



家庭放声与 立体声

肖平 编著

科学普及出版社

家庭放声与立体声

肖 平 编著

科学普及出版社

内 容 提 要

目前,家庭放声得到迅速发展,而且大家对家庭放声的质量要求越来越高。作者为适应这种需求,编写了《家庭放声与立体声》。本书内容包括:漫谈放声、家庭中的演奏者、电动扬声器、音箱、家庭放声系统和家庭放声的新技术等六个部分。它对什么是高保真度放声、立体声有什么特点、怎样重发声音、哪些因素影响家庭放声的质量等等,都作了较为具体的解答;比较系统地介绍了家庭高保真度放声和立体声的基本知识;并对怎样构成家庭放声系统和制作音质优美的音箱进行了深入地讨论,同时为便于读者业余制作还介绍了有关电路图。

本书通俗易懂,且有指导实践的意义,适用于音乐和业余无线电爱好者,以及具有初中文化程度的广大工农兵群众阅读。

家庭放声与立体声

肖 平 编著

责任编辑:高宝成

封面设计:王序德

*

科学普及出版社出版(北京白石桥紫竹院公园内)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

朝 阳 六 六 七 厂 印 刷

*

开本:787×1092毫米^{1/32} 印张:37/8 插页:2 字数:79千字

1983年1月第1版 1983年1月第1次印刷

印数:1—81,000册 定价:0.40元

统一书号:15051·1077 本社书号:0676

前 言

优美动听的音乐，富有感染力的戏曲唱腔，使人们在工作之余获得有益的艺术享受。由于现代电子学和电声技术的进展，以及人民生活水平的提高，所以在家庭中建立一个“音乐戏曲电化教学中心”是很有必要和可能的。这样，广大人民群众，不但可以聆听世界各地音乐家的演唱，欣赏各国著名乐队演奏的乐曲，甚至早期古典作品也能逼真地重放，而且人们可以根据不同的需要接受电化教育，从事各种学习。目前收音机、电唱机和电视机已经普及到千家万户，从而家庭放声的影响也几乎遍及到每个人。由于调频广播、密纹唱片和盒式录音机的出现，使放声质量显著提高，因此高保真度放声和立体声在社会上也开始流行起来。家庭放声和立体声，受到越来越多的音乐戏剧爱好者、业余无线电爱好者和参加各种业余学习者的欢迎。

什么是高保真度放声？怎样重发出婉转悠扬、和谐悦耳的声音？立体声有什么特点？有哪些因素影响家庭放声的质量？目前家庭放声有什么新的动向？本书都做了通俗易懂的回答；结合我国工业产品的情况，比较系统地叙述了家庭高保真度放声和立体声的知识；还简单地介绍了它们的原理；而且对怎样构成家庭放声系统和怎样动手制作音质优美的音箱进行了较为深入地讨论，同时为了业余制作还给出了一些简单的电路图，以供参考。

往往喜欢高保真度放声的人，既是音乐爱好者，又是业余无线电爱好者。我们可以相信，随着高保真度放声和立体声在家庭内的普及，将使我们的文化生活日益丰富多采，也将促使我国的无线电化进一步得到发展。

肖 平

1981年3月于北京

目 录

前言

一、漫谈放声	1
1. 声音是怎样重发的	3
2. 语言和音乐的声学特性	4
3. 听觉的基本特性	6
4. 什么是高保真度放声	10
5. 什么是立体声	11
二、家庭中的演奏者	14
1. 无线电广播和调谐器	15
2. 唱片和电唱机	25
3. 磁带录音机	30
三、电动扬声器	35
1. 电动扬声器的工作原理	35
2. 各种电动扬声器单元	38
3. 扬声器的特性	41
4. 怎样选择扬声器	45
5. 怎样测量扬声器的参数	48
6. 耳机	50
四、音 箱	53
1. 为什么要用音箱	54
2. 音箱的家族	55

3. 封闭式音箱	58
4. 倒相式音箱	63
5. 组合式音箱	67
6. 音箱的工艺要求	69
7. 音箱的调试	74
8. 家用音箱实例	78
9. 立体声音箱	81
五、家庭放声系统	85
1. 一般家庭放声系统	86
2. 高保真度放声系统	89
3. 立体声系统	93
4. 分频网络的设计和制作	96
5. 放声系统的配接	102
6. 房间对放声质量的影响	104
六、家庭放声的新技术	109
1. 新型扬声器	109
2. 力电反馈系统	110
3. 等响度音量控制器	111
4. 倍频带均衡器	113
5. 弹簧式混响器	114
6. 四通路立体声	115
7. 赝立体声系统	116

一、漫 谈 放 声

我们的周围充满了声音。声音是什么呢？当一个物体（例如人的声带、乐器的弦、簧片、鼓的振膜等）振动时，就会在附近引起扰动，使空气的压强、应力等都发生变化。由于空气具有惯性和弹性，在质点的相互作用下，周围的空气就受到交替的压缩与膨胀，从而形成声波，并且向外传播。当空气的这种变化作用于人耳时，人就会有声音的感觉。随着科学技术的发展，可以利用机械录声、光学录声和磁性录声等方法，把声能变为其它形式的能量，以使声信息贮存在载声体上。目前常用的载声体有唱片和磁带等。

由于现代电声技术的发展，利用电声换能器，可以非常方便地把声能转变为电能，或者把电能转换为声能。因此目前放声的方法主要是先将贮存在载声体上的声信息转变为电信号，然后再用扬声器重发声音。家庭放声是最普及的一种放声形式，它是把储存在唱片、磁带等载声体上的信息，或把广播节目还原为声音的过程。

现在，应用无线电技术和电声换能器，完全可以重发没有畸变的声音。但是，这种放声方法经历了 100 多年，才逐步完善起来的。1807 年，汤姆逊·扬提出在一个鼓面上录音叉振动的方法，首次实现了声音的记录。但是，一直到 1876 年由爱迪生发明了留声机后声音的重发才实现。然而，使微弱的声音放大，只有真空管的产生才成为可能。在十九世纪

二十年代产生了扬声器，并经过大约25年的改进，才获得了较好的音质。但是，高保真度放声（国外简称 Hi-Fi 放声）是在放大器中采用负反馈技术，展宽频率范围、降低各类失真以后才实现的。随着无线电广播和接收技术的发展，唱片、收音机作为个人用的放声系统，就开始进入家庭，尤其是最近电视机和盒式磁带录音机等也逐渐普及，因此人们在家庭内听新闻、音乐、戏曲和学习科学文化，已经成为我们文化和文娱生活不可缺少的组成部分。近年来，由于人们物质生活的改善，所以人们更加喜爱高保真度放声。立体声（包括立体声唱片、立体声录声和立体声广播）的发展，明显地改进了声音的重发质量，从而使音乐和戏曲爱好者，对家庭放声的质量要求也越来越高。不论专业工作者，还是业余爱好者，都喜欢把收音机、电视机、电唱机、录音机组合起来，甚至自己动手制作一个音箱、配上频带宽、失真小的放大器，做成高保真度放声系统。有的人还直接用立体声录音机、立体声唱机和立体声收音机组成双通路立体声放声系统。如果有条件，还可以根据自己的喜爱，对重发声音的音质作些加工。例如，丰富低音、平衡音色、增加混响、提高清晰度、改进方向感和增加临场感等。

家庭放声，按照它的质量，可分为四种类型：一般家庭放声、高保真度放声、双通路立体声和四通路立体声。一般家庭放声就是听广播、放唱片、放录声等。高保真度放声是一种被人们认为没有畸变的放声。这种放声技术，力图使重发的声信号，保持原有的各种声学特性，例如响度、音调、音色等。而立体声技术，则进一步恢复了用双耳听声音的效应，加强了临场感，并且再现了声场中各个声源的方位。

在实现四个现代化的进程中，掀起了学习文化，学习科学的热潮。利用视听教材提供的节目磁带，通过家庭放声系统进行重发是一种崭新而有效的学习方法。此外，电乐器的发展，促使在家庭内把放声系统与电子琴、电吉他和电琵琶等组合在一起使用，从而进一步美化乐器的音色，扩展了家庭放声的应用范围。

1. 声音是怎样重发的

成套放声设备称为放声系统。典型的家庭放声系统有放唱片、放录声、收听广播、收听电视伴音等所使用的成套设备。所有这些系统，最终都是通过扬声器重发适当响度的声音，以供人们收听。

目前家庭放声主要用扬声器重发声音。扬声器的音质提高很快。老式的扬声器是从电话的受话器发展起来的。最初是想设计一种声音宏亮的电话受话器，即电磁式扬声器。电磁式扬声器是利用低频电流流过线圈，使线圈中的软钢片磁化，并与永久磁铁的极板发生推吸作用，从而带动固定在软钢片上的纸盆随着振动并辐射声波。由于大功率放大器的发展，扬声器承受的功率比要求电磁式扬声器所能承受的功率大得多，因此出现了电动扬声器。电动扬声器，是利用载电导体和恒定磁场之间的相互作用力，使固定在音圈一端的振膜振动。按照声波辐射的方式，电动扬声器可以分为直射式和喇叭式两种。直射式电动扬声器的振膜，通常是一个锥状纸盆，它直接把声波辐射到周围空间。喇叭式电动扬声器的振膜振动，通过各种形状的喇叭，向周围空间辐射声波。为了

改善高频声音的重发性能，有时也使用静电扬声器。静电扬声器是利用电容器极化后产生的吸引力，使其中一块极板随着充电的低频电流振动而辐射声波。由于静电扬声器的结构比较复杂，需要外加极化电压，所以很少使用。但是，目前利用驻极体做成的静电扬声器，可以不要外加极化电压。

电动扬声器结构简单、价格便宜、音质优良，可以用作低音扬声器，也可以用作高音扬声器。因此，它是家庭放声使用最广泛的一种扬声器。但有些商品音箱，有时也用静电扬声器作为重发声音的高频单元。

在家庭放声中，也可以用耳机来重发声音。耳机的工作原理基本上和扬声器相同。常用的耳机有电动式耳机和静电式耳机。耳机直接和人耳耦合，只在容积约 6 厘米³ 的空腔内产生声压。耳机的负载是它和人耳之间的空腔，因此它的辐射特性和扬声器不同。目前，已有用于高质量放声的高保真耳机和立体声耳机。使用耳机在家庭内收听、欣赏音乐有两个特点。首先高质量耳机的重发频率范围很宽，失真小，音质也不比优良的扬声器系统差。甚至立体声耳机重现的立体声效果更好，它比音箱还容易获得高保真度，价格也便宜。其次耳机适宜于个人收听，受外界噪声的影响较小，并且不干扰别人。

2. 语言和音乐的声学特性

语言和音乐都是由许多频率不同、强度不等的声音分量组成的。在发声过程中，其频率和强度不断地变化着。在歌声和各种乐器的乐音中，频率最低的分量称为基音，频率比

基频高的分量称为分音。重发语言和音乐的一个重要特性是频率范围，习惯上用倍频程来描述。倍频程是两个频率比为2:1的频程。例如，250~500赫兹是一个倍频程，而250~4 000赫兹就是四个倍频程。

语言的频率范围比较窄，基频在80~350赫兹范围内，并且和声带振动的频率相同。复音中各频率的能量分布图形称为频谱。在元音的频谱中，泛音比基频音更具有特征。声能特别强的频率范围称为共振峰，元音的共振峰大约可以扩展到3 500赫兹，人们通常根据共振峰的位置来识别元音。另外，辅音还有非周期性的频谱分量，其频谱达8 000赫兹，甚至更高。因为它们对于语言清晰度特别重要，所以高保真度放声系统应该重发频率较高的声音分量。另一方面，基频的传输并不太重要，因为语言具有丰富的高次谐波，听觉机构能够重新构成基频。歌声的基频范围稍宽些，低音为90~350赫兹，中音为130~500赫兹，高音为250~1 200赫兹。

各种乐器声的基音频率范围大约为16~4 000赫兹。在低端这个频率范围的实际下限大约为30赫兹，更低的乐器声是很少碰到的。在乐器中，管风琴具有最宽的基音频率范围，大约从16赫兹可以延伸到9 000赫兹；有些乐器，特别是打击乐器能够产生频率更高的声音，钢琴大约比管风琴小三个倍频程；其余大部分乐器所发的声音都在30~4 000赫兹频率范围内。因为几乎所有的乐器都产生高次谐音，在音乐中，实际的频率范围进一步扩展到15 000赫兹~20 000赫兹，同时还应该注意到，音乐与语言不一样，对于音乐几乎所有的频率都同样重要，所以在重放音乐时，不能抑制或忽略某些频率范围。

在正常谈话时，语言的声功率约一微瓦，大声讲话可以提高到一毫瓦。单个乐器的声功率在0.01~100毫瓦范围内。大型交响乐队很容易产生10瓦的声功率。由于语言和音乐是一种幅度随时间而随机变化的复杂信号，因此它们的幅度特性可以用动态范围来表达。语言信号的动态范围大约是30分贝，峰值比平均值高14分贝，而最小值比平均值低16分贝。乐器的动态范围大约是30分贝（木管乐器）到50分贝（弦乐器），对于声功率大的乐器，其动态范围也大。各种乐队的动态范围都是不相同的，它决定于用那些乐器和用多少种乐器来产生最强和最弱的声音。一般乐队的动态范围大约是40~60分贝，其峰值比平均值高12分贝。大型交响乐队的动态范围可以达到100分贝。

3. 听觉的基本特性

家庭放声既有技术问题，也有主观感受问题。由于人耳的听觉特性对放声设备的影响很大，所以了解人耳怎样听声音，听觉又有哪些特点，将会有助于家庭放声系统的设计和使用。

（1）声音的主观感觉 一个简单声音可以用幅值、频率和相位来表示。但是，人们的听觉却用响度、音调和音色来描述。响度是听觉对声音强弱的感受程度，它决定于声音的幅值；音调是听觉对声音高低的感受程度，它由复声中频率最低的基音确定；音色是决定于声音中各个分音的相对强度关系。此外还有一些因素影响人们的听觉，例如颤动、持续时间、声音建立与衰变过程等。声音的主观感觉和客观量度

不是彼此一一对应的。

(2) 听觉区域 人的听觉器官能够听到的声音决定于它的频率和强度,正常人听觉的频率范围是20~20 000赫兹,强度范围为-5~130分贝。正常人的听觉区域,见图1-1。同时图中还给出了语言和音乐所占的区域。显然,音乐特别是语言只占整个可听声区域的很小部分。图中虚线是表示一般人能听到的各频率的最低声压级,称为听阈。上部实线是人耳能听到的最高声压级,称为痛阈。

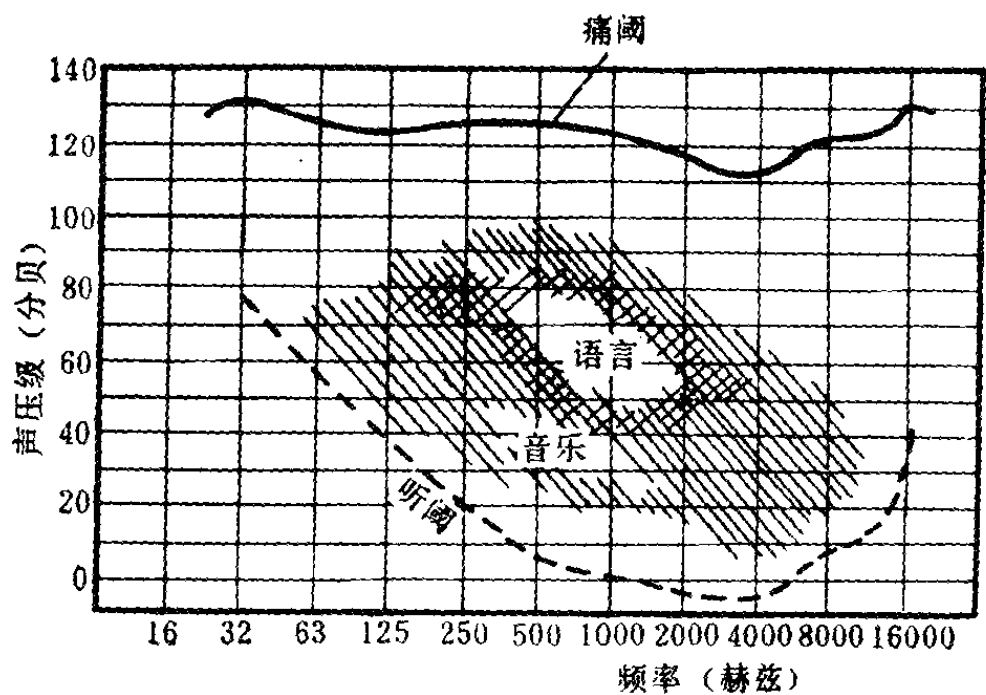


图 1-1 人耳的听觉区域

(3) 等响曲线 人耳对频率不同而强度相同的声音的响度感觉是不同的。如在1 000~4 000 赫兹频率范围内的声音最容易听到,而较低或较高的频率范围内的声音就不易感觉。可以利用与基准音比较的方法来测得它们的关系,这种关系可以用等响曲线描述,见图1-2。在测量纯音的响度级时,应以1 000 赫兹的纯音为基准,其它纯音的响度级就是和

1 000赫兹的纯音等响时的声压级。响度级的单位是方。由等响曲线可知，若声音以低于原来声音的声压级重放时，则应加强低频响应，以保持原有响度的平衡。对于家庭放声系统，人耳的等响曲线是很有用的特性。由于放声的声压级和原来声音的声压级不同，而引起各频率的响度不平衡，所以为了补偿这种响度的变化，常用等响度音量控制器来调节。

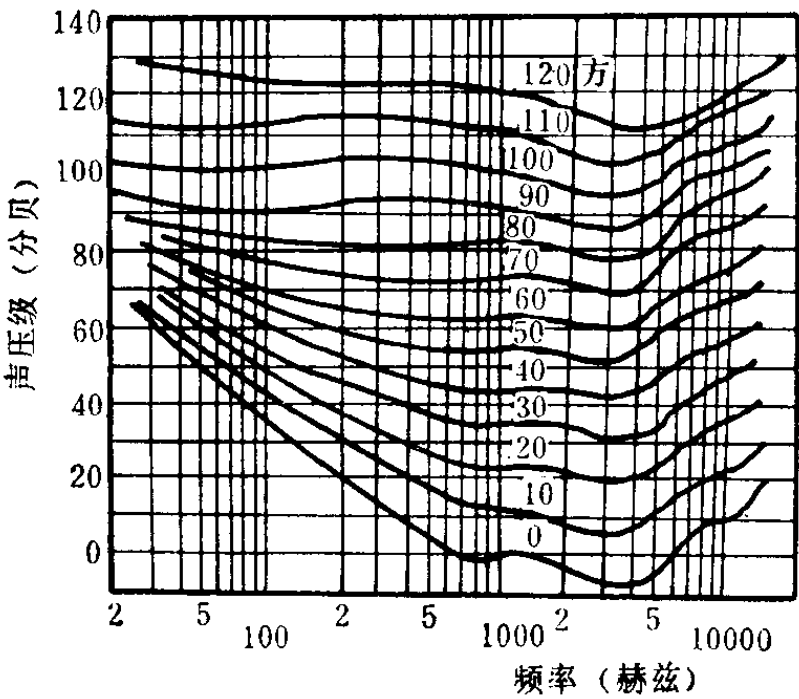


图 1-2 人耳的等响曲线

(4) 响度 人耳感觉到声音的响度,并不和所接收到的声压(或声强)成正比。虽然声音强度的变化很大,但人耳听到的声音响度变化却不大。为了使声音响度的变化和人们的感受一致,而定义了响度单位为宋。即把比正常听阈高40分贝的1 000赫兹纯音的响度规定为1宋。其它声音的响度听起来比1宋响多少倍,这声音的响度就是多少宋。一个稳态声音的响度及其响度级之间的关系为

$$\log N = 0.03(L_i - 40) \quad (1-1)$$

式中 N ——响度，宋；

L_i ——响度级，方。

(5) 音调和音色 音调的高低主要决定于频率，频率越高，音调也越高。频率高、振幅小的声音听起来轻而发尖。频率低、振幅大的声音听起来响而低沉。

音色决定于复声中分音的数量、强度和分布。每一种乐器声或每一种语声都有固有的音色。正是这种音色才使我们能够分辨出同一音调的各种不同乐器的声音。此外，音色还和声音的持续时间、声音的建立和衰变有关。

(6) 方向性听觉 人们是用两只耳朵同时听声音的，这就是“双耳效应”产生的方向性听觉。它可以使我们判断声音来自什么方向。人对来自某一点的声音，其双耳会有强度差和时间差的感觉。一般说来，人耳对声音到达时间差的感觉很灵敏，从而引起方向性感觉。此外，人耳还能根据音质的差别分辨出声源的距离，或者排斥各种噪声而集中注意需要听的声音。

双耳效应的灵敏度，即人耳的听觉所能确定的最小角度，是因人而异的。例如音乐家，这个角度大约为 3° ，相应的时间差为30微秒。在低频时，由于声波衍射，到达两耳的声音会有时间差；在高频时，靠近声源的耳朵所感觉到的声强会比另一只耳朵感觉到的声强要大些。因此，在低频时，人的双耳效应主要决定于时间差的感觉，而在高频时则主要决定于强度差的感觉。聋了一只耳朵的人，固然没有双耳效应，但可以在一定程度上用转动头部的方法来判断声音的方向。由于在发现和研究双耳效应的基础上，才出现了立体声系统。

4. 什么是高保真度放声

高保真度是评价一个高质量放声系统如实重现原有声源特性的术语,它要求准确记录并重放原来节目的特性。因此,高保真度(Hi-Fi)放声系统是借助人们的听觉和电子设备的各种可能,把电信号不失真地转换为相应的声信号,重现原来声场的主要声学特征,并在主观上不引起失真的感觉。对于放声系统要求具有较宽的重发频率范围,各种形式的失真都很小,而动态范围尽量大些。

从重发频率范围来看,早期的放声系统是窄带式,频率范围大约为200~4 000赫兹。随着放大设备和电声器件的改进,重发频率范围逐渐展宽到160~5 000赫兹,例如大家所熟悉的优质调幅广播。为了重发语言和音乐中的所有分音,高质量放声系统的频率范围应该宽达60~10 000赫兹。近年来,发展起来的Hi-Fi放声系统频率范围,已经展宽到40~16 000赫兹,甚至有的系统达20~20 000赫兹。在一般情况下,如果能够在60~10 000赫兹频率范围内比较均匀地重发声音,那么听起来就相当满意了。

由声音转换为电信号,再由电信号又还原为声音,即在声音的记录和重发过程中会产生一些失真。判断放声质量的标准有两种:客观标准和主观标准。客观标准是根据声音的各种物理量来比较,如果在房间内由扬声器产生的声场和原来的声场完全不同,就称这样的放声质量是客观的真实。主观标准是根据人们的听觉来进行比较,如果人们认为扬声器发生的声音和原来声场有相同的感受,则称为主观的真实。显