人耳听音的几种效应

## 1：哈斯效应

英文名称：

Haas effect

当两个强度相等而其中一个经过延迟的声音同时到聆听者耳中时，如果延迟在30ms以内，听觉上将感到声音好像只来自未延迟的声源，并不感到经延迟的声源存在。当延迟时间超过30ms而未达到50ms时，则听觉上可以识别出已延迟的声源存在，但仍感到声音来自未经延迟的声源。只有当延迟时间超过 50ms以后，听觉上才感到延迟声成为一个清晰的回声。这种现象称为哈斯效应，有时也称为优先效应。

指人们不能分辨出某些延迟声的现象。延迟声的声压级小于先导声，无论来向如何，只要小于17m，就不会感到延迟的存在。当延迟声的方向接近先导声，延迟30ms也不会感受到。只有大于50ms时，人们才会感受到延迟声。

## 2：双耳效应

定义

双耳效应是人们依靠双耳间的音量差、时间差和音色差判别声音方位的效应。

双耳效应的基本原理

如果声音来自听音者的正前方，此时由于声源到左、右耳的距离相等，从而声波到达左、右耳的时间差（相位差）、音色差为零，此时感受出声音来自听音者的正前方，而不是偏向某 一侧。声音强弱不同时，可感受出声源与听音者之间的距离。

“双耳效应” 的原理十分复杂，但简单的说，就是人的双耳的位置在头部的两侧，如果声源不在听音人的正前方，而是偏向一边，那么声源到达两耳的距离就不相等，声音到达两耳的时间与相位就有差异，人头如果侧向声源，对其中的一只耳朵还有遮蔽作用，因而到达两耳的声压级也有不同。人们把这种细微的差异与原来存储于大脑的听觉经验进行比较，并迅速作出反应从而辨别出声音的方位。

1、声音到达两耳的时间差

由于左右两耳之间有一定的距离，因此，除了来自前方和正后方的声音之外，由其他方向传来的声音到达两耳的时间就有先后，从而造成时间差。如果声源偏右，则声音必先到右耳后到达左耳。声源越是偏向一侧，则时间差也越大。实验证明，当声源在两耳连线上时，时间差约为0.62ms。

2、声音到达两耳的声级差

两耳之间的距离虽然很近，但由于头颅对声音的阻隔作用，声音到达两耳的声级就可能不同。如果声源偏左，则左耳感觉声级大一些，而右耳声级小一些。当声源在两耳连线上时，声级差可达到25db左右。

3、声音到达两耳相位差

声音是以波的形式传播，而声波在空间不同位置上的相位是不同的（除非刚好相距一个波长）。由于两耳在空间上的距离，所以声波到达两耳的相位就可能有差别。

耳朵内的鼓膜是随声波而振动的，这个振动的相位差也就成为我们判别声源方位的一个因素。当然频率越低，相位差定位感觉越明显。

4、声音到达两耳的音色差

声波如果从右侧的某个方向上传来，则要绕过头部的某些部分才能到达左耳。已知波的绕射能力同波长与障碍物尺度之间的比例有关。人头的直径约为20cm，相当与1700Hz声波的波长，所以频率为1000Hz以上的声波绕过头颅的能力较差，衰减越大。也就是说，同一个声音中的各个力量绕过头部的能力各不相同，频率越高的分量衰减越大。于是左耳听到的音色同右耳听到音色就有差异。只要声音不是从正前方（或正后方）来，两耳听到音色就会不同，这也是人们判别声源方位的一种依据。

目前，剧场观众厅扩声系统中的场声器倾向于配置在台口上方，也是考虑到人耳左右水平方向的分辨能力远大于上下垂直方向而确定的，从而克服了过去把扬声器组配置在台口两侧所造成部分听众感到声音来自侧向的缺陷，避免使听众明显地感到场声器发出的声音与讲演者的直达声来自不同的方向。

自然界发出的声音是立体声，但我们如果把这些立体声经记录、放大等处理后而重放时，所有的声音都从一个扬声器放出来，这种重放声（与原声源相比）就不是立体的了。这时由于各种声音都从同一个扬声器发出，原来的空间感（特别是声群的空间分布感）也消失了。这种重放声称为单声。

如果从记录到重放整个系统能够在一定程度上恢复原发生的空间感（不可能完全恢复），那么，这种具有一定程度的方位层次等空间分布特性的重放声，称为音响技术中的立体声。

立体声的拾音方法主要有：A/B制式、X/Y制式、M/S制式、声像移动器(Pan Pot)制式、仿头真制式、真人头制式、ORTF制式、声场制式等等。

耳机的声场再现除了和耳机的结构有关外，还和选用的CD唱片有很大关系。真人头制式是将两只微型传声器，悬挂在音乐演奏现场听音人耳道口处拾取声音信号的方法，它的效果类似于仿真头制式。

如果在立体声耳机听音中，采用仿真头CD唱片和真人头CD唱片，我们就会感受到比其他CD唱片好得多的声场再现效果。

综上所述，在立体声耳机的听音系统中要实现良好的声场再现效果，一是要尽量选择罩耳式耳垫的耳机或不带耳垫的耳机，如AKG公司的K1000，以求不破坏耳壳的形状； 二是尽量选择采用“相位校正技术” 的多振膜结构的耳机(如AKG公司的K240M、K240DF),这两种耳机也是广播、电视部门采用较多的品种； 三是尽量选用仿真头CD唱片和真人头CD唱片，可惜的是品种极少。

## 3：人耳的掩蔽效应

一个较弱的声音(被掩蔽音)的听觉感受被另一个较强的声音(掩蔽音)影响的现象称为人耳的“掩蔽效应”。 人耳的掩蔽效应 一个较弱的声音(被掩蔽音)的听觉感受被另一个较强的声音(掩蔽音)影响的现象称为人耳的“掩蔽效应”。被掩蔽音单独存在时的听阈分贝值，或者说在安静环境中能被人耳听到的纯音的最小值称为绝对闻阈。实验表

明，3kHz—5kHz绝对闻阈值最小，即人耳对它的微弱声音最敏感；而在低频和高频区绝对闻阈值要大得多。在800Hz--1500Hz范围内闻阈随频率变化最不显著，即在这个范围内语言可储度最高。在掩蔽情况下，提高被掩蔽弱音的强度，使人耳能够听见时的闻阈称为掩蔽闻阈(或称掩蔽门限)，被掩蔽弱音必须提高的分贝值称为掩蔽量(或称阈移)。 1．掩蔽效应 已有实验表明，纯音对纯音、噪音对纯音的掩蔽效应结论如下： A.纯音间的掩蔽 ①对处于中等强度时的纯音最有效的掩蔽是出现在它的频率附近。 ②低频的纯音可以有效地掩蔽高频的纯音，而反过来则作用很小。 B.噪音对纯音的掩蔽噪音是由多种纯音组成，具有无限宽的频谱 若掩蔽声为宽带噪声，被掩蔽声为纯音，则它产生的掩蔽门限在低频段一般高于噪声功率谱密度17dB，且较平坦；超过500Hz时大约每十倍频程增大10dB。若掩蔽声为窄带噪声，被掩蔽声为纯音，则情况较复杂。其中位于被掩蔽音附近的由纯音分量组成的窄带噪声即临界频带的掩蔽作用最明显。所谓临界频带是指当某个纯音被以它为中心频率，且具有一定带宽的连续噪声所掩蔽时，如果该纯音刚好能被听到时的功率等于这一频带内噪声的功率，那么这一带宽称为临界频带宽度。临界频带的单位叫巴克(Bark)，1Bark＝一个临界频带宽度。频率小于500Hz时，1Bark约等于freq／100；频率大于500Hz时，1Bark约等于9+41og(freq／1000)，即约为某个纯音中心频率的20％ 通常认为，20Hz--16kHz范围内有24个子临界频带。而当某个纯音位于掩蔽声的临界频带之外时，掩蔽效应仍然存在。 2．掩蔽类型 (1)频域掩蔽 所谓频域掩蔽是指掩蔽声与被掩蔽声同时作用时发生掩蔽效应，又称同时掩蔽。这时，掩蔽声在掩蔽效应发生期间一直起作用，是一种较强的掩蔽效应。通常，频域中的一个强音会掩蔽与之同时发声的附近的弱音，弱音离强音越近，一般越容易被掩蔽；反之，离强音较远的弱音不容易被掩蔽。例如，—个1000Hz的音比另一个900Hz的音高18dB，则900Hz的音将被1000Hz的音掩蔽。而若1000Hz的音比离它较远的另一个1800Hz的音高18dB，则这两个音将同时被人耳听到。若要让1800Hz的音听不到，则1000Hz的音要比1800Hz的音高45dB。一般来说，低频的音容易掩蔽高频的音；在距离强音较远处，绝对闻阈比该强音所引起的掩蔽阈值高，这时，噪声的掩蔽阈值应取绝对闻阈。 (2)时域掩蔽 所谓时域掩蔽是指掩蔽效应发生在掩蔽声与被掩蔽声不同时出现时，又称异时掩蔽。异时掩蔽又分为导前掩蔽和滞后掩蔽。若掩蔽声音出现之前的一段时间内发生掩蔽效应，则称为导前掩蔽；否则称为滞后掩蔽。产生时域掩蔽的主要原因是人的大脑处理信息需要花费一定的时间，异时掩蔽也随着时间的推移很快会衰减，是一种弱掩蔽效应。一般情况下，导前掩蔽只有3ms—20ms，而滞后掩蔽却可以持续50ms—100m。研究声音和它引起的听觉之间关系的一门边缘学科。它既是声学的一个分支,也是心理物理学的一个分支。心理声学本可包括言语和音乐这样一些复合声和它们的知觉。这些可见语言声学、音乐声学等条，本条只限于较基础和简单的心理声学现象，即：

①刚刚能引起听觉的声音──听阈；

②声音的强度、频率、频谱和时长这些参量所决定的声音的主观属性──响度、音调、音色和音长；

③某些和复合声音有关的特殊的心理声学效应──余音、掩蔽、非线性、双耳效应。

听阈 听阈分强度阈和差阈。声音不够一定强度不能引起听觉。在多次作用中能有50％的次数引起听觉的最小声压级称为强度阈（也称听阈）。听阈有个体差异，因而所谓正常听阈只能是一些听力正常的年轻人的听阈的统计平均值。听阈随频率而变化。500～4000Hz之间阈值最低，在它们之上和之下的高频声和低频声的阈值都较高，如20Hz纯音的阈值比1000Hz纯音的阈值约高70dB，10000Hz纯音的阈值也比 1000Hz纯音的阈值约高10dB。最敏感的频率是3000Hz左右，空气分子振动的振幅达到10-11m 就可以听到，这只有氢气分子的直径的十分之一。听阈随年龄而增高，特别是高频部分，表现为老年聋，如70岁的老人，5000Hz纯音的听阈约增高45dB。

听阈的概念还包括差阈，即两个声音引起听觉差别的最小可觉差。就频率说，在63Hz左右有经验的人耳能区别相差0.5Hz的两个纯音的差别，但这种阈值在1000Hz要增加到1.4Hz，频率越高差阈越大。人耳能区别的强度差值最小0.25dB（1000～4000Hz,70dB以上），强度低或频率更高或更低时，强度差阈更大。在整个听觉范围内,可辨别的声音约34万个。

声音的主观属性响度表示的是一个声音听来有多响的程度。响度主要随声音的强度而变化，但也受频率的影响。两者的量的关系，按古典的心理物理学规律，响度与强度的对数成正比。为了检验这一假说的正确性，现代心理物理学进行了响度的定量判断实验，并建立了响度量表，其单位为宋(son)。1宋的定义为40dB1000Hz纯音所引起的响度，大致相当于耳语的声级。宋量表证明，响度正比于 1000Hz等响声压的0.6次幂，就是说，1000Hz等响声的声压级提高10dB，响度加倍。前者称为响度级，这说明响度的变化不是单纯地决定于声音强度，也与频率有关。不同频率的两个纯音，虽强度相同，引起的响度却不同。总的说，中频纯音听来比低频和高频纯音响一些。以不同声压级的1000Hz纯音为参照声，通过响度平衡实验,可以得到一簇等响线,如上图所示。在一条等响线上,各频率的纯音尽管声压级不同,但都与该曲线上的1000Hz纯音等响。1000Hz纯音的这一声压级即定为此曲线上各纯音的响度级，其单位称为方(phon)。

音调 音调是声音听来调子高低的程度。音调主要决定于声音的频率,它随频率的升降而升降。但是,它也不是单纯地由频率决定，与声音强度也有关系。低频纯音的音调随强度增加而下降；反之，高频纯音的音调却随强度增加而上升。类似响度的宋量表，也制定了音调量表。音调定量判断实验是让听者调节发生器产生一系列纯音，使它们在音调上听来间隔相等。这样取得的平均判断构成了音调量表，其单位称为美。在此量表上，1000Hz纯音的音调被定为1000美(mel)。

音色 音色是对声音音质的感觉。上面提过的纯音不存在音色问题，它是伴随复合声出现的。明显的例子是不同乐器所发出的声音在音色上的不同。小提琴和钢琴发出的中央C,尽管它们响度和音调相同，听起来还是不一样，原因在于它们音色的差异。声音的音色决定于它们的频谱，即声音谐波振幅的不同。复合声这种多量纲的特点使

得音色也具有多量纲性，不同于只有单个量纲的响度和音调。响度可以在宋量表上定出由响到轻的程度，音调可以在美量表上定出由高到低的程度，音色则只能用多维空间上相应的点来确定。言语声的多维量表实验证明，音色的知觉空间上的点与频谱的物理空间上的点是非常吻合的。

音长 音长是声音长短的感觉。声音的参量作为时间的函数只要有两个清楚的变化便可产生主观音长感觉。最简单的例子是一个声脉冲或一段休止，它们都只有一头一尾的变化。很久以来，人们总以为音长和声音的物理长短是相等的,忽视了对它的研究。其实,在极端情况下两者可相差四五倍之多。这是用脉冲声和短于 500ms的休止所作的实验结果。音长受声级的影响不大，但频率对它的影响却不可忽视,尤其是300ms以下的短声。如果以3 200Hz的脉冲声作参照,频率在它上下的脉冲声必须有较长的物理声长才能产生相等的音长感觉。用这种音长平衡实验可以得到一簇类似于等响线的等音长线。