

# 甲类功放

# CLC

## 电源实作报告

顾群仪

最近与几位友人一起攒了几台 MOS 管单端甲类功放, 因各人喜好不同分别 DIY 了单端甲类和甲类全平衡输入 BTL 两种。大家对各自的功放在音色、音质和功率输出等表现上多感到满意, 经测试其频响为 1Hz~260kHz, 1W 输出时 0dB 频响 7Hz~200kHz。但是稍感不足的是贴近音箱能听到高、中、低 3 个喇叭分别发出的轻微噪声。虽然坐在“皇帝位”, 在寂静的环境下听不见这种噪声, 但想到与丰富的音乐细节掺杂在一起的这些噪声存在时心里就不是滋味, 也有悖于打造这“穷人的

劳斯莱斯”的初衷。

于是大家反复试验各种接地方式以及滤波电容器的排列样式, 甚至将 1000VA 环形变压器搬出机外, 都未能根除这问题。一友人戏言这是甲类机的通病, 另一友人更将其视为甲类机与甲乙类及超甲类机区别的特征之一。经过这一番折腾, 问题的症结在于电源的纹波影响已无疑。问题解决的方向也十分明朗, 改善电源滤波或加稳压电源。添加简陋稳压电路会使声音变差, 用并联电源不仅大超预算而且散热无法解决。

最后我们决定采用 CLC 滤波方式。一提到经典的 CLC (电容、电感、电容) 滤波, 许多人总习惯把它和昂贵与硕大的体积相提并论, 认为扼流圈的体积和造价都不容易让人接受, 因为大家看到只有一些世界顶级甲类机才采用这种形式。但实践证明人们的这种看法是片面的, 如果单纯追求指标上的零纹波电压, 造这样一个扼流圈确实要花费相当银两而且胜券难握。但打造一个大幅提高滤波效率、降低电源纹波以达到实用为目的的扼流电感线圈实际上是十分轻而易举的事。

的完全平衡, 特在 6DJ8 双三极管的两个阴极间设置了 100  $\Omega$  可变电阻中心调节器。

### (2) 推动级

推动放大级由中功耗双三极管 6350 担任, 该管特性与 ECC813 相同, 组成共阴极推动放大电路。为提高推动级的各项性能, 故在 6350 双三极管的阴极加有较深的电流负反馈。

经放大后的推动信号电压采用级间耦合变压器的方式, 将推动信号传输到功放管栅极, 其输出阻抗为 10k  $\Omega$ , 一次侧与二次侧之比为 1:1。

### (3) 功率放大级

功放级由一对直热式三极管 300B 担任, 组成 A 类推挽功率放大电路。为确保功放管工作稳定, 采用固定栅负偏压方式, 栅负压为 -96V, 由专门负压电源供给。这样, 功放管栅极推动信号电压应不会超过 90V, 如推动信号增强超出此值时, 功放管的工作状态将进入特性曲线的弯曲区域, 其工作状态即转变为 AB 类放大。

300B 推挽管的配对相当重要, 它是影响整机失真指标的关键。其配对的简单方法是通过测

量功放管阴极电流来比较, 先调节每只功放管栅负压, 使每只功放管均为 -96V, 然后再测量各功放管阴极电流, 通过调节阴极对地电阻 50  $\Omega$  的阻值, 使上边管与下边管的电流完全相等, 这样就基本达到了配对的要求。

300B 推挽管屏至屏极的负载阻抗为 3.5k  $\Omega$ , 屏极电压取值为 450V, 零信号至满信号时的屏流变化为 120~140mA, 额定输出功率为 20W, 失真系数小于 1%, 频率响应 20Hz~40kHz 范围之内, 放大器的增益变化应不大于  $\pm 0.5$ dB。

我们采用平常制造的小变压器器铁芯，型号是 GEIB22，叠厚 33mm，带 2 只相同大小、原用来分别绕一次侧和二次侧线包的塑料绕线框，无锡市场价 10 元/套左右。

绕制的扼流圈组成的 CLC 电源成功地解决了上述甲类机噪声问题；通过运用正负端一体化的

扼流圈同相接入法又大幅度降低了电源纹波电压。使用了一体化扼流圈的 CLC 滤波电源的单端甲类和甲类 BTL 功放高音晶莹剔透，音乐细节表现丰富、细腻；音色甜润、低频量感充实。经实测，单端甲类机输入功耗 330VA，直流  $\pm 35V/3.6A$ ，用普通 C（电容）滤波时电源纹波为  $0.3V_{PP}$  锯齿

波；用经典 CLC 滤波接法时，电源纹波为  $0.08V_{PP}$  大圆角锯齿波，见图 1 所示，这时候用耳朵贴近喇叭已经听不到什么噪声了；用一体化扼流圈接入，扼流圈上压降为  $0.3V$ ，电源纹波为  $0.02V_{PP}$  相似正弦波，见图 2 所示，这时喇叭已经十分安静了。单端甲类全平衡输入 BTL 机整机输入功耗 490VA，直流  $\pm 18V/$  每声道  $4.5A$ ，用 C 滤波时电源纹波为  $0.34V_{PP}$  锯齿波；用经典接入法，电源纹波为  $0.1V_{PP}$  大圆角锯齿波；用一体化扼流圈接入法，扼流圈上压降  $0.2V$ ，电源纹波为  $0.038V_{PP}$  相似正弦波，见图 3 所示。这里因在变压器二次侧同时接有另一整流支路，其纹波波形相似正弦波的程度比上一例要差一点，但并不影响最终效果。

这里要说明的是，绕制扼流圈的具体匝数并不是事先计算出来的，是凑手头现有材料而定，但实践效果极佳，笔者认为取得了超值的回报，值得发烧友们仿制。具体注意事项是：

- (1) 漆包线线径一定要按电路电流要求来取，不能马虎。
- (2) 装配硅钢片时要顺插，不能交叉插片。铁芯间隙为两层  $0.2mm$  厚的青壳纸（撕去薄膜），固定铁芯的壳体要厚实。
- (3) 扼流圈的浸漆、烘漆很重要。烘漆不好会造成使用日久后硅钢片松动而带来附加噪声。
- (4) 扼流圈完成后可用铜箔或铝箔自粘带沿线包方向将整个扼流圈包 1~2 层，讲究一点的话搞个屏蔽罩也可以。
- (5) 认准线圈端头按电路图 2、3 所示接线，如头尾搞错将达不到预期效果。

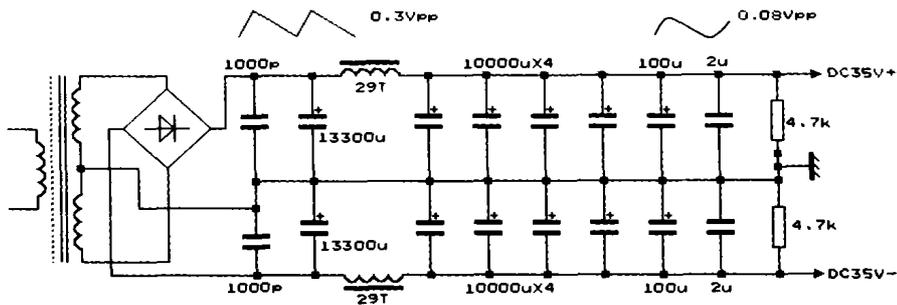


图 1 经典 CLC 滤波

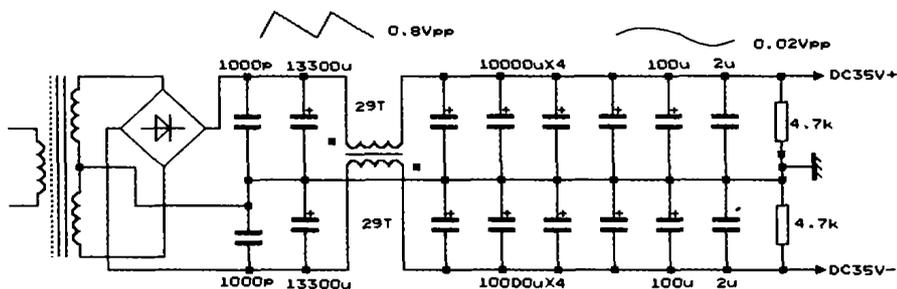


图 2 单桥整流一体化扼流圈滤波

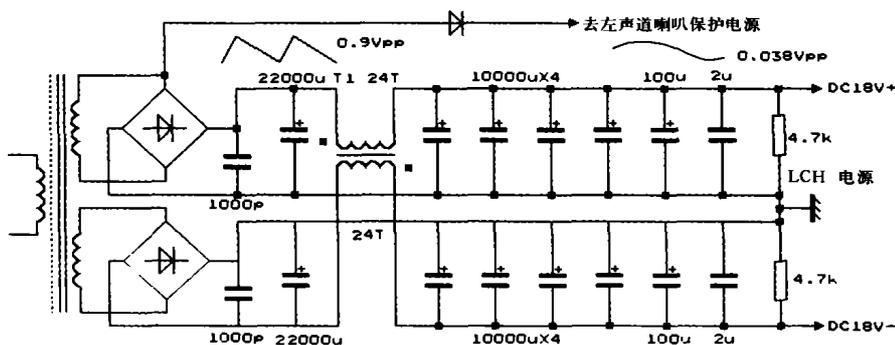


图 3 双桥整流一体化扼流圈滤波