Phi 风扇性能标准（PFPS）

修订版 1.5

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

Cybenetics

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	2024 年 5 月	初稿
1.1	2024 年 6 月	徽章有所变更。风扇直径已省略。
1.2	2026 年 8 月	测量不确定度已更新为当前的受控预算（P19）。
1.3	2026 年 8 月	测量不确定度已修正：原本已包含在 A 类项中的 B 类分量，因重复计算而移除（P19 rev.05, 07-08-2026）。
1.4	2026 年 8 月	订定 PFPS 徽章授予的判定规则：简单接受，并在等级界限处采用重测取平均值的规则。
1.5	2026 年 8 月	本底噪声由 < 6 dB(A) 改为标注约 6 dB(A)，以与其他 Cybenetics 测试文件保持一致。

目录

前言 3

风扇无处不在，为对热量敏感的电子设备散热。除非噪声过大，否则它们往往被人忽视，因为它们只是长时间默默地完成自己的工作，直到停止转动为止。本文旨在详细说明我们如何评估散热风扇，以及如何根据其性能对其进行评级。 3

风扇工作原理与轴承类型 3

测试设备 5

风扇性能：P-Q 曲线 7

归一化噪声测试 8

噪声测量程序 10

Phi 风扇性能标准 - PFPS 11

性能徽章与评级 12

测量不确定度 13

判定规则 13

结语 14

参考文献 15

前言

风扇无处不在，为对热量敏感的电子设备散热。除非噪声过大，否则它们往往被人忽视，因为它们只是长时间默默地完成自己的工作，直到停止转动为止。本文旨在详细说明我们如何评估散热风扇，以及如何根据其性能对其进行评级。

风扇工作原理与轴承类型

每个风扇最关键的部件是其轴承和转轴，扇叶即安装在转轴上。轴承是一个固定的圆筒，转轴在其内部旋转。为了提供高可靠性并降低噪声输出，必须将转轴与轴承之间

的摩擦降至最低。在大多数情况下，采用油作为润滑剂。不过也可以采用其他方法（例如涂覆聚四氟乙烯的表面）。如果油未能在轴承内妥善密封，其油量会随着时间的推移而减少，从而增大摩擦，导致风扇转速下降、噪声增大，直至风扇损坏并停止转动。

PC 散热风扇中最常用的轴承类型如下：

- 含油轴承（sleeve bearing）
- 来福轴承（rifle bearing）
- 双滚珠轴承（DBB）
- 流体动压轴承（FDB）与液压轴承（HDB）
- 磁悬浮轴承

详细解释各种轴承类型超出了本文的范围，但简而言之，含油轴承风扇的可靠性较低。来福轴承风扇的可靠性有所提升，而 FDB 和 HDB 风扇的可靠性则更高。

双滚珠轴承风扇对温度升高具有很高的耐受性，但在低转速下通常会出现轴承噪声；而磁悬浮轴承风扇在高温下具有与 DBB 风扇相同的耐受性，且在低转速下不会产生任何轴承噪声。

还存在其他轴承类型，但它们通常只是上述轴承的改进版本，只是名称不同。

测试设备

我们用于风扇测量的主要仪器是 LW-9266 风扇 PQ 性能测量装置 [1]。这是一台由 Long Win 在台湾制造的高度精密的科学仪器。

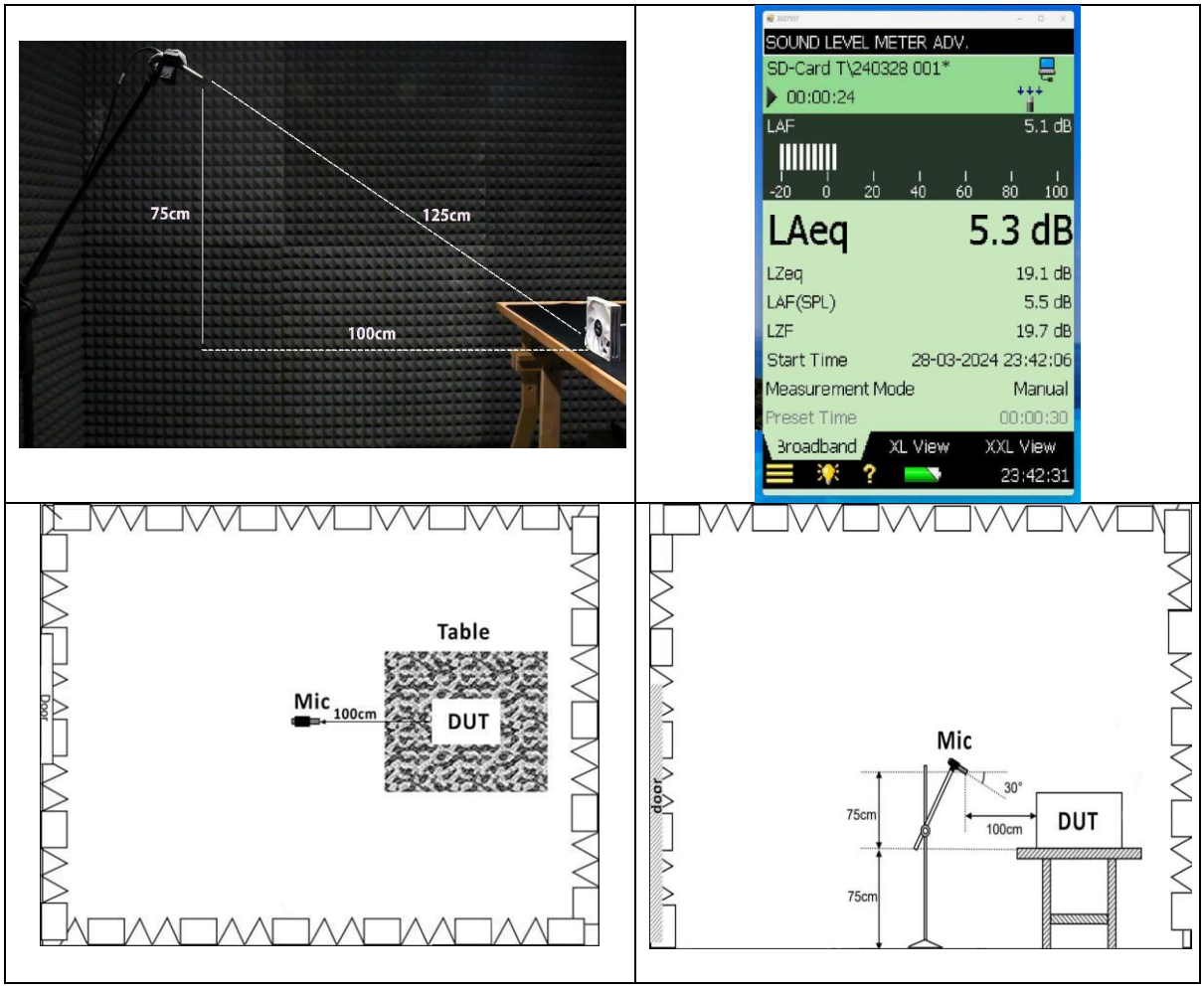
LW-9266 技术规格

- 制造商：Long Win Science & Technology Corporation
- 风量：2.4 – 250 CFM
- 风量准确度：<3.5% INFS
- 重复性误差：< 2%
- 静压：0-20mmAq（配合高静压节流装置可达 100mmAq）
- 整体尺寸：0.7（宽）x 2.2（长）x 1.6（高）m
- 电源：220VAC，5A，单相，50/60Hz
- 依据标准：ISO 5801-2007, AMCA 210-0, ASHRAE 51-2007, IEC 61591-2005, GB/T 1236-200

除 Long Win 设备外，我们还使用以下设备。

- 噪声测试环境：本底噪声约 6 dB(A) 的半消声室

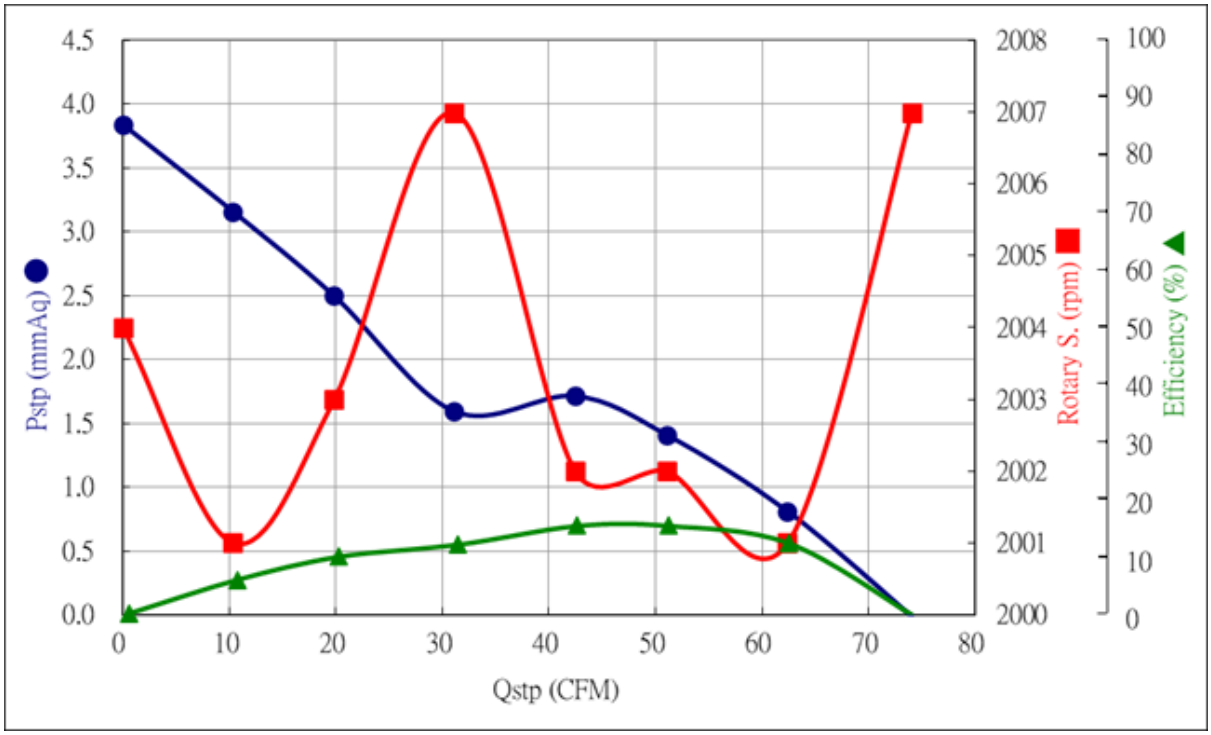
- 条件：25 (+-2) 摄氏度，湿度 40-50%
- 声学分析仪：Bruel & Kjaer 2270-S G4
- 传声器：Bruel & Kjaer Type 4955-A
- 传声器校准器：Bruel & Kjaer Type 4231
- 数据记录仪：Picoscope TC-08 [2]



测量传声器的放置方式应使其与水平轴形成 30o 至 45o 的夹角，且其与被测设备（DUT）之间的垂直距离为一米。

风扇性能：P-Q 曲线

无论尺寸大小，每一个风扇，无论采用直流还是交流供电，都具有一条称为 P-Q 的特性曲线。该曲线显示风扇风量与其静压之间的关系。我们用字母“P”表示静压，用“Q”表示风量。



当我们提到风扇的风量时，指的是风扇在单位时间内推动或产生的空气总量。风量通常以每分钟立方英尺（CFM）为单位。风扇制造商是在风扇前方没有任何障碍物的开放环境中测量风扇的 CFM 值，而正如您很快会在我们的评测中发现的那样，这一点的影响非常大。当风扇前方没有阻力时，其风量达到最大值，但对于大多数风扇而言情况并非如此，尤其是用于散热器和一体式水冷排（AIO）的风扇。大多数用于机箱的风扇不会面临显著的阻力。

最大静压是风扇在完全封闭通道中所产生的风压。静压是风扇在封闭空间内能够产生的空气压力。它以帕斯卡（Pa）、英寸水柱（inH2O）或毫米水柱（mmAq）为单位测量。我们将采用后者。您需要了解的最重要一点是，风扇不会同时输出最大风量和最大静压。风量与静压呈负相关：当风量增大时，静压减小；当静压增大时，风量减小。

风量和静压都与气流阻力有关，这种阻力称为阻抗。当部件阻挡风扇的气流时，就产生了阻抗；因此，为了得到风扇完整的 P-Q 曲线，我们必须能够以某种方式模拟这种阻抗。有些用户使用自制的滤网或一体式水冷排，但这些方法只能模拟单一的阻抗情形，因此无法给出完整的 P-Q 曲线。获得风扇完整 P-Q 曲线的唯一方法是采用可变阻抗，而这正是 LW-9266 这类仪器所实现的——它基于既定的测量标准，并具备完整的校准报告。

归一化噪声测试

仅在全速下测试风扇只能反映其性能的一小部分，因为在大多数情况下，散热风扇并不在全速下运行。如果确实全速运行，除了噪声输出很高之外，其使用寿命也会受到很大影响。因此，风扇转速通常会根据热负载进行调节。这正是在相同条件下测试和比较每个风扇至关重要的原因。将一个以 3000 RPM 转动的风扇与一个以 1500 RPM 转动的风扇相比较是不公平的。您还必须在比较中纳入噪声输出这一参数，因为风扇的转速本身也并非稳定的参数。例如，比较两个同样以 1500 RPM 转动的风扇同样不公平，因为其中一个可能输出 30 dBA 的噪声，而另一个为 33 dBA。噪声输出还与风扇的设计有关，而不仅仅取决于其转速。

在进行完整的风扇性能评估之前，我们必须先测量其噪声输出，因为每个风扇最重要的性能就是其在归一化噪声输出下的表现。对于归一化噪声输出测试，我们将风扇设定在噪声输出为以下预定水平的转速：20/25/30/35/40/45 dBA。如果被测风扇无法达到某些噪声水平，我们将跳过相应的测试。下方示例图中所示的转速，是在我们的半消声室内、将风扇置于没有任何障碍物的空旷空间中测得的。我们在 Long Win 设备上设定这些转速，但由于外部不可控参数以及设备运行中的细微差异，结果可能存在一些微小的偏差，但始终处于误差范围之内。

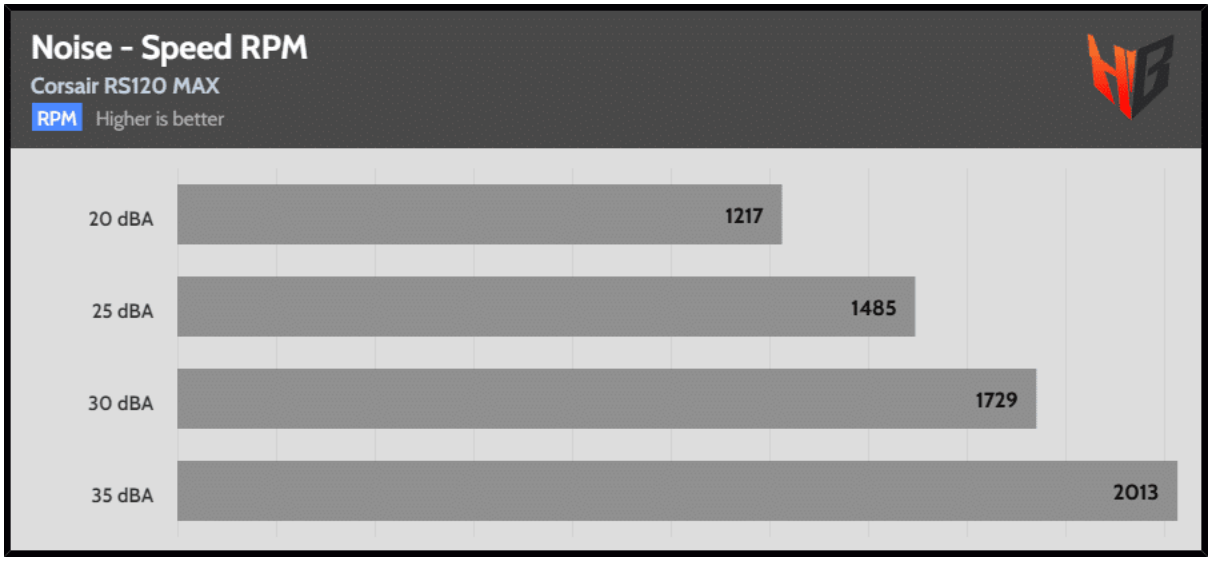

Noise - Speed RPM
Corsair RS120 MAX
RPM
Higher is better
20 dBA
1217
25 dBA
1485
30 dBA
1729
35 dBA
2013

图1

噪声测量程序

我们在开始测量前 15 至 30 分钟打开声级计 Bruel & Kjaer G-4 Type 2270 [3]，使其达到工作温度。在开始测量之前，我们使用 Bruel & Kjaer 声校准器 Type 4231 [4] 对声级计进行校准。

我们将风扇安装在消声室内，使其气流方向与传声器方向相反。我们确保传声器安装正确，并且总体上遵循 ECMA-74 和 ISO 9296 标准的所有噪声测试要求 [5][6]。

我们使用 Corsair 的 Commander Pro [7] 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。

我们的软件允许以 RPM 和百分比两种方式对风扇转速进行精确调节。因此，我们可以为每个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% 的转速，将得到 500 RPM（±1%）的风扇转速。

我们从风扇的最低转速开始，以 10% 的间隔逐级测量风扇直至最高转速时所产生的噪声。随后，我们按照与上述测量相反的逻辑调整风扇转速，以达到归一化噪声测试所需的相应噪声输出水平，并记录对应的风扇转速以供后续使用。

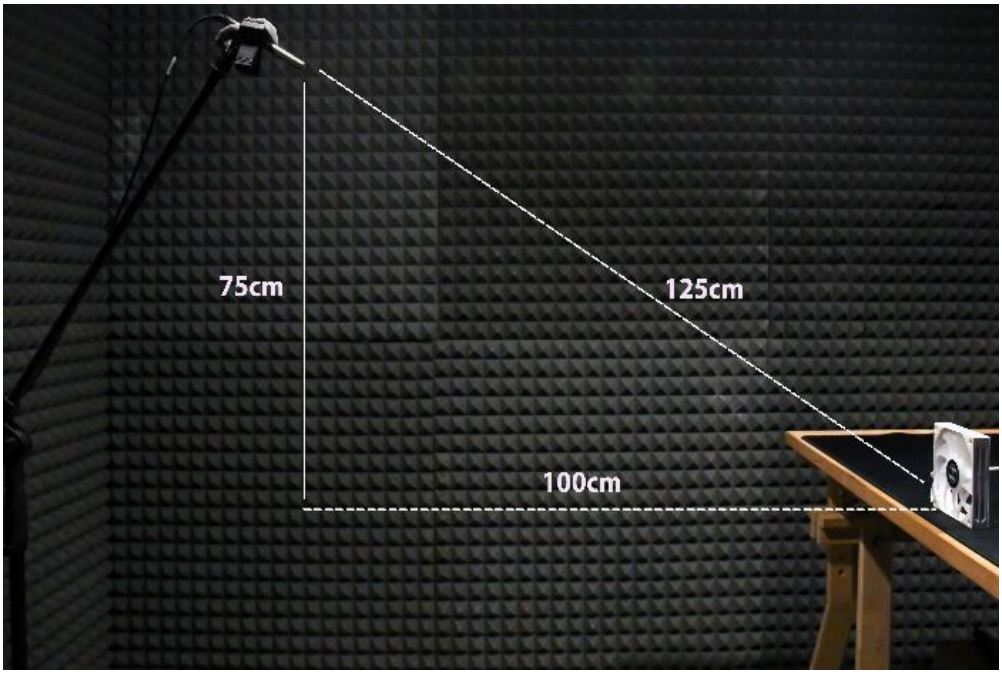


图 2

Phi 风扇性能标准 - PFPS

我们的风扇性能标准以希腊字母 «Φ» 命名为 Phi，该字母所代表的含义之一是 [8]。Golden ratio

Phi 风扇性能标准（简称 PFPS）同时涵盖 120mm 与 135-140mm 风扇，但对每个级别的要求各不相同。这些要求同时针对风量和静压设定，因为这两者是每个风扇的关键性能因素。

所有风扇均在 25 dBA 归一化噪声输出下进行测试，我们依据这些结果将其归入以下类别。我们为何为本标准选择这一特定的噪声水平？因为在 25 dBA 下，风扇可以转得足够快以获得不错的性能，同时该噪声水平又不至于高到令大多数用户感到困扰。高于或低于该噪声水平，都会导致噪声过大，或者性能受到极大影响。

那么，那些甚至无法达到 25 dBA 噪声输出的风扇又如何呢？很遗憾，我们无法对它们进行评级；而且这些风扇本来也并非以性能为导向，因此没有必要为其设置性能徽章。目前，我们的风扇数据库中只有少数几款风扇无法达到 25 dBA 的噪声输出。

PFPS – 120mm 风扇风量级别/要求 – 25 dBA 归一化噪声输出

性能级别	要求
Bronze	≥34 CFM & <38 CFM
Silver	≥38 CFM & <42 CFM
Gold	≥42 CFM & <46 CFM
Platinum	≥46 CFM & <50 CFM
Titanium	≥50 CFM & <55 CFM
Diamond	≥55 CFM

PFPS – 120mm 风扇静压级别/要求 – 25 dBA 归一化噪声输出

性能级别	要求
Bronze	≥0.8 mmAq & <1.0 mmAq
Silver	≥1.0 mmAq & <1.25 mmAq
Gold	≥1.25 mmAq & <1.5 mmAq
Platinum	≥1.5 mmAq & <1.75 mmAq
Titanium	≥1.75 mmAq & <2.0 mmAq
Diamond	≥2 mmAq

PFPS – 135/140mm 风扇风量级别/要求 – 25 dBA 归一化噪声输出

性能级别	要求
Bronze	≥45 CFM & <50 CFM

Silver	≥50 CFM & <55 CFM
Gold	≥55 CFM & <60 CFM
Platinum	≥60 CFM & <65 CFM
Titanium	≥65 CFM & <70 CFM
Diamond	≥70 CFM

PFPS – 135/140mm 风扇静压级别/要求 – 25 dBA 归一化噪声输出

性能级别	要求
Bronze	≥0.7 mmAq & <0.9 mmAq
Silver	≥0.9 mmAq & <1.1 mmAq
Gold	≥1.1 mmAq & <1.3 mmAq
Platinum	≥1.3 mmAq & <1.5 mmAq
Titanium	≥1.5 mmAq & <1.7 mmAq
Diamond	≥1.7 mmAq

性能徽章与评级

由于我们不希望让用户感到困惑，因此沿用了大家已经非常熟悉的、我们在 PSU 效率评级中使用的金属与碳材质等级：Bronze、Silver、Gold、Platinum、Titanium 和 Diamond。

共有两个风扇类别，也是最常见的两种：120mm 和 135/140mm。同时还有两种针对风扇主要性能因素的徽章：风量和静压。

CYBENETICS Airflow DIAMOND	CYBENETICS Static Pressure DIAMOND

测量不确定度

测量不确定度是对测量结果所存疑问的量化表述。它表明真值预期所处的范围。风扇气动性能测量的不确定度依据 JCGM 100:2008（GUM）和 ISO/IEC 17025:2017 进行评定。

所报告的扩展不确定度 U 为合成标准不确定度乘以包含因子 k = 2，对应约 95 % 的置信水平。

风量测量的不确定度为 ±5.00 CFM (at 89 CFM; relative 1.9296 %: $U(Q) = 2\cdot\sqrt{[(1.8200)^2 + (0.019296\cdot Q)^2]}$ CFM, ±10.31 CFM at 250 CFM)，适用于所声明的测量范围 2.4 – 250 CFM。

静压测量的不确定度为 ±2.422 Pa，适用于标准测量范围 0 – 20 mmAq (0 – 196.1 Pa)。

使用高静压节流装置可将该装置的测量范围扩展至 100 mmAq (981 Pa)；该扩展范围仅极少使用，其不确定度尚未单独验证——参见受控记录 P19-F01 rev.05, 07-08-2026

不确定度是针对所声明的整个测量范围给出的，而非针对单一工作点，因为本标准的交付成果是完整的 P–Q 特性曲线，每次测试都会遍历整个范围。

风量测量不确定度预算

不确定度来源	标准不确定度 u(xi) (CFM)
LW-9266 仪器准确度（B 类）	1.750
重复性，控制样品（A 类）	1.714
校准（B 类）	0.500
合成标准不确定度（RSS）：	2.500
扩展不确定度 U（k=2，正态）：	5.000

静压测量不确定度预算

不确定度来源	标准不确定度 u(xi) (Pa)
重复性，控制样品（A 类）	1.209
LW-9266 校准（B 类）	0.075
合成标准不确定度（RSS）：	1.211
扩展不确定度 U（k=2，正态）：	2.422

重复性作为 A 类分量，通过对控制样品进行的重复实验室测量来评定，并在所声明的范围内按绝对量处理。LW-9266 制造商规格则单独作为 B 类仪器准确度分量计入。

判定规则

徽章采用简单接受原则授予。风扇在 25 dBA 标准化噪音输出下所测得的风量与静压，直接与上述各等级的要求比较；在比较之前，不会将测量不确定度加至测量值或从测量值中扣除。这是 ISO/IEC 17025:2017 第 7.8.6.2 节所允许的风险共担规则，意即当结果接近等级界限时，真值可能落在该界限的任一侧。

若测量值与等级界限的差距在一个扩展不确定度之内，我们会以三次独立测试重复评估，每次均包含各自的噪音测量，并以三次的平均值与界限比较。若平均值仍在该范围之内，则授予较低的等级。

结语

本文是对风扇测试领域的简要介绍，也是对我们测试方法的初步展示。客观呈现风扇的性能是一项精细的工作，需要在声学测量和空气动力学两方面都具备经验。我们测试所用的设备均为行业标准设备，具有最高的品质，并得到妥善的维护和操作。此外，迄今为止我们已测试过大量风扇，并在此过程中不断完善我们的方法。因此，我们所提供的信息和测试结果既准确，又能反映实际使用中的性能。

参考文献

[1] LW-9266 Fan PQ Performance Measurement Apparatus.
http://www.longwin.com/english/product/9266.html (last accessed on 30 May 2024)
[2] Picoscope TC-08. https://www.picotech.com/data-logger/tc-08/thermocouple-data-logger
(last accessed on 30 May 2024)
[3] (last accessed on 30 May 2024) https://www.bksv.com/en/products/sound-and-vibration-meters/sound-level-meters-and-vibration-meters/2270-series/Type-2270-S
[4] https://www.bksv.com/en/products/transducers/acoustic/calibrators/4231
(last accessed on 30 May 2024)
[5] 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 30 May 2024)
[6] ISO 9296:2017 Acoustics - Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment https://www.iso.org/standard/32303.html
(last accessed on 30 May 2024)
[7] (last accessed on 30 May 2024)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
[8] Golden ratio (last accessed on 30 May 2024)https://en.wikipedia.org/wiki/Golden_ratio
[9] ANSI/AMCA Standard 210-25 / ANSI/ASHRAE Standard 51-25, Laboratory Methods of Testing Fans for Certified Aerodynamic Performance Rating. Air Movement and Control Association International / ASHRAE. (Supersedes ANSI/AMCA 210-16 / ASHRAE 51-16.)
[10] ISO 5801, Fans – Performance testing using standardized airways.
[11] ISO/IEC 17025:2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
[12] JCGM 100:2008 (GUM), Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. Joint Committee for Guides in Metrology.
[13] ECMA-74, 22nd edition, December 2025, Measurement of Airborne Noise emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment. ECMA International, Geneva.
[14] ISO 7779:2018, Acoustics – Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment.