空氣中細懸浮微粒($PM_{2.5}$)檢測方法－自動監測儀效能評估法

中華民國 110 年 11 月 23 日環署授檢字第 1101006304 號

自公告日生效

NIEA A220.10C

一、方法概要

本方法係針對貝他射線照射、擺動式錐狀微量天平(或稱震盪式微量天平)或其他原理之空氣中氣動粒徑小於等於 2.5 μm 細懸浮微粒（以下稱 $PM_{2.5}$）連續自動監測儀器（以下稱自動監測儀），透過與「空氣中懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) 檢測方法－手動採樣法 (NIEA A205.1)（註）」（以下稱手動採樣器）同步比對測試，進行 $PM_{2.5}$ 監測效能適用性評估，通過評估之 $PM_{2.5}$ 連續自動監測儀器，即可用以進行$PM_{2.5}$質量濃度連續自動監測。

二、適用範圍

本方法適用於 $PM_{2.5}$ 連續自動監測儀器監測適用性評估及 $PM_{2.5}$ 質量濃度連續自動監測。

三、干擾

（一）以手動採樣器執行採樣檢測時，可能造成干擾之因素詳參 NIEA A205.1。

（二）以自動監測儀進行監測時，可能造成干擾之因素包括：水氣干擾、捕集微粒過量、海水鹽沫干擾及加熱控制機制可能會造成某些揮發性成分散失。

（三）自動監測儀儀器架設場內(例如：測站或監測車內部)可能造成干擾之環境因素包括：溫度、溼度及其室內微粒濃度等。

（四）貝他射線照射原理之自動監測儀，所使用之濾帶材質及均勻性，對於射線通過濾紙之衰減量可能造成影響。

四、設備與材料

（一）以手動採樣器執行採樣檢測時，採樣檢測設備及相關器材規格詳參 NIEA A205.1 相關規定。

（二）以自動監測儀進行監測時，相關設備及器材規格依各該儀器原廠操作手冊準備。

五、試劑

略

六、採樣與保存

（一）以手動採樣器執行採樣檢測時，採樣執行方式及樣品保存，詳參NIEA A205.1 相關規定。

（二）自動監測儀為現場自動監測，樣品無須保存及運送。

（三）自動監測儀與手動採樣器進行比對測試之地點與適用之季節規定如下：

1.監測儀器使用於全國各地者，其測試之地點與適用之季節規定如下：

(1)地點 A：代表北部都會區測點，春季（三月至五月間）及冬季（十二月至二月間）。

(2)地點 B：代表長程傳輸污染物之北部東北季風迎風面測點，春季（三月至五月間）及冬季（十二月至二月間）。

(3)地點 C：代表光化反應污染測點，夏季（六月至八月間）及冬季（十二月至二月間）。

(4)地點 D：代表南部都會區測點，夏季（六月至八月間）及秋季（九月至十一月間）。

2.監測儀器限制在特定區域（或特定測站）使用者，其測試地點限制以北、中、南、東部（北部區域：包括臺北市、新北市、基隆市、新竹市、桃園市、新竹縣及宜蘭縣。中部區域：包括臺中市、苗栗縣、彰化縣、南投縣及雲林縣。南部區域：包括高雄市、臺南市、嘉義市、嘉義縣及屏東縣。東部區域：包括花蓮縣及臺東縣。）或離島區域（澎湖縣、金門縣及連江縣）等5個區域（或該測站現場），其測試季節為全年四季，A：春季（三月至五月間），B：夏季（六月至八月間），C：秋季（九月至十一月間），D：冬季（十二月至二月間）。彙整如表一。

（四）測試程序規定如下：

1.每一測試須放置手動採樣器 3 台及自動監測儀至少3台；每台採樣器間應維持 1 至 4 公尺之間距，採樣器進氣口高度應位在同一高度上，並避免過度受到鄰近建築物、空氣處理設施、工業活動、交通或其他會局部性影響的干擾。

2.每次測試各自動監測儀之監測結果應以與手動採樣同步執行之監測期間所有測值之平均值表示之，且其原始數據之小時平均測值仍應紀錄保存。

3.在各測試地點與季節需分別統計計算，測試規範如表二。

4.每次測試手動採樣器至少應有 2 台數值為有效，採樣器採得之 $PM_{2.5}$平均質量濃度介 3 $\mu g/m^3$至 200 $\mu g/m^3$之間，且自動監測儀至少有2台數值為有效時，該組數據才視為有效；如該測試未符合前述規定者，應就該數據無效之原因進行檢討與說明。

5.每個測試地點及每個測試季節至少應有各別之 23 組有效數據，有效數據若超過 23 組應全部納入統計。

6.測試數據進行統計分析前，測定數據均保留原數據之有效位數，不得修改、調整、替換或消去。計算平均濃度或中間數量時，其結果應較輸入之原始數據多 1 位數。

七、步驟

（一）$PM_{2.5}$手動採樣法濾紙調理與稱重，詳參 NIEA A205.1 相關規定。

（二）$PM_{2.5}$連續自動監測儀器為現場自動檢測，樣品無須後續分析。

八、結果處理

（一）比對測試結果統計與評估：

1.對測試截距與斜率計算方式：

(1)平均濃度

A.手動採樣器偏離值測試：每次測試後將所得之 3 個手動採樣器測值，先計算是否有測值屬偏離值；如有則該測值應視為無效，不列入後續統計。偏離值計算公式如下：

a.計算出 $2\times R_{1j}/(R_{1j}+R_{2j})$及 $2\times R_{1j}/(R_{1j}+R_{3j})$之數值，如果二數值均超出 0.93 至 1.07 之範圍，則R_{1j}即為偏離值。

b.計算出 $2\times R_{2j}/(R_{2j}+R_{1j})$及 $2\times R_{2j}/(R_{2j}+R_{3j})$之數值，如果二數值均超出 0.93 至 1.07 之範圍，則R_{2j}即為偏離值。

c.計算出 $2\times R_{3j}/(R_{3j}+R_{1j})$及 $2\times R_{3j}/(R_{3j}+R_{2j})$之數值，如果二數值均超出 0.93 至 1.07 之範圍，則R_{3j}即為偏離值。

d.R_{ij}：第 j 組檢測樣品中，手動採樣器之第 i 個採樣器所得濃度值（$\mu g/m^3$）。

B.如 R_{1j}、R_{2j}、R_{3j}當中有1個數值因採樣器故障、操作錯誤或其他原因導致採樣失敗而無測值時，在計算偏離值時該數

值直接代入零計算，但此種直接代入零計算之方式僅在計算偏離值時使用，在後續統計該數值仍不列入計算。

C.平均濃度公式如下：

a. $\bar{R}_j=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}R_{ij}$ ，手動採樣器第 j 組檢測樣品平均濃度。

b. $\bar{C}_j=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}C_{ij}$ ，自動監測儀第 j 組檢測樣品平均濃度。

D.手動採樣器檢測所得濃度值之精密度公式如下：

a. $RP_j=\frac{1}{R_j}\cdot\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}R_{i,j}{}^2-\frac{1}{n}\cdot\left(\sum_{i=1}^{n}R_{i,j}\right)^2}{n-1}}\times 100\%$

RP_j：手動採樣器第 j 組樣品檢測所得濃度值之精密度

b. $RP=\sqrt{\frac{1}{J}\cdot\sum_{j=1}^{J}\left(RP_j\right)^2}$

RP：手動採樣器檢測所得濃度值之精密度

E.自動監測儀檢測所得濃度值之精密度計算公式如下：

a. $CP_j=\frac{1}{C_j}\cdot\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}C_{i,j}{}^2-\frac{1}{m}\cdot\left(\sum_{i=1}^{m}C_{i,j}\right)^2}{m-1}}\times 100\%$

CP_j：自動監測儀第 j 組樣品檢測所得濃度值之精密度

b. $CP=\sqrt{\frac{1}{J}\cdot\sum_{j=1}^{J}(CP_j)^2}$

CP：自動監測儀檢測所得濃度值之精密度

(2)測試數據截距與斜率計算方式：

A.篩選可接受之檢測樣品組：當第 j 組檢測樣品中手動採樣器之樣品濃度未落於 3 μg/m^3 至 200 μg/m^3 之間、手動採樣器精密度 (RP) 超過 10 % 之限值或自動監測儀精密度 (CP) 超過 15 % 之限值者，均需捨棄該 j 組全部檢測結果數據。每個檢測場址，經篩選後可接受之檢測樣品組數必須達 23 組（含）以上。

B.計算每一測試場址手動採樣器樣品平均濃度($\bar{R}$)與自動監測儀樣品平均濃度($\bar{C}$)公式如下：

a. $\bar{R}=\frac{1}{J}\cdot\sum_{j=1}^{J}\bar{R}_j$

b. $\bar{C}=\frac{1}{J}\cdot\sum_{j=1}^{J}\bar{C}_j$

2.將每個檢測場址之各組自動監測儀測試樣品之平均濃度（ $\bar{C}_j$ ）與手動採樣器測試樣品之平均濃度（ $\bar{R}_j$ ）進行線性迴歸（最小平方法）運算，依下列公式計算其斜率、截距、相關係數 (Correlation coefficient, r) 及濃度變異係數 (Concentration coefficient of variation, CCV)。

(1) 斜率 $=\frac{\sum_{j=1}^{J}(\bar{R}_j-\bar{R})\cdot(\bar{C}_j-\bar{C})}{\sum_{j=1}^{J}(\bar{R}_j-\bar{R})^2}$

(2) 截距 $=\bar{C}-$ 斜率 $\times\bar{R}$

(3) 相關係數(r) $= \dfrac{\sum_{j=1}^{J}(\bar{R}_j-\bar{R})(\bar{C}_j-\bar{C})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{J}(\bar{R}_j-\bar{R})^2\cdot\sum_{j=1}^{J}(\bar{C}_j-\bar{C})^2}}$

(4) 濃度變異係數(CCV) $= \dfrac{1}{\bar{R}}\cdot\sqrt{\dfrac{\sum_{j=1}^{J}(\bar{R}_j-\bar{R})^2}{J-1}}$

3.線性迴歸運算結果之斜率、截距及相關係數符合下列規定者，該自動監測儀之檢測儀器比對測試即屬通過：

(1)斜率(Slope)： 1.0 ± 0.1

(2)截距(Intercept)：介於 (A) 和 (B) 之範圍內。

A. 15.05 – (17.32 × slope)，但不小於 – 2.0。

B. 15.05 – (13.20 × slope)，但不大於 + 2.0。

(3)相關係數(r)：

A.大於等於 0.93（ 當CCV ≦ 0.4 ）

B.大於等於 0.85 + 0.2× CCV（ 當 0.4 ≦ CCV ≦ 0.5 ）

C.大於等於 0.95（ 當CCV ≧ 0.5 ）

(4)自動監測儀測試規範彙整如表二，斜率與截距的界限範圍彙整

如圖一，相關係數限制範圍彙整如圖二。

（二）測試通過之自動監測儀檢測儀器在正常操作、校正及維護條件下，即可用以進行 $PM_{2.5}$ 連續自動監測，使用監測數據時需註明自動監測儀檢測儀器廠牌型號。

九、品質管制

（一）新設置、移動、儀器停機 3 日以上、故障修復、每次更換濾紙或每季應定期執行系統管路洩漏檢查。例如：檢測原理為貝他射線照射之自動監測儀，儀器主流率與輔助流率之洩漏檢查都必須低於 1.5 L/min以下；檢測原理為擺動式錐狀微量天平(或稱震盪式微量天平)之自動監測儀，儀器主流率與輔助流率之洩漏檢查都必

須低於 0.15 L/min 以下。如原廠有建議洩漏檢查之方式及允收標準，則依原廠建議方式及允收標準。

（二）測試通過之自動監測儀檢測儀器，於開始進行監測後，至少每季需以標準流率計確認流率及檢查原廠建議之各項操作參數1次，例如：測定原理為貝他射線衰減法者，需依原廠建議方式檢查貝他射源強度；測定原理為擺動式錐狀微量天平(或稱震盪式微量天平)之慣性質量法，需依原廠建議方式進行質量校正。用於流率校正之流率標準件應通過驗證，並可追溯至國家或國際標準體積或流率一級標準件，流率標準件至少每年需再重新校正或查證。

（三）自動監測儀檢測儀器於新設置、移動、儀器停機 3 日以上、故障修復或每次更換濾紙後應重複上述九、（二）之檢查或確認。

十、精密度與準確度

略

十一、參考資料

（一）行政院環境保護署，空氣中細懸浮微粒手動及自動檢測方法比對規範，中華民國104年。

（二）行政院環境保護署，空氣中粒狀污染物自動檢測方法－貝他射線衰減法NIEA A206.11C，中華民國108年。

（三）行政院環境保護署，空氣中粒狀污染物自動檢測方法－慣性質量法NIEA A207.11C，中華民國108年。

（四）行政院環境保護署，細懸浮微粒($PM_{2.5}$)手動監測品保查核工作。

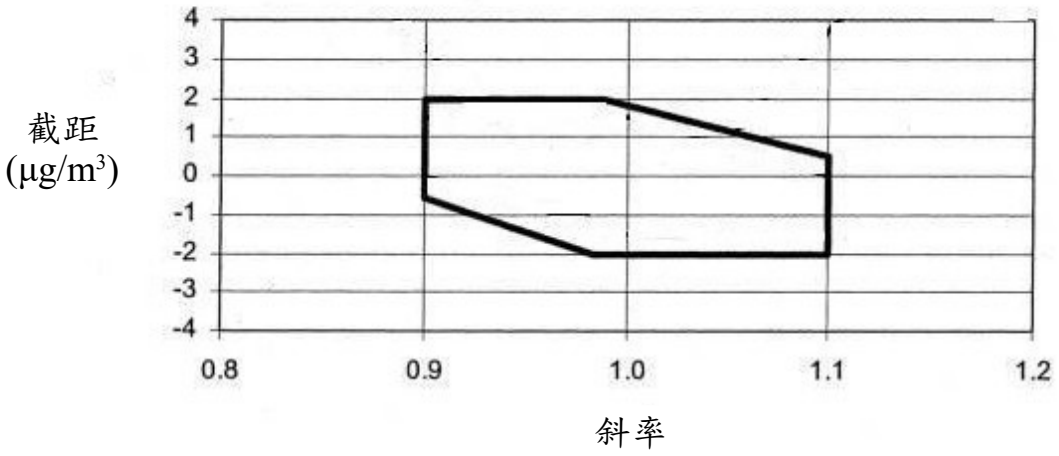
註：本文引用之公告方法名稱及編碼，以行政院環境保護署最新公告者為準。

表一 檢測儀器限制在特定區域（或特定測站）使用時之測試地點

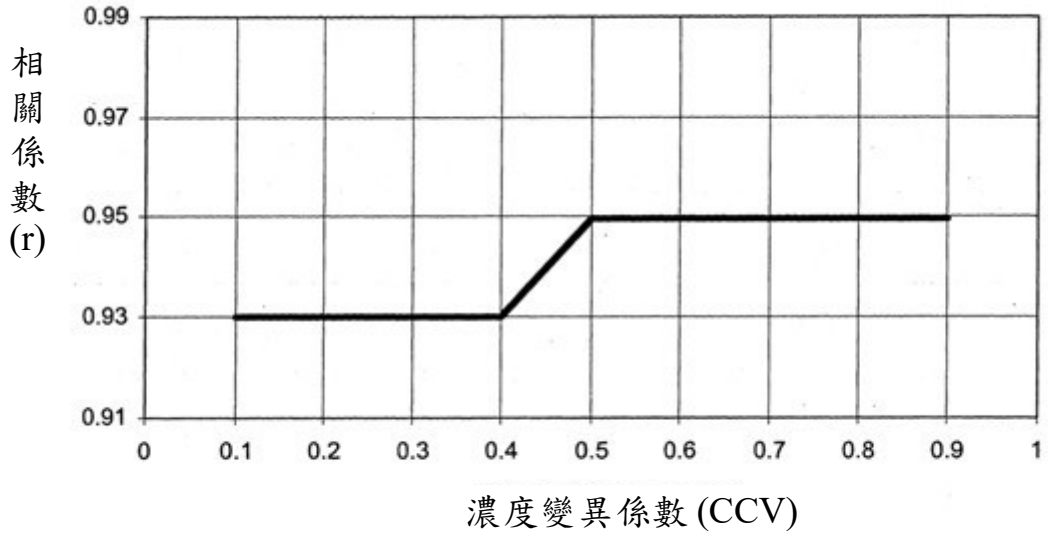
	測試地點
北部區域	臺北市、新北市、基隆市、新竹市、桃園市、新竹縣、宜蘭縣
中部區域	臺中市、苗栗縣、彰化縣、南投縣、雲林縣
南部區域	高雄市、臺南市、嘉義市、嘉義縣、屏東縣
東部區域	花蓮縣、臺東縣
離島區域	澎湖縣、金門縣、連江縣
特定測站	該測站現場

表二 空氣中細懸浮微粒自動監測儀測試規範

規　　範（Specification）	$PM_{2.5}$
可接受濃度範圍 （R_j）μg / m^3	3 至 200
檢測位址數目	全國：4 特定區域（測站）：1
每個測試地點自動監測儀之數目	≥ 3
每個測試地點手動採樣器之數目	3
每個季節在每個測試地點可接受之最少樣品數目	23
手動採樣器重複檢測之精密度 （RP，最大可接受範圍）	10 %
自動監測儀重複檢測之精密度 （CP，最大可接受範圍）	15 %
手動採樣器與自動監測儀兩者間之迴歸運算關係斜率(Slope)	1 ± 0.1
手動採樣器與自動監測儀兩者間之迴歸運算關係截距(Intercept)(μg/m^3)	需介於(1)和(2)之間： (1) 15.05 - (17.32 ×斜率)，但不小於 - 2.0 (2) 15.05 - (13.20 ×斜率)，但不大於 + 2.0
手動採樣器與自動監測儀兩者間之相關性(r)	(1) ≧ 0.93（當 CCV≦ 0.4 ） (2) ≧ 0.85 + 0.2× CCV （當 0.4 ≦CCV≦ 0.5 ） (3) ≧ 0.95（當 CCV≧ 0.5 ）



圖一　斜率與截距的界限範圍



圖二　相關係數限制範圍