



共阴极双三极管, 6N7P, 电子管

共阴极双三极管 6N7P 的应用

戴洪志

TN/112

42-45/50

在胆机受贬后又复起的今天, 发烧友的元件柜中所收藏的珍品电子管, 如果与今日的新技术、新材料、发烧元件等相结合, 焊出音色醇厚、甜润的胆机, 即让昔日黄花重登舞台、发挥那胆机特有的魅力, 又能感受焊机的乐趣, 与友人一道欣赏优美音乐的同时, 还能领略前辈创下的辉煌。在电子管大家族中, 双三极管 6N7P 就是质量甚高, 综合性能很不错, 用途较广的一种。

6N7P 现在是个冷门, 使用得比较少, 刊物上也少有介绍。其实, 在早年胆机盛行的时期, 在一些名机上经常见到它的身影。如今, 库存或发烧友的元件柜中可能还有不少, 用 6N7P 可以做成性能优良的单端输出功率放大器, 推挽输出功率放大器或作推挽放大器的推动管, 较一些使用 6F6、6P1、6P14 等作推动管的线路能取得更优良的线性和音色。与久负盛名的 6V6、6L6 等靓声胆配合, 可做出十分靓声的后级功放, 60 年代, 国外用它作“长尾式”倒相和推动管的名机也时有可见。

由于 6N7P 的内阻低, 制作的功率放大器具有良好的阻尼特性, 能使放音更加清晰、悦耳、瞬态响应好, 所以非常适合作末级放大用。现将 6N7P 介绍给广大发烧友, 以便在制作胆机时参考。

6N7P 国外型号为 6N7, 是一只中 μ 共阴极的双三极管, 主要在胆机功率放大器中担任末级功率放大用。由于它的内阻低, 放大倍数较一般的功率放大三极管高, 栅极负压又小, 所以不

需要高的推动电压便可获得较大的输出功率, 并联单端输出可达 4W 以上, 若两只三极管作推挽, 输出功率可达 10W, 两只 6N7P 并联推挽有 20W 的输出功率, 比较适合一般家庭使用。6N7P 的参数见附表, 附表中列出了三极管 300B、束射管 6V6 的参数以供对照。

6N7P 是金属底箍直身八脚管, 见图 1 所示, 管脚排列见图 2 所示, 此管是灰色长屏, 屏极较一般电压放大的三极管都长, 所以它的管身也较高, 两层方形云母片, 方形除气环上有一圆点, 此管制作工艺精湛, 结构上最大的特征是它的长圆形完全包围了栅极的屏极, 除了一边有约 4mm 宽与粗壮的屏极连接线连接以外 (这部分要比 6P1、6P3P 等功放管要宽),

两侧还有至少不少于 4mm 宽的散热翅, 如图 3 所示, 以增加它的屏极消耗功率, 使每只管的屏耗达 5.5W。

用 6N7P 制作的单端输出放大器性能优良。单端输出放大器是真正的甲类放大线路, 结构简单, 容易制作。甜润、温暖的音色受到发烧友的青睞。并且单端输出放大器的输出管更适合用三极管来担任, 因为三极管的线性好, 产生的谐波失真低, 一般最大输出时, 可以得到小于 5% 的谐波失真, 而且谐波是偶次谐波。单端输出还有一个特点是无“交越失真”, 并且三极管内阻低, 放大器的低频控制力强, 反应速度快, 这些都是用三极管作单端输出放大器在焊机派中非常流行的原因。

单端输出放大器还可以用两只输出管并联以增加输出功率, 这时输出阻抗降低一半, 并且所需要的推动电压和产生的失真和单管输出一样。从以上单端输出机的特性来看, 都正好中了 6N7P 的下怀, 它很适合制作单端输出放大器, 用 6N7P 的单端输出放大器线路如图 4 所示。

此机前级电压放大用五极管 6J7, 末级放大用 6N7P 作并联输出, 栅负压采用自给偏压的方式供给, 输出变压器的二次侧有至 6J7 阴极的电压负反馈, 使整机频率特性得以改善。此线路原是一款早年流行的靓声线路, 功放管是配大家所熟悉的靓声管 6V6, 输出功率虽然稍小, 但音效表现不俗, 听人声、乐声十分迷人。如今虽有很多名机可供选择,

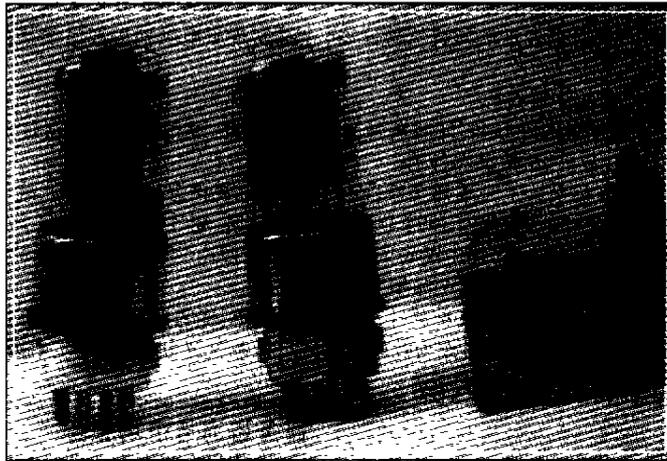


图 1

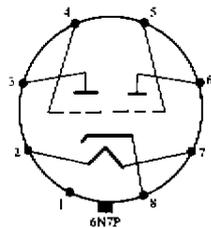


图 2

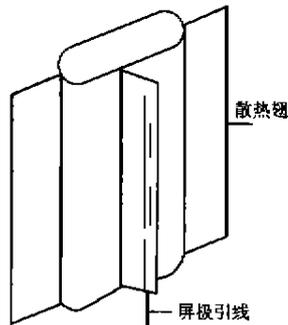


图 3

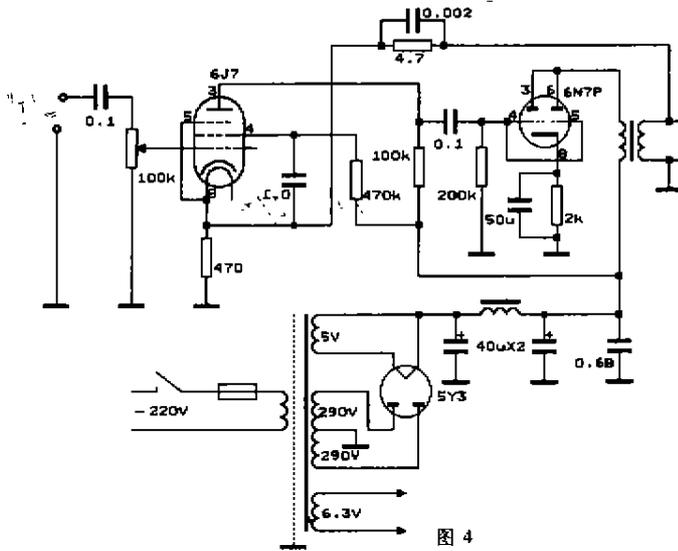


图 4

但仍有发烧友愿用此机欣赏音乐，足见此线路的魅力。这里功放管改用 6N7P，放音表现虽不能与 6V6 媲美，但也能达到一定的指标。

6J7 是高频锐截止五极管，是直身、金属底座、栅极戴棚帽的八脚管，管脚排列见图 5 所示，它主要是作输入电压放大用。6J7 增益高、胆味好、频带宽、动态大、高频表现出色，活泼、细腻、空气感好，是一只好听的古老品种电子管，但体积稍大，现在

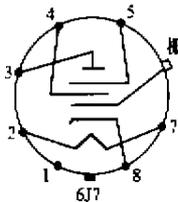


图 5

商品机上很少使用。用 6J7 作前级的放大器，音场宽、定位好、反应轻盈、迅速，听人声中音滑而厚润，十分娇美，有此胆者不妨试试，比 6922、12AX7、12AU7 等双三极管似乎更耐听，6J7 的参数见附表。

此单端输出线路虽然简洁，性能优秀，但要充分发挥它的性能，放出好声，要用高素质的元件，巧妙的排线，再以搭棚焊接的技术相结合才行。本机最重要的元件要属输出变压器，其质量的高低直接影响到整机的音色，一定要用高素质的。一只 6N7P 并联输出时，输

出变压器一次侧阻抗是 4000Ω，此数值的成品输出变压器很少有卖的，只能自己绕制或到名厂订做，如与 300B 的输出变压器变通使用，阻抗稍低，影响不大。单端输出变压器因总有直流屏流通过，

为了避免磁饱和而引起失真，铁芯必须对插并留有一定的间隙，这样一来就会使电感量减小，为了有大的电感量以获得足够的低频响应，铁芯的体积就要增加许多，所以单端输出变压器的体积比同等功率的推挽输出变压器的体积要大得多，所以价格也贵。电阻可用金属膜电阻，电容的数量不多，尽量选用优质的，如德国 WIMA 或新德克、CBB 电容等，电源滤波电容可采用进口或国产彩电电容。

电子管的搭配不同，放音效果也不同，可以根据自己的口味来选择。6N7P 和 6SN7 搭配使用，音色更具有音乐味，胆味更浓，更加抒情，见图 6 所示，前级用一只 6SN7 作二级甲类电压放大，第一级和第二级用直接耦合的方式，不单使元件减到最少，还能消除电容的音染，后级用一只 6N7P 并联输出。还可以将第二级电压放大改为阴极输出器，如图 6 中的虚线所示，只要与后级耦合不从 C₁

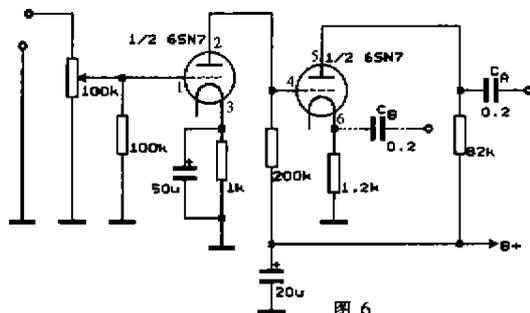


图 6

输出，改为从 C₂ 输出即可。采用阴极输出器后，使前、后级更能很好地配合，有更好的功率转换效果，并能提高后级的负载能力。也可以用 6DJ8 的 SRPP 电路作前级电压放大，见图 7 所示，由于 SRPP 线路的高频特性好，能获得更多的音乐细节和较小的失真，层次更加清澈透明，动态也更强劲。

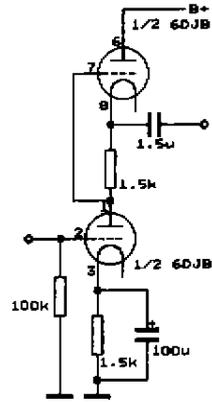


图 7

推挽输出放大电路比单端输出放大电路复杂，但输出功率大、失真小，适合于 Hi-Fi 放大器的要求，因此，名机几乎都用推挽放大电路。

6N7P 是三极管，也很适合作甲乙类或乙类推挽放大器，采用甲乙类推挽放大电路的经典名机很多，若用 6N7P 仿制威廉逊放大器，线路简洁，音效又靓，线路见本刊 1998 年 2 月号第 24 页，只要将功放级 V5、V6 两只 807 束射四极管及输出变压器用一只 6N7P 和配用输出变压器替代便可，然后调整阴极电阻，使 6N7P 的栅极负压为 -6V，需要注意一点就是 B₊ 的电压不要超过 300V。

再介绍一款相当不错的线路，见图 8 所示，这是美国名机 Dynaco 放大器的前级电压放大及倒相级的线路稍加改进，功放级用 6N7P 而成，线路非常简洁，国产胆机也有用 Dynaco 线路的。前级电压放大用三极、五极复合管 6F2，五极部分用作前级电压放大。用五极管作输入电压放大，有较高的增益，高频特性好，使整机线路可以做到简洁。三极部分接成屏

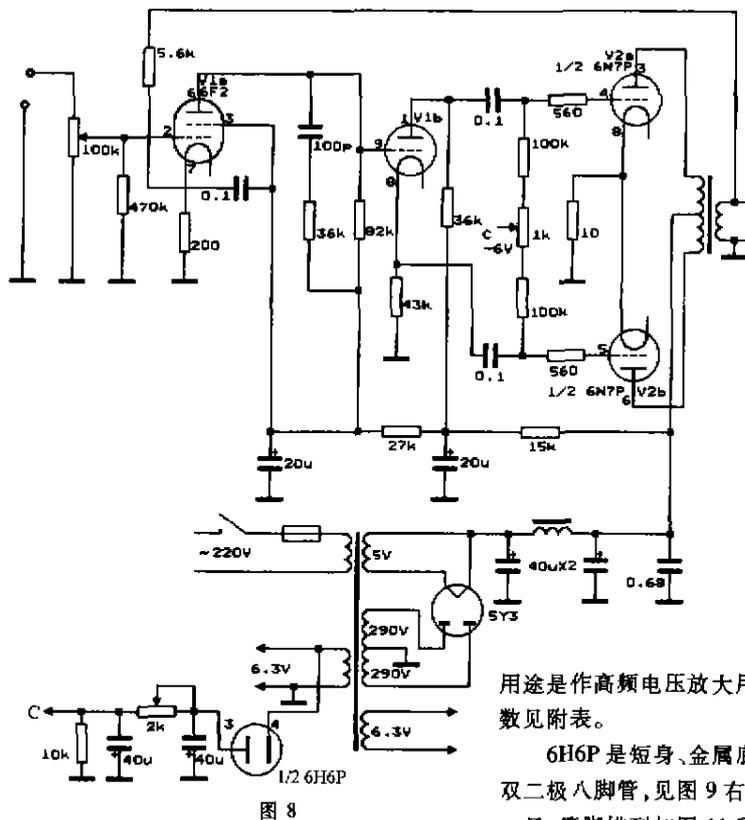


图 8

用途是作高频电压放大用, 参数见附表。

6H6P 是短身、金属底箍、双二极管脚管, 见图 9 右边的一只, 管脚排列如图 11 所示,

是灰色短屏, 两层透明长方形云母片, 长方形除气环, 设计是用来作收

音机检波及整流用的, 由于输出电流较小, 所以屏极很短, 管身也短, 从图中可以看出, 比一般八脚管管身要短三分之一左右, 参数见附表。此管可以作电源整流用, 比如制作电子管前级放大器或电子管缓冲器, 用两只双三极管, 工作电流较小, 可以用 6H6P 作电源整流, 使电源部分非常小巧、经济, 又有胆味。早年在制作二~三管简易电子管收音机时, 用 1/2 6N1 接成二极管的形式作电源整流, 非常流行, 而 6H6P 要比 6N1 屏极电流大, 整流性能好, 因此, 用在小电流的前级放大器上作电源整流很合适。

图 12 是用 6N7P 担任倒相和推动管的“长尾式”倒相电路的推挽放大器线路, “长尾式”倒相电路的性能优越, 失真很小, 与屏-阴分载倒相电路相比, 高、低频比较平衡, 音色靓。末级功放管用 6L6 或 6P3P, 栅负压用自给偏压的方式, 输入端用 6C5P 作电压放大, 全机用四只八脚放大管, 制作比较方便。

6C5P 是直身、金属底箍八脚管, 是高频中 μ 三极管, 国外型号为

- 阴分载倒相电路, 这种倒相电路的性能和音色都很不错。末级功放用 6N7P 推挽输出, 栅负压采用固定偏压的供给方式, 负压整流用双二极管 6H6P 的一组 (或两组并联使用) 担任, 由于负压耗电极少, 负压整流的输入电压取自一组灯丝绕组的 6.3V 电压, 整流后经调整得到 -6V 电压供 6N7P 使用。为了保证整机的稳定, 引入了从输出变压器二次侧至输入级的阴极的负反馈。输出变压器一次侧阻抗为 $8k\Omega$, 输出功率有 10W。

如果输出管用两只 6N7P 并联推挽输出, 内阻降低一倍, 输出功率增加一倍, 可达 20W 以上, 此时输出变压器一次侧阻抗也降低一倍, 约 $4k\Omega$, 这样, 输出变压器制作也比较容易, 或用 $5k\Omega$ 左右的成品推挽输出变压器变通使用, 输出变压器一次侧阻抗稍高些, 输出功率虽然稍小, 但低频效果会得到改善。

6F2 是三极、五极复合管, 是灰色短屏小九脚管, 外形见图 9 左边的一只, 管脚排列如图 10 所示, 设计的



图 9

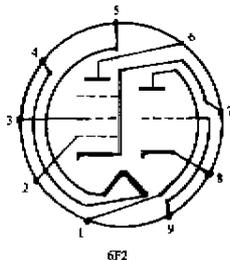


图 10

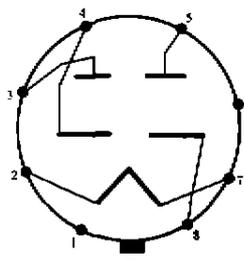


图 11



附表

名称	主要用途	灯丝电压 V	灯丝电流 A	第一栅极电压 V	阳极电压 V	阳极电流 mA	跨导 S	放大系数 μ	内阻 k Ω	输出功率 W	负载电阻 k Ω	屏极最大消耗功率 W	最大峰值电流 mA	
6N7P	两组并联作甲类放大	6.3	0.8	-6	300	7	3.2	35	11	4.2	4	5.5	125	
	乙类推挽输出			0	300	35				10	8			
6V6	功率放大	6.3	0.45	-12.5	250	45	4.1		50	3.6	5	12		
300B	功率放大	5	1.2	-60	300		5.3	3.85	0.7	6.5	3			
6J7	电压放大	6.3	0.3	-3	250	2	1.3		> 1000			0.75		
6C5P	高频电压放大	6.3	0.3	-8	250	8	2	20	10			2.5		
6F2	高频电压放大	三极	6.3	0.45		150	18	8.5	40	5				
		五极				250	10	5.2		400				
6H6P	检波, 整流	6.3	0.3		屏阴间最大反峰电压 V		最大直流输出电流 mA		阴极对灯丝间最大峰值电压 V					
					420		8		330			48		

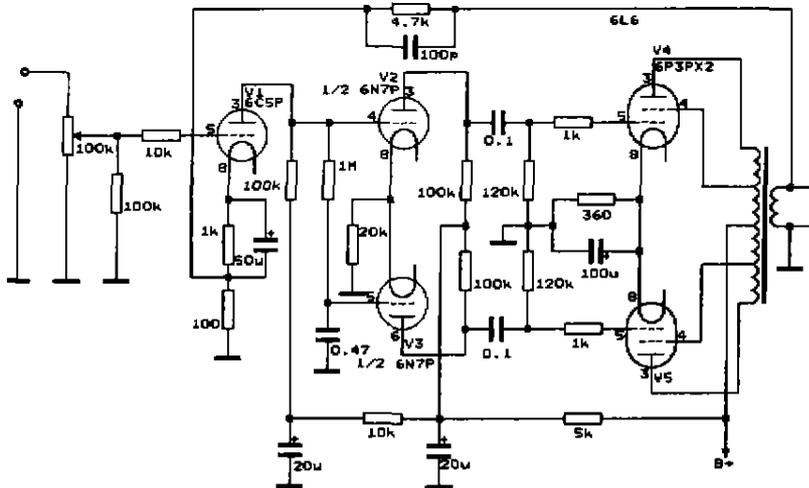


图 12

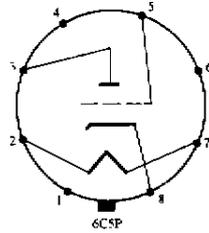


图 14

用 6C5P, 因 6N7P 的栅负压较浅, 放大倍数较一般功率三极管大, 则此管比较灵敏, 所以推动级用 6N8P 并联使用完全能满足要求, 6N8P 并联使用是为了减少内阻, 增加输出电流。推动级和功放级间交连采用低阻的变压器交连, 输入变压器可用一、二次侧线圈圈数 (二次侧半个线圈) 比为 3:1 的降压式的, 输出变压器一次侧阻抗为 8k Ω 。

这里需要说明一个问题, 6N7P 的一个特点是共阴极, 这在调校偏



图 13

6C5, 见图 13 所示, 管脚排列见图 14 所示, 参数见附表。此管结构上的特征是, 灰色圆形屏将栅极等全部包在里面, 连上、下二面也包了起来, 上下只有两小条云母片固定栅极、阴极、灯丝等, 其他均被屏极包围在里面, 因此, 此管受外界干扰很少, 噪声极低, 用在输入级作电压放大, 可以得到很高的信噪比。由于是高频三极管, 高频特性好, 中、高频段表现出色, 空气感

好, 高频明亮、清晰, 放人声、弦乐柔和、委婉, 甜美纤细, 十分耐听。

用 6N7P 作乙类推挽放大也很适宜, 线路如图 15 所示, 前级电压放大

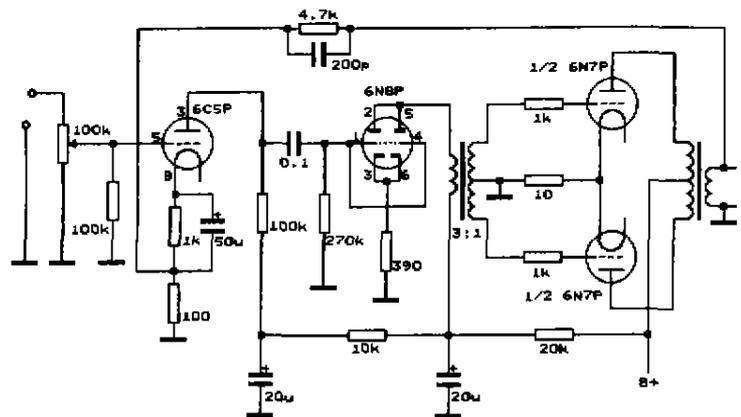


图 15

(下转第 50 页)



最大峰值电流分别为 40V 和 5A。通常功率输出管的发射极都串有 0.25Ω 左右的电阻,当电流通过时会产生一定的压降;同时为防止晶体管饱和,集电极电压 U_c ——即滤波电容上的谷值电压 U_c 应该达 45V (以上);为了使纹波电压不太大,取 $K=0.9$,则可求得 $U_0=50V$ 。前面说过此电压近似等于变压器次级的峰值电压,由此可求出次级电压的有效值为 $U_2=U_0/2^{1/2} \approx 35.4V$ 。将 U_0 、 U_c 、 K 、 I 代入③式可求得 $C=8564\mu F$ 。应该注意的是这些结果均没有考虑到市电的波动和变压器、整流器内阻的影响。上例中若 U_c 保持不变、 K 分别取 0.8 和 0.95 时, C 值分别为 3534 μF 和 18977 μF 。变压器次级电压分别为 39.8V 和 33.5V。由此可见, C 值随 K 值有较大的变化。

现在我们来估算一下变压器容量,因为功放输出功率为 100W,如果仅从能量守恒规律及效率看,变压器容量取 300W 已足够。但是从下面的分析你将会看到,实际情况并非这么简单。

由图 4 可知,在大约 13~15ms 的时间内,电容是在充电,如果这时信号电流正好也达最大值,则变压器不仅接着给输出晶体管供电(原先由电容供电),更重要的事情是要给电容迅速充电。这时变压器二次侧供电的总电流(实际为峰值电流附近的平均值)要比 5A 大得多。经计算本例中,变压器二次侧的总电流将达到

35A,而这时的二次侧电压也达最大值,所以变压器输出的峰值功率为 $P_m=I_m \cdot U_m=35 \times 50=1750(W)$ 。所以有效值功率为峰值功率的一半,即 875W。也就是说,变压器的功率容量起码要达到 875W 才行。这个结果是否有点出乎我们意料之外呢?其实也不难理解,因为充电时间较短,而放电时间较长,如果变压器容量不足,就无法在短时间内补充电容在较长时间内失去的电量,从而引起电压下降。前面说过,当变压器等效内阻不同时, K 值均为 0.92 左右,但输出电压不同,原因就在这里。

由此我们又得出这样的初步结论:功放变压器容量应达到功放最大削波功率的 10 倍左右。本刊 1997 年第 12 期上也有一篇关于功放电源的文章,当时笔者也觉得,变压器容量取得那么大,不太理解。但是经过本文的亲自探讨,才知道那是在情理之中,应该提倡。

最后我们谈一下有关“爆棚”的问题。利用超大容量的电容来解决所谓“爆棚”时的电力供给好象很时尚。但实际情况如何呢?且不说大电容价高,即使有了大电容,功放的输出功率并不增加多少,经计算大约只能提高 1dBW 左右,相应的声强也只能增加 1dB 左右,而普通人只能分辨出 2~3dB 的变化。我们算算看:前例中功放输出功率为 $P_1=100W=20dBW$ 。设其他条件不变,当用了大电容后,并设 $K=0.999$ 这种较理想

的情况,这时电容量将达 109 万微法。则 $U_0=KU_0=49.95V$,减去饱和压降等损失共 5V,则实际输出峰值电压为 $U_0=44.95V$,所以输出功率为 $P_2=126W=21dB$,则 $P_2-P_1=1dBW$ 。由此可见,用大容量电容来解决“爆棚”时的供电问题,实不可取,倒不如用增加电容的钱来增加功放的额定输出功率来得更实在。

既然用超大容量电容来解决“爆棚”时的供电问题是不可取的,但有些功放为什么还用十几万甚至几十万微法的电容呢?其实这里面是有道理的。不知大家注意没有,某些功放在其技术说明中也许会有这样的内容:输出功率,负载为 8Ω 时,若干瓦;4Ω 时,若干瓦;2Ω 时,若干瓦(至于为什么要考虑 2Ω 这种情况,有机会另文讨论)。显然,当负载为 2Ω 时,输出的电流将是 8Ω 时的 4 倍。由③式可知,这时电容也将增加为 4 倍才行。如上例设计中,若取 $K=0.9 R=2\Omega$,则电容将达 3.4 万微法,而电源是有正、负电源,所以容量将达到 6.8 万微法。这还是单声道设计,如果是双声道,则总容量要达 13.6 万微法。如果 K 取 0.95,则总容量将达 30.4 万微法。因此厂家的做法并非无道理。

以上仅从理论上分析了功放电源的特殊性而提出的另一种设计方法,经试验证明是正确的,但具体运用时还有许多细节,由于篇幅有限不能逐一分析了。

(上接第 45 页)

压,使在推挽过程中的两个三极管屏流需要平衡的工作似乎带来不便,但这项工作已经由设计师给阁下做了,已经考虑调校的问题,设计该管在作乙类推挽放大时,栅极不加任何偏压,偏压为 0,阁下只要将输入变压器二次侧的中心点接地即可,无需调整,因此使用起来十分方便。

如果用 6N7P 作推动管与功放管 6V6 或 6L6 相搭配,可以作出十分简洁的推挽放大器,音效也不俗,

图 16 是用 6N7P 接成甲类输出形式作推动级,推动 6V6 作推挽放大的线路。6N7P 并联输出,功放级采用固定偏压的供给方式,输入变压器可用比例为 1:0.7 的降压变压器,可得到 10W 以上的输出功率。前级电压放大可用前节介绍的 6J7 或 6C5P 等作电压放大,也可用一只 6SN7 接成二级甲类放大或用 6DJ8 的 SRPP 电路,这就根据个人的口味选择了。

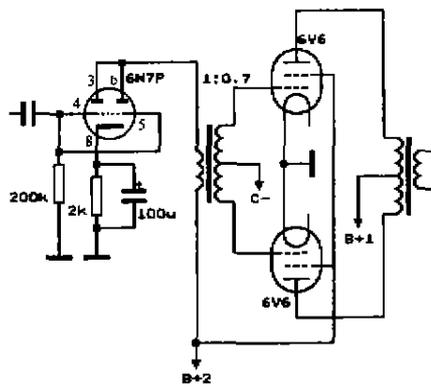


图 16