Cybenetics 机箱测试规范

修订版 **2.3**

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

塞浦路斯，尼科西亚

2026 年 10 月

修订历史

版本	发布日期	备注
1.0	2020 年 9 月	初稿
1.1	2021 年 5 月	测试方法学的重大变更
1.2	2022 年 6 月	隔音等级变更
1.3	2023 年 9 月	方法学重大变更
1.4	2024 年 6 月	多项细微变更
1.5	2026 年 8 月	测量不确定度已更新至当前受控的不确定度预算（P19）。
1.6	2026 年 8 月	移除了已淘汰的定制加载器的说明与照片；新增了测试系统置于恒温恒湿箱内的照片；软件截图以当前版本（v6.94）重新截取，先前的截图有裁剪。
2.0	2026 年 10 月	新的噪声阻尼方法：在 1/3 倍频带（LAeq）中测量 100 Hz 至 10 kHz 的粉红噪声，计算每个频带的插入损失，基于粉红噪声参考频谱计算 DELTA，包含共振标记，扬声器放置在 CPU 散热器旁。不再使用单音、Chirp 和白噪声。DELTA 低于 2 dB 不授予等级。现在一个测试系统同时用于噪声和散热测试。风扇噪声：20 至 40 dBA 的标准化噪声水平；移除了 75% 步进和显卡风扇扫描。新增了恒温恒湿箱的照片和当前测试应用程序的截图。早期评测的发布结果已用新计算方法重新评估（见数据分析）。
2.1	2026 年 10 月	修订版 2.0 之前评测的机箱保留其测量的粉红噪声结果，等级按照修订版 2.0 的限值分配。这取代了修订版 2.0 中描述的基于单音的重新评估。
2.2	2026 年 10 月	参考文献于 2026 年 10 月 3 日重新核查并更新（链接与访问日期；新增 ISO 11546-1 和 IEC 61672-1 链接）。测试软件截图已替换为 7.27 版。测量值、测试或已发布评级无变化。
2.3	2026 年 10 月	图 1 和图 2 已替换：传声器与 DUT 位置已重新绘制，且设置照片已重新标注。方法无变更。

Table of Contents

前言 4

噪声测量设备与 DUT 安装 4

噪声阻尼测量程序 7

测量原理 8

测试几何布置 9

准备与检查 11

测量顺序 12

机箱风扇噪声测量 14

散热性能测试的搭建与程序 14

数据分析 20

背景校正 20

每频带插入损失 20

DELTA 21

共振标记 21

有效性判据 21

计算示例 22

报告 23

DELTA 等级 24

修订版 2.0 之前评测的机箱 24

结语 25

参考文献 26

前言

在机箱（PC 机壳）中进行精确的噪声与散热测量是一项挑战，除经验之外，还需要专业的设备与合适的场地，噪声测量尤其如此。在对该课题进行大量研究之后，我们制定了以下各段中所分析的方法学。这是一项持续进行的工作，意味着我们会不断更新相应的程序，直至开发出完美的方法学。由于这个世界上没有任何事物是完美的，我们绝不会止步不前。相反，我们将始终努力寻找最佳的测试程序，以揭示被测设备（DUT）的每一个方面。

修订版 2.0 引入了一种新的噪声阻尼测量方法，详见相应章节。机箱风扇噪声测量和散热性能测试与早期修订版保持一致，更新内容列于修订历史中。

噪声测量设备与 DUT 安装

在进行噪声测量之前，我们必须在机箱中安装一套完整的系统。这样做有两个原因：一是全面检验安装过程，二是这些配件可以减少机箱内部的回声。空机箱会产生类似于空房间的回声，从而显著影响噪声测量结果。

下表列出了我们用于机箱评估的测试系统。同一系统用于噪声和散热测量。对于较小的机箱，我们使用 mini-ITX 主板。

测试系统规格	
主板	Gigabyte X670E AORUS Master
CPU	AMD Ryzen 9 7950X3D
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
RAM	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
电源	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散热器	Noctua NH-D15S chromax.black
机箱	被测设备

我们按照机箱手册，以典型装机方式安装系统：电源水平安装，显卡水平或垂直安装，具体取决于机箱允许的方式。每款机箱安装相同的配件，以保持内部可比性。

所有噪声测量均在本底噪声极低（约 6 dBA）的半消声室中进行。DUT 安装在消声室内。图 1 详细展示了传声器与 DUT 在消声室内的位置。

测量传声器位于 ECMA-74 [12] 规定的前方旁观者位置。它对准机箱正面中心，与机箱轮廓（包含机箱、脚垫和把手的最小包围盒）正面水平距离为一米，距地面 1.50 m。它指向机箱正面中心，与水平轴形成 30° 至 45° 的夹角。

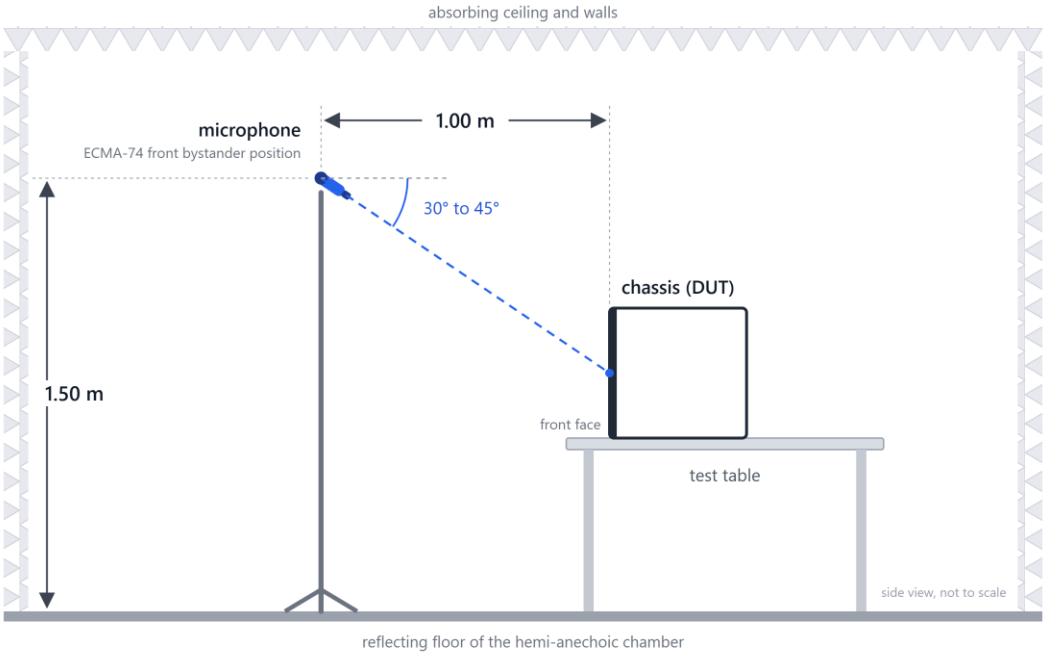

图 1

我们在开始测量前 15 至 30 分钟打开 Bruel & Kjaer G-4 Type 2270 [1] 声级计，使其达到工作温度。在开始测量之前，我们使用 Bruel & Kjaer Sound Calibrator Type 4231 [2] 对声级计进行校准。

每次测试场次结束时，我们再次检查校准。图 2 展示了消声室测试桌上的机箱，传声器位于测量位置。

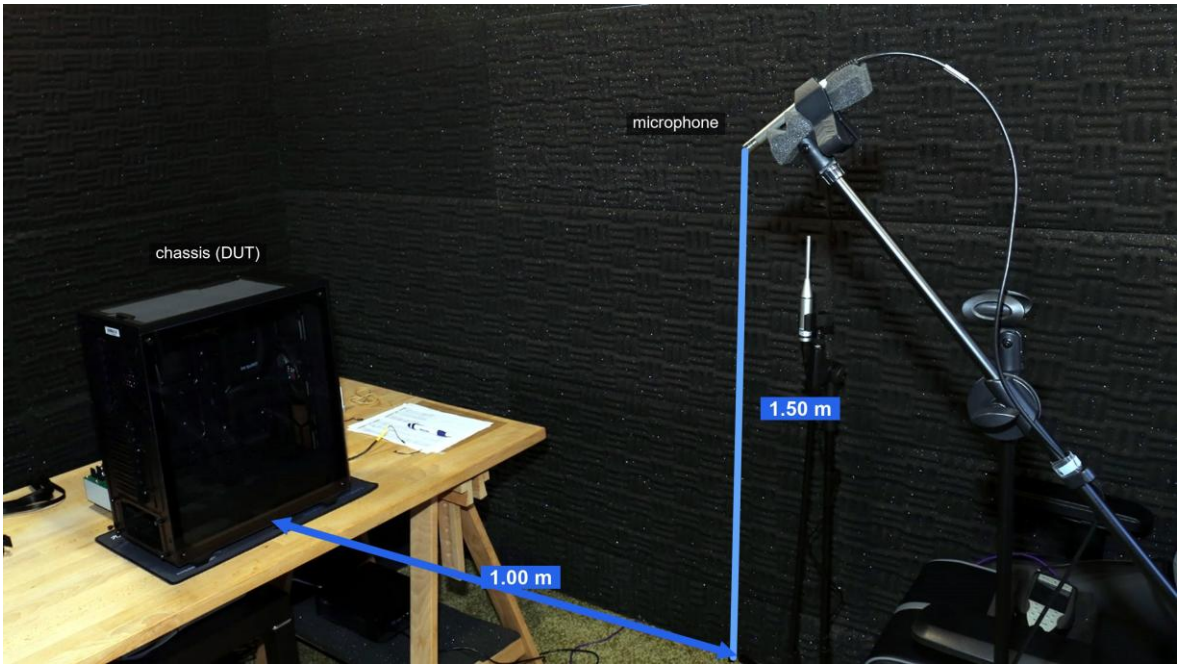

图2

噪声阻尼测量还需要声源及其定位装置。该设备在不同机箱之间保持不变。声源链路（扬声器、放大器、增益或信号文件）的任何变更都需要重新进行声源参考测量和线性度检查；两者均在下一节中描述。

噪声阻尼测试设备		
组别	**项目**	**要求**
场地	半消声室和测试桌	背景噪声约 6 dBA。测试桌、地面标记和传声器支架在整个测试系列期间保持原位
声源	微型十二面体扬声器	放置在 CPU 散热器旁的自由空间内，不接触任何物体。其中一个面标记为“1”，始终指向传声器
声源	放大器和粉红噪声源	锁定增益，并存储一个固定电平的粉红噪声信号。优先使用电池供电，因为市电哼声可能表现为 100 Hz 处的谱线
声源	软性支撑（泡沫块）	扬声器在机箱内的唯一接触点，使其无法使机箱晃动
声源	小型扬声器支架	在开阔空间中保持扬声器与传声器距离相同，并位于检查点
声源	备用扩展槽盖板，已钻孔，配有橡胶圈和可移除的腻子	扬声器线缆出口，两侧密封。仅在测试期间使用
测量	Bruel & Kjaer Type 2270 [1] 及其安装在悬臂支架上的传声器	1/3 倍频带 LAeq，每次读数 30 秒；存储 12.5 Hz 至 20 kHz 的频带
测量	Bruel & Kjaer Type 4231 校准器 [2]	在每次测试场次前后进行检查
定位	激光测距仪和十字线激光器	±2 mm。在两次运行中测量传声器到扬声器的距离
记录	温度计、湿度计和相机	记录环境条件，并对每个机箱内的扬声器进行拍照

噪声阻尼测量程序

该测试测量机箱对其内部安装配件噪声的衰减或放大程度。机箱内的微型十二面体扬声器播放粉红噪声 [4]，机箱前方的传声器比较有无机箱时的声级。结果为 100 Hz 至 10 kHz 每个 1/3 倍频带的插入损失（IL），共 21 个倍频带，以及一个单一数值 DELTA，用于决定机箱的 DELTA 等级。

关注的频率范围和传声器位置遵循 ECMA-74 [12]。插入损失的定义遵循 ISO 11546-1 [14]：无外壳时的声级减去有外壳时的声级。我们使用一个声源位置和一个传声器位置，因此该方法为 Cybenetics 内部方法，而非依据 ISO 11546-1 的声明。

截至修订版 1.6，我们测量单音测试信号、Chirp 信号 [3]、粉红噪声和白噪声 [5]，扬声器置于机箱底部，DELTA 为两个宽带粉红噪声读数之差。单一宽带数值遵循扬声器频

谱，掩盖了机箱在低频段的共振，而机箱在此频段常会放大噪声。风扇和显卡以与扬声器相同的方式激发这些共振，因此它们也是用户听到的声音的一部分。修订版 2.0 在结果中保留了这些成分：它们出现在每个倍频带的插入损失图表和共振标记中，不再扭曲单一数值。下表总结了这些变更。

与修订版 1.6 的变更		
项目	**修订版 1.6**	**修订版 2.0**
机箱内的扬声器	位于机箱底部，靠近侧板	位于 CPU 散热器旁，不接触任何面板、部件或线缆
参考	位于测量位置的开阔空间中的扬声器	同一扬声器在开阔空间中，与传声器距离相同，机箱已移开
传声器	机箱前方 1.00 m，距地面 1.50 m	未变更
信号	测试音调、Chirp、粉红噪声和白噪声	仅粉红噪声
评估	100 Hz 至 20 kHz 的测试音调	100 Hz 至 10 kHz 的 1/3 倍频带；12.5 kHz 至 20 kHz 的频带仅供参考
DELTA	两个宽带粉红噪声读数之差	每个频带的插入损失，应用于固定的粉红参考频谱并进行 A 计权
共振	隐藏在单个数值中	报告为共振标记

对于每款机箱，我们报告：

- 100 Hz 至 10 kHz 每个 1/3 倍频带的插入损失；负值表示放大，予以显示；
- DELTA，由各频带的插入损失计算得出；
- DELTA 等级；
- 共振标记，列出机箱放大 3 dB 及以上的所有倍频带；
- 作为参考信息，12.5 kHz 至 20 kHz 的插入损失，其中信号至少高于背景噪声 10 dB。

测量原理

同一扬声器播放相同的粉红噪声两次，与传声器的距离相同：一次在封闭机箱内（Run C），一次在开阔空间，机箱移开（Run R）。两次运行之间传声器不移动，因此每个倍频带的差异仅由机箱引起（图 3）。

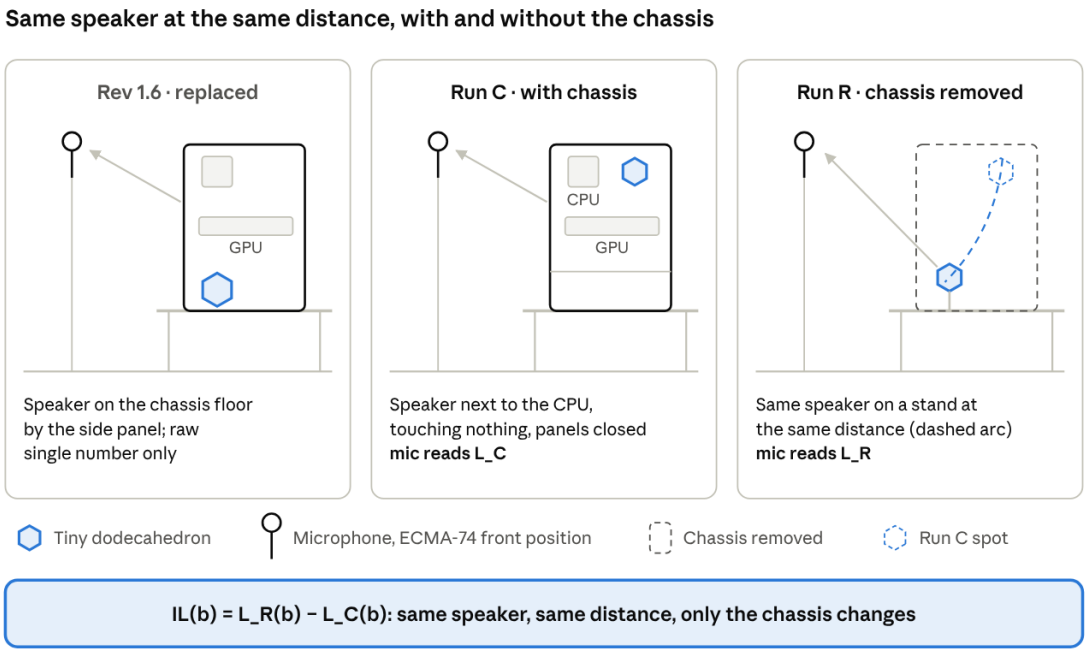

图 3

扬声器位于 CPU 散热器旁的自由空间，不接触任何物体，如同真实配件中的另一个噪声源。除机箱外，两次运行之间所有条件保持不变：扬声器到传声器的距离、扬声器朝向、信号、增益和传声器位置。扬声器在机箱内通常比在开阔空间中位置稍高；只需距离匹配。扬声器频谱在每个倍频带中相互抵消，用于 DELTA 的固定粉红参考频谱也将其排除在单一数值之外。

测试几何布置

机箱正面朝向传声器，立于测试桌上。传声器保持在上一节描述的位置（图 1 和图 4），扬声器位于 CPU 散热器旁的自由空间（图 5）。

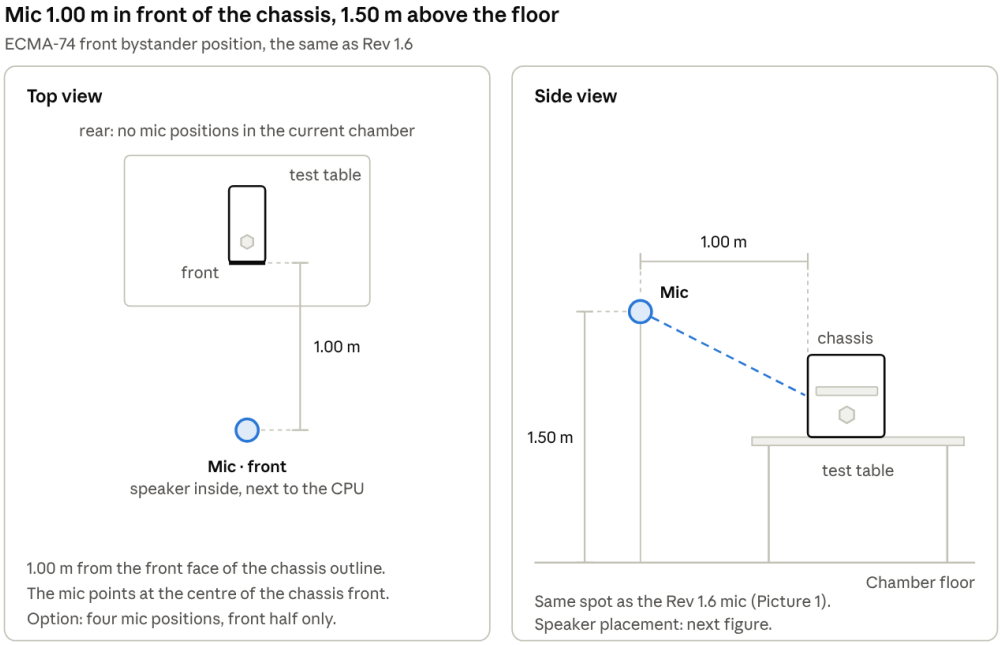
Mic 1.00 m in front of the chassis, 1.50 m above the floor
ECMA-74 front bystander position, the same as Rev 1.6
Top view
rear: no mic positions in the current chamber
test table
front
1.00 m
Mic · front
speaker inside, next to the CPU
1.00 m from the front face of the chassis outline.
The mic points at the centre of the chassis front.
Option: four mic positions, front half only.
Side view
1.00 m
Mic
chassis
1.50 m
test table
Chamber floor
Same spot as the Rev 1.6 mic (Picture 1).
Speaker placement: next figure.

图4

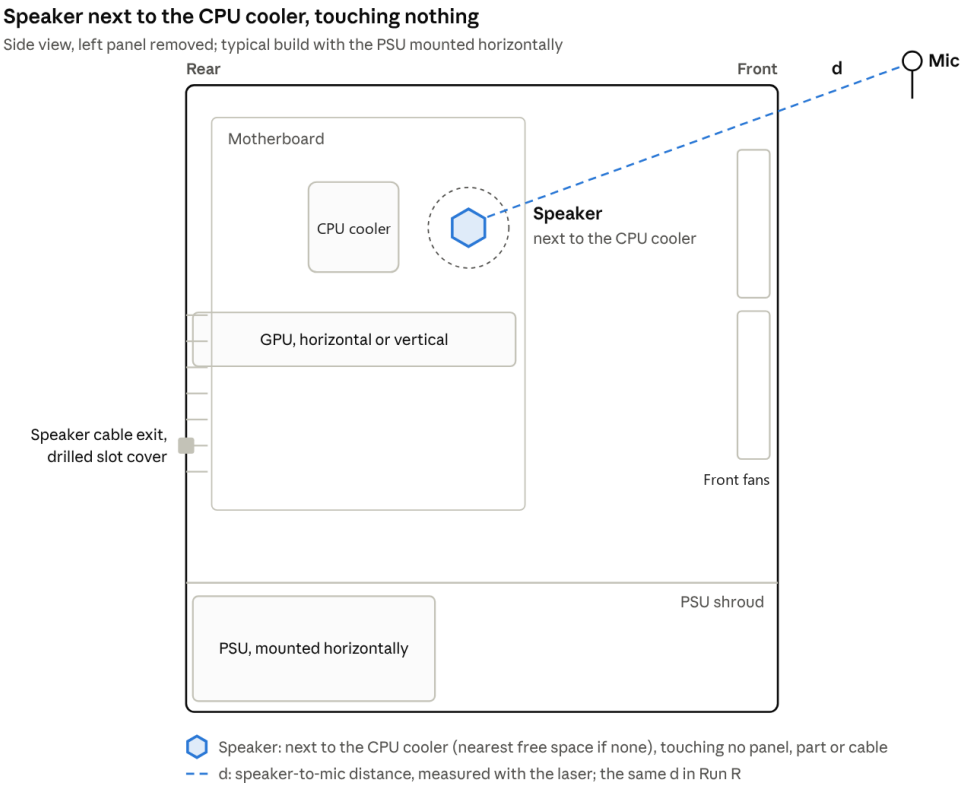
Speaker next to the CPU cooler, touching nothing
Side view, left panel removed; typical build with the PSU mounted horizontally
Rear
Front
d
Mic
Motherboard
CPU cooler
Speaker
next to the CPU cooler
GPU, horizontal or vertical
Speaker cable exit,
drilled slot cover
Front fans
PSU shroud
PSU, mounted horizontally
Speaker: next to the CPU cooler (nearest free space if none), touching no panel, part or cable
d: speaker-to-mic distance, measured with the laser; the same d in Run R

图5

在每款机箱中使用相同位置可保持结果可比性，因为扬声器位置的变化会影响其对机箱共振的激发强度。放置规则如下：

- 位置：CPU 散热器旁，通常有自由空间。若无，则为主舱内最近的自由空间。
- 接触：扬声器不接触任何面板、组件或线缆；仅依靠其软质支撑物放置。
- 朝向：面 1 指向传声器。
- 距离：从扬声器声学中心到传声器振膜，使用激光测量，精度为 ±2 mm。
- 记录：距离，以及扬声器在机箱内的照片。

我们保持以下公差：

- 机箱立于其标记的占地范围内，偏差在 ±5 mm 以内，正面与传声器垂直；
- 传声器位置在水平和高度上偏差在 ±10 mm 以内；
- 扬声器到传声器的距离在两次运行中均测量至 ±2 mm，且 Run R 中的距离与 Run C 中的距离在 10 mm 以内匹配。扬声器的高度在两次运行中可以不同。

准备与检查

每次测试场次以声级计校准、哼声和背景噪声检查以及声源检查开始。若任何检查未通过，在找到并修复原因之前，我们不进行测量。

检查点为测试桌上机箱占地范围的中心，此时无机箱在场。扬声器置于其支架上，位于检查点，距桌面 0.25 m，面 1 朝向传声器。扬声器在检查点的频谱即为声源的指纹。

每个测试系列执行一次：

1. 我们在测试桌上标记机箱占地范围，在地面标记传声器位置。测试桌、标记和传声器支架在系列期间不移动。
2. 我们设定电平：扬声器位于检查点，开启粉红噪声，调节放大器直至传声器读数为 60.0 ± 0.5 dBA，然后锁定增益。
3. 我们存储声源基准：在检查点采集三个 30 秒的读数，按倍频带进行能量平均。
4. 我们在 Run C 中检查一台机箱的线性度：在锁定增益下测量，以及低 10 dB 时测量。100 Hz 至 10 kHz 的每个倍频带必须下降 10.0 ± 0.5 dB。更大的误差意味着有部件松动，我们在测试前修复。

每个测试场次：

1. 我们记录温度和湿度。

2. 我们在测量前 15 至 30 分钟打开声级计，使用 Type 4231 校准器进行校准并记录读数。
3. 我们将声级计设置为 1/3 倍频带、LAeq、30 秒。如果录制音频，我们使用固定的录制增益。
4. 我们以锁定的增益用粉红噪声预热扬声器 15 分钟。
5. 嗡嗡声与背景检查：在扬声器位于检查点、放大器开启且信号静音的情况下，我们进行 30 秒的读数。这是背景频谱。50 Hz 或 100 Hz 处的任何谱线不得比其相邻频带高出超过 3 dB；对于此比较，需去除每个频带的 A 计权。
6. 声源检查：在信号开启且扬声器位于检查点的情况下，我们进行 30 秒的读数。从 100 Hz 到 10 kHz 的每个频带必须位于声源基准 ±0.5 dB 范围内。

对于每款机箱：

1. 我们将测试系统按典型装机方式安装，并安装所有面板、前盖、防尘网和硬盘笼，保持出厂状态。
2. 我们保持系统关机状态，并拔掉所有风扇。
3. 我们将机箱放置在其标记的占地范围内，正面朝向传声器。
4. 我们将扬声器放置在 CPU 散热器旁自由空间中的软质支撑物上，面 1 朝向传声器。
5. 我们将扬声器线缆穿过已钻孔的扩展槽盖板，并用腻子密封两侧的缝隙。
6. 我们用激光测量扬声器声学中心到传声器振膜的距离，并对扬声器进行拍照。
7. 我们关闭面板，每次以相同的顺序拧紧所有螺丝。

测量顺序

完整的测试包括一次机箱测试（Run C）和一次无机箱读数（Run R）。所有操作在一次测试场次中完成，从开始到结束不触碰声源链路（图 6）。

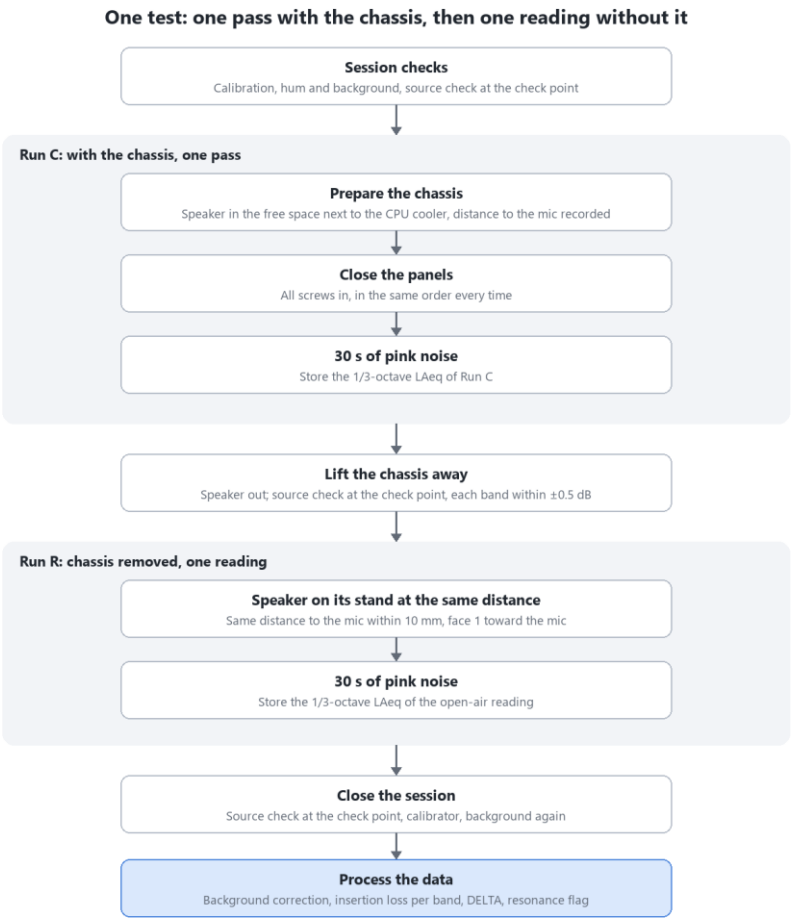

图 6

在 Run C 之后，我们移开机箱，在检查点重复声源检查，并将扬声器放置在开阔空气中的支架上，距离传声器的距离与 Run C 中记录的距离相同。Run R 为一次 30 秒的读数。我们以另一次声源检查、校准器和第二次背景读数结束测试场次。

在读取数据期间，适用以下规则：

- 在每次 30 秒的读数期间，操作员停留在消声室外，或位于传声器后方至少 2 m 处，且消声室门保持关闭；
- 每个机箱的面板以相同方式关闭，所有螺丝拧紧，顺序相同；
- Run R 在同一测试场次中紧随 Run C 之后；
- 如果声源检查失败，我们停止，修复原因并重新开始测试场次。

机箱风扇噪声测量

我们使用 Corsair 的 Commander Pro [6] 并配合本团队开发的定制软件来控制机箱风扇。此外，Commander Pro 由另一套被动散热的系统驱动，该系统不会影响消声室的本底噪声。

我们的软件支持以 RPM 和百分比两种方式精确调节风扇转速。因此，我们可以为每只风扇单独设定转速比例，例如，将最高转速为 1000 RPM 的风扇设定为 50%，其转速将为 500 RPM（±1%）。

我们测量风扇在其最高转速的 40%、50%、60%、70%、80%、90% 和 100% 时所产生的噪声。接着，我们反向运用测量逻辑来调整风扇转速，以获得 20、25、30、35 和 40 dBA 的标准化噪声输出（在风扇可达到的范围内），并记录每只风扇相应的转速以备后用。

75% 步骤以及显卡风扇的噪声测量（早期修订版中的内容）不再执行。

散热性能测试的搭建与程序

散热性能在安装于 Giant Force 恒温恒湿箱内的真实系统上进行评估，该恒温恒湿箱在每次测试全程保持环境温度恒定。下方照片展示了恒温恒湿箱及安装于其中的测试系统。

图 7 和图 8 展示了装有被测机箱的消声室。同一消声室也用于我们的散热器评估，其中测试系统安装在开放式测试台上（图 9）。

图7

图8

图 9

下表列出了用于散热性能评估的测试系统配置。我们在主板芯片组、VRM 和 NVMe 硬盘上安装了热电偶探头（K 型），以获取准确的温度读数。其余温度读数取自主板传感器。我们不使用任何额外风扇，仅使用机箱自带的风扇。

散热测试系统规格	
主板	Gigabyte X670E AORUS Master
CPU	AMD Ryzen 9 7950X3D
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
RAM	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
电源	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散热器	Noctua NH-D15S chromax.black
机箱	被测设备
环境温度	25oC ± 0.1oC

首先，我们将机箱置于受控环境中，即 Giant Force [7] 恒温恒湿箱内，温度设定为 25oC（77o F）。接着，我们连接 Pico TC-08 热电偶数据记录仪 [8]，以采集安装在机箱内外指定位置的所有热电偶探头的数据。具体而言，我们在主板 VRM、芯片组、NVMe 硬盘、机箱排风口和 PSU 排风口处布置了探头。最后，我们还有一个额外的探头测量环境温度，以作冗余。

图 10 展示了被测机箱旁边的热电偶和数据记录仪。

图 10

我们的软件可以全自动地长时间运行多项基准测试，以检验机箱在不同负载水平下的散热性能。最严苛的测试是同时运行 Prime95 与 FurMark。

以下是我们自研软件（机箱/散热器散热性能应用程序）的截图（图 11 至 13）；其中显示的风扇设置为示例值。机箱风扇按前一节记录的转速运转，以输出 20、25、30、35 和 40 dBA 的标准化噪声水平，并另外在其最高转速下运转。因此，必须先进行噪声测试。CPU 和 GPU 风扇按其默认转速曲线运行，我们评测的每一款机箱都采用相同设置。

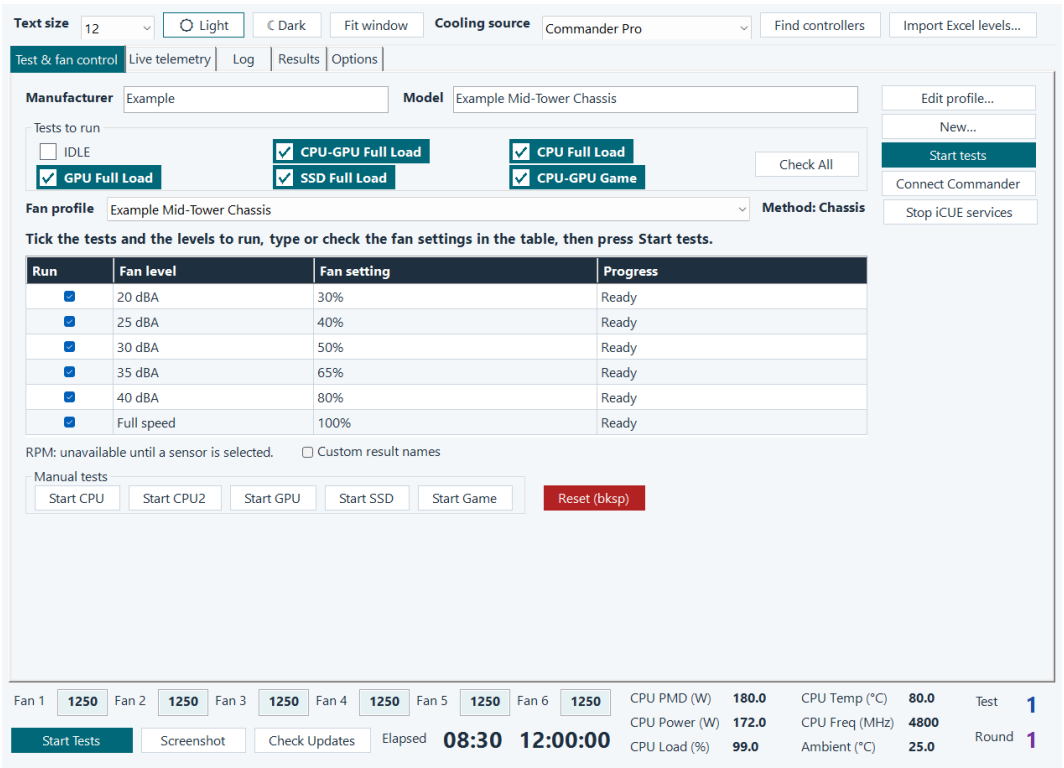
Text size 12 Light Dark Fit window Cooling source Commander Pro Find controllers Import Excel levels...
Test & fan control Live telemetry Log Results Options
Manufacturer Example Model Example Mid-Tower Chassis
Edit profile... New... Start tests Connect Commander Stop iCUE services
Tests to run
IDLE CPU-GPU Full Load CPU Full Load
GPU Full Load SSD Full Load CPU-GPU Game
Check All
Fan profile Example Mid-Tower Chassis Method: Chassis
Tick the tests and the levels to run, type or check the fan settings in the table, then press Start tests.
Run Fan level Fan setting Progress
20 dBA 30% Ready
25 dBA 40% Ready
30 dBA 50% Ready
35 dBA 65% Ready
40 dBA 80% Ready
Full speed 100% Ready
RPM: unavailable until a sensor is selected. Custom result names
Manual tests
Start CPU Start CPU2 Start GPU Start SSD Start Game
Reset (bksp)
Fan 1 1250 Fan 2 1250 Fan 3 1250 Fan 4 1250 Fan 5 1250 Fan 6 1250
CPU PMD (W) 180.0 CPU Temp (°C) 80.0 Test 1
CPU Power (W) 172.0 CPU Freq (MHz) 4800
CPU Load (%) 99.0 Ambient (°C) 25.0 Round 1
Start Tests Screenshot Check Updates Elapsed 08:30 12:00:00

图11

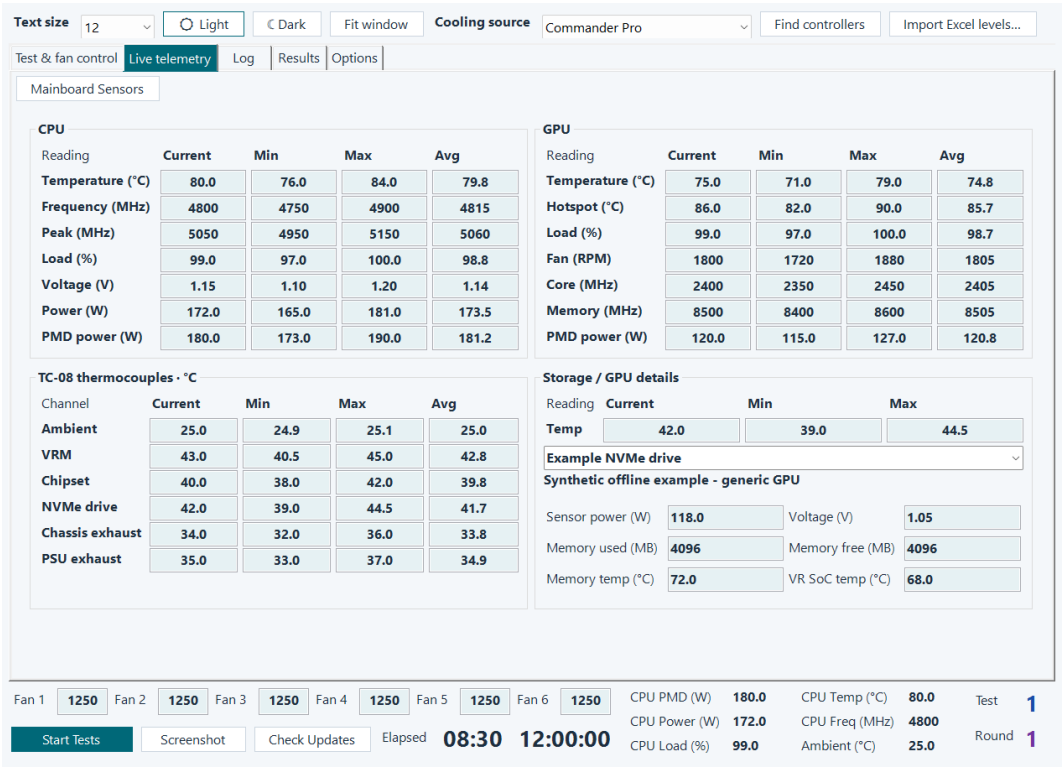
Text size 12 Light Dark Fit window Cooling source Commander Pro Find controllers Import Excel levels...
Test & fan control Live telemetry Log Results Options
Mainboard Sensors
CPU
Reading Current Min Max Avg
Temperature (°C) 80.0 76.0 84.0 79.8
Frequency (MHz) 4800 4750 4900 4815
Peak (MHz) 5050 4950 5150 5060
Load (%) 99.0 97.0 100.0 98.8
Voltage (V) 1.15 1.10 1.20 1.14
Power (W) 172.0 165.0 181.0 173.5
PMD power (W) 180.0 173.0 190.0 181.2
GPU
Reading Current Min Max Avg
Temperature (°C) 75.0 71.0 79.0 74.8
Hotspot (°C) 86.0 82.0 90.0 85.7
Load (%) 99.0 97.0 100.0 98.7
Fan (RPM) 1800 1720 1880 1805
Core (MHz) 2400 2350 2450 2405
Memory (MHz) 8500 8400 8600 8505
PMD power (W) 120.0 115.0 127.0 120.8
TC-08 thermocouples · °C
Channel Current Min Max Avg
Ambient 25.0 24.9 25.1 25.0
VRM 43.0 40.5 45.0 42.8
Chipset 40.0 38.0 42.0 39.8
NVMe drive 42.0 39.0 44.5 41.7
Chassis exhaust 34.0 32.0 36.0 33.8
PSU exhaust 35.0 33.0 37.0 34.9
Storage / GPU details
Reading Current Min Max
Temp 42.0 39.0 44.5
Example NVMe drive
Synthetic offline example - generic GPU
Sensor power (W) 118.0 Voltage (V) 1.05
Memory used (MB) 4096 Memory free (MB) 4096
Memory temp (°C) 72.0 VR SoC temp (°C) 68.0
Fan 1 1250 Fan 2 1250 Fan 3 1250 Fan 4 1250 Fan 5 1250 Fan 6 1250
CPU PMD (W) 180.0 CPU Temp (°C) 80.0 Test 1
CPU Power (W) 172.0 CPU Freq (MHz) 4800
CPU Load (%) 99.0 Ambient (°C) 25.0 Round 1
Start Tests Screenshot Check Updates Elapsed 08:30 12:00:00

图12

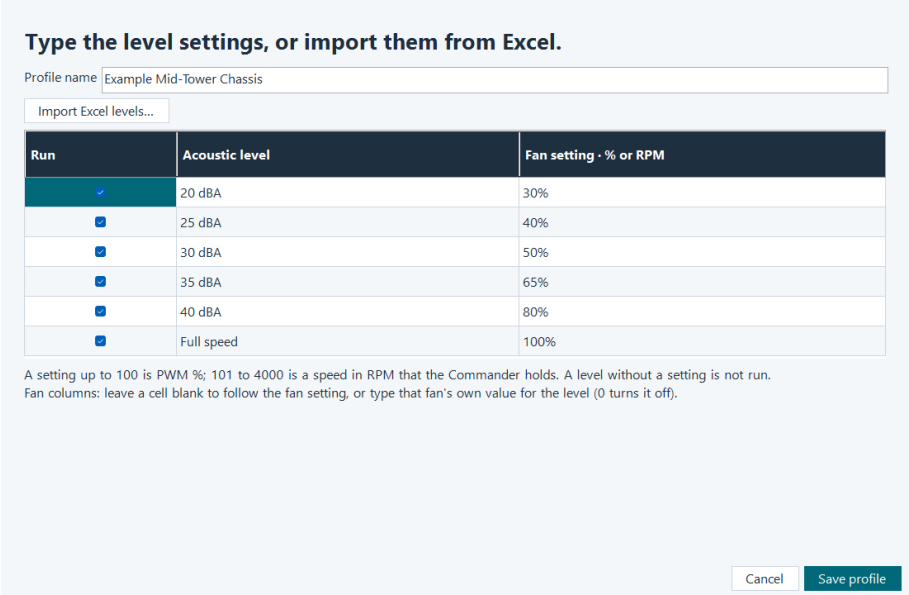

图 13

所有机箱风扇均连接至 Corsair Commander Pro，以便我们对其进行完全控制。此外，Corsair Commander Pro 和 Pico TC-08 均由我们的软件控制和监测。

除程序最开始进行的初始设置外，所有测试均通过我们的定制软件自动执行，无需测试工程师干预。散热测试由六项独立测试组成，每项运行十五分钟。每两项测试之间设有 10 分钟的中间冷却期，并且在采集全部温度信息之前，我们让系统保持空闲十分钟。

为详细说明我们所遵循的程序：首先，我们输入噪声测量中所获得的、对应标准化噪声水平（20、25、30、35 和 40 dBA）的机箱风扇转速。我们还额外考虑风扇以全速（100%）运行的情形。

对所有机箱采用标准化的噪声输出水平，使我们能够将所有相关产品置于同样严格的工作条件之下。若对预装风扇特性不同、进而噪声输出不同的机箱直接进行比较，则有失公允。对于不在意噪声输出、只想了解最佳情形下散热性能的用户，我们始终提供全速风扇测试。

散热性能测试需运行数小时。全部完成后，我们收集结果并录入数据库以供进一步分析。所有结果均自动采集，并可导出为多种格式。

数据分析

数据依据有关声学的科学文献 [12] [13] 以及我们在数十次 PC 机箱测试中积累的经验进行分析。

对于噪声阻尼测试，每次读数均为 1/3 倍频带电平（LAeq）的频谱。在下文中，b 为 100 Hz 至 10 kHz 的频带，$L_C(b)$ 为 Run C 的电平，$L_R(b)$ 为 Run R 的电平，$L_{bg}(b)$ 为背景噪声的电平。

背景校正

Run R 的读数在几乎所有频带中都远高于背景噪声，因此仅 Run C 需要校正。对于每个频带，设 $\Delta L(b) = L_C(b) - L_{bg}(b)$：

- 如果 ΔL 为 15 dB 及以上，则不进行校正；
- 如果 ΔL 在 10 dB 至低于 15 dB 之间，则使用以下公式对读数进行校正；
- 如果 ΔL 低于 10 dB，则读数保持不校正。此时该频带的插入损失为下限值，并在报告中标记为“≥”。

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

如果 Run R 本身的读数高出背景噪声不足 10 dB，则扬声器在该频带中强度不足以进行测量。我们不报告该频带的插入损失，并在 DELTA 中计为 0 dB。

测试场次开始时、Run C 与 Run R 之间以及结束时的声源检查，在每个频带中均必须保持在声源基准 ±0.5 dB 范围内。如果其中任何一项失败，则该测试场次无效。我们不针对声源漂移对读数进行校正。

每频带插入损失

某频带的插入损失为无机箱时的电平减去有机箱时的电平，其中 $L_C(b)$ 在已校正的频带中为校正后的电平 $L_{C,\mathrm{corr}}(b)$：

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

正的插入损失表示机箱对该频带起阻尼作用，负的插入损失表示其起放大作用。

DELTA

DELTA 将每个频带的插入损失应用于固定的粉红噪声参考频谱，该频谱在每个 1/3 倍频带内具有相同的能量，并使用 A 计权曲线对结果进行加权。通过这种方式，扬声器的频谱不会影响该单一数值。

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

Δ 即 DELTA。$L_{ref}(b)$ 是粉红噪声参考频谱，其在每个频带中均为 0 dB，求和范围覆盖 21 个频带。A(b) 是根据 IEC 61672-1 [15] 确定的该频带的 A 计权值，取自标准中的表格（从 100 Hz 的 −19.1 dB 到 10 kHz 的 −2.5 dB）。插入损失以全精度进入计算，DELTA 仅四舍五入一次，保留至 0.1 dB。当机箱起阻尼作用时，DELTA 为正值，这与早期修订版一致。它表明机箱内的粉红噪声声源因机箱而降低了多少 dBA。

共振标记

共振标记列出所有插入损失为 −3 dB 或更低的频带，以及最差的频带及其数值。

有效性判据

仅当下表中的每一项检查均合格时，测试才有效。唯一的例外是 Run C 信号相对于背景噪声的检查：未通过该检查的频带标记为“≥”，测试仍然有效。

有效性判据		
检查	**限值**	**若不合格**
校准器读数，测试场次前后	在 0.2 dB 以内	重复该测试场次
声源检查，对照声源基准（每个倍频带，100 Hz 至 10 kHz）	在 ±0.5 dB 以内	查明原因，重新存储声源基准，并重复该测试场次
50 Hz 和 100 Hz 处的哼声	不超过相邻倍频带 3 dB	修复接地或布线，或让声源使用电池供电
Run C 信号相对于背景噪声（每个倍频带）	10 dB 及以上	该倍频带标记为“≥”
线性度（每个倍频带）	每 10 dB 步进 10.0 ± 0.5 dB	发现并修复异响
扬声器至传声器的距离，Run R 对照 Run C	在 10 mm 以内	重新定位扬声器，并重复 Run R

计算示例

2026 年 9 月 28 日对 Sharkoon S25 V2 的测量展示了计算过程。该测量是在引入修订版 2.0 的放置方式之前，将扬声器置于机箱底部并执行一轮测试时进行的。

Sharkoon S25 V2，2026 年 9 月 28 日	
项目	**数值**
开阔空间中的扬声器（参考值），LAeq	59.9 dBA
机箱内的扬声器，LAeq	61.6 dBA
两个宽带读数之差（修订版 1.6）	机箱内响 1.7 dB
DELTA，粉红噪声参考，100 Hz 至 10 kHz（修订版 2.0）	2.4 dB（Standard）
共振标记	160、200、250、400 和 800 Hz；最差倍频带为 250 Hz，−6.0 dB
1 kHz 以上的阻尼	每个倍频带 3.5 dB 至 12.9 dB

在 1 kHz 以上，机箱对每个频带的阻尼量为 3.5 dB 至 12.9 dB。在 1 kHz 以下，它放大了七个频带，其中五个频带的放大量为 3 dB 或更多，最差的频带位于 250 Hz（6.0 dB）。DELTA 的计算分为三步：

1. 粉红噪声参考值经 A 计权并对 21 个频带求和后，结果为 11.731 dB。
2. 在减去每个频带的插入损失后，相同的求和结果为 9.283 dB。
3. DELTA = 11.731 − 9.283 = 2.448 dB，报告值为 2.4 dB。

如果仅使用 1 kHz 至 10 kHz 的频带，结果将为 5.7 dB，高出一个等级，且所有被标记的频带都将隐藏。图 14 展示了该测量的每个频带的插入损失。

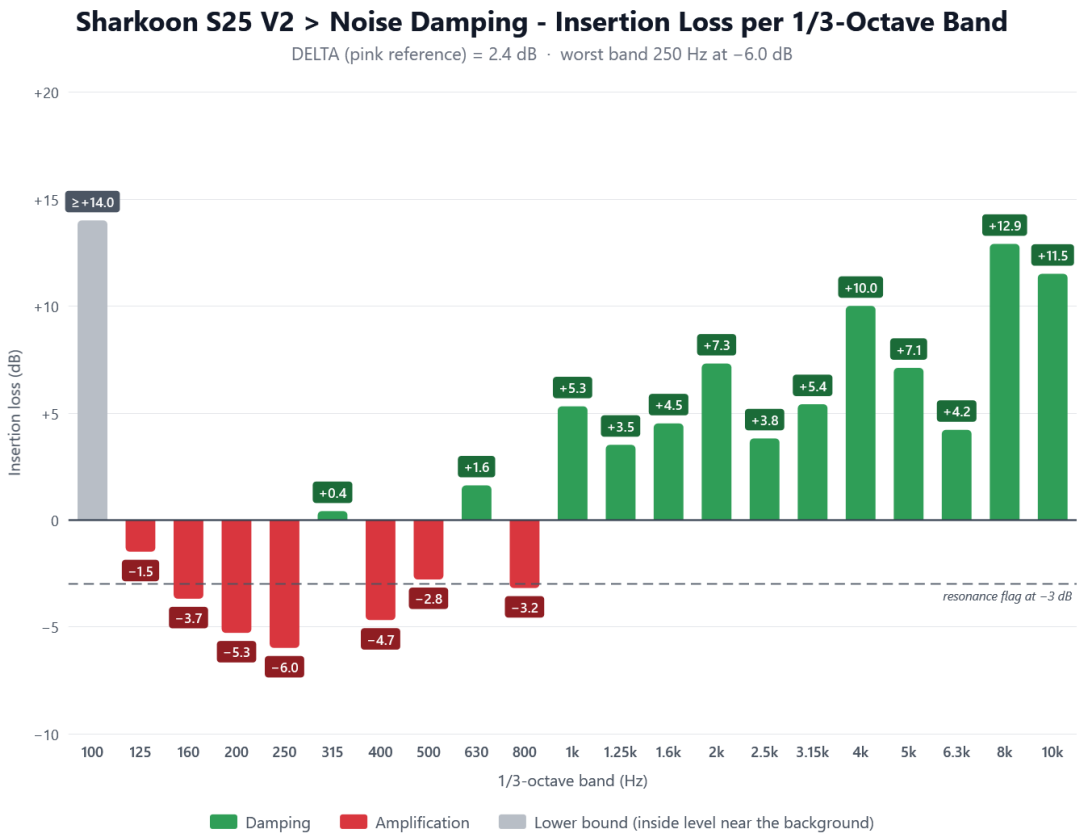

图 14

报告

每份报告首先展示每个频带的插入损失，以带符号的条形图形式呈现（图 14），随后展示 DELTA、DELTA 等级和共振标记。

报告内容	
项目	**内容**
插入损失图表	100 Hz 至 10 kHz 的 1/3 倍频带，带符号条形图；作为下限值的倍频带在其条形图上标记为“≥”
DELTA	DELTA，粉红噪声参考
DELTA 等级	A+、A 或 Standard；无低于 2 dB 的等级
共振标记	列出所有插入损失为 −3 dB 或更低的频带，并列出最差频带及其数值
信息性倍频带	12.5 kHz 至 20 kHz，在此范围内信号高于背景噪声 10 dB 及以上
测试记录	日期、温度、湿度、校准器读数、声源检查、扬声器至传声器的距离、机箱内扬声器照片

DELTA 等级

我们使用 DELTA 来比较不同机箱的结果。为此，Cybenetics 专门制定了 Delta 徽章，借助它们可以方便地按机箱所实现的噪声衰减量对其进行分类。

等级依据发布的 DELTA 值确定，该值四舍五入保留一位小数。DELTA 低于 2 dB 的机箱不授予等级。

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

一旦有足够数量的机箱按此修订版完成测试，我们将重新审查各等级的限值。

修订版 2.0 之前评测的机箱

我们在 2026 年 10 月之前评测的机箱是按照早期修订版的程序测量的：单音测试、Chirp 信号、粉红噪声和白噪声，扬声器置于机箱底部。其发布的结果是两个宽带粉红噪声读数之间的差值。

其发布的结果保持测量时的状态。其等级按照修订版 2.0 的限值重新分配：A+ 为 8 dB 及以上，A 为 5 dB 及以上，Standard 为 2 dB 及以上，2 dB 以下无等级。

这些机箱未再次测量，且早期程序与修订版 2.0 的程序并不完全相同。因此，与按修订版 2.0 测试的机箱相比，其结果仅供参考。每份此类机箱的报告均附有说明，若等级发生变化，说明中也会注明最初发布的等级。

结语

在本文中，我们尽可能直白地说明了我们在机箱评测中所遵循的方法学。每一项声学测试程序都需要具备以下几点：可靠性、准确性、经过校准的设备、正确操作设备的知识，以及尽早识别问题和测量误差的经验。遗憾的是，经验只能在大量测试之后才能获得。所幸，Cybenetics 团队的成员从事机箱相关工作已逾十年，他们在该领域的综合知识造就了我们所遵循的完整测试规范。由于我们追求完美——尽管我们知道这个世界上没有什么是完美的（当然，猫除外）——我们将继续寻找新的方法学与途径，以便探索这一课题的更多方面。

参考文献

[1] https://www.hbkworld.com/en/products/instruments/handheld/hand-held-software/sound-level-meter-apps-2250-2270/pre-packaged-software-2270-bz-7222 (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[2] https://www.hbkworld.com/en/products/transducers/acoustic/acoustic-calibrators/microphone/4231 (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[3] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/chirp-signal (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[4] https://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-p.htm#pink-noise (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[5] https://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-w.htm#white-noise (最后访问于 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 (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[7] https://www.giant-force.com.tw/en/homepage.htm (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[8] https://www.picotech.com/data-logger/picolog-tc-08-thermocouple-data-logger (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[9] https://www.mersenne.org/ (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[10] https://geeks3d.com/furmark/ (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[11] https://www.3dmark.com/ (最后访问于 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/ (最后访问于 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 (最后访问于 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 (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)

[15] IEC 61672-1 Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications

https://webstore.iec.ch/en/publication/5708 (最后访问于 2026 年 10 月 3 日)