

貝他衰減質量濃度監測儀反應時間與靈敏度的改善 Improvement of Response Time and Sensitivity on Beta Gauge Particulate Monitor

Qi-Xiang Li¹, Yu-Mei Kuo², Chih-Wei Lin¹, Sheng-Hsiu Huang¹
, and Chih-Chieh Chen^{1*}

¹國立台灣大學環境與職業健康科學研究所

²中華醫事科技大學職業安全與健康系

*Corresponding author: ccchen@ntu.edu.tw

摘要

PM_{2.5}存在於我們生活的環境中，長期暴露於PM_{2.5}會增加罹患呼吸系統疾病、心血管疾病和死亡的風險，為了人類健康的著想，使用自動化連續監測設備監測空氣污染物濃度是很重要的。Beta gauge(又稱為貝他衰減監測儀)是用於監測大氣PM的設備之一，台灣環保署的PM空氣品質指數也是由beta gauge進行監測。Beta gauge是由貝他輻射源、偵檢器和濾紙所組成，採樣過程中微粒會隨氣流進入採樣管並於濾紙上沉積，根據貝他粒子通過微粒沉積的濾紙的衰減量計算出質量濃度，但是此儀器的反應時間通常為一小時，主要是因為輻射源放射出的貝他粒子數目變異很大，所以在計算質量濃度時通常以小時平均或日平均來表示，與其他即時監測儀器相比，beta gauge具有較長的時間解析度與較低的靈敏度，無法反應即時濃度的變化。除此之外，在2021年WHO的空氣品質指南PM_{2.5}的建議水平已調降至5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，這意味著環境即時監測設備應具備更快的反應與更低的偵測下限，以目前的beta gauge無法滿足此需求，因此必須改善beta gauge以滿足未來PM監測上的需求。本研究目的在於改善beta gauge的偵測下限和反應時間，使其能有更快、更靈敏的數據以反應短時間內的濃度變化。

為了降低探討過程中外在環境的干擾，本研究使用氣膠產生系統來模擬環境中微粒的粒徑大小與質量濃度，同時以dusttrak光學儀器監測系統濃度的穩定性，以測試beta gauge的性能，將每秒貝他強度轉換成質量濃度並進行討論。研究參數主要針對兩個部分來進行，第一部分是增加每秒貝他強度的樣本數，將同一秒的貝他強度值取平均，降低其變異以獲得更穩定的即時濃度值；另一部分是使用鋁板縮減採樣面積，在相同質量濃度下增加單位時間的累積厚度，藉由增加微粒的累積厚度增加貝他強度的衰減量，使beta gauge在低質量濃度測量上更加靈敏。最後再使用平滑方法來平滑每秒的質量濃度值，以獲得較快的反應時間與提升靈敏度，增加beta gauge的應用。

隨著使用的平滑時間愈短，能夠縮短beta gauge的反應時間，但同時會造成質量濃度的變異增加，導致有較高的偵測下限。在固定採樣流率的情況下，增加愈多樣本數可以大幅降低貝他強度的變異，而縮減採樣面積可以增加貝他衰減量，因此可以使用這兩個方法改善使用低平滑時間所得到較高變異的質量濃度。最後，使用6組樣本數相疊，濾紙面積為1 cm^2 ，搭配平滑時間40分鐘，可以使偵測下限降至小於4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，反應時間約為32分鐘。

Keywords: beta gauge, response time, sensitivity