粒狀污染物控制技術簡介練習題 (甲乙級)

貳、粒狀污染物及其控制技術簡介

2.1 粒狀物 (微粒) 之定義

1. 請說明空氣污染防制法施行細則 (109 年 4 月 21 日修正公布) 第 2 條所定義之粒狀污染物種類有哪些？

   解答：1. 總懸浮微粒：指懸浮於空氣中，所有粒徑之微粒。
   2. 懸浮微粒：指懸浮於空氣中，粒徑在 10 微米 (μm) 以下之粒子。
   3. 細懸浮微粒：指懸浮於空氣中，粒徑在 2.5 微米 (μm) 以下之粒子。
   4. 落塵：指粒徑超過 10 微米 (μm)，能因重力落下之微粒。
   5. 金屬燻煙及其化合物：指含金屬或其化合物之微粒。
   6. 黑煙：指以碳為主要成分之暗灰色至黑色微粒。
   7. 酸霧：指含硫酸、硝酸、磷酸、鹽酸等微滴之煙霧。
   8. 油煙：指含碳氫化合物之煙霧。

2.2 粒狀污染物的特性

2. 粒狀物依直徑大小可分為哪 3 個範圍？

   解答：1. 細微粒 (Fine particle)，粒徑範圍小於 2.5 微米 (μm)，在此範圍內的微粒包括黏土、細菌、燻煙 (Fume) 等。
   2. 粗微粒 (Coarse particle)，顆粒大小介於 2.5 到 10 微米之間，如泥土。
   3. 顆粒大於 10 微米，如花粉、砂粒及水泥灰等。

2.3 粒狀污染物的健康危害

3. 何謂可呼吸性懸浮微粒及其對健康可能之危害？

   解答：氣動粒徑小於 10 μm (PM_{10}) 的懸浮微粒就被視為可呼吸性懸浮微粒，這裡所謂的〝可呼吸性〞是指微粒細小到足以被人類的呼吸氣流影響而吸入體內，而且可以進入人體呼吸系統的氣管以及肺部，吸入過多對身體會有影響，許多研究已證實懸浮粒子會對呼吸系統和心血管系統造成傷害，導致哮喘、肺癌、心血管疾病、出生缺陷和過早死。

2.4 粒狀污染物的產生源及排放標準

4. 請說明粒狀物來源可分為哪兩大類，並舉例說明之。

解答：粒狀物來源可分為自然與人為兩大類：

1. 自然來源：例如火山爆發噴出的火山灰、森林大火產生的煙霧、外太空隕石飛入大氣產生宇宙塵、海洋之飛沫、土壤侵蝕 (Soil erosion) 及岩石風化產生的顆粒以及生物性微粒(如：微生物、花粉、孢子、昆蟲及生物碎屑等)。
2. 人為來源：包括燃料燃燒、工業製程、廢棄物燃燒、交通排放或經由氣體的化學反應而形成。具有移動的特性者稱為移動性污染源包含：交通運輸包括汽車、飛機、火車或船舶等交通工具排放的廢氣，其成分主要為碳氫化物、氮氧化物及含鉛化合物等。不具移動特性則稱為固定污染源包含土木工程造成的污染，包括水泥、砂石等；工廠使用燃料產生的煙灰及生產過程所形成的粉塵，以及火力發電廠、鋼鐵廠等燃燒煤礦時，產生大量之粒狀物等。

5. 請說明下列粒狀物微粒直徑範圍？(1)物理研磨、(2)有機及金屬蒸氣及(3)空氣污染設備使用水霧冷卻氣體？

解答：1. 物理研磨：10 μm 以上。
2. 有機及金屬蒸氣：0.05~1.0 μm。
3. 空氣污染設備使用水霧冷卻氣體：0.05~20 μm。

2.5 粒狀污染物的控制設備與系統

6. 集塵裝置依操作原理可分為哪些種類？

解答：1. 重力沉降室 (Gravity settling device)。
2. 旋風集塵器 (Cyclone)。
3. 袋式集塵器 (過濾集塵裝置) (Fabric filter)。
4. 靜電集塵器 (Electrostatic precipitator)。
5. 溼式洗塵器 (Scrubber)。

7. 請說明粒狀污染物控制設備之種類及其基本原理？

解答：1. 重力沉降室：基本結構是一個擴張室 (沉降室)，氣體進入擴張室後速度減低，較大的微粒可因重力沉降而被收集。因為重力沉降室不借助外力，對小微粒的收集效果不佳，因此工業界只用它來去除氣動直徑 (指與一個微粒具有相同重力

沉降速度比重為 1 g/cm^3 的圓球之直徑) 在 40~60 μm 以上的大微粒，但其設計結構與集塵原理可作為研習其他集塵裝置的基礎。

2. 旋風集塵器：基本原理是當氣體進入旋風器內時被迫旋轉，大微粒受離心力的影響，偏離流線而作徑向向外運動，最後到達旋風集塵器的內壁而被收集。旋風集塵器對於空氣動力直徑在 5 μm 以下的微粒去除效果不佳，不適合單獨使用於燃燒製程之廢氣控制，因此旋風集塵器在微粒控制設備中常作為前處理設備，用以去除空氣中粒徑較大的微粒。
3. 袋式集塵器：是收集微粒最常用的方法之一，又稱過濾集塵裝置，內設有纖維濾布所製成的濾袋以過濾空氣中的微粒。袋式集塵器中微粒經由慣性衝擊、擴散、直接攔截、重力沉降與靜電吸引等集塵機制的作用而被收集下來。被濾布所收集的氣膠微粒會在濾布上形成塵餅 (Dust cake)，而當濾餅形成時，濾餅過濾便成為最主要的微粒收集機制。微粒被濾布及塵餅收集後，塵餅因微粒不斷累積而加厚，壓力損失也隨之提高，故需要清除塵餅以維持正常操作。濾布由纖維構成，纖維材料的選擇依作業環境特性而定，各種纖維材料的耐溫上限、耐酸鹼性與抗磨性並不相同，通常價格隨上述各特性增強而增加。
4. 溼式洗塵器 (洗滌塔)：是利用液體除去微粒或有害氣體的設備，使用之液體以水為主。除塵的方式可以利用水直接噴入廢氣中，或者強迫氣體通過水膜或薄片狀之水霧中，使粉塵與水滴接觸而被去除。此法既可有效去除粉塵微粒，也可去除如 HCl、SO_2 或 NH_3 等水溶液高之有害氣體。
5. 靜電集塵器：是由安裝有放電電極與收集電極組成，含微粒氣流通過靜電集塵裝置時，藉由放電電極線產生電暈放電 (Corona discharge)，使空氣分子游離而形成帶電的空氣離子，空氣離子進而接觸微粒使之帶電，帶電之微粒往與放電電極線之電性相反之收集板方向運動而被收集，最後以振動、沖刷或攪動方式使被收集的微粒脫離收集電極板，再由底部之漏斗收集及暫存，並定期排出。

8. 旋風集塵器由於哪些特性，而使得其被廣泛應用？

解答：旋風集塵器由於其無活動式機件、建造價格便宜、維修容易、且可回收製程物料，因此應用極為廣泛。

9. 袋式集塵器的使用適宜時機。
解答：除塵效率要求高、具有經濟效益的粉塵回收、氣體溫度可降至攝氏 200 多度以下或粉塵不具黏著性。

10. 靜電集塵器的使用適宜時機？
解答：除塵效率要求高、具有經濟效益的粉塵回收、高溫廢氣除塵或廢氣及粉塵不具爆炸性。靜電集塵器與袋式集塵器相類似，對於 1 μm 以下之微粒去除率均很高。

11. 試列出兩個以上空氣污染控制設備串聯在一起的總控制效率公式？
解答：

$$\eta_T(\%)=\left(1-\left(1-\frac{\eta_1}{100}\right)\left(1-\frac{\eta_2}{100}\right)\wedge\left(1-\frac{\eta_n}{100}\right)\right)\times 100\%$$

12. 請說明選擇空氣污染控制設備的考量因素？
解答：1. 工程方面的考量因素
(1) 污染物的特性
A. 物理及化學性質。
B. 最大允許排放濃度及排放量。
C. 微粒的粒徑分布。
D. 微粒的化學反應性、吸溼性、潮解性、腐蝕性、磨蝕性及毒性。
(2) 廢氣的特性
A. 處理風量。
B. 處理溫度。
C. 排放型態 (管道或逸散，批次或連續)。
D. 溫度與壓力。
E. 可燃性/腐蝕性。
F. 黏度。
G. 密度。
H. 毒性。
(3) 其他工程因素
A. 設備大小及重量。
B. 壓差。
C. 操作的可靠性。
D. 處理能力的裕度。

E. 能耗。
F. 公共設施的配合需求。
G. 溫度的極限。
H. 廢熱的回收再利用。
I. 保養維護的需求。
J. 因應未來更嚴格標準時之處理彈性。
K. 美觀的考量 (如白煙及可見水蒸氣)。
L. 衍生性污染物之處理 (如廢水、廢棄物及噪音)。

2. 經濟方面的考量因素
(1) 設置成本 (包括設備、安裝與工程)。
(2) 操作成本 (包括公共設施、維護、耗材與能耗)。
(3) 設備預期使用年限及廢棄後的剩餘價值。

3. 空間方面的考量因素
(1) 設備的安裝位置 (室內或室外，地面或屋頂)。
(2) 工廠內可利用的空間 (操作及維護空間)。

13. 請說明典型的空氣污染控制流程？
解答：完整的系統包括廢氣收集系統，前處理設備 (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/防制設備本體。當然系統中包含使廢氣流動的風車，及粉塵排放系統與相關附屬設施。

14. 請說明廢氣溫度過高及過低對除塵設備之影響？
解答：1. 廢氣溫度過高：以袋式集塵器為例，廢氣溫度太高可能會導致濾袋破裂等問題，故須於控制設備前，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。由於濾袋的材質種類及價格各異，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。降溫的方式，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：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、結垢及濾袋堵塞的現象。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。在設置時，可配合控制設備的特徵來選擇適當的升溫

設施。

15. 請說明粒狀物控制設備之風車 (送風機) 位置及種類？

解答：風車設置的位置對集塵機亦會造成不同的影響，若風車置於集塵器之前端將廢氣吹入集塵器，稱之為「正壓式集塵器」；反之，若風車置於集塵器之後端來將廢氣吸入集塵器時，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，但需防止風車的葉片及軸承受粉塵的撞擊或腐蝕損壞。

16. 請說明粒狀物控制設備之灰斗損壞或堵塞之因素？

解答：常有人錯把灰斗當成貯存控制設備所收集的粉塵之用而無需定期清理 (排灰)，使得灰斗內貯滿了粉塵而造成堵塞。或因為設備不是連續操作，停機後灰斗內的粉塵溫度降至露點溫度以下，致使粉塵內的水氣冷凝為液態水滴，而與粉塵混合結塊，造成無法排灰的堵塞現象。更嚴重的是，倘若廢氣中含有硫酸成分，會與水結合成硫酸液體而逐漸腐蝕灰斗的內壁，而造成穿孔的現象。另外長期的貯存亦會使得粉塵有機會產生化學反應，增加粉塵凝聚的機會，而造成堵塞。

17. 請說明集塵系統之保溫設施與加熱設施的功用及種類？

解答：為了避免因粉塵的溫度下降，而使水分凝結造成結塊堵塞，或因在露點溫度下操作造成腐蝕現象，須於集塵系統的管線及集塵器本身 (包括灰斗) 保溫，或者視情況僅於灰斗外加裝保溫棉，以防止內部溫度散失。倘若灰斗內粉塵的溫度原已低於露點溫度，則須依賴加熱器來提高溫度，使之維持在露點以上操作，以利排灰。一般多採用簡便的電熱器，最常見的有兩種：

1. 電熱線：可依所需加熱的熱量，選擇電熱線圈的數量，並將其纏繞於灰斗的外壁。
2. 電熱氈：將電熱線先配置在一塊耐高溫的厚氈上，再覆蓋上兩層耐高溫的玻璃纖維布，上面再覆蓋一層較厚的玻璃纖維保護層及矽化物的塗佈外層。使用時可依所需之熱量，選擇不同規格之電熱氈包覆於灰斗外。此外，若廠內有蒸汽鍋爐，且與集塵器的位置相近，亦可將最近蒸汽管拉到灰斗，

以蒸汽間接加熱的方式提高粉塵的溫度。無論使用以上哪一種方式，灰斗最外層仍需以保溫棉加以包裹，以維持灰斗內溫度，避免熱量散失。

18. 請說明設置防止灰斗內粉塵堵塞設施之目的？並說明防止粉塵堵塞設施的種類？

解答：灰斗內的粉塵由於特性各異，為了避免造成堵塞或架橋等現象，通常於灰斗外壁設置振動馬達、氣動振動器等設施，使灰斗的外壁產生振動，間接破壞架橋，使粉塵流動。另外，可將高壓空氣直接吹入灰斗內強制攪動粉塵，以防止架橋。有些於集塵器灰斗的底部設置一錐形物來防止架橋，也有將灰斗的底部與本體間以可撓性的材質連接，再以振動馬達使底部振動的方式來防止粉塵的堵塞。最常用的設施種類如下：

1. 振動馬達：一般採電動方式使軸端的兩片扇型偏心錘回轉產生離心的力量，而造成不同的頻率與振幅。也有以電磁線圈來感應電樞，使其受電量刺激而產生振動。
2. 敲振器：較常使用者有氣動和球狀振動器兩種。氣動振動器是以電磁閥來引導被壓縮的空氣進一汽缸中，以高壓瞬間壓縮活塞，使活塞衝撞灰斗外壁的撞擊板而造成振動。球狀振動器是利用噴射空氣來驅動一個金屬球環繞一密閉溝槽因移動，由於圓球的偏心旋轉而產生不同振幅的振動。振幅則取決於球的重量及溝槽的尺寸。
3. 直接噴吹：是將噴嘴直接插入灰斗內，利用電磁閥來啟動被壓縮的空氣，直接噴入灰斗內以攪動粉塵，防止堵塞並破壞架橋，但必須考慮粉塵再揚起問題。

參、旋風集塵器

3.1 簡介

19. 請說明旋風集塵器之除塵原理及機制？

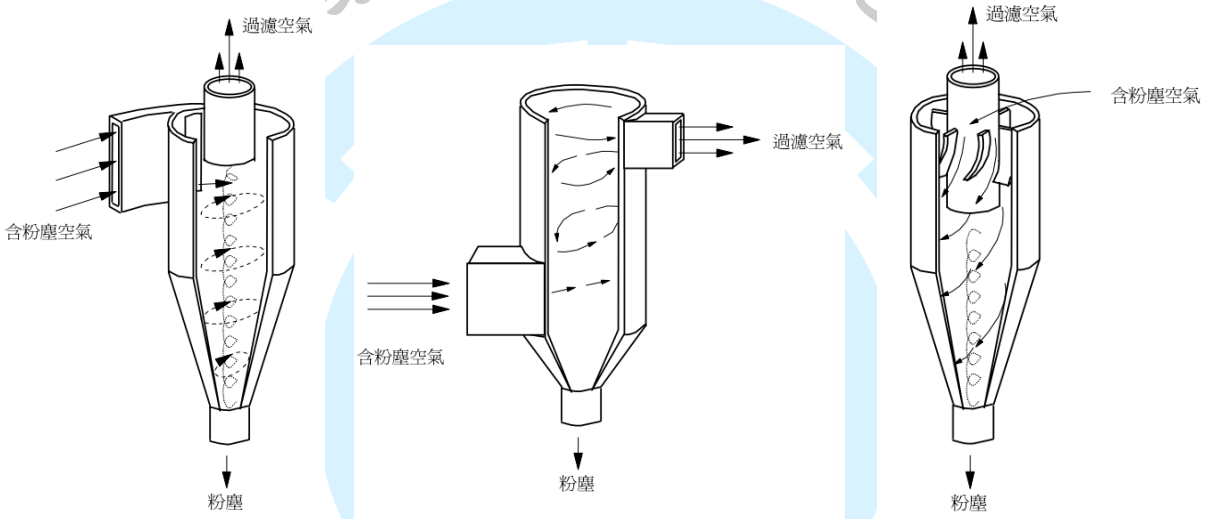
解答：旋風集塵器通常用來收集氣動直徑大於 10 μm 以上的微粒，常用在效率高的集塵器之前，當做前處理設備。旋風集塵器是一種低成本的集塵設備。微粒隨著氣體沿切線方向進入旋風集塵器內，被迫旋轉，大的顆粒受離心力的影響，偏離流線沿徑向往旋風器內壁運動，最後到達旋風集塵器的內壁而被收集。

3.2 旋風集塵器之種類及構造

20. 請說明旋風集塵器之種類及構造？

解答：1. 種類：基本上旋風集塵器依進氣方式分成 3 種型式，上方進氣式、下方進氣式及軸向進氣式。上方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。下方進氣的構造，通常使用於溼式洗滌器之後，以方便液滴之收集。氣體由下方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。軸向進氣式的集塵器，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。

2. 構造：如下圖



上方進氣 a.　　下方進氣 b.　　軸流式（旋片進氣口） c.

21. 請說明旋風集塵器各項構造之功能？

解答：1. 進氣口：進氣口的目的是將氣體的直線運動變成旋渦運動。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。

2. 圓柱本體及圓錐部分：圓柱本體的總長度則決定與總效率有關的氣體旋轉圈數。圓錐部分的目的在於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。

3. 粉塵排放系統 (漏斗)：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。

4. 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，減少壓力降。。

22. 切線式旋風集塵器若於進口產生亂流時，會造成什麼影響？如何避免亂流產生？

解答：微粒會直接進入出氣口而被排出。可加裝導板於旋風器內部，使氣流更集中於切線方向；或是以內捲式旋風取代切線式旋風機。

23. 內捲式旋風集塵器之效率優於切線式旋風集塵器之原因為何？

解答：內捲式進氣之旋風集塵器之進氣管內壁與筒體相切，此設計有助於減少進口亂流的產生。

3.5 旋風集塵器之優缺點比較

24. 請比較旋風集塵器之優缺點？

解答：1. 優點

(1) 結構簡單，容易設置且所占空間小。
(2) 初設及操作成本低。
(3) 操作與維護容易。
(4) 可處理高溫氣體，較不受溫度影響。
(5) 壓力損失低，一般在 0.05~0.15 公尺水柱。
(6) 可回收有用之物質。
(7) 大顆粒處理效率佳。
(8) 適合處理高濃度含塵量廢氣。

2. 缺點

(1) 對微細粉塵 (10 μm 以下) 收集效率差，需配合其他高效率集塵器處理。
(2) 積垢與腐蝕問題。
(3) 風量小時，效率差。
(4) 無法收集氣狀污染物。
(5) 噪音高，約 80~100 dBA。

肆、溼式洗滌器

4.1 簡介

25. 溼式洗滌器的最大的特點是？
    解答：可同時去除粒狀及氣狀污染物。

26. 溼式集塵器對於多少 μm 以下微粒之去除效果不佳？
    解答：對於小於 1 μm (次微米) 的微粒去除效果不佳。

27. 若是要有效的去除次微米微粒，需使用哪一種洗滌器，操作條件為何？
    解答：文式洗滌器，並操作在很高的壓力降之下。

28. 請說明溼式洗塵器之除塵原理及主要之收集機制。
    解答：1. 溼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。
    2. 主要除塵機制：在接觸區內的微粒主要藉由慣性衝擊、直接攔截及擴散沉積與水滴接觸而被收集，而含微粒之大水滴則藉著重力、與擋板衝擊或離心力自廢氣中分離，來達到除塵目的。

4.2 溼式洗滌器系統

29. 商用的溼式洗滌器系統含有哪些組件？
    解答：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溼式洗塵器。

30. 溼式洗滌器的除塵效率一般與其壓降、能耗及操作成本之關係為何？
    解答：溼式洗滌器內氣體壓力降愈大，表示除塵效率愈佳，但能耗及操作成本也會愈高。

31. 請依能量消耗方式區分溼式洗滌器種類？
    解答：溼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 4 種。

32. 氣相接觸式洗塵系統收集機制為何？又分為哪幾種？
解答：1. 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滌器。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，最後液體被以旋風或重力方式去除。
2. 平板洗滌器 (Plate scrubbers)、流孔洗滌器 (Orifice scrubbers) 及文氏洗滌器 (Venturi scrubbers)。

33. 平板洗滌器操作特性之液/氣比為何？
解答：0.3~1.2 公升/m^3。

34. 比起多孔平板式之設計，流孔洗滌器之優點為何？
解答：流孔較大，較不易被高濃度粉塵阻塞，由於結垢產生阻塞的現象也較不嚴重。

35. 請說明文式洗滌器的除塵原理？
解答：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 61~244 m/s (200~800 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。

36. 文氏洗滌器操作特性之液/氣比為？
解答：0.67~2.67 公升/m^3。

37. 請說明液相接觸式洗塵系統之除塵原理。
解答：液相接觸式洗滌器是利用噴嘴霧化液滴，與氣體中的微粒碰撞接觸而除塵。

38. 重力噴霧塔之最佳液滴直徑範圍為多少 μm？
解答：重力噴霧塔之最佳液滴直徑範圍為 500~1,000 μm 間。

39. 溼膜洗滌器中使用填充材料的目的為何？

解答：在於提供一個大的溼潤除塵表面而不影響氣體或液體之流動。

4.4 溼式洗滌器的操作與維護

40. 請說明溼式洗滌器操作問題及其解決之道？

解答：1. 溼區及乾區形成：溼式洗滌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。可延長導管至洗滌器內或使塔內壁保持完全溼潤。

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滌器。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。幾乎所有洗滌器都有這樣的問題，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：任何洗滌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：在溼式洗滌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。不幸的是溼式洗滌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：溼式洗滌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。

4.5 溼式洗滌器之適用條件

41. 請比較溼式洗滌器與其他控制設備之優缺點？

解答：1. 優點：

(1) 沒有二次粉塵產生。
(2) 可同時收集微粒和氣體。
(3) 可處理高溫、高溼氣體。
(4) 使氣體加溼。
(5) 火災及爆炸性災害最小。

2. 缺點：

(1) 腐蝕問題。
(2) 白煙問題。
(3) 壓力降及功率需求高。
(4) 水污染問題。
(5) 難回收副產品。
(6) 酸性氣體吸收率有限，無法去除所有酸氣。

伍、袋式集塵器

5.1 簡介

42. 袋式集塵器使用的濾布中，厚濾床對何種粒徑之微粒有極高之收集效率？

解答：>0.3 μm。

43. 請說明袋式集塵器之洗袋方式、除塵機制、濾布種類。

解答：1. 濾布種類：

(1) 可丟棄式。
(2) 可重複使用。

2. 洗袋方式：機械振盪式、脈衝噴氣式、反洗空氣式。
3. 除塵機制：

主要機制：慣性衝擊、直接攔截、擴散沉積。
次要機制：重力沉降、微粒聚結 (或凝結)、靜電吸引。

5.2 袋式集塵器之系統及構造

44. 袋式集塵系統組件有哪些？
解答：濾袋及支架、濾袋清洗設備、收集漏斗、外殼、抽 (送) 風車。

45. 請說明袋式集塵器之過濾方式？
解答：1. 內部過濾：機械振盪式及反洗空氣式濾袋屋。
2. 外部過濾：脈衝噴氣式濾袋屋。

46. 濾袋屋外部使用保溫材料主要目的為何？
解答：以免吸熱冷卻時水氣及酸霧凝結在壁上，加速濾袋屋的腐蝕及損壞。

5.3 濾布材料與濾袋清洗

47. 請比較織布型和毛氈型濾布之差異性。
解答：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。

48. 就成本而言，玻璃纖維濾布較其他材質濾布高出許多，但其具有哪些優點？
解答：耐溫性可高達 260℃，且耐酸性高。

49. 結合哪兩種技術可以有效捕集粒狀污染物和分解破壞氣相戴奧辛？
解答：表面過濾技術和觸媒分解破壞的觸媒過濾系統。

50. 請說明縮短濾袋壽命之原因？
解答：刮損、熱損、化學侵蝕。

51. 請說明廢氣降溫的方法及限制？

解答：1. 熱交換器：使用商用熱交換器可有效降低排氣溫度並回收廢熱，為一般工程上常用的方法，效果佳，但需投資硬體設備。

2. 稀釋廢氣：這是最簡單且廉價的方法，尤適用於高溫廢氣。方法是將常溫大氣加入熱廢氣中，達到冷卻之效果。缺點是此舉增加了待處理氣體的量，另外稀釋的空氣中可能含有溼氣及其他污染物等。

3. 輻射冷卻：在廢氣排放管外，加裝一長形未絕熱的管道，利用管道自然輻射來降低廢氣溫度。管道可作成U字形以增加輻射的面積。輻射冷卻法僅限於將氣體降至 300℃，否則需要很長的管道而使得風扇所需能量增加太多。此法另一個缺點是無法正確控制至所需的溫度，另管道中可能因微粒沉積太多而阻塞。

4. 蒸發冷卻：在濾袋前管道中噴入微細水滴，讓水滴蒸發吸熱而降低廢氣溫度。此法十分有效，且可準確控制廢氣溫度，但需注意降溫後不能低於酸氣 (如：SO_2、NO_2、HCl 等) 之露點，以防止腐蝕發生。另需能保證噴出的水霧全部蒸發掉，否則會產生金屬腐蝕及濾餅阻塞等問題。

52. 請說明依時間順序區分的濾袋清洗方式。

解答：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 3 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，此法適用於批次生產製程。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哪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，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。

53. 請說明不同種類袋式集塵器之空氣-濾布比 (A/C)。

解答：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。振盪式的濾袋屋過濾速度較高，其值在 1.0~3.0 cm/s 間。脈衝噴氣式的過濾速度之設計值比其他方式更高，在 1.0~7.5 cm/s 間。

5.5 袋式集塵器的操作與維護

54. 影響濾袋壽命的因素有哪些？

解答：廢氣量、廢氣溫度、水分、廢氣化學成分、塵粒濃度及特性、濾袋所造成的壓差、出灰系統。

55. 如何避免黏性顆粒或泥狀物堵塞濾袋集塵器？

解答：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。

56. 請說明袋式集塵器的緊急操作及應變方式。

解答：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。

5.6 袋式集塵器之適用條件

57. 袋式集塵器主要是利用何者原理來收集粒狀物？

解答：袋式集塵器利用慣性衝擊、擴散、直接攔截、重力沉降與靜電吸引等集塵機制集塵，當濾餅形成時，濾餅過便成為最主要的微粒收集機制，對於粒徑大於 0.3 μm 的微粒，收集效率可 >99%。

58. 袋式集塵器之優缺點為何？

解答：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. 對溼度敏感。
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。

陸、靜電集塵器

6.1 簡介

59. 靜電集塵器對大於粒徑多少微粒的控制效率極佳？
解答：1 μm。

60. 靜電集塵器 (ESP) 依其移除集塵板上的粒狀物之方法可分為哪兩種？並說明其差異。
解答：ESP 分乾式及溼式兩種，乾式集塵器是以敲擊的方式進行清塵，而溼式集塵器顧名思義則是藉由集塵板頂端注入適量的水來移除其上之微粒。乾式主要應用於乾塵去除，溼式用於油霧去除。

61. ESP 主要構造有哪些？
解答：1. 集塵器本體 (含放電電極線、集塵或集油板、敲擊器或水洗壁、外殼)。
2. 入口及出口管道。
3. 漏斗及出灰或集油設備。
4. 供電系統 (如變壓整流組)。
5. 其他附件 (如礙子、礙子加熱用風機、漏斗加熱器、漏斗振動器等)。

6.3 靜電集塵的理論

62. 請說明電暈放電之原理？
解答：當放電電極線之電壓加高至其周圍產生淡藍色的亮光時，稱為電暈放電。電暈放電是由於在放電電極附近，電場強度很高，產生的電子及離子被加速至極高速度，碰撞空氣分子並使之游離，被游離的每個空氣分子各產生一個正離子和一個自由電子。

63. 請說明雪崩相乘效應 (Avalanche multiplication)？

解答：游離的正離子及自由電子再與其他空氣分子作高速碰撞，又產生額外的正離子及自由電子，這個過程不斷的產生，稱為雪崩相乘效應 (Avalanche multiplication)。

6.5 靜電集塵器的操作與維護

64.請說明當含水率固定時，入口氣流溫度改變與 ESP 效率之關係？

解答：阻抗會隨溫度而改變，當含水率固定時，在 200℃以下時，溫度降低，阻抗也隨著降低，收集效率提高。在 200~300℃間，溫度升高，阻抗則隨著上升，集塵效率降低。

6.6 靜電集塵器之適用條件

65. 請比較靜電集塵器之優缺點？

解答：1. 優點

(1) 對粒徑大於 1 μm 以上的粒狀物可達到高集塵效率。
(2) 操作及維護費用便宜。
(3) 廢氣壓力損失較小。
(4) 能源消耗低。
(5) 可處理大量廢氣。
(6) 適用於高溫廢氣。
(7) 耐酸鹼性及耐溼性較佳。

2. 缺點

(1) 設備成本高。
(2) 操作維護不易，需要技術層次較高之人員。
(3) 不適用易燃氣體。
(4) 安全較有顧慮。
(5) 使用愈久，效果愈差。
(6) 對粒徑介於 0.3~1 μm 之粒狀污染物，因荷電困難，故不易去除。
(7) 集塵效果受進氣條件變化影響較大。