

市售特殊機能防塵口罩過濾效率及密合度測試

勞工衛生組 黃盛修副研究員

一、前言

經過 SARS 肆虐之後，在國內，民眾戴口罩以避免感染的比例大量地增加，以致於市面上各種宣稱有特殊效果的口罩紛紛出籠，其中，除了原本就應用普及的活性炭口罩之外，奈米光觸媒、抗菌口罩等也都是此波 SARS 疫情下的新興產品。雖然各式各樣主打著高科技的產品，提供消費者更多的選擇，但是大部分的產品並沒有經過檢驗，因此這些具有特殊機能口罩在強調其特殊功能的同時，是否也具有高過濾效率本質是值得檢驗的。

防塵口罩要能夠真正達到保護佩帶者的目的除了口罩本身必須具備高過濾效率之外，其與臉部間之密合度也是重要的影響因素。密合度測試的目的是在評估呼吸防護具面體與臉部接觸洩漏之狀況。由於經過初步的調查發現，市售特殊機能口罩的形狀大都屬於平面式的設計，過去雖然有報告指出該類型口罩與臉部的密合情況並不理想[1]，但是只限於定性的描述，因此，在研究中也量測特殊機能口罩在佩帶時所能夠提供的保護係數，並進一步對其密合度做定量的評估。

二、材料與方法

1. 口罩之收集

在本研究中，透過網際網路以及從各大藥局、賣場、便利商店等，共購得包括奈米光觸媒口罩（8種）、活性炭口罩（9種）、抗菌口罩（4種）等21種不同廠牌的口罩，其中有9種口罩標示具有99.9%以上的殺菌或抗菌力。而在活性炭口罩中，有4種廠牌具有Nelson Lab.之BFE (bacterial filtration efficiency) [2] 測試並且達99%以上之效率的標示。實驗中每一種口罩隨機選取5個進行過濾效率、空氣阻抗以及密合度等測試，結果則以平均值表示之。

2. 口罩效率測試

為了瞭解及比較各口罩對於微粒之過濾效率，研究中以最新修訂之中國國家標準[3]為依據，利用氯化鈉微粒（計數中位粒徑為 $0.075 \pm 0.02 \mu\text{m}$ ，幾何標準偏差為 < 1.86 ）在測試流率為 85 L/min 之條件下以評估口罩之效率以及空氣阻抗的大小。

在量測儀器方面，TSI 8130(Automated Filter Tester, Model 8130, TSI Inc., St., Paul, MN, USA) 是美國職業安全衛生研究所 (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) 在進行拋棄式防塵口罩測試時所使用之儀器設備。TSI 8130 的原理是利用微粒散光光度計 (light scattering photometer) 分別量測口罩上、下游之微粒的相對濃度，藉此求得口罩之微粒穿透率。該儀器的靈敏度為 0.001% 。

3. 口罩密合度測試

拋棄式口罩在使用上，由於價格低廉、重量輕、不需維修保養為其主要之特色，因此，NIOSH 在 1995 年頒佈最新的防塵呼吸防護具之驗證標準(42 CFR part 84) [4]之後，N95 口罩遂成為美國大多數醫護人員經常配戴用於預防結核病之職業性傳染[5]。事實上，在 42 CFR part 84 中只規定口罩濾材的效率，而在密合度方面並無限制，換句話說，相同等級的口罩可以是平面式也可以是立體杯狀，如此一來，在密合度方面就可能造成相當的差異。

在研究中，一方面為了瞭解市售特殊機能口罩在佩帶時的密合度狀況，另一方面為了發展較合適之拋棄式口罩密合度測試的方法，在實驗中以過去本所所開發之中尺碼國人標準頭型[6]並配合呼吸模擬器 (Respiration pump, Harvard apparatus Inc., Holliston, MA, USA)，設定在一般的呼吸型態 (潮氣容積為 500 ml 頻率為 15 次/分鐘) 下，首先量測口罩在正常配戴時的總洩漏率(total leakage, TL)，隨後，利用熱溶膠將口罩與臉部接合處彌封後，在相同的條件下，測得微粒經由口罩濾材的穿透率 (filter penetration, FP)，並藉著下式 (1) 以計算口罩之密合度係數 (fit factor, FF)。測試系統配置如圖 1 所示。

$$FF = (TL - FP)^{-1} \quad (1)$$

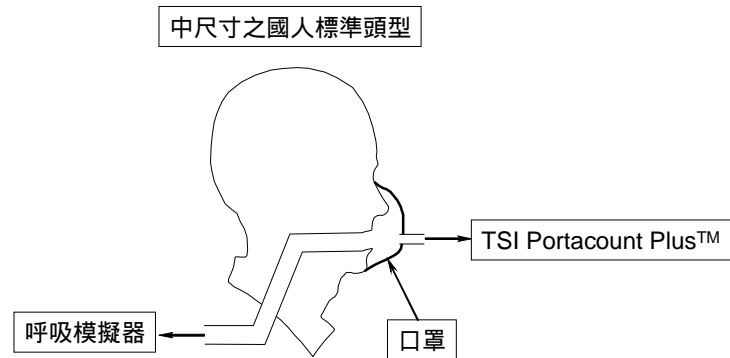


圖 1 口罩密合度測試系統圖

該方法由於全程都是以整個口罩而且是在相同的呼吸型態下進行口罩密合度以及口罩效率的測試，因此，相對於上述之研究應該具有較高的可信度。

三、結果與討論

1. 口罩之價格

研究中所購得之 21 種特殊機能口罩在價格上具有相當的差異，平均以奈米光觸媒口罩 203 元 (28 900 元) 最高，抗菌口罩 62 元 (35 120 元) 次之，活性炭口罩 52 元 (12 250 元) 最低，其中部分口罩的價格甚至遠高於一般的 N95 口罩 (根據過去本所採購之經驗，N95 等級口罩的價格約在 50 100 元之間)。

2. 口罩之過濾效率測試

口罩的過濾效率測試結果如表 1 所示。一般而言，同一種口罩間的變異並不

大，因此同一類口罩的變異主要來自於不同廠牌間的差異。奈米光觸媒口罩在 30~80% 之間，平均為 58.5%，而抗菌口罩在 17~65%，平均為 33.2%，至於活性炭口罩為 20~81%，平均 46.8%。對於所測試之 21 種口罩中，只有 2 種達到中國國家標準 (CNS 14755 Z2125) D1 等級之水準 (D1、D2、D3 之效率要求分別為 80%、95%、99% 以上)。

表 1 口罩效率與空氣阻抗測試結果

口罩種類	效率* (%)	空氣阻抗* (mmH ₂ O)
奈米光觸媒	65.86±0.73	2.8±0.1
	70.87±0.65	11.2±0.3
	60.05±0.69	3.5±0.2
	41.73±0.41	8.7±0.2
	30.52±3.00	6.8±0.2
	79.21±2.42	14.6±1.2
	47.29±3.55	74.7±5.3
防霉抗菌	72.76±1.51	4.3±0.1
	44.70±3.90	20.9±9.9
	17.92±1.85	4.7±0.1
	65.25±1.88	8.9±0.1
活性炭	16.62±1.08	5.3±0.3
	22.80±1.53	4.5±0.2
	30.04±1.17	8.7±0.2
	24.76±1.16	2.4±0.1
	21.77±3.55	3.6±0.1
	63.19±2.80	97.0±3.1
	72.90±1.46	4.2±0.2
	72.20±1.40	5.5±1.3
	57.99±0.80	8.6±0.3
81.46±0.98	4.7±0.1	

* mean±1SD

3. 口罩之空氣阻抗

口罩之空氣阻抗是影響佩帶時舒適程度的一個重要因素，因此各國在測試標準之中亦有所規定。在奈米光觸媒口罩方面，除了其中 1 種阻抗高達 74.7 mmH₂O 之外，其餘口罩之阻抗則介於 2.8~14.6 mmH₂O 之間；其次，抗菌口罩的空氣阻抗則介於 4.7~20.9 mmH₂O；至於活性炭口罩，除了其中 1 種口罩之外（阻抗為 97.0 mmH₂O），其餘口罩之阻抗則為 2.4~8.7 mmH₂O。由此可知，大部分特殊機能口罩在空氣阻抗方面均能夠符合中國國家標準 D1 等級（19 mmH₂O 以下）的要求，唯在濾材效率方面仍待進一步的改善。

4. 口罩價格與過濾效率之關係

市售口罩方面，除了原本就相當普遍的活性炭口罩外，奈米光觸媒口罩、防霉抗菌口罩等都搭著這波 SARS 疫情所開發之新興產品，在價格上因標榜高科技的產品，且強調「抗菌、殺菌、養生」等特殊功能之下而漲高，然而，從圖 2 之口罩價格與過濾效率之關係圖得知，本研究所測試之 21 種市售特殊機能口罩的過濾效率並未隨著價格的增加而有明顯的提升，換句話說，這些市售特殊機能口罩所販售的並不是防塵口罩真正所需要具備的基本功能。

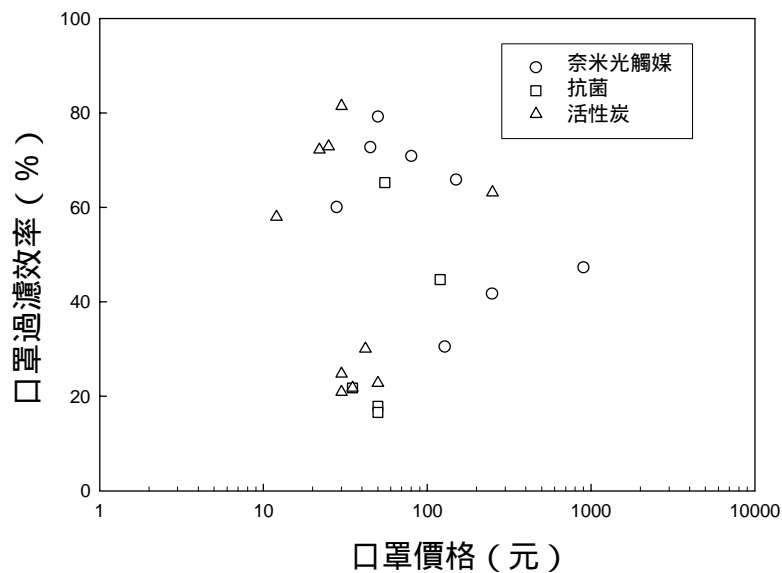


圖 2 市售特殊機能口罩價格與過濾效率之關係圖

5. 口罩價格與保護係數

在配戴口罩時，人員所能獲得保護程度的高、低，除了受口罩本身的效率所影響之外，口罩與配戴者臉部之間的密合度也是一個重要的決定因素，因此，在研究中以過去本所所開發之國人標準尺寸頭型配合呼吸模擬器，藉此評估這些特殊機能口罩在配戴時所能夠造成保護因子(口罩外濃度與口罩內濃度的比值)的大小。結果顯示(圖 3)，在潮氣容積為 500 ml，呼吸頻率為 15 次/min 的狀況下，所有測試的口罩中除了其中 3 種奈米光觸媒與 1 種活性炭口罩之外，其餘口罩所

能夠提供保護因子的大小約在 1.5 ~ 2 之間，而且並不會隨著口罩價格的高低而有顯著的變化，換句話說，這些口罩不論價格的高低，僅具有將空氣中的微粒濃度降低 1.5 ~ 2 倍的效果，而在相同條件下某立體杯型 N95 口罩之保護係數約為 20。

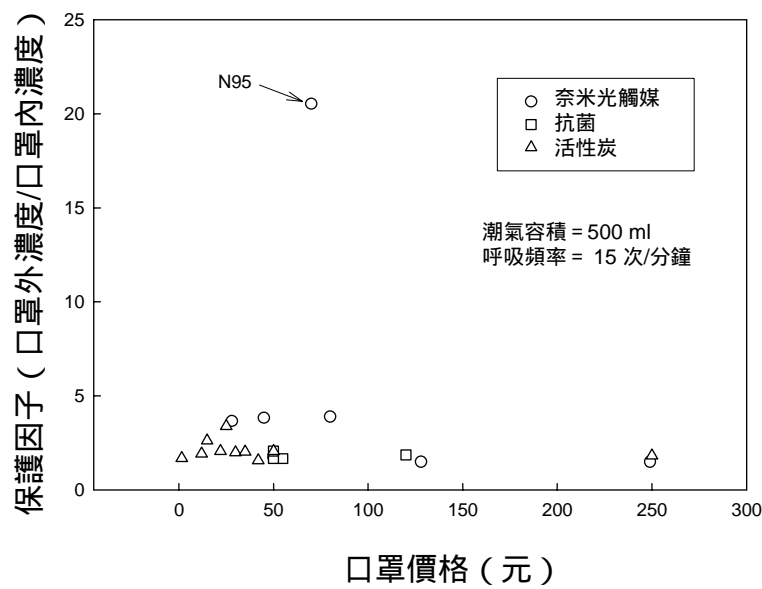


圖 3 特殊機能口罩價格與保護係數之關係圖

6. 口罩之空氣阻抗與密合度係數

本研究中所購得的口罩大多是屬於平面式，部分口罩則宣稱是立體剪裁。然而，由圖 4 的結果並無法看出兩者的差異。圖中顯示，這些口罩在佩帶時的密合度係數在 7 ~ 2 之間（意即會有 15 ~ 50% 的微粒會經由口罩與臉部之不密合處進入），而且當口罩阻抗越大時，密合度係數越小，換句話說，口罩的洩漏量會隨著口罩阻抗的增加而增加，而當口罩阻抗為 19 mmH₂O 時，其密合度係數約只剩 2 左右。圖中也顯示在相同的條件下，某立體杯型 N95 與 R95 口罩之密合度係數分別為 20.5 與 3.5，因此，具有高濾材效率的口罩在設計上若忽略其配戴時的密合度，結果將使其對人員的保護程度大打折扣。

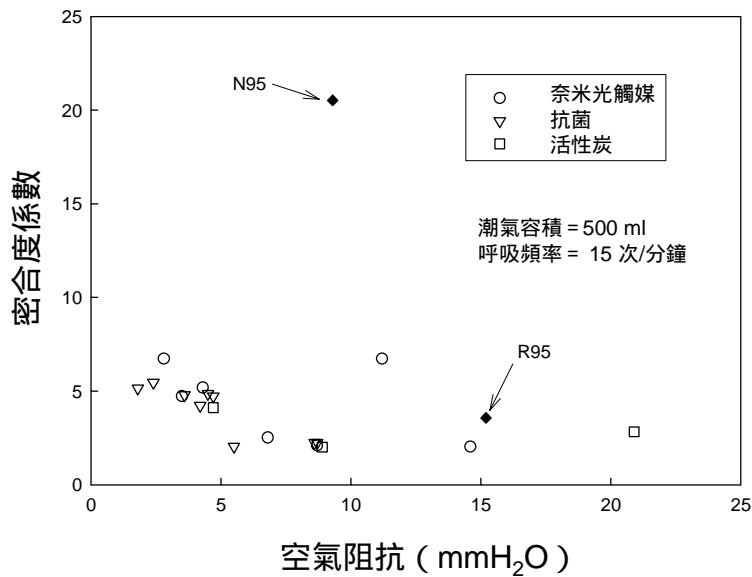


圖 4 特殊機能口罩空氣阻抗與密合度係數之關係圖

四、結論與建議

「過濾」與「殺菌」基本上是兩個截然不同的概念，而且從實驗的結果可知，具有高抗菌率與高價格的口罩並不保證具有高過濾效率，具驗證合格的产品才有保障。所以，在購買口罩時，必須要認清口罩的功能及使用的目的，審慎選擇。然而，無論奈米光觸媒或抗菌口罩防護 SARS 病毒的實際效率如何，一個值得注意的重點是，奈米光觸媒都是新興科技產物，也是近來產官研與學界致力研究發展的關鍵科技，因此，在未來如何提升這些機能性口罩的過濾品質（高過濾效率與低空氣阻抗），是值得進一步努力的方向。

口罩之密合度是一項經常被忽略但是卻能夠顯著影響口罩防護效果的因子。就研究中所測試之口罩的密合度而言，在一般的呼吸型態下其值均在 7 以下，並隨著空氣阻抗的增加而降低，但不受價格的影響。另一方面，結果也顯示，當密合度被忽略時，即使是 R95 等級的口罩也可能只有 70% 的保護效果。由此可知，「呼吸防護具計畫」的實施勢在必行。

本研究所測試的口罩樣本並沒有經過嚴謹的抽樣設計，因此在結果的推論上具有其限制。此外，口罩之密合度會因為呼吸型態的不同以及佩帶者臉型的差異而有所不同，因此研究中所測得之口罩密合度係數僅做為測試方法之開發與比較時的參考，並不能代表實際的狀況。

參考文獻

- [1] 陳春萬：拋棄式口罩之使用注意事項。 Available from: URL
<http://www.iosh.gov.tw/netbook/mask1.htm>
- [2] ASTM F2101-01 Standard test method for evaluating the bacterial filtration efficiency (BFE) of surgical masks using a biological aerosol of *Staphylococcus aureus*.
- [3] 經濟部標準檢驗局：拋棄式防塵口罩（CNS14755，Z2125）；2003。
- [4] Code of Federal Regulations, Title 42 Part 84: Respiratory protective devices. Public Health Service, USA. (1995).
- [5] Centers for Disease Control and Prevention: Laboratory performance evaluation of N95 filtering facepiece respirators, 1996. MMWR 1998; 47:1045-1049.
- [6] 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所：勞工頭型模式之研究；行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所報告 1995：IOSH84-H322。