

# 什么是有源噪声消除？ANC 技术原理解析

苹果 Airpod、Amazon Echo 和 Google Home 这些硬件产品面世之后，加上 Amazon 的 Alexa 和 APPLE 的 Siri 等语音软件服务的大行其道，留给智能家居市场，未来的语音控制入口就有了很大的想象力。设想一下，通过随时带在耳朵上的 Airpod 控制公司、家里的所有设备，是不是离梦想中的世界很近了。但这个的进一步普及，就需要在硬件上解决一个问题，就是在拾音的时候进行噪声消除。

我们相信研究这个技术和产品的公司未来将会成为一个新的巨头。

## 什么是有源噪声消除

对于噪声，大家一定都很熟悉。凡是我们不想听到的声音，都可以归结为噪声，例如坐飞机时候的引擎声，坐火车时的车轮声，外面马路上的车水马龙的声音等等。在听音乐时，大家都不喜欢被噪声干扰。那么，如何减小噪声对我们的干扰？传统方法是封闭法，即用耳塞或者全封闭耳机把你的耳朵罩起来，这样就听不到噪声了，但是这样做第一很贵，因为要做全封闭的耳机还要做到舒适需要很高的成本，第二效果也不见得好，因为随着佩戴姿势等等的改变总会有噪声漏进来。那么，有没有更好的办法呢？有源噪声消除技术（active noise cancellation, ANC）就是最近非常火的方法，下面分析一下其中用到的技术。

ANC 技术的原理并不深奥，高中物理就教过，就是波的干涉。如果大家对高考复习还记忆犹新的话，一定还记得如果两列波幅度相同，相位相反，则它们干涉的结果是互相抵消，看不到波了！

讲完了高中物理，我们再讲讲初中物理：初中物理里面提到，声音也是一种波，可以在各种介质中传播。换句话说，声波也能干涉，如果我们利用好这一特性，就可以把一些不想听到的声波用干涉抵消掉（或者至少减小幅度）。利用这一点，我们就可以使用抵消的办法来消除噪声。

常见的有源噪声消除耳机如下图所示，麦克风采样外部噪声，改采样到的噪声经过有源噪声抵消电路处理后，产生一个和采样到的噪声相位相反，且幅度合适的“反”噪声，并送入耳机的扬声器，于是噪声在人的耳朵前就被抵消了，带耳机的人只能听到音乐，而听不到噪声。

如果把系统画成信号流图，噪声在麦克风采样后进入信号处理电路，产生“反”噪声，并与音乐一起送进耳机内。这种模式称为前馈有源噪声消除。

然而，前馈噪声消除有一个问题。大家一定试过对着麦克风吹气吧！对着麦克风吹气可以在麦克风输出的地方产生很大的声音，但是这个吹气的声音你把麦克风拿走是听不到的。同样的，在前馈有源噪声消除中，如果在采样麦克风附近有风在吹，那么麦克风有可能会产生很大的反噪声，但其实这个吹风的声音人是听不到的！换句话说，如果麦克风处有风在吹（风噪），麦克风会认为环境噪声很大，但是人其实听不到任何噪声，这样麦克风的误报反而会产生更大的噪声！

为了解决这个问题，可以使用反馈有源噪声消除。

在反馈有源噪声消除方案中，麦克风采样的不是直接的环境噪声，而是耳机输出处的声音，显然这里的声音包括了音乐和环境噪声。那么如何选择性地抵消掉噪声但是保留音乐呢？就需要把这里采样到的声音减去音乐，这样剩下的信号就全是噪声了；然后再根据这个噪声去产生噪声抵消信号。这样做的话，就不会有风噪问题。然而，这里又有一个新问题，就是反馈系统通常带宽会远小于前馈系统，因此使用反馈模式的有源噪声消除对于高频噪声的抵消作用有限。

既然两种方案各有利弊，那么把它们结合起来如何？这就是混合模式的有源噪声消除，既使用前馈又使用反馈，系统设计得当的话可以扬长避短，即避免风噪又能抵消高频噪声。

### **蓝牙耳机与 ANC**

随着苹果 AirPods 的推出，全无线耳机也越来越火。最近，更是有不少公司推出了带 ANC 的全无线耳机。在全无线耳机上做 ANC 的主要挑战点在于信号同步。之前提到过，反馈和混合 ANC 方案都需要把采样到的信号减去音乐再去产生噪声抵消信号，这对于音乐和采样信号之间的同步要求很高。在有线耳机里，这并不困难，因为音乐传输信道非常理想；然而，目前全无线耳机多采用蓝牙技术来传输信号，因此蓝牙传输信号与 ANC 信号之间的同步必须仔细设计，而蓝牙的延迟就成了这里的关键点。另外，由于全无线方案中耳机自己带电池，从用户体验角度来看电池的容量不可能很大否则会使耳机重量超标，因此 ANC 电路的功耗必须仔细控制，以保证良好的性能以及足够长的电池使用时间。