

摘要

本研究利用多孔材質衝擊板設計並製造一個三階的慣性衝擊器作為個人採樣器，直接測量工作場所的三種粉塵濃度。本採樣器的原理是利用部份自噴嘴噴出之流體透過濾紙會貫入衝擊板內，使得收集效率曲線變得較平板型之衝擊板平緩，在適當的流量及多孔衝擊板阻力係數之設計條件下，可以符合可呼吸性及胸腔區粉塵之採樣效率規範。

首先先利用單孔的慣性衝器作測試，噴嘴直徑為 2.6 及 3.6 mm，並完成流量 1.5, 2.0 及 2.5 LPM，二種聚酯泡綿(100 及 60 ppi)，四種多孔金屬片(100, 40, 20, 5 μm)，一種鋁箔當作衝擊板的液體微粒收集效率測試。結果發現，2.0 LPM 時使用 100 ppi 的聚酯泡綿為衝擊板時的收集效率曲線可以和可呼吸性曲線吻合，截取氣動直徑值為 3.82 μm ，比較可呼吸性曲線之 4 μm 的誤差只在 5% 左右。其他的收集板(多孔金屬片和鋁箔)的收集效率曲線過於陟階，無法與可呼吸性曲線吻合，且截取氣動直徑不符合可呼吸性粉塵的規範。

本研究設計三階粒狀污染物採樣器並完成實驗測驗，結果發現它的胸腔區穿透效率曲線可以符合 ACGIH 的規範，截取氣動直徑值為 9.44 μm ，與 ACGIH 胸腔區曲線之 10 μm 的誤差只在 5.6% 左右。同時本採樣器的可呼吸性曲線也符合 ACGIH 規範，截取氣動直徑值為 3.94 μm ，與 ACGIH 可呼吸性曲線之 4 μm 的誤差只在 1.6% 左右。

關鍵詞: 可呼性氣膠、工作場所氣膠、氣膠採樣、氣膠儀器

Abstract

There are three kinds of particulate masses in the workplace defined by the international community: inhalable, thoracic, and respirable particulate mass. Up to now, there are almost no personal samplers for simultaneous sampling of these three particulate mass. This study intends to use the porous impaction substrate to design and manufacture a 3-stage inertial impactor for personal sampling use so that direct measurement of the three particulate mass is possible. This sampler makes use of the fact that part of the fluid flow from the nozzle will penetrate the filter paper and the porous substrate resulting in less sharp collection efficiency than the flat plate substrate. Under the condition of a proper flow rate and resistant factor for the porous substrate, the sampling criteria of the respirable and thoracic particulate mass can be met. The sampler has an inhalable inlet as the first stage with #1 porous substrate (substrate #1). The second stage is an inertial impactor of 10 μm cutoff aerodynamic diameter with #2 porous substrate (substrate #2). The 3rd stage is an inertial impactor of 4 μm cutoff aerodynamic diameter with #3 porous substrate. The after filter is the last stage, which is called #4 substrate. The particulate mass collected on #4 substrate is called respirable mass (RM), while the sum of #4 and #3 particulate mass is called thoracic mass (TM). The sum of all particulate mass collected from #1 to #4 substrates are called inhalable mass (IM). The sampling flow rate of this sampler is designed to be 2-5 LPM.

This research intends to design and manufacture this personal sampler. Also the experimental study in the laboratory for the 10 and 4 μm -cut impactors in regards to different porous substrates, different flow rates, different particle diameters will be completed. The best design and flow rate condition for the sampler to meet the international particulate sampling criteria in the workplace will be found.

We designed the personal dust samplers and the experimental study had been finished. The results show that when the flow rate is 2.0 LPM, the thoracic penetration curve of the impactor with porous foam (100ppi) is very close to the criteria of ACGIH. The cutoff aerodynamic diameter is 9.44 μm and differs by 5.6 % from 10 μm of the ACGIH thoracic curve. At the same time, the respirable penetration curve is very close to the criteria of ACGIH, too. The cutoff aerodynamic diameter is 3.94 μm and differs by 1.6 % from 4 μm of the ACGIH respirable curve.

Keywords: respirable aerosol, aerosol in the workplace, aerosol sampling, aerosol

instrument



目錄

摘要	i
Abstract	ii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	6
第二章 文獻回顧	7
2.1 多孔介質衝擊板	7
2.2 採樣器之性能評估	9
第三章 研究方法	11
3.1 採樣器設計	11
3.2 實驗方法	12
第四章 結果與討論	18
4.1 採樣器設計及製造	18
4.2 文獻上不同收集板的收集效率與工作場所粉塵收集效率規範比較評估	19
4.3 本研究對不同收集板的測試結果	21
4.3.1 噴嘴直徑為 2.6mm 的測試結果	21
4.3.2 噴嘴直徑為 3.6mm 的測試結果	23
4.4 固體微粒對不同收集板的表面負載率測試	24
4.4.1 收集板塗敷黏著劑	24
4.4.2 收集板未塗敷黏著劑	25
4.5 本研究對三階粉塵採樣器之測試結果	26

4.5.1 以 APS 測定採樣器的微粒收集效率-----	26
4.5.2 以 VOMAG 測定採樣器之微粒穿透效率-----	26
4.6 泡棉之微粒負載率測試-----	27
第五章 結論-----	28
5.1 對不同收集板的收集結果-----	28
5.2 本採樣器之粉塵穿透效率測試結果-----	28
第六章 建議-----	29
第七章 參考文獻-----	30



表目錄

表-1 三階粒狀污染物採樣器之設計參數-----18



圖目錄

圖-1 國際新定義分徑曲線示意圖-----	32
圖-2 TSI 的 Respicon 採樣器-----	33
圖-3 TSI 採樣器在不同風速下的三種粉塵的採樣效率-----	34
圖-4 Harvard 衝擊器在不同收集介質(a)塗油的 2 μ m 多孔金屬板(b)PUF 之不同雷諾數下的收集效率曲線-----	35
圖-5 Sioutas et al.(1999)之(a)PM _{2.5} (b)PM ₁ 個人衝擊器的收集效率曲線及微粒在採樣器內的損失率-----	36
圖-6 本研究擬設計的個人採樣器示意圖-----	38
圖-7 圓環可吸入性入口-----	39
圖-8 圓環孔可吸入性入口的效率曲線-----	40
圖-9 可以同時測定採樣器微粒收集效率及內部損失的實驗系統-----	41
圖-10 以 APS 測定採樣器的微粒收集效率系統-----	42
圖-11 三階粒狀污染物採樣器組合圖-----	43
圖-12 三階粒狀污染物採樣器各部的分解圖-----	44
圖-13 風速=1.1m/s 時可吸入性效率曲線與入口效率比較圖,流量為 3LPM-----	45
圖-14 風速=0.55m/s 時可吸入性效率曲線與入口效率比較圖,流量為 3LPM-----	46
圖-15 三階粒狀污染物採樣器的上蓋及可吸入性粉塵入口圖-----	47
圖-16 胸腔區粉塵衝擊器噴嘴及收集板-----	48
圖-17 可呼吸性粉塵衝擊器噴嘴及收集板-----	49
圖-18 後端濾紙底座-----	50
圖-19 塗油之多孔金屬片 PM _{2.5} 和 PM ₁ 之收集效率曲線圖-----	51
圖-20 多孔金屬片之收集效率曲線圖-----	52
圖-21 (a)塗油之多孔金屬片收集效率曲線圖(b)聚酯泡綿之收集效率曲線圖-----	53
圖-22 鋁箔和 Teflon 之收集效率曲線圖-----	54

圖-23 不同材質的收集板-----	55
圖-24 泡棉和鋁箔之穿透效率曲線圖, 1.5LPM, 噴嘴直徑為 2.6mm-----	56
圖-25 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 1.5LPM, 噴嘴直徑為 2.6mm-----	57
圖-26 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 1.5LPM, 噴嘴直徑為 2.6mm-----	58
圖-27 泡棉和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.0LPM, 噴嘴直徑為 2.6mm-----	59
圖-28 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.0LPM, 噴嘴直徑為 2.6mm-----	60
圖-29 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.0LPM, 噴嘴直徑為 2.6mm-----	61
圖-30 泡棉和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.0LPM, 噴嘴直徑為 3.6mm-----	62
圖-31 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.0LPM, 噴嘴直徑為 3.6mm-----	63
圖-32 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.0LPM, 噴嘴直徑為 3.6mm-----	64
圖-33 泡棉和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.5LPM, 噴嘴直徑為 3.6mm-----	65
圖-34 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.5LPM, 噴嘴直徑為 3.6mm-----	66
圖-35 多孔金屬片和鋁箔之穿透效率曲線圖, 2.5LPM, 噴嘴直徑為 3.6mm-----	67
圖-36 多孔金屬片(100 μ m)塗敷矽油, 0.01~1.26mg 之固體微粒負載的採樣效率 -----	68
圖-37 多孔金屬片(100 μ m)塗敷矽油, 1.55~2.33mg 之固體微粒負載的採樣效率 -----	69
圖-38 鋁箔塗敷矽油, 0.01~1.06mg 之固體微粒負載的採樣效率-----	70
圖-39 鋁箔塗敷矽油, 1.39~2.05mg 之固體微粒負載的採樣效率-----	71
圖-40 多孔金屬片(100 μ m)未塗敷矽油, 0.01~0.49mg 之固體微粒負載的採樣效率 -----	72
圖-41 多孔金屬片(100 μ m)未塗敷矽油, 0.59~0.84mg 之固體微粒負載的採樣效率 -----	73
圖-42 鋁箔未塗敷矽油, 0.01~0.35mg 之固體微粒負載的採樣效率-----	74
圖-43 鋁箔未塗敷矽油, 0.49~0.7mg 之固體微粒負載的採樣效率-----	75
圖-44 泡棉收集板與胸腔區粉塵穿透效率曲線圖-----	76

圖-45 泡棉收集板與可呼吸性穿透效率曲線圖-----77
圖-46 Inspirable stage 之穿透效率曲線-----78
圖-47 4 μ m nozzle plate 之微粒損失率-----79
圖-48 泡棉(100ppi)於 20~60min 之微粒收集效率曲線圖-----80
圖-49 泡棉(100ppi)於 0min 和 80~120min 之微粒收集效率曲線圖-----81

