

空氣中粒狀污染物檢測法—高量採樣法

中華民國 115 年 9 月 18 日環部授研字第 1155111312 號

自中華民國 116 年 1 月 15 日生效

NIEA A102.14A

一、方法概要

經由高量空氣採樣器配合適當之濾紙，以 $1.1 \text{ m}^3/\text{min}$ 至 $1.7 \text{ m}^3/\text{min}$ 之吸引量，於短時間或連續 24 小時採集空氣中之粒狀污染物稱重之。

二、適用範圍

本法適用於周界空氣及空氣品質之總懸浮微粒(TSP)中氣動直徑 100 微米(μm)以下之粒狀污染物濃度測定。適用範圍 $2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 至 $750 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。

三、干擾

- (一) 光化學霧或木材黑煙等，其中可能存在之油性物質，會阻礙濾紙空氣流量而造成不穩定之抽引速率。
- (二) 濃霧或濕度高時會使濾紙受潮，而嚴重地減低空氣流量。

四、設備及材料

高量空氣採樣器(High-volume air sampler)是由空氣吸引部、濾紙固定器、流率測定部及保護器(Shelter)所構成，如圖一、圖二所示。

- (一) 空氣吸引部：是由整流馬達連結二段離心渦輪式風扇(Multistage high speed blower)所構成，具有 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ 之吸引量。
- (二) 濾紙固定器：能保護 $20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ (或 $8 \text{ in.} \times 10 \text{ in.}$) 之濾紙不致破損且不漏氣的一種裝設，直接與空氣吸引部連結，其使用各部之材質如下，又其組合如圖三。
 1. 濾框(Frame)：使用耐腐蝕之材質（如不鏽鋼或高級鋁合金），能固定濾紙使不致破損，其大小尺寸如圖三。
 2. 網狀物(Net)：在通氣時具有適當之強度可保護濾紙不會破損，其使用耐腐蝕之材質（如不鏽鋼）製造，且此材質不可帶給濾紙任何不純物，其尺寸與濾紙相同，置於濾框內，又不通氣部分使用氟化樹脂製品之膠帶固定。
 3. 墊圈：其尺寸必須符合濾框，又其與濾紙接觸部分必須使用氟化樹脂製品之膠帶固定。
 4. 鎖具：裝卸濾紙時為防止破損及漏氣的一種裝設，其為耐腐蝕之材質（如不鏽鋼或高級鋁合金）所製成的。

- (三) 流率測定部：使用裝卸方便之浮子流率計或圓盤紀錄器、壓差計、水柱壓差計，其相對流率為 $1.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 至 $2.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 之範圍。
- (四) 保護器：使用耐腐蝕性之材質製作，採樣時捕集面朝上，水平固定，保護器之構造及尺寸如圖二所示，可承受風雨而不致破損濾紙。
- (五) 採集用濾紙：須符合下列基本規格
1. 濾紙尺寸： $20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ (或 $8 \text{ in.} \times 10 \text{ in.}$)。
 2. 濾紙之有效採集面積： $18 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$ (或 $7 \text{ in.} \times 9 \text{ in.}$)。
 3. 濾紙材質：一般使用玻璃纖維濾紙，若欲作化學分析，則可使用其他特殊材質濾紙。
 4. 濾紙之採集效率：原製造廠出廠時已經 DOP 試驗，確認對於 $0.3 \mu\text{m}$ 粒狀物具有 99.95 % 以上之採集效率。
- (六) 分析天平：分析天平必須適合稱重 (五) 之濾紙尺寸。需要的測值範圍及靈敏度視濾紙盤重及重量負荷而定。一般而言，高量採樣器所需要的天平靈敏度為 0.1 mg 。較小流量的採樣器將需要更靈敏的天平。

五、試劑 略

六、採樣與保存

(一) 採樣前、後應執行單點流率查核(Check)：

1. 組裝小孔校正器。將小孔校正器(Orifice calibrator)與空氣吸引部直接接合，再將水柱壓力計之一端接小孔校正器，另一端通大氣。水柱壓力計及高量空氣採樣器之流率計，其裝置方式如圖四所示。
2. 調整高量空氣採樣器之水平器至水平。
3. 流率查核前應進行測漏，使用橡皮塞或膠帶等將小孔開口封住，並將壓力孔封住，啟動採樣器，確認浮子流率計之浮子降至底部不動 (或圓盤紀錄器、壓差計、水柱壓差計等刻度不動) 即完成測漏 (如使用電子系統會自動控制定流率之採樣器，測漏時只要馬達有急速增壓即可)。完成測漏後，打開電源穩定 5 分鐘後，調整至適當流率之水柱壓差，由小孔校正器之迴歸方程式所得之實際流率(Q)代入線性迴歸方程式($Y_{\text{cal}} = mQ + b$)得到 Y_{cal} 值，依九、(二) 7.公式檢查高量空氣採樣器誤差百分比是否在 $\pm 7\%$ 以內。

(二) 採樣地點以能把握大氣污染狀況，且不受特定源或其他交通狀況影響之場所。

1. 用於空氣品質檢測時；採樣高度以離地 2 公尺至 15 公尺為原則，採樣時間為連續採樣 24 小時 $\pm$ 1 小時，採樣器之擺放必須不受其他測定儀之影響。
2. 用於周界採樣檢測時；採樣地點依環保相關法規之規定辦理，採樣高度以測定及調整方便為宜，採樣時間為連續採樣 1 小時 $\pm$ 5 分鐘，且能判定污染物由欲測之公私場所排放所為之位置。

(三) 粒狀污染物之採集

1. 確認採樣器能正常運轉。
2. 經稱量後之濾紙移置於濾紙固定器，固定濾紙且不能有漏氣現象。
3. 採樣裝備移置於保護器內，濾紙過濾面朝上，水平固定。
4. 接通流率計與排氣口之管路。
5. 可加裝累計時器(Elapsed-Time Meter)，若遇採樣期間內停電便可正確地記錄採樣時數。另可視需要加裝定時開關裝置(On-Off Timer)，定時啟動採樣器進行採樣及關閉採樣器。
6. 採樣前應進行測漏，測漏方式為以盲板封妥後打開電源啟動馬達，確認浮子流率計之浮子降至底部不動即完成測漏（如使用電子系統會自動控制定流率之採樣器，只要馬達有急速增壓即可），完成測漏後，打開電源記錄採集開始之時刻。
7. 開機暖機至少 5 分鐘後，記下空氣流率 Q_s ，一般吸引流率為 $1.1 \text{ m}^3/\text{min}$ 至 $1.7 \text{ m}^3/\text{min}$ 之間，測好流率後即可卸下流率計之接管。如搭配使用定時開關裝置進行採樣，則測漏後應暖機至少 5 分鐘，記下空氣流率 Q_s ，然後關閉採樣器進行定時開關裝置之設定。
8. 採樣終了時，記下採集時間 t 及空氣流率 Q_e ，並以下式計算吸引空氣量。如係搭配使用定時開關裝置進行採樣且至現場時採樣器已經關閉，則重新啟動採樣器暖機至少 5 分鐘，記下採集時間 t 及空氣流率 Q_e ，採集時間 t 須包含讀取空氣流率 Q_s 及 Q_e 之暖機時間。

$$V = \frac{Q_s + Q_e}{2} \times t$$

V ：吸引空氣量(m^3)

Q_s ：開始時之流率(m^3/min)

Q_e ：終了時之流率(m^3/min)

t ：採集時間(min)

9. 採樣時應同時記錄採樣前、後之大氣壓力、溫度、風速、風向等氣象條件。採樣後亦應進行測漏，測漏步驟參考六、（三）6.採樣前測漏相關規定。

七、步驟

- （一）採集前先將濾紙攤開置於濕度維持在 $45\% \pm 5\%$ ，溫度變化小於 3°C 之乾燥器或天平室內，使之乾燥平衡 48 小時以上後稱至恆重 W_s （精稱至 0.1 mg ）。
- （二）採集後之濾紙依後續檢驗分析需要，將粒狀物採集面摺於內，放入適當材質封套中，或將濾紙固定器內含濾紙並蓋上擋板後，放入容器或封套中帶回檢驗。依七、（一）之條件，放置達恆重後精確稱量 W_e 。
- （三）採樣前、後濾紙須稱至恆重。
- （四）恆重之定義為包括採樣前、後濾紙之調理環境，其濕度維持在 $45\% \pm 5\%$ ，溫度變化小於 3°C 範圍內，間隔至少 4 小時平衡後再稱重，前後重量差須小於 1.0 mg 內。
- （五）如無法符合上述規定，則重複七、（四）步驟直至前後重量差小於 1.0 mg 。

八、結果處理

- （一）周界空氣中粒狀污染物之濃度依下式計算求出。

$$\text{粒狀污染物之濃度}(\mu\text{g}/\text{Nm}^3) = \frac{(W_e - W_s)}{V_n} \times 10^6$$

$$V_n = \frac{(P_s \times 273)}{760 \times (273 + T_s)} \times V$$

W_e ：採集後之濾紙重量(g)

W_s ：採集前之濾紙重量(g)

V_n ：為 0°C ，1 大氣壓下之吸引空氣量(Nm^3)

V ：吸引空氣量(m^3)

P_s ：採樣時段之平均大氣壓力(mmHg)

T_s ：採樣時段之平均大氣溫度($^\circ\text{C}$)

- （二）空氣品質之總懸浮微粒之濃度依下式計算求出。

$$\text{總懸浮微粒之濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{(W_e - W_s)}{V} \times 10^6$$

W_e ：採集後之濾紙重量(g)

W_s ：採集前之濾紙重量(g)

V ：吸引空氣量(m^3)

九、品質管制

(一) 當高量空氣採樣器有下列情形之一時，則須進行流率校正：

- 1.新機啟用時。
- 2.馬達修理、保養或更換碳刷後。
- 3.流率計修理、調整或更換。
- 4.單點流率查核時偏離線性迴歸方程式超過 $\pm 7\%$ 。
- 5.每 3 個月的定期校正。

(二) 高量空氣採樣器流率校正方式如下：

採用便於攜帶之小孔校正器及水柱壓力計，校正高量空氣採樣器之流率計，其裝置如圖四所示。

- 1.將小孔校正器與空氣吸引部直接接合，見圖四。
- 2.水柱壓力計之一端接小孔校正器，另一端通大氣，並確定沒有漏氣現象。
- 3.打開電源穩定 5 分鐘後，俟讀值穩定後記下水柱壓力計之壓差 ΔH 。
- 4.以水柱之壓差代入小孔校正器之校正方程式，計算正確之流率 Q ，記錄現場大氣溫度與壓力，並讀取採樣器流率計之讀值，必要時可修正至標準狀態下，建立一個可追溯至一級標準的校正關係（如：一個方程式或一組曲線）。
- 5.依序調整小孔校正器不同流率（ $1.1\text{ m}^3/\text{min}$ 至 $1.7\text{ m}^3/\text{min}$ 流率間，至少 5 點）所相對應之採樣器流率計讀值 Y 。
- 6.以 Q 為 X 軸、 Y 為 Y 軸，用最小平方線性迴歸法，得出線性迴歸方程式 $Y_{cal} = mQ + b$
 m 為斜率
 b 為截距
- 7.計算各點 Y_{cal} 及 Y 值之誤差百分比 ($\% E$)。

$$\% E = \frac{Y - Y_{cal}}{Y_{cal}} \times 100$$

- 8.各校正點 $\% E$ 誤差在 $\pm 5\%$ 範圍內時，即可接受，若不合格則需維修後重新校正。
- 9.如採樣器流率計為浮子流率計，則可調整浮子流率計上端之調整鈕，使浮子流率計上之流率與九、（二）、5.所得正確流率

一致後，再依九、（二）、1.至 8.進行校正。流率校正完成後，不能再調整調整鈕，否則需重新校正。

10. 當溫度、氣壓之變化很大（即溫度與校正小孔校正器之平均大氣溫度 T_a 相較超過 $\pm 15^\circ\text{C}$ 或氣壓與校正小孔校正器之平均大氣壓力 P_a 相較超過 $\pm 60\text{ mmHg}$ ）時（如在山頂採樣時），則小孔校正器之流量，可依下式補正。

$$Q_0 = \frac{Q_a \times (273 + T_0) \times 760}{298 \times P_0}$$

Q_a ：小孔校正器之流率(m^3/min)

Q_0 ：校正時採樣器流率計之真正流率(m^3/min)

T_0 ：校正時之大氣溫度($^\circ\text{C}$)

P_0 ：校正時大氣壓力(mmHg)

- （三）累計時器應每年進行校正，其 24 小時誤差不超過 2 分鐘。定時開關裝置應每年進行校正，其 24 小時誤差不超過 30 分鐘。
- （四）採樣前不可摺疊濾紙。

十、精密度與準確度

略

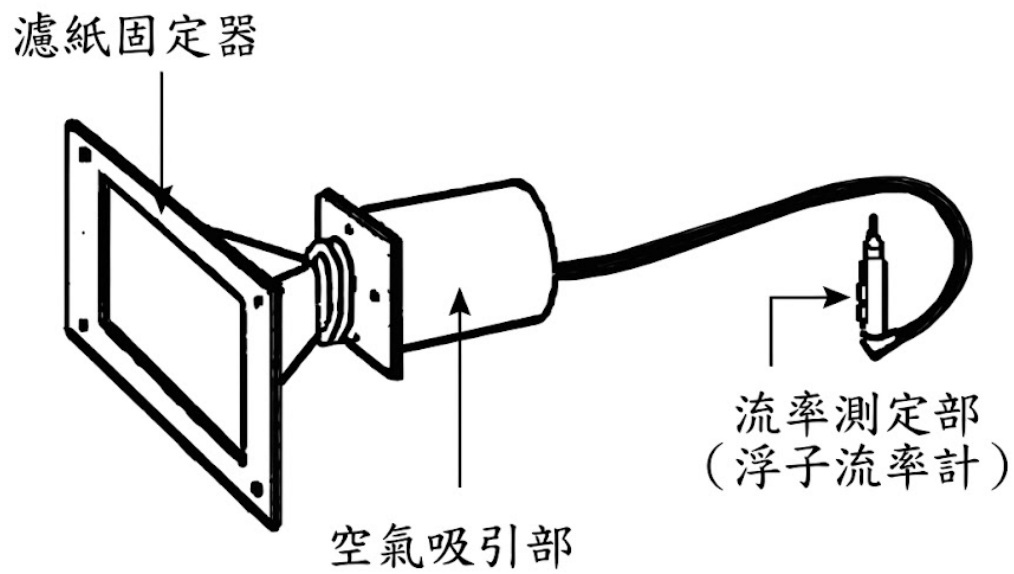
十一、參考資料

- （一）U.S. EPA, 40 CFR Appendix B to part 50 - Reference Method for The Determination of Suspended Particulate Matter in The Atmosphere (High-Volume Method), 2026.
- （二）ASTM International. Standard Test Method for Determination of Total Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Sampler Method). ASTM D4096-17, 2023.
- （三）Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Reference Method for the Determination of Suspended Particulates in the Atmosphere, section 2.2, Vol II (High-Volume Method), 1994.

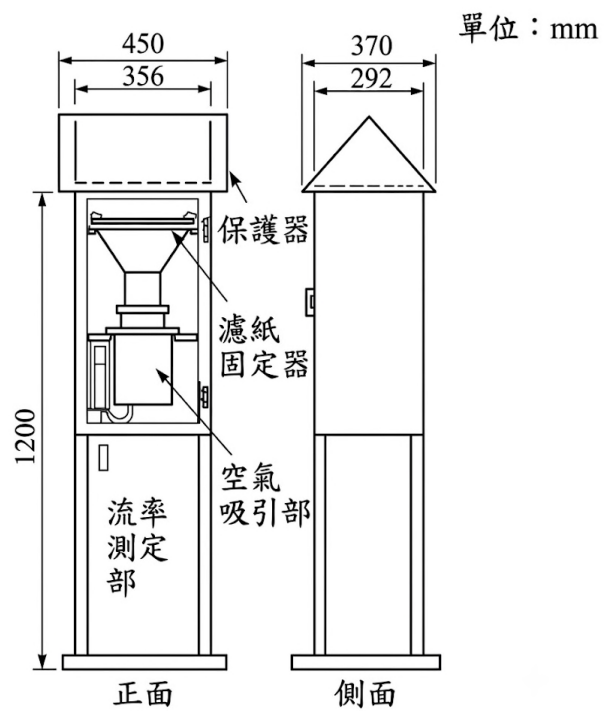
註 1：使用高量空氣採樣器時應注意的事項

- (1) 採集時之流率或採集後之重量濃度有異常數字出現時，檢查是否流率計有異常，採樣器是否漏氣或電源電壓是否變動。若異常現象是在採集開始不久發生時，則須經確認已恢復正常運轉後，才可開始採集。若異常現象是在採集終了才發現時，則必須將此試樣保存並且正確記錄，同時要確實注意避免異常現象再度發生，並再重新採集。

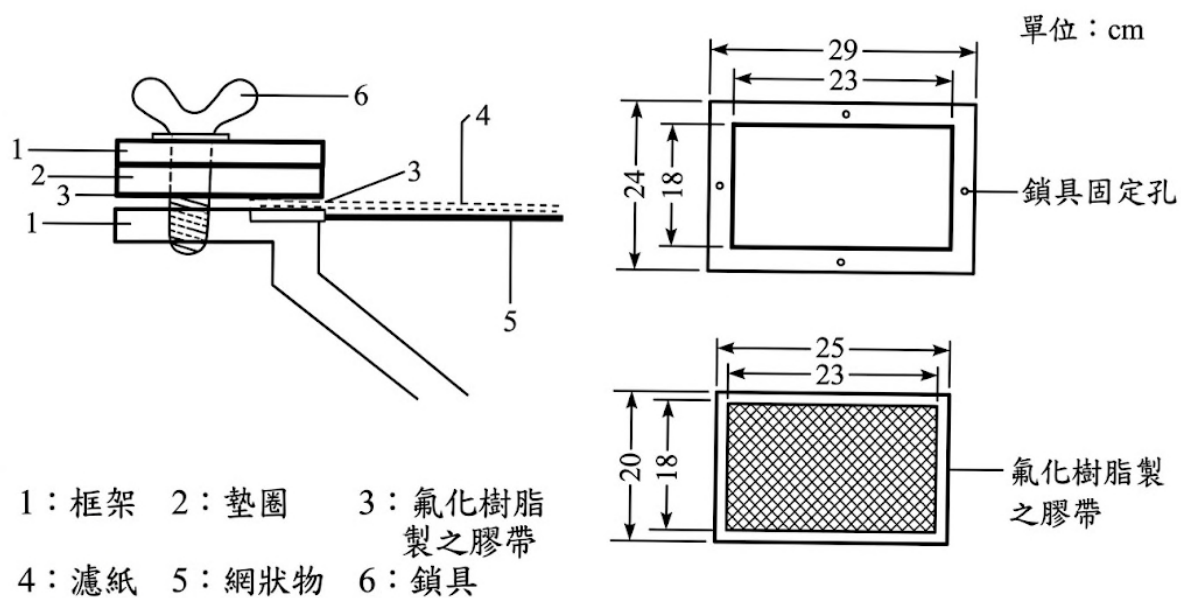
- (2)吸引裝置之碳刷在使用 400 小時至 500 小時後，必須換新品，且須校正流率。
- (3)高量空氣採樣器所附流率計之上端有一流率調整鈕，不能隨意觸動，一經觸動則須校正流率。
- (4)流率計之狹小部分若有污物附著時，會導致讀數降低，可用細針小心地除去污物，不可傷及流率針，其後須校正流率。
- (5)吸引裝置之零件遇有更換，修理或流率有異常時，須校正流率。



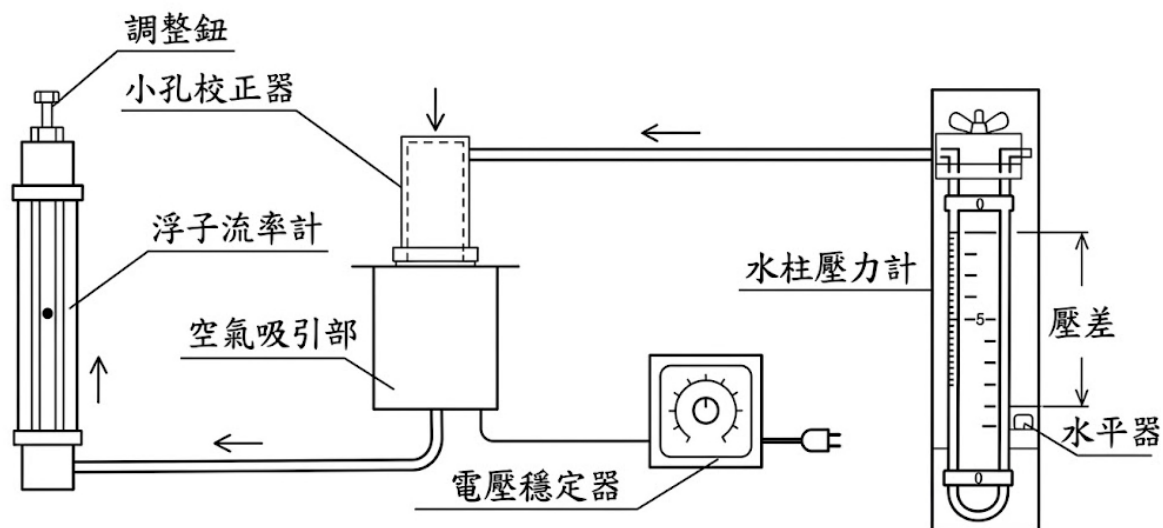
圖一 高量採樣器之構造圖例



圖二 保護器之構造圖例



圖三 濾紙固定器之組合圖例



圖四 小孔校正器之裝置圖例