

空氣中一氧化碳自動檢測方法－紅外光法

中華民國115年1月14日環部授研字第1155100447號公告

自中華民國115年4月15日生效

NIEA A421.14C

一、方法概要

利用一氧化碳吸收紅外光之特性，連續抽取空氣導入以非分散性紅外光法或氣體濾波紅外光法為原理之自動分析儀，以測定空氣中一氧化碳濃度。

二、適用範圍

本方法適用於環境空氣及室內空氣中濃度 50 ppm 以下之一氧化碳含量測定。

三、干擾

水氣及二氧化碳等與一氧化碳具相同吸收特性易造成干擾；懸浮微粒亦是干擾來源之一，在氣體樣品進入儀器之前，應以玻璃纖維或鐵氟龍濾膜濾除之。

四、設備與材料

(一) 一氧化碳自動分析儀（註1）：以非分散性紅外光法或氣體濾波紅外光法為原理之自動分析儀器，其性能須至少符合表一所列規格。其氣體流向、紅外光源、光學室及偵測器等單元如圖一所示。

(二) 數據擷取系統：與分析儀可相容之記錄器。

(三) 採樣設備

1. 採樣口：採樣口的形狀應避免造成亂流，如使用幾何對稱之圓形開口。

2. 抽氣泵：須滿足儀器所需的流率。

3. 氣體輸送管線：管線的材質應為鐵氟龍或其它同級品等惰性物質。

(四) 校正設備

- 1.流率控制閥：可調整及控制流率，若供稀釋用（含氣體稀釋器），須具 $\pm 2\%$ 的準確度。
- 2.流率計：具 $\pm 2\%$ 準確度之經校正的流率計。
- 3.鋼瓶控壓閥：具有惰性材質內膜及內組件的壓力控制器。
- 4.混合槽：供一氧化碳標準氣體與零點標準氣體充分混合的容器。
- 5.輸出歧管：以玻璃、鐵氟龍等惰性材質製成的氣流分支管，具有足夠的管徑以使在分析儀連接處的壓差不明顯，且應維持正壓以避免大氣進入。

五、試劑

- (一) 一氧化碳標準氣體：含校正所需濃度的一氧化碳鋼瓶氣體或稀釋用的高濃度一氧化碳鋼瓶氣體，其品質須能追溯至國家或國際標準。
- (二) 零點標準氣體：不含任何可引起分析儀應答(Response)之物質的氣體。

六、採樣與保存

一般大氣採樣口的置放位置原則上為離地面 3 公尺至 15 公尺的高度範圍內，其它空氣中採樣口的置放位置原則上為離地面 1.2 公尺至 1.5 公尺的高度範圍內，如法規另有規定，從其規定。

七、步驟

以下為一般操作步驟及校正步驟，實際操作方法會因儀器廠牌不同而異。

(一) 一般操作步驟

將採樣設備、一氧化碳自動分析儀及數據擷取系統設置完妥後，先行檢查管路系統等配備，確定無誤且無漏氣，方可進行檢驗工作。

- 1.設定操作條件。

2. 零點/全幅檢查：導入零點及全幅標準氣體至分析儀並記錄讀值。與導入之零點/全幅標準氣體濃度比較，若零點檢查超過 ± 0.5 ppm 或全幅檢查超過全幅之 $\pm 2\%$ ，須重新校正，其計算公式如下：

$$\text{零點檢查} = (\text{零點標準氣體分析儀讀值} - \text{零點標準氣體導入濃度值})$$

$$\text{全幅檢查} = \frac{(\text{全幅標準氣體分析儀讀值} - \text{全幅標準氣體導入濃度值})}{\text{全幅標準氣體導入濃度值}} \times 100\%$$

3. 進行樣品氣體採樣分析。

4. 採樣後零點/全幅檢查：於採樣後，導入零點及全幅標準氣體至分析儀並記錄讀值。與採樣前零點/全幅檢查比較，若零點偏移超過 ± 0.5 ppm 或全幅偏移超過全幅之 $\pm 2\%$ ，檢測結果應為無效，於重新進行檢測工作前應做校正，其計算公式如下：

$$\text{採樣後零點檢查} = (\text{採樣後零點標準氣體分析儀讀值} - \text{採樣前零點標準氣體分析儀讀值})$$

$$\text{採樣後全幅檢查} = \frac{(\text{採樣後全幅標準氣體分析儀讀值} - \text{採樣前全幅標準氣體分析儀讀值})}{\text{全幅標準氣體導入濃度值}} \times 100\%$$

5. 樣品氣體濃度未介於全幅之 $20\% \sim 100\%$ 之間，則須使用多點檢量線（不含零點至少 7 點且有 2 點須低於 20% ，檢量線次低點及最低點濃度分別為 4 ppm 及 1 ppm），並於採樣後，以檢量線校正點 4 ppm 濃度執行查核，其誤差須小於查核濃度之 $\pm 10\%$ 。

（二）校正步驟

可採用動態氣體稀釋法(Dynamic dilution method)或多鋼瓶氣體法(Multiple cylinder method)。

1. 動態氣體稀釋法

(1)原理：使用高濃度一氧化碳鋼瓶氣體，經稀釋成所需濃度，導入自動分析儀進行分析。

(2)步驟

A.組合如圖二之校正系統。

B.導入一氧化碳零點標準氣體去除氣體管線及壓力調節器中可能殘留的氣體。

C.確認所有系統無洩漏，使用已經校正之流率計（如皂泡式或質量流率控制器）且換算為 0 °C 或 25 °C 及 760 mmHg 的狀況，以 25 °C 為例，依下式計算：

$$F_c = F_m \times \frac{298 P_m}{760(T_m + 273)}$$

F_c ：25 °C 及 760 mmHg 標準狀況下之修正流率，L/min。

F_m ：實際溫度 T_m 及壓力 P_m 下之量測流率，L/min。

P_m ：量測壓力，mmHg。

T_m ：量測溫度，°C。

D.導入一氧化碳零點標準氣體直到分析儀出現穩定讀值，然後進行零點調整。

E.調整零點標準氣體及來自一氧化碳鋼瓶氣體的流率，以產生儀器測定範圍 80 % 的濃度氣體。

F.依下式計算實際一氧化碳校正之導入濃度（註 2）：

$$[CO]_{OUT} = [CO]_{STD} \times \frac{F_{CO}}{F_D + F_{CO}}$$

$[CO]_{OUT}$ ：歧管出口之已稀釋的一氧化碳濃度，ppm

$[CO]_{STD}$ ：來自鋼瓶氣體之未稀釋的一氧化碳濃度，ppm

F_{CO} ：未稀釋的一氧化碳流率，L/min

F_D ：稀釋用的零點標準氣體流率，L/min

G.當分析儀出現穩定讀值時，調整一氧化碳全幅控制鈕，以獲得與計算標準濃度相當之應答。若全幅偏移超過全幅氣體濃度 $\pm 2\%$ ，則重複步驟D.至G.直到零點、全幅不須再調整為止。記錄該一氧化碳濃度及分析儀應答。

H.以零點及測定範圍內至少5種不同均等間隔濃度一氧化碳檢量線校正點（如：全幅之20%、40%、60%、80%、100%），利用F.項下公式計算其導入濃度，並記錄分析儀之應答。繪製一氧化碳導入濃度（X軸）與分析儀（或數據擷取系統）應答（Y軸）關係圖，即一氧化碳檢量線。

2.多鋼瓶氣體法

(1)原理：使用多個標準濃度的一氧化碳鋼瓶氣體，導入自動分析儀進行分析。

(2)步驟

A.組合如圖三之校正系統。

B.校正用流率計可不經精密校正，只須供給足夠的流率（超過分析儀流率之要求）輸入分析儀即可。

C.分別輸入零點標準氣體及全幅標準氣體，調整分析儀零點及全幅後，再輸入各標準濃度氣體。依輸入之一氧化碳標準濃度及分析儀應答，繪製檢量線。

八、結果處理

檢測結果以 ppm 濃度單位表示。

九、品質管制

(一)校正頻率：當自動分析儀有下列情形之一時，則須進行校正。

1.新裝設的儀器。

2.儀器主要設備經修護後。

3.每工作日例行之零點檢查超過 ± 0.5 ppm 或全幅檢查超過全幅之 $\pm 2\%$ 。

4.每6個月的定期校正。

(二) 流率計校正頻率為每年一次定期校正，由於流率準確程度影響測定值，因此須使用流率計確認自動分析儀之流率，前述之流率計檢查結果應介於顯示流率之 $\pm 7\%$ 以內。

(三) 根據標準一氧化碳與分析儀應答所繪製之檢量線斜率須在 1 ± 0.05 範圍，各檢量線校正點濃度（含零點）與導入濃度差異值應介於檢量線校正點最大測試濃度之 2% 以內。

(四) 每6個月以一氧化碳標準氣體 1 ppm 濃度查核，其誤差須小於查核濃度之 $\pm 20\%$ 。

十、精密度與準確度

略。

十一、參考資料

(一) U.S. EPA. Code of Federal Regulations, 40 CFR Part 50, Appendix C, 2025.

(二) U.S. EPA. Code of Federal Regulations, 40 CFR Part 53, Subpart B, 2025.

(三) U.S. EPA. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems: Volume II Ambient Air Quality Monitoring Program, 2017.

(四) Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd edition, APHA, 1989.

(五) Continuous Analyzers for Carbon Monoxide in Ambient Air, JIS B 7951, 2004.

註 1：非分散性紅外光法(Non-dispersive Infrared)係光源發出各種波長之紅外光，光束通過充滿待測氣體之腔室，待測氣體吸收特定波長之紅外光，再通過濾光片，篩選出特定波長之紅外光，再經偵檢器量測光強度變化；若於光源照射路徑上加裝一組氣體濾鏡

(高濃度 CO/N₂) 者，稱之氣體濾波紅外光法(Gas filter correlation infrared)。

註 2：計算實際一氧化碳校正之導入濃度時，F_{CO} 及 F_D 須為相同標準狀況下之流率。

表一 一氧化碳自動分析儀性能規範

性能參數	單位	範圍
測定範圍	ppm	≤50
雜訊	ppm	< 0.2
偵測極限	ppm	< 0.4
干擾當量 — 單一當量	ppm	± 1.0
零點偏移	ppm	± 0.5
全幅偏移 — 上限濃度之 80 %	百分比	± 2.0
遲滯時間	分鐘	< 2.0
上升時間	分鐘	< 2.0
下降時間	分鐘	< 2.0
精密度	百分比	± 1.0

註：名詞解釋

(1)測定範圍(Range)

一種偵測方法所能測定到之最大、最小濃度所界定的範圍。

(2)雜訊(Noise)

輸出訊號發生自發性的、短期的偏差，而非緣於輸入濃度之改變，雜訊之大小由平均輸出的標準偏差決定，以濃度單位表示。

(3)偵測極限(Lower detectable limit)

請參照「排放管道中氮氧化物自動檢測方法—氣體分析儀法 (NIEA A411.7)」九、品質管制之規定。

(4)干擾當量(Interference equivalent)

由不是欲量測物質所造成的正或負應答偏差；單一當量係一種干擾物質所引起的偏差。

(5) 零點標準氣體(Zero air)

不含任何會引起分析儀應答之物質的標準氣體。

(6) 全幅濃度標準氣體(Span standard gas)

含測定範圍上限濃度 80 % 的標準氣體。

(7) 零點偏移(Zero drift)

連續 12 小時及 24 小時以上，未經調整的操作情況下，分析儀對零點標準氣體測試應答的變化量。

(8) 全幅偏移(Span drift)

連續 24 小時以上，未經調整之操作情況下，分析儀對全幅濃度標準氣體測試應答的變化量。

(9) 遲滯時間(Lag time)

輸入一樣品至其可觀測應答出現之經過時間。

(10) 上升時間(Rise time)

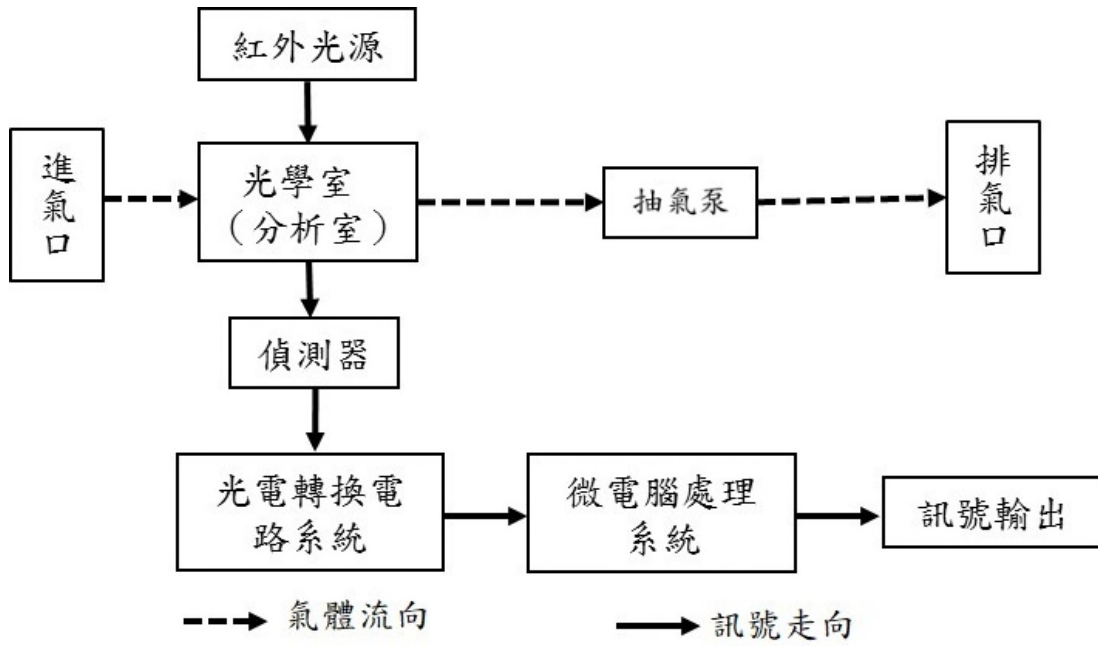
全幅濃度氣體的應答曲線，由零點基線開始爬升至該曲線最高穩定之 95 % 處所經的時間。

(11) 下降時間(Fall time)

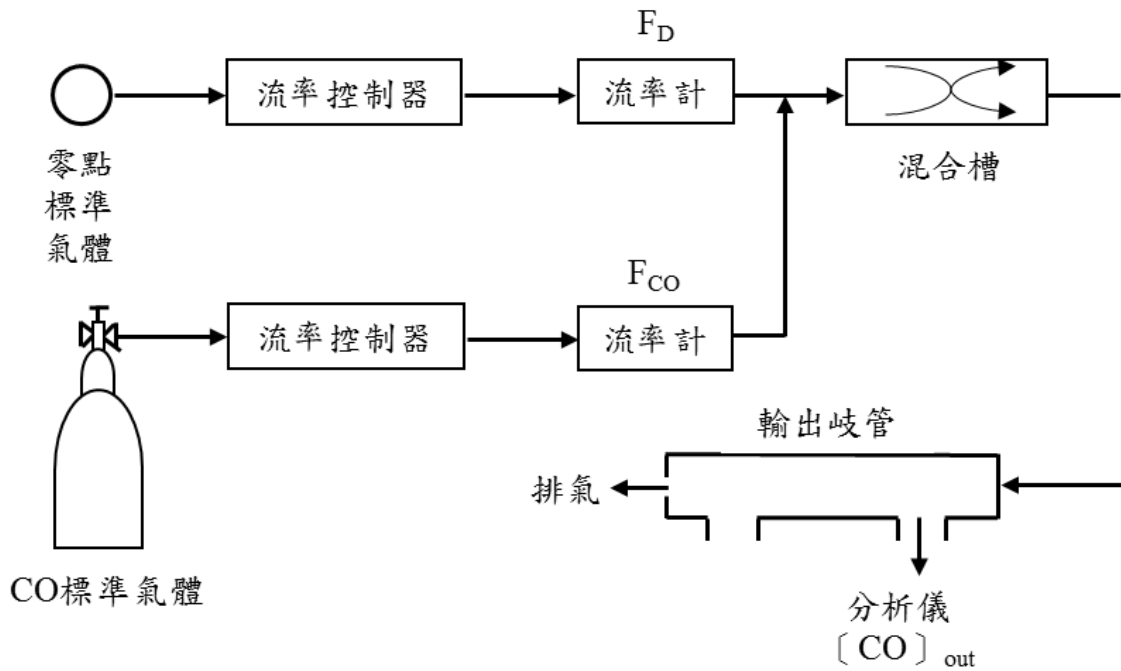
全幅濃度氣體下降的應答曲線，由其初始值開始下降至最終穩定零點，下降了 95 % 所經的時間。

(12) 精密度(Precision)

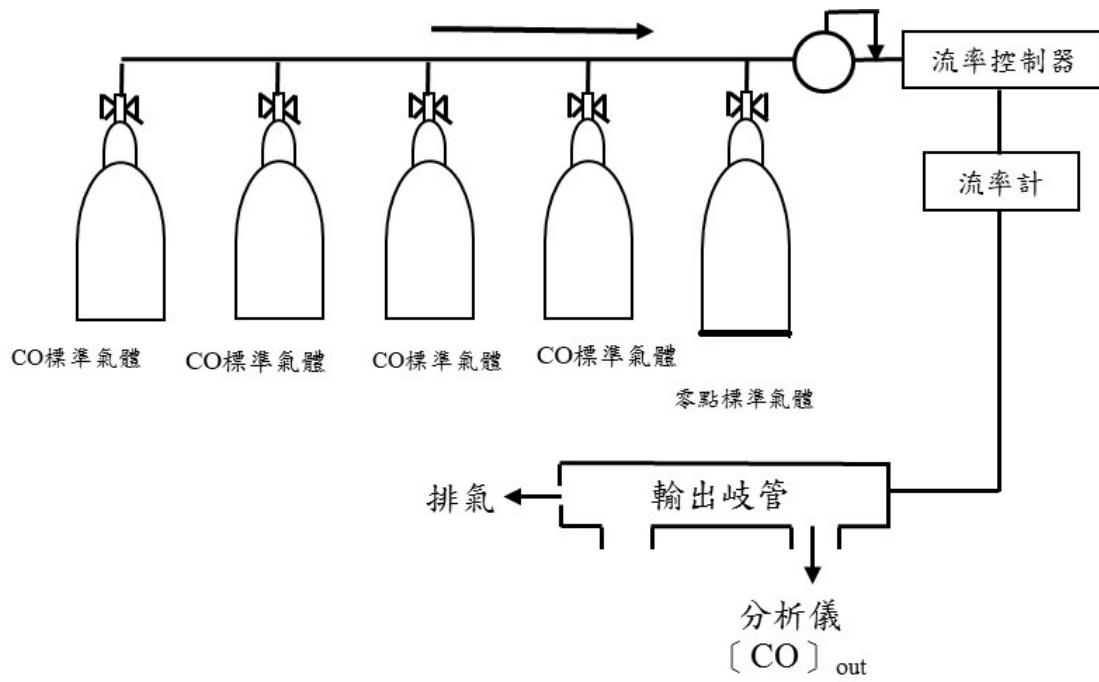
重複輸入同一標準氣體，分析儀應答的差異，以平均值之標準偏差表示。



圖一 一氧化碳自動分析儀示意圖



圖二 動態氣體稀釋法之校正系統示意圖



圖三 多鋼瓶氣體法之校正系統示意圖