

HiFidiy

测量套件手册

www.hifidiy.net

章节索引

一.....	简介
二.....	原理
三.....	软硬件配置
四.....	JustMLS 篇
五.....	SpeakerWorkShop 篇

简介

www.hifidiy.net 推出的这款测量套件是论坛建立音箱区鉴于网友制作音箱缺少必备的测量工具，建议音箱区设计一套简单易用的测量套件。套件在设计之初也是秉着这个原则，尽可能的简单，实用。套件在配合电脑软件的情况下能够完成设计音箱所必需的基本测量项目，包括单元，音箱的阻抗曲线，频响曲线，单元的 T/S 参数，无源元件的测量。

套件的结构上相当简单，只是一个简单的分压器，但配合的软件由于使用的是 MLS 信号进行测量，所以在业余条件下，测量的结果和无响室环境下相当接近。其测量的结果可以使用到 [LspCad 5.25](#)，[SpeakerWorkShop 1.06](#) 软件中，甚至可以导入到商业软件 [Leap5](#) 中进行辅助设计。

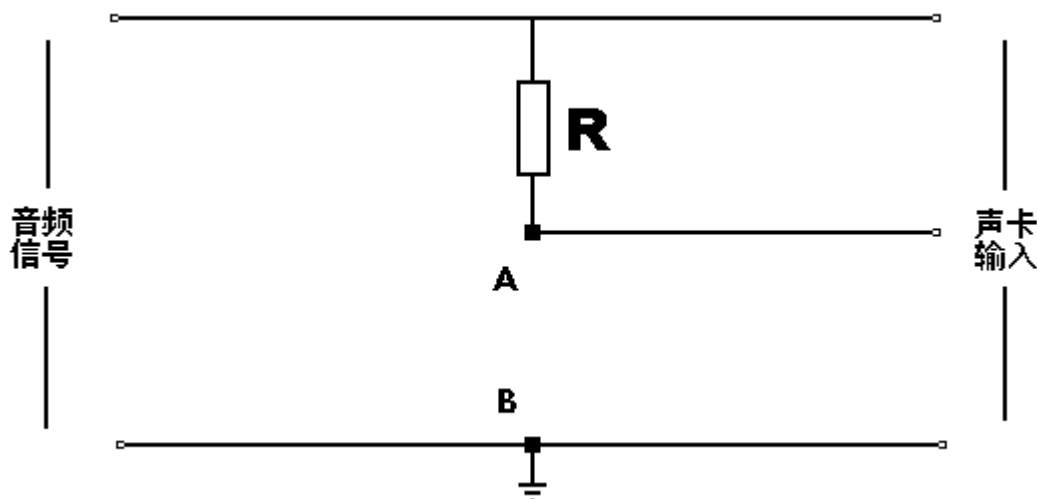
在我接触业余测量到现在，对使用的软件，硬件的经验进行了总结，对当初使用的国外网站方案的器材进行了一些简化，设计出这款测量套件。硬件中包括测量的功率放大器(AEON 设计)，话筒放大器(WZY728 设计)，JIG(分压器部分)，测量话筒，还有一些连线和夹子。只要细心按照教程操作上述硬件设备，测量结果可以保持不错的精确度和准确度。

套件可以在 [SpeakerWorkShop](#) 和 [JustMLS](#) 两款软件下配合使用，测量的结果大致可分为两种，即：阻抗曲线，频响曲线。考虑到网友可能刚刚接触测量，此教程遵循由简到繁的过程来介绍和使用软件。[SpeakerWorkShop](#)(以下简称 sw)，[JustMLS](#) 都能够完成阻抗曲线和频响曲线的测量，[JustMLS](#) 在使用上较为简单，界面相当简洁，而 sw 在使用和操作界面上相对 [JustMLS](#) 要复杂一些，而且个别功能，如 T/S 测量过程比较繁琐，所以，教程先由 [JustMLS](#) 的使用开始，并会采用一部分视频教程进行辅助，以尽快让网友们完成对测量的掌握。

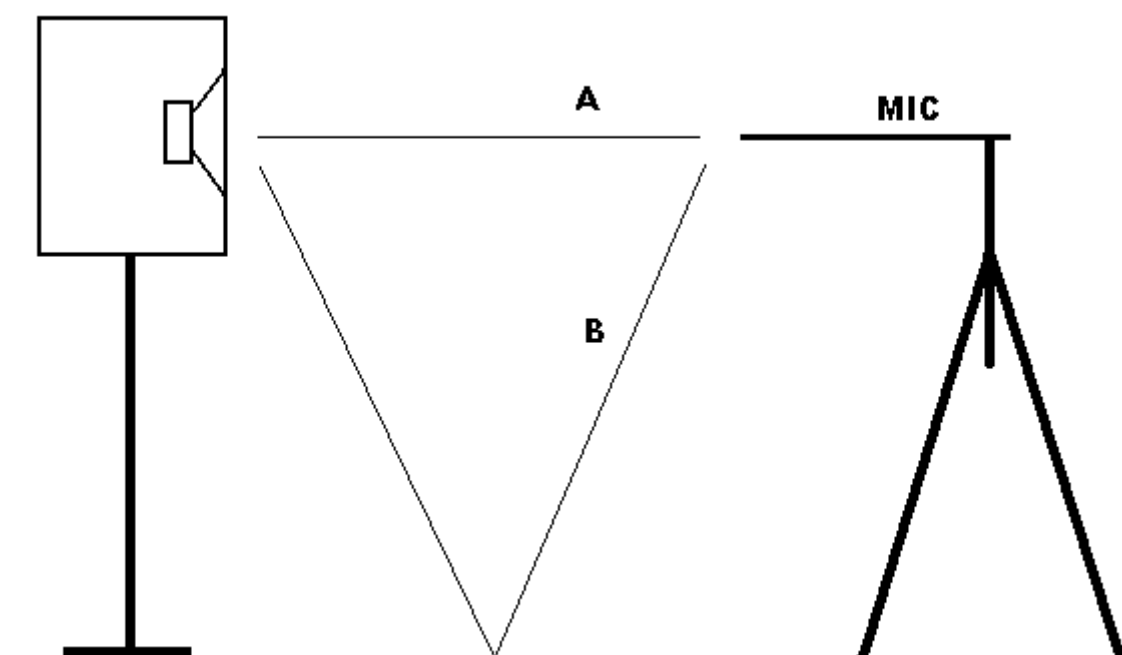
Hifidiy 论坛

原理

在测量阻抗时，硬件部分接收声卡的测量信号，然后作为一个分压器将分压后的信号送至声卡的 LINE-IN，以已知参考电阻和未知被测物电阻的差别来实现测量。下面是阻抗原理图

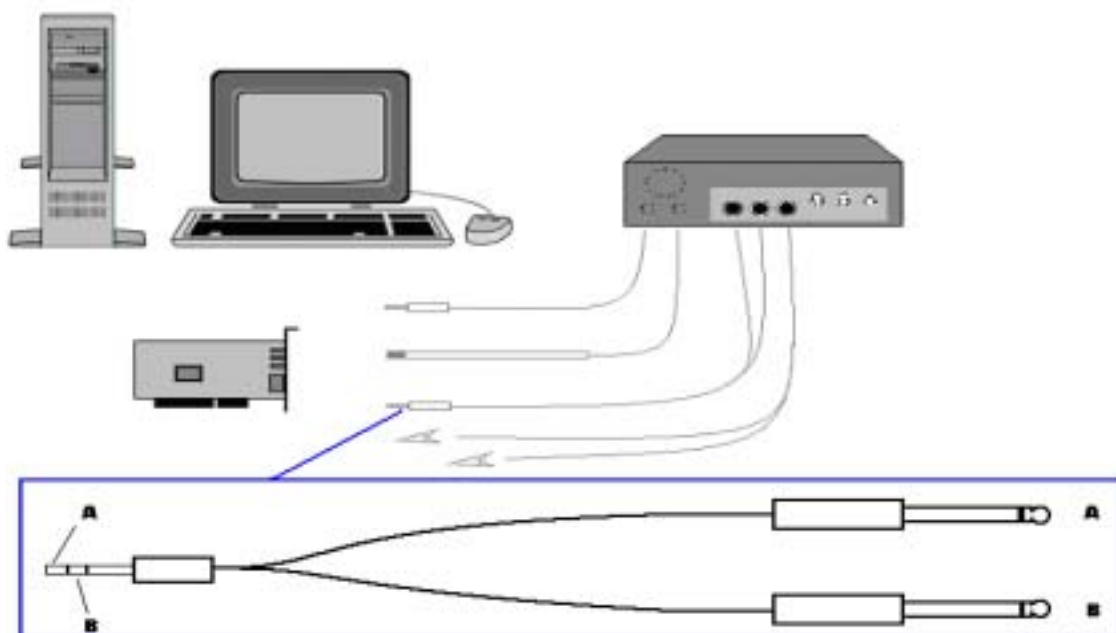


在测量频响时，硬件部分连接音箱和 MIC，一个声道作为参考信号，另一个声道直接使用 MIC 的测量信号，然后得出实测的曲线。下图是使用 MLS 信号测量的情况，当音箱发出测量信号，A 是测量信号到 MIC 的直达声，B 是测量信号反射后到达 MIC 的反射声，在无响室的情况下，反射声 B 是可以不用考虑的，但在业余条件下，由于房间的地面，天花板，墙壁都会对测量信号进行反射，这样，测量信号会夹杂太多的反射声而不够精确，而且不同房间，不同摆位的情况下测量结果都会不同，而使用 MLS 信号，可以通过软件控制测量的截止时间(时间窗)。从图中可以看出，反射声的路径要比直达声的路径长一些，在软件接收到直达声，而反射声还未到达之前，完成测量工作，这样测量的结果过滤掉了反射声，结果就十分接近无响室的测量结果了。



软硬件配置

硬件：测量套件，PC 一台，全双工声卡



软件：Windows95/98/ME/NT/2000/XP 操作系统

SpeakerWorkShop

JustMLS

LspCAD(JustMLS 须在 LspCAD 环境下运行)

附加说明：

下图为套件面板布局(浅灰色部分所有套件都是一样的)

Speak-IN: 声卡输出连接

MIC: 测量麦克输入

SW: 使用 SpeakerWorkShop 软件时 连接声卡 Line-IN 接线的 A 头连接这里 B 头连接 JustMLS

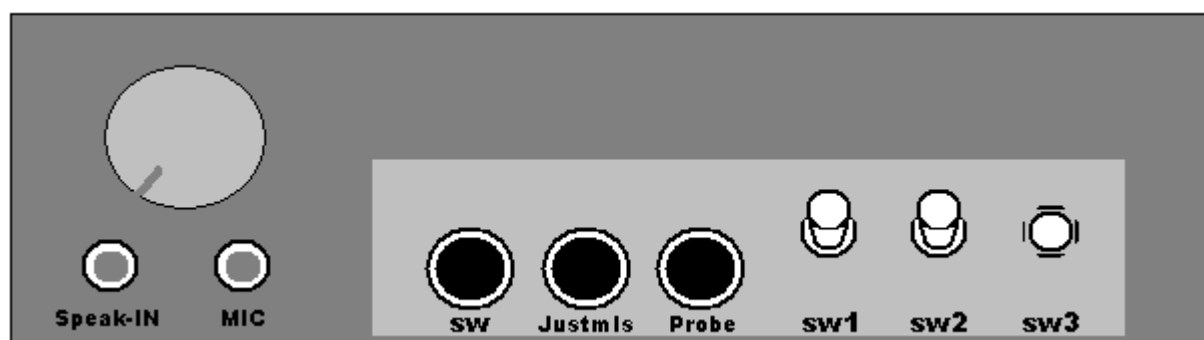
JustMLS: 使用 JustMLS 软件时，连接声卡 Line-IN 接线的 B 头连接这里，A 头连接 SW

Probe: 被测物探头

SW1: 参考电阻 R 短路开关.....(上，下挡)

SW2: 阻抗与频响模式切换开关.....(上，下挡)

SW3: 校正电阻选择开关.....(上，中，下挡)

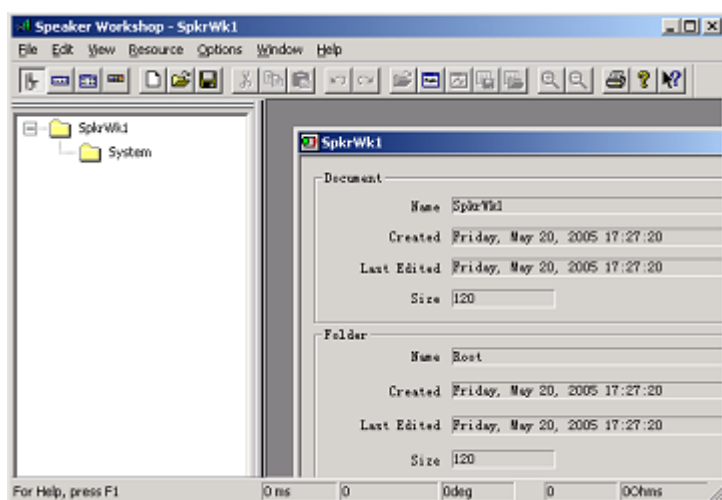


SpeakerWorkShop 篇

一 软件简介

SpeakerWorkShop 是一款集单元、音箱的测量，参数推算，曲线合成，箱体设计，分频设计于一体的功能强大的免费软件。由于该软件功能甚多，本人也没有一一学透，本着让发烧友快速入门初步了解软件的基本原则，此次 SpeakerWorkShop 篇只针对单元的 T/S 参数的测量来进行讲解，另外，出于 Justms 在频响测量和阻抗测量的易用性(相对于 SpeakerWorkShop)，所以本篇将不对 SpeakerWorkShop 的频响测量进行讲解，有兴趣的朋友可以大致参考一下本人以前的一篇教程。

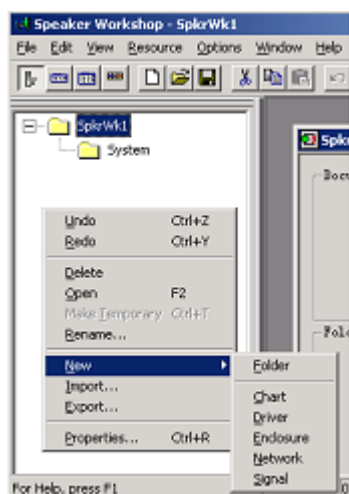
请看下图，这是 SpeakerWorkShop 的主界面



图中上面为菜单，左下白色区域是文件树，右下是工作区(暂且这么称呼)。

文件树中包括了建立的各种波形文件，单元，阻抗，频响等数据文件集合，以树型结构排列，在文件树中选取了不同类型的文件，上面的菜单将相应的改变，提供必要的功能。比如当选取了一个单元，菜单部分则出现测量，参数推算等功能；当选择了一个曲线数据，菜单将提供曲线的各种合成功能。

右边的工作区域则显示当前操作的对象，它可以是文件树中的任何文件类型，可以多显示。



在文件树中可以单击右键，利用弹出的菜单进行一些文件的删除，导入，导出，以及建立新的文件

图中可以看出新建的部分(New>---)包括 6 个类型分别是：

- 文件夹 Folder,
- 图表 Chart,
- 单元 Driver,
- 箱体 Enclosure,
- 分频网络 Network,
- 信号 Signal。

在右边的工作区，显示图表信息也都有其相应的属性(Properties)，可以右键单击当前图表在弹出的菜单中选择。在下面实际操作过程中进行进一步讲解

二 校正

和 Justmls 一样, SpeakerWorkShop 同样需要测量前的校正, 而且**每次**使用都要做校正, 这里的**每次**指的是每次新的硬件连接, 当套件与电脑断开连接, 重新连接则需要重新校正, 这样做是考虑到每次连接的细微差异带来的误差, SpeakerWorkShop 要比 Justmls 难伺候的多, 所以在使用的时候尽量做好每一步, 操作熟练以后会很容易上手。

SpeakerWorkShop 的校正包括音量级别, 左右声道差别, 功放频率响应, 参考电阻这 4 个方面。但首先要确认一下使用的声卡是否硬双工, 并且能够被 SpeakerWorkShop 所兼容。具体操作如下:

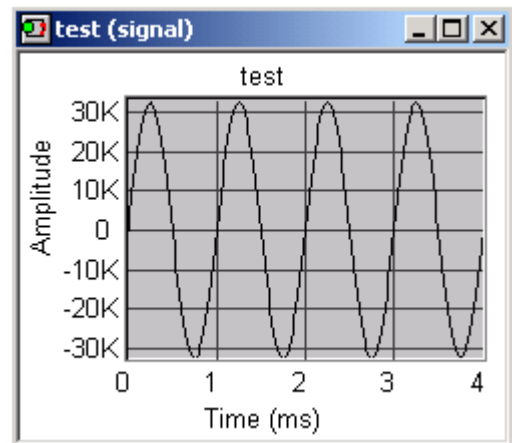
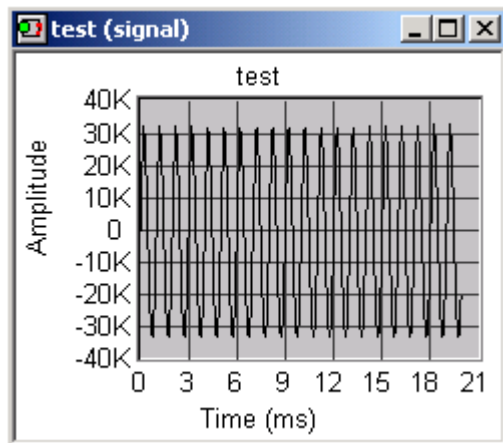
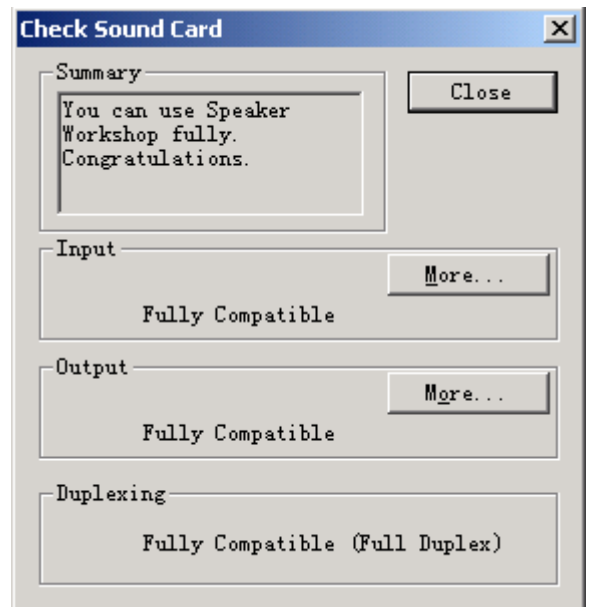
选择 Options->Wizard->Check sound card..., 当提示内容和右边图中的相符合则说明声卡可以在软件下使用。如果出现不能够被软件兼容的情况, 可以尝试使用新的声卡驱动; 在不同的操作系统下使用; 重新购买声卡(如果你觉得有必要)。验证声卡的兼容性以后, 接下来开始软件的校正工作。

首先, 将套件与电脑按照“**软硬件配置**”中的 **SW** 连接方法进行连接, 如果使用过 Justmls, 则将连接声卡 Line-IN 接线的 A, B 头互换一下便可。然后, 使用软件建立一个新的项目(File->New), 并在文件树中建立一个新的**信号 Signal** 文件, 命名为“test”(文件的命名不受限制, 为方便下面讲解, 故作此命名)。文件建立之后, 在右边的工作区会显示 test 信号的内容----一个正弦波的图表(下左), 为便于观看, 需要对图表的属性进行一下修改, 打开图表属性(Chart properties), 依次修改 X 轴, Y 轴的刻度限制参数。详细操作如下:

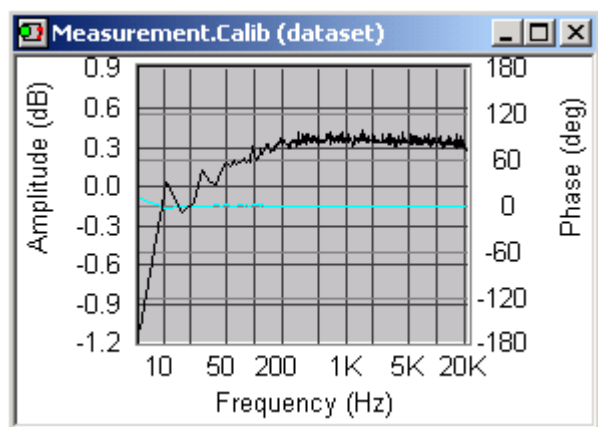
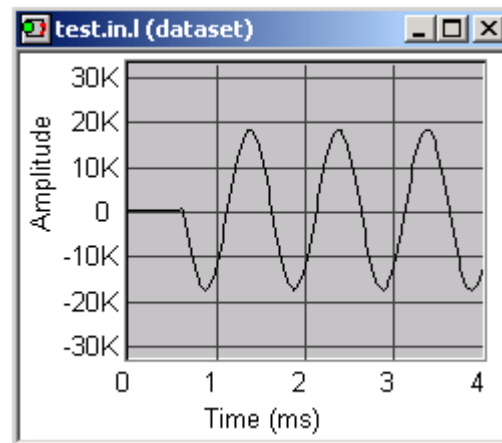
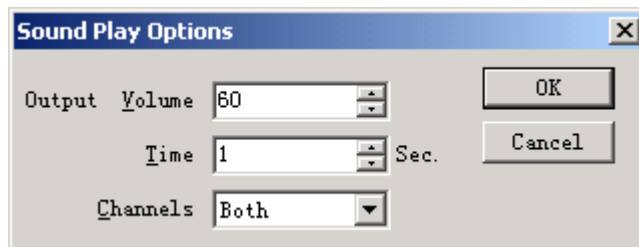
X Axis: Minimum=0; Maximum=4; Major=1

Y Axis: Minimum=-33k; Maximum=33k; Major=10k

完成操作以后确定, 修改后的图表如下显示(下右), 然后右键单击图表, 在弹出的菜单选择 Make Chart Default, 将该图表的显示属性设定为图表的默认显示属性, 以后的类似的图表将以此格式来显示图表信息, 如果使用上不习惯, 可以自行修改。



信号建立完成后，调整系统的音量控制，将主音量，录音的 line-in 的音量调到中间偏下，打开测量套件，将音量调整到最小，开关设定为 SW1: 上、SW2: 上、SW3: 中。然后选中信号 test, 在菜单中选择 Sound->Play, 设定如右图。“OK”关闭后，**将套件的探头短接**，然后选择软件菜单的 Sound->Record. .，使用默认的选项，“OK”关闭后会在文件数中产生数个文件，选中“test.in.l”这个文件，工作区会显示一个波形文件，可能波形比较密集看不清楚，右键单击它，在弹出的菜单选中 Use Chart Default, 这样，图表的显示格式就和信号 test 的一样的了，方便对比，此时观察图表的波形，如果波形很弱，或根本没有，请稍微调大套件的音量，然后选择信号 test, 重新作一次 Record, 再次观察 test.in.l 图表。如果波形出现了，请观察波形的幅度和形状，波形的幅度及形状会因为套件音量，系统音量，系统录音 line-in 音量的大小不同而产生变化，当波形出现削顶失真的时候，可以相应改变音量，避免波形失真，波形的幅度控制在 15k 上下便可，不要求太高。如右图



以上是音量级别的调整，接下来进行左右声道差异，功放频率响应的校正。

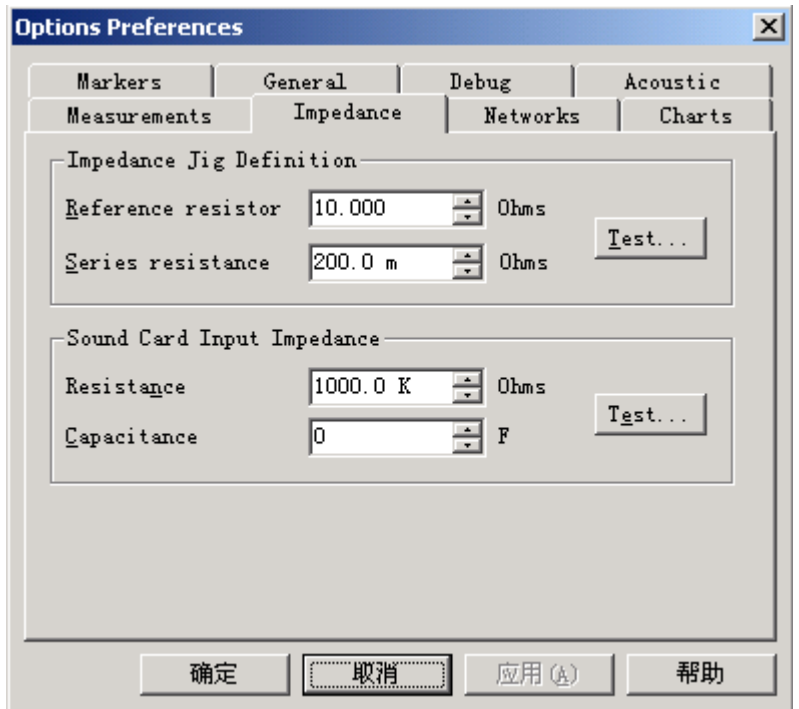
将套件探头断开，改变套件的开关设置为 SW1: 下、SW2: 上、SW3: 中，选择软件菜单的 Options-Preferences(属性), 在 Measurements 下, 修改 Sample Rate 为 44.1kHz, Sample Size 为 8192, 此时的信号有 22kHz 的测量上限, 已足够。Measurements 下的这两个选项是修改 MLS 测量信号的采样率和大小的, 以后经常用到, 平时使用, 我个人认为 8192 已够用。回到正题, 退出属性窗口, 选择软件的 Options->Calibrate. ., 对 Channel Deference 和

Amplifier Reference Response 两个项目进行测试, 选择相应的 test, 然后在各自的测量过程中选择“下一步”完成两个项目的测试。然后“OK”确定, 退出该窗口。此时, 软件左边的文件树“system”文件夹下会生成 8 个新的文件, 选中“Measurement Calib”文件, 显示如左上图, 为了便于观看, 我修改了表格的表格属性, 将 Y2 Axis 的刻度调整为 -180 到 +180, 图中蓝色曲线为相位曲线。此图表反映的是声卡左右声道的差异情况, 对这个指标的评价是, 两条曲线抖动的范围越小越好, 从图中看出, 蓝色曲线基本没有抖动, 黑色曲线在 10Hz 以后也只有不到 0.6dB 的抖动, 已经很好。不过, 抖动比较大并不是说软件无法继续往下操作进行测量, 只是反映了声卡, 以及硬件各连线状态良好, 对今后测量的稳定性有一定保证。另外补充说明, 每次新的硬件连接并不能够保证此结果都是一样的, 可能会有一定的离散性, 这和很多因素都有关系, 包括连线状况不良, 系统音量的改变, 不过不用担心, 软件会针对当前的校正结果来对接下来的测量结果进行比对, 校正。所以我在开始时建议大家每次连接硬件最好作一次校正。再看文件树, 树中另外还有“Measurement.in.l.Fft”“Measurement.in.r.Fft”这两个文件, 他们是左右声道接收的功放的

测量信号，也就是功放的频率响应，我使用的 1875 功放能够做到 10Hz-20kHz 有 3 个 dB 的抖动，这个参数可能会有一些毛刺，这与外界干扰，音量级别偏高有关系，不过不用过分要求此参数达到平如直线，这里也不再做图示。

最后作参考电阻的校正。改变套件的开关设置为 SW1: 上、SW2: 上、SW3: 中 选择菜单的 Options- Preferences (属性)，选择 Impedance, 如右图：

图中包括 JIG 参考电阻的校正(上方的方框)，以及声卡输入阻抗的校正(下方的方框)。点击上面的 Test 作 JIG 参考电阻的校正，然后选择下一步，窗口中会要求填入一个电阻的阻值，套件中提供了一个 4 欧左右的电阻(对应 SW3: 上)和一个 16 欧左右的电阻(对应 SW3: 下)，先填入其中一个阻值，并将开关 SW3 拨到相对应的挡位，然后“下一步”，在弹出的窗口中填入另一个电阻的阻值，并将开关 SW3 拨到相对应的挡位，然后下一步，此时，窗口给出了 JIG 参考电阻的两个技术参数。我本人的测量器材的测量结果是，Reference resistor= 9.923 Ohms, Series resistance= 227.6 m Ohms(本人测量套件中使用的参考电阻是一



10 欧姆电阻)。此项参数受使用的连线部分影响，每个套件的测量结果可能有所不同，但 Series resistance 不应过大，几百毫欧属于正常范围。由于声卡输入阻抗的校正(下方的方框)要使用高阻值，大约 10k 的参考电阻，故此项校正不做，使用默认值即可。

到此为止，软件的校正工作完成。操作者可以进行后面的测量项目了。再次声明一下，建议上面的各项校正工作在每次重新连接了套件进行测量之前都做一遍，避免由于连线的细微差异和系统音量的改变对后面的测量带来的误差。

注：MLS 测量信号的采样率和尺寸大小在测量单元的阻抗曲线时需要根据测量的曲线情况调整，有的尺寸和采样率情况下，测量的阻抗曲线会有较多锯齿，这样不利于后面的参数推算。

T/S 参数测量

T/S 参数是设计音箱的主要参数之一，SpeakerWorkShop 能够使用附加重物(Added Mass)或密闭箱(Sealed Box)两种方法对 T/S 参数进行推算，由于密闭箱要使用一个密闭的箱体，制作上有一定难度，且不方便对多个单元测量，方法也较笨重，所以本文以附加重物法来对论坛 A502 单元的 T/S 参数进行推算。

要做的一些准备工作。1、测量单元的振膜直径(一般以悬边在两边的突起为测量点)，然后计算出单元的振动面积。2、使用万用表的欧姆挡测量单元的直流电阻。3、准备一个环状重物，要求不能为磁性，或能够被磁性吸引，我使用的重物是用几根铜丝绞在一起用焊锡涂抹的环状重物，质量为 22 克。4、为被测单元准备一个稳固的测量支撑环境，我是用一个三角架作为支撑。右图为本人测量情况。

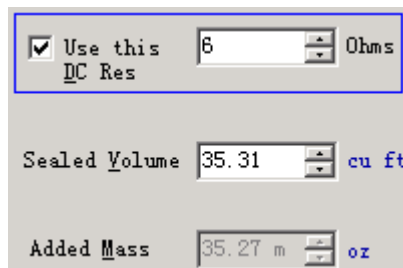
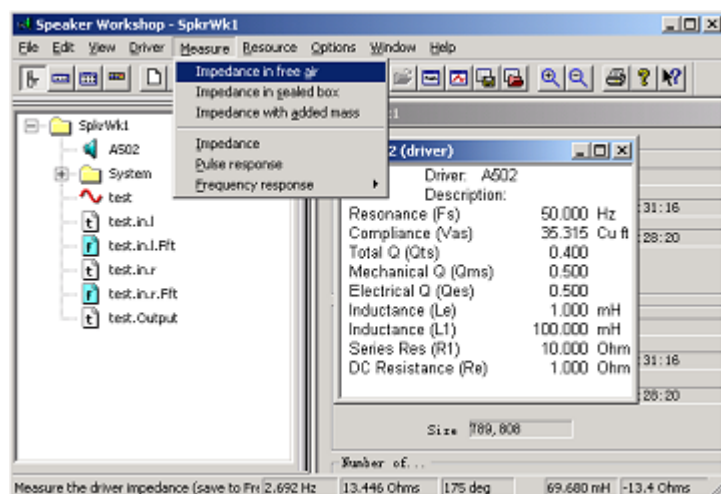


接下来进行参数推算。

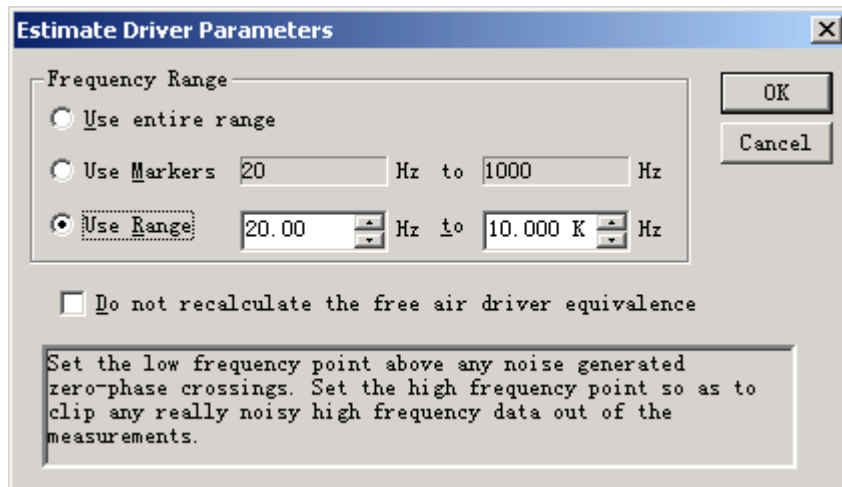
首先，改变套件的开关设置为 SW1: 上、SW2: 上、SW3: 中，将单元固定稳定，并保证周围一定范围内没有障碍物影响单元的阻抗曲线测量，将探头连接到单元上，+对+，-对-。

然后在文件树建立一个单元 Driver 文件，选择菜单的 Measure->Impedance in free air，如左图，测量单元在自由声场中的阻抗曲线，由于我的测量结果在 8192 的 MLS 信号情况下测量不够满

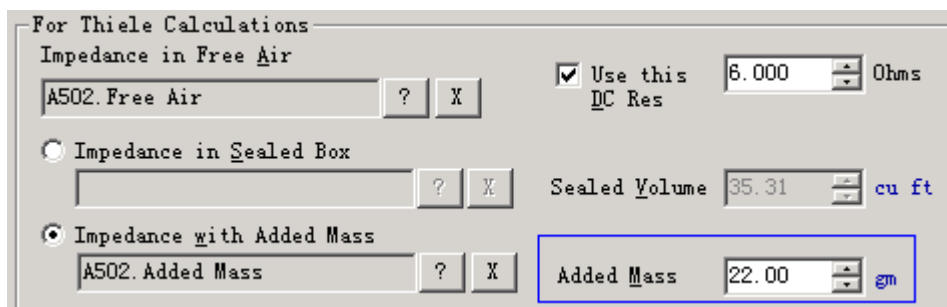
意，所以将 MLS 信号的尺寸大小调整到了 16384，此时，再次测量的阻抗曲线锯齿减少很多。在工作区，打开单元的属性 (Properties) 窗口，选中 Data 页面，在下图蓝框区域进行如图的设置，A502 单元的直流电阻为 6 欧姆。然后“确定”退出窗口。



接下来进行首次参数的推算工作，选择菜单的 [Driver->Estimate Parameters..](#)，进入推算窗口，如下图。由于测量的是低音单元，选择推算的范围在 20hz-10kHz。然后确定退出，软件会进行首次的推算，由于提供的数据还不足，所以软件会提示部分参数无法提供，确定即可。

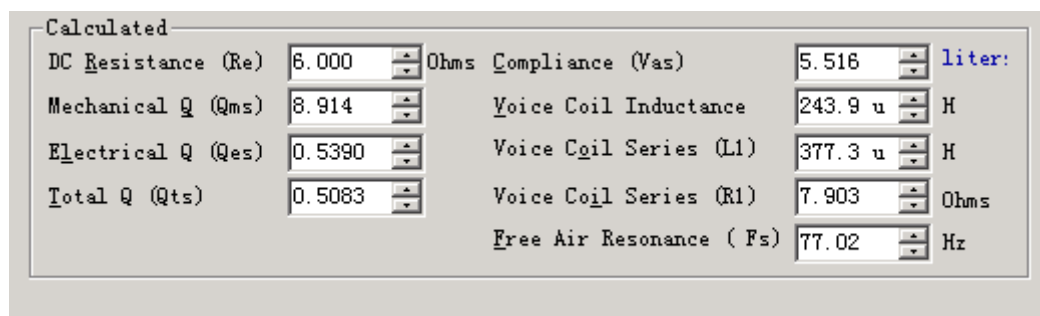


接下来，将 22 克重物固定在单元的纸盆上，我借助了双面胶。选择菜单的 [Measure->Impedance with added mass](#)，测量单元在附加重物后的阻抗曲线。然后，再次打开单元的属性 ([Properties](#)) 窗口，进入 [Parameters](#) 页面，在 [Piston Area](#) 后面填入单元的振动面积，点击后面的 "Sq in" 可以改变当前的使用单位，"Sq cm" 为平方厘米；进入 [Data](#) 页面，进行如下图中参数的填写。



后面的 "gm" 为克，点击可以改变单位制。然后确定退出

最后进行第二次参数推算，选择菜单的 [Driver->Estimate Parameters..](#)，进入推算窗口，由于同一单元，推算的频率范围无需作调整，直接确定退出，此时软件将剩下的部分参数推算出来。打开单元的属性 ([Properties](#)) 窗口，进入 [Parameters](#) 页面，单元的 T/S 参数已经计算完毕。



补充：

为方便上方教程的浏览，所以，将低音单元在自由声场(上图)和附加重物(下图)后的两个实测曲线放到这里供参考。图中曲线未做任何平滑处理。如果固定不稳，图中曲线会有较大，较多的锯齿

