

●收音机●磁带录音机●CD唱机●卡拉OK放大器
●Hi-Fi放大器 ●AV放大器 ●扬声器系统

家用音响 原理与检修

李雄杰 叶建波 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

家用音响原理与检修

李雄杰 叶建波 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较系统地介绍了家用音响的基本原理、电路分析和常见故障检修方法。主要内容有音响绪论、收音机、磁带录音机、CD 唱机、卡拉 OK 机、Hi-Fi 放大器、AV 放大器及扬声器系统。每一部分除有一般性原理的讲解外,更重要的是结合目前社会上最具代表性的实际产品,详细地阐述它们的电路原理和检修方法。

本书根据高等职业教学特点,注重基本概念、基本原理、基本电路和基本检修方法的讲解,突出音响技术的实用性和技能性,着重培养学生分析和解决实际问题的能力。

本书可作为高职电子类专业教科书;舍去一些内容,也可作为中职电子类专业教科书;也可供音响技术爱好者阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

家用音响原理与检修/李雄杰等编著. —北京:电子工业出版社,2002.7

ISBN 7-5053-7796-5

I. 家… II. 李… III. ①音频设备—理论②音频设备—维修 IV. TN912.20

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 048496 号

责任编辑:吴金生

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:448 千字 插页:1

版 次:2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077

前 言

音响技术虽然飞速发展,新品牌、新机型、新电路及新技术不断涌现,但音响技术方面的高职教科书太少,没有选用余地,从而影响了音响技术的高职教学。

高等职业技术教育培养实用性和技能性较强的生产与服务第一线高级音响技术应用型专门人才,教科书中的音响基础及基本理论知识以必需和够用为度,重点突出实用性、技能性及先进性。根据这一指导思想,我们尝试着编写了这本教科书,一方面是满足当前高职教学急需音响技术教科书的要求,另一方面是抛砖引玉,便于与同行及专家们交流并相互学习。本教科书共分八章,各章编写思路如下:

收音机是音响家族中的传统产品,收音机技术非常成熟。由于收音机价格太便宜,因此目前很多音响教科书或音响读物均将收音机当做调谐器来编写,这样做不完整。收音机虽然常作为调谐器,与录音机和 AV 功放等结合在一起,但更多的收音机是老百姓手中的小音响,普及率非常高,而且调频(FM)、调幅(AM)、立体声、多波段及全波段等收音机产品层出不穷,数字调谐技术的应用,更使收音机向数字化和小型化迈进。

磁带录音机技术在 20 世纪 80 年代已发展到尽头,由于其模拟音质无法与 CD 唱机的数字音质相媲美,使得磁带录音机的市场逐步萎缩。目前有些音响教科书将磁带录音机当做录音座来编写,有些干脆删除磁带录音机的内容。本书考虑到磁带录音机普及率实在太高,而且录音机是学生常用的学习工具,录音机损坏后仍需要维修,故仍将磁带录音机作为一章内容来编写。

CD 唱机登场,使音响进入了数字技术新时代。CD 唱机的原理与电路较复杂,本书在编写此章时,重点是讲清楚电路组成与工作原理,并力图做到简明扼要、通俗易懂。

唱卡拉 OK 是人民群众最喜欢的娱乐活动之一,故本书将卡拉 OK 放大器作为独立一章来编写。本书在介绍卡拉 OK 放大器原理的基础上,介绍了当前几款比较先进的天逸品牌卡拉 OK 机电路。

Hi-Fi 音响,历来是广大音响发烧友执著追求的目标。Hi-Fi 音响追求原汁原味地重放,它要求电路简捷至上,因而本书舍去了目前不再流行的图示均衡器、频谱显示器等内容,在简要介绍 OCL、OTL 及 BTL 功率放大原理的基础上,重点介绍几款富有特色的功放电路及天逸品牌 Hi-Fi 放大器。

AV 放大器是家庭影院中的视听中心设备,环绕声是家庭影院的核心技术。本书在介绍杜比定向逻辑、AC-3 及 DTS 环绕声原理的基础上,介绍了两款天逸品牌 AV 放大器电路。

需要说明的是,本书在讲解各种电路的普遍原理时,无论是电路的表示方法,还是其中的电路符号均采用了国家标准,但在分析具体产品的电路时,比如分析天逸品牌等音响电路时,没有采用元器件的国标符号,而是采用了这些具体机型生产厂家给出的实际电路元器件符号,这主要是为了方便读者查阅原图。此外,在讲解电路原理(不涉及具体产品)表示电路中的元件时,用国家标准规定的电路符号(正体),比如 R3 和 C3 等;而当要对与其代表的相应物理量

进行计算时,则分别表示成带下角标的斜体,如 R_3 和 C_3 等。

李雄杰编写本书第一、四、五、六和七章并统编全稿,第二、三、八章由叶建波编写。在编写过程中,蒋奋翹、陈巧儿两位同志提供了诸多帮助,成都亚迪公司提供了珍贵的天逸品牌音响资料,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免存在缺点与错误,恳请广大师生批评指正。

编著者 2002 年 3 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 中国音响发展概况	(1)
一、收音机	(1)
二、录音机	(1)
三、激光唱机	(2)
四、组合音响	(2)
五、AV 功放	(3)
六、关键部件	(3)
第二节 声波与听觉的基本特性	(3)
一、声波的基本特性	(4)
二、听觉的基本特性	(5)
第三节 立体声基本原理	(8)
一、什么是立体声	(8)
二、双耳效应	(9)
三、双扬声器对声像的定位	(9)
四、立体声声音的录制	(11)
第四节 音响主要技术指标	(11)
一、频率特性	(11)
二、谐波失真	(12)
三、信号噪声比	(12)
四、动态范围	(12)
五、声道分离度	(12)
六、抖晃率	(13)
七、灵敏度	(13)
八、选择性	(13)
九、输出功率	(13)
思考与练习	(14)
第二章 收音机	(15)
第一节 音频信号的无线电发送	(15)
一、无线电波	(15)
二、无线电广播的发射原理	(16)
三、无线电广播的接收原理	(16)
第二节 调幅收音机	(17)
一、AM 收音机电路的组成与工作原理	(17)
二、AM 收音机电路实例分析	(21)

第三节 调频立体声收音机	(23)
一、调频立体声广播原理	(24)
二、FM 立体声收音机电路的组成与工作原理	(27)
三、单片集成电路 FM/AM 立体声收音机	(31)
四、多波段 FM/AM 收音机实例分析	(33)
第四节 收录机中的 FM/AM 收音电路	(35)
一、TA7335P 调频高频头集成电路	(35)
二、TA7640AP FM/AM 高、中频放大集成电路	(37)
三、TA7343AP 锁相环立体声解码集成电路	(38)
四、TA7240AP 立体声低频功率放大集成电路	(38)
第五节 数字调谐收音机	(39)
一、TC9307AF-010 数字调谐集成电路	(39)
二、锁相环(PLL)频率合成器工作原理	(40)
三、收音通道集成电路等元件简介	(41)
四、数字调谐 FM/AM 立体声收音机电路分析	(41)
第六节 收音机常见故障检修	(46)
一、AM 收音机的故障检修	(46)
二、FM 收音机的故障检修	(47)
三、数字调谐收音机的故障检修	(49)
思考与练习	(50)
第三章 磁带录音机	(51)
第一节 磁记录原理	(51)
一、磁记录基础知识	(51)
二、录音原理	(54)
三、放音原理	(56)
四、抹音原理	(57)
五、磁头与磁带	(57)
第二节 录音和放音的补偿	(59)
一、录音和放音中的损耗及其频率特性	(60)
二、录音和放音的补偿	(61)
第三节 录音机电路	(62)
一、放音电路	(62)
二、录音电路	(64)
三、单片立体声放音机实例分析	(70)
四、双卡录音机电路实例分析	(71)
第四节 录音机机心	(75)
一、录音机机心的基本功能	(75)
二、录音机机心的分类	(76)
三、新型录音机机心	(77)
四、录音机机心的组成	(78)

五、录音机机心的工作原理	(78)
六、电子稳速装置	(81)
第五节 录音机的常见故障与检修	(82)
一、录音机检修的原则和常用工具	(82)
二、电源电路的检修	(83)
三、功率放大电路的检修	(84)
四、前置放大电路的检修	(85)
五、录音及偏磁电路的检修	(86)
六、录音机机心的检修	(87)
思考与练习	(89)
第四章 CD 唱机	(90)
第一节 概述	(90)
一、CD 唱机及其特点	(90)
二、CD 唱片	(90)
三、CD 唱机的组成及信号读取	(91)
四、CD 唱机性能规格	(92)
第二节 音频信号刻录前的数字化处理	(93)
一、模拟信号的数字化	(93)
二、交叉交织、里德—索罗门编码(CIRC)	(95)
三、EFM 调制	(97)
四、子码	(98)
第三节 激光拾音头	(100)
一、激光与激光二极管	(100)
二、激光拾音头	(101)
三、自动功率控制(APC)	(103)
第四节 伺服系统	(104)
一、聚焦伺服	(104)
二、循迹伺服	(106)
三、滑行伺服	(109)
四、旋转伺服	(110)
第五节 数字信号处理	(112)
一、前置信号处理	(112)
二、EFM 锁相环与数据选通	(113)
三、帧同步检测、保护与插入	(114)
四、EFM 解调与 CIRC 解码	(115)
五、数字滤波与数/模变换	(118)
第六节 索尼 CD 唱机整机分析	(119)
一、整机电路框图	(119)
二、电源电路	(120)
三、RF 信号前置处理电路 CXA1081M	(121)

四、伺服控制电路 CXA1082AQ	(123)
五、数字信号处理电路 CXD1130Q	(126)
六、系统控制电路	(129)
七、数/模变换、去加重与静音	(132)
第七节 CD 唱机常见故障检修	(134)
一、CD 唱机检修要点	(134)
二、无法导入 TOC	(135)
三、能导入 TOC,但无声	(137)
四、激光二极管衰老判别	(138)
思考与练习	(138)
第五章 卡拉 OK 放大器	(140)
第一节 卡拉 OK 概述	(140)
一、卡拉 OK 电路基本结构	(140)
二、BBD 延时芯片介绍	(141)
三、数码延时芯片介绍	(144)
四、消歌声电路原理	(147)
第二节 卡拉 OK 电路实例	(149)
一、BBD 延时混响卡拉 OK 电路	(149)
二、数码延时混响卡拉 OK 电路(天逸 AD-480)	(151)
三、数码变调卡拉 OK 电路(天逸 AD-580MK II)	(155)
四、话筒谐波激励卡拉 OK 电路(天逸 AD-780/780A)	(162)
第三节 卡拉 OK 话筒	(171)
一、话筒的种类	(171)
二、常用话筒的结构与原理	(172)
三、话筒的主要技术指标	(173)
四、卡拉 OK 话筒的选择与使用	(175)
思考与练习	(175)
第六章 Hi-Fi 放大器	(176)
第一节 Hi-Fi 放大器概述	(176)
一、Hi-Fi 放大器的特点	(176)
二、Hi-Fi 与发烧友	(177)
第二节 前置放大器	(178)
一、音源选择控制与前置放大	(178)
二、音量与响度控制	(179)
三、平衡控制电路	(180)
四、音调控制电路	(181)
五、专用音量、音调及平衡控制集成电路	(181)
第三节 功率放大器	(182)
一、功率放大器的分类	(183)
二、OTL 功率放大器	(184)

三、OCL 功率放大器	(188)
四、BTL 功率放大器	(189)
第四节 富有特色的功率放大电路	(191)
一、全对称 OCL 功率放大电路	(191)
二、超甲类功率放大电路	(192)
三、开关型功率放大电路	(192)
四、数码功率放大电路	(193)
五、电子管功率放大电路	(195)
第五节 Hi-Fi 放大器实例	(197)
一、天逸 AD-66A 型纯后级 Hi-Fi 放大器	(197)
二、天逸 AD-89 型合并式 Hi-Fi 功率放大器	(200)
第六节 Hi-Fi 放大器故障检修	(206)
一、无声故障的检修	(206)
二、交流声或噪声大的检修	(209)
三、音轻或失真故障的检修	(210)
思考与练习	(211)
第七章 AV 放大器	(212)
第一节 AV 放大器概述	(212)
一、AV 放大器的类型和特点	(212)
二、AV 放大器的电路组成	(213)
第二节 各种环绕声系统的工作原理	(214)
一、环绕声概述	(214)
二、杜比环绕声系统	(216)
三、杜比定向逻辑环绕声系统	(217)
四、杜比数字 AC-3 环绕声系统	(218)
五、家庭 THX 系统	(220)
六、DTS 数码影院声音系统	(222)
七、DSP 数字声场处理器	(223)
八、声音恢复系统 SRS	(225)
九、虚拟环绕声技术	(226)
第三节 AV 放大器电路实例	(228)
一、天逸 AD-6000 型 AV 放大器(杜比定向逻辑解码)	(228)
二、天逸 AD-9000 型 AV 放大器(AC-3 和 DTS 双解码)	(242)
第四节 AV 放大器故障检修	(253)
一、AV 放大器故障检修方法	(253)
二、AV 放大器故障检修实例	(254)
思考与练习	(256)
第八章 扬声器系统	(257)
第一节 扬声器	(257)
一、扬声器的类型	(257)

二、电动式扬声器的工作原理	(257)
第二节 音箱	(258)
一、音箱基本结构及分类	(258)
二、常见音箱的内部结构及特点	(258)
三、家庭影院系统中的音箱	(261)
第三节 分频器	(261)
一、分频器的类型	(262)
二、功率分频器的设计	(262)
第四节 音箱的常见故障与检修	(264)
一、音箱重放时完全无声	(264)
二、重放出现音质变差	(264)
思考与练习	(265)
参考文献	(266)
附图 索尼 CD 唱机整机电原理图	

第一章 绪 论

第一节 中国音响发展概况

音响通常指能实现收音、录音、放音和唱歌功能的电声设备。音响又有家用音响和专业音响之分。常见家用音响包括收音机、录音机、电唱机、激光唱机(有时称CD机)、环绕声处理器、卡拉OK机、图谱均衡器、功率放大器(有时简称功放)及音箱等。将上述这些单独的音响设备组合起来,就构成了收、录、放、唱功能齐全的组合音响。将组合音响与影碟机、大屏幕彩色电视机结合起来,就构成了家庭影院,可营造出与专业影院相媲美的影音效果。下面简单介绍最常见的家用音响设备。

一、收音机

收音机技术的核心是无线电技术。每当我们打开收音机的时候,首先应该感谢下列无线电技术的发明者。1831年,英国人法拉第发现了电磁感应现象,从而奠定了电磁学的基础。1864年,英国人麦克斯韦预言了电磁波的存在,发表了著名的麦克斯韦方程式。1887年,德国人赫兹用实验证实了麦克斯韦这一天才的预言。1895年,意大利人马可尼被赫兹的实验所吸引,首次实现了1.7公里的无线电通信实验。1901年,美国人弗登森提出了外差法,这是对无线电接收技术的重大突破。外差法一直沿用至今,到目前为止,再也没有比外差法更高明的接收方法。1919年,美国人阿姆斯特朗开始研究超外差接收机,从而使得美国于1920年开始了无线电广播。1935年,阿姆斯特朗又发明了调频收音机技术。

收音机是普及率极高的家用电器之一。在组合音响中,去除收音机的音频放大电路,收音机又被称为“调谐器”。

我国收音机的生产在20世纪70年代以前,市场主力产品是调幅(AM)收音机,而且是电子管收音机和半导体分立元件收音机。20世纪80年代以来,调频(FM)、调幅(AM)、立体声、多波段及全波段等产品层出不穷,数字调谐技术的应用,更使收音机向数字化迈进,小型化、高灵敏度及音质改善成为其发展主流。

二、录音机

录音机也是普及率极高的家用电器之一。在组合音响中,去除录音机的功率放大电路,录音机又被称为“录音座”。

1898年,丹麦科学家波尔森首先发明了以钢丝为磁性体的原始录音机,从而揭开了磁记录技术的序幕。1907年,波尔森又发明了直流偏磁录音技术。1927年,美国人卡尔森和卡潘特发明了交流偏磁录音技术。1926年,美国人奥奈尔发明了用纸作带基的磁带,1935年,德国通用电气公司制成了塑料带基磁带。

1963年,荷兰飞利浦公司首先研制成功盒式录音机,磁带被密封在一个特制的小盒子里,从此磁带录音机出现了蓬勃发展的局面。

早在 20 世纪 50 年代初,我国上海就诞生了钢丝录音机生产企业,但直到 20 世纪 70 年代末,我国仍只有上海和石家庄等地区的几家专业厂,年产量只有 2 万多台,而且大多仅限于集团消费,家庭消费只占极少份额。

20 世纪 70 年代末,中国录音机工业开始了大发展,企业从几家猛增到几十家,形成以上海、北京、天津、广州、武汉等为中心的集群式格局。产量从 1979 年的 16.5 万台,迅速发展 到 1985 年的 1400 万台,几乎增长了近 100 倍。自 1992 年起,国产录音机总量每年都超过 1 亿台,最高时,曾突破 2 亿台,成为世界上最大的录音机生产加工基地。

磁带录音机技术在 20 世纪 80 年代发展到尽头,双卡复制、电脑选曲、立体声展宽及杜比降噪等先进技术相继应用于录音机。20 世纪 90 年代,CD 唱机登场,由于 CD 唱机的音质大大 优于录音机,使得人们首选 CD 唱机来欣赏音乐。目前市场上的磁带录音机功能逐渐简化,磁 带录音机一般仅仅为学生学习而设计。

三、激光唱机

1980 年之前,我国只有惟一的品种——“中华”牌单声道交流电唱机,由于市场需求的增 加,进入 20 世纪 80 年代后一下子有二十余家企业相续上马生产此种唱机,并把直流微型电机 装入唱机,形成了交、直流两用机。

第二代唱机是从 1985 年进入市场的模拟立体声电唱盘。此类产品使用压电陶瓷拾音头, 后又升级使用动磁拾音头,一改以往金属面板,采用全塑结构,唱机质量大大提高。唱盘与收录 机的完美组合,形成众多款式的组合音响,让市场红火了几年。

1991 年,作为我国唱机的第三代产品——激光唱机闪亮登场,从此,人们摆脱了模拟唱机 时代,进入了数字技术新时代。激光唱机又称 CD 唱机,是用来播放激光唱片的设备,它是融激 光技术、精密机械技术、微处理器技术和大规模集成电路技术为一体的高档音响设备。由于“激 光”的英文 LASER 其音译为“镭射”,因此也有人称激光唱机为镭射唱机。

四、组合音响

组合音响是音频设备和系统的简称,一般是指收、录、放、唱功能齐全的家用高保真(Hi-Fi)立体声重放系统,又称为“家庭音乐中心”。从结构上看,组合音响一般分为整体式和分体式 两大类,如图 1-1 所示。

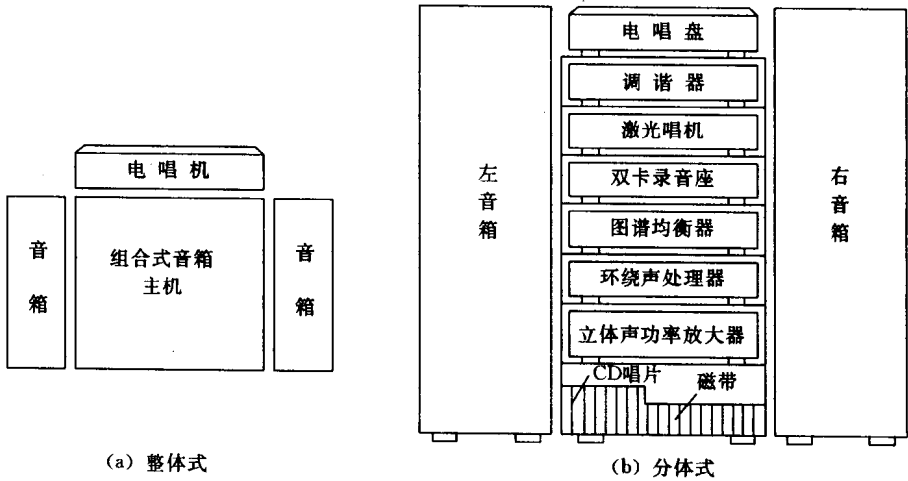


图 1-1 组合音响结构

近年来,由于影碟机(VCD/DVD)、大屏幕彩色电视机的普及,家庭影院成为人们的首选选择,分体式组合音响逐渐退出市场,整体式组合音响也向台式演化。

五、AV 功放

20 世纪 80 年代初,CD 唱机的出现,又给功放带来了发展机遇,并开始从使用杜比降噪技术发展到了杜比定向环绕声,使功放机技术指标大大提高了一步。随着影碟机的迅速崛起,AV 功放逢时而生,将影碟机、大屏幕彩色电视机与 AV 功放及音箱组合一起,形成了“家庭影院”的概念,如图 1-2 所示。

其间,一种 SRS 虚拟环绕声技术(后面将专门介绍)也被引入 AV 功放产品。1999 年,DVD 兴起,企业又把杜比 AC-3 和 DTS(后面将专门介绍)等数字解码技术内置于 AV 功率放大器。目前,我国的 AV 功放产品,无论是外观工艺,还是技术性能及听音效果,基本上可以和国外同类产品相媲美,而年销量也连年保持在 300 万台(套)左右。

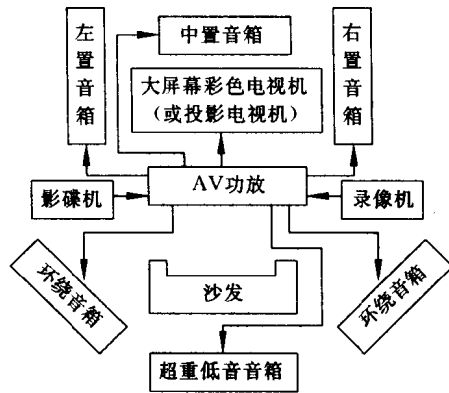


图 1-2 家庭影院中的 AV 功放

六、关键部件

1. 卡座机心

我国的卡座机心的生产是从 1982 年开始的,从普通初级型的单卡卡座,发展到双卡连体卡座。1983 年实现年产 321 万套,1985 年突破 1000 万套大关,1994 年跨越亿套,多年来卡座机心 80% 以上出口国外。

2. 磁头

磁头生产在我国是从 20 世纪 80 年代初期开始的,1984 年磁头生产达到 2700 万只规模,1990 年上升到年产 1 亿只以上,1994 年攀上年产 2.26 亿只高峰,至今一直保持在此规模上。值得一提的是,从 20 世纪 80 年代中期开始,我国生产的磁头 60% 以上出口到东南亚等地,近年来出口比例达到 80% 以上,成为一个外向型产业。

3. 影碟机机心

影碟机机心产量每年在 6000 万套左右(含独资和合资企业产量)。尽管世界上 60%~70% 的影碟机光学头在中国组装生产,但都是在做外加工,没有自主知识产权。关键的伺服电路和解码电路,目前仍依赖进口,所有这些都是制约和困扰我国影碟机产业发展的瓶颈。

4. 音箱

目前,中国已拥有大大小小的音箱厂上千家,扬声器部件生产企业上万家,每年可生产扬声器约 10 亿只,成为世界上扬声器最大的生产国和销售国。

第二节 声波与听觉的基本特性

欲研究声音的收、录、放、唱原理,应先对声波的基本特性及人耳听觉的基本特性等声学问

题作一些必要的介绍。

一、声波的基本特性

我们每一个人对声音都很熟悉,而声音就是通过声波来传送的。声音由物体振动产生,产生声音的振动物体称为声源。声音以波的形式传播,称为声波。下面将简要介绍声波的基本特性。

1. 声压和声压级

当声波在空气中传播时,由于空气发生周期性的膨胀和压缩,使空气压强也出现周期性的减小和增大,这个变化的压强与无声时的空气压强的差值称为声压,用 P 表示,它的单位是帕斯卡,简称帕,用 Pa 表示。声压的大小反映了声波的强弱。

对于 1kHz 的声音信号,人耳能感觉到的最低声压为 $P_0=2\times10^{-5}\text{Pa}$,电声工作者把这一声压称为声压级的 0dB(分贝)。

由于人耳能听闻的声压范围很大,可由 $2\times10^{-5}\text{Pa}$ 到 $2\times10^2\text{Pa}$,相差 10^7 倍,对于如此大范围的变化,计算上很不方便,因此采用声压级来表示声压就方便多了。人们把某一声音的声压 P 与人耳感觉到的最低声压 P_0 之比值的对数乘以 20 称为声压级,用 L 表示,它的单位为 dB(分贝),即有

$$L = 20\lg(P/P_0)$$

由于人耳对声音强度的接受不是与强度成正比,而是与声音强度变化的对数成正比。所以,用对数来计量声压级则更接近于人耳的主观特性。

表 1-1 给出了各种场合声音所对应的声压级。

表 1-1 常见场合声音的声压级

常见场合声音	声 压 级	常见场合声音	声 压 级
听觉阈	0dB	交响音乐会	80dB
自来水滴声	20dB	雷声	100dB
人讲话声音	40dB	飞机发动机(5m)	120dB
汽车喇叭声(10m)	60dB	痛觉阈	140dB

2. 频率

人们可以听到的声波频率范围是 20Hz~20kHz,这一频率范围又称为音频频率范围。当然这只是一个大概的范围,实际上每一个人听到的频率范围并不相同。一般来讲,青年人听到的频率范围要比老年人听到的频率范围宽,这是因为随着年龄的增长,人耳对高频声音的听力会逐渐降低。例如,50 岁左右的人,最高可听到的频率约为 13kHz,而 60 岁以上的人,很少能听到 8kHz 以上的高音。

20Hz 以下的声波称为次声波,20kHz 以上的声波称为超声波。对于次声波与超声波,人耳都听不见,其响度几乎为零。

声音可以是单频率的纯音,但是绝大多数声音都是由多个频率成分组成的复音。日常生活中遇到的语言、音乐或噪声大多数是复音。其实,任何复杂的声音,都可以看做是由几个或多个频率和振幅都不相同的声波组成的,其中频率最低的称为基频声波,其余的称为谐频声波,谐频均为基频的整数倍。

对于语言,一般男子声波的基频为 210Hz,谐频达 7kHz。女子声波的基频为 320Hz,谐频达 9kHz。

对于声乐,一般男低音的基频为 65~340Hz,男高音的基频为 128~480Hz,女低音的基频为 170~630Hz,女高音的基频为 240~1150Hz。

对于乐器,以钢琴为例,最低基频达 27Hz,最高基频达 4136Hz,谐频达 16kHz。

声乐与乐器的基频特性如图 1-3 所示。

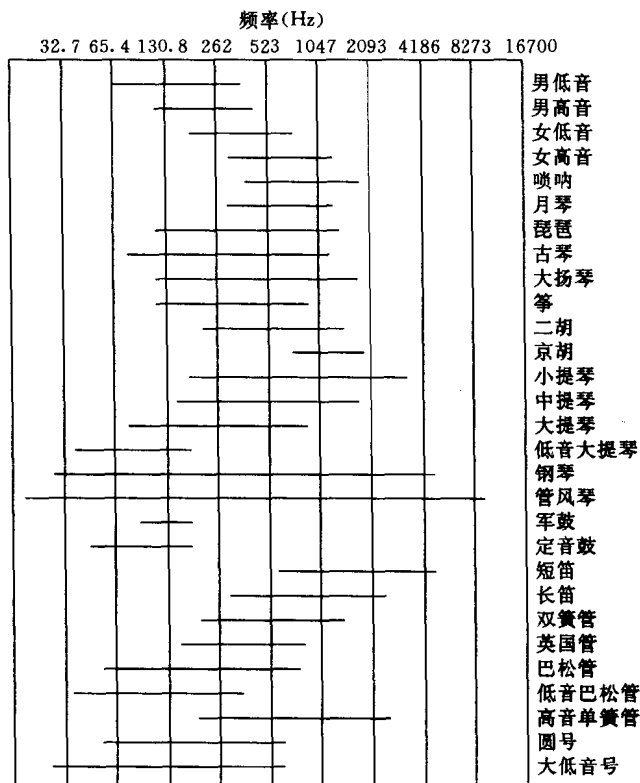


图 1-3 声乐与乐器的基频特性

3. 声速与波长

声波在单位时间内传播的距离称为声速,常用符号 C 表示,单位是 m/s。声速只与传播的媒质有关,而与声音的强弱及频率无关。例如:在常温空气中,声音的传播速度约为 344m/s。随着温度的升高,声速也略有增加。

声波振动一周所传播的距离称为波长,常用符号 λ 表示,单位是 m。声波的波长、声速、频率三者之间的关系为

$$\lambda = C/f$$

式中, f 为声波的频率,单位是 Hz。由此可见,频率越高,波长越短。例如:在常温空气中,频率为 100Hz 的声波,其波长为 3.44m;频率为 1kHz 的声波,其波长为 0.344m。

二、听觉的基本特性

所谓听觉就是指人耳对声音的主观反映。任何复杂的声音,对于人耳的感觉来说,可用声

音三要素来描述。声音三要素是指响度、音调和音色,与响度、音调和音色相对的物理量分别是声波的强度、频率和波形(频谱)。此外,人耳还有其听觉阈、痛觉阈、掩蔽效应及哈斯延时效应等特性。

1. 响度

响度俗称音量,是人耳对声音强弱的主观反映。响度与声波的振幅并不完全等同,由于人耳的可听频率范围是 20Hz~20kHz,在可听频率范围以外,无论声波的振幅多大,人主观感觉的响度始终为零,因此响度与声波的频率也有关。

描述等响度条件下声压级与频率的关系曲线称为等响度曲线,如图 1-4 所示。图中横坐标表示不同频率的纯音声波,纵坐标表示声波的振幅大小(声压级)。在同一条等响度曲线上的不同频率、不同声压级的纯音声波,给人的响度感觉是一样的。

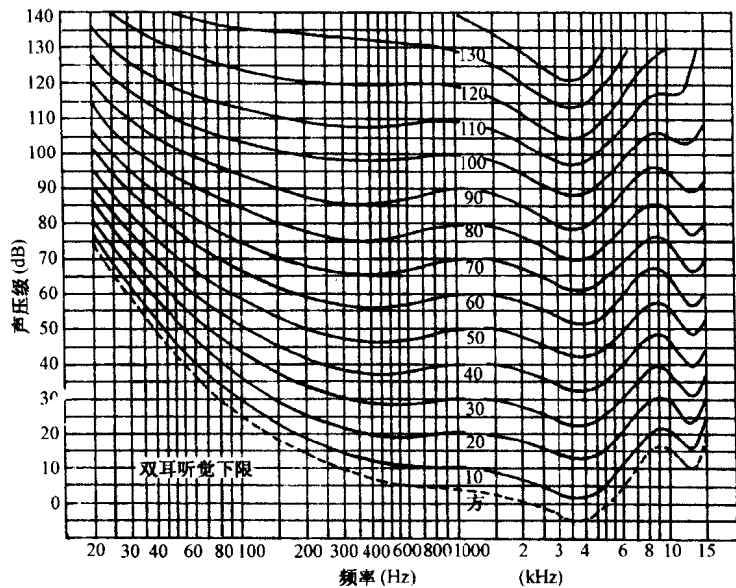


图 1-4 等响度曲线

等响度曲线以 1kHz 的纯音为声源,先让听音的人群以 1kHz 的声音的某声压级时的响度为基准,用其他频率的声音与之相比较,逐渐改变声压级,直到听上去与 1kHz 的基准响度相同为止,然后将各个频率的声压级逐点相连,成为一条等响曲线,并在 1kHz 处标注一个该曲线响度级的数字,其单位为方(phon)。

在图 1-4 的曲线中,每一条曲线上不同频率的声压级是不同的,但人耳响度的感觉却是一样的。声压级越高,等响度曲线越平直,这表明对于高声压级的声音,若振幅相同而频率不同,则响度感觉变化不大。但随着声压级的降低,听觉频响变坏,曲线弯曲程度增大,表明响度与频率关系甚大,人耳对高、低音的听觉灵敏度降低,而对 3~4kHz 的声音的听觉最灵敏。

由于人耳的上述听觉特点,致使人们在欣赏音乐时,在小音量情况下,对节目的高音和低音感知欠灵敏,听音时总感到低音不够丰满,高音不够明亮。为了弥补人耳的上述不足,保持原有高、低音的响度平衡,在音响电路中通常设立响度控制器,用来在较小音量时提升低音和高音信号的幅度。