

# 消声室自由声场鉴定的几个问题

·论文·

孙广荣

(南京大学声学研究所, 江苏南京 210093)

**【摘要】** 要做好消声室自由声场的鉴定测试, 必须考虑采用什么样的信号源、声源的指向性、声源场中心的校正等几个重要问题。

**【关键词】** 消声室; 自由声场; 声源指向性

**【中图分类号】** TB52

**【文献标识码】** A

## Some Questions of Inspecting Free Field in Anechoic Room

SUN Guang-rong

(Acoustic Institute, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**【Abstract】** To perform an inspection test of free field in anechoic room, some questions that are the test signal, the directivity of sound source, and the sound center calibrating of sound source must be paid attention to.

**【Key words】** anechoic room; free field; directivity of sound source

## 1 引言

关于消声室的鉴定方法, 笔者早已有介绍<sup>[1-3]</sup>, 但近些年来所接触到一些单位和有关人员提出了关于消声室鉴定中的问题, 因此, 有必要给予进一步论述。

对于本底噪声的鉴定, 宜在可能使用的相关时段, 例如邻近马路交通繁忙的时段(特别注意有无载重卡车经过)、正常上班时段(特别注意邻近有无冲床在运作)、夜间特别安静时段等, 视需要分别记录 A 声级、C 声级和线性声压级, 以全面了解不同时段的本底噪声情况。

对于自由声场的鉴定, 要给出在消声室内离声源多大距离上与理想自由声场的偏差为多少分贝。在鉴定测试时, 声源放在什么位置、绕声源以什么测试信号、在哪些方向上进行测试、测试的频率范围等, 与消声室的使用功能有关。笔者就几个具有共性的问题加以论述。

## 2 声源信号的选用

对于只用于机器设备噪声方面测试用的消声室或半消声室, 可以用 1/3 oct 噪声信号来测试; 对于电声测量或基础研究用的消声室, 则必须用纯音信号进行测试, 因为 2 种信号对于反射声叠加的影响有很大不同。笔者曾估算过 2 种信号在消声室内与自由声场偏差的公式<sup>[3]</sup>。对于边长为  $L$  的立方形消声室, 如果声源放在室中心, 则在纯音信号的情况下, 与自由声场衰减相比, 可能的最大偏差为

$$\Delta L_1 = 20 \lg \left( 1 \pm 6 |R| \frac{r}{L} \right) \quad (1)$$

其中,  $|R| = (1 - \alpha)^{1/2}$  是声压反射系数模量;  $\alpha$  是界面吸声系数;  $r$  是测点离声源的距离;  $L$  是消声室内空间的边长。式(1)只考虑 6 个面一次反射声的影响, 并假定 6 个反射声是同相位叠加, 并且与直达声同位相时是正误差, 反位相时是负误差, 因此说式(1)是可能的最大误差。因各个反射声的传播距离和位相不同, 到达界面有不同入射角时, 反射声的位相损失也有不同, 因此说式(1)是可能的最大误差。式(1)也说明了这个偏差除与界面吸声系数有关外还与测试距离及消声室大小有关, 可以借此对消声室进行合理的设计。

对于频带噪声信号的情况, 将反射声与直达声能量进行叠加, 从而得到在噪声信号条件下与自由声场相比的偏差公式

$$\Delta L_3 = 10 \lg \left( 1 \pm 6 R_e \frac{r}{L} \right) \quad (2)$$

其中,  $R_e = 1 - \alpha$  是能量反射系数。与式(1)相比, 噪声信号情况下的自由声场偏差要小得多, 所以, 对于像电声测量用的消声室, 在自由声场鉴定时不能用噪声信号来测试。

## 3 声源的指向性

为了真实反映消声室内各个界面对自由声场的影响, 鉴定测试用的声源应基本上是球面声源, 即向各方向的辐射强度应基本相同。

当辐射声波的频率对应的波长比声源尺寸大很多时,可近似认为这是球面声源,所以从低频到中频,选用不同尺寸的直接辐射式扬声器装在闭箱内作为测试声源。

对于高频,一种方法是选用压电陶瓷球形换能器,它原本应用于水声,在空气中辐射效率低,但消声室内本底噪声低,仍可满足测试要求。但频率更高时,球壳换能器产生分割振动,从球面辐射演变为花瓣形辐射图形,要换更小的球壳换能器,可能不满足测试时的信噪比要求。ISO 3745 推荐在高频时采用高音扬声器,接上 1.5 m 长的管子,利用管端辐射可接近球面声源的条件。所以要求管长为 1.5 m,可能是为排除高音头对管端辐射的影响,其实不一定需要 1.5 m,这段管子相当于共振管,对于有效管长为 1/4 波长奇数倍的频率,管子发生共振,应选择这些共振频率点来测试。

选定声源后,都要进行声源指向性测试,检验它是否适用。对于半消声室的鉴定,要注意声源中心离地面的高度,即这一高度与波长相比应很小,否则地面反射声波与直达声不是接近同相位叠加,就得不到准确的鉴定结果。

#### 4 声中心的校正

与理想自由声场的偏差是将消声室内测量得到的离声源传播的衰减测量值与理论上的球面声波衰减相比较得到的。球面声波理论上的衰减规律是传播距离增加一倍,声压级降低 6 dB。现在的问题是球面声源的中心在哪里。例如对于纸锥形的直接辐射式扬声器,其辐射的中心在锥形的顶点吗?回答是“不一定”。通过实验数据反推这个球面声源的中心,发现在不同频率时,有时在锥面前几厘米至十几厘米,有时还可能在锥面后一定距离处,几乎无规律可寻。因此,对每个频率的测试,都要进行“声中心校正”。有不同的方法进行这一校正,笔者采取同时校正声中心的鉴定方法:首先是设法将传声器在需要测试的方向上能连续稳定地移动,起始点是接近该移动方向上的靠近界面处。传声器接收信号被连续记录,便得到声压级随距离衰减的曲线。根据记录纸上声压级的坐标尺度以及传声器移动速度和记录纸的传动速度,可以制作一条与记录到的衰减曲线同样尺度的理论衰减曲线(刻制成有机玻璃曲线板),假定离声源较远处接近理想自由声场[从式(1)可以知道,当  $r$  较小时,  $\Delta L_1$  很小,所以这个假定是合理的]。将理论曲线的前面部分与测量曲线重合,比对时理论曲线尺只能上下移动(相对声压级变化)

和左右移动(声中心校正),绝不能转动。图 1 是不同频率时的衰减曲线与理论曲线的比对,可以清楚地看到低频时,界面吸声系数在 99%左右时,距离增大时的偏离超过  $\pm 1$  dB 的情况;中频时全程偏差均小于  $\pm 1$  dB;高频时需加上空气吸收的校正则偏差也很小。图 2 是原来消声室内纵向有承载的钢轨,发现钢轨的散射对 3 150 Hz 的影响特别大;去掉钢轨后,偏差显著降低。

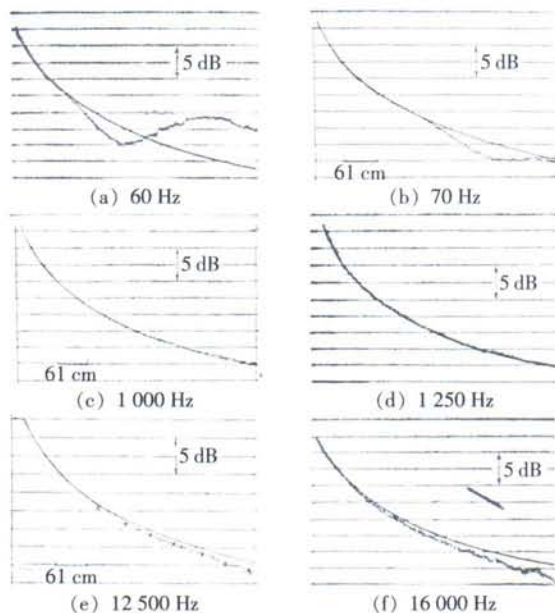


图 1 自由声场鉴定的衰减曲线与理论曲线示意图

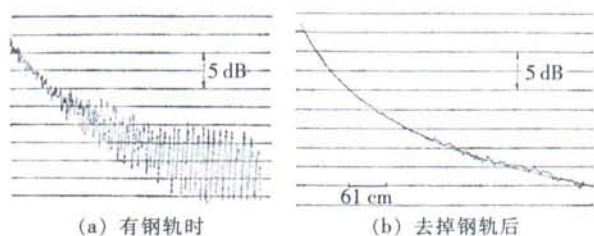


图 2 去掉钢轨前后 3.15 kHz 的声压级随距离衰减曲线示意图(传声器以 45° 指向钢轨)

附带说一下,自由声场偏差的检测,最好采用传声器连续移动的方法,如果用点测法,则可能会遗漏一些偏差大的测点,同时进行声中心校正也麻烦一些。

#### 参考文献

- [1] 南京大学声学实验室. 南京大学消声室[J]. 物理学报, 1975, 24: 252-259.
- [2] 孙广荣, 胡春年, 吴启学. 消声室和混响室的声学设计原理[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [3] 孙广荣. 消声室内自由声场误差的近似计算[J]. 电声技术, 1980(2): 63-65.

[责任编辑] 潘浩然

[收稿日期] 2008-05-07