

歌舞厅音响

李鸿宾 编著

新出版



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

53.5985

249

DG68/11

歌舞厅音响

李鸿宾 编著

电子工业出版社

4015964

内 容 提 要

本书是为歌舞厅调音师进行技术培训而编写的教材。全书包括声学基础、人耳特性、歌舞厅声场、歌舞厅音响系统的跨接、调音技巧、音源设备、音响系统的设备、调音台、功率放大器、音箱、效果处理器、信号处理设备以及必要的音乐知识。书后附有常用音响技术用语和 Hi-Fi 音响技术用语。特别对音响系统跨接,器材选用,操作以及与此相关的器乐、声乐和音场知识作了详细介绍,是一本实用性很强的技术书。作者李鸿宾长期从事音响技术工作,举办过多次全国音响师培训班,书中内容大多数为其讲课内容汇编。

歌舞厅音响

李鸿宾 编著
责任编辑 张新华

电子工业出版社出版(北京市万寿路)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
北京市顺义县天竺颖华印刷厂印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 25 字数: 600 千字

1996 年 11 月第一版 1996 年 11 月第一次印刷

印数: 6000 册 定价: 28.00 元

ISBN 7-5053-3748-3/TN · 989

前 言

本书是为歌舞厅调音师进行技术培训的调音技术的教材。为了提高音响技术人员的调音技巧与声学技术水平和艺术水平,就必须掌握一定的声学基础知识和音响实践知识。

对于一个合格的音响师来说,要有一定知识层次。首先要求有一定的电声基础知识。一套音响系统和各单元设备都是由晶体管电路以及集成电路构成的,所以要求音响师能够使用、掌握设备,也要求对设备的电路结构、性能、技术参数以及维护都能较全面地了解和掌握。二是要有一定的音乐声学知识。因为扩音系统主要是对音乐进行扩音,那么,就要求音响师对音源有比较全面的理解和认识,否则就将无法对音乐的音色进行修饰和加工处理。音乐可分为声乐部分和器乐部分。声乐部分又分美声唱法,民族唱法、通俗唱法和摇滚唱法等。不同的唱法其发声、吐字、共鸣、气息运用都有自己的风格和音色结构上的特性。音响师要保证其音乐流派所特有的最佳风格的音色结构状态。

器乐部分又有交响音乐、民族音乐、通俗音乐、爵士音乐和摇滚音乐等不同风格的流派,在音乐上有其显著的音色特性。再细研究,交响音乐有弦乐器、木管乐器、铜管乐器、打击乐器。再细分,弦乐器又有小提琴、中提琴、大提琴、贝斯提琴;木管乐器有长笛、黑管、双簧管、大管;铜管有小号、圆号、长号、大号以及众多种的打击乐器。每一种乐器都有其自己的音域(频率区域)和最佳音色的频率区域。所以,要求音响师可以不是乐手、不是歌手,但要了解其音色结构与特性,才能够对其音色的频率结构进行修饰和加工处理。

三是音场知识(属建筑声学)。因为声音的传播要通过媒体,主要渠道就是空间。无论是剧场、歌厅、舞厅、礼堂、俱乐部、餐厅、体育馆……都是一个声场。具有一定的形状、容积、面积和不同的建筑材料、不同的吸声特性,也就具有不同的反射和吸收特性以及不同的混响时间,声音的传播也就具有不同的频率传输特性。再加上人耳生理组织的特殊结构,造成听觉上有很多不同的听觉特性与效应,这些都需要音响师具有全面的知识。因此,一名音响师的知识面应是很宽的,而且知识层次也应较高,这就要求一名优秀的音响师要集多方面才能于一身,才能达到出色的音响师的要求。

本书将重点介绍调音工作中比较实用的部分,其中包括声学基础、声音和人耳的听觉特性以及歌厅的调音技巧。还介绍音响系统的各单元部分,包括话筒、调音台、功放、音箱以及周边设备的功能特性和使用方法。希望通过学习能够掌握歌舞厅声场特性和调音技巧,从而提高我们的调音技术和音响艺术水平。

作者

1996年2月

目 录

第一章 声学基础	(1)
一、声音的世界	(1)
二、声音的分类与应用	(1)
三、音乐与健康	(3)
四、音乐与动物、植物的关系	(4)
五、噪声对人体的危害	(4)
六、音色与发音体	(5)
七、音色的群感	(6)
八、声音强弱的主观特性	(6)
九、声音的指向性	(9)
十、声音的共振	(11)
十一、声音的掩蔽作用	(13)
十二、消声室	(14)
十三、混响室	(14)
十四、关于立体声的原理	(17)
十五、关于分贝	(21)
第二章 人耳的听觉特性	(27)
一、基本概念	(27)
二、人耳的听觉特性	(28)
三、音色的结构	(31)
四、关于音色的评价	(35)
五、颅骨效应	(42)
六、鸡尾酒会效应	(43)
七、回音壁效应	(44)
八、多普勒效应	(46)
九、哈斯效应	(46)
第三章 歌舞厅的声场	(50)
一、卡拉 OK 歌舞厅的发展	(50)
二、卡拉 OK 在各地的风格	(51)
三、对歌舞厅声场的要求	(51)
四、歌舞厅的隔音与防震	(52)
五、歌厅的平行共振	(53)
六、歌厅的返送系统	(53)
七、监听的扬声器系统	(54)
八、集中式声场及其特性	(54)

九、分散式声场	(59)
十、声波相互干涉	(60)
第四章 歌舞厅音响系统的跨接	(63)
一、KTV 包间的 AV 系统	(63)
二、中小型歌舞厅的音响系统	(66)
三、大型歌舞厅的音响系统	(71)
四、大型文艺演出的音响系统	(75)
五、大型 Disco 舞厅的音响系统	(79)
六、歌舞厅音响系统工程的制作	(83)
七、调音台位置的选择	(102)
八、歌舞厅声学技术等级指标	(103)
九、歌舞厅灯光的调节	(110)
第五章 调音技巧	(117)
一、混响与混响器	(117)
二、混响时间的调节	(118)
三、混响强度的调节	(119)
四、变调器的调节	(120)
五、伴奏音乐与歌声的比例	(125)
六、清晰度与丰满度	(126)
七、声像的统一协调	(127)
八、音乐酒廊与咖啡厅的调音	(127)
九、摇滚音乐的调音	(128)
十、强大声压级对健康的危害	(129)
十一、充分发挥调音台的功能	(132)
十二、对人声的调音	(134)
十三、演员与话筒的距离和角度	(137)
十四、九段均衡器的调节	(138)
十五、歌厅常用乐器的拾音	(140)
十六、各种乐器的频率特性	(141)
十七、大型乐队的调音	(142)
十八、乐队的编制和布局对声音的影响	(148)
第六章 音源设备	(162)
一、双卡座录音机	(162)
二、激光唱机	(169)
三、卡拉 OK 机	(181)
第七章 歌舞厅音响系统的设备——话筒	(190)
一、话筒的发展与概况	(190)
二、话筒的分类——按原理分类	(191)
三、话筒的分类——按结构与应用范围分	(193)
四、无线话筒	(213)

五、对话筒的要求	(217)
第八章 调音台	(228)
一、概述	(228)
二、荷兰 PHONIC 1200 调音台	(230)
三、日本 YAMAHA EMX-2300 型调音台	(242)
四、美国 PEAVEY XR-1600C 型调音台	(254)
第九章 功率放大器	(260)
一、功率放大器的分类	(260)
二、功率放大器的匹配	(267)
三、功率放大器的选择	(268)
第十章 音箱	(274)
一、扬声器的结构	(274)
二、音箱的分频器	(275)
三、音箱的结构	(279)
四、歌舞厅常用音箱	(281)
五、扬声器位置对低频的影响	(295)
第十一章 声音效果处理器	(297)
一、歌声的效果处理	(297)
二、效果处理器的电路	(298)
三、效果器的使用操作	(298)
第十二章 信号处理设备	(325)
一、均衡器	(326)
二、压限器	(334)
三、激励器	(341)
四、延时器 DELAY	(347)
五、电子分频器	(353)
六、噪声门(Noise Gate)	(359)
七、声反馈抑制器	(363)
八、移频器	(364)
附录 A: 专业音响常用技术用语	(366)
附录 B: Hi-Fi 音响领域常用的技术用语	(379)
编后语	(390)

第一章 声学基础

一、声音的世界

声音是粒子运动的结果。简单地讲声音就是当一个物体受外力作用时,产生一个往复的弹性振动,这样就产生了声波,经过介质(空间、物体或水)向四面八方传播。当人耳接受声波的振动,通过听觉神经传达给大脑。这就是声音传播的整个过程(见图 1-1)。

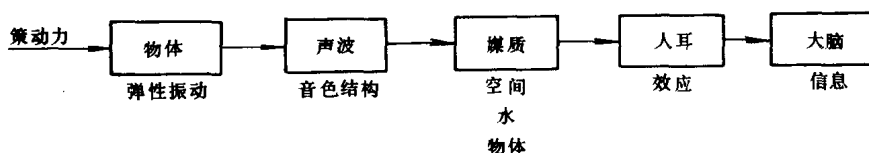


图 1-1 声音的传播过程

声音是世界上很重要的物理现象,它和人们的日常学习、工作、生活有着极其密切的关系。正因为它的存在太普遍了,所以常常被人们忽略了它的重要性。

假如世界上的声音消失了,不存在了,那么世界将会变成什么样子呢?那将是非常可怕的情景。

假如世界上一切声音都消失了,那么:

飞机、火车、轮船、汽车、工厂……都停止工作了;

刮风、下雨、霹雳、闪电……都没有了;

语言、音乐、歌声……也都不存在了;

甚至于人类心脏跳动的声音、血液在血管中流动的声音,也消失了。

人类和世界上的一切生物都灭亡了,世界变成了一个静止的空间,那将是多么可怕啊!所以说声音和人类的生存是密切相关的。声音是人类生存的重要的伙伴。

当一个声音通过空间传入人耳时,人们常常仅凭听觉感受到声音,但这个“声音”并不是原本客观存在的声音,而是发生了某些改变。这种现象就是听觉效应。例如哈斯效应、多普勒效应、鸡尾酒会效应、回音壁效应等等。

所以说声音的振动、传播、听觉感受,这些过程是一个十分复杂的过程,但其中各部分的关系都是十分清楚的。这在以后的章节里将详细介绍。

二、声音的分类与应用

1. 声音的分类

研究声音的学科叫作声学。按研究对象不同可分为语言声学、音乐声学、建筑声学和电声

学、噪声学。其中音乐声学又可分为声乐声学、器乐声学和音乐律学。这些都是独立的声学的边缘学科,都具有各自完整的、系统的理论与实践和广泛的应用领域。

随着科学的不断发展、电子计算机的广泛应用,解决了声学中的许多复杂的计算问题。所以,研究声学领域的范围也在不断地扩大。比如:专门研究语言的学科称为语言声学。中国科学院设有语言声学研究所,专门研究语言的结构与特性和分析语音信息的电脑媒体。声文技术就属于语言声学领域中的一个重要课题。

专门研究音乐与声学的关系称为音乐声学。它包括发声、气息、共鸣等生理声学的部分称为声乐声学;研究乐器的结构与制作和它的音域、音色的特性,以及乐器的艺术表现力等等内容的学科称为器乐声学;关于音乐领域中的弦乐器使用的五度相生律和管乐器使用的三分损益律,还有键盘乐器使用的十二平均律,以及专门研究音乐律学的纯律和专门研究这些不同律制之间的关系与数据,和如何正确使用的学科称为律学。

通过电子电路把声音进行各种特性的加工处理,例如:修饰、美化、扩大、传播的系统称为电子声学。音响系统的各个单元大部分都属于电子声学领域中的组成部分。

专门从事厅堂建筑设计与声学关系的领域称为建筑声学。比如对剧场、歌舞厅、会议厅、体育馆的声学设计与研究等都属于建筑声学领域的范畴。

专门研究噪声问题的学科称为噪声学。中国科学院专门设有噪声研究所,专门研究、分析、处理各种噪声。因为噪声对人类生存的危害越来越严重,所以也越来越被人们所重视。世界许多国家也制定了关于噪声的具体的法律条文。我国也制定了有关噪声的各项技术标准。

2. 声音的应用

水声:声纳技术应用于军事领域,驱逐舰通过声纳探测潜水艇;声纳也用于海底探矿。

超声波:可应用于各种工程的引爆系统。

声控:可用于电视机、收音机、录音机以及电子玩具,由声音进行控制。

语音电话机:使用语音叫播对方电话号码。

语音打字机:根据语音总体发音规律制作的单音字母打字机。

语音保险柜:根据每个人音色结构不同的原理制作的声锁,例如:瑞士银行出租的语音保险柜。

音乐医疗:世界上很多国家都建立了许多音乐疗养院,例如:美国、日本、中国都有,如北京的西山音乐疗养院对治疗一些心血管疾病、脑神经系统疾病,以及一些慢性病都有良好的医疗效果。

声文技术:众所周知,水文是研究河流、湖泊、水位、地下地上水的各种资料的技术,也包括气候、季节等资料,统称为水文;那么,声文则是研究、分析声音的特性与信息的技术,例如:利用声文技术破案的实例——阿基诺将军事件。1983年3月28日,菲律宾阿基诺将军走下飞机时,当着各国新闻记者在场的情况下,中弹遇刺,当场有很多记者都正在录音录象,后来利用声文技术很快就破案了。破案过程是由日本音响研究所所长铃木从日本记者手中的录音录象资料里的背景噪声中进行成百倍的放大。分析出四个人的对话与案件有关:“到时候了。”“该动手了!”“开枪吧!”“由我来干吧!”铃木对这四个人的声音进行了频谱分析,制成了频谱曲线。然后,又对所有在场的人进行了声音取样,并对这些声音也进行了频谱分析和频谱曲线的制作。其中有四个人的声音与以上四句话的频谱曲线完全吻合,结果是:这四个人是四名警察。案件很快被侦破了。因为音色的频谱曲线象指纹一样,每个人都不尽相同,可以很接近,但没有完全绝对一致的。因为每个人的年龄不同、生理生物时钟不同、遗传特性不同、生物特性不

同,所以人的声带结构和肌肉结构也就各不相同,所发出的声音也就各具特色。再加之人体素质不同,营养状况、教育状况、环境状况、性格状况和发育状况的不同,也都影响每个人的音色结构。因此,即使孪生子的声音也不完全相同。

三、音乐与健康

1. 音乐与心理健康

生活中,当你听到了旋律优美、节奏和谐的轻音乐曲,顿时会使你感到心旷神怡,充满无限的惬意,对人身心都有很大的益处。

音乐可以陶冶情操、启迪思维,使大脑中枢神经的反应变得灵敏、意识聪慧,对激发脑细胞的活力具有一定的促进作用。音乐的远期效应是很深广的,而就音乐的近期效应,人们可能感到更直感一些。

2. 音乐和人们心理健康有着密切的关系

人们的健康有两方面概念,一是人体健康、一是心理健康。而并不单纯是有了病就不健康,没有病就健康的这种简单的概念。健康既包括人体的,又包括心理的,往往心理健康状态不佳也不亚于疾病对人体的危害。

心理健康包括智力的健全、情绪的稳定、意志的坚定、反应的适度、行动的统一与协调、心理的反映活动适合于年龄等等。而音乐恰好可以调理人体的这些表现。这是因为音乐对大脑皮层的兴奋和抑制的节律起到了良好的平衡作用。所以说,音乐是人的心理医生。

3. 音乐与医疗

忧郁往往是癌症的活化剂。精神的过度紧张也常常是步入疾病的渠道。有专家提出,脱发就与精神上的冲击有关;白发和精神严重负担有关。所以,利用音乐来治疗某些疾病,取得了惊人的效果。世界上许多发达国家都建立了音乐疗养院。北京的西山也有一座音乐疗养院。美国曾介绍了多例利用音乐使大脑恢复了智力的事例。多年来,从事音乐医疗的专家们从经验总结出:巴赫的音乐能够治疗神经衰弱,且有良好的疗效;李斯特的抒情曲对治疗失眠症有特效;小夜曲对治疗高血压症也有良好的效果。

音乐对人们的心理也有积极影响:可以减轻疲劳、促进人体的新陈代谢,使人心胸开阔、精神轻松、消除忧郁,使人体内分泌保持平衡,增强人体的免疫力,从而无形中提高了人的心理健康水平,也提高了人体的素质。

还有,在做小型手术时,用耳机听强烈的音乐可以代替麻醉剂;在治疗牙齿时,听音乐可以分散焦虑的紧张情绪;在做中型手术时,听音乐可以缓解精神上的过度紧张,可减少麻醉剂的用量;母亲听音乐可以促进新陈代谢,保持内分泌的平衡;胎儿听音乐可使其健康地发育。就是对一些疑难病症,一些顺势治疗的专家常常采用一杯清茶、一支轻音乐曲,让患者静心地品味,这会使病人大脑神经的兴奋和抑制取得平衡,会使思维稳定,会增强人体的免疫能力,从而对疾病的治疗助了一臂之力。

因此,人们正常的日常生活除每天吃饭、喝水、休息、工作、学习之外,还应该增加第六条,就是听音乐——这能起到让大脑进行轻松散步的作用。如此才不失为一个完美健全的人生。

一位名人曾说过:“喜欢音乐的孩子不会变坏。”希望我们的心灵都是美好的!

我们每天的的生活和工作都和音乐有着密切的联系,希望我们对音乐的功能有一个更深刻的认识与理解,让音乐给人们带来更多的健康与欢乐!

四、音乐与动物、植物的关系

1. 音乐与动物的关系

中国有句俗话“对牛弹琴”，是用它来形容对方不懂音乐。但是，今天这句话已经不科学了，其实牛也是懂音乐的。对牛弹琴，牛就能多出奶；对鸡播放音乐，鸡就能多下蛋，这早已被人们所认识了，因为音乐对动物的大脑神经有刺激作用。有节律的声音，例如轻音乐、抒情歌曲等对动物都有调解中枢神经的作用。

通过实验证明：有节律的、柔和的、旋律和谐的音乐、歌曲传送给动物，这一声波刺激动物大脑皮层的兴奋和抑制。这个刺激促进了生理机体的正常、健康的发育。例如韩国养鸡场（房）播放有节律的轻音乐曲，结果是：产蛋率增高 37%。

再例如：目前的胎教录音带的发行，就是让胎儿听柔和、悦耳的轻音乐，以达到胎儿健康发育的目的。

2. 声音与植物的关系

声音与植物有着感情的关系与有机联系。

日本早稻田大学山本茂教授研究、实验，在植物叶片上装上很多个很小的电极，然后用扬声器播放有节奏的轻音乐曲。此时极片上就产生了电荷，各叶片之间也就产生了电位差，叶片的毛细孔也随着音乐的节奏一开一合，在植物纤维体内产生了一股离子流，从而促进了植物的新陈代谢、加速了植株的生长。在日本无土栽培园内，就采用播放舒缓的轻音乐曲来加快植物的生长。但是，强烈的音乐也只会损害植物的生长。植物在强大音乐噪声中，10 天就会枯萎。在歌舞厅中，扬声器附近的鲜花很快就凋谢了。

所以说，植物也是懂音乐的。它和声音之间有着密切的有机联系。人们对这些知识应该有充分的认识，从而调整、处理好生活中有关声音的问题。

3. 植物音乐

法国人斯顿·海顿通过研究实验，采用量子力学原理，根据植物产生蛋白时其分子链运动时产生的频率制作出音乐。当植物听了这种音乐，促进了植物蛋白质的形成。例如：番茄听了这种音乐后，其果实比普通番茄大一倍多。这种音乐每段时间很短，一曲只有 29 秒钟，而且不能连续地听，只可以断续地听，而且人们若听了这种音乐便会产生头晕和呼吸困难，所以这是一种植物专门音乐。目前斯顿·海顿在法国已申请了专利权。

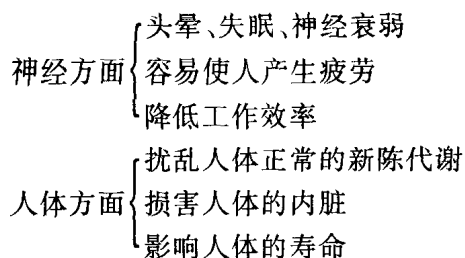
五、噪声对人体的危害

人体在 55 分贝以上的噪声环境中，就有不舒服的感觉。

中国城市中 60% 的生活环境中的噪音对人体有害。目前，法律逐渐把噪声干扰列入了有关法律条文中，例如：建筑工地的噪声干扰民宅，需支付一定的噪声补贴费用。

什么是噪声呢？人们不需要的声音即噪声。例如：在学校里中午休息时间，有的同学想稍事休息，或者睡一会儿午觉。可有的同学想听音乐。虽然收音机中播放出于丽拿的小提琴协奏曲“梁山伯与祝英台”的优美曲调，但对于想睡午觉的同学来说，再动听的音乐也只是噪声而已。

噪声对人体到底有哪些危害呢？



人们长期生活在噪声环境中,例如在工厂的机床车间、冲压车间、锻压车间等强噪声环境中工作的人们,容易产生头晕、失眠、神经衰弱等症状。所以,对强噪声应该进行有效的控制。

在生活环境中的噪声容易使人产生疲劳。例如:星期天去逛商店,两个小时走三千米的路程;或者去公园里散步,也是两个小时走三千米的路程。人们的感受却不一样。逛商店会感到很疲劳,因为在嘈杂的噪声环境中,精神很紧张;而逛公园尽管与逛商店消耗的体力一样,但却感觉轻松愉快。

在噪声环境中工作,会导致工作效率下降。例如:一些脑力劳动如抄写文件、电脑打字、艺术创作等工作,若在噪声环境中进行,就会出现容易出错、缺乏灵感等现象。

在噪声环境中生活的人们,常常会出现新陈代谢的功能紊乱。这种现象人们可能不会明显地觉察出来。因为象消化、血液循环、内分泌等生理功能,人们没有明显的直接感觉。美国加州某大学生物系对汽车制造厂装配流水线上的工人与疗养院的疗养者进行了基础代谢的测定,前者基础代谢的紊乱参数普遍高;而在安静环境中的人们,其基础代谢比较正常。

强大的噪声损害人体的内脏,主要是心脏、肝脏和肾脏。比如:超过 120 分贝声压级的音乐实际上已是噪声,因为它对人体已构成危害。另外,强大的噪声会使人体内脏出血。例如:战争中炸弹爆炸,杀伤力主要是气压的冲击波,并非弹片。人体解剖后发现心脏、肝脏、肾脏内出血而致命。

噪声影响人体生存寿命。我国各省人口平均寿命最长的省份为山西省(据日本“科学朝日”学者对中国人口寿命的调查。)分析其中原因之一是:山西人长年居住在窑洞中,环境背景噪声水平很低,长年累月对人体生物时钟产生影响,所以延长了其寿命。大城市中居民衣食住水平都比乡间居民水准高,但就其生存寿命来说并不比乡间人长久。

六、音色与发音体

影响音色的诸因素

每个声音的音色都有所不同,这就是因为它的音色结构不同,也就是它的泛音结构不同,它们的频率特性曲线不同所造成的。音色结构的不同和发音体的种类不同有着密切的关系。

发音体的类型有:

1. 结构不同:弦、簧片、金属;
 2. 质料、质地不同:金属、人体、电子;
 3. 激发位置不同:气息、声带、口形、吹奏或拉奏方法;
 4. 力度大小不同:P.f 影响音色;
 5. 共鸣体(腔、箱)大小不同:影响音色的泛音结构;
 6. 振动体的弹性:影响音色的始振特性和衰减特性;
- 声带:儿童——富于弹性,音色清脆明亮

老人——声带松弛,音色苍老;
哨片:软——始振越慢,衰减也慢;
硬——始振快、力度大,衰减也快。

七、音色的群感

乐音即音乐中使用的声音。它不是一个单音,而是一个复音,就是有一个基音和一系列的泛音所组成。这些泛音和基音在频率上成倍数关系。泛音频率是基音频率 f 的整倍数。如 $2f$ 、 $3f$ 、 $4f$ 、 $5f$ 、 $6f$ 等。

为了增加音乐的美感和丰富的艺术魅力,常常使用和声结构,组成大三和弦和小三和弦、属七和弦和减七和弦等方式来美化和谐的结构。

音乐当中往往还采取群感来美化和丰富声音的音色结构来提高音色的表现力,也就是在一个音高上选用多个声源,例如合唱,即一个声部采用多个声源来演唱。大合唱具有女高、女低、男高、男低四个声部。每一声部有若干人。它们每一个声音在音高上允许有 $2 \sim 3$ 个音分的差异,而且在始振时间上,也就是起步时间上允许有 $3 \sim 5\text{ms}$ 的前后时间差异,从而形成一群人演唱的效果。在聆听感觉上给人以群感,从视觉上领会到一种浮雕性。

如果把一个声音比作一块布,那么,一群人演唱就是一块绒,声音富有弹性和丰厚感,是音色的一种类型,在艺术舞台上任何方式所不能代替的。

如果在录音棚则可以用加工的方法来制作群感的效果:可以先录制一两个人的声音作为原始声,然后,把原声进行音高的提升或降低 $2 \sim 3$ 个音分的处理,再和原声混合录制成一条新的声带;另外,还可以把原声在时间上进行提前 $3 \sim 5\text{ms}$ 和滞后 $3 \sim 5\text{ms}$ 的处理(DELAY),然后再和原声混合录制成一条新的音带。经过多次这样的处理,即可得到一个音色丰满的合唱效果声带。如此可以减少参加录音的人员,可减少开支,方便了组织机构的工作。在提琴(V)上也可以这样的方法进行提琴群感的制作。

八、声音强弱的主观特性

声音的一般特性:

首先要了解一下声音的几个最基本的概念:

频率(f): 每秒钟振动的声波次数,单位为赫兹(Hz)。

周期(T): 每一次全振动所需要的时间,单位为秒(s)。

波长(λ): 相邻的两个波,同相位点的距离。

频率和周期的关系: $f = 1/T$

波速(r): 单位时间内,声波传播的距离 m/s 。

$$r = f \times \lambda$$

声波频率范围: $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ 。

超声波: 20kHz 以上频率的声波。

次低声: 20Hz 以下频率的声波。

角速度(ω): 等于 $2\pi R$ 弧度/秒

1. 灵敏度曲线与动态范围

人耳对于不同频率的声音有完全不同的灵敏度,最灵敏的区域是 700~3000 赫兹之间,人耳在这一区域内的灵敏度是非常高的。但是,不同的人,甚至同一个人的左右两耳,可能有大大不同的灵敏度。老年人的听觉灵敏度随着年纪的增长而降低,同时,可闻频率的上限也会渐渐下降。

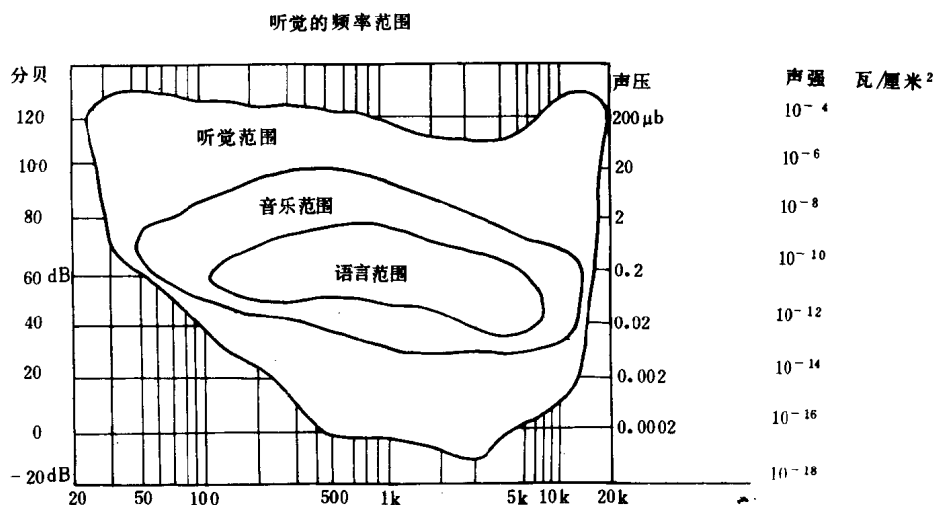


图 1-2 人耳听觉的频率范围

图 1-2 表示人耳的灵敏度曲线。横坐标为频率,纵坐标为声音强度,图中最下一条曲线是闻阈的界限,最上一条是表示痛感阈界限,两曲线间包括的范围代表整个听觉区域,由图可见,最灵敏的地方是在 3000 赫兹左右,在 16 赫以下和 20000 赫以上的区域,无论强度多大都不会听到。

痛感阈的声强对可闻阈的声强的比值称为(听力范围的)动态范围。显然,在中频区(500~4000 赫)的动态范围比在高频及低频区要大得多。例如在 1000 赫时,动态范围为 $10^{-4}/10^{-16} = 10^{12}$,而在 32 赫时则约为 10^7 。

图 1-2 不仅是人耳的灵敏度曲线,同时它又表示声音可听范围、音乐、语言频率及音量范围、动态范围等等。

2. 声音强度与音高

音高的变化主要决定于频率。但是和振幅的大小也有一定的关系。当听到一个固定频率的音,而且持续较长时,只要强度一有变化,则在我们的听觉上也产生相应的感觉变化。例如在 2000 赫以下的音,如将强度增大就感到它表面上低了;相反,强度减小,就会感到高了。但接近 2000 赫的声音强度如有变化,似乎不产生如此感觉;如果超过 2000 赫时,它的音高的表面提高程度就不太显著。

图 1-3 是一些实验结果:横坐标表示频率,纵坐标表示当某一纯音的响度级从 40 方增加至图中所示的另一值时,音高的表面变化的百分数。例如 100 赫的声音从 40 方的响度级增加至 100 方时,音高好象降低了 10%;又如 500 赫的音当从 40 方增至 100 方时,好象只降低了 2.5%。

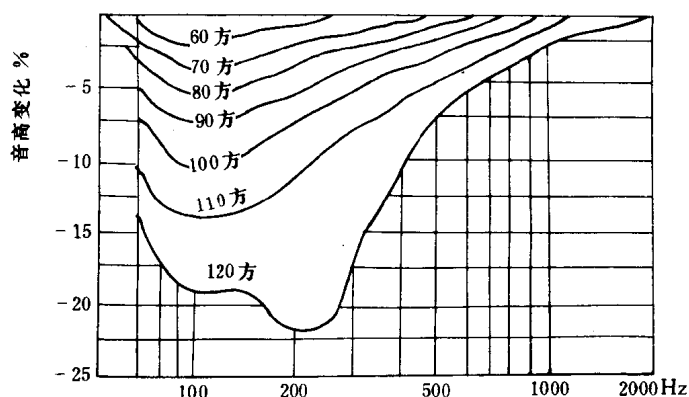


图 1-3 音高变化的百分数

声音强度和响度级的变化在一定条件下影响音高在主观上的感觉,这是因为当振幅增加至很大时,声音对于人耳鼓膜的刺激可能使它涨大或变形,使它的重心移动因而影响到神经上的感觉。

3. 等响度曲线

人耳对于不同频率的声音有不同的响度反应。我们用实验的方法比较各种频率下,人耳实际感受声音的响度,就可以得到一个用方表示声音响度对频率关系的曲线,这就是有名的 H. Fletcher 和 W. A. Munson 二人测定的等响度曲线。如图 1-4,它是用 1000 赫兹的纯音作为参考频率,并选定参考频率的声压级,调节其它各频率的声压级,直到它们被认为是响度相等为止。这样即得出此图。图中横坐标表示频率,纵坐标表示声级,图中间的曲线代表相等的响度级。从响度级来看,此图表有以下性质:

(1) 两个声音的响度级(方)相同,但强度不一定相同,它们与频率有关。例如:80 赫 70 分贝的音是 50 方,而 1000 赫 60 分贝的音却是 60 方。二者相比,前者大 10 分贝,而响度级却小 10 方,相反,50 赫及 500 赫的二音,如响度级都等于 20 方,那么强度则不相等,前者是 64 分贝,而后者是 25 分贝。

(2) 两个声音的响度级(方)及强度(分贝)仅在 1000 赫时才相等。例如在 800 ~ 1000 赫这个范围内,方的变化和分贝的变化其数值是完全一致的。因此在这个频率范围内,可以用分贝代表方,如超过此范围即不如此。但这是在纯音条件下的情况,如具有宽频谱的声音或声音较强时(如强的乐队音等)也可用分贝来代方。

(3) 在响度级大于 80 方的强大声音时,响度级只决定于强度(分贝),而与频率无关。在此情况下可以近似地认为方与分贝值相等。

从图 1-4 可看出,如果几个不同频率在同样声级 50 分贝时,人耳对于 50 赫的音则听不到(因低于闻阈 2 分贝),响度级近于 0 方,100 赫的声音,响度级为 20 方;300 赫兹的音为 40 方;1000 赫兹的音为 50 方(这等于 50 分贝,二者吻合)。对 1000 赫兹来看,声级每变化 10 分贝,也就改变 10 方(在 700 ~ 1500 赫时大体都如此)。但在低频时,如果声级小于 90 分贝,方比分贝变化得快,这些声音的等响度曲线较密,因而声级每变化 3 ~ 4 分贝时,响度级即变化 10 方;当频率为 50 赫,声级为 68 分贝时,响度级为 30 方(相当于耳语的响度)。当声强级增加 10 分贝而变为 78 分贝时,则响度级相应地立即增加 30 方而变为 60 方(相当于普通讲话的响度)。

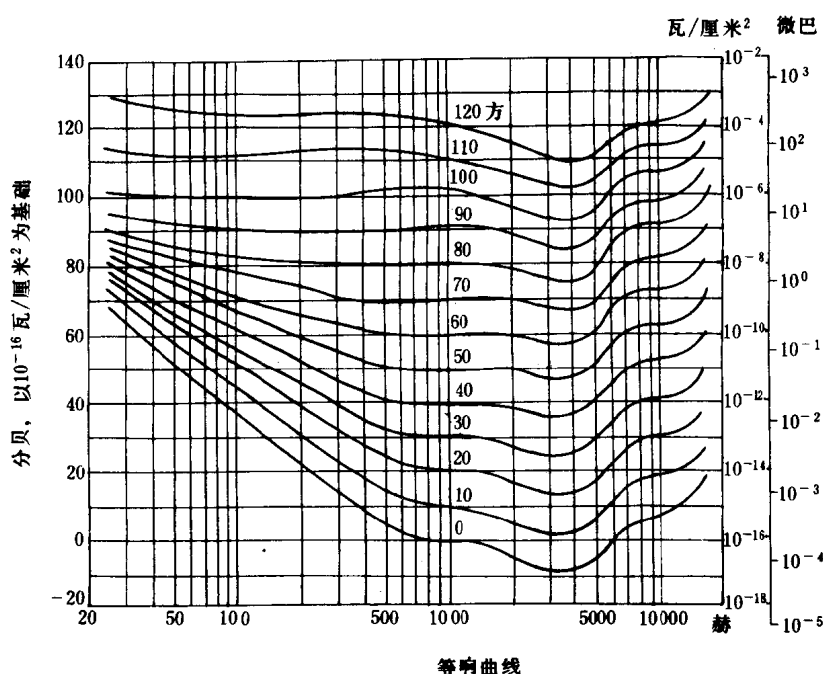


图 1-4 人耳听觉的等响曲线

由于听觉上的这些特点,在加强或减弱乐队的音量时,要考虑到用低音乐器加强低音,会使乐队音量的增大收到显著效果。在这方面听觉的自然条件刚好对我们有帮助,因为相对地稍许加强低音,音量就能大大加强;反之,相对的稍许减弱低音的声强,音量就大大减弱。

大体可以认为当分贝改变相同时,60~80 赫兹以下的音,如小于 90 分贝时,它的方值要比高音增长快 1 倍。这就是说明,低音乐器的音越低,对全乐队的音量改变也就越大。

响度级和声级(即方和分贝)之间的数量之差越大,则声音越弱,并且它的频率也越低。因此,低频率区音量的大小又与频率有关。然而在响度级大于 80 方时,声音的响度级(方值)只决定于它的声强,而与频率无关,因而可以近似地认为方与分贝相等。对于频率范围宽(或宽频谱的声音)并且较强的声音(如较强的乐音或乐队音),用分贝值代表方值也是可以的,以便于实测。实测时使用声级计,测得数值为分贝,然后按分贝值计算出相应的其他数值。

九、声音的指向性

高频率声音的指向性很强,中频率声音有一定的指向性低频率声音的指向性不明显(见图 1-5、1-6)。

由于不同频率的声音指向性不同,所以不同频率的声音其等响度覆盖面积也不同。低频率声音指向性不强,向四面八方辐射,声功能损失很大,传播距离不远;中频率声音有一定的指向性,比较容易控制;高频率声音指向性很强,覆盖角度窄小,射程远,穿透力强。

人们的聆听环境要求低频、中频、高频声音都有比较均衡的传输特性,所以可在扬声器和音箱上做一些控制声音指向性的措施。如:

纸盆: 低音、中音、高音扬声器纸盆(见图 1-7)。

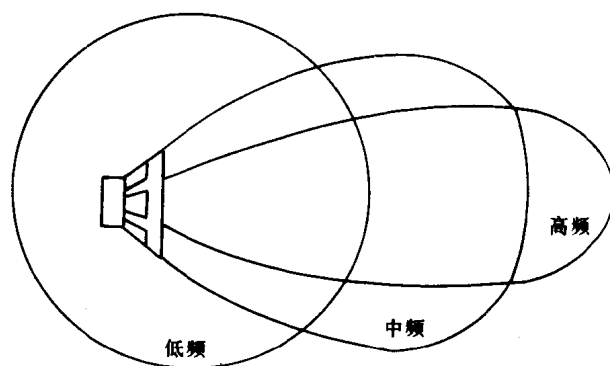


图 1-5 不同频率的声音的指向性示意图

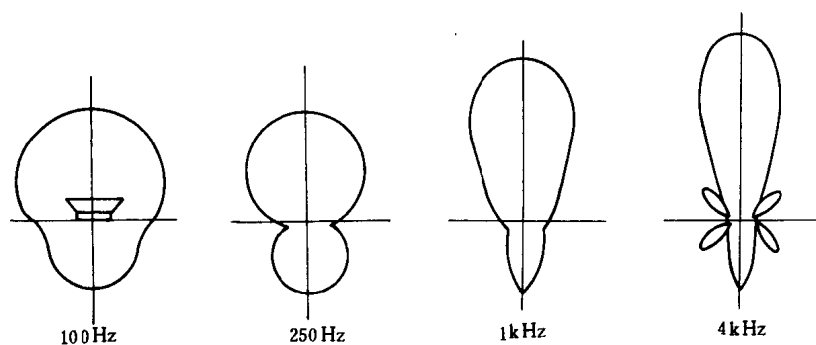


图 1-6 不同频率声音的覆盖面积

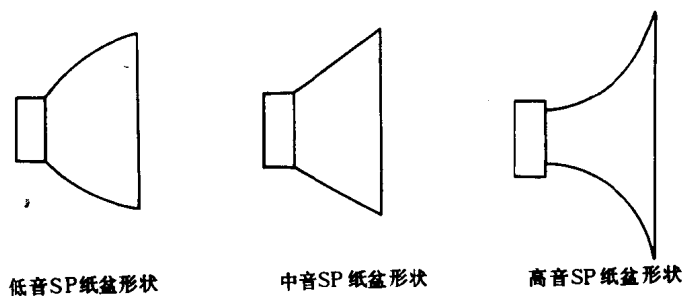


图 1-7 扬声器纸盆的形状

音箱：低音箱。

抑制板：用来控制低频声音的指向性(图 1-8a)。

号角：将高频声音方向扩散一些(图 1-8b)。

球顶型扬声器：将高频声音扩散(图 1-8c)。

低频音箱的抑制板,使低频声音传播受到了限制,减少音箱背部和两侧无用的声音扩散,使声音得到了有效的利用。