

# 用 6N9C 制作 WCF 输出的 耳机放大器

□ 李 万

近年来,随着国家经济的发展,人民生活水平不断提高,青睐耳机这种发烧器件的朋友越来越多,而且,好耳机也层出不穷,为广大发烧友带来了福音。然而,好的耳机需要好的驱动,购买或制作一台高素质的耳机放大器就成为必需。虽然晶体管、场效应管具有较低的输出阻抗,然而,越来越多的朋友开始喜欢电子管的声音,认为电子管的声音更好听,实际上也确实如此。同时,发烧耳机的阻抗一般在 $30\sim 600\Omega$ 之间,远高于音箱的 $4\sim 16\Omega$ ,用电子管,特别是采用无输出变压器方式制作耳机放大器成为可能。本文介绍用国产小功率五极管 6N9C (6P9P) 制作 White Cathode Follower (WCF) 耳机放大器。

## 一、设计思想

采用无变压器输出,非常有利于业余制作。现在国产很多高素质的电子管耳机放大器,也采用无输出变压器,说明电容输出可以得到较好的效果。实际上,使用电容交流输出,可以很容易做到很宽的频率响应,也有利于阻抗匹配。

虽然电子管的种类繁多,但能够用于驱动耳机、音质较好且成本低廉的电子管却不多,因为对于输出管而言,需要较低的内阻、较高的跨导和较大的屏流。本机使用了一种命名为 6N9C (6P9P) 的小功率五极管,用 4 只这种管子组成 WCF 电路,用来驱动低阻耳机,  $30\Omega$  的阻抗也没有任何问题。

五极管的特点是细腻圆润,将五极管接成三极管后,线性更好,内阻大幅度下降,跨导没什么大的变化,虽然输出功率有所减小,但对于耳机来说,也已经足够了。本机使用了 4 只老南京的 6N9C,大家都知道,南京是我国近现代电子工业的摇篮,老南京的管子更是

国产精品。因此,使用老南京的 6N9C 可以比普通的 6P9P 获得更好的音质音色。6P9P 为宽频带五极管,可以非常方便地获得较宽的频率响应。

末级工作状态为 WCF,是一种推挽线路,和 SRPP 非常相像,但它没有电压增益,当屏极电阻优化为一个管子跨导的倒数的时候,其输出阻抗基本为两倍跨导的倒数,因此,与 SRPP 和阴极输出器相比, WCF 可以获得更低的输出阻抗,这一点不仅有利于驱动低阻耳机,对于中高阻耳机来说,也能获得更好的低频效果。同时,与阴极输出器相比, WCF 由于是推挽线路,更容易控制噪声。

WCF 输出部分, 6P9P 工作点为屏压 135V 左右,屏流 40mA, 阴极电阻  $44\Omega$ 。此时,估计跨导应该在  $11\text{mA/V}$  以上,开环情况下,输出阻抗就已经下降到  $45\Omega$  以下,再加上大环反馈,输出阻抗应该低至  $20\Omega$ ,驱动  $30\Omega$  的低阻耳机没有任何问题。

前级放大由两个 6N3 接成 SRPP 线路,直耦 6P9P WCF。之所以选择 6N3,是因为 6P9P 为宽频带五极管,而 6N3 为高频放大管,对于中高频更为有利,且接成 SRPP 放大线路,对 WCF 的控制能力更强,从头到尾都是甲类推挽放大,可以获得非常宽的频率响应和极好的噪声控制能力。实际制作后,一次焊接成功,且声场、频响感觉都非常宽,而且还不是宽一点。由于是直耦,基本上 6P9P 的工作点就已经决定了 6N3 的工作点。6N3 SRPP 静态工作点为: 135V 左右的屏压,阴极电阻为  $1\text{k}\Omega$ ,栅压为 2.6V 左右,因此屏流在 2.6mA 左右,已足以驱动 6P9P。

电源采用分体式双电源,两台以前生产的无厂牌、无标示的 45W 六灯电源牛提供强劲功率,笔者应用这种

电源变压器，制成了多台双电源耳机放大器，效果都令人非常满意。而且，这种变压器目前售价较低，两台不到40元，与现在市面上“缺斤短两”的变压器相比，实在是超值。由于六灯变压器使用电子管整流，输出电压不能达到要求，因此，先使用了1N4007二极管整流升压，然后用6Z4作为二次整流和软启动，再经过电容扼流圈滤波，即可得到所需要的电压。

整机线路图如1。整个线路还是比较简单，而且，推挽线路安装调试非常方便，基本上能够一次成功，下面介绍一下笔者的制作过程。

## 二、实际制作

笔者用2.5mm厚铝板制成分体式机箱，使用手电钻可以非常方便地开孔。电源连接插头插座耐压250V（交流），使用过程中没有任何不妥。分体连接线使用特福龙镀银线制成，外面使用热缩管或塑料套管包覆即可，长约30cm。因为灯丝为交流供电，连接线需要双股绞合。

焊接可以先从电源箱开始。6Z4灯丝交流供电，需要双股绞合，并贴近底板和侧板走线，高压交流线和6N3/6P9P的灯丝如法炮制，可将交流的不良影响减到最低。交流高压先经过1N4007全波整流，然后直入6Z4屏极，进行二次整流，并起到软启动的效果，以保护6N3和6P9P。滤波采用电容-扼流圈组合滤波。其中，电容采用了飞利浦蓝六角47 $\mu$ F/385V，2个军品摩洛哥390 $\mu$ F/400V，大容量电容可以有效减小电源波纹和内阻。扼流圈使用西门子古董2H130mA（直流电阻约150~160 $\Omega$ ），别看电感量不大，但实际应用感觉还是非常不错。电源箱内采用一点接地，要注意两个机箱的地

线要相连才会出声音。6N3/6P9P的灯丝使用有中心抽头的大电流绕组，两端的抽头进电源箱后，直奔电源输出插座，通过机外连接线进入放大箱内。中间抽头引入电源箱内，并用两个电阻一个电容构成灯丝对地悬浮——这是因为6N3和6P9P的灯丝与阴极之间的最大电位差为正负100V，必须对地悬浮，才能保护好电子管。

放大箱较为复杂，因为6P9P为大八脚封装，四个6P9P就用去不少空间，必须很好设计才能装好机器。放大箱按照信号走向和线路图布局，从后向前。信号从后面进入，6N3就紧邻着电位器，然后直耦到上面的6P9P，上面的6P9P再通过电容交联耦合到下面的6P9P，然后输出。电位器采用日本ALPS双100k $\Omega$ 大蓝塑壳27型。本机全部采用手工搭棚焊接，一定要注意高压线、灯丝线和信号线的布局。信号通道，无论是输入还是输出，尽量使用屏蔽线。接地采用一点接地和公共接地相结合的方法。屏极退耦电容采用了古董美国CD大八脚插式孪生电容35 $\mu$ F $\times$ 2/350V两个，需要注意的是，屏极退耦电容的负端一定要直接入地，不能连接到6N3或者6P9P阴极地后再接地，因为这样的话，可能会引入令人讨厌的交流声，接地点选择6N3附近即可。需要指出的是6P9P之间的耦合电容采用国产军品绿色油浸电容0.1 $\mu$ F/1000V的品种，效果非常不错。输出电容采用斯碧680 $\mu$ F/200V的电解，声音还是非常棒，而且因容量较大可以获得更好的低频响应。

需要指出的是，由于6P9P的第三栅是和外壳相连接，而本机中，6P9P又接成了三极管，此时上端的6P9P外壳将带电，电压为125V左右，因为，对于老南

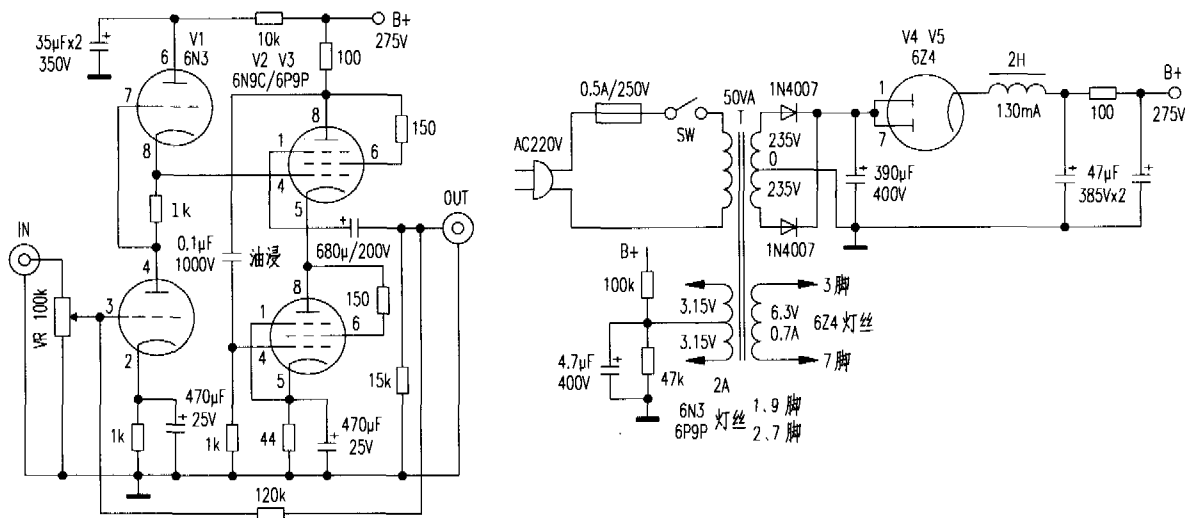
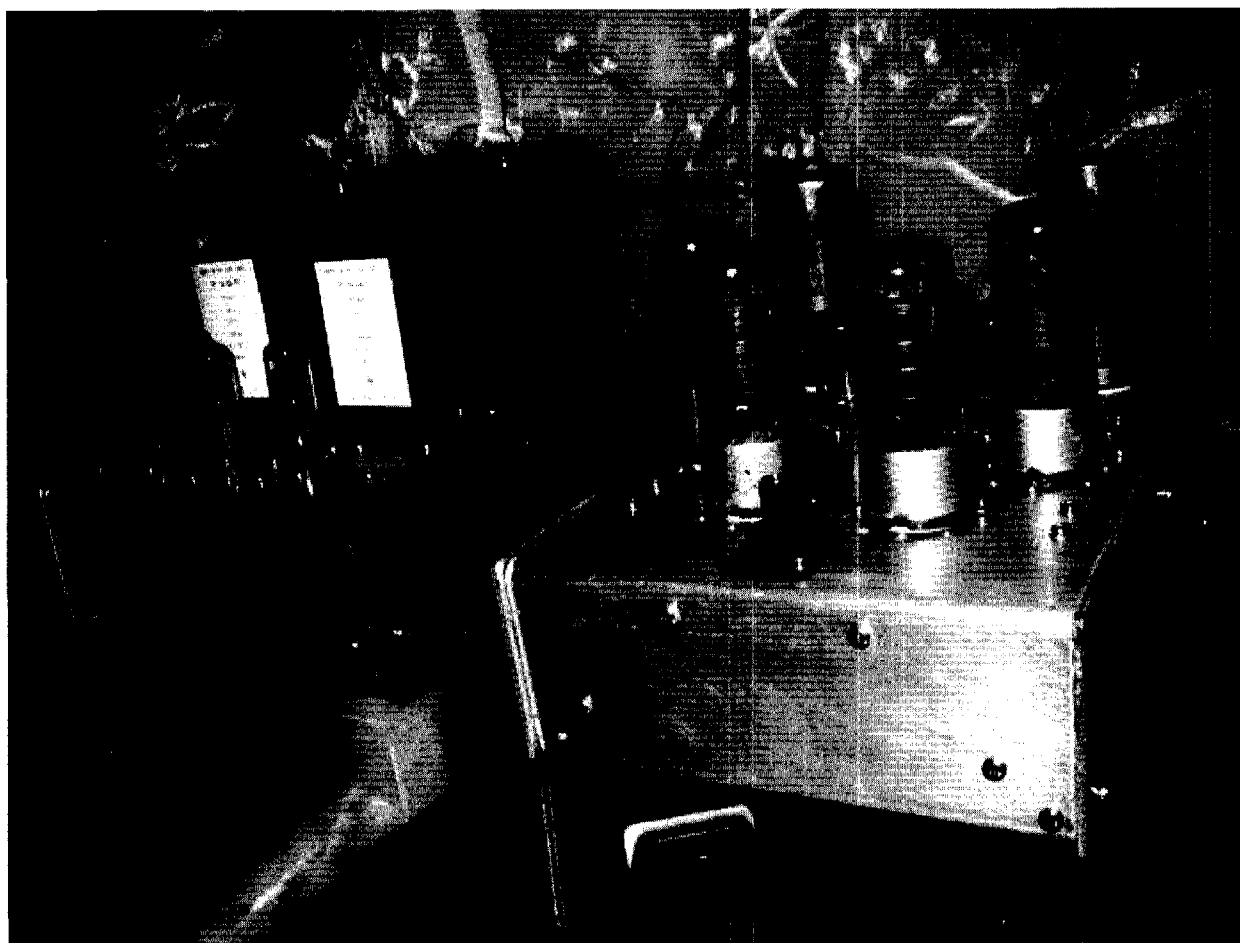


图1 WCF 输出耳放电路图



京的管子，工作时绝对不能碰触上端的6P9P外壳，对于曙光，其外壳虽然涂有油漆，但也不能碰触，最好将上端的6P9P外壳进行绝缘处理，这样比较安全些。因为，即使在断电状态下，由于6P9P与输出电容相连接，而优质输出电容往往能保持较高电压很长时间，一旦碰触，虽无大的妨碍，但麻麻的感觉实在不好受，所以，建议对6P9P外壳进行绝缘处理。

制作完毕后，先仔细检查各处，看是否有短路和开路的地方。确认无误后，插上电子管，通电测试。通电后，要使用你的三个感官来确认没有严重问题（如短路等），这就是“用眼看（异样）、用鼻闻（异味）、用耳听（异声）”，要观察各元器件是否有异样（电阻电容变颜色、电容泄漏、电子管屏极发红等），要用鼻闻一下是否有异味，用耳听一下是否有异声（此时不要插耳机，听的是机器的声音，不是耳机里面的声音）。确认无误后，用万用表测量各处电压是否正常。确认正常后，即可插上一个廉价的小耳机试听一下，最后插上你心爱的耳机，来享受音乐吧。

### 三、听音欣赏

为了检验本机各频段的表现和对音乐的重放性能，笔者使用了大量软件（CD唱片）来测试。听音的CD既包括民族音乐，如马可波罗跨世纪天碟、雨果发烧碟8，弦在烧（一）等，也包括西洋古典（精品贝多芬、金铂堡协奏曲、精品巴赫、红魔鬼），既包括流行歌曲（极品8号等），也包括新世纪音乐、电子音乐等，既有DDD录音，也有DSD（大电影、大西部等）、HDCD甚至XRCD（一听钟情国乐等）。总体感觉是，金石之声、铿锵有力的同时，不失柔美顺滑、荡气回肠，解析力相当高，动态也非常大。再听《家电大视野》原来音乐版班主“中烧”翻录的家电大视野纪念CD，第2张最后三首，钟表齐鸣煞是好听，清脆悦耳。最后一首，第一次听清了黑人在远处的说话声，清晰可辨。真是要动态有动态，要韵味有韵味，要清晰有清晰。笔者认为，这主要得益于两个方面，第一，管子的选择，6N3和6P9P都是胆味较浓的管子；第二，线路的选择，SRPP和WCF给予了大动态、极宽频响的重要基石。所以，这是一台非常值得一做的耳放，花费不多，你就可以得到一台素质很高的、用来驱动发烧耳机的利器。[Pav]