

170 Hz | 340 Hz | 679 Hz | 1.3 kHz | 2.6 kHz | 5.1 kHz | 10.1 kHz | 20 kHz

录音技术基础

FOUNDATIONS OF
RECORDING TECHNOLOGY

王建林 编著

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE



录音技术基础

FOUNDATIONS OF

RECORDING TECHNOLOGY

王建林 编著

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

录音技术基础 / 王建林编著. —北京: 中国广播电视出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-5043-6323-7

I. ①录… II. ①王… III. ①录音—技术—教材
IV. ①TN912. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 241454 号

录音技术基础

王建林 编著

责任编辑 毛冬梅

封面设计 马玉竹 亚里斯

责任校对 张莲芳

出版发行 中国广播电视出版社

电 话 010-86093580 010-86093583

社 址 北京市西城区真武庙二条 9 号

邮 编 100045

网 址 www. crtp. com. cn

电子信箱 crtp8@ sina. com

经 销 全国各地新华书店

印 刷 涿州市京南印刷厂

开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

字 数 577 (千) 字

印 张 25. 5

版 次 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数 5000 册

书 号 ISBN 978-7-5043-6323-7

定 价 48. 00 元

(版权所有 翻印必究 · 印装有误 负责调换)

内容简介

本书作者根据多年录音技术的教学与工程实践经验，系统地讲解了拾音、调音、录音、还音等各个环节所涉及的音频技术与设备的基本原理、技术特点、调控技巧等方面知识。主要内容有：录音工作所必需的声学基础知识，各种传声器的原理、性能特点和选择使用，调音台的功能、原理和调控技巧，各种音频效果处理设备的功能和原理、技术参数和操作方法，模拟磁带录音机原理，数字音频的编码、压缩、记录等基础理论，各种数字录音设备和音频工作站的应用，MIDI 的技术原理和常见数字音频文件格式介绍，音频功率放大器和扬声器、音箱、耳机的原理和应用，音响系统的组成、数字音频信号传输和设备的连接等技术，对目前最新的网络音频传输技术也做了讲解和实例分析。

本书内容比较系统全面，特别注重具体应用讲解，可作为高等院校、职业技术学院的录音艺术、音像技术、广播电视工程、教育技术等相关专业的音频技术类课程教材，也可供广大电声工程技术人员及音响爱好者自学参考。

前 言

1887年爱迪生发明了留声机，它使得人类第一次记录下了自己的声音。在此之前，人们记录信息的手段只有文字和图片，音乐作为一种纯听觉的艺术也只能被转换为乐谱符号，音乐才得以保存、流传，并且乐谱这种冷冰冰的印刷符号不能为普通人所欣赏。录音设备的出现对于音乐艺术而言，它使音乐艺术的传播，乃至创作、表演都发生了翻天覆地的变化，它使音乐真正成为大众的东西，使每个人都可以在家里欣赏大师的杰作。

今天我们谈到的录音技术，从狭义上讲就是如何将生活中的各种声音记录下来。大家可能觉得在当前的技术条件下这已是一件很容易的事，只要有一只话筒和一台录音机就可以了。但是，要想能够清晰地、不失真地，也就是高保真地将声音记录下来，并且还要能够体现出声音的各种表现力，让人们将来再返回来聆听当初记录的声音时，能够感觉到声音的逼真、纯净，甚至具有某种艺术感染力，那就不会是想象中那么简单的事了。目前，由于科学技术的进步给录音技术带来了巨大的变革，尤其是多轨录音技术的实现、电脑音频技术和数字多媒体技术的发展，使得现代的录音技术和工艺有了很大的变革，录音技术水平有了巨大的提高。作为音响工作者，除了要具备良好的艺术素养，还必须熟悉录音制作过程中所用到的高科技录音设备的操作使用和其性能特点，充分发挥这些录音设备的功用，使得我们能够创作出优秀的音像作品。

本书编写者根据多年从事录音与扩声工作的经验，为满足录音艺术和音像技术专业相关的本、专科教学需要，音响技术爱好者的系统自学需求编写了《录音技术基础》一书。在该书编写中，考虑到录音技术涉及内容太多，从教学用书角度看，既不可能涵盖这么多内容，又要有系统、完整的知识结构，因此，编者依据声音信号的拾取、处理、记录（存储）及还原这四个录音工艺环节，系统地讲解各个环节所涵盖的基本知识，特别重视对实际应用问题的诠释。本书在编写过程中，尽量少用数学的方法，力求采用一些通俗的语言或图示去描述基本概念，并对内容做了精心的组织与安排。在介绍当前广泛应用的模拟音频技术的同时，尽可能多介绍了一些数字音频技术及新型网络音频传输技术。

本书共分为八章。第一章介绍了作为录音师和音响爱好者所必须具备的声学基础知识。第二章详细介绍了传声器的原理、性能特点和选择使用方面的知识。第三章介绍调音台，详细阐述了调音台的功能、原理和操作使用。第四章介绍各种音频效果处理设备的功能和原理，重点讲解了常见音频处理器的技术参数和调控技巧。第五章介绍模拟磁带录音技术，虽然模拟磁带录音机即将淘汰，但它是现代数字录音技术的基础。第六章较为全面地阐述了数字录音技术的编码、压缩、记录、处理等基础理论，讲解了各种数字录音设备和音频工作站的原理和应用知识，附带介绍了MIDI的技术原理和常见数字音频文件格式。

第七章介绍声音放还设备，主要阐述了音频功率放大器和扬声器、音箱、耳机的原理和应用知识。第八章具体介绍了录音和扩声系统的组成、设备的连接等技术，对目前最新的网络音频传输技术也做了讲解和实例分析。

本书可作为高等院校、职业技术学院的录音艺术、音像技术、广播电视工程、教育技术等相关专业的音频技术类课程教材，也可供广大电声工程技术人员及音响爱好者自学参考。本书的编写参考和引用了一些国内外学者的研究成果、著作和论文，由于引用较多，有些未能在参考文献中一一注明。在此，特向这些作者表示诚挚的谢意。

录音技术涉及的领域广泛，相当多的技术发展更新的速度很快，由于编者的水平有限，难免出现差错和疏漏之处，恳请广大读者和专家同行不吝赐教。

王建林

2010年9月于浙江传媒学院

目 录

第一章 声学基础 1

- 第一节 声音的物理属性 1
- 第二节 人耳的听觉特性 7
- 第三节 声场特性 16
- 第四节 录音棚的特性 24
- 思考与练习题一 32

第二章 传声器的原理与应用 33

- 第一节 传声器原理 33
- 第二节 传声器的技术参数 43
- 第三节 特殊类型的传声器 51
- 第四节 传声器的应用 63
- 思考与练习题二 71

第三章 调音台 73

- 第一节 调音台概述 73
- 第二节 调音台的原理 79
- 第三节 各种特殊类型调音台 97
- 第四节 调音台的使用 103
- 思考与练习题三 113

第四章 音频信号处理设备 114

- 第一节 均衡器 114
- 第二节 延时器与混响器 124
- 第三节 压限器 140
- 第四节 扩展器与噪声门 154
- 第五节 听觉激励器 160
- 第六节 反馈抑制器 166
- 第七节 电子分频器 174
- 第八节 其他常用效果器 179
- 思考与练习题四 184

第五章 模拟磁带录音机 186

- 第一节 磁性记录原理 186
- 第二节 磁带录音机的工作原理 195
- 第三节 磁带录音机的结构 210
- 第四节 磁带录音机的使用和维护 219
- 思考与练习题五 224

第六章 数字录音技术 225

- 第一节 音频信号的数字化 225
- 第二节 数字音频的压缩技术 235
- 第三节 纠错编码与调制技术 244
- 第四节 数字录音系统 251
- 第五节 数字磁带录音机 255
- 第六节 数字光盘录音设备 265
- 第七节 数字音频工作站 274
- 第八节 MIDI 技术及设备 285
- 第九节 数字音频文件格式 292
- 思考与练习题六 296

第七章 还音设备 298

- 第一节 音频功率放大器 298
- 第二节 专业功放的技术特点 304
- 第三节 音频功放的应用 313
- 第四节 扬声器 319
- 第五节 扬声器系统 331
- 第六节 监听耳机 344
- 思考与练习题七 350

第八章 音响系统技术 351

- 第一节 音响系统分类及组成 351
- 第二节 音响设备的接口 359
- 第三节 录音设备的同步 368
- 第四节 音响系统的连接 375
- 第五节 音响系统的调试 382
- 第六节 网络音频传输技术 386
- 思考与练习题八 397

参考文献 398

第一章 声学基础

我们可以将声音的录制工作看作是声音信号的拾取、处理、记录和还原的过程，这一复杂的过程包括物理学中的许多知识。在学习录音技术之前，首先要对声音有所认识。包括声音的物理属性和空间传播特性、环境空间对声音的影响、人耳的主观听音特点及其对不同声音的主观感受等。

第一节 声音的物理属性

一、声音的产生及传播

在我们的生活中，到处都可听到各种各样的声音——人们用以交流的语言声；来自生活中的各种响声；自然界中的风雨雷电、鸟叫蝉鸣声；或许工作之余，还要欣赏一下动人的乐曲；以及各种喧嚣的噪声……

那么，声音是怎样产生，又怎样形成其特有的声音空间呢？

1. 声源和声波

当人讲话时，如果将手放在喉部，就会感到咽喉在振动。这是人的声带在讲话时受到肺部气流的作用，振动而发声的。加之口腔、鼻腔等各器官的控制和共鸣，便形成了语言、歌唱等声音。物体的振动产生声音，当振动在一定的频率和强度范围内时人耳就能听到。我们把能够发出声音的物体称为声源。

声音由声源发出后，不能在真空中传播，它的传播和其他波一样需要在弹性的介质中进行。在我们的生活中正是富有弹性的空气分子充当了声音传播的主要介质。

下面让我们看一下声音在空气中的传播过程，一个振动的物体，如鼓膜，在其振动的过程中，对周围的空气产生不断的压力变化。当它向上凸起时，压迫它前面的空气。由于空气分子具有弹性，这个压力便向周围低压力的方向传播。很快鼓膜又向下凹，在它的前面形成低压区，它也以同样的方式向周围传播。于是随着鼓膜周而复始地凹凸运动，便形成了一系列的空气压力变化，把声源的能量以声能的形式由近及远辐射出去。也就是空气低于或高于正常大气压的压力的变化，空气疏密的不断变化向前传播，这种空气压力疏密交替变化传播的波叫做声波。如图 1.1.1 所示为声波的传播过程。

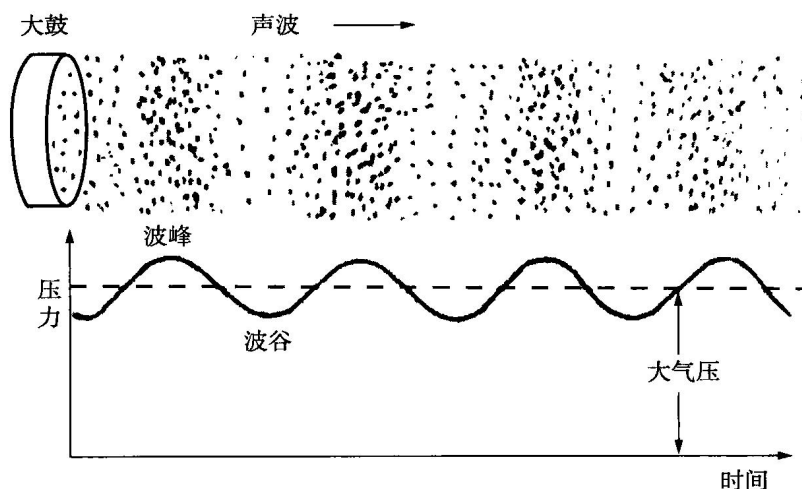


图 1.1.1 声波的传播示意图

声波传到人耳时，就会引起耳膜作相应的振动。耳膜的振动又产生一系列的生理过程，最终刺激大脑神经，我们就听到了鼓的声音。由上述可见，声音的本质是一种波动，因此声音也叫声波。

2. 声速、频率和波长

有了声源和弹性介质，声波即可以传播。然而，其传播速度却随着介质的特性不同而有差异，无论是固体、气体、液体，它们都具备传播声音的性能。其中密度大的介质，传播声音的速度较快，密度较小的介质，传播声音的速度较慢。比如声音在液体和固体中的传播速度比在空气中大。通常情况下空气中声音传播的速度被认为是大约 340 m/s，水中为 1 450 m/s，钢铁中为 5 100 m/s。

尽管在饱和的潮湿空气中声速要比在干燥的空气中声速稍快点，但湿度对声速的影响微不足道。而温度对声速有明显的影响，气温每上升一度，声速即相应每秒加快约 0.6m。

声源完成一次振动所经历的时间称为周期，单位为秒。1 秒钟振动的次数称为频率，单位为赫兹 (Hz)，它是周期的倒数。

空气中的声波与池塘中的水波运动十分相似，传播时波形的两个波峰或波谷之间的距离称为波长，单位为米。声速 c 、频率 f 与波长 λ 的关系为：

$$c = \lambda f$$

由于在同一介质中，声速是固定不变的。声速与声音频率的高低无关，在整个音频范围内声速都是一样的。因此，声波的频率越高，其波长越短，频率越低，波长越长。例如常温下声速为 340 m/s，频率为 100 Hz 的声波，其波长为 3.4m，而频率提高到 1 000 Hz，波长将缩短为 0.34 m 或 34 cm。

声源的振动能产生声波，但不是所有频率振动产生的声波都能被人们所听见，这是由

于人耳特性决定的。只有当频率在 20 Hz ~ 20 kHz 范围内的声波传到入耳时，才能使人们感觉到。所以，通常将频率在 20 Hz ~ 20 kHz 范围内的声波叫做可听声。低于 20 Hz 的声波叫做次声波，高于 20 kHz 的称为超声波。次声波和超声波都不能使人产生声音的感觉。

3. 声音的反射、吸收和衍射

当声波从某一介质传到另一介质时，如果两种介质间的界面大小（宽度和长度）尺寸与波长相比较，则声波的传播方向就要发生变化，产生声音的反射和折射现象。当声波不是垂直射向界面时，其反射、折射的路径和几何光学中的规律完全相同。

从声源经过反射后到达听音处的声音被称为反射声；相对而言，从声源直接通过一种介质到达接受点的声音称为直达声。

物体对声音的反射量取决于声波的频率、反射物体的大小及表面的坚硬度。越是坚硬的物体声波在遇到它时越会发生反射，高频声的反射量比低频声多。相反，若障碍物是软质多空的或内部有共振吸声腔，则大部分声波能量会被吸收。不同物质对声音的反射和吸收能力也不相同，各种物质的吸声特性用吸声系数来表示：

$$\text{吸声系数 } \lambda = \text{吸收的声能} / \text{入射的声能} \quad (\text{可见 } 0 \leq \lambda \leq 1)$$

物体吸声系数越大，说明它吸收声音的能力越强；反之，吸声系数越小，其吸收声音的能力越小，就是大部分声能被反射。吸声系数在建筑声学中，是一个非常有用的参量。由于声波在反射的过程中，或多或少地总存在着能量的损失，故反射声的能量比直达声要小，而且反射次数越多，其能量损失越大。

如果通过一个大小近于或小于波长的孔，则以孔为中心，形成环形的波继续传播，如图 1.1.2 所示，这种现象称为衍射。当障碍物的体积较小时，其大小尺寸近于或小于波长时，声波就会绕过这个物体，继续传播，这种现象也是声波的一种衍射，有人也称为绕射。

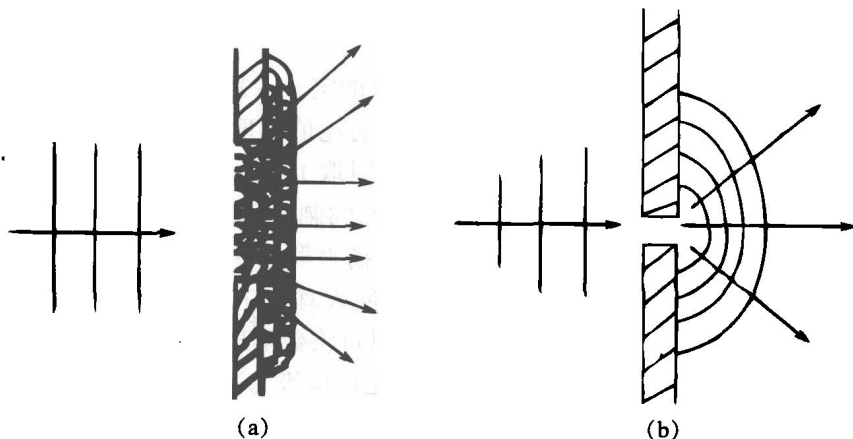


图 1.1.2 声音的衍射

由于声波的反射，当声源在一个凹界面前，声波会产生聚集，而在一个凸界面前，声

波会产生扩散。对于播音室来讲，为了声音良好的扩散，应避免凹界面而经常采用凸界面结构。

二、声音大小的度量

1. 声压和声功率

由于声波的传播，使周围的气压大小发生变化，空气密集处压强增加，空气稀薄处压强降低，这种相当于在无声波下空气中的气压上叠加一个变化的压强，叠加上的压强称为声压，用 P 表示，单位为帕斯卡（Pa，简称帕）和微帕（ μbar ），两者之间的数量关系为：

$$1 \text{ Pa} = 10 \mu\text{bar}$$

声源的振动是随时间变化的，空气中的任何一点的声压同样也随时间在变化，因此声压具有瞬时值。

声压的大小决定声音的强弱，我们人耳能感觉到的最小的声压为 $0.0002 \mu\text{bar}$ ，是人耳可听的最低限，也叫闻阈，声压高到 $200 \mu\text{bar}$ ，是人耳能够承受的最高极限，超过这个值，人耳就会感觉疼痛，所以也把它叫做痛阈。

声功率表示为声源的功率。它与声压的区别在于，前者为能量关系，而后者表示压力关系。声功率与声压相同，也有一个范围。当轻声时声功率仅有 0.001 微瓦，一般人讲话有几十微瓦。

声压和声功率是从不同侧面来表征声波在传播过程中声波的强弱。但在实际分析空间中某点声波的状态，常用声压。这是基于人是通过耳膜受声波的压迫把信息传到听觉神经引起声音存在的缘故。

2. 声压级和分贝

在声学中，衡量一个物理量大小常常引入级的定义，是指这个物理量与同类基准量值的比取对数。分贝（dB）就是两个相同物理量的比值再取以 10 为底的对数的 20 倍或 10 倍值，当表示声压级时取 20 倍，当表示功率级时取 10 倍。

在声学中引用分贝（dB）是因为人的听觉神经的刺激程度不是与刺激量大小成正比，而是按刺激量以 10 为底的对数来增长。例如推动扬声器的功率增加一倍发出的声音，人听觉感受的声音响度并不是增加一倍。另外，致使人耳产生听觉的能量是一个极大的范围，这么大的范围使数值运算较难处理，采用分贝可将数值压缩成一个更加实用的数值。

前面讲到人的闻阈是 $0.0002 \mu\text{bar}$ ，我们就规定声压级的基准量为 $0.0002 \mu\text{bar}$ ，也就是 0 dB 的值。痛阈 $200 \mu\text{bar}$ 的声压级就为 120 dB 。

分贝应用很广，不仅用来表示声波强度的声压级，在录音设备中还常用来表示输入及输出电平的高低。用 dB 标注的电平表，如调音台面板上安置的表头，其数值为输出电平具有的 dB 值。另外，在描述录音设备的频率响应的不平坦度、信噪比时均用 dB 表示。

三、声音的混合叠加

由几个声源产生的声波，同时在同一介质中传播时，如果这几个声波在某点相遇，在相遇处介质质点的振动将是各个声波引起的分振动形成的合振动，质点在某一时刻的位移是各个声波在这一点引起的分位移的矢量和，这就是声波的叠加原理。

1. 声音的干涉

在讲干涉之前，我们首先来回忆一个概念，就是声波的相位。对于简单的振动，人们通常用正弦波来研究它们的运动特性，除了振幅、频率、周期外，还需引入相位这一参量。

可以说相位是反映一个周期变化的物体在某一时刻的运动状态的物理量。一个信号变化周期可分为 360 度，某一个相位角度即可以表示那个时刻信号的变化趋势，是向着增大还是减小的方向。声音的相位即描述一个变化着的声波在某一时刻某一位置所处的声压变化状态，是正在向增大还是减小的方向变化，增大或减小到多少声压。

相位的概念对于了解信号的叠加情况是非常有用的。两个不同起点的波形，二者相差一个相位差。当两信号相位差 180 度时，说明两信号反向，相加时互相抵消；当两信号相位差为 0 度时，说明两信号同向，相加时相互加强。

当两个频率相同、振动方向相同、相位相同或相位差恒定的声源所发出的声波叠加时，会使某些点的振动加强，某些点的振动减弱，甚至被抵消而不振动，这种现象称为声波的干涉现象。产生干涉的声波被称为相干声波，相应的声源为相干声源。

声波的干涉现象在室内声场经常遇到，声源的直射与墙面上的反射，在空间的某一点就会产生干涉。如果是纯音的声波，必然会有有的地方声音强，有的地方声音弱，甚至有的地方成死点听不到声音。但是在日常生活中大量的是语言声、音乐或音响声，这些声音都是复音，即使产生干涉现象也不会太明显，因为复音能互相填平补齐，不易被人耳所听见。

2. 基音、谐音、频谱图

不同的声音信号，它们对应的波形也不同，如图 1.1.3 所示为一实际声音信号的波形。

通过对信号波形的分析，可以了解它们的许多性质。信号分析的一个重要手段，就是利用高等数学的方法，对信号进行分解。这里不做讲解，只讲结论。

实际生活中的声音是千变万化的，除极少数规则物体发出的声音是单一频率（如音叉的振动声）外，一般都不是仅仅包含一个频率，而是可以看成由许多单一频率的信号组合（相叠加）而成。如图 1.1.4 所示为单一频率信号波形叠加示意图。

那种仅包含一个频率的声音信号（对应着正弦波形）称为纯音或单音；除此之外的信号则称为复音或复合信号。也就是说，自然界存在的声音基本上都是复音，而没有纯音。我们日常生活中听到的大部分声音都是由多种频率的波动共同合成的。

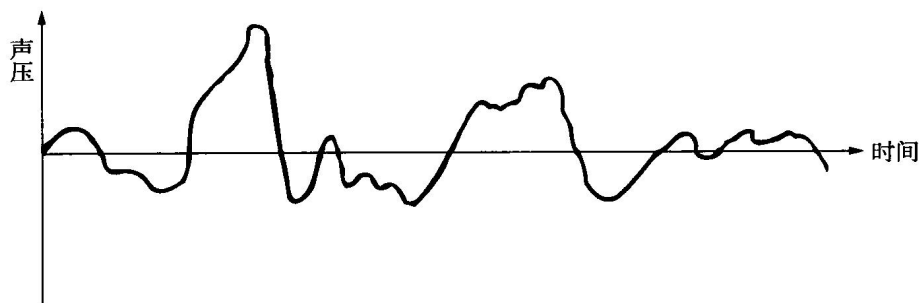


图 1.1.3 声音信号的波形

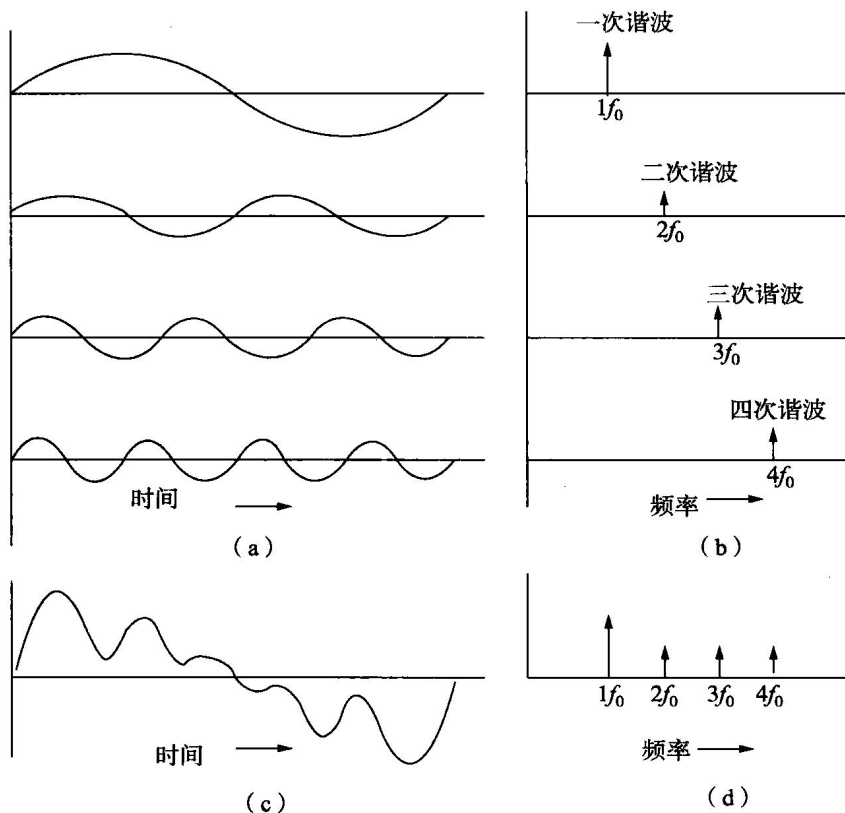


图 1.1.4 单一频率信号波形的叠加

在组成复音的一系列单音信号中，频率最低的称为基频又叫基音，其他高于基频频率整数倍的频率信号依次为二次、三次……各项谐波，叫做谐波。

比如，1 000 Hz 是 500 Hz 的谐波，1 500 Hz 也是 500 Hz 的谐波，如果以 500 Hz 为基频，那么，1 000 Hz 是它的二次谐波，1 500 Hz 是三次谐波，2 000 Hz 是四次谐波，500 Hz 基波也可以叫做一次谐波。

不是所有的复音都是由基波和谐波组成的。比如噪声，它们的声音虽然也是由多个频率构成，但各频率之间不成整数倍关系，所以，不存在谐波。

频谱图是用来表示声音的频率构成，它以频率为横坐标，以声压级作为纵坐标，将基频和谐波按幅度大小以相应高度的纵线表示在相应频率坐标上（声压级就是以分贝表示的声压，它表征的就是声压的大小）。

如图 1.1.5 所示，画出的为钢琴和黑管的基音为 100 Hz 的频谱图。每种声音是由不同频率构成的，所以每种声音的频谱图不同。另外，每个频谱图是以一个基频为前提得出的。

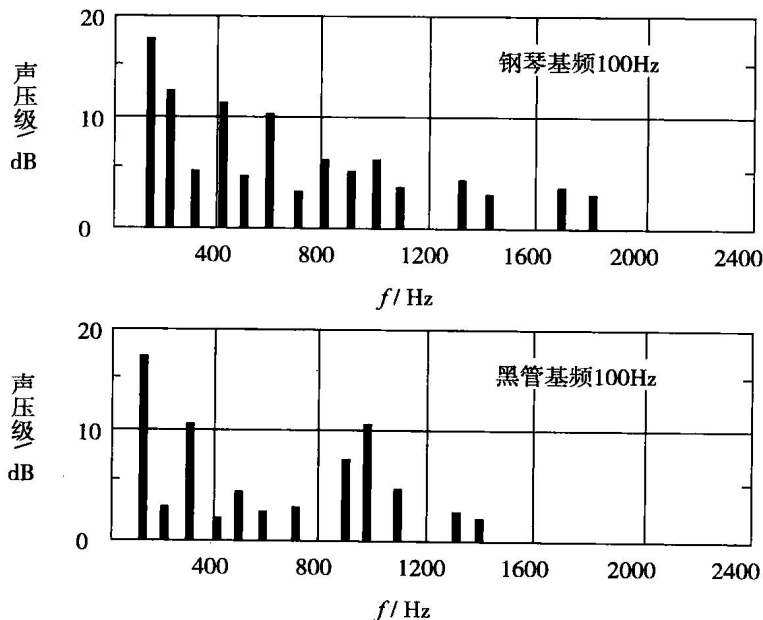


图 1.1.5 钢琴和黑管的频谱图

我们要了解一个信号，就是要知道它所包含的各个频率成分及分布在哪些频段以及它们的相对强弱。只有这样，对信号进行拾取和处理时，才能保持信号的特色，减少盲目操作。

第二节 人耳的听觉特性

前面一节对声音的客观物理属性作了比较详细的讨论，至于它们对人的主观感受起什么作用，则很少涉及。就是说我们还没有建立起客观存在的声音与人的主观感受之间的某种关系。为了达到能自觉地控制声音的特性以满足听感的要求，需要深刻地了解人对声音感受的生理与心理过程。

一、人耳的生理和听觉特点

耳朵是人体中非常重要的器官之一，通过人耳，人类就可以听到大千世间中的各种各样的声音。在这里，我们只是来简单了解人耳的构造，了解人耳对我们能听到声音起什么样的作用。

1. 人耳的听觉结构

如图 1.2.1 所示，当物体的振动所产生的声音进入人类的外耳，经耳道到达鼓膜，就会引起鼓膜的震动。听小骨便将这些振动传至内耳的液体，最后传到含有听觉神经的神经末梢与大脑相连。人耳是个非常精巧的器官，又是异常灵敏的，它能接受的音量范围大得令人吃惊，远远超过一般录音设备所能承受的音量范围。

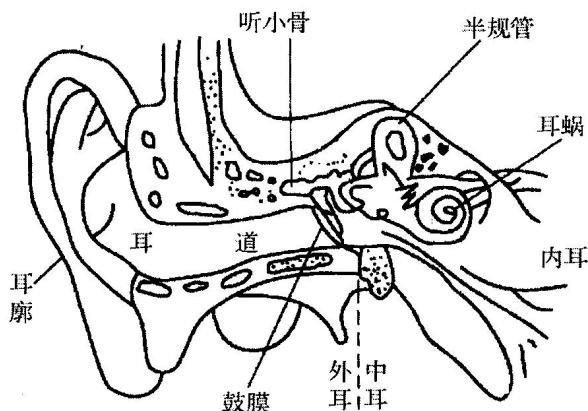


图 1.2.1 人耳的结构示意图

人耳和脑对声音的响应方式，与典型的“传声器—放大器—电表”测量系统的响应方式完全不同。典型的测量系统，输入端的音量变化会在输出端引起相应的变化，所以输入与输出的关系曲线将是一条直线，因此被称为线性的。而人耳和脑的输入和输出却截然不同，是听音者对声音做的心理判断，是非线性的。

此外，人耳还可分辨出声音的方向和到达的时间差。

由于人在听音时的主观反映是因人而异的，它受以下因素的影响：听音者最近的身体状况；听音者原先受过的训练和对新环境的适应性；听音者特有的某些知识基础。所以，下面所涉及的一些结论，只是符合平均规律。

2. 人耳听音的频率范围

人耳感知声音信号的频率范围是因人而异的，其基本分布区在 20 Hz ~ 20 kHz 之间，即大约十个倍频程，即 10 个八度。确切地说，能被人类听出的声音中，最低的频率大约在 20 Hz 左右，而在高频端，则随着年龄的增长对高频的感受愈来愈弱。特别是听音的上

限频率与个人的生理情况相关性很大，其中突出的是人对高频的感受能力，随着年龄的增大而减小。

具有正常听力的 12 岁 ~ 25 岁年轻人能够感受到的声音频率范围大约为 20 Hz ~ 20kHz。年龄越大，可感受的频率上限越低，如年龄超过 25 岁，则对频率在 15kHz 以上的声音的灵敏度随着年龄的增长而逐渐降低。当男性到 60 岁时对 4kHz 以上频率声音的平均听力损失可能会达到 30dB。

3. 人耳听音的响度范围

一般来说，声压级在 0dB (1kHz) 以上的声音人们是可以听到的，这个最小的声强值被称为“闻阈”。超过 120dB 人们听起来就觉得太响，耳朵会有痛感，引起痛感的最低声强值称为“痛阈”。

我们把处于痛阈和闻阈之间的人耳正常感受区叫做听觉动态范围。在声学上，动态范围即是指最大声音到最小声音之间的响度范围。人耳听音的最大动态范围通常认为是 120dB。人类语言的动态范围在 40dB 左右，音乐则为 80dB 左右。在一些现代的流行音乐中，其动态范围还要大。

人对于各种频率声音的敏感程度并不一样，其中最敏感的区域频率分布在 1kHz ~ 5kHz 左右，这是因为这段频率的声音容易在狭窄的耳道里发生谐振的缘故。

可听声的频率及强度范围如图 1.2.2 所示。

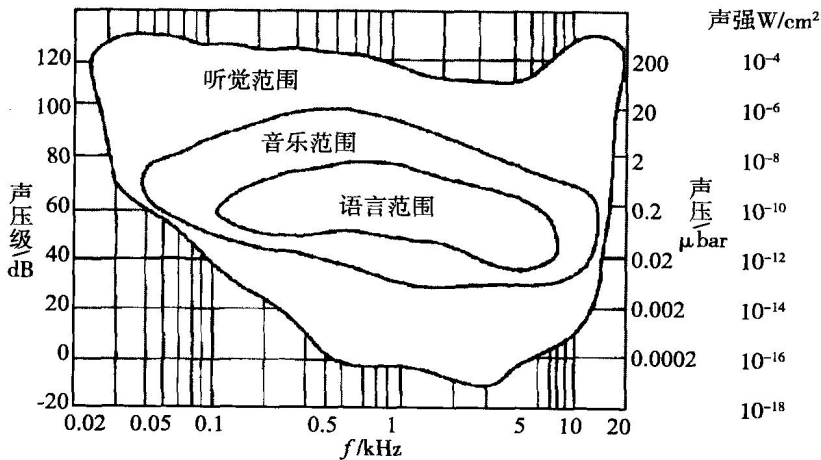


图 1.2.2 人耳的听音范围

4. 人耳对声音的分辨能力

首先来看人耳分辨声音的强度变化的能力，当声音很弱时，在 1 000 Hz 处可分辨出 3dB 的变化。当声音较强时可分辨出 2.5dB 的变化，调音台上以 2dB 为一档衰减就是依据这一特点定的。另外，如果使用耳机听音，则人耳可以分辨出 0.3 dB 的声压变化。