

# 超宽频带的 Marantz-7 电路之 单三极管篇 (上)

田庆松

用单三极管制作的胆前级, 在此之前笔者已经制作过两台, 一台是用超小型胆管 6C6B 作两级共阴放大的, 一台是用 6C3-Q 和 6C1 两级共阴放大的。这次制作三台胆前级的原因是还有许多单三极管笔者还没有用过和听过, 包括 6C4-Q (6C3-Q 的同型管)、6C11、6C16 等。所以近三个月来笔者几乎足不出户, 连好几款新机的听音也毫不吝惜地放弃, 只为制作好此次三台胆前级而努力, 而今文章动笔之时笔者的第三台胆前级的音色调整、机器电路微调都已全部完工, 终于可以舒一下心了。

## 一、本前级概述

但凡发烧友, 不管是否胆机爱好者, 没有不听说过 Marantz-7 的, 因为这机器, 名声太响, 仿佛武侠小说中的武当、少林一样。笔者做梦也想拥有一部, 可摸摸钱袋, 唉! 那玩意儿对我而言, 实在是可望而不可及。所以笔者动了一个心思, 要制作一台 M-7 电路程式的胆前级 (此前的好多年笔者便开始聆听一部用 6SN7M-7 电路结构的胆前级成品), 而且全部是用单三极管组成的, 正好用一用、听一听笔者还没有接触过的另外几款单三极管。当然笔者并不是“克隆”也并不愿“克隆”原版的 Marantz-7, 因为有些东

西是“克隆”不来的, 而且时代的变迁、音源的不同对电路的设计也有了不一样的要求。事实上, 本前级只是借用了与 M-7 同样的电路结构, 即大家所共知的两级共阴加上一级阴随器的结构, 其余则跟 M-7 并无瓜葛。

此台单三极管胆前级电压放大部分共使用了六只单三极管, 再加上电源整流用的 6Z4, 总共为七“灯”, 以胆前级而言, 这个数量是相当多了, 但是不要被这个数量所吓倒, 想一想它可能带给我们的优美音质, 动手是值得的, 无非是多开几个孔罢了。你想, 开 3 个孔是忙乎一场, 开 6 个孔也还是忙乎一场, 有什么害怕?

最早的想法是做一台全程直耦的 Marantz-7 形式的机器, 电路早在以前便设计好了三个以供制作时选择, 到准备制作时却因种种原因全部推翻重新设计, 最终电子管型号的选用是在临开孔时才定夺的。第一级电压放大电路和第三级阴随器选用单三极管 6C4-Q 担任, 中间一级的电压放大管则选用了中  $\mu$  管 6C11。所有的机器开孔以及修整都由自己一人辛苦完成, 然而开好 6 只小九脚电压放大管管孔后, 分析电路时才发觉, 真正要搞成全直耦的电路而又不使各级工作点牵扯太多, 第一级电压放大管最好能在低屏压下依然具有优良特性的特点, 这样它在安稳工作的同时又能让第

二级的阴极电位不至于抬得太高, 否则在限定的电压范围内笔者无法保证第三级阴极跟随器能够实现直耦。这个原因让笔者对早先的第一级电压放大采用 6C4-Q 的想法产生些许懊悔, 因为 6C4-Q 在栅压为 -1V 时的截止屏压已经达到 60V, 而要想正常工作必须还要高出此值才行, 更不用说还要考虑到电路的优良特性了。这个要求让笔者想起了一个比较少用的五极管 6J1, 当把 6J1 接成三极管接法时, 它的屏压可以取到非常低的值, 例如其屏压在 25V 左右时, 栅压可以取成 -0.5V, 电源电压取到 40V, 此时 6J1 还有很好的线性。可以这样说, 当把 6J1 作为一个中  $\mu$  三极管使用时, 其优良的低电压工作特性是许多三极管所不具备的。然而木已成舟, 笔者已经开好了所有的管孔, 加上在此部前级之前半个月完成的另一部胆前级中已经使用了三极管接法的 6J1, 所以本 M-7 胆前级只有沿着既定的路线走下去了, 即运用 6 只小九脚电压放大单三极管制作此部胆前级, 并放弃笔者此前采用全程直耦方式的想法。

## 二、胆管的选择

笔者有成功运用 6C3-Q 的经验, 这只优秀的单三极管曾在国内的顶级胆后级熊猫 2900 中得到重用, 之后便鲜见应用。6C4-Q

其实与6C3-Q是可以完全互用的管子，因为它们的曲线族是共用的，不过它们之间还是有些小小的区别，6C4-Q与6C3-Q的管脚排列不一样，另外，管子结构也有稍许不同，6C4-Q是比较少见的栅地型三极管，这类结构的管子通常可以工作在更高一些频率的频段。6C4-Q的结构与6C3-Q相比，在管子内部多了一层屏蔽，从玻璃壳上看进去，就是其内部比6C3-Q多了一副相当明显的金属翼片。笔者没有用过6C4-Q，即使之前制作的6C3-Q+6C1的胆前级从理论上来说完全可以用6C4-Q代用6C3-Q，但在实际操作中不那么简单，原因很简单，它们的引脚并不完全相同，而笔者在焊接那部6C3-Q+6C1的胆前级时恰恰使用了它们不相同的那些引脚，这个因素的存在使笔者与6C4-Q的运用擦肩而过。正是由于这个原因，加之6C4-Q又是笔者从未使用过的栅地型三极管，在此之前不知道能不能成功运用6C4-Q，所以笔者在焊接本胆前级时多了一个心眼儿。在焊接6C4-Q的小九脚管座接线时，特地选取了6C4-Q与6C3-Q相同的屏、栅、阴极进行接线，这样做的意图是，万一笔者把握不好6C4-Q时，可以直接换用手中大

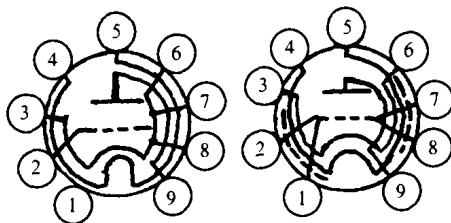
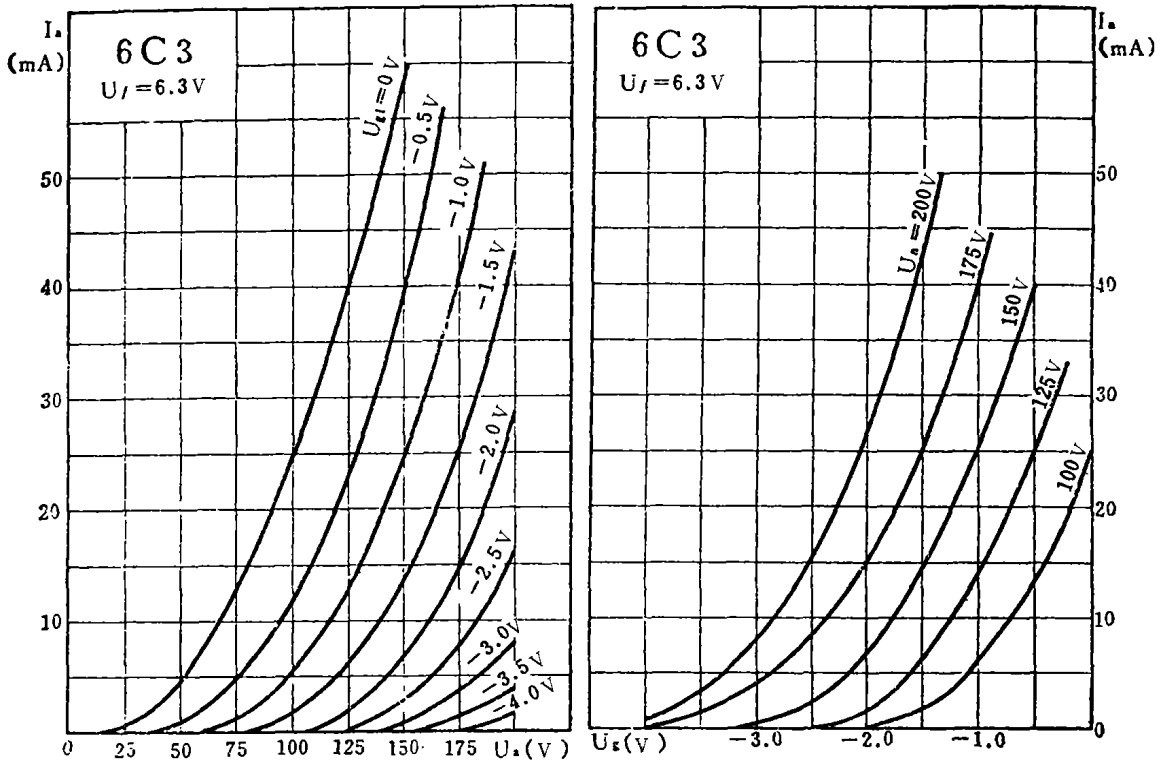


图1 6C3-Q、6C4-Q的管脚排列及曲线图

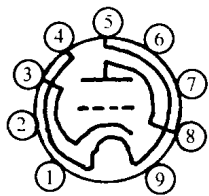
量现成的6C3-Q而不必重新改动管座接线。后来的事实证明，笔者的这个想法是多余的，然而这样做的好处却是，在听音时笔者可以自在地换用6C3-Q来比较它们之间音色的区别。还有一个对发烧友比较有利的一点是，仿制时，这样的管脚排列可以保证朋友们只购买6C3-Q或6C4-Q任何一种即可（或6C3、6C4）。图1是6C3-Q、6C4-Q的管脚排列图以及它的板极特性曲线族（ $I_a \sim U_a$  静特性）以及栅极特性曲线（ $I_a \sim U_{gr}$  静特性），基本参数如表1所示。6C3-Q与6C4-Q在极限参数上仅最大阳极耗散功率有差别，

表1 6C4-Q的参数

基本数据	
灯丝电压	6.3V
灯丝电流	300mA
阳极电压	150V
阴极电阻	100Ω
跨导S	19.5 ± 4.5mA/V
放大系数μ	50 ± 15
阳极电流	14 ± 4mA
极限运用数据	
最大阳极电压	160V
最大栅极电压	-100V
最大灯丝与阴极间电压	+100V -160V
最大阳极耗散功率	3W

6C3-Q为2.7W。

对于第二级电压放大管6C11，在制作这部前级之前，笔者从没有听过它的表现，就更别提用起了（事实上，用单三极管作电压放大的机型本来就少之又少），但在手册中对比各个单三极管时注意到了6C11，它的板极曲



线上升段非常直,近似一条直线,而且曲线间隔均匀,这个现象说明利用6C11可以设计出失真相当小的电压放大级。正是由于这一瞥,促使笔者决定在这个M-7线路程式的胆前级中首次启用这只单三极管。

6C11属于小九脚封装,玻壳大小体积与6C4-Q一模一样,唯其内部结构与6C3-Q、6C4-Q相比有较大的区别,虽然6C11的最大阳极功耗比6C4-Q的还要大上0.5W,然而其屏极结构尺寸看上去比6C4-Q的要小一些,再加上6C4-Q的独特翼片,使人很容易轻松分辨出6C4-Q与6C11之间的不同。6C11这只三极管以前主要用作超高频振荡,而今用作音频领域,颇有“高射炮打蚊子”之感。表2是单三极管6C11的基本性能参数,图2是它的静态曲线族。

本机中所选用的电子管级别都较高,特别是6C4-Q选用了级别最高的“高可靠”的Q级,初次接触这个管子的发烧友不要以为6C4-Q的“Q”后缀表示的是管子的级别,那只是它的型号,它的级别标志以Q白粉字标于管顶。

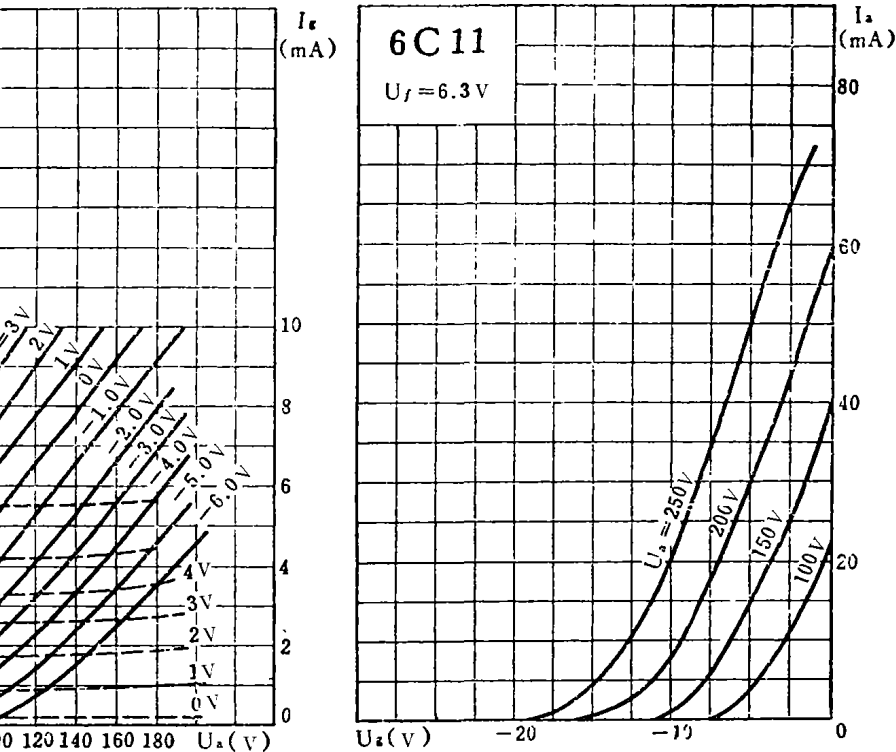


图2 6C11的管脚排列和静态曲线

表2 6C11的参数

基本数据	
灯丝电压	6.3V
灯丝电流	170mA
阳极电压	120V
栅极电压	-2V
阳极电流	20mA
跨导S	4.5mA/V
放大系数μ	16
极限运用数据	
最大阳极电压	275V
最大灯丝与阴极间电压	±100V
最大栅极电压	-100V
最大阳极耗散功率	3.5W
最大栅极电阻	1MΩ

6C4-Q的管子匹配性相当好。特别是同一时间同一批次的产品几乎不用挑选就可以直接配对,这一点笔者认为要优于使用过的6C3-Q。笔者手中的6C4-Q全都是1988年1月北京电子管厂生产的“北京”牌。中间电压放大级选

用的6C11同样是北京电子管厂的产品,生产日期是1976年1月,级别为“J”,手中仅有的4只6C11全为朋友德兵听说笔者有意采用此管制作前级后友情赠予,制作中选用了两只性能非常接近的管子配对使用。

### 三、其他元器件的选择

本机制作中的元器件选择要求并没有追求豪华,不过依旧采用了一些精致的元器件,RCA插座是邮购的带绝缘垫片的OSEL牌RCA03镀金插座,电位器是100kΩ的ALPS蓝色塑壳电位器,电源插座是二手的插座型滤波电源,机器内所有信号接线均是特富龙镀银屏蔽信号线,所有电阻均是经过挑选或并联以后的±5%大红袍电阻。电源变压器则是拆自“红灯”收音机中型号为DB-

45-160的品种,这个变压器的产地是上海无线电二十七厂,产品历经多年,其漆膜依然光亮。笔者认为自制电子管前级放大器,以前一些著名牌号的收音机电源变压器是首选之一,首先是电压合适,有单独的“3.15V-0-3.15V”绕组、单独的6.3V绕组供整流电子管用,有单独的静电屏蔽层,高压输出也合适,考虑很周到,这些不是现在所出售的变压器所能比拟的。当然,这样的选择并不是为了省钱,如果你自觉不太合适还可以单独定制变压器。

机器内部的元器件全部采用搭棚焊接,这些焊接利用了从电子管示波器上拆下的元件支架,使用起来颇为方便。

#### 四、电路原理简介

整机的电原理图如图3所示,图中仅画出一个声道的电路(电源部分公用),另一声道与此完全相同。

本文为了简便起见,在叙述中舍弃掉繁琐的计算公式,只简单地介绍此电路主要的设计思想以及在制作中所考虑到的一些问题。

为了防止因输入电路可能产生的振荡,在电路第一级的栅极电路中接有一只1kΩ防振电阻。第一级放大电路不仅有大环路负反馈引入的电压负反馈,其本身也具有很深的本级电流负反馈。

在整个电路中几乎每级本身都有很深的负反馈,这样考虑的原因是尽量减轻大环路负反馈的反馈深度。第一级的β值高达0.23,由于 $K\beta \gg 1$ ,所以我们可以认为本级电压放大倍数基本上与电子管参数没有太大关系,其电压放大倍数 $K\beta = 1/\beta \approx 4$ 倍。与常见的胆前各级放大级电源供给方式略有不同的是,第一级放大电路的电源供给与后面两级不是属于串联去耦供电,而是不太常用的并联去耦形式,这样做的目的是尽量将第一级与最后两级分隔开来,避免因公用一路电源造成彼此之间的互相牵制,减少因去耦电路滤波不良而产生正反馈的可能。

在电路的第一级、第二级之间采用了容量为0.1μF的金属化纸介电容,电容型号为CJ10,由于本机箱体体积很小、宽度有限,0.1μF/400V的CJ10电容细如小笔杆的体形正好用在此处不占地方。有些发烧友喜欢把耦合电容的容量取得较大,其实这个取值是有讲究的,并不是越大越好,它跟电子管栅极电阻的选取有很大关系,通常耦合电容 $C_g$ 应根据给定的放大器通频带的下限频率来选择:

$$C_g \geq 1 / (2\pi f_n R_g) \quad (f_n \text{ 为通频带下限频率})$$

当耦合电容容量过大时,甚至有可能造成一种阻塞失真,而且电容越大其绝缘电阻越小,同时过大的体积又增加了其分布电容,使高频特性变差,这些都是发烧朋友仿制时必须注意的。

本机的第二级电压放大电路同样采用了较深的本级电流负反馈,但本级电压放大倍数不能用 $1/\beta$ 来估算(因为 $K\beta$ 没有远大

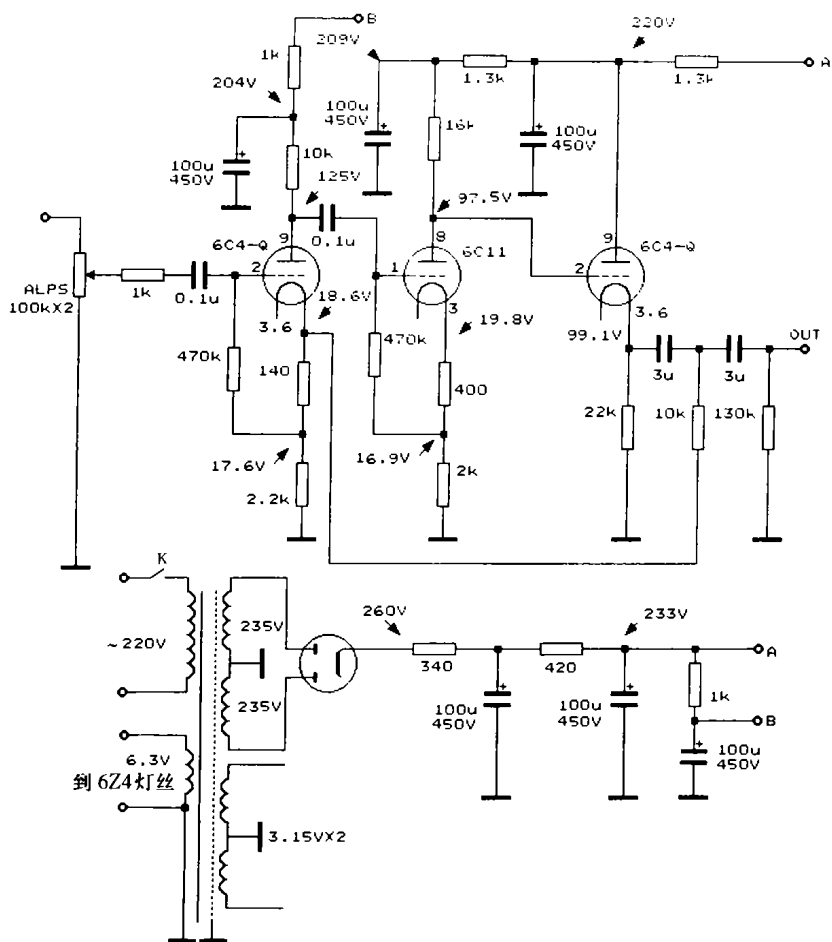


图3 整机的电原理图

