



中华人民共和国国家标准

GB/T 18696.2—2002
eqv ISO 10534-2:1998(E)

声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗 的测量 第2部分:传递函数法

Acoustics—Determination of sound absorption
coefficient and impedance in impedance tubes
—Part 2: Transfer function method

2002-03-26 发布

2002-12-01 实施

中 华 人 民 共 和 国
国家质量监督检验检疫总局 发 布

目 次

前言	I
ISO 前言	II
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义和符号	1
4 原理	2
5 测试设备	3
6 预备测试	6
7 测试样品的安装	6
8 测试步骤	7
9 测试准确度	10
10 测试报告	10
附录 A(标准的附录) 预备测试	11
附录 B(标准的附录) 单传声器法	14
附录 C(标准的附录) 测试样品的压力释放末端	15
附录 D(提示的附录) 理论背景	15
附录 E(提示的附录) 误差来源	16
附录 F(提示的附录) 局部反应吸声材料的扩散吸声系数 α_n 按本标准结果的推算	17
附录 G(提示的附录) 参考文献	18

前 言

本标准是根据国际标准化组织的标准 ISO 10534-2:1998(E)《声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量 第2部分:传递函数法》制定的。

ISO 10534 由两部分组成。第1部分:驻波比法,我国有相应的国家标准 GBJ 88—1985 与之对应。本标准是第2部分:传递函数法。

本标准在技术内容上与国际标准 ISO 10534-2 等效。在等效采用的过程中有两点需要说明:

1 “声阻抗”是本标准的关键术语之一。该国际标准对它的定义(见 ISO 10534-2 的 2.4 条)与我国国家标准 GB/T 3947—1996“声学名词术语”不相符合。为与 ISO 对应,本标准名称仍保留原文,但正文采用“声阻抗率 Specific acoustic impedance”。相应地,对式(19)、式(20)、式(C1)和式(C3)作了改写。

2 传声器位置是影响测试准确度的重要因素之一。须在安装孔内端设置定位环。该国际标准的图 1 b) 有环,而图 1 a) 无环,现已补上。同时,用传声器哑头来密封传声器安装孔。本标准增加了第2章“引用标准”。还改正了图 A2 中的一处错误。

制定本标准,将规范一个更为方便、快捷、操作误差小、测量结果一致性好的吸声系数和声阻抗的近代测量技术。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为标准的附录。

本标准的附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 为提示的附录,仅供参考。

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国声学标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:中国科学院声学研究所、中国建筑科学院建筑物理研究所。

本标准主要起草人:李晓东、戴根华、林杰、徐欣。

本标准委托全国声学标准化技术委员会声学基础分会负责解释。

ISO 前言

国际标准化组织(ISO)是由各国标准化委员会(ISO 成员国)组成的世界范围联合组织。国际标准的制定工作通常由 ISO 技术委员会来完成。每个成员国在对某技术委员会所确定的某项标准感兴趣时,有权参加该技术委员会。与 ISO 有联系的政府和非政府国际性组织也可参加该工作。国际标准化组织(ISO)与国际电工委员会(IEC)在电工标准化的各个方面均保持密切合作。

各技术委员会采纳的国际标准草案应分发给各成员国进行投票表决。国际标准草案至少需要 75% 的成员国投票赞同,才能作为国际标准出版发行。

国际标准 ISO 10534-2 由 ISO/TC 43 声学技术委员会 SC2 建筑声学分会起草。

ISO 10534 在总标题《声学 阻抗管中吸声系统和声阻抗的测量》下,包括以下两部分:

——第 1 部分:驻波比法

——第 2 部分:传递函数法

附录 A、附录 B 和附录 C 为标准的附录。附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 为提示的附录。

中华人民共和国国家标准

声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗 的测量 第2部分:传递函数法

GB/T 18696.2—2002
eqv ISO 10534-2:1998(E)

Acoustics—Determination of sound absorption
coefficient and impedance in impedance tubes
—Part 2: Transfer function method

1 范围

传递函数法测定法向入射条件下吸声材料的吸声系数,涉及阻抗管的使用、两个传声器的位置和数字频率分析系统。本方法也能用来测定吸声材料的表面声阻抗率或表面声导纳率。由于吸声材料的声阻抗率与它的物理特性(诸如流阻、孔隙率、弹性模量和密度)有关,所以本标准规定的测量方法在有关的基础研究和产品开发方面也有用处。

本方法与 ISO 10534-1 规定的方法相似,都要用一支一端接声源,另一端安装试件的阻抗管,但是测量方法完全不同。在本方法中,管中的平面波由噪声源产生,干涉场的分析则用两只安装在管壁一定位置的传声器(或一只可在管中移动的传声器)作两点声压的测量来实现,然后完成复传递函数、吸声材料法向入射吸声系数和声阻抗率的计算。本方法目的是提供另一种较之驻波比法更为快捷的测量方法。

将本方法与 ISO 354 规定的混响室吸声测量方法比较可以看出二者有很大差别。(理想条件下)混响室法测定扩散入射吸声系数,能用于测试横向和法向有明显不同结构的材料。然而混响室法要求较大的测试样品,这对只能提供小样品吸声材料的研究和开发工作有不便之处。阻抗管法仅限于法向入射参数的研究,要求测试样品与阻抗管的横截面一样大。对于局部反应的材料,扩散入射吸声系数能从阻抗管法得来的测量结果估算。阻抗管法(法向入射)的测试数据换算到扩散入射的相应结果的算法见附录 F。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 3947—1996 声学名词术语

GBJ 88—1985 驻波管法吸声系数与声阻抗率测量规范

ISO 354:1985 声学 混响室中声吸收的测量

ISO 5725-1:1994 测量方法和测量结果的准确度(真值和精度) 第1部分:一般原理和定义

ISO 10534-1:1996 声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量 第1部分:驻波比法

3 定义和符号

本标准采用以下定义和符号

3.1 法向入射吸声系数(α) normal incidence [sound] absorption coefficient

法向入射平面波进入试件表面的声功率与入射声功率的比值。

3.2 法向入射声压反射因数(r) normal incidence [sound] pressure reflection factor

法向入射平面波在基准面上反射波振幅与入射波振幅的复数比值。

3.3 基准面 reference plane

用来测定声压反射因数或表面声阻抗率 Z_s 或表面声导纳率 G_s 的阻抗管横断面,如果试件表面是平面,则通常就取它为基准面。

注:基准面假设在 $x=0$ 处。

3.4 法向表面声阻抗率(Z_s) normal surface specific acoustic impedance

基准面上某一频率声波的复声压 $p(o)$ 与复数声质点速度 $v(o)$ 法向分量的比值。

3.5 法向表面声导纳率(G_s) normal surface specific acoustic admittance

法向表面声阻抗率 Z_s 的倒数。

3.6 波数(k_0) wave number

定义为 $k_0 = \omega/c_0 = 2\pi f/c_0$

式中: ω ——声波角频率;

f ——声波频率;

c_0 ——空气中声速。

注:因波数一般是复数,所以

$$k_0 = k'_0 - jk''_0$$

式中: k'_0 —— k_0 的实部($k'_0 = 2\pi/\lambda_0$),即相位常数;

λ_0 ——声波波长;

k''_0 —— k_0 的虚部,即衰减常数。

3.7 复声压(p) complex sound pressure

瞬时声压的傅里叶变换。

3.8 互谱(S_{12}) cross spectrum

两个传声器位置 1 和 2 处的复声压 p_1 和 p_2 确定的乘积 $p_1 \cdot p_2^*$ 。

注: * 表示复数共轭。

3.9 自谱(S_{11}) auto spectrum

传声器位置 1 处的复声压 p_1 确定的乘积 $p_1 \cdot p_1^*$ 。

注: * 表示复数共轭。

3.10 传递函数(H_{12}) transfer function

传声器位置 1 到位置 2 的传递函数,定义为复数比值 $p_2/p_1 = S_{12}/S_{11}$,或 S_{22}/S_{21} ,或

$$[(S_{12}/S_{11})(S_{22}/S_{21})]^{1/2}$$
3.11 校准因数 H_c calibration factor

用于校正两个传声器之间振幅失配和相位失配的因数。

注: H_c 的测量和计算见 8.5.2。

4 原理

测试样品装在一支平直、刚性、气密的阻抗管的一端。管中的平面声波由(无规噪声、伪随机序列噪声或线性调频脉冲)声源产生。在靠近样品的两个位置上测量声压,求得两个传声器信号的声传递函数,用此计算试件的法向入射复反射因数(见附录 C)、法向入射吸声系数和声阻抗率。

上述这些量都是作为频率的函数确定的。频率分辨率取决于采样频率和数字频率分析系统的测量记录长度。有用的频率范围与阻抗管的横向尺寸或直径及两个传声器之间的间距有关。用不同尺寸或直径和间距作组合,可得到宽的测量频率范围。

测量可采用以下两种方法之一进行:

(1) 双传声器法(采用固定位置上的两个传声器做测量)

(2) 单传声器法(采用一个传声器依次在两个位置上做测量)

方法 1 要求测试前或测试期间作校正,以减小两个传声器之间的振幅和相位特性差异;但它快捷,准确度高,容易操作。方法 1 被推荐来做一般的测试。

方法 2 要求产生特殊的信号,要求特别的处理方法,而且可能需要更多的时间;但它消除了传声器之间的相位失配,因而允许对任何一个频率选择最佳传声器位置。方法 2 被推荐来评价已调好的共振器和/或其精确度,它的要求将在附录 B 详细论述。

5 测试设备

5.1 阻抗管的构造

阻抗管实际上是一端带试件筒另一端装声源的管子。传声器安装孔通常有 2 个或 3 个,沿着管壁布置,但由于传声器可能是中心安装的也可能是探管式的,所以布置上会有所不同。

阻抗管应平直,其横截面面积应均匀(直径或横截面尺寸的偏差在 $\pm 0.2\%$ 以内),管壁应表面平滑、刚硬,且足够密实,以便它不被声信号激发起振动,在阻抗管工作频段不出现共振。对于金属圆管,建议壁厚取为管径的 5% 左右。对于矩形管,四角要有足够的刚度,以防侧板变形,建议板厚取为阻抗管横截面尺寸的 10%。水泥制作的管壁可涂刷调匀的粘合剂,以保证气密。木材制作的管壁应采用同样措施。水泥管壁和木质管壁还应外包铁皮或铅皮予以加强和增加阻尼。

阻抗管横截面的形状原则上是任意的,建议选用圆形或矩形(最好是方形)的截面。

如果矩形管是由板材制作的,那么必须小心保证没有漏声的孔和缝(可用粘合剂或油漆密封),阻抗管还应防止外界噪声或振动传入的隔声隔振处理。

5.2 工作频率范围

工作频率 f 的范围为:

$$f_1 < f < f_u \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: f_1 ——阻抗管工作频率下限;

f_u ——阻抗管工作频率上限。

f_1 受制于阻抗管的长度。

f_u 根据避免出现非平面波简正波模式的原则选取。

f_u (Hz)的选取条件,对直径为 d (m)的圆管是:

$$d < 0.58\lambda_u; f_u \cdot d < 0.58 c_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

对长边边长为 d_1 (m)的矩形管是:

$$d_1 < 0.50\lambda_u; f_u \cdot d_1 < 0.50 c_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

这里 c_0 (m/s)是空气中声速,由式(5)给出。

两个传声器之间的间距 s (m)应取得满足:

$$f_u \cdot s < 0.45 c_0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

工作频率下限与两个传声器之间的间距和分析系统的准确度有关,但作为一般准则,如式(4)的要求被满足,则传声器间距应大于感兴趣的低频相应的波长的 5%。加大传声器间距能提高测量的准确度。

5.3 阻抗管长度

阻抗管应足够长,以便在声源和试件之间产生平面波。传声器测点应在平面波场中。

除平面波外,扬声器一般还产生非平面波模式。那些频率低于第一个高次波模式的截止频率的非平面波模式,将在大约三倍管径(圆管)或三倍长边边长(矩形管)的距离内衰减掉。因此,建议传声器离声源不要比上述的距离更近,任何情况下,不要小于一倍管径或一倍长边边长为好。

测试样品也引起声场畸变。根据样品种类,传声器和样品之间的最小间距建议为:

非特殊结构的:管径的 $1/2$ 或长边边长的 $1/2$

半圆-半圆结构的:1 倍管径或 1 倍长边边长

非常不对称的:2 倍管径或 2 倍长边边长

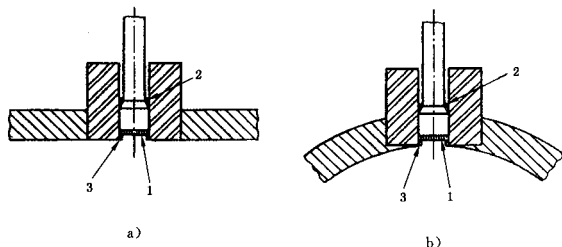
5.4 传声器

每个测量位置应采用同一类型的传声器。如采用侧壁安装的传声器,其安装孔的直径应远小于 c_0/f_0 。此外,建议传声器直径应小于两个传声器安装孔之间间距的 20%。

对于侧壁安装条件,建议采用声压型传声器。对于安装在管中的传声器,建议采用声场型的。

5.5 传声器位置

当采用侧壁安装的传声器时,每个传声器连同保护罩应紧贴在安装孔内端的定位环上,如图 1 所示。定位环应尽可能薄。传声器与安装孔之间要密封。两个传声器的安装应相同。

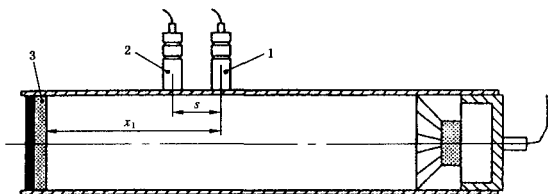


1—传声器;2—密封;3—定位环

图 1 典型的传声器安装示例

当采用一只传声器先后在两个管壁位置上测量时,不用的传声器安装孔须用传声器哑头密封,以避免漏声,且可保持阻抗管内表面光滑。

如采用具有侧向均压孔的传声器,重要的一点是,其均压孔不要在安装时被堵塞。所有固定的传声器的位置的准确度应优于 $\pm 0.2 \text{ mm}$ 。它们之间的间距 s (见图 2) 应记录下来。移动的传声器的位置的准确度应优于 $\pm 0.5 \text{ mm}$ 。



1—传声器 A;2—传声器 B;3—测试样品

图 2 传声器位置和距离

5.6 传声器的声中心

关于传声器的声中心的确定,以及如何减小传声器声中心和几何中心不一致所带来的误差参见 A2.2。

5.7 试件筒

试件筒或与阻抗管做成一体,或是测量时可紧密固定在阻抗管一端的可拆件。试件筒的长度应足

够大,以便需要时可在试件后留出空腔再安装试件。

如试件筒是可分件,则其内尺寸应按阻抗管定,误差在 $\pm 0.2\%$ 以内。它们之间的安装应密闭,不要插进弹性垫圈(建议用油脂密封)。

对于矩形管,建议试件筒与阻抗管做成一体,安装试件的部位留有活动盖板以便安装试件。活动盖板与阻抗管的接触面应仔细磨平,建议使用密封剂(油脂)以免留下漏缝。

对于圆管,建议试件筒做得从其前端或后端都能到达试件。这样就能核查试件前表面的位置和平整度,核查后表面的位置。

一般说,对于矩形管,建议从侧面把试件安装到管中(不采取把试件轴向推向管中)。这样就能核查试件在管中的装配和位置,核查前表面的位置和平整度,精密地确定基准面到前表面的位置。侧面插入试件还避免了柔软材料受挤压。

试件筒后板应刚硬,应紧密固定在阻抗管上,因为它在许多测量中作为刚性末端使用。建议采用厚度不小于20 mm的金属板制作。

为满足某些测试,需要一个由试件后的空气层实现的试件压力释放末端,这将在附录C中讲述。

5.8 信号处理设备

信号处理设备由一台放大器和一台双通道快速傅里叶变换(FFT)分析器组成。设备要测定两个传声器位置的声压,计算它们之间的传递函数 H_{12} 。还要有一台信号发生器,能产生适合分析器的源信号(见5.10)。

分析器动态范围应大于65 dB。因信号处理设备的非线性、分辨率、不稳定性和温度敏感性而导致传递函数 H_{12} 的估算误差应小于0.2 dB。

采用单传声器法时,分析器应由发生器信号和先后测得的两个传声器信号计算传递函数 H_{12} 。

5.9 扬声器

振膜扬声器(或带有作为阻抗管的传输单元的号筒的高频压腔型扬声器)应放在与试件筒相对的阻抗管一端。扬声器振膜应至少遮住阻抗管横截面的2/3。扬声器可以与阻抗管同轴,或者倾斜,或者通过弯头与阻抗管相接。

扬声器应包在有隔声作用的箱中,以避免对传声器产生空气声侧向传声。阻抗管和扬声器盆架及扬声器箱之间应采用弹性隔振垫(最好在阻抗管和传声器之间也采用),以避免激发出阻抗管的固体声。

5.10 信号发生器

信号发生器应能产生在感兴趣的频率范围内具有平直谱密度的平稳信号。它按要求能产生:无规噪声、伪随机噪声、周期伪随机噪声、线性调频信号中的一个或几个。

在单传声器法的情况下,建议采用确定性信号,周期伪随机序列非常适合这种方法,虽然还要求特殊的信号处理。处理首先要作 m -序列相关计算,经过快速哈特曼(Hadamard)变换产生脉冲响应。然后由脉冲响应的傅里叶变换得到频率响应。

为了阻抗管的标定(参见附录A),离散频率信号的产生和显示是必须的。离散频率信号的产生和显示的不确定度应优于 $\pm 2\%$ 。

5.11 扬声器末端

阻抗管中空气柱的共振总是会发生的。应在阻抗管内靠近扬声器的部位铺设至少200 mm长的有效吸声材料抑制这些共振。

5.12 温度计和气压计

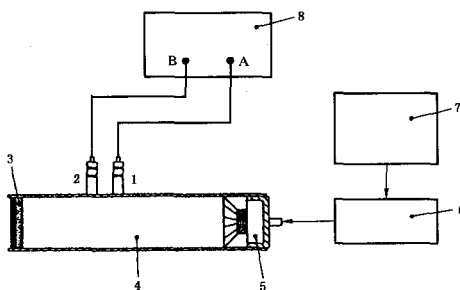
阻抗管中的温度应加以测定,并在测量过程中保持稳定,容许起伏不大于 ± 1 K。

温度传感器的准确度应优于 ± 0.5 K。

大气压也要测定,容许起伏不大于 ± 0.5 kPa。

6 预备测试

把测试设备按图3所示那样组装好,正式使用前应由一系列试验作校验。校验帮助排除误差来源和达到最低要求。校验可考虑分为两类:每次测试前和测试后的校验;定期标定。无论作何种校验,测量前,扬声器应至少先工作10 min以使工作状态稳定。



1—传声器 A; 2—传声器 B; 3—测试样品; 4—阻抗管; 5—声源;
6—放大器; 7—信号发生器; 8—频率分析器

图3 测试设备布局图例

每次测试前和测试后的校验,涉及到传声器响应的稳定性、温度测量和系统的信噪比检验。

定期标定对刚性末端的空阻抗管进行,目的是确定传声器声中心位置和/或阻抗管中的衰减校正量。

预备测试将在附录A中详细讲述。

7 测试样品的安装

样品应大小合适地安装在试件筒内,不能过分受压,更不能装得太紧而鼓起来。样品四周的缝隙,建议用油脂或塑胶粘土加以封堵。如果需要,可用胶布把样品的整个边缘包起来并涂上油脂,这样可使样品安装得更加牢靠。例如,毛毡一类的样品,应使用双面胶带将其牢靠的贴到阻抗管后底板上,以防止振动和不希望有的空气层。

扁平样品的前表面应装得与管轴垂直。它们的位置应通过最小容差给以说明:对于有平整表面的样品,应在 ± 0.5 mm以内。而对于密度低的多孔材料,可采用细而不会振动的丝网制成的大网孔格栅来帮助固定和界定表面。

如样品表面不平整或不规则,那么传声器位置应选得足够的远,这样测得的传递函数才在平面声波区域。当样品有不平整的后表面时,它或许会导致一个不希望的空气层,这时应在样品和阻抗管的反射后底板之间放一层油灰类材料,以填充样品的背面且增加厚度,使样品前表面能与阻抗管后底板平行。

如样品结构不均匀,至少应有安装条件相同的两个样品作重复测试。

如测试物品上有有规则的横向结构(例如穿孔护面板和共振器阵等),那么样品的剪裁应沿结构对称线。如测试物品的复合结构单元的大小与阻抗管的横截面不等,那么应对若干个按结构的不同位置剪裁下来的样品分别作测量。对横向不均匀的材料(如矿棉产品)也需要对若干个从测试物品的不同部位裁下的样品分别进行重复测量。

8 测试步骤

8.1 基准面的认定

样品按第7章要求安装好以后,其声学特性测量的第一步是基准面($x=0$)的认定。典型情况下,基准面就是试件的前表面。但是如果样品的表面不平或有不均匀的横向结构,那么基准面应位于试件表面前的某个距离处。

从基准面到最近的传声器的距离应依从5.3的建议。基准面相对于传声器1的位置(见图2)应说明,准确度应优于 ± 0.5 mm。

注:如只测定吸声系数,则不要求精确认定基准面位置。

8.2 声速、波长和特性阻抗的测定

开始测量前,先要测定管中声速,后再计算与测量频率相应的波长。

知道了管中空气温度,就可按式(5)估算声速:

$$c_0 = 343.2 \sqrt{T/293} \text{ m/s} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: T ——空气温度, K。

波长 λ_0 由式(6)得到:

$$\lambda_0 = c_0 / f \quad \dots\dots\dots (6)$$

空气密度 ρ 可按式(7)计算:

$$\rho = \rho_0 \frac{p_a}{p_0} \frac{T_0}{T} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: T ——空气温度, K;

p_a ——大气压, kPa;

$T_0 = 293$ K;

$p_0 = 101.325$ kPa;

$\rho_0 = 1.186$ kg/m³;

空气特性阻抗为 ρc_0 。

8.3 信号幅度的选定

在传声器选定位置上进行测量时,所有感兴趣的频率的信号幅度都应至少比背景噪声高 10 dB。

由于样品位置处消声末端的存在,扬声器的频率响应应予以最好的均衡,以便传声器位置处测得的声压响应平直。测试期间,任何比最大频率响应低 60 dB 的频率成分应滤掉,但因有样品存在,频率响应的均衡还要进行。

8.4 平均数的选取

将在传声器位置处测得的信号频谱作平均,噪声引起的随机误差就能得到有效抑制。所需平均数与测试材料和所要求的传递函数估算的准确度有关(参见 E.2 和 E.3)。

8.5 传声器失配的校正

采用双传声器法,应运用如下两种方法之一:交换通道重复测量或预先测定校正因数,来校正考虑到通道间失配时测得的传递函数。每个通道由传声器、前置放大器和分析器组成。

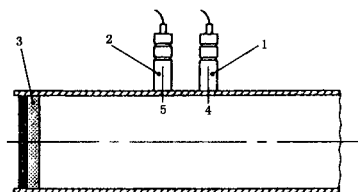
在单传声器法的情况,由于只用一个传声器,因此在传递函数的估算中,不需对传声器失配作校正。

8.5.1 交换传声器重复测量

传声器失配的校正,在对样品的每一次测量时,采用交换通道的办法进行。在测试样品数量有限的情况,这种校正方法是可取的。

将样品按照第7章所述那样装到阻抗管中,用相同的数学表示式(见8.6)测定两个传递函数 H_{12}^1 和 H_{12}^2 。

传声器按布置方式 I (标准方式见图4)装好,将测得的传递函数 H_{12}^1 存储起来。

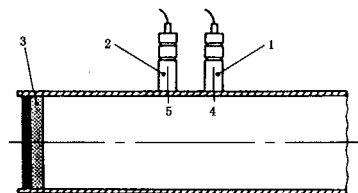


1—传声器 A; 2—传声器 B; 3—测试样品; 4—位置; 5—位置

图 4 标准布置方式(方式 I)

交换两个传声器 A 和 B, 如图 5 所示。

在交换传声器时, 应保证布置方式 II 的传声器 A 的位置, 就是方式 I 的传声器 B 的精确位置, 反之亦然。交换时不要把传声器接到前置放大器或信号分析器上。



1—传声器 B; 2—传声器 A; 3—测试样品; 4—位置 1; 5—位置 2

图 5 交换传声器后的布置方式(方式 II)

测量传递函数 H_{12}^I , 用式(8)计算:

$$H_{12} = (H_{12}^I \cdot H_{12}^I)^{1/2} = |H_{12}| e^{j\theta} \quad \text{..... (8)}$$

如分析器只能测量一个方向(例如从传声器 A 到传声器 B)的传递函数, 那么 H_{12} 能用式(9)计算:

$$H_{12} = (H_{12}^I / H_{21}^I)^{1/2} = |H_{12}| e^{j\theta} \quad \text{..... (9)}$$

8.5.2 预先测定校准因数

这是采用专门的标定用样品的校准方法, 校准对所有后续测量都有效, 因为校准后传声器状态保持不变, 所以这种方法更适宜于作为系列样品测试的开端。

把吸声试样放入管中, 以防止强的声反射产生。用相同的数学表示式(见 8.6), 测定两个传递函数 H_{12}^I 和 H_{12}^I 。

将传声器按布置方式 I (图 4) 装好, 测定传递函数 H_{12}^I 。

交换两个传声器(图 5)。

在交换传声器时, 应保证布置方式 II 的传声器 A 的位置, 就是方式 I 中的传声器 B 的精确位置, 反之亦然。交换时不要把传声器接到前置放大器或信号分析器上。

测量传递函数 H_{12}^I , 用式(10)计算校正因数 H_c :

$$H_c = (H_{12}^I / H_{12}^I)^{1/2} = |H_c| e^{j\theta_c} \quad \text{..... (10)}$$

如分析器只能测一个方向(例如从传声器 A 到传声器 B)的传递函数, 那么 H_c 可用式(11)计算:

$$H_c = (H_{12}^I \cdot H_{21}^I)^{1/2} = |H_c| e^{j\theta_c} \quad \text{..... (11)}$$

为了以后的测试, 将传声器重新按布置方式 I (标准方式) 装好。插入测试样品, 测定传递函数:

$$H_{12} = |H_{12}|e^{j\phi} = H_r + jH_i \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中: $\dot{H}_{12}$ ——未做校正的传递函数;

ϕ ——未做校正的传递函数的相角;

H_r —— $\dot{H}_{12}$ 的实部;

H_i —— $\dot{H}_{12}$ 的虚部。

对传声器响应失配作校正后的传递函数为:

$$H_{12} = |H_{12}|e^{j\phi} = \frac{H_{12}}{H_c} \quad \dots\dots\dots (13)$$

8.6 两个位置之间的传递函数的测定

插入测试样品,按照本标准所述的两种方法之一的要求,测量复传递函数。

复传递函数由三种方法定义:

$$H_{12} = \frac{S_{12}}{S_{11}} = |H_{12}|e^{j\phi} = H_r + jH_i \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$H_{12} = \frac{S_{22}}{S_{21}} = |H_{12}|e^{j\phi} = H_r + jH_i \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$H_{12} = \left[\frac{S_{12}}{S_{11}} \cdot \frac{S_{22}}{S_{21}} \right]^{1/2} = H_r + jH_i \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中: H_r —— H_{12} 的实部;

H_i —— H_{12} 的虚部。

式(14)正常情况下使用。式(15)建议用于输入端有噪声的情况。式(16)建议用于输入端和输出端都有噪声的情况。

单传声器测定传递函数的方法参见附录B。

8.7 反射因数的测定

计算法向入射反射因数(见附录D)按式(17)进行:

$$r = |r|e^{j\phi_r} = r_r + jr_i = \frac{H_{12} - H_i}{H_R - H_{12}} e^{2j\theta_0 x_1} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中: r_r ——反射因数的实部;

r_i ——反射因数的虚部;

x_1 ——样品到远的传声器的距离;

ϕ_r ——反射因数的相角。

H_i 和 H_R 在附录D中定义。

8.8 吸声系数的测定

计算法向入射吸声系数按式(18)进行:

$$\alpha = 1 - |r|^2 = 1 - r_r^2 - r_i^2 \quad \dots\dots\dots (18)$$

8.9 声阻抗率的测定

计算声阻抗率 Z_s 按式(19)进行:

$$Z_s = R_s + jX_s = [(1+r)/(1-r)]\rho c_0 \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中: R_s ——声阻抗率的实部;

X_s ——声阻抗率的虚部;

ρc_0 ——空气的特性阻抗。

8.10 声导纳率的测定

计算声导纳率按式(20)进行:

$$G_s = 1/Z_s \quad \dots\dots\dots (20)$$

9 测试准确度

测试方法和信号处理的细节,应以下述原则选择,即对报告的所有频率的传递函数幅值的不确定度优于1%,相角的不确定度优于0.6°(参见E3)。

注:这些不确定度对测得的材料声学特性的后继影响,或许只能作理论的推测,因为除了传递函数估算中的误差外,还有别的误差来源,特别是材料样品和它的安装、系统误差(参见附录E)和基准面的认定。

关于这些测试方法可重复性的资料现在还没有。建议尽快通过实验室之间的比较试验得出这份资料(参见ISO 5725-1)。

10 测试报告

测试报告应包括如下内容:

a) 详细说明测试是根据本标准进行的;如不是,则说明差别;

b) 测试实验室的名称和地址;

c) 测试样品制造商名称和说明书;

d) 安排测试的人或组织的名字和地址;

e) 对样品的描述和其有关的声学特性;

1) 结构参数,如:

横向尺寸和总厚度;

表面平整度,如不平整的话,说明凹凸的特征高度,

层数,各层排列和厚度,包括空气层,

结构单元如共振器的尺寸和它们的排列,

样品关于有不均匀横向结构的测试物品的对称线的裁剪位置,

护面板如格栅和穿孔金属板的结构、厚度和穿孔率,

2) 材料参数,如:

密度,若有资料的话还应包括多孔材料的流阻,

测试物品的组份材料,

3) 结构特性,如:

材料层互相连接的方式(粘接,或别的方式),

测试物品中垂直于表面的分隔间壁;

f) 样品数量、大小和安装情况;

g) 温度和大气压;

h) 测试日期;

i) 作为频率的函数的测试结果的表和/或图;若同一材料有一个以上的样品做了测试,那么应给出每个样品的结果以及偏差,还要给出平均值;若使用了不同的阻抗管来展宽频率范围,则阻抗管的工作频率范围应重叠约一个倍频程,此时试验结果要分开给出;建议以表和图的形式提出综合和平均后的最后测试结果;

j) 对所仪器的描述,包括阻抗管和测试方法的细节。

附录 A

(标准的附录)

预 备 测 试

A1 测试前和测试后

A1.1 传声器灵敏度校准

每次测试前和测试后,传声器灵敏度应采用在工作频率范围内稳定的声源予以校准,声源声级准确度应优于 ± 0.3 dB。若已知传声器在工作频率范围有线性的频率响应,那么用单频声源例如活塞发声器就认为足够了。

A1.2 温度测量

每次测试前和测试后,应使用测量准确度优于 ± 0.5 K 的测温器件测量空气温度,并写入测试报告。

A1.3 大气压测量

每次测试前和测试后,应测量大气压并写入测试报告。

A1.4 信噪比

每次测试前,应在每个传声器位置,测定噪声源接通和断开时的声压谱。噪声源声压谱应在全部测试频率上至少比本底噪声高 10 dB。测试结果中与此要求不符的频率,应记录在测试报告中。

A2 定期校准

A2.1 阻抗管衰减

A2.1.1 阻抗管衰减校正

因粘滞损失和热传导损失,入射声波 $p_i(x)$ 和反射声波 $p_r(x)$ 在传播过程中一般都要衰减。衰减的主要影响是,随着距反射面的距离的增加,声压极小值的幅值单调增大。正常情况下,这不会影响到采用本标准的方法测得的结果。然而,当样品表面到近的那个传声器的距离,大于阻抗管直径(圆管)或长边边长(矩形管)3 倍时,则就应在对按本标准测定的声学特性作评定时进行校正。

衰减常数 k'' 按 A2.1.2 确定,并进入反射系数的计算。

A2.1.2 阻抗管校正量的确定

分析时,衰减可用复波数代替实波数 k_0 来描述:

$$k_0 = k_0' - jk_0'', k_0' = 2\pi/\lambda_0 \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中: k_0'' ——衰减常数,以 Np/m 计。

阻抗管的衰减可由实验很好地加以测定。但现在测定它的可靠方法要求至少有两个声压极小值的数据。假如这点不可能实现,则请参见 A2.1.5 介绍的方法。在某些情况下,也能采用近似法,参见 A2.1.4。

A2.1.3 两个声压极小值法

计及阻抗管衰减后,声压极小值的幅值 $|p(x_{\min,n})|$ 和声压极大值的幅值 $|p(x_{\max,n})|$ 分别为:

$$|p(x_{\min,n})| = |p_0| \cdot |e^{k_0''x_{\min,n}} - |r| \cdot e^{-k_0''x_{\min,n}}| \quad \dots\dots\dots (A2)$$

$$|p(x_{\max,n})| = |p_0| \cdot |e^{k_0''x_{\max,n}} + |r| \cdot e^{-k_0''x_{\max,n}}| \quad \dots\dots\dots (A3)$$

式中,下标 $n=1,2,3,\dots$ 从基准面右方的第 1 个幅值最大的极小值,和它右方的第 1 个极大值开始起算(参见图 A1)。

定义驻波比 s_n 为第 n 个极大值和第 n 个极小值之比,为:

$$s_n = \frac{|p(x_{\max,n})|}{|p(x_{\min,n})|} = \frac{e^{k_0''x_{\max,n}} + |r| \cdot e^{-k_0''x_{\max,n}}}{e^{k_0''x_{\min,n}} - |r| \cdot e^{-k_0''x_{\min,n}}} \quad \dots\dots\dots (A4)$$

反射因数幅值成为:

$$|r| = \frac{s_n \cdot e^{k_0'' x_{\min, n}} - e^{k_0'' x_{\max, n}}}{s_n \cdot e^{k_0'' x_{\min, n}} + e^{-k_0'' x_{\max, n}}} \quad \dots\dots\dots (A5)$$

因为

$$x_{\max, n} = x_{\min, n} + \lambda_0/4 \quad \dots\dots\dots (A6)$$

所以反射因数的幅值的最后形式为:

$$|r| = e^{2k_0'' x_{\min, n}} \cdot \frac{s_n - e^{k_0'' \lambda_0/4}}{s_n + e^{-k_0'' \lambda_0/4}} \quad \dots\dots\dots (A7)$$

式中: λ_0 ——声波波长, 以 m 计。

$$\text{令} \quad k_0'' x_{\min, n} = 4(k_0'' \lambda_0/4) \cdot (x_{\min, n}/\lambda_0) \quad \dots\dots\dots (A8)$$

后可以看出, $k_0'' \lambda_0/4$ 就是所需的校正量, 它在 $|r|=1$ 的刚性末端的空管中测定。这样有:

$$|p(x_{\min, n})| = 2|p_0| \cdot \sinh(k_0'' x_{\min, n}) \quad \dots\dots\dots (A9)$$

$$|p(x_{\max, n})| = 2|p_0| \cdot \cosh(k_0'' x_{\max, n}) \quad \dots\dots\dots (A10)$$

假如声压幅值是在第 n 个和第 $n+1$ 个最小值位置上, 以及在它们之间的第 n 个最大值位置上测定的, 并且定义 Δ_n 为:

$$\Delta_n = \frac{|p(x_{\min, n+1})| - |p(x_{\min, n})|}{|p(x_{\max, n})|} \quad \dots\dots\dots (A11)$$

那么就有:

$$\Delta_n = 2\sinh(k_0'' \lambda_0/4) \quad \dots\dots\dots (A12)$$

因此, 校正量为:

$$\frac{k'' \lambda_0}{4} = \operatorname{arcsinh} \frac{\Delta_n}{2} = \ln \left[\frac{\Delta_n}{2} + \sqrt{\frac{\Delta_n^2}{4} + 1} \right] \quad \dots\dots\dots (A13)$$

而其指数形式为:

$$e^{\pm k_0'' \lambda_0/4} = \left[\frac{\Delta_n}{2} + \sqrt{1 + \frac{\Delta_n^2}{4}} \right]^{\pm 1} \quad \dots\dots\dots (A14)$$

阻抗管每次调整后, 其衰减常数 k_0'' 应根据这些公式重新确定。

A2.1.4 近似法

如声压的第 1 个极小值与第 2 个极小值之间的级差很小 (小于 2 dB), 又如 $x_{\min, 1}/\lambda_0$ 不大于 0.3, 那么衰减的校正量可用另外的近似法求得。近似法将极小值直接外推至 $x=0$ 的平面上, 从而求得校正后的驻波比 s_0 。与 A2.1.3 所给方法形成对照, 外推所得的校正量将用于每个测试物品和每个频率。

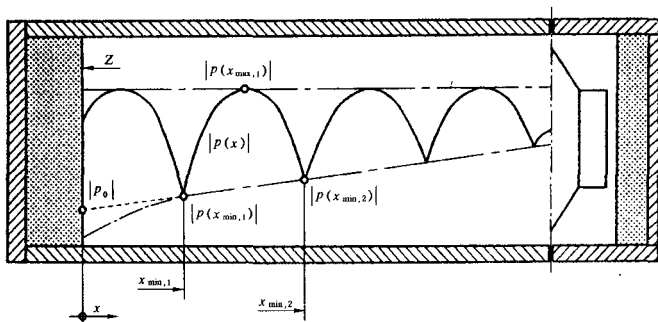


图 A1 阻抗管衰减校正

如第1个极小值落在测试物品的表面 $x=0$ 上(图 A1),那么这个极小值只是假想意义上的,其幅度 $|p_0|$ 可用刚定义的校正后的驻波比 s_0 近似为:

$$s_0 = \frac{|p(x_{\max,1})|}{|p_0|} \quad \dots\dots\dots (A15)$$

式中 s_0 取如下形式:

$$\frac{1}{s_0} = \frac{1}{s_1} + \frac{2x_{\min,1}}{\lambda_0} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2} \right) \quad \dots\dots\dots (A16)$$

其中 s_1 和 s_2 是第1个极小值和第2个极小值除它们之间的极大值 $|p(x_{\max,1})|$ 所得的驻波比。校正后的驻波比 s_0 用来计算反射因数 r , 公式为:

$$|r| = \frac{s_0 - 1}{s_0 + 1} \quad \dots\dots\dots (A17)$$

A2.1.5 估算法

对于调查性测量,并且是在工作频率的低频段进行,如不能足够精确地探测到两个极小值,那么衰减常数可由:

$$k_0'' = 1.94 \times 10^{-2} \sqrt{f}/c_0 d \quad \dots\dots\dots (A18)$$

作数值估算。式中 d 以 m 计,是直径(圆管)或4倍横截面积(矩形管)与周长之比, f (Hz)是工作频率,但这是这种估算没有考虑诸如管壁的不密实和管中物体引起的衰减来源,因此所得校正量认为是低限。

如不能肯定这种附加的衰减确实存在,则建议先用公式(A13)和(A14)确定工作频率范围的中频段和高频段的衰减,然后再外推到低频段。

A2.2 传声器声中心的确定

由于侧壁安装的传声器(或探管传声器的拾声孔,或附录B所述的中心安装的传声器)的声中心与其几何中心不一致,将引起传声器的错误定位,因而导致声学特性表述的错误,所以应知道真正的声中心。

当在工作频率范围内采用探管测量两个相邻的声压极小值是可行的话,那么应遵从A2.2.1所述的步骤。然后,求出工作频率范围内每个工作频率上的校正量,再使用如最小二乘法将它加到实验数据上。这样的校准,应在测试前12个月内,或在阻抗管、探管系统或传声器变动以后进行。

对于侧向并伸入管中安装的传声器的情况,目前还没有声中心校准方法可用。因此这种误差将认为是本标准的方法引入的一项偏差。特别建议,侧壁安装的传声器相对于阻抗管纵轴的取向,在整个测试或一系列测试中保持不变。选用与两个传声器之间的间距相比膜片直径较小的传声器也能减小这种误差。

A2.2.1 探管传声器声中心的确定

由于探管传声器拾声孔的或传声器的声中心,与它们的几何中心不一致(特别是在声压极小值的测量时),探管传声器声中心应予以确定。这要在工作频率范围内的所有频率上进行,各频率间的距离不得超过1/3倍频程,试件筒应是空的(刚性末端)。

这样声压极小值与刚性后盖板的距离为:

$$x_{\min,n} = (2n - 1) \cdot \lambda_0 / 4 \quad \dots\dots\dots (A19)$$

式中 $n=1,2,\dots$ 。刚性后盖板假设在 $x=0$ (参见图A2)。令 y 为探管几何中心位置的读数,令 $y=0$ 为刚性末端的位置。如 $y_{\min,1}$ 和 $y_{\min,2}$ 分别为第1个和第2个极小值时探管位置的读数,那么探管声中心在其几何中心左边(见图A2),校正量 δ 为:

$$\delta = \frac{1}{2} (3y_{\min,1} - y_{\min,2}) \quad \dots\dots\dots (A20)$$

这个校正量应加到所有的 $y_{\min,n}$ 的读数上,以计算 $x_{\min,n}$:

$$x_{\min,n} = y_{\min,n} - \delta \quad \dots\dots\dots (A21)$$

注:如声中心在其几何中心的右边,则 δ 将为负。

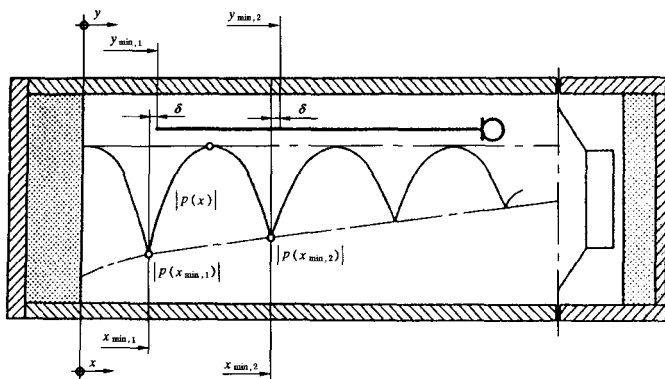


图 A2 探管传声器声中心的确定

附录 B

(标准的附录)

单传声器法

B1 概述

使用单传声器有两种不同的方法：

- (1) 固定传声器位置法；
- (2) 移动传声器位置法。

单传声器法的准确度取决于它的使用。保证用稳定的声源完成传声器在两个位置上依次采样是绝对必须的。建议使用确定性的信号作声源。

B2 固定传声器位置法

固定传声器位置法使用与双传声器法一样的设备(见图3)。但是两个位置上声压之间的传递函数，由相继测得的两个传递函数计算：

$$H_{12} = H_{x2}/H_{x1}$$

式中： x ——声源位置。

暂时用不着的传声器安装孔应适当地予以密封，如塞上传声器哑头。

B3 移动传声器位置法

移动传声器位置法使用一只可移动的探管传声器，依次在两个位置上采集声场信号。重要的是，探管传声器的声中心必须按照 A2.2.1 确定，阻抗管的衰减必须进入计算(附录 A)，方法是以复波数 $k'_0 - jk''_0$ 代替实波数 k_0 。

虽然本方法中也能采用宽带周期伪随机序列信号，但稳定的函数发生器产生的纯音更可取。为取得较高的准确度，必须选其中一个传声器位置接近第1个或第2个极小值(不必精确)，同时还要考虑离样品最小距离要求；另一个传声器位置应分开 $1/4$ 波长。对于每个激发频率都要求这样来选取传声器位置。

附录 C

(标准的附录)

测试样品的压力释放末端

有时需要一个测试样品的压力释放末端。这个压力释放末端由样品后表面与试件筒刚性末端之间的空气层实现,空气层厚度应精确地等于 $\lambda_0/4$, λ_0 为与测试频率相当的波长(注意:管中声速必须加以考虑)。因此,空气层厚度应对每个频率仔细选定。正是由于这个原因,有时采用可移动的刚性盖板作为试件筒的刚性末端。但是,可移动的刚性盖板的边缘经常发现有漏缝,结果盖板不再是刚性的了,由此引起的误差也就不能作定量计算。

采用压力释放末端的原因,常常是为了测定矿棉或塑料泡沫之类的均匀吸声材料的复特性阻抗 Z_r 和复特性传播常数 Γ_a 。

如测试所用的材料层的厚度为 b ,其表面阻抗率是 Z_g (刚性末端)或 Z_y (压力释放末端),则该材料的特性阻抗和特性传播常数分别为:

$$Z_a = \sqrt{Z_g \cdot Z_y}; \Gamma_a = \frac{1}{b} \cdot \arctan h \sqrt{\frac{Z_y}{Z_g}} \quad \text{.....(C1)}$$

负载阻抗为零的问题可用以下的方法避免。空气层的厚度 t 将不再精确地为 $\lambda_0/4$,但仍应接近。这样,吸声材料层后面的负载阻抗为:

$$Z_l = -jZ_0 \cdot \cot k_0 t \quad \text{.....(C2)}$$

而吸声材料的特性阻抗和特性传播常数由式(C3)计算:

$$Z_a = [Z_g \cdot Z_y + Z_l(Z_y - Z_g)]^{1/2}; \Gamma_a = \frac{1}{b} \cdot \arctan h \frac{Z_y}{Z_g} \quad \text{.....(C3)}$$

式中: Z_g ——刚性末端的表面阻抗率;

Z_y ——有空气层时的表面阻抗率。

与式(C1)相比,式(C3)前一个等式右边方根中第2项,表示不精确为零的负载阻抗 Z_l 引起的误差。该项误差也许会挺大。

在负载阻抗为零的方法的实际应用中,所给空气层厚度 t 应适用于波长大致与 λ_0 的奇数倍相当的所有频率,和高低频二者间距约 $1/3$ 倍频程的频带中的所有频率。因此,只要对厚度 t 稍作调整就能覆盖整个频率范围。这厚度、声速和频率都应尽可能精确地确定。

在这种吸声材料特性常数的测量中,吸声材料层的厚度 b 不应太小(3到4倍阻抗管直径为好),否则样品也许会受激而作整体振动,结果 b 的读数误差就比较大。

附录 D

(提示的附录)

理论背景

本标准的测量方法建立在这一事实基础之上,即法向入射声反射因数 r 可由在测试材料前两个传声器位置之间测得的传递函数 H_{12} 确定,参见图2。

入射声压 p_i 和反射声压 p_R 分别可写为:

$$p_i = \dot{p}_i e^{jk_0 x} \quad \text{.....(D1)}$$

和

$$p_R = \dot{p}_R e^{-jk_0 x} \quad \text{.....(D2)}$$

式中: $\dot{p}_i$ ——基准面($x=0$)上 p_i 的幅值;

$\dot{p}_R$ ——基准面($x=0$)上 p_R 的幅值;

$k_0 = k_0' - jk_0''$ ——复波数。

两个传声器位置上的声压 p_1 和 p_2 分别为:

$$p_1 = \dot{p}_1 e^{jk_0 x_1} + \dot{p}_R e^{-jk_0 x_1} \quad \text{..... (D3)}$$

$$p_2 = \dot{p}_1 e^{jk_0 x_2} + \dot{p}_R e^{-jk_0 x_2} \quad \text{..... (D4)}$$

入射波的传递函数 H_1 为:

$$H_1 = \frac{\dot{p}_{21}}{\dot{p}_{11}} = e^{-jk_0(x_1 - x_2)} = e^{-jk_0 s} \quad \text{..... (D5)}$$

式中: $s = x_1 - x_2$, 是两个传声器之间的间距。

类似地, 反射波的传递函数 H_R 为:

$$H_R = \frac{\dot{p}_{2R}}{\dot{p}_{1R}} = e^{jk_0(x_1 - x_2)} = e^{jk_0 s} \quad \text{..... (D6)}$$

总声场的传递函数 H_{12} 可由式(D3)和式(D4), 并注意到 $\dot{p}_R = r\dot{p}_1$ 而得:

$$H_{12} = \frac{\dot{p}_2}{\dot{p}_1} = \frac{e^{jk_0 x_2} + r e^{-jk_0 x_2}}{e^{jk_0 x_1} + r e^{-jk_0 x_1}} \quad \text{..... (D7)}$$

改写式(D7), 并使用式(D5)和式(D6), 得 r :

$$r = \frac{H_{12} - H_1}{H_R - H_1} e^{2jk_0 x_1} \quad \text{..... (D8)}$$

至此, 基准面($x=0$)上声反射因数 r , 可从测得的传递函数、距离 x_1 和包含阻抗衰减常数 k_0'' 的波数 k_0 而确定。

注: 重要的一点是, 采用双传声器法时, 传递函数要对传声器之间的相位失配和幅度失配作补偿。

附录 E

(提示的附录)

误差来源

误差来源可分为两大类: 系统误差和无规误差。

E1 系统误差

系统误差包括测量和(处理后的)分析中的潜在误差, 诸如频率混迭、泄漏和前置级误差, 还有传声器失配和/或信号长度不够或距离测量不准引起的误差。频率混迭、泄漏和前置级误差, 可由熟知的信号采集和处理技术予以减小。传声器声中心和几何中心不重合引起的有偏误差已在 A2.2 讨论过。

E1.1 时间混迭(非周期信号)

对于非周期信号, 当每个测试记录的长度, 与所研究的系统的脉冲响应相当或稍短时, 就会产生时间混迭, 从而引起信号处理的交叉干扰误差。

为避免时间混迭, 可选取信号长度远大于阻抗管中的声传播时间, 即:

$$\tau \gg 2x_1/c_0 \quad \text{..... (E1)}$$

式中: τ ——采样信号长度, 以 s 计;

x_1 ——样品到远的传声器的距离, 以 m 计;

c_0 ——声速, 以 m/s 计。

E1.2 相位失配

采用双传声器法时, 传声器之间的相位失配误差是不可避免的, 应予以补偿。这可由本标准 8.5 所述的方法之一实现。

E1.3 幅度失配

采用双传声器法时,可能存在传声器灵敏度失配。只要这种误差是常数,那么它一般就不重要,可由 8.5 所述的测量方法基本上得到校正。但是为保证整个测试结果有前后统一的读数,附录 A 规定要分别作声压级测量。

采用双传声器法时,最好通过校准将传声器信号幅度的读数之差调整在 0.3 dB 之内。

E2 无规误差

无规误差通常是处理有限长度的无规噪声信号引起的,但其中也可能有仪器的电噪声,或外来声信号。

适当的平均可以减小无规误差,而采用确定性信号则可使最小化。在进行传声器信号频谱的集合平均时,带宽和信号长度的选择,在限制每个通道的无规误差方面通常是很有效的。

信号记录长度和带宽的选取,决定无规信号方均根级测量值的相对标准偏差。典型的情况是,频带宽度和总平均时间的乘积为 50 到 100 将能使无规误差保持在较小的数值。

另一方面,为在指定传声器位置上取得规定的测量标准误差,要求平均数为:

$$n = [1/(2\sigma)]^2 \quad \dots\dots\dots (E2)$$

式中: n ——作平均的独立(没有交叉)谱的数目;

σ ——标准误差。

E3 传递函数的准确度

测得的传递函数最后的准确度,是本标准特别重要的一点。为使指定频率上传递函数估计值的幅值达到给定的归一化标准误差,所需的平均数的估计值为:

$$n = \frac{1}{2\epsilon^2} \left[\frac{1}{\gamma^2} - 1 \right] \quad \dots\dots\dots (E3)$$

式中: n ——平均数;

ϵ ——归一化标准误差;

γ^2 ——相干函数。

相干函数由式(E4)决定:

$$\gamma^2 = |S_{12}|^2 / (S_{11}S_{22}) \quad \dots\dots\dots (E4)$$

式中: S_{12} ——传声器 1 的信号与传声器 2 的信号的正互谱;

S_{11} ——传声器 1 的信号的正谱;

S_{22} ——传声器 2 的信号的正谱。

注:相干函数的测定中存在信号记录长度(或者频率分辨率)和管中混响效应引起的有偏差。可以期望传声器信号间的相干将大于 0.9,除非是高反射的末端,此时,在与任何一只传声器位置上为声压节点所相应的频率上,相干将小于 0.5。

附录 F

(提示的附录)

局部反应吸声材料的扩散吸声系数 α_n 按本标准结果的推算

“局部反应”(就是吸声材料内部没有与其表面平行的声传播)一类吸声材料,在扩散(就是全向)声入射时的吸声系数 α_n ,可从根据本标准测定的声阻抗率 $Z_s = R_s + jX_s$ 计算。关系如下:

$$\alpha_n = 8 \frac{z'}{z'^2 + z''^2} \left[1 - \frac{z'}{z'^2 + z''^2} \ln(1 + 2z' + z'^2 + z''^2) + \frac{1}{z''} \frac{z'^2 - z''^2}{z'^2 + z''^2} \arctan \frac{z''}{1 + z'} \right] \quad \dots\dots\dots (F1)$$

式中, $z' = R_s / \rho c_0$; $z'' = X_s / \rho c_0$ 。

如 $z'' = 0$, 则上式方括号中最后一项将为 $1/(1+z')$ 。按这个公式所能得到的 α_n 的最大值为 0.96。

对体积反应(内部有与其表面平行的声传播的, 如低密度开孔泡沫塑料或矿棉吸声板)吸声材料, 不存在类似的显式解析关系式。

附 录 G

(提示的附录)

参 考 文 献

- [1] ISO 266:1975, Acoustics—Preferred frequencies for measurements.
-