

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25079—2010/ISO 18233:2006

---

## 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

Acoustics—Application of new measurement methods in  
building and room acoustics—MLS and SS methods

(ISO 18233:2006, IDT)

2010-09-02 发布

2011-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语、定义及缩略语..... 1

4 特指 ..... 2

5 理论 ..... 2

6 脉冲响应测量 ..... 5

7 频率响应函数测量..... 10

8 精密度..... 10

9 测试报告..... 11

附录 A（规范性附录） 最大长度序列法 ..... 12

附录 B（规范性附录） 正弦扫频法 ..... 15

参考文献 ..... 20

## 前 言

本标准等同采用 ISO 18233:2006《声学 建筑声学 and 室内声学中新测量方法的应用 MLS 和 SS 方法》(英文版)。

本标准对等同采用的国际标准进行了编辑性修改。

本标准的附录 A 和附录 B 为规范性附录。

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国声学标准化技术委员会(SAC/TC 17)归口。

本标准起草单位:中国科学院声学研究所、中国建筑科学研究院。

本标准主要起草人:吕亚东、仇波、苗振伟、谭华、程明昆、尹铎、徐欣。

## 引 言

用来测量声音传播现象的随机信号分析方法从 1960 年开始发展,但是由于当初缺乏有效的计算能力,这些方法只能适用于设备良好的实验室。

随着数字电路、功能强大的通用计算机的发展,以及数字信号处理元件在现场声学测量中的应用,使得基于扩展的数字信号处理的测量仪器的应用日趋成熟。目前,专用仪器和能够在通用计算机上运行的专业软件已经采用了这些测量方法,并且获得了广泛应用。

与传统方法相比,新方法具有很多优点,例如:抑制背景噪声和扩展测量范围。但如果不遵守某些导则,也可能得不到可靠的结果。同时,与传统方法相比,新方法可能对时间变化和环境条件变化更加敏感。

本标准旨在为建筑声学和室内声学新测量方法给出相关要求和导则,同时这些要求和导则也能够适用于应用这些方法的测量设备。

即使是对传统方法及其测量设备富有经验的人,可能也意识不到新方法某些应用的困难和局限性,因此应鼓励每个使用者对新方法的理论基础有一个更加深入的理解,同时应鼓励仪器设备生产商给出设备应用更多的指南,并将测量结果不可靠时能够及时给出警示作为仪器设备的设计目标。

本标准给出了在建筑 and 建筑构件隔声测量、混响时间及相关物理量测量中新方法应用的要求和导则,参考文献给出了有关测量内容、测量点数目和位置选择以及测量条件的传统方法的相关标准。



# 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

## 1 范围

本标准规定了测量建筑物和建筑构件声学特性新方法的应用导则和要求,同时也给出了激励信号的选择、信号处理和环境控制的导则和要求,以及对被测系统线性和时不变性方面的要求。

本标准适用于以下测量,如房间之间和外墙的空气声隔声量、房间混响时间和其他室内声学参量的测量、混响室声吸收、振级差和损耗因子的测量。

本标准所定义的方法可以代替如 GB/T 19889(所有部分),ISO 3382(所有部分)和 GB/T 21228.1 所定义的传统方法。

## 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 3241 倍频程和分数倍频程滤波器(eqv IEC 61260:1995,GB/T 3241—1998)

GB/T 3785 声级计的电、声性能及测试方法(IEC 61672-1,NEQ)

## 3 术语、定义及缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1.1

**传统方法 classical method**

直接通过记录的无规噪声或脉冲信号的响应来测定声压级或衰变率的传统测量方法。

#### 3.1.2

**新方法 new method**

利用各种确定性信号首先获得被测系统脉冲响应,从而得到所需的声压级和衰变率的测量方法。

注:新方法具有传统方法所不具备的一些其他固有特点,如新方法能够避免其他声源的噪声干扰。

#### 3.1.3

**有效信噪比 effective signal-to-noise ratio**

**信噪比 signal-to-noise ratio**

由激励源产生和新方法得到的信号部分的方均值与由同样方法和非激励源产生的信号中不需要部分的方均值之比,取以 10 为底的对数再乘以 10。

注 1:有效信噪比用分贝表示。

注 2:在基于传统方法建立的新方法测试步骤中,用有效信噪比代替通常的信噪比。

#### 3.1.4

**峰噪比 peak-to-noise ratio**

由激励源产生和新方法得到的信号部分峰值的平方与由同样方法和非激励源产生的信号中不需要部分的方均值之比,取以 10 为底的对数再乘以 10。

注:有效峰噪比用分贝表示。

3.1.5

分数倍频程 fractional-octave band

GB/T 3241 规定的分数倍频程滤波器从下限到上限的频率范围,单位为 Hz。

注:倍频程和分数倍频程滤波器均为特定的分数倍频程滤波器。

3.2 缩略语

MLS 最大长度序列法

SS 正弦扫频法

4 特指

4.1 最大长度序列法(MLS)

符合本标准的 MLS 方法被定义为“GB/T 25079-MLS”。

4.2 正弦扫频法(SS)

符合本标准的 SS 方法被定义为“GB/T 25079-SS”。

5 理论

5.1 概述

室内和房间之间的声传播通常可视为近似线性时不变系统。因此,适用于该系统的一般理论都可用来建立激励和响应之间的声传播关系。

脉冲响应是所有测量的基础。结构振动速度测量及室内声压级测量均可采用该方法。

5.2 室内声

GB/T 19889 的第 3 部分至第 5 部分、第 10 部分和第 14 部分规定了建筑构件以及房间之间空气声隔声的测量方法。ISO 3382(所有部分)规定了混响时间的测试方法。为了测试这些物理量,应使用噪声激励,对室内声压级和混响时间进行测量。

对于混响时间的测量,噪声源应当开启一段时间以获得稳态声压,然后关闭噪声源,观察房间中的声衰变。在本标准中,将噪声源关闭时刻设为时间零点, $t=0$ 。

声压级随时间变化的记录一般包含房间稳态声压级和混响时间的信息。图 1 是典型的声压级与时间关系图。噪声源关闭前的稳态声压级为  $t<0$  时记录的信息, $t\geq 0$  包含的是衰变信息。衰变信息经过进一步处理可以获得混响时间。

GB/T 19889 及 ISO 3382 系列标准定义的房间空气声测量的传统方法规定采用随机信号作为激励源。尽管通常情况下房间可以被描述成一个确定性系统,但由于随机激励信号的统计分布,使得最终结果有一定的随机变化,并用标准偏差来表征这种随机性。因此,通常需要取多次测量结果的平均值来逼近统计意义上的期望值。传统方法是通过空间测点的测量结果取平均来获得房间的平均值。

本标准所述方法旨在获得分数倍频程的测量值。需要选择相应的要求和导则。

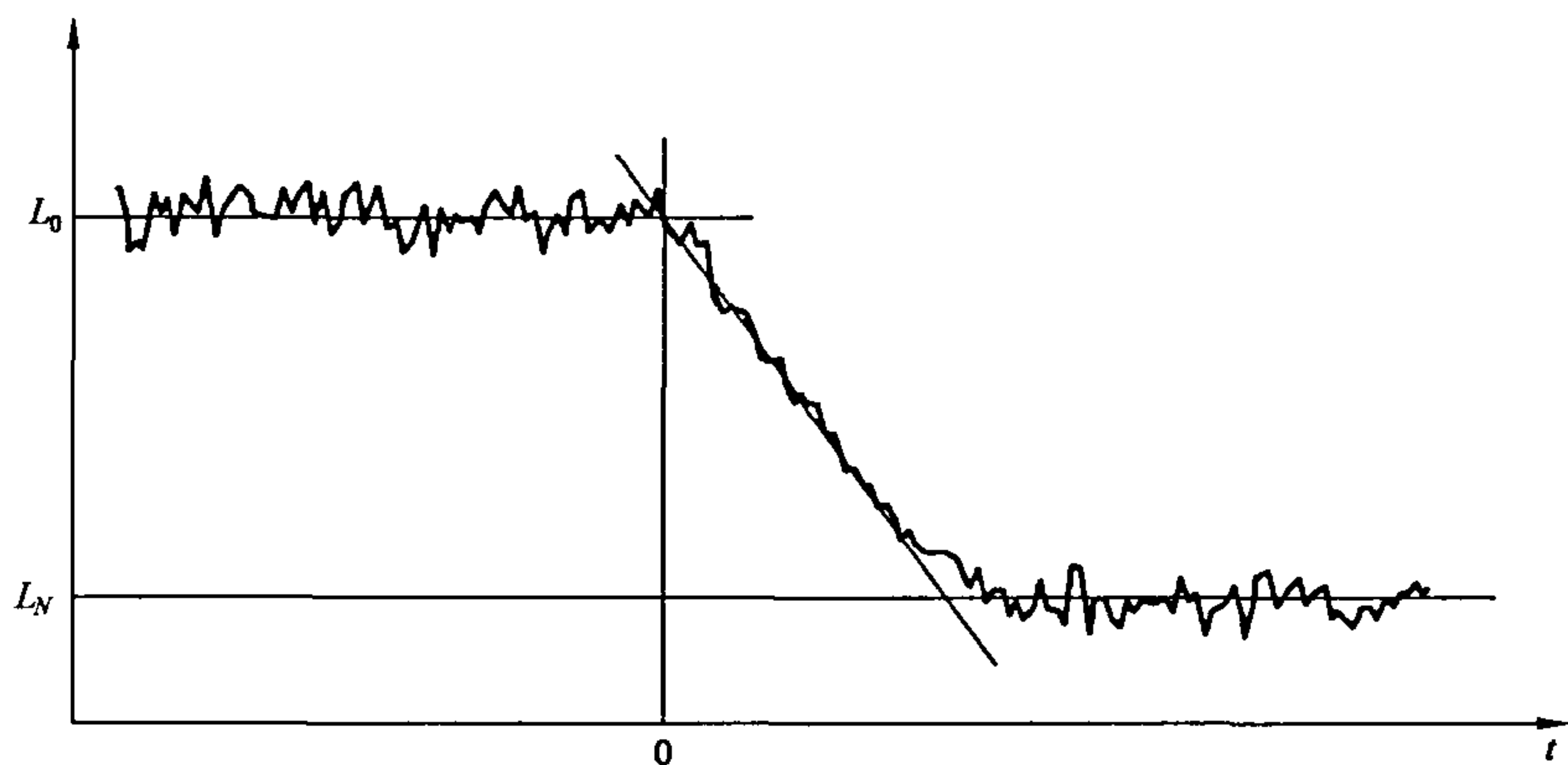
如参考文献[6]所示,通过直接处理激励信号源(扬声器)和观测点(传声器)之间的脉冲响应可以获得某特定观测点的期望衰变,无需平均。只要系统是线性和时不变系统,则应用该理论来测量衰变曲线和稳态声压级就能够成立。该理论可以扩展并应用到声源室和接收室的声场测量以及从声源室到接收室的传声测量中。

理论上传统方法测得的基于噪声激励的响应可以描述为激励信号和房间脉冲响应的卷积。但是,在基于噪声激励的传统方法中,可以直接记录的是响应,而一般情况下脉冲响应则是未知的。

按照本标准所介绍的新方法,可以通过处理脉冲响应本身来得到测量结果。

注:脉冲响应通常为包括放大器、传感器、所用滤波器以及发射点与接收点之间的封闭空间组成的系统的综合脉冲响应。





$L_0$ ——激励信号关闭前的稳态噪声级；

$L_N$ ——背景噪声级；

$t$ ——时间。

注： $t=0$  时，激励信号关闭。

图 1 声压级随时间变化的典型曲线

可以采用多种方法来获得脉冲响应和对脉冲响应进行傅里叶变换得到的频率响应函数。如果在正常测试条件下这些方法表明能够获得可靠的结果，就可以采取所有这些方法。

用稳态白噪声信号激励房间系统，并且持续足够长的时间以获得稳定的声场，在  $t=0$  时关闭声源，在  $t \geq 0$  的任意时刻预期声压级  $L(t)$  (单位：dB) 可表示为：

$$L(t) = 10 \lg \left[ \frac{W_0}{C_{\text{ref}}} \int_t^{\infty} h^2(t) dt \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$W_0$ ——常数，指激励信号单位带宽功率；

$h(t)$  ——脉冲响应；

$C_{\text{ref}}$ ——计算声压级而任意选取的参考值。

与基于传统方法的预期衰变相对应的衰变曲线通常可近似为直线。

注：由于时间  $t$  是积分的下限起始点，因此式(1)可以看成是一个反向积分，经公式等价变换，从  $+\infty$  开始反向积分到实际时间。过去曾使用录音倒带模拟技术实现反向积分。

式(1)不包含测量过程通常伴随的外部噪声。

若测量系统运用分数倍频程滤波器，则式(1)描述的是按照传统方法获得的滤波频带的预期衰变。

式(1)可用于计算关闭声源后任意时刻的预期声压级。运用此公式也可以计算出关闭声源之前的平均声压级  $L_0$  (单位：dB)。设式(1)中的  $t=0$ ，则：

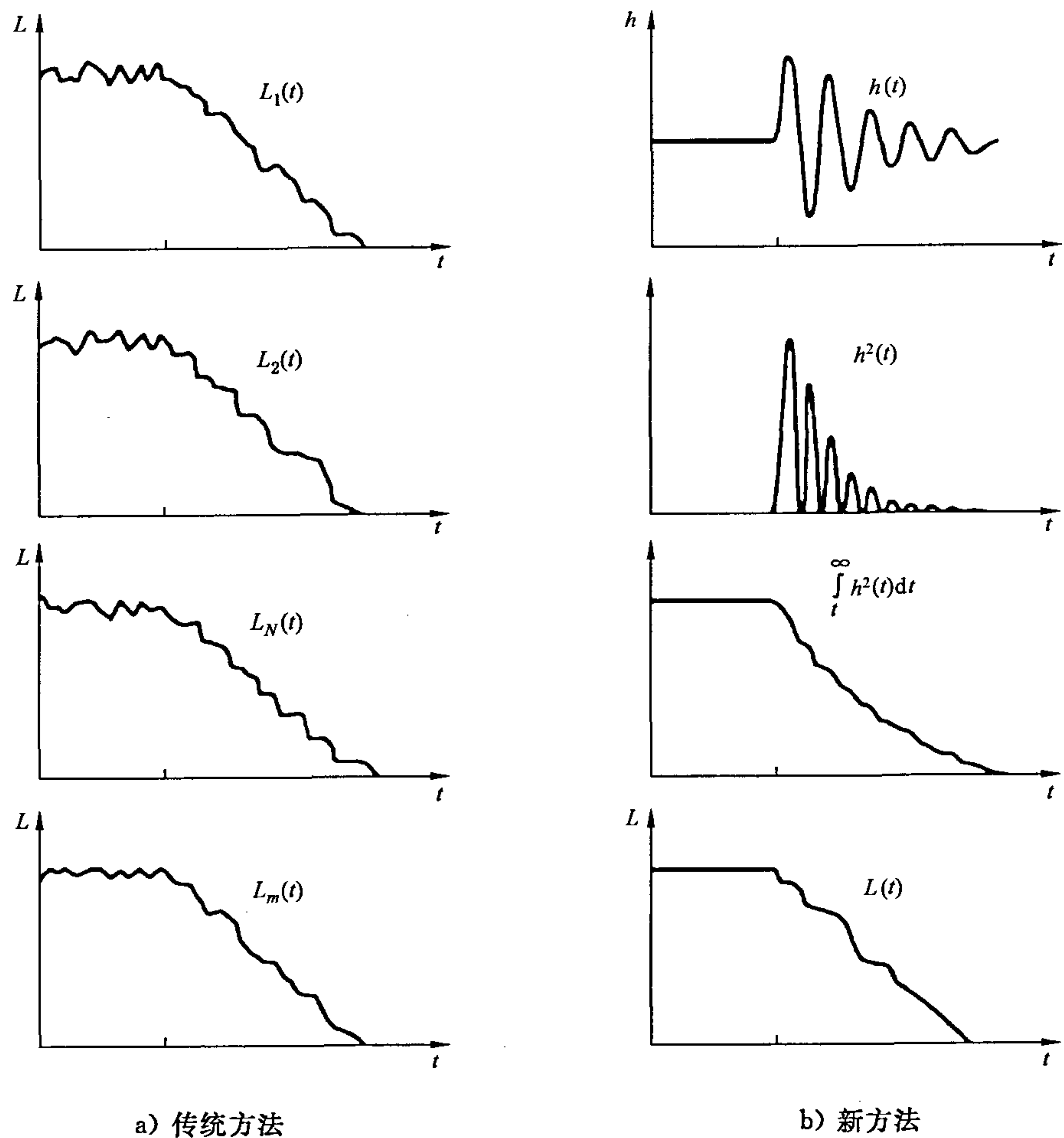
$$L_0 = 10 \lg \left[ \frac{W_0}{C_{\text{ref}}} \int_0^{\infty} h^2(t) dt \right] \dots\dots\dots (2)$$

图 2 举例说明如何用传统方法和新方法获得声压级与时间之间的函数关系。

5.3 两室之间声传播

若噪声源放置在声源室中，声压级的测点为 S，则可按照式(2)由激励点和测点 S 点之间的脉冲响应  $h_1(t)$  获得预期声压级  $L_1$  (单位：dB)：

$$L_1 = 10 \lg \left[ \frac{W_0}{C_{\text{ref}}} \int_0^{\infty} h_1^2(t) dt \right] \dots\dots\dots (3)$$



$L$ ——声压级；  
 $h$ ——脉冲响应；  
 $t$ ——时间。

注：在传统方法中，预期衰变曲线的近似值  $L_m(t)$  为多个基于噪声激励法测得的衰变曲线  $L_1(t), L_2(t), \dots, L_N(t)$  的平均值。而在新方法中，预期衰变曲线  $L(t)$  是通过处理脉冲响应  $h(t)$  获得。

图2 传统方法和新方法之间差异的图解

同样，若在相邻接收室中的  $R$  点测量声压级，则可由激励点和测点  $R$  点之间的脉冲响应  $h_2(t)$  获得预期声压级  $L_2$  (单位：dB)：

$$L_2 = 10 \lg \left[ \frac{W_0}{C_{\text{ref}}} \int_0^{\infty} h_2^2(t) dt \right] \dots\dots\dots (4)$$

声源室和接收室之间的预期声压级差  $D$  (单位：dB) 由式(5)计算：

$$D = L_1 - L_2 = 10 \lg \left[ \frac{\int_0^{\infty} h_1^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h_2^2(t) dt} \right] \dots\dots\dots (5)$$

由式(5)可见，预期声压级差与激励信号功率  $W_0$  及参考值  $C_{\text{ref}}$  无关。

注：本标准的新方法也可以应用到建筑物外墙的隔声测量。测量中一个测点应位于建筑物的户外位置。

5.4 频率响应函数的应用

在信号与线性时不变系统理论中，正弦信号具有独特的作用。如果忽略信号开启和关闭时产生的瞬态现象，线性时不变系统对正弦信号的响应仍为相同频率下的正弦信号，但幅值(增益)和相位会发生



变化。将输入和输出信号之间的幅值和相位的变化信息作为频率的函数表示出来,称为系统的频率响应函数。与脉冲响应一样,频率响应函数可给出任意输入信号的全部响应信息。对脉冲响应进行傅里叶变换可以得到频率响应函数。

应用帕塞瓦尔(Parseval)定理,式(2)可改为:

$$W_0 \int_0^\infty h^2(t) dt = \frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^\infty |H(\omega)|^2 d\omega \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$\omega$ ——角频率;

$H(\omega)$ ——对系统脉冲响应  $h(t)$  进行傅里叶变换得到的频率响应函数:

$$H(\omega) = F\{h(t)\} = \int_{-\infty}^\infty h(t) e^{-j\omega t} dt \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:  $j = \sqrt{-1}$

注: 式(6)中,假设  $t < 0$  时  $h(t) = 0$ ,这与物理可实现的因果系统相一致。

从式(6)中可以看出,声压级计算只与频率响应函数的模量有关。而混响时间的测量则与频率响应函数的相位和模量有关。

将式(5)、式(6)联立,即可通过房间的频率响应得到声源室和接收室之间的预期声压级差  $D$ 。分数倍频程(下限频率为  $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi}$ ,上限频率为  $f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi}$ )的预期声压级差  $D$ (单位: dB)可表示为:

$$D = L_1 - L_2 = 10 \lg \left[ \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} |H_1(\omega)|^2 d\omega}{\int_{\omega_1}^{\omega_2} |H_2(\omega)|^2 d\omega} \right] \quad \dots\dots\dots (8)$$

6 脉冲响应测量

6.1 概述

典型的房间脉冲响应为具有许多周期的振荡信号。信号的包络是非规则的,但是通常有一个很短的脉冲时间,然后以指数的形式衰变。

可以将房间对很短的声音脉冲的响应作为房间的脉冲响应。但是,在大多数情况下所用的声源不是扬声器,因此很难控制激励信号的频谱及指向性。

为了获得对激励信号的必要控制,在许多实际情况中通过数字信号处理获得脉冲响应。用已知信号激励房间一段时间,从房间对激励信号的响应中计算出房间的脉冲响应。激励信号分布在一个很长时间周期内以便增加总辐射能量。这种处理方法可增加所获得的动态范围,减少外部噪声的影响。

参考文献介绍了脉冲响应的几种测量方法,见参考文献[6]~[8]和[13]~[15]。

测量脉冲响应时,不允许改变声源及传声器位置,因为这会违背被测系统所需的时不变性要求。房间的脉冲响应由房间的地板、天花板和墙壁反射的声波相互作用形成。在多次反射之间,室内空气影响声传播。空气的流动或声速的变化(由气温引起)也可能违背被测系统的时不变性要求。

6.2 激励信号

6.2.1 概述

在传统方法中,激励信号为随机信号或带宽至少与测量通道的带宽相等的脉冲信号。噪声信号的随机性使得测得的声级随机分布,并且也限制了测量的重复性。新方法采用确定的激励信号,这些信号可以被准确地再现,从而增强了测量的重复性。

6.2.2 频谱要求

6.2.2.1 概述

激励信号的有效频率响应范围应至少覆盖实际被测分数倍频程。如果进行覆盖整个音频范围的宽带测量,目的是使得接收点接收到的激励信号谱形与周围背景噪声的谱形接近,这样就可以获得与频率无关的信噪比。典型的背景噪声源(由空调系统、交通等)具有随频率的降低而增加的频谱。因此,当测量房间的脉冲响应时,要加强激励信号的低频成分。

在大多数类似情况下,适合采用粉红噪声激励信号(每个分数倍频程上具有相同的能量),以获得足够的信噪比。

在隔声测量中,隔声量通常会随频率的增加而增加,因此有必要增加激励信号的高频成分能量。

最完善的调整方法是既能补偿测量扬声器的声功率响应,又能适应背景噪声的谱分布。能够完成这两项功能比较理想的方法是:在预先指定的测量频率范围内,将光滑后的背景噪声的谱分布与扬声器的反向响应相乘,作为合适的激励信号谱的发声模式。

6.2.2.2 重复激励信号

如果应用重复激励信号,激励信号的频谱将包含窄带谱线,相邻谱线的距离  $\Delta f$  为信号的重复周期  $T_{\text{REP}}$  的倒数:

$$\Delta f = \frac{1}{T_{\text{REP}}} \dots\dots\dots (9)$$

为了保证房间所有简正振动模式均被激励起来,信号的重复周期不应比被测房间的混响时间短。这一要求均适用于混响时间和声压级差测量:

$$T_{\text{REP}} \geq T \dots\dots\dots (10)$$

注:房间的每一个简正振动模式均可通过一个具有特定品质因数(Q 因数)的二阶带通函数逼近。品质因数越大意味着频率响应带宽越窄和激励信号停止后衰变时间越长。对于一个带宽为(衰变-3 dB)  $B$ (单位 Hz)的二阶方程,实际混响时间大约是  $(2.2/B)$ 。要求重复时间应保证任意房间简正振动模式的带宽中至少有两条激励信号的频谱线落于其内。

6.2.2.3 非重复性激励

非重复性激励信号可以是任意合适的长度。但是,在激励信号之后需要保持一定时段的安静,以保证准确记录衰变响应。应在至少等于  $1/2$  混响时间的时段内记录衰变。对于一个从低频向高频扫描的扫频信号(见附录 B),所要求的静默时段长度由上限频率的混响时间决定。

6.2.3 声压级及线性度

激励信号的声功率应足够高,以获得能够满足所适用传统方法的标准所要求的有效信噪比。

通常,运用确定性激励信号的方法比传统方法能够更好地抑制外部噪声。与传统方法相比,信噪比能够提高 20 dB 到 30 dB 甚至更高。

使用扬声器通常会将非线性失真引入系统。非线性失真不符合新方法的线性度要求。扬声器的非线性失真会随声压级的增加而增大。使用者应意识到这个问题,并试验不同的激励信号声压级以获得最佳信噪比。有时通过降低激励信号的声压级,信噪比反而会升高。在附录 A 介绍的 MLS 方法的应用中,需要特别考虑这个问题(见附录 A)。如果建立得当,附录 B 介绍的 MLS 正弦扫频法能够有效地消除谐波失真对测量结果带来的影响。

脉冲响应衰变到噪声本底的区域通常最容易受到非线性失真的影响。这使得混响时间测量比声压级差测量更容易受到失真效应的影响。

6.2.4 指向性

声源的指向性应符合所适用的传统方法的规定要求。

6.2.5 声源位置数目

声源位置数目应符合所适用的传统方法的规定要求。



### 6.3 响应测量

#### 6.3.1 测量传感器

测量传感器(通常指测量传声器)应符合所适用的传统方法的规定要求。

#### 6.3.2 频率计权

附录 A 和附录 B 中介绍的方法描述了宽带脉冲响应的测量。对宽带脉冲响应做进一步处理可以得到所要求频带范围的分数倍频程计权脉冲响应。

尽管式(1)至式(5)为一般性的,这些公式中的脉冲响应应为分数倍频程计权,以使得最终结果对各个分数倍频带都有效。

分数倍频程计权脉冲响应原则上可以作为对宽带脉冲响应信号的分数倍频程滤波器(GB/T 3241 规定的分数倍频程滤波器)输出而得到。

当选择方法进行要求的频率计权时,对于传统方法所规定的适当类型滤波器,应采取措施保证频率计权的允差符合 GB/T 3241 的要求。应选择合适的采样频率,并采取措施防止频率混叠带来的不利影响。

对于重复信号的激励,应按照对激励信号要求所设定的时间和频率分辨率记录响应,并且应记录一个或多个周期的激励信号响应。

对于非重复信号和声压级的测量,脉冲响应的记录部分应当涵盖从激励信号的开始直到每一分数倍频程响应衰变 30 dB 以上的时间。对于运用非重复激励信号测量混响时间,至少应记录所适用的传统方法要求的衰变部分。

#### 6.3.3 声压级线性度和动态范围

信号处理要有足够的分辨率和动态范围,以满足 GB/T 3785 中对声压级线性度的要求。

不能像检测普通的声学测量仪器那样,来检测旨在应用新方法来获得结果的测量仪器。一般说来,对传声器信号进行数字化处理,运用数字处理系统对传声器信号进行采样来得到结果。通常,可通过普通测试检验传声器和数字线路的正常工作,但不能检验全部计算过程。只要设备能够获得有效结果,数字处理的准确度系由设备的设计决定,而不受设备老化或操作环境条件变化影响。

推荐通过进行可以同传统方法测量结果比较的实验,来检测系统的设计和操作的有效性。用来进行验证测试的房间要有良好可控的声学特性,并且选固定点作为测量点。如果运用具有电子输入和输出信号的时不变系统来验证会更加方便。该系统可以采用没有时间调制的数字混响器。检测的范围需要覆盖整个可能的混响时间范围。可以通过向模拟输入或输出信号中增加宽带无规噪声的方法来研究测试设备在较低信噪比情况下的性能。

建议定期(若合适的话,周期性)检验传声器、数字线路及激励信号源。

#### 6.3.4 串扰

反卷积测量技术的应用使得测量可以具有较大的动态范围,常常可扩展到信号声压级低于外部噪声声压级的情况。甚至当信号声压级低于传声器及测量系统的固有噪声的声压级时还能被测量出来。因此,应仔细消除来自不需要信号通道的影响,如电信号串扰。连接激励声源,如扬声器的电缆需远离连接传声器的电缆,并且将它们屏蔽开来。有时甚至设备内部串扰,通常隐含在自噪声中,也会表现出来。

用对被测信号灵敏度很低的哑元仿真设备取代正常换能器(传声器)能够足以免除串扰的影响。

如果可以的话,将脉冲响应显示出来,这样可以说明可能存在的串扰问题。由于声传播速度有限,并且发射点和接收点有一定的距离,因此接收到的声信号,甚至直达声通常会有一定的延时。串扰信号是电信号,因此通常不会有延时。为排除残余的串扰信号的影响,可以通过给起始脉冲响应信号加窗的方法,来减小任何非声学分量。

#### 6.3.5 时间积分限

##### 6.3.5.1 声压级测量

式(2)给出了无限长积分时间是无限的。这既是不可能的也是不需要的。所记录到的脉冲响应的长度决定了积分上限的最大值。

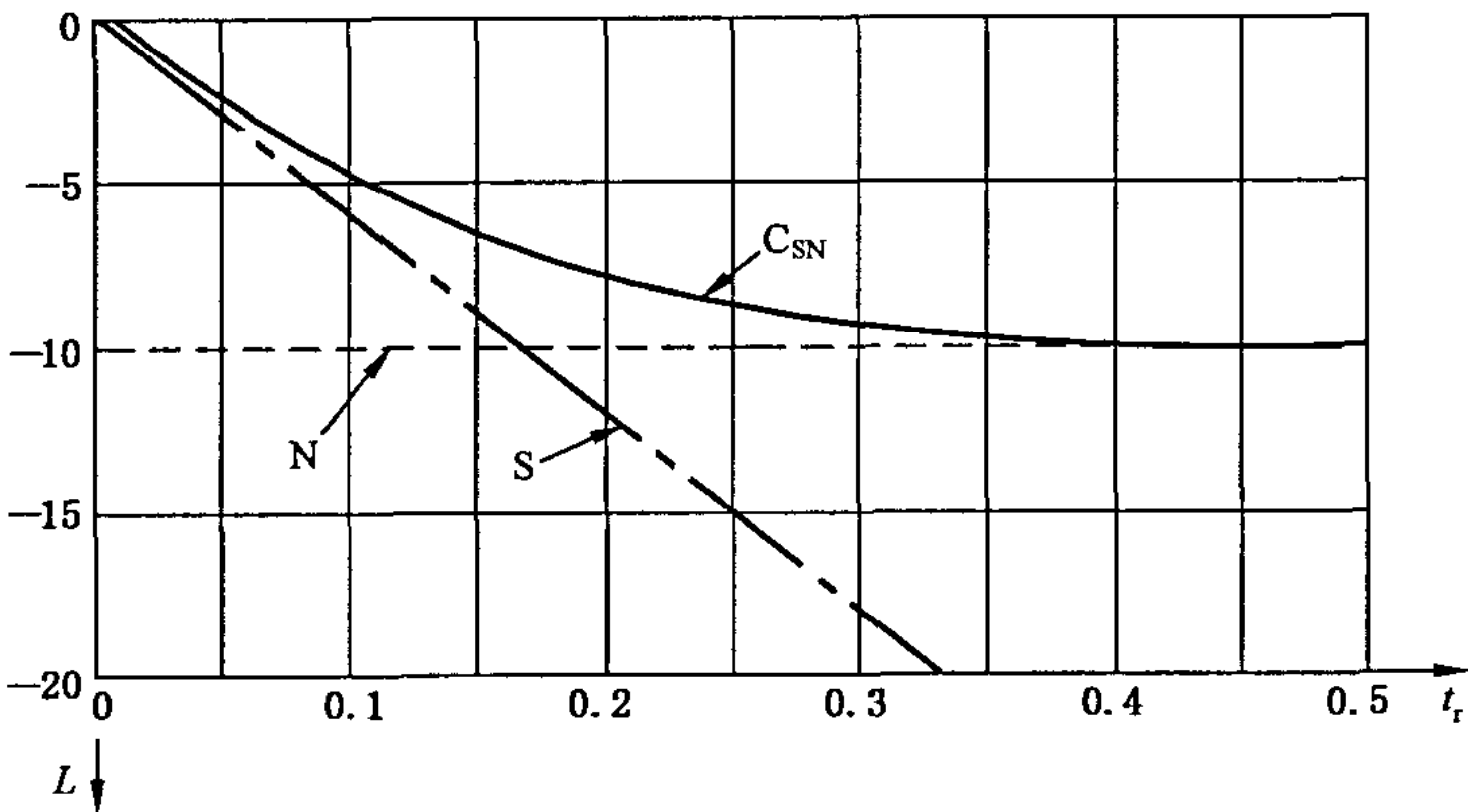


测得的脉冲响应总是伴随着来自外部噪声源和设备自噪声的不需要的噪声信号。系统的非线性和时变性会增加噪声。随积分时间的增加,积分中这些不需要的噪声所带来的影响也增加。如果从 0 到  $t_1$  积分,声压级可以表示成:

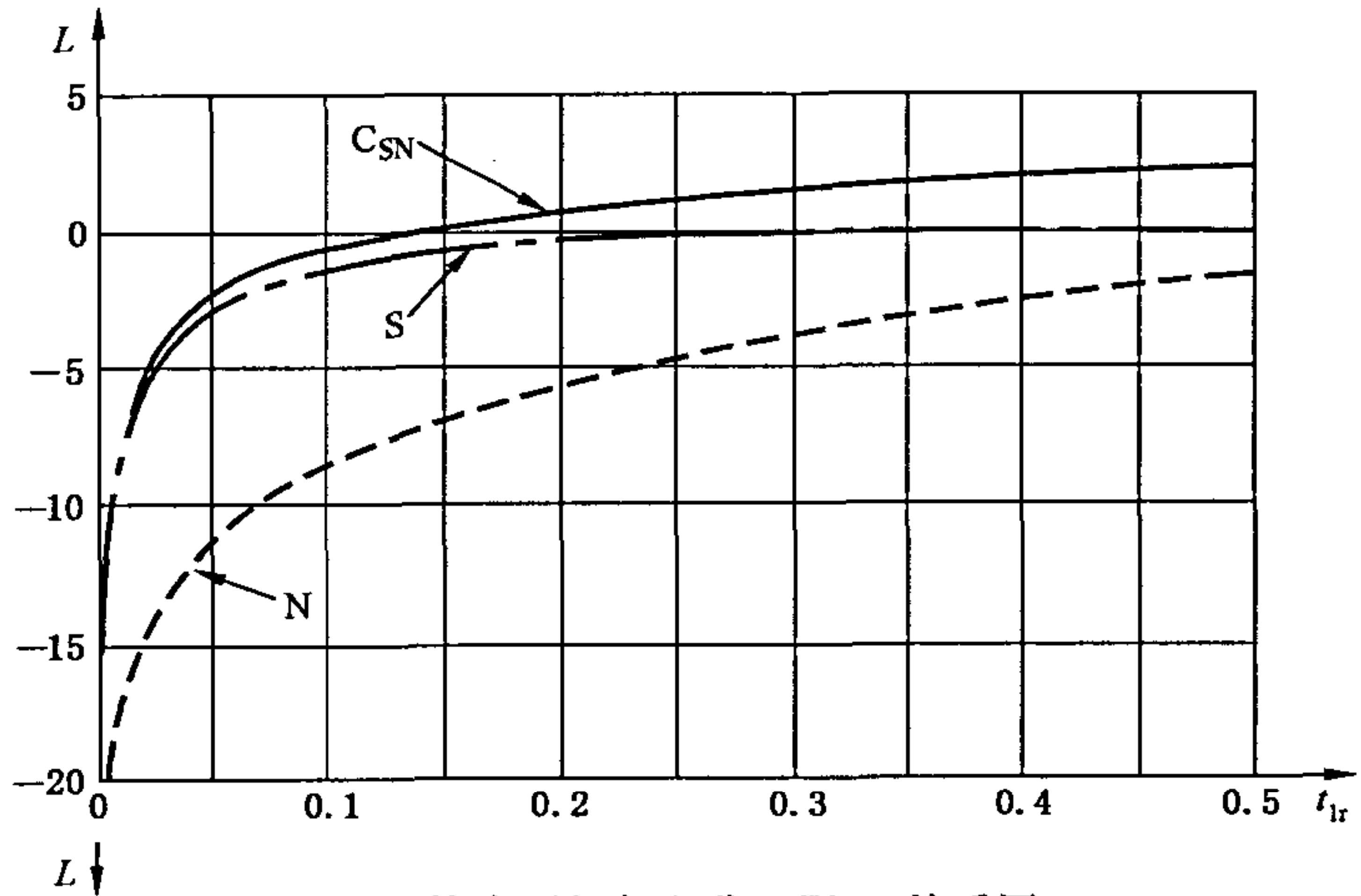
$$L = 10\lg\left\{\frac{1}{C_{\text{ref}}}\left[W_0\int_0^{t_1}h^2(t)dt + \int_0^{t_1}\epsilon^2(t)dt\right]\right\} \dots\dots\dots (11)$$

式中:  
 $\epsilon(t)$ ——背景噪声信号。

在式(11)中,假定  $h(t)$  和  $\epsilon(t)$  不相关,因此忽略交叉项。  
如果积分上限很小,积分的结果就会很小。图 3 给出了  $t_1$  对声压级计算结果的影响。



a) 脉冲响应、背景噪声及两者合成信号的包络图



b) 计算声压级与积分上限  $t_1$  关系图

- $L$ ——声压级(dB);
- $t_r$ ——时间与混响时间的比值;
- $t_{1r}$ ——积分限时间与混响时间的比值;
- $S$ ——脉冲响应信号;
- $N$ ——背景噪声信号;
- $C_{SN}$ ——脉冲响应和背景噪声合成的信号。

注 1: 为研究背景噪声对测量结果的影响,本示例的有效信噪比只有 10 dB。时间为真实时间与混响时间的比值。  
注 2: 时间为相对混响时间的比值。声压级通过式(11)计算得到。图中给出的积分的第 1 部分 S、第 2 部分 N,以及积分的全部  $C_{SN}$ 。0 dB 是指没有任何噪声影响,积分限无限长的情况下正确的声压级。注意在本示例中,噪声和脉冲响应的最大包络之差仅 10 dB。

图 3 积分限

尽管混响时间是未知的,由粗略估计适当分数倍频程的混响时间为  $T$ ,并且按式(12)选择式(11)中的积分上限  $t_1$ :

$$t_1 \geq \frac{T}{3} \dots\dots\dots (12)$$

这意味着积分应至少积到平方脉冲响应曲线上衰变-20 dB 的时刻。 $t_1$ 最佳值取决于信噪比。如果背景噪声较低,增大积分限可以提高准确度。目标是得到超过或至少与传统方法要求的信噪比相等的有效信噪比。

本标准引述的传统方法标准介绍了低信噪比情况下修正测量声压级的方法。新方法可用于测量有效信噪比,然后自动补偿由噪声带来的影响。如果测试方法已包含噪声补偿,就不需要再进行噪声补偿,即使是传统方法中规定了补偿,也不需要。

对每一个分数倍频程或基于  $T$  的最大值的一般积分限,分别选择积分限。

式(11)可用于计算式(5)定义的声压级差。对于两个房间,式(12)的积分上限  $t_1$  可以独立选取或者采用一个最大值。

6.3.5.2 混响时间测量

为了测量声压级,抑制其他噪声的影响,应限制式(1)的时间积分上限。

$$L(t) = 10 \lg \left\{ \frac{1}{C_{ref}} \left[ W_0 \int_t^{t_2} h^2(t) dt + \int_t^{t_2} \epsilon^2(t) dt \right] \right\} \dots\dots\dots (13)$$

建议  $t_2$  应选取脉冲响应  $h^2(t)$  的指数衰变包络与由外部本底噪声确定的测量相应尾段相交的时刻。参考文献中介绍过不同的补偿噪声和积分截断的方法(见参考文献[10])。

6.3.6 响应平均

在对最后脉冲响应进一步处理之前,对多个脉冲响应进行平均可以提高有效信噪比。通过确定的处理过程,可以测定房间的脉冲响应,可以给出重复性信号。但是,典型外部噪声一般是与脉冲响应无关的随机信号。如果平均处理的响应信号的数目增加一倍,信噪比将提高 3 dB。

系统的时变性和非线性将会影响有效信噪比的提高,使其只能达到一个有限值。

6.3.7 测量点的数目和空间平均

测量点的数目(包含声源和传声器的位置)应当满足所适用的传统方法的测量要求。

声级和声级差的组合也应当与所适用的传统方法一致。如果要求先对每个测量房间的声级做平均来获得空间平均声级差,那么也需要遵循类似的程序。

6.3.8 稳定性和时不变性

从激励信号到接收信号的一系列信号全部都应当具有时不变性。采用附录 A 介绍的 MLS 法时,这点特别重要。而附录 B 介绍的正弦扫频法在这方面具有较好的鲁棒性。系统的时不变性能改善增益(幅度),尤其能增加相位的稳定性。正常情况下,模拟和数字信号处理过程中所采用的电子元器件具有足够好的稳定性,很少需要考虑其带来的影响。而扬声器的灵敏度则会随音圈的不断加热而变化,因此当信号具有较大功率时,测量结果就会受到扬声器先前使用的影响。因此,应当保持测量环境的稳定性和可重复性。

测量期间,不应当改变声源和测量传声器的位置。如果扬声器用于外墙测量,应当固定其位置,并且不能摆动或者转动。

注:根据 GB/T 21228.1,无规入射的散射系数的测量不在此要求范围内。

高频比低频更容易受系统时变性的影响。

一般情况下,基于获得脉冲响应的测量方法与传统测量方法相比,新方法测量结果更易受到测量房间内人员的走动影响。

脉冲响应的结尾部分比起始部分更容易受系统时变性的影响。因此,测量混响时间比测量声级差更容易受此影响。系统的时变性会明显增加信号衰变结尾部分的衰变速率,从而使测得的混响时间变短。



### 6.3.9 环境条件

新测量方法可在传统方法所要求的环境条件下采用。但是,由于新方法对于测量过程中环境条件的改变更敏感,因此,需要特别注意保持测量环境的稳定性,而且需要在附录中所描述的不同的测试方法所要求的限制条件下进行。

空气中声传播对于环境条件的改变具有很高的灵敏度。测量空气声传播时,空气中声传播过程也被视为测试系统的一部分。

环境条件的改变会引起系统的时变性,这些环境条件的变化主要是温度变化和风速变化。正常条件下,所需较长时间的测量要比所需较短时间的测量更容易受温度变化的影响。如果对各个时段的响应信号作同步平均的话,那么整个测量周期内都需要保持环境条件稳定。

本标准也给出了附录 A 和附录 B 所述方法的灵敏度信息。但是,如果对采用附录 B 的方法得到的许多脉冲响应做平均的话,那么附录 A 中所描述的严格限制的环境条件也应遵循。

### 6.3.10 校准和准确度检验

#### 6.3.10.1 概述

正常情况下,所适用的传统方法要求在一系列的测量前后均用声校准器对测量仪器进行校检。当测量基于无指向性工作标准传声器或类似传声器时,如果设备不能通过正常使用声校准器来校准测量仪器,应采用 6.3.10.2 到 6.3.10.3 的程序进行操作来保障设备正常的工作。

注 1: 指向性传声器,如 8 字形指向性的传声器,不能用声校准器进行校检。

注 2: 正常情况下,新方法所获得的测试结果不受通道绝对灵敏度的影响,因为测量的对象不是级差就是级的改变率(混响时间)。

#### 6.3.10.2 单测量通道仪器校准

进行声级测量时应当使传声器靠近激励信号源。有效信噪比至少应为 30 dB。应在相同条件下重复测量,对于所有相关的分数倍频程,测量得到的声级差都应保持在所需的测量精度范围内。

#### 6.3.10.3 两个或多个测量通道仪器校准

选择某个通道作为参考通道。其他每一通道,其响应都应参考通道的响应进行比较。待对比通道的传声器应与参考通道的传声器面对面放置。两传声器之间的距离应保持在相关的最高分数倍频程的中心频率相应波长的 1/10 范围内。

声级差为这些传声器靠近激励源放置时的测量结果。其有效信噪比至少应为 30 dB。每对传声器得到的声级差应满足所有相关分数倍频程的测量准确度要求。

建议选用类似设计的传声器(尺寸大小、频率响应、指向性响应等)。有些传声器可能具有保护格栅,如果传声器彼此靠得太近,容易阻挡声入口。

## 7 频率响应函数测量

对脉冲响应进行傅里叶变换可以得到频率响应函数。频率响应函数也可作为所需频率范围内的正弦激励信号的响应进行测量,并以幅值和相位的形式记录下来。

根据式(6),声级测量无需相位信息。如果采用合适的检测方法,那么其对于系统时不变性的要求要比直接测量脉冲响应小得多。

正常情况下,激励信号的频率会连续变化,即从低于被测最低分数倍频带的下限频率逐渐增加到大于被测最高分数倍频带的上限频率。激励信号的频率随时间呈指数增加的扫频类似于传统方法中的粉红噪声源。

测量通道中窄带示踪滤波器可用于降低噪声和剔除测量系统非线性引起的谐波分量。滤波器带宽应足够宽以避免混响引起衰变率的变化。

## 8 精密度

新方法可以通过单次测量就可得到利用无规噪声作为激励信号的传统方法所获得的期望值。当进



行重复测量时,所得结果不可能在观测值中出现随机分布,就像采用无规噪声作为激励信号的典型测量情况。而且在正常情况下,新方法正常情况下会改善有效信噪比。

测量位置的改变会使采用新方法得到的结果和传统方法具有相同的分布。

若环境条件能够适当控制在附录 A 或附录 B 所要求的范围内,那么与传统方法相比,本标准规定的新方法会有相似的或更好的精密度。

本标准测量方法所得结果的不确定度应加以估计,最好能够符合测量不确定度表述指南(GUM)的要求。如果出具测试报告的话,应当给出扩展不确定度的详细说明以及 GUM 中所规定的标称覆盖概率对应的包含因子。

## 9 测试报告

测试报告结果表示和相关内容应与所适用的传统方法要求相一致。另外,测试报告至少应包含以下内容:

- a) 依据本标准,即 GB/T 25079—2010;
- b) 采用方法简述:信号类型,信号持续时间,平均次数等;
- c) 适用的传统方法的标准号和标准名称。

附录 A  
(规范性附录)  
最大长度序列法

A.1 概述

本附录仅简单介绍基于最大长度序列的测量方法和 Hadamard 变换。该方法和其在建筑声学领域应用的详细介绍见参考文献[10]~[12]和[15]；

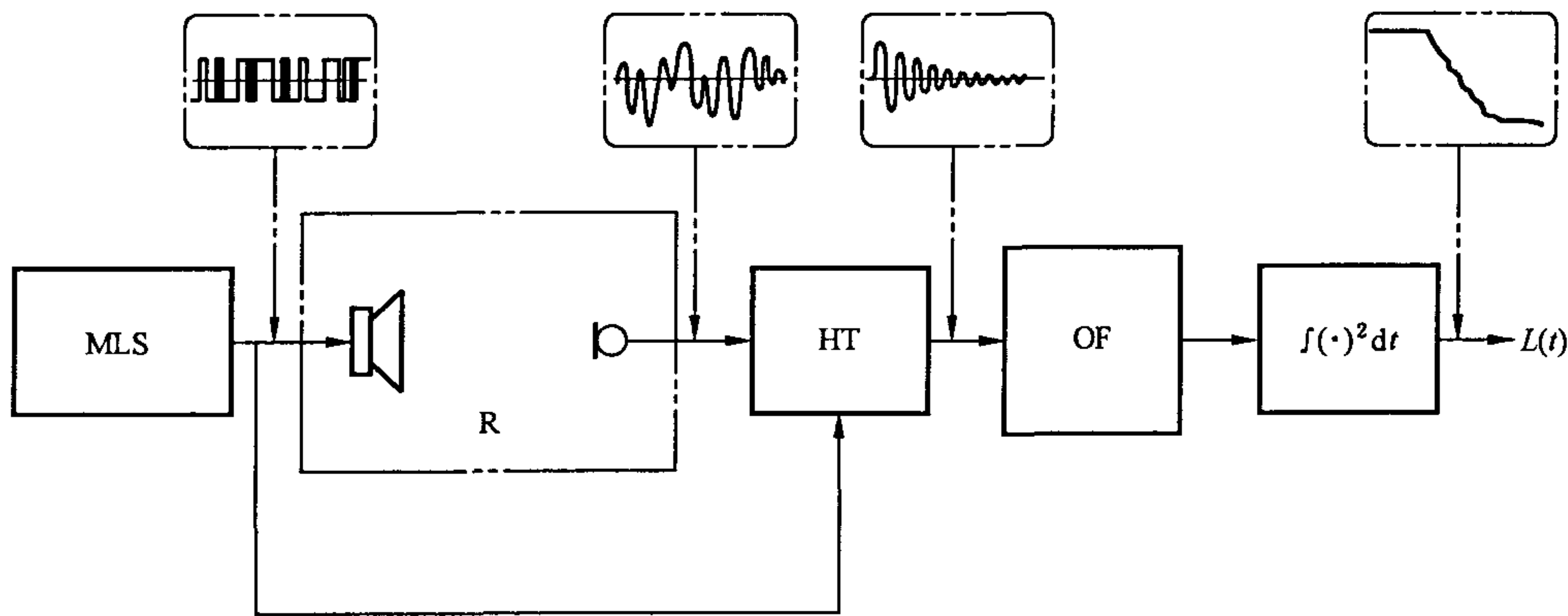
最大长度序列是一组二进制序列。此序列作为激励信号时，二进制数值以固定的频率  $f_c$  输出，其中  $f_c$  为已记录的响应信号的采样频率。最大长度序列是确定性序列，但是其音频特性与白噪声相似，而且每个二进制数值输出均呈现类随机性。

MLS 可以由其阶数(整数  $N$ )来定义。序列的长度为  $l_1 = 2^N - 1$ 。当序列周期性重放时，其自相关函数与周期性的  $\delta$  脉冲相似。因此该信号可近似为以重复频率  $f_{\text{REP}}$  重放的一种白噪声记录信号，其中：

$$f_{\text{REP}} = \frac{1}{T_{\text{REP}}} = \frac{f_c}{2^N - 1} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

对于上述描述，假定该序列周期性重放。由此测得的脉冲响应也呈现出周期性，因而，未被记录到的脉冲响应的末尾部分会被叠加到已记录信号的起始部分<sup>[16]</sup>。

当使用白噪声激励信号时，任何线性系统的脉冲响应一般可以从输入信号和输出响应的互相关函数得到。当输入信号是周期性最大长度序列时，利用 Hadamard 变换可加速互相关函数的计算过程，其计算过程如图 A.1 所示。



MLS——最大长度序列信号发声器；  
R——被测房间；  
HT——Hadamard 变换；  
OF——分数倍频程滤波器。

图 A.1 MLS 处理示意图

进行 Hadamard 变换可以像快速 Hadamard 变换(FHT)一样有效，通过加减运算在已记录响应信号中合成不同的采样。本方法中还包含了对一个额外采样的加法运算，所以输出序列的长度  $l_2$  满足 2 的幂方：

$$l_2 = l_1 + 1 = 2^N \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

Hadamard 变换的输出即为被测系统的脉冲响应。测量系统的输入信号是电激励信号，输出信号则是记录设备的输入信号。因此，除了房间响应，功率放大器、扬声器甚至滤波器网络也是整个系统中

的一部分。本标准描述的大多数建筑声学测量,房间特性决定了响应信号的主要特性。进一步处理脉冲响应,可以获得分数倍频程滤波响应。

由于激励信号的周期特性,测得的脉冲响应同样具有周期特性。如果脉冲响应长度超过一个序列周期,脉冲响应的末尾部分会被叠加到起始部分(时间混叠-循环卷积)。

A.2 序列长度

序列长度应大于或等于式(10)所需的混响时间。所需频率的上限决定时钟频率  $f_c$  的下限,其中时钟频率  $f_c$  等于已记录的脉冲响应的采样频率。序列的长度和时钟频率确定 MLS 的阶数的下限。

注:所需阶数可以通过示例计算:估计混响时间  $T$  为 1.5 s,测量频率上限 3.55 kHz(3.15 kHz 滤波频带的上限频率),时钟和采样频率为 12 kHz。阶数的最小值可以如下得出:

$$T_{\text{REP}} = \frac{2^N - 1}{f_c} \geq T \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

等价于

$$N \geq \frac{\lg(Tf_c + 1)}{\lg 2} = \frac{\lg(1.5 \times 12\,000 + 1)}{\lg 2} \approx 14.2 \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

满足要求的最小整数为  $N=15$ 。如果采样频率降低到接近临界  $2 \times 3.55$  kHz 或 7.1 kHz,而阶数则可降至 14。

A.3 信噪比

A.3.1 概述

如果已记录的响应或脉冲响应多个周期进行同步平均,那么可以通过 6.3.6 所示的方法提高有效信噪比。另外,如果脉冲响应的重要部分短于已测量响应的长度,那么用来计算数值的序列会被截断。相应的,余下记录信号中的噪声将会被剔除。这是因为经过 Hadamard 变换之后,不相关的正交噪声在时间轴上的分布维持不变。即使是外部脉冲信号,经过 Hadamard 变换之后,其在时间轴上的分布仍然不变。

以下与信噪比相关的公式是在假定环境条件稳定而且呈线性的情况下得出的,所以被测系统可以近似为线性时不变系统。

A.3.2 级测量

如 6.3.5.1 所述,脉冲响应大部分能量集中在起始部分。如果积分限  $t_1$  如式(11)所定义,那么与传统的方法比较,可由式(A.5)给出有效信噪比的增量  $\Delta$ (单位:dB)的近似值(见参考文献[10]):

$$\Delta \approx 10\lg\left(\frac{nT_{\text{REP}}}{t_1}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中:

$n$ ——平均次数。

传统方法信噪比即为用 MLS 信号作为传统激励信号得到的信噪比。

A.3.3 混响时间的测量

MLS 序列可以看作传统的噪声激励信号,混响时间可以由传统的中断噪声法计算得出。如果把这种测量方法的信噪比作为参考,那么 MLS/Hadamard 方法中有效信噪比的增量  $\Delta$ (单位:dB)可以由式(A.6)近似给出(见参考文献[10]):

$$\Delta \approx 10\lg\left(\frac{13.8 \times nT_{\text{REP}}}{T}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

式中:

$T$ ——混响时间。

新方法计算混响时间的声级范围与参考的传统方法一致。

A.4 时间不变性

A.4.1 概述

被测系统的时变性可能会影响得到的有效信噪比,并导致不可靠的结果。除线性要求外,时不变性



在 MLS 法的应用中也是一个关键的参数,应时刻关注。6.3.8 介绍了环境条件引起的系统缓慢时变。

A.4.2 移动

所有的激励信号源、反射物、传感器、其他设备以及房间边界都应保持不变,不能在测量期间改变它们的位置。

注:根据 GB/T 21228.1,无规入射散射系数的测量不在此要求范围内。

A.4.3 环境条件

A.4.3.1 温度

由文献得到的如下限制条件可作为环境温度条件限制准则(见参考文献[10]~[12])。

声级差期测量间最大温度变化  $\Delta\vartheta$ (单位:℃)应满足:

$$\Delta\vartheta \leq \frac{1\,300}{fT} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

$f$ ——分数倍频程滤波器中心频率;

$T$ ——混响时间。

对于稳态声级以下 0 至 30 dB 的范围内混响时间的测量,温度变化  $\Delta\vartheta$ (单位:℃)满足如下限制:

$$\Delta\vartheta \leq \frac{200}{fT} \dots\dots\dots (A.8)$$

A.4.3.2 最大风速(室外测量)

测量需在平均风速小于 4 m/s,阵风风速小于 10 m/s 的情况下进行。有风情况下,需要对扬声器附近的风速进行监测,以确保上述测量条件得到满足。风速测量仪的测量准确度至少应为 10%,时间常数不能超过 2 s<sup>[11]</sup>。

A.4.4 失真

激励信号通道的失真通常会以增加的噪声本底包括峰值的形式出现,因此,激励信号通道应在线性响应为主的范围内工作。当使用 MLS 法时,通过减小激励信号幅值,可以获得更高的有效信噪比。参考文献[12]给出了详细指南。

一些非线性的激励信号源可产生非谐波失真或次级谐波失真(如:短促而持续的敲击声),应将其声/电(输出)级控制在较低的水平。

## 附录 B

### (规范性附录)

### 正弦扫频法

#### B.1 概述

一般来说,任何激励信号,只要其每个测试频率有足够的能量,都可以用来测定任何线性时不变系统的脉冲响应和各自频率响应函数。通过反卷积,可以从对激励信号的响应获得系统的脉冲响应,而利用被测系统的输出信号频谱除以输入信号的频谱则可获得系统的频率响应函数。为了实现频域相除从而得到频率响应函数,这就意味着要对输入信号和输出信号进行傅里叶变换。

与附录 A 中所描述的方法相比,利用正弦扫频信号作为激励信号有几个优势。例如,可以减少对系统时变性的灵敏程度(温度变化和空气流动),也可以避免因谐波失真而减小有效信噪比。因为所有的谐波失真都可以从结果中滤除掉,所以正弦扫频激励信号的馈给功率实际上比 MLS 信号要大。在安静环境下,扫频测量可以提供大于 100 dB 的信噪比。

利用扫频信号进行测量不易受系统时变性的影响。在进行室外测量时,空气流动经常会引起系统特性随时间变化。在有风的条件下测量长距离的脉冲响应,扫频信号有时是唯一可行的选择。

扫频激励可以从低频到高频只进行一次,也可以采用周期重复方式扫频。本附录对于扫频信号的分析仅限于单个周期之内。如果合适的话,整个频率范围可以分成若干个包含部分频率范围的频段,即:每个分数倍频带可分别进行扫频测量。

对于利用周期性或重复性扫频信号进行测量的效果,请参看 B.8。

当一次仅发射一个扫频时,所有的能量都被用来估计频率响应函数。尽管每次扫描之间会有留有间隙以便采集所有延迟的成分,然而这种非周期的激励信号节省了测量时间。

注:各种文献中用很多不同的名词来描述正弦扫频法。其中包括“线性调频脉冲”,“正弦扫频”和“时间展宽脉冲”。

#### B.2 扫频时间

相比利用周期性激励信号进行测量,从混响时间上考虑,对扫频信号的扫频时间没有特别的要求。从短的线性调频脉冲到超过混响时间数倍的扫频信号都可以用作激励信号。但是,记录扫频响应的时间应当比扫频激励信号本身的持续时间长,从而获得更多的混响信号,直到响应信号衰变到噪声本底以下。

在房间和建筑声学中,通常低频的混响时间最长。当利用持续时间较长(数秒)的扫频信号作激励信号时,信号结束后的间隔时间只需要满足最高频率的混响时间即可,这是因为当扫频激励信号还在向高频扫描时,所有低频成分已经开始衰变。

增加扫频信号的持续时间可以使被测房间的能量增强,从而增加有效信噪比。一般说来,应该优先选择持续时间较长的扫频信号进行平均,因为它一方面可以减少系统时变性所带来的影响,同时容易分离出失真成分。

#### B.3 扫频信号的产生

##### B.3.1 概述

根据 6.2.2 中对频谱的要求,对于大多数的测量来说,非白噪声的激励频谱是较好的选择。频谱成分可以随幅度和瞬时扫频速度的改变而变化。在大多数情况下,更倾向于保持幅度不变,而使扫频速度随频率的改变而改变。扫频信号的频率从被测分数倍频程的最低频段的下限一直增加到被测分数倍频程的最高频段的上限。通常扫频需要包含一段无信号的安静时段,该时段也属于激励信号的一部分。



在具有适度的背景噪声情况下,通常一个稳妥的做法是,扫频信号持续时间为最大混响时间的 2~4 倍,同时激励信号结束后,记录响应信号的安静测量时间应等于期望的最大混响时间。

### B.3.2 白色和粉红色频谱的扫频信号

幅度不变的线性扫频信号每赫兹频率都具有相等的能量,具有白噪声特性的频谱。如果扫频频率随时间指数增加,那么每个倍频程的扫频时间都相等。这样的话,每个分数倍频程的能量相等,频谱呈粉红噪声特性。指数扫频信号作为一种正常激励信号,对应于可适用的传统方法中的粉红噪声。

### B.3.3 任意幅度谱的扫频信号的生成

如 6.2.2 所述,可以通过改变扫频速率来改变激励信号的频谱以满足需要。一般来说,调整扫频速率比改变包络(幅度)更可取,因为它允许用固定长度来保持功率放大器的削波等级。

如果降低某个特定频段的扫频速率,那么该频段将会集中更多的能量。通过合理控制扫频速率,可以合成幅度谱任意但是时间包络幅度恒定的扫频信号。参考文献[13]给出了如何获得特定频谱扫频信号的详细介绍,同时也描述了如何减少扫频信号起始和结束的瞬变性。

### B.4 响应信号的记录

记录扫频激励信号产生的响应的时频图应当从扫频信号产生时开始,到因混响而导致声音衰变到一定程度时结束。持续时间长度取决于扫频速率、信号覆盖的频率范围以及房间的混响。对于声级差的测量,记录的信号应当衰变 30 dB 或者说至少持续到混响时间的一半。

对于混响时间的测量,衰变覆盖的范围与参考的传统方法一致。通常要求动态范围比声级测量的范围大,因而记录时间更长。

图 B.1 所示为一指数扫频激励信号及其响应的时频图。请注意,因为混响,接收的频率成分有一定的延迟。

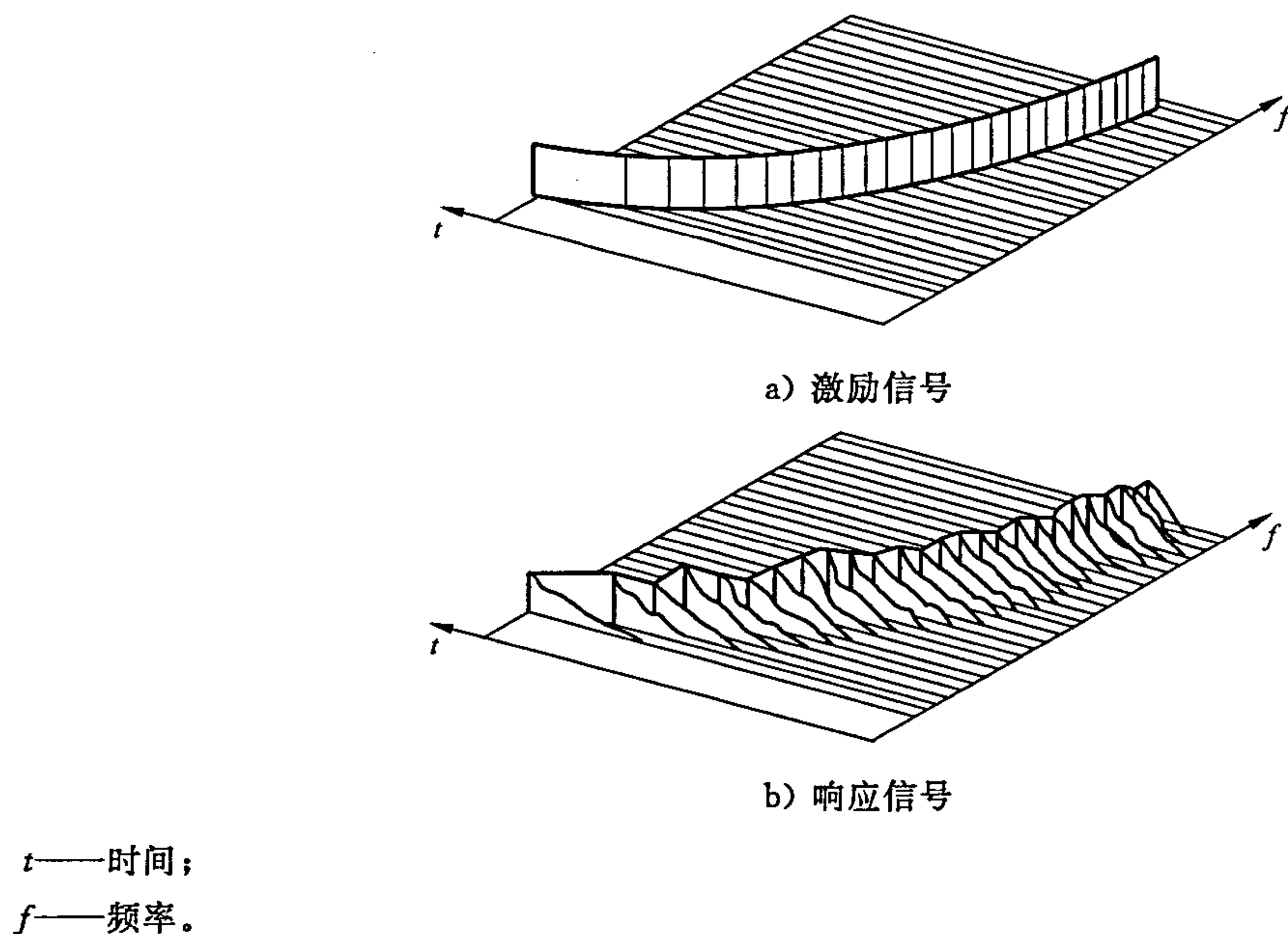


图 B.1 指数扫频信号的时频图

### B.5 反卷积

图 B.2 和图 B.3 给出了利用反卷积处理获得房间脉冲响应的两种步骤。通过直接反卷积或者响应信号和激励信号频谱的相除可以获得复频域响应函数。

如图 B.2 所示,反卷积过程是通过接收信号与激励信号的反卷信号之间的卷积来实现的。该反卷信号具有这样的特性,卷积该信号与激励信号可以获得理想的脉冲信号。进一步处理宽带脉冲响应可



以获得式(1)中所定义每个分数倍频程的  $L(t)$  函数。图 B. 2 只阐述了信号处理过程。例如：只要 6. 3. 2 中的要求得到满足，那么获得分数倍频程响应滤波可以在频域进行。

图 B. 3 中，通过快速傅里叶变换(FFT)实现时域和频域的变换。通过反变换(快速傅里叶逆变换，即 IFFT)回到时域可以获得宽带脉冲响应。通过进一步处理宽带脉冲响应可以获得式(1)中所定义每个分数倍频带的  $L(t)$  函数。图 B. 3 只阐述了信号处理过程。例如：只要 6. 3. 2 中的要求得到满足，那么获得分数倍频程响应滤波可以在频域进行。

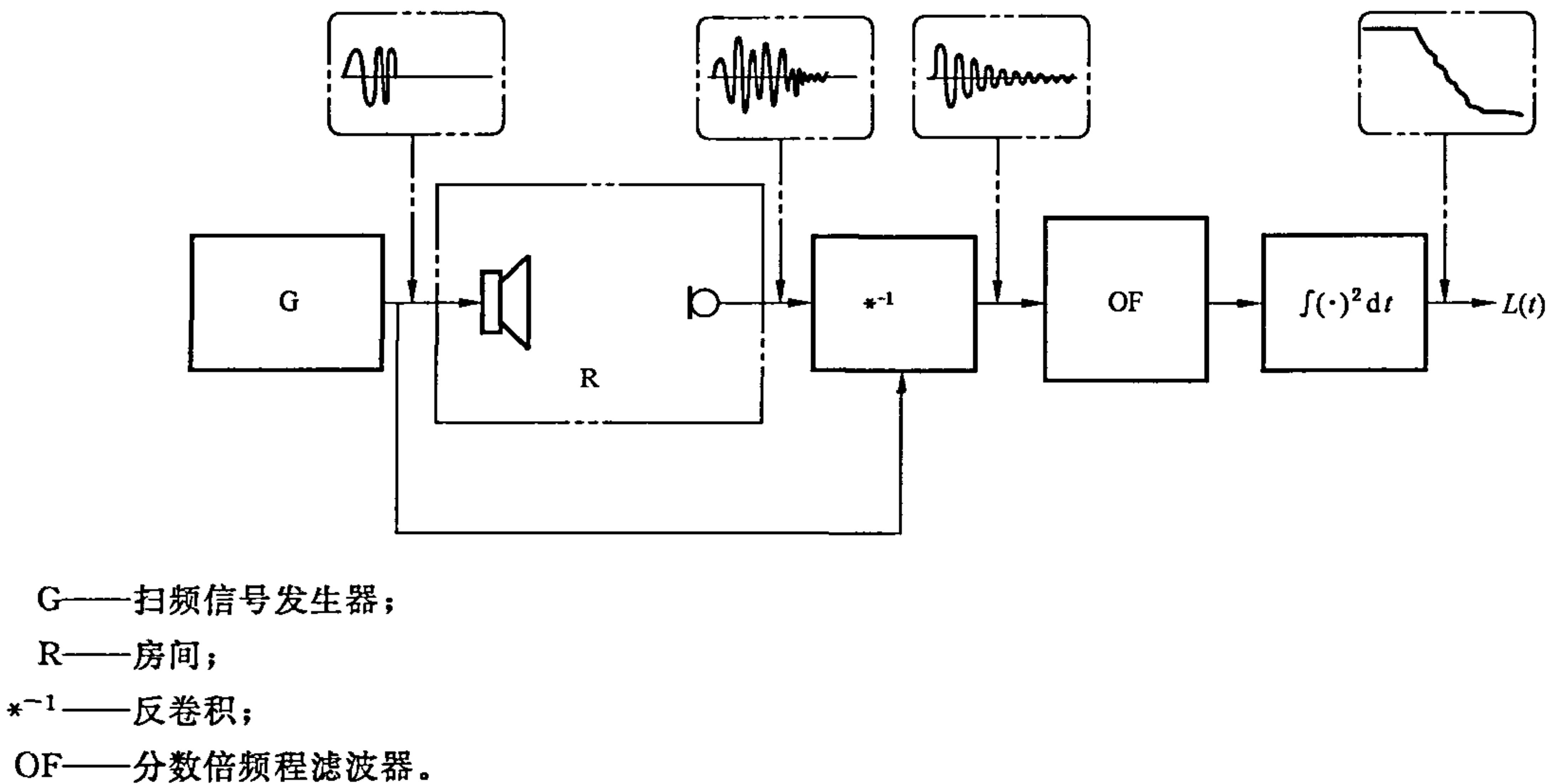


图 B. 2 直接反卷积

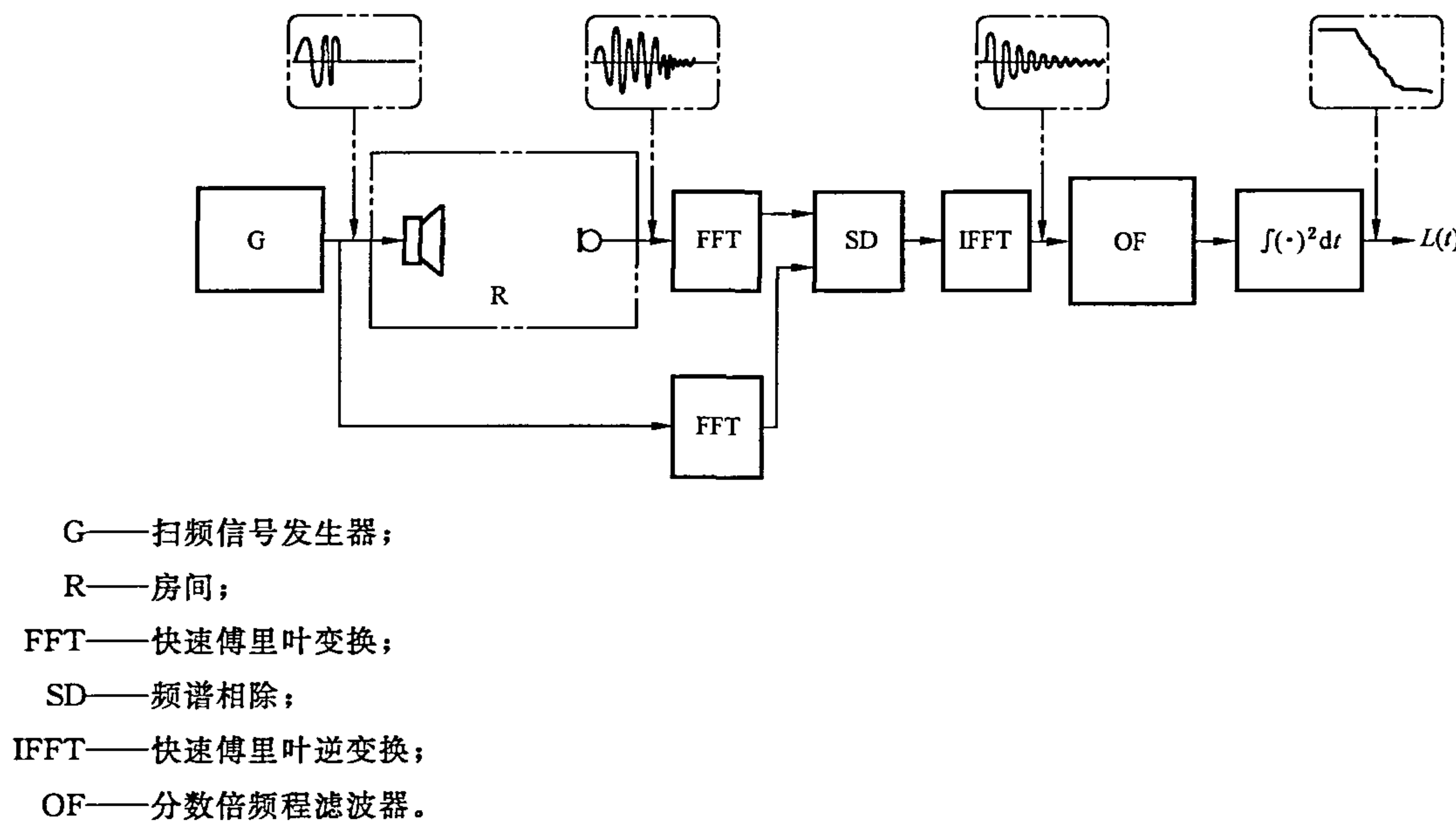


图 B. 3 频谱相除

在反卷积过程中需要注意若干事项。如果采用快速傅里叶变换，那么需要预防循环卷积。而且，频谱相除时，分母中可能包含能量非常小的频率，这时需要注意防止在这些频率下伴随被测响应的外部噪声的增强。这种情况时常出现在靠近扫频范围的边界处。

由于此处仅讨论非周期的激励信号，因此获得脉冲响应的最合适方法是线性(非循环)反卷积。线性反卷积过程可以简单地通过直接反卷积来完成，如果利用频谱相除的话，则需要对激励信号和已记录的响应信号补零，使信号长度延长为原来的两倍(补零)。

如果激励是从低频到高频的扫频信号时，谐波成分的反应可能比相应频率的激励信号出现得更早。

线性反卷积之后,激励信号中谐波成分响应将出现在时间轴负半部,而且可以很容易消除(详见参考文献[14])。

如果利用频谱相除法,激励信号和响应信号都要做相应的快速傅里叶变换,然后利用响应信号的频谱除以激励信号的频谱。对处理的频域结果做快速傅里叶逆变换可以获得所需的脉冲响应,由此而出现在时间轴负半部的响应可以忽略不计。如文献[8]所述,这种方法也可用来消除激励信号通道所产生的谐波失真。

除了线性反卷积法,也可以采用与采样时间相同的快速傅里叶变换进行循环反卷积。但是这种情况下失真成分会出现在脉冲响应衰变部分。在这种情况下,选择的激励信号的长度应当比衰变时间要足够长。此时,失真成分可能出现在噪声本底,可以方便地通过加窗方式去掉而不至于影响混响的尾段。

线性反卷积和循环反卷积这两种方法获得的脉冲响应在噪声本底方面有重要的区别。循环反卷积所引起的噪声本底基本上为常数,直至第一个失真分量出现。而线性反卷积会产生衰变的噪声尾部,它是一个渐增的低通滤波过程,直至结束。事实上,这反卷积结果的最后一部分源于稳态噪声和反向序列扫频(即从高频至低频)的卷积。用户应了解其影响,以免混淆衰减的噪声本底和房间的混响尾段。

## B.6 信噪比

除了外界环境噪声,还有很多因素会影响有效信噪比,比如激励信号的幅度、扫频速率和信号处理算法等。正常情况下,扫频时间延长一倍可以使有效信噪比增加 3 dB。虽然对更多的脉冲响应作平均可以提高信噪比,但是通常不建议这样做,因为这会使结果对环境条件变化的敏感度提高。然而环境影响大多出现在峰值级 30 dB 以下。

## B.7 时不变性

### B.7.1 概述

被测系统的时变性可能会限制实际的有效信噪比并且导致不可靠的结果。在开发的新测量方法中,时间不变性是一个非常关键的假设,应当时时加以考虑。

对环境条件改变的灵敏程度取决于实际的应用。由于不大的时变性而造成的影响通常都在脉冲响应信号峰值 30 dB 以下,因此,对声级测量影响不大,但是会得到一个不可靠的混响时间。对动态范围要求比较大的一些其他应用,其对环境的灵敏程度会更大一些。

### B.7.2 移动

所有的激励信号源,反射物体,传感器和其他的一些设备以及房间的边界都应该保持不变,不要在测量期间改变它们的位置。

注:根据 GB/T 21228.1,无规入射的散射系数测量不在此要求范围内。

## B.7.3 环境条件

### B.7.3.1 温度

目前很少有资料对本附录描述的正弦扫频法的温度稳定性提出要求。但是,本方法对于测量期间环境温度改变的灵敏度显然比附录 A 所述方法要小得多。为保险起见,测量时应尽量保持环境条件的稳定。

### B.7.3.2 最大风速(室外测量)

目前很少有资料对本附录描述的正弦扫频法的风速影响提出要求。但是,本方法对于测量期间风速的灵敏程度要显然比附录 A 中描述的方法小得多。出于保险考虑,进行测量时应尽量保持环境条件的稳定。

### B.7.4 失真

激励信号通道的失真的影响主要取决于所采用的信号处理算法。B.5 中所描述的方法可以明显地



减少谐波失真的影响。因此,强烈建议采用这些方法。这些方法通常会提高有效信噪比,并允许所用声源在接近其最大声级状态下工作。

一些非线性的声源可能产生非谐波失真或次级谐波失真(如:短促而持续的敲击声),应将其声级控制在较低的水平。

#### **B.8 周期性和重复性扫频信号**

原则上,周期性扫频信号可以作为激励信号。这种情况下,信号的周期应当等于或大于式(10)中所需的混响时间。但是,采用周期性扫频信号会使系统对外界环境的灵敏程度增大。因此,建议采用持续时间更长的单个扫频信号而不是周期性扫频信号来提高信噪比。如果采用这种信号的话,应当满足附录 A 中所要求的环境条件。

参 考 文 献

- [1] GB/T 19889(所有部分) 声学 建筑和建筑构件隔声测量.
  - [2] ISO 3382 (all parts), Acoustics—Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.
  - [3] ISO 10848 (all parts), Acoustics—Laboratory measurements of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms.
  - [4] GB/T 21228.1 声学 表面声散射特性 第1部分:混响室中无规入射声散射系数测量.
  - [5] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM/IEC/CC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML.
  - [6] SCHROEDER, M. R. , New Method of Measuring Reverberation Time. J. Acoust. Soc. Am. , 37 (1965) :409-412.
  - [7] SCHROEDER, M. R. , Integrated-Impulse Method Measuring Sound Decay without Using Impulses. J. Acoust. Soc. Am. , 66 (1979) :497-500.
  - [8] BORISH, J. , and ANGELL, J. B. , An Efficient Algorithm for Measuring the Impulse Response Using Pseudorandom Noise. J. Audio Eng. Soc. , 31 (1983) :478-488.
  - [9] LUNDEBY, A. T. , VIGRAN, E. , BIETZ, H. , and VORLÄNDER, M. , Uncertainty of Measurements in Room Acoustics. Acoustica, 81 (1995) :344-355.
  - [10] VORLÄNDER, M. , and KOB, M. , Practical Aspects of MLS Measurements in Building Acoustics. Applied Acoustics, 52 (1997) :239-258.
  - [11] HORVEI, B. , OLSEN, H. , and USTAD, A. , Nordtest project on MLS based on method for sound insulation measurements. SINTEF Report STF40 A98008, Trondheim 1998.
  - [12] BRADLEY, J. S. , Optimizing the Decay range in Room Acoustics Measurements using Maximum-Length-Sequence Techniques. J. Audio Engineering Soc. , 44 (1996) :266-273.
  - [13] MÜLLER, S. , and MASSARANI, P. , Transfer-Function Measurement with Sweeps. J. Audio Eng. Soc. , 49(2001) :443-471.
  - [14] FARINA, A. , Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique. AES 108th Convention, Paris, 2000 February 19-22, Preprint 5093.
  - [15] VORLÄNDER, M. , Categorization of modern measurement techniques in building acoustics. Proceedings Inter-Noise 2001, The Hague, (2001) , :2145-2154.
  - [16] RIFE, D. D. , and Vanderkooy, J. Transfer-Function Measurement with Maximum-Length Sequences. J. Audio Eng. Soc. , 37 (1989) :419-443.
  - [17] AOSHIMA, N. , Computer-generated pulse signal applied for sound measurement. J. Acoust. Soc. Am. , 69, (1981) :1484-1488.
-



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
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

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

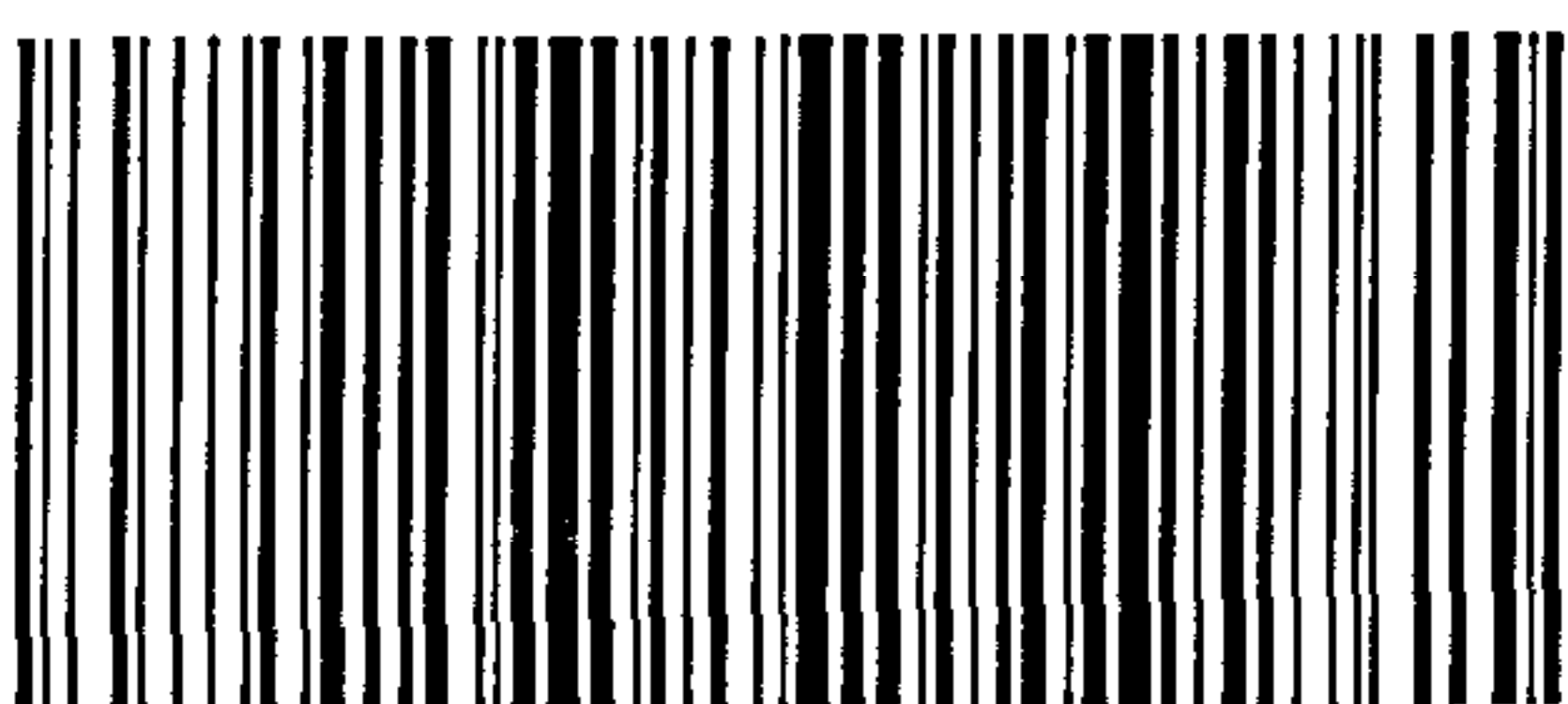
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 39 千字  
2010 年 12 月第一版 2010 年 12 月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-40722

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533



GB/T 25079-2010