

LEAP

Loudspeaker Enclosure Analysis Program

EnclosureShop

Application Manual
(中文版)

Release 5

LINEARX
S Y S T E M S

内容

介绍	ix
指导 1: 高通密封式箱体	1
■ 喇叭模型介绍	
■ 箱体模型介绍	
■ 系统曲线介绍	
■ 指引曲线介绍	
■ 图表参数介绍	
■ 喇叭模型之间的差异	
■ 常见程序的特征	
指导 2: 高通开口式箱体	33
■ 开口式箱体设计	
■ 快速设计调整	
■ 高压分析	
■ 开口线性分析	
■ 系统曲线解释	
■ 箱体布局编辑	
指导 3. 喇叭位置及折射	71
■ 高通密封式箱体	
■ 低音&高频喇叭	
■ 障板位置影响	
■ 区域差异	
■ 折射分析	
■ 箱体布局编辑	

内容

附注 1: 传输线路缠绕	115
■ 高通开口式模型	
■ 开口面积&长度影响	
■ 开口驻波	
■ 开口损耗&阻尼	
■ 介质特性	
■ 模型比较	
附注 2: 扬声器阵列	145
■ 高通密封式 2x15 阵列	
■ 常规箱体模型	
■ 导入 3D 箱体外壳	
■ 复合箱体分析	
■ 衍射分析	
■ 阵列比较	

简介

如果你尚未阅读 Reference Manual(参考手册)里的 Chapter 2,那么请您在开始学习该指导前先阅读它。阅读 Chapter 3 同样是个好主意,它将使你熟悉程序中的许多图表参数。这些将给你一个程序快的概述。这些信息在指导中很有用。

指南

随后这里有一些指导将帮助你在最短的时间内开始使用程序。每个指南将接介绍新的特征,并且假使你在先前的指导中已经熟悉了这些特征。

注释:前两个指导介绍了程序的核心特征。因此对于所有的用户来说至少要阅读 Tutorial #1.

EnclosureShop 是一个扩展程序,并且提供了许多高级的模拟特征和功能。为了能够充分发挥这些功能,理解概念和术语对于用户来说是很重要的。Reference Manual(参考手册)中的 Chapter4&5 包含了背景资料,它可用来对本题的更进一步解释说明。

应该注意到可以有多种方式来操作程序,典型地是从 Main Menu(主菜单)和工具栏。当你了解最常用的工具按钮,程序操作将变得更快。

你可以略过按钮同时观察暗藏信息来了解它们更多功能。该指南显示了大多数常见菜单项所对应的工具按钮。

设计示例文件

这里有许多已完成的示例,它们包含在 Example 文件夹里面。你可以浏览它们,同时也可以给你一些附加信息和操作思想。

这里有一个很好的优点对于用户来控制程序中图形的外观。如果你不喜欢程序中图形的配色方案,完全可以更改它们。

注释:Application Manual(应用手册)一个全色调的版本在 Help(帮助)文件里是有效的。

高通密封式箱体

重点：

- 喇叭模型介绍
- 箱体模型介绍
- 系统及指引曲线介绍
- 曲线图参数介绍
- 喇叭模型之间的差异
- 常用程序特征

这个例子将用来介绍常用程序的特征。它将帮助回答在任意箱体设计中将出现的基本问题的解答。该实例将把焦点放在在三种不同的喇叭模型，来图解它们的性能和差异。

目标

对于该设计我们将从基本开始，并且使用 15 英寸（380 毫米）低音喇叭使我们的箱体成为一个简单的高通密封式箱体。在该例中对于选择特殊的列线我们不感兴趣。除了箱体的大小作为已知被指定外，我们的任务将是在程序中组织必要的参数来模拟设计。

详细说明书是：

- Box : Sealed Highpass
- Shape : Rectangular
- Width : 23.0 Inches
- Height : 24.75Inches
- Depth : 13.5Inches
- Wall0 : .75Inches
- Filling : None
- Transducer : TL1603
- Location : Center of baffle board

尽管这是一个非常简单的箱体，但是它将很好地用来图解说明由 EnclosureShop 广泛分析提供的大量数据。同时与实际测量值的比较。

喇叭

在任何设计被模拟之前，喇叭模型必须已经存在于喇叭库文件中。如果情况并非如此，我们首先应该创建一个喇叭条目。对于该例，将使用几个已经在 Tutorial.Ltd 库里被准备的喇叭模型。

开始新设计

如果你还没有安装程序，现在开始吧。按照随后的指示执行每一步。假使程序被安装在驱动器 C:\。然而假如你已经安装到其它的驱动器，当执行文件操作时你需要为你的设置选择选择合适的驱动器。

首先我们要创建一个新设计并将它保存在 Tutorial-1 文件夹。

■ 选择 File | New(新建)菜单选项。



现在输入你的创建信息。

■ 选择 Graph | Notes 菜单选项



在 Personal (个人) 区域输入你的姓名，在 Company (公司) 区域输入你的公司名，以及一个如本例中所示的 Project (工程) 名。

-- 点击 OK (确定) 按钮关闭 Notes 对话框。

■ 选择 File | SaveAs (另存为) 菜单选项

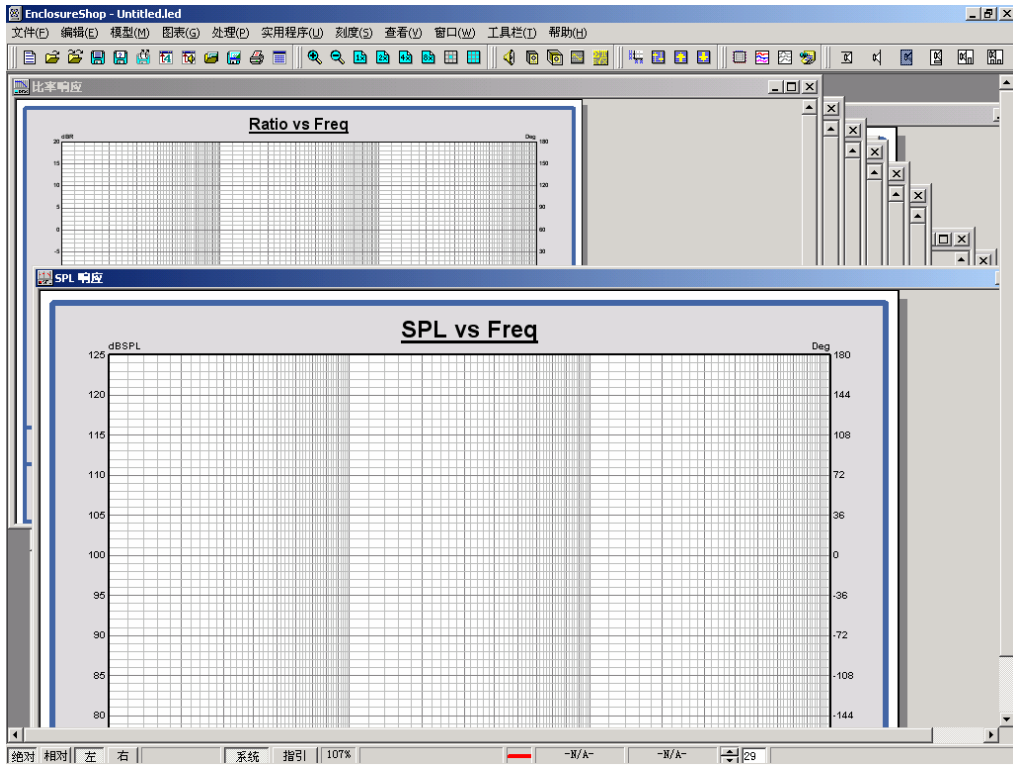


现在我们将设计保存在 Projects-Enclosures 文件夹下已存在的 Tutorial-1 文件夹中，并且命名为 Tutor-1。它位于 Projects-Enclosures 下的 Tutorial-1 文件夹中。在文件名区域输入 Tutor-1 并且点击 Save (保存)。

现在我们将 Maximize (最大化) 图表框中的一个。

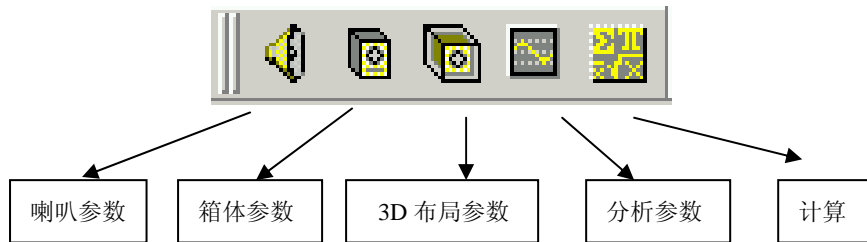
■ 在图形窗口中点击最大化按钮

你的屏幕应该看起来与下面的视图相似。当图形按钮最大化时，一系列曲线图选择按钮成排显示。你可以通过点击工具栏下面的一个按钮来切换不同的图形。记住在选择按钮水平列上的一系列曲线图名称。



编辑(E)

- 喇叭参数(T) F2
- 箱体参数(E) F3
- 布局参数(L) F5
- 分析参数(A) F10
- 计算(C) F9



编辑菜单

Edit (编辑) 菜单是程序操作中最核心的部分。菜单包含了五部分，它们可以从菜单本身或如上所示的工具栏中进入。这五项描述了对于任意设计所需参数的核心功能。你将会经常访问这些菜单。基本上，这五项在定义一个设计的参数开始时必须从左到右按顺序被指定。

■ 选择 Edit | Transducer Parameters (喇叭参数) 菜单项。



Transducer Parameters (喇叭参数) 对话框在随后的页面中显示。该对话框提供了所有的创建，编辑以及库管理的功能。这里有左/右两个分开的窗口。左边的窗口 (树形视图) 显示喇叭库文件，而右边的窗口 (列表视图) 显示的是当前在库文件中实际被选中的实际喇叭。这里是库编辑模式。

这里同样有一个 Graph (图表) 触发按钮位于底部，它将扩展对话框并且描述对于选中喇叭的各种特性的预览曲线图。通过图框左边小的按钮可以选中各种曲线。

这里有三种喇叭条目在右边的列表视图窗口，在该例中我们将用到的是：TL603/LTD，TL603/TSL，和 TL603/STD。它们代表了同为 15Inch(380 毫米)低音扬声器的三种不同的喇叭模型。

注释：如果你将程序安装在 C:\ 以外的驱动盘上，你需要打开喇叭所在的文件夹来查看喇叭文件和条目。

喇叭参数

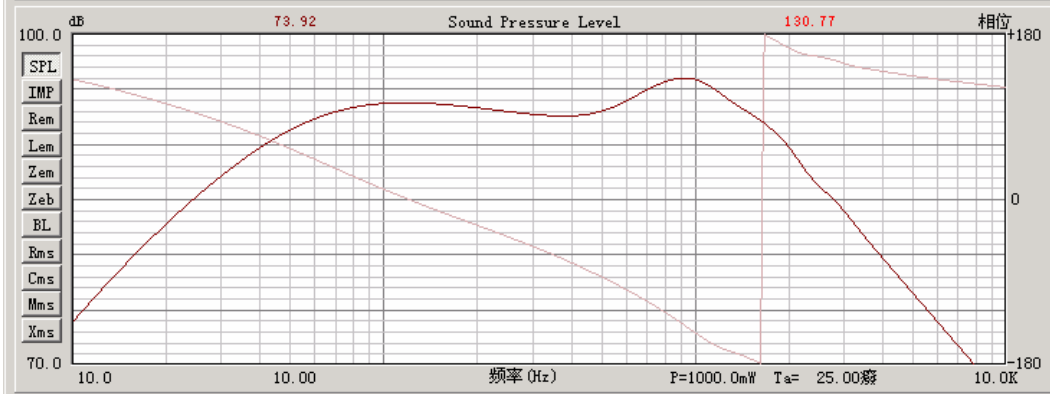
Index	Transducer Name	M-S-P	Znom	Revc	Sd	Vas
1	TL1603, LTD Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	277.30
2	TL1603, TSL Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	248.16
3	TL1603, STD Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	245.20
4	TL1601A, LTD Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	447.74
5	DT25, 1 In, Tweeter	[Icon]	6.00	4.80	573.00u	10.16
6	B200, 8 In, Woofer	[Icon]	8.00	6.70	23.00m	131.77
7	TL 8 Inch	[Icon]	8.00	7.70	22.17m	70.20

1 Folders 68 Files 1 Selected 7 Transducers 1 Selected 图表 帮助(H) 退出(X)

喇叭参数

Index	Transducer Name	M-S-P	Znom	Revc	Sd	Vas
1	TL1603, LTD Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	277.30
2	TL1603, TSL Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	248.16
3	TL1603, STD Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	245.20
4	TL1601A, LTD Model	[Icon]	8.00	6.88	88.80m	447.74
5	DT25, 1 In, Tweeter	[Icon]	6.00	4.80	573.00u	10.16
6	B200, 8 In, Woofer	[Icon]	8.00	6.70	23.00m	131.77
7	TL 8 Inch	[Icon]	8.00	7.70	22.17m	70.20

1 Folders 68 Files 1 Selected 7 Transducers 1 Selected 图表 帮助(H) 退出(X)



-- 在列表视图窗口双击 TL1603,LTD 模型条目。

这是喇叭编辑模式。这些被用来修改喇叭的参数。喇叭在这里可以被创建，导入或者编辑来指定它们的参数。各个区域将是否被启用/不启用，这取决于所使用的模型。

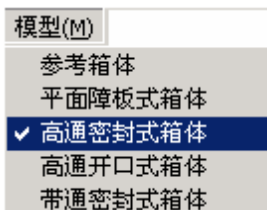
-- 点击 **Cancel**（取消）按钮关闭编辑模式。

既然该例所需的喇叭条目已经存在于库中，在这里我们不用创建任何新的喇叭。同时也应该注意到这并不是我们不久将访问你所选择参数的位置。

然而，重要的是在这里选择库文件，它包含了在喇叭箱体设计中你所希望使用的喇叭。

-- 核对在左边窗口中选中的是 **Tutorial.LTD** 模型。

-- 点击 **Exit**（退出）按钮关闭对话框。



模型菜单

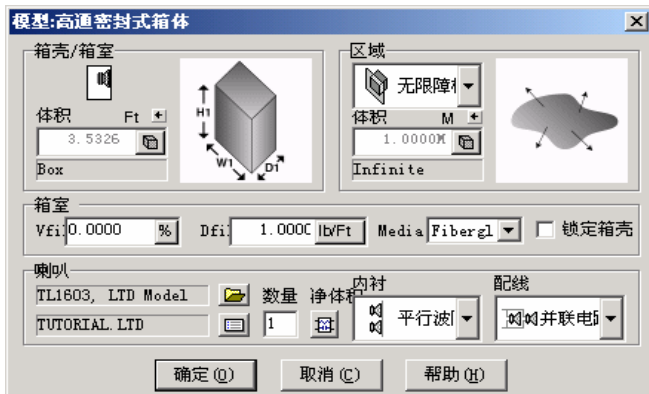
Model（模型）菜单常用于设计选择箱体模型。如上所示的菜单和工具栏包含了 8 种可能的选择。最后的选项是一个自定义箱体模型，它可用来构造任意的箱体结构。

Mode（模型）菜单执行了 1/8 的选项功能。某个选项通常被启用，并且该选项在菜单中显示是被选中的，或者在工具栏上是高亮度显示的。描述箱体参数的对话框将根据箱体模型的选择而改变。

对于该例我们将使用 Sealed Highpass（高通密封式）箱体模型。

-- 核对选择的是 Sealed Highpass Enclosure 模型。

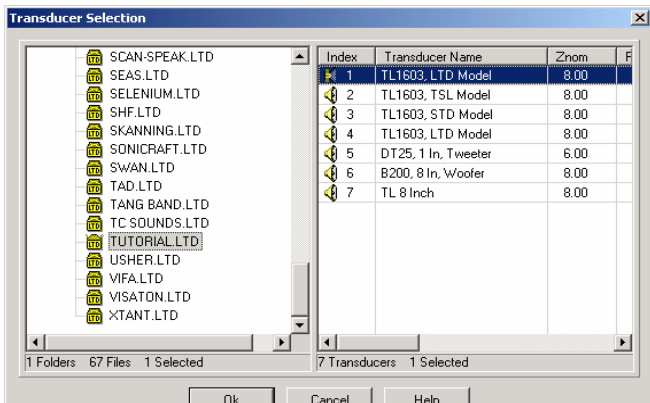
■ 选择 Edit | Enclosure Parameter（箱体参数）菜单项。



该对话框就是为我们的设计指定参数的地方。注意到该对话框被划分为几个组选框：Shell/Chamber(箱壳/箱室), Domain(区域), Chamber(箱室), 和 Transducer(喇叭)。不同模型的对话框的组选框将可能比这更多或更少，这取决于箱体模型的结构。

喇叭组选框就是我们选择在设计中将要使用的低音扬声器的地方。注意到有可能用不同的内衬及配线方式来定义复合喇叭。

-- 点击带有黄色文件夹的小按钮。



喇叭选项对话框被显示。这里将为我们的箱体选择低音扬声器。

-- 打开左边窗口中的喇叭文件夹。

--在左边的窗口中选择 Tutorial.LTD。

-- 在右边的窗口中选择 TL1603,LTD 模式的喇叭

-- 点击 OK（确定）按钮关闭。



喇叭的名称以及文件名将显示在 Transducer（喇叭）组选框区域。

当一个喇叭被选中，它的全部数据被复制到箱体参数中。这样喇叭的数据将自己包含在箱体参数中。原始的库文件和条目将不再需要。

因此如果你以后在原始喇叭库文件中改变参数，它们可能在箱体设计中被更新或者不被更新。后面将详细叙述。

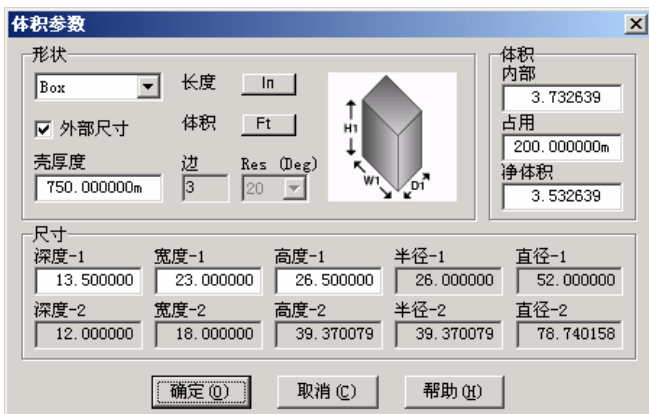
Transducer（喇叭）组选框中的其它选项不需要改变。在 Chamber 组选框中，我们任意指定在箱体中的填充材料。在该例中，不需要填充材料。

-- 在 Vfill(Volume Fill)百分比区域输入 0.0。



Shell/Chamber (箱壳/箱室) 组选框控制箱体外壳和箱室的定义。因为该箱体仅有一个单一的箱室，箱室和外壳的规格是相同的。注意到在体积区域显示的带有立方体的小按钮。你不能直接输入体积值。因此我们必须点击小按钮并且选择一个带有尺寸大小的物理外形。

-- 点击小的 Volume (体积) 按钮。



Volume Parameters(体积参数)对话框显示在这里。现在我们为箱壳/箱室输入参数并且选择外形。

- 选择 Box (箱体) 外形选择。
- 核对 External (外观) 尺寸
- 点击 Length(尺寸单位)按钮选择 In (英寸)
- 在 Wall Thickness (壳厚度) 区域输入 0.75
- 在 Depth(深度)区域输入 13.5
- 在 Width(宽度)区域输入 23.0
- 在 Hight(高度)区域输入 26.5
- 在 Occupied (占用) 区域输入 0.20

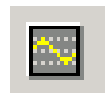
你将看到在净体积区域显示为 3.53Ft³。

-- 点击 OK (确定) 按钮来关闭 Volume Parmeters(体积参数)对话框。

最后的 Domain(空间范围)组选框允许我们定义希望模拟箱体的环境。我们同样可以为区域指定一个有限的体积值。在该例中我们将使用带有 Infinite(无限)体积的 Infinite Baffle(无限障板)。

- 核对选择的是 Infinite Baffle(无限障板)
- 点击小的 Volume(体积)区域按钮
- 选择 Infinite (无限)，并且点击 OK 来关闭体积对话框。
- 点击 OK 来关闭 Enclosure Parameters (箱体参数) 对话框。

■ 选择 Edit | Analysis Parameters (箱体参数) 选项。



该对话框控制设计的许多分析参数。这里的大多数参数值应该是个容许值。但是我们需要将功率值改变到 1W。

-- 在 Power/Spk (功率/喇叭) 输入 1.0

-- 点击 OK (确定) 来关闭对话框

我们现在来准备为模拟定义 3D 布局。EnclosureShop 能够精确模拟箱体周围的整个区域。为此喇叭及开口的位置必须被定义。

此外，喇叭相对于任意边界的位置及方向性也必须被指定，还有基本的解析点。所有的这些功能由 3D Layout Parameter（3D 布局参数）对话框提供。

■ 选择 **Edit | Layout Parameters**（布局参数）菜单项。（F5）

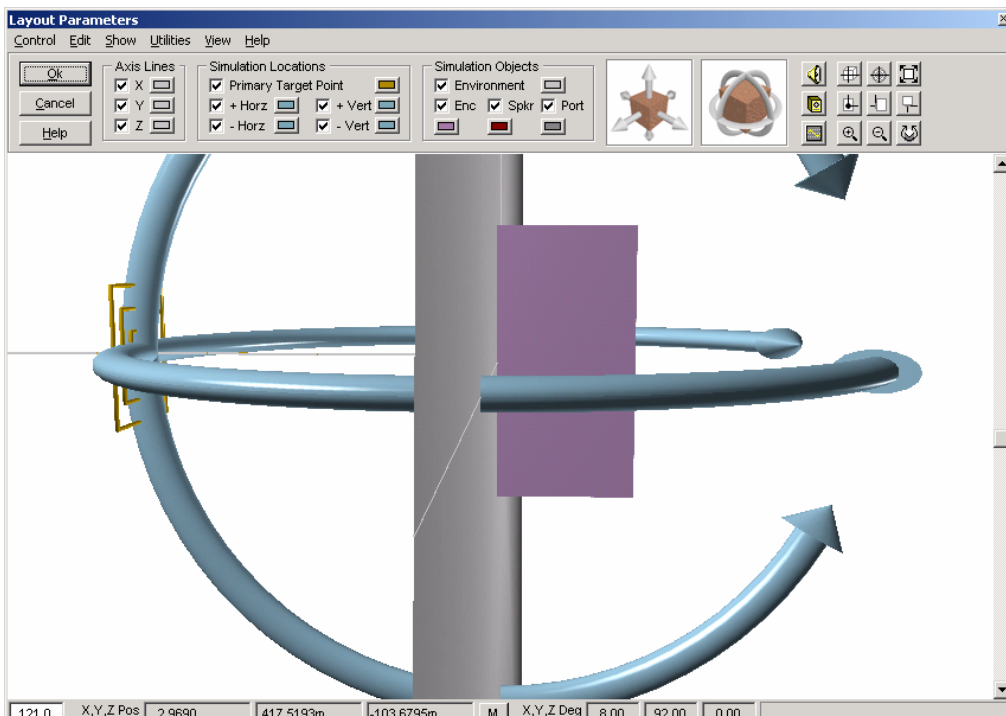


这是个很大的对话窗口，如随后页面所示它占据了屏幕的整个工作区。包括很大的版面描绘了无限障板，箱体被嵌入在平面的中央。辐射状的箭头显示了极线模拟路径，并且目标显示在交集处。

你可以通过按住鼠标左键并且在屏幕周围旋转它观看全景视图。当你旋转场景你将看到无限障板的前后。你将看到箱体在障板的后面。

场景中实体默认的位置已经被校正。在该例中没有布局编辑将被需要。

-- 点击 **OK**（确定）来关闭对话框。



现在我们已经为设计指定了所有必要的参数。我们来使用 **Edit | Calculate** 来模拟设计并生成响应曲线。

■ 选择 **Edit | Calculate**（计算）菜单项。（F9）



分析的进程显示在屏幕底部状态栏的右下角区域。这里有多分析的阶段，这取决于模拟的复杂度。

在该例中我们选择 **Infinite Baffle**（无限障板），它在无限平面内安放箱体的障板。因此不需要反射分析。这将大大加速分析因为反射分析非常耗时。该分析在几秒内被完成。

■ 选择 **Graph | System Curves**（系统曲线）菜单项。（F4）

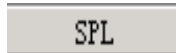
系统曲线是由系统分析生成的数据曲线。对于该结构单一的设计，产生了 34 条曲线。它们中的许多是极坐标曲线。我们将启用所有的曲线。

-- 点击 Show All(全部显示)按钮，然后点击 OK 来关闭对话框。



曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Pos...	Style	Width	Color
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Red
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-Power Enc	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Blue
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Impedance Enc	No	10.0...10.0KHz	Imp	Phase	400	Solid	20	Red
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Enc	No	10.0...10.0KHz	Volt	Phase	400	Solid	20	Red
5	<input checked="" type="checkbox"/>	GroupDelay Enc	No	10.0...10.0KHz	Time	Phase	400	Solid	20	Red
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 10.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Red
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 80.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Blue
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 160.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Green
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 320.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Purple
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 640.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Olive
11	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 1.28K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Teal
12	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 2.56K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Pink
13	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 3.84K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Cyan
14	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 5.12K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Light Green
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 6.40K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Purple
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 12.80K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Red
17	<input checked="" type="checkbox"/>	Vert Polar F= 10.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Blue
18	<input checked="" type="checkbox"/>	Vert Polar F= 80.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Blue
19	<input checked="" type="checkbox"/>	Vert Polar F= 160.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	Phase	181	Solid	20	Green

■ 点击 SPL 曲线图选择按钮。



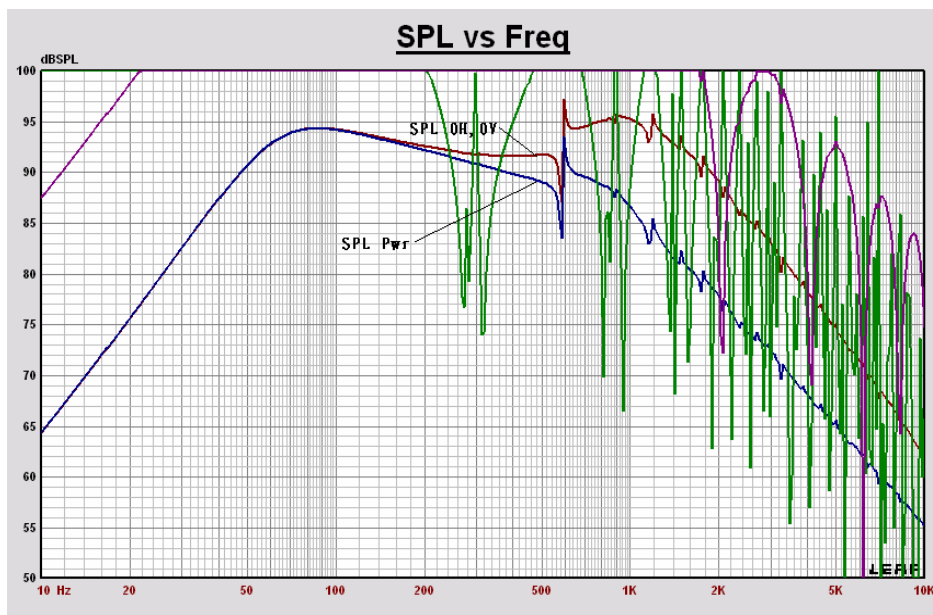
■ 根据需要选择 Scale | Auto 或 Up/Dn 菜单项来观察曲线。



现在你的屏幕一定与下面所显示的视图看起来很相似。这里有四条 SPL 曲线显示在曲线图上。两条在 95dB 水平附近而另外两条更高。

两条较低的曲线给出了在主要解析点处的响应以及总体的功率响应。在该例中基本解析点是轴上每隔 1 米处。然而它可能位于空间的任意一点处。功率响应给出了设计产生的总功率，与半空间范围有关。

注意到在频率较高处由于喇叭的指向性而导致功率响应下降。在低频处伴随功率和轴上的响应相等辐射是不定向的。大量的箱室反射显示在较高频率处。



按比例向上移动来观察两条较高的曲线，我们发现一条已经几乎达到 130dB 而另一条达到 117dB。这些曲线分别描述了箱室内部响应和喇叭近场响应。注意到急剧的第一次箱室反射峰发生在大约 550Hz 以及在所有近场，轴上以及功率响应曲线。

EnclosureShop 在设计中为每条箱室生成了一条压力曲线，随同每个喇叭和开口的近场压力曲线在一起。这除了被反射的主要目标和功率响应外。

由于从箱体模拟中产生大量的 SPL 曲线，你将经常会发现很有必要关掉某些曲线来避免在曲线图中出现过度的杂乱。

■ 点击 Impedance(阻抗), Excursion(振幅), Velocity(速度)以及 Acceleration (加速度) 按钮。

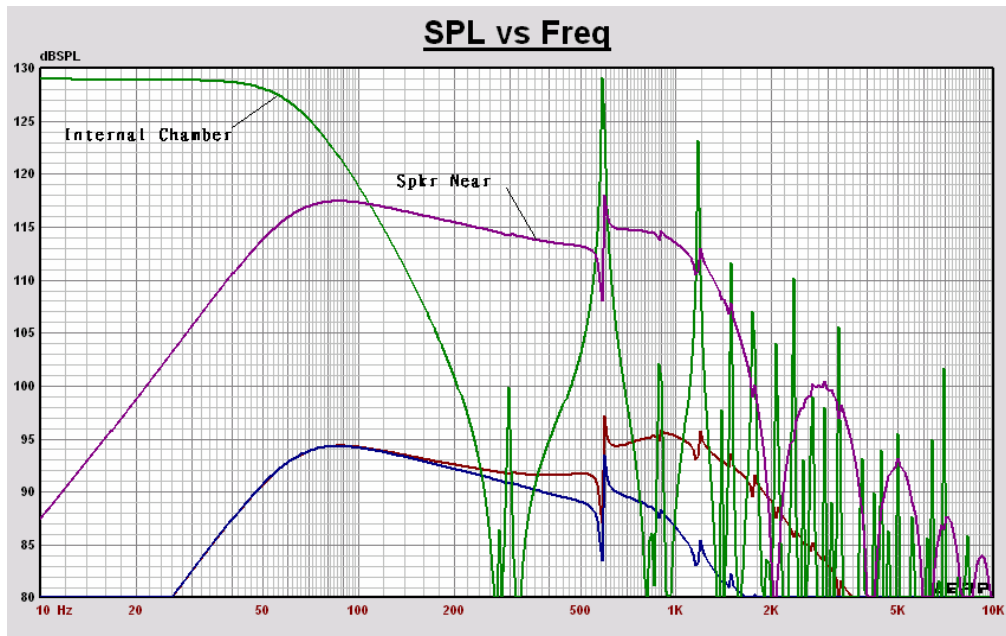
阻抗

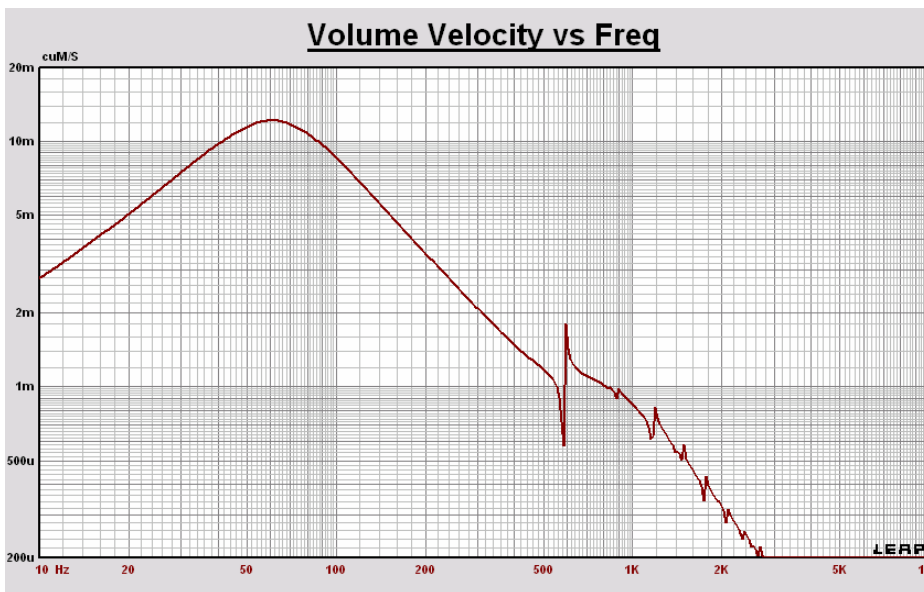
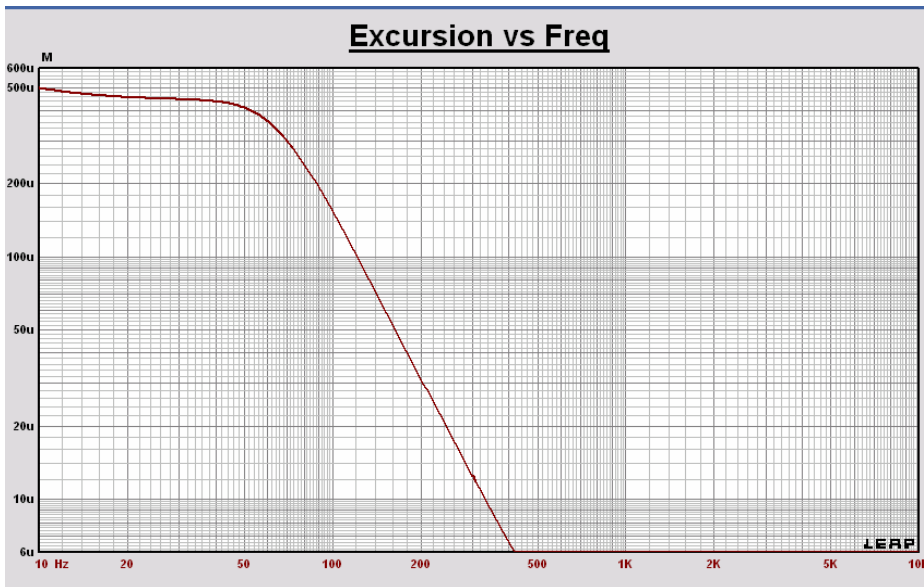
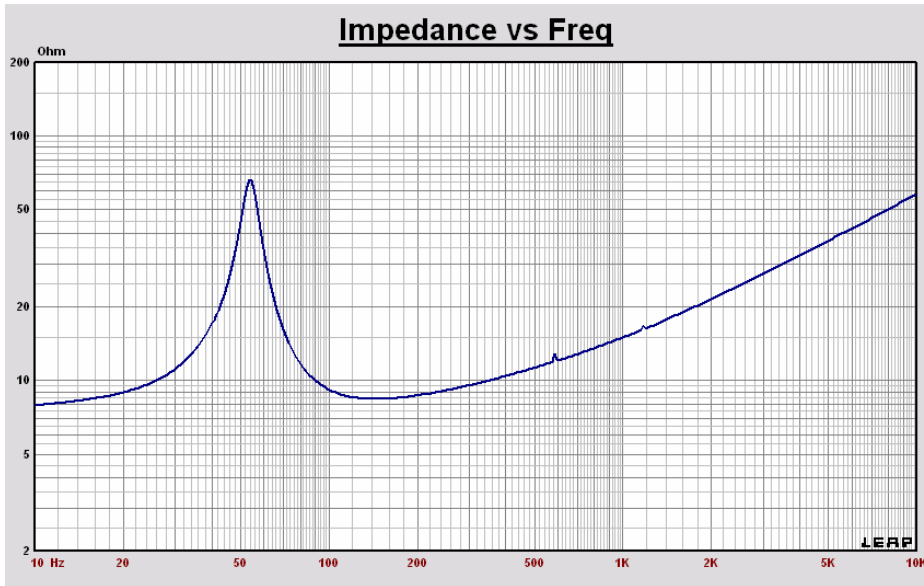
这里同样生成了一些箱体中每个喇叭和开口的其它曲线。这些实例显示在随后的页面中，包括 Impedance(阻抗), Excursion(偏移), Velocity(速率)以及 Acceleration (加速度)。

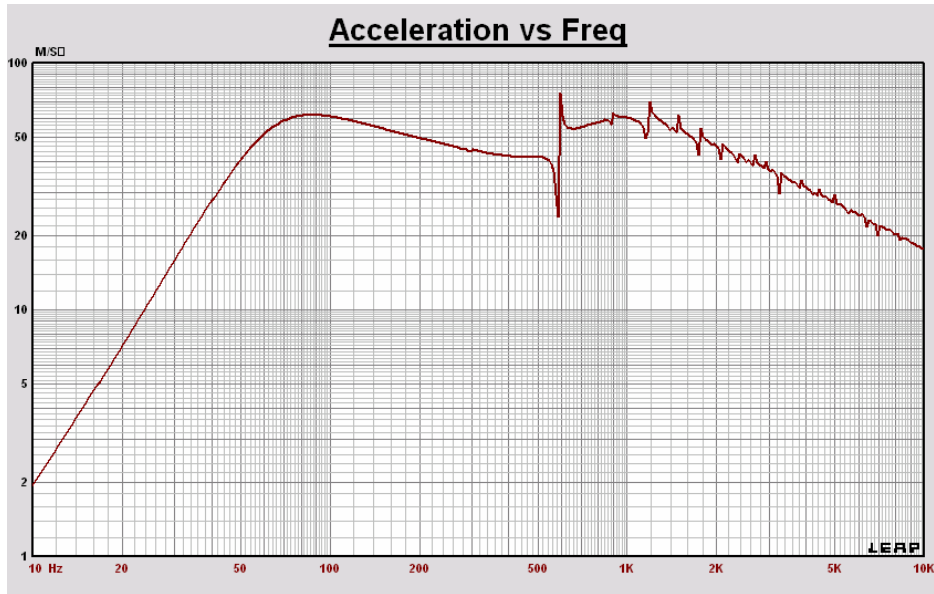
偏移

速率

加速度







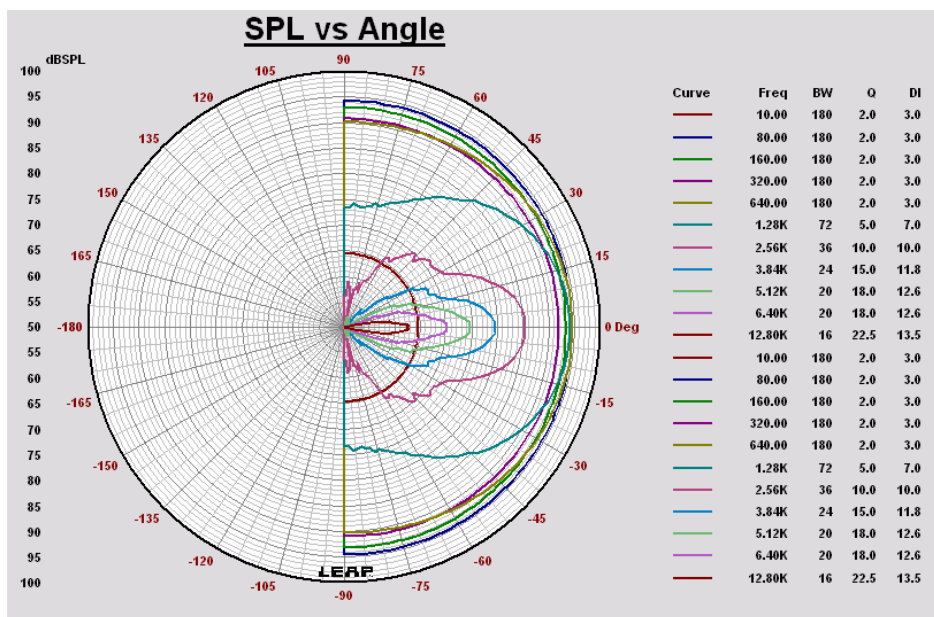
■ 点击 Polar（极坐标）曲线图选择按钮。 极性

极坐标曲线显示在下面的曲线图中。注意到这里实际上有一对曲线组在列表中。这里有 Horizontal（水平的）和 Vertical（垂直的）集。因为空间范围是 Infinite Baffle(无限障板)，所以模拟是匀称的同时两组离轴的极坐标响应曲线是等同的。

Infinite Baffle（无限障板）的影响在曲线图中是清晰可见的。没有辐射发生在空间平面的后部区域。所有的辐射发生在前面的区域。

随着频率的增加，喇叭变得有方向性，如所示在较高频率处收缩波瓣。EnclosureShop 使用膜片模型来生成对于各种膜片形状和轮廓的极其逼真的方向特性。

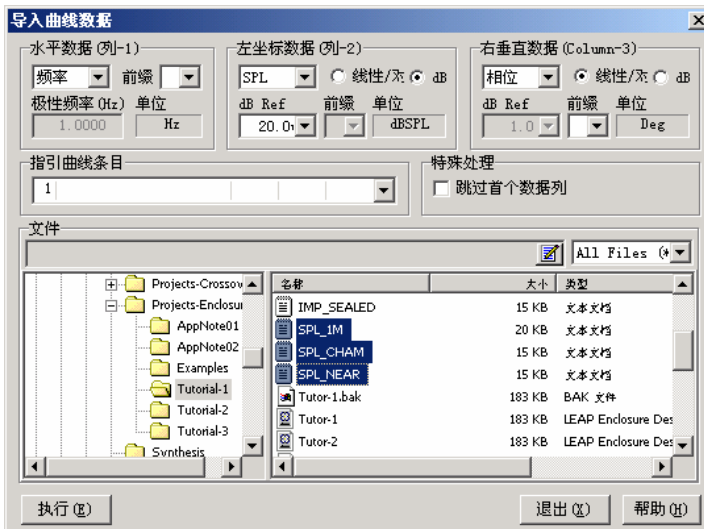
对于显示极坐标响应曲线规格化它们的数据到零度来说也是可能的。这也是一个常用的来观察极坐标图的方法。



同真实测量值比较

箱体的实例被构造并且各种参数被 LMS 分析器测量用来比较。一个加速表也用来直接测量力学响应。这个文件同样位于 Tutorial-1 文件夹。它对于在这里评估这些比较很有用，因为它描述了相对于 EnclosureShop 模拟，真实测量值看起来是怎样的。

■ 选择 Utilities | Import Curve Data (导入曲线数据) 菜单项。



我们将导入 SPL curve(SPL 曲线)。

- 寻找 Tutorial-1 文件夹
- 选择三条 SPL 曲线
- 选择 Guide Curve 条目#1
- 在 Left Vertical data 设置 SPL 和 dB

-- 点击 Execute(执行)按钮。

现在是 Impedance curve(阻抗曲线)。

- 选择 IMP-Sealed 文件
- 选择 Guide Curve 条目#5
- 在 Left Vertical data.设置 Imp 和 Lin/Log

■ 点击 Excute(执行)按钮。

现在是 Acceleration curve(加速度曲线)。

- 选择 Ams_Sealed 文件，选择条目#7,设置 Left Vert data 为 Accel。
- 点击 Excute(执行)按钮。

现在是 Velocity curve(电压曲线)。

- 选择 Vms_Sealed 文件，选择条目#8,设置 Left Vert data 为 Veloc。
- 点击 Excute(执行)按钮。

现在是 Excursion curve(振幅曲线)。

- 选择 Xms_Sealed 文件，选择条目#9,设置 Left Vert data 为 Excur。
- 点击 Excute(执行)按钮。

■ 点击 Exit(退出)关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)选项。



Guide Curve library(指引曲线库)应该看起来与下面的视图相似。

- 点击 OK(确定)关闭对话框。

曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Po ...	Style	Width	Color
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: SPL_IM.TXT	Yes	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: SPL_CHAM.TXT	Yes	10.0...40.0KHz	SPL	Phase	300	Solid	20	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: SPL_NEAR.TXT	Yes	10.0...40.0KHz	SPL	Phase	300	Solid	20	
4	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: IMP_SEALED.TXT	Yes	10.0...40.0KHz	Imp	Phase	300	Solid	20	
6	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: AMS_SEALED.TXT	Yes	10.0...10.0KHz	Accel	Phase	300	Solid	20	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: VMS_SEALED.TXT	Yes	10.0...10.0KHz	Veloc	Phase	300	Solid	20	
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: XMS_SEALED.TXT	Yes	10.0...10.0KHz	Excur	Phase	300	Solid	20	
10	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	

■ 点击 Acceleration Graph(加速度曲线图)选择按钮。

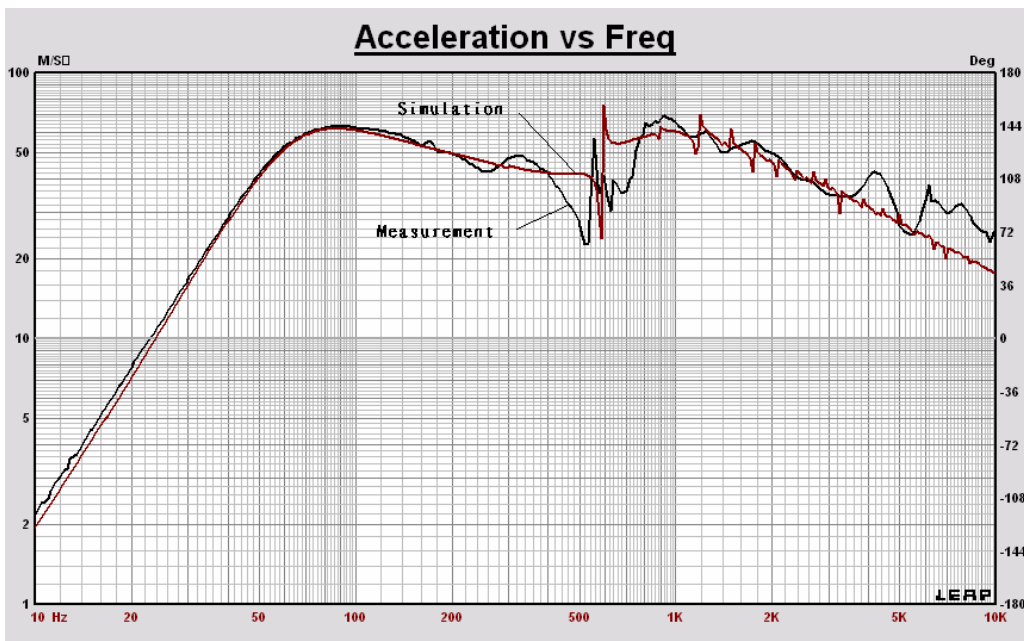
加速度

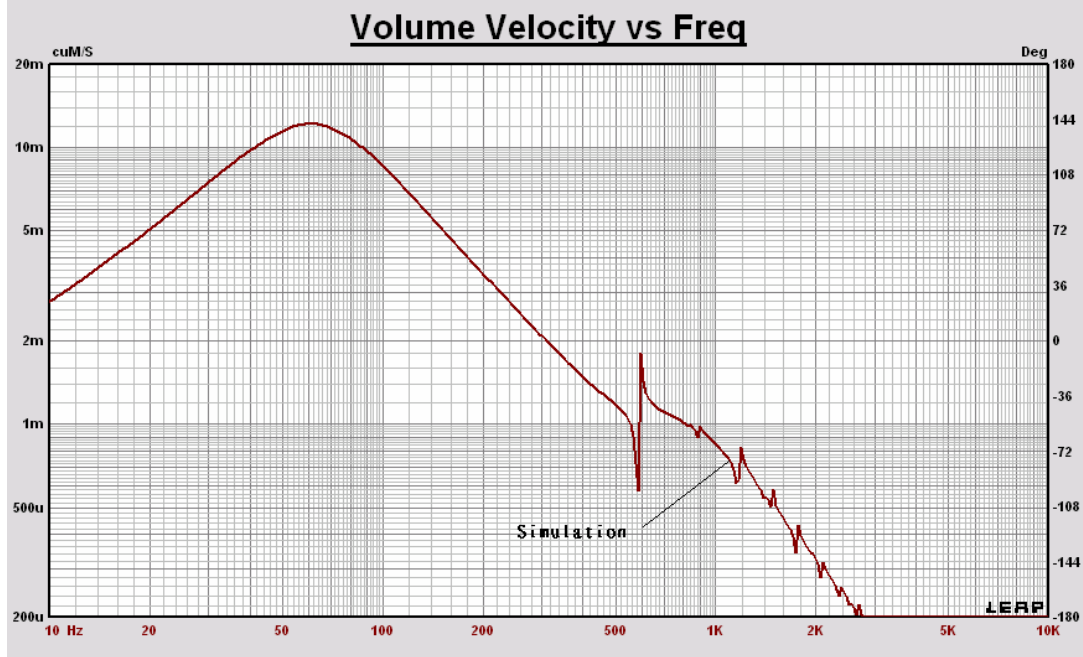
如下页所示，两条加速度曲线被显示。这两条曲线在 200Hz 以下具有非常紧密的关联性，在贯穿整个频带显示了良好的一致性。在接近 500Hz 时出现了一系列杂乱的峰谷。这是箱室内部的驻波反射。记住在该例中没有隔音材料。在高频处振膜不再像活塞一样起作用。

■ 点击 Velocity Graph (速率曲线图)选择按钮。

速率

如下页所示，两条速率曲线被显示。再次，这两条曲线在 200Hz 以下具有非常紧密的关联性，在贯穿整个频带显示了良好的一致性。箱室响应又一次显示在 500Hz 处。在很高频率处，测量值降至最低点来阻止加速表和测试设备的固有噪声电平。





■ 点击 Excursion Graph(振幅曲线图)选择按钮。

偏移

对于偏移的模拟和测量曲线显示在下页的顶部。伴随着出现在 500Hz 处的箱室响应，在 200Hz 以下再次遵守了很好的关联性。

■ 点击 Impedance Graph (阻抗曲线图) 选择按钮。

阻抗

对于阻抗的模拟和测量曲线显示在下页的底部。在贯穿整个频宽都可以观察到良好的关联性。然而，在 500-1000Hz 阻抗曲线显示了箱室共振的效果。

■ 点击 SPL Graph(SPL 曲线图)选择按钮。

SPL

大量的曲线显示在 SPL 图形上。为了便于观察两者比较，我们仅为每个视图起用模拟和响应测量曲线。

■ 选择 Graph | System Curves (系统曲线) 菜单项。



- 不选中条目#2,#28,#29 的[G]列。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves (指引曲线) 菜单项。



- 不选中条目#2,#3 的 [G]列。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

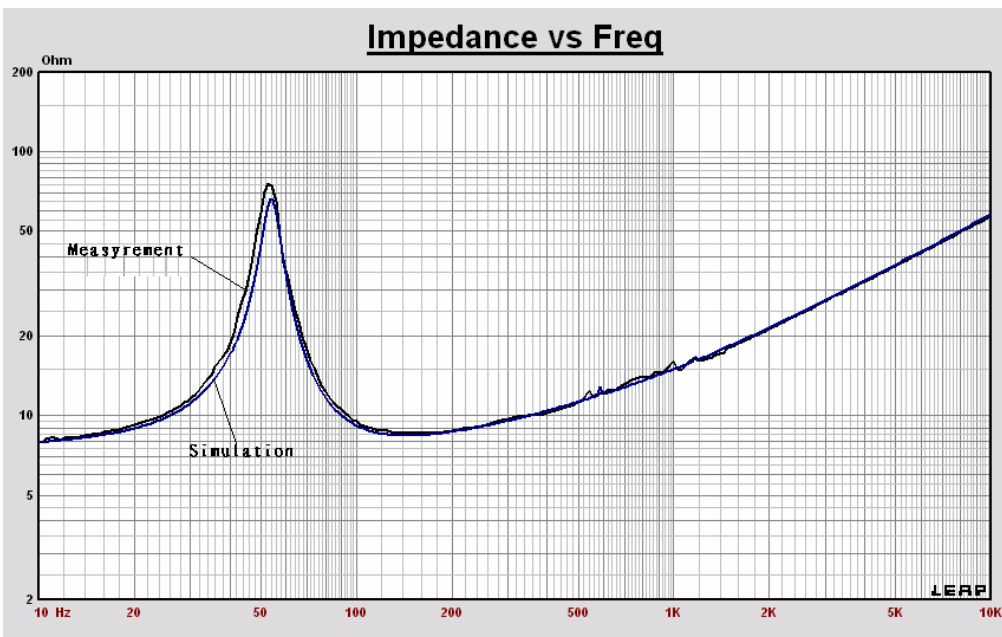
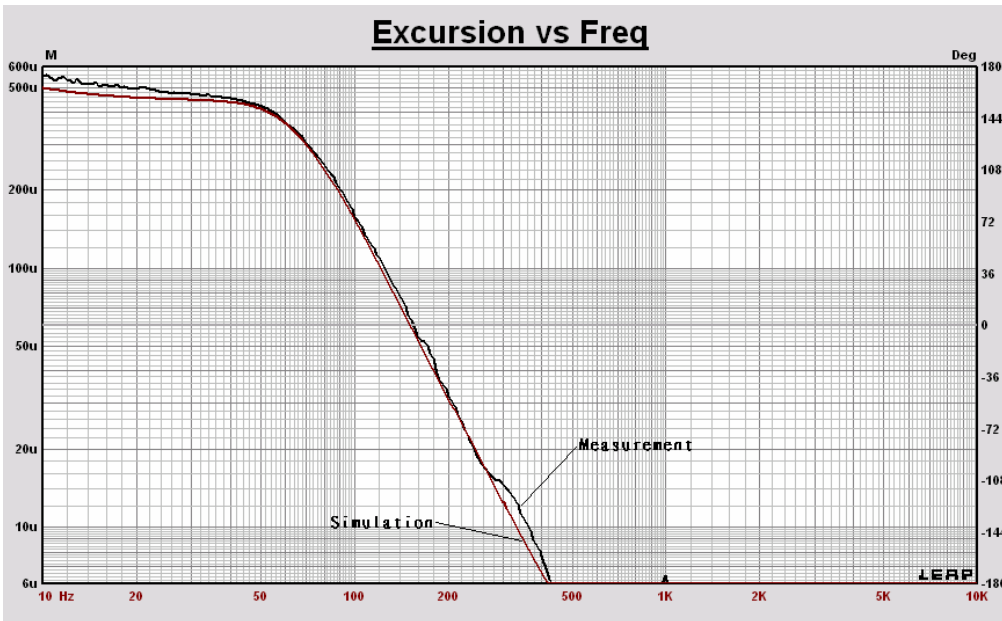
在调整刻度级之后，同轴响应比较将显示在下页的顶部曲线图上。在极低频率处测量值降至最低点来阻止背景噪音。该测量值可以在库内部取得，因而在穿越整个频带都可以看到小的反射。然而，响应测量的平均值显示了良好的一致性。

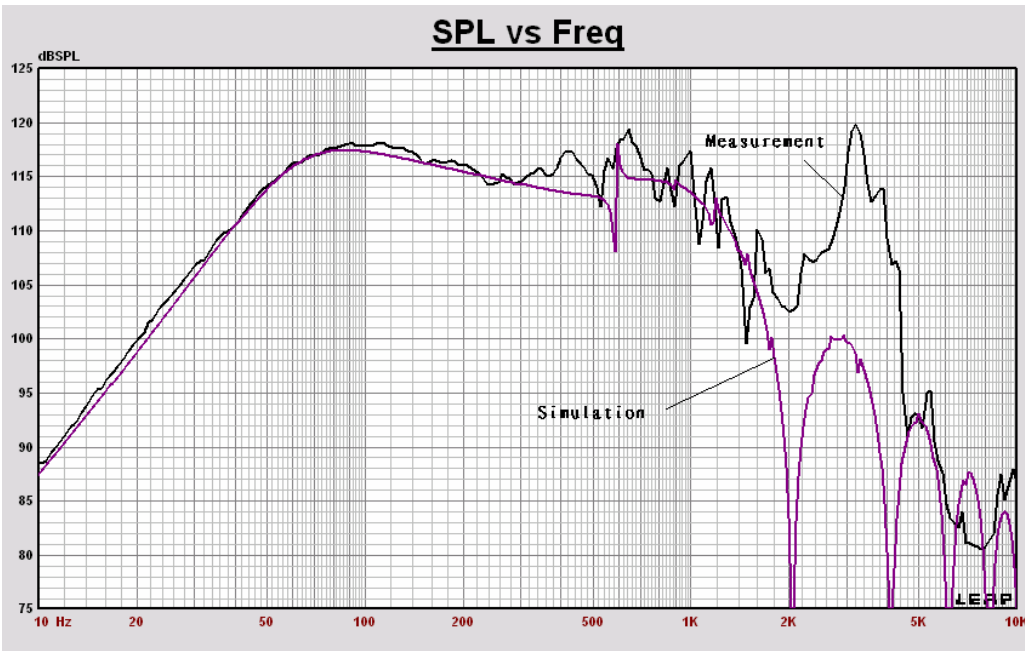
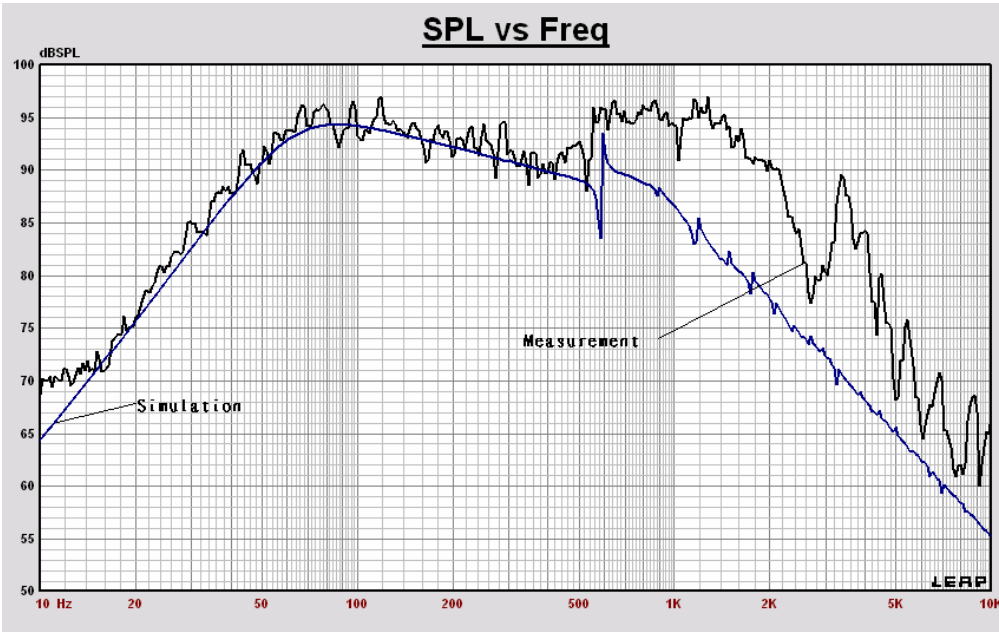
■ 选择 Graph | System Curves (系统曲线) 菜单项。



- 不选中条目#1 中的[G]列，同时选中条目#29 中的。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

- 选择 Graph | Guide Curves (指引曲线) 菜单项。
- 不选中条目#1 中的[G]列，同时选中条目#3 中的。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。





在调整刻度之后，近场响应比较显示在上页的底部曲线图上。该测量值通过放置麦克风在鼓纸上表面大约 0.1 英寸处获得。在高频处鼓纸的振动不再是一致的。我们再次看到箱室共振影响在 500-1000Hz 处。然而测量的响应在 250Hz 以下相关性非常好。

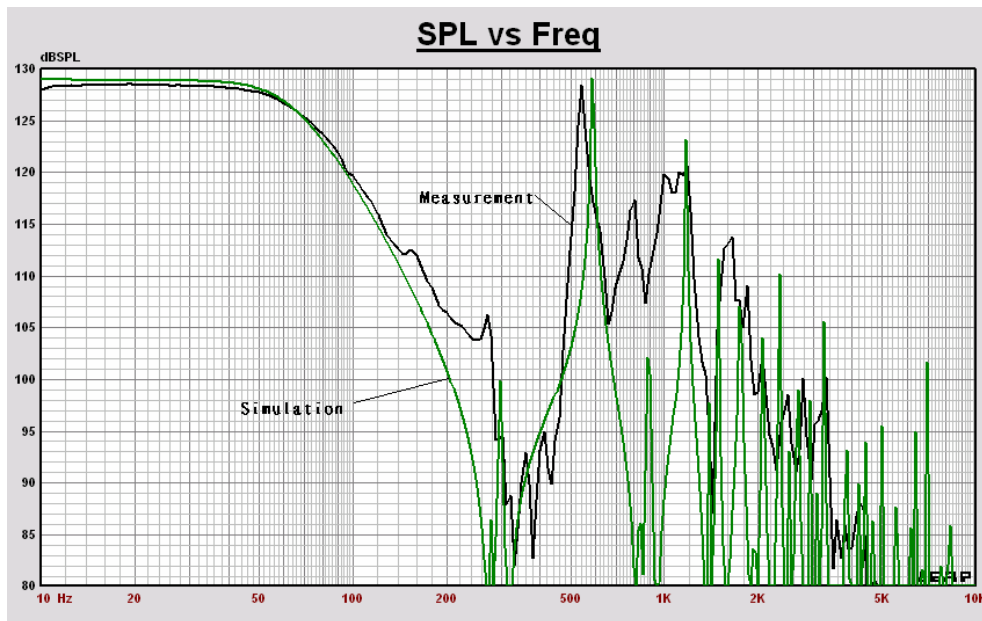
- 选择 Graph | System Curves (系统曲线) 菜单项。
- 不选中条目#29 中的[G]列，同时选中条目#28 中的。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。



- 选择 Graph | Guide Curves (指引曲线) 菜单项。
- 不选中条目#3 中的[G]列，同时选中条目#2 中的。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。



在调整刻度级之后，箱室响应比较显示如下。这个测量值可以通过将麦克风放置在箱室内部来得到。我们现在看到的巨大的反射，它发生在箱室的内部。该模拟提供了这些反射相当大的表现。



TSL Transducer Mode(TSL 喇叭模型)分析

通过使用 TL1603 低音扬声器的 LTD 模型，至此已生成了所有的分析。正如先前提到的该低音扬声器版本的三个不同的模型已经存在于喇叭库中。我们将使用 TSL 模型。

首先我们将保存当前使用 LTD 模型的设计。然后我们将再次用不同的名字来保存，它将包含有 TSL 模型。

■ 选择 File | Save (保存) 菜单项 (或使用 CTRL+S)



■ 选择 File | SaveAs (另存为) 菜单项。

- 修改名称为 Tutor_1TSL.led
- 点击 OK(确定)来保存文件。



我们为箱体而改变正在使用的低音喇叭。我们回到 Enclosure Parameters (箱体参数) 对话框。

■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)



- 点击 Yellow Folder(黄色文件夹)的小按钮。
- 在右边的窗口选择 T11603,TSL 模型喇叭。
- 点击 OK(确定)按钮来关闭喇叭选项对话框。
- 点击 OK(确定)来关闭 Enclosure(箱体)对话框。



因为我们已经改变了喇叭，我们就需要再次打开 3D 布局对话框。膜片模型由布局对话框建立。任何时候一旦喇叭模型被改变，我们就必须重新调整布局设计。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)选项。(F5)



-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。(或按 ENTER)。

现在我们来分析带有新的 TSL 喇叭模型的设计。

■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项。(F9)



我们主要是对同轴的 SPL 响应感兴趣，因此将关闭当前箱室 SPL 曲线并且启用同轴的模拟和测量曲线。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项。



-- 不选中条目#28 中的[G]列，同时选中条目#1 中的。

-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

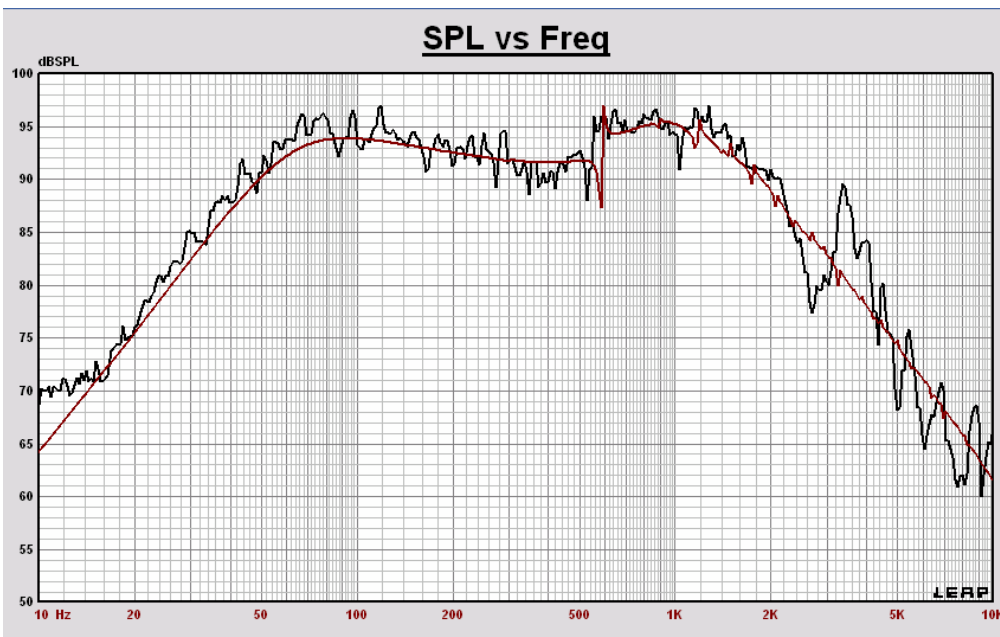
■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项。



-- 不选中条目#2 中的[G]列，同时选中条目#1 中的。

-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

调整刻度之后，便生成了如下的 SPL 曲线图。它可能是或未必是明显的，但响应在 70Hz 拐点处有稍微的减少。注意到测量曲线看起来多少有些偏高。其余的曲线显示了与先前 LTD 模拟相似地一致性。下一个曲线图显示了在接近共振更多直接和明显方式的差异。



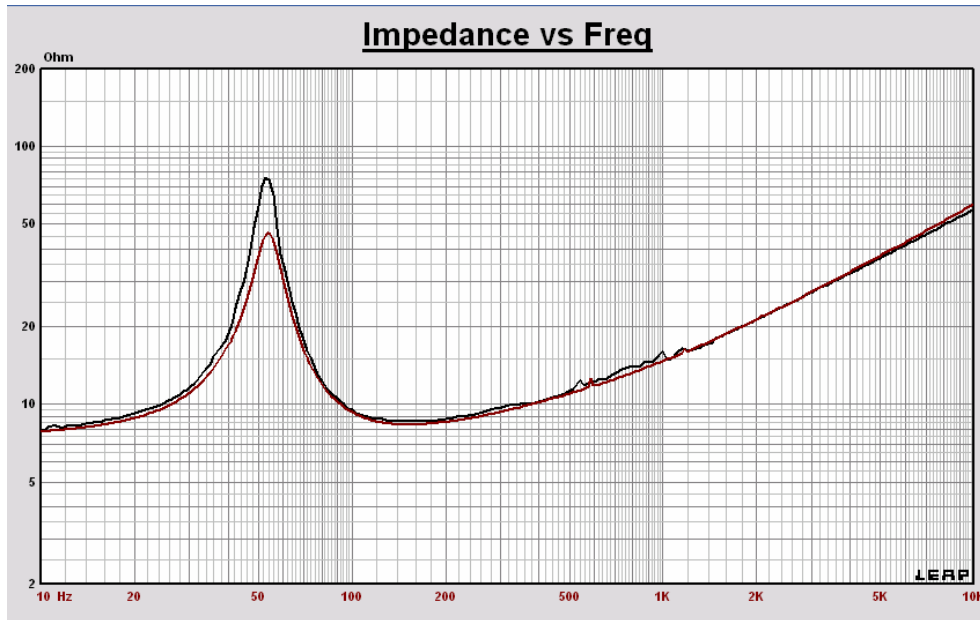
■ 点击 Impedance Graph(阻抗曲线图)选择按钮。

阻抗

下面的阻抗曲线图显示了使用 TSL 喇叭模型在测量和模拟之间更明显的差异。在共振处的阻抗比测量值低得多。但是在高频处的阻抗匹配延续为基本上保持。

很明显在 LTD 模型和 TSL 模型之间存在差异，它们影响了共振区域。在这两者模型之间阻抗的改动是它们能精确模拟悬浮 Rms 损失性能的一个反映。

TSL 模型假定 Rms 在所有频率下都为常数。Rms 最初特性化为 28Hz，喇叭的自由空间共振。然而，当在该密封箱体中时共振被推上 55Hz。在 28Hz 和 55Hz Rms 的有效值是不同的。这在阻抗上产生一个误差，因为现实中悬浮喇叭的误差并不是一个常数而实际上是随频率而变的。正如先前的阻抗曲线描述的一样，LTD 模型具有将 Rms 描述地更精确的能力。



STD Transducer Model(STD 喇叭模型)分析

现在我们将注意力转移到 STD 喇叭模型。这是最常用（标准）带有最低混信号的喇叭模型。

像前面一样，用 TSL 模型保存我们的设计，然后用带有 STD 模型的不同名称来保存设计。

■ 选择 File | Save (保存) 选项。(或使用 CTRL-S)



■ 选择 File | SaveAs (另存为) 菜单项。

-- 修改名字为 Tutor-1_STD.led

-- 点击 OK (确定) 保存文件。



我们为正在使用的箱体改变低音喇叭。我们回到 Enclosure Parameters (箱体参数) 对话框。

■ 选择 Edit | Enclosure Parameter(箱体参数)菜单项。



-- 点击 Yellow Folder(黄色文件夹)的小按钮。

-- 在右边的窗口选择 TL1603,STD 模型喇叭。

-- 点击 OK(确定)按钮来关闭喇叭选项对话框。

-- 点击 OK(确定)来关闭 Enclosure(箱体)对话框。

因为我们已经改变了喇叭，所以我们就需要再次打开 3D 布局对话框。膜片模型由布局对话框建立。任何时候一旦喇叭模型被改变，我们就必须重新调整布局设计。

■ 选择 **Edit | Layout Parameters**(布局参数)菜单项。



-- 点击 **OK**(确定)来关闭对话框。(或按 **ENTER**)。

现在我们用这个新的 TSL 喇叭模型来分析设计。

■ 选择 **Edit | Calculate** (计算) 菜单项。

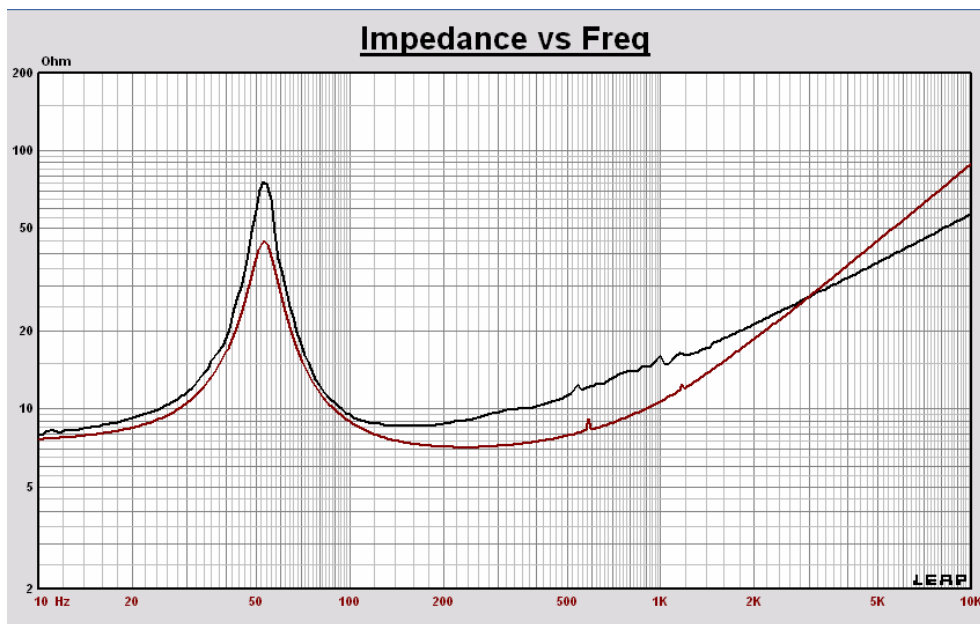


下面的阻抗曲线图显示了使用 STD 模型同真实测量值比较的模拟。在所有频率上都存在明显的误差。

标准的 STD 喇叭模型缺乏精确表现马达阻抗穿越频率的能力。它使用一个固定的电感 L_{vc} 以及固定的电阻 R_{vc} ，它们在频带中间和高频处产生真实的误差。实际上正如下面曲线图所示，马达阻抗误差在即使 10Hz 频率以下也是相当明显的。

阻抗响应的精确度在 SPL 响应中发挥了直接的作用。任意机电换能器的声输出取决于音圈的电流，并且是随阻抗而变的。如果阻抗增加，电流下降，同时伴随有声输出。

我们因此可以期望观察该喇叭模型在 SPL 曲线图中的真实变化。因为阻抗在中间频带较低，所以在中间带的 SPL 响应看起来将更高。



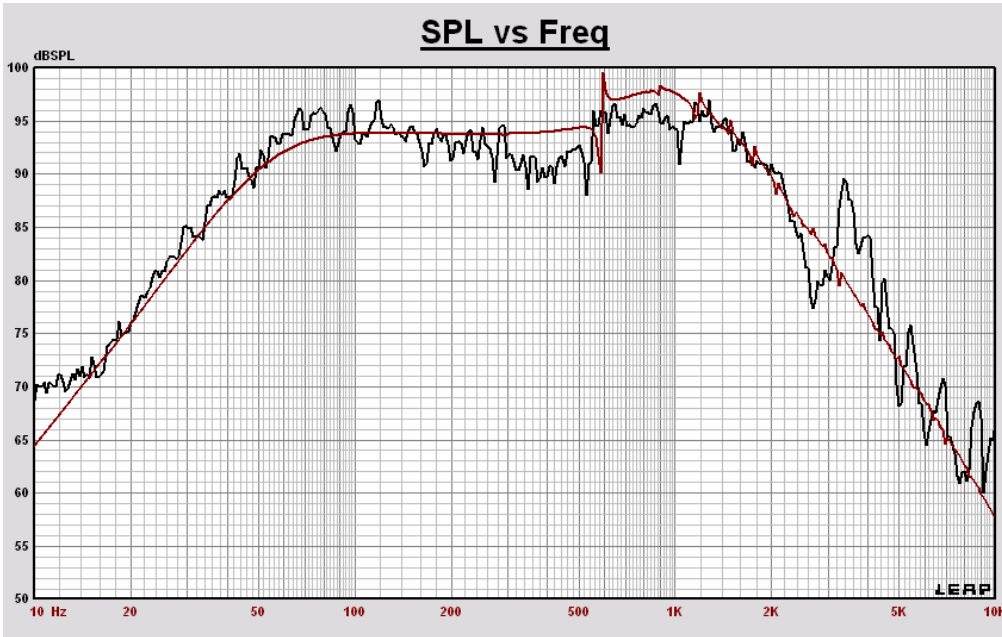
■ 点击 **SPL** 曲线图选择按钮。

SPL

下面的 SPL 曲线图显示了使用 STD 喇叭模型的模拟和测量的响应。在 70Hz 拐点区域响应下降，而在 200-1000Hz 的中间区域个别的 dB 较高。这改变了在低点和中间声输出水平的相对平衡。

共振区域的阻抗误差产生了在有效系统 Q 上的误差，并且导致了在拐点处外形的变化。这个误差类似于 TSL 模型，并且对于该例在数值上约为 0.5dB。

然而，STD 模型在 200-1000 之间产生的误差为 2-3dB。STD 和 TSL 模型之间的显著差异是 TSL 模型具有带有较高精度来表现喇叭阻抗的能力。这对于具有大马达结构的喇叭来说是非常重要的。



■ 点击设计选择按钮。

设计

箱体设计被文档化为一个或多个 Design Parameter(设计参数)表单，如下页所示。这些页面可以被打印成文档，并且包含了覆盖设计中所有参数的文本和图形。取决于特殊的箱体和结构，许多表单被需求来列出各种参数。我们现在保存 STD 设计。

■ 选择 File | Save (保存) 菜单选项。(或使用 CTRL+S)



概要

我们已经描述了涉及到使用 EnclosureShop 输入和模拟一个设计的基本特征。三种不同模型之间的一些基本模拟差异也已经研究。当 LTD 模型被使用时，同真实测量之间的差异显示了相当好的相关性。然而，使用 TSL 和 STD 模型的模拟却分别导致了 0.5dB 和 3dB 的误差。

重要的是理解喇叭模型在精确度和局限性上发挥了什么作用。LTD 模型提供了允许获得精确模拟的高级性能。在下一指南中将更进一步探索分析它在复杂功率水平下的性能。

然而，对于一个给定喇叭的 LTD 模型参数的推导并不是不重要的。测量数据值的处理是更复杂的，冗长的，并且如果想获得正确的参数必须更加认真执行。TSL 模型在模拟精确度和减轻模型推导上提供了最好的折衷。为此，非常建议使用它来作为常用设计的基本模型。

你现在已经初步接触 EnclosureShop 并且并且了解了程序中最常用的特性。程序里依然有很多东西值得进一步挖掘，同时在接下的指南将进一步描述箱体设计和分析的附加的特征。

注释：完整的设计指南在文件 Tutorial-1.led, Tutorial-1-TSL.led, and Tutorial-1-STD.led 中给出。

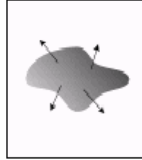
Design Parameters, Page: 1 of 2

System Analysis Parameters
 =====

SPL Distance= 1.0000 M
 SPL Horz-Pos= 0.00 Deg
 SPL Vert-Pos= 0.00 Deg
 Phase Distance= Zero
 Temp Reference= 25.00 度
 Temp Ambient= 25.00 度
 Temp VoiceCoil= 25.50 度
 Diffr Order= 4
 Diffr Freq= 3.0000E3 Hz
 OptPortHornLin= True
 OptPortReflec= True
 OptChamLeak= True
 OptChamReflec= True
 OptMutual= True
 Vgen= 2.8284 V
 Rgen= 1.0000E-6 Ohm
 Power/Spkr= 1.0000 W
 PowerTotal= 1.0000 W

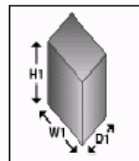
Domain Parameters
 =====

Boundary= finite-Baffle
 Shape= Infinite



Enclosure Parameters
 =====

Model= Sealed Highpass
 Shape Type= VolumeObject
 Location= 0.000, 0.000, 0.000 M
 Rotation= 0.000, 0.000, 0.000 Deg
 VolHole= 3.5326 Ft³
 VolOcc= 200.0000E-3 Ft³
 VolTot= 3.7326 Ft³
 Dims= External
 WallThickness= 750.0000E-3 In
 Depth1= 13.5000 In
 Width1= 23.0000 In
 Height1= 26.5000 In
 Shape= Box

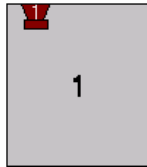


Layout Parameters
 =====

Face Count= 6
 Source Objects= 1
 Src1 Type= Spkr, FaceIndex=1
 Src1 Pos= 0.000, 0.000, 0.000 M

Enclosure Structure
 =====

Chambers= 1
 Speakers= 1
 Ports= 0



高通开口式箱体

关键词：

开口式箱体设计
快速设计列线
高功率分析
开口线性分析
系统曲线理解
箱体布局编辑

在该例中，一个基本的高通开口式箱体将被设计。它将在各种功率水平上被模拟，来图解在程序中可使用的非线性模拟的性能。快速设计将被用来获得初步设计的标准。然后将讨论生成的系统曲线。

目标：

一个开口的高通式箱体使用 15 英寸（380 毫米）与空气相通的低音扬声器。快速设计这一实用程序将被用来为箱体选择一个通用的列线以及某些启动参数值。设计将在各种功率水平下被模拟来阐述大信号特性。该结果将与实际测量相比较。

初始的规格说明书是：

```
--Transducer : TL160IA  
--Box Model : Ported Highpass  
--Shape: Rectangular  
--Filling: None  
--Port: Air Vent  
--Power: 0.1W to 100W
```

喇叭

在任意的设计被模拟前喇叭模型必须已经存在于喇叭库文件中。假如情况并非如此，我们必须先创建喇叭条目。在该例中，将需要一个 LTD 模型的喇叭，同时它已经在 Tutorial.LTD 库中被准备。

开始新设计

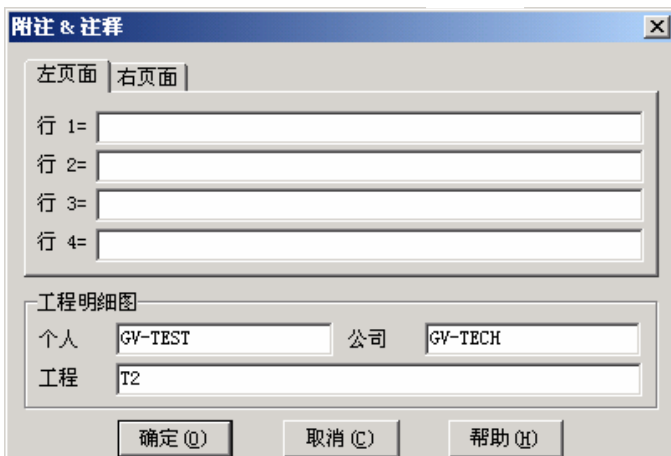
如果你还没有安装程序，现在开始吧。按照贯穿随后页面每一步的指示执行。假设程序安装在 C:\。然而，假如你安装在其它的驱动盘上，当执行文件操作时你需要为安装选择合适的驱动器。

首先我们将创建一个新的设计并将它保存在 Tutorial-2 文件夹。

■ 选择 File | New (新建) 菜单项。

现在输入你的创建信息。

■ 选择 Graph | Notes 菜单项。



在 Personal (个人) 区域输入你的姓名，在 Company (公司) 区域输入你的公司名，以及一个如本例中所示的 Project (工程) 名。

点击 OK (确定) 来关闭 Notes 对话框。

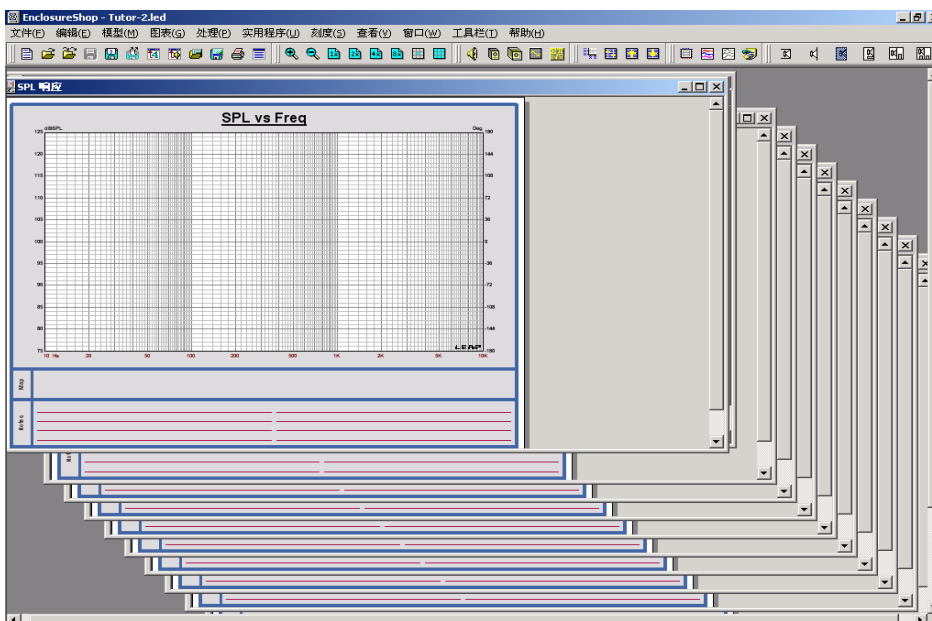
现在我们将设计保存在 Projects-Enclosures 文件夹下已存在的 Tutorial-2 文件夹中，并且命名为 Tutor-2。位于 Projects-Enclosures 下的 Tutorial-2 文件夹中。在文件名区域输入 Tutor-2 并且点击 Save (保存)。

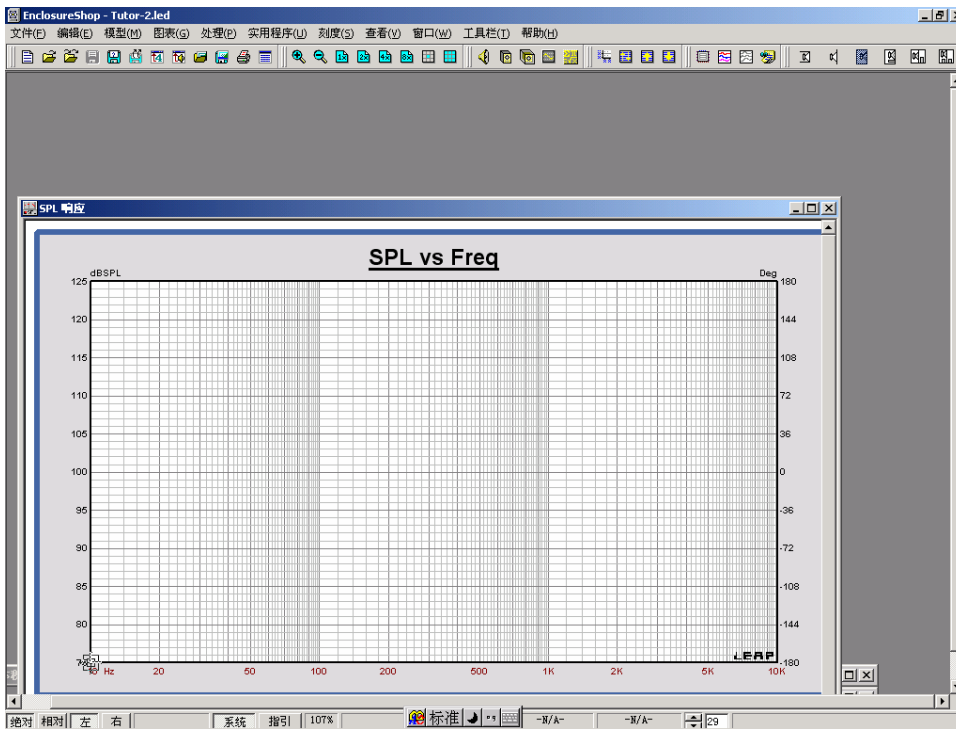
■ 选择 File | SaveAs(另存为)菜单项。

现在我们将图表框中的一个最大化。

■ 在图形窗口中点击最大化按钮

你的屏幕应该看起来与下面的视图相似。当图形按钮最大化时，一系列 Graph 的选择按钮成排显示。你可以通过点击工具栏下面的一个按钮来切换不同的图形。记住在选择按钮水平列上的图形的名称。





■ 选择 Edit | Transducer Parameters(喇叭参数)菜单项

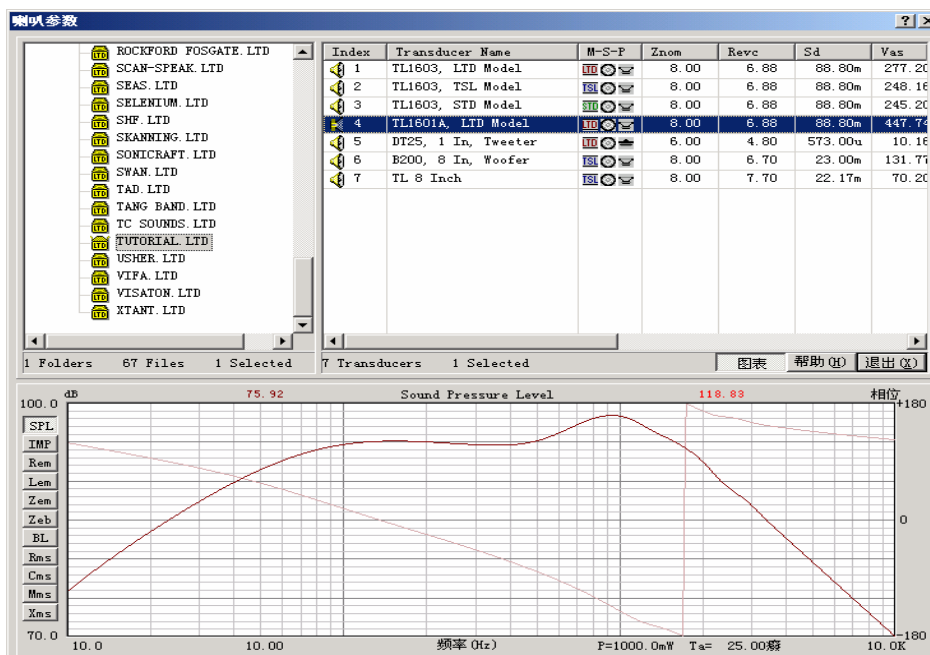


Transducer Parameters (喇叭参数) 对话框显示如下。在该例中，TL1601A 喇叭将被使用，并且它位于 TUTORIAL 库中。

- 在左边的窗口中选择 TUTORIAL 库。
- 在右边的窗口中选择 TL1601A 喇叭。
- 启用 Graph (图表) 对话框。

你可以在曲线图中观察到该驱动的多个特征，或者在喇叭上双击 (CTRL+E) 也可以显示其参数。

- 点击 Exit(退出)来关闭对话框。



■ 选择 Utilities | Quick Design (快速设计) 菜单项。 

Quick Design(快速设计) 对话框具有在我们希望构建的喇叭类型和低音扬声器参数基础上快速获得箱体设计参数的能力。喇叭数据可以被手动输入或从当前所选的 LTD 库中取出。为此，在执行任何设计任务之前选择喇叭喇叭库是很重要的。

对于箱体的声损耗一般假设必须被指定。因为在该例中没有使用填充材料，将使用 10.0 的额定 Qb 数值。假如包含有填充材料，Qb 的值为 5 到 7 会更恰当。

- 选中 Use File (使用文件) 选项。
- 在列表框中选择 T11601A 喇叭。
- 在 Qb 域输入数值 10.0。
- 选择 Vented Highpass(高通开口式)模型。

三个不同的列线组框显示在对话框的底部。这些包含了在你的选择和数值基础上的三种可能列线的 Vab 箱室体积和 Fp 开口频率值。随着每个选项和数值被执行，在这些列线框的值将被计算。



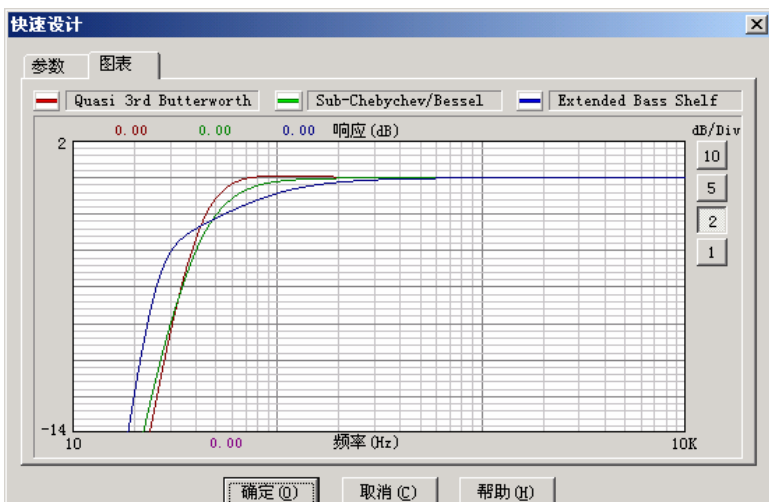
- Quasi 3rd Butter worth
- Sub-Chebychev/Bessel
- Extended Bass Shelf

这是我们提供的三种可能列线的名称。列线的类型将被改变，这取决于模型的类型和喇叭的 Qts，

我们将 Vab 数值的单位改成 cuFt。

- 点击三个 Vab 区域上小的单位按钮直到出现 Ft³为止。

注意三种列线的 Vab 和 Fp 的数值。它们分别在 25-32Hz 以及在 4.8-9.3cuFt³变化。我们可以通过点击 Graph 图表框来观察每种选择的响应曲线的外观。



- 点击 Graph (图表) 框。

你可以通过使用图表右边的小按钮来调整刻度因子。

三条曲线中的每一条都是被标签和颜色标记的。这些曲线都可以被转入到 Guide Curve(指引曲线)库，通过点击显示线条样本按钮。

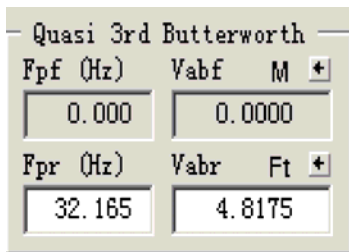
- 点击[Red]线条按钮。



这里显示了一个对话框。可以选择你希望保存曲线列线位置的曲线条目。

- 选择条目#1 来保存该曲线。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

对于给定的三条可能的曲线，人们注意到 Quasi 3rd Butterworth 具有最平滑的响应外观。对于一条曲线的选择，这里存在多个可能的标准。和我们不久将看到的真实响应一样，它将导致详细的模拟很少匹配这种高度单一的预测。我们选择该列线来开始设计。



- 点击 Parameters(参数)图表框。

我们将需要两个关键参数来生成列线，Vab 为 4.8Ft³以及 Vab 为 32Hz。注意显示在这里的这些数据。

- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

我们现在必须为设计选择箱体的类型。



- 选择 Model | Vented Highpass(高通开口式)选项。



- 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项。

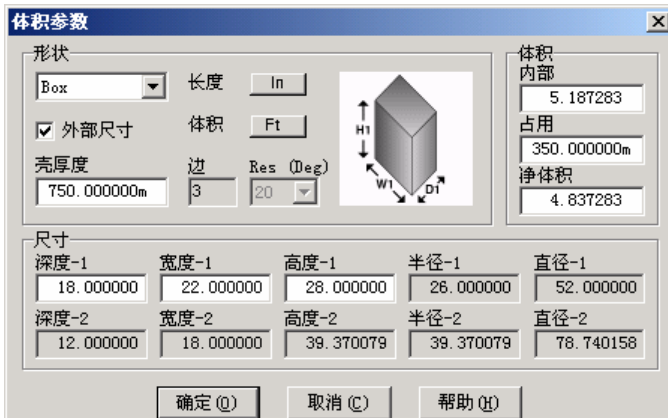


我们已开始准备好箱体的尺寸。对于该例，我们将在一个无限障板区域内分析设计。因为不涉及到衍射，这对于计算是最快的。它对于我们低频大信号分析是不重要的。

箱体本身可以通过使用箱壳/箱室组选框 Volume (体积) 编辑区域里的目标按钮来描述。

- 点击 Volume (体积)按钮。

一个简单的长方形箱体将被使用。我们需要选择产生所需的 4.8Ft^3 净体积值的尺寸。我们希望使用 In(英寸)和 cuFt(立方英寸)作单位，因此我们要改变单位。我们假定壁厚为 3/4 英寸而占用面积为 0.35Ft^3 。



- 在列表框里选择 **Box** (箱体) 形状。
- 点击 **Length** 单位到 In(英寸)。
- 点击 **volume** 单位到 Ft^3 。
- 启用 **External Dims**(外部尺寸)。
- 在 **Wall Thickness** (壳厚度) 区域输入 **0.75**
- 在 **Depth**(深度)区域输入 **18.0**
- 在 **Width**(宽度)区域输入 **22.0**
- 在 **Hight**(高度)区域输入 **28.0**
- 在 **Occupied** (占用) 区域输入 **0.35**

我们得到的净体积值约为 4.8Ft^3 。

- 点击 **OK**(确定)，关闭对话框。

Domain(空间范围)选项应该已经被修正。因为我们没有使用任何的填充材料，所以箱室中 Vfill % 的数值是 0。

-- **Vfill** 中输入 **0.0**。

开口本身可以通过使用 Port (开口) 组选框 Fp 编辑区域里的目标按钮来描述。

-- 点击 **Fp** 目标按钮。

首要任务是指定开口的面积，因此我们将再次使用一个目标按钮，不过这次是 Sp 区域的。

-- 点击 **Sp** 目标按钮。

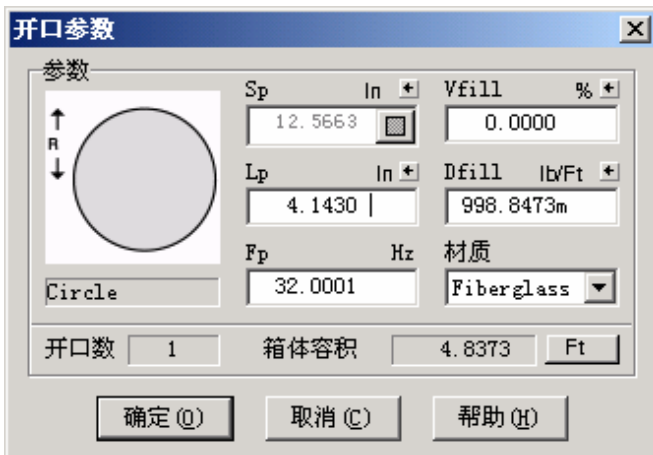
一个简单的圆将被用于开口。一个标准的 4 英寸的 ABS 管被计划，它的 OD 数值为 4.5 英寸。该材料的厚度为 1/4 英寸。我们希望使用英寸作单位，因此我们改变单位。



- 在列表框里选择形状 **Circle**(圆)。
- 点击 **Length** (长度) 单位到 In(英寸)。
- 点击 **Area** (面积) 单位到 In^2 。
- 启用 **External Dims** (外部尺寸)
- 在 **Wall Thickness**(壳厚度)里输入 **0.25**。
- 在 **Diameter** 里输入 **4.5**。

净体积显示为 12.5In^2 。

- 点击 **OK**(确定)，关闭面积对话框。



我们现在回到 Port Parameters(开口参数)对话框。对于面积 Sp 区域里显示的数据为 12.5In^2 。现在我们必须输入想要的开口频率，同时核对 V_{fill} 的数值为 0,因为我们不打算填充开口。

- 在 F_p 输入 32.0。
- 在 V_{fill} 输入 0.0。

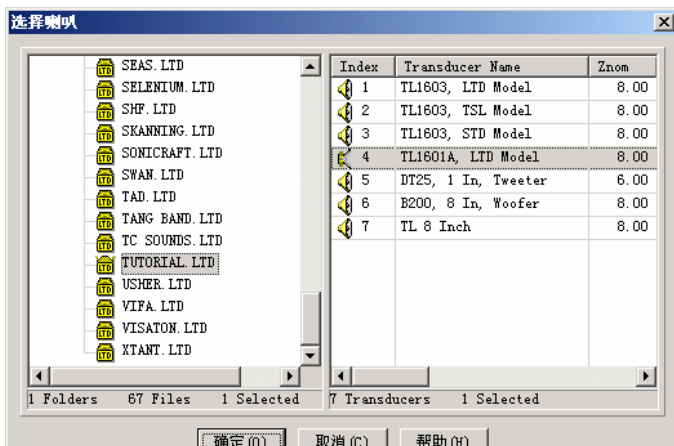
注意到开口 L_p 的实际长度作为 4.1 英寸来计算。这得到我们 32Hz 的调谐频率。我们同样输入开口的长度同时开口的频率将被计算。

V_{fill} 和 D_{fill} 允许你模拟在开口内部填充材料的模型。通常对于一个标准的低音-反射应用，我们不希望在传统的开口内部填充材料。这将只会降低开口的有效性。然而，存在特殊的情况，比如对于传输线路和绝热模型这些是很有用的。

- 点击 **OK(确定)**，关闭开口对话框。

余下的任务是设置喇叭。

- 点击黄色喇叭文件夹按钮。



- 选择 **TUTORIAL file**。
- 选择 **1601A** 条目。
- 点击 **OK(确定)** 关闭。

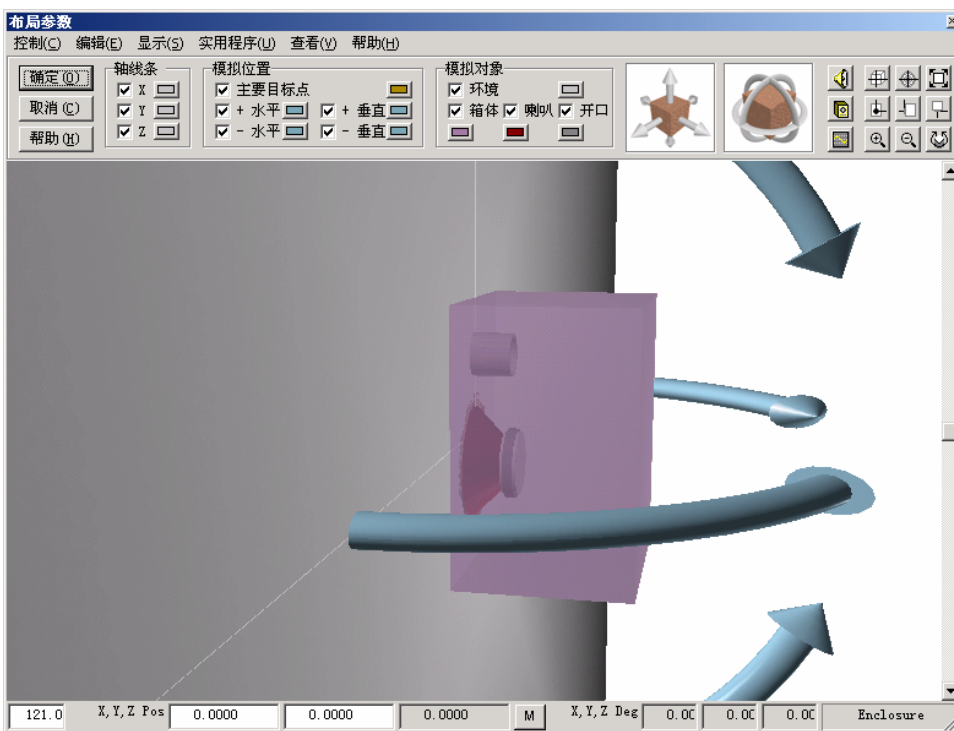
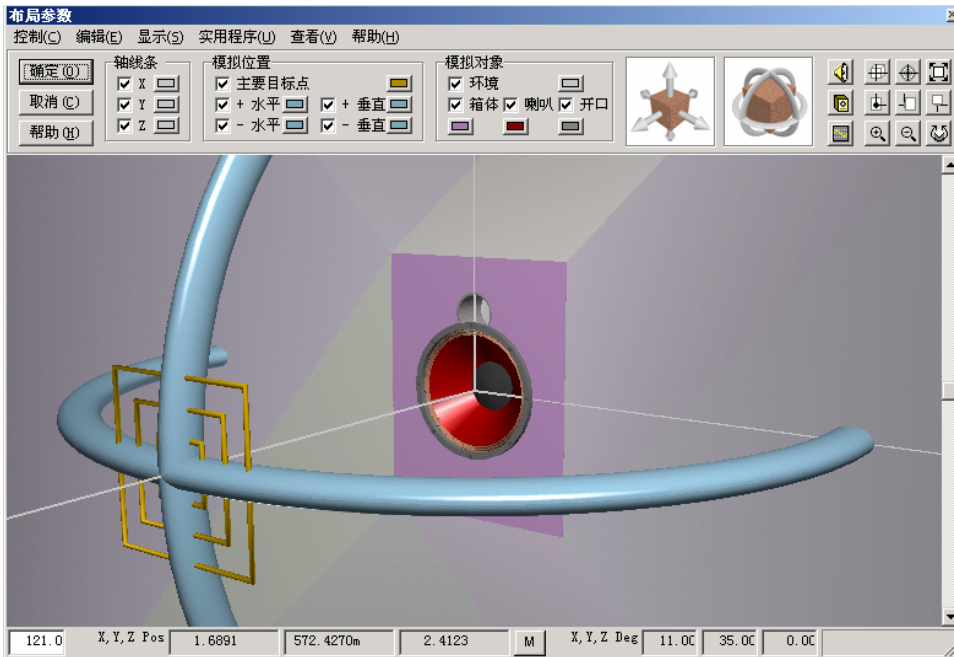
箱体的尺寸现在已被完成。现在我们可以移至 Layout Parameter(布局参数)对话框。

- 点击 **OK(确定)**，来关闭 Model (模型) 对话框。

■ 选择 **Edit | Layout Parameters(布局参数)**对话框。



箱体布局显示与下页中视图类似。注意到出现了两个来源：喇叭和开口。我们将放置喇叭在障板的中央，但是我们需要将移动开口到喇叭上方的某个位置。



- 选择/在开口上点击（将在线框上被提取）
- 在 **Position Edit Cube** 上移动鼠标并且突出 **Vertical**（垂直方向）。
- 按下鼠标左键同时移动鼠标到右边。
- 调整开口的位置直到它位于喇叭上方障板的中央。

通常想要的位置显示在前页中。

注释：如果你在操作 3D 编辑控制上有困难，可求助于参考手册。

你可以通过旋转场景来观看整个布局。当你在喇叭上点击时，它将变成透明的，并且你可以看见开口的内部长度

度以及喇叭的后部。

-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

■ 选择 Edit | Analysis Parameters(参数分析)菜单项。(F10)



该对话框控制了设计的许多分析参数。这里的大多数参数值都应该是可接受的值。核对每个喇叭功率是 1 W，同时启用所有的参数选项。

- 在 Power/Spk (功率/喇叭) 里输入 1.0。
- 启用所有的选项。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

我们现在保存设计到磁盘从而来保持/更新我们的改动到目前为止。

■ 选择 File | Save (保存) 菜单项(或使用 CTRL+S)。



■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项(F9)。



分析的进程显示在屏幕底部状态栏右下部区域。这里有几个分析阶段，它们取决于模拟的复杂度。

在该例中我们选择 Infinite Baffle (无限障板)，它在无限平面内安放箱体的障板。因此不需要反射分析。这将大大加速分析因为衍射分析非常耗时。该分析在几秒内完成。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



系统曲线是由系统分析生成的数据曲线。在该设计中我们将起用所有的曲线。

- 点击 Show All(全部显示)按钮。
- 点击 OK (确定) 来关闭对话框。

曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right Vert	Po...	Style	Width	Color
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OM, OV Enc	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Red
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-Power Enc	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Blue
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Impedance Enc	No	10.0...10.0KHz	Imp	Phase	400	Solid	20	Red
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Enc	No	10.0...10.0KHz	Volt	Phase	400	Solid	20	Red
5	<input checked="" type="checkbox"/>	GroupDelay Enc	No	10.0...10.0KHz	Time	Phase	400	Solid	20	Red
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 10.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Red
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 80.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Blue
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 160.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Green
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 320.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Purple
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 640.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Yellow
11	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 1.28K	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Cyan
12	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 2.56K	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Magenta
13	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 3.84K	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Blue
14	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 5.12K	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Green
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 6.40K	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Purple
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 12.80K	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Red
17	<input checked="" type="checkbox"/>	Vert Polar F= 10.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Red
18	<input checked="" type="checkbox"/>	Vert Polar F= 80.00	No	-180.0...180.0Deg	SPL	Phase	181	Solid	20	Blue

■ 点击 SPL 曲线图选择按钮。

SPL

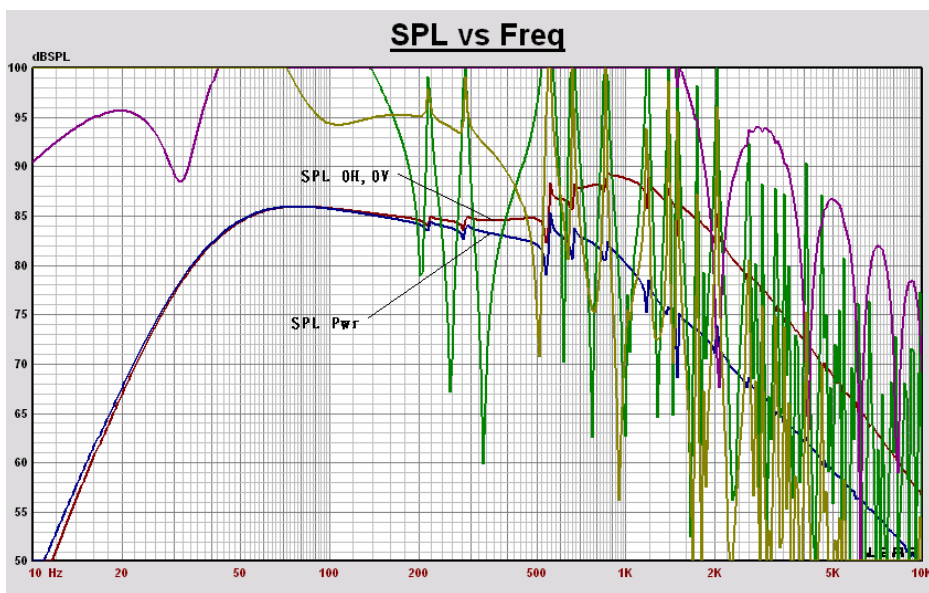
■ 选择 Scale | Auto 或 Up/Dn 项来观察较低的曲线。



你的屏幕现在看起来一定很像下面所显示的视图。这里有五条 SPL 曲线显示在曲线图上。两条在 95dB 水平附近而另外两条更高。我们将从较低曲线讨论开始。

两条较低的曲线给出了在基本解析点处的响应以及总体的功率响应。在该例中基本解析点是轴上每隔 1 米处。然而它可能分布在空间的任意位置。

功率响应给出了设计产生的总功率，与半空间范围有关。注意到在较高频率处由于喇叭的指向性功率响应下降。在较低频率处伴随功率和同轴响应等同辐射是不定向的。在很低频率时可以观察到功率响应和同轴响应之间的一些差异。这是由于在开口/喇叭和不同轴位置的强烈抵消造成的。



■ 选择 Scale | Auto 或 Up/Dn 菜单项来观察较高的曲线。

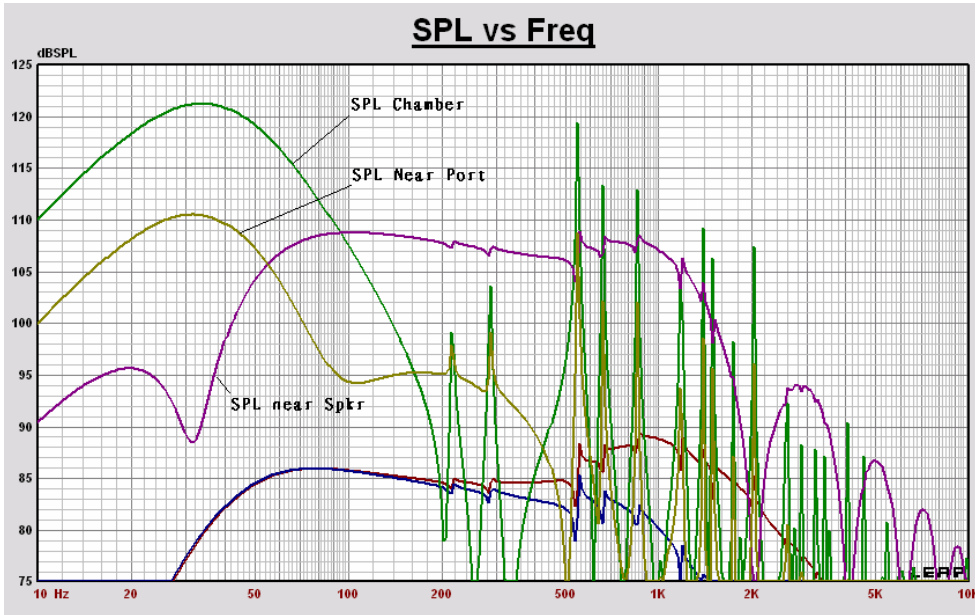


你的屏幕现在看起来应该与下面的视图很相似。三条较高的曲线是由喇叭的两条近场压力曲线和开口随同箱室压力响应曲线构成的。

近场 SPL 是在表面和膜片中央直接形成的压力，也就是在空气出口，压力位于开口出口。在低频处箱室内部的各个位置表现了一个恒压特性。在高频处存在有反射。

对于一个高通开口箱体，我们可以看到箱室响应有一个与开口近场响应相似的形状。尽管在总体水平上多少有些偏高。喇叭的压力响应在开口共振（32Hz）处显示了一个窄哑点，在那里另外两条曲线达到最大值。

近场喇叭的响应在较高频率处的梳状滤波应归于膜片交叉处的抵消。然而，这些抵消被假定在固定的点。现实的喇叭不是固定在这些频率，并且可以被预测来显示其变化。



■ 点击 Impedance(阻抗)曲线图按钮。

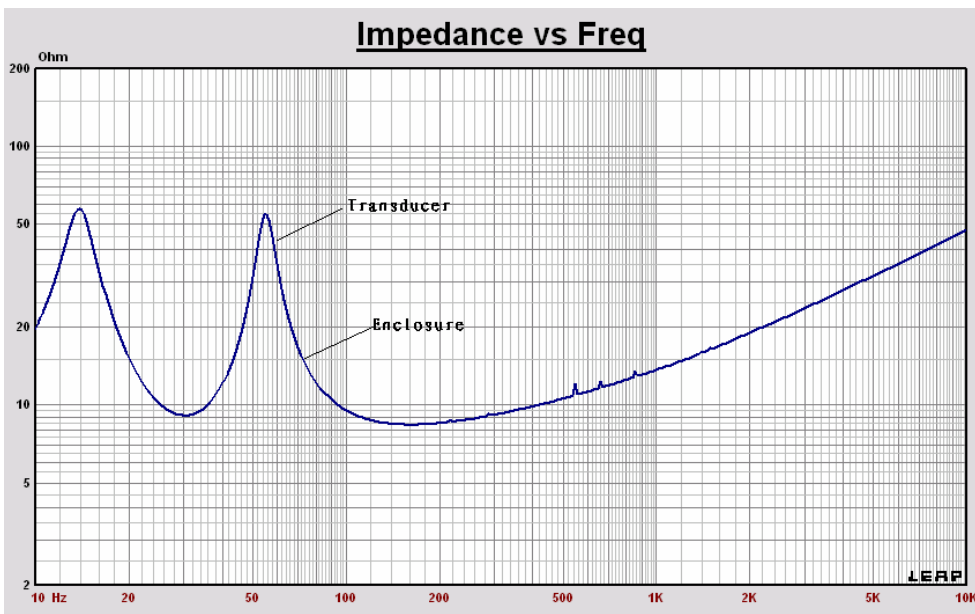
阻抗

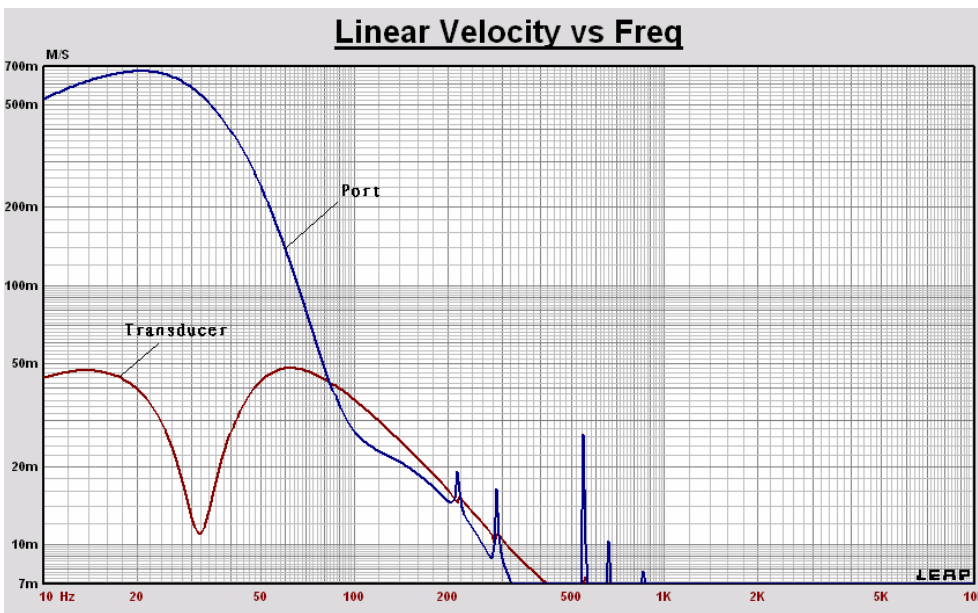
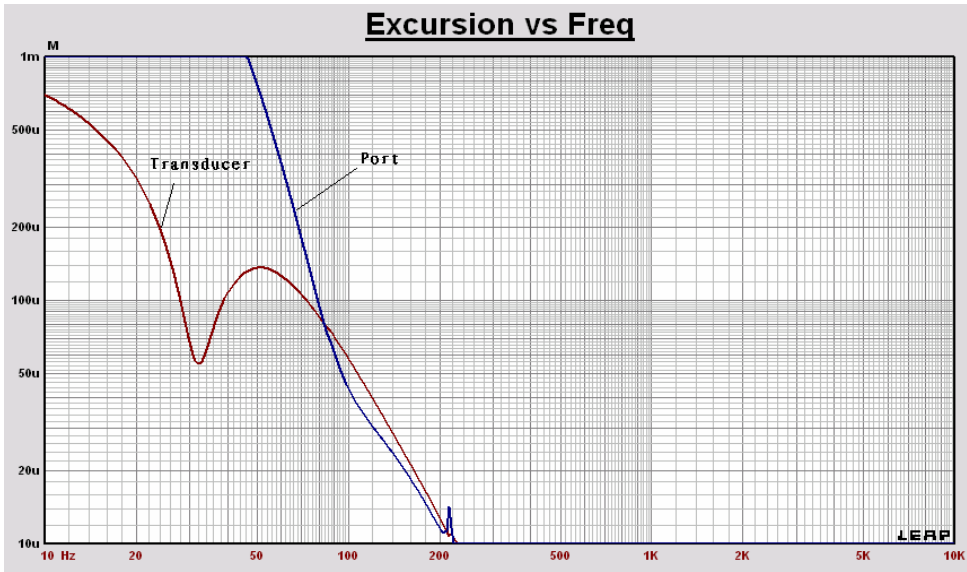
阻抗图表框显示如下。事实上有两条曲线在该曲线图上，两者是等两条同的。一条曲线是喇叭的阻抗而另一条是箱体的总阻抗。因为这里只有一个单一的喇叭，所以曲线是相同的。然而，对于更复杂的箱体，这里可能会有许多不同的阻抗曲线。

■ 点击 Excursion(振幅)曲线图按钮。

偏移

喇叭和传感器的振幅显示在随后的页面中。开口中的空气振幅多次高于喇叭的。它直接遵循于喇叭面积 S_d 和开口面积 S_p 的比率。在这种情况下 S_d 是 1.36 in^2 而 S_p 是 1.25 in^2 。这个比值是 $1.1 : 1$ 。在很低频率处同样数量的喇叭转移的空气也必须穿过开口。因为开口的面积小于喇叭。开口内部的空气运动更高。这个运动的比率因数等于 S_d/S_p 的比值。喇叭开口的空气必须移动 1.1 次，这远远大于喇叭表面的空气。





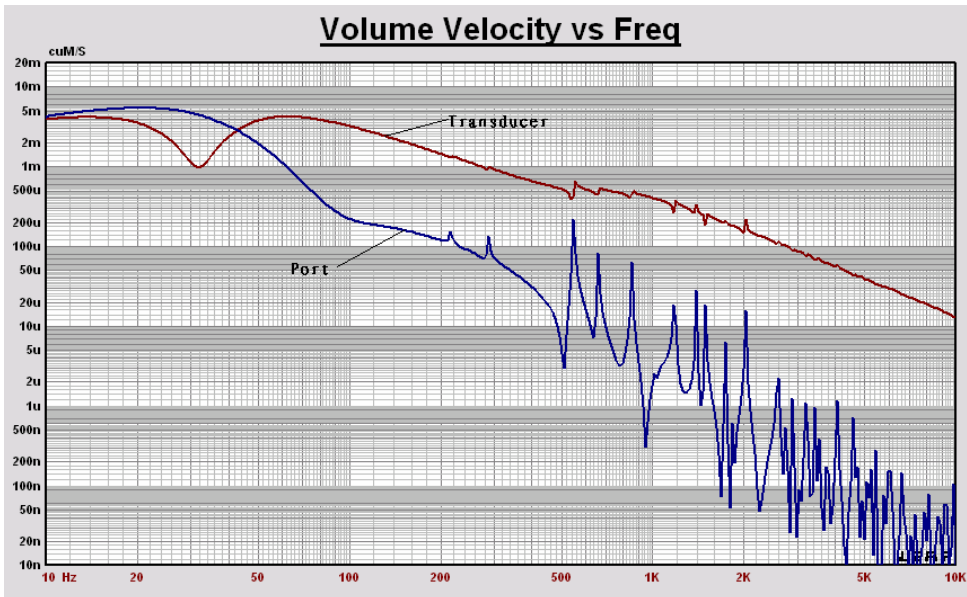
■ 点击 Velocity (速率) 曲线图按钮。 速率

速率曲线显示在上页。这里我们再次清楚地看到开口中空气的线速度远远高于在喇叭中的。如果是相同数量的空气通过更小的区域，它将移动地更快。

■ 点击 Volume(体积)曲线图按钮。 体积

气流体积的曲线图显示如下。这是每秒钟通过喇叭或开口的空气体积。正如我们预料的一样，该曲线图显示了两个源在很低频率处的气流体积是相同的。这就是为什么空气在通过更小开口时的速度更快的原因。

在该例中，喇叭开口的流体必须移动 11 次。这就产生了对于大信号的潜在问题，在那里开口中大量的流体必须以极高的速度移动。记住到目前为止分析都是在 1W 的驱动功率下完成的。它对于开口在不同驱动功率级上的特性也有意义。这些结果的对比将给我们在开口线性上的大体认识。

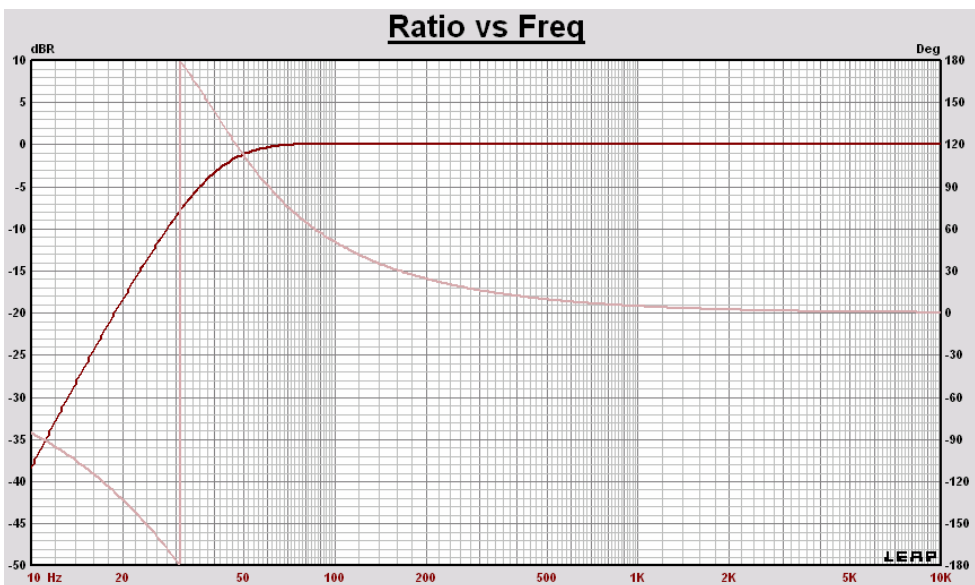


如果你确实关注了先前的同轴 SPL 响应曲线，你将会注意到响应结果并没有像在先前的快速设计中所选择的列线那样所预料地出现。我们将列线保存在 Guide Curve(指引曲线)库中，同时我们将使用它与完整的模拟结果进行直接比较。

■ 点击 Ratio (比率) 曲线图选择按钮

响应曲线保存了在整个整个快速处理中单位为 Ratio(比率)处理过程，因为它是一个无量纲的传递函数。响应如下所示，显示了 Quasi -3rd (准第三序) 序列线传递函数。

如果希望在 SPL 曲线图上显示该曲线来与详细设计模拟进行比较，我们需要将单位改为 SPL 同时将曲线向上调整到适当的刻度上。



■ 选择 Graph | Guide Curve(指引曲线)菜单项 (F6)。



-- 点击条目#1 Left Vert 列表同时单位改变到 SPL。

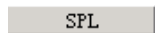
-- 点击条目#1 颜色列按钮并将它改变到黑色。

-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

你将迅速看到曲线从 Ratio(比率)曲线图上消失。

■ 点击 SPL 曲线图选择按钮。

■ 点击 SPL 曲线图选择按钮。



列线现在以 94dBsq1 水平级显示在 SPL 曲线图上,如下页顶部曲线图所示。这是由于比值由 10V/V 变成 1.0Pascal, 它等于 94dBsq1。我们将提升 1dB 来更好地匹配我们的详细模拟。

■ 选择 Processing | Unary Math Operations (一元数学运算)



-- 在列表框中选择 Guide Curves(指引曲线)条目#1。

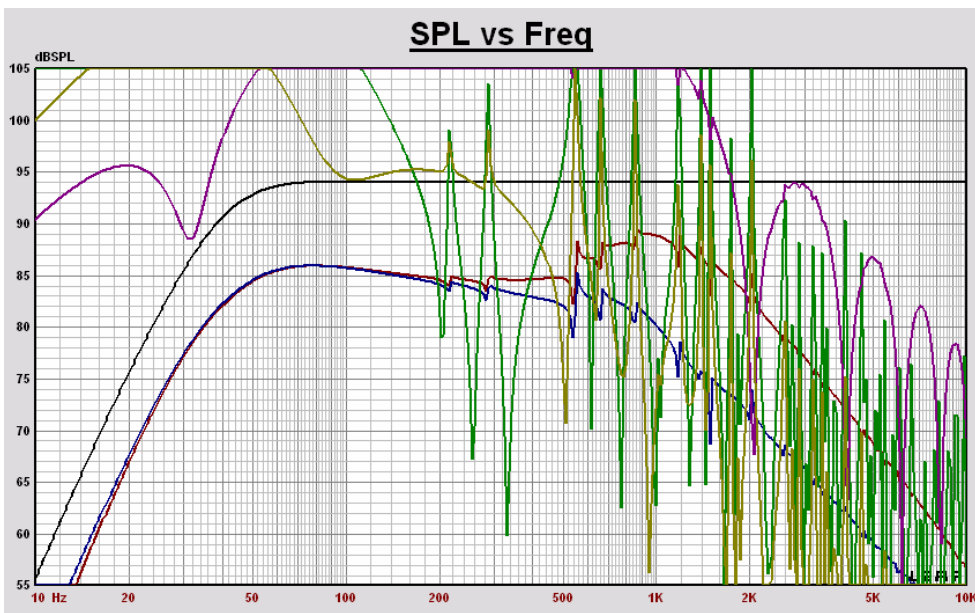
-- 选择 Magnitude Offset(量级偏移)运算。

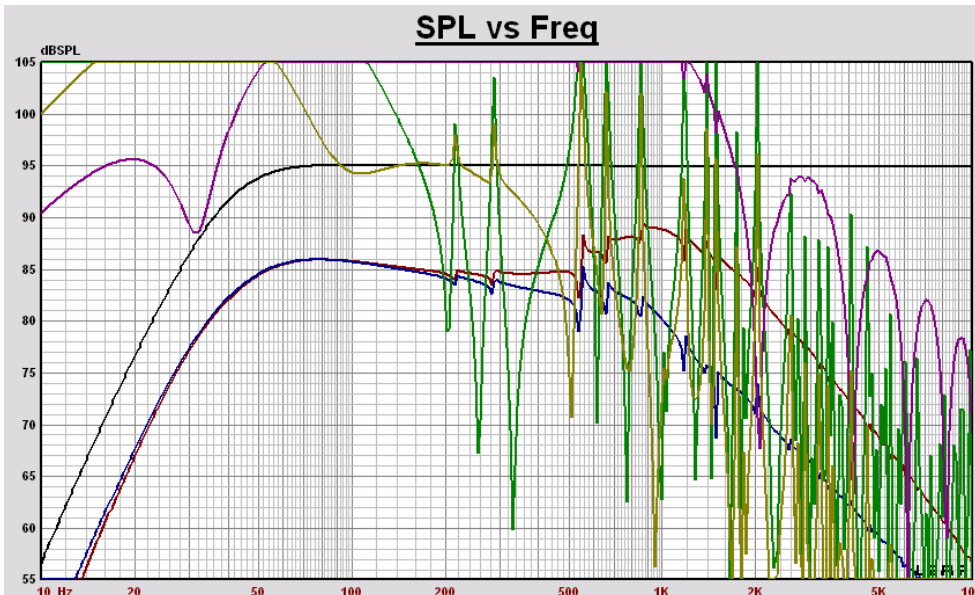
-- 在编辑区域输入 1.0dB。

-- 点击 Execute(执行)按钮。

-- 点击 Exit(退出)按钮关闭。

响应列线现在显示在下页的较低曲线图中。我们观察到同轴响应峰值在接近 80Hz 处,同时在 100Hz 和 500Hz 之间有一个波谷。响应并没有出现像快速设计预测的平面,这是一个非常典型的结果。





由快速设计提供的分析是过分简单化的。它使用传统经典的扬声器传递函数近似值方法。隐含在分析中的是假设喇叭阻抗上升是完美匹配的，计数器有方向性的上升以及膜片高频质量衰减。但这并不能保证对于任意特殊的喇叭来说都是正确的。在大多数情况下将不是，在有些情况下差异是实际存在的。

由快速设计提供的列线预测必须在粗糙近似值的前后关系中观察到。这些近似值在有些情况下是有用的，而在其它情况下又是没有用途的。在多数情况下，它能够对原始体积和开口调谐频率做出简单的推测。设计能够通过试验和误差分析来改善直到合适的响应被实现。

如果我们希望降低曲线弯点出的波峰特性，我们可以降低开口共振频率。这可以通过增加开口长度实现。既然一个8英寸的长管在整个原型结构中是可用的，我们将仅仅将长度改变到我们预制可用管的长度。

■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项 (F3)。



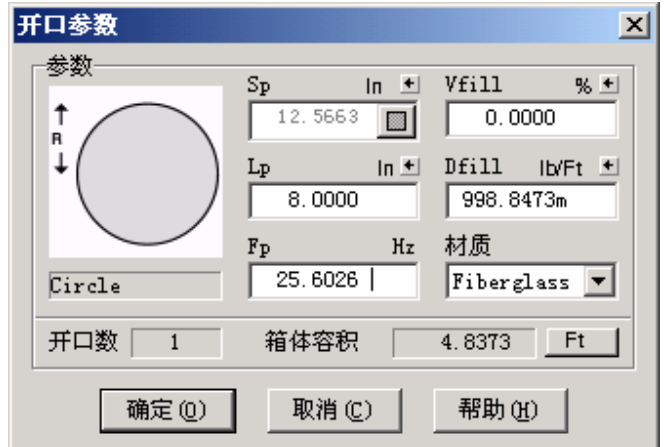
-- 点击 Fp 区域的目标按钮。

- 在开口 Length (长度) 里输入 8.0 英寸。
- 点击 OK(确定)来关闭 Port Parameters(开口参数)对话框。



我们看到开口的共振频率已改变到 25.6Hz。我们现在再次运行分析来观察变化。

- 点击 OK(确定)来关闭 Enc 对话框。



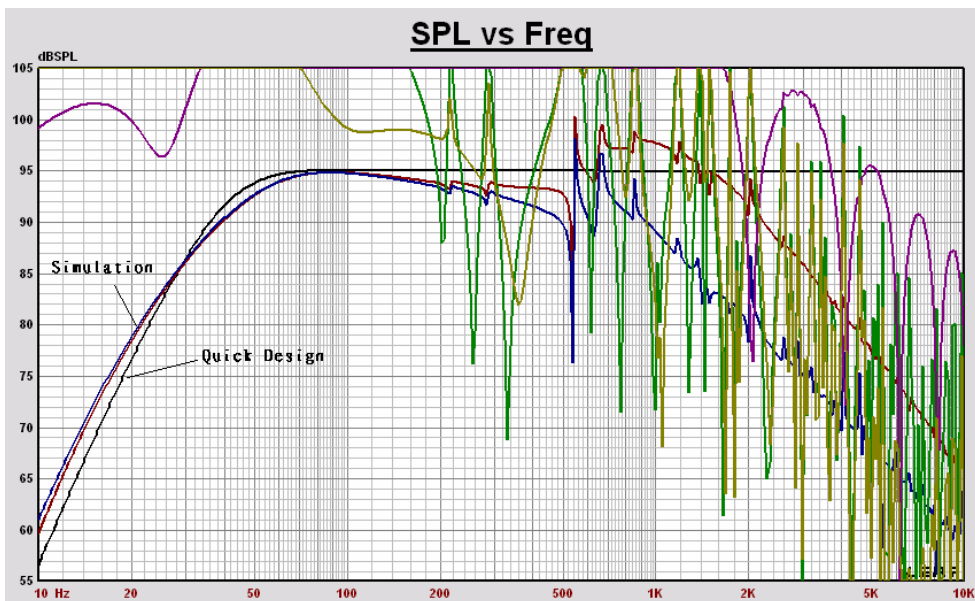
- 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项。



带有更长开口的 SPL 响应结果曲线如下所示。拐点处的波峰已经下降，曲线的形状与快速设计响应的列线有很大的差异。拐点现在看起来很圆滑同时在低频处的响应高于定位响应的列线。

既然在低频处的响应是更激烈的，我们或许可以来尝试减少箱室体积。这将降低在低频处的响应并且将使拐点附近的区域变得紧凑。

为了减少箱室的体积我们将箱体的深度由 18 英寸调整到 15 英寸。

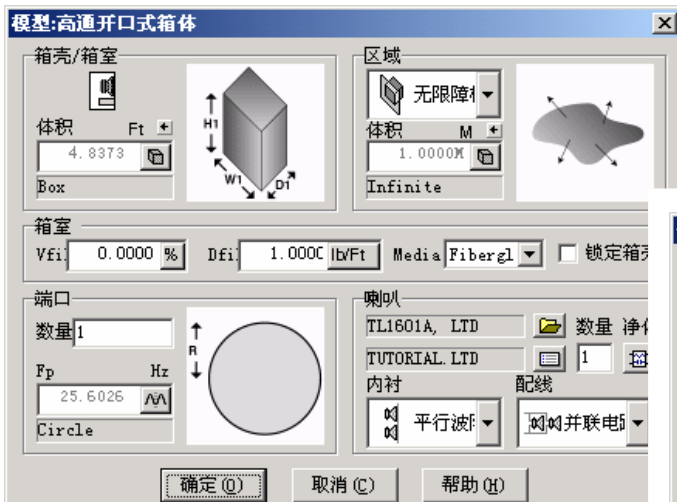


- 选择 Edit | Enclosure Parameters (箱体参数) 菜单项 (F3)。

- 点击 Vab 区域的目标按钮。

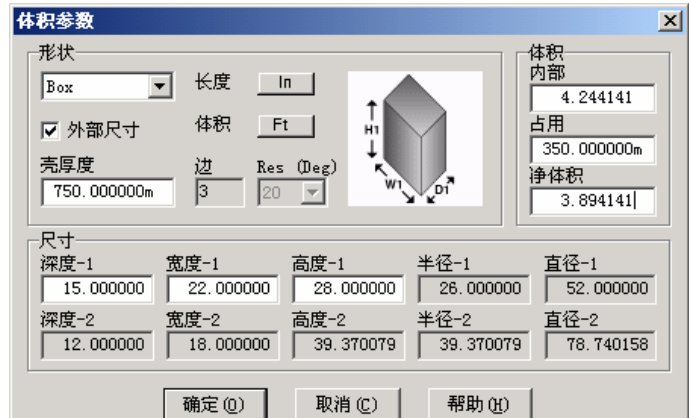


- 在 Depth(深度)区域输入 15.0 英寸。
- 点击 OK(确定)来关闭 Volume Parameters(体积参数)对话框。



现在的净体积约为 3.9Ft³，开口的共振频率提升到 28.5Hz。

- 点击 OK(确定)按钮来关闭 Enc 对话框。



既然我们现在已经改变了箱体的尺寸，我们必须再次打开 Layout Parameters(布局参数)对话框来获得这些改变。我们不需要在这里作任何的调整，但是为了能获得箱体参数的尺寸变化必须再次保存布局。

当 Layout Parameters(布局参数)对话框关闭时，辐射和衍射模型被构造。任何时候我们在外部改变箱体和喇叭，布局参数都必须被再次访问。如果不是这样，EnclosureShop 将会提出一些警告信息并拒绝执行分析。

- 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



- 点击 OK(确定)按钮关闭 (ENTER)。

- 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项 (F9)。



新的更小箱室的 SPL 响应结果如下所示。极低频率处的响应相当接近于快速设计的列线。

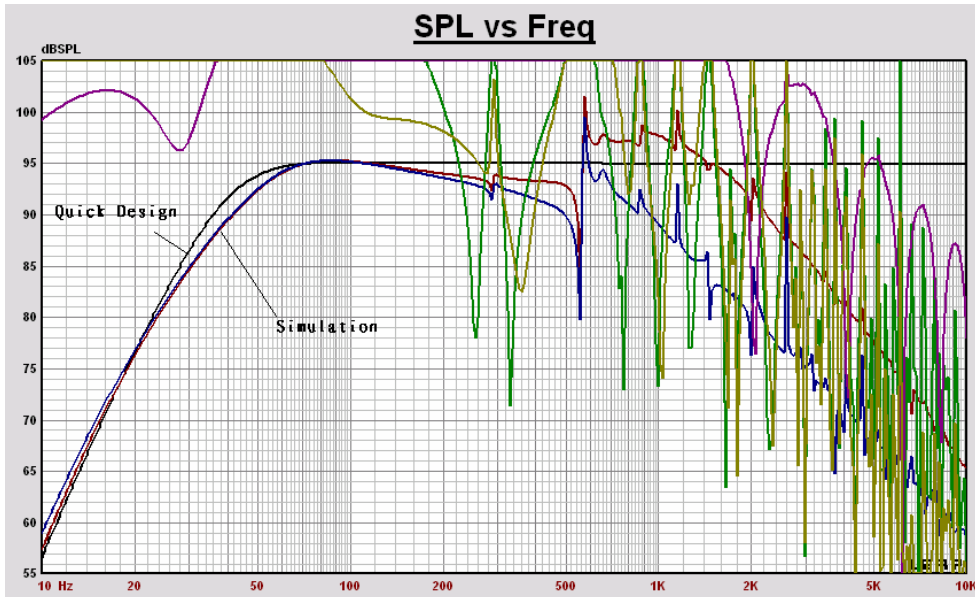
弯点再一次保持了显著的差异。40Hz 时模拟在列线的下方而 80Hz 时它在列线的上方。到目前为止根据简略地研究，我们可以产生合理的推测：

没有 Vab 或 Fp 数值的综合存在时，将允许响应来匹配预测列线达到任意高的精度。

该测试点将图解说明调整箱体设计难度来匹配一个特别要求的列线。在大多数情况下这是不可能的。喇叭和箱体将化合成一个高阶的系统，它地被适当地调节来复现一个低阶的列线。一旦喇叭被选定，定义响应的许多参数都固定，并且超越了我们仅通过调整箱体来改变它们的能力。

我们将保存设计到磁盘以便保持/更新我们的改动到该点。

- 选择 File | Save 菜单项 (CTRL+S)



大信号分析

到目前为止我们已执行的所有分析都运行在 1W 的功率水平下。为了观察到该设计在大小信号级上如何发挥其功率特性，我们将在 0.1W, 1W, 10W 以及 100W 四个驱动功率下分析该设计。

为了在不同功率水平的分析作准备，我们将关闭极坐标分析。这将减少曲线的数目并且促进更易于复制曲线作为一个简单的块。

■ 选择 Edit | Analysis Parameters(参数分析)菜单项。



- 在 Power/Spk 里输入 0.1。
- 不选中 Horz 框。
- 不选中 Vert 框。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

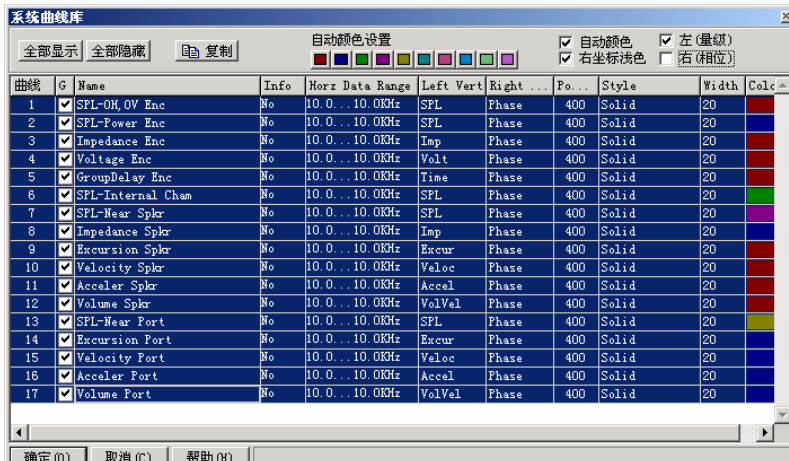
现在我们在 0.1W 功率水平下运行分析。

■ 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项 (F9)。



现在我们将有一系列在 0.1W 功率水平下的 System Curves (系统曲线)。我们复制这些曲线并将它们粘贴到 Guide Curves (指引曲线) 库。我们在第一条曲线上编辑名字来指示该 0.1W 分析。

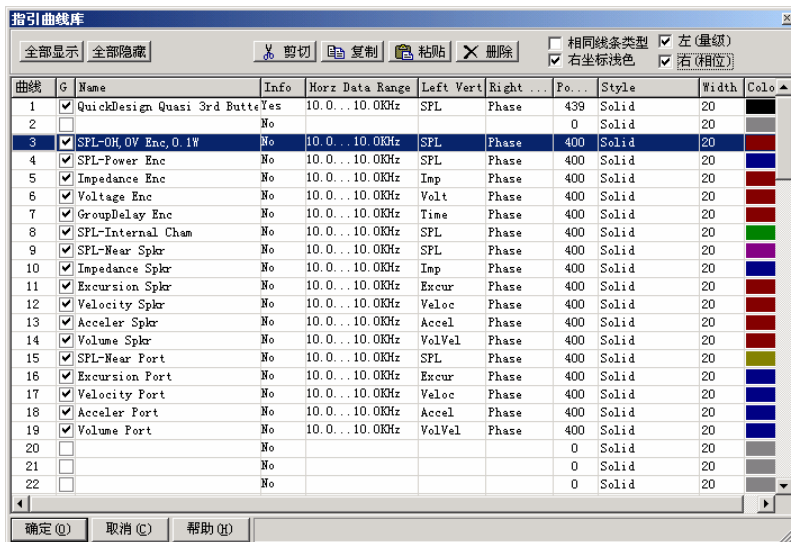
■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项。



- 点击/选择曲线#1。
- 按住 SHIFT 键，同时选中#17(全选)。
- 点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

我们现在已经将这 17 条曲线复制到 Clipboard(剪切板)。我们将它们粘贴到 Guide Curves(指引曲线)库。

■ 选择 graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 点击/选择条目#3。
- 点击 PASTE (粘贴) 按钮。
- 在曲线#3SPL 名称上附加例如"0.1W"的文本。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

现在我们将 0.1W 曲线集保存在 Guide Curves(指引曲线)库中。我们现在将驱动功率调整到 1W,再次运行分析，然后同样地复制/粘贴 1W 的曲线。

■ 选择 Edit | Analysis Parameter(参数分析)菜单项(F10)。

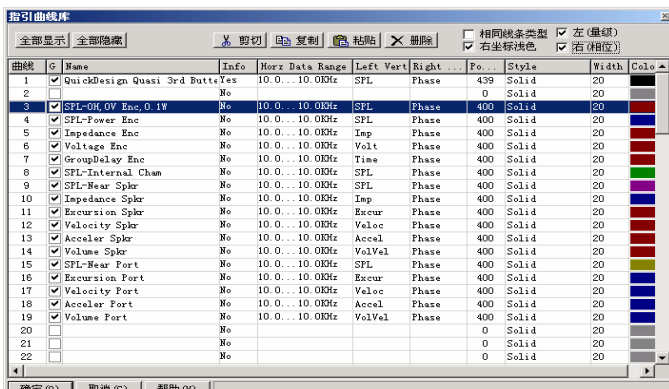


- 在 Power/Spk (功率/喇叭) 里输入 1.0。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项 (F9)。



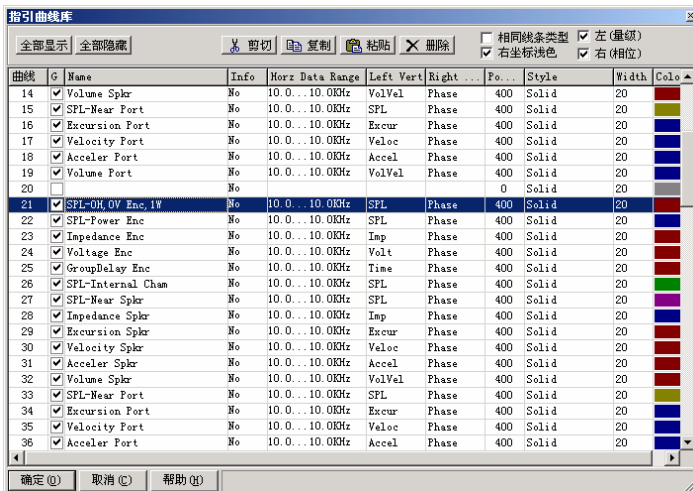
■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线) 菜单项(F4)。



- 点击/选择曲线#1。
- 按住 SHIFT 键，同时选中#17(全选)。
- 点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

我们现在已经将这 17 条曲线复制到 Clipboard(剪切板)。我们将它们粘贴到 Guide Curves(指引曲线)库。

■ 选择 graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 点击/选择条目#21。
- 点击 PASTE (粘贴) 按钮。
- 在曲线#21 的 SPL 名称上附加例如"1.0W"的文本。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

现在我们将 1.0W 曲线集保存在 Guide Curves(指引曲线)库中。我们现在将驱动功率调整到 10W,再次运行分析, 然后同样地复制/粘贴 10W 的曲线。

■ 选择 Edit | Analysis Parameters(参数分析)菜单项 (F10)。

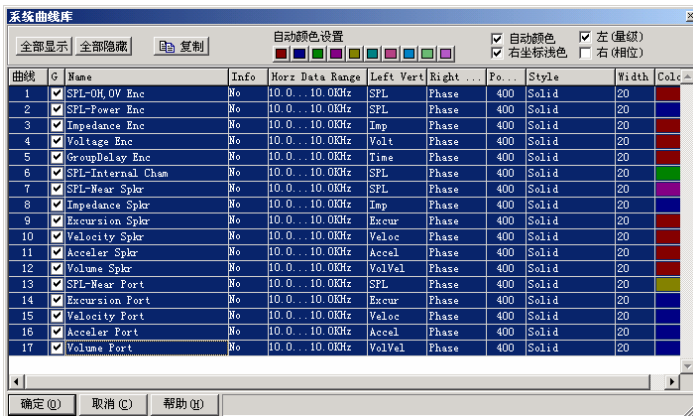


- 在 Power/Spk () 喇叭/功率里输入 10.0。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项 (F9)。



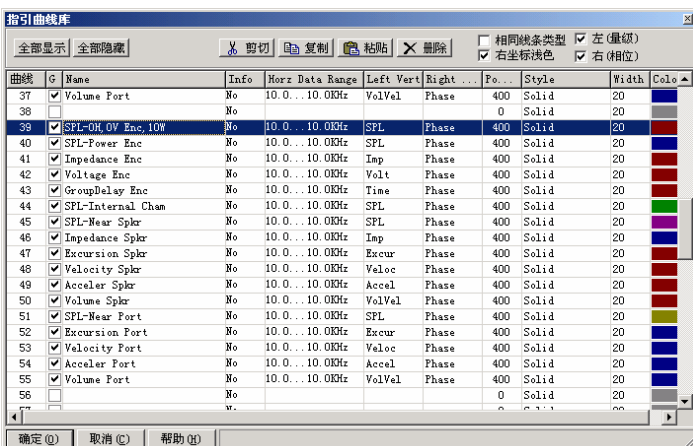
■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线) 菜单项(F4)。



- 点击/选择曲线#1。
- 按住 SHIFT 键, 同时选中#17(全选)。
- 点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

我们现在已经将这 17 条曲线复制到 Clipboard(剪贴板)。我们将它们粘贴到 Guide Curves(指引曲线)库。

■ 选择 graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 点击/选择条目#39。
- 点击 PASTE (粘贴) 按钮。
- 在曲线#21 的 SPL 名称上附加例如"10.0W"的文本。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

现在我们将 10W 曲线集保存在 Guide Curves(指引曲线)库中。我们现在将驱动变化到 100W,再次运行分析, 然后同样地复制/粘贴 100W 的曲线。

■ 选择 Edit | Analysis Parameters(参数分析)菜单项 (F10)。

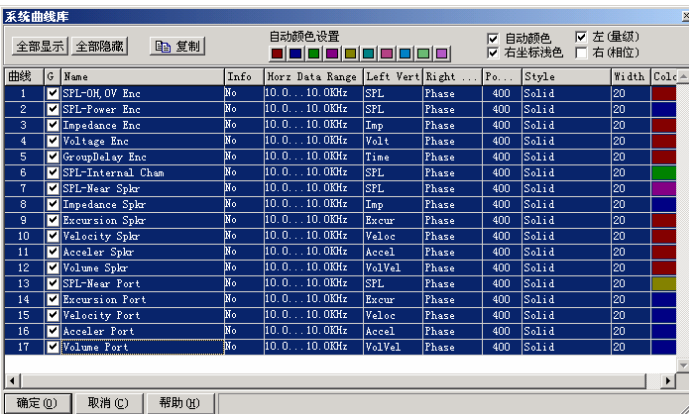


- 在 Power/Spk () 功率/喇叭里输入 100.0。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项 (F9)。



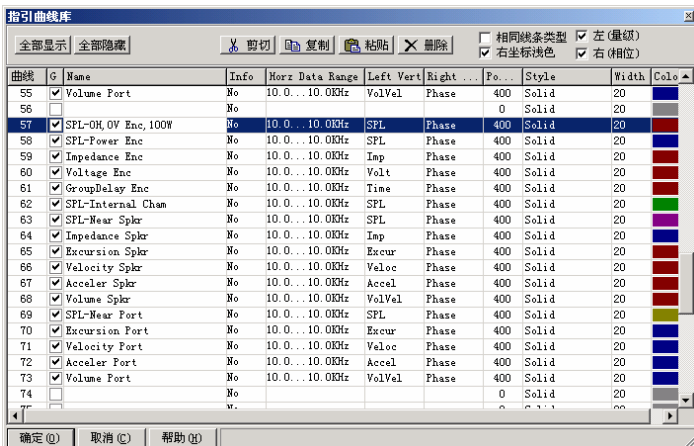
■ 选择 Graph | System Curves 菜单项 (F4)。



- 点击/选择曲线#1。
- 按住 SHIFT 键，同时选中#17(全选)。
- 点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

我们现在已经将这 17 条曲线复制到 Clipboard(剪贴板)。我们将它们粘贴到 Guide Curves(指引曲线)库。

■ 选择 graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 点击/选择条目#57。
- 点击 PASTE (粘贴) 按钮。
- 在曲线#57SPL 名称上附加例如"100W"的文本。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

现在我们将 100W 的曲线集保存在 Guide Curves(指引曲线)库中。

在 SPL 曲线图中有很多曲线。因为太多而看不清楚。我们将关掉所有的系统曲线来检查在不同功率水平下的曲线。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



- 点击 Hide All(全部隐藏)按钮。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

我们将保存设计到磁盘以便保持/更新我们的变化到该点。

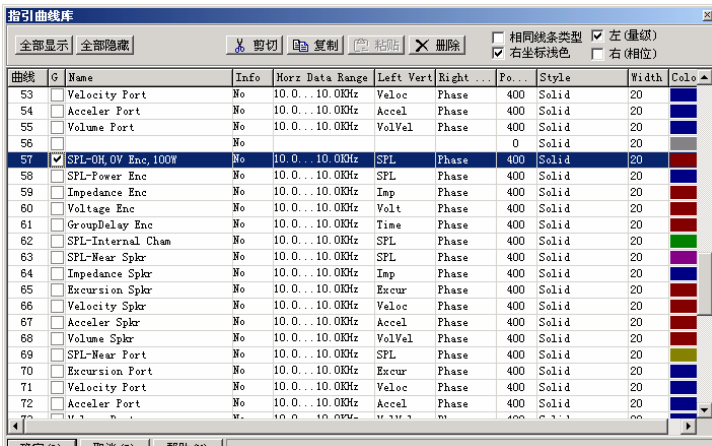
■ 选择 File | Same 菜单项 (或使用 CTRL+S)



为了能够仅仅观察到在不同功率水平下 SPL 同轴曲线，我们在开始将关掉所有的指引曲线并且起用我们需求的

曲线。我们同时也将关掉相位显示来减少杂乱回波。

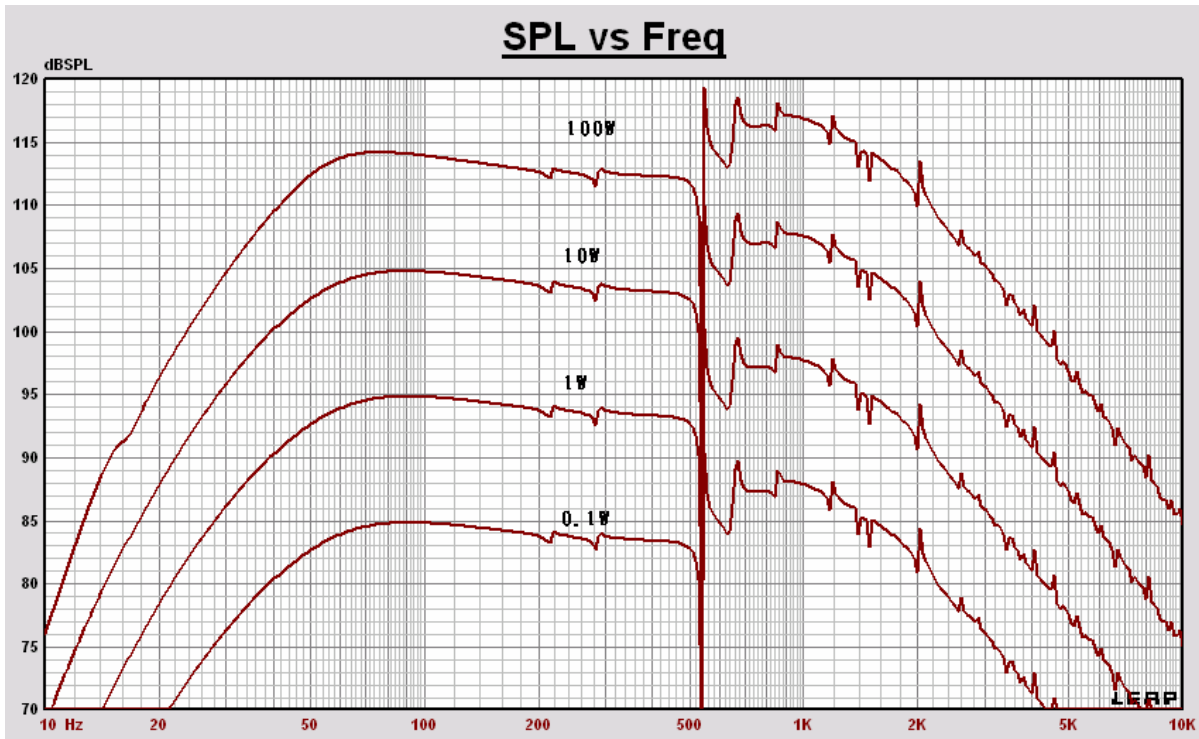
■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 不选中 **Right(相位)**框。
- 点击 **Hide all(全部隐藏)**按钮。
- 选中#3, #21, #39, #57[G]列的方格。
- 点击 **OK(确定)**关闭对话框。

这里将仅显示有四条曲线，它们是在四个不同功率水平下的 SPL 同轴曲线。调整 SPL 刻度将显示下面的曲线。

曲线按 10dB 均匀地偏移，而在低频区曲线的形状有一个显而易见的变化。



尽管 SPL 曲线看起来似乎象征在低频区有某些事情要发生，但很难预测总体的变化。如果在曲线上整体移动 10dB,我们将更清楚地看到变化，同时规格化到同一个功率水平，在这里是 0.1W。我们将复制 1W,10W,100W 曲线，同时按比率恰当地缩小它们。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项。



曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Fe...	Style	Width	Colo
68	<input type="checkbox"/>	Volume Spkr	No	10.0...10.0kHz	VolVel	Phase	400	Solid	20	
69	<input type="checkbox"/>	SPL-Near Port	No	10.0...10.0kHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
70	<input type="checkbox"/>	Excursion Port	No	10.0...10.0kHz	Excursion	Phase	400	Solid	20	
71	<input type="checkbox"/>	Velocity Port	No	10.0...10.0kHz	Veloc	Phase	400	Solid	20	
72	<input type="checkbox"/>	Acceler Port	No	10.0...10.0kHz	Accel	Phase	400	Solid	20	
73	<input type="checkbox"/>	Volume Port	No	10.0...10.0kHz	VolVel	Phase	400	Solid	20	
74	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
75	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
76	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
77	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, 0V Enc, 1W	No	10.0...10.0kHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
78	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, 0V Enc, 10W	No	10.0...10.0kHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
79	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, 0V Enc, 100W	No	10.0...10.0kHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
80	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
81	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
82	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
83	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
84	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
85	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
86	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	
87	<input type="checkbox"/>	No	No				0	Solid	20	

-- 选择曲线#21,点击 COPY(复制)按钮, 选择条目 #77, 点击 PASTE(粘贴)

-- 选择曲线#39,点击 COPY(复制)按钮, 选择条目 #78, 点击 PASTE(粘贴)

-- 选择曲线#57,点击 COPY(复制)按钮, 选择条目 #79, 点击 PASTE(粘贴)

-- 将曲线#77, 78, 79 改变成不同的颜色。

-- 点击 OK (确定) 关闭对话框。

■ 选择 Processing | Unary Math Operation(一元数学运算)菜单项。



一元数学操作

指引曲线
 77 SPL-OH, 0V Enc, 1W Freq SPL Phase

操作
 量级偏移 dB
 相位偏移 零 Deg
 延迟偏移 Sec
 求幂 Pwr
 平滑曲线 Oct
 频率转换 比率
 × (jw) ÷ (jw)
 余弦(cos) 正弦(sin) 分析

执行 (E)
退出 (X)
帮助 (H)

-- 在 Guide Curves(指引曲线)列表框里选择条目#77.

-- 选择 Magnitude Offset(量级偏移)运算。

-- 在编辑区域输入-10.0dB.

-- 点击 Execute(执行)按钮。

-- 在 Guide Curves(指引曲线)列表框里选择条目#78.

-- 点击 Execute(执行)按钮两次。

-- 在 Guide Curves(指引曲线)列表框里选择条目#79.

-- 点击 Execute(执行)按钮三次。

-- 点击 Exit(退出)关闭。

你的 SPL 图形看起来应该与下面的视图很相似、。三条规格化的 1W,10W,100W 曲线正好在 0.1W 曲线的下面。

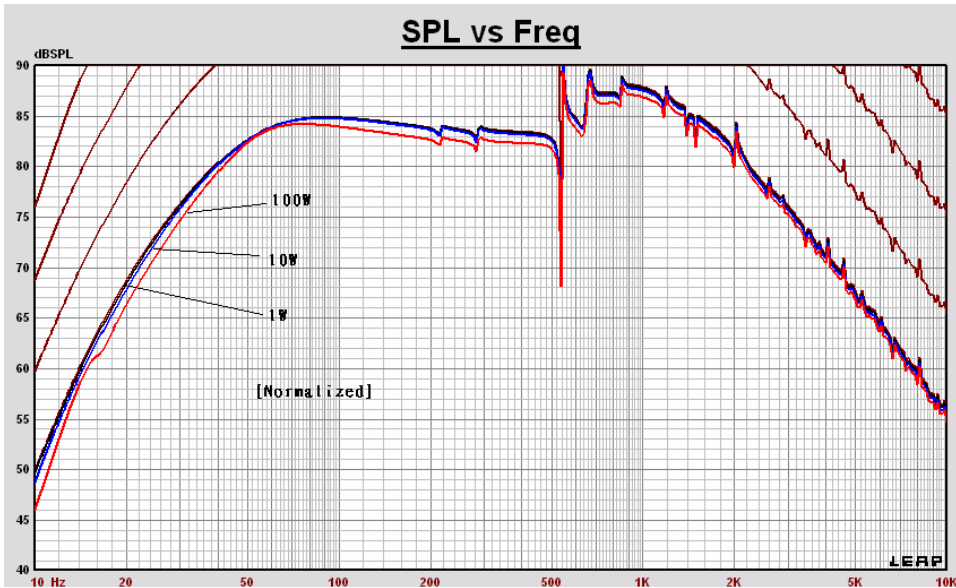
在 100W 我们可以看到整体频带中心下降了大约 1dB。这是由于音圈发热和 Revc 上升造成的。然而，在低频区有几个 dB 的更大下降。在这些低频区域曲线的形状同样有一些改变。

由于曲线的不断变化的斜率和很大动态范围的声波响应，通常很难直观地观察在跨越不同功率水平下的变化。来观察该变化的更好方法是借助于阻抗响应。所有的电学和力学的变化也反映在这里。此外响应的非线性变化的原因可以更清楚地确定为是由于喇叭或开口造成的。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)



- 选中#5,#23,#41,#59[G]列的方格。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。



■ 点击 Impedance Graph(阻抗曲线图)选择按钮。

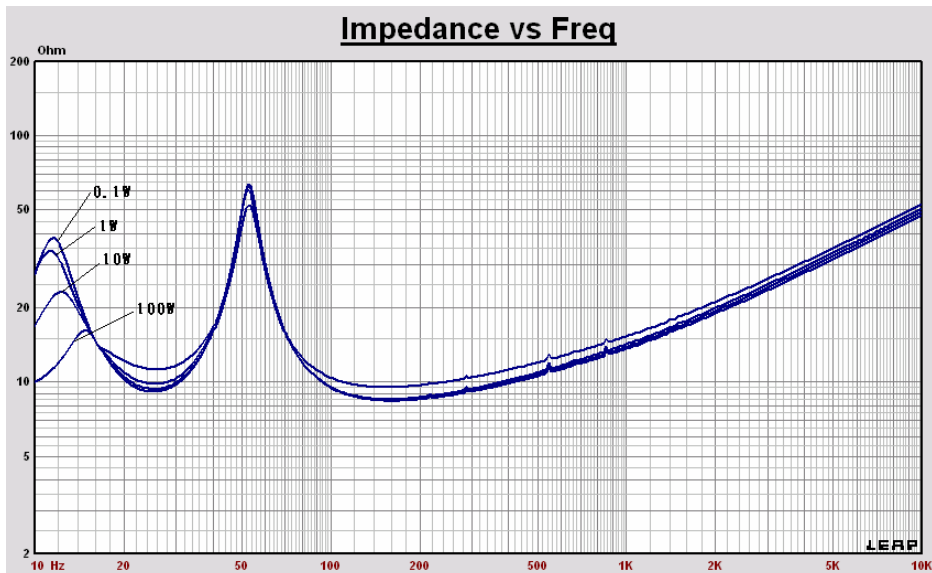
阻抗

你的屏幕应该看起来与下面的视图很相似。这里的四条曲线代表了各种功率水平下的阻抗曲线。这里可以很清楚地看到发生在低频峰值处的真实变化。在 100W 功率水平时我们可以看到在各点阻抗普遍地上升，这是由于 R_{vc} 增加造成的。

低频波峰就是大多数非线性发生的地方。箱体最重要的部分就是开口。随着驱动功率地增加开口内部的电阻同时也增加，在这里注意对于大多数非线性来说该规律都是可靠的。

这些结果是相当显著的。它甚至在 0.1W 和 1W 之间也显示了一个显而易见的非线性关系。记住这里使用的是一个带有 15 英寸低音扬声器的大喇叭，开始于 0.1W。

在 100W 时开口显示了真实的电阻，同时较低的波峰几乎已经损坏。开口共振的波谷也增加。在这个运行区域存在很高的变形。



该设计实例被建立和测量。我们可以使用由 Tutorial-2 提供的的数据，将这些模拟与在四个功率水平下的阻抗响应测量值进行比较。这些测量值是通过使用 LMS 或 VI-Box 获得的。首先我们关掉模拟阻抗曲线来防止杂乱回波。

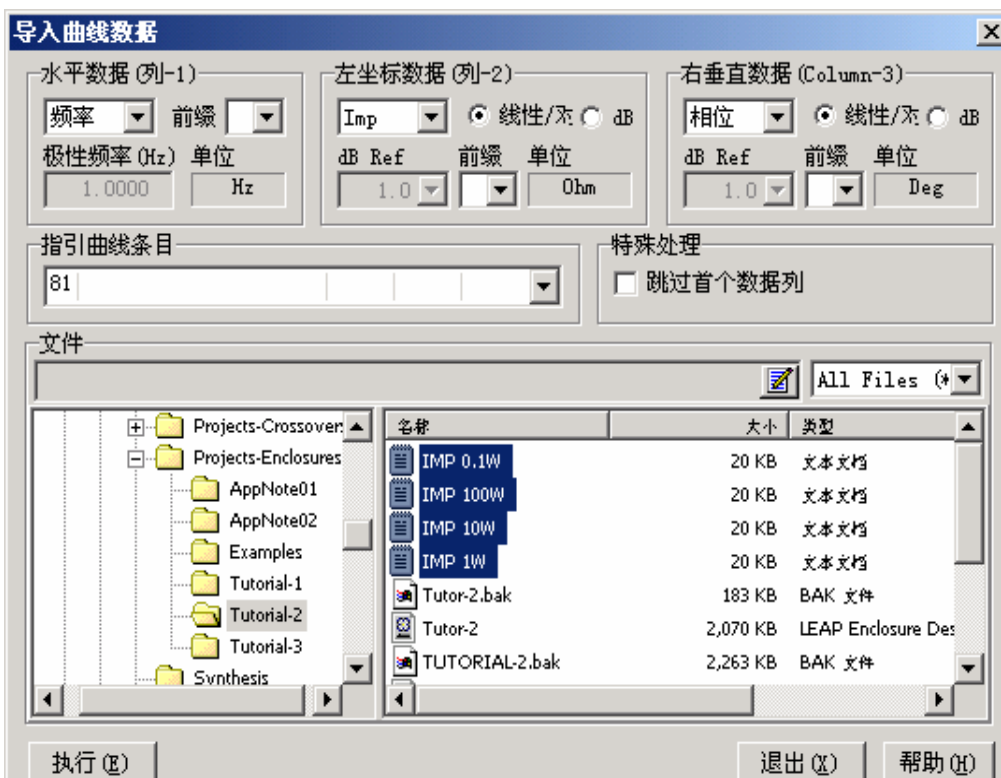
■ 选择 Graph | Guide Curves (指引曲线) 菜单项。 

- 点击 Hide All(全部隐藏)按钮。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

■ 选择 Utilities | Import Curves Data (导入曲线数据) 菜单项。 

我们将导入四条阻抗曲线。

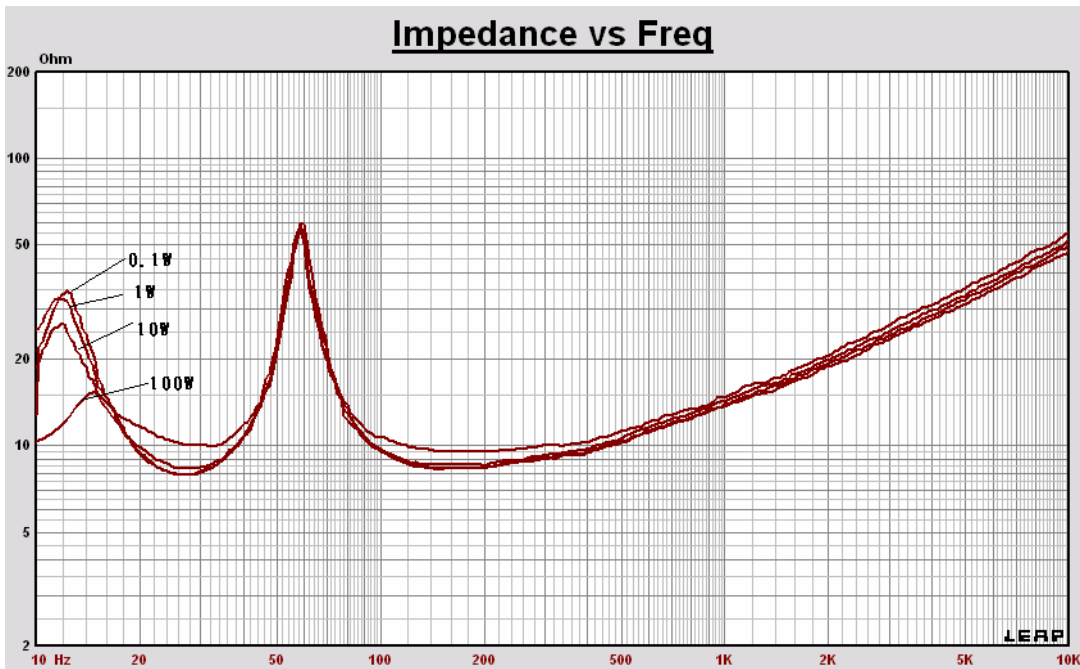
- 在 Left Vertical data 设置 Imp 或 Lin/Log。
- 选择曲线条目#81
- 定位 Tutorial-2 文件夹。
- 选中 Imp 文件。
- 点击 Execute(执行)按钮。
- 点击 Exit(退出)按钮。



你的屏幕应该看起来与下面的视图很相似。在先前的曲线图上比较测量曲线和模拟曲线。模拟在与真实的非线性特性上显示了很好的一致性。这里我们可以再次观察到非线性变化发生在 0.1 W 和 1 W 的低功率水平之间。在 100 W 低频阻抗波峰被严重压缩。形状稍微不同于先前的模拟，但是非常相似的强非线性被测量。

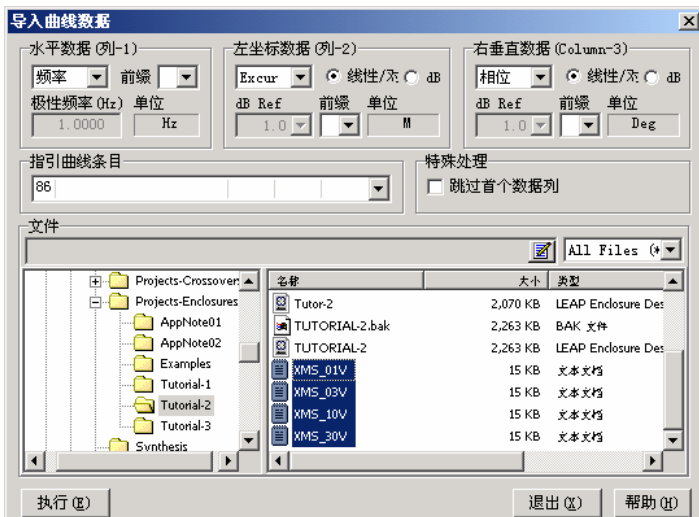
应该注意到该模拟依赖于等量的 RMS 正弦波分析。当存在高非线性时信号波形发生严重的扭曲。用示波器观察 SPL，振幅，以及当前波形，显示了大规模的波形变化。正弦波变得挤压成不对称，出现波峰，并且经常显示了多重的零交叉。这些扭曲的波形在整个低频区域改变了形状，在相同频率的各种值之间外形方面也不同。

失真波形表现了大规模的谐波成分。因此多样的频率而得到是相同的振幅。单纯地正弦波分析绝不可能来准确地描述这些高水平的扭曲。



偏移测量值同样可以在箱体原型上获得。我们也可以将这些与模拟比较。

■ 选择 Utilities | Import Curve Data(导入曲线数据)菜单项。



- 在 Left Vertical data 设置 Excur 或 Lin/Log 。
- 选择曲线条目#86
- 定位 Tutorial-2 文件夹。
- 选中四个 Xms 文件。
- 点击 Execute(执行)按钮。
- 点击 Exit(退出)按钮。

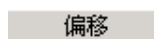
我们现在将从模拟中起用振幅曲线。为了避免杂乱回波，我们将仅起用喇叭的振幅曲线。

■ 选择 Graph | Guide Curves (指引曲线) 菜单项 (F6)。



- 选中#11,#29,#47,#55[G]列的方格。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。

■ 点击 Excursion Graph(振幅曲线图)选择按钮。

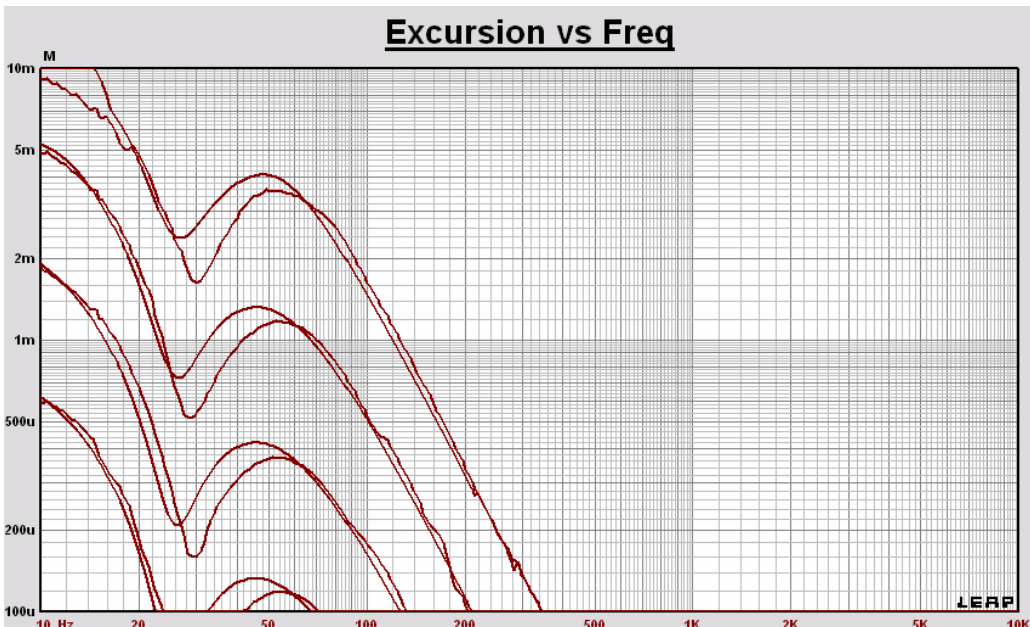


你的振幅曲线图看起来应该与下面的视图很相似。这里有四对模拟和测量曲线。在贯穿各个功率水平和频率下每对曲线都处于最佳拟和位置上。

在 20Hz 以下，100W 这对曲线存在显而易见的差异。测量的振幅低于模拟值。这是由于在真实的测量中存在很高的失真波形，并且假使正弦波在模拟中。大规模的谐波成分不能在这个非线性的超高水平上通过等效的 RMS 精确地表现。

近场的声学测量在该开口设计中不被使用，由于它们在与模拟比较时具有较少信息。该模拟是在喇叭和开口各自之间纯粹的数学计算。因为在两个源之间存在损耗，等效的测量值不能被轻易获得。比如，当一个麦克风放置在喇叭鼓纸附近时，它将在开口共振频率处遭遇一个深的无效值。然而，开口在该频率处生成了最大压力，它渗入麦克风并且破坏了喇叭的测量值。

■ 选择 File | Save 菜单项（或使用 CTRL+S）



摘要

我们已经示范了涉及到用 EnclosureShop 进行开口式箱体设计的一些基本特征。该设计同样在各种不同功率水平下分析来示范开口的非线性。与实际测量值比较显示了在跨越各种功率和频率的良好相关性。

对于该设计，使用了一个带有完整 LTD 参数的喇叭。如果有意义的和精确的大信号分析被需求，LTD 模型的确将是一个必需品。该设计中的大多数非线性是由于开口造成的，喇叭中显著的变化可以并且一定发生在大信号分析下。

为了提高该设计的线性就要扩大开口的面积 S_p ，无论是单个开口或多个开口。为了保持相同的调谐频率，开口的长度同样也需要增加。无论怎样增加开口面积，关键是降低速率的倍率系数。无论非线性最小化到何种可能的程度，大体上最好是保持开口面积在喇叭活塞面积的 25-50% 之间。在该例中，开口的面积仅为喇叭面积的 9%。

注释：完整的设计指南在文件 **Tutorial-2.led** 中给出。

喇叭位置及辐射

重点：

- 高通密封式箱体
- 低音&高频喇叭
- 障板位置影响
- 空间范围差异
- 辐射分析
- 箱体布局编辑

在该例中，由于喇叭位置所造成的响应差异将要被研究。一个高通密封式箱体将被用于低音及高频喇叭。该实例将介绍程序强大的辐射分析能力。

辐射分析在内存和 CPU 上都提出了更高的要求。对于该实例，将需要 64M 内存，Pentium-II 系列 PC 机或者推荐更高配置。

目标：

对于该例，两个不同的喇叭将被使用：8 英寸（200 毫米）低音扬声器以及 1 英寸（25 毫米）圆顶高频扬声器。一个正方形的障板将被用来提供相等的轴向波型，它加重了影响。

初始的规格说明书是：

- Woofer Transducer : B200
- Tweeter Transducer : DT25
- Box Model : Sealed Highpass
- Shape : Rectangular,square face
- Size : 20w x 20h x13d Inches
- Filling : 50%,1lb density.

喇叭

在任意的设计被模拟前喇叭模型必须已经存在于喇叭库文件中。假如情况并非如此，我们先应该创建喇叭条目。在该例中，一个使用 LTD 模型的喇叭将被需求，同时它已经被准备在 Tutorial.Ltd 库中。

开始新设计

如果你还没有安装程序，现在开始吧。按照贯穿随后页面指示的每一步执行。假设程序安装在 C:\。然而，假如你安装在其它的驱动盘上，当执行文件操作时你需要为安装选择合适的驱动器。

首先我们将创建一个新的设计并将它保存在 Tutorial-3 文件夹。

■ 选择 File | New (新建) 菜单项。



现在输入你的创建信息。

■ 选择 Graph | Notes 菜单项。



附注 & 注释

左页面 | 右页面

行 1=

行 2=

行 3=

行 4=

工程明细图

个人 公司

工程

确定(O) 取消(C) 帮助(H)

在 Personal (个人) 区域输入你的姓名，在 Company (公司) 区域输入你的公司名，以及一个如本例中所示的 Project (工程) 名。

点击 OK (确定) 来关闭 Notes 对话框。

现在我们将设计保存在 Projects-Enclosures 文件夹下已存在的 Tutorial-3 文件夹中，并且命名为 Tutor-3。位于 Projects-Enclosures 下的 Tutorial-3 文件夹中。在文件名区域输入 Tutor-3 并且点击 Save (保存)。

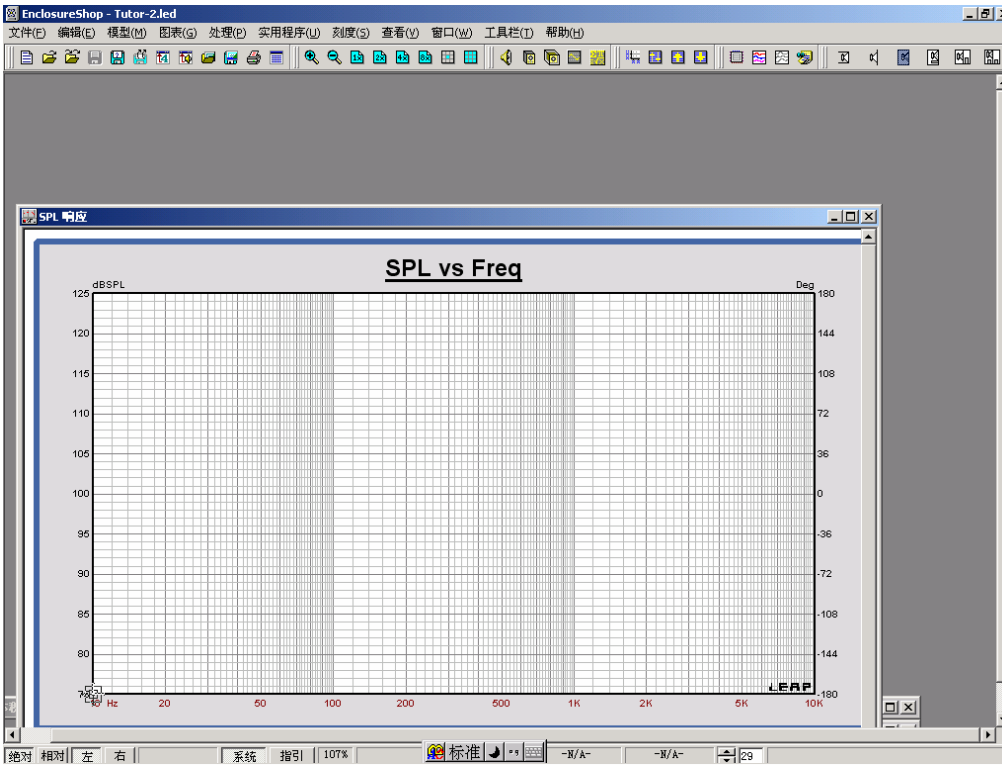
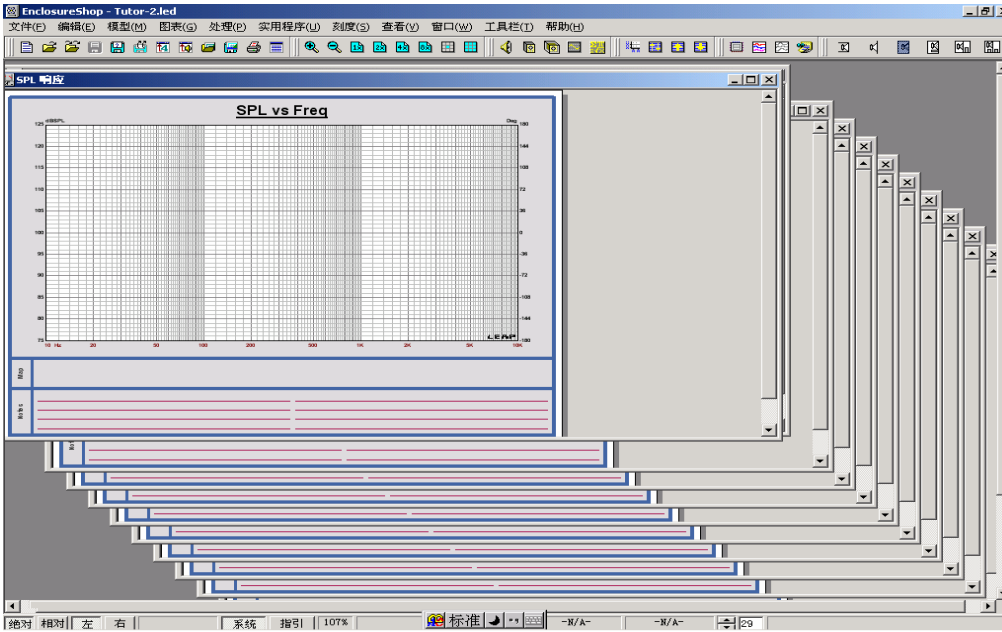
■ 选择 File | SaveAs(另存为)菜单项。



现在我们将 Maximize 图表框中的一个。

■ 在图形窗口中点击最大化按钮

你的屏幕应该看起来与下面的视图相似。当图形按钮最大化时，一系列曲线图选择按钮成排显示。你可以通过点击工具栏下面的一个按钮来切换不同的图形。记住在选择按钮水平列上的图形的名称。



■ 选择 Edit | Transducer Parameters(喇叭参数)菜单项

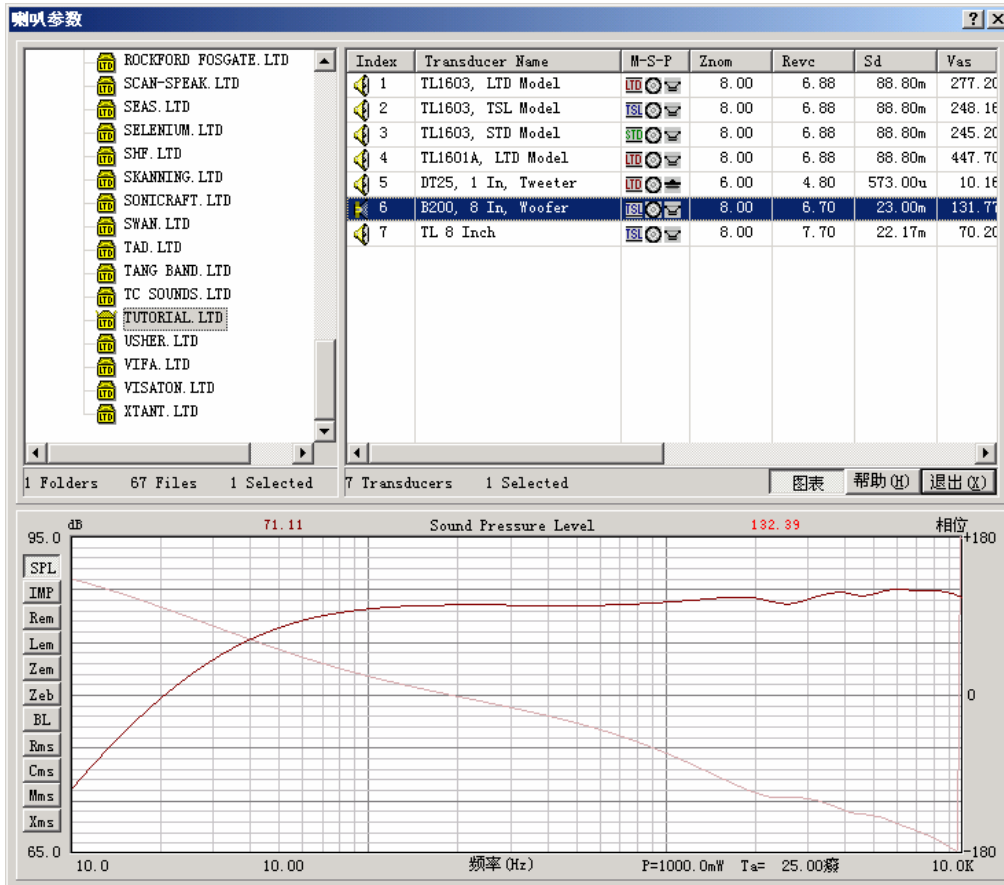


Transducer Parameters（喇叭参数）对话框显示如第下。在该例的一部分低音扬声器将被使用，同时它位于 TUTORIAL 库。

- 在左边的窗口中选择 TUTORIAL 库。
- 在右边的窗口中选择 B200 喇叭。
- 激活 Graph 对话框。

你可以在曲线图中观察到该驱动程序的多个特征。或者在喇叭上双击（CTRL+E）来显示其参数。

-- 点击 Exit(退出)来关闭对话框。



现在我们将为设计选择箱体模型的类型。

■ 选择 Model | Sealed Highpass (高通密封式) 菜单项。



■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项。

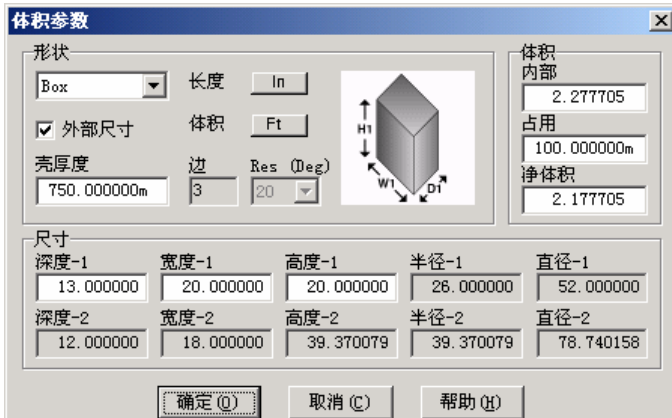


我们现在已经准备好箱体的尺寸。尽管程序具有同时模拟低音扬声器和高频扬声器的能力，我们将一次只让一个喇叭工作以致力于能够清楚地观察到每个驱动。

箱体本身可以通过使用 Shell/Chamber(箱壳/箱室)组框上 Volume(体积)编辑区域的目标按钮来描述。

-- 点击 Volume(体积)目标按钮。

一个简单的长方形箱体将被使用。我们希望使用 In(英寸)和 cuFt(立方英寸)作单位，因此我们改变它。我们假定壁厚为 3/4 英寸而占用面积为 0.1Ft³。



- 在列表框里选择 **Box** (箱体) 形状。
- 点击 **Length** 单位到 **In**(英寸)。
- 点击 **volume** 单位到 **Ft³**。
- 启用 **External Dims**(外部尺寸)。
- 在 **Wall Thickness** (壳厚度) 区域输入 **0.75m**
- 在 **Depth**(深度)区域输入 **13.0**
- 在 **Width**(宽度)区域输入 **20.0**
- 在 **Hight**(高度)区域输入 **20.0**
- 在 **Occupied** (占用) 区域输入 **0.10**

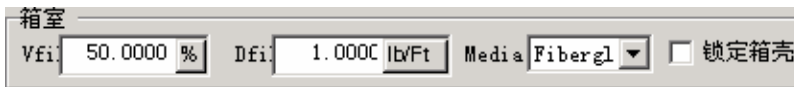
我们现在将得到净体积值约为 2.1Ft³。

-- 点击 **OK**(确定), 关闭体积对话框。

Domain(空间范围)选项应该已经被修正。我们以一个 **Infinite Baffle**(无限障板)开始当时稍后将它改为 **Full Space**(完全空间)。

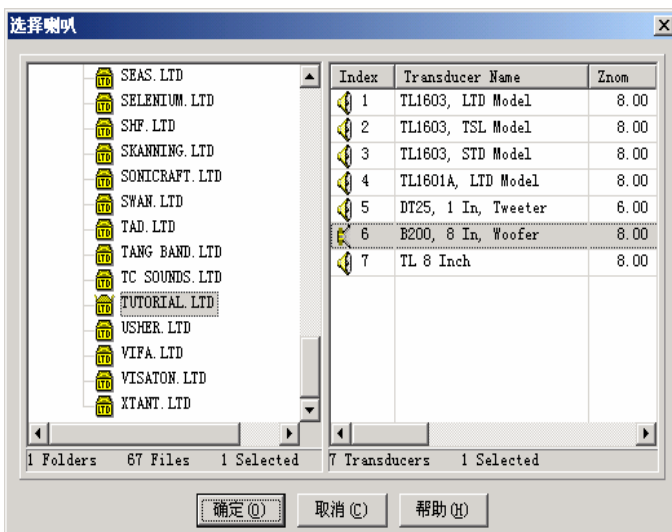
-- 确认/选择 **Infinite Baffle**(无限障板), 以及 **Infinite** 体积。

对于该箱体, 我们将假定一个通用的填充比为 50% 以及密度为 11b。



- 在 **Vfill** 输入 **50.0%**。
- 在 **Dfill** 输入 **1.0lb/cuFt**。
- 在 **Media** 里选择 **Fiberglass**。

最后余下的任务是组织喇叭。



- 点击黄色文件夹喇叭按钮。
- 选择 **TUTORIAL** 文件。
- 选择 **B200** 条目。
- 点击 **OK**(确定), 关闭对话框。

剩余的喇叭区域区域已经被设置为它们的默认值。

箱体的尺寸现在已经被完成。我们现在转到 **Layout Parameters**(布局参数)

-- 点击 **OK**(确定)来关闭箱体对话框。

■ 选择 **Edit | Layout Parameters(布局参数)**菜单项 (F5)。



箱体的布局被显示，它与下页中的视图很相似。低音扬声器已经位于障板的中央，并且箱体的障板已经镶嵌到无限障板空间。在此时不需要编辑。你可以旋转布景，或者选择箱体来查看箱体内部的低音扬声器。

-- 点击 **OK(确定)**关闭对话框。

■ 选择 **Edit | Analysis Parameters(参数分析)**(F10)。



该对话框控制设计的分析参数。这里的大多数参数已经有一个可接受的默认值。核对每一个喇叭的功率或总功率是 1W,同时所有的分析选项被激活。对于该例，我们将起用 **Horizontal (水平)** 极坐标分析，而不起用 **Vertical (垂直)**。

对于该箱体，我们将设置 **Diffraction (衍射)** 分析，并且分别分别设置为 3kHz 和第 4 阶。这提供了对于该箱体大小和形状充分的收敛性。对于该参数更详细的细节可参见 **Reference Manual(参考手册)**



-- 在 **Power/Spk (功率 / 喇叭)** 里输入 1.0

-- 起用 **Options (可选)**

-- 启用 **Horz (水平)**

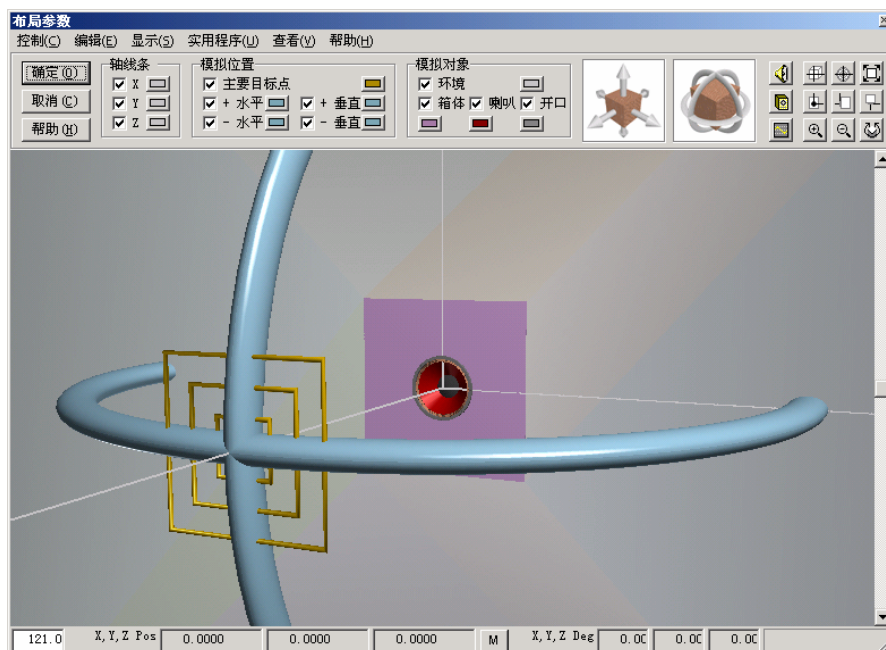
-- 不启用 **Vert (垂直)**

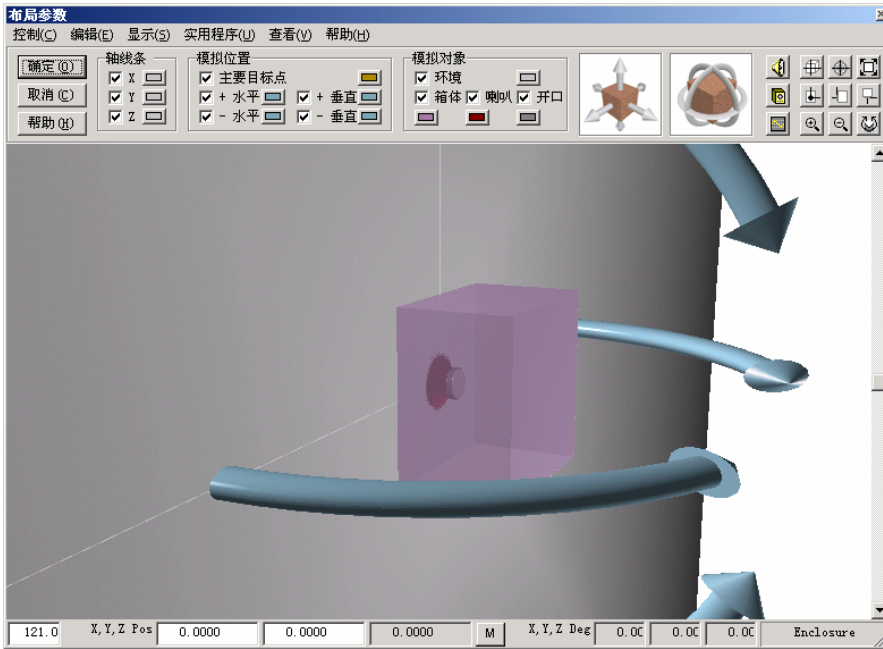
-- **Diffr Freq (解析频率)** 3kHz

-- **Diffr Order (阶)** 4th

如果当你选择 **File | New**, 先前打开的设计文件是其它指南中的一个时，则极坐标频率列表应该已经被设置了。

-- 点击 **Ok(确定)**来关闭对话框。





■ 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项 (F9)。



分析处理的结果显示在屏幕底部状态栏的右下部区域。存在有几个分析的阶段，它取决于模拟的复杂度。在第一次运行中我们选择了一个 Infinite Baffle（无限障板）空间范围，它将箱体的障板放置于一个无限平面。因此不需要衍射分析。这大大家属了分析。这里的分析在数秒内完成。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项。



对于该例，我们仅对 On-Axis SPL 响应曲线感兴趣，因此我们不起用另外 SPL 曲线。其它的所有曲线将不被起用。

系统曲线库

自动颜色设置

自动颜色 左(量级) 右(相位)


曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Po...	Style	Width	Colc...
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-0H, 0V Enc	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
2	<input type="checkbox"/>	SPL-Power Enc	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Impedance Enc	No	10.0...10.0KHz	Imp	Phase	400	Solid	20	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Enc	No	10.0...10.0KHz	Volt	Phase	400	Solid	20	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	GroupDelay Enc	No	10.0...10.0KHz	Time	Phase	400	Solid	20	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 10.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 80.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 160.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 320.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 640.00	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
11	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 1.26K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
12	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 2.56K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
13	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 3.84K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
14	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 5.12K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 6.40K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Horz Polar F= 12.80K	No	-180.0...180.0DegSPL	Phase	181	Solid	20		
17	<input type="checkbox"/>	SPL-Internal Cham	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
18	<input type="checkbox"/>	SPL-Near Spkr	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	
19	<input checked="" type="checkbox"/>	Impedance Spkr	No	10.0...10.0KHz	Imp	Phase	400	Solid	20	
20	<input checked="" type="checkbox"/>	Excursion Spkr	No	10.0...10.0KHz	Excursion	Phase	400	Solid	20	
21	<input checked="" type="checkbox"/>	Velocity Spkr	No	10.0...10.0KHz	Veloc	Phase	400	Solid	20	
22	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceler Spkr	No	10.0...10.0KHz	Accel	Phase	400	Solid	20	
23	<input checked="" type="checkbox"/>	Volume Spkr	No	10.0...10.0KHz	VolVel	Phase	400	Solid	20	

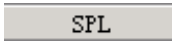
-- 点击 Show All(全部显示)按钮。


-- 不选中曲线#2,#17,#18 中的[G]列。

-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

我们将保存设计到磁盘以便保持/更新我们的变化到这里。

■ 选择 File | Save 菜单项（或使用 CTRL+S） 

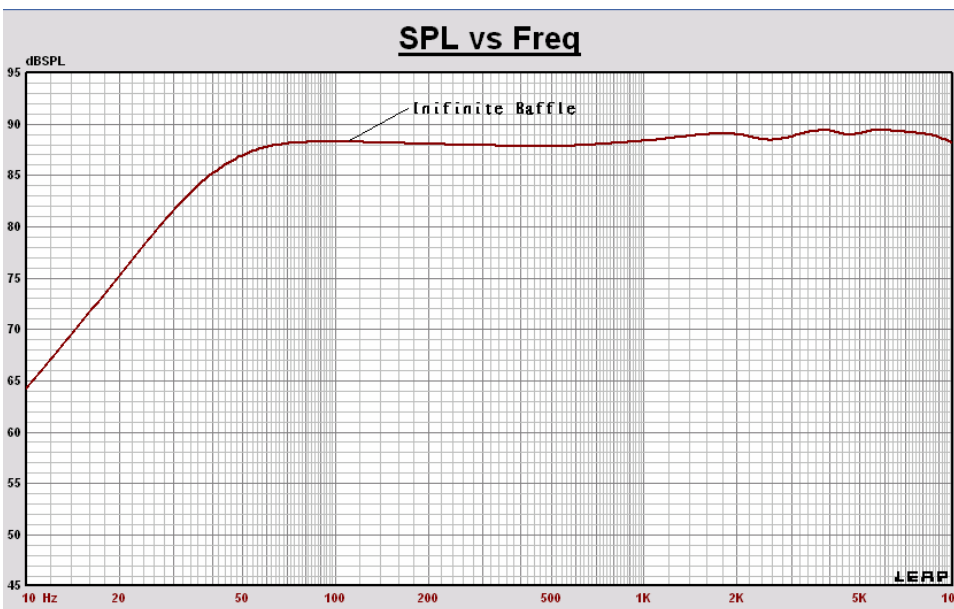
■ 点击 SPL Graph 选择按钮。 


■ 选择 Scale | Auto 或 Up/Dn 菜单项来观察曲线。 

你的屏幕现在看起来与下面的视图很相似。这里显示了一条单一的曲线，它是低音扬声器在无限障板空间范围内的同轴响应。

注意到该响应曲线非常地平滑，仅仅在 2kHz 时有略微地升高。我们使用 Infinite Baffle(无限障板)分析同它将遵循的 Full Space(完全空间)响应曲线作为一个参考。


无限障板不包含有衍射以致于响应纯粹是喇叭本身的。这提供了一条很好的参考基线。我们将保存该曲线的一个副本到 Guide Curves(指引曲线) 库。



■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。 

-- 选择曲线#1 并且点击 COPY 按钮。

-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。 

指引曲线库

全部显示 全部隐藏 剪切 复制 粘贴 删除 相同线条类型 左(量级) 右坐标浅色 右(相位)

曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Phase	Pe...	Style	Width	Color
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase		400	Solid	20	Black
2	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
3	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
4	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
5	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
6	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
7	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
8	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red
9	<input type="checkbox"/>		No					0	Solid	20	Red

-- 选择条目#1 并点击 PASTE(粘贴)按钮。

-- 编辑/用文本"InfBaf"来添加名称。

-- 将曲线#1 的颜色改变为黑色

-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

我们将空间范围改变成 Full Space(完全空间)

■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项。



-- 改变空间范围到 Full Space(完全空间)

-- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

我们必须再次访问 Layout Parameters(布局参数)来获取我们在空间范围的改变。

■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项。



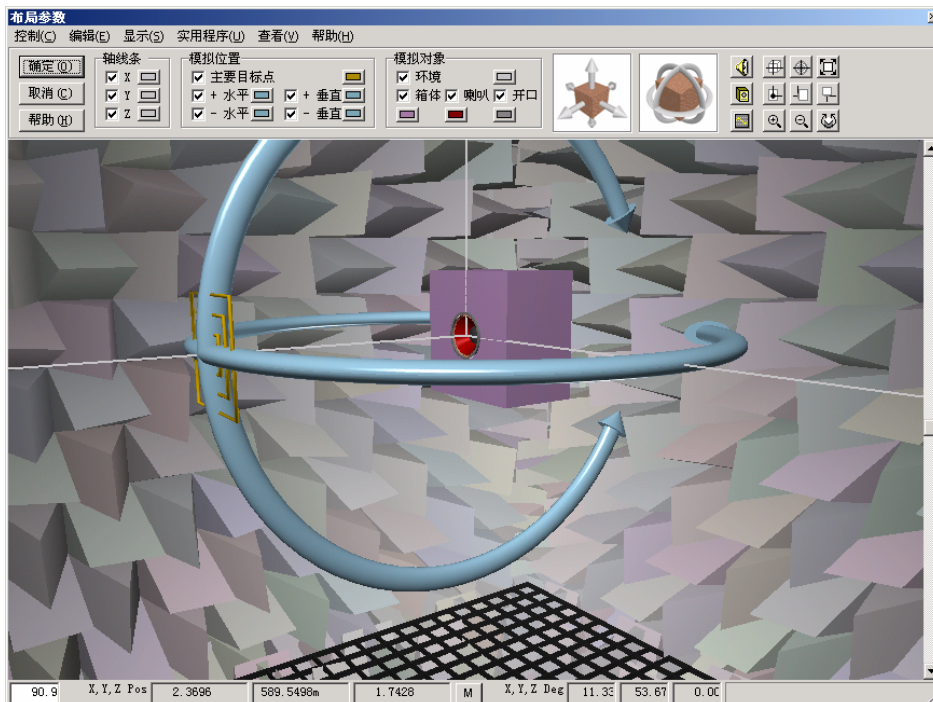
箱体现在看起来在在内部有一个消声室环境。在布局上不需要做任何调整，因为喇叭已经位于障板的中央。喇叭仍然定位在基本的模拟目标点，因此我们仅需要来关闭对话框。

-- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate(计算)菜单项。



该分析可能需要较长的时间，可能数分钟，这取决于你的计算机处理速度。如果你收到一个错误消息，这是因为你没有足够的内存，你将不能继续分析该实例。



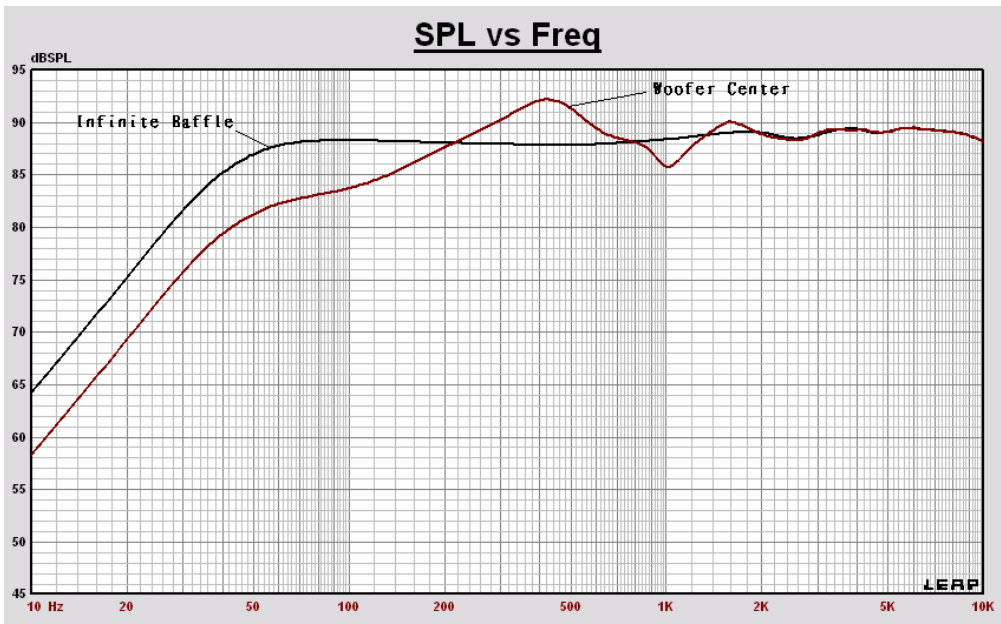
分析处理的结果显示在屏幕底部状态栏的右下部区域。这里有几个衍射分析的阶段，它们耗费了分析的大部分时间。

当该分析完成时，你应该在 SPL 曲线图上看到两条如下所示的曲线。先前的 Infinite Baffle(无限障板)响应是用黑色显示的，而 Full Space(完全空间)响应是用红色显示的。

在低频处，曲线下滑了大约 6dB。这是空间体积加倍而压力减半的结果。在极高频处响应没有什么改变，这是由于喇叭具有很高的指向性。

然而，在频带中间部分 450Hz 处我们将看到曲线有一个峰值而在 1kHz 看到有一个下沉。这是给定低音扬声器中央部位箱体周围衍射的结果。因为低音扬声器完全在障板的中央，该衍射效应归于四个边缘是吻合的并且振幅分为四部分。这导致在边缘/孔穴结合处产生了强烈的衍射。

如前所述，我们将在改变低音扬声器布局之前保存该响应，以便以后再次运行它。



■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。

-- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。

-- 点击 OK(确定), 关闭对话框。



■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。

-- 选择条目#2 并且点击 PASTE(粘贴)。

-- 编辑/用文本"Center"来添加名称。

-- 将曲线#2 的颜色改变为绿色

-- 点击 OK(确定), 关闭对话框。



现在我们将低音扬声器移动到底部中心位置。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



我们需要在低音扬声器和箱体上执行两个编辑操作。首先我们将选中该低音扬声器并将其向下移动到箱体的底部。接下来我们选中箱体向上移动到与基本目标点同轴的位置。

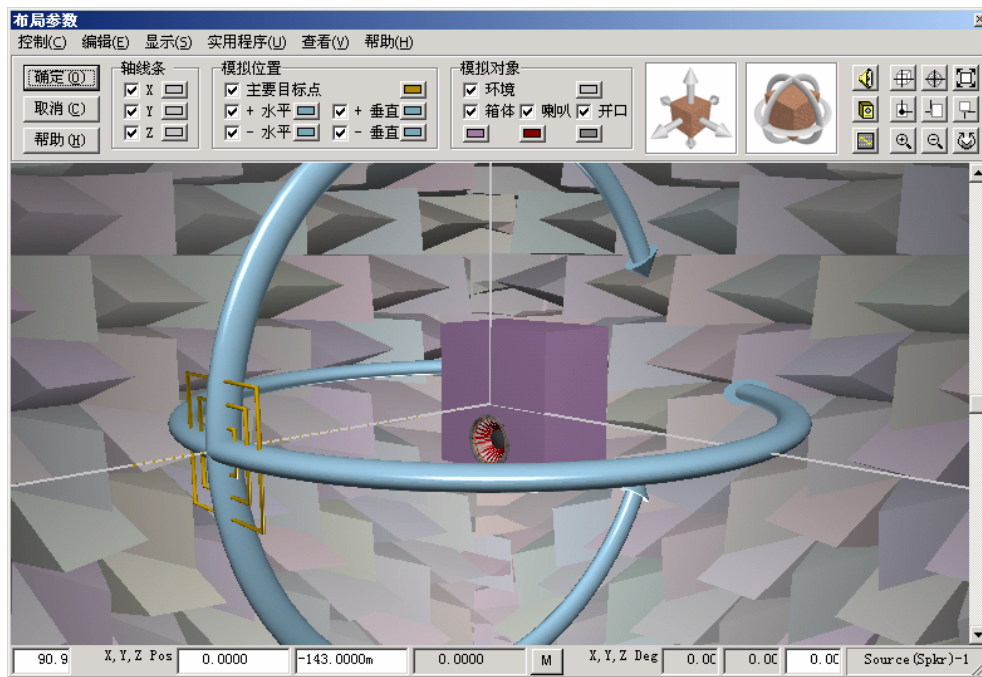
我们必须保持该低音扬声器与基本目标点同轴以便维持相同的高频响应。这两种操作的结果显示在随后的页面中。

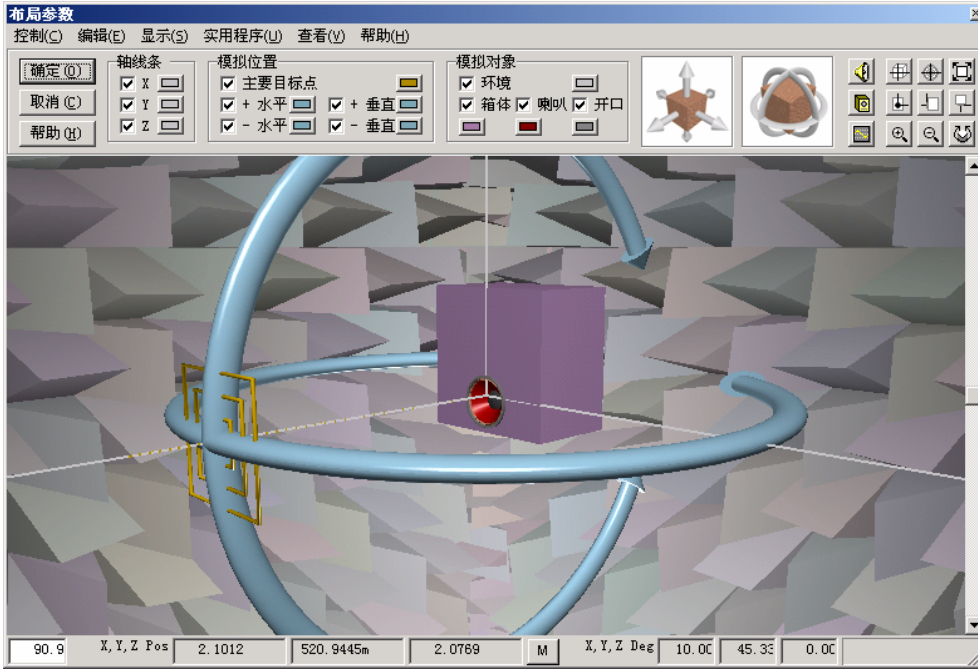
- 选中 **Woofers**(低音扬声器)。
- 使用 **Position Cube** 来向下移动 **Woofers** 到底部。
- 选中 **Enclosure**(箱体)
- 使用 **Position Cube** 来向上移动箱体，调整 **Woofers** 与目标点同轴。

当你完成这些改动，关闭对话框。

- 点击 **OK**(确定)，关闭对话框。

■ 选择 **Edit | Calculate** (计算) 菜单项 (F9)。



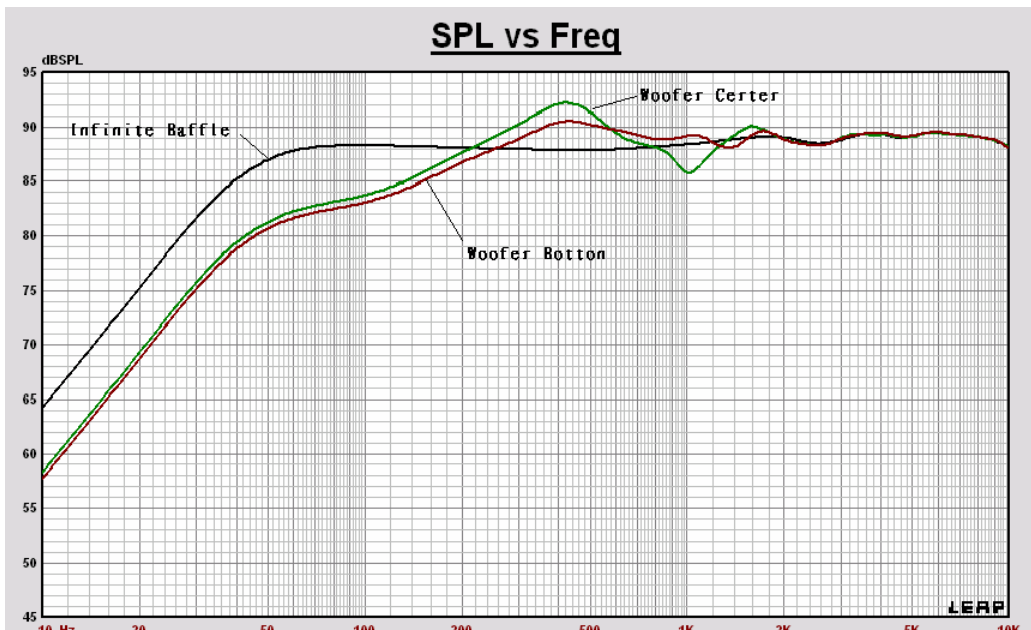


当该分析完成时，你将在 SPL 曲线图上看到如下所示的三条曲线。先前的 Infinite Baffle(无限障板)响应用黑色显示，低音扬声器在中央位置时的响应用绿色显示，低音扬声器在底部位置时的响应用红色显示。

移动喇叭远离障板的固定中心并且接近底部，使中间带的涟波减少为不到先前数量的一半。尽管该低音扬声器在水平上仍然居中，但是在垂直方向上已不再居中。这是一个重要地改进。

从低音扬声器带四个边缘的衍射路径不再相等。低音扬声器到顶部与底部的距离相当不同。这造成涟波衍射的频率是交错的，而不是在每一个上的累加。错动这个距离扩大了在较宽频率区域的衍射交叉，同时减少了在波峰和下沉处的振幅。

如前所述，我们将保存该响应到 Guide Curves(指引曲线)库。



■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 选择条目#3 并且点击 PASTE(粘贴)。
- 编辑/用文本”Bottom”来添加名称。
- 将曲线#3 的颜色改变为紫色。
- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

现在我们将移动低音扬声器到角落处。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



我们再次需要在低音扬声器和箱体上执行两个编辑操作。首先我们选中低音扬声器并且向左移动到左边的角落。接下来我们将箱体移动到右边角落并且与基本目标点同轴。

我们必须保持该低音扬声器与基本目标点同轴以便维持相同的高频响应。这两种操作的结果显示在随后的页面中。

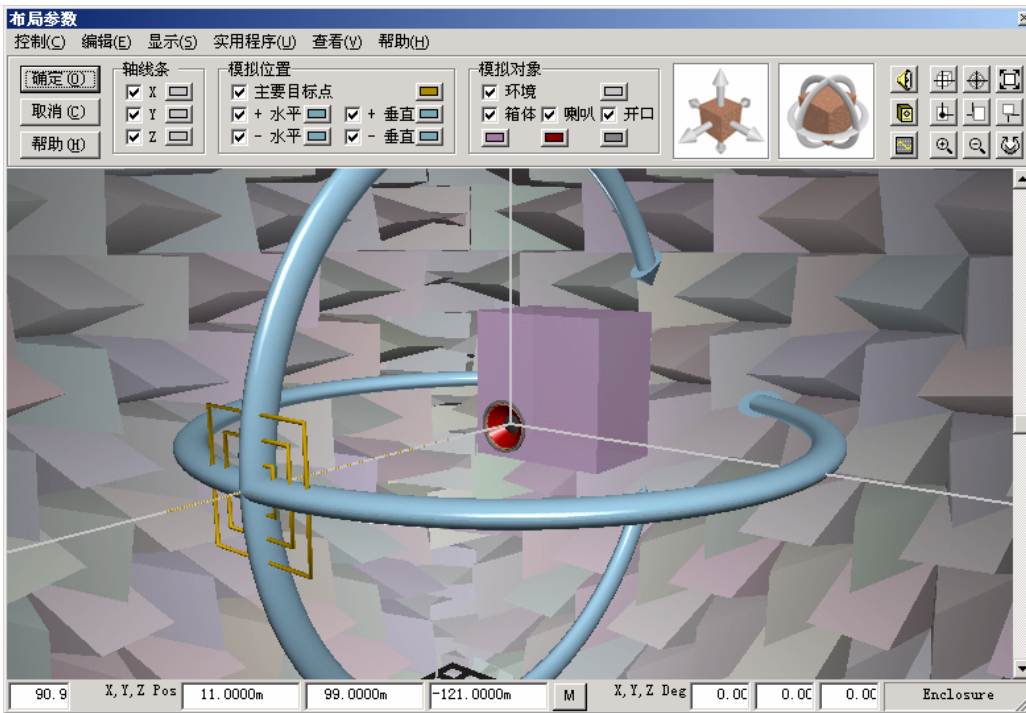
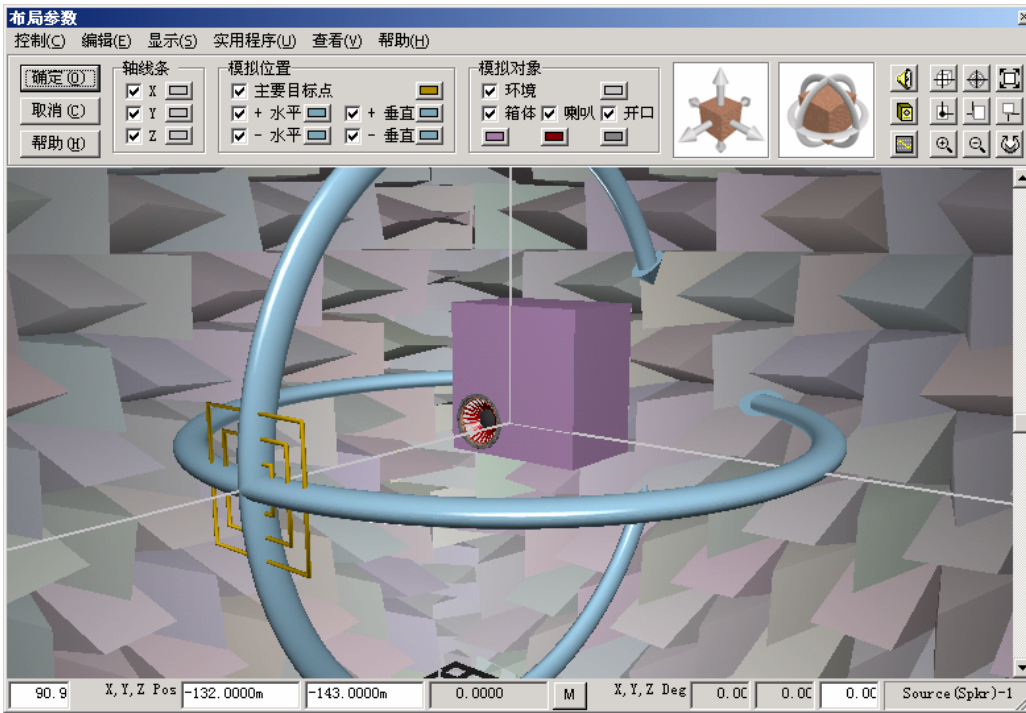
- 选中 **Woofers**(低音扬声器)
- 使用 **Position Cube** 将 **Woofers** 向左边角落移动。
- 选中 **Enclosure**(箱体)
- 使用 **Position Cube** 将 **Woofers** 向右边角落移动并调整 **Woofers** 与目标点同轴。

当你已经完成这些改动，关闭对话框。

- 点击 **OK**,关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项 (F9)。

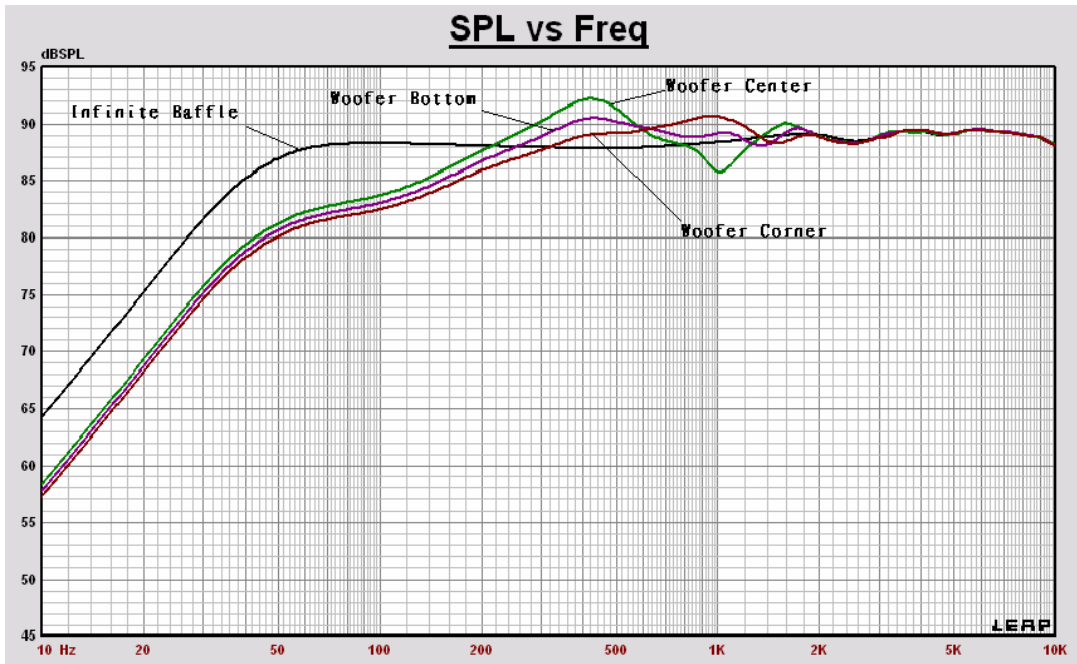




当该分析完成时，你应该在 SPL 曲线图上看到如下所示的四条曲线。现在新的红色的曲线显示了低音扬声器位于障板角落时的响应。

移动低音扬声器到角落继续降低了在 450Hz 处的峰值，实际上也将 1kHz 处的下沉改变为一个波峰。这是另外一个从低音扬声器到箱体边缘使衍射路径交错的不同的结合点。

对于最终的布局，我们再次将低音扬声器稍微抬高一点，使得低音扬声器到四个边缘的距离是独特的。如前所述，我们保存该曲线。



■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 选择条目#4 并且点击 PASTE(粘贴)。
- 编辑/用文本"Corner"来添加名称。
- 将曲线#4 的颜色改变为褐色/金黄色。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

我们现在将低音扬声器移动到偏移位置。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



我们需要再次在低音扬声器和箱体上执行两个编辑操作。首先我们选中低音扬声器，稍微抬高一点接近一半处来避免位于箱体中心处。接下来我们选中箱体并且向下移动使低音扬声器与基本目标点在同轴上。

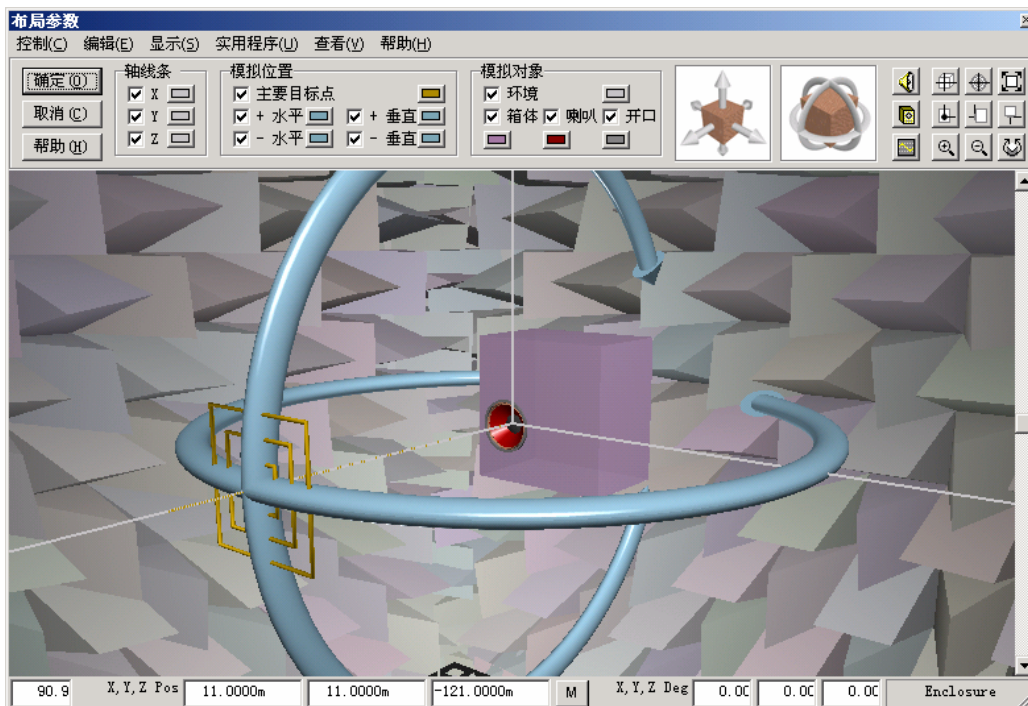
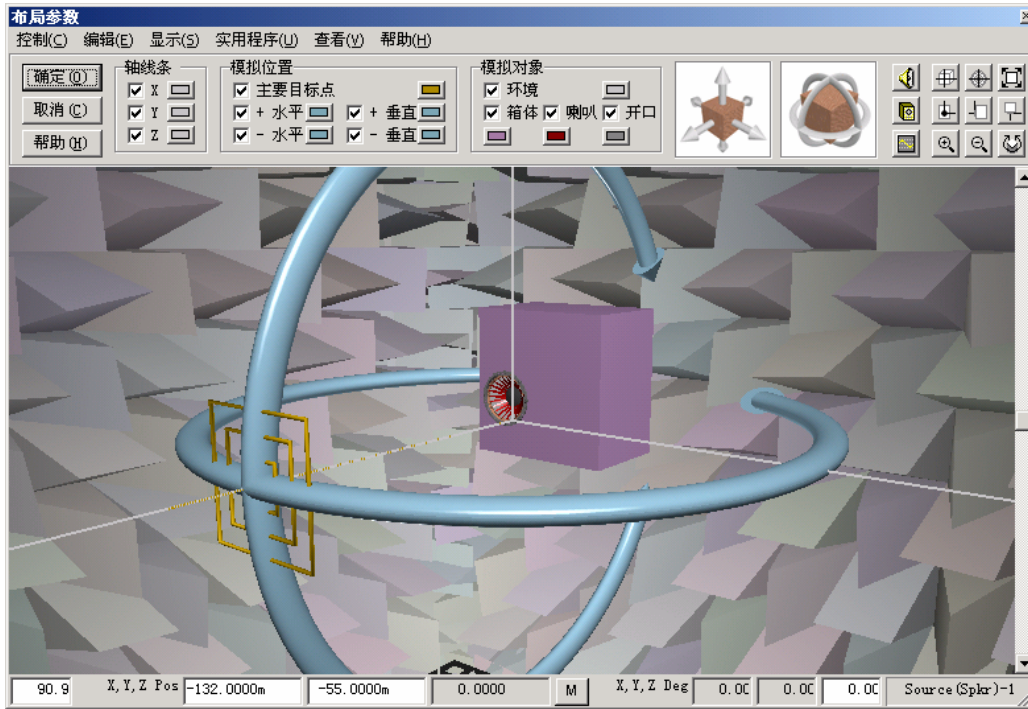
我们必须保持该低音扬声器与基本目标点同轴以便维持相同的高频响应。这两种操作的结果显示在随后的页面中。

- 选中 Woofer(低音扬声器)
- 使用 Position Cube 向上移动 Woofer 但不是在中央。
- 选中 Enclosure(箱体)
- 使用 Position Cube 向上移动 Woofer 但不是在中央。

当你已经完成这些改动，关闭对话框。

-- 点击 OK (确定), 关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项 (F9)。



当该分析完成时，你应该在 SPL 曲线图上看到如下所示的五条曲线。新的红色的曲线再次显示了目前低音扬声器到所有障板边缘不同数量完全偏移的响应。

响应现在在大约 1600Hz 处出现了新的小的下沉，但是整体上仍然显示了最好的折衷。衍射产生涟波，并且在障板周围产生推力，仅推动这些涟波到不同的位置。衍射并没有被消除，仅仅是混杂了。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



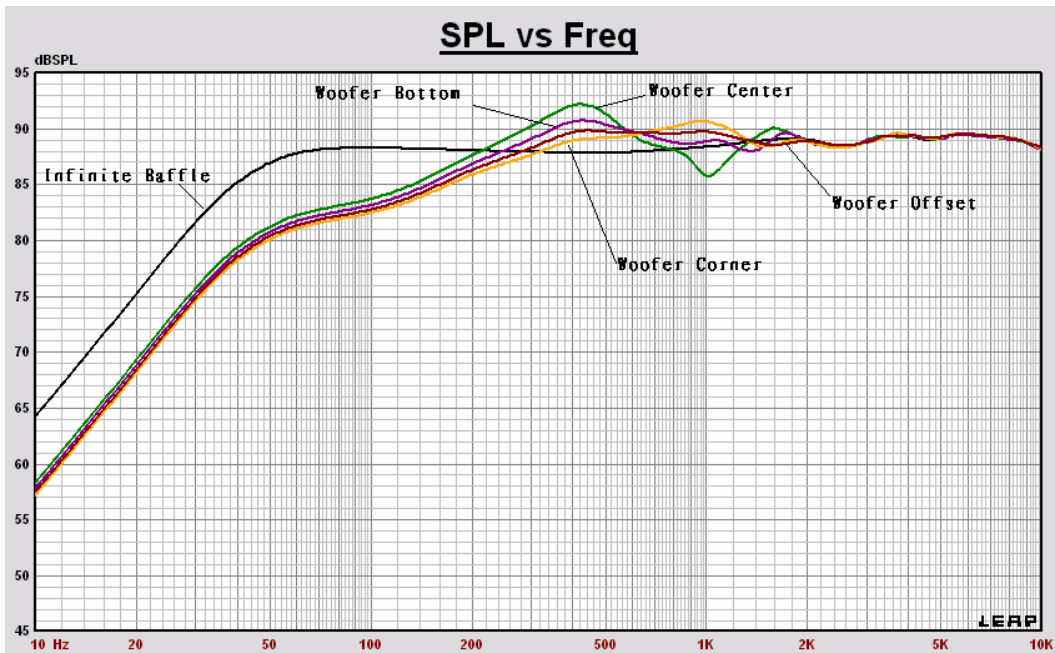
- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 选择条目#5 并且点击 PASTE(粘贴)。
- 编辑/用文本"Offset"来添加名称。
- 将曲线#5 的颜色改变为粉红色。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

■ 选择 File | Save(保存)菜单项 (或者使用 CTRL+S)



高频喇叭分析

我们将改变箱体中喇叭，来使用一个 1 英寸（25 毫米）的圆顶高频喇叭。先前箱体位置的相同顺序将被应用。

■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项。



- 点击黄色文件夹喇叭按钮。
- 选择 TUTORIAL 文件。
- 选择 DT25 条目。
- 选择 Infinite Baffle(无限障板)空间范围。
- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 点击 Hide All(全部隐藏)

-- 点击 OK(确定)来关闭对话框。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



我们可以使用工具按钮来复位喇叭和箱体的位置，而是不使用 Position Cube 。

-- 点击默认值：Enclosure Layout(箱体布局)按钮。



-- 点击默认值：Spkr/Port Layout(喇叭/开口/布局)。



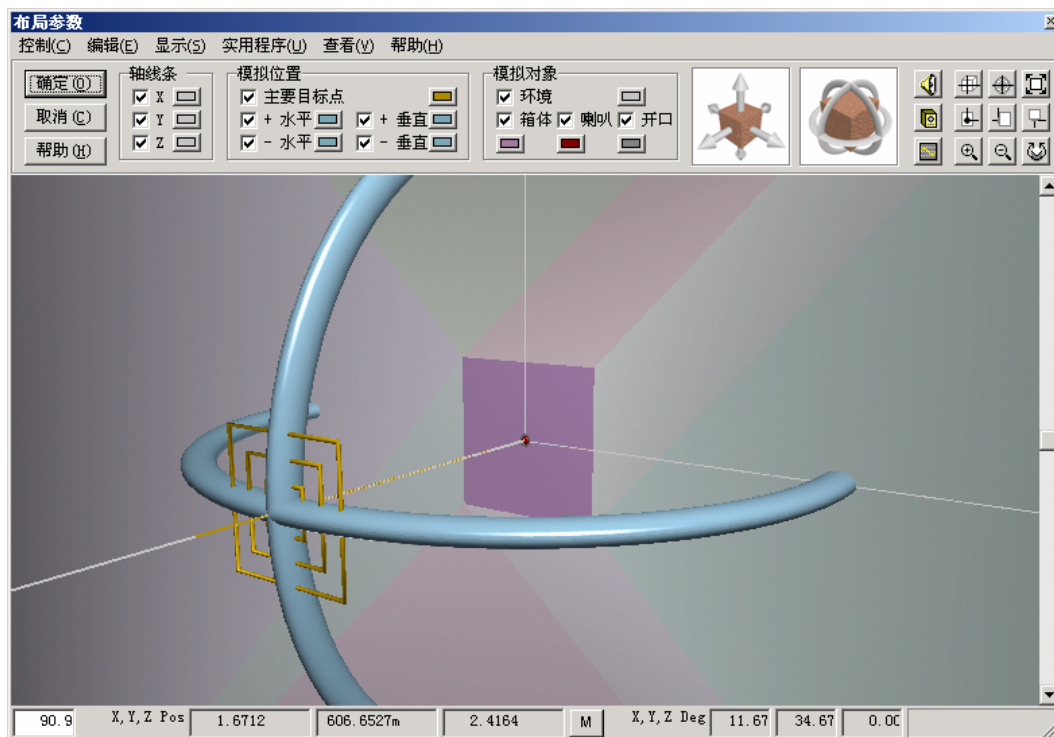
当你完成这些改动，关闭对话框。屏幕显示的将如同随后页面。

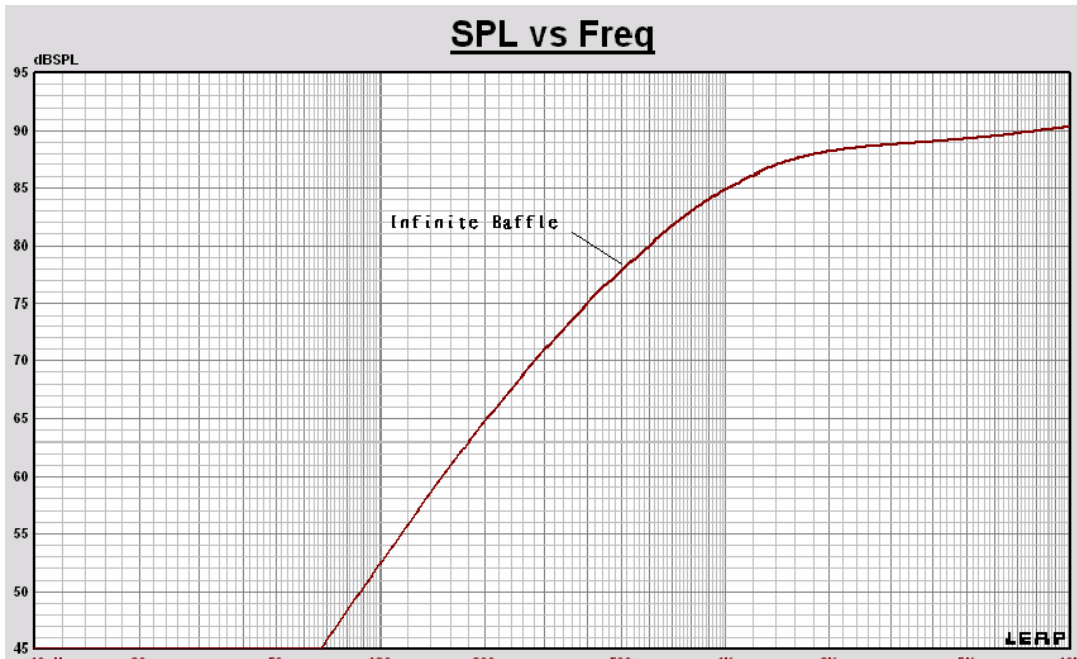
-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项 (F9)。



当分析完成时，高频 Infinite Baffle(无限障板)响应应该看起来下页中的曲线图很相似。随着频率的增加该响应非常的平滑，只伴有轻微地上升。





■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。

- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。



■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



指引曲线库

曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Pos...	Style	Width	Col
1	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Black
2	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Center	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Green
3	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Bottom	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Magenta
4	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Corner	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Cyan
5	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Offset	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Red
6	<input type="checkbox"/>	No	No	No	No	No	0	Solid	20	Black
7	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Black
8	<input type="checkbox"/>	No	No	No	No	No	0	Solid	20	Black
9	<input type="checkbox"/>	No	No	No	No	No	0	Solid	20	Black

- 选择条目#7 并且点击 PASTE(粘贴)。
- 编辑/用文本"InfBaf"来添加名称。
- 将曲线#7 的颜色改变为黑色。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

我们现在将空间范围改为 Full Space(完全空间)。

■ 选择 Edit | Enclosure Parameters(箱体参数)菜单项。



模型:高通密封式箱体

箱壳/箱室

体积 Ft: 2.1777

Box

区域

全空间

体积 M: 0.0000

Infinite

箱室

Vfi: 50.0000 % Dfi: 1.0000 lb/Ft Media: Fiberglass 锁定箱壳

喇叭

DT25, 1 In, Tweeter 数量 净体积 内衬 配线

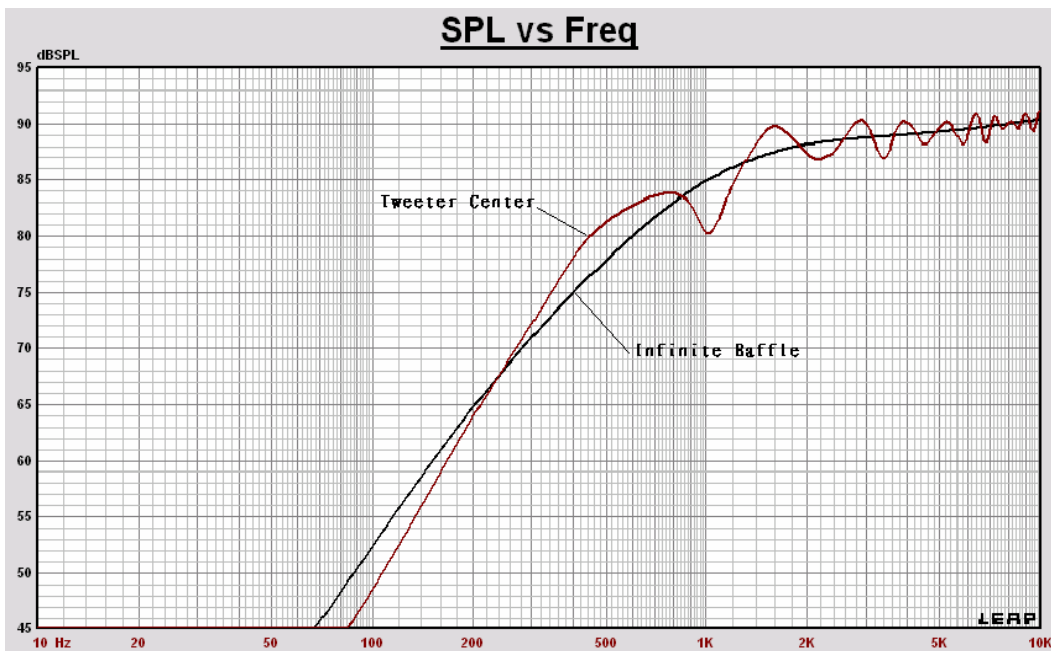
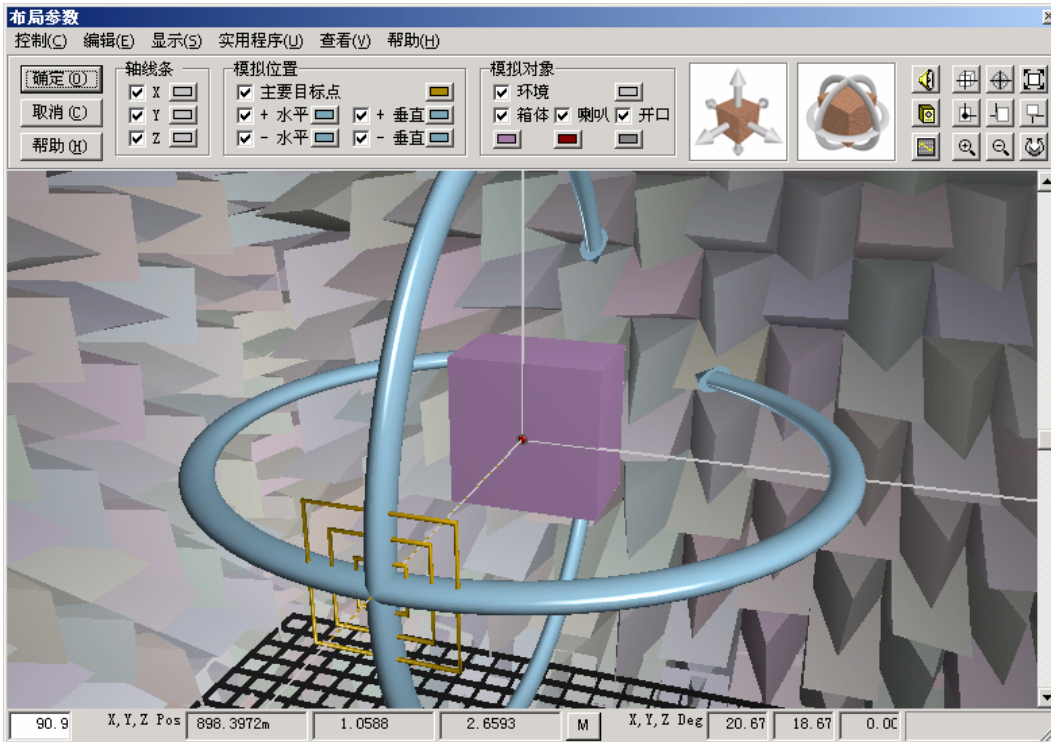
TUTORIAL.LTD 1 平行波 并联电

- 改变空间范围到 Full Space(完全空间)
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

我们必须再次访问 Layout Parameters(布局参数)来获取我们在空间范围的改变。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(箱体参数)菜单项(F5)。

-- 点击 Ok(确定)，关闭对话框。



■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项 (F5)



当该分析完成时，你应该在 SPL 曲线图上看到两条如下所示的曲线。先前的 Infinite Baffle(无限障板)响应是用黑色显示的，而高频喇叭的 Full Space(完全空间)响应是用红色显示的。

现在我们看到涟波衍射就像在低音扬声器那种情况的一样，但是对于高频喇叭现在多少有些不同。450Hz 处的峰值和 1kHz 处的下沉依旧出现。然而，更多涟波延伸到 10kHz。

这背后的原因是轴外辐射的差异。低音扬声器在较高频率处变得具有指向性以及少量的轴外压力。记住所有的衍射能量来自于喇叭的 90 度轴外响应，因为它固定在箱体的表面。在另一面的高频喇叭是一个带有真实轴外辐射来趋向更高频率的更小的源。同样地衍射干涉图延伸至更高频率处。

如前所述，我们将在改变高频扬声器布局之前保存该响应，以便以后再次运行它。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



-- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。

-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



-- 选择条目#8 并且点击 PASTE(粘贴)。

-- 编辑/用文本”Center”来添加名称。

-- 将曲线#8 的颜色改变为绿色。

-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

现在我们将高频喇叭移动到底部中心位置。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



我们需要在高频喇叭和箱体上执行两个编辑操作。首先我们将选中该高音喇叭并将其向下移动到箱体的底部。接下来我们选中箱体向上移动到与基本目标点同轴的位置。

我们必须保持该高频喇叭与基本目标点同轴以便维持相同的高频响应。这两种操作的结果显示在随后的页面中。

-- 选中 Tweeter(高频喇叭)。

-- 使用 Position Cube 来向下移动 Tweeter 到底部。

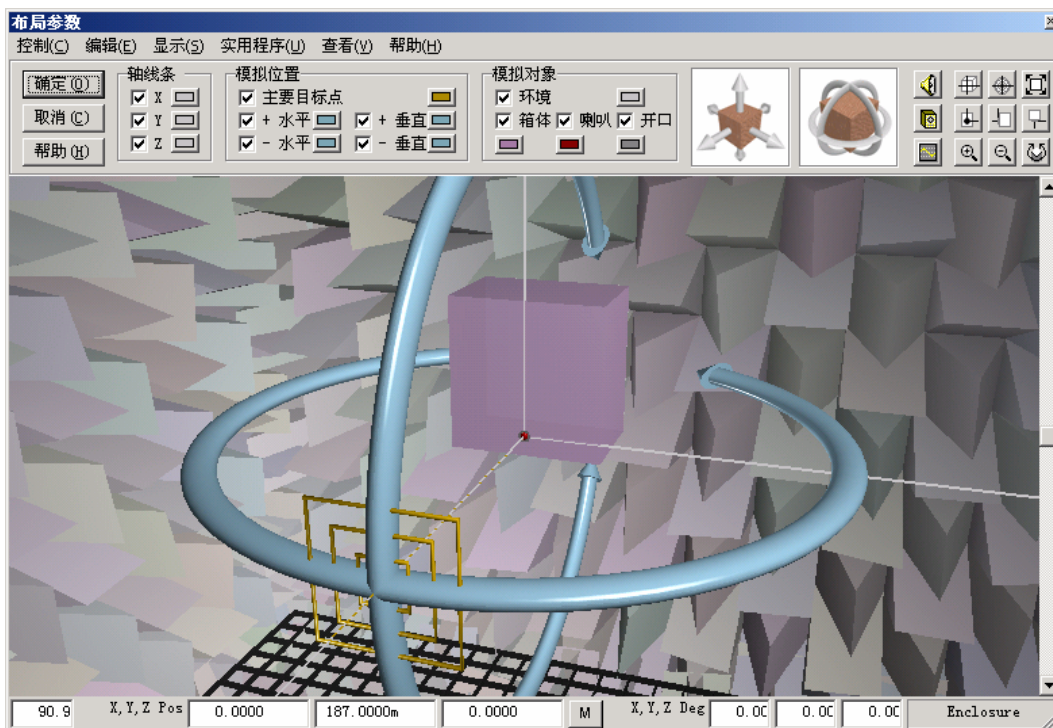
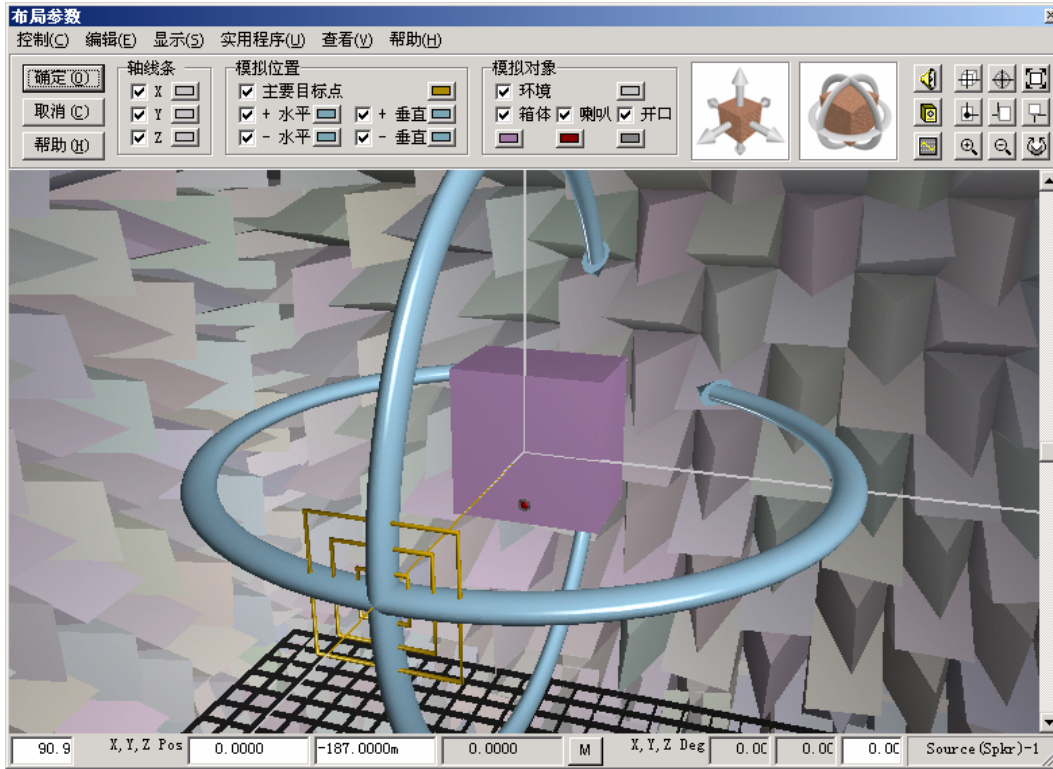
-- 选中 Enclosure(箱体)。

-- 使用 Position Cube 来向上移动箱体，调整 Tweeter 与目标点同轴。

当你完成这些改动，关闭对话框。

-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项 (F9)。

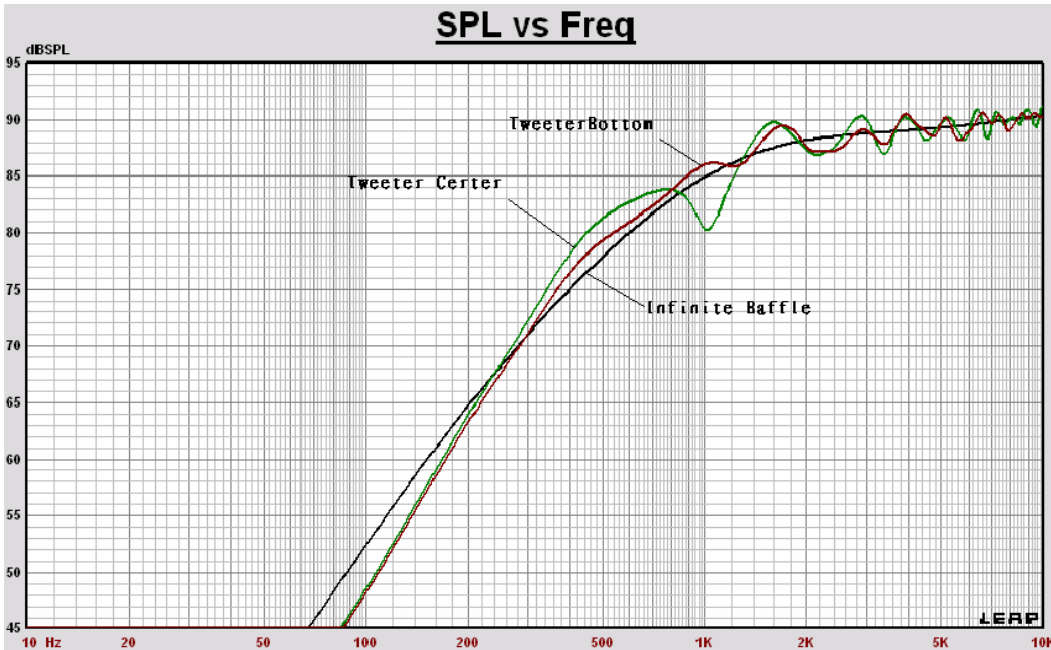


当该分析完成时，你将在 SPL 曲线图上看到如下所示的三条曲线。先前的 Infinite Baffle(无限障板)响应用黑色显示，低音扬声器在中央位置时的响应用绿色显示，低音扬声器在底部位置时的响应用红色显示。

移动喇叭远离障板的固定中心并且接近底部，它降低了在 450Hz 处的峰值同时在 1kHz 处出现了显著的下沉。尽管高频喇叭在水平方向上仍然位于中心，但在垂直方向上已不在中心位置。这是一个重要的改进。

从高频喇叭到四个边缘的衍射路径不再相等。高频喇叭到顶部与底部的距离很不同。然而在高频处依旧存在小的涟波。当某些减少时，其它的保持不变或推向不同频率。

如前所述，我们将保存该响应到 Guide Curves(指引曲线)库。



■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。

-- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。

-- 点击 OK(确定), 关闭对话框。



■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。

-- 选择条目#9 并且点击 PASTE(粘贴)。

-- 编辑/用文本"Bottom"来添加名称。

-- 将曲线#9 的颜色改变为紫色。

-- 点击 OK(确定), 关闭对话框。



曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Po...	Style	Width	Co
1	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Black
2	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Center	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Green
3	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Bottom	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Red
4	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Corner	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Purple
5	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Offset	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Yellow
6	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Black
7	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Black
8	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Center	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Green
9	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Bottom	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Purple
10	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red

我们现在将移动高频喇叭到角落位置。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。

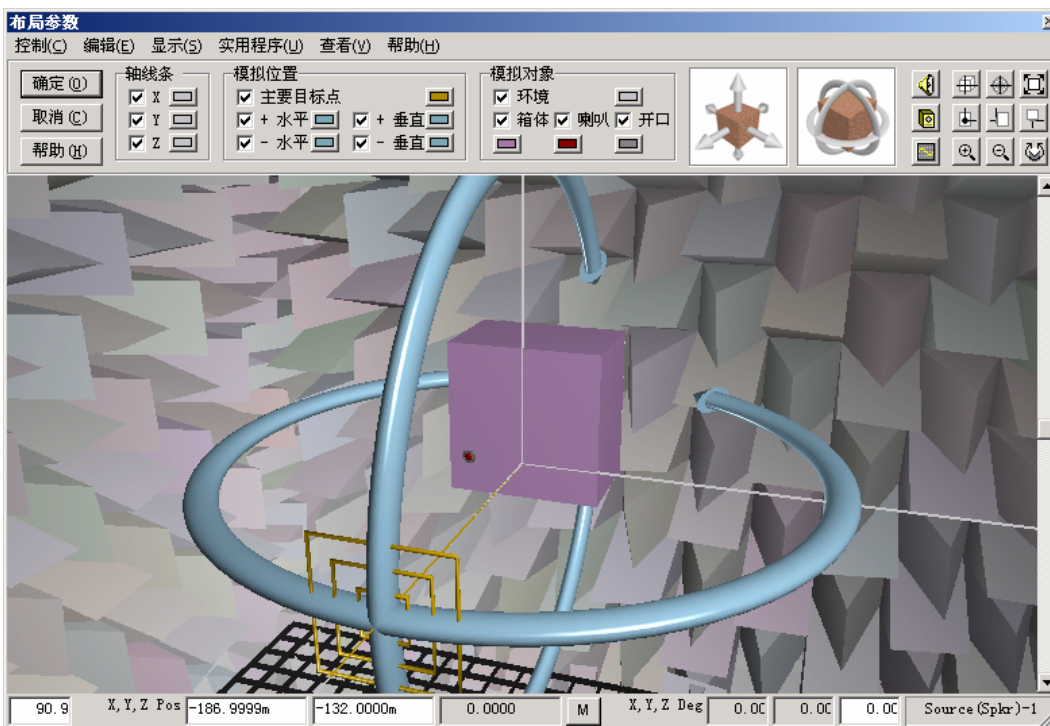


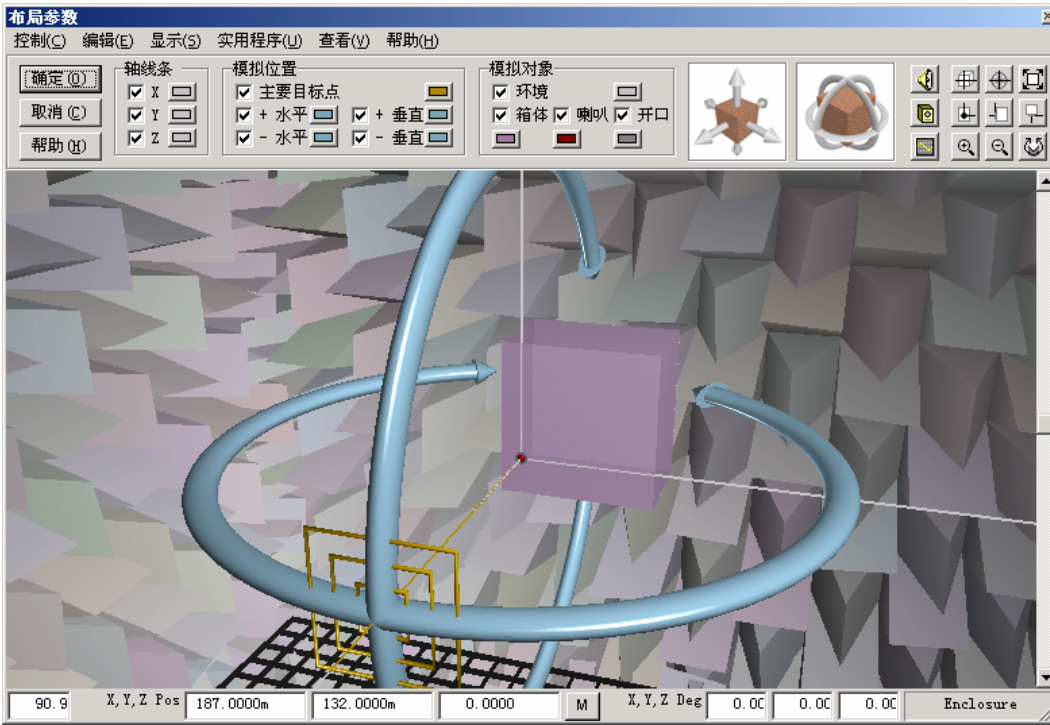
我们再次需要在高频喇叭和箱体上执行两个编辑操作

- 选中 Tweeter(高频喇叭)
- 使用 Position Cube 将 Tweeter 向左边角落移动。
- 选中 Enclosure(箱体)。
- 使用 Position Cube 将 Tweeter 向右移动，并调整 Tweeter 与目标点同轴。

当你已经完成改动时，关闭对话框。

-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。





■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项 (F9)。

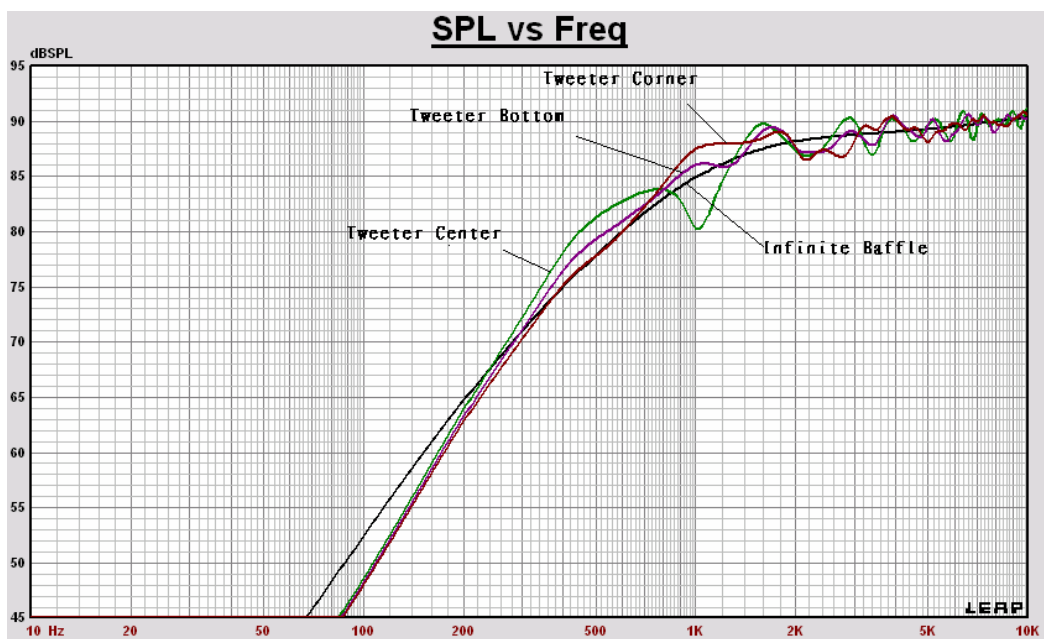


当该分析完成时，你应该在 SPL 曲线图上看到如下所示的四条曲线。现在新的红色的曲线显示了高频喇叭位于障板角落时的响应。

移动高频喇叭到角落继续降低了在 450Hz 处的峰值，实际上也将 1kHz 处的下沉改变为一个波峰。这是另外一个从高频喇叭到箱体边缘使衍射路径交错的不同的结合点。

对于最终的布局，我们再次将高频喇叭稍微抬高一点，使得高频喇叭到四个边缘的距离是唯一的。

如前所述，我们保存该曲线。



■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



- 选择条目#1 并且点击 COPY (复制) 按钮。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 选择条目#10 并且点击 PASTE(粘贴)。
- 编辑/用文本”Corner”来添加名称。
- 将曲线#10 的颜色改变为褐色/金黄色。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

我们现在将高频喇叭移动到偏移位置。

■ 选择 Edit | Layout Parameters(布局参数)菜单项 (F5)。



我们需要再次在高频和箱体上执行两个编辑操作。首先我们选中高频喇叭，稍微抬高一点接近一半处来避免位于箱体中心处。接下来我们选中箱体并且向下移动使高频喇叭与基本目标点在同轴上。

我们必须保持该高频喇叭与基本目标点同轴以便维持相同的高频响应。这两种操作的结果显示在随后的页面中。

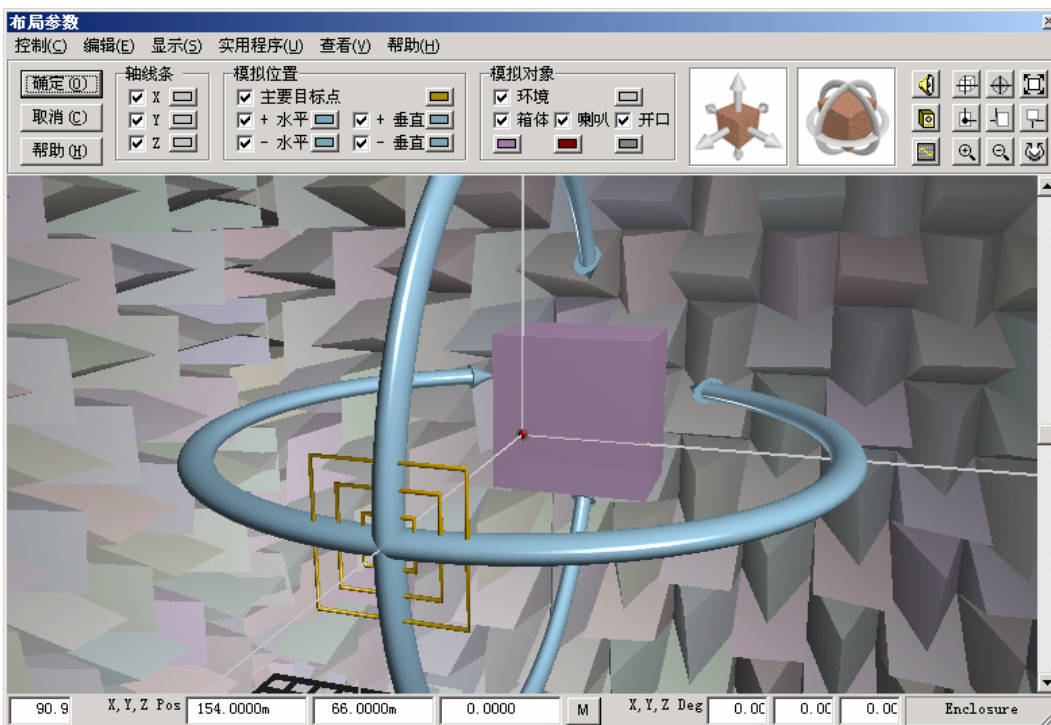
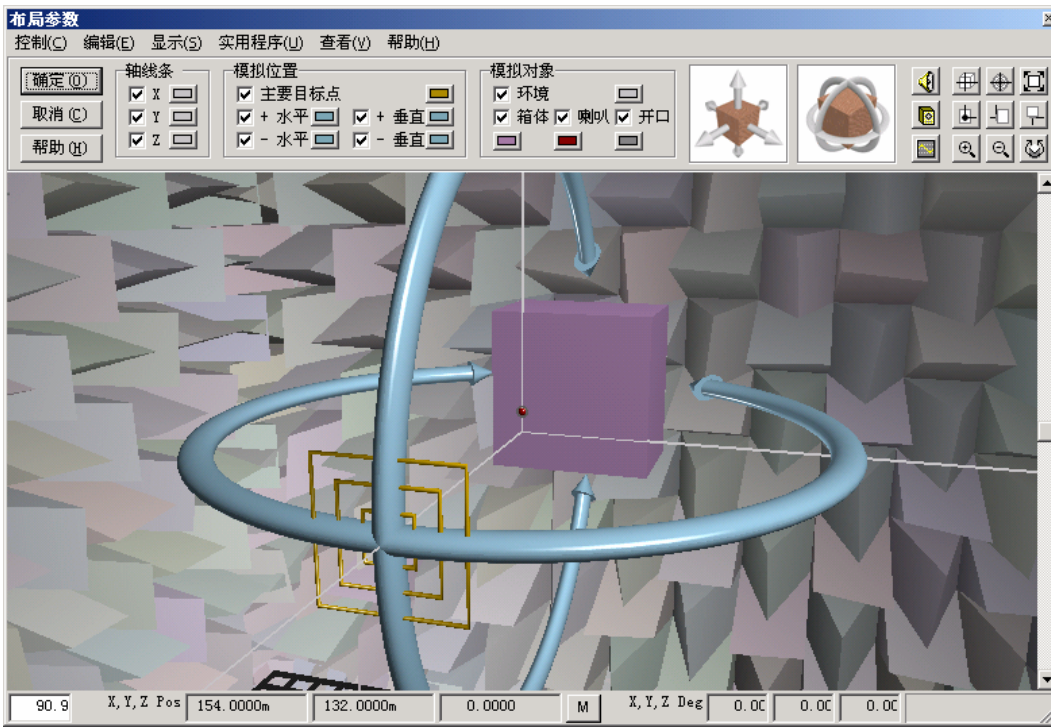
- 选中 Tweeter (高频喇叭)。
- 使用 Position Cube 向上移动高频喇叭但不是在中心。
- 选中 Enclosure(箱体)
- 使用 Position Cube 向下移动箱体使高频喇叭与目标点同轴。

当你已经完成这些改动，关闭对话框。

- 点击 OK (确定),关闭对话框。

■ 选择 Edit | Calculate (计算) 菜单项。





当该分析完成时，你应该在 SPL 曲线图上看到如下所示的五条曲线。新的红色的曲线显示了目前高频喇叭到所有障板边缘不同数量完全偏移的响应。

该响应看起来显示了涟波分布的最佳交错。它多少显得更难于高频喇叭通过交错不同的衍射路径来全部取消在较高频率处的所有涟波。因为这些涟波很小，它们趋向于出现在各个独立的频率而不是互相抵消。

■ 选择 Graph | System Curves(系统曲线)菜单项 (F4)。



-- 选择条目#11 并且点击 COPY (复制) 按钮。

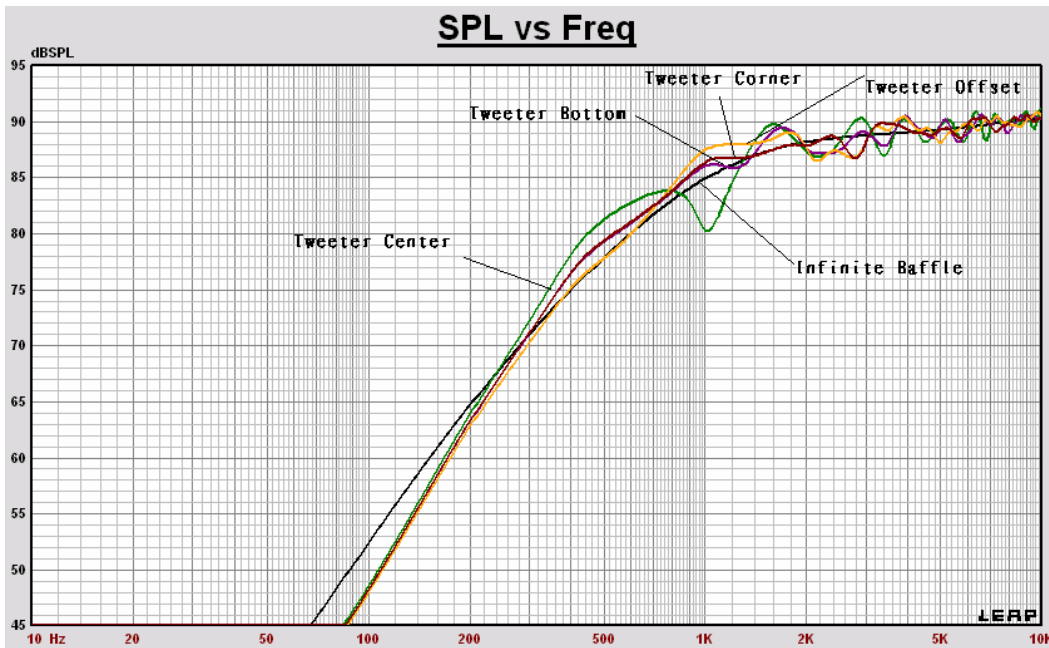
-- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 选择条目#11 并且点击 PASTE(粘贴)。
- 编辑/用文本”Offset”来添加名称。
- 将曲线#11 的颜色改变为粉红色。
- 点击 OK(确定)，关闭对话框。

■ 选择 File | Save(保存)菜单项 (或者使用 CTRL+S)

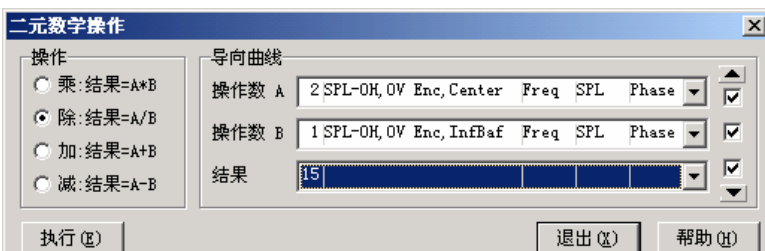


为了检验衍射模拟的精确度，构造一个具有同样尺寸大小的箱体同时在障板中央安放有 8 英寸低音扬声器。该箱体在一个极点（完全空间）以及障板上测量。时间不允许对于不同箱体位置或高频喇叭测试的复杂障板的结构。然而，该程序概括地论述了该方法。

当比较衍射模拟和测量值时，喇叭真实的响应必须被清除。喇叭模拟响应将不包含在实际喇叭中出现的自然的中/高峰值和下沉。为了分离衍射效应，完全空间衍射响应被无限障板响应除。这排除了例如喇叭和功率水平的常见因素，使变化仅仅是由于空间范围改变引起的。

我们从准备模拟曲线开始。

■ 选择 Processing | Binary Math Operation(二元数学运算)菜单项 (F4)。



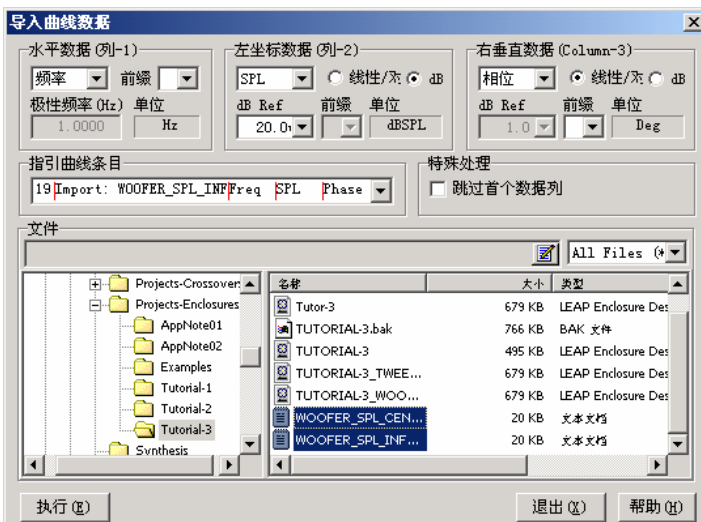
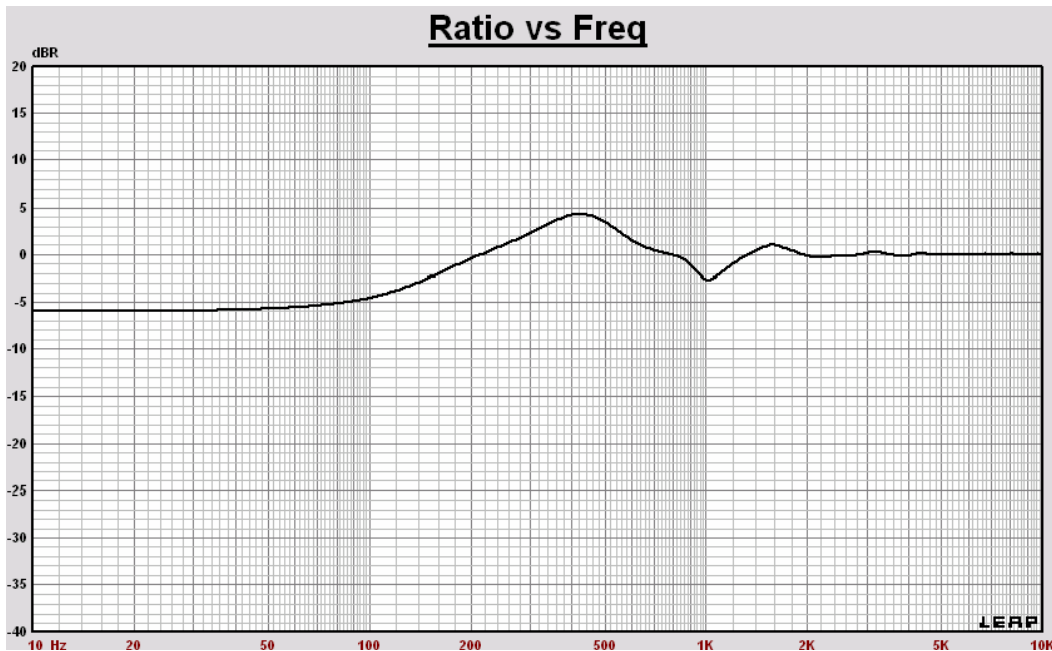
- 选择 DIV (除) 运算。
- 在操作数[A]选择曲线#2。
- 在操作数[B]选择曲线#1。
- 在 [Result] (结果) 里选择曲线#15。
- 点击 Execute(执行)。
- 点击 Exit(退出)，关闭对话框。

我们现在得到了一条比率曲线，它是一个转换函数，描述了低音扬声器在中央位置时与无限障板响应的衍射。

■ 点击 **Ratio Graph(比率曲线)**选择按钮。

比率

你的屏幕应该看起来与下页中的图形很相似。这里我们可以分开很清楚地观察衍射效应。在低频处，存在 6dB 的下降，在 450Hz 处有接近 5dB 的峰值，以及 1kHz 处 3dB 的下沉。我们在先前的低音/中央声学响应中观察到这些，但是在这里我们可以看到它们以一个纯粹的转换函数显示。



无限障板和完全空间的测量值在 Tutorial-3 文件夹中是可用的，现在我们可以导入来进行比较。

■ 选择 **Utilities | Import Curves Data(导入曲线数据)**菜单项。

- 在 **Left Vertical data** 里设置 **SPL** 和 **dB**.
- 选中曲线条目**#18**.
- 定位 **Tutorial-3** 文件夹。
- 选中两个 **SPL** 文件。
- 点击 **Execute(执行)**按钮。
- 点击 **Exit(退出)**按钮。

我们将关掉在系统曲线库和指引曲线库中的高频喇叭曲线，同时返回到在指引曲线库中的等效的低音喇叭曲线图上。

■ 选择 **Graph | System Curves(系统曲线)**菜单项 (**F4**)。

- 点击 **Hide All(全部隐藏)**按钮。
- 点击 **OK(确定)**，关闭对话框。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。



- 点击 Hide All(全部隐藏)按钮。
- 选中#1,#2,#18,#19 [G]列里的方格。
- 将曲线#18 的颜色改变为红色。
- 将曲线#19 的颜色改变为蓝色。
- 点击 OK(确定), 关闭对话框。

指引曲线库

全部显示 全部隐藏

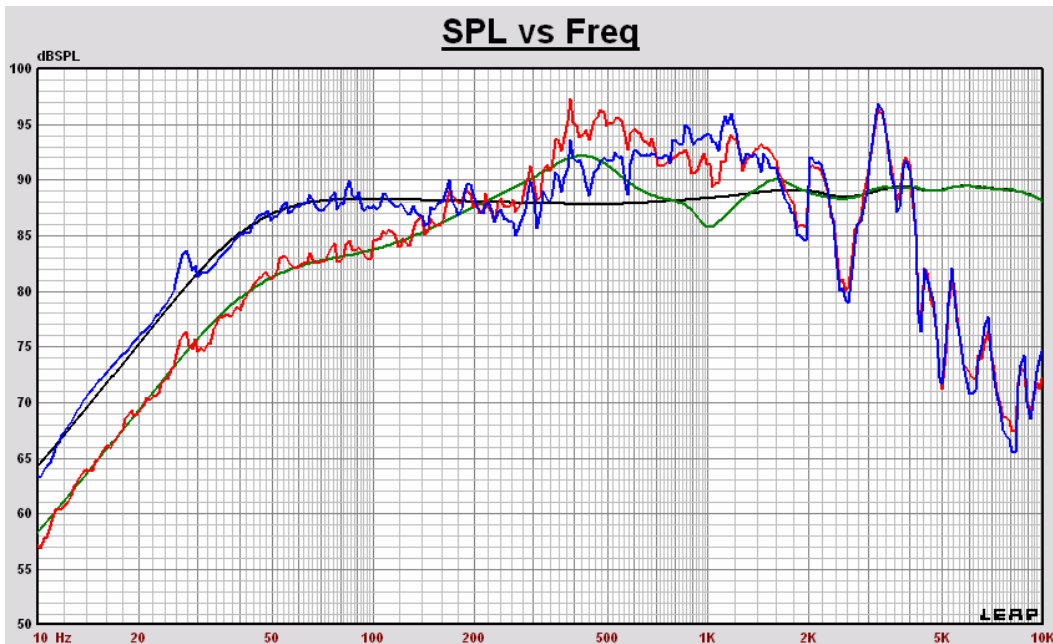
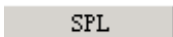
剪切 复制 粘贴 删除

相同线条类型 左(量级) 右坐标浅色 右(相位)

曲线	G	Name	Info	Horz Data Range	Left Vert	Right ...	Po...	Style	Width	Col
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Black
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Center	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Green
3	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Bottom	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Purple
4	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Corner	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Yellow
5	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Offset	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Magenta
6	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red
7	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, InfBaf	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Black
8	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Center	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Green
9	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Bottom	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Purple
10	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Corner	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Yellow
11	<input type="checkbox"/>	SPL-OH, OV Enc, Offset	No	10.0...10.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Magenta
12	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red
13	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red
14	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red
15	<input type="checkbox"/>	Result=[G02]/[G01]	No	10.0...10.0KHz	Ratio	Phase	400	Solid	20	Red
16	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red
17	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red
18	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: WOOFER_SPL_CENTER.T	Yes	10.0...40.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Red
19	<input checked="" type="checkbox"/>	Import: WOOFER_SPL_INFBAF.T	Yes	10.0...40.0KHz	SPL	Phase	400	Solid	20	Blue
20	<input type="checkbox"/>		No				0	Solid	20	Red

确定(O) 取消(C) 帮助(H)

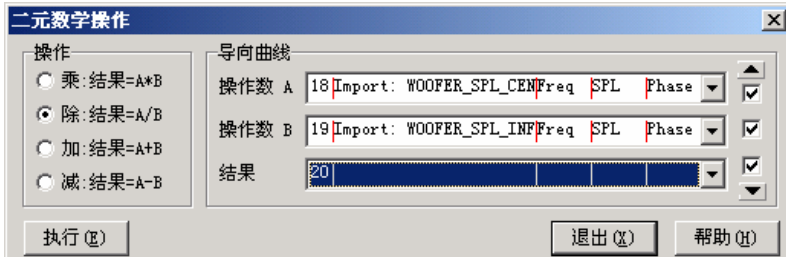
■ 点击 SPL 曲线图选择按钮。



你的屏幕现在应该看起来与上面显示的曲线图很相似。显示有四条曲线：一对模拟曲线，一对测量曲线。在高频处它们是相似的，这是完全不同的。低音扬声器没有安放到测试所用的实际喇叭中去。

我们现在可以将两条测量曲线相除为模拟数据产生等效的衍射转换函数。

■ 选择 Processing | Binary Math Operation(二元数学运算)菜单项 (F4)。



- 选择 DIV (除) 运算。
- 在操作数[A]选择曲线#18。
- 在操作数[B]选择曲线#19。
- 在 [Result] (结果) 里选择曲线 #20。
- 点击 Execute(执行)。

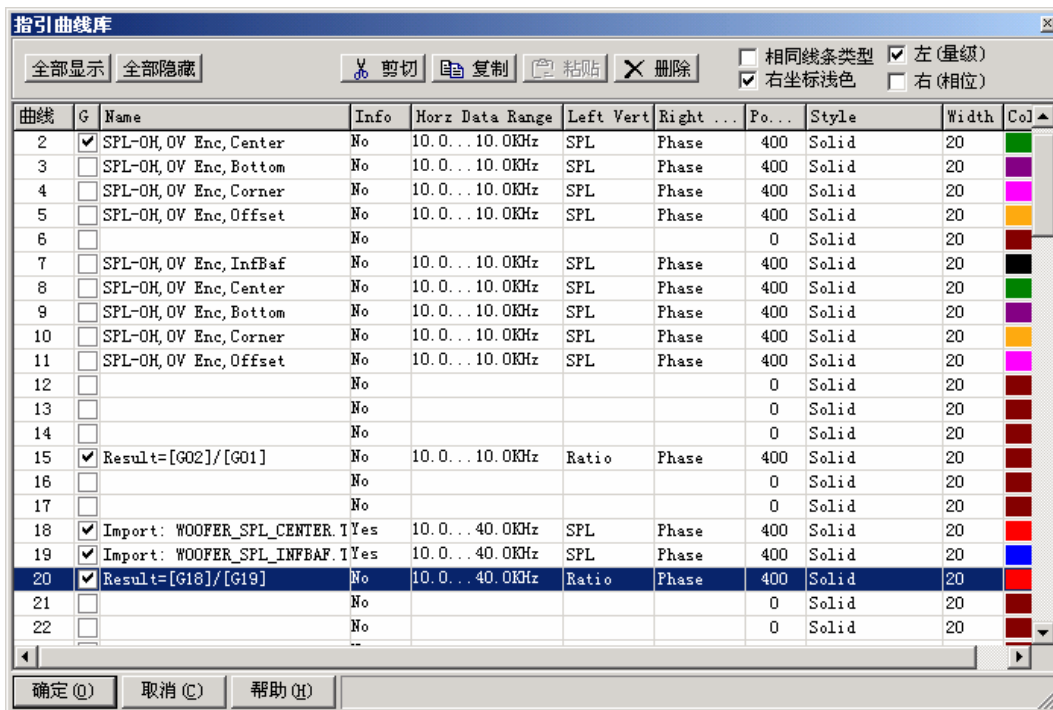
-- 点击 Exit(退出), 关闭对话框。

我们现在得到来自于测量值的转换函数比率曲线。我们现在为该曲线设置一种颜色同时也起用先前的比率曲线。

■ 选择 Graph | Guide Curves(指引曲线)菜单项 (F6)。

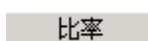


- 选中曲线#15,#20[G]列里的方格。
- 将曲线#20 的颜色改变为红色。
- 点击 OK(确定)关闭对话框。



我们现在返回到 Ratio graph(比率曲线图)来比较结果。

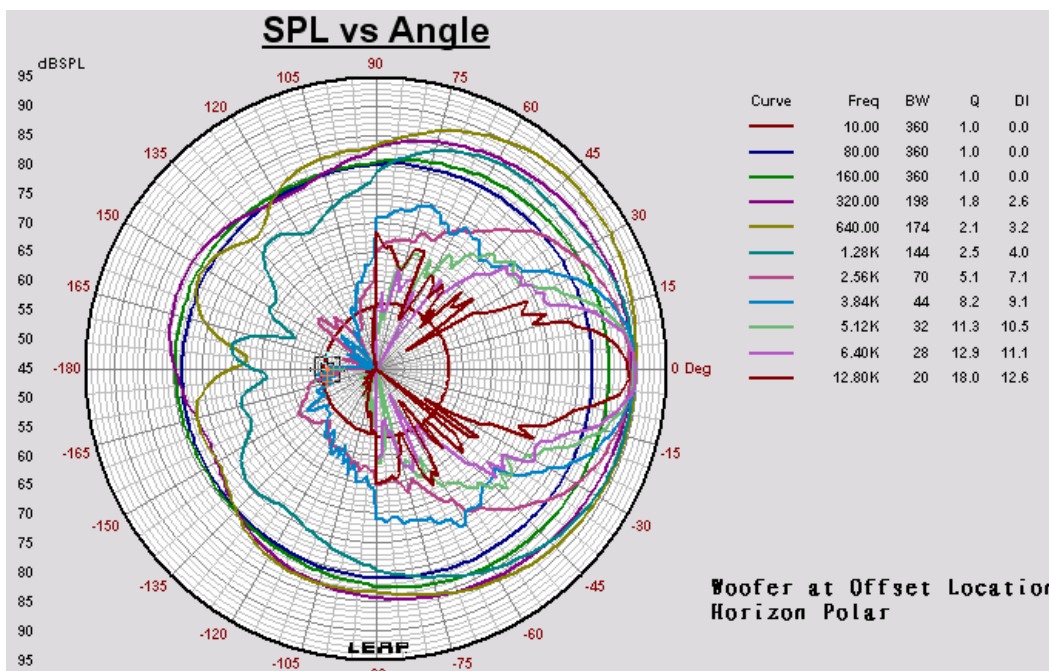
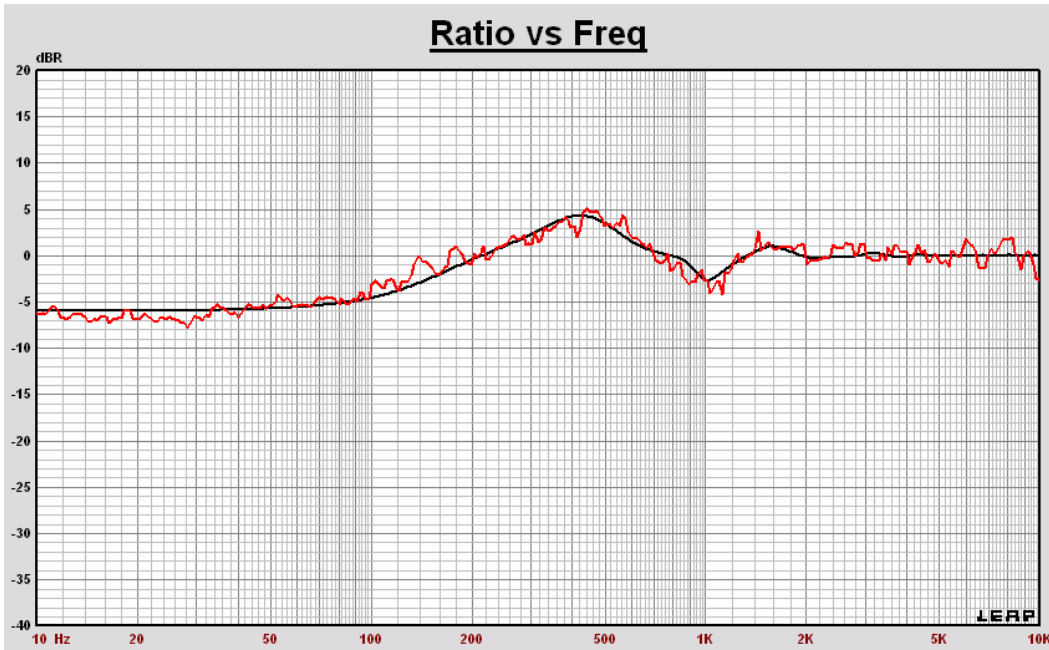
■ 点击 Ratio graph(比率曲线图)选择按钮。

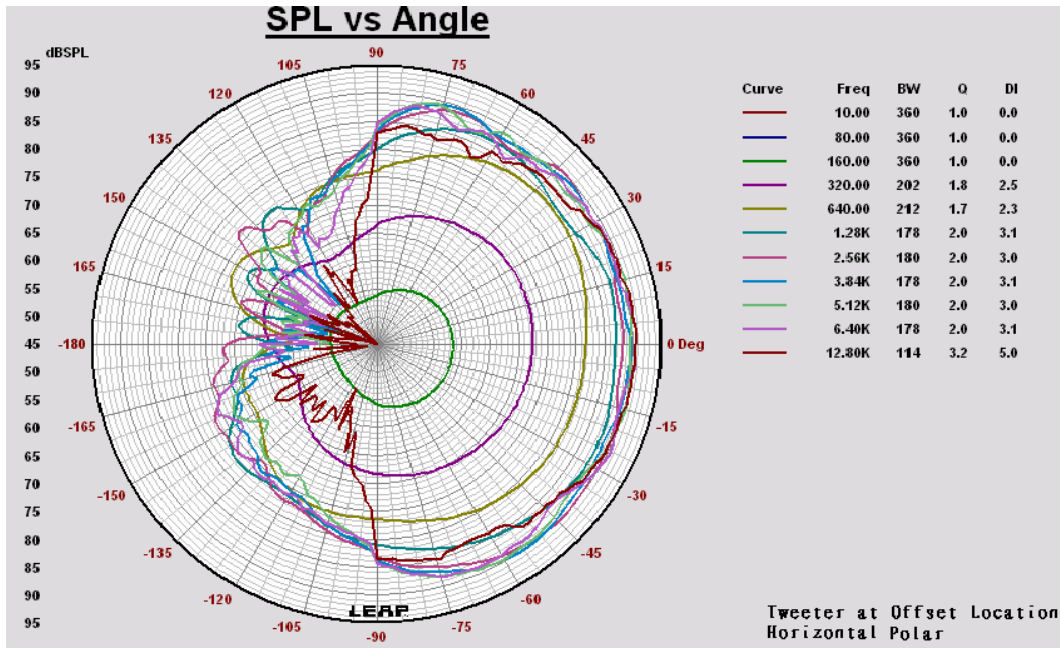


你的屏幕现在应该看起来与下面的曲线图相似。该衍射模拟与测量值具有很好的一致性。这些结果是由EnclosureShop提供的衍射模拟的典型。

衍射分析的精确度受到少量的基本假定限制；例如硬表面的完美反射，基本解析度的大小，以及取样频率。数值解析可以实现任意的实际的精度需求，同时无限范围之内的分辨率/阶/取样将产生精确的衍射分析。

衍射机器计算箱体周围360度整个辐射场，如下页的两个极坐标曲线图所示。完全域的生成通过更进一步的衍射分析的韧度测试。良好的收敛性被显示，由于在箱体周围的低频极坐标响应曲线中缺乏阶/偏移。这表明包含了几乎所有的传播和绕射能量。箱体背后区域和侧面完全从绕射辐射产生。





概要：

我们已经示范了与使用 EnclosureShop 进行衍射分析相关的主要性能。许多不同类型的衍射可以用于多种箱体形状和喇叭/开口位置的分析。然而，衍射分析在对于计算机密集度高的，并且在硬件性能上有很高的要求。

在该例中显示了改变喇叭位置，而保持箱体形状的影响。我们也可以很容易地改变箱体的形状，比方说使用斜面砖或者一个非长方形的障板。无数的可能性可以被探索。

通过这里提供的分析可以清楚地认识到应该避免将喇叭安放到与箱体边缘等距的地方。如果我们希望最小化喇叭的涟波振幅，应将喇叭安放在与任意可能的与所有边缘距离都不相等的地方。

注释：完整的设计指南在文件 **Tutorial-3.led** 中给出。

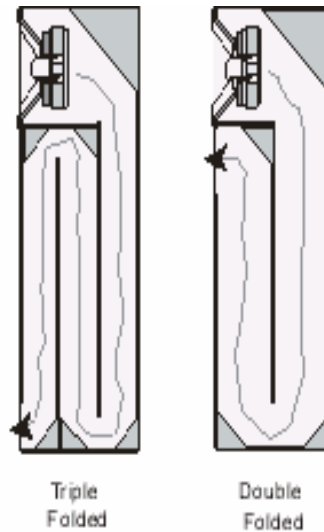
传输线路缠绕

■ 重点：

高通开口式模型
开口面积&长度影响
开口驻波
开口损耗&阻尼
介质特性
模型比较

■ 设计目标

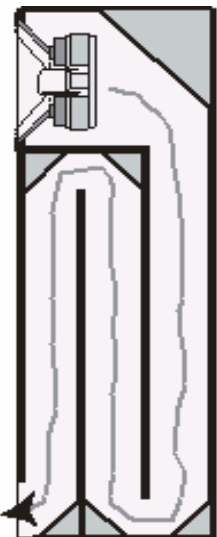
设计一条传输线缠绕方式。
使用一个 8 英寸（200 毫米）的低音喇叭。
使低频响应最大化。
使开口涟波反射最小化。
与其它模型响应进行比较。



习语传输线路缠绕是一个通用的术语，用来描述高通开口式箱体种类的一个专门的变量。实际上该名称并不是非常具有描述性地或唯一的，因为任意箱体中的任何开口的特性，并且都可以被看作是一条短的传输线路。然而，在该类箱体中，开口如此长以致于传输线影响变为一个显著的因素，它不能被忽略或者作为集总参数方法论。有些这些特性可以看作是可取的或不可取的。

这类箱体大多可以被划分为两个基本的特征：一个小的箱室和一个很长的开口。由于开口较长，在开口内的驻波变得频率很低。这些驻波（反射波或管道方式）非常强壮并且在箱体响应中产生了畸变。将开口响应降低到最小程度最典型地是向里面填充玻璃纤维和聚脂之类的东西，他们可以缓冲反射。

然而，由棉絮产生的损耗同样降低了开口在很低频率下的有效性。因此 TL 设计通常归结成在增加损耗与降低反射之间的一个错综复杂的平衡，同时还要完成一个适当的低频响应。所使用介质的不同和如何去应用它们对最终的响应起了关键的作用。



■ TL Parameters & Construction (TL 参数&结构)

理论上 TL 型箱体有一个直接耦合到喇叭后面的背后开口，大致样式象一个平面管道波。在这种情况下没有实际的箱室体积 V_{ab} 。如同我们所看到的，该参数仅被分配一个剩余数值，它对响应的影响可以忽略。因此 V_{ab} 参数在 TL 设计中是不关键或不感兴趣的。典型调谐相关的箱室/开口的共振频率 F_p 也是不相关和不重要的。

开口本身是设计的主要焦点。开口可能被设置为固定面积或者逐渐减少。后者变为一个喇叭状辐射体/波导管。TL 设计被做成从喇叭到开口是张开或缩小的。然而在该实例中，我们仅考虑面积固定类型。

因此开口的两个基本参数是面积 S_p 和长度 L_p 。由于填充介质扮演了一个重要的角色，所以介质类型，填充体积和平均密度也变为重要的参数。

定量地来指定材料的填充是困难的。用同样精确数量的材料在两次不同时间来填充可能会产生不同的结果。纤维材料不是均匀介质，可以被参数化为带有任意高精度。

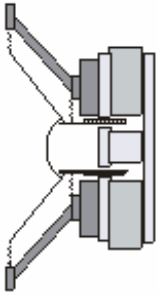
尽管如此，填充材料的规范必须被纳入到分析以便实现精确模拟 TL 设计。在这点上 EnclosureShop 为模型提供了多种填充材料，它们大大提高了 TL 模拟的精确度。通过利用双曲线三角函数对于传输线特性的精度和驻波图案也是至关重要的。

实际上，EnclosureShop 也是使用大量的传输线元件来模拟箱体中的所有声学元件。这里是四个完整的传输线路参数，它们对于介质描述是重要的。

在有些情况下，TL 设计的填充材料仅被构造在固定的位置。这种高度专业化的不均匀的结构很难去模拟任意合宜的样式。在该例中，我们将仅考虑中型，密度以及填充比规格。

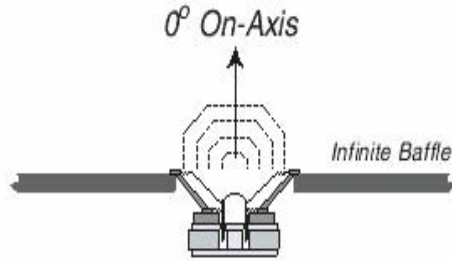
■ Transducer Parameters (喇叭参数)

在该例中创建了一个简单的 8 英寸的低音喇叭模型。TSL 模型被简单地应用。驱动器被安放在 Transducers 文件夹下的 Tutorial.LTD 文件中。TSL 驱动参数显示如下。



```

* Loudspeaker Enclosure Analysis Program
* LEAP® EnclosureShop 5.0.0.316 Mar/04/2003
* ©1993-2003 LinearX Systems Inc
* Date: Mar 5, 2003 Wed 3:30 am
* LTD File=D:\Program Files\LEAP\Transducers\Tutorial.LTD
* Electro Mechanical Parameters
Name= TL 8 Inch
Note=
Model= TSL
Domain= FreeAir
Shape= Round
Profile= Cone
Fmd= 1.0000 KA
Qmd= 0.7070
Flp= 4.0000 KA
Qlp= 2.0000
Znom= 8.0000 Ohm
Revc= 7.7000 Ohm
Sd= 22.1700E-3 M²
Mmd= 22.8000 g
Pmax= 100.0000 W
Rtvc= 2.5000 °C/W
Xgap= 8.0000 mm
Xcoil= 22.0000 mm
Xmax= 7.0000E-3 M
Krm= 10.0000E-3 Ohm
Erm= 700.0000E-3
Kxm= 20.0000E-3 H
Exm= 700.0000E-3
Rms= 1.9124 N·S/M
Mms= 24.6970E-3 Kg
Cms= 999.9972 uM/N
Vas= 70.2020 Ltr
Fo= 32.0257 Hz
Qms= 2.5986
Qes= 0.4521
Qts= 0.3851
BL= 9.2001 T·M
Levc= 1.4510 mH
SPLo= 88.9110 dB
No= 0.489 %
    
```



■ Infinite Baffle Reference Model (无限障板参考模型)

在深入 TL 模拟之前，先创建一些其它模型用来参考和比较是个很不错的主意。第一个参考模型将是一个简单的无限障板。它仅仅由在无限平面上的喇叭模拟构成。

-3D Layout Views (3D 布局视图)

该结构的 3D 布局显示在随后的页面中。场景可以被旋转来显示无限空间的正面和背面视图。基本模拟点由目标点显示，箭头显示了磁场路径。

-SPL & Impedance Response (-SPL&阻抗响应)

再下一页上的曲线图显示了在 1 米位置和膜片近场的声学响应，以及阻抗响应。量级和相位同时被给定。我们可以看到喇叭大约 88dB SPL@1W/1M。

-Excursion & Velocity Response (-振幅&电压响应)

再下一页上的曲线图显示了膜片的振幅和速率响应。甚至于 1W 这样低的功率下 10Hz 时 2.6mm 的振幅。

-Acceleration & Volume Response (-加速度&体积响应)

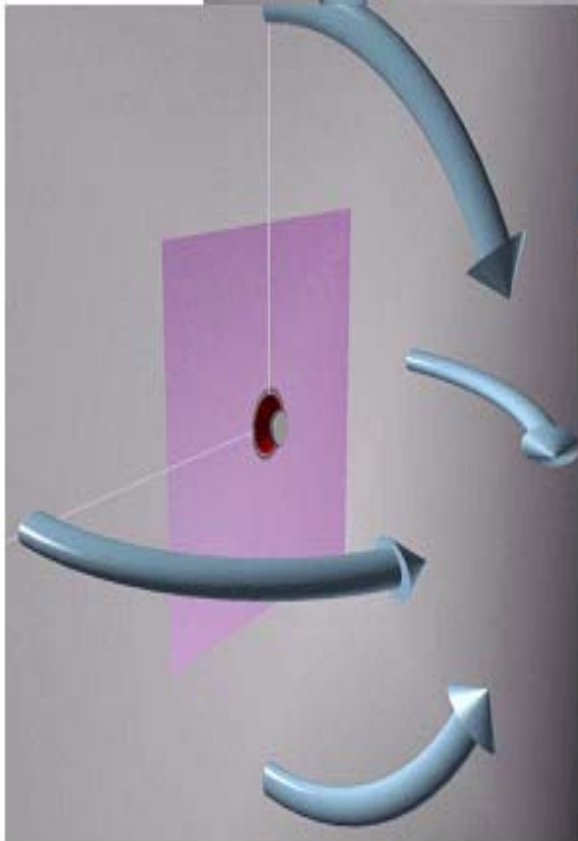
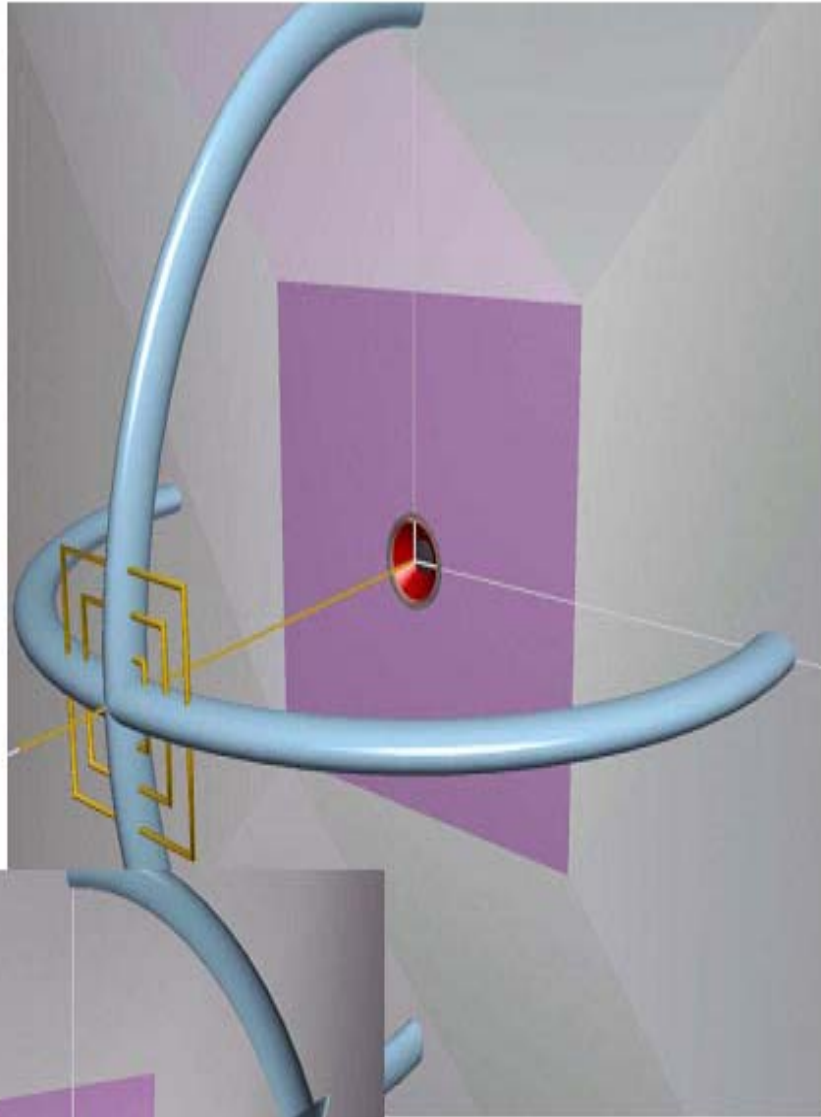
再下一页上的曲线图显示了膜片的加速度和体积响应。容积速率仅仅是声学电流。

-Polar Response (-极坐标响应)

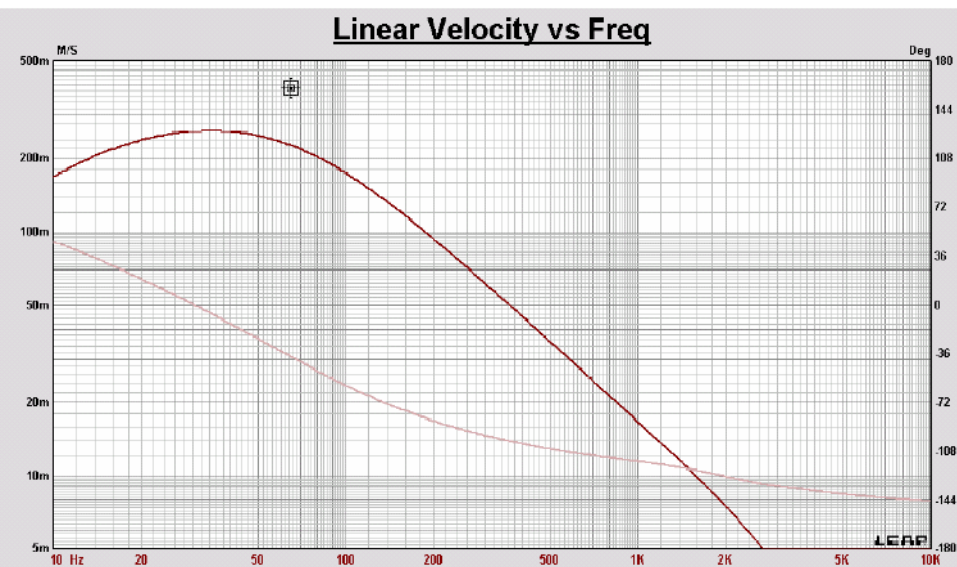
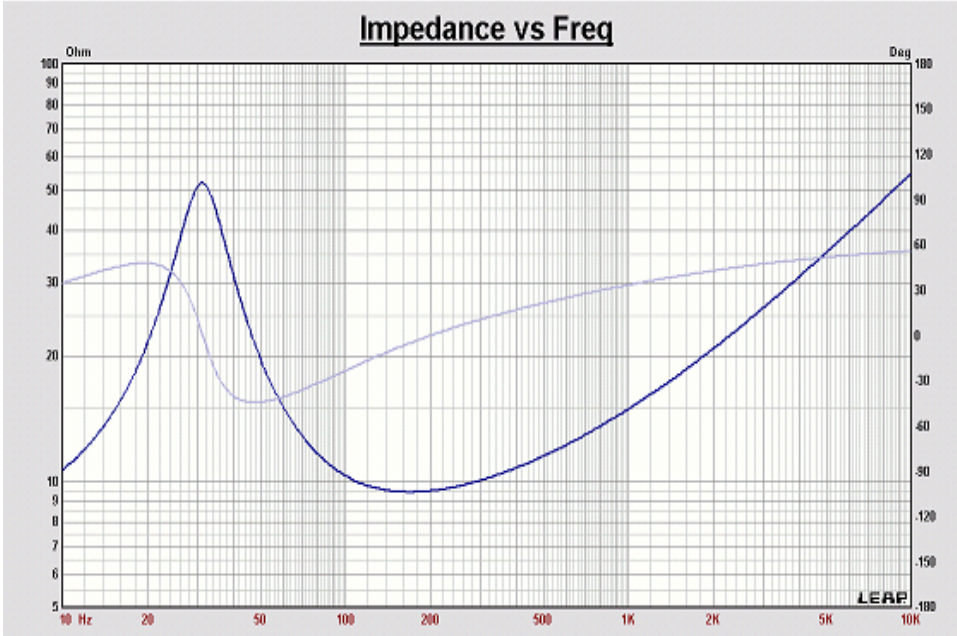
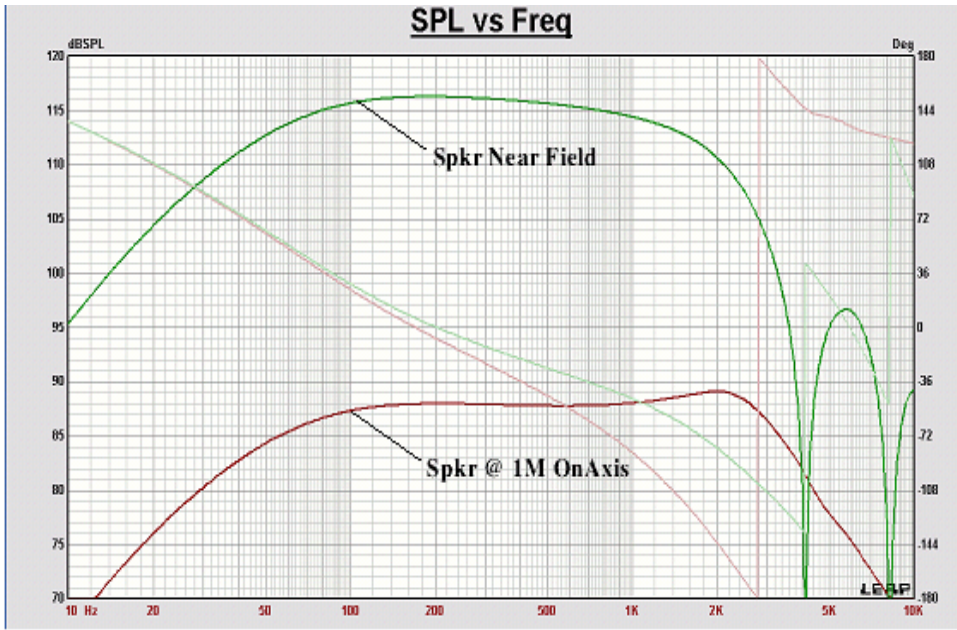
再下一页上的曲线图显示了极坐标图案。给出了两种型式：绝对的和规格化的（到同轴 0 度值）



Infinite Baffle
Front View



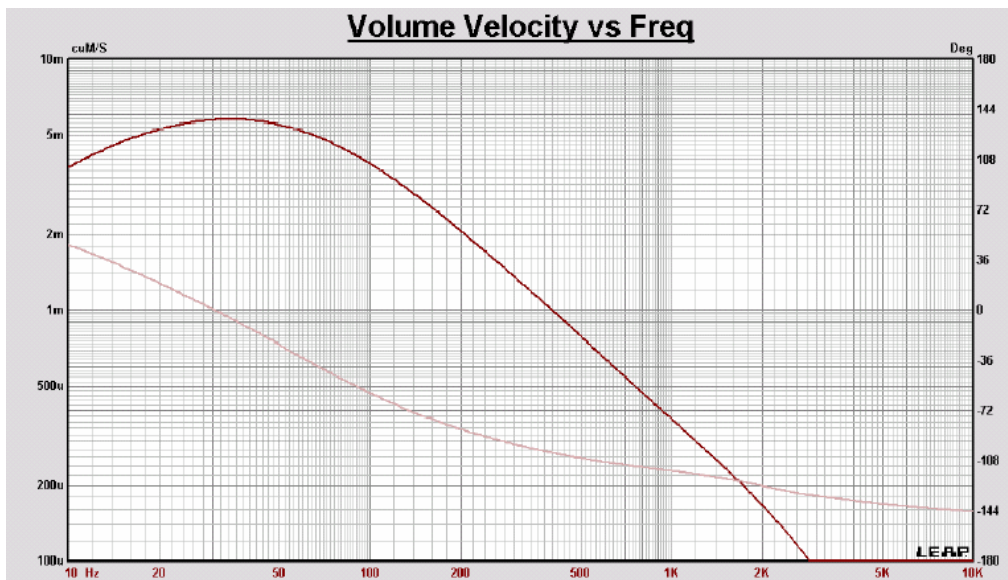
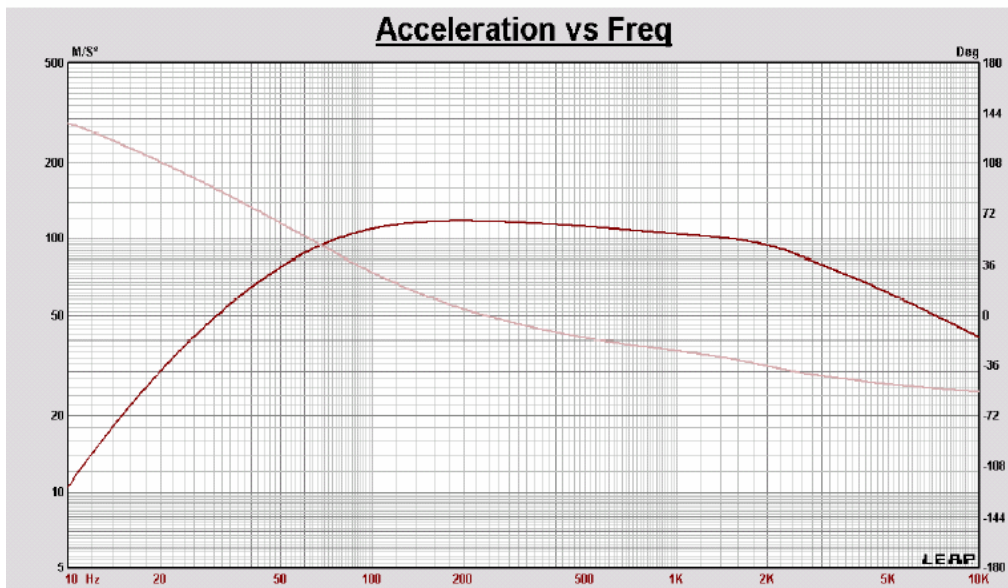
Infinite Baffle
Rear View

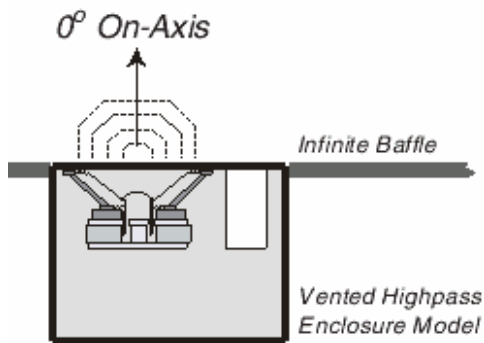
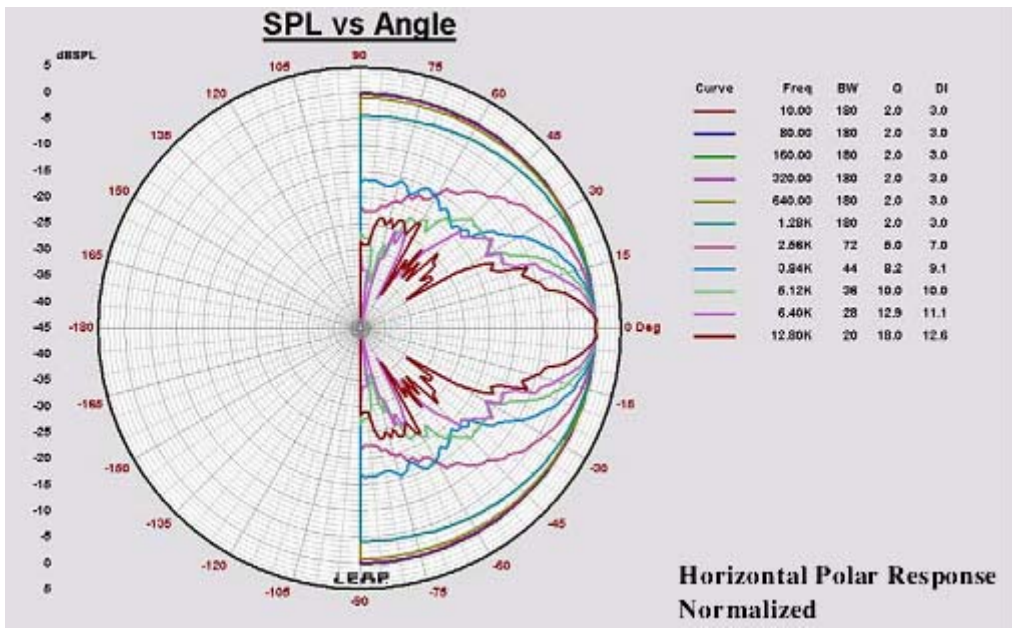
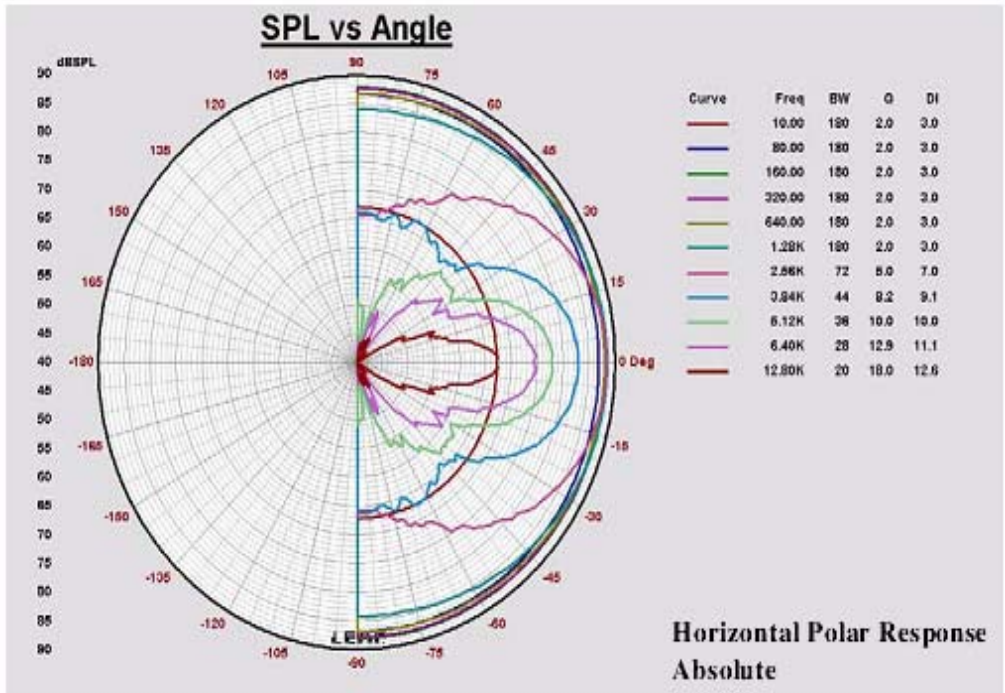


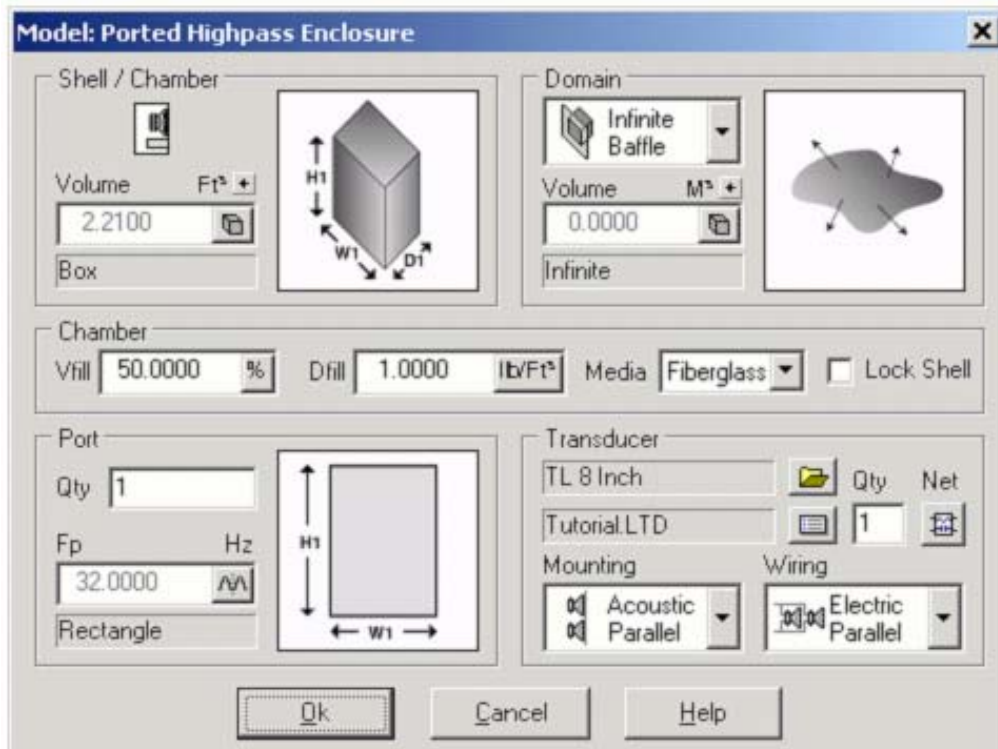
Infinite Baffle



Infinite Baffle







■ **Vented Highpass Reference Model** (高通开孔式参考模型)

对于使用一个传统的高通开口式模型来用于比较是很有用处的。因为箱体周围衍射是一个单独的问题而与我们要研究的传输线路特性是无关系的，我们所有的箱体将在一个单一的无限障板范围内被模拟。

作为一个快速而不鲜明地为该开孔式箱体获取近似值的途径是选择以下项： V_{ab} 等于 V_{as} ， F_p 等于 F_s 。假定箱室用 $1b/Ft^3$ 的密度填充 50%。带有约为喇叭 S_d 值 1/3 的 S_p 的长方形的箱壳/箱室以及带有约为喇叭 S_d 值 1/3 的 S_p 面积的开口将被使用。

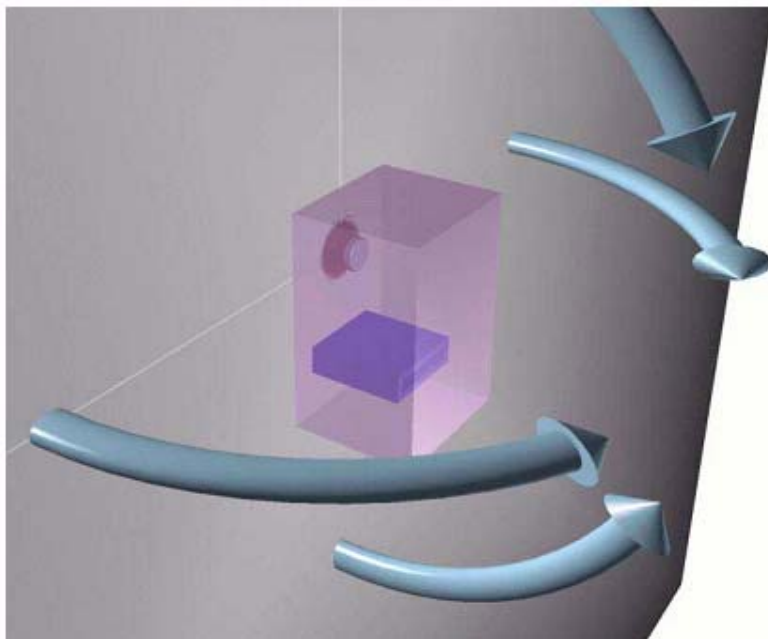
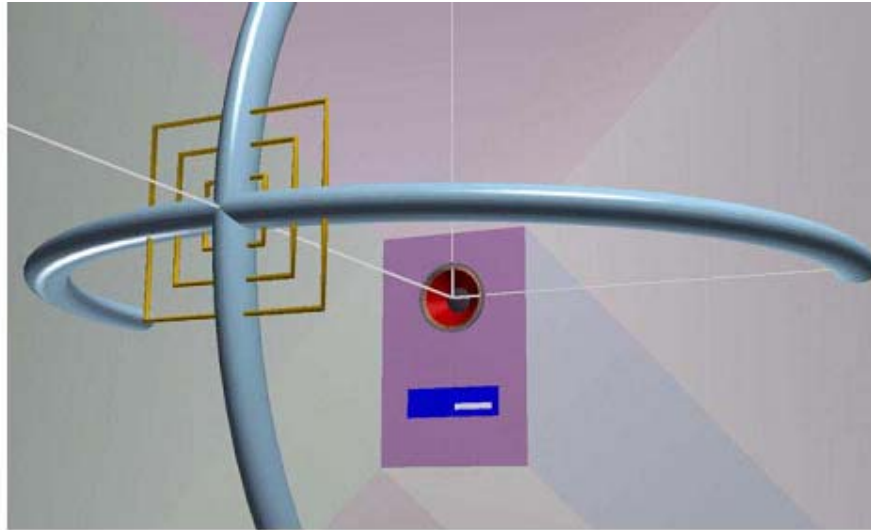
-3D Layout Views (3D 布局视图)

该模型结构的 3D 视图显示在随后的页面上。通过旋转可以观看该箱体的正面和背后视图。基本模拟点由目标点显示，箭头显示了磁场路径。

-SPL Response (SPL 响应)

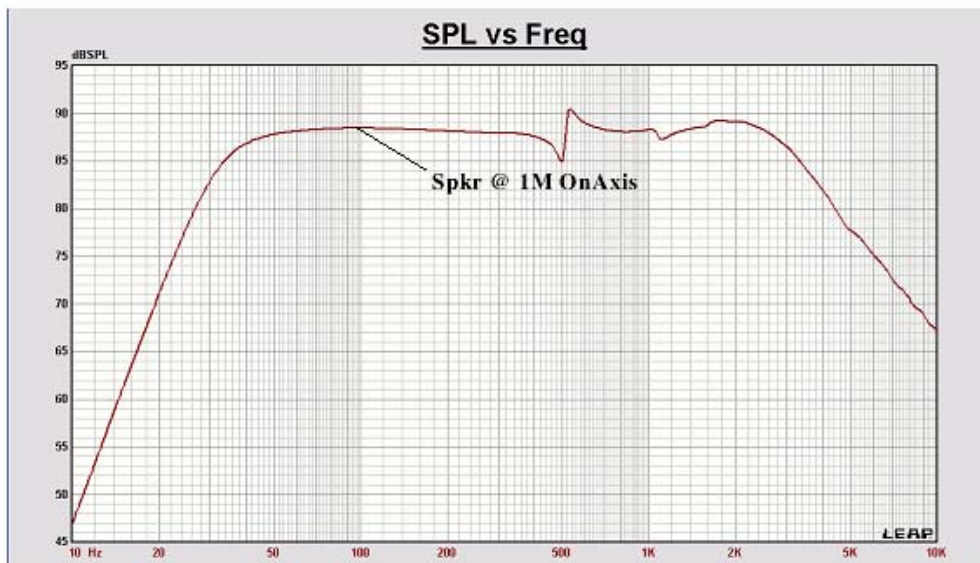
再下页上的曲线图显示了在 1 米区域位置和箱体局部区域的声学响应。这包括箱室内部，喇叭附近区域以及开口响应近场区域。该响应具有很好的低音响应以及在 35Hz 时 3dB 的下降。由于 10.4 英寸的管道长度，基本的开口反射发生在大约 500Hz。

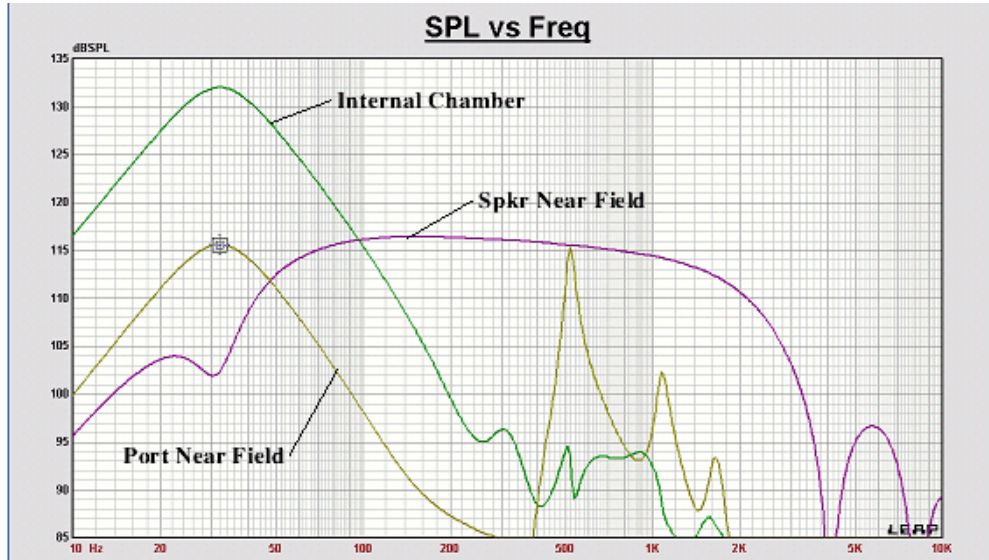
*Vented Highpass
 Enclosure on
 Infinite Baffle
 Front View*



*Vented Highpass
 Enclosure on
 Infinite Baffle
 Rear View*

Vented Box





开口响应仅在 500Hz 显示了传输线路影响，并且强调先前那些所有开口都是传输线路的点。在这种情况下，开口的长度仅为 10.4 英寸。更长的开口将导致反射频率如前所说一样下降。

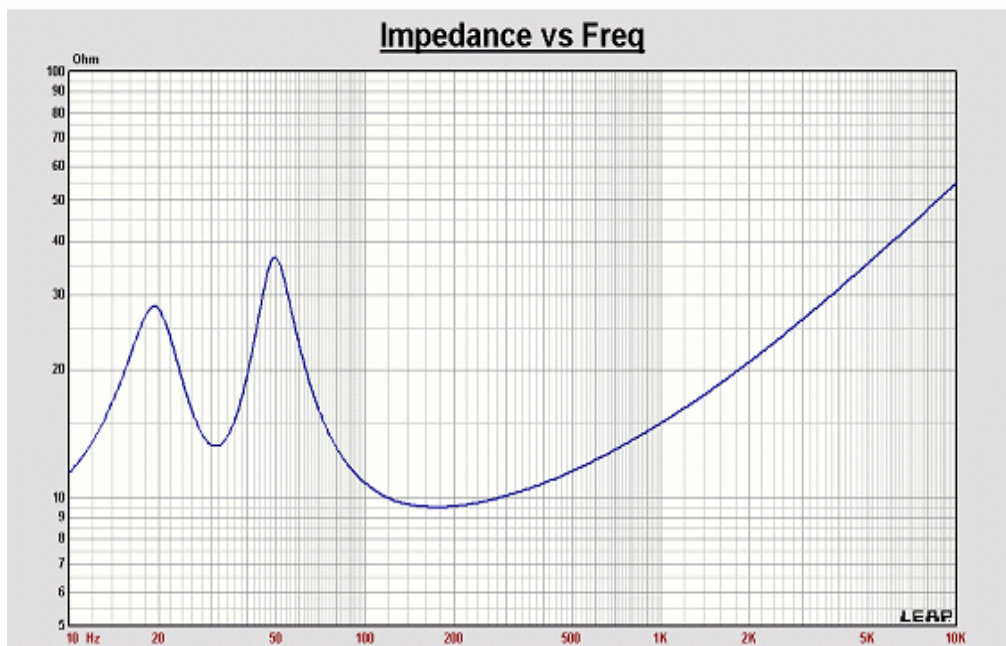
-Impedance Response (阻抗响应)

下面的曲线图显示了阻抗响应，并且展示了我们对于一个开孔式箱体所期望的经典双峰特性。

-Excursion, Velocity, Acceleration & Volume Response (振幅, 速率, 加速度 & 体积响应)

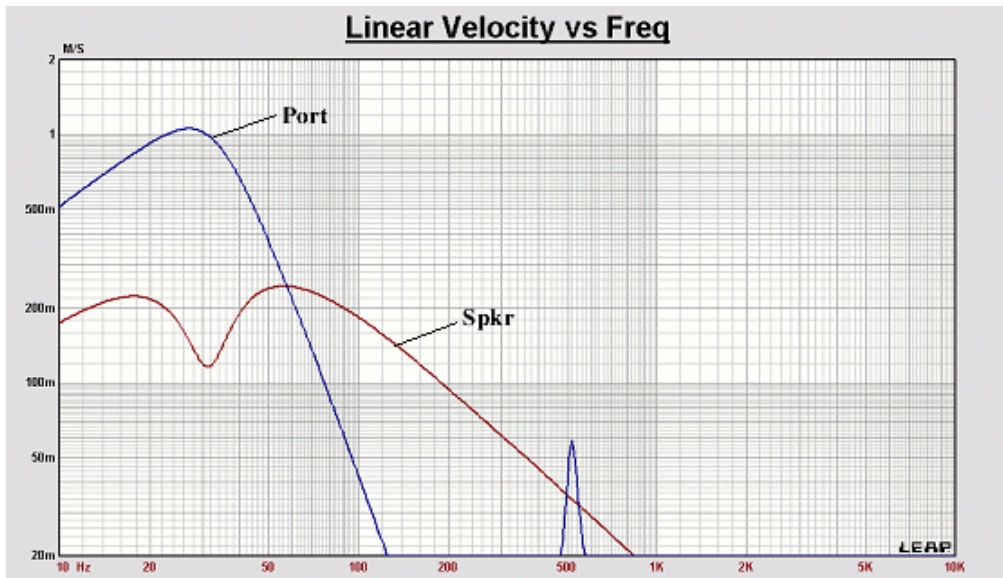
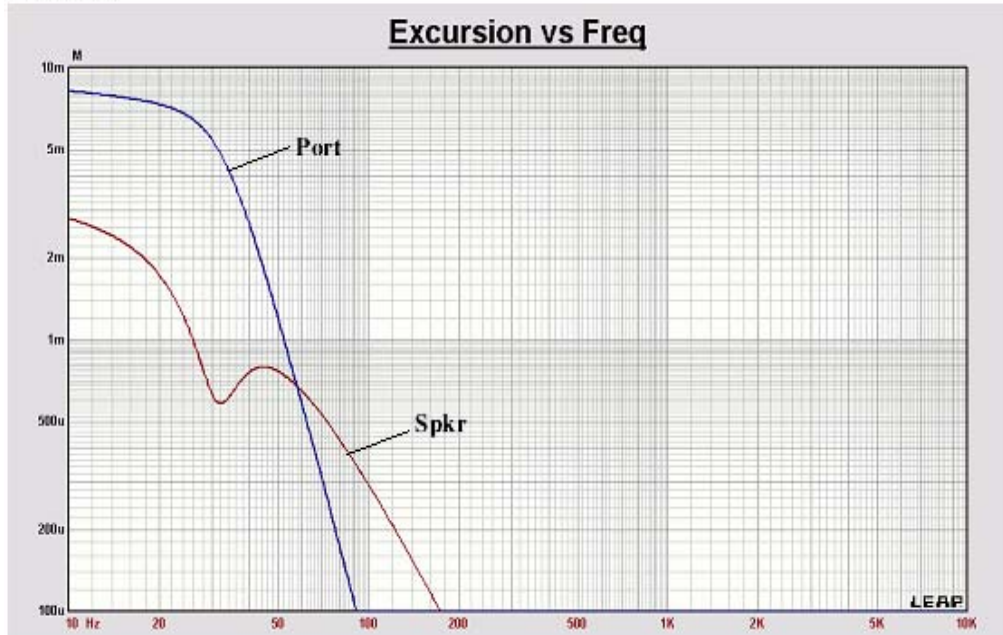
下页中的曲线图显示了开孔式箱体的振幅, 速率, 加速度以及体积气流。注意到空气在开口中传播是在喇叭中的三倍。这是开口和喇叭之间的面积比率造成的。开口面积仅为喇叭面积的 1/3, 因此它移动地更快并且产生相同总体积的气流。膜片的两边传递相同数量的气流, 并且最终在非常低的频率, 如同体积速度曲线图上所示, 喇叭和开口的频率变得相等。

Vented Box

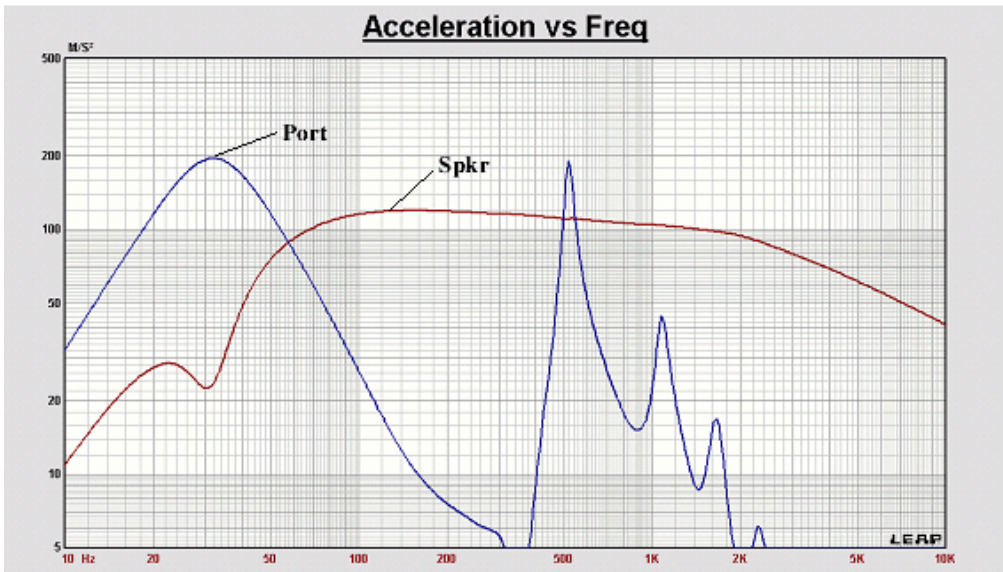


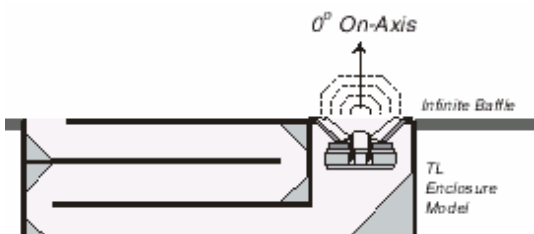
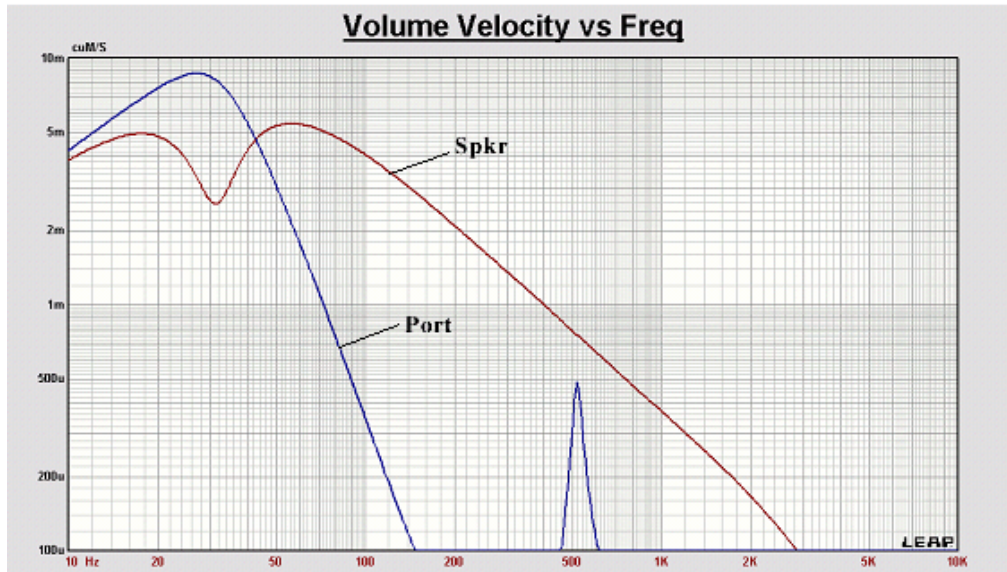


Vented Box



Vented Box





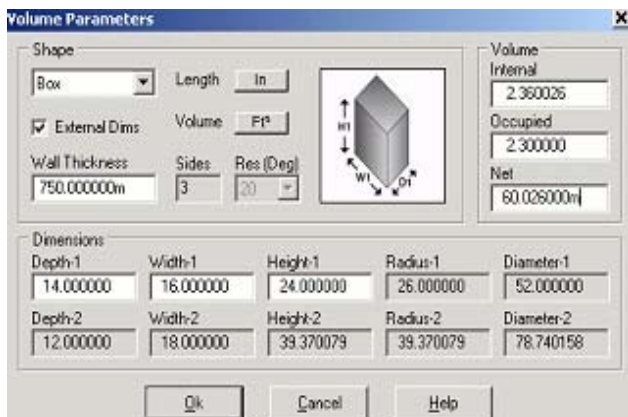
■ TL 设计#1

关于箱体传播线路的很多设计准则已经被描述。它将变得高度需要来利用一个单一的公式或图表来得出开口长度和面积，这通常是不切实际甚至不可能的。

遗憾的是，TL 设计类型的响应在很大程度上依赖于填充材料本身的特性。不同类型的材料，密度和填充系数都可以很明显地改变响应。在大多数情况下，反射涟波不能被除掉，而仅仅被推动环绕运行和衰减到可以接受的水平。这将变为一个主观地处理，而不能很好地适应快速和方便设计平台。

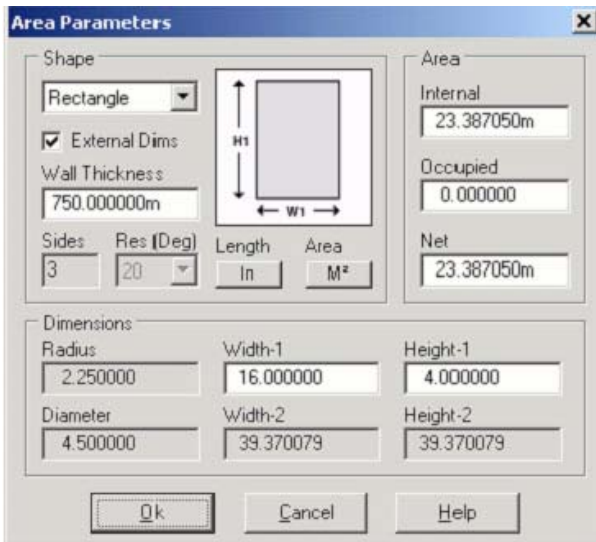
一个试验&误差的方法或许是更有效的。可以用带有更多细节和精度模拟响应，来更好地优化一个特殊的设计对象类。在这点上，EnclosureShop 提供了一个快速和精确模拟不同 TL 设计的理想的方法。

用 EnclosureShop 模拟更复杂的任意结构是可能的，但是在该例中我们将简单地使用标准的高通开口式模型。结构是相同的，我们将仅仅需要编辑那些需要产生 TL 结构的参数。

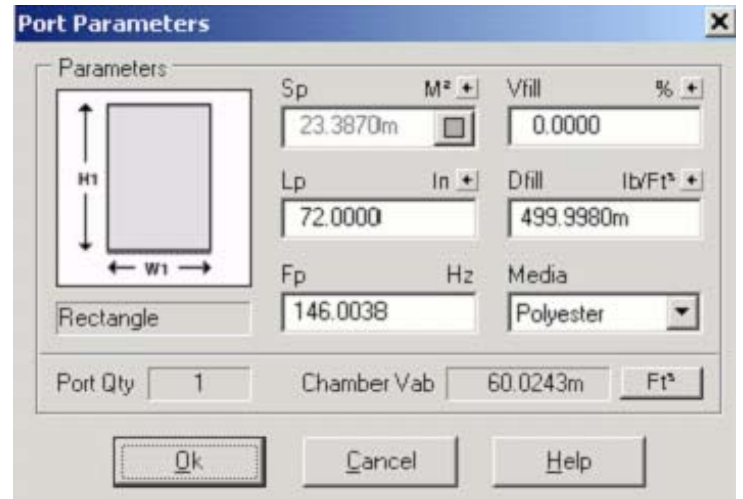


上述的开孔式设计使用的是一个 2.7Ft³的箱体。对于 TL 的情况，我们将改变 occupied volume(占用体积)来用完所有可用的箱室体积。这实际上是存在的，因为在箱体内部开口经常被折叠，它将耗费内部体积。

在这种情况下，我们得到一个 0.06Ft³的剩余值，这个数值是无关紧要的，但不能为 0。取决于 TL 模型实际如何被构造，这里可能需要一个限定的有效的 Vab 值。

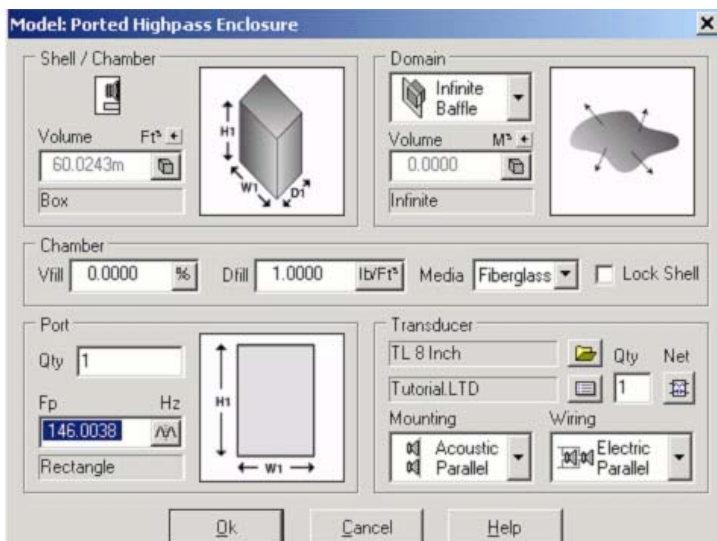


作为开口面积猜测的开始值，我们简单地选择一个与喇叭相等的值。因为箱体的宽度是 16 英寸，所使用的长方形的开口将具有相同的宽度以及 4 英寸的高度。给定的壁厚占据了 0.022M²的面积。



我们实际上也不知道为开口选择什么样的长度。然而，一个通用的规则应用在这里。低频的截止多少与开口的长度有关。开口越长，截止频率越低。

我们选择开口长度为 6Ft(72 英寸)开始。在有些情况下，开口设为最长来适应所需要的箱体大小。

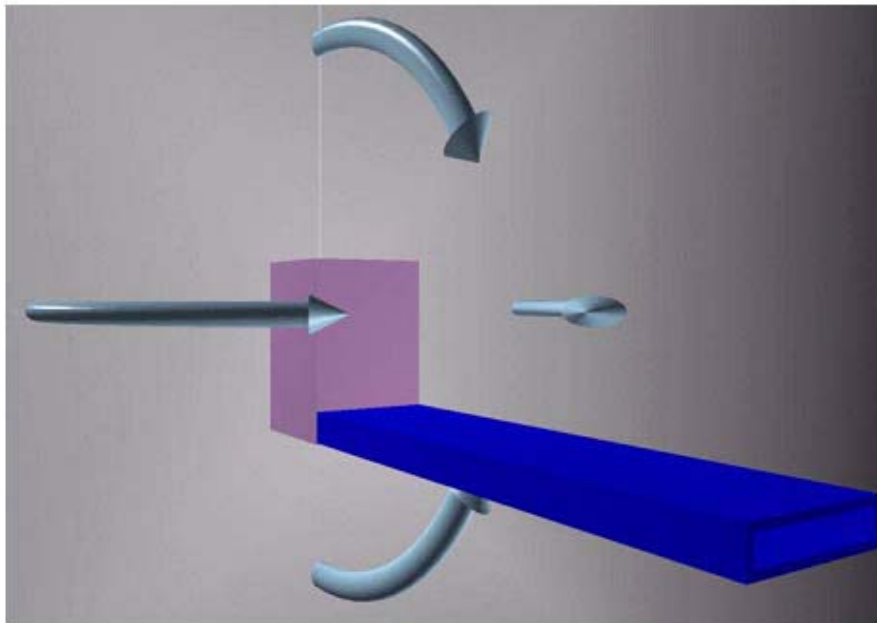
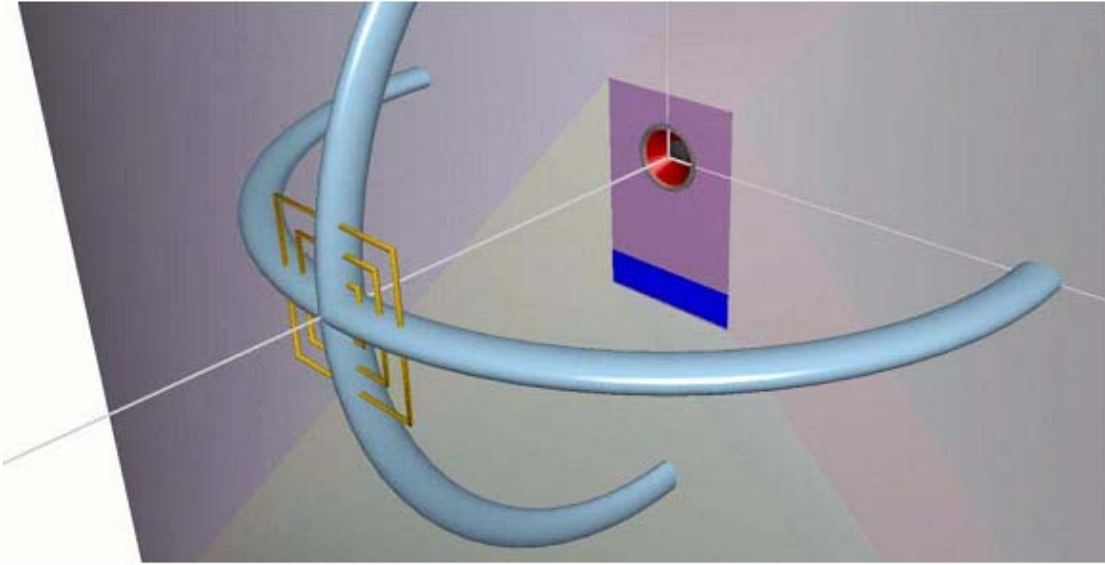


正如先前所提到的，开口共振频率是没有意义和不重要的。

对于初始的设计，我们将仅使用空气作为开口中的介质。

3D 布局显示在下页中。开口很长并且伸出到箱体的背后。这当然是一个直观表示。

3D 编辑器没有对折开口的方法。然而，开口的后部经常被修改，但是由于它在箱室的内部。



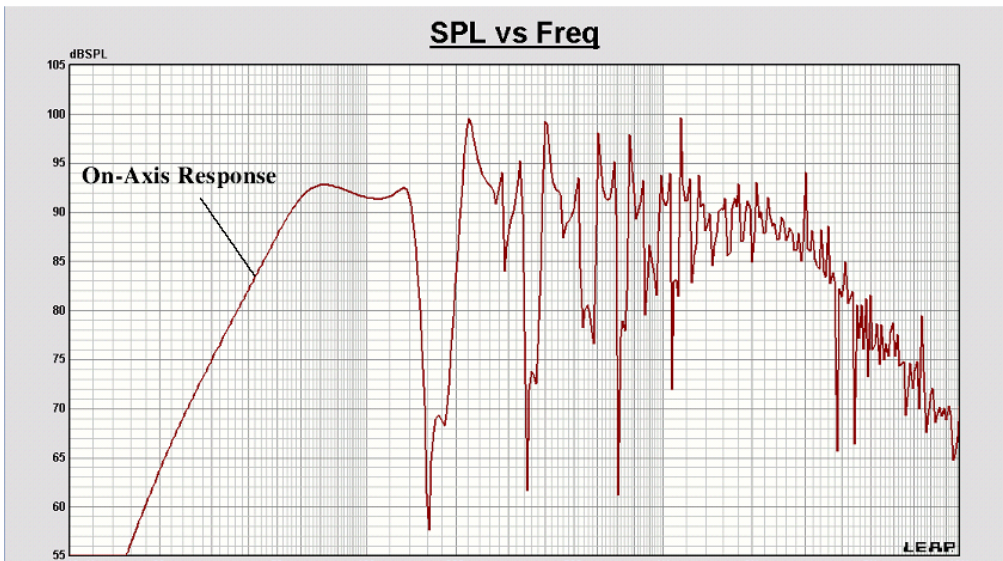
第一个 TL 设计的声学响应结果显示如下。这里有许多穿过中间频带的反射波。它们是开口内部的反射波，并且它们都是真实的。注意到在第一个基本孔水平下降超出 20dB。这是衰减所必需的。

在开口尾部和接近喇叭处的声学响应显示在随后的页面中。同样也显示了阻抗曲线图。这些是从定长管中发生的经典的阻抗反射波。

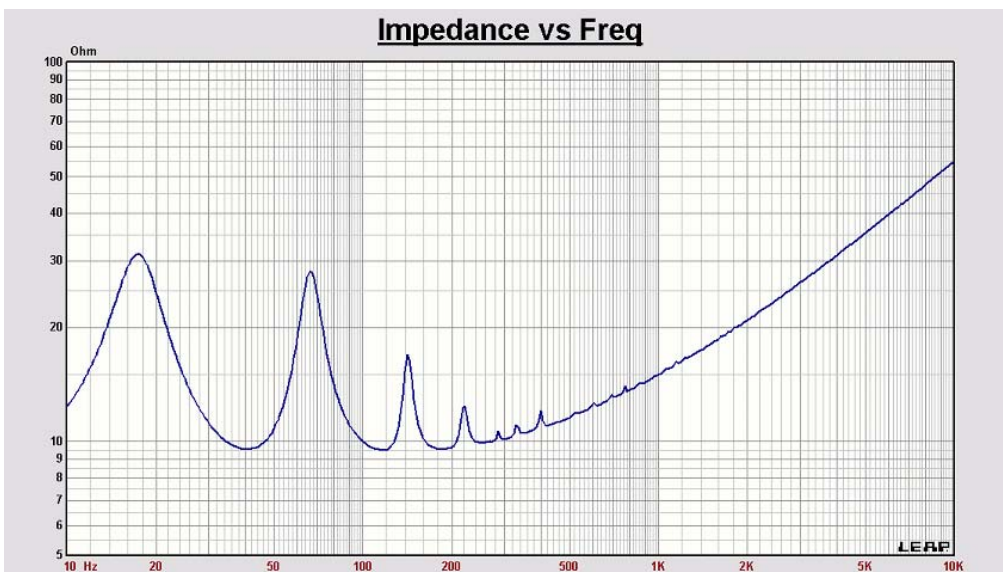
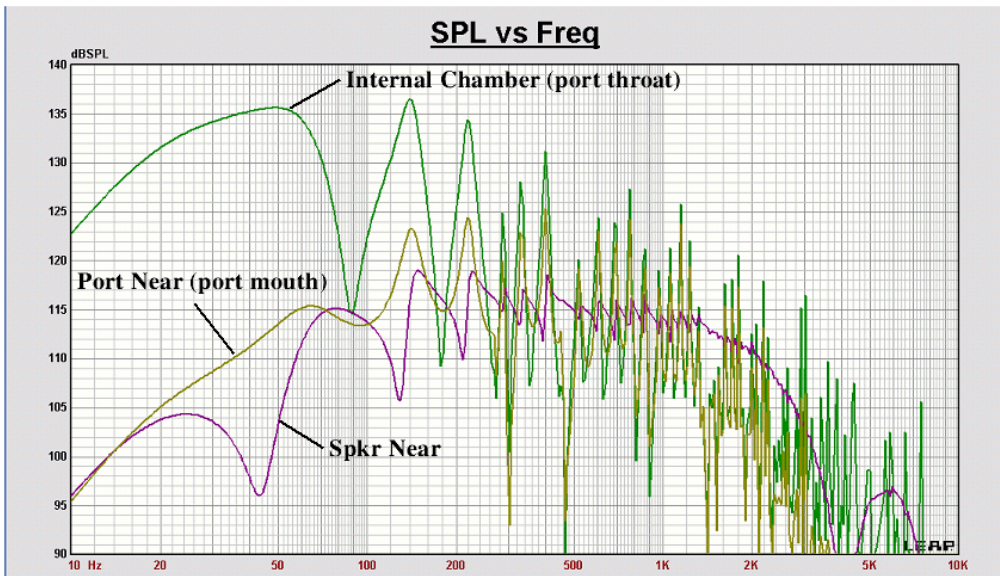
振幅和速率曲线图显示在再下页中。开口反射波在整个系统中很普遍。它们影响了每一个响应参数。

注意到也不同于先前的开孔设计，喇叭和开口的振幅和速度值现在是相等的。对于 TL 情况，开口的面积被选定与喇叭的面积相等。可以这样说很少人在该设计中需要一个听从的经验。

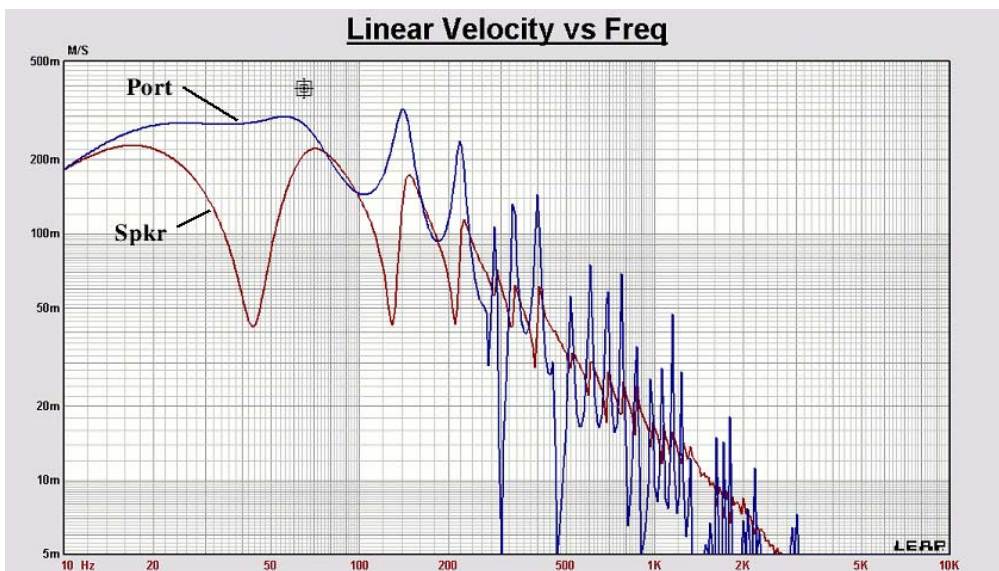
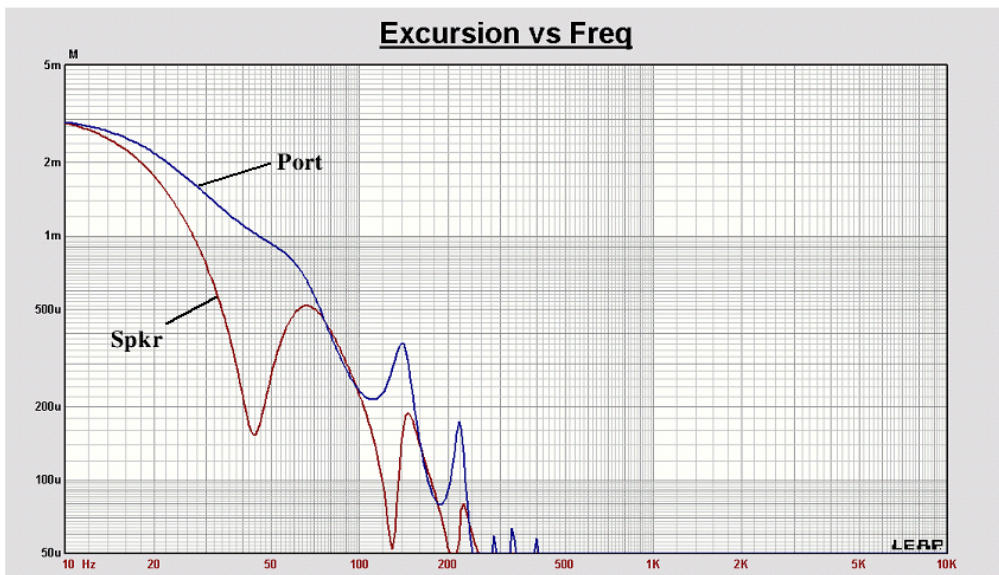
TL #1 (port media 100% air)



TL #1 (port media 100% air)



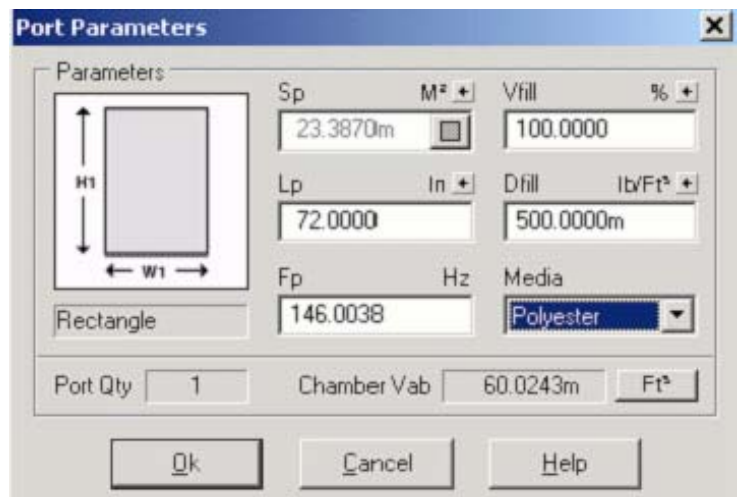
TL #1 (port media 100% air)



TL 设计#2

从第一个设计中显然需要改进的是增加通过开口的损耗来衰减杂乱的反射波。

为了给出这样一个尝试，我们将用 Polyester(PE, 聚脂)所有体积为 $0.51Ft^3d$ 的开口 (100%)。这是一个常见的填充材料。



对于该 PE 材料衰减 TL 模型的声学响应结果显示在随后的页面中。这是一个在先前情况下的巨大改进。20dB 很大的漏洞现在是 6dB。同时许多的涟波也同样被大大减少。

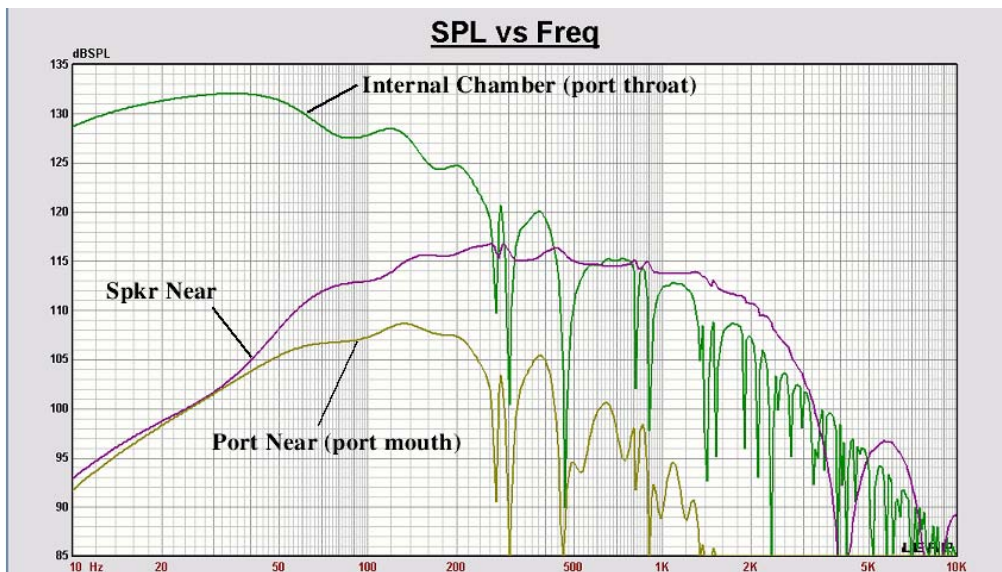
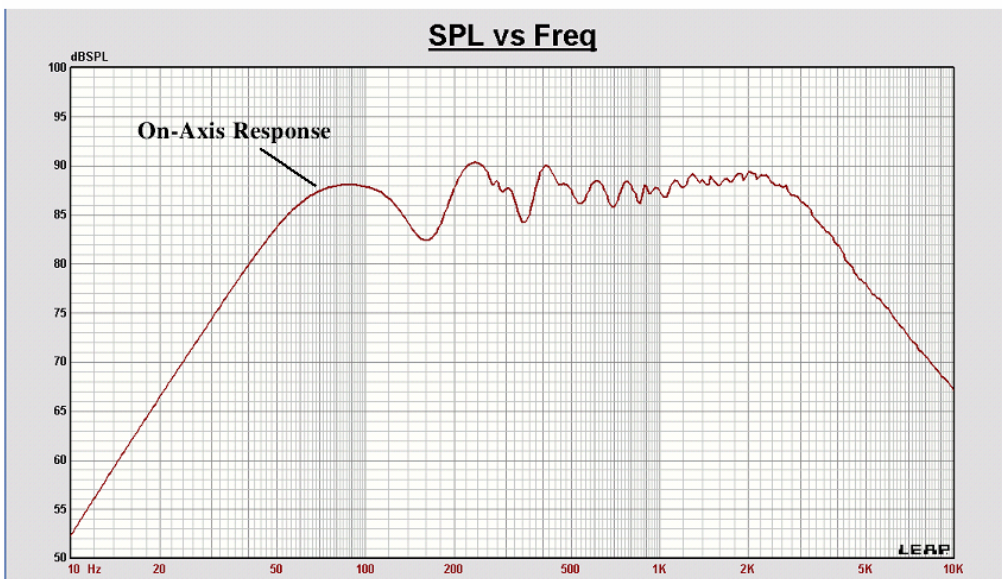
阻抗曲线图现在显示了过阻尼响应，随着共振和反射波波峰大量被移除。仅有一个宽的波峰保持上升。

然而，振幅曲线以及它们在 10Hz 时的新数值应该引起注意。振幅现在已由先前的 2.6mm 下降到低于 2.00mm 处。开口内的 Polyester(聚脂)增加了相当多的电阻，这个限制导致了在所有频率处整体上更少的输出。

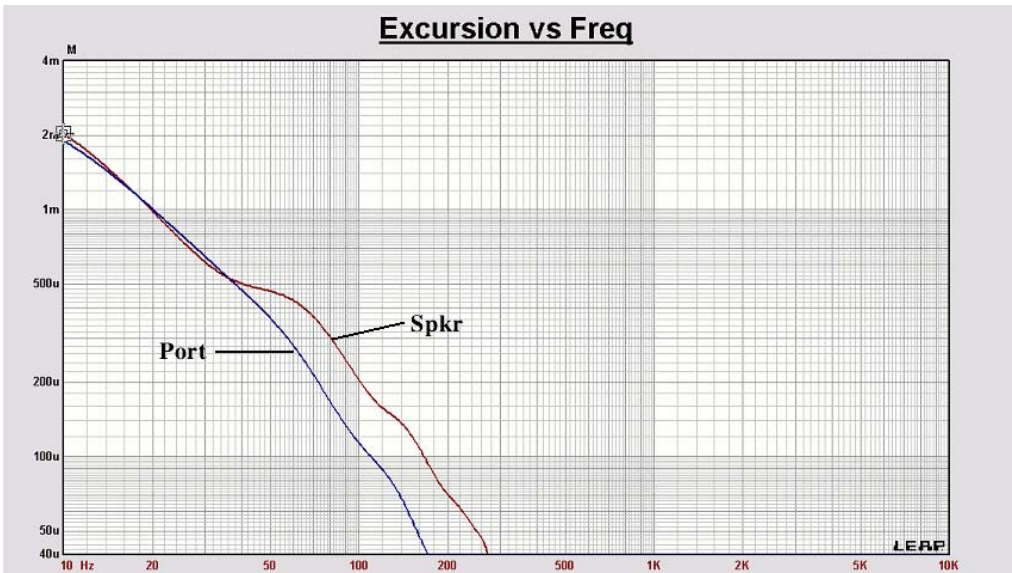
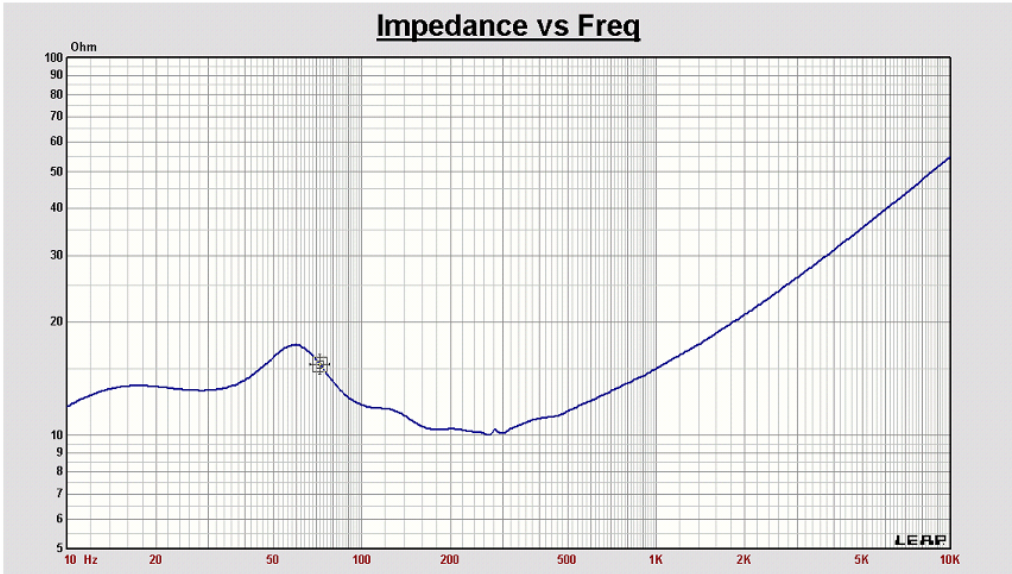
为了减少开口的反射波，开口的电阻必须增加。同时这也将降低低频响应。这也是与 TL 设计相关的妥协。

当然我们可能取那些带给我们想要的缓变弯曲段而不被低频输出损耗扰乱的那些点。在那种情况下我们应该进一步增加开口的损耗。

TL #2 (port media 100% 0.5lb/Ft³ Polyester)



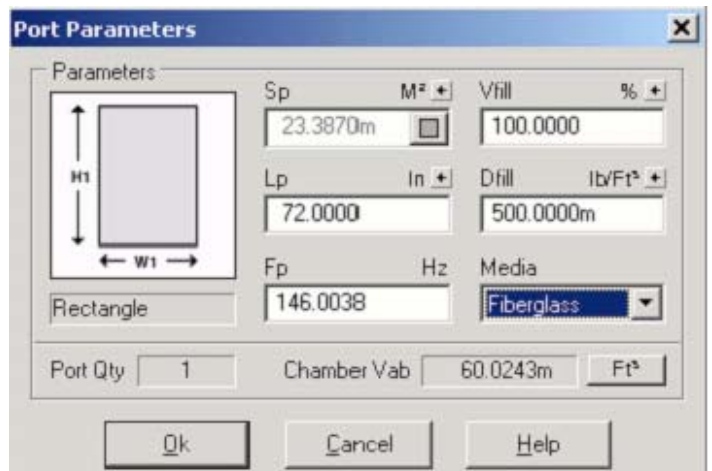
TL #2 (port media 100% 0.5lb/Ft³ Polyester)



■ TL 设计#3

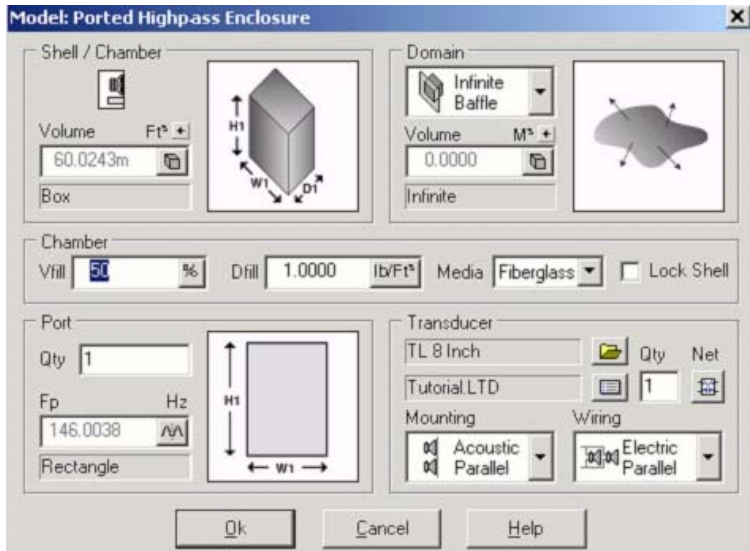
我们可以使用一些不同的方法来增加开口的损耗。对于该尝试，我们仅仅转到一个不同的填充材料。

所有的填充材料都不是均衡创建的。它们具有很不同的特性。对于该例我们将使用带有相同0.51Ft³密度的 Fiberglass(玻璃纤维)。



对于该 FG 材料衰减 TL 模型的声学响应结果显示在下页顶部的曲线图中。大规模的涟波现在全消失了。然而，一些小的急剧的涟波还保留。

我们必须记住一个小的箱室体积被包含在 TL 设计中。我们没有为该箱室指定任何的阻尼介质，但是它同样也有小的反射波。



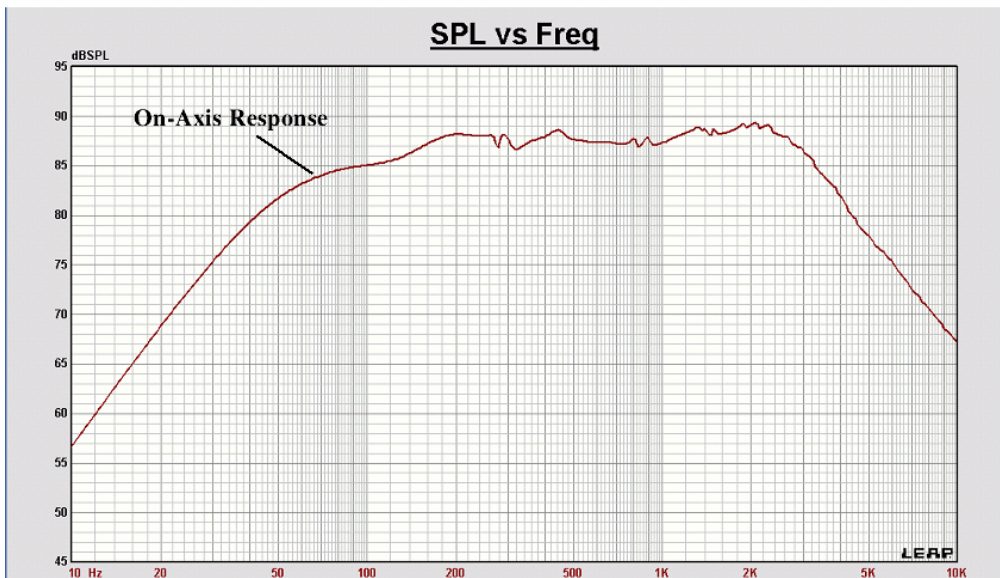
我们也可以指定 50% Fiberglass(玻璃纤维)填充系数到箱室。当设计被再次分析时，产生了更下面的曲线图。小箱室的反射波现在也被衰减。

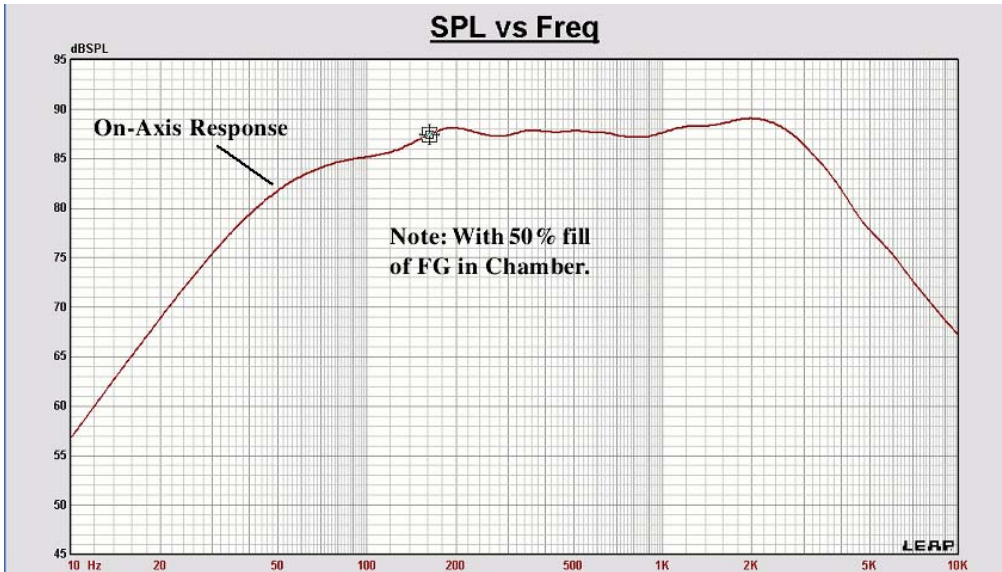
阻抗和振幅曲线图显示在再下一页中。所有的曲线现在都相当地平滑。

浅的涟波依旧保留在声学响应中，它可能具有比存在于喇叭本身响应中的缺点更小的振幅。

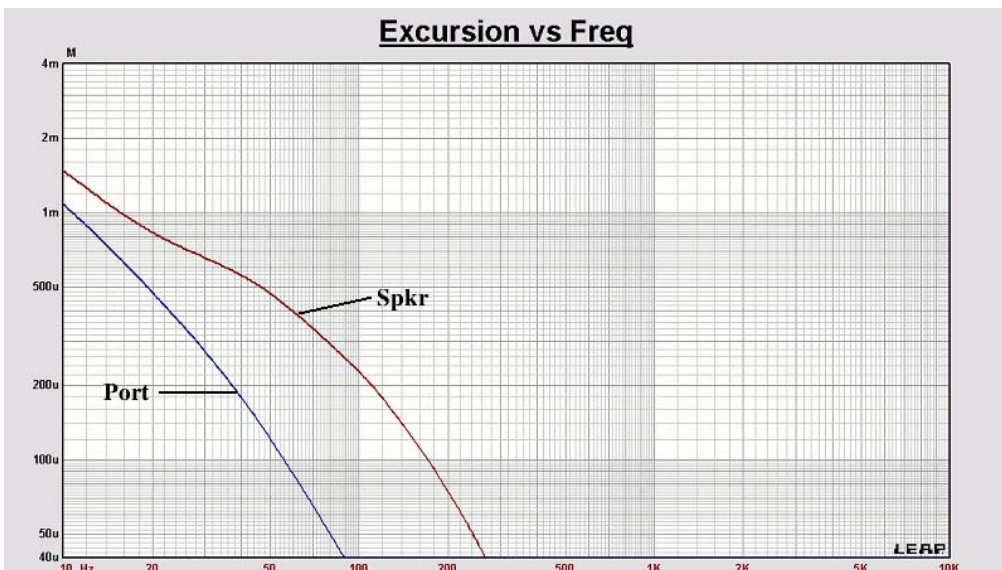
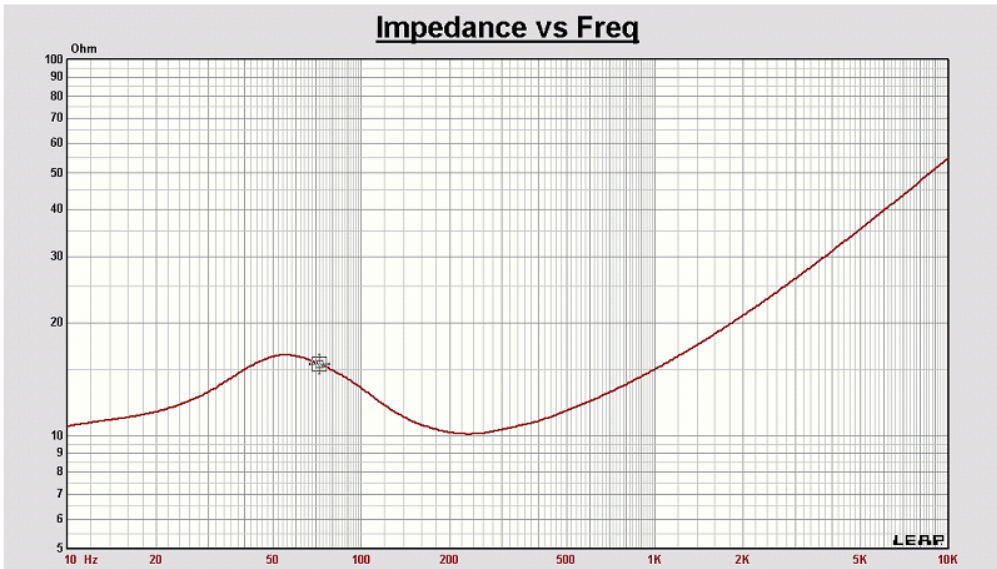
它可能对于用来完成该衰减水平的填充材料的数值计算有意义。开口内部的体积大约 1.4Ft³。使用 1/2 的 Fiberglass(玻璃纤维)介质，约 1b 的 3/4 将被应用到每个箱体。如果 Polyester(聚脂)没有被使用，更高密度和数量的材料将被需求。

TL #3 (port media 100% 0.5lb/Ft³ Fiberglass)





TL #3 (port media 100% 0.5lb/Ft³ Fiberglass)



■ 模型比较

我们现在可以比较用#3TL 设计来模拟先前不同模型的各种响应特性。声学以及阻抗响应曲线显示在下页中，膜片振幅曲线显示在再下一页中。

毫无疑问，最有效的低音设计就是标准的开孔式高通箱体。该响应用真实的输出扩展低频到 35Hz。这里存在着 500Hz 时来自于开口的反射波问题，但是这通常超过了在一个三通音响系统的频带范围。开口内部的少量阻尼将很容易地降低在 500Hz 这样高的频率。那里的填充材料具有很高的吸收能力。

无限障板声学响应毫无疑问是最平稳的，因为没有箱室或开口在那里有反射波发生。低频拐点是柔滑的，同时响应在 12dB/Octave 斜率处滑离。

TL 设计本质上是一个严重的第四阶阻尼开孔式设计，并且近似于第三阶响应，在无限障板和传统的开孔式之间。拐点比开孔式设计的更柔滑。涟波仍然在通频带保留，但是在这个水平上的阻尼更平稳。

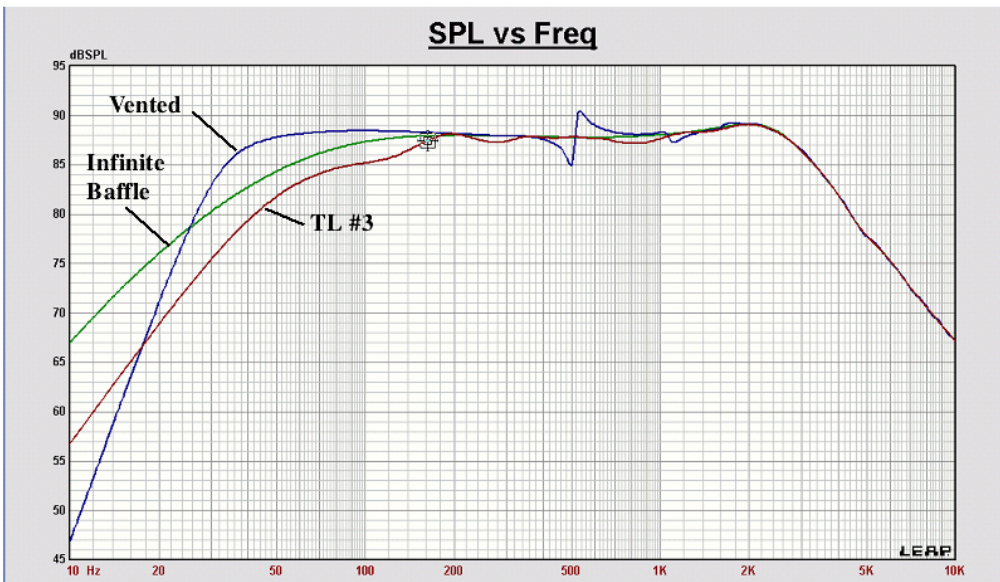
应该注意到一个传统密封式或开孔式箱体同样可以被设计成一个柔软的低 Q 拐点，如果设计目标是这样的。

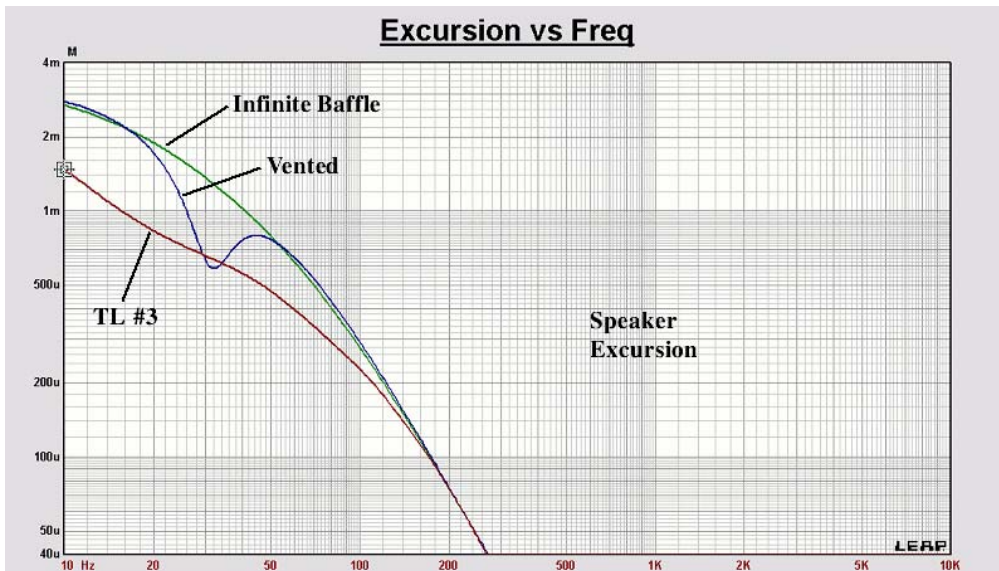
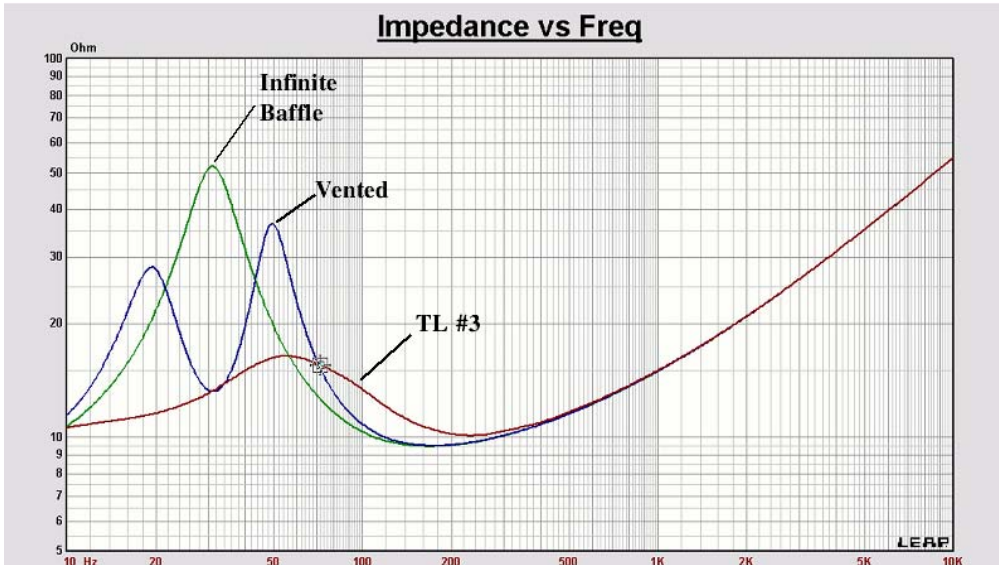
阻抗曲线显示了我们所期望的特性。TL 设计具有最低 Q 共振特性。然而，另外两条曲线中的任意一条都可以仅仅使用一个并联电阻而被轻易地向下压扁，同时在声学响应中没有改变。

TL 设计的振幅响应严重地限制了在低频时与另外两条曲线的比较。这显然是由于开口的声学阻尼造成的。

32Hz 时传统的开孔式设计和 TL 设计的比较突出了开孔式设计的功效。两者的振幅在本质上是相同的。然而，开孔式设计的声学输出还高出 8dB。开孔式设计有效地利用了来自膜片两边的辐射。

Model Comparisons





■ 概要

通过利用 EnclosureShop 的强大功能，传输线路（TL）缠绕可以很轻松地被模拟。可以实现许多不同的设计同时能够快速研究决定最好的综合参数。

它们的构造典型地比最传统的箱体更困难，同时可能大大地影响结果。模拟的相关性比传统的设计更成问题，因为有这么多不理想的因素都提供给了开口的特性。支板填充的一致性，面积/转角都能显著地影响响应。

这里完成了应用注释。

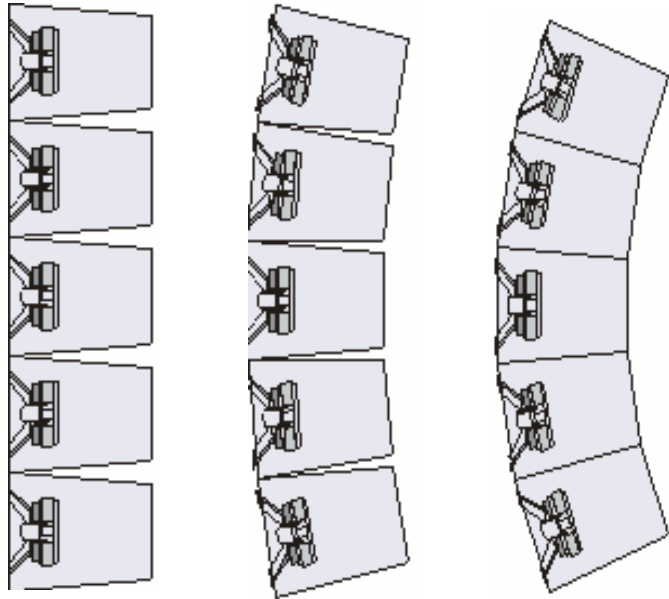
扬声器阵列

■ 重点：

- 高通密封式 2x15 阵列
- 常见箱体模型
- 导入 3D 箱体外壳
- 复合箱体分析
- 衍射分析
- 阵列比较

■ 目标：

- 设计&模拟一个阵列。
- 评估极坐标响应。
- 五个 2X5 箱体。
- 阵列曲率比较



扬声器阵列通常用于那些专业声音加强的地方，例如大剧院，舞台以及户外露天运动场这些需要相当客观音响效果的场所。EnclosureShop 提供的这些改革性的辐射特性现在能实现这样阵列的实际的和详细的分析。

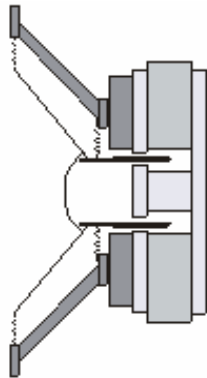
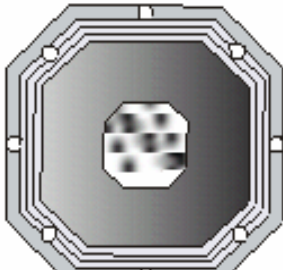
在该例中我们将测试五个箱体一组，每个由两个 15 英寸（380 毫米）喇叭组成的阵列的响应特性。因为这里的焦点不是单个的箱体，而是整个阵列，因此将使用一个基本的高通密封式设计。对于阵列应用通常将使用不等边四边形。

EnclosureShop 中的阵列分析通过使用 Custom Multipass(常见多重的)对话框来实现。该对话框允许指定任意的箱体结构。这通常用来构造一个复合单元箱体，而每个单元又代表了一个阵列的单独箱体。结果是在一个单一箱体定义中，一连串的箱体被连续。

在大多数情况下，将需要创建和导入一个常见 3D 形体来指定阵列的外形。这是一个嵌入式处理，需要来分解阵列的外形成为一个独特的 3D 多角形物体。在这里该处理将阐述三种不同的阵列形状。

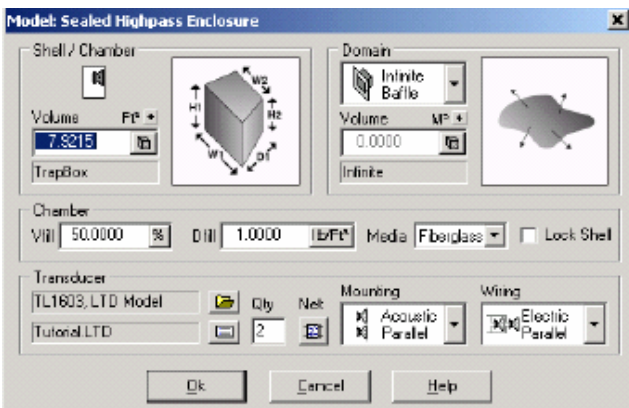
■ **Transducer Parameters (喇叭参数)**

在该例中将使用一个 15 英寸（380 毫米）的低音喇叭。选择的是 1603A 模型。驱动位于 Transducers 文件夹下的 Tutorial.LTD 文件里。LTD 驱动参数显示如下。



```

* Loudspeaker Enclosure Analysis Program
* LEAP® EnclosureShop 5.0.0.317 Mar/07/2003
* ©1993-2003 LinearX Systems Inc
* Date: Mar 7, 2003 Fri 7:03 am
* LTD File=C:\Program Files\LEAP\Transducers\TUTORIAL.LTD
* Electro Mechanical Parameters
Name= TL1603, LTD Model
Note=
Model= LTD
Domain= FreeAir
Shape= Round
Profile= Cone
Fmd= 2.0000 KA
Qmd= 2.8280
Flp= 4.0000 KA
Qlp= 1.0000
Znom= 8.0000 Ohm Txm= 558.4540E-6 Delta/°C
Revc= 6.8800 Ohm Krs= 140.2228 N·S/M
Sd= 88.8000E-3 M² Xrs= 6.8819E-3 M
Mmd= 103.8400E-3 Kg Drs= 753.9800E-3
Pmax= 500.0000 W Ers= 743.4800E-3
Rtvc= 500.0000E-3 °C/W Grs= 4.7285
Xgap= 8.0000E-3 M Trs= -41.5820E-3 Delta/°C
Xcoil= 28.0000E-3 M Kcs= 244.9552E-6 M/N
Xmax= 10.0000E-3 M Xcs= 4.7352E-3 M
Xfrg= 7.8330E-3 M Dcs= 399.0400E-3
Efrg= 14.8630 Ecs= 16.3400E-3
BLO= 18.7098 T·M Gcs= 974.4900E-3
Ta= 25.0000 °C Tcs= 9.5780E-3 Delta/°C
Vs= 2.8284 V Rms= 2.9988 N·S/M
Krm= 5.8735 Ohm Mms= 119.0130E-3 Kg
Frm= 1.3616E3 Hz Cms= 246.2094E-6 M/N
Drm= 707.7300E-3 Vas= 277.3001E-3 M³
Erm= 725.8200E-3 Fo= 29.4159 Hz
Vrm= 14.2800E-3 Qms= 7.3317
Trm= -192.2520E-6 Delta/°C Qes= 0.4336
Kxm= 10.2214 H Qts= 0.4094
Fxm= 1.0644E3 Hz BL= 18.6967 T·M
Dxm= 695.3300E-3 Levcs= 1.6031E-3 H
Exm= 679.6300E-3 SPLo= 93.9452 dB
Vxm= 32.4200E-3 No= 1.5585 %
    
```

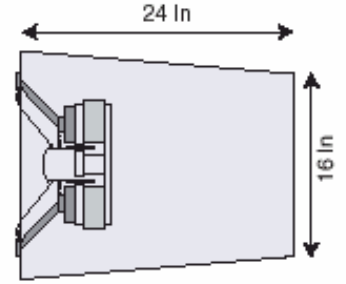
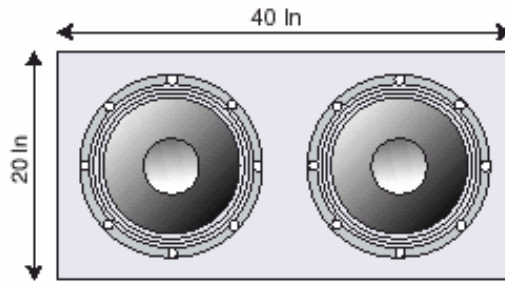
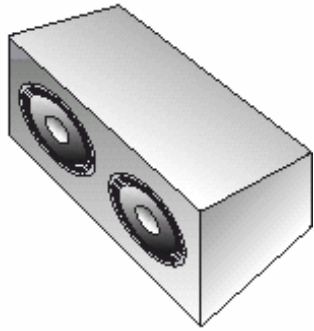


■ **Sealed Highpass 2X15 Enclosure (高通密封式 2X15 箱体)**

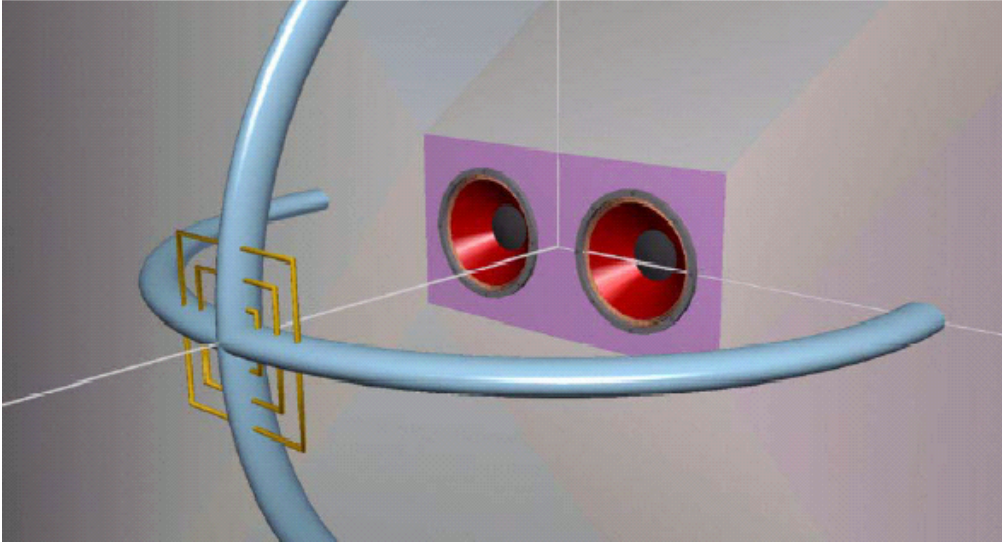
简单的 2X15 箱体基本设计显示如下。每个使用的喇叭的体积是 $4Ft^3$ ，箱体的总体积是 $8Ft^3$ 。

箱体是一个从前向后是不等边四边形的锥体，同时每个底角的斜率是 1 英寸。

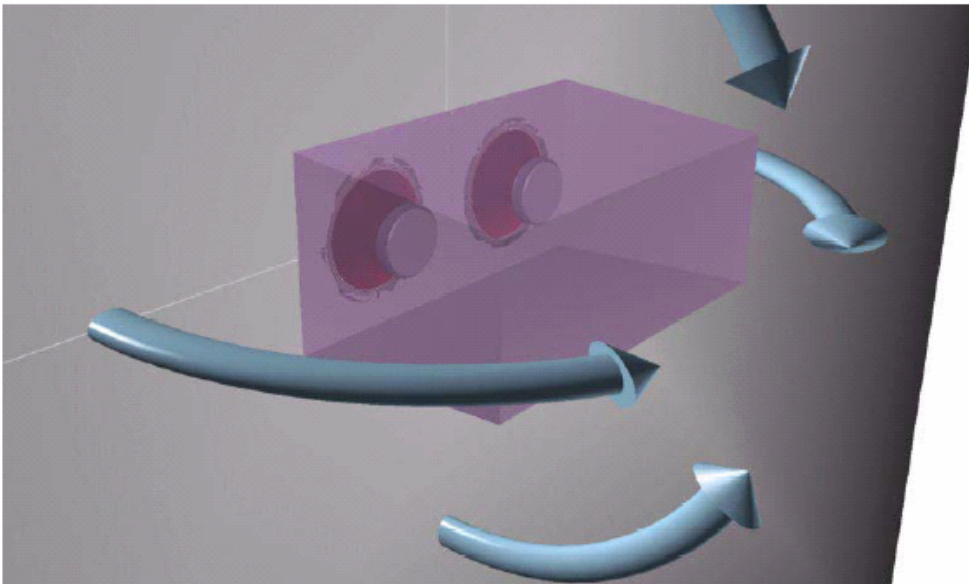
该简单的箱体同时在 Infinite Baffle(无限障板)和 Full Space (完全空间)空间范围被模拟。两者的 3D 布局 and 响应曲线显示在下页中。



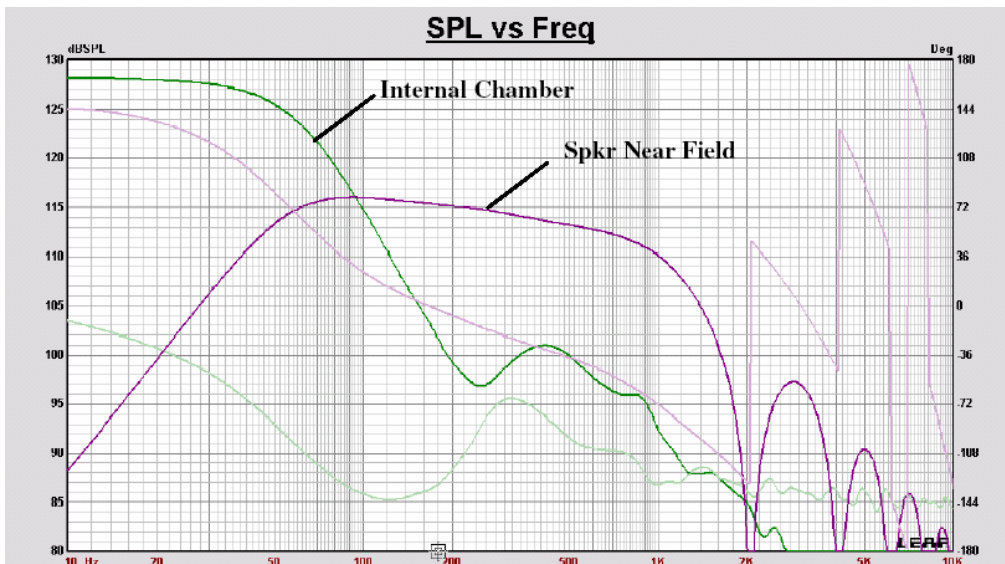
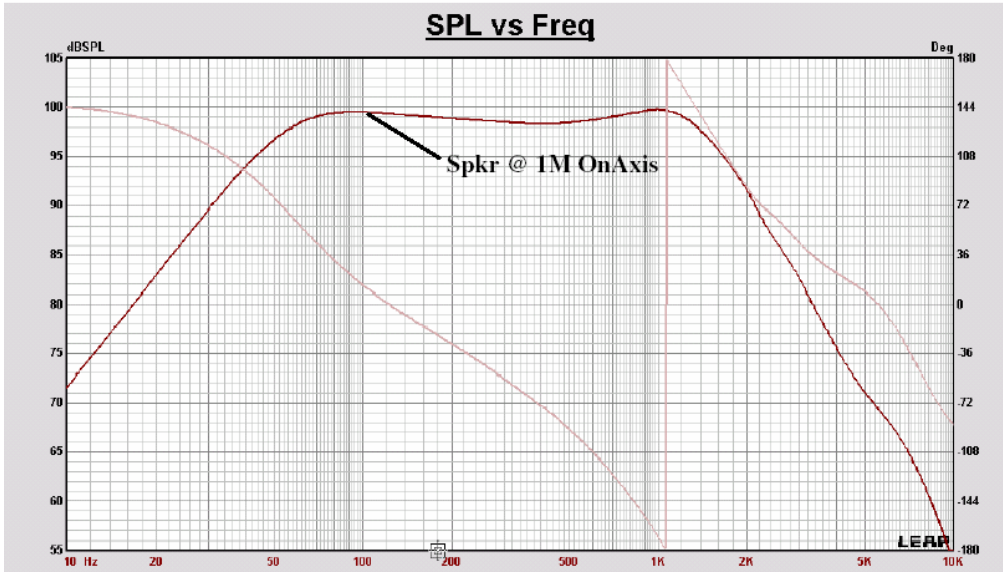
Single Enclosure, Infinite Baffle, Front View



Single Enclosure, Infinite Baffle, Rear View

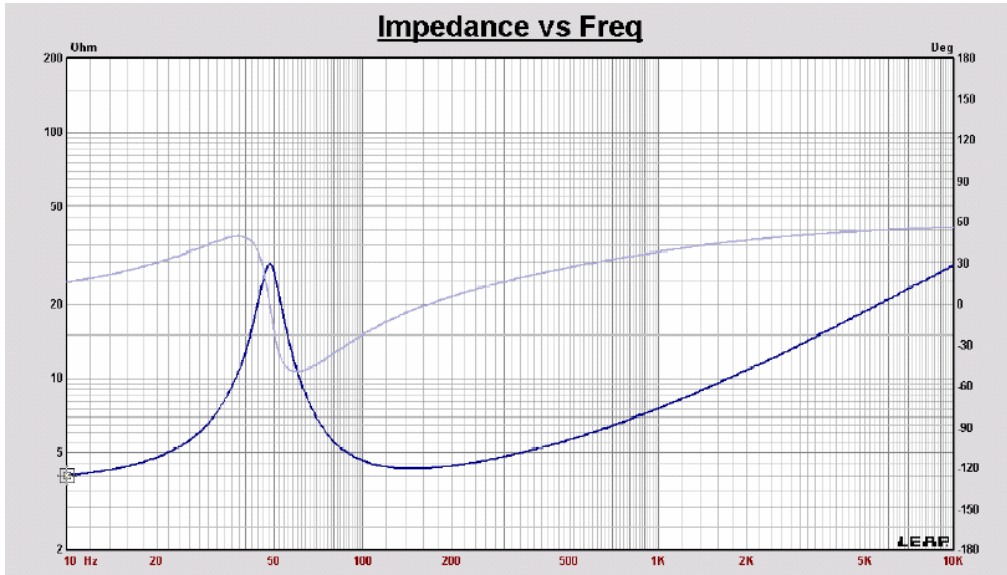


Single Enclosure, Infinite Baffle

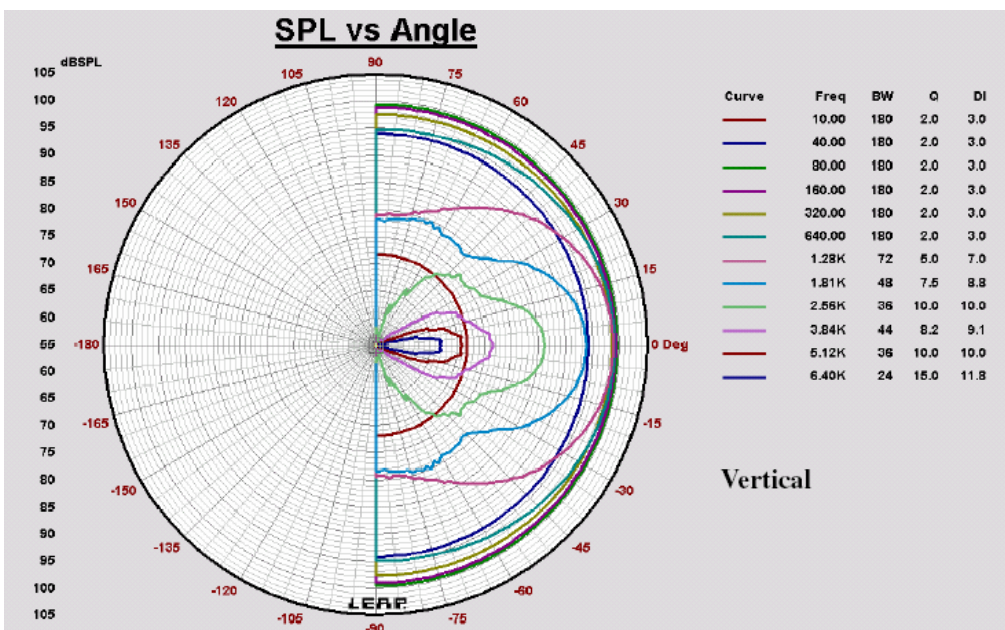
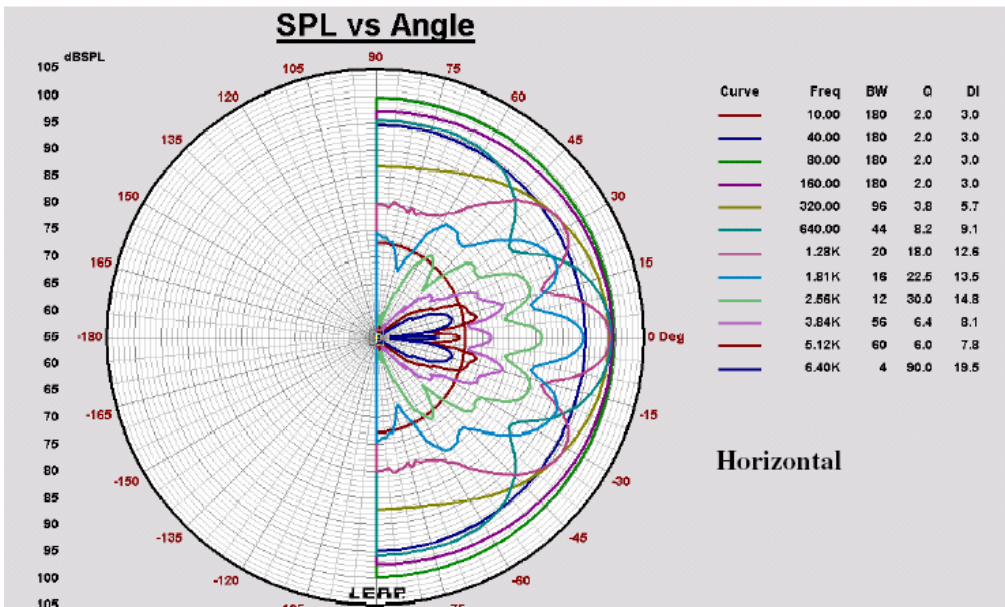


Single Enclosure, Infinite Baffle

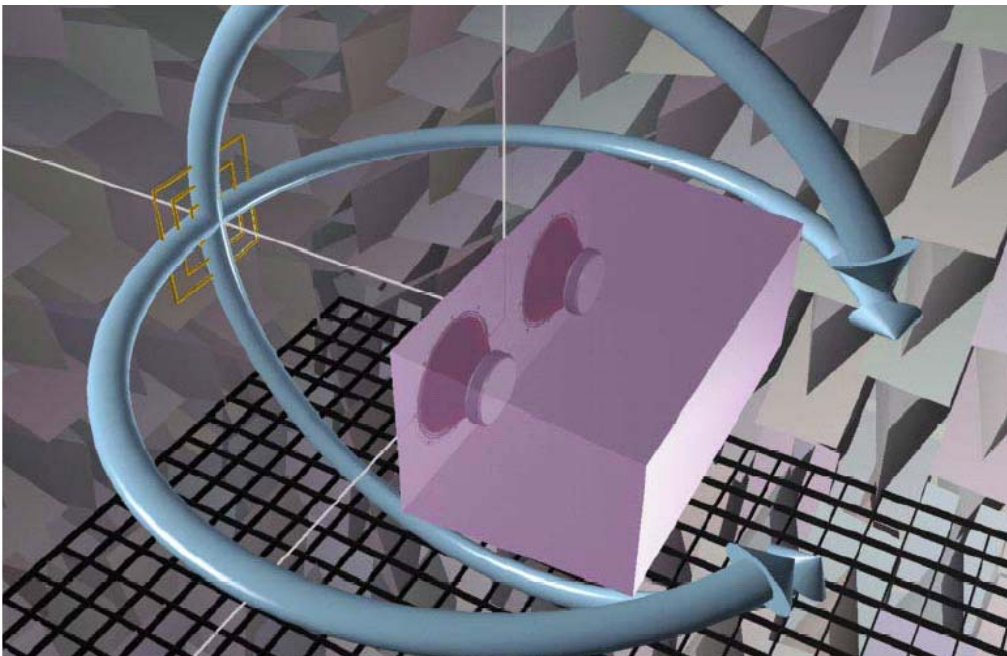
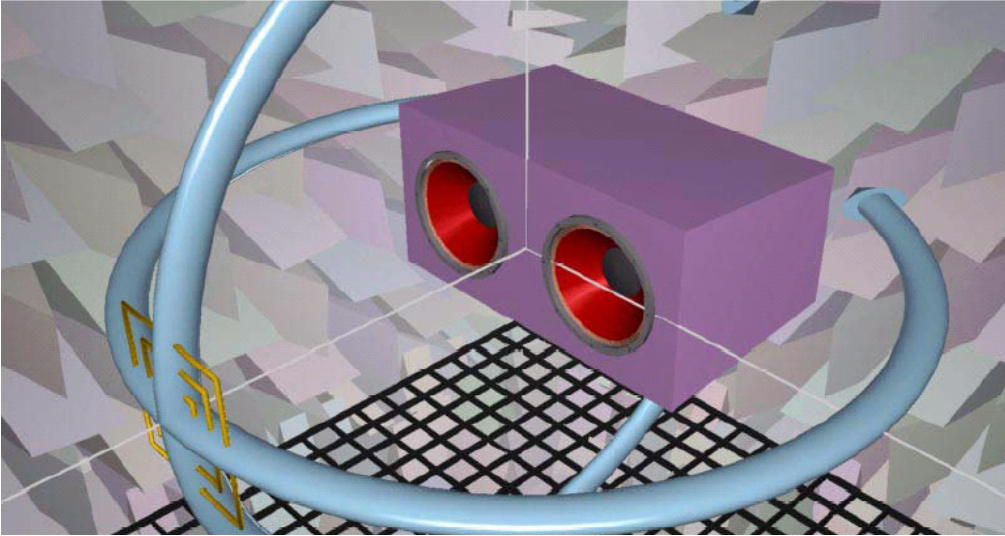




Single Enclosure, Infinite Baffle



Single Enclosure, Full Space, Front & Rear Views



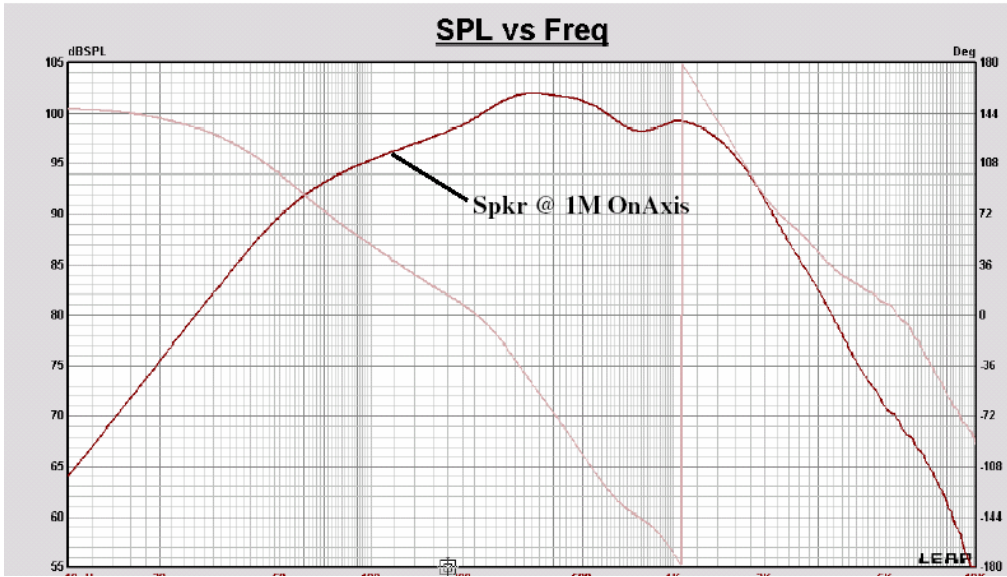
该单一箱体在无回声空间的声学响应显示在下面。该响应与 Infinite Baffle(无限障板)空间的完全不同。注意到响应上升到 300Hz 以上。这是由于与这些频率相关的箱体的指向性造成的。在较低的频率，箱体没有指向性并且放射到完全 4π 空间，从而产生一个更低的同轴水平。

下页的极化图给出了相同的信息。在低频区箱体表现为全方向的，这由圆盘锯状响应曲线指示。在高频区，箱体以及喇叭变得有指向性。

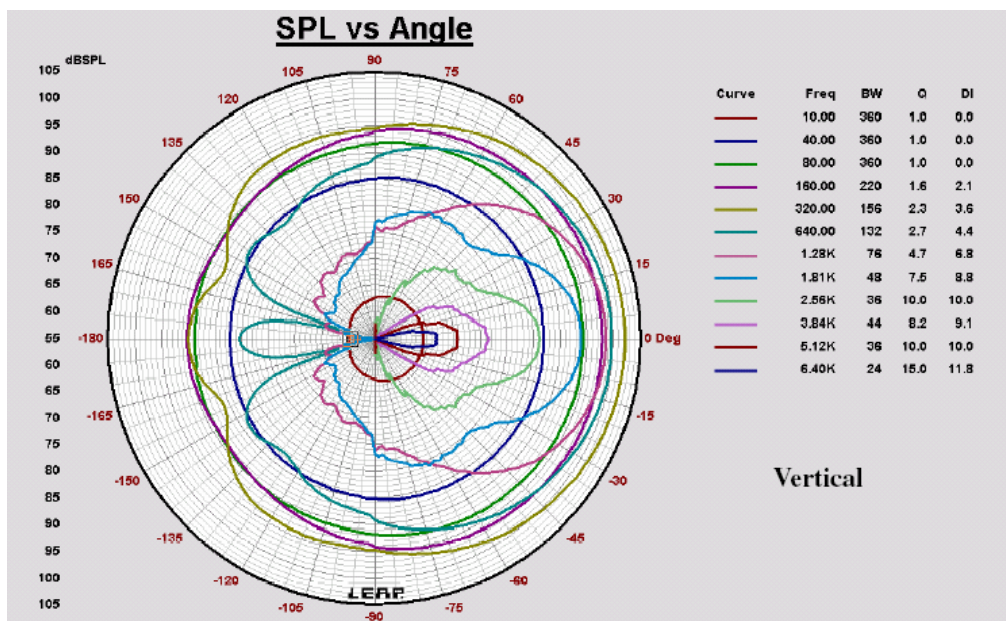
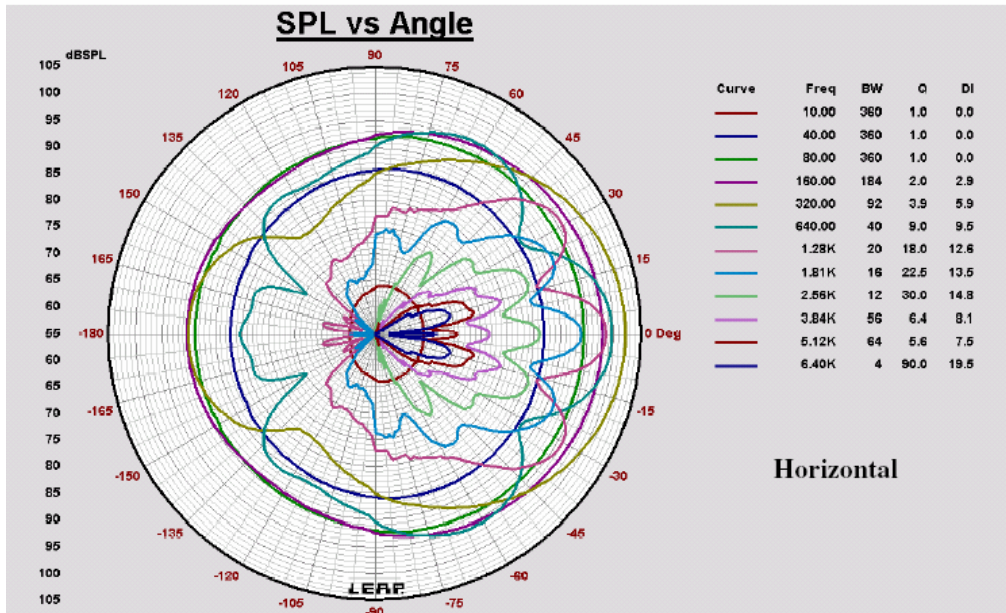
水平断面曲线显示了由于源的多重倍数造成的独特的凸角图案。垂直断面曲线仅显示了单个喇叭的特性，因为这两个喇叭位于水平直线上。

我们可以预料这些箱体组成的阵列将在低频区增加指向性，这是由于他们综合起来的大的抑制效应造成的。

Single Enclosure, Full Space



Single Enclosure, Full Space

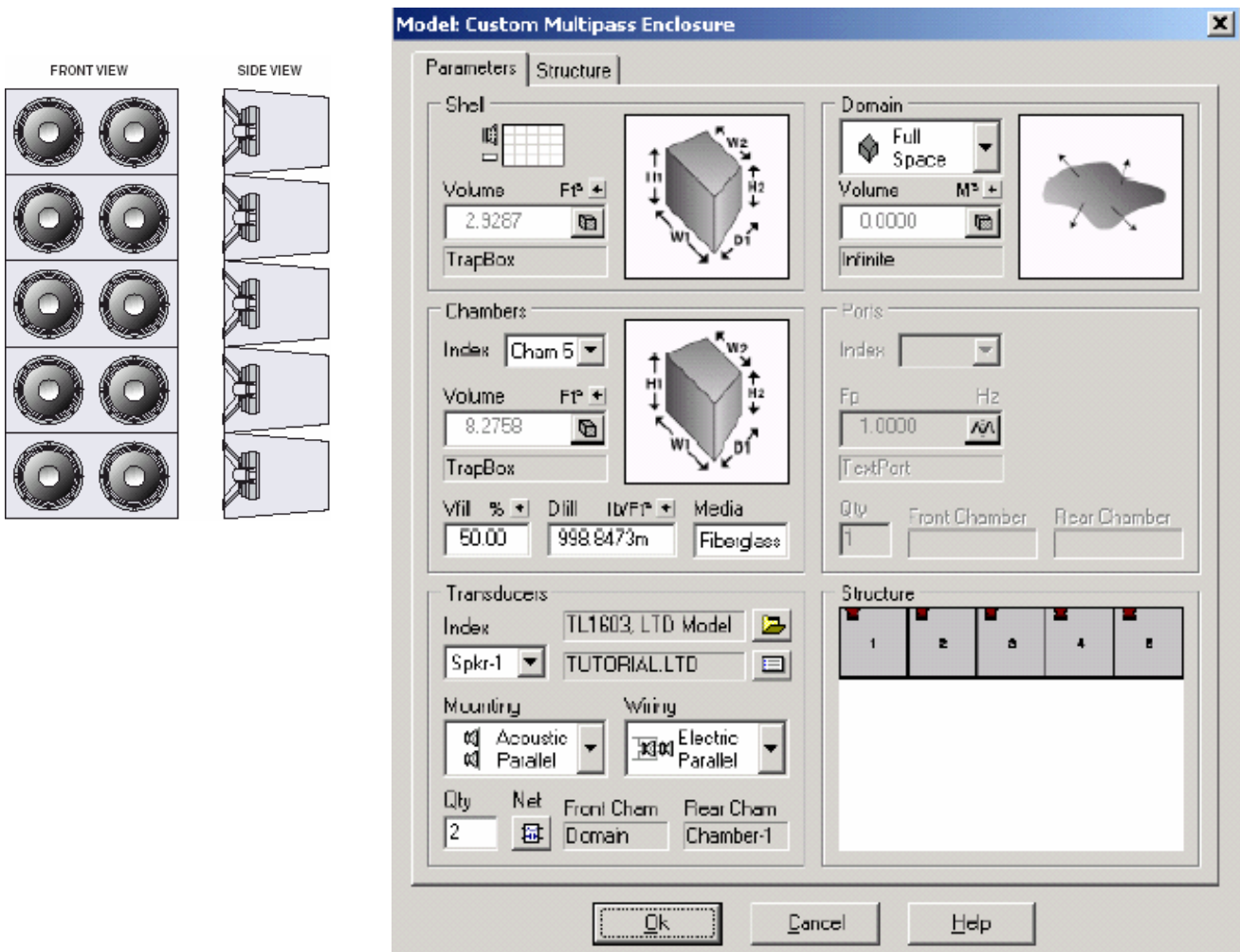


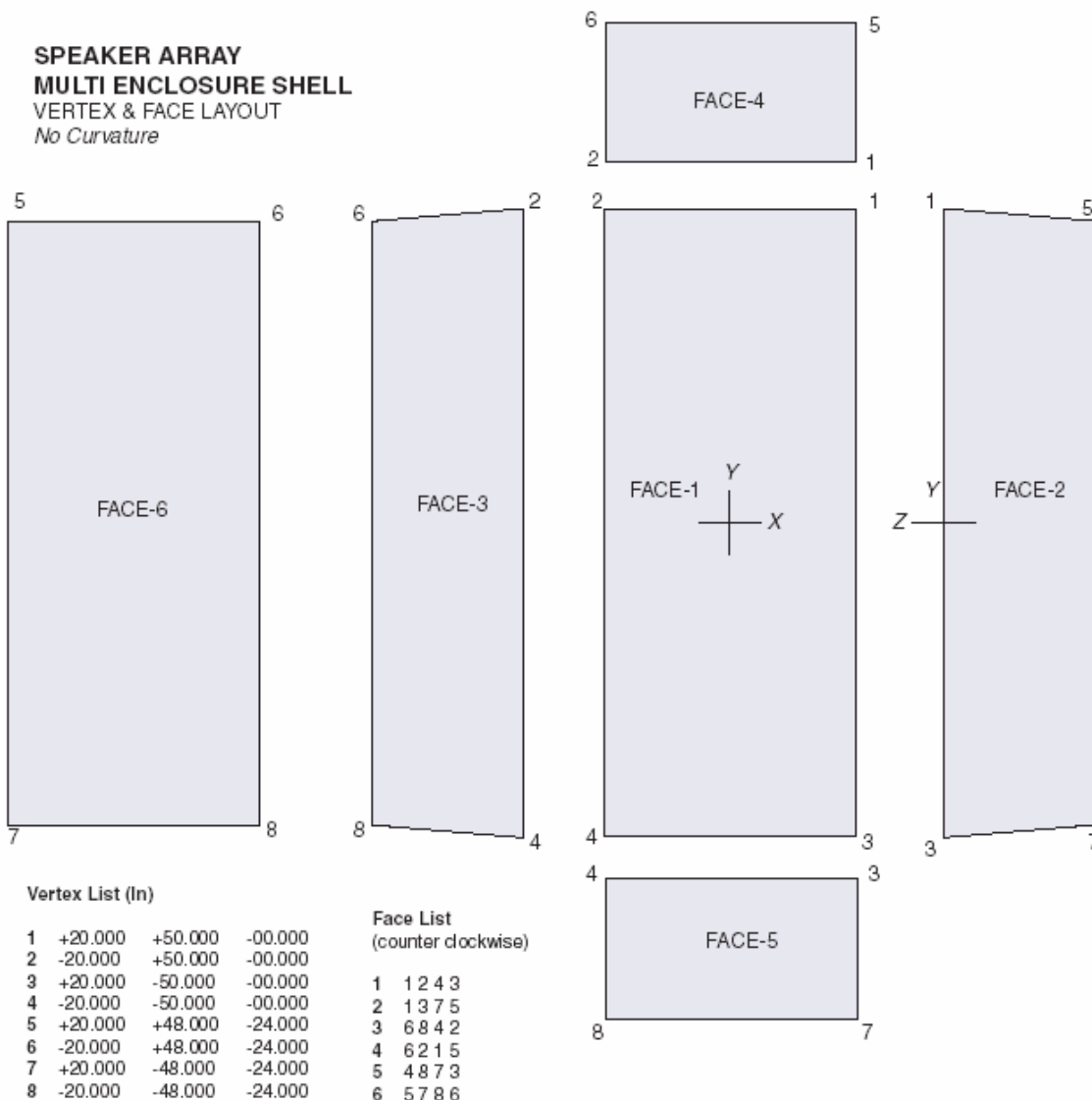
■ Loudspeaker Array-No Curvature(扬声器阵列-无曲率)

我们将综合五个双低音喇叭箱体来构造成为一个如下面插图所示的垂直阵列。对于第一个阵列的模拟，箱体将被调整为垂直的而没有曲率。

该阵列现在可视为一个单一的复合箱体，它带有五个隔离的箱室和十个喇叭，每个箱室各两个。为了构造这种箱体，将使用如下所示的 Custom Multipass(常见多重的)对话框。事实上，利用该对话框可以指定一个任意的带有任何箱室，喇叭以及开口组合的箱体。在这里将组织五个箱室，每个箱室各有两个喇叭。

对于这种垂直对齐的阵列，将在对话框中选择一个标准的外壳。然而，因为我们需要为下一个阵列使用一个导入的 3D 外壳，所以现在我们必须指定一个带有合适 vertex(顶部)和 face (正面)信息的多角形形式的阵列。该信息可以被用来创建一个 OBJ 文本文件，它指定导入 EnclosureShop 的外壳。该阵列的各镶嵌面板显示在下页中。





该阵列的镶嵌面板包含了一个简单化的后部表面模型。阵列的后部作为一个平面呈现，而实际上对于一个不等边外形，在各个箱体之间可能会存在一些小的尖角空隙。

对于衍射分析，将实际物理外形简单化通常是必要和合乎需要的。关注一些小的细节，特别是关于箱体后部的，对最终的结果没有多大的益处。这些小的细节明显增加了计算的条件并且生成的是占用过多资源的模型。

箱体外观的所有顶部（或结点）将首先被计算并列出来。这些外观然后将被贴上标签并根据它们的近似顶部序号列出。当从外观看这些箱体时，这些外观必须贴有以逆时针方向列出的 vertex（顶部）序列号。这是缠绕的顺序。这是很重要的，以致于 EnclosureShop 能够推断各个面属于箱体的内部和外部。对于任意面的 vertex(顶部)列表可以从正面周围的任意 vertex（顶部）开始。

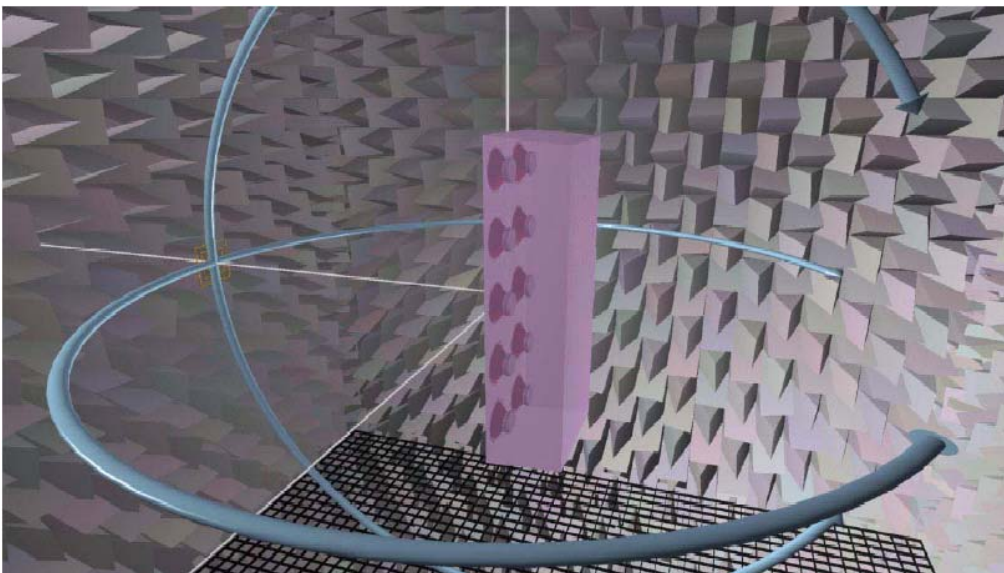
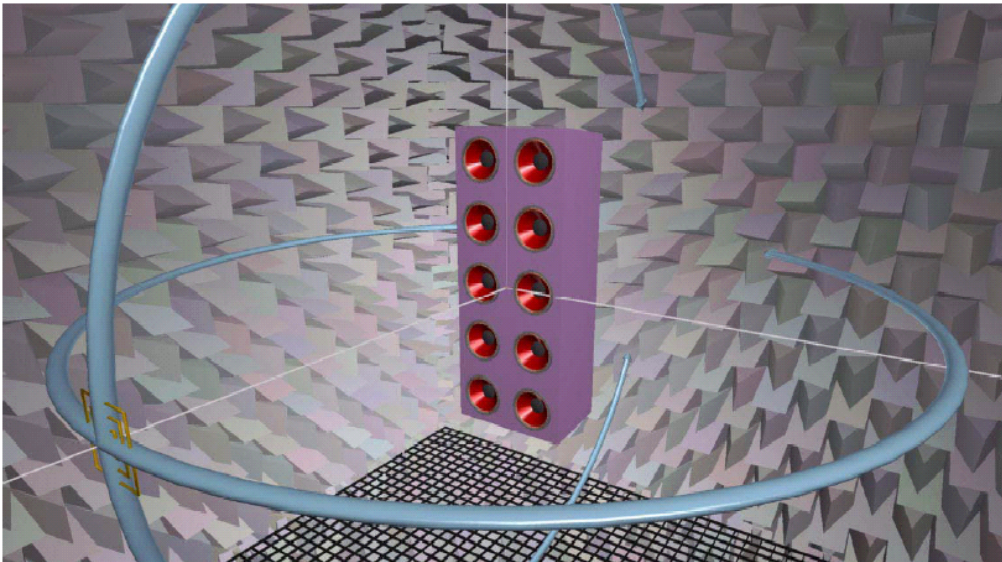
OBJ 文件然后通过使用如下所示任意文本编辑来创建。Vertex(顶部)首先以字母 v 开始，接下来是每条边的 x, y, z 坐标值。各个面以字母 f 开始。

```
# OBJ Import file for EncShop  
# Date: Mar/05/2003, Author: C. Strahm  
# AppNote02 Speaker Array Multi-Enclosure, No Arc  
# Units are Inches.
```

```
v      +20.000 +50.000 +00.000  
v      -20.000 +50.000 +00.000  
v      +20.000 -50.000 +00.000  
v      -20.000 -50.000 +00.000  
v      +20.000 +48.000 -24.000  
v      -20.000 +48.000 -24.000  
v      +20.000 -48.000 -24.000  
v      -20.000 -48.000 -24.000
```

```
f      1 2 4 3  
f      1 3 7 5  
f      6 8 4 2  
f      6 2 1 5  
f      4 8 7 3  
f      5 7 8 6
```

Loudspeaker Array, No Curvature



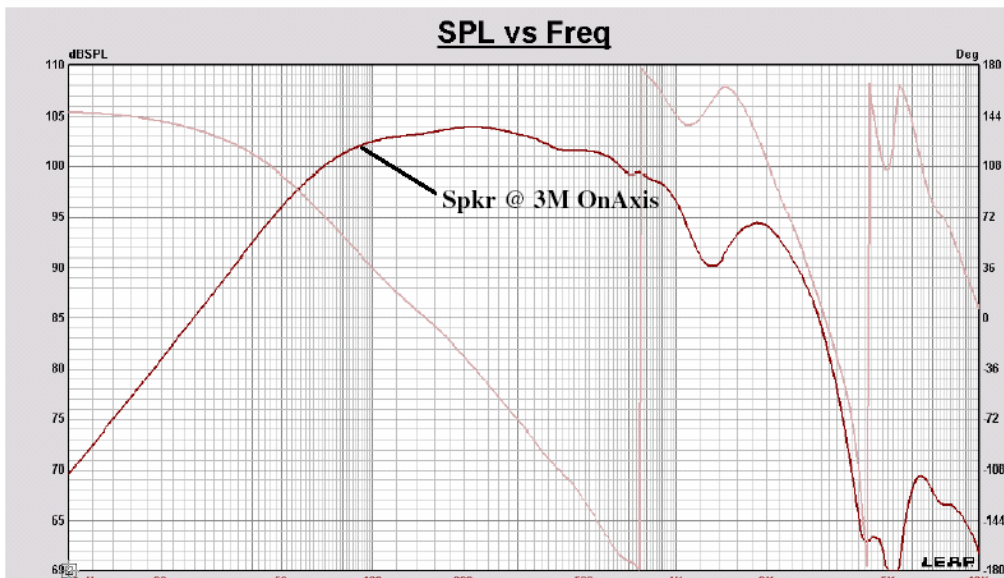
该 3D 外壳所定义的 OBJ 文件然后被导入。喇叭安放在复合箱体上，如前页中的 3D 视图所示。该简单的箱体在隔 1 米的距离被模拟。然而，当模拟该喇叭阵列响应时，更大的距离是恰当的。将为该阵列分析选定 3 米的距离。

对于该竖直阵列（无曲率）的同轴声学响应的标示显示在如下的曲线图中。正如所期望的一样，在低频振幅处存在着很明显的升高。的确，在 100Hz 处已超过了 1kHz 处的水平。

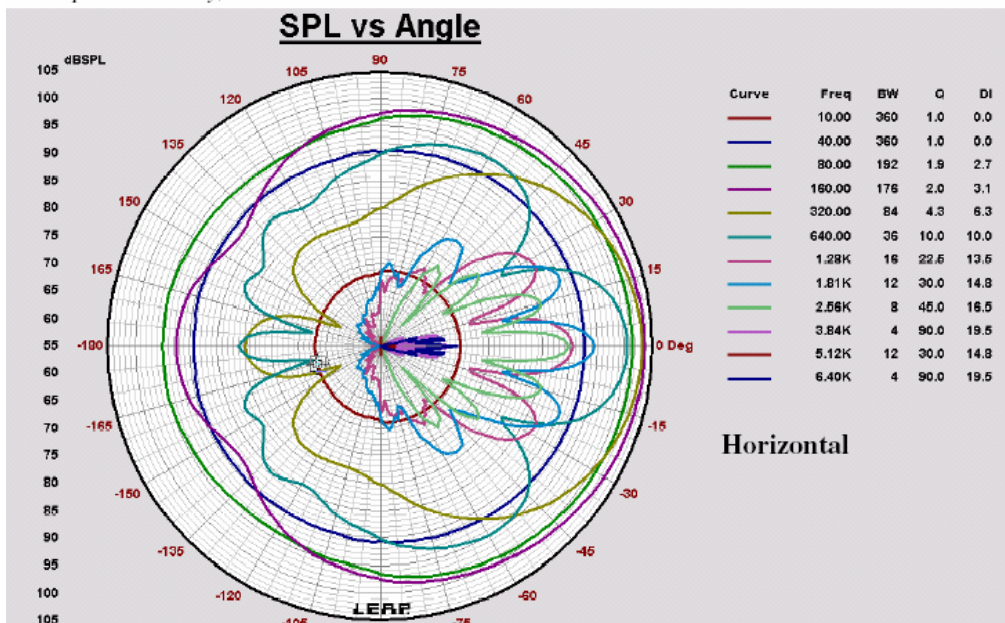
该响应同样显示了一个发生在 1300Hz 的无效值。这是由于在多重驱动传播在穿越垂直距离之间的互相抵消造成的。该阵列在 8Feet 高度结束。

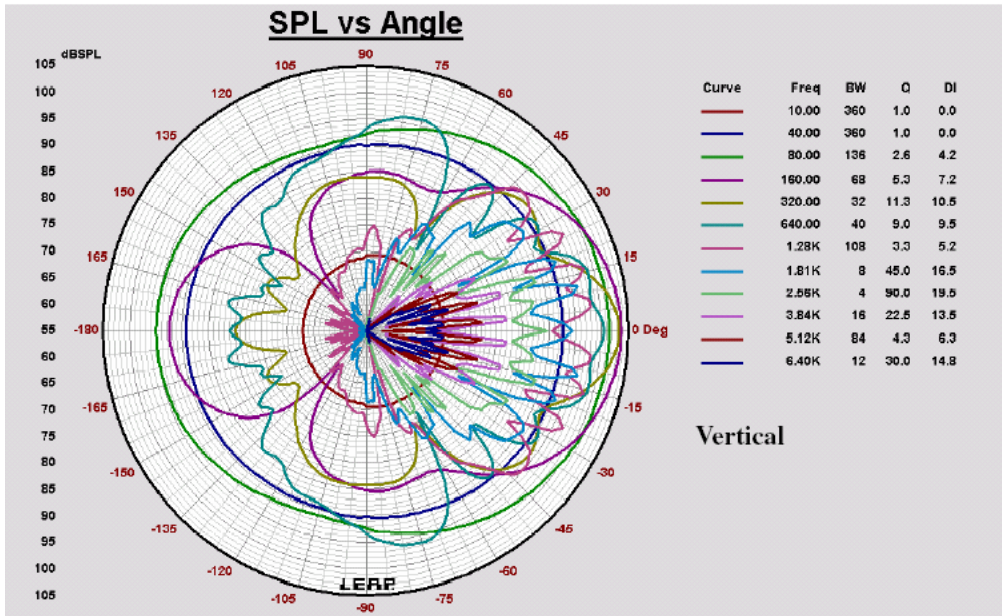
水平的和垂直的极坐标响应曲线显示在下页中。注意到现在即使在 80Hz 时垂直断面的 Directivity Index(DI,指向性指数)超过 4dB。160Hz 时阵列背后的指向性指数仅接近 10dB，低于阵列前面的值。

Loudspeaker Array, No Curvature



Loudspeaker Array, No Curvature



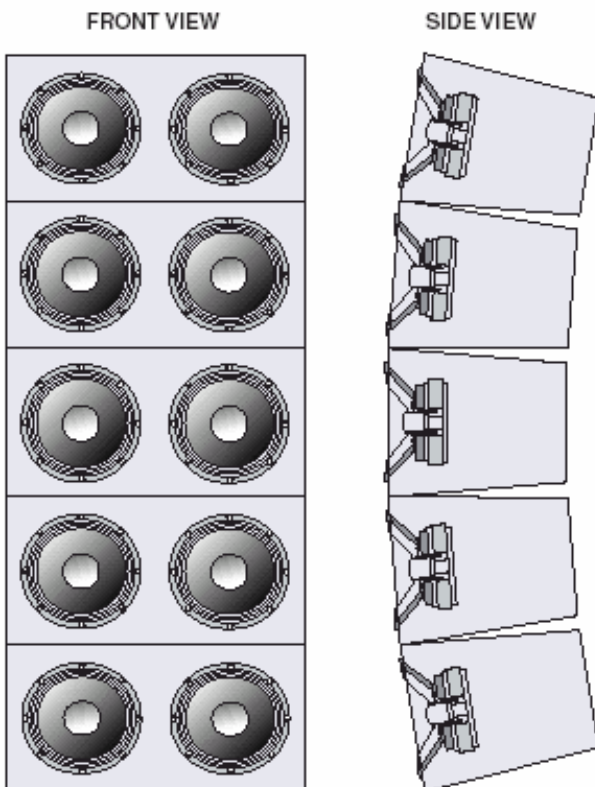


■ Loudspeaker Array – Small Curvature (扬声器阵列 – 较小曲率)

现在将阵列设计曲率的修改成由不等边箱体所允许最大曲率的一半。阵列的组织显示如下。

该组织结构的阵列面板显示在如下的页面中。如前所述，阵列的后部是简单化的并且仅作为一个水平平面描述。Vertex（顶部）和 face（正面）在下页的插图中给出，并且与下面 OBJ 文件相关联。

喇叭安放在复合箱体上，如下页中的 3D 视图所示。模拟再次使用了 3 米的距离。阵列的前面现在包含有五个不同的面板，每个面板代表了一个单一的箱体。

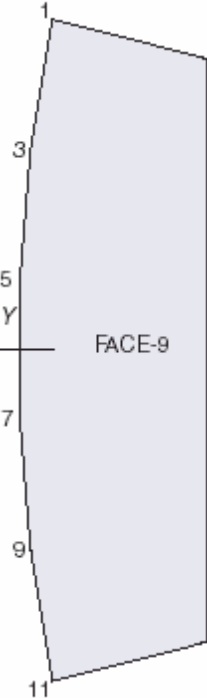
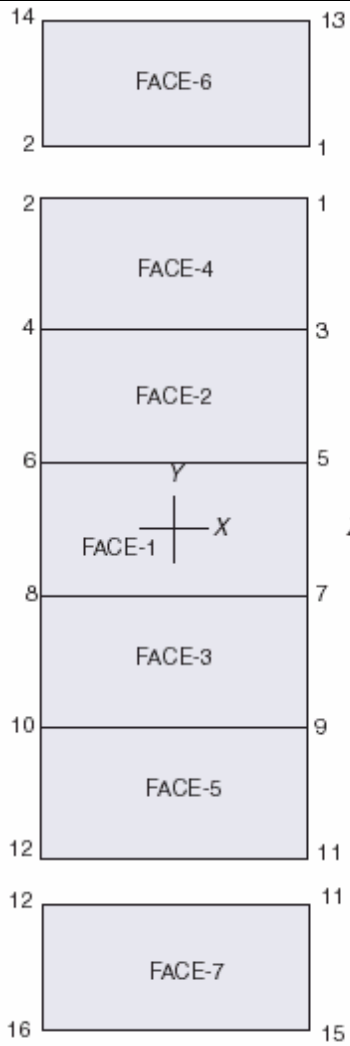
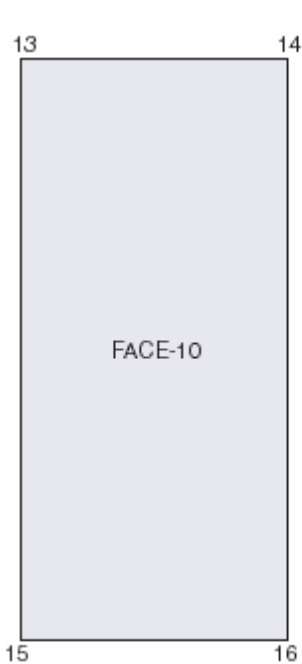


```
# OBJ Import file for EncShop
# Date: Mar/05/2003, Author: C. Strahm
# AppNote02 Multi-Enclosure, Small Arc

v      +20.000 +49.640 -04.930
v      -20.000 +49.640 -04.930
v      +20.000 +29.920 -01.640
v      -20.000 +29.920 -01.640
v      +20.000 +09.990 +00.000
v      -20.000 +09.990 +00.000
v      +20.000 -09.990 +00.000
v      -20.000 -09.990 +00.000
v      +20.000 -29.920 -01.640
v      -20.000 -29.920 -01.640
v      +20.000 -49.640 -04.930
v      -20.000 -49.640 -04.930
v      +20.000 +43.730 -28.270
v      -20.000 +43.730 -28.270
v      +20.000 -43.730 -28.270
v      -20.000 -43.730 -28.270

f      5 6 8 7
f      3 4 6 5
f      7 8 10 9
f      1 2 4 3
f      9 10 12 11
f      13 14 2 1
f      11 12 16 15
f      14 16 12 10 8 6 4 2
f      1 3 5 7 9 11 15 13
f      13 15 16 14
```

**SPEAKER ARRAY
 MULTI ENCLOSURE
 VERTEX & FACE LAYOUT**
Small Curvature



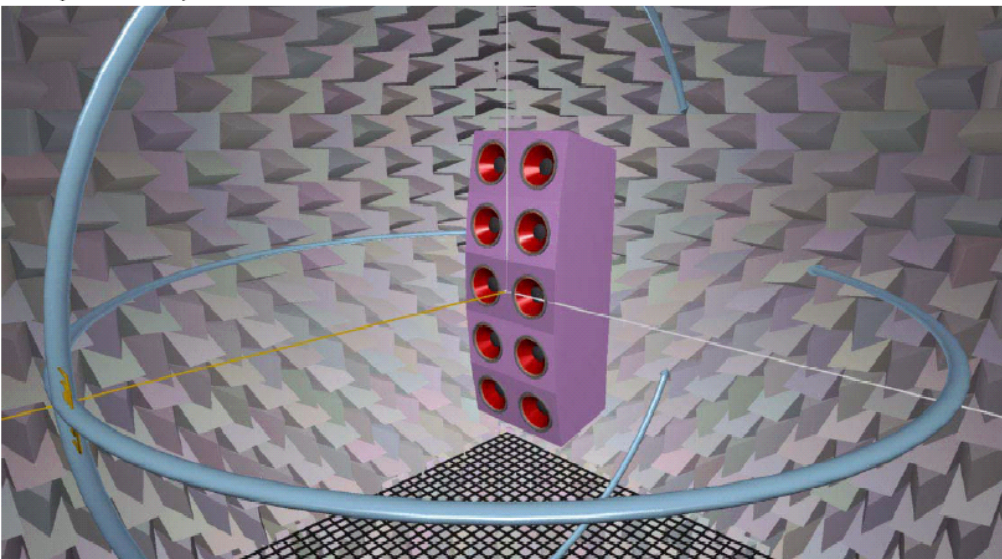
Vertex List (In)

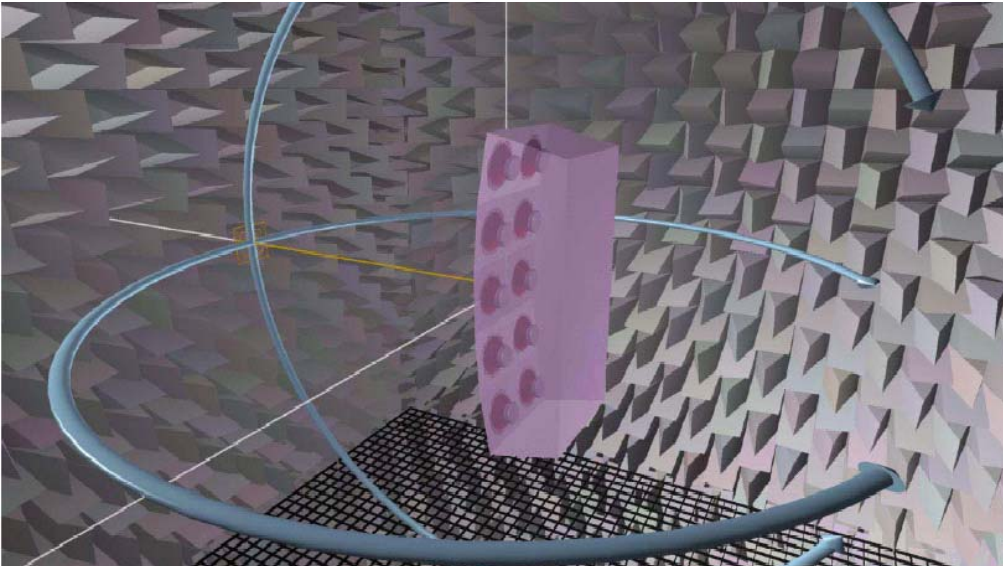
01	+20.000	+49.640	-04.930
02	-20.000	+49.640	-04.930
03	+20.000	+29.920	-01.640
04	-20.000	+29.920	-01.640
05	+20.000	+09.990	+00.000
06	-20.000	+09.990	+00.000
07	+20.000	-09.990	+00.000
08	-20.000	-09.990	+00.000
09	+20.000	-29.920	-01.640
10	-20.000	-29.920	-01.640
11	+20.000	-49.640	-04.930
12	-20.000	-49.640	-04.930
13	+20.000	+43.730	-28.270
14	-20.000	+43.730	-28.270
15	+20.000	-43.730	-28.270
16	-20.000	-43.730	-28.270

Face List
 (counter clockwise)

01	5 6 8 7
02	3 4 6 5
03	7 8 10 9
04	1 2 4 3
05	9 10 12 11
06	13 14 2 1
07	11 12 16 15
08	14 16 12 10 8 6 4 2
09	1 3 5 7 9 11 15 13
10	13 15 16 14

Loudspeaker Array, Small Curvature





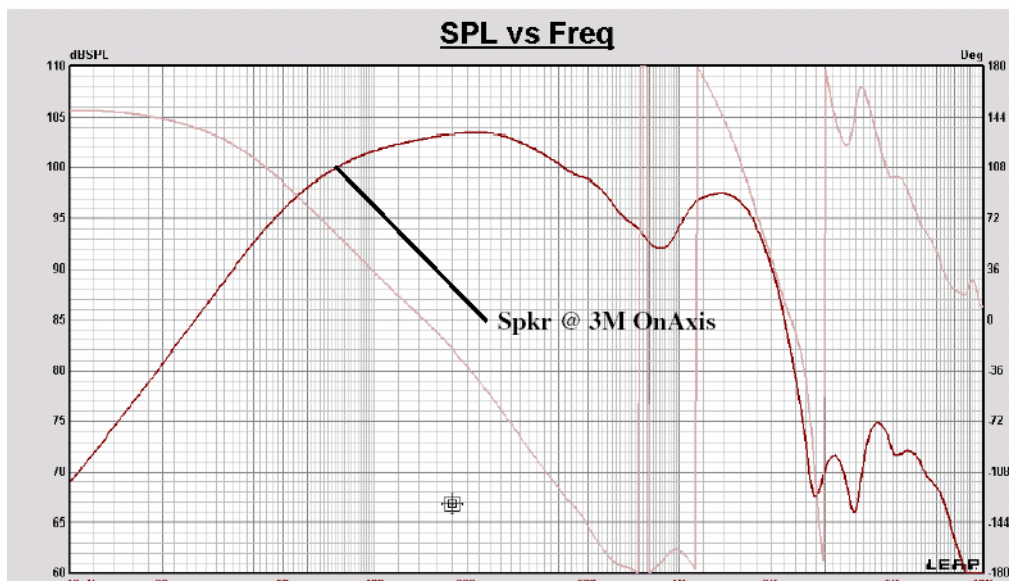
对于这个稍微弯曲的阵列（较小曲率）的同轴声学响应显示在下面的曲线图中。我们再次观察到低频时增加，但是无效值由 1300Hz 下降到 900Hz 处。增加阵列的弧度，使外部喇叭进一步远离中心以及到轴外，从而导致更多的路径延迟和低频抵消。

水平和垂直的极坐标响应曲线显示在下页中。将这些极坐标曲线与先前的竖直阵列进行比较。DI（指向性指数）数值稍微减少。这无疑是在使阵列变弯曲造成的结果。

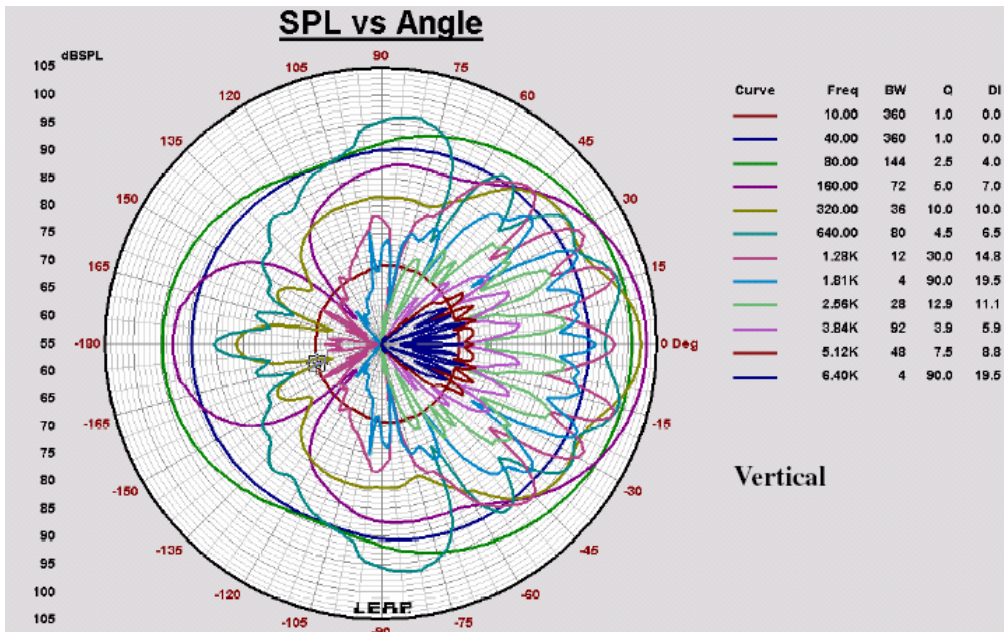
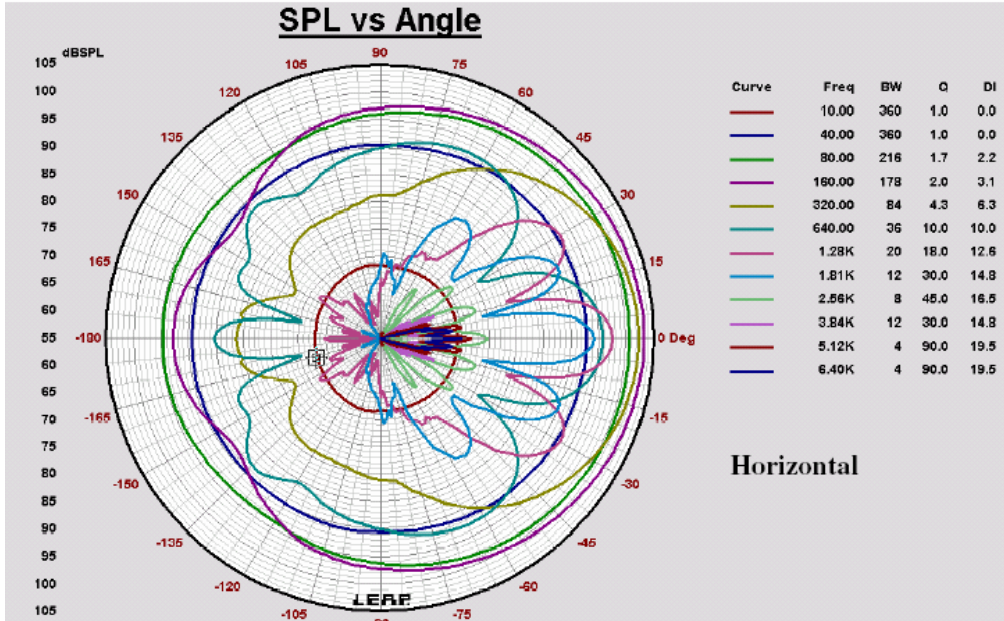
较高频率处时，在垂直方向上的振幅凸起稍微增加。使阵列弯曲，外部喇叭更离轴，同时增加了较高的频率来覆盖更远的对顶角。

然而，该阵列的曲率是很小的。我们现在将曲率增加到箱体所允许的最大值。同时观察其变化。

Loudspeaker Array, Small Curvature



Loudspeaker Array, Small Curvature

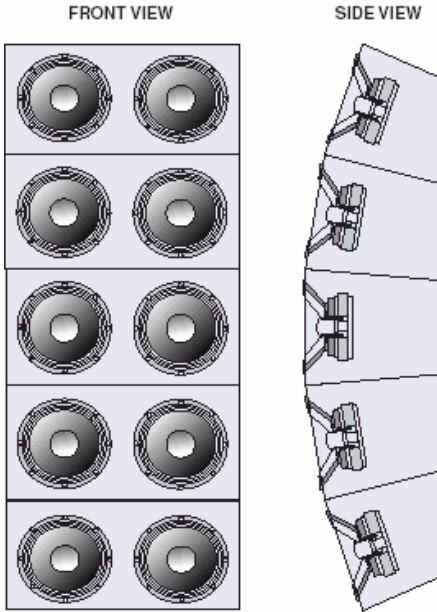


■ Loudspeaker Array – Large Curvature (扬声器阵列 – 较大曲率)

现在将阵列设计曲率的修改成由不等边箱体所允许曲率的最大值。新阵列的组织显示如下。

该组织结构的阵列面板显示在如下的页面中。如前所述，阵列的后部是简单化的并且仅仅作为一个平面来描述。Vertex（顶部）和 face（正面）在下页的插图中给出，并且与下面 OBJ 文件相关联。

喇叭安放在复合箱体上，如下页中的 3D 视图所示。模拟再次使用了 3 米的距离。

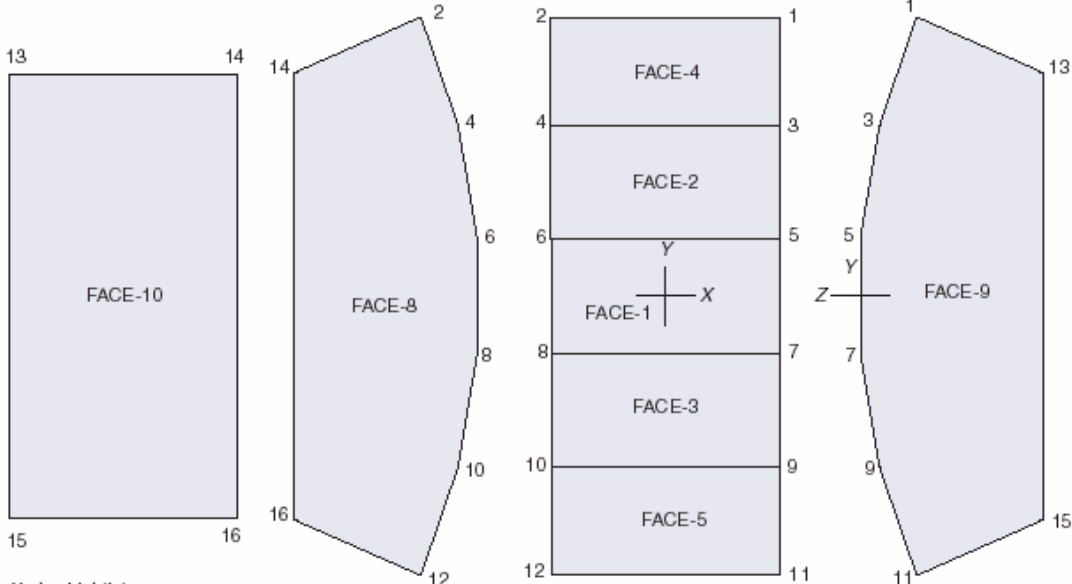


```
# OBJ Import file for EncShop
# Date: Mar/05/2003, Author: C. Strahm
# AppNote02 Multi-Enclosure, Large Arc
```

```
v +20.000 +48.600 -09.790
v -20.000 +48.600 -09.790
v +20.000 +29.720 -03.300
v -20.000 +29.720 -03.300
v +20.000 +10.000 +00.000
v -20.000 +10.000 +00.000
v +20.000 -10.000 +00.000
v -20.000 -10.000 +00.000
v +20.000 -29.720 -03.300
v -20.000 -29.720 -03.300
v +20.000 -48.600 -09.790
v -20.000 -48.600 -09.790
v +20.000 +38.920 -31.850
v -20.000 +38.920 -31.850
v +20.000 -38.920 -31.850
v -20.000 -38.920 -31.850

f 5 6 8 7
f 3 4 6 5
f 7 8 10 9
f 1 2 4 3
f 9 10 12 11
```

**SPEAKER ARRAY
 MULTI ENCLOSURE
 VERTEX & FACE LAYOUT**
Large Curvature



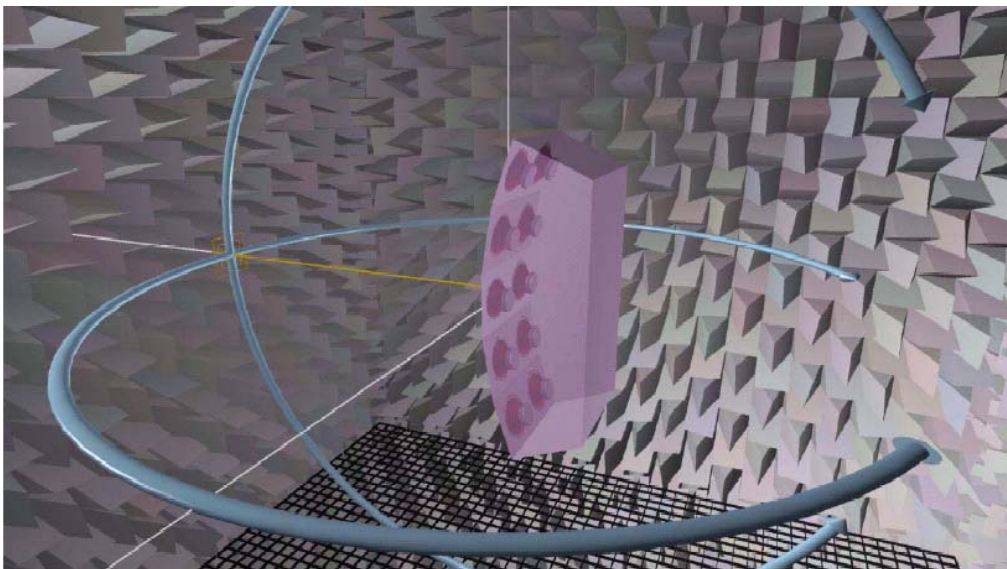
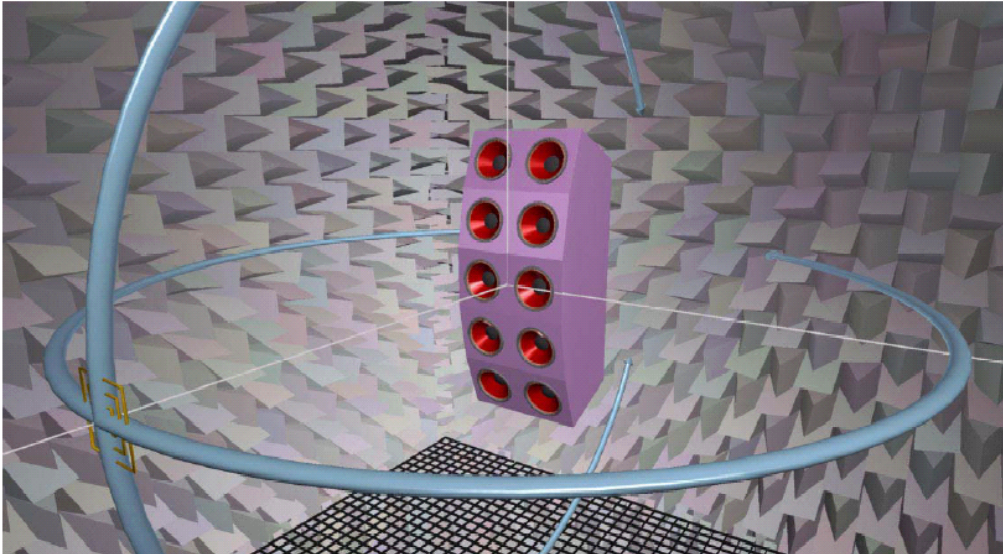
Vertex List (In)

01	+20.000	+48.600	-09.790
02	-20.000	+48.600	-09.790
03	+20.000	+29.720	-03.300
04	-20.000	+29.720	-03.300
05	+20.000	+10.000	+00.000
06	-20.000	+10.000	+00.000
07	+20.000	-10.000	+00.000
08	-20.000	-10.000	+00.000
09	+20.000	-29.720	-03.300
10	-20.000	-29.720	-03.300
11	+20.000	-48.600	-09.790
12	-20.000	-48.600	-09.790
13	+20.000	+38.920	-31.850
14	-20.000	+38.920	-31.850
15	+20.000	-38.920	-31.850
16	-20.000	-38.920	-31.850

Face List
 (counter clockwise)

01	5 6 8 7
02	3 4 6 5
03	7 8 10 9
04	1 2 4 3
05	9 10 12 11
06	13 14 2 1
07	11 12 16 15
08	14 16 12 10 8 6 4 2
09	1 3 5 7 9 11 15 13
10	13 15 16 14

Loudspeaker Array, Large Curvature



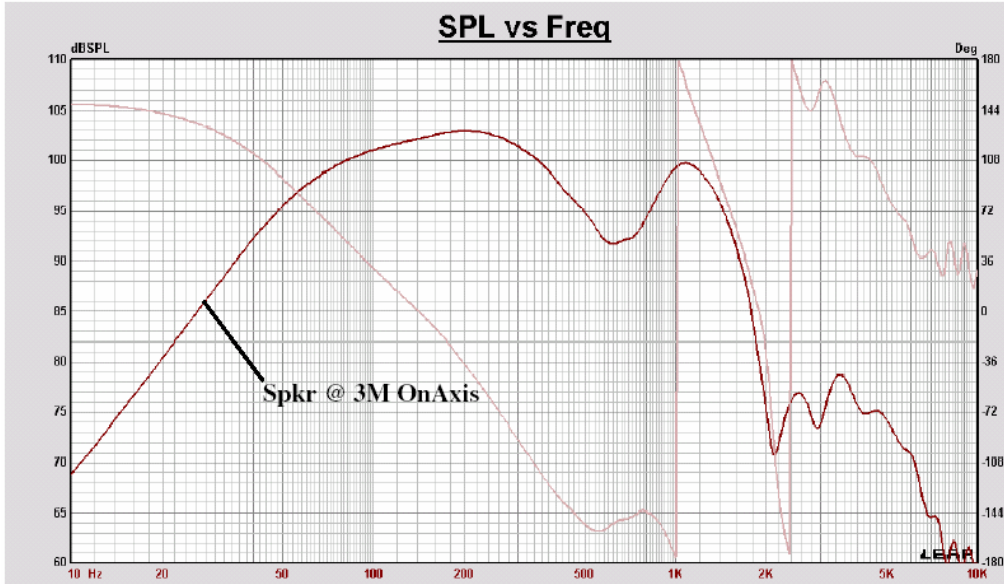
对于这个最大弯曲的阵列（较大曲率）的同轴声学响应显示在下面的曲线图中。我们再次观察到低频时增加，但是无效值由 900Hz 下降到 600Hz 处。进一步增加阵列的弧度，使外部喇叭进一步远离中心以及到轴外，从而导致更多的路径延迟和低频抵消。

水平和垂直的极坐标响应曲线显示在下页中。将这些极坐标曲线与先前的竖直阵列进行比较。DI（指向性指数）数值进一步减少。在 80Hz 处的 DI(指向性指数)由 4.3dB 减少到 3.9dB。

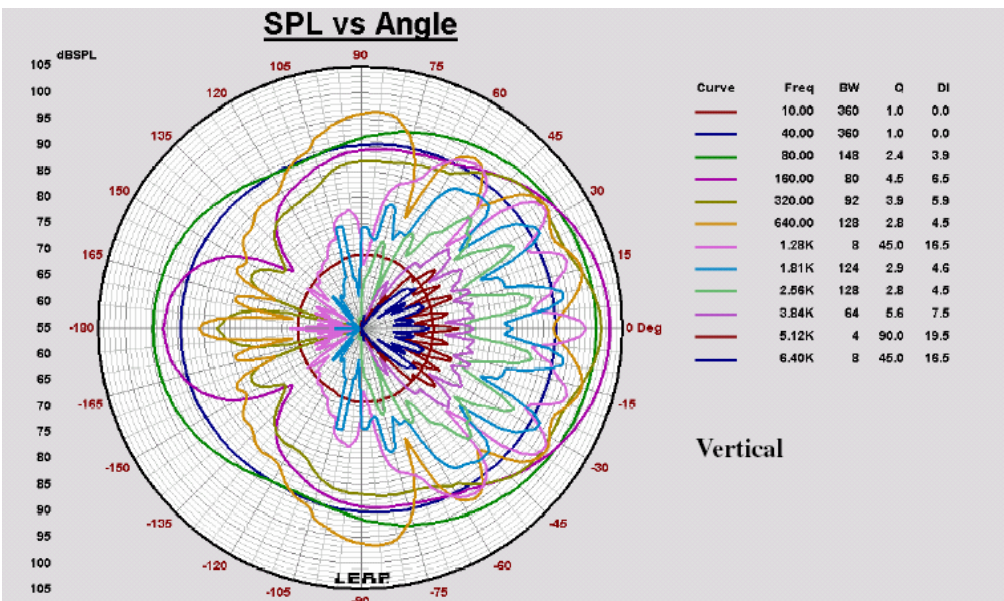
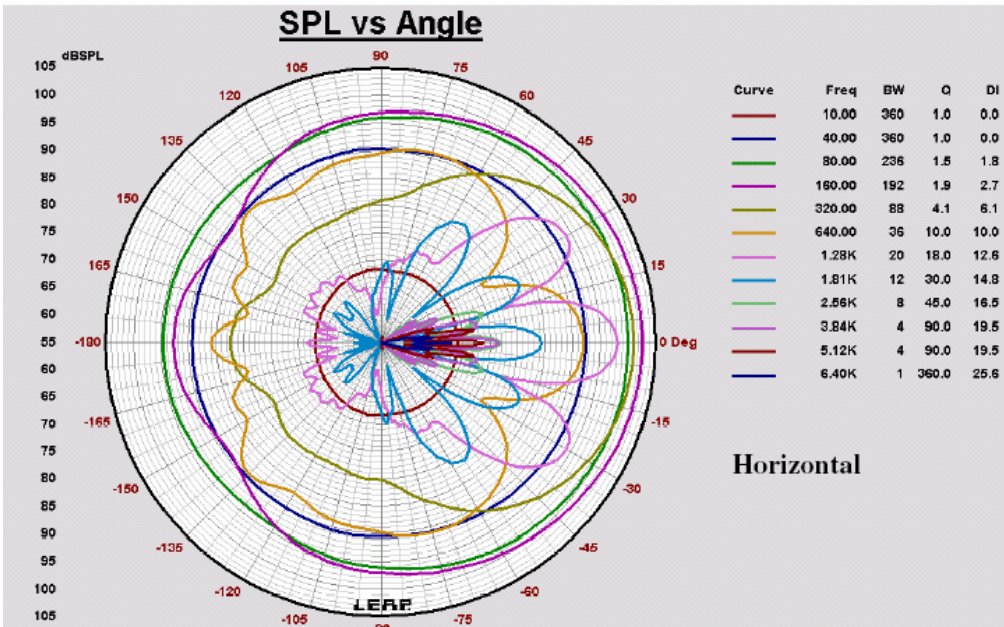
同时也注意到在 160Hz 和 640Hz 之间的 DI(指向性指数)下降为竖直阵列的一半（5vs10）。这是一个在垂直方向上覆盖面积的相当可观的加宽。

同时也应该提到，在更远的模拟距离，同轴的模拟值多少将会有些减少，响应通常将会变得更均一。阵列越近，驱动之间的路径长度差越大。

Loudspeaker Array, Large Curvature



Loudspeaker Array, Large Curvature



■ 概要

许多不同类型的阵列特性将被研究。这里给出的例子仅仅是一个阵列模型的简单介绍。对于低频和高频喇叭阵列的类型和形状同时将被研究。

阵列分析计算的技术条件是真实的。在一个更大或复杂外壳上的衍射分析将需要最新的计算机资源。这些模拟要在具有 2GB 内存 Pentium®4 PC 上运行。

该例中提供的模拟使用的是 3kHz 的衍射分辨率和第四阶衍射分析。简单的 2X15 箱体模拟仅需要 5 分钟的计算时间和 75M 内存。然而，对于每个阵列的模拟，假使 500M 的内存，需要 CPU3 个小时来处理。大的阵列将耗尽 Win32 操作系统整个 2GB 的地址空间。

因此，非常仔细地规划设计以及从外壳上除去一些不必要的小的表面是很明智的。它们对整体设计的贡献是很小的，但是却大大增加了计算的负担。合适的衍射分析的选择和衍射的阶同样在决定计算的必要条件时发挥了关键的作用。

这里完成了应用注释。