



中华人民共和国国家标准

GB/T 16404.2—1999
eqv ISO 9614-2:1996

声学 声强法测定噪声源的声功率级 第2部分：扫描测量

Acoustics—Determination of sound power levels
of noise sources using sound intensity—
Part 2: Measurement by scanning



1999-03-08 发布



C200006555

1999-09-01 实施

国家质量技术监督局 发布

前 言

本标准等效采用国际标准 ISO 9614-2:1996《声学 声强法测定噪声源的声功率级 第2部分:扫描测量》。

本标准根据我国的具体情况,对该国际标准的个别条文做了适当修改。

本标准的附录 A 和附录 B 是标准的附录。

本标准的附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 都是提示的附录。

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:中国科学院声学研究所。

本标准主要起草人:程明昆、李毅民。

b) 可能存在噪声很高的非测定声源。

本标准的目的就是要规定一种在指定的不确定度范围内,不需上声场校准的声功率级的测定方法。本标准方法主要用于现场的声功率级测定。在某些情况下,会与其他条件相结合使用,例如,在 C、D、E 类测量,最清楚的是附录 A、B 类测量。

建议使用本标准的测试人员应受适当的培训并掌握一定的经验。

本标准是对 GB/T 16404 和 GB/T 3757、GB/T 3758、GB/T 4861、GB/T 4862 的补充。它与 GB/T 3757、GB/T 3758、GB/T 4861、GB/T 4862 标准的不同之处如下。

a) 测量的基本量是声压,同时需要测量声压。

b) 用本标准规定的方法测定的声功率级的不确定度,是根据标准规定的扫描式面法测定的计算结果分析的。

c) 由于目前符合 IEC 1343 标准的声强测量设备的限制,1/3 倍频带的测量频率范围被限制为 63 Hz 到 5 kHz。有足够窄的 A 计权滤波器由各倍频带或 1/3 倍频带值来测定而不必通过 A 计权的直接测量得到。

声强测量与对应的测量声压之标量包含测量整个面上的积分,给出的是此测量面内所有声压矢量在空气中的声功率之和,它不包括测量面之外声源的辐射声。事实上,且受被测声源和测量面外部的其他声源在测量面上是稳定的。这一点是至关重要的。当测量面外部存在其他声源时,面内测量声压的任何系统都会受到它上面测定的部分能量,测量面内被吸收的总声功率是负值,因此会给出声功率测定的误差。因此,为了使测量结果减小,必须禁止测量面内的任何与声源无关的反射材料。

本方法是把一个声强探头沿一条或一条以上的测量面快速移动对面垂直于测量面的声强场进行采样为基础的。采样函数是测量面上声强分量的空间变化的函数,它取决于声源的指向性、选取的采样频率、探头扫描的方式和速度以及测量面外部声源的声压。

在一个测点上,声强法测定的测量不确定度与局部声压级和局部法向声强级之间没有密切关系。当一个测点的声强矢量与测量面法向方向的夹角接近 90° 时,测量值会变化很大。换句话说,局部声压级主要来测量面外部的声压,而几乎与被测声源的声压能流无关,就像一个罩子内的辐射场一样;或者由于驻场和/或驻波的存在,声场会是强扰性的。

通过部分测量面进入测量面内的外部声能流会抵消面上会被通过声能流抵消的声能流抵消,但会对声功率测量精度带来不利影响,这种情况主要适用于非点声源存在一个很强的外部声源而引起的。

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 9614-2 由 ISO/TC 43 声学技术委员会 SC 1 噪声分会起草。

ISO 9614 的总标题是《声学——用声强法测定噪声源的声功率级》,它由下面三部分组成:

第 1 部分:离散点上的测量;

第 2 部分:扫描测量;

第 3 部分:扫描测量的精密方法。

附录 A、B 为标准的附录,附录 C、D、E 和 F 为提示性的,仅供参考。

引 言

一个声源辐射的声功率值,等于包围声源的任意表面上声强矢量与对应的面元矢量之标量积在整个面上的积分。目前有关噪声源声功率级测定的国家标准,如 GB/T 3767、GB/T 3768、GB/T 6881、GB/T 6882 等,都是以声压级为测量的基本量。任意一点的声强级与声压级之间的关系取决于声源特性、测量环境特性以及测量点相对于声源的布置。因此上述国家标准在制定测量方法时,必须规定声源特性、测试环境特性以及使用的限制条件,以期保证声功率级测定满足规定的不确定度。

然而上述国家标准规定的方法有时并不适用。例如:

a) 如果要求高精度的测量,则需要昂贵的特殊设施(如混响室、消声室、半消声室),而大型设备往往无法在这样的设施内安装和运行。

b) 可能存在噪声很高的非测定声源。

本标准的目的是要规定一种在指定的不确定度范围内,不需上述国家标准那么多限制条件的声源声功率级的测定方法。本标准方法主要用于现场的声功率级测定。实际上它是环境的函数。因此在某些情况下,会与其他条件测得的同一声源的声功率级有差别。

建议使用本标准的测试人员应受适当的培训并掌握一定的经验。

本标准是对 GB/T 16404 和 GB/T 3767、GB/T 3768、GB/T 6881、GB/T 6882 标准的补充。它与 GB/T 3767、GB/T 3768、GB/T 6881、GB/T 6882 标准的不同之处如下:

a) 测量的基本量是声强,同时需要测量声压。

b) 用本标准规定的方法测定的声功率级的不确定度,是根据标准规定的辅助试验及对应的计算结果来分级的。

c) 由于目前符合 IEC 1043 标准的声强测量设备的限制,1/3 倍频程的测量频率范围被限制为 50 Hz 到 6.3 kHz。有限频带的 A 计权值是由各倍频带或 1/3 倍频带值来确定而不是通过 A 计权的直接测量得到。

声强矢量与对应的面元矢量之标量积在包围声源的整个面上的积分,给出的是此测量面内所有声源直接辐射到空气中的声功率之和,它不包含测量面之外声源的辐射声。事实上,只要被测声源和测量面外部的其他声源在时间上是稳态的,这一点是成立的。当测量面外部存在其他声源时,面内具有吸声特性的任何系统都会吸收入射到它上面的部分能量。测量面内被吸收的总声功率呈现负值,因而会带来声功率测定的误差;因此,为了使此类误差最小,必须移去测量面内的任何与声源无关的吸声材料。

本方法是用一个声强探头沿一条或一条以上的规定路线连续移动对垂直于测量面的声强场进行采样为基础的。采样误差是测量面上法向声强分量的空间变化的函数,它取决于声源的指向性、选取的采样面、探头扫描的方式和速度以及测量面外部声源的远近。

在一个测点上,声强法向分量的测量准确度与局部声压级和局部法向声强级之间差值密切相关。当一个测点的声强矢量与测量面法向方向的夹角接近 90° 时,差值会变得很大,换句话说,局部的声压级主要来自测量面外部的声源,而几乎与被测声源的纯声能流无关,就像一个罩子内的混响场一样;或者由于近场和/或驻波的存在,声场会是强抗性的。

通过部分测量面进入测量面内的外部声能流虽然原则上会被通过剩余测量面流出的声能流抵消,但仍会对声功率测量准确度带来不利影响,这种情况主要是由于靠近测量面存在一个很强的外部声源而引起的。

中华人民共和国国家标准

声学 声强法测定噪声源的声功率级

第2部分:扫描测量

GB/T 16404.2—1999
eqv ISO 9614-2:1996

Acoustics—Determination of sound power levels

of noise sources using sound intensity—

Part 2: Measurement by scanning

1 范围

1.1 本标准规定了一种与测量面垂直的声强分量的测量方法,测量面应包围被测噪声源。

把测量面分为若干相邻的面元,垂直于测量面的声强之面积分是用声强探头在每个面元上沿复盖面元到一定程度的一条连续路径扫描来近似。测量仪器测量的是每次扫描期间的平均法向声强分量和均方声压。扫描可用手动或机械系统来操作。

有限频段的计权声功率级由测得的倍频带或1/3倍频带值来计算。本方法能够用于具有确定的固定测量面之任何声源。在此测量面上,如3.13中所定义的,被测声源以及其他明显的外部声源产生的噪声在时间上应是稳态的,测量面根据声源的尺寸与形状来选取。本方法能够用于现场或特殊目的的测试环境。

本标准规定了判断准确度等级的辅助方法,它被列在附录B中。假如按这种方法得到的结果其准确度不满足本标准的要求,则应当按照指定的方式对测试过程进行修改。

本标准不适用于被测声功率为负值的任何频带。

1.2 本标准能够用于处在如下任何环境中的声源,即环境随时间的变化不会导致声强测量的准确度降低到不可接受的程度,或者声强测量探头不会遇到速度高到难以接受或不稳定的气流(见5.2.2,5.3和5.4)。

对测试条件十分恶劣,以致无法满足本标准要求的情况,如外部噪声级可能超过测量仪器的动态性能或者在测试期间变化过大时,本标准不适用。

注1:在这种情况下其他方法,例如GB/T 16539规定的用表面振动级来测定声功率级的方法可能更适用。

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 14573.1~14573.4—1993 声学 确定和检验机器设备规定的噪声辐射值的统计学方法
(eqv ISO 7574-1~7574-4:1985)

GB/T 15173—1994 声校准器(eqv IEC 1014:1989)

ISO 12001:1996 声学—机械设备发射的噪声—起草和表述一个噪声测试规范的法则

IEC 1043:1993 电声学—声强测量仪器—使用声压传声器对测量

3 定义

本标准采用下列定义

3.1 声压级 sound pressure level

3.1.1 声压级 (L_p) sound pressure level

声压与基准声压之比以 10 为底的对数的 20 倍,基准声压是 $20\ \mu\text{Pa}$,声压级用分贝表示,符号 dB。

3.1.2 面元平均声压级 (L_{pi}) segment-average sound pressure level

面元 i 上空间平均声压与基准声压之比以 10 为底的对数的 20 倍。用分贝表示,符号 dB。

3.2 瞬时声强 ($I(t)$) instantaneous sound intensity

声场中某点单位时间内通过与质点速度方向垂直的单位面积的声能。

声场中某点的瞬时声强是一个矢量,等于该点瞬时声压与瞬时质点速度的积。

$$I(t) = p(t) \cdot u(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: $I(t)$ ——瞬时声强, W/m^2 ;

$p(t)$ ——瞬时声压, Pa;

$u(t)$ ——瞬时质点速度, m/s 。

3.3 声强 (I) sound intensity

稳态声场中瞬时声强 $I(t)$ 在一定时间 T 内的平均值:

$$I = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: T ——积分时间。

I 是矢量 I 的幅值,可正可负。符号表明方向性,正号表示的是能流的正方向。

$|I|$ 是矢量幅值的绝对值。

3.4 法向声强 (I_n) normal sound intensity

与单位法向矢量 n 定义的测量面垂直的声强分量。

$$I_n = I \cdot n \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: n ——指向测量面外部的单位法向矢量。

3.5 法向声强级 (L_{I_n}) normal sound intensity level

法向声强绝对值 $|I_n|$ 的对数量,表达如下:

$$L_{I_n} = 10 \lg[|I_n|/I_0] \quad \dots\dots\dots (4)$$

单位是分贝,式中 I_0 是基准声强 ($=10^{-12}\ \text{W}/\text{m}^2$)。除非用于 δ_{PI_0} 的计算,否则当 I_n 是负的时候,声强级被表达为 $(-)\times\times\text{dB}$ (见 3.11)。

3.6 声功率 sound power

3.6.1 局部声功率 (W_i) partial sound power

通过测量面上一个面元的时间平均声能流率,它表达如下:

$$W_i = \langle I_{ni} \rangle S_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: $\langle I_{ni} \rangle$ ——在测量面第 i 个面元上测得的面元平均法向声强幅值;

S_i ——面元 i 的面积。

同样, $|W_i|$ 是 W_i 的绝对值。

3.6.2 声功率 (W) sound power

用本标准方法测定的一个声源产生的总声功率。由式(6)和式(7)给出:

$$W = \sum_{i=1}^N W_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$|W| = \left| \sum_{i=1}^N W_i \right| \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：N——测量面的面元总数。

3.6.3 局部声功率级(L_{W_i}) partial sound power level

通过测量面第*i*个面元的声功率的对数量，它由式(8)给出：

$$L_{W_i} = 10 \lg [W_i / W_0] \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中： W_0 ——基准声功率($=10^{-12}$ W)。

单位用分贝表示；当 W_i 为负时，局部声功率级表达为 $(-)\times\times$ dB。

3.6.4 声功率级(L_W) sound power level

按本标准的方法测定的一个声源的声功率的对数量。它由式(9)给出：

$$L_W = 10 \lg [W / W_0] \quad \dots\dots\dots (9)$$

声功率级用分贝表示。当 W 为负值时，声功率级表达为 $(-)\times\times$ dB，它仅在作记录时使用。

3.7 测量面 measurement surface

在它上面进行声强测量的假想面，它或是完全包围被测的噪声源，或是与一声学上刚性的连续面一起包围被测噪声源。在假想面被具有刚性面的物体穿透的情况下，测量面以物体与假想面的交线为界。

3.8 面元 segment

由测量面划分而成的一组更小的面。

3.9 外部声强 extraneous intensity

测量面外部的声源产生的声强分量。

3.10 探头 probe

声强测量系统中带有传感器的部件。

3.11 声压残余声强指数(δ_{PI_0}) pressure-residual intensity index

当声强探头置于声场中并指向声强等于0的方位时，所显示的声压级 L_p 和声强级 L_I 之间的差值，用分贝表示。

IEC 1043 中给出了确定 δ_{PI_0} 的详细方法。

$$\delta_{PI_0} = (L_p - L_I) \quad \dots\dots\dots (10)$$

3.12 动态范围指数(L_d) dynamic capability index

它由式(11)给出：

$$L_d = \delta_{PI_0} - K \quad \dots\dots\dots (11)$$

用dB表示。 K 值根据准确度的要求来选择(见表1)。

表1 偏差因子 K

准确度等级	偏差因子, dB
工程(2级)	10
简易(3级)	7

3.13 平稳信号 stationary signal

如果在测量面的一个面元上进行一次测量的时间平均特性与同一面元用对测量面的所有面元进行测量时所需的时间去测量时的时间平均特性相等，那么一个信号是平稳的。

注2：根据这个定义，如果在每个面元上，测量时间至少延长10个周期以上，则周期信号是平稳的。

3.14 声场指示值($F_{PI}, F_{+/-}$) field indicators

见附录A。

3.15 扫描 scan

声强探头在测量面的面元上沿一规定路程的连续移动。

3.16 扫描线密度 scan-line density

相邻扫描线平均间隔的倒数。

4 一般要求

4.1 噪声源的尺寸

噪声源尺寸不受限制,所测声源的范围依测量面的选择而定。

4.2 声源辐射的噪声特性

声源信号在时间上应当是稳态的。如果一个声源按一工作周期运转,期间有明显的连续的稳定运行时间段,那么应测定和报告每个明显时间段的声功率级。对可能预见的非稳态外部噪声源运行期间,应当避免进行测量(见附录 B 表 B1)。

4.3 测量的不确定度

用本标准单次测量得到的噪声源声功率值很可能与真值不同,它的实际差值无法估计。然而,用本方法多次测量得到的值通常分布在真值的周围,因此可以用测量值落在真值某个范围内的置信度来表示。从统计学观点看,对于一个处在给定场所的声源,在相同的额定条件下,用相同的测试方法和测试仪器重复测量得到的值,构成一组统计描述测定重复性的统计数据。按本标准在不同的场所、用不同的仪器对给定的声源进行测试得到的值,则是一组描述测定再现性的数据。再现性受测试场所的环境条件和试验技术的影响。标准偏差不考虑因声源运行条件变化(即转速,电网电压)而引起的声功率输出的改变。对本标准规定的方法,其再现性的最大标准偏差列于表 2。

注 3: 如果操作员固定,并且使用相似的设施和仪器,则对一给定的场所和给定的声源,其声功率测定结果的标准偏差可能会比表 2 中指出的要小。

注 4: 对于一尺寸相似,具有相似声功率谱的声源系列,当在相似的环境条件中运行并按一规定的测试规则进行测量时,其再现性的标准偏差可能会比表 2 中指出的要小。GB/T 14573.4 给出了批量机器特性的统计方法。

注 5: 本标准方法和表 2 中所述的标准偏差可用于一给定声源的测量。同一个系列或型号的一批声源的声功率级特性涉及到规定的置信区间之随机采样技术的使用,其结果用统计上限来表达。在使用这些技术时,总的标准偏差或者已知,或者已被估算。总标准偏差包括制造的标准偏差,如 GB/T 14573.1 所定义的,它是用以度量批量机器中各个机器之间声功率输出的变化。

表 2 定义了两个准确度等级,表中的不确定度不仅考虑到最大的测量偏差,同时也考虑了与测量方法相关的随机误差。最大测量偏差受到与所需的准确度等级相对应的偏差因子 K 的选择的限制(见表 1)。它们不考虑 IEC 1043 规定的标准仪器性能的允差。同时也不考虑声源安装、支承和运行条件变化的影响。

注 6: 50 Hz 以下还没有足够的的数据作为不确定度的基础。本标准的 A 计权数据通常覆盖的频带范围,倍频带从 63 Hz 到 4 kHz,1/3 倍频带从 50 Hz 到 6.3 kHz。如果在 31.5~40 Hz 和 8~10 kHz 的频带内没有明显的高声级的话,那么根据 63~4 000 Hz 的倍频带声级和 50~6 300 Hz 的 1/3 倍频带声级计算得到的 A 计权值是正确的。判断 31.5~40 Hz 和 8~10 kHz 频带声级是否过高的方法是,将这些频带经过 A 计权,如果其声级不低于计算得的总 A 计权声级 6 dB,则属于明显高声级。如果 A 计权测量和对应的声功率级的测定是在一更窄的频率范围内进行,那么该范围应当根据 10.6b) 加以说明。

一个噪声源的声功率级测定的不确定度与该声源的声场特性、外来声场的特性,被测声源的声吸收,声强采样的方式,以及采用的测量方法有关。为此本标准规定了选定的测量面区域内的声场特性指示值估算的初始步骤(见附录 A)。利用这个初步测试结果,按照表 B1 选择合适的测量过程。

表2 声功率级测定的不确定度

1/1 倍频带中心频率 Hz	1/3 倍频带中心频率 Hz	标准偏差, σ	
		工程(2级) dB	简易(3级) dB
63~125	50~160	3.0	
250~500	200~315	2.0	
1 000~4 000	400~5 000	1.5	
	6 300	2.5	
A 计权 ¹⁾		1.5 ²⁾	4.0

注: 如果在 400~5 000 Hz 范围之外的 1/3 倍频带的总 A 计权声功率超过这个范围内的总 A 计权声功率, 则这里提到的 A 计权估算的不确定度不能用, 而应当用单个频带的不确定度。

1) 63~4 000 Hz 或 50~6 300 Hz。

2) A 计权声功率级的真值在测量值的 ± 3 dB 范围内具有 95% 的置信度。

假如只需要 A 计权的测定, 那么比最高 A 计权频带声级低 10 dB 或 10 dB 以上的任何单个 A 计权频带声级都可以忽略不计。如果一个以上的频带的 A 计权声功率级之和比最高 A 计权频带声功率级低 10 dB 或 10 dB 以上, 则它们都可忽略。如果只需要一个 A 计权总声功率级, 那么, 比总计权声功率级低 10 dB 或 10 dB 以上的任何频带声功率级测定的不确定度对测量结果没有影响。

5 声学环境

5.1 测试环境要求

测试环境应当保证用符合 IEC 1043 规定的测量仪器进行声强测量有效。此外, 它应当满足 5.2~

5.5 规定的要求。

5.2 外部声强

5.2.1 外部声强级

外部声强级应当尽量小, 以保证测量的准确度不致降低到不可接受的地步(见附录 B 中的公式 B2)。应尝试用选择合适的测量面和控制外部声强, 将指示值 F_{PI} (附录 A 的 A2.1) 降至小于 10 dB。

注 7: 如果被测声源有相当部分是吸声材料, 则高声级的外部声强会导致声功率的估算偏低。附录 D 给出关掉被测声源的特殊情况下如何估算外部声强引起的误差的方法。

5.2.2 外部声强的变化性

应当在测试前采取适当措施, 令测量期间外部声强的变化最小(例如, 停掉对声源操作无关紧要的外部噪声源的自动切换功能; 并选择适当的测量时间)。

5.3 风和气流

附录 C 描述了气流和扰动对声强测量的不利影响。当测量面上存在气流流动的情况下, 探头应当使用风罩。当声强探头附近的风和气流超过厂家规定的保证测量系统能良好测试的限值时, 应当停止测量。除非经测量表明测量面上所有位置的最大时间平均风速或气流速度低于 4 m/s, 否则在声功率测定之前, 应当采取如下步骤去检查测试环境: 选择一个风或气流的不稳定度最大的测量面元, 按照选定的扫描过程(8.1), 仅能用两次相继扫描来测定面元平均法向声强级 L_{In} , 验证 B1.3 的判据 3 是否满足。在判据 3 不满足的那些频段, 不能按本标准测定声源的声功率。不允许以不断重复 8.1 的过程来达到判据 3 的满足。

5.4 温度

如果声源的温度与环境空气明显不同, 那么探头应当离声源至少 20 mm 远。

注 8: 沿探头轴向的温度梯度, 会对两个传声器响应产生与时间有关的差分变化, 它会引起声强估算的偏差。

5.5 现场状况

在测试期间,测试现场状况应尽可能保持不变;特别是对具有纯音特性的声源。如果测试中现场状况的变化不可避免,那么应当写进报告中。应尽量保证在测量期间,在任何位置,操作人员不要站在或靠近探头轴线的位置上,如果可能,应当把外部物体从被测声源附近挪开。

5.6 大气条件

大气压力和温度影响空气密度和声速。应当确定这些量对仪器校准的影响并对给定的声强进行适当的修正(见 IEC 1043)。

6 测量仪器

6.1 概述

应当使用满足 IEC 1043 要求的声强测量仪器和探头。工程级测定应当用一级仪器,简易级测定应当用一级或二级仪器。根据 IEC 1043 调试仪器时需要考虑到环境的大气压力和温度,记录下 IEC 1043 定义的测量仪器每个测量频带的声压残余声强指数。

6.2 校准和现场检验

仪器和探头应符合 IEC 1043 的规定,为此每年至少按相应的标准进行一次实验室校准。如果每次测定声功率前都用声强校准仪进行校准的话,则每两年应至少做一次实验室校准。应根据 10.5 报告校准的结果。每次系列测量前应检验仪器设备工作是否正常,应当用厂家规定的现场检验方法。如果没有现场检验的规定,则可按如下步骤去检查可能在运输期间或其他原因造成的测量系统的异常现象。

6.2.1 声压级

用一个符合 GB/T 15173 的 0 级或 1 级,或 0 L 或 1 L 级的校准器去测定声强探头每个传声器的声压灵敏度。

6.2.2 声强级

将声强探头放在测量面上声强较高的地方,探头的轴线指向与测量面垂直的方向,测量规定的所有频带的法向声强级。将声强探头旋转 180°(即将探头倒个向),并让其声学中心保持在第一次测量的相同位置,再进行声强测量。最好将声强探头固定在支架上,以便旋转探头时保持位置不变。两次测得的 1/1 倍频带或 1/3 倍频带的最大声强级 L_{I_n} 的符号应该相反而且对所有频带其差值应小于 1.5 dB,则此时认为测量仪器是可接受的。

7 声源的安装和运行

7.1 概述

声源应当按照正常使用的方式或按特殊类型机器设备的测试规范中规定的方式来安装。应当保证能够识别被测声源/外部声源/测试环境中可能变化的声源。

7.2 被测声源工况

应当采用相应的噪声测试规范中规定的工况。如果没有这样的规范,则应选择下列的相应条件:

- 额定负载工况;
- 满负载工况;
- 无负载工况(空载);
- 对应于通常使用时声音最大的工况;
- 加有仔细规定的模拟负载工况;
- 具有特征的工作周期运行的工况。

8 法向声强级的测量

图 B1 描述了测量的全过程。

8.1 扫描

扫描靠手动或者机械系统来实现。用探头测得的机械扫描系统产生的外部声强级至少应比测量面上的声强级低 20 dB。

在选定的测量面的每个面元上,沿着规定的路线连续移动(扫描)声强探头。令测量仪器以一测量面上扫描的总持续时间 T 对声强和声压作时间平均。进行扫描操作时,应准确遵循规定的扫描路线,探头轴线始终保持与测量面垂直、探头移动速度要均匀。对任何形状的测量面,机械扫描在技术上能够精确地满足这些条件。

对不规则或两边弯曲的测量面,手动扫描实质上不可能精确满足这些条件,因而通常选择简单、规则的形状(见附录 E)。扫描的基本单元是一条直线。扫描路线应当保证以一均匀速度能够均匀覆盖每个面元。图 1 给出一个例子。相邻两条线的平均距离应当相等;在初始测量面上,不应当超过面元距声源表面的平均距离。扫描线密度已在 3.16 中定义。

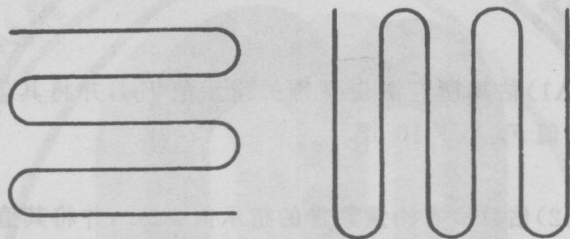


图 1 扫描路线举例

手动扫描速度应在 0.1~0.5 m/s 范围之内,机械扫描速度则应在 0~1 m/s 的范围之内。

在单个面元上任何一次扫描的持续时间不应小于 20 s。时间平均应当从扫描在任一面元上开始就进行,直到扫描在该面元上完成才结束(见附录 E)。

注 9: 当探头在扫描路程中遇到障碍物时,时间平均可以暂停。

在手动扫描期间,操作人员不应面对着面元扫描,而应站在一边以使其身体不会阻挡声源的声辐射。对于机械扫描,为了降低由扫描机械产生的干扰影响,扫描机械部件的散射截面尺寸应甚小于被测声信号的波长。

注 10: 对 F_{PI} 超过 10 dB 的情况,不管声场是否稳定,大于 0.25 m/s 的扫描速度都可能会使测量结果不满足 B1.3 的判据 3。

8.2 初始测量面

首先应当定义一个围绕被测声源的初始的测量面,此面可以包含一反射面(混响场吸声系数小于 0.06),如混凝土地板或砖石结构墙。在这个面上不做声强测量,并且按公式(6)计算声功率时不包括此面积。

测量面至少应分为 4 个面元。每个面元的几何形状应能够保证探头沿事先定好的路线扫描并始终保持探头轴线垂直于测量面,同时保证面元的面积能够准确地确定(见附录 E)。如果是手动扫描,则建议面元为平面或单一的曲面。附录 E 的图 E1 给出合适的面元形状的范例。

面元应尽量切实可行地结合声源各个部分的几何形状、材料类型、连接点、孔洞等来选择。如果声功率的大部分是由声源的一个或几个特殊部位辐射的,则面元应尽可能分别按高于和低于平均声功率的部位来划定。测量面应尽可能按照主要是通过负局部声功率的部位同主要是通过正局部声功率的部位分开的方式来划定,例如测量面处在被测声源和很强的外部声源之间的部位。任意面元的最大尺寸应当能够保证探头沿着规定的路线以一恒定的速度、恒定的线密度扫描,同时要保证探头轴线始终垂直于测量面。

如果被测声源的形状如一展开的板或壳形振动面,则测量面元与声源表面的平均距离不应小于 200 mm。如果声源很小,形状密实,则平均距离可降为 100 mm;对后一种情况,则不用表 B1 中的措施“a”和图 B1。

8.3 初步的测试

应测量每个面元的声功率测定所要求的各频带之平均法向声强级和声压级。

8.3.1 局部声功率重复性

对于工程级测定,根据 3.6.3 定义,需要在每个测量面元上对所有测量频带进行两次扫描,同时记下各频带的局部声功率级 $L_{w_i}(1)$ 和 $L_{w_i}(2)$ 。两次单独扫描的路程应该正交(扫描方式旋转 90° ,见图 1)。将局部声功率级之差代入 B1.3 的公式(B3),如果判据 3 不满足,请试找出差别的原因并想法减小它。如果不能减小,则按 B2 采取相应的措施。

如果判据 3 仍不满足,则表明在这样的面元和频带,按本标准测定局部声功率级不能达到工程级准确度,为此在测试报告中应该说明它的影响,即在这些频带,声功率级测定的不确定度超过了表 2 中对所要求的准确度等级的不确定度。如果任何一个频带中,通过不满足判据 3 的那些面元的局部声功率级之和比通过其余满足判据 3 的面元的局部声功率级之和低 10 dB 以上,则可以按本标准进行声功率级的测定。

8.3.2 仪器性能的评估

根据 A2.1 中的公式(A1)估算所有测量频带的指示值 F_{PI} ,并将其值代入评估方法给定的公式(B1)。应努力使各频带指示值 F_{PI} 小于 10 dB。

8.3.3 负局部声功率估算

根据 A2.2 中的公式(A2)估算所有测量频带的指示值 $F_{+/-}$,并将其值代入评估方法 B1.2 中给定的公式(B2)。对简易级测定,不一定要估算指示值 $F_{+/-}$ 。

8.4 进一步的措施

对工程级的声功率测定,若每个频带判据 1、2、3 均满足,则初始的声功率测定即为最终的结果。对简易级测定,只需要判据 1 和 3 满足即可。否则需要根据 B2 采取相应的措施。此时应按照修改过的方案来测量法向分量声强级和相应的声压级,重新计算声场指示值 F_{PI} 和 $F_{+/-}$ 值,并根据 B1 进行评价,然后根据 B2 采取措施。重复这个过程,直到获得 B1 指出的准确度等级为止。如果重复采取措施仍不能满足规定的判据,则应记下无效的测试结果,并说明有关的原因。

9 声功率级的计算

9.1 测量面每个面元的局部声功率的计算

根据公式(12)计算每个测量面元每个频带的局部声功率:

$$W_i = \langle I_{ni} \rangle S_i \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\langle I_{ni} \rangle = [\langle I_{ni}(1) \rangle + \langle I_{ni}(2) \rangle] / 2$$

式中: W_i ——第 i 个面元的局部声功率;

$\langle I_{ni} \rangle$ ——第 i 个测量面元上测量的面元平均法向分量声强的均值;

S_i ——第 i 个面元的面积;

$\langle I_{ni}(1) \rangle, \langle I_{ni}(2) \rangle$ —— i 面元上两次扫描测得的 $\langle I_{ni} \rangle$ 值。

当 i 面元的法向声强级为 $\times \times$ dB 时,则按下式计算 I_{ni} 的值:

$$I_{ni} = I_0 (10^{\times \times / 10})$$

当 i 面元的法向声强级为 $(-)\times \times$ dB 时,则按下式计算 I_{ni} 的值:

$$I_{ni} = -I_0 (10^{\times \times / 10})$$

其中: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ 。

注 11: 如果 $\langle I_{ni}(1) \rangle$ 和 $\langle I_{ni}(2) \rangle$ 用对数,即级来表示,则只要它们满足 B1.3 的判据 3,可用这些声强级的算术平均来计算 $\langle I_{ni} \rangle$ 。

注 12: 如果测定的是 A 计权声功率级,则法向声强级 L_{ni} 应为 A 计权值。

9.2 噪声源声功率级的计算

按公式(13)计算每个频带的噪声源声功率级:

$$L_w = 10 \lg \left| \sum_{i=1}^N W_i / W_0 \right| \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: N ——测量面元的总数;

W_i ——根据公式(12)计算的 i 面元局部声功率;

W_0 ——基准声功率($=10^{-12}$ W)。

如果任意一个频带的 $\sum_{i=1}^N W_i$ 为负值,则本标准给出的方法不能用于该频带。

10 报告内容

按标准进行测量时,应报告下列的内容。

10.1 测试

测试日期和地点。

10.2 被测声源

- a) 型号;
- b) 技术数据;
- c) 尺寸;
- d) 制造厂家;
- e) 机器编号;
- f) 制造年份;
- g) 被测声源的描述(包括它的主要尺寸和表面特性);
- h) 被测声源特性的定性描述,包括纯音或周期特性以及变化性;
- i) 安装条件;
- j) 运行条件。

10.3 声学环境

- a) 测试环境的描述:如果在室内,对封闭面(测量面)几何形状和特性的描述,如果在室外,应给出一张显示周围地形的简图,包括测试环境的物理描述;
- b) 空气温度($^{\circ}\text{C}$),气压(Pa)和相对湿度(%);
- c) 与测量地点相关的平均风速和风向;
- d) 测试环境中任何的变化性声源;为使外部声强和/或混响的影响最小所采用的任何设施、方法;
- e) 任何气体/空气流和不稳定性的定性描述。

10.4 仪器

- a) 用于测量的仪器,包括名称、型号、设备编号、制造厂家及探头结构;
- b) 用于检验校准和声场性质的方法;
- c) 校准及测试仪器检验的地点和日期;
- d) 风罩的形状;
- e) 依据 IEC 1043 的声压残余声强指数。

10.5 测量方法

- a) 安装或支承系统、扫描机械以及声强探头的描述;
- b) 扫描的描述,包括几何形状和速度;
- c) 测量面及它的面元的定量描述;给每个面元一个编号和面积,并提供简图;
- d) 每个面元的平均时间;
- e) 为改善测量准确度而采取的任何必要步骤的描述。

10.6 声学数据

a) 将声功率测定中用到的每个频带的声场指示值 F_{PI} (对工程级和简易级准确度) 以及 $F_{+/-}$ (对工程级准确度) 作成表格, 这些指示值是根据每个被选用的测量面上的每组测量结果计算得到的。

b) 用表格表达所有测量频带的声源声功率级计算值。如果要做 A 计权声功率级的测定, 则应将不满足判据 1 和/或判据 2 的频带的贡献从测定中去掉并对其影响加以说明, 除非根据 4.3 它们的贡献可以忽略而不需说明。

c) 如果用了 6.2.2 规定的探头倒向方法去检验声场, 则要把其结果加以描述。

10.7 声功率级测定的准确度等级

应根据表 2, 说明最终测试的准确度等级。在仅仅是某一有限的频率范围上声功率级测试满足准确度等级的特殊情况下, 则应根据 10.6b) 对其影响加以说明。

附录 A

(标准的附录)

声场指示值的计算

A1 概述

对所用的每个测量面和面元阵列和用作声功率级测定的每个频带,按 A2 中的公式计算声场指示值 F_{PI} 和 $F_{+/-}$ 。

注 1: 对简易级测定,不必计算 $F_{+/-}$ 。

A2 声场指示值的测定

A2.1 测量面的声压-声强指示值

根据公式(A1)计算测量面的声压-声强指示值:

$$F_{PI} = [L_p] - L_w + 10\lg(S/S_0) \quad \dots\dots\dots (A1)$$

$$[L_p] = 10\lg[(1/S) \sum_{i=1}^N S_i \times 10^{0.1L_{pi}}]$$

式中: $[L_p]$ ——测量面平均的声压级;

S ——测量面总面积($= \sum_{i=1}^N S_i$);

S_0 ——基准面积($=1 \text{ m}^2$);

S_i ——面元面积。

注 2: 在均匀面元面积的特殊情况下, F_{PI} 等效于 GB/T 16404 的 F_3 。

A2.2 负局部声功率指示值

$$F_{+/-} = 10\lg \left[\frac{\sum |W_i|}{\sum W_i} \right] \quad \dots\dots\dots (A2)$$

式中: W_i 和 $|W_i|$ 由 3.6.1 给出。

注 3: 在均匀面元面积的特殊情况下, $F_{+/-}$ 等效于 GB/T 16404 中的 $F_3 - F_2$ 。

附录 B

(标准的附录)

获得预想准确度等级的方法

B1 合格要求

使用本标准时,初始测量面上的声场条件在不同的测量位置可能变化很大,为了保证被测声功率级的不确定度不超过上限值,有必要检查仪器和所选参数(如测量面、距离、扫描)对于具体测量的声场/环境条件是否合适。总过程概括在图 B1。

B1.1 测量仪器的适用性

对于一个按本标准评定为适于噪声源声功率级测定的测量面,测量仪器的动态范围指数 L_d 应当大于每个测量频带的指示值 F_{PI} :

判据 1

$$L_d > F_{PI} \quad \dots\dots\dots (B1)$$

假如被选的测量面不满足判据 1,则应根据表 B1 和图 B1 来采取措施。

B1.2 负局部声功率的限制

对工程级测定,应对测量条件的适用性作如下的检验:

判据 2

$F_{+/-} \leq 3 \text{ dB}$ (B2)

注 4: 对简易级测定,此判据可选可不选。

B1.3 局部声功率重复性的检查

判据 3

$|L_{w_i}(1) - L_{w_i}(2)| \leq \sigma$ (B3)

式中 σ 由表 2 给出。

B2 提高测量准确度应采取的措施

表 B1 规定了所选的测量面和/或面元阵列不合要求的情况下,应当采取的措施。

表 B1 提高测量准确度应采取的措施

判 据	措施编码 (见图 B1)	措 施
$F_{PI} > L_d$ 和 $F_{+/-} > 3 \text{ dB}$	a 或 b 或 f	将测量面至声源的平均距离减半,但不能小于 100 mm,并将扫描线密度加倍。 用屏障将外部的强噪声源与测量面隔开。 在远离被测声源的测试空间加吸声材料,减小混响声场的不利影响
$F_{PI} > L_d$ 和 $F_{+/-} \leq 3 \text{ dB}$	a 或 f	将测量面至声源的平均距离减半,但不能小于 100 mm,并将扫描线密度加倍。 在远离被测声源的测试空间加吸声材料,减小混响声场的不利影响
$ L_{w_i}(1) - L_{w_i}(2) > \sigma$	c d	找出声场条件瞬时变化的原因并加以控制,如果办不到,则将同一面元上的扫描线密度加倍
$ L_{w_i}(1) - L_{w_i}(2) > \sigma$ 和 $F_{+/-} \leq 1 \text{ dB}$	e	将测量面至声源的平均距离加倍,并保持相同的扫描线密度

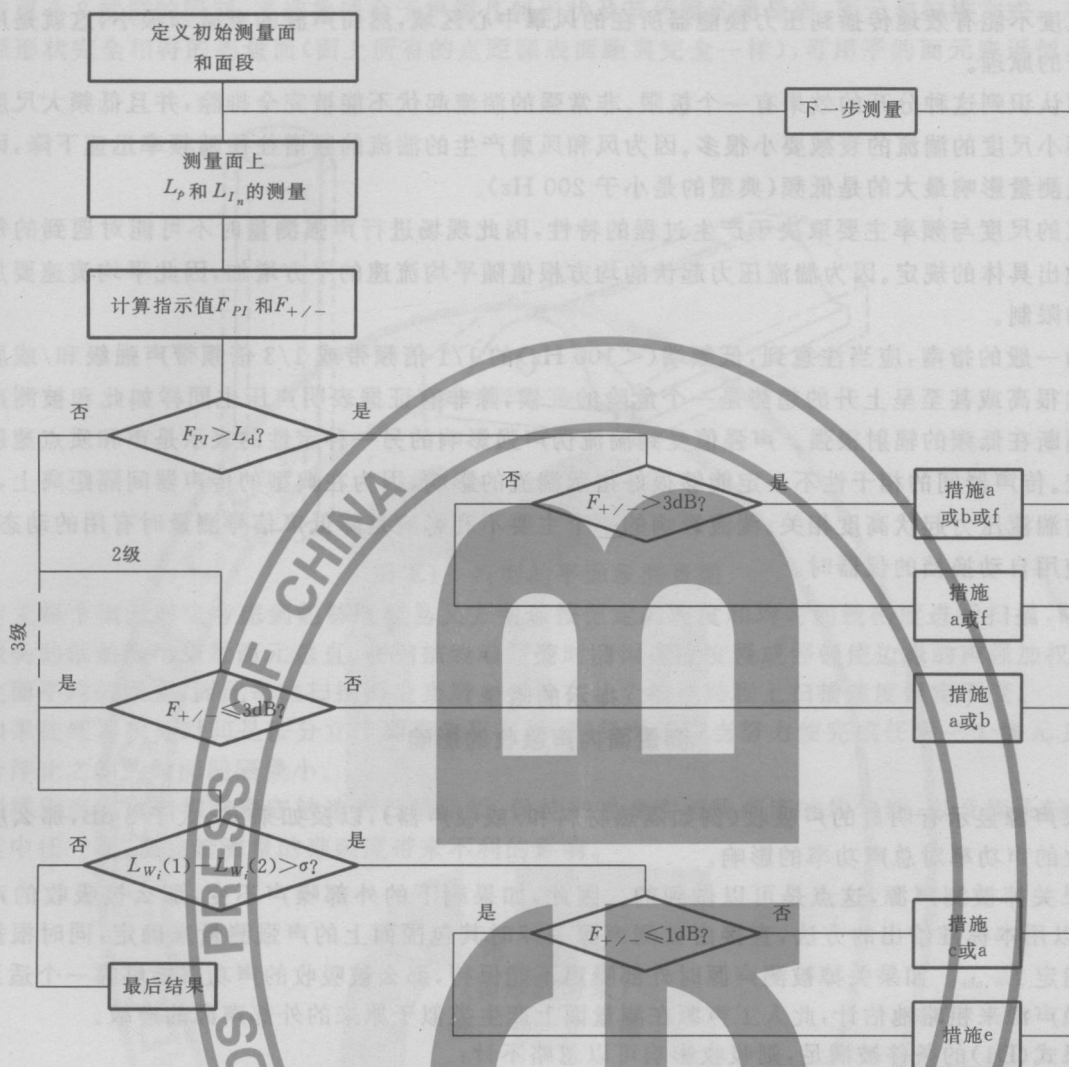


图 B1 获得预想准确度等级的方法框图

附录 C

(提示的附录)

气流对声强测量的影响

在测量期间,声强探头有时处于气流中,例如有风的户外条件,或者靠近冷却风扇产生的气流。原则上,用 P-P 探头进行声强测量的理论基础在稳态流存在的条件下是不成立的。但是除了是高抗性的声场,当马赫数 $M < 0.05$ 时,误差可以忽略。更严重的误差看来是由非稳态的湍流引起的。

当气流碰在探头上时,会有湍流存在,它同样可以由探头本身的存在而产生,湍流固有的流体动量起伏与压力起伏相关;它们是非声学量,通常与声场的声压起伏不相关。然而它能被处于流中的任何压力敏感的换能器记录下来,并且最终测得的信号不可能把它们与声压区别开来。湍流以一个接近平均流(时间平均)的速度流动,并且含有涡旋(相关的运动区域),它的尺度一般比典型的音频波长小得多。湍流中的空间压力梯度可能大大超过声波中的压力梯度,因此,对应的质点速度可能大大地超过典型声场中的质点速度,结果会产生很强的伪声强信号。

风罩的功能是把气流从压力传感器附近移开,由于湍流对流速度低,因此作用于风罩外表面的湍流