

ISO 16890 一般空調濾網測試標準簡介

胡明銓、林詩音、郭家偉
紡織產業綜合研究所 檢驗部

摘要

ISO 16890 為新的過濾器測試和評估標準，已在 2016 年底正式公佈，歐洲地區經過 18 個月過渡期後取代了 EN 779，而美國也在考慮未來是否要廢除 ASHRAE 52.2 測試標準。空氣過濾器以 ISO 16890 的評估方法代表了一種新的模式轉變，未來過濾效率將通過不同的粒徑 (PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10}) 來分類。該標準也被用來作為 WHO (世界衛生組織) 和環保部門的評估參數。根據這個標準，使用者將能更加精確地選擇特定需求的過濾器。隨著新的 ISO 16890 標準的推出，將更有效地考慮到實際的應用環境，而不是像之前 EN 779 只考慮粒徑 $0.4 \mu m$ 的顆粒物。新標準所規定粒徑範圍 $0.3 - 10 \mu m$ 的顆粒將用來確定 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的分級效率。

ISO 1890:2016 測試標準共包括了四個子標準，其內容分別如下。

第 1 部份：顆粒物綜合過濾器效率 (ePM) 技術要求和分級 [1]

第 2 部份：粒徑效率和阻力的測試 [2]

第 3 部份：計重效率及阻力與試驗容量塵量關係測試 [3]

第 4 部份：確定最低粒徑效率的消靜電方法 [4]

針對空調濾網採用 ISO 16890 測試的完整程序如圖 1 所示。

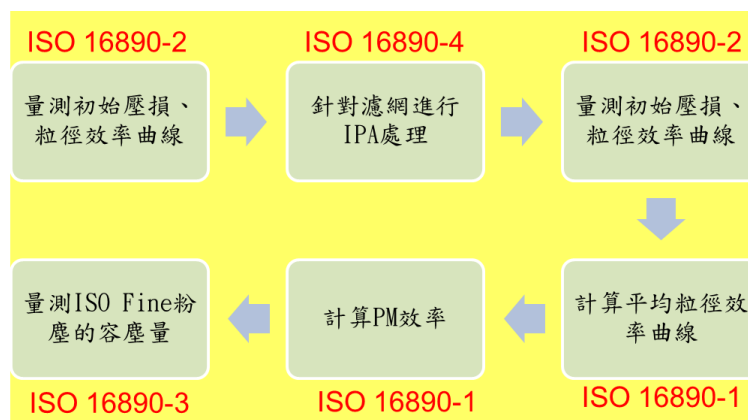


圖 1、ISO 16890 測試程序

針對 ISO 16890、EN 779 與 ASHRAE 52.2 等標準所使用的測試風洞皆為相同，如圖 2 所示。測試系統主要的相關裝置包含了可提供 12 個粒徑通道的光學粒子計數器、氣溶膠產生器、粉塵餵入器等。



圖 2、測試系統外觀

空調過濾器測試標準的比較

表 1 為 ISO 16890、EN 779 與 ASHRAE 52.2 標準於各測試條件及濾網分級差異的比較。ISO 16890 測試標準中使用二種氣溶膠，分別使用了 EN779 的 DEHS 液體氣溶膠，粒徑範圍為 $0.3 \sim 1 \mu m$ 和 ASHRAE 52.2 的 KCl 固體氣溶膠，粒徑範圍為 $1 \sim 10 \mu m$ 。使用的粉塵也由 ASHRAE 粉塵改成 ISO 15957 L2 粉塵，與 ISO 12103-1 A2 粉塵相同。各種氣溶膠與粉塵如圖 3 所示。此外去除靜電的方法是利用異丙醇(IPA)飽和蒸氣對整個濾網進行處理，與 ASHRAE 52.2 及 EN779 的去除靜電方式不同。

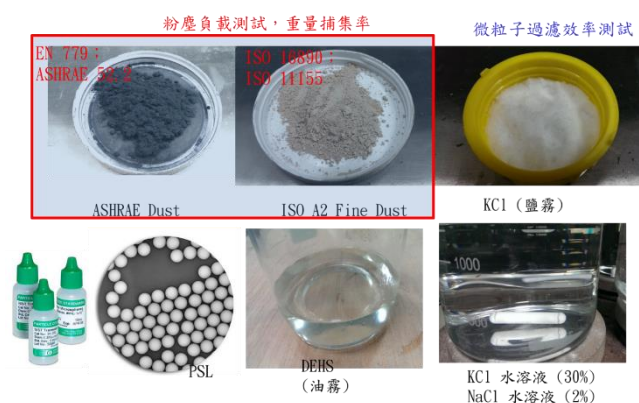


圖 3、氣溶膠和粉塵

表 1、一般空調過濾器測試標準的比較

	ASHRAE 52.2	EN 779	ISO 16890
氣懸膠	KCl (鹽霧)	DEHS (油霧)	KCl/DEHS
粒徑範圍	0.3~10 μm	0.2~3 μm	0.3~1.0 μm (DEHS) 1.0~10 μm (KCl)
粉塵	ASHRAE	ASHRAE	ISO 15957 L2 (ISO Fine A2)
粉塵濃度	70 mg/m^3	70 mg/m^3	140 mg/m^3
去靜電方法	KCl (過濾器)	IPA 浸泡(濾材)	IPA 蒸氣(過濾器)
終端壓損	350 Pa	250/450 Pa	200/300 Pa
評級方法	MERV (MERV-A)	0.4 μm 的平均效率	ISO ePMx
分類	16 級	3 組 (G,M,F) 9 級	4 組 (ISO Coarse, ISO ePM10, ISO ePM2.5, ISO ePM1) 49 級 (5% 一個級距)

懸浮微粒效率(ePM)之計算

ISO 16890 採用可代表全球城市及鄉村環境空氣特徵的兩種標準化的大氣懸浮微粒體積分佈來評估空調濾網的微粒過濾效率，通常大氣懸浮微粒成雙峰分佈，如圖 4 所示。對於以過濾 PM_{10} 及 $\text{PM}_{2.5}$ 為目標的微粒過濾器，使用城市地區大氣懸浮微粒的粒徑分佈。對於以過濾 PM_{10} 為目標的微粒過濾器，使用鄉村地區大氣懸浮微粒的粒徑分佈。

未經粉塵負載測試、未消除靜電之空調濾網的初始過濾效率曲線 E_i 與經過消除靜電後的過濾效率曲線 $E_{D,i}$ 則根據下列公式(1)計算平均過濾效率曲線 $E_{A,i}$ 。

$$E_{A,i} = 0.5 \cdot (E_i + E_{D,i}) \dots \dots \dots (1)$$

ePM_{10} 、 $\text{ePM}_{2.5}$ 及 ePM_1 效率，各可由公式(2)推導得出，使用平均過濾效率 $E_{A,i}$ [公式(1)] 與於表 2 所定義之標準粒徑分佈。

$$\text{ePM}_1 = \sum_{i=1}^n E_{A,i} \cdot q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i / \sum_{i=1}^n q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i \text{ (城市粒徑尺寸分佈)}$$

$$\text{ePM}_{2.5} = \sum_{i=1}^n E_{A,i} \cdot q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i / \sum_{i=1}^n q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i \text{ (城市粒徑尺寸分佈)}$$

$$\text{ePM}_{10} = \sum_{i=1}^n E_{A,i} \cdot q_{3r}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i / \sum_{i=1}^n q_{3r}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i \text{ (鄉村粒徑尺寸分佈)}$$

$$\text{ePM}_{\min} (\text{PM}_{x,\min}) = \sum_{i=1}^n E_{D,i} \cdot q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i / \sum_{i=1}^n q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta \ln d_i$$

$\bar{d}_i = \sqrt{d_i \cdot d_{i+1}}$ 為幾何平均粒徑.....(2)

當中 x = 10μm 代表 PM₁₀，x = 2.5μm 代表 PM_{2.5}，x = 1μm 代表 PM₁。

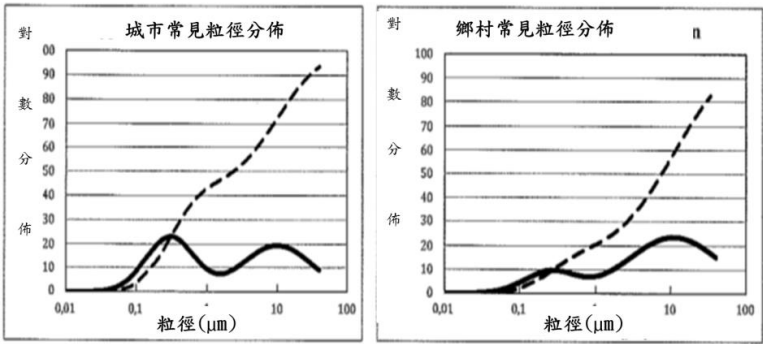


圖 4、城市及鄉村的粒徑分佈[1]

表 2 、推薦粒徑檔的城市及郊區環境標準化大氣微粒體積分佈[1]

光學粒徑， μ m				離散粒子體積分佈	
d_i	d_{i+1}	$\bar{d}_i = \sqrt{d_i \cdot d_{i+1}}$	$\frac{\Delta \ln d_i}{\ln(d_{i+1}/d_i)}$	城市 $q3u(\bar{d}_i)$	郊區 $q3r(\bar{d}_i)$
0.30	0.40	0.35	0.29	0.22627	0.09412
0.40	0.55	0.47	0.32	0.19891	0.08395
0.55	0.70	0.62	0.24	0.15837	0.07432
0.70	1.00	0.84	0.36	0.11522	0.07014
1.00	1.30	1.14	0.26	0.08503	0.07628
1.30	1.60	1.44	0.21	0.07618	0.08833
1.60	2.20	1.88	0.32	0.08022	0.10804
2.20	3.00	2.57	0.31	0.09984	0.13726
3.00	4.00	3.46	0.29	0.12688	0.16708
4.00	5.50	4.69	0.32	0.15556	0.19542
5.50	7.00	6.20	0.24	0.17757	0.21671
7.00	10.0	8.37	0.36	0.19157	0.23143

註： 在此規格中空氣動力影響與可見粒子直徑之間的差異是可以被忽略不計的，因其對最終呈現之 PM 效率所造成的影響遠低於整體計算的可容忍誤差範圍。

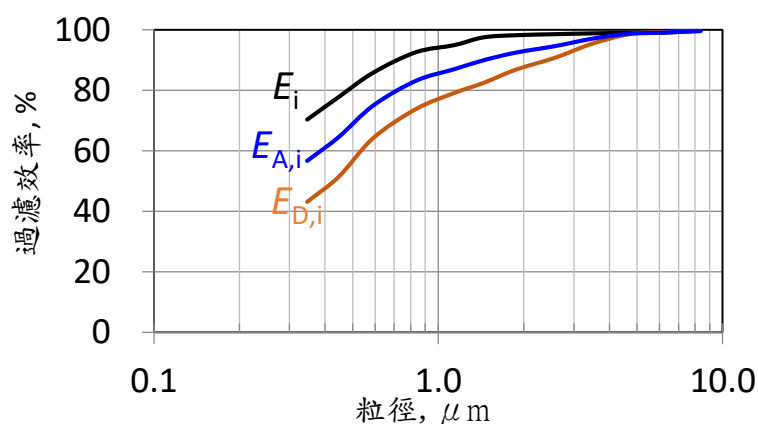


圖 5、粒徑效率曲線

濾網分級

ISO16890 對濾網的評級是採用 ISO Coarse 、ISO ePM10、ISO ePM2.5 及 ISO ePM1，共 4 組 49 級；ASHRAE 52.2 則是由 MERV 值，共 4 組 16 級；EN 779 則是分成 G、M 及 F 共 3 組 9 級。

ISO16890 的分級應以初始重量捕集率與三項效率值 ePM_1 、 $ePM_{2.5}$ 、 ePM_{10} ，和最低效率值 $ePM_{1,min}$ 與 $ePM_{2.5,min}$ ，於表 3 中以四種規格的方式為空調濾網做出分級。為了區分 ePM 等級，每級之值需被捨入至最接近 5% 的倍數；比 95% 大之值則記述為 >95%。舉例其他記錄之等級如 ISO 60 % Coarse、ISO ePM10 60 %、ISO ePM2.5 80 %、ISO ePM1 85 %、或是 ISO ePM1 > 95 %。

表 3、ISO 16890 過濾器的分組

類 別	組 別	需 求			等級標示值
		$ePM_{1,min}$	$ePM_{2.5,min}$	ePM_{10}	
粗效過濾器 (Coarse Filter)	ISO Coarse	—	—	<50%	初始重量捕集率
中效過濾器 (Fine Filter)	ISO ePM10	—	—	$\geq 50\%$	ePM_{10}
	ISO ePM2.5	—	$\geq 50\%$	—	$ePM_{2.5}$
	ISO ePM1	$\geq 50\%$	—	—	ePM_1

根據測試結果與表 3，濾網可能被分為兩個以上的等級。舉例來說，

一片濾網被分類為 ISO ePM₁ 75% 也可被定義為 ISO ePM₁₀ 95%。但根據 ISO 16890-1，濾網只能被定義為一個等級且標註於濾網的標籤上。

測試結果

試驗報告所需含括的一頁總結章節（圖 6）及應包含以下列舉之資訊內容：

- (1) 初始和終端測試壓損
- (2) 由 ISO16890-2 得到未經粉塵餵入及消除靜電後的不同粒徑大小的過濾效率，以及由 ISO 16890-4 濾網經過人工老化階段的結果，以及平均過濾效率。
- (3) ePM₁、ePM_{2.5}、ePM₁₀ 及 ePM_{1, min}、ePM_{2.5, min} 效率
- (4) 初始及平均捕集率
- (5) 壓損 v. s. 粉塵捕集量
- (6) 容塵量 v. s. 由 ISO16890-3 得到粉塵捕集率
- (7) 容塵量
- (8) ISO 濾網的分類

結論

ISO 16890 標準適用於按本系列標準規定所測得 ePM₁ 效率不高於 99% 的一般通風過濾器，初始效率更高的空氣過濾器可依其他適用方法檢測。依本系列標準得到的過濾器性能試驗結果，不能用於定量預測受試過濾器在實際使用條件下的過濾效率和使用壽命。

過濾檢測報告

委託者來樣資料				
製造商: XXX				
樣品名稱: 空氣濾網				
型號: XXX		型式: V-Cell		
濾網基材: 玻璃纖維		基材顏色: 白色	濾網通稱尺寸(長 x 寬 x 深): 592 mm x 592 mm x 292 mm	
測試條件				
測試流量: 1.181 m³/s	風洞溫度: 24.1~24.8 °C	風洞濕度: 42.5~43.8%	測試氣膠: DEHS/KCL	負載粉塵: ISO 15975 L2
有效過濾面積: 21 m²		濾網實際尺寸 (長 x 寬 x 深): 592 mm x 592 mm x 292 mm		
測試結果				
試驗項目	試驗結果			試驗方法
初始壓損	138.7 Pa			ISO 16890-2:2016 9.2
初始捕集率	>99%			ISO 16890-3:2016 9.2.2
平均捕集率	>99%			ISO 16890-2:2016 9.2
ePM _{1 min}	77.9%			ISO 16890-1:2016 7.2
ePM _{2.5 min}	84.3%			ISO 16890-1:2016 7.2
終端壓損	250 Pa	275 Pa	300 Pa	
容塵量	386.9 g	441.5g	490.8g	ISO 16890-3:2016 9.2.3
ePM ₁	79.2%			ISO 16890-1:2016 7.2
ePM _{2.5}	85.1%			ISO 16890-1:2016 7.2
ePM ₁₀	95.0%			ISO 16890-1:2016 7.2
ISO ePM 評級	ISO ePM ₁ 75%			ISO 16890-1:2016 7.3

圖 6、過濾檢測報告摘要

參考文獻

1. ISO 16890-1:2016 Air filters for general ventilation -- Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)
2. ISO 16890-2:2016 Air filters for general ventilation -- Part 2: Measurement of fractional efficiency and air flow resistance
3. ISO 16890-3:2016 Air filters for general ventilation -- Part 3: Determination of the gravimetric efficiency and the air flow resistance versus the mass of test dust captured
4. ISO 16890-4:2016 Air filters for general ventilation --

Part 4: Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency