

光電業製程有機廢氣規劃改善 成功案例介紹

余秋江*、司洪濤**

摘要

全世界對於高科技產品之大量需求，光電業繼半導體製造業後成為另一個迅速蓬勃發展的新興高科技產業。光電業大量使用溶劑等化學物質已對環境造成不可忽視之影響，環保署遂公告「光電材料及元件製造業空氣污染管制及排放標準(950105 環署空字第 0950000717 號令)」，藉以有效規範光電材料及元件製造業之揮發性有機物(volatile organic compounds, VOCs)及無機酸排放，減少因生產活動所產生之空氣污染物對環境之衝擊影響。

本文主要闡述國內某高科技產業進行 VOCs 防制設備相關規劃、建置、實際運轉及設備效能提昇改善過程，最後以經濟有效的方法符合光電法規之要求；此成功的改善經驗值得相關產業參考。

【關鍵字】光電、廢氣、揮發性有機物、焚化、吸附、洗滌、冷凝

*上達國際工程有限公司 經理

**台灣肥料股份有限公司 高級專員

一、前言

全世界對於高科技產品之大量需求，光電業繼半導體製造業後成爲另一個迅速蓬勃發展的新興高科技產業。光電業大量使用溶劑等化學物質已對環境造成不可忽視之影響，環保署遂公告「光電材料及元件製造業空氣污染管制及排放標準(950105環署空字第 0950000717 號令)」，藉以有效規範光電材料及元件製造業之揮發性有機物(volatile organic compounds, VOCs)及無機酸排放，減少因生產活動所產生之空氣污染物對環境之衝擊影響。本文主要闡述國內某高科技產業(以下簡稱 A 廠)進行 VOCs 防制設備相關規劃、建置、實際運轉及設備效能提昇改善過程，最後以經濟有效的方法符合光電法規之要求；此成功的改善經驗值得相關產業參考。

二、製程 VOCs 污染源及廢氣特性

A 廠爲 STN 液晶顯示器製造工廠，產品包括液晶顯示器面板(LCD panel)與模組(LCM)。主要原料包含玻璃基板、彩色濾光片、液晶、偏光片、驅動 IC 及背光模組等。LCD 製造程序主要是將洗淨之玻璃基板經由光阻塗佈、曝光、顯影、蝕刻、剝離等程序製成中間產品，再將其切成適當尺寸灌入液晶與貼上偏光片，經由組裝測試後成爲 LCD panel，再交由模組製造程序組裝成 LCM 形式，出貨予電腦、通訊、商業、工業、消費性電子等領域之客戶。LCD 製程之 VOCs 來源，主要來自於光阻塗佈程序、治具及玻璃清洗程序等，其主要溶劑成分爲丙二醇單甲基醚醋酸酯(PGMEA)，其他尚含有乙醇、丙酮、NMP 等溶劑。

爲有效掌控 LCD 原物料交期及降低製造成本，A 廠亦設置有彩色濾光片之生產線，主要生產彩色濾光片交予液晶顯示器製造程序生產 color STN 之 LCD 或 LCM，CF 製造程序主要是將不同顏色之光阻，利用狹縫及旋轉式塗佈(slot & spin coater)機台進行光阻塗佈，經過多次重複相同製造程序及檢查程序後完成彩色濾光片。彩色濾光片製程之 VOCs 來源，主要來自於光阻塗佈製程，其主要溶劑成分爲丙二醇單甲基醚醋酸酯(PGMEA)，其他尚含有環己酮(cyclohexanone)、丙二醇單甲基醚(PGME)及乙醇等成分。

三、光電業環保法規及改善目標

依據「光電材料及元件製造業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」，相關空氣污染物排放與管制標準重點彙整如表 1、表 2 及圖 1 所示。

表 1 光電業揮發性有機物排放標準

空氣污染物	適用對象	排放標準
揮發性有機物	新設製程	處理效率應達 85%或管道排放量 0.4 kg/hr 以下 (以甲烷為基準)。
	既存製程	處理效率應達 75%或管道排放量 0.4 kg/hr 以下 (以甲烷為基準)。

表 2 光電業污染防制設備操作維護記錄

污染防制設備名稱	記錄頻率	記錄項目
清水洗滌吸收設施	每日	洗滌槽洗滌循環水量、廢水排放流量
吸附設施	每日	操作溫度
	更換週期	吸附劑更換日期、更換量

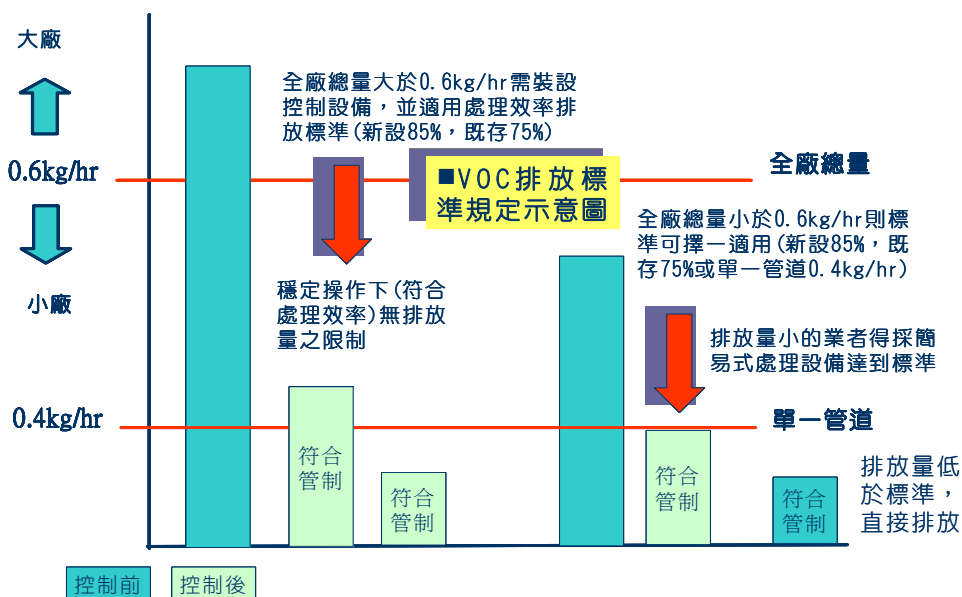


圖 1 光電業揮發性有機物排放標準

82 光電業製程有機廢氣規劃改善成功案例介紹

A 廠具有 STN 液晶顯示器與彩色濾光片 2 類製程，屬於法規公告前之既存製程。參考法規之排放標準，A 廠全廠 VOCs 排放總量是否超過 0.6kg/hr 為第 1 個管制點，若能將整廠之排放量控制於此標準量以下，個別排放管道之排放標準可以二擇一，亦即符合 0.4 kg/hr 或防制設備處理效率達 75%，都是符合排放標準之要求。因此，需確認個別排放管道之排放量，找出適合處理之排放管道，最終目標為整廠排放總量低於 0.6 kg/hr 之法規要求；若高於 0.6kg/hr 之要求，每支排放管道都需裝防制設備，將造成 A 廠過高的初設成本負擔。

四、VOCs 流布清查

A 廠為符合法規要求，在評估選用經濟有效之空氣污染防制設備之前，著手進行下列 VOCs 調查工作，步驟如下：

- 1.清查廠內 VOCs 之種類、成分之物化特性，針對使用量大的或是揮發性高的物質進行列管。其中，物化特性部分最重要的是蒐集化學物質之物化特性參數(如亨利常數)及物質安全資料表(MSDS)。
- 2.清查廠內製程 VOCs 污染源及排氣管道系統之分類及收集處理現況，評估全廠局部排氣裝置設置是否妥當，機台排氣管路銜接是否合適。此清查作業對於固定污染源設置、操作許可證申請書撰寫有所助益，並可據以檢討是否有污染減量空間，以利規劃投資改善期程或安排優先減量次序等。
- 3.調查及檢測排放管道之排風量及污染濃度，彙整所有排放管道之 VOCs 排放量，並依據排放量規劃合適之 VOCs 處理方式。

五、VOCs 防制設備評估及選用

VOCs 廢氣之處理設備眾多，如冷凝器、生物濾床、廢氣焚化爐、活性炭吸附塔及廢氣洗滌塔等。如何評估及選用經濟有效的 VOCs 廢氣防制設備，取決之依據必須考量處理物質之物化特性、處理方式之設置成本、操作成本、法規之符合性及

處理方式衍生之其他問題等。針對 A 廠製程廢氣特性，評估各種廢氣處理設備之適用性及優缺點如下說明。

5.1 冷凝器

冷凝器適用於廢氣入口 VOCs 濃度較高的條件，VOCs 廢氣濃度越高越好(> 5,000 ppm)，不適合處理低濃度之 VOCs 廢氣；依物質物化特性之不同，廢氣冷凝效率為 50~90%。冷凝器最大之優點是可回收有利用價值之成分，若是冷凝之 VOCs 不適合回到製程再利用，因其耗用冰水能源，反而成為缺點。

彩色濾光片製程排放 VOCs 濃度不高，不合適以冷凝器處理。以 PGMEA 為例，經由計算結果(如表 3)，當冰水於 9 °C 之狀況下，PGMEA 濃度需高於 1,192 ppm 才有去除效率(依據國內某研究單位檢測發現 PGMEA 之 NMHC/PGMEA 濃度比例關係約 2.5~3，並非 6 個碳之比例關係)；以 A 廠 VOCs 濃度 600 ppm(NMHC)估算，PGMEA 濃度低於 200 ppm，純冷凝法對 VOCs 之去除效果有限。

A 廠先前設置之冷凝器為改良型冷凝吸收器，係利用空調除濕原理產生之冷凝水，用此冷凝冰水吸收 VOCs 成分，因此除濕量就成為 VOCs 去除效率之重要因子，經排放管道檢測廢氣 VOCs 濃度與主成分 PGMEA 濃度，結果 VOCs 之處理效率只有 10.9%，VOCs 主成分 PGMEA 之處理效率僅 7.7%，去除效果不理想。

以 A 廠製程產出含光阻溶劑(PGMEA)廢氣特性為例，不適合用改良型冷凝吸收器處理。

表 3 不同化學物質之平衡溫度與分壓關係

PGMEA		PGME		cyclohexanone	
平衡溫度 (°C)	分壓 (ppm)	平衡溫度 (°C)	分壓 (ppm)	平衡溫度 (°C)	分壓 (ppm)
145~146 (沸點)	1,000,000	119 (沸點)	1,000,000	155.6 (沸點)	1,000,000
9	1,192			38.7	13,158
-5	372			26.4	6,579
-10	237			1.4	1,316
-15	147				

資料來源：國內某工程公司及某大學環工所聯合提供

5.2 生物濾床

相關文獻記載，利用生物濾床法處理 PGMEA 之 VOCs 廢氣，其去除率高。設備設置成本若以廢氣風量 $50 \text{ m}^3/\text{min}$ 及 VOCs 濃度 600 ppm 為估算基準，生物濾床設置成本約 200~600 萬元；操作費用只需考量風車電力、加濕水、營養成分之提供等；長期運作尚需考慮翻堆、濾料補充及檢測分析費用。生物濾床法是相當環保之處理方式，只要廠內有足夠之用地面積，值得參考使用，但是仍有下列限制：1.需有經驗之操作人力；2.宜具備相關之分析儀器；3.濾床若是照顧不佳，有可能會一次失效，濾床要重新恢復功效，需相當長之時間，此時排氣可能超過標準。基於上述因素，A 廠最後評估結果未選擇此技術。

5.3 廢氣焚化爐

廢氣焚化爐屬於完全破壞性之處理設備，適用於高濃度 VOCs 之廢氣，去除率相當高，目前技術也已相當成熟。若以廢氣風量 $50 \text{ m}^3/\text{min}$ 及 VOCs 濃度 600ppm 為估算基準，廢氣焚化爐設置費用約 300~900 萬元，操作費用主要是瓦斯或天然氣費用估計每月約 10 萬元(未包含設備操作維護保養等)。若採用觸媒焚化，觸媒之更換費用亦高。

A 廠最後評估結果未選擇此技術，主要原因為：1.相對其他處理方式，其設置及操作費用較高；2.彩色濾光片製程作業並非 24 小時連續操作，需經常開關焚化設備，對於能源之消耗及設備之耗損可能較高；3.廠內無天然氣管路，施工費用、期程及工安消防等相關考量；4.清潔生產之考量，未來仍希望透過源頭減量或替代，降低 VOCs 之產生；VOCs 廢氣濃度由 600 降至 $200\sim 300\text{ppm as CH}_4$ ，不適合採用焚化處理技術。

5.4 活性碳吸附塔

A 廠 STN LCD 製程產生的 VOCs 廢氣以此物理吸附方式處理，基本上符合低濃度之特性，操作維護亦方便，平常只要注意碳塔壓差及碳床溫度即可。唯一缺點是定期更換會造成 2 次污染，產生廢棄物處理問題，所幸已有合格業者可取回廢活性碳進行再生予以回收再利用，避免廢活性碳以掩埋或焚化處理。

5.5 廢氣洗滌塔

廢氣洗滌塔適合處理水溶性較高之 VOCs 成分(如 PGMEA、PGME 等)，可由物質之亨利常數值來判定。通常亨利常數值越低之物質越容易利用洗滌法處理，此方法並非最終之處理法，因其僅將空氣中之污染物轉換到液相廢水中；因此，若氣相污染物濃度很高，後續則必須搭配適合之廢水處理程序(如生物處理法、化學處理法或高級氧化處理法等)，其設置成本及操作成本會因 VOCs 濃度之高低，而有很大之差異，需做完整之適用性評估。

彩色濾光片製程由於經過源頭 VOCs 減量程序，NMHC 之濃度大約 150~300 ppm as CH₄。選擇洗滌塔處理水溶性之物質，可由控制上部灑水量來控制洗滌塔之去除效率，一方面也是控制排放廢水之 COD，然後其他不易溶於水之物質，再經過活性炭塔之吸附處理後而排放。此串聯之程序有其優異性存在，如水洗塔就能符合法規之要求，即可將活性炭塔當備用設備，以因應水洗塔失效時之廢氣處理。

六、討 論

A 廠 VOCs 處理之過程，針對防制設備之設計考量、運作結果，分別依 STN 液晶顯示器與彩色濾光片 2 類製程說明如下：

6.1 STN 液晶顯示器製程

A 廠 STN 液晶顯示器製程採用活性炭塔為最終 VOCs 處理設備，於 96 年 1 月底完工，通過檢測順利取得操作許可證。

活性炭塔設置費用約 100 萬元，預計每半年更換 1 次活性炭，更換費用約為 15 萬元以下。活性炭塔之硬體設計如表 4，設備如圖 2。

表 4 STN 液晶顯示器製程活性碳塔之硬體設計

項次	名稱	規格	實際
1	碳床體積	$L2.65m \times W0.5m \times H1.85m \times 2 = 4.9 \text{ m}^3$	
2	設計風量	< 141 CMM	
3	碳床填充深度	50 公分	
4	碳床面速	< 0.5 m/sec	0.24 m/sec
5	碳塔壓差	< 50 mmAq	30~40 mmAq
6	碳床停留時間	>1sec	2.09sec
7	活性碳規格	柱狀碳 CTC70 新碳非再生碳	
8	活性碳數量	2,000~2,200 公斤	



圖 2 STN 液晶顯示器製程活性碳塔設備

活性碳選擇需依活性碳廠商提供之吸附容量參考表或參考其他技術資料(如環保署惡臭防制技術手冊 III)，活性碳對各種有機物之吸附容量並不相同，完全

需依據廠內 VOCs 成分及預計更換週期，用以計算活性碳之充填量。此外，活性碳之選擇需注意新碳或再生碳，因其吸附容量及價格差異大，購買時需注意。活性碳之包裝，以 25 公斤包裝為例，內部需有防潮包裝，避免水氣之影響。

活性碳吸附有機物屬放熱反應，因此碳床之溫度需密切監控。為避免溫度異常上升，A 廠將碳床之溫度拉回中央監控系統進行管制；此外，應避免長時間停機，在停機且屋外陽光長期曝曬之狀況下，內部悶熱容易有消防上之考量，因此設計之初即規劃風車之電源緊急電，以維持系統穩定之運轉。

6.2 彩色濾光片製程

A 廠彩色濾光片製程之 VOCs 處理，分成源頭改善及防制設備規劃兩部分，透過此方式使得 VOCs 處理成本大幅之降低。

1. 源頭改善

源頭改善是最節省成本的方式，但也是最困難執行之方式，因需要現場改變作業方式或修改機台設備，對於產品之品質會有很高之不確定性，只能經過密集開會評估其效益，讓老闆瞭解減量之優點；所幸在老闆大力之支持下，技術單位全力之配合，完成減量之成果，A 廠不僅大幅降低現場溶劑之使用量，同時也大幅降低防制設備之 VOCs 入口濃度；相對的對於防制設備之設備成本壓制到最低的狀況，對於公司是最有利的。

2. 防制設備規劃

防制設備原採用冷凝吸收器並無法將製程 VOCs 廢氣處理至符合排放標準，其失敗之原因如下：

依 PGMEA 平衡溫度與蒸氣壓之關係式可推估在飽和狀態下於 9°C 時，PGMEA 之氣體濃度為 1,192 ppm as PGMEA，相當於 3,000~4,000 ppm as THC，故當排氣中 PGMEA 濃度低於此值時，以 7°C 冰水冷凝無法利用飽和蒸氣壓方式予以去除，只有利用無塵室空氣中之水氣露點(約 15°C)於降溫到 9°C 所產生之少量冷凝水來吸收 PGMEA，其冷凝水量以 50 m³/min 排氣量可冷凝水量為：

$$\begin{aligned} 50 \text{ m}^3/\text{min} \times (0.01683 - 0.0113276) &= 0.275 \text{ m}^3/\text{min of steam} \\ &= 0.275 \text{ m}^3/\text{min} \times 0.9 \text{ kg/m}^3 = 0.25 \text{ kg/min} = 14.85 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

88 光電業製程有機廢氣規劃改善成功案例介紹

依 PGMEA Henry's Constant : 0.19112 atm/mole · fraction@25°C

換成 9°C 下之 K 值以 $K(T) = K(T_0) \cdot e^{[-C(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})]}$ 式

推算 $K_{9°C} = 0.19112 \times 0.8 = 0.16$ atm/mole · fraction

以廢氣中 PGMEA 濃度在 400 ppm 下此冷凝水可吸收 PGMEA 量為：

$$X_i = Y_i K = 2,500 \text{ ppm}$$

$$\text{即 } Q_{\text{PGMEA}} = \frac{14.85}{18} \times 2,500 \times 10^{-6} = 2.06 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mole}$$

$$\text{PGMEA/hr} = 0.04766 \text{ m}^3 \cdot \text{PGMEA/hr}$$

$$\text{PGMEA 濃度下降: } 0.04766 \text{ m}^3 \div (50 \times 60) = 15.9 \text{ ppm as PGMEA}$$

即 PGMEA 濃度自 400 ppm 降到 384 ppm(即 4% 去除率)。

至於光電廠所用之 stripper condenser 增加鱗片上噴水，此原理不外乎利用水吸收 PGMEA，因水平式側向噴水其氣流易有渠流(channelling)現象，無法達到高效率吸收效果，至於降溫洗滌，依上述溫度修正公式可知，吸收效果至多提昇 20%(K 值)，對整體吸收計算之影響有限。

A 廠從上述冷凝器設置過程中學取經驗，進而規劃出冰水填充洗滌塔系統，順利處理彩色濾光片製程之 VOCs 廢氣。以下重點說明冰水填充洗滌塔之設計。

設計時重要的考量因子即是單元操作計算，VOCs 廢氣從下方往上吹，水源從上方往下方噴灑，只要確保往下方噴灑之水是絕對乾淨的，VOCs 於氣液間之質傳就會越明顯，出口廢氣之 VOCs 濃度就會越低。基於此原理，設計上方自來水 one through 灑水量為 1 m³/hr，因水源未於洗滌塔內部重複循環，水中 VOCs 濃度不會隨著洗滌時間之增加而增加，雖然會浪費水資源產生廢水處理之問題，但相對卻以較低成本之防制設備解決了 VOCs 之問題。另一個好處即是洗滌塔內部不會滋生藻類或菌類，可以避免填充塔阻塞造成之風車動力增加之問題。南部某一個科技廠以水洗塔處理 VOCs，循環水由於採內部循環並未定期補充新水，造成需添加藥劑抑制菌類藻類之生長，不僅浪費藥液成本，而且洗滌塔對於 VOCs

之處理效率也不高，因此，洗滌塔雖然很簡單但設計是馬虎不得的。圖 3 為冰水填充洗滌塔設施。



圖 3 冰水填充洗滌塔

關於洗滌塔之補充水源，A 廠從失敗之改良型冷凝吸收塔中獲得寶貴經驗，只要能取得足夠補充水，以填料塔內充足之吸附表面積，應該可以獲得更高之處理效率。A 廠經過廠務部門內部之檢討後，發現無塵室空調系統之外氣空調箱之冷凝水，非常適合取來回收再利用；經過實際測試先取用空調凝結水，不足部分

90 光電業製程有機廢氣規劃改善成功案例介紹

才取用自來水，如此大幅節省自來水之費用。此外，採用凝結水之另一個好處，即是凝結水溫度相當低，相對會降低溶液之亨利常數，因而提升填料塔對於 VOCs 之處理效率。冰水填充洗滌塔系統完成設置後，經設備試俾檢測結果如表 5。

表 5 冰水填充洗滌塔廢氣處理成效檢測結果

項次	運轉條件	結果
1	水量 3 m ³ /hr+AC 塔	水洗塔+活性碳 > 95%
2	水量 1 m ³ /hr	水洗塔去除效率 > 90%
3	水量 0.5 m ³ /hr	水洗塔去除效率 > 80%
4	AC 塔	活性碳去除效率 > 90%
原合約要求：水洗塔 40%以上，活性碳塔 70%以上，串聯總效率 82%以上。		

泛溢點(flooding)確認：對於填充洗滌塔在決定塔身直徑前，需先檢查是否會發生“flooding”。flooding 為氣體向上之流量，若氣體流率繼續增加，超過填料塔所能承受之負荷時，其將阻止上方液體向下流動，逐漸往上累積直至溢出塔外為止。造成此種現象之氣體流量稱為 flooding point。然而氣體流量為一定值，無法改變。因此需改變填料塔截面積，使得氣體流速低於 flooding point，此為一設計要點。通常所採用之氣體流率為溢流率之 50~75%。若需設置填料塔，務必要求廠商提出詳細之計算，方能確保設備之功能。

填充材選擇：A 廠洗滌塔分上下 2 層，上層採用陶瓷拉西環(如圖 4)，下層採用 pp 材質 K2 填充材，上部灑水量 1 m³/hr，經過計算濕潤因子約 0.018 m²/hr，填充段空塔滯留時間 1.84 sec；此部份於「光電材料及元件製造業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」中無相關要求。但環保署於 91.10.16 公告之「半導體製造業空氣污染管制及排放標準」中，對於酸氣之洗滌塔卻有如下規定：操作條件應符合：設備洗滌循環水槽 pH 值應大於 7、潤濕因子應大於 0.1 m²/hr、填充段空塔滯留時間應大於 0.5 秒、填充物比表面積應大於 90 m²/m³。基本上，雖然同是洗滌塔，但是不同行業別法規之管制要求卻不盡相同，並沒有管制濕潤因子、停留時間及填充物比表面積。



圖 4 陶瓷拉西環

處理流程之設計：彩色濾光片製程最初之流程設計，先以洗滌塔去除水溶性之 VOCs，然後經過離心式風車送風至活性炭塔(硬體設計規格如表 6，設備如圖 5)，最後經由排放管道排放。此部份較難以抉擇之處：到底是先經過洗滌塔還是先經過活性炭塔？最終 A 廠係以污染物之特性決定。若先經活性炭塔，連 PGMEA、PGME 等水溶性物質都會先被活性炭吸附，很快就會達到飽和，水洗塔之作用就不大。但是水洗塔設置於前端亦有隱憂，因水分會與 VOCs 競爭活性炭，造成活性炭吸附效果不佳，解決方式有三：1. 洗滌塔上方加設 wire mesh 型式之除霧層；2. 將離心式風車設置於水洗塔之後、活性炭之前，希望風車之離心力能去除部分之水分；3. 管路採用不銹鋼材質，透過陽光之照射提昇出風溫度。經由此三方式之改善，A 廠於活性炭塔前測得之水分含量約 3%，與一般大氣水分含量差不多，而且單獨檢測活性炭塔之去除效率超過 90%(活性炭吸附塔入口 VOCs 濃度 20~30ppm，出口 VOCs 濃度 < 3ppm)，初步判斷並沒有太大之影響。

檢測方式之確認：此部份亦為冷凝器失敗過程中學到之經驗之一。揮發性有機物排放削減率係以非甲烷總碳氫化合物(NMHC)檢測濃度計算，檢測方法使用「排放管道中總碳氫化合物及非甲烷總碳氫化合物含量自動檢測方法-線上火焰離子化偵測法(NIEA A723.72B)」，在方法內容中規範，若污染樣品中含水率過高，且主要污染物具水溶性時，樣品傳輸管需設有加熱保溫措施；亦即防制設備若為洗滌塔或冷凝器，檢測時需注意檢測人員量測取得之水分含量；若水分含量

92 光電業製程有機廢氣規劃改善成功案例介紹

過高，採樣管需採用加熱保溫管，避免檢測受到水分之干擾；但是若檢測使用加熱保溫管，而進 GC 之前卻使用 water trap，雖然可去除水分，但同時亦將水溶性物質溶於冷凝器中造成出口檢測結果偏低，誤判防制設備之去除效率。這是檢測過程中需特別注意的。

表 6 彩色濾光片製程之活性炭塔規格

項次	名稱	規格	實際
1	碳床體積	$L2.8 \times W0.5 \times H1.4 \times 2 = 3.14 \text{ m}^3$	
2	設計風量	$< 50 \text{ m}^3/\text{min}$	
3	碳床填充深度	40 公分	
4	碳床面速	$< 0.5 \text{ m/sec}$	0.11 m/sec
5	碳床停留時間	$> 1 \text{ sec}$	3.76 sec
6	碳床壓差	$< 20 \text{ mmAq}$	6~10 mmAq
7	活性炭規格	柱狀碳 CTC70 新碳非再生碳	
8	活性炭數量		1,500 kg



圖 5 彩色濾光片製程活性炭吸附塔設備

七、結 論

對於 A 廠液晶顯示器工廠 VOCs 處理之規劃，包含瞭解法規要求調查現場排氣狀況、評估選擇防制設備，以及後續工程之發包、施工及完工廢氣驗收檢測等作業，整體 VOCs 廢氣改善成功過程花費 2 年的期程才完成，茲彙整下列寶貴經驗供業界參考：

1. 清潔生產永遠是最節省成本之生產方式，透過污染源減量、低揮發性藥液之取代，不僅節省生產原料成本，並且也節省防制設備之設置及操作成本。因此，只要能讓老闆瞭解這個誘因，由上而下的要求模式，是比較有可能達到減量之目的。A 廠具體之清潔生產方式如下：
 - (1) STN 液晶顯示器製程：治具清洗作業以低揮發性之溶劑取代高揮發性之溶劑丙酮之使用。
 - (2) 彩色濾光片製程：改變 spin coater 機台光阻溶劑之使用，有效降低溶劑 PGMEA 之使用量達 2 倍以上。以每月節省 1 噸計算，每年約可節省原物料成本 102 萬元。
2. 空氣污染防制之規劃作業，由於牽涉設備初設成本與法規符合性，不可過度依賴環保工程公司之規劃，改善過程中最好能有專家學者之協助，如經濟部工業局可提供免費之諮詢與輔導功能，其他如工研院或相關環工系所等學術機構，均可提供諮詢服務。工廠只要能善加運用，相信可以較低之成本與風險及可行之方式解決廠內之環保問題。
3. 冰水填充洗滌塔系統是 A 廠 VOCs 處理最大之收穫。該系統除了順利處理廢氣 VOCs 問題，同時無需用活性炭床，即可去除 VOCs 達 90% 以上；主要之重點是系統設計，利用 one through 之灑水方式大大提昇洗滌之效果，避免長菌產生之阻塞、動力與加藥之浪費，而且回收外氣空調箱之低溫冷凝水，解決了水資源浪費之問題。因此，對於 VOCs 廢氣中含有高沸點且水溶性高之成分處理，提供了一個有效、節能且低成本之處理方式。
4. VOCs 廢氣之處理規劃，非僅是廠內環保單位可以獨立完成的工作，必須結合廠內工作團隊相關資源，如技術單位之製程改善協助、原物料測試與設備單位之機

94 光電業製程有機廢氣規劃改善成功案例介紹

台條件配合，並需要廠務單位之施工配合等；唯有結合這些單位密切之合作，才能共同完成 VOCs 廢氣改善工程，符合環保法規要求。

參考文獻

- 1.林連春、黃鴻麟，「氣體除霧滴之高效率燭式過濾回收裝置」專利說明書，經濟部智慧財產局專利公告號 M399755，民國 100 年 3 月 11 日。
- 2.林連春、黃鴻麟、孟文雄、司洪濤，高科技產業去光阻製程排氣處理改善成功案例介紹，清潔生產暨環保技術研討會論文集，民國 100 年 11 月。
- 3.司洪濤，光電業光阻剝離製程有機廢氣處理改善案例介紹，環保技術 e 報，民國 96 年 8 月 25 日。
- 4.司洪濤等，污染防治設施缺失與改善案例彙編(二)廢氣污染防治設施設計錯誤案例，經濟部工業局編印，民國 95 年 12 月。
- 5.司洪濤等，揮發性有機物廢氣減量及處理技術手冊(2007 年更新版)，經濟部工業局編印，民國 96 年 12 月。
- 6.司洪濤等，局部排氣系統設計與案例(2006 年更新版)，經濟部工業局編印，民國 95 年 12 月。
- 7.光電材料及元件製造業空氣污染管制及排放標準，環保署公告(95.01.05 環署空字第 0950000717 號令)，民國 95 年。
- 8.CARBON ADSORPTION FOR POLLUTION CONTROL, NICHOLAS P. CHEREMISINOFF, P T R PRENTIS-HALL, INC. 1993. ISBN 0-13-39331-8.
- 9.WET SCRUBBER SYSTEM STUDY, VOLUME 1, SCRUBBER HANDBOOK, NTIS PB-213 062.
- 10.WET SCRUBBER SYSTEM STUDY, VOLUME 2, SCRUBBER HANDBOOK, NTIS PB-213 062.