



中华人民共和国国家标准

GB/T 19512—2004/ISO 11820:1996

声学 消声器现场测量

Acoustics—Measurements on silencers in situ

(ISO 11820:1996, IDT)

2004-05-13 发布

2004-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
1.1 概述	1
1.2 本标准的应用范围	1
1.3 被测量	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 背景噪声的修正	5
4.1 传递声压级差	5
4.2 插入声压级差	5
5 安装条件	5
6 仪器	7
6.1 声学仪器	7
6.2 流速、静压和温度的测量设备	7
7 测量对象和测量条件	7
8 测量程序	7
8.1 概述	7
8.2 声学测量	7
8.3 气流、压力和温度的测量	9
9 计算	10
9.1 声压级测量计算	10
9.2 气流测量计算	12
10 记录内容	12
10.1 被测消声器	13
10.2 运行条件	13
10.3 测量方法	13
10.4 声学测量结果	13
10.5 其他信息	13
11 报告内容	14
附录 A (资料性附录) 声场的修正	15
附录 B (资料性附录) 指向性传声器的校准和配备湍流防风罩传声器的校准	17
附录 C (资料性附录) 参考文献	18

前 言

本标准等同采用 ISO 11820:1996《声学——消声器现场测量》。

在标准编制中,按我国国家标准的要求,将引用文件和参考文献中部分 ISO 标准替换为我国正在实施的对应国家标准;一些名词术语、格式和文字描述更符合我国的相关标准和惯例。在参考文献中增加了我国有关消声器测量方法的国家标准。

本标准的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

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(CSBTS/TC 17)归口。

本标准起草单位:北京市劳动保护科学研究所、中国科学院声学研究所。

本标准主要起草人:任文堂、李孝宽、李孝平、周鑫、赵尊宇、戴根华。

引 言

本标准给出在现场条件下评价消声器声学性能的方法。所确定的衰减损失是指使用消声器时,当声音通过管道、孔或开口的内部横截面时声功率级的减少程度(例如在围蔽空间或建筑中)。除非侧向部件不是消声器的一部分或者不与管壁相连,否则声音通过侧面元件的传输也属于消声器性能的范畴。气流噪声和消声器安装前后运行条件的变化影响也包括在内。

在实验室中关于管道消声器的测量可以按照 ISO 7235 或 GB 4760 标准进行,插入损失、静压损失和再生噪声(气流噪声)在其严格规定的条件下测定。

在实际的应用中,声场和气流场很少是均匀分布的,这会导致不同的衰减和较大的压力损失。此外,声压级和气流流量相关,因此,本标准中再生噪声并不单独测量,而是作为运行设备使用的消声器的一种特性看待,这就限制了消声器在实际应用中的衰减程度。

声学 消声器现场测量

1 范围

1.1 概述

本标准规定了消声器现场测量方法。适用于在实际应用中的消声器测量,以进行声学分析、验收试验及评价。按照本标准所得的结果与按照 ISO 7235 或 GB/T 4760 对管道消声器在实验室中测量所得的结果是不可比的,一部分原因是由于不同的测试条件(例如,声场的分布、气流、温度和安装条件等);另一部分原因是由于不同的定义。

按测量方法,测量结果可分为:

插入损失 D_{is}

或 传递损失 D_{tr}

注:“s”代表现场,“i”代表插入,“t”代表传递。

测量方法取决于消声器的种类和安装条件(例如,对于排气放空的消声器必须用插入损失来测量)。如使用人工声源测量,消声器辐射声指向性等其他特征量测量也可以参考本标准进行。

1.2 本标准的应用范围

- 从声源(包括机器、设备、建筑物等,例如,燃气涡轮发电机、洗涤装置、冷却塔、暖通空调装置(HVAC)、排气烟囱、进风管道、武器、内燃机、压缩机等),在其声音传播路径上以整体消声器或由多个单一消声部件组合而成的消声器(例如,管道的开口处);
- 所有的无源消声器(阻性的、抗性的、反射型的和排气放空的消声器);
- 有源消声器(包括功率放大器和扬声器)。有源消声器开启和关闭的声压级差相当于无源消声器的插入损失;
- 其他能够使声音在空气或其他气体中衰减的装置(例如,安装在管道中的元件、百叶窗、格栅和导流罩等);
- 本标准也适用于吹洗和清扫消声器效果的测定。

由于本标准不进行结构声测量,因此不适用于密闭的高压系统(例如,封闭管道中的消声器)。

1.3 被测量

a) 声压级

测量至少应是中心频率从 63 Hz 到 4 kHz 的倍频带声压级(如果可能和需要,也可以从 31.5 Hz 到 8 kHz);或者是中心频率从 50 Hz 到 5 kHz 的 1/3 倍频带声压级(如果可能和需要,也可以从 25 Hz 到 10 kHz)。

测点为:在消声器声源端一点或几个点;

在消声器出口端一点或几个点。

b) 测点位置的静压、动压、流速和温度

待测运行数据包括表征使用消声器的机器或设备运行工况的流量、压力和速度。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款,凡是注明日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本适用于本标准文。

GB/T 3767—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方近似自由场的工程法(eqv

ISO 3744:1994)

GB/T 3785—1983 声级计的电、声性能及测试方法

GB/T 17181—1997 积分平均声级计(idt IEC 60804:1985)

ISO 5221:1984 空气分布与扩散—空气处理管道中空气流量测量方法导则

3 术语和定义

本标准使用下列术语和定义。

3.1

传递声压级差 (D_{tp}) transmission sound pressure level difference

消声器声源端和出口端的平均声压级,差单位为分贝(dB)。

$$D_{tp} = \overline{L}_{p2} - \overline{L}_{p1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

\overline{L}_{p1} ——消声器出口端的平均声压级,单位为分贝(dB)(基准声压 20 μ Pa)。平均声压级是由管道中或从孔、消声器外表面辐射空气声的全部测点平均得到的(1/3 倍频带或倍频带);

\overline{L}_{p2} ——消声器声源端的平均声压级,单位为分贝(dB)(基准声压 20 μ Pa)。平均声压级是由辐射入消声器的空气声的全部测点平均得到的(1/3 倍频带或倍频带)。

注: D_{tp} 只是用来确定传递损失的一个中间量。

平均声压级 \overline{L}_p 由式(2)确定:

$$\overline{L}_p = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 10^{0.1L_{pj}} \right] \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

L_{pj} ——每一个测点的声压级;

N ——测点的数量。

3.2

插入声压级差 (D_{ip}) insertion sound pressure level difference

安装消声器前后在同一点测得的声压级差或者是同一小块面积平均得到的声压级差,单位为分贝(dB)。

$$D_{ip} = L_{p2} - L_{p1} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

L_{p1} ——安装消声器后,在一点测得的声压级或是一小块面积测得的声源的平均声压级(1/3 倍频带或倍频带),单位为分贝(dB)(基准声压 20 μ Pa);

L_{p2} ——安装消声器前,在相同测点所测的平均声压级(1/3 倍频带或倍频带),单位为分贝(dB)(基准声压 20 μ Pa)。

注:与 D_{tp} 相反, D_{ip} 限于一个点或一小块面积上的声压级差,无论装不装消声器,测量点处声辐射的指向性都是有效的,在以半波长为直径的一小块面积上而不是一点作测量,对避免直达声波和反射声波在某些点发生干涉而给测量带来严重影响也许是有用的。

3.3

传递损失 (D_{ts}) transmission loss

入射声功率级和通过消声器传递的声功率级之差,单位为分贝(dB)。

$$D_{ts} = L_{w2} - L_{w1} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

L_{w1} ——声音通过消声器后传递到相连的管道、房间或是传入自由空间的声功率级(1/3 倍频带或倍频带),单位=dB(基准声功率 1 pW),由式(5)确定:

$$L_{w1} = \overline{L_{p1}} + 10 \lg(S_1/S_0) + K_1 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

S_1 ——消声器出口端的与计算平均声压级 $\overline{L_{p1}}$ 相对应的测量面面积;

或者在混响的接收室中, S_1 为该室吸声量 A 的四分之一。这时,可用赛宾公式:

$$S_1 = (6 \ln 10)V/(cT_1) \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

V——房间的体积;

c——声音的传播速度(对于空气来说,室温下 $c=340$ m/s);

T_1 ——混响时间。

$S_0=1$ m²;

K_1 ——消声器出口端声场的修正值(参见附录 A),单位为分贝(dB)。

L_{w2} ——声音入射到消声器的声功率级(1/3 倍频带或倍频带),单位为分贝(dB)(基准声功率 1 pW),且和安装条件有关(见 5 和 9.1),由式(7)确定:

$$L_{w2} = \overline{L_{p2}} + 10 \lg(S_2/S_0) + K_2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

S_2 ——消声器声源端的与计算平均声压级 $\overline{L_{p2}}$ 相对应的测量面面积;

或者在混响的声源室中, S_2 为消声器的总进口横截面积的 1/4。声压级 L_{p2} 要在房间内距离消声器或其他声源不能太近的不同的点测量;

$S_0=1$ m²;

K_2 ——消声器声源端入射声场分布和反射声场分布的修正值(参见附录 A),单位:dB。

注:面积 S_1 和 S_2 的定义中包括基本的声场修正。因此,修正值 K_1 和 K_2 的值一般很小,在典型情况下绝对值小于 3 dB。

3.4

插入损失(D_{in}) insertion loss

安装消声器前后辐射的声功率级差,单位为分贝(dB)。

$$D_{in} = L_{wII} - L_{wI} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

L_{wI} ——消声器安装后的 1/3 倍频带或倍频带声功率级,单位为分贝(dB)(基准声功率 1 pW),由式(9)确定:

$$L_{wI} = \overline{L_{p1}} + 10 \lg(S_1/S_0) + K_1 \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$\overline{L_{p1}}$ ——安装消声器后,在管道或开口辐射空气声的全部测点上的平均声压级(1/3 倍频带或倍频带)和安装条件有关(见 5 和 9.1);

S_1 ——消声器出口端的与平均声压级 $\overline{L_{p1}}$ 相对应的测量面面积;

或者在混响的接收室中, S_1 表示该室吸声量 A 的四分之一。这时,可用赛宾公式,见式(10):

$$S_1 = (6 \ln 10)V/(cT_1) \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

T_1 ——混响时间;

V 和 c——见 3.3 的定义。

$$S_0 = 1 \text{ m}^2;$$

K_1 ——消声器出口端声场分布的修正值(参见附录 A),单位为分贝(dB)。

$L_{w\parallel}$ ——未安装消声器的 1/3 倍频带或倍频带声功率级,单位为分贝(dB)(基准声功率 1pW),

由式(11)确定:

$$L_{w\parallel} = \overline{L_{p\parallel}} + 10 \lg(S_{\parallel}/S_0) + K_{\parallel} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

$\overline{L_{p\parallel}}$ ——未安装消声器时,所有测点上的平均声压级(1/3 倍频带或倍频带),取决于消声器的安装条件;

S_{\parallel} ——与平均声压级 $\overline{L_{p\parallel}}$ 相对应的测量面面积,或者在混响的接收室中, S_{\parallel} 表示该室吸声量 A 的四分之一。这时,可用赛宾公式:

$$S_{\parallel} = (6 \ln 10) V / (c T_{\parallel}) \dots\dots\dots(12)$$

式中:

T_{\parallel} ——混响时间;

V 和 c 见 3.3 的定义。

$$S_0 = 1 \text{ m}^2;$$

K_{\parallel} ——未安装消声器时,在管道中或孔前处声场分布的修正值(参见附录 A),单位为分贝(dB)。

注:在大多数情况下,面积 S_1 和 S_{\parallel} 相等,修正值 K_1 和 K_{\parallel} 相差不多,所以这些修正值在插入损失的计算中可以互相抵消,对于特殊的情况可以参见附录 A。

3.5

消声器的总压损失 (Δp_T) total pressure loss of silencer

消声器上游的总压平均值 $\overline{p_{T_u}}$ 和下游的总压平均值 $\overline{p_{T_d}}$ 的差值。

$$\Delta p_T = \overline{p_{T_u}} - \overline{p_{T_d}} \dots\dots\dots(13)$$

- a) 当消声器管道的进口和出口面积相等,且温度或空气密度沿消声器没有显著变化时,总压损失等于静压差;
- b) 当消声器被安装在两个房间之间或较大横截面的管道中间,且气流速度可以忽略时,其总压损失与相同安装条件下静压差近似相等;
- c) 在消声器的横截面和与消声器安装所在的管道或孔的横截面不相等的地方,过渡段作为消声器的一部分,压力测量要在过渡段外进行。

3.6

静压差 (Δp_s) static pressure difference

当消声器的进口与出口面积不相等,且温度变化不显著时,静压差与总压损失 Δp_T 的关系如下:

$$\Delta p_s = \Delta p_T - \frac{\rho q_v^2}{2} \left[\frac{1}{S_u^2} - \frac{1}{S_d^2} \right] \dots\dots\dots(14)$$

式中:

ρ ——气体密度(kg/m³);

q_v ——气流量(m³/s);

S_u ——消声器上游横截面积(m²);

S_d ——消声器下游横截面积(m²)。

3.7

背景噪声 background noise

不是由消声器所在管道的声源、管道或孔洞所产生的声音。

4 背景噪声的修正

4.1 传递声压级差

传递声压级的背景噪声修正要根据表1进行,如果测量值修正3 dB仍不能满足要求,那么 \overline{L}_{p1} 就不能用本标准描述的方法来确定,这时测量结果只能说明:

表1 背景噪声的修正值

单位为分贝

启动声源后测得的声压级与 背景噪声级的差值	<3	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
修正值	测量无效	3	2	2	1	1	1	0.5	0.5	0

$$\overline{L}_{p1} < \overline{L}'_{p1} - 3 \text{ dB}$$

式中:

\overline{L}'_{p1} ——消声器出口端测得的平均声压级(1/3倍频带或倍频带)。

4.2 插入声压级差

插入声压级的背景噪声修正要根据表1进行,如果测量值修正3 dB也不能满足要求,那么 D_{in} 就不能用本标准描述的方法来确定,这时测量结果只能说明:

$$D_{in} > L'_{p2} - L'_{p1}$$

式中:

L'_{p1} ——消声器安装后在背景噪声影响下所测的声压级(1/3倍频带或倍频带);

L'_{p2} ——消声器安装前在背景噪声影响下所测的声压级(1/3倍频带或倍频带)。

注:ISO 7235:1991中3.12条的背景噪声包括再生噪声,本标准中的背景噪声不包括再生噪声。

5 安装条件

旨在确定传递损失或插入损失的可能安装条件如图1所示,传递损失的测量有16种情况、插入损失的测量有4种情况。

声源端可以是:

- 管道;
- 扩散声场的房间;
- 非扩散声场的房间;
- 自由声场的空间。

出口端可以是:

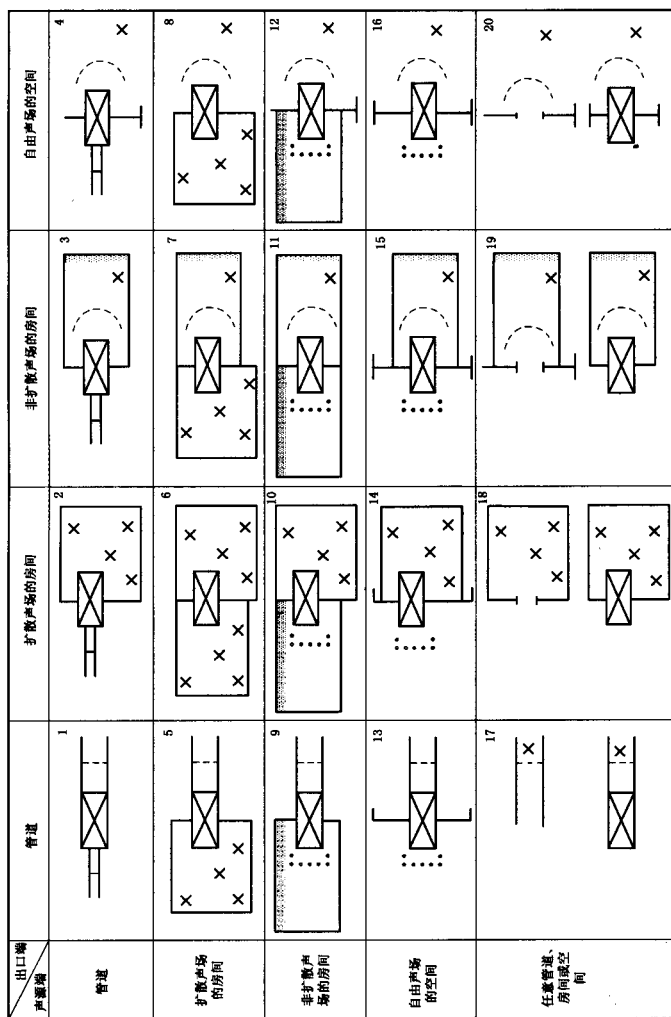
- 管道;
- 扩散声场的房间;
- 非扩散声场的房间;
- 自由声场的空间。

当按本标准进行验收试验时,相关各方应对安装条件、测点、声场修正值的大小达成一致。

注:符合图1中情况6所得到的结果可能与ISO 140-10所定义的不同;符合图1中情况8所得到的结果也可能与ISO 140-5所定义的不同,这些都取决于测量表面的选择。

某些特殊的地方,当无法用实际声源测量时,可用人工声源代替。人工声源的类型和安装应详细说明。为了更好的和实际声源源谱相比较,测量应在1/3倍频带进行,并考虑不同的声场分布、温度、流速的影响,其特定的修正值应该加以说明。

注:实际的修正项决定于具体情况,确定它们的值要求使用复杂的理论模型,这已超出本标准的范围。



注：1~16为传递损失示意图，17~20为插入损失示意图，声源在消声器左侧，气流方向是任意的。
 图1 消声器传递损失、插入损失测量示意图

6 仪器

6.1 声学仪器

测量仪器应符合 GB/T 3767 要求。使用 GB/T 3785 和 GB/T 17181 规定的 1 型声级计。如果除指向性要求外,这些标准的其他所有要求都满足的话,在特殊情况下可以使用指向性传声器(见 8.2.3)。

包括记录仪在内的测量系统都应进行校准。

注 1: 当使用同一测量仪器测量声源端和出口端的声压级差和使用已在实验室条件下校准过的指向性传声器时(见附录 B),不需要在现场对传声器进行校准,但最好使用校准器对测量系统性能进行检查。

由经过传声器气流产生的噪声应以适当的装置设备加以抑制。

注 2: 可以选用下列装置之一:

- 泡沫球防风罩;
- 鼻锥(气流方向控制在 $\pm 15^\circ$ 之内);
- 或者使用 GB/T 17697—1999 中描述的 Friedrich 管或湍流罩。

6.2 流速、静压和温度的测量设备

如果可能,流速、静压和动压的测量要按照 ISO 5221 中规定的要求进行。

毕托管、压力计、压力传感器是测定压差最通用的设备。

当压差小于 10 Pa 左右或者毕托管的气流入射角大于 10° 时,会产生较大的误差。

当气流中没有较大起伏或旋转分量时,可用叶片式风速仪来测量流速的分布。

精度在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 内的任何类型温度计都可以使用。

7 测量对象和测量条件

测量对象是已经安装(或是打算安装)在管道或机器(设备)的开口或在围蔽空间的墙上的消声器时,对消声器效果的测量可按下列两种情况之一进行:

——能产生一定流量和声级,就在其机器设备正常运行条件下;

——在设备不运行和不产生气流时,应使用人工声源(例如,扬声器)。

优先考虑在机器设备正常运行条件下的测量方法。

不同的运行条件和人工激励可以产生不同的声学激励,并可以得到不同的结果。影响因素包括声场的分布、再生噪声、气流梯度、温度、湍流和侧向传声。按照本标准测量的衰减损失仅有效于在测量时的运行条件,这应予以说明和报告。

消声器验收试验中,相关方应对测量是在设备额定条件下或者是在通常能够反映运行中频繁产生典型声音的运行条件下进行,达成一致协议。

如果设备还受到其他专项国家标准的限定,它的运行状态应符合该标准。

8 测量程序

8.1 概述

在应用本标准中所描述的测量程序之前,相关各方应就测量条件达成一致。测量条件包括安装消声器或将要安装消声器的设备的运行状态、测点位置等。声音除了经过消声器开口辐射外,还可以从消声器外表面辐射,通过对测点的选择,能够将这两部分噪声考虑进去。为了清楚地描述测量结果,在参考本标准的同时,还应充分考虑相关协议的细节。

8.2 声学测量

8.2.1 管道中测量

a) 传递损失的测量

将传声器放置在距消声器较近的位置,但距离最好不要小于 1 m。为确保测量不受空气流动的影响,若可能的话,要避免传声器接近声源、管道中弯曲处或者是有障碍物的地方。通常,将垂直于声音传播方向或者平行于消声器入口横截面(见图 2a)的表面定义为测量表面。要用多个测点来确定平均声压级。

注：测点的个数取决于管道的尺寸和测量条件(例如通流和温度)。

测点应均匀分布在测量表面上或者靠近测量表面(要在测量的最低频率波长的 1/8 以内)，但是不要都在测量表面的一个平面内；

更合理的方法是，将测点均匀分布在管道横截面上的流速分布均匀位置，且要避免靠近管壁的边界层。

b) 插入损失的测量

装消声器前与装消声器后传声器都放在相同的位置。测点位置不须均匀分布在管道横截面上。将传声器在很小区域上沿着管道的横向和纵向移动，以减少驻波的影响。

将带有鼻锥或湍流防风罩的传声器在气流方向上排列放置。

如在管道中出现高流速(例如 >30 m/s)和高声压级(例如 >120 dB, 基准声压 20 μPa)，允许将传声器齐平安装在管壁上。

注 1：在管道系统的设计中，应考虑预留传声器的孔洞，注意密封孔洞，以避免由于气流进出管道产生再生噪声。

注 2：用来支撑传声器的支架可能会产生再生噪声。

应使每个测点的测量时间都相等并且足够的长，以保证能够确定能量等效的声压级，且其不确定度不超过 1 dB。

注 1：在高温和测量时间短的地方，适宜使用记录传声器的信号的方法。

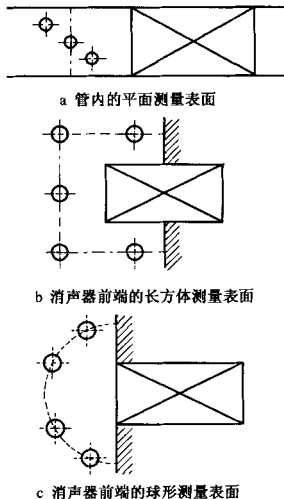
注 2：对于起伏信号，准确度会降低。

8.2.2 在房间或通风室内测量

对于传递损失和插入损失的测量，传声器位置的选择取决于房间的尺寸和房间内声音的吸收表面和反射表面的分布。

当房间的长和高之比或宽和高之比小于 3 : 1 时，且很少的声吸收均匀地分布在房间的表面时，要在整个房间内平均分布测点，如果可能，至少取三个测点，测点的位置距离房间的声源、墙壁和消声器的开口处都要大于 0.5 m，最好能大于 1 m。

否则，应将测点的位置选择在可以部分包络消声器和消声器开口的表面上。测点距离声源、墙壁和消声器开口处都要大于 0.5 m，最好能不小于 1 m。包络面可以是长方体形状的，或作为球或圆柱的一部分(见图 2 b 和 c)。



注：虚线表示测量表面。

图 2 测量表面实例

插入声压级差的测量要在规定的位置进行(例如,操作人员的位置)。

使用全指向的传声器。通常,推荐使用泡沫球防风罩来保护传声器不受气体流动影响。不要使用湍流防风罩或具有指向性的传声器。

8.2.3 在开放空间的测量

有四种测量区域是可确定的:

- 在远离消声器的照射点的位置测量消声器插入声压级差;
- 从声源到照射点的路径上的位置测量消声器插入声压级差;
- 在消声器周围的包络面上的位置测量传递损失和插入损失;
- 在消声器入口和出口平面的位置测量传递损失和插入损失。

当消声器开口是其附近区域的主要声源时,建议将测点的位置远离消声器。使用有指向性的传声器可以减少其他声源的影响。对于具有指向性的传声器的校准,参见附录 B。为了减少地面干扰的影响,建议将传声器放置在距离地面至少 4 m 的位置。位置的选择必须注意,使从建筑物或其他障碍物反射的声音的影响不大于 1 dB。

照射点上其他声源的影响不能被减少时,可以在从声源到照射点的路径上选择代替测点。

通常,测量位置宜选择在部分包围消声器开口的表面上。测量位置应距离消声器开口处 1 m 左右。封闭的表面可以是长方体、球或圆柱的一部分(见图 2 b 和 c)。推荐使用泡沫球防风罩来保护传声器不受气流影响。使用鼻锥时,应将带有鼻锥的传声器在气流方向上排列。测量插入声压级差时,可以使用湍流防风罩。

背景噪声较大时,在消声器开口平面直接测量较为有效。在这种情况下,测量表面即为消声器的自由横截面 S_0 。因为传声器在空气流动方向上的位置对声压级的测量影响较大,所以要在测量平面上精确选择测量的位置。

8.3 气流、压力和温度的测量

8.3.1 测量表面

定义两个测量表面,一个在测试对象的上游、另一个在测试对象的下游,且垂直于主气流方向。

如有可能,上游测量表面距离被测管道消声器 d_u , 见式(15):

$$d_u = 1.5 \sqrt{\frac{4S_u}{\pi}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

S_u ——上游测量表面的横截面积。

下游测量表面距离被测管道消声器 d_d , 见式(16):

$$d_d = 12 \sqrt{S_d} - 10 \sqrt{S_1} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

S_d ——下游测量表面的横截面积;

S_1 ——消声器自由横截面的面积。

如果上述要求不能达到时,测量表面与消声器进出口的距离要由相关方协商确定。

8.3.2 压差

记录绝对压力和大气压力 p_a 之差,本标准不要求测量大气压力。

取上述两个测量表面上的若干测点测量总压 p_T 和静压 p_S 。在使用毕托管时,其距离管壁的任何一点的距离都要不小于 15 mm。

注:为了详细研究,如有可能应该沿一对相互垂直的轴线上进行总压和静压的测量,如果是片式消声器,应选择沿与消声片平行的一对互相垂直的轴,进行总压和静压的研究。

8.3.3 流速

对于局部流速(例如,通风孔的流速)的测量,可以不对仪器进行校准。

注:测定流速的分布,可以在不同的测点进行(例如,在片式消声器的进口和出口处)。在流速分布不均匀时,压力损失和气流噪声可能会有所增加。

8.3.4 温度

在消声器上游测量表面一个测点测量空气的温度 θ ,要与气流和声音的测量同时进行。如果消声器下游温度与上游温度有很大差别或者与周围温度有很大差别时,对下游温度也应进行测量。

9 计算

9.1 声压级测量计算

对于不同情况的测量 见图 1 所示。

9.1.1 传递声压级差

- a) 情况 1 ~ 4;根据 8.2.1 所述,在消声器声源端测量表面附近的一些位置测量声压级 L_{p1} ,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p2}}$ 。
- b) 情况 5 ~ 8;根据 8.2.2 所述,在消声器声源端混响室一些测点测量声压级 L_{p1} ,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p2}}$ 。
- c) 情况 9 ~ 16;根据 8.2.2 和 8.2.3 所述,在消声器声源端包围面上的一些测点测量声压级 L_{p1} ,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p2}}$ 。
- d) 情况 1 ~ 16;如可能,应单独测量背景噪声的影响,使用表 1 或式(17)对消声器接出口 J 个测点的声压级进行适当地修正。

$$\overline{L_{p1}} = 10 \lg \left[\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J (10^{0.1L_{pj}} - 10^{0.1L_{ej}}) \right] \dots\dots\dots (17)$$

式中:

L_{ej} ——背景噪声的声压级,单位: dB。

如有可能,关闭声源,忽略消声器侧向传声,把传声器放在相同的位置测量背景噪声的声压级,最大的修正值为 3 dB。

- e) 根据公式(1)计算传递声压差 D_{p1} 。

9.1.2 插入声压级差

- a) 情况 17;未安装消声器时在管道横截面上的若干个测点上测量声压级 L_{p1} ,如果测点的距离比较近,根据 8.2.1 所述,确定一下平均声压级 $\overline{L_{p11}}$ 。如果测点间距相等,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p11}}$ 。
- b) 情况 18;根据 8.2.2 所述,未安装消声器时在混响室内的若干个测点上测量声压级 L_{p1} ,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p11}}$ 。
- c) 情况 19 ~ 20;根据 8.2.2 和 8.2.3 所述,未安装消声器时在非扩散的房间或开放的空间中彼此距离接近的一些测点上测量声压级 L_{p1} ,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p11}}$ 。根据 8.2.1 所述,未安装消声器时,包围在开口的测量表面上间距相等的若干个测点上,测量声压级 L_{p1} ,根据公式(2)确定平均声压级 $\overline{L_{p11}}$ 。
- d) 情况 17 ~ 20;如可能应分别测量背景噪声的影响,使用表 1 或下面的公式对安装消声器时,彼此靠近的 N 个测点的声压级进行适当地修正。

$$\overline{L_{p1}} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (10^{0.1L_{pj}} - 10^{0.1L_{ej}}) \right] \dots\dots\dots (18)$$

式中:

L_{ej} ——背景噪声的声压级,单位: dB。

在混响的接收室或消声器出口端的包络面上,或管道横截面上间距相等的测点,可以确定平均声压级 $\overline{L}_{p1} = L_{p1}$ 。

如有可能,关闭声源并忽略消声器侧向传声,把传声器放在相同的位置测量背景噪声的声压级,最大的修正值为 3 dB。

根据公式(3)计算插入声压级差 D_{ips} 。

9.1.3 传递损失

由消声器传递声压级差 D_{ips} 、面积比 S_2/S_1 和两端声场修正值差 $K_2 - K_1$,按下式进行传递损失 D_{ts} 的计算:

$$D_{ts} = D_{ips} + 10 \lg(S_2/S_1) + K_2 - K_1 \quad \dots\dots\dots (19)$$

- a) 情况 1 ~ 4: S_2 是消声器声源端管道横截面测量表面面积。
- b) 情况 5 ~ 8: S_2 是消声器声源端总横截面面积的四分之一。
- 注: 应注意区分消声器的进口总横截面与消声器的自由横截面 S_1 。
- c) 情况 9 ~ 16: S_2 是总的消声器进气横截面测量表面面积的二分之一。
- d) 情况 1,5,9,13: S_1 是消声器出口端管道横截面测量表面的面积。
- e) 情况 2,6,10,14: S_1 是接收室吸收量的四分之一(见 3.3)。
- f) 情况 3,4,7,8,11,12,15,16: S_1 是消声器末端包络面测量表面的面积。

除附录 A 描述的特殊情况的规定外,声场修正值 K_1 和 K_2 只考虑消声器两端显著不同的温度。

$$K_2 - K_1 = 5 \lg\left(\frac{273 + \theta_1}{273 + \theta_2}\right) \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

θ_1 ——消声器出口端的温度(°C);

θ_2 ——声源端的温度(°C)。

温度不同声速也不同,这将导致均方声压和声功率转换因子不同。

9.1.4 插入损失

在安装消声器前后,由平均声压级差 $\overline{L}_{pII} - \overline{L}_{pI}$ 、面积比 S_{II}/S_I 和声场修正值差 $K_{II} - K_I$,按下式进行插入损失 D_{is} 的计算:

$$D_{is} = \overline{L}_{pII} - \overline{L}_{pI} + 10 \lg(S_{II}/S_I) + K_{II} - K_I \quad \dots\dots\dots (21)$$

- a) 情况 17: S_{II} 是未安装消声器前,管道中测量横截面面积; S_I 是安装消声器后,管道中测量横截面面积。如果可能,在插入消声器前后选择相同的横截面。
- b) 情况 18: S_{II} 是未安装消声器前混响室中吸声量的四分之一(见 3.4); S_I 是安装消声器后混响室中吸声量的四分之一。如果可能,使混响室中的吸声量在消声器安装前后保持不变。
- c) 情况 19 ~ 20: S_{II} 是未安装消声器前,用来包络墙壁的消声器安装口处的测量面面积; S_I 是安装消声器后,用来包络消声器末端开口处的测量面面积。如果可能,选择包络面以使两个面积相等。

除附录 A 描述的特殊情况的规定外,声场修正值 K_I 和 K_{II} 只考虑装与不装消声器的温度,温度有明显不同时,按下式计算。

$$K_{II} - K_I = 5 \lg\left(\frac{273 + \theta_I}{273 + \theta_{II}}\right) \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

θ_I ——安装消声器的温度(°C);

θ_{II} ——未安装消声器的温度(°C)。

说明见 9.1.3

9.1.5 1/3 倍频带和倍频带数据的转换

1/3 倍频带和倍频带数据的转换只适用于测量的声压级,对于声压级差则不行。

9.2 气流测量计算

根据 8.3.2 所述,在消声器上游的 N 个测点测量总压 $p_{T_{u,j}}$ 和静压 $p_{S_{u,j}}$,按式(23)和(24)确定上游总压和静压的平均值 $\overline{p_{T_u}}$ 和 $\overline{p_{S_u}}$:

$$\overline{p_{T_u}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_{T_{u,j}} \quad \dots\dots\dots(23)$$

$$\overline{p_{S_u}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_{S_{u,j}} \quad \dots\dots\dots(24)$$

根据 8.3.2 所述,在消声器下游的 N 个点测量总压 $p_{T_{d,j}}$ 和静压 $p_{S_{d,j}}$,按式(25)和(26)确定下游总压和静压的平均值 $\overline{p_{T_d}}$ 和 $\overline{p_{S_d}}$:

$$\overline{p_{T_d}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_{T_{d,j}} \quad \dots\dots\dots(25)$$

$$\overline{p_{S_d}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_{S_{d,j}} \quad \dots\dots\dots(26)$$

根据公式(13)确定管道消声器(图1中情况1)的总压损失 Δp_T 。

根据动压 p_v 计算上游或下游的流速。动压 p_v 定义见式(27):

$$p_v = p_T - p_S \quad \dots\dots\dots(27)$$

根据式(28)计算上游流速

$$w_u = \sqrt{\frac{2p_{vu}}{\rho_u}} \quad \dots\dots\dots(28)$$

式中:

ρ_u ——消声器上游空气密度。

气体密度按下式计算:

$$\rho_u = \frac{M \cdot P_{amb}}{R(273 + \theta_u)} \quad \dots\dots\dots(29)$$

式中:

$R=8314.4 \text{ N} \cdot \text{m}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ ——通用气体常数;

M ——摩尔质量(kg/kmol);

对于空气而言 $R/M = 287 \text{ N} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

P_{amb} ——大气压(=100 kPa);

θ_u ——消声器上游的温度($^{\circ}\text{C}$)。

下游流速由相似的方法计算而得(在消声器下游时,下标“u”用“d”来代替)。

从消声器上游和下游的 N 个点测得流速 w_j , 计算平均流速 $\overline{w_u}$ 和 $\overline{w_d}$:

$$\overline{w} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N w_j \quad \dots\dots\dots(30)$$

如果接近消声器入口处的流速 w_{uj} 与平均流速 $\overline{w_d}$ 偏差超过 10%, 或者根据 8.3.3 测量的结果表明流速分布不均匀,应记录实际的流速分布。由于流速的分布不均匀,可能会增加压力损失和再生噪声,消声器内的平均流速可按下式计算:

$$\overline{w_t} = \frac{S_u}{S_t} \cdot \overline{w_u} \quad \dots\dots\dots(31)$$

式中:

S_u ——消声器上游管道测量横截面积。

10 记录内容

按本标准进行的所有测量应记录下列内容:

10.1 被测消声器

- a) 型号和用途；
- b) 安装条件；
- c) 进口和出口尺寸；
- d) 长度；
- e) 气流方向；
- f) 可能的侧向传声和衰减的方法；
- g) 除了进口、出口面以外的可能的声音辐射表面；
- h) 有源消声设备(如果有的话)；
- i) 相关的结构参数；
- j) 消声器相对于声源、排气出口的位置示意图。

10.2 运行条件

- a) 测量的日期和时间；
- b) 气体的类型；
- c) 安装消声器前后,上游的平均流速；
- d) 安装消声器前后,下游的平均流速；
- e) 消声器内的平均流速；
- f) 由于气流分布不均匀产生的偏差(以便帮助找到可能存在的再生声源)；
- g) 消声器的总压损失；
- h) 气体的温度；
- i) 声源的运行条件；
- j) 环境条件。

10.3 测量方法

- a) 在图1中所描述的声学安装条件；
- b) 声音和气流的测量表面和测点的位置(绘图表示)；
- c) 列出使用的测量设备,尽量写明生产厂家、型号、序列号；
- d) 防风罩型号和使用情况；
- e) 人工声源(如果使用)。

10.4 声学测量结果

10.4.1 如果在消声器的两端进行测量时

- a) 传递损失 D_{ts} ；
- b) 采用的修正值差 $(K_2 - K_1)$ ；
- c) 对背景噪声的修正。

10.4.2 有和无被动型消声器条件下的测量或有源消声器开和关条件下的测量

- a) 插入声压级差 D_{ips} ；
- b) 插入损失 D_{is} (如果适用的话)；
- c) 采用的声场修正值差 $(K_0 - K_1)$ ；
- d) 对背景噪声的修正。

10.4.3 使用人工声源的情况

如果应用1/3倍频带和倍频带之间的数据转换,要说明转换的方法。

10.5 其他信息

- a) 测试机构的名称和地址；
- b) 报告编号；

c) 日期和签名。

除数据列表外,如果以图表形式提供 1/3 倍频带或者倍频带的插入损失或传递损失的频谱图,在横坐标以 15 mm 表示一个倍频带,纵坐标以 20 mm 表示 10 dB,或者以相同的比例在两个坐标上表示。

11 报告内容

测试报告中包括记录的所有的相关信息,和其他可能影响测试结果的所有因素。应注明测试结果是按本标准进行的,至少包括 10.3 a)、10.4 和 10.5 a)的信息。

附录 A
(资料性附录)
声场的修正

实际应用中,几乎不可能确定声场的修正值 K_1 、 K_2 、 $K_{1\perp}$ 、 $K_{1\parallel}$ 的真值。本附录给出了工程上的估计法,准确度在 ± 3 dB 以内。在测量之前,各相关方应在修正值的 K 值上达成一致。

在消声器声源端影响声场修正值 K_2 的因素:

a) 声音的入射方向:

1) 垂直于消声器入口横截面的方向(例如,管道中在高次模式的截止频率 f_c 以下)

——矩形的管道中, $f_c = 0.5 c/a$

式中:

c ——在工作温度下的声速;

a ——矩形较长一边的长度;

——圆形的管道中, $f_c = 0.5 c/d$

式中:

d ——管道的直径。

2) 斜入射消声器入口的横截面(例如,具有高次模式声波管道中或者是靠近房间内一个声源)。

3) 局部空间无规入射(例如,在角落的管道入口、在边缘的管道入口、在墙上的管道入口,或者在混响室中远离墙的管道入口)。

b) 消声器的开口相对于波长的尺寸。

c) 由于阻抗不匹配使消声器的入口产生的反射。

声场的修正依赖于声音的频率,入口管道产生的共振也会导致大的修正值。但是,在大多数通常的实际情况中,根据本标准的要求(图 1 中所示的情况),修正值的绝对值被限定在 3 dB 左右。

a) 在管道中(情况 1~4),在 $f < f_c$ 的低频范围,近似为平面波,对于高频 K_2 接近 -3 dB。

b) 在混响室中(情况 5~8),假定在墙上的小孔有无规声音入射。如果小孔离墙很远,或者它的直径与声波的波长相比不够小,那么 $K_2 = -3$ dB。在混响室的边缘或角落的小孔,在低频时的声场修正值分别为 3 dB 和 6 dB。

c) 在非扩散的房间(情况 9~12)和开放的空间(情况 13~16),假定声波是斜入射的,这导致了声场修正值 K_2 取管道和混响室的中介值。

在消声器出口端声场的修正值 K_1 考虑下列因素:

a) 声场的分布(如在管道中,情况 1,5,9 和 13);

b) 接收室的扩散度(情况 2,6,10,14);

c) 墙和反射物与测量表面的接近程度(情况 3,4,7,8,11,12,15 和 16);

d) 孔的尺寸与测量表面尺寸的比较。

除某个显著的频率产生作用的特殊的情况,在大多数情况下,根据本标准的要求,修正值的绝对值被限定在 3 dB。

a) 在管道中(情况 1,5,9 和 13),在 $f < f_c$ 的低频范围,近似为平面波,对于高频 K_1 接近 -3 dB。如果在消声器两端的管道横截面的尺寸接近的话,那么 $K_2 - K_1$ 就会很小。

b) 在混响室中(情况 2,6,10,14),声吸收是接近的,但按 Sabine 公式计算并不精确。造成偏差因子超过 2 是很少见的(相应的声场的修正值 $|K_1| = 3$ dB)。

c) 在大多数其他房间里(情况 3,7,11,15)可能适当限定一个测量表面,使其包括来自附近表面

的主要反射并不包括混响场。

d) 消声器插入房间或者开放空间(情况 3,4,7,8,11,12,15,16)的开口与测量表面相比并不小时,由于声音无规入射到测量表面,可能导致声场的修正值 K_1 达-3 dB。

原则上,声场的修正值 K_1 和 K_0 应该相等,在插入损失的计算中彼此抵消。但也有例外,如下:

- a) 消声器作为模式滤波器,导致与其连接的管道声场的修正值就要改变(情况 17);
- b) 混响接收室的声吸收或内部装置可能会因为消声器的插入而改变(情况 18);
- c) 消声器插入以后,测量表面可能需要移动或扩大(情况 19 和 20)。

附录 B

(资料性附录)

指向性传声器的校准和配备湍流防风罩传声器的校准

根据实践中的经验,推荐采用自由场比较方法用于指向性传声器在 50 Hz~5 000 Hz 的频率范围内校准。具有已知自由场灵敏度的传声器和指向性的传声器应该放置在彼此接近(距离在 0.1 m 左右),并安装在一个 5 m 高的三角架上。指向性传声器应该指向扬声器的方向,扬声器应放置在相同的高度上,彼此距离约为 5 m。扬声器可以用全频带或 1/3 倍频带的噪声发声,这主要取决于背景噪声。传声器的信号应使用双通道的 1/3 倍频带分析仪进行。指向性传声器和校准过的传声器信号之间在 1/3 倍频带时的差值 $\Delta L_{1/3}$,使用下面的公式可以转换成倍频带的差值 $\Delta L_{1/1}$,

$$\Delta L_{1/1} = -10 \lg \left[\frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 10^{-0.1 \Delta L_{1/3,j}} \right]$$

式中:

j ——在倍频带中的每一个 1/3 倍频带。

这个修正值应加到采用该指向性传声器在自由场条件下测量的声压级中。

附录 C
(资料性附录)
参 考 文 献

- [1] ISO 140-5; Acoustics—Measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 5; Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades
 - [2] ISO 140-10; 1991 Acoustics—Measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 10; Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements
 - [3] ISO 7235; 1991 Acoustics—Measurement procedures for ducted silencers—Insertion loss flow noise and total pressure loss
 - [4] ISO 5221; 1984 Air distribution and air diffusion—Rules to methods of measuring air flow rate in an air handling duct
 - [5] GB/T 17617—1995 声学 风机辐射入管道的声功率测定 管道法
 - [6] GB/T 4760—1995 声学 消声器测量方法
 - [7] GB/T 3241—1998 倍频带和分数倍频带滤波器 (eqv IEC 1260; 1995)
-