

# 常用电子管特性与应用 (九)

## 300B 直热式三极功率电子管

徐松森

### 一、“胆中之王” 300B 直热式三极功率电子管

雅号为“胆中之王”、“白马王子”、“梦幻之球”的 300B 直热式三极功率电子管,于 20 世纪 30 年代由美国西电(Western Electric)公司进行试制,在试制过程中该管的灯丝电流有 1.0A、1.2A、1.4A 与 1.5A 等多种,电子管功率也有 8W、10W 与 12W 等多种,最后根据其使用寿命的长短进行测试,按照 WE 公司的技术鉴定数据编号为 300B 最佳品而定型。

300B 功率电子管内部结构设计合理,管耗适中,内阻极低,放大线性极佳,故采用该管制成的各类高保真顶级功放,其音质清澈透明,纯真细腻,深受国际音响界人士钟爱,故经历了 70 多个春秋以后仍经久不衰。图 1 是几款 300B 电子管外形图。

现代新型 300B 制作工艺精湛,在选材上更胜一筹。屏极材料由传统的硅钢改进后采用高纯度钛或石墨电极来制造;制作灯丝的材料钨丝与保护极比普通钨丝纯度高好几倍,使用寿命大大延长;玻璃外壳采用特种水晶玻璃,其使用强度及散热性能比普通玻璃外壳高几十倍;管内的真空度从原来的  $2 \times 10^{-4}$  提高到  $2 \times 10^{-6}$ ,比原来提高了 100 倍。因此,“白马王子” 300B 的身价也提高了百倍。

目前世界上主要生产 300B 电子管的国家有美国的 WE、英国的 VAIC、俄国的 SOVTEK 和中国的长沙曙光及柳州桂光。我国是生产电子管的大国,国产 300B 在世界电子管中也占有一席之地,特别是曙光厂与英国合作生产的 Golden Dragon(金龙牌)出口型 300B,其价格与品质在国际上享有盛誉。

现在,世界各国制造的 300B 电子管已经有十几个品种,从外部造型与内部结构看均多种多样,其技术性能、灯丝电流、管功耗大小等各有差异。其中电子管的功耗从 Western Electric 300B 的 8~9W,到近年来推出的 High Dissipation 300SEI,管功耗达到 18~19W。表 1 是各国著名的 300B 电子管一览。

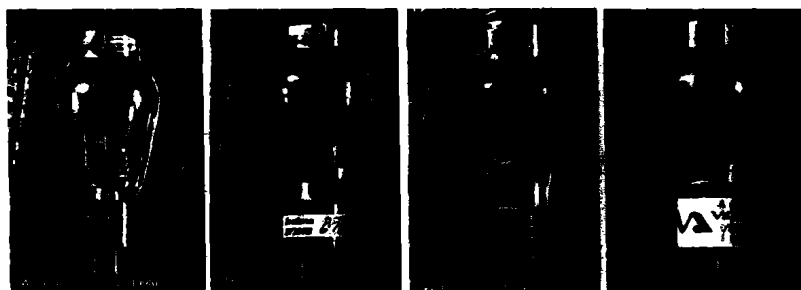


图 1 几款 300B 电子管外形图

表 1 各国著名的 300B 电子管

电子管品牌	灯丝电流 Min~Max	电子管功耗 Min~Max
Western Electric 300B	1.23 ~ 1.26A	8~9W
KR Enterprise 300B XLS	1.40 ~ 1.44A	10~12W
JJ Electronics(Tesla)300B	1.33 ~ 1.35A	9~11W
China (Shuguang)300B	1.20 ~ 1.30A	8~9W
Golden Dragon(Audio Note)300B	1.31 ~ 1.32A	9~10W
Golden Dragon 4300B	1.23 ~ 1.25A	8~9W
Golden Dragon 4300BLX	1.25 ~ 1.28A	8~9W
Sovtek(standard)300B	1.07 ~ 1.14A	7~8W
Sovtek(new type)300B	1.26 ~ 1.29A	8~9W
Svetlana 300B	1.19 ~ 1.21A	7~8W
Valve Art 300B-C60	1.55 ~ 1.58A	12~14W
Valve Art 5300B	1.59 ~ 1.61A	13~15W
High dissipation 300SEI	2.0 ~ 2.2A	18~19W

## 二、300B 电子管伏安特性

图2是300B电子管屏极伏安特性图与管脚图。300B电子管的输出伏安特性为栅极负压与屏极电压及电流之间的曲线簇。理想的负载线是从0V栅极电压时,屏极电流曲线上方向横轴上供电电压的连线。

从300B电子管的特性曲线簇中可以看出,该管的屏极电流、屏极电压与栅极负压曲线几乎接近理想的45度排列,且疏密相间均匀,则表明该管有极佳的放大线性。

300B电子管的屏极电压范围也较宽,从300~500V范围内均能达到均匀地放大,随着屏极电压的上升,栅极负压也随之加深。

当300B在功放电路中,屏极电压取值为300V,屏极电流为60mA时,其栅极负压为-60V;当屏极电压增高至450V,屏极电流为65mA时,其栅极负压也随之加深至-100V。由此可知,直热式三极功率电子管需要较高的栅极电压才能推动。表2是300B功率电子管工作特性表。

300B直热式三极功率电子管的灯丝电压为5V,灯丝电流为1.2A,最大屏极电压为480V,最大管功耗为40W。

## 三、300B 功率电子管的应用

### 1. WE 单端 A 类功放

图3是WE单端A类功放电路图。

#### (1) 输入兼推动级

输入电压放大兼推动级由高

放大系数五极管 WE-310A 担任,组成共阴极阻容耦合式放大电路,单级电压增益可达到35~40dB。本机的输入灵敏度为0.9V,经 WE-310A 前级电压放

大后,所输出的音频信号电压可达到60V以上,完全可以推动末级功放管。

#### (2) 功率放大级

功率放大级由直热式三极功

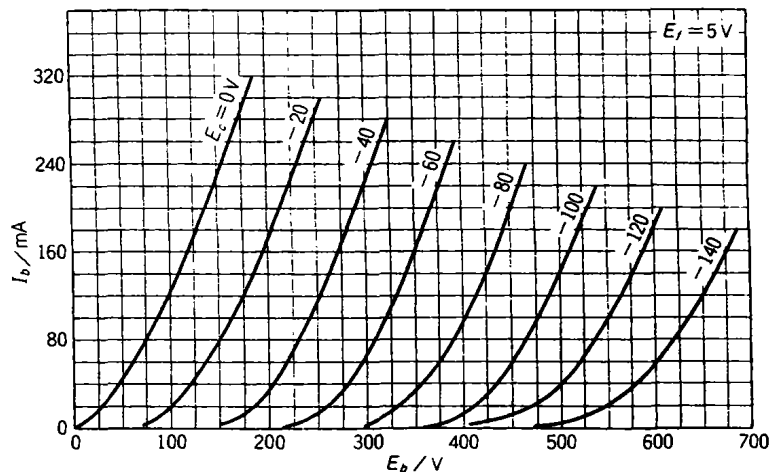


图2 300B 电子管屏极伏安特性与管脚图

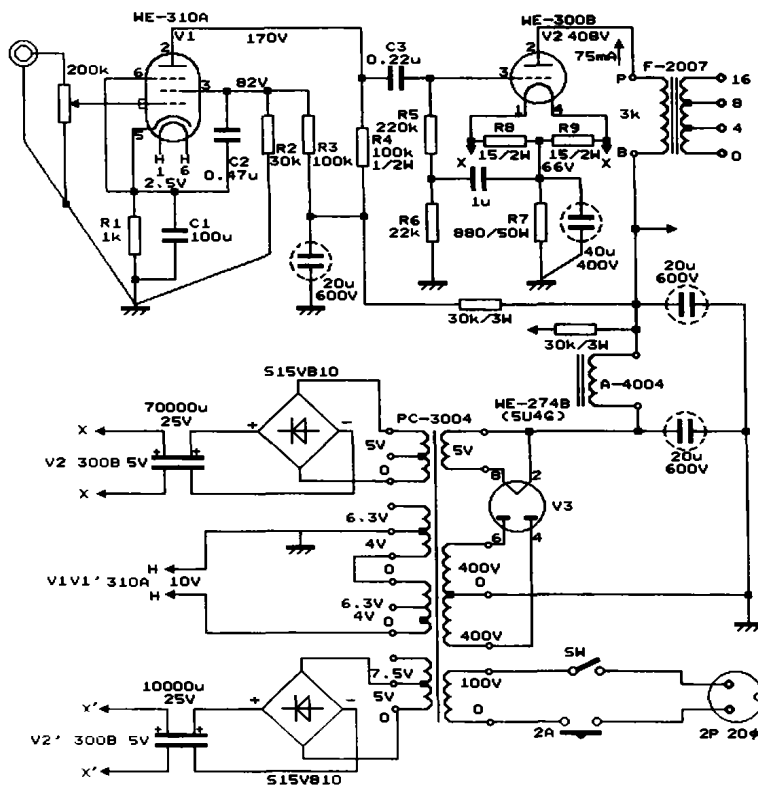


图3 WE 单端 A 类功放电路图

表2 300B功率电子管工作特性表

特 性	A 类单端功放		A 类推挽功放	
屏极电压	300V	350V	330V	400V
栅极电压	-61V	-74V	-70V	-95V
灯丝阻抗	—	—	570 $\Omega$	780 $\Omega$
屏极电流	60mA	-60mA	120mA	124mA
互 导	5400 $\mu$ S	—	—	—
内部阻抗	700 $\Omega$	—	—	—
放 大 率	3.8	—	—	—
负载阻抗	2400 $\Omega$	3000 $\Omega$	4130 $\Omega$	7500 $\Omega$
输出功率	6W	8.3W	15W	20W

率电子管 300B 担任, 组成单端 A 类功率放大电路。为确保平直地放大, 功放管必须工作于栅压—屏流特性曲线的直线部分, 栅极负压必须配置得适当, 使栅极上的推动电压在正半周最大值时, 不超过该功率电子管特性所规定的栅极负压值; 同时在负半周时亦不能使栅负压值过低, 以致达到屏流截止点的弯曲部分而产生失真。因 300B 功放管的栅负压较深, 当栅负压到  $-120\text{V}$  时屏流截止, 所以该管工作于 A 类时, 其栅负压应设置在  $-60\text{V}$  左右, 前级推动信号电压亦保持在  $60\text{V}$  左右。

功放管 300B 的屏极负载阻抗为  $3\text{k}\Omega$ , 屏极电压取值为  $408\text{V}$ , 屏极电流为  $75\text{mA}$ , 采用自给栅负偏压方式, 即完全由前级推动信号电压来激励。功放管在 A 类状态时, 零信号与满信号时屏极电流变化

不大, 必须稳定保持在  $70\sim 80\text{mA}$  之间。在校验时可用直流电表串接在屏极回路内, 当栅极有推动信号电压时, 如果屏极电流随之升高, 则表明功放管栅负压过低; 反之, 如屏极电流随输入信号增强而降低时, 则表明栅负压过高。应仔细调整栅极电阻与阴极电阻的阻值, 直到强与弱信号输入时, 屏极的平均电流保持在  $75\text{mA}$ , 电

流波动不大为止。

单端 A 类功放的额定输出功率为  $8\text{W}$ , 失真度小于  $1\%$ , 频率响应在  $20\text{Hz}\sim 30\text{kHz}$  时为  $\pm 1\text{dB}$ 。由于单端 A 类功放多激发偶次谐波, 故本功放的谐音丰满, 音色柔和甜美, 听起来令人感到温柔愉悦。

## 2. 300B 推挽式 A 类功放

图 4 是 300B 推挽式 A 类功放电路图。

### (1) 输入兼倒相级

输入电压放大兼倒相由中放大系数双三极管 6DJ8 担任, 组成共阴极放大电路, 上边三极管工作于共阴极方式。下边三极管工作于共栅极方式, 因此, 在双三极管的两个屏极即可输出一对相位相反而幅值相等的输出信号电压。

同时, 为了确保输出信号电压

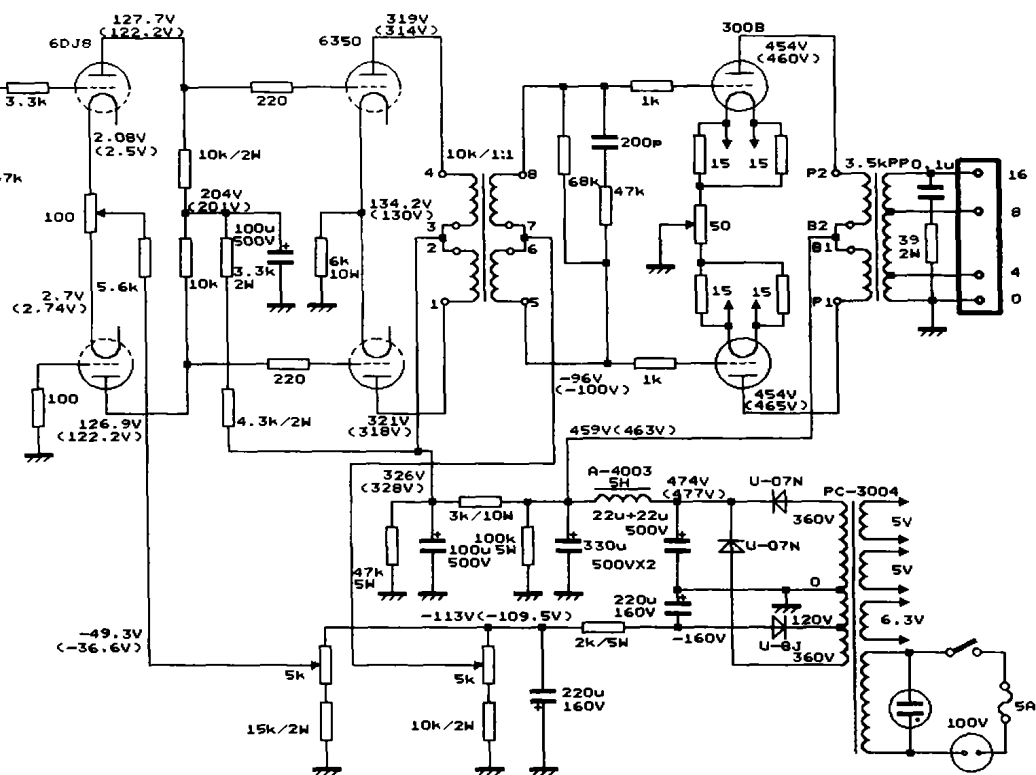


图 4 300B 推挽式 A 类功放电路图

# 甲类功放



## 电源实作报告

顾群仪

最近与几位友人一起攒了几台 MOS 管单端甲类功放, 因各人喜好不同分别 DIY 了单端甲类和甲类全平衡输入 BTL 两种。大家对各自的功放在音色、音质和功率输出等表现上多感到满意, 经测试其频响为  $1\text{Hz} \sim 260\text{kHz}$ ,  $1\text{W}$  输出时  $0\text{dB}$  频响  $7\text{Hz} \sim 200\text{kHz}$ 。但是稍感不足的是贴近音箱能听到高、中、低 3 个喇叭分别发出的轻微噪声。虽然坐在“皇帝位”, 在寂静的环境下听不见这种噪声, 但想到与丰富的音乐细节掺杂在一起的这些噪声存在时心里就不是滋味, 也有悖于打造这“穷人的

劳斯莱斯”的初衷。

于是大家反复试验各种接地方式以及滤波电容器的排列样式, 甚至将  $1000\text{VA}$  环形变压器搬出机外, 都未能根除这问题。一友人戏言这是甲类机的通病, 另一友人更将其视为甲类机与甲乙类及超甲类机区别的特征之一。经过这一番折腾, 问题的症结在于电源的纹波影响已无疑。问题解决的方向也十分明朗, 改善电源滤波或加稳压电源。添加简陋稳压电路会使声音变差, 用并联电源不仅大超预算而且散热无法解决。

最后我们决定采用 CLC 滤波方式。一提到经典的 CLC (电容、电感、电容) 滤波, 许多人总习惯把它和昂贵与硕大的体积相提并论, 认为扼流圈的体积和造价都不容易让人接受, 因为大家看到只有一些世界顶级甲类机才采用这种形式。但实践证明人们的这种看法是片面的, 如果单纯追求指标上的零纹波电压, 造这样一个扼流圈确实要花费相当银两而且胜券难握。但打造一个大幅提高滤波效率、降低电源纹波以达到实用为目的的扼流电感线圈实际上是十分轻而易举的事。

的完全平衡, 特在 6DJ8 双三极管的两个阴极间设置了  $100\ \Omega$  可变电阻中心调节器。

### (2) 推动级

推动放大级由中功耗双三极管 6350 担任, 该管特性与 ECC813 相同, 组成共阴极推动放大电路。为提高推动级的各项性能, 故在 6350 双三极管的阴极加有较深的电流负反馈。

经放大后的推动信号电压采用级间耦合变压器的方式, 将推动信号传输到功放管栅极, 其输出阻抗为  $10\text{k}\ \Omega$ , 一次侧与二次侧之比为  $1:1$ 。

### (3) 功率放大级

功放级由一对直热式三极管 300B 担任, 组成 A 类推挽功率放大电路。为确保功放管工作稳定, 采用固定栅负偏压方式, 栅负压为  $-96\text{V}$ , 由专门负压电源供给。这样, 功放管栅极推动信号电压应不会超过  $90\text{V}$ , 如推动信号增强超出此值时, 功放管的工作状态将进入特性曲线的弯曲区域, 其工作状态即转变为 AB 类放大。

300B 推挽管的配对相当重要, 它是影响整机失真指标的关键。其配对的简单方法是通过测

量功放管阴极电流来比较, 先调节每只功放管栅负压, 使每只功放管均为  $-96\text{V}$ , 然后再测量各功放管阴极电流, 通过调节阴极对地电阻  $50\ \Omega$  的阻值, 使上边管与下边管的电流完全相等, 这样就基本达到了配对的要求。

300B 推挽管屏至屏极的负载阻抗为  $3.5\text{k}\ \Omega$ , 屏极电压取值为  $450\text{V}$ , 零信号至满信号时的屏流变化为  $120 \sim 140\text{mA}$ , 额定输出功率为  $20\text{W}$ , 失真系数小于  $1\%$ , 频率响应  $20\text{Hz} \sim 40\text{kHz}$  范围之内, 放大器的增益变化应不大于  $\pm 0.5\text{dB}$ 。