



中华人民共和国国家标准

GB/T 19886—2005/ISO 15667:2000

声学 隔声罩和隔声间噪声控制指南

Acoustics—Guidelines for noise control by enclosures and cabins

(ISO 15667:2000, IDT)



2005-09-09 发布

2006-04-01 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

声学 隔声罩 前言

本标准等同采用 ISO 15667:2000《声学 隔声罩和隔声间噪声控制指南》。

本标准在等同采用 ISO 15667:2000 过程中,将其规范性引用文件和参考文献中部分 ISO 标准替换成我国目前正在实施的对应的国家标准,并进行了编辑性修改。

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技术(SAC/TC 17)归口。

本标准起草单位:中国科学院声学研究所、同济大学。

本标准主要起草人:吕亚东、毛东兴、徐欣。

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,鼓励使用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。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 15589.2—2005 声学 建筑与建筑构件隔声测量 第2部分:建筑构件空气声隔声的实验室测量 (idt ISO 140-3:1995)

GB/T 15404—1995 声学 声源法测量噪声源的声功率级 第1部分:离散点上的测量 (eqv ISO 9514-1:1990)

GB/T 15404.2—1995 声学 声源法测量噪声源的声功率级 第2部分:连续测量 (eqv ISO 9514-2:1990)

GB/T 17243.1—2000 声学 机器和设备发射的噪声 测定工作位置和其他指定位置发射声压级的基础标准使用声级 (eqv ISO 11200:1995)

GB/T 17243.2—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 一个反射面上方声级测量法 (eqv ISO 11201:1995)

GB/T 17243.3—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 声场测量法 (eqv ISO 11202:1995)

GB/T 17243.4—1998 声学 机器和设备发射的噪声 由声功率级测定工作位置和其他指定位置发射声压级 (eqv ISO 11203:1995)

GB/T 17243.5—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 环境修正法 (eqv ISO 11204:1995)

GB/T 18698.1—2002 声学 隔声罩的隔声性能测定 第1部分:实验室条件下测量(演示用) (eqv ISO 11541-1:1995)

GB/T 18698.2—2002 声学 隔声罩的隔声性能测定 第2部分:现场测量(验收和验证用) (eqv ISO 11541-2:1995)

GB/T 19886—2005 声学 隔声间的隔声性能测定 实验室和现场测量 (id. ISO 11857:2000)

ISO 717-1:1996 声学 建筑和建筑构件的隔声评价 第1部分:空气声隔声

引 言

隔声罩和隔声间提供了从机器或一组机器到附近工作位置或周围环境的传播路径上空气声的降低方法。本标准介绍了运行工况条件下确定隔声罩和隔声间声学性能的一些准则。

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总则和操作方面的若干考虑 4

4.1 声源 4

4.2 声传播途径 4

4.3 有效噪声控制 5

5 隔声罩和隔声间的类型及其特殊要求 6

5.1 隔声罩 6

5.2 隔声间 10

6 声学要求、噪声控制规划和验证 10

6.1 目标数据 10

6.2 规划 11

6.3 测量 12

7 关于隔声罩的信息 14

7.1 由用户提供的信息 14

7.2 由制造商提供的信息 14

附录 A (资料性附录) 构造实例 16

A.1 面板 16

A.2 消声器 20

A.3 密封方式 24

A.4 弹性支承 31

附录 B (资料性附录) 应用实例 32

B.1 冲床 32

B.2 户外变压器 33

B.3 长型材锯床 35

B.4 瓦楞纸加工机 37

B.5 瓦楞纸板生产线 39

B.6 燃气轮机隔声罩 41

参考文献 43

声学 隔声罩和隔声间噪声控制指南

1 范围

本标准涉及用于噪声控制的隔声罩和隔声间的性能,它规定了声学 and 运行方面的要求,并要求隔声罩和隔声间的供货商或制造商同用户在这些要求方面达成一致。本标准适用于如下两类隔声罩和隔声间:

- a) 用于操作人员噪声防护的隔声间:独立隔声间和与机器(如车辆、起重机)相连的隔声间;
- b) 部分或全部罩住机器的独立隔声罩:本标准主要对象是未进行声学处理的敞口面积占总表面积小于 10% 的隔声罩。

本标准重点适用于轻质结构,同时也适用于厚重结构(如砖墙)。

未进行声学处理的敞口面积大于总表面积 10% 的隔声罩和隔声间属于部分围蔽结构范畴,不属于本标准研究范围。

本标准不适用于构成机器一部分并且与之紧密相连的隔声罩。

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。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 19889.3—2005 声学 建筑与建筑构件隔声测量 第 3 部分:建筑构件空气声隔声的实验室测量 (idt ISO 140-3:1995)

GB/T 16404—1996 声学 声强法测定噪声源的声功率级 第 1 部分:离散点上的测量 (eqv ISO 9614-1:1993)

GB/T 16404.2—1999 声学 声强法测定噪声源的声功率级 第 2 部分:扫描测量 (eqv ISO 9614-2:1996)

GB/T 17248.1—2000 声学 机器和设备发射的噪声 测定工作位置和其他指定位置发射声压级的基础标准使用导则 (eqv ISO 11200:1995)

GB/T 17248.2—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 一个反射面上方近似自由场的工程法 (eqv ISO 11201:1995)

GB/T 17248.3—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 现场简易法 (eqv ISO 11202:1995)

GB/T 17248.4—1998 声学 机器和设备发射的噪声 由声功率级确定工作位置和其他指定位置的发射声压级 (eqv ISO 11203:1995)

GB/T 17248.5—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 环境修正法 (eqv ISO 11204:1995)

GB/T 18699.1—2002 声学 隔声罩的隔声性能测定 第 1 部分:实验室条件下测量(标示用) (eqv ISO 11546-1:1995)

GB/T 18699.2—2002 声学 隔声罩的隔声性能测定 第 2 部分:现场测量(验收和验证用) (eqv ISO 11546-2:1995)

GB/T 19885—2005 声学 隔声间的隔声性能测定 实验室和现场测量 (idt ISO 11957:1996)

ISO 717-1:1996 声学 建筑和建筑构件的隔声评价 第 1 部分:空气声隔声

ISO 3740 系列标准 声学 声压法测定噪声源声功率级

注：GB/T 14367、GB/T 6881.1、GB/T 6881、GB/T 6881.2、GB/T 6881.3、GB/T 3767、GB/T 6882、GB/T 3768、GB/T 16538 分别等同、等效、非等效采用 ISO 3740 系列标准中的 ISO 3740、ISO 3741、ISO 3742、ISO 3743-1、ISO 3743-2、ISO 3744、ISO 3745、ISO 3746、ISO 3747。

1. GB/T 14367—1993 声学 噪声源声功率级的测定 使用基础标准与制订噪声测试规范的准则 (neq ISO 3740:1980)
 2. GB/T 6881.1—2002 声学 声压法测定噪声源声功率级 混响室精密法 (idt ISO 3741:1999)
 3. GB/T 6881—1986 声学 噪声源声功率级的测定 混响室精密法和工程法 (neq ISO 3742:1975)
 4. GB/T 6881.2—2002 声学 声压法测定噪声源声功率级 混响场中小型可移动声源工程法 第1部分：硬壁测试室比较法 (idt ISO 3743-1:1994)
 5. GB/T 6881.3—2002 声学 声压法测定噪声源声功率级 混响场中小型可移动声源工程法 第2部分：专用混响测试室法 (idt ISO 3743-2:1994)
 6. 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)
 7. GB/T 6882—1986 声学 噪声源声功率级的测定 消声室和半消声室精密法 (neq ISO 3745:1977)
 8. GB/T 3768—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方采用包络测量表面的简易法 (eqv ISO 3746:1995)
 9. GB/T 16538—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 使用标准声源简易法 (neq ISO 3747:1987)
- ISO 14163:1998 声学 消声器噪声控制指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

隔声罩 enclosure

用来覆盖或遮蔽声源(机器)以保护环境免受声源噪声影响的结构。

注：隔声罩的形状可以是箱形或机器部件的轮廓形状。箱形的隔声罩包含四周壁板和顶板，隔声罩可以有门、窗、通风口、原料通道等开口，见图4。

3.2

隔声间 cabin

用来保护人免受环境噪声影响的完全封闭结构。

注1：摘自 GB/T 19885—2005。

注2：隔声间有时可不包含地板。

3.3

隔声罩声功率隔声值，隔声罩插入损失 D_w sound power insulation of the enclosure, insertion loss of the enclosure

有隔声罩和无隔声罩时，按照 GB/T 18699.1—2002 或 GB/T 18699.2—2002 测量得到的声源(机器)辐射声功率级(1/3 倍频带或倍频带)的差值。

注1：声功率隔声值(或插入损失)用分贝表示。

注2：通常，该值的频谱对于距离声源一定距离的位置的环境噪声控制总体设计是有用的，如工厂车间或工厂邻近空间的混响声场。

3.4

隔声罩计权声功率隔声值 $D_{w,w}$ weighted sound power insulation of the enclosure

在隔声量(或传声损失)用插入损失 D_w 代替基础上，根据 ISO 717-1:1996 规定方法确定的单一数值。

注 1: 计权声功率隔声值用分贝表示。

注 2: 单一数值对不同隔声罩进行粗略的比较和在声源频谱未知的情况下进行室内声学设计是有用的。

注 3: 摘自 GB/T 18699.2。

3.5

面板传声损失 R panel transmission loss

依据 GB/T 19889.3—2005 得到的隔声罩各面板的隔声量(或传声损失)。

注 1: 面板传声损失用分贝表示。

注 2: 在中频一定范围内(特别是 250 Hz 到 1000 Hz), 完全密封隔声罩的插入损失 D_w 和面板传声损失 R 之间存在如下近似关系:

$$D_w \approx R + 10 \lg(\alpha) \text{ dB} \dots\dots\dots (1)$$

式中 α 为面板内侧的平均吸声系数。当 R 和 α 的频谱已知, 关系式(1)可以得出隔声罩隔声值的上限值, 但实际插入损失 D_w 并不能据此进行可靠预测。漏缝、声处理不完全的开口和结构声的侧向传递都会使实际插入损失要小。

注 3: 具有开口的小建筑构件空气声隔声测量方法见 ISO 140-10。

3.6

声压隔声值 D_p sound pressure insulation

3.6.1

隔声罩的声压隔声值 D_p sound pressure insulation for enclosures

有、无隔声罩时指定位置的 1/3 倍频带或倍频带的声压级的差值。

注 1: 声压衰减用分贝表示。

注 2: 该值的频谱对于详细分析隔声罩在不同方向的性能是有用的。

注 3: 隔声罩声压衰减的测量, 见 GB/T 18699.1—2002 和 GB/T 18699.2—2002。

3.6.2

隔声间的声压隔声值 D_p sound pressure insulation for cabins

外部扩散声场声压级与置于房间的隔声间内的声压级(1/3 倍频程或倍频程)的差值。

注 1: 声压隔声值用分贝表示。

注 2: 隔声间声压隔声值的测量, 见 GB/T 19885—2005。

注 3: 摘自 GB/T 19885—2005。

3.7

隔声间的表观声压隔声值 D_p' apparent sound pressure insulation of a cabin

具有任意声场分布的房间内的声压级和置于其中的隔声间内的声压级(1/3 倍频程或倍频程)的差值。

注 1: 隔声间的表观声压隔声值用分贝表示。

注 2: 房间内的声场不一定是扩散声场。

注 3: 隔声罩表观声压隔声值的测量, 见 GB/T 19885—2005。

注 4: 摘自 GB/T 19885—2005。

3.8

A 计权声压隔声值 D_{pA} A-weighted sound pressure insulation

对于实际声源频谱测得的单一数值, 用来描述扩散声场中由隔声罩或隔声间引起的指定位置 A 计权声压级衰减。

注 1: A 计权声压隔声值用分贝表示。

注 2: 该单一数值主要用于描述特定机器隔声罩的实际声学性能, 如在距离机器隔声罩 1m 的位置或隔声间内任意位置。

3.9

隔声罩的估算隔声值 $D_{pA,e}$ estimated noise insulation due to the enclosure

对于指定声源频谱确定的单一数值,用来描述由隔声罩引起的指定位置 A 计权声压级衰减。

注 1: 隔声罩的估算隔声值用分贝表示。

注 2: 该单一数值主要用于声源详细频谱未知情况下,描述隔声罩的性能。

3.10

泄漏比 θ leak ratio

隔声罩的所有未经过声学处理的开口面积与隔声罩内表面积(包括开口面积)的比值。

注: 摘自 GB/T 18699.1—2002 和 GB/T 18699.2—2002。

4 总则和操作方面的若干考虑

4.1 声源

首先,要明确需要采用隔声罩进行处理的声源(或多个声源)。空气声辐射应根据相关标准 GB/T 14367、GB/T 6881、GB/T 6882、GB/T 3767、GB/T 3768、GB/T 16538 系列标准、GB/T 16404 系列标准、GB/T 17248 系列标准进行测量。

隔声罩会导致内部热量的积聚。隔声罩上用来散热和调节温度的通风装置及其辅助设备应当作为附加声源考虑。

4.2 声传播途径

从隔声罩内声源到外部环境的声传播途径可以分成四类(如图 1 所示)。

a) 途径 1: 对通过隔声罩开口(或缝隙)空气声传播需要格外注意。在很低的频率下,隔声罩的尺寸比波长小很多,而且隔声罩衬里的吸收非常弱,甚至没有吸收,隔声罩的容积和开口的收缩形成了赫姆霍兹共鸣器,这将降低隔声罩的插入损失。而在高频,隔声罩提供较大的耗散,泄漏比 θ 和开口附近的衬里的声耗散决定了沿途径 1 的声传递。对未经声学处理的开口,沿途径 1 的高频隔声量(或传声损失) R_1 由式(2)估算:

$$R_1 \approx -10\lg(\theta) \text{ dB} \dots\dots\dots (2)$$

b) 途径 2: 通过隔声罩壁板的声传播主要由具有无侧向传声且密封完好封闭空间的实验室测试确定。在很低的频率下,隔声罩的插入损失由隔声罩内空气的声顺与隔声罩壁的容积声顺的比值决定[见式(3)]。而在低频,机器和附近隔声罩壁之间的空气的声顺可能和壁板质量发生共振,从而导致插入损失的最小化。

在中高频,面板传声损失是有效的,这是由密封壳体的阻抗和吸声衬里内部传递途径的衰减决定的。单层墙隔声量在面密度小于 15 kg/m²、频率低于 2 kHz 时受质量控制。双层墙用来提高双墙共振频率以上的中频隔声量(或传声损失); 频率高于 2 kHz,由入射声波和面板自由弯曲波吻合效应而产生的最小隔声量(或传声损失)主要是通过衬里的声阻尼来避开。除隔声罩的周长小于空气声波长的很低频率外,其他所有频段受迫弯曲响应的辐射效率 $\sigma_F \approx 1$ 。

注: 辐射效率由 ISO/TR 7849 定义。

c) 途径 3: 包含隔声罩壁板自由弯曲波的声辐射。由于大多数隔声罩使用薄板制造,软板的声辐射效率 σ_{ow} 很小,且主要由它们的嵌定边和连结点决定。自由弯曲波主要由侧向传递的结构声和空气声引起,这些波的耗散取决于板的阻尼。在 1 kHz 以上就应当考虑隔声罩框架上的自由弯曲波。

d) 途径 4: 来自不受隔声罩影响的侧向构件辐射效率为 σ_{ol} 的结构声和空气声。地板、机器未封闭的部分、机器进料口和连接机器的管道都是侧向构件的示例。沿本途径的声传递会最终限制原本可以设计很好的隔声罩的声学性能。

在极端情况下,需要考虑通过所有这些不同途径的声传递。每种途径的声传递贡献可以通过适当的测量或计算得到。区分途径 2 和途径 3 的声传递贡献大小最为困难。另外,测定背景噪声级 L_{pb} 时,

如有可能,应将被罩声源关闭。

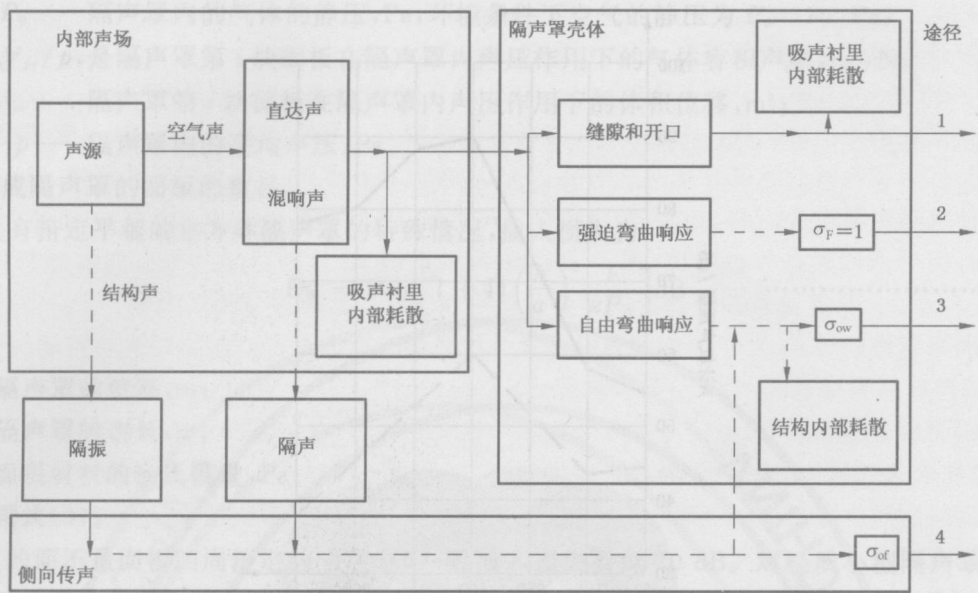


图 1 声传播途径框图

4.3 有效噪声控制

注：有关使用隔声罩和隔声间进行有效噪声控制的内容,见参考文献[1][2][6][9]。

4.3.1 在考虑包括空间可用性、安全因素和物流等一般操作准则下,选择能够起到遮蔽机器或保护工作位置作用的隔声罩或隔声间。

4.3.2 如果使用常用材料,那么固定在机械稳定的框架上的面板的声学性能,包括吸声和隔声量(或传声损失)一般是足够的。图 2 中所示典型构件如下：

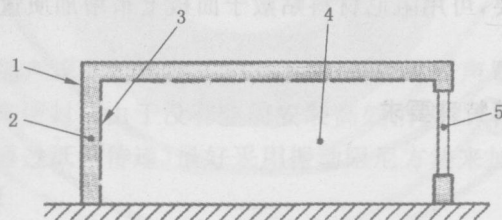
——外壳:1.5 mm 厚钢板;这里外壳若选用钢以外的材料,则其厚度选择应使其面密度为 10 kg/m²~15 kg/m²;

——内部的吸声衬里:50 mm 厚矿棉;

——覆盖吸声衬里的穿孔板:≥30%穿孔率;

——窗户用 6 mm 厚的安全玻璃。

注：为简洁起见,本标准所涉及到的“矿棉或玻璃棉”均用“矿棉”表示。



- 1——外壳；
- 2——吸声衬里；
- 3——穿孔护面板；
- 4——工作位置声源空间；
- 5——窗户。

图 2 隔声罩或隔声间示意图

机器有、无隔声罩情况下,在机器附近测得的声压级典型频谱如图 3 所示,在 500Hz 附近最大 A 声级发射决定了 A 计权声压隔声值。

对于为提高低频插入损失的特殊需求,矿棉护面、使用特定形状和材料的防渗表层以及吸声材料等

需要详细研究。

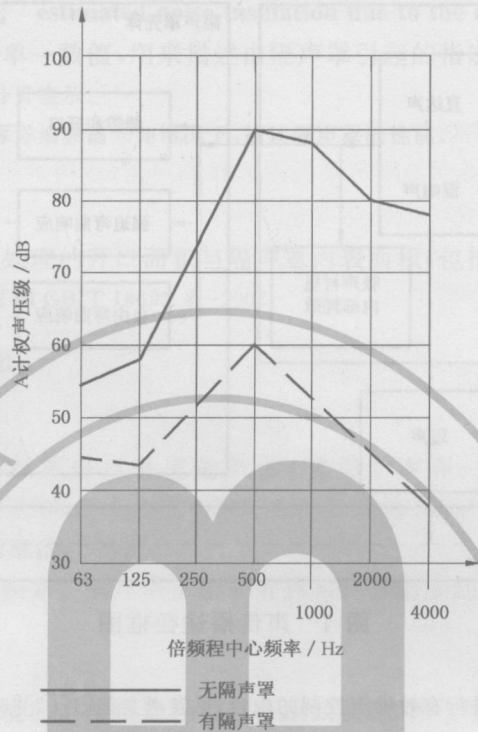


图 3 机器附近 A 计权声压级倍频程谱典型示例

- 4.3.3 应特别注意缝隙和开口。根据声学要求,应使用特殊的单层或双层密封结构以避免面板间声泄漏。如果面板需经常移开,应确保密封结构可重复使用。在缝隙不可避免的地方,如滑动门,可使用吸声衬里或缝隙消声器。尽可能使通风、电缆、管道、物料输送等所有开口最小化,并安装消声器或带吸声衬里通道。用于维护的开口在运行时应关严。
- 4.3.4 为避免结构声侧向传递,声源应安装在弹性元件上。隔声罩的面板不要与声源接触。接触不可避免时,应保持最少的接触点数目,且在声源与接触点之间放置弹性元件。
- 4.3.5 为了防止空气声通过地板侧向传声,在声学性能要求很高的情况下,可以使用完全包封机器的隔声罩。
- 4.3.6 如果特殊应用场合需要,可用阻尼材料贴敷于面板上来增加质量控制的隔声量(或传声损失)和自由弯曲波的衰减。

5 隔声罩和隔声间的类型及其特殊要求

5.1 隔声罩

5.1.1 小型隔声罩(机罩)

当隔声罩的最大尺寸小于低频空气声的 1/4 波长时,该隔声罩被称为小型隔声罩。轻质和透明壁板具有便于装卸和使用,且寿命长等特点,其支撑结构通常是机器的框架。气密隔声罩的低频插入损失为

$$D_w = 20\lg \left[1 + \frac{C_v}{\sum_{i=1}^n C_{wi}} \right] \text{dB} \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 $C_v = V_0 / \kappa P_0$, 是隔声罩内气体容积的声顺, m^5 / N ;
 V_0 ——隔声罩内气体的容积, m^3 ;

κ ——隔声罩内气体的比热,空气的比热 $\kappa=1.4$;

P_0 ——隔声罩内的气体的静压,Pa,环境条件下空气的静压为 $P_0=10^5$ Pa;

$C_{wi}=\Delta V_{pi}/p$,是隔声罩第 i 块面板在隔声罩内声压作用下的气体容积声顺, m^5/N ;

ΔV_{pi} ——隔声罩第 i 块面板在隔声罩内声压作用下的体积位移, m^3 ;

p ——隔声罩内的平均声压,Pa。

n 是组成隔声罩的面板的数目。

对于具有箱定平板的立方体隔声罩的特殊情况,插入损失为

$$D_w = 20 \lg \left[1 + 41 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \frac{E}{\kappa P_0} \right] \text{dB} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

h ——隔声罩的壁厚, m;

a ——隔声罩的边长, m;

E ——面板材料的杨氏模量, Pa;

κ, P_0 ——同式(3)。

对筒支的而不是面板四周箱定的隔声罩,一般插入损失要低 10 dB。对轻质小型隔声罩,方程(4)表明:铝和玻璃要比钢板的插入损失高 10 dB 以上,而铅对低频噪声来说则是很差的选择^[1]。

除了特殊结构,所有小型隔声罩都可能存在声泄漏,以致在 $1.4f_L$ 频率以下对隔声产生不利影响。对于有圆形开口的立方体隔声罩:

$$f_L = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\theta}{(h+\Delta h)a \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^n C_{wi}}{C_v} \right)}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

c ——隔声罩空腔内的声速, m/s;

θ ——泄漏比;

a, h ——同式(4);

Δh ——隔声罩开口两端的末端修正, m;

$$\Delta h \approx 1.6a_L$$

a_L ——隔声罩开口半径, m;

C_{wi}, C_v ——同式(3)。

频率高于 f_L 时,有泄漏的隔声罩的插入损失接近完全密封的隔声罩。隔声罩和框架之间的缝隙要用适宜于频繁使用的弹性胶条密封。由于没有空间安装高效消声器,因此开口要尽量小。对于结构声的侧向传递(如:机械打印机通过纸张传递)最好采用振动阻尼方法来加以抑制。

5.1.2 单个固定机器的隔声罩

5.1.2.1 车间内

隔声罩的尺寸通常取决于机器周围的可用空间。在有些情况下,采用能够罩住主要声源的部分隔声罩可能更符合实际情况。

隔声罩的尺寸和结构选择应当考虑到诸如:进出、维护和调节或拆卸、更换等方面的需要。某些情况下,从各隔声罩面板尺寸和重量角度采取加固措施,并且安装吊钩以方便吊装和拆卸。

另外,为防止外界环境对隔声罩的影响(如油和水的影响)需要对隔声罩进行外部处理,它们还应该能够方便清洁。隔声罩内表面和所有开口要安装吸声衬里。这些衬里可以采用塑料薄膜和金属箔保护以防止油和水的浸入。这些覆盖层使用要适当,在有些情况下,护面层会影响吸声衬里的声学性能,特别是高频的吸声性能。

注1: 面密度大于 50 g/m^2 的薄膜和金属箔, 或厚度大于 $50 \mu\text{m}$ 的塑料薄膜一般在 2 kHz 以上会引起吸声性能下降。

为保护吸声衬里免受机械破坏, 透声护面是必要的。

注2: 使用铝网或穿孔率为 30% 、孔径为 $3 \text{ mm} \sim 5 \text{ mm}$ 的穿孔钢板能够保证足够的透声效果。

当薄膜或金属箔同穿孔板一起使用时, 应当避免薄膜或金属箔堵塞穿孔板, 从而降低吸声性能。这可以在穿孔板和薄膜间放置薄开孔网来解决, 同时应确保穿孔板内的毛刺不刺穿薄膜。

设计计权隔声量至少达到 20 (或 30) dB 的隔声罩时, 泄漏率超过 0.01 (或 0.001) 的所有缝隙应该密封, 例如: 使用弹性胶条和衬垫 (见图 A. 3 ~ 图 A. 6 和图 A. 17 ~ 图 A. 21)。门需要特别注意 (见图 A. 11 ~ 图 A. 13)。长缝隙共振导致的漏声会引起窄频带范围内隔声效果的降低。

按照隔声罩性能要求, 对于自然和强制通风系统和物流所需的开口需要安装消声器 (见图 A. 7 ~ 图 A. 10)。消声器的明细表和消声器的选择, 见 ISO 14163。

在预制面板上为电缆、机械传递等开一些相对较大的开口, 在这些构件安装完毕后, 如果必要, 应采用矿棉、弹性胶条和衬垫来密封金属片护面间的开口 (见图 A. 14 ~ 图 A. 16)。

当机器辐射声主要是结构声时 (如: 内燃机、水冷电机、发电机、齿轮箱、压缩机或变压器), 隔声罩的效果常受到通过支承结构或声源与隔声罩壁板之间连接构件侧向传声的限制。重基础上的弹性支承和弹性联接或衬垫能够改善噪声控制效果^[10]。严重情况下, 可以使用在机器底座和建筑地板间附加弹性元件的复合弹性支承 (见图 A. 28), 且应将机器底座和隔声罩壁板分开或隔离。同单个弹性支承 (见图 A. 28) 相比, 双层弹性隔振系统更适用于刚性框架上安装的机器。

5.1.2.2 户外

除了满足车间内隔声罩的声学要求外, 如果需要, 要特别注意材料 (采用镀锌钢板或喷漆钢板实现) 和开口 (由适当形状金属薄板实现) 耐候性能, 同时也要注意抗风载荷 (由增加外壳的厚度和/或增加外壳与内侧穿孔板的加强筋来实现) 和耐海水腐蚀 (由铝实现)。

注: 对于通风系统的导流罩应考虑流体噪声。

为了抑制通过安装于弹性结构上的机器底座的侧向声传递, 如果建筑结构允许, 机座的质量可通过增加混凝土基础而得到加强。一般不需要全部采用吸声衬垫或限制窗户。另外, 还应满足一些特殊的安全要求 (如防爆舱门)。

5.1.3 用于大型机器或机组人员可出入的隔声罩

典型机器隔声罩如图 4 所示。除车间内隔声罩的声学要求外, 应具备内部通风与照明以及适当的安全措施 [如断路开关以便使外面的人员不能打开机器 (见 6.2.2)]。应用于有毒气体、可移动机器部件时需要一些特殊的安全装置。开口处理方式也因不同方向上的不同噪声控制措施而异。

窗户的框架必须密封并且与窗户的隔声量匹配 (如图 A. 25 和图 A. 26)。

必须特别注意通过门周围缝隙的声传递。这取决于门与门锁的类型。门可分为三种类型:

- 滑动门, 折叠门和上翻门
- 铰接门 (有或无门槛)
- 动力驱动门

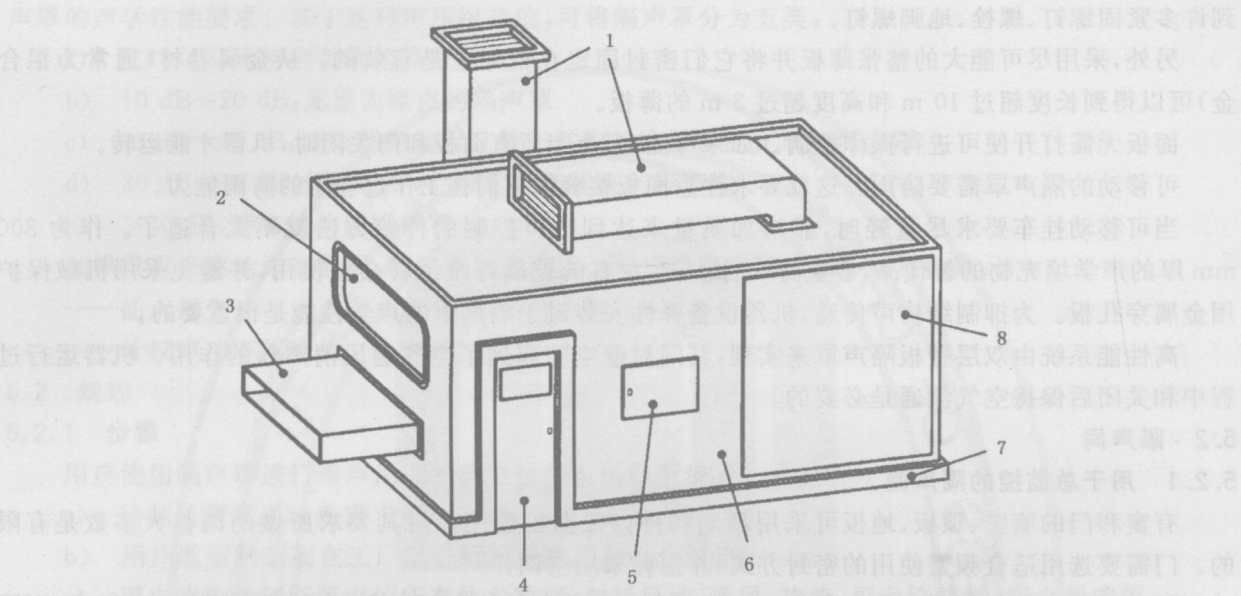
当地条件不能为铰接门开关提供足够空间时, 应选用滑动门。例如: 当人员进出门前是过道时, 为安全起见, 应选用滑动门。对于为形成周边空气带所必须的缝隙 (宽度为 h) 必须进行声学处理以代替密封, 且使得处理长度 $w \geq 20 h$ (见图 A. 13)。

如果门安装在紧急路线上, 则铰接门应向外开。对没有门槛的铰接门, 必须在框架的三侧采用弹性 (橡胶) 密封装置。为避免削弱门的隔声量 (或传声损失), 门与地板间的空气间隙要尽量小。附加措施 (如扫地密封刷) 仅能少量改善门的隔声量 (或传声损失)。稍好的方法是采用隆起门槛上的滑动橡胶密封装置。隆起门槛安装在地板上可以使轮子顺利通过并且被绊倒的风险也不大 (如图 A. 20)。该密封的缺陷在于易于磨损并需要经常维护, 随着使用频次的增加, 地板密封逐渐失去作用。

有门槛的铰接门有良好的声学性能。密封装置围绕于门的四周从而避免了漏声。其不利之处在于有被绊倒的危险。

有更高声学要求的动力驱动门配备了气动或电动装置。门关上之后，门的密封可以准确控制并且压力均匀分布。门打开时，进行相反的操作过程。首先，释放密封装置中的压力，然后打开门。

铰接门通常都配有带插销的锁。作用于门密封装置上的压力取决于合页与插销盒的准确安装。为得到更大的压力，常使用螺旋锁。其原理在于当门把手旋转 90°时，这种锁可以通过机械机构获到更大的密封压力。



- 1——经过适当声衰减的冷却空气进气/排气管道
- 2——观察窗
- 3——工件入口/经过声学处理的输送管道
- 4——人员进出的隔声门(如果需要)
- 5——常规检查口(铰接面板)
- 6——内衬吸声材料,隔声材料的外壳
- 7——密封板条
- 8——偶尔使用的经过密封的可拆卸面板

图 4 典型的机器隔声罩

5.1.4 高性能隔声罩

高性能隔声罩(见 6.1)可用于发动机测试间、变压器、压缩机与波纹板加工机器。

户外使用时,隔声罩(如厂房设备或整个厂房)需要仔细进行耐候和抗暴风雨保护。对于大型隔声罩,主要由连接于支承结构上的加固面板来提供保护。

结构声侧向传递决定隔声罩插入损失的上限。为满足噪声控制方面更高性能要求,应减少侧向传声。如果可能,最好在振动源处抑制,或传递路径上通过采用特殊弹性元件来固定面板,最后可通过外壳敷设阻尼层来实现。双层壁板(其面密度分别为 m_1'' 和 m_2'' ,且双层壁板间距为 t ,中间填充密度不超过 125 kg/m^3 的吸声材料)可增加频率大于 $1.4f_d$ (其中: f_d 为双层墙的共振频率)以上的隔声量(传声损失)。

$$f_d = a \sqrt{\left(\frac{1}{m_1''} + \frac{1}{m_2''}\right) \frac{1}{t}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:
 $a=60\text{ Hz } \sqrt{\text{kg/m}}$

m_1'' 和 m_2'' 单位为 kg/m^2 , t 单位为 m 。

注: 间距 100 mm, 厚度分别为 1 mm 和 1.5 mm 的两层钢板, 其间用矿棉填充, 其共振频率约为 80 Hz。

5.1.5 可移动和车载隔声罩

为了能够在施工现场或其他临时设备上工作, 可移动机器(如发电机和空气压缩机, 泵和水力系统)需要隔声罩。这种隔声罩的基本声学特征仍如 5.1.2 所述, 但同时应特殊考虑某些限制因素。

面板系统通常被安装在框架上, 该框架在车辆经过高低不平地面时能够弯曲。然而, 薄钢面板系统的夹具会很大程度地增加组装隔声罩的刚度, 而产生的应力需要被传递到框架。为保证实现这些, 要用到许多紧固螺钉、螺栓、地脚螺钉。

另外, 采用尽可能大的整张薄板并将它们密封固定在框架上是有效的。从金属卷材(通常为铝合金)可以得到长度超过 10 m 和高度超过 3 m 的薄板。

面板无需打开便可进行操作控制。如果可能, 只有当所有面板和门关闭时, 机器才能运转。

可移动的隔声罩需要防雨。这就要求注意面板接缝和它们在工作过程中的防雨能力。

当可移动挂车要求尽量轻时, 靠增加质量来达到噪声控制的传统方法就不太合适了。作为 300 mm 厚的声学填充物的替代品, 容重为 $30 \text{ kg}/\text{m}^3$ 左右的玻璃纤维经常会被使用, 并避免采用机械保护用金属穿孔板。为抑制结构声传递, 机器设备弹性安装对于隔声罩的声学性能是很重要的。

高性能系统由双层壁板隔声罩来实现, 其间衬壁空隙起到了空气通风消声器的作用。机器运行过程中和关闭后保持空气流通是必要的。

5.2 隔声间

5.2.1 用于总监控的隔声间

有窗和门的墙壁、顶板、地板可采用预制构件。根据工业用户对其要求所做的调整大多数是有限的。门需要选用适合频繁使用的密封方式, 并推荐采用空调。

隔声间的计权声压隔声值一般为 30 dB 左右。如果在某特定的方向上需要更高的插入损失, 则隔声间在该侧应采用更重的墙壁构件或双层墙结构。

用于播音间、听阈测量和同声传译室等需要有较高插入损失的特殊隔声间属于其他标准范畴(参见文献[12][13])。

5.2.2 操作者的固定隔声间

封闭工作位置应选取最小的容积, 并适当考虑通风和座位安排。为最大限度减小积尘, 隔声间应安装排风扇而不是进风扇。必要时, 需要采用人工照明。控制设备应安装在隔声间内以减少操作人员进入周围高噪声区域的需要。

5.2.3 车载隔声间

车载隔声间需要进行噪声和振动控制。除固定隔声间的一般要求外, 宽视角、重量和尺寸限制、空调和特殊安全因素也需要考虑。

大部分低频声是通过隔声间壁板及其安装点传递的。轻质壁板的空气声的隔声量(或传声损失)较低, 并且容易被结构声激励起来。隔声间内低频声吸收和弹性支承的插入损失相当小, 具有可控次级声源的有源控制系统对此可有效控制, 它们通过干涉和声吸收降低室内噪声。

6 声学要求、噪声控制规划和验证

6.1 目标数据

根据未安装隔声罩或隔声间时的现有声压级, 隔声罩和隔声间的用户或设计者原则上需要确定下述量的最大允许值:

a) 指定位置的 A 计权总声压级或倍频程声压级, 如:

——距离隔声罩 1 m 处

——包络面的平均值

- 工作位置处
 - 隔声间内部
 - 附近某指定的参考点；
- 或者

b) 隔声罩(或被封闭设备)声辐射的 A 计权总声功率级或倍频程声功率级。

优先采用隔声罩或待封闭声源声辐射的倍频程数据。

有无隔声罩 A 计权声压级差值或 500Hz 时倍频程数据差值(修约到小数点后一位数字)表示对隔声罩的声学性能要求。基于这种声压级差值,可将隔声罩分为五类:

- a) <10 dB:无特别要求的隔声罩
- b) 10 dB~20 dB:无重大漏声的隔声罩
- c) 20 dB~30 dB:缝隙严格密封且置于其中的机器弹性支承的隔声罩
- d) 30 dB~40 dB:仔细设计和装配、性能优良的隔声罩
- e) >40 dB:特殊结构的隔声罩

如果没有声源的详细数据,隔声罩制造商至少应提供隔声罩的如下两项参数:

- 插入损失;
- 计权声功率隔声值。

6.2 规划

6.2.1 步骤

用户使用隔声罩进行噪声治理的典型过程包括如下步骤:

- a) 给制造商发送一份需求(见 7.1);
- b) 用户邀请制造商在工厂里进行第一次项目综合讨论;
- c) 用户收集规划所要求的所有技术数据,包括尺寸、通风、物流、可允许材料、安全要求等;
- d) 用户邀请制造商进行第二次项目详细讨论;
- e) 制造商提供隔声罩草图(总体布置图);
- f) 机器用户(也包括其维护和安全部门)接收草图;
- g) 用户开始招标;
- h) 中标制造商提供关于隔声罩的精确图纸;
- i) 设计中包括结构要求与贯穿方式;
- j) 用户接收该设计,并给制造商一份委托书;
- k) 制造商开始预制构件;
- l) 制造商装配隔声罩;
- m) 用户验收施工工程;
- n) 如果必要,由独立的声学咨询检验机构验证其声学性能。

如果不只一台相同型号的机器需要此隔声罩,那么应首先建立一个样机,并测试其声学性能并检验其可用性、耐用性以及操作和保养问题,这些都是很有用的。

6.2.2 尺寸

隔声罩的最小尺寸应使机器的任何部件不会碰到隔声罩壁。另外,电磁场可决定隔声罩的最小尺寸。

为避免隔声罩壁面与机器表面之间因空气劲度形成共振而降低隔声罩壁的声学性能,空气间隙的宽度 d 应满足如下条件:

$$\frac{d}{d_0} \geq \frac{2 \times 10^4}{m'' \left(\frac{f}{f_0}\right)^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

d ——机器表面与隔声罩外壳之间的距离, m; $d_0 = 1$ m

m'' ——隔声罩外壳的面密度, kg/m^2 ; $m_0'' = 1$ kg/m^2

f ——面板传声损失所要求的最低频率, Hz; $f_0 = 1$ Hz

注: 对 1.5 mm 厚的钢板及 63 Hz 的频率, 其最小间距应为 400 mm 左右。

对人员能够进出的隔声罩, 机器与隔声罩壁之间的自由空间距离至少为 500 mm, 最好为 600 mm ~ 700 mm。安全标准也规定了常规检修面板与旋转或动力驱动的机器部件之间的距离(参见文献[18]~[26])。

6.2.3 通风与空调条件

通风目的如下:

——散热;

——存在气体泄漏(为防止毒气危害或爆炸危险)可能的情况下的空气交换;

——为燃烧装置或内燃机供给空气。

有必要对所有的进排气口进行声学处理。

所有进行声学处理的开口的插入损失应该与隔声罩或隔声间壁板的插入损失相当。

自然对流通风要求进气口在地面, 而排气口在顶部。强制通风有时可通过被罩机器所带电机的冷却风扇来完成(见图 A. 7)。一般而言, 将专用排气扇安装在可以避免地板灰尘流通的地方(见图 A. 8 和图 A. 9)。

换气率根据将冷却空气的温升限制在 15℃ 左右来确定。在密度小于空气的气体可能泄漏的情况下, 换气率为每小时 60 次; 在密度大于空气的气体可能泄漏的情况下, 换气率为每小时 120 次, 而且对于排气管道的定位, 应遵守特殊安全规则。

为避免开门或开窗降低隔声间的声学性能, 隔声间的空调常常是必需的。来自这些设备的强制对流通风则需要附加消声器。

6.2.4 其他要求

安全要求决定着吸声材料的选择。考虑到火灾的危险, 矿棉一般要优于开孔式泡沫塑料。然而, 在施工工地上应避免矿棉的切割, 并且为避免隔声罩及其周围环境受到疏松棉屑的污染, 矿棉毡的切割边缘应被密封。

为人员出入设计的门应该与框架良好密封, 且从隔声罩内部可以打开门。

为更换隔声罩内机器的零部件或加载机器, 隔声罩应有较大的开口。为此, 使用了各种解决办法如采用折叠门、滑动门、升降门、滚移箱, 可吊顶板和其他方法。对于移动部件间的电缆连接要特别注意。

对于需要全面检修的机器常要求隔声罩可拆卸。如果通常需要这样做, 那么为便于重新装配, 所提供的各部件应具有易于识别的标识。为此, 各部件的标记、数字、图案及不同的颜色便是很有用的。另外, 为确保多次重新装配, 应标明连接方式(如: 螺钉和快卸扣夹的型号)。

隔声罩的期望寿命应与机器的寿命相当。因为橡胶垫圈与其他弹性元件不能使用那么久, 所以要及时更新。隔声罩的外壳也可以重新涂漆, 但是与吸声材料没有分开的内侧穿孔板及其护面都不要重新涂漆, 否则其吸声性能会被大大削弱。

6.3 测量

6.3.1 概述

可选测量方法如下:

——GB/T 18699.1—2002 规定的标示用小型隔声罩实验室测量;

——GB/T 18699.2—2002 规定的验收/验证用隔声罩现场测量;

——GB/T 19885—2005 规定的隔声间实验室和现场测量;

——隔声罩外壳的振动与隔声罩缝隙及开口附近的现场噪声联合测量;

——先进的测量方法,如采用最大长度序列(MLS)信号。

给定机器隔声罩的测量方法的选择取决于隔声罩的尺寸、应用和周围环境条件。

6.3.2 根据 GB/T 18699.1 的实验室测量方法

对于用于标示目的且体积小于 2m^3 的独立隔声罩,规定了实验室条件下的测量方法。下面规定了有、无隔声罩、隔声罩内外三种测量方法:

- a) 优先考虑采用实际声源进行测量,且这种测量可提供隔声罩隔声性能最为准确的数值。测量可在不同的实验室环境下进行,根据 ISO 3740 系列规定的声压测量方法来测定插入损失 D_w (或 A 计权声功率插入损失 D_{wA}),或采用 GB/T 16404 规定的声强测量方法测定之。另外,还可以根据 GB/T 17248 系列标准进行的指定位置声压测量来测定工作位置的声压隔声值 D_p (或 A 计权声压隔声值 D_{pA});
- b) 如果不能采用实际声源,则优先采用外部声源和互易法来确定声压隔声值。这种方法没有考虑侧向传声,且在隔声罩包含诸如风扇等运转部件的场合下不能使用;
- c) 在实际声源和互易法都不适用的情况下,则可在隔声罩内采用特殊的人工声源来测定以插入损失 D_w 表征的隔声性能。这种方法并不能全面考虑侧向传声,且在隔声罩包含诸如风扇等运转部件场合下不能使用。该方法受环境影响很大。

6.3.3 根据 GB/T 18699.2 的现场测量方法

对于独立的机器隔声罩,规定了给定现场条件下的测量方法。下面详细规定了有、无隔声罩时的两种测量方法:

- a) 优先考虑采用实际声源进行测量。在符合 ISO 3740 系列标准规定的声学环境条件下,采用声压测量方法来测定插入损失 D_w (或 A 计权声功率隔声值 D_{wA}),或采用 GB/T 16404 规定的声强测量方法测定之。另外,还可以根据 GB/T 17248 系列标准进行的指定位置声压测量来测定工作位置的声压隔声值 D_p (或 A 计权声压隔声值 D_{pA});
- b) 在某些特定情况下,可以采用人工声源来代替实际声源。例如:若没有隔声罩外部高噪声辅助设备,实际声源就无法运行,或机器有或没有隔声罩情况下无法达到相同的运行条件。

实际实施中可能遇到的技术问题:

——对于测量标准所规定的实际声源或人工声源而言,由于工业环境太吵而不能测出隔声罩外的空气声,并且

——由于较大的隔声罩被放入相对较小的室内空间,而导致测量准确度不能达到工程级。

6.3.4 根据 GB/T 19885—2005 的测量方法

采用 GB/T 6881.1—2002 规定的混响室内或现场任意类型房间内产生的外部声场来确定隔声间的声压隔声值。在实验室中,不需要采用特殊措施来避免通过地面的侧向传声,但应关闭换气扇。现场测量可以采用扬声器(优先用于同实验室数据比较)或实际声源(优先用于实际声压隔声值的估算)来进行。

现场测量不应在隔声间刚建好就测量,而应使用一段时间后再测量。换气扇和隔声间内其他可能的声源不应显著影响所测声压级。隔声间内部与外部现场测得的声压级差被称为表观声压级隔声值。

6.3.5 噪声与振动的联合测量

对于外界噪声影响包络面噪声测量情况,下述不同测量方法可用于现场测定来自机器隔声罩的声辐射。

- a) 将轻质加速度计安装在隔声罩外壳上以测定结构声^[14]。在隔声罩结构假定或已知与频率相关的声辐射效率前提下,可经过积分和计权将测量数据转换成 $1/3$ 倍频程或倍频程辐射声压级。

在有很高外界噪声的临界情况下,应进行附加测量以确定振动不是由外来噪声引起的。为此,适合采用声强测量,而且该方法可以测定声传播方向。