

PM_{2.5} 連續監測設備採樣管道研發

Development of a Sampling Assembly for PM_{2.5} Monitoring

王世博(S.B, Wang)¹, 郭玉梅(Y.M, Kuo)², 林志威(C.W, Lin)¹, 黃盛修(S.H, Huang)¹, 陳志傑(C.C, Chen)^{1*}

¹ 國立臺灣大學環境與職業健康科學研究所 ccchen@ntu.edu.tw

² 中華醫事科技大學職業安全衛生系

摘要

在 2021 年世界衛生組織最新的空氣品質指南中，對於 PM_{2.5} 的年平均濃度已由原先的 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下修至 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，此舉勢必促使世界各國推出更積極、嚴格的粒狀物防制策略，以持續達成污染減排的目標。固定污染源是 PM_{2.5} 的主要來源之一，粒狀物連續排放監測系統則是用來監測固定源排放的設備，可以提供排放氣體中粒狀物的質量濃度資料，是粒狀物防制政策得以在更具有公平正義之下實施的重要利器。目前市售的抽取式 PM CEMS 由於採樣管道的設計會導致微粒在傳輸的過程中發生損失，且損失隨粒徑增加而增大，實際監測濃度也因此受到低估。微粒傳輸過程中損失的程度會受到採樣管尺寸、形狀、管內風速以及粒狀物的特性等影響。只要能夠在各個設計參數間取得平衡，即可設計出一套理想的採樣管線。本研究目的為設計一套低微粒損失 PM_{2.5} CEMS 的採樣管線，並結合美國環保署對於 PM_{2.5} 分徑器的設計規範，將 3.63 μm 微粒通過採樣管線時損失低於 5% 作為技術目標。

本研究中的採樣管包含一個 90° 的彎管採樣入口、一個用於對樣本氣體進行降溫除濕的調理器和一段直採樣管，樣本通過採樣管後進入 PM_{2.5} 旋風分徑器進行後續的分徑與量測，本研究探討樣本在進入分徑器前的傳輸管道。調理器、彎管因其特殊設計需要調整多種設計參數，故使用光固化 3D 列印機進行製作。其中，彎管曲率測試範圍為 2-8，管徑測試範圍為 5-15 mm，雷諾數測試範圍為 6000-10000。

經過測試發現，微粒的傳輸效率隨著彎管曲率增加而增加，但傳輸效率增加的程度隨曲率增大而減小，因此本研究使用曲率為 4 的採樣探頭。調理器部分，在稀釋倍率為 10 時，3.63 μm 以下的微粒可以達到預設的稀釋目標，且 3.63 μm 微粒的傳輸效率為 98.31%。在溫度調理實驗中，同樣設置 10 倍的稀釋倍數，使用 23°C 相對濕度 5% 的壓縮空氣可以把 150°C 的乾燥空氣降溫到約 34°C。此外，在稀釋倍率為 10 倍時，調理器可以確保持含水量低於 13% 的氣流在調理過程中無凝結水產生。採樣管線由模式進行設計，其中彎管探頭直徑 1 cm，曲率為 4；直管長 30 cm，直徑為 1 cm。3.63 μm 微粒的整體傳輸效率約為 95.15%，這意味著在進入後續 PM_{2.5} 分徑器時可以保持一個相對完整的微粒粒徑分佈，藉此獲得準確的 PM_{2.5} 量測數值。

關鍵詞：粒狀物分徑採樣、粒狀物連續排放監測系統、氣膠調理器、傳輸效率

Keywords: PM size-selective sampling、PM CEMS、aerosol conditioner、transport efficiency