



胆机的电源与火牛

林敦

自己动手制作胆机,电源与变压器的搭配和选择可能是个难题。胆机电路中胆型繁多,高压(B电)与负偏压(C电)各有差异。我们选中一个中意的电路后,却往往发现能找到的火牛(电源变压器)与电源的要求相去甚远,正是“电路易选,火牛难觅”。面对困难我们当然不会束手无策,思维活跃、动手能力强是发烧友引以自豪的基本素质。我们应该另辟蹊径,或灵活变通运用现有的变压器,或适当更改电源电路,以获得异曲同工的成功。

本文介绍了一些火牛与电源的变通运用的经验,以及提高电源品质的一些看法。发烧友遇到的问题也许与文中实例不能一一对号入座,本文只希望发烧友们能打破思维的禁锢,举一反三地发挥创造能力,克服制作上的困难,踏上 Hi-Fi 的成功之路。

一、火牛代用篇

如果合适的电源变压器难寻,我们可以用易得的变压器变通使用。现以电子管收音机电源变压器和 50W 广播扩音机电源变压器为例说明代用的方法,这些变压器在当前的市场上是很容易找到的。

1. 电子管收音机的电源变压器

电子管交流收音机是 20 世纪 70 年代前国人唯一的高档家电,现在早已被遗弃,但它们仍然在社会上默默无闻地大量存在,其电源变压器来源很广,价格低廉,实用价值高。

六灯(“灯”即灯胆,电子管)收音机中通常的电源原理图见图 1 所示。其电源变压器(在本文简称为六灯火牛)的功率在 40~60W 之间。30 年前的产品,如硅钢片、铜线和绝缘

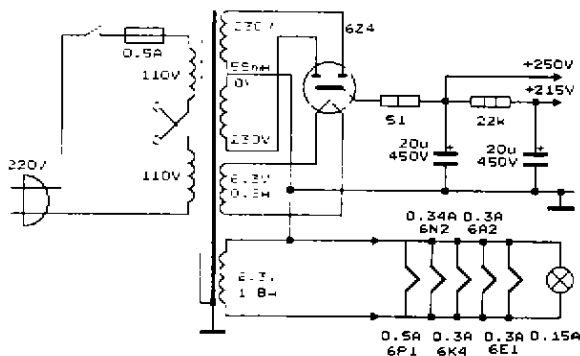


图 1 交流六灯收音机的通用电源原理图 是一样的。

较见图 2 所示 可见旧式六灯火牛的电磁耦合度比较好,产生的漏磁、交流电场噪声等不良效应比较小,很适宜用于低电平高增益的前级放大电路。

交流收音机中五灯只比六灯少用一个调谐指示的辉光电子管,灯丝电流少了 0.3A,故在本文中五灯与六灯火牛的使用性能

2 六灯火牛用于胆前级电路

胆前级(十倍放大器)一般使用 2~4 只电压放大电子管,型号多为 6N 类或 12A 类双三极管。胆前级的整机耗电不足 20W,其中高压(U+)约为 250V,电流小于 20mA,图 3 是使

材料等品质当然不足称道,我们不能对这些旧火牛赞扬有加,但其时的设计比较慎重保守、有完备的静电屏蔽层、结构合理,在某些场合下应用效果胜过现代的小功率变压器,两者比

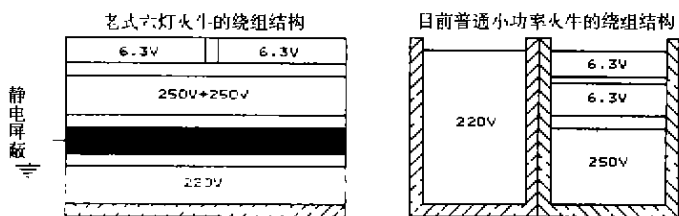


图 2 绕组结构的区别

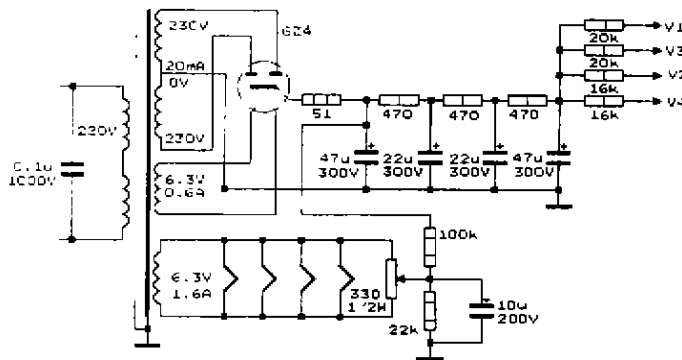


图 3 胆前级电源的通用电路图

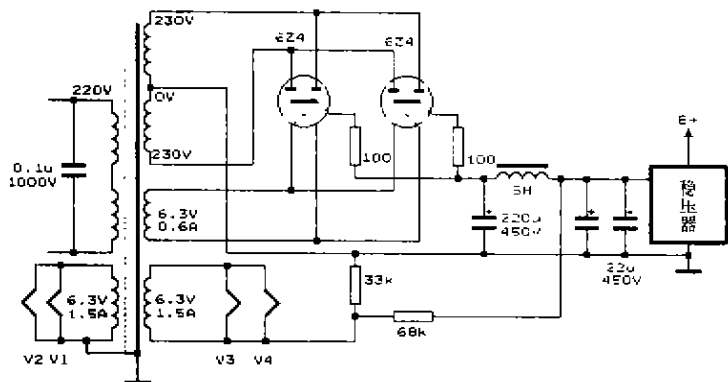


图 4 一种流行的前级电源电路

用六灯火牛的胆前级电源，用 6Z4 胆整流，并联式高压馈电，由于 4 个去耦电阻的阻值比较大，去耦电容器可以用 20μF 的薄膜电容器（焊接在放大电路上），以求更好的音质。此电源的负载与图 1 的收音机负载比较可知，五灯火牛用于此胆前级电源，能力绰绰有余。

图 4 是在发烧友中流行的胆前级电源，模仿了某一国产前级的电源形式。此前级放大电路用一对 12AX7 和 12AU7，整机高压工作电流不超过 15mA，但其电源电路中却用了双 6Z4 整流，电流输出能力达 $2 \times 70\text{mA}$ ，远超过实用的电流值。显然这是“尽量增加电源的容量能力”的指导思想，这属于晶体管 B 类功率放大器的电源概念，却被初学者们张冠李戴，用于电子管电压放大电路上了。须知前级电子管工作于 A 类状态，每路的阳极电流仅几 mA，而且是恒定的静态直流，对电源的直流内阻也无苛求。如果慷慨地加大胆前级的电源能力，回报却是负面的：电磁干扰的强度与电源变压器功率容量的倍数之平方成正比。电源变压器的容量不恰当地增大，其副作用的漏感、电磁干扰和电场噪声会大为增加，放大器的信噪比不可避免地恶化了——这是主要的失策，尚有成本的上升、体积重量的增大和电耗增加等弊端。

耳机放大器电路是一些资深发烧友的玩物，六灯火牛用于此电路也是很合宜的。

3. 六灯火牛用于 EL34、6L6 类

单端功放电路

单端胆机的音色娇美，人们对它的青睐与日俱增，EL34 运用于甲类单端功率放大时输出可达 10W，它的灯丝电流 1.5A，阳极 250V/80mA，第二栅极电压 260V/15mA。五灯火牛除了高压线圈的电流欠小外，其他都合适。我们可以把五灯火牛降额限时使用，由原来连续工作 8h 降为 4h，就能成功用在这种的 A 类胆功放里。当然也要尽量降低其他电耗，例如必须改用硅二极管整流，把原来整流的 6.3V 灯丝绕组改为电压放大电子管用，电源的电路见图 5 所示。

至于 6L6(6P3P) 的电路，其灯丝、阳极功率比 EL34 小，使用六灯火

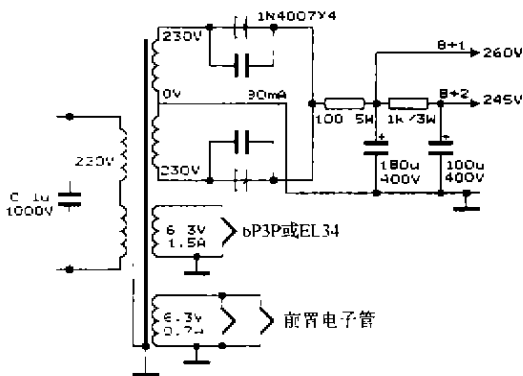


图 5 6~10W 单端胆功放通用电源电路图

表 1 300B 常用工作状态

阳极电压	阳极电流	自生偏压	负载阻抗	输出功率	偏压电阻
350V	50mA	-76V	3600Ω	7.8W	1.5kΩ
350V	60mA	-74V	2000Ω	10.2W	1.2kΩ
350V	60mA	-74V	4000Ω	7.0W	1.2kΩ

牛就更可放心。

4 六灯火牛用于 6P1 类单端功放电路

在卧室书房里使用的 3.5W×2 的单端小胆机，全机双声道 2 只 6P1 和一只 6N2，此时灯丝电流 1.34A，高压 B 电为 250V/80mA，可知灯丝线圈电流有余量，而高压线圈的线径稍嫌不足。不过胆机一般都是裸机安装，变压器的散热条件比原收音机要优越好多，在适当降低连续工作小时后，双声道电路使用一只六灯火牛即可。使用方式也同上节的 EL34 电路。

5 六灯火牛用于 300B 类单端功放电路

300B 以清澈迷人的音色被称为梦幻之球，其高贵的身份配合六灯火牛也算是红花绿叶。300B 一组常用的工作状态见表 1 所示。

图 6 的电源电路适合以上各组工作状态，此电路是经典的 300B 单端放大器电路，用一个五极管 6SJ7 作前置电压放大。图中把六灯火牛原来的全波整流电压改为向桥式整流供电，滤波电路用电感（扼流圈）输入形式。U_{i0} 的电压略小于 0.9 倍的整流电压（460V），经过滤波后 B₁ 是 410V，约等于阳极电压与自生偏压之和（340V+74V），基本符合 300B 上述典型工作状态。

电感输入滤波电路（L 输入）的负载特性是最优良的，但不是随便串联一个电感线圈就可以达到这个目的，实现 L 输入的必要条件见本文的后述。本电路的扼流圈的电感量不可小于 8H。



300B 的灯丝参数是 5V 及 1.2A, 用交流 6.3V 向其灯丝供电就必须降压, 最好在变压器线圈窗口的空隙中用漆包线穿绕约 8 圈 (1.3V),

与 6.3V 绕组反向串联获得 5V 的电压, 这样避免了用电阻降压增加的损耗。

6 R-50 电源变压器的性能

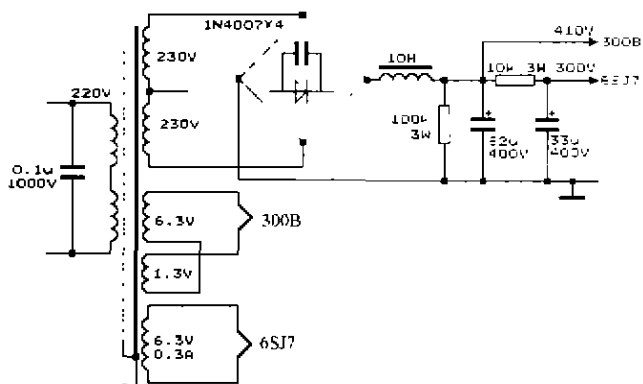


图 6 300B 单端功放通用电源电路图

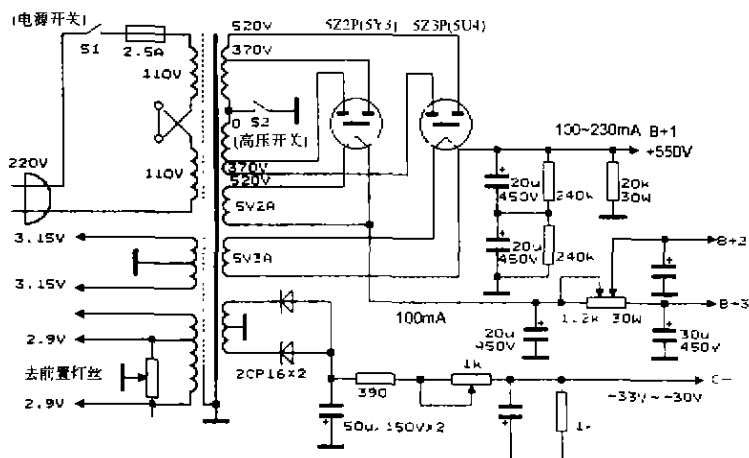


图 7 R-50 扩音机的电源原理图

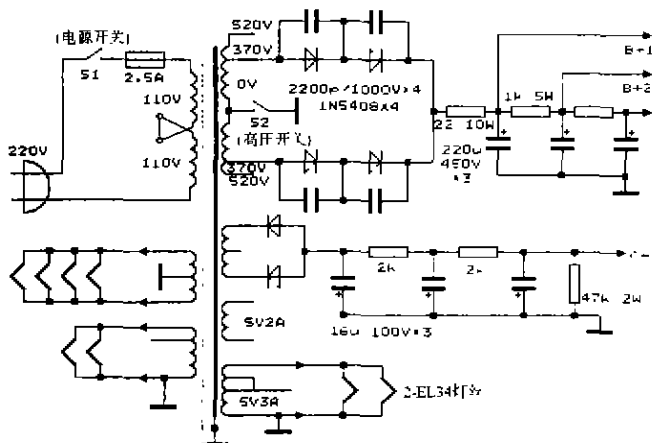


图 8 R-50 火牛用于 40W x 2 功放电源的原理图

R-50 型电子管扩音机广泛应用于机关企业内作有线广播之用, 其电源变压器 (本文称 R50 火牛) 如今在一些器材商店里仍然容易寻着。此机用一对 6U7 作 AB₂ 类放大, 最大输出功率达 80W, 图 7 是 R-50 扩音机的电源电路。R50 火牛的额定容量是 180VA, 但设计工作条件是 24h 连续运用, 余量很大, 把它改为普通的胆后级应用足可提供 230VA 的电源功率。

7. R-50 火牛用于 25~40W 双声道推挽功放电路

使用 6P3P 或 EL34 的双声道推挽功率放大电路, 输出功率在 24~40W 之间, 整机消耗功率为 180~230VA, 使用 R-50 火牛就非常合适。其电源电路见图 8 所示, 这类电路我们不推荐用胆整流和电感扼流圈, 原因是考虑到“好钢要用在刀刃上”: 与其胆整流要增加 20% 的投资和 1/4 的电耗, 我们不如把这些资源用于改进电源“大水塘”的素质上。如果把电源的去耦电解电容器改用优质的大容量薄膜电容器, 音质的改善比胆整流更加卓有成效。详细缘由请参阅本刊的有关电源与音乐失真的技术文章。

8. R-50 火牛用于 KT88 类单端双声道功放电路

KT88、KT100 的双单端功放的 B 电功率很大 (60W x 2), 即使使用 2 只六灯火牛也不能应付, 但用 1 只 R-50 火牛就绰绰有余了。

9. R-50 火牛用于 300B 类单端双声道功放电路

300B 的身价与其音质一样高贵, 因此其电源的配置也应门当户对: 两声道各用一只热式电子管 6Z4 作整流, 放大器的电源各自独立, 采用电感滤波, 从电源投资上保证放大电路有完美的音质和最佳声道分离指标, 见图 9 所示。

10. R-50 火牛用于 845、211 类单端双声道功放电路

845、211 类直热式大功率三极管被称为“胆王”, 作 A 类单端放大时有完美的音质, 发烧友莫不以拥有

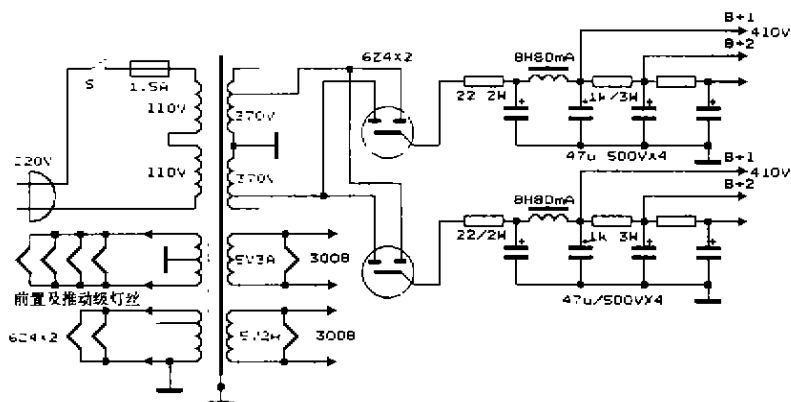


图 9 R-50 火牛用于 300B 双声道功放电源的原理图

胆机王为今生最大的梦想。然而这类大功率直热三极管阳极工作电压在 1000V 以上, 对元件、变压器和电路的绝缘和耐压都有较苛刻的要求, 制作难度颇大。能输出直流 1000V 的电源变压器很少见, 但 R-50 火牛却能轻而易举地适应此类电路。

图 10 就是 R-50 火牛用于 211、845 的电源电路图, 电路中增加一只灯丝变压器, 为另一只功放管的灯丝 (10V3.15A) 和整流电子管供电。硅整流管应选用大屏幕彩电使用的行阻尼二极管。

二、火牛设计改造篇

1. 电源变压器设计的胆特色

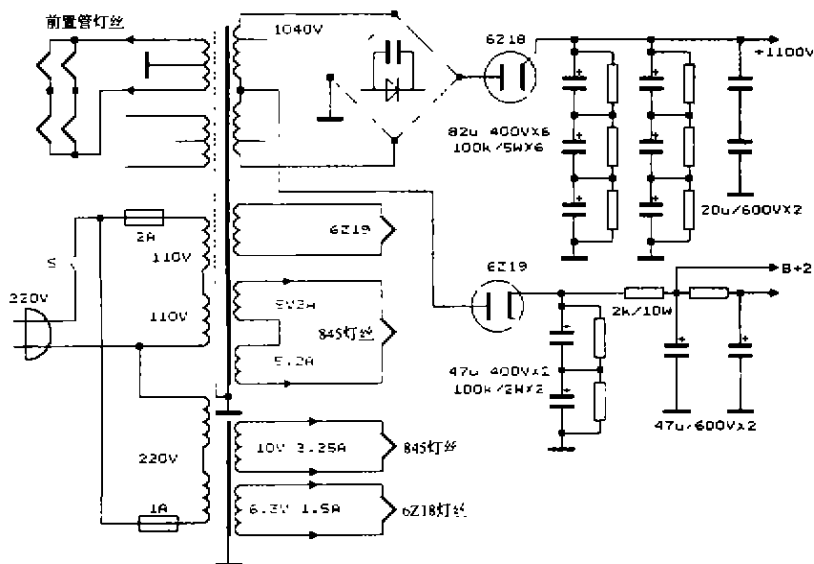


图 10 R-50 火牛用于 845 或 211 的电源原理图

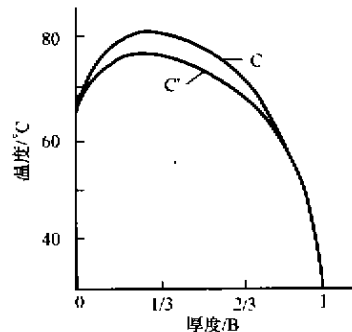
实际温升有所降低, 可加强对抗 220V 市电电压上浮的危害的能力;

③匝数增加会使变压器内阻有同量的增加, 但电子管电源的内阻比较大, 稍大的变压器内阻对放大器的性能并无不利影响。

(2) 变压器的绕组结构对其磁漏有直接的影响。最好采用工字型框架线圈, 因为流行的王字形框架线圈的电磁耦合性能并不很合乎理想 (见图 2 及其文字说明)。一、二次侧间应加入接地静电屏蔽层, 此外也要在高压整流管上并联高频电容器, 以降低市电引入的有害干扰。

(3) 一次绕组应在 220V 以后继续绕至 242V, 抽头备作市电的电压超高时使用。目前我国很多地方在用电谷期时电压超高达 12% 以上, 是烧坏电子管甚至烧毁胆机的直接原因。使用此备用抽头后, 即使深夜市电超高至 250V 时长期开机也可安然无恙。

(4) 提高电源变压器的连续工作的能力。本来加大变压器全绕组的线径是降低变压器的温升唯一的方法。但我们观察电源变压器线包内部的温度分布图 (图 11 所示), 可看到最高温度区位于线包厚度靠铁芯约 1/3 处, 此处的温度决定了全变压器的连续运行时间。因此只要把此区域绕组部分的导线加大一号, 即可改善整个变压器的散热功能, 得到事半功倍的效果。



C—线包内部温度分布示意

C'—内部加大线径后温度分布改善示意

图 11 线包内部温度分布图

(5) 电源的容量和质量是两种完全不同的概念, 胆机电源变压器的功

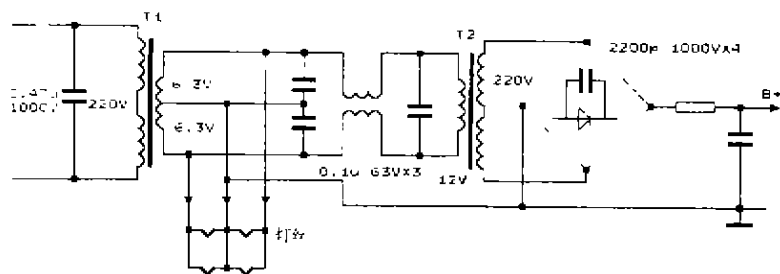


图 12 隔离双变压器

率容量选择要“量体裁衣”，不能以晶体管乙类功放的概念去肆意增大变压器的容量，也不要为某些无根据地扩大电源的能力，以 Hi-Fi 之名哗众取宠的做秀手法所误导。

2. 隔离双变压器

如果合适的电源变压器难觅，还可以采用双火牛的方式来解决，见图 12 所示。T1 是全机用变压器，T2 是高压整流的变压器，这种方式用了两只普通的市售电源火牛，轻而易举地解决了专用电源变压器制作的困难，又获得“Hi-End 级隔离变压器”的电源供给，一举两得。

来自市电的电经过 T1 的电磁隔离，中间滤波器、T2 的电磁隔离，在此三重洗练后，市电波形内包含的脉冲尖峰、高次谐波、失真等一切污染成分基本肃清，经过整流滤波后，放大电路获得很纯净直流工作电源。

隔离变压器虽然品质优良，获得的方法却非常简单容易，今以胆前级放大器的电源为例，说明其制作方法：

(1) T2 的要求：本例的 T2 功率（整机的高压功率）为 $P_2 = 250V \times 15mA / 60\% = 6.3VA$ 。变压比为 $220V / 12V$ 。考虑余量和效率，T2 的容量选用 8VA。

(2) T2 的接线方式：将 T2 初次级倒置作升压变压器用，即 12V 为一次侧绕组，220V 为二次侧绕组，提供高压整流用。

(3) T1 的要求：为高压整流的功率容量加上灯丝功率容量 P_A ，本例中 $P_1 = (P_2 + P_A) / 70\% = (6.3W + 6.3V \times 1.5A) / 70\% = 22.5VA$ 。考虑余量选 25VA，220V/2×6V 的市售变

压器。

(4) T1 的接线方式：二次侧 12V 的绕组同时供给电子管的灯丝和 T2 用电。放大管的灯丝可以交流供电也可以直流供电。如果 T1 的原绕组不完全合用，也可以改绕低压线圈。这个改制过程只须改动少匝数的低压绕组，完全可以手工完成，甚至不用浸漆绝缘处理。

这种双电源变压器做法的主要缺点是比较占地，效率低些，比较适合用于胆前级和耳机放大器。

三、电源应用技巧篇

1. 整流方式：全波、桥式、半波还是倍压

4 种整流方式（图 13）在胆机的高压电源上都有应用，如何选择应该视现有电源火牛与电源电路配合而决定。

全波整流是普通电子管（共阴极双二极管真空管）的标准整流方式。需要两组电压值相同、相位相反的线圈供电，其特点是：

(1) 变压器的整流绕组和匝数都增倍，漆包线线径小，制作难度增大；

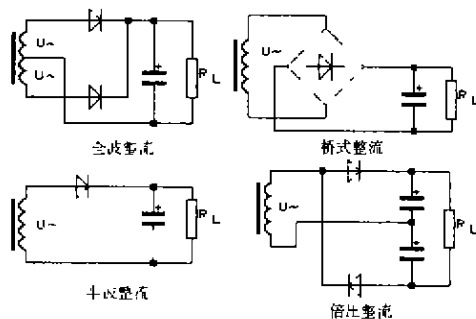


图 13

(2) 整流绕组通过的是脉动直流电，会产生直流化学效应，小线径漆包线有生锈霉断的可能。

桥式整流用 4 只硅二极管组成，是最常用的整流电路，性能适中，高压整流 (B 电) 常用这种硅二极管的桥式整流，它比电子管整流减少十几 W 的电耗。两两串联的整流管工作时直流降压达到 1.4V，对大电流来说也是个损失，故有些低电压大电流的电路宁愿采用全波整流方式，例如晶体管功放和胆直流灯丝的整流。

如把原来全波整流的两绕组改为桥式整流供电，输出的直流电压就增加 1 倍，而电流只有原来的 1/2。图 10 就是一个改用的例子，可获得 1200V/70mA 的直流工作电源。

半波整流只用一只整流管，是最简单的整流电路。它的缺点是以提供大的整流电流（不大于 50mA）、负载性能差，以及变压器有直流电通过使波形畸变、效率变低。半波整流在胆机中可用于后级的负偏压 (C 电) 以及前级的高压 B 电源，例如前面提及的 M7、C22 等名机的 B 电就是用半波整流获得的。

倍压整流用正、反向的 2 个半波整流器迭加而成。它需要的整流电压很低，只是桥式整流的 1/2 或全波整流的 1/4，因此对电源电路元件的耐压要求比较低，电源火牛绕制简便。倍压整流的输出直流电压值约为输入交流电压的 2.4 倍，例如在整流输出为直流 400V 时，输入交流电压只有 167V。倍压整流用于胆功放在我国不普遍，但不少的外国老机，例如著名的马兰士功率放大器 M9，都使用倍压整流电路。倍压整流因火牛制作简单，对发烧友来说不失为一个简易实用的选择。

2. 电感输入滤波电路

电感输入的滤波电路（本文称为 L 式）的负载性能比电容输入式 (C 式) 优越很多，目前有越



来越多的发烧友自制的胆机电源采用这种方式。L 式电路的一些特性是我们必须认识的。

对于全波和桥式整流电路来说, L 式输出的直流电压是整流电压的 0.9 倍, 而 C 式输出的直流电压可达 1.2 ~ 1.35 倍, 两者相差很大。L 式的整流二极管的是连续导通的, 扼流圈要有足够的电感量, 否则会使滤波电路滑入电容式输入的性质。其临界电感量值是 $L \geq R_L / 2\pi f$ (R_L 是直流负载电阻, $2\pi f$ 取值 948Hz)。

为留有余地, 一般取经验值 $L > 1.5U + I_{\min}$,

式中 U 和 $I_{\min}$ 分别是直流工作电压(V)和最小负载电流(mA)。

如果扼流圈的电感小于临界值, 电源输出 U 会骤然升高至 1.2 ~ 1.4 U , 使放大电路超压过载造成损害。因此电路工作时不要带电拔取电子管。同时可以看出 L 式电路的另一个特性是: 负载电流越小, 扼流圈的电感量就要越大。

3. 硅整流管串联的均压

为了增加可靠性, 有时高压整流需要几只硅二极管串联使用。为保证每只二极管承受的反峰电压相等, 必须加入均压措施。普通方法是采用电阻均压, 在本文各图中都是在整流管上并联一高频电容器, 除均压外还有一重要功能, 就是抑制电源里有害的高次脉冲和调制交流声, 其效果不亚于电源变压器初次级绕组间的静电屏蔽层。

在每个整流硅二极管上并联的电容器为 2200pF 时, 对电源工频 50Hz 的阻抗为 144k Ω , 相当于在各管上并联了一只 144k Ω 的电阻, 而此电容器对电源的高频干扰呈很低的阻抗, 例如对 20kHz 成分的阻抗只有 360 Ω , 起了旁路抑制的作用。即使在整流管单只使用(非串联)时, 并联高频电容器也大有裨益的。

4. 胆石整流之别

一般比较讲究的放大电路都采用造价高的电子管整流, 不少人也认为电子管整流的音色比较醇和。有的发烧友甚至用胆石器件轮换作 AB 比

较, 以求证音色的伯仲之别。然而他们可能忽略了一个基本事实, 就是两种整流器件的内阻不同: 整流电子管的内阻约 220 Ω , 而硅二极管的内阻在 10 Ω 以下。在同样的整流电压下, 后者输出的直流电压增大达 10% 以上。电源内阻不同, 音色自然就有差别了。如果在硅二极管整流电路上串联一个 200 Ω 的电阻, 使其整流内阻与电子管整流类似, 放大器的音质即趋向“胆味”, 整流回路串联电阻的另一个积极作用就是增大了硅整流管的导通角, 使整流电路充电的脉冲电流峰值减低, 电源的品质得到提高。

实际应用我们可在硅整流管的输出端串联一 50 ~ 100 Ω (5W ~ 10W) 的电阻, 音质会有所改善, 对于不用电感扼流圈滤波的单端胆功放, 交流哼声的指标也会提高不少。

5. 胆石混合整流

电子管整流电路的成本高, 电路复杂, 制作难度大, 真是“多一分胆味, 多十分付出”。一个折衷之法就是电子管和硅二极管混合整流(图 14 所示)。这种准胆整流方式被发烧友戏称为“胆结石”。图中可看出这是一个桥式整流电路, 在每一个半周中, 都各有一个电子管和硅二极管串联导通。因为不用改造变压器, 对普通胆机的硅整流电路也可以进行摩机改造。

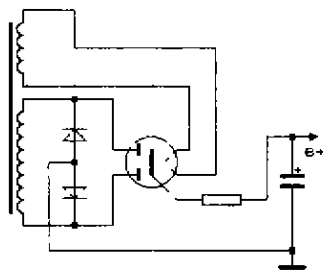


图 14 胆石混合式整流

6. 胆石串联整流(二次整流)

在桥式硅整流电路的输出端串联整流电子管, 可获得与纯电子管整流相同的“胆味”电源, 是一个事半功

倍的方法。串联的电子管可选用 6Z4、5Z4P 等旁热整流管, 或行阻尼电子管 6Z18、6Z19, 或如果用功率双三极管 (6N5P 等) 并联使用效果也不错(图 15 所示)。使用功率三极管时要在其栅极上用一个 10 ~ 30k Ω 的限流电阻连接到阳极上, 以限制栅极电流过大被损。限流电阻的数值以电子管降压 20 ~ 30V 来决定; 整流负载电流要小于电子管的最大阴极电流。例如 6P5P 的最大阴极电流为 125mA(单管), 整流的负载电流就限制在 250mA 以内, 见表 2 所示。

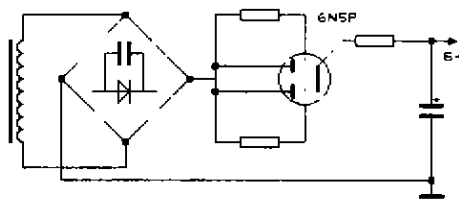


图 15 胆石串联式整流

7. 高压延时加载

用硅二极管作高压整流, 电源开启即有直流高压输出, 加载在电子管尚未红热的阴极, 会造成以下的不良结果:

(1) 由于电子管尚未导通, 处于空载状态的高压会升达整流电压的 1.4 倍, 过高的 B 电会造成机内的去耦、交连电容器跳火甚至击穿, 对电子管的栅极也有不可轻视的冲击;

(2) 强放胆的灯丝电流高, 阴极面积大, 故热惰性很大, 要数十 s 后才能达到额定温度。由于加热不足形成阴极各部位温度不均匀, 在超高的阳极电压轰击下, 温度较高的部位被迫承受了大部分的阴极电流, 造成了此处的温度—电流—温度的恶性循环, 阴极活性材料过度蒸发, 释放出破坏真空度的气体, 造成阴极中毒。我们从一些用老残的整流管 6Z4 玻壳内可以清楚看到其阴极被破坏的情况。因此对于高价的进口胆或如 300B 等名胆, 很有理由采用高压延时加载的电源, 避免不应有的寿命早衰。

如何实现高压延时加载, 三种方

