

“胆机”输出变压器的设计与工艺

□柯世壁

输出变压器是胆机的重要组成部分,它是胆机放音的音频信号通过的最后一关,其品质的优劣,直接影响到输出信号的频率特性和非线性失真。现在市场上不易买到功率和阻抗完全匹配的成品。即使有,优质的太昂贵;一般广播机、收音机用的频率特性不过100~5000Hz左右,失真度也较大,与高保真音响的要求相差甚远。若有条件自制,则花钱不多,却能获得令人满意的效果。其实输出变压器的设计与制作并不很难,只要有耐心,精心细作,定能成功。兹简述如下:

1. 单管输出变压器设计

(1) 先确定初级电感 L_1 。

$$L_1 = R_a / 2\pi f_L \sqrt{M^2 - 1} \quad (\text{亨})$$

式中 R_a 为单管最佳负载电阻(可查电子管手册),单位为 Ω 。 f_L 为最低工作频率,单位为 Hz。 M 为中心频率(一般以 400Hz 或 1000Hz 为基准)的增益与 f_L 的增益的对数比(dB),一般为 3dB 左右。若取 3dB,即 $M = 1.41$,则上式可简化为 $L_1 \approx R_a / 6f_L$ 。 f_L 在高保真功放中可取 50~50Hz。若 f_L 过低,铁心将太大。

(2) 铁心截面积 S ,可按下列经验公式计算:

$$S = L_1 I_a^2 / 3000 \quad (\text{厘米}^2)$$

式中 I_a 为通过变压器初级的直流磁化电流,即电子管作甲类放大时的静态屏流,单位为 mA。例如 6P1 在甲类放大时的静态屏流一般约为 32mA。

(3) 初级匝数 $N_1 = 40L_1 I_a / S$ (匝)

若所用硅钢片质量较差,则式中系数 40 应改用 45。

(4) 次级匝数 N_2

$$\text{先求变压比 } n = \frac{N_2}{N_1} = \sqrt{\frac{R_L}{R_a \eta}}$$

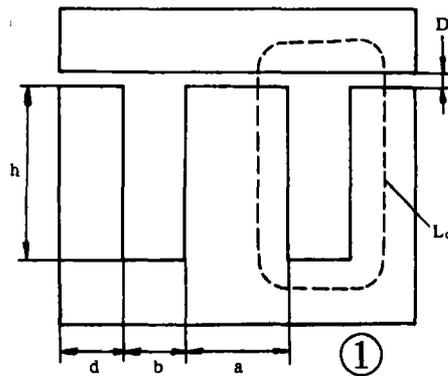
式中 R_L 为扬声器标称阻抗。 η 为变压器效率,因单管输出功率都不大,故一般取 0.75。于是

$$N_2 = nN_1 \quad (\text{匝})$$

(5) 导线直径:初级线径 $\phi_1 = 0.02 \sqrt{I_a}$ 。次级线径 $\phi_2 = 0.7 \sqrt{P_2 / R_L}$ 。 I_a 的单位为 mA。 P_2 为次级输出功率。 $P_2 = \eta P_1$, P_1 为管子输出至初级的功率。也可以根据 I_a 的值(mA),和次级输出电流 $I_o = \sqrt{P_2 / R_L}$ 的值直接查线规表中的近似载流量所对应的线径。

(6) 单管甲类功放有较大的直流磁化电流,铁心需加一个空隙(如图 1 的 D)否则会降低初级电感,增加电子制作

非线性失真。空隙 $D = (N_1 I_a / 16) \times 10^{-5}$ (毫米)用相当于此厚度的绝缘纸垫即可。铁心应顺一边插入。



2. 推挽输出变压器设计

(1) 初级电感 L_1 的计算公式和单管的公式相同,只把式中的 R_a 改为两管屏至屏的最佳负载电阻 R_{aa} 即可。 R_{aa} 可从电子管手册中查得或参考表 1。若查不到,也可作如下处理:甲类推挽,三极管的 R_{aa} 可按两倍于单管的内阻 R_i 来设计,以获得最大输出功率。五极管、集射管的 R_{aa} 可按单管的最佳负载电阻的两倍来设计。例如 6P1 的 R_a 为 $5K\Omega$,推挽时的 R_{aa} 则为

表 1 常用集射管、五极管作甲乙类放大参考数表

电子管型号	工作方式	屏压 (V)	帘栅压 (V)	栅压 (V)	负载电阻 R_a (k Ω)	屏至屏负载电阻 R_{aa} (k Ω)	输出功率 (W)
6P1	甲	180	180	-8.5	5.5		2
6P6P	甲	250	250	-12.5	5		4.5
6V6 等相似)	甲乙 1	250	250	-15		10	10
	甲乙 1	285	285	-19		8	14
6P14	甲	250	250	-6	5.2		4.5
	甲乙 1	250	250	-11		8	12
6P3P 6L6	甲乙 1	270	270	-17.5		5	17.5
	甲乙 1	360	270	-22.5		6.6	26.5
	甲乙 1	400	300	-25		6.6	34
FU-7 807	甲乙 2	400	300	-25		3.8	60
	甲乙 2	500	300	25		4.66	75
	甲乙 2	600	300	30		6.6	80

10KΩ。甲乙类推挽的 $R_{aa} = 4 \frac{U_a - U_{a_{min}}}{I_{a_{max}}}$ 。式中 U_a 为设有交流信号时的静态屏压， $U_{a_{min}}$ 为管子有信号时的最低屏压， $I_{a_{max}}$ 为管子有信号时的最大屏流。

(2) 铁心截面积 $S = \frac{25P_1}{f_L}$ (厘米²)

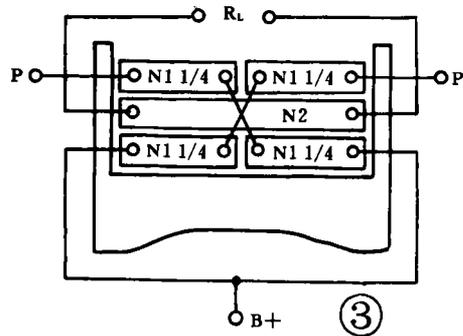
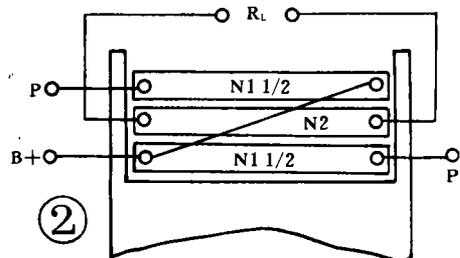
(3) 初级匝数 $N^1 = 450 \sqrt{L_1 L_c / S}$

式中 L_c 为磁力线的平均长度，如图 1 所示。 $L_c = 2(b+h) + d\pi$ (厘米)。 L_c 也可从铁心参数表查得。

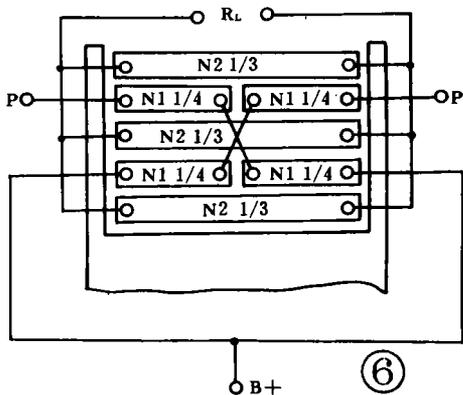
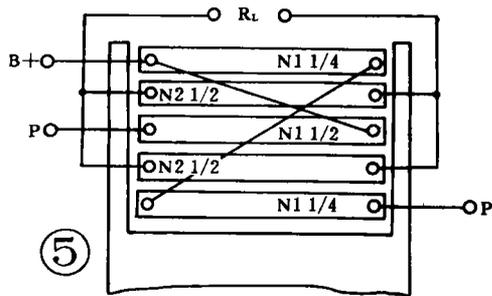
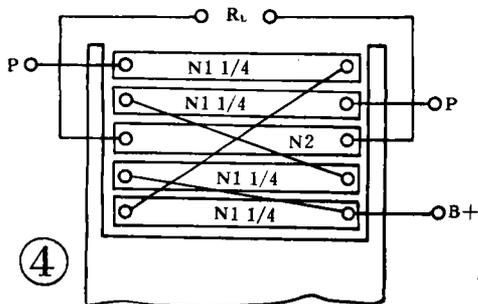
其他项目的计算与单管的公式相同。推挽变压器没有直流磁化电流，铁心不需留空隙，可以交叉对插。

3. 制作工艺

由于高保真功放的输出变压器具有良好的低频特性， L_1 必然很大， N_1 匝数也较多，这就使得变压器的漏感和分布电容增加，反而影响了高频特性的拓宽。电路加负反馈后还易引起自激。因此变压器的绕组必需分段、分节绕制。初次级分段的总数目必需是奇数(3、5、7 段等)。这样才能漏感与分布电容减至最小，保证放大器有很宽的频带和很小的相移。最简单的是分三段绕法，如图 2 (各图所示皆为半个线框，每段绕组的



左边为始端，右边为终端，请注意不能接错线。)将 N_1 分为 2 段， N_2 平夹在 N_1 中间。这样漏感和分布电容大为减少，频率特性有明显改善，故应用得很广泛。但是对推挽变压器来说，直流电阻的不平衡程度就更大了。图 3 是把初级每段分为 2 节，交叉连接。这样无论对直流电阻或漏感及分布电容等都较平衡。但对绕线技巧要求较高，否则会绕成梯形线包，体积过大，铁心装不



下。若要求品质更高时，可采用 5 段和 7 段绕法。图 4、图 5 为 5 段绕法，(图 5 优于图 4)，绕制较易，应用也广。图 6 为 5 段分节绕法，漏感和分布电容很小，直流电阻也平衡，要求绕线技巧更高，但品质最好。次级分成多段绕组的，其导线截面积应以计算所得总截面积除以分段数，所以线径可选得较细。在专业设备中，如正规电影院配套的高保真电子管电影扩音机，大多采用 9 段绕法。其 4 只 FU-7 电子管的屏极不直接并联，而是将输出变压器分绕成两组初级绕组(每组分为两段)，用磁通作间接并联。次级分成 5 段绕制，并联连接，并与 4 段初级绕组相间设置。每段次级都有一段接地，这样使初次级间漏感和分布电容均能减至最小。其频率特性在高低音频不加提升时可拓宽至 40Hz-10kHz ± 2 dB。如果高低频加以提升，频带还可更宽。而

BBE 音质改善电路的应用

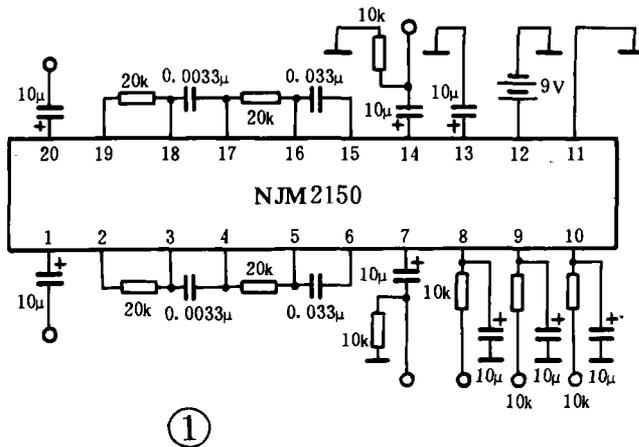
□ 覃方标

BBE 是一种声音增强和改善的专利技术。它的全称是 Barcus-Berry Electronics, 是美国 BBE. sound 公司于 1985 年开始就推向市场的新技术。它的一出现就得到了广泛的应用, 无论是音响界、广播、电影、电视、录音工业和电脑业都备受推崇, 特别是近几年更是花开灿烂。很多国内外的大公司都把它应用到自己的电视音响设备上, 比如国外的松下、索尼, 国内的 TCL、创维、乐华等新一代的大屏幕彩电, 而在录音工业和唱片娱乐业许多大腕歌星如迈克尔·杰克逊等也在其灌录的唱片采用了 BBE 技术。近来无论是国内或是国外许多知名的音响制造业也都纷纷应用 BBE 技术, 企图通过它占有更多更广阔的市场份额, 引起新一轮购买热潮, 而一些广播电视台, 也纷纷引入 BBE 技术, 比如加拿大的广播公司, 瑞士国际广播, 韩国广播及日本的 NHK 政府开通的广播电视系统。有关 BBE 技术, 《电子制作》1998 年第 10 期已做了初步介绍, 这里不再赘述。

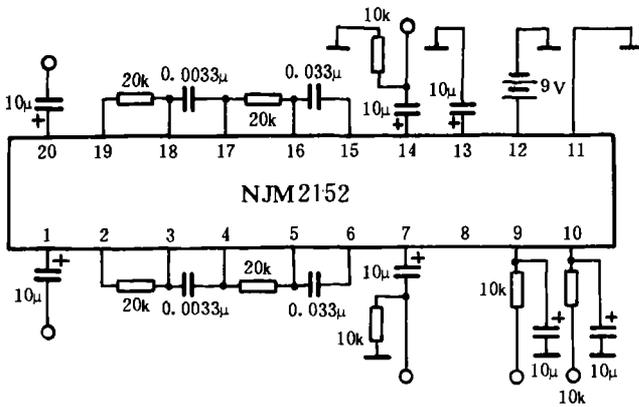
对扬声器会产生幅度变化和相位失真问题, BBE 系统开发的电路具有两个主要功能: 第一是将低、中、高频的各成份之间的关系进行了调整, 由于扬声器的自然趋向是对较高的频率成份依次引入了延时, BBE 则反其道而行之, 采用对较低频率成份依次引入延时的均衡技术, 发明了镜像延时的时间曲线, 中和消除了失真。第二是将高频和低频进行了动态强化, 由于扬声器存在一个对频率的高端和低端效率过低的问题, 绝大多数声音重放系统都采用了高频和低频进行提升, 但这种对高低频的提升是固定不变的, 而 BBE 技术提供的是一种动态的由节目内容驱动的自适应的动态强化功能, 这两大功能结合在

一起, 便会使原声的光彩和清晰度得到全面的忠实的再现。

所以, 加入了 BBE 技术后, 整个声音重放系统, 不仅会使重放的音乐清晰自然, 而且听起来低音浑厚、中频丰富、高音纤细, 是一种大幅度提高原音清晰度和真实感的技术, 具体表现为: 使电视节目和电脑游戏中的对白清晰度提高, 对老人、听力差者, 注意力不集中的儿童及噪声较大的场合极为有效, 节目的内容可得到真实的再现, 重放的效果和音乐厅的现场效果几乎没



①



且相移也很小, 非线性失真小于 1%。这对胆机来说已是相当高的水准了。其主观听音评价优于用规格的晶体管或集成电路扩音机。到此应说明一点: 绕组分段并非越多越好。对业余电子爱好者来说, 不宜制作比 7 段更多的变压器, 一方面绕制太复杂, 另一方面性能也不会

有多大改善, 又因缺乏检测手段, 弄不好可能适得其反。能做出图 6 的输出变压器, 其品质就已经很不错了。

其他绝缘处理等工艺与普通变压器相同, 就此从略。