

水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉／氣相層析／串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器法

中華民國101年12月24日環署檢字第1010116733號公告

自中華民國102年3月31日生效

NIEA W784.52C

一、方法概要

利用惰性氣體以細微氣泡的形式將水樣中揮發性有機化合物吹出，並導入捕捉管收集。待捕捉完成後，捕捉管被加熱並通入氦氣以逆吹方式將揮發性有機化合物脫附，導入氣相層析毛細管柱，經由升溫程式將化合物加以分離，再以光離子化偵測器（Photoionization detector, PID）及串聯之電解導電感應偵測器（Electrolytic conductivity detector, ELCD），進行水中揮發性有機物之檢測。

二、適用範圍

- （一）本方法適用於飲用水、飲用水水源、地面水體、地下水、廢（污）水及放流水中可被吹出之揮發性有機化合物，如表一所示。
- （二）二甲苯有三種同分異構物，其中的兩種可能無法在毛細管柱中被分離，此時分析結果報告為兩同分異構物之和。

三、干擾

- （一）分析過程中，主要的污染源來自存在於實驗室中的揮發性物質、吹氣氣體中的不純物、以及存在於捕捉管中的不純物。在吹氣裝置中，應避免使用非鐵氟龍製之塑膠管、非鐵氟龍螺紋封口或含橡膠組成之流量控制器；因為在吹氣過程中，上述物質會釋出有機化合物並濃縮在捕捉管內。實驗室試劑空白分析可提供是否有污染物存在的相關訊息。檢測結果不可扣除空白值。
- （二）當分析高濃度樣品後接著分析低濃度樣品時，會產生交互污染的現象。預防措施是在分析樣品後，以兩份試劑水清洗吹氣裝置及樣品注射針。當含高濃度揮發性有機化合物的樣品被分析完成後，須分析一個或多個實驗室試劑空白以檢查是否有交互污染。
- （三）分析二氯甲烷時要特別小心。實驗室及樣品貯藏的區域應和會產生二氯甲烷的來源加以隔離，否則會產生背景值。因為二氯

甲烷會滲透過鐵氟龍管子，所以用於 GC 的載流氣體管線及吹氣氣體管路應以不銹鋼或銅管製成。分析員所穿著的實驗衣應保持清潔，因為在進行一般液相/液相萃取步驟時，實驗衣會曝露於二氯甲烷蒸氣中，此蒸氣會造成樣品污染。

- (四) 將標準品與樣品在相同的分析條件下進行分析，並比較兩者在氣相層析儀的滯留時間，可作為化合物的暫行確認方法；經由比較兩個偵測器上所顯示的相對感應訊號可獲得更多的確認訊息。絕對的定性確認可參考本署公告「水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 NIEA W785」分析之。

四、設備及材料

- (一) 樣品瓶：約 40 mL，棕色玻璃瓶附螺旋蓋及鐵氟龍墊片。
- (二) 吹氣捕捉系統：此系統包括 3 個獨立的設備-吹氣裝置、捕捉管及脫附裝置。有數種市售且符合下列規格的系統可供使用；亦可使用績效相當之吹氣捕捉及脫附系統。
1. 全玻璃製的吹氣裝置（圖一）必須能承裝 5 mL 的樣品體積（若因受限於方法偵測極限，無法達到需求時，則以 25 mL 之水樣取代 5 mL 水樣體積）且至少具 5 cm 高的盛水管柱。在樣品上面的氣體空間要保持最小（小於 15 mL），以減少滯留體積效應。在樣品槽的底部要裝置多孔式玻璃濾片，如此吹氣氣體會被分裂成直徑小於 3 mm 的細微氣泡型式通過盛水管柱，也可使用針管式噴氣器。吹氣氣體導入口與盛水管柱底部距離須等於或小於 5 mm。
 2. 捕捉管長度至少須 25 公分且內徑至少須 0.105 英吋（參見圖二）。自入口處起，捕捉管必須填充的吸附劑順序為：全管的三分之一為 2,6-聯伸苯氧化物之聚合物（2,6-Diphenylene oxide polymer），三分之一為矽膠，以及另三分之一為椰子活性炭。建議在捕捉管的入口處填充 1 公分甲基矽烷（Methyl silicone）塗敷的填充物以防止氣膠懸浮物被吸附劑吸附及確保吸附劑是完全被包圍在捕捉管的加熱區域，排除可能之過冷部分，並可延長捕捉管的使用期限；另一個取代方式是在捕捉管入口處以矽化玻璃棉作為間隔的裝置。若不須分析二氯二氯甲烷，在捕捉管內可不必填充活性炭，聚合物層可增加至全部的三分之二。若僅分析沸點高於 35°C 的化合物，在捕捉管內可不必填充矽膠及活性炭，而將全管填充聚合物即可。捕捉管在最初使用前，必須以 180°C 隔夜加熱調整狀

態，並通入流速至少為 20 mL/min 的惰性氣體逆吹洗。從捕捉管排出之氣體應排至室內中，不可導入分析管柱中。

3. 脫附裝置（圖二）須能將捕捉管快速加熱至 180°C。捕捉管中填充的聚合物部分溫度不應高於 200°C，否則捕捉管的使用期限將減短。捕捉管失效的兩個特徵為：在吹氣過程中，捕捉管兩端的壓力差大於每平方英寸 3 磅，或是在分析溴仿時得到很差的靈敏度。

（三）氣相層析系統

1. GC 必須具有可控溫及具有微調流量控制器。若管柱烘箱可能須冷卻至小於 10°C（如七（二）所敘述），此時烘箱須有低於室溫的溫度控制器。

2. 氣相層析管柱：亦可使用績效相當之毛細管柱。

- （1）管柱 1：60 m 長 × 0.75 mm 內徑，VOCOL（Supelco, Inc.）寬口毛細管柱，膜厚 1.5 μm 或同級品。

- （2）管柱 2：105 m 長 × 0.53 mm 內徑，RTX-502.2（O.I. Corporation/RESTEK Corporation）大口毛細管柱，膜厚 3.0 μm 或同級品。

3. 將裝有 10.0 eV 燈管之高溫光離子化偵測器以及電解導電感應偵測器，以很短的未塗敷毛細管（0.32 mm 內徑），串聯起來。此組合可同時經由 PID 偵測含芳香族或不飽和的揮發性有機化合物，並經由 ELCD 偵測有機鹵化物。

4. 管柱 1 配合 Tracor 703 PID 及 Tracor Hall Model 700A 兩種偵測器之組合方式，曾被單一實驗室用於建立如十、精密度與準確度所述之方法績效。其操作條件如七、（三）。

5. 管柱 2 配合 O.I. Model 4430 PID 和 Model 4420 ELCD 兩種偵測器之組合方式，曾被單一實驗室用於建立如十、精密度與準確度所述之方法績效。其操作條件如七、（四）。

（四）微量注射器：2 μL 、5 μL 、10 μL 及 25 μL 以上之注射針；而 2 μL 及 5 μL 之注射針內，附 0.5 mm 內徑之不鏽鋼實心推針。

（五）注射器閥：雙通式，含 Luer end。

（六）注射器或自動進樣設備：注射器須為 5 mL 或 25 mL 附氣密式開關；自動進樣設備可引進 5 mL 或 25 mL 的樣品至吹氣捕捉設備。

- (七) 分析天平：可精秤至 0.1 mg 者。
- (八) 定量瓶。
- (九) 小樣品瓶：2 mL，供配製標準品盛裝用。

五、試劑 (註1) (註2)

(一) 試劑

1. 抗壞血酸 (Ascorbic acid)：ACS 試藥級，顆粒狀。
2. 硫代硫酸鈉 (Sodium thiosulfate)：ACS 試藥級，顆粒狀。
3. 鹽酸(1+1)：小心地將量取之濃鹽酸加入同體積的試劑水中。
4. 試劑水：必須不含待測物。試劑水的製備方式：可將自來水流經約 0.5 公斤活性碳之過濾床，或可由純水製造系統製造，或是將蒸餾水煮沸 15 分鐘後，將水溫保持在 90°C，同時通入惰性氣體 1 小時。試劑水應貯存於乾淨並具有附鐵氟龍內襯墊片之螺旋蓋的窄口瓶子中。
5. 甲醇：殘量級 (或同等級)。

(二) 儲備標準溶液：可採購經確認的標準溶液或以下列步驟從純標準物質配製而成：

1. 在 10 mL 具磨砂口玻璃瓶蓋之定量瓶中，加入約 9.8 mL 甲醇，使其靜置約 10 分鐘，不要加蓋，或直到所有沾到甲醇液體的容器表面乾燥為止，秤量至 0.1 mg。
2. 依下述步驟，加入已預先確認過純度的標準參考品：
 - (1) 液體：使用 100 μ L 的注射針，立即加入兩滴或兩滴以上的標準品於量瓶中，再秤重。加入的標準品液體必須直接落入甲醇液體中，不得與量瓶的瓶頸部份接觸。
 - (2) 氣體：製備沸點在 30°C 以下的標準品 (如：溴甲烷、氯乙烷、氯甲烷、二氯二氟甲烷、三氯一氟甲烷、氯乙烯等)，將 5 mL 氣密式注射針閥內充滿標準參考品至刻度，將針頭伸入量瓶內甲醇液體表面上 5 mm 處，在液面上緩緩將標準參考品釋出，氣體將很快的溶入甲醇中。
3. 再秤重，稀釋至刻度，蓋上瓶蓋，倒轉量瓶數次，使混合均勻，由淨重計算濃度，以 mg/L 表示。若該化合物的純度經確認為 96% 或更高時，則所秤之重量，可直接計算儲備標準溶液之濃度，而不需考慮因標準品純度不足 100% 所造成之誤

差。任何濃度之市售標準品，經製造商或一獨立機構確認過，皆可使用。

4.將儲備溶液倒入有鐵氟龍內襯附螺旋蓋或夾壓式密封蓋的玻璃瓶。瓶端空間愈少愈好，儲存於 -10°C 至 -20°C 低溫，避光。

5.氣體之儲備溶液，須每週重新配製。其它的儲備溶液須每月重新配製或與查核標準品比對發現有問題時須重新配製。

(三) 中間標準溶液：將儲備標準溶液以甲醇稀釋配製成所須待測物之中間標準溶液，配製之中間標準溶液的濃度必須很容易配製成校正標準溶液，校正標準溶液必須涵蓋工作濃度範圍。儲存中間標準溶液時，瓶端空間須儘量少，以避免揮發性有機物的逸失。

(四) 取中間標準溶液，以不含有機物的試劑水，製備至少五種不同濃度之檢量線標準品，第一點之濃度宜與方法定量極限之濃度相當，其他濃度須涵蓋真實樣品之預估濃度或氣相層析儀的偵測線性範圍內之濃度。

(五) 內標準品溶液：依照 五 (二) 及 五 (三) 所敘述之步驟，製備 1- 氯 -2- 氟 苯 (1-chloro-2-fluorobenzene) 或 氟 苯 (fluorobenzene) 及 2- 溴 -1- 氯 丙 烷 (2-bromo-1-chloropropane) 標準品添加至甲醇中之標準溶液。若以注射器進樣時，配製各標準品之中間標準溶液的建議濃度值為 $5\ \mu\text{g}/\text{mL}$ ，分析時，取此中間標準溶液 $10\ \mu\text{L}$ 加入於 $5\ \text{mL}$ (或 $25\ \text{mL}$) 樣品或檢量線標準溶液中，其相當濃度為 $10\ \mu\text{g}/\text{L}$ (或 $2\ \mu\text{g}/\text{L}$)；若以自動進樣設備進樣時，建議配製濃度值為 $25\ \mu\text{g}/\text{mL}$ ，分析時，取此中間標準溶液 $2\ \mu\text{L}$ 加入於 $5\ \text{mL}$ (或 $25\ \text{mL}$) 樣品或檢量線標準品中，其相當濃度為 $10\ \mu\text{g}/\text{L}$ (或 $2\ \mu\text{g}/\text{L}$)。

六、樣品及保存

採樣方法可參考本署公告之現行飲用水水質採樣方法 NIEA W101、監測井地下水採樣方法 NIEA W103、河川、湖泊及水庫水質採樣方法 NIEA W104、事業放流水採樣方法 NIEA W109 等相關水質樣品採樣方法。

(一) 所有樣品皆需作重複採樣。若樣品中含有餘氯，在採樣前須於 $40\ \text{mL}$ 棕色附鐵氟龍墊片之樣品瓶內添加約 $25\ \text{mg}$ 抗壞血酸 (或 $3\ \text{mg}$ 硫代硫酸鈉)；若餘氯濃度大於 $5\ \text{mg}/\text{L}$ 時，於每 $5\ \text{mg}/\text{L}$ 餘氯之樣品瓶內添加約 $25\ \text{mg}$ 抗壞血酸。採樣時須將

採樣瓶內水樣略溢流 (overflow)，但要避免將溶解的抗壞血酸沖出。避免於裝填水時有氣泡通過樣品或封瓶時有氣泡滯留。每 40 mL 水樣加入兩滴 1:1 鹽酸或 3 M 硫酸水溶液，使水樣的 pH 值小於 2，以鐵氟龍內襯朝下之瓶蓋密封樣品瓶後，劇烈搖動 1 min，倒轉樣品瓶，輕敲瓶壁，檢查是否有氣泡。

- (二) 採樣後之樣品須於 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 冷藏，在包裝運送過程中必須使用足夠的冰塊，以確保樣品到達實驗室時，仍保持在 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- (三) 樣品在分析前，必須置於 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 貯藏，樣品貯藏區域不可存在有機溶劑蒸氣。
- (四) 採樣後 14 日內要完成樣品分析。

七、步驟

- (一) 吹氣捕捉裝置條件 (供參考用，可視實際需要適當調整之)：

吹氣溫度：室溫。

吹氣時間：11 min。

脫附溫度： 180°C 。

脫附時間：4 min。

氣體流速：高純度氮氣或氬氣 (99.95%以上)，流速為 40 mL/min。

- (二) 氣相層析儀條件 (供參考用，可視實際需要適當調整之)：

- 1. 分離管柱：管柱 1。

管柱升溫條件：在 10°C 維持 8 min；以 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升溫至 180°C ；維持在 180°C 直至所有化合物皆被沖提出。

載流氣體：氬氣，流速約為 6 mL/min。

圖三為使用本管柱所得之層析圖譜。表二列出使用本管柱所預期的滯留時間。本管柱用於建立如十、精密度與準確度所敘述之方法績效。

- 2. 分離管柱：管柱 2。

管柱升溫條件：在 35°C 維持 10 min；以 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升溫至 200°C ；維持在 200°C 直至所有化合物皆被沖提出。

載流氣體：氬氣，流速約為 8 mL/min。

圖四為使用本管柱所得之層析圖譜，表三列出使用本管柱所預

期的滯留時間。本管柱用於建立如十、精密度與準確度所述之方法績效。

(三) 管柱 1 配合 Tracor 703 PID 及 Tracor Hall Model 700A 偵測器之操作條件：

管柱：	管柱 1 (如 四 (三) 2 所敘述)
吹氣及捕捉系統：	Tekmar LSC-2
PID 基座溫度：	250°C
反應管：	鍍製，內徑 1/16 英吋
反應槽溫度：	810°C
反應槽基座溫度：	250°C
電解液：	100% 正丙醇
電解液流速：	0.8 mL/min
反應氣體：	氫氣，40 mL/min
載流氣體及補充氣體：	氮氣，30 mL/min

(四) 管柱 2 配合 O.I. Model 4430 PID 和 Model 4420 ELCD 兩種偵測器之操作條件：

管柱：	管柱 2 (如 四 (三) 2 所敘述)
吹氣及捕捉系統：	O.I. 4460A
反應管：	鍍製，外徑 1/16 英吋，內徑 0.02 英吋
反應槽溫度：	950°C
反應槽基座溫度：	250°C
電解液：	100% 正丙醇
電解液流速：	0.050 mL/min
反應氣體：	氫氣，100 mL/min
載流氣體及補充氣體：	氮氣，30 mL/min

(五) 檢量線製作

分取至少 5 種不同濃度之檢量線標準溶液裝入注射器或自動進樣設備，其中一種濃度須接近方法定量極限。調整體積至 5 mL (或 25 mL) 後，加入適量內標準品添加溶液並充分混合，注入吹氣捕捉裝置，進行吹氣、捕捉、脫附、自動導入氣相層析儀中。

1. 外標準品校正

(1) 校正因子法

計算尖峰面積 (A_s) 與標準液濃度 ($W_s, \mu\text{g/L}$) 的比值，是為校正因子，其公式如下：

$$CF = \frac{A_s}{W_s}$$

平均校正因子之公式如下：

$$\overline{CF} = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i}{n}$$

若校正因子在檢量範圍內之相對標準偏差 (RSD) 小於或等於 20%，則可假設檢量線為通過原點之直線，以平均校正因子進行定量分析。若相對標準偏差 (RSD) 大於 20%，則必須矯正系統重新製作新檢量線。

(2) 線性迴歸定量法

繪製待測物濃度 ($\mu\text{g/L}$) 對應波峰面積之檢量線圖。線性相關係數應大於或等於 0.995。

2. 內標準品校正 (可選用)

將尖峰面積或高度對化合物濃度及內標準品濃度做成表格，依下式計算感應因子 (response factor RF)：

$$RF = \frac{A_s / A_{is}}{C_s / C_{is}}$$

其中 A_s : 待測物之感應訊號
 A_{is} : 內標準品感應訊號
 C_s : 待測物之濃度 ($\mu\text{g/L}$)
 C_{is} : 內標準品之量 ($\mu\text{g/L}$)

平均感應因子之公式如下：

$$\overline{RF} = \frac{\sum_{i=1}^n RF_i}{n}$$

- (1) 若感應因子在檢量範圍內之相對標準偏差小於 20%，則可以平均感應因子作定量分析，否則須檢查儀器狀況，重新製作檢量線。
- (2) 內標準品監測：進行樣品分析時，必須同時評估內標準品之感應面積，其感應面積與檢量線標準溶液之平均感

應面積比較，應在 80%~120% 範圍之間。

- 3.檢量線確認：檢量線製備完成後，應即以第二來源標準品配製接近檢量線中點濃度，進行檢量線確認，所得之感應因子與檢量線平均感應因子相對誤差不得超過 ±20%（或所測得濃度之相對誤差不得超過 ±20%）。

（六）樣品分析

- 1.確認氣相層析儀之條件合於分析條件。
- 2.將樣品裝入注射器或自動進樣設備，並調整體積至 5 mL（或 25 mL）後，添加適量內標準品溶液於 5 mL（或 25 mL）注射器中，充分混合後，注入吹氣捕捉裝置，進行吹氣、捕捉、脫附、自動導入氣相層析儀中，進行分析。

八、結果處理

- （一）在樣品層析圖譜上，將樣品產生尖峰之滯留時間和檢量線標準品或其他的品質管制樣品所產生尖峰之滯留時間作比較，以確認樣品中每一待測物成分。如果樣品產生尖峰之滯留時間在已知標準品所產生之滯留時間 ± 滯留時窗的寬度（Retention time windows），則可視為樣品中含有該標準品成分。【滯留時窗的寬度定義為：在 72 小時之間分析 3 個含待測物之標準溶液，計算出 3 次標準品絕對滯留時間的標準偏差，以 3 倍標準偏差當作是滯留時窗的寬度。執行細節參見「NIEA M150 層析檢測方法總則」。
- （二）當二甲苯及其他同分異構物所產生之 GC 滯留時間有明顯差異時，才可被個別標識出；當兩個同分異構物產生的尖峰間之波谷高度小於兩個尖峰高度總和的 25% 時，為可接受的解析度，否則須將同分異構物一起表示出來。
- （三）當兩個偵測器皆能對待測物有感應時，應以產生較大之訊號作為定量分析。但若另一偵測器之定性可信度及精密度較高時，則亦可選用此偵測器。
- （四）定量分析

1.外標準法：

（1）校正因子法

水樣中待測物濃度計算方式如下：

$$\text{濃度}(\mu\text{g/L}) = (A_x \times (D)) / (\overline{CF})$$

其中 A_x ：樣品溶液中待測物之尖峰面積（或高度）。

D：稀釋因子。

\overline{CF} ：待測物平均校正因子。

(2) 線性迴歸定量法

由檢量線求得待測化合物之檢出濃度 C，依下列公式計算樣品濃度：

$$\text{濃度}(\mu\text{g/L}) = C \times D$$

其中 C：由檢量線求得之化合物檢出濃度 ($\mu\text{g/L}$)

D：稀釋因子。

2. 內標準法：

水樣中待測物濃度計算方式如下：

$$\text{濃度}(\mu\text{g/L}) = [(A_x)(C_{is})(D)] / [(A_{is})(\overline{RF})(V_s)]$$

其中 A_x ：樣品溶液中待測物之尖峰面積（或高度）。

C_{is} ：內標準品添加於樣品溶液之量(ng)。

D：稀釋因子。

A_{is} ：內標準品之尖峰面積（或高度）。

\overline{RF} ：待測物平均感應因子。

V_s ：水樣體積 (mL)。

九、品質管制

- (一) 檢量線：至少五點不同濃度，其平均校正因子或平均感應因子之相對標準偏差應 $\leq 10\%$ ，或線性相關係數應大於或等於 0.995。
- (二) 檢量線查核：每 12 小時或每批次樣品須查核檢量線之適用性，所測得濃度之相對誤差不得超過 $\pm 20\%$ 。
- (三) 空白樣品分析：每 10 個或每批次樣品至少執行一次空白樣品分析。
- (四) 查核樣品分析：每 10 個或每批次樣品至少執行一次查核樣品分析，其回收率應在 80% 至 120% 之間。
- (五) 重複樣品分析：每 10 個或每批次樣品至少執行一次重複樣品分析，其相對差異百分比應在 25% 內。
- (六) 添加樣品分析：每 10 個或每批次樣品至少執行一次添加樣品分析，其回收率應在 70% 至 130% 之間。

十、精密度與準確度

- (一) 本方法經由單一實驗室在試劑水中添加 10 $\mu\text{g/L}$ 之待測物測

試，所得方法待測物之準確度與精密度數據列於表四及五。

- (二) 添加 0.1 µg/L 待測物於試劑水中所檢測出之數據，可計算出方法偵測極限，其 MDL 數據列於表四及五。方法偵測極限是因化合物及使用之儀器而有所差異，大致範圍為 0.01 至 3.0 µg/L；本方法適用濃度範圍亦因化合物及使用之儀器而異，大致範圍為 0.02 至 200 µg/L。

十一、參考資料

U.S.EPA, Volatile Organic Compounds in Water By Purge and Trap Capillary Column Gas Chromatography With Photoionization and Electrolytic Conductivity Detectors in Series. Method 502.2, 1995.

- 註：1.本檢驗相關樣品廢液，依有機鹵素類溶劑（含氯有機溶劑）廢液處理。
- 2.本方法所使用之化學物質的毒性和致癌性均尚無準確的說明，應將每一化合物視為對人體健康具潛在之危害，並於排煙櫃內進行實驗。

表一 適用本方法之揮發性有機化合物

待測物	CAS ^a 登記號碼
苯(Benzene)	71-43-2
溴苯(Bromobenzene)	108-86-1
溴氯甲烷(Bromochloromethane)	74-97-5
溴二氯甲烷(Bromodichloromethane)	75-27-4
溴仿(Bromoform)	75-25-2
溴甲烷(Bromomethane)	74-83-9
正丁基苯(n-Butylbenzene)	104-51-8
1-甲基-丙基苯(sec-Butylbenzene)	135-98-8
1,1-二甲基-乙基苯(tert-Butylbenzene)	98-06-6
四氯化碳(Carbon tetrachloride)	56-23-5
氯苯(Chlorobenzene)	108-90-7
氯乙烷(Chloroethane)	75-00-3
氯仿(Chloroform)	67-66-3
氯甲烷(Chloromethane)	74-87-3
2-氯甲苯(2-Chlorotoluene)	95-49-8
4-氯甲苯(4-Chlorotoluene)	106-43-4
二溴一氯甲烷(Dibromochloromethane)	124-48-1
1,2-二溴-3-氯丙烷(1,2-Dibromo-3-chloropropane)	96-12-8
1,2-二溴乙烷(1,2-Dibromoethane)	106-93-4
二溴甲烷(Dibromomethane)	74-95-3
1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)	95-50-1
1,3-二氯苯(1,3-Dichlorobenzene)	541-73-1
1,4-二氯苯(1,4-Dichlorobenzene)	106-46-7
二氯二氟甲烷(Dichlorodifluoromethane)	75-71-8
1,1-二氯乙烷(1,1-Dichloroethane)	75-34-3
1,2-二氯乙烷(1,2-Dichloroethane)	107-06-2
1,1-二氯乙烯(1,1-Dichloroethene)	75-35-4
順-1,2-二氯乙烯(cis-1,2-Dichloroethene)	156-59-4
反-1,2-二氯乙烯(trans-1,2-Dichloroethene)	156-60-5
1,2-二氯丙烷(1,2-Dichloropropane)	78-87-5
1,3-二氯丙烷(1,3-Dichloropropane)	142-28-9
2,2-二氯丙烷(2,2-Dichloropropane)	590-20-7
1,1-二氯丙烯(1,1-Dichloropropene)	563-58-6
順-1,3-二氯丙烯(cis-1,3-Dichloropropene)	10061-01-5
反-1,3-二氯丙烯(trans-1,3-Dichloropropene)	10061-02-6
乙基苯(Ethylbenzene)	100-41-4
六氯丁二烯(Hexachlorobutadiene)	87-68-3
異丙基苯(Isopropylbenzene)	98-82-8
4-異丙基甲苯(4-Isopropyltoluene)	99-87-6
二氯甲烷(Methylene chloride)	75-09-2
萘(Naphthalene)	91-20-3

表一 適用本方法之揮發性有機化合物 (續)

待測物	CAS ^a 登記號碼
丙基苯(Propylbenzene)	103-65-1
苯乙烯(Styrene)	100-42-5
1,1,1,2-四氯乙烷(1,1,1,2-Tetrachloroethane)	630-20-6
1,1,2,2-四氯乙烷(1,1,2,2-Tetrachloroethane)	79-34-5
四氯乙烯(Tetrachloroethene)	127-18-4
甲苯(Toluene)	108-88-3
1,2,3-三氯苯(1,2,3-Trichlorobenzene)	87-61-6
1,2,4-三氯苯(1,2,4-Trichlorobenzene)	120-82-1
1,1,1-三氯乙烷(1,1,1-Trichloroethane)	71-55-6
1,1,2-三氯乙烷(1,1,2-Trichloroethane)	79-00-5
三氯乙烯(Trichloroethene)	79-01-6
三氯一氟甲烷(Trichlorofluoromethane)	75-69-4
1,2,3-三氯丙烷(1,2,3-Trichloropropane)	96-18-4
1,2,4-三甲基苯(1,2,4-Trimethylbenzene)	95-63-6
1,3,5-三甲基苯(1,3,5-Trimethylbenzene)	108-67-8
氯乙烯(Vinyl chloride)	75-01-4
鄰-二甲苯(o-Xylene)	95-47-6
間-二甲苯(m-Xylene)	108-38-3
對-二甲苯(p-Xylene)	106-42-3

註：^a化學文摘社登記號碼。

表二 使用管柱 1 所檢測出揮發性有機物於光離子化偵測器(PID)及電解導電感應偵測器(ELCD)之氣相層析滯留時間

待測物 ^b	滯 留 時 間 (分) ^a	
	PID	ELCD
1. 二氯二氟甲烷	— ^(C)	8.47
2. 氯甲烷	—	9.47
3. 氯乙烯	9.88	9.93
4. 溴甲烷	—	11.95
5. 氯乙烷	—	12.37
6. 三氯一氟甲烷	—	13.49
7. 1,1-二氯乙烯	16.14	16.18
8. 二氯甲烷	—	18.39
9. 反-1,2-二氯乙烯	19.30	19.33
10. 1,1-二氯乙烷	—	20.99
11. 2,2-二氯丙烷	—	22.88
12. 順-1,2-二氯乙烯	23.11	23.14
13. 氯仿	—	23.64
14. 溴氯甲烷	—	24.16
15. 1,1,1-三氯乙烷	—	24.77
16. 1,1-二氯丙烯	25.21	25.24
17. 四氯化碳	—	25.47
18. 苯	26.10	—
19. 1,2-二氯乙烷	—	26.27
20. 三氯乙烯	27.99	28.02
21. 1,2-二氯丙烷	—	28.66
22. 一溴二氯甲烷	—	29.43
23. 二溴甲烷	—	29.59
24. 順-1,3-二氯丙烯	31.38	33.04
25. 甲苯	31.95	—
26. 反-1,3-二氯丙烯	33.01	31.41
27. 1,1,2-三氯乙烷	—	33.21
28. 四氯乙烯	33.88	33.90
29. 1,3-二氯丙烷	—	34.00
30. 二溴一氯甲烷	—	34.73
31. 1,2-二溴乙烷	—	35.34
32. 氯苯	36.56	36.59
33. 乙基苯	36.72	—
34. 1,1,1,2-四氯乙烷	—	36.80
35. 間-二甲苯	36.98	—
36. 對-二甲苯	36.98	—
37. 鄰-二甲苯	38.39	—
38. 苯乙烯	38.57	—
39. 異丙基苯	39.58	—

表二 使用管柱 1 所檢測出揮發性有機物於光離子化偵測器(PID)及電解導電感應偵測器(ELCD)之氣相層析滯留時間 (續)

待測物 ^b	滯 留 時 間 (分) ^a	
	PID	ELCD
40. 溴仿	—	39.75
41. 1,1,2,2-四氯乙烷	—	40.35
42. 1,2,3-三氯丙烷	—	40.81
43. 正丙基苯	40.87	—
44. 溴苯	40.99	41.03
45. 1,3,5-三甲基苯	41.41	—
46. 2-氯甲苯	41.41	41.45
47. 4-氯甲苯	41.60	41.63
48. 1,1-二甲基-乙基苯	42.71	—
49. 1,2,4-三甲基苯	42.92	—
50. 1-甲基-丙基苯	43.31	—
51. 對-異丙基甲苯	43.81	—
52. 1,3-二氯苯	44.08	44.11
53. 1,4-二氯苯	44.43	44.47
54. 正丁基苯	45.20	—
55. 1,2-二氯苯	45.71	45.74
56. 1,2-二溴-3-氯丙烷	—	48.57
57. 1,2,4-三氯苯	51.43	51.46
58. 六氯丁二稀	51.92	51.96
59. 萘	52.38	—
60. 1,2,3-三氯苯	53.34	53.37
內標準品		
氟苯	26.84	—
2-溴-1-氯丙烷 ^d	—	33.08

a.管柱及分析條件敘述於步驟七 (二) 1。

b.阿拉伯數字代表圖三之尖峰。

c.破折號“—”表偵測器無訊號。

d.反-1,3-二氯丙烯和1,1,2-三氯乙烷在管柱上會產生干擾，要小心使用。

表三 使用管柱2檢測出揮發性有機物於光離子化偵測器(PID)及電解導電感應偵測器(ELCD)之氣相層析滯留時間及相對標準偏差

待測物 ^b	PID		ELCD	
	RT(min) ^a	RSD	RT(min) ^a	RSD
1. 二氯二氟甲烷	—(c)		7.36	0.06
2. 氯甲烷	—		8.09	0.06
3. 氯乙烯	8.57	0.06	8.58	0.08
4. 溴甲烷	—		10.39	0.06
5. 氯乙烷	—		10.74	0.05
6. 三氯一氟甲烷	—		11.85	0.07
7. 1,1-二氯乙烷	14.46	0.08	14.47	0.07
8. 二氯甲烷	—		16.46	0.04
9. 反-1,2-二氯乙烷	17.61	0.02	17.62	0.03
10. 1,1-二氯乙烷	—		19.25	0.03
11. 2,2-二氯丙烷	—		21.36	0.03
12. 順-1,2-二氯乙烷	21.52	0.02	21.52	0.02
13. 氯仿	—		22.08	0.02
14. 溴氯甲烷	—		22.69	0.02
15. 1,1,1-三氯乙烷	—		23.53	0.02
16. 1,1-二氯丙烷	24.07	0.01	24.08	0.02
17. 四氯化碳	—		24.47	0.02
18. 1,2-二氯乙烷	—		24.95	0.01
19. 苯	25.06	0.01	—	
20. 三氯乙烯	27.99	0.01	27.15	0.01
21. 1,2-二氯丙烷	—		27.73	0.01
22. 一溴二氯甲烷	—		28.57	0.02
23. 二溴甲烷	—		28.79	0.01
24. 順-1,3-二氯丙烷	30.40	0.01	30.41	0.02
25. 甲苯	31.58	0.01	—	
26. 反-1,3-二氯丙烷	32.11	0.01	32.13	0.01
27. 1,1,2-三氯乙烷	—		32.69	0.01
28. 1,3-二氯丙烷	—		33.57	0.01
29. 四氯乙烯	33.85	0.01	33.86	0.01
30. 二溴一氯甲烷	—		34.58	0.01
31. 1,2-二溴乙烷	—		35.29	0.01
32. 氯苯	36.76	0.01	36.87	0.01
33. 1,1,1,2-四氯乙烷	—		36.87	0.01
34. 乙基苯	36.92	0.01	—	
35. 間-二甲苯	37.19	0.01	—	
36. 對-二甲苯	37.19	0.01	—	
37. 鄰-二甲苯	38.77	0.01	—	

表三 使用管柱2檢測出揮發性有機物於光離子化偵測器(PID)及電解導電感應偵測器(ELCD)之氣相層析滯留時間及相對標準偏差(續)

待測物 ^b	PID		ELCD	
	RT(min) ^a	RSD	RT(min) ^a	RSD
38. 苯乙烯	38.90	0.01	—	
39. 異丙基苯	40.04	0.01	—	
40. 溴仿	—		40.19	0.01
41. 1,1,2,2-四氯乙烷	—		40.64	0.01
42. 1,2,3-三氯丙烷	—	0.01	41.18	0.01
43. 正丙基苯	41.51	0.01	—	
44. 溴苯	41.73	0.01	41.75	0.01
45. 1,3,5-三甲基苯	42.08	0.01	—	
46. 2-氯甲苯	42.20	0.01	42.21	0.01
47. 4-氯甲苯	42.36	0.01	42.36	0.01
48. 1,1-二甲基-乙基苯	43.40	0.01	—	
49. 1,2,4-三甲基苯	43.55	0.01	—	
50. 1-甲基-丙基苯	44.19	0.01	—	
51. 對-異丙基甲苯	44.69	0.01	—	
52. 1,3-二氯苯	45.08	0.01	45.09	0.01
53. 1,4-二氯苯	45.48	0.01	45.48	0.01
54. 正丁基苯	46.22	0.01	—	
55. 1,2-二氯苯	46.88	0.01	46.89	0.01
56. 1,2-二溴-3-氯丙烷	—		49.84	0.01
57. 1,2,4-三氯苯	53.26	0.01	53.26	0.01
58. 六氯丁二烯	53.86	0.01	53.87	0.01
59. 萘	54.45	0.01	—	
60. 1,2,3-三氯苯	55.54	0.01	55.54	0.01
內標準品				
1-氯-2-氟苯	37.55	0.01	37.56	0.01

a.管柱及分析條件敘述於步驟七(二)2。

b.阿拉伯數字代表圖四之尖峰。

c.破折號“—”表偵測器無訊號。

表四 單一實驗室使用管柱 1 檢測試劑水中揮發性有機物之準確度、精密度和方法偵測極限^a

待測物	PID			ELCD		
	平均回收率 (%)	相對標準 偏差(%)	MDL (µg/L)	平均回收率 (%)	相對標準 偏差(%)	MDL (µg/L)
苯	99	1.2	0.01	-(b)	—	—
溴苯	99	1.7	0.01	97	2.7	0.03
溴氯甲烷	—	—	—	96	3.0	0.01
一溴二氯甲烷	—	—	—	97	2.9	0.02
溴仿	—	—	—	106	5.2	1.6
溴甲烷	—	—	—	97	3.8	1.1
正丁基苯	100	4.4	0.02	—	—	—
1-甲基-丙基苯	97	2.7	0.02	—	—	—
1,1-二甲基-乙基苯	98	2.3	0.06	—	—	—
四氯化碳	—	—	—	92	3.6	0.01
氯苯	100	1.0	0.01	103	3.6	0.01
氯乙烷	—	—	—	96	3.9	0.1
氯仿	—	—	—	98	2.5	0.02
氯甲烷	—	—	—	96	9.2	0.03
2-氯甲苯	N.D. ^c	N.D.	N.D.	97	2.7	0.01
4-氯甲苯	101	1.0	0.02	97	3.2	0.01
1,2-二溴-3-氯丙烷	—	—	—	86	11.3	3.0
二溴一氯甲烷	—	—	—	102	3.3	0.3
1,2-二溴乙烷	—	—	—	97	2.8	0.8
二溴甲烷	—	—	—	109	6.7	2.2
1,2-二氯苯	102	2.1	0.05	100	1.5	0.02
1,3-二氯苯	104	1.6	0.02	106	4.0	0.02
1,4-二氯苯	103	2.1	0.01	98	2.3	0.01
二氯二氟甲烷	—	—	—	89	6.6	0.05
1,1-二氯乙烷	—	—	—	100	5.7	0.07
1,2-二氯乙烷	—	—	—	100	3.8	0.03
1,1-二氯乙烯	100	2.4	N.D.	103	2.8	0.07
順-1,2-二氯乙烯	N.D.	N.D.	0.02	105	3.3	0.01
反-1,2-二氯乙烯	93	4.0	0.05	99	3.7	0.06
1,2-二氯丙烷	—	—	—	103	3.7	0.01
1,3-二氯丙烷	—	—	—	100	3.4	0.03
2,2-二氯丙烷	—	—	—	105	3.4	0.05
1,1-二氯丙烯	103	3.5	0.02	103	3.3	0.02
乙基苯	101	1.4	0.01	—	—	—
六氯丁二烯	99	9.5	0.06	98	8.3	0.02
異丙基苯	98	0.9	0.05	—	—	—

表四 單一實驗室使用管柱 1 檢測試劑水中揮發性有機物之準確度、精密度和方法偵測極限^a (續)

待測物	PID			ELCD		
	平均回收率 (%)	相對標準偏差 (%)	MDL (µg/L)	平均回收率 (%)	相對標準偏差 (%)	MDL (µg/L)
對-異丙基甲苯	98	2.4	0.01	—	—	—
二氯甲烷	—	—	—	97	2.9	0.02
萘	102	6.2	0.06	—	—	—
正丙基苯	103	2.0	0.01	—	—	—
苯乙烯	104	1.3	0.01	—	—	—
1,1,1,2-四氯乙烷	—	—	—	99	2.3	0.01
1,1,2,2-四氯乙烷	—	—	—	99	6.8	0.01
四氯乙烯	101	1.8	0.05	97	2.5	0.04
甲苯	99	0.8	0.01	—	—	—
1,2,3-三氯苯	106	1.8	N.D.	98	3.1	0.03
1,2,4-三氯苯	104	2.2	0.02	102	2.1	0.03
1,1,1-三氯乙烷	—	—	—	104	3.3	0.03
1,1,2-三氯乙烷	—	—	—	109	5.6	N.D.
三氯乙烯	100	0.78	0.02	96	3.6	0.01
三氯一氟甲烷	—	—	—	96	3.5	0.03
1,2,3-三氯丙烷	—	—	—	99	2.3	0.4
1,2,4-三甲基苯	99	1.2	0.05	—	—	—
1,3,5-三甲基苯	101	1.4	0.01	—	—	—
氯乙烷	109	5.0	0.02	95	5.9	0.04
鄰-二甲苯	99	0.8	0.02	—	—	—
間-二甲苯	100	1.4	0.01	—	—	—
對-二甲苯	99	0.9	0.01	—	—	—

a. 回收率及相對標準偏差的結果是將每一待測物重複添加於 7 個樣品分析而得，添加濃度為 10 µg/L。

使用內標準品法測試回收率，光離子化偵測器(PID)的內標準品為氟苯；電解導電感應偵測器(ELCD)的內標準品為 2-溴-1-氯丙烷。

b. 破折號 “—” 表偵測器無訊號。

c. N.D. 表示未測出。

表五 單一實驗室使用管柱 2 檢測試劑水中揮發性有機物之準確度、精密度和方法偵測極限^a

待測物	PID			ELCD		
	平均回收率 (%)	相對標準 偏差(%)	MDL (µg/L)	平均回收率 (%)	相對標準 偏差(%)	MDL (µg/L)
苯	97	1.6	0.01	- ^b	—	—
溴苯	98	1.1	0.04	96	3.2	0.14
溴氯甲烷	—	—	—	95	2.5	0.01
一溴二氯甲烷	—	—	—	96	2.6	0.10
溴仿	—	—	—	98	4.0	0.09
溴甲烷	—	—	—	97	2.4	0.19
正丁基苯	95	2.4	0.03	—	—	—
1-甲基-丙基苯	96	2.1	0.03	—	—	—
1,1-二甲基-乙基苯	98	2.1	0.06	—	—	—
四氯化碳	—	—	—	97	2.4	0.02
氯苯	98	1.5	0.02	98	2.2	N.D. ^c
氯乙烷	—	—	—	97	3.2	0.13
氯仿	—	—	—	92	4.2	0.01
氯甲烷	—	—	—	98	2.3	0.10
2-氯甲苯	94	3.1	0.03	99	2.3	0.04
4-氯甲苯	97	1.6	0.02	97	2.3	0.07
1,2-二溴-3-氯丙烷	—	—	—	97	2.2	0.20
二溴一氯甲烷	—	—	—	99	2.0	0.05
1,2-二溴乙烷	—	—	—	99	2.8	0.17
二溴甲烷	—	—	—	98	3.5	0.10
1,2-二氯苯	97	1.4	0.03	98	2.0	0.04
1,3-二氯苯	97	1.6	0.02	97	2.2	0.07
1,4-二氯苯	97	1.5	0.03	97	2.2	0.04
二氯二氟甲烷	—	—	—	96	3.2	0.29
1,1-二氯乙烷	—	—	—	97	2.3	0.03
1,2-二氯乙烷	—	—	—	98	1.8	0.03
1,1-二氯乙烯	96	2.2	0.10	97	2.3	0.04
順-1,2-二氯乙烯	97	1.7	0.03	96	3.3	0.05
反-1,2-二氯乙烯	97	1.8	0.03	98	1.5	0.05
1,2-二氯丙烷	—	—	—	98	1.8	0.03
1,3-二氯丙烷	—	—	—	100	1.3	0.02
2,2-二氯丙烷	—	—	—	95	14.2	N.D.
1,1-二氯丙烯	96	2.1	0.05	97	2.6	0.02
順-1,3-二氯丙烯	98	1.6	0.06	98	2.0	0.08
反-1,3-二氯丙烯	99	1.7	0.06	97	1.4	0.10
乙基苯	98	1.2	0.04	—	—	—

表五 單一實驗室使用管柱 2 檢測試劑水中揮發性有機物之準確度、精密度和方法偵測極限^a (續)

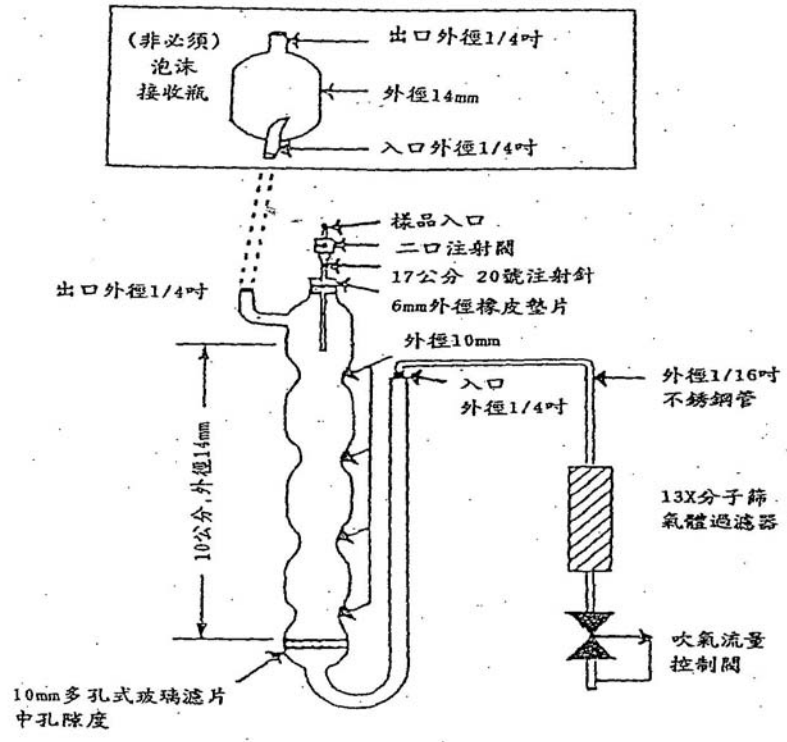
待測物	PID			ELCD		
	平均回收率 (%)	相對標準偏差 (%)	MDL (µg/L)	平均回收率 (%)	相對標準偏差 (%)	MDL (µg/L)
六氯丁二烯	95	2.6	0.09	97	2.3	0.05
異丙基苯	97	1.4	0.02	—	—	—
對-異丙基甲苯	96	2.0	0.02	—	—	—
二氯甲烷	—	—	—	100	3.1	0.01
萘	96	2.1	0.02	—	—	—
正丙基苯	97	1.8	0.03	—	—	—
苯乙烯	96	1.9	0.10	—	—	—
1,1,1,2-四氯乙烷	—	—	—	98	2.2	N.D.
1,1,2,2-四氯乙烷	—	—	—	100	2.8	0.02
四氯乙烯	97	1.6	0.04	97	1.9	0.02
甲苯	98	1.3	0.02	—	—	—
1,2,3-三氯苯	95	2.3	0.05	98	2.8	0.06
1,2,4-三氯苯	94	3.0	0.06	96	2.5	0.08
1,1,1-三氯乙烷	—	—	—	96	2.6	0.01
1,1,2-三氯乙烷	—	—	—	99	1.6	0.04
三氯乙烷	97	1.7	0.03	98	1.2	0.06
三氯一氟甲烷	—	—	—	97	6.0	0.34
1,2,3-三氯丙烷	—	—	—	100	2.0	0.02
1,2,4-三甲基苯	96	2.0	0.02	—	—	—
1,3,5-三甲基苯	98	1.6	0.03	—	—	—
氯乙烷	95	1.1	0.01	96	2.6	0.18
鄰-二甲苯	98	1.1	0.02	—	—	—
間-二甲苯	98	1.1	0.02	—	—	—
對-二甲苯	98	0.9	0.02	—	—	—

a. 回收率及相對標準偏差的結果是將每一待測物重複添加於 7 個樣品分析而得，添加濃度為 10 µg/L。

回收率是以外標準品法求得。

b. 破折號 “—” 表偵測器無訊號。

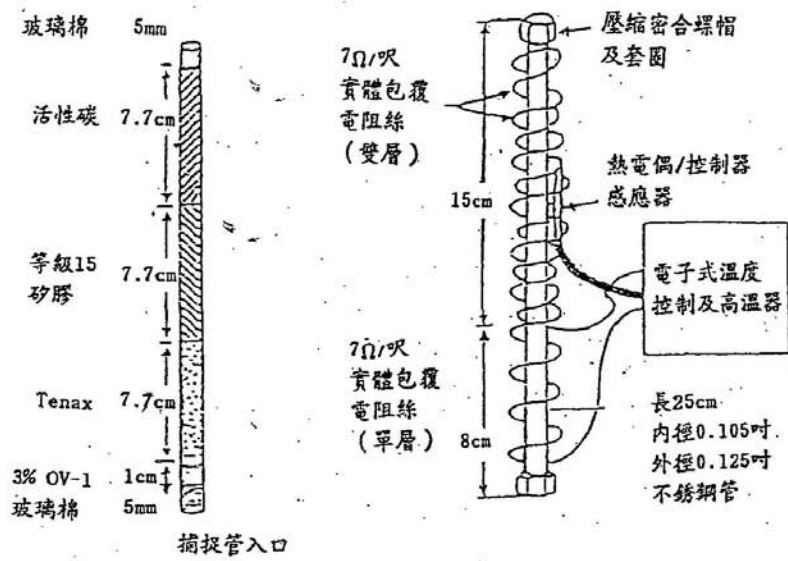
c. N.D. 表示未測出。



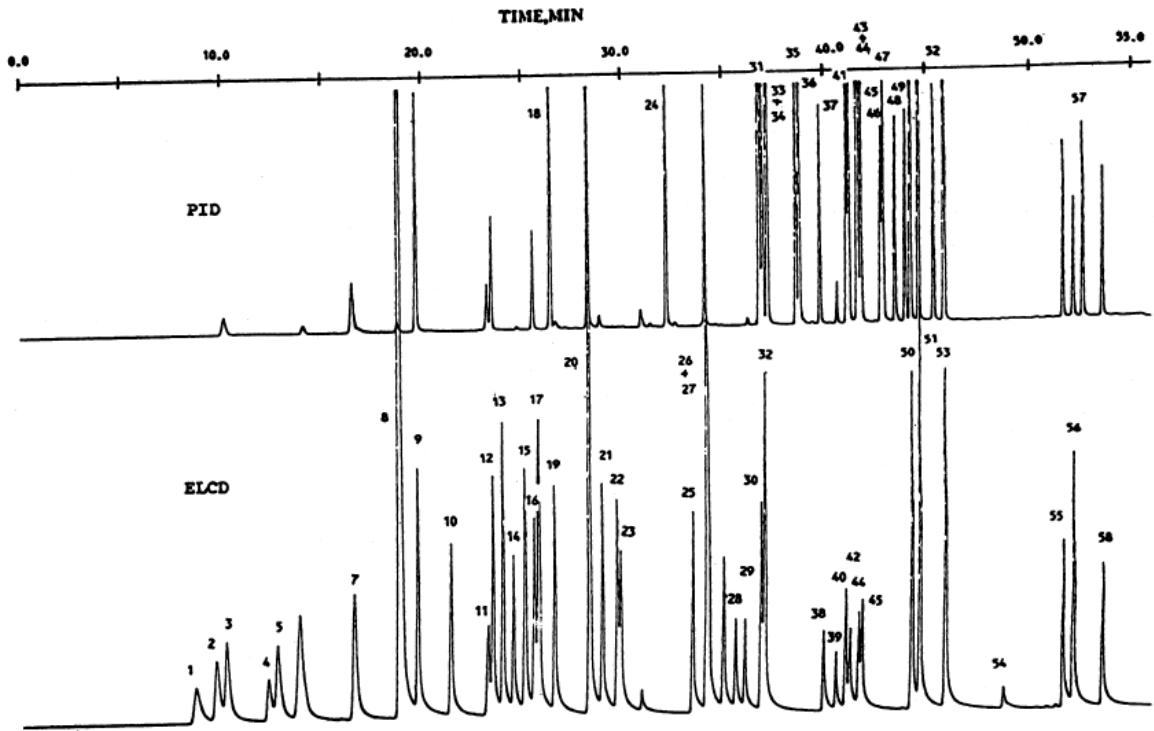
圖一 吹氣裝置示意圖

捕捉填充管

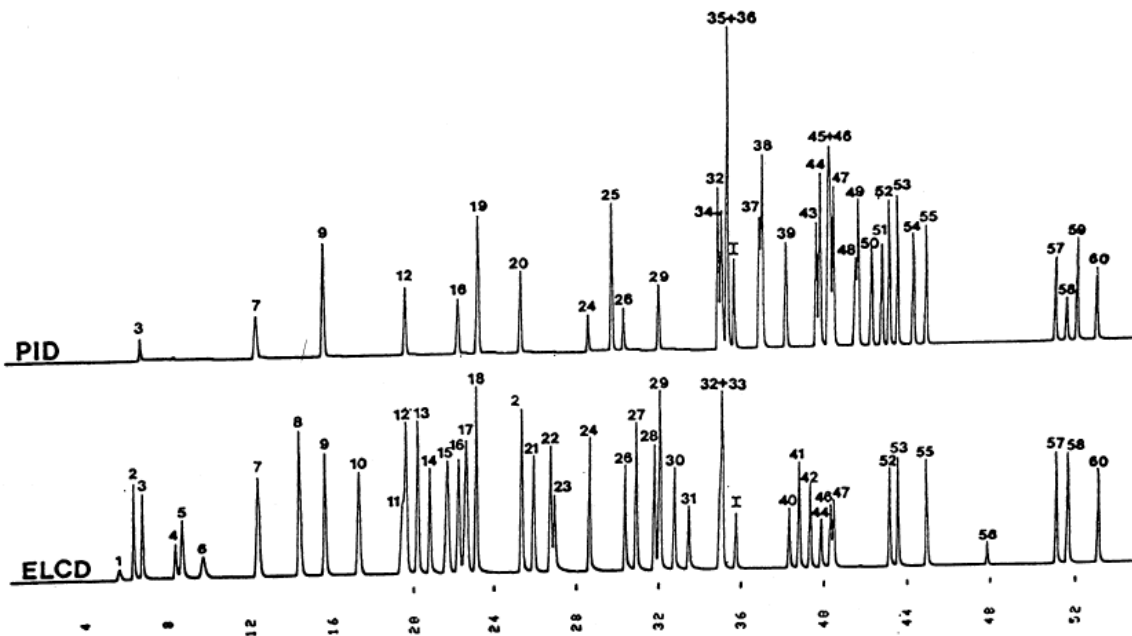
構造



圖二 捕捉(脫附)管填充劑及構造示意圖



圖三、使用管柱 1 所測之有機化合物層析圖



圖四、使用管柱 2 所測之有機化合物層析圖