

中華民國國家標準

C N S

一般通風用空氣濾網－第3部：重量效率及空氣流阻抗相應之試驗粉塵捕集質量之測定

Air filters for general ventilation – Part 3: Determination of the gravimetric efficiency and the air flow resistance versus the mass of test dust captured

**CNS 草-制
1100037:2023**

中華民國 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - - -

中華民國 年 月 日修訂公布
Date of Amendment: - - -

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

目錄

節次	頁次
前言	2
1. 適用範圍	3
2. 引用標準	3
3. 用語及定義	3
4. 符號與縮寫	5
5. 一般試驗樣品要求	6
5.1 試驗樣品要求	6
5.2 試驗樣品整備	6
6. 負載用粉塵	7
7. 試驗設備	7
7.1 測試風管	7
7.2 上游混合孔口板	7
7.3 液相氣膠試驗裝置	7
7.4 粉塵載入設備	7
7.5 終端濾網	10
8. 測試風管與裝置之驗證	10
8.1 驗證測試要求之排程	10
8.2 粉塵載入設備之空氣流率	10
8.3 終端濾網效率驗證試驗	11
9. 粉塵載入系列測試程序	11
9.1 濾網測試程序	11
9.2 粉塵之載入	12
10. 報告結果	14
10.1 一般	14
10.2 報告必要項目	14
附錄 A (參考)空氣流率阻抗計算	20
參考資料	22

前言

本標準係依據 2016 年發行之第 1 版 ISO 16890-3，不變更技術內容，制定成為中華民國國家標準者。

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準中具體描述作以運用於量測一般空氣流通用空氣濾網的重量效率與空氣流率阻抗之試驗設備及測試方法。本標準意旨與 CNS 16890-1、CNS 16890-2 與 ISO 16890-4 等標準合併使用。

本標準中所述測試方法適用在空氣流率介於 $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ($900 \text{ m}^3/\text{h}$, $530 \text{ ft}^3/\text{min}$)與 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($5400 \text{ m}^3/\text{h}$, $3178 \text{ ft}^3/\text{min}$)且基於標稱截面積 $610 \text{ mm} \times 610 \text{ mm}$ (24.0 英吋 \times 24.0 英吋)之測試風管。

ISO 16890 標準(各部標準)所提及一般空氣流通用空氣微粒物質過濾網為依 ISO 16890 標準(各部標準)等規定之程序下試驗，其 $e\text{PM}_{10}$ 效能小於或等於 99 %，且 $e\text{PM}_{10}$ 效能大於 20 %者。

空氣濾網部件非於上述氣膠區間效率者，請參考其他適用之測試方法進行評定。參見 ISO 29463 (所有各標準)

使用於攜帶式室內空氣清淨機之過濾網部件非屬於本標準之適用範圍。

依循 ISO-16890(所有各標準)所獲得的效能結果不能以此量化運用於預測實際產品使用之效率和使用壽命評估。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。有加註年份者，適用該年份之版次，其餘適用最新版(包括補充增修)。

CNS 16890-1	一般通風用空氣濾網－第 1 部：基於微粒物質效率之技術規格、要求及分級系統
CNS 16890-2	一般通風用空氣濾網－第 2 部：區間效率與空氣流阻抗之量測
ISO 15957	Test dusts for evaluating air cleaning equipment
ISO 16890-4	Air filters for general ventilation – Part 4: Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency
ISO 29463-1	High-efficiency filters and filter media for removing particles in air – Part 1: Classification, performance testing and marking
ISO 29464	Cleaning equipment for air and other gases – Terminology

3. 用語及定義

依本標準之目的，適用 ISO 29464 標準及以下之用語及定義。

3.1 氣流與阻抗(air flow and resistance)

3.1.1 空氣流率(air flow rates)

單位時間流通過濾網之空氣量。

3.1.2 額定空氣體積流率(nominal air volume flow rate)

製造商宣告之空氣流率(3.1.1)。

3.1.3 濾網面速度(filter face velocity)

空氣流率(3.1.1)除以截面積。

備考：濾網面速度以 m/s 表示。

3.1.4 空氣流率阻抗(resistance to airflow)

介於特定條件氣流系統中兩位置間之壓力差，尤其是指所測量兩位置間具有濾網部件(3.2.2)者。

備考：空氣流率阻抗測定以單位 Pa 測定。

3.1.5 建議之終止空氣流率阻抗(recommended final resistance to air flow)

製造商所建議該濾網最大運作時空氣流率阻抗(3.1.4)。

備考：建議之最終空氣流率阻抗以單位 Pa 測定。

3.1.6 終止空氣流率阻抗(final resistance to air flow)

於完成過濾性能測試以測定平均重量效率(3.3.3)及試驗粉塵容塵量(3.3.4)時之空氣流率阻抗(3.1.4)。

備考：最終空氣流率阻抗以單位 Pa 測定。

3.1.7 初始空氣流率阻抗(initial resistance to air flow)

乾淨過濾網運作於其試驗空氣流率(3.1.1)下之空氣流率阻抗(3.1.4)。

備考：初始空氣流率阻抗以單位 Pa 測定。

3.1.8 試驗空氣(test air)

以試驗為目的所運用之空氣。

3.2 試驗樣品(test device)

3.2.1 試驗樣品(test device)

受試驗之濾網部件(3.2.2)。

3.2.2 濾網部件(filter element)

由過濾材料及其支撐，且其接合介面銜接濾網外框體所構成。

3.2.3 上游(upstream-U/S)

供流體流動之傳輸程序系統中，於流體進入試驗樣品(3.2.1)前之區段。

3.2.4 下游(downstream-D/S)

於流體流經試驗樣品(3.2.1)後所進入之區域或區段。

3.2.5 粗粒過濾網(coarse filter)

於 PM₁₀ 微粒範圍具微粒移除效率<50 %之過濾裝置。

3.2.6 細粒過濾網(fine filter)

於 PM₁₀ 微粒範圍具微粒移除效率>50 %之過濾裝置。

3.2.7 終端濾網(final filter)

用以捕集負載用粉塵(3.3.5)於測試期由濾網流通過或脫落者之空氣過濾網。

3.2.8 有效濾網介質材面積(effective filter media area)

濾網裝有過濾介質材且於操作期間空氣有效流通之面積。

備考：有效濾網介質材面積以 m² 表示。

3.2.9 濾網介質材速度(filter media velocity)

空氣流率(3.1.1)除以有效濾網介質材面積(3.2.8)。

備考：濾網介質材速度以準確度為三位有效數值且單位為 m/s 表示。

3.3 重量效率(Gravimetric efficiency)

3.3.1 重量效率(Arrestance)

於額定測試條件下，度量藉由空氣流通過濾網後所移除標準測試粉塵之能力。

備考：重量效率以重量百分比表示。

3.3.2 初始重量效率(initial arrestance)

於濾網測試之第一次粉塵載入期後所測定重量效率(3.3.1)之數值。

備考：初始重量效率以重量百分比表示。

3.3.3 平均重量效率(Average arrestance)

至終止測試壓力差時，濾網所攔集負載用粉塵(3.3.5)總量與粉塵載入總量之比率。

3.3.4 試驗粉塵容塵量(test dust capacity)

至終止測試壓力差時，濾網攔集負載用粉塵(3.3.5)之總量。

備考：容塵量以公克(g)表示。

3.3.5 負載用粉塵(loading dust)

專為測定空氣過濾網之容塵量(3.3.4)與重量效率(3.3.1)所配製合成粉塵。

3.3.6 微粒粒徑(particle size)

氣膠微粒幾何直徑(依情況可等效於球體、光學或氣動)。

3.4 其他用語(Other terms)

3.4.1 HEPA 濾網(HEPA filter)

效能符合 ISO 29463-1 標準之 ISO 35H 至 ISO 45H 濾網等級要求的濾網。

3.4.2 參考樣品(Reference device)

如標準件般可作為校準查驗測試系統用之已知參數樣品。

3.4.3 濾網截面積(filter face area)

緊鄰受測濾網上游(3.2.3)之測試風管區段的內部截面積。

備考：標稱值為 $0.61\text{ m} \times 0.61\text{ m} = 0.37\text{ m}^2$ 。

4. 符號與縮寫

A	重量效率，單位為 %。
A_j	第“j”次粉塵載入步驟之重量效率，單位為 %。
A_m	至終止空氣流率阻抗之整體試驗期間的平均重量效率，單位為 %。
M_j	第“j”次粉塵載入步驟所載入至試驗樣品之粉塵質量，單位為 g。
<i>mean</i>	平均值。
m_d	試驗樣品後方風管內粉塵質量，單位為 g。
m_j	第“j”次粉塵載入步驟所流通過試驗樣品之粉塵質量，單位為 g。
m_{tot}	粉塵載入至濾網所累加質量，單位為 g。
m_1	於粉塵增量前之終端濾網質量，單位為 g。

m_2	於粉塵增量後之終端濾網質量，單位為 g。
p	壓力，單位為 Pa。
p_a	濾網上游之絕對空氣壓力，單位為 kPa。
p_{sf}	空氣流率計量器靜壓，單位為 kPa。
q_m	空氣流率計量器之質量流率，單位為 kg/s。
q_v	濾網之空氣流率，單位為 m ³ /s。
q_{vf}	空氣流率計量器之空氣流率，單位為 m ³ /s。
t	濾網上游之溫度，單位為 °C。
t_f	空氣流率計量器之溫度，單位為 °C。
ρ	空氣密度，單位為 kg/m ³ 。
φ	濾網上游之相對濕度，單位為 %。
Δm	粉塵增量，單位為 g。
Δm_{ff}	終端濾網所增加之質量，單位為 g。
Δp	濾網空氣流率阻抗，單位為 Pa。
Δp_f	用以測定空氣流率之壓差，單位為 Pa。
$\Delta p_{1.20}$	於空氣密度 1.20 kg/m ³ 之濾網空氣流率阻抗，單位為 Pa。
<i>ANSI</i>	<i>American National Standards Institute</i>
<i>ASHRAE</i>	<i>American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i>
<i>ASTM</i>	<i>American Society for Testing and Materials</i>
<i>CEN</i>	<i>European Committee for Standardization</i>
<i>EN</i>	<i>European Norm</i>
<i>EUROVENT</i>	<i>European Committee of Air Handling and Refrigeration Equipment Manufacturers</i>

5. 一般試驗樣品要求

5.1 試驗樣品要求

試驗樣品應已設計或標記進而防範安裝錯誤。試驗樣品應設計於其正確安裝在空氣流通風管時，無空氣/粉塵發生於沿著濾網外部框體與風管之銜接介面洩漏。

整體之試驗樣品(試驗樣品及框體)應採用適當材料製作而成，以抵抗於一般使用及其運作期間可能暴露之溫度、濕度與腐蝕等狀態範圍。

整體之試驗樣品應設計可承受正常使用過程中所可能遭遇的機械性制約狀態。因氣流流過試驗樣品而使試驗樣品介質材釋出之粉塵或纖維應不對曝露於所濾出空氣中人員(或設備)構成危害或損壞。

5.2 試驗樣品整備

試驗樣品應依循製造商建議進行安裝，且經試驗空氣之調整平衡後秤重，以四捨五入計算至克。需要外部配件的試驗樣品者於測試過程中應使用在實際微粒運用

下具有相同特性之配件進行操作。試驗樣品(含一般安裝用之任何框體)應以防止洩漏的方式密封於測試風管內。可接受的氣密性應以目視檢查確認沒有明顯可見的洩漏。基於任何因素，如因尺寸而試驗樣品無法於標準測試條件下施行測試者，則容許以兩個或多個相同款式(type)或型號之試驗樣品組合，前提為此濾網組合件不會發生洩漏。此類需運用額外設備之操作條件應予以記錄。

6. 負載用粉塵

作為報告結果之負載用粉塵應使用 ISO 15957 標準所規定 L2 之合成負載用粉塵。本程序亦適用以其他 ISO 15957 標準所提及粉塵型式作為過濾裝置之負載，但不作為依循 ISO 16890 本標準之報告結果所使用。

7. 試驗設備

7.1 測試風管-如於 CNS 16890-2:標準第 7 章節所描述

未於 CNS 16890-2 標準中描述之部份且運用於 ISO 16890 本標準者，則如下之說明。

7.2 上游混合孔口板

於所有粉塵載入測量皆應已安裝上游混合孔口板。

該混合孔口板如於 CNS 16890-2 標準中圖 4 所揭示由孔口平板(1)及以多孔板作成之混合擋板(2)所組成。

7.3 液相氣膠試驗裝置

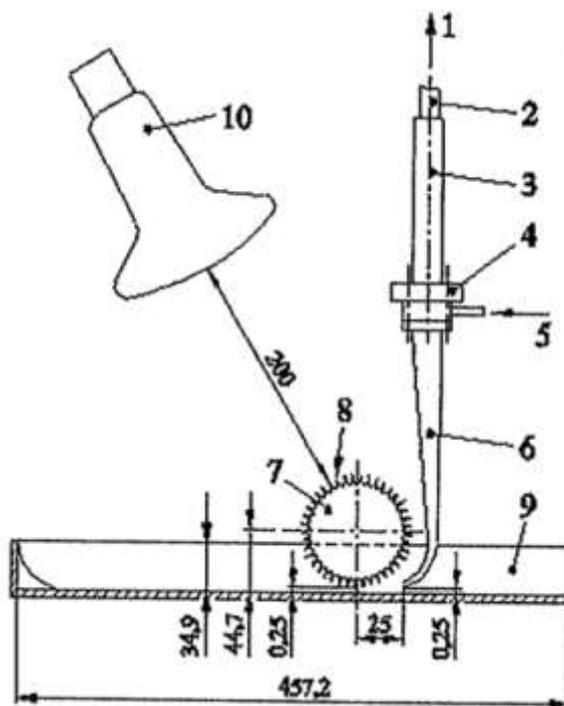
如 CNS 16890-2:2016 標準中圖 3 所揭示之下游氣膠採樣管、上游氣膠採樣管、下游混合孔口板、液體與氣膠注入等並未使用於 ISO 16890 本標準中。

7.4 粉塵載入設備

粉塵載入設備用途為測試期間以恆定速率供給合成粉塵予受測過濾網。將預先秤重後已知質量之粉塵裝入可動的粉塵載入設備的托盤。托盤以相同速度移動，另以明輪採取粉塵並輸送至噴射器的粉塵採集管之狹長入口。噴射器以壓縮空氣傳播粉塵且藉由粉塵載入管線將其注入於測試風管中。圖 1 之載入粉塵噴嘴應設置在如 CNS 16890-2 標準中圖 3 所示 B 區段風管入風口處，且共線於風管中心線。

壓縮空氣供應源應裝有過濾-乾燥系統，以提供乾淨、無油且露點不高於 1.7 °C (35 °F)之空氣。於圖 1 與圖 2 規定粉塵載入設備一般設計及其關鍵尺寸。圖 1 以直立粉塵採集管樣態揭示粉塵載入設備。當載入設備不使用時應預防因風管內正壓力藉由此粉塵採集管所回流之空氣。載入設備之粉塵分散程度取決於壓縮空氣特性、抽引器組件幾何形狀與流經抽引器之空氣流率。為確保結果一致性應供給 $(140 \pm 14) \text{ mg/m}^3$ ($4.0 \pm 0.4 \text{ g/1,000 ft}^3$)之試驗載入量。為使粉塵載入設備管之空氣流率於 $(6.8 \pm 0.4) \text{ dm}^3/\text{s}$ ($14.4 \text{ cfm} \pm 0.4 \text{ cfm}$)間，於風管內具不同靜壓時應於定期量測通往文氏孔口的空氣管線上之表壓。

尺度為毫米(mm)



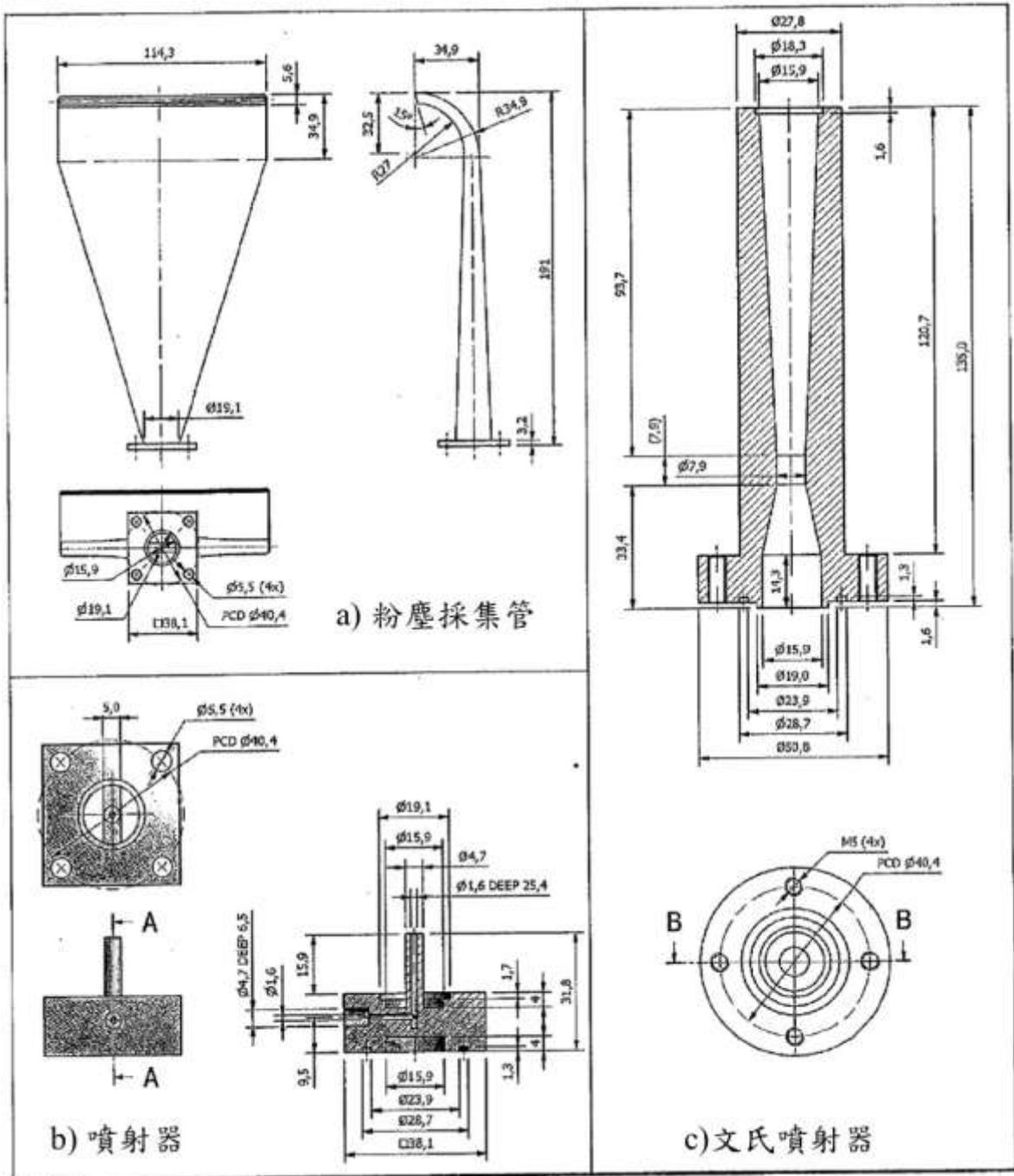
圖例

- 1 粉塵喂入管(至測試風管入口)
- 2 薄壁鍍鋅導管
- 3 文氏噴射器
- 4 噴射器
- 5 供給乾燥壓縮空氣
- 6 粉塵採集管(距粉塵載入設備之托盤 0.25 mm (0.01 英吋))
- 7 粉塵明輪外尺寸為 $\varphi 88.9$ mm (3.5 英吋)，長為 114.3 mm (4.5 英吋)且具 60 個齒深 5 mm (0.2 英吋)之輪齒。
- 8 明輪上之輪齒(60 個輪齒)
- 9 粉塵承載托盤
- 10 150 W 反射式紅外線燈

備考：如於吸濕粉塵材可使用反射式紅外線燈以更容易粉塵之採集。

圖 1 粉塵載入設備組件之關鍵尺寸

尺度為毫米(mm)



允差： 於整數值為 0.8mm

於具小數點者為 0.03mm

圖 2 粉塵載入設備之噴射器、文氏噴射器及粉塵採集管細部圖

7.5 終端濾網

終端濾網用以捕集於粉塵載入程序時任何流通過試驗樣品之負載用粉塵。

終端濾網應為可攔留住至少 98 % 之負載用粉塵且具 ePM_1 效率至少 75 %。其設計可隨意形式，但其於一個測試週期內，所因溼度變異而增加之重量應不能超過 1 克(g)。

8. 測試風管與裝置之驗證

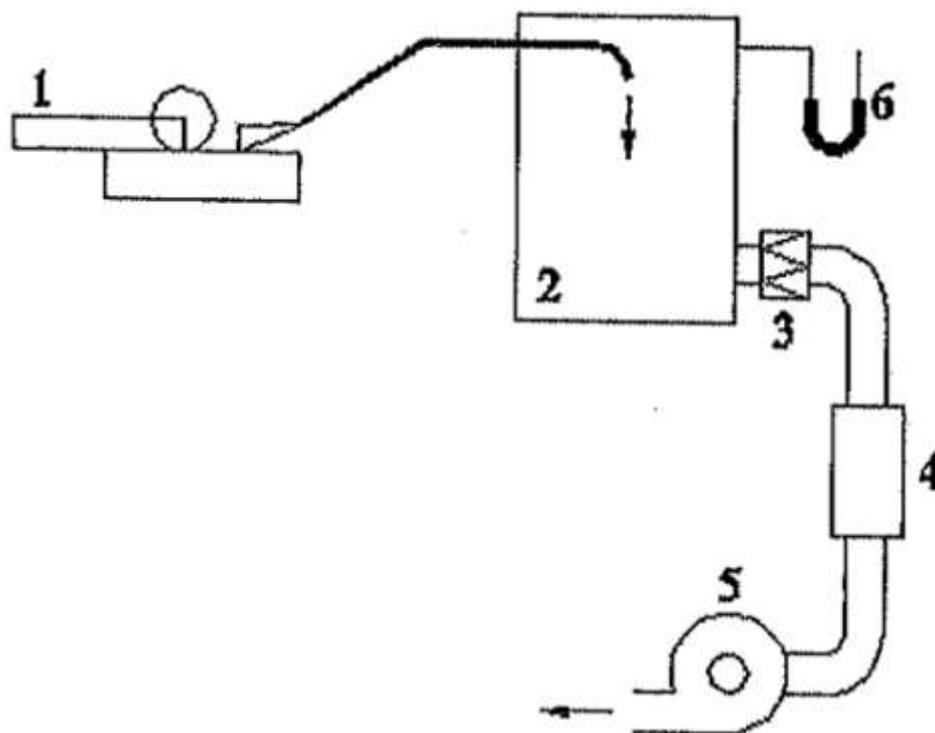
8.1 驗證測試要求之排程

如 CNS 16890-2 標準第 8 章節所述之裝置驗證測試應定量查驗測試風管與採樣程序，以確保其可提供可靠之重量效率量測值與空氣流率阻抗量測值。而維護試驗將有助於系統維持良好運轉狀態，故除第 8 章節列示內容之外，任何一般實驗室作業之裝置清潔與維護作業亦應須施行之。

8.2 粉塵載入設備之空氣流率

本測試目的為校驗粉塵載入設備之空氣流率是否正確。

文氏抽引器易因粉塵與壓縮空氣而磨損，進而使其變得較大。故定期監測粉塵載入設備之空氣流率是重要。其流率應為 $(6.8 \pm 0.4) \text{ dm}^3/\text{s}$ ($14.4 \text{ cfm} \pm 0.4 \text{ cfm}$) 且於靜壓維持在 $(0.0 \pm 0.1) \text{ Pa}$ 時。對於其他型式之粉塵載入設備只要具有 7.1.3 章節所述粉塵載入設備之相同試驗結果，則其空氣流率非需相同於此值。所規定設置在噴射器導管供氣管線上之表壓力應須以此空氣流率於受氣管體壓力高於環境壓力至少 300 Pa (1.2 英吋水柱) 下測定，而所運用之測試裝置如圖 3 所示。



圖例

- 1 粉塵載入設備
- 2 至少 0.25 m^3 (8.8ft^3)容積之受氣管體
- 3 HEPA 過濾網(於 ISO 29463-1 標準中等級為 ISO 40H 或更高效者)
- 4 流率計量裝置
- 5 風機
- 6 壓力差測量裝置

圖 3 粉塵載入設備之空氣流率

8.3 終端濾網效率驗證試驗

終端濾網經秤得以四捨五入至 0.1 克(g)單位之重量後，將其安裝於未設置有試驗樣品之測試風管中。應依 9.21 章節規定之方法以輸入 100 克(g)負載用粉塵至濾網。然後移除該濾網且再次秤重，其所增加重量應為 100 克(g)於 2(g)內之差異。

9. 粉塵載入系列測試程序

9.1 濾網測試程序

9.1.1 試驗樣品整備

試驗樣品應依循製造商建議進行安裝，於其後則依 CNS 16890-2 標準所規定於 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 及相對濕度 $(45 \pm 10)\%$ 之試驗空氣調適後秤重，以四捨五入計算至克。需要外部配件的試驗樣品者於測試過程中應使用其運用在實際微粒下具有相同特性之配件進行操作。該濾網(含一般安裝用之任何框架)應以防止洩漏的方式密封於測試風管內。可接受的氣密性應以目視檢查確認沒有明顯可見的洩漏。基於任何因素，如因尺寸而試驗樣品無法適用於此風道之空氣流率[標準測試條

件下介於 $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ($900 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $530 \text{ ft}^3/\text{min}$)至 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($5,400 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $3,178 \text{ ft}^3/\text{min}$)
下測試者，則容許以兩個或多個相同款式(type)或型號之試驗樣品組合，前提為
此樣試驗樣品不會發生洩漏。此類運用輔助設備之操作條件應予以記錄。

9.1.2 初始空氣流率阻抗

依 CNS 16890-2 標準第 9.1 章節所定義額定空氣體積流率之 50 %、75 %、100 %
與 125 % 條件下測得空氣流率阻抗。且依此數據繪製空氣流率相應空氣流率阻
抗之曲線。空氣流率阻抗之紀錄值應依空氣密度 $1.20 \text{ kg}/\text{m}^3$ ($0.075 \text{ lb}/\text{ft}^3$)狀態修
正之。(參見附錄 A)

備考：於測量初始壓損時，因 7.1.1 章節所定義之上游混合孔口板而氣流紊亂
可能導致非適當的測量值。初始空氣流率阻抗可能與依 CNS 16890-2 標
準所測得之數值略有差異。

9.2 粉塵之載入

9.2.1 粉塵載入程序

予以試驗樣品逐步承載合成負載用粉塵，並測得隨之衍生空氣流率阻抗的變化。
其粉塵添加量秤重以四捨五入至 0.1 克(g)單位後，再將其放置於粉塵托盤。以
濃度為 $(140 \pm 14) \text{ mg}/\text{m}^3$ ($4.0 \pm 0.4 \text{ g}/1,000 \text{ ft}^3$)將粉塵輸送予試驗樣品至達到每
一階段之空氣流率阻抗數值。完成每次遞增粉塵添加量後測定重量效率。然於
停止載入粉塵前，將載入裝置托盤上剩餘粉塵推送至粉塵採集管使其皆挾帶於
風管氣流中。再以振動或敲擊粉塵載入設備管線約 30 秒。亦可藉由將載入裝置
所剩餘粉塵秤重以作為評估載入至試驗樣品粉塵量。在試驗空氣持續流通下，
運用壓縮空氣以偏離受測中試驗樣品之斜向噴射氣流使任何於試驗樣品上游之
風管內合成粉塵再次被挾帶輸送。

停止測試且將終端濾網重新秤重[至少精度須為 0.5 克(g)]以測定所捕集成粉
塵總量，及計算重量效率。於試驗樣品及終端濾網間風管內所沉積任何粉塵應
以細毛刷收集且將其併加總於終端濾網秤重值中。

前 30 克(g)載入粉塵量[或 10Pa (0.04 英吋水柱)空氣流率阻抗增加量，以先實
現者為限]以產出初始重量效率，另依至終止空氣流率阻抗之各其他粉塵遞增量
應產出重量效率相應粉塵承載量之平滑曲線。

濾網於 PM10 微粒範圍具 <50 % 之微粒移除效率者，其終止空氣流率阻抗為 200
Pa (0.8 英吋水柱)，然如濾網於 PM10 微粒範圍具 >50 % 之微粒移除效率者，其
終止空氣流率阻抗為 300 Pa (1.2 英吋水柱)

備考：要求須以此些終止空氣流率阻抗為報告值，然測試可超出此一要求值。
試驗粉塵承載量曲線應至少由 5 個數值點均勻分布組成所產生之平滑曲線。然
如濾網具低初始壓力損失或濾網相應粉塵承載量變動具有低壓力增幅量者，於
粉塵載入程序之初期則要求一個或以上之測量點，而於其他濾網可能須於粉塵
載入程序結束後外加一測量點以產出一均等分布測量點(詳見表 2)。

表 2 每次粉塵載入步驟後須量測或計算之性能數值

階段	需測定之參數		
	重量效率	試驗粉塵容塵量	空氣流率阻抗
初始-粉塵載入前	否	否	是
30 克(g)載入粉塵量或 10Pa (0.04 英吋水柱)壓損增量，以先實現者為限。(此第一次載塵將產出初始重量效率)	是	否	是
於期間中各次遞增量結束	是	否	是
於最後一次遞增量之後(終止空氣流率阻抗)	是	是	是

9.2.2 重量效率

重量效率應於每次粉塵載入步驟後測定之。

於達到下一空氣流率阻抗程度時，將已知重量之過終端濾網由測試風管中移出且再次秤重。其增加重量即為流通過試驗樣品之粉塵質量。於第“j”次粉塵載入步驟之重量效率(A_j)應以方程式(1)計算之：

$$A_j = (1 - m_j/M_j)100\% \dots\dots\dots [1]$$

式中， m_j ：於第“j”次粉塵載入步驟所流通過濾網之粉塵質量(終端濾網所增加質量數 Δm_{ff} 及於試驗樣品後粉塵增加質量數 Δm_d)

M_j ：於第“j”次粉塵載入步驟期間所載入粉塵質量(粉塵增量 Δm)。

如重量效率低於最大測得重量效率 75 %或如兩數值低於最大測值 85 %時將終止 測試。其初始重量效率為第一次載入粉塵量於 30 克(g) [或 10 Pa (0.04 英吋水柱)壓損增量，以先實現者為限]之後計算而得。如需終止測試，其試驗粉塵容塵量應以“基於載塵程序期間重量效率之損失，因此不適用之”作為報告說明。

平均重量效率由至少 5 筆單獨重量效率數值計算而得。平均粉塵重量效率(A_m)應以方程式(2)計算之：

$$A_m = (1/M) \times [M_1 \times A_1 + M_2 \times A_2 + \dots + M_n \times A_n] \dots\dots\dots [2]$$

式中，

$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n$ ：為載入之粉塵總質量

$M_1, M_2 \dots M_n$ ：於 $\Delta p_1, \Delta p_2 \dots \Delta p_n$ 至終止空氣流率阻抗所依序載入粉塵質量。

重量效率值高於 95 %時應以>95 %作為報告說明。

繪製相應承載粉塵量之重量效率連續曲線時，其曲線應以重量效率值落點於其相應該次所增加捕集測試粉塵量之中間值方式繪製。

9.2.3 試驗粉塵容塵量

於一給定終止空氣流率阻抗之試驗粉塵容塵量為載入粉塵總質量(經試驗樣品上游損失之調整)乘以平均重量效率所計算而得。

10. 報告結果

10.1 一般

試驗結果應依 ISO 16890 於本標準所揭示報告格式製作報告。圖 4 與圖 5 提供適當表單形式以構成完成的試驗報告。非要求使用此精確格式，但報告中應包含 10.2 所列表目。

10.2 報告必要項目

每份試驗報告必須揭示下列資訊。試驗報告未包含所有必要項目者皆應視為無效。

10.2.1 報告之數值

重量效率所有數據值應僅以整數形態登載(無小數或分數)。

氣流阻抗數據值以 SI 單位(Pa)揭示時應僅以整數形態登載(無小數或分數)。也可以至小數點第二位的 IP 單位(英吋水柱)揭示之。

10.2.2 報告之總整

於性能報告中總整部分的一頁(參見圖 4)應包含下列資訊：

(a) 實驗室資訊(laboratory information)：

- (1) 實驗室名稱；
- (2) 實驗室地址與聯絡方式；
- (3) 測試人員姓名；
- (4) 氣流量測方法；

(b) 試驗資訊：

- (1) 本標準之識別標示；
- (2) 測試報告唯一之識別標示；
- (3) 測試日期；
- (4) 如何取得受測樣品；

(c) 試驗樣品資訊：

- (1) 製造商名稱(或銷售機構之名稱，如與製造商不同者)；
- (2) 試驗樣品商標示之廠牌與型號；
- (3) 試驗樣品狀態描述(例如：乾淨、依 ISO 16890-4 標準除去加植者、經 CNS 16890-2 標準測試過、使用過等)；
- (4) 外觀尺寸(寬度、高度與深度)；

- (5) 構造之物理性描述(例如：袋式過濾網及其袋數；摺式過濾網及其摺數與摺深)；
- (6) 介質材描述，包含如下：
 - (i) 介質材類型之描述與識別碼(例如：玻璃纖維 ABC123；無機纖維 123ABC)，如可獲知；
 - (ii) 介質材顏色；
 - (iii) 有效過濾介質材面積；
 - (iv) 介質材之添加劑種類與數量，如可獲知；
 - (v) 靜電加植，如可獲知；
- (7) 強力建議具實際測試樣品照片，但非必要事項；
- (8) 其他任何適當屬性描述；
- (d) 製造商宣稱試驗樣品文獻數據或操作數據，如可獲知：
 - (1) 於試驗空氣流率下之試驗樣品初始空氣流率阻抗；
 - (2) 於試驗空氣流率下之終止空氣流率阻抗；
 - (3) 初始微粒移除效率；
 - (4) 其他獲得文獻數據或檢附操作數據；
- (e) 測試條件：
 - (1) 試驗空氣流率；
 - (2) 試驗空氣之溫度與相對溼度；
 - (3) 使用之負載用粉塵；
- (f) 測試數據：
 - (1) 於試驗空氣流率之空氣流率阻抗數據；
 - (2) 試驗粉塵之承載相應空氣流率阻抗；
 - (3) 試驗粉塵之承載相應重量效率。

10.2.3 報告之詳細資訊

報告詳細資訊應包括但不限於下列資料：

- (a) 量測結果
 - (1) 於每一規定空氣流率下之空氣流率阻抗數據應以表格形式(參見表 3)揭示，並繪製空氣流率相應空氣流率阻抗之曲線圖。
 - (i) 所揭示空氣流率阻抗應已修正於空氣密度為 1.20 kg/m^3 ，若如試驗空氣密度介於 1.16 kg/m^3 (0.072 lb/ft^3)至 1.24 kg/m^3 (0.077 lb/ft^3)之間，則無需進行修正，其修正方式描述於附錄 A 中。
 - (2) 重量效率測量之結果應同時以表格(於試驗結果之總整頁中)(參見表 4)與曲線圖形式揭示。
- (b) 結論聲明

CNS 草-制 1100037:2023

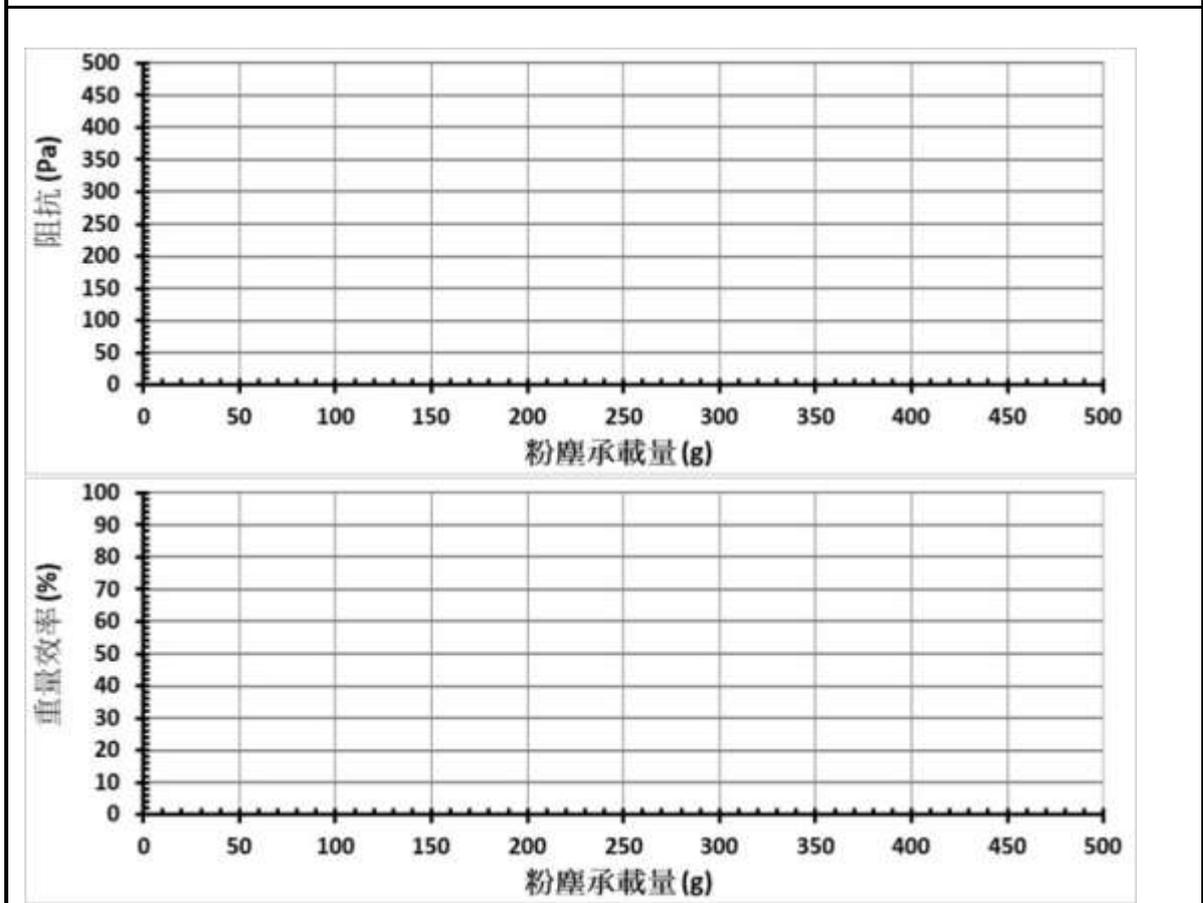
(1) 本次結果僅為受測樣品於本文所述條件下之試驗所得，其性能結果不能以此量化運用於預測所有“實際使用期間”環境下之過濾性能。

ISO 16890-3:2016 – 空氣濾網測試結果總整		試驗機構 名稱： 地址： 電話：				
一般						
試驗編號：		測試日期：		測試人員：		
		氣流監測設施：		受測樣品獲得方式：		
受測樣品(濾網)						
型號：		製造商：		濾網外觀尺寸(寬度、高度、深度) (mm)：		
介質材規格：		淨有效過濾面積(m ²)：		構造：(摺式、袋式)		
濾網/介質材靜電加植性：		介質材外觀顏色：		介質材接著劑：		
受測樣品描述：(乾淨/全新、使用過、依 ISO 16890-4 標準調和過、依 CNS 16890-2 標準測試過..等等)						
其他資訊描述：						
試驗資訊總整						
試驗空氣流率 (m ³ /s)：		試驗空氣溫度 (°C)：		試驗空氣相對濕度 (%)：		
				負載用粉塵：		
試驗結果						
空氣流率阻抗(Pa)			粉塵載入之結果			
測定值：		額定初始：		初始重量 效率 (%)	平均重量 效率 (%)	試驗粉塵 容塵量 (g)
		額定終止：				
試驗樣品照片						
註記：						
備考：本次結果僅為受測樣品於本文所述條件下之試驗所得，其性能結果不能以此量化運用於預測所有“實際使用期間”環境下之過濾性能。 單位揭示為 SI 制，但其也可轉換為 IP 制揭示之。						

圖 4 測試報告總整頁之格式

ISO 16890-3:2016 – 空氣濾網試驗結果詳細資訊		試驗機構 名稱： 地址： 電話：			
------------------------------------	--	---------------------------	--	--	--

試驗編號：		測試日期：		測試人員：	
試驗結果詳細資訊					
空氣流率阻抗					
額定氣流 量百分比 (%)	空氣流率 (m ³ /s)	空氣流率阻 抗 (Pa)			
50 %					
75 %					
100 %					
125 %					



備考：本次結果僅為受測樣品於本文所述條件下之試驗所得，其性能結果不能以此量化運用於預測所有“實際使用期間”環境下之過濾性能。
單位揭示為 SI 制，但其也可轉換為 IP 制揭示之。

圖 5 測試報告詳細資訊頁之格式

表 3 於各載入粉塵階段後之空氣流率與空氣流率阻抗

ISO 16890-3:2016 -於各載入粉塵階段後之空氣流率與空氣流率阻抗	
試驗樣品：	
試驗號碼：	

CNS 草-制 110037:2023

試驗氣膠：												
空氣流率： m^3/s												
日期	載塵量	空氣流率計量器				過濾網						
	m_{tot} g	t_f °C	p_{sf} kPa	Δp_f Pa	q_m kg/m ³	t °C	φ %	p_a kPa	ρ kg/m ³	q_v m ³ /s	Δp Pa	$\Delta p_{1.20}$ Pa
乾淨狀態濾網												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
乾淨狀態濾網空氣流率阻抗比例於 $(q_v)^n$ ，此處 $n=$												
載入粉塵各階段												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
年-月-日												
符號與單位												
m_{tot}	粉塵載入至濾網所累加質量，單位為 g。					t_f	空氣流率計量器之溫度，單位為 °C。					
p_a	濾網上游之絕對空氣壓力，單位為 kPa。					ρ	濾網上游之空氣密度，單位為 kg/m ³ 。					
p_{sf}	空氣流率計量器靜壓，單位為 kPa。					φ	濾網上游之相對濕度，單位為 %。					
q_m	質量流率，單位為 kg/m ³ 。					Δp	所測得濾網空氣流率阻抗，單位為 Pa。					
q_v	濾網之空氣流率，單位為 m ³ /s。					Δp_f	用以測定空氣流率之壓差，單位為 Pa。					
t	濾網上游之溫度，單位為 °C。					$\Delta p_{1.20}$	於空氣密度 1.20 kg/m ³ 之濾網空氣流率阻抗，單位為 Pa。					
備考：本表單所揭示為 SI 單位制，但亦可轉為 IP 單位制。												

表 4 於各載入粉塵階段後之空氣流率阻抗與重量效率

ISO 16890-3:2016 – 於各載入粉塵階段後之空氣流率阻抗與重量效率									
試驗樣品：									
試驗號碼：									
試驗氣膠：									
空氣流率： m^3/s									
日期	Δp_1 Pa	Δm g	m_{tot} g	Δp_2 Pa	m_1 g	m_2 g	Δm_{ff} g	m_d g	A %
年-月-日									
年-月-日									
年-月-日									
年-月-日									
年-月-日									
年-月-日									
試驗樣品之質量									
試驗樣品之初始質量： g									
試驗樣品之最終質量： g									
符號與單位									
A 重量效率，單位為 %。									
m_d 試驗樣品後風管內之粉塵，單位為 g。									
m_{tot} 粉塵載入至濾網所累加質量，單位為 g。									
m_1 於粉塵增量前之終端濾網質量，單位為 g。									
m_2 於粉塵增量後之終端濾網質量，單位為 g。									
Δm 粉塵增量，單位為 g。									
Δm_{ff} 終端濾網所增加之質量，單位為 g。									
Δp_1 於添加予粉塵量前之空氣流率阻抗，單位為 pa。									
Δp_2 於添加予粉塵量後之空氣流率阻抗，單位為 pa。									
備考：本表單所揭示為 SI 單位制，但亦可轉為 IP 單位制。									

附錄 A

(參考)

空氣流率阻抗計算

於測試期間測得所有空氣流率阻抗均應以參考空氣密度 1.20 (1.1987) kg/m³ (0.075 lb/ft³)修正之，其為對應於一標準空氣狀態於溫度 20 °C (68 °F)、大氣壓力 101.325 kPa (14.7 lb/in²)及相對溼度 50 %。然而若空氣密度為介於 1.16 kg/m³ (0.072 lb/ft³)與 1.24 kg/m³ (0.077 lb/ft³)之間者，可無須進行修正。所有計算僅以 SI 單位表示之。

試驗樣品的空氣流率阻抗可演繹如下所示之方程式(A.1)與方程式(A.2)：

$$\Delta p = c(q_v)^n \dots\dots\dots (A.1)$$

$$c = k \times \mu^{2-n} \times \rho^{n-1} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中， Δp ：空氣流率阻抗，單位為 Pa

k ：常數

q_v ：空氣流率，單位為 m³/s

μ ：空氣動力黏性，單位為 Pa·s

n ：指數

ρ ：空氣密度，單位為 kg/m³

空氣流量測量系統的讀數應依於試驗樣品入口前空氣條件所計算之空氣體積流率，並依此空氣流率值及其相應測得空氣流率阻抗代入方程式(A.1)以最小平方法確定其式中之指數“n”值。

於指數“n”為已知值，可運用方程式(B.3)依標準空氣狀態修正所測得之壓力損失。

$$\Delta p_{1.20} = \Delta p \left(\frac{\mu_{1.20}}{\mu} \right)^{2-n} \times \left(\frac{\rho_{1.20}}{\rho} \right)^{n-1} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中無下標值者則參考測試狀態之數值，而具下標值者為標準空氣狀態之數值，其中：

$\rho_{1.20}$ ：為 1.1987 kg/m³；

$\mu_{1.20}$ ：18.097 10⁻⁶ Pa·s

通常僅於乾淨試驗樣品才需指數“n”值之確定，因施行載塵試驗階段期間其指數“n”值會改變，且不於每次載塵試驗後皆再量測壓力損失曲線，故於整體測試期間可使用初始試驗狀態之指數“n”值，而空氣密度 ρ (kg/m³)可依方程式(A.4)代入溫度 t (°C)、大氣壓力 p (Pa)、及相對溼度 ϕ (%)計算而得。

$$\rho = \frac{p-0.378p_w}{287.06(t+273.15)} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中 p_w (Pa)為空氣中之水蒸氣分壓，依方程式(A.5)計算而得。

$$p_w = \frac{\phi}{100} p_{ws} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中 p_{ws} (Pa)為空氣中之飽和水蒸氣分壓，依溫度(°C)代入方程式(A.6)計算而得。

$$p_{ws} = \exp\left(59.484085 - \frac{6790.4985}{t+273.15} - 5.02802 \times \ln(t + 273.15)\right) \dots\dots\dots (A.6)$$

動力黏性可依溫度(°C)代入方程式(B.7)計算而得。

$$\mu = \frac{1.455 \cdot 10^{-6} (+27315)^{0.5}}{1+110.4/(t+273.15)} \dots\dots\dots (A.7)$$

參考資料

- [1] ISO 2854, Statistical interpretation of data – Techniques of estimation and tests relating to means and variances
- [2] ISO 12103-1, Road vehicles – Test contaminants for filter evaluation – Part 1: Arizona test dust
- [3] ISO 14644-3, Cleanrooms and associated controlled environments – Part 3: Test methods
- [4] ISO 5167-1, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 1: General principles and requirements
- [5] ANSI/ASHRAE 52.2-2007, Method of testing general ventilation air-cleaning devices for removal efficiency by particle size
- [6] ASME/Standard MFC-3M-1985, Measurement of fluid flow in pipes using orifice nozzle and Venturi
- [7] EN 779:2012, Particulate air filters for general ventilation; requirements, testing, marking
- [8] Eurovent 4/9:1997, Method of testing air filters used in general ventilation for determination of fractional efficiency
- [9] JIS Z 8901, Test powders and test particles

相對應國際標準

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