

空氣污染物減量技術案例介紹(上)

粘愷峻*

傑智環境科技股份有限公司 資深經理

近年來由於空氣污染問題日趨嚴重，經常衍生成關注議題，因此，無論是環保機關或業者對於空氣污染物之防制將會愈來愈重視，以往工廠先求有設備就好的概念，已不足以因應目前日趨嚴格的環保法令及民眾要求。空氣污染物包含項目及種類眾多，一般空氣污染物指懸浮在空中之固態、液態或氣態物質，而且其濃度足以造成人類及動植物健康的威脅。

國內環保機關對於空氣污染物採取相當嚴格之管制措施，主要策略包括採取行政管制，及經濟誘因等措施。行政管制部分，環保署以訂定固定污染源空氣污染物排放標準、排放許可申請及申報等管制方式來降低空氣污染物之排放量。經濟誘因之管制策略，則以落實污染者付費之精神，如徵收空污費(揮發性有機物、硫氧化物、氮氧化物、粒狀污染物等)，鼓勵業者主動進行污染減量及改善，並達到降低整體排放量之目標。

空氣污染處理技術之選用，一般可依循最佳可行控制技術(BACT, Best Available Control Technology)之精神，進行減量技術之選用。BACT 主要是依製程排氣特性為基礎，在符合法令限制之前提下，對於任何由主要排放設施所可能排放或衍生之污染物，透過製程變更或可行控制方法之選擇，將能源耗用、環境影響及經濟成本上的衝擊列入考慮後，選擇用以控制排放之污染物，藉以達成該排放設施所能達到的最大程度削減量之技術或方法。目前「固定污染源最佳可行控制技術」相關空污法令，已針對 VOCs、SOx、NOx 及粒狀污染物訂定特定產業及製程相關之最佳可行控制技術，作為產業規範之參考依據。

許多產業對於空氣污染控制設備之選用，大多未以最佳可行控制技術之精神，進行減量技術之選用，而多以設置成本作為選用設備的最終考量，導致業者雖有設置空氣污染控制設備，卻非為最適當的處理技術，也因此經常在設備操作過程中面臨許多問題，如處理設備選用不適當或效率不佳...等，常衍生空污陳情的問題。

除了空污設備所面臨問題外，製程前端集氣效果不佳，也是業者經常面臨的問題，業者多會將空氣污染改善經費集中在防制設備，但卻經常忽略製程前端集氣效率提升的重要性(空氣污染物減量效率=集氣效率*防制設備效率)，許多業者常因逸散性污染源集氣效果不佳，導致整廠空氣污染物減量效果大打折扣，甚至衍生作業場所空氣污染物濃度過高問題，易因逸散至廠周界外而產生陳情事件，並降低整廠之排放減量。集氣效率的改善，所花費的成本較防制設備低很多，但獲得的污染減量或空污費減少，都會比防制設備更新或改善有更高的成本效益，因此改善集氣效率一般是空氣污染減量的重點，但此類問題大都受限於機台型式及生產動線，直接影響逸散性污染源的集氣效果。

空氣污染控制設備商業化程度已很高，若產業能基於廢氣污染物及排氣特性，對於排氣特性(如排氣風量、溫度、濕度、污染物種類、比例及濃度)能有明確掌握，再輔以 BACT 原則進行設備選用，即可發揮防制設備應有的特性。本文針對一般空氣污染防制輔導經常面臨的問題，提供相關案例進行分享，讓產業能參考相關實務問題及解決方式經驗，作為未來產業處理相關問題重要經驗參考。

案例 1

1. 案例概況：本案為金屬表面處理業，從事金屬加工處理程序，製程使用多種酸鹼液，多次遭民眾陳情排放白煙問題。

2. 問題分析

(1) 本案陽極處理製程係將原材-鋁製半成品(鋁鎂合金或鋁鎂矽合金)經脫脂、酸洗、鹼洗及陽極處理，使用之化學品包含酸洗槽-磷酸、硝酸及硫酸、鹼洗槽-氫氧化鈉以及硝酸鈉等，採酸鹼共排。

(2) 部分製程廢氣經集氣罩收集後導入洗滌塔，業者曾加冰塊於洗滌液中，但白煙狀況未見改善，故串接新設洗滌塔。製程出口之廢氣溫度約為 40~50°C、煙道出口測得 30°C，現場檢視酸洗槽可目視白煙生成(酸液使用量高)、鹼洗槽則輕微許多(鹼液使用量低)，若遇擴散不良之狀況(如早晨、低氣壓籠罩等天候)時，即會在煙道口產生大量白色煙霧，經常遭受周遭民眾陳情白煙問題。

(3) 業者不知如何要求設備供應商達到要求的性能。依圖面檢視該洗滌塔部分設計參數，洗滌塔停留時間(約 0.75 s)及處理風速(約 1.5 m/s)，仍屬合理範圍。

3. 改善建議

(1) 清查酸鹼液使用量，將酸氣及鹼氣分流處理(個別使用 1 座洗滌塔)避免因產生衍生性鹽類粒狀物而導致次微米白色煙霧產生。

- (2)若設備本體改善有困難，可從操作參數如增加液氣比、選用高效率填充材、除霧器(處理風速為 2~2.5 m/s，需縮口設計) (建議除霧效果應用於 > 5 μ m 粒徑時，去除效率應 > 99%)...等方向先著手改善，以有效提升洗滌塔去除效率及除霧效果，降低白煙之產生量。
- (3)對於製程排氣(洗滌塔入口)進行酸(鹼)氣體濃度分析，參考相關環保法令要求，提供設備供應商作為洗滌塔效率設計依據，並於合約中載明設備性能需求，設置後進行設備效率(或出口濃度)檢測，作為設備驗收依據。

案例 2

1. 案例概況：本案為漆包線含浸塗佈凡立水及烘乾製程，為異味主要來源，使用有機溶劑為二甲苯。二甲苯排放濃度約 2.5ppm，二甲苯之臭味閾值約 80ppb，理論上應可符合固定源煙道排放標準(煙囪高度低於 18m，異味標準 1,000)，但仍然有明顯味道由煙囪排出，導致工廠下風處之居民在特定季節(夏季)經常陳情異味。
2. 問題分析
 - (1)檢視製程集氣效率：現場觀察，常溫塗佈凡立水雖有圍封，但集氣僅位於上方約 10cm 圓孔，捕集速度約 0.1~0.2m/s，因集氣範圍過小，無法避免 VOCs 逸散至作業環境，且機台週遭有明顯異味，疑長期累積 VOCs 於作業場所，進而擴散至廠區外，造成廠區外皆有明顯 VOCs 異味飄散。
 - (2)觸媒焚化設備(CTO)性能檢視：檢視現有 CTO 之設計參數，空間速度(風量(CMH)/觸媒體積(m³))約 40,000~50,000/hr，觸媒停留時間約 0.09 秒，略顯不足。
3. 改善建議
 - (1)集氣效果仍有改善空間，可由集氣罩設置位置(原則：靠近污染產生源、熱排氣及低比重採上吸式氣罩、比重較重之溶劑易沉降累積，可在不影響作業前提下採側吸式氣罩或推拉式氣罩)，整體換氣必要換氣量 Q，與污染有害物消費量 ω (產生量)(g/h)成正比，與控制濃度 C(ppm)成正比，以公式計算：(M:有害物分子量/ K:安全係數 3 至 10)。惟集氣量一但增加，原處理設備之系統負荷將增加，建議一併納入考量。依照環保署空污費徵收之集氣標準，圍封式氣罩集氣效率約 80%，但若能在集氣側裝設壓差計(負壓操作)，則效率可認定 90%，若在人員進出口(第二道圍封)亦為負壓(外氣只進不出)，則集氣效率可認定為 100%。

$$Q = \frac{24.45 \times 10^3 \times \omega}{60 \times C \times M} \times K$$

(2)氣罩是集氣系統中最重要的一環，選擇不適之氣罩或風量計算錯誤，則即使風管和風車設計正確，整個系統亦無法發揮應有之功能。再者，風車之重要性居次，應包括導引空氣進出風車之風管，如果風車容量不足，則經過此系統之風量不足；風車前後之風管如果設計不當，產生渦流或不均勻之流型，將減少風車之抽風能力，因風車具有操作彈性，例如藉增加轉速以增加其抽風能力。風管設計最困難之工作是如何決定適當之風管尺寸，使進入氣罩之氣流量合乎氣罩流量之設計標準。局部排氣系統設置應注意事項如下：

- A.氣罩應儘可能設置於每一發生源及接近發生源。
- B.必須具備足夠之捕集風速(集氣罩面風速 $> 0.5 \text{ m/s}$)。
- C.不使被污染之空氣流動經作業人員之呼吸帶。
- D.須供給與排出風量相同之空氣。
- E.排氣位置應遠離入氣口並應避免排出空氣回流室內。
- F.減少或消除週圍氣流對氣罩吸引空氣流線之影響。
- G.儘量密閉發生源及製程，儘可能使用包圍型氣罩。
- H.應視作業方法、擴散狀況，選擇適當之氣罩型式及大小。
- I.導管應易於清潔、保養及測定。
- J.作業時間內應保持有效運轉。
- K.應使用氣罩吸引污染空氣，儘可能不使用導管吸引。
- L.導管內輸送風速應至少在 7m/sec 以上，而以 10m/sec 以上較適當。
- M.氣罩於必要時可加裝凸緣。
- N.排氣機應置於空氣清淨機後之位置。
- O.連接排氣管與導管時，為減低噪音、振動與不漏氣，可以可撓性接頭或帆布連接。
- P.為防止振動，排氣機應固定於堅固之水泥基礎或支撐物，或套以防振橡膠、墊片，或其他防振材料。
- Q.為提高排氣機性能，將排氣機串聯或並聯使用時，應充分瞭解各該排氣機之特性。

(3)觸媒焚化設備(CTO)性能提升方式：CTO 空間速度越高，表示單位體積觸媒所處理之風量負荷愈高，雖設置成本較低，但反應之停留時間愈短(一般在0.2~0.4 秒)，壓損也會增加；因此建議業者若要由觸媒焚化設備提升效率，除了可由觸媒之空間速度降低(15,000~20,000/hr))(但觸媒量會增加)，使得反應時間增加外，亦可由氣流均勻性、觸媒種類及反應產生之入出口溫差進行檢視，並定期(1~2 年)請原廠協助進行觸媒之性能檢測，以確保 CTO 應有之處理效能。

案例 3

1.案例概況：本案係電線電纜製造程序，廠內僅有混鍊機及製粒機後接有脈動式袋式集塵器，其餘製程如伸線機、絞線機、鍍錫機、押出機設備之廢氣均以逸散方式排出，由 PVC 塑膠或合成橡膠及天然橡膠，以 100°C混鍊後再經水冷氣冷成形，排氣產生明顯異味，收集效果不佳，且僅以簡易水洗方式處理，異味處理效果不佳。

2.問題分析

- (1)製程區中仍有明顯異味，且尚無設置有效之集排氣系統。
- (2)僅以簡易水洗方式處理廢氣，對異味處理之效果相當有限。

3.改善建議

(1)集氣系統改善，整個集排系統之設計重點如下所述。

A.設計次序

氣罩之設計次序如前述。

B.設計步驟

(A)風車大小：風車大小依抽風量 (m^3/min) 和風車靜壓 (mmH_2O) 而定。

(B)風管：通風系統之壓力降依速度之平方而變化，而風管中之風速，和風管直徑有關，風管直徑參考下列原則決定之：

- a.小風管之購置費較低，但由於其風速較大，因此壓降較大，須選用較大尺寸之風管，以降低耗電量。
- b.設計氣罩系統時，所選定風管之尺寸應使壓力降正確，而且經過每一氣罩之風量應符合設計規範。

c.由於圓形管較長方形管能使風速均勻分佈，儘可能設計使用圓形風管。

C.設計要點

- (A)標出污染源之位置。
- (B)列出每一氣罩之風量，進口壓力損失係數及最小風管速度。
- (C)列出空氣清淨裝置之壓力降，此可由空氣清淨裝置之製造商提供資料。
- (D)列出風管壓力損失計算之係數。
- (E)計算不同尺寸風管，及其截面積。
- (F)計算風管之速度壓力。
- (G)計算風管之摩擦損失。
- (H)計算風管之壓力損失。
- (I)計算支管進入主風管之壓力損失。
- (J)如為單一氣罩系統時，則總合以上之壓力損失，以選定風車大小，如為複合氣罩，則要平衡會合點之風壓，以決定其風量再總合串聯系統之壓力損失，以選定風車大小。

(2)異味減量技術建議

- A.異味處理建議先做集氣後，建立廢氣成分、濃度、風量之特性資料，防制設備選用則建議參考 BACT 原則。但若未進行檢測及絕對把握下，建議可先購置小風量機台進行測試，並找出最佳氧化劑添加濃度及操作參數，並可進行效率驗證，以確保放大設計後之成效。
- B.以本案排氣特性，可以評估濕式及乾式處理方案。濕式洗滌法，建議評估採用串聯 2~3 道洗滌塔，並輔以氧化劑之添加，包括次氯酸鈉(pH 約 6.5)及第二道以清水或添加 H₂O₂，測試其最適合之操作參數，再逐步進行現有設備改善。此法有廢水二次污染問題，但設置成本較低，約 0.3~0.6 萬元/CMM。
- C.若濃度低於 10 ppm(as CH₄)，集氣溫度 < 40°C，RH < 80%，則可評估採

乾式觸媒輔以臭氧加強氧化方式。此法效率較高但設置成本也較貴，約 1.5~2 萬元/CMM。

參考文獻

- 1.經濟部工業局，揮發性廢氣減量處理技術講習會資料，2004 年。
- 2.經濟部工業局，揮發性有機物廢氣減量及處理技術手冊，2004 年。