

附錄二

呼吸防護裝具之密合測試

呼吸防護裝具之密合測試可藉定量或定性的測試來完成。在呼吸防護裝具計畫中，應以定量測試來選擇最佳性能的面具，以作為個人訓練之用。另在進入危險環境之前應實地進行定性密合測試，以確定是否獲得適當的密合。

1. 定量測試

定量測試是在已知的濃度下，在各種密閉室內，實施人員密合度測試。

1.1. 密合測試腔室

下列各型的腔室可用於定量測試：

- a. 測試房：應有足夠的視窗空間，以容許在萬一發生問題時，能觀察穿戴者行動，另外通訊的方法也是必要考慮的。較大型的房間則可容許更有活動力的演練，但需要大量的測試用空氣以達到足夠的測試濃度。
- b. 測試隔間：較容易轉用為密合腔室，如聽力計測室或電話亭室即十分適合。惟在較小空間內實施有活動力的演練時將受限制。
- c. 塑膠頭罩：塑膠頭罩可與踏車組合使用，以模擬工作負荷狀況。

1.2. 模擬工作狀況

在密合度測試期間，工作狀況的模擬越逼真，測試結果就越有用。在呼吸防護裝具測試期間，所應執行的動作如下，每項動作原則維持一分鐘：

- a. 正常呼吸；
- b. 深呼吸；
- c. 頭部慢慢地左右地轉動兩次，每次在左、右側各呼吸一至兩次；
- d. 頭部慢慢地點頭抬頭兩次，每次點頭、抬頭各呼吸一至兩次；
- e. 說話(慢慢地大聲唸下列之一段話)
 - (1)國語部分：「媽媽婆婆有辦法，讓哥哥爸爸真偉大；一二三四五，六七八九十。」
 - (2)閩南語部分：「點仔膠，黏到腳，叫阿爸，買豬腳，豬腳塊仔

滾爛爛，餓鬼囡仔流嘴涎。」

(3)客家部分：「月光光，秀才郎；騎白馬，過蓮塘；蓮塘外，種韭菜；韭菜花，結親家；親家面前一口塘，養的鯉魚八尺長。頭拿來吃，尾巴拿來討新娘。討的親娘矮嘟嘟，煮的飯啊，香撲撲；討的新娘高天天，煮的飯啊，香甜甜。」；

f. 臉部表情測試；

g. 彎腰或原地跑步；

h. 於依序進行測試動作後正常呼吸以再次檢查密合度；密合度測試得使用踏車來模擬工作負荷或在原地跑步或輕快越過障礙路線後，以測量在用力呼吸及流汗時面罩與臉部之密合度。曾接受呼吸防護裝具密合測試，及裝具使用訓練者，應避免因頭或臉之移動，而使面罩與臉密合處發生洩漏。例如：頭部劇烈地上下或左右轉動，及大幅度的臉部動作均應避免。

1.3. 使用儀器

1.3.1. 多粒徑分布的人員測試系統

a. 作用原理：在美國拉斯亞拉摩斯國家實驗室(Los Alamos Laboratory, LASL)發展的可移動、定量多粒徑分布DOP呼吸器人員測試系統；其主要組件“多粒徑分布DOP空浮微粒系統”，包含一個高壓空氣產生的DOP空浮微粒系統、一個五級十進位(5-decade)前散射光度計(forward light scatter photometer)、空氣供應及取樣真空系統。此單元以115V、60週波 AC電流操作，而且易於移動，同時可操作於任何供電的地點。而測試腔室為哈佛公共衛生學院所設計，其特色為以環狀的排氣系統來防止頭罩外部區域的空浮微粒污染。此組件可從天花板或從可攜帶的框架懸掛而下。來自主單元之可彎管能傳送 DOP 空浮微粒到頭罩，而排氣管可導引空浮微粒回到高效率濾層。一個條形圖記錄器連接到光度計輸出訊號，做為測試結果的永久紀錄。

- b. 優點：本系統的主要優點為初始費用低、機動性及可變性。空氣壓力產生的多粒徑分布DOP空浮微粒，並沒有被加熱，因此不含DOP的分解產物。且它是無味的，就空氣淨化式呼吸防護裝具而言，測試腔室中所維持的空浮微粒濃度是 $25\text{mg}/\text{m}^3$ ，而對於可提供較高防護程度的呼吸防護裝置之測試，則可以增加到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

1.3.2. 氯化鈉測試系統

- a. 操作原理：由 LASL 發展出來的 LASL 1 號模型氯化鈉空浮微粒系統，可產生相同粒徑分布和濃度的空浮微粒。而氯化鈉空浮微粒的濃度，則藉著光電倍增管對曝露在測試腔室或面罩外之丙烷火焰，所產生的反應測量出來的。對測試腔室的氯化鈉空浮微粒濃度與滲入面罩內空浮微粒濃度的比率，可由裝置於電子箱內的記錄器所監測。本系統可測到 0.02% 的面罩洩漏。
- b. 優點：氯化鈉呼吸防護裝具的人員測試系統，其主要優點為使用低濃度($12\pm 2\text{mg}/\text{m}^3$)之非毒性、無臭味的空浮微粒。由於火焰光度計對面罩滲漏的迅速反應，相對於系統，其取樣率非常低(若DOP每分鐘8升，則氯化鈉1升)，對呼吸防護裝具的正常作用造成較少的干擾反應。

1.3.3. PORTACOUNT測試系統

- a. 操作原理：PORTACOUNT空浮微粒測試系統，係一種以凝結微粒計數器(Condensation Nucleus Counter，簡稱CNC)作為定量方法的測試設備。CNC是當微粒連續經過時，將原本較小而不易計數之微粒，以飽和酒精蒸氣包圍凝結成較大之可計數微粒，此長大粒子再經噴口射出而散射雷射光束，經由計算產生之脈衝信號即可得空氣中之微粒濃度。此系統可測出0.02微米以上之空浮微粒，空浮濃度範圍則從每立方公分小於0.1個粒子到 5×10^5 個粒子。

b. 優點：PORTACOUNT測試系統，其主要優點在於測量時對粒子相當靈敏，且較不受粒子的大小、組成、形狀或特性所影響，故可適用目前任何產生之懸浮粒子，包括環境空氣中之粉塵。由於可適用環境中之粉塵，因此對呼吸防護面具執行適戴測試作業，並不需設置測試室，此為其重要之優點，該系統可攜性高，可使用於較多工作場所，亦為其重要優點。

2. 定性測試

當缺乏定量密合測試裝備時，就需有定性測試。使用含有測試用氣體(如乙酸異戊酯)的腔室，以便執行如1.2節所描述的練習。如果腔室無法取用的話，最起碼的測試至少必須使用乙酸異戊酯或一刺激性的煙霧管。定性測試的主要缺點是穿戴者必須測定面具洩漏。各種測試用空氣的氣味低限，將隨著不同的人而有變化。而且，穿戴者如果沒有經過適當訓練，以了解呼吸防護裝具穿戴的理由，很容易在實際上沒有洩漏存在，卻在所戴面具稍有不舒適，即聲稱有洩漏，而對於實際密合不良者，卻因自己偏愛的裝具，而聲稱沒有洩漏。

2.1. 密合腔室

定性測試可採用各種不同的腔室，有廠商已生產可裝入手提箱以便攜帶之塑膠頭罩與空浮微粒產生器。就SCBA而言，最佳的定性密合腔室之一是由LASL所發展的實驗車。測試用氣體是由圓火爐燃燒濕稻草產生煙霧以管送入實驗車，穿戴著SCBA的受訓人員，首先被要求做適當活動後，進入實驗車讀看稍高處之氣體濃度指針盤，以讓受訓人員了解目前氣體濃度。緊急狀況可用假人來模擬。

2.2. 測試用物質

2.2.1. 乙酸異戊酯

乙酸異戊酯可用於定性測試，以評估空氣淨化式呼吸防護裝具的密合度。乙酸異戊酯即為一般所知的香蕉油，可在很低的蒸氣濃度中藉著氣味來察覺。測試半面式面具時採用之濃度為100ppm，而測試全面具時採用之濃度則為1000ppm。

2.2.2. 刺激性煙霧

使用高效率微粒濾材的空氣淨化式呼吸防護裝具，以檢查臉部密合度之定性方法，可讓穿戴者曝露於煙霧管所產生之刺激性錫氯化物（也可使用四氯化鈦）中。本方法亦可提供和乙酸異戊酯相同的靈敏度。唯由於煙霧具有高度刺激性，工作人員在測試之初，應該小心地閉著眼睛並非常輕微地呼吸；且煙霧管應隨時與眼睛、濾罐或面罩保持2英吋以上之距離。

3. 呼吸防護裝具操作的現場測試

在使用呼吸防護裝具之前，應該施行下列之一的現場密合測試。

3.1. 刺激性的煙霧

錫氯化物或四氯化鈦(煙霧管)技術，也可以在現場中使用。

3.2. 負壓測試

用手掌或膠帶封閉濾罐或進氣口，並輕輕地吸氣使面罩稍微下陷，然後屏住氣息數秒鐘。如果面罩仍維持輕微的下陷狀態，且並未察覺任何向內的空氣洩漏，則呼吸防護裝具的密合度即可接受。

3.3. 正壓測試

若欲進一步測試密合度，可移開呼氣閥蓋，並以手掌封閉呼氣閥，然後輕輕地呼氣以使面罩內呈輕微的正壓。若在臉部的周圍沒有察覺任何空氣向外洩漏，則面具的密合度即可接受。