

口罩與過濾

SARS盛行期間但見人口一罩，
到底哪種能防SARS，
戴口罩的人也說不出個所以然來：
了解口罩的過濾作用，
以及各級口罩的分級標準，
將有助於正確選擇適當的口罩。



■ 劉宣良
許家銘

一九一八年爆發且波及全世界的大流感，造成全球二千多萬人死亡，是人類史上一場巨大的災難，空氣就是這種可怕的傳染媒介。最近引起全球恐慌的嚴重急性呼吸道症候群（severe acute respiratory syndrome，SARS），其感染源的冠狀病毒雖證實無法直接透過空氣傳染，然病毒卻可透過病人的飛沫傳染給他人，因此佩戴口罩是避免吸入此類透過空氣或飛沫傳染的病毒、細菌或其他有害物質有效的方法。

口罩最早出現於西元前六世紀，由信仰瑣羅亞斯德教（古中國人稱為拜火教）的波斯人所發明，用來防止在對火頂禮膜拜時，從嘴和鼻子裡呼出的不潔氣息觸及「聖火」。大約在南北朝時，口罩傳入中國，並很快在全國各地流行開來。據義大利旅行家馬可波羅所著《馬可波羅遊記》記載，早在我國元朝時期，皇帝在進食時，為了防止獻食者的氣息觸及食物而使自己染病，就命令獻食的侍臣必須「皆用絹巾掩其鼻」，使其氣息不致觸及食物。這裡所指的絹巾，就是現今的口罩。

口罩的分類

後來人們逐漸認識到口罩的衛生保健功能，遂為大眾所接受，成為一種日常生活用品。發展至今，為了因應許多的用途以及不同的需求，口罩也有不同的種類與分級，以下對其分類做一簡單的說明。

一般口罩——這種口罩是在一般銷售大眾健康產品的零售商店中最容易找到的口罩，因為這種口罩沒有經過額外的處理，其纖維結構的孔隙相當大（約1微米），所以無法有效阻止經空氣傳染的病原。此外，一般的口罩對於比較容易進入人類呼吸系統的灰塵，並沒有防護的效果，但對於顆粒大的灰塵，還是有一些阻絕的作用。這種口罩可以作為保暖、避免灰頭土臉與鼻孔骯髒等用途，但是不可作為防止病菌侵入之用。不過檢測顯示，一般口罩對粒徑小於100奈米（nm）的病毒，似乎仍有一定的阻絕效果。

活性炭口罩——活性炭具有多孔隙的結構。其過濾層的主要功用在於吸附有機氣體、具惡臭的分子及毒性粉塵，並非用於過濾粉塵，不具殺菌的功能。再者，活性炭的使用還有一項限制，一旦所有的細孔都被填滿，便失去效用，此時必須置換口罩，但何時到達飽合點並



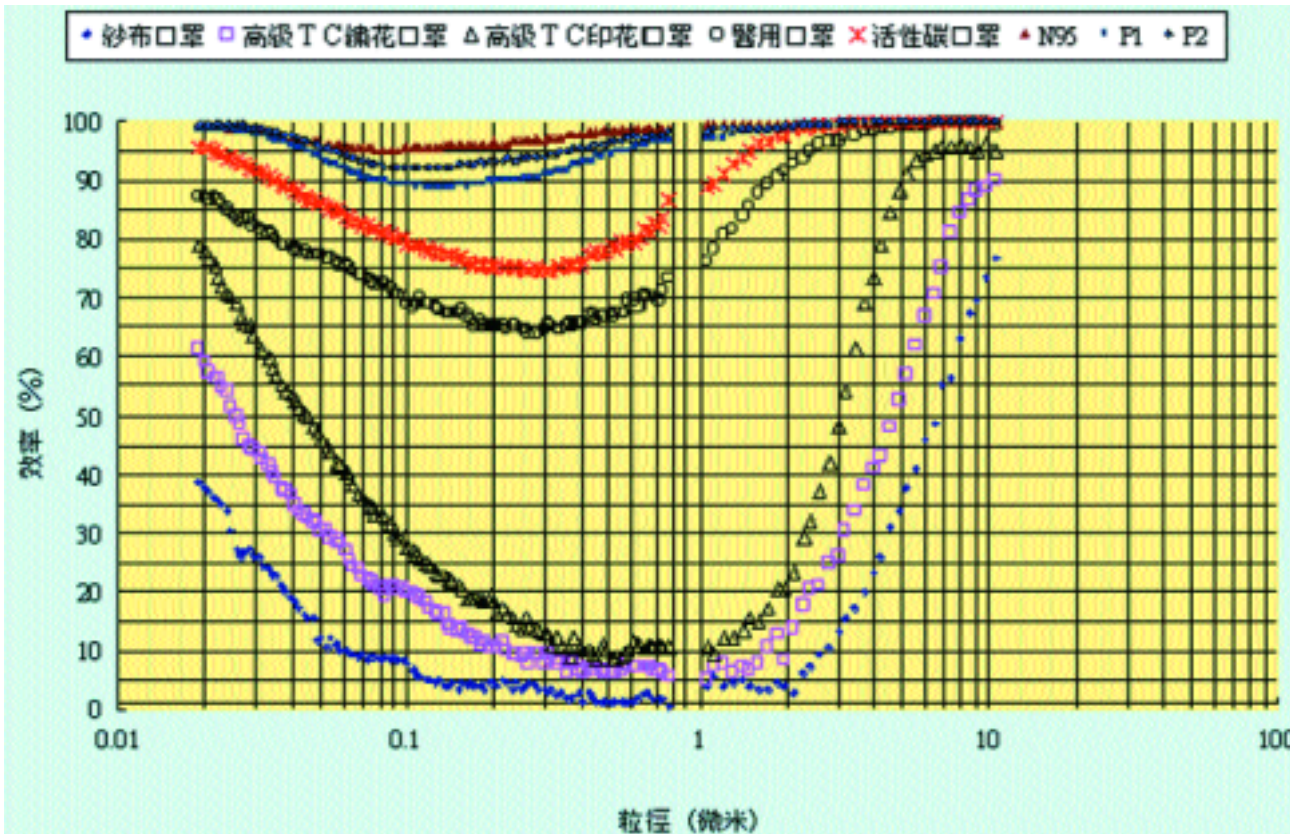
外科手術口罩，主要是為了避免醫生的飛沫影響病人，防菌效果有限。



活性炭口罩，主要功用在於吸附有機氣體、具惡臭的分子及毒性粉塵，並非用於過濾粉塵，不具殺菌功能。

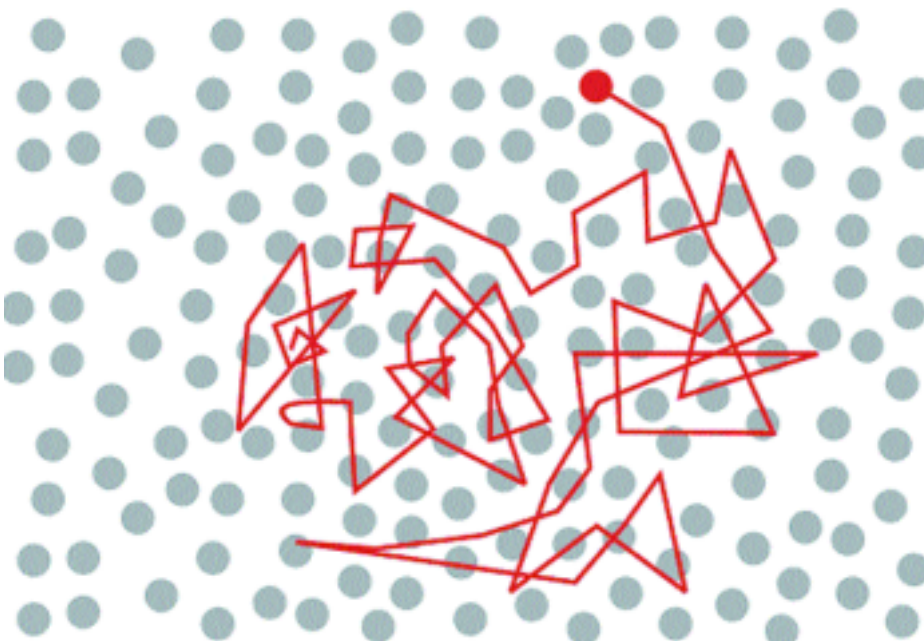
不太容易判斷。活性炭會將病毒粒子吸引到口罩表面，但是卻無法「殺死病毒」，因此，手、眼、鼻或嘴意外接觸到使用過的活性炭口罩表面，依然有可能導致疾病的傳染。

醫療用口罩——醫用口罩主要是為了避免醫生的飛沫影響病人，功能設計並不是要免於吸入粒狀有害物，其效果雖然比棉紗口罩及布質印花口罩好，但是頂多也只有70%的效果，拿這樣的口罩來阻絕病菌，效果可能非常有限。標準的外科醫療用口罩分三層，外層有阻塵阻水作用，可防止飛沫進入口罩裡面，中層有過濾作用，可擋住90%以上的5微米顆粒，近口鼻的一層作為吸濕之用。



不同口罩對於粒狀物濾除效率的比較圖 粒徑大的與粒徑小的顆粒，都比較容易被過濾，反倒是不同型式的口罩，都有一個最不易過濾的粒徑值。

—— 粒子不規則運動軌跡

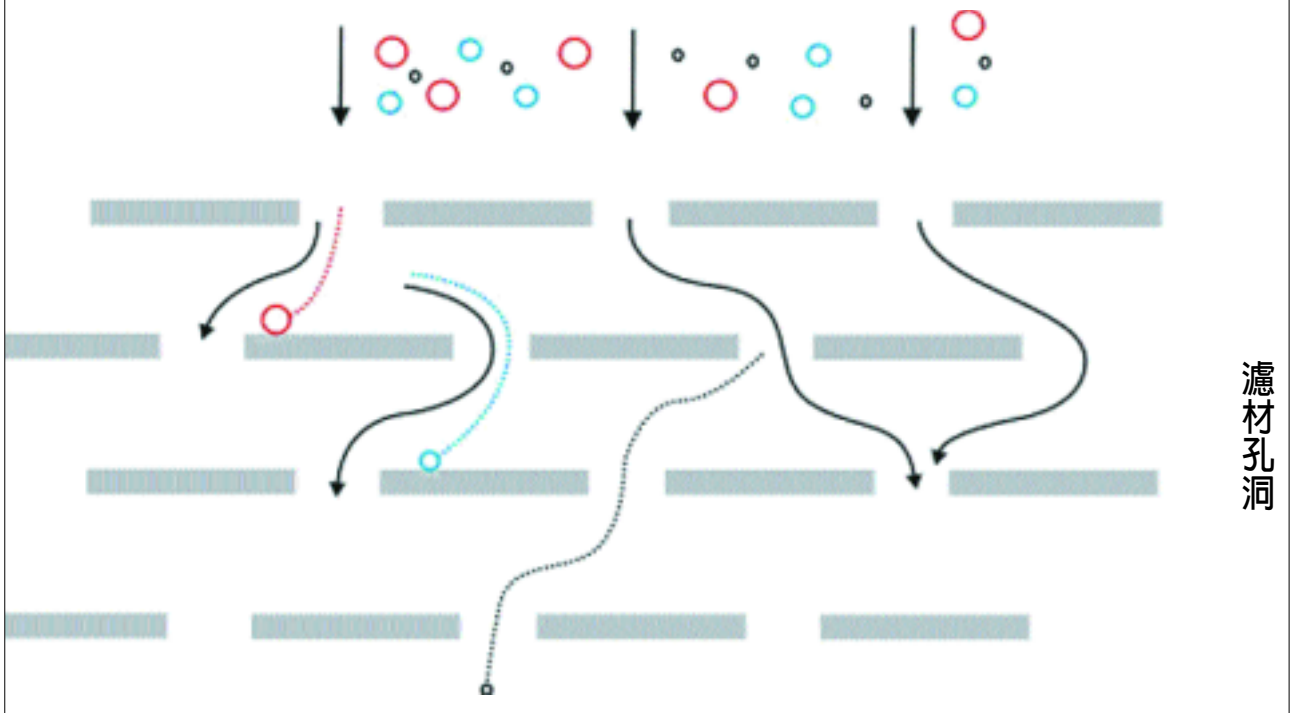


空氣中粒子連續快速而不規則的隨機移動，因而增加了粒子之間的碰撞機會，使其運動軌跡呈現不規則的移動或跳動，這種不規則的移動或跳動顯著提升微粒與濾材接觸的機會。

帶電濾材口罩——根據這種口罩主要生產廠商3M公司所提供的資料顯示，帶電濾材的功用主要在於便利呼吸，而不在於過濾。這種口罩實際有過濾作用的，是位於帶電濾材下一層的碳。其過濾機制可能與活性炭口罩相同，這表示它與活性炭口罩有相同的使用限制。其中還有一層所謂的「附著電阻過濾材質」，其作用在於延長口罩的壽命及增加舒適度。

不同的口罩的過濾效果有所不同，不過各型口罩過濾空氣中不同粒徑雜質的過濾效率，皆呈現出U-型的曲線。這代表了一般大眾認

氣體與粒子混合氣體



不同大小粒子的慣性撞擊 較大的粒子會因為慣性，導致其依然維持原本的流動方向，因而撞擊到濾材上，達到過濾的目的。

為，顆粒越大的雜質，被過濾掉的可能性越大是有道理的，但是粒徑很小的雜質，也是相當容易經由口罩被過濾掉。

過濾粉塵的方式

以過濾理論而言，粉塵的過濾主要有五種機制：

布朗運動擴散——一八二七年，英國植物學家勞伯·布朗（Robert Brown）利用一般的顯微鏡觀察懸在水面上的花粉粒時，發現這些花粉粒會做連續快速而不規則的隨機移動，這種移動稱為布朗運動（Brownian motion）。

微小顆粒在空氣中會被空氣撞擊而作激烈的曲折運動，此一效應對越小的粒子越明顯。因為四周空氣中（每立方公分約有 10^{19} 個氣體分子或粒子）的所有粒子，都以相當快的速率在運動，因而增加了粒子之間的碰撞機會，使其運動軌跡呈現不規則的移動或跳動，這種不規則的移動或跳動顯著地提升微粒與濾材接觸的機會，因此其效應對於越小的粒子，也就越強。

攔截——攔截的基本原理便是依據被攔截粒子的粒

徑大小做有效的分離，所以此一效應基本上隨著濾材孔洞的大小而有所不同。若是粒子的粒徑大於濾材的孔洞，則會被阻絕於濾材表面，所以對越大的粒子，其過濾效果越好。

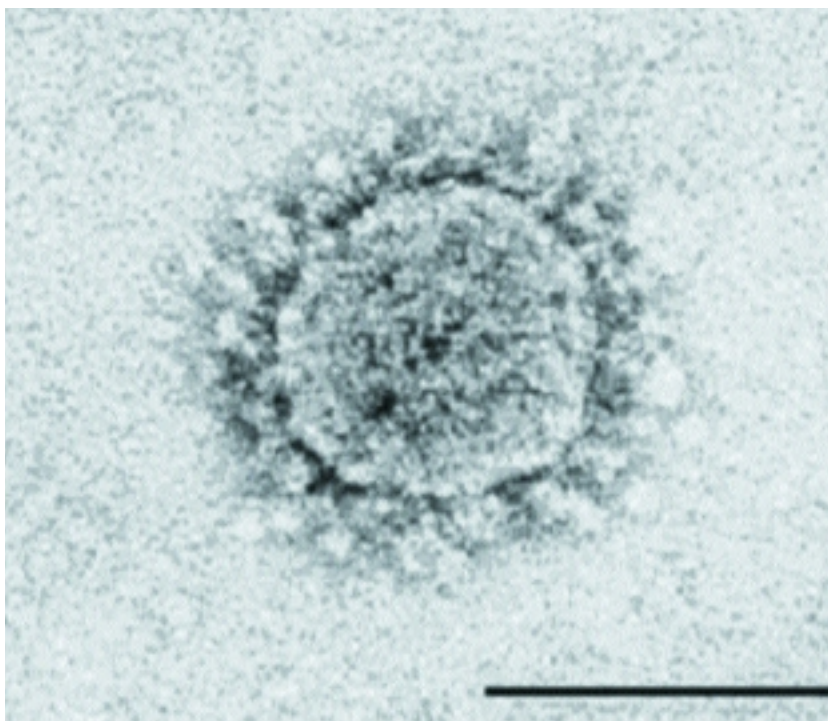
慣性撞擊——慣性是粒子本身運動的持續性質，若是氣體與懸浮其中的粒子以相同的速度撞擊濾布或濾材，氣體會隨著濾材中的孔洞而改變其流動方向，此時較大的粒子會因為慣性，導致其依然維持在原本的流動方向，因而撞擊到濾材上，達到過濾的功能。對於此一效應而言，越大的粒子，過濾效果越好。

引力吸引——粒子的引力吸引效應跟萬有引力一樣，因此對越大的粒子，效果越好。

靜電吸引——氣體中的粒子與濾材纖維間的靜電吸引力，也是對越小越輕的粒子越明顯，此一現象也與靜電集塵技術（器）類似，對於細小粒子的收集效果（90%）相同。基本上粒子在氣體中的運動受到氣體的流動方向及周圍電場對其作用力的影響。

由此可知，若是希望在一流動的氣體中以靜電力來收集粒子，就必須克服上述的慣性作用力，然而粒徑較

SARS冠狀病毒的顯微照片，圖中右下方的黑色橫線長是100奈米。



取材自K.129等人在二〇〇三年於《新英格蘭醫學期刊》上發表的論文

大的粒子其慣性力既然可以擺脫氣體的流動，當然也比較不受靜電吸引力的影響，所以靜電集塵對越小的粒子效率越高。此外，對於極小的微粒在氣體中甚至不需要靠布朗運動來增加撞擊到濾材的機會，就可以被靜電力所吸引，這也增加了濾材對於微小顆粒的過濾能力。

口罩的分級

在討論過以上五種過濾粉塵的效應之後，對於各型口罩濾除粒狀物的效率，應該會有更清楚的認知。當粒徑大於一微米時，攔截、慣性撞擊及引力吸引的效應會增強，因此不論何種材質或等級的口罩，都會表現出較高的過濾阻絕效率。

反觀粒徑小於0.6微米的較小粒子，因為比較容易受到布朗運動擴散及靜電吸引力的影響，表現出來的收集效果便會升高。因此對於不同等級的口罩，其過濾的效率皆呈現U形的曲線。曲線中的最低點是最難被過濾的粒子粒徑，簡稱為MPPS (most penetrating particle size)，MPPS的大小一般大約為0.3微米，無論是歐規EN149或美規NIOSH的認證標準，皆採用MPPS做為測試口罩的標準。

口罩的分級與標示有許多不同的標準，現今最常見的是為美國NIOSH驗證與歐盟FFP系列分級。

美國NIOSH驗證

美國職業安全衛生研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health) 的認證將防護性口罩分為三類，除N系列外，尚有P及R系列，各含95、99及100三型，分別表示在特殊環境下，可阻絕95、99及99.7%的病菌。

根據美國職業安全衛生研究所在一九九五年六月八日公布的測試標準，所有N型口罩都是用來過濾空氣中的

非油性懸浮顆粒，可反覆使用。除另有標示外，通常無使用時限。P型口罩都是用來過濾空氣中的油性與非油性懸浮顆粒，使用時限為八小時。R型口罩則是用來過濾空氣中的油性與非油性懸浮顆粒，除另有標示外，通常無使用時限，可反覆使用。

SARS流行期間大家爭相搶購的N95型口罩，是美國指定防範肺結核病菌的防疫口罩，可以有效過濾結核桿菌(直徑約為0.3~0.6微米，長1~4微米)，防止經由空氣的感染。其檢驗的標準為，用0.3微米氯化鈉微粒進行測試，阻隔效率須達95%以上，並經佩戴者臉龐緊密度測試，確保在密貼臉部邊緣狀況下，空氣能透過口罩進出。

美國 NIOSH防護性口罩的分級標準

分級系列	過濾效率			顆粒性質
	95%	99%	99.7%	
N-型	N95	N99	N100	非油性懸浮顆粒
R-型	R95	R99	R100	油性與非油性顆粒
P-型	P95	P99	P100	油性與非油性顆粒

歐盟FFP系列分級

歐盟的呼吸防護具驗證，將防塵口罩分成P1、P2及P3三級，簡易型口罩分為FFP1、FFP2與FFP3三級。根據勞工安全衛生研究所在二〇〇三年三月十七日發表的新

二氧化鈦的反應機制 二氧化鈦是利用電洞的氧化力及電子的還原力，和接觸於表面的水、氧發生作用，產生氧化力極強的自由基，而具有殺菌、除臭、分解有機物等功能，可將碳氫化合物分解成二氧化碳和水，並且也具有相當高的殺菌能力。

聞稿指出，歐盟的工業用標準FFP2及FFP1型口罩過濾效果略遜於N95，而附加活性碳的口罩雖然表面上過濾效果近於（或略優於）外科醫用口罩，但是因為無法貼近臉龐，因此實際的效果遠不如外科醫用口罩。

在以上的介紹之中說明了許多口罩的分類與分級，但是對於最近頗受重視的SARS議題上，口罩的功用到底能不能成爲一個有效的防護工具呢？

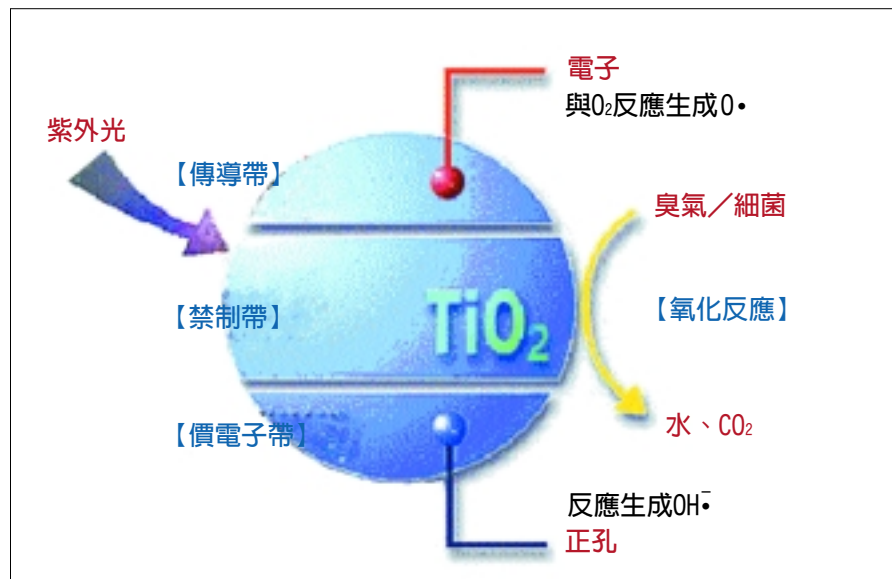
一般的口罩其孔洞最小約爲0.3微米，而SARS病毒的大小約爲0.08~0.14微米，所以一般的觀念都是認爲口罩並不能有效地過濾SARS病毒。但是世界衛生組織（WHO）認定SARS是飛沫傳染，所謂的口沫傳染就說明了病毒並不是個別地散布在空氣中，主要是藏在口鼻飛沫（其大小約爲病毒的上百倍大，超過0.3微米）內，以醫療用的口罩來說，它就有65%以上的飛沫阻絕效率，因此口罩對於「飛沫傳染」的疾病預防，還是有其一定的效用。

歐盟FFP防護性口罩的分級與防護效率

歐盟系列	FFP1	FFP2	FFP3
防護效率	80%	94%	97%

兼具過濾與殺菌效果的口罩

若是要找一個具有相當殺菌功能的口罩，最近已經有所謂的奈米光觸媒口罩的誕生，其原理就是利用光催化反應來分解有害物質與殺菌。光催化反應是藉由一種半導體光電陶瓷作爲觸媒，以達到將吸附物質氧化或還原的目的。許多半導體光電陶瓷皆可作爲光觸媒，如二氧化鈦（TiO₂）、氧化鋅（ZnO）、硫化鎘（CdS）等。目前使用最多的光觸媒爲二氧化鈦，它除了具有相當強的氧化與還原能力外，另外具有化性安定、對環境無害、



價格低廉等優點。

光觸媒在波長小於400奈米的紫外線照射下，價電子帶的電子被紫外線三電子伏特的能量所激發，而跳升到傳導帶，此時價電子帶便會產生帶正電的正孔，而形成一組電子—電洞對。二氧化鈦利用電洞的氧化力及電子的還原力，和接觸在表面上的水、氧發生作用，產生氧化力極強的自由基，而具有殺菌、除臭、分解有機物等的功能，可將碳氫化合物分解成二氧化碳和水，並且也具有相當高的殺菌能力。

光觸媒抗菌性能試驗

試驗菌名	被塗物材料	試驗開始時	3小時後	滅菌率
大腸菌	壁紙	3.5×10 ⁵ 個	<10個	99.9%以上
	地毯	3.5×10 ⁵ 個	<10個	99.9%以上
	無塗裝比較材	3.5×10 ⁵ 個	2.0×10 ⁷ 個	-
黃色葡萄球菌	壁紙	1.9×10 ⁵ 個	<10個	99.9%以上
	地毯	1.9×10 ⁵ 個	<10個	99.9%以上
	無塗裝比較材	1.9×10 ⁵ 個	9.0×10 ⁴ 個	

口罩的發明就是爲了阻絕人類的口沫污染，以及不必要的污染物進入人體，隨著科技的發展與不同的需求，不同功能的口罩也就隨之誕生。在不同的場合選擇合適的口罩，不但可以確實地保護自己，也可以保護別人。 □

劉宜良 許家銘

台北科技大學化學工程系