

UDC 534.6 : 725.8
M 72



中华人民共和国国家标准

GB/T 4959—1995

厅堂扩声特性测量方法

**Methods of measurement for the characteristics
of sound reinforcement in auditoria**

1995-07-24 发布

1996-03-01 实施

国家技术监督局 发布

1 主题内容与适用范围

本标准规定了装有扩声设备的厅堂声学特性测量方法。
本标准适用于装有扩声设备的各类厅堂及其他场所的声学特性测量。
本标准不排除能得到同等精度的其他测量方法。

2 引用标准

- GB 2019 磁带录音机基本参数和技术要求
- GB 3241 声和振动分析用的 1/1 和 1/3 倍频程滤波器
- GB 3661 测试电容传声器技术条件
- GB 3785 声级计的电、声性能及测试方法
- GB 6278 模拟节目信号
- GB 9401 传声器测量方法
- GB/T 14476 客观评价厅堂语言可懂度的“RASTI”法
- GB/T 15508—1995 声学 语言清晰度测试方法
- GBJ 76 厅堂混响时间测量规范

3 术语

所用术语仅为了说明标准中有关项目的物理意义。

3.1 最高可用增益 maximum available gain

扩声系统在所属厅堂内产生反馈自激临界增益减去 6 dB 时的增益。

3.2 测试声源 measuring sound source

为了测量扩声系统的各项指标专门组成各种形式的发声器。

3.3 音节清晰度 syllable articulation

测听人员对规定的音节语声判断准确率的统计平均值。

3.4 均衡器 equalizer

为了补偿厅堂扩声系统传输(幅度)频率特性,而加入的频率特性调节装置。

3.5 语言传输指数 speech transmission index(STI)

它是一个物理量,且表示与可懂度有关的语言传输质量。

3.6 快速语言传输指数 rapid speech transmission index(RASTI)

它是语言传输指数法(STI 法)在某些条件下的一种简化形式,用来测定与可懂度有关的语言传输质量(见 GB/T 14476)。

4 测量条件

4.1 测量前扩声设备须按设计要求在厅堂内安装完毕,并调整扩声系统,使之处于正常工作状态。

注:测量前,均衡器(若有的话)需要进行系统最佳补偿调整。

4.2 测量时,扩声系统中调音台的音调调节器置于“平直”位置。功率放大器的音调补偿(若有的话)置于正常位置。

4.3 测量时,厅堂内测点的声压级至少应高于厅堂总噪声 15 dB。混响时间及再生混响时间测量时信噪比至少应满足 35 dB 要求。

4.4 各项测量一般应在空场及满场条件下分别进行。满场或模拟满场难以进行时,可只作空场。

4.5 测点的选取应符合下列条件:

4.5.1 所有测点离墙 1.5 m 以远;测点距地高度 1.2~2.3 m。对于有楼座的厅堂,测点应包括楼座区域。对于有舞台或主席台扩声的场所,测点还应包括舞台区或主席台区。

4.5.2 对于对称厅堂,测点可在中心线的一侧(包括中心线附近)区域内选取。

4.5.2.1 传输频率特性、传声增益、最大声压级、系统失真和反射声时间分布的测点数宜选全场座席的千分之五,且最好不得少于八点(无楼座场所,不得少于五点)。测点的分布应当合理并有代表性。

4.5.2.2 声场不均匀度的测点数不得少于全场座席的六十分之一。它们可以是中心线附近,左半场(或右半场)再均匀取 1~2 列。每隔几排进行选点测量。对于大型场所,为减少测量工作量,测点数可适当减少。

4.5.2.3 混响时间及再生混响时间测量,空场时不少于五点,满场时不少于三点。满场测点一般须与空场测点一致。

4.5.2.4 总噪声及背景噪声测量只在空场条件下进行。测点的选取同第 4.5.2.3 条。

4.5.2.5 混响时间及反射声时间分布测量需要时可增设舞台上的测点。

4.5.2.6 RASTI 指数的测量可在空场及满场条件下进行。测点的选取同第 4.5.2.3 条。

4.5.3 对于非对称厅堂,应增加测点。

4.6 有些项目的测量亦可采用录音法(声记录、重放)。

5 测量仪器

本标准不排除使用达到同等准确度的其他仪器。

5.1 声频信号发生器

频率范围:20~20 000 Hz,不均匀度优于 0.5 dB。

总谐波失真:不大于 0.3%。

5.2 噪声信号发生器

具有粉红噪声输出功能。

粉红噪声(-3dB/oct)的频谱密度:20~20 000 Hz,在“衰减器输出”或负载端开路时不均匀度优于 ±1.5 dB。

20~20 000 Hz 幅度为高斯分布。

信噪比不低于 60 dB。

5.3 测试功率放大器

频率范围:50~15 000 Hz,不均匀度优于 1 dB;

总谐波失真:不大于 0.5%;

额定功率:不小于 50 W;

负载阻抗:8 Ω,16 Ω。

5.4 测试电容传声器

按 GB 3661 的规定。

5.5 测量放大器

频率范围:20~20 000 Hz,不均匀度优于±0.5 dB;

总谐波失真:不大于 0.5%;

开路噪声(线性),不大于 15 μV;短路噪声(线性),不大于 10 μV。

5.6 1/3 oct 带通滤波器

按 GB 3241 的规定。

5.7 电平记录仪

频率范围:20~20 000 Hz,不均匀度优于±0.5 dB;

动态范围:50 dB,75 dB;

分辨率:用 100 mm 记录纸时优于 0.5 mm;用 50 mm 记录纸时优于 0.25 mm;

输入阻抗:16~18 kΩ;

描划速度:至少具有 100 mm/s 和 250 mm/s 两档。

5.8 声级计

按 GB 3785 的规定。

5.9 声频频谱仪

声频频谱仪是测量放大器与 1/1 和 1/3 oct 滤波器的组合。

5.10 示波器

长余辉;

最长扫描时间 10 s;

能够观察重复频率不高于 2 000 Hz,宽度为 50 μs~10 s,振幅为 0.02~40 V 的正负脉冲波形;

时标:具有 0.02,0.2,2,20,200,500 ms 六档。

5.11 声频电压表

频率范围:20~20 000 Hz;

输入阻抗:不小于 100 kΩ;

输入电容:不大于 20 pF;

指示准确度:优于±2.5%;

峰值因数:不小于 5。

5.12 录音机

按 GB 2019 中优于盘式 C 级或盒式 B 级指标。这些录音机应不带 AVC、AGC 电路控制。

5.13 测试声源

5.13.1 扬声器

频率范围:63~15 000 Hz,不均匀度优于 10 dB;其中 100~10 000 Hz,不均匀度优于 6 dB;

总谐波失真:不大于 5%;

灵敏度:不小于 94 dB(1 m,1 W 测);

额定功率:>10 W;

标称阻抗:8 Ω;

箱体容积:不大于 0.1 m³。

5.13.2 脉冲声源

具有一定的持续时间和波形要求、性能稳定的脉冲声源,例如火花声发生器。

5.14 语言传输指数仪

5.14.1 发送器

测试信号:无规粉红噪声(其包括符合 IEC 268-16 典型语言谱)。

倍频程滤波器:500 Hz 和 2 000 Hz。

调制频率:500 Hz:1.02,2.03,4.07,8.14 Hz;

2 000 Hz:0.73,1.45,2.90,5.81,11.63 Hz。

输出:内接扬声器 500 Hz 在相距 1 m 处参考输出声级为 59 dB;2 000 Hz 在相距 1 m 处参考输出声级为 50 dB。

5.14.2 接收器

输入灵敏度:30 mV 输入产生 94 dB 显示;

输入动态范围:20~120 dB(正弦信号);

RASTI 输入范围:500 Hz 倍频程:29~115 dB(RASTI 信号)。2 000 Hz 倍频程:25~115 dB(RASTI 信号);

调制频率精度:±0.1%;

测量周期:8 s、16 s、32 s 三种;

显示:4 位 7 节 LCD。

6 测量方法

6.1 扩声特性

6.1.1 传输〔幅度〕频率特性

厅堂内各听众席处稳态声压的平均值相对于扩声系统传声器处声压或扩声设备输入端电压的幅频响应。

测量可用下述方法进行,测量结果中需注明使用的是哪种方法。

6.1.1.1 声输入法

测量可用代替法(见图 1 和 GB 9401 第 2.6.2.1 条)或比较法(见图 2 和 GB 9401 第 2.6.2.2 条)进行。

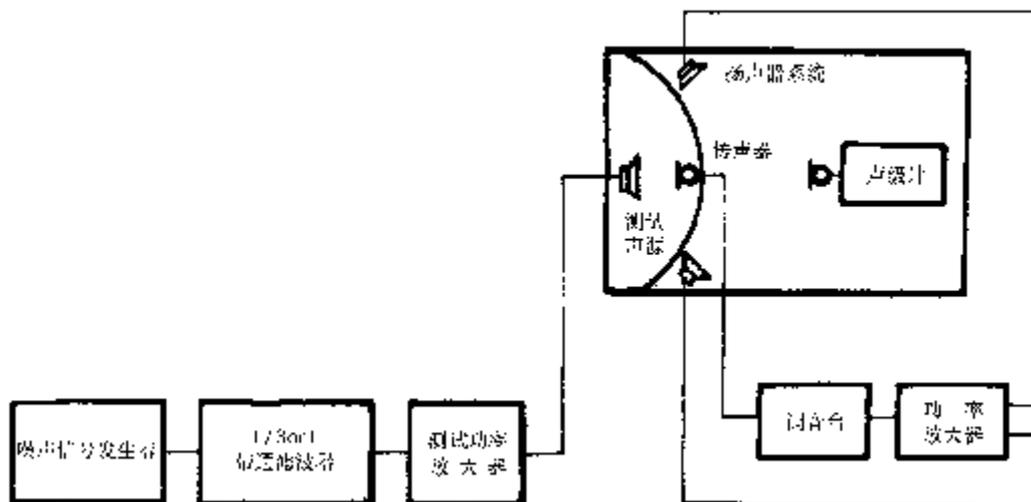


图 1

测量时,1/3 oct 粉红噪声信号经过测试功率放大器加到测试声源上,调节测试声源系统输出,使测点的信噪比满足第 4.3 条要求。改变 1/3 oct 带通滤波器的中心频率,在传声器处和观众厅内的测点上分别测量声压级,取其差值。

在比较法中,可控制传声器处声压恒定(如图 2 中虚线连接);也可不控制其恒定(如图 2,但无虚线

框图和连接)。

测量时传声器置于设计所定的使用点上,传声器的指向性按设计要求调节,在比较法中,并应不受测试传声器的影响。测试声源置于传声器前的距离,对语言扩声为 0.5 m,对音乐扩声为 5 m。

注:当设计所定的使用点不明确时,传声器可置于舞台大幕线的中点。

测量可用点测法或自动测量法(见 GB 9401 第 2.6.1 条)。

测量在传输频率范围内进行,测试信号的中心频率按 1/3 oct 中心频率取点。

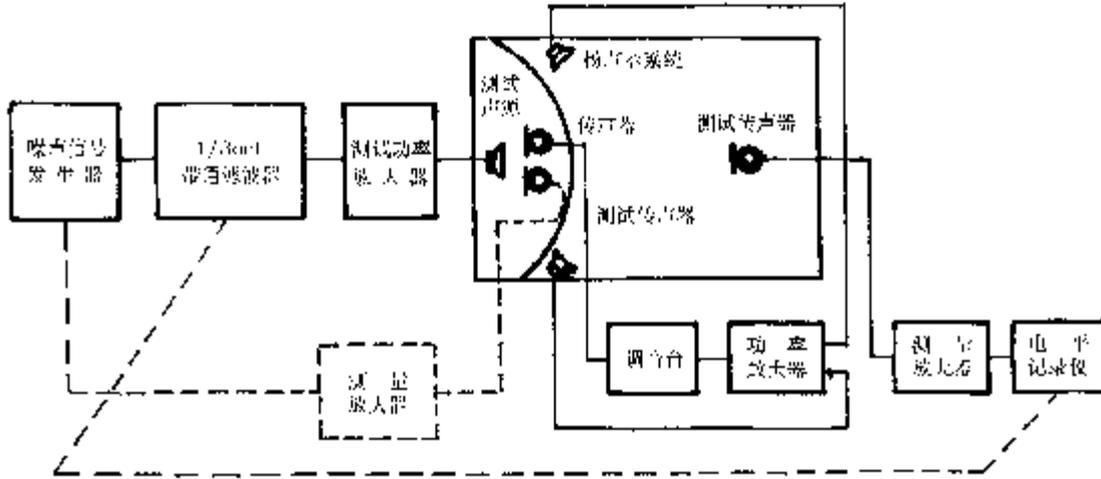


图 2

6.1.1.2 电输入法

测量线路见图 3。

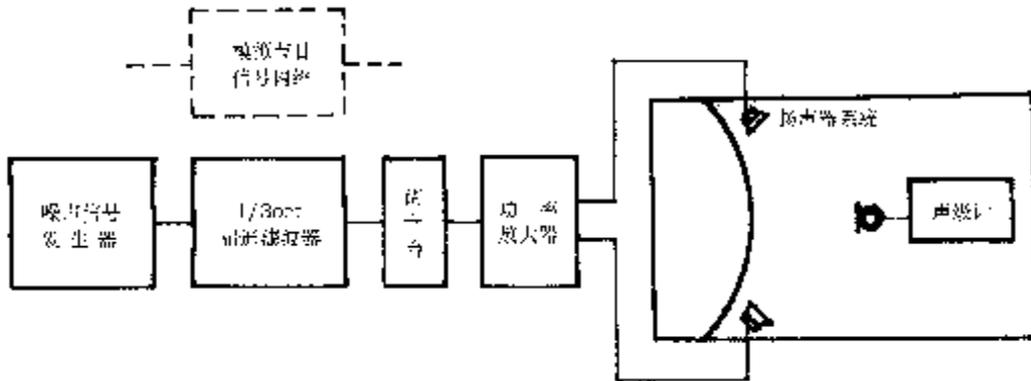


图 3

1/3 oct 粉红噪声信号直接馈入扩声系统调音台输入端。调节噪声源的输出,使测点的信噪比满足第 4.3 条要求。改变 1/3 oct 带通滤波器的中心频率,保持各频段电平值恒定,在观众厅内规定的测点上测量声压级。

测量在传输频率范围内进行,测试信号的中心频率同第 6.1.1.1 条规定。

6.1.2 传声增益

扩声系统达最高可用增益时,厅堂内各听众席处稳态声压级平均值与扩声系统传声器处稳态声压级的差值。

测量线路同图 1。

把在观众厅内各测点上测得的声压级平均值减去传声器处的声压级,按频率加以平均即得该频带的传声增益。若把传声增益值与频率的关系绘在同一张频率坐标纸上,可得传声增益频率特性(也是在最高可用增益条件下,声输入法的传输频率特性)。

测试信号的中心频率同第 6.1.1.1 条,也允许按倍频程中心频率测量。

注:在调扩声系统最高可用增益时,自激临界点的判定可利用仪表指示,辅之以人耳判别为依据。

6.1.3 最大声压级

扩声系统在厅堂听众席处产生的最高稳态准峰值声压级。

测量可用下述方法进行,测量结果中需注明使用的是哪种方法。

6.1.3.1 电输入法

a. 窄带噪声法

测量线路同图 3。

将 1/3 oct(或 1/1 oct)粉红噪声信号直接馈入扩声系统调音台输入端,调节噪声源输出,使扬声器系统的输入电压相当于十分之一至四分之一设计使用功率的电平值,当声压级接近 90 dB 时,可用小于十分之一的使用功率。在系统的传输频率范围内,测出每一个 1/3 oct 或 1/1 oct 频带声压级,加以换算获得相应频带的最大声压级然后平均。

注:当设计使用功率不明时可按额定功率计算。

b. 宽带噪声法

测量线路同图 3,只是将 1/3 oct 带通滤波器改用模拟节目信号网络。

测量时,经过计权网络的模拟节目信号直接馈入扩声系统调音台输入端,扬声器系统的功率调节同第 6.1.3.1a 条。用声级计在厅堂内的规定测点上进行测量,把测得的值加以换算。然后平均。

6.1.3.2 声输入法

a. 窄带噪声法

测量线路同图 1。

调节测试系统使舞台上设置的测试声源发出 1/3 oct 粉红噪声信号,由传声器接收进入扩声系统。扬声器系统的功率调节及测试频率的选取同第 6.1.3.1a 条。在系统的传输频率范围内测出每一个 1/3 oct 频带声压级,加以换算获得相应频带的最大声压级然后平均。

测试时,传声器位置同图 1(即设计所定的使用点上),测试声源置于传声器前 0.5 m 距离上。

b. 宽带噪声法

测量线路同图 1,只是将 1/3 oct 带通滤波器换之以模拟节目信号网络。

调节测试系统使测试声源发出模拟节目信号,经传声器接收进入扩声系统,扬声器系统的功率调节同第 6.1.3.1a 条。用声级计在厅堂内的规定测点上进行测量,把测得的值加以换算然后平均即为最大声压级。传声器及测试声源的位置同第 6.1.3.2a 条。

注:按此方法测量时,测试声源的输出信号只是接近于模拟节目信号的频率特性。

6.1.4 声场不均匀度

厅堂内(有扩声时)不同听众席处稳态声压级的差值。

测量线路同图 1。

测量信号用 1/3 oct 粉红噪声。测量信号的中心频率一般按倍频程中心频率取值。

根据各测点在不同频带测得的频带声压级可作出相应的声场分布图。

6.1.5 系统谐波失真

扩声系统由输入声信号到输出信号全过程中产生的谐波失真。

注:当测量由声输入到声输出的非线性畸变有困难(例如产生标准测量信号有困难或无条件在厅堂中提取扩声的直达声信号)时,允许测量由电输入到声输出的谐波失真作为系统的谐波失真(见图 4),但应注明这是由电到声的失真。

中心频率为 F 的 $1/3$ oct 粉红噪声信号 U_F 馈入扩声系统调音台输入端。调节扩声系统增益,使扬声器系统输入电压相当于四分之一设计使用功率的电平值。在厅堂内的规定测点上,通过测试传声器用声频频谱仪测量中心频率为 F 、 $2F$ 、 $3F$ 的信号。按公式(1)计算其谐波失真系数。

注:当设计使用功率不明时可按额定功率计算。

$$K = \frac{\sqrt{U_{2F}^2 + U_{3F}^2}}{U_F} \times 100\% \quad \dots\dots(1)$$

亦可通过曲线表示出基波、二次、三次谐波特性。
测试频率可从 125~4 000 Hz 按倍频程中心频率取值。

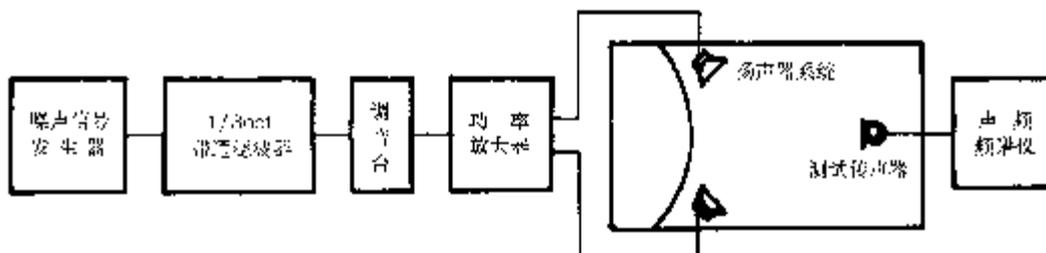


图 4

6.1.6 总噪声

扩声系统达最高可用增益,但无有用声信号输入时,厅堂内各听众席处噪声声压级的平均值。测量在空场条件下进行。

测量时厅堂内的设备,例如通风、调温、调光等产生噪声的设备及扩声系统全部开启。

测点的选取同第 4.5.2.3 条。

测量可用声级计在 63~8 000 Hz 范围内按倍频程带宽取值。测量结果与 NR 评价曲线比较并得到 NR 数值。测量也可用 A 计权数据。

扩声系统增益控制位置同第 6.1.2 条。

测量可按图 5 点测或实现自动记录。

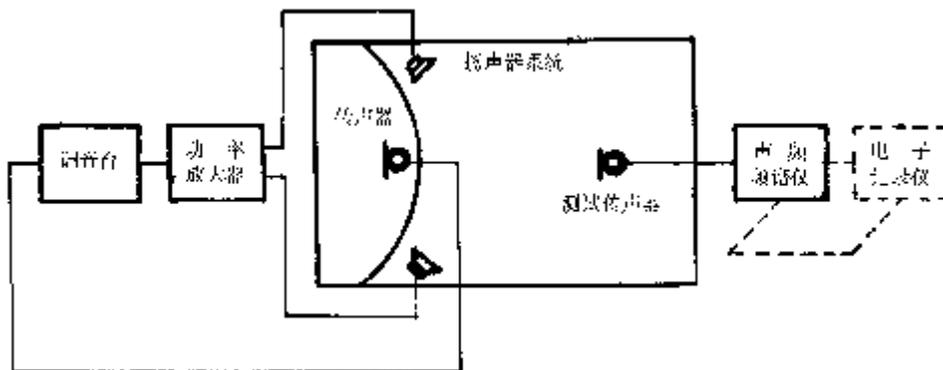


图 5

6.2 与扩声特性有关的建筑声学项目

6.2.1 背景噪声

当扩声系统不工作时,厅堂内各听众席处室内噪声声压级的平均值。

在测量总噪声的同时,关闭扩声系统设备,按第 6.1.6 条方法测量背景噪声。

6.2.2 反射声时间分布

指声源发脉冲声时,室内反射声的时间排列状况。

测量线路见图 6。

接收频率采用 500, 1 000, 2 000 Hz。脉冲的宽度为 10 ms, 脉冲间隔为 3 s。测量时示波器时标总长度取 500 ms。测点的选择同第 4.5.2.3 条。在示波器上显示的反射声图形可用照像机拍摄以进行分析。

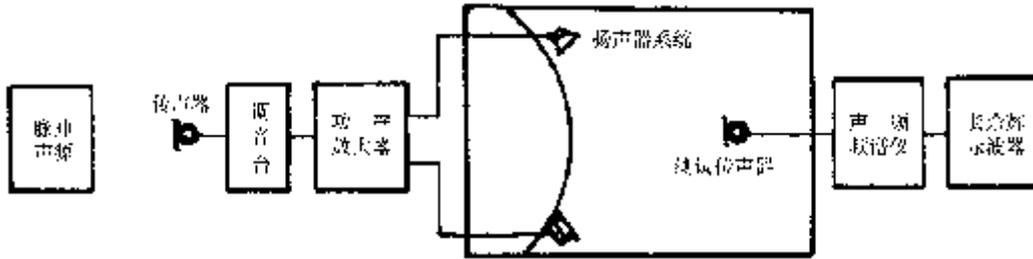


图 6

6.2.3 混响时间

室内声音已达到稳定状态后, 停止声源, 平均声能密度自原始值衰减到百万分之一 (60 dB) 所需的时间。

由噪声源发出的 1/3 oct (或 1/1 oct、或全频带) 粉红噪声信号直接馈入扩声系统调音台输入端。调节扩声系统输出, 使测点的信噪比满足第 4.3 条要求。在观众厅内的预定测点上测量。测点的选择同第 4.5.2.3 条。测量线路见图 7。

注: 在满场情况下, 低频衰减不足 35 dB 时可以酌情降低信噪比。

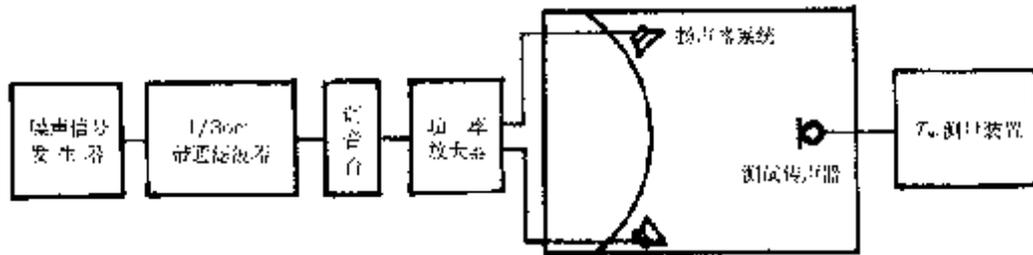


图 7

当模拟自然声源进行混响时间测量时, 测量线图见图 8。测试声源取自然声源的位置。

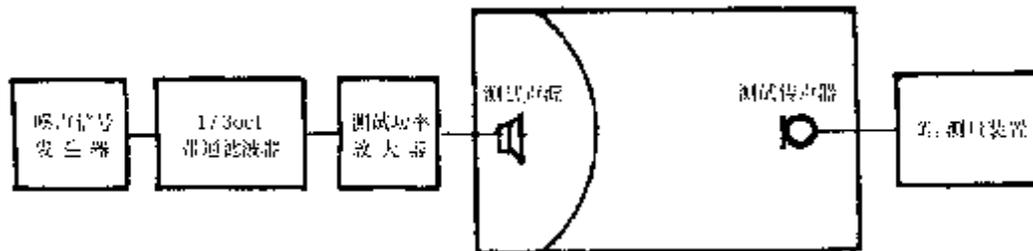


图 8

当声源停止发声后, 记录声压级衰减时的衰减曲线并用专用量规量得所测之混响时间。

测量频率的选取至少应有 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 Hz。

6.2.4 再生混响时间

计入声反馈因素以后的混响时间。

测量线路见图 9。

测量时扩声系统置于最高可用增益状态。

调节测试系统使舞台上设置的测试声源发出 1/3 oct(或 1/1 oct)粉红噪声信号,由传声器接收进入扩声系统。调节噪声源的输出,使测点的信噪比满足第 4.3 条要求。测点的选择按第 4.5.2.3 条。

当声源停止发声后,记录声压级衰减时的衰减曲线并用专用量规量得所测之混响时间。

测量时,传声器位置同图 1。测试声源与传声器间距分别为 0.5 m 和 5 m(语言扩声/音乐扩声)。

测量频率的选取同第 6.2.3 条。

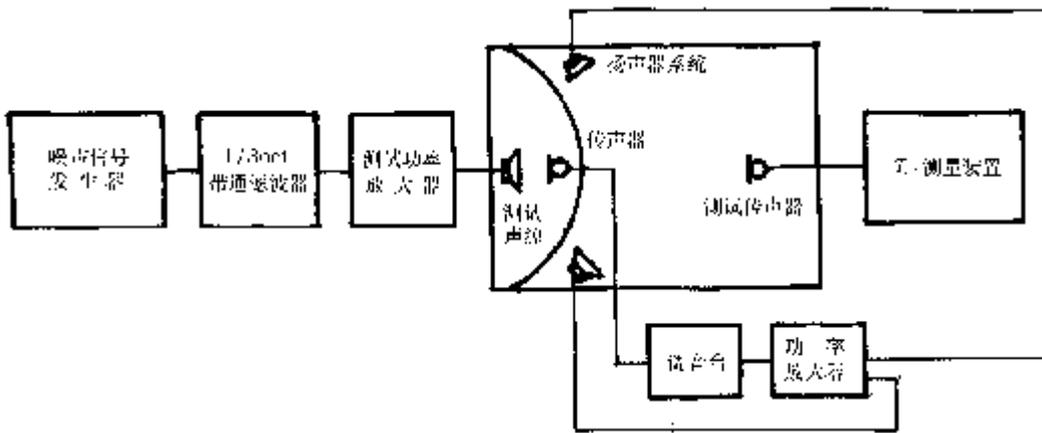


图 9

6.3 快速语言传输指数

客观评价厅堂语言可懂度的 RASTI 法。

与可懂度有关的语言传输质量是根据模拟实际发话人声学特性的测试信号通过房间时调制指数 m_i 的降低确定。测试信号由位于发话人位置的声源传输到听音人位置上的传声器,此处的调制指数是 m_0 。

测量可按图 10(无扩声)或图 11(有扩声)进行。

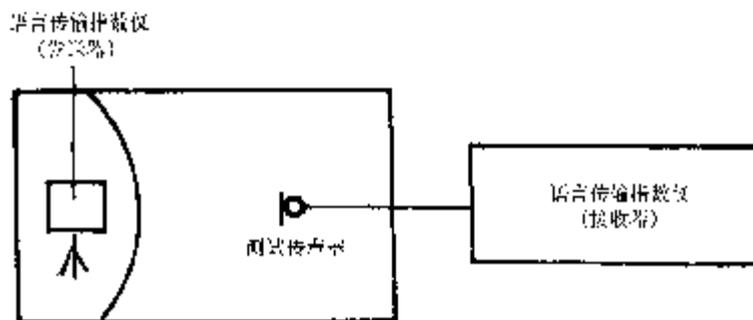


图 10

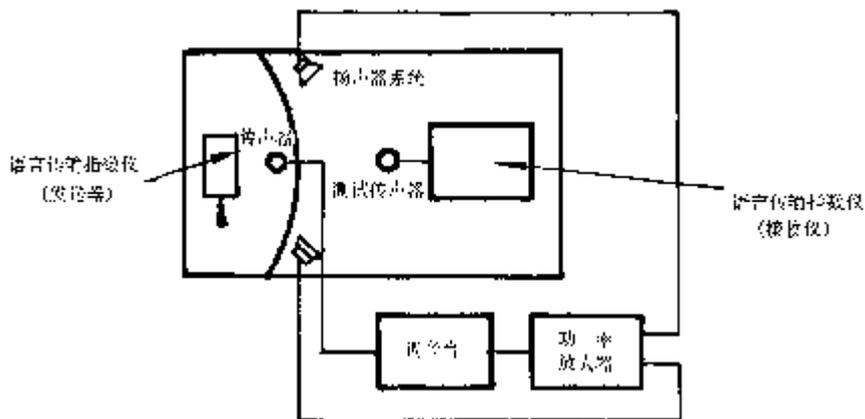


图 11

a. 声学测试信号是由一个安装在合适壳体中的声源产生的,壳体尺寸与人头大小相当。指向性指数(以 0°方位角和 0°仰角为参考轴)应为:500 Hz 时,1~3 dB;2 kHz 时,2~5 dB。在给定的倍频带内(在参考轴上偏离±2 dB),在任何方向上测得的频率响应应相当平坦。

声源应置于相当厅堂中真实发话人头部位置,参考轴指向正常发话方向。

测试信号电平应调节到使参考语言声级为 65±3 dB。在附加测量时,也可以选用其他的参考语言声级,它可以是从待测厅堂中距发话人唇部前 1 m 距离处实际测量的真实发话人的 C 计权档及慢响应。

对中心频率为 500 Hz 的倍频带,测试信号应调到使长期有效值声压级相对于参考语言声级为 -1 dB,对中心频率为 2 kHz 的倍频带,为 -10 dB。这些声压级是指声源参考轴相距 1 m 处为参考的值。

注:在使用声系统时,声源与声系统传声器之间距离应加以说明。

b. 测试信号应是一个有正弦强度调制的噪声载波并具有确定的初始调制指数 m_i ,调制频率(容差为±5%)应为:

500 Hz 频带:1,2,4,8Hz;

2 kHz 频带:0.7,1.4,2.8,5.6,11.2 Hz。

c. 厅堂中应放置全向测量传声器,可以使用厅堂中听音者所占的任何位置。测点的选择按第 4.5.2.3条。

传声器输出接到符合 GB 3241 的中心频率为 500 Hz 和 2 kHz 倍频程滤波器。

d. 从滤波信号中得出调制指数 m_0 。

e. 得出的调制指数 m_0 与初始的调制指数 m_i 之比可由式(2)确定。

$$m(F) = \frac{m_0}{m_i} [m(F) \leq 1] \dots\dots\dots(2)$$

f. 然后,将 9 个 m 值中的每一个按照式(3)转换成 X :

$$X = 10 \lg[m/(1 - m)] \dots\dots\dots(3)$$

注:这可以看作是视在信噪比,以分贝表示。

g. 高于+15 dB 的值按+15 dB 取值,低于-15 dB 的值按-15 dB 取值。

- h. 确定由此得到的 9 个值的算术平均值 \bar{X} 。
- i. 把指数 Y 从 0~1 按式(4)归一化:

$$Y = (\bar{X} + 15)/30 \quad \dots\dots\dots(4)$$

得出所选条件下或规定条件下的 RASTI 指数。

RASTI 法的应用受到语言传输、背景噪声和混响时间诸因素的限制。因此,在满足下列要求时才能应用。

- a. 基本上是线性语言传输(无削波等),因为 RASTI 法没有考虑非线性失真影响;
- b. 宽带语言传输(典型值为 200 Hz~6 kHz),因为此方法是以假定基本上是无限制的语言谱为基础的;
- c. 背景噪声中不包含可闻纯音,在倍频带频谱中,无明显的峰或谷;
- d. 背景噪声无脉冲特征;
- e. 混响时间随频率变化不太大时。

上述要求中的一个或多个不满足时,最好使用 STI 法。

6.4 汉语清晰度测量方法

见 GB/T 15508。

附加说明:

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由电子工业部标准化研究所归口。

本标准由电子工业部第三研究所和广播电影电视部设计院负责起草。

本标准主要起草人崔广中、李齐勋、骆学聪、朱雷凤、吴灵。

本标准于 1985 年 2 月首次发布,1995 年 7 月第一次修订。