

江苏高淳电子仪器厂
顾 建 中 编

一种不用电源变压器的扩音机

高淳放大头

学 出 版 社

内 容 简 介

“高淳放大头”（简称“放大头”）是一种去掉电源变压器的扩音机。由于它具有重量轻、体积小、结构简单、成本低等特点，深受广大工农兵的欢迎。

本书以第二、三章为重点，介绍了40瓦“高淳放大头”的工作原理和它的装配维修方法。此外，第一章专门讨论了如何安全地去掉电源变压器；第四章介绍了一种完全不用变压器的高保真扩音机；书末有八种实用线路作为附录。

本书可供具有初等文化水平的有线广播工作人员、知识青年阅读。其他科技人员也可参考。

本书是由江苏高淳电子仪器厂的工人与参加开门办科研的技术人员颜建中同志共同编写的。

一种不用电源变压器的扩音机

高 淳 放 大 头

江苏高淳电子仪器厂
颜 建 中 编著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

外 文 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1976年11月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1976年11月第一次印刷 印张：2 3/4

印数：0001—150,850 字数：60,000

统一书号：15031·134

本社书号：725·15—7

定 价：0.20 元

目 录

第一章 去掉电源变压器的讨论.....	1
(一) 电源变压器在扩音机里的作用.....	1
(二) 去掉电源变压器的“老大难”问题——安全问题的突破.....	3
(三) 无电源变压器扩音机怎样供电.....	6
第二章 “高淳放大头”的工作原理.....	11
(一) 电源电路.....	12
(二) 电子管推挽放大电路.....	17
(三) 输入与输出电路.....	22
第三章 “高淳放大头”的安装与使用.....	26
(一) 试装一台“高淳放大头”.....	26
(二) “高淳放大头”的使用.....	34
(三) “高淳放大头”的检修.....	41
第四章 无变压器扩音机.....	46
(一) 无变压器扩音机的电源.....	48
(二) 单端推挽电路的工作原理.....	51
(三) 倒相级工作原理及前级放大.....	54
(四) 无变压器扩音机的安装及调整.....	56
(五) 无变压器扩音机的实践体会.....	57
附录 1 10瓦“高淳放大头”.....	60
附录 2 25瓦便携式增音机.....	64
附录 3 无电源变压器40瓦扩音机.....	66
附录 4 50瓦悬浮放大器.....	68

附录 5	40瓦轻便扩音机.....	71
附录 6	“飞跃”50瓦简易放大器.....	73
附录 7	275瓦无电源变压器广播扩音机	75
附录 8	“大沂河”75-1型无电源变压器交流收音机.....	78
附录 9	JDK-WA型50瓦扩音机	80

第一章 去掉电源变压器的讨论

“高淳放大头”最突出的一个电路特点是没有电源变压器,因此,在介绍“高淳放大头”之前,先来介绍一下电源变压器的简单原理,说明一般扩音机为什么需要一个电源变压器,然后讨论在“高淳放大头”中怎样去掉这个变压器。

(一)电源变压器在扩音机中的作用

1. 把市电变成扩音机工作所需要的电压 扩音机如要正常工作,必须由电源供给一定的能量:电子管的灯丝需要低压点燃;屏极、帘栅极要有较高的直流电压。显然,象手电筒那样采用电池供电,那是很不经济的。因此,一般都是利用220伏市电,通过电源变压器变换成扩音机所需要的交流电压,然后加以整流、滤波,供电子管使用。

与其它变压器一样,电源变压器也是在一个闭合的铁芯上(通常是用硅钢片叠成)绕上初级和次级线圈而构成的。与电源相连接的线圈称为初级线圈,与负载相连的线圈称为次级线圈,如图1.1所示

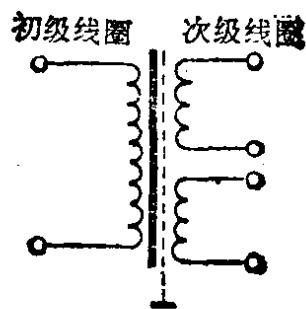


图 1.1

当在变压器初级线圈上加一个交变电压 U_1 时,将在铁芯中产生交变磁通 Φ ,磁通穿过次级线圈,又在次级中产生感应电势,于是就有输出电压 U_2 。变压器的圈数和电压之间的关系可用下面的公式表示:

$$\frac{\text{初级电压 } U_1}{\text{次级电压 } U_2} = \frac{\text{初级圈数 } N_1}{\text{次级圈数 } N_2} = n \text{ (比值)}$$

从上式中可以看出,初级电压 U_1 与次级电压 U_2 之比,等于初级线圈圈数与次级圈数之比。例如初级电压为 220 伏,次级如需要 110 伏电压,则次级的圈数应为初级的一半。如果同时需要高低几种电压,则可以分别绕上几组圈数不同的次级线圈。由此看出,使用电源变压器是变换电压和提供能量的一种手段,所以在设计扩音机时都要用电源变压器。

2. 电源变压器具有隔离作用 电源变压器的另一个作用是隔离市电电网的火线,以保障安全。大家知道,从市电电网来的 220 伏交流电压,有一根线通向大地,俗称“地线”,也叫“零线”,另一根是带有 220 伏的“火线”,人站在大地上,人体相当于接上了地线,如不小心碰上火线,就会发生触电事故。但是用上电源变压器后,虽然初级线圈带有一根火线(初级线圈与市电相连接),会使人触电,而次级线圈上的电压却与火线隔开了。扩音机正是利用这一原理,把变压器次级线圈的一头接至底板,作为“公共地线。”这条公共地线就是扩音机的零电位。其它电位都是以此为参考点的。

电源变压器虽在扩音机中具有上述的重要作用,然而它同时也是扩音机的脆弱部分。因为它怕热、怕潮,往往因线包烧毁和霉断而使扩音机无法工作。同时,电源变压器的体积和重量是随着功率的增大而增加的;一只 40 瓦的电源变压器,重量约 1 公斤;一只 100 瓦的电源变压器重约 3 公斤。它的体积也较庞大,有时为了降低温升,只好进一步加大铁芯尺寸和加粗导线直径,使变压器更大更笨重了。而且变压器产生的磁场会产生有害的交连作用,成为交流干扰的来源。此外,要制造一个电源变压器不是很容易的事,要耗费许多材料和人力。

因此,长期以来许多人在甩掉电源变压器上作了不少的努力,也积累了很多经验。

(二) 去掉电源变压器的“老大难”

问题——安全问题的突破

在扩音机里甩掉电源变压器并不是一个新课题,几十年前在国外就出现了不用电源变压器的收音机、电视机之类的产品,我国也有人作过研究和试制,并进行了缩小电源变压器的尝试。这些实践和探索,为我们改革扩音机积累了许多宝贵的经验。但是,由于过去的改革尚存在许多问题和一定的弱点,以致不能得到普及。

如图1.2所示的就是曾被采用过的“公共地线架空法”,公共地线用单独一根线连接起来,再通过一个0.47微法电容器

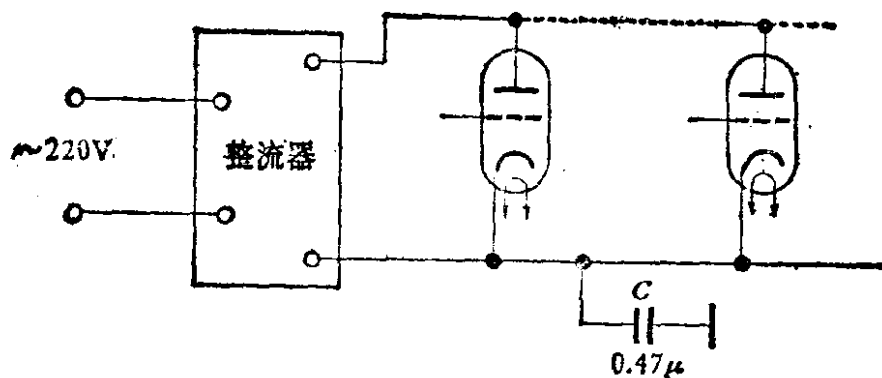


图 1.2

与机壳连通。由于这只电容器对市电(50赫交流电)的容抗为6.8千欧,当火线与公共地线相通时,人手与机壳接触,相当于抓一只6.8千欧的电阻去碰火线,有较强的麻手感觉。

图1.3所示是电源插头固定法,用专门的插头与市电的火线、地线连接,如果插错了便不安全。

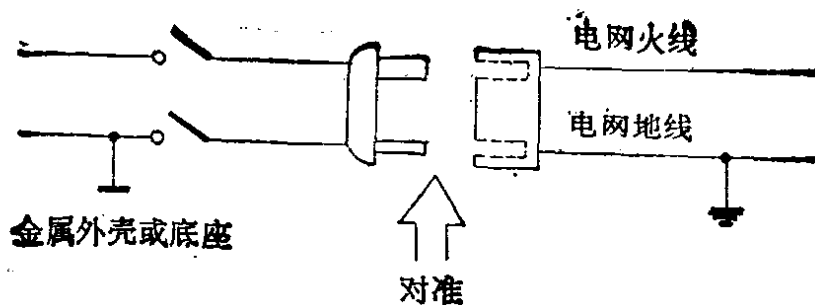


图 1.3

此外，还有两种方法，一种叫外壳绝缘法，即把带电部分用绝缘材料包起来，但这样布线和安装都有困难；另一种叫自动辨相法，自动地把火线分辨出来，这种方法要增加机器的成本，且有失灵的可能，所以只在少数的仪器上采用。

一般地说，在去掉电源变压器时必须解决以下三个问题：（1）改革后的扩音机外壳不应带电，使用安全；（2）改革后的扩音机要能提供足够大的功率；（3）要消除由此带来的其它副作用（例如噪音），取得一定的质量指标。从上面的介绍中可以看出，三者之中尤其是安全问题，是最难解决的，是甩掉电源变压器道路上的“老大难”。

那么，“高淳放大头”是怎样突破这个“老大难”问题的呢？

正如前面所谈到的，变压器具有隔离作用。在扩音机里除了电源变压器以外，还有输入、输出变压器。我们是否可以在保留这两个变压器的原有作用下，再让它们来完成隔开火线的任务呢？回答是肯定的。为了说明这个结论，我们先引出两个新概念，即“多电位参考点”和“悬浮功率放大”，因为“高淳放大头”正是利用这两个概念来装成的。具体地说就是利用输入、输出变压器兼任了隔离火线的作用，才解决了使用安全问题的。

什么叫“多电位参考点”呢？过去的扩音机对于各放大级之间用公共地线连通，认为离开公共地线就不能工作，或者至

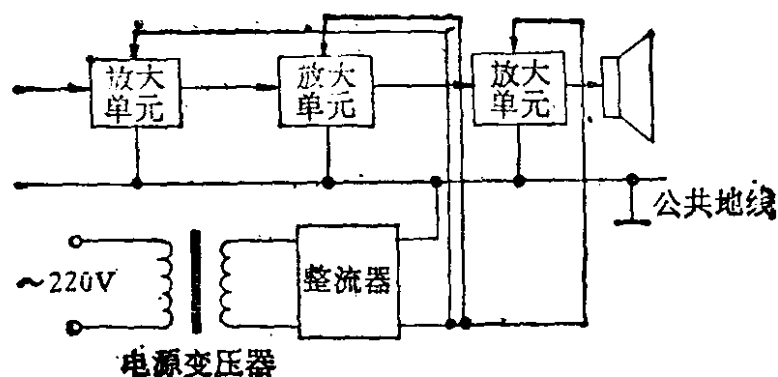


图 1.4

少有很大杂音(见图1.4)。人们总是把公共地线作为测量各部分电压的参考点,即零电位,就象地球上的大山、深谷、平原的高度是拿海平面作为基准一样。“高淳放大头”把这个传统设计方法打破了,把公共地线分成几段,各放大级自成系统,各有“参考点”,而各参考点之间是互相绝缘的,各级之间的信号传递,只靠磁场来进行。这样,全机就不只一个“参考电位”,而是在每级线路中指定一个“测量参考点”,并且各参考点之间还允许有电位差,这就是“多电位参考点”的意思(见图1.5)。这样,在一部扩音机中分成了几块在电气上互相绝缘的部分。把其中耗电最大的部分采取直接整流供电(如图1.5中的第2

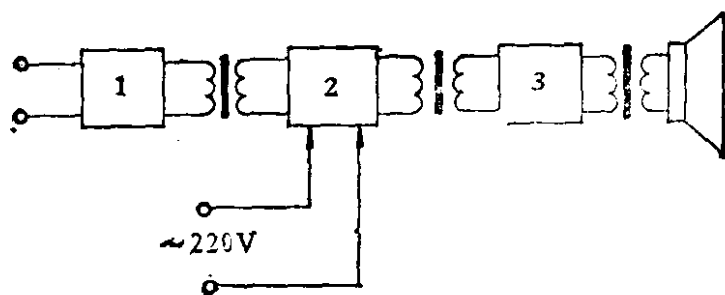
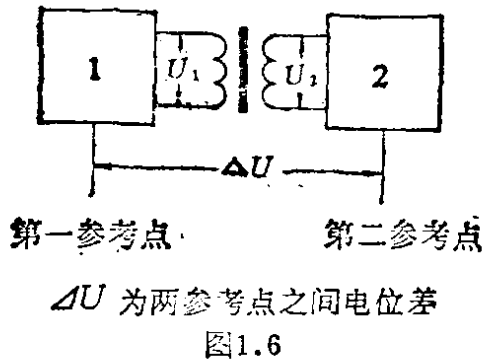


图 1.5

单元),在电气上它和前后级隔开了。信号则由输入和输出变压器的磁场耦合来传送,所以第1、第3单元的参考点又称“安全参考点”。在第2单元中的带电参考点也不接通“地”——金

属底座,所以又称“悬浮电路”,由此而组成的功率放大器,我们叫它为“悬浮功率放大器”。



有人担心,“悬浮功率放大器”会产生杂音。经过反复实践证明并非如此,因为“高淳放大头”发出了清晰而嘹亮的声音。这是什么原因? 这里我们可以作一些初步分析。在“高淳

放大头”里,信号是依靠磁场来传送的(如图1.6)。第1单元输出信号是 U_1 , 只要 U_1 中不包括杂音电压,那么它在铁芯中产生磁场变化就没有附加杂音,因而感应电压 U_2 也就不会包含杂音。实际上是第2单元的末级一般是推挽功率放大,从第1单元输入第2单元的信号电平较强,而第2单元的电压放大倍数不高,所以信杂比较高而使杂音影响不显著。加之,我们采用晶体管线路作为前级来推动“悬浮功率放大器”,由于晶体管放大器系低阻抗输出,相对电子管来说,它对杂散电场感应较不灵敏。这些都是促成杂音不大的原因。

从上述的情形中可以看出,现状和习惯往往容易把人们的头脑束缚得紧紧的,使人陷入盲目性。多年来之所以没有解决安全地甩掉电源变压器,就是把公共地线看成天经地义的结果。试想,如果“高淳放大头”仍然沿用公共地线,那么在去掉电源变压器后,只要火线使任何一级带电,由于公共地线的传导,各级(包括话筒、拾音器插头、输出接线柱、机壳等在内)都可能带电,因此也就谈不上安全了。

(三)电源变压器扩音机怎样供电

前面已经提到,扩音机里的电子管需要各种不同的电压,

屏极、帘栅极需要直流高压,灯丝需要交流低压。在过去的扩音机里,这些电压是依靠电源变压器来解决的。现在,在去掉电源变压器后,如何提供这些电压呢?

1. 采用直接整流来提供直流高压 “高淳放大头”的直流高压是直接将交流 220 伏通过倍压整流电路获得。因为采用单相倍压整流电路,可以容易地获得约 300 伏、600 伏、900 伏……等的直流高压(见图1.7)。其简单计算公式为

$$U_{\text{直流}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{交流}} \cdot N$$

式中, N 代表倍压次数, $U_{\text{交流}}$ 代表交流电压的有效值。如果 $U_{\text{交流}}$ 为220伏, $N = 1$ 时(这时,相当于半波整流),输出直流电压约300伏; $N = 2$ 时,输出直流电压约600伏。

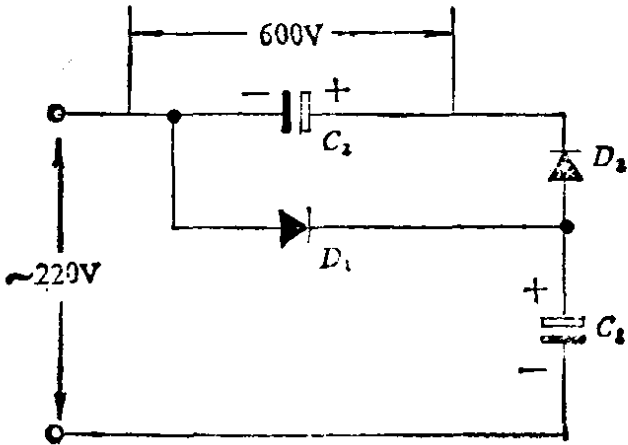


图 1.7

关于直接整流电路在本书第三章中有详细叙述,这里只讨论倍压整流电路能不能给出足够大的功率?和如何使整机与电源相配合这两个问题。

通常认为倍压整流电路是不适于输出大功率的,尤其是单相倍压整流电路。造成输出功率不大的原因,一个是电容器的容量不够大,因为耐高压的电容器容量受体积、价格的限制,不能制得很大,这样造成储电能力差,当外电路需要的电流一大,电压就要跌落;另一个是整流管采用真空二极管,

其内阻较大,加上屏极要耗散功率、灯丝要加热功率,使整流效率降低。然而,现在有体积小、耐压高、容量大的电解电容器和内阻较小的高压硅整流二极管,我们就可以得到较大的直流电流和较高的直流电压。因此,采用大电容和硅二极管可以使倍压整流电源的整流效率和输出功率提高。

在“高淳放大头”中,整流电路到底采用多高的电压、多大的电流,即多大的整机功率输出,这牵涉到如何处理好整机与电源的关系的问题。如前所述,我们可以用比较简单的方法获得300伏、600伏、900伏……等直流电压之后,还需要选用与这种电源相配合的功率放大管,即按电源选用管子。这就不象过去的扩音机那样:根据整机需要来选用电源,把电源放到服从地位,而现在是整机服从电源,或者说整机与电源相配合,不需要降压、分压,减少了电路的损耗。同时,由于线路简单,也提高了整机的可靠性。

2. 采用电容镇流法提供灯丝电压 由于电子管灯丝电压一般为6.3伏、12.6伏,这与市电220伏产生了矛盾,如何给灯丝供电就成为必须解决的问题。

我们先来讨论过去有人用过的几种方法,然后再来介绍在“高淳放大头”中所采用的电容镇流法。

曾经有人提出把电子管灯丝拉长,使之与220伏或380伏相适应,从而可以直接与市电相接。但是,由于灯丝加热的功率是一定的,提高了灯丝电压,灯丝电流就要减小。例如,FU-7 额定的灯丝电压为6.3伏,电流为0.9安,如把灯丝电压制成220伏,则灯丝电流 $I_f = 25.8$ 毫安。适用于25毫安的钨丝要比头发丝还细,还要承受220伏的绝缘,这给制造工艺带来困难。

有人提出用电阻来降压。例如把两只FU-7的灯丝串起来,灯丝电压则为12.6伏(如图1.8),用串联电阻降压,则在

电阻上的电压降 $U_R = 220 - 12.6 = 207.4$ 伏。按照 FU-7 的灯丝电流 0.9 安，则在电阻上损耗的功率 $P_R = U_R \cdot I_R = 207.4 \times 0.9 = 186.3$ 瓦，亦即需要

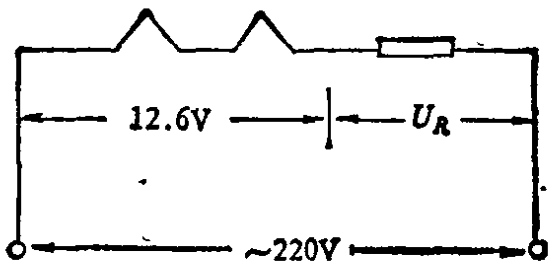


图 1.8

一个功率相当大的电阻，并且白白浪费掉这部分电力。

于是有人提出用电子管的灯丝串联起来凑够电源电压（如图1.9），即 $U_1 + U_2 + U_3 + \dots = 220$ 伏。这种方法是可行的，但有缺陷：（1）目前的灯丝是用钨丝和钨合金丝制成的。这种材料在冷的时候电阻很小，当机器刚接通电源的瞬间，灯丝电流要比正常需要的大十几倍以上，常常会冲断某一个薄弱的灯丝，使机器不能工作；（2）串联电子管的灯丝电流要求相同，实际上不同型号的电子管的灯丝电流是不一样的，这样拼凑起来的数值容易造成浪费。所以说这种多管串联法也有一定的局限性。

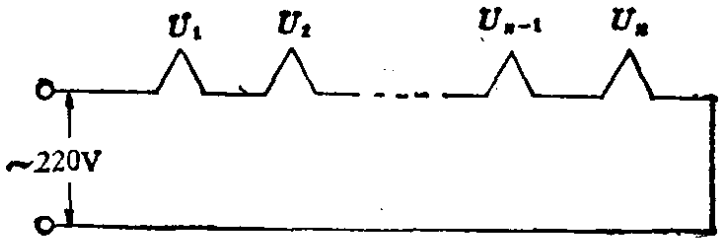


图 1.9

下面来介绍“高淳放大头”所采用的电容镇流原理。

从图1.10中可以看出，它就是把前面谈到的电阻降压法中的电阻改为电容器。由于电容器对交流电只起充放电的作用，它不消耗能量，克服了电阻降压的缺点。

电阻降压还有以下缺点：由于纯电阻的电压降与灯丝电压的代数和等于电源电压，当灯丝电阻稍有改变，回路里的电

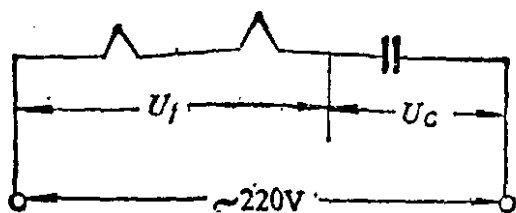


图 1.10

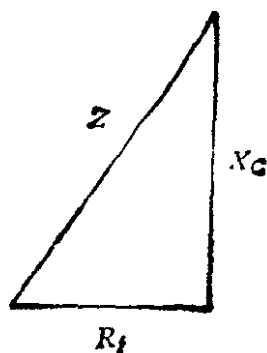


图 1.11

压分配也将发生变化,而电容器电路则不同,它的电流与电压有 90° 的相移,其总阻抗由下式决定:

$$Z = \sqrt{X_c^2 + R_f^2}$$

即所谓的“阻抗三角形”,如图1.11所示。在这里, X_c 为电容器容抗, R_f 为灯丝电阻。显然当 X_c 比 R_f 大得多的情况下, R_f 的改变对总阻抗的变化影响不大,也就是说,由于 R_f 的改变引起的电压分配变化不大,这也是用电容器降压优于用电阻降压的地方。

因为 X_c 远大于 R_f , 则 U_c 也远大于 U_f , 所以回路里的电流 I 为

$$I = \frac{U_c}{X_c}$$

这就是说,回路里的电流 I 由 X_c 决定, U_c 被容抗 X_c “镇”住,也就使电流 I 被“镇”住了。“高淳放大头”就是利用电容镇流法来解决电子管灯丝的供电的。其详细的线路与计算在第三章里论述。必须指出这种方法是一种适用于现有电子管的办法,它不是十全十美的。

第二章 “高淳放大头”的工作原理

感觉到了的东西,我们不能立刻理解它,只有理解了的东西才更深刻地感觉它。在安装、使用“放大头”的实践过程中,有必要去深入分析“放大头”的内部联系。因此本章将介绍一些“放大头”的工作原理。

图2.1是40瓦的“高淳放大头”工作原理图,它的工作过程如下:从有线广播线传来的信号或从半导体收音机输出的信号经过输入变压器 B_1 的升压与倒相,将大小相等、相位相反

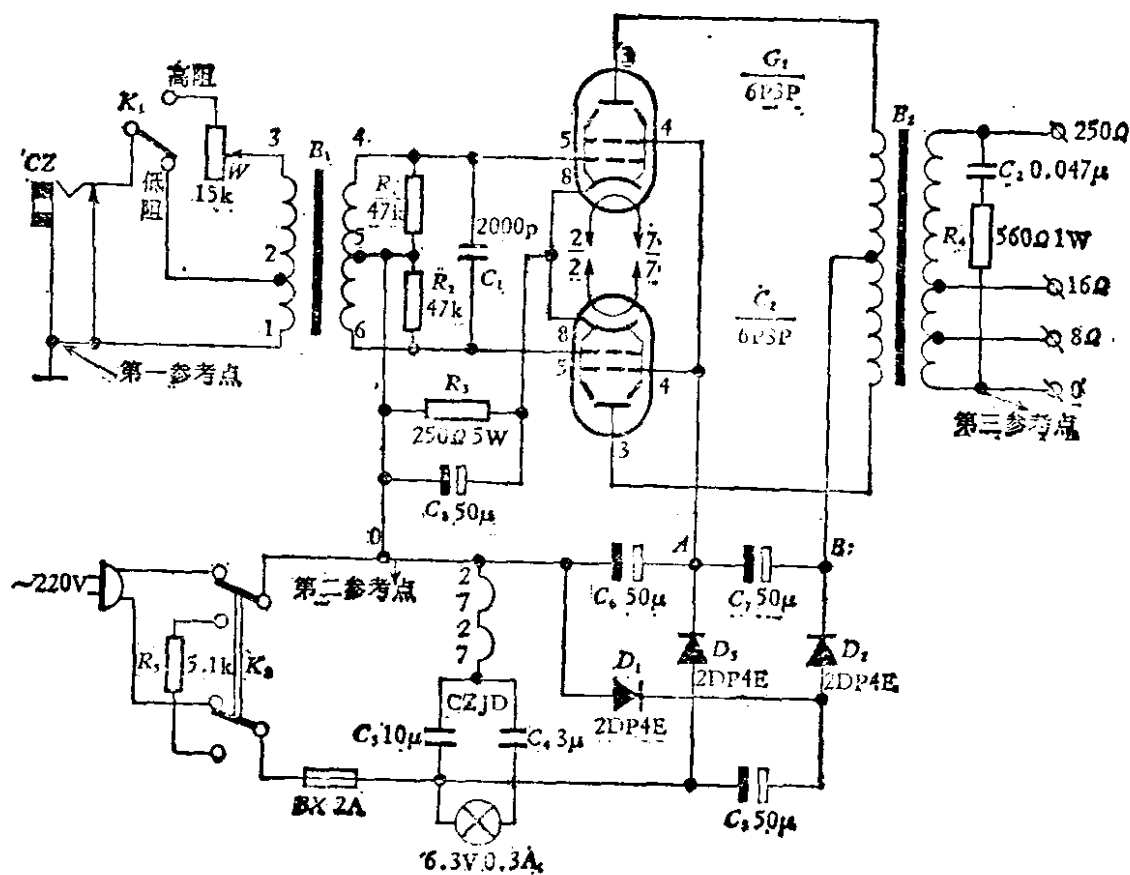


图2.1 40瓦“高淳放大头”工作原理图

的两组电压分别加到悬浮功率放大部分的电子管 G_1 、 G_2 的栅极上, 经过放大作用, 由直流高压电流供给的、随信号电压变化而变化的屏极电流, 便在输出变压器次级线圈中转换成供给喇叭所需要的信号电流, 于是喇叭便发出了我们所听到的声音。

下面我们将结合40瓦“高淳放大头”的电路(见图2.1), 谈谈无电源变压器各部分电路的工作原理。

(一) 电源电路

1. 灯丝电源 在第一章里已经谈到, “放大头”中电子管灯丝电源是用电容镇流的方法来解决的。也就是说, “放大头”中电子管的灯丝与电容器串联直接接到市电220伏的交流电源, 利用电容容抗大小来决定灯丝电流的大小。

那么, 怎样确定电容器的电容量呢? 从第一章里知道, 在交流电路中的电容器的电流为

$$I_c = \frac{U_c}{X_c}$$

式中, $X_c = 1 / 2 \pi f C$ 。

当 $f = 50$ 赫时, 则

$$X_c = \frac{1}{314C}$$

所以

$$C = \frac{1}{314U_c} \times I_c (\text{法})$$

电容器是与灯丝串联接到市电的, 由于电容器的电压降远大于灯丝的电压降, 假定电容器上的电压略低于市电220伏, 并取 $U_c = 210$ 伏, 则

$$C = \frac{1}{314 \times 210} \times I_c (\text{法})$$

在“放大头”中, I_c 等于电子管灯丝电 流 I_f , 且 1 法 = 10^6 微法, 故

$$C = \frac{10^6}{314 \times 210} \approx 15 I_f (\text{微法})$$

式中, I_f 的单位为安。表2-1列出几种功率放大管相应的电 容器数值, 供使用时参考。

表2-1

电子管型号	FU-7	6P3P	FU-25	6P1	6P14	6P15	6A2	6K4	6N1	6N2
灯丝电流 (安)	0.9	0.9	0.45	0.5	0.76	0.76	0.3	0.3	0.6	0.34
相应的电 容器 (微法)	12—14	12—14	6—7	7—8	10—11	10—11	4.5—5	4.5—5	8—9	5—6

从上式和表2-1可看出, 电容器的数值基本上由灯丝电流 决定, 灯丝电流愈小, 电容器数值亦愈小。如果几只管子灯丝 电流大小相同, 则可用一只电容器与几个灯丝串起来供电, 而 电容器的电容量一般不必改 变。如图2.2, 就是把两只电 子管的灯丝串联起来进行供 电的。由此看出, 电容镇流 对多只电子管灯丝供电的优 越性特别明显。

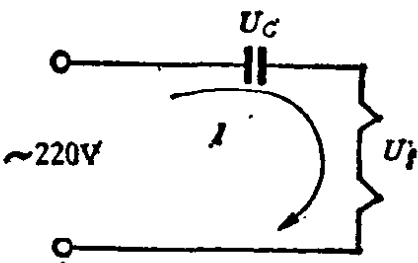


图 2.2

由于电容器工作在交流状态, 所以不能用电解电容器, 只能用金属膜纸质电容器或油浸密封纸质电容器, 其耐压要 大于电源的峰值电压即大于 311 伏, 可采用标称值为 400 伏