

排放管道中C5-C10非極性氣態有機物檢測方法

—採樣袋採樣/氣相層析質譜分析法

中華民國 96 年 9 月 4 日環署檢字第 0960067332D 號公告
自中華民國96年12月15日起實施
NIEA A734.70B

一、方法概要

排放管道中的非極性氣態有機物，經由採樣袋採集樣品後，取固定體積注入氣相層析質譜儀（GC/MS）測定樣品中 C5-C10 氣態有機物濃度。

二、適用範圍

本方法適用於排放管道排氣中 2-甲基-1-丁烯（2-methyl-1-butene）等 24 種非極性氣態有機化合物之檢測。

本方法檢測範圍約從 1 ppm 直到氣相層析儀質譜儀的飽和上限值或管柱的負載上限值，視進樣系統而定。其它成分氣態有機化合物亦可適用，但實驗室必須提供數據，證實待測之氣態有機化合物在本方法之適用性。

三、干擾

- (一)高濃度和低濃度樣品或標準品交互分析時，會發生樣品交互污染，分析二個樣品過程之間應以載流氣體充分吹洗氣相層析質譜儀之樣品注射迴路，並儘可能先從低濃度樣品開始分析。
- (二)為確保偵測器感應性之一致，所有標準氣體應用乾燥零級氣體配製，對於氣態有機化合物濃度之檢測，若發現氣體樣品中含有水蒸氣，應測定其含量，並用修正係數加以校正。
- (三)分析人員必須事先了解樣品內化合物成分及近似濃度。分析人員可根據這些資料準備標準溶液，以執行濃度校正。分析人員得視情況決定是否稀釋樣品以避免超過氣相層析質譜儀檢測範圍，並過濾樣品以防止粒狀物進入氣相層析管柱。
- (四)單一實驗室驗證結果顯示，水分存在對採樣袋內非極性氣態有機化合物之衰減效應不大，但為避免吸附，樣品採集後應在24小時內完成分析工作，以確保揮發性有機物濃度衰減幅度低於10%。

四、設備

(一)測試及採樣設備

1. 鐵氟龍管：管線直徑和長度由連接鋼瓶之調壓閥（regulator）和氣相層析設備決定。
2. 氣相層析儀：氣相層析儀應配備分離管柱、溫度控制之樣品採樣迴路及閥等裝置。氣相層析儀之靈敏度應符合本方法所分析化合物之要求。
3. 質譜儀：為四極式、離子阱或其他相同功能之質譜儀，具每秒至少可掃描 30 至 300 amu 一次，使用對氟溴化苯（4-Bromofluorobenzene, BFB）分析時，可以產生符合操作標準之質譜者。
4. 質譜儀：為四極式、離子阱或其他相同功能之質譜儀，具每秒至少可掃描 30 至 300 amu 一次，使用對氟溴化苯（4-Bromofluorobenzene, BFB）分析時，可以產生符合操作標準之質譜者。
5. 採樣泵：流率需能達到 50 mL/min 以供沖洗樣品迴路。
6. 加熱帶：裝設於樣品前置進樣管線。
7. 分離管柱：DB-1，60 m × 0.25 mm ID，1 μm 毛細管柱，J&W Scientific 或同級品。
8. 調壓閥：用於氣相層析儀氣體鋼瓶及標準氣體鋼瓶。
9. 紀錄器：積分儀或具相同功能者。
10. 注射器：體積為 0.5 mL、1.0 mL 及 10 mL，經校正且具氣密性之注射器，主要用於檢量線標準品之配製。
11. 配管裝置：連接氣相層析儀及其氣體鋼瓶。
12. 隔膜：供注射器使用。

13. 皂沫流量校正器：流率範圍20 mL/min～ 6 L/min，用來校正採樣泵流量及質量流量控制器，Gilian、SKC或同級品。
14. 採樣袋：Tedlar採樣袋或鋁製Mylar採樣袋，容積為5 L、10 L及50 L，用於製備氣體標準品及採集樣品。經單一實驗室驗證結果顯示以Tedlar採樣袋較佳。
15. 氣體流量計：準確性在±2 %之乾式氣體流量計或質量流量控制器，用於準備氣體標準品。
16. 加熱器裝置：用於準備氣體標準品。
17. 個人採樣泵：須經過校正，配合吸附管收集初步測定樣品。
18. 採樣管：長度需足夠到達煙囪中心點或距離煙囪壁1 m以上。依照排氣溫度可選用不鏽鋼、耐熱玻璃或鐵氟龍材質之採樣管；以外徑6.4 mm之鐵氟龍管連接採樣袋，以不鏽鋼管或鐵氟龍材質之連接器串接採樣管和採樣管線。
19. 氣壓計：測量大氣壓力。
20. 水蒸氣含量測定裝置：用於測定煙道氣水分含量。
21. 快速接頭：可由兩個陽型接頭和兩個陰型接頭組成。
22. 針閥：控制氣體流速。
23. 真空泵：需為無洩漏型內襯鐵氟龍材質之真空泵、隔膜型泵或具相同功能者。抽氣流率至少為1 L/min。
24. 流量計：範圍為0～500 mL/min必須附有流量校正曲線。
25. 採樣器：可以定流量（0至200 mL/min）進行常壓或高壓採樣的裝置。
26. 限流裝置：可適當控制流速之裝置，如針閥、小孔流量計等。
27. 真空壓力計：能顯示真空度達 10^{-3} mmHg者。
28. 乾式流量計。

五、試劑

- (一) 試劑水：去離子水。

(二)正己烷：殘量級。

(三)標準氣體：含待測化合物之標準氣體，濃度經確認並可追溯至NIST標準者，如Scott Specialty Gases或同級品，濃度範圍建議100 – 500 ppm 為宜。

(四)有機化合物試劑：純度為99 %以上，有機化合物試劑係用於製備檢量線標準品。

(五)載送氣體：純度99.999 %以上之氮氣。

(六)零級氣體(Zero gas)：碳氫化合物濃度小於1 ppm之空氣或氮氣，用於稀釋、製備空白樣品及標準品。

六、採樣及保存

(一)預先測試及預先採樣

1. 對每一欲進行採樣之排放源均需執行預備工作。基本資訊可由現場工作人員得知；排放氣體成分及其概略濃度可由收集氣體樣品分析而得。

2. 預先採樣

使用採樣袋採集預先測試樣品，依六、(二)節執行樣品採集。若使用全新的採樣袋，於進行現場採樣前，必須檢查是否有洩漏及污染狀況。其方式為可使用氮氣或乾淨空氣等不具反應性的氣體充滿採樣袋，留置24小時或更久時間，觀察其是否有洩漏現象，然後以氣相層析質譜儀分析之，以檢查袋內是否有污染物或源自採樣袋材質脫附生成之有機污染物成分。

3. 水蒸氣含量測定

燃燒或濕式控制程序，可依照“排放管道中粒狀污染物採樣及其濃度之測定方法(NIEA A101)”中水分含量測定程序獲得水蒸氣含量資料。若排放氣體溫度低於59°C，可測量溼球和乾球溫度，再利用乾溼球溫度圖表計算水蒸氣含量。

4. 排氣靜壓測定

可由現場人員告知或經由測量方式獲得。若使用S型皮托管及傾斜壓力計，應使皮托管和管道氣流流向成90度角。由皮托管分離支管到壓力計即可讀取靜壓，需注意其為正值或負值。

(二)採樣

為顧及排放源現場安全，應選擇合適之採樣及分析步驟。下列敘述是以組合型採樣袋採集樣品：

1. 抽真空容器採樣步驟

採樣袋裝置在一個具氣密性之硬殼容器中，樣品氣體可經由容器抽真空時裝填進入採樣袋。使用現場採樣記錄表，並在每個採樣點以相同採樣步驟收集三個樣品。採樣步驟如下：

- (1)以圖一所示方法裝配採樣設備。
- (2)採樣袋和容器必須先執行洩漏檢查。
- (3)將抽真空裝置以針閥連接採樣袋及鐵氟龍採樣管。
- (4)將採樣管放置於煙道中心點或離管壁1 m以上。
- (5)打開真空泵，並以針閥調整流率約為0.5 L/min，以20分鐘或適當時間吹拂管線幾次。
- (6)連接真空管線至採樣袋，開始抽氣，直到浮子流量計指示沒有流量為止。
- (7)轉換採樣及真空管線至採集樣品位置，開始實際採樣。
- (8)基於安全考量，氣體引出浮子流量計後，應遠離採樣人員才能排放。
- (9)採樣結束後，關閉真空泵，將採樣袋進氣口關閉後移開，記錄排放氣體溫度、大氣壓力、環境溫度、採樣流率及採樣開始、結束時間。切記不可讓採樣袋(可置於黑色容器或塑膠袋)及其它容器受到陽光直接曝曬，樣品收集後，應該在24小時內完成分析工作。

2. 在具爆炸危險區內採樣步驟⁽¹⁾

依六、(二)1節所述，可用真空罐或手動真空採樣裝置取代真空泵，不論是否為真空泵、加熱採樣管或其它設備，在可能爆炸之情況下，均可採用此方法。

七、步驟

(一)預先測試

1. 氣相層析質譜儀操作條件建議如下：

(1)注射器：溫度220°C，注射時間1.0 min，或以樣品迴路體積0.25 mL進樣，樣品迴路溫度200°C。

(2)偵測器：溫度250°C，質譜儀。

(3)分離管柱：DB-1，60 m × 0.25 mm ID，膜厚1 μm

(4)管柱溫度：

低溫起始溫度40°C，以每分鐘0.5 °C/min升溫至48°C後，維持1 min，再以18 °C/min升溫至100°C後，維持1 min，再以25°C/min升溫至180°C後，維持11 min。

各化合物之層析滯留時間及特性離子質量數如表二，相關層析條件及層析質譜圖譜請參看圖三、表三。

2. 預先測試樣品分析

(1)分析樣品之前加熱預先測試樣品至管道溫度，以使任何冷凝物質汽化。以氣相層析質譜儀（GC/MS）分析樣品。

(2)在第一次注射分析時依七、(一)1節所述氣相層析質譜儀分析條件進行，往後分析過程中則可改變分析條件以尋求最佳操作分析條件。設定最佳分析條件後，可重複注射標準樣品以測定每個化合物之滯留時間。滯留時間再現性應在2秒範圍內。

- (3)樣品應以固定流量(50 mL/min 注射速率)通過樣品迴路(0.25 mL)，並至少吹氣置換30秒以上。
- (4)如果樣品濃度過高，可改用較小體積之樣品迴路或直接以零級氣體加入稀釋。
- (5)由滯留時間和已知化合物滯留時間之比對以暫定可能之化合物成分，再更進一步以氣相層析質譜分析確認。

(二)檢量線標準品

檢量線之標準品至少須配製5種不同濃度，其中一個濃度需接近但稍高於方法偵測極限，其餘可涵蓋工作濃度範圍內之濃度。同一個檢量線標準品可以包含一種以上有機化合物成分。

此外，必須確認所有標準氣體之有效期限；若氣體標準品係在實驗室中製備，則應依下列步驟進行：

1. 以高濃度鋼瓶氣體標準品製備較低濃度標準品

- (1)高濃度鋼瓶氣體標準品如果含有樣品中欲分析之化合物，則可採用稀釋高濃度標準品來配製低濃度標準品之方法，如圖四。
- (2)配製稀釋標準樣品時，校正之浮子流量計一般用來計量高濃度標準氣體和稀釋氣體之流量或體積；其它類型流量計和稀釋系統皆可使用。
- (3)每一個流量計在使用前皆須先校正，將流量計置於供給稀釋氣體系統和適當大小之皂沫流量計、鐘形氣體流量計或溼式氣體流量計之間。
- (4)校正流量計後，以6 mm鐵氟龍管連接流量計、檢量線標準氣體鋼瓶及稀釋氣體系統。流量計出口處連接到一個無洩漏之Tedlar採樣袋，如圖五。調整氣體流量使到所欲稀釋濃度。應留意不要在採樣袋中充入太多氣體，否則會造成稀釋系統額外

壓力。記錄二個流量計之流率、實驗室溫度及大氣壓力。以下式計算稀釋氣體中每項有機物成分之濃度 C_s (ppm)：

$$C_s = \frac{10^6 (\bar{X}S)}{S+D}$$

10^6 = ppm轉換係數

\bar{X} = 標準氣體有機化合物莫耳(或體積)分率

S = 標準氣體流率 (mL/min)

D = 稀釋氣體流率 (mL/min)

(5)單段稀釋可用來製備稀釋比率為1:20之標準氣體，如果要達到更高稀釋比率，建議使用二段稀釋系統，如圖五所示。在第二段稀釋時，以稀釋氣體充滿採樣袋作為二次稀釋。記錄實驗室溫度、大氣壓力及靜壓值。

(6)經過溫度及壓力修正後，用下列公式計算最後氣體混合物之有機物濃度 C_s (單位為ppm)：

$$C_s = 10^6 \bar{X} \left(\frac{S_1}{S_1 + D_1} \right) \left(\frac{S_2}{S_2 + D_2} \right)$$

10^6 = ppm 轉換係數

\bar{X} = 標準氣體中之有機化合物莫耳(或體積)分率

S_1 = 第一階段，標準氣體流率 (mL/min)

S_2 = 第二階段，標準氣體流率 (mL/min)

D_1 = 第一階段，稀釋氣體流率 (mL/min)

D_2 = 第二階段，稀釋氣體流率 (mL/min)

2. 以揮發性有機化合物試劑配製標準品

(1)液體配製技術

設備裝置如圖六所示，使用氣體流量計，以鐵氟龍管作為連接管線接到10 L或較大容量之採樣袋。

將採樣袋完全抽真空，用不含碳氫化合物之純淨空氣充滿採樣袋，再次抽成真空，關上入口閥，打開加熱板，讓水浴沸騰，連接採樣袋與衝擊瓶出口處。

讓液態有機物在室溫平衡，使用1.0或10 μL注射器充滿待測有機物液體。將注射器針頭插入附有隔膜之衝擊瓶入口處，選擇合適長度針頭，使液體注射在T型管空氣注入支線，然後取出注射器。記錄最初氣體流量計讀值，打開採樣袋入口閥及鋼瓶，調整流量使採樣袋在一定時間內（如10 L採樣袋於10-20分鐘內）充滿氣體。⁽²⁾

當採樣袋已充滿所要求之氣體容量，關閉流量計及採樣入口閥。記錄流量計最終讀值、溫度及大氣壓力。

取下採樣袋，依其體積大小至少靜置半小時至一小時或輕拍採樣袋確定完全混合。採樣袋於分析過程時，應保持存於褐色容器中。

在室溫時，測量液態溶劑密度，以精密天平精秤已知體積溶劑重量，其誤差應小於1.0 mg，可使用附毛玻璃栓25 mL容積量瓶或具玻璃蓋比重瓶，計算結果以g/mL表示。此外，亦可經由文獻查詢在20°C時之液體密度，並採用下式計算有機物成分標準品濃度 C_s (ppm)：

$$C_s = \frac{L_v \rho (24.055 \times 10^6)}{V_m Y \frac{293}{T_m} \frac{P_m}{760} 1000} = 6.24 \times 10^4 \frac{L_v \rho T_m}{M V_m Y P_m}$$

L_v = 注入有機化合物液體體積 (μL)

ρ = 待測有機化合物液體密度 (g/mL)

M = 有機化合物分子量 (g/mole)

24.055 = 293K, 760 mmHg 條件下之理想氣體莫耳體積

10^6 = 轉換係數

1000 = 轉換係數 (μL/mL)

(三)建立檢量線

建立適當之氣相層析儀操作條件，如使用樣品迴路方式進樣則應以50 mL/min速率沖洗樣品迴路至少30秒。畫出至少5種不同濃度標準品濃度 (C_S) 與其特性離子尖峰面積值關係圖，執行線性迴歸分析，求出線性關係值。檢量線製備完成應即以第二來源標準液配製接近檢量線中點濃度之標準氣體進行確認。檢量線濃度之訂定須考量檢量線之線性相關係數。由於樣品濃度變動範圍極大，造成高、低濃度間線性關係之差異，故須建立高濃度及低濃度二種檢量線。

(四) 檢量線查核頻率

起始檢量線應於分析前及每 12 小時分析後以檢量線中點濃度之標準液進行分析，檢查確認其線性。檢量線製備完成應即以第二來源標準品配製接近檢量線中點濃度之標準品(若無第二來源標準品時，至少應使用另一獨立配製之標準品) 進行分析作確認。

除了需於分析前及每 12 小時作檢量線中點濃度檢查外，當實驗室一旦改變分析條件而影響到質譜感度時(例如：離子源的清洗或維修、分離管柱的更換等)皆需作儀器功能測試，必要時須重新製作檢量線。假如起始檢量線無法符合在技術上可接受之規定時，則檢查該系統是否需要清洗離子源，更換分離管柱或作其他之校正行動，以符合建立起始檢量線之作業規定。起始檢量線在任何樣品、績效評鑑樣品或空白樣品分析前，需已經符合技術上可接受之規定，若在進行樣品或空白分析時，起始檢量線尚未符合技術上可接受之規定時，則此批樣品必需重新分析。

(五)樣品分析步驟

執行採樣袋樣品分析步驟如下：

1. 依建立檢量線時所建立之氣相層析儀分析條件，記錄所有資料，若某些資料無法提供則註明“NA”。氣體樣品必須導入樣品閥，用樣品氣體沖洗採樣管線，並開啟活動閥。對此樣品至少需要連續取得兩個層析圖，使其積分面積差值在其平均值10 %內，否則須重新分析，或改正分析技術，直到符合要求。
2. 在每次樣品分析前，須當天配製並分析一檢量線查核標準品以確認滯留時間及檢量線之穩定性，以求樣品分析後定性定量結果之可信度。

八、結果處理

(一) 定性分析

樣品中待測揮發性有機物的認定可經由比較其滯留時間和質譜與在標準品分析中的滯留時間和質譜而後確認。標準質譜應該以檢量線標準品的分析取得，以作為樣品定性的依據。滯留時間測試需符合層析檢測方法總則(NIEA M150)之步驟七、(六)絕對滯留時窗之規定，而其滯留時間則應以 12 小時內和樣品分析同一批次的檢量線查核分析為基準來比較。倘若樣品中有干擾物質和待測物共同流出，而無法由總離子層析圖中得到待測物正確的滯留時間者，則必須以待測物質譜中較為特殊的質量數，作一萃取離子層析，並由其中得出該待測物的滯留時間。單一實驗室對方法適用非極性揮發性有機物之滯留時間測試，與特性離子質量數定性結果如表二。

(二) 定量分析

從七、(三)節的檢量線，根據尖峰面積計算 C_S 值，再由下式計算樣品中，以乾燥氣體體積為基準之每一待測物的濃度 C_C (ppm)：

$$C_C = \frac{C_S P_r T_i}{P_i T_r (1 - B_{ws})}$$

C_S = 從檢量線得到的有機化合物濃度，(ppm)。

P_r = 參考壓力，在校正期間記錄的大氣壓力或樣品注射迴路絕對壓力，(mmHg)。

T_i = 樣品分析時的樣品注射迴路溫度，(K)。

P_i = 樣品分析時大氣壓力或樣品注射迴路絕對壓力，(mmHg)。

T_r = 參考溫度，在校正時記錄的樣品注射迴路溫度 (K)。

B_{ws} = 採樣袋樣品或煙道氣體的水蒸氣含量，以體積百分比表示。

九、品質管制

- (一) 待測有機化合物檢量線之線性係數不得低於0.995。
- (二) 為避免所用之採樣袋或樣品稀釋系統殘存待測揮發性有機物而造成干擾，每批清洗過之採樣袋必須隨機抽取1至2袋進行空白分析，有機物殘存量必須小於2倍方法偵測極限。
- (三) 樣品分析時，每批次或每十二小時為週期之樣品分析工作前需進行一個實驗室空白樣品分析及檢量線查核標準品分析，完成樣品分析後應再執行一次檢量線查核標準品試驗，重複分析之相對差異百分比必須小於 10 %，查核標準品之回收率應介於 75 % 至 125 %，以確保數據之品質。
- (四) 現場空白樣品係將清洗後之採樣袋填充氮氣或零值空氣，從實驗室攜至採樣地點，現場不進行採樣且不打開採樣袋進樣閥，與樣品一同攜回實驗室者。實驗室空白樣品分析及現場空白樣品分析之管制標準為其檢測濃度小於2倍方法偵測極限。
- (五) 在分析排放管道氣體樣品之前，必須執行查核樣品分析，其測值應符合實驗室品質管制規定，否則需先尋求造成差異之原因，並在進行分析前修正之。

十、精密度與準確度

單一實驗室自行配製一氣體標準品進行七次重複分析，所得精密
度、準確度與方法偵測極限如表四。

十一、參考資料

- (一) 行政院環境保護署“建立排放管道中非極性有機物檢測技術”，
EPA-95-1602-02-05，中華民國95年12月。
- (二) 行政院環境保護署“空氣污染物檢驗方法建立與驗證-氣相層析測
定氣態有機化合物成分方法驗證研究計畫”，EPA-85-3305-09-02，
中華民國85年6月。
- (三) 行政院環保署“煙道排氣中氣態有機化合物檢測方法之驗證與研
究〈期末報告〉”，中華民國86年5月。
- (四) 行政院環保署環境檢驗所，環境檢驗品質管制指引NIEA
PA101-PA107，中華民國93年10月。
- (五) U.S.EPA. 40 CFR Ch.1(93.7.1 Edition), Pt.60,App.A, Meth.18,
“Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas
Chromatography”, 1993.
- (六) US EPA 「Code of Federal Regulation,Part 60, Subpart TTT」,July
1989, Edited.

註(1)：此方法不宜由不熟悉氣相層析法分析特性之人員執行，也不宜由
不熟悉現場之採樣工作人員進行採樣。在有爆炸之虞環境下，採樣
時應特別注重採樣儀器設備操作安全性。

註(2)：配製低濃度標準品時，為避免取量太小造成誤差，可採用較大容
量採樣袋採樣或先配製成200 ppm濃度標準品再稀釋至所需之濃度。

表一 本方法適用之非極性揮發性有機物基本性質

	化合物	分子式	沸點 (°C)	分子量 (g/mol)
1	2-甲基-1-丁烯(2-methyl-1-butene)	C ₅ H ₁₀	31.3	70
2	戊烷(pentane)	C ₅ H ₁₂	36	72
3	2-甲基-2-丁烯(2-methyl-2-butene)	C ₅ H ₁₀	38.1	70
4	環戊烯(cyclopentene)	C ₅ H ₈	44	68
5	環戊烷(cyclopentane)	C ₅ H ₁₀	49	70
6	2-甲基戊烷(2-methyl pentane)	C ₇ H ₁₅	60	86
7	己烯(hexene)	C ₆ H ₁₀	63	86
8	2,3-二甲基丁烷(2,3-dimethyl butane)	C ₆ H ₁₄	57.9	82
9	甲基環戊烷(methyl cyclopentane)	C ₆ H ₁₂	72	84
10	2,4-二甲基戊烷(2,4-dimethyl pentane)	C ₇ H ₁₆	80.5	100
11	環己烷(cyclohexane)	C ₆ H ₁₂	81	84
12	2,3-二甲基戊烷(2,3-dimethyl pentane)	C ₇ H ₁₆	89.8	100
13	3-甲基己烷(3-methyl hexane)	C ₇ H ₁₆	91.0	100
14	甲基環己烷(methyl cyclohexane)	C ₇ H ₁₄	101	98
15	乙基環戊烷(ethyl cyclopentane)	C ₇ H ₁₄	103.5	98
16	2-甲基庚烷(2-methyl heptane)	C ₈ H ₁₈	116	114
17	4-甲基庚烷(4-methyl heptane)	C ₈ H ₁₈	122.2	114
18	3-甲基庚烷(3-methylheptane)	C ₈ H ₁₈	119	114
19	乙基環己烷(ethyl cyclohexane)	C ₈ H ₁₆	131.8	112
20	壬烯(1-nonene)	C ₉ H ₁₈	146.9	126
21	丙苯(propyl benzene)	C ₉ H ₁₂	159	120
22	1,3,5-三甲苯(1,3,5- trimethyl benzene)	C ₉ H ₁₂	135	120
23	1,2,4-三甲苯(1,2,4- trimethyl benzene)	C ₉ H ₁₂	135	120
24	癸烷(decane)	C ₁₀ H ₂₂	174	142.2

表二 揮發性有機化合物之滯留時間與特性離子質量數

化合物	滯留時間(min)	第一特性離子 質量數	第二特性離子 質量數
2-methyl-1-butene	5.073	55	29,42,70
pentane	5.791	43	55,72,65
2-methyl-2-butene	6.228	55	70
cyclopentene	7.169	67	39,53
cyclopentane	7.555	42	70
2-methyl pentane	7.694	43	71,86
hexene	8.433	56	40,67,84
2,3-dimethyl butane	7.587	43	71,39
methyl cyclopentane	10.435	56	41,69,84
2,4-dimethyl pentane	10.583	57	43,85,69,100
cyclohexane	12.607	56	84,41,69,77
2,3-dimethyl pentane	13.313	56	43,71,83,98
3-methyl hexane	13.869	43	70,57,85
methyl cyclohexane	17.975	83	55,98,41,69
ethyl cyclopentane	18.698	69	41,55,98
2-methylheptane	20.331	57	43,70,99,114
4-methylheptane	20.402	43	71,55,85,114
3-methylheptane	20.671	43	57,85,70,114
ethylcyclohexane	22.670	83	55,67,112
1-nonene	23.910	56	69,83,97,126
propyl benzene	24.925	91	120,105
1,3,5- trimethyl benzene	25.157	105	120,77,91
1,2,4- trimethyl benzene	25.577	105	120
decane	25.736	57	71,85,99,142

表三 氣相層析質譜儀分析條件

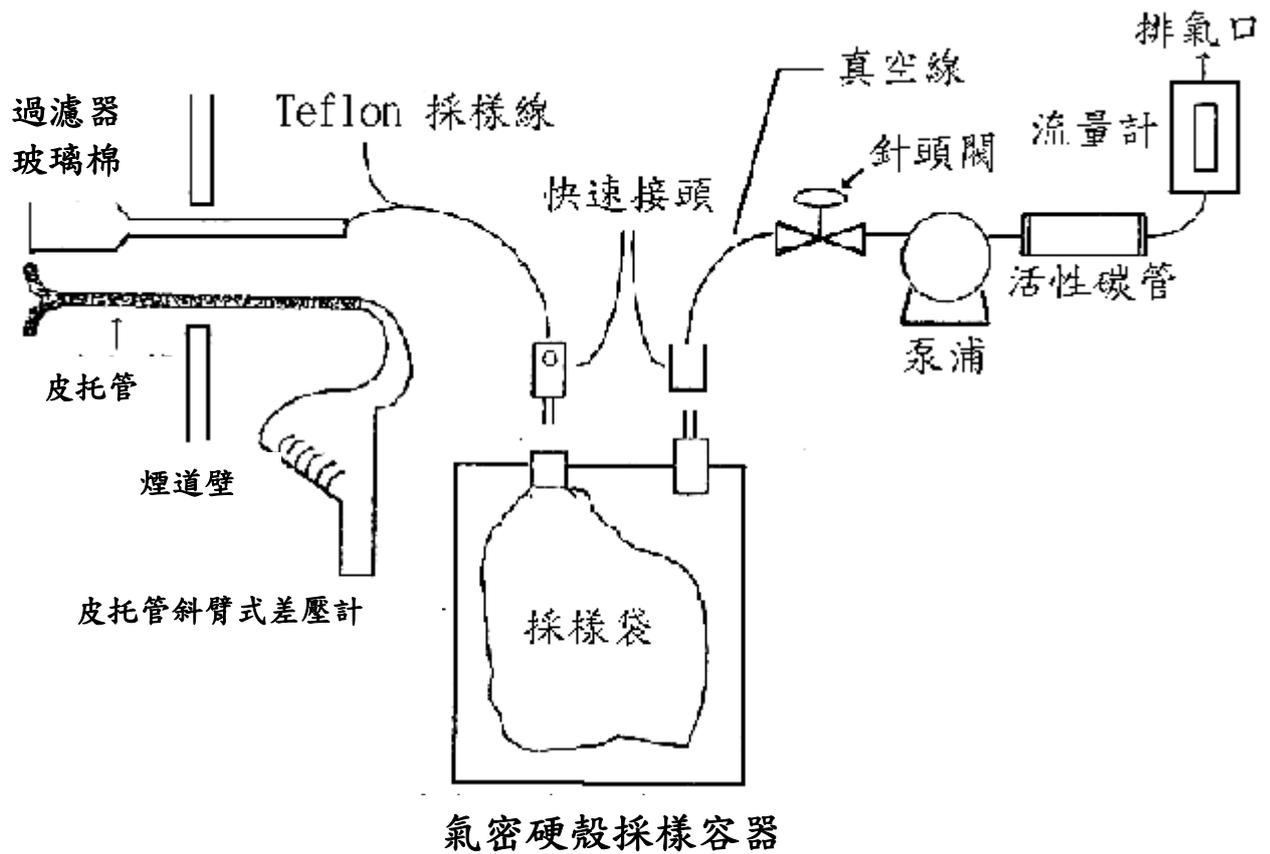
項 目	分析條件
毛細管柱：	DB-1, Fused Silica Capillary 60 m*0.32 mm I.D., 膜厚 1 μ m. (溫度限制 - 60 $^{\circ}$ C to 280 $^{\circ}$ C)
注射條件：	注射口溫度: 220 $^{\circ}$ C 注射時間 : 1.0 min 樣品迴路溫度: 200 $^{\circ}$ C 樣品迴路體積: 0.25 mL 分流比(8 : 1)
偵測器溫度:	250 $^{\circ}$ C
加熱爐溫:	40 $^{\circ}$ C (0min) $\xrightarrow{0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 48 $^{\circ}$ C (1min) $\xrightarrow{18^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 100 $^{\circ}$ C (1min) $\xrightarrow{25^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 180 $^{\circ}$ C (11min)
掃描質量範圍:	35 – 260 a.m.u.
電子電壓	EMV < 3000 volts

表四 單一實驗室建立之準確度、精密度及方法偵測極限測試結果

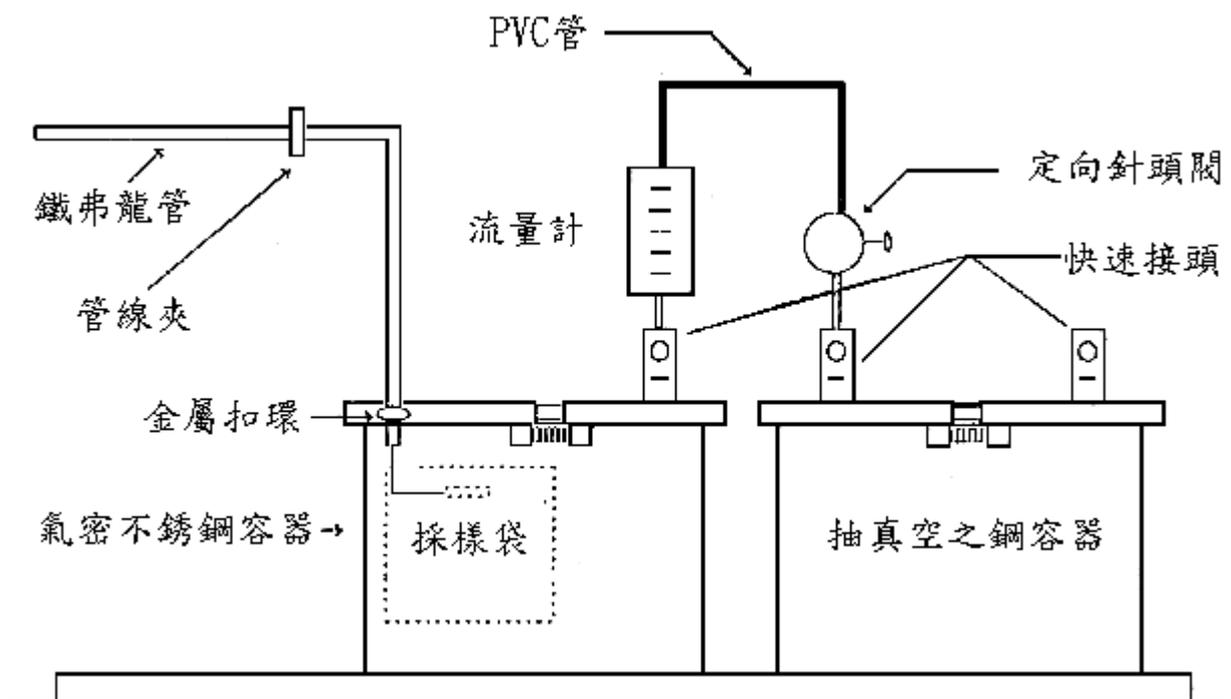
化合物	添加量 (ppm)	準確度(%)	精密度	方法偵測極限 (ppm)
2-methyl-1-butene	24	96.5 \pm 7.7	4.0%	1.8

pentane	34	99.4±6.8	3.4%	2.1
2-methyl-2-butene	33	98.6±6.1	3.2%	2.0
cyclopentene	40	97.1±7.9	4.1%	2.6
cyclopentane	24	102±6.7	3.2%	2.0
2-methyl pentane	41	101.2±2.0	3.3%	1.6
hexene	20	102.0±2.6	3.3%	1.7
2,3-dimethyl butane	26	101.0±6.7	3.2%	1.6
methyl cyclopentane	54	97.9±7.9	4.0%	1.9
2,4-dimethyl pentane	33	102.9±7.6	3.4%	1.4
cyclohexane	57	100.1±7.0	3.5%	1.9
2,3-dimethyl pentane	34	100±7.2	3.6%	1.5
3-methyl hexane	35	100±6.4	3.2%	1.6
methyl cyclohexane	48	100.0±8.5	3.8%	1.8
ethyl cyclopentane	44	98.1±7.2	3.7%	1.6
2-methylheptane	28	108.7±6.6	3.0%	1.4
4-methylheptane	38	109.0±6.5	3.0%	0.9
3-methylheptane	30	101.8±1.8	3.9%	0.9
ethylcyclohexane	42	101.1±0.9	3.5%	1.0
1-nonene	28	101.4±1.9	3.2%	0.8
propyl benzene	44	98.5±8.9	4.5%	0.5
1,3,5- trimethyl benzene	186	100.3±3.0	5.5%	0.4
1,2,4- trimethyl benzene	44	91.7±7.7	4.2%	0.5
decane	41	104.5±9.5	4.4%	0.6

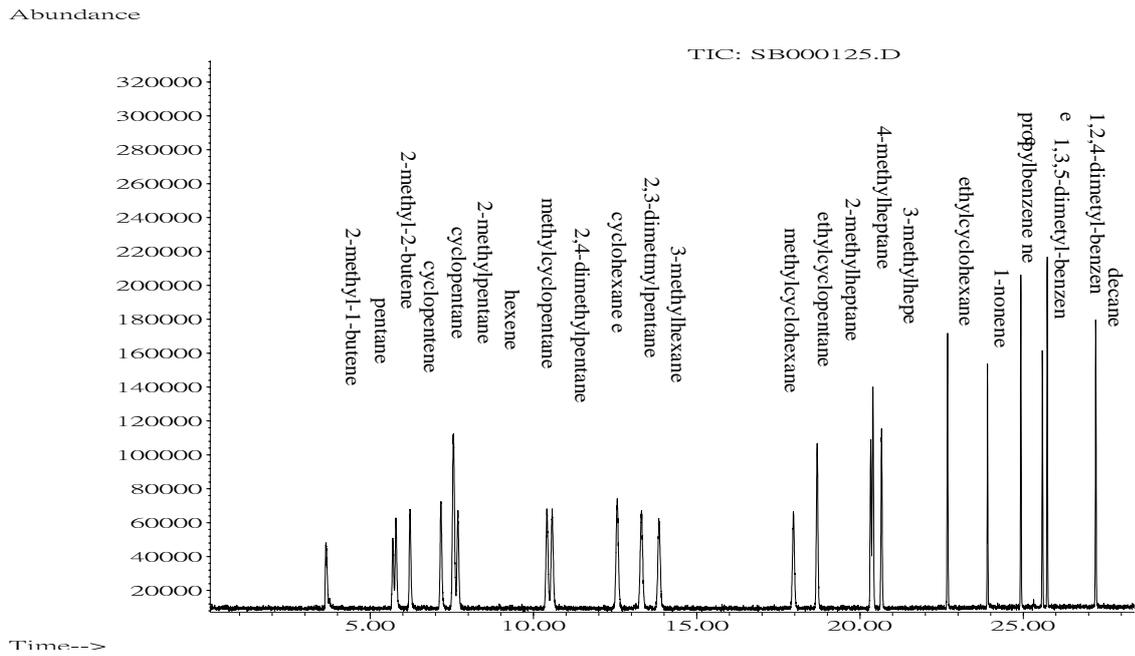
(參考資料來源：參考資料二)



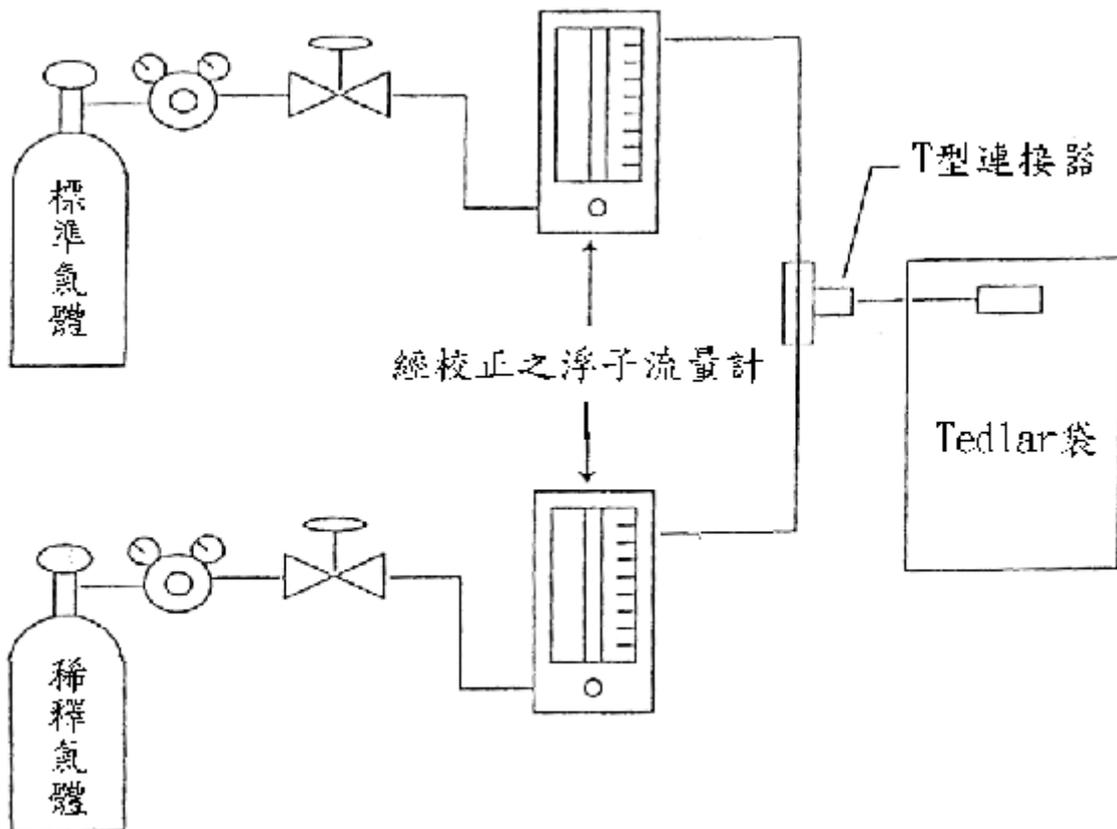
圖一 採樣袋方法設備組裝示意圖 (參考資料來源：參考資料三)



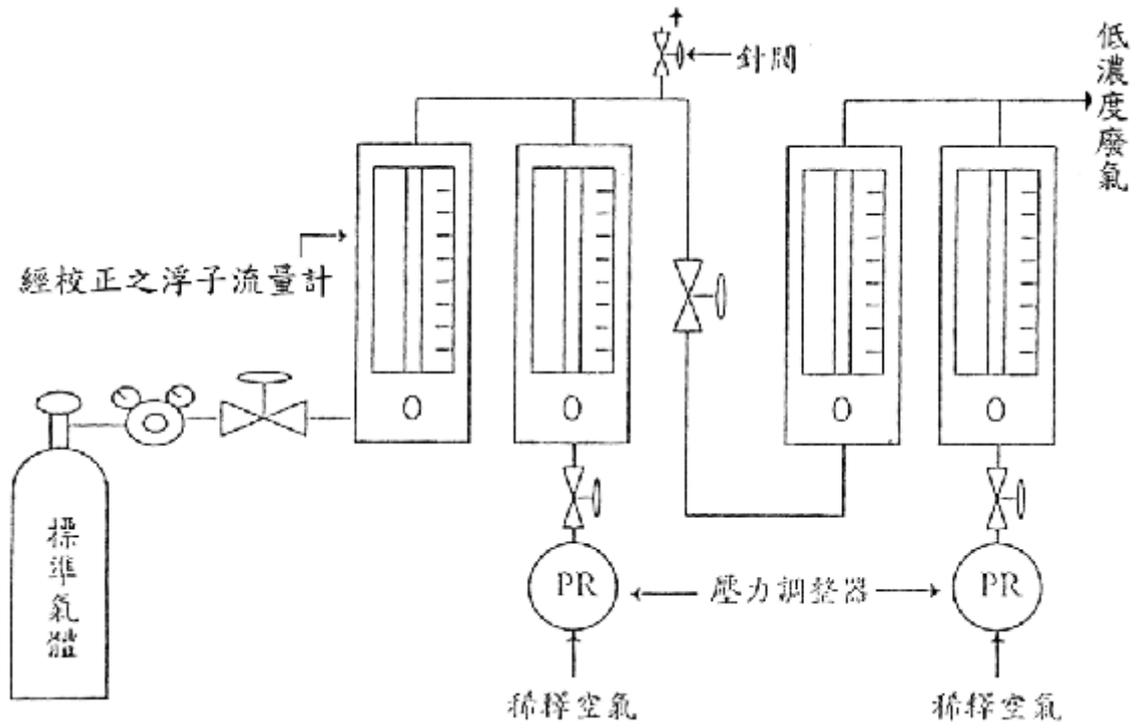
圖二 於具爆炸之虞條件下之氣體採樣方法 (參考資料來源：參考資料五)



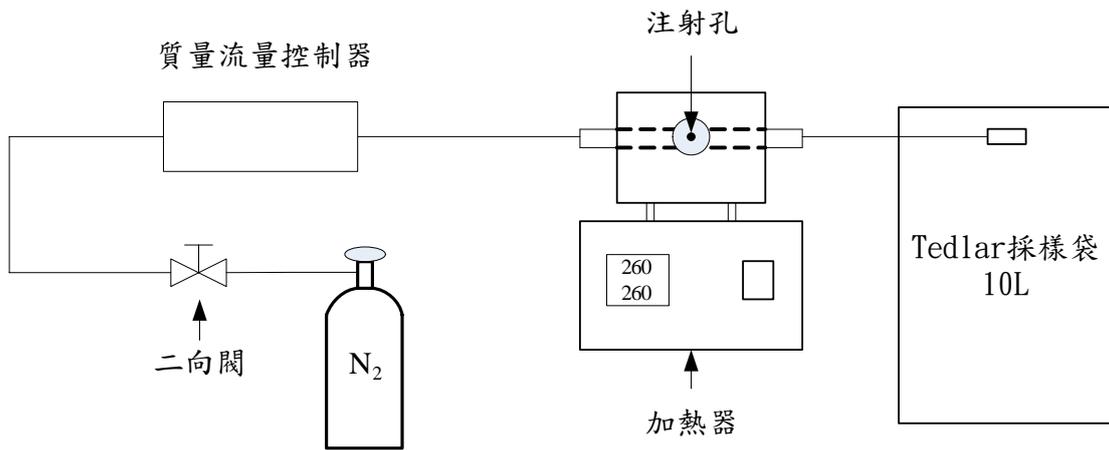
圖三 非極性 VOC 之氣相層析質譜 TIC 圖譜 (資料來源：參考資料二)



圖四 氣體稀釋系統設備組裝 (參考資料來源：參考資料五)



圖五 二段稀釋設備系統 (參考資料來源：參考資料五)



圖六 液體試劑配製標準氣體之示意圖