



new

录音技术与艺术系列丛书

拾音技术

俞 镔 李俊梅 编著

2.27

中国广播电视出版社

录音技术

1j

艺术系列丛书

720.00
Y 235

拾音 技术

俞 锴 李俊梅 编著



中国广播电视出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

拾音技术/俞铭, 李俊梅编著. —北京: 中国广播电视出版社, 2003.1

(录音技术与艺术系列丛书/朱伟主编)

ISBN 7-5043-4015-4

I. 拾… II. ①俞… ②李… III. 话筒拾音—基本知识 IV. J933

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第088072号

拾 音 技 术

编 著:	俞 铭 李俊梅
责任编辑:	高子如
封面设计:	郭运娟
责任校对:	张 哲
监 印:	戴存善
出版发行:	中国广播电视出版社
电 话:	86093580 86093583
社 址:	北京复外大街2号(邮政编码 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	北京市金星剑印刷有限责任公司
装 订:	涿州市西何各庄新华装订厂
开 本:	787×1092 毫米 1/16
字 数:	160(千)字
印 张:	8.25
版 次:	2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷
印 数:	5000册
书 号:	ISBN 7-5043-4015-4/TN·277
定 价:	17.00元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

录音技术与艺术系列丛书

主 编 朱 伟

副主编 胡 泽

内 容 提 要

本书主要介绍了各种方式的拾音技术。书中针对不同形式的节目录音，重点从人耳的听觉特性和乐器声学出发，分别介绍了各种立体声拾音方式的基本原理和单件乐器的拾音技术，并且将理论与实践相结合，对实际录音工作中经常出现的问题予以讨论和分析。全书共分四章：

第一章 立体声原理：主要分析了人耳对声源定位的基本因素以及人耳在两扬声器间的定位原理，同时介绍了一些基本的，与人耳声源定位有关的听觉特性和立体声系统的基本原理。

第二章 立体声拾音技术：从人耳对声源定位机理的角度，介绍了一些目前经常采用的立体声拾音方式，并从实际工作的需要对重要的问题进行了总结。另外，对目前正在探索的环绕声拾音技术给出了一些应用实例。

第三章 拾音技术基础：介绍了基本的录音方法和拾音方法，并对传声器使用中应注意的问题作了简单的分析。

第四章 单件乐器和乐器组拾音技术：主要介绍了流行音乐录制中经常采用的拾音技术，重点在于根据音乐作品的风格来确定拾音方案。

本书是《录音技术与艺术丛书》中的一部，可作为大专院校录音专业以及相关专业的教材，同时也可以作为从事音乐录音工作的录音师和音响导演参考用书。

作者简介

俞 铭 工程师,1974年生人。1993年考入北京广播学院录音工程专业,1997年毕业留校任教至今。

留校以后一直从事《现场拾音》、《扩声》、《演播室录音》等课程的本科、高职层次的教学及实验室工作。毕业以后注重专业理论水平的不断提高,参与了多本专业教材的编写及科研工作,发表了论文《双声道立体声拾音技术研究》,并参与了大量广播、电视节目的录制工作,积累了一定的实践经验。

李俊梅 副教授,1963年生人,现任北京广播学院录音艺术系副主任。1987年毕业于北京师范大学艺术系,同年到北京广播学院任教至今。先后从事文艺编导、音响导演、录音工程、录音技术、电子音乐制作、音乐传播等专业的教学及教学管理工作,1999年主持了录音艺术专业的教改工作。撰写了《视唱练耳》、《音乐基础理论》教材,并开发了《视唱练耳》的教学课件,发表了多篇有关音乐、录音方面的论文,并主持多项相关的部级、院级科研项目。

总 序

当前,广播电视事业是我国发展最为迅猛的事业之一。广播电视事业的繁荣首先要有高质量的节目源作保证,然而要想达到这一点,就需要节目创作人员和工程技术人员的通力合作。就目前的广播电视发展现状及发展趋势而言,节目制作中的高科技含量越来越多。节目创作人员不断地用新发展的技术手段和新的观念来丰富节目的表现形式。

由于声音信息是多媒体信息的主要组成部分,所以在多媒体信息业蓬勃发展的今天,人们越来越关注声音信息的制作和传播技术。目前在作为主要传媒机构的广播、电影和电视以及音像领域,人们对声音在节目中的作用有了更新的认识,比如逐渐普及的高清晰度数字电视就采用多通道的数字环绕声技术,以增加艺术表现力。我国的广大广播电视工作者在该领域已经做了大量的工作,积累了很多宝贵的经验,但是总体水平上与目前的世界先进水平相比还有一定的差距,这是一个不容回避的事实。随着我国加入WTO,以及改革开放的进一步深入,特别是新技术、新工艺不断发展,我国在相关领域引进并开发了大量新的制作设备,它给了我们与世界平等竞争的契机,同时也给广大的广播电视工作者提出了新的研究课题,其中之一就是如何用一流的设备制作出一流的节目。北京广播学院录音艺术学院作为声音节目创作与制作技术的研究部门和教学单位,理所当然地要承担这一义不容辞的任务,为此,我们承担了广播电影电视总局的科研立项——《录音技术与艺术系列丛书》的编撰工作。

北京广播学院录音艺术学院有长期从事声音节目创作和技术研究的教授、专家学者(包括兼职教授)多人,他们曾为我国的广播电视事业培养了大量的研究生、本科生和大专生,目前这些毕业生已经成为各自工作岗位上的中坚力量,他们的声音节目作品和科研课题多次在世界、亚广联和全国性学术机构的评比中获奖。为了完成总局的这一科研立项,录音艺术学院集中声音创作和研究领域中高水平的教学和研究人員参加该丛书的编撰工作,力求较为系统和全面地介绍录音创作和制作的原理与技术。

该套丛书的编写宗旨是力求编写出一套具有理论完整、简明扼要、内容充实、技术先进等鲜明特点的录音方面的丛书。为了突出先进性、科学性、实用性和系统性,丛书在对一些必要的理论作深入浅出的论述的基础上,对当前录音领域广泛应用的数字声频工作站、电子音乐制作技术等新技术也进行了较详尽的介绍。虽然丛书中阐述的内容有些已经在其他专业书籍中有过论述,但作者都力求从更新的角度来阐述,以开阔读者的思路。



这套丛书由《音乐声学》、《拾音技术》、《录音技术》、《扩声技术》、《数字声频工作站》、《影视声音艺术与技术》、《声音质量主观评价》等七部书组成，基本上涵盖了录音和扩声工作中所涉及的基本内容。各部书既相互贯通，又有各自的独立性，这样可以方便读者灵活选用。

该套丛书主要以大专院校的录音工程专业、音响导演专业的本科生和录音技术的高职生为主要读者对象，同时也可供相关专业的本科生、从事声音节目制作的技术人员、电子音乐的制作人员以及声学研究人员和音响爱好者参考。

尽管丛书的编撰者在编写上投入了极大的热情和精力，但是由于时间仓促和水平有限，以及受选题的限制，仍然不能将录音工作中所涉及的所有内容涵盖进来，对一些新技术的涉猎也还不够，所以丛书中难免有遗漏和不当之处。衷心地希望广大的读者批评指正，以便在修订和出版新的内容时加以充实和改正。

该套丛书之所以能在如此短的时间里与广大读者见面，除了有录音艺术学院领导的支持和各位编者的积极努力之外，还得到了有关人员的大力协助，张绍高教授为丛书提供了大量的文字资料，中国广播电视出版社的领导和编辑为丛书的出版做了不少工作。在此，丛书编委会谨向为丛书面世做出贡献的各方人士表示衷心的感谢。

《录音技术与艺术系列丛书》编委会

2002年10月

目 录

第一章 立体声原理	1
第一节 人耳的构造和功能	1
第二节 人耳的听觉系统	4
第三节 人耳对声源的定位	7
第四节 立体声系统	15
第二章 立体声拾音技术	23
第一节 立体声拾音技术概述	23
第二节 声级差定位的立体声拾音技术	25
第三节 时间差定位的立体声拾音技术	40
第四节 时间差和声级差定位的立体声拾音技术	43
第五节 采用 PZM 传声器的立体声拾音技术	55
第六节 仿真头拾音技术	60
第七节 环绕声拾音技术	63
第三章 拾音技术基础	69
第一节 基本录音方法	69
第二节 基本拾音方法	71
第三节 传声器的使用技术	73
第四章 单件乐器和乐器组拾音技术	79
第一节 鼓乐器的拾音技术	79
第二节 低音提琴和电贝司的拾音技术	93
第三节 歌声的拾音技术	99
第四节 钢琴和电钢琴的拾音技术	103
第五节 声学吉他与电吉他的拾音技术	107
第六节 木管乐器的拾音技术	111



第七节 铜管乐器的拾音技术·····	114
第八节 拉弦乐器的拾音技术·····	117
参考文献·····	120

第一章 立体声原理

立体声 (Stereophonics) 是两个希腊单词 Stereo 和 phonics 的组合, Stereo 有三维立体之意; Phonics 有声音科学之意。因此 Stereophonics 可以解释为三维立体声科学。现在经常使用的 Stereo 是由 Stereophonics 省略而来的。人耳的立体声效果是由大脑处理双耳接收的立体声信息而产生的。通常情况下, 人耳接收的声音信号之间存在着非常细微的差别, 主要是声级差和时间差两个因素, 正是这些细微的差别决定了人耳对声源的空间定位。大脑对信息的处理和立体声效果的产生涉及到心理学和生理学等领域, 只有在这些领域进行不断深入的研究, 才能逐步揭开人耳听觉系统的奥秘。

第一节 人耳的构造和功能

人耳的听觉系统是非常复杂的, 目前的许多理论还存在着不足之处, 不能完全解释清楚。但是简单的了解人耳的构造和基本工作原理, 将有助于录音工作者顺利地完成任务。

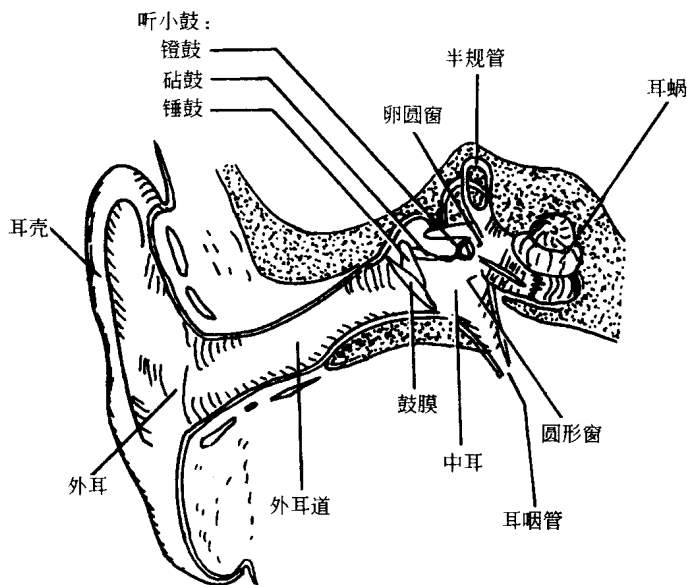


图 1-1 人耳的构造



人耳分为外耳、中耳和内耳三部分，人耳的部分剖面图如图 1-1 所示。声波以空气振动的形式到达人耳，被耳壳收集的声波通过外耳道传递到鼓膜，引起鼓膜的振动。中耳内鼓膜的振动带动三块听小鼓的振动，听小鼓的机械振动又传送到充满淋巴液的耳蜗，耳蜗内基底膜的振动刺激与之相连的毛细胞，产生电脉冲，通过听觉神经送往大脑皮质中的听觉中枢。

一、外耳

外耳由耳壳和外耳道组成。过去人们认为耳壳是退化的器官，所起的作用非常有限，但现在看来这是不科学的。耳壳起着收集声波的作用，并且在一定程度上起着区分前后声源的作用。图 1-2 显示了波阵面进入外耳道的情况，入射声波用两条声线表示。从图中可以看出，直达声和耳壳的反射声在外耳道入口处将产生干涉，产生梳状滤波器效应，而且这种干涉随着入射声波的方向、频率的不同而不同。这些声波的干涉传送到中耳的鼓膜，将导致作用在鼓膜上的声压随之变化。外耳道可以看作是一个截面变化，扭曲了的管道，从声学的角度，它起着风琴管的作用。外耳道长约 3cm，直径约为 0.7cm，外耳道的终端为鼓膜。来自不同方向的声波在外耳道内将分别产生共振，这样共振产生的方向信息同样以声压变化的形似作用在鼓膜上。当外耳道的长度为波长的 $1/4$ 时，声波在鼓膜处将得到加强，但仅仅是声压的加强，声波的能量并没有变化。相对于声波在外耳道入口处的声压，由外耳道共振所引起的声压的提高大约为 10dB。另外，声波在人头部的衍射也将对声压起到加强的作用，两者共同作用在鼓膜处的声压将提高 20dB 左右。

二、中耳

中耳是鼓膜内侧腔体部分，它由鼓膜、三块听小鼓（锤骨、砧骨和镫骨）以及容纳听小鼓的鼓室组成，如图 1-3 所示。三块听小鼓是作关节状连接的，锤骨与鼓膜相连，

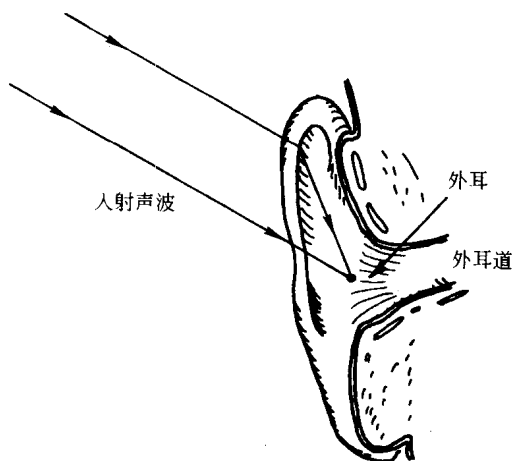


图 1-2 外耳接收不同方向的声波

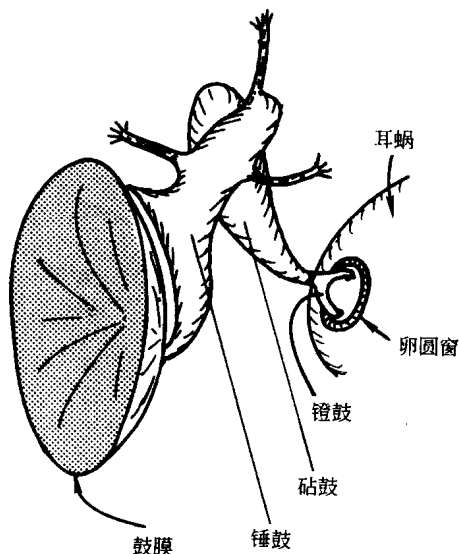


图 1-3 声波在中耳的传递

鼓膜的振动传递给锤骨，经砧骨、镫骨传递到内耳的卵圆窗、耳蜗内的淋巴液。三块听小鼓传递振动，最后到达淋巴液的过程具有非常高的效率，如果将空气的振动直接传递到卵圆窗，将有 99.9% 的能量被反射，只有 0.1% 的能量传递到耳蜗内的淋巴液。这主要是因为空气的密度比较小，易于压缩，而耳蜗内的淋巴液则相对密度要大一些，不易于压缩。另外，听小鼓的合理连接以及鼓膜与卵圆窗面积上的差别也在一定程度上解决了能量传递的问题。对于专业人员的听音训练，实际上是利用内耳的机械系统将外耳的空气和内耳的液体予以声学阻抗的匹配，来提高声波传输的效率。

三、内耳

内耳是由耳蜗和半规管组成，如图 1-4 所示。中耳的镫骨与内耳的卵圆窗相连，声波的振动经镫骨传递到卵圆窗后，由淋巴液传递到耳蜗内的基底膜，如图 1-4 所示。基底膜上产生共振的部分是频率的函数（靠近卵圆窗处与高频声波共振，靠近最里面与低频声波共振）。基底膜的振动传递到与之相连的毛细胞，该处的毛细胞刺激听觉的末梢神经，产生电脉冲，送往大脑皮质中的听觉中枢。

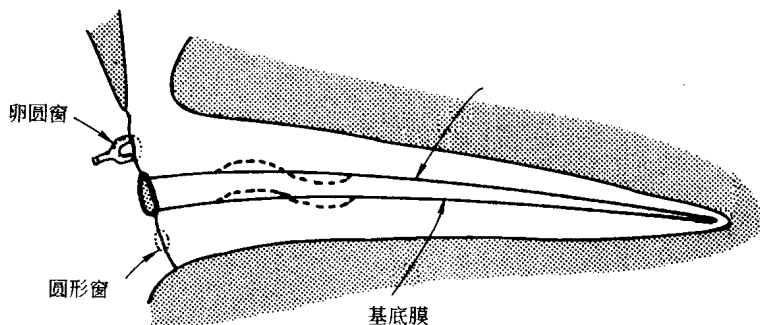


图 1-4 声波在耳蜗内的传递

耳蜗是一个声波分析装置，对声波的频率具有很强的分辨能力，能够将 1000Hz 和 1003Hz 的频率分别出来，分辨力达到 0.3%。要想将复杂的音乐或语音信号的频率成分分辨出来，需要有带宽较窄，衰减较快的峰式频率响应，如图 1-5 所示。图中两条曲线分别为一个毛细胞的调谐曲线和听觉滤波器的临界频带。

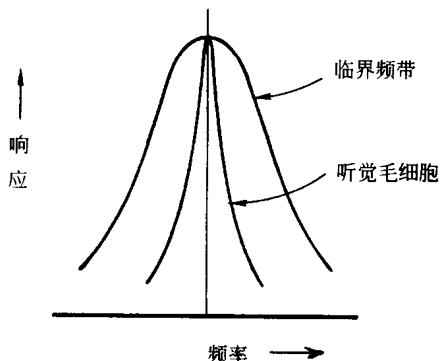


图 1-5 耳蜗对声波频率的分辨



第二节 人耳的听觉系统

一、人耳的传递函数

人耳对声源进行定位的时候,大脑仅是通过鼓膜振动提供的信息进行声源方位判断的。鼓膜上的压力由两部分组成,一部分是固定的,另一部分是变化的。固定部分即外耳道内产生的共振,变化部分则是在外耳道的入口处,携带方向信息的声波。图 1-6 即为外耳道共振的频率响应曲线,由鼓膜和外耳道的入口处测量所得,通常的文献中称之为传递函数。从图中可以看出,由外耳道生理结构决定的第一个共振峰大约在 5kHz,第二个共振峰在 10kHz 左右。外耳道的传递函数迭加上耳壳处大量变化的,携带有方向信息的传递函数,就构成了鼓膜处的传递函数。

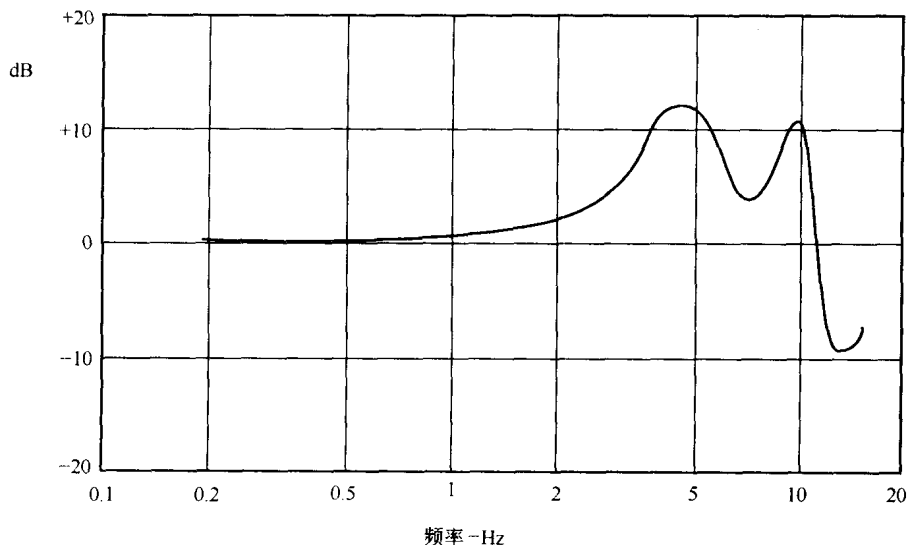


图 1-6 外耳道传递函数曲线

耳壳的传递函数是由声源的人射角决定的,声源从各个方向到达耳壳,经过耳壳的反射在外耳道的入口处形成许多不同的耳壳传递函数,也可以说声源的方向信息在此进行了编码。图 1-7 为几个特定声源入射角上的耳壳传递函数,是由自由声场和外耳道入口处测量所得的。图中三条曲线分别为听音人正前方 0° 位置的耳壳传递函数,左前方 36° 位置到达左耳的耳壳传递函数和听音人左侧 90° 位置到达左耳的耳壳传递函数。将三个不同的耳壳传递函数与外耳道的传递函数相迭加,便得到鼓膜处的频率响应,它包含了所有的方向信息。

从图中的 0° 曲线可以看出,在 2kHz~5kHz 的频率范围内有比较明显的提升,因此录音师往往为了将人声从音乐背景中突出出来,提高人声的清晰度,将该频段做适当的均衡处理。

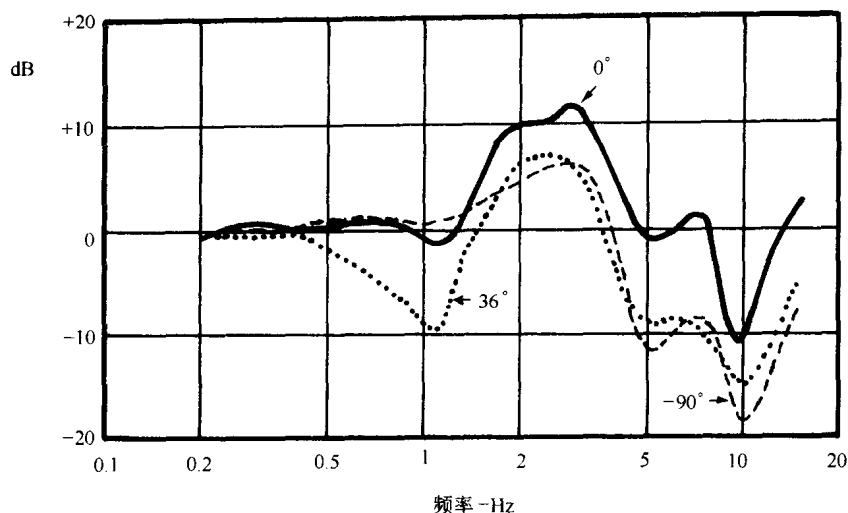


图 1-7 耳壳传递函数曲线

二、隐蔽效应和听觉滤波器

在安静的环境里，人耳能够分辨出比较轻微的声音，但在嘈杂的环境背景下，相对较弱声音则容易被淹没掉。要想听到原来轻微的声音，需要使它增强才行，这就是通常所讲的隐蔽效应。隐蔽效应可以定义为：由于一个声音的存在而使另一个声音的听阈提高的现象。

早期的隐蔽效应实验中人们发现：如果隐蔽噪声的频谱中，被隐蔽信号相应的频段有较大的能量，则被隐蔽信号容易被隐蔽噪声隐蔽掉。后来 Fletcher 引入了听觉临界频带的理论，他认为人耳的听觉系统就像一组具有连续中心频率的带通滤波器，类似于图示均衡器的情况。一般图示均衡器中，带通滤波器的数量是有限的，其中心频率是不连

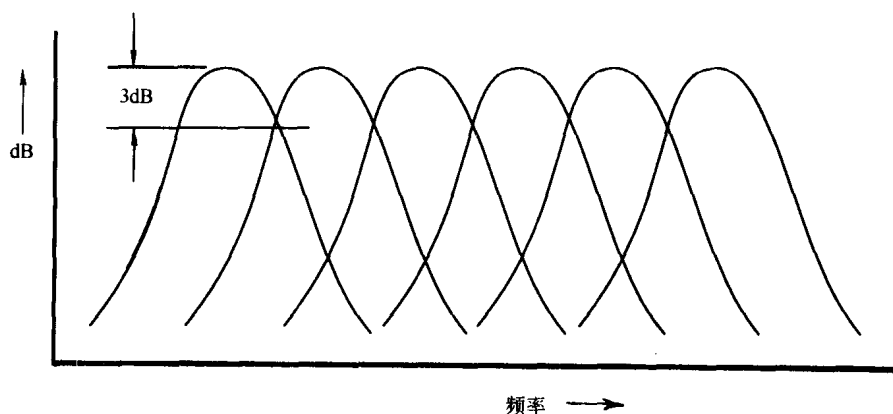


图 1-8 图示均衡器的频率响应



续的，它们在带通滤波器衰减 3dB 处相交，如图 1-8 所示。而人耳的听觉滤波器是连续的，在人耳听觉范围中的每一频率都有一个相应的听觉滤波器，如图 1-9 所示。

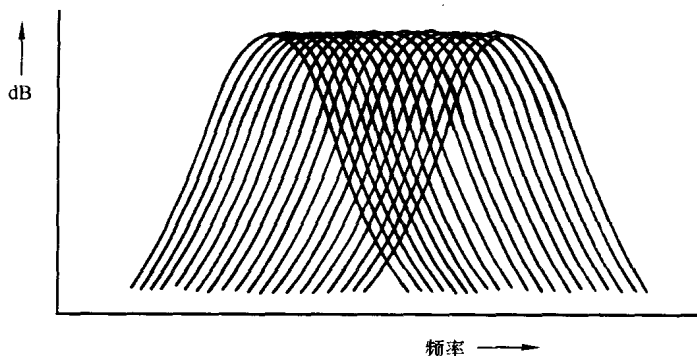


图 1-9 人耳听觉滤波器的频率响应

人耳的每个听觉滤波器的临界带宽由中心频率所决定。在表 1-1 中列出了几个特定中心频率的临界带宽。假设测试信号的频率为 260Hz，隐蔽声为白噪声。根据 Fletcher 的理论，如果听觉带通滤波器的中心频率为 260Hz，仅仅提升通过该滤波器的白噪声电平就能达到某一点，将测试信号淹没掉，有效的隐蔽 260Hz 的声音。

表 1-1 听觉滤波器的临界带宽

中心频率 (Hz)	临界带宽 (Hz)	中心频率 (Hz)	临界带宽 (Hz)
100	38	1000	128
200	47	2000	240
500	77	5000	650

三、反射声的效果

声音在室内传播时，首先到达人耳的是直达声，其后是无数的反射声。每一反射声的延时由它所经历的路径决定，反射声给听音人的主观效果则由反射声的幅度和反射声的延迟时间决定。关于反射声对人耳的主观效果，人们做了大量的研究实验。通常，实验是利用两只扬声器来完成的，扬声器的夹角为 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，一只扬声器发出直达声，另一只扬声器利用延时来模拟反射声，实验的测试信号为语言。同时为了减小房间对实验结果的影响，实验是在没有反射的条件下进行的。通过实验可以总结出四条反射声的主观效果曲线，这些主观效果曲线是反射声电平增加的结果，如图 1-10 所示。

图中的曲线 A 是反射声的觉察阈，即听音人刚刚感觉到反射声存在的阈值。当反射声的电平逐渐增大时，即使是在没有反射的房间里，听到的语言声也将有一定的空间感，但不会影响到直达声的听音效果。当反射声的电平高于曲线 A 的阈值约 10dB 左右

时,将感觉到所听声象的音量大小或位置有变化,曲线 B 就是这种新效果的阈值。图中曲线 C 描述的是在直达声之后,能够清晰听到回声的反射声阈值。如果将反射声的电平继续增大,使得反射声和直达声的响度一样,便得到曲线 D,这就是著名的 Hass 曲线。Hass 发现当延时小于 30ms 左右,延时的反射声电平大于直达声电平 10dB 时,虽然语言的清晰度有所下降,但是不会感到反射声的响度大于直达声。同时在反射声电平增加的过程中,声音的音色、声象和空间感都有所改变。

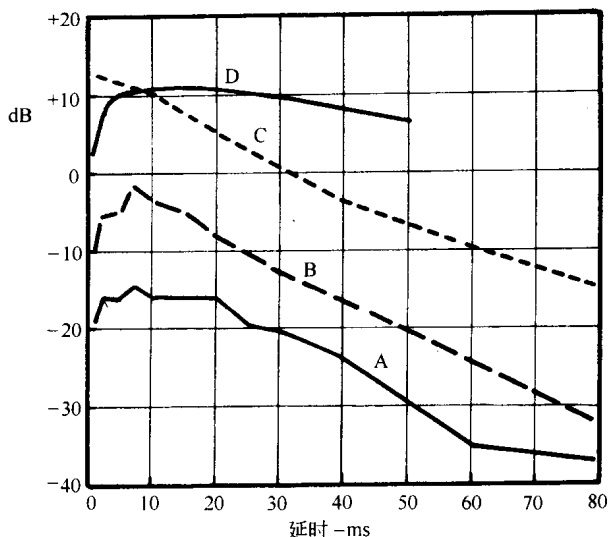


图 1-10 反射声的主观效果曲线

总之,从图 1-10 中可以看出,随着反射声电平的增加,将会有不同的主观听音效果。在曲线 A 以上,反射声给直达声带来空间的感觉。当反射声电平高于曲线 B 时,反射声将影响到声源的声象定位。反射声电平大于曲线 C 进一步增加时,将有回声现象发生。当反射声电平达到曲线 D 时,反射声和直达声的响度一样。在图 1-10 中,这些曲线的间隔大约是 10dB 左右。当然随着反射声电平的增加,声音的音色也将会发生变化,特别是在反射声电平较高的时候。但是比较而言,声音的空间感和方向感的变化更明显一些,因此除了直达声以外,反射声是人耳对声源定位的另一个重要信息。

第三节 人耳对声源的定位

人耳对声源的定位能力即对声源的方位感,也可以称为人耳的声学透视特性。它主要包括人耳对声源的水平定位、上下定位、纵深定位、前后定位几个方面。

一、人耳对水平面内声源方位的定位

如果有一个声源和一个听音人,声源位于听音人的左前方,如图 1-11 所示。由于人的两耳之间有一定的距离,所以声源到达人的两耳的距离是不一样的,左耳距离声源要近一些。换句话说,声源到达人的右耳的时间要延迟于到达左耳的时间,两耳之间存在一定的时间差。不难看出,不同方向的声源到达听音人两耳的时间差是惟一确定的。人耳可以在声源的任何状态下来判断声源到达两耳的时间差,如瞬态的声音、连续的声音或者声音在音色变化的情况下。但是相对来讲,人耳对瞬态的声音定位要比连续声音的定位容易一些。

另外,两耳间的时间差必将导致两耳间存在一定的相位差,而且这个相位差同声源