

個人生物防護具介紹

作者簡介



劉佩文少校，中正理工學院專20期化工科、化校正規班55期；曾任排長、連長、訓練參謀官、防砲官、化兵官、研發官，現任職於陸軍化學兵學校作發室。

◆ 提 要

- 一、最基本的生物個人防護具包括呼吸具、防護衣、手套等，其分類、用途、原理和使用，雖是簡單淺顯易懂，然唯有有效運用，方能降低病原菌感染機率，使生物作業人員在可能接受之風險下，安全、順利的達成相關作業。
- 二、呼吸防護具使用的目的就在維持作業人員在作業場所能正常呼吸不受危害；就功能區分，可概分為供氣式呼吸防護具（直接提供呼吸空氣）、淨氣式呼吸防護具（即以過濾方式將作業場所有害污染物濾除）及複合式呼吸防護具（兼具呼吸過濾兩項功能）等三大類。
- 三、呼吸防護具的選用必須考慮功能類型適當、有效且密合、過濾效率高、防護係數好等因素，方足以保命並執行相關之應變、偵檢、急救及相關救援作業。
- 四、長時間佩戴呼吸防護具會不舒服，並且限制佩戴者說話，造成佩戴者與外界的溝通困難，無法有效執行任務；另外危害污染物的感

染及病毒菌的傳染威脅，亦是防護具使用的重要考慮因素，而頭罩式的動力淨氣式呼吸防護具（Powered Air-Purifying particulate Respirators, PAPR）就在於避免上述之呼吸防護具使用問題^①。

五、目前衛生署並未將防護衣納入醫療器材中登記管制，亦無醫療用防護衣分級制度，因此相關規範大致以參考化學災害緊急應變用防護衣分類標準（A、B、C、D級）為主。

六、防護手套最重要的考量要點是抗水性（液密性），主要目的為避免人員體液感染；而防護手套種類雜多，依其材質一般概可區分為天然橡膠、氯丁橡膠、腈類橡膠（nitrile）、丁基橡膠、聚乙烯醇、鐵氟龍、銀膜及多種材質的混合。

前言

生物防護具應用的目的在於隔絕病原菌進入人體，一般採用的方法都是將感染途徑阻斷，避免病原菌穿透或滲透進入人體；惟在應用上必須考慮到作業人員之基本活動機能（如呼吸頻次、飲水設計、體溫升高、代謝排解等），及其作業實際需求。

在考量生物防護具時，應考慮生物性危害等級（分區域、作業、感染程度），對於不同感染途徑與風險等級，提出不同之防護策略，採取適當降低風險之措施，並不是完全防護，才不至於因防護程度提高而造成實際作業困難或影響作業本質需求，失去防護意義^②。例如所面對之生物危害感染途徑是否需

防護衣、手套、呼吸防護具等來阻斷危害途徑並提供防護？又所面對之風險等級是否須完全阻斷、完全氣密的防護具，或是可接受適當降低風險之防護具？一般而言對於高度感染性、高度危害之病原菌，當然應採取完全隔絕外界空氣或完全防水滲透之防護具，但對於一般病原菌，則應考慮採取適當防護具，且能適度隔絕病原菌之感染途徑而降低風險，使能繼續執行相關應變、偵檢、急救及相關救援作業。

本篇依據防護具之概念，介紹生物病菌防護具，包括呼吸具、防護衣、手套等之分類、用途、原理和使用，探討如何有效運用防護具，降低病原菌感染機率，俾使生物作業人員在可能遭受風險下，安全、順利的達成生物防護相關

註①：HSE（1990）. Respiratory Protective Equipment, A Practical Guide for Users. HMSO.

註②：Plog, B. A.（1988）. Fundamentals of Industrial Hygiene. 3rd. National Safety Council.

作業任務。

本文

一、呼吸防護具（含PAPR）

（一）呼吸防護具分類

呼吸防護具使用目的就在維持作業人員在作業場所能正常呼吸不受危害；就功能區分，可概分為供氣式呼吸防護具（直接提供呼吸空氣）、淨氣式呼吸防護具（即以過濾方式將作業場所所有害污染物濾除）及複合式呼吸防護具（兼具呼吸及過濾兩項功能）等三大類^③。

①供氣式呼吸防護具

即完全不使用作業環境中之空氣，而由外界直接提供呼吸空氣（如圖一），與作業場所空氣完全隔離，不會受到作業場所可能有害空氣污染物之影響。此類型防護具係以乾淨安全空氣源供給佩戴者所需之空氣，其原理就在如何取得提供乾淨安全空氣與避免任何作業場所空氣洩漏進入呼吸系統之可能性。供氣式呼吸防護具常常使用在高風險場所，例如空氣中氧氣濃度不夠或不適合呼吸、可能立即造成生命或健康危害（IDLH）^④、可能一暴露就造成無法恢復之傷病，或是高感染性、高危害之病原菌；這些情況，似乎只能採取直接提供呼吸空氣，完全與作業場所空氣隔離，才能有效確保作業人員之安全。

②淨氣式呼吸防護具

淨氣式呼吸防護具的原理乃採取化學或物理方法，將有害污染物適當濾除，降低可能風險至可接受範圍。淨氣濾材（或簡稱濾材）可將有害污染物濾除；為有效濾除有害污染物，必須慎選適當濾材，也就是依有害污染物之型態類別而採取適當濾材；並且必須將所呼吸之空氣導引通過濾材，如此才能有效防護。

濾材的選擇，必須根據作業污染環境及流行病學的生物傳染型態來考量，一般可分成粒狀物污染（液態或固態污染，或飛沫傳染）及氣狀物污染（氣態污染，或空氣傳染）兩類，兩者濾除機制並不相同，如圖二說明。粒狀污染物一般採用像纖維濾布型態之濾材，而氣狀污染物一般採用像活性碳等之吸附或吸收物質當作濾材，當然也可將此兩類濾材搭配使用（兼用濾材），同時可濾除粒狀及氣狀污染物，但就特



圖一 供氣式呼吸防護具

資料來源：作者整理

註③：Federal Register（1995）。Respiratory Protective Devices, 42 CFR Part 84, Federal Register, 60, 110。

註④：IDLH即 Immediately Dangerous to Life or Health, 立即致死。

定污染物（如粒狀物），主要利用某項濾材（如纖維濾布），對於兼用濾材而言，功能只發揮一半，並非恰當之選擇^⑤。

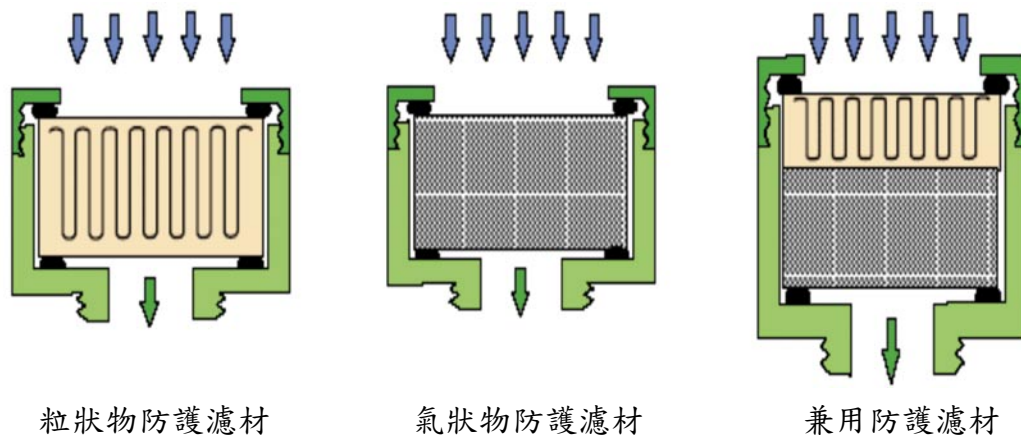
通常粒狀污染物，有其特定大小粒徑與捕集後附著濾材之性質。氣狀污染物，有氣體、有機蒸氣、鹵素氣體等類型，因此須進一步考慮適當之捕集濾材或吸附吸收物質，方能適合且有效的捕集有害污染物。

因為有害污染物之空氣必須通過濾材才能有效濾除有害物，提供乾淨空氣，所以導引呼吸空氣通過濾材，也是淨氣式呼吸防護具一項重要之考量。由於空氣通過濾材一定會有阻力，若不加適當之阻斷與導引，呼吸氣流一般不會通過濾材，而直接洩漏進入呼吸系統。為阻斷與導引氣流，呼吸防護具須完全覆蓋佩戴者呼吸系統吸氣入口（鼻

與口），並有效密合阻斷空氣通過，導引呼吸空氣通過濾材，此覆蓋導引氣流部分，一般稱為面體。依據不同形狀之設計（拋棄式、半面體、全面體、頭罩等，如圖三），洩漏之情形（密合之效果）會有所不同。在導引氣流考量上，除了一般正常呼吸之導引方式，也可考慮外加動力來協助導引氣流，因此淨氣式呼吸防護具，可分成無動力式（佩戴者正常狀況下之呼吸，一般稱肺力呼吸），以及動力式（一般採用電動風機送風）兩類^⑥。

③複合式呼吸防護具

除「供氣式」與「淨氣式」兩大類外，呼吸防護具設計者也有設計兼具兩項功能之防護具，一般稱之為「複合式」呼吸防護具，其設計原為供氣式呼吸防護具，當供氣中斷時，亦可作為淨氣式呼吸防護具使用；另亦可設計原

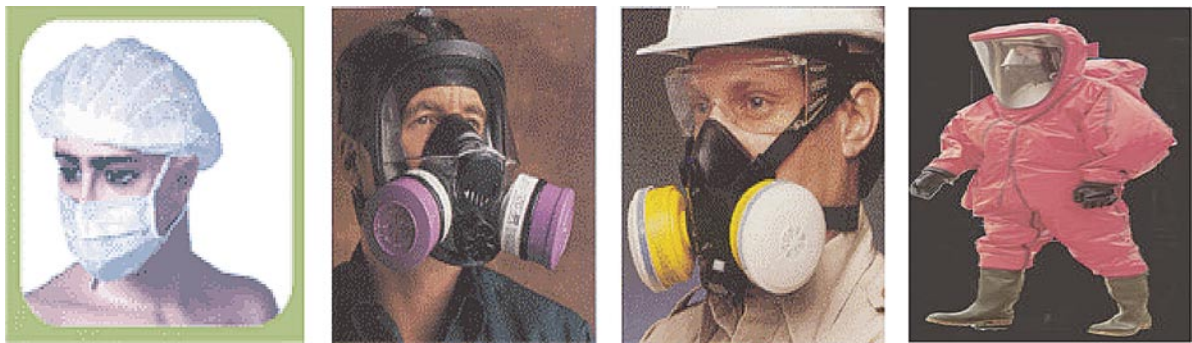


圖二 粒狀物、氣狀物與兼用防護濾材

資料來源：美國勞工部職業安全衛生署技術手冊

註⑤：勞工委員會勞工安全衛生研究所，《隔離病房照顧SARS病患之醫療人員佩戴動力過濾式呼吸防護具（PAPR）技術手冊》。

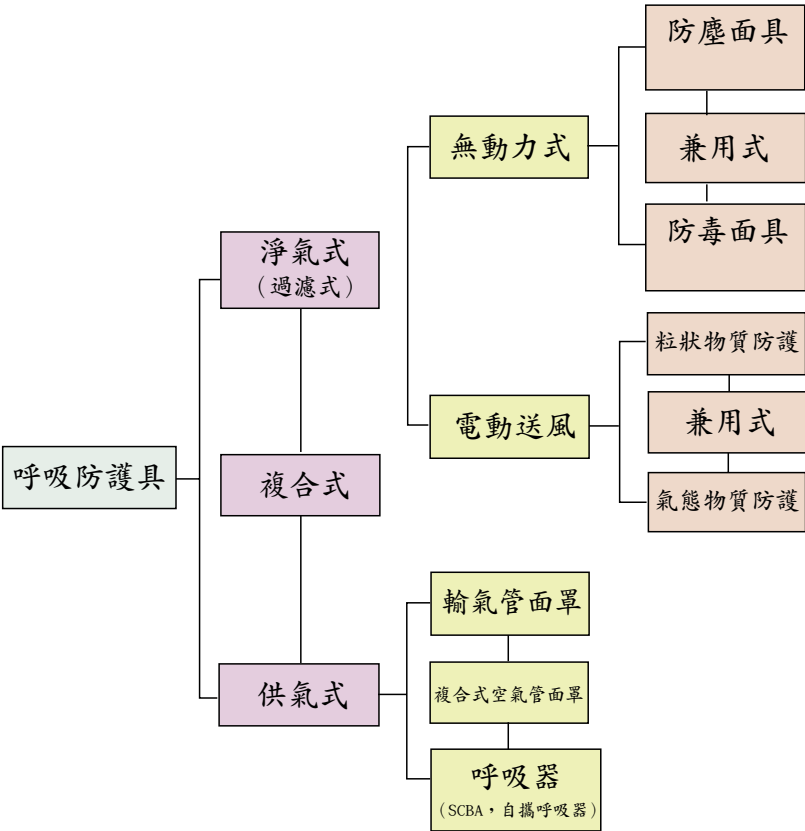
註⑥：<http://www.cdc.gov/niosh/respguid.html>



圖三 上圖由左至右依序為拋棄式口罩、全面體防護具、半面體防護具、罩頭式呼吸具暨連身防護衣

資料來源：作者整理

表一 呼吸防護具的功能分類系統



資料來源：勞委會勞工安全衛生研究所，《2000年市售呼吸防護具選用手冊》。

為淨氣式呼吸防護具，當環境空氣不適合使用淨氣式呼吸防護具時，可採用供

氣式呼吸防護具緊急逃生。
依據上述功能與原理之考量，

呼吸防護具可依據表一方式分類，分成「供氣式」、「淨氣式」與「複合式」三大類；而「淨氣式」再分成「無動力式」與「動力式」兩類^⑦。

(二)呼吸防護具選用

①選擇功能類型適當的呼吸防護具

對於作業場所的危害必須能夠清楚認知評估，才能適當選擇呼吸防護具類型，一般須考慮有害污染物型態、危害途徑、危害程度等。特別要評估的是所面臨之危害是否會立即造成生命健康危害，如是否缺氧、是否風險過高，必須採取特別防護狀況；另外亦應考慮工作內容、流程特徵、呼吸防護具佩戴作業時限、佩戴人員心理生理狀況、發生緊急事故避難處理及搶救預劃等因素，考慮這些因素後，依據呼吸防護具原理與功能，選擇適當之呼吸防護具類型。例如SARS與TB病原菌，懸浮於空氣中，係以粒狀物型態存在，而一般醫療院所內也不致於缺氧，因此可選用淨氣式防粒狀物呼吸防護具（一般稱防塵口罩）^⑧。

在選擇適當呼吸防護具功能類型後，呼吸防護具性能與使用之影響因素也應納入考慮。對於影響呼吸防護具性能方面，主要考慮因素為可能影響呼吸防護具之安全性、密合性及老化程度等；一般常見的狀況如因罐裝空氣時疏忽，造成供氣式呼吸防護具之空氣品質

不良、在低溫環境下使用防護具可能造成橡膠硬化變形或失效、在高溫環境下大量流汗影響呼吸防護具密合、搭配眼鏡或其他防護具影響密合等問題。

對於影響呼吸防護具使用方面，主要考慮因素為佩戴呼吸防護具後，是否造成作業上的困擾，一般常見的狀況如影響動作而造成工作效率降低、在團隊作業時影響溝通能力、在搭配其他防護具時造成互相干擾等問題。

這些因素都是在決定呼吸防護具類型前，認知評估所應考慮建立之呼吸防護具功能基本需求。另對於作業環境的掌握，例如作業場所有害污染物、濃度、暴露時間等相關問題，亦必須明確掌握，才能全般考量，作好選擇適當呼吸防護具的決定^⑨。

②選擇有效且密合的呼吸防護具

為達到預期呼吸防護目的，必須選擇有效且密合的呼吸防護具。同類型呼吸防護具功能可能會有天壤之別，例如同屬淨氣式防塵口罩之纖維濾布，材質可能就有一般紗布、紡織布，也可能是纖細之不織布纖維，亦或帶靜電之纖細不織布纖維，其效率會有極大差異，因此必須注意慎選纖維濾布。又例如導引空氣之面體，可能只是簡單之平面口罩，也可能使用立體型或摺疊型之纖維濾布當作面體，亦有採用橡膠面體來遮斷並導引空氣，亦或包覆整個臉部甚至頭部之面體；除此之外，面體也有

註⑦：<http://www.cdc.gov/niosh/pt84abs2.html>

註⑧：彭明輝，《SARS防護口罩與預防措施》，<http://sars.bamboo.hc.edu.tw/masks.html>

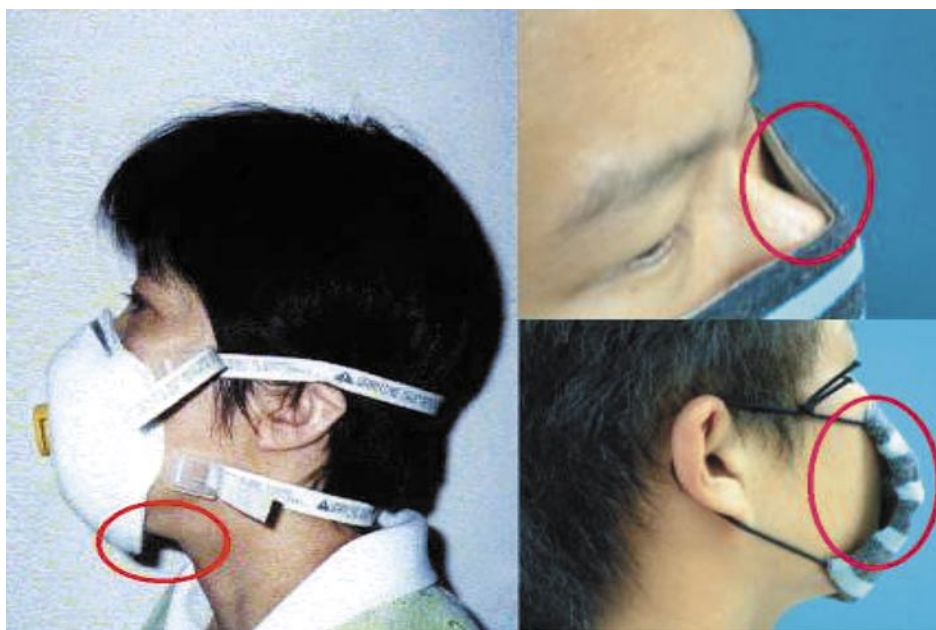
註⑨：<http://www.24drs.com/special-report/avian-influenza/5.asp>

大小不同之區別，因此搭配佩戴者不同臉型後，密合情形也會有差異（如圖四），因此必須慎選密合之呼吸防護具面體。

③選擇過濾效率高的呼吸防護具
判斷呼吸防護具（淨氣式口罩）性能，通常以其過濾效率^⑩來決定。就微粒粒徑1微米，要求過濾效率要能達95%為例，圖五上端三種驗證口罩都可達到此規範，而外科口罩效率為80~85%，布質口罩效率較差低於20%，都無法達到此規範。由這些測試數據可知，各類型防塵口罩性能差距很大，選擇上應該特別小心。至於如何判斷是否為有效之口罩，通常建議直

接購買驗證口罩，如圖中N95口罩過濾效能微粒直徑為0.1微米時最差，也還有93%~94%的過濾能力。因此，我們可以說：不管空氣中的懸浮顆粒直徑有多大，大致上N95、N99、N100都至少有95%、97%、99.7%的過濾能力。也就是說，即使是對於像冠狀病毒SARS這樣小的顆粒（0.08~0.14微米），N95也有95%左右的過濾能力。另外，外科手術口罩可以有效過濾99%~100%的5微米以上的飛沫；即使是像SARS病毒一樣大小的懸浮顆粒，外科手術口罩也有70%的過濾能力^⑪。

④選擇防護係數較好的呼吸防護



圖四 常見口罩佩戴時與臉部不密合情形

資料來源：清大教授彭明輝，《SARS防護口罩與預防措施》。

註^⑩：K. T. Whitby and A. Lundgren, "Mechanics of Air Cleaning," Transactions of the ASAE, Vol. 8, No. 3, pp. 342-352, 1965。

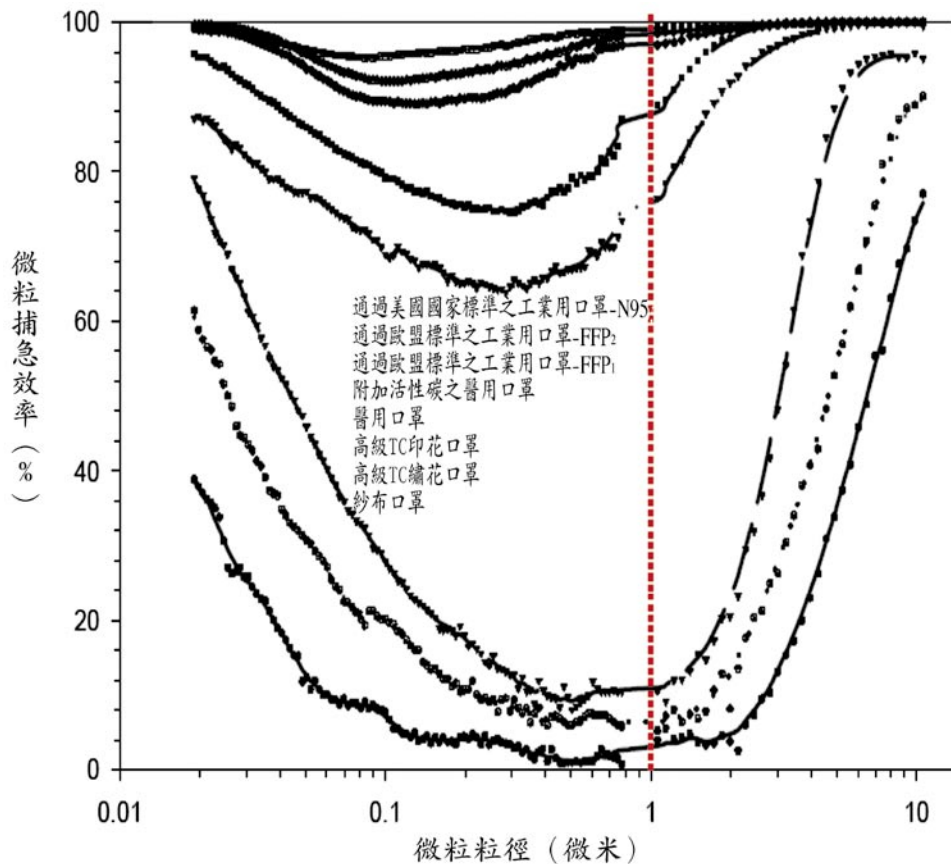
註^⑪：於下頁。

具

確認呼吸防護具類型與選擇有效密合之呼吸防護具後，接著考慮所須達到之防護等級，也就是佩戴呼吸防護具後，希望達到的防護效果。防護效果，一般以佩戴呼吸防護具後，預期可降低風險的倍數，也就是可達到之保護倍數，常用防護係數（Protection Factor, PF）來表示。防護效果會隨著不同的佩戴者、呼吸防護具種類、

面體大小、使用環境不同而所有不同，要瞭解防護效果，當然最好能夠直接量測在所使用之環境下，防護有害污染物之呼吸防護具內外濃度（其比值一般稱為「工作場所防護係數」（Workplace PF）），也就是防護係數的估算^⑫。

防護係數估計，可由洩漏率之概念來說明，整體呼吸防護具的防護係數等於戴用呼吸防護具後整體洩漏



圖五 不同類型口罩對於粒狀有害物之效率圖

資料來源：<http://sars.bamboo.hc.edu.tw/masks.html>

註⑪：衛生署疾病管制局制定，「嚴重急性呼吸道症候群感染控制指引」。

註⑫：勞工委員會勞工安全衛生研究所，《2000年市售呼吸防護具選用手冊》。

的倒數，洩漏可能來自濾材之洩漏，也會來自面體與臉型密合之洩漏；因此，要精確運算防護係數，應該採用【面體之洩漏率+通過濾材氣流比例（一般希望大部分氣流通過濾材，也就是希望100%）x濾材洩漏率】，但若為保守方便概算，則可簡化為下列公式來估計^⑬：

濾材的洩漏率數據，一般可依製作標準驗證分級來取得，例如通過我國CNS 14755（2003）拋棄式防塵口罩標準分為D3、D2、D1，及CNS 14756（2003）附加活性炭拋棄式防塵口罩標準分為D3-G、D2-G、D1-G，所代表的是在其測試條件下，濾材之效率都高於99%、95%、80%，也就是確保洩漏率分別低於1%、5%、20%，可依此保守來估計濾材的洩漏率。對於引用其他國家之分類等級，當然就必須參考其對於濾材之效率要求，又例如美國之N95、R95、P95、N99、R99、P99、N100、R100、P100等三個系列九種等級，分別表示濾材之效率都高於99.97%、99%、95%，也就是確保洩漏率分別低於0.03%、0.1%、5%^⑭。

面體的洩漏率，影響因素相當

多，隨著不同佩戴者、不同口罩、不同動作、不同測試時間，都可能不同，因此實際上及文獻上都沒有一個確定的答案，必須由實際經驗保守估計。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所曾透過專家會議，彙整防護具廠商、專家學者的經驗，提出表二共同可接受的淨氣式呼吸防護具面體洩漏率的建議值，可供估計參考。

由濾材及面體的洩漏率之和的倒數，可計算整體佩戴呼吸防護具之洩漏率而求出防護係數；勞工委員會勞工安全衛生研究所就依據此原則，結合CNS 6637（1998）防塵面具及CNS 14755（2003）拋棄式防塵口罩之濾材等級，提出不同濾材等級、不同面體型態之防塵口罩之建議防護係數如表三，這些建議值與歐洲國家所給的建議值頗為接近，可提供作為訂定呼吸防護具防護係數的參考^⑮。

(三) PAPR呼吸防護具

污染區作業人員或醫護人員在從事高風險作業或醫療行為時，所選用之呼吸防護具等級應更高。就前述介紹，作業人員應該已清楚有各類型高等級呼吸防護具可供選擇。在此特別介紹頭罩式的動力淨氣式呼吸防護具（powered

$$\text{防護係數} = 1 / \text{整體洩露率} = 1 / (\text{面體的洩漏率} + \text{濾材的洩漏率})$$

註⑬： "NIOSH cites poor fit of many current N95s, urges fit test change," 3M Job- Health Highlights, Volume 20, Number 1, pp. 1-2, 2002.。

註⑭：中國國家標準，CNS 6637，1998，防塵面具。

註⑮：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。

表二 淨氣式呼吸防護具面體洩漏率建議值

面體分類	一般面體			電動送風呼吸防護具		
	全面體	半面體	四分面體(含拋棄式)	緊貼型面體	頭罩	非頭罩之寬鬆面體
洩漏率建議值	1%	5%	10%	0.01%	0.10%	2%

資料來源：勞工委員會勞工安全衛生研究所

表三 各種防護具之建議防護係數

防護具型式	建議防護係數
拋棄式口罩 + D1 或D1-G 濾材 (洩漏率20%)	3
拋棄式口罩 + D2 或D2-G 濾材 (洩漏率5%)	5
拋棄式口罩 + D3 或D3-G 濾材 (洩漏率1%)	10
半面體 + 二級濾材 (洩漏率5%)	10
半面體 + 一級濾材 (洩漏率1%)	15
半面體 + 特級濾材 (洩漏率0.1%)	20
全面體 + 二級濾材 (洩漏率5%)	15
全面體 + 一級濾材 (洩漏率1%)	50
全面體 + 特級濾材 (洩漏率0.1%)	100
動力 + 非頭罩寬鬆面體 + 二級濾材 (洩漏率5%)	15
動力 + 非頭罩寬鬆面體 + 一級濾材 (洩漏率1%)	30
動力 + 非頭罩寬鬆面體 + 特級濾材 (洩漏率0.1%)	50
動力 + 頭罩 + 二級濾材 (洩漏率5%)	20
動力 + 頭罩 + 一級濾材 (洩漏率1%)	100
動力 + 頭罩 + 特級濾材 (洩漏率0.1%)	500
動力 + 緊貼型面體 + 二級濾材 (洩漏率5%)	20
動力 + 緊貼型面體 + 一級濾材 (洩漏率1%)	100
動力 + 緊貼型面體 + 特級濾材 (洩漏率0.1%)	1,000
估算公式(取相近之整數): 指定防護係=1/(面體洩露率+濾材洩露率)	

資料來源：作者整理

air-purifying particulate respirators, PAPR) 來提高防護等級^⑩。

在醫療機構一般最常見之呼吸防護具是拋棄式防塵口罩，其原因在於

拋棄式防塵口罩重量輕、攜帶方便，而且成本低廉。但由於拋棄式口罩構造簡單，而且屬於負壓式設計，因此佩戴者吸氣時，口罩內形成負壓狀態，易導致

註⑩：ASTM F2101-01 Standard test method for evaluating the bacterial filtration efficiency (BFE) of surgical masks using a biological aerosol of Staphylococcus aureus. °

短暫時間的密合度降低，會造成部分空氣未經濾材而直接洩漏進入呼吸系統，降低防護效果。

除拋棄式防塵口罩外，若風險較大，環境狀況需要，當然可考慮採用更高等級的防護具面體，如半面型（half mask）或全面型（full mask）面體；其設計方式，乃利用有彈性的橡膠面體，使得呼吸防護具面體能更密合佩戴者臉型。但吸氣時，呼吸防護具內仍為負壓，若是疏忽或是臉型不密合，仍會有洩漏風險。上述之面體（拋棄式、半面體、全面體）為求完全達到防護具性能，須要求面體與佩戴者臉部密合，即是緊密的與臉型接觸；長時間佩戴會不舒服，且會限制佩戴者說話，造成佩戴者與外界溝通困難；另外由於生物性危害感染是重要危害途徑，須避免有害污染物與身體任何部位接觸，因此就會出現作業人員穿戴頭套、面盾、護目鏡、防護衣、防護鞋、手套、呼吸防護具等多種防護具來防護；若不當佩戴，可能互相影響，造成功能降低。頭罩式PAPR之考量，就在於避免上述呼吸防護具使用問題，對於從事高風險的作業人員，可提供更適當之防護^⑩。例如醫護人員對SARS或TB病患從事抽痰或插管等醫療行為時，可能引發病人咳嗽，產生大量含病原菌微粒，在此情形下醫護人員須要更完整保護，頭部需要頭套、面盾、護目鏡及高等級呼吸防護具（如圖六），為避免產生防護具間搭配

所造成之失誤，建議醫護人員從事此高風險醫療行為時使用頭罩式PAPR，結合上述頭部防護具，可提供醫護人員頭部與臉部最完整的保護。

相較於無動力呼吸防護具，PAPR的優點是：一、無呼吸阻力問題，佩戴者的舒適度較佳；二、若送風機可提供充分的送風量，面體內壓力可保持於正壓狀態，較無密合不良所造成的污染物洩漏問題，防護係數較高；三、使用全面體與寬鬆面體時，有較大量的空氣流經頭部，在高溫作業下具冷卻效果；四、結合頭盔或氣罩等型式的寬鬆面體，增加佩戴者作業安全性與作業相容性，也可取代眼罩、面罩等各類



圖六 PAPR防護具

資料來源：作者整理剪輯

註⑩：Federal Register（1995）. Respiratory Protective Devices, 42 CFR Part 84, Federal Register, 60, 110.

頭部護具，減少搭配所產生的問題^⑬。

(四)防護具之使用、保管與清潔

防護具於購買後若未立即使用時，應保管在適當地地方儲存，注意不得使其產生變形，亦不可有刮傷損壞，應避免保存在下列地方：

①灰塵很多之場所。

②陽光直接照射之場所。

③對防護具會有不良影響之高溫、低溫或潮濕之場所。

④存在污染物附近之場所。

對於可重複使用之防護具，應建立適當清潔消毒方法，確保重複使用時之安全，特別是共同使用之防護具，應於每次使用後，依照保養規定加以清潔消毒，隨時保持清潔、安全，以備不時之需。清潔原則首重安全，應避免人員於清潔消毒過程中受到危害，其次避免損壞防護具的功能，最後才考慮成本經濟及供需的問題。一般清潔呼吸防護具應注意下列事項^⑭：

①清潔消毒溶液不可對防護具造成損傷，不可使用任何有機溶劑擦拭防護具，可使用棉布沾些許中性清潔劑進行外部擦拭。

②完成所有零配件清潔與檢查工作後，待所有零配件自然陰乾，將呼吸防護具收藏於乾淨、乾燥、無陽光直曬且溫度低於48°C之儲存處所。

③清潔後應對防護具進行檢查，發現防護具有下列任何情形時，應即

廢棄、修理或更換零件：一、破損時。二、明顯老化、變形、腐蝕、污損或性能降低有危害之疑時。三、拋棄式防護具超過使用期限，或防毒口罩之濾毒罐超過保存年限或更換期限。四、排氣閥無法正常動作，或排氣閥座受損傷時。另應依所定之廢棄標準，對於不適當之防護具予以廢棄，廢棄之防護具應標明廢棄物品，避免再被使用。

④PAPR可將呼吸管拆卸浸泡於中性清潔劑中進行清潔工作，但應避免污染物進入呼吸管。

⑤PAPR之送風主機係電動設備，不可浸泡於清潔液中，造成損壞。而清潔消毒後，應保持充電狀態，隨時可提供正常佩戴。

二、防護衣

(一)防護衣分類

目前衛生署並未將防護衣納入醫療器材中登記管制，亦無醫療用防護衣分級制度，因此相關規範大致可以參考化學災害緊急應變用防護衣分類標準（A、B、C、D）級。美國環保署把危害分成四個等級（如表四），根據不同危害狀況建議適用的防護措施。依美國環保署的分類，危害等級A級者即令人員呼吸系統及皮膚造成立即危害的狀況；B級危害是當氧氣濃度低於19.5%或存有之物質會對人體呼吸系統造成立即性傷害；C級為有污染物存在，會有液體飛濺，但不會因暴露皮膚造成傷害

註⑬：勞工委員會勞工安全衛生研究所，《隔離病房照顧SARS病患之醫療人員佩戴動力過濾式呼吸防護具（PAPR）技術手冊》。

註⑭：《呼吸防護具之選擇、使用及維護方法》，中國國家標準CNS14258Z3035，1998。

或經由皮膚吸收；D級為無危害狀態。因此在防護上應選用適當的防護衣^{②①}。

在A級危害的狀況下，因為會傷害到呼吸系統，因而必須使用空氣呼吸器；但防護衣具及手套應為氣密式。若不氣密，高濃度的有害污染物就有可能從縫隙中透過防護衣，而傷害到人體。

B級危害如以人員進入密閉空間為例，所需防護具以能供給空氣者為主，防護衣具不必是氣密式的。在使用防護衣具尚得考慮所使用的材質，若材質結構和外洩出來的物質相近，防護衣會在短時間內破出，甚至被溶解而失去防護的功效。

國內目前市面上有的化學防護衣多為從美國、日本及歐洲進口，少數是國內業者本身自外國進口原料在國內縫製加工。不論是國內加工或直接進口，所用的材質大部分均有測試資料可循，但防護衣不似手套，光靠材質或厚度不易判斷防護效果，其他如氣密性（Level A 危害用）的好壞、全面式防護衣面罩部分的材質及衣服縫製的方法等，均會影響防護衣的防護效果。

(二)防護衣材質

國內目前市面上常見的防護衣材質有A、B、C級三種，A級與B級防護衣厚度極厚（因屬多層次淋膜結構），除嚴格要求不透氣性及不透水性之外，對大多數的化學溶劑及氣體的抵抗性亦佳，因此大多作為化學災害時搶救的工

具，但此種防護衣厚重、不透氣，對穿著者的體力負擔極大；而C級防護衣較輕便，亦不透水且可耐輕微酸鹼液之噴濺或表面沾附，一般作為化學操作及生物危害操作時之標準防護配件，各項常用的防護衣材質為^{②②}：

①C級杜邦的泰維克（Tyvek）

泰維克是一種紡粘烯烴（Spun bonded olefin）纖維，不易撕裂，且具極佳的微粒捕捉特性，因此可用於石棉作業、粉塵作業場所的作業人員，同時也可用於噴漆業及製造業的一般用途。標準泰維克材質的防護衣較舒適，適用於化災搶救狀況C（Level C）的危害狀況及SARS病患治療狀況下使用。

②C級泰維克淋膜

以標準的泰維克加上一層黃色PE膜，除了防水之外也可阻擋蒸氣，並可防止一些化學品的浸滲，防護效果較標準泰維克為佳。

③C級泰維克（Tyvek）

Tyvek覆上SARANEX 23P膜（SARANEX為美國DOW化學公司出品）。多層熱塑性的膜覆蓋在泰維克上，以防多氯聯苯等物質的危害。

④C級Encase

美國Abanda公司出品此種材質是以P.P.覆上PE膜，以提供足夠的強度及防撕性，同時PE層可防止化學品浸滲，且有防水及微粒的特性。

⑤C級Chemtuff

註^{②①}：World Health Organization, <http://www.who.int/csr/sars/en/>

註^{②②}：<http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/biology/imagmem3.htm> and Plog, 198815.

表四 防護衣具等級分類表

防護等級	環 境 狀 況	使 用 裝 備	備 考
A	1.在高濃度蒸氣、氣體或懸浮微粒等有害污染物存在下，皮膚、眼睛及呼吸系統需要最好的防護；或有害蒸氣、氣體或懸浮微粒存在的工作環境中，可能產生未預期的噴濺、浸泡或其他暴露狀況，已知此有害污染物對皮膚有危害性或可能經由皮膚吸收。 2.已知對皮膚有很大危害性的物質存在或可能存在，並且可能接觸皮膚。 3.通風不良區域。	1.正壓全面式的自攜式空氣呼吸器。 2.包含自攜式空氣呼吸器的正壓式輸氣管面。 3.氣密式連身防護衣。 4.防護手套。 5.防護鞋（靴）。	當作業環境中有高度有害污染物濃度達立即致死濃度、立即致病濃度或造成影響逃生能力的傷害時須使用A級呼吸防護具。
B	1.已知濃度和種類的有害污染物，對呼吸系統需要最好防護，對皮膚則次之。 2.空氣中含氧量小於19.5%。 3.由有機氣體監測器讀出有不明蒸氣或氣體存在，但此蒸氣或氣體對皮膚不會嚴重傷害或經由皮膚吸收。	1.正壓式全面式的自攜式空氣呼吸器。 2.包含自攜式空氣呼吸器的正壓式輸氣管面罩。 3.非氣密式連身防護衣。	空氣中的有害污染物經呼吸會造成嚴重傷害，但對皮膚無顯著的傷害；或仍未達使用空氣濾清式呼吸防護具標準的污染環境中適用B級防護具。
C	1.空氣中有污染物存在，會有液體飛濺或其他方法接觸，但不會對暴露之皮膚造成傷害或經由皮膚吸收。 2.已知空氣中污染物濃度、種類，並且可用空氣濾清式口罩達到過濾污染空氣效果。 3.其他可適用空氣濾清式口罩狀況。	1.全面式或半面式的空氣濾清式口罩。 2.一件或二件式化學防濺衣。 3.防護手套。 4.防護鞋（靴）。	
D	1.空氣中無污染物或濃度低於管制標準。 2.無飛濺、無浸泡、無吸入或接觸上的危害。	1.通常此狀況無須呼吸防護具。 2.防護鞋（靴）。	

資料來源：作者整理美國疾病管制局網站（<http://www.cdc.gov>）製作。

美國Chemron出品一種利用多層防磨性材質做成的材質，對化學及生物性有害污染物具防禦作用。

⑥A、B級Responder

Responder的材質是由美國的Kappler Safety Group所發展出的多層膜及合成物質組成，氣密性佳，可做為Level A及B危害的防護。

⑦A、B級Barricade

Barricade是杜邦公司以多層合成膜加上強化纖維製成，可對許多化學品提供長時間及有效的防禦功能，可於有害污染物緊急應變的狀況使用。符合Level A或B的防護需求。

⑧A、B級Chemrel

美國Chemron研製的Chemrel

及Chemrel Max材質是一種極強吸收性物質的伸縮纖維，其防護效果可符合Level A及B的要求。

(三)防護衣選用原則

選用防護衣一般應注意事項²²：

- ①堅固、輕便且易於活動。
- ②易於穿著。
- ③避免設置口袋，易使液滴及其他污染物滯留。

④精密縫製後，縫合部分應自其上方作不滲透處理。

⑤選用適切防護級數之防護衣，並考慮下列要點：

1.災變事故中之污染種類物質為何？

必須審慎評估在已知或未來可能的事故中，該防護衣是否足堪防護；如無法判定污染區之有害污染物質為何，則應提高等級，使用A級防護衣從事作業執行任務，以為安全。要記得沒有任何一種衣服能防護全部的物質。

2.查閱手冊資料瞭解基本防

護參考數據。

使用前應參照製造商之防護衣料浸透指南，查閱各種化學物質的穿透時間及浸透率，選擇適切之防護衣執行作業。若對防護效果不滿意，或對所查閱之參考資料有疑慮，則應提升防護衣的使用等級。

3.防護衣的重複使用考量

若任務單純，執行非高度危險性作業，除污設備良好，技術經驗足夠，且除污成本低廉時，可考慮於除污後重複使用防護衣；反之若為安全考量，則應依污染物處理報廢程序消除後報廢封存。通常作業人員須購置兩套防護衣，一件使用中，一件則送往除污。

4.耐穿度如何？

多層淋膜衣物有較長久的耐穿時間，雖然橡膠系列產品耐久時間可能更長，但若除污無法完全，為安全考量還是要拋棄。因此，有限度使用的多層淋膜防護衣是適當的選擇。許多廠商都會提供其測試資料、指出偵測時間及



A級防護衣

B級防護衣

C級防護衣

圖七 由左至右依序為A、B、C級防護衣

資料來源：作者整理

註²²：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，《防護具選用技術手冊——化學防護衣》。

滲透測試數據，以供使用者參考及和其他廠牌產品比較。

(四)防護衣應用於病原體的考量
(以抵抗SARS病毒為例)^②

①一般的醫療用無菌隔離衣是保護病患於無菌開刀房進行手術時，免於受感染及保護醫療人員萬一被血污噴濺時之用。建議給醫療院所中不須直接接觸SARS病患者使用（如櫃臺工作者、或幫忙量體溫者），因怕萬一被飛沫附著傳染，且於休息時最好即換掉隔離衣，以免將病毒帶到乾淨的區域。

②對於須直接接觸SARS病患者、或其他清潔除污工作人員、負壓隔離室中維修工作人員、喪葬業者等，則建議穿著工業級C級以上的防護衣；並且搭配防護手套、防護鞋、工業級N95級以上相等防護之口罩、防護眼罩、面罩等防護具使用，特別注意其密合度。

③除污人員於經常出入污染區域，因須消毒除污，建議穿著如C級泰維克淋膜或同等級以上的防護衣，以便經得起消毒劑的多次噴沖，並考慮搭配使用全面式防毒防塵面具。

三、防護手套

防護手套種類雜多，依其材質一般概可區分為天然橡膠、氯丁橡膠、腈類橡膠（nitrile）、丁基橡膠、聚乙烯醇、鐵氟龍、銀膜（Silver shield，美國North公司的專利）及多種材質的混合^③。防護手套最重要的考量要點是抗

水性（液密性），主要目的為避免人員體液感染（如SARS病毒），故一般醫用手套即可防護，除此之外，在選用時得考慮下列要點：

(一)待處理的物質：選擇手套前應先評估可能接觸的有害污染物及其情形。

(二)暴露時間的長短：針對不同的暴露時間來選擇合適的手套而不是選最厚、最貴的手套。一般而言，可按暴露時間選擇比需要防護等級更高一級防護效能的手套。

(三)成分：針對不同手套材質所屬的化學或物理特性須先行瞭解後，方能做合適的選擇。一般以化性而言，結構相似的物質易相容，因此在選擇時以主要聚合材質和所處理物質不相似為原則。惟一般手套主要之聚合材質所占百分比不易判定，因此唯有經過實際測試或參考文獻才能判斷手套的量化防護效果。所以廠商的原始資料，有義務提供足以信賴的化學防護數據表或該手套材質的化學、物理特性。雖然可用手套的主要成分來判斷其對危害因子的防護效果，但因手套成分百分比不易判定，無法單獨依各項成分定量判斷防護效果。另醫用手套多為乳膠手套，使用時應選擇無粉與低蛋白質的乳膠手套，以減低過敏的危險性。但所謂低過敏的乳膠手套無法減低乳膠過敏的危險性，只能減低乳膠手套中化學添加物的

註②：Influenza A（H5N1）：WHO Interim Infection Control Guidelines for Health Care Facilities；WHO, 10March 2004.

註③：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，《防護具選用技術手冊——安全手套》。

反應²⁵。

(四)厚度及表面皺摺：一般而言，手套愈厚防護效果愈佳，但過厚的手套卻會減低使用的靈活性，徒增使用者的不便。

(五)製造商：相同材質，但出自不同廠家則有不同穿透值，防護效果也不盡相同，製造商的知名度有一定的相關性。所以在購買某種廠牌的產品時，最好要求經銷商提供製造商的測試資料，以做為選用的參考，但不應因製造商而忽略其他因素。

(六)滲透率：各種溶液一旦接觸手套後，可能有穿透或滲透產生，穿透是材質在極短的時間被溶液破壞。滲透可分為以下三個步驟²⁶：

- ①手套外層吸收化學品。
- ②化學品由外而內的擴散。
- ③化學品離開手套內層表面。

手套主要的聚合物成分，主要是用以減緩或防止上述步驟的進行，若手套選用不當，則手套本體結構可能被溶解破壞，產生膨脹或收縮或變脆的現象。

(七)抗老化性（degradation resistance）：即手套材質因接觸到化學物質後，其物理特性產生退化的現象。有時是變硬、變僵、脆裂或更硬、更弱，甚至尺寸收縮等現象。

(八)穿透時間（penetration time）：即某一特定化學物質，從手套材質之一邊，因材質不良或不適該化學物質，而

直接穿透材質本身，從表面到另一邊的時間。

(九)機械性強度：手套不只是一要能防化學品的浸滲，其強度亦須達一定水準，以免在穿戴時因強度不夠而破裂，完全失去保護的作用。

(十)伸縮、靈活及舒適性：這個要件完全是要讓使用者能舒適的穿戴手套且不影響其正常工作；若不能具備這些特性，不但會影響作業人員的工作，更會降低其穿戴的意願。

(十一)使用時的溫度：溫度越高，各種物質容易穿透手套，因此手套的可使用時間越短。例如氯化丁基橡膠的測試報告指出，當溫度是7°C時，破出時間（break through time）約40分鐘，溫度為37°C時，破出時間縮短為16分鐘。

結語

生物疫病災害應援作業及傳染病醫療救護防治均屬高危險、高污染性之工作，為求有效協助應援任務與災變處置能力及相關疫病管制任務，針對污染區危害判定、封鎖管制、醫療後送與消毒除污作業之遂行任務，各級作業執行人員應充分瞭解個人防護具之選用等級及其穿著時機與運用模式，方能在確保自身安全的狀況下，有效且快速的達成救援任務。

收件：95年10月25日

接受：95年11月8日

註²⁵：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，《乳膠手套危害預防手冊》。

註²⁶：<http://www.cuhk.edu.hk/ipro/pressrelease/030405c.htm>