

3M Science.
Applied to Life.™

呼吸防護具選用實例

個人安全產品部門

技術/法規工程師

侯冠廷





本說明以美國OSHA, NIOSH 系統為例。
呼吸防護具選用美商3M產品。

[http://extra8.3m.com/SLSWeb/home.html?region=APAC®Id=40&langCode=ZH&eslid=1&countryCode=228&countryName=Taiwan \(臺灣\) - 繁體中文](http://extra8.3m.com/SLSWeb/home.html?region=APAC®Id=40&langCode=ZH&eslid=1&countryCode=228&countryName=Taiwan (臺灣) - 繁體中文)



在開始之前

空氣中潛在危害的類型

瞭解潛在危害的類型是非重要的, 因為每一種呼吸防護具都是被設計用來防護特定類型的危害.

可能類型有:

☐ 微粒 Particulates: .

粉塵 當固體被破碎時產生 (e.g., 砂磨等作業).

燻煙 當金屬被加熱至汽化點並快速冷卻而產生非常細小的微粒. (e.g., 銲接作業).

霧滴 是極小的液滴懸浮在空氣中 (e.g., 電鍍, 發泡, 或噴灑作業).

纖維 是纖細且長的結構, 像是玻璃纖維, 石棉.

☐ 氣體及蒸氣:

氣體是在室溫時以氣相存在的物質 (e.g., 氧氣或氯氣).

蒸氣是由液體或固體揮發所產生-在室溫通常以液相或固相存在 (e.g., 汞或溶劑, 如二甲苯及甲苯).

☐ **微粒及氣體, 蒸氣同時存在:** 有時候環境中同時存在微粒及氣體, 蒸氣. 這可能是因為化學品以不只一種的型式存在, 如固體及揮發性液體的混合物. 如電鍍槽可能會逸散出氯化氫霧滴及氣體.

在開始之前

立即致危等級 Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH) Levels

當微粒, 氣體或蒸氣濃度高到會導致以下情況發生, 這就列入IDLH情況;

- 立即危害到生命
- 對健康造成不可逆的不良效應
- 使得個人失去自危害大氣環境逃生的能力

當化學物質的濃度值達到IDLH就稱之為IDLH值, 可以在 *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards* 或參考 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>. 的列表 . 另外, [3M Respirator Selection Guide](#) 在列出了許多工業用化學品的IDLH濃度.

當情況為IDLH時, 呼吸防護具的選用就非常重要.

可能為IDLH的例子有:

- 建築結構火災
- 未經試驗過的局限空間
- 空間存在已知危害物濃度, 但可能達到或高於IDLH濃度
- 空間存在已知危害物, 但濃度未知(可能達到或高於IDLH濃度)
- 空間存在未知的汙染物
- 空間缺氧
- 當一合格人員認為這環境情況有可能是IDLH環境

計算危害係數(Hazard Ratio, HR) 並評估所需要的防護係數(Protection Factor, PF)

危害係數 hazard ratio (HR) 是以暴露濃度除以該污染物的OEL.

其重要用途在於呼吸防護具的選用, 其防護係數 protection factor (PF) 必須高於HR.

$$HR = \frac{\text{暴露濃度}}{\text{該污染物的OEL}}$$

例;

甲苯的OEL若為 20 ppm. 在工作場所中所量測到的濃度為190 ppm, 則HR 是9.5 (190÷20).

在此例中我們可以選用PF=10的呼吸防護具, 但工業衛生人員可以考慮現場暴露狀況增加一安全係數以保護佩戴者. 可以考慮選用PF=50之防護具.

若2種或更多的污染物必須同時防護, 且它們具有相同的健康效應, 則HR可以相加後以總量再評估.

Table I: Assigned Protection Factors⁵

Type of Respirator ^{1,2}	Quarter mask	Half mask	Full facepiece	Helmet/Hood	Loose-fitting facepiece
1. Air-Purifying Respirator	5	10 ³	50	—	—
2. Powered Air-Purifying Respirator (PAPR)	—	50	1,000	25/1,000 ⁴	25
3. Supplied-Air Respirator (SAR) or Airline Respirator					
• Demand mode	—	10	50	—	—
• Continuous flow mode	—	50	1,000	25/1,000 ⁴	25
• Pressure-demand or other positive-pressure mode	—	50	1,000	—	—
4. Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)					
• Demand mode	—	10	50	50	—
• Pressure-demand or other positive-pressure mode (e.g., open/closed circuit)	—	—	10,000	10,000	—

Notes:

- ¹ Employers may select respirators assigned for use in higher workplace concentrations of a hazardous substance for use at lower concentrations of that substance, or when required respirator use is independent of concentration.
- ² The assigned protection factors in Table I are only effective when the employer implements a continuing, effective respirator program as required by this section (29 CFR 1910.134), including training, fit testing, maintenance, and use requirements.
- ³ This APF category includes filtering facepieces, and half masks with elastomeric facepieces.
- ⁴ The employer must have evidence provided by the respirator manufacturer that testing of these respirators demonstrates performance at a level of protection of 1,000 or greater to receive an APF of 1,000. This level of performance can best be demonstrated by performing a WPF or SWPF study or equivalent testing. Absent such testing, all other PAPRs and SARs with helmets/hoods are to be treated as loose-fitting facepiece respirators, and receive an APF of 25.
- ⁵ These APFs do not apply to respirators used solely for escape. For escape respirators used in association with specific substances covered by 29 CFR 1910 subpart Z, employers must refer to the appropriate substance-specific standards in that subpart. Escape respirators for other IDLH atmospheres are specified by 29 CFR 1910.134(d)(2)(ii).

• Reference:

Assigned Protection Factors for the Revised Respiratory Protection Standard Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor OSHA 3352-02 2009



呼吸防護具選用實例

CASE (1): 缺氧 或 IDLH

Select and Service Life

Select Contaminants

3M 個人安全產品部門 | 台灣 - 繁體中文

選用與使用時間計算

首頁

開始呼吸防護具選擇

污染物

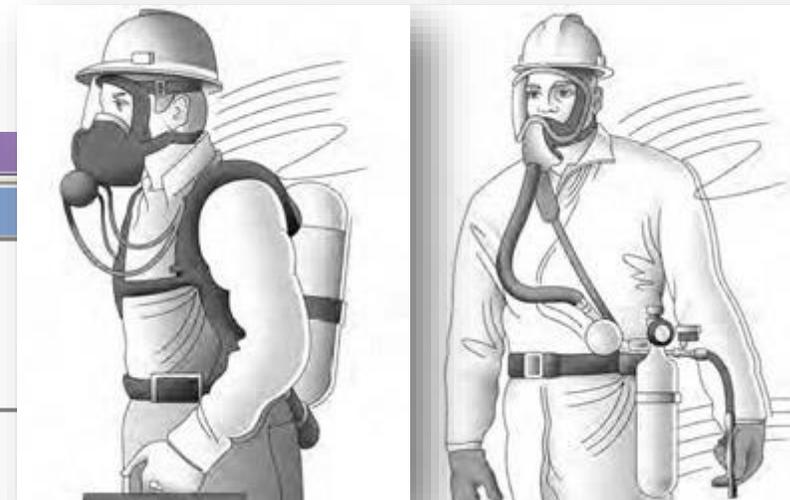
開始計算濾罐使用時間

啟動ESL軟體

一般危害

是否有缺氧的可能？ 是的 沒有

自攜式空氣呼吸防護具(SCBA)適用於缺氧環境或是污染物濃度未知處。3M目前尚未有此項產品，如需要更多資訊，請來電洽詢3M (02) 2704-9011。



只有兩種呼吸防護具可以被使用在IDLH環境:

- NIOSH 認證之全面罩面體搭配壓力需求式SCBA, 使用時間需大於30分鐘.
- 組合式, 含全面罩面體搭配壓力需求式輸氣管及輔助的自攜式空氣瓶.

• Picture reference:
Assigned Protection Factors for the Revised Respiratory Protection Standard Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor OSHA 3352-02 2009

CASE (2): 單一暴露物質-微粒或氣體

(ABC 工廠)
危害評估

(2016.1st Jan)

部門	汙染物	暴露等級	容許暴露濃度
砂磨部	木頭粉塵	2.5 - 7.0 mg/m ³	5 mg/m ³ (TLV = 1 mg/m ³)

Step 1. HR: $\frac{7.0}{5} = 1.4$

Step 2. 選擇PF > HR之呼吸防護具 (PF 需 > 1.4)

Step 3. 查詢防護具之防護係數表
半面式空氣濾淨式呼吸防護具之PF為10, 可以使用.



註: 若HR > 10 則需使用PF=25或50以上的防護具, 如全面體或PAPR等.



CASE (3): 多於一種暴露物質 (有機蒸氣+酸性氣體)

(ABC 工廠)
危害評估

(2016.1st Jan)

部門	汙染物	暴露等級	容許暴露濃度
製程區	Sulfur Dioxide	1 ppm (STEL)	0.25 ppm (STEL)
	Hexene	600 ppm (8 hrs TWA)	50 ppm (TWA)

Step 1. 酸性氣體 SO₂的 HR : $\frac{1}{0.25} = 4$

有機蒸氣 Hexene的 HR : $\frac{600}{50} = 12$

Step 2. SO₂所需之 PF > HR之呼吸防護具 (PF 需 >4), 所以可以選用半面體(PF=10)+酸性氣體濾罐.
(參考呼吸防護具製造廠的建議)

Hexene所需之PF > HR之呼吸防護具 (PF 需 >12), 所以要選用全面體(PF=50)+有機蒸氣濾罐.
(參考呼吸防護具製造廠的建議)



Step3. 綜合以上考量, 同時暴露兩種物質的呼吸防護具選用建議為; 全面罩面體+(酸性, 有機蒸氣)雙效濾罐.



CASE (4): 多於一種暴露物質 (氣態+微粒)

(ABC 工廠)
危害評估

(2016.1st Jan)

部門	汙染物	暴露等級	容許暴露濃度
溶劑區	Toluene	0.2 ppm (8 hrs TWA)	20 ppm (TWA)
	Ethyl Acetate	20 ppm (8 hrs TWA)	400 ppm (TWA)
	Acrylic Acid	1.8 ppm (8 hrs TWA)	2 ppm (TWA)
	Nickel	1.2 mg/m ³ (8hrs TWA)	1 ppm (TWA)

Step 1. Toluene的 $HR: \frac{0.2}{20} < 1$, Acrylic Acid的 $HR: \frac{1.8}{2} < 1$

Ethyl acetate的 $HR: \frac{20}{400} < 1$, Nickel的 $HR: \frac{1.2}{1} = 1.2$



Step 2. 評估氣態汙染物之HR皆小於1, 低於容許暴露濃度. Nickel 之HR 為1.2, 可選用PF10的粒狀汙染物防護具如N95等級口罩或半面體+N95等級濾棉即可.

Step 3. 但此工廠的工衛人員增加20%的安全係數 (考量所測定的暴露值 最大有可能達1.2倍的TWA), 使得Acrylic Acid的 $HR=1.8 * 1.2/2=1.08$, 所以需增加有機蒸氣濾罐的選用, 再考量溶劑可能有噴濺至臉部的風險. 因此選用全面罩+有機蒸氣濾罐及N95濾棉片.



其他注意事項

- 您還須考慮這份工作所需的任何 其他安全防護具。所選的呼吸防護具必須與安全帽、護目鏡、安全眼鏡、銲接面罩等相容使用。
- 作業人員的 佩戴舒適度 也是必須考慮的。如果呼吸防護具難以讓員工接受，使得無法在暴露於污染時都佩戴，它將無法提供所需的保護。即使是在短時間內，拿掉呼吸防護具都會大大減少呼吸防護具能提供的保護。如果是要執行重負荷的工作、或必須穿戴呼吸防護具於較長的工作時間，可能需要選擇低呼吸阻抗的輕量呼吸防護具。例如，有呼氣閥的防塵口罩會比同類型的無呼氣閥防塵口罩，更容易呼吸。
- 在一些工作場所，動力濾淨式呼吸防護具 (PAPR) 或 供氣式呼吸防護具 可能會比負壓半面罩或全面體呼吸防護具更適合使用。動力或供氣式呼吸防護具的某些類型頭罩能提供頭和眼睛的保護、用於臉部有毛髮的或適合那些不能正確佩戴半面罩或全面罩呼吸具的使用者。一些供氣式呼吸防護具能加熱或冷卻空氣，提供更舒適的冷或熱工作環境。對於那些難以在負壓濾淨式呼吸防護具中呼吸的工作者，動力或供氣式呼吸防護具可能更為舒適，因為它提供空氣到工作者的呼吸區域。

濾罐更換期程

- ❑ 假如汙染物有良好的警示特性，某些國家允許參考汙染物的異味來制定濾罐更換期程 (Odor threshold less than occupational exposure limit)
- ❑ 但是，某些汙染物的警示特性較弱，而且工作者可能感受能力較弱。
- ❑ US OSHA 對於 acrylonitrile, benzene, butadiene, formaldehyde, methylene chloride, vinyl chloride 有強制的濾罐更換期程 (e.g. 1 hour, every shift, etc.)
- ❑ 使用壽命指示器 End of service life indicator (ESLI), 但很稀少。
- ❑ 驗室測試結果或濾罐壽命軟體
- ❑ 根據面體/濾罐的銷售情況，全球平均的更換率約2.5個月。(但變異非常大, e.g. daily to yearly)

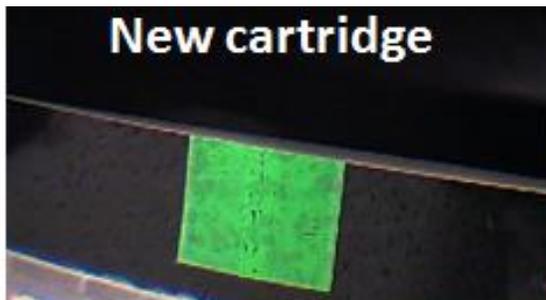


含ESLI之有機蒸氣濾罐



含ESLI之汞蒸氣濾罐

使用壽命指示器End of service life indicator (ESLI)



對於低濃度暴露工作者的濾罐更換期程

- 雇主需評估工作場所的暴露程度。
- 暴露等級通常低於暴露限值。
 - US OSHA inspection data 2000-2009
 - 3M 3510 Organic Vapor Monitor data
- 噴漆Painting: 溶劑的暴露等級因為較佳的噴漆工具及通風條件，通常小於限值。
 - 可能需要防微粒的呼吸防護具或防護 di-isocyanates (MDI, TDI), 但這不會影響使用時間。
 - 當可能不會有危害性的蒸氣濃度時如何決定濾罐更換期程?
- See Technical Database / Technical Information / Service Life / “Low Exposure - cartridge change schedules”



US OSHA

WORKSHEET FOR COMPARISON OF SOLVENT VAPOR CONCENTRATIONS TO OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMITS (OEL)

Compound(s)	Concentration ppm 1	÷ 2	OEL ppm	=	C/OEL
Acetone		÷	500	=	
n-Butyl acetate		÷	150	=	
n-Butyl alcohol		÷	20	=	
etc.			etc.		
				TOTAL	<input type="text"/>

- 先計算HR
- 若 total is < 1, 使用者可以選擇使用容易記憶的時間週期來更換濾罐 (e.g. 1 week, 1 month, etc).
- 若 total is > 1, 那就需要依使用時間來擬定濾罐更換期程。

建議

- 使用時間的評估或使用壽命指示器(ESLIs)可以幫助低警示特性污染物的濾罐 使用者 (e.g. isocyanate based paints, hydrogen sulfide)
- 因為遷移(migration)特性, 有機蒸氣使用時間需自第一次使用開始算起, 即使有一段時間沒有使用。(running clock)
- 非有機蒸氣濾罐的使用時間是計算實際的使用時間。
- 如果使用時間非常短, 請使用供氣式的呼吸防護具。
- 濾罐更換期程需要較保守的評估、方便且容易記憶。(e.g. 1 day, 1 week, etc.)

Questions?