

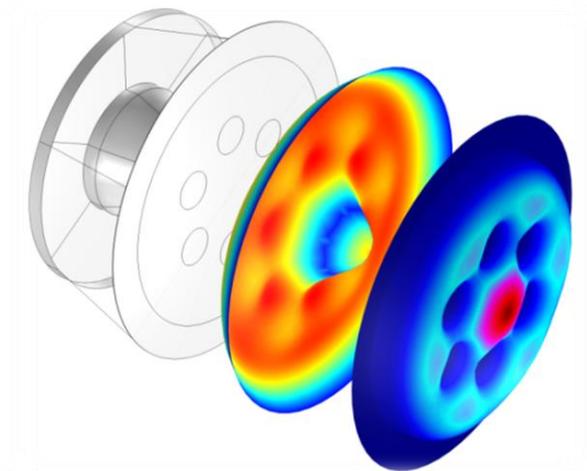
基于COMSOL Multiphysics的 微型扬声器音腔声谐振分析

张镇辉 研发中心

主要内容

- 微型扬声器简介
- 手机音腔发展趋势
- 音腔声谐振问题
- 案例及解决

微型扬声器简介



扬声器 (speaker)：扬声器又名喇叭。扬声器种类繁多，通过不同的方法完成电-声转换，所以扬声器实际上是一个电声换能器 (electro-acoustic transducer)。广义上的电声换能器是不受频率限制的，可包括次声、超声和水声换能器。扬声器是可听音频范围内的换能器，也是我们在这里的研究对象。

微型扬声器 (micro-speaker)：微型扬声器是当今扬声器发展的主流趋势之一，其广泛应用于消费电子类产品之内，如手机、pad、笔记本电脑。微型扬声器的设计追求是使体积小、质量轻的产品带给消费者优质的听觉享受。



WRYD1515B062002



MR15A15003-IR-09A1



DR158B-7A1



DR20A15003H-AR-07



MSFD1005A558A00



MRYD1032A142000



MRFD1506A560000

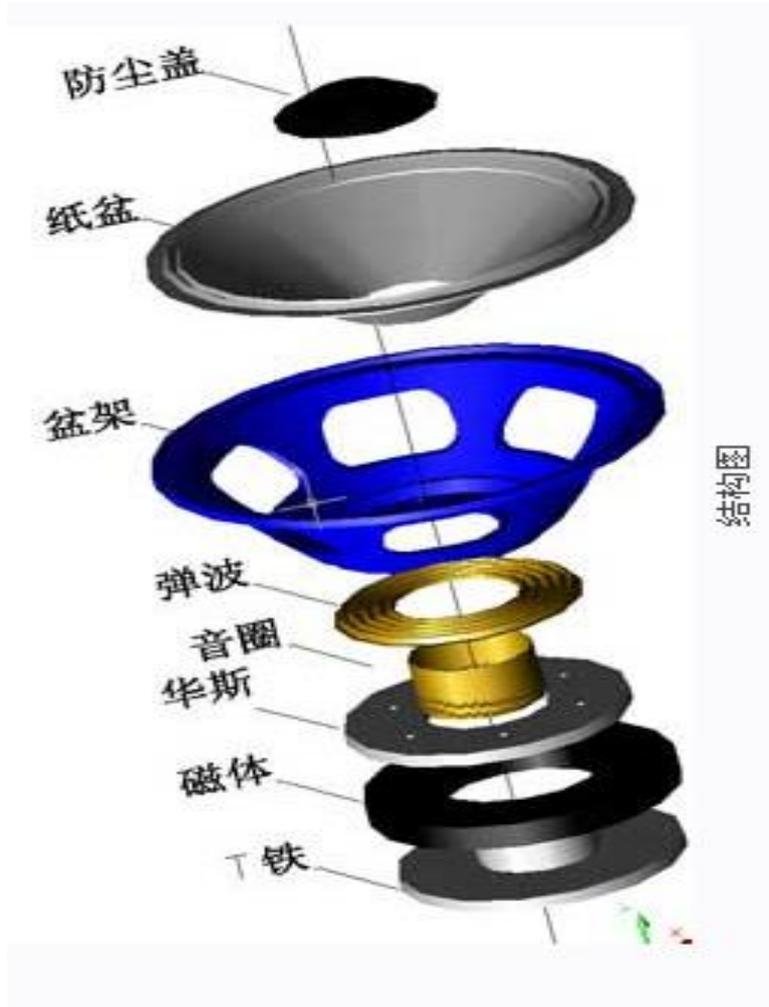


MRFD1506A557000

种类繁多的微型扬声器/
受话器产品。

来自——
<http://www.lchse.com>

动圈式扬声器结构:



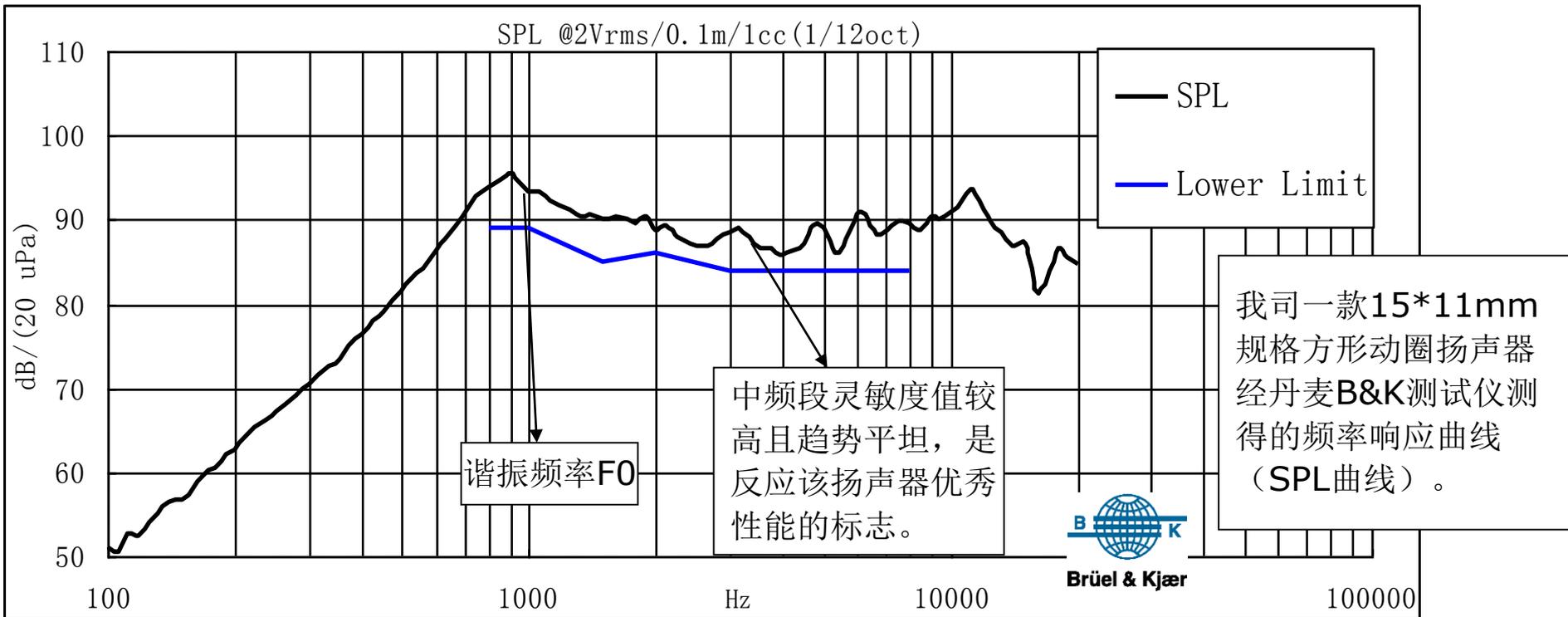
工作原理:

当载流导体（此处即为图中音圈）处于磁场中时，会受到一个电动力，其方向符合弗莱明左手定则，力与电流、磁场方向互相垂直；受力大小与电流、导线长度、磁通密度成正比。当音圈输入交变音频电流时，音圈受到一个交变推动力产生交变运动，带动了图中振膜振动，把声音辐射到空气中。

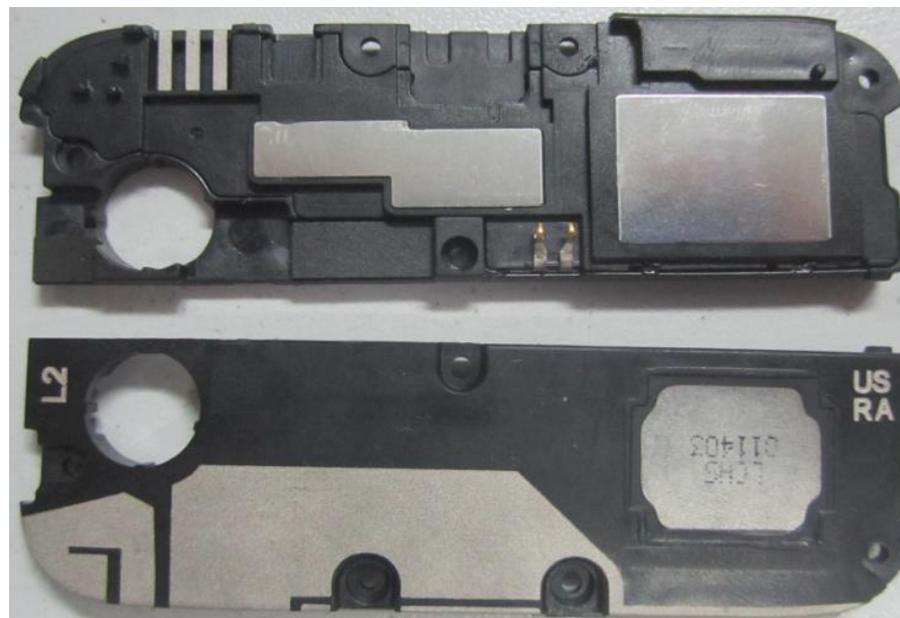
微型扬声器性能评判标准

一般从频响曲线、失真曲线和可靠性三个主要方向进行评价。其中频响曲线是扬声器在整个频域内的响应特性，是最重要的评价标准。

下图为一个微型扬声器的频响曲线。



手机音腔发展趋势



手机音质影响因素

- **扬声器**：微型扬声器本身的声学性能，包括其频响性能和失真性能；
- **手机音腔**：手机音腔设计是否合理，包括手机前/后腔体积、出声面积、后腔结构等因素；
- **音频电路**：电路是否对音频输出噪音和失真控制，音频电路元件与**RF**模块应互不干扰；
- **播放音乐本身音质**。

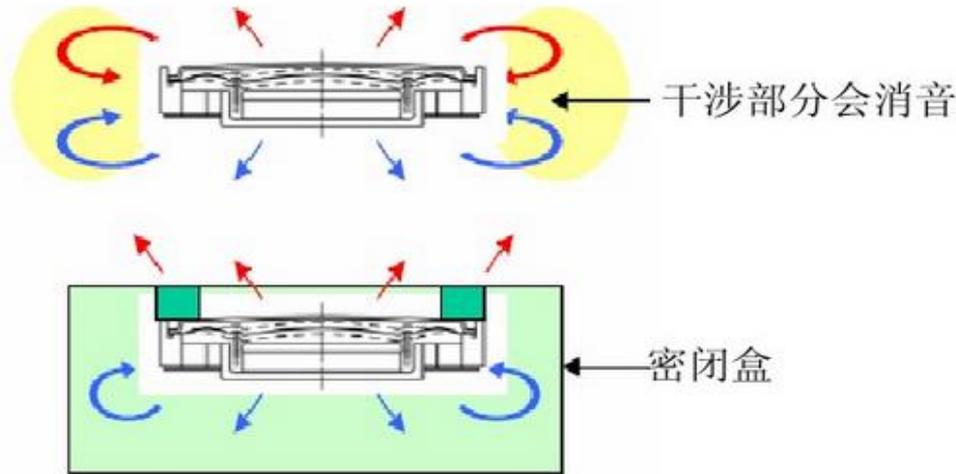
微型扬声器装手机腔

在已经确定所使用的微型扬声器器件类型后，需要对手机音腔进行设计。

手机音腔存在的必要性：

微型扬声器装入手机音腔后，振动系统前面的声波和后面的声波相位相差 180° 。因此，如果前后声波互相影响，会发生相位干涉，产生消音。这种现象在手机播放低频音乐信号时更显严重。

为了避免这种现象，手机音腔设计中会将前后音腔相互分隔：振动系统前的声音通过前腔直接发声，振动系统后的声音在后音腔中振动。



手机音腔设计要点

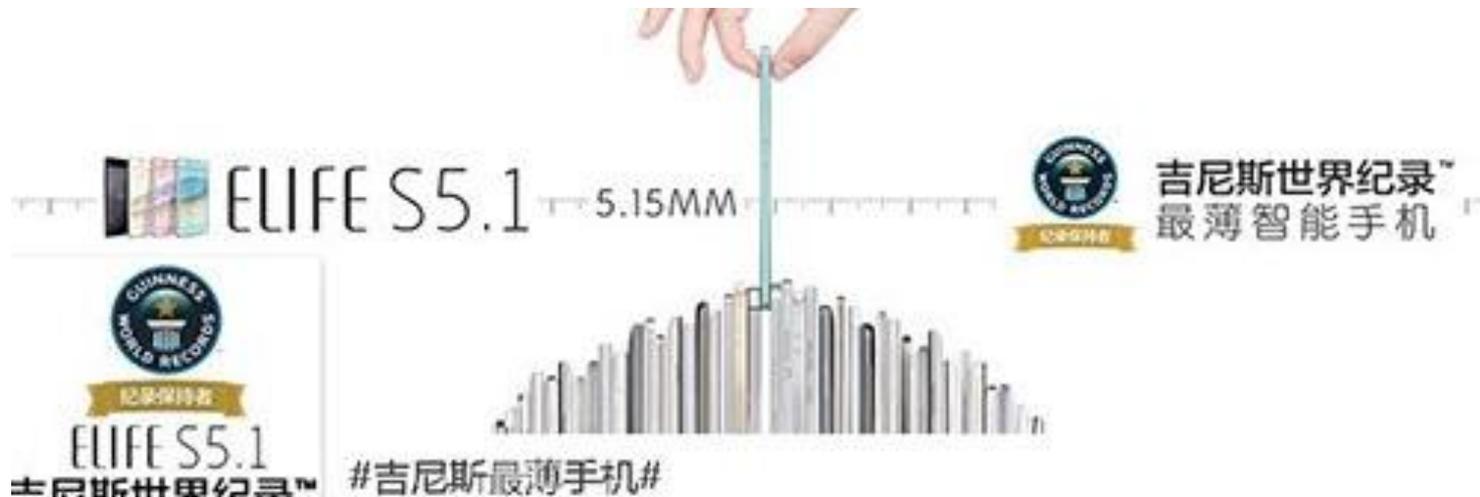
根据理论计算和实际经验，手机音腔设计的主要注意点可以大致归纳为以下五项：

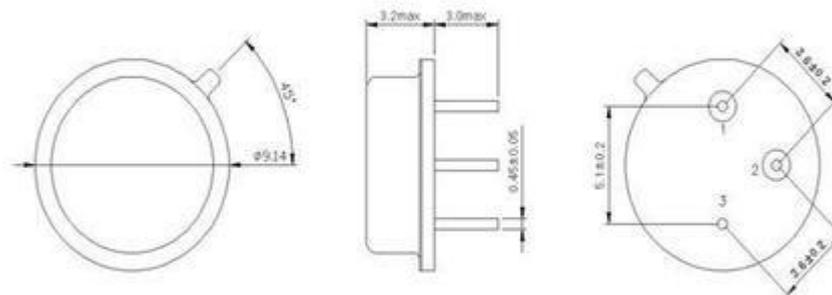
- 1、一般来说，除设计泄露孔外，后音腔应保持较好的密闭性；
- 2、对于不同规格大小的扬声器，设计相适应的前腔发声孔面积；
- 3、对于不同规格大小的扬声器，设计相适应的前腔体积；
- 4、对于不同规格大小的扬声器，设计相适应的后腔体积；
- 5、避免后音腔声谐振。

手机音腔发展趋势

手机音腔发展趋势是同手机发展同步的。综合目前的设计趋势，手机的设计是向着越来越薄、越来越便携的方向发展的。这种设计趋势既激发了扬声器器件本身厚度设计得更薄，也对手机音腔设计提出了更高的要求。

最近的“吉尼斯世界纪录”最薄手机，其手机厚度不到6mm。普通微型扬声器的厚度约为2.5mm-3mm。若要考虑手机屏幕、后盖板、PCB板的厚度，留给扬声器音腔的厚度空间非常小。





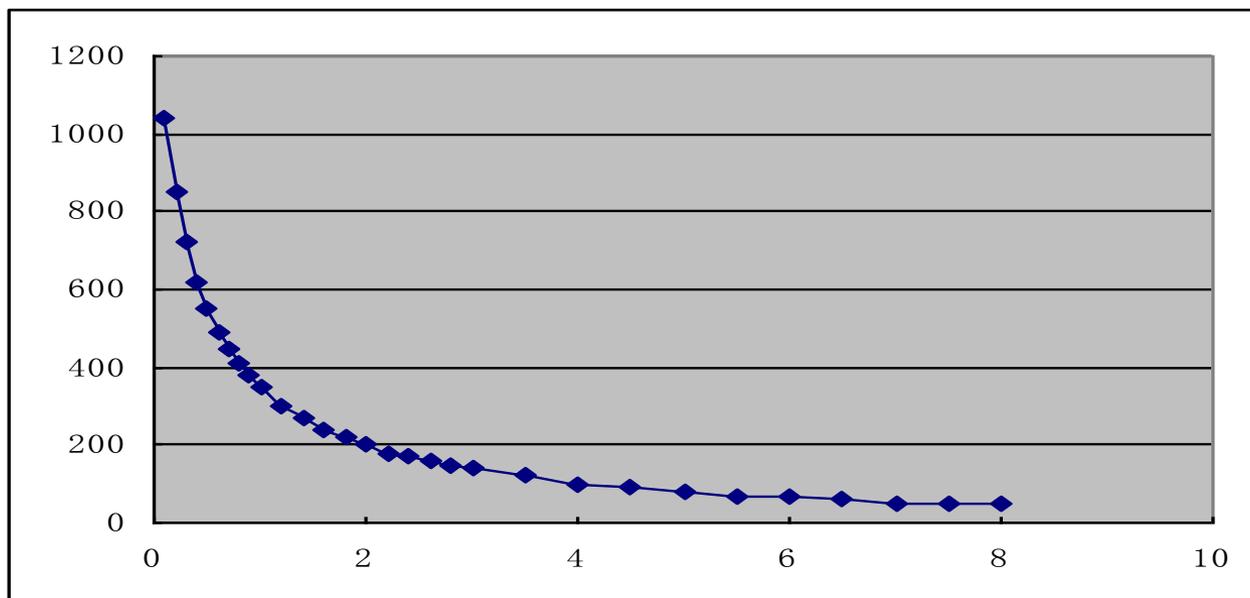
音腔声谐振问题

设计要点4简介

设计要点4——后腔体积的重要性:

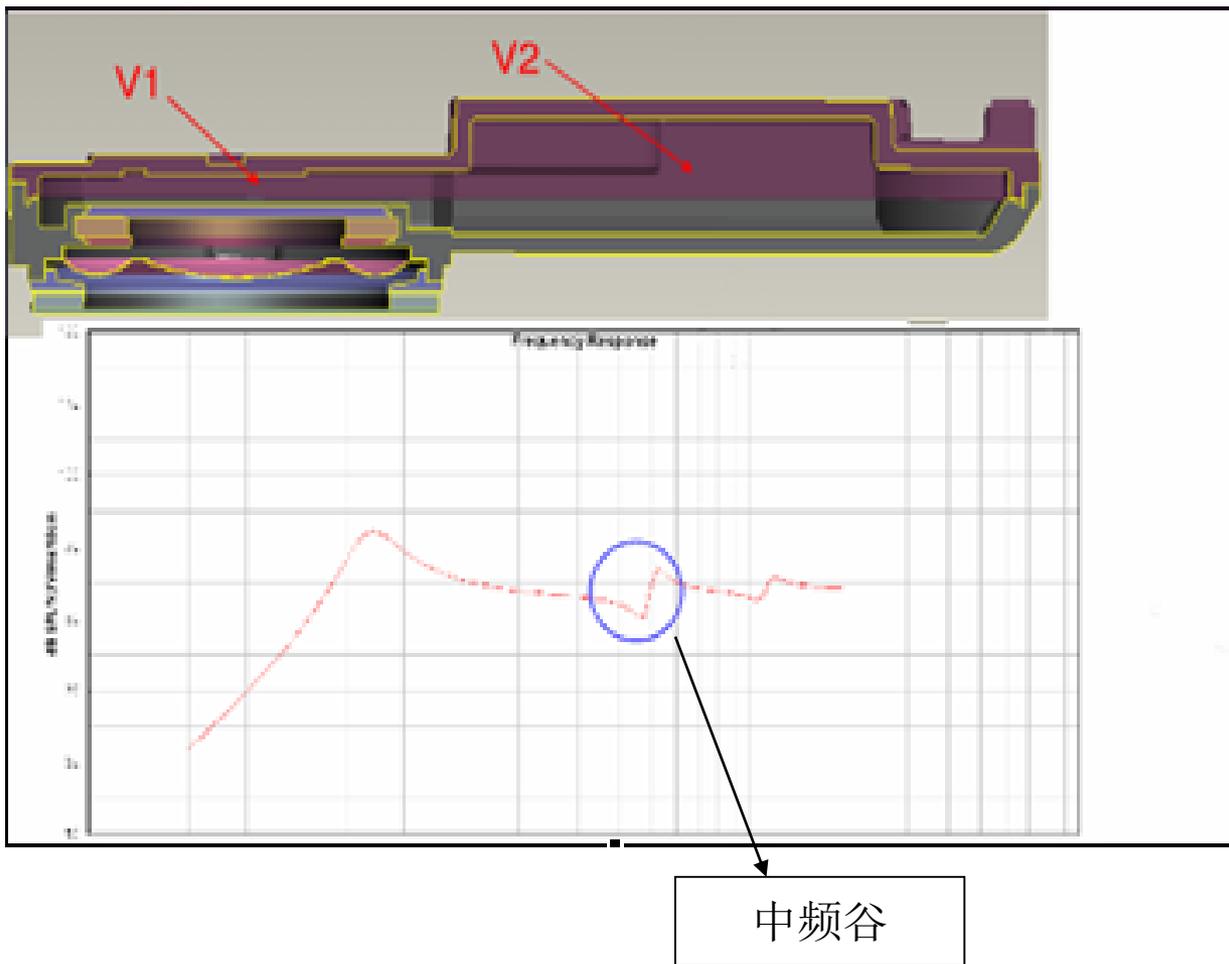
举一个例子, 对于18*13mm的方形扬声器: 当其后音腔体积为0.8cm³时, 谐振频率点会达到960Hz; 当其后音腔体积为1.0cm³, 谐振频率点会达到850Hz; 当其后音腔体积为1.2cm³, 谐振频率点会达到770Hz。

低频谐振频率点适当降低, 可以拓宽低频频域, 提高低频性能。下图是该款扬声器谐振频率降低值(Y轴)与后腔体积变化值对应关系。



后音腔体积对低频性能影响

设计要点5简介



设计要点5——避免后音腔谐振的重要性:

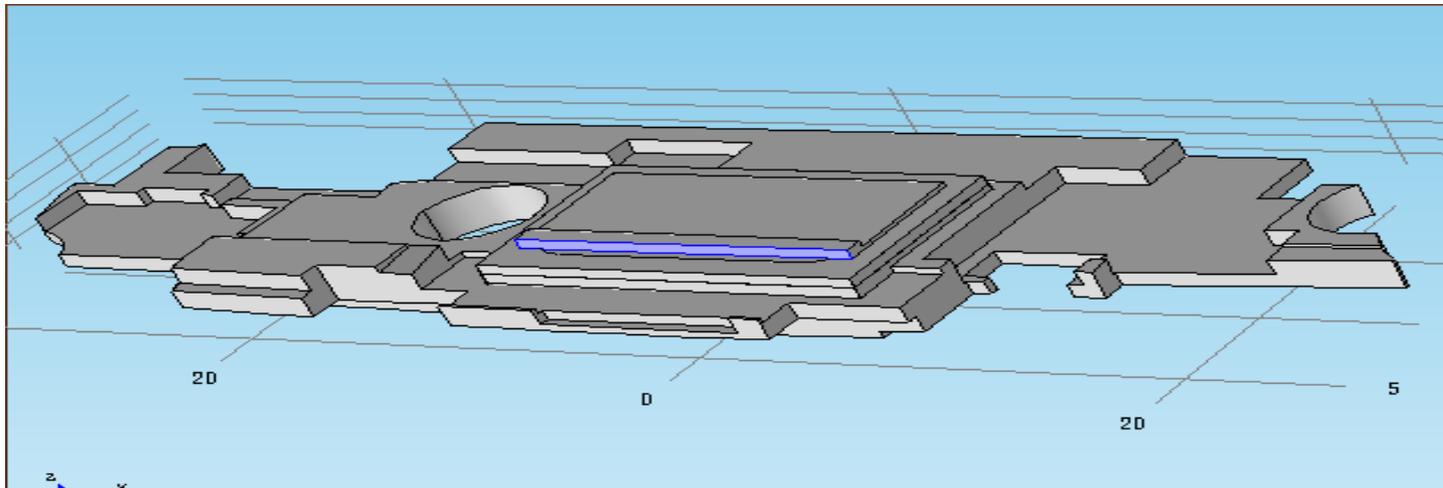
手机后音腔如果出现较薄的薄层或导管, 会将后音腔实际上分为多个部分, 薄层或导管和后音腔共同形成了声谐振系统。后音腔声音在该系统振动时会产生谐振, 表现在频响曲线中时, 即为中频不良谷。

新趋势下的问题

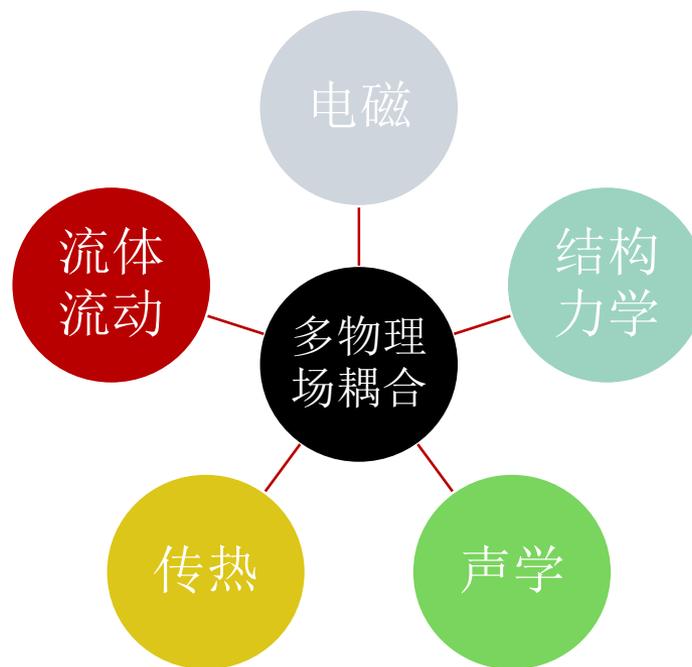
手机厚度变薄，内部空间减小，装入手机中的微型扬声器能使用到的音腔空间也就日趋减少。为了高效利用手机内部空间，手机音腔设计时往往导通扬声器位置周围的小空间作为其音腔，扩大后音腔体积，提高低频性能。

与此带来的问题是，因手机内部空间限制，导通管或导通孔规格较小，产生了声谐振效果。谐振频率点往往位于重要的中频段，使声压级中频段曲线出现波谷，影响中频段声学性能和听感效果。

也就是说，在手机音腔发展趋势变化中，之前所提到的音腔设计要点4和5发生了冲突。



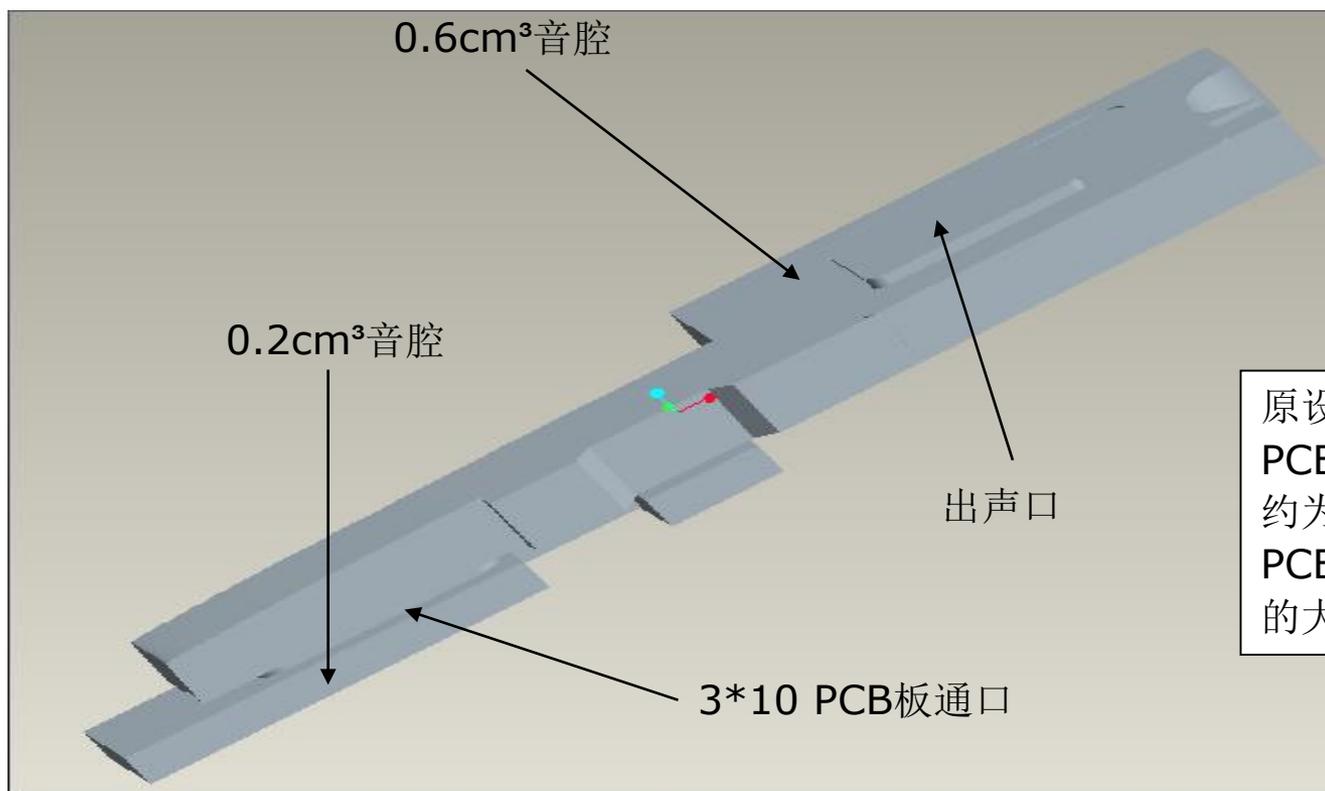
一款手机音腔域图，可看到内部音腔较为复杂



案例及解决

案例——某手机终端公司一款手机音腔的声学性能改善

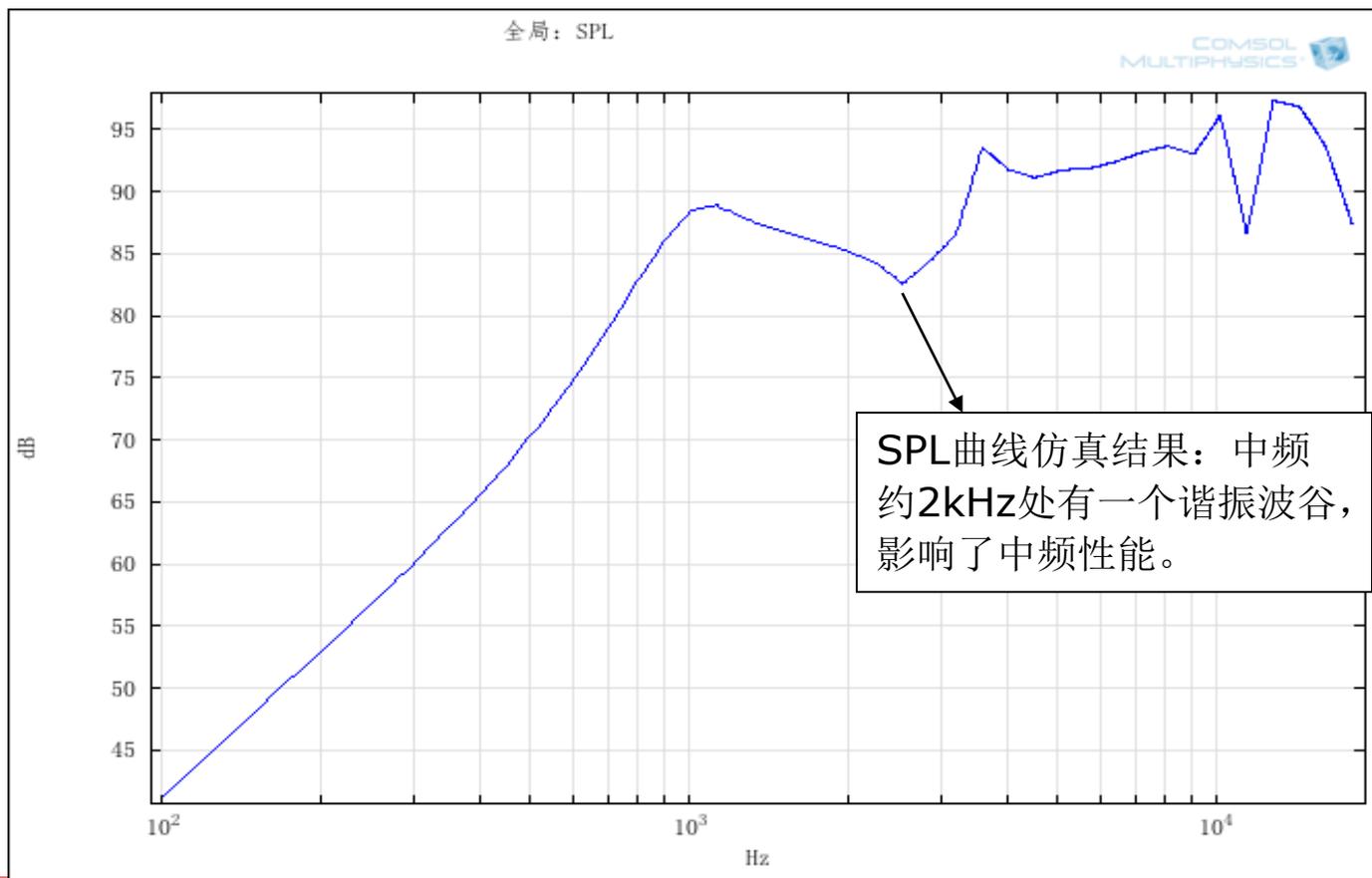
为了使扬声器音腔性能更佳出色，B公司一款手机最大限度使用手机内部空余体积作为扬声器音腔，采取PCB打通孔方式连接另一侧的小音腔，扩大后音腔体积。



原设计方案——两部分音腔：
PCB另一侧的一小块音腔体
积约为0.2cm³，由一个3x10的
PCB板通口与另一侧0.6cm³
的大音腔相连。

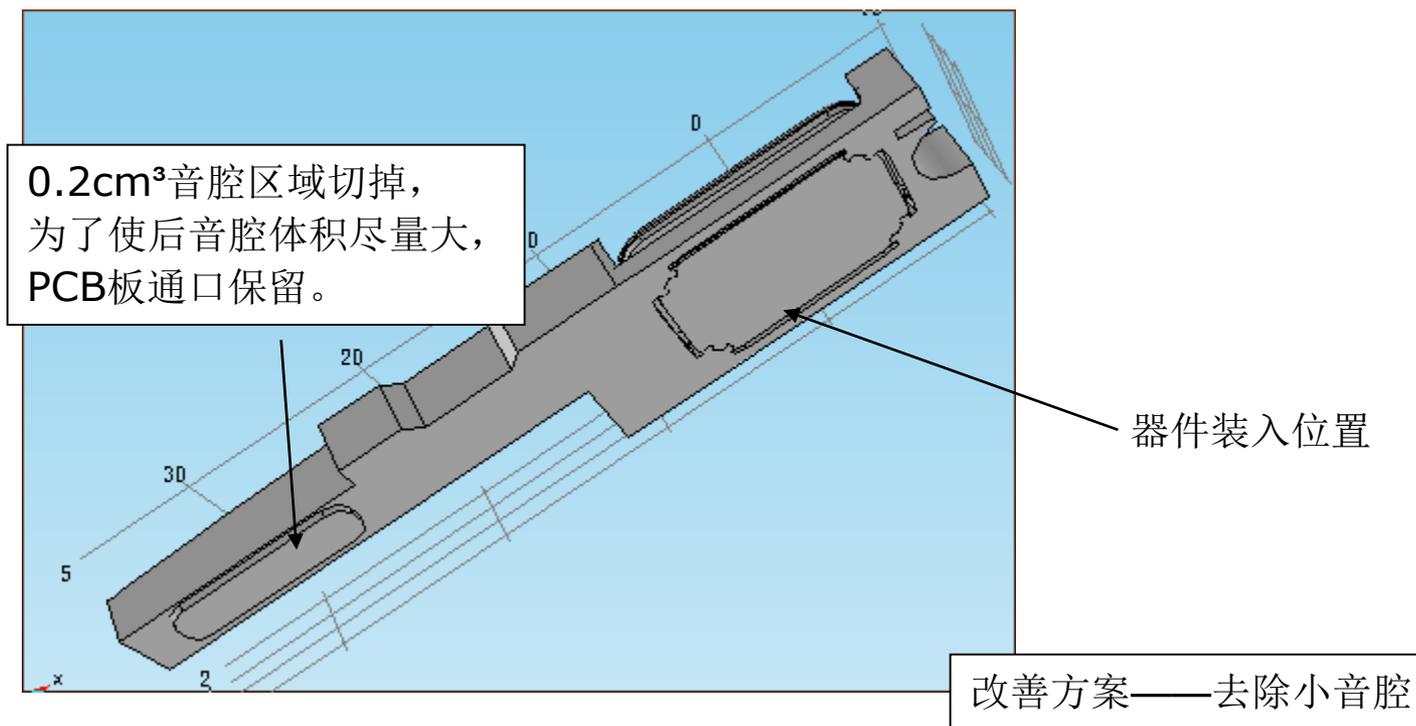
原方案仿真结果

对原方案3D结构进行仿真建模，使用声-固体-壳耦合，计算得出SPL曲线如下：



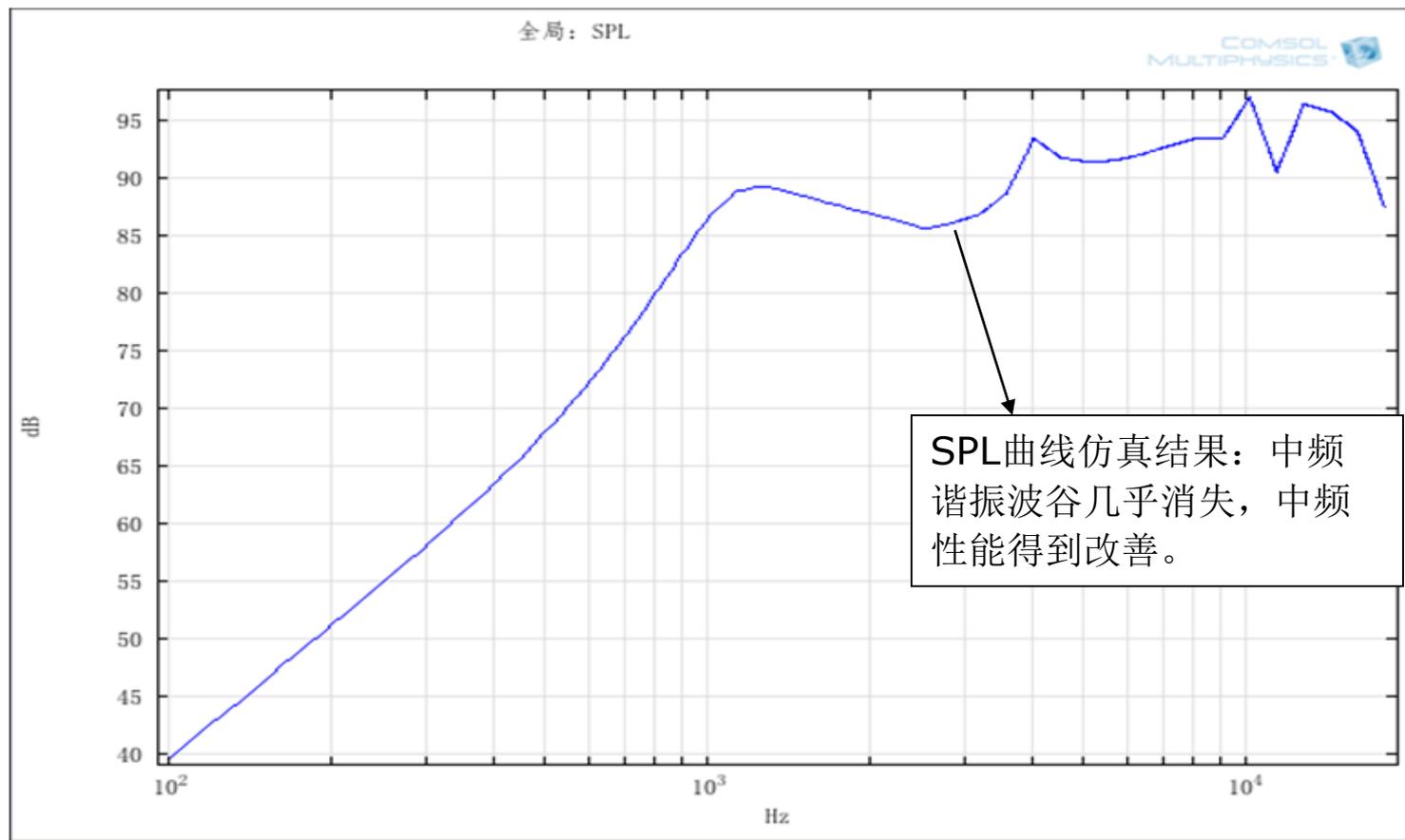
案例——某手机终端公司一款手机音腔的声学性能改善

因为PCB板连接通口较小，该通孔可能会起到声导管的作用，与 0.2cm^3 的小音腔一起引起了中频谐振。所以将原方案基础的音腔进行优化，将 0.2cm^3 的音腔区域全部切掉，其余部分不变，得到如下图的改善方案3D结构。



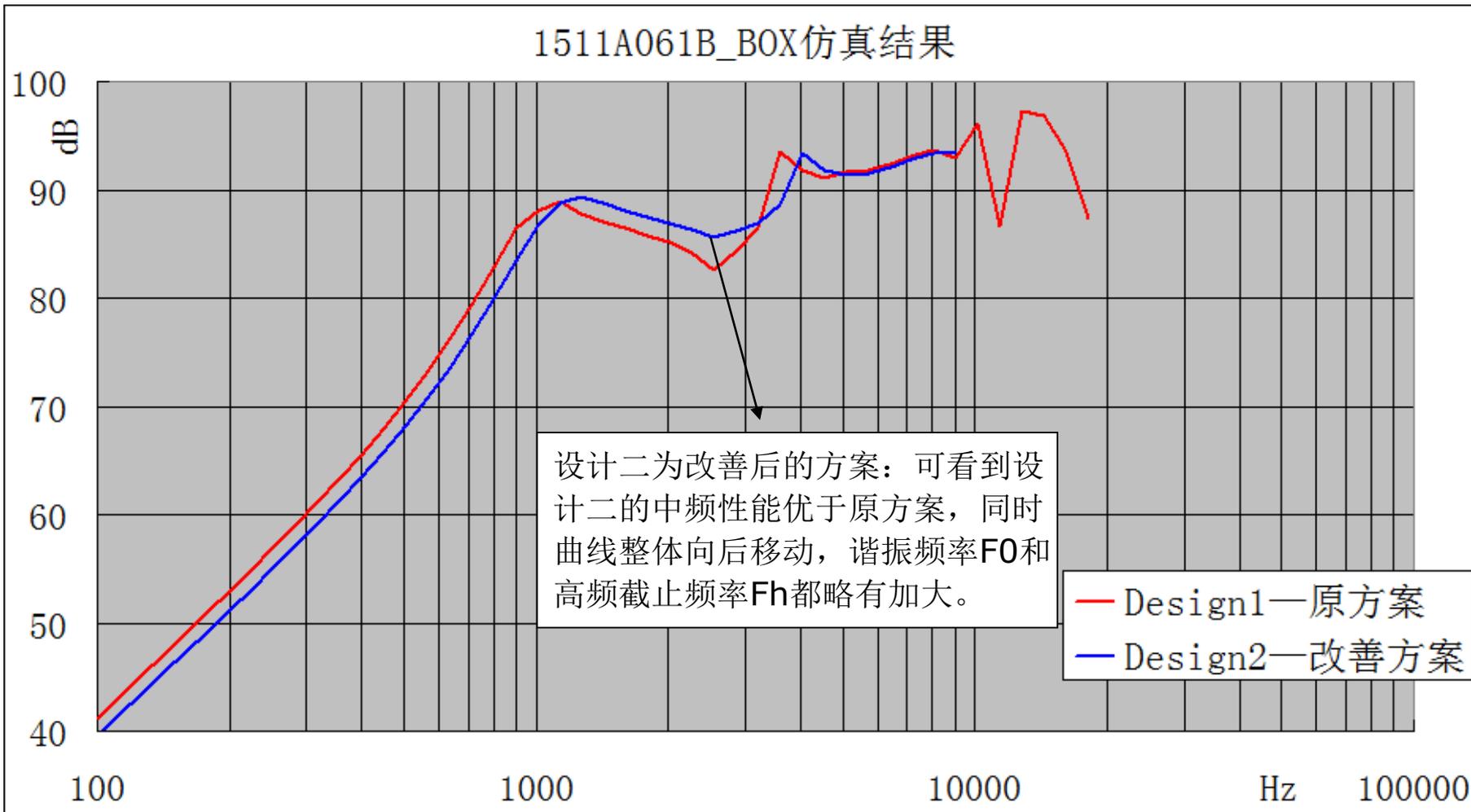
案例——改善方案仿真结果

对改善3D结构进行仿真建模，使用声-固体-壳耦合，计算得出SPL曲线如下：



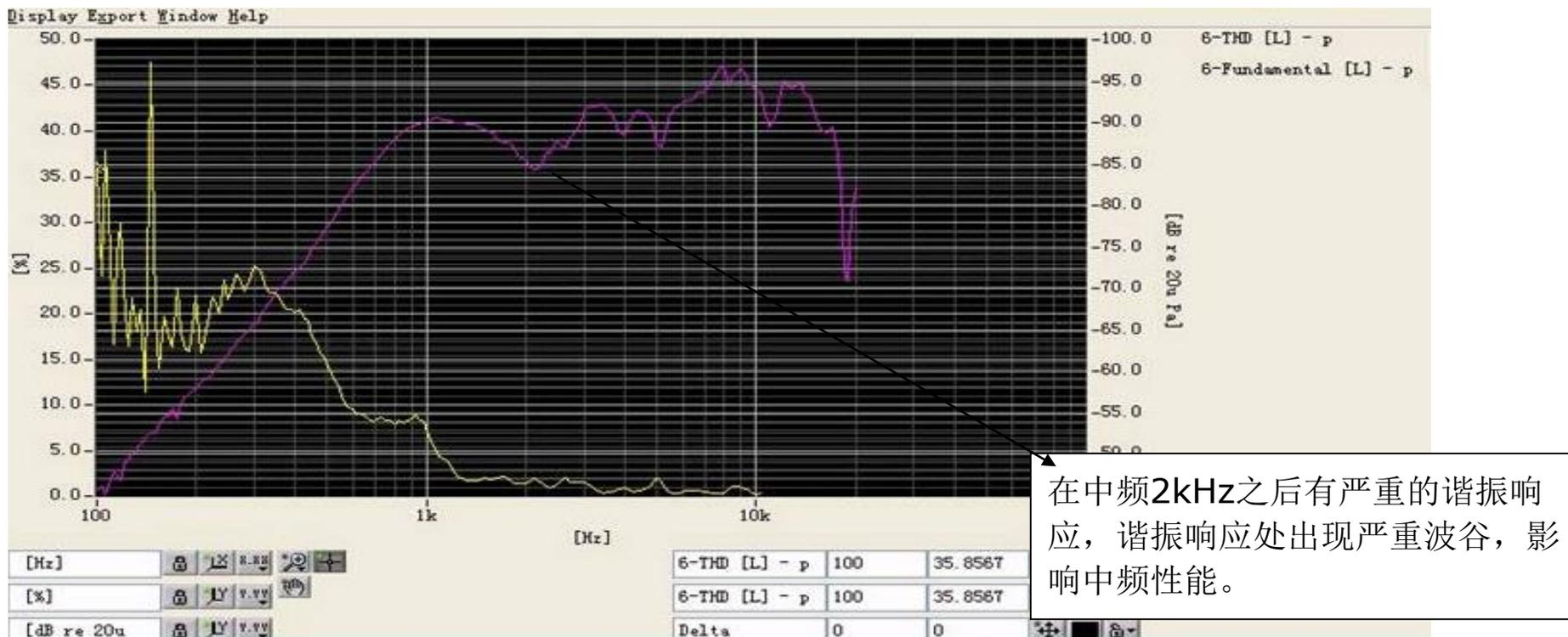
案例——仿真结果

改善前后方案的仿真结果进行对比：



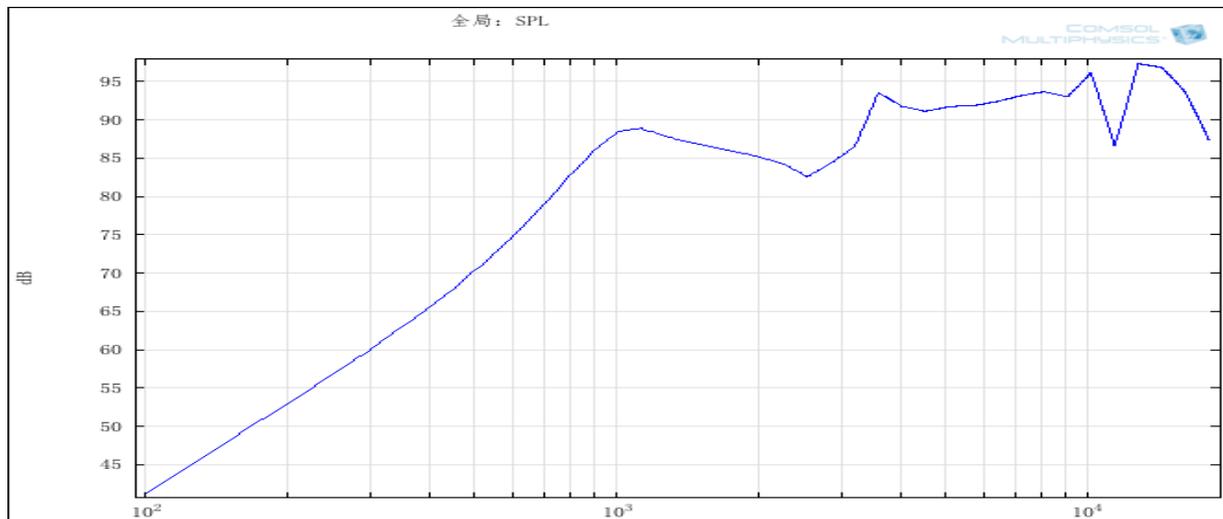
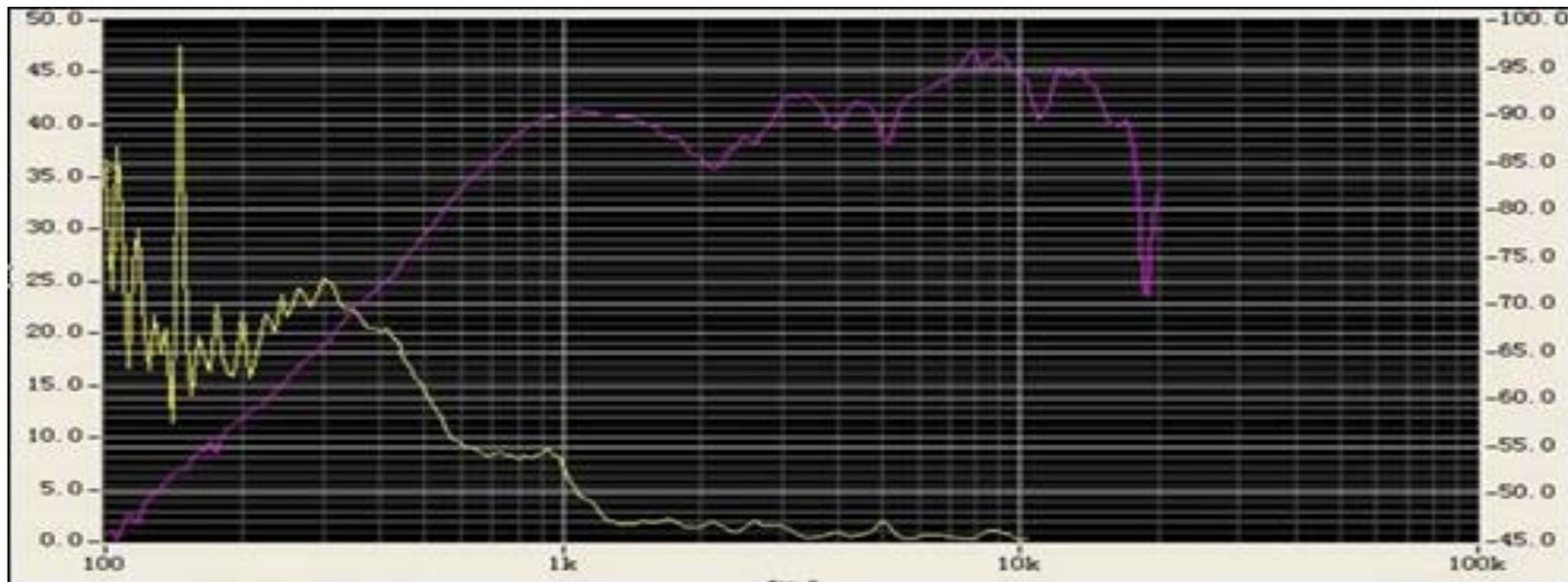
案例——实测结果

B公司该项目按照原方案设计的手板音腔测试结果：



原方案对应的手板测试结果显然不理想，印证了仿真分析时预测到的中频谐振问题。B公司根据仿真结果改善方案为设计二，中频谐振消失，达到改善目的。

案例——仿真结果与实测结果对比



从SPL曲线实测结果与仿真结果对比来看，仿真结果是非常精准的。

如图可观察： F_0 、中频谐振点、 F_h 、高频响应等处的频率点和声压级值。

Thank You!

**COMSOL
CONFERENCE
2014 SHANGHAI**