



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 7584.1—2026/ISO 4869-1:2018

代替 GB/T 7584.1—2004

## 声学 护听器 第1部分： 声衰减测量的主观方法

Acoustics—Hearing protectors—  
Part 1: Subjective method for the measurement of sound attenuation

(ISO 4869-1: 2018, IDT)

2026-02-27 发布

2026-09-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 护听器声衰减的测量 .....	3
4.1 测试信号 .....	3
4.2 测试场所 .....	3
4.2.1 通用要求 .....	3
4.2.2 声压级和声压级变化 .....	3
4.2.3 混响时间 .....	3
4.2.4 背景噪声声压级 .....	4
4.3 测试设备 .....	5
4.4 被试 .....	5
4.5 测试步骤概述和对被试的指导 .....	6
4.6 护听器声衰减的测定 .....	6
5 夹紧力 .....	7
5.1 耳罩 .....	7
5.2 半插入式耳塞 .....	7
6 测试结果报告 .....	7
附录 A (规范性) 护听器声衰减测量的不确定度 .....	9
A.1 概述 .....	9
A.2 实验室内的不确定度 .....	10
附录 B (资料性) 两个不同护听器声衰减测量的评估 .....	12
B.1 实验室内扩展测量不确定度的应用 .....	12
B.1.1 使用典型的不确定度估计 .....	12
B.1.2 使用由特定实验室的测试数据得到的不确定度值 .....	12
B.2 实验室之间扩展测量不确定度的应用 .....	13
附录 C (资料性) 测试信号的最小和最大声压级 .....	15
参考文献 .....	16



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T(Z) 7584《声学 护听器》的第 1 部分。GB/T(Z) 7584 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：声衰减测量的主观方法；
- 第 2 部分：戴护听器时有效的 A 计权声压级估算；
- 第 3 部分：使用专用声学测试装置测量耳罩式护听器的插入损失；
- 第 5 部分：通过无经验的被试佩戴评价噪声衰减的方法；
- 第 6 部分：主动降噪耳罩声衰减的测定。

本文件代替 GB/T 7584.1—2004《声学 护听器 第 1 部分：声衰减测量的主观方法》，与 GB/T 7584.1—2004 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了对声场的要求(见 4.1、4.2、4.3,2004 年版的 4.1、4.2、4.3)；
- 增加了对测试设备规格的要求(见 4.4)；
- 增加了测试步骤和被试指导的内容(见 4.5)；
- 增加了“测量不确定度”的内容(见附录 A)。

本文件等同采用 ISO 4869-1:2018《声学 护听器 第 1 部分：声衰减测量的主观方法》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国声学标准化技术委员会(SAC/TC 17)归口。

本文件起草单位：中国科学院声学研究所、华东师范大学、同济大学、中国人民解放军总医院第六医学中心、青岛理工大学、中国计量科学研究院、杭州爱华智能科技有限公司、浙江科技大学、苏州声学产业技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：李晓东、田静、郑成诗、刘智颖、杨军、程晓斌、桑晋秋、毛东兴、俞悟周、刘碧龙、于宁、冀飞、郗昕、牛锋、何龙标、熊文波、李争光、谢海圣。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1986 年首次发布为 GB/T 5893.3—1986；
- 1987 年第一次修订为 GB/T 7584—1987；
- 2004 年第二次修订为 GB/T 7584.1—2004；
- 本次为第三次修订。

## 引 言

护听器通常用来降低耳所受到的噪声暴露。护听器按照结构分类,可分为耳塞、耳罩及头盔等制品;按照工作方式分类,可分为被动降噪(也称为无源降噪)和主动降噪(也称为有源降噪)护听器。

GB/T(Z) 7584《声学 护听器》旨在规定护听器声衰减测量的标准化方法,以对在不同场合相似条件下得到的产品性能数据进行比较。GB/T(Z) 7584 拟由 6 个部分组成。

- 第 1 部分:声衰减测量的主观方法。目的在于规定在实验室条件下在听阈处测定护听器声衰减的主观方法。
- 第 2 部分:戴护听器时有效的 A 计权声压级估算。目的在于提供几种估算方法,根据第 1 部分的声衰减测试结果,评估戴护听器时所受到的等效暴露声压级。
- 第 3 部分:使用专用声学测试装置测量耳罩式护听器的插入损失。目的在于对专用声学测试装置进行规范,以便在产品型式鉴定检验或认证规程中进行产品性能一致性的调查。
- 第 4 部分:与声级相关的声复原耳罩有效声压级的测量。目的在于规定使用第 3 部分的声学测试装置或头部和躯干模拟器来测定声级相关型声复原耳罩声衰减的物理测试方法。
- 第 5 部分:通过无经验的被试佩戴评价噪声衰减的方法。目的在于提供评估在职业环境中整体系统(包含护听器、被试、佩戴和指导)的声衰减性能的方法。
- 第 6 部分:主动降噪耳罩声衰减的测定。目的在于提供主动降噪耳罩式护听器的主动插入损失测试方法和总声衰减的计算方法。

# 声学 护听器 第1部分： 声衰减测量的主观方法

## 1 范围

本文件描述了在听阈处测定护听器声衰减的主观方法。该方法是一种实验室方法，用于在可控测量状态下得出可复现的声衰减值，以反映当使用者按照与被试相同的方式戴护听器时的声衰减性能。

若要获得更具有代表性的现场性能，采用 ISO/TS 4869-5 中的方法能获取该性能。

本测试方法得到的是在低声压级时（接近听阈）获得的数据，也反映了护听器在较高声压级下的衰减值。但对于声压幅值敏感型护听器，当声压级超过其依赖声压特性生效的临界幅值时，本方法不适用。因为在这些声压级下，用本文件规定的方法常会低估护听器的声衰减值。

注：在堵耳情况下测试 500 Hz 以下的低频声衰减时，由于生理噪声对堵塞耳的听阈掩蔽，声衰减值会被高估几分贝。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 8253-2 声学 测听方法 第2部分：用纯音及窄带信号的声场测听（Acoustics — Audiometric test methods — Part 2: Sound field audiometry with pure-tone and narrow-band test signals）

注：GB/T 16296.2—2016 声学 测听方法 第2部分：用纯音及窄带测试信号的声场测听（ISO 8253-2：2009，IDT）

IEC 60263 绘制频率特性图和极坐标图的标度和尺寸（Scales and sizes for plotting frequency characteristics and polar diagrams）

注：GB/T 3769—2010 电声学 绘制频率特性图和极坐标图的标度和尺寸（IEC 60263：1982，IDT）

IEC 61260-1 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器 第1部分：规范（Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters — Part 1: Specifications）

注：GB/T 3241.1—2025 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器 第1部分：规范（IEC 61260-1：2014，IDT）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 用于维护的用于标准化的术语数据库网址如下：

——ISO 在线浏览平台：<https://www.iso.org/obp>

——IEC 电工百科：<https://www.electropedia.org/>

### 3.1

**护听器 hearing protector**

为了防止噪声或高强度声刺激的危害效应的个人佩戴器具。

注：护听器可能包括用于通信的电子设备，或主动降低护听器和鼓膜间的噪声水平的装置。

3.2

**耳罩 earmuff**

由压在每一耳廓上的罩杯(贴耳式)，或由压在耳廓周围的头部的包围耳廓的罩杯(耳罩式)组成的护听器。

注：耳罩杯可能用专门的头带或颈环戴在头上，或用部件连接到安全头盔或其他装置上。

3.3

**耳塞 earplug**

塞入外耳道内(耳内的)或戴在耳甲腔中对准外耳道口的(半耳内的)护听器。

3.4

**头盔 helmet**

遮住头部重要部分的装具。

3.5

(纯音)听力级 **hearing level** (of a pure tone)

在规定的频率，对规定类型的耳机和规定的使用方式，该耳机在规定的仿真耳或声耦合腔中产生的纯音声压级与相应的基准等效阈声压级之差。

注：基准等效阈声压级的值，见 GB/T 4854.1—2004。

3.6

(给定耳的)听阈级 **hearing threshold level** (of a given ear)

在规定的频率，对规定类型的耳机，用听力级表示的某耳听阈。

注：合适的测试条件，见 ISO 8253-1。

3.7

**听阈 threshold of hearing**

在规定条件下，被试对重复试验能做出预定百分比正确察觉的最低声压级。

注：本文件中，听阈是在戴和不戴护听器时测得的。设置合适的测试条件见 ISO 8253-2。

3.8

**声衰减 sound attenuation**

对一给定的测试信号，被试在戴和不戴护听器时测得的听阈之差。

注：声衰减以分贝(dB)表示。

3.9

**粉红噪声 pink noise**

谱密度每倍频程降低 3 dB 的随机噪声信号，每倍频程的能量为常数。

注：该定义通常表述为功率谱密度与频率成反比的噪声。

[来源：ISO 7240-24:2016, 3.1.11, 有修改]

3.10

**参考点 reference point**

测试室内的固定空间位置，所有声场特性的客观测量都参考此位置，这个位置与当被试位于声场中以坐姿做测量时被试两耳道口的连线的中点重合。

3.11

**混响时间 reverberation time**

声源停止发声后，声压级衰减 60 dB 所需的时间。

注：关于混响时间的测量，见 ISO 354。

## 4 护听器声衰减的测量

### 4.1 测试信号

测试信号应由经过符合 IEC 61260-1 要求的 1/3 倍频程滤波器滤波的粉红噪声组成。测试应于下列中心频率进行：

125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz。

按需要选择是否附加中心频率为 63 Hz 的测量。

### 4.2 测试场所

#### 4.2.1 通用要求

在测试场所的声场应有来自许多方向的声入射。满足 4.2.2, 4.2.3 和 4.2.4 的条件, 即足以接近该要求。声场的测量应在被试及其座椅不在时进行。

#### 4.2.2 声压级和声压级变化

对声压级和声压级变化的要求包括以下两点。

- a) 在距离参考点前方、后方、左方、右方、上方、下方 0.15 m 的位置, 使用全向传声器测量的所有测试频率的声压级与参考点的偏差不应超过  $\pm 2.5$  dB。此外, 左右两侧位置的声压级差不应超过 3 dB, 在每个测试点, 传声器方向保持不变。
- b) 对于中心频率为 500 Hz 及以上的测试信号应在参考点评估声场的方向性。测量应使用具有典型自由场极性响应的指向性传声器, 在 1/3 倍频程测试信号中, 余弦型传声器的前-侧抑制和心形传声器的前-后抑制应至少为 10 dB。传声器应在水平面通过参考点旋转  $360^\circ$ 。每个测试信号所观察到的声压级变化应保持在表 1 允许的变化范围内。当传声器旋转时, 也能通过固定的  $15^\circ$  步进测量来获得声压级。

表 1 对不同指向性传声器自由场抑制比所允许的声场声压级偏差

单位为分贝

传声器自由场抑制比(FFR)	允许的声场偏差
$25 \leq \text{FFR}$	20
$20 \leq \text{FFR} < 25$	15
$15 \leq \text{FFR} < 20$	10
$10 \leq \text{FFR} < 15$	5
$\text{FFR} < 10$	传声器不适合

注：随着传声器在无规入射场中旋转, 传声器响应的变化与传声器的指向性和被测声场的随机程度有关。因此, 声场响应变化允差与传声器的自由场指向响应特性有关。从传声器的制造商处或通过自由场中测量能得到传声器的特性。

#### 4.2.3 混响时间

在测试场所(被试及其座椅不在时), 每个测试信号的混响时间不应超过 1.6 s。

4.2.4 背景噪声声压级

测试位置的背景噪声声压级不应超过表 2 中给定值。背景噪声声压级应在被试不在时进行测量,通过测量声压级来确定。

当测试信号的最低中心频率为 125 Hz 时,背景噪声应在低至 63 Hz(含 63 Hz)的范围内符合要求。当测试信号的最低中心频率为 63 Hz 时,背景噪声应在低至 31.5 Hz(含 31.5 Hz)的范围内符合要求。

注:背景噪声包括测试室内的环境噪声和测试仪器打开且运行但无测试信号时的本底噪声。

表 2 最大允许背景噪声声压级

中心频率 Hz	1/3 倍频程频带声压级 (基准声压 = 20 $\mu$ Pa) dB
31.5	57
40	43
50	31
63	25
80	21
100	18
125	14
160	11
200	9
250	6
315	4
400	3
500	2
630	1
800	1
1 000	1
1 250	1
1 600	2
2 000	2
2 500	1
3 150	-1
4 000	-4
5 000	-2
6 300	3

表 2 最大允许背景噪声声压级 (续)

中心频率 Hz	1/3 倍频程频带声压级 (基准声压=20 $\mu$ Pa) dB
8 000	10
10 000	20

注：该声压级是根据 ISO 8253-1 设置的，目的是测试低至 -10 dB 的听阈级。

### 4.3 测试设备

4.3.1 测试设备应能在测试位置产生 112 Hz(如果使用的测试频带中心频率为 63 Hz,则从 56 Hz 开始)~9 000 Hz 的测试信号。

注 1: 112 Hz 是中心频率为 125 Hz 的 1/3 倍频程的下限频率,9 000 Hz 是中心频率为 8000 Hz 的 1/3 倍频程的上限频率。

测试设备在参考点产生的所有测试信号的声压级,应至少比堵耳听阈高 10 dB,比开放耳听阈低 10 dB。附录 C 给出了测试信号最大和最小声压级的示例。频带声压级应使用符合 IEC 61260-1 的滤波器进行测量。在测试过程中,应确保播放声音时不会出现声音失真、嗡嗡声、噼啪声或嘎嘎声等。

当测试设备产生的 1/3 倍频程测试信号在最大声压级(见附录 C)时,应确保从测试频带最低频率往下一个倍频程 31.5 Hz,至最高频率往上一个倍频程 16 kHz 的频率范围内,其他 1/3 倍频程频带声压级比最大声压级至少低 40 dB。

注 2: 由于受测量声压级设备内部噪声的限制,低声压级能通过电测量计算得到。

4.3.2 衰减器的量程对于每一个测试信号不应小于 90 dB,测量步距不应大于 2.5 dB。

4.3.3 用 1/3 倍频程测试信号测量(见 4.1),在衰减器的全量程范围内,衰减器任何两档测得的读数之间的误差不应超过 2 dB;在任何 80 dB 的范围内不应超过 1 dB。若不满足该要求,应对数据进行线性偏差校正。

只要可能,该项检查应通过声学测试,将同一个信号从所有测试通道同时重放,以接近实际测试时的系统线性特性,并包括测量系统中所有可能存在的非线性部分。合适的平均时间很重要。当声学测量得到的声压与背景噪声的级差小于 20 dB 时(最低测试信号声压级会出现这种情况),应在扬声器的输入端使用纯音或 1/3 倍频程测试信号进行信号电压的线性度测量。

4.3.4 为了确保系统的频率响应在其动态范围内保持恒定,应测量系统的频率响应,测试声压级范围从系统可再现的最大声压级降至背景噪声声压级,步距为 10 dB。测试信号应为 1/3 倍频程信号(见 4.1)或频率范围为 40 Hz~10 kHz 的粉红噪声。由此产生的频率响应曲线族在任何一个 1/3 倍频程测试频带内,线性偏差不应大于 2 dB。

4.3.5 测试室内应装有观察窗或视频监控,以便在测试过程中始终能清楚地观察到被试。

注: 在测试室内放置参考点定位装置能帮助被试保持头部在参考点处,如靠近被试鼻子或前额的小悬挂球,用于将被试的头部保持在参考点。测试过程中由测试人员留意该装置不会影响听阈的确定,诸如传递振动到头部等干扰,并且该装置足够小,不会影响声场的均匀性。

### 4.4 被试

4.4.1 每项实验应有 16 名被试。

4.4.2 参加实验的被试,用耳机测听时,对于 2 000 Hz 及其以下各频率测得的每一耳的听阈级,不应大于 15 dB,对于 2 000 Hz 以上各频率不应大于 25 dB。

如果测试室的背景噪声达到表 2 所列出的最大声压级,则听阈级低于-10 dB 的被试不应参加此项实验。

4.4.3 选择被试时,不应以其头部和耳朵的大小及形状作为考虑因素,但如有明显的畸形而不能戴好护听器者,则不适于参加此项实验。

4.4.4 参加实验的被试,应能用 4.1 所规定的测试信号,连续做 3 次完整的听阈判定,且各相应的中心频率的听阈相差不超过 6 dB。宜对没有经过训练的被试进行测试训练。

#### 4.5 测试步骤概述和对被试的指导

4.5.1 声衰减的测量见 4.6。

在测试中应使用至少四个(副)耳罩式护听器样品。样品应在被试间均匀分配。被试在整个测试过程中所戴的应是同一个(副)护听器。宜注意清洁耳罩式护听器,以方便不同被试的使用。

对于耳塞式护听器,应为每位被试提供一对耳塞,在整个测试过程中使用这对耳塞。

4.5.2 应让被试充分了解实验的情况和步骤。测试人员应向每位被试说明:实验目的是“由知情的、有责任心的、并按正常使用时的方式佩戴护听器的人测定声衰减”。

4.5.3 测试人员应指导被试如何正确佩戴护听器。当有多种尺寸可供选择时,测试人员应帮助被试选用大小合适的护听器。不应将声衰减的测量值作为挑选护听器尺寸和检查佩戴贴合度的依据,除非这些测量是产品或产品交付过程中的一部分。在实验过程中应摘下眼镜、耳部饰品或任何其他可能会削弱护听器封闭效果的装置。

应按照护听器制造商的说明书(一般都附有说明书)指导被试佩戴好护听器,必要时,可对被试采用口头和实物操作的方式进行说明书内容的讲解。对于用于开发目的的原型机的标准化测量,说明书可能是草稿或临时文件。测试人员确认被试能正确佩戴后,则应取下护听器。在正式测试开始前,被试应有一段安静的时间。

正式测试时,被试应进入测试室,重新佩戴好护听器,在保证合理舒适的前提下将其调整到最佳的声衰减状态。测试人员应在测试室外观察佩戴过程。应告知被试“在听一个稳态噪声时,请调整护听器的佩戴情况使听到的声音最小,使其能达到最佳声衰减状态”。试戴时用的噪声信号应为宽带随机噪声,在被试头部位置总声压级为 60 dB(A)~70 dB(A)。在被试表明达到最佳佩戴效果后,停止播放宽带噪声。

如有要求,被试佩戴好护听器后,应等待至少 2 min(或按说明书的要求,等待更长时间)后开始进行堵耳阈值的测量,目的是使护听器回弹或适应耳道或耳周区域。

正式实验开始后,不准再调整护听器。

然而,应告知被试,如果在测试过程中发现护听器的贴合度有变化要告知测试人员,并且这种情况下应停止测试。被试应重新佩戴护听器,并且测试应从第一步重新开始。如果再次发生这种情况,则应继续完成测试而不是调整护听器,并且应将声衰减数据用于 4.6 规定的计算中。

4.5.4 在测试过程中,如果出现异常情况,例如异常的噪声、信号失真或其它意外事件发生,测试应立即停止,并重新测试。

#### 4.6 护听器声衰减的测定

4.6.1 应按 ISO 8253-2 的规定测试每位被试的听阈,开放耳时测一次,正确佩戴护听器时测一次。一半被试按照“开放耳—堵耳”测试,另一半被试按照“堵耳—开放耳”测试。

4.6.2 对于每个测试信号,计算开放耳和正确佩戴护听器时的听阈差值作为每个被试的个体声衰减。

4.6.3 通过个体声衰减计算每个测试信号的平均声衰减和标准差。

## 5 夹紧力

### 5.1 耳罩

耳罩的夹紧力应用一个适当的测试装置测出。作此测量时,两个相对的耳垫之间应相距 $145\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 。应将头带内表面中点至两耳罩外壳中心连线中点间的距离调到 $130\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 。测量时头带应保持在不被固定或拘束的自由状态。测得的力应以牛顿(N)为单位。对某些类型的耳罩,如头带在颈后或颞下,用其他尺寸可能更合适。对这类产品,应给出头带的实际尺寸和夹紧力。

注:合适的测试装置和步骤的示例,见 EN 13819-1。

### 5.2 半插入式耳塞

对于半插入式耳塞的情况,夹紧力应用一个适当的测试装置测出。

注:合适的测试装置示例,见 ANSI S12.6—2016 的附录 D。

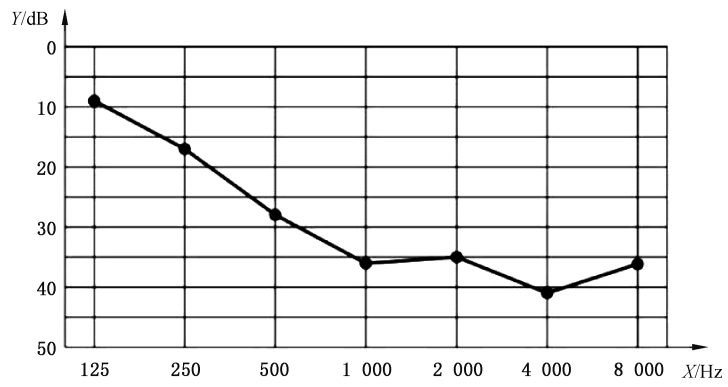
## 6 测试结果报告

测试报告应包括以下内容。

- a) 标明以本文件为依据,即 GB/T 7584.1—2026。
- b) 护听器的类型,说明护听器的可更换的部分。
- c) 每位被试对于所有测试信号的个体声衰减以及与之相对应的试验条件(如头带位置、头带夹紧力调整)。
- d) 对于每个测试信号,c)中个体声衰减的均值和标准差。
- e) 覆盖 95%的数据时的扩展测量不确定度,按附录 A。
- f) 测试日期。
- g) 被测护听器的样品数。
- h) 测试具有多种尺寸的护听器时,测试的尺寸和测试每个尺寸的被试人数。
- i) 在测试中提供给被试的由制造商给出的佩戴说明的复印件。
- j) 重新测试(如有)的实验次数及每次重测的原因。
- k) 测试耳罩和半插入式耳塞时,每个样品的夹紧力和实验条件,见 c)。
- l) 用图形形式表示的平均声衰减。按 IEC 60263 的规定,Y 轴上 50 dB 的标度长度应等于 X 轴上每十倍程的标度长度。声衰减标度在图中应向下逐渐增大。

图 1 给出了用图形表示平均声衰减的示例。

测试报告可能包含由个体声衰减得出的其他统计数据,例如中位数、相应的百分位数和范围。计算时应包含全部被试的数据。



标引符号说明：

X——测试信号的中心频率；

Y——声衰减。

图 1 护听器平均声衰减值示例

附 录 A

(规范性)

护听器声衰减测量的不确定度

A.1 概述

按本文件测量护听器的平均声衰减,其不确定度来自多个方面。如:被试群体的选择、被试护听器佩戴的贴合度、被试听阈的确定、测试人员和实施测试方案的变化、声场/背景噪声/测试设备的影响等。以下描述来自 ISO/IEC Guide 98-3 中给出的大纲。

对本文件规定的测试信号,计算声衰减值  $A$  的模型(包含不确定度)见公式(A.1):

$$A = A_{\text{REAT}} + \delta_{\text{meth}} + \delta_{\text{eq}} + \delta_{\text{env}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$A_{\text{REAT}}$ ——根据本文件测量的真耳声衰减结果;

$\delta_{\text{meth}}$  ——由被试群体的选择、护听器佩戴的贴合度、被试确定听阈的变化、测试人员和实施方案的变化、样品变化而产生改变引入的量;

$\delta_{\text{eq}}$  ——由测试信号产生设备的性能偏差引入的量;

$\delta_{\text{env}}$  ——非理想或变化的环境条件(如声场和环境噪声)造成的影响引入的量。

每个不确定性源都有一个相关的概率密度函数。每项来源的最优估计是均值。假设公式(A.1)中  $\delta$  项的均值为零,则  $A_{\text{REAT}}$  是  $A$  的最优估计。每项来源  $i$  的标准差是与该来源相关的标准不确定度  $u_i$  的估计。

合成不确定度  $u$  取决于所有来源的标准不确定度  $u_i$  和它们的灵敏系数  $c_i$ 。灵敏系数是对声衰减值如何被相应输入量的改变所影响的一种度量。合成标准不确定度由灵敏系数加权的各个标准不确定度的平方和的平方根计算得到[见公式(A.2)]:

$$u = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$u$  ——合成不确定度;

$c_i$  ——来源  $i$  的灵敏系数;

$u_i$  ——来源  $i$  的标准不确定度。

在模型[公式(A.1)]中,假定所有标准不确定度  $u_i$  的概率分布均为正态分布,所有的灵敏系数  $c_i$  均为 1。

注:标准不确定度是根据德国联邦物理技术研究所、巴西个人防护设备实验室、北欧和欧洲循环测试、美国国家职业安全与健康研究所、澳大利亚国家声学实验室的测量结果,并辅以经验知识估算而得的。

表 A.1 给出了对输入量  $\delta_{\text{meth}}$ ,  $\delta_{\text{eq}}$  和  $\delta_{\text{env}}$  的一般估计。与输入量  $\delta_{\text{meth}}$  相关的标准不确定度  $u_{\text{meth}}$  的值与频率有关。表 A.2 对三个频率范围内的测试信号分别规定了  $u_{\text{meth}}$ 。实验室之间的不确定度  $u_{\text{meth}}$  大于实验室内,并且耳塞的不确定度通常比耳罩的大。假定  $u_{\text{eq}}$  和  $u_{\text{env}}$  的值与测试频率无关。

本附录所提供的标准不确定度值对测试护听器中通常进行的测量和使用设备具有代表性。

表 A.1 确定护听器不确定度的通用表

来源	均值估计 dB	标准不确定度 $u_i$ dB	概率分布	灵敏系数 $c_i$	不确定度贡献 $u_i \cdot C_i$ dB
$\delta_{\text{meth}}$	0	$u_{\text{meth}}$	正态	1	$u_{\text{meth}}$
$\delta_{\text{eq}}$	0	$u_{\text{eq}}$	正态	1	$u_{\text{eq}}$
$\delta_{\text{env}}$	0	$u_{\text{env}}$	正态	1	$u_{\text{env}}$

扩展不确定度  $U_{95}$  通过将合成标准不确定度  $u$  乘以包含因子  $k=2$  (适用于正态分布参数) 计算, 这样从  $A-U_{95}$  到  $A+U_{95}$  的区间覆盖了 95% 的  $A$  值。

### A.2 实验室内的不确定度

实验室内的合成不确定度  $u$  是平均声衰减的标准差。通过计算个体声衰减数据的标准差除以被试人数的平方根来估计, 即  $\sqrt{16}=4$ 。

A.1 中引用的调查已用于寻找典型的不确定度值。表 A.2 给出了实验室内耳塞和耳罩在不同频率范围的不确定度贡献估算值, 也给出了合成测量不确定度和扩展测量不确定度。

表 A.2 实验室内平均声衰减的不确定度估算

组成	不确定度贡献 dB		
	<250 Hz	250 Hz~4 kHz	>4 kHz
$u_{\text{meth}}$ : 16 名被试的平均声衰减不确定度			
——耳塞	1.5	1.0	1.5
——耳罩	1.0	0.6	1.0
$u_{\text{eq}}$ : 测试信号产生设备的不确定度	0.2	0.2	0.2
$u_{\text{env}}$ : 偏离理想测试环境的不确定度	0.5	0.5	0.5
合成标准不确定度 $u$			
——单耳塞	1.6	1.1	1.6
——单耳罩	1.1	0.8	1.1
扩展测量不确定度 $U_{95}$			
——单耳塞	3.2	2.3	3.2
——单耳罩	2.3	1.6	2.3

注: 在四舍五入到小数点后一位之前, 所有计算均以全精度进行。

针对特定测试地点的一组给定测量值以及特定的护听器, 合成不确定度是根据个体声衰减值计算得出的。如下面的示例所示。

表 A.3 给出了根据本文件在特定实验室内测量的耳罩数据的示例。该表中计算的合成标准不确定度为均值的实验标准差, 也称均值的标准误差。注意, 该值能从特定实验室的声衰减数据中计算

得出。

表 A.3 某实验室的耳罩测试数据(dB)示例

被试	频率 Hz						
	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
1	9.6	13.5	27.5	32.4	35.2	29.1	28.5
2	14.1	20.2	25.8	32.0	28.9	35.3	35.7
3	21.8	27.8	28.3	46.6	37.4	40.1	38.7
4	18.5	22.2	36.5	44.8	39.1	30.6	33.5
5	15.6	21.9	31.8	42.5	38.9	38.3	37.1
6	18.7	28.6	31.3	39.0	35.6	35.3	29.4
7	23.0	26.5	34.0	41.3	40.8	38.7	35.9
8	17.3	21.7	25.0	30.7	38.6	37.9	40.8
9	19.4	19.6	28.0	36.6	40.7	34.9	39.4
10	11.6	20.4	22.6	38.0	39.2	33.9	30.3
11	20.5	21.8	29.2	40.7	36.2	35.7	38.4
12	18.3	19.6	26.2	34.6	32.7	34.9	26.6
13	15.1	17.5	30.1	39.0	39.4	38.2	39.5
14	21.7	20.8	28.3	39.5	38.1	40.0	38.4
15	15.9	17.8	26	40.6	38.0	40.2	37.2
16	11.8	18.4	29.6	37.2	40.8	36.0	29.9
均值	17.1	21.1	28.8	38.5	37.5	36.2	35.0
标准差( $\sigma$ )	3.9	3.9	3.5	4.5	3.2	3.2	4.6
合成标准不确定度, $u_c(\sigma/\sqrt{N})$	1.0	1.0	0.9	1.1	0.8	0.8	1.1
扩展测量不确定度, $U_{95}$	2.0	1.9	1.7	2.2	1.6	1.6	2.3
注 1: 每行数据代表每位被试在各测试频率的个体声衰减值。 注 2: 在四舍五入到小数点后一位之前,所有计算均以全精度进行。							

附录 B 给出了两个不同护听器声衰减测量的评估指南。

附录 B

(资料性)

两个不同护听器声衰减测量的评估

B.1 实验室内扩展测量不确定度的应用

B.1.1 使用典型的不确定度估计

作为表 A.2 中不确定度值的应用的一个例子,考虑两个声衰减测量值的比较。这些测量是在给定实验室内对两个不同的耳塞在两种情况下进行的。问题是:这两种结果是否存在显著差异?

如果均值的差异小于两倍的扩展测量不确定度( $U_{95}$ )除以 2 的平方根,则不能认为这两个声衰减测量值在统计上有显著差异。当认定存在显著差异时,必要的最小差异是  $2 \times U_{95} / \sqrt{2} = \sqrt{2} \times U_{95}$ ,其中  $U_{95}$  为扩展测量不确定度。

根据表 A.2,耳塞的扩展测量不确定度在 250 Hz~4 kHz 的频率范围内是 2.3 dB。因此,最小的差异是  $\sqrt{2} \times 2.3 \text{ dB} = 3.3 \text{ dB}$  (四舍五入到小数点后一位)。因此,在这个频率范围内两个测试值相差超过 3.3 dB,才能在 95% 的置信水平上认为存在显著差异。

对于耳罩,在 250 Hz~4 kHz 的频率范围内,最小差异为 2.3 dB。

B.1.2 使用由特定实验室的测试数据得到的不确定度值

表 B.1 给出了根据本文件对两种测试条件(例如头带位置)测量的耳罩数据示例,并给出了每个测试的均值  $m$ 、标准差  $\delta_1$  和扩展测量不确定度  $U_{95}$ 。扩展测量不确定度是合成标准不确定度的两倍。合成标准不确定度是标准差除以被试人数的平方根。测试 1 的数据同表 A.3。

均值之间可能存在的显著差异能通过表 B.1 最后两行进行评估:倒数第二行为两个测试均值之间的绝对差异;最后一行给出了扩展测量不确定度平方和的平方根的计算结果。当倒数第二行的绝对差异大于最后一行的值时,均值之间的差异在 5% 水平显著。

该示例表明,在 125 Hz~4 000 Hz 的频率范围内,两种测试条件下测得的声衰减没有显著差异。而在 8 000 Hz 看到有显著差异。

表 B.1 两次测量的均值比较

	频率 Hz						
	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
测试 1							
均值, $m_1$	17.1	21.1	28.8	38.5	37.5	36.2	35.0
标准差, $\delta_1$	3.9	3.9	3.5	4.5	3.2	3.2	4.6
扩展测量不确定度, $U_{95,1}$	2.0	1.9	1.7	2.2	1.6	1.6	2.3
测试 2							
均值, $m_2$	16.8	21.0	28.3	38.2	35.5	34.6	38.9
标准差, $\delta_2$	3.1	2.4	2.7	3.1	3.0	3.3	4.9

表 B.1 两次测量的均值比较 (续)

	频率 Hz						
	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
扩展测量不确定度, $U_{95,2}$	1.6	1.2	1.4	1.5	1.5	1.7	2.5
均值差, $m_1 - m_2$ (绝对值)	0.3	0.1	0.5	0.3	2.0	1.6	4.0
平方和的平方根 $\sqrt{U_{95,1}^2 + U_{95,2}^2}$	2.5	2.3	2.2	2.7	2.2	2.3	3.4
注 1: 如果两个扩展测量不确定度值相同, 则最后一行的计算与表 B.2 的计算相同。 注 2: 在四舍五入到小数点后一位之前, 所有计算均以全精度进行。							

## B.2 实验室之间扩展测量不确定度的应用

A.1 中引用的调查已被用于寻找实验室之间不确定度的典型不确定度值。表 B.2 给出了实验室之间对耳塞和耳罩以及不同频率范围的不确定度贡献的估计值, 还给出了合成测量不确定度和扩展测量不确定度。

表 B.2 实验室之间平均声衰减不确定度估计

组成	不确定度贡献 dB		
	<250 Hz	250 Hz~4 kHz	>4 kHz
$u_{\text{meth}}$ : 16 名被试的平均声衰减不确定度			
——耳塞	4.0	3.2	3.2
——耳罩	1.8	2.3	3.2
$u_{\text{eq}}$ : 测试信号产生设备的不确定度	0.3	0.3	0.3
$u_{\text{env}}$ : 偏离理想测试环境的不确定度	0.8	0.8	0.8
合成标准不确定度 $u$			
——单耳塞	4.1	3.3	3.3
——单耳罩	2.0	2.5	3.3
扩展测量不确定度 $U_{95}$			
——单耳塞	8.2	6.6	6.6
——单耳罩	4.0	4.9	6.6
注: 在四舍五入到小数点后一位之前, 所有计算均以全精度进行。			

作为表 B.2 中不确定度值的应用的示例, 考虑两个声衰减测量值的比较。这些测量是在两个不同的实验室内对相同种类的耳塞进行的。问题是: 这两种结果是否存在显著差异?

如果均值的差异小于两倍的扩展测量不确定度 ( $U_{95}$ ) 除以 2 的平方根, 则不能认为这两个声衰减值在统计上有显著差异。当认定存在显著差异时, 必要的最小差异是  $2 \times U_{95} / \sqrt{2} = \sqrt{2} \times U_{95}$ , 其中  $U_{95}$  为扩展测量不确定度。

根据表 B.2,耳塞的扩展测量不确定度在 250 Hz~4 kHz 的频率范围内是 6.6 dB。因此,最小的差异是 $\sqrt{2} \times 6.6 \text{ dB} = 9.3 \text{ dB}$  (四舍五入到小数点后一位)。因此,在这个频率范围内两个测试值相差大于 9.3 dB,才能认为在 95%的置信水平上存在显著差异。

对于耳罩,在 250 Hz~4 kHz 的频率范围内,最小的差异为 6.9 dB。

## 附录 C

(资料性)

## 测试信号的最小和最大声压级

本附录给出了在测量典型的护听器声衰减时,包括扬声器系统在内的设备宜产生的声压级示例。这些声压级是资料性的(不是强制性的),显示了测试护听器所需要的大动态范围。

反映声压级变化需要的最小值至少比被试听阈低 10 dB。无论使用何种测试流程(上升法, Békésy 跟踪法,或其他公认的方法),都宜使它能够呈现出低于和高于听阈的声级。

示例: 在 1 000 Hz 时,为了能够确定被试在 -10 dB(声压级)的听阈,所需要的最低声压级为 -20 dB。

表 C.1 中给出的最大值指示了测量有极高声衰减的护听器所必需的声压级。在这样的高声压级上,任何来自设备的失真都是听不见的。一般而言,失真更多出现在低频。在耳塞和耳罩的双重防护下,很可能会观察到像 45 dB~55 dB 或更高的声衰减,这可达到或接近被试对空气声的骨导阈值。当被试同时佩戴护听器以及完全包裹头部的头盔时,可观察到更高的声衰减。例如,对于听力阈值在本文件所允许的限度内(即 2 000 Hz 以上,最高为 25 dB)的被试,在佩戴这样的设备时堵耳阈值约为 70 dB~80 dB。阈值确定还需要有额外的(至少)10 dB 声压级变化。因此,表中的值为 90 dB。

表 C.1 测试信号的最小和最大声压级

中心频率 Hz	最小和最大测试信号声压级 <sup>a</sup> (基准声压:20 $\mu$ Pa) dB
63 <sup>b</sup>	10~80
125	-5~70
250	-10~70
500	-15~80
1 000	-20~80
$\geq 2 000$	-20~90

<sup>a</sup> 较低的声压级能根据电测量结果计算得出。

<sup>b</sup> 若在可选的中心频率 63 Hz 处进行了测量。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 4854.1—2004 声学 校准测听设备的基准零级 第1部分:压耳式耳机纯音基准等效阈声压级
- [2] ISO 354 Acoustics—Measurement of sound absorption in a reverberation room
- [3] ISO 389-1 Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 1: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones
- [4] ISO/TS 4869-5 Acoustics—Hearing protectors—Part 5: Method for estimation of noise reduction using fitting by inexperienced test subjects
- [5] ISO 7240-24:2016 Fire detection and fire alarm systems—Part 24: Fire alarm loudspeakers
- [6] ISO 8253-1 Acoustics—Audiometric test methods—Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry
- [7] ISO/IEC Guide 98-3 Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [8] EN 13819-1 Hearing protectors—Testing—Part 1: Physical Test methods
- [9] ANSI S3.20-2015 Bioacoustical terminology
- [10] ANSI S12.6-2016 Methods for measuring the real-ear attenuation of hearing protectors
- [11] Poulsen T., Hagerman B.A Nordic Round Robin Test on hearing protectors. The influence of the sound field on measured REAT attenuation. *ACUSTICA-Acta-Acustica*, 2004, 90 pp.838-846.
- [12] Jensen N.S., Poulsen T. On the sound field requirements in the hearing protector standard ISO 4869-1. *ACUSTICA-Acta Acustica*, 1999, 85 p.825-831.
- [13] Brinkmann K., Richter U. Repeatability and reproducibility of sound attenuation measurements on hearing protectors according to ISO 4869. Internal Report. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Germany, F.R., 1988.
- [14] Gerges R.N.C., Gerges S.N.Y. Uncertainty calculation for hearing protector noise attenuation measurements for one specific brand in one laboratory. Paper 843, Proceedings of the 44th Inter.Noise 2015, San Francisco, USA, 9-12 August 2015.
- [15] Lima F., Gerges S., Zmijevski T., Bender D., Gerges R. Uncertainty calculation for hearing protector noise attenuation measurements by REAT method. *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.* 2010, XXXIII (1), pp. 28-36.
- [16] Poulsen T. Nordic round robin test in hearing protector measurements. Vol. 1, Internal Report No. 21. The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, 1984.
- [17] Shipton M.S. Intercomparison of measurements on ear protectors by subjective and objective test methods. Final report on the 1982 EEC intercomparison. EUR 10575 E.N. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 1986.
- [18] Murphy W.J., Byrne D.C., Gauger D., Ahroon W.A., Berger E., Gerges S.N.Y., McKinley R.L., Witt B., Krieg E.F. Results of the National Institute for Occupational Safety and Health-U.S. Environmental Protection Agency interlaboratory comparison of American National Standards Institute S12.6-1997 Methods A and B. *J. Acoust. Soc. of Am.* 2009, 125 (5), pp. 3262-77.
- [19] Williams W. A different perspective on the analysis of hearing protector attenuation test data for NRR. *Noise Control Engineering Journal*. 2006, 54 (5), pp. 376-381.

[20] Williams W. An explanation for the apparent poor performance of some hearing protectors. *Acoustics Australia*, 2003, 31 (2), pp. 31-62.

---

中华人民共和国  
国家标准  
声学 护听器 第1部分：  
声衰减测量的主观方法

GB/T 7584.1—2026/ISO 4869-1:2018

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址:www.spc.net.cn

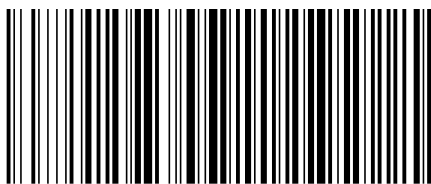
服务热线:400-168-0010

2026年2月第1版

\*

书号:155066·1-83760

版权专有 侵权必究



GB/T 7584.1-2026