

空氣污染防治(九)——臭味問題

鄭 福 田*

一、緒 言

臺灣之空氣污染管制工作，最早為燃燒生煤（無生煤許可證者）與冒黑煙之取緝，其後為烟塵與有毒氣體之管制（包括排放口與工廠周界），自去年開始，則有所謂世紀性毒物「戴奧辛」（Dioxin）之防止，可說目前全面性推展之工作乃集中於烟塵與毒性氣體之管制與防止，由於烟塵及少數毒性氣體，可從排放口或工廠周界採樣測定，據以取緝，較易執行，而工廠方面也大半均已採取措施，達到某種程度之改善，但對於氣體性污染物，尤其是多數具有臭味之物質所造成之糾紛，則仍然層出不窮，此乃由於臭味物質之主觀性與複雜性，兼以管制法令非盡善盡美，導致此項問題難以圓滿解決，有必要更進一步加以探討。

二、臭味之特性

Moncrieff 認為某種物質所以會產生臭味，應具備有下列三種特性：

- (一)可揮發性，藉此作用傳送到嗅覺器官。
- (二)可被嗅覺器官之上表皮細胞所吸附。
- (三)在嗅覺區（或嗅覺上表皮細胞）不常見之物質。

Moncrieff 曾提出62條臭味與化學組成之一般通則，其中較常見者為：

- (一)強烈味道之物質通常揮發性，化學反應性較高。
- (二)決定臭味之主要因素為該分子之組成架構 (architectural type)。

(三)對環狀化合物而言，環數可決定其臭味，如五至六環者具有苦杏仁味，六至九環者為過渡性味道 (transitional odor)，九至十二環者為樟腦或薄荷味，十三至十六環者為木頭或香柏味 (woody or cedar odor)，十四至十六環者為泥土或桃味，十七和十八環者為麝香味，大於十八環者則味道甚輕，甚至於無味道。

除了以上之化學通則外，臭味物質亦具有下列幾種物理性質：

- (一)蒸氣壓：由於臭味物質分子必須和味道感覺細胞接觸，因此蒸氣壓較高者其味道較濃，例如汽油比重油，樟腦比玻璃即是此例，但也有例外，如香貓酮 (civetone)，味道強烈但蒸氣壓僅為 10^{-3} mm Hg，而水之蒸氣壓為 17.5 mm Hg，却無味道。
- (二)溶解性：由於臭味物質必須穿過油質之纖毛以及纖毛周圍之水性黏液，才能由感覺細胞感應，因此有些最強烈臭味之物質為可溶於水及油，但乙二醇則例外。
- (三)吸收紅外線：有些證據顯示臭味物質可吸收紅外線，但石蠟油及二硫化碳例外。

* 臺灣大學環境工程研究所副教授

本小組委員

(4)紫外線照射：把臭味物質如丁子香酚（eugenol），黃樟素（safrol），溶於水或石蠟油中，使紫外線通過，則產生散光現象（scattered），而使它變成乳白色光。

(5)拉曼效應（Raman effect）：所謂拉曼效應乃單色光被純物質散光後，散射之光不再是均勻之光（homogenous），亦即含有波長不一之光，此種波長之差即稱為拉曼位移（Raman Shift），比較甲、乙、丙、丁、戊硫醇之拉曼光譜可見其拉曼位移都是2567到2580cm⁻¹，也因為沒有其他之化合物具有此相同之位移，因此其他化合物就無法具有如同此五種之特殊硫醇味。

(6)吸附：活性炭可以有效吸附臭味物質，如苯、氯仿、氮等，但對氣體如氧、氮、氫等則效果差。通常臭味物質吸附在固體表面有三種方式，第一種為吸附在固體表面之濕氣上，第二種為直接吸附在固體表面，第三種則為和固體表面之異性電相吸引作用。

以上所提臭味物質之特性，只能視為臭味物質之部份因素，另外一重要影響因子為臭味接受者個人之感受，它通常含有強烈之主觀判斷，例如有些人甚至於認為汽油味道是香的，而相反地有人認為香水是臭味的，此完全依個人之意念與經驗而不同，不能不注意其重要性。

三、臭味之鑑定技術

(1)描述臭味強度方法：早在西元1920年，即開始使用數字來描述臭味之強弱，即0至5號，0號者代表感覺不出臭味（no perception），1號代表臭味很輕微（very faint perception），2號表輕微（faint perception），3號表可輕易察覺（easily noticeable），4號表強烈（strong），5號表甚強烈（over powering perception）。這種方法對臭味強度予以性質之描述，雖給以數字化，但却無法預估此種臭味物質可以傳播多遠或需要多少無臭味之空氣才足以把它稀釋至1號或0號，而且對於某些強烈臭味物質之鑑定，往往使鑑定者之嗅覺疲乏，此時如不停下休息，則往後之鑑定會失其準確性。

(2)臭味單位（odor unit，簡寫 O.U.）。

所謂臭味單位乃指使一立方呎之乾淨空氣變成有臭味感之臭味物質所需之量，表一即為常見臭味物質之界閥濃度（odor threshold）。

表一、常見臭味物質界閥濃度

化 合 物	界閥濃度 (ppm)
Acetaldehyde	0.21
Acetic acid	1.00
Acetone	100.00
Acrolein	0.21
Amine, dimethyl	0.047
Amine, monomethyl	0.021
Amine, trimethyl	0.00021
Butyric acid	0.001
Carbon disulfide	0.21
Chlorine	0.314

Diphenyl sulfide	0.0047
Ethyl acrylate	0.00047
Ethyl mercaptan	0.001
Formaldehyde	1.0
Hydrogen sulfide (dry)	0.00047
Methyl mercaptan	0.0021
Methyl methacrylate	0.21
Methanol	100.0
Methylene chloride	214.0
Paracresol	0.001
Phenol	0.047
Pyridine	0.021
Toluene diisocyanate	2.14
Trichloroethylene	21.4

假設有一臭味物質，其排放量為 10 O.U./ft^3 ，其廢氣量為 10 cfm ，則可知其臭味排放量為 $10 \text{ O.U./ft}^3 \times 10 \text{ ft}^3/\text{min} = 100 \text{ O.U./min}$ 有此種數字化之排放率後，才可根據擴散模式推估不同下風距離臭味之強弱。

臭味之測定根據美國 ASTM 之規定使用稀釋法，如圖一所示，由煙囪所取得樣品後，用針筒經一連串無臭味空氣之稀釋，即 $1:1, 2:1, 5:1, 20:1, 50:1, 100:1, 500:1, 1000:1, 2000:1$ 。組成一聞臭小組，此小組可由 5 個有經驗或 11 個無經驗者組成，將適量稀釋之臭味物質，由最高濃度起，打入聞臭者之鼻中，由其鑑定此種稀釋後之物質是否有臭味，在此一系列之聞臭過程中，有時要安排一特別高或特別低之濃度，使聞臭者無法預測結果，以減少誤差。此種稀釋聞臭一直進行到參加聞臭小組之 $\frac{1}{2}$ 委員無法聞到臭味為止，而後把每位委員對於不同倍數之稀釋用半對數坐標點劃如圖二，由圖二我們可以找到 50% 聞臭委員認為有味道之相對稀釋倍數為 1440，即 1440 O.U./ft^3 ，如同時測得煙囪之排氣量為 200 cfm ，則該煙囪之臭味排放量為 $319,000 \text{ O.U./min}$ 。

〔例題〕假設有一煙囪高 30 公尺，每小時排放 400 磅二硫化碳，在夏天晴朗之天氣下，風速每小時 10 哩，試問在下風 1000 公尺處是否可聞到此二硫化碳之臭味。

〔解〕風速 $u = 10 \text{ mi/hr} = 4.47 \text{ m/sec}$

$$Q = 400 \text{ LB/hr} = 50.4 \times 10^6 \mu\text{g/sec}$$

$$H = 30 \text{ m},$$

在夏天晴朗天氣下， $\sigma_y = 160 \text{ m}$, $\sigma_z = 120 \text{ m}$

根據高斯擴散模式

$$C = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) = \frac{50.4 \times 10^6}{3.14 \times 4.47 \times 160 \times 120} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{30}{120}\right)^2\right] = 180 \mu\text{g/m}^3$$

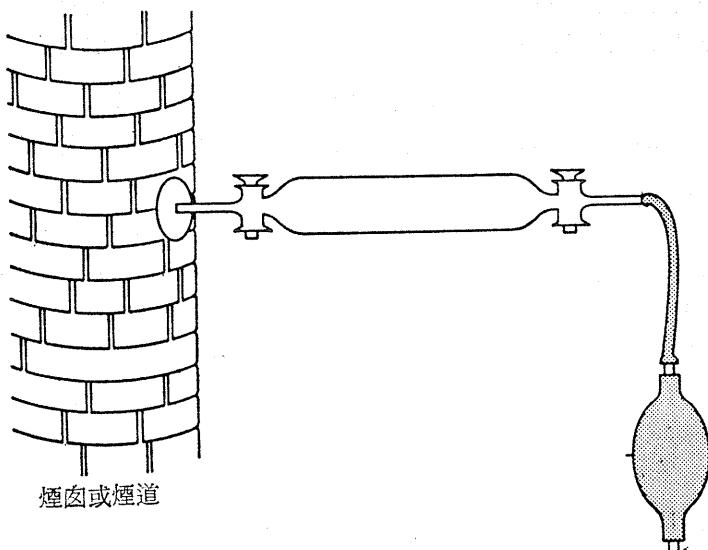
$$\text{如以體積濃度表示, } C = \frac{180 \times 24.5}{176 \times 10^3} = 0.058 \text{ ppm}$$

由表一知二硫化碳之界閥濃度為 0.21 ppm ，因此可知在下風 1000 m 處不會聞到其味道。

現如用臭味單位來表示，由於其界閥濃度為 0.21ppm ，即表示 1ft^3 之 CS_2 可污染 $1/0.00000021 \text{ ft}^3 = 4,750,000 \text{ ft}^3$ 之空氣，使其帶有 CS_2 之臭味，因此其臭味單位 = $4,750,000$ O.U. CS_2 之體積排放率為 $\frac{400 \text{ LB/hr}}{76 \text{ LB/LB. MOLE}} \times \frac{379 \text{ ft}^3}{\text{LB. MOLE}} = 2000 \text{ ft}^3/\text{hr}$ 由定義知 1ft^3 之 CS_2 相當於 $4,750,000$ O.U. 故 CS_2 之臭味單位排放量 = $2,000 \times 4,750,000 = 9.5 \times 10^9$ O.U./hr = 2.64×10^6 O.U./sec 代入高斯擴散模式

$$\begin{aligned} C &= \frac{2.64 \times 10^6}{3.14 \times 4.47 \times 160 \times 120} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{30}{120} \right)^2 \right] \\ &= 9.60 \text{ O.U./m}^3 = 0.28 \text{ O.U./ft}^3 \end{aligned}$$

因此我們也可以說在此種氣象條件和排放率下，在下風 1000m 處， 0.28 O.U./ft^3 不致造成臭味。



圖一、臭味污染源採樣

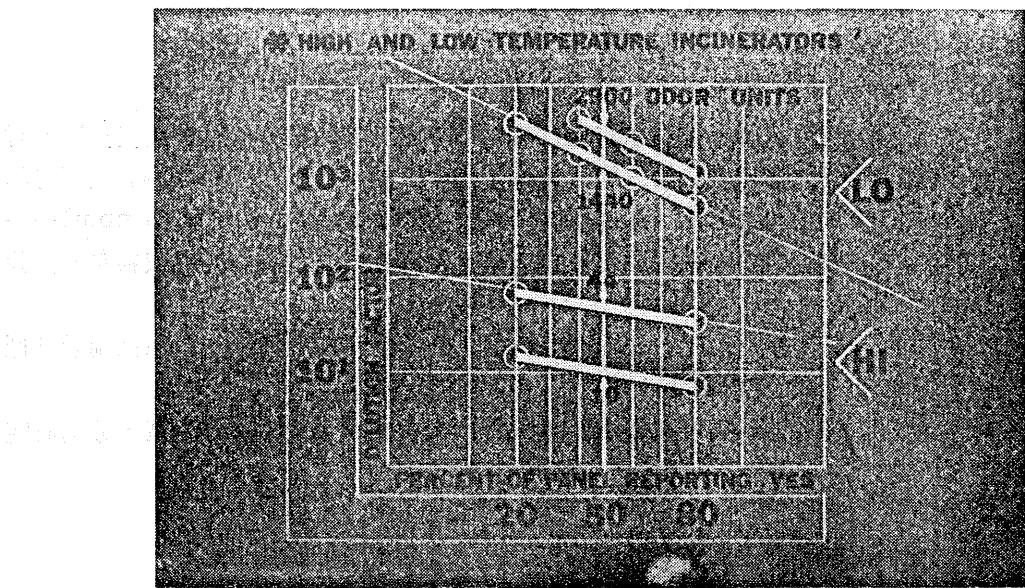
四、排放源臭味控制方式

排放源臭味控制方法基本上有兩種，其中一種是減少臭味物質之排放，另一種是改變臭味物質之特性，使其可被接受，茲介紹如下：

(一) 排氣通風方式

用強迫空氣——覆罩 (force-air hood) 方式，使臭味物質不致於四處外洩，並利用高煙囪使臭味物質藉大氣之擴散稀釋作用而不致於有臭味產生，其計算估計方法如上例所示，此外在分批式之化工程程中如會排放臭味物質，也可藉減壓排氣之方式，降低臭味物質之排放率，藉空氣充分稀釋之。

(二) 吸附方式



圖二、嗅覺器官有臭味感百分比與稀釋倍數關係圖

最常用之吸附劑為活性炭，可用於(1)處理排到室外或煙囪之廢氣，(2)把室外空氣處理後引入室內，如開刀房、製藥廠等，(3)室內空氣之再循環。設計之風速 (face velocity) 為 375~520 ft/min。

(甲) 吸收方式

如臭味物質可用某種液體吸收或臭味物質可被冷凝，則可考慮使用吸收方式處理，如氨、氯用水吸收。

(乙) 火焰氧化 (flame oxidation)

用直接火焰，其燃燒溫度為 1100~1500°F，可有效控制臭味物質，燃燒所需之燃料一般使用天然氣，此法之缺點為補助燃料之費用，應防止不完全燃燒現象之發生，否則會造成更濃之臭味。

(丙) 觸媒氧化

較常用之觸媒為鉑、五氧化二釩，其優點為燃燒溫度較低 (500~800°F)，應防止觸媒被毒化 (poisoning) 或粒狀物質沉積於觸媒床上。

(丁) 化學氧化

可用 O_3 , KM_nO_4 , $HClO$, Cl_2 , ClO_2 等氧化劑以氧化臭味物質，尤其是對於有機物更為有效。臭氧可氧化有機物，使其成為醛、酮或酸。高錳酸鉀可去除硫化物，胺、酚及不飽和之碳氫化合物。

(戊) 掩覆劑 (masking agent)

此乃把一種有味道 (可被人接受者，如香水) 加入臭味物質中，以掩後其原有之臭味，使用此法只是治標方式，應注意所加入之掩後劑應不致於造成健康之危害。

五、法令檢討

(一)過去之經驗：在我國空氣污染防治法頒布施行前，省市政府有其地方性單行法規據以執行空氣污染之管制。如臺北市空氣防污辦法第三條定有二十五種氣體，廠礦在其用地邊界上不得超過最高容許量，其中有關臭味之物質如氨(30 ppm)、氯(0.3 ppm)、硫化氫(3 ppm)……等。另外第十二條：「市區禁止排放或堆置足以損害人體或財產或使人厭惡之氣體或物質。」此條則屬概括性之規定，執行較有彈性。

(二)美國有些州如明尼蘇打、伊利諾州，採取 O.U./ft³ 之規定，如馬利蘭州則採控制設備標準，例如規定焚化爐之溫度應高於 1200°F，停留時間長於 0.3 秒等即是。

(三)如美國密蘇里州之聖路易郡則採客觀標準，即以民意調查方式，就不同之地區，分別訂定不同之稀釋倍數，臭味排放源在達到下列情況時，即予禁止：

1. 在住宅、遊憩、機關、旅館、學校等區之空氣不經稀釋。
2. 工業區之臭味物質用二十倍無臭味空氣稀釋。
3. 以上所列以外之地區之臭味物質用四倍無臭味空氣稀釋。

照以上標準稀釋之空氣在受測人數至少 20 人時，如有 30% 認為有令人厭惡之味道，則應予以禁止，如受測人數少於 50 人，則如有 75% 以上受測人數認為厭惡也應予以禁止。

(四)我國目前法令之管制：目前臺灣地區空氣污染排放標準中有關臭味物質採列舉式，只有五種臭味物質和三種有機溶劑，另外還有數種氣體之規定，由於臭味物質種類繁多，而臭味之物理、化學性質雖有通則，但非一成不變，加以臺灣地狹人稠，住宅與工廠爭地，以目前之法令，實難以有效管制，實應採臭味排放單位或概括、列舉並行之方式，從速修訂法令，據以執行，才能有效管制臭味造成之空氣污染問題。