Cybenetics 機殼測試規範

修訂版 **2.3**

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

賽普勒斯，尼古西亞

2026 年 10 月

修訂歷史

版本	發布日期	備註
1.0	2020 年 9 月	初稿
1.1	2021 年 5 月	測試方法有重大變更
1.2	2022 年 6 月	隔音等級變更
1.3	2023 年 9 月	方法有重大變更
1.4	2024 年 6 月	多項小幅變更
1.5	2026 年 8 月	量測不確定度已更新為目前受控的不確定度預算（P19）。
1.6	2026 年 8 月	移除已汰換之自製負載器的說明與照片；新增測試系統置於恆溫恆濕試驗箱內的照片；軟體螢幕擷圖以目前版本 (v6.94) 重新擷取，先前的擷圖有裁切。
2.0	2026 年 10 月	新的噪音阻尼方法：在 1/3 倍頻帶（LAeq）中量測粉紅噪音，範圍從 100 Hz 至 10 kHz，計算每個頻帶的插入損失，基於粉紅噪音參考頻譜計算 DELTA，並包含共振標記，揚聲器置於 CPU 散熱器旁。不再使用測試音調、Chirp 與白噪音。DELTA 低於 2 dB 時不授予等級。現有一組測試系統同時用於噪音與散熱測試。風扇噪音：標準化噪音等級從 20 至 40 dBA；移除了 75% 步驟與顯示卡風扇掃描。新增恆溫恆濕試驗箱的照片及目前測試應用程式的螢幕擷圖。先前評測的發布結果已使用新計算方式重新評估（見數據分析）。
2.1	2026 年 10 月	修訂版 2.0 之前評測的機殼保留其量測的粉紅噪音結果，並依據修訂版 2.0 的限值指派等級。這取代了修訂版 2.0 中描述的基於測試音調的重新評估。
2.2	2026 年 10 月	參考文獻於 2026 年 10 月 3 日重新檢查並更新（連結與存取日期；新增 ISO 11546-1 與 IEC 61672-1 之連結）。測試軟體截圖已更換為 7.27 版。量測值、測試或已發布評級均無變動。
2.3	2026 年 10 月	圖 1 和圖 2 已替換：麥克風與 DUT 位置已重新繪製，且設置照片已重新標註。方法無變更。

Table of Contents

前言 4

噪音量測設備與 DUT 架設 4

噪音阻尼量測程序 6

量測原理 7

測試幾何 8

準備與檢查 10

量測順序 11

機殼風扇噪音量測 12

散熱效能測試架設與程序 13

數據分析 18

背景校正 18

各頻帶插入損失 18

DELTA 18

共振標記 19

有效性判據 19

實例演算 19

報告 21

DELTA 等級 21

修訂版 2.0 之前評測的機殼 22

結語 22

參考文獻 23

前言

在機殼（PC 外殼）中進行準確的噪音與散熱量測是一項挑戰，除了經驗之外，還需要專業的設備與適當的場地，尤其是噪音量測。在針對此主題進行廣泛研究之後，我們制定了以下各段所分析的方法。這是一項持續進行中的工作，意即我們會不斷更新相應的程序，直到發展出完美的方法為止。由於這個世界上沒有任何事物是完美的，我們絕不會就此止步。相反地，我們將始終致力於尋找最佳的測試程序，以揭示受測裝置（DUT）的每一個面向。

修訂版 2.0 引入了新的噪音阻尼量測方法，詳見對應章節。機殼風扇噪音量測與散熱效能測試維持與先前修訂版相同，更新內容詳見修訂歷史。

噪音量測設備與 DUT 架設

在進行噪音量測之前，我們必須先在機殼內安裝一套完整的系統。這樣做有兩個原因：其一是徹底檢視安裝過程，其二是這些零組件能減少機殼內部的回音。空機殼會產生類似空房間的回音，明顯影響噪音量測結果。

下表列出我們用於機殼評測的測試系統。同一套系統同時用於噪音與散熱量測。對於較小的機殼，我們使用 mini-ITX 主機板。

測試系統規格	
主機板	Gigabyte X670E AORUS Master
CPU	AMD Ryzen 9 7950X3D
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
記憶體	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
電源供應器	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散熱器	Noctua NH-D15S chromax.black
機殼	受測裝置

我們依照機殼說明書，以典型組裝方式安裝系統：電源供應器水平安裝，顯示卡則依機殼允許的方式水平或垂直安裝。每一款機殼皆安裝相同的零組件，以確保內部配置具可比性。

所有噪音量測皆在本底噪音極低（約 6 dBA）的半消音室中進行。DUT 安裝於消音室內。圖 1 詳細說明了麥克風與 DUT 在消音室內的位置。

量測用麥克風置於 ECMA-74 [12] 定義的前方旁聽者位置。其位於機殼正前方中央，與機殼外廓（包含腳架與把手在內的最小包絡盒）正面水平距離為一公尺，且高於地面 1.50 m。麥克風指向機殼正前方中心，與水平軸形成 30° 至 45° 的夾角。

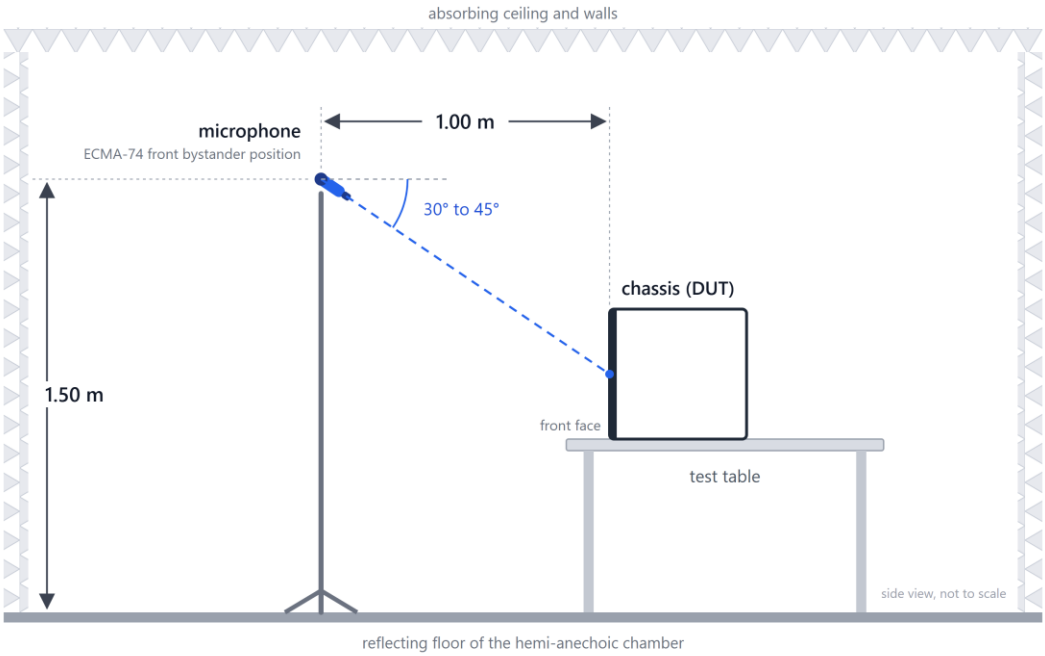

圖 1

我們會在開始量測前 15 至 30 分鐘開啟 Bruel & Kjaer G-4 Type 2270 [1] 噪音計，讓其達到工作溫度。在開始量測之前，我們會使用 Bruel & Kjaer Sound Calibrator Type 4231 [2] 對噪音計進行校準。

我們會在每個測試場次結束時再次檢查校準。圖 2 顯示消音室內測試桌上的機殼，以及位於量測位置的麥克風。

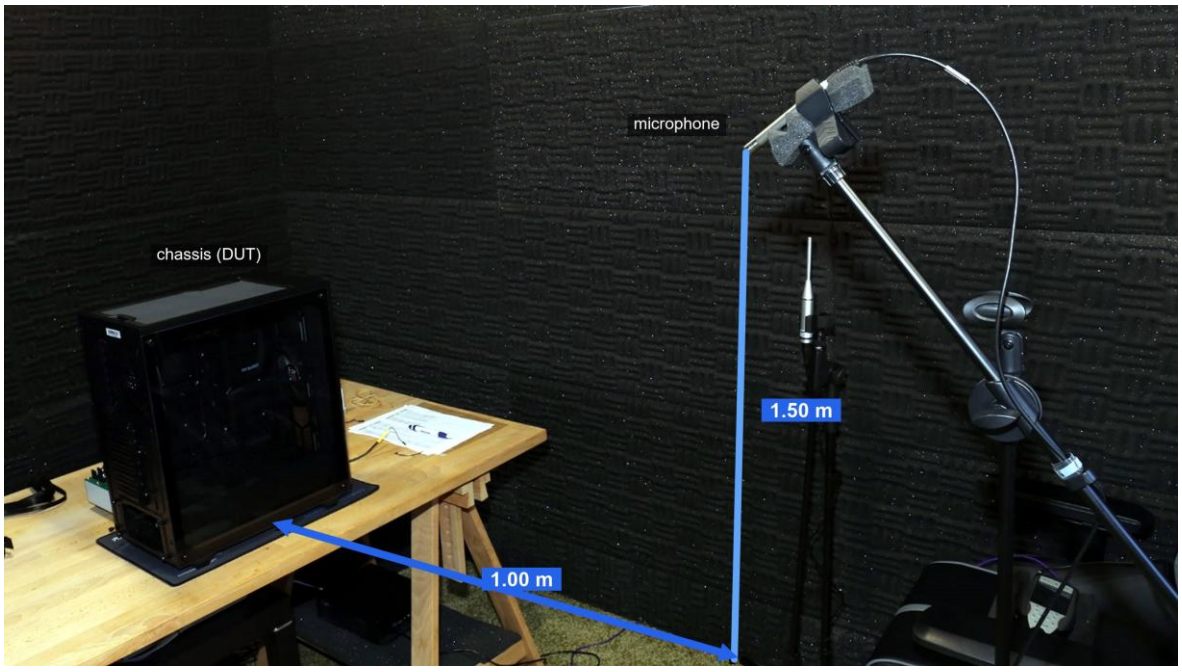

圖 2

噪音阻尼量測還需要聲源及其定位設備。此設備在機殼之間保持不變。若聲源鏈路（揚聲器、放大器、增益或訊號檔案）有任何變更，則需重新進行聲源基準量測與線性度檢查；兩者皆於下一節說明。

噪音阻尼測試設備		
組別	**項目**	**要求**
場地	半消音室與測試桌	背景噪音約 6 dBA。測試桌、地板標記與麥克風支架在整個測試系列期間保持原位
聲源	微型十二面體揚聲器	可放入 CPU 散熱器旁的空閒空間內，不接觸任何物體。其中一個面標記為「1」，並始終指向麥克風
聲源	放大器與粉紅噪音源	鎖定增益，並儲存一個固定音量的粉紅噪音訊號。建議使用電池供電，因為市電哼聲可能以 100 Hz 譜線的形式出現
聲源	軟性支撐（泡棉塊）	揚聲器在機殼內唯一的接觸點，使其無法搖晃機殼
聲源	小型揚聲器支架	在開放空間中固定揚聲器，使其與麥克風保持相同距離，並位於檢查點
聲源	備用擴充槽蓋板，已鑽孔，配有護線套與可移除的黏土	揚聲器線材出口，兩側皆已密封。僅在測試期間使用
量測	Bruel & Kjaer Type 2270 [1] 及其麥克風，安裝於懸臂支架上	1/3 倍頻帶 LAeq，每次讀數 30 秒；儲存 12.5 Hz 至 20 kHz 的頻帶
量測	Bruel & Kjaer Type 4231 校準器 [2]	在每個測試場次前後進行檢查
定位	雷射測距儀與十字線雷射	±2 mm。量測兩次測試中麥克風與揚聲器之間的距離
記錄	溫度計、濕度計與相機	記錄環境條件，並拍攝揚聲器在每一款機殼內的照片

噪音阻尼量測程序

此測試量測機殼對內部零組件噪音的衰減或放大程度。機殼內部的微型十二面體揚聲器播放粉紅噪音 [4]，機殼前方的麥克風比較有無機殼時的聲壓級。結果為 100 Hz 至 10 kHz 每個 1/3 倍頻帶的插入損失 (IL)，共 21 個頻帶，以及一個決定機殼 DELTA 等級的單一數值 DELTA。

關注的頻率範圍與麥克風位置遵循 ECMA-74 [12]。插入損失的定義如 ISO 11546-1 [14] 所述：無外殼時的等級減去有外殼時的等級。我們使用單一聲源位置與單一麥克風位置，因此此方法為 Cybenetics 內部方法，而非依據 ISO 11546-1 的聲明。

直至修訂版 1.6，我們量測單一測試音調、Chirp 訊號 [3]、粉紅噪音與白噪音 [5]，揚聲器置於機殼底部，DELTA　為兩組寬頻粉紅噪音讀數的差異。單一寬頻數值會隨揚聲器

的頻譜變化，並掩蓋機殼在低頻段的共振，而機殼在此頻段常會放大噪音。風扇與顯示卡以與揚聲器相同的方式激發這些共振，因此它們也是使用者聽到的聲音的一部分。修訂版 2.0 將這些共振保留在結果中：它們出現在各頻帶插入損失的圖表中以及共振標記中，不再扭曲單一數值。下表總結了這些變更。

與修訂版 1.6 的差異		
項目	**修訂版 1.6**	**修訂版 2.0**
機殼內的揚聲器	位於機殼底部，靠近側板	位於 CPU 散熱器旁，不接觸任何面板、零件或線材
基準	開放空間中位於量測位置的揚聲器	相同的揚聲器在開放空間中，與麥克風保持相同距離，機殼已移開
麥克風	機殼前方 1.00 m，地板上方 1.50 m	未變更
訊號	測試音調、Chirp、粉紅噪音與白噪音	僅粉紅噪音
評估	100 Hz 至 20 kHz 的測試音調	100 Hz 至 10 kHz 的 1/3 倍頻帶；12.5 kHz 至 20 kHz 的頻帶僅供參考
DELTA	兩次寬頻粉紅噪音讀數的差值	各頻帶的插入損失，應用於固定的粉紅噪音參考頻譜並進行 A 加權
共振	隱藏於單一數值中	以共振標記報告

對於每一款機殼，我們報告：

- 100 Hz 至 10 kHz 每個 1/3 倍頻帶的插入損失；負值（代表放大）也會顯示；
- DELTA，由頻帶的插入損失計算得出；
- DELTA 等級；
- 共振標記，列出機殼放大 3 dB 或以上的所有頻帶；
- 供參考，12.5 kHz 至 20 kHz 的插入損失，其中訊號至少高於背景噪音 10 dB。

量測原理

同一具揚聲器播放相同的粉紅噪音兩次，與麥克風的距離相同：一次在關閉的機殼內（Run C），一次在開放空間，將機殼移開（Run R）。兩次量測之間麥克風不移動，因此每個頻帶的差異完全由機殼造成（圖 3）。

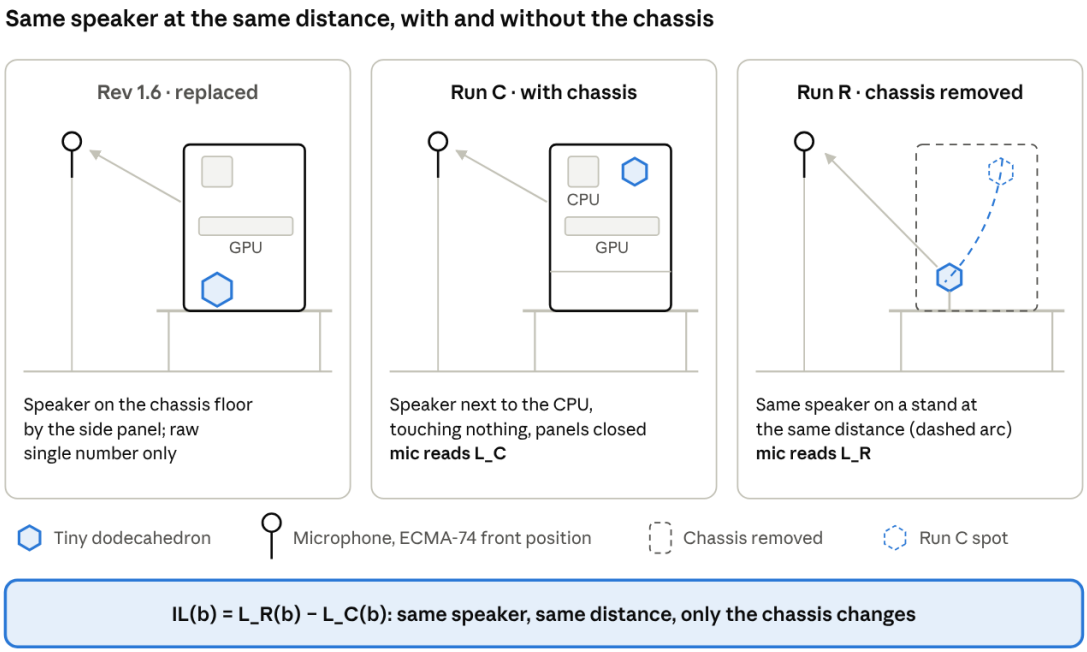

圖 3

揚聲器置於 CPU 散熱器旁的空閒空間，不接觸任何物件，如同真實零組件中的一個額外噪音源。除了機殼之外，兩次量測之間所有條件皆保持固定：揚聲器至麥克風的距離、揚聲器的朝向、訊號、增益與麥克風位置。揚聲器在機殼內通常比在開放空間中略高；只有距離必須一致。揚聲器的頻譜在每個頻帶中相互抵銷，且我們用於 DELTA 的固定粉紅參考頻譜也將其排除在單一數值之外。

測試幾何

機殼置於測試桌上，正面朝向麥克風。麥克風保持在上一節所述的位置（圖 1 與 4），揚聲器置於 CPU 散熱器旁的空閒空間（圖 5）。

Mic 1.00 m in front of the chassis, 1.50 m above the floor

ECMA-74 front bystander position, the same as Rev 1.6

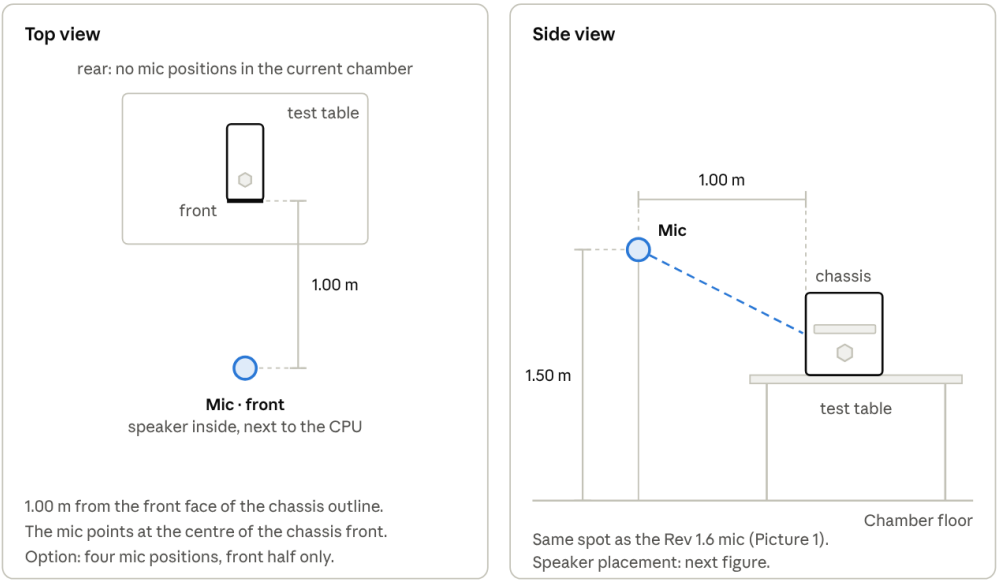

圖 4

Speaker next to the CPU cooler, touching nothing

Side view, left panel removed; typical build with the PSU mounted horizontally

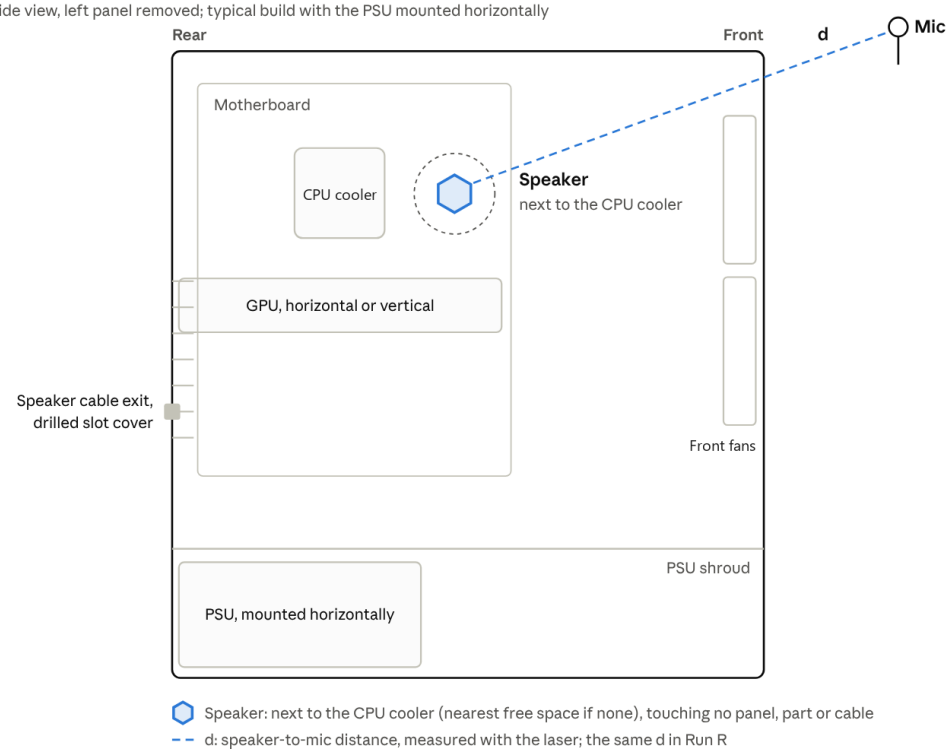

圖 5

在每一款機殼中使用相同的位置可確保結果具可比性，因為揚聲器的位置會影響其激發機殼共振的強度。擺放規則如下：

- 位置：CPU 散熱器旁，通常有空閒空間。若無空閒空間，則為主機艙內最近的空閒空間。
- 接觸：揚聲器不接觸任何面板、零組件或線材；僅置於其軟性支撐上。
- 朝向：面 1 指向麥克風。
- 距離：從揚聲器的聲學中心至麥克風振膜，使用雷射量測，誤差 ±2 mm。
- 記錄：距離，以及揚聲器在機殼內的照片。

我們維持以下公差：

- 機殼置於其標記的佔地面積內，誤差 ±5 mm，正面與麥克風垂直；
- 麥克風與其位置的偏差在水平與高度方向上皆在 ±10 mm 以內；
- 揚聲器至麥克風的距離在兩次量測中皆量測至 ±2 mm，且 Run R 的距離與 Run C 的距離在 10 mm 以內一致。揚聲器的高度在兩次量測中可以不同。

準備與檢查

每個測試場次開始時，先進行噪音計校準、哼聲與背景噪音檢查，以及聲源檢查。若任何檢查未通過，在找到並修復原因之前，我們不會進行量測。

檢查點為測試桌上機殼佔地面積的中心，且無機殼存在。揚聲器置於其支架上，高於桌面 0.25 m，面 1 朝向麥克風。揚聲器在檢查點的頻譜即為該聲源的指紋。

每個測試系列一次：

1. 我們在測試桌上標記機殼佔地面積，並在地面標記麥克風位置。測試桌、標記與麥克風支架在系列測試期間不移動。
2. 我們設定等級：揚聲器置於檢查點並開啟粉紅噪音，調整放大器直至麥克風讀數為 60.0 ± 0.5 dBA，然後鎖定增益。
3. 我們儲存聲源基準：在檢查點進行三次 30 秒的讀數，並按頻帶進行能量平均。
4. 我們在一款機殼的 Run C 中檢查線性度：在鎖定增益與低 10 dB 時進行量測。100 Hz 至 10 kHz 的每個頻帶必須下降 10.0 ± 0.5 dB。若誤差較大，表示有物件鬆動，我們會在測試前修復。

在每個測試場次中：

1. 我們記錄溫度與濕度。
2. 我們在量測前 15 至 30 分鐘開啟噪音計，使用 Type 4231 校準器進行校準並記錄讀數。
3. 我們將噪音計設定為 1/3 倍頻帶、LAeq、30 秒。若錄製音訊，我們使用固定的錄製增益。
4. 我們以粉紅噪音在鎖定增益下對揚聲器進行 15 分鐘的暖機。

5. 哼聲與背景檢查：在揚聲器位於檢查點、放大器開啟且訊號靜音的狀態下，我們進行 30 秒的讀數。這是背景頻譜。50 Hz 或 100 Hz 的頻率線高出其相鄰頻帶不得超過 3 dB；在此比較中，各頻帶的 A 加權被移除。
6. 聲源檢查：在訊號開啟且揚聲器位於檢查點的狀態下，我們進行 30 秒的讀數。從 100 Hz 到 10 kHz 的每個頻帶必須在聲源基準 ±0.5 dB 範圍內。

對於每一款機殼：

1. 我們以典型組裝方式安裝測試系統，並按出貨狀態安裝所有面板、前蓋、防塵濾網與硬碟架。
2. 我們保持系統關閉狀態，並拔除所有風扇。
3. 我們將機殼置於其標記的佔地面積上，正面朝向麥克風。
4. 我們將揚聲器置於 CPU 散熱器旁空閒空間的軟性支撐上，面 1 朝向麥克風。
5. 我們將揚聲器線材穿過鑽孔的擴充槽蓋板，並用黏土密封兩側的縫隙。
6. 我們使用雷射量測揚聲器聲學中心至麥克風振膜的距離，並為揚聲器拍照。
7. 我們關閉面板並鎖上全部螺絲，每次皆以相同順序進行。

量測順序

完整的測試包含機殼的一次輪次（Run C）與一次無機殼的讀數（Run R）。所有操作在單一測試場次中完成，且聲源鏈路從開始到結束不被觸碰（圖 6）。

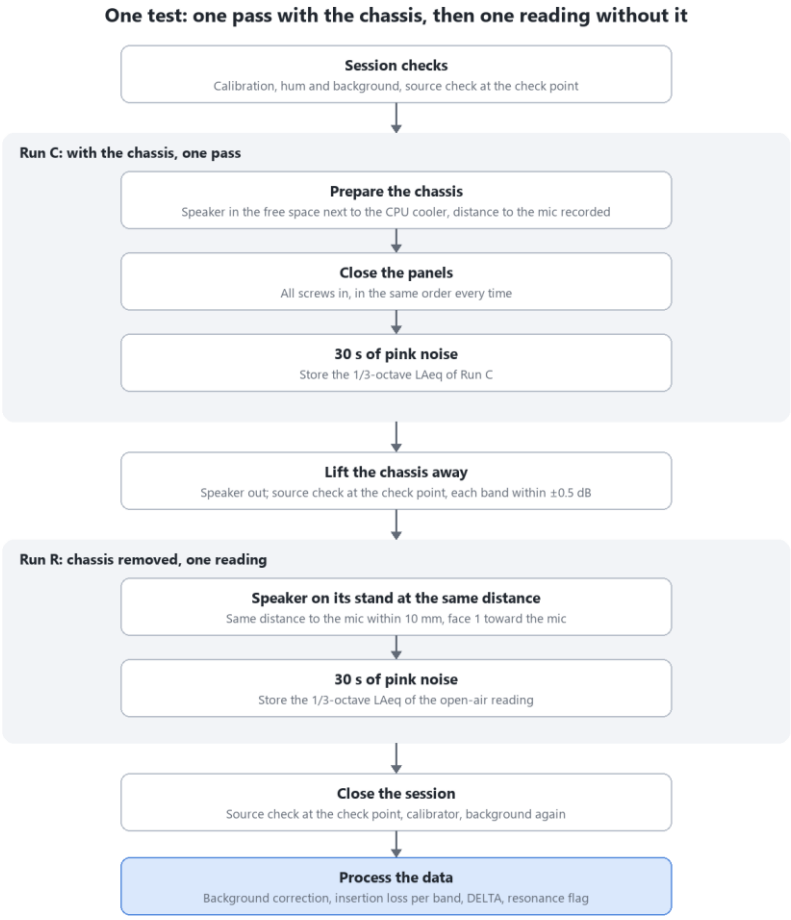

圖 6

在 Run C 之後，我們移開機殼，在檢查點重複聲源檢查，並將揚聲器置於開放空間的支架上，距離麥克風的距離與 Run C 中記錄的相同。Run R 為單次 30 秒的讀數。我們以另一次聲源檢查、校準器及第二次背景讀數結束測試場次。

在讀數期間，適用以下規則：

- 操作員在每次 30 秒的讀數期間須留在消音室外，或至少位於麥克風後方 2 m 處，且消音室門保持關閉；
- 面板在每個機殼中以相同方式關閉，所有螺絲皆鎖緊，且順序相同；
- Run R 緊接 Run C 在同一測試場次中進行；
- 若聲源檢查失敗，我們停止、修正原因並重新開始測試場次。

機殼風扇噪音量測

我們使用 Corsair 的 Commander Pro [6] 搭配團隊自行開發的軟體來控制機殼風扇。此外，Commander Pro 由另一套被動散熱的系統驅動，不會影響消音室的本底噪音。

我們的軟體可依 RPM 與百分比精確調整風扇轉速。因此，我們能個別為每一顆風扇設定轉速比例，例如將一顆最高轉速為 1000 RPM 的風扇設定在 50%，其轉速即為 500 RPM（±1%）。

我們量測風扇在最高轉速的 40%、50%、60%、70%、80%、90% 與 100% 時所產生的噪音。接著，我們反向運用量測邏輯調整風扇轉速，以達到 20、25、30、35 與 40 dBA 的標準化噪音輸出（在風扇可達成的範圍內），並記錄每一顆風扇對應的轉速供後續使用。

75% 的步驟以及顯示卡風扇的噪音量測（先前修訂版中的項目）不再執行。

散熱效能測試架設與程序

散熱效能於安裝在 Giant Force 恆溫恆濕試驗箱內的實際系統上進行評估，該試驗箱在每次測試全程維持環境溫度恆定。下方照片顯示試驗箱及安裝於其中的測試系統。

圖 7 與 8 顯示消音室內有受測機殼。同一消音室也用於我們的散熱器評估，其中測試系統安裝在開放式測試桌上（圖 9）。

圖 7

圖 8

圖 9

下表顯示用於散熱效能評估的測試系統配置。我們在主機板晶片組、VRM 與 NVMe 硬碟上安裝了溫度探棒（K-type），以取得準確的溫度讀值。其餘的溫度讀值則取自主機板上的感測器。我們不使用任何額外的風扇，僅使用機殼隨附的風扇。

散熱測試系統規格	
主機板	Gigabyte X670E AORUS Master
CPU	AMD Ryzen 9 7950X3D
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
記憶體	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
電源供應器	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散熱器	Noctua NH-D15S chromax.black
機殼	受測裝置
環境溫度	25oC ± 0.1oC

首先，我們將機殼置於受控環境中，即 Giant Force [7] 恆溫恆濕試驗箱，溫度設定為 25o C（77o F）。接著，我們連接 Pico TC-08 熱電偶資料記錄器 [8]，以取得安裝在機殼內外指定位置的所有溫度探棒的數據。具體而言，我們在主機板 VRM、晶片組、NVMe 硬碟、機殼排風口與 PSU 排風口設置探棒。最後，我們另設一支探棒量測環境溫度以作為備援。

圖 10 顯示熱電偶與資料記錄器位於受測機殼旁。

圖 10

我們的軟體可全自動長時間執行多項基準測試，以檢驗機殼在不同負載程度下的散熱效能。最嚴苛的測試是同時執行 Prime95 與 FurMark。

以下是我們自行開發軟體的螢幕擷圖，即機殼/散熱器散熱效能應用程式（圖 11 至 13）；其中顯示的風扇設定為範例值。機殼風扇以先前章節記錄的轉速運轉，以輸出 20、25、30、35 與 40 dBA 的標準化噪音等級，並另外於最高轉速下運轉。因此，必須

先進行噪音測試。CPU 與 GPU 風扇則以其預設的轉速曲線運作，且我們評測的每一款機殼皆採用相同設定。

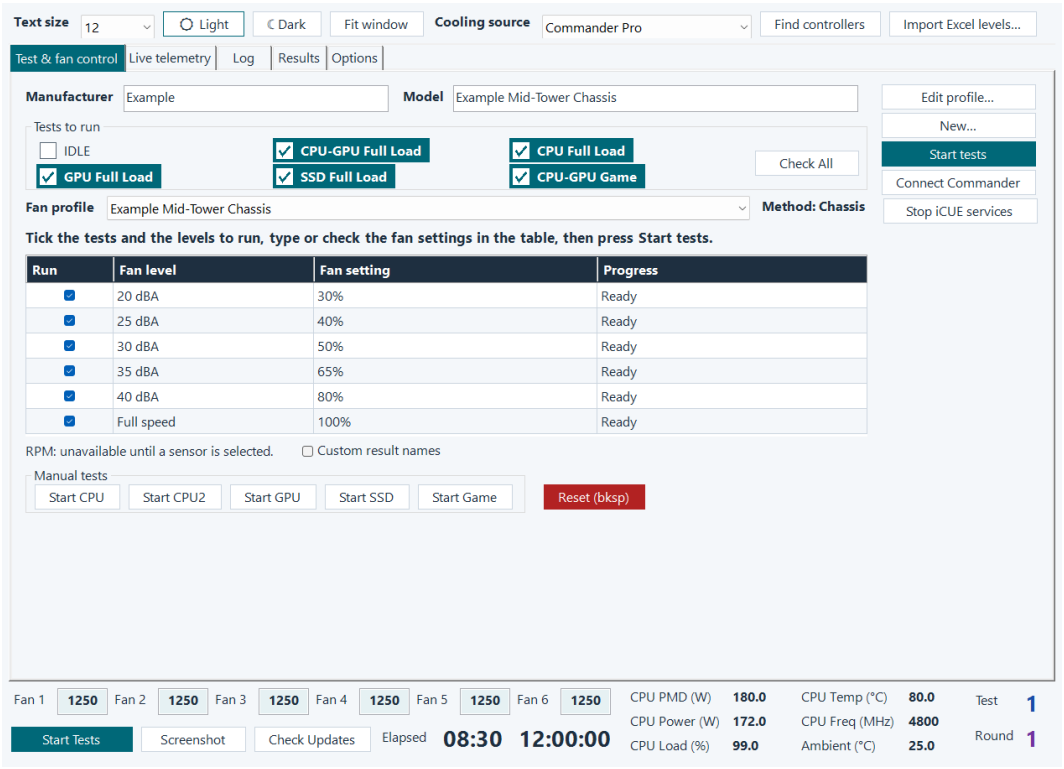

圖 11

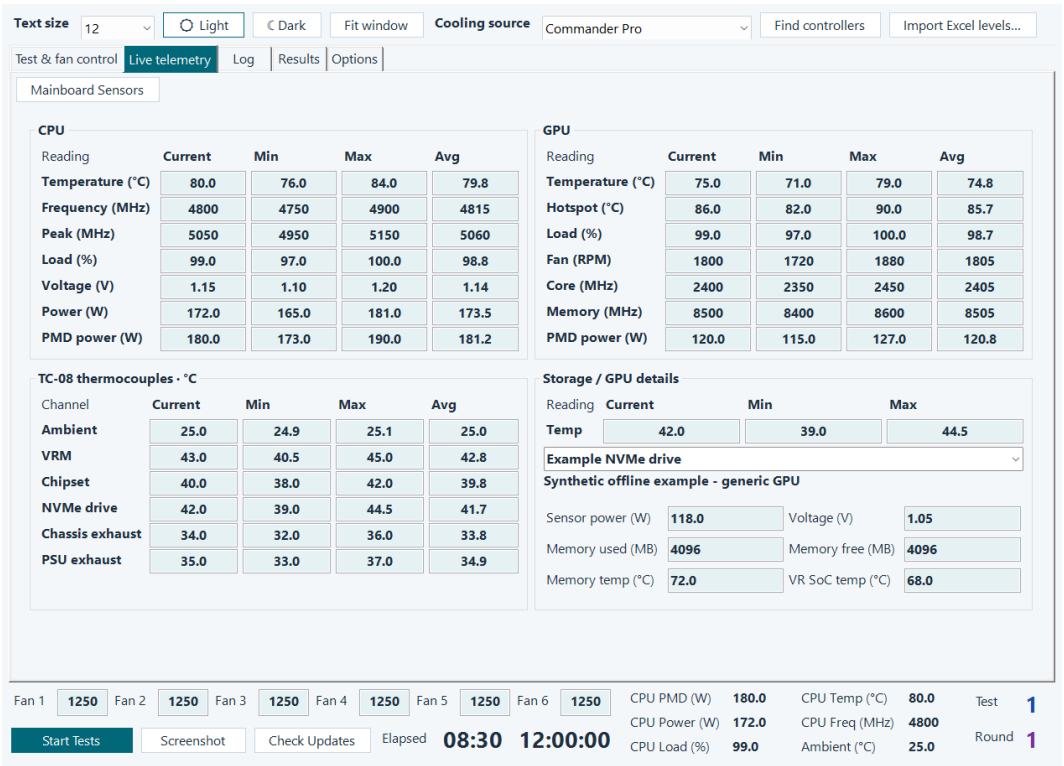

圖 12

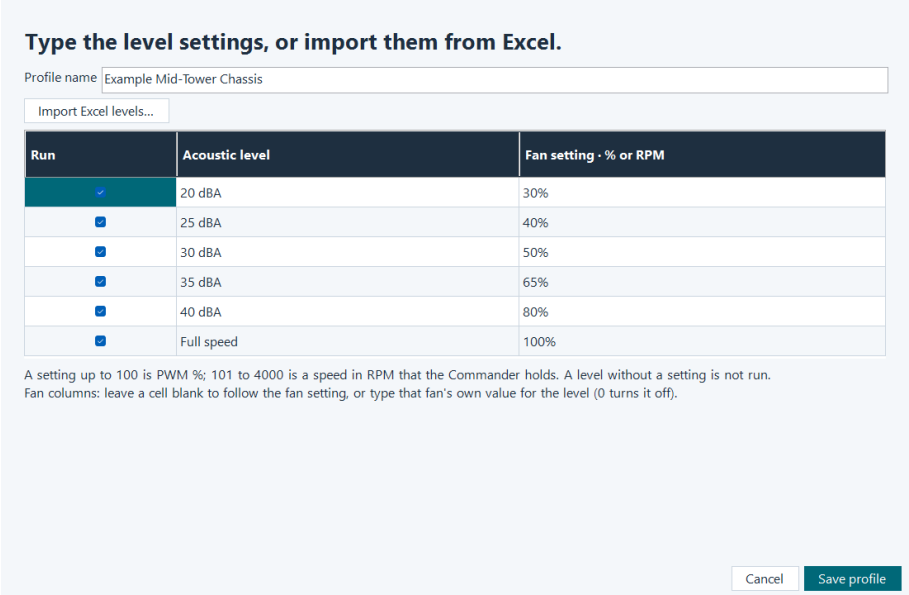

圖 13

所有機殼風扇皆連接至 Corsair Commander Pro，因此我們能完全掌控它們。此外，Corsair Commander Pro 與 Pico TC-08 皆由我們的軟體控制與監控。

所有測試皆透過我們自行開發的軟體自動執行，除了程序最開始所做的初始設定之外，無需測試工程師介入。散熱測試由六項個別測試組成，每項執行十五分鐘。每項測試之間有 10 分鐘的中間冷卻期，並在收集所有溫度資訊之前讓系統閒置十分鐘。

為了詳盡說明我們所遵循的程序：首先，我們輸入噪音量測期間所取得、對應標準化噪音等級（20、25、30、35 與 40 dBA）的機殼風扇轉速。我們另外再考慮一種風扇以全速（100%）運轉的情境。

對所有機殼採用標準化的噪音輸出等級，可讓所有相關產品置於相同的嚴格運作條件之下。若比較預裝風扇特性不同、因而噪音輸出也不同的機殼，將有失公允。對於不在意噪音輸出、只想瞭解最佳情況下散熱效能的使用者，我們也一律提供全速風扇測試。

散熱效能測試需執行數小時。全部完成後，我們會彙整結果並輸入資料庫以供進一步分析。所有結果皆自動收集，並可匯出為多種格式。

數據分析

數據分析係依據聲學科學文獻 [12] [13]，以及我們在數十次 PC 機殼測試中累積的經驗進行。

對於噪音阻尼測試，每個讀數皆為 1/3 倍頻帶等級（LAeq）的頻譜。在以下說明中，b 為 100 Hz 至 10 kHz 的頻帶，$L_C(b)$ 為 Run C 的等級，$L_R(b)$ 為 Run R 的等級，$L_{bg}(b)$ 為背景噪音的等級。

背景校正

Run R 的讀數在幾乎所有頻帶中皆遠高於背景噪音，因此僅 Run C 需要校正。對於每個頻帶，以 $\Delta L(b) = L_C(b) - L_{bg}(b)$ 計算：

- 若 ΔL 為 15 dB 或更高，則不進行校正；
- 若 ΔL 為 10 dB 以上且低於 15 dB，則使用下方公式對讀數進行校正；
- 若 ΔL 低於 10 dB，則讀數保持不校正。此頻帶的插入損失為下限值，且在報告中標記為「≥」。

$$L_{C,\mathrm{corr}}(b) = 10\lg\left(10^{0.1\,L_C(b)} - 10^{0.1\,L_{bg}(b)}\right)$$

若 Run R 本身的讀數高於背景噪音不到 10 dB，則表示揚聲器在此頻帶的強度不足以進行量測。我們不報告該頻帶的插入損失，且在 DELTA 中計為 0 dB。

測試場次開始時、Run C 與 Run R 之間以及結束時的聲源檢查，在每個頻帶中皆必須保持在聲源基準 ±0.5 dB 範圍內。若其中任何一次失敗，該測試場次即為無效。我們不對聲源漂移進行讀數校正。

各頻帶插入損失

頻帶的插入損失為無機殼時的等級減去有機殼時的等級，其中 $L_C(b)$ 在已校正的頻帶中為校正後的等級 $L_{C,\mathrm{corr}}(b)$：

$$IL(b) = L_R(b) - L_C(b)$$

正的插入損失表示機殼阻尼該頻帶，負的則表示其放大該頻帶。

DELTA

DELTA 將每個頻帶的插入損失應用於固定的粉紅噪音參考頻譜，該頻譜在每個 1/3 倍頻帶中具有相同的能量，並使用 A 加權曲線對結果進行加權。如此一來，揚聲器的頻譜不會影響單一數值。

$$\Delta = 10\lg\sum_b 10^{0.1\,[L_{ref}(b)+A(b)]} \;-\; 10\lg\sum_b 10^{0.1\,[L_{ref}(b)+A(b)-IL(b)]}$$

Δ 即為 DELTA。$L_{ref}(b)$ 是粉紅噪音參考頻譜，在每個頻帶中均為 0 dB，求和範圍涵蓋 21 個頻帶。A(b) 是依據 IEC 61672-1 [15] 的該頻帶 A 加權值，取自標準中的表格（從 100 Hz 的 −19.1 dB 到 10 kHz 的 −2.5 dB）。插入損失以完整精度進入計算，DELTA 僅四捨五入一次，至 0.1 dB。當機殼具有阻尼效果時，DELTA 為正值，與先前修訂版一致。它顯示機殼內的粉紅噪音聲源因機殼而變安靜了多少 dBA。

共振標記

共振標記列出所有插入損失為 −3 dB 或更低的頻帶，並附上最差的頻帶及其數值。

有效性判據

僅當下表中的所有檢查項目均通過時，測試方為有效。唯一的例外是 Run C 訊號相對於背景噪音的檢查：未通過該檢查的頻帶標記為「≥」，且測試仍然有效。

有效性判據		
檢查	**限值**	**若未通過**
校準器讀數，於測試場次前後	在 0.2 dB 以內	重複該測試場次
針對聲源基準進行聲源檢查（各頻帶，100 Hz 至 10 kHz）	在 ±0.5 dB 以內	找出原因，重新儲存聲源基準，並重複該測試場次
50 Hz 與 100 Hz 的哼聲	不超過相鄰頻帶 3 dB	修正接地或佈線，或改用電池供電
Run C 訊號相對於背景噪音（各頻帶）	10 dB 及以上	該頻帶標記為「≥」
線性度（各頻帶）	每 10 dB 步階 10.0 ± 0.5 dB	發現並修正鬆動聲
揚聲器至麥克風的距離，Run R 相對於 Run C	在 10 mm 以內	重新定位揚聲器，並重複 Run R

實例演算

2026 年 9 月 28 日對 Sharkoon S25 V2 的量測展示了計算過程。該量測是在揚聲器置於機殼底部且僅進行一次輪次的條件下取得，當時尚未引入修訂版 2.0 的擺放方式。

Sharkoon S25 V2，2026 年 9 月 28 日	
項目	**數值**
開放空間中的揚聲器（基準），LAeq	59.9 dBA
機殼內的揚聲器，LAeq	61.6 dBA
兩個寬頻讀數的差異（修訂版 1.6）	內部較大聲 1.7 dB
DELTA，粉紅噪音參考，100 Hz 至 10 kHz（修訂版 2.0）	2.4 dB（Standard）
共振標記	160、200、250、400 與 800 Hz；最差頻帶為 250 Hz，數值為 −6.0 dB
1 kHz 以上的阻尼	各頻帶 3.5 dB 至 12.9 dB

在 1 kHz 以上，機殼對每個頻帶的阻尼為 3.5 dB 至 12.9 dB。在 1 kHz 以下，它對七個頻帶產生放大，其中五個頻帶放大 3 dB 或更多，最差的頻帶在 250 Hz（6.0 dB）。DELTA 的計算分為三個步驟：

1. 粉紅噪音參考經 A 加權並對 21 個頻帶求和後，結果為 11.731 dB。
2. 在扣除每個頻帶的插入損失後，相同的求和結果為 9.283 dB。
3. DELTA = 11.731 − 9.283 = 2.448 dB，報告值為 2.4 dB。

若僅使用 1 kHz 至 10 kHz 的頻帶，結果將為 5.7 dB，高出一個等級，且所有被標記的頻帶都將被隱藏。圖 14 顯示此量測中每個頻帶的插入損失。

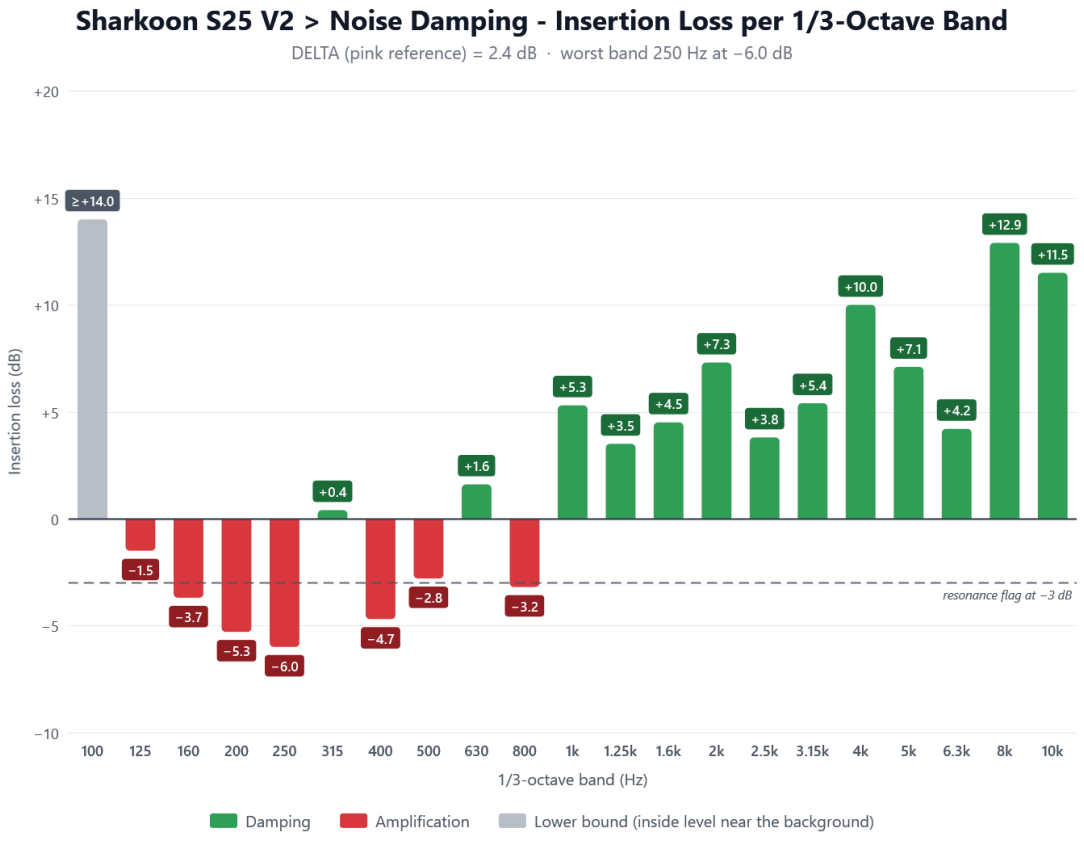

圖 14

報告

每份報告首先呈現每個頻帶的插入損失，以帶符號的長條圖表示（圖 14），隨後是 DELTA、DELTA 等級以及共振標記。

報告內容	
項目	**內容**
插入損失圖表	100 Hz 至 10 kHz 的 1/3 倍頻帶，帶符號長條圖；作為下限值的頻帶在其長條圖上標記為「≥」
DELTA	DELTA，粉紅噪音參考
DELTA 等級	A+、A 或 Standard；無低於 2 dB 的等級
共振標記	插入損失為 −3 dB 或更低的所有頻帶，並註明最差頻帶及其數值
僅供參考的頻帶	12.5 kHz 至 20 kHz，訊號高於背景噪音 10 dB 以上
測試記錄	日期、溫度、濕度、校準器讀數、聲源檢查、揚聲器至麥克風的距離、機殼內揚聲器的照片

DELTA 等級

我們使用 DELTA 來比較不同機殼的結果。Cybenetics 為此制定了專屬標章，即 Delta Badges，讓我們能依據機殼所達成的噪音衰減量輕鬆加以分級。

等級依據發布的 DELTA 值決定，四捨五入至小數點後一位。DELTA 低於 2 dB 的機殼不獲任何等級。

等級	隔音要求
A+	≥8 dB
A	≥5 dB 至 <8 dB
Standard	≥2 dB 至 <5 dB

一旦有足夠數量的機殼以本修訂版完成測試，我們將重新檢視各等級的限值。

修訂版 2.0 之前評測的機殼

我們在 2026 年 10 月之前評測的機殼，是依據先前修訂版的程序進行量測：單一測試音調、Chirp 訊號、粉紅噪音與白噪音，且揚聲器置於機殼底部。其發布的結果為兩次寬頻粉紅噪音讀數的差值。

其發布的結果保持量測時的狀態。其等級依據修訂版 2.0 的限值重新指派：A+ 為 8 dB 及以上，A 為 5 dB 及以上，Standard 為 2 dB 及以上，低於 2 dB 不授予等級。

這些機殼未再次量測，且先前的程序與修訂版 2.0 的程序並不完全相同。因此，當與依修訂版 2.0 測試的機殼比較時，其結果僅供參考。每份此類機殼的報告均附有註記，並標明原始發布的等級（若該等級有所變更）。

結語

在本文中，我們盡可能以淺顯的方式說明機殼評測所遵循的方法。每一項聲學測試程序都需要具備幾項要素：可靠性、準確度、經過校準的設備、正確操作設備的知識，以及盡早辨識問題與量測誤差的經驗。可惜的是，經驗唯有在大量測試之後才能累積。所幸 Cybenetics 團隊成員接觸機殼已超過十年，他們在此領域的綜合知識造就了我們所遵循的完整測試規範。由於我們追求完美，儘管明白這個世界上沒有完美的事物（當然，貓咪除外），我們仍將持續尋找新的方法與途徑，以探索此主題的更多面向。

參考文獻

[1] https://www.hbkworld.com/en/products/instruments/handheld/hand-held-software/sound-level-meter-apps-2250-2270/pre-packaged-software-2270-bz-7222 (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[2] https://www.hbkworld.com/en/products/transducers/acoustic/acoustic-calibrators/microphone/4231 (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[3] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/chirp-signal (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[4] https://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-p.htm#pink-noise (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[5] https://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-w.htm#white-noise (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[6] https://www.corsair.com/eu/en/p/accessories/cl-9011110-ww/icue-commander-pro-smart-rgb-lighting-and-fan-speed-controller-cl-9011110-ww (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[7] https://www.giant-force.com.tw/en/homepage.htm (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[8] https://www.picotech.com/data-logger/picolog-tc-08-thermocouple-data-logger (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[9] https://www.mersenne.org/ (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[10] https://geeks3d.com/furmark/ (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[11] https://www.3dmark.com/ (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[12] Standard ECMA-74 Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment https://ecma-international.org/publications-and-standards/standards/ecma-74/ (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[13] ISO 9296:2017 Acoustics - Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment https://www.iso.org/standard/32303.html (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[14] ISO 11546-1 Acoustics – Determination of sound insulation performances of enclosures – Part 1: Measurements under laboratory conditions (for declaration purposes) https://www.iso.org/standard/19500.html (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)
[15] IEC 61672-1 Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications https://webstore.iec.ch/en/publication/5708 (最後存取於 2026 年 10 月 3 日)