维普资讯 http://www.cqvip.com

80W纯甲类功放制作手记

陈烈行

纯甲类功放的音质素以其温暖，甜美，细腻而迷人，纯真的乐感，极低的奇次谐波失真，强劲的瞬变能力和扬声器驱动力在HI-END领域大受青睐。但由于其效率低，制作成本高，技术难度大，使得不少音响发烧DIYER望而却步。其实纯甲类功放的原理并不复杂，本刊刊登过不少这方面的文章，这里就不准备多说了。本文主要想谈的是怎样才能把自制的纯甲类土炮做得和成品机一样漂亮，而且性能也过得去，成本也不会太高。图1是纯甲类功放电路图，图2是电源、电源软启动、喇叭保护电路图。

一、解决机箱的外观和散热问题

要想土炮外观做得漂亮，最简单的方法是购买现成的成品机箱。我选用广东丽特电子有限公司的L's Audio A-200成品机箱，该机箱散热器作为箱体的一部分，分装在箱体的左右两侧，每侧散热器尺寸为长420mm×高139mm×厚35mm的E型散热器，此机箱既大方又漂亮实用。但其散热器用于纯甲类功放，笔者担心不够。若要对它进行改装已不可能，只好另想办法。笔者用两块125mm×90mm×8mm的铝合金板压成两条45mm×45mm×125mm的铝角条，代替原来固定散热器和面板的角铁，让散热器的热量由铝角条直接传到面板，使面板成为散热器的一部分（机箱的面板由宽480mm×高150mm×厚8mm的合金铝制成）。把原机箱的铁底板去掉不要（铁底板的面积为420mm×400mm），用6mm的铝板按原样重做一块，在原对流通风孔处用φ8mm的钻头钻6排孔，用于通风对流。在散热器的底部涂上导热硅脂，把散热器用螺丝紧固在铝底板上，原机箱的顶板（顶板和底板一样大）也去掉不要，用3mm的铝板按原样重做一块，在原通风对流孔处用φ6mm的钻头钻8排孔，用于通风对流。在散热器顶部涂上导热硅脂，用螺丝紧固在散热器上。这样一来，面板、底板、顶板都成了散热器，散热面积大大增加了。事实证明，经过这样改装之后整机的散热效果有了很大的提高，在笔者装机成功后满功率运行4h（小时）整机温升始终不超过85℃（室温25℃）。笔者已感到很满意了。

二、元件的选配和制作用工艺

接下来就要解决晶体管的选配和制作工艺等问题了。为了减少温漂，G1、G2用孪生场效应对管2SK389。G3、G4用孪生三极对管2SC3381。G8、G9用孪生三极对管2SA979。恒流源G5、G6用两只2N5401三极管配对。恒流源G11、G12用两只2N5551三极管配对。图3是选配对管的简单测试电路，调W可按晶体管的实际工作电流值进行测试配对，为了使U_{be}的对称达到3mV以内，应采用数字电压表进行测试。开关K用来转换U_{be}和I_b两个测量项目。$I_b=U_b/R_b$从而间接地测量了晶体管的β值，因为$\beta=I_c/I_b$，β值的误差不大于3%。G5、G6的测试电流为1mA。G11、G12测试电流为4mA。每个管在通电后要观察1～5min（分钟），选择温漂小的并且相近的管子进行配对，配对时要注意U_{be}误差不大于3mV，β值误差不大于5%。把配对好的G5、G6用AA超能胶粘在一起，再用0.5mm的漆包线把漆皮刮掉，在G5、G6的外面绕7匝然后拧紧涂上AA超能胶。G11、G12也如法制作。吸取以往失败的教训，笔者没有去电子商店买那些所谓配好对的大功率管，因为这些配对管配对误差太大。为了寻觅大功率输出对管，笔者简直绞尽脑汁。皇天不负苦心人，终于让笔者在旧货市场找到了我要的宝贝。笔者发现在一档旧货摊上有不少拆机线路板，每块板上有6对大功率场效应管2SK413/2SJ118，笔者立即回家查晶体管手册，2SK413/2SJ118的特性如下：V_{gs}=140V,I_d=8A,P=100W，

维普资讯 http://www.cqvip.com

C_{iss}=650/850。哈哈！正合我用。笔者马上返回旧货摊，老板开价每块20元，我还价12元，最后以每块15元成交。笔者买了5块回家，小心地把管子拆下来，对它们逐一进行测试，测试电路如图4所示。调W使电流表指示为370mA，用数字电压表测V_{gs}，选V_{gs}差异小的管子配对，要求差异小于10%。通过测试，除了3只是坏的，其余都是好管，而且配对误差均小于8%。推动管G14、G15的配对也按此法进行，只是配对电流改为50mA。

为了提高热稳定性，笔者在恒流源G5、G6和电压放大级G8、G9之间加了直流负反馈，功率输出管用2SK413/2SJ118,6对并联输出。图1中的R30～R41功率要大于5W。R49、R50用4只0.22 Ω/5W的电阻并联而成。其余电阻均为1/4 W碳膜电阻，其中R5、R6、R9、R10、R18、R19要进行配对，误差要小于1%。安装时要把一个声道的6对大功率管2SK413/2SJ118、1对中功率推动管2SK214/2SJ77和调整管G13，安装在同一块散热器上。按图1、图2的线路安装好就可以进行调试了。

电源变压器功率为472W，每声道一个电源变压器，变压器用舌宽4.4cm、舌长6.6cm、窗口宽2.2cm的E型硅钢片绕制。铁心叠厚7.00cm。所有绕组的数据均标在图中。图2中80000 μF电解电容由8只10000 μF的红宝石电解电容并联而成，容量1 μF电容选用W1MA电容。整流元件分别采用50A/200V、3A/600V的硅整流桥。

图3如果测PNP管时，电源极性反调。图4如果测P沟道管时，电源极性反调。

三、调试和试听

电源部分只要安装正确，不用调整也能正常工作。接通电源后约2～3s J2吸合，紧接着J1也吸合，则说明电源软启动电路、喇叭保护电路正常。测V1=+45V，V2=－45V，V3=+55V，V4=－55V，则说明整流电路也正常。然后关闭电源，把功放电路和电源电路接通，就可以对功放电路进行调试了。

（1）调W4使M点的电压为+50V；

（2）调W5使N点的电压为－50V；

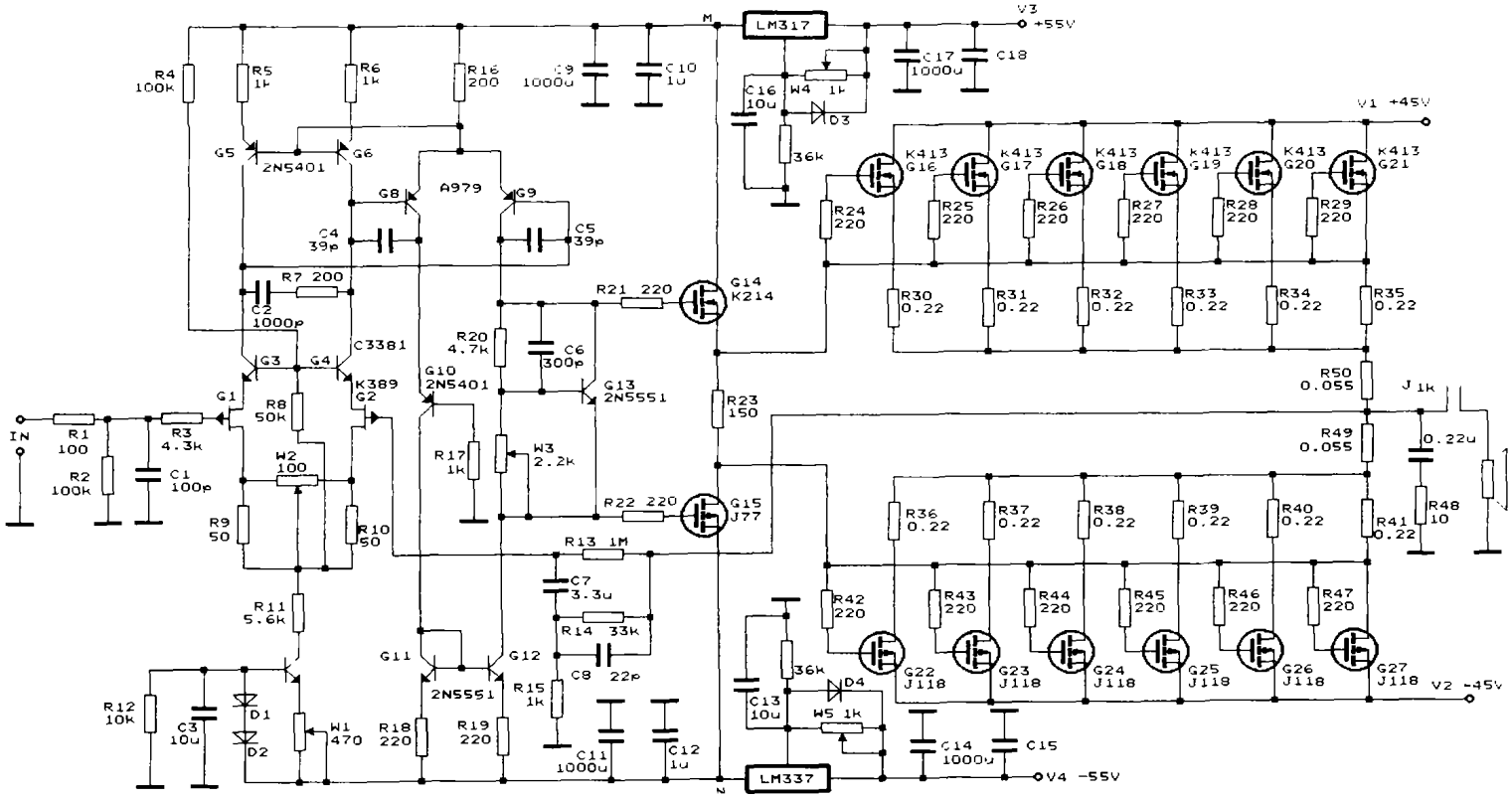

图1 纯甲类功放电路

维普资讯 http://www.cqvip.com

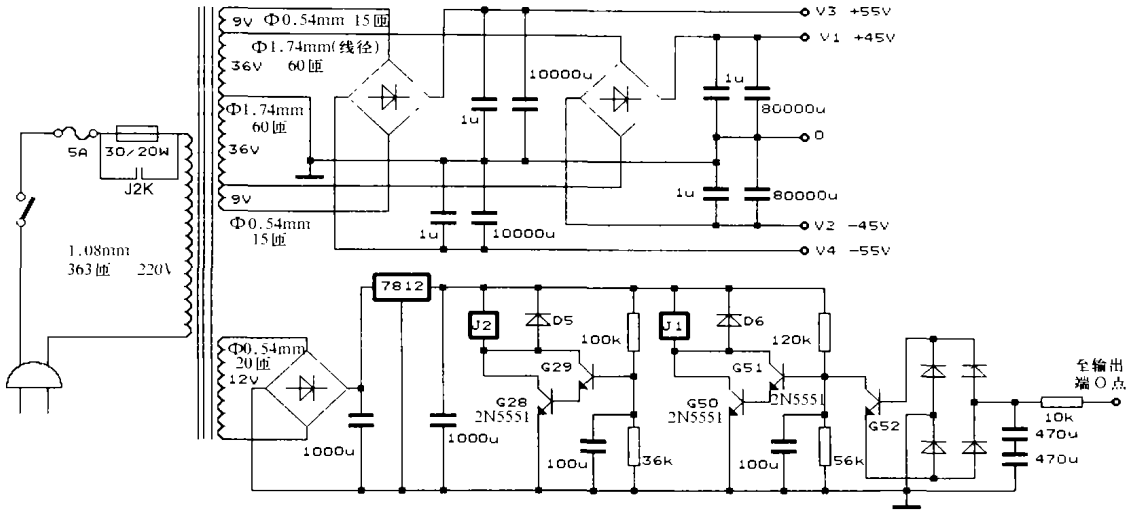

图 2 电源、软启动、保护电路

(3) 调W1使R11两端的电压为11.2V；

(4) 调W2使输出端的电压调到最小；

(5) 调W3使R50，R49两端的电压为123mV；

(6) 重新调W2使输出端电压调至最小，本机左右两个声道均可调至5mV左右。

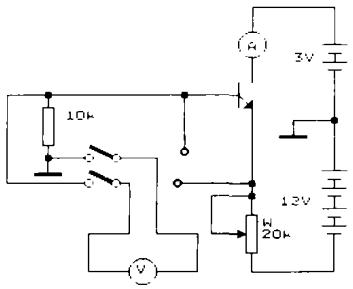

图 3 晶体管配对电路

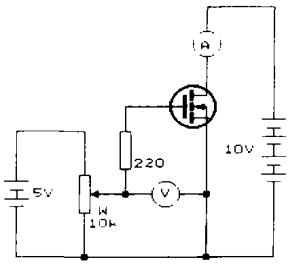

图 4 场效应管配对电路

然后盖上机箱顶板静置1h，观察其温升和温漂。1h后测机箱和散热器的温度为66℃（当时室温为25℃），左右两个声道输出端电压均在11mV左右。由于温漂很小，笔者就不再调整它了。关机接上ONKYO P-388F前级和天朗609喇叭。重新开机进行试听，放送一段柴可夫斯基的《天鹅湖》。笔者把音量开在1/3处，听起来声音柔和悦耳。笔者慢慢把音量调大，直到把音量调至最大也感觉不到有明显的失真，反而令笔者担心我的喇叭承受不了。当把音量调回3/4处，连续放交响乐3h，然后把音量调回零，测机箱和散热器温度为77℃，输出端电压左声道为20mV，右声道为21mV。为了保险起见，笔者把喇叭拆掉换上8Ω/150W的电阻，把音量调至最大，继续输入交响乐信号，连续运行4h。把音量调回零，再进行测试，散热器温度为85℃(室温为25℃)时输出端电压左声道为31mV，右声道为33mV，至此笔者认为我已成功了。

每天煲机4～5个小时，一个星期后这门土炮已渐入佳境，无论是播放男女声独唱还是播放交响乐都有极好的表现力。特别是播放《蔡琴老歌》时，蔡琴的歌声极其亲切自然，吐字婉转流畅，呵气如兰，细节的刻画细腻入微，声场的定位能力不错。播放交响乐《天鹅湖》时，声场宽阔度、纵深感极好，现场气氛营造能力极强，能量感充沛。特别是在大动态时收放自如，气定神闲，绝无拖泥带水之感。在这一点上比笔者的ONKYO M-588F后级还要好，但从总体性能来看，还是ONKYO M-588F稍胜一筹。需知道这套ONKYO P-338F和M-588F前后级价值2万多元，而这台土炮总成本还不到2000元，能取得这样的成绩，笔者已经很满足了。

通过这次实践，使笔者深深感到：要成功制作一台纯甲类功放，除了要有优良的电路设计之外，还要精心挑选优质零配件和采用优良制作工艺。而后两点往往是决定成败的关键，绝对不能有半点马虎。