

# 扬声器测量中的要点

杨定军编

TTE深圳研发中心

[yangdj@tcl.com](mailto:yangdj@tcl.com)

[dingjunyang@21cn.com](mailto:dingjunyang@21cn.com)

0755-33312210

# 扬声器测量中的要点



## 1.主要参考资料

Patrick Turnmire (ALMA专家)

在亚洲供应商和西方客户之间弥合技术间隙

**Closing the Engineering Gap** Between Asian Suppliers and Western Customers

## 2.其它参考资料

翁泰来:测量扬声器的新技术

翁泰来:电声测量新技术

ALMA的有关资料

# 扬声器测量中的要点



- 为什么要测量?
- 测试环境
- 测试系统
- 传声器问题
- 声性能测量
- TS参数测量
- 功率的测量
- 扬声器的试听

# 为什么要测量?



- 产品标准的基础,供需双方的约定
- 改进产品的需要  
“如果你不能测量它,你也没法改进它。”  
洛德·开尔文 IEC 第一任总裁(1906)

如何设计一个好的扬声器?

PETER LARSEN回答:

要作好精确的测量

- 研发人员的基本功

# 测试环境



消声室

是不是必需?

消声室有它们的地位.它们是令人印象深刻的,有好的隔身特性,它们在系统中的应用广泛,在失真测试上有独特的优点-但是它们在必需的吗?

消声室要消声, 隔振, 隔声

# 测试环境



## 消声室

传统上以B&K 仪器,对扬声器作扫描正弦波测试以得到准确的响应测试

基于开创性的计算机系统的测试加上门技术可以在普通房间实施.

问题就归结于房间的空间大小和投资了.

一个20 Hz 低频截止频率的消声室需要每边至少10M长的有效空间.

# 测试环境



## 半混响房间

*任一个房间,只要有足够的吸声来减小混响时间.*

把IEC障板放在房间内,在测试系统上设定合理的时间窗,去掉反射波,就可以得到好的结果.

*在“IEC Baffle”的Excel 文档中的表格里可查到使用房间的低频截止频率.*

## 测试环境



### 半混响房间- 举例

假定天花板2M,传声器的高为1M,使用IEC障板和门技术的低频截止频率是多少?

根据Excel文档,房间反射(天花板或地板)的极限频率是99.4 Hz.

对这样一个空间选定一个合适尺寸的障板,障板的低频截止频率是200 Hz.



## 测试环境



### 半混响房间- 举例

这就是说在此房间可以得到200 Hz以上的消声室结果而没有反射.

低于200 Hz.的频率,就要用近场法测出频率响应曲线,模拟的也是消声室结果.

*将上述两个曲线结合就得到一个比实际消声室的结果更好的曲线.*

半混响房间可以作测试用房间,但是要尽量减少反射物,别忘了隔振和隔声.



# 测试系统

## PC 测试系统

个人计算机为基础的测试系统已对扬声器测试进行了革命。

*一个相当合理的投资，借助于一个PC机就可以实施我们需要的每一种测试。*



## 测试系统

### PC 测试系统

大致有两大类:

- 扫描正弦波(LMS, Clio, Klippel, Soundcheck)
- 快速付理叶变换Fast Fourier Transform (FFT) 为基础的系统 (MLSSA, Clio, Klippel, Soundcheck), 主要备有最长序列Maximum Length Sequence (MLS)信号.

这两种类型的系统都备有门(时间窗)技术.



## PC 测试系统

### 有门技术的扫描正弦波的优点:

- 简单而且直接相关于基于扫描正弦波测试的标准
- 能够实施基本的谐波失真测量 (虽然它们的价值变得令人怀疑).

### 有门技术的扫描正弦波的缺点:

- 正弦波不是音乐信号的好的代表
- 高准确度的测试时间偏长
- 即使有好的跟踪滤波器, 结果有可能为测试中的寄生噪音污染

# 测试系统



## *FFT 为基础的测试*

## *PC 测试系统*

记录了扬声器对一测试信号的响应,信号在时域内采样为一个数字化了的信号.

数字信号经过窗处理去掉反射只留下直达声信号.

接受到的信号经过数学变换(FFT),就把时间域的响应转成频率域的结果.

# 测试系统



## FFT 测试的优点: PC 测试系统

- 在1到2秒内就完成快而准的信噪比高的测量.
- 在相对噪音大的环境可进行曲线平均.
- 时间窗的设置简便,时间窗界面上清楚地表现出反射.
- 额外的时间信息处理许可用不同方法来观察响应,比如瀑布图和能量时间图.

## FFT 测试的缺点:

- 难于将测试信号和标准相关(就是2.83 伏正弦波),当然结果仍然可转换成标准,
- 频率响应的准确度依所取的频率范围而变.低频处的准确度意味高端频域的范围受限.
- 为取得好的结果需要细心设置和处理.

# 传声器



## 传声器

实在只有一种传声器可用于扬声器测试:

声压敏感的,自由场的电容传声器.

典型地有两个尺寸:  $\frac{1}{4}$ " and  $\frac{1}{2}$ ".

Laboratory grade  $\frac{1}{4}$ " microphones have a typical response to 100 kHz. and  $\frac{1}{2}$ " to 50 kHz. 实验室等级的 $\frac{1}{4}$ "传声器的典型频响达100 kHz. 而 $\frac{1}{2}$ " 就是50 kHz.

# 传声器



## 传声器支架

它能够在实际上影响结果的精确度.

一个普遍使用的又比较便宜的传声器支架,带蝴蝶夹握住传声器.



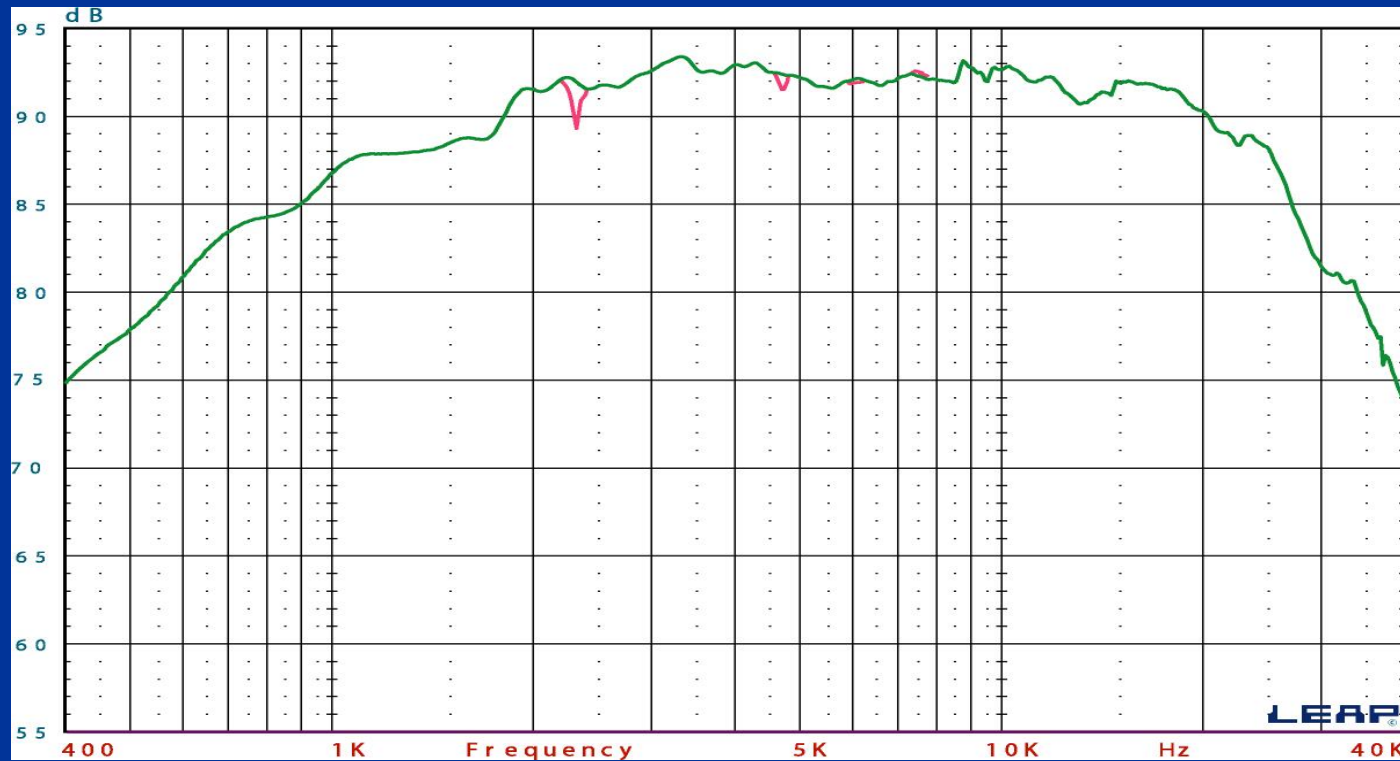


# 传声器



带蝴蝶夹的支架.

产生谷点的原因是蝴蝶夹,扬声器的直达声也要打到上面,然后反射声也到了传声器,因为与传声器距离小于扬声器与传声器之间距离,门技术无效.

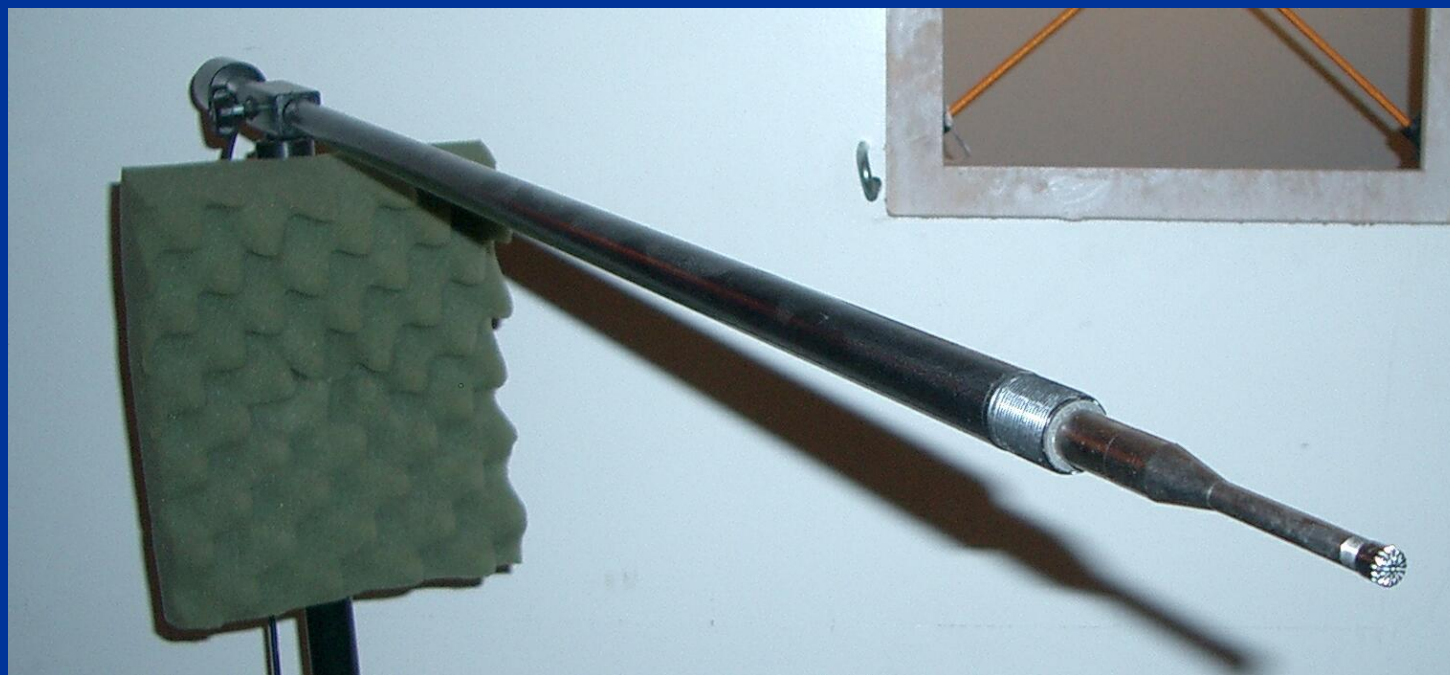


# 传声器



理想的传声器支架.

它应该是图示悬臂状的支架,传声器的头子距离支架竖立部至少1M.



# 障板



## IEC障板或标准测试箱

扬声器安装在哪儿和怎样安装也是会明显地影响测试的精确度的.

两种常用的方法如下:

- “JIS 标准”测试箱
- IEC障板.

# 障板



“JIS 标准”测试箱

当初是用来在消声室对单个扬声器单元作全频域测试的.

它的设计意图就是要足够大,使箱顺性不会影响扬声器的响应.

箱子有较小的障板,因其散射将在频率响应上添加误差.

# 障板



## IEC障板

IEC已经在大多数测试环境中成为标准设施.

由于它们:

- 比较灵活,可以设计成有好的低频特性--特别是近场测试.
- 在通带中不附加散射误差.
- 已广泛运用並可以有预计的响应曲线.

# 障板



## IEC障板

其设计已由IEC 60268-5标准覆盖.

即使用的是设计正确的障板,还是易于产生响应测试上的误差.  
那就要注意扬声器单元的安放,如下:

- 小安装板必须和大障版在同一平面
- 障板面上不得有凸起部分.
- 扬声器单元的后面不得有反射面.

(在附带的Excel文档可找到计算IEC障板尺寸的表格).

# 扬声器单元的测试



## 频率响应

下列标准说明了频率响应的测量.最广泛使用的是 AES2-1984, IEC 60581-7和 IEC 60268-5.

测试结果一般用如下表达:

- 频率响应显示在dB / log 座标系上
- 在特定的距离上测试(1 m)
- 标准输入电平(2.83 volts)

# 扬声器单元的测试



频率响应—测试信号电平

大多数标准用的是1瓦信号

这就是说要按扬声器额定功率来计算输入电压.

在某些标准”额定”被定为“Nominal”  $1.25 \times R_e$ (扬声器单元直流阻).

在所有测试中采用一个固定电压值的做法越来越普遍了.它与灵敏度标准 (1 watt/1M)不相合,要注意.

但是,在比较扬声器单元的响应时,很是方便.

典型的电压值有两个: (2.83 Volts and 2.0 Volts)



# 扬声器单元的测试



## 频率响应- 传声器距离

按标准的传声器距离是1M,但是0.5M也是常用的,当然要转换为1M的响应.

对许多案例来讲0.5M的结果与1M的结果的差别可略去不计,然而较高的信噪比和更低的低频截止频率等改进是优点.

# 扬声器单元的测试



## 频率响应- 门(时间窗)技术

门(时间窗)技术是一个开通和关闭传声器信号通路的过程,其开通是接受扬声器单元来的直达声,在地板,天花板或墙壁的第一次反射到达前关闭.这样就保证了传声器只接受扬声器单元来的直达声.

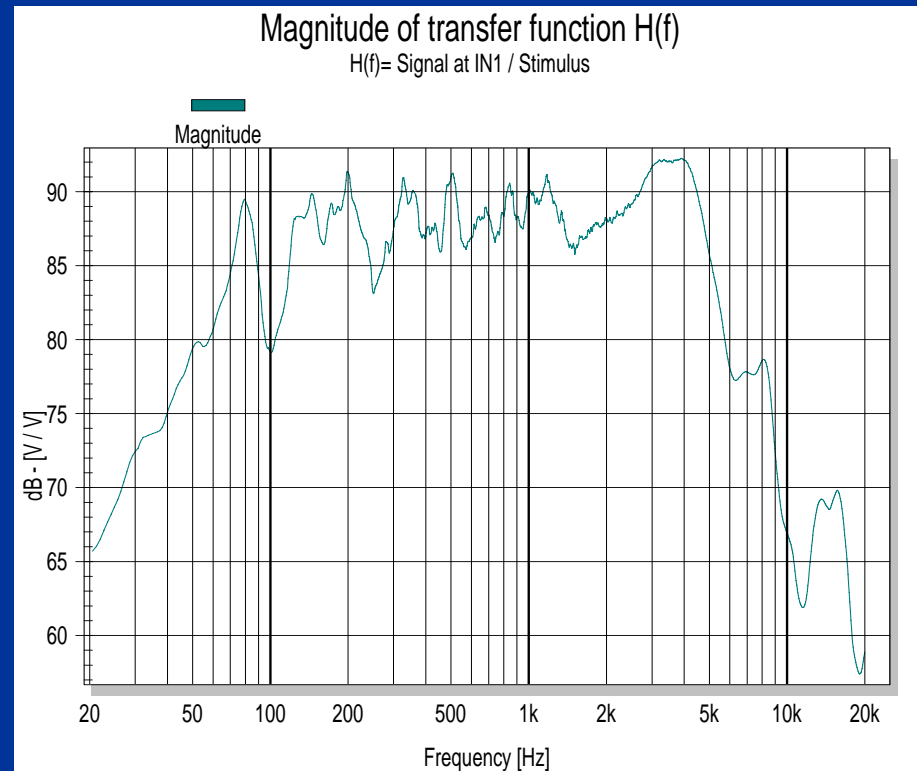
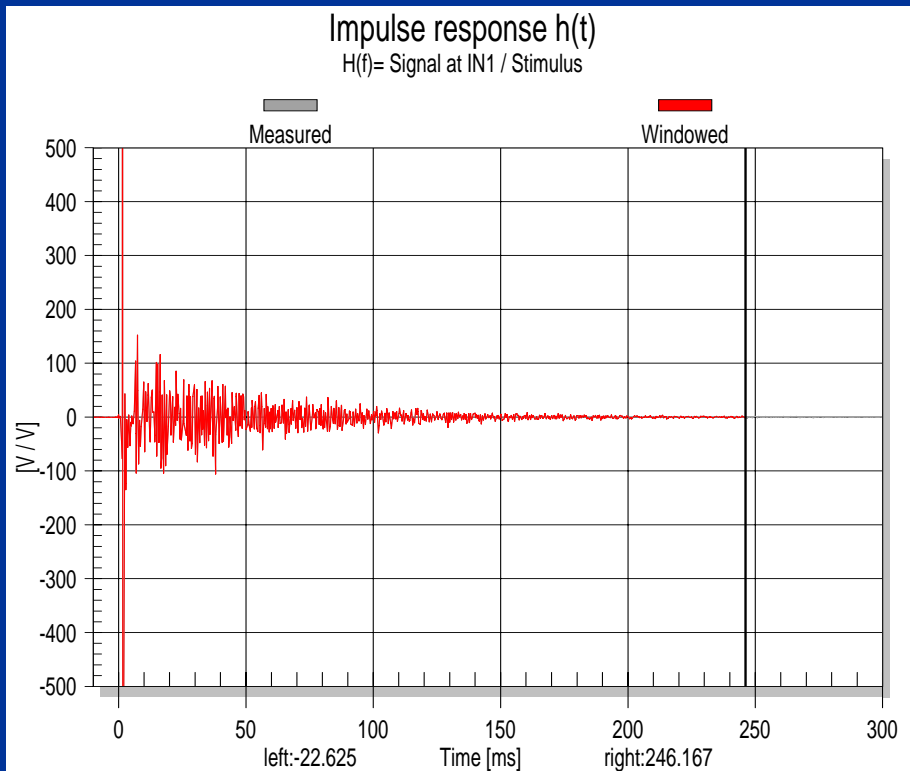
跟据相互距离作计算(LMS),

或在时间域的图片上直接设定合适的时间窗.(大多数FFT,比如CLIO).

# 扬声器单元测试



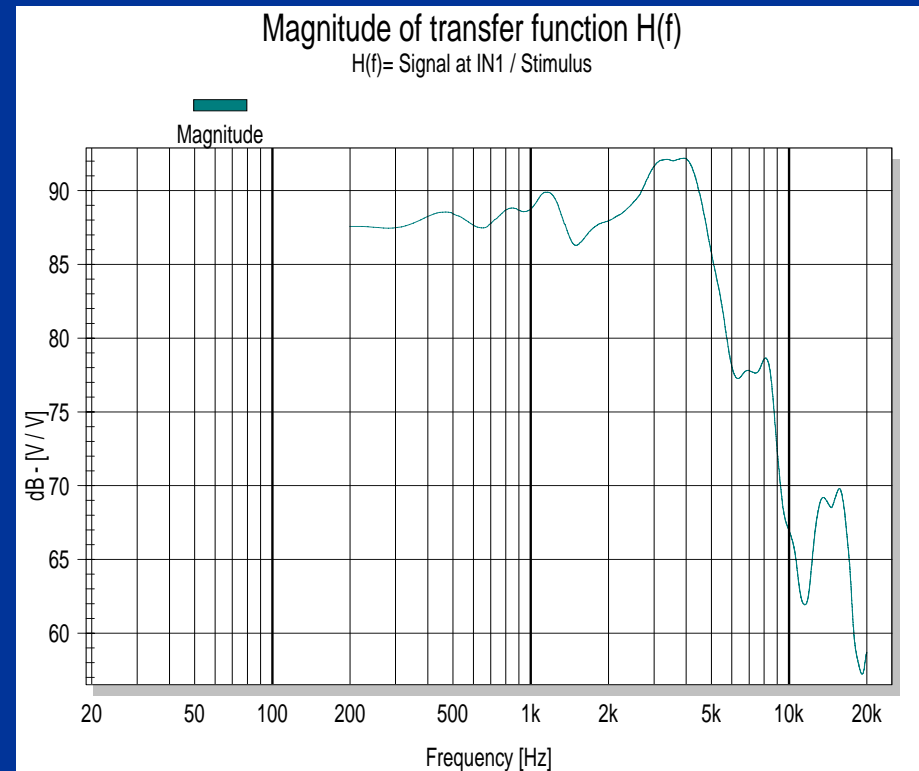
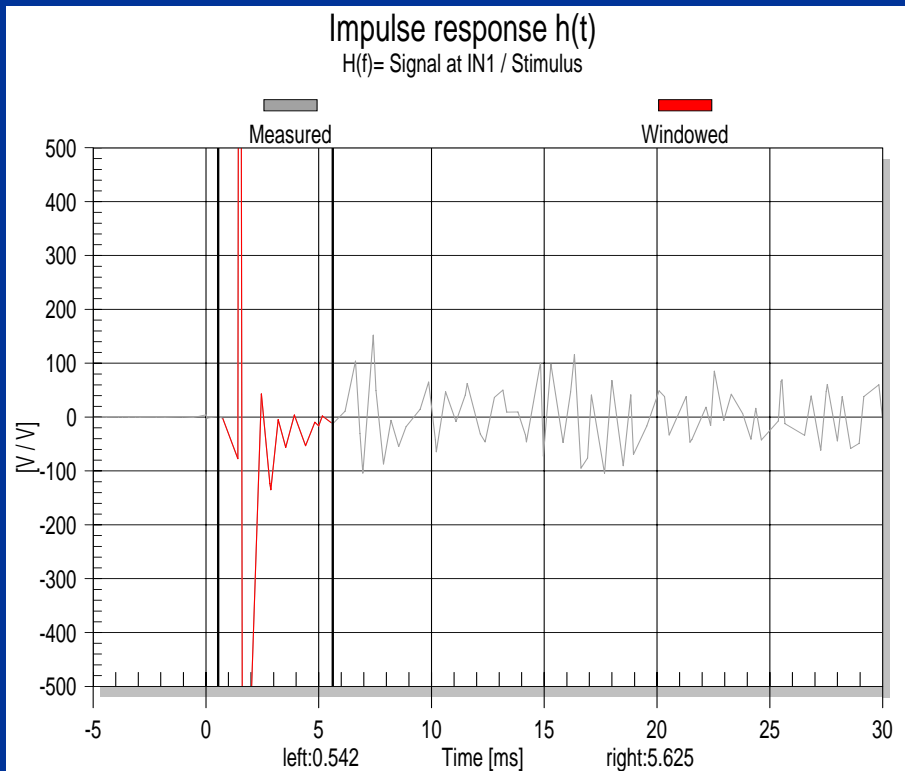
## 频率响应- 不用窗(时间窗)技术



# 扬声器单元的测试



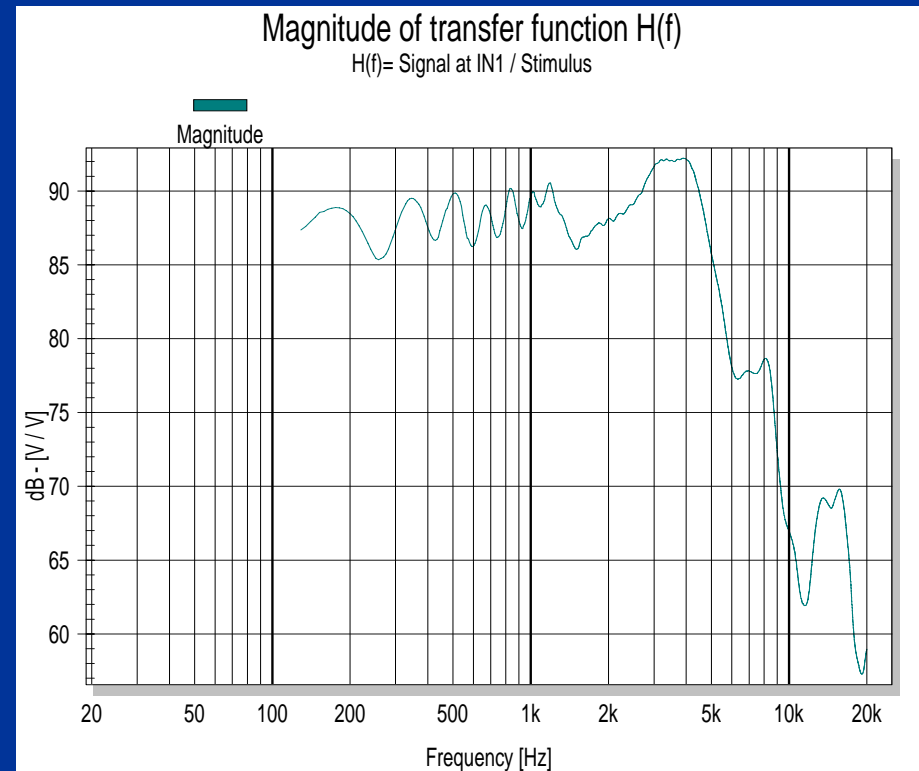
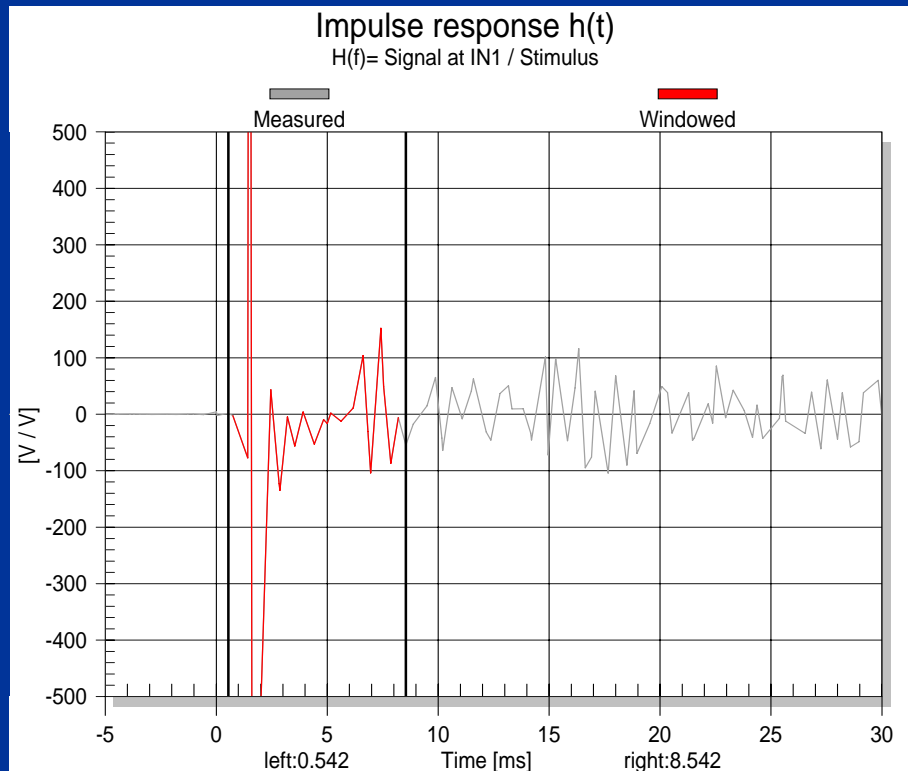
## 频率响应— 正确的时间窗



# 扬声器单元测试



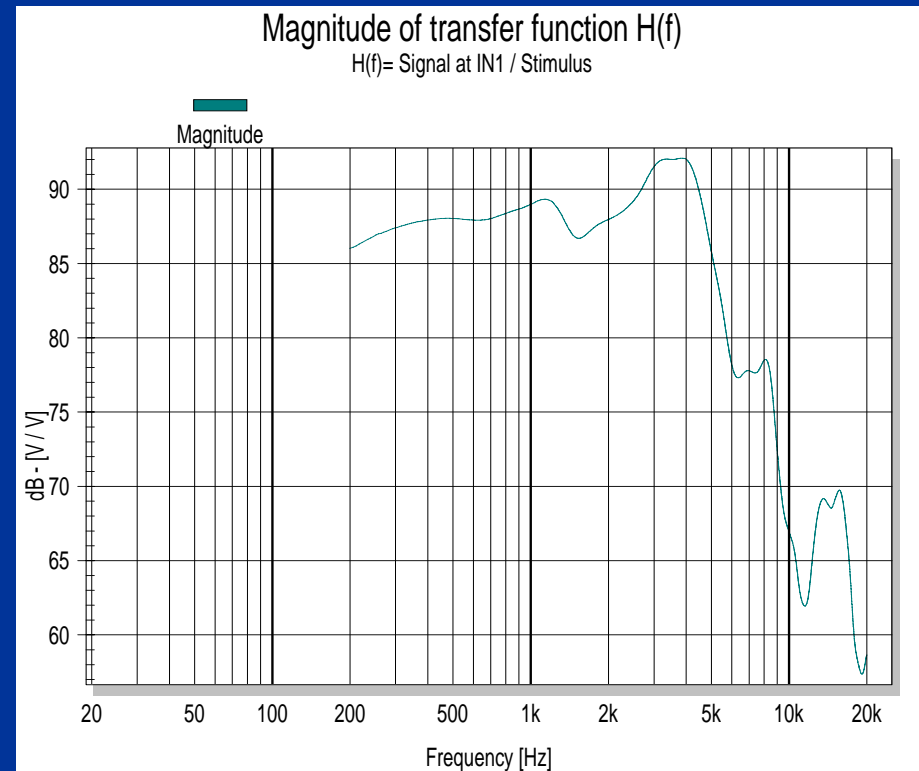
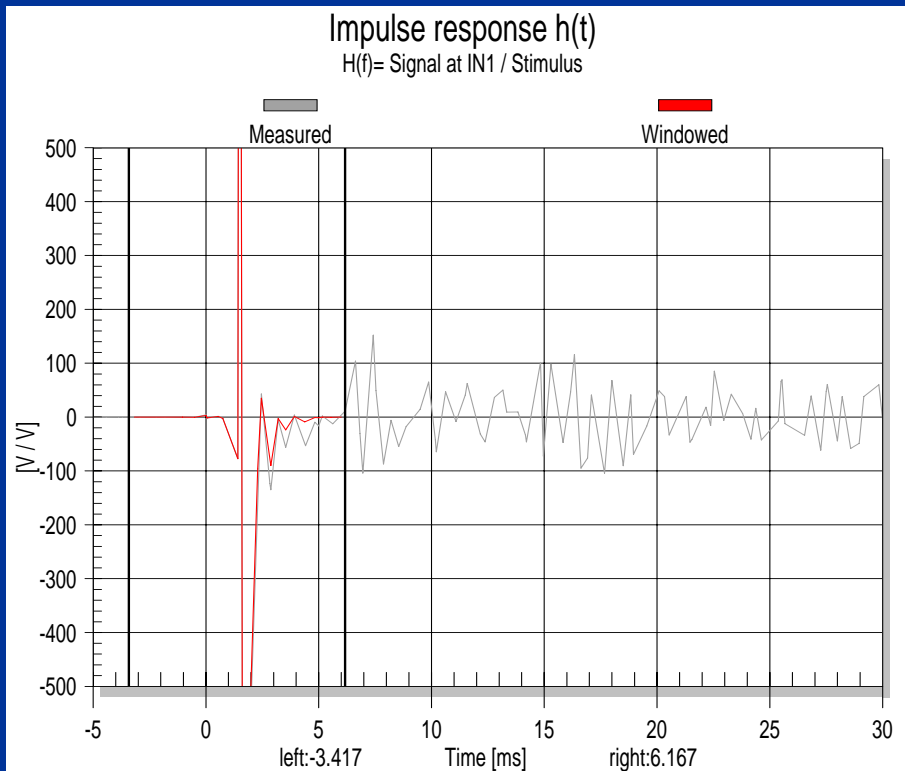
频率响应—混入第一次反射的时间窗



# 扬声器单元的测试



## 频率响应—Blackman时间窗



# 扬声器单元的测试



## 频率响应-近场低频测试

以上技术用于200 Hz以上可得到和消声室一样的准确结果. 但是低频怎么办?

回答是采用近场技术.

传声器置于扬声器单元前很近的位置,要求单元在线性区工作,其响应将是正比于消声室远场的响应.

在这样近的位置,扬声器单元的直达声的声压级比反射声的声压级高的很多,以至反射声淹没在直达声里了.

Don Keele在他的 1974 AES论文中证明正确设置的近场测试所产生的误差小于1 dB.

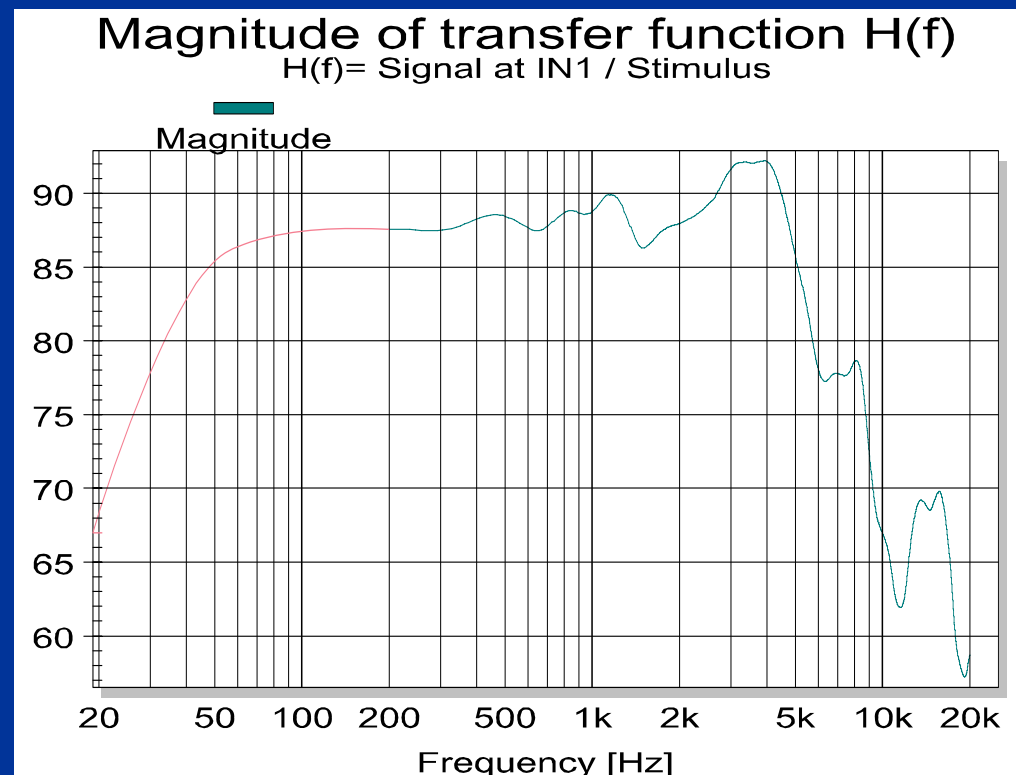
# 扬声器单元的测试



## 频率响应-近场低频测试

测试规则如下:

- 传声器置于小于这样一个尺寸的位置上,该尺寸为0.11乘单元有效半径. 对一个 6.5" 单元(有效半径6.25 cm),该尺寸为7 mm
- 上限频率 $F_{max} = 10950/d$  (HZ)其中d 为有效直径,以cm 为单位.  
对这同一6.5" 单元,上限频率为860 Hz - 大大高于200 Hz.





# 扬声器单元的测试



## 频率响应-曲线的测试记录

即使测试正确,而往往记录得不好,形式不那么统一,有时又是些多余的无用数据.

### 某些常见错误:

- 改变了放大器的增益而没作系统校准. 测试结果在SPL的表达就有了很大的疑团.
- 座标间隔大. 振幅座标10 dB 的间隔使得曲线显得更为平坦,但是在频率响应上发现问题上就变得没意义了.
- 平滑过度.平滑曲线一般取1/6 倍频程或更小的倍频程. 在更宽频率域上平滑会使曲线更好看,但是重要的细节就丢掉了.



## 扬声器单元的测试

### 频率响应- 结果的表达

频率响应曲线的图示(许多西方客户的惯例):

- 1M距离,2伏的响应或相应值
- 频率范围由20 Hz. 到25 kHz
- 20 Hz. 到 200 Hz 近场法
- 200 Hz. 到25 kHz. 门技术(或消声室测试)
- 要将上述两条曲线拼在一张图上.
- 如果不用近场法,要在系统的低频极限处切掉低端响应(如Klippel方法),或者在图上标明低端频率响应的准确程度(如MLSSA方法).
- 振幅座标的每一主要间隔是5 dB ,座标顶为100 dB 或比最高峰高10 dB .
- 记录被测样品的序号并在图上标明日期.
- 如有两个或更多的样品的话,要在同一时间测试以避免系统误差.

# TS 参数的测量



近来在测试和使用扬声器单元TS参数的方法上有了大的进展.

Thiele 和Small给出的方法测定了单元的小信号参数,这些TS参数定义了单元在线性范围内的特性,仍然是广泛运用的方法.

但是大信号参数及其测试,近年来发展了,除了最大振幅外,BL的非线性参数,音圈发热和顺性蠕变作为在整个振幅范围内的数据证明是更有价值.(关于这一课题详情应看Klippel的有关资料).

# TS 参数的测量



上述计算机化的测试系统在上世界上也已成为TS 参数测量的标准设备.

MLSSA, LMS Clio, DAS, Klippel 等均能有效地测量阻抗曲线并从中提取出TS参数.

但是在这些测试中差错是普遍存在的,而且在上述测试系统中都可能发生.

下面列出了测试要领和某些常见错误.

# TS 参数的测量



单元应该安放在支架或类似架子上.

理想上单元应垂直置放以避免重力的影响.

支架必须牢固稳定,有那么一个夹子是牢固地握住扬声器单元的.

它的检验是这样:将一个尽可能大的扬声器单元置于架子上,给它馈送10 V的扫描信号,如果出现支架抖动,移动和咔哒声或单元松动,那么这个架子还须改进.

# TS 参数的测量 顺性的测量



为计算顺性参数 ( $V_{as}$ ,  $C_{ms}$ ):

- 必须知道所有运动部件的质量
- 或
- 把单元安放在一个已知容积的箱子上再测一次.
- 或
- 加上一个已知质量再测一次.

附加质量法和附加箱子法测量顺性都有内在的问题. 理想上这些方法应只能用在—一个作为参考样件的单元上作参考用,而且不能被销毁掉.

# TS 参数的测量 顺性的测量



*对于扬声器单元供应商来说,采用固定 $M_{md}$ 方法(几乎所有的测试系统备有)并称出运动部件的质量来计算顺性值是容易得多和准确得多的方法.*

测量 $M_{md}$ 的最佳方法是按样件需求装配出带振膜的组件,质量的确定要包括所有的运动件再加上胶粘剂,但是要注意,切掉折环的一半,带着弹波和剪下的引出线.也可以称出每个运动件的质量再估计胶粘剂的质量.

当向客户发出参数时,一定要把 $M_{md}$ 的数据也写上.

# TS 参数的测量 三个常见的错误



- Sd 算的不对  
要从折环的一半处开始计算振膜的投影的半径-而不是折环的1/3.
- Re测错  
原因很多,如连接线太长,校准不准,测试点设备有问题,内部串联电阻的错误读取等.如果在测试过程中, Re的变化大于.05 ohms 了,或者在TS参数测量中,参数变动太大,那就要找出毛病.
- 在测试场地有低频噪声  
如果在测试场地有人走动而使结果变化的话,那就要多做几次测量 并进行平均.(试试人在旁边跳跃对参数测量的影响).



# 功率测试



流行的测试标准如下:

**IEC 60268-5**

**EIA-426-A (RS-426-A) (代替IEC 60268-5 在1980)**

这是一个加速寿命测试,以说明在额定功率提供长时间工作的能力.

**EIA-426-B ( 代替EIA-426-A 在4/15/98 )**

426-B是个修订标准,为连接到扬声器的放大器推荐最大功率额定值.

## 功率额定值 EIA-426-A



测试信号是白噪声,有一个6 dB 衰减的带通滤波器,40 – 318 Hz.频宽,一个削波网络限定峰值为 $2 * \text{RMS}$  值.  
测试延续8 小时,扬声器功率额定值为 $V_{\text{rms}}^2 / R_{\text{eff}}$ .  
其中  $R_{\text{eff}} = \text{DCR} * 1.15$

实验后如扬声器通过 $1/2 V_{\text{rms}}$  的扫描而无噪声,那就表明扬声器通过了这一测试.

这一标准仍然为许多制造商和客户所采用.事实上这种信号在亚洲的噪声发生器上是常见的.

# 功率额定值 EIA-426-B



实际上是3个测试来确定连接到扬声器的放大器的最大功率额定值.

- 功率压缩
- 失真
- 加速寿命

测试是易于实施的. 要用的是测试用CD, CD唱机, 放大器, RMS电压表, 再加上一个能测量扬声器F0的仪器就足以做这一加速寿命测试了. 要是测失真和功率压缩的话, 就加上正弦波发生器, 传声器, 前级放大器和RTA或其它频谱分析仪(Clio, MLSSA, 等).

测试用CD可通过 ALMA购买.

# 听音室



听音室在许多工厂是个典型的马后炮式的问题.其实在西方许多客户那儿有关设施也不那么标准.扬声器厂要来听音似乎是奇怪的问题.

这一问题的部分原因在于产品认定对性能的测量的高依赖度,我们的潜意识就是能测出能听到的一切.

*正如电声爱好者愿意告诉我们的那样,情况不是那么简单.*

*归结于扬声器单元和扬声器系统的许多精细的和至关重要的特性只能用听音来鉴别.*

# 听音室



当然这是一个能够用来听音的空间.首先要把它及其相关设备当做测试扬声器的一套设备,其重要性是和已经讨论过的测试设备是一样的.接到扬声器上的设备应该是最高品质,而试听室的设计要提供最好的可能来审听扬声器.

# 听音室 标准



听音室的基本标准在IEC-60268-13“声系统设备”,“第13部分,扬声器的试听”.

它确定房间长6.7 m, 宽4.1 m 和高2.8 m. 硬天花板,地板上铺地毯, 在两边的墙和听音者后的墙布置柜子和书架起到散射作用, 在扬声器后挂上窗帘,椅子带软垫. 注意在扬声器和听音者之间的侧墙应该是平坦的,在声频域是高反射的平面.

# 听音室 实际要点



你真的需要一个正规的IEC听音室用于听音吗? 懂得其重要因素就不一定了.

房间的尺寸并不是至关重要的.重要的是有那么一个相似于一间的小的起居房间就可以了.但是要以IEC标准作为房间形体的目标.如果可能的话,房间尺寸不要成比例.

- 房间的扬声器端应该是很好的吸声的. 窗帘,吸声板和挂毯都是好的.
- 地板上铺地毯.
- 靠近和在听音者的墙壁应该是声扩散的而不是吸声的.存放用的书柜是个好主意.
- 在扬声器和听音者之间的墙壁应该是平坦的反射面.
- 检查房间内有没有喀嗒声.
- 要让它舒适.

# 听音室 设备



## 设备应包括:

- 高质量CD唱机和试听用的CD唱片库, CD不会离开试听室.
- 高质量前级和放大器或合并放大器.
- 高质量转接电缆和扬声器连接线.
- 有RMS电压指示,峰值保持和直流阻测量功能的多用表.
- 采用有水银阻尼继电器的A/B 转接系统. 它由在试听位置处的遥控器控制.
- 声级计.
- 对CD唱机和前级放大器的遥控.
- 一对测试用的箱子,其容积要足够大,使其接近无限大障板的条件. 箱子上有可以更换单元的小障板,要注意整体的密合.



# 听音室 训练



正如任何一个测试设备一样,听音需要训练.也就是花费时间来训练听音者的耳朵.(在ALMA网站和VOICE COIL杂志上可发现用于这一目的之训练CD)

目标是能够听到客户听到的声音,这样就有了进行改进的参考.  
不作训练,试听室就是一个摆设,就没有真正起到作用.

# 讨论



- 本PP主要参考的是ALMA的PATRICK先生的PP,带着他的特色.

公正地说,也可能会有其它一些不那么一样的提法.

- 要抓住设计软件,测试系统等计算机相关技术再加上试听环节,做好开发产品的工作.  
硬件保养,软件维护.
- 要利用好互联网.



## 结语

Good, better, best,  
Never let it rest.  
Until good is better  
And better best!