



中华人民共和国国家标准

GB/T 19889.7—2022

代替 GB/T 19889.7—2005,部分代替 GB/T 19889.14—2010

声学 建筑和建筑构件隔声测量 第7部分:撞击声隔声的现场测量

Acoustics—Measurement of sound insulation in buildings and of
building elements—Part 7:Field measurement of impact sound insulation

(ISO 16283-2:2020,Acoustics—Field measurement of sound insulation in
buildings and of building elements—Part 2:Impact sound insulation,MOD)

2022-07-11 发布

2023-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测试设备	4
4.1 总体要求	4
4.2 校准	4
4.3 验证	4
5 频率范围	5
5.1 撞击器作为撞击源	5
5.2 橡胶球作为撞击源	5
6 准则	5
7 声压级的常规测量	6
7.1 概述	6
7.2 声场的产生	6
7.3 撞击器或橡胶球作为撞击源时的固定传声器位置测量	6
7.4 撞击器作为撞击源时的机械化连续移动传声器测量	7
7.5 撞击器作为撞击源时的手动扫测传声器测量	8
7.6 传声器位置的最小间距	9
7.7 撞击器作为撞击源时的平均时间	9
7.8 平均声压级计算	10
8 撞击器作为撞击源时的低频段声压级测量	11
8.1 通则	11
8.2 声场的产生	11
8.3 传声器位置	11
8.4 平均时间	12
8.5 室内低频平均撞击声压级计算	12
9 背景噪声(常规测量和低频段测量)	12
9.1 通则	12
9.2 背景噪声对信号级的修正	13
10 接收室的混响时间(常规测量和低频段测量)	13
10.1 通则	13
10.2 声场的产生	13
10.3 常规测量	14

10.4	低频段测量	14
10.5	中断声源法	14
10.6	脉冲响应积分法	14
11	倍频程转换	14
12	结果表达	15
13	不确定度	15
14	测试报告	15
附录 A (规范性)	撞击源	16
A.1	撞击器	16
A.2	橡胶球	17
附录 B (规范性)	用于混响时间测量的扬声器要求	20
B.1	通则	20
B.2	指向性的测试	20
附录 C (资料性)	附加导则	21
C.1	概述	21
C.2	基本规定	21
C.3	水平方向测量	22
C.4	垂直方向测量	22
C.5	走廊和楼梯	23
C.6	撞击器对空气声的贡献	23
附录 D (资料性)	水平方向测量——撞击源和传声器适宜位置示例	25
D.1	通则	25
D.2	符号	25
附录 E (资料性)	垂直方向测量——撞击源和传声器适宜位置示例	29
E.1	概述	29
E.2	符号	29
附录 F (资料性)	结果表达	32
参考文献	35

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 19889《声学 建筑和建筑构件隔声测量》的第 7 部分。GB/T 19889 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：侧向传声受抑制的实验室测试设施要求；
- 第 2 部分：测量不确定度评定和应用；
- 第 3 部分：建筑构件空气声隔声的实验室测量；
- 第 4 部分：房间之间空气声隔声的现场测量；
- 第 5 部分：外墙构件和外墙空气声隔声的现场测量；
- 第 6 部分：楼板撞击声隔声的实验室测量；
- 第 7 部分：撞击声隔声的现场测量；
- 第 8 部分：重质标准楼板覆面层撞击声改善量的实验室测量；
- 第 10 部分：小建筑构件空气声隔声的实验室测量；
- 第 14 部分：特殊现场测量导则；
- 第 18 部分：建筑构件雨噪声隔声的实验室测量。

本文件代替 GB/T 19889.7—2005《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第 7 部分：楼板撞击声隔声的现场测量》，部分代替 GB/T 19889.14—2010《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第 14 部分：特殊现场测量导则》，与 GB/T 19889.7—2005 相比除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 扩展了适用范围(见第 1 章,2005 年版的第 1 章)；
- 增加了以橡胶球作为撞击源,测量和评估重而软的撞击声隔声的方法(见第 1 章~第 7 章、第 10 章~第 14 章、A.2)；
- 增加了部分术语和定义(见第 3 章)；
- 明确了操作人员在测量期间可出现在房间中,并阐明如何使用手持式传声器或声级计测量声场(见第 6 章、7.3.1、7.5、7.7.3、9.1、10.1)；
- 删除了以倍频程的测量频带宽度测量隔声的方法(见 2005 年版的附录 B)；
- 增加了小房间低频测量程序(见第 8 章~第 10 章,2005 年版的附录 C)；
- 增加了“用于混响时间测量的扬声器要求”的附录(见附录 B)；
- 将 GB/T 19889.14—2010 中涉及撞击声隔声测量的特殊现场测量导则纳入了本文件(见第 1 章,附录 C~附录 E)。

本文件修改采用 ISO 16283-2:2020《声学 建筑和建筑构件隔声的现场测量 第 2 部分：撞击声隔声》。

本文件与 ISO 16283-2:2020 相比做了下述结构调整：

- 将四种手动扫测路径由 2 级条文改为 7.5.4 下的 3 级条文(见 7.5.4.1~7.5.4.4)；
- 附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 分别对应 ISO 16283-2:2020 中的附录 D、附录 E、附录 F 和附录 C。

本文件与 ISO 16283-2:2020 的技术性差异及其原因如下。

- 关于规范性引用文件,本文件做了具有技术性差异的调整,以方便国内使用,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 3241 代替了 IEC 61260(所有部分)(见 4.1、4.3)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 3785.1 代替了 IEC 61672-1(见 4.1、4.3)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 15173 代替了 IEC 60942(见 4.2)；
- 用等效采用国际标准的 GB/T 17312 代替了 IEC 61183(见 4.3)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 19889.2 代替了 ISO 12999-1(见第 13 章)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 25079 代替了 ISO 18233(见第 6 章、10.1)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 36075.2 代替了 ISO 3382-2(见 4.1、10.1)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 27025 代替了 ISO/IEC 17025(见 4.3)。

——删除了声压级测量设备的“0 级”要求，因 GB/T 3785.1 以及 IEC 61672-1 中已经没有“0 级”（见 4.1）。

本文件还做了下列编辑性修改：

- 修改了文件名称，以与 GB/T 19889 的其他部分协调统一；
- “范围”一章中进一步明确了本文件规定的内容和适用范围；
- 将说明 ISO 和 IEC 标准术语数据库网址的条文改为注（见第 3 章）；
- 增加了对公式(12)中基准声压 p_0 的解释（见 7.8.2）；
- 修改了部分公式下对公式内符号的解释（见 7.8.1、7.8.3）；
- 更正了附录 E 中符号说明的编辑性错误（见 E.2）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国声学标准化技术委员会（SAC/TC 17）归口。

本文件起草单位：东南大学、中国建筑科学研究院有限公司、中国科学院声学研究所、浙江大学、清华大学、江苏省建工建材质量检测中心有限公司、北京建筑材料检验研究院有限公司、北京第七九七音响股份有限公司、中孚泰文化建筑股份有限公司、沈阳紫微恒检测设备有限公司、北京凯博万千科技有限公司、广州启境环保科技有限公司、北京声望声电技术有限公司、杭州爱华智能科技有限公司、北京瑞安特声学装饰工程有限公司、上海泛德声学工程有限公司、南京绿色健康建筑研究院有限公司。

本文件主要起草人：傅秀章、谭华、吕亚东、张三明、薛晓艳、雷爱国、王海生、宋鸣、罗泽红、陈显华、刘海滨、周金丽、吴群力、熊文波、阮文富、任百吉、闵鹤群、李永辉、林杰、徐欣。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2005 年首次发布为 GB/T 19889.7—2005；
- 本次为第一次修订，并入了 GB/T 19889.14—2010 中涉及撞击声隔声测量的导则和示例。

引 言

建筑隔声测量国际标准 ISO 140(所有部分)《声学 建筑和建筑构件隔声测量》已进行修订并更改了标准编号和标准名称。其中,原涉及实验室隔声测量的相关部分的标准编号和标准名称改为 ISO 10140(所有部分)《声学 建筑构件隔声实验室测量》,共分五个部分;原涉及现场测量的相关部分的标准编号和标准名称改为 ISO 16283(所有部分)《声学 建筑和建筑构件隔声现场测量》,共分三个部分;原涉及隔声测量不确定度的第 2 部分的标准编号和标准名称改为 ISO 12999-1《声学 建筑声学测量不确定度的评定和应用 第 1 部分:隔声》。GB/T 19889(所有部分)《声学 建筑和建筑构件隔声测量》(第一版)是采用国际标准 ISO 140 转化的我国标准,我国对该系列隔声测量标准的修订仍将沿用 GB/T 19889 的标准编号。

GB/T 19889《声学 建筑和建筑构件隔声测量》是我国隔声测量的基础方法标准,旨在规范和指导我国建筑和建筑构件的隔声测量,GB/T 19889(第一版)的各部分正在或即将进行采标修订,修订后拟由九个部分构成。

- 第 1 部分:实验室测试设施和设备的要求。对应 ISO 10140-5。目的在于提供设计、建造和鉴定隔声测量实验室测试设施、附加装置和测量仪器设备所需的详细信息。
- 第 2 部分:测量不确定度评定和应用。对应 ISO 12999-1。目的在于提供建筑隔声测量中测量不确定度的评定方法。
- 第 3 部分:空气声隔声的实验室测量。对应 ISO 10140-2。目的在于提供实验室测量建筑构件空气声隔声的一般测量程序。
- 第 4 部分:空气声隔声的现场测量。对应 ISO 16283-1。目的在于提供建筑物中两个房间之间的空气声隔声的现场测量方法。
- 第 5 部分:外墙构件和外墙空气声隔声的现场测量。对应 ISO 16283-3。目的在于提供建筑物外墙构件和外墙空气声隔声的现场测量方法。
- 第 6 部分:撞击声隔声的实验室测量。对应 ISO 10140-3。目的在于提供实验室测量楼板构件撞击声隔声的一般测量程序。
- 第 7 部分:撞击声隔声的现场测量。对应 ISO 16283-2。目的在于提供建筑物撞击声隔声的现场测量方法。
- 第 8 部分:特定产品的应用规则。对应 ISO 10140-1。目的在于给出实验室测量特定构件和产品隔声的适宜测试程序,包括试件准备、安装、操作和测试条件等具体要求。
- 第 9 部分:实验室测量程序和要求。对应 ISO 10140-4。目的在于提供实验室测量建筑构件空气声隔声和撞击声隔声的基本测量技术和测试流程。

本文件为建筑物撞击声隔声现场测量的方法标准,测量时用于激励间壁辐射撞击噪声的撞击源,包括撞击器和橡胶球,但这两种撞击源并不能完全代表建筑物楼板或楼梯上所有可能的实际撞击类型。

撞击器用于评估各种轻而硬的撞击,例如来自穿着硬跟鞋走路者的脚步或掉落物体的撞击。由 GB/T 50121 或 ISO 717-1 中的评价方法计算单值评价量,这类单值评价量将使用撞击器测量的撞击声隔声与住宅建筑楼板或楼梯上通常发生的撞击的主观评价建立了联系。以撞击器作为撞击源也用于按 ISO 12354-2 进行撞击声隔声的预测。因此,在工程建设国家标准相关撞击声隔声的规范中,要求使用撞击器作为撞击源进行测量。

橡胶球用于评估重而软的撞击,例如来自赤脚行走者或儿童跳跃的撞击,从而根据“快挡”最大声压级来量化与对人产生干扰相关的绝对量值。

声学 建筑和建筑构件隔声测量

第7部分：撞击声隔声的现场测量

1 范围

本文件描述了使用撞击源在建筑物的楼板或楼梯上撞击,通过测量声压级来测定房间撞击声隔声性能的现场测量方法、测试设备、测量步骤、测量位置、结果表达和测试报告内容。

本文件适用于容积为 $10\text{ m}^3 \sim 250\text{ m}^3$ 的房间中 $50\text{ Hz} \sim 5\,000\text{ Hz}$ 频率范围内撞击声隔声性能的测量,测量结果适用于量化、评估和比较房间的撞击声隔声性能,无论室内有无家具陈设、是否为扩散声场均适用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件。不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3241 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器(GB/T 3241—2010,IEC 61260:1995,MOD)

GB/T 3785.1 电声学 声级计 第1部分:规范(GB/T 3785.1—2010,IEC 61672-1:2002,IDT)

GB/T 15173 电声学 声校准器(GB/T 15173—2010,IEC 60942:2003,IDT)

GB/T 17312 声级计的无规入射和扩散场校准(GB/T 17312—1998,eqv IEC 61183:1994)

GB/T 19889.2 声学 建筑和建筑构件隔声测量 第2部分:测量不确定度评定和应用(GB/T 19889.2—2022,ISO 12999-1:2020,MOD)

GB/T 25079 声学 建筑声学和室内声学中新测量方法的应用 MLS 和 SS 方法(GB/T 25079—2010,ISO 18233:2006,IDT)

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求(GB/T 27025—2019,ISO/IEC 17025:2017,IDT)

GB/T 36075.2 声学 室内声学参量测量 第2部分:普通房间混响时间(GB/T 36075.2—2018,ISO 3382-2:2008,IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注:ISO 和 IEC 标准术语数据库网址如下:

——ISO 在线浏览平台:<https://www.iso.org/obp>

——IEC 电子平台:<http://www.electropedia.org/>

3.1

室内平均撞击声压级 energy-average impact sound pressure level in a room

L_i

以撞击器为撞击源,室内声压平方的空间和时间的平均值与基准声压平方之比取以 10 为底的对数乘以 10,空间平均是指房间边界近场辐射影响可忽略的房间中央区域的平均。

注: L_i 以分贝(dB)表示。

3.2

室内角落撞击声压级 **corner impact sound pressure level in a room**

$L_{i,Corner}$

以撞击器为撞击源,在低频范围(中心频率为 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 的 1/3 倍频程)内,一系列房间角落中测得的声压平方时间平均的最大值与基准声压平方之比取以 10 为底的对数乘以 10。

注: $L_{i,Corner}$ 以分贝(dB)表示。

3.3

室内低频平均撞击声压级 **low-frequency energy-average impact sound pressure level in a room**

$L_{i,LF}$

以撞击器为撞击源,在低频范围(中心频率为 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 的 1/3 倍频程)内,声压平方的空间和时间的平均值与基准声压平方之比取以 10 为底的对数乘以 10,空间平均是指声压级最高的房间角落测得的室内角落撞击声压级(见 3.2)与房间边界近场辐射影响可忽略的房间中央区域测得的室内平均撞击声压级(见 3.1)的加权平均。

注 1: $L_{i,LF}$ 以分贝(dB)表示。

注 2: $L_{i,LF}$ 是整个房间的平均声压级的估计值。

3.4

室内平均最大化撞击声压级 **energy-average maximum impact sound pressure level in a room**

$L_{i,Fmax}$

以橡胶球为撞击源,“快挡”最大声压平方的空间平均值与基准声压平方之比取以 10 为底的对数乘以 10,空间平均是指房间边界近场辐射影响可忽略的房间中央区域的平均。

注: $L_{i,Fmax}$ 以分贝(dB)表示。

3.5

混响时间 **reverberation time**

T

在声源停止发声后,房间内声压级衰减 60 dB 所需的时间。

注: T 以秒(s)表示。

3.6

背景噪声级 **background noise level**

在接收室内测得的撞击声源以外所有声源产生的声压级。

3.7

固定传声器 **fixed microphone**

通过使用三脚架等装置固定在空间中的传声器。

3.8

机械化连续移动传声器 **mechanized continuously-moving microphone**

以近似恒定的角速度沿圆形轨迹机械移动或沿围绕固定轴旋转角度在 270°和 360°之间的弧形轨迹机械扫掠的传声器。

3.9

手动扫测传声器 **manually-scanned microphone**

安装在手持式声级计上或延伸杆上,由操作人员沿指定路径移动的传声器。

3.10

手持式传声器 **manually-held microphone**

安装在手持式声级计上或延伸杆上,由操作人员手持的传声器,其位置需与操作人员身体躯干相距至少一个手臂长度。

3.11

间壁 partition

受撞击源激励的楼板或楼梯的总表面。

注：对于垂直或水平交错的两个房间，在间壁的两侧看不到间壁是整个表面，因此有必要将间壁定义为总表面。

3.12

共同间壁 common partition

分隔声源室和接收室的公共间壁部分，它们可以是楼板或楼梯。

3.13

标准化撞击声压级 standardized impact sound pressure level

L'_{nr}

室内平均撞击声压级 L_i (见 3.1) 减去修正项，修正项等于测量的混响时间 T 与基准混响时间 T_0 之比的以 10 为底的对数乘以 10。当撞击源是撞击器时，按公式(1)计算：

$$L'_{nr} = L_i - 10 \lg \frac{T}{T_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T ——接收室的混响时间，单位为秒(s)；

T_0 ——基准混响时间，对住宅， $T_0 = 0.5$ 。

注 1: L'_{nr} 以分贝(dB)表示。

注 2: 对撞击声压级取基准混响时间 0.5s，因为在带有家具的住宅中混响时间(见 3.5)几乎和房间容积及频率无关，并且大约等于 0.5s。

注 3: L'_{nr} 为撞击声隔声的主观评价提供了一个直接的联系。

3.14

吸声量(等效吸声面积) equivalent absorption area

A

不具有衍射效应且吸声系数为 1 的假设表面，如果它是房间中唯一的吸声单元，将产生按赛宾公式(2)计算出的相同的混响时间(见 3.5)。

$$A = \frac{0.16V}{T} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

V ——接收室容积，单位为立方米(m^3)；

T ——接收室的混响时间，单位为秒(s)。

注： A 以平方米(m^2)表示。

3.15

规范化撞击声压级 normalized impact sound pressure level

L'_n

室内平均撞击声压级 L_i (见 3.1) 加修正项，修正项等于接收室测量的吸声量 A (见 3.14) 与基准吸声量 A_0 之比的以 10 为底的对数乘以 10。当撞击源是撞击器时，按公式(3)计算：

$$L'_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

A ——接收室的吸声量，单位为平方米(m^2)；

A_0 ——基准吸声量，对住宅， $A_0 = 10 m^2$ 。

注： L'_n 以分贝(dB)表示。

3.16

标准化最大撞击声压级 standardized maximum impact sound pressure level

$$L'_{i,Fmax,V,T}$$

室内平均最大化撞击声压级 $L_{i,Fmax}$ (见 3.4), 加上房间容积的修正项, 再减去混响时间的修正项。当撞击源是橡胶球时, 按公式(4)、公式(5)、公式(6)计算:

$$L'_{i,Fmax,V,T} = L_{i,Fmax} + 10 \lg \frac{V}{V_0} - 10 \lg \left[\frac{1 - C_0^{-1}}{1 - C^{-1}} \left(\frac{C^{(1-C)^{-1}} - C^{-(1-C^{-1})^{-1}}}{C_0^{(1-C_0)^{-1}} - C_0^{-(1-C_0^{-1})^{-1}}} \right) \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$C_0 = \frac{T_0}{1.7275} \dots\dots\dots (5)$$

$$C = \frac{T}{1.7275} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

T ——接收室的混响时间, 单位为秒(s);

T_0 ——基准混响时间, 对住宅, $T_0 = 0.5$ s;

V ——接收室容积, 单位为立方米(m^3);

V_0 ——基准接收室容积, 对住宅, $V_0 = 50$ m^3 。

注 1: $L'_{i,Fmax,V,T}$ 以分贝(dB)表示。

注 2: 背景信息见参考文献[15]。

4 测试设备

4.1 总体要求

包括传声器、电缆、防风罩、记录设备和其他附件在内的声压级测量设备, 应符合 GB/T 3785.1 中关于无规入射应用的 1 级仪器的规定。

滤波器应符合 GB/T 3241 中 1 级仪器的规定。

混响时间的测量设备应符合 GB/T 36075.2 的规定。

撞击源应符合附录 A 的规定。

用于混响时间测量的扬声器应符合附录 B 的规定。

4.2 校准

每次测量开始和结束之时, 或至少测量当天开始和结束之时, 应使用符合 GB/T 15173 要求的 1 级声校准器, 对声压级测量系统在一个或多个频率上进行校准, 并将每次校准结果记录在操作人员的现场文件中。测量系统未做任何进一步调整的情况下, 两次连续检查读数之间的差值应小于或等于 0.5 dB, 如果超过此值, 则应放弃前一次检查符合要求之后的所有测量结果。

4.3 验证

声压级测量仪器, 滤波器和声校准器是否符合相关要求, 应通过获得有效的检验合格证书予以确认。如果适用, 传声器的无规入射响应应按 GB/T 17312 的方法进行验证。所有符合性测试均应由符合 GB/T 27025 要求的实验室进行, 并确保量值溯源至相应测量标准。

声校准器检定周期建议不超过一年; 设备系统应符合 GB/T 3785.1 的规定, 每隔不超过两年检定一次; 滤波器应符合 GB/T 3241 的规定, 每隔不超过两年检定一次。

5 频率范围

5.1 撞击器作为撞击源

声压级测量应采用 1/3 倍频程滤波器,至少应包括以下中心频率(Hz):100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1 000、1 250、1 600、2 000、2 500、3 150。

如果需要低频范围附加测量,使用以下中心频率(Hz)的 1/3 倍频程滤波器:50、63、80。

如果需要高频范围附加测量,使用以下中心频率(Hz)的 1/3 倍频程滤波器:4 000、5 000。

注:对低频和高频范围内的附加测量是可选择的。

5.2 橡胶球作为撞击源

所有被测量均应使用 1/3 倍频程滤波器进行测量,1/3 倍频程滤波器至少应包括以下中心频率(Hz):50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630。

6 准则

为确定撞击声隔声,应选择一个房间作为接收室,在撞击源撞击间壁时有撞击噪声辐射到该接收室中。撞击源所在的房间或空间称为声源室。

测量的量应包括:在撞击源工作时接收室内的声压级、撞击源关闭时接收室内的背景噪声级和接收室内的混响时间。

本文件规定了两种撞击源:撞击器和橡胶球。

本文件给出了两种用于测量声压级、混响时间和背景噪声的方法:常规测量和附加的低频段测量。

对各频率声压级和背景噪声的测量,常规测量均应在接收室内远离房间边界的中央区域内进行测量。撞击器作为撞击源时,可选用固定传声器、从一个位置换到另一个位置的手持式传声器、固定传声器阵列、机械化连续移动传声器和手动扫测传声器来获得室内平均声压级;橡胶球作为撞击源时,可选用固定传声器、从一个位置换到另一个位置的手持式传声器或固定传声器阵列来获得室内平均声压级。

撞击器作为撞击源时,如果接收室容积小于 25 m³(修约至整数),则应采用低频段测量方法进行附加的低频段测量。声压级和背景噪声的低频段测量,除应采用常规测量方法测量中心频率为 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 的 1/3 倍频带外,还应增加室内角落声压级的测量,使用固定传声器或手持式传声器对接收室角落处中心频率为 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 的 1/3 倍频带声压级进行测量。

注 1:由于声场模态声压级的空间变化较大,所以在小房间中需要进行附加的低频段测量。在这些情况下,角落测量用于改善重复性、再现性和与房间人员的相关性。

注 2:低频段角落测量不与橡胶球一起使用,因为在房间的角落和中心区域,最大“快挡”声压级和在整个房间空间平均的“快挡”最大化声压级之间的组合测量并未显示出任何关联。

如果混响时间测量采用 GB/T 25079 中描述的信号处理方法,则应使用固定传声器,不应使用机械化连续移动传声器、手持式传声器和手动扫测传声器进行测量。

典型房间中的声场在 50 Hz~5 000 Hz 的整个频率范围内很少接近于扩散声场。常规测量和低频段测量允许在不知道声场是否扩散的情况下进行测量。因此,不宜为测试目的而在接收室临时引入改善声场的额外家具或扩散体。

注 3:如果需要增加扩散进行测量,例如由于规范要求或由于测试结果要与类似构件的实验室测量进行比较,则引入三个扩散体通常就足够了,每个扩散体的面积至少需要 1.0 m²。

常规测量或低频段测量的所有测量方法都是等效的。在有争议的情况下,应采用接收室无操作人员的测量方法下所确定的撞击声隔声作为参考结果。

注 4: 之所以定义参考结果,是因为手动扫测的背景噪声级易受操作人员自身产生的噪声的影响而变化,使用固定传声器或机械化连续移动传声器则不会出现明显的变化。

7 声压级的常规测量

7.1 概述

确定撞击源运行时接收室内中央区域的平均声压级以及撞击源不运行时接收室内的背景噪声级,均采用常规测量方法进行声压级测量。

有关测量方法的附加导则和测量位置示例参见附录 C、附录 D 和附录 E。

7.2 声场的产生

7.2.1 通则

应使用撞击器或橡胶球作为撞击源产生撞击声。

7.2.2 撞击器作为撞击源时的位置

撞击器应随机分布,放置在被测楼板上至少四个不同的位置,对于有梁或肋等的各向异性楼板结构,可能要放置更多的位置。撞击器的位置与楼板边界之间的距离不应小于 0.5 m,撞击锤的连线应与梁或肋的方向成 45°角。

开始撞击时的撞击声级可能显示出随时间变化特性,在这种情况下,应在噪声级稳定后开始测量。如果在开始撞击 5 min 后仍达不到稳定条件,那么应选择定义明确的时段进行测量,并注明测量时段。

注: 当测量软或易碎的楼板表面时,撞击声压级有时也会随时间变化,因为在每次撞击时,锤子可以改变接触刚度或损坏锤子正下方的表面。

当测量铺有软质面层的楼板时,撞击器应符合附录 A 给出的特殊要求。附录 A 也给出了在软质楼板面层上放置撞击器的建议。

7.2.3 橡胶球作为撞击源时的位置

撞击声应在从橡胶球底部至被测楼板表面的 100 cm ± 1 cm 高度处通过橡胶球自由落体方式垂直下落产生。

橡胶球的激励应在被测楼板或楼梯上至少四个不同的位置产生。对于带有托梁的轻质楼板,其中一个位置宜位于托梁上方,一个位置宜位于楼板的中心点。

7.3 撞击器或橡胶球作为撞击源时的固定传声器位置测量

7.3.1 通则

无论是使用撞击器还是橡胶球作为撞击源,若需满足测量期间接收室内无人的要求,可使用固定在三脚架上的传声器进行测量。否则,既可使用固定于三脚架上的传声器,也可由操作人员在固定位置手持传声器进行测量。测量过程中操作人员位于房间内时,操作人员身体躯干应与测量传声器保持至少一个手臂长度的距离。

对于撞击器作为撞击源,测量平均时间应满足 7.7.1 的要求。

传声器的位置应分布在整个房间的最大允许空间内,不同传声器位置不应选在与房间边界平行的平面内,并且相邻传声器位置不应位于同一规则网格内。

7.3.2 测量次数

传声器位置的数量应等于撞击源位置数量或撞击源位置数量的整数倍。

对每个撞击源位置,应使用相同数量的传声器位置。

如果使用四个或五个撞击源位置,对每个撞击源位置应进行至少两次撞击声压级测量。对于每个撞击源位置,至少应在两个不同的传声器位置进行测量。

如果使用六个或六个以上的撞击源位置,对每个撞击源位置应进行至少一次撞击声压级测量。每个撞击源位置所对应的传声器测量位置不应相同。

7.3.3 撞击器作为撞击源时的测量和计算

测量接收室第一个撞击源位置的声压级。根据 7.8.1 计算平均声压级,然后根据 9.2 对背景噪声进行必要的修正。使用公式(1)计算标准化撞击声压级或使用公式(3)计算规范化撞击声压级。对其他撞击源位置重复此过程,然后使用公式(7)计算标准化撞击声压级或使用公式(8)计算规范化撞击声压级:

$$L'_{nT} = 10 \lg \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{L'_{nT,j}/10} \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$L'_{n} = 10 \lg \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{L'_{n,j}/10} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

m ——撞击器位置的数量;

$L'_{nT,j}$ ——撞击器位置 j 的标准化撞击声压级,单位为分贝(dB);

$L'_{n,j}$ ——撞击器位置 j 的规范化撞击声压级,单位为分贝(dB)。

7.3.4 橡胶球作为撞击源时的测量和计算

测量接收室第一个撞击源位置的声压级。根据 7.8.3 计算室内平均最大化撞击声压级,然后根据第 9 章对背景噪声进行必要的修正。对其他撞击源位置重复此过程,然后使用公式(9)计算室内平均最大化撞击声压级:

$$L_{i,Fmax} = 10 \lg \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{L_{i,Fmax,j}/10} \right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

m ——橡胶球位置的数量;

$L_{i,Fmax,j}$ ——橡胶球位置 j 的最大化撞击声压级,单位为分贝(dB)。

使用公式(4)、公式(5)、公式(6)计算标准化最大撞击声压级。

7.4 撞击器作为撞击源时的机械化连续移动传声器测量

7.4.1 通则

以撞击器作为撞击源,使用机械化连续移动传声器测量声压级时,传声器应以近似恒定的角速度沿圆形轨迹机械移动或沿围绕固定轴旋转角度在 270° 和 360° 之间的弧形轨迹进行机械扫测。扫测半径至少应为 0.7 m。移动平面应倾斜,以覆盖大部分可供测量的房间空间,且与房间的各个面(墙、楼板或天花板)的角度不应小于 10° 。

单次扫测的持续时间应至少为 15 s。可能需要重复每次完整扫测,以满足 7.7.2 中对平均时间的要求。

当使用至少六个撞击器位置时,连续移动传声器围绕其移动的固定点的位置可以改变。

7.4.2 测量次数

对每个撞击器位置应进行相同次数的测量,且应至少进行一次测量。

7.4.3 测量和计算

参照 7.3.3 计算标准化撞击声压级或规范化撞击声压级。其中,平均声压级应按 7.8.2 的公式计算。

7.5 撞击器作为撞击源时的手动扫测传声器测量

7.5.1 通则

当房间有足够空间时,手动扫测传声器应采用圆形、螺旋形或圆柱形轨迹的扫测路径;当房间没有足够空间时,应采用三个半圆形轨迹组成的路径。四种扫测路径如图 1 所示。为满足 7.7.3 中对平均时间的要求,可能需要重复每次完整扫测。

当使用至少六个撞击器位置时,进行手动扫测的固定点的位置可以改变。

7.5.2 测量次数

对每个撞击器位置应进行相同次数的测量,且应进行至少一次测量。

7.5.3 测量和计算

参照 7.3.3 计算标准化撞击声压级或规范化撞击声压级。其中,平均声压级应按 7.8.2 的公式计算。

7.5.4 手动扫测路径

7.5.4.1 圆形路径

圆形路径如图 1 所示。操作人员应站立,伸出手臂握住传声器或声级计,同时将身体旋转 $270^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。圆形轨迹平面应倾斜,以覆盖大部分可供测量的房间空间,且与房间的各个面(墙、楼板或天花板)的角度不应小于 10° 。如果需要,可以弯曲膝盖以降低传声器的整体高度;当在房间中的其他位置重复此路径时,应始终保持此动作。为了使操作人员的噪声最小化,可以在路径中途暂停测量以利于操作人员在继续扫测之前改变身体的位置。

操作人员应在扫测过程中保持恒定的角速度,最大角速度约为 $20^{\circ}/\text{s}$ 。

7.5.4.2 螺旋形路径

螺旋形路径如图 1 所示。操作人员伸出手臂,握住传声器或声级计,在地板上方 0.5 m 处的位置开始,然后身体从蹲伏到站立,至少旋转两次 360° ,最后在传声器距天花板至少 0.5 m 的位置结束。为了使操作人员噪声最小化,可以在路径中途暂停测量以利于操作人员在继续扫测之前改变身体的位置。

操作人员应在扫测过程中保持恒定的角速度,最大角速度约为 $20^{\circ}/\text{s}$ 。

7.5.4.3 圆柱形路径

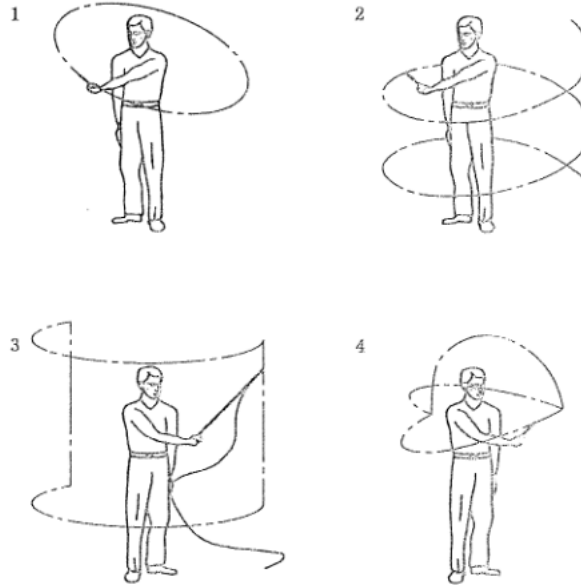
圆柱形路径如图 1 所示。操作人员应使用 0.3 m ~0.9 m 的加长杆固定传声器。对于右手操作人员来说,路径从距离左侧约 90° 、在地面上方 0.5 m 处的位置开始,然后杆在平行于地面的圆形轨迹平面中扫测大约 220° ,扫测继续沿直线垂直向上,直到传声器距天花板 0.5 m,之后沿相反方向扫测另一圆形轨迹平面,覆盖大约 220° ,然后沿垂直直线下降到起始点。对于左手操作人员,方向相反。

在两端圆形轨迹平面中扫测时,操作人员应保持恒定角速度,最大角速度应为每秒约 20° 。直线路径上的最大速度约为 0.25 m/s。

7.5.4.4 三个半圆形路径

三个半圆形路径如图 1 所示。操作人员应站立,伸出手臂握住传声器或声级计,并以大约 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的间距扫出三个半圆形轨迹平面。每个半圆形轨迹平面与房间的各个面(墙、楼板或天花板)的角度不应小于 10° 。如果需要,可以弯曲膝盖以降低传声器的整体高度。当在房间中的其他位置重复此路径时,也应保持此动作。

在每个半圆形轨迹平面中扫测时,操作人员应力求保持恒定角速度,最大角速度约为 $20^{\circ}/\text{s}$ 。



标引序号说明:

- 1——圆形路径;
- 2——螺旋形路径;
- 3——圆柱形路径;
- 4——三个半圆形路径。

图 1 手动扫测路径

7.6 传声器位置的最小间距

对于常规测量,以下间距为最小值,若有可能宜取更大的间距:

- a) 固定传声器位置的间距 0.7 m;
- b) 任一传声器位置与房间边界的间距 0.5 m;
- c) 任一传声器位置与被撞击源激励的间壁的间距 1.0 m。

7.7 撞击器作为撞击源时的平均时间

7.7.1 固定传声器位置测量

在每个传声器位置,对 100 Hz~400 Hz 范围内的各个频带读取测量值的平均时间至少为 6 s,对于 500 Hz~5 000 Hz,允许将时间减少至不少于 4 s。对于 50 Hz~80 Hz,平均时间应至少为 15 s。

7.7.2 机械化连续移动传声器测量

平均时间应覆盖全部扫测的位置,对 100 Hz~5 000 Hz,平均时间应至少为 30 s,对 50 Hz~

80 Hz,平均时间应至少为 60 s。

7.7.3 手动扫测传声器测量

平均时间应覆盖全部扫测的位置,对 100 Hz~5 000 Hz,平均时间应至少为 30 s,对 50 Hz~80 Hz,平均时间应至少为 60 s。

7.8 平均声压级计算

7.8.1 撞击器作为撞击源时的固定传声器位置测量

接收室内的平均声压级由公式(10)确定:

$$L_i = 10 \lg \left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n p_0^2} \right) \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$p_1^2, p_2^2, \dots, p_n^2$ ——室内 n 个不同传声器位置处的声压平方值;

p_0 ——基准声压,等于 20 μ Pa。

实际上通常是测量声压级,按能量平均的室内平均声压级由公式(11)确定:

$$L_i = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

L_j ——室内第 j 个传声器位置处的声压级($j=1, 2, \dots, n$),单位为分贝(dB)。

7.8.2 撞击器作为撞击源时的机械化连续移动传声器或手动扫测传声器测量

接收室内的平均声压级由公式(12)确定:

$$L_i = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] \dots\dots\dots (12)$$

式中:

p ——声压,单位为帕斯卡(Pa);

p_0 ——基准声压,等于 20 μ Pa;

T_m ——平均时间,单位为秒(s)。

当在同一房间中进行多次扫测时,房间的平均声压级由公式(13)确定:

$$L_i = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

L_1, L_2, \dots, L_n ——室内 n 次不同扫测的平均声压级,单位为分贝(dB)。

7.8.3 橡胶球作为撞击源时的固定传声器位置测量

对每个橡胶球位置 j ,接收室的室内平均最大化撞击声压级由公式(14)确定:

$$L_{i, Fmax, j} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 10^{L_{i, Fmax, j, k}/10} \right) \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$L_{i, Fmax, j, k}$ ——对橡胶球位置 j ,室内第 k 个传声器位置处的最大声压级($k=1, 2, \dots, n$),单位为分贝(dB)。

8 撞击器作为撞击源时的低频段声压级测量

8.1 通则

当接收室容积小于 25 m^3 (修约至整数) 时, 对 50 Hz 、 63 Hz 和 80 Hz 的 $1/3$ 倍频程应采用低频段测量方法。通过声压级测量确定在撞击器工作时接收室内角落处的最高声压级, 以及撞击器关闭时接收室内的背景噪声级。

8.2 声场的产生

8.2.1 撞击声激发

撞击声应由满足附录 A 要求的撞击器产生。

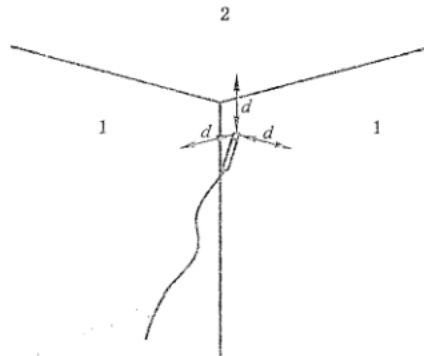
8.2.2 撞击源的位置

撞击器应至少在符合 7.2.2 规定要求的常规测量所使用过的两个相同位置上操作。

8.3 传声器位置

对于低频段角落测量, 应使用固定传声器置于房间角落进行测量, 传声器与形成角落的每个房间边界的距离应为 $0.3 \text{ m} \sim 0.4 \text{ m}$, 参见图 2 中的示例。

注: 传声器与形成角落的每个边界的距离不必相同。例如, 可以将其定位在距一个边界 0.3 m 、距另一边界 0.35 m 和距其余边界 0.4 m 的位置。



标引序号说明:

1——墙;

2——天花板;

d ——在 0.3 m 和 0.4 m 之间。

注: 这仅是房间中一个可能角落位置的说明性示例。

图 2 传声器在角落位置的示例

对于每个撞击源位置, 应使用固定传声器或手持式传声器测量至少四个角落。

对于每组测量的四个角落, 两个角应在地面, 另两个角应在顶板上, 这些角可与隔壁相邻。应使用由三个相交表面 (如墙壁、门、窗、楼板或天花板) 形成的角落, 每个相交表面的面积至少为 0.5 m^2 , 且彼此垂直, 在距角落 0.5 m 范围内不宜有如家具等任何物体。

当无法满足上述要求时, 也可选用以下情形的角落:

——三个相交表面在成对的表面之间的夹角在 45° 和 135° 之间;

——存在与三个相交表面接近的物体的角落;

——由诸如橱柜的物体构成相交表面之一的角落。

对于 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 的 1/3 倍频程,根据 8.5 计算接收室的室内低频平均撞击声压级,然后按公式(1) 计算标准化撞击声压级或按公式(3) 计算规范化撞击声压级。

8.4 平均时间

对于低频段测量,在每个传声器位置,平均时间应至少为 15 s。

8.5 室内低频平均撞击声压级计算

将撞击器在一个位置上运行时测量(包括后续的撞击器在不同位置上的进一步测量)得到的各角落处的声压级测量值按 9.2 进行背景噪声修正后,分别确定出 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 各频带测量角落组中的最高声压级。然后对于每个频带,按公式(15) 计算室内角落撞击声压级:

$$L_{i,Corner} = 10 \lg \left(\frac{p_{Corner, TM1}^2 + p_{Corner, TM2}^2 + \dots + p_{Corner, TMq}^2}{q p_0^2} \right) \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$p_{Corner, TM1}^2, p_{Corner, TM2}^2, \dots, p_{Corner, TMq}^2$ ——对应 q 个撞击器位置的角落中测得的最高声压平方值(已经对背景噪声进行了必要校正);

p_0 ——基准声压,等于 20 μ Pa。

注:对于 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 各频带,计算 $L_{i,Corner}$ 所用的声压平方值可能与房间中的不同角落相关联。

将低频段常规测量得到的 L_i 和角落测量得到的 $L_{i,Corner}$ 按公式(16) 计算 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 频带的室内低频平均撞击声压级:

$$L_{i,LF} = 10 \lg \left(\frac{10^{0.1L_{i,Corner}} + 2 \times 10^{0.1L_i}}{3} \right) \dots\dots\dots (16)$$

9 背景噪声(常规测量和低频段测量)

9.1 通则

为确保接收室内的信号级不受背景噪声的影响,应测量背景噪声级,并按 9.2 中要求进行修正。来自测试室外部的噪声、接收系统中的电噪声、连续移动传声器装置的机械噪声以及接收室内的操作人员,都会对背景噪声级造成影响。

建议在按下启动、暂停或停止测量的按钮时,检查声级计是否引入虚假信号。

以下三种方式中操作人员是潜在的背景噪声源:

- a) 使用固定传声器位置,操作人员留在接收室内;
- b) 使用手持式传声器;
- c) 使用手动扫测传声器。

来自操作人员的自生噪声可由诸如衣服、鞋、手臂、膝关节等产生。对于 a)、b) 和 c),操作人员应至少采用以下三种方法之一来尝试识别接收室内的自生噪声:

- 1) A 计权声压级(“快挡”时间计权)的时间历程,以查找异常瞬态事件;
- 2) “快挡”最大声压级与频带等效连续声压级的差值,以指出异常瞬态事件;
- 3) 操作人员自己的听觉,但仅在不需要和不使用听觉保护时。

使用以上的一种或多种方法时,操作人员应确保在对信号级进行声压级测量期间由于其运动和活而产生的自生噪声与背景噪声测量期间的相似。

对于手动扫测传声器,操作人员应采用与信号级测量相同类型的手动扫测路径进行背景噪声测量。

对于低频段测量,应在用于计算角落声压级的每个角落处进行背景噪声测量。

注：对于 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 各频带，计算 $L_{i,corner}$ 所用的声压平方值可能与房间的不同角落相关联。因此，各频带可能需要对背景噪声级进行单独修正。

背景噪声测量的最小平均时间应满足 7.7 的要求。使用恰好等于这些最小时间段的平均时间只适用于背景噪声稳定且连续的情况；否则，应使用较长的平均时间。

要检查接收系统的电噪声，用传声器哑头替代传声器。

9.2 背景噪声对信号级的修正

对于常规测量和低频段测量，在每个频带内背景噪声级应比信号和背景噪声叠加的总声级至少低 6 dB（最好低 10 dB 以上）。如果声级差小于 10 dB 而大于 6 dB，按公式(17)计算平均撞击声压级、角落撞击声压级和平均最大化撞击声压级的修正。

$$L = 10 \lg(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}) \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中：

L ——修正的信号级，单位为分贝 (dB)；

L_{sb} ——信号和背景噪声叠加的总声级，单位为分贝 (dB)；

L_b ——背景噪声级，单位为分贝 (dB)。

在公式(17)使用之前， L_{sb} 和 L_b 的值应修约至小数点后一位。

如果任一频带的声压级差小于或等于 6 dB，采用修正量 1.3 dB 进行修正。对于常规测量、低频段测量的各个频带，报告中应明确表示已进行 1.3 dB 修正，且数值是测量的限值。

注：橡胶球测量的平均最大化撞击声压级不使用最大背景噪声级来修正。这是因为难以确定背景噪声的最大声级是否已经影响到橡胶球撞击测量得到的信号级。

10 接收室的混响时间(常规测量和低频段测量)

10.1 通则

本章规定了测量接收室内各频带混响时间的常规测量方法，以及当接收室体积小于 25 m³（修约至整数）时应使用的低频段混响时间测量方法。

混响时间测量应按照 GB/T 36075.2 和 GB/T 25079 中规定的中断声源法或脉冲响应积分法进行。虽然可以使用精密法，但宜优选工程法。

在衰变曲线上从声压级比衰变开始时低 5 dB 起计算混响时间，使用的衰变范围在 20 dB 左右，选用的衰变曲线的下端应至少高于背景噪声级 10 dB。

在接收室进行声压级测量及混响时间测量的人员应是同一个操作人员。操作人员可以在传声器固定在三脚架上的情况下出现在房间中，或者操作人员在固定位置使用手持式传声器；在这两种情况下，操作人员身体的躯干应与传声器保持至少一个手臂长度的距离。

用于确定规范化撞击声压级的吸声量，可根据混响时间采用公式(2)计算。

10.2 声场的产生

应使用符合附录 B 指向性要求的固定位置的扬声器发声。可同时使用多个扬声器，只要它们属于同一类型，并且由相似但不相关的信号在相同声级上驱动。

对于常规测量，室内产生的声场应稳定，并在测量的频率范围内具有连续频谱。可使用宽带噪声信号在所需的 1/3 倍频程范围内进行并行测量。如果源信号的滤波用于每个被测频带，则使用具有相应频带中心频率的滤波器，该中心频率频带至少具有 1/3 倍频程的带宽。

对于低频段测量，室内产生的声场应稳定，并且至少在 63 Hz 倍频程所覆盖的频率范围内具有连续的频谱。

10.3 常规测量

在容积大于 25 m³(修约至整数)的接收室中测量 50 Hz~5 000 Hz 范围内的 1/3 倍频程的混响时间时,或者在容积小于 25 m³(以最接近的立方米计算)的接收室中测量 100 Hz~5 000 Hz 范围内的 1/3 倍频程的混响时间时,常规测量应使用 10.5 中所述的中断声源法或 10.6 中所述的脉冲响应积分法。

10.4 低频段测量

当接收室容积小于 25 m³(修约至整数)时,低频段测量应使用 10.5 中所述的中断声源法或 10.6 中所述的脉冲响应积分法。该测量要求在 63 Hz 倍频程中心频率而不是在 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 的 1/3 倍频程中心频率测量混响时间,并且在计算 L'_{nT} 、 L'_n 或 $L'_{i,Fmax,V,T}$ 中使用该单个测量值来表示 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 频带。

注 1: 在房间容积较小时,确定 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 频带中衰减曲线的房间模式相对较少。因此,在来自 1/3 倍频程的衰减曲线上使用 20 dB 或 30 dB 的计算范围易于产生误差,因为单斜率衰减曲线通常仅在每个频带中存在许多模式时发生。若使用 63 Hz 倍频带滤波器,该问题将获得部分解决。

注 2: 在具有石膏或木板衬里的木结构或钢框架建筑物中,在 50 Hz、63 Hz 和 80 Hz 频带中的混响时间会足够短,使得衰减曲线受到分析器中 1/3 倍频程滤波器的衰减时间的影响。避免该问题的方法是使用 63 Hz 倍频程滤波器,因为其较宽的带宽允许测量较短的混响时间。

10.5 中断声源法

对固定传声器或手持式传声器位置,对于每一频带的混响衰变,要至少测量 6 次。对每一种情况至少用一个扬声器位置和三个固定传声器位置,每个测点需有两个读数,或者六个固定传声器位置,每个测点有一个读数。

对机械化连续移动传声器,对于每一频带的混响衰变,应至少测量 6 次。对每一种情况至少用一个扬声器位置,并沿传声器扫测路径进行 6 次测量。

10.6 脉冲响应积分法

对于脉冲响应积分法,应使用固定传声器位置测量混响时间。

使用脉冲源时,对于每一频带要至少测量 6 次。对每一种情况至少用一个源位置和六个固定传声器位置。

混响时间应通过对脉冲响应的平方进行时间反向积分来计算。

11 倍频程转换

当撞击器作为撞击源时,如果在倍频程中需要标准化撞击声压级或规范化撞击声压级,则应分别使用公式(18) 或公式(19) 按照 1/3 倍频程的测量数值计算这些值:

$$L'_{nT,oct} = 10 \lg \left(\sum_{n=1}^3 10^{L'_{nT,1/3oct,n}/10} \right) \dots\dots\dots (18)$$

$$L'_{n,oct} = 10 \lg \left(\sum_{n=1}^3 10^{L'_{n,1/3oct,n}/10} \right) \dots\dots\dots (19)$$

当橡胶球作为撞击源时,如果在倍频程中需要标准化最大撞击声压级,则应使用公式(20) 按照 1/3 倍频程的测量数值计算这些值:

$$L'_{i,Fmax,V,T,oct} = 10 \lg \left(\sum_{n=1}^3 10^{L'_{i,Fmax,V,T,1/3oct,n}/10} \right) \dots\dots\dots (20)$$

在使用公式(18)、公式(19)、公式(20)之前,1/3倍频程的数值应修约到小数点后一位,这是通过取最接近报告值的十分之一分贝值来实现的,比如XX.XYZZZ...如果Y小于5,则四舍五入为XX.X,如果Y等于或大于5,则四舍五入为XX.X+0.1。以不高于0.1 dB的精度呈现最终结果。

12 结果表达

撞击声隔声的表达,应将1/3倍频程所有测量频率的 L'_{nT} 、 L'_n 或 $L'_{i,Fmax,V,T}$ 数值以dB为单位,精确到小数点后第一位,并以表格和曲线形式给出。

测试报告的图应表示出以dB为单位的声压级和对数刻度的频率的关系,使用以下尺寸:

- a) 5 mm表示一个1/3倍频程;
- b) 20 mm表示10 dB。

宜使用附录F中的表格形式,其中也列出了所有关于测量场地、结构、测量方法和测量结果的相关信息。

13 不确定度

测量结果的不确定度应按GB/T 19889.2给出的方法确定。

14 测试报告

测试报告应包括下列信息:

- a) 依据的标准版本(即GB/T 19889.7—2022);
- b) 测试单位名称;
- c) 委托单位或个人名称和地址;
- d) 测试日期;
- e) 建筑构造(地址或其他明确的标识符)和测试安排(包括测试房间内容的任何临时修改,例如引入扩散体的描述和标识;见第6章);
- f) 接收室的容积(修约至整数);
- g) 撞击源;
- h) 标准化撞击声压级 L'_{nT} 、规范化撞击声压级 L'_n 或标准化最大撞击声压级 $L'_{i,Fmax,V,T}$ 随频率的变化;
- i) 测试方法的简要说明、仪器的简述,并说明在50 Hz、63 Hz和80 Hz的1/3倍频程中是否将低频附加测量用于声压级和混响时间测量;
- j) 当因背景噪声而使某一频带的声压级不能有效地测出时,应以 L'_{nT} 或 L'_n 或 $L'_{i,Fmax,V,T} \leq \dots$ dB的形式给出该频带不高于多少分贝的限值(见第9章);

根据测量的隔声频谱曲线确定单值评价量的方法见GB/T 50121和ISO 717-2,给出评价结果时应明确说明所得单值评价量是基于现场测试的结果。测试报告宜包括单值评价量的不确定度。

推荐的结果表示形式见附录F。

附录 A
(规范性)
撞击源

A.1 撞击器

A.1.1 要求

撞击器应有五个锤子,且排列在一直线上,相邻两锤中心线的距离为 (100 ± 3) mm。

撞击器的支脚中心与邻近锤子中心线间的距离不应小于 100 mm,支脚应装有隔振垫。

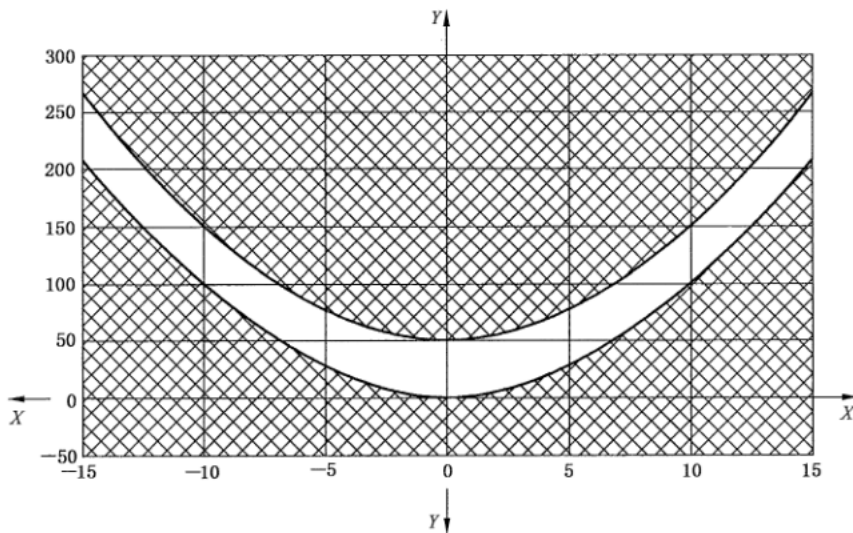
每个锤子撞击楼板的冲力应是 500 g 的有效质量从 40 mm 的高度自由地下落的冲击力,冲击力的容许偏差限值为 $\pm 5\%$ 。因为要考虑锤子控制的摩擦力,不仅要保证锤子质量和下落高度,而且应保证锤子撞击速度处于下述范围:若每个锤子质量为 (500 ± 12) g,则其撞击速度应为 (0.886 ± 0.022) m/s,如果能保证锤子质量容差减小到 (500 ± 6) g 之内,则撞击速度的容许偏差可放宽到 ± 0.033 m/s。

锤子下落方向应垂直于测试楼板表面,误差在 $\pm 0.5^\circ$ 范围内。

带有撞击面的撞击锤头应是直径为 (30 ± 0.2) mm 的圆柱体,锤头的撞击面应是硬质钢材且是曲率半径为 (500 ± 100) mm 的球面。撞击器是否满足此要求,可通过以下方式进行测试。

- a) 用测量仪沿着至少两条与撞击面中心点相切并相互正交的线移动,对撞击面进行测量。如果测量结果处于图 A.1 给定的容差范围内,则撞击面的曲率就符合规定要求。

图 A.1 中的曲线是半径为 500 mm 的曲率。两曲线之间的距离是使半径为 400 mm 和 600 mm 的曲线均落在容差极限范围内的最小距离,测量精度应至少为 0.01 mm。



标引序号说明:

X——离中心的距离(mm);

Y——相对高度(μm)。

注:为使锤头曲率不超出容差极限,锤头中心的相对高度可在 $0 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 范围内自由选择。

图 A.1 锤头曲率的容差极限

- b) 锤头的曲率可以用在直径 20 mm 圆环上有三个触点的球径计测量。

撞击器应自驱动工作。两锤撞击之间的平均时间应为 (100 ± 5) ms。连续两次撞击之间的时间应

是(100±20)ms。

锤子撞击和提起之间的时间不应超过 80 ms。

当用标准撞击器测量有软质面层或不平整表面楼板的撞击声时,应保证可使锤子下落至撞击器支撑脚平面以下至少 4 mm。

对标准撞击器的所有校准和达到要求的查验工作都应在平的硬质表面上进行,以便撞击器可以在任何条件的测试表面。

撞击器的质量应小于 25 kg,以避免给轻质楼板或地板覆面层造成不同负载。

A.1.2 定期性能检查

一些参数只需测量一次,除非撞击器已经重建或修理。这涉及锤之间的距离、撞击器的支撑、锤的直径、锤的质量(除非锤头已经修整)、撞击和提起之间的时间以及锤的最大可能下落高度。

应定期检查锤头的速度、锤头的直径和曲率、锤头的下落方向和撞击之间的时间。

应在标准实验室条件下定期校正撞击器是否满足各项要求,应在平整度 ±0.1 mm、水平倾斜度达到 ±0.1°的试验面上进行测量校准。

校准测量的不确定度不应超过容差值的 20%。

A.2 橡胶球

A.2.1 要求

当橡胶球从其底部到被测地板表面的(100±1) cm 高度处自由下落时,橡胶球应在每个倍频程内产生如表 A.1 和图 A.2 所示的撞击力暴露级。

撞击力暴露级 L_{FE} 是撞击力的平方与基准力的平方之比的时间积分值取以 10 为底的对数乘以 10,如公式(A.1)所示:

$$L_{FE} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_{ref}} \int_{t_1}^{t_2} \frac{F^2(t)}{F_0^2} dt \right] \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$F(t)$ ——当橡胶球落到楼板上时作用在被测楼板上的瞬时力,单位为牛顿(N);

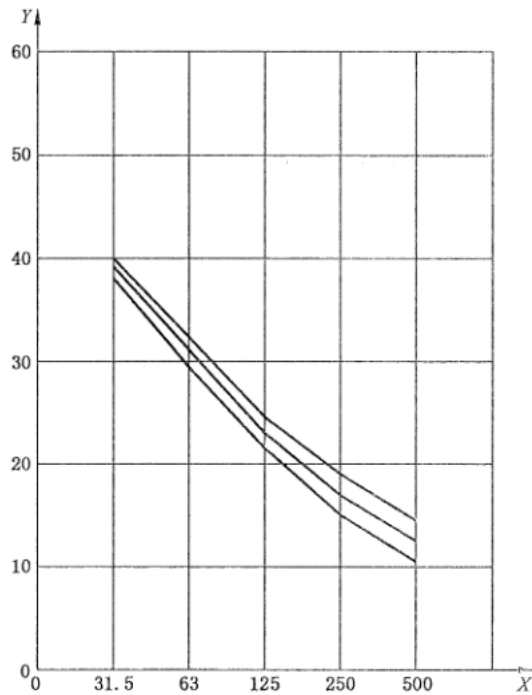
F_0 ——基准力(=1 N);

$t_2 - t_1$ ——撞击力的持续时间,单位为秒(s);

T_{ref} ——基准时间间隔(=1 s)。

表 A.1 橡胶球每个倍频带的撞击力暴露级

倍频程中心频率 Hz	撞击力暴露级(基准力 1 N), L_{FE} dB
31.5	39.0±1.0
63	31.0±1.5
125	23.0±1.5
250	17.0±2.0
500	12.5±2.0



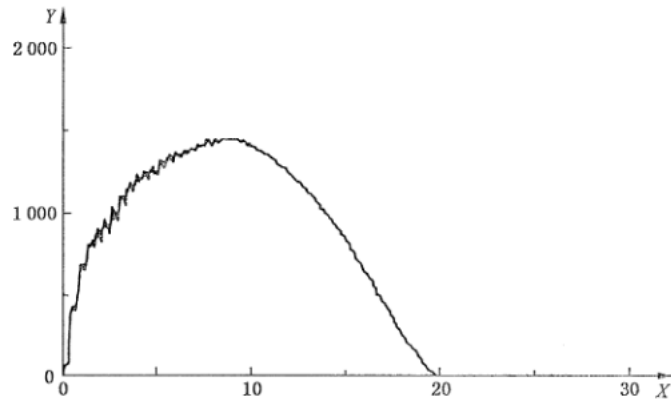
标引序号说明:

X —— 倍频程中心频率(Hz);

Y —— 撞击力暴露级(dB, 基准力 1 N)。

图 A.2 橡胶球每个倍频带的撞击力暴露级

橡胶球的撞击力波形见图 A.3。



标引序号说明:

X —— 时间(ms);

Y —— 撞击力(N)。

注: 橡胶球可以手动下落,也可以使用自动装置。

图 A.3 在重质混凝土楼板上测量的橡胶球的撞击力波形

A.2.2 橡胶球的构造实例

具有以下特性的橡胶球可实现 A.2.1 中规定的条件:

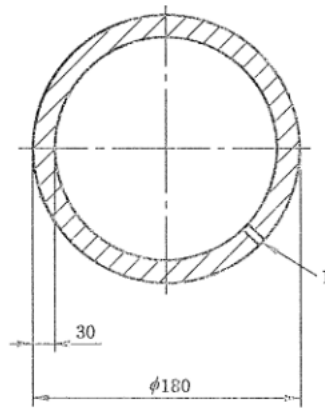
- a) 形状和尺寸: 直径 180 mm、厚度 30 mm 的空心球;
- b) 构成: 见表 A.2;

- c) 有效质量: (2.5 ± 0.1) kg;
 d) 恢复系数: 0.8 ± 0.1 。

表 A.2 橡胶球的组成

材料	硅橡胶	过氧化物交联剂	颜料	硫化剂
质量分数 w_i^a	100	2	2	< 0.1
^a 指每 100 质量份橡胶的(配合物)质量份。				

单位为毫米



标引序号说明:

1——销孔(直径 1 mm)。

图 A.4 橡胶球的截面图

A.2.3 定期性能检查

球体撞击力暴露水平的频率特性在制造后仅需要测量一次,除非橡胶球体在检查时明显破裂或损坏。

附录 B
(规范性)

用于混响时间测量的扬声器要求

B.1 通则

一个或多个单独扬声器单元应安装在封闭的箱内。在同一箱内所有扬声器单元应同相辐射。

扬声器应产生足够均匀的无指向性辐射。应使用 B.2 中所述的扬声器指向性的测试方法来确认扬声器是否适合测试。

注：将扬声器安装于多面体或最好是十二面体上，通常得到足够接近于均匀的无指向性辐射。用半球形多面体扬声器(安装于地板上)在室内也会得到无指向性辐射。

B.2 指向性的测试

对声源辐射指向性的测试，是测量在自由场中围绕声源在 1.5 m 处的声压级。扬声器宜使用转盘或以 5°间隔进行离散测量。应使用宽带噪声信号驱动声源，按 1/3 倍频程测量。

测量在 360°的能量平均值(L_{360°)。测量 $L_{30,i}$ 每个角度步长 i (通常选择为 1° 或 5° 间隔)的值，其对应于以角度步长 (即±15°) 为中心的 30° 弧上的能量平均值。指向性指数应使用公式(B.1)计算：

$$DI_i = L_{360^\circ} - L_{30,i} \dots\dots\dots (B.1)$$

对 1/3 倍频程, DI 值的限值: 100 Hz~630 Hz 频率范围内为±2 dB; 800 Hz 频带内为±5 dB; 1 000 Hz~5 000 Hz 频率范围内为±8 dB。如果 DI 值在限值范围内则可认为是均匀的无指向性辐射。

在不同的平面内进行测试以保证包括“最差”的条件。对于多面体声源, 在一个平面内测试就够了。应每隔不超过两年进行一次符合性测试, 以确保符合要求。

附录 C

(资料性)

附加导则

C.1 概述

本附录包含频率在 100 Hz~3 150 Hz、房间容积在 $10 \text{ m}^3 \leq V \leq 250 \text{ m}^3$ 范围内的附加测量导则。然而,基本原理也可用于频率范围在 50 Hz~80 Hz,房间容积大于或等于 25 m^3 (修约至整数)或频率范围在 4 000 Hz~5 000 Hz 的测量。

C.2 基本规定

C.2.1 楼板面层

如果同一房间中使用了不同的楼板面层(例如厨房区和起居室区),宜对两种不同的楼板分别测量和报告,各楼板区域宜按下列导则测量。

如果国家建筑规范允许,测量软质楼板面层(例如地毯和 PVC 层)可采用小样品(例如 1 m^2),将样品移动到不同的撞击器位置上测量。注意:如果实际面层需要用粘接剂固定,但测量时未使用粘接剂固定,那么其测量结果会产生误导。宜避免在轻质木搁栅楼板上采用荷重显著的重地毯的小样品测量,因其可能未能计及地毯铺满时产生的对楼板弯曲运动的阻尼或约束的影响。

如果采用小样品测量,宜在测试报告中说明。

对于测量软质楼板面层,要注意到有些材料的撞击声隔声性能与温度有关,如果在不同于一般室温的条件下测量,则宜估算温度对测量结果的影响。

C.2.2 房间容积的计算

计算房间容积时,房间总容积中不宜包含接收室内由非吸声表面组成的物体的体积,这类物体如衣橱、橱柜、管道井等。

C.2.3 共同间壁面积的计算

计算共同间壁面积时,如果共同间壁上安装有覆盖了部分间壁面积的柜子、壁橱等物体,则无需扣除面积。

C.2.4 传声器和撞击源位置的数量

表 C.1 列出了传声器和撞击源位置的推荐数量。

对于 1 型分隔楼板,宜至少有一个撞击器位置位于梁的上方,并与梁的方向成 45° 角。

对于面积很小的楼板($<20 \text{ m}^2$),由于考虑撞击器位置之间以及撞击器离开楼板边界的距离的最小要求,会使得可供安排四个撞击器位置的面积非常有限,无论如何,此时仍然要满足表 C.1 中撞击器位置最小数量的要求。为此,宜将撞击器置于允许面积内,并且各测量位置上宜采用不同的锤连线方向。

表 C.1 根据声源室和接收室楼板面积确定的传声器和撞击源位置的数量

声源室楼板面积/ m ²	撞击源及传声器类型	位置的数量			
		接收室楼板面积 ≤ 50 m ²		接收室楼板面积 > 50 m ²	
		1型分隔楼板 ^a	2型分隔楼板 ^b	1型分隔楼板	2型分隔楼板
<20	撞击器	4	4	4	4
	固定或手持式传声器	4	4	8	8
	机械化连续移动传声器 或手动扫测传声器	1	1	2	2
20~50	撞击器	8	4	8	4
	固定或手持式传声器	4	4	8	8
	机械化连续移动传声器 或手动扫测传声器	1	1	2	2
>50	撞击器	8	8	8	8
	固定或手持式传声器	4	4	8	8
	机械化连续移动传声器 或手动扫测传声器	1	1	2	2

^a 1型分隔楼板:木结构搁栅楼板,带肋和梁的混凝土楼板以及厚度小于100 mm的实心混凝土楼板。楼板可为任何面层。

^b 2型分隔楼板:厚度大于或等于100 mm的实心混凝土楼板、矿渣混凝土楼板或多孔混凝土楼板。楼板上可为任何面层。

C.3 水平方向测量

用于水平方向测量的适合撞击源和传声器位置的示例见附录 D。

如果声源室楼板面积小于或等于 20 m²,可直接采用表 C.1 中的值。如果声源室楼板面积大于 20 m²,宜采用 20 m²的限定区域。测量设置宜满足下述建议要求:楼板限定区域中,垂直于间壁的尺度不小于声源室内间壁宽度的一半,另一尺度不小于接收室内间壁的宽度。这意味着在某些特殊情况下将不可能采用 20 m²的限定区域(见附录 D 例 1~例 9)。

C.4 垂直方向测量

C.4.1 概述

用于垂直方向测量的适合撞击源和传声器位置的示例见附录 E。

C.4.2 有局部隔断墙的房间

有局部隔断墙的房间可在完工建筑(例如,部分被墙隔断的开放式厨房、起居室)或在建未完工建筑中找到。

对有局部隔断墙的房间,如果隔断的开口面积小于或等于其所在位置的房间垂直断面面积的三分之一,则该房间被视为两个独立的房间(见附录 E 例 12 和例 13)。

对于两个房间通过大开口连接的未完工建筑,宜将两个耦合房间之间的开口采用胶合板或石膏板封闭,以形成一个确定的房间。

C.4.3 非交错排列的房间

C.4.3.1 概述

“非交错排列的房间”是指小房间横断面的轮廓线完全位于大房间横断面的轮廓线之内。

C.4.3.2 声源室楼板面积小于或等于接收室楼板面积的房间

撞击器位置和传声器位置数量,宜直接从表 C.1 中选择。撞击器位置宜分布到整个楼板上(见附录 E 例 11)。

C.4.3.3 声源室楼板面积大于接收室楼板面积的房间

如果声源室楼板面积小于或等于 20 m^2 ,宜直接采用表 C.1 中的值。如果声源室楼板面积大于 20 m^2 ,并且共同间壁面积小于或等于 20 m^2 ,测量宜采用 20 m^2 的限定面积。在该限定面积中超出接收室的区域上宜放置撞击器(见附录 E 例 14),如果共同间壁的面积大于 20 m^2 ,撞击器位置宜均匀分布到整个共同间壁上。

C.4.4 交错排列的房间

如果共同间壁面积大于 20 m^2 ,宜采用 C.4.3.2 和 C.4.3.3。如果共同间壁的面积小于或等于 20 m^2 ,或存在非共同部分,宜采用 20 m^2 的限定区域(见附录 E 例 15~例 17)。

C.5 走廊和楼梯

C.5.1 走廊撞击声隔声测量

测量走廊与同层或下层房间之间的撞击声隔声时,宜将撞击器置于走廊内紧靠接收室的一个限定区域中,该区宽度宜为整个走廊的宽度,长度宜取与 10 m^2 走廊面积对应的长度。撞击器位置宜采用 4 个,传声器位置数量宜按表 C.1 选择(见附录 D 例 10)。

C.5.2 公寓楼的公用楼梯以及公寓楼和联排住宅的套内楼梯撞击声隔声测量

宜对楼梯和平台分别进行测量,并宜各自采用 4 个撞击器位置,传声器位置数量宜按表 C.1 选择。

楼梯上的 4 个撞击器位置宜按下述要求选择:距离楼梯顶部 2 节踏步的台阶上设一个,距离楼梯底部 2 节踏步的台阶上设一个,另 2 个位置宜均匀分布在顶部和底部位置之间。

当踏步狭窄放不下撞击器时,可用一专门的支撑装置来延伸撞击器一侧的支撑腿,即允许撞击器立于两节踏步之上。采用这样的支撑装置时,要注意确保锤头的下落高度和保持撞击器的水平平衡。如果测量采用了上述调整措施,要在测试报告中明示。在任何情况下,都需要小心,以确保撞击器在操作过程中不会翻倒并造成损坏或伤害。

通常要在与楼梯平台相邻并预期有最高声压级的房间内测量平台所产生的撞击声压级。例如,如果相邻房间的楼板与平台处于同一楼层,且楼板构造为混凝土楼板上铺带龙骨的木地板,那么平台下层房间内的撞击声压级可能是最高的,因为木地板降低了混凝土楼板向上面房间的声辐射。

测量来自楼梯的撞击声压级时,如果楼梯未固定到楼梯间的墙上,接收室宜选与测量来自平台的撞击声压级相同的房间;如果楼梯固定到楼梯间的墙上,接收室宜选最靠近连接点的房间。

上述导则也适用于套内楼梯(如,两层的复式套房)。

C.6 撞击器对空气声的贡献

撞击器对空气声的贡献可按下述方法评估:

- a) 将扬声器置于声源室辐射粉红噪声信号,测量声源室和接收室之间声压级差($L_{D,spk}$);
- b) 在声源室内测量撞击器声压级($L_{S,tm}$);
- c) 在接收室内测量撞击器声压级($L_{R,tm}$)。

如果在测量的所有频带内,差值($L_{S,tm} - L_{D,spk}$)比 $L_{R,tm}$ 低 10 dB 或更多,说明来自撞击器的空气声可忽略不计。

附录 D

(资料性)

水平方向测量——撞击源和传声器适宜位置示例

D.1 通则

图 D.1 包含用于水平方向测量撞击声隔声的撞击源和传声器适宜位置示例。

附录 D 中的撞击器位置示例均为附录 C 表 C.1 中定义的 2 型分隔楼板。对于 1 型, 撞击器位置数量应根据表 C.1 在 20 m²~50 m² 范围内增加。

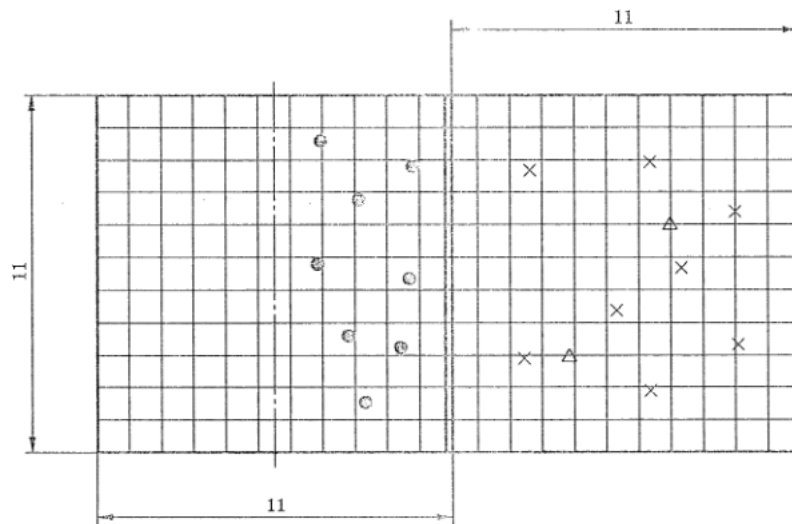
全部示例均为水平剖面。

示例中标出的以米为单位的房间尺寸仅是示例。

D.2 符号

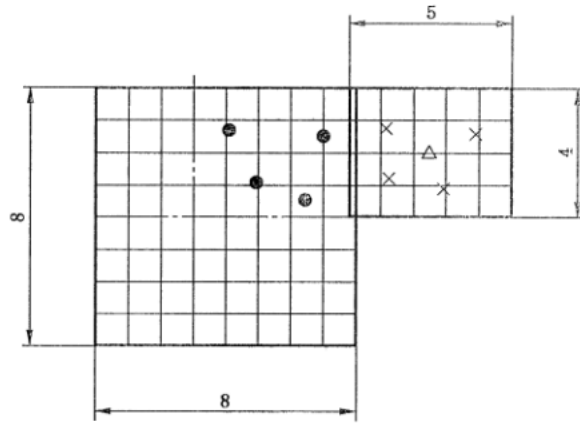
- 撞击源位置
- × 固定传声器位置
- △ 机械化连续移动传声器围绕其移动的固定点或持手动扫测传声器的操作人员位置
- 房间轮廓线
- ==== 共同间壁
- 声源室限定区域边界线
- 局部隔断墙

单位为米

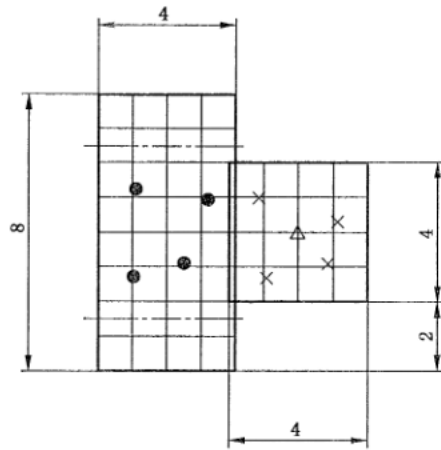


a) 例 1

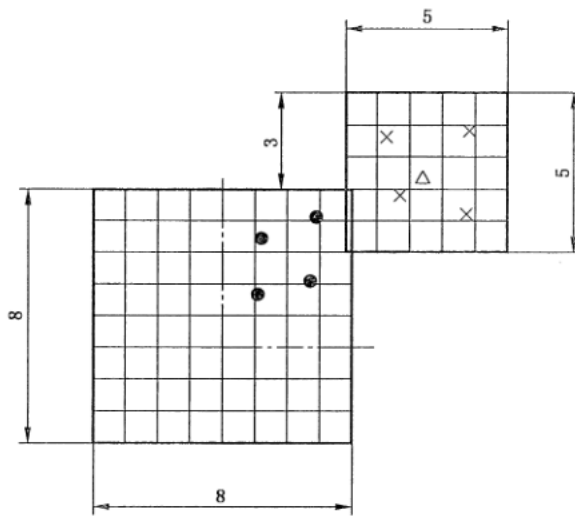
图 D.1 水平方向测量——例 1~例 10



b) 例 2

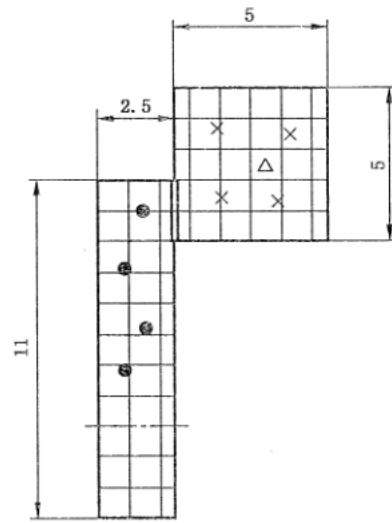


c) 例 3

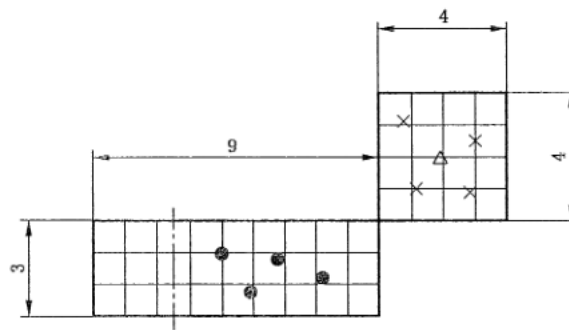


d) 例 4

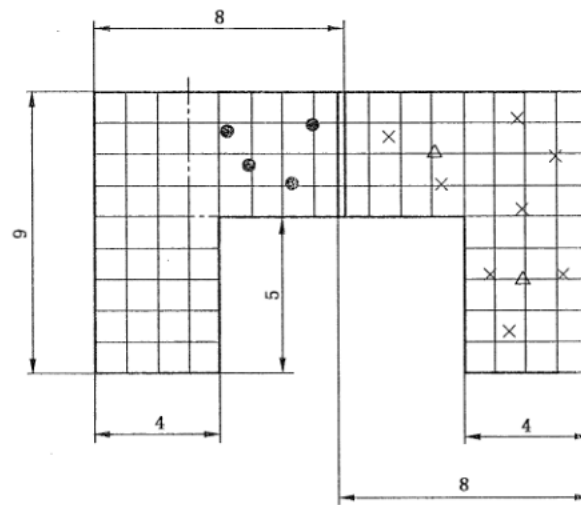
图 D.1 水平方向测量——例 1~例 10 (续)



e) 例 5

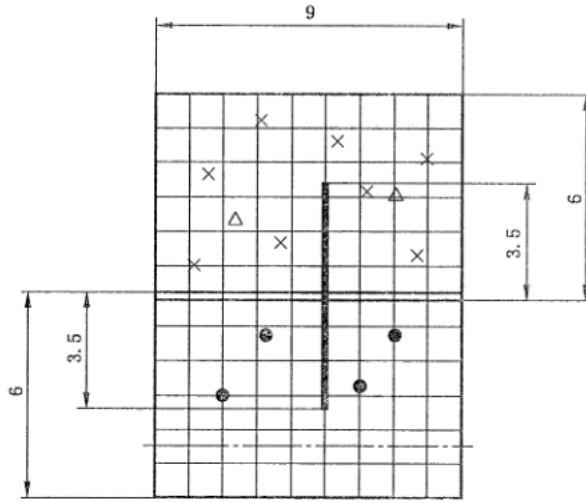


f) 例 6

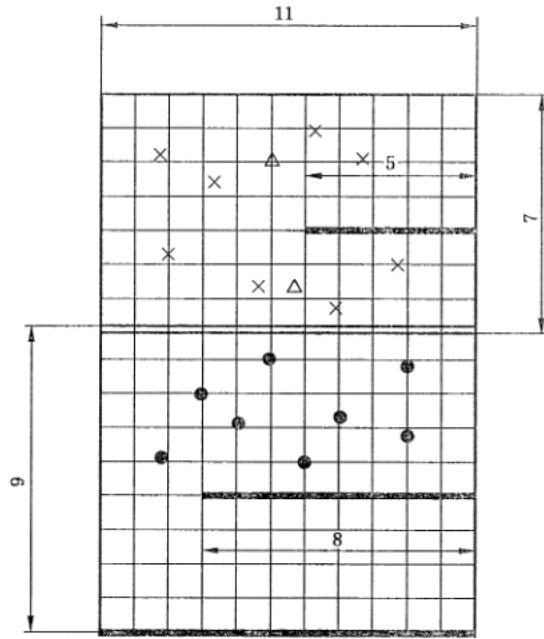


g) 例 7

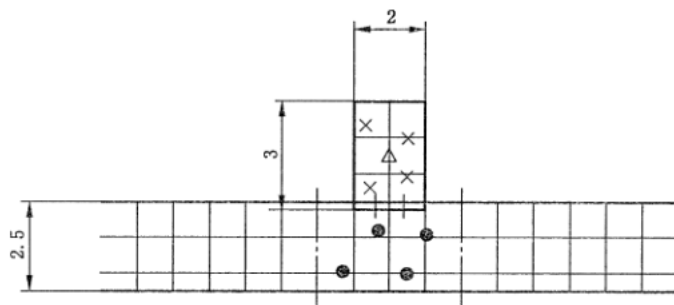
图 D.1 水平方向测量——例 1~例 10 (续)



h) 例 8



i) 例 9



j) 例 10

图 D.1 水平方向测量——例 1~例 10 (续)

附录 E

(资料性)

垂直方向测量——撞击源和传声器适宜位置示例

E.1 概述

图 E.1 包含用于垂直方向测量撞击声隔声的撞击源和传声器适宜位置示例。

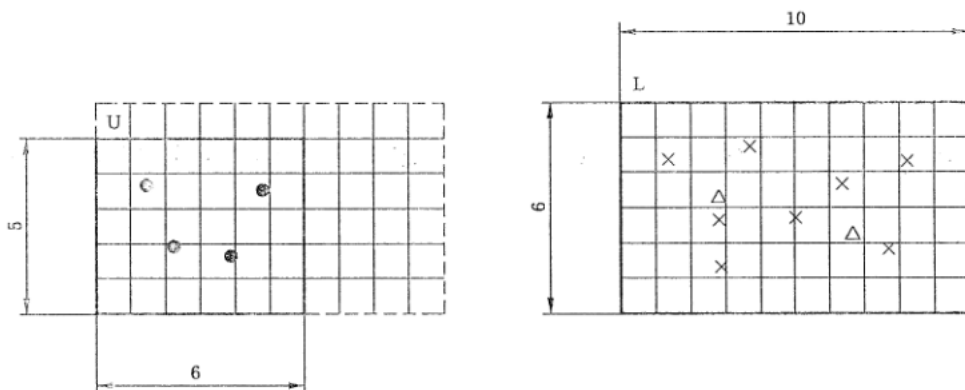
全部示例均为水平剖面。

示例中标出的以米为单位的房间尺寸仅是示例。

E.2 符号

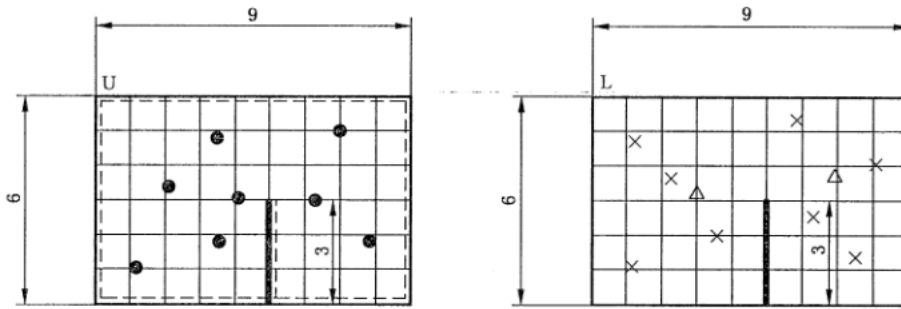
- 撞击源位置
- × 固定传声器位置
- △ 机械化连续移动传声器围绕其移动的固定点或持手动扫测传声器的操作人员位置
- U 上房间
- L 下房间
- 房间轮廓线
- 上下房间叠合图上对应的下房间轮廓线
- 局部隔断墙
- 声源室限定区域边界线

单位为米

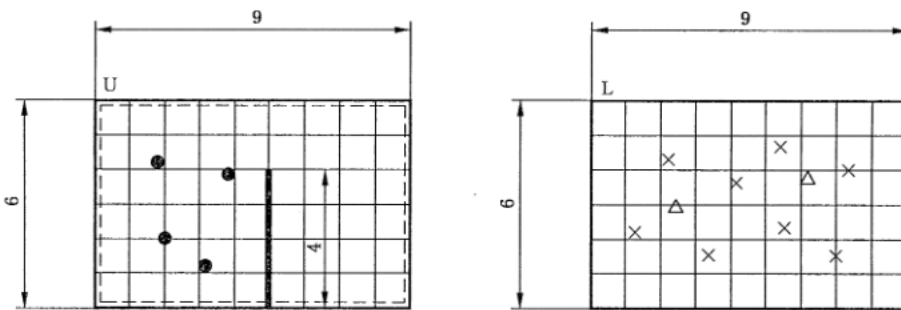


a) 例 11

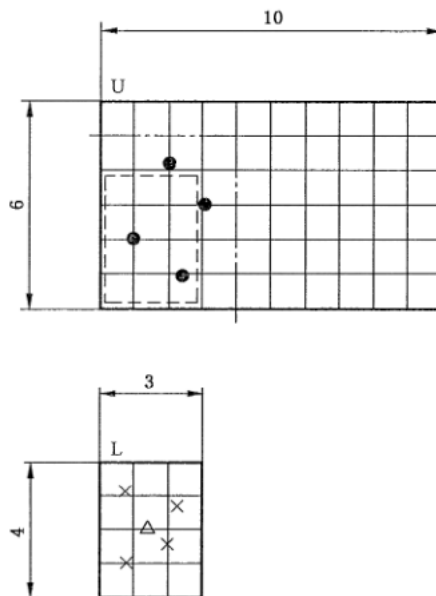
图 E.1 垂直方向测量——例 11~例 17



b) 例 12



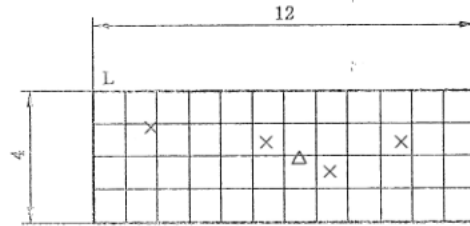
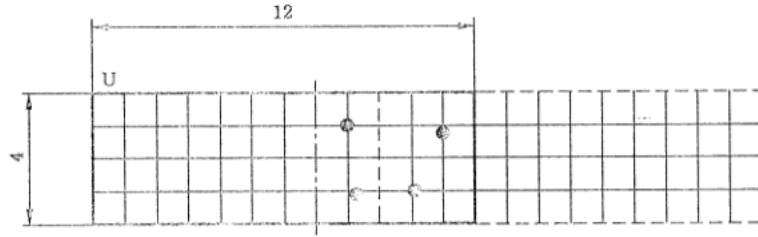
c) 例 13



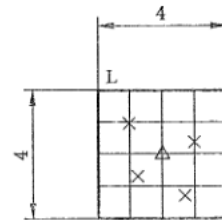
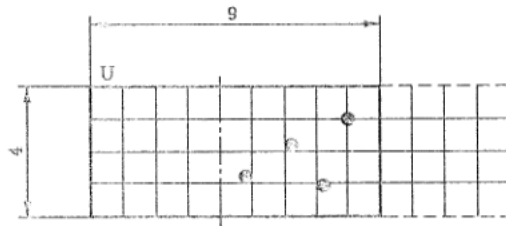
d) 例 14

图 E.1 垂直方向测量——例 11~例 17 (续)

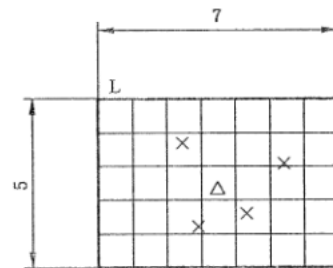
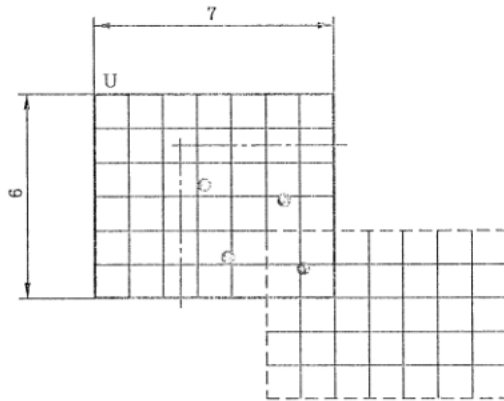
单位为米



e) 例 15



f) 例 16



g) 例 17

图 E.1 垂直方向测量——例 11~例 17 (续)

附录 F

(资料性)

结果表达

本附录给出了房间之间楼板撞击声隔声现场测量结果表达方式的示例(1/3 倍频程)。结果表达(见图 F.1、图 F.2 和图 F.3)列出了各频率测量值的图表和按照 GB/T 50121 或 ISO 717-2 确定的评价量值。隔声频率曲线图中宜附上确定计权值的参考曲线(将 GB/T 50121 基准曲线移动到计权值位置后的曲线)。

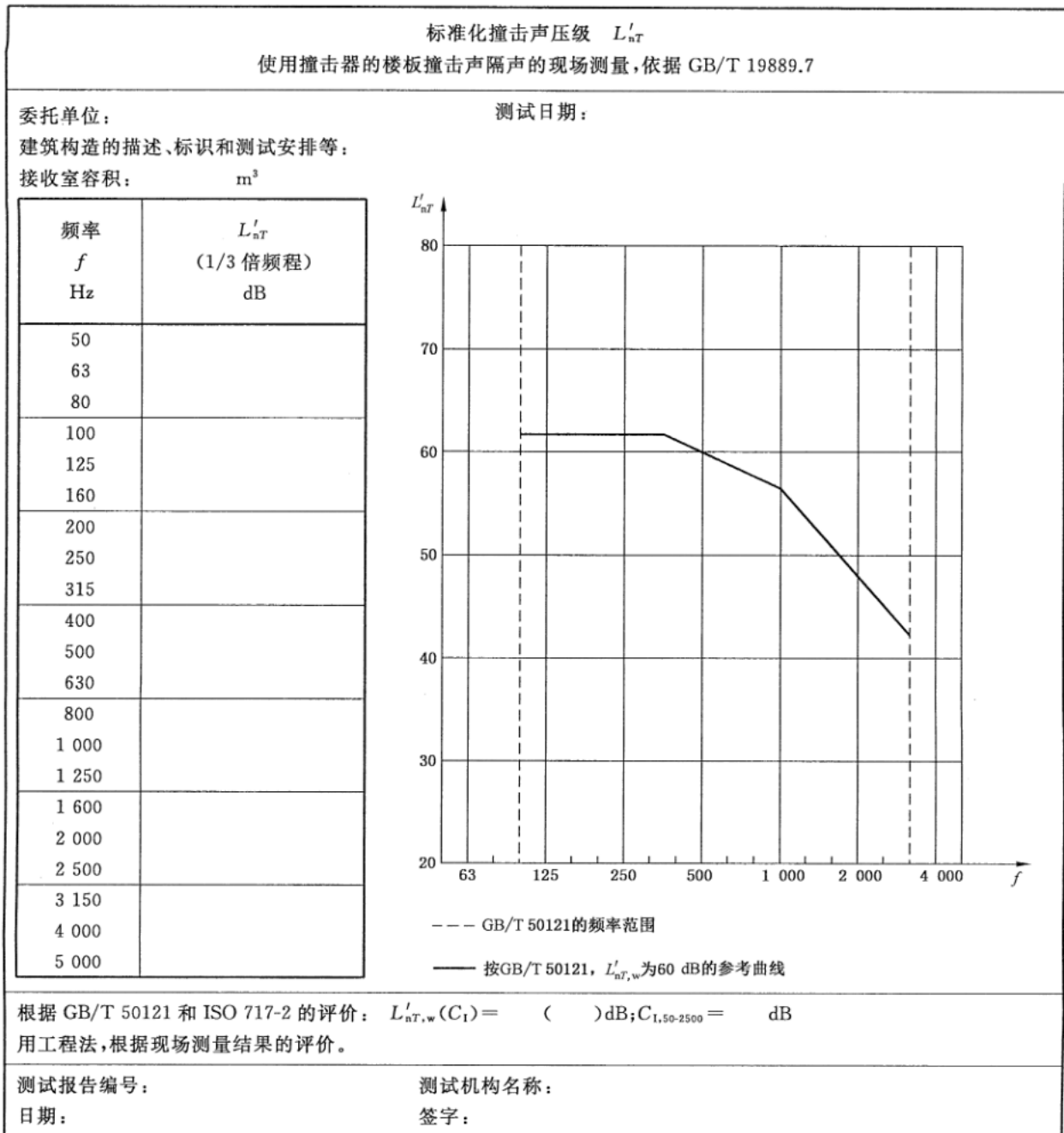


图 F.1 撞击器作撞击源测量的标准化撞击声压级结果表达方式示例

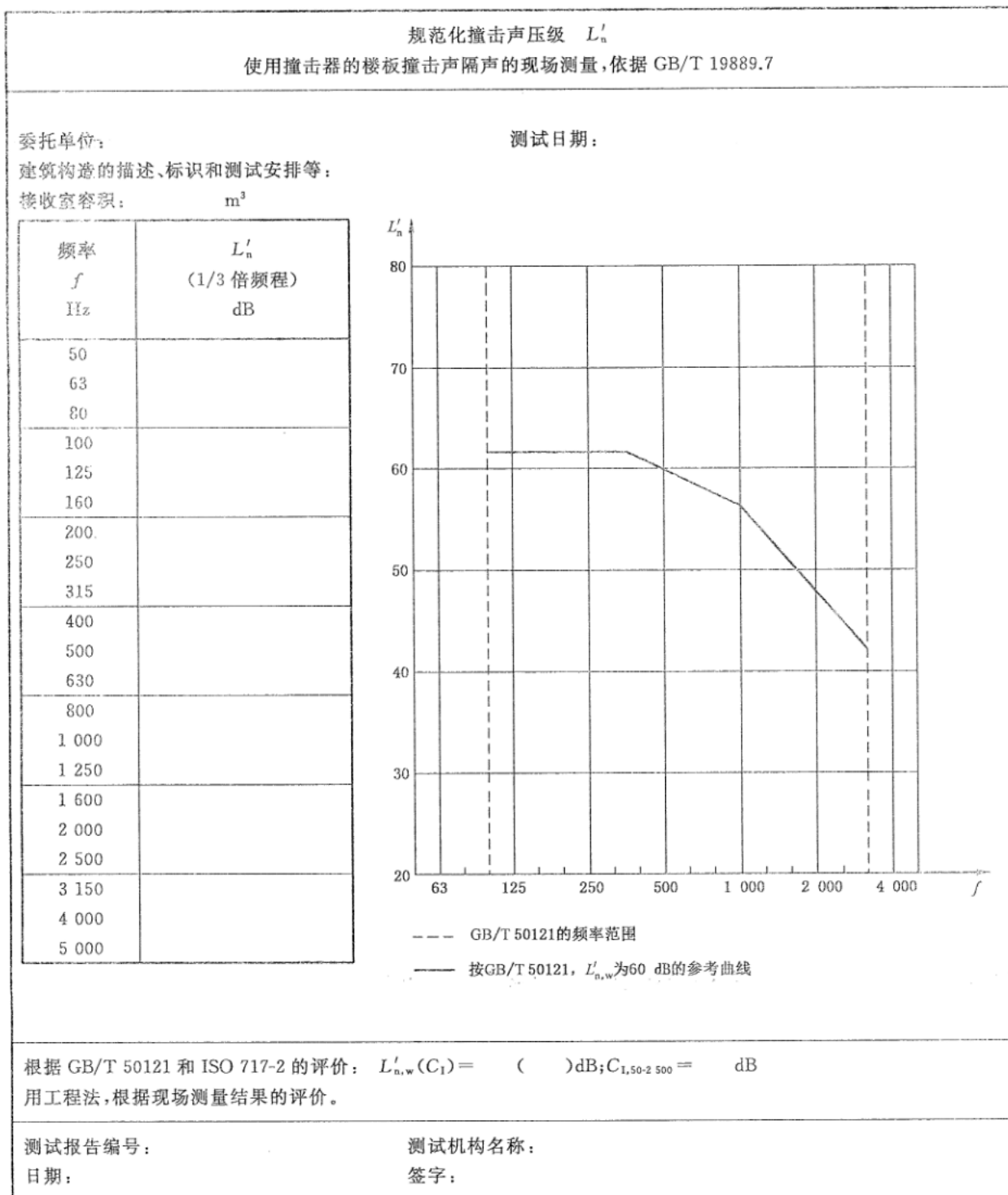


图 F.2 撞击器作撞击源测量的规范化撞击声压级结果表达示例

标准化最大撞击声压级 $L'_{i,Fmax,V,T}$
 使用橡胶球的楼板撞击声隔声的现场测量,依据 GB/T 19889.7

委托单位: _____ 测试日期: _____

建筑构造的描述、标识和测试安排等: _____

接收室容积: _____ m^3

频率 f Hz	$L'_{i,Fmax,V,T}$ (1/3 倍频程) dB
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	

根据 ISO 717-2 的评价: $L'_{iA,Fmax,V,T} =$ _____ dB
 用工程法,根据现场测量结果的评价。

测试报告编号: _____

日期: _____

测试机构名称: _____

签字: _____

图 F.3 橡胶球作撞击源测量的标准化最大撞击声压级结果表达示例

参 考 文 献

- [1] GB/T 3785.2 电声学 声级计 第2部分:型式评价试验
- [2] GB/T 3785.3 电声学 声级计 第3部分:周期试验
- [3] GB/T 50121 建筑隔声评价标准
- [4] ISO 140(all parts) Acoustics—Measurement of sound insulation in buildings and of building elements
- [5] ISO 717-1 Acoustics—Rating of sound insulation in buildings and of building elements—part 1:Airborne sound insulation
- [6] ISO 717-2 Acoustics—Rating of sound insulation in buildings and of building elements—part 2:Impact sound insulation
- [7] ISO 10052 Acoustics—Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound—Survey method
- [8] ISO 10140 (all parts) Acoustics—Laboratory measurement of sound insulation of building elements
- [9] ISO 12354-2 Building acoustics—Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements—Part 2:Impact sound insulation between rooms
- [10] ISO 12999-1 Determination and application of measurement uncertainties in building acoustics—Part 1:Sound insulation
- [11] ISO 16283-1 Acoustics—Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1:Airborne sound insulation
- [12] ISO 16283-3 Acoustics—Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 3:Façade sound insulation
- [13] OIML Recommendations R 58, Sound level meters, 1985
- [14] OIML Recommendations R 88, Integrating-averaging sound level meters, 1998
- [15] Schoenwald S., Zeitler B., Nightingale T.R.T., Influence of receive room properties on impact sound pressure level measured with heavy impact sources. Proc. EuroRegio, 2010
- [16] Hopkins C., On the efficacy of spatial sampling using manual scanning paths to determine the spatial average sound pressure level in rooms. J. Acoust. Soc. Am. 2011, 129(5) pp.3027-3034
- [17] Hopkins C., Sound insulation. Elsevier/Butterworth-Heinemann, Amsterdam, 2007, 622 p.
- [18] Hopkins C., Turner P., Field measurement of airborne sound insulation between rooms with non-diffuse sound fields at low frequencies. Appl. Acoust. 2005, 66 pp.1339-1382
- [19] Inoue K., Yasuoka M., Tachibana H., New heavy impact source for the measurement of floor impact sound insulation of building. Proc. Inter-noise 2000, 2000, pp.1493-1496
- [20] Inoue K., Yasuoka M., Tachibana H., Reduction of floor impact sound on floor finishing for wooden floor structure. Proc. Inter-noise 2001, 2001, pp.1161-1166
- [21] Olesen H.S., Measurement of the acoustical properties of buildings—additional guidance. Espoo 1992. Nordtest. NT Technical Report 203. NT Project No.963-91
- [22] Simmons C., Measurement of sound pressure levels at low frequencies in rooms. Comparison of available methods and standards with respect to microphone positions. Acta Acustica united with Acustica, 1999, 85, pp.88-100
- [23] Yoshimura J., Andow K., Koga T., Short time methods for field measurement of sound insulation between rooms. Proceedings of Inter noise 96, Liverpool, UK, pp.2737-2742