



Inspiring technology solutions

— 無塵室的監控·改善技術 —

A close-up photograph of a person's face, heavily covered in fine, multi-colored particles (red, blue, green, yellow) that resemble dust or pollen. The person's eyes are closed, and the lighting is dramatic, highlighting the texture of the particles on their skin.

For
Cleanroom
Solutions

與INTECHNO一起，重新認識潔淨技術

Intechno's solutions for clean environment



INTECHNO的汙染管理哲學

實現新時代的潔淨要求，是公司全體的責任

我們協助客人，建立汙染管理系統，執行權責與分工。
實現長效的潔淨。



用文件明確定義風險

一切的開始：從定義關鍵粒子大小與濃度開始

粒子不分大小，一律排除，這樣的代價極高，也不必。INTECHNO建議先定義，有風險性的「粒子尺寸」，與「容許濃度」。試想，如果15 μm 以上大小的粒子，才需要視作風險，那麼我們何必執著於立刻消除未滿15 μm 的粒子？

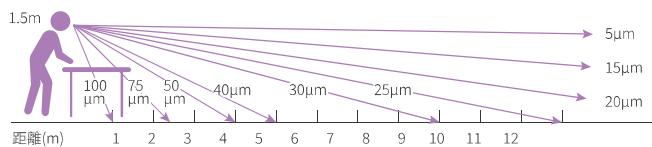
INTECHNO的第一步就是定義出，專屬於你的合理規格。

了解大型粒子的存在

由於5 μm 以上的粒子，無法從坊間的粒子計數器(air particle counter)檢出，誤解於是從這裡開始。

根據ISO14644-1對無塵室等級的規範，它只針對「0.1 μm ~5 μm 」大小的游塵做監控。也因此許多客戶誤以為，在高等級的無塵室中，既然air particle counter量不到，則大於5 μm 的污染粒子應該也很少吧？真實的狀況是，在高階無塵室中，即使空氣中極為乾淨，大型粒子依然大量存在各個表面。大型粒子無法經由換氣或濾網除去，只會順著重力落下。容易沉積的大型粒子，只能透過有效的清掃來排除。

■ 比較各種大型粒子的飛散軌跡



■ 大型粒子的落下實驗

| 實驗條件 | 粒子堆積速率: PDR (Nop / dm^2 / h) | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | $\geq 10\mu\text{m}$ | $\geq 25\mu\text{m}$ | $\geq 40\mu\text{m}$ | $\geq 50\mu\text{m}$ | $\geq 100\mu\text{m}$ |
| HEPA 每小時換氣13次(有氣流) | 612 | 411 | 138 | 76 | 16 |
| 不換氣(無氣流) | 875 | 466 | 120 | 57 | 9 |
| HEPA 每小時換氣13次 (落下的粒子佔比) | 48% | 81% | 90% | 93% | 98% |

關於表面污染的機制

我們的見解

存在產品與製造環境的表面附著物，主要起因為「粒子堆積」與「接觸移轉」。這兩個機制，與人員、設備、工具、清潔方式所牽連的風險因子：「表面潔淨度」與「人員程序」有關。因此可以說，汙染控制，就是監控「表面潔淨度」與「人員程序」。

如何監控

用數字做管理

關於汙染管制，我們接觸的多數企業，直覺用「空氣潔淨度」來衡量，或是用「顯微鏡」來找跡證。我們陪同客戶，從「根本」著手改善：

1. 定義影響良率關鍵的粒子大小(critical size)
2. 監視該汙染濃度

一切用數字來管理

有效改善的佐證與教育訓練

透過實際證明有效的對策，來降低汙染風險

經由數值監控的同時，我們對生產場合的清潔方式、規律習慣、順序、動作，做解析，來降低粗大粒子的發生與移轉。我們的諮詢服務，也能激發客戶，提出自有的創新流程，受到眾多客戶的支持。

全員參與汙染管理的構成要素

Step 0

- 領導者的投入
- 針對汙染對策，注入自己的想法
- 技術戰略與人力資源管理



Step 1

監控的 重建 (從描述風險因子開始)

Step 2

規律的 重建 (從清潔、行為著手)

Step 3

教育的 重建 (確保長久的潔淨度)

監控表面清潔度 並且為清潔流程，做最佳化

Optimize cleaning program
by monitoring surface cleanliness.

監控粒子的堆積過程 與人事物的活動之關聯性

Control cleanroom behavior
by monitoring particle deposition.



在潔淨度很高的無塵室裡，
未必可以製造出乾淨的產品。
這是什麼原因？

— 產品污染的過程 —

來自空氣中落下的

15 μ m以上的大型粒子

讓APMON來為你監控



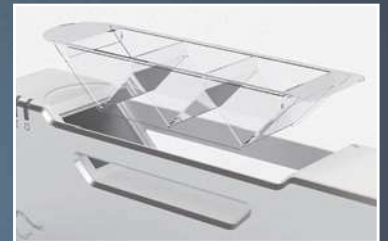
即時監控大型粒子的落下動態過程

APMON

CLEANROOM AWARD獲獎儀器
荷蘭應用科學研究組織 研製
ISO 14644-17 (2021年2月發布)



APMON可自動統計承載盤所接收到的 -
「自然落下」的堆積粒子。

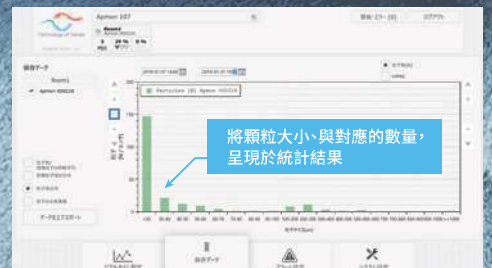


檢測用的承載盤

每五分鐘、自動監控15 μ m以上的大型粒子之堆積狀況。



解析顆粒大小與數量，對擬定改善對策大有幫助



大型粒子存在於每一個無塵室

即時監控大型粒子的落下動態過程

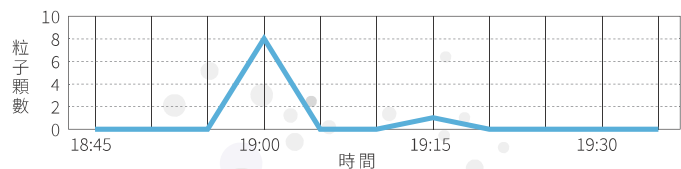
APMON

「監控粒子的動態變化」 詳實記錄粒子數量與大小。
把製造環境中的粒子堆積風險，用數據化來管理。

APMON採即時監控，紀錄粒子落下發生的高峰時間，進一步比對發生當下的人、事、物行為，找出引發落塵的「程序」、「行為」。

這一檢測粒子發生原因，並且抑制粒子發生的過程，有助於降低 $5\mu\text{m}$ 以上的粒子附著。是歐規標準中的重要檢討項目。

■ 落下粒子之數量，對應時間的關係

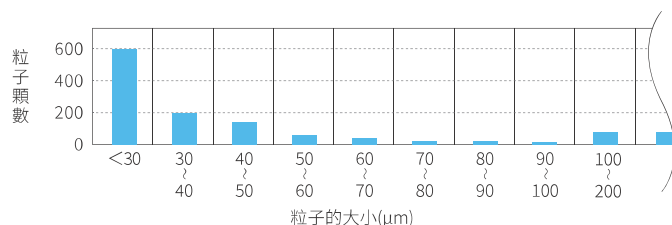


經由解析落下粒子的大小
來改善生產線潔淨度

APMON可以用圖表呈現，過去特定時段內，機台所觀測到的粒子大小分布方式。 $15\sim 30\mu\text{m}$ 一般是皮膚或纖維、 $100\mu\text{m}$ 以上則多半是衣物纖維造成。 $30\mu\text{m}$ 以下的粒子，雖然有可能被換氣排出，但是從現場的人員進出程序，與活動管制切入，更能快速達成目標清潔度。

在已經檢出 $50\mu\text{m}$ 以上的大型粒子的空間裡，首先應進行潔淨流程的重建，後續才能有效回復清潔。

■ 落下粒子的大小與統計示意圖



關於大型粒子的風險評估方法與改善方法

ISO14644-17 (2021年2月發行)

無塵室中所使用，大型粒子的監控規格 粒子堆積率 (Particle Deposition Rate) 是指？

APMON不只是即時監控15~1000µm的所有粒子的動態數量，他還能計算出一段特定時間內的粒子堆積率PDR

$$PDR = \text{粒子數} (> D\mu\text{m}) / \text{面積} (1\text{m}^2) / \text{時間} (1\text{h})$$

PDR能指出長時間堆積粒子的趨勢，相當於每1平方公尺，表面上的粒子濃度變化率。採用PDR做評估風險的指標，符合ISO14644-17對於大型粒子的監控要求。

■ 相對於PDR, PDRL定了義PDR的上限值 (Particle Deposition Rate Limits)

| PDRL | PDR: 粒子數 / 面積(m ²) / 時間(1h) | | | | | | |
|-----------|---|-----------|---------|---------|---------|--------|--------|
| | ≥5µm | ≥10µm | ≥20µm | ≥50µm | ≥100µm | ≥200µm | ≥500µm |
| 1 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.02 |
| 10 | 20 | 10 | 5 | 2 | 1 | 1 | 0.2 |
| 100 | 200 | 100 | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 |
| 1,000 | 2,000 | 1,000 | 500 | 200 | 100 | 50 | 20 |
| 10,000 | 20,000 | 10,000 | 5,000 | 2,000 | 1,000 | 500 | 200 |
| 100,000 | 200,000 | 100,000 | 50,000 | 20,000 | 10,000 | 5,000 | 2,000 |
| 1,000,000 | 2,000,000 | 1,000,000 | 500,000 | 200,000 | 100,000 | 50,000 | 20,000 |



藉由監控粒子堆積率，來管制大型粒子

APMON對於PDR參數的監控，可將生產環境中的落下粒子：濃度變化、大小分布，以及覆蓋範圍變化等動態，完全掌握。這一資料，將協助定義出關鍵工作區域內的大型粒子「可允許濃度」（個數/面積），並加以監控。後續每當「可允許濃度」發生超標的情形，就可以立即針對相關的「行為」、「接觸」、「表面清潔度」等等，進行試驗性的改善，重新降低PDR。

以下是我們對於管控無塵室內的大型粒子，提出的完整建議：

1. 使用PartSens評估關鍵位置的表面污染情形。
2. 使用APMON建立無塵室內的行為準則。

■ APMON/PartSens將粒子的夾帶、產生、堆積等過程，全面數據化。

■ 大型粒子



夾帶機制：應檢討進出無塵室的程序
產生機制：應檢討清潔與移動的適當性
針對局部空間，提高無塵室等級，不是除去大顆粒子的最好方法。

如何詳細描述風險性粒子

- 關鍵粒徑 (µm)
- 容許濃度 (粒子數)
- 產品的關鍵表面大小 (cm²)
- 關鍵工作區域 (m²)



如何設定潔淨度的上限規格

- PDR (粒子堆積率) 上限
- SCP (表面潔淨度) 上限



妥善控制人和系統的一舉一動

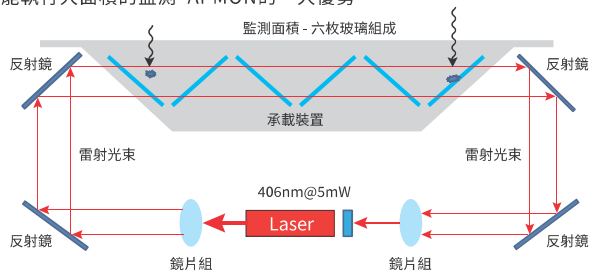
一般的粒子計數器(air particle counter)都無法監控
50%的 >10 μm 的粒子
90%的 >40 μm 的粒子
也因此，PDR成為重要規格

監測原理

雷射全像技術 可以實現大面積的監控

藉由雷射光在物體表面繞射，及傅立葉轉換等技術，實現3D成像。所得資料，即是五分鐘前的粒子落下數量與粒子大小的累積值。
最短監控時間間隔，可以短至五分鐘。

■ 能執行大面積的監測，APMON的一大優勢

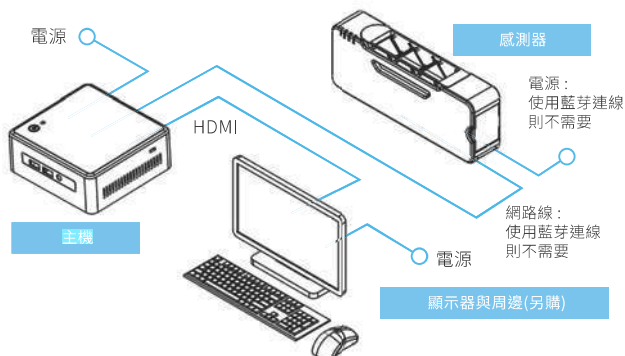


APMON-即時粒子沉積監控器

透過在生產區域佈建APMON，將可以有效監控15 μm 大小以上的粒子堆積行為(最短採樣區間：五分鐘)

從此，造成粒子掉落的「時間」「人員」「原因」，都將有跡可循。

■ 連線示意圖



粒子計數器(air particle counter)

只能檢測漂浮在無塵室空氣中的浮游粒子

— 所謂的無塵室氣體潔淨度 —
是專注於不容易落下的浮游
微小粒子
介於0.1~5 μm
這才是粒子計數器
(air particle counter)
的監視對象

粒子計數器(air particle counter)

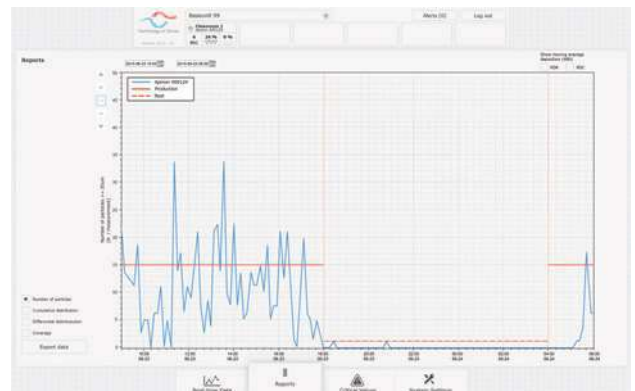
通常是用窄口徑的取樣管，吸入粒子。

實際上，大型粒子不容易進到粒子計數器的探測區，也無法被吸入。

ISO等國際標準，已經要求用PDR(數據化)作為落下粒子的有效管控標準。

專業軟體監控/解析數據

■ 判讀資料 顯示範例



涵蓋粒子大小：

15、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、600、700、
800、900、1000 μm (最大直徑)

APMON

透過活用APMON，將生產環境中的人、事、物，
加入實驗性的變因，將可以推導出最高效的潔淨生產程序。

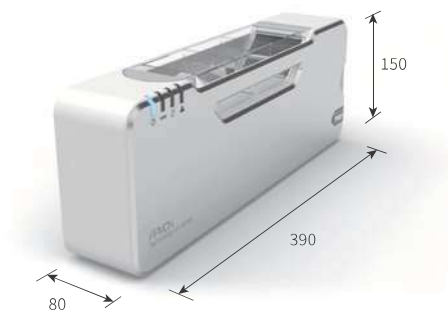
主機



可透過藍芽、或有線網路做遠端監控

| | |
|--------------|------|
| 感測器連接上限 | 最多兩台 |
| 感測器無線連接上限 | 最多兩台 |
| 電池(充電器) | 有 |
| USB資料輸出(CSV) | 有 |
| 專用收納盒 | 有 |
| 顯示器與周邊 | 另外選購 |

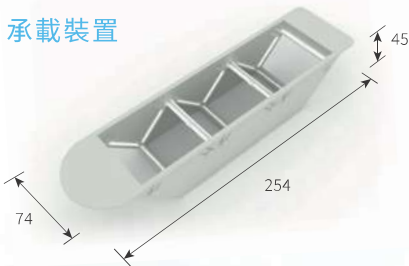
感測器



感測器的安裝

| | |
|--------|--|
| 粒子檢出範圍 | 15 ~ 1000 μ m |
| 量測區域面積 | 25cm (4.2cm ² × 6) |
| PDR | 99% Confidence interval \pm 6% (長時間) |
| 量測間隔 | 最短五分鐘 (有線網路) |
| 重量 | 5.0kg (含電池) |
| 電源需求 | 變壓器輸入：100v ~ 240v 變壓器輸出：9v 直流，550mA 或安裝鋰電池：7.2v, 7800mAh (可充電) |
| 電池個數 | 一個Sensor，附帶兩個 |
| 電池使用期間 | 大約四天，依監控頻率 |
| 網路 | 有線網路或藍芽2.0 (依環境，約15 ~ 20m) |
| 光源 | 20mA 雷射二極體 (406nm) |
| 光學原理 | 雷射全像技術 |
| 雷射安全基準 | Class 2M (根據 IEC60825-1) |
| 校正 | 一年一次(建議) |
| 建議使用環境 | 溫度10 ~ 35度C；相對濕度10 ~ 90%；無凝結處 |

監測玻璃的 承載裝置



玻璃的承載裝置 依粒子堆積情形做更換

| | |
|----------|--------------------|
| 材料 | 樹脂 玻璃 |
| 使用期限(大略) | 3個月 (依測定環境的清潔度而不同) |
| 包裝 | 在控制環境下，雙重包裝 |
| 更換時機 | 依軟體提示 |