

电子管扩音机



罗正谊 编著

中级电影放映技术丛书

中国电影出版社

责任编辑：叶宏材

中级电影放映技术丛书

电子管扩音机

罗正谊 编著

*

中国电影出版社出版

北京印刷一厂印刷 新华书店发行

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：10 $\frac{1}{2}$ 插页：2 字数：250,000

1984年10月第1版北京第1次印刷 印数：1—12,000册

(内有纸精本1,000册)

统一书号：15061·197 定价：(平)1.70元

编者的话

建国初期，文化部电影局为提高电影放映员的技术水平，曾编辑出版了一套初级“电影放映技术教材”，其中包括《电影放映机》、《电工基础》、《电影扩音机》和《发动发电机》。嗣后，电影发行网迅速向全国广阔城乡扩展，电影放映队伍逐年扩大，各省市陆续兴办了一些电影放映技术学校和训练班。中国电影发行放映公司为满足在职放映员和技校学员继续学习和深造的需要，于1964年邀请部分省市教学人员来京，编写了“中级电影放映技术教材”。这套教材也是四本，书名沿用前例，以示与初级教材衔接。我社于1965年遵照文化部指示精神承担这套教材的编辑出版工作。全书付梓，即将问世，不幸遭到十年动乱，原稿及校样全部被毁。

1978年前后，各省市电影学校相继恢复放映技术课程。我社为适应学员专业学习和在职放映员的工作需要，经与各电影学校教材编写者联系，重新组织了八本一套的“中级电影放映技术丛书”，计有：《影片与放映设备》、《电影放映场所及放映用附属设备》、《晶体管扩音机》、《电子管扩音机》、《电影还音设备的测量和仪器》、《放映电工学》、《汽油发电机》和《电影机械基础》。由原定的四本一套改为八本，是因为根据实际情况，四本已不敷应用，有些内容已能独立成册而不宜一仍其旧地作为某一书的专章。这套丛书初稿完成后，中国电影发行放映公司分两次召集各省市二百余名电影放映专业人员举办电影放映技术讲习班，把这

套丛书作为基本教材内容，博采各方面的正确意见，由大家慎重修改后，交我社出版发行。

放映设备不断更新，放映技术不断进步，而编写者水平有限，遗漏谬误在所难免，因此，希望广大教学人员和放映人员提出宝贵意见，以便在适当的时候进行修订，使其更加完善。

编者

1982 年

目 录

第一章 声音的基本知识	1
§ 1 声音的产生及其特征	1
§ 2 声音的传播	4
§ 3 听觉	9
第二章 扬声器	14
§ 1 直接辐射式扬声器的构造与指标	14
§ 2 直接辐射式扬声器的助声设备	19
§ 3 号筒式扬声器	24
§ 4 双频带扬声器组	26
第三章 电子管	32
§ 1 电子发射与电子管的热阴极	32
§ 2 真空二极电子管	35
§ 3 三极电子管	38
§ 4 五极电子管	45
§ 5 束射四极电子管	47
§ 6 光电管	50
第四章 电子管整流器	58
§ 1 电子管整流电路及其参数	59
§ 2 滤波器	63

§ 3	电源变压器	69
§ 4	扼流圈	76
第五章	放大器概论	79
§ 1	放大器的分类和工作状态	79
§ 2	放大器的主要指标	84
§ 3	图解分析法	94
§ 4	解析法的基本原理	106
第六章	功率放大器	113
§ 1	功率放大器概论	113
§ 2	五极管及集射四极管 A 类功率放大器	126
§ 3	推挽功率放大器	134
§ 4	AB ₁ 类推挽功率放大器的计算实例	145
第七章	电压放大器	153
§ 1	阻容耦合电压放大器	153
§ 2	电压放大器计算实例	165
§ 3	电压放大器的输入电路	176
§ 4	倒相电路	184
第八章	放大器中的反馈和音调校正	190
§ 1	放大器中的反馈	190
§ 2	负反馈的基本电路	198
§ 3	寄生反馈与干扰	210
§ 4	放大器的音调补偿	219
第九章	放映用扩音机介绍	232
§ 1	解放 103-A 型放映扩音机	232
§ 2	603 及 603-A 型放映扩音机	246

§ 3 Gy-2×40-1 型电影扩音机	275
第十章 电影放映扩音机的故障及质量检验	287
§ 1 扩音机的故障检修	287
§ 2 扩音机的质量检验	298
§ 3 质量检验举例	308
附录	318

第一章 声音的基本知识

§ 1 声音的产生及其特征

物体振动所产生的波如果由空气质点运动来传播，并能使人耳听觉有所感觉的，叫做声音。声波传播的空间范围叫做声场，如图 1—1 所示。

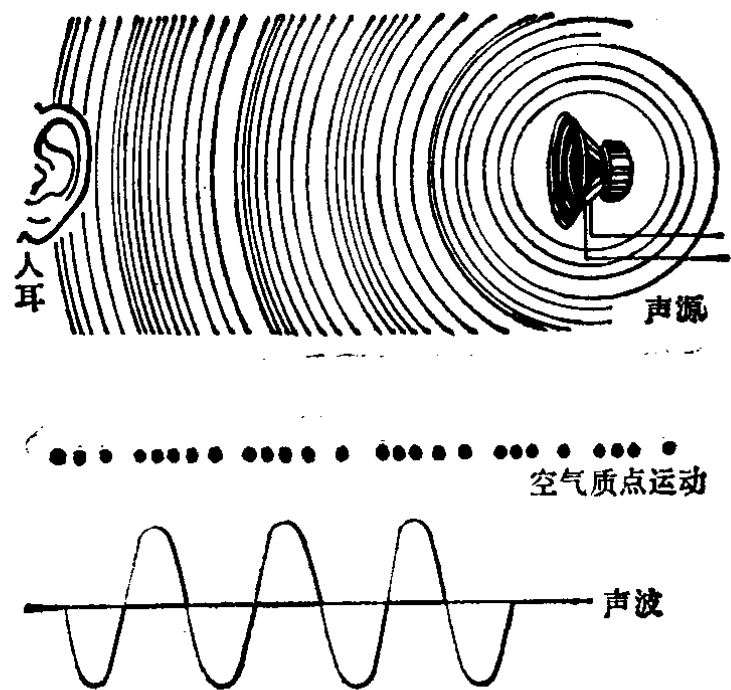


图 1—1 声波与声波的传播

声音的形态虽然在图中表现为平面，实际上却是立体的。它随振动物质和形式的不同而产生差异。人们之所以对各种声音有不同的感觉，主要是因为声音有强有弱，有高有低，以及有各自

的音色。

声音具有如下的特征：

一、音量

它是声音大小的总称。音量大小(见图 1—2)与声波的振幅成正比。声波振幅的大小实质上就是声波强度(J)的大小， J 的

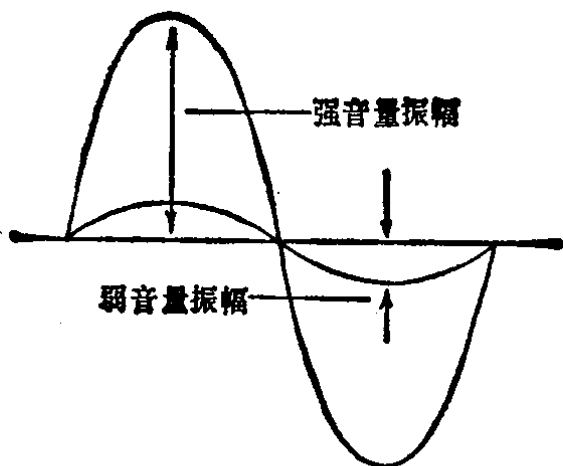


图 1—2 音量大小与声波振幅的比较

单位是瓦/平方米 (W/cm^2)。它表示在单位时间(秒)内穿过声场与声波传播方向垂直的单位面积 (cm^2) 的能量的大小。由于声波是以球面波形式传播的，因此，声场中某点的声强与该点距离声源的所谓半径的平方成反比。

例如，球面波的声功率为 100 微瓦(μW)时，在离声源 1 米(m)处测得的声强为 $7.96 \times 10^{-10} W/cm^2$ ，而在离声源 10 m 处测得的声强为 $7.96 \times 10^{-12} W/cm^2$ 。1 m 和 10 m 处的声强不是相差 10 倍而是 10^2 倍。

由于人们对声音大小的感觉不是随声强大小而是随对数规律增减的，所以声强一般不采用绝对单位，而采用相对(对数)单位“分贝”(符号为 dB)表示。用对数单位测得的值叫做声级(声平)，声级 N 表示为：

$$N = 10 \lg \frac{J}{J_0} (dB)$$

式中， J_0 相当于某一选择为零声级时的声强，根据国际协议，其值选择为 $J_0 = 10^{-9}$ 尔格/厘米²·秒。它差不多相当于人耳听觉最灵敏的频率区域——闻阈的强度。由于强度不便于测量，因此声级还可以用声场中某一点上的压力 p 与静压 p_0 (大气压) 之间的差值(声压)来表示，即：

$$N = 10 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{dB} \quad (1-1)$$

式中, p 是声信号的有效压力。声强 J_0 时的有效压力约为 2×10^{-4} 达因/厘米² (dyn/cm²), 达因/厘米² 或称作微巴 (μbar)。

声学中电信号的电平也用对数单位“分贝”来计量。如果采用功率 $P_0 = 1 \text{ mW}$ 作为零电平, 则任意功率的电平为:

$$N = 10 \lg \frac{P}{P_0} \text{dB} \quad (1-2)$$

此处的 N 叫做绝对电平。如果以其他功率作为零电平, 则求出的电平叫做相对电平。

由于 $P = \frac{U^2}{Z} = I^2 Z$ (式中 U 、 I 是电压和电流的有效值, Z 是发出功率 P 的阻抗), 所以:

$$N = 10 \lg \frac{U^2}{P_0 Z} = 20 \lg \frac{U}{U_0} \quad (1-3)$$

式中 $U_0 = \sqrt{P_0 Z}$

$$\text{同理} \quad N = 10 \lg \frac{I^2 Z}{P_0} = 20 \lg \frac{I}{I_0} \quad (1-4)$$

式中 $I_0 = \sqrt{\frac{P_0}{Z}}$

例如, 当 $Z = 600 \Omega$ 时, 根据以上关系, 便可求得 U_0 等于 0.775 V , I_0 等于 1.27 mA 。

二、音调

音调是声音频率的函数。音调的高低可用振动频率的高低来表示, 振动频率越高时音调越高, 频率越低时音调也越低。

在声学或与声学有关的计量中, 频率(音调)常按“八度音”来排列, 它表示两个频率比为 $2:1$ 的声音间的音程。在声学分析与测量中最常用的一串频率是 128 、 256 、 512 、 1024 、 2048 和 4096 赫兹(Hz), 256 Hz 的声音约是钢琴上的中间 C 音, 128 Hz 比它

低一个八度音，而 4096 Hz 则比它高四个八度音。由于每个八度音的频率都是相差一倍的关系，因此又叫“倍音”。

三、音色

音色又叫做音品或音质。各种复杂的语言与乐音，由于基音的不同，虽然听起来有一定的音调，但实际上都包含有好些附加的强度不等的音——泛音(谐音)，泛音的频率要比其基音的频率高出好多整数倍。泛音之间的强度关系确定了音色。不同的乐器，虽然可以有相同的音调，即基音相同，但泛音的频率、强度以及与基音合成的形状却各不相同，所以音色也不同。因此在选择扩音机、扬声器以及评价扩音系统的放音质量时，必须把泛音所包括的频率考虑进去。例如一般器乐的基音其标准频率范围是从 30 Hz 到 4 KHz，如要保持器乐发音的特定音色，就必须能重发出器乐所产生的全部泛音。这就要求扩音系统重放声音的频率范围(最低与最高)扩展到 16 Hz 到 20 KHz。

§ 2 声音的传播

一、声速与波长

声速(C)是声波传播速度的简称，单位为米/秒(m/s)。声波通过媒质传播时的声速大小，与媒质的性质、声波的推进途径有关。

声波在不同的媒质中传播具有不同的速度。在温度相同的条件下，在固体中的传播速度最高，在液体中次之，在气体中较低。

声波在空气中的传播速度受空气的温度、压力和湿度变化的影响。在 0°C 时声速约为 332 m/s，温度变化 1°C 时声速约变化 0.6 m/s。因此，在 20°C 时的声速为： $C = 332 + 0.6 \times 20 = 344$ m/s。

波长是声波一个周期的长度，用 λ 代表，它与频率 f 成反比，即：

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (1-5)$$

例如，当声波的频率为 1000 Hz 时，它的波长为 $\lambda = \frac{344}{1000} =$

0.344 m/s。

二、声波的反射、绕射和吸收

1. 声波的反射

声波在推进途中遇到物体阻挡时，将损耗一部分声能，同时会改变其推进方向，即产生反射，如图 1—3a 所示。如果声波接触的是一个大于声波半个波长的反射面，那末，它就会依物体面的形状不同而产生不同情况的反射。

光线入射到一般粗糙不平的表面上时，就会产生乱反射现象，但对于声波来说却仍可把它作为一个平滑的表面来看待。这是因为一般粗糙面的凸凹弧面远小于声波的波长。大于声波半波长的凹凸弧面，将使反射声能产生聚焦或扩散现象，如图 1—3b 和 c 所示。

如果电影院或剧院的观众厅有声音的聚焦现象，将会损害音质，必须设法避免。

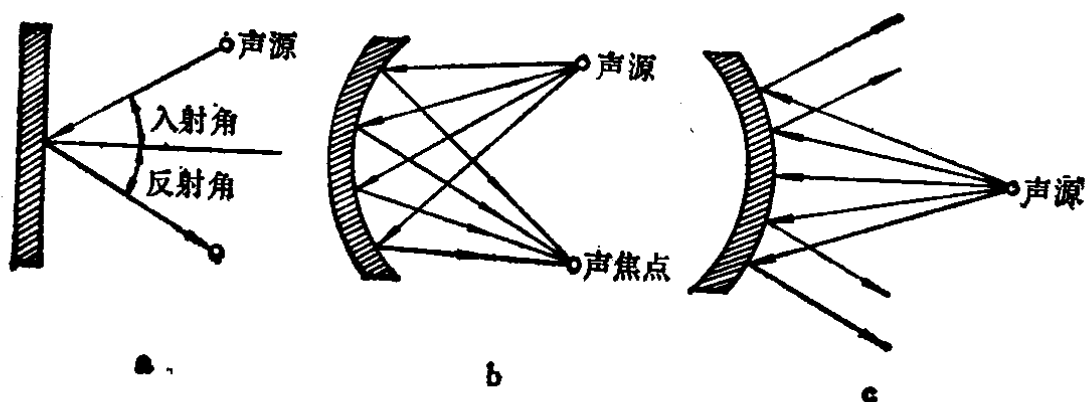


图 1—3 声音的反射

2. 声波的绕射和透射

阻碍物的尺寸小于声波半波波长时，声波会发生绕射，如图 1—4 a、b 所示。声波遇到阻碍物的穿透小孔时，部分声能会透过小孔，在小孔的另一面形成新的声源，如图 1—4 c 所示。声波遇

到开放的门窗时，除门窗的周缘有少量的绕射现象外，在相当大程度上成为平面波直进，如图 1—4 d所示。

由于反射、绕射和透射都与声音的波长有关，因此声音经过阻碍物之后继续传播时，人耳听起来会有音调或音色变化的感觉。

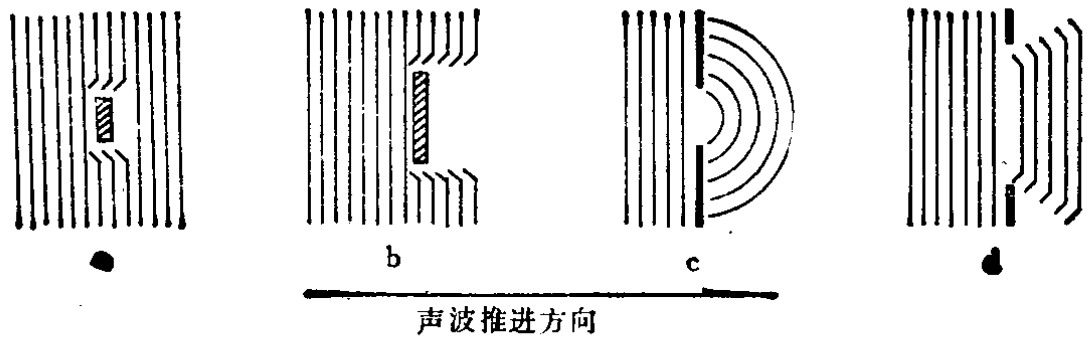


图 1—4 声音的绕射和透射

3. 声能的吸收

声波在传播过程中，由于碰到阻碍物后声能被吸收了一部分，所以反射声能总比入射声能小。物质吸音能力的大小，用吸音系数 α 表示，它等于吸收的声能与入射声能之比。

如果入射声能全部被吸收，则 $\alpha = 1$ ，如果入射声能全部被反射，则 $\alpha = 0$ 。所以 α 的数值一般处于 1 与 0 之间。 $\alpha = 1$ 和 $\alpha = 0$ 的情况是极少的，通常 α 大都大于零而小于 1。

三、声波的叠加和干扰

1. 声波的叠加

两个声源发出的声波在同一空间传播时，声场中任何一点的声强是两个声波强度的矢量和。该点声波强度的大小及声波的形状，与这两个声波的振幅、频率和相位等有关。

如果在某点上的两个声波是相同的(如图 1—5 a 所示)，总的声强等于这两个声波的声强之和。如果该点上的两个声波是反相的(如图 1—5 b所示)，总的声强等于这两个声强之差。如果这两个声波到该点时有相位差(如图 1—5 c所示)，总的声强等于二者的矢量和。

2. 声波的干扰

两个频率相差极小的声波在传播过程中，起初二者相位是相同的，这时声音将得到增强；但由于这两个声波的频率不同，所以随着时间的推移，会产生越来越大的相位差，直至相位相反而使声强减弱。由此使声音有周期性的跌落和增强，这样的声音我们称为拍音，其声强情况如图 1—6 所示。拍音的存在对于听音的影响很大，要设法避免。

声波在室内传播时，听者在室内某一点不仅听到由声源直接传来的声音(叫做直达声)，还将听到由墙壁、天花板及地面上经过一次或多次反射而来的声音(叫做反射声)。直达的声波和反射来的声波，在听音点上可能产生增强音量、减弱音量和拍音的现象。声波在两平

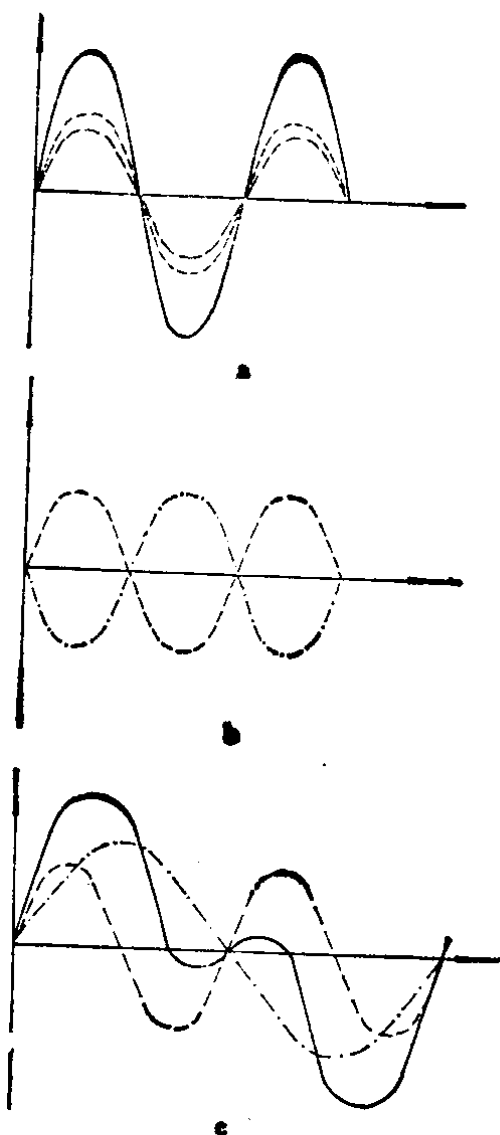


图 1—5 两个同频率声波的叠加

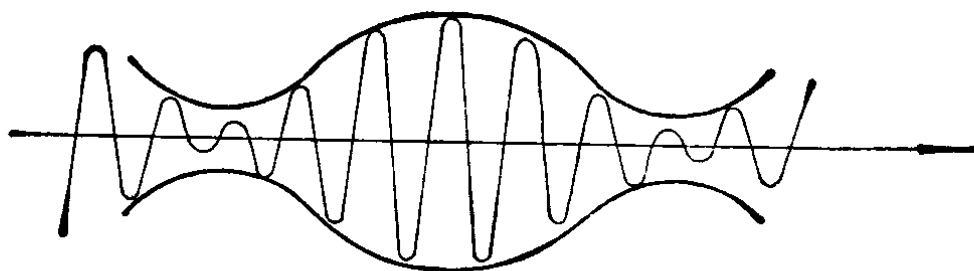


图 1—6 拍音的声强曲线

行墙面之间会产生往复反射，如果两墙间的距离恰好等于该声波半波波长的整数倍，则会产生共鸣(又称为谐振)。室内存在谐振现象时，也会严重地损害音质。

四、混响

当声源的声波在封闭的室内(如电影院的观众厅)辐射时,封闭室的空气与声源一起共振的声音,叫做混响。封闭室内的空气容积对于声音的时间结构影响很大。同一音乐或语言,由于观众厅的容积以及其内表面建筑结构加工的不同,人们感觉出的发音也不同。

如果放映用的观众厅尺寸不是太小,对声信号发生影响的主要是声波多次反射所产生的回响。回响与室内空气的容积、建筑材料的反射等因素有关,这些因素使声音在空气中产生不同速度的衰减。用来说明这种衰减大小的是混响时间,混响时间的定义是声源作用终止后声能衰减到 10^6 分之一所需的时间,此时声强级减少为60 dB。

合适的混响时间还与声音的频率有关,一般以 500 Hz 的频率为标准来评价。 1000 m^3 至 10000 m^3 的会议室或电影院 其合适的混响时间为 0.6—1.3 秒。

混响时间太长与太短均会影响听音,因此观众厅存在着最佳混响时间,其长短应根据具体条件决定。如果混响时间比最佳混响时间短,那末回响的开始部分就没有充分地被利用,此时听到的声音比较单调,尤其在听音乐时更能明显地感觉出来。如果混响时间超过最佳值,反射声比直射声落后到达听者的时间较长,二者混合在一起,会破坏感受的清晰度,这对语言的影响特别明显。因此用混响时间来说明放映厅的声学特性具有重要的意义。

表示语言清晰程度的叫传音准率。传音准率是由发音的人讲一连串意义不连贯的字,听者在室内各个不同的地方记录,念出来的字有百分之几被听者正确地听到,这个数目就称为传音准率。实验证明,在最优良的听音条件下,传音准率约为 96 %。传音准率在85%以上时,可以毫无困难地听懂连续的语言。传音准率为75%时,可以听懂,但有些费力。在65%左右时,要非常注意才能听懂,但会令人感觉非常疲倦。如果在65%以下,就很难听懂全部语言的含义了。

混响时间与传音准率有着下列的关系：

(1) 混响时间相同时，房间的容积增加，其吸音的本领也增大，会使传音准率减低。

(2) 房间大小相同时，混响时间越短，传音准率越高。但若混响时间太短，传音准率也会随着降低。这是因为太短的混响时间很难使人们听到习惯于在一定混响条件下所听到的自然发音。

(3) 小房间中混响时间的出入可以比大房间大些。

放映用的观众厅的容积一般都较大，因此必须使用扩音装置，使用了扩音装置的观众厅，不同的混响时间，音量大小也会造成不同的听音效果。

如果混响时间超过 2—3 秒(空场)，任何大小的观众厅都不可能保证扩音装置有良好的听音条件。混响时间越短，语言的清晰度就越高。另外，如果扩音装置的声音不能高出观众厅噪声 8—10 dB，任何长短的混响时间都不可能保证听音良好。声音越大，减低混响时间就越能改进听音的条件。但电影院的观众厅也要注意电影还音的特点，因为电影还音时银幕后只有一个声源，录音时已根据画面的艺术要求将各种不同的混响时间记录在电影胶片上，从这一点来说，放映用的观众厅几乎不需要有混响的帮助来听音，因为观众听到的影片还音的实际感觉是不会比放映厅的混响时间更短的，长的混响时间也可能破坏录音的艺术效果。虽然如此，但过短的混响时间也会使观众听起来感到“沉寂”、“发闷”而容易疲劳。同时混响时间很短的观众厅造价也很高，因此一般电影放映观众厅的混响时间以不短于 0.6—0.8 秒较为合适。

§ 3 听 觉

一、听觉的可听频率范围与动态范围

人耳的听觉受到频率范围和声强大小的限制，对于年龄在 18 岁至 25 岁的正常人来说，可听频率范围一般在 20 Hz 至 20

KHz 之间(相当于 10 个八度音)。上了年纪的老人,听觉的频率范围将大大降低,可听频率的上限也将会逐渐下降。人们的实践说明:听觉的频率范围也与声强有关。只有当声强超过某一最小值时,人耳才可能有所感觉。这一最小值称为闻阈。相反,很强的声音会在耳中引起一种受压的感觉,有时甚至会感到痛,相当于开始有这样感觉的声强称为痛阈。

图 1—7 为人耳的灵敏度曲线,也称为听觉图,横坐标为频率,纵坐标为声强级。图中下面一条曲线表示闻阈,上面一条表示痛阈

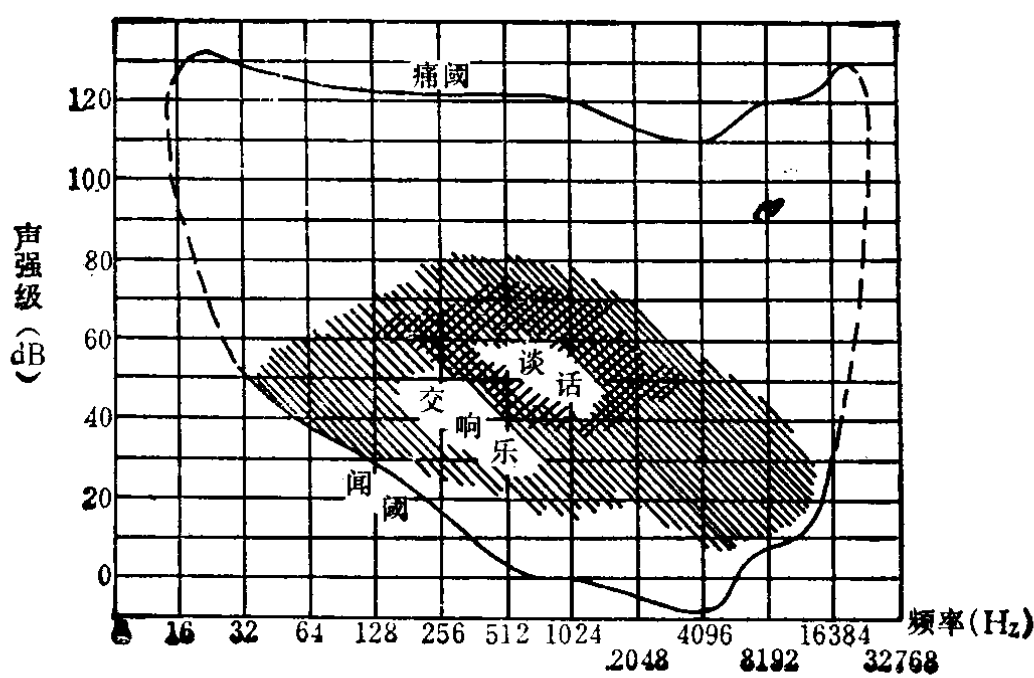


图 1—7 听觉图

阈, 两条曲线包括的范围代表人耳的整个听觉区域。由图可见, 人耳最灵敏的地方是在中间频率上(约在 1—5 KHz),而在最低频部分或最高频部分听觉灵敏度都大大降低。20 Hz 以下和 20 KHz 以上的频率不管声强多大, 人耳也不会听到。由图还可以看到, 最高听觉区域(痛阈)与频率关系不大。痛阈声强对闻阈声强的比值称为动态范围。从图可见, 中频区的动态范围比高频区和低频区大得多。一般中频区的动态范围为 120 至 130 dB (零分贝声压为 $2 \times 10^{-4} \text{dyn/cm}^2$)。

二、声音的响度及其等响曲线