



# 多環芳香族碳氫化合物檢測方法－氣相層析法

中華民國86年8月5日(86)環署檢字第41710號公告

NIEA R812.20C

中華民國91年3月5日環署檢字第0910014627號公告

修正原方法名稱「廢棄物中多環芳香族碳氫化合物檢測方法－氣相層析法」，  
方法編號修正為NIEA R812.21C



## 一、方法概要

本方法之氣相層析分析條件，適用於廢棄物樣品中之 ppb 濃度範圍內之多環芳香族碳氫化合物 (polynuclear aromatic hydrocarbons, PAHs) 的檢測。以本方法分析之前，樣品須經適當的前處理。乾淨的或稀釋過的有機液體樣品可以直接注入的方式分析。以溶劑沖洗法注入 2 到 5  $\mu$ L 萃液至氣相層析儀 (GC)，以火燄離子化偵測器 (FID) 偵測由 GC 流出之化合物。若有干擾物影響待測物之測定時，本方法亦可以測定經矽膠管柱淨化法淨化過之萃液。

## 二、適用範圍

本方法適用於測定多環芳香族碳氫化合物之濃度，如表一所示。方法中若以填充管柱氣相層析法分析，下列四組化合物無法適當地被分離：蔥 (Anthracene) 和菲 (Phenanthrene)，芘 (Pyrene) 和苯(a)駢蔥 (Benzo(a)anthracene)，苯(b)駢芘 (Benzo (b)fluoranthene) 和苯(k)駢芘 (Benzo(k) fluoranthene)，二苯駢(a,h) 蔥 (Dibenzo(a,h)anthracene) 和芘(1,2,3-cd) (Indeno (1,2,3-cd)pyrene)。但若以毛細管柱取代填充管柱則可以適當地分離這些 PAHs。然而，除非分析目的是可以用未完全分離之 PAHs 的總量為代表，否則以液相層析儀或氣相層析質譜儀來分析此類化合物較適宜。

## 三、干擾

- (一) 請參考有機物萃取及樣品製備法 (一) (NIEA R112.00C)，氣相色層分析法 (NIEA M102.00T) 及有機物淨化法中所提到之干擾部份。
- (二) 分析高濃度樣品後，接著分析低濃度樣品，會發生殘留物交互污染，為避免殘留物交互污染，樣品注射針必須每注射一個樣品後，即以溶劑清洗乾淨。每當分析樣品萃液後，發現其濃度超過檢量線最高濃度時，必須分析一個溶劑空白，以檢查是否有交互污染。當溶劑空白分析結果顯示有交互污染時，於分析各樣品之間，應插入溶劑空白的分析。
- (三) 溶劑、試劑、玻璃器皿以及其他處理樣品之器具均可能產生人為誤差與/或基線之提高，造成氣相層析圖的錯誤解釋。所有使用的器材應依照分析條件進行方法空白試驗，以證明不致產生干擾。有時需要特定試劑及在全玻璃系統內進行溶劑純化之蒸餾。
- (四) 從樣品中一起萃取出來的干擾物隨樣品來源不同而異。雖然本方法中亦列有常用的淨化技術，但對於特殊的樣品可能還需要更多的淨化步驟。

## 四、設備

### (一) 氣相層析儀：

1. 氣相層析儀：氣相層析分析系統必需具有完整的管端注射器和相關配件，包括偵測器、管柱組件、記錄器、氣體和注射針等。最好有數據處理系統以量測尖峰面積和/

或高度。

## 2.管柱：

(1)管柱1：1.8m x 2mm (內徑) 玻璃管柱，內有3%OV-17覆膜在 Chromosorb W-AW-DCMS (100/120 mesh) 之填充管柱，或同級品。

(2)管柱 2：30 m x 0.25 mm (內徑) 之 SE-54 熔矽毛細管柱。

(3)管柱 3：30 m x 0.32 mm (內徑) 之 SE-54 熔矽毛細管柱。

## 3.偵測器：火燄離子化偵測器

(二) 量瓶：10、50 和 100 mL，磨砂玻璃瓶塞。

(三) 微量注射針：10  $\mu$ L。

## 五、試劑

(一) 溶劑：正己烷、異辛烷 (2,2,4-三甲基戊烷) (殘量級或同級品)。

### (二) 儲備標準溶液

1.配製 1.00  $\mu$ g/ $\mu$ L 之儲備標準溶液，溶解 0.0100 g 之已分析過的參考物質於異辛烷中，於 10 mL 量瓶中稀釋定量。為了方便起見，分析員可以配製成更大體積之溶液。化合物純度達 96%以上時，可以不必校正而直接由重量來計算儲備標準溶液之濃度。亦可以採用經廠商認證或其他獨立系統分析過之市售各種濃度儲備標準溶液。

2.將儲備標準溶液移至附有鐵氟龍墊片螺旋蓋之瓶中，4°C 下保存，避免照光。儲備標準溶液應定期檢查有無裂解或揮發跡象，特別是在配製檢量線標準溶液之前更應加以查核。

3.儲備標準溶液每年均要定期更換，或若與查核標準品比對有問題時，則須即刻更換。

(三) 檢量線標準溶液：將儲備標準溶液以異辛烷稀釋，至少配製五種不同濃度為檢量線標準溶液，其中一個濃度需接近、且稍高於方法偵測極限，其餘濃度則應配合真實樣品之預估濃度或在GC操作範圍內。檢量線標準溶液必須每六個月定期更換，或若與查核標準溶液比對有問題，則須即刻更換。

(四) 內標準品 (若採用內標準品校正法)：採用本方法時，分析人員應選擇一種或多種與待測物之分析性質相近之化合物為內標準品，且分析員應更進一步地確認內標準品的量測不受方法或基質干擾所影響。由於上述限制，使得沒有單一內標準品能適用於所有樣品分析。

1.同五(三)節所述，各待測物至少配製五種濃度的檢量線標準溶液。

2.於每一個檢量線標準溶液中添加一種或多種已知量的內標準品，再以異辛烷稀釋至定體積。

3.依據第七節所述來分析每一個檢量線標準溶液。

(五) 擬似標準品：分析員為監測萃取、淨化 (若有使用) 和分析系統等和方法對不同樣品基質之績效，可於每一樣品、標準品和試劑水空白中添加一或二種擬似標準品 (如 2-氟基聯苯 (2-fluorobiphenyl) 和 1-氟基萘 (1-fluoronaphthalene))，以涵蓋本方法之層析溫度設定範圍。氘同位素標識的待測物，有和待測物同時流出之問題，因此不能用為氣相層析分析時的擬似標準品。

## 六、採樣與保存

(一) 採樣容器：土壤、沉積物、污泥樣品使用 250 mL；水樣使用 4L，附有鐵氟龍塗敷之矽膠襯墊之螺旋蓋的玻璃瓶或鐵氟龍瓶，需先以清潔劑及水清洗，再以甲醇或異丙醇沖洗後備用，使用前再以分析所用之相同溶劑淋洗。當沒有鐵氟龍墊片可使用時，可用有機溶劑清洗過的鋁箔紙做為墊片，但需要注意的是酸性或鹼性的樣品可能會與鋁箔紙反應

而產生污染物。不可以用塑膠容器來儲存樣品，以免有鄰苯二甲酸酯類和其它碳氫化合物的污染。

- (二) 裝填樣品於採樣瓶時，需避免採樣人員的手套接觸樣品而產生污染，採樣後，立即密封樣品，直至進行分析前再打開，以保持樣品的完整性。每一採樣點需採集兩個樣品，立即密封且標示清楚。不要在運轉的馬達或任何排氣系統附近裝填或儲存樣品，以避免污染。將兩個含樣品之容器分別包裝於兩個塑膠袋中，以避免交互污染（對高污染的樣品，可於塑膠袋中裝入活性炭，以避免交互污染）。
- (三) 於樣品運送及儲存期間，為檢查可能的污染，需使用以純水系統製備出來，不含有機物的試劑水，製備運送空白樣品，同樣經過採樣、保存及運送的過程。
- (四) 樣品需於 4°C 下冷藏；若水樣中含餘氯，則採樣時立即於每升水樣中加入 0.8 mL 10% 之硫代硫酸鈉溶液。樣品需於採樣後 7 天內完成萃取；萃取後 40 天內完成分析。

## 七、步驟

### (一) 萃取：

1. 通常水樣是在中性 pH 下，使用分液漏斗液相-液相萃取法 (NIEA R106.00C) 或連續式液相-液相萃取法 (NIEA R107.00C) 以二氯甲烷萃取；固體樣品則以索氏萃取法 (NIEA R113.00C) 或超音波萃取法 (NIEA R114.00C) 萃取。濃縮萃液至 1 mL，以達到本方法的最大感度。

### (二) 氣相層析儀分析條件(建議)：

1. 管柱 1：設定氦氣載流氣體流速為 40 mL/min，管柱溫度設定於 100°C 保持 4 分鐘，再以 8°C/min 升溫至 280°C。
2. 管柱 2：設定氦氣載流氣體流速為 20 cm/sec，管柱溫度設定於 35°C 保持 2 分鐘，再以 10°C/min 升溫至 265°C，保持 12 分鐘。
3. 管柱 3：設定氦氣載流氣體流速為 60 cm/sec，管柱溫度設定於 35°C 保持 2 分鐘，再以 10°C/min 升溫至 265°C，保持 3 分鐘。

### (三) 校正：

#### 1. 外標準品校正程序：

- (1) 將五(三)節所配之檢量線標準溶液與真實樣品以相同方式注入 GC，並將尖峰面積或高度對樣品注入量做成檢量線，標準溶液注入 GC 所得之感應對注入量所得之比例稱為校正因子 (calibration factor)，計算不同濃度時之校正因子。在測定範圍內若校正因子之相對標準偏差百分比小於 20%，則可假設檢量線為通過原點之直線，而以平均校正因子代替檢量線作定量分析。校正因子 = 尖峰面積 (或高度) / 注入量 (ng)
- (2) 檢量線或校正因子於每一工作日均需檢核，在檢量線之濃度範圍內，注入一種或一種以上濃度之標準溶液，如所得校正因子之偏差超過 ±15%，則須重新製作檢量線。

$$\text{偏差} = ((R_1 - R_2) / R_1) \times 100\%$$

其中

$R_1$ ：第一次分析時之校正因子

$R_2$ ：第一次以後分析之校正因子

#### 2. 內標準品校正程序

- (1) 將五(四)節所配之內標準品溶液與真實樣品以相同方式注入 GC，並將尖峰面積或高度對化合物及內標準品濃度作成表格，依下式計算感應因子 (response factor, RF)。

$$\text{感應因子} = (A_{sCis}) / (A_{iCs}) \text{ 其中}$$

$A_s$ ：待測物之感應

Ais：內標準品之感應

Cs：待測物之濃度（ $\mu\text{g/L}$ ）

Cis：內標準品濃度（ $\mu\text{g/L}$ ）

在工作之濃度範圍內，若感應因子之相對標準偏差百分比小於 20%，則可以平均感應因子作定量分析，否則以  $A_s/A_{is}$  對 RF 作檢量線。

(2) 檢量線或感應因子，於每一工作天均須檢核之，如注入標準溶液所得之感應因子偏差超過 $\pm 15\%$ ，則須重新製作檢量線。

3. 如樣品須經淨化，分析員需對一系列的標準品進行淨化處理和氣相層析分析以確認層析圖譜和無來自試劑之干擾。

#### (四) 氣相層析法分析

1. 若使用內標準品校正法時，於注射分析前先加  $10\ \mu\text{L}$  內標準品於樣品中。

2. 分析程序包含適當的稀釋步驟，建立每日滯留時窗，確認條件，及每分析 10 個樣品應測一次中間濃度範圍之標準品。

(1) 精取樣品萃液  $2.00$  至  $5.00\ \mu\text{L}$ （若使用自動注射裝置，則僅需注射  $1.00\ \mu\text{L}$ ），記錄注入量至  $0.05\ \mu\text{L}$ ，並記錄尖峰面積或高度。若發現尖峰之偵測受到干擾則需進一步淨化樣品；若樣品感應超過檢量線範圍，須稀釋樣品後再重新分析，使其尖峰能完整出現在記錄紙上。

(2) 在分析樣品過程中或結束後，應以中間濃度之標準溶液來檢核檢量線或校正因子，若與此系列分析之最初因子之偏差大於  $15\%$ ，則在其後注入之樣品均須俟儀器調整校正後，再行注入分析。

(3) 每日分析樣品前，應建立待測物之滯留時窗寬度。（參考氣相層析分析法（NIEA M102.00T）之第五節）。

3. 可採用內標法或外標法校正步驟，比對樣品圖譜與檢量線標準圖譜來決定樣品圖譜中每一成份訊號峰及其含量。

4. 若訊號偵測和鑑定受干擾物所妨礙，則萃液必須以矽膠管柱淨化法淨化之。

#### (五) 淨化：

1. 大部份的土壤/沉積物和廢棄物樣品的萃液均須經淨化處理，淨化後的萃液再依檢測方法分析，若尚有干擾物存在，則可能須更徹底的淨化處理（參考矽膠管柱淨化法），該方法詳細說明將萃取溶劑置換成正己烷之步驟。

2. 淨化後，萃液依七(四)節所述之 GC 方法分析。

## 八、結果處理

(一) 當使用外標準法校正程序時，須決定樣品層析圖中對應於檢量線標準溶液中各個成份尖峰的大小。選擇合適的基線以測定尖峰面積或尖峰高度，才能得到正確的定量結果。

1. 水樣：

$$\text{濃度} (\mu\text{g/L}) = \frac{(A_x)(V_t)(D)}{(CF)(V_i)(V_s)}$$

其中：

$A_x$ ：樣品中待測物的尖峰面積（或高度）

$V_t$ ：濃縮萃液的總體積（ $\mu\text{L}$ ）

$D$ ：稀釋因子，若樣品或萃液在分析前稀釋。若未經稀釋， $D=1$ 。

稀釋因子沒有單位。

$\overline{CF}$ ：由起始校正所得的平均校正因子（面積/ng）

$V_i$ ：注入GC的萃液體積（ $\mu\text{L}$ ）。樣品及檢量線標準品注入的體積必須相同。

$V_s$ ：萃取之水樣體積，單位為 mL。若以L為單位，其結果須乘以 1000。上述各項採用指定的單位時，計算所得之濃度單位為ng/mL，相當於  $\mu\text{g/L}$ 。

2、非水樣：

$$\text{濃度} (\mu\text{g/Kg}) = \frac{(A_x)(V_t)(D)}{(\overline{CF})(V_i)(V_s)}$$

其中  $A_x$ ， $V_t$ ， $D$ ， $\overline{CF}$  及  $V_i$  與水溶液樣品時相同。

$W_s$ ：萃取樣品的重量單位為 g。依數據的用途決定採用濕重或乾重。若以 Kg 為單位，其結果須乘以 1000。上述各項採用指定的單位時，計算所得之濃度單位為ng/g，相當於  $\mu\text{g/Kg}$ 。

(二) 採用內標準法定量時，樣品濃度之計算公式如下：

1.水樣：

$$\text{濃度} (\mu\text{g/L}) = \frac{(A_X)(C_{IS})(D)}{(A_{IS})(RF)(V_S)}$$

其中：

$A_X$ ：樣品中待測物的尖峰面積（或高度）。

$C_{IS}$ ：內標準品添加於樣品萃液之量（ng）。

$D$ ：稀釋因子，若樣品或萃液在分析前稀釋。若未經稀釋，

$D = 1$ 。稀釋因子沒有單位。

$A_{IS}$ ：內標準品之尖峰面積（或高度）。

$RF$ ：待測物之感應因子。

$V_S$ ：水樣體積（mL）。

2.非水樣：

$$\text{濃度} (\mu\text{g/Kg}) = \frac{(A_X)(C_{IS})(D)}{(A_{IS})(RF)(V_S)}$$

其中  $A_X$ ， $C_{IS}$ ， $D$ ， $A_{IS}$  及  $RF$  與水樣相同。

$W_s$ ：萃取樣品的重量單位為 g。依數據的用途決定採用濕重或乾重。若以 Kg 為單位，其結果須乘以 1000。

上述各項採用指定的單位時，計算所得之濃度單位為ng/g，相當於  $\mu\text{g/Kg}$ 。

(三) 若感應超過系統的校正範圍，稀釋萃液，重新分析。當尖峰面積因尖峰之重疊而造成積分誤差時，建議採用尖峰高度做定量。

(四) 若發現尖峰有部分重疊或共沖提現象時，須改用他種GC管柱或嚐試以 GC/MS 定量。

## 九、品質管制

(一) 萃取與淨化

參考有機物萃取和樣品製備 (NIEA R112.00C) 和各個萃取方法中的品質管制說明，確保適當的萃取及製備樣品。若需淨化樣品，參考有機物淨化法和特定淨化法中的品質管制說明。

## (二) 氣相層析分析

1. 以七(四)之步驟來查核 GC 系統之操作。

2. 品質管制樣品應包含所有待測物，在乙腈中之濃度分別為：萘， $100 \mu\text{g/mL}$ ；芴烯， $100 \mu\text{g/mL}$ ；芴， $100 \mu\text{g/mL}$ ；芴， $100 \mu\text{g/mL}$ ；菲， $100 \mu\text{g/mL}$ ；蔥， $100 \mu\text{g/mL}$ ；苯(k)苯駢芴， $5 \mu\text{g/mL}$ ；其他 PAHs 則為  $10 \mu\text{g/mL}$ 。

3. 表二列出本方法之校正和品質管制標準，表三列舉待測物在不同濃度時的方法準確度和精密度。利用此二表的數值，可以評估一實驗室使用本方法產生可被接受數據之能力。

(三) 計算所有樣品、空白樣品和添加樣品中擬似標準品之回收率，判定回收率是否在管制範圍內(可參考 NIEA M102.00C 之第七節建立此管制範圍)。

1. 若回收率不在範圍內，則須進行下列步驟：

- (1) 檢查在計算過程、製備擬似標準品及內標準品過程中是否有誤，並查核儀器績效。
- (2) 若在上述檢查中發現有誤時，須再重新計算數據和/或再分析萃液。
- (3) 若錯誤均非來自上述問題，得再重新萃取或分析樣品，或註明該數據為“估計濃度”。

## 十、精密度與準確度

(一) 本方法曾經 16 家實驗室測試，添加濃度範圍 0.1 至  $425 \mu\text{g/L}$  間之六種不同濃度待測物於試劑水、飲用水、地表水和三種工業廢水，結果顯示單一分析員的精密度、全精密度 (Overall precision) 和方法準確度均與待測物的濃度有直接關係，而與樣品基質無關。表三列舉用火焰離子化偵測器所得上述關係的線性方程式。

(二) 本方法已由試劑水中證明添加回收率之線性關係，且驗證可應用濃度範圍從  $8 \times \text{MDL}$  (方法偵測極限) 到  $800 \times \text{MDL}$ ，但苯(ghi)駢?例外，其回收率在  $80 \times \text{MDL}$  和  $800 \times \text{MDL}$  之濃度分別為 35 % 和 45 %，稍微偏低。

(三) 按照本方法操作所得之準確度和精密度，取決於樣品之基質、前處理技術和採用的校正程序。

## 十一、參考文獻

- (一) U.S. EPA Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 8100 Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, September 1986.
- (二) "Development and Application of Test Procedures for Specific Organic Toxic Substances in Wastewaters. Category 9-PAHs", Report for EPA Contract 68-03-2624.
- (三) Sauter, A.D., L. D. Betowski, T.R. Smith, V. A. Strickler, R. G. Beimer, B.N. Colby, and J.E. Wilkinson, "Fused Silica Capillary Column GC/MS for the Analysis of Priority Pollutants", Journal of HRC&CC 4, 366-384, 1981.
- (四) "Determination of Polynuclear Aromatic Hydro-carbons in Industrial and Municipal Wastewaters", EPA-600/4-82-025, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, Ohio 45268, September 1982.
- (五) Burke, J.A. "Gas Chromatography for Pesticide Residue Analysis; Some Practical Aspects", Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 48, 1037, 1965.

- (六) "EPA Method Validation Study 20, Method 610 (Polynuclear Aromatic Hydrocarbons) ", Report for EPA Contract 68-03-2624.
- (七) U.S. EPA 40 CFR Part 136, "Guidelines Establishing Test Procedures for the Analysis of Pollutants Under the Clean Water Act; Final Rule and Interim Final Rule and Proposed Rule", October 26, 1984.
- (八) Provost, L.P. and R.S. Elder, "Interpretation of Percent Recovery Data", American Laboratory, 15, pp.58-63, 1983.
- (九) 有機物萃取及樣品製備法(一)，NIEA R112.00C，行政院環境保護署公報，中華民國八十六年一月。
- (十) 分液漏斗液相-液相萃取法，NIEA R106.00C，行政院環境保護署公報，中華民國八十五年七月。
- (十一) 連續式液相-液相萃取法，NIEA R107.00C，行政院環境保護署公報，中華民國八十五年七月。
- (十二) 索氏萃取法，NIEA R113.00C，行政院環境保護署公報，中華民國八十六年一月。
- (十三) 超音波萃取法，NIEA R114.00C，行政院環境保護署公報，中華民國八十五年十二月。
- (十四) 氣相色層分析法，NIEA M102.00T，行政院環境保護署環境檢驗所，“環境檢測方法彙編”，中華民國八十三年十二月。
- (十五) 廢棄物樣品稀釋法，NIEA R111.00C，行政院環境保護署公報，中華民國八十五年十一月。
- (十六) U.S. EPA Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 8310 Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, September 1986.
- (十七) U.S. EPA Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 8270 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) : Capillary Column Technique, January 1995.
- (十八) U.S. EPA Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 3630C Silica Gel Cleanup, January 1995.
- (十九) U.S. EPA Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 3600C Cleanup, January 1995.
- (二十) U.S. EPA Test Methods for Evaluating Solid Waste, Chapter One "Quality Control" , Revision 1, January 1992.

表一、氣相層析法分析之PAHs化合物<sup>a</sup>

化合物	滯留時間(分鐘)
芘 (Acenaphthene)	10.8
芘烯 (Acenaphthylene)	10.4
蒽 (Anthracene)	15.9
苯(a)駢蒽 (Benzo(a)anthracene)	20.6
苯(a)駢苝 (Benzo(a)pyrene)	29.4
苯(b)苯駢芘 (Benzo(b)fluoranthene)	28.0
苯(j)苯駢芘 (Benzo(j)fluoranthene)	
苯(k)苯駢芘 (Benzo(k)fluoranthene)	28.0
苯(ghi)駢芘 (Benzo(ghi)perylene)	38.6
屈 (Chrysene)	24.7
二苯駢(a,h)吡啶 (Dibenz(a,h)acridine)	
二苯駢(a,j)吡啶 (Dibenz(a,j)acridine)	36.2
二苯駢(a,h)蒽 (Dibenzo(a,h)anthracene)	
7H-二苯駢(c,g)卡唑 (7H-Dibenzo(c,g)carbazole)	
二苯駢(a,e)苝 (Dibenzo(a,e)pyrene)	
二苯駢(a,h)苝 (Dibenzo(a,h)pyrene)	
二苯駢(a,i)苝 (Dibenzo(a,i)pyrene)	
苯駢芘 (Fluoranthene)	19.8
芴 (Fluorene)	12.6
芘(1,2,3-cd)芘 (Indeno(1,2,3-cd)pyrene)	36.2
3-甲基膽蒽 (3-Methylcholanthrene)	
萘 (Naphthalene)	4.5
菲 (Phenanthrene)	15.9
芘 (Pyrene)	20.6

a. 由管柱 1 所獲得之結果

表二、可接受之品質管制標準<sup>a</sup>



化合物	測試 濃度 ( $\mu\text{g/L}$ )	s 極限值 ( $\mu\text{g/L}$ )	$\bar{X}$ 範圍 ( $\mu\text{g/L}$ )	P, Ps 範圍 (%)
Acenaphthene	100	40.3	D-105.7	D-124
Acenaphthylene	100	45.1	22.1-112.1	D-139
Anthracene	100	28.7	11.2-112.3	D-126
Benzo(a)anthracene	10	4.0	3.1-11.6	12-135
Benzo(a)pyrene	10	4.0	0.2-11.0	D-128
Benzo(b)fluoranthene	10	3.1	1.8-13.8	6-150
Benzo(ghi)perylene	10	2.3	D-10.7	D-116
Benzo(k)fluoranthene	5	2.5	D-7.0	D-159
Chrysene	10	4.2	D-17.5	D-199
Dibenzo(a,h)anthracene	10	2.0	0.3-10.0	D-110
Fluoranthene	10	3.0	2.7-11.1	14-123
Fluorene	100	43.0	D-119	D-142
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	10	3.0	1.2-10.0	D-116
Naphthalene	100	40.7	21.5-100.0	D-122
Phenanthrene	100	37.7	8.4-133.7	D-155
Pyrene	10	3.4	1.4-12.1	D-140

s = 四次回收率之標準偏差， $\mu\text{g/L}$ 。

$\bar{X}$  = 四次回收率之平均值， $\mu\text{g/L}$ 。

P, Ps = 百分比回收率

D=偵測值；結果必須大於零。

a. 這些標準係直接根據 40 CFR Part 136 Method 610 之表三數據得到的。如果需要，回收率的極限值可以放寬，以確保測得濃度低於表三時，仍具適用性。

表三、方法精密度與準確度

化合物	準確度	單一分析員	全精密度, S' (µg/L)
	(回收率), x' (µg/L)	精密度, Sr' (µg/L)	
Acenaphthene	0.52C+0.54	0.39 $\bar{X}$ +0.76	0.53 $\bar{X}$ +1.32
Acenaphthylene	0.69C- 1.89	0.36 $\bar{X}$ +0.29	0.42 $\bar{X}$ +0.52
Anthracene	0.63C-1.26	0.23 $\bar{X}$ +1.16	0.41 $\bar{X}$ +0.45
Benzo(a)anthracene	0.73C+0.05	0.28 $\bar{X}$ +0.04	0.34 $\bar{X}$ +0.02
Benzo(a)pyrene	0.56C+0.01	0.38 $\bar{X}$ -0.01	0.53 $\bar{X}$ -0.01
Benzo(b)fluoranthene	0.78C+0.01	0.21 $\bar{X}$ +0.01	0.38 $\bar{X}$ -0.00
Benzo(ghi)perylene	0.44C+0.30	0.25 $\bar{X}$ +0.04	0.58 $\bar{X}$ +0.10
Benzo(k)fluoranthene	0.59C+0.00	0.44 $\bar{X}$ -0.00	0.69 $\bar{X}$ +0.10
Chrysene	0.77C-0.18	0.32 $\bar{X}$ -0.18	0.66 $\bar{X}$ -0.22
Dibenzo(a,h)anthracene	0.41C-0.11	0.24 $\bar{X}$ +0.02	0.45 $\bar{X}$ +0.03
Fluoranthene	0.68C+0.07	0.22 $\bar{X}$ +0.06	0.32 $\bar{X}$ +0.03
Fluorene	0.56C-0.52	0.44 $\bar{X}$ -1.12	0.63 $\bar{X}$ -0.65
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.54C+0.06	0.29 $\bar{X}$ +0.02	0.42 $\bar{X}$ +0.01
Naphthalene	0.57C-0.70	0.39 $\bar{X}$ -0.18	0.41 $\bar{X}$ +0.74
Phenanthrene	0.72C-0.95	0.29 $\bar{X}$ +0.05	0.47 $\bar{X}$ -0.25
Pyrene	0.69C-0.12	0.25 $\bar{X}$ +0.14	0.42 $\bar{X}$ -0.00

x'=一次或多次分析樣品濃度C之預估回收率， µg/L

Sr'=由單一分析員分析平均濃度之樣品，所得之預估標準偏差值， µg/L

S'=平均濃度 $\bar{X}$ 之樣品分析，預估實驗室內標準偏差值， µg/L

C=真實濃度， µg/L

$\bar{X}$ =分析濃度C之樣品的平均回收率， µg/L

#### 廢棄物中多環芳香族碳氫化合物檢測流程圖

