

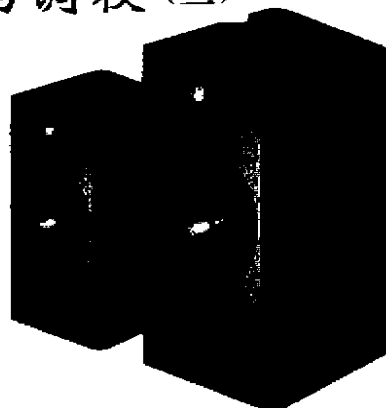
①8

音箱设计调校与发声

发烧初步

音箱的设计、制作与调校(二)

扬声器的 原理与性能



●张维国

TN643

51-54

三、扬声器选型

由于扬声器制造技术非常复杂,所以不同国家不同厂商所生产的扬声器的风格、特点、性能、音质以至尺寸相差很大,加之价格因素,给消费者选择扬声器造成了很大困难。

1. 扬声器选择的一般原则 无论是选择扬声器单元自制音箱,或是选择成品音箱,都应遵守以下几条原则:

(1)听音环境 听音环境主要指听音场所大小,它是决定选择大型或小型扬声器的主要因素,若听音室空间大,可选大型音箱,否则应选小型音箱。

(2)档次相配 若你的 CD 机和放大器都是高档的,那么所配音箱应是更高档的,因为音箱是“三大件”中对音质贡献最大的一件。若从投资角度来说,很多人认为音箱的投资宜等于甚至大于其余两件投资之和。而且选配音响器材时应该首先决定音箱,然后根据音箱再选配 CD 机和放大器。

(3)经济因素 若受投资限制,宜先选择好一点的音箱,配较差的 CD 机和放大器,待日后 CD 机和放大器升级,音箱仍有能力承担它对系统音质的贡献,维持到下次再升级。

(4)个人爱好 音响器材,特别是音箱都有其明显个性,从而更适合于不同场合和个人。如果你特别喜欢古典音乐,宜选细腻柔和型;如果更爱摇滚等现代音乐,可选清丽明亮型。软膜(比如丝膜等)球顶高音属于前者;硬膜(比如钛合金、铝合金膜等)球顶高音则属于后者。显然,这不是孰优孰劣的问题,它们各能赢得自己的用户。

(5)进口品与国产品 就整体水平看,目前国产品与国外

名品还有差距,但就性能价格比说,国产品还有一定的优势,特别在中、低价位。音箱是最易盛行假冒伪劣产品的行业,需谨慎对待。

(6)亲耳试听 无论是专家教授的推荐,或是权威书刊的介绍,对消费者来说只能起参考作用。既不能无书,也不能尽信书,最重要的是必须经过自己仔细地聆听、比较,待自己非常满意,再作决定,草率购箱,后悔莫及。

(7)成品音箱与自制音箱 购置成品音箱特别是名牌音箱,代价虽高一些,但质量有保证,适宜不便于自己动手的音乐爱好者。自制音箱,只要得法,一般可节省一些,而且可从中得到乐趣。

2. 自制音箱 自制音箱,大体有两种方案,其一是根据自己的要求,全面进行设计计算直至制作调试完工,但这需要有一定的理论知识和相应的制作经验。其二是选购厂方供应的套件,根据厂方提供的图纸,原原本本地加工安装,最后进行力所能及的调试,相对来说,质量能得到基本保证,这是一条比较切实可行的途径,在经济上也往往能节省一些。笔者对这两种方案都进行过多次实践,其苦难书,其乐无穷!

3. 关于扬声器直径大小之争 初级发烧友,往往对低频要求苛刻,其原因也不难理解:一则过去听的收录机或组合音响低音不够,感到乏味;二则低频的确感人好听。资深的超级发烧友中的一部分可能对低频要求不迫切,他们的理由是音乐中很少有低到三四十赫的超低音,对频响为 80~20000Hz \pm 3dB 的 LS3/5A 非常欣赏,以至被炒到天价地步。他们甚至嘲笑前者不懂音乐或什么的。笔者自诩为老发烧友,

对低频特别欣赏,唯恐得不到它。LS3/5A 音色固然迷人,但低频不足既是事实也总不能不认为是很大的缺点。从振动理论分析,即使科学再发达、技术再先进,小直径扬声器的低音无论如何也达不到,更不会超过大口径的低音(对同一档次产品),因此要想获得充足的超低音,非大直径扬声器莫属。

大直径低音扬声器的低频出得自然顺畅,气定神闲,有一种与之悬殊的直径(比如 12 英寸同 6 英寸)无法比拟的质感和自然感。小直径的低音扬声器,借助材质、电路、箱体结构等辅助条件,虽然也能营造出不俗的低频,但与大直径单元音箱一比即明显发现,小直径的低频要么是硬而不透,要么是浮而不稳,低也算低,却不好听,不像是原本声音中的低频,质感欠佳,先天的优越与先天的不足,都是后天无法或极难改变的。

曾经有人计算了常用直径扬声器辐射声压为 100dB/m 所能达到的频率(按音圈峰值位移为 5.5mm 计),如下表:

扬声器最低放音频率

单元直径 (英寸)	最低放音频率(Hz)		单元直径 (英寸)	最低放音频率(Hz)	
	闭箱	最佳倒相箱		闭箱	最佳倒相箱
6.5	107.4	75.9	10	70.7	50
6.5×2	75.9	53.7	10×2	50	35.4
8	88.6	62.6	12	59.1	41.8
8×2	62.6	44.3	12×2	41.8	29.6

多数文献中介绍说,扬声器的谐振频率即为其放音的下限频率,这种说法似是而非。是者,确能放出此频率声音;非者,所放此频率的声音声压小到是否能听见?比如某扬声器直径为 6.5 英寸,谐振频率为 36Hz(此指标不低!)初看起来它自然能重放 36Hz 的超低音了。假定此扬声器为长冲程设计,音圈长 17mm,上极板厚 6mm,峰值位移 5.5mm,则可算出它在 36Hz 处的辐射声压为 $100 - 20\lg(77.5/36)^2 = 87(\text{dB}/\text{m})$ 。即便是家庭音响,这样的声压也嫌稍低。设该扬声器的灵敏度为 87dB/W·m,这就是说,仅输入 36Hz、1W 的电功率,就足以使该扬声器满负荷工作。电声转换效率即便按 5% 计,我们感到的响度恐怕基本上被高中音淹没了。因此,建议发烧友至少按下列数字选用:

10 英寸: 51.2Hz; 100dB/m; 20Hz; 83.7dB/m

8 英寸×2: 41.2Hz; 100dB/m; 20Hz; 85.8dB/m

12 英寸: 42.7Hz; 100dB/m; 20Hz; 86.8dB/m

有条件选 12 英寸×2: 30.2Hz; 100dB/m; 20Hz: 92.9dB/m

当然,所有低音单元必须是长冲程设计。可以看出,为获得低音,付出的代价将是昂贵的。

高保真放音要求距音箱 1m 处的平均声压为 80dB,最高声压级≥110dB/m。由等响度曲线可以大体看出,人耳在 80dB 声压级时对 40Hz 信号感觉到的响度要下降 20dB。另一方面,消声室

频响平直的音箱在一般居室放音时在 40Hz 左右声压将下降约 9dB。这些都是我们往往感到低音不足的原因。因而在居室放音时往往需对 100Hz 以下的低音进行提升,而对 60Hz 以下的低音提升的幅度应该更大。

假如小直径低音单元音箱与大直径低音单元音箱有相同的消声室低频声压频响,那么在听音室或居室放音时,明显感觉小直径低音单元音箱低音不足,房间容积越大,这种感觉越明显。

从扬声器纸盆振幅与声压级的关系来看,对于 110dB/m 轴向声压级及 $f=40\text{Hz}$ 、 $\Phi 300\text{mm}$ (12 英寸)扬声器单元的振幅约为 12mm,这在实际产品中是可以做到的;而 $\Phi 165\text{mm}$ 扬声器单元的振幅几乎为 50mm,这在实际上显然是做不到的。实际产品中, $\Phi 165\text{mm}$ 单元的特性灵敏度通常比 $\Phi 300\text{mm}$ 单元低 3dB 以上。这就是说,为得到同一声压级, $\Phi 165\text{mm}$ 单元的驱动功率需增加一倍!显然其性价比是不理想的。

事实上,使用中小直径低音单元音箱是较难产生排山倒海的音响效果的。相对而言,它倒较适合作环境音箱,而不适于在要求较高的 Hi-Fi 系统中作主音箱。由此也不难理解为什么曾以生产小型书架音箱而闻名的 AR 公司后来却逐渐生产大直径低音单元和容积稍大些的音箱了。

尽管目前市场上特别是国外和港台流行小直径单元音箱,把 6.5 英寸甚至 5 英寸当作中低音单元的音箱吹上了天,但其低频响应不足却是生产经营商不得不承认的。通过计算,不难发现若用 $\Phi 200\text{mm}$ 单元代替 $\Phi 300\text{mm}$ 的单元,则需 3 个,这在经济上显然是不合算的。另外,从技术角度来看也极为不利。这是因为跨越同一分频点的扬声器个数越多,其平滑过渡越困难,指向性处理也越困难。

至于那些靠 3D 系统来获得超低音的做法,笔者虽然不宜批评,因为存它确能得到足够的低音,但是能否 Hi-Fi,则值得分析研究。有人说低音没有方向性,其实这是不对的。所谓没有方向性,是指低音方向性不太明显,即没有高音那样明显就是了。事实上,在大型管弦乐还音时,左右主音箱中都有低频成分出现,如果让这些低频成分皆由一个超低音箱从某处放出来,试想能不影响声场定位吗?因此,对高保真系统,是不能采用 3D 方式的。监听扬声器系统更没有采用 3D 方式的。

再回到扬声器直径话题上来。最后,我们得到的结论是,从性能价格比来看,家庭高保真放音中还是采用直径大一些的低音单元为好。 $\Phi 300\text{mm}$ (12 英寸)的直径可以认为是易于做到性能价格比较好的一种尺寸。在监听音箱中低音单元也有不少采用 $\Phi 300\text{mm}$ 左右直径的。如果你的听音室较大(比如 30m²),那么采用双 12 英寸四单元三分频大型座地音箱,那将是很理想的选择。若听音室很小,则应选择小型音箱,小型音箱特别适合于听弦乐、室内乐、人声、小品等。

通过以上分析可知,“6.5 英寸单元竟可重放低达 30Hz 甚至更低的超低音”的说法是不太适宜的。

4. 关于若干技术参数的考虑

(1)有效频率范围 有效频率范围在 IEC 和 GB 中有严格的

确定方法,但有的厂商只标出频率响应的范围,而不提供频响曲线的变化情况,也不说明此频响范围是按何种标准测定的。因此这样提供的频响参数就毫无意义了。比如甲音箱标的频响范围为30~20000Hz,但实际上低频在70Hz以下就明显衰减了,在30Hz处可能已衰减了30dB,而高频也只能平滑伸展到14000Hz。相反,乙音箱标的频率响应范围为40~16000Hz \pm 3dB,尽管看上去乙音箱的频率响应范围比甲音箱窄,但它指明了频响曲线只会在 \pm 3dB范围内变化,因而平坦得多,放音一定比甲音箱好听。因此就频率响应范围这一项指标,乙音箱比甲音箱好得多。这一点,请读者务必注意。

(2)功率指标 功率指标的标注也很混乱,有时标的是短期最大噪声功率、瞬时承受功率、峰值承受功率,因此数值往往比额定噪声功率大许多倍。有时只标功率数值,而不指明是什么功率,消费者是无法弄清的。在其它因素相同情况下,一般我们希望选择功率大的音箱,因为这样的音箱有足够的余量,大功率放音时不易引起失真。

在功率方面,为了和放大器达到良好的匹配,可使扬声器的最大输入功率约等于放大器的额定输出功率。扬声器最大功率为扬声器额定功率的三倍以上,这样就可以保证在某一瞬间出现超过额定功率的峰值功率时,扬声器不致损坏。

(3)灵敏度与效率 由于效率的测试既复杂又费时间,所以常常根据灵敏度来估算效率,一般说来,灵敏度高的扬声器其效率一般较高,尽管两者的概念是不同的。

我们对灵敏度和效率有一个基本要求,并不是它们越好越好。灵敏度与动态有一定的制约性,提高灵敏度,动态范围会降低。扬声器的设计思想应该是在保证音质的前提下讲求灵敏度和效率,而事实上往往为了获得优美的音质而不得不牺牲一些灵敏度。在当代制造大功率放大器非常容易的情况下,对扬声器的灵敏度无须过高要求。

5. 外观鉴别与主观试听

(1)橡胶折环、塑料折环扬声器谐振频率较低,因此扬声器的低频重放下限频率也向下展宽,但其灵敏度较低。

(2)用双手均匀按压纸盆,应无摩擦声,否则就是音圈与导磁柱或导磁板相碰。对低音扬声器可移动3~4毫米。高频扬声器一般不能按压。

(3)纸盆与折环,定心支片等粘接应牢固,不应有开脱现象。

(4)由于客观物理指标与主观听音评价之间的不完全一致性,加之音响设备最终是供人听的,因此主观试听鉴别是不可缺少的。对扬声器来说,主观试听往往成为选购时的主要依据之一。试听时可放几段不同类型的音乐,判别低音是否深沉浑厚,中频是否丰满有力度,高频是否光辉明亮。重放语言声是否清晰等。

计划经济时代,扬声器由京、津、沪、宁等地国营厂制造,改革开放以来,广东成为最大扬声器产地。现将笔者收集到的部分扬声器技术参数列表如后。

1. 低频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	共振 频率 (Hz)	音圈 直径 (mm)	灵敏度 (dB/W·m)	Q 值	有效 振动 半径 (mm)	等效 质量 (g)	等效 容积 (L)
D5L	120	5	39	76	83.5	0.38	51.4	15.2	10.6
D6	120	5	48	76	86	0.46	62	19.0	11.7
D8	150	5	27.5	100	87	0.31	83.4	39.0	58
D10	150	5	26	100	90	0.36	112	54.0	152
F5.1	60	5	48	25	87	0.35	48.9	7.5	11.5
F6.1	60	5	51	25	87	0.54	63.1	11.7	18.4
F8.1	80	5	39	35	88.5	0.39	79.8	22.8	41.5
F10.1	150	5	37	50	90.5	0.38	99.3	35.0	70.0
F12.1	150	5	32	65	92	0.34	119	54.7	143
S8+	60	5	30	25	90	0.32	81.8	16.6	107.3
Q10.1	150	5	26	50	88	0.37	105	58.3	123
Q12	150	5	20	50	86	0.83	123	63.0	316
Q12.1	150	5	18	50	90	0.30	123	67.2	376
SK8-plus	80	5	31	35	89	0.31	79.4	17.7	84.8
SK10-plus	150	5	26	50	88	0.36	102	52.3	110
SK12-plus	150	5	27	50	90	0.34	122	69	161
SS10	150	7	28	50	90	0.36	104	39.6	133
SS12	150	7	30	50	90.5	0.45	123	55	158
SS10-plus	150	5	25	50	88.5	0.35	104	51	134
SS12-plus	150	5	23	50	90	0.30	123	68	228
SS10R	150	5	24	50	88	0.35	104	47.5	150
SS12R	150	5	20	50	89	0.37	123	67	305
ST8-plus	80	5	32	35	90	0.29	78.3	14.1	91
ST10-plus	150	5	26	50	89	0.29	102	48	119
T6.5-plus	60	5	40	25	88	0.34	67.5	13	27.6
T8-plus	80	5	34	35	90	0.34	87.5	15.9	72
T10-plus	150	5	28	50	90	0.30	102	42.2	118

2. 球顶中频扬声器系列

型号	额定功率 (W)	最大功率 (W)	阻抗 (Ω)	谐振频率 (Hz)	灵敏度 (dB/W·m)	音圈直径 (mm)
SDMA	100	200	5	250	92	50
D5M	120	250	5	41	86	76
DMA	880	150	5	325	89	50
DMB	80	150	5	345	90	50
DMC	80	150	5	175	90	50
DMD	80	150	5	170	89	50
DME	80	150	5	185	90	50
DMF	80	150	5	190	90.5	50
DMN	60	120	5	350	91	50

3. 球顶高频扬声器系列

型号	额定功率 (W)	最大功率 (W)	阻抗 (Ω)	频率响应 (kHz)	灵敏度 (dB/W·m)	推荐分频点
C1R	12	45	5		90	> 2200Hz@12dB/oct
M1	30	80	5		92	> 2200Hz@12dB/oct
Q1	30	80	6		89	> 2000Hz

银笛扬声器技术参数

1. 上胶麻点盆低频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	共振 频率 (Hz)	频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ W·m)	Q 值	有效 振动 半径 (mm)	等效 质量 (g)	等效 容积 (L)
YD150-722P	50	8	70	70~10 000	88	0.60	55	6.5	14.6
YD150-722P-S	50	8	72	72~8 000	89	0.52	55	6.5	14.2
YD166-722X	30	4;8	50	50~8 000	88	0.35	66	12.5	13.4
YD166-722X-S	50	8	48	48~8 000	90	0.55	66	14.1	20.9
YD210-722X	80	8	40	40~3 000	88	0.40	83	24.0	44
YD210-722P	100	8	42	42~5 000	89	0.40	82	20.7	40.8
YD270-722P	120	8	35	35~5 000	90	0.40	105	37.7	101.4
YD315-722P	80	8	30	30~4 000	93	0.26	125	48.4	177

注: 序号后字母 P 表示泡沫折环, 字母 X 表示橡皮折环; 尾部加字母 S 表示防磁。下同。

2. 石墨强化 PP 盆低频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	共振 频率 (Hz)	频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ W·m)	Q 值	有效 振动 半径 (mm)	等效 质量 (g)	等效 容积 (L)
YD120-724X-S	50	4;8	85	85~12 000	88	0.60	42	6.8	2.2
YD131-724X	50	6	65	65~10 000	88	0.50	48	7.0	6.4
YD176-724X	30	8	40	40~8 000	90	0.39	64	14.8	23.9
YD210-724X	100	8	35	35~4 000	90	0.42	83	25.0	55.0
YD220-724X	100	8	40	40~5 000	89	0.40	82	32.4	29.6
YD270-724X	120	8	35	35~5 000	91	0.54	105	46.1	63.4
YD280-424X	80	8	28	28~4 000	90	0.35	105	42.0	132
YD330-424X	100	8	26	26~3 000	92	0.32	125	53.5	195

3. 羊毛盆低频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	共振 频率 (Hz)	频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ W·m)	Q 值	有效 振动 半径 (mm)	等效 质量 (g)	等效 容积 (L)
YD110-731X	40	8	76	76~13 000	89	0.56	50	8.5	3.2
YD110-731X-S	35	8	80	80~11 000	88	0.58	50	8.5	3.2
YD131-731X-S	40	8	65	65~10 000	88	0.50	55	7.8	6.3
YD166-731X	80	8	48	48~5 000	87	0.40	66	23.5	7.3
YD166-731X-S	50	8	50	50~8 000	90	0.45	66	13.4	20.2
YD178-332X	80	8	38	80~6 000	88.5	0.25	66	19	24
YD178-332X-S	80	8	38	80~6 000	88	0.3	66	19	24
YD220-332X	100	8	33	33~5 000	89	0.34	83	24	65
YD220-332X-S	100	8	33	33~5 000	89	0.30	83	24	65
YD260-731X	120	8	32	32~4 000	88	0.38	105	65.5	48.9
YD310-731X	150	8	26	26~3 500	90	0.35	125	94.0	89.2

4. 麻砂盆双音圈低频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	共振 频率 (Hz)	频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ W·m)	Q 值	有效 振动 半径 (mm)	等效 质量 (g)	等效 容积 (L)
YD131-834PSS	50	8	58	58~10 000	89	0.35	55	6.0	15.8
YD176-834PSS	30	8	56	56~4 500	88	0.51	67	16.0	15.1
YD210-834PSS	100	8	40	40~4 500	90	0.42	82	22.0	44.8
YD260-834PSS	100	8	30	30~4 000	90	0.46	105	44.2	82.8
YD310-834PSS	120	8	30	30~4 500	91	0.36	124	46.0	199

5. 球顶中频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/W·m)	备注
YDQZ15-1	60	8	500~10 000	89	Φ138 塑料圆面板镀金铝膜
YDQZ15-2	60	8	500~10 000	89	Φ138 塑料圆面板钛膜

6. 球顶高频扬声器系列

型号	功率 (W)	阻抗 (Ω)	额定频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ W·m)	推荐 分频 频率 (Hz)	备注
YDQG4-11	20	8	3 000~20 000	89	> 3 000	丝膜, 磁液
YDQG4-12	20	8	3 000~20 000	89	> 3 000	丝膜, 防磁, 磁液
YDQG4-16	30	8	3 000~20 000	89	> 3 500	漆膜, 磁液
YDQG5-12	50	8	3 000~25 000	90	> 3 500	钛膜, 防磁, 磁液
YDQG5-24	30	8	1 500~20 000	91	> 3 000	丝膜, 磁液
YDQG5-26	50	8	3 000~20 000	90	> 3 500	丝膜, 磁液
YDQG5-34	30	8	1 500~20 000	90	> 3 000	丝膜, 防磁, 磁液
YDQG5-47	50	8	3 000~20 000	90	> 3 500	黑漆膜, 磁液
YDQG5-54	50	8	3 000~25 000	90	> 4 000	复合陶瓷铝膜, 磁液
YDQG8-1	40	8	3 000~20 000	90	> 3 000	透明丝膜
YDQG10-3	50	8	850~20 000	88	> 2 000	透明丝膜, 磁液
YAG10-1	50	8	3 000~26 000	90	> 3 000	带式振膜