

众所周知，低音是音乐信号的基础，它在很大程度上影响听音的氛围，缺失低音信号声音会显得轻飘而不真实，而在正规的[家庭影院](#)播放中，超重低音箱是很重要的一分子，如果少了重低音的烘托，那就完全失去临场感，也就是说不真实。很多发烧友普遍使用 6.5~8 英寸低音单元的音箱，这些音箱的低频下限比较低，低音听起来虽然有力，但能量和延伸能力却不足。

因此，笔者建议，如果有条件，还是选用中大型落地箱为好，以得到更丰富的低频响应，而组建家庭影院时，应把超重低音音箱考虑进去。当然，如果原来的系统没有丰富的低频效果，你也可单独添置一个优质的超重低音音箱来提高重播效果。不过，好一点的超重低音音箱售价不菲，既然我们有能力去自己设计制作书架箱或落地箱，那么我们是否也能自己做一个好一点的超重低音音箱呢？答案是肯定的，有兴趣的读者不妨跟着我依葫芦画瓢。

### 理想的超重低音箱的概念

在制作前，我们应对什么是“好一点的超重低音音箱”有一个基本的概念。笔者认为衡量超重低音音箱的品质高低有几个方面。

#### 1.好的超重低音箱必须是[有源放大](#)的

所谓“有源放大”就是内置功放的，而无源超低音音箱是没有内置功放，箱内只有无源分频器，要和主音箱共用或另配功放。无源超低音音箱是利用前级的音量控制来决定音量，如果超重低音音箱的灵敏度或音量和主音箱不平均，会引发声场混乱、频响不均衡、声像定位不出来等情况，而此时超重低音音箱的摆位又不能解决这一问题，这些问题就难以改善。加上超低音大口径单元的振动质量肯定大于主音箱单元，故发声速度要慢一些，加了这种超重低音音箱之后，效果往往很浑浊。

有源超低音音箱是专门为低音重播而设计的。它的工作特征是信号直入带有源分频的前级。100Hz 以下的频率由专用的低音放大器放大后驱动超低音音箱。100Hz 以上的频率经分频后送至放大器，放大后由主音箱播出。这时要有一个独立的音量控制用来控制超低音量跟主音箱在音量上的比例。

正规的添加超低音音箱是超低音在[交叉分频频率](#)以下工作(例如 100Hz 或 120Hz)，而主音箱在交叉分频频率以上工作，不过这样的分频器要设在信号源输出之后，主声道前级之前，因而，一些高级的超低音音箱都设有一对左右声道输出端子，但在日常使用中很多人都是直接从前级输出直驳入超低音音箱。

由此看来，有源超低音音箱所用的单元和内部磁路结构、专用的低频提升技术，以及分频放大器、箱体等都是为低频再现而服务的。因此，有源超低音音箱的表现并非无源音箱所能比拟的。

#### 2.超低频量感要充足，延伸要足够低

超低音音箱的功能就是弥补主声道音箱的低频不足。

#### 3.超低音单元要能承受大功率而不失真

众所周知，面积越大的振膜低频潜得越深，同时为了要达到充足的能量，大多数的超低音单元都在 10 英寸以上，单元的振膜越大，相对的质量也会增加，单元的运动不容易受控制，这时需要较大的控制能量既较强的输入功率。否则，振膜的动静不能令行禁止就会使声音模糊，如果单元反应的速度跟不上音乐的速度，就会造成低频段的失真，使声音模糊不清，同时也会让低频变得软弱而不够力。

#### 4.要有设计合理坚固的[箱体结构](#)

超低音是音箱播放中失真最严重的频段，但低频段其实也藏有许多细节和质感，像低音大提琴与管风琴的低频就不一样，绝不是轰轰响模糊一片的盲目“雄浑”感，性能优异的超低音还可以轻易听出堂音、细节以及音色等各种巧妙的变化，反应快的超低音可以重现出凝聚的冲击力和有效提升分析力并与中、高频段衔接良好。箱体的长宽高比例和坚固与否会直接影响到超低音的细节清晰度、分析力、速度感、瞬态反应等，因此不能等闲视之。

#### 选材设计制作

就上述几个观点，这款 DIY 的有源超重低音箱将通过精心选材、精心设计制作来达到媲美优质商品机的效果。

首先我们选用的低音单元是惠威 Hi-Fi RESEARCH 12 英寸的 W12 低音单元(如图 1)。它的特征是采用高损耗、高顺性、超薄、耐疲劳橡胶折环和德国 KEVLAR 增强纸基复合材料振膜，配以高散热涂层、无涡流损耗、高承载功率 76mm 音圈和耐高温 SV 线以及一体化高密度铝盆架，它的对称磁场(SMD)驱动系统可减少音圈电感与反电动势的相互调制，加上超长冲程线性位移设计，使它有着承受功率大， $f_0$ (谐振频率)和  $Q_{ts}$ (品质因数，总 Q 值)较低，瞬态好，低频响应极佳，低音丰满有力，高清晰度和解析力，动态大，低失真的优点，很适合做有源超低音。



图1 W12低音单元

W12 低音单元的几个主要相关参数是：额定阻抗 8Ω；谐振频率( $f_0$ )28Hz；额定功率 150W(最大 300w)；灵敏度(2.83V, 1m)90dB；总 Q 值 0.42；振动质量 89.7g；等效容积( $V_{as}$ )156L。图 2 是它的结构尺寸图。

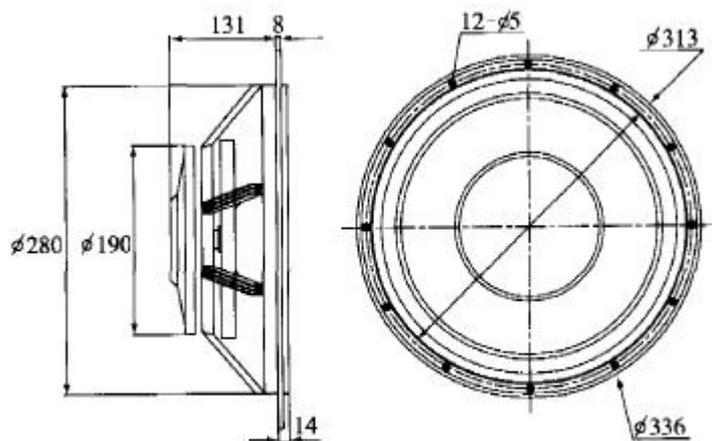


图2 W12结构尺寸

选定单元后，应当考虑推动这个低音单元的功率大小，为了很好地控制低音单元的运动，笔者认为功率放大器输出的功率不宜小于低音单元的 150W 额定功率，但也不宜大于它的最大 300W 输入功率，因此所用的功率放大器输出功率应在 200W(8Ω)左右。对于一般几十平方米听音室而言，如果设计合理，这个功率已足够。

超重低音音箱用的功率放大器不仅要有大推动力，同时其瞬态失真要小、反应速度要快。这里采用的恒流功放驱动，是用线性元件把流过扬声器音圈的电流取样反馈到功放输入端，使放大器以固定电流方式驱动负载，这样就很好地解决功放内非线性失真或瞬态失真不能兼顾的问题。

使用恒流功放驱动还有不少好处，首先，输到扬声器音圈的电流不受扬声器阻抗的影响，因而简化了保护，提高了可靠性；其次是反馈取样电压与流过扬声器音圈的电流成线性关系，不存在相位差，减少了功放内部的瞬态失真，系统的瞬态失真指标取决于扬声器的瞬态特性；其是用输出负载特性的功放驱动阻抗随频率变化的负载，会增强声音的力度和解析力，反应速度也快。图 3 就是超重低音箱用的主动伺服式功率放大器。它是专门根据 W12 低音单元的相关参数作了取样设计。该线路可输出 200W 左右的 RMS 功率，为上下对称分别采用负反馈恒流设计，这种线路的特点是负反馈分别加在输入级晶体管的发射极上，与各自的偏置电路组合成独立的上下对称线路，优点是前级的发射级不易混入噪声，功放有很高的信噪比。

伺服均衡相位、音量控制线路的设计特点是从音源或前级输出的信号经 L、R 输入送到运算放大 IC1A 的输入端，开关 K1 和 IC1B 就是用来控制信号的正反相，使之与主音箱有更正确的相位匹配。由三联波段开关 K2 和 IC1C 构成的线路是以巴特沃斯三阶低通滤波器组成的约 40Hz，55Hz，75Hz，100Hz 共 4 个低频输入截止点。

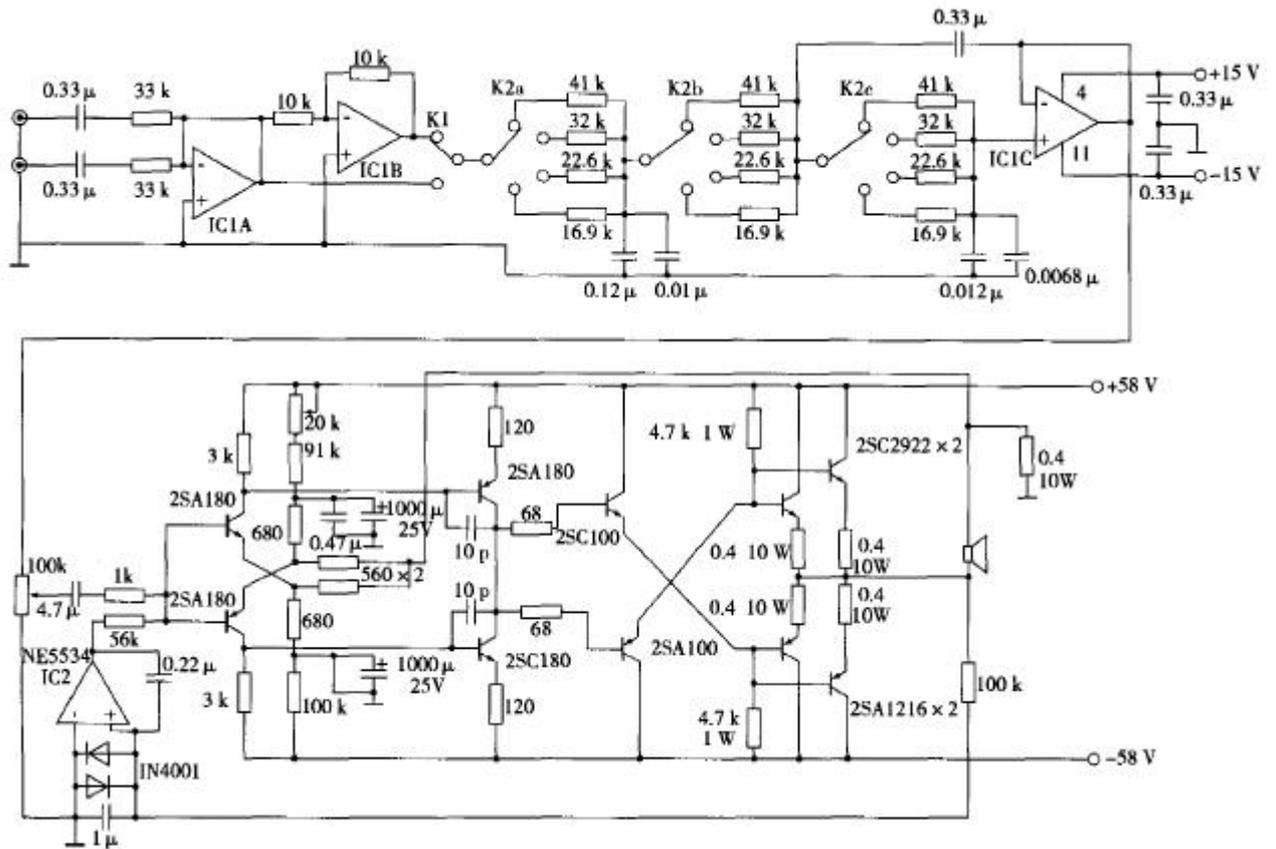
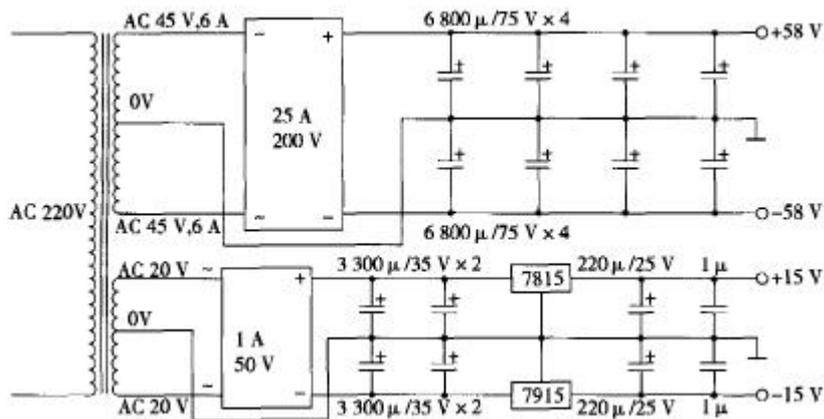


图 4 是主动伺服式功率放大器所用的电源图。发烧友都知道，好的功放在电源上下的功夫并不比线路少，为了取得更出色的音效，该机采用了一个约 650w 的 R 型优质变压器，R 型变压器的漏磁和效率比常见的环型或 EI 型变压器要好，温升低，放在使用环境相对复杂的超重低音箱内部明显比环型或 EI 型变压器有优势。



该机的前后处理线路各有自己独立电源供应，绕组是分开的，其中，控制线路的供电采用三端稳压处理后输出正负 15V 的电源供电给 IC1 和 IC2，后级功放为了减少电源内阻，用 4 对中等容量滤波电容并联输出，以得到更快的反应速度。为了进一步减少箱内磁场的互相干扰，整个主动伺服式功率放大器装在一个 30cm×35cm×9.5cm 的厚铝金属机箱内，其中散热器是装在箱体的外表，以利于散热。

得到主动伺服式功率放大器所占的容积大小后,我们就可以很方便地求出超重低音箱的内腔容积大小。从 W12 低音单元的几个主要相关参数来看,该单元较适合做倒相箱,为了取得相对平坦而不是渲染的低频响应,有较出色的瞬态响应和良好的低频延伸,在设计箱体时是采用 SC4 响应设计。用 SC4 响应设计是倒相箱设计方案中的较好选择,它的特征是箱体比较大,但它却有着很低的调谐频率和相对出色的瞬态响应以及较低的失真输出特点,可能有读者问为什么不采用更好的 SBB4 响应设计?SBB4 当然更好,但我们在综合考虑了两种设计的音质与箱体的大小关系后,认为 SC4 响应足以满足高水平的听音要求。

用 SC4 响应设计的倒相箱虽好,但它要求低音单元有较低的 Q 值,w12 低音单元的总 Q 值是 0.42,基本附合这种要求。该超重低音箱是按查表方式设计的,表 1 收录了从 0.37~0.44 的低 Q 值 SC4 设计数据,在设计不同 Q 值的 SC4 响应倒相箱时,读者也可用此数据设计。

根据表 1,我们很快就能求出该超重低音箱的内空容积。

表1 低Q值的SC4设计表

总Q值	$f_1/f_c$	$\alpha$	$f_2/f_c$	频率起伏/dB
0.37	1.066 7	1.510 9	1.175 1	0
0.38	1.049 8	1.366 5	1.120 0	0
0.39	1.030 9	1.234 3	1.068 9	0
0.40	1.010 3	1.114 6	1.021 5	0
0.41	0.988 6	1.007 0	0.977 7	0
0.42	0.966 2	0.911 3	0.937 3	0
0.43	0.943 6	0.826 6	0.900 1	0
0.44	0.921 2	0.752 1	0.866 0	0

求箱体内空容积 Vb:

$$V_b = V_{as} \div \alpha = 156 \div 0.9113 = 171.2(L)$$

求箱体的调谐频率:

$$f_b = (f_h \div f_o) \times f_o = 1 \times 28 = 28(Hz)$$

求音箱的低频截止频率 f3:

$$f_3 = (f_3 \div f_o) \times f_o = 0.937 \times 28 = 26(Hz)$$

求倒相管长度 L:

$$L_v = 2350 D_v^2 \div (f_b^2 \times V_b) - 0.73 D_v$$

其中 Dv 是倒相管的开口直径,为得到很好的线性,这里取值 100mm,经计算, Lv≈102.1mm。

按照箱体容积公式计算所得的值均为净容积,实际计算时要记得加上内置功放的体积(10 升左右)和扬声器的容积(约为 4 升左右),而加固支撑件的体积可设在 9 升左右,这样,箱体的最终容积 V=171.2+10+9+4=194.2L,实际制作时可按 195L 计算箱体尺寸。

箱体内部净空的高、宽、深尺寸比与音质有密切关系，如果尺寸比选择不当，有可能导致两个甚至三个轴向振动频率重叠，产生难以消除的驻波干扰，让声染色加重。为减少不必要的影响，本箱的高、宽、深比例取值为 1.3:1:1.2。经计算，箱体内部净空的高、宽、深尺寸分别为 65cm，50cm，60cm。箱体用 25mm 厚的中密度纤维板(MDF)制作，为提高箱体的刚性，箱体内部设有一个支撑板，同时前障板用两

块 25mm 厚的中密度纤维板(MDF)粘合起来，以减少箱板共振带来的音染，得到较清晰的音效。图 5 是该音箱的制作尺寸图，制作时请注意各障板接触面要加工平直，结合面要涂上木工胶使其接触面紧密，并用木螺丝收紧，确保接合紧密牢靠不漏气。为平衡前后障板的重量，主动伺服式功率放大器设在后障板，散热器为外露式设计。从该箱的后障板布置图中可以看出，倒相孔是开在背后的，也就是说，该箱在摆位时不要太靠近后墙。

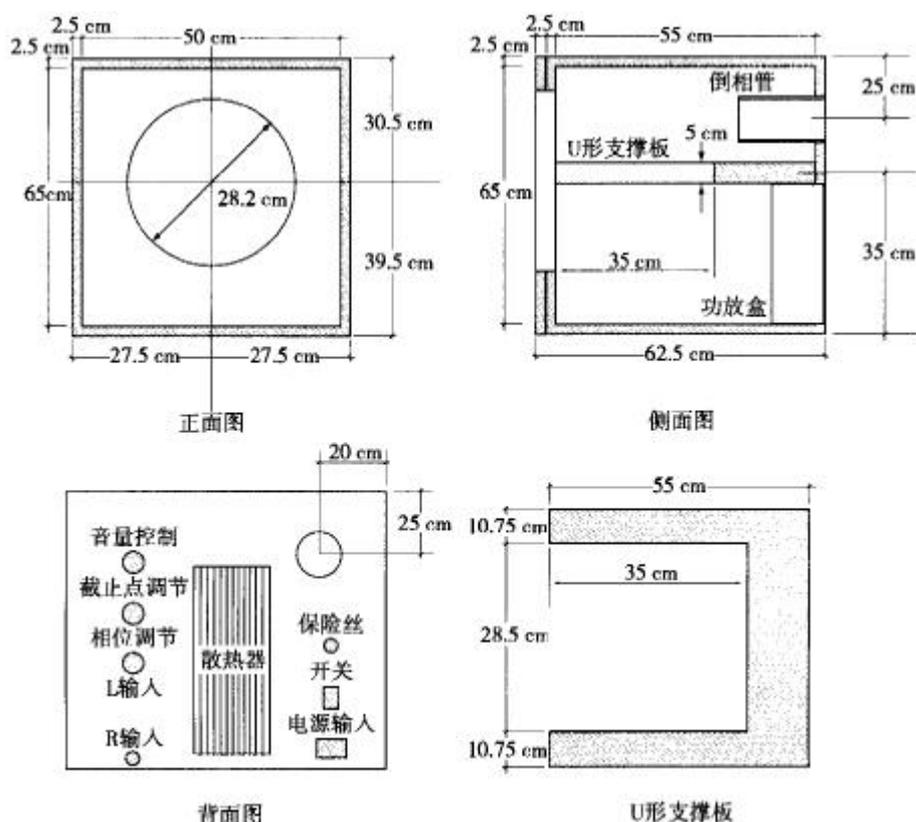


图5 制作尺寸图

一般音箱内的吸声材料的放置方法有粘贴法和填充法两种，倒相式音箱常采用粘贴法，该箱的吸声材料用量是在箱壁铺上用棉布包裹的 5cm 厚左右的矿棉。如果觉得低频能量过多，可适当加厚吸声材料。这样，音箱的总 Q 值(Qts)下降，可以改变低频厚度，使低音更清晰，提高瞬变反应速度。为了超低音箱得到清晰高分辨率的低音，该箱宜选用金属钉脚，最好是用铜质的脚锥。

#### 使用建议

使用中，如果低频输入截止点调得过高，与主音箱低频段重叠过多，低频在某些频段显得浑浊拖沓，将影响低频的速度和清晰度。相反，当低频输入截止点调得过低时，低频也会出现不连贯的现象，让人觉得主音箱与超低音箱是“各自工作”。因此，选择合理的低频输入截止

点会使主音箱与超低音箱实现平滑的低频过渡，低频量感会增加但又不会觉得有过于突兀、渲染，让整体气势浑然一体。一般的调整原则是：

如主音箱的-3dB 低频下限为 60Hz 的，宜选 55Hz 低频输入截止点，也可以这样粗略调配。如主音箱的低音单元是 4~5 英寸的，可选 75Hz 低频输入截止点；如低音单元是 6~7 英寸，选 55Hz 低频输入截止点或更低档。

超低音箱的音量调整不要调得过大(最好不要超过 10 点钟)，防止超低音过于喧宾夺主和减少失真。在相位的调整时，先放一段低频较丰满的音乐，然后将相位分别设定在 0°及 180°位置，比较这时的低频的量感，以量感丰满、声音清晰、凝聚者为佳。当调整好后，超低音箱已融入整套系统中，你就会感受到它的威力。