

麦克风阵列设计指南

出门问问语音开放平台

V 1.0
2018-08-24

目录

- 1. 概述 - 3 -
- 2. 麦克风阵列尺寸排列参考设计 - 3 -
 - 2.1 线性麦克风阵列 - 3 -
 - 2.2 环形麦克风阵列 - 3 -
- 3. 麦克风选型要求..... - 4 -
- 4. 麦克风阵列结构设计..... - 5 -
 - 4.1 壳表面安装方式..... - 5 -
 - 4.2 非壳表面安装方式 - 6 -
- 5. 喇叭的声学设计..... - 7 -
 - 5.1 设计目标..... - 7 -
 - 5.2 喇叭结构设参考 - 7 -

1. 概述

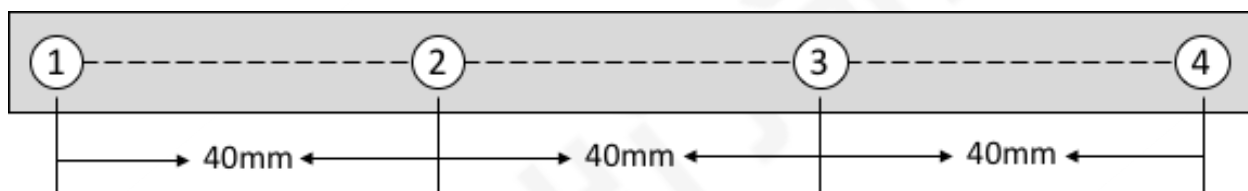
此文档是配合出门问问的语音智能芯片，指导客户设计出具有良好声学特性和电气特性的麦克风阵列，并且在终端产品上实现良好的语音交互体验。此文档主要包括麦克风阵列的尺寸排列参考设计，麦克风选型，麦克风和喇叭的声学设计。

2. 麦克风阵列尺寸排列参考设计

2.1 线性麦克风阵列

双麦或四麦的线性麦克风阵列排列如下图所示

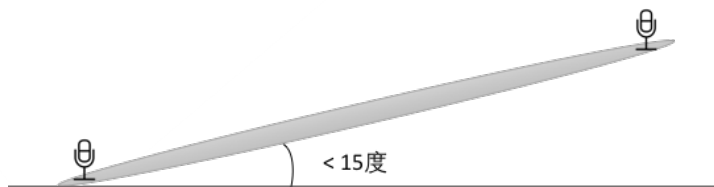
- 双麦克风间隔建议 65mm ~ 120mm。推荐的麦克风间距 85mm
- 四麦克风间隔建议 35mm ~ 60mm。推荐的麦克风间距 40mm
- 四麦克风水平固定在同一条直线上，麦克风的收声孔的朝向也需要一致

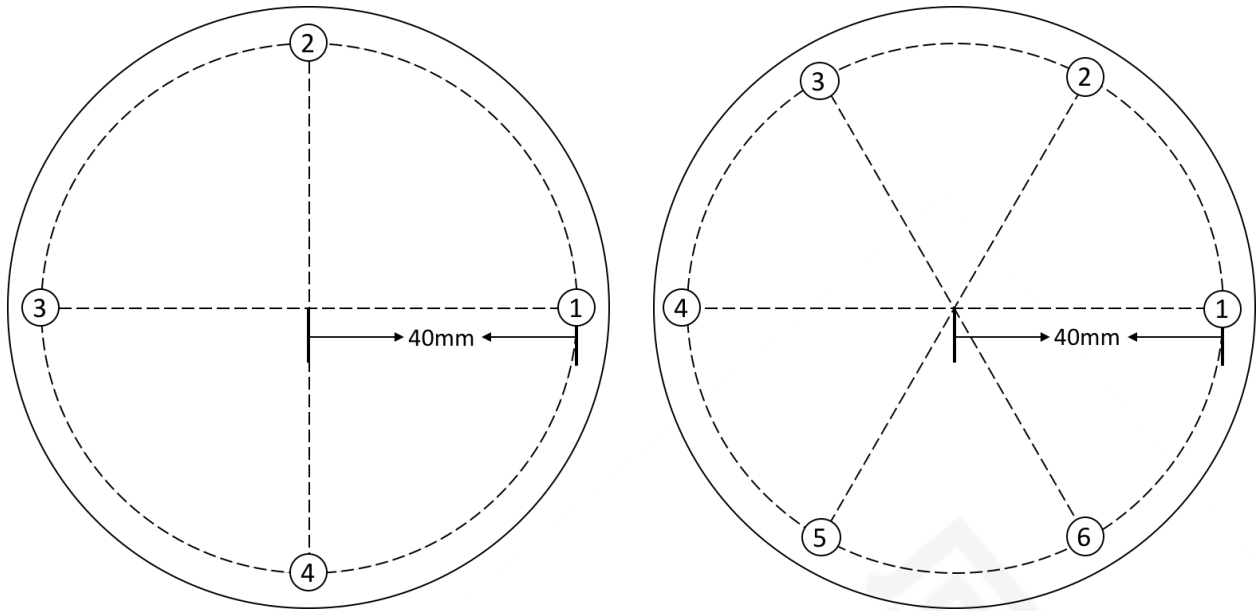


2.2 环形麦克风阵列

四麦的环形麦克风阵列排列如下图所示

- 四麦或者六麦的环形麦克风的麦克应处于同一平面，水平放置或者在不超过 15 度的倾角内放置。麦克风的收声孔均朝上。
- 环形阵列的半径（麦克风到中心点的间距）建议 30mm ~ 50mm。推荐半径 42.5mm
- 麦克风排列次序按逆时针排列（从上往下看）

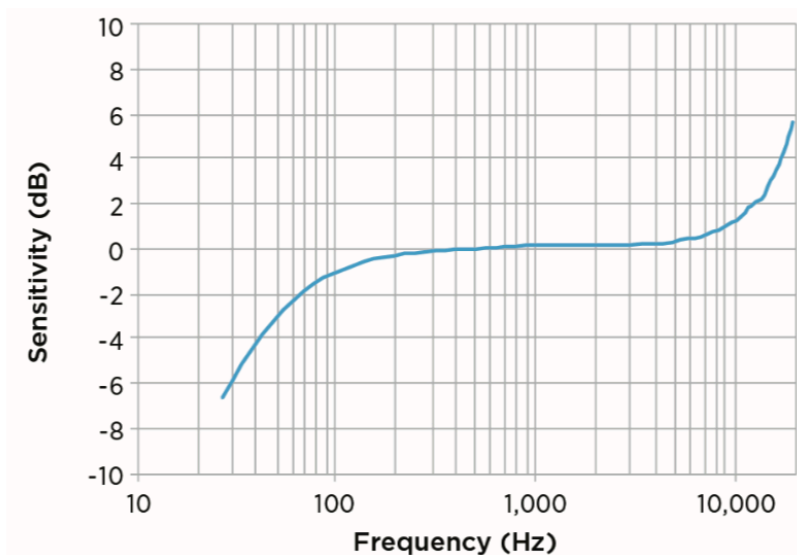




3. 麦克风选型要求

出门问问的语音智能芯片支持多达 6 个的模拟或者数字麦克风。为了保证拾音效果，以及波束成形的处理效果，需选用质量好的数字或模拟硅麦。具体的性能要求如下

- 灵敏度 (Sensitivity)
 - 数字麦克风 $-30\text{dBFS} \sim -26\text{dBFS} \pm 1\text{dB}$
 - 模拟麦克风 $-42\text{dBV} \sim -38\text{dBV} \pm 1\text{dB}$
- 信噪比 (SNR)
 - $\geq 60\text{dB}$
- 总谐波失真 (THD) : $\leq 1\% @ 94\text{dBSPL}$
- 声学过载点 (AOP) : $\geq 120\text{dBSPL}$
- 频率响应 (Frequency Response) : 自由场频率响应在 $100\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ 范围内波动应小于 $\pm 3\text{dB}$ 。一个典型的响应曲线 (归一到 1kHz) 如下



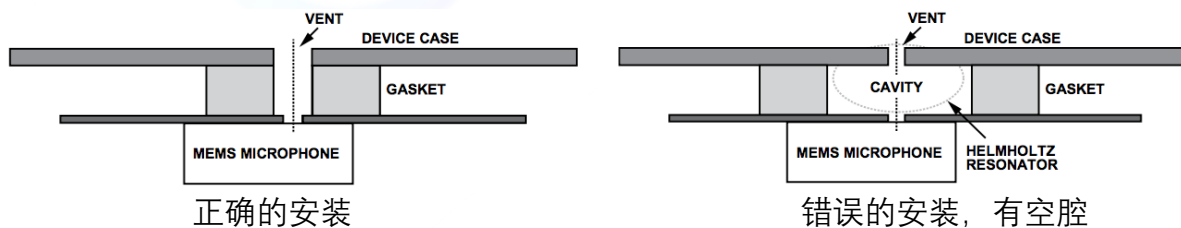
4. 麦克风阵列结构设计

4.1 壳表面安装方式

壳表面安装方式是指麦克风紧贴着外壳安装，一般设计要求如下

- 每一个麦克风都有自己独立的收音孔，使声音可以直达麦克风且不和其它麦克风互相干扰
- 由硅胶套（sealing boot，适用于顶部开口硅麦）或硅胶垫（gasket，适用于底部空硅麦）包裹起到隔音防震作用。硅胶套要包裹要严实，对结构内腔不存在任何的空气导通
- 麦克风的收音口和结构的导音孔要对齐，而且结构的导音孔直径需要大于麦克风的收音口，以避免形成空腔反射影响收声效果
- 建议在麦克风收音口表面上方加上保护膜，做防尘和防水处理

以下是正确的和不正确的安装方式的例子



出门问问的 TicHome 系列音箱目前都是采用壳表面安装方式



4.2 非壳表面安装方式

非壳表面安装是指麦克风不是紧贴着外壳安装，在麦克风阵列上方的结构体有大面积密集的开孔，保证外部的声音能以接近自由场的方式到达每一个麦克风。一般设计要求如下

- 开孔尽可能多，开孔区域尽可能宽，保证直达波声音能不受遮挡地到达每一个麦克风
- 麦克风之间没有遮挡，麦克风板保持平整光滑
- 麦克风板到开孔的外壳之间留 5mm 以上的距离
- 建议采用底部开口的硅麦，在 PCB 板上开孔并保证 PCB 板底面（麦克风收声口开口的那一面）平整

Amazon Echo 系列目前采取的都是非壳表面安装的方式



5. 喇叭的声学设计

5.1 设计目标

如何提高声音播放的音质并不在这个文档的讨论范围之内。之所以在麦克风的设计文档中加入喇叭的声学设计要求是因为在语音交互和双向的语音通信场景下，麦克风拾取到喇叭发出的声音形成回声，需要做回声消除。而回声消除的质量很大程度上取决于喇叭和麦克风的整体的声学设计。

进一步讲，回声消除的质量依赖于

- 回声在麦克风处的声压。回声的声压越高，回声消除越难。一般来讲，喇叭和麦克风的声压隔离越强，回声声压越低，语音交互的效果越好
- 回声的失真，结构的共振噪音。回声消除的算法是基于线性房间响应的假设。回声中的失真以及结构的共振噪音是非线性效应，回声消除的算法是无法处理的。

为了保障一个基本良好的对话体验，整体的声学设计目标如下

- 回声声压（在麦克风处）： $< 90\text{dB SPL}$ 。作为参考人正常说话的声音在 0.5 至 1 米处的声压在 65dB SPL 左右
- 总谐波失真（THD）： $\leq 10\%$ ($100\text{Hz} \sim 350\text{Hz}$), $\leq 5\%$ ($350\text{Hz} \sim 8\text{kHz}$)
- 总谐波失真加噪音（THDN）： $\leq 12\%$ ($100\text{Hz} \sim 350\text{Hz}$), $\leq 5\%$ ($350\text{Hz} \sim 8\text{kHz}$)

以上者两项要求皆为系统（喇叭+麦克风）总体的谐波失真和噪音。如果选取的喇叭单元小，低于频率响应下限的频率范围可以不考虑谐波失真的影响

5.2 喇叭结构设参考

回声的传播路径主要有以下三种

- 1) 从结构震动直接传到麦克风，不经过空气通路（需要避免）
- 2) 从结构内部的空气通路传到麦克风（需要避免）
- 3) 从结构外部的空气通路传到麦克风（正常通路）

前两种都是需要避免的。所以在声学结构的设计中，减震和声音的隔离是最重要。

喇叭的结构设计要求如下

- 在结构大小允许的情况下，麦克风距离喇叭越远越好。在麦克风处的回声声压要小于 90dB SPL ，这个值越小越好
- 喇叭需要安装在独立封闭的音腔内，和麦克风的音腔完全隔离，不能存在任何的空气导通
- 喇叭在结构件上安装的时候需要加装硅胶防震垫片

- 在喇叭的放音通道上不要安装任何容易受迫振动的部件，比如没有固定的导线，薄片材料等

一个简单的判断喇叭和麦克风的声​​音隔离是否做得好的方法是，用手捂住麦克的收音孔，或者捂住喇叭的通道口，回声的强度会大幅下降。如果不是这样那声音隔离就需要改进。