

答《前胆后石单端甲类功放》一文读者来信

关成栋

胆场复合甲类功放电路(以下简称胆场电路)的有关文章发表之后,笔者对该电路进行了多次实验,又有了较深入的认识。同时也收到一些读者的来信,询问胆场电路的问题。为此,笔者结合读者较为普遍的问题,将自己一些新的认识总结如下。

1. 问:胆场电路对场管的栅源电阻有什么特别要求?

答:栅源电阻的阻值决定了功率电子管的屏流(严格说是决定了阴极电流,屏流加上帘栅电流才等于阴极电流),因此对其阻值要求较为严格。如果功率电子管屏流过大,满负荷时屏阴压降大,会使输出级效率降低,也缩短了功率管的使用寿命。读者应该用数字表测量该电阻的阻值及压降,算出屏流。对于6P3P管,屏流应为60~65mA;对于6P14管,屏流应为38~42mA(当屏压为300V时)。屏流乘以屏阴压降应小于该管最大允许屏耗。

2. 问:胆场电路的工作稳定性如何?

答:胆场电路的工作是稳定的,但某些电路可能存在不易察觉的自激,这在用示波器观察输出的正弦波波形时可以发现。在功率电子管栅极串入一个2kΩ左右的电阻便能消除轻微自激。

3. 问:胆场电路的输出变压器留多大间隙较为合适?

答:关于单端甲类输出变压器的间隙,许多文章都有介绍,但说得不够详尽。笔者这几年在本刊发表的有关文章中对此也有说明,可惜说法有些偏颇,可能会引起读者误解,所以在此作一纠正。近期笔者测试时发现,当输出变压器匝数为135~150匝,铁芯截面为12~20cm²时,如间隙取0.1~0.2mm则是取小了,但听不出声音有什么失真。然而,如果用示波器观察,输入正弦波后就会发现,在最大输出的正弦波波形中20~80Hz(左右)的正弦波波形有严重失真,属低频磁饱和失真,但中高频波形正常。因此,必须加大间隙层厚度,一般为0.3~0.6mm。不过,间隙层厚度也不能太大,否则输出变压器一次侧电感会减小,使得频响曲线的低端幅度太低。调整间隙时最好用示波器观察低频正弦波波形,以选择适当厚度。测试时,如果没有音频信号发生器,可用电源变压器经电阻分压取出0.7~1V的50Hz交流电(先用示波器看一下50Hz交流电的波形纯度)。除此之外,测试碟片也是一种十分有用的方法。

4. 问:胆场电路对输出变压器有何特殊要求?

答:胆场电路对输出变压器的要求与电子管和晶体管功放电路一样。如果对电路的低频指标要求较高,一般而言输出10W功率的铁芯截面要大于14cm²,输出15W功率的铁芯截面要大于20cm²。可能有人觉得铁芯太大了,但这是低频所必须的。二次侧匝数取150以下为宜。

5. 问:胆场电路的高频响应如何?

答:场管的输入电容都很大,一般为3000~4500pF,栅源并接的电阻只有几十Ω,回路的自然频率远远大于20kHz,因此输入电容对频响的影响很小。也就是说,胆场电路的高频响应是十分良好的,胆场电路的高频上限完全由输出变压器决定。笔者对该电路做了一个测试,发现采用普通绕法的输出变压器的电路,其频响曲线在20kHz时已有下降;而采用分层(4层)绕法的输出变压器的电路,其高频曲线可延伸到40kHz。

6. 问:胆场电路的源级电阻阻值如何确定?

答:用信号发生器输入400Hz(或1kHz)中频电压,使电路满负荷输出,正负半周同时削顶时的阻值即为最合适阻值。当然,此值可能与设计略有出入。

7. 问：有哪些电子管可以复合？

答：除了介绍的 6P3P、6P13P、6P14 外，6P6P、6P1 等的效果也不差。6P6P 的音质略好，与之相近的进口名管效果更好，主要原因是其线性度好、高频响应好。

8. 问：在调试时烧场管是什么原因？

答：胆场复合电路是功率电子管与场管复合，电子管并不接成三极管，所以输出内阻大，再加上是电流负反馈输出电路，输出内阻变得更大。空载时一旦自激，场管承受的反压较大，超过场管反压就可能烧场管。可以在输出变压器一次侧接一个 $20k\ \Omega / 5W$ 的电阻作假负载（多消耗了 $1/20$ 的输出功率）。另外，应选用反压高的场管，如 IRFP50、IRFPF50 等。还有一种烧场管的可能，那就是场管与散热器间垫的云母片较厚，导热硅脂涂抹不均匀，导致温升高而烧场管。

9. 问：胆场电路对前级有什么特殊要求？

答：它要求前级失真低、频响宽。6P14 的最大输出幅度为 $12\sim 13V$ ，6P3P 为 $16\sim 17V$ 。前级自给栅负压以 $2.5\sim 3.5V$ 为宜。如果是三极管放大，自给栅负压电阻两端不并电解电容，以便展宽低频。一般而言，如做到上述各点，本机失真度可小于 2%，如果做得较好，失真度小于 1.5% 应该没有问题。

10. 问：整个电路能否进一步改进？

答：当前级的电子管 6N3 换上 5670 后，可以感觉到高音变得清澈，这可能是 5670 线性度良好的原因。同时，前级放大管也应选取噪声低的电子管，国产电子管 6J1 的噪声就很低，把它接成三极管、五极管都可以。大八脚国产电子管 6N8P、6N9P、6B8P、6G2P 的噪声都比较大，只有 6J8P 的噪声较小。6J1、6J8P 采用五极管接法时增益太大，可适当减小帘栅电压，缩小负载电阻或施加电压并联负反馈，以减小增益。当然，

上述结论的前提条件是增益大的电子管采取负反馈等技术，使所有电子管的放大倍数都一样，必须如此才能比较其噪声。

几个胆场电路都没有大的负反馈，所以发出的声音给人一种跳出音箱的感觉，不像某些大环路负反馈量较大的胆机所表现的声音是收缩且舒展不开的那样。电路中也可施加少量大环路电压负反馈，使输出阻抗降低、失真减少，但反馈量不宜过大，否则低频波形会出现失真。

总之，胆场电路是一款优秀的电路，要改进的地方还很多，应深入分析，多进行实验，这样才能使电路更加完善。

答《独立补偿失真校正器》

一文读者来信

郭仪京

笔者在本刊 2004 年第 4 期发表了《独立补偿失真校正器》一文后收到一位香港读者的来信。由于没有回信地址，加之有这个想法的读者可能不止一人，因此借本刊一角作一答复，希望对大家有所帮助。

来信说失真校正单元应该是级联而不是并联（求和）。笔者在文中已经提到，失真的级联与并联有微小差异，一般是可以忽略的，现详细说明一下。假定有三级放大器，失真因子都是 e^x ，那么 $K_{\text{总}} = e_1^x \cdot e_2^x \cdot e_3^x$ 。当 x 不大时 $e^x \approx x$ ，即 $K_{\text{总}} = x^3$ 。如是相加则为 $3x$ 。由于一般情况下失真不超过 1%，因此在这样的范围内 $3x$ 和 x^3 的形状是基本相同的。换句话

说，第一级产生一个失真波形，无论这个波形是否被第二级放大，其形状变化是不明显的。这样，一、二、三级分别产生的失真分离后用相加的办法来抵消在实用上是没有问题的。

