

著名国外胆机

Capehart TYPE-B 功放电路赏析

徐构华

美国著名的Capehart Corporation TYPE-B多用途功率放大器，采用小功率五极电子管6F6G制成。该功放经日本渡边直树氏进行验证，电路简洁，性能卓越，声音悦耳动听。

图1是Capehart TYPE-B功放正视与背视图。

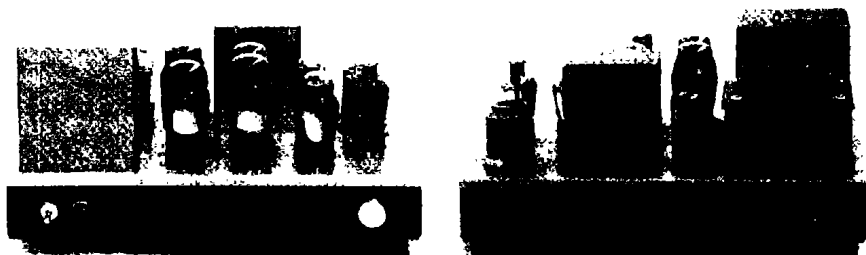


图1 Capehart TYPE-B 功放正视与背视图

一、Capehart TYPE-B 功放简析

图2是Capehart TYPE-B 功放电路图。

1. 输入级

输入电压放大级由古典型中放大系数三极电子管76担任，并由该管组成共阴极放大电路，单级电压增益为20dB左右，将输入的音频信号进行适当提升。

古典三极电子管的灯丝电压为6.3V，灯丝电流为0.3A，与现代三极电子管6C3、6C5等特性相似。

为了改善整机电性能，提高输入级的阻抗，故在输入电子管76的阴极加有电流负反馈与整机电压负反馈。

2. 倒相兼推动级

倒相兼推动电压放大级仍由两只中放大系数三极电子管76担任，组成共阴极长尾式倒相电路，

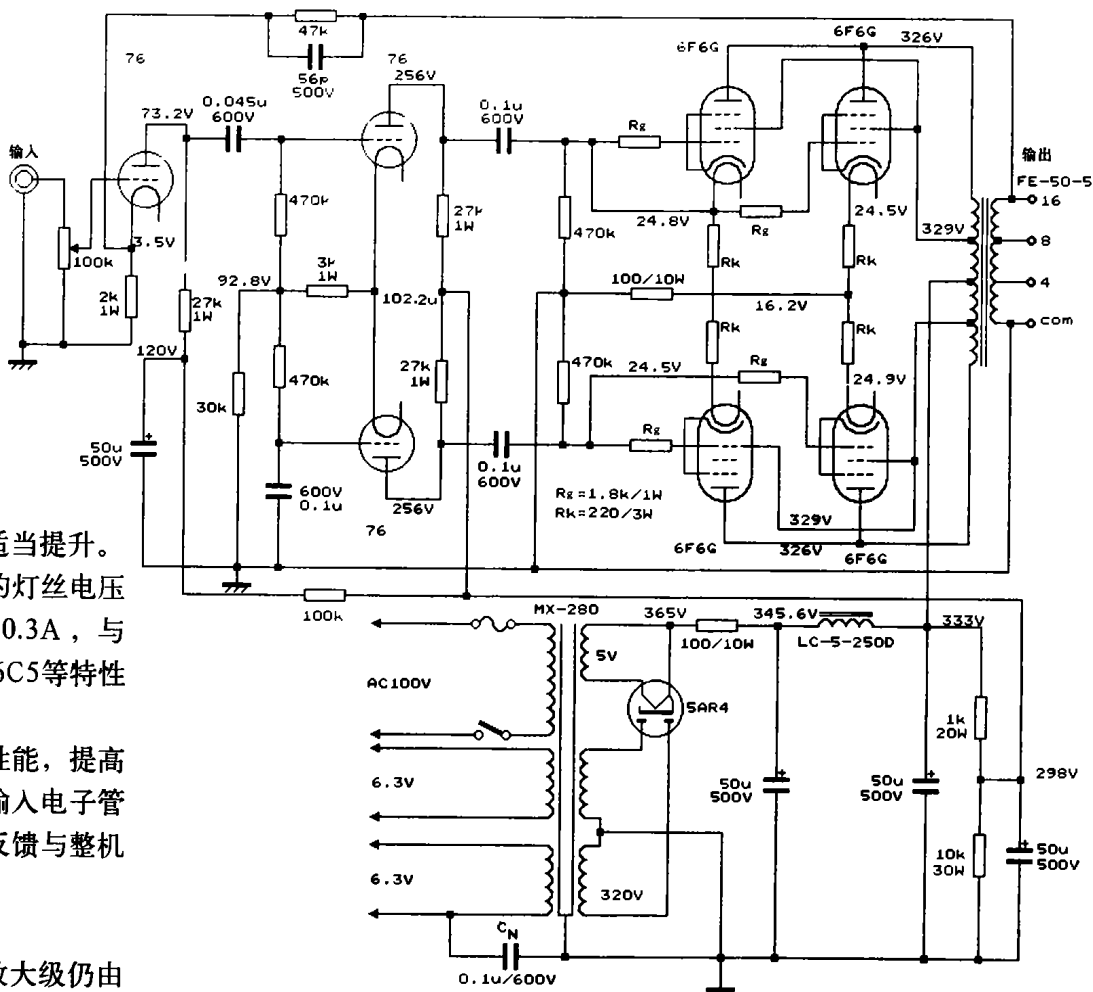


图2 Capehart TYPE-B 功放电路图

经前级放大后的音频信号由上边三极电子管76的栅极输入,工作于共阴极方式,输入信号与输出信号相位相反;由于共阴极的互耦作用,下边管信号由阴极输入,工作于共栅极方式,输入信号与输出信号相位相同,从而完成倒相工作。

由于两只76三极电子管的屏极负载均取值为 $27k\Omega$,故在该两只三极管的屏极输出端,即可取得一对幅值相等、而相位相反的推动电压信号。

3. 功率放大级

功率放大级由4只6F6G五极管组成双管并联超线性功放电路,采用自给栅负偏压方式。功放管的屏极电压取值为326V,输出变压器一次侧的负载阻抗为 $4k\Omega$,零信号时双管并联的屏极电流为70mA;最大信号时屏极电流增大至120mA,额定输出功率为16W。

6F6G功放电子管双管并联以后,两只功率管的特性产生互补作用,使放大器的线性更佳,频率响应范围更宽。同时双管并联以后,功放管的互导增加一倍,6F6G功放管原来的互导 $g_m=2.5mA/V$,双管并联后互导则为 $g_m=2.5 \times 2=5mA/V$,而功放管的内阻却降低一半,6F6G的原内阻 $R_p=40k\Omega$,双管并联后则为 $R_p=40/2=20k\Omega$ 。放大系数则为 $\mu=g_m \times R_p=5 \times 20=100$ 。

超线性功放电路是将负反馈网络设置在功放电子管6F6G的帘栅极,这样其反馈作用全部在功放管内部进行,它不仅使6F6G五极管的内阻大幅度降低,改善了功放输出级的阻尼特性;同时放大系数也相应地减小,放大器

线性进一步改善。

在6F6G超线性功放电路中,设功放管帘栅极抽头位置设置在总线圈的0.4处,则其反馈电压与输出电压之比为 $M=0.4$ 。

6F6G功放管帘栅极与栅极间的放大系数约为 $\mu_s=11$,则帘栅极的反馈系数 β_s 即为

$$\beta_s = M / \mu_s = 0.4 / 11 \approx 0.04 \quad (-28dB)$$

6F6G在双管并联超线性电路中的放大系数即为

$$\mu' = \mu / (1 + \mu \beta_s) = 100 / (1 + 100 \times 0.04) \approx 20$$

功放管6F6G的内阻,在双管并联超线性电路中亦大幅度地降低

$$R'_p = R_p / (1 + \mu \beta_s) = 20000 / (1 + 100 \times 0.04) \approx 4000\Omega$$

为了进一步改善整机性能,拓宽频率响应,减小失真,在输入电子管阴极与功放输出级之间设置了整机电压负反馈。现设功放机在未加负反馈前的总增益 $a=800$,输出变压器一次侧的负载阻抗 $Z_1=4000\Omega$,二次侧阻抗 $Z_2=16\Omega$,输入管阴极电阻 $R_k=2k\Omega$,整机反馈电阻 $R_s=47k\Omega$ 。

根据以上已知条件,即可推算出整机反馈系数的 β 值:

$$\beta = (Z_2 / Z_1)^{1/2} \times [R_k / (R_k + R_s)] = (16 / 4000)^{1/2} \times [2000 / (2000 + 47000)] \approx 0.002$$

根据反馈系数的 β 值,即可推算出整机的电压反馈量 N 值为

$$N = 1 / (1 + a \beta) = 1 / (1 + 800 \times 0.002) \approx 0.38 \quad (-8dB)$$

二、Capehart TYPE-B 功放电性能

图3是Capehart TYPE-B

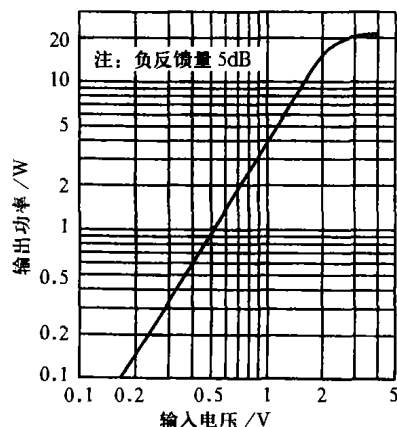


图3 Capehart TYPE-B 功放输入与输出特性

功放输入与输出特性。在Capehart TYPE-B 功放输入与输出特性图中,当输入的音频信号电压为1V时,输出功率为4W;当输入信号电压增大至2V时,功放的输出功率达额定值16W;当输入信号再增加至3V时,功放的输出功率达到最大值为20W。

图4是Capehart TYPE-B 功放失真率特性。在Capehart TYPE-B 功放的失真率特性图中,共给出了低频100Hz、中频1kHz与高频10kHz的3根失真率特性图。

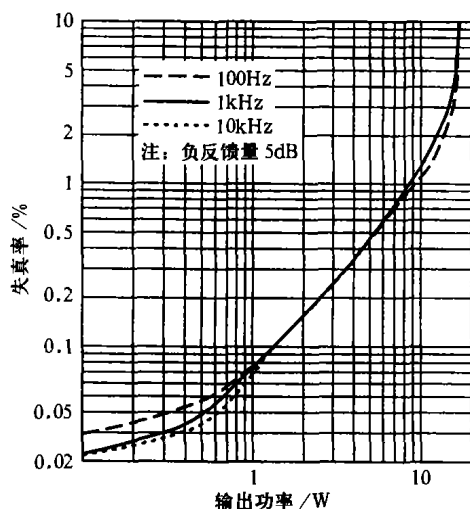


图4 Capehart TYPE-B 功放失真率特性

当功放的输出功率为5W时,从低频100Hz至高频10kHz全频段范围内,功放的失真度为0.5%。

当功放的输出功率为10W时,全频段范围内功放的失真度为1%,当功放的输出功率为额定值16W时,全频段范围内功放失真度为1.5%。

图5是Capehart TYPE-B功放频率响应特性。在Capehart TYPE-B功放频率响应特性图中,在负反馈为5dB

时,共给出了功放小信号1W与额定功率为16W时的两根频率响应特性图。

当功放的输出功率为1W时,从低频10Hz至高频40kHz全频段范围内,放大器的增益变化为-1dB。

当功放的输出功率为额定值16W时,从低频10Hz至高频40kHz全频段范围内,放大器的增益变化为-2dB。

图6是Capehart TYPE-B

功放阻尼特性。在Capehart TYPE-B功放阻尼特性图中,整机由输入端与输出端之间的电压负反馈量为5dB时测得的功放阻尼特性。

从低频10Hz至高频30kHz全频段范围内,功放机的阻尼特性曲线非常平坦,几乎是一根直线,其DF(阻尼系数)为2.5。

功放的阻尼系数(DF)值关系到输出的瞬态特性有关,对重放的声音有一定影响。DF值取决于功放内阻和音箱阻抗。

$DF = R_L / (Z_o + Z_s)$ (负载阻抗) / [输出内阻 + (连线阻抗)]

阻尼系数(DF)值的大小与扬声器的口径与输出功率大小有关,在电子管功放中,小功率输出的功放,其DF值为2~4左右;较大功率输出时的DF值为5~8左右。

图7是Capehart TYPE-B功放正弦波与方波特性。在Capehart TYPE-B功放的正弦波特性图中,输出功率为额定值16W、输入1kHz的正弦波信号时,所测得的该功放正弦波波,其正弦波完全正常,无明显的失真。

在低频100Hz的方波特性图中,上升前沿稍有过冲现象;中频1kHz的方波特性完全正常;而在高频10kHz的方波特性图中,其上升前沿有轻微的畸变现象。

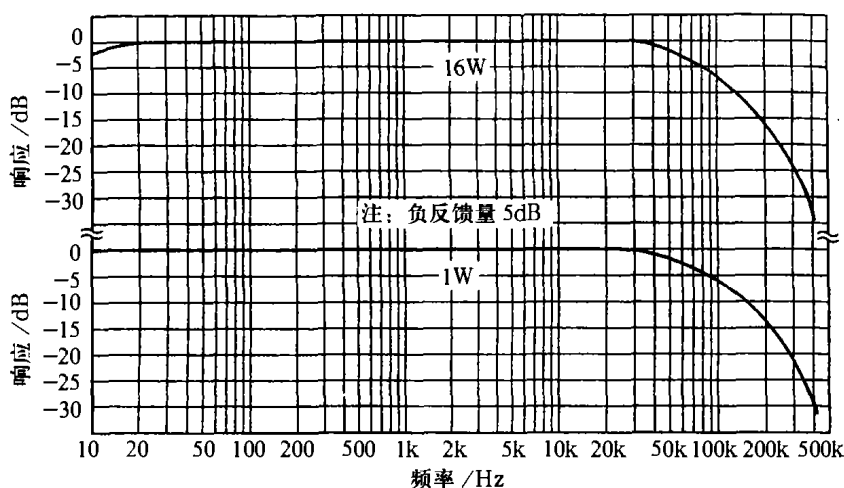


图5 Capehart TYPE-B 功放频率响应特性

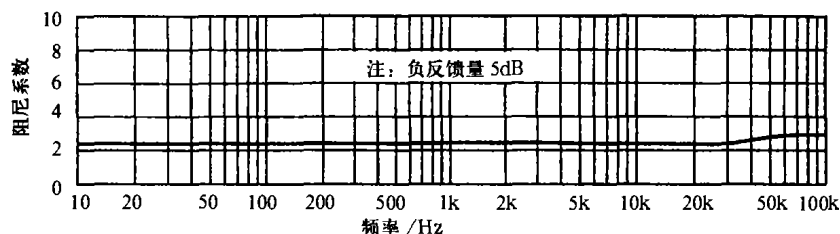


图6 Capehart TYPE-B 功放阻尼特性



图7 Capehart TYPE-B 功放正弦波与方波特性