

高级音响技术手册

刘焯光 主编
广东科技出版社



122-62
322

版
社

高级音响技术手册

刘煌光 钟穗萍 编著
丘海明 曾 放

广东科技出版社

粤新登字 04 号

高级音响技术手册

Gaoji Yinxiang Jishu Shouce

刘煌光 钟穗泮 编著
丘海明 曾 放

出版发行：广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮政编码：510075)

经 销：广东省新华书店

印 刷：韶关新华印刷厂

规 格：787×1092 1/16 印张 42.5 字数 1 000 000

版 次：1994 年 3 月第 1 版

1994 年 3 月第 1 次印刷

印 数：1—22 000 册

ISBN 7-5359-1078-5

TN·46 定 价：52.00 元

前 言

90年代以来,音响技术迅速发展,家用高级组合音响已相当普及,成了继彩色电视机和录像机之后又一常见的高档家用电器。当前,由于进口和国产的高级音响不断推出,不断更新换代。各款高级音响在生产、使用和维修上都有其独特之处,因此,十分需要有关的技术资料。我们编写《高级音响技术手册》的目的就是为了满足广大音响爱好者和家电维修人员的需要,为他们提供一本较有实用意义的工具书和维修指南。

本手册共九章,第一、二章是音响技术的基本知识,技术特点和单元电路。第三、四、五章介绍了进口和国产高级音响设备近70款电路。我们对每款音响基本从下述几个方面进行了介绍和分析:

音响设备的外形和特点,各项电声技术指标等方面的介绍;电路的工作原理图、电路图进行深入分析,尤其是对音响设备中所用的各种集成电路的功能、特点及其内部结构图、各引脚的参考电压与作用作了比较详细的介绍和分析。此外,对其使用和维修要点作了简要的介绍。第六章是扬声器系统和传声器,主要论述其原理、性能、类型,并介绍了若干与几种进口音响配用的扬声器系统和传声器。第七章是高级音响中常用的集成电路,此章主要是介绍集成电路的命名方法、检测和代换型号。第八章是CD唱机,该章除分析CD唱机的原理外,着重分析了狮龙CDP300R激光唱机电路。第九章是音响电路中常用的半导体器件的介绍。最后附有音响中常用的英汉对照词汇表。

本手册具有音响设备的种类丰富多样,内容充实,文字图表并茂,资料性、实用性等特点,是音响工作者、维修人员,及音响爱好者必备的参考书、工具书。

本手册的编写得到了华南师范大学电教系和物理系领导的关心和支持,并得到了广州市马兰士音响维修部、狮龙音响维修部、爱华音响维修部、索尼音响维修部、日立维修部、三洋维修部、乐声维修部、夏普维修部以及深圳华强音响厂、佛山市钻石音响厂、星河音响厂、广州南虹音响厂、江门蓬波音响厂、台山三力音响厂等单位的领导和技术人员的热情支持和帮助。在此谨对上述单位以及邱关助、李育祥、简勤乡、张国良、薛志英、刘钢、陆日强、关乃详、陈信全、许锦华、曾国华等同志表示衷心的感谢。

《高级音响技术手册》的第三、四章由刘煌光同志编写,第一、二、五、六、七章由钟穗萍同志编写,第九章由邱海明同志编写,第八章由曾放同志编写。全书的统稿和审校由刘煌光同志负责。由于时间仓促,编者水平有限,不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

1992年1月于华南师范大学

目 录

第一章 音响技术基本知识	1
一、声音三要素.....	1
(一) 响度	1
(二) 音调	3
(三) 音色	4
二、人的听觉和声音的传输.....	4
(一) 双耳定位	4
(二) 延时效应	6
(三) 掩蔽效应	6
(四) 平方反比定律	7
(五) 声音的反射、绕射和迭加	8
三、音响设备中常用的单元电路.....	8
(一) 阻容耦合放大电路	8
(二) 直接耦合放大电路	9
(三) 射极输出器电路	9
(四) 差分电路.....	10
(五) 功率放大电路.....	11
(六) 集成运算放大器电路.....	12
(七) 等响控制电路和音调控制电路.....	13
(八) 立体声解码电路.....	15
(九) 杜比降噪电路.....	17
(十) 自动选曲和电脑选曲电路.....	18
第二章 音响的技术特点	23
一、音响设备的分类	23
(一) 按音响设备的组成分类.....	23
(二) 按音响的外形和体积分类.....	33
(三) 按音质、功能、特点分类.....	38
(四) 按音响的用途分类.....	44
二、高保真概念, 声音的失真及噪声	45
(一) 高保真的概念.....	45
(二) 声音的各种失真.....	46
(三) 噪声.....	46
三、音响设备的主要电声技术指标	47

(一) 主要电声技术指标的含义.....	47
(二) 音响设备中各部件的性能要求.....	49
四、混响声和混响时间	54
(一) 混响声.....	55
(二) 混响时间.....	55
第三章 进口高级音响电路 (一)	57
一、日本高级音响的技术特色及典型电声技术指标	57
(一) 日本高级音响的技术特色.....	57
(二) 日本组合音响的典型电声技术指标.....	58
二、先锋高级音响	59
(一) 先锋 TX-101ZL 调谐器电路	59
(二) 先锋 DC-X21Z 录音座、放大器电路	67
(三) 先锋 F-X21ZL 调谐器电路	84
(四) 先锋 TX-560L (BK) 调谐器电路	95
(五) 先锋 GR-860 图示均衡器电路	100
(六) 先锋 GR-560 双七段均衡器电路	108
三、马兰士高级音响.....	111
(一) 马兰士 ST151 调谐器电路	111
(二) 马兰士 PM151 功率放大器电路	119
(三) 马兰士 SD151 录音座电路	123
(四) 马兰士 SD155 录音座电路	128
(五) 马兰士 TAD-50 收音扩音机及双卡录音座电路	133
(六) 马兰士 RX153 调谐器电路	142
(七) 马兰士 340 组合音响系统	143
(八) 马兰士 EQ-20D 均衡器电路	149
(九) 马兰士 SD-255 录音座电路	153
四、山水高级音响.....	155
(一) 山水 DA-T550 调谐器电路	155
(二) 山水 P-D15 唱机电路	160
(三) 山水 A-500 功率放大器电路	167
(四) 山水 SE-500 均衡器电路.....	169
(五) 山水 D-35BF 录音座电路	170
(六) 山水 D-75BW 录音座电路	177
(七) 山水 DA-E50 音响设备	181
(八) 山水 P-E70/E50 立体声唱机	187
第四章 进口高级音响电路 (二)	195
一、狮龙 DF4100 高级音响	195
(一) 狮龙 DF4100-1100 调谐器	195

(二) 狮龙 DF4100-3400 双卡录音座	197
(三) 狮龙 DF4100-2600 立体声功率放大器电路	202
(四) 狮龙 DF4100-4600 均衡电路	205
二、狮龙 CTA-3 高级音响电路	206
(一) 狮龙 CTA-3 音响外形及旋钮的作用	206
(二) 狮龙 CTA-3 音响的技术指标	209
(三) 狮龙 CTA-3 音响录音座电路	211
(四) 狮龙 CTA-3 音响调谐器、功放电路	215
(五) 狮龙 CTA-3 高级音响电路的使用与维修	222
三、狮龙 S-289RDRCP 录音座	224
四、狮龙 AV-1028 组合音响	232
(一) 狮龙 CD340 录音座电路	234
(二) 狮龙 TD-130B 调谐器电路	236
(三) 狮龙 EQ-460B 均衡器电路	239
(四) 狮龙 AD-260B 放大器电路	241
五、狮龙 CT-760CDR 组合音响	243
(一) 狮龙音响 CTA-6R 主机面板开关的作用	243
(二) 狮龙 CTA-6R 音响主机电路 (一)	245
(三) 狮龙 CTA-6R 主机电路 (二)	248
(四) 狮龙 CTA-6R 主机电路 (三)	251
(五) 狮龙 CTA-6R 主机的使用与维修	251
六、飞燕牌高级音响	253
(一) 飞燕 CA-272 放大器电路	253
(二) 飞燕 FM-273 调谐器电路	260
(三) 飞燕 CR-W67 录音座电路	268
(四) 飞燕 MT-750 唱机电路	278
(五) 飞燕 FM-271 调谐器电路	293
(六) 飞燕 CA-270 放大器电路	296
(七) 飞燕 CR-W76H 录音座电路	299
(八) 飞燕 MT-730 唱机电路	303
七、三洋高级音响	306
(一) 三洋 RDW266 录音座电路	306
(二) 三洋 GXT170N 音响电路	311
八、日立高级音响	316
(一) 日立 SR-704 调谐放大器电路	316
(二) 日立 SR-904 调谐/放大器电路	319
(三) 日立 HTA-08 调谐/放大器电路	326
(四) 日立 HTA-12 调谐器电路	329

(五) 日立 HTA-55F 套装音响电路	332
九、乐声高级音响	342
(一) 乐声 RS-T10 录音座电路	342
(二) 乐声 ST-Z450 调谐器电路	347
(三) 乐声 SH-8046 均衡器电路	351
十、索尼高级音响	358
(一) 索尼 HST-700W 调谐器电路	358
(二) 索尼 HST-700W 放大器电路	360
(三) 索尼 HST-700W 录音座电路	365
(四) 索尼 ST-JX410 调谐器电路	370
第五章 国产高级音响电路	378
一、南虹 NH7201 型高级组合音响电路	378
(一) 南虹 NH7201 TD-1 录音座电路	378
(二) 南虹 NH7201 TM-01 调谐器电路	389
(三) 南虹 NH7201 PA-01 放大器电路	394
(四) 南虹 NH7201 EQ-01 均衡器电路	401
二、华强 HQ-850 分体式高级音响电路	404
(一) 华强 PA-850 合并式功率放大器电路	404
(二) 华强 TA-850 录音座电路	411
(三) 华强 TV-850 调谐器电路	419
(四) 华强 EQ-850 均衡器电路	428
三、三力 SL-900 型分体式高级音响电路	429
(一) 三力 SL-900T 调谐器电路	429
(二) 三力 SL-900D 录音座电路	434
(三) 三力 SL-900A 放大器电路	439
(四) 三力 SL-900E 均衡器电路	444
四、钻石 FL-888 组合音响电路	447
(一) 钻石 FL-888 调谐器电路	448
(二) 钻石 FL-888 录音座电路	451
(三) 钻石 FL-888 放大器电路	455
五、星河 XH-880 音响电路	458
六、钻石 FL-3030 音响电路	469
(一) 钻石 FL-3030 的外形和各控制键	469
(二) 钻石 FL-3030 音响技术指标	472
(三) 钻石 FL-3030 音响电路分析	472
(四) 钻石 FL-3030 音响所用的集成电路	474
第六章 扬声器系统及传声器	479
一、扬声器系统	479

(一) 扬声器的组成及工作原理	480
(二) 扬声器的分类及电声技术指标	486
(三) 音箱	500
(四) 扬声器系统	505
(五) 进口扬声器系统简介	513
(六) 扬声器系统的使用与维修	517
二、立体声耳机	520
(一) 耳机的构造与工作原理	520
(二) 耳机的放音特点	521
(三) 介绍几种进口耳机	522
三、传声器	527
(一) 传声器的构造及工作原理	527
(二) 传声器的电声技术指标	531
(三) 几种进口传声器	535
第七章 音响电路中集成电路的使用及代换	536
一、国外集成电路的型号与封装外形	536
(一) 国外集成电路型号的命名方法	536
(二) 国外集成电路的封装外形	543
(三) 国外集成电路型号的前缀及生产公司的名称	545
(四) 进口音响电路中常用的集成电路	546
二、集成电路的检测与代换	561
(一) 集成电路的检测	562
(二) 常用音响集成电路各引脚电压值	562
(三) 常用音响集成电路非在线各引脚对地直流电阻值	573
(四) 常用音响集成电路的代换	577
第八章 激光唱机	582
一、激光唱机性能及唱片简介	582
(一) 激光唱机的发展	582
(二) 激光唱机与模拟唱机的区别	582
(三) 激光唱机的特点	582
(四) 激光唱片的结构与规格	584
(五) 激光唱机的技术参数	586
二、激光唱机原理简介	587
(一) PCM 技术	587
(二) 激光唱机的基本原理和框图	587
三、美国狮龙牌 CDP 300R 激光唱机的工作原理	593
(一) 框图说明	593
(二) 狮龙牌激光唱机所用集成电路简介	594

(三) 电路的检修与常见故障	599
第九章 音响电路中的半导体器件	603
一、变容二极管	603
(一) 变容二极管及其特性曲线	603
(二) 变容二极管的主要参数	604
(三) 变容二极管在音响中的应用	606
(四) 变容二极管的简易测量方法	607
二、半导体三极管	608
(一) 三极管的主要参数	608
(二) 三极管的分类及其特性参数	610
(三) 三极管的简易测试方法	630
(四) 三极管在音响中的应用	632
三、场效应管	635
(一) 场效应管的分类	635
(二) 结型场效应管	635
(三) 绝缘栅场效应管	638
(四) 场效应管在音响中的应用	640
四、半导体分立器件型号命名法	647
(一) 中国半导体器件型号命名法	647
(二) 日本半导体器件型号命名法	647
(三) 国际电子联合会半导体器件型号命名法	649
(四) 美国半导体器件命名方法	650
五、晶体管和场效应管代换的原则和方法	651
(一) 代换的基本原则	651
(二) 代换的方法	652
附录 音响设备中常用英文词汇及其意义	661
参考文献	669

第一章 音响技术基本知识

本章主要介绍与音响技术有关的如声音的三要素、人的听觉特性、音响设备中应用的基本电路等知识。由于音响设备主要是对音乐和语言信号进行重放。因此,我们不但有必要了解声音的各个要素,还须了解人耳独特的主观听觉的特性,这样才能正确理解音响的电声技术标准。因为这些电声技术标准都是根据人的听觉需要而提出来的,同时也正是由听觉才能觉察出目前所施行的电声技术标准还有不足之处。在科学技术比较发达的今天,音响设备质量优劣最好的和最后的判断仍是人的听觉,所以音响工作者和爱好者,将经常在声音这个客观与听觉这个主观感觉之间的关系上付出劳动。

一、声音三要素

声音的概念可以用于不同的方面。用于物理学,声音是指声波,即是机械振动或气流扰动所引起周围弹性媒质发生的波动现象。在音响技术中,声音是什么?主要是讨论空气中的声波,而且是指频率范围在 $20\sim 2000\text{Hz}$ 的可闻声。在心理声学的意义上说“声音”,对听者而言,是指声频振动从某一媒质(通常指空气)通过人耳传到大脑刺激听觉神经而产生的感觉。声音是客观存在的,但人类的主观感觉和实际声音不是完全一致的,而是具有独特的特性。下面结合人对声音的听觉特性,介绍声音的三要素:响度、音调、音色。这是人的主观感觉,包括了生理和心理因素的结果。与响度、音调和音色相应的物理概念分别是声波的强度(即声压或声强)、频率和波形。

(一)响 度

人类对声音强弱的感觉特点大体上与声压有效值(或声强有效值)的对数成比例。为了适应这一特性,常用声压级、声强级来表示声音的强弱,单位为 dB (分贝)。可用下式表示:

$$\text{声压级 } L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

$$\text{声强级 } L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

式中 P ——为测量点的声压值;

I ——为测量点的声强值;

P_0 ——为零声级的参考声压值,一般 $P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ (帕),也称为可闻域值;

I_0 ——为零声级参考声强值, $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$ (为听觉正常者恰能听到的声音的声强值)。

对于 1kHz 的声音信号,人耳感觉到的最低声压为 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ 。人们把这一声压称为声压级的 0dB ,当声压达 130dB 时,人耳将感痛楚,无法忍受。因此,人耳听觉的动态范围

是 0~130dB。图 1-1 为各种声音的声压级。

在音乐厅中,音乐的自然动态范围为 25~115dB,可达 90dB。交响乐的动态范围约为 50~60dB,中小型音乐的动态范围约在 40dB 左右。语言的动态范围约在 30dB 左右。因此音响系统应能够尽量再现上述音乐或语言的自然声级动态范围。家用音响常用的放音音量平均声压级对于音乐约为 85dB,对于语言则约为 70dB。

在音响设备中,电一声的转换过程中声压级与电路中的电平对应,音响设备中分成电压和功率电平,对于功率电平可表示为

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

W_0 为零电平参考功率值,一般取 1mW。对于电压电平可表示为

$$L_u = 20 \lg \frac{U}{U_0}$$

U_0 为零电平参考电压,一般取 1V(1k Ω 电路)或 0.775V(600 Ω 电路)。

可见,电路中的电压电平与声音中的声压级相对应,功率电平与声强级相对应。表 1-1 是功率电平相应的分贝值。

考虑到人对声音强弱的感觉与声压成比例的特点,在音响设备中,音量控制器只有做成对声音信号的平均调节的结构,才会使人感到重放声音的强弱均匀变化,而且由于相当多的人对同一声音信号声级突变 3dB 以下感觉不出来,因此音响工程中常以 3dB 作为音响设备中某些指标的优劣。

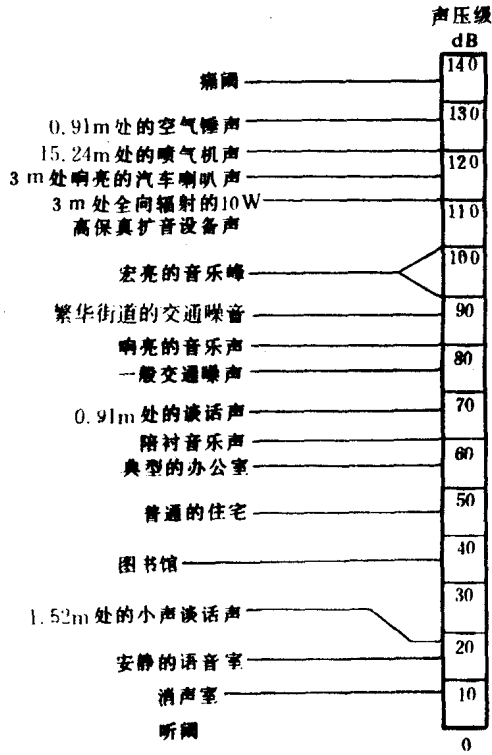


图 1-1 各种声音的声压级

表 1-1 功率电平的分贝数

声功率电平 (W)	声 强 级 (dB)	声功率电平 (W)	声 强 级 (dB)	声功率电平 (W)	声 强 级 (dB)
1.00	0	10.0	10	100	20
1.25	1	12.5	11	125	21
1.6	2	16	12	160	22
2.0	3	20	13	200	23
2.5	4	25	14	250	24
3.2	5	32	15	320	25
4.0	6	40	16	400	26
5.0	7	50	17	500	27
6.3	8	63	18	630	28
8.0	9	80	19	800	29

如图 1-2 所示, 每一条曲线是将人们听起来响度一样的各个单频音的声压级连接起来的, 即每一条曲线上对应的各个频率的声音听起来是等响的。因此每一曲线表示一个响度等级, 以 1kHz 的声压级数定为响度级数, 并用 phon(方)作为响度级的单位。0phon 以下的声音人是听不见的, 0phon 曲线称为闻阈, 而当声音响度超过 120phon 以后, 人耳会感到疼痛, 所以 120phon 曲线称为痛阈。

听觉的频响在音响技术中经常会遇到。

例如音响设备在低声级重放时, 听者会感到低音和高音不足, 因此优良的音量控制器应大致按等响曲线衰减信号, 这种装置常称“响度控制器”。使用这种频响衰减器而不是一般的衰减器, 不致于在听觉上“漏掉”那些低频和高频分量, 或加入等响控制电路, 在低音量时补偿低频声和高频声。也可采用 1~2dB 一档的步进结构, 而不需要对信号电平连续调整。

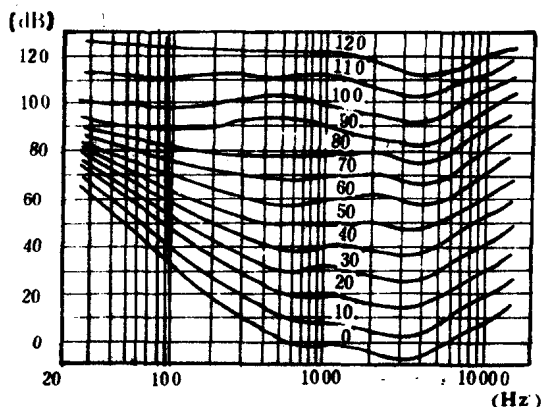


图 1-2 等响曲线

响度是人们在听音时感觉到的声音的强弱、大小、轻重。它是人耳对声音强弱的主观评价的尺度之一, 而声压级和声强级则是对声音强弱客观评价的尺度(即物理量的测量)。

人对强度相等但频率各异的声音主观感觉的强弱是不同的, 这个听觉特点称为人的听觉频响特点, 共有以下三点:

- 1) 声压级越高, 人的听觉频响越平直, 声音声压级降低, 人的听觉频响相应变差。
- 2) 对频率 $f > 18 \sim 20\text{kHz}$ 和 $f < 16 \sim 20\text{Hz}$ 的声音, 不论声级多高, 一般人都听不到。因此, 人类的听觉频率为 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$, 这个频带声音称为可闻声, 也叫音频或声频。 $f > 20\text{kHz}$ 的声音称为“超声”, $f < 20\text{Hz}$ 的声音称为“次声”。

- 3) 无论声压高低, 人们对频率为 $3 \sim 5\text{kHz}$ 的声音最敏感。

人类听觉的频响特性可用等响曲线来表示(如图 1-2 所示)。

(二)音 调

人们对声音的频率的主观感觉表现为音调的高低, 称为“音高”或“音调”。高频的声音音调高, 听起来声音又高又尖; 低频的声音音调低, 听起来声音又低又沉。因此, 音调的变化对应的物理量是频率的变化。它以 Hz(赫)为单位, 通常用 f 表示。音调与频率的关系大体上也是呈对数关系, 音乐里的音阶就是按频率的对数取等分而确定的。音乐上每增高或降低一个“纯八度音”, 正好是声音频率增加或降低一倍, 即当 $f_2 = 2f_1$ 时, 称 f_2 比 f_1 高一个倍频程。如音乐中 1(do)与 $\dot{1}$, 正好相差一个倍频程。在音乐中称相差八度音十二平分律等程音阶是在一个倍频程的范围内按频率的对数分成十二等分音阶的。以 $1-\dot{1}$ 八度音为例, 12 个音阶是(即 12 个半音) $1-\sharp 1, \sharp 1-2, 2-\sharp 2, \sharp 2-3, 3-3^\sharp, 3^\sharp-4, 4-\sharp 4, \sharp 4-5, 5-\sharp 5, \sharp 5-6, 6-\sharp 6, \sharp 6-7, 7-1$ 。

在演奏时,不同的乐器演奏同样频率的音符,人们感到音调相同,这时是指演奏声音的基频相同,一般用 f_0 表示。但每种乐器发出的每一个音,除了具有基频 f_0 外,还有与 f_0 成正整数倍关系的谐波,每种乐器每发一个音都包含了不同的各次谐波成分,而这些谐波成分则决定一种乐器特有的音色。

音乐的自然基频范围如下:钢琴为 $27.5 \sim 4136\text{Hz}$ (是基频范围最广的一种乐器),交响乐为 $30 \sim 6000\text{Hz}$,我国的民族乐器则为 $50 \sim 4500\text{Hz}$ 。

语言的基频范围在 $150 \sim 3500\text{Hz}$ 内。

音响设备中为了完美反映语音信号(包括讲话语音和歌唱语音),频带应不窄于 $80\text{Hz} \sim 12\text{kHz}$ 。

(三)音 色

不同的人或不同的乐器在发同一音调的声音时,人们会感到它们的音色不同,这是由于它们的基频频率虽相同而其它频率分量有差异的原故。也就是说,不同的人的讲话声和不同乐器发出来的声音所含的谐波成分是不同的。如单簧管与圆号,虽演奏同一基频的音符(即音调相同),但听者仍能分辨出单簧管和圆号的声音。

音色决定于声音的谐波频谱,也可以说是声音的波形所确定的。根据傅立叶变换原理可知,任意复杂的波形,都可以分解为一系列正弦波,这些正弦波中有基频 f_0 及与 f_0 成整数倍关系的谐波: $f_1, f_2, f_3, f_4, \dots$ 它们的振幅有特定的比例。这种特定的比例,赋予每种乐器或每个人以特有的“色彩”——音色。单纯的基音正弦信号是毫无音乐感的。如果用高级的仪器对各种乐器发出的声音进行频谱分析,可以发现他们的谐波成分是不相同,即它们具有不同的频谱图。

因此,乐器音乐的频率范围并不是只由基频的频率范围所决定的,而应把乐器乐音的各次谐波都包括在内,甚至很高次数的谐波,对乐器的乐音影响都是很大的。音响系统要实现高保真的目标,就要十分注意让各次谐波重放出来,即要求音响设备重放时要保持原来的音乐信号的音色。为了达此目的,考虑到语音和各种乐器的频谱特点,要完美地传送和记录各种乐器的信号和语音信号,要求音响设备的频带扩展,下限应扩展到 40Hz 甚至于 20Hz 以下,上限应提高到 16kHz 甚至 20kHz 以上。随着电子乐器的发展,音响设备的频带还会进一步扩展。

二、人的听觉和声音的传输

(一)双耳定位

声音感觉的一个重要现象是对于声源的空间印象,即人的听觉有敏锐的方向感。人依靠双耳对声源的方向和远近的判断能力叫双耳定位。如果没有方向性的听觉,则在几个人之间进行讨论将成为不可能的事情。听音乐时能判别各个乐器或各组乐器,并不是单纯靠它们的音色,同时还决定于声音来的方向。同样,人们能够将注意力集中在来自某一方向的声音,这样就把当时不需要的来自其它方向的声音归入到听者的听觉背景中去。正是由

于人耳听觉的敏锐方向感才有可能形成立体声的。

立体声技术中所遇到声源的方向的判别问题涉及人两耳处的声波状态与听觉反映之间的关系。一般来说,由于从声源传到听者两耳的距离不相等和听者头部的掩蔽作用,使声音到达两耳时存在着时间差和声级差(也即相位差,音色差)。人的双耳定位如图 1-3 所示。

为了使问题简化,设人头前方有一个点声源,人头可以近似看成一个球体。声源发出直达声至两耳处的距离分别为 r_L 、 r_R , θ 角为水平方向角, h 为人的两耳间距。

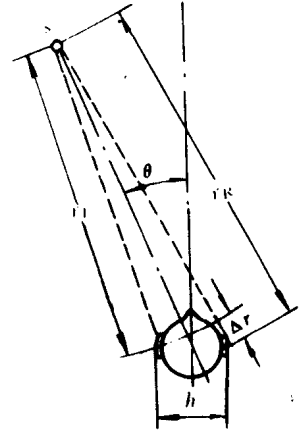


图 1-3 人的双耳定位

如果声源的频率足够低,以致人的头部对声源传播的掩蔽作用可忽略不计,则当声源在头部正前方,即 $\theta=0$ 时, $r_L=r_R$, 左、右两耳处的直达声声压相同。但当声源不在人的头部正前方,即 $\theta \neq 0$ 时, $r_L \neq r_R$, 两耳处的直达声声压的强度就不相等,声波到达两耳也会出现时间差。若声源距离人很远(即 r_L, r_R 很大),这时两耳处的直达声声压的强度将近似相等,但时间差仍然存在。可见,不论声源距离的远近,两耳处直达声声压的强度差与时间差比较,时间差更多地反映了声源的方向信息。

两耳处直达声声波的时间差是听觉系统判断低频声源方向的客观依据,直达声声源到达两耳的时间差 Δt 为

$$\Delta t \approx \frac{h \cdot \sin \theta}{C}$$

此处, C 为声波在空气中的传播速度。相应地,声波在两耳处产生的相位差 $\Delta \phi$ 为

$$\Delta \phi \approx \omega \Delta t$$

因此两耳处声波相位差与声源的方向有下面的关系,即

$$\Delta \phi \approx \frac{\omega h \sin \theta}{C}$$

将上式变一下,得到

$$\sin \theta \approx \Delta t \frac{C}{h} = \frac{\Delta \phi C}{\omega h} \quad (1-1)$$

式(1-1)反映了声源的水平方向角的正弦值与两耳处直达声的时间差(或相位差)成正比。该式是低频时两耳处声波特征的表达式。

如果声源频率较高,人的头部对着声波传播的掩蔽作用不可忽略,则当声源频率增高后,人的头部对着声源的一侧($\theta=0^\circ$)的声压强度会有较大的增加,背向声源的一侧($\theta=180^\circ$)会有较小的增加,而侧背向处($\theta=120^\circ \sim 150^\circ$)的声压强度将减弱。因此,当声源不在人头的正前方时,两耳处声波(直达声)会出现强度差。此时,两耳处声波的时间差还会与低频时有一些差别。图 1-4 示出了 50Hz 与 500Hz 两种频率的声源在人耳处产生直达声波时间差与强度差的比较。

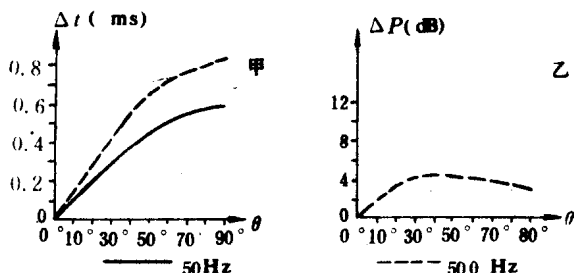


图 1-4 不同频率的点声源在两耳处直达声波产生的时间差和声级差

目前比较流行的看法是,在 1 000Hz 以下的低频声在听者两耳间产生的时间差(即相位差)对声源的定向起主要作用。而 1 000Hz 以上的高频声对声源的定向起主要作用的是听者两耳的声级差。对于 3 000Hz 附近的频率的声音是过渡范围,人耳对这种声源的定向作用较差。人们还发现,语言和打击等瞬变声比持续声更易定向,复音和噪声比纯音更容易定向。

综上所述,不同方向上的声源会使人两耳处产生不同的声波状态,从而使人能由此判断声源的方向。立体声技术就是人为地在两耳处产生某种类似的声波状态,这就应该使人造成某个方向上有一个对应的声源的幻象感觉,通常称为声象。

(二)延时效应

当两个强度相等而其中一个经过延时的声音一同传到听者的耳中时,如果延时在 30ms 以下,听觉上将感到声音似乎只来自未经延迟的声源,而并不感到已经延迟的声源发出的声音。当延迟的时间超过 30ms 而未达到 50ms 时,听觉上虽可以感觉到延迟声的存在,但仍觉得声音来自未经延迟的声源。只当延迟时间超出 50ms 后,听觉上才会感到能同直达声辨别的清晰回声,这种现象称为延时效应,有时也称为哈斯效应。

延时效应在立体声技术上很有用,例如在立体声听音的场馆或立体声电影院中,在观众席后排扬声器上加上延迟,就可以人工地加入少于 50ms 的延迟声,这样立体声效果将会更加明显。如果在上述的听音场馆或立体声电影院中,建筑声学设计得不好,听众对直达声和 50ms 以后的反射声就会感到回声很大,干扰很大,因此建筑声学设计时要加入吸音材料,以避免 50ms 以外的反射声。

(三)掩蔽效应

一个声音的存在会影响人们对另一个声音的听觉能力,这种现象称为掩蔽效应,即一个声音在听觉上掩蔽了另一个声音。一个声音对另一个声音的掩蔽值被规定为:被掩蔽声的闻阈必须提高的分贝数。事实上,一个声音对另一个声音的掩蔽值与许多因素有关,例如与两个声音的声压级有关,与它们的频谱有关,与他们的相对方向有关,与它们的持续时间有关,还与人的生理因素和心理因素有关。

听觉的掩蔽效应在音响技术中经常遇到并被加以利用。例如,信号与噪声是相对的,对听者有用的就是信号,无用的就是噪声。人们对不需要的声音的觉察程度与这个声音的相对强度有关,只要这个不需要的声音(噪声)的强度与有用声的强度相比足够弱,那么由于掩蔽效应的存在,听者就不会感到噪声的存在。在音响的电声技术指标中,信号噪声比的根源也就是根据有用信号的强度来规定允许的最大噪声强度的。因此音响设备中那些不可避免的本底噪声电平究竟应该多低,是由声音的信号电平值来决定的。同样,音响设备中产生的非线性畸变的大小,也要用畸变产物与有用信号的相对比例来表示(如“谐波失真系数”、“互调失真系数”、“瞬态互调失真系数”等)。因为畸变物与有用信号之间也可看作有一种掩蔽关系。还有一种现象称为“鸡尾酒会效应”,这是用在酒会的嘈杂人声中可以听出某一个人的说话内容作的比喻。实际上是说明人的听觉可以在掩蔽声中选择出有用声来。

(四)平方反比定律

听者离开声源,随着距离增加,所听到的声音强度会逐渐减小。在立体声听音或声学研究中,经常会碰到声源和传声器之间距离增加或者扬声器和听者之间距离增加的情况,且声音强度会随距离平方反比的规律而减小。声音强度随距离的增加而减小的原因是由于声音在媒质中损耗和几何扩散两方面造成的。一般声音在媒质中的损耗很少,可以忽略。声音的几何扩散问题是符合平方反比定律的。图 1-5 所示的是声音的几何扩散示意图。

点声源 S 所辐射出的声能必然经过 1、2、3、4 等各个同心球面。其中有阴影的是各个球面上的曲面,分别用 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 表示。因为 A_4 曲面面积比 A_1 曲面面积大很多,所以 A_4 面上每平方厘米的声能要比 A_1 每平方厘米的声能小得多,符合每单位面积上声能和图中球面半径的平方成反比的规律。如果用更通俗的话来说,就是声音强度是随距离增加两倍而减少 6dB 的。例如歌唱演员的嘴与话筒的距离为 30cm,演唱时放大器上音量表指示为 80dB,但如果嘴与话筒距离增至 60cm,演唱时放大器上音量指示则只有 74dB,这证明了距离加倍,音量下降了 6dB。又如把扬声器近似看作点声源,距离扬声器 5m 处听者用声级计测量某恒定声音为 70dB,若听者将距离增至 10m,声级计所测声级会下降 6dB,即实测值为 64dB。

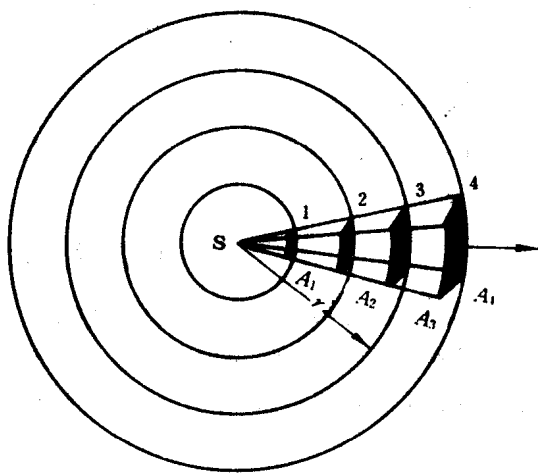


图 1-5 声音的几何扩散