

ICS 91.120.20
A 59



中华人民共和国国家标准

GB/T 36075.1—2018/ISO 3382-1:2009

声学 室内声学参量测量 第 1 部分：观演空间

Acoustics—Measurement of room acoustic parameters—
Part 1: Performance spaces

2018-03-15 发布

2018-10-01 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	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测试条件	2
5 测量方法	5
6 衰变曲线的评价	6
7 测量不确定度	7
8 空间平均	7
9 结果表达	8
附录 A (资料性附录) 基于脉冲响应的厅堂音质参量	9
附录 B (资料性附录) 基于脉冲响应的双耳厅堂音质参量	15
附录 C (资料性附录) 基于脉冲响应的舞台音质参量	17
参考文献	19

前 言

GB/T 36075《声学 室内声学参量测量》包括以下三个部分：

- 第1部分：观演空间；
- 第2部分：普通房间混响时间；
- 第3部分：开放式办公室。

本部分为 GB/T 36075 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 3382-1:2009《声学 室内声学参量测量 第1部分：观演空间》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 3241—2010 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器(IEC 61260:1995 和 AM1:2001, MOD)
- GB/T 3785.1—2010 电声学 声级计 第1部分：规范(IEC 61672-1:2002, IDT)

本部分由中国科学院提出。

本部分由全国声学标准化技术委员会(SAC/TC 17)归口。

本部分起草单位：中国科学院声学研究所、中国建筑科学研究院、清华大学、华南理工大学、广东启源建筑工程设计院有限公司声学分公司、北京瑞安特声学装饰工程有限公司、深圳市中孚泰文化建筑建设股份有限公司、福建省建筑科学研究院、中机中联工程有限公司、北京瑞安特广播电视设计院。

本部分主要起草人：吕亚东、谭华、燕翔、吴硕贤、罗钦平、阮文富、罗泽红、吴镒、毛伟、徐欣、阮丽新。

引 言

混响时间一直被视为室内音质的主导性声学性能参量。在混响时间作为重要参量的同时,为了更完整地评价室内音质,还有必要测量其他的声学参量,这些参量包括:相对声压级、早期/后期声能比、侧向声能比、双耳互相关函数及背景噪声级。

GB/T 36075 的本部分提供了基于脉冲响应法和中断声源法获得混响时间的方法。在附录中介绍了一些新声学参量测量的概念和细节,但这些附录非本部分的规范性附录。本部分旨在使混响时间测量具备较高的确定性和测量结果可比性,促进新参量的应用并就新参量测量达成共识。

附录 A 提出一些建立在脉冲响应平方基础上的测量,包括厅堂中更深入的混响测量(早期衰变时间)和相对声压级、早期/后期声能比、侧向声能比的测量。对此,还需进一步工作以确定哪些参量最适宜进行标准化。因为这些参量都是从脉冲响应中得到的,有必要引入脉冲响应作为标准测量的基础。附录 B 介绍厅堂双耳测量和双耳测量所需的头部和躯干模拟器(人工头)。附录 C 介绍基于脉冲响应的舞台音质参量测量,这些测量有助于从音乐家的角度来评价音质。

声学 室内声学参量测量

第 1 部分:观演空间

1 范围

GB/T 36075 的本部分规定了观演空间混响时间和其他音质参量的测量方法、测量步骤、测量设备、涵盖范围、结果评价和测试报告式样,适用于采用现代数字技术进行声学测量和对基于脉冲响应得出的室内音质参量的评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

IEC 61260 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器(Electroacoustics—Octave-band and fractional-octave-band filters)

IEC 61672-1 电声学 声级计 第 1 部分:规范(Electroacoustics—Sound level meters—Part 1: Specifications)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

衰变曲线 decay curve

描述声源停止发声后室内某处声压级随时间衰变的图形。

[GB/T 20247—2006,定义 3.1]

注 1:衰变曲线既可在室内的连续噪声中断后测得,也可通过对脉冲响应反向积分获得。

注 2:不推荐直接使用非连续声源所获得的曲线来精确测量房间的混响时间(如使用发令枪作为声源,用声级记录仪进行记录),这种方法只能用于调查性的简易级测量。通常房间脉冲响应并非呈简单指数衰减,它的斜率与从脉冲响应积分得到的结果是不一样的。

3.2

中断声源法 interrupted noise method

激励房间的宽带或窄带声源中断发声后,直接记录声压级的衰变来获取衰变曲线的方法。

[GB/T 20247—2006,定义 3.3]

3.3

脉冲响应积分法 integrated impulse response method

通过把脉冲响应的平方对时间反向积分来获取衰变曲线的方法。

[GB/T 20247—2006,定义 3.4]

3.4

脉冲响应 impulse response

室内某一点发出的 Dirac 脉冲声在另一点形成的随时间变化的声压。

[GB/T 20247—2006, 定义 3.5]

注：现实中不可能产生并辐射出真正的 Dirac delta 函数脉冲。实际测量中，可以采用足够近似的瞬时声（例如射击声）。另一种可选的方法是使用一段最大长度序列信号（MLS）或其他确定平直频谱特性的信号（如正弦扫频信号），并将测得的响应变换回脉冲响应。

3.5

混响时间 reverberation time

T

（室内声学参量）声音达到稳态后停止声源，平均声能密度衰变至原始值的百万分之一（60 dB）所需要的时间。

注 1：混响时间的单位为秒（s）。

注 2：混响时间可基于 60 dB 以内较小动态范围的评测结果，并通过线性外推导出声压级衰变 60 dB 的衰变时间得到，但测量结果要予以相应的标注，基于声压级衰变初次达到原始值以下 5 dB 与 25 dB 的两个时间点之间的衰变曲线导出的混响时间，标记为 T_{20} ；基于声压级衰变初次达到原始值以下 5 dB 与 35 dB 的两个时间点之间的衰变曲线导出的混响时间，标记为 T_{30} 。

3.6 房间使用状态

3.6.1

空场 unoccupied state

准备使用时的房间状态，已经为讲演者、演员和观众做好入场准备，但人员均未入场。对于音乐厅和剧场，演员的座椅、乐谱架及打击乐器等宜在场内。

3.6.2

排演 studio state

（言语或音乐用房）只有演员或讲演者在场而无观众在场，且演员及技术人员等人员数量与正常演出相当的状态，如排演或录音时。

3.6.3

满场 occupied state

厅堂或剧场上座率达 80%~100% 的状态。

注：测量得到的室内混响时间会受到在场人数的影响。为此，测量需要定义上述房间的使用状态。

4 测试条件

4.1 概述

混响时间的测量可在房间的各种使用状态下进行。当房间具有可调混响可形成不同音质条件时，要分别测量各种常用状态下的不同结果。温度和相对湿度测量的准确度宜分别达到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 及 $\pm 5\%$ 。

准确描述房间使用状态对评判混响时间测量结果至关重要。超常的场内状态（如音乐厅内有超出常规人数的管弦乐队、增加了合唱或站立观众）应随测量结果予以标明。

测量剧场时，应区分以下状态：例如“防火幕升起”或“防火幕放下”“乐池启用”或“乐池闭合”以及乐队在台上时“有舞台反射罩”或“无舞台反射罩”，上述各种状态下的测量值均具有意义。如果防火幕升起，舞台陈设的数量非常重要，应予以描述。

当可调混响含有源技术（如电子的）时，这些效果也宜进行测量。但是由于某些电子混响增强系统会造成时间同步的不稳定性，难以获得特有的脉冲响应，测量过程中使用同步平均时宜谨慎操作。

4.2 仪器

4.2.1 声源

测量用声源的辐射特性应尽可能接近于无指向性辐射(指向性要求见表1)。声源应能产生足够大的声压级,以保证衰变曲线上所需的最小动态范围,且不会被背景噪声所影响。当使用伪随机序列测量脉冲响应时,由于采用了同步平均的方法提高了信噪比,需要的声压级可以低一些。如果衰变曲线测量没有使用同步平均(或其他)技术增加衰减范围,测量 T_{30} 时在测量频带内声源所产生的声压级应比背景噪声声压级至少高出45 dB,如果只需测量 T_{20} 则应比背景噪声至少高出35 dB。

表1列出了声源辐射指向性的最大允差。即自由场中测量声源声压级,测量面上 360° 的能量平均值与所有 30° 弧滑动平均值之间的差值应符合表1要求。测量声源辐射指向性时,如果不使用连续转动装置,宜按每 5° 的间隔进行测量,然后由每六个相邻点计算出滑动平均值。测量中声源和传声器之间的最小距离不应小于1.5 m。

表1 自由场中以倍频带粉红噪声激励声源时,声源辐射指向性的最大允差

中心频率/Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
最大允差/dB	± 1	± 1	± 1	± 3	± 5	± 6

4.2.2 传声器、记录仪及分析设备

4.2.2.1 概述

应使用全指向性传声器测量声压级并通过以下方式之一获得输出:

- 直接接入放大器、滤波器、显示衰变曲线的仪器或获得脉冲响应的分析仪器。
- 接入信号录音装置以备后期分析。

4.2.2.2 传声器及滤波器

测量仪器应符合IEC 61672-1中规定的1级声级计的要求。倍频程或1/3倍频程滤波器应符合IEC 61260的要求。传声器宜尽可能小,膜片直径不宜大于13 mm,如传声器是压力响应型或自由场响应型并配置了平直频率响应的无规入射校正器,其直径允许达到26 mm。

4.2.2.3 录音装置

如果用磁带或数字录音装置记录衰变曲线,那么任何自动增益或其他抑制信噪比的电子控制均不得使用。为获得衰变曲线下端背景噪声的情况,每条衰变曲线的记录时间要足够长,推荐将预期混响时间加上5 s作为最小记录时间。

对结合使用了特定的录音及回放速度的录音装置应具有以下特性:

- a) 在测量的频带内应具有平直的频率特性,容差不超过 ± 3 dB;
- b) 为满足衰变曲线所要求的最小范围,记录动态范围应足够大。采用中断声源法测量时,在每个被测频带内录音机应保证至少50 dB的信噪比;
- c) 回放速度与记录速度之比应为 $10^{0.1 \times n}$,误差 $\pm 2\%$,其中 n 为包括0在内的整数。

注:如果回放时进行了速度转换,相应的频率转换即为标准1/3倍频程的整数倍,若 n 为3的整数倍,则为倍频程的整数倍。

如使用磁带录音机,就仪器响应时间而言,将形成声压级随时间衰变的记录(见4.2.2.4), T 为回放信号的有效混响时间,如回放速度与记录速度有差异,则它与封闭空间实际混响时间也有差异。

当使用滤波器和积分器记录衰变曲线,回放时进行逆放是有利的(参见参考文献[10])。

4.2.2.4 衰变曲线的声级记录仪

形成(显示和/或评价)衰变曲线的记录仪应采用如下任意一种平均方式:

- a) 指数平均,输出值为连续曲线;
- b) 指数平均,输出值是对连续平均值进行依次离散采样所得到的值;
- c) 线性平均,输出值是线性平均值的依次离散采样所得到的值(有些情况下,平均操作之间会出现短时暂停)。

平均时间:指数平均设备(或类似设备)的时间常数应小于并尽可能接近 $T/30$,线性平均设备的时间常数应小于 $T/12$,此处 T 为测得的混响时间或为 4.2.2.3 倒数第二段所述的有效混响时间。

对于由一系列离散点构成衰变曲线的记录设备,各点之间的时间间隔应小于设备时间常数的 1.5 倍。

衰变记录需要视觉评估时,可调整时间刻度使得衰变曲线斜率尽可能接近 45° 。

注 1: 指数平均设备的平均时间为 $4.34 \text{ dB} [= 10 \lg(e)]$ 除以衰变率,其中设备的衰变率单位为分贝每秒(dB/s)。

注 2: 记录声压级随时间变化的商业仪器,基本等效于指数平均的记录设备。

注 3: 当使用指数平均设备时,不宜把平均时间设置成远小于 $T/30$ 。当使用线性平均设备时,不宜把点与点之间的间隔设置成远小于 $T/12$ 。有些连续测量的过程中,每一频带适当设置平均时间是可行的,而在另一些测量过程中这样做可能不切实际,可根据各频带中的最短混响时间按上述方法选取平均时间或间隔,以满足所有频带的测量。

4.2.2.5 过载显示

在测量过程中任何仪器均不得出现过载。对于脉冲声源,应使用峰值指示器监视过载。

4.3 测量位置

声源位置宜位于室内的自然声源通常所在的位置,至少应采用两个声源位置,声源声中心的高度宜为距地面 1.5 m。

传声器位置宜位于能代表听众通常所在位置。对于混响时间测量,在整个空间取样是很重要的。附录 A 和附录 B 中描述的房间声学参量,也需要整个空间的数据,以便了解随测点位置变化引起的系统变化的信息。传声器位置之间的距离应至少为 $1/2$ 波长,即常用频率范围内的间距约为 2 m。任一传声器位置与最近的反射面之间的距离(包括地面)应至少为 $1/4$ 波长,即通常约为 1 m,详见 A.4。

为了避免直达声的影响过分强烈,传声器不应离声源太近。用于言语和音乐的房间,传声器距地面的高度宜为 1.2 m,相当于坐在典型座椅上的听众的耳部平均高度。

传声器位置选择应包括那些可能会导致房间混响时间产生显著差异的区域,这些区域的最明显的例子是靠墙的座位、挑台下方或次空间(如教堂的侧翼及圣坛区等与中部相比有差别的空间)。这需要针对不同座位区的声场均匀度、相连空间耦合程度和声场起伏等进行判断。

对于混响时间测量,可根据以下条件判断仅在一个空间内取测量平均是否能满足要求(一般情况下只需粗略估):

- a) 房间表面装修材料、悬吊物等具备吸声和扩散性能,并均匀分布;
- b) 房间空间的各部分连接顺畅。在此情况下,3 或 4 个传声器位置就足够,选择覆盖座位区、均匀排列的传声器位置,测量结果取平均值即可。

对于条件 a),如果顶棚、侧墙或前后墙各部分分别有 50% 以上面积区域的声学性质与其他区域相同,且整体不成曲面形状。则可认为材料分布是均匀的(为进行该项评估,可将某些空间近似看作长方体)。

对于条件 b), 如果房间内部视线遮挡部分的比例不超过房间总体积的 10%, 则房间可被视为一个单一的空间。

如果不满足上述条件, 房间不同区域就可能具有不同的混响时间, 房间各部分则应分别进行测量。

5 测量方法

5.1 概述

本部分给出了两种测量混响时间的方法: 中断声源法和脉冲响应积分法, 两种测量方法的期望值相同。测量频率范围取决于测量的目的, 无特别的频带要求时, 简易级测量的频率范围宜至少为 250 Hz~2 000 Hz, 工程级和精密级测量的频率范围: 倍频带测量宜至少为 125 Hz~4 000 Hz, 1/3 倍频带测量宜至少为 100 Hz~5 000 Hz。

5.2 中断声源法

5.2.1 房间的声激励

使用扬声器作为声源, 输入扬声器的信号应为宽频随机或者伪随机电噪声信号。当使用伪随机噪声时, 应随机中止, 不得使用重复序列。声源应能产生足够高的声压级, 以保证测量 T_{20} 时, 在每个测试频带衰变曲线的起始段至少比背景噪声高出 35 dB。如果测量 T_{10} , 则要求在每个测试频带衰变曲线的起始段至少比背景噪声高出 45 dB。

采用倍频程进行测量时, 信号的带宽不得小于被测的倍频带, 采用 1/3 倍频程进行测量时, 信号带宽不得小于被测的 1/3 倍频带, 在实际被测的倍频带内的频谱应是平直的。此外, 可采用具有粉红噪声频谱、频率从 88 Hz~5 657 Hz、在封闭空间内能形成稳态混响声的宽带噪声, 这样就覆盖了中心频率从 100 Hz~5 kHz 的 1/3 倍频带和 125 Hz~4 kHz 的倍频带范围。

对于工程级和精密级测量, 房间的声激励需要持续一定的时间, 以使室内的声场在开始衰减之前达到稳态。为此, 要求激励时间至少持续几秒钟且不短于混响时间的 1/2。

对于简易级测量, 也可使用短时激励或脉冲信号代替激励噪声信号。在这种情况下, 测量准确度将低于 7.1 给出的值。

5.2.2 测量平均

传声器位置的数量由所需的测量准确度要求决定(参见附录 A)。然而, 考虑到声源信号本身固有的随机性, 有必要对每个测点进行多次测量并取平均, 以获得可接受的测量准确度(见 7.1)。可按以下两种方法之一对每个测点位置测量值进行平均:

- 先对单个衰变曲线进行混响时间取值, 再将取得的所有混响时间进行算术平均;
- 先对各声压级衰变曲线进行集合平均, 得出衰变曲线后再求混响时间。各条衰变曲线从其起始点起进行同步叠加, 各衰变曲线上对应时刻的声压值平方后叠加, 得出集合平均后的总衰变曲线, 据此衰变曲线再求出混响时间 T (参见参考文献[20]), 所有的测量中声源发出的声功率保持相同很重要。本方法为首选方法。

5.3 脉冲响应积分法

5.3.1 概述

房间中从声源位置到接收器位置的脉冲响应是一个确定的量, 可以用各种各样的方法进行测量(例如使用发令枪、脉冲电火花、猝发声、扫频信号或 MLS 等作为测量信号)。本部分不排除任何其他能够得出正确的脉冲响应的方法。

5.3.2 房间的声激励

可使用发令枪等或其他自身不产生混响且其频谱宽度满足 5.2.1 的要求的设备作为声源,直接测量脉冲响应。脉冲声源应能产生足够高的峰值声压级,测量 T_{20} 时应保证衰变曲线的起始端至少比相应频段内的背景噪声高出 35 dB。如果测量 T_{30} ,则要求至少比背景噪声高出 45 dB。

可用一些特殊的声信号,只需对传声器信号作特殊处理即可得到脉冲响应(参见参考文献[3]),并可获得更好的信噪比。若声源的频谱和指向特性均能满足要求,就可使用扫频或伪随机噪声(例如最大长度序列 MLS)。由于信噪比的改善,声源的动态范围比前面章节要求的低得多。如果使用了同步时间平均(例如为了提高信噪比),则应验证在整个测量平均过程中脉冲响应始终保持不变。使用这些在信号分析时进行频率滤波的技术进行测量,激励信号足以覆盖测量频段。

5.3.3 脉冲响应积分法

通过对脉冲响应的平方进行反向积分得出各个频带的衰变曲线。在没有背景噪声的理想条件下,从脉冲响应的终点($t \rightarrow \infty$)开始,至脉冲响应的起点,对脉冲响应的平方进行积分。这样,作为时间函数的衰变见式(1):

$$E(t) = \int_t^{\infty} p^2(\tau) d\tau = \int_t^{\infty} p^2(\tau) d(-\tau) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

p —— 随时间变化的脉冲响应声压;

E —— 随时间变化的衰变曲线的能量;

t —— 时间。

这种对时间反向的积分通常分解为两项积分,如式(2)所示:

$$\int_t^{\infty} p^2(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} p^2(\tau) d\tau - \int_0^t p^2(\tau) d\tau \quad \dots\dots\dots(2)$$

为使背景噪声对脉冲响应后期的影响降低到最小,运用下述方法进行修正:

如果背景噪声声压级已知,则积分下限 t_1 为下面两条线的交点:一条是背景噪声水平线;一条是代表脉冲响应平方衰变曲线的斜线。积分上限仍为脉冲响应的起点,通过式(3)计算衰变曲线:

$$E(t) = \int_{t_1}^t p^2(\tau) d(-\tau) + C \quad \dots\dots\dots(3)$$

式(3)中, $t < t_1$, C 为脉冲响应平方在 t_1 至无穷大(∞)间积分的可选修正值。

在假定声能量指数衰变曲线与 t_0 至 t_1 间脉冲响应平方衰变曲线的斜率相同的前提下计算 C 值,得出的结果是最可靠的。 t_0 为比 t_1 时刻的声压级高出 10 dB 处所对应的时刻。

如果 C 取为零,有限的积分起始点会导致混响时间的系统性低估。为使混响时间的低估不大于 5%,背景噪声级应比脉冲响应最大值至少低混响时间 T 估值的动态范围再加 15 dB。例如为测量 T_{30} ,背景噪声级应比脉冲响应最大值至少低 45 dB。

6 衰变曲线的评价

根据衰变曲线上稳态级下降 5 dB~35 dB 的范围段计算 T_{30} 的值。就脉冲响应积分法而言,稳态级是指脉冲响应积分后的总能量级。在计算范围内,应采用最小二乘法拟合直线;如果仪器直接绘出衰变曲线,应手动绘出尽可能靠近衰变曲线的一条直线;也可采用能提供类似结果的其他算法。上述直线的斜率称为衰变率 d ,单位为分贝每秒(dB/s),据此可算出混响时间: $T_{30} = 60/d$ 。

根据衰变曲线上稳态级下降 5 dB~25 dB 的范围段计算 T_{20} 的值。

如果混响时间计算使用声级记录仪绘制衰变曲线并基于视觉上“最适合”的直线代替线性回归分析,那么结果的可靠性将低于回归分析。

为确定混响时间,衰变曲线应近似为一条直线。如果曲线呈波浪形或弯曲,这可能表明空间具有不同混响时间的混合模式,那么其结果可能是不可靠或不唯一的。

7 测量不确定度

7.1 中断声源法

基于激励信号的随机特性,中断声源法存在测量结果的不确定性,这种不确定性很大程度上依赖于执行平均的次数。曲线整体平均和混响时间数值平均在平均次数较多的情况下将得到一致的结果。测量结果的标准偏差 $\sigma(T_{20})$ 、 $\sigma(T_{30})$ 可分别按式(4)、式(5)估算:

$$\sigma(T_{20}) = 0.88T_{20} \sqrt{\frac{1 + 1.90/n}{NBT_{20}}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\sigma(T_{30}) = 0.55T_{30} \sqrt{\frac{1 + 1.52/n}{NBT_{30}}} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

B ——带宽,单位为赫兹(Hz);

n ——每一测点位置测量的衰变曲线数量;

N ——独立测点的数量(声源位置和接收位置的组合);

T_{20} ——据 20 dB 估值范围确定的混响时间;

T_{30} ——据 30 dB 估值范围确定的混响时间;

式(4)和式(5)来源于参考文献[21]和[22],并根据有关的平均方式进行了一定的假设。

对于倍频程滤波器来说, $B = 0.71f_c$,对于 1/3 倍频程滤波器来说, $B = 0.23f_c$, f_c 为滤波器的中心频率,单位为赫兹(Hz)。测点数量相同时,倍频带测量可获得比 1/3 倍频带测量更好的测量准确度。

7.2 脉冲响应积分法

理论上,脉冲响应积分法测量结果相当于中断声源法无限次测量的平均值(参见参考文献[11])。作为测量不确定度的实用评估,可认为使用脉冲响应积分法测量可得到相当于用中断声源法在每点测量 10 次的平均结果。因此,以增加各测点测量次数来提高测量准确度是不必要的。

7.3 滤波器和检波器的下限

在混响时间非常短的情况下,衰变曲线有可能受滤波器和检波器的影响,采用传统的正向分析法得到有效结果的下限见式(6)和式(7):

$$BT > 16 \dots\dots\dots(6)$$

$$T > 2T_{det} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

B ——滤波器带宽,单位为赫兹(Hz);

T ——测得的混响时间,单位为秒(s);

T_{det} ——平均检波器的混响时间,单位为秒(s)。

8 空间平均

各声源及传声器位置下的测量结果,无论对指定区域还是整个房间而言,均应进行平均以获得一个

空间均值。该空间均值应为各测点混响时间的算术平均,即将所有相关的声源和传声器位置下测得的混响时间进行平均得到空间均值。可计算标准偏差以确定测量准确度和混响时间的空间变化(参见 A.4)。

9 结果表达

9.1 图表及曲线

各频带测量计算出的混响时间,都应以曲线图和表格两种方式给出。

绘制曲线图时,各个点应用直线连接。横坐标为对数频率,一般每个倍频程的距离是 15 mm,同时纵坐标既可用每 25 mm 相当于 1 s 的线性时间坐标,也可用每 100 mm 相当于 10 倍的对数坐标。在横坐标上应标注符合 IEC 61260 标准的倍频程中心频率。

根据 500 Hz 和 1 000 Hz 的倍频程 T_{30} 的平均值,可计算出一个单值混响时间 $T_{30, \text{mid}}$ (有时也会用 $T_{20, \text{mid}}$),该值也可从 400 Hz~1 250 Hz 的 1/3 倍频程的六个数据求平均得出。

9.2 测试报告

测试报告应包括下列内容:

- a) 说明测量依据为 GB/T 36075 的本部分;
- b) 被测房间的名称及所在位置;
- c) 房间概图,注明比例;
- d) 房间容积,如果房间不是封闭的,则宜对房间的容积的定义给出说明;
- e) 对于用于演讲或音乐的房间,座位的数量和类型(例如有无软垫,如果有软垫,尽可能注明软垫厚度、种类)、座位覆盖材料(多孔材料或无孔材料,座椅升起或放下)以及座位哪一部分被覆盖;
- f) 墙面和顶棚的形状和材质的描述;
- g) 测量期间的观众情况和观众数量;
- h) 是否有任何可调设备,例如帘幕、电声系统、电子混响增强系统等;
- i) 对于剧场,防火幕和装饰帘幕升起还是降下;
- j) 是否有适当的舞台陈设,包括音乐反射罩等;
- k) 测量期间房间的温度和相对湿度;
- l) 对测量仪器的描述,声源和传声器、以及是否使用录音设备;
- m) 使用的声源信号;
- n) 测量覆盖范围,包括声源和传声器的位置,最好在概图中标出,并注明声源和传声器的高度;
- o) 宜对各接收点以曲线图和表格方式给出各频带的混响时间及单值混响时间 $T_{30, \text{mid}}$ (或 $T_{20, \text{mid}}$);
- p) 测量日期和测量单位的名称。

附 录 A
(资料性附录)
基于脉冲响应的厅堂音质参量

A.1 概述

厅堂音质的主观研究表明,由脉冲响应测量得到的几个参量与厅堂音质的主观感受有密切关系。混响时间是描述厅堂音质的基础指标,同时一些新参量可以更全面地描述厅堂音质。本附录中仅涉及那些具有重要的主观感受特性并可由脉冲响应积分直接得到的参量。预计观众进入厅堂后会对混响时间和下面列出的音质参量产生影响。

共有五组(类型)参量(见表 A.1),每组中包含多个参量,但研究发现每组中不同参量的值彼此具有很强的相关性。因此,每组参量包含了大致相同的测量内容,从而没有必要将所有参量的值全部计算出来,但每组参量中宜至少计算一个值。

表 A.1 按听音方面需求的声学参量分组

主观听音方面	声学量	计算单值量的中心频率 ^a Hz	最小可觉差 (JND)	典型范围 ^b
主观声级	强度因子 G /dB	500;1 000	1 dB	-2 dB~+10 dB
混响感	早期衰变时间 EDT/s	500;1 000	相对值:5%	1.0 s~3.0 s
明晰感	明晰度 C_{80} /dB	500;1 000	1 dB	-5 dB~+5 dB
	清晰度 D_{50}	500;1 000	0.05	0.3~0.7
	重心时间 T_s /ms	500;1 000	10 ms	60 ms~260 ms
表观声源宽度(ASW)	早期侧向声能比 J_{LF} 或 J_{LFC}	125~1 000	0.05	0.05~0.35
听者包围感(LEV)	后期侧向声能级 L_j /dB	125~1 000	未知	-14 dB~+1 dB

^a 计算单值评价量时,除 L_j 为能量平均值外,其他均为倍频带的算术平均值[见公式 (A.17)]。
^b 容积不超过 25 000 m³ 的音乐厅或多用途厅堂在空场状态下,测点位置上频带平均值。

A.2 测量定义

A.2.1 强度因子

强度因子 G 可采用一个经过校准的无指向性声源进行测量, G 的定义为测点位置处脉冲响应声能(声压平方的积分)与自由场中距声源 10 m 处的脉冲响应声能之比取以 10 为底的对数再乘 10。定义见式(A.1)~式(A.3):

$$G = 10 \lg \frac{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p_{10}^2(t) dt} = L_{pE} - L_{pE,10} \dots\dots\dots (A.1)$$

其中:

$$L_{pE} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_0} \int_0^{\infty} \frac{p^2(t) dt}{p_0^2} \right] \dots\dots\dots (A.2)$$

以及

$$L_{pE,10} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_0} \int_0^{\infty} \frac{p_{10}^2(t) dt}{p_0^2} \right] \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $p(t)$ —— 脉冲响应在测点位置处的瞬时声压;
- $p_{10}(t)$ —— 脉冲响应在自由场中距声源 10 m 处的瞬时声压;
- p_0 —— 等于 20 μ Pa;
- T_0 —— 等于 1 s;
- L_{pE} —— $p(t)$ 的声暴露级;
- $L_{pE,10}$ —— $p_{10}(t)$ 的声暴露级。

上述定义式中, $t=0$ 对应于直达声到达的时刻, $t = \infty$ 对应于衰变曲线衰减 30 dB 以后的时刻。如果有大型全消声室, 可直接测量距脉冲声源 10 m 处的声压级来获得 $L_{pE,10}$ 。如果 10 m 的测量条件不能满足, 可先测量距离声源 $d (\geq 3 \text{ m})$ 处的声暴露级 $L_{pE,d}$, 再由式(A.4)得出 $L_{pE,10}$ 。

$$L_{pE,10} = L_{pE,d} + 20 \lg(d/10) \dots\dots\dots (A.4)$$

在自由场中进行上述测量时, 需要以每 12.5° 测量一次的间隔围绕声源测量一周, 并进行声暴露级的能量平均来平均声源指向性的影响。

注 1: 作为一种替代方法, 可使用混响室并按式(A.5)对参考声暴露级 $L_{pE,10}$ 进行测量(参见参考文献[7]和[8]):

$$L_{pE,10} = L_{pE} + 10 \lg(A/S_0) - 37 \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

- L_{pE} —— 混响室测量的声暴露级的空间平均值;
- A —— 等效吸声面积, 单位为平方米(m^2);
- S_0 —— 等于 1 m^2 。

A 可以通过测量混响时间并使用赛宾公式(A.6)求出:

$$A = 0.16 V/T \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

- V —— 混响室容积, 单位为立方米(m^3);
- T —— 混响时间, 单位为秒(s)。

注 2: G 的另外一种测量方法是使用稳态连续无指向性声源, 按式(A.7)进行测量和计算:

$$G = L_p - L_{p,10} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

- L_p —— 被测房间测点处的声压级;
- $L_{p,10}$ —— 自由场中距声源 10 m 处的声压级。

进行测量时, 如果有大的消声室供使用, $L_{p,10}$ 可在距声源 10 m 处直接测量获得。如果 10 m 的测量条件不能满足, 可测量距离声源 $d (\geq 3 \text{ m})$ 处的声压级 $L_{p,d}$, 按式(A.8)得出 $L_{p,10}$:

$$L_{p,10} = L_{p,d} + 20 \lg(d/10) \dots\dots\dots (A.8)$$

在此测量条件下, 需要按照前面提到的方法进行声源指向性平均。

如果使用的无指向性声源的声功率是已知的, G 可按式(A.9)得出:

$$G = L_p - L_w + 31 \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

- L_p —— 各测点处的声压级;
- L_w —— 声源的声功率级。

声功率的测量宜按参考文献[1]进行。

A.2.2 早期衰变时间测量

早期衰变时间(EDT)应通过测量积分脉冲响应曲线的斜率来获得(如同传统的混响时间),该斜率由衰变曲线初始 10 dB(0 dB~-10 dB)段的最佳拟合的线性回归线的斜率来确定,由此推算到衰减 60 dB 的衰变时间。

宜同时给出 EDT 和 T , EDT 对于人们的主观混响感更为重要, T 则是厅堂的一个客观物理指标。

A.2.3 早期与后期到达声能的平衡

这一组参量中有多个指标,其中最简单的一个参量是早期与后期声能比。根据使用环境是言语用厅堂或音乐用厅堂,可按式(A.10)的定义分别计算 50 ms 或 80 ms 的早期与后期声能比:

$$C_{t_e} = 10 \lg \frac{\int_0^{t_e} p^2(t) dt}{\int_{t_e}^{\infty} p^2(t) dt} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

C_{t_e} ——早期与后期声能比;

t_e ——早期时间,为 50 ms 或 80 ms(C_{80} 通常称为明晰度);

$p(t)$ ——脉冲响应在测点位置处的瞬时声压。

注 1: 也可以测量早期声能与全部声能的比值,如 D_{50} (清晰度),定义见式(A.11)。 D_{50} 常在言语用厅堂中使用。

$$D_{50} = \frac{\int_0^{0.050} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

D_{50} 与 C_{50} 的精确关系式见式(A.12):

$$C_{50} = 10 \lg \left(\frac{D_{50}}{1 - D_{50}} \right) \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

因此,没有必要同时测量这两个参量。

这组参量中可选的另一参量是重心时间 T_s ,它是在时间上脉冲响应声压平方的重心,单位:秒(s),定义见式(A.13):

$$T_s = \frac{\int_0^{\infty} t p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

T_s 可以避免划分脉冲响应早期和后期的不连续性。

这组参量与透明、明晰的感觉及清晰与混响的平衡感、言语可懂度有关。

注 2: 言语可懂度也可以通过测量语音传输指数(STI)来确定(参见参考文献[5])。这一参量原本可以使用本部分标准未涉及的特殊调制噪声信号进行测量,但也可以通过脉冲响应的后期处理来获得。

A.2.4 早期侧向声能比

早期侧向声能比 J_{LF} ,是指前 80 ms 侧面到达声能所占比例,它可根据全指向性传声器和 8 字型传声器测量的脉冲响应,由式(A.14)得出:

$$J_{LF} = \frac{\int_{0,005}^{0,080} p_L^2(t) dt}{\int_0^{0,080} p^2(t) dt} \dots\dots\dots (A.14)$$

式中:

$p_L(t)$ ——由 8 字型传声器测量的厅堂中脉冲响应的瞬时声压;

$p(t)$ ——脉冲响应在测点位置处的瞬时声压。

将 8 字型传声器没有接收的一面指向声源的平均位置或单个声源的位置,这样进入传声器的声音大部分来自侧向声,而受直达声的影响很小。

因为 8 字型传声器的指向性基本是余弦形式,经声压平方后某单个反射声对侧向声能比的贡献由与传声器最大灵敏度轴线入射夹角的余弦的平方决定。

J_{LFC} 作为近似获得侧向声能比的另一种方案,通常认为应用起来会更准确(参见参考文献[9]), J_{LFC} 由入射角的正弦决定,定义见式(A.15):

$$J_{LFC} = \frac{\int_{0,005}^{0,080} |p_L(t) \cdot p(t)| dt}{\int_0^{0,080} p^2(t) dt} \dots\dots\dots (A.15)$$

式中:

$p_L(t)$ ——由 8 字型传声器测量的厅堂中脉冲响应的瞬时声压;

$p(t)$ ——脉冲响应在测点位置处的瞬时声压。

侧向声能比与人们对声源宽度的感知相关。

双耳互相关测量被认为与声音的空间印象有关,包括声源宽度的感知。这一部分在附录 B 中论述。

A.2.5 后期侧向声能级

后期侧向声能级 L_J , 可通过已校准的无指向性声源、全指向性传声器和 8 字型传声器测量的脉冲响应,由式(A.16)得出:

$$L_J = 10 \lg \left[\frac{\int_{0,080}^{\infty} p_L^2(t) dt}{\int_{0,080}^{\infty} p_{10}^2(t) dt} \right] \dots\dots\dots (A.16)$$

式中:

$p_L(t)$ ——由 8 字型传声器测量的厅堂中脉冲响应的瞬时声压;

$p_{10}(t)$ ——由全指向性传声器测量的自由场中距声源 10 m 处脉冲响应的瞬时声压。

将 8 字型传声器没有接收的一面指向声源的平均位置或单个声源的位置,这样进入传声器的声音大部分来自侧向声,而受直达声的影响很小。

后期侧向声能级的频带平均值 $L_{J,avg}$,按式(A.17)计算:

$$L_{J,avg} = 10 \lg \left[0.25 \sum_{i=1}^4 10^{L_i/10} \right] \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

L_{Ji} ——各倍频带的后期侧向声能级;

i ——中心频率分别为 125 Hz、250 Hz、500 Hz 和 1 000 Hz 的四个倍频带。

后期侧向声能与人们对厅堂包围感或宽敞感的感知相关。

A.3 测量步骤

A.3.1 声源

宜采用在 125 Hz~4 000 Hz 的所有倍频带内能辐射足够的信号能量的声源及相关设备,以保证各个倍频带的衰变曲线有适当的动态范围。声源的辐射特性要尽可能接近于无指向性辐射(见 4.2.1)。

对于与人讲话有关的测量,可使用与人指向性类似的声源。可使用符合参考文献[6]要求的人工头,这种人工头的指向性图谱不需要精确测定。

A.3.2 传声器

在所有的测量中均宜使用全指向传声器。

对于 $J_{1,F}$ 测量,还需要使用 8 字型传声器,且要在自由场中校准全指向传声器和 8 字型传声器在最大灵敏度方向上的相对灵敏度。

对于 G 测量,也应进行全指向传声器的灵敏度校准。

A.3.3 脉冲响应

所有参量的获得均需要测量倍频程脉冲响应。可使用如发令枪等冲击声源产生脉冲声,也可使用对扬声器发出的不同类型信号进行计算得出脉冲响应的更复杂的技术。如果得到的脉冲响应可重复性差,可在同一位置进行多次测量并进行平均。

发令枪可以改造为接近无指向性的声源,但它难以产生精确的可重复性脉冲。枪声可以提供很高的声压级以获得所需的大动态范围,但在近距离会产生非线性效应。

使用扬声器作为声源的限制是频率和指向性。频率响应在一定程度上可以进行校正,但不同方向上的差异难以避免,而且在高频部分差异会显著增大。由于脉冲响应动态范围要求的限制,一般不能使用扬声器发出脉冲信号,除非对多个脉冲响应进行同步平均。声源和接收信号的互相关可以为脉冲响应提供良好的动态范围和噪声抑制(参见参考文献[3])。使用快速哈达姆变换和最大长度序列(MLS)信号是一种可行的相关测量方法(参见参考文献[14])。另外,使用具有平直频谱的其它信号,如啾啾声或扫频啁音也是可行的。

A.3.4 时间窗和对响应的滤波

脉冲响应需要进行倍频程滤波。

滤波会造成窄带低频倍频程明显的信号延迟。这样造成滤波后的信号要比原信号起始点推迟,而原信号结束时滤波后信号依然在继续。这在测量 C_{80} 和 $J_{1,F}$ 时会产生问题,因为信号的短的早期时间部分要进行倍频程滤波。

最好的解决延迟问题的方法是在滤波前为脉冲响应加时间窗。首先需要确定脉冲响应在 A.2 的有关公式中的起始点,这个起始点是信号突然上升高于背景噪声而又低于最高限 20 dB 的位置。早期和后期部分的脉冲响应应分别进行滤波,A.2 的有关公式中积分增长时应包含滤波器造成的能量延迟。

对以上滤波前加窗的方法的一个好的近似是使用窗校正(参见参考文献[7])。如果先将信号进行倍频程滤波,A.2 的有关公式的积分起始点是信号突然上升高于背景噪声而又低于最高限 20 dB 的位置。前部时间间隔 t_1 应从这个触发点算起延迟到 t_1 加上滤波延迟一半的时间。后部时间间隔应从这个触发点向后延迟 t_2 加上滤波延迟一半的时间的位置算起。

因为直达和早期到达的低频声可被显著衰减,可能无法确定低频脉冲响应的起始点,但确定宽带或高频脉冲响应的起始点及测量滤波器的延迟是必要的。

A.3.5 衰变曲线

使用 5.3.3 中的脉冲响应积分法(反向积分)可以获得倍频程积分衰减曲线,进而可算出衰减时间。

为方便起见,假定使用了正确的时间窗,其他一些参量也可由衰变曲线计算得出。这种方法需要准确确定由宽频脉冲响应滤波得到的倍频程脉冲响应的起始点。为导出其他参量,有时需要使用正向积分。

A.4 测点位置

整个厅堂的测量没有统计规律,每座位置的情况可能都会不同。因此,为充分描述整个大厅的特性,采用足够的声源和测点位置进行测量是非常重要的。

一般舞台上宜设三个声源位置,对于大舞台或乐队席要设更多的声源位置,对于只有一个发言位置的演讲厅来说,可以只使用一个声源位置。

声源的位置宜设在大厅中有代表性的演出位置。因为很多厅堂是中心线对称的,因此可以将测点分布在中心线的一侧,而将声源放置在中心线两边对称的位置上。这样声源的位置包括了一个中心线上的位置和其他的若干相对中心线对称的位置。建议声源高度为 1.5 m,以避免在测量频段范围内低频声功率出现改变。

如果声源的指向性接近表 1 中的最低限要求,那么宜至少将声源转动三次分别进行测量。不同角度测量的结果应取算术平均。

根据厅堂的规模,可以设 6~10 个有代表性的传声器位置。表 A.2 给出不同大厅规模时建议设置的最少接收点位置数量,接收点的位置应能够均匀地分布在观众席上,如果大厅被分成若干区域,如眺台和眺台下方,则需要设置更多的接收点位置。

传声器高度宜距地面 1.2 m,以模拟人坐在座位上时耳朵的高度。

声源及测点的位置、高度宜在检测报告中给出。同样,是否有座椅及乐谱架等舞台条件也要在检测报告中说明,因为这些因素都会对测量产生影响。

表 A.2 不同规模大厅内接收点最少设置数量

座席数	最少测点数
500	6
1 000	8
2 000	10

A.5 结果表达

除了使用混响时间 T 的报告格式以外,可以将成对倍频程测量结果进行平均而使得报告更加简明。因此,可将 125 Hz 和 250 Hz 的结果进行算术平均作为低频结果;将 500 Hz 和 1 000 Hz 的结果进行算术平均作为中频结果;将 2 000 Hz 和 4 000 Hz 的结果进行算术平均作为高频结果。通常认为 4 000 Hz 倍频程侧向声能比对主观听闻没有重要影响。

除 L_j 的单值评价量为倍频带测量结果的能量平均值[见式(A.17)]外,其余各参量的单值评价量均为倍频带测量结果的算术平均值。参量符号加下标“m”表示按表 A.1 进行频率平均后的单值评价量。

示例 1: G_m 表示 500 Hz 和 1 000 Hz 倍频带强度因子的平均值;

示例 2: J_{LEm} 表示 125 Hz~1 000 Hz 倍频带早期侧向声能比的平均值。

按本附录进行测量,一般不宜采用对厅堂内所有测点进行总平均的结果,因为测量结果需要反映出局部的声学条件。对于大型厅堂,对厅内某些区域(如正厅、第一层挑台等)的测量结果进行平均也是有意义的。有些参量的测量值随距离而变,例如强度因子 G ,宜给出 G 随声源与接收点间距离变化的曲线图。

附录 B

(资料性附录)

基于脉冲响应的双耳厅堂音质参量

B.1 概述

听音过程是双耳的。对厅堂的主观研究表明,使用人工头或平均尺度的真人头测量的双耳互相关系数 IACC 与人们在音乐厅中主观感受到的“空间印象”密切相关。以人工头为例,可通过在两耳耳道口放入小的传声器测量 IACC。早期侧向声能也被认为与空间感有关(详见附录 A)。

空间印象可分为以下两个方面:

- 声源的宽广度,即表观声源宽度(ASW);
- 沉浸或被声音包围的感觉,即听者包围感(LEV)。

B.2 IACC 的定义

规范化双耳互相关函数 IACF 的定义见式(B.1):

$$\text{IACF}_{t_1, t_2}(\tau) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} p_1(t) \cdot p_r(t + \tau) dt}{\sqrt{\int_{t_1}^{t_2} p_1^2(t) dt \int_{t_1}^{t_2} p_r^2(\tau) d(\tau)}} \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

- $p_1(t)$ ——左耳道口的脉冲响应;
- $p_r(t)$ ——右耳道口的脉冲响应。

双耳互相关系数 IACC 的定义见式(B.2)(当 $-1 \text{ ms} < \tau < +1 \text{ ms}$):

$$\text{IACC}_{t_1, t_2} = \max | \text{IACF}_{t_1, t_2} | \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

B.3 用于测量的头

B.3.1 人工头

带有耳廓和耳道的人工头宜作为测量的标准设备。满足参考文献[6]的要求的人工头可直接使用,无需再进行几何尺寸或声学性能的校验。人工头的选择和使用应在测试报告中明确说明,对人工头的朝向也要详细说明。

在厅堂中进行测量时,人工头耳道口的高度宜为距地面 1.2 m。

B.3.2 真人头

使用真人头替代标准的人工头,可获得在 $K_1 < [\text{头长与耳入口点到枕骨壁深度之差的两倍再加上头宽}] < K_2$ 条件下的 $p_1(t)$,此处 K_1 和 K_2 由真人头与人工头之间的测量比较确定。要求所选真人头测得的 IACC 与人工头的相关度为 $r = 0.85$ 或更好。在测试报告中宜明确说明真人头的选择和使用,并详细描述给测试人的指示和传声器的类型。

B.4 IACC 的使用

IACC 的使用并没有被一致认可。和 J_{LF} 、 J_{LFC} 参量一样, IACC 及它与主观感受的关系依然是研究和讨论的课题。同样, 已经有人建议使用几种不同的相关方法来选择时间极限 t_1 和 t_2 以及信号滤波频率(参见参考文献[8])。

IACC 最通用的格式是设定 $t_1=0$, $t_2=\infty$ (房间声学中, 与混响时间相当的时间), 并且是宽频带的。在单声道测量时, 通常使用 125 Hz~4 000 Hz 的倍频程测量 IACC。

测量 IACC 可以描述信号到达两耳之间的不同之处, 既可以描述早期反射声($t_1=0$ 和 $t_2=0.08$ s), 也可以描述混响声($t_1=0.08$ s 和 t_2 为比混响时间长的某一时间)。

IACC 的 JND 值(最小可觉差)被假设为 0.075。

B.5 测量步骤

宜采用与附录 A 相同的测量步骤。

附录 C
(资料性附录)
基于脉冲响应的舞台音质参量

C.1 概述

在音乐厅等演出场所,具备以下声学条件是很重要的:演奏人员彼此能听到对方的声音,并有充足的房间响应。为了客观评价这些声学条件,需要在乐队演奏台上采用靠得很近的声源和传声器进行测量(参见参考文献[19]),从测量结果可导出两个不同的舞台音质参量(见表 C.1)。

表 C.1 乐队演奏台音质参量测量

主观听音方面	音质参量	计算单值量的频率 Hz	最小可觉差 (JND)	典型范围
合奏条件	早期舞台支持度, ST_{Early} , dB	250~2 000	未知	-24 dB~-8 dB
混响感	后期舞台支持度, ST_{Late} , dB	250~2 000	未知	-24 dB~-10 dB

C.2 舞台音质参量的定义

C.2.1 早期舞台支持度

起初 0.1 s 内的反射声能与直达声(包括地面反射)的比值,以分贝为单位(dB)。二者测量位置距无指向性声源的声中心均为 1 m,测点距其他反射面或反射物的距离宜大于 2 m。见式(C.1):

$$ST_{Early} = 10 \lg \left[\frac{\int_{0.020}^{0.100} p^2(t) dt}{\int_0^{0.010} p^2(t) dt} \right] \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

$p(t)$ ——测点位置上脉冲响应的瞬时声压, $t=0$ 对应于直达声到达的时刻。

早期舞台支持度涉及到合奏时是否易于听到乐队其他成员的声音,但直达声的影响、延时及来自附近表面的反射均未包括在内。

C.2.2 后期舞台支持度

起初 0.1 s 以后的反射声能与直达声(包括地面反射)的比值,以分贝为单位(dB)。二者测量位置距无指向性声源的声中心均为 1 m,测点距其他反射面或反射物的距离宜大于 2 m。见式(C.2):

$$ST_{Late} = 10 \lg \left[\frac{\int_{0.100}^{1.000} p^2(t) dt}{\int_0^{0.010} p^2(t) dt} \right] \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

$p(t)$ ——测点位置上脉冲响应的瞬时声压, $t=0$ 对应于直达声到达的时刻。

后期舞台支持度涉及混响感,即音乐演员所听到的厅堂响应。

C.2.3 测量位置

声源和传声器的高度均为距地面 1.0 m 或 1.5 m。一般宜采用至少三个不同的声源位置和接收点位置。测量时乐队演奏台上宜设有座椅及乐谱架,但离声源和传声器最近的座椅及距离在 2 m 之内的乐谱架要移去,以免产生反射声而直接进入传声器。声源和接收点的位置及高度均宜在测试报告中予以说明。

C.2.4 测试结果表达

按倍频带进行测量,250 Hz~2 000 Hz 四个倍频带和三个测量位置的测量结果的算术平均值均宜计算成单值量。

单一测点位置一个倍频带测量结果的标准偏差估计为 1 dB,频带和位置平均后的单值量的标准偏差估计为 0.3 dB。

参 考 文 献

- [1] GB/T 6881.1 声学 声压法测定噪声源声功率级 混响室精密法
- [2] GB/T 20247—2006 声学 混响室吸声测量
- [3] 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
- [4] IEC 60268-1, Sound system equipment—Part 1; General
- [5] IEC 60268-16, Sound system equipment—Part 16; Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index
- [6] ITU Recommendation P.58; 1994, *Head and torso simulator for telephony*
- [7] BARRON, M. Impulse Response Testing Techniques for Auditoria, *App. Acoust.*, Vol. 17, 1984, p. 165
- [8] KEET, W. de V. The Influence of Early Lateral Reflections on Spatial Impression, *6th International Congress on Acoustics*, Tokyo, 1968
- [9] KLEINER, M. A. New Way of Measuring Lateral Energy Fractions, *App. Acoust.*, Vol. 27, 1989, p. 321
- [10] RASMUSSEN, B., RINDEL, J. H. and HENRIKSEN, H. Design and Measurement of Short Reverberation Times at Low Frequencies in Talks Studios, *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 39, 1991, p. 47
- [11] SCHROEDER, M. R. New Method of Measuring Reverberation Time, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 37, 1965, p. 409
- [12] SCHROEDER, M. R., GOTTLOB, D. and SIEBRASSE, D. F. Comparative Study of European Concert Halls; Correlation of Subjective Preference with Geometric and Acoustic Parameters, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 56, 1974, p. 1195
- [13] VORLÄNDER, M. and BIETZ, H. Comparison of Methods for Measuring Reverberation Time, *Acustica*, Vol. 80, 1994, p. 205
- [14] KUTTRUFF, H. *Room Acoustics*, 3rd edition, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 1991, chapter VIII
- [15] TACHIBANA, H. et. al. Definition and Measurement of Sound Energy Level of a Transient Sound Source, *J. Acoust. Soc. Jpn (E)*, Vol. 8 No. 6, 1987, p. 235
- [16] KOYASU, M. et. al. Measurement of Equivalent Sound Absorption Area by Stationary and Impulsive Reference Sound Sources, *Proc. of Inter-Noise 94*, 1994, p. 1501
- [17] BRADLEY, J. S. and SOULODRE, G. A. Objective measures of listener envelopment, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 98, 1995, p. 2590
- [18] BARRON, M. Using the standard on objective measures for concert auditoria, ISO 3382, to give reliable results, *Acoustical Science and Technology*, Vol. 26, 2005, p. 162-169
- [19] GADE, A. C. Practical Aspects of Room Acoustical Measurements on Orchestra Platforms, *Proc. of 14th ICA*, Beijing, 1992, Paper F3-5
- [20] BARTEL, T. W. and YANIV, S. L. Curvature of sound decays in partially reverberant rooms, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 72, 1982, p. 1838-1844
- [21] DAVY, J. L., DUNN, I. P., DUBOUT, P. The variance of decay rates in reverberation rooms, *Acustica* 1979, 43, pp. 12-25
- [22] DAVY, J. L. The variance of impulse decays, *Acustica* 1980, 44, pp. 51-56

GB/T 36075.1—2018/ISO 3382-1:2009

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
声 学 室 内 声 学 参 量 测 量
第 1 部 分 : 观 演 空 间

GB/T 36075.1—2018/ISO 3382-1:2009

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年3月第一版

*

书号: 155066·1-59631

版权专有 侵权必究



GB/T 36075.1-2018