Cybenetics 机箱测试规范

修订版 **1.6**

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

塞浦路斯，尼科西亚

2026 年 8 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。

Table of Contents

前言 4

噪声测量设备与 DUT **安装** 4

噪声测量程序 5

机箱风扇噪声测量 6

散热性能测试的搭建与程序 7

数据分析 11

结语 12

参考文献 13

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。

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噪声测量的测试系统。对于较小的机箱，我们使用 mini-ITX 主板。

噪声测试系统规格	
主板	MSI B760-Plus WIFI-D4
CPU	Intel i9-12900K
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX Ti
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
RAM	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
电源	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散热器	be quiet! Pure Power 2 FX 240mm
机箱	被测设备
环境温度	25oC ± 0.1oC

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。

测量传声器的放置方式使其与水平轴形成 30o 至 45o 的夹角，且其与 DUT 的垂直距离为一米。

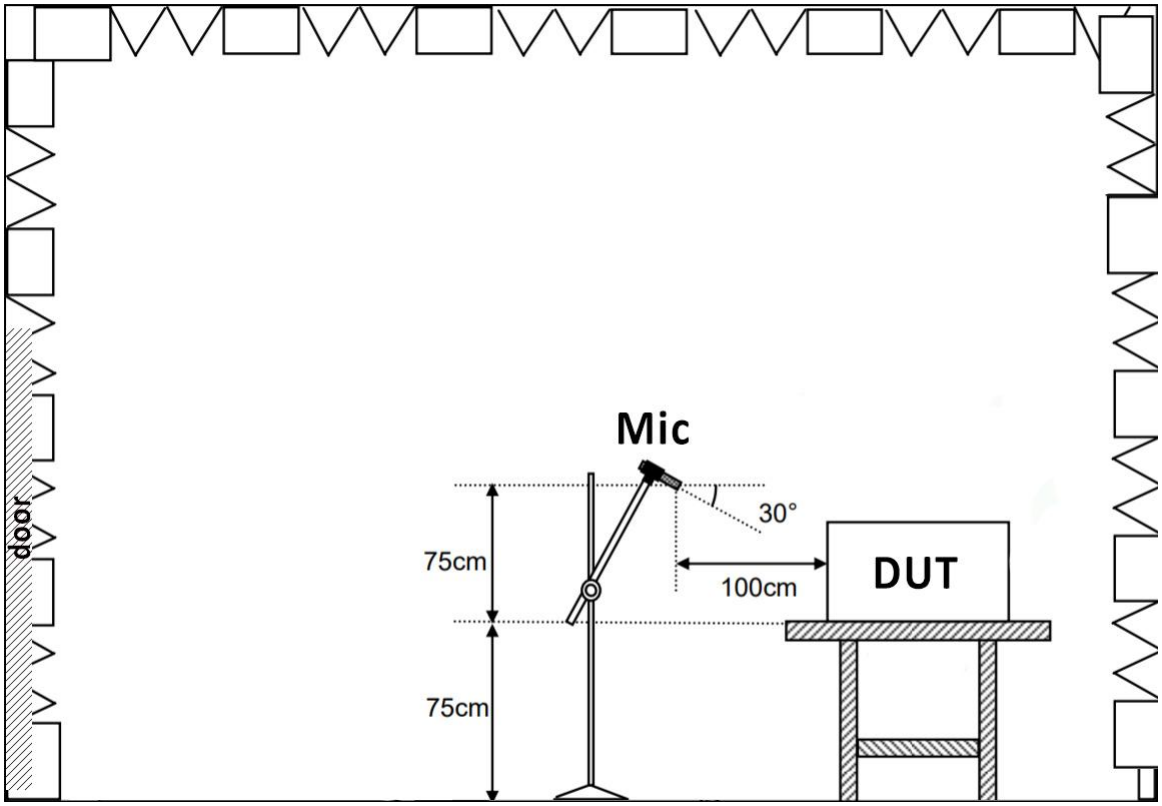

图 1

噪声测量程序

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。

我们将一只扬声器放置在测量位置，测量其在表 1 所列各频率下的强度。我们还测量 Chirp [3] 信号、粉红噪声 [4] 和白噪声 [5]。上述测量结果用作该扬声器在开阔空间中音量的参考。

测试频率	
100 Hz	10 KHz
250 Hz	11 KHz
500 Hz	12 KHz
1 KHz	13 KHz
2 KHz	14 KHz
3 KHz	15 KHz
4 KHz	16 KHz
5 KHz	17 KHz
6 KHz	18 KHz
7 KHz	19 KHz
8 KHz	19.5 KHz

9 KHz	20 KHz

表 1

我们将机箱按预定位置垂直于传声器安装在消声室内，以确保每次测量的条件相同。接着，我们把此前在开阔场地中测量过的扬声器安装到机箱内部。我们尽量将其放置在靠近传声器所指向的那一侧，但不接触侧板。同时，我们特别注意让扬声器尽可能靠近机箱底部（见图 2）。

图 2

我们重复完全相同的测量，即测量扬声器在上述各频率下的噪声输出。我们的目标是找出开阔空间噪声测量结果与扬声器置于机箱内时的差异。这些差异连同粉红噪声、白噪声和 Chirp 噪声的结果，详细呈现了机箱在宽频率范围内的隔音性能。

粉红噪声是每个倍频程能量相等的随机噪声，因此被广泛用于房间和礼堂中扬声器的均衡。这正是我们选择它作为机箱隔音性能标准（称为 DELTA）主要性能因子的原因。根据我们的经验，粉红噪声与白噪声（包含多种强度相同频率的噪声）给出的隔音性能结果完全相同。

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%、75%、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 35、30 和 25 dBA 的噪声输出，并记录相应的风扇转速以备后用。

最后一项噪声测量针对显卡。在该测试中，我们启动系统并将其安装于机箱内，关闭除 CPU 和 GPU 散热系统所用风扇之外的所有风扇。我们将 CPU 风扇转速保持在最低设定以免影响测量结果，并将 GPU 风扇转速依次调整为 40%、50%、60%、70%、75%、80%、90% 和 100%，同时测量并记录噪声输出。

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。

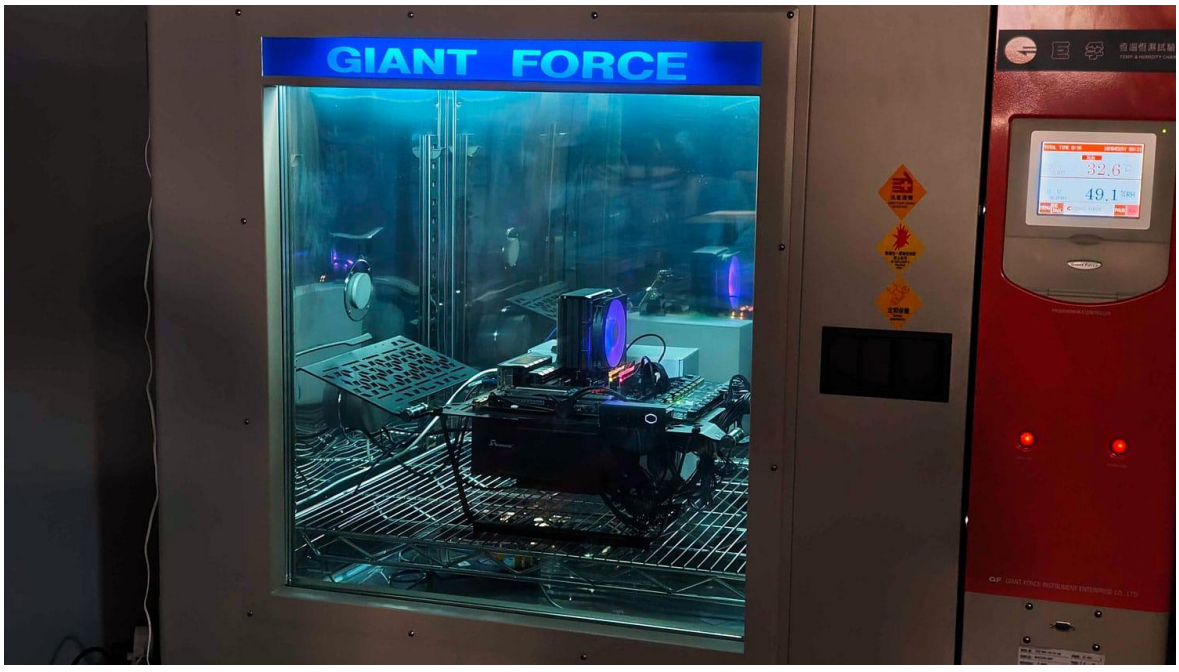

图 3

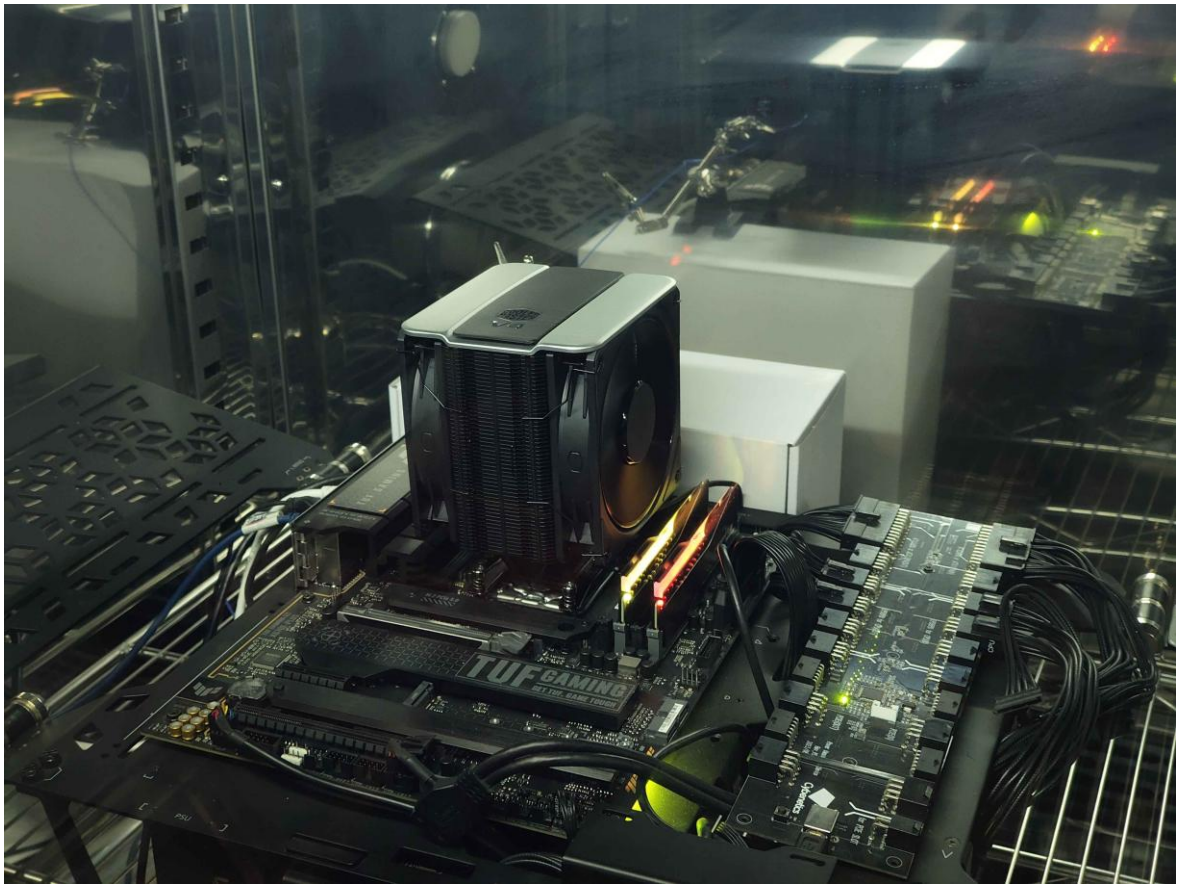

图 4

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 Bios 版本：F10a
CPU	AMD Ryzen 9 7950X 3D
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX Ti
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	DimasTech Bench
环境温度	25oC ± 0.1oC
驱动程序	AMD 芯片组：5.02.19.2221 NVIDIA：537.13

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 25o C（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。

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的截图（图 5 和图 6）。机箱风扇按先前记录的转速运转，以输出所需的 25、30 和 35 dBA 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。

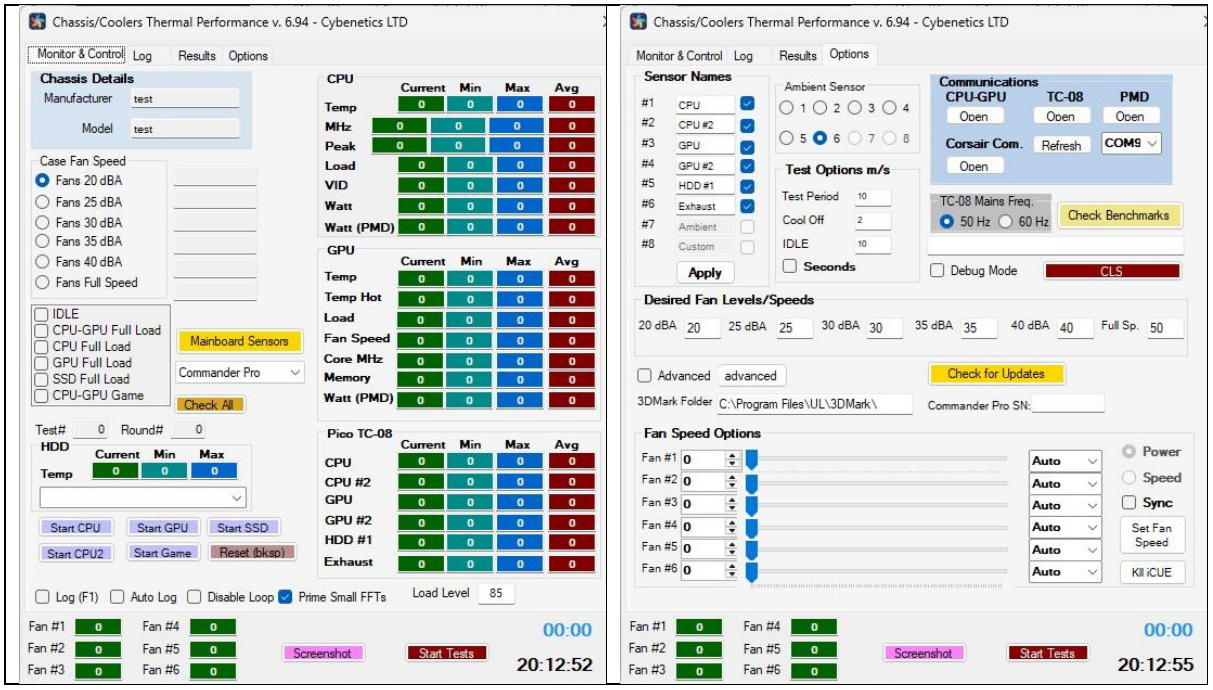

图5、6

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 35、30 和 25 dBA 噪声输出的机箱风扇转速。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。

如第一部分所述，在测量机箱的隔音性能时，我们会测量机箱在多个频率下的表现。这样做是因为我们想了解机箱在哪些频率上会发生共振从而可被视为噪声放大器，又在哪些频率上起到阻尼作用。机箱的材料选择起着重要作用，因为不同材料的表现可能各不相同。我们还测量机箱在三种必要信号下的阻尼表现：Chirp、粉红噪声和白噪声。

更详细地说：

- Chirp 信号常用于雷达和声呐应用。
- 粉红噪声是生物系统中最常见的信号。它包含所有音频频率（20 Hz – 20 KHz），且其功率与频率成反比，即信号频率越高，其强度越低。
- 白噪声是具有连续频谱的随机噪声，其功率谱密度与频率无关。

我们使用开阔场地测量值与各机箱测量值之间的差值（Delta）来比较不同 PC 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。

我们决定使用粉红噪声的 Delta 值进行上述分类，因为它包含所有音频频率（20 Hz – 20 KHz）；这样我们便可获得所关注频段的整体阻尼表现，并利用其在各倍频程之间功率均匀的特性。

等级	隔音要求
A+	≥8 dB(A)
A	≥5 dB(A) 至 <8 dB(A)

Standard ≥2 dB(A) 至 <5 dB(A)

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] (last accessed on 18 June 2020) https://www.bksv.com/en/products/sound-and-vibration-meters/sound-level-meters-and-vibration-meters/2270-series/Type-2270-S
[2] https://www.bksv.com/en/products/transducers/acoustic/calibrators/4231
(last accessed on 18 June 2020)
[3] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/chirp-signal
(last accessed on 18 June 2020)
[4] http://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-p.htm#pink-noise
(last accessed on 18 June 2020)
[5] http://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-w.htm#white-noise
(last accessed on 18 June 2020)
[6] (last accessed on 18 June 2020)https://www.corsair.com/eu/en/Categories/Products/Accessories-%7C-Parts/iCUE-CONTROLLERS/iCUE-Commander-PRO-Smart-RGB-Lighting-and-Fan-Speed-Controller/p/CL-9011110-WW
[7] http://www.giant-force.com.tw/en/HOMEPAGE.htm
[8] https://www.picotech.com/data-logger/tc-08/thermocouple-data-logger
(last accessed on 18 June 2020)
[9] (last accessed on 18 June 2020)https://www.mersenne.org/
[10] (last accessed on 18 June 2020)https://geeks3d.com/furmark/
[11] (last accessed on 18 June 2020)https://www.3dmark.com/
[12] Standard ECMA-74 Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment
https://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-074.htm
(last accessed on 18 June 2020)
[13] ISO 9296:2017 Acoustics - Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment https://www.iso.org/standard/32303.html
(last accessed on 18 June 2020)