



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1147—2006

消声室和半消声室声学特性校准规范

Calibration Specification for Acoustic Performance of Anechoic
Rooms and Hemi-anechoic Rooms

2006-05-23 发布

2006-08-23 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

消声室和半消声室 声学特性校准规范

**Calibration Specification for Acoustic
Performance of Anechoic Rooms and
Hemi-anechoic Rooms**

JJF 1147—2006

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2006 年 5 月 23 日批准，并自 2006 年 8 月 23 日起施行。

归 口 单 位：全国声学计量技术委员会

起 草 单 位：中国计量科学研究院

中国科学院声学研究所

上海市计量测试技术研究院

本规范由全国声学计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

张美娥 （中国计量科学研究院）

陈剑林 （中国计量科学研究院）

刘 克 （中国科学院声学研究所）

顾建秀 （上海市计量测试技术研究院）

郑晓媛 （中国计量科学研究院）

帅正萍 （中国计量科学研究院）

白 滢 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 自由声场的频率范围和空间范围	(1)
5.2 本底噪声	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准器及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(4)
8 校准结果表达	(8)
8.1 校准数据处理	(8)
8.2 校准证书	(8)
8.3 校准结果不确定度的评定	(8)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 测试声源的选择和指向性测量	(9)
附录 B 空气对声波吸收的计算	(10)
附录 C 校准证书的内容	(12)
附录 D 校准结果不确定度的评定实例	(14)

消声室和半消声室声学特性校准规范

1 范围

本规范适用于消声室和半消声室声学特性的确定和评价。

2 引用文献

本规范引用下列文献

JJF 1001—1998 《通用计量术语及定义》

JJF 1059—1999 《测量不确定度评定和表示》

JJG 176—2005 《声校准器》

JJG 449—2001 《倍频程和 1/3 倍频程滤波器》

GB/T 3102.7—1993 《声学的量和单位》

GB/T 3947—1996 《声学名词术语》

GB/T 17247.1—2000 《户外传播衰减 第 1 部分：大气声吸收的计算》

ISO 3745—2003 Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic and hemi-anechoic rooms

IEC 61094 – 4: 1995 Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

本规范采用 GB/T 3947—1996 和 JJF 1001—1998 中有关的术语和定义以及 GB/T 3102.7—1993 中规定的量和单位。

4 概述

消声室是室内各面均铺设高效能吸声材料或吸声构件，使边界能有效吸收入射声能，从而使室内空间基本为自由声场的房间；半消声室是一面为反射面的消声室，以模拟半自由场空间，即一个反射面上方为自由声场的空间。消声室和半消声室广泛应用于各种电声器件和电声产品声学性能的测量，电声学测量仪器的计量校准、检测，机电产品噪声源声功率级的精密测量以及声学研究等领域。

5 计量特性

5.1 自由声场的频率范围和空间范围

消声室和半消声室的自由声场频率范围和空间范围用室内测得的声压级与反平方律理论值之间的最大允许偏差确定。

a) 对用于电声器件和电声产品声学特性测量或电声仪器计量校准、检测的消声室或半消声室，室内声压级与反平方律理论值的最大允许偏差在测试的频率范围内一般不超过 $\pm 1.0\text{dB}$ 。

b) 对用于噪声源声功率级精密测量的消声室和半消声室，室内测得声压级与反平方律理论值的最大允许偏差见表 1。

表 1 室内声压级与反平方律理论值的最大允许偏差

测试室类型	1/3 倍频带中心频率/Hz	允差/dB
消声室	≤ 630	± 1.5
	800 ~ 5000	± 1.0
	≥ 6300	± 1.5
半消声室	≤ 630	± 2.5
	800 ~ 5000	± 2.0
	≥ 6300	± 3.0

c) 也可根据实际使用需要决定室内声压级与反平方律理论值的最大允许偏差。

5.2 本底噪声

消声室和半消声室室内本底噪声至少应比被测声源的声压级低 15dB。

6 校准条件

6.1 环境条件

温 度：(15~30)℃；

相对湿度：(30~80)%；

气 压：(80~103) kPa。

6.2 标准器及其他设备

1) 信号发生器

信号发生器应满足 JJG607—2003《声频信号发生器》的要求，在测量期间幅度稳定度优于 $\pm 0.1\text{dB}$ 。

2) 功率放大器

在测量所需的频率范围内，频率响应优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，在测量期间的稳定度优于 $\pm 0.1\text{dB}$ 。

3) 测量放大器（或等效的测量仪器）

在测量所需的频率范围内，频率响应优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，在测量期间的稳定度优于 $\pm 0.1\text{dB}$ 。

4) 测量传声器

测量传声器应满足 IEC 61094—4 中 WS2F 或 WS2D 型的要求。

5) 带通滤波器

带通滤波器应满足 JJG 449—2001《倍频程和 1/3 倍频程滤波器》中 1 级的要求。

6) 电平记录仪 (用于连续测量)

在测量所需的频率范围内分辨力优于 $\pm 0.25\text{dB}$ 。

7) 声校准器

声校准器满足 JJG 176—2005《声校准器》中 1 级的要求。

8) 测试声源

测试用声源应满足:

a) 在所用频率范围内近似为点声源;

b) 具有可认定的声中心;

c) 近似为无指向性, 允许偏差满足表 2 的要求;

d) 在所用频率范围内有足够的声输出, 使每个传声器路径上所有测点的声压级都比本底噪声高 10dB 以上;

e) 在每个传声器路径测量过程中, 包括与之相连的信号发生器和功率放大器的稳定性在内, 在任何 1/3 倍频带上, 辐射声功率变化不大于 $\pm 0.5\text{dB}$ 。

测试用声源的选择和测量方法见附录 A。

表 2 测试声源指向性的允许偏差

测试室类型	1/3 倍频带中心频率/Hz	允差/dB
消声室	≤ 630	± 1.5
	800~5000	± 2.0
	6300~10000	± 2.5
	> 10000	± 5.0
半消声室	≤ 630	± 2.0
	800~5000	± 2.5
	6300~10000	± 3.0
	> 10000	± 5.0

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

消声室和半消声室声学特性的校准项目见表 3。

表 3 消声室和半消声室声学特性校准项目一览表

序 号	项 目 名 称
1	基本检查
2	自由声场的频率范围和空间范围
3	本底噪声

7.2 校准方法

7.2.1 基本检查

基本检查包括以下内容：

- a) 消声室或半消声室所处的地理位置；
- b) 内部几何形状；
- c) 采用的隔声隔振结构，吸声构件的几何形状、结构尺寸、吸声材料、后空腔尺寸，安装吸声构件后净空间的尺寸；
- d) 半消声室反射面的材料和大致的吸声系数；
- e) 消声室内工作人员行走网的情况；
- f) 隔声门的构造及关闭严密程度；
- g) 电缆线通过的管道端口密封情况；
- h) 室内除测量用设备外是否有其他反射物体，如有固定测件使用的基础或支架无法移走，是否采取适当措施避免产生不必要的反射等。

i) 当半消声室反射面不是壁面时，此反射面是否因振动而发声辐射存在。基本检查结果应完整记录并在校准报告中详细描述。

7.2.2 自由声场的频率范围和空间范围

测量装置方框图如图 1 和图 2 所示。

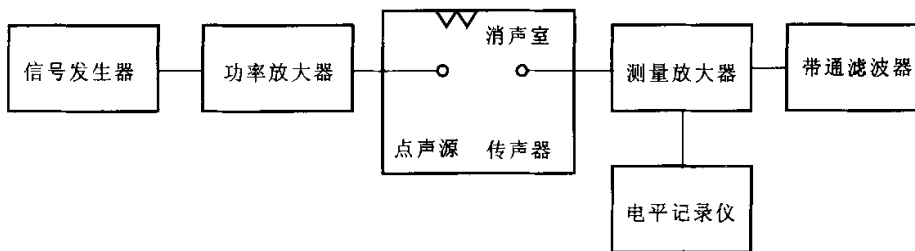


图 1 消声室自由声场频率范围和空间范围的测量装置方框图

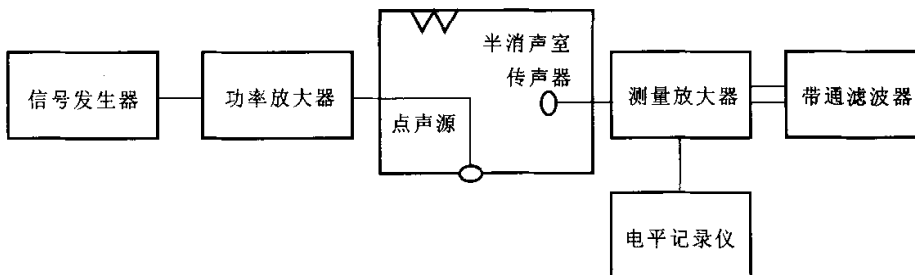


图 2 半消声室自由声场频率范围和空间范围的测量装置方框图

a) 测试声源放置

对于消声室，应使测试声源假定的声中心（可取声源辐射振膜的中心或球形声源的

几何中心,实际的声中心位置根据测量结果计算得到)尽可能位于房间的几何中心(或根据房间的具体情况和实际使用需要放置),对于专门用于电声产品等测量的消声室,声源假定的声中心可位于距离工作人员行走网以上 1.2m 左右并于行走网平行的平面的中心,由于实际使用时一般将对角线方向作为测量工作线,因此还需要将声源置于对角线的一端距吸声面一定距离处,增加工作线路径的测量。

对于半消声室,测试声源假定的声中心尽可能位于房间反射面的中心(也可根据房间具体形状和实际工作需要选取)。放置时,声源应位于反射面的平面上,使测试声源的声中心尽可能地接近反射面,最好在 0.1 波长之内。在任何情况下,声中心与反射面的距离不应超过 0.15m。若半消声室建造时在反射面中心留有安装声源的小空腔,则可将声源放置于空腔内并使其辐射表面与反射面平齐。

测试声源按选定的方位放置,并对所有传声器路径保持这一方位。

b) 确定传声器路径

传声器至少沿 5 条直线路径离开声源,直线路径的延长线穿过声源中心。其中 4 条路径从声源至房间角上(两面墙和天花板或底面的相交处),为关键传声器路径,其余路径可根据用户实际测量需要安排。对于半消声室,应避免路径太靠近反射面并与反射面平行。对于消声室,4 个关键传声器路径应位于房间的工作区域,即室内正常测量所用的部分,当室内没有明确的工作区域时,所选的角应位于通过房间中心的假想平面内。对专门用于电声产品等测量的消声室,所选的角一般位于距离工作人员行走网以上 1.2m 左右(或根据实际工作需要)并于行走网平行的假想平面内,其他所有传声器路径均位于此平面内。传声器基本路径示意图见图 3,另外附加实际工作线路径。

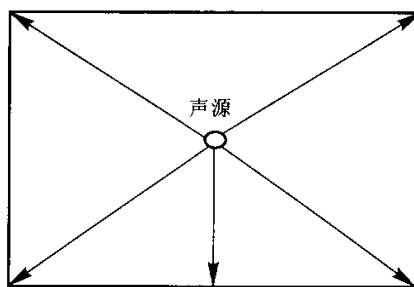


图 3 传声器基本路径示意图

c) 选择测试信号

对用于噪声源声功率级测量的消声室和半消声室,测试信号一般采用随机噪声,有时也可采用正弦信号,不过应注意吸声结构的特征和实际使用要求,因为不同的测试信号会引起测量不确定度的差异。对专门用于电声产品等测量的消声室和半消声室,由于其测量对象以纯音辐射为主,因此应选用正弦信号测量。

d) 测量声压级

调节测试信号的输出,使传声器路径上所有测点上的声压级都比本底噪声高 15dB 以上。测试传声器朝向声源,一般从距离测试声源假定声中心 0.5m 处开始测量声场的声压级,滤波器使用 1/3 倍频程带宽,低端起始频率为消声室或半消室设计或用户实际需要的频率,在 125Hz 以下和 4kHz 以上,按 1/3 倍频带中心频率测量,在 125Hz 和 4kHz 之间,可按倍频程中心频率测量。当测试信号为无规噪声时,测量系统的平均时间应足够长,以得到稳定的声压级读数。

对用于噪声源声功率级测量的消声室和半消声室,声压级测量一般至 10kHz 中心频率。

对专门用于电声产品等测量的消声室,声压级测量一般可至 20kHz 中心频率。

将传声器按选定的路径向吸声壁面方向移动至下一个测点,测点之间的距离相等并不大于 0.1m,最终一个测点的位置根据用户实际所需的测量表面尺寸确定,当没有明确要求时,最终的测点与吸声壁面的距离应不大于 0.75m,每条测量路径上的测点数不少于 10 个。

依次测量各选定路径所有测点上的声压级。

当用纯音信号作连续记录测量时,应保证传声器移动系统与记录仪有良好的同步,传声器移动速度不可太快,应使声压级变化能及时反应出来,并严格避免移动系统对声场的反射干扰。按点测法的规定记录各选定路径上所有频带上的声场声压级衰减曲线。

e) 计算反平方律声压级

根据 d) 条的测量结果,对每一传声器路径的每一个测量频率,按以下公式计算反平方律声压级 (dB):

$$L_p(r) = 20 \lg \left[\frac{a}{r - r_0} \right] \quad (1)$$

式中: $L_p(r)$ ——距离 r 处的反平方律声压级, dB;

r ——测量距离, m。

参数 a 由下式 (2) 给出:

$$a = \frac{\left[\sum_{i=1}^N r_i \right]^2 - N \sum_{i=1}^N r_i^2}{\sum_{i=1}^N r_i \sum_{i=1}^N q_i - N \sum_{i=1}^N r_i q_i} \quad (2)$$

其中: $q_i = 10^{-0.05 L_{pi}}$

L_{pi} ——第 i 个测量点的声压级, dB;

r_i ——声源假定声中心到测量点的距离;

N ——沿每个传声器路径的测量点的数目。

r_0 为沿传声器移动轴线的声中心的补偿,即声源实际声中心与假定声中心之间相差的距离。 r_0 由下式给出:

$$r_0 = - \left[\frac{\sum_{i=1}^N r_i \sum_{i=1}^N r_i q_i - \sum_{i=1}^N r_i^2 \sum_{i=1}^N q_i}{\sum_{i=1}^N r_i \sum_{i=1}^N q_i - N \sum_{i=1}^N r_i q_i} \right] \quad (3)$$

f) 与反平方律声压级的偏差

所有测量位置上的声压级与根据反平方律估计的对应声压级之间的偏差由下式确定:

$$\Delta L_{pi} = L_{pi} - L_p(r_i) \quad (4)$$

式中： ΔL_{pi} ——与反平方律声压级的偏差，dB；

L_{pi} ——第 i 个测量位置的声压级，dB；

$L_p(r_i)$ ——由反平方律计算的距 r_i 处的声压级，dB。

如果用连续记录的方法，则得到声压级对距离的连续记录曲线。可从记录结果取得大量等距离间隔点上的声压级，点之间间隔的选择应符合 7.2.2 d) 的规定。然后按 7.2.2 e) 计算偏差，或将理论曲线与测量曲线相比较来确定偏差。把曲线的前面一部分对准重合，比较时应与横坐标或纵坐标平行移动。记下记录曲线上各距离处声压级与理论曲线值的偏差。

将以上所得偏差与 5.1 条给出的最大允许偏差进行比较，确定被校消声室和半消声室的自由场频率范围和空间范围。

消声室和半消声室的自由场空间范围可用自由声场半径表示，或者用自由声场范围与吸声壁面的距离表示。根据需要，也可给出不同频段和不同方向上的自由场空间范围。

g) 空气吸收的修正

消声室和半消声室用于噪声源声功率级测量时，一般不考虑室内空气对声波吸收的影响；当用于电声测试或者声学研究等需要宽频率范围或者更高的准确度时，校准时在中高频段需要先对 d) 条的测量结果进行空气吸收影响修正，然后再进行计算。连续记录的曲线也需修正。空气对声波的吸收影响见附录 B。

7.2.3 本底噪声测量

测量装置方框图见图 4。

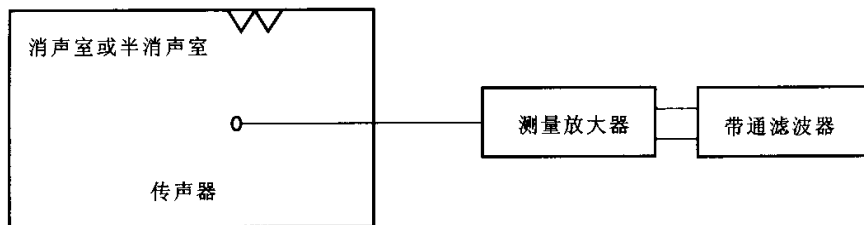


图 4 本底噪声测量装置方框图

a) 测点位置选择

消声室或半消声室内选择 3 至 5 个测点，测点数量根据房间大小决定，测点一般位于房间几何中心及常规工作位置，也可根据实际需要设置测点。测量时，消声室或半消声室的密闭隔声门应关闭，电缆管道及其他漏声的地方应密封。

b) 测量方法

用声校准器对测量系统进行校准，然后依次测量各测点处的 A 计权声压级和 1/1 倍频带声压级，取相应的算术平均值作为该房间的本底噪声级。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

所有的数据应先计算，后修约，出具校准数据均保留一位小数。

8.2 校准证书

消声室或半消声室经校准后出具校准证书，校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录 C。

8.3 校准结果不确定度的评定

消声室和半消声室声学特性校准结果不确定度按 JJF 1059—1999 的要求评定，不确定度评定的实例见附录 D。

9 复校时间间隔

消声室和半消声室声学特性的复校时间间隔建议为 5 年，客户亦可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔。

附录 A

测试声源的选择和指向性测量

A.1 测试声源的选择

消声室和半消声室测试用声源可由一个或多个声源构成，以覆盖整个测量频率范围。其中每一个声源在它所使用的频段内，均应满足 6.2 条中 8) 的要求。

对于消声室测量，在 800Hz 以下，可以使用闭箱电动扬声器作为声源，闭箱的尺寸一般应小于波长的十分之一。

在 10kHz 以上的频段，可在高频扬声器头加接末端逐渐变细的柱形管，管子长度一般为测试频率 1/4 波长的奇数倍。

对于半消声室测量，可将各频段声源安放入反射地面中间的空腔，使声源辐射面与反射地面平齐，空腔内填充一定的吸声材料。如反射地面中心没有留有空腔，可用变通的方法，在低、高频段，按消声室的方法选择声源，在低、中频段，也可使用半球形多面体脉动声源，或采取将扬声器扣放在反射面上，辐射面对着反射面，使扬声器的背面向半消声室中辐射声波。测量时传声器路径避开声源支架。

A.2 测试用声源的指向性测量

A.2.1 半消声室测试用声源

测试声源放置在半消声室反射面中心正常测量位置，声源辐射的声压级为校准时所用的声压级。选择球面坐标系，声源的中心为 $r=0$ ，天顶角为 $\Phi=0^\circ$ ， $\Phi=90^\circ$ 角的平面为半消声室的刚性地面，如果房间是矩形的，则 $\Theta=0^\circ$ （水平角）（或 $\Theta=90^\circ$ ， 180° ， 270° ）的平面应平行于房间的壁面。选择 $r=1.5\text{m}$ 、 $\Theta=0^\circ$ ，在 $\Phi=80^\circ$ ， 60° ， 40° ， 20° 测量 1/3 倍频带声压级，对于每一个 Φ 角，在 $\Theta=0^\circ$ ， 45° ， 90° ， 135° ， 180° ， 225° ， 270° ， 315° 进行测量，总共测量 32 个位置。

A.2.2 消声室测试用声源

测试声源放置在消声室几何中心正常测量位置，声源辐射的声压级为校准时所用的声压级。选择球面坐标系，声源的中心为 $r=0$ ， $\Phi=0^\circ$ 为声源顶上位置， $\Phi=90^\circ$ 角的平面为与天花和底面平行的平面。如果房间是矩形的，则 $\Theta=0^\circ$ （或 90° ， 180° ， 270° ）的平面应平行于房间的壁面。选择 $r=1.5\text{m}$ 、 $\Theta=0^\circ$ ，在 $\Phi=80^\circ$ ， 60° ， 40° ， 20° ， 100° ， 120° ， 140° ， 160° 测量 1/3 倍频带声压级，对于每一个 Φ 角，在 $\Theta=0^\circ$ ， 45° ， 90° ， 135° ， 180° ， 225° ， 270° ， 315° 进行测量，总共测量 64 个位置。

A.2.3 测试用声源的指向性测量有时也可采用连续移动传声器或转动声源的方法进行。

A.2.4 测试声源的指向性偏差

根据以上测量结果，计算每个 1/3 倍频程带声压级的平均值和测量结果相对于平均值的最大最小偏差，如果偏差在表 2 规定的允许偏差内，则此声源适于作为测试声源使用。

附录 B

空气对声波吸收的计算

球面声波在空气介质中自由传播时,除了声压与距离成反比关系衰减外,还因空气的吸收而随距离衰减,空气吸收的大小与大气压力、温度、相对湿度、频率有关。ISO 9613-1给出了根据空气吸收衰减系数计算空气吸收的方法。

对于纯音,空气吸收衰减系数 α 由以下公式计算:

$$\alpha = 8.686f^2 \left[\left[1.84 \times 10^{-11} \left(\frac{p_a}{p_r} \right)^{-1} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1/2} \right] + \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-5/2} \times \left\{ 0.01275 \left[\exp \left(\frac{-2239.1}{T} \right) \right] \left[f_{r0} + \left(\frac{f^2}{f_{r0}} \right)^{-1} \right] + 0.1068 \left[\exp \left(\frac{-3352.0}{T} \right) \right] \left[f_{rN} + \left(\frac{f^2}{f_{rN}} \right)^{-1} \right] \right\} \right] \quad (\text{B.1})$$

式 (B.1) 中: α ——为声衰减系数, dB/m;

f ——声信号的频率, Hz;

p_a ——大气压, kPa;

$p_r = 101.325 \text{ kPa}$, 参考大气压, kPa;

T ——大气温度, K;

$T_0 = 293.15 \text{ K}$, 参考温度, K;

f_{r0} ——氧的驰豫频率, Hz;

$$f_{r0} = \frac{p_a}{p_r} \left(24 + 4.04 \times 10^4 h \frac{0.02 + h}{0.319 + h} \right) \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

f_{rN} ——氮的驰豫频率, Hz;

$$f_{rN} = \frac{p_a}{p_r} \left[\frac{T}{T_0} \right]^{-1/2} \times \left\{ 9 + 280h \exp \left\{ -4.170 \left[\left(\frac{T}{T_0} \right)^{-1/3} - 1 \right] \right\} \right\} \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

式 (B.2) 和 (B.3) 中: h ——水蒸汽的摩尔浓度, %;

$$h = h_r (p_{\text{sat}}/p_r) / (p_a/p_r) \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

式 (B.4) 中: h_r ——相对湿度, %;

p_{sat} ——饱和蒸汽压力, kPa;

$$p_{\text{sat}}/p_r = 10^C \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

$$C = -6.8346 (T_{01}/T)^{1.261} + 4.6151 \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

$T_{01} = 273.16 \text{ K}$, 水的三相点温度;

声压级的衰减量由式 (B.7) 计算:

$$\delta L_p(f) = \alpha r \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

式 (B.7) 中: $\delta L_p(f)$ ——指定频率上声压级的衰减量, dB;

α ——声压衰减系数; dB/m;

r ——与声源的距离, m。

注：ISO 9613-1 空气吸收计算公式中的距离用 S 表示，本规范引用时为了全文统一，距离改用 r 表示。

表 B.1 给出了根据以上公式计算的部分纯音声信号空气吸收衰减系数值。

表 B.1 空气中的声压衰减系数

dB/m

f/kHz	$t = 21^\circ\text{C}, p_a = 101.325\text{kPa}$			$t = 23^\circ\text{C}, p_a = 101.325\text{kPa}$			$t = 25^\circ\text{C}, p_a = 101.325\text{kPa}$		
	$h_r = 25\%$	$h_r = 50\%$	$h_r = 80\%$	$h_r = 25\%$	$h_r = 50\%$	$h_r = 80\%$	$h_r = 25\%$	$h_r = 50\%$	$h_r = 80\%$
1.0	0.0054	0.0048	0.0054	0.0054	0.0052	0.0059	0.0054	0.0057	0.0063
1.25	0.0075	0.0059	0.0063	0.0072	0.0062	0.0069	0.0070	0.0067	0.0076
1.6	0.0111	0.0075	0.0077	0.0104	0.0078	0.0083	0.0099	0.0082	0.0091
2.0	0.0162	0.0099	0.0093	0.0149	0.0099	0.0099	0.0140	0.0102	0.0107
2.5	0.0240	0.0134	0.0116	0.0220	0.0132	0.0121	0.0203	0.0132	0.0129
3.15	0.0365	0.0192	0.0153	0.0332	0.0184	0.0155	0.0304	0.0180	0.0161
4.0	0.0565	0.0287	0.0212	0.0514	0.0271	0.0210	0.0469	0.0259	0.0212
5.0	0.0846	0.0426	0.0299	0.0773	0.0397	0.0291	0.0706	0.0374	0.0287
6.3	0.1267	0.0649	0.0441	0.1170	0.0601	0.0421	0.1076	0.0561	0.0407
8.0	0.1882	0.1010	0.0673	0.1767	0.0933	0.0635	0.1645	0.0866	0.0605
10.0	0.2643	0.1527	0.1013	0.2539	0.1411	0.0949	0.2405	0.1308	0.0896
12.5	0.3578	0.2292	0.1535	0.3537	0.2131	0.1434	0.3429	0.1980	0.1347
16.0	0.4771	0.3541	0.2435	0.4885	0.3327	0.2275	0.4889	0.3115	0.2132
20.0	0.5929	0.5139	0.3682	0.6266	0.4901	0.3452	0.6468	0.4641	0.3240

附录 C

校准证书的内容

C.1 校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 证书的编号、页码及总页数；
- c) 校准实验室的名称和地址；
- d) 进行校准的日期；
- e) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- f) 客户的名称和地址；
- g) 被校消声室或半消声室的描述和明确标识；
- h) 校准所依据的技术规范的名称及代号；
- i) 校准所用计量标准的名称、技术参数及有效期；
- j) 校准时的环境条件；
- k) 校准结果；
- l) 校准结果的不确定度；
- m) 复校时间间隔的建议；
- n) 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

C.2 推荐的消声室或半消声室校准证书的内页格式见表 C.1

表 C.1 校准证书的内页格式

校 准 结 果											共 页 第 页
一、基本检查： (消声室/半消声室基本概况描述) 二、自由声场的频率范围和空间范围 1. 校准用仪器设备 2. 测试声源放置 3. 传声器路径数量及分布 4. 测试信号类型 (纯音/噪声) 5. 声压级测量方式 (点测/连续记录) 6. 各传声器路径上、各频率点处, 各测点上测量声压级与理论值的偏差 7. 所依据标准的自由声场允许偏差 8. 根据 6. 和 7. 确定的自由声场的频率范围和空间范围 自由声场的频率范围: _____ Hz 自由声场的空间范围: 自由声场半径 _____ m 或距吸声壁面 _____ m 的空间范围。 三、本底噪声 1. 测点位置分布 2. 本底噪声											
中心频率 /Hz	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	10k	A 计权
本底噪声 级/dB											
校准结果不确定度的描述: 校准技术依据: 校准的环境条件: 温度: _____ ℃; 相对湿度: _____ %; 气压: _____ kPa _____											

附录 D

校准结果不确定度的评定实例

消声室和半消声室自由声场的空间范围和频率范围由测量位置上的声压级与根据反平方律计算的理论声压级之间的偏差确定。

数学模型：

$$\Delta L_{pi} = L_{pi} - L_p(r_i) \quad \text{dB} \quad (\text{D.1})$$

式中： ΔL_{pi} ——与反平方律声压级的偏差，dB；

L_{pi} ——第 i 个测量位置的声压级，dB；

$L_p(r_i)$ ——由反平方律计算的距 r_i 处的声压级，dB。

由于 $L_p(r_i)$ 是根据测量结果求出声中心补偿后再按反平方律计算出的值，其存在的不确定度可忽略不计。

选择在 1kHz 频率进行测量不确定度分析。

D.1 消声室

D.1.1 A 类标准不确定度的评定

在 1kHz 频率上，对实验验证报告中的传声路径上各测点重复测量 6 次，分别计算出各点各次与反平方律声压级的偏差 ΔL_{pi} ，测点位置的重复性以及声源和测量系统的稳定度均包含在测量结果的标准偏差中。具体测量数据见表 D.1：

表 D.1 各次测量的声压级与反平方律声压级的偏差

测点	1	2	3	4	5	6	7	8
距离/m	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
偏差/dB	-0.003	-0.338	0.058	0.024	-0.079	0.122	0.108	0.163
	-0.028	-0.257	0.043	0.013	0.013	0.016	0.103	0.160
	0.058	-0.292	-0.006	0.052	-0.056	0.140	0.122	0.074
	0.043	-0.197	0.095	-0.041	-0.046	0.154	0.038	0.192
	-0.081	-0.187	0.129	0.011	-0.079	0.032	0.025	0.188
	0.046	-0.199	-0.011	-0.051	0.042	0.040	0.123	0.175
标准偏差 s /dB	0.0538	0.0613	0.0552	0.0396	0.0503	0.0612	0.0435	0.0434

表 D.1 (续)

测点	9	10	11	12	13	14	15	16
距离/m	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
偏差/dB	0.077	0.142	-0.651	0.292	0.174	-0.418	0.217	-0.025
	0.075	0.141	-0.650	0.296	0.176	-0.415	0.220	-0.021
	0.085	0.147	-0.647	0.297	0.074	-0.319	0.114	0.071
	0.005	0.069	-0.524	0.221	0.099	-0.493	0.242	0.100
	0.108	0.077	-0.511	0.238	0.221	-0.468	0.169	0.030
	-0.012	0.150	-0.643	0.301	0.178	0.414	0.119	0.077
标准偏差 s /dB	0.0481	0.0374	0.0674	0.0385	0.0554	0.0598	0.0548	0.0528

取表中标准偏差的最大值作为 A 类标准不确定度, $u_1 = s_1 = 0.0674\text{dB}$ 。

D.1.2 B 类标准不确定度的评定

1) 测量系统

测量放大器的示值误差优于 $\pm 0.2\text{dB}$, 按均匀分布考虑, 取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_2 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.115\text{dB}$ 。测量放大器指示表分辨力 (包括平均时间选择) 引入的读数误差优于 $\pm 0.2\text{dB}$, 按均匀分布考虑, 取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_3 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.115\text{dB}$, 测量系统 (包括传声器、前置放大器、测量放大器、滤波器) 的系统线性误差优于 $\pm 0.2\text{dB}$, 按均匀分布考虑, 取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_4 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.115\text{dB}$ 。

2) 测试声源

测试声源定位安放引入的误差估计为 $\pm 0.3\text{dB}$, 按均匀分布考虑, 取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_5 = 0.3\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.173\text{dB}$ 。

3) 测量距离

测量距离测量误差最大估计为 5mm , 所引入的最大误差为 $\pm 0.07\text{dB}$, 按均匀分布考虑, 取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_6 = 0.07\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.040\text{dB}$ 。

D.1.3 测量不确定度来源汇总见表 D.2

表 D.2 测量的声压级与反平方律声压级的偏差测量不确定度来源

序 号	标 准 不 确 定 度		
	不确定度来源	符号	数值/dB
1	重复性	$u_1 = s_1$	0.0674
2	测量放大器示值误差	u_2	0.115
3	测量放大器读数误差	u_3	0.115
4	测量系统的系统线性误差	u_4	0.115
5	测试声源	u_5	0.173
6	测量距离	u_6	0.040

D.1.4 合成标准不确定度

以上各分量独立无关,合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2}$$

$$= \sqrt{0.0674^2 + 0.115^2 + 0.115^2 + 0.115^2 + 0.173^2 + 0.040^2} \approx 0.275\text{dB}$$

D.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度 $U = ku_c = 0.55\text{dB}$ 。

D.2 半消声室

D.2.1 A类标准不确定度的评定

在 1kHz 频率上,对实验验证报告中的传声路径上各测点重复测量 6 次,分别计算出各点各次与反平方律声压级的偏差 ΔL_{pi} ,测点位置的重复性以及声源和测量系统的稳定度均包含在测量结果的标准偏差中。具体测量数据见表 D.3:

表 D.3 各次测量的声压级与反平方律声压级的偏差

测点	1	2	3	4	5	6
距离/m	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
偏差 /dB	0.232	0.065	-0.050	-0.059	-0.020	0.035
	0.070	0.033	-0.044	-0.033	0.022	-0.011
	0.224	0.050	-0.052	0.040	-0.019	-0.064
	0.143	-0.017	-0.011	-0.011	0.034	-0.001
	0.147	0.009	-0.068	-0.056	-0.002	0.066
	0.219	0.028	-0.087	-0.004	-0.071	-0.021
标准偏差 s /dB	0.0638	0.0271	0.0254	0.0370	0.0372	0.0452
测点	7	8	9	10	11	12
距离/m	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
偏差/dB	-0.118	-0.094	-0.007	0.035	0.023	0.051
	-0.053	-0.021	0.074	0.022	-0.085	0.048
	-0.116	-0.091	-0.003	0.039	0.027	0.056
	-0.154	-0.027	0.063	0.007	-0.0003	0.027
	-0.077	-0.045	0.050	-0.002	-0.009	0.024
	-0.077	-0.056	0.128	0.068	-0.146	0.080
标准偏差 s /dB	0.0368	0.0312	0.0508	0.0251	0.0688	0.0206

取表中标准偏差的最大值作为 A 类标准不确定度, $u_1 = s_1 = 0.0688\text{dB}$ 。

D.2.2 B类标准不确定度的评定

1) 测量系统

测量放大器的示值误差优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，按均匀分布考虑，取 $k = \sqrt{3}$ ，则 $u_2 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.115\text{dB}$ 。测量放大器指示表分辨力（包括平均时间选择）引入的读数误差优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，按均匀分布考虑，取 $k = \sqrt{3}$ ，则 $u_3 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.115\text{dB}$ ，测量系统（包括传声器、前置放大器、测量放大器、滤波器）的系统线性误差优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，按均匀分布考虑，取 $k = \sqrt{3}$ ，则 $u_4 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.115\text{dB}$ 。

2) 测试声源

测试声源定位安放引入的误差估计为 $\pm 0.5\text{dB}$ ，按均匀分布考虑，取 $k = \sqrt{3}$ ，则 $u_5 = 0.5\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.289\text{dB}$ 。

3) 测量距离

测量距离测量误差最大估计为 5mm ，所引入的最大误差为 $\pm 0.07\text{dB}$ ，按均匀分布考虑，取 $k = \sqrt{3}$ ，则 $u_6 = 0.07\text{dB}/\sqrt{3} \approx 0.040\text{dB}$ 。

D.2.3 测量不确定度来源汇总表见表 D.4

表 D.4 测量的声压级与反平方律声压级的偏差测量不确定度来源

序 号	标 准 不 确 定 度		
	不确定度来源	符号	数值/dB
1	测重复性	$u_1 = s_1$	0.0688
2	测量放大器示值误差	u_2	0.115
3	测量放大器读数误差	u_3	0.115
4	测量系统的系统线性误差	u_4	0.115
5	测试声源	u_5	0.289
6	测量距离	u_6	0.040

D.2.4 合成标准不确定度

以上各分量独立无关，合成标准不确定度为

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} \\ &= \sqrt{0.0688^2 + 0.115^2 + 0.115^2 + 0.115^2 + 0.289^2 + 0.040^2} \approx 0.36\text{dB} \end{aligned}$$

D.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，扩展不确定度 $U = ku_c = 0.72\text{dB}$ 。