



# 测听室声学特性的设计研究

潘仲麟 金进生 黄有兴 斯公寿

(杭州大学物理系)

1987年5月15日收到

本文报道了组装式测听隔声室的设计研究。经有关医院和防疫部门使用后表明，它的声学性能满足耳科临床诊断和工矿企业听力普查的需要。本文介绍了该室的构件选择、整体声学特性的设计以及测试结果。

## 一、引言

听力测试需要在相当安静的环境中进行，以获得准确的结果。为耳科临床诊断和工矿企业听力普查提供了一个占地小、拆装方便的隔声小间（简称测听室），我们进行了设计研究。

## 二、测听室的隔声要求

为避免测试音被掩蔽，测听室内环境噪声不得超过规定的最大允许噪声声压级<sup>[1]</sup>。假定测听场所的环境噪声为60dBA，它近似于NR-55评价曲线，可得测听室的隔声要求如表1。

表1 测听室的隔声要求(dB)

倍频带中心频率 (Hz)	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
测听室允许噪声	73	59	47	33	18	20	27	38	36
NR-55曲线	92.9	78.7	69.8	63.1	58.4	55.0	52.3	50.3	48.6
测听室隔声要求	19.9	19.9	22.8	30.1	40.4	35	25.3	12.3	12.6

用于临床诊断的测试音的频率在250Hz以上。由表1可见，2000Hz以上的隔声要求不高。因此，只要对250、500和1000Hz分别有30、40和35dB的降噪量，就基本上满足测听室的要求了。

## 三、构件的选择

测听室的构件，要求隔声量尽可能高，重量尽可能轻，一般均质单层墙板难以满足这些要求，必须采用多层结构。

参考多层结构实测声学性能<sup>[2-4]</sup>，经过多次试验，我们选用了如图1和图2的两种构件。

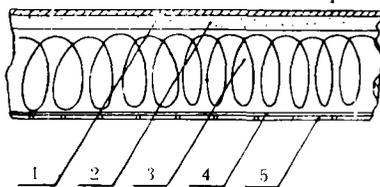


图1 构件I横截面图

1. 1.5mm厚钢板；2. 3mm厚阻尼层；3. 100mm超细玻璃棉；4. 玻璃纤维布；5. 三夹板，穿孔率<10%。

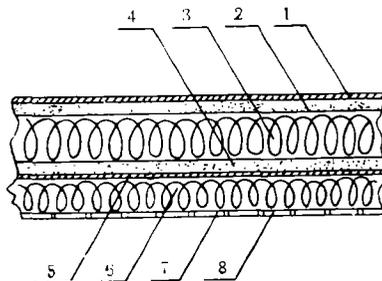


图2 构件II横截面图

1. 1.5mm厚钢板；2. 3mm厚阻尼层；3. 50mm超细玻璃棉；5. 1mm厚钢板；6. 40mm超细玻璃棉；7. 玻璃纤维布；8. 胶合板，穿孔率<10%。

构件 I, 外层为 1.5 mm 厚的钢板, 内敷阻尼层, 内层为三夹板, 层间距离 0.10 m, 内充填超细玻璃棉。构件 II, 外层同构件 I, 内敷阻尼层, 第二层为内侧敷阻尼层的 1 mm 厚的钢板, 层间距离 0.05 m, 内充填超细玻璃棉。为提高隔声量, 在第二层钢板后再加 40 mm 厚的吸声材料, 并用穿孔胶合板作护面层。

#### 四、测听室的声学设计

测听室由同一结构的四壁、顶、地板和门窗组成, 设它们的隔声量分别由

$$TL_1, TL_2, \dots, TL_5$$

表示, 面积为  $S_1, S_2, \dots, S_5$ , 则测听室的平均隔声量为

$$\overline{TL} = 10 \log \left( \frac{\sum_{i=1}^5 S_i}{\sum_{i=1}^5 S_i 10^{-0.1TL_i}} \right)$$

上式表明, 在设计门和窗时, 其隔声量不应比墙体小很多。特别需要考虑的是墙板之间的拼缝处理。我们分别用构件 I 和构件 II 作为墙体的基本结构, 制作了测听室 I 和测听室 II, 室内面积约 1 m<sup>2</sup>, 高 1.8 m。设计时作了如下考虑

1. 窗采用双层玻璃窗。外层用 5 mm, 内层用 3 mm 厚玻璃, 倾斜布置, 以防共振, 消除吻合谷。窗和墙体用橡皮条连接, 四周又有多孔吸声材料。实验表明, 这种结构可以达到较高的隔声效果。

2. 门的结构与墙体相同。在门缝处用玻璃纤维棉外复厚绒布, 同时在铲口处加贴橡皮封条。

3. 每个室有通风换气道, 相当于一个阻性消声器, 其面积为 35mm × 600mm, 长约 1800 mm, 其声衰减量足以满足测听室的要求。

#### 五、测试结果及讨论

测听室的声学性能的测试, 目前尚未规定统一的方法。我们用插入损失和降噪量来表示测听室的隔声性能。插入损失是指在混响室中

应用声学

测听室内受检者耳处的声压级与不存在测听室时同一位置声压级之差值; 降噪量是指测听室内、外测点声压级之差值。测试是在地下人防工事的室内进行的, 房间的体积 252 m<sup>3</sup>。我们用丹麦 B. K 公司 4205 声功率源、2230 声级计、1624 倍频程滤波器和 2306 电平记录仪测定该房间的混响时间, 测量得到的混响时间由 125Hz 的 8.2s 逐渐下降到 4000Hz 的 2.3s。

测听室的隔声性能的测试结果如图 3 和图 4 所示。

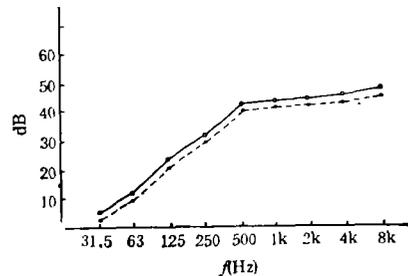


图 3 测听室 I 的隔声性能。实线为插入损失, 虚线为降噪量

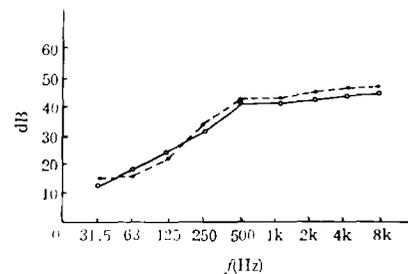


图 4 测听室 II 的隔声性能。实线为插入损失, 虚线为降噪量

由图 3 和图 4 可以看出

1. 两种表示测听室隔声性能的物理量——插入损失和降噪量, 其测量结果基本一致。

2. 测听室 I 内, 125Hz—4000Hz 的平均降噪量为 40dB, 测听室 II 内约为 42dB。中心频率为 250Hz、500Hz、1000Hz 和 2000Hz 各倍频带的降噪量均能满足测听的要求。

3. 比较图 3 和图 4, 测听室 II 和测听室 I 相比, 在低频段的隔声性能有较明显的改善。考虑到, 虽然临床诊断所用的频率在 250Hz—2000Hz 之间, 但 250Hz 以下的噪声有掩蔽效

(下转第 31 页)

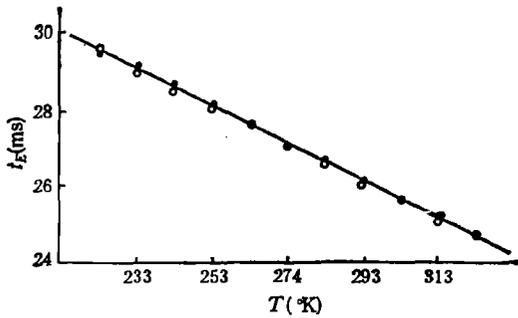


图8 温度补偿曲线

○表示  $2E/332 + 0.6\theta$  曲线上的点；●表示温度补偿曲线上的点。

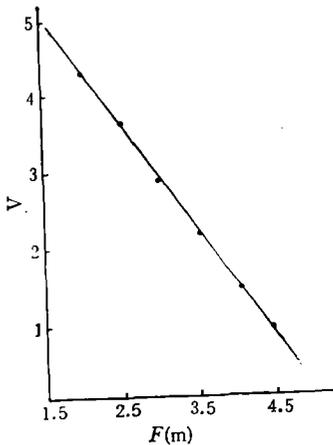


图9 泥浆高度变化输出电压曲线

(上接第35页)

应,测听室II比测听室I更能满足表1中的测听室的隔声要求。

门缝的处理和墙板间拼缝的密封,对测听室的隔声性能的影响甚大。我们曾作过试验,用石膏堵严所有的拼缝,平均隔声量可提高3—5dB。

测听室I已由杭州市拱墅区防疫站用作工矿企业职工听力普查;测听室II由浙江医科大学附属第一医院用作耳科临床诊断。数月使用结果表明,完全满足测听的要求。

$R_0 = 15k\Omega$ ,  $B = 4500$  的热敏电阻,  $R = 9k\Omega$  和  $12k\Omega$ 。图8给出在  $E = 4.5 m$  时上述两个补偿段的

$$\left( R_1 + \frac{RR_1}{R + R_1} \right) \ln \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \frac{V_{max} - V_D}{V_{max}}$$

补偿曲线及相应的  $2E/332 + 0.6\theta$  曲线。由结果看,两组曲线吻合得很好。

#### 4. 模拟泥浆实验结果

我们分别用水和钻井泥浆做了泥浆高度变化与输出电压的实验,其结果如图9所示

#### 5. 结束语

实验证明本系统的误差不超过2%,系统的满量程误差在0.5以下。本设备研制成功后经厂方验收合格,已送往油田运行。在研制过程中得到陕西师范大学声学研究所陈启敏老师,陕西省物理研究所蒋渭鑫老师和闵一建老师及王景财同志的热情帮助,在此表示感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 王克胜, 超声技术, 2(1981), 18—19.
- [2] 白瑞纳克 L. L., 声学(译文), 高等教育出版社, 1959, 306—309
- [3] 田村幸三, 自动化技术, 12-2(1980), 53—54.
- [4] 吴永生等, 热工测量及仪表, 国防工业出版社, 1981, 64—65.
- [5] 赫皮 M., 运算放大器与模拟乘法器(译文), 广西人民出版社, 1984, 332—336.

我们的工作,曾得到中科院声学所章汝威、同济大学王季卿和浙江省环保所朱煜光等同志的指导和帮助,在此谨致谢意。

#### 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家标准“纯音气导听阈测试方法”(征求意见稿), 1985.
- [2] 王季卿, 噪声与振动控制, 5(1985), 25—28.
- [3] 孙家麒等, 安全, 总第21期(1983), 1—3.
- [4] Harris Cyril M. ph. D., Handbook of Noise Control, 1979, Chapter 23, 23—25.