

6P15 在功率放大上的应用与改进

6P15 原本是用做电子管电视机的视频输出，但在电子管电视机还未普及时就被晶体管电视机取代，真可谓生不逢时，从此便少有人问津。

实际上 6P15 是只性能出类拔萃的宽带电压、功放两用管，能把几 Hz~6.5MHz 带宽的视频信号，做到线性良好的高保真放大，用于放大 20 KHz 带宽的音频信号应当轻而易举。

6P15 被冷落主要是与常用功放管“不合群”，如 6P1，6P6P，6P14 等管的标准工作电压，最佳负载阻抗都相同或接近，相互通用性很强。但 6P15 标准板压 300V， U_{g2} 150V，负载阻抗 10 K Ω 的参数却远离了这个范围。因为大多数烧友都视绕制变压器为畏途，尤其是输出变压器，费时费力却未必能达到预期效果，这在很大程度上限制了 6P15 在烧友中的应用。

6P15 的高跨导，使帘栅压对工作状态的稳定性影响极大。一些初烧友认为 6P15 工作不稳易老化，主要原因是比照 6P14 等电路，忽略了高 U_{g2} 造成的。

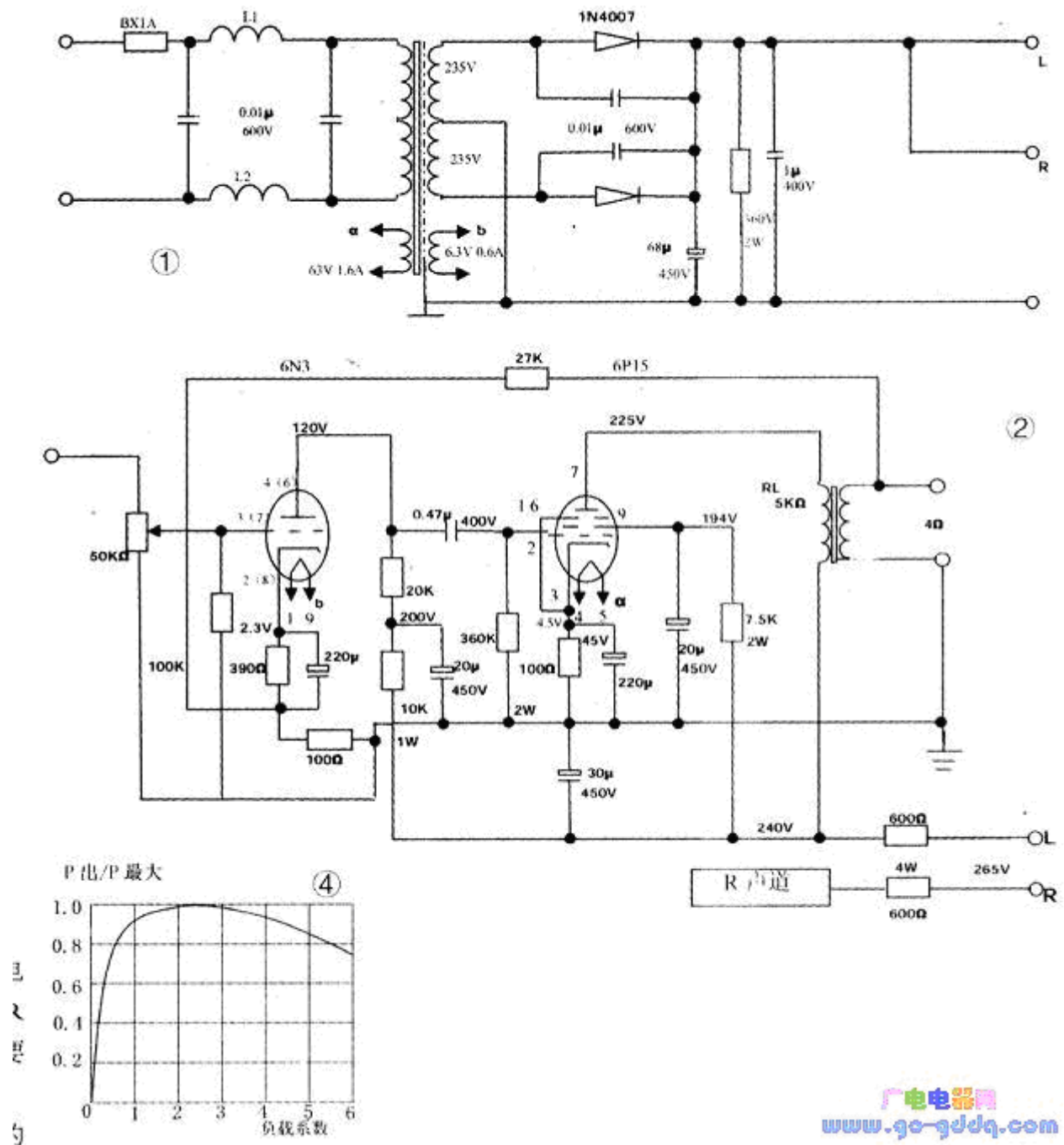
6P15 是只线性极佳的电子管，笔者在查阅了大量资料的基础上，设计制作了两款 6P15 单端甲类小功放，音质远在 6P1，6P6P 之上。

一、6P15 在功率放大上的应用与改进

多年来，一些资深烧友对如何用好 6P15 进行了不懈的探索。现有可查资料中介绍的几款线路各有优点，但对初烧友来说还是有些复杂。只有在保持其良好线性和状态稳定的前提下，将参数设计到 6P14、6P1 等通用管的范围内，才能使这只名管再现辉煌。下面介绍这两款用 6P15 制作的胆功放。

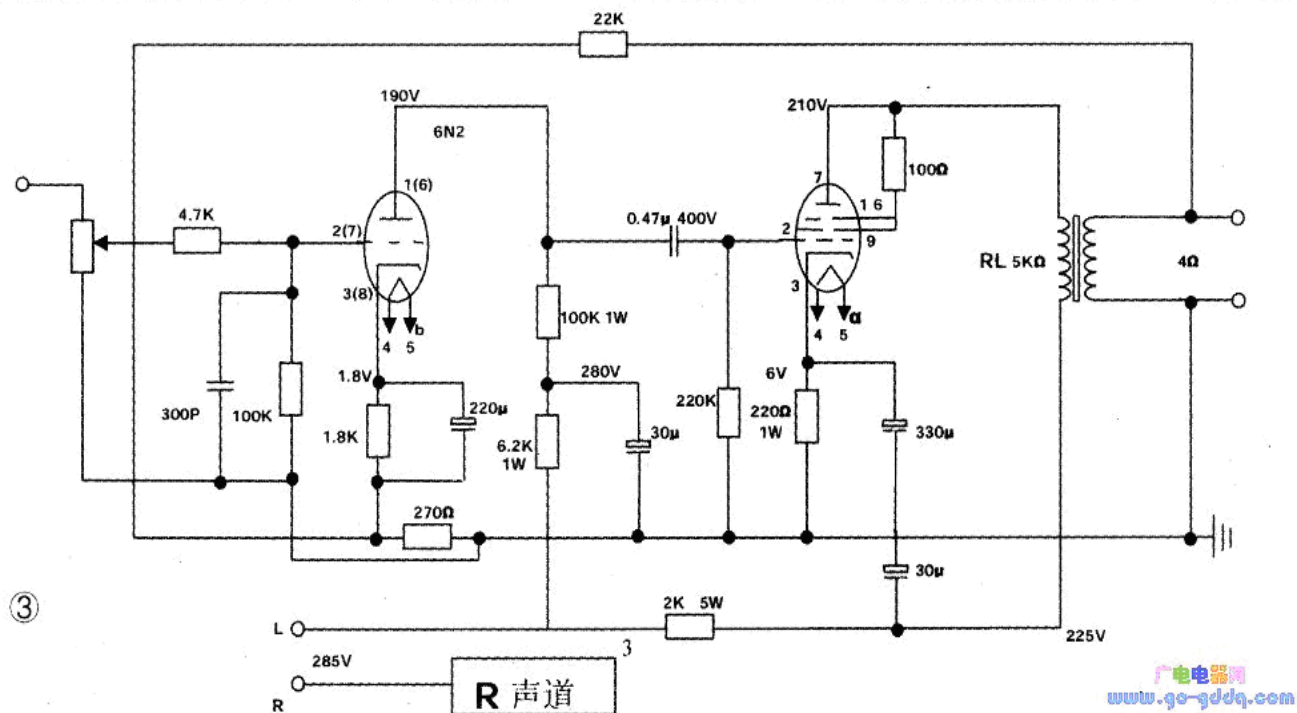
图 1 是两款机器共同的电源电路。在 U_a 230V， U_{g2} 2200V、 U_k 4V 时负载阻抗 5k Ω ，做到了与 6P1 系列通用。6P15 的 I_a 、 I_{g2} 相加约 40mA，一般五、六灯收音机电源变压器输出 60mA 左右，因而用在此电路双声道上有些力不从心，盛夏室内听一小时就有烫手感，春秋时可工作两三个小时。若作为卧室小音量播放或长时间欣赏，需配置不低于 80mA 的电源变压器。

图 2 是五极管接法功放电路：图 3 是三极管接法功放电路。为使 6P15 全面接近通用行列，将屏蔽栅，帘栅与板极连接改成三极管。在 U_a 200V、 U_k 6V 时， I_a 不超过 30mA，上述电源变压器正好适用。虽最佳负载 R_L 2.5k Ω ，但三极管内阻低，对负载 R_L 要求较宽松。最佳 $R_L=R_i \times B$ 。式中 R_j 为三极管内阻，B 负载系数。从图 4 中可看出，B 从 1.5~3.5 较平坦，6P15 R_i 约 1.4 K Ω 负载 R_L 可以从 2 K Ω —5 K Ω ，除功率灵敏度和输出稍低外，用 5 K Ω 、7 K Ω 输出变压器试听比对两者没差别。



二、电压放大管的选择

现代音源输出幅度大都不低于 1V，甲类功放推动电压不能高于阴极电压 UK。6P15 又是高跨导管，因此不需要高的放大倍数。低内阻的中 μ 管 6N1 是首选，但因其 600mA 的灯丝电流而放弃。选用 μ 相同但灯丝电流小得多的 6N3，音质上与 6N1 不分伯仲。



6P15 三极管接法后 μ 只有 25，用 6N3 推力明显不足，只好改用高 μ 管 6N2。为防止产生“冒顶”失真，在输入端串有 4.7 K Ω 衰减电阻，并加大环路负反馈，300P 电容可以消除高频噪音及可能产生的超高频振荡。

三、原件选用与安装调试

1. 优质的电源是出好声的基础。L1、L2 是拆自废开关电源中的滤波电感，C1~C5 的作用是滤除高频杂波。这些细节都是不可忽略的。滤波电阻因发热量大要远离电解电容，从滤波电阻起 L、R 分开两路供电，效果要好于一路合供。

2. 两种功放使用的都是普通原件。早期老式碳膜电阻的片状引线是铜镀锡，虽不美观但非常适合搭棚焊接，音质很好。后来的一些圆状引线电阻无论是金属膜、碳膜都是铜铁混杂，使用时要尽量选用铜引线的。

现在的电解电容，国产和进口品牌都很少有标明生产年份的，拆机品自不必说。上机前一定要用该电容 80% 的耐压进行充电检查，充 30 分钟后断开正负极，24 小时后逐个测量两端电压值，选 UC 最高者使用。

电压、功放管的栅漏电阻一定要焊接可靠，否则因无栅极负偏压，导致电流过大烧毁管子。

两种功放线路都已经过严格的实践检验，只需按标注数值组装即可。有关原件排列，走线，接地等注意事项，本报以前多有介绍不再赘叙。

3. 现在市场上的 6P15 都是库存货，生产年代久远。当时一些部件的加工是手工操作，因此管子的参数离散性较大，为保障 L、R 两声道参数的一致性，两管的 $1a$ 、 $1g2$ 误差不宜超过 10%，五极管功放的 U_{g2} 略低于 200V，可使工作状态进一步稳定，不影响音质。

6P15 的灯丝电流高达 760mA，管身发热量远大于 6P1 等，测试拔插时需防止被烫伤。

4. 输出变压器是音质优劣的关键。笔者曾用出自配件厂 16mmx16mm 铁心的 5k Ω 输出变压器上机，音质干涩呆板。

铁心质量较差截面积过小，造成低音不足，过多的圈数产生的漏感和分布电容又使得高音削弱，因此要尽量选择铁芯截面积大一些的。还可用以下方法挑选：初级串 1W、 $\frac{1}{2}W$ 电阻接 220V 交流电源，用数字表测量电阻两端电压，数值越小越好。如是自行绕制，下限 f_D 取 60Hz~80HZ 已是高标准，用于推动书架箱，辩低的 f_D 也不会产生震撼的效果，过多的圈数，过大的铁芯反而会削弱中高音。

在胆机上施加大环路深度负反馈，会产生一种沉闷感，少量适当的负反馈，对五极管功放的音质改善效果好于三极管功放。可能是五极管的非线性失真大于三极管的缘故。

四、音质的比较

用 6P15 接成五极管制作的功放音质远在 6P1 之上，足以与有“淑质英材”之誉的 6P14 比肩，在高音的靓丽细节上又有自己的独特韵味。

用 6P15 接成三极管的功放音质之好出入意料，相比五极管提升显着。音色变得温暖甜美，层次分明，自然通透，适合小功率书架箱欣赏音乐。

电价和楼房的局限，制约了工薪族烧友对耗电二、三百瓦，输出功率几十瓦大型胆机的追求，使得甲类小单端机受到青睐，五改三的 6P15 功放当是最佳选择。下里巴人的白菜价档次，却能发出阳春白雪的高雅音质，这就是电子管 6P15 的魅力所在。