

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告
帶電荷濾材對室內空氣過濾效率之影響
The Influence of Charged-Medium Filter on the Filtration
Efficiency of Indoor Aerosol

計畫編號：NSC 90-2211-E-002-037

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：李慧梅 臺灣大學環境工程研究所

計畫參與人員：楊心豪 臺灣大學環境工程研究所

一、中文摘要

本計畫利用界面活性劑調理濾材，使濾材成為帶電濾材提升對過濾效能，其中分別利用陰離子(sodium dodecyl sulfate 與 sodium oleate)與陽離子界面活性劑(dimethyl dioctadecylammonium bromide)使濾材成為帶正電及負電之濾材。在探討濾材之過濾效率時，分別針對不同之實驗變因比較，如氣膠微粒之大小(0.05~0.5 μm)、氣膠微粒之帶電性(正電、負電及中性帶電)及表面風速(5、10、15 cm/s)。比較處理前後之濾材之過濾效率，以中性電荷之氣膠微粒測試，表面處理界面活性劑之濾材，其過濾效率較未處理之濾材約增加20~30%，根據比較靜電吸引機制(庫倫力與介電力)，可以發現當表面處理界面活性劑後，可使濾材表面帶電成為帶電濾材。

關鍵詞：

帶電濾材、界面活性劑、過濾效率

Abstract

In the study, the appropriate surfactants were used to make the fibrous filter become charged to increase the filtration efficiency. The anionic surfactants (i.e., sodium dodecyl sulfate and sodium oleate) and cationic surfactant (i.e., dimethyl dioctadecylammonium bromide) were used to create the negative and positive charged-medium filter, respectively. The filtration efficiency of those filters was investigated as function of particle size (0.05-0.5 μm) and charge state (positive charged, negative charged, and neutral) for three face velocities (5, 10, and 15 cm/s). By

comparison, the filtration efficiency of the treated fibrous filter has been shown to increase 20-30% than no-treated fibrous filter for neutral particles. The electrostatic particle capture mechanisms were in addition to the mechanical capture mechanism of the treated fibrous filter. The results indicated that the fibrous filter treated with surfactant become the charged-medium filter.

Keywords:

Charged-medium filter, filtration efficiency, surfactant

二、緣由與目的

隨著工業發展及日常生活習慣改變，一般人一天約90%時間是活動於室內環境中，因此室內空氣良好與否對人體健康影響相當大，室內氣膠微粒為室內污染主要來源之一，在去除室內氣膠微粒方式上，最常以過濾方式去除氣膠微粒，而近年最常用於過濾之濾材為靜電濾材，其除傳統機械過濾機制外，還增加靜電吸引機制，大幅增加過濾效率，不過目前市面上靜電濾材價格相當昂貴，且電荷亦隨時間增加而消失，為改善這兩個缺點，在本計畫中將利用其他方式製造帶電濾材。過去靜電濾材主要是以電暈放電、磨差帶電及感應帶電等方式製造[1]，在計畫中，是利用離子性界面活性劑調理濾材，使未帶電濾材成為帶電濾材增加過濾效率，過去界面活性劑多是用於水過濾時使薄膜帶電[2]，本計畫將之運用於室內空氣之過濾，探討是否同樣具有帶電之效果。

本計畫中利用比較靜電吸引機制(庫倫力與介電力)，來探討界面活性劑處理

後是否具有帶電性，除此之外，另比較其他實驗變因（如：粒徑大小、氣膠帶電性、界面活性劑種類及表面風速）對過濾效率之影響，以瞭解此種型態濾材之過濾效能。

三、實驗方法

在本計畫中帶電濾材是利用界面活性劑調理一般不帶電濾材，使其成為帶電荷之濾材，濾材材質選用不帶電之聚丙烯 (Polypropylene) 纖維濾材，界面活性劑選用三種，分別為 sodium dodecyl sulfate (SDS)、sodium oleate (NaOl) 及 dimethyl dioctadecylammonium bromide (DDAB)。調理濾材方式首先配置界面活性劑溶液，再將濾材進至界面活性溶液中約 15 分鐘，待界面活性劑留置於濾材表面後放置於烘箱中，於 105°C 的環境下將濾材烘乾，在放置於 25°C 的環境下，完成調理程序，其中界面活性劑會留置於濾材上，主要是由於界面活性具有一個或多個官能基，官能基端具有極性會與有機濾材表面形成極性鍵，而留滯於濾材表面。調理前後濾材特性均列於表一。

在實驗氣膠方面主要選擇兩種固態氣膠與一種液態氣膠，分別為 sodium chloride (NaCl)、potassium chloride (KCl) 及 di-octyle phthalate (DOP)。實驗氣膠的生成是利用卡里遜噴霧器 (Collison Atomizer, Model 3076, TSI Inc) 產生多粒徑分佈氣膠微粒，先通過乾燥器將水分吸收產生乾燥之氣膠，再利用電移動度分析儀 (Differential Mobility Analyzer, Model 3071, TSI Inc) 篩選出實驗所需的單一帶電之單一粒徑氣膠微粒 [3]，實驗氣膠粒徑範圍在 0.05~0.5 μ m 間，在此部分的微粒為帶正電荷，主要原因為 DMA 中電極為負電電極，為產生負電氣膠微粒，將 DMA 中之負電電源置換成一正電電源供應器 (MP Series, Spellman Inc)，將由 DMA 流出之氣膠流入一 Kr-85 電性中和器 (Neutralizer, Model 3077, TSI Inc)，使氣膠微粒成為中性帶電之氣膠微粒，再利用氣膠電荷儀 (Aerosol Electrometer, Model 3068A, TSI Inc) 量測，以確定是否達到中性帶電。

在氣膠微粒穿透率量測部分，包含有濾材握持器、兩台氣膠微粒計數器 (Condensation Particle Counter, Model 3025, TSI

Inc)、壓差計 (Pressure Gage, Model 2000, Dwyer Instruments Inc) 及流量計，將實驗濾材放置於握持器上，使實驗氣膠流過濾材，再同時量測濾材前端與後端之氣膠粒數，即可得氣膠微粒之穿透率，而流量計可控制氣膠流通過濾材時之表面風速。整個實驗系統如圖二所示。

四、結果與討論

1. 預備實驗

在過濾實驗進行前，先比較處理前後濾材壓降與表面風速關係，目的在於確定界面活性劑處理濾材是否會增加濾材之壓降，由圖一的結果可以發現，當濾材以 0.1M 之 NaOl 處理過後，其壓降與未處理之濾材並未有明顯之改變，表示界面活性劑並未對濾材造成阻塞的現象，因此可以確定過濾實驗中，過濾效率增加不是因為孔隙阻塞的原因造成。

2. 靜電過濾機制之觀察

圖二為以 NaOl 處理之濾材及未處理之濾材分別與 NaCl 正電及中性電荷微粒穿透率之實驗結果，其中發現當濾材處理界面活性劑後，其穿透率較未處理前均有明顯的下降，大約下降 10~30%，且比較帶電微粒與中性電荷微粒與處理過後濾材之穿透率曲線，可以發現在較小微粒時穿透率差距較大，隨著粒徑的增加差距越來越小，這與靜電機制中庫侖力隨粒徑增加而降低、介電力隨粒徑增大而增加的現象是相符合的 [4]，且實驗進行為控制在次微米之氣膠粒徑與表面風速為 10 cm/s，均為靜電收集機制最為顯著之操作條件，由此可以知道當濾材處理界面活性劑後，其過濾現象是符合靜電過濾機制的現象，因此可以確定當濾材處理界面活性劑後即成為帶電荷之濾材，而另兩種界面活性劑處理之濾材也具有同樣的實驗結果 (SDS 以正電微粒比較，DDAB 以負電微粒比較)。

3. 界面活性劑種類之影響

圖三為不同界面活性劑處理之濾材與 NaCl 中性電荷微粒進行比較，由實驗結果可知 0.1M NaOl 與 0.05M DDAB 處理之濾材穿透率相當接近且均低於 0.01M SDS 處理之濾材，故可知不同之界面活性劑其在濾材表面所形成的有效電場並不相同。

4. 表面風速之影響

圖四為 DDAB 處理之濾材與 NaCl 中性電荷微粒在不同表面風速下穿透率之比較，結果發現當表面風速越低，其穿透率越低，主要原因在於氣膠微粒在次微米粒徑時，當表面風速越低其布朗擴散收機制的現象就越明顯，因此當表面風速越低時，其穿透率就越低。

5. 氣膠微粒種類之影響

圖五為 NaCl 與 KCl 中性電荷微粒與 NaOl 濾材之過濾效能比較，其中可以發現 KCl 之穿透率略微高於 NaCl，主要原因在於 KCl 之介電常數為 4.64，而 NaCl 之介電常數為 5.9，就介電常數而言 NaCl 高於 KCl 約 1.26，不過將其帶入介電吸引力之無因次參數與顛單一纖維理論中，發現 NaCl 之過濾效率僅是 KCl 的 1.07 倍，故符合實驗結果中過濾效率差距相當小。

圖六為 DOP 與 NaCl 中性電荷氣膠微粒與 NaOl 濾材之過濾效能比較，其中發現 DOP 之穿透率高於 NaCl，主要原因在於 DOP 為液態油滴微粒，其過濾效率略高於固態氣膠微粒。

6. 複合性濾材

由於陰離子界面活性劑調理濾材成為帶負電濾材，而陽離子界面活性劑調理濾材為正電濾材，而一般靜電濾材為帶有正電與負電之濾材，故將帶正電與帶負電之濾材組合，探討其過濾效率，圖七即是複合性濾材過濾效率之圖形，可以發現其穿透率降至約 10~30% 左右，大幅降低濾材之穿透率。

五、計畫成果自評

1. 完成以界面活性劑調理而成之帶電濾材。
2. 完成帶負電微粒之產生。
3. 完成在不同粒徑下之過濾效率之探討。
4. 完成在不同帶電情形下過濾效率之探討。
5. 完成在不同表面風速下過濾效能之探討。
6. 完成不同氣膠成分下過濾效能之探討。
7. 完成將帶正濾材與帶負電濾材組合

下，過濾向能之探討。

六、參考文獻

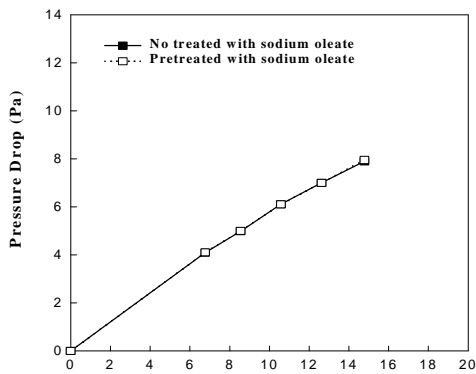
1. Brown, R. C. (1993). *Aerosol Filtration: An Integrated Approach to the Theory and Applications of Fibrous Filters*, Pergamon Press, Oxford, pp. 120-177.
2. Kang, P. K., and Shah, D. O. (1997). Filtration of Nanoparticles with Dimethyldioctadecylammonium Bromide Treated Microporous Polypropylene Filters, *Langmuir*. 13:1820-1826.
3. Liu, B.Y. H., and Pui, D. Y. H. (1974). A Submicron Aerosol Standard and the Primary, Absolute Calibration of the Condensation Nuclei Counter, *J. Colloid Interface Sci.* 47:155-171.
4. Romay, F. J., Liu, B. Y. H., and Chae, S. J. (1998). Experimental Study of Electrostatic Capture Mechanisms in Commercial Electret Filters, *Aerosol Sci. Technol.* 28:224-234.

七、實驗圖表

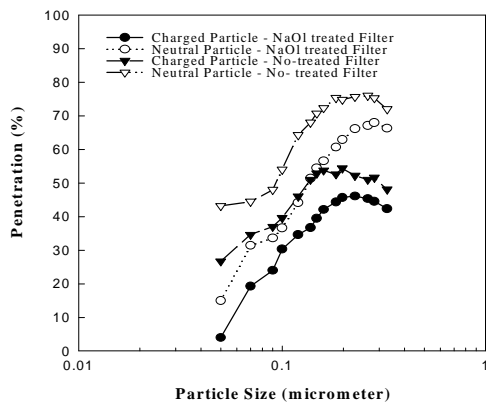
表一、濾材特性

Filter Material	Treated Surfactant	Pore size (μm)	Measured Basis weight of Sample (g/m ²)	Mean Fiber Equivalent Diameter (μm)	Packing Fraction
Polypropylene	No	20	165.05	30.5	0.05
Polypropylene	0.05M SDS	20	205.63	30.5	0.05
Polypropylene	0.05M NaOI	20	213.48	30.5	0.05
Polypropylene	0.01M DDAB	20	209.36	3.05	0.05

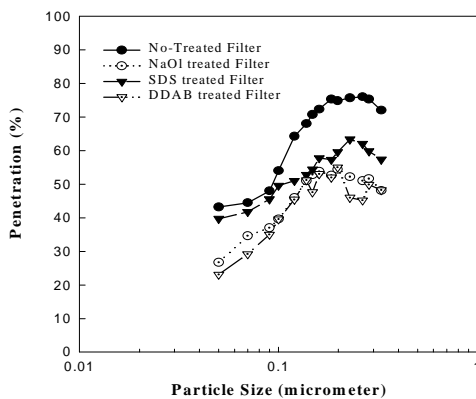
^a Measured by SEM



圖一、濾材處理前後壓降與表面風速關係圖

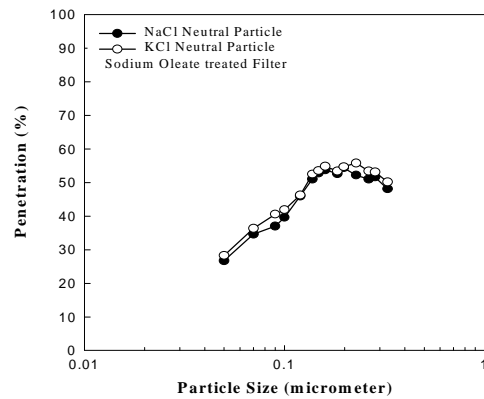


圖二、NaOI 調理濾材之過濾效能(U=10cm/s)

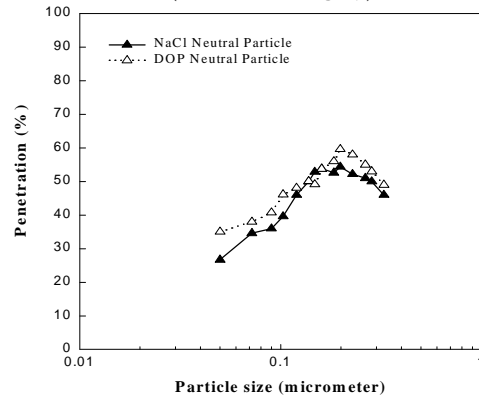


圖三、不同界面活性劑過濾效能之比較

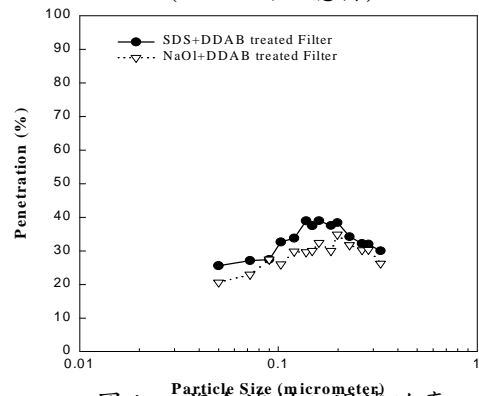
圖四、DDAB 調理濾材在不同表面風速下之過濾效能



圖五、NaCl 與 KCl 過濾效率之比較 (NaOI 調理濾材)



圖六、NaCl 與 DOP 過濾效率之比較 (NaOI 調理濾材)



圖七、複合濾材之過濾效率

