

GETTOP[®] 共达



指向性咪杆应用技术白皮书

专业声学解决方案

目 录

市场背景与用户需求	— 03
咪杆指向性设计方案	— 05
性能仿真与数据分析	— 10
关键材料与仿真技术	— 12
总结	— 14

01

市场背景与用户需求

当前耳机市场 TWS 无线产品占据消费主流，但有线带伸缩咪杆（Boom Mic）头戴耳机形成独立刚性细分赛道，不受无线普及替代。品类结构高度集中三大场景：办公通信类、电竞游戏类、线上教学 / 轻内容创作，政企批量采购、电竞外设、教育集采是核心增量来源。

随着远程办公、电竞竞技与线上视听场景的常态化普及，带咪杆头戴耳机已成为政企通信、电竞互动、线上教学的核心音频设备，市场渗透率持续攀升，2025年国内出货量实现稳步增长。然而场景多元化升级的同时，行业产品痛点持续凸显，开放式办公环境杂音、对局游戏背景噪音、环境混响干扰导致的通话收音模糊、人声信噪比偏低等问题，成为制约头戴耳机音频体验升级、专业化普及的核心瓶颈。

本白皮书聚焦头戴耳机核心收音部件——咪杆指向性麦克风，深入解析专业化拾音解决方案的技术逻辑。该方案核心目标为实现定向拾音、依托声学结构优化与声场仿真迭代，精准聚焦嘴部近场人声，大幅抑制侧向、后向环境杂声，有效提升人声纯净度与信噪比，兼顾高清通话体验与高效噪音抑制能力，适配全场景复杂收音环境。

本文将深度拆解该技术的核心声学原理——心形指向性（Cardioid Directivity）声压梯度拾取机制，并对咪杆应用中如何选择指向性麦克风做理论分析及应用推荐。



02

咪杆指向性设计方案

分析指向性麦克风工作原理，建立咪杆物理模型，通过
COMSOL 仿真分析，优化性能参数，调整指向性。

单咪心形物理指向原理

核心机制：压力梯度原理 (Pressure Gradient)

咪头腔体包含前声孔（近嘴端）与带阻尼的后声孔，振膜的振动幅度由两侧声压差值决定，这是形成指向性的物理基础。

$$\Delta P = P_{\text{front}} - P_{\text{back}}$$

ΔP 为振膜两侧声压差； P_{front} 是前声孔声压， P_{back} 是经阻尼衰减后的后声孔声压，压差越大，振膜振动越剧烈。

正前方声波入射

声波直达前声孔，后声孔因路径长、阻尼衰减导致 P_{back} 极小， ΔP 最大，振膜充分振动，信号被高效拾取。

后方声波入射

声波同时抵达前后声孔， $P_{\text{front}} \approx P_{\text{back}}$ ， ΔP 趋近于0，振膜几乎无振动，实现后方噪音的有效抑制。



技术优势

结构极简，无需复杂DSP算法，硬件成本低，功耗小，易于集成在各类便携设备中。



应用局限

指向角度较宽（ $\pm 60^\circ$ ），对非稳态噪音（如键盘敲击、桌面反射声）的抑制能力有限。

咪杆极性选择技巧

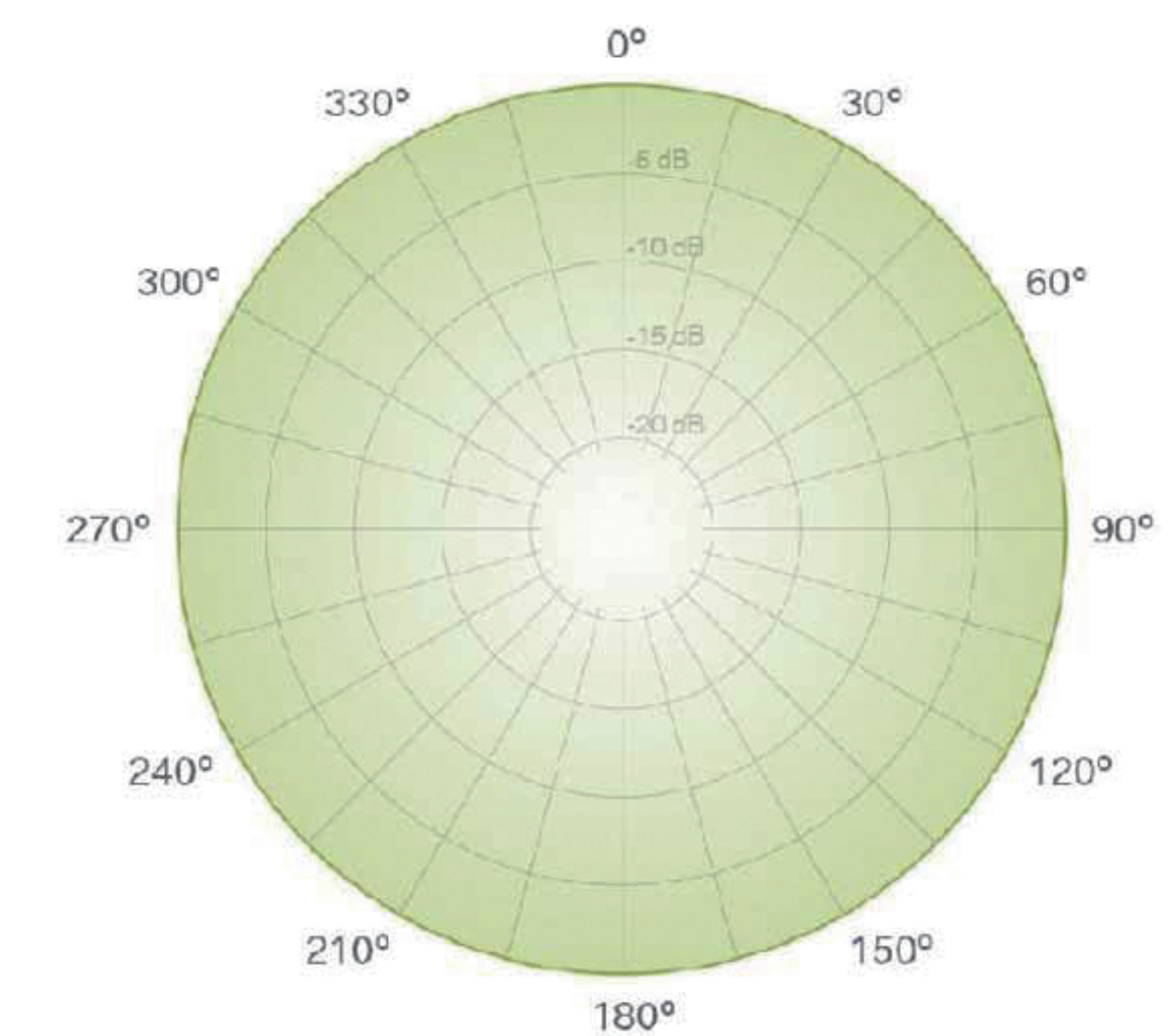
全指向性麦克风: (Microphone)

压强式麦克风能够均匀地拾取360度范围内的声音，在所有方向上都表现出相同的灵敏度，没有“前后左右”的差异。

“哪里来都听，记录世界，而不是筛选声音”

优点：声音自然真实，低频响应平坦，无“近讲效应”。

缺点：无法隔离噪音，易受环境影响。



双指向性麦克风: (Bidirectional/Figure-of-eight Microphone)

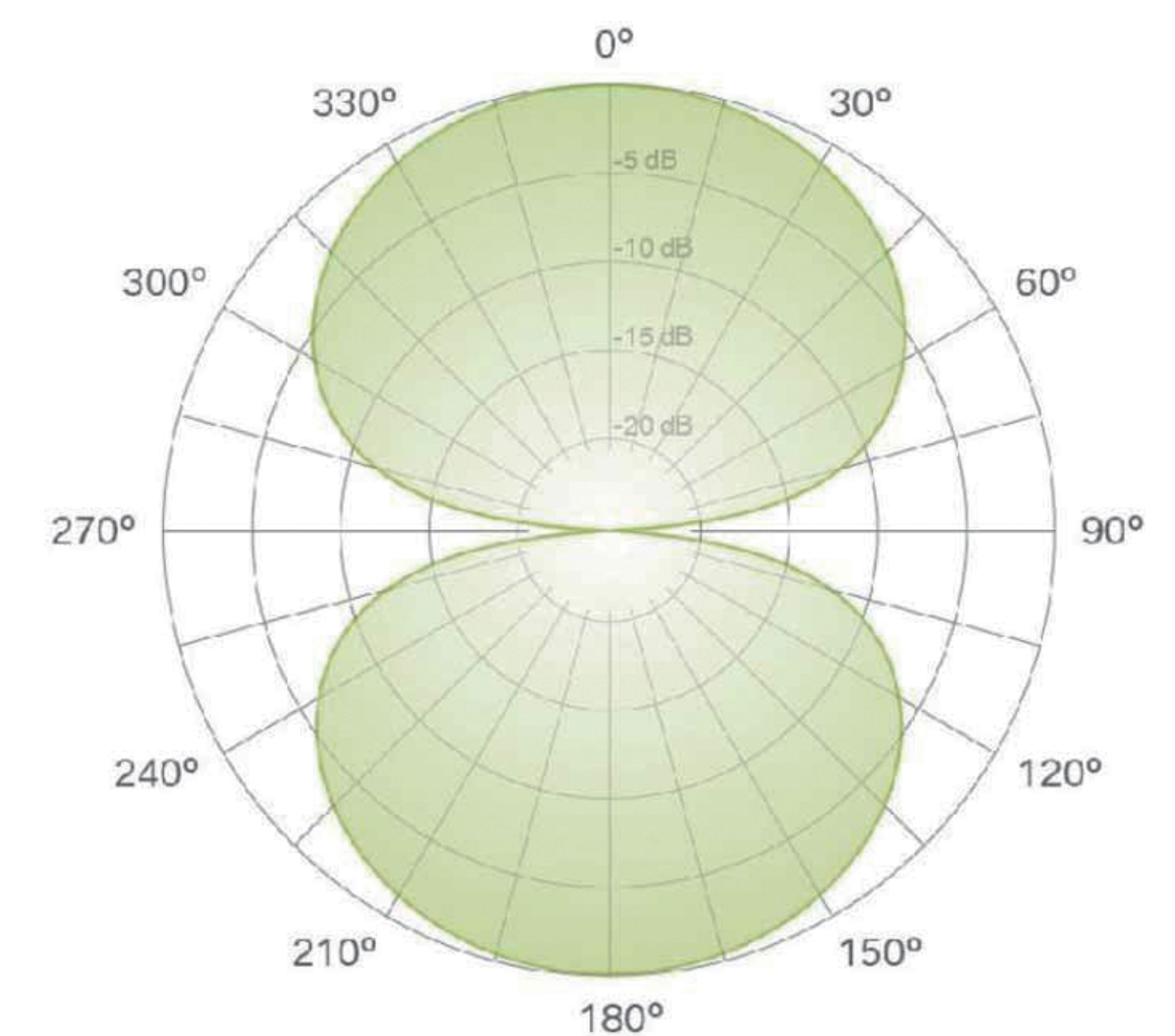
压差式麦克风只录制振膜正前方和正后方的声音，而不会拾取来自侧面的声音。

这类麦克风能产生高度逼真的声音复制，捕捉更多录制空间的自然氛围。

“前后都要，左右不要，一条直线上的声音我全要”

优点：精准的空间控制，适合立体声技术。

缺点：容易拾取后方噪音，使用门槛较高。



咪杆极性选择技巧

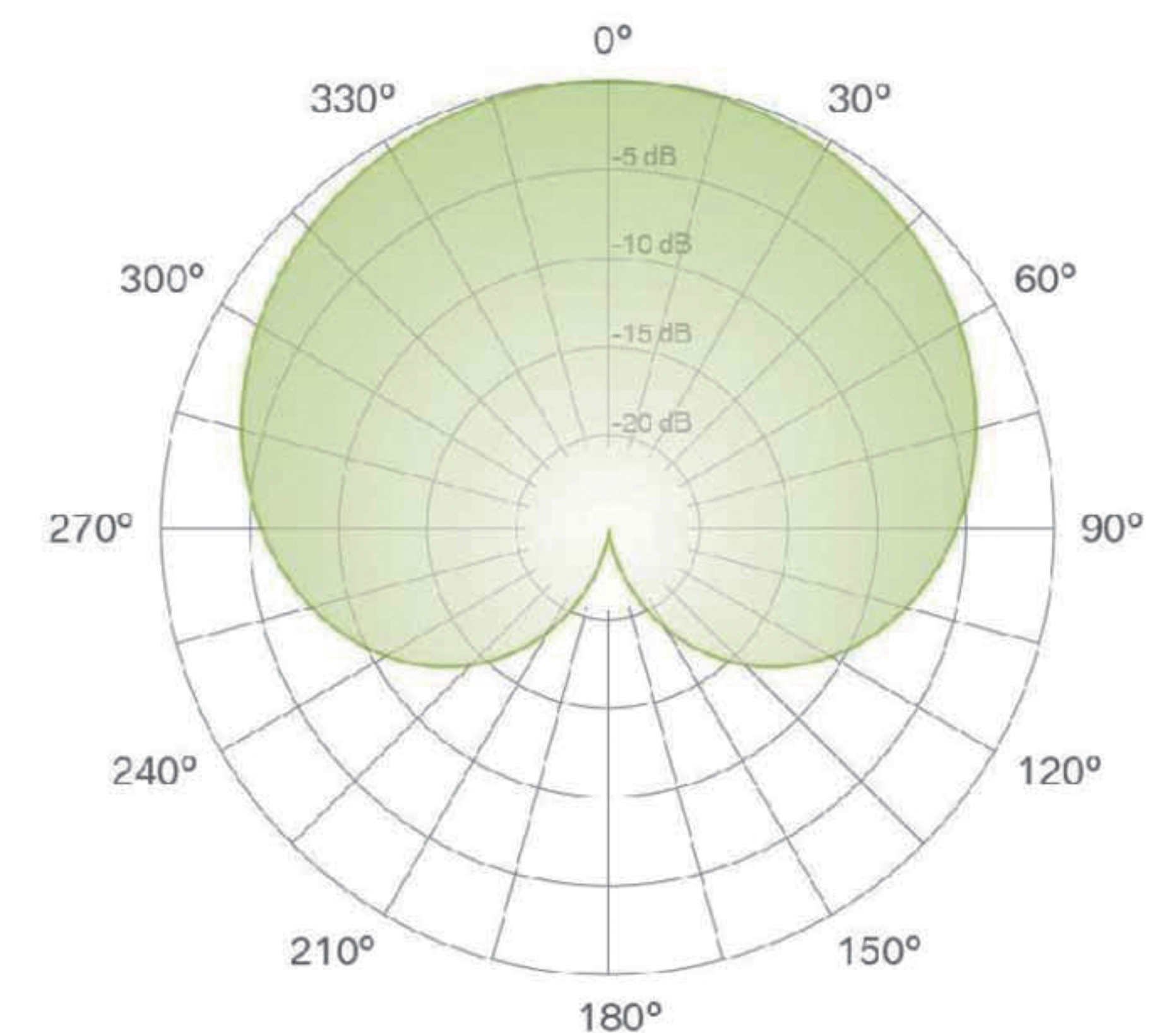
心形指向性麦克风：(Cardioid Microphone)

由压力式麦克风和压差式复合成的心型麦克风是迄今为止最常用的指向性模式，因形状像“心形”而得名，正前方最敏感，侧面衰减，背面强烈抑制。

“听你要的，不听你不要的，90%的人，用这个就够了”

优点：抗噪能力强，减少环境干扰，使用最广泛。

缺点：存在“近讲效应”（低频增强），对摆位敏感。



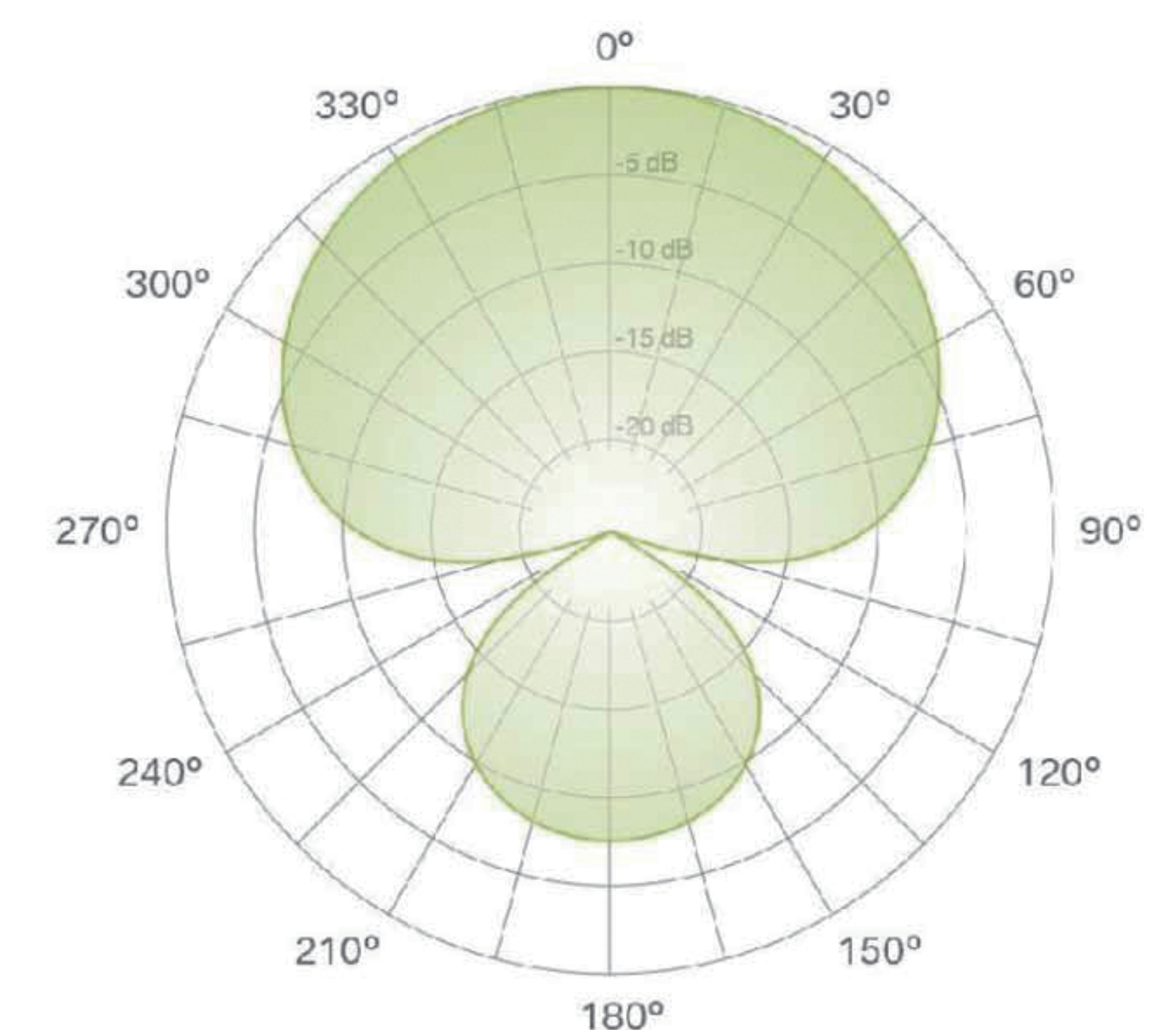
超心形指向性麦克风：(Supercardioid Microphone)

超心形比心形有更窄的前向拾音角度，侧面抑制更强，背后存在一个小的拾音“尾瓣”，指向性更集中但控制更复杂。

“比心形更“窄一点”，但还算“好用、容错高”

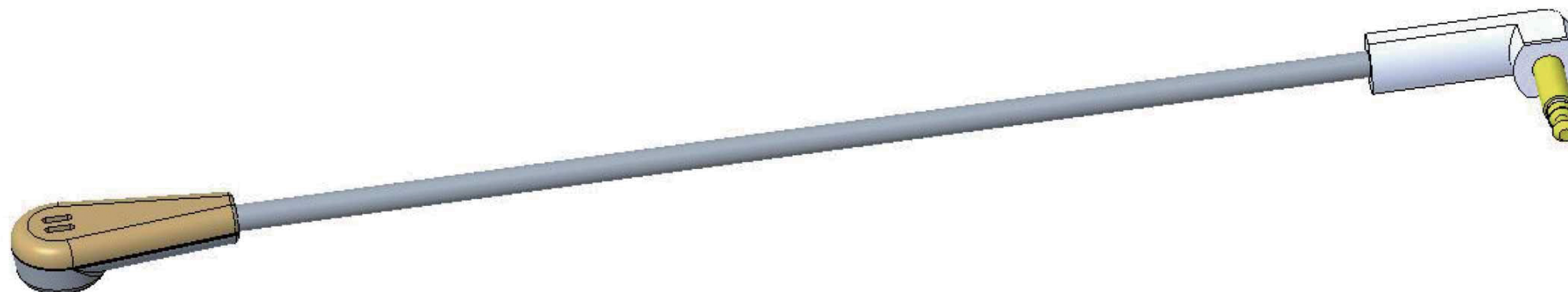
优点：更强的声源隔离能力，更有效抑制侧面噪声，提高直达声比例，让声音更清晰。。

缺点：后方拾音尾瓣可能引入不想要的声音；对麦克风指向要求更严格，偏一点效果就变差；使用不当时容易出现不自然的空间感。

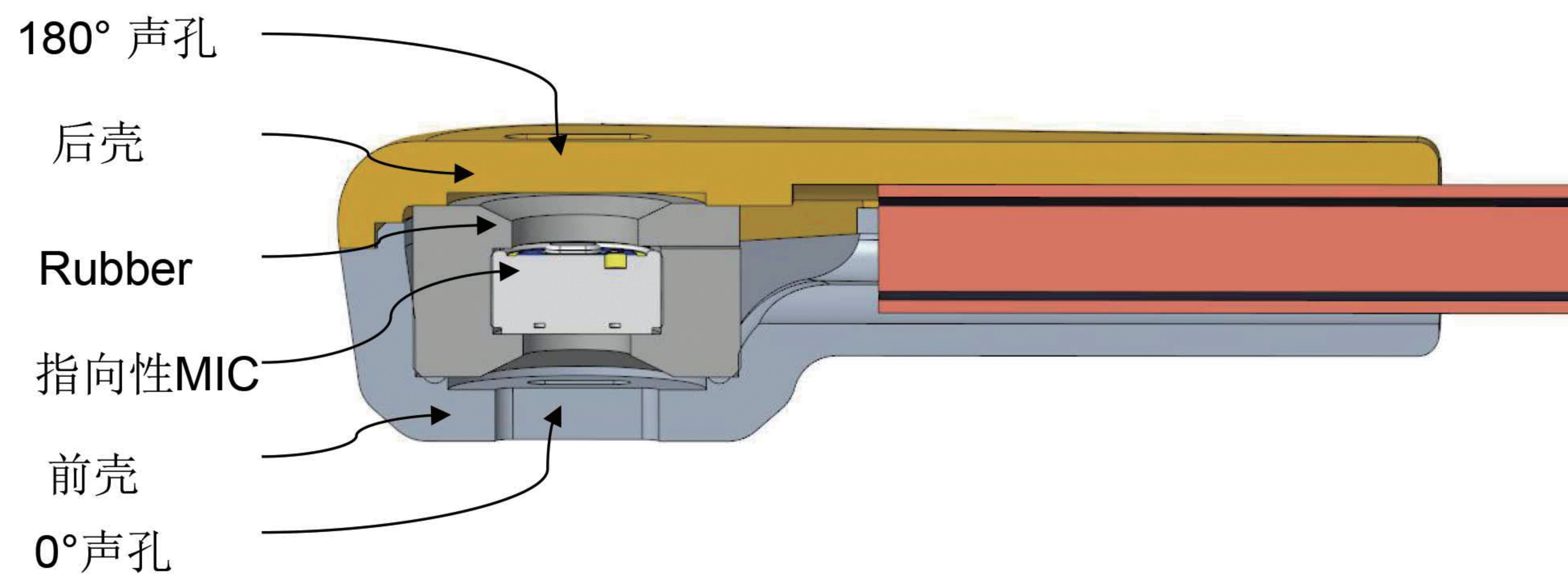


咪杆结构设计案例

产品图



局部结构图



优势:

咪杆产品结构设计简单，外部结构设计对极性 & 频宽影响极小，能保证产品超宽频设计。

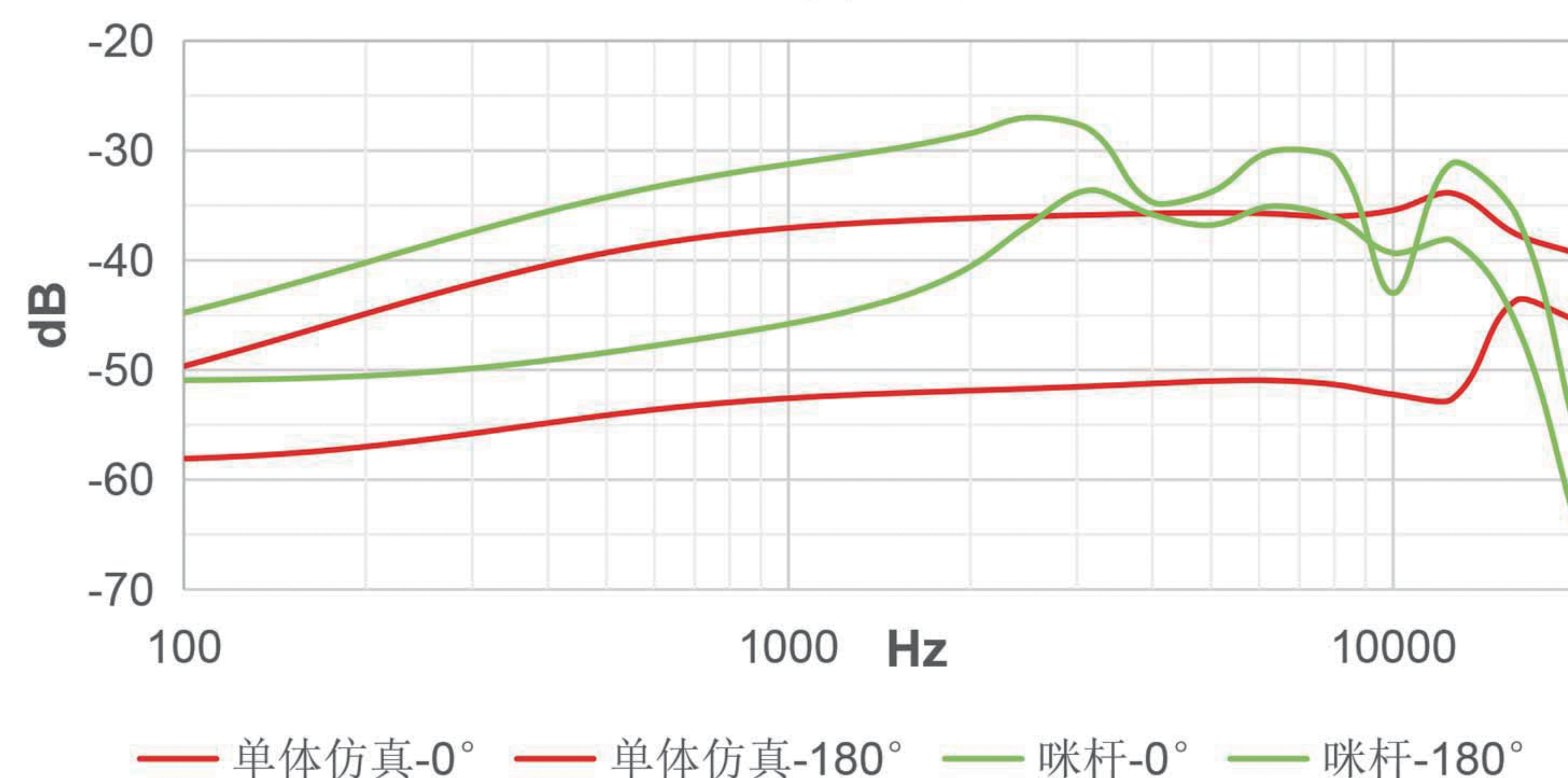
03

仿真与数据分析

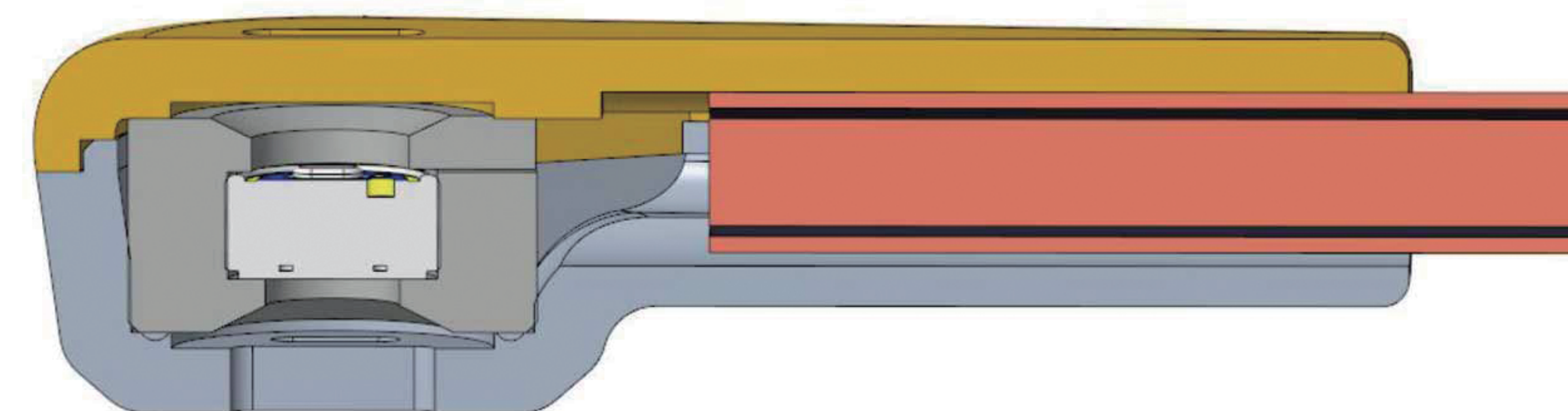
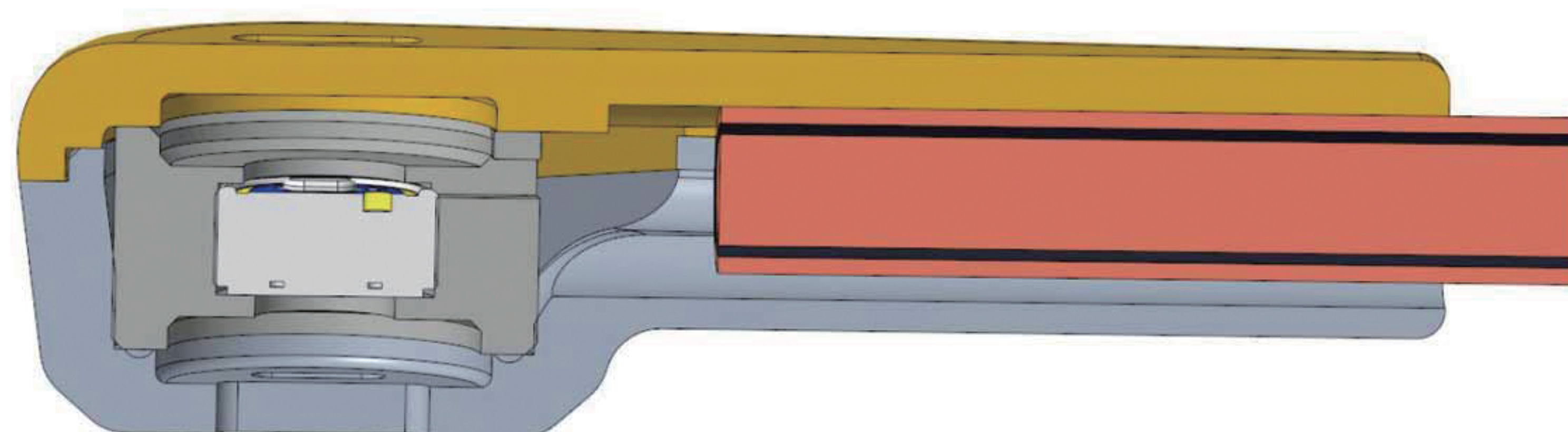
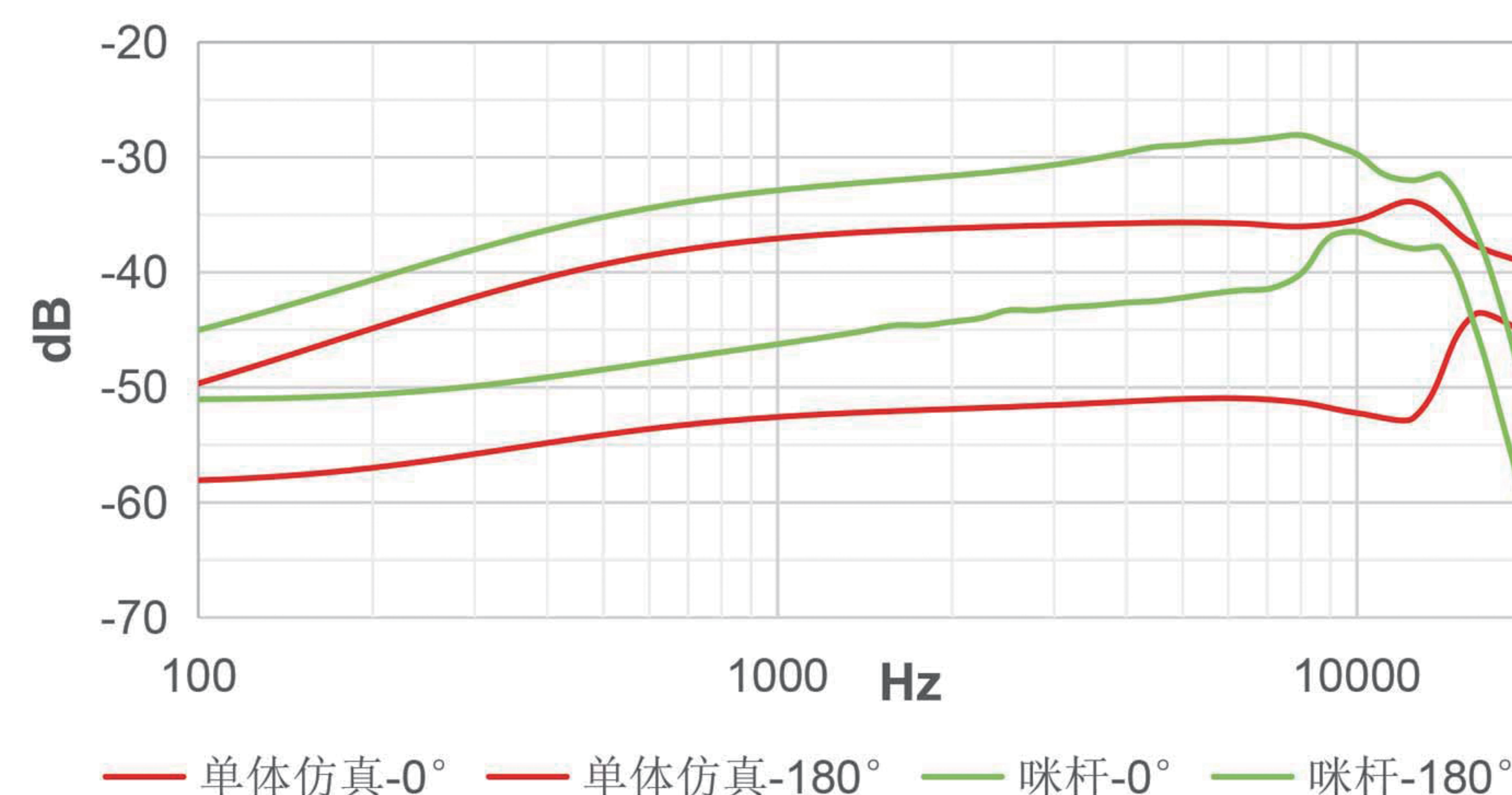
理论分析之后，我们需要用数据说话。本章节将通过对指向性关键指标的仿真与分析，直观、量化地呈现不同技术方案在实际场景中的性能表现差异。

结构设计对频宽影响

原结构频现曲线



声腔减小后频响曲线



通过调整腔体大小可以调整带宽，实现更宽频率响应。

04

关键材料与仿真技术

高性能麦克风的实现，离不开核心材料的突破与先进仿真技术的应用。本章将探讨影响麦克风性能的关键材料特性，主要是声阻材料对指向性影响。

关键材料阻尼作用及仿真技术

➤ 关键材料

在指向性咪杆方案设计中，阻尼材料直接决定了声学指向性特性的好坏。其性能优劣直接影响咪杆不同角度声音消除程度。

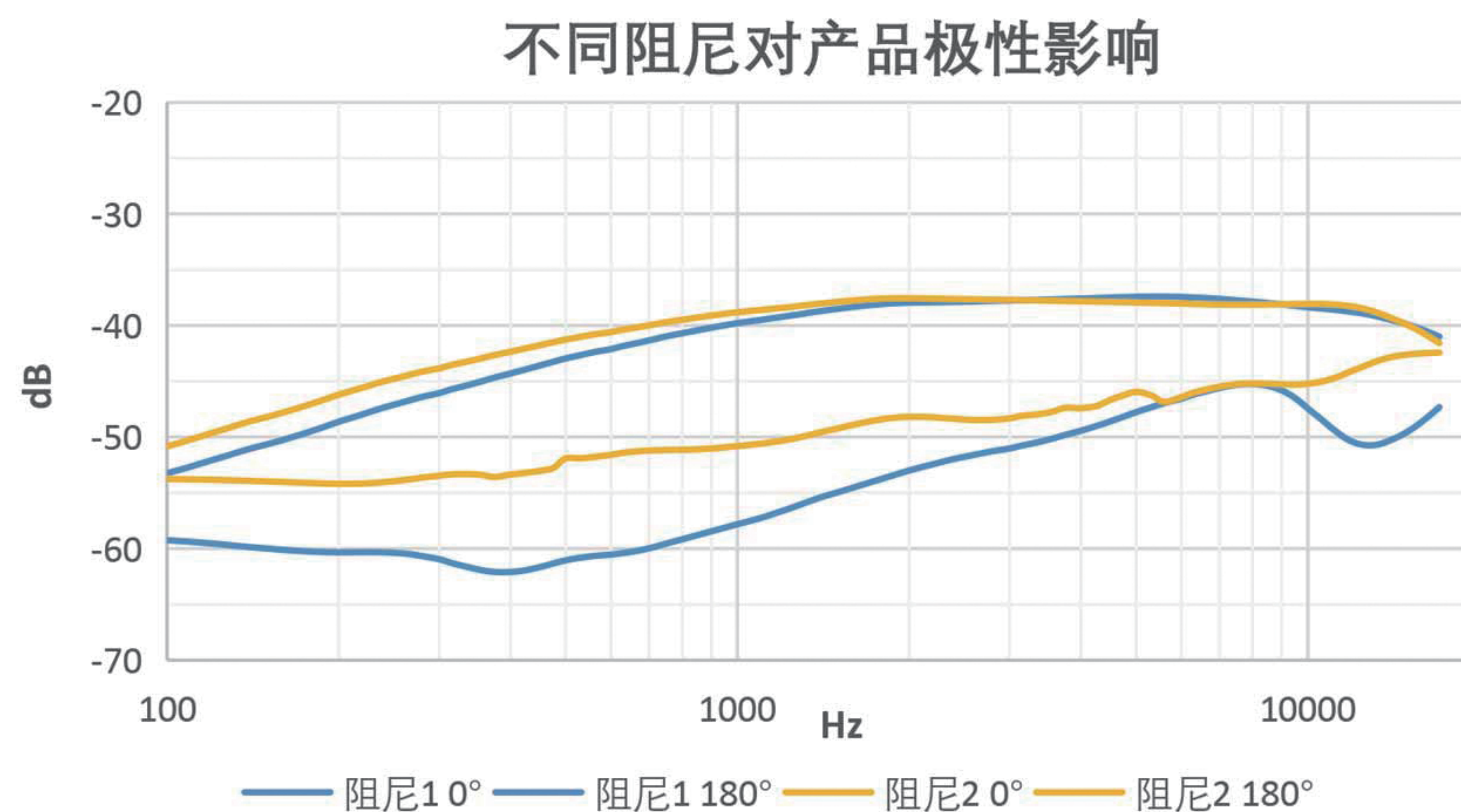
➤ 阻尼材料核心特性

理想的阻尼材料，关键的声学特性指标：

- 可控精准声阻：通过声阻控制，保证产品指向性一致性；
- 网孔高度均匀：全频段声学影响均匀，对咪杆频宽影响小；
- 纯阻性声学阻抗，容抗/感抗分量极小：对声学腔体谐振影响可控，对咪杆的一致性和稳定性更强；

➤ 仿真技术

- 将结构设计模型输入到仿真软件建模，通过调整阻尼材料的参数，达到咪杆预设目标设计指标；



I 总结

共达电声通过Comsol模拟咪杆的使用场景，有助于减少DOE验证所需要的样机数量，明显缩短研发周期和节约成本，缩短既定项目周期。

共达掌握了完整的Comsol仿真模型库，以及运用这些复杂结构和材料调整不同咪杆的极性需求。

共达在咪杆指向性应用领域有丰富的量产经验和设计仿真能力，可为终端用户提供最优的设计优化方案和产品，为用户和企业带来双赢的价值闭环。