前　言

本标准是根据国际标准 ISO 5136:1990《声学　风机辐射入管道的声功率测定　管道法》制定的。本标准在技术内容上与该国际标准等效。

本标准的附录 A 和附录 B 是标准的附录，附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 是提示的附录。

本标准由全国声学标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：武汉鼓风机厂、北京市劳动保护科学研究所。

本标准主要起草人：周国华、任文堂。

ISO 前言

国际标准化组织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项工作。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 5136 是由 ISO/TC 43 声学技术委员会提出的。

附录 A 和附录 B 是标准的附录,附录 C 至附录 G 为提示性的,仅供参考。

中华人民共和国国家标准

声学　风机辐射入管道的声功率测定　管　道　法

GB/T 17697—1999
eqv ISO 5136:1990

Acoustics—Determination of sound power radiated into a duct by fans—In-duct method

1　范围

1.1　测量条件

本标准规定了风机辐射入管道的声功率的测量方法。用此种方法测量风机进口和/或出口端辐射入带有消声末端的管道的声功率。本标准适用于辐射稳态宽、窄带和离散频率噪声的风机。测量空气温度范围为－50～＋70℃。

试验管道直径范围 0.15～2 m。允许最大流速 30 m/s，最大气流旋流角 15°。

测量 1/3 倍频带中心频率范围为 50～10 000 Hz。

注：在高流速和大气流旋流角时，采样管的气流噪声对测量产生不良影响。气流旋流角的测定参阅附录 F。

1.2　声源类型

此方法适用于测定至少有一端与管道联结的风机辐射入管道内的声功率。

本标准涉及的管道式风机或风机设备包括：

——管道式离心风机；

——管道式轴流风机；

——管道式混流风机。

本标准也适用于其他气动源，例如：进气箱、气流调节和节流装置。

本标准不适用于非管道式风机或其他非管道式风机设备。

1.3　测量方法不确定度

本测量方法不确定度以声功率级测量标准偏差来表示。它包括末端反射、过渡管，依据声压测量计算声功率可能产生的误差以及测量仪器的标准允差。预测的标准偏差规定值见表 1。

表 1　测量方法标准偏差

1/3 倍频带中心频率，Hz	标准偏差，dB
50	3.5
63	3.0
80～100	2.5
125～4 000	2.0
5 000	2.5
6 300	3.0
8 000	3.5
10 000	4.0

国家质量技术监督局 1999-03-08 批准　　1999-09-01 实施

表 1 中所示的标准偏差反映了测量不准确全部因素的累积影响，它不包括由于风机或试验引起的声功率的变化，比如安装或声源工况的改变。

注

1 存在气流旋流时测量准确度下降。

2 如果存在离散频率分量，或者测量不是在足够长的时间内进行平均，准确度将低于表 1 中所示偏差。

3 在高频时，特别是在 4 000 Hz 以上，当被测量的噪声频谱值随频率迅速降低时，表 1 中列出的数据可能要增大。在这样条件下，传声器检测的高频声压级可能较低频声压级幅值要小，而电噪声特别是来自频率分析仪的电噪声可能干扰高频声信号。为保证声功率的测定精度，在频率分析仪前，可采用高频滤波器重复高频声的测量。

4 表 1 所列测量方法标准偏差报告资料见附录 G 参考文献[3]、[5]、[9]。

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为本标准的条文。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 3240—1982 声学测量中的常用频率(neq ISO 266:1975)

GB/T 3241—1998 倍频程和分数倍频程滤波器(eqv IEC 1260:1995)

GB/T 3785—1983 声级计的电、声性能及测试方法

ISO 5221:1984 气流分布和滞止——气流传输管道内气流流量测量规则

ISO 7235:1991 声学——管道式消声器声学测量法——插入损失、气流噪声和总压力损失

3 定义和符号

本标准采用下列定义和符号。

3.1 风机进口(出口)面积(S_f) fan inlet (outlet) area

用于联接试验管道的风机进(出)口面积。

3.2 管道 ducts

3.2.1、3.2.2、3.2.3 所述的任何一种管道。

3.2.1 试验管道 test duct

在其中测量风机声功率的管道。

3.2.2 终端管道 terminating duct

具有消声末端装置与试验管道相联接的管道。

3.2.3 中间管道 intermediate duct

安装在风机的进气端和/或排气端，以保证要求的气流工况的管道。必要时包括一段截面变化的过渡管。

3.3 测量面 measurement plane

试验管道中测量传声器膜片所处的径向平面。

3.4 声压级(L_p) sound pressure level

声压与基准声压之比的以 10 为底的对数乘以 2，单位为贝[尔]，B。但通常用 dB 为单位，基准声压必须指明。

注：基准声压为 20 μPa。

3.5 声功率级(L_W) sound power level

声功率与基准声功率之比的以 10 为底的对数，单位为贝[尔]，B。但通常用 dB 为单位，基准声功率必须指明。

注：基准声功率为 1 pW。

3.6 风机声功率 fan sound power

风机辐射入试验管道的声功率。

3.7 测量频率范围 frequency range of interest

通常测量频率范围包括中心频率 100～10 000 Hz 的 1/3 倍频带。特殊场合可扩展至 50 Hz。对于辐射有明显的高频或低频声的风机，为了降低设备和生产成本，测量频率范围必须加以限制。试验报告中必须给出测量频率范围的界限。

3.8 采样管 sampling tube

带有鼻锥的管，与测试传声器联接，以降低气流的影响(见图 E1)。

3.9 其他符号

C_1——由传声器制造厂家提供，校准传声器响应的修正值，以取得自由场响应。以 dB 为单位。

C_2——校准传声器响应的采样管法向入射的频响修正值，以 dB 为单位(见 4.3.3c)。

C_3——采用采样管时，频响修正所需要的流速修正值，以 dB 为单位(见表 5)。

C_4——采用采样管时，频响修正所需要的模态修正值，以 dB 为单位(见表 6)。

C——综合频响修正值，$C=C_1+C_2+C_3+C_4$，以 dB 为单位。

c——试验管道内声速。

ρ——试验管道内流体密度。

d——风机进口、风机出口、试验管道、中间管道、终端管道等直径(见图 1)。

l——管道和过渡管道的长度(见图 1)。

r——试验管道中心线至采样管道中心线的径向距离。

r_a——消声末端装置的反射声波声压值与入射声波声压值之比的声压反射系数。

b、h——风机矩形进口或出口截面尺寸。

4 试验设备和测量仪器

4.1 一般要求

试验装置包括待测风机、中间管道、试验管道、终端管道和测量仪器(见图 1)。如果风机两端都和试验管道联结，具有消声末端装置的终端管道及中间管道的联接应与待测声功率的一端相对应。

风机和管道间的全部联接都应牢固。

除非隔振联轴节是风机固有的零件。试验管道应有将传声器和采样管装到 5.2 规定位置上的装置。

应采取适当措施控制风机所要求的运转工况。

注

1 消声末端装置和调节结构示例见附录 C。

2 测量质量流量是控制风机运转工况点的优先推荐方法(见 ISO 5221)，另一种方法是测量风机的升压。

3 风机的气动性能曲线可采用不同的试验布点进行测量。

4.2 管道技术要求

4.2.1 管道和过渡管结构

管道应平直，与风机进口或出口同轴，并具有相等的圆形横截面。管道和替换管至少采用 1 mm 厚的钢板或单位面积质量相等，有足够刚度和具有坚硬平滑表面的材料制造。

管道和过渡管外部最好用减振材料加以处理。

注：本标准规定管道为圆形横截面，以后标准可能会涉及矩形横截面管道。

4.2.2 管道长度

管道长度见图 1 规定。

4.2.3 管道横截面积见表 2。表中进口或出口面积 S_f 为与之相对应管道联接终端的面积。

表 2 管道横截面积

管道		横截面积	
		最小	最大
风机进口端	中间	$1\ S_f$	$1\ S_f$
	试验	$1\ S_f$	$2.1\ S_f$
	终端	$1\ S_f$	$2.1\ S_f$
风机出口端	中间	$0.95\ S_f$	$1.07\ S_f$
	试验	$0.7\ S_f$	$2.1\ S_f$
	终端	$0.7\ S_f$	$2.1\ S_f$

4.2.4 过渡管

全部过渡管，包括风机出口或进口至圆形管道的过渡管都应同轴，并符合下列规定：

a) 两端最大扩张角为 15°。

b) 最小长度 l_{min} 按式(1)计算：

$$\frac{l_{min}}{l_0} = \frac{\text{最大面积}}{\text{最小面积}} - 1 \qquad \cdots\cdots(1)$$

本标准中 $l_0 = 1$ m。

4.2.5 消声末端装置

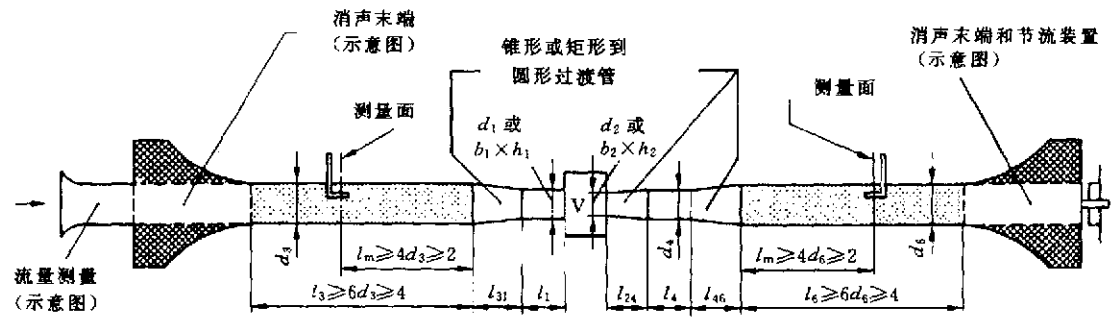
安装消声末端装置和配装节流装置时，消声末端声压反射系数 r_s 不能超过表 3 规定值。

表 3 最大声压反射系数 r_s

1/3 倍频带中心频率	最大声压反射系数
50	0.40
63	0.35
80	0.30
100	0.25
>125	0.15
注：消声末端装置设计准则和声压反射系数测量方法见附录 C、附录 D 的规定	

图 1、图 2、图 3 分别为进、出口管道噪声同步测量、仅测进口管道噪声、仅测出口管道噪声的试验管道、中间管道和过渡管道的试验布置和限定尺寸，单位 m。

单位：m



风机圆形进口，直径 d_1：

$$1\leqslant (d_3/d_1)^2\leqslant 2.1 \qquad 2d_1\leqslant l_1\leqslant 5d_1$$

$$l_{31}\geqslant 3.8(d_3-d_1),\text{且}\frac{l_{31}}{l_0}\geqslant (d_3/d_1)^2-1$$

风机矩形进口 $b_1\times h_1$：

$$1\leqslant\frac{\pi d_3^2}{4b_1h_1}\leqslant 2.1 \qquad 2\sqrt{\frac{4b_1h_1}{\pi}}\leqslant l_1\leqslant 5\sqrt{\frac{4b_1h_1}{\pi}}$$

$$l_{31}\geqslant 3.8\left|\sqrt{b_1^2+h_1^2}-d_3\right|,\text{且}\frac{l_{31}}{l_0}\geqslant\frac{\pi d_3^2}{4b_1h_1}-1$$

$$2d_4\leqslant l_4\leqslant 5d_4$$

当 $d_6>d_4$

$$l_{46}\geqslant 3.8(d_6-d_4),\text{且}\frac{l_{46}}{l_0}\geqslant (d_6/d_4)^2-1$$

当 $d_4>d_6$

$$l_{46}\geqslant 3.8(d_4-d_6),\text{且}\frac{l_{46}}{l_0}\geqslant (d_4/d_5)^2-1$$

风机圆形出口，直径 d_2：

$$0.95\leqslant(d_4/d_2)^2\leqslant 1.07 \qquad 0.7\leqslant (d_6/d_2)^2\leqslant 2.1$$

当 $d_4>d_2$

$$l_{24}\geqslant 3.8(d_4-d_2),\text{且}\frac{l_{24}}{l_0}\geqslant (d_4/d_2)^2-1$$

当 $d_2>d_4$

$$l_{24}\geqslant 3.8(d_2-d_4),\text{且}\frac{l_{24}}{l_0}\geqslant (d_2/d_4)^2-1$$

风机矩形出口，$b_2\times h_2$：

$$0.95\leqslant\frac{\pi d_4^2}{4b_2h_2}\leqslant 1.07 \qquad 0.7\leqslant\frac{\pi d_6^2}{4b_2h_2}\leqslant 2.1$$

当 $\frac{\pi}{4}d_4^2>b_2h_2$

$$l_{24}\geqslant 3.8\left|\sqrt{b_2^2+h_2^2}-d_4\right|,\text{且}\frac{l_{24}}{l_0}\geqslant\frac{\pi d_4^2}{4b_2h_2}-1$$

当 $b_2h_2>\frac{\pi}{4}d_4^2$

$$l_{24}\geqslant 3.8\left|\sqrt{b_2^2+h_2^2}-d_4\right|,\text{且}\frac{l_{24}}{l_0}\geqslant\frac{4b_2h_2}{\pi d_4^2}-1$$

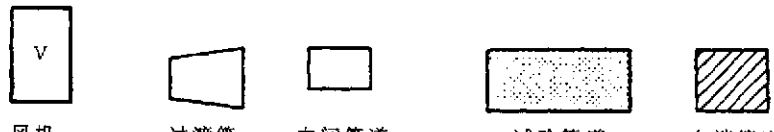
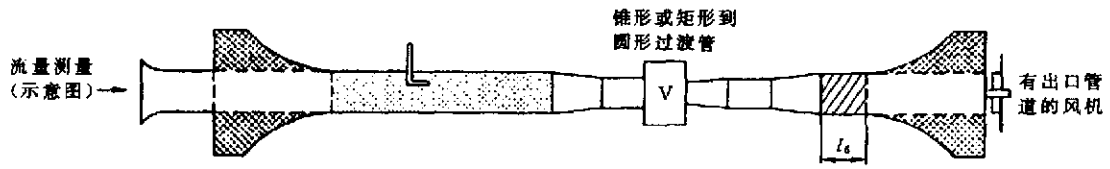


图 1　进、出口管道噪声的同步测量

单位：m



其中：$l_6 \geqslant d_6$ 且 $\geqslant 1$

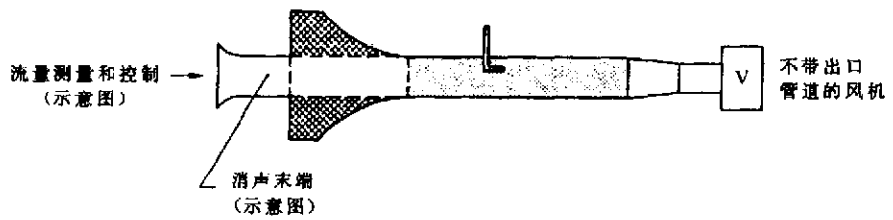
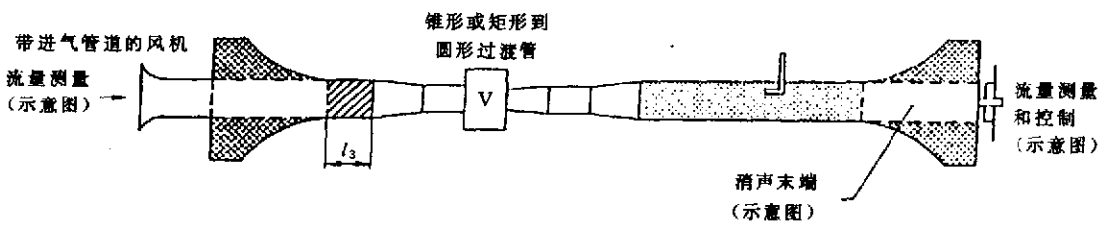


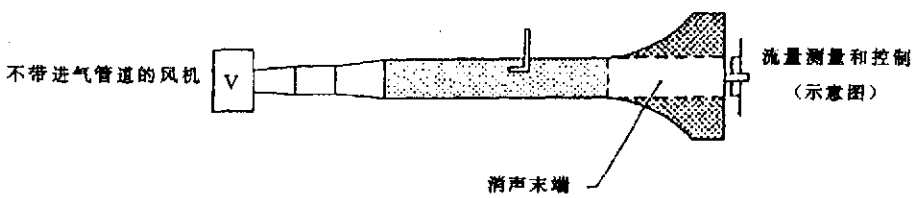


图 2　仅测进口管道噪声(除 l_6 外全部尺寸与图 1 相同)

单位：m



其中：$l_3 \geqslant 4d_3$ 且 $\geqslant 1$



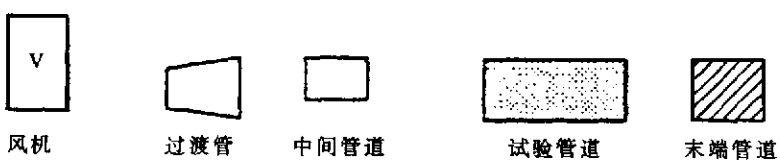


图 3　仅测出口管道噪声(除 l_3 外，全部尺寸与图 1 相同)

4.2.6 调节装置

必要时在远离风机的消声末端装置尾端安装可调节流装置。风机和消声末端之间不安装其他节流装置。节流段应有调节作用，用以调节测定风机声功率时的工况。

节流装置和消声末端装置结构的设计应使节流装置在试验管道中产生的声压级至少低于试验管道声压级 10 dB。

推荐采用的节流装置见附录 C。

4.3 测量仪器

4.3.1 测量系统

4.3.1.1 传声器

应采用符合 GB/T 3785 规定的Ⅱ型声级计所要求的传声器。传声器尺寸要适合采样管尺寸。

4.3.1.2 传声器及电缆

传声器及电缆系统，其灵敏度不得随试验时的温度而变化。无论由于传声器的移动或气流的横吹电缆而使传声器的电缆挠曲，都不应产生妨碍测量的噪声。

4.3.1.3 声级计或其他传声器放大器

声级计或其他用来放大传声器信号的放大器都应符合 GB/T 3785 规定的Ⅱ型声级计的技术要求，采用线性频率响应(Lin)。

4.3.2 频率分析仪

采用符合 GB/T 3241 要求的 1/3 倍频带滤波器。滤波器中心频率见 GB/T 3240。

4.3.3 采样管

为保持足够的信噪比，采样管在测量位置应减少湍流压力起伏(见 6.2.1)，采样管及其使用应能满足下列要求：

a) 和鼻锥相比较，在测量频率范围内降低湍流噪声至少 10 dB。应了解在不同频率和流速相关的湍流噪声实际衰减值，以便确定 6.2.1 中规定的信噪比(见附录 B 和表 E1)。

b) 采样管最大直径为 22 mm。

c) 应测定每个有效的 1/3 倍频带的采样管法向入射的频响修正值 C_2，对从前面轴向发射的平面波场内应在±0.5 dB 以内。如果在自由场内进行测试，扬声器和采样管之间最短距离应保持 3 m。参考传声器位置应在采样管中间位置。频响修正曲线应平滑。如果采用购买的采样管应采用按频响修正要求绘制的由制造商提供的修正曲线，符合要求，可以直接使用。

d) 在自由场内用 1/3 倍频带宽带噪声测量时，采样管的指向性特性应在图 4 中规定的限值范围内。

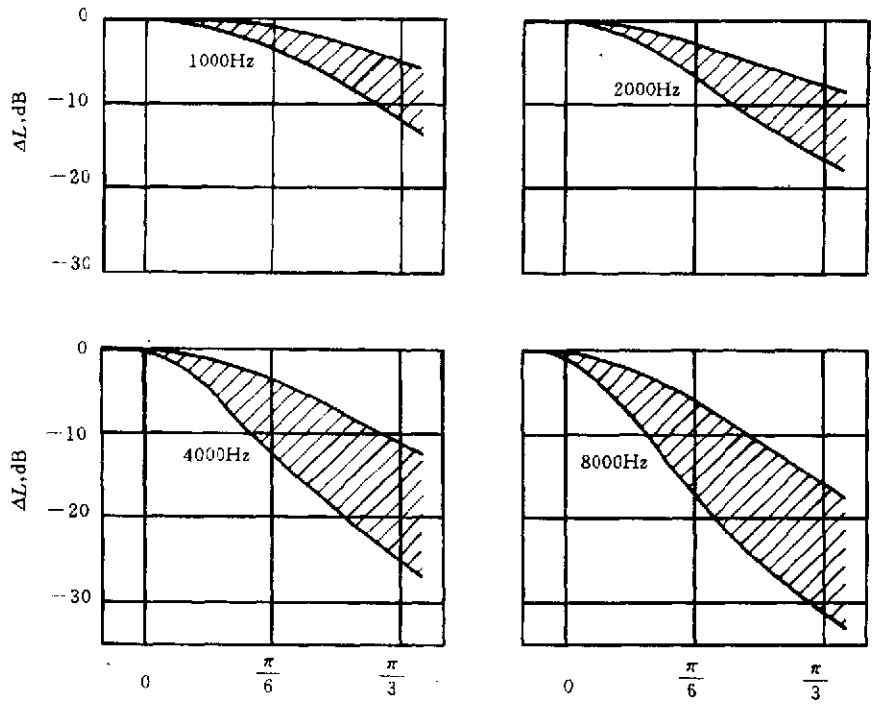


图 4　采样管指向性限值特性曲线

注 1：图 4 中的曲线由下式求出：

$$\Delta L = 20\lg \frac{1}{1 + f_0 K \theta^3}$$

$$0 \leqslant \theta \leqslant 1.31 \text{ rad}$$

式中：ΔL——是入射角为 θ 时的灵敏度与轴向入射角($\theta=0°$)时灵敏度相比较的衰减量，dB。

K——指向性常数，其极限值见下表；

f_0——1/3 倍频带中心频率，Hz；

θ——入射角，rad。

指向性常数极限值

1/3 倍频带中心频率	K_{min}	K_{max}
1 k	0.35×10^{-3}	1.5×10^{-3}
2 k	0.35×10^{-3}	1.5×10^{-3}
4 k	0.35×10^{-3}	2.2×10^{-3}
8 k	0.35×10^{-3}	2.2×10^{-3}

注 2：由制造商提供的采样管指向性特性在图 2 规定的范围内才可以采用。

e) 流速修正值 C_3 见表 4。

f) 模态修正值 C_4 见表 5。

g) 采样管示例见附录 E，与鼻锥相比，作为 1/3 倍频带流速函数的湍流压力波动典型衰减量规定于表 E1 中。

注：建议尽可能采用专门生产商制造的采样管。

表 4　采样管频率响应流速修正值 C_3

1/3 倍频带中心频率，Hz	马赫数范围(流速/声速)												
	0.011 7 ～ <0.017 5	0.017 5 ～ <0.023 3	0.023 3 ～ <0.029 2	0.029 2 ～ <0.035 0	0.035 0 ～ <0.040 8	0.040 8 ～ <0.046 6	0.046 6 ～ <0.052 5	0.052 5 ～ <0.058 3	0.058 3 ～ <0.064 1	0.064 1 ～ <0.070 0	0.070 0 ～ <0.075 8	0.075 8 ～ <0.081 6	0.081 6 ～ <0.087 5
	20℃空气中测量的流速范围，单位：m/s(c=343 m/s)												
	4～ <6	6～ <8	8～ <10	10～ <12	12～ <14	14～ <16	16～ <18	18～ <20	20～ <22	22～ <24	24～ <26	26～ <28	28～ <30
1 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2 —	0.2 —	0.2 —
1 250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2 —	0.2 —	0.2 —	0.2 —
1 600	—	—	—	—	—	—	0.2 —	0.2 —	0.2 —	0.3 0.2	0.3 0.2	0.3 0.2	0.4 0.3
2 000	—	—	—	—	—	0.2 —	0.2 —	0.3 0.2	0.3 0.2	0.4 0.3	0.4 0.4	0.5 0.4	0.5 0.5
2 500	—	—	—	—	0.2 —	0.2 0.2	0.3 0.3	0.4 0.3	0.4 0.4	0.5 0.5	0.6 0.6	0.7 0.7	0.8 0.9
3 150	—	—	—	0.2 0.2	0.3 0.2	0.4 0.3	0.5 0.4	0.6 0.6	0.7 0.7	0.8 0.9	0.9 1.0	1.0 1.2	1.2 1.5
4 000	—	—	0.2 0.2	0.3 0.3	0.4 0.4	0.6 0.6	0.7 0.7	0.9 0.9	1.0 1.2	1.2 1.5	1.4 1.8	1.6 2.1	1.9 2.5
5 000	—	0.2 0.2	0.3 0.3	0.5 0.5	0.6 0.7	0.8 0.9	1.1 1.2	1.3 1.5	1.6 1.9	1.9 2.3	2.2 2.8	2.6 3.4	3.9 4.0
6 300	0.2 —	0.3 0.3	0.5 0.5	0.7 0.8	1.0 1.1	1.3 1.5	1.7 2.0	2.1 2.5	2.5 3.1	3 3.8	3.5 4.6	4.1 5.5	4.6 6.5
8 000	0.3 0.2	0.5 0.5	0.8 0.8	1.2 1.3	1.6 1.8	2.1 2.5	2.7 3.2	3.4 4.1	4.1 5.2	4.9 6.4	5.7 7.7	6.6 9.0	7.5 10.4
10 000	0.4 0.4	0.8 0.8	1.2 1.3	1.8 2.0	2.5 2.9	3.3 3.9	4.3 5.2	5.3 6.6	6.4 8.2	7.7 9.9	8.9 11.4	10.1 12.4	11.1 12.6

注：对于每个频率，上面的数值是管道出口的流速修正值(声音和气流同向)，下面的数值是管道进口的流速修正值(声音和气流反向)

表 5　采样管频率响应模态修正值 C_4

1/3 倍频带中心频率 Hz	试验管道的直径范围 d，m					
	径向相对位置 $2r/d$=0.8			径向相对位置 $2r/d$=0.65		
	0.15≤d<0.2	0.2≤d<0.3	0.3≤d<0.5	0.5≤d<0.8	0.8≤d<1.25	1.25≤d<2
250	—	—	—	—	—	—
315	—	—	—	—	—	1.0
400	—	—	—	—	—	1.5
500	—	—	—	—	1.0	1.5
630	—	—	—	1.0	1.5	1.5
800	—	—	—	1.5	1.5	1.5
1 000	—	—	—	2.0	2.0	2.0
1 250	—	—	1.0	2.0	2.0	2.0

表 5（完）

1/3 倍频带中心频率 Hz	试验管道的直径范围 d，m					
	径向相对位置 $2r/d=0.8$			径向相对位置 $2r/d=0.65$		
	$0.15\leqslant d<0.2$	$0.2\leqslant d<0.3$	$0.3\leqslant d<0.5$	$0.5\leqslant d<0.8$	$0.8\leqslant d<1.25$	$1.25\leqslant d<2$
1 600	1.0	1.0	1.5	2.5	2.5	2.5
2 000	1.0	2.0	2.5	3.0	3.0	3.0
2 500	1.5	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5
3 150	2.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0
4 000	3.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0
5 000	4.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
6 300	5.5	6	6.0	6.0	6.0	6.0
8 000	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
10 000	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

4.3.4 声级记录仪或数据采样装置

声级记录仪或其他数据采样装置应符合 GB/T 3785 规定的Ⅱ型测试仪器的要求。

4.3.5 多通道系统

如果采用 5.2.2b 的方法，则多通道系统应经过鉴定合格，各通道在整个频率范围内各声压级的实际能量等效平均值应在±0.5 dB 以内。

4.4 系统校准

应采用 1 级声级校准器对未带采样管的传声器进行校准。用以校准每次系列试验前后整个测量系统。校准器每年都应进行定期检定。采样管的多孔部分应清洁无损坏。

5 试验布置

5.1 采样管的安装

带采样管的传声器应装在如图 1 所示的试验管道内的测量平面上。

带采样管的传声器应沿管道轴向并朝向风机牢固安装。对于风机进口测量，采样管应朝向风机。传声器的管端应加工圆滑，这样安装可减小气流噪声。

注：典型安装示意图见附录 E。

5.2 采样管位置

5.2.1 径向位置

采样管应按表 6 所示的径向位置安装，见图 5。

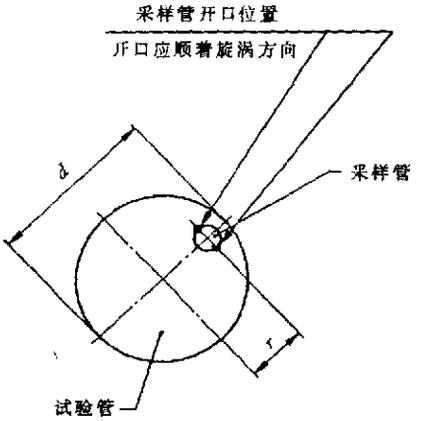


图 5 采样管的径向位置

表 6 采样管的径向位置

试验管道直径 d,m	相对径向位置 $2r/d$
$0.15 \leqslant d < 0.5$	0.8
$0.5 \leqslant d \leqslant 2$	0.65
注：上述规定的位置能保证依据所测声压级来估算声功率级的精度	

5.2.2 圆周位置

按 5.2.1 规定的径向位置，声压级的圆周测量面的平均值采用下面的一种方式求得：

a) 单传声器至少依次地均布于圆周的三个位置。

b) 三个以上的传声器均布于圆周。如果这些传声器使用一个多通道系统来进行平均，则必须使用同一类型的采样管，并调整灵敏度以保证其相等的频响修正值在 0.5 dB 范围内。

c) 一个传声器以恒定角速度连续移动一周。

如果采样管多孔部分仅由一个口构成，则此口应位于与旋流分量入射角相对的圆周方向。

5.3 工况控制设备

采用 4.1 和 4.2.6 规定的设备控制工况，不会影响声学测量(见 6.2.1)。

6 试验方法

6.1 工况

测定声功率时，风机一般应在额定转速及流量、运转平稳状态下进行。当用户有特殊要求时，也可在其他条件下测定，但应明确记录工况条件。

对额定转速及流量的设定允许在额定值的±5%范围内。

6.2 声压级读数

6.2.1 概述

在规定的 1/3 倍频带进行测量。

声压级的测量必须在风机稳态下进行。对于每一种试验条件，在待测试风机未运转时，都应测量背景噪声。风机声压级读数至少应高于背景噪声 10 dB。如果背景噪声不足 10 dB，则应在报告中加以说明。

风机声压级应至少高出伴随试验管道旋流产生的湍流噪声 6 dB。信噪比应采用附录 B 所述的两种方法之一测定。当风机声压级高于湍流噪声值小于 6 dB 时，则应在报告中记录以示说明。湍流噪声不进行任何修正。

6.2.2 采样时间

在 5.2.2 中规定的三个测量位置的每一个位置上都应测量能量等效时间平均声压级。对于中心频率在 160 Hz 或者低于 160 Hz 的频带，观测时间至少应为 30 s。对于中心频率在 200 Hz 和高于 200 Hz 的频带。观测时间至少应为 10 s。如果声压级随时间而变化，观测时间要求更长一些。对于测量频率范围内的 1/3 倍频带声压级记录应精确到 0.5 dB。

6.2.3 多通道传声器系统

对于多通道传声器系统[见 5.2.2b)所示方法]的每一个 1/3 倍频带，只需记录时间和空间的平均声压级 L_{pm}(等效声级)每个频带最少的平均时间为 30 s。

6.2.4 连续圆周平均

对于每一个 1/3 倍频带，作圆周移动测量[见 5.2.2c)]传声器以恒定角速度移动一周的时间为 30 s 或 30 s 以上。

7 计算

7.1 平均声压级

对于各个离散位置测得的频带平均声压级(见 6.2.2)$\bar{L}_p$(dB),应采用式(2)计算。

$$\bar{L}_p = 10\lg\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}10^{0.1L_{pi}}\right]+C \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中:n——测量位置数(不少于 3 个,见 5.2.2);

L_{pi}——在第 i 测量位置时间平均声压级,dB;

C——传声器采样管综合频响修正值,$C=C_1+C_2+C_3+C_4$,传声器修正值见 3.9,C_1 由传声器制造者提供的数据,C_2、C_3、C_4 根据 4.3.3 要求测定。

如果 L_{pi} 最高与最低差值相差不大于 4 dB 时,$\bar{L}_p$ 按式(3)计算:

$$\bar{L}_p = \frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n}L_{pi}\right]+C \qquad \cdots\cdots(3)$$

如果采用多通道传声器系统(见 6.2.3)或连续圆周移动,得到的能量平均声压级 $\bar{L}_{pm}$。则每个频带平均声压级按式(4)计算:

$$\bar{L}_p = \bar{L}_{pm}+C \qquad \cdots\cdots(4)$$

7.2 声功率级

辐射入试验管道的频带声功率级 L_W 可采用平面波公式计算。

$$L_W = \bar{L}_p + 10\lg\frac{S}{S_0} - 10\lg\frac{\rho c}{(\rho c)_0} \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中:$S(=\pi d^2/4)$,试验管道横截面积;

$S_0=1\ m^2$;

$(\rho c)_0=400\ (N\cdot s)/m^3$。

辐射入试验管道中的 A 声功率级应按附录 A 确定。

8 应记录内容

本标准进行测量,下述资料必须记录。

a) 风机及其部件的说明。

b) 运转条件(工况)。

c) 采用的测试仪器(型号、系列号、制造单位、校正方法)。

d) 采用管道的说明(管道长度、横截面积或直径),消声末端装置说明。

e) 声学数据:

按 5.2.2a)、b)、c)所述的方式采样的采样管圆周位置。

在测量频率范围内的 1/3 倍频带修正值 C_1、C_2、C_3、C_4 和声功率级。

A 计权声功率级。

9 报告内容

试验报告应给出以 dB 为单位的声功率级(基准声功率为 1 pW),并说明是按本标准要求测得的。

附 录 A
（标准的附录）
由倍频带或1/3倍频带声功率级计算A计权声功率级的计算步骤

采用式(A1)计算A计权声功率级 L_{WA}。

$$L_{WA}=10\lg\sum_{j_{min}}^{j_{max}}10^{0.1[(L_W)_j+C_j]} \quad \cdots\cdots (A1)$$

式中：$(L_w)_j$——第 j 个1/3倍频带的声功率级；

$j_{max}=27$；

C_j——见表A1。

表A1 C_j 值

j	1/3倍频带中心频率 Hz	C_j
1	50	−30.2
2	63	−26.2
3	80	−22.5
4	100	−19.1
5	125	−16.1
6	160	−13.4
7	200	−10.9
8	250	−8.6
9	315	−6.6
10	400	−4.8
11	500	−3.2
12	630	−1.9
13	800	−0.8
14	1 000	0
15	1 250	0.6
16	1 600	1
17	2 000	1.2
18	2 500	1.3
19	3 150	1.2
20	4 000	1
21	5 000	0.5
22	6 300	−0.1
23	8 000	−1.1
24	10 000	−2.5
25	12 500	−4.3
26	16 000	−6.6
27	20 000	−9.3

附 录 B
（标准的附录）
试验管道中湍流噪声信噪比的测定

本附录中B1、B2给出了测定试验管道中湍流噪声信噪比的两种步骤。当气流旋流角不超过15°时，则只能采用B1所叙方法。

B1 应用传声器安装在鼻锥上或者采样管上进行比较的程序

采用B1程序需进行两种测量：

1）传声器安装在鼻锥上；

2）传声器安装在采样管上。

采用这种方法是基于这样一个假设，由噪声源（即风机）激发的声信号与气流因湍流激发的声信号是相互不关联的。试验观察也表明，在传声器安装于鼻锥上或者安装于采样管上这两种情形中，湍流噪声级存在差异 ΔL_t。众所周知，差异 ΔL_t 是平均流速与频率的函数（见表E1）。

在符合本标准6.2.1指定的条件下，使用采样管时，其声压级读数至少高于湍流噪声6 dB以上。其相对应的要求是：鼻锥传声器与采样管声压级读数的差值不超过 ΔL_{max} 的限值。此限值是与采样管湍流噪声抑制值 ΔL_t 相关的（见表B1）。风机在安装于试验装置后开始运转时，必须检查试验管道中的湍流噪声信噪比是否小于6 dB。

步骤1：将采样管传声器按本标准表6要求，安装于试验管道指定半径的位置，测量流速和湍流噪声抑制值 ΔL_t。此值可由采样管制造者提供。当根据附录E的设计制造采样管时，可由表E1查找相应数据。

步骤2：按照本标准6.2.2～6.2.4要求，并且采样管传声器在指定的半径位置安装时，测量试验管道平均声压级，采用综合修正系数 $C(C=C_1+C_2+C_3+C_4)$ 进行修正后，记作 $\bar{L}_{pst}$。

步骤3：将鼻锥传声器置于试验管道的管壁与轴心线的中径位置（即 $2r/d=0.5$），按照本标准6.2.2～6.2.4要求，测量试验管道平均声压级。采用传声器修正系数进行修正后，记作 $\bar{L}_{pnc}$。

步骤4：计算 $\bar{L}_{pnc}-\bar{L}_{pst}$ 的差值，鼻锥传声器和采样管传声器圆周平均声压级的差值应小于或等于表B1中所给出的 ΔL_{max} 限值。若大于 ΔL_{max}，则表明使用采样管时，其湍流噪声与风机声压级的差值小于6 dB。

表B1 根据采样管湍流噪声声压差 ΔL_t 规定 $\bar{L}_{pnc}-\bar{L}_{pst}$ 的最大允差值

ΔL_t dB	$\Delta L_{max}=(\bar{L}_{pnc}-\bar{L}_{pst})_{max}$ dB
10	5.1
11	5.9
12	6.7
13	7.6
14	8.5
15	9.4
16	10.3
17	11.3
18	12.2

表 B1（完）

ΔL_t dB	$\Delta L_{max}=(\bar{L}_{pre}-\bar{L}_{pst})_{max}$ dB
19	13.2
20	14.1
21	15.1
22	16.1
23	17.1
24	18.1
25	19

B2 应用消声器的程序

应用本程序的方法是：在风机正常运转的条件下，在符合本标准的试验管道的风机出口与测量面之间安装消声器，进行以下两种测量：

1）在符合本标准的试验管道的指定位置进行正常测量。

2）在符合本标准的试验管道的风机出口与测量面之间加装消声器，该消声器应与替换管道有相同的通流截面面积与长度，并且消声器插入损失在每个频段上至少应大于 10 dB（见 ISO 7235）。

依据本标准测量并按 7.1 中公式(2)、(3)、(4)计算 $\bar{L}_p$。将加装消声器与不装消声器 $\bar{L}_p$ 进行比较。如果加装消声器时，在每个频段平均声压级低于不装消声器的平均声压级大于 5 dB，则表明湍流噪声满足最小信噪比 6 dB 的要求。

附 录 C
（提示的附录）
消声末端及可调节流装置的设计

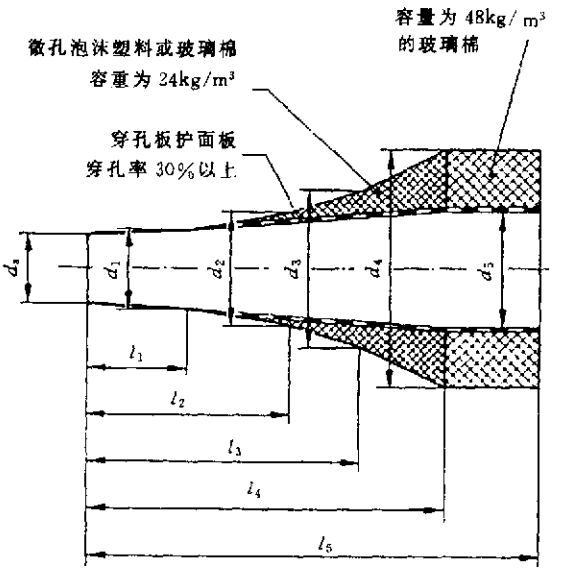
C1 管道消声末端的设计应遵照下列原则：

a）通道截面应缓慢地随距离增大。在试验频率范围内，出口截面上的频率参数应具有足够大的数值。

b）通道内壁应作吸声处理，使沿通道传播的声波在试验范围内获得有效的衰减。

c）通道吸声内壁的法向声导纳应随距离缓慢增大，并且不应有明显的突变。

典型的设计如图 C1 所示：



d——管道通道等效直径；

$d_1=1.15\ d$；$d_2=1.64\ d$；$d_3=2.25\ d$；$d_4=3.44\ d$；$d_5=1.67\ d$；

$l_1=1.44\ d$；$l_2=2.89\ d$；$l_3=3.89\ d$；$l_4=5.11\ d$；$l_5=6.44\ d$

图 C1　消声末端设计示例

图 C1 中吸声材料可选用：

a）微孔泡沫塑料，容重 20～50 kg/m³；

b）超细玻璃棉，容重 20～50 kg/m³；

c）粗玻璃纤维，容重 80～110 kg/m³，或矿渣棉。

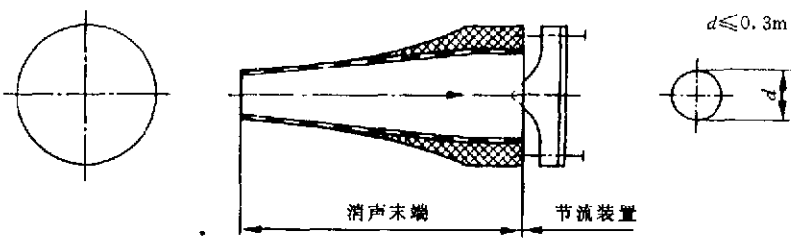
C2　可调节流装置的设计见表 C1 和图 C2

孔板数共计 9 种，序号为 2～10。

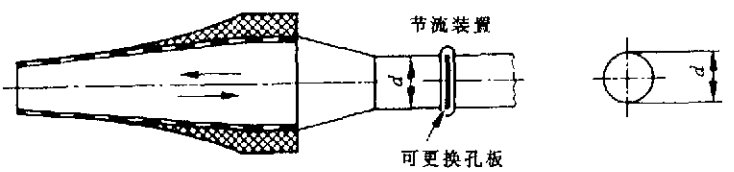
表 C1　可调节流装置孔板的设计示例

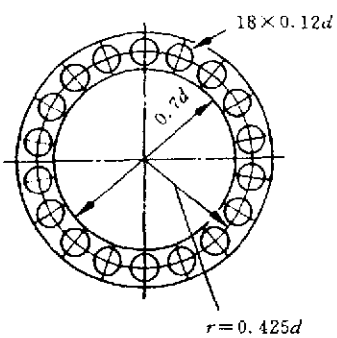
孔在半径上的位置	孔板序号								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	指定半径上的孔数								
r	18	9	—	—	—	—	—	—	—
r_1	—	—	3	3	3	2	2	2	—
r_2	—	—	10	10	5	4	5	4	—
r_3	—	—	16	12	8	6	7	4	—
r_4	—	—	24	16	12	9	—	—	—

a)

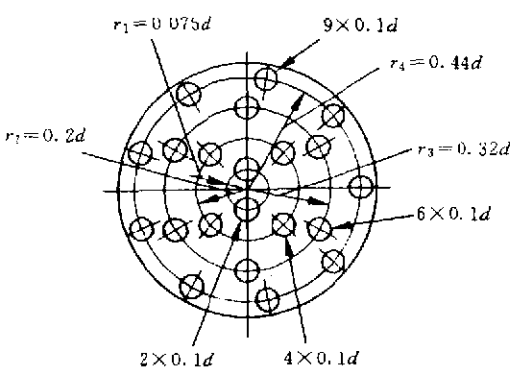


b)





2 号孔板和 3 号孔板的标准设计
（以 3 号孔板为例）



4 号至 10 号孔板的标准设计
（以 7 号孔板为例）

图 C2　节流装置设计示例

附　录　D
（提示的附录）
消声末端性能的评价

D1　这个附录提供测定声压反射系数的例子，依据频带中每个中心频率都处于平面波的假设，试验管道中形成的驻波的结果，可以用测量管道中最大与最小声压级的差值 ΔL 来表示。即用式(D1)表示声压反射系数：

$$r_n = \frac{10^{\Delta L/20} - 1}{10^{\Delta L/20} + 1} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (D1)$$

D2　本标准推荐声压反射系数的测量从 50 Hz 到横向一阶模态截止频率 f_0 止。f_0 由式(D2)计算：

$$f_0 = 0.586\, c/d \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (D2)$$

式中：c——声速，m/s；

d——末端喉管直径。

注：只有在频率低于 f_0 时，才能确定管道中为平面波。

D3　以下给出消声末端性能评价的程序：

a）在消声末端与试验管道联接后，在覆盖试验管口的障板上支撑一个高质量的扬声器。

b）沿试验管道轴中心线移动采样管传声器。

c) 用声频信号发生器发出一个纯音频信号给扬声器。如果有必要可使用放大器，采用 1/3 倍频带的中心频率。

d) 通过一个窄带或倍频带分析仪后，将滤波后的输出信号传至电平记录仪。

e) 沿管道中心轴线移动传声器，测量最大与最小声压级。

f) 将最大与最小声压级差值代入式(D1)，计算反射系数 r_a。并与表 3 的 r_a 值比较。

g) 重复步骤 c)、d)、e)测定 50 Hz～f_0 之间的 1/3 倍频带中心频率。

h) 若消声末端带有流速控制装置，则应重复步骤 g)。测定最大与最小流速时的 r_a 值。

i) 如果在 d)中所要求的电平记录仪不能取得最大与最小声压级，也可用人工的方法测得。

附 录 E
（提示的附录）
采样管的实例

表 E1 给出了典型采样管与 13 mm 鼻锥相比抑制的湍流噪声值。

图 E1 是传声器与采样管的典型支撑方式，单位：mm。

图 E2 是采样管和传声器的典型安装示意图。

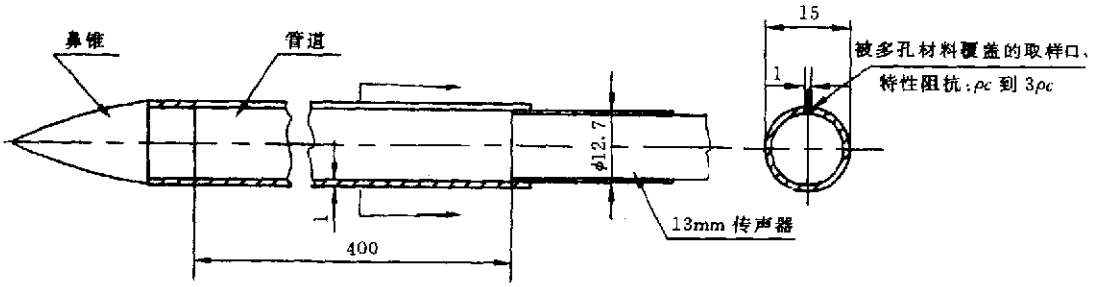


图 E1 典型的采样管示意图

表 E1 典型采样管与 13 mm 鼻锥相比抑制的湍流噪声值

1/3 倍频带中心频率 Hz	不同流速的抑制噪声值 ΔL_t dB		
	10 m/s	20 m/s	30 m/s
50	18	14	12
63	19	15	14
80	19	17	16
100	20	20	18
125	20	19	17
160	20	19	17
200	22	19	18
250	22	20	19
315	21	22	20
400	>20	22	20
500	>20	23	21
630	>20	24	23
800	>20	23	23
1 000	>20	22	23
1 250	>20	20	22
1 600	>20	>20	22
2 000	>20	>20	22

表 E1（完）

1/3 倍频带中心频率 Hz	不同流速的抑制噪声值 ΔL_t dB		
	10 m/s	20 m/s	30 m/s
2 500	>20	>20	22
3 150	>20	>20	>20
4 000	>20	>20	>20
5 000	>20	>20	>20
6 300	>20	>20	>20
8 000	>20	>20	>20
10 000	>20	>20	>20

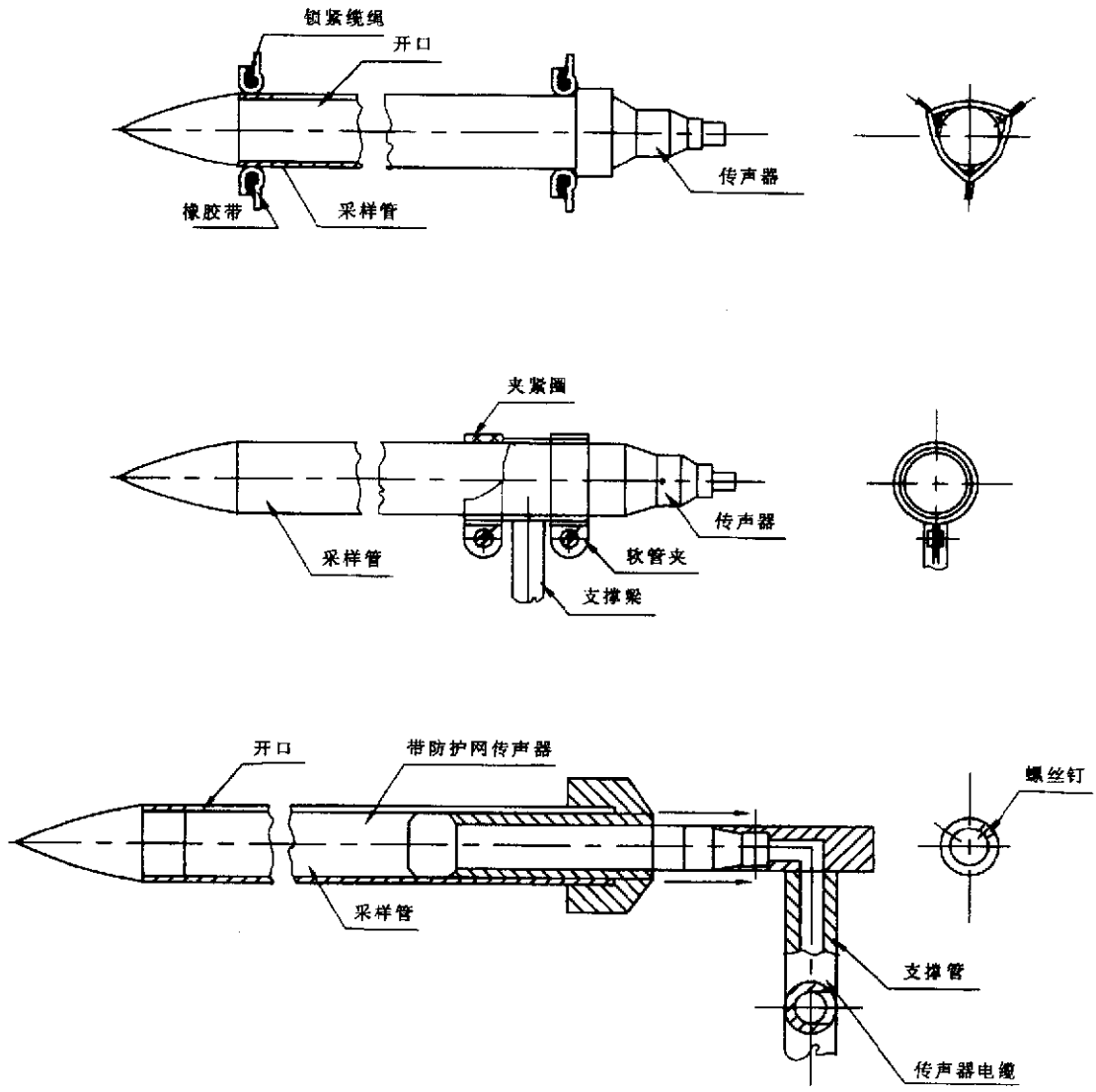


图 E2　采样管和传声器的典型安装示意图

附 录 F
（提示的附录）
旋流成分的测量

采用非推荐的采样管，当试验管道中气流存在旋流成分时，以致于使管道中气流速度与管道轴线相对夹角大于15°时，借助皮托管可以容易的测定试验管道中传声器位置的气流旋流角。

固定传声器后，风机停止转动时，将皮托管插入试验管道径向位置，并调整皮托管传感器顶部，使传感器顶部正对气流方向并与试验管道轴线方向平行，此时在皮托管支架上标注角度为0°作为基准角。

开启风机，使风机在一稳定的风速下运转，逐步转动皮托管管颈部，使顶部改变迎流方向，测出最大全压，测出最大全压时皮托管与基准0°的夹角定义为旋流角。

旋流角的测定是在一定的流速下反复测试后确定。同时应比较噪声级的大小是否相对应。

如果旋流角大于15°，测量不确定度有可能增加。

附 录 G
（提示的附录）
参 考 文 献

[1] Osborne, W. C., Measurement of noise in fan ducts, *ASHRAE Trans.*, 70, Paper No. 1888, 1964.

[2] Holgersson, S., Development of an anechoic termination for fan noise measurements, *ASHRAE Trans.*, 74, Part 1, Paper No. 2069, 1968.

[3] Bolleter, U. and Crocker, M. J., Research toward an in-duct fan sound power measuring system, *ASHRAE Trans.*, 76, Part 11, pp. 110～119, 1970.

[4] Myers, G. H., Anechoic duct termination development using scale model theory, *J. Acoust. Soc. Am.*, 47, p. 117, 1970.

[5] Cremer, L., The second annual fairey lecture: The treatment of fans as black boxes, *J. Sound Vib.*, 16, pp. 1～15, 1971.

[6] Shenoda, F. B., Reflexionsarme abschlüsse für durchströmte kanäle, *Akustik und Schwingungstechnik*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, p. 269, 1972.

[7] Crocker, M. J., Cohen, R. and Wang, J. S., Recent developments in the design of tubular microphone windscreen for in-duct fan sound power measurements, *Inter-Noise*, 73, Proceedings, Copenhagen, pp. 594～598, August 1973.

[8] Neise, W., Einfluss der mikrophonumströmung bei der messung von ventilatorgeräuschen im angeschlossenen kanal, Dissertation; Techn. Universität Berlin; also DLR-PB Report 74～04, 1973.

[9] Bolleter, U., Cohen, R. and Wang, J. S., Design considerations for an in-duct sound power measuring system, *J. Sound Vib.*, 28(4), pp. 669～685, 1973.

[10] Wang, J. S. and Crocker, M. J., Tubular windscreen design for microphones for in-duct fan sound power measurements, *J. Acoust. Soc. Am.*, 55(3), pp. 563～575, 1974.

[11] Neise, W. and Margetts, E. J., *Anechoic terminations for in-duct fan noise measurement*, international Conference on Fan Design and Applications, Guildford, England, Sept. 7-9, 1982, pp. 311～325.

[12] Bolton, A. N., *Note on the design and performance of three anechoic terminations*, National Engi-

neering Laboratory, Glasgow, 1980.

[13] Nelse, W., Application or similarily laws to the blade passage sound of centrifugal fans, *J. Sound Vib.*, 43. pp. 61～75, 1975.

[14] Wollherr, H., *Akustische untersuchungen an radialventilatoren unter verwendung der vierpoltheorie*, Ph. D. Dissertation, Techn. Universität Berlin, 1973.

[15] Baade, P. K., Effects of acoustic loading on axial flow fan noise generation, *Noise Control Engineering*, 8(1), pp. 5～15, 1977.

[16] Nelse. W., Theoretical and experimental investigations of microphone probes for sound measurements in turbulent flow, *J. Sound Vib.*, 39(3), pp. 371～400, 1975.

[17] Roland. J., Evaluation of the errors in the measurements of silencer characteristics, *J. Sound Vib.*, 74(4), pp. 549～558, 1981.

[18] Nelse. W., Hoppe, G. and Herrmann, I. W., geräuschmessungen an ventilatoren, *Heizung, Lüftung, Haustechnik*, 38, pp. 343～351, 1987.

[19] Bolton. A. N., *Report on intercomparison tests to assess the accuracy and repeatability of in-duct fan noise measurement for Community Bureau of Reference*, Commission of the European Communities, Brussels, 1989.