

测量超声换能器的简易消声室

高克成 富莹

(机械工业部上海工业自动化仪表研究所)

一、引言

近十多年国内外气介超声检测技术发展迅速,如超声物位计、声开关、声报警装置等。因此,气介换能器的研究日益趋于重要。研究气介超声换能器需要消声室,以便用来测量在10~200千赫频率范围内各种超声换能器的灵敏度、频率响应特性和指向性。为此,我们建了一个简易消声室。

消声室建在一个原有房间内,其内部尺寸为 $3.8 \times 2.8 \times 2.8$ 立方米,如图(一)所示。消声室外壳除地面外,其余表面均用2.5毫米厚的钢板拼焊而成,板面积重量约20公斤/米²,地面铺5厘米厚的疏孔聚氨基甲酸脂泡沫塑料,其容重约25公斤/米³。其余五个表面(天花及壁面)均衬有容重约25公斤/米³,厚约5厘米的超细玻璃棉毡,毡的表面罩有塑料纱窗。天花悬吊两根短杆,用来悬挂器件。侧壁开有布置导线的小孔。整个消声室被置于厚约10厘米的粗制玻璃纤维毡上,用以隔绝外界的振动干扰。

二、设计消声室时的几点考虑

设计消声室时,曾考虑了下列一些因素:被测的超声换能器频率下限约1千赫;超声换能器体积不大;测试距离为一米;测量允许误差 $\pm 1.5\text{dB}$ 。不言而喻,设计一个小型全消声室,就可以满足超声换能器各项测量要求。文献曾指出,^[1]小型消声室的边长应为测量距离的2.5倍以上,并允许有20%的声反射。我们运用消声室内某点A附近自由声场的最大误差表达式,对消声室的几何尺寸进行了

估算,计算公式如下:^[2]

$$\Delta L_p \approx 20 \log \left[1 + 6 |R| \frac{Y_A}{L} \right]$$

ΔL_p ——声压级差;

$|R|$ ——反射系数模量;

L ——消声室边长;

Y_A ——O点至A点的距离,见图(1)。

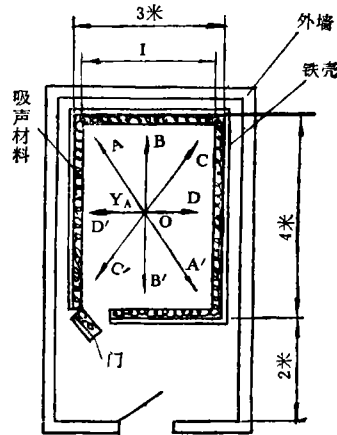


图1 消声室平面简图

若 $|R| = 0.2$,当 $Y_A = 0.5$ 米, L 约为3.2米时,误差小于1.5dB的范围为 $Y_A < 0.16L$ 。对于 $L = 2.8$ 米的消声室, $Y_A = 0.43$ 米,壁面附近的最大误差为1.47dB。用上式估计的误差是可能出现的最大误差,它比实际测试的声场误差要大一些。考虑到多数情况下,实际测试频率在5千赫至200千赫,而超细玻璃棉和泡沫塑料的 $|R|$ 约为0.2;原建房间又难以扩大,将消声室的内壳容积定为 $4 \times 3 \times 3$ 立方米。内壁面加衬吸声材料以后,消声室的内部容积为 $3.8 \times 2.8 \times 2.8$ 立方米。

三、消声室的鉴定和讨论

消声室的性能鉴定有两项,即本底噪声

表：消声室内外倍频程声压级(10℃)

倍频程频率, 赫	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500
消声室外倍频程声级, dB	48	48	42	42	42	44	36	34	22	8	5
消声室内倍频程声级, dB	38	30	18	5	4	4	4	5	5	4	4

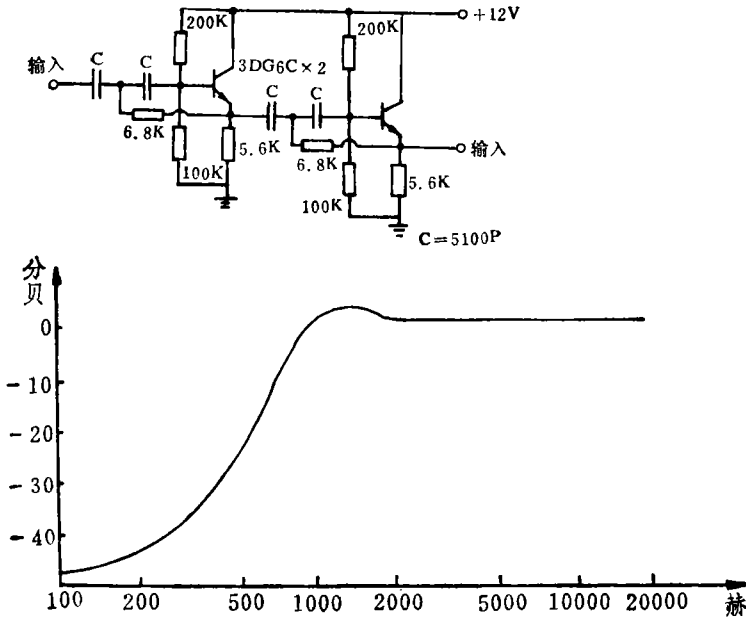


图2 滤波器及其特性

和自由声场衰减特性。本底噪声是在各种外界环境噪声情况下测得的。消声室内外的 2~200,000 赫线性声级分别为 60~63dB 和 63~84dB, A 计权声级分别为 15~23dB 和 40~82dB。消声室内外的倍频程声级见上表。不难看出, 高频分量很弱。A、B、C 计权声级测量结果为: C(45dB) > B(35dB) > A(23dB), 也表明高频分量是小的。然而, 由于消声室低频分量高, 造成本底噪声的总声压级仍然较高。为此, 在接收系统中插入了一个截止频率约 1.5 千赫的高通滤波器, 见图(2), 用来截止低频噪声。作者曾用 1~15 伏的正弦信号, 分别激发 20 千赫的夹心式换能器和带 45°反射罩的 45 千赫管状换能器, 在距离一米处, 分别接收换能器正面辐射来的声信号, 所得声压级分别为 48~69dB 和 42~59.5dB。不过, 尚需足够实验才能澄清这一问题。作者

认为, 只要给予超声换能器足够高的能量, 消声室最低声压级为 30dB, 就可以满足实际测量要求。原因在于被测换能器所产生的声压级一般不会低于 45dB。

应用球面声源辐射的声压与距离成反比的规律, 采用点测法, 对消声室内声场进行测试。声源是用 YHG5—2 型高音喇叭^[4], 加接四分之一波长谐振管而构成, 见图(3)。谐振管的管口直径为 14 毫米, 它与谐振管在谐振频率时的波长之比约为 0.3~0.03。实际测量表明, 谐振频率在 3 千赫以下的谐振管, 它们的指向性图较为接近理想的无指向性球面声波, 见图(4)。

声场测试时选取了八个直线测量方向, 内中 AA'、CC' 是对角线方向。声源置于消声室中心 O 点上。传声器用直径一毫米的钢丝悬挂在空中, 离开地面 1.6 米。对声源的

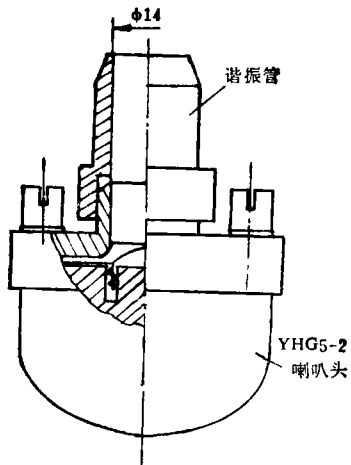


图3 声源示意图

声中心进行了校正。修正值是用实测曲线与理论曲线之间平移获得的,均在一厘米左右。从所得不同频率的声压级随距离而变化的衰减曲线上,可以看出当声源频率在0.9千赫以上时,在 $1 \times 2 \times 1$ 立方米空间范围内与理论上的声压级偏差在 $\pm 1.5\text{dB}$ 以内。实际应用时主要在对角线方向上安排测量线,即AA'方向,见图(5)。在这一方向上,离声中心0.8米处以内,与理论值偏差在 $\pm 1\text{dB}$ 之内。从上面所述,消声室的实际截止频率应为1.5千赫。

测量时曾发现传声器引线(外径约8毫米),在声源频率2.8千赫以上时,对测量值

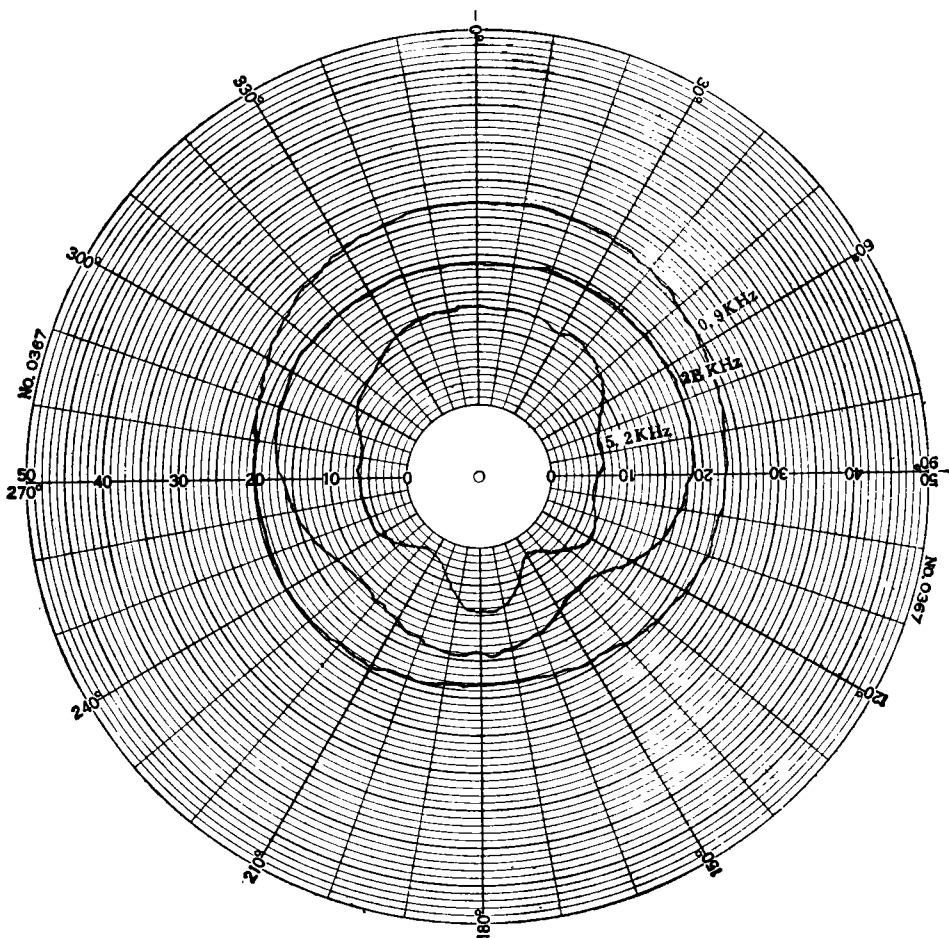


图4 不同频率谐振管指向图

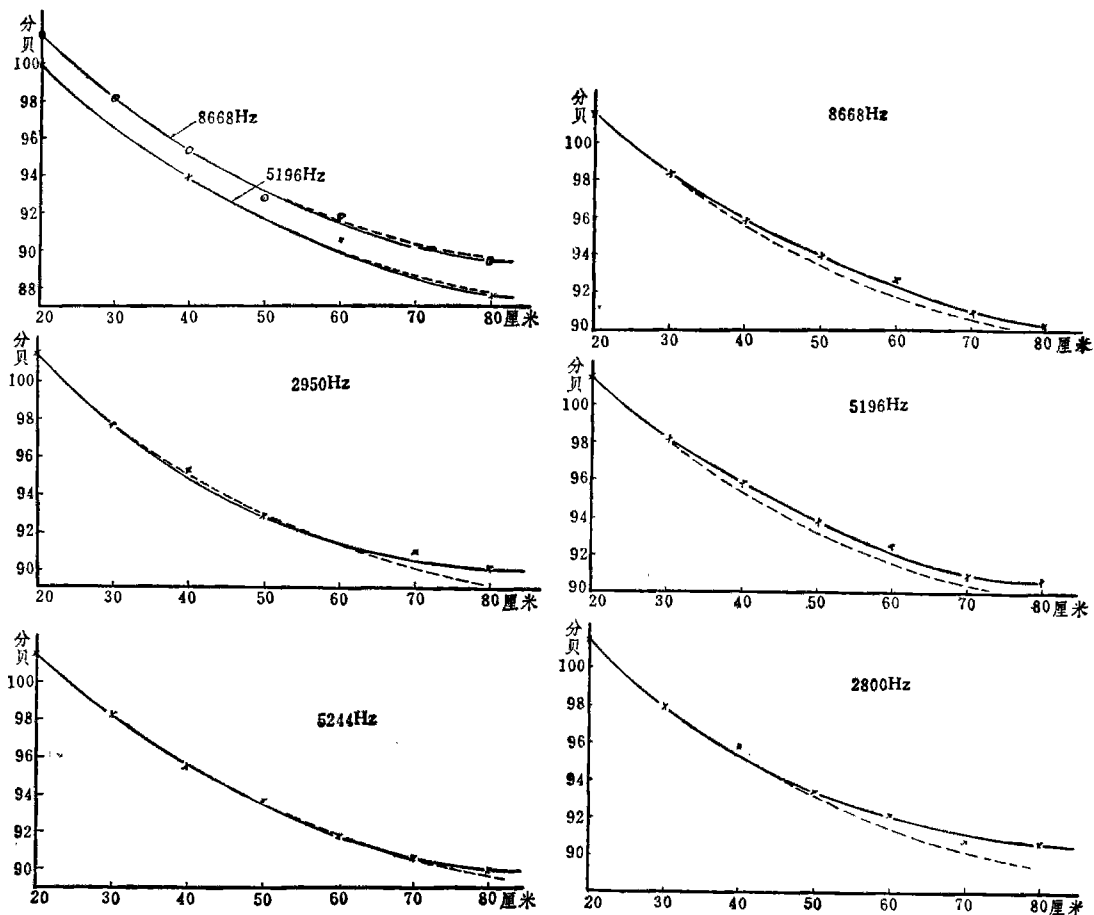


图5 不同频率的声压级随距离而变化的衰减曲线(OA向)(虚线为理论值)

颇有影响,约0.5~1dB。改变导线位置,测量值会有所改善。传声器在钢丝上位移时,距离调整的绝对误差约1~4毫米。这些都通过反复测量加以解决了。对消声室内的附加装置,如支架,曾做了吸声处理,以避免在这些物体上产生反射。

四、结 论

消声室的理论估算和实际测量结果较为一致。表明小消声室建在原有房间内,用薄钢板做消声室壳体,内衬吸声材料,配以适当的高通滤波器,能满足气介超声换能器的测量要求。消声室的最低声压级为33dB;截止频率1.5千赫;在主要测量方向上(AA'

向),额定范围内与自由场的声压级偏差在±1dB以内。在1×2×1立方米空间范围内,与自由场偏差量在±1.5dB以内。

关于允许本底噪声级尚需探讨。壁面采用折皱式吸声结构,壁面吸声会更好一些。郑冠雄先生、同济大学倪乃琛副教授和飞乐厂有关同志,曾提出有益的建议。在此,一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 上海物理学会声学工作委员会主编。声学译丛——消声室专辑。1964年。
- [2] 孙广荣等。“消声室和混响室的声学设计原理”。1981科学出版社。
- [3] Electronic Circuit Design Handbook, 1968.
- [4] 上海飞乐电声总厂, YHG5-2型高音喇叭。