

• Hi-Fi 实验室 •

⑧

36-38

直热三极管的精髓之作

——款 2A3 胆后级

朱正学

顶级胆机一般都采用直热式阴极电子管, 主要是因为三极管具有优良的线性工作区, 失真度较小。国内外一些著名的直热三极管功率管, 如 845, 211, 7092, 300B, 2A3 等, 深受广大胆友的喜爱, 被推崇为高保真器件中的上品, 用这些名胆制作的胆后级, 音色之优美足以倾倒大部分硅石派。

2A3 直热式功率管生产历史悠久, 性能稳定可靠, 实为功率三极管的典型代表, 无论工作于何种方式, 都充分显示出电子管频响广阔, 低音浑厚有力, 高音明亮柔和的特点, 并且和 845, 211, 7092, 300B 相比, 价格较低且易购(长沙曙光电子管厂门市部有售, 八十元左右一胆)。

另需强调的是, 直热式功率三极管, 特别对于低内阻管, 各管参数离散性较大, 因此制作推挽放大器时若有条件应挑选配对。

2A3 工作于单管甲类放大时典型参数为输出功率 3.5 瓦, 失真度 5%, 在居室用于推动灵敏度 88~90

dB 的音箱, 显得有点力不从心。故本电路设计为甲乙类推挽方式, 在 300V 屏压下, 输出功率 12W 左右, 失真度 2.5%, 原理图及电源部分电路见图 1、图 2 所示。

确定末级强放级为 2A3 甲乙类推挽, 考虑到采用固定栅偏压有利于提高输出功率和减小失真, 所以设计为固定栅偏压方式, 见图 3 所示。至于负反馈, 由于三极管本身线性优良, 失真很小, 而输出变压器又是一个感抗元件, 且存在分布电容, 施加负反馈难于获益, 所以决定采用无负反馈方式。实际装机听音表明, 无负反馈电路 TIM 失真小, 对于体现大动态的音乐节目, 细节和爆棚部分都有相当好的表现。

在无负反馈方式下, 可以采用大一些的屏极负载, 以尽量减小开环失真, 参看 2A3 典型工作参数及屏栅特性曲线, 确定屏至屏负载阻抗为 5kΩ。另外, 在固定栅偏压情况下, 其栅漏电阻推荐值为 47kΩ。

根据 2A3 的最大屏耗和最大屏压可确定 2A3 工作屏压为 300V, 静态屏耗取 10W, 静态屏流 35mA, 栅偏压为 -60V, 满荷输出时屏耗为 12W 左右, 效率 40%。

推动级的作用是用于驱动强放级, 对于甲乙类末级来说, 推动级只需提供驱动电压, 而不必提供驱动电流, 又考虑到推动级作为倒相级和强放级的衔接环节, 其工作点的安排和信号耦合并不是一件容易的事, 为追求电路简洁明快而又靓声, 本电路不另设置推动级, 而通过合理恰当的安排, 用倒相级直接驱动强放级。

倒相电路的最佳电路程式为长尾式倒相, 与其他

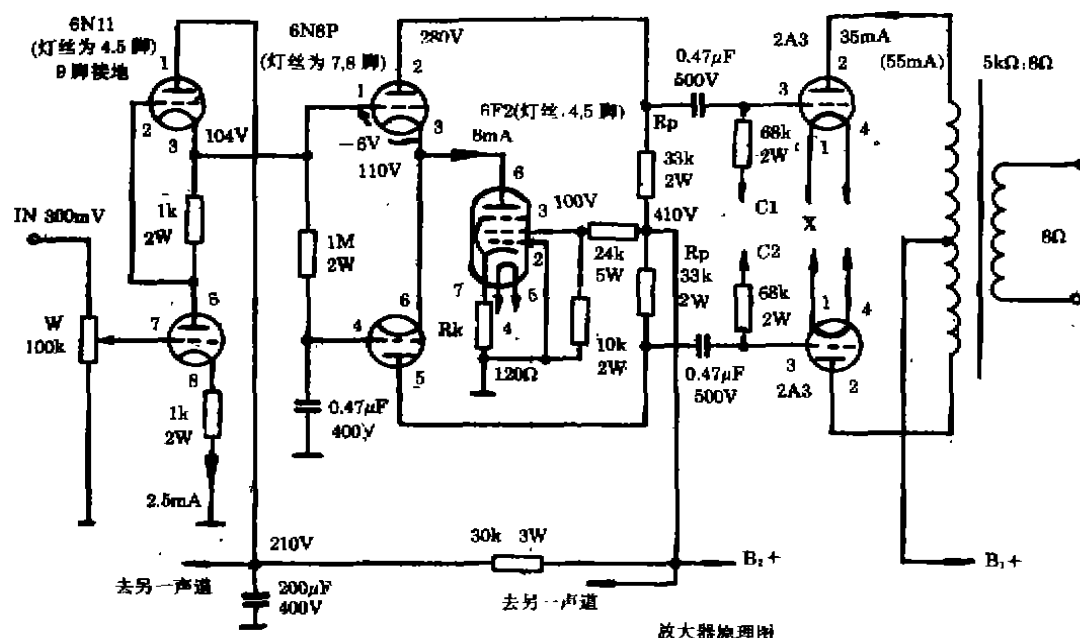


图 1

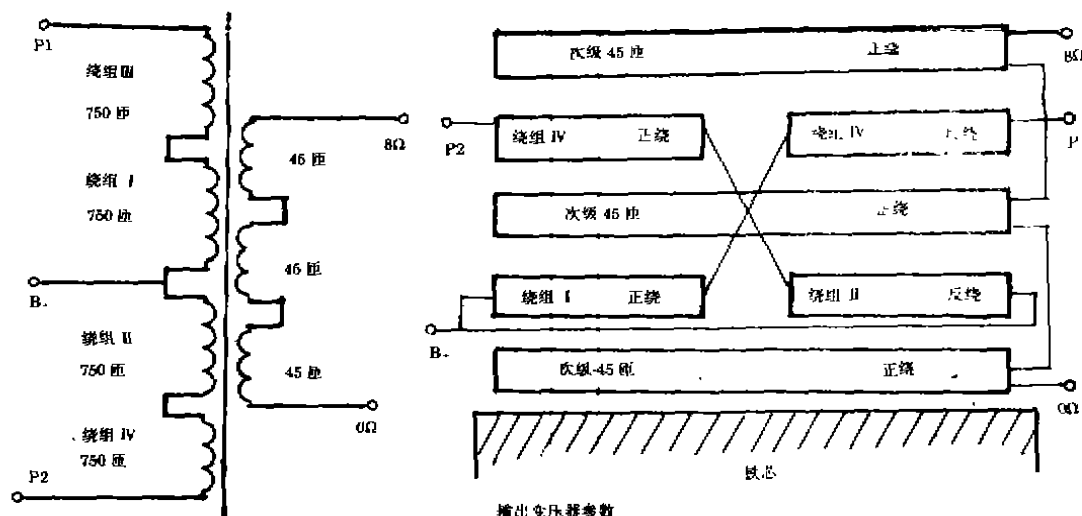


图 5

由 2A3 的栅偏压为 $-60V$ 知道, 满功率输出时倒相电路每臂应保证提供 $60V$ 左右的不失真驱动电压。同时, 2A3 的栅漏电阻 R_g ($47k\Omega$ 左右) 成为倒相管屏极交流负载的一部分, 所以倒相管的交流负载必然很难大于 $30k\Omega$ 。在较小的屏极交流负载情况下, 为获得大的输出电压, 必然要求倒相管的静态电流大一些, 并选取合适的工作屏压。使用如 6N4、6N10、6N11 来作倒相管, 希望获得 $60V$ 最大驱动电压, 有相当困难。这一级合适的管子有 6N8P、6SN7、6FQ7、12BH7A、5687 等。国营长沙曙光电子管厂生产的 6N8P 性能优良且易购, 故优选。

参看 6N8P 的屏极特性曲线, 取 $I_{p0} = 4mA$, $E_p = 170V$ 。此时在屏极交流负载大于 $22k\Omega$ 时可有良好的 $60V$ 驱动电压输出。考虑到 6N8P 的屏极直流负载电阻会影响到倒相级的电源电路设计, 所以取值上使之小一些为好。选取 2A3 栅漏电阻 R_g 为 $68k\Omega$, 6N8P 的 R_p 为 $33k\Omega$, 则 6N8P 的交流负载约为 $22k\Omega$ 左右。恒流源的工作电流为 $8mA$, 可选用 6F2 的五极管部分制作 (亦可用其他五极管作恒流源, 但需注意所选管的最大阴极电流, 要求为 $10mA$ 以上)。

前置电压放大级与倒相级采用直耦方式有许多好处。电路形式选择 SRPP 电路, 取其工作稳定, 频响宽和噪声低的优点, 该级放大倍数近似为 $\mu/2$, μ 为所选管的电压放大系数。电子管用 6DJ8、6N11 或 ECC88 均可。采用 6N11 (北京电子管厂生产) 的典型工作状态, 屏压 $104V$, 屏流 $2.5mA$ 左右, 此时提供几伏的输出电压绝对没有问题。6N8P 的阴极电位则为 $110V$ 左右。

所有的固定电阻选用金属膜, 功率要求如图中标记, 几个电容至少应选用国产 CBB 聚苯乙烯系列, 若选用进口法国 solen 电容则更佳。高压电解电容以彩

电用电解为优。调 2A3 偏压的四个电位器 $W1 \sim W4$ 宜用高可靠性的, 以防止发生故障时使 2A3 的栅偏压太浅, 屏流过大而损坏功率管。用于灯丝部分以抵消交流噪声的电位器 $N5$ 和 $W6$ 可分别用固定电阻代替, 各用 2 只 $10\Omega/1W$ 的电阻串联, 电位器 $W7$ 用 2 只 $51\Omega/1W$ 电阻串联代替, 此时噪声会略有增加。

输出变压器的质量相当重要。为了保证性能而又方便业余制作, 初级可分四段, 次级分三段, 采用分段分层交替绕法, 此时漏感和分布电容可以得到保证。笔者的输出变压器如图 5 所示, 基本参数为:

铁芯: 高矽 $28 \times 40mm$ E 型

初级: $\phi 0.21$ 线 3000 匝

次级: $\phi 0.9$ 线 135 匝

实测 $-2dB$ 低频下限可达 $60Hz$ 。

电路调试相当简单:

1. 调 $W1 \sim W4$ 使 2A3 每臂静态屏流为 $35mA$ 。
2. 调 R_k 使 R_k 上的压降为 $130V$ 左右。
3. 调 $W5$ 、 $W6$ 、 $W7$ 使交流噪声最低。

功率放大器, 保护电路

Hi-End 功放中的纯电子保护电路

⑨

38-41

汤伟

7N72275

在功放中, 有许多不安全因素会导致事故的发生, 例如超电压, 过电流, 过热会导致功放本身的损坏, 又如零点电位的漂移会对功放的负载——如果是扬声器的话, 产生烧喇叭的后果。为避免这些意外事故的发生, 正牌厂家与自己焊机的发烧友都纷纷在功放内设置了保护电路。

在众多的保护电路中, 绝大多数是用继电器来完