

# 用西电300B制作的单端甲类胆机

杨兆藩 杨 林

使用直热式胆管制作的单端甲类胆机具有独特的音色,得到生产厂家和使用者的刮目相看。前些年做了好几种类型的胆机,我们十分想用300B制作单端甲类胆机,尤其是制作了2A3、845单端甲类胆机,在直热式胆管的应用上取得一些经验后,实现这个愿望就非常迫切了。林林总总的300B胆管,西电300B有很多美誉,被称作“一颗镶嵌在音响文化皇冠上的宝石”。把这颗宝石镶嵌在我们的胆机上,是笔者很久的愿望。经过近两年的筹备制作,西电300B单端甲类胆机已完成,今将制作经验介绍给大家以供参

考。

## 一、线路特点

在众多300B单端甲类胆机电路中,输出级基本上是一样的。但推动级变化多端,常见的有下列几种:①用放大系数较高的五极管直接推动;②使用五极管输入再加上一级三极管阴极输出推动;③采用三极管输入,然后再使用功率五极管接成三极管推动;④使用高放大系数双三极管接成SRPP线路推动。业余条件下设计胆机时应遵循简洁至上的原则,上述4种线路以五极管直接推动最简洁亦最经典,早期西电300B

成品机就是采用这样的线路(310A推动+300B输出+274B整流),本胆机使用英格兰产KTZ63作电压放大级,美国西电300B作功率输出级,南京产5U4C作整流,电路原理如图1所示。

## 1. 电压放大级

本级采用古董五极管KTZ63(出自英格兰)作电压放大,在整机的现代风范与古色古香并举中起带头作用。另备有数枚前苏联20世纪50年代产的6X7,与KTZ63交替使用,以寻求那微妙的音色差异。英格兰KTZ63(其外观和接脚如图2所示)与美式6J7G相同,前苏联产的6X7与美式6J7一样,KTZ63管脚接法与6J7G稍有不同,KTZ63的第三栅在管内已与阴极相连,故第五脚为空脚。前苏联OTK 1952年9月产的铁质6X7外形很特殊,其顶部缺少一台状结构,如图3所

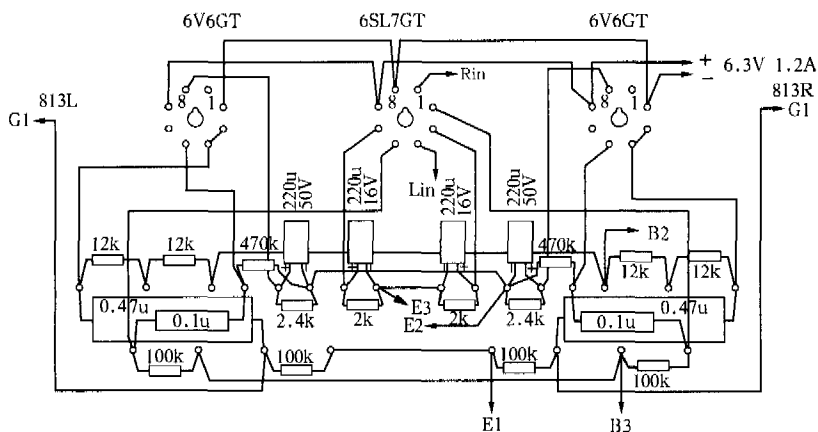


图5 实物接线图

截面积有0.5mm<sup>2</sup>足够。在总地线附近再由一专门接地点接通底板。813灯丝连线、10V交流至整流器连线请使用大于1mm<sup>2</sup>电线,有条件者最好使用1.2mm<sup>2</sup>特富龙镀银线。若发现813板流偏大,可将

1.1k $\Omega$ /15W电阻换成1.2k $\Omega$ /15W以避免板极发红。

有一点请严格注意:4只5Z4P板极、灯丝、3只高压电容、2只主扼流圈、2只输出变压器、2只813管板极、帘栅极等所有逾

1000V的高压,连线都要外套绝缘套管,以防击穿。

## 四、听音评介

本机堪称甲类单端机中的重量级选手,质量达50kg,输出功率达47W $\times$ 2(RMS)。爆棚音乐用它推动不在话下,对曲目种类毫无挑剔。无论大鼓声的撼人肺腑,交响乐大起大落的惊人落差,还是小提琴声的悦耳抒情,本机的演绎却是丰满咸宜。尤其是人声,艺人演唱清晰甜美,各种细节毫无保留。功率方面没有局限,音色却美不胜收,一曲接一曲竟听得人流连忘返。虽是大功率机,在CD机停播时却耳贴音箱不闻噪声。

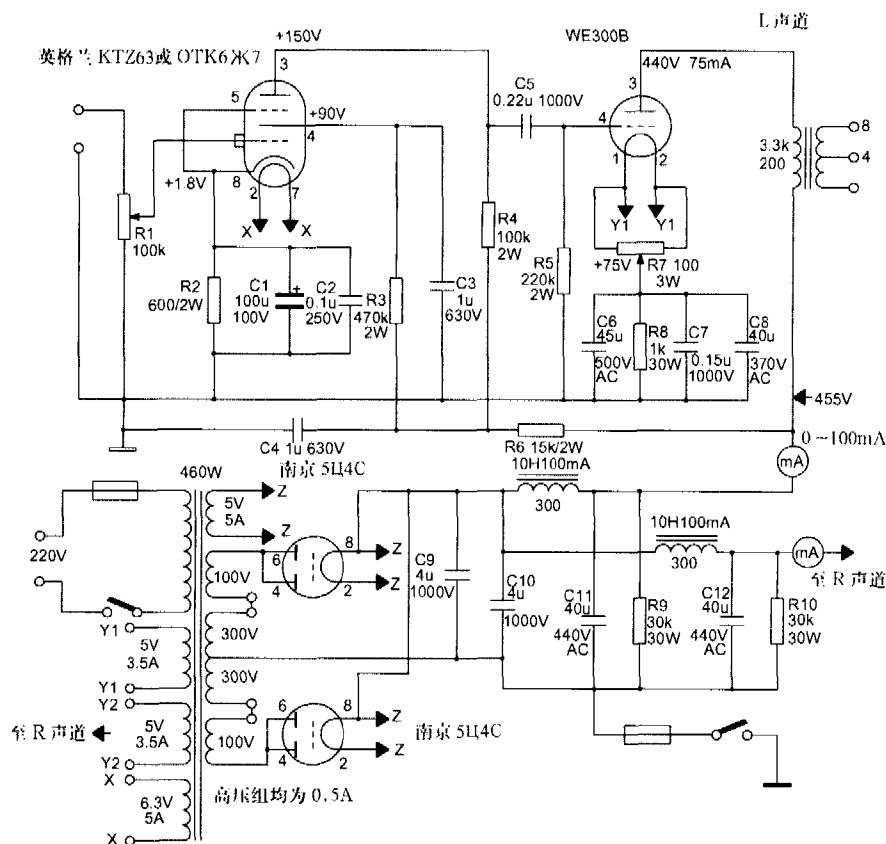


图 1 整机电路图

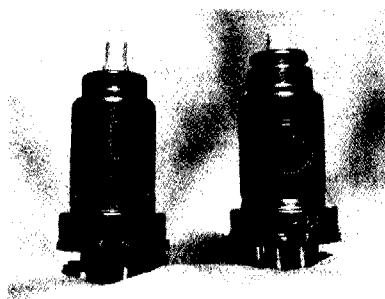
图 2 KTZ63 外观和  
KTZ63/6J7 接脚图

图 3 1952 年和 1958 年产的 6J7

示。因KTZ63和6J7与美式6J7G系列胆为同型管,故可以使用6J7的有关参数特性进行设计。6J7系列胆有3种管型,如图4所示。6J7G和6J7GT为玻璃外壳,6J7G的体积较6J7GT大,6J7为铁质外壳。本系列胆第一管脚6J7G接内部隔离,6J7GT接底壳,6J7接

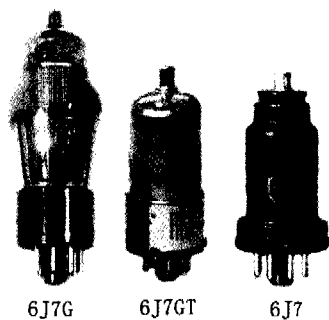


图 4 6J7 系列的实物照片

管壳,因此第一脚均应接地,设计生产6J7系列胆的意图之一是作高增益低噪声音频电压放使用,将屏极与帘栅相连也可作三极管使用。表1为其特性表(其灯丝电压为6.3V,灯丝电流为0.3A),图5为其屏极特性曲线。6J7系列胆是带帽八脚管,管帽不是屏极而是控制栅级,控制栅级远离了胆管内部各极引线,远离胆机底盘,也就远离多种干扰源,所以噪声甚低。文献介绍其噪声较另一只常用电压放大管6SJ7(6X8)低10dB。

本机线路简单,只有一级电压放大,为了获得足够的电压增益,应仔细推敲使用元件的数据,参阅五极管电压放大原理图(如图6所示)和RCA1950年接收机用胆管手册(RCA Receiving Tube Manual 1950)255页中的表格,这里摘录见表2。可查到6J7输出峰值 $E_0$ ,表中 $E_{bb}=300V$ , $R_p=100k\Omega$ , $R_k=250k\Omega$ ,与本线路使用元件数据相近,查得 $E_0=81V$ 。而300B是需要90V左右推动电压的大功率低放大系数三极管,因此 $E_0=81V$ 时推动电压尚不充足,现提高 $E_{bb}$ 至410V,以提高 $E_0$ ,新的 $E_0=(E_0 \times E_{bb新})/E_{bb}=110.7V$ 。这样调整后推动300B应没有困难。实际电路中前级阴极接有瑞典RIFA长寿电解电容,省去旁路电容虽可获得电流负反馈来改善音质,但会使前级输出峰值 $E_0$ 下降,让只有一级电压放大的前级去推动300B很困难。

## 2. 功率放大级

采用西电公司2005年1月生产的300B配对管做功率放大级,西电300B配对管产品序号为

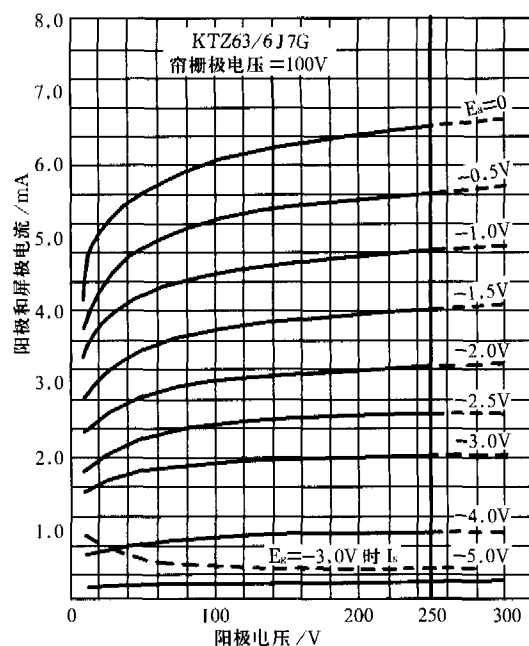


图 5 KTZ63/6J7G 的屏极特性曲线

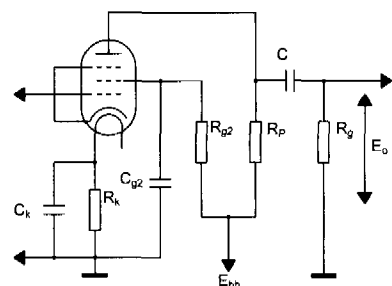


图 6 五极管电压放大原理图

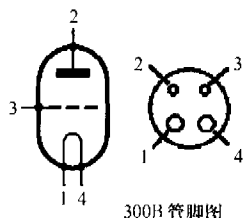
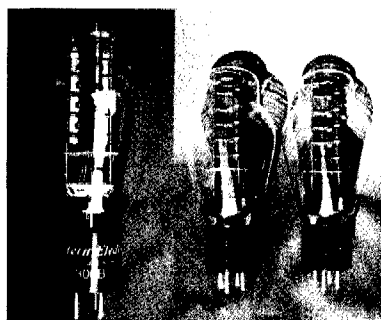
223526 和 223534, 如图 7 所示。好多文章介绍西电 300B, 感觉到已有传奇色彩, 笔者要说的是西电公司自 20 世纪后期恢复生产 300B 以来, 在 2002 年 8 月至 2004 年 10 月间停产, 生产车间经历了一次搬迁, 从堪萨斯城迁至亨茨维尔, 直到 2004 年 10 月以后西电公司才恢复小批量生产。为此, 西电总裁在其网页上郑重地发表声明, 对广大西电 300B 爱好者的耐心和忠实表示了感激之情。鉴于上述原因, 一段时间里中国内地及香港地区均缺西电 300B 新品, 让我们多年前想购买西电 300B

表 1 KTZ63、6Ж7、6J7、6J7G、6J7GT 的特性表

| 甲 1 类放大（五极管接法）最高额定值  |           |      |
|----------------------|-----------|------|
| 屏极电压(V)              | 300       |      |
| 帘栅极电压(V)             | 125       |      |
| 控制栅极电压(V)            | 0         |      |
| 屏极耗散功率(W)            | 0.75      |      |
| 帘栅极耗散功率(W)           | 0.10      |      |
| 阴极和灯丝间电位差(V)         | 90        |      |
| 甲 1 类放大（五极管接法）一般应用值  |           |      |
| 屏极电压(V)              | 100       | 250  |
| 抑制栅极                 | 与管座上的阴极连接 |      |
| 帘栅极电压(V)             | 100       | 100  |
| 控制栅极电压(V)            | -3        | -3   |
| 屏极电阻(M Ω)            | 1.0       | >1.0 |
| 互导率(mA/V)            | 1.19      | 1.23 |
| 控制栅极偏压(在阴极电流截止时) (V) | -7        | -7   |
| 屏极电流(mA)             | 2         | 2    |
| 帘栅极电流(mA)            | 0.5       | 0.5  |

表 2 KTZ63、6Ж7、6J7、6J7G、6J7GT 的参数表

| $E_{bb}$<br>(V) | $R_p$<br>(M Ω) | $R_g$<br>(M Ω) | $R_{g2}$<br>(M Ω) | $R_k$<br>(Ω) | $C_{g2}$<br>(μ F) | $C_k$<br>(μ F) | $C$<br>(μ F) | $E_0$<br>(V) | V.G. |
|-----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|-------------------|----------------|--------------|--------------|------|
| 90              | 0.1            | 0.1            | 0.37              | 1200         | 0.05              | 5.2            | 0.02         | 17           | 41   |
|                 |                | 0.25           | 0.44              | 1100         | 0.05              | 5.3            | 0.01         | 22           | 55   |
|                 |                | 0.5            | 0.44              | 1300         | 0.05              | 4.8            | 0.006        | 33           | 66   |
|                 | 0.25           | 0.25           | 1.1               | 2400         | 0.03              | 3.7            | 0.008        | 23           | 70   |
|                 |                | 0.5            | 1.18              | 2600         | 0.03              | 3.2            | 0.005        | 32           | 85   |
|                 |                | 1.0            | 1.4               | 3600         | 0.025             | 2.5            | 0.003        | 33           | 92   |
|                 | 0.5            | 0.5            | 2.18              | 4700         | 0.02              | 2.3            | 0.005        | 28           | 93   |
|                 |                | 1.0            | 2.6               | 5500         | 0.05              | 2.0            | 0.0025       | 29           | 120  |
|                 |                | 2.0            | 2.7               | 5500         | 0.02              | 2.0            | 0.0015       | 27           | 140  |
| 180             | 0.1            | 0.1            | 0.44              | 1000         | 0.05              | 6.5            | 0.02         | 42           | 51   |
|                 |                | 0.25           | 0.5               | 750          | 0.05              | 6.7            | 0.01         | 52           | 69   |
|                 |                | 0.5            | 0.5               | 800          | 0.05              | 6.7            | 0.006        | 59           | 83   |
|                 | 0.25           | 0.25           | 1.1               | 1200         | 0.04              | 5.2            | 0.008        | 41           | 93   |
|                 |                | 0.5            | 1.18              | 1600         | 0.04              | 4.3            | 0.005        | 60           | 118  |
|                 |                | 1.0            | 1.4               | 2000         | 0.04              | 3.8            | 0.0035       | 60           | 140  |
|                 | 0.5            | 0.5            | 2.45              | 2600         | 0.03              | 3.2            | 0.005        | 45           | 135  |
|                 |                | 1.0            | 2.9               | 3100         | 0.025             | 2.5            | 0.0025       | 56           | 165  |
|                 |                | 2.0            | 2.7               | 3500         | 0.02              | 2.8            | 0.0015       | 60           | 165  |
| 300             | 0.1            | 0.1            | 0.44              | 500          | 0.07              | 8.5            | 0.02         | 55           | 61   |
|                 |                | 0.25           | 0.5               | 450          | 0.07              | 8.3            | 0.01         | 81           | 82   |
|                 |                | 0.5            | 0.53              | 600          | 0.06              | 8.0            | 0.006        | 96           | 94   |
|                 | 0.25           | 0.25           | 1.18              | 1100         | 0.04              | 5.5            | 0.008        | 81           | 104  |
|                 |                | 0.5            | 1.18              | 1200         | 0.04              | 5.4            | 0.005        | 104          | 140  |
|                 |                | 1.0            | 1.45              | 1300         | 0.05              | 5.8            | 0.005        | 110          | 185  |
|                 | 0.5            | 0.5            | 2.45              | 1700         | 0.04              | 4.2            | 0.005        | 75           | 161  |
|                 |                | 1.0            | 2.9               | 2200         | 0.04              | 4.1            | 0.003        | 97           | 200  |
|                 |                | 2.0            | 2.95              | 2300         | 0.04              | 4.0            | 0.0025       | 100          | 230  |



的想法于 2005 年 3 月才变成了现实。两只管子的保修单也及时用全球邮政特快专递寄回原厂，这样管子的保修期就可以从 90 天延长到一年。西电 300B 由精致硬质纸盒包装，纸盒底部一端封有美国银行票据公司生产的防伪封条，纸盒底部贴有产品阿拉伯数字序号及条形码，西电 300B 管的所有标示都用橘黄色文字印在胶木基座上，唯有产品序号是雕刻而非印刷的。与多数胆管不同的是西电 300B 管玻壳上一如既往的无任何标志，玻壳非常透明美观，这样安排让管子内部的结构一览无余。仔细观看西电 300B，见其屏极散热片开有多个窗口，消气环只有一个且较细，灯丝顶部使用吊钩方式固定，这样的设计增加了制作难度。每只西电 300B 均配有说明书、特性表和保修单，每张屏极曲线图上印有这只管子的产品序列号，表明这是该管的实测结果，而不是西电 300B 管子的通用曲线图。如西电 300B 标称灯丝电流为 1.2A，但是序号为 223526 和 223534 管子的

## Western Electric 300B Electron Tube

Test Certificate for Serial No: 223526  
Date Tested: 1/27/2005

| Test Conditions             |       |
|-----------------------------|-------|
| Filament Voltage (Ef) ..... | 5 V   |
| Plate Voltage (Eb) .....    | 300 V |
| Grid Voltage (Ec) .....     | -58 V |

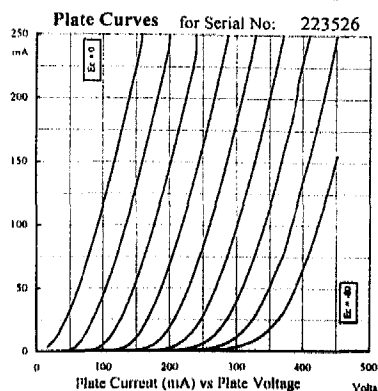
### Test Results

#### Direct Interelectrode Capacitances

|                   |         |
|-------------------|---------|
| Grid to plate     | 14.2 pF |
| Grid to filament  | 8.7 pF  |
| Plate to filament | 4.0 pF  |

#### Characteristics

|  |                |
|--|----------------|
| Filament Current (If) .....            | 1.34 A         |
| Plate Current (Ip) .....               | 51.1 mA        |
| Grid Current (Ig) .....                | 0.05 $\mu$ A   |
| Plate Resistance (Rp) .....            | 759 ohms       |
| Grid-Plate Transconductance (Gm) ..... | 5219 $\mu$ mho |
| Amplification Factor (Mu) .....        | 3.96           |
| Delta Gm @ Ef=4.5V .....               | 0.2 %          |



© 2005 Westrex Corporation

## Western Electric 300B Electron Tube

Test Certificate for Serial No: 223534  
Date Tested: 1/27/2005

| Test Conditions             |       |
|-----------------------------|-------|
| Filament Voltage (Ef) ..... | 5 V   |
| Plate Voltage (Eb) .....    | 300 V |
| Grid Voltage (Ec) .....     | -58 V |

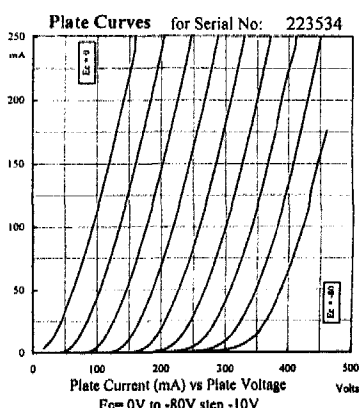
### Test Results

#### Direct Interelectrode Capacitances

|                   |         |
|-------------------|---------|
| Grid to plate     | 14.4 pF |
| Grid to filament  | 8.5 pF  |
| Plate to filament | 4.0 pF  |

#### Characteristics

|  |                |
|--|----------------|
| Filament Current (If) .....            | 1.34 A         |
| Plate Current (Ip) .....               | 51.4 mA        |
| Grid Current (Ig) .....                | 0.06 $\mu$ A   |
| Plate Resistance (Rp) .....            | 747 ohms       |
| Grid-Plate Transconductance (Gm) ..... | 5341 $\mu$ mho |
| Amplification Factor (Mu) .....        | 3.99           |
| Delta Gm @ Ef=4.5V .....               | 0.2 %          |



© 2005 Westrex Corporation

图 7 WE 300B 的实物、管脚图和配对特性表

灯丝电流都是为 1.34A，比标称灯丝电流增大了 11.7%。

2005 年西电公司提供的西电 300B 工作条件见表 3。其中灯丝额定电压和电流值为 AC 或 DC 的 5.0V/1.2A。

西电 300B 可以垂直或水平安装，以垂直安装为佳，如需水平安装，应该让通过灯丝两脚的平面处于垂直位置。表 3 所列栅负压值为灯丝使用交流供

电时测得，如灯丝使用直流供电，栅负压值从灯丝负极测量减去约 3.5V 方能得到同样的工作状态。

300B 单端甲类功率级屏极负载阻抗多在 2.5~3.5k  $\Omega$  之间选

表 3 2005 年西电公司提供的西电 300B 工作条件

|                 | 屏极电压(V) | 栅极电压(V) | 屏极电流(mA) |
|-----------------|---------|---------|----------|
| 西电 300B 推荐的工作条件 | 200     | -33     | 77       |
|                 |         | -45     | 20       |
|                 | 250     | -46     | 74       |
|                 |         | -57     | 22       |
|                 | 300     | -60     | 68       |
|                 |         | -70     | 23       |
|                 | 400     | -86     | 68       |
|                 |         | -98     | 19       |
| 极限工作条件          | 450     | -100    | 60       |

择, 负载阻抗的大小直接影响输出功率的大小和失真的大小。负载阻抗增高输出功率减小, 失真较小; 负载阻抗减小输出功率增加, 失真较大。300B 单管输出功率不大, 在输出功率和失真之间做出选择时以失真小为重, 使用单管 300B 不能一味地追求功率大。本机输出变压器一次侧负载阻抗为  $3.3k\Omega$ , 比较适中。300B 阴极偏压电阻取  $1k\Omega$ , 在屏极电压为  $365V$  时屏极电流为  $75mA$ , 栅偏压为  $-75V$ , 输出功率约  $8W$  以上。本机西电 300B 灯丝采用交流供电, 不是想节省灯丝直流供电时的整流和滤波等诸多元件, 而是灯丝交流供电胆味更纯正。本机中西电 300B 灯丝供电使用西电 39 芯纯铜麻线供给, 其线径较粗, 质地较硬, 安装焊接时未绞合, 开机时没有因此产生交流噪声, 另外经过合理的布线与可靠的滤波, 可将交流声调至很小, 距音箱  $20cm$  处已听不到。

### 3. 整流级

本机高压供电使用旁热式胆管整流, 经典式  $\pi$  形滤波, 整流管使用的是南京电子管厂 1960 年 8 月产的  $5U4C$ , 如图 8 所示。 $5U4C$  最大整流电流是  $125mA$ , 要使用两只并联方可完成整机高压直流供电。旁热式管有一个特点, 阴极要经过灯丝间接加热慢慢地产生直流高压, 起到使用高压延时电路的作用, 这一特性对保护昂贵的西电 300B 大有益处。我们用直热、旁热两种胆整流管做点亮白炽灯泡的实验, 直热式胆管整流完全点亮白炽灯泡的时间是  $3s$ , 旁热式胆管整流完全点亮时间为  $8s$ , 相差几乎 3 倍。为降低高压电源内阻与增强滤波效果, 每声道

使用一只扼流圈滤波, 滤波电容是油浸的。第一级滤波电容容量不需要太大,  $8\mu F$  已足够, 第二级滤波电容容量稍大, 也只有  $40\mu F$ 。油浸电容耐压可靠又“音色艳丽通透”, 何不一试而为之? 为了改善高频响应, 清除电源潜在的污染干扰, 提高信噪比, 在主滤波电容上加一只  $1\mu F/630V$  的小容量 MKP 电容。

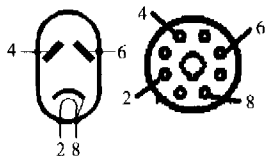
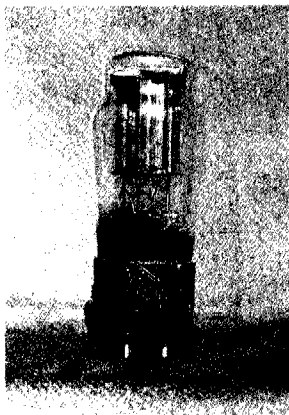


图 8  $5U4C$  的实物和管脚图

## 二、元件选择

输出变压器用的是专为 300B 设计的油浸变压器, 外形尺寸  $126mm \times 126mm \times 148mm$  (长  $\times$  宽  $\times$  高), 质量达  $6.25kg$ , 频率响应很宽, 在  $20Hz \sim 20kHz$  之间变化很小, 曲线非常平坦。一次侧阻抗  $3.3k\Omega$ , 二次侧阻抗  $4\Omega / 8\Omega$ 。电源变压器用宝尔真电器厂生产的  $460W$  多电源变压器, 规格为  $460W$  (全波) 一次侧  $220V$ , 二次侧  $0-150V-250V-300V-350V$   $0.5A$  (两组),  $0-100V$   $0.5A$  (两组),  $0-5V-6.3V$   $3.5A$  (两组),

$0-5V-6.3V-10V$   $5A$  (两组), 铁心规格  $38mm \times 70mm$ , 质量为  $5.9kg$ 。扼流圈使用军用  $75-12$  收音机拆机件 ( $10H/100mA$ )。第一级滤波电容为国产 CZ40 纸介质油浸高压电容 ( $4\mu F/1000V$ ) 两只并联, 第二级滤波电容使用美国 GE 公司产的纸介质油浸高压电容 ( $40\mu F/440VAC$ ), 西电 300B 阴极旁路用 GE 纸介质油浸电容两只并联, 容量可达  $85\mu F$ 。其他电容可谓都是发烧级, 如斯碧 VitaminQ、英国 TCC、瑞典 RIFA 长寿命电解以及 WIMA MKP。  $2W$  的电阻均为军工大红炮。机内连接线全部使用美国西电早期纯铜漆皮双丝包线单芯  $\phi 0.7mm$  单条线, 西电早期纯铜麻线 39 芯  $\phi 0.3mm$  单条线, 接地线为  $\phi 0.18$  进口裸铜镀银线, 输入端子和胆机输出接线柱均为镀金件。

部分元器件, 包括 VitaminQ 电容、胶木板预制支架、西电麻线和 WIMA 电容如图 9 所示。

## 三、安装调试

本机使用了很多体积大且较重的古董元件, 安装在一个底盘上就会过于笨重, 不方便安装调试, 因此, 特地将放大部分与电源部分分开, 各为一个单元, 这样放大部分为一独立单元, 远离干扰源, 可以降低噪声。底盘使用  $2mm$  厚的铝板经由液压剪床裁减, 液压折边机弯边, 制成两只  $32mm \times 40mm \times 7mm$  (宽  $\times$  深  $\times$  高) 的宽大底盘, 如图 10 所示。再使用不同直径的开孔钻头打孔, 稍加修整即可。铝板在业余条件下还是比较容易施工的。

在元件的安装焊接过程中,

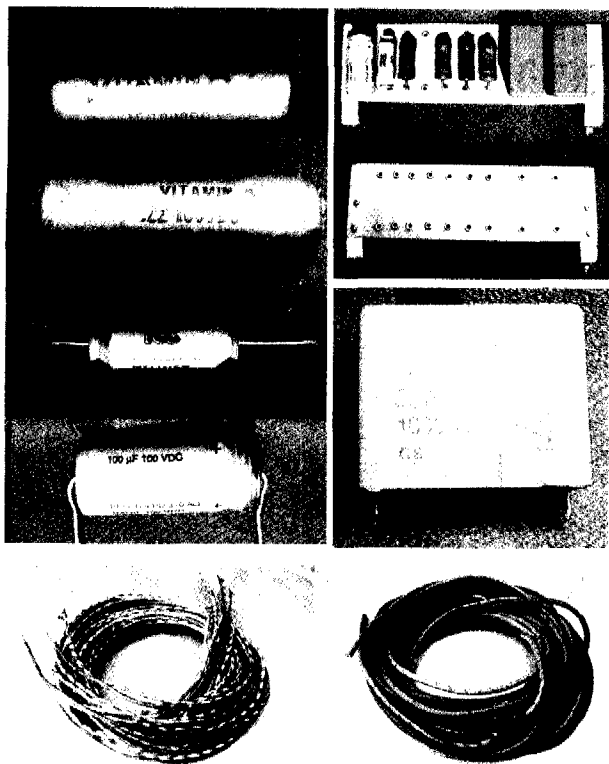


图 9 本机所用的部分元器件

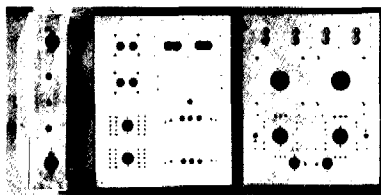


图 10 本机的底板

先用胶木板制成预制支架,把使用元件较多的电压放大级与元件安装其上,美观且牢固。交连电容和旁路电容较重,引线又细,亦使用胶木板固定。整流管、功率管和 5W 以上电阻的正上方应开散热孔。电源变压器一般安排在底盘最后方,但本机相反,这样能使灯丝走线最短,输入端子安排在声道底盘右前方,走线亦较近而且使用方便,电容均安排在远离胆管等产热元件处,以便延长使用寿命。各级布线要注意一点入地,

地线亦应架空,并使地线只有一点与底盘相通,输入端子亦采用带绝缘的,功率管灯丝并联的 100  $\Omega$  电位器的调节柄应安装在底盘上方,以便开机工作时调整。电源部分安有两只毫安表,以便随时观察功率管工作状态,避免屏流超标使昂贵的西电 300B 加速老化。放大部分与电源部分是通过插接件相连,高压引线与灯丝分开,各自独立使用插接件,高压引线加装套管,避免被击穿,造成不必要的损失。放大部分灯丝和高压负极引线使用八脚胆管基座八脚管座插接相连,高压正极使用两孔方形电源插头插座相连(插接件部分未在线路原理图中标出)。

图 11 是放大部分的内部布线图。图 12 是放大部分和电源部分的外观照片。

调试时先将电源部分安装好,每声道使用 3 只 220V 25W 白炽灯泡串连作假负载。测试的两组高压应该均为 455V 左右,然后再接上放大部分,其他电流电压可参考电路原理图。

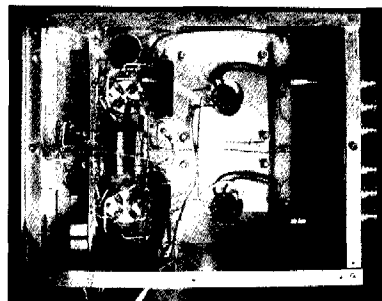


图 11 放大部分的内部布线图

#### 四、注意事项

(1) 电源变压器功率要足够大才能获得满意的效果,本机使用的电源变压器为 460W 通用定型成品,如专为 300B 机设计时可省去不必要的抽头。本机电压放大级灯丝供电绕组标称 6.3V/5A,而两只 KTZ63 灯丝电流只有 0.6A,开机后灯丝电压高达 6.8V,需要串联一只 0.5  $\Omega$  电阻,这样才能使 KTZ63 灯丝电压接近 6.3V,避免管子过早老化。

(2) 高压开关的打开顺序是先打开高压开关,因整流管为旁热式,高压来得较慢,可使功率管屏流逐步上升,减轻高压冲击,从而延长西电 300B 的使用寿命。关机时仍应先关掉高压。

(3) 功率级灯丝并联的 100  $\Omega$  电阻,最好采用线绕电位器,在调试时发现最佳位置不一定是在电位器的中点。

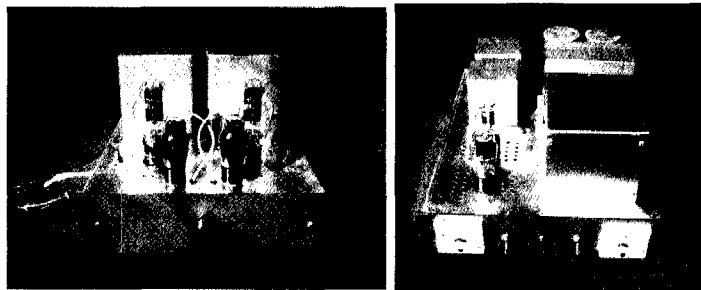


图 12 放大部分和电源部分的外观