

台灣口罩之檢測分析

Detection and Analysis for Taiwan Masks

陳德安, 林永浩, 邢文灝

D. A. Chen, Y. H. Lin, W. H. Hsing

中國文化大學紡織工程學系

Department of Textile Engineering, Chinese Culture University

陳德安: wlo2381951@yahoo.com.tw

摘要

本研究探討台灣市售口罩的物性檢測分析，主要測定了三類口罩：醫用口罩、活性炭口罩、N95 系列口罩，並分別針對口罩的基重、壓點面積覆蓋率、中層孔隙率與纖維直徑、呼吸氣阻抗、外層撥水性、空氣粉塵 PM2.5 及 PM10 過濾效率、微米顆粒物過濾效率進行測試。口罩外層一般用紡黏熱壓不織布，基重範圍為 14~52 克/平方公分，中層為熔噴不織布，基重範圍為 20~46 克/平方公分，孔隙率為 0.12~3.46%，纖維直徑為 2.53~3.87 μm ，內層為 PP 熱壓不織布，基重範圍為 19~32 克/平方公分，外層與內層壓紋點覆蓋率為 13~37%，活性炭層基重範圍為 42~50 克/平方公分，N95 系列支撐層基重範圍為 71~86 克/平方公分，總基重為 45~266 克，呼吸氣阻抗範圍為 53~168Pa，醫用口罩外層接觸角角度範圍為 112~124 度，對於 PM2.5 的過濾效率為 24~98%；過濾測定顆粒物濃度為 7~429 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，對於 PM10 的過濾效率為 31~98%；過濾測定顆粒物濃度為 8~715 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，根據 GB/T32610-2016 日常防護型口罩技術規範口罩為須過濾到 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 濃度以下，14 家有 5 家不合格。微米顆粒物過濾效率為 12~100%。根據 CNS14755 拋棄式防塵面罩為標準進行測試在空氣流量 85 \pm 4L/min 下測試，D1 級為 80~95%、呼吸氣阻抗 190PA 以下，13 家有 4 家不合格。NIOS 42 CFR 84 呼吸防護用品標準認證的口罩性能，N95 為過濾效率達到 95% 以上，吸氣阻抗為 350Pa 以下、呼氣阻抗為 250Pa 以下，N95 口罩皆符合標準。

關鍵字：醫用口罩、活性炭口罩、N95 口罩、PM2.5、過濾效率

Abstract

This study tested Taiwan's respirators with the focus on medical masks, activated carbon masks and N95 respirators. The tested criterias were, basis weight, pressure point area coverage, breathing device resistancy, permeabilit, middle layer gap density and fiber diameter, water repellent, micro particle filtration efficiency and filtration efficiency (PM 0.3, 2.5, 10 particles). Carbon activated masks have base weight range from 42 to 50g. Most of the masks have non-woven fabric for the outer layer (weighs between 14 to 52g), meltblown for the middle layer (weighs between 20 to 46g) with gap density of 0.12 to 3.46% and fiber diameter of 2.53 to 3.87 μm , and thermal bond for the inner layer (weighs between 19 to 32g). Pattern indent coverage for both outer layer and inner layer is 13 to 37%. For N95 respirators, the weights for support layer ranges from 71 to 86g, basis weights ranges from 45 to 266g, breathing device resistant ranges from 53 to 168 Pa, and a permeability ratings of 20 to 102 Pa. Medical grade masks have water repellent rating of three or higher, contact angle ranges from 112 to 124 degree, after filtration concentration of 7 to 429 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ for PM 2.5, and after filtration concentration of 8 to 715 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM10. 69% masks tested met the PM 2.5, and micro particle filtration rate of 12 to 100%, 69% of the masks tested met the required qualifications.

Keywords : Medical Mask, Carbon Masks, N95 Respirators, PM2.5, Efficiency of Filtration

前言

空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒，簡稱 PM。懸浮微粒有大小不同的粒子直徑，而且通常用微米作為粒徑大小單位。粒徑小於 10 微米 (μm) 的微粒被稱為 PM10；當粒徑小於或等於 2.5 微米就是一般常說的細懸浮微粒，簡稱 PM2.5。空氣中 PM2.5 的濃度單位以微克/立方公尺 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 表示之。細懸浮微粒的直徑大約為人體頭髮直徑的 1/28，所以非常微細，PM2.5 微米會吸附有毒物質與病毒，容易隨著人體的呼吸而被吸入人體氣管，甚至可穿透肺泡，並直接進入人體血管中隨著血液循環全身。因此，細懸浮微粒 (PM2.5) 被列為一級致癌因子，對人體健康影響是不可輕忽的 [1]。

口罩是一種防護與衛生用品，一般指戴在口鼻部位用於過濾進入口鼻的空氣，以達到阻擋有害的氣體、氣味、飛沫進出肺部使其在呼吸道傳染病流行、粉塵等污染的環境作業中，因口罩對進入肺部的空氣有一定的過濾作用而有阻擋作用。現今使用的口罩有不織布、紙、布來製造 [1]。口罩一般分為拋棄式口罩與可重複用式口罩。

A. 拋棄式口罩可分為以下五種口罩 [2]

- (1). 棉布/紗布口罩：僅能過濾較大之顆粒，僅適平時清潔工作時使用。使用後阻擋約 70% 防範飛沫傳染。並阻擋 10%~20% 空污物質 [2]。
- (2). 紙口罩：可阻擋 70% 以上的 5 微米顆粒，若有破損或弄髒的情況，應立即更換。適合平常清潔時使用 [2]。
- (3). 醫用口罩：可阻擋 90% 以上的 4 微米顆粒，應每天更換，但破損或髒污應立即更換，適用有感冒發燒咳嗽等有呼吸道症狀時、前往醫院電影院等不通風之場所時使用。使用後阻擋飛沫傳染的效果 90%。並阻擋 30%~80% 空污物質 [2]。
- (4). 活性炭口罩：可吸附有機氣體及毒性粉塵，不具殺菌效能，需費力呼吸或無法吸附異味時應立即更換，適用於噴漆作業或噴灑農藥時。使用後阻擋飛沫傳染的效果 80%。並阻擋 30%~80% 空污物質和減輕異味 [2]。

- (5). N95 防護口罩：N95 是 NIOSH (美國驗證單位) 認證的 9 種防塵口罩中的一種，N 代表其材質僅適用於過濾非油性粉塵，95 代表其過濾效能達至少達 95% 效能。呼吸阻抗較高，不適合一般民眾長時間配戴，且應避免重複使用 [2]。
- (6). B. 可重複用式口罩
- (7). 一般為織物布料類為日常防護用，以保溫為主要目的的口罩 [2]。
- (8). 口罩外層一般用紡黏熱壓不織布，中層為熔噴不織布，內層為 PP 熱壓不織布，現日常使用最廣泛的為醫用口罩，活性碳與 N95 系列口罩其次，本研究將對 A 型拋棄式口罩中台灣市面上的八家醫用口罩、三種活性碳口罩與兩種 N95 口罩各分別針對八種性能項目測試，分別是口罩的基重、壓點面積覆蓋率、中層孔隙率與纖維直徑、呼吸氣阻抗、外層撥水性、PM2.5 及 PM10 過濾效率、微米過濾效率，此實驗可了解台灣口罩功能。

理論

纖維過濾過程中，攔截顆粒物的過濾作用有三類六種：物理性過濾 [其中包括擴散效應、攔截 (或稱接觸) 效應、慣性效應、重力效應]、吸附效應過濾和靜電效應過濾 [3]。

重力沉降作用

微粒通過纖維層時，在重力作用下，發生脫離氣流流線的位移而沉降在纖維表面被攔截。只有微粒粒徑大於 $0.5\mu\text{m}$ 時，重力效應才存在 [3]。

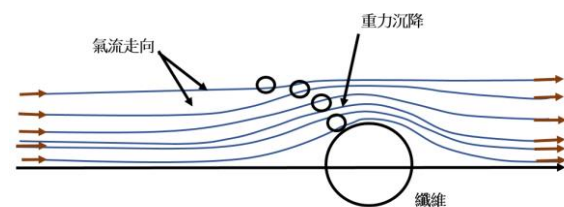


圖 1 重力沉降作用

攔截作用

完全沿著氣流方向運動的較小顆粒物 (次微米及顆粒)，只有當顆粒的半徑大於過濾纖維之間的距離時，顆粒物才可能被過濾纖維攔截 [3]。

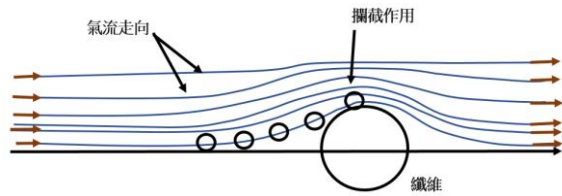


圖 2 攔截作用

靜電作用

使用人為加工帶靜電的過濾纖維，將纖維帶上電荷，與空氣中的顆粒產生靜電效應。因為靜電力使顆粒物改變了運動軌跡並撞上障礙物，從而更易被濾料所攔截，是集吸附、慣性碰撞、攔截和擴散效應於一體的過濾方式[3]。

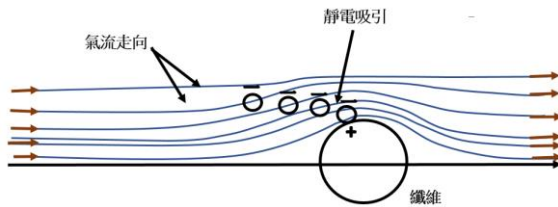


圖 3 靜電作用

擴散作用

對於纖維過濾，如果粒子不帶電，從某種意義上講，擴散效應是最主要的過濾作用。受空氣分子熱運動影響，極其微小的顆粒(粒徑小於 $0.1\mu\text{m}$)受到空氣分子的撞擊，呈現布朗運動，隨機性地接觸到過濾纖維被過濾[3]。

慣性撞擊作用

較高質量的顆粒物(粒徑大於 $1\mu\text{m}$)受慣性影響撞擊到過濾纖維上被過濾[3]。

吸附作用

吸附是利用材料的大表面積及多孔結構來捕集顆粒物。如活性炭等材料[4]。

實驗

實驗材料

實驗材料為在台灣市售口罩隨機取樣來進行測試有，UNIDESIGHN、康那香、萊潔、MOTEX、3M、中國衛生 6 家生產公司

- (1). A1 醫用口罩：17.5*9.5cm
- (2). A2 醫用口罩：18*9cm
- (3). A3 醫用口罩：17.5*9.5cm
- (4). A4 醫用口罩：17.5*9.5cm
- (5). A5 醫用口罩：17.5*9.5cm
- (6). A6 醫用口罩：17.5*9.5cm
- (7). A7 醫用口罩：17.5*9.5cm
- (8). B1 活性炭口罩：17.5*9.5cm
- (9). B2 活性炭口罩：17.5*9.5cm
- (10). C1 N95 口罩
- (11). C2 N95 口罩
- (12). C3 N95 口罩
- (13). D 平面口罩：17.5*9.5cm
- (14). E 活性炭布口罩：17.5*9.5cm

實驗儀器

- (1). 織物影像分析儀
- (2). 掃描式電子顯微鏡：JEOL-JSM-6510
- (3). 電子天秤：XS 225A-SC 型精確值 0.0001g
- (4). 激光 PM2.5 檢測儀：SOL307
- (5). 透氣性分析儀：Textest FX 3300-IV
- (6). 接觸角測定儀：Contact Angle Analysis System
- (7). 粉塵顆粒分析儀：TSI-8130

實驗流程

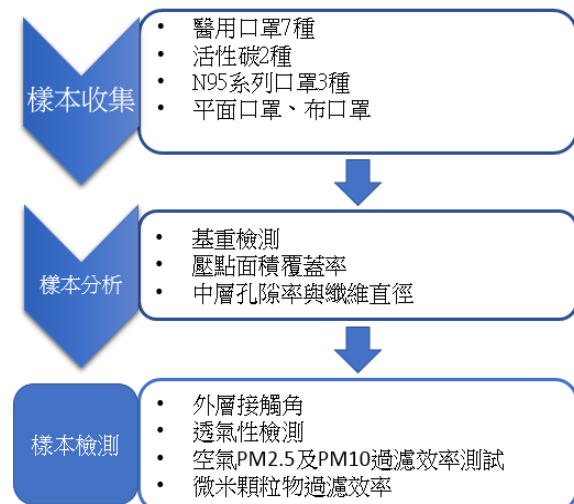


圖 4 實驗流程之流程圖

實驗方法

1. 基重檢測

- (1). 重量檢測：剪取 13cm×10cm 試片，放置電子天平秤盤上，測量其實際重量與記錄長寬。
- (2). 測定外層、中層、內層布重並將其換算基重。

2. 壓點面積覆蓋率

剪取 13cm×10cm 之試片將口罩置於織物影像分析儀觀察其外層、內層表面壓紋點面積的覆蓋率。

3. 中層孔隙率與纖維直徑

剪取適當大小之試片每組各 2 片，以碳膠帶貼於載台上後進行鍍金 1min，在將其放入儀器內放大 1000、3000 倍拍攝後進行計算孔隙率與纖維直徑。

4. 呼吸氣阻抗檢測

- (1). 實驗條件
測量面積：38cm²
使用單位：Pa
空氣流量：85L/min
- (2). 實驗方法
樣本大小為 13cm×10cm。
放至測試口將其壓住開始測定。

5. 外層接觸角

使用接觸角測定儀剪取外層適當大小之試片貼於載台上，滴水滴於布面上測定接觸角角度。

6. PM2.5 及 PM10 過濾效率

- (1). 儀器原理
由激光模組產生一束特定的激光，當顆粒物經過時，其信號會被數字電路模組檢測到，通過對信號數據進行分析得到顆粒計數和顆粒大小，根據專業的標定技術得到粒徑分佈與質量濃度轉換公式，最終得到當下濃度。
- (2). 實驗條件
測量面積：38cm²
使用單位：μg/m³
- (3). 使用材料
線香：直徑 0.24cm
可燃燒長度：28.2cm
燃燒時間：48.27 分鐘
- (4). 實驗步驟

處於高濃度顆粒物的密閉空間(2.4m×2.4m x 1.2m)進行測試將口罩置於測試口上 使其過濾 5 分鐘，當數值穩定後為測試後顆粒物濃度 在等待 5 分鐘後，使空間內顆粒物濃度穩定後為室內濃度。

$$\text{過濾效率} = \frac{(\text{室內濃度} - \text{測試後濃度})}{\text{室內濃度}} \times 100\%$$

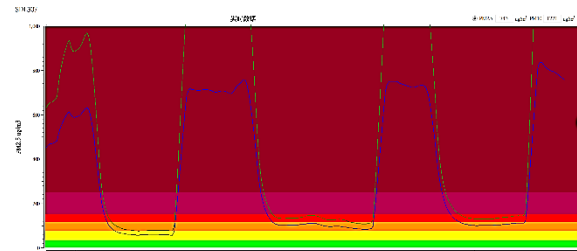


圖 5 粉塵粒分析 PM2.5 檢測儀示意圖

7. 微米顆粒物過濾效率

- (1). 實驗條件
檢體放置於 38 ± 2°C 及 85 ± 5% 相對濕度之恆溫恆濕箱中 24~26 小時。
- (2). 實驗步驟
配製 2% 鹽水(NaCl)注入 TSI 8130 次微米粒子過濾效率測試機之微粒子產生器中，依 CNS14755 拋棄式防塵面罩(11)第 8.2 節之方法進行測試：將檢體放入 TSI 8130 次微米粒子過濾效率測試機之測試座，在 85 L/min 流量下測試口罩微粒子過濾效率，記錄其數值。

結果與討論

口罩檢測總表

本實驗目的為研究口罩的基重跟各層的覆蓋率、纖維直徑、孔隙率與透氣性、撥水性、PM2.5 過濾效率之間的關聯性。由表 3 得知 A 類醫用口罩總基

重範圍為 45~75 克，A3 總基重較重，A2 總基重較輕。A4 總基重為 126 克；B 類活性炭總基重為 125~137 克，B1 總基重較輕，B2 總基重較重；C 類 N95 口罩總基重為 109~242 克，C3 總基重較重，C2 總基重較輕。

表 1 A 類醫用口罩檢測總表

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 外層(g) | 15.0 | 14.4 | 28.5 | 29.6 | 19.9 | 19.5 | 19.8 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 21.0 | 13.6 | 16.0 | 33.4 | 29.0 | 23.9 | 32.2 |
| 中層(g) | 24.8 | 21.0 | 25.0 | 25.0 | 20.8 | 20.5 | 25.2 |
| 孔隙率(%) | 2.33 | 2.20 | 1.68 | 1.70 | 2.61 | 3.46 | 1.38 |
| 纖維平均直徑(um) | 2.53 | 3.56 | 2.96 | 2.71 | 3.74 | 3.87 | 3.25 |
| 內層(g) | 20.8 | 20.1 | 21.6 | 19.7 | 19.9 | 20.1 | 22.7 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 26.6 | 21.3 | 33.2 | 15.5 | 16.4 | 19.7 | 37.9 |
| 總基重(g) | 60.6 | 45.5 | 75.1 | 74.3 | 60.3 | 60.2 | 67.7 |
| 吸氣阻抗(Pa) | 90.5 | 70.9 | 77.4 | 81.3 | 57.5 | 53.2 | 77.1 |
| 呼氣阻抗(Pa) | 85.3 | 69.6 | 79.1 | 80.7 | 59.1 | 55.2 | 74.2 |
| 防潑水性-接觸角角度(deg) | 112.0 | 115.1 | 124.3 | 123.2 | 120.2 | 118.6 | 117.6 |
| PM2.5過濾效率(%) | 94.8 | 97.7 | 92.4 | 97.4 | 95.7 | 95.3 | 95.9 |
| PM10過濾效率(%) | 95.6 | 97.8 | 90.6 | 97.7 | 95.8 | 95.9 | 96.4 |
| 微米顆粒過濾效率(%) | 71.3 | 78.6 | 83.3 | 81.7 | 65.9 | 54.9 | 84.9 |

表 2 B 活性炭口罩、C N95 口罩、D 平面口罩、E 活性炭布口罩檢測總表

| | B1 | B2 | C1 | C2 | C3 | D | E |
|---------------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| 外層(g) | 30.5 | 28.8 | 51.8 | 20.7 | 40.8 | 23.3 | 30.5 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 26.4 | 21.3 | 29.6 | 13.0 | 16.3 | 17.8 | 26.4 |
| 碳層(g) | 42.3 | 50.4 | 無 | 無 | 無 | 無 | 37.6 |
| 支撐層(g) | 無 | 無 | 71.7 | 無 | 86 | 無 | 無 |
| 中層1(g)+中層2(g) | 30.1 | 28.7 | 30.8+38.3 | 42+28 | 45.7+40.9 | 23.1 | 134.3 |
| 孔隙率(%) | 0.78 | 0.87 | 0.51+0.34 | 0.18+0.59 | 0.12+0.23 | 1.21 | 2.38 |
| 纖維平均直徑(um) | 2.73 | 3.26 | 2.49+3.23 | 2.79+3.76 | 2.30+2.81 | 3.27 | 16.94 |
| 內層(g) | 20.3 | 28.6 | 31.1 | 18.9 | 28.4 | 20.0 | 46.6 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 24.4 | 29.4 | 31.3 | 13.8 | 30.2 | 23.8 | |
| 總基重(g) | 125.5 | 136.5 | 223.7 | 109.6 | 241.8 | 66.4 | 321.5 |
| 吸氣阻抗(Pa) | 97.3 | 152.6 | 163.3 | 106.5 | 165 | 152.6 | 67.3 |
| 呼氣阻抗(Pa) | 97.7 | 143.4 | 163 | 107.1 | 168.6 | 143.4 | 63.7 |
| PM2.5測定濃度(μg/m ³)+過濾效率(%) | 78.1+83.0 | 82.8+82.3 | 102+78.7 | 113.6+77.7 | 73+88.3 | 70.8+88.1 | 458.3+24.7 |
| PM10測定濃度(μg/m ³)+過濾效率(%) | 90.7+84.7 | 92.3+84.3 | 123.7+82.7 | 132.3+83.7 | 88.5+91.3 | 87.4+88.6 | 521.3+31 |
| 微米顆粒過濾效率(%) | 85.4 | 84 | 99.1 | 98 | 99.9 | 85.4 | 12.6 |

外觀及總重

A 醫用口罩、B 活性炭口罩、C N95 口罩類

表 3 A、B、C 類基重

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|---------------|-------|-------|------|------|-----------|-------|-----------|
| 外層(g) | 15.0 | 14.4 | 28.5 | 29.6 | 19.9 | 19.5 | 19.8 |
| 中層(g) | 24.8 | 21.0 | 25.0 | 25.0 | 20.8 | 20.5 | 25.2 |
| 內層(g) | 20.8 | 20.1 | 21.6 | 19.7 | 19.9 | 20.1 | 22.7 |
| 總基重(g) | 60.6 | 45.5 | 75.1 | 74.3 | 60.3 | 60.2 | 67.7 |
| | B1 | B2 | | | C1 | C2 | C3 |
| 外層(g) | 30.5 | 28.8 | | | 51.8 | 20.7 | 40.8 |
| 碳層(g) | 42.3 | 50.4 | | | 無 | 無 | 無 |
| 支撐層(g) | 無 | 無 | | | 71.7 | 無 | 86 |
| 中層1(g)+中層2(g) | 30.1 | 28.7 | | | 30.8+38.3 | 42+28 | 45.7+40.9 |
| 內層(g) | 20.3 | 28.6 | | | 31.1 | 18.9 | 28.4 |
| 總基重(g) | 125.5 | 136.5 | | | 223.7 | 109.6 | 241.8 |

口罩外層

(1) A 類醫用口罩外層

醫用口罩外層主要目的是阻擋水氣、液體的滲入。由表 4 得知 A1 與 A2 外層基重為 15 克，A3 與 A4 基重為 30 克，A5、A6、A7 外層基重為 20 克，A 類醫用口罩外層基重範圍為 14~30 克、壓點面積覆蓋率範圍為 13~34%。由圖 6 可看出 A 類外層皆是使用熱壓壓出壓紋點來固定棉網，壓紋點形狀為正方形或菱形紋的壓紋點，75 倍放大照片中可發現基重越重的棉網越密、壓紋點的覆蓋率也會越高。由圖 6 可看出 A4 外層棉網較密，透光性較低，壓紋點覆蓋率也較高，故基重也較重，A2 外層，棉網的密集程度較低，透光性較高，壓紋點覆蓋率較低，故基重較輕。

表 4 A 類醫用口罩外層

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 外層(g) | 15.0 | 14.4 | 28.5 | 29.6 | 19.9 | 19.5 | 19.8 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 21.0 | 13.6 | 16.0 | 33.4 | 29.0 | 23.9 | 32.2 |

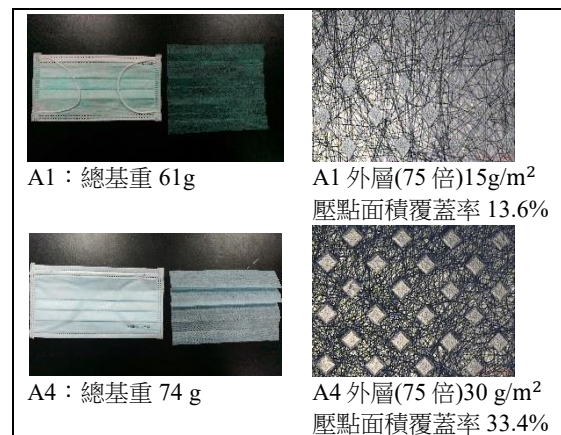


圖 6 A 類醫用口罩遠近觀測

(2). 活性炭口罩外層

由表 5 得知 B1 外層基重為 31 克，B2 外層基重為 29 克，B 類活性炭口罩外層基重範圍為 28~31 克、壓紋點覆蓋率範圍為 21~27%。經實驗得知，B 類口罩是使用橢圓形壓紋。由圖 7 可看出 B1 外層棉網較密，壓紋點覆蓋率較高，透光性較低，故基重較重，B2 外層，棉網的密集程度較低，壓紋點覆蓋率較低，透光性較高，故基重較輕。

表 5 B 類活性炭口罩外層

| | B1 | B2 |
|------------|------|------|
| 外層(g) | 30.5 | 28.8 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 26.4 | 21.3 |

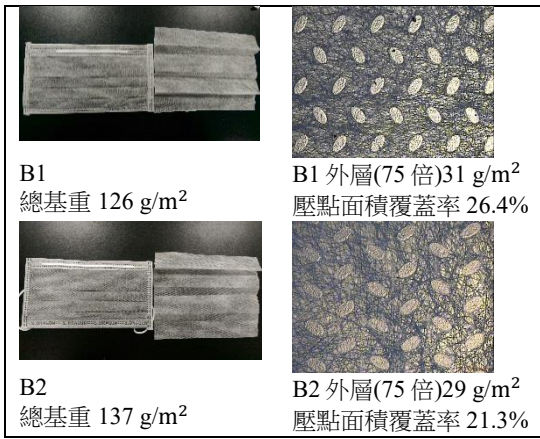


圖 7 B 類活性炭口罩外層遠近觀測

(2) C 類 N95 系列口罩外層

C1 外層基重為 50 克，C2 口罩外層基重為 20 克，C3 外層基重為 40 克，C 類 N95 口罩外層基重範圍為 20~52 克、壓點面積覆蓋率範圍為 13~30%。經實驗得知，C1 與 C3 口罩皆是使用菱形紋壓紋點，由圖可看出 C1 棉網較密，透光性較低，壓紋點覆蓋率較高，故基重也較重。C2 棉網的密集程度較低，透光性較高，壓紋點覆蓋率較低，故基重較輕。

表 6 C 類 N95 口罩外層

| | C1 | C2 | C3 |
|------------|------|------|------|
| 外層(g) | 51.8 | 20.7 | 40.8 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 29.6 | 13.0 | 16.3 |

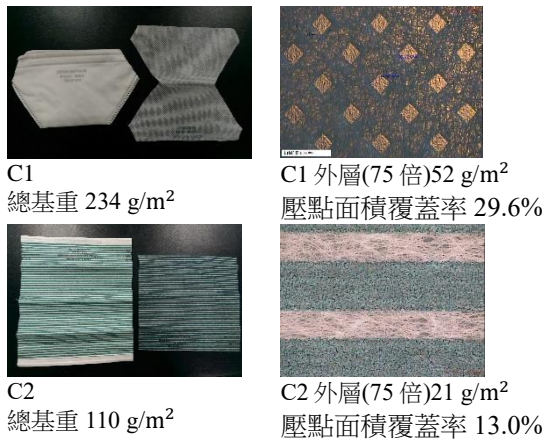


圖 8 C 類 N95 口罩外層遠近觀測

口罩中層

(1). A 類醫用口罩中層

中層為口罩最主要的過濾層，也是影響透氣性與過濾效率的主要因素，孔隙越小纖維直徑越細過濾效率越好呼吸氣阻抗越高。由表 7 得知 A2、A5、A6 中層基重為近 20 克，A1、A3、A4、A7 中層基

重為近 25 克，A 類醫用口罩中層基重範圍 20~25 克、孔隙率範圍為 1.38~3.46%、纖維直徑範圍為 2.53~3.87 μm 。由圖 9 得知 A7 所使用的中層基重較重、孔隙率較低，A5 所使用的中層基重較輕、孔隙率較低，A1 的纖維直徑較小，A6 的纖維直徑較大。

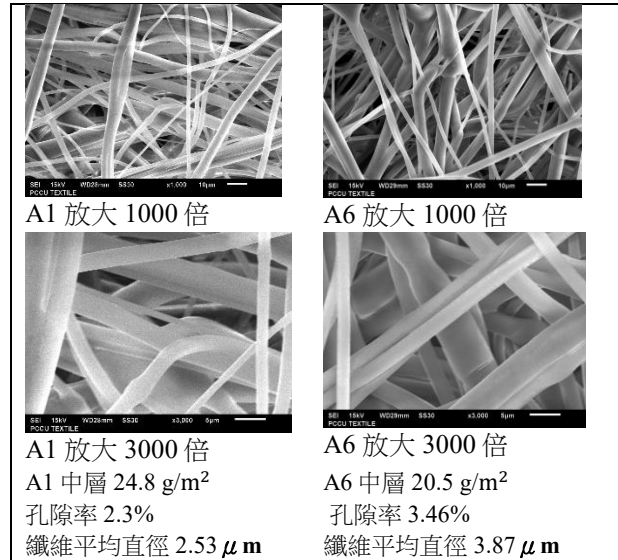


圖 9 A 類醫用口罩倍率 1000、3000 下中層微觀

表 7 A 類醫用口罩中層

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 中層(g) | 24.8 | 21.0 | 25.0 | 25.0 | 20.8 | 20.5 | 25.2 |
| 孔隙率(%) | 2.33 | 2.20 | 1.68 | 1.70 | 2.61 | 3.46 | 1.38 |
| 纖維直徑(μm) | 2.53 | 3.56 | 2.96 | 2.71 | 3.74 | 3.87 | 3.25 |

(2). B 類活性炭口罩中層

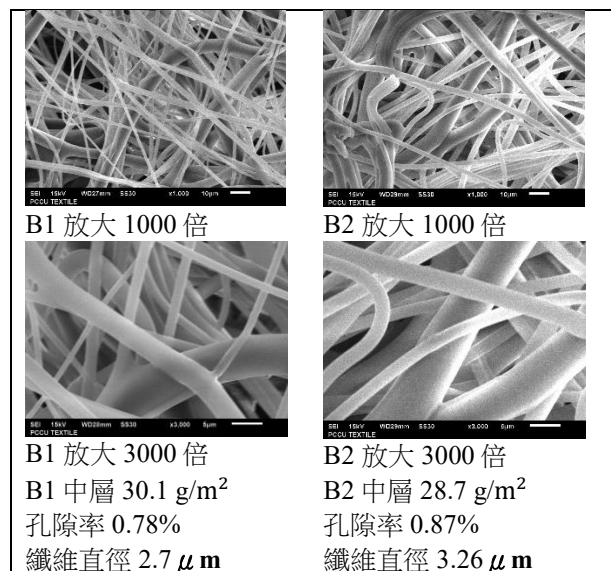


圖 10 B 類活性炭口罩倍率 1000、3000 下中層微觀

表 8 B 類活性炭口罩中層

| | B1 | B2 |
|-----------------------|------|------|
| 中層(g) | 30.1 | 28.7 |
| 孔隙率(%) | 0.78 | 0.87 |
| 纖維直徑(μm) | 2.73 | 3.26 |

活性炭口罩的中層比醫用口罩厚是因為要阻擋碳層的活性炭顆粒物，避免使用者吸入活性炭導致呼吸道受到損傷。

由表 8 得知 B1 中層基重為 30 克，B2 中層基重為 29 克，B 類活性炭口罩中層基重範圍 28~30 克、孔隙率範圍為 0.78~0.87%、纖維直徑範圍為 2.73~3.26 μm 。由圖 10 得知，B1 所使用的中層基重較重、孔隙率較低、纖維直徑較粗，B2 使用的中層基重較輕、孔隙率較低、纖維直徑較細。

(3) C 類 N95 口罩中層

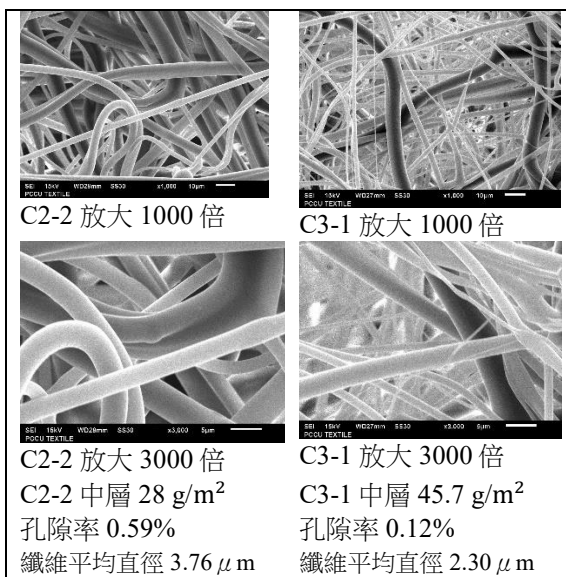


圖 11 C 類 N95 口罩倍率 1000、3000 下中層微觀

表 9 C 類 N95 口罩中層

| | C1 | C2 | C3 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| 中層1(g) | 30.8 | 42.0 | 45.7 |
| +中層2(g) | +38.3 | +28.0 | +40.9 |
| 孔隙率(%) | 0.51 | 0.18 | 0.12 |
| | +0.34 | +0.59 | +0.23 |
| 纖維直徑(μm) | 2.49 | 2.79 | 2.30 |
| | +3.23 | +3.76 | +2.81 |

由表 9 得知 C1 中層 1 基重為 31 克，C2 中層 1 基重為 42 克，C3 中層 1 基重為 46 克。C1 中層 2 基重為 38 克，C2 中層 2 基重為 28 克，C3 中層 2 基重為 41 克，C 類 N95 口罩中層基重範圍 28~46 克、孔隙率範圍 0.12~0.59%、纖維直徑 2.30~3.76 μm 。N95 系列口罩有兩層中層熔噴布過濾層，因 N95 系列需要更高的過濾效率，所以需要兩層中層熔噴布過濾層來阻擋更多的顆粒物。由圖 11 得知 C3-1 中層所使用的基重較重，孔隙率與纖維直徑較小，代表他的過濾效率為最佳。C2-2 中層所使用的基重較輕，孔隙率纖維直徑較大。

口罩內層

(1) A 類醫用口罩內層

內層主要目的是吸水性，為了配戴者的舒適性與保持內部乾燥避免過多的滋生細菌。由表 10 得知 A2、A4、A5、A6 內層基重為 20 克，A1、A3 內層基重為 21 克，A7 內層基重為 22 克，A 類醫用口罩內層基重範圍為 19~23 克、壓點面積覆蓋率範圍為 15~38%。由圖 12 可看出 A 類內層皆是使用熱壓押出壓紋點來固定棉網。A7 棉網較密，透光性較低，覆蓋率較高，故基重也較重，A4 棉網的密集程度較低，透光性較高，覆蓋率較低，故基重較輕。

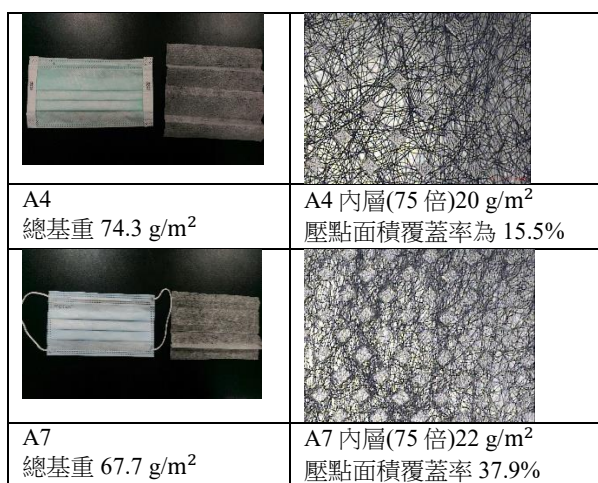


圖 12 A 類醫用口罩內層遠近觀測

表 10 A 類醫用口罩內層

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 內層(g) | 20.8 | 20.1 | 21.6 | 19.7 | 19.9 | 20.1 | 22.7 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 26.6 | 21.3 | 33.2 | 15.5 | 16.4 | 19.7 | 37.9 |

(2) B 類活性炭口罩內層

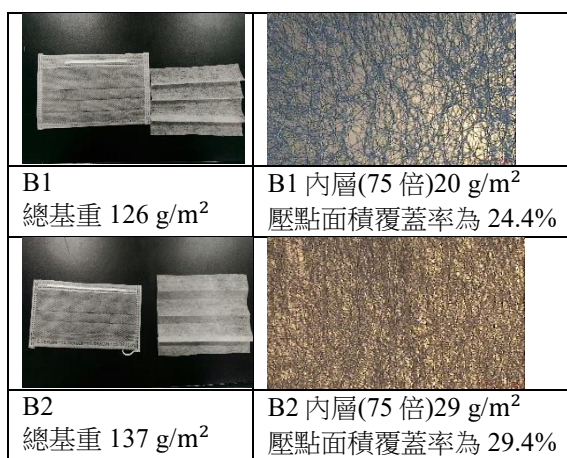


圖 13 B 類活性炭口罩內層遠近觀測

表 11 B 類活性碳口罩內層

| | B1 | B2 |
|------------|------|------|
| 內層(g) | 20.3 | 28.6 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 24.4 | 29.4 |

由表 11 得知 B1 內層基重為 20 克，B2 內層基重為 29 克，B 類活性碳口罩內層基重範圍為 20~29 克、壓點面積覆蓋率範圍為 24~30%。由圖 13 可看出 B1 內層棉網密集程度較低，透光性較高，覆蓋率較低，故基重較輕，B2 內層棉網密集程度較高，透光性較低，覆蓋率較高，故基重較重。

(3) C 類 N95 口罩內層

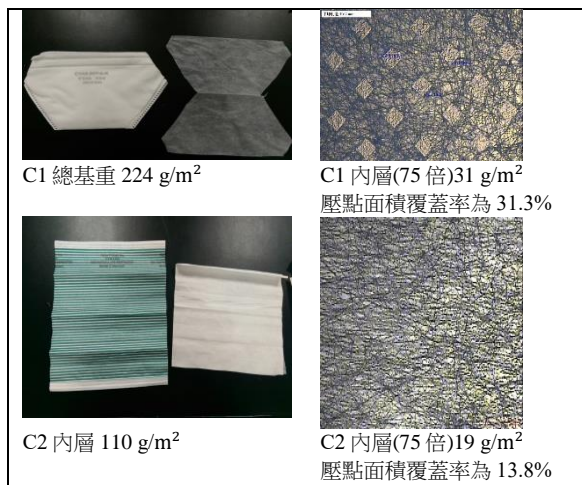


圖 14 N95 口罩內層遠近觀測

表 12 N95 口罩內層

| | C1 | C2 | C3 |
|------------|------|------|------|
| 內層(g) | 31.1 | 18.9 | 28.4 |
| 壓點面積覆蓋率(%) | 31.3 | 13.8 | 30.2 |

由表 12 得知 C1 內層基重為 31 克，C2 內層基重為 19 克，C3 內層基重為 28 克，C 類 N95 系列口罩基重範圍為 18~31 克、壓點面積覆蓋率範圍為 13~32%。由圖 14 可看出 C1 使用菱形紋的壓紋點，透光性較低，棉網較密，覆蓋率較高，故基重較重，C2 是使用平輪光壓來固定棉網，內層密集程度較低，透光性較高，覆蓋率較低，故基重較輕。

口罩碳層

(1) B 類活性碳口罩碳層

活性碳口罩碳層主要目的是吸附有機氣體及毒性粉塵，具有減少異味的效果，但不具殺菌效能。由表 13 得知 B1 碳層基重為 42 克，B2 碳層基重為 50 克，B 類活性碳口罩碳層基重範圍為 42~50 克。由圖 15 可看出 B1 碳層透光性較高，活性碳比較少，故基重也較輕，B2 棉網的透光性較低，活性碳較多，

故基重較重。

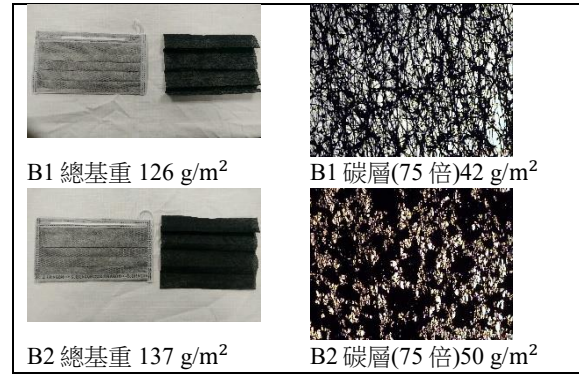


圖 15 N95 口罩碳層遠近觀測

表 13 N95 口罩碳層

| | B1 | B2 |
|-------|------|------|
| 碳層(g) | 42.3 | 50.4 |

口罩支撐層

(1)C 類 N95 系列口罩支撐層

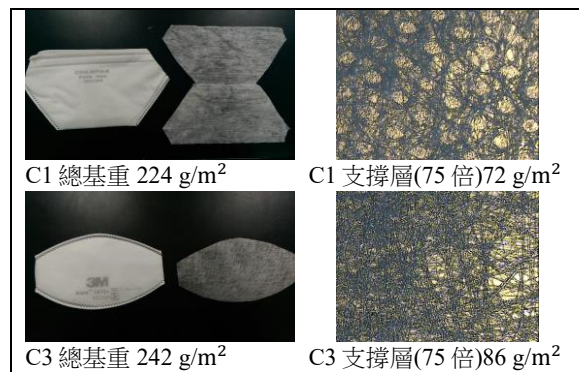


圖 16 C 類 N95 口罩支撐層遠近觀測

表 14 C 類 N95 口罩支撐層

| | C1 | C2 | C3 |
|--------|------|----|------|
| 支撐層(g) | 71.7 | 無 | 86.0 |

支撐層主要目的是支撐整個口罩使其不會沾黏到嘴巴部分。C1 支撐層基重為 72 克，C2 是使用塑膠條當支撐材故沒有硬層，C3 支撐層基重為 86 克，經實驗測量後 C 類 N95 口罩基重範圍為 71~86 克。

呼吸氣阻抗檢測-A 類醫用口罩

呼吸氣阻抗為依 CNS14755 拋棄式防塵面罩 5.2 節口罩之性能，在空氣流量 85±4L/min 下測試，D1 級呼吸氣阻抗為不得超過 190Pa 以上。由表 15 得知 A 類醫用口罩吸氣阻抗範圍為 53~91Pa，呼氣阻抗範圍為 55~85Pa。A1 中層棉網較密，中層纖維直徑較細，故呼吸氣阻抗較大，A6 棉網密集度較低，中層纖維直徑較粗，故呼吸氣阻抗較小。與基重相互

比較後可以發現，基重較輕的不一定透氣比較好，中層的纖維直徑影響呼吸氣阻抗的因素最大，中層 25 克以上的呼吸氣阻抗皆超過 71Pa 以上，依 CNS14755 [拋棄式防塵面罩]，A1~A7 皆符合 D1 級呼吸氣阻抗標準。

表 15 A 類醫用口罩類的中層基重與呼吸氣阻抗

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| 中層(g) | 24.8 | 21.0 | 25.0 | 25.0 | 20.8 | 20.5 | 25.2 |
| 纖維直徑(μm) | 2.53 | 3.56 | 2.96 | 2.71 | 3.74 | 3.87 | 3.25 |
| 吸氣阻抗(Pa) | 90.5 | 70.9 | 77.4 | 81.3 | 57.5 | 53.2 | 77.1 |
| 呼氣阻抗(Pa) | 85.3 | 69.6 | 79.1 | 80.7 | 59.1 | 55.2 | 74.2 |

呼吸氣阻抗檢測-B 類活性炭、C 類 N95 口罩、D 類平面口罩

表 16 B 類活性炭、C 類 N95 口罩、D 類平面口罩各層基重與呼吸器阻抗

| | B1 | B2 | C1 | C2 | C3 | D | E |
|-------------------|------|-------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|
| 中層1(g) +中層2(g) | 30.1 | 28.7 | 30.8 +38.3 | 42 +28 | 45.7 +40.9 | 23.1 | 134.3 |
| 纖維直徑(μm) | 2.73 | 3.26 | 2.49 +3.23 | 2.79 +3.76 | 2.30 +2.81 | 3.27 | 16.94 |
| 吸氣阻抗(Pa) | 97.3 | 152.6 | 163.3 | 106.5 | 165 | 152.6 | 67.3 |
| 呼氣阻抗(Pa) | 97.7 | 143.4 | 163 | 107.1 | 168.6 | 143.4 | 63.7 |

B 類活性炭口罩與 D 類平面口罩為依 CNS14755 拋棄式防塵面罩 5.2 節口罩之性能，在空氣流量 85 ±4L/min 下測試，呼吸氣阻抗為 190Pa 以下。C 類 N95 口罩的呼吸氣阻抗為依美規 NIOSH 42 CFR 84 呼吸防護用品標準認證的口罩性能，N95 吸氣阻抗為 350Pa 以下，呼氣阻抗為 250Pa 以下。

由表 16 得知 B 類活性炭口罩吸氣阻抗範圍為 97~153Pa，呼氣阻抗範圍為 97~143Pa，B2 因纖維直徑較粗，故呼吸氣阻抗較大，B1 因纖維直徑較細，故呼吸氣阻抗較低。C 類 N95 口罩吸氣阻抗範圍為 106~165Pa，呼氣阻抗範圍為 107~169Pa，C2 因纖維直徑較粗，故呼吸氣阻抗較小，C3 因纖維直徑較細，故呼吸氣阻抗較大。D 類平面口罩呼吸氣阻抗為 152.6Pa，呼氣阻抗為 143.4Pa。經測試得知，活性炭口罩透氣阻力比醫用口罩大，因為中層較厚影響較大，及多加了碳層，N95 系列口罩的呼吸氣阻抗都比活性炭口罩與醫用口罩大，因多了一層中層與支撐層，支撐層是使用 PET 聚酯長纖不織布製成，因此呼吸氣阻抗較大。依 CNS14755 拋棄式防塵面罩與 NIOSH42 CFR 84 呼吸防護用品標準認證，B1~B2、C1~C3、D 皆符合標準。

防撥水性測試-醫用口罩

醫用口罩外層最主要的功能是阻擋水氣、液體進入，因此醫用口罩外層需要高防撥水性，接觸角角度需要再 90 度以上才能達到防撥水的效果。由表 17 得知 A1 接觸角 112 度，外層基重為 15 克，上劑量較少，故防撥水性較差。A3 接觸角 124 度，外層基重為 30 克，上劑量較多，故撥水性較好，由圖 15 得知 A 類醫用口罩撥水性接觸角角度範圍為 112~124 度。由測試得知，七家外層不織布皆具有醫用口罩的防撥水效果。外層防撥水具有較好的防撥水效果。加工效果會因外層的基重、棉網密集程度、防撥水劑多寡受影響。較密集的棉網撥水劑含量較多防撥水。由表可看出基重與撥水性有很大的關連性，基重較重可上的撥水劑較多。

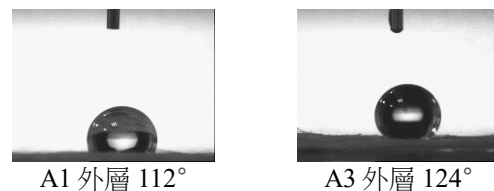


圖 15 接觸角示意圖

表 17 A 類醫用口罩接觸角角度

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 接觸角角度(deg) | 112.0 | 115.1 | 124.3 | 123.2 | 120.2 | 118.6 | 117.6 |
| 外層基重(g) | 15 | 15 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 |

PM2.5 PM10 測試-醫用口罩類

測試各類口罩對於 PM2.5 及 PM10 過濾後所剩餘的顆粒物濃度是否達到對人體傷害較低的程度，以及各類口罩所能過濾幾成的顆粒物。根據 GB/T32610-2016 日常防護型口罩技術規範口罩為須過濾到 75μg/m³濃度以下。

醫用口罩類對於 PM2.5 過濾測定濃度及過濾效率範圍分別為 16~52μg/m³濃度、92~98%過濾效率，對於 PM10 過濾測定濃度及過濾效率範圍分別為 21~68μg/m³濃度、90~98%過濾效率。由測試得知，A2 為七家醫用口罩最佳，使用最少的布料達到最好的過濾效率。經總平均後 PM2.5 過濾測定濃度為 28μg/m³及 96%過濾效率，PM10 過濾測定濃度為 34μg/m³及 96%過濾效率，皆符合標準。

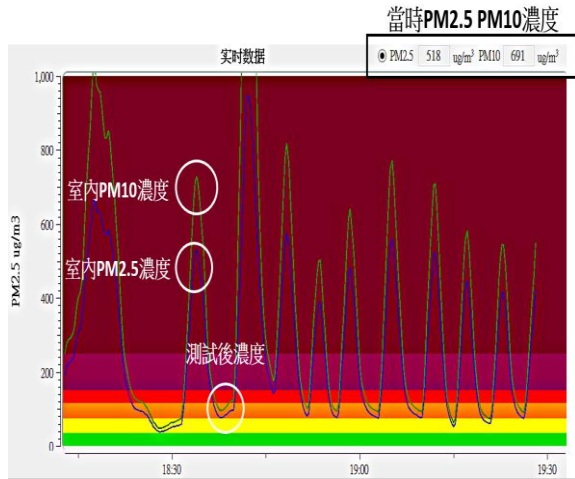


圖 16 PM2.5 PM10 過濾測試示意圖

表 18 醫用口罩 PM2.5 PM10 過濾測定濃度及效率

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | 總和 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 |
| 過濾測定濃度 (ug/m ³) | 24.3 | 30.5 | 20.5 | 32 | 52 | 16.9 | 17.6 | 27.7 |
| +過濾效率(%) | +94.8 | +97.7 | +92.4 | +97.4 | +95.7 | +95.3 | +95.9 | +95.6 |
| | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 |
| 過濾測定濃度 (g/m ³) | 29.5 | 37.2 | 25 | 38 | 68.2 | 21.2 | 21.3 | 34.3 |
| +過濾效率(%) | +95.6 | +97.8 | +90.6 | +97.7 | +95.8 | +95.9 | +96.4 | +95.7 |

PM2.5 PM10 測試-活性炭、N95 系列口罩

表 19 D 平面口罩、E 活性炭布口罩、B 類活性炭口罩、C 類 N95 口罩 PM2.5 PM10 過濾測定濃度及效率

| | B1 | B2 | C1 | C2 | C3 | D | E |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 | PM2.5 |
| 過濾後濃度 (ug/m ³) | 78.1 | 82.8 | 102 | 113.6 | 73 | 70.8 | 458.3 |
| +過濾效率(%) | +83.0 | +82.3 | +78.7 | +77.7 | +88.3 | +88.1 | +24.7 |
| | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 | PM10 |
| 過濾後濃度 (ug/m ³) | 90.7 | 92.3 | 123.7 | 132.3 | 88.5 | 87.4 | 521.3 |
| +過濾效率(%) | +84.7 | +84.3 | +82.7 | +83.7 | +91.3 | +88.6 | +31 |
| 總基重(g) | 125.5 | 136.5 | 223.7 | 109.6 | 241.8 | 66.4 | 321.5 |

由表 19 得知，D 平面口罩、E 活性炭布口罩、B 類活性炭口罩、C 類 N95 口罩對於 PM2.5 過濾測定濃度及過濾效率範圍分別為為 71~458ug/m³濃度、25~88%過濾效率，對於 PM10 過濾測定濃度及過濾效率範圍分別為為 87~521ug/m³濃度、31~91%過濾效率。由測試得知，E 活性布口罩對於 PM2.5 PM10 的過濾效用較低，故僅適合保暖作用，依 GB/T32610-2016 日常防護型口罩技術規範，14 家口罩有 5 家無法過濾到 75ug/m³濃度以下。

微米顆粒物過濾效率

測試各類口罩對於 0.3μm 以下顆粒物過濾效率，根據 CNS14755 拋棄式防塵面罩為標準進行測試在空氣流量 85±4L/min 下測試，D1 級為 80~95%、呼吸氣阻抗 190PA 以下。NIOS 42 CFR 84 呼吸防護用品標準認證的口罩性能，N95 為過濾效率達到 95%

以上，吸氣阻抗為 350Pa 以下、呼氣阻抗為 250Pa 以下。

由表 20 得知 A 類醫用口罩過濾效率範圍為 54~85%過濾效率、B 類活性炭口罩過濾效率範圍為 84~86%過濾效率、C 類 N95 口罩過濾效率範圍為 98~100%過濾效率、D 平面口罩過濾效率範圍為 85%過濾效率。由測試得知 A 類醫用口罩有 4 家口罩不符合標準，為 A1、A2、A5、A6，B 類活性炭口罩與 D 平面口罩達到 D1 級標準，C 類達到 D3 級標準與 N95 標準。E 活性炭布口罩為重複式口罩故不列入比較。

表 20 微米顆粒物過濾效率

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
|-------------------|------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| 中層(g) | 24.8 | 21.0 | 25.0 | 25.0 | 20.8 | 20.5 | 25.2 |
| 孔隙率(%) | 2.33 | 2.20 | 1.68 | 1.70 | 2.61 | 3.46 | 1.38 |
| 吸氣阻抗(Pa) | 90.5 | 70.9 | 77.4 | 81.3 | 57.5 | 53.2 | 77.1 |
| 呼氣阻抗(Pa) | 85.3 | 69.6 | 79.1 | 80.7 | 59.1 | 55.2 | 74.2 |
| 微米顆粒物過濾效率(%) | 71.3 | 78.6 | 83.3 | 81.7 | 65.9 | 54.9 | 84.9 |
| | B1 | B2 | C1 | C2 | C3 | D | E |
| 中層1(g)+中層2(g) | 30.1 | 28.7 | 30.8+38.3 | 42.0+28.0 | 45.7+40.9 | 23.1 | 134.3 |
| 孔隙率1(%) + 孔隙率2(%) | 0.78 | 0.87 | 0.51+0.34 | 0.18+0.59 | 0.12+0.23 | 1.21 | 2.38 |
| 吸氣阻抗(Pa) | 97.3 | 152.6 | 163.3 | 106.5 | 165 | 152.6 | 67.3 |
| 呼氣阻抗(Pa) | 97.7 | 143.4 | 163.0 | 107.1 | 168.6 | 143.4 | 63.7 |
| 微米顆粒物過濾效率(%) | 85.4 | 84.0 | 99.1 | 98.0 | 99.9 | 85.4 | 12.6 |

結論

1. 外層基重範圍為 14~52 克，內層基重範圍為 19~32 克，外層與內層壓紋點覆蓋率為 13~37%，得知外內層基重越重壓點面積覆蓋率越高。
2. 中層基重範圍為 20~46 克，孔隙率為 0.12~3.46%，纖維直徑為 2.3~5.15 μm，呼吸氣阻抗範圍為 53~169Pa，中層纖維平均直徑越粗呼吸氣阻抗越高，基重 25 克的呼吸氣阻抗皆在 71Pa 以上；中層孔隙率越小過濾效率越高。
3. 醫用口罩接觸角角度範圍為 112~124 度，外層具有良好的外層防撥水性。
4. A 類醫用口罩具有較小的呼吸氣阻抗，對於 PM2.5、PM10 具有良好的過濾效果，A2 具有最佳的 PM2.5、PM10 過濾效果，微米顆粒物的過濾效率有 4 家口罩不符合標準。
5. B 類活性炭口罩的呼吸氣阻抗比醫用口罩大，

- 對於 PM2.5、PM10 過濾效率 2 家不符合標準，微米顆粒物過濾效率佳。
6. C 類 N95 口罩具有較大的呼吸器阻抗，對於 PM2.5、PM10 過濾效率 2 家不符合標準，僅對於非油性顆粒物過濾達 95% 以上，對於油性顆粒物過濾效果不佳，微米顆粒物的過濾效率最佳，C3 具有最佳的微米顆粒物過濾效率。
 7. D 平面口罩 PM2.5、PM10、微米過濾效率皆符合標準。
 8. E 活性碳布口罩 PM2.5、PM10、微米顆粒物的過濾效果不佳，僅適用於保暖。
 9. 中國 GB/T32610-2016 日常防護型口罩技術規範口罩為須過濾到 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 濃度以下，PM2.5 過濾測定濃度 14 家口罩有 5 家不符合標準。
 10. 台灣 CNS14755 拋棄式防塵面罩為標準進行測試在空氣流量 $85 \pm 4 \text{L}/\text{min}$ 下測試，D1 級為 80~95%、呼吸器阻抗 190PA 以下，微米過濾效率 13 家口罩 4 家不符合標準。
 11. 美國 NIOS 42 CFR 84 呼吸防護用品標準認證的口罩性能，N95 為過濾效率達到 95% 以上，吸氣阻抗為 350Pa 以下、呼氣阻抗為 250Pa 以下，N95 口罩皆符合標準。

參考文獻

1. 任雅楠、喬琨、陳偉、朱波、虞軍偉，國內口罩標準概況，公安部第一研究所，山東大學，紡織專論，第八期，(2015)
2. 夏蟬、沈恒根、陽建榮，個體防護用口罩的過濾材料淨化 PM2.5 特性的試驗研究，東華大學，(2014)
3. 林汝青、古曉倩、杜培文、鄒玫君，市售外科手術口罩之品質監測，藥物食品檢驗局調查研究年報，17，21，(2009)
4. M, Akalin, I Usta, D Kocak and M S Ozen, INVESTIGATION OF THE FILTRATION PROPERTIES OF MEDICAL MASKS, Woodhead Publishing, Turkey, 97 (2010)