



中华人民共和国国家标准

GB/T 16296.1—2018/ISO 8253-1:2010
代替 GB/T 16403—1996

声学 测听方法 第 1 部分：纯音气导和骨导测听法

Acoustics—Audiometric test methods—
Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry

(ISO 8253-1:2010, IDT)

2018-03-15 发布

2018-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

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 测听方法的一般问题	4
4.1 概述	4
4.2 校准测听设备的基准零级	4
4.3 对测听设备的要求	4
4.4 合格的测试人员	4
4.5 测试时间	4
4.6 测听环境条件	5
4.7 测量不确定度	5
5 测听前受试者的准备和对受试者的指导以及佩戴换能器	5
5.1 受试者的准备	5
5.2 对受试者的指导	5
5.3 换能器的配戴	6
6 固定频率测听法测定气导听阈级	6
6.1 概述	6
6.2 手动法测定听阈	6
6.3 自动记录听力计法听阈的确定	8
6.4 计算机控制法听阈的测定	9
7 扫频测听法气导听阈级的测定	9
7.1 概述	9
7.2 测试音的发送	9
7.3 熟悉	9
7.4 听阈级的测定	9
7.5 规定频率的听阈级的计算	9
8 骨导听阈测定法	10
8.1 测听方法	10
8.2 堵耳	10
8.3 骨振器的空气声辐射	10
8.4 振动触觉感	10
8.5 骨导测听中加掩蔽的测试步骤	10
9 筛查测听法	11

9.1	概述	11
9.2	筛查测试的步骤	11
10	听力图	11
11	允许的环境噪声	12
11.1	听阈测定允许的环境噪声	12
11.2	对环境噪声的心理声学校验	12
12	测听设备的维护和校准	15
12.1	概述	15
12.2	校验的间隔时间	16
12.3	A 级——常规检查及主观校验	16
12.4	B 级——定期客观校验	17
12.5	C 级——基本校准测试	17
附录 A (资料性附录)	测量不确定度	18
参考文献		22

前 言

GB/T 16296《声学 测听方法》包括以下 3 个部分:

- 第 1 部分:纯音气导和骨导测听法;
- 第 2 部分:用纯音及窄带测试信号的声场测听;
- 第 3 部分:言语测听。

本部分为 GB/T 16296 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 16403—1996《声学 测听方法 纯音气导和骨导听阈基本测听法》。

本部分与 GB/T 16403—1996 相比,主要技术变化如下:

- 删除了引用标准 IEC 373:1971、ISO 389-4:1994、IEC 804:1985(见 1996 年版);
- 增加了规范性引用文件 GB/T 4854.5、GB/T 4854.8、ISO/IEC 指南 98-3(见第 2 章);
- 修改了术语和定义 3.2、3.3、3.6、3.8、3.10、3.12、3.16、3.21、3.22 和 3.23 的有关内容(见 3.2、3.3、3.6、3.8、3.10、3.12、3.16、3.21、3.22、3.23,1996 年版的 3.2、3.3、3.6、3.8、3.10、3.12、3.16、3.21、3.22、3.23);
- 增加了测量不确定度内容(见 4.7 和附录 A);
- 增加了 6.2.3、6.2.4、7.1 和 9.2 的概述条款(见 6.2.3.1、6.2.4.1、6.3.1、7.1、9.2.1);
- 修改了听力图的有关内容(见表 1,1996 年版的表 1);
- 增加了对测量环境噪声的仪器的要求(见 11.1);
- 增加了表 3 中插入式耳机和耳罩式耳机的声衰减量(见 11.1 表 3);
- 将 1996 年版的附录 A 改为参考文献(见参考文献,1996 年版的附录 A)。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 8253-1:2010《声学 测听方法 第 1 部分:纯音气导和骨导测听法》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 3241—2010 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器(IEC 61260:1995,MOD);
- GB/T 3785.1—2010 电声学 声级计 第 1 部分:规范(IEC 61672-1:2002,IDT);
- 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(ISO 389-1:1998,IDT);
- GB/T 4854.3—1998 声学 校准测听设备的基准零级 第 3 部分:骨振器纯音基准等效阈力级(eqv ISO 389-3:1994);
- GB/T 4854.5—2008 声学 校准测听设备的基准零级 第 5 部分:8 kHz~16 kHz 频率范围纯音基准等效阈声压级(ISO 389-5:2006,IDT);
- GB/T 4854.8—2007 声学 校准测听设备的基准零级 第 8 部分:耳罩式耳机纯音基准等效阈声压级(ISO 389-8:2004,IDT);
- GB/T 16402—1996 声学 插入式耳机纯音基准等效阈声压级(eqv ISO 389-2:1994)。

本部分由中国科学院提出。

本部分由全国声学标准化技术委员会(SAC/TC 17)归口。

本部分起草单位:解放军总医院耳鼻咽喉研究所、中国科学院声学研究所、青岛理工大学、中国电子科技集团公司第三研究所。

本部分主要起草人:武文明、冀飞、于黎明、李晓东、桑晋秋、刘碧龙、程晓斌、吕亚东、戴根华、韩捷。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 16403—1996。

引 言

本部分规定了经耳机和骨振器给受试者发送纯音信号测定听阈的基本方法和要求,不包括电生理测试方法。

要使听力测试获得可靠的结果,涉及很多因素。GB/T 7341.1—2010 规定了对听力计的要求。对使用中的测听仪器的检查、校准和维护是很重要的,本部分简要叙述了有关校准方面的问题。为了避免测听室中的环境噪声掩蔽测试信号,环境噪声级应不超过一定的值,这与向受试者发送信号的方法,即采用不同的耳机或骨振器有关。本部分给出了所测的听阈级低至 0 dB 时,环境噪声应不得超过的最大允许声压级。还给出了要求测量其他最小听阈级时允许的最高环境噪声级。本部分规定了用纯音气导和骨导测听法确定听阈级的方法步骤。对筛查测听,只简要叙述了气导测听法。

测听可用下列设备进行:

- a) 手动听力计;
- b) 自动记录听力计;
- c) 计算机控制测听设备。

本部分对这 3 种类型的信号发送方式,给出了听阈测定方法。对于筛查测听,只介绍了采用手动或计算机控制听力计的测听方法。这种测听方法适用于大多数成年人和儿童。用其他方法也可能得出与等同于本部分规定的方法测得的结果。对年龄很小的儿童、老年人或身体不适者,可能要求对本部分推荐的方法步骤做某些修改,而这种修改可能导致测听结果不够精确。

声学 测听方法
第 1 部分：纯音气导和骨导测听法

1 范围

GB/T 16296 的本部分规定了纯音气导和骨导听阈测定的方法、步骤和要求。对筛查测听，只规定纯音气导测试的方法。

此方法可能不适用于特殊的人群，如年龄很小的儿童。

本部分不包括对受试者听阈级以上的声级进行测听的方法。

本部分未规定言语测听、电生理测听和以扬声器为声源的测听方法和要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

GB/T 7341.1—2010 电声学 测听设备 第 1 部分：纯音听力计(IEC 60645-1:2001, IDT)

ISO 389-1 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(Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 1: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones)

ISO 389-2 声学 校准测听设备的基准零级 第 2 部分：插入式耳机纯音基准等效阈声压级(Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 2: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones)

ISO 389-3:1994 声学 校准测听设备的基准零级 第 3 部分：骨振器纯音基准等效阈力级(Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 3: Reference equivalent threshold force levels for pure tones and bone vibrators)

ISO 389-5 声学 校准测听设备的基准零级 第 5 部分：8 kHz~16 kHz 频率范围纯音基准等效阈声压级(Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 5: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz)

ISO 389-8 声学 校准测听设备的基准零级 第 8 部分：耳罩式耳机纯音基准等效阈声压级(Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones)

ISO/IEC 指南 98-3 测量不确定度 第 3 部分：测量不确定表达指南[Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM; 1995)]

IEC 61260 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器(Electroacoustics—Octave-band and fractional-octave-band filters)

IEC 61672-1 电声学 声级计 第 1 部分：规范(Electroacoustics—Sound level meters—Part 1: Specifications)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

GB/T 16296.1—2018/ISO 8253-1:2010

3.1

气导 air conduction

声音在空气中经过外耳和中耳传到内耳的过程。

3.2

耳模拟器 ear simulator

测量声源声输出的装置,声压由一个经过校准的、耦合到声源的传声器测量。该装置的总声阻抗接近规定位置 and 规定频带的正常人耳的声阻抗。

注: IEC 60318-1^[4] 和 IEC 60318-4^[6] 对耳模拟器作了规定。

3.3

声耦合器 acoustic coupler

测量声源声输出的装置,声压由一个经过校准的、耦合到声源的传声器测量。耦合器是一个形状和容积预先确定的腔体,其声阻抗不需接近正常人耳的声阻抗。

注: IEC 60318-3^[5] 和 IEC 60318-5^[7] 对声耦合器作了规定。

3.4

骨导 bone conduction

主要由颅骨的机械振动将声音传到内耳的过程。

3.5

骨振器 bone vibrator

通过振动颅骨而引起听觉的机电换能器。

3.6

力耦合器 mechanical coupler

为对一骨振器施加规定的静态力,使其呈现规定的力阻抗而设计的装置。力耦合器配备一机电换能器,以测量其与骨振器之间接触面上的振动力级。

注: IEC 60318-6^[8] 对力耦合器作了规定。

3.7

耳科正常人 otologically normal person

健康状况正常的人,无任何耳病症状、耳道无耵聍堵塞、无过度噪声暴露史、无耳毒性药物使用史或家族性听力损失。

3.8

听阈 hearing threshold

在规定的条件下,受试者在重复试验中做出正确察觉反应能达到预定百分数的最低声压级或振动力级。

注: 预定百分数常取为 50%。

3.9

等效阈声压级 equivalent threshold sound pressure level

以规定的力将规定类型的耳机戴在给定测试耳,测得规定频率上的听阈,以得到听阈时的电压激励该耳机,使其在规定的声耦合器或耳模拟器中产生的声压级。

3.10

基准等效阈声压级 reference equivalent threshold sound pressure level; RETSPL

对规定的频率,用规定类型的耳机,在规定的声耦合器或耳模拟器中,测得的数量足够大的男女两性、年龄为 18 岁~25 岁的耳科正常人的耳的等效阈声压级的中位数。

注: ISO 389-1 述及的年龄范围是 18 岁~30 岁,并规定为(等效阈声压级的)众数值。

3.11

等效阈振动力级 equivalent threshold vibratory force level

以规定的力将规定型号的骨振器戴在人的乳突或前额部,测得给定耳规定频率的听阈,以得出听阈

时的电压激励该骨振器,使其在规定的力耦合器上产生的振动力级。

3.12

基准等效阈振动力级 reference equivalent threshold vibratory force level; RETFL

对规定的频率,用规定型号的骨振器,在规定的力耦合器上,测得的数量足够大的男女两性、年龄为18岁~25岁的耳科正常人的耳的等效阈力级的中位数。

注: ISO 389-3 述及的年龄范围是18岁~30岁,并规定为(等效阈力级的)算术平均值。

3.13

纯音听力级 hearing level of a pure tone; HL of a pure tone

在规定的频率,采用规定类型的换能器,以规定的佩戴方式,由换能器在规定的耳模拟器或力耦合器中产生的声压级或振动力级,减去相应的基准等效阈声压级或基准等效阈振动力级。

3.14

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,以听力级表示的该频率的听阈。

3.15

堵耳效应 occlusion effect

当耳机罩在耳上或耳塞置于外耳道口时,会在外耳道内形成一个封闭的空气腔,从而会导致到达内耳的骨导信号级改变(一般是上升)的现象。

注: 堵耳效应在低频时最大。

3.16

掩蔽 masking

给定耳对一特定的声的听阈因另一个掩蔽声的存在而上升的现象。

3.17

频带噪声的有效掩蔽级 effective masking level of a noise band

由于掩蔽频带噪声的存在,使相当于该频带几何中心频率的纯音的听力级的听阈提高,此时该纯音听力级即为频带噪声的有效掩蔽级。

注: GB/T 7341.1—2010 中 8.5.2a) 规定,窄带噪声掩蔽级用有效掩蔽级校准。

3.18

振动触觉阈级 vibrotactile threshold level

某人在重复测试中,因皮肤的振动感觉而能作出 50% 的正确觉察反应的振动力级或声压级。

3.19

纯音听力计 pure tone audiometer

配有耳机、可提供规定频率的已知声压级的纯音的电声仪器。

注: 它还可配备骨振器及/或具有掩蔽功能。

3.20

手动听力计 manual audiometer

信号发送、频率和听力级的选取,以及结果记录,都由手动控制的听力计。

3.21

自动记录听力计 automatic-recording audiometer

信号的发送、听力级的改变、频率的选择或改变,以及受试者反应的记录,都自动完成的听力计。

注: 听力级的改变由受试者控制,并自动记录。

3.22

固定频率自动测听法 automatic fixed-frequency audiometry

规定频率听力级的改变由受试者控制并自动记录的测听法。

3.23

扫频自动测听法 automatic sweep-frequency audiometry

听力级的改变由受试者控制,而频率连续变化,或以远小于 $1/3$ 倍频程分档的测听法。

3.24

筛查测听法 screening audiometry

发送固定声级(筛查级)的纯音,判断受试者是否听到的测听法。

3.25

听力图 audiogram

用图或表的形式表示的,在规定条件下,按规定方法测得的测试耳的听阈级与频率的关系。

4 测听方法的一般问题

4.1 概述

听阈级可用气导和骨导测听法测定。气导测听法由耳机将测试信号发送给受试者,骨导测听法由位于受试者乳突或前额的骨振器发送测试信号。建议先做气导听阈级测定,而后做骨导听阈级测定。可用几个固定频率的测试音(固定频率测听法),或用频率按预定速率随时间改变的测试信号(扫频测听法)测定听阈级。第6章给出了固定频率的测听法,第7章叙述扫频测听法。在气导和骨导测试中,两耳的听阈级应分别测定。在规定条件下,非测试耳(对侧耳)应加掩蔽噪声。掩蔽噪声经压耳式、耳罩式或插入式耳机发送给非测试耳。

4.2 校准测听设备的基准零级

气导听力计的基准零级由 ISO 389-1、ISO 389-2、ISO 389-5 和 ISO 389-8 给出,骨导听力计的基准零级由 ISO 389-3 给出。两种基准零级分别用规定频率上的基准等效阈声压级(RET SPL)和振动力级(RET VFL)表示。不同的 RET VFL 适用于骨振器所在的不同位置,即乳突或前额。ISO 389-3:1994 列出骨振器在乳突的位置,而其附录 C 给出骨振器在乳突和前额位置之间的差值。

4.3 对测听设备的要求

听力计应按 GB/T 7341.1 的规定制造,并按 ISO 389 相关部分的要求校准。对职业性测听和在校儿童的测试,可用 4 型听力计(GB/T 7341.1—2010),频率范围有时刻定在 500 Hz 及以上。

4.4 合格的测试人员

合格的测试人员应理解为曾受过测听理论和实际操作课程培训的人员,由国家主管部门或其他适当的机构认定资格。本部分所有的测试假定仅由合格的测试人员亲自操作或在其监督指导下进行。

测试人员宜对以下本部分未规定的测听细节做出决断;

- 先测左耳还是右耳(通常选择较灵敏耳);
- 是否加掩蔽;
- 受试者的反应是否与测试信号相应;
- 有无任何会影响测试有效性的外部噪声事件或受试者的行为反应;
- 是否中断、终止或重复全部或部分测试。

4.5 测试时间

应注意不要使受试者过度疲劳,因若测试进行 20 min 后受试者仍未得到休息,则要得到可靠结果将更困难。

4.6 测听环境条件

测听室中的环境声压级应不超过第 11 章所规定的值。

在测听过程中,测试人员和受试者都应坐得舒适,不应受附近人员或无关事物的干扰或分散注意力。

测听室内的气温,应在当地权威机构允许的范围内。测听室应能充分地通风换气。

如果听力计系手动操作,测试人员应能清楚地看到受试者,但受试者应看不到听力计键盘的操作和发送信号或中断。当使用自动记录听力计时,记录系统应不被受试者看到。

当测试是在测听室外进行时,应通过观察窗或闭路电视对受试者监视。宜对受试者进行声监听。

4.7 测量不确定度

按照本部分规定的任何一种测听方法测得的听阈级不确定度,取决于各种参数的变化,如:

- a) 所用测听设备的性能;
- b) 所用换能器的类型和测试人员给受试者佩戴的情况;
- c) 测试音的频率;
- d) 测听室的环境条件,尤其是环境噪声;
- e) 测试人员的资质和经验;
- f) 受试者的配合程度及其反应的可靠性;
- g) 非最佳掩蔽噪声的使用。

由于测量过程的复杂性,包括测试人员和受试者的个人行为,用普通单一的有效数字表示测量不确定度是很困难的。然而,对测量不确定度的仔细评估,为听力测试可靠性提供了有用的资料,为大多数应用中的不确定度提供了充分的估计。

按照本部分得到的测量结果不确定度,应根据 ISO/IEC 指南 98-3 予以估计。如果出具测试报告,应按 ISO/IEC 指南 98-3 的规定,给出扩展不确定度及其在规定的包含概率下相应的包含因子。附录 A 给出了确定扩展不确定度的指南。

5 测听前受试者的准备和对受试者的指导以及佩戴换能器

5.1 受试者的准备

近期的噪声暴露可引起听阈级暂时性上升。因此,宜避免在测听前有明显的噪声暴露,如有,应在测听报告中注明。为了避免过度紧张而导致的错误,受试者应在测试前 5 min 来到测试室。

通常,在测听前由一合格的人员做耳镜检查。如外耳道中发现有耵聍堵塞,应将其除去,并视情况延迟一段时间再做测听。还宜检查外耳道是否可能塌陷,如可能塌陷,则应采取适当的措施。

注 1: 通过音叉测试可获得有关听力损失和是否需要掩蔽的初步印象。

注 2: 合格人员的资质可由国家主管部门或其他适当的机构认定。合格人员不一定就是与 4.4 中叙述的合格的测试人员同样的人。

5.2 对受试者的指导

为获得可靠的测试结果,应给予受试者关于测试相关步骤的无歧义的指导,使其充分了解。

指导应是采用适合受试者的语言组成的短句,正常情况下应包括:

- a) 怎样作出反应;
- b) 在任一耳听到不管多么轻微的纯音时,都要作出反应;
- c) 在听到纯音时应立即作出反应,当不再听到纯音时应立即停止反应;
- d) 纯音的一般音调序列;
- e) 先测试的耳。

受试者的反应,应能明确地看出是在表示听到纯音和不再听到纯音。常用的反应示例有:

- 按下和松开信号按钮;
- 举起和放下手或手指。

还应指导受试者避免不必要的活动,以防发生额外的噪声。在做指导后,还应询问其是否明白,应让受试者知道,有任何不舒适时可中断测试。如有任何疑问,宜再次指导。

5.3 换能器的配戴

测试前,应摘下眼镜、头饰,必要时摘下助听器。应尽可能将换能器(即耳机和骨振器)和头之间的头发拨开。换能器应由测试人员为受试者佩戴在正确的位置,并应告知受试者,此后不要碰触换能器。耳机的声孔应正对耳道入口。骨振器的佩戴,应使其端部有尽可能大的面积与头颅接触。如果放在乳突上,应放在耳后最接近耳廓处,而又不接触耳廓。

6 固定频率测听法测定气导听阈级

6.1 概述

可用手动听力计或自动记录听力计做测听。在 6.2、6.3 和 6.4 中规定了测试步骤。

听力计由手动完成设置时,测试音发送次序从 1 000 Hz 开始向上,接着以频率降序做较低频段的测试。先测的耳在 1 000 Hz 重复测试一次。

在低频高听力级时,可能会有振动触觉感。应注意勿将这种感觉当成听觉。

自动记录听力计发送测试音的次序,最好与手动测听时的次序一致。

6.2 手动法测定听阈

6.2.1 测试音的发送与中断

测试音应连续地发送 1 s~2 s 的时程,当受试者有反应时,测试音发送之间隔应予以改变,但不应比测试音时程短。除非另有说明,在本部分中都是用这种方法发送测试音。

有时可用自动脉冲式发送的纯音作替代刺激,但目前尚无相关数据可资用。如用这种刺激音,宜在听力图上注明。

6.2.2 初步熟悉

在测定听阈之前,应先发送一足够强的信号,以引起受试者作出明确的反应,使其熟悉测试任务。通过这一熟悉步骤,测试人员能够确认受试者已了解并能作出反应。

例如,可以用下列的熟悉方法:

- a) 发送一个 1 000 Hz 的纯音,其听力级应清晰可闻,例如,对听力正常的受试者取为 40 dB;
- b) 以 20 dB 一档降低纯音级,直至不再作出反应;
- c) 以 10 dB 一档增加纯音级,直至作出反应;
- d) 以相同的纯音级再次发送纯音。

如果反应和发送的声音一致,则已熟悉。如不一致,则宜重复发送,如再次失败,则宜重复指导。

对极重度耳聋者,这些步骤可能不适用。

6.2.3 掩蔽和不加掩蔽听阈级的测定

6.2.3.1 概述

6.2.3.2 给出了非测试耳不加掩蔽噪声的测试方法;6.2.3.3 给出了加掩蔽噪声的测试方法;6.2.4 给出了计算听阈级的方法。

6.2.3.2 不加掩蔽的测试步骤

本条规定了两种手动听力计的测听方法:上升法和升降法。这两种方法仅在于发送给受试者的测试音级的次序方面有所不同。

采用上升法时,发送音级逐级递增的连续测试音,直至作出反应。

采用升降法时,发送音级逐级递增的连续测试音,直至作出反应,然后再发送音级逐级递减的连续测试音。

当正确地进行测试时,这两种方法测得的听阈级基本相同。

使用上升法测试和使用升降法测试,差别只是下述测试步骤中的第2步。

如果任一测试耳在任一频率的听阈级测试结果等于或高于40 dB听力级,因存在交叉听力现象,对此结果宜慎重解释。此时对侧耳须加掩蔽。

第1步

发送一个在熟悉阶段受试者作出反应的最低音级以下10 dB的测试音。每次对这测试音未作出反应后,就以5 dB为一档逐次加大测试音级,直至作出反应。

第2步

上升法

得到反应后,以10 dB为一档逐次降低测试音级,直至不再作出反应,而后再以5 dB为一档开始另一次上升,直至作出反应。如此继续测试,直至在最多5次上升中有3次反应出现在同一测试音级,则此声级就确定为听阈级(见6.2.4.2)。

如果在5次上升中,在同一声级的反应少于3次,则再发送一个比最后作出反应时的声级高10 dB的测试音给受试者,然后重复常规测试步骤:作出反应后下降10 dB,再以5 dB为一档上升,直至作出反应。

上升法的一种简化法证明可得到几乎相同的结果,它在某些情况下适用。在这种简化上升法中,在3次上升中至少有2次在同一声级作出反应。

升降法

得出反应后,将测试音级增加5 dB,继而以5 dB一档开始下降,直至没有反应。然后再将测试音级降低5 dB,开始下一次上升测试,如此连续完成3次上升和3次下降。

升降法的简化法可适用于某些情况。简化在于省略了没有反应后再下降5 dB这一步;或只需两次上升两次下降,条件是4次最小反应级之间的差不大于5 dB。

第3步

从前面的反应估计一个可听到的测试音级,以这音级发送下一个频率的测试音,再重复第2步,对一耳完成全部频率的测试。

重复第2步,测试完一耳的全部测试频率。

注:对任何频率,可做重复熟悉和简化操作。

最后,重复1 000 Hz的测试。如果对该耳1 000 Hz的重复测试结果,与其在开始时的测得的结果相差不超过5 dB,就可以进行另一耳的测试。如能分辨出听阈级有10 dB或更大的改善或变差,则应按相同的频率次序,对下一个频率重复测试,直至两次测试结果相差不超过5 dB。

第4步

继续进行测试,直到两耳测试完为止。

6.2.3.3 加掩蔽的测试步骤

为避免非测试耳听到测试音,可能需在非测试耳加掩蔽噪声。下面叙述用耳机加掩蔽噪声信号的测试步骤。

虽然在很大程度上,经验支配测试步骤和掩蔽噪声级的选择,但建议按下述步骤测定加掩蔽的听

阈级。

第 1 步

在测试耳未加掩蔽的听阈级上,给测试耳发送一个测试音。同时对非测试耳发送有效掩蔽级等于该耳听阈级的掩蔽噪声。然后加大噪声级直至听不到测试音,或噪声级超过测试音级。

第 2 步

当所加的噪声级等于测试音级时受试者仍能听到测试音,则这一音级即为听阈级。如果测试音被掩蔽,就加大其音级,直至再听到它为止。

第 3 步

将噪声级增加 5 dB。如果受试者听不到纯音,加大纯音级直至再次听到。重复这一步骤,直至掩蔽噪声从某一噪声级增加 10 dB 以上受试者还能听到纯音。也就是说,在大于这一掩蔽噪声级时,不需要再加大纯音级受试者仍能听到纯音,该掩蔽级即为正确的掩蔽级。这一步骤可得出该测试频率的正确听阈级。记下这一正确的掩蔽级。

注 1: 这是平台搜索法,有些平台窄的情况,上述步骤可能得出错误结果。

注 2: 掩蔽噪声还可能掩蔽测试耳的测试音。这种现象称为过掩蔽。可用合适的插入式耳机加掩蔽噪声予以降低。

6.2.4 听阈级的计算

6.2.4.1 概述

根据所用的测试方法,每一耳和每一频率的听阈级按以下步骤确定。

6.2.4.2 用上升法确定听阈级

对每一耳每一频率,确定在一半以上的上升中有反应的最低音级。这一最低反应级被定义为听阈级。

如果在给定频率上得到的多个最低反应级之间相差大于 10 dB,宜认为测试结果不可靠,宜复测并在听力图中注明。

6.2.4.3 升降法听阈级的确定

对每一耳每一频率,将上升时有反应的最低音级平均。同样,对每一耳和每一频率,将下降时有反应的低音级平均。对每一耳和每一频率,确定以上述方式得到的两个平均数的均值。将这一均值修约至最接近的 5 dB 档,即为该耳该频率的听阈级。

如果在上升时的最低反应音级之间有 10 dB 以上的偏差,或下降时的最低反应音级之间有 10 dB 以上的偏差,则宜复测。

6.3 自动记录听力计法听阈的确定

6.3.1 概述

自动记录听力计通常无掩蔽功能。因此,这一方法只限于气导测听和不需加掩蔽的情况。

6.3.2 测试音的发送

测试音可以脉冲式或连续方式发送。最好用脉冲式测试音测定听阈。当脉冲式测试音和连续测试音两种都用时,应先发送脉冲式测试音。

在 GB/T 7341.1—2010 中对脉冲式测试音的时间特性作出了规定。

注 1: 连续音只为一些特定的听力学诊断目的而使用。

注 2: 不同仪器之间级的增量可能有变化,但典型的小于 1 dB。衰减速率通常为 2.5 dB/s(见 GB/T 7341.1—2010, 8.4.2)。

6.3.3 熟悉

在测定听阈级之前,应让受试者熟悉测试音和如何作出反应:

- a) 在第1个测试频率(1 000 Hz)启动衰减系统,但不必启动记录系统;
- b) 观察受试者的动作,练习 20 s~30 s,得知其是否已了解如何配合作出反应,如已了解,则开启记录系统。否则,应再次讲解指导。

6.3.4 听阈级的测试

记录系统启动后,应连续测试,直至一次把双耳都测完。

6.3.5 听阈级的计算

应采用以下方法计算测试结果:

- a) 对频率改变后,曲线上的第1组峰和谷的倒转,及以后小于或等于 3 dB 的峰和谷的倒转都忽略不计;
 - b) 对给定耳和频率,将该耳频率曲线上的峰和谷分别平均;
 - c) 确定 b) 中两平均数的均值,将此均值修约至最接近的整分贝数,即为该耳在该频率的听阈级。
- 如有下列情况之一者,宜考虑结果的可靠性值得怀疑,宜做复测:
- 峰和峰与/或谷和谷相差超过 10 dB;
 - a) 以后少于 6 组峰和谷。

注1: 当曲线的升降是有规则的,可用较简单的“视觉平均法”,得到非常接近于用以上方法的得到的结果。

注2: 按平均计算,用手动测听法和自动记录测听法测得的听阈级之间有差别。本部分假设这一差别为 3 dB。用自动记录测听法测得的听阈级,比用 5 dB 一档的手动测听法测得听阈级低。

6.4 计算机控制法听阈的测定

由计算机控制的测听仪器的程序和操作,应做到取得与本部分叙述的测听方法得到相同的结果。

7 扫频测听法气导听阈级的测定

7.1 概述

在扫频测听法中,以规定的变化速率(通常在 0.5 倍频程/min 到 2.0 倍频程/min 范围)自动扫描规定的频率范围。正常的扫描方向是由低到高,但也可用相反的方向。

扫频听力计常无掩蔽功能。因此,只限于做气导测听和无需掩蔽的情况。

7.2 测试音的发送

测试音可以脉冲式或连续方式发送。最好用脉冲式测试音测定听阈。当脉冲式测试音和连续测试音两种都用时,应先发送脉冲式测试音。

7.3 熟悉

在测定听阈级之前,应先让受试者熟悉测试音和如何作出反应:

- a) 在需要测试的最低频率启动衰减系统,但不启动记录系统;
- b) 观察受试者的动作,练习 20 s~30 s,得知其是否已了解如何配合作出反应,如已了解,则开启记录系统。否则,应再次讲解指导。

7.4 听阈级的测定

在记录系统启动后,应连续测试,直至一次把双耳都测完。

7.5 规定频率的听阈级的计算

对一规定频率,通常计算曲线上最接近该频率的 3 个峰的平均值和 3 个谷的平均值来确定听阈级。

两平均数的均值修约至最近的整分贝数,即为该耳在该频率的听阈级。

听阈级还可通过 3 对连续的峰和谷的平均形成的半连续频率函数来确定。频率曲线上这 6 个峰和谷级的 dB 数的算术平均,就是与这 3 对峰和谷所在的 6 个频率的几何平均值相等的频率的听阈级。

注 1: 如果用于得出平均值的 3 个峰或谷之间相差大于 10 dB,则测得的听阈级不太可靠。

注 2: 当曲线的升降是规律的,那么只简单地平均每一对峰-谷和每一对谷-峰,或“视觉平均”得出的结果,和上述方法的结果极为相近。

8 骨导听阈测定法

8.1 测听方法

气导听阈级在某种程度上取决于测听方法。对骨导测听法,这方面没有系统的研究。因此,目前对骨导测听所使用的不同技术方法(手动或自动记录),尚无数量上的修正值可推荐。对骨导测听,应采用与气导测听相同的方法。

注: 当不需要精密测定单耳骨导听阈时,可不加掩蔽做骨导测听。

8.2 堵耳

做骨导测听的耳不宜被堵住,如被堵住(见 8.3 的注),应在听力图中注明。

8.3 骨振器的空气声辐射

当骨振器与没有外耳和中耳功能障碍的受试者头部接触时,骨振器辐射的任何空气声的声级宜足够低,以保证在真正骨导听阈级和由骨振器诱发的假气导听阈级之间有足够的差别。

如在 2 000 Hz 以上频率不符合这种条件时,可在受试者外耳道中插入一耳塞来排除这种不希望有的声辐射效应。然而,也宜考虑堵耳效应发生在 2 000 Hz 以上频率的可能性。

注: 在 GB/T 7341.1 中叙述了详细的测试步骤。

8.4 振动触觉感

骨振器在乳突位置,平均说,振动触觉感觉阈与 250 Hz 约 40 dB,500 Hz 约 60 dB,1 000 Hz 约 70 dB 的听力级相当。然而,可有很大的个体差异。因此,应注意不要把振动触觉误以为是听觉。

注: 如骨振器是放在前额位校准听力计,上述的值约低 10 dB。

8.5 骨导测听中加掩蔽的测试步骤

虽然在很大程度上,经验支配测试步骤和掩蔽噪声级的选择,但建议按下述步骤测定加掩蔽的骨导听阈级:

第 1 步

在为受试者戴好骨振器后,把掩蔽耳机戴在非测试耳。注意两个换能器的头带应不要互相干扰,按 6.2.3.2 中叙述的简化法中的一种,在不加掩蔽噪声的条件下测定听阈级。

注 1: 因为非测试耳可能存在堵耳效应,所以这一结果不一定代表未加掩蔽时骨导听阈的真实估计。

第 2 步

对非测试耳发送相当于该耳气导听阈的有效掩蔽级的掩蔽噪声。在这一声级重复发送测试音,逐次增加噪声级,直至不再听到测试音,或直到噪声级超过测试音级 40 dB。

第 3 步

如果当噪声级在测试音级以上 40 dB 时仍能听到测试音,则认为这测试音级就是听阈级。如果测试音被掩蔽,则增加其音级直至再次听到。

第 4 步

将噪声级增加 5 dB。如果受试者听不到纯音,加大纯音级直至再次听到。重复这一步骤,直至掩

蔽噪声从某一噪声级增加 10 dB 以上受试者还能听到纯音。也就是说,在大于这一掩蔽噪声级时,不需要再加大纯音级受试者仍能听到纯音,该掩蔽级即为正确的掩蔽级。这一步骤可得出该测试频率的正确听阈级。记下这一正确的掩蔽级。

注 2: 这是平台搜索法。有些情况平台窄,上述步骤可能得出不正确的结果。

注 3: 掩蔽噪声也可能掩蔽测试耳的测试音,这一现象称为过掩蔽。可采用一适当的插入式耳机发送掩蔽噪声,能降低过掩蔽。

注 4: 由于中枢掩蔽,平台的斜率可能大于零。

注 5: 在某些情况下,每 10 dB 一档增加噪声级是适当的。

9 筛查测听法

9.1 概述

用筛查测听法,筛查级的测试音对受试者而言可听到或听不到。测试结果显示,听阈比所用的筛查级或低(较好),或相等,或较高(更差)。

在受试者对筛查测试未通过的那些频率,筛查测听法宜与听阈测定联合使用,宜采用第 6 章所述的测试步骤。

在测听前,受试者的准备和对受试者的指导,见第 5 章。

9.2 筛查测试的步骤

9.2.1 概述

在 9.2.2 和 9.2.3 中分别规定了手动筛查测听法和计算机控制筛查测听法的步骤。

9.2.2 手动筛查测听

测试包括发送一个或几个预设频率和声级的测试音,并记录受试者的反应。

测试频率从 1 000 Hz 开始按升序发送,然后按降序到 1 000 Hz 以下的频率范围。

首先给受试者右耳发送 1 000 Hz、听力级 40 dB 的纯音,以核查受试者对指导说明是否已了解。如不了解,再次指导,并再次发送测试音。如受试者仍不作出反应,则加大测试音级,直至作出反应。

调节测试音级到所要求的筛查级,并发送持续 1 s~2 s、间隔 3 s~5 s 的两个测试音。如果二者都能听到,则受试者就通过了这一频率的筛查测试。如只听到 1 个,再发送第 3 个测试音,如果第 3 个听到了,则受试者应通过了筛查测试。如果第 3 个测试音未听到,或者前两个测试音中的任何一个都未听到,则受试者未通过 1 000 Hz 所选筛查级的筛查测试。继续对所要求的其他频率的测试。然后测试左耳。

9.2.3 计算机控制筛查测试

由计算机控制的测听设备的编程和操作,应能做到取得与 9.2.2 规定的方法测得的一致结果。

10 听力图

听阈级可用表或听力图的形式表示。听力图频率坐标轴上一个倍频程,对应听力级坐标轴上 20 dB。要用听力图表示听阈级时,应采用表 1 中给出的符号。对气导,相邻点应用直线连接,骨导可用虚线连接。

如果在听力计的最大输出级仍无反应,宜在相应的符号处垂直向下画一箭头,或在符号的下外角与垂直方向约成 45°角向下画一箭头(即左耳符号箭头向右,右耳箭头符号向左)。无反应的符号应标记在听力图上表示听力计的最大输出的听力级上。

如用彩色笔记录,右耳符号和连线应为红色,左耳符号和连线应为蓝色。
由筛查测听法得出的结果,应清楚地照此表示出来。

表 1 表示听阈级的图示符号

测试类型	右耳	左耳
气导-无掩蔽	○	×
气导-无掩蔽,无反应符号图例	○	×
气导-加掩蔽	△	□
骨导-无掩蔽,乳突部位	<	>
骨导-加掩蔽,乳突部位	┌	┐
骨导-加掩蔽,前额部位	└	┘
骨导-无掩蔽,前额部位	V	
注:当气导加掩蔽也用符号(○,×)表示时,宜在听力图中注明加了掩蔽。		

11 允许的环境噪声

11.1 听阈测定允许的环境噪声

测听室内的环境声压级应不超过某些规定的值,以免掩蔽测试音。这些规定的 1/3 倍频带最大环境允许声压级,以 $L_{s,max}$ 表示,适用于:

- a) 最低听阈级是 0 dB;
- b) 最低测试音级为 +5 dB,可容许的最大阈移(不确定度)为 +2 dB;
- c) 两种发送测试音的方法——经耳机做气导测听和经骨振器做骨导测听;
- d) 做气导测听的 3 种测试音的频率范围:125 Hz~8 000 Hz、250 Hz~8 000 Hz 和 500 Hz~8 000 Hz;
- e) 做骨导测听的 2 种频率范围:125 Hz~8 000 Hz 和 250 Hz~8 000 Hz。

表 2 列出用典型通用的压耳式耳机做气导测听时的 $L_{s,max}$ 。表 3 中给出了这些耳机的平均声衰减。这些数值是基于两种商用耳机的实验数据。如果用其他类型耳机,应将这些耳机的声衰减与表 3 中所列数值之差,加上表 2 中的 $L_{s,max}$ 。纯音骨导测听的 $L_{s,max}$ 值见表 4。

如要测的最小听阈级不是 0 dB,要将表 2 和表 4 中的数值加上要测的最小听阈级,得到合适的 $L_{s,max}$ 值。

对环境噪声的测量,应在正常测听时具有代表性的条件下进行。如果测听时通风系统在工作,噪声测量应在该系统运行中进行。测量应在测听室中受试者的头部位置,且在受试者不在场时进行。测量应使用符合 IEC 61672-1 要求的声级和符合 IEC 61260 要求的滤波器,并且噪声级至少比所测的声压级低 6 dB。

11.2 对环境噪声的心理声学校验

如果不能进行声压级测量,可由至少两名听力图稳定,且所有频率的听阈级都比在常规测听时所用的最低听阈还低(听力较好)的受试者进行测听,以对环境噪声做心理声学校验。如果用这种方法得出的听阈级,比原听力图高 5 dB 或更高,就表示需降低室内噪声,如果在室内做骨导测听,应以测骨导的方法校验。测听应在平时正常测听条件下进行。

表 2 用典型通用的压耳式耳机做低至 0 dB 的听阈级气导测听时，
1/3 倍频带的最大允许环境声压级， $L_{s,max}$

1/3 倍频带的中心频率 Hz	最大允许环境声压级 ^a $L_{s,max}$ (基准:20 μ Pa) dB		
	测试音频率范围		
	125 Hz~8 000 Hz	250 Hz~8 000 Hz	500 Hz~8 000 Hz
31.5	56	66	78
40	52	62	73
50	47	57	68
63	42	52	64
80	38	48	59
100	33	43	55
125	28	39	51
160	23	30	47
200	20	20	42
250	19	19	37
315	18	18	33
400	18	18	24
500	18	18	18
630	18	18	18
800	20	20	20
1 000	23	23	23
1 250	25	25	25
1 600	27	27	27
2 000	30	30	30
2 500	32	32	32
3 150	34	34	34
4 000	36	36	36
5 000	35	35	35
6 300	34	34	34
8 000	33	33	33
注：用所列数值，要测的最低听阈级为 0 dB，由环境噪声引起的最大不确定度为+2 dB，如允许环境噪声引起的最大不确定度为+5 dB，则表中之数值可加 8 dB。			
^a 资料来源：ISO 389-4 ^[1] 、ISO 389-7 ^[2] 。			

表 3 不同类型耳机的平均声衰减

频率 Hz	典型通用压耳式耳机 ^{a,b,c} dB	插入式耳机 ER-3A ^{d,e,f} dB	耳罩式耳机 HDA 200 ^{d,e,g} dB
31.5	0	33	—
40	0	33	—
50	0	33	—
63	1	33	17
80	1	33	16
100	2	33	15
125	3	33	15
160	4	34	15
200	5	35	16
250	5	36	16
315	5	37	18
400	6	37	20
500	7	38	23
630	9	37	25
800	11	37	27
1 000	15	37	29
1 250	18	35	30
1 600	21	34	31
2 000	26	33	32
2 500	28	35	37
3 150	31	37	41
4 000	32	40	46
5 000	29	41	45
6 300	26	42	45
8 000	24	43	44
^a 所列的数值是根据用 Telephonics TDH 39^d加 MX41/AR 耳垫和 Beyer DT 48^d 耳机,在自由声场中用纯音测得的。 ^b 衰减数据是在扩散声场中用窄带噪声测得的较为实际的衰减特性。 ^c 资料来源:参考文献[10],[11],[16]。 ^d 表中所列数据适用于按照 ISO 4869-1^[9] 规定的模拟扩散场。 ^e 这是一种商用产品。为方便本部分的用户给出此资料,但并不构成对该产品的认可。 ^f 资料来源:参考文献[17]。 ^g 资料来源:参考文献[18]。			

表 4 做低至 0 dB^a 的听阈级骨导测听时,1/3 倍频带最大允许环境声压级, $L_{s,max}$

1/3 倍频带的 中心频率 Hz	最大允许环境声压级 $L_{s,max}$ (基准:20 μ Pa) dB	
	测试频率范围	
	125 Hz~8 000 Hz	250 Hz~8 000 Hz
31.5	55	63
40	47	56
50	41	49
63	35	44
80	30	39
100	25	35
125	20	28
160	17	21
200	15	15
250	13	13
315	11	11
400	9	9
500	8	8
630	8	8
800	7	7
1 000	7	7
1 250	7	7
1 600	8	8
2 000	8	8
2 500	6	6
3 150	4	4
4 000	2	2
5 000	4	4
6 300	9	9
8 000	15	15
注 1: 用上述数据,要测量的最低听阈级为 0 dB,环境噪声所致最大不确定度为+2 dB,如允许因环境噪声所致的最大不确定度为+5 dB,则表中之数值可增加 8 dB。		
注 2: 用多数现在通用声级计,难以测量低于 5 dB 的声压级。		
^a 资料来源:ISO 389-4 ^[1] ,ISO 389-7 ^[2] 。		

12 测听设备的维护和校准

12.1 概述

听力计和相关设备的校准,对测试结果的可靠性至关重要。正在使用的测听设备应按 ISO 389 的相关部分进行校准,并符合 GB/T 7341.1 的要求。

为此,宜采用包括以下 3 级校验及校准步骤:

- a) A 级——常规校验和主观校验；
- b) B 级——定期客观校验；
- c) C 级——基本校准测试。

建议在进行 A 级和 B 级校验时,测听设备应在其正常工作位置。

12.2 校验的间隔时间

对于进行不同校验所推荐的间隔时间,只作为一种指导。除非有明显不同的间隔时间更为合适,则宜遵循本规定。

对所使用的全部设备,建议每周进行 A 级校验。每天使用前宜按照 12.3.2.2~12.3.2.6 的规定对设备进行校验。

定期客观校验(B 级),建议每 3 个月做一次。但根据经验,对已知使用条件的特定设备,只要定期仔细进行了(A 级)常规检查,不同的间隔时间也可接受。最长的间隔时间不宜超过 1 年。

如果定期进行了(A 级)和(B 级)检查,那么不需要做常规基本校准。只有当仪器有严重故障或出现错误,或长期使用后怀疑仪器不再完全符合规格时,才需要进行(C 级)校准测试。然而,如果用了 5 年,并且在维修期间未接受这种检查,那么对设备做(C 级)校准测试将是明智的。

12.3 A 级——常规检查及主观校验

12.3.1 概述

常规检查的目的是尽可能了解仪器工作是否正常,上次的校准结果有无明显变化,仪器的附件、电缆和配件有无任何会影响测试结果的缺陷。检查始终包括简单的测试,不需要测量仪器。

A 级检查最重要的环节是主观校验,这只能由无听力障碍且有极佳听力的操作者来完成。

测试时的环境噪声条件,宜比仪器正常使用中遭遇的好一些。

12.3.2 测试及校验步骤

12.3.2.1 宜进行以下测试和校验,以完全满足 A 级要求。

建议每天使用仪器之前,按 12.3.2.2~12.3.2.6 的规定进行测试。

12.3.2.2~12.3.2.10 中所述的校验步骤,宜采用常规工况下设定的听力计进行。如果用隔声室或分隔的测试室,测试宜在仪器安装好后进行,要求有一名助手协助完成检查步骤。检查包括听力计与隔声室中设备之间的连接。此外,还宜检查接线盒上的任何插头、插座与导线的连接,以及潜在的信号源不稳定和错接。

注:当由听力正常的操作者进行骨导听阈级主观测试时,从骨振器辐射出的空气声听起来很响,足以使校验失效,特别是在 2 000 Hz 以上频率。为此,在频率 2 000 Hz 以上做测试时,可戴一付气导耳机(不与听力计连接)或耳塞,使空气声有足够的衰减。

12.3.2.2 清洁和检查听力计及全部附件。检查耳机垫、插头、电源线和附件、导线有无磨损或损伤迹象,损伤或磨损严重的部件宜更换。

12.3.2.3 开机,并按说明书建议的时间预热。如果厂家未提供预热时间,则等 5 min 使仪器稳定后,再按厂家的规定调整仪器。对电池供电的仪器,按规定的方法检查电池的状态。如有可能,还要检查耳机和骨振器系列号与仪器系列号标签是否相符。

12.3.2.4 检查听力计的气导和骨导输出是否大致正确,方法是在某一听力级,比如 10 dB 或 15 dB 进行扫频,同时检查测试音是否“刚刚可听”。应在全部合适的测试频率,对两个耳机及骨振器做这项检查。

12.3.2.5 用高听力级(如气导听力级为 60 dB,骨导听力级为 40 dB),在所有频率,对仪器的各种相应功能(和两个耳机)进行检查。聆听工作状态是否正常,有无畸变,有无开关的“喀嗒”声等。检查各种耳机(包括掩蔽换能器)及骨振器的输出有无失真和间断;检查插头和导线有无连接不良;检查所有开关按

钮是否安全,指示灯和指示器工作是否正常。

12.3.2.6 检查受试者的信号系统的工作状态。

12.3.2.7 在低声级,聆听有无产生噪声或交流声的先兆,有无不希望的声音(当信号传入另一通道时突然出现的串音),或加掩蔽时音质有无任何改变。校验衰减器是否能在全量程对信号衰减,并且在发送声信号时,工作的衰减器会不会产生电噪声或机械噪声;检查开关键操作是否无声,在受试者位置有无可听的仪器辐射的噪声。

12.3.2.8 若合适,用与检查纯音功能相同的步骤,检查受试者的语音对讲线路。

12.3.2.9 检查耳机头带及骨振器头带的张力,确保旋轴关节转动灵活,无过度滞涩;检查隔噪声耳机的头带和旋轴关节有无变形或金属疲劳的先兆。

12.3.2.10 对自动记录听力计,检查记录笔和机械运行状况,以及量程开关和频率开关的功能;检查在受试者位置能否听到无关的仪器噪声。

12.4 B级——定期客观校验

定期客观校验,包括测量和测量结果与相应的标准比较(见第2章)如:

- a) 测试信号的频率;
- b) 声耦合器或耳模拟器中由耳机产生的声压级;
- c) 骨振器对力耦合器产生的振动力级;
- d) 掩蔽噪声级;
- e) 衰减档(在有效范围内,特别是60 dB以下);
- f) 谐波失真。

注1:不可能用所推荐的下列设备,对衰减器衰减范围和掩蔽噪声级做全部校验。

注2:对扫频听力计,仅在ISO 389-1、ISO 389-2、ISO 389-3、ISO 389-5和ISO 389-8规定的一些频率,有标准化校准数据可资用。

定期客观校验,至少推荐采用以下设备:

- 符合IEC 61672-1要求的1级声级计,包括一个与耳模拟器种类适配的经压力校准的电容传声器;
- 符合IEC 61260规定的倍频程和1/3倍频程滤波器组;
- 符合IEC 60318-1^[4]、IEC 60318^[5]、IEC 60318-4^[6]和IEC 60318-5^[1]规定的耳模拟器或声耦合器;
- 符合IEC 60318-6^[8]规定的力耦合器;
- 数字频率计;
- 示波器;
- 校验力耦合器工作温度(23℃)的触点温度计。

如果频率或测试声级超出校准范围,通常可加以调节,若不可调,参考做基本校准的仪器。做校准调节时,宜记录调节前、后的测量结果。

从录下仪器上的测量结果,可得知校准变化的情况。通过观察这种变化趋势,可确定需做客观校验的间隔时间。

建议仪器附上校准检查表,上面的数据供下次客观校验时参考。

12.5 C级——基本校准测试

基本校准应由有资格的实验室进行。测听设备经基本校准后,应符合GB/T 7341.1的相关要求。

当仪器经基本校准后返回后,宜在重新使用之前按12.3或12.4叙述的步骤再检验一次。

附 录 A

(资料性附录)

测量不确定度

A.1 概述

在 ISO/IEC 指南 98-3 中,给出了普遍接受的与测量结果有关的测量不确定度的表达格式。这种格式要求在被测量与几个描写可能影响测量结果的输入量之间确立一种函数关系(模型函数),这在本部分中称之为受试者的频率相关听阈级。每个输入量,都是由它的估计、它的概率分布和它的标准不确定度来表征。有关这些输入量的现有知识,将编辑成一个不确定度一览表。测量结果的标准不确定度和综合不确定度都可由这个表推导出来。

要想为按照本标准所做的每次测量,建立一个声信号不确定度一览表,现在还缺乏足够的经过科学验证的数据。但是,可给出不确定度相关来源与它们的特征量的表示式,这主要是依据经验知识。本附录举例说明了计算符合 ISO/IEC 指南 98-3 的不确定度的一般方法,它允许我们得到特定假设下不确定度的近似。

A.2 模型函数

式(A.1)给出了在某一频率测定的听阈级 L_{HT} 的表达式:

$$L_{HT} = L'_{HT} + \delta_{eq} + \delta_{tr} + \delta_n + \delta_m + \delta_{te} + \delta_{su} + \delta_{pr} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

L'_{HT} ——按照本部分规定的任何一种方法测定的听阈级(见 A.3.2);

δ_{eq} ——计及所使用的测听设备偏离标称性能时产生的输入量(A.3.3);

δ_{tr} ——计及所使用某种类型的换能器及其佩戴所产生的任何不确定度引入的输入量(A.3.4);

δ_n ——计及非理想环境条件特别是环境噪声造成的影响产生的输入量(A.3.5);

δ_m ——计及由非最佳掩蔽噪声产生的任何不确定度引入的输入量(A.3.6);

δ_{te} ——计及测试人员缺少资质和经验不足所造成的任何不确定度引入的输入量(A.3.7);

δ_{su} ——计及受试者不配合和作出不可靠的反应所产生的任何不确定度引入的输入量(A.3.8);

δ_{pr} ——计及非常困难的测量条件带来特殊问题产生的任何不确定度引入的输入量(A.3.9)。

通常把每种 δ 的估计都看作是 0 dB,表示测定的听阈级未加修正。但是,这种输入量每一个都与一个不确定度相关联,如 A.3 所述。各个输入量之间没有任何程度上的相关性。

A.3 各个输入量

A.3.1 概述

A.3.2~A.3.6 中述及的输入量,几乎在所有的测听应用中都应考虑到。而 A.3.7~A.3.9 中叙述的那些输入量。仅在由测试人员的个人判断导致的异常情况下才考虑。

A.3.2 测定的听阈级, L'_{HT}

常规测听时,受试者在某频率的听阈级通常每耳只测一次。而根据经验知识,在同样条件下重复测试,可采用下列标准不确定度。

a) 对气导测听(第 6 章和第 7 章):频率在 4 kHz 及以下为 2.5 dB,4 kHz 以上为 4 dB;

b) 对骨导测听(第8章):频率在4 kHz及以下为3 dB,4 kHz以上为5 dB。

L'_{HT} 的可能取值的概率分布可假定为正态分布,其估计表示为 $L'_{HT,est}$ (表A.1)。

A.3.3 测听设备, δ_{eq}

假定测听设备符合GB/T 7341.1—2010规定的1型和2型听力计的要求,那么其对测量不确定度的主要贡献,或许由输出级偏离标称值产生的。GB/T 7341.1—2010规定了下列最大偏差:

a) 气导:频率在4 kHz及以下为 ± 3 dB,4 kHz以上为 ± 5 dB;

b) 骨导:频率在4 kHz及以下为 ± 4 dB,4 kHz以上为 ± 5 dB。

除非掌握了相关测听设备性能的更多具体资料,否则输出级的概率分布可假定为矩形分布,由此产生的标准不确定度等于允许值的最大扩展的一半除以 $\sqrt{3}$ 。

如果听力级控制在每档5 dB,对于矩形概率分布,会导致另一个不可忽略的不确定度贡献,其标准不确定度为 $2.5/\sqrt{3}$ dB。

这两项贡献产生一个近似的总标准不确定度。如气导,频率在4 kHz及以下为:

$$\sqrt{(3/\sqrt{3})^2 + (2.5/\sqrt{3})^2} = 2.3 \text{ dB}。$$

在特殊测试情况下,例如受试者的听阈级随频率有明显变化,测试音的频率偏离标称值和测试音的谐波失真等设备性能,都可能对测试结果的总不确定度有贡献。

A.3.4 换能器及其佩戴, δ_n

正如ISO 389的相关部分所规定的,不同类型的换能器,如压耳式、耳罩式或插入式耳机及骨振器的基准等效阈声压级(RET SPL)和基准等效阈振动力级(RET VFL)是不完全相同的,而对它们之间的差别尚无精确的了解。然而,假设这些差别带来的标准不确定度,频率在4 kHz以下为1.5 dB和频率在4 kHz以上为2.5 dB,似乎是现实的。

此外,不同型号的换能器提供给受试者耳或骨的声压级或振动力级,对受试者的解剖学和生理学特征,对换能器在耳或骨上的位置,对头带力与标称值的偏差,可能具有不同的敏感度。对于骨振器,由于空气声辐射和振动触觉,可能导致更大的不确定度。目前,关于这些因素对不确定度贡献的总有效数值尚没有明确说法。然而,除非有更详尽的知识可资用,否则可假设频率在4 kHz及以下的标准不确定度为2.5 dB,4 kHz以上为3 dB。

这两种因素一起导致的近似标准不确定度,在4 kHz及以下为: $\sqrt{1.5^2 + 2.5^2}$ dB=2.9 dB,4 kHz以上为: $\sqrt{2.5^2 + 3^2}$ dB=3.9 dB。

A.3.5 环境条件, δ_n

如果环境噪声完全符合要求(见第11章),考虑对于听阈级接近0 dB的受试者,在正态概率分布条件下,可假设标准不确定度 δ_n 为2 dB。对于听阈级明显高于0 dB的受试者,环境噪声对不确定度的贡献量可忽略不计。

另一方面,在常规测试中,环境声压级经常会超过最大允许值,这将产生一个较大的不确定度贡献量。

A.3.6 掩蔽噪声, δ_m

测得的听阈级,可能会受到所用的非最佳掩蔽噪声(见6.2.3.3和8.5)的影响。目前尚不能给出这种影响对测量不确定度的通用有效贡献值。然而,如果加掩蔽噪声,在正态概率分布条件下,按常规它对测量不确定度的贡献量 δ_m 为2 dB。

A.3.7 测试人员的经验, δ_{te}

对一个有足够经验的合格测试人员(见4.4),个人判断对不确定度的贡献,可认为包括在常规重复测

试的标准不确定度(见 A.3.2)中。而在特殊情况下,把这一因素视为是对 δ_{te} 的一个附加项也是合适的。

A.3.8 受试者的反应, δ_{su}

在正常情况下,由于受试者反映的较小不一致产生的不确定度,包括在重复测量(见 A.3.2)的标准不确定度中。然而在特殊情况下,有理由把其视为是对 δ_{su} 的一个附加项。

A.3.9 特殊测量情况, δ_{pr}

有许多很难测定受试者听阈级的特例。这些情况下,可对 δ_{pr} 加一附加标准不确定度。

A.4 不确定度一览表

与测定的听阈级有关的各因素对合成不确定度贡献的大小,取决于 A.3 所述的标准不确定度 u_i , 以及相关的灵敏系数 c_i 。灵敏系数是听阈级如何受各个输入量的数值之变化的影响的量度。在数学上,其等于模型函数关于相关输入量的偏导数。各输入量的贡献由标准其不确定度和其灵敏系数之乘积给出。

表 A.1 是不确定度一览表,以表格形式列出各项不确定度贡献的现有资料。

表 A.1 确定听阈级的不确定度一览表

量	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, $c_i u_i$ dB
L'_{HT}	$L'_{HT, est}$	u_1	正态	1	u_1
δ_{eq}	0	u_2	矩形	1	u_2
δ_{tr}	0	u_3	正态	1	u_3
δ_n	0	u_4	正态	1	u_4
δ_m	0	u_5	正态	1	u_5
δ_{te}	0	u_6	正态	1	u_6
δ_{su}	0	u_7	正态	1	u_7
δ_{pr}	0	u_8	正态	1	u_8

除非有更详细的资料可资用,否则可假定任何输入量(A.3.3 所述除外)的相关值都是高斯概率分布。

A.5 合成不确定度和扩展不确定度

式(A.2)给出了听阈级的合成不确定度:

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^8 u_i^2} \dots\dots\dots (A.2)$$

ISO/IEC 指南 98-3 要求规定一个扩展不确定度 U ,使闭区间 $[L_{HT} - U, L_{HT} + U]$ 包含比如 95% 的可合理地归因于 L_{HT} 的值。为此,引入包含因子 k ,令 $U = k u$ 。对于包含概率为 95% 和正态分布的情况,有 $k = 2$ 。

A.6 举例

对一个受试者使用气导测听法在不加掩蔽的条件下测定 4 kHz 及以下频率听阈级,评估其扩展测量不确定度。假设环境噪声符合要求,且没有其他引起更多不确定度贡献的来源,则上述测量条件下确

定听阈级的不确定度一览表如表 A.2 所示。

表 A.2 上述测量条件下确定听阈级的不确定度一览表举例

量	估计 dB	标准不确定度 dB	概率分布	灵敏系数	不确定度贡献 dB
L'_{HT}	$L'_{HT,est}$	2.5	正态	1	2.5
δ_{eq}	0	2.3	矩形	1	2.3
δ_{tr}	0	2.9	正态	1	2.9
δ_n	0	2.0	正态	1	2.0

合成标准不确定度： $u=4.9$ dB。
95%包含概率的扩展测量不确定度 U ，按数值修约规则修约到整分贝数后， $U=10$ dB。

参 考 文 献

- [1] ISO 389-4 Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 4: Reference levels for narrow-band masking noise
- [2] ISO 389-7 Acoustics—Reference zero for the calibration of audiometric equipment—Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions
- [3] ISO 4869-1 Acoustics—Hearing protectors—Part 1: Subjective methods for the measurement of sound attenuation
- [4] IEC 60318-1 Electroacoustics—Simulators of human head and ear—Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones
- [5] IEC 60318-3 Electroacoustics—Simulators of human head and ear—Part 3: Acoustic coupler for the calibration of supra-aural earphones used in audiometry
- [6] IEC 60318-4 Electroacoustics—Simulators of human head and ear—Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts
- [7] IEC 60318-5 Electroacoustics—Simulators of human head and ear—Part 5: 2 cm³ coupler for the measurement of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts
- [8] IEC 60318-6 Electroacoustics—Simulators of human head and ear—Part 6: Mechanical coupler for the measurement of bone vibrators
- [9] Arlinger, S.D Comparison of ascending and bracketing methods in pure-tone audiometry: A multi-laboratory study. *Scand. Audiol.* 1979, 8, pp. 247-251
- [10] Brinkmann, K., Richter, U. Kopfhörer DT 48: Schalldämmung und Ohrverschluss-Effekt [Headphone DT48: Sound absorption and occlusion effect]. *Acustica* 1980, 47, pp. 53-54
- [11] Copeland, A.B., Mowry, H.J., III. Real-ear attenuation characteristics of selected noise-excluding audiometric receiver enclosures. *J. Acoust. Soc. Am.* 1971, 49, pp. 1757-1761
- [12] Hood, J.D. Principles and practice of bone-conduction audiometry. *Laryngoscope* 1960, 70, pp. 1211-1228
- [13] Robinson, D. W., Whittle, L. S. A comparison of self-recording and manual audiometry: Some systematic effects shown by unpractised subjects. *J. Sound Vibration* 1973, 26, pp. 41-62
- [14] Sanders, J.W. Masking. In: Katz, J., editor. *Handbook of clinical audiology*, 2nd edition, pp. 124-140. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1978
- [15] Studebaker, G. A. Clinical masking. In: Rintelmann, W. F., editor. *Hearing assessment*, pp. 51-100. Baltimore, MD: University Park Press, 1979
- [16] Tyler, R.S., Wood, E.J. A comparison of manual methods for measuring hearing levels. *Audiology* 1980, 19, pp. 316-329
- [17] Berger, E. H., Killion, M. C. Comparison of the noise attenuation of three audiometric earphones, with additional data on masking near threshold. *J. Acoust. Soc. Am.* 1989, 86, pp. 1392-1403
- [18] Gössing, P., Richter, U. Characteristic data of the circumaural earphones Sennheiser HDA 200 in the conventional and the extended high frequency range. In: Richter, U., editor. *Characteristic data of different kinds of earphones used in the extended high frequency range for pure-tone audiometry*. PTB report PTB-MA-72, Braunschweig, 2003

- [19] Laukli, E., Mair, I. W. S. High-frequency audiometry: Normative studies and preliminary experiences. *Scand. Audiol.* 1985, 14, pp. 151-158
- [20] Laukli, E., Fjermedal, O. Reproducibility of hearing threshold measurements: Supplementary data on bone-conduction and speech audiometry. *Scand. Audiol.* 1990, 19, pp. 187-190
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
声 学 测 听 方 法
第 1 部分:纯音气导和骨导测听法
GB/T 16296.1—2018/ISO 8253-1:2010

*

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)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2018 年 3 月第一版

*

书号:155066·1-59685

版权专有 侵权必究



GB/T 16296.1-2018