短時間不能處理好的問題則需停機，但同時要注意露點問題。值得一提是鍋爐吹灰時應旁通廢氣，若礙於環保要求則應盡量使用過熱蒸氣或乾燥壓縮空氣吹灰。

三、濕式洗塵器

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

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

在除塵技術上使用濕式收集法較其他設備有更多的異常現象，其主要問題大部分是由水引起的。例如供水、排水設備的機件磨損、控制不良、水位不夠、排氣管之阻塞、腐蝕等問題。尤其是採用噴水或噴霧方式時，常會有噴嘴阻塞現象。此外，所收集之塵粒以污泥狀態排除時需考慮污水及污泥的處理。由於本型式之設備費不高，但操作費及污水處理費用大，所以在規劃前必須事先做好詳細的評估。

應用在有害氣體吸收時所考慮的經濟因素包括有初設費的高低、

維護操作費用以及使用年限等問題。而機件受到吸收液的酸鹼度影響，在馬達、風箱、噴嘴處會有腐蝕、結垢等問題。

綜上所述，濕式洗塵器中發生的問題不外乎腐蝕、固體微粒的堆積、機件磨損以及噴嘴的堵塞等。為減少廢液量常將洗滌液循環使用，因此阻塞的原因除了由於噴嘴、管線不適當以外，洗滌液中固體含量太高、不良的操作與設計等都是問題的來源。這個現象可以由噴出液滴的形式觀察得知，另外液體量減少也是一種徵兆。所以應該選用適當的噴嘴及管線，並且經常清洗，同時適時地排放廢液。

固體微粒的堆積係導因於物理沉澱或是化學反應所產生，一般發生在紊流狀況較低的地方，如管線、導管或偵測儀器的管線上。可以增加氣液比、控制 pH 以及添加化學藥劑等方式來改善操作狀況。當氣體中含有酸性物質或電解質時最易發生腐蝕，可用 pH 控制或選用適當材質來改善。若氣體中含有易引起磨擦的物質，當氣體在紊流狀態中或突然改變流動方向時易產生磨擦而磨損機件。

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

1. 操作前檢查

濕式洗塵器安裝完成後，系統正式運轉前各單元設備應進行下列各項檢查：

- (1) 洗滌塔內應先注滿清水後再予以排放，以清除洗滌塔內的髒物或其他雜物。
- (2) 清除管線及風車內部的積垢或雜物。
- (3) 用手撥動風車的葉片，以確定葉片可正常轉動，且不會觸及風車進口或機殼。
- (4) 檢查風車皮帶的張力，若太鬆弛應立即調整至適當的緊度；另

注意皮帶如磨損，應即更換。

- (5) 啟動風車電源開關，以確定風車葉片轉動正常。
- (6) 檢查泵循環是否順暢及泵馬達的對心準確度。
- (7) 若泵具有填料箱封函，應檢查其確實已安裝密封函。
- (8) 用手轉動的轉軸，確定所有轉動部分皆可正常轉動。
- (9) 拆除泵的連接套筒，並輕觸按鈕短暫啟動泵以確定葉片可以正常轉動，若轉動方向相反，泵可能造成嚴重損壞。當確定一切轉動正常後，重新接回連接套筒。
- (10) 檢查泵軸承以確定已加注潤滑油。
- (11) 若泵使用機械軸封，需加潤滑劑，或連續的以清水沖洗。故水量需調整至適當需要量。
- (12) 關閉洗滌塔的排放閥，並於洗滌塔內注滿清水，直至注入水開始自溢流連接管流出。
- (13) 調整連續進入洗滌塔的補充水量。
- (14) 開啟循環管線上的所有閥門，並開啟循環泵。這時洗滌塔內的水量會稍微下降，因為部分水會流入管線內或填充料內。這是正常現象，當操作幾分鐘後，水位又會回升至溢流位置。
- (15) 利用循環管線上的節流閥設定循環水量。
- (16) 若有洩漏，應檢查循環管上及法蘭迫緊處是否有洩漏處。
- (17) 觀察洗滌塔內的噴霧或分流板，以確定水量能均勻分布，若有分布不均的現象，應予以調整。
- (18) 關閉洗滌塔的維修門，並打開系統上所有的閥門，但風車進口端的擋板仍應保持關閉，啟動風車然後逐漸打開進口擋板至設計的需求風量。

- (19)調整系統擋板使系統風量符合設計的需求風量。
- (20)檢查風車的過量噪音與振動原因，並予以調整維護，以避免造成對心偏離。
- (21)檢查所有儀器並記錄系統的功能。
- (22)啟動循環泵及風車運轉 2 小時後停機，並排放洗滌塔內的洗滌水。
- (23)重新檢查噴霧嘴及過濾器有無阻塞，並予以清除。

2.啟動與停機

濕式洗塵器之功能可能為吸收或洗塵，其啟動之程序各不相同，停機的程序則相同，分別如下所述：

(1)吸收功能之正常啟動程序

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

(2)除塵功能之正常啟動程序

- A.由正常操作控制注入液體至預先設定的量。
- B.啟動所有泵的軸封及風車冷卻水的液體控制系統。
- C.關閉所有液體洩漏後啟動循環泵。
- D.調整液體流量到設計值。
- E.檢查系統跳脫裝置並依初設程序啟動洗塵系統。

- F. 啟動風車並檢查振動狀況。若有進氣調節閥，在風車轉速正常前勿開啟閥門。
- G. 檢查重要操作變數(如氣體飽和溫度、液體流量、液面高度、風車壓力變化、管線壓力減降及洗滌器整體壓力減降)。
- H. 緩慢開啟排放系統以便慢慢地提高污泥濃度。測定最終濃度作為查核放流率計算之用。
- I. 調整補充水流量以維持液體需要量。

(3) 正常停機

- A. 關掉風車及風車冷卻系統並自洗滌系統分離出來。
- B. 維持液體系統運轉一陣子，以冷卻洗滌器並可藉以降低污泥濃度。
- C. 關閉補充水系統，然後讓系統的水正常洩漏。
- D. 當液面降至最小水位時(泵會有噪音發生)，立即關閉泵，然後關閉泵軸封水。
- E. 打開系統的人孔，洩氣閥及其他排水孔口。若有爆炸之虞時需先以惰性氣體淋洗一次。在任何狀況下若欲進入內部檢查前均須以空氣淋洗。

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

在正常操作下，每天應檢查循環水至分流系統的情形及補充水量。若有使用化學藥劑，每天應檢查藥劑的適量填加量。並且每天紀錄各儀錶的讀數，如壓力計、溫度計、流量計等，且分析有無異常狀況。

下列項目係針對一般洗塵器檢視所發現的典型問題來源，除須定

期檢查外，並得依手冊上的建議做適當的保養工作。

1. 在氣流下游及液體流速加速度的地方經常發現嚴重的磨蝕。
2. 檢查洗塵器內表面的腐蝕狀況。(一至三個月一次)
3. 檢查是否有過量的堆積現象，特別是在乾/濕交界區。(三個月到半年)
4. 檢查是否有過量的結垢現象，這可能受到諸如溫度、pH、灰塵化學組成或補充水之化學成分，迴流率降低、負荷增加或固粒子去除系統故障等操作程序改變之影響。
5. 檢查噴嘴是否結垢，有雜質堆積或者損壞。
6. 檢查沖刷管線是否有堆積現象，可預留清潔孔管線在不停機狀況下進行清理的工作。(一到三個月一次)
7. 檢查管線及容器內之腐蝕及洩漏現象。特別是有防蝕襯裏的管線，應預防有老化衰退的現象。(一至三個月一次)
8. 檢查除液滴器的操作。液滴的形成可能由於氣流量過大、除液滴器阻塞或出風口的冷凝作用。應檢查支撐結構並順利的操作。(三個月到半年一次)
9. 檢查泵的磨蝕狀況、軸封水、墊片及操作平滑性。(每週一次)
10. 檢查節流閥及閥聯接點的磨蝕及積垢現象。(每月一次)
11. 檢查風車潤滑、風車軸承冷卻系統、皮帶磨蝕及張力和導翼的腐蝕/沖蝕程度。(每週一次)
12. 檢視在主要放流狀況下之內表面及槽支撐狀況。(半年一次)
13. 檢視所有程序及控制管線、導風管及外接頭的漏水現象。(半年一次)
14. 檢視所有儀器的操作設定狀況。

15. 檢視和天氣有關的問題，如冰凍時對管線須有適當的保護或加熱程序。

濕式洗塵器之功能查核與故障緊急應變整備 正常操作注意事項：
濕式洗塵器之操作問題包括固體顆粒堆積、機件磨損、腐蝕、噴霧嘴堵塞、液體循環不順暢或桶槽洩出泡沫等問題：

1. 濕區及乾區形成：濕式洗塵器可能設計不當而造成乾區，致使含塵氣流與無法洗滌之內壁接觸而堆積。可延長導管至洗塵器內或使塔內壁保持完全濕潤。
2. 噴嘴堵塞：堵塞原因包括噴嘴選擇不當、噴嘴口大小、洗滌液太濃、接頭設計不良及原操作不正常、化學藥劑結垢及機件無法操作等問題。
3. 流量不穩定：受外界壓力影響導致流量不穩定，可以擋板及節流閥調整適當之流量解決。
4. 積垢：通常由於洗滌液之化學成分、溶解度、溫度及 pH 值等問題影響而內壁形成積垢現象。除非積垢產生於操作使用處，否則並無影響。結構可以在設計及程序上予以改良。
5. 局部腐蝕：腐蝕是降低洗滌塔操作壽命之主要因素。平常應避免凹槽處積水，同時有粉塵附著處應予以充分沖洗。
6. 儀器配件阻塞：儀器配件阻塞情形是系統上最嚴重的問題，因此通常以特殊之設計配件與接頭取代一般之標準配備。
7. 槽體產生漩渦：漩渦常發生在旋風式的洗塵器。洗滌液形成漩渦會造成嚴重的磨蝕及排水問題，可以反渦流及大量排水方式解決。
8. 小液滴：液滴分離器操作不當時易產生小液滴。幾乎所有洗塵器都有這樣的問題，只能以適量之設計使降低至最小程度。

9. 霧化：排水不當與流量不規則會在液滴去除裝置上方發生再霧化作用。同時會發生於高流速煙囪或因配件突出而產生高速氣流之處。
10. 液氣分布不良：任何洗塵器均需有適當的氣液分布。不良之原因可能有隔板設計不良、粉塵堆積、機件故障、腐蝕、接頭鬆脫或設計不當。
11. 熱衝擊效應：當熱氣流遇到冷的洗滌液時會產生熱衝擊效應，適當之設計使溫度逐漸降低勿急速改變，可以分類冷卻方向解決。
12. 阻封損失：在濕式洗塵器接頭處通常以液體為阻封，阻封應於冷卻器頂部或溢流接口處。為避免氣體的洩漏必須做好阻封，阻封效應不良時常造成堵塞及機件故障。
13. 磨蝕：除非是局部集中的腐蝕否則並無影響。不幸的是濕式洗塵器磨蝕部分通常在操作位置。故只有經常更換磨蝕嚴重之處，高粉塵濃度常引起嚴重的磨蝕。
14. 振動：濕式洗塵器之風車及泵經常發生振動問題，通常以監測器控制及經常地做防止振動方面之保養。

四、熱破壞防制設備之操作維護

表 6.1.2-3 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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

五、生物處理防制設備之操作維護

表 6.1.2-4 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 4.避免產生厭氧區域 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 1.pH 值維持在6至8 2.污泥濃度可控制在2,000~3,000 mg/L 	<ol style="list-style-type: none"> 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 6.1.2-5 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 ₃ 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 ₃ 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 ₃ 外洩 2.避免管線腐蝕	1.NH ₃ 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 6.1.2-6 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之操作效果，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化	2a.蓄水槽低液位 2b.過濾進流泵或反沖洗泵進、出口端閘未開 2c.過濾桶壓力感測器故障 2d.管線破裂	2a.檢查水池液位 2b.開啟過濾進流泵或反沖洗泵進、出口端閘 2c.檢修過濾桶壓力感測器 2d.檢修管線系統
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) 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 (3) 過分曝氣	(1) 預先處理控制 (2) 減少流量或增加 迴流污泥 (3) 減少送風量	通常為暫時性， 原因去除即可恢 復
6.	解體	污泥被破壞成微 細的膠羽現象	(1) 過分曝氣 A. 曝氣時間過	(1) 控制曝氣量，增 加流入水量使負	(2) 之特定微生 物為

項目	區分	異常之現象	原因	對策	備註
			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	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	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使用之機械脫水方式，以下針對其操作對策加以說明。

(一)運轉注意事項

板框壓濾式脫水機運轉時應注意事項包括：

1. 污泥進料泵、油壓裝置等附屬設備之操作機能皆應維持正常狀態，任何一項不正常就無法脫水。
2. 濾板的移動是否順暢、油壓是否正常、濾布有否皺摺皆應加以檢查；濾板若未完全緊閉，則污泥有散出之虞。
3. 須注意污泥進料泵壓力計之指示，若壓力上升，則污泥供給系統阻塞；若壓力下降，則污泥供給系統漏失污泥。此外，吐出壓力及濾液量之變化，皆應加以記錄，將對濾布阻塞及機器異常的發現甚有幫助。
4. 送風機相關之閥是否正常動作，並注意空氣、污泥、濾液有否散出。
5. 確認壓榨壓力是否正常，壓榨時壓榨用閥應完全緊閉，否則污泥會發生逆流，造成管體阻塞。
6. 確認濾液開啟時各濾室剝離之脫水泥餅剝離狀況是否一樣。
7. 脫水泥餅之惡化，或有濾室未產出脫水泥餅，都應停止操作並調查原因。
8. 注意濾布的移動(移動式者)及濾布清洗狀況是否正常。
9. 板框壓濾式脫水機運轉中，應能辨別其正常音及異音，並注意有無異音。

(二)日常檢查

板框壓濾式脫水機有各種型式，依製造廠牌其構造亦略異。檢查作業應依各製造廠之說明書為之。日常檢查主要項目包括：

- 1.各主要部分給油狀況的檢查，尤其以濾板關閉柱體及驅動部為重點。
- 2.油壓裝置之過濾器之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	1. 緊閉壓力不足	2. 調查油壓裝置的壓力並調整之
	3. 襯墊損傷	4. 更換襯墊
	5. 濾布折疊或破損	6. 修正濾布或更換
	7. 濾板間被異物夾住	8. 去除異物
脫水泥餅不形成	1. 污泥壓入泵阻塞	2. 清理污泥壓入泵
	3. 供泥管阻塞	4. 清理供泥管
	5. 管內有空氣混入	6. 排除空氣
脫水泥餅過薄	1. 污泥壓入泵之壓力降低	2. 修理污泥壓入泵
	3. 濾布阻塞	4. 清理濾布或更換
	5. 濾液管阻塞	6. 清洗濾板或濾液管
	7. 供給污泥之性質惡化	8. 調查供給污泥濃度及注藥劑並調整
	9. 過濾時間不足	10. 增長過濾時間
部分濾室形成軟弱泥餅	1. 壓紋齒破損	2. 更換紋齒
脫水泥餅含水率高	1. 壓榨壓力下降	2. 調查壓入泵、管及閥之漏失。並補修之
	3. 供給壓力降低	4. 調查空氣壓並調查之
	5. 閥類操作不良	6. 補修閥或更換
	7. 濾布阻塞	8. 清洗濾布或更換
	9. 供給污泥的性質惡化	10. 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，儀表前需加裝過濾器。
- (5) 渦輪流量傳感器於使用中切忌有高速氣流引入，因此需要在傳感器前加裝消氣器。

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

表 6.2.1-10 渦輪式流量計常見的故障與排除方法

異常狀況	故障原因	排除方法
1. 傳感器或顯示儀表沒有輸出信號	1a. 接線不正確 1b. 葉輪卡死 1c. 檢測線圈斷路或短路 1d. 前置放大器沒有電源或電壓太低	1a. 重新接線 1b. 清潔葉輪或更換 1c. 量測線圈 1d. 檢查電源
2. 流量為零時仍有信號輸	2a. 外界強磁場干擾	2a. 裝設磁場保護裝置

異常狀況	故障原因	排除方法
出	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	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

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

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊/100 年

2. 溶氧計

以銀為陽極，鉛為陰極，銀和鉛浸在氫氧化鉀電解質中，外層是透氣薄膜，在銀陽極溶解氧被還原，在鉛陰極發生氧化，兩極電動勢為 0.7 ~ 0.9V，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

現象	原因	排除方法
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	11.馬達故障	12.檢查、修理
	13.忘了按熱繼電器的回復桿	14.按下回復桿
	15.接線不良(含斷線)	16.對照接線圖予以復舊，自動運轉，檢查液面繼電器壓力開關
	17.保險絲斷線(含切斷自動斷路器)	18.更換保險絲(恢復斷路器)
	19.泵浦發熱或咬住異物	20.分解、排除原因
馬達空轉吸不上來	21.吸入入口前的空氣	22.檢查、修理配管，接合法蘭、軸封
	23.沒有灌水，即使灌水也洩漏	24.灌水，檢查泵浦底閥、配管是否洩漏
	25.吸引側配管堵塞/泵浦內有異物	26.從法蘭處開始至泵浦進行清除工作
	27.吐出閥閉塞	28.打開閥
	29.逆迴轉	30.檢查接線
	31.葉片摩擦耗損	32.修理或更換
揚程、吐油量不足	33.吐出管洩漏	34.修理
	35.迴流管閥忘記關或沒關緊	36.關閉或調整
	37.葉片磨損	38.更換葉片
	39.迴轉數降低	40.檢查輸入電壓
承軸發熱	41.聯結不平衡	42.修正聯結狀況
	43.長時間超負荷運轉或封閉運轉	44.採取迴流或停止封閉運轉
	45.填料蓋墊圈過緊	46.適度鎖緊

資料來源：金屬表面處理業廢水前處理技術手冊-電鍍業/100年6月

6.2.2 空污處理單元之異常對策

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

表 6.2.2-1 異味處理系統失效可能原因及緊急應變整備方案

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

第七章 廢水處理案例介紹

7.1 案例一—A 廠

7.1.1 工廠概述及廢水污染特性

A 廠為製肉食品工廠，最大廢水產生量為 $600 \text{ m}^3/\text{d}$ ，主要來自屠宰過程排出之廢水，大部分之血水回收再利用。A 廠廢水之主要污染物為 COD、BOD 及 SS。原廢水水質資料約略如下：

$$\text{pH}=7.8$$

$$\text{COD}=380 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}=210 \text{ mg/L}$$

$$\text{SS}=130 \text{ mg/L}$$

$$\text{油脂}=25 \text{ mg/L}$$

一、處理流程

A 廠處理流程及依核准之最大廢水產生量 $600 \text{ m}^3/\text{d}$ ，估算各槽體之水力停留時間/表面溢流率，說明如下：

1. 廢水處理流程

原廢水→固液分離機→集水井→廢水調整池→活性污泥曝氣池→最終沉澱池→分配池→放流池→放流

2. 污泥處理流程

廢棄之過剩生物污泥→污泥濃縮池→污泥曬乾床→自行處理

3. 單元規格及功能說明

(1)集水井： 1.5 m (長)× 1 m (寬)× 2.9 m (有效水深)；容積= 4.4 m^3 ；
水力停留時間= 10.6 分鐘

- (2)廢水調整池：15 m (長)× 7 m (寬)× 3.9 m (有效水深)；容積＝410 m³；水力停留時間＝16.4 小時
- (3)活性污泥曝氣池：25 m (長)× 15 m (寬)× 4.2 m (有效水深)；容積＝1,575 m³；水力停留時間＝2.6 天
- (4)最終沉澱池：8.2 m (直徑)× 3.8 m (有效水深)；表面溢流率＝11.4 m³/m²-d；容積＝201 m³；水力停留時間＝8 小時
- (5)分配池：3 m (長)× 3 m (寬)× 2.3 m (有效水深)；容積＝20.7 m³；水力停留時間＝50 分鐘
- (6)放流池：3 m (長)× 1.9 m (寬)× 3.4 m (有效水深)；容積＝19.4 m³；水力停留時間＝47 分鐘
- (7)污泥濃縮池：8 m (直徑)× 4 m (有效水深)；容積＝201 m³
- (8)污泥曬乾床兩床：每床 8 m (長)× 3.5 m (寬)；總面積＝56 m²

二、處理功能評估

- 1.固液分離機：篩網間距約為 4.5~6.5 mm，操作運轉良好。
- 2.集水井：井內放置一台 10 馬力之抽水馬達，並以液位控制方式適時將廢水抽送至調整池，操作管理良好。
- 3.廢水調整池：該單元(水力停留時間＝16.4 小時)之容量足夠，但未設置鼓風機曝氣混合設備，宜增設鼓風機並使用粗氣泡散氣器，會有助於使進流至活性污泥系統之水質更加均一、穩定及發揮更佳之好氧去除有機物的功能。
- 4.活性污泥處理系統：若依核准之最大廢水量 600 m³/d、曝氣池容量 1,575 m³，以曝氣池一般操作之污泥濃度 1,500~3,000 mgMLSS/L 計算，則求得之食微比(F/M 比)為 0.05~0.10 kgCOD/kgMLSS-d (一般操作值為 0.2~0.4 kgCOD/kgMLSS-d)，又終沉池之表面溢流率為 11.4 m³/m²-d(一般設計值為 15~25m³

/m²-d)，故活性污泥系統(包括曝氣池及終沉池)為設計容量過大(尤其是曝氣池)，應注意低 F/M 操作之問題。

5. 污泥濃縮池：該濃縮池(容積=201 m³)容量足夠，但須增設橫向攪拌漿片，藉慢速轉動漿片來祛除池內之生物產氣氣泡，可避免小氣泡因碰撞連結成大氣泡後而將欲重力濃縮之生物污泥快速浮起，以致無法達到污泥重力濃縮功能。
6. 污泥曬乾床：兩床曬乾床(每床面積=28 m²，總面積=56 m²)容量不足且設計、功能亦都不良。若依一般污泥曬乾床可鋪上的高度 30 cm 計算，目前 56 m² 面積僅能鋪上 16.8 m³ 之污泥，亦即每天從濃縮池抽送至污泥曬乾床的 0.7m³ 污泥僅有約 24 天時間可曬乾處理。若依一般南部地區污泥曬乾所需時間 30~90 天計算，該廠污泥曬乾床至少須增設 28 m² 才足夠。此外，濾出液須再返送至廢水調整池繼續處理。
7. 活性污泥曝氣池內測得之 SV30 高達 95%，該廠須儘速改善的事項有二：廢水調整池之容量雖足夠(水力停留時間=16.4~19.7 小時)，但未設置鼓風機曝氣混合設備，應儘速增設鼓風機(約需 15 馬力)並使用粗氣泡散氣器，會有助於使進流至活性污泥系統之水質更加均一、穩定並發揮更佳之處理性能；另由於污泥曬乾床容量不足且設計、功能都不良，致使活性污泥系統之過剩生物污泥未能適時廢棄並排至曬乾床，最後造成曝氣池內之生物污泥過於老化，且生物膠羽在最終沉澱池沉降速度非常緩慢(SV30 高達 95%)。

7.1.2 改善建議

1. 廢水調整池之容量足夠，但須增設約 15 馬力之鼓風機並使用粗氣泡散氣器，會有助於使進流至活性污泥系統之水質更加均一、穩定及發揮更佳之處理性能。

- 2.若依目前之實際廢水量 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ 、曝氣池容量 $1,575 \text{ m}^3$ 及曝氣池一般操作之污泥濃度 $1,500\sim 3,000 \text{ mgMLSS/L}$ 計算，則求得之食微比(F/M 比)為 $0.04\sim 0.08 \text{ kgCOD/kgMLSS-d}$ (一般處理屠宰廢水之設計/操作值為 $0.3\sim 0.5 \text{ kgCOD/kgMLSS-d}$)，又終沉池之表面溢流率為 $11.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-d}$ (一般設計值為 $15\sim 25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-d}$)，故活性污泥系統(包括曝氣池及終沉池)為設計容量過大(尤其是曝氣池)，如此低的 F/M 較不易操作。操作人員宜將污泥濃度維持在 $1,000\sim 1,500 \text{ mgMLSS/L}$ ，同時須配合 SV30/SVI 之測定，以及顯微鏡觀察原生動物相，最好是操作在出現較多的有柄纖毛蟲及少量的自由游動性纖毛蟲、輪蟲之條件下。
- 3.兩床曬乾床(每床面積 = 28 m^2)之容量不足夠。若依一般污泥曬乾床可鋪上的高度 30 cm 計算，目前 56 m^2 面積僅能鋪上 16.8 m^3 之污泥，亦即處理每天從濃縮池抽送過來至少 0.7 m^3 污泥僅有約 24 天時間可曬乾處理。一般南部地區污泥曬乾所需時間約 $30\sim 90$ 天，亦即至少須增設 28 m^2 之污泥曬乾床才足夠。濾出液亦須再返送至廢水調整池繼續處理。

7.2 案例二—B 廠

B 廠係以菜籽為主要原料，生產量每日 600 ton/day ，產品 1 噸(原料 2.5 噸)所產生之廢水量，若於脫臭設備之廢水循環利用時為 $2\sim 3 \text{ m}^3$ ，未循環利用時為 $20\sim 30 \text{ m}^3$ ，進流廢水 BOD、SS 及油脂濃度平均分別約為 $5,800\sim 8,800 \text{ mg/L}$ 、 $100\sim 200 \text{ mg/L}$ 及 $2,000\sim 3,000 \text{ mg/L}$ 。

(1)廢水處理流程

B 廠處理設施之對象，為以菜籽為主要原料，產量為 600 ton/day 。處理流程如圖 7.2-1 所示。

將廢水中油脂含量較高的脫酸清洗廢水加酸，使其 pH

值降至 2~3 後，予以浮除去除油脂後，併同其他廢水以活性污泥法處理之。

B 廠高濃度廢水之 BOD 可達 5,800 mg/L，採兩段式活性污泥法處理，於第 1 段去除約 80%。惟在處理上若流入高濃度的油脂，將包覆微生物形成一薄膜而導致死亡，需特別加以注意。

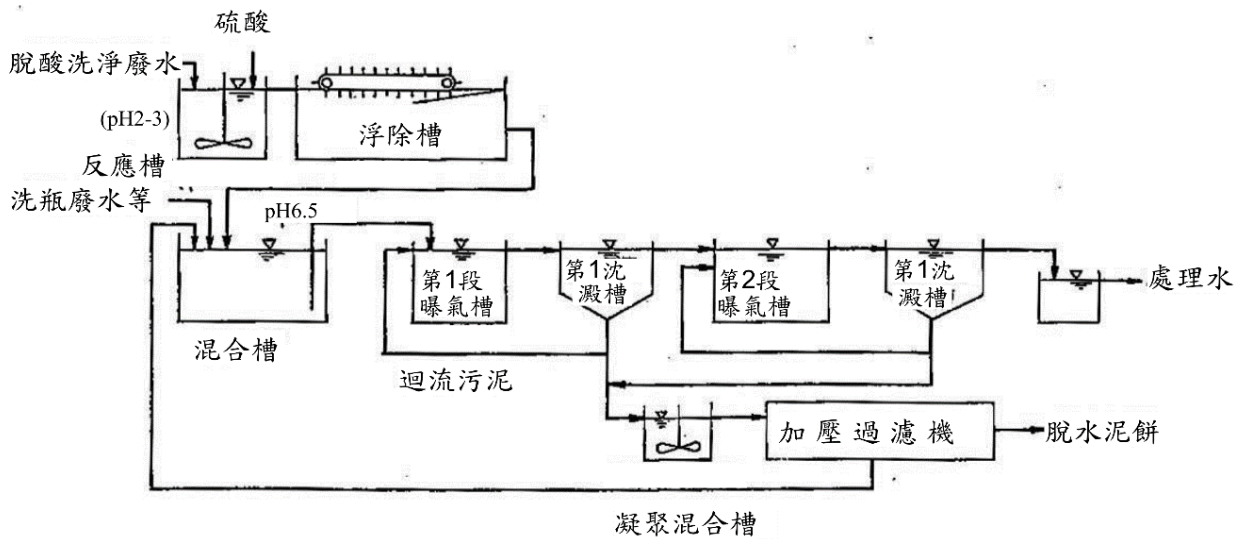


圖 7.2-1 B 廠製程之流程

(2) 污泥處理流程

化學污泥→加壓過濾機→脫水污泥餅委外清運

(3) 單元規格

處理能力：50 m³/小時(高濃度廢水時)

a. 混合槽：160 m³ (停留時間 3 小時)

b. 第 1 曝氣槽：1,800 m³ (表面曝氣式)

c. 第 1 沉澱槽：150 m³ (停留時間 3 小時)

d. 第 2 曝氣槽：1,500 m³ (表面曝氣式)

e. 第 2 沉澱槽：300m³ (停留時間 6 小時)

二、處理功能評估

1.化學混凝加壓浮除

處理水水質 BOD、SS 及油脂濃度分別約為 200 mg/L、5 mg/L 及 3~20 mg/L。

2.加壓浮除及活性污泥法處理

廢水及處理水水質如表 7.2-1 所示。

表 7.2.1-1 B 廠廢水及處理水水質

項目	原廢水	處理水
pH	7.6	7.2
BOD(mg/L)	1,850	10
油脂(mg/L)	210	10

7.3 案例三—C 廠

7.3.1 製程與污染特性

C 廠屬食品製造業；生產操作方式為連續式製程。廠內製成主要係以米、肉類、蔬菜、麵包等原物料，進行即時餐食及麵包的製作；主要原料及產品之使用量如表 7.3.1-1 所示。

表 7.3.1-1 C 廠製程主要原料及產品之使用量

類別	名稱	每日最大量	單位
產品量	其他：即時餐食	23,608.333	公斤/日
產品量	其他：麵包	2,805.000	公斤/日
產品量	其他：包材	904.667	公斤/日
原料量	其他：海苔	230.000	公斤/日
原料量	其他：配菜	4,005.000	公斤/日
原料量	其他：麵包	3,055.667	公斤/日
原料量	其他：米	8,932.667	公斤/日

類別	名稱	每日最大量	單位
原料量	其他：烹調油	861.000	公斤/日
原料量	其他：蔬菜	4,126.667	公斤/日
原料量	其他：海鮮	611.000	公斤/日
原料量	其他：肉類	5,083.333	公斤/日

1.廢水種類：C 廠主要製造產品為即時餐食及麵包，產生廢水包括

(1)作業廢水 450 CMD

(2)生活污水 20 CMD

(3)合計總廢水量 470 CMD

作業廢水及生活污水先由原水槽收集後，經過細篩機及油脂截留槽後，再依序進入調整槽、快混槽、慢混槽、浮除槽等化學處理後，進入曝氣槽 1 至曝氣槽 3 去除溶解性有機物後流入生物沉澱槽，再經由放流槽排放至工業區污水處理廠。

2.廢水性質

由 102 年 1 月~102 年 12 月的紀錄結果得知，C 廠平均廢水排放量約為 310.2 CMD，排放水水質 COD 平均濃度約為 2,216.0 mg/L、SS 平均濃度約為 841.2 mg/L。

7.3.2 污防設施操作與處理成效

廢水前處理功能輔導在整體規劃上，應以符合工業區污水廠管制標準為前提，並提升污染防治設施效能與落實操作維護之管理機制，以達到永續經營之目標。

C 廠依上述建議進行各項改善，其主要預期成果如下：

改善建議摘要	預期成效 (含預估改善後產生之 環境及經濟績效)	廠商投資預估 改善經費(萬 元)
A. 評估自廠或他廠水回收再利用之需求。	※減輕處理設施負荷，降低納管費用。	-
B. 利用圍牆退縮空間設置採樣井。	※提升廢水設施處理效果，降低納管費用。	10
C. 採樣井進流管線延伸至底部。	※化學需氧量可減量 10%，懸浮固體物可減量 5%，換算每年約有 84.8 萬元的經濟效益。	8
D. 增加慢混槽停留時間。		-
E. 定期開啟瞭解曝氣設施操作狀況。		-

7.4 案例四—D 廠

7.4.1 製程與污染特性

D 廠屬食品製造業。為國內使用非基因改造黃豆製作盒裝豆腐豆漿之公司。廠內製成主要係以黃豆，進行豆腐及豆漿的製作；主要原料及產品之使用量如表 7.4.1-1 所示。該工廠製作及生產流程如圖 7.4.1-1 所示。

豆腐(豆漿)製造程序，豆腐的製作與管理有別於傳統製作，使用超高溫瞬間殺菌模式，對豆腐前製程的原漿做滅菌處理，這種模式不但可以將豆漿內 99.9% 的微生物殺死，更可以保留大部分的營養。使用一番搾豆漿加工流程，這樣成本雖高，但自黃豆製程的豆漿不但乾淨，更沒有因過度氧化而產生的油耗味。

表 7.4.1-1 D 廠主要原料及產品之使用量

類別	名稱	每日最大量	單位
產品量	豆腐	40	公噸/日
產品量	豆漿	30	公噸/日
原料量	黃豆	6	公噸/日

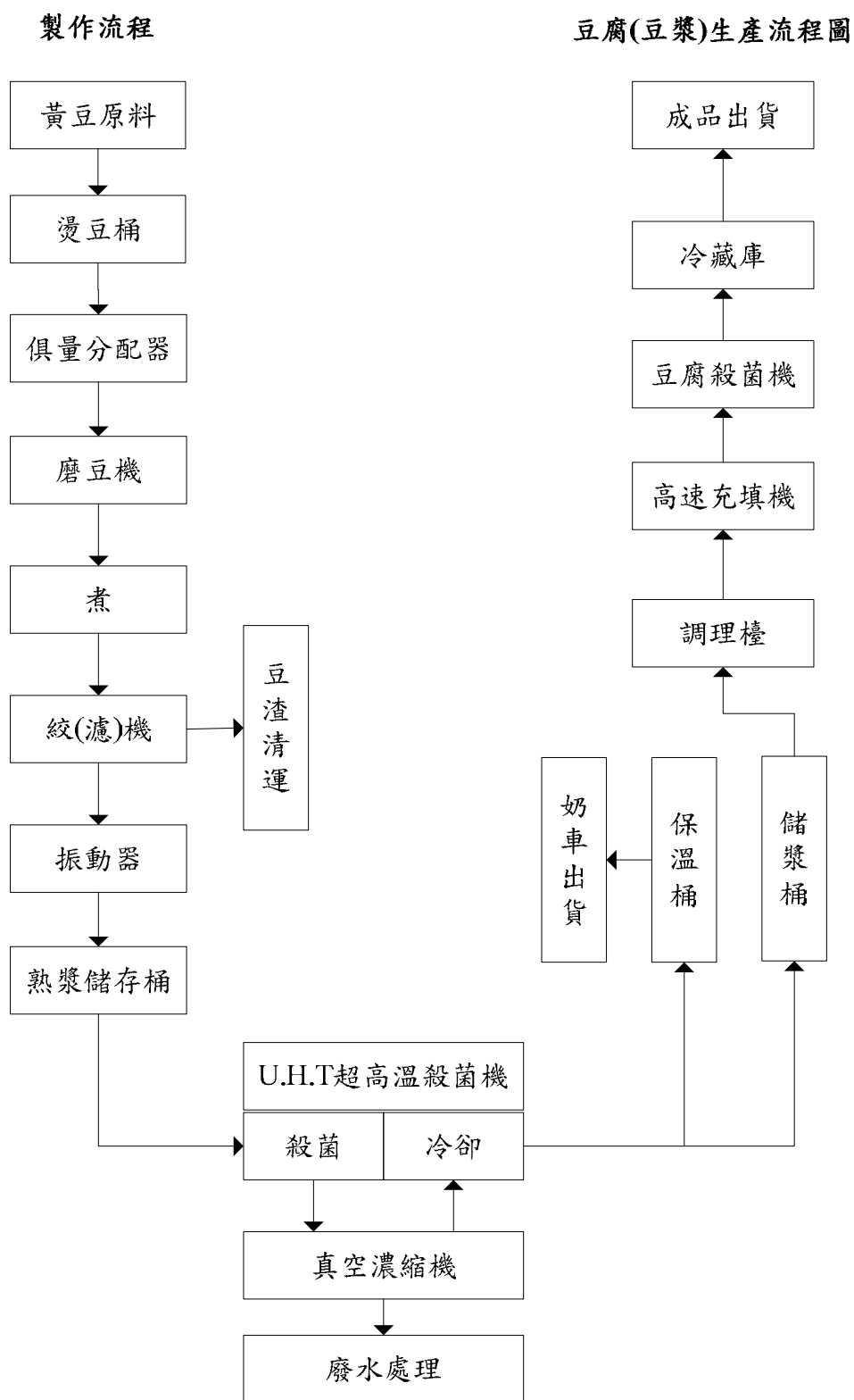


圖 7.4.1-1 D 廠製作及生產流程

1.廢水種類：D 廠主要製造產品為豆腐及豆漿，產生廢水包括：

(1)作業廢水 45 CMD

(2)生活污水 5 CMD

(3)合計總廢水量 50 CMD。

廢水處理流程詳圖 7.4.1-2。作業廢水及生活污水先經過攔污柵(T01-01)再進入調整池(T01-02)，之後再流入生物曝氣池(T01-03)去除溶解性有機物後流入沉澱池(T01-04)，再經由放流池(T01-05)排放至工業區污水處理廠。

2.廢水性質

由 102 年 1 月~102 年 12 月的紀錄結果得知，D 廠平均廢水排放量約為 71.0 CMD，排放水水質 COD 平均濃度約為 239.9 mg/L、SS 平均濃度約為 63.0 mg/L。

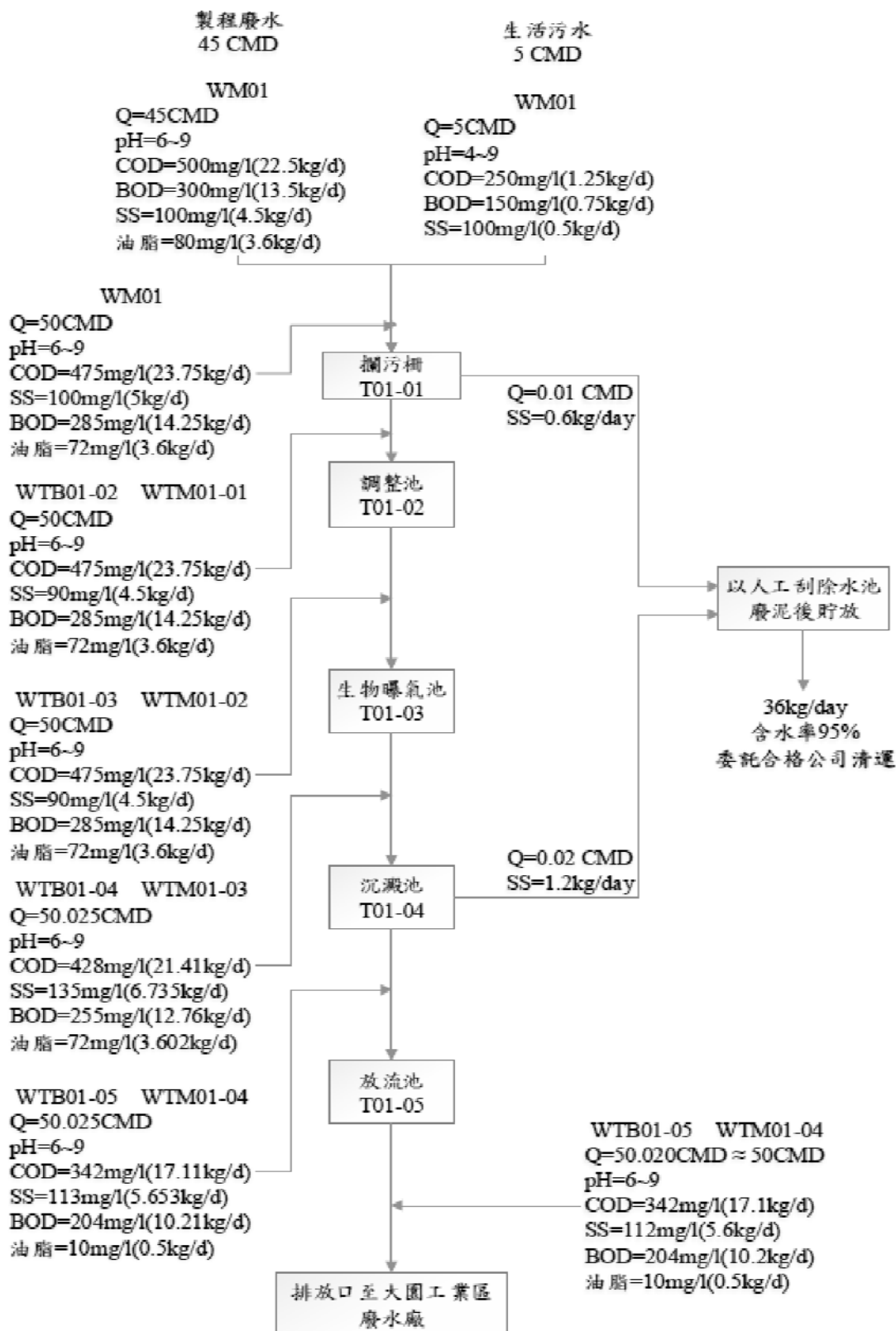


圖 7.4.1-2 D 廠廢水處理流程

7.4.2 污防設施操作與處理成效

廢水前處理功能輔導在整體規劃上，應以符合工業區污水廠管制標準為前提，並提升污染防治設施

效能與落實操作維護之管理機制，以達到永續經營之目標。

D 廠依上述建議進行各項改善，其主要預期成果如下：

改善建議摘要	預期成效(含預估改善後產生之環境及經濟績效)	廠商投資預估改善經費(萬元)
A. 評估自廠或他廠水回收再利用之需求。	※減輕處理設施負荷，降低納管費用。 ※提升廢水設施處理效果，降低納管費用。 ※化學需氧量可減量 30%，懸浮固體物可減量 20%，換算每年約有 6 萬元的經濟效益。	-
B. 雨水放流口告示牌設置於雨水排放口明顯處。		-
C. 利用圍牆退縮空間設置採樣井，並於採樣井明顯處設置告示牌。		15
D. 確認廢水油脂濃度。		-
E. 定期開啟瞭解曝氣設施操作狀況。		-

7.5 案例五—E 廠

7.5.1 製程與污染特性

E 廠屬食品製造業；生產操作方式為連續式製程，員工約 100 人左右。廠內製成主要係以牛肉、雞肉、麵粉...等原物料，進行牛肉麵調理包、滷牛肉切塊、冷凍牛肉片、生麵條及醃製雞肉的製作；主要原料及產品之使用量如表 7.5.1-1 所示。

E 廠主要製程為生鮮麵粉製造程序、冷凍牛肉片製造程序、炒酸菜製造程序、醃製雞肉製造程序、滷牛肉切塊製造程序及牛肉調理包製造程序，製造程序製程流程如圖 7.5.1-1 所示。

表 7.5.1-1 E 廠主要原料及產品之使用量、產量統計表

類別	名稱	每日最大量	單位
產品量	牛肉麵調理包	366.7	公斤/日
產品量	炒酸菜	833.3	公斤/日
產品量	滷牛肉切塊	1,166.7	公斤/日
產品量	冷凍牛肉片	600.0	公斤/日
產品量	生麵條	5,000.0	公斤/日
產品量	醃製雞肉	3,666.7	公斤/日
原料量	牛肉	2,666.7	公斤/日
原料量	麵粉	3,333.3	公斤/日
原料量	調味料(麵條用)	333.3	公斤/日
原料量	自來水(麵條/調理湯包用)	2,666.7	公斤/日
原料量	酸菜	1,666.7	公斤/日
原料量	雞肉	3,666.7	公斤/日

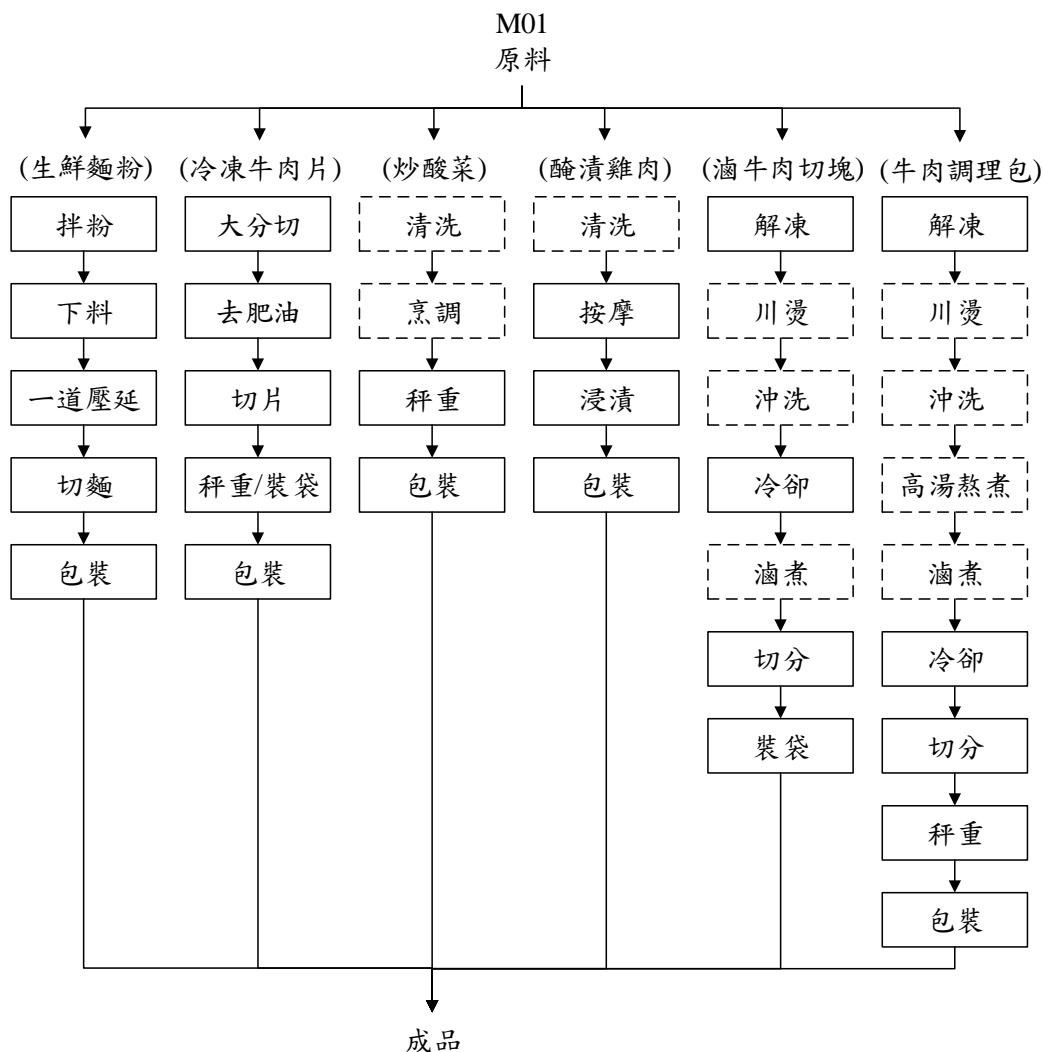


圖 7.5.1-1 E 廠製造程序製程流程

1.廢水種類：E 廠主要製造產品為滷牛肉切塊、生麵條及醃製雞肉，產生廢水包括：

- (1)作業廢水 70 CMD
- (2)生活污水 10 CMD
- (3)合計總廢水量 80 CMD

廢水處理流程詳如圖 7.5.1-2 所示。作業廢水及生活污水先由前置槽收集後(T01-1)，進入廢水調整槽(T01-2)，之後再依序流入 pH 調整槽(T01-3)、混凝槽(T01-4)、膠凝槽(T01-5)、化學沉澱槽(T01-6)、固液分離槽(T01-7)等處理後，進入曝氣調整槽(T01-8)、接觸曝氣槽(T01-9)去除溶解性有機物後流入生物沉

澱槽(T01-10)，再經由 pH 調整兼消毒槽(T01-11)、放流槽(T01-12)排放至工業區污水處理廠。

2.廢水性質

由工業區污水處理廠紀錄結果得知，E 廠平均廢水排放量約為 74.2 CMD，排放水水質 COD 平均約為 469.0 mg/L、SS 平均約為 210.0 mg/L。

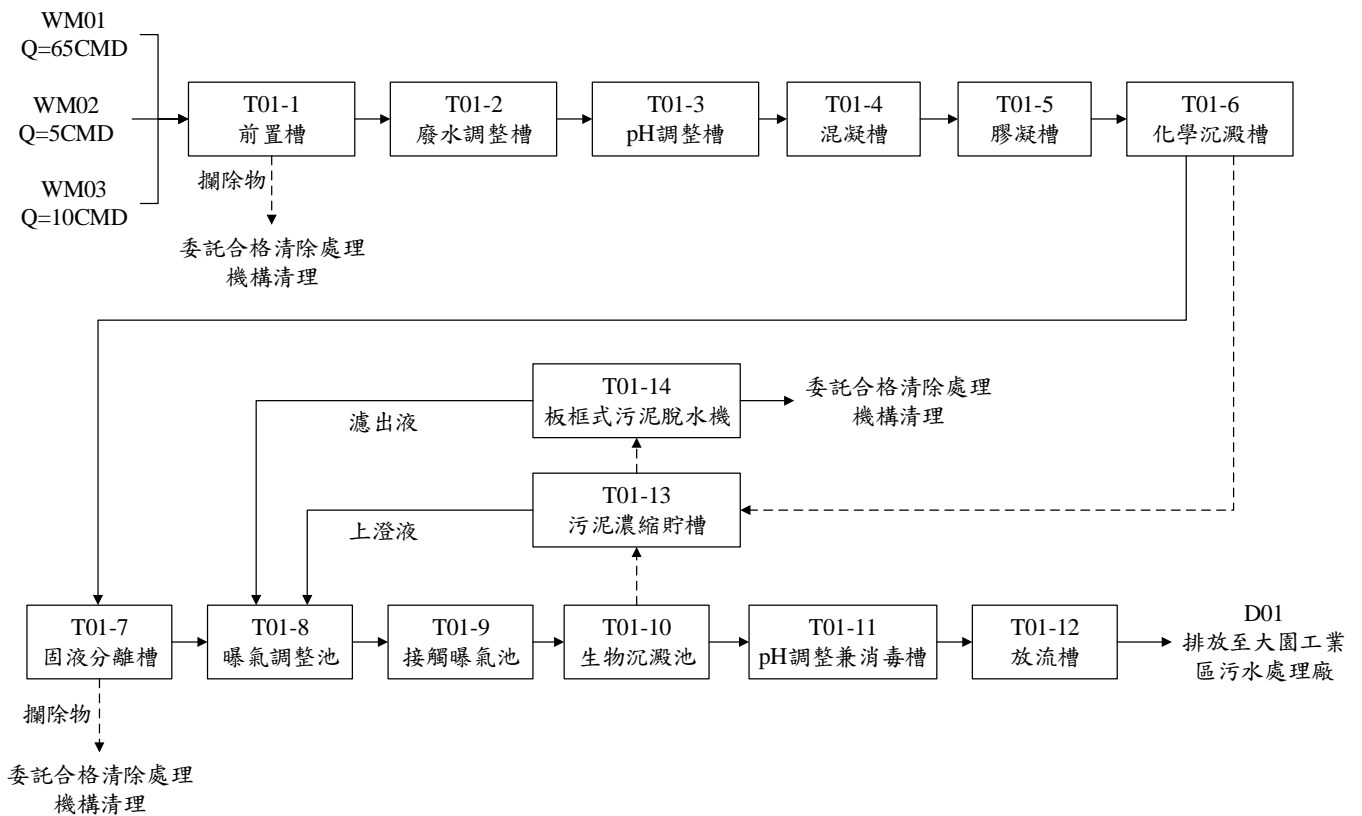


圖 7.5.1-2 E 廠廢水處理流程

7.5.2 污防設施操作與處理成效

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

改善建議摘要	預期成效(含預估改善後產生之環境及經濟績效)	廠商投資預估改善經費(萬元)
A. 評估自廠或他廠水回收再利用之需求。	※減輕處理設施負荷，降低納管費用。 ※提升廢水設施處理效果，降低納管費用。 ※化學需氧量可減量 30%，懸浮固體物可減量 20%，換算每年約有 16 萬元的經濟效益。	-
B. 利用圍牆退縮空間設置採樣井，並於採樣井明顯處設置告示牌。		10
C. 油脂截留器加設自動連續刮除設備		8
D. 接觸氣化槽的接觸濾材應定期更換		-
E. 定期檢測生物沉澱槽水中溶氧。		-
F. 將化學沉澱槽更改為浮除設備。		150

參考文獻

- [1] 行政院環保署水污染防治，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [2] 環保署水保處江育德技正(2014)，水污染防治法規及實務案例說明
- [3] 環保署水保處中華民國(2011)，違反水污染防治法實際案例探討
- [4] 李元陞國立宜蘭大學環工系教授，水污染防治相關法令現場操作及設備常見缺失
- [5] 行政院環保署空氣污染防制，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [6] 臺南市政府環保局空噪科專員林界宏(2014)，空氣污染防制法法規介紹
- [7] 高雄市政府環境保護局(2013)，固定污染源案例宣導說明會
- [8] 行政院環保署 廢棄物清理，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [9] 桃園縣政府環境保護局事業廢棄物管理科徐進財(2013)，違反廢棄物清理法實際案例探討
- [10] 環境保護署環境督察總隊林茂原，廢棄物稽查重點、常見問題及案例分析
- [11] 行政院環保署土壤污染整治，<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/>
- [12] 行政院環保署(2012)，土壤及地下水汙染整治及基金求償手冊
- [13] 食品製造業廢水前處理技術手冊。
- [14] 工業污染防治技術手冊 3-食品工廠廢水污染防治。
- [15] 廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材 96 年。
- [16] 行業製程減廢及污染防治技術－食品製造業介紹
- [17] 食品業廢水前處理技術手冊，(A 廠)。
- [18] 食品業廢水前處理技術手冊，(B 廠)。
- [19] 經濟部工業局 103 年度產業用水效能提升計畫，OO 工業股份有限公司桃園工廠廢水前處理功能輔導報告書(C 廠)。
- [20] 經濟部工業局 103 年度產業用水效能提升計畫，OO 股份有限公司台北廠廢水前處理功能輔導報告書(C 廠)。
- [21] 經濟部工業局 103 年度產業用水效能提升計畫，OO 食品股份有限公司廢水前處理功能輔導報告書(D 廠)。
- [22] 經濟部工業局 103 年度產業用水效能提升計畫，OO 食品股份有限公司大園廠廢水前處理功能輔導報告書(F 廠)。
- [23] 經濟部工業局 103 年度產業用水效能提升計畫，OO 股份有限公司大園廠廢水前處理功能輔導報告書(E 廠)。
- [24] 96 年度行政院環保署訓練所，廢水處理單元操作維護-廢水處理專責人員訓練教材。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

食品製造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, 民國 103.12
面 ; 公分
ISBN 978-986-04-3704-1 (平裝)
1.水汙染防制 2.空氣汙染防制 3.食品工業
445.9 103026119

食品製造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、江漢全、沈達

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：1010302933

ISBN：978-986-04-3704-1

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

