

石化工業區揮發性有機物總量管制

何俊杰*

摘 要

本文針對高雄縣林園及仁大石化工業區內工廠歷年來所申報之固定空氣污染源操作許可證申請資料、工廠擴建污染削減計畫及改善計畫書等資料，推估該二工業區之揮發性有機物排放總量，建立資料庫，並探討於法規要求下，其污染減量空間及管制策略。經彙整分析，工廠若能符合現行揮發性有機物管制期程，將可獲致 54% 之污染減量。由於各工廠製程上的差異，部份工廠於技術可行的基礎上仍有相當可觀之污染減量空間。換言之，石化工廠仍可致力於法規管制範圍外之污染改善措施，或由政府另訂定更嚴格之排放標準，供業者遵循。

【關鍵字】

1. 揮發性有機物 (volatile organic compounds, VOC)
2. 總量管制
3. 空氣品質

*高雄縣環境保護局秘書

一、前言

高屏地區過去四年來(84~87年)各監測站測得之空氣品質指標(PSI)，空氣品質不良率由84年之19.5%下降至87年12.8%，惟空氣品質污染指標物已由PM₁₀轉為O₃。顯見PM₁₀之管制已收到良好成效，而O₃之管制則有待加強，其中O₃主要來源為氮氧化物及揮發性有機物於空氣中反應形成之衍生性污染物。因此，欲確實改善高屏地區空氣品質，除持續加強管制PM₁₀外，更需減少O₃前驅物如揮發性有機物之排放量。

為有效管制石化工業排放揮發性有機物，行政院環保署於民國八十七年四月二十二日修正公告實施「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」（以下簡稱「VOC管制標準」），據以管制揮發性有機物排放量。該「VOC管制標準」之訂定已充分考慮石化工業逸散性污染源管制上的困難，並明令規定部份設備單元之改善期程。針對石化製程排放管道、廢氣燃燒塔、儲槽、裝載操作設施及設備元件等排放揮發性有機物之五個來源，公佈其排放標準、設施規範、污染防制設備之連續監測、設施檢查頻率、損壞維修期限、檢查及檢測資料之記錄與提報時機等；並預定於八十九年七月起，開徵揮發性有機物之空污費。因此，若能落實執行，應可確實掌握石化工廠未來揮發性有機物之減量空間及期程。

二、揮發性有機物管制規範

揮發性有機物(Volatile Organic Compounds, VOC)在物化上的定義係指沸點低於100°C，且(或)於25°C時蒸氣壓大於1mmHg之有機化合物。「VOC管制標準」中，對於揮發性有機物採用一廣義性之特性描述，即「揮發性有機物係指有機化合物成份之總稱，但不包括甲烷、一氧化碳、二氧化碳、碳酸、碳化物、碳酸鹽、碳酸銨等化合物」。此類物質之所以廣受大眾關注，視其為有害性空氣污染物，而亟需防制污染發生，主要是因其具有下述四項特性：

1. 具備較強之移動性，容易釋放或逸散至大氣環境中。
2. 大氣環境中之此類物質，具有危害公共健康之潛在風險。

3.此類物質於大氣中之散佈及累積，恐將導致光化學氧化物(photochemical oxidants)之產生。

4.揮發性有機物之臭味問題，是各類空氣污染物中，頗受關注之焦點。

為了及早防制揮發性有機物之污染，降低其對環境品質之衝擊，依據「VOC管制標準」，作為稽查管制、污染減量及削減改善之參考，並根據污染源排放屬性之不同而訂定相關之排放規定、監測措施、檢查保養及檢測記錄等管制事宜，將石化製程中主要之揮發性有機物空氣污染之管制對象區分為下列五大類，以利管制工作之實施與執行。

- 1.製程排放管道
- 2.揮發性有機液體裝載操作設施
- 3.揮發性有機液體儲槽
- 4.設備元件
- 5.廢氣燃燒塔

相關的管制適用對象規定說明如表 1 所示。

三、揮發性有機物排放量推估

揮發性有機物排放量之推估，需視工廠之生產特性、使用原物料、產品、設備特性、廢氣處理設備效率及工廠操作維護管理等各項條件而異，各種不同污染型態所使用之推估方法，均有所不同。

製程排放管道排放量推估基本公式如下：

$$〔排放量〕 = 〔廢氣量〕 \times 〔污染物濃度〕 \times 〔操作期程〕 \dots\dots\dots(1)$$

廢氣量及污染物濃度以實測值為準，部份排放管道無檢測記錄者，其廢氣量及污染物濃度則依設備特性及其物料使用量推估之。

表 1 揮發性有機物空氣污染管制適用對象及排除規定

污染源種類	適用對象	適用對象排除規定
製程排放管道	石化製程	<ul style="list-style-type: none"> .產製食用酒精之製程。 .以石化中間產品為原料進行物理加工之製程。 .排氣中揮發性有機物排放量小於 350 mg/min (揮發性有機物排放量以 CH₄ 表示) 之批次操作製程 .排氣流量小於 60 Nm³/hr 之連續操作製程。 .其他經中央主管機關公告之製程。
揮發性有機液體儲槽	所有行業	<ul style="list-style-type: none"> .儲槽容積小於 15 立方公尺者。 .儲存物料之實際蒸氣壓小於 26 mm Hg 者。 .儲存容積小於 100 m³，且其儲存物料之實際蒸氣壓小於 210 mm Hg 者。 .槽體設備操作壓力大於 1,550 mm Hg 之壓力槽，且於正常操作情形無廢氣排放至大氣者。 .用於儲存食用酒精之儲槽。 .其他經中央主管機關公告之儲槽。
揮發性有機液體裝載操作設施	所有行業	<ul style="list-style-type: none"> .年裝載量小於 1,500 m³ 者。 .裝載之物料於裝載操作時之實際蒸氣壓小於 26 mm Hg 者 .年裝載量小於 10,000 m³，且其裝載之物料於裝載操作時之實際蒸氣壓小於 210 mm Hg 者。 .加油站內以加油槍進行油箱注油作業者。 .其他經中央主管機關公告之裝載操作設施。
設備元件(泵浦、壓縮機、釋壓閥、安全閥等釋壓裝置、取樣連接系統、閥、法蘭或與製程設備銜接之其他連接頭)	石化製程	<ul style="list-style-type: none"> .流經該設備元件之流體中，其所含揮發性有機物之重量百分比小於 10 者。 .屬於真空設備元件者。 .屬於難以檢測之設備元件者。 .設備元件埋於地下無法量測者。 .其他經中央主管機關公告之設備元件。
廢氣燃燒塔	石化製程	無規定

儲槽及設備元件揮發性有機物之逸散量，依據美國 EPA AP-42 之建議推估。其中設備元件逸散量主要以排放係數法(平均值)推估，其計算公式如下：

$$〔排放量〕 = 〔設備元件個數〕 \times 〔排放係數〕 \dots\dots\dots(2)$$

廢氣燃燒塔揮發性有機物排放量則根據各工廠操作許可申請資金、改善計畫書、削減計畫書等登載數值計算得知。

根據上述推估結果，林園工業區列管 20 家，仁大工業區列管 14 家工廠，其揮發性有機物排放源排放量如表 2 所示。

表 2 林園、仁大工業區揮發性有機物污染源排放狀況

工業區	揮發性有機物排放量(公噸/年)						
	製程排放管道	揮發性有機液體儲槽	揮發性有機液體裝載操作設施	設備元件	廢氣燃燒塔	合計	每一工廠平均排放量
林園工業區 (20 家)	2,337	303	163	12,702	49	15,554	778
仁大工業區 (14 家)	1,957	545	35	7,370	52	9,959	710
合計 (34 家)	4,294	848	198	20,072	101	25,513	750

3.1 林園工業區揮發性有機物推估

林園工業區列管 20 家石化工廠每年排放揮發性有機物總量為 15,554 公噸，其中以設備元件揮發性有機物逸散量最多，年排放量達 12,072 公噸／年，佔總排放量之 81.7%，排放管道次之，年排放量 2,337 公噸／年，佔總排放量之 15%；儲槽逸散量為 303 公噸／年，佔 2%；其他揮發性有機液體裝載操作設施及廢氣燃燒塔排放量最少，僅佔 1.3%。

24 石化工業區揮發性有機物總量管制

3.2 仁大工業區揮發性有機物推估

仁大工業區列管 14 家石化工廠每年排放揮發性有機物總量為 9,959 公噸，其中以設備元件揮發性有機物逸散量最多，年排放量達 7,370 公噸／年，佔總排放量之 74%，排放管道次之，年排放量 1,957 公噸／年，佔總排放量之 19.7%；儲槽逸散量為 545 公噸／年，佔 5.5%；其他揮發性有機液體裝載操作設施及廢氣燃燒塔排放量最少，僅佔 0.8%。

四、揮發性有機物減量管制策略

4.1 減量空間

由於「VOC 管制標準」已明定改善期程，因此若能落實推動法令，應可清楚掌握石化工廠揮發性有機物減量空間。各工廠因應「VOC 管制標準」要求，需進行改善項目、期程，應致力於揮發性有機物之減量有三個階段。

1. 須於 87 年 7 月 1 日前完成改善者：

揮發性有機液體儲槽儲存物料實際蒸氣壓大於或等於 210 mmHg 者，須於 87 年 7 月 1 日完成改善，各工廠須改善其儲槽污染源至法規要求範圍。

「VOC 管制標準」並無明確要求設備元件洩漏改善，而是藉由一套嚴密的檢修制度，督促業界防止設備元件洩漏發生；且經由設備元件之檢測規定，迫使部份工廠使用非洩漏型設備元件，取代容易洩漏之設備元件，並說明業界若使用非洩漏型設備元件，可降低檢測頻率，以鼓勵業界積極配合。由於此部份之減量並無時間限制，因此減量空間及減量期程較難明確估算，須於法規實施一段時間後，方能觀察得知。

2. 須於 88 年 1 月 1 日完成改善者：

規定石化工廠於 88 年 1 月 1 日須完成改善之項目，包括排放管道及揮發性有機液體裝載設施兩項，並制定排放管道揮發性有機物之去除效率。

3. 須於 88 年 7 月 1 日完成改善者：

揮發性有機液體儲槽儲存物料實際蒸氣壓小於 210 mmHg 者，須於 88 年 7 月 1 日完成改善，屆時業界應著手進行另一階段之污染減量。

本文針對列管 34 家石化工廠，作一全面性統計調查，推估在「VOC 管制標準」規定之期程進行改善時，可能獲得之揮發性有機物減量空間如表 3 所示。從表 3 可看出總計可減少 13,761 公噸／年之揮發性有機物排放量，與表 2 比較，可減少全部揮發性有機物之 54%，這對於高屏地區空氣品質之改善，應有實質減量之意義。

表 3 不同管制期程揮發性有機物之減量空間

工業區	管制期程			小計
	87.7.1. ^(a)	88.1.1. ^(b)	88.7.1. ^(c)	
林園	6,762	640	109	7,511
仁大	5,213	859	178	6,250
合計	11,975	1,499	287	13,761

註(a)設備元件減量空間。

(b)揮發性有機液體儲槽減量空間。

(c)製程排放管道減量空間。

4.2 管制策略

在管制期程下揮發性有機物確有減量空間，各類污染源揮發性有機污染物之排放量中，估計約有 60%~80%為「VOC 管制標準」所管制而可能獲得適度之減量，其餘約 20%~40%之排放量則非屬「VOC 管制標準」之管制範圍而無法掌握其可行之減量空間。對於此部份排放量，在管制策略上，可藉由臭味巡查、固定空氣污染源稽查管制或工廠輔導評鑑等相關計畫之輔助管制，要求工廠針對此部份污染排放量提出可行之改善規劃。經由執行工作經驗來看，為有效促使各工廠落實遵守「VOC 管制標準」，確保上述減量能夠獲得實質上的成效，可行的執行查核工作重點如下：

1. 廢氣燃燒塔

- (1) 驗核廢氣總淨熱值(H_T)與廢氣排放速度(V)或揮發性有機物削減率。
- (2) 加強入口廢氣量與廢氣組成等相關數據之調查收集。

2. 製程排放管道

26 石化工業區揮發性有機物總量管制

- (1)對於已裝設有廢氣防制設備者，應著重於防制效率的查核，確保揮發性有機物之削減率或排放濃度可達「VOC 管制標準」之管制要求。
- (2)毋需裝設防制設備，而排放濃度可符合管制標準者，應特別深入探討其製程設備及操作條件之特異性。
- (3)未裝設防制設備且排放濃度又逾越管制標準者，建議應予以適當的告發或處分，迫使工廠執行必要的污染防制改善。
- (4)揮發性有機物之削減率或排放濃度雖已達管制標準，而臭味排放狀況仍未符合「固定污染源空氣污染物排放標準」者，可透過臭味巡查及官能測定方式，責請工廠提升污染防制成效。

3.揮發性有機液體儲槽

- (1)固定頂蓋式儲槽，應確實清查其廢氣防制措施之設計規劃及實施進度。
- (2)浮頂式儲槽，應查核其維修保養工作及相關檢查記錄之落實情形。

4.揮發性有機液體裝載操作設施

- (1)驗核蒸氣收集系統及防制設備之操作情形是否可達法規管制要求。
- (2)視查裝載作業進行時，是否確實做好蒸氣收集系統之連結，或其防制設備是否僅是備而不用，而降低污染防制改善成效。

5.設備元件

- (1)容易產生洩漏或洩漏機率高的設備元件，如輕質液閥及氣體閥，應列為未來管制查核的優先對象。
- (2)設備元件抽測工作應持續進行，藉以督促工廠確實執行嚴密的維修保養工作。
- (3)訂定放寬檢測頻率之核准規定，讓認真進行設備元件維修保養與洩漏檢測之工廠，能夠獲得適度的肯定。

五、結論與建議

根據「VOC 管制標準」規定，石化工廠之主要污染源大多已納入管制，工廠若能確實進行改善，約可達 54%之減量空間，若欲進一步加嚴標準，有以下兩個思考方向供參。

(1) 排放管道揮發性有機物排放標準

「VOC 管制標準」中規定批次操作製程揮發性有機物排放量大於 350 mg/min，或連續操作製程排氣流量大於 60 Nm³/hr 者，需增設處理設施，其處理效率亦需達到標準之要求。檢討林園、仁大工業區工廠排放管道揮發性有機物總排放量為 4,294 公噸/年，而「VOC 管制標準」要求之減量空間僅 1,499 公噸/年，佔 35%，實可進一步加嚴現行管制標準。

(2) 廢水處理場揮發性有機物逸散管制

現行「VOC 管制標準」中尚未將石化工廠廢水處理場揮發性有機物逸散問題納入管制，雖然各個工廠廢水處理場逸散量比例不高，然廢水處理場所導致臭味污染問題，常造成工廠附近居民抗爭事件。因此，在未來「VOC 管制標準」修訂過程，應增加對廢水處理揮發性有機物之逸散管制。

另外，欲有效執行揮發性有機物總量管制，排放總量的估算非常重要。目前估算方法，除少數採用實測值外，一般大都採用美國環保署 AP-42 或 ACC 提供之排放係數估算，但因地理位置、氣候及國人操作習慣不同，實際逸散量與估算之結果，往往有較大之差距，亟待釐清實際污染量與估算係數之差異，建立一套本土化的揮發性有機物排放係數資料庫。

參考資料

1. 行政院環境保護署，「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」，87 年 4 月。
2. 行政院環境保護署，「工業區揮發性有機物各成分監測及管制規劃研究計畫」，86 年 6 月。
3. 高雄縣環境保護局，「空氣污染管制及減量策略規劃」，87 年 5 月。
4. 高雄縣環境保護局，「揮發性有機物排放源管制查核計畫」，87 年 9 月。
5. U.S. EPA, AP-42, 5th Edition, (1995).
6. U.S. CMA., "Guidance for Estimating Fugitive Emissions from Equipment.", (1996)