# 耳机仿真

邓田力[1], 吴德武[2]
1.江西宏声声学电子股份有限公司，东莞，江西，中国
2.江西宏声声学电子股份有限公司，南昌，江西，中国

**简介：**耳机是电声产品设计领域的典型代表品类，常规设计从耳机芯单元的磁场排布设计、振膜参数调校起步，逐步推进到声腔内部结构的细节适配优化。到整机设计阶段，还会涉及耳机全空间声场的适配调整，以及完全贴合真实佩戴场景的仿真耳相关设计。将电磁、力学、声学耦合，可以完成耳机声学的模拟设计。

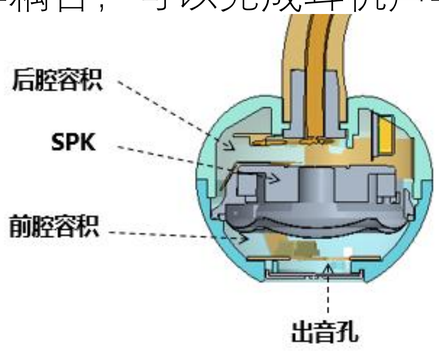



图 1. 电声产品及应用领域

**电磁仿真:** 包括一些耳机芯磁路内部系统磁通密度仿真、BL曲线仿真，以及空间磁场分布仿真等。

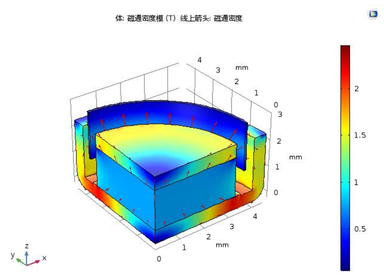



图 2. 磁通密度仿真

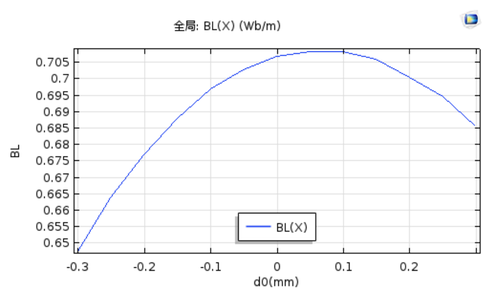



图 3. BL(X)曲线

**案例仿真:** 不同磁铁直径对BL值的影响，BL值大小进一步影响声压级，△SPL=20logBL2/BL1。

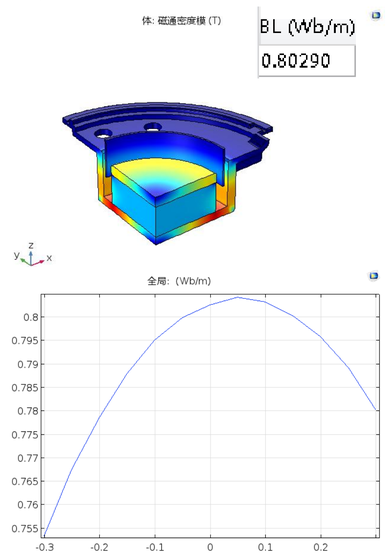



图 4.φ6.5mm磁铁

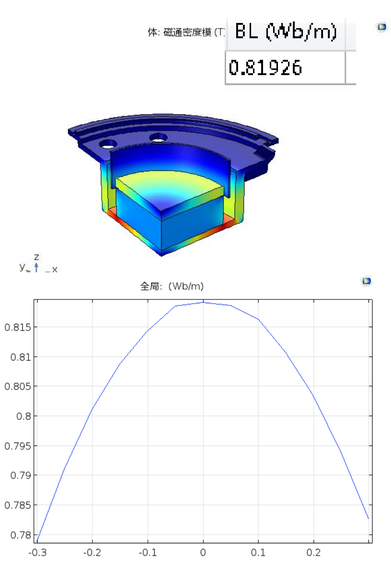



图 5.φ6.7mm磁铁

**力学应力应变仿真:** 不管是零件验证设计受力还是振膜在使用过程中的受力，都可以进行受力变形仿真。

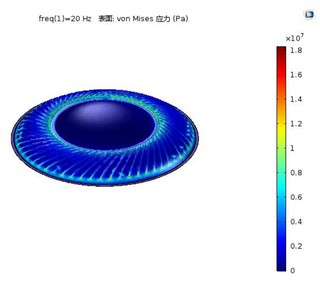



图 6.振膜向上振动

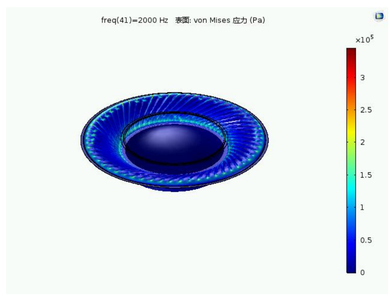



图 7.振膜向下振动

**案例仿真:** 不同振膜形状受力的影响。本产品结构方案仿真在2000Hz处的时候，F4（平顶式）边缘的受力不均匀，容易影响产品音质。

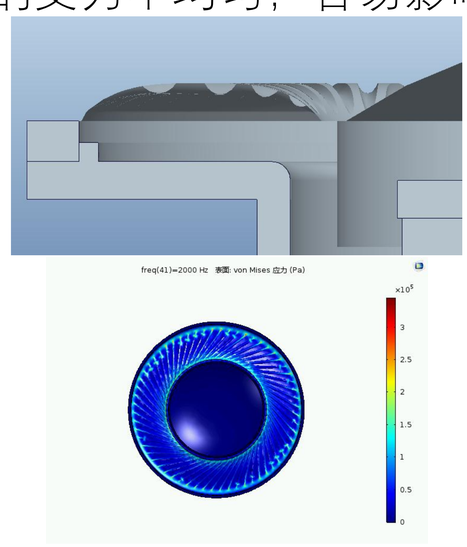



图 8. 平顶式膜片

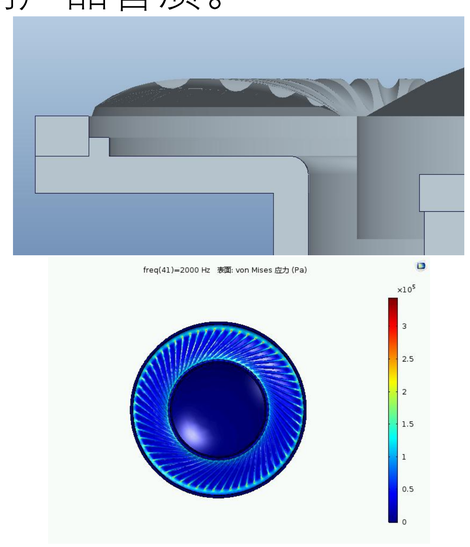



图 9. 外偏式膜片

**声学仿真:** 基本的声学性能，带仿真耳耦合腔的声学特性可以通过COMSOL仿真得到。

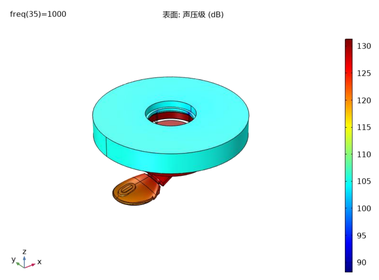



图 10. 带318仿真耳声压级分布

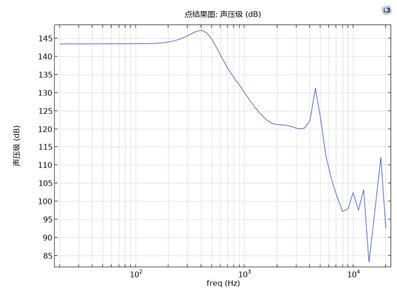



图 11. 声压级曲线

**案例仿真:** 不同连接711仿真耳测试治具的设计对耳机芯声学性能的影响。




图 12. 不同治具方案腔体大小

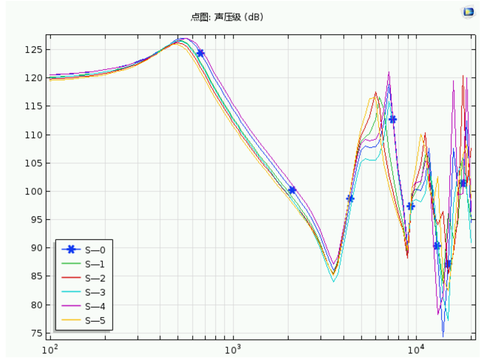



图 12. 不同治具方案腔体大小

**结论:** 测试治具腔体体积越大，耳机芯前腔越大，声压曲线谐振峰越向前移。

**结论:** 使用COMSOL多物理场仿真平台，搭建耳机芯单元精细化仿真模型与耳机-人工耳耦合声学模型，模拟分析耳道内三维声压分布、全音频频段频响特性，为耳机的音质打磨，轻量化结构设计和听力安全防护提供便捷的仿真辅助方案，有效降低研发设计成本、缩短产品研发周期。