

## 廢氣處理

# 台灣地區石化工業揮發性有機空氣污染物問題 特徵與防制

蔡俊鴻\* 林志森\*\*

## 摘要

本文分析台灣地區石化工業所造成揮發性有機物空氣污染問題特徵及業者應有之防制對策。石化工業之揮發性有機物排放源包括管道排放及逸散排放，而且兩者所致排放影響皆不容忽視，因此，石化工業於研擬排放控制策略時，此兩項排放源皆需充分考量。

經濟衝擊分析結果顯示，現階段石化工業已投入之控制設備成本及操作成本仍低，尚不致對大規模石化工廠造成困擾，但對小規模工廠則可能產生影響。

整理分析美國及日本有關揮發性有機物管制法規及控制經驗，顯示諸多值得國內各單位及工廠借鏡，特別是逸散源之「檢測—維修」作業系統，藉有效操作管理以充分達成排放標準。因此，國內石化工業應儘速建立此項作業系統，並落實執行。

針對揮發性有機物管道排放管制及改善問題，石化工廠應特別加強廢氣控制設備效率確認、最佳操作條件設定、監測記錄及排放異常應變與維護等工作。

此外，石化工廠有關臭味評定，臭味來源分析及控制技術等相關課題亦應再深入研究。

### 【關鍵字】

- 1.石化工業(petrochemical industry)
- 2.揮發性有機物(volatile organic compounds, VOCs)
- 3.空氣污染(air pollution)
- 4.控制對策(control strategy)

\*國立成功大學環境工程學系教授

\*\*經濟部工業局第七組組長

## 一、前　　言

石化工業經過長期發展，已成為台灣地區體系最完整之製造工業，並於經濟發展中扮演極重要的角色。

由於石化工業之產業關聯性相當龐雜，且具有相互依賴性，也由於石化工業之生產規模較大，基於生產、管理因素之考量，石化工廠通常集中設置在同一區域而形成「石化工業專業區」。石化專業區的設立，誠然在經濟層面及生產管理上有其優越性，但也因石化工廠過於密集，導致空氣污染物排放分佈呈現局部區域過於密集現象，從而形成局部區域之嚴重空氣污染問題。因此，石化工業空氣污染防治乃為現階段環保單位改善空氣品質計畫之首要對象，相關業者自應深切體認此一問題之急切性。

環保署(1994, 1995)與經濟部工業局(1994, 1995)曾分別比較分析石化工業區附近各測點大氣中之 VOCs 濃度，整體研究結果顯示，石化工業區附近大氣中之 VOCs 濃度呈現偏高現象，在國內目前尚未建立 VOCs 環境空氣品質標準之下，難以比較確認其危害影響程度；惟從石化工業區附近大氣中之 VOCs 濃度水準高於一般地區及國外濃度之現象，以及石化工業區周界、下風側區域大氣 VOCs 濃度高於其它測點之結果，石化工業區排放 VOCs 確實對鄰近地區造成相當程度衝擊。

## 二、台灣地區石化工廠空氣污染防治現況分析

經過多年來之發展，台灣地區石化工廠已或多或少推動有關 VOCs 污染控制減量計畫。工業局(1994)曾委託研究嘗試以問卷調查方式掌握初步資料，以協助業者克服困難。

由資本額在 10 億以下規模工廠之間卷分析結果可知，目前較常使用之 VOCs 處理設備為吸收塔及廢氣燃燒塔，工廠普遍存有設備效率及操作問題，希望能由有關單位獲得技術方面之協助。

資本額在 100 億元以上之大規模石化工廠對 VOCs 防制工作較具概念，並已陸續推動改善工程。唯由於需改善排放源太多，若同時要進行改善計畫，除可能面臨人力、技術限制外，生產管理及資金運用皆可能面臨困擾，因此，建議分期推動管制規範，以便業者能從容執行改善計畫。

資本額在10~100億工廠使用較多廢氣處理設備為廢氣燃燒塔，對未來實施VOCs管制則普遍認為將存在經費問題，但各廠對為達到VOCs管制規範所投入工作之努力則相差甚多，例如某廠已利用各種控制設備來防制VOCs污染，而另一石化廠竟然沒有裝設任何控制設備。

### 三、台灣地區揮發性有機污染物管制分析

台灣地區自民國六十四年公佈空氣污染防治法後，至今已屆二十年之久，此期間適逢台灣經濟高度成長階段，環境條件亦急遽變遷。由於民眾環保意識提昇，主管單位亦積極推動空氣污染管制工作，遂於各方配合推動下，於民國81年修正通過空氣污染防治法（以下簡稱空污法），並隨後修正公佈實施細則及各項排放標準。

#### 1.現行法規與管制制度

已實施之法規中，與石化工業關係最密切者乃「固定污染源空氣污染物排放標準」及「固定污染源設置、變更及操作許可辦法」二項。前項係規範排放管道及工廠（場）周界空氣污染物排放標準，其包括之空氣污染物項目甚多，對石化工廠所可能排放眾多VOCs成份而言雖不盡周全，但由於其施行歷史最久，且於83年4月20日修正發布後，其管制內容已更合理化，而後者許可辦法之管制對象，石化工業更為現階段管制重點對象，環保署於82年10月15日公告之「第一批應申請設置、變更及操作許可之固定污染源」，石化工業部分即有46種製程分別被指定公告。其他相關管制法規或管制作業，尚有「空氣污染防治專責單位或人員設置辦法」、「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理要點」、「特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準」、「石化工業污染防治現勘評鑑制度」及「環境影響評估制度」等，對石化工業都有或多或少之衝擊。

#### 2.固定污染源空氣污染物排放標準

空污法第十一條規定「固定污染源排放空氣污染物應符合排放標準」，而排放標準之訂定係由中央主管機關（即環保署）會商有關機關訂定之。但各省(市)、縣(市)主管機關得因特殊需要而擬訂較嚴之排放標準。環保署並於83年4月20日修正發佈「中華民國固定污染源空氣污染物排放標準」，是為固定污染源管制之基本工具。

事實上，「固定污染源空氣污染物排放標準」所涵蓋管制內容十分廣泛，不僅是針對粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物等基準污染物訂定排放標準，對各種產業之燃燒源，如鍋爐、加熱設施等，亦有所管制，針對石化工業之另一主要污染問題—揮發性有機物，亦有管制標準。唯由於以往之管制重點及人力配置考量限制，以及污染物檢測分析技術尚未充分建立等因素，以致管制工作尚未積極推動，造成一般業者誤認為台灣地區尚未訂有VOCs之排放管制標準。實際上，在現行排放標準中，與VOCs排放有關之內容計包括有以下數項：

### (1)排放管道排放標準

固定污染源空氣污染物排放標準對一些列舉污染物或其他未列舉之污染物質，並未明訂其排放管道允許之排放濃度，然而在其中第七及八條規定這些污染物質允許之排放濃度係依排放管道高度、排放管道距周界及他人建築物之距離，由各類污染物之換算常數值（即 $a_1$ ， $a_2$ 值）推算出各類污染物之允許排放濃度(詳細計算方式請參閱「固定污染源空氣污染物排放標準」)。

雖然依據排放標準第七及第八條計算方式推估得之各VOCs成份之允許排放濃度一般都高於實際或可能之排放情況，究其原因主要問題癥結在於修正前排放標準之 $a_1$ 與 $a_2$ 值顯然過於寬鬆，唯環保署於83年4月20日修正發佈標準已針對 $a_1$ 與 $a_2$ 值之適切性重新予以評估，並已修訂為較合理之數值。未來若 $a_1$ 與 $a_2$ 值再進行評估修正，並採取更嚴格之限值，即可能對產業界造成衝擊。其因應之道除減少污染物排放量外，採取「高煙囪」及「遠離周界」之策略，利用大氣擴散稀釋之效果，並使污染源儘可能設置於工廠中心位置而遠離廠區周界，將可降低所需達成極高控制效率之壓力。

### (2)周界濃度標準

為避免污染源排放之污染物對周遭環境造成衝擊，因而引起附近居民之抗爭或健康危害，現行排放標準亦規定廠區周界之濃度標準。在排放標準中，對周界標準之規範一般可分為兩類，第一類係在排放標準中列舉項目之污染物質，例如甲醛、苯、甲苯、二甲苯等，這一類物質皆分別訂有特定之周界標準；第二類係於排放標準中未列舉項目之「其他空氣污染物」，此類物質係以「勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準」所列項目為基準，取其值之1/50為周界濃度標準，亦即該類物質在廠區周界之濃度必須低於上述之周界濃度標準。惟因不同污染物之特性不同，全部以1/50換算比例為周界標準之計算

依據不盡合理，環保單位目前亦正進行檢討，其修訂標準鬆嚴亦將影響石化工業未來所需採取改善對策。

### (3)臭氣或厭惡性異味之管制

某些污染發生源產生之污染物質為具有異味之氣體，這些氣體之味道容易造成民眾厭惡，雖然這些氣體不論在定量或定性方面都很難加以具體量化，然而目前法規仍採行以人工聞嗅之「官能測定法」作為管制之依據，因此，有關易致臭味VOCs成份仍然受到此種管制方式之規範。諸多石化工業之VOCs問題事實上乃係由許多具有味道之物質所衍生，屢屢遭致民眾指責，環保稽查人員限於人力及檢測技術，對部份易致異味之VOCs問題經常以官能測定方式規範其排放。雖然此種管制方式易致爭議，但確實亦收到管制效果，在可預見之未來，該項管制方式應會持續執行，因此，業者於考量VOCs控制改善對策時，宜併同考量臭味問題。

## 3.固定污染源設置、變更及操作許可制度

為期掌握污染發生源之污染物排放總量，並達到事先預防之效果，空污法第14條第三項規定「公私場所於設置或變更經中央主管機關指定公告之固定污染源前，應檢具空氣污染防治計畫，向省（市）主管機關申請核發設置及變更許可證後，始得為之」。依此規定，主管機關在污染發生源尚未產生污染排放之前，即可先行查核污染源之可能排放情況，並規範該污染源之操作及污染物排放量。

## 4.新增訂VOCs管制規範

環保署自民國八十年起即針對石化業之污染排放特性進行調查分析，並進行有關管制規範之研擬工作，並於八十六年二月五日公佈施行。

此項管制規範所涵蓋主要管制對象包括如下項目：

- (1)廢氣燃燒塔
- (2)空氣氧化單元
- (3)蒸餾操作單元
- (4)揮發性有機液體儲槽
- (5)揮發性有機液體裝載操作
- (6)製程設備元件

由管制規範內容可知，其主要是針對石化中上游產業之揮發性有機污染物排放量較大之污染源先管制，對製程排放或污染排放狀況較輕微之污染源則暫不加

管制，因此本項規範對於規模較小工廠所造成衝擊較小；對大規模工廠而言，則鼓勵其改用低污染排放之製程以有效減少污染物排放。

對各污染源管制乃採用「設備規範」及「濃度限值」兩種方式並行，鼓勵工廠採用低污染製程設備及高效率污染防治設備以積極減少排放量。此種取代以往使用排氣檢測濃度作為主要管制排放之方式，不僅讓工廠進行污染防治工作較有彈性，主管機關於執行稽查工作時亦可減少困擾，對污染源數量眾多的石化工廠而言，應可提高改善效果。

### 四、石化工廠投入揮發性有機物污染防治成本及經濟衝擊分析

在整個VOCs污染防治系統成本分析過程中，廠商所必須投入防制VOCs污染之成本包含如下：

1. 固定成本，即污染防治設備購買成本及裝置成本。
2. 變動成本，即操作這些污染防治設備所需之操作費用，其中包含操作人員工資、水電費用及保養維修費用。
3. 污染防制設備裝置所佔用土地及空間之成本。
4. 因裝置污染防治設備所造成停工待料或減產之損失成本。

為控制污染而投入費用及人力條件下，將造成工廠生產成本提昇，廠商所面臨問題包括這些成本如何處理，有無將這些成本轉嫁給消費者之能力，轉嫁後價格影響銷售之情形。

本單元乃以問卷調查、現場訪談及舉辦座談會所得資料為基準，彙整相關資料及各項意見，評估目前廠商投入揮發性有機物污染防治之費用，及其對於石化產業的經濟衝擊。

#### 1. 石化工廠已投入污染防治成本分析

目前石化業已投入整體污染防治成本之分析，首先係由各工廠對污染防治措施（其中包含廢水，廢氣，及廢棄物之防治）投資概況解析，如表1所示。目前石化工廠已投入有關污染防治費用大約佔資本額4~18%。整體言之，對於一些較小規模廠商而言，其所投入污染防治設備費用佔其資本額之比例皆相對偏高，可能

會造成該等規模工廠資金調度的困擾。另一值得注意之問題，乃廠商是否會因為可能需投入龐大環保費用而考慮產業外移。根據訪談結果顯示，由於石化工業固定資本極為龐大，要在短時間內整廠遷移而赴海外投資實屬不易；但因石化業基本上乃屬高污染性質之工業，面對社會大眾對於環保工作之企求，環保法令日益嚴格乃屬可以預期之趨勢，因此，就長期發展而言，石化業者可能將無法負擔龐大的環保費用而將石化工廠遷移於海外，此種現象於當環保投入費用大於遷廠費用時即為關鍵時機。因此，短期內尚不致發生此一問題，唯已有若干工廠表示於評估擴建計畫時，已將污染防治費用所佔比例列為重要考量參數。

表1 台灣地區石化工廠投資污染防治費用調查

污染防治投資		平均值	最大值	最小值
廢氣處理	投資經費(萬元)	37,731.50	188,550	519
	佔資本額比例(%)	3.00		
廢水處理	投資經費(萬元)	18,217.00	90,039	892
	佔資本額比例(%)	2.97		
廢棄物處理	投資經費(萬元)	4,210.63	21,750	150
	佔資本額比例(%)	0.33		
其它	投資經費(萬元)	9,463.88	56,130	300
	佔資本額比例(%)	1.76		

## 2.石化工廠已投入VOC污染防治之成本分析

表2為台灣地區石化工廠目前已投入VOC污染防治成本之彙整資料，就各項統計數值而言，VOCs污染防治固定成本佔各廠資本額比例，一般皆在5%左右，顯示目前VOCs設備成本對業者而言並不低。唯值得留意者，許多設備兼具生產及工業安全之考量，並非完全為防制污染，故其所佔實際負擔應低於此數值。

就變動成本分析結果而言，大部份工廠之狀況均只佔營業額1%以下。此外，根據現場訪談，大部份工廠均不需派專人負責VOCs防制設備操作，而是由一般操作人員兼任，因此亦不會造成人員費用之增加；就設備維護所需人力而言，亦是在歲修時併同維修，因此有關變動成本因而較低。

表2 台灣地區石化工廠VOCs防制費用結構分析

項目	平均值	標準差	最大	最小
固定成本(萬元)	18,547	24,205	83,900	57
變動成本(萬元)	2,425	3,290	9,025	0
總成本(萬元)	3,876	5,452	17,415	31
固定成本佔資本額比例(%)	6.558	7.002	23	
變動成本佔營業額比例(%)	0.662	1.148	3.61	0
總成本佔營業額比例(%)	1.398	2.258	6.9	0.01
VOCs防制成本(元／噸)	247.5	369.7	1,197	0

茲就每年投資在VOCs防制之總成本而言，其推算方式乃將固定成本以十年正常折舊計算，再加上變動成本求得。以各廠每年之VOCs防制總成本佔其營業額之比率，除某廠略高以外，其餘各廠均只佔0.5%左右；易言之，石化工廠每100元營業額僅花費0.5元在VOCs之污染防治費用，其比例並無偏高跡象。

茲就停工待料成本而言，除某廠因裝置廢氣回收設備時會造成部份停工之成本以外，其餘廠商均回答無此項成本之支出，同時根據訪談所得資料，一般石化工廠裝置污染防治設備時機大多利用歲修停工之時刻，故亦不會造成停工待料之成本。

總結言之，目前各工廠在VOCs污染防治之成本費用支出上，大部份費用均為固定成本之支出，其餘之變動成本，停工待料之成本或土地空間之成本均不大。分析結果顯示，每生產一公噸成品，VOCs控制費用大約是40~200元左右，隨著工廠產量增大，分擔固定成本之能力越強，其單位成本支出越少(此乃因變動成本較低之原因)，故越能達成其經濟效益。

### 3. 廠商將VOCs污染防治成本轉嫁至產品價格之能力分析

一般而言，石化產品之定價模式大都是根據國際行情而定，因此石化業者所面對的是完全競爭之市場，其特性是產品價格由市場機能決定，若業者定價高於國際行情，則業者將喪失市場，因此業者是「價格之接受者」(price taker)。由於產品價格決定之特性，致使因防制VOCs污染所造成之成本支出，石化業者必須完全自行吸收。在眾多廠商訪談之中，只有某廠產品具有自行定價之能力，至於因

VOCs污染防治所造成成本上升轉嫁給消費者的程度，需視供給彈性和需求彈性而定，一般而言，其將導致成交量下降而價格上升的效果。

目前台灣石化業中上游所生產之各種石化產品大都是以內銷為主，值得注意者乃台灣地區即將加入關稅暨貿易總協定，石化產品之進口稅率可能大幅降低。未來若台灣調降石化產品的進口關稅，則國內石化業，勢必面對廉價進口品的競爭。在此情形下，業者將更不可能將污染防治成本轉嫁至產品價格上。因此，在貿易自由化之趨勢下，外來競爭將更激烈，而環保法令日益嚴格之下亦將造成內部成本上升，可以預見之未來，廠商必須注重生產效率之提昇，以因應此一大環境之變遷。

#### 4. 整體分析

就總體經濟學之角度而言，因環保成本上升而造成經濟衝擊之論點大抵可分兩種：

- (1)由於環保法規之規定，促使企業將其有限之資金投資於不具生產力之污染防治設備，將使投資於生產性設備部份減少而造成企業生產力成長降低，進而影響營運之績效。
- (2)由於環保法規的日趨嚴格，同時亦促使企業提高其生產效率，對其經濟成長反有助益。

本研究無意對上述兩派做評論，僅就業者訪談中可瞭解，由於石化業之資本額均極龐大，以目前VOCs污染防治所支出之成本來看，VOCs污染防治之固定成本只佔資本額之5%左右，而變動成本更只佔0.5%左右，而土地及停工待料更幾乎為零成本，這些成本對於大、中規模廠商而言，固定成本可獲得較大產量分攤，而其他成本又均極小，因而所造成影響極為輕微。對於小規模廠商而言，固定成本分攤能力較不足，但因其只佔資本額之5%，故業者應尚有能力負擔，不會造成業者外移或閉廠之效果。

就短期而言，目前之情況應較符合第一派之說法，即是石化工廠可能因為VOCs控制而致生產力下降，進而影響企業營運績效；唯就長期而言，業者必須改變工廠之設備操作及生產效率，以因應未來日益嚴格之環保法令；因此，將可附帶提昇整廠之生產管理能力，回饋平衡因投資VOCs污染控制所增加成本。

## 五、由經濟發展分析揮發性有機物管制之時程

### 1.台灣地區VOCs管制時機之分析

根據現場訪談結果，部份業者認為在管制VOCs污染源之法規訂定，不應只參考先進國家之水準，否則政府訂定法規過嚴，管制時程過於急切，恐會造成業者無法生存亦不符合國內實際之狀況，因此，以訂定合理之管制標準及管制，如何有效利用外國經驗，又符合本國實際狀況，可藉由各國之每人國民生產毛額比較方式，首先找出臺灣地區之每人國民生產毛額，相當於外國那一年之水準，即可參考該國該年管制之水準。來評估臺灣進行管制時程之適切性。

### 2.台灣與美、日兩國每人國民生產毛額之比較

茲就台灣與美、日兩國每人國民生產毛額之比較結果，分析顯示台灣目前的每人國民生產毛額大約只相當於日本的1981年之水準，尚不及美國1981年之水準，大約在美國1978~1980年之水準，如圖1所示。

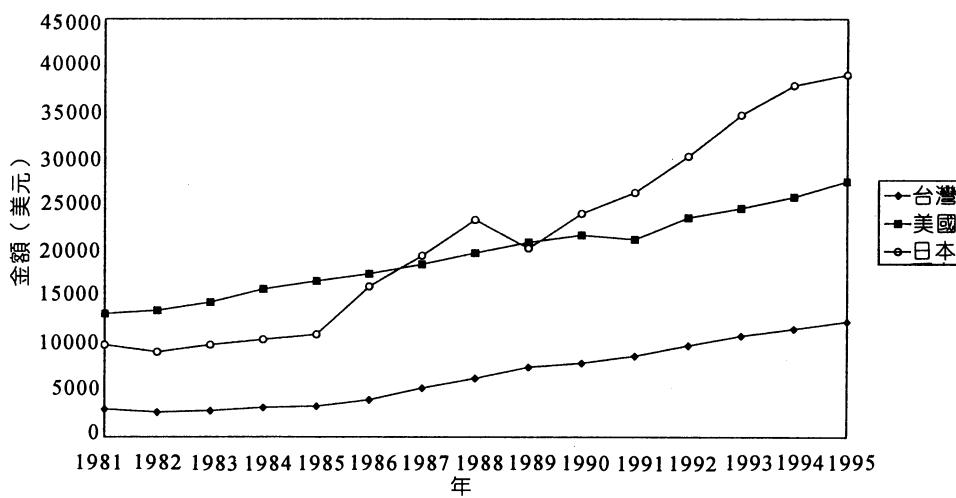


圖1 台灣、美國及日本平均每人GMP之比較

由此可知，台灣之管制水準應與日本之1981年相同，而與美國之1978~1980年相同。然而美國自1970年開始即著手VOCs之管制，於1980年開始進行系統性之管制，並自1980年末期開始執行極其嚴格之管制標準。以台灣地區之管制時程而言，主要管制乃於公告後一~三年(約1998年)才開始執行，其經濟發展環境應與當年美國開始執行管制時程具有相似之基準。

日本則亦於1970年開始執行VOCs管制工作，唯其管制策略與美國管制策略並不相同。日本主要藉極為周延之工業安全策略同時達到逸散揮發性有機物之管制目標，透過日本特殊而極有效率之生產管理，達到極佳之管制效果。因此，台灣地區援用日本管制經驗之可行性，宜再深入探討。

整體言之，藉由國民生產毛額之比對方式，僅能概略指出在經濟發展過程，制訂污染管制策略時機之外在環境是否具相近水準。唯由上述分析結果顯示，現階段開始推動石化工業揮發性有機物管制工作，相對於美國推動管制之歷程，應屬恰當之時機。

### 3. 挥發性有機物污染控制成本對整體石化業經濟衝擊分析

以整體觀點探討石化業防制空氣及 VOCs 污染投資成本，並視其佔整體石化業資本額及整體石化業年營業額比例為分析指標，並藉以判斷其繼續加強防治污染的投資空間。

國內整體石化業空氣污染防治投資金額可能達到百億，相較於日本1300億及美國12050億皆相去甚遠，雖台灣的經濟規模亦遠小於美日，但比之於英國的1300億，荷蘭的325億亦小許多，在（已投資金額/資本額）與（已投資金額/營業額）兩項比率上，台灣亦低於外國的平均水準（20-30%），可見在防制空氣污染之投資比例上，國內石化工廠商應仍繼續努力。相較於國內其它產業之獲利能力，石化業仍屬於高利潤之產業。由獲利程度觀點視之，國內石化工廠對加強污染防治所需資源及營運能力仍有極大可承受能力。

### 4. 經濟衝擊之綜合分析

(1) 整體而言，目前廠商投入在整體污染防治方面（包括水、空氣、廢氣物）費用約佔資本額之0.5%~18.5%，對於一些較小廠商投入在防制空氣污染設備費用其佔資本額比例就相對偏高，可能會造成資金調度困難。至於廠商是否會因為龐大環保費用而外移，根據訪談結果顯示，石化業因固定資本極龐大，要在短時間內關廠赴海外投資，實屬不易；但就長期而言，因石化業屬高污染工業，面對社會大眾對環保要求及環保法令日益嚴苛之趨勢，業者可能面臨遷廠海外之問題，此問題當環保費用大於遷廠費用時即將顯現。

(2) 由各項統計分析結果，石化工廠投入空氣污染設備固定成本佔資本額之比率一般約5%，顯示目前投入空氣污染控制設備成本對業者而言應尚不構成負擔。大多數工廠所投入變動成本，均只佔營業額1%以下。此外，大部份廠商均表示不

需派專人負責防治設備之操作，而由一般現場人員兼任，因而不會造成人員費用增加，維護工作亦是在歲修時併同進行，此即是變動成本較低之原因。

- (3) 對產量較大之廠商而言，固定成本可獲得較大產量分攤，而其他成本又均極小故負擔相對較輕；對於小廠商而言，固定成本分攤能力較不足，但因只佔資本額之5%，故業者應有能力負擔。就短期效應而言，目前之情況應較符合生產力下降而影響企業營運績效之狀況；唯以長期發展而言，業者改變工廠之設備及生產效率以因應未來日益嚴格環保法令之作業，將可促使石化工廠提昇生產效率，進而提高產業獲利能力，達到產業發展與環保績效共同提昇之目標。
- (4) 如果其它影響石化業經營績效的因素保持不變，大體而言，單是 VOCs 的防制成本，業者應有能力負擔。但隨著台灣即將加入 GATT，石化產品的進口關稅若因此而調降，則國內一些經營績效較差的石化業者將可能面臨關廠或外移的命運。因此，就長期而言，業者必須改善工廠的設備及經營的績效，以因應未來愈來愈嚴苛的環保法令及台灣加入 GATT 所帶來貿易自由化的衝擊。

## 六、石化工業因應揮發性有機物管制之對策分析

由前述章節分析結果顯示，環保單位執行揮發性有機物管制工作，將對既設石化工廠造成技術、人力及經濟上之衝擊，亦將造成石化工業必需儘速面對問題提出因應對策之壓力。

由於有關揮發性有機物污染問題之改善，包括管理及技術層面，因此，相關業者宜全盤研擬因應對策，以免造成營運管理之困擾。

### 1. 持續評估管制規範達成狀況及所衍生影響

基本上，環保署公告「管制規範」，乃依據台灣地區整體石化工業製程及污染排放特性，並參考國外相關管制規範內容，因此，就一般性污染問題之管制，除需另有特殊考量，皆應已充分反映管制作業之目的。唯由於石化工業之製程極其複雜，雖然各工廠之製程單元具相似性，但仍存在歧異性，而一般性管制規範未必能充分考量此一特徵，因而可能存在管制規範未能完全適用，或不適用之狀況。為避免發生此種狀況，相關業者必需於管制規範公告施行後，持續評估所造成影響，因此，應儘速執行下列工作：

- (1) 組織工作小組，解析管制規範內容及所造成影響。

- (2) 分析揮發性有機物污染來源及特徵，決定改善工作期程。
- (3) 發現問題並及時反映，以隨時提供主管單位作為修正管制規範之參考。
- (3) 發現問題並及時反映，以隨時提供主管單位作為修正管制規範之參考，以確各工廠另一項重要工作乃需進行揮發性有機物排放源查証及影響分析，以確認各工廠所存在問題，以及可能造成之影響。此項工作需特別留意之事項包括：
- (1) 由製程反應流程及質量平衡解析可能排放源及排放物。
- (2) 全廠排放口之清查與測試。
- (3) 逸散排放源之清查與測試。
- (4) 廠區周界空氣之臭味及揮發性有機物測定。
- (5) 整廠問題特性之評估。

由於各個工廠之特徵問題並不相同，因此，當發現工廠可能面臨問題，應檢附具體資料陳述，以供修正調整管制規範之有力佐證。唯現階段觀察所得，工廠面臨問題時多未深入解析，亦未掌握問題關鍵，僅以相當含糊之「有困難」等方面表達，其說服力及可接受性自被存疑。因此，工廠欲反應其困擾，以期調整管式表達：

制規範之期程或內容，應對如下資料特別加強分析：

- (1) 問題之關鍵內容。
- (2) 工廠曾經嘗試改進而未成功之經驗，並予深入評估。
- (3) 國外或相關工廠有關此關鍵問題之處理對策及經驗。
- (4) 技術限制之原因。
- (5) 管理、營運限制之原因。
- (6) 對管制規範之具體建議。

## 2. 推動逸散排放揮發性有機物之改善

由國內外之揮發性有機物排放推估結果皆顯示，逸散源為管制改善石化工業揮發性有機物污染問題所不可排除之對象，由國內外法規管制規範內容，有關逸散源之管制及改善乃十分重要。由於逸散源問題相當複雜，牽涉相當多之操作管理，易言之，其乃屬硬體與軟體需並重之問題，因此，石化工廠宜儘早面對此問題進行改善對策，主要工作項目包括：

- (1) 查証並確認已存在或潛在排放源

由美國之管制經驗及有關研究顯示，確認排放來源為執行改善之首要工作，業者宜參循美國加州之規範，將全廠潛在排放源編碼列管，並登錄於「製程儀控圖」(P & ID)，並依其發生洩漏之潛勢分級管制。事實上，由於石化工

廠多已執行製程危害性分析，雖或各項閥、法蘭等之數量極多，但欲建立完整檔案並非難事，而台灣石化工廠亦有已完成初步分析者。

### (2)建立逸散檢測作業制度

由於逸散排放源乃屬非可預期必然發生者，亦即發生逸散排放現象多屬無從事前完全可確定，因此，預前防範乃一可積極減少發生逸散、洩漏之手段。參酌國外之經驗，工廠建立揮發性有機物檢測系統及技術，無論就因應環保單位管制要求或援引為自行稽查改善目的皆屬必要。

事實上，以台灣地區石化工廠所擁有分析技術水準，欲達到此目標應無困難，端視有決心否。建立揮發性有機物檢測系統，特別著重如下項目：

#### ①建立定期檢測制度

工廠可依上述建立潛在排放源檔案分類或分級，分別訂定每日、每週、每月、每季之檢查項目。

#### ②建立檢測設備操作技術與規範

由於商業化之揮發性有機物檢測設備取得毫無困難，操作易十分簡易。尤有進者，亦有檢測儀器已具紀錄及數據分析功能，檢查人員可將現場測定儀直接與電腦資料處理器連線，即可獲得檢測結果。

#### ③建立儀器校正、維護技術

正確校正、維修測定儀乃獲得正確分析結果之必要工作，簡易型之揮發性有機物測定儀器之準確性及穩定性一般皆非甚佳，因此，需加強其校正及維護。因此，工廠務需依測定儀器之操作維護手冊執行校正，並留存校正紀錄，以供參考。

#### ④建立稽查複核制度

由於例行檢查工作多由現場操作人員負責執行，其專業智能與對檢查作業之認知不一，因而可能不免發生輕忽現象。因此，為落實例行檢查之功能，應由專責人員或工廠主管進行不定期複核測定，以確保執行檢查工作之正確性。

### (3)建立「檢測-維修-查核」之作業系統

為確實改善逸散污染問題，及時修復乃十分重要工作。由於一旦發生洩漏所致逸散排放問題，其排放量乃隨修復期限延長而增加，儘可能於發現洩漏源後即予修復乃逸散排放管制與改善之基本原則。因此，石化工廠應建立及時修復作業系統，於例行檢查過程發現有洩漏源，應即紀錄，並即刻維修；若屬非

# 「工業污染防治季刊」讀者意見調查表

為了日後能提供您更充實的內容，並檢討寄發名單，  
請在詳細填寫本表後，寄回本團（免貼郵票），本團將依  
您的寶貴建議求取精進，若未寄回者即可能喪失贈閱資  
格。為便利作業，請於3月1日前寄回或傳真回本團，  
傳真專線：(02)2700-0464。

## 1. 您對本刊的整體滿意程度：

(1) 專業程度：非常滿意 滿意 尚可 不滿意

建議：\_\_\_\_\_

(2) 內容表達：非常滿意 滿意 尚可 不滿意

建議：\_\_\_\_\_

(3) 編輯校對：非常滿意 滿意 尚可 不滿意

建議：\_\_\_\_\_

(4) 封面設計：非常滿意 滿意 尚可 不滿意

建議：\_\_\_\_\_

## 2. 您對本刊以專題方式探討特定工業污染防治技術的看法？

(1) 內容表達：深入實用 尚可 不夠深入

建議：\_\_\_\_\_

(2) 篇幅規劃：太多 恰當 太少

## 3. 目前本刊的內容規劃主概分為以下幾類，請勾選對貴單位最有助益

的項目(最多三項)：

(1) IOS 14000  (2) 廢水處理  (3) 廢氣處理  (4) 固廢處理

(5) 法規報導  (6) 噪音處理  (7) 其他 \_\_\_\_\_

建議規劃探討之專題：\_\_\_\_\_

## 4. 貴單位是否曾因本刊的某項資訊或專文，而有極大的獲益？

是(名稱：\_\_\_\_\_ 原因：\_\_\_\_\_ )  否

## 5. 請告訴我們您的基本資料：

姓名：\_\_\_\_\_ 性別：\_\_\_\_\_ 年齡：\_\_\_\_\_

單位：\_\_\_\_\_ 部門：\_\_\_\_\_

電話：\_\_\_\_\_

通訊地址：\_\_\_\_\_

6.您是否需要持續贈閱      是    否

7.本刊若考慮收費，是否願意負工本費      是    否

8.若有任何其他寶貴意見，請提供我們參考：

※ 謝謝您的寶貴意見！！！※

台北市敦化南路一段 97 號 6 樓

財團法人 中國技術服務社  
工業污染防治技術服務團

邱 美 瑛 小 姐 收



北台字第7223號  
免貼郵票



可當場修復者，應藉聯單通報，或以電腦追蹤系統，定期追蹤維修狀況及效果，至排放源完全改善為止。

此外，需藉查核作業督導檢修結果及執行頻率，以提昇檢修效率，縮短修復期限。因此，石化工廠應建立定期查核及不定期查核，由專責人員或工廠主管負責督導，並列為工廠管理之重點評估項目。

欲充分發揮「檢測-維修-查核」系統之效果，應特別加強下列工作：

- 員工之檢測、維修技術訓練。
- 建立追蹤查核紀錄表格，並訓練員工熟悉運作流程。
- 訂定洩漏分級維修期限，並備存重要零件以供隨時更換。
- 工廠應設置專責人員執行追蹤、查核工作。
- 工廠主管應定期查閱報告，並提送管理會議討論追蹤。
- 製程元件之替換與定期檢修

#### (4) 逸散源之設施改進

對屬於連續性逸散排放源，包括由於排氣、揮發損失所致者，經証其排放量逾越排放限值或排放量雖不大但仍可藉工程改善以減少排放量者，應裝置空氣污染控制設備。此類排放控制設備包括：

- 油氣回收設備
- 冷凝設備逸散源封密，如廢水池加蓋廢水以管線式輸送，並將廢氣抽送至處理設施抽氣連線至燃燒塔／處理設備。

#### (5) 嗅覺干擾之評估

整體言之，逸散源改善與控制主要目標乃減少揮發性有機物排放量，以減低其在空氣中之濃度。

唯由於諸多揮發性有機物乃屬致臭味物質，且其「臭味閾值」(Threshold Value)極低，因而造成某些揮發性有機物濃度低於管制限值，但仍有嗅覺干擾，對於此種問題，石化工廠需再進一步確認造成嗅覺干擾之成份，並進一步提昇控制效率或減量效果。易言之，石化工廠對逸散排放控制對策之評估，應同時考量「嗅覺干擾」及「揮發性有機物濃度限值」指標，尤其對於嗅覺干擾更應特別留意。

### 3. 推動管道排放揮發性有機物之改善工作

管道排放揮發性有機物之改善與逸散源改善同等重要，目前石化工廠對主要排放源大多已設置處理設備，或已規劃設計中，唯由於此種型態排放源之排放量

皆甚大，故所有排放源皆應有高效率之控制設備。主要問題及所需加強改善重點包括如下項目：

### (1)廢氣控制設備效率之確認

由於法規要求需符合排放限值或達到最低控制效率，因此，對每一控制設施皆需由設計規範配合採樣測值，確認進入控制設備之污染物條件，包括廢氣量、污染物成份、種類及濃度(ppm, mg/Nm<sup>3</sup>)或污染負荷(kg/hr)，廢氣溫度、含水率等；此外，並應於廢氣處理設施排氣口掌握相同資料，以供比較確認。事實上，由於工廠操作條件並不相同，因此，為充分掌握不同條件下之污染物排放量及控制效率，應可藉模擬分析方式比較不同操作生產率負載條件下之揮發性有機物排放率及控制設備之效率。

### (2)最佳操作條件設定

由於控制設備效率決定於操作條件，因此，影響揮發性有機物去除效率之重要參數，應藉由設計規範及實際操作經驗分析，建立能達到最佳控制率之操作條件，例如：溫度控制範圍、壓力控制範圍、吸收液加量、廢氣停留時間、壓力損失等。這些操作參數設定程序宜製作成操作手冊，提供操作人員參考。

### (3)操作條件及廢氣排放監測紀錄

石化工廠乃屬連續式運轉，穩定操作及廢氣排放需在各種設備功能及反應皆於設定條件時才能達成。事實上由於原料組成之變異及溫度、壓力之擾動現象，皆使反應控制呈現隨時可能發生異常狀態，因此，有關操作條件及廢氣排放監測紀錄乃屬必要，除可提供追蹤查証參考，最重要者乃藉記錄分析可修正製程操作或污染控制設備操作條件，避免再次發生相同狀況。此項工作主要包括：

- 製程重要操控參數紀錄，如反應槽壓力、溫度。
- 原料組成、成份，特別是關於揮發性有機物者。
- 進入廢氣控制設備之廢氣條件，包括溫度流量、廢氣主要成份、濃度、熱值、含水率等。
- 廢氣控制設備操作條件指示紀錄，包括加藥量濃度、抽氣風扇電流、電壓、控制設備內壓力、壓力損失、噴嘴壓力、迴流液量、不同點處溫度、供給輔助燃料量、輔助空氣量等。
- 廢氣排放監測與紀錄，包括廢氣量、溫度、污染物濃度及不透光率。

### (4)操作及排放異常之應變與修復

對整體排放量而言，於短期內因為異常排放所致污染物量甚且大於長期低量排放累積之總和，對環境及員工、居民安全造成極大衝擊，因此，為防範此種狀況發生，除藉例行檢查維修以積極改善外，如何儘速改善以減少排放量亦為重要課題。

對於揮發性有機物控制設備發生異常時，亦需配合製程操作條件以緊急降低生產或停產，並藉緊急維修作業儘速使控制設備恢復功能，因此，石化工廠宜針對每一控制設備建立緊急應變操作維修作業手冊，除具體規範異常現象之操作程序外，亦應仿效製程及工安之應變系統，定期模擬訓練以提昇現場控制人員對設備異常狀況之反應操作。

## 七、結語

分析台灣地區石化工業所造成VOCs污染問題，以石化工業主要集中地附近地區而言，石化工業排放所致揮發性有機物之比例甚大，就全面管制污染問題而言，石化工業自應善盡其責任充分配合。石化工業之揮發性有機物排放源包括管道排放及逸散排放，而且兩者所致排放影響皆不容忽視，因此，石化工業於研擬排放控制策略時，此兩項排放源皆需充分考量。

經濟衝擊分析結果顯示，現階段石化工業已投入之控制設備成本佔資本額比例僅5%，其操作成本亦甚低，尚不致對大規模石化工廠造成困擾，但對於較小規模工廠則可能產生影響。不同工廠投入揮發性有機物防制工作之成本差異甚大，因而造成不同之負擔。為避免產生先改善污染者承受不利影響，有關管制對象及工作期程應再審慎評估並作適當調整，以期積極達到改善揮發性有機物污染問題之目標。

整理分析美國及日本有關揮發性有機物管制法規及控制經驗，顯示諸多值得國內有關單位及工廠借鏡，特別是逸散源之「檢測-維修」作業系統，藉有效操作管理以充分達成排放標。因此，國內石化工業應儘速建立此項作業系統，並落實執行。

針對揮發性有機物管道排放管制及改善問題，石化工廠應特別加強下列工作：

- 廢氣控制設備效率之確認
- 最佳操作條件設定
- 操作條件及廢氣排放監測記錄
- 操作及排放異常之應變與修護

由於各工廠揮發性有機物排放源之成份及濃度差異甚大，為積極有效改善問題，並確實掌握其所造成影響，宜再進行有關環境中之監測工作；此外，並應研究如何提昇業者之自行檢查與評估之能力。此外，石化工廠之揮發性有機物污染問題往往亦為臭味問題之主要來源，且為日後有害空氣污染管制重點，因此，有關臭味評定，臭味來源分析及控制技術等相關課題，應再深入研究。

## 參考文獻

1. 經濟部工業局，石化工業因應揮發性有機污染物管制規範之對策，民國83年。
2. 經濟部工業局，石化工業逸散揮發性有機污染物控制對策，民國84年。
3. 行政院環保署，石油化學工業空氣污染管制規範研訂計畫，民國83年。
4. 行政院環保署，有害空氣污染物苯乙烯、三氯乙烯、1,2-二氯乙烷管制規範及排放標準研訂計畫，民國84年。
5. U.S. California EPA, Determination of Reasonably Available Control Technology for Control of Fugitive Emission of VOCs from Oil and Gas Production and Processing Facilities、Refineries、Chemical Plants and Pipeline Transfer Station, 1993, 12月。
6. TNRCC, Volatile Organic Compounds Equipment Leak Fugitives, 1994.
7. U.S. EPA, Control Techniques for Volatile Organic Emissions from Stationary Source, 1978.
8. Kuhn, Leigh A., Ruddy, Edward N, Comprehensive Emissions Inventories for Industrial Facilities, 85th AWMA annual Meeting, 1992.
9. Raymond R. Perras, Fugitive VOCs Emission in the Petroleum and Chemical Industries A Canadian Perspective, Environment Canada Hull, Quebec, 1992.