



# Qiche Yingyin Yu Daohang



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材  
国家示范性高等职业教育汽车类“十二五”规划教材

# 汽车影音 与导航

张世良 邱立华 ▲ 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材  
国家示范性高等职业教育汽车类“十二五”规划教材

# 汽车影音与导航

主 编 张世良 邱立华  
副主编 陈 红

华中科技大学出版社  
中国·武汉



# 前言

高等职业教育的根本任务是培养和造就面向生产、建设、管理和服务第一线需要的高技能人才。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合发展道路,教学模式、教学方法需要不断改革,要突出高等职业教育自身的特点,培养学生的社会适应性,教育学生树立终身学习的理念,提高学习能力,学会交流沟通和团队协作,提高学生的实践能力、创造能力、就业能力和创业能力,培养德、智、体、美全面发展的社会主义建设者和接班人。

教材内容的设置要有利于扩展学生的思维空间和提高学生的自主学习能力,着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展。随着经济和科学技术的不断发展,要与行业、企业共同开发紧密结合生产实际的教材,教材内容的设置要充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。应以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实实训、实习的内容,强化应用,着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的职业技能。

教材的选择很重要,应从高等职业教育规划教材中挑选合适的教材。但目前很难挑选到合适的“汽车影音与导航”教材,为促进汽车电子专业、汽车技术服务与营销等专业的教学,同时满足音响与导航设备企业对生产、工艺、质量和管理方面的人才需求,我们特编写了本书。

本教材由我系工程师/高级技师邱立华统编,高级工程师张世良编写了视频与导航部分并做了大量的编辑、排版和校对工作。本书在编写过程中,得到了华南理工大学周仲浩副教授的悉心指点,并审校了全书,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限和时间仓促,书中不当甚至错误之处在所难免,恳请使用本教材的师生和读者批评指正。

编者

2012年2月



# 目 录

---

## 单元1 电声学基础

- 1.1 音响技术的基本概念
- 1.2 高保真音响系统的基本组成
- 1.3 音响设备的基本性能指标
- 1.4 声音的基本知识
- 1.5 电声计量

## 单元2 功率放大器

- 2.1 放大器的基本要求
- 2.2 音频放大器的组成
- 2.3 音频放大器的主要性能指标
- 2.4 前置放大器
- 2.5 图示均衡器
- 2.6 功率放大器

## 单元3 扬声器及音箱系统

- 3.1 音箱系统的组成
- 3.2 音箱系统的主要性能指标
- 3.3 扬声器的类型与扬声器单元
- 3.4 分频器的种类与常见分频网络的电路形式
- 3.5 分频点的选择
- 3.6 音箱的类型与箱体的结构
- 3.7 音箱系统故障检修
- 3.8 音箱的装配
- 3.9 音箱的检测与调试
- 3.10 音箱的选用
- 3.11 听音指南
- 3.12 音箱的鉴别与挑选
- 3.13 扬声系统与功放的配接
- 3.14 AV 线材的选配

## 单元4 调谐器

- 4.1 调谐器的基本组成





- 4.2 调幅接收电路
- 4.3 调频接收电路
- 4.4 立体声解码电路
- 4.5 典型调频/调幅调谐器
- 4.6 数字调谐器

## 单元5 激光唱机

- 5.1 CD 机的特点与光盘结构
- 5.2 CD 信号的记录过程与重放过程
- 5.3 CD 信号处理技术
- 5.4 激光头拾音技术
- 5.5 CD 机的伺服系统
- 5.6 CD 机的系统控制与操作显示
- 5.7 CD 机的数字信号处理(DSP)系统

## 单元6 MP3 播放机

- 6.1 MP3 的特点与主要功能
- 6.2 MP3 的工作原理
- 6.3 MP3 播放机的使用

## 单元7 汽车影音

- 7.1 汽车影音系统的组成
- 7.2 汽车音响系统的基本配置
- 7.3 汽车音响改装
- 7.4 改装实例:奔驰 SLK230 汽车音响改装
- 7.5 汽车音响调试技巧
- 7.6 选择音响店
- 7.7 汽车音响的音质评价

## 单元8 GPS 卫星导航系统

- 8.1 概述
- 8.2 GPS 导航系统
- 8.3 GPS 基本原理
- 8.4 GPS 定位原理
- 8.5 相对论为 GPS 提供了所需的修正
- 8.6 GPS 的特点
- 8.7 GPS 的应用
- 8.8 GPS 卫星接收机
- 8.9 GPS 的发展
- 8.10 GPS 与国家安全





## 单元9 北斗卫星导航系统

- 9.1 简介
- 9.2 发展历程
- 9.3 北斗导航卫星概况
- 9.4 工作原理
- 9.5 系统比较
- 9.6 应用领域
- 9.7 北斗卫星导航系统的发展策略
- 9.8 美国 GPS 芯片占领中国 95% 市场——北斗亟待收复失地

## 单元10 车载导航仪

- 10.1 车载导航仪的运行原理及组成
- 10.2 车载导航仪简介
- 10.3 如何判断车载导航仪的优劣
- 10.4 车载导航仪的常用功能
- 10.5 车载导航仪的选购
- 10.6 汽车导航装置产业的发展
- 10.7 车载导航仪十大品牌

## 单元11 现代汽车车载影音导航设备

- 11.1 公交影音导航及视讯设备
- 11.2 车载影音导航设备的发展趋势
- 11.3 现代汽车标配的车载影音导航设备
- 11.4 汽车影音导航系统的改装
- 11.5 汽车影音导航的无碟机
- 11.6 汽车影音导航应用实例



# 单元

## 电声学基础

### 【学习目标】

- (1) 了解音响的基本概念、Hi-Fi音响系统的属性和音响技术的现状。
- (2) 了解高保真音响系统的基本组成及基本性能指标。
- (3) 了解声音的三要素、人耳听觉的基本特性及立体声的基本知识。
- (4) 熟悉常用的电声计量及声波的量度。





## 1.1 音响技术的基本概念

### 一、音响的基本概念

在音响技术中,音响是指通过放声系统重现出来的声音,例如,组合音响重现 CD 片或磁带中的音乐、歌曲及其他声音;又如,在演出现场,扩音系统播放出来的歌声和音乐声等,都属于音响范畴。能够重现声音的放声系统,称为音响系统。

### 二、高保真及高保真音响系统的属性

Hi-Fi 是英语 High-Fidelity 的缩写,直译为“高保真”,其定义为与原来的声音高度相似的重放声音。那么什么样的音响器材的重放声音才是高保真的呢?迄今为止仍难以得出确切的结论。音响界的专业人士借助各类仪器,通过各种手段,检测出各种指标来决定器材高保真的程度,而音响发烧友则往往通过自己的耳朵去判断器材是否达到心目中的高保真度。判别重放声音高保真程度的高低,不仅需要有性能优良的器材和软件,而且还要有良好的听音环境。因此,如何正确衡量音响器材的高保真程度,还存在着客观测试和主观评价的差别。

高保真音响系统有以下三个重要的属性。

#### 1. 如实地重现原始声音

声音在人耳听觉中用音量、音调和音色三个主观参量来描述,称为声音三要素。如实地重现原始声音,就是要保持原有音质,使人感觉不到所反映的原始声音质量的三要素有何畸变。这是高保真音响系统的基本属性。

#### 2. 如实地重现原始声场

室内声场是由声源、直达声、反射声和混响声构成的。原始声场反映的是一种立体声。所以,高保真音响系统必须是立体声放声系统。立体声是高保真音响系统的重要属性之一。

#### 3. 能够对音频信号进行加工修饰

高保真音响系统还允许人们根据自己的爱好,对音频信号进行修饰美化,使声音更加优美动听。这也是高保真音响系统的重要属性。

### 三、音响技术的现状

现在的音响设备,可用高保真化、立体声化、环绕声化、自动化、数字化来概括其特点。

#### 1. 高保真化

高保真地进行声音的记录和重放,一直是人们不断追求奋斗的目标。

#### 2. 立体声化

双声道立体声音响设备早已十分普及,而真正的立体声——真实地再现三维空间声源方位的环绕立体声也已进入寻常百姓家庭。



3. 自动化

采用微处理器担任系统控制的现代音响设备,可实现自动操作与控制,并可通过红外遥控器进行遥控。

4. 数字化

采用数字信号处理技术的数字音响设备,以其完美的音色和极高的电声性能指标赢得人们的青睐。

# 1.2 高保真音响系统的基本组成

高保真音响系统通常由高保真音源、音频放大器和扬声器系统等三大部分组成。双声道高保真音响系统的组成框图如图 1.1 所示。

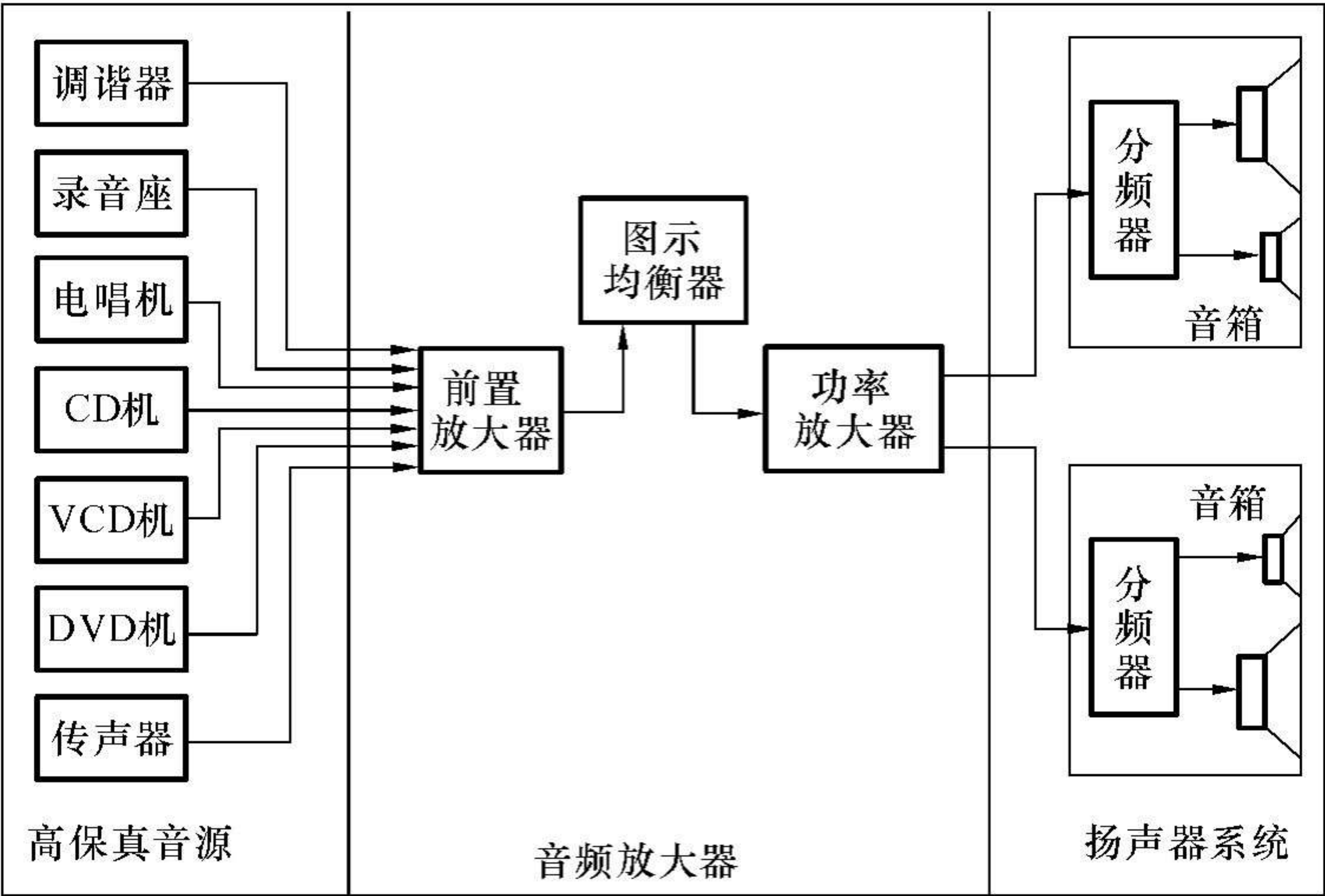


图 1.1 双声道高保真音响系统的组成框图

1. 高保真音源

高保真音源为音响系统提供高保真的音频信号,主要包括调谐器、电唱机、录音座、CD机、VCD机、DVD机、MP3和传声器等。

2. 音频放大器

音频放大器对音频信号进行处理和放大,用足够的功率去推动扬声器系统发声,主要包括前置放大器和功率放大器两部分。

3. 扬声器系统

扬声器系统将功率放大器输出的音频信号分频段不失真地还原成原始声音,主要包括扬声器、分频器和音箱三大部分。





## 1.3 音响设备的基本性能指标

高保真音响系统要如实地重现原始声音和原始声场,其音响设备必须符合相应的国家标准(GB/T 14277—1993),音响系统主要技术指标有频率特性、信噪比、动态范围、瞬态响应、立体声分离度、立体声平衡度等。

### 1. 频率特性

音响设备重放时的频率范围(频率响应)及信号幅度随频率的变化而变化关系称为频率特性(幅频特性)。幅度的单位是 dB,频率的单位是 Hz。音响系统的频率响应达到 32~18 000 Hz,在此频率范围内信号幅度变化应小于 2 dB。频率范围越宽,振幅容差越小,语言和音乐信号通过该设备时的频率失真和相位失真也就越小,音质也就越好。

### 2. 信噪比

在同一参考点有用信号与噪声的比值的对数称为信噪比,记为 S/N,通常用分贝值(dB)表示。信噪比越大,表明混在信号里的噪声越小,重放的声音越干净,音质越好。音箱的信噪比若为 70 dB,人耳距音箱 1 m,则噪声几乎听不出来,高保真系统一般达到 100 dB 以上。

### 3. 动态范围

音响设备重放时最大不失真输出功率与静态时系统噪声输出功率之比的对数称为动态范围。高保真系统动态范围一般达到 100 dB 以上。

### 4. 失真度

音响设备重放时,音源信号的失真程度,有谐波失真、交调失真、瞬态失真。高保真系统谐波失真一般小于 1%。由于各音响设备中的放大器存在一定的非线性声波,音频信号通过放大器时会产生新的各次谐波成分,由此而造成的失真称为谐波失真。谐波失真使声音失去原有的音色,严重时会使声音变得刺耳难听。

### 5. 立体声分离度

左右两声道的分离度,反映左右两声道的串扰程度。

### 6. 立体声平衡度

左右两声道的信号增益之差称为立体声平衡度。

## 1.4 声音的基本知识

振动发声的物体称为声源。由声源振动引起的在弹性媒质中传播的疏密波称为声波。这种空气中的疏密波刺激人们的听觉,于是有声音的感觉。可听声的声波范围是 20 Hz~20 kHz,频率高于此范围的声波称为超声波,频率低于此范围的声波称为次声波。





## 一、声音的基本性质

### 1. 声波的传播特性

声波在空气中的传播速度为

$$v=331.5+0.61t$$

式中,  $t$  为空气中的温度( $^{\circ}\text{C}$ );  $v$  为传播速度, 单位为  $\text{m/s}$ 。

在常温条件下, 为了便于记忆, 通常声速可视为  $344 \text{ m/s}$ 。某频率声波的波长是声音通过空气或其他媒质传播时两连续重复波形间的距离。其关系为

$$\text{波长} = \text{声速} / \text{频率}$$

通常用  $v$  代表声速,  $f$  代表频率,  $\lambda$  代表波长, 其关系为

$$\lambda = v / f$$

式中,  $\lambda$  的单位为  $\text{m}$ ;  $v$  通常取  $344 \text{ m/s}$ ;  $f$  的单位为  $\text{Hz}$ 。

波形循环一周所需要的时间定义为周期  $T$ , 则:

$$T = 1 / f$$

式中,  $T$  的单位为  $\text{s}$ ;  $f$  的单位为  $\text{Hz}$ 。

例如,  $f=1 \text{ kHz}$ , 则  $T=1/1\,000 \text{ s}=0.001 \text{ s}$ ,  $\lambda=344/1\,000 \text{ m}=0.344 \text{ m}$ 。

声波在传播中会产生反射、折射、绕射和干涉等现象。

#### 1) 反射和折射

声波从一种媒质进入另一种媒质的分界面时, 会产生反射现象。遇到障碍物时, 还有一部分声波将进入障碍物而产生折射。

#### 2) 绕射

当声波遇到墙面或其他障碍物时, 有一部分声波会绕过障碍物的边缘而继续向前传播, 这种现象称为绕射。

#### 3) 干涉

干涉是指一些频率相同的声波在传播中互相叠加后会使声波在有的地方增强, 有的地方削弱的现象。

除了上述三种主要特性外, 声波在传播过程中还有吸收与透过、谐振、衰减等特性。

### 2. 声音的三要素

声音主要是通过音量、音调、音色这三个要素来表现其特性的。

#### 1) 音量

音量又称为响度, 是指人耳对声音强弱的主观感受。音量的大小主要取决于声波的振幅大小。

#### 2) 音调

音调又称为音高, 是指人耳对声音的调子高低的主观感受。音调主要取决于声波的基波频率。





### 3) 音色

音色是指人耳对声音特色的主观感受。音色主要取决于声音的频谱结构。

声音的特性及对应的波形如图 1.2 所示。

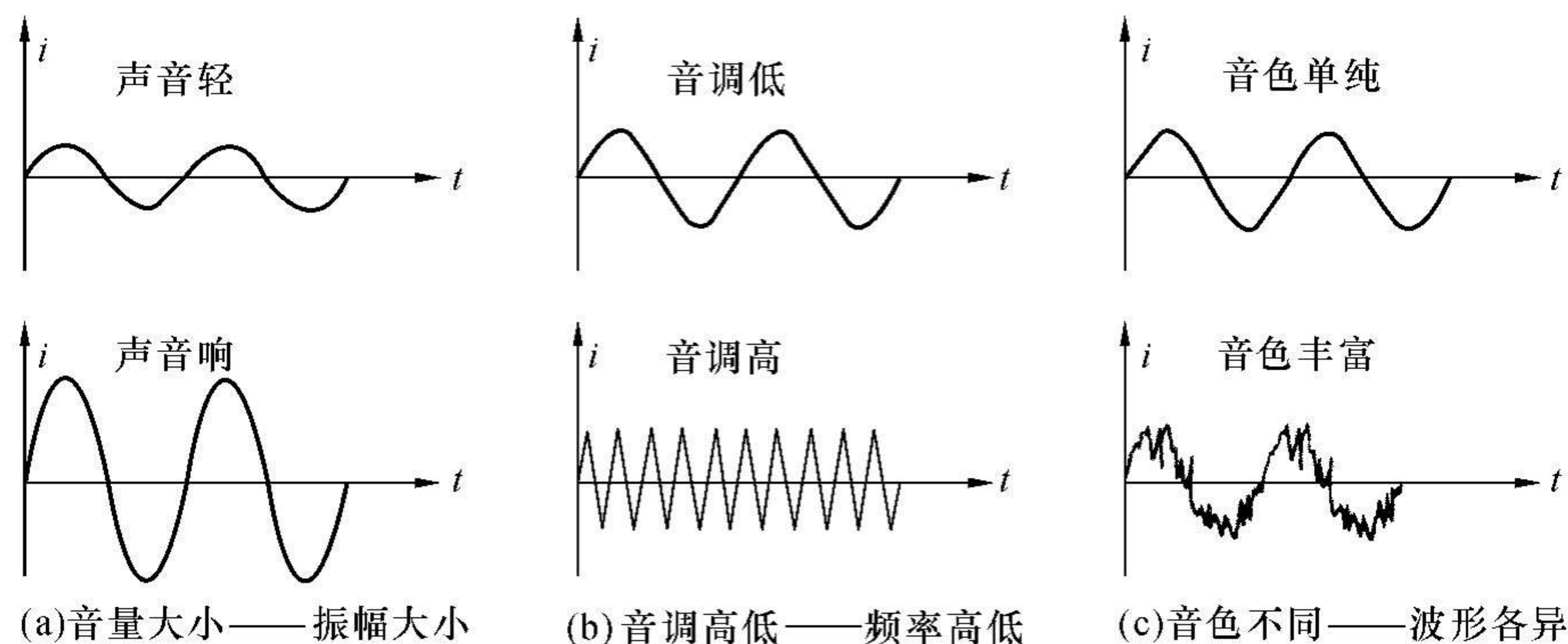


图 1.2 声音的特性及对应的波形

## 二、人耳听觉的基本特性

### 1. 人耳听觉范围

可闻声、听阈和痛阈决定了人耳的听觉范围。

#### 1) 可闻声

可闻声是指正常人可以听到的声音,其频率范围为 20 Hz~20 kHz,称为音频。

#### 2) 听阈

可闻声必须达到一定的强度才能被听到,正常人能听到的强度范围为 0~140 dB。使声音听得见的最低声压级称为听觉阈值,它和声音的频率有关。在良好的听音环境中,听力正常的青年人,在 800~5 000 Hz 频率范围内的听阈十分接近于 0 dB(对应的声波的声压值为听阈  $2 \times 10^{-5}$  Pa)。

#### 3) 痛阈

使耳朵感到疼痛的声压级 20 Pa 称为痛阈,它与声音的频率关系不大。通常声压级达到 120 dB 时,人耳会感到不舒适;声压级大于 140 dB 时,人耳会感到疼痛;声压级超过 150 dB 时,人耳会发生急性损伤。

### 2. 听觉等响特性

听觉等响特性是反映人们对不同频率的纯音的响度感觉的基本特性,通常用等响曲线来表示,如图 1.3 所示。

(1)人耳对 3~4 kHz 频率范围内的声音响度感觉最灵敏。人耳对低频和高频声音的灵敏度都要比对一般频率声音的灵敏度低。

(2)声压级越高,等响曲线越趋于平坦,声压级不同,等响曲线有较大差异,特别是在低频段。所以,在放音时,特别是小音量放音时,就需要等响控制电路来补偿。



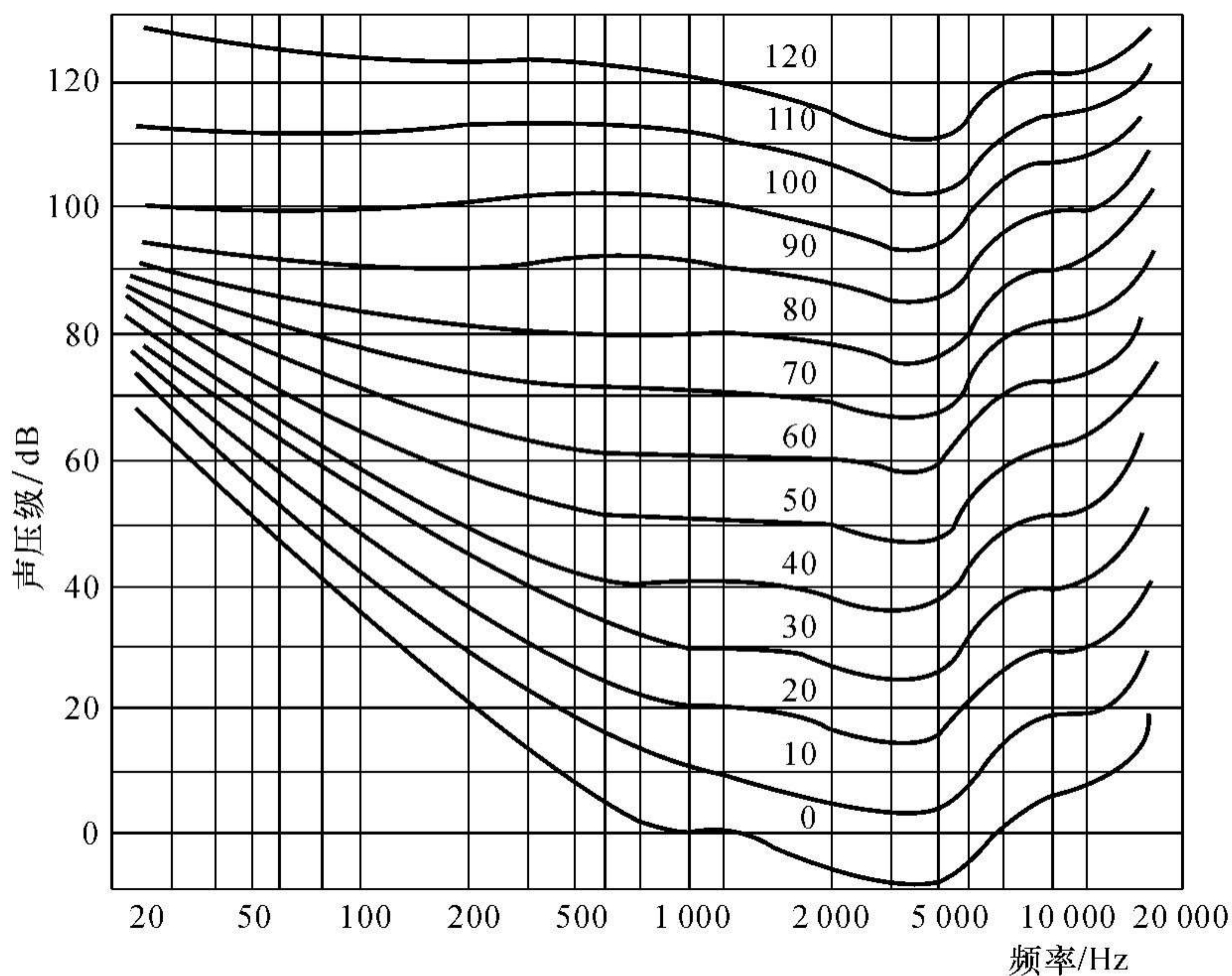


图 1.3 等响曲线

3. 听觉阈值特性

听觉阈值特性就是指人耳对不同频率的声音具有不同的听觉灵敏度的特性,如图 1.4 所示。通常情况下,正常人能听到的声音强度范围为 0~140 dB。人耳在 800 Hz~5 kHz 频率范围内的听阈十分接近于 0 dB,而对于 100 Hz 以下的信号或 18 kHz 以上的信号,听觉灵敏度却大大降低。

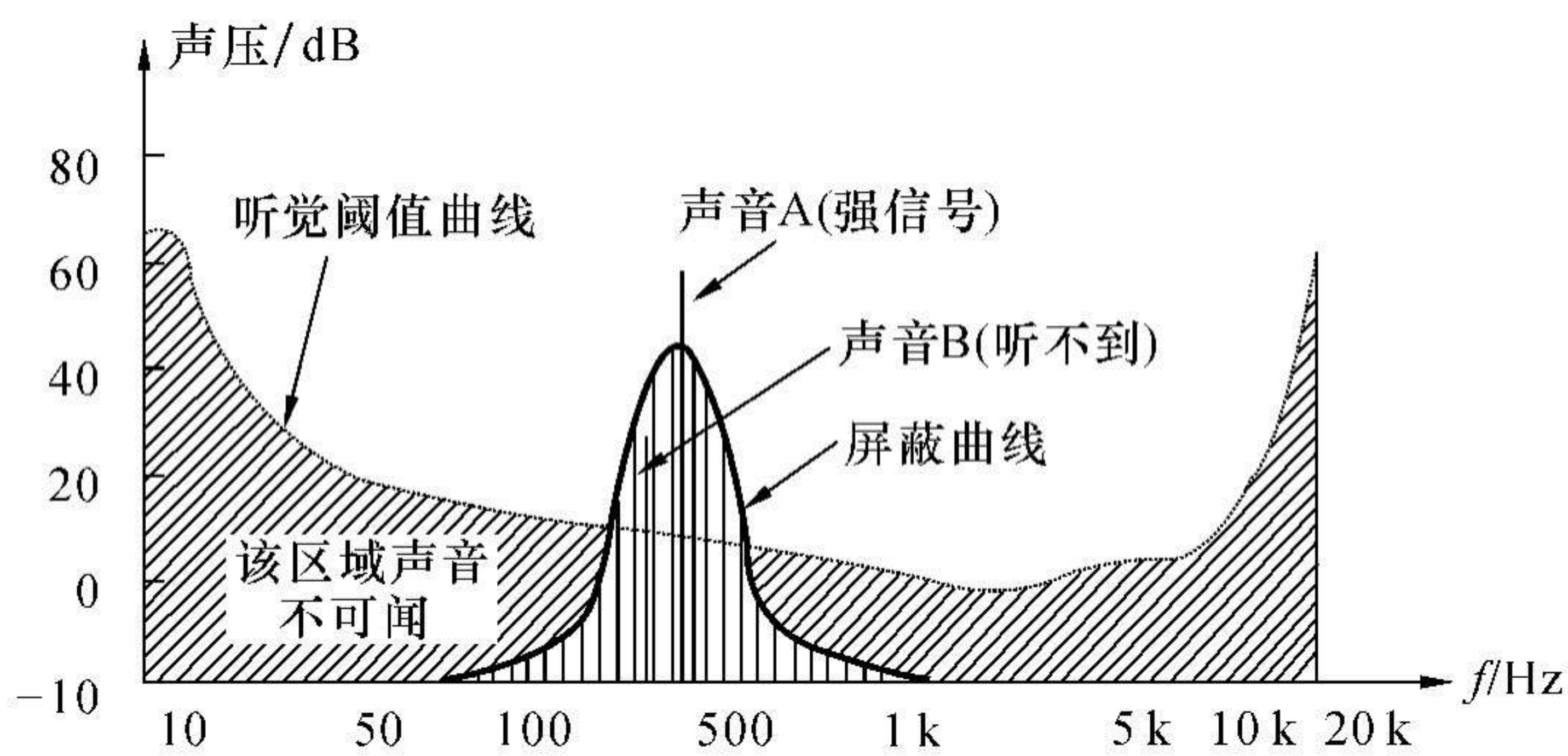


图 1.4 听觉阈值特性和听觉掩蔽特性

4. 听觉掩蔽特性

听觉掩蔽特性,是指一个较强的声音往往会掩盖住一个较弱的声音,使较弱的声音不能被听到,如图 1.4 所示。这种掩蔽有频域掩蔽和时域掩蔽两种。

1) 频域掩蔽

频域掩蔽是指一个幅度较大的频率信号会掩蔽相邻频率处的幅度相对较小的频率信号,





使小信号不能被听到。

### 2) 时域掩蔽

时域掩蔽是指在时间上,一个强信号会掩蔽掉前后一段时间内的较弱的声音,使之不能被听到,如图 1.5 所示。

## 三、立体声基本知识

### 1. 立体声基本概念

立体声是指具有方位感、层次感、临场感等空间分布特性的声音。用立体声音响技术来传播和再现声音,不仅能反映出声音的空间分布感,而且能够提高声音的层次感、清晰度和透明度,明显地改善重放声音的质量,大大地增强临场效果。要把音乐舞台细致地表现出来,需要有位置(方位感)、舞台宽度和深度(层次感),以及演唱者的来回移动(临场感)。

### 2. 立体声的成分

立体声的成分可以分为直达声、反射声和混响声三类,如图 1.6 所示。

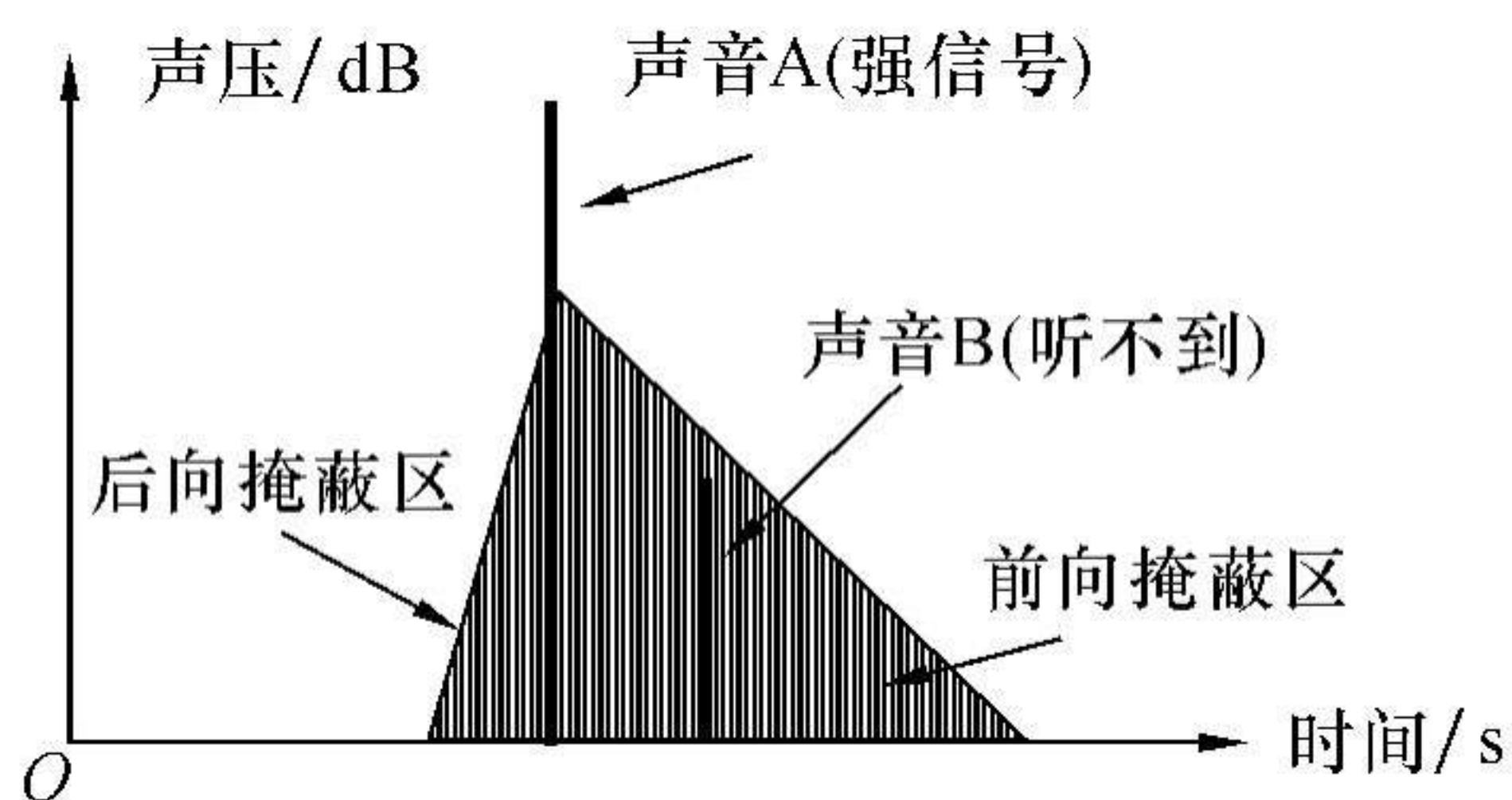


图 1.5 时域掩蔽特性

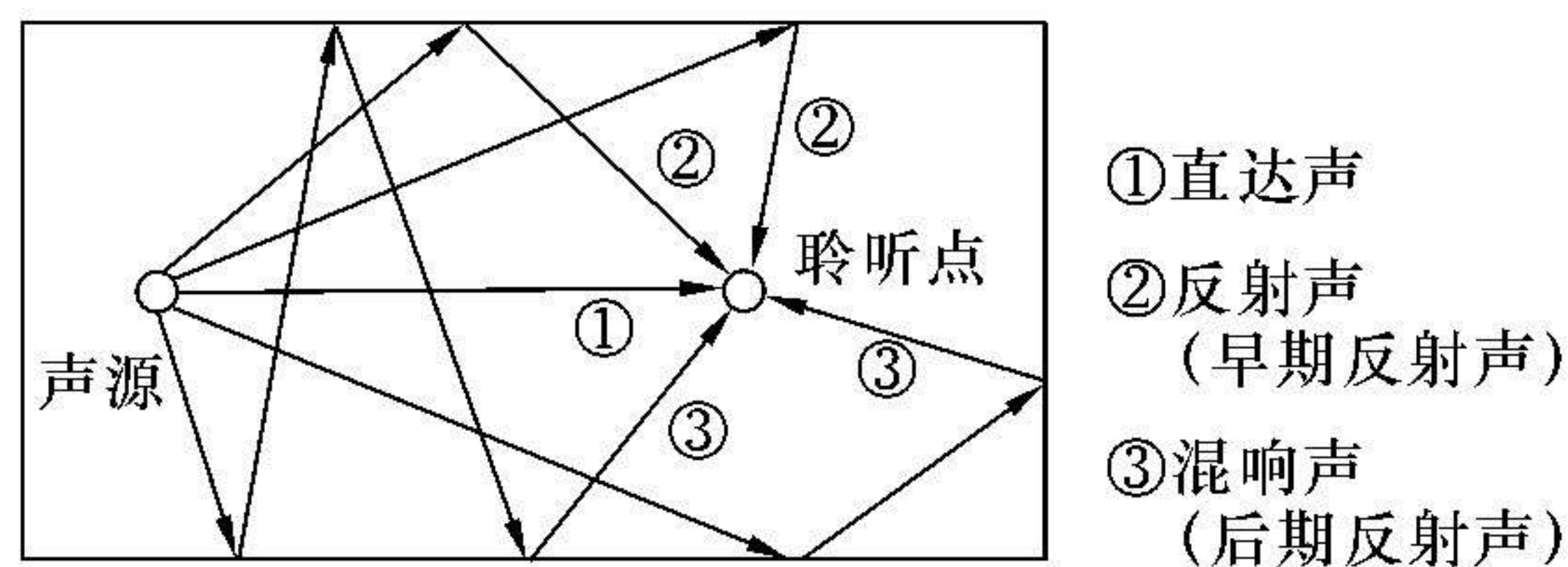


图 1.6 立体声的成分

#### 1) 直达声

它们从舞台上直接传播到听众的左、右耳。同一声音到达双耳所形成的声级差和时间差对判断乐器的方位起着决定作用。直达声能帮助人们确定声源方位。

#### 2) 反射声

它们是经过音乐厅内的表面一次反射后,到达听众耳际的声音,比直达声晚十几到几十毫秒到达耳际。反射声给人空间感,可以让人感觉到音乐厅的空间大小。

#### 3) 混响声

混响声是指声音在厅堂内经过各个边界面和障碍物多次无规则的反射后,形成漫无方向、弥漫整个空间的袅袅余音。混响声给人包围感,让人可以感受到声音在三维空间环绕。反射声和混响声共同作用,综合形成现场环境音响气氛,即产生所谓的临场感。优良的立体声应能再现这些要素。

### 3. 立体声的特点

立体声具有如下几个特点。

- (1) 具有明显的方位感和分布感。
- (2) 具有较高的清晰度。



- (3)具有较小的背景噪声。
- (4)具有较好的空间感、包围感和临场感。

#### 4. 立体声定位原理

立体声的定位原理主要是通过人的双耳效应和耳廓效应进行的,如图 1.7 所示。

##### 1) 双耳效应

双耳效应是指人的大脑能够根据声音到达两只耳朵的声压级差  $\Delta L_p$ 、时间差  $\Delta t$ 、相位差  $\Delta \phi$  等因素来确定声音方位。这是人能够确定声音方位的最主要因素。

##### 2) 耳廓效应

耳廓效应是指根据人耳的耳廓形状的特点,当声源的声波传到入耳时,进入耳道的直达声与由耳廓产生的反射声之间的时间差和相位差来对声音进行辅助定位。

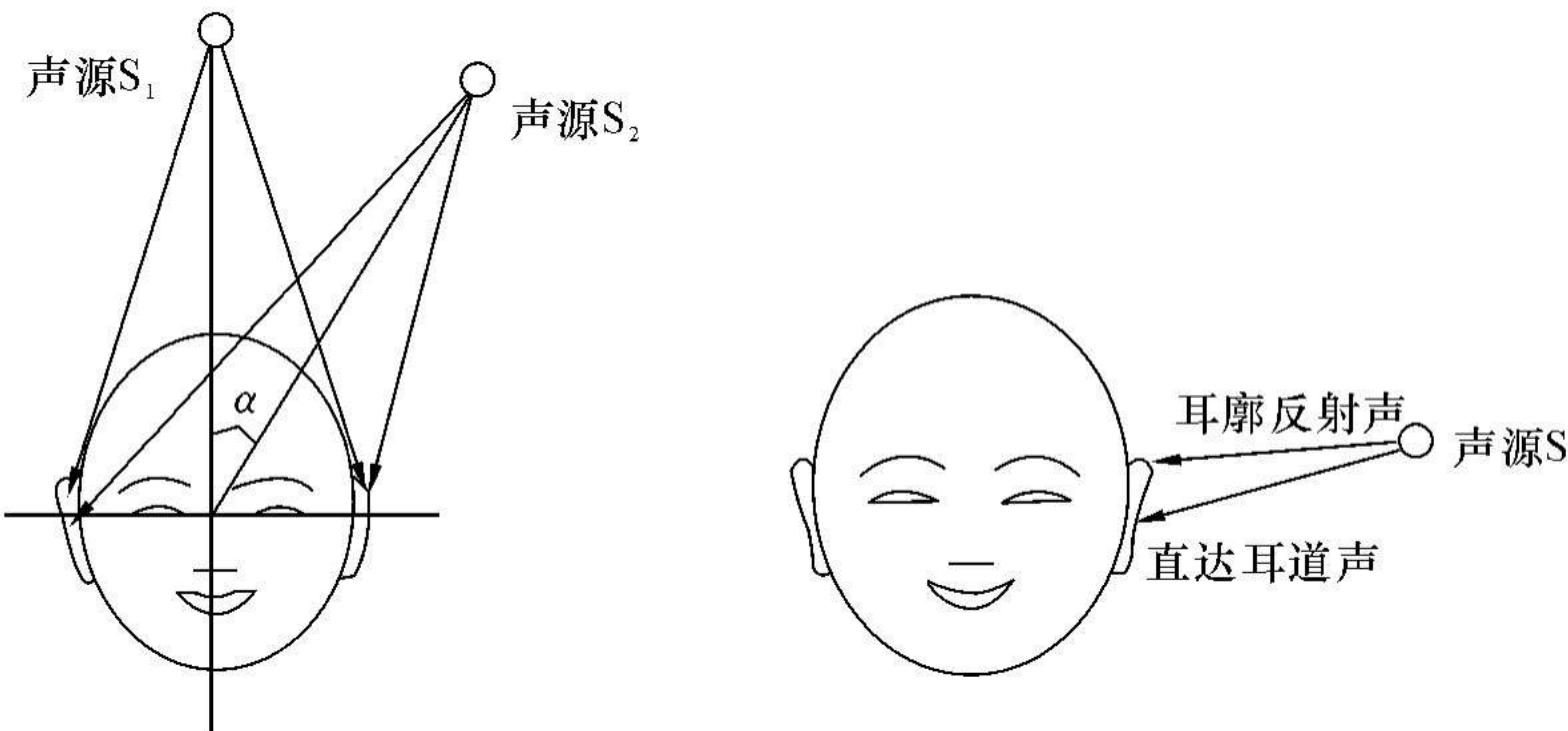


图 1.7 双耳效应和耳廓效应

##### 3) 立体声定位

人耳在头部的两侧,实验证明,双耳的差别感受性强于单耳。两只耳朵接收声信号,无论时间、强度或频谱,都是互不相同的,但是听到的却是一个单一的声像,这个过程就称为双耳融合。双耳听觉大都是在立体声条件的声场中产生的。在立体声声场中,人的大脑能够根据声音到达两只耳朵的声级差  $\Delta L_p$ 、时间差  $\Delta t$ 、相位差  $\Delta \phi$  等因素来确定声音方位。确定声源的空间位置称为定向;在用耳机时,确定声源的左右位置称为定位。低频信号的定向是以双耳的时间差为依据的,而高频信号的定向取决于两耳间的声级差。声源左右移动时,在两耳引起的声级差  $\Delta L_p$ 、时间差  $\Delta t$ 、相位差  $\Delta \phi$  等因素的差别比较明显,通常能分辨出水平方向上  $5^\circ \sim 15^\circ$  范围以内的声像移动。但在垂直方向上,可能需声像移动达到  $60^\circ$  以上才能分辨出来。在剧场的扩声系统中,扬声器置于台口上方,就是考虑到人耳左右水平方向的分辨率远大于上下垂直方向的分辨率。

## 1.5 电声计量

在电子工程领域,放大器增益使用的计量单位是 dB(分贝)。放大器输出与输入的比值称





为放大倍数,如 10 倍放大器、100 倍放大器。当改用“dB”做单位时,放大倍数就称为增益,这是一个概念的两种称呼。

## 一、电学中分贝与放大倍数的转换关系

电学中分贝与放大倍数的转换关系如下。

$A(V) = 20 \lg(V_o/V_i)$ ——电压增益。

$A(I) = 20 \lg(I_o/I_i)$ ——电流增益。

$A(P) = 10 \lg(P_o/P_i)$ ——功率增益。

分贝定义电压(电流)增益和功率增益的公式不同,我们都知道功率与电压、电流的关系是  $P = V^2/R = I^2 R$ 。采用这套公式后,二者的增益数值就一样了,即  $10 \lg[P_o/P_i] = 10 \lg[(V_o^2/R)/(V_i^2/R)] = 20 \lg(V_o/V_i)$ 。

使用 dB 做单位主要有以下三大优点。

(1)数值变小,读写方便。电子系统的总放大倍数常常是几千倍、几万倍甚至几十万倍,一架收音机从天线收到的信号至送入扬声器放音输出,一共要放大 2 万倍左右。用分贝表示则先取对数,数值就小得多。

(2)运算方便。放大器级联时,总的放大倍数是各级相乘。用 dB 做单位时,总增益就是相加。若某功放前级功率放大是 100 倍(20 dB),后级是 20 倍(13 dB),那么总功率放大倍数是  $100 \times 20$  倍 = 2 000 倍,总增益为  $20 \text{ dB} + 13 \text{ dB} = 33 \text{ dB}$ 。

(3)符合听感,估算方便。人听到声音的响度是与功率的相对增长呈正相关的。例如,当电功率从 0.1 W 增长到 1.1 W 时,听到的声音就响了很多;而从 1 W 增强到 2 W 时,响度就差不多;再从 10 W 增强到 11 W 时,没有人能听出响度的差别来。如果用功率的绝对值表示都是 1 W,而用增益表示则分别为 10.4 dB、3 dB 和 0.4 dB,这就能比较一致地反映出人耳听到的响度差别了。注意一下就会发现,高保真功放上的音量旋钮刻度标的都是 dB,这样会使改变音量时直观些。

分贝是一个相对大小的量,没有绝对的量值。在电平表或马路上的噪声计上也能看到多少分贝的测出值,这是因为人们给 0 dB 先定了一个基准。例如,声级计的 0 dB 是  $2 \times 10^{-4} \mu\text{b}$  (微巴),这样马路上的噪声是 50 dB、60 dB 时,就有了绝对的声响概念。

## 二、声波的度量

### 1. 声压(P)

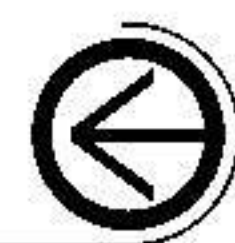
声波是由于空气分子的振动形成疏密波而传播的。若空气中没有声波,空气中的压强为大气压,当有声波传播时,相当于在原来大气压强上叠加了一个变化的压强,这个叠加上去的压强就称为声压,用  $P$  表示,单位为微巴( $\mu\text{bar}$ )或帕(Pa)。

$$1 \mu\text{bar} = 0.1 \text{ Pa}$$

标准大气压为  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,是压强的单位,记为 atm。

根据统计,人耳所能听到的最小声压,在频率为 1 kHz 时,为  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ,即  $2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$ ,这个声压也称为参考声压  $P_0$ 。





## 2. 声压级

人耳听到声音的声压下限为  $2 \times 10^{-5}$  Pa, 而感到耳膜不适的上限声压约为 20 Pa, 二者相差百万倍。如用声压来表示声音的大小很不方便, 并且人的听觉是与声压的对数值成正比的, 所以人们用声压级  $L_p$  作为表示声音大小, 即

$$L_p = 20 \lg P / P_0$$

式中,  $P$  为被指定的声压;  $P_0$  为参考声压 ( $2 \times 10^{-5}$  Pa, 即  $2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$ );  $L_p$  的单位为 dB。

因此, 人耳从听阈  $2 \times 10^{-5}$  Pa 到痛阈 20 Pa, 声压相差百万倍的变化范围, 用声压级表示时, 可听声压级为 0~120 dB。

## 3. 声功率

声波是能量传播的一种形式, 因此常常用能量的大小来表示声音的强弱。声源在单位时间内向外辐射的声能量称为声功率, 用  $W$  表示, 单位为瓦(W)。注意: 不要把声功率与声源的其他功率相混淆。例如, 电声系统所用的放大器的电功率通常为几十瓦, 但扬声器的效率一般只有千分之几, 它辐射的声功率只有百分之几瓦。电功率是声源的输入功率, 而声功率则是声源的输出功率。

声功率与声压的区别在于, 一个是能量关系, 一个是压力关系。一般人讲话的声功率为  $20 \mu\text{W}$ , 而喷气式飞机的声功率则大于 10 000 W。

## 4. 声强与声强级

声强也是衡量声波在传播过程中声音强弱的物理量。声场中某点的声强, 是指单位时间内(每秒)通过垂直于声波传播方向单位面积的声能量, 用符号  $I$  表示, 单位为瓦/米<sup>2</sup> ( $\text{W}/\text{m}^2$ )。若声能通过的面积为  $S$ , 则声强为

$$I = W / S$$

在无发射声波的自由声场中, 点声源发出的球面波, 均匀向四周辐射声能, 因此声场中心为  $r$  的球面上的声强为

$$I = W / (4\pi r^2)$$

由此可见, 对于球面波, 声强与点声源的声功率  $W$  成正比, 与距离(半径)  $r$  的平方成反比, 若距离加倍, 则声强就减为原来的 1/4。在自由声场中, 声强随着离声源的距离的增加, 按平方成反比减少的规律, 称为平方反比定律。

声强与声压有着密切的关系。在自由平面波或球面波的情况下, 某点的声强  $I$  与该处的声压  $P$  的平方成正比, 而与媒质的密度  $\rho$  和声速  $c$  的乘积成反比, 即

$$I = P^2 / (\rho c)$$

媒质的密度  $\rho$  和声速  $c$  的乘积又称为媒质的特性阻抗。例如, 将标准大气压和 20℃ 时的空气密度和声速值代入, 得  $\rho c = 415 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ , 称为空气对声波的特性阻抗。

声强级是指在声场中某一点处的声强  $I$  与参考声强  $I_0$  的比值, 用对数表示, 由于是能量的关系, 故乘以 10, 单位为分贝(dB), 即

$$L_I = 10 \lg I / I_0$$

式中,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ 。