

空氣中粒狀污染物自動檢測方法－貝他射線衰減法

中華民國 108 年 4 月 30 日環署授檢字第 1080002410 號公告
自中華民國 108 年 8 月 15 日生效
NIEA A206.11C

一、方法概要

以貝他射線照射捕集微粒之濾紙，量測採樣前後貝他射線通過濾紙之衰減量，再根據其微粒濃度與輻射強度衰減比率關係由儀器讀出空氣中粒狀污染物的濃度。

二、適用範圍

本方法適用於空氣中粒徑小於等於 10 微米(μm)之懸浮微粒(PM_{10})濃度之自動測定，其適用濃度範圍介於 $0 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 至 $1 \times 10^4 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 。

三、干擾

- (一) 水氣可能形成干擾，可以適當加熱控制機制排除之。
- (二) 濾紙上捕集微粒若過量，亦可能使量測結果產生誤差。
- (三) 在臨海地區執行檢測時，海水鹽沫之干擾亦可能造成誤差。

四、設備與材料

以貝他射線衰減法為原理之自動檢測儀器，其性能需符合表一所列規範。一般此種自動檢測儀，其空氣檢測流程及重要單元如圖一所示。主要元件如下：

(一) 採樣器

PM_{10} 採樣器主要分為兩部分：採樣口及粒徑篩分器。採樣口需能阻擋粗大粒子、昆蟲或雨水等進入，且可避免受其干擾。粒徑篩分器需能篩除氣動直徑大於 10 微米之粒狀物，其 50% 收集效率下之粒徑截斷點(D_{50})為 $10 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$ 。

(二) 採樣濾紙移動裝置

以紙帶型濾紙採樣，則由儀器自行移動紙帶。

(三) 貝他射源

以碳 - 14 同位素為貝他粒子的射源，其特性如下：活性小於 100 微居里(μCi)、半衰期 5730 年、最大能量 155 KeV。其他射

源如氬 - 85 同位素等亦可使用，射源之使用及處理應依原子能法相關規定辦理。

(四) 偵測器

可用於直接或間接偵測貝他粒子輻射強度之偵測器。

(五) 電腦系統

電腦系統可顯示即時讀值或小時讀值等，且能提供系統的操控功能，如濾紙移動、濾紙定位、採樣時間及流率記錄等，並具有數據計算及轉換功能。

(六) 應有大氣壓力與溫度量測，並有採樣濾紙壓力降、濾紙負荷量之偵測器以移動更換濾紙。

五、試劑

(一) 採樣濾紙：

採樣濾紙可為鐵氟龍濾紙或玻璃纖維濾紙等，濾紙之捕集效率應由原製造商出廠時，經過鄰 - 苯二甲酸二辛酯試驗(o - Dioctyl Phthalate test; DOP test)，確認對於粒徑 0.3 μm 之粒狀物具有 99.5% 以上之捕集效率。

(二) 樣品若欲另做化學分析，則可使用其他特殊材質濾紙。

六、採樣與保存

本檢測方法為現場自動檢測，樣品無須保存及運送。

七、步驟

(一) 採樣步驟

1. 依儀器說明置入乾淨之濾紙，設定所需之操作條件。
2. 以限流裝置(Critical flow device, CFD)文式型臨界流率控制系統精確量測吸氣嘴的流率。

(二) 自動檢測步驟

設定貝他射線穿透採樣前後之濾紙，並自動偵測 β 射線之衰減量。

(三) 資料輸出

由偵測器所得之訊號，經由電腦系統計算後儲存於資料收集系統，可由螢幕顯示或印表機直接輸出。

八、結果處理

(一) 貝他射線衰減量與濾紙上粒狀物的表面負荷之關係如公式(1)：

$$I = I_0 e^{-\mu X} \dots\dots\dots(1)$$

I：穿透樣品之貝他射線強度。

I₀：穿透空白濾紙之貝他射線強度。

μ：質量衰減係數 (mass attenuation coefficient)，(cm² / mg)。

X：濾紙上微粒之表面負荷，(mg / cm²)

(二) 由定流率 Q，採樣時間 Δt，濾紙上粒狀物的沉積面積 A，粒狀物濃度 M 等，則表面負荷 X 如公式(2)：

$$X = \frac{M \times Q \times \Delta t}{10^6 \times A} \dots\dots\dots(2)$$

X：濾紙上微粒的表面負荷，(mg / cm²)

M：空氣中 10 微米以下懸浮微粒的濃度。(μg / m³)

Q：定流率，(L / min)

Δt：採樣時間，(min)

A：濾紙上粒狀物沈積的面積，(cm²)

(三) 計算 PM₁₀ 的濃度

綜合(1)及(2)式可得 PM₁₀ 濃度：

$$M = \frac{10^6 \times A}{Q \times \Delta t \times \mu} \times \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

(四) 由於自動檢測儀配置有電腦處理系統可自行計算，使用者直接讀取儀器輸出資料，無需做任何換算。

九、品質管制

(一) 每季需以標準流率計執行採樣流率比對，每次比對重覆測試 3 到 5 次，取其平均值，其流率誤差不得大於 ±10%。

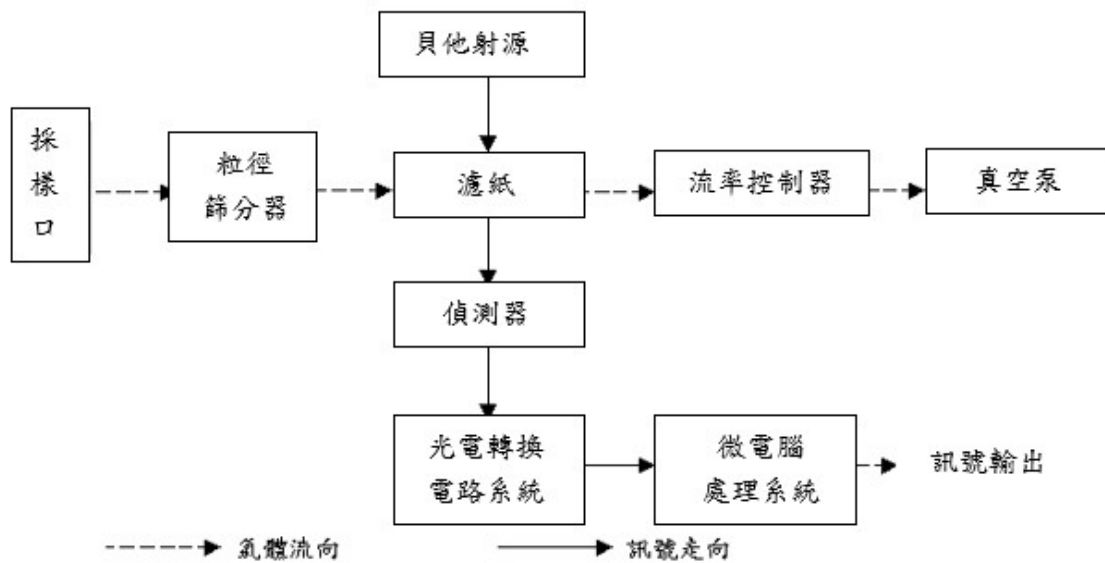
(二) 每季需檢查貝他射源強度。

(三) 儀器新設置、移動、儀器停機 3 日以上或故障修復後應重覆上述步驟。

十、精密度與準確度
略

十一、參考資料

- (一) U.S.EPA, Procedures for Testing Performance Characteristics of Methods for PM₁₀, 40 CFR Part 53, Subpart D, July 1, 2017.
- (二) J. M. Wedding, Y. J. Kim and M. A. Weigand, 1988. Patent No4, 461, 183.
- (三) J. M. Wedding, Y. J. Kim and M. A. Weigand, 1988. Patent No. 4, 694, 760.
- (四) J. M. Wedding, Y. J. Kim and M. A. Weigand, J. of Air Pollution Control Association, 37, 254 (1987).
- (五) US EPA, 40 CFR Part 53, Subpart C, Section 53.34, Test procedures for methods for PM₁₀ and Class I methods for PM_{2.5}, July 1, 2017.



圖一、貝他射線衰減法自動檢測儀器示意圖

表一、空氣中 PM₁₀ 粒狀物檢測儀器測試規範

規 範 (Specification)		PM ₁₀
1、可接受濃度範圍 (R _j) μg / m ³		15 – 300
2、檢測位址之最少數目		2
3、每個檢測位址上候選方法採樣器之數目		3
4、每個檢測位址上參考方法採樣器之數目		3
5、PM ₁₀ 採樣器在每個採樣位址上可接受之最少採樣樣品數目	R _j ≤ 60 μg / m ³	3 以上
	R _j ≥ 60 μg / m ³	3 以上
	總 數	10
6、參考方法重複採樣之精密度 (P _j 或 RP _j ，各以最大值表示)		5 μg / m ³ (P _j) 或 7% (RP _j)
7、參考方法與候選方法兩者間之迴歸運算關係斜率		1 ± 0.1
8、參考方法與候選方法兩者間之迴歸運算關係截距 μg / m ³		0 ± 5
9、參考方法與候選方法兩者間之相關性		≥ 0.97

附註：1. 參考方法 (reference method) 係指「空氣中懸浮微粒 (PM₁₀) 之檢測方法—手動法」(NIEA A208)。

2. 候選方法 (candidate method) 係指欲進行測試之方法。

3. R_j 表示參考方法檢測之濃度範圍。

4. P_j 係參考方法檢測之濃度小於(≤) 60 μg / m³ 時，其精密度以計算樣品偏差值表示。

5. RP_j 係參考方法檢測之濃度大於(≥) 60 μg / m³ 時，其精密度以計算樣品偏差百分比表示。

6. 計算公式：

(1) 計算平均濃度

$$\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^3 R_{ij}}{3}$$

$$\bar{C}_j = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{ij}}{3}$$

R_{ij} ：第 j 組檢測樣品中，參考方法之第 i 個採樣器所得濃度值 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)。

C_{ij} ：第 j 組檢測樣品中，候選方法之第 i 個採樣器所得濃度值 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)。

\bar{R}_j ：第 j 組檢測樣品中，參考方法之 3 個採樣器濃度平均值 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)。

\bar{C}_j ：第 j 組檢測樣品中，候選方法之 3 個採樣器濃度平均值 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)。

(2) 計算參考方法採樣器檢測所得濃度值之精密度

A. 當第 j 組檢測樣品之參考方法採樣器濃度範圍小於 (\leq) $60 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 時，參考方法重複採樣之精密度計算公式為

$$P_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 R_{ij}^2 - \frac{1}{3} \left[\sum_{i=1}^3 R_{ij} \right]^2}{2}}$$

P_j ：第 j 組檢測樣品中，參考方法之重複採樣偏差值 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)。

B. 當第 j 組檢測樣品之參考方法採樣器濃度範圍大於 (\geq) $60 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 時，參考方法重複採樣之精密度計算公式為

$$RP_j = \frac{1}{\bar{R}_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 R_{ij}^2 - \frac{1}{3} \left[\sum_{i=1}^3 R_{ij} \right]^2}{2}} \times 100 \%$$

RP_j ：第 j 組檢測樣品中，參考方法之重複採樣偏差百分比 (%)。

(3) 篩選可接受之檢測樣品組。當第 j 組檢測樣品中參考方法之樣品濃度超過 $15 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 至 $300 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 之範圍時，或者當精密度 P_j 或 RP_j 超過 $5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 或 7% 之限值時，均需捨棄該 j 組全部檢測樣品。至少選擇 2 個位址進行測試，每個檢測位址上，篩選後可接受之檢測樣品組數目必須達 10 組 (含) 以上。

(4) 線性迴歸運算候選方法與參考方法樣品平均濃度，以決定該候選方法檢測儀器是否測試通過。針對每個檢測位址上，各組候選方法樣品之平均濃度 (\bar{C}_j) 與參考方法樣品之平均濃度 (\bar{R}_j) 進行線性迴歸運算，當每個檢測位址均達到斜率符合 1 ± 0.1 、截距符合 $0 \pm 5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 、相關係數符合 ≥ 0.97 之限值時，該候選方法檢測儀器為測試通過。