

DIY：自制 600W 的正弦波逆变器全过程

正弦波逆变器是我们业界常用的逆变器产品，如何设计制作一台实用性强、价廉物美的正弦波逆变器，一直是广大电子产品爱好者所关注的。最近，笔者花了近一个月的时间，制作了这台 600W 的正弦波逆变器，下面简单介绍下设计制作的全过程。

该 600W 的正弦波逆变器的主要特点：

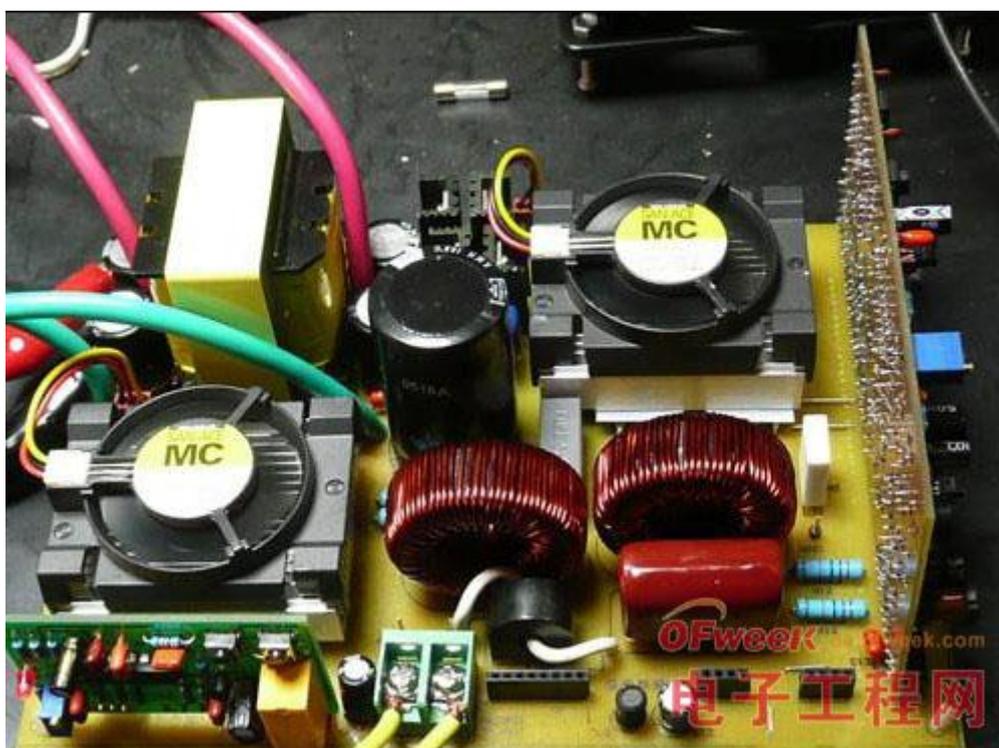
SPWM 的驱动核心采用了单片机 SPWM 芯片，TDS2285，所以，SPWM 驱动部分相对纯硬件来讲，比较简单，制作完成后要调试的东西很少，所以比较容易成功。

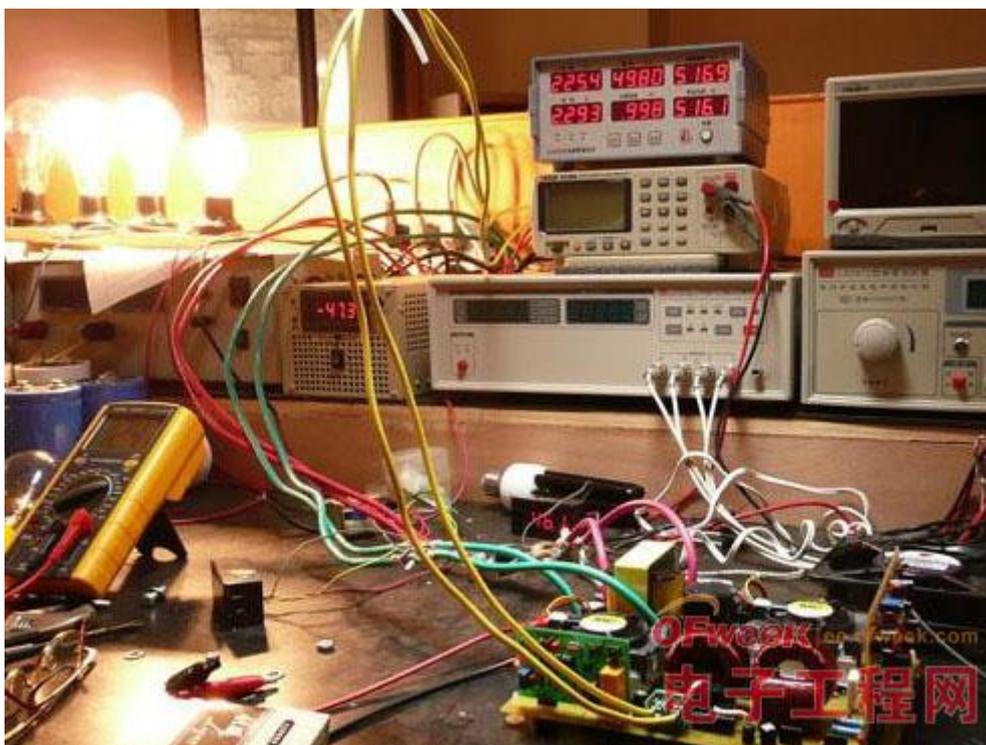
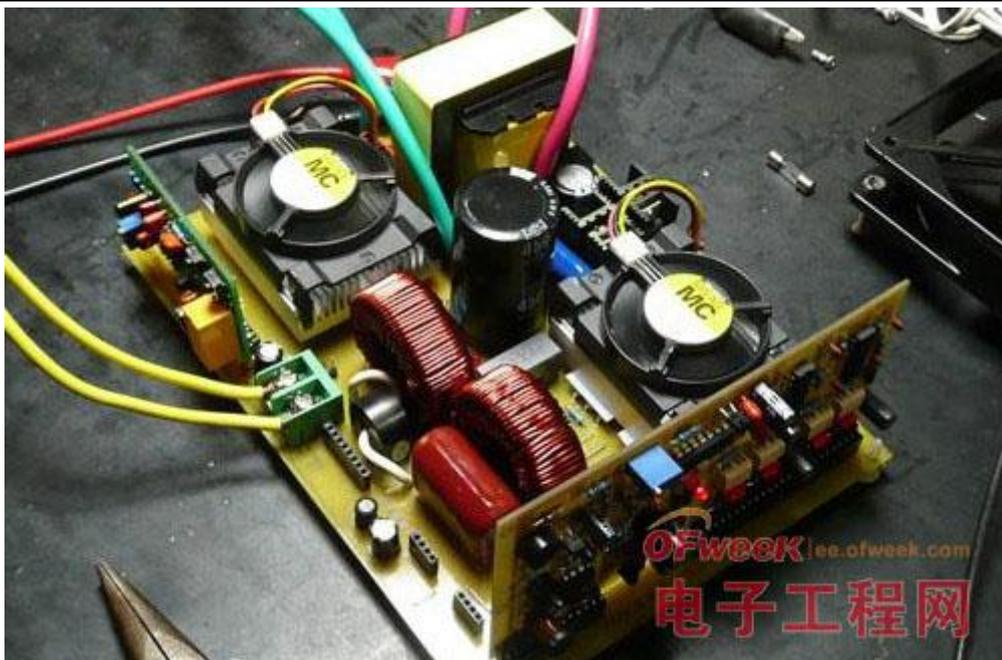
所有的 PCB 全部采用了单面板，便于制作，因为很多爱好者都会自己做单面的 PCB，有的用感光法，有点用热转印法等，这样就不用麻烦 PCB 厂家，自己在家就可以做出来，当然，主要的目的是省钱。

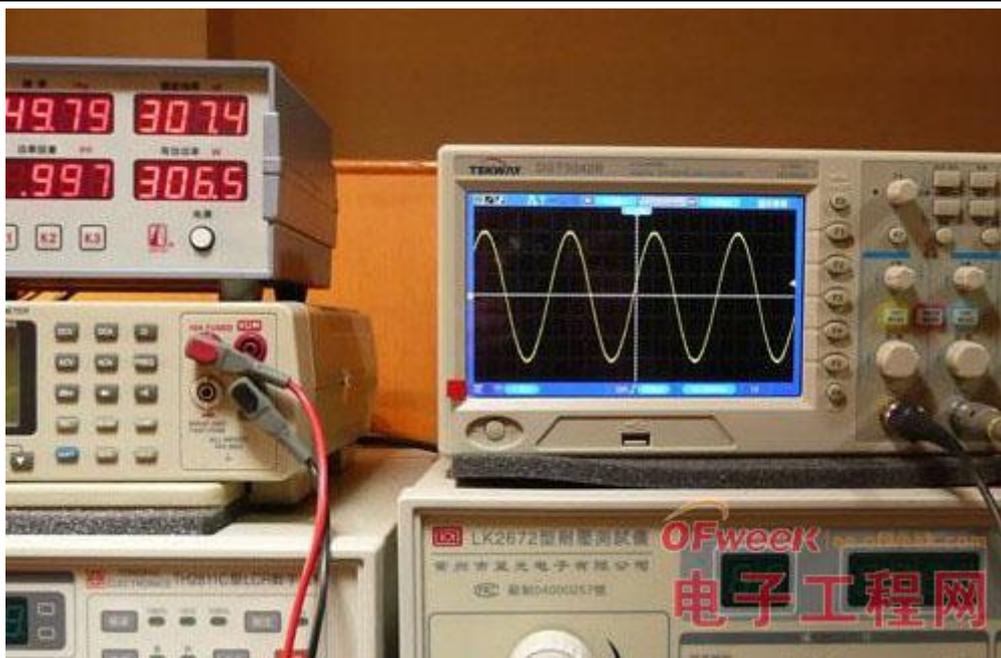
该机所有的元件及材料都可以在淘宝网上买到。如果 PCB 没有做错，如果元器件没有问题，如果你对逆变器有一定的基础，包你制作成功，当然，里面有很多东西要自己动手做的，可以尽享自己动手的乐趣。

功率只有 600W，一般说来，功率小点容易成功，既可以做实验也有一定的实用性。

下面是样机的照片和工作波形：







一、600W 正弦波逆变器电路原理：

该逆变器分为四大部分，每一部分做一块 PCB 板。分别是“功率主板”、“SPWM 驱动板”、“DC-DC 驱动板”、“保护板”。

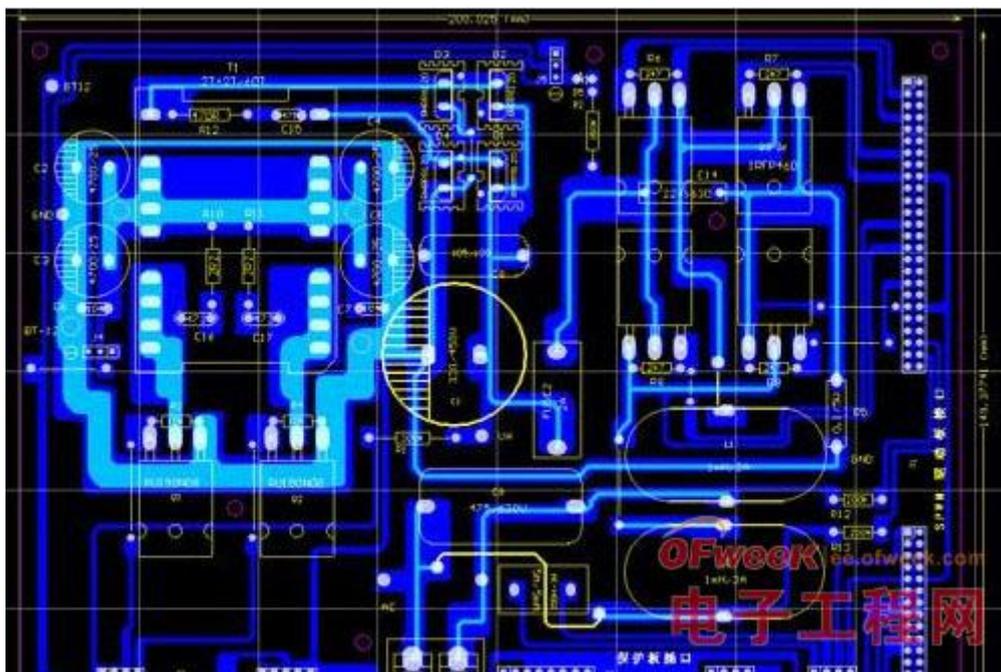
1. 功率主板：

功率主板包括了 DC-DC 推挽升压和 H 桥逆变两大部分。

该机的 BT 电压为 12V, 满功率时, 前级工作电流可以达到 55A 以上, DC-DC 升压部分用了一对 190N08, 这种 247 封装的牛管, 只要散热做到位, 一对就可以输出 600W, 也可以用 IRFP2907Z, 输出能力差不多, 价格也差不多。主变压器用了 EE55 的磁芯, 其实, 就 600W 而言, 用 EE42 也足够了, 我是为了绕制方便, 加上 EE55 是现存有的, 就用了 EE55. 关于主变压器的绕制, 下面再详细介绍。前级推挽部分的供电采用对称平衡方式, 这样做有二个好处, 一是可以保证大电流时的二个功率管工作状态的对称性, 保证不会出现单边发热现象; 二是可以减少 PCB 反面堆锡层的电流密度, 当然, 也可以大大减小因为电流不平衡引起的干扰。高压整流快速二极管, 用的是 T0220 封装的 RHRP8120, 这种管子可靠性很好, 我用的是二手管, 才 1 元钱一个。高压滤波电容是 470uf/450V 的, 在可能的情况下, 尽可能用的容量大一些, 对改善高压部分的负载特性和减少干扰都有好处。

H 桥部分用的是 4 个 IRFP460, 耐压 500V, 最大电流 20A, 也可以用性能差不多的管子代替, 用内阻小的管子可以提高整机的逆变效率。H 桥部分的电路采用的常规电路。

下面是功率主板的 PCB 截图, 长宽为 200X150MM, 因为这部分的电路比较简单, 所以, 我没有画原理图, 而是直接画了 PCB 图。



2. SPWM 驱动板

和我的 1KW 机器一样,SPWM 的核心部分采用了张工的 TDS2285 单片机芯片。关于该芯片的详细介绍,这里不详说了,大家可以自行查找相关资料。U3,U4 组成时序和死区电路,末级输出用了 4 个 250 光藕,H 桥的二个上管用了自举式供电方式,这样做的目的是简化电路,可以不用隔离电源。

因为 BT 电压会在 10-15V 之间变化,为了可靠驱动 H 桥,光藕 250 的图腾输出级工作电压一定要在 12-15 之间,不能低于 12V,否则可能使 H 桥功率管触发失败。所以,这里用了一个 MC34063 (U9),把 BT 电压升至 15V (该升压电路由钟工提供),实验证明,这方式十分有效。

整个 SPWM 驱动板,通过 J1,J2 插口和功率板接通,各插针说明如下:

J2:

2P-4P; 7P-9P; 13P-15P; 18P-20P 分别为 H 桥 4 个功率管的驱动引脚。

23P-24P 为交流稳压取样电压的输入端。

J1:

1P 为 2285 输出至前级 3525 第 10P 的保护信号连接端,一旦保护电路启动,2285 的 12P 输出高电平,通过该接口插针到前级 3525 的 10P,关闭前级输出。

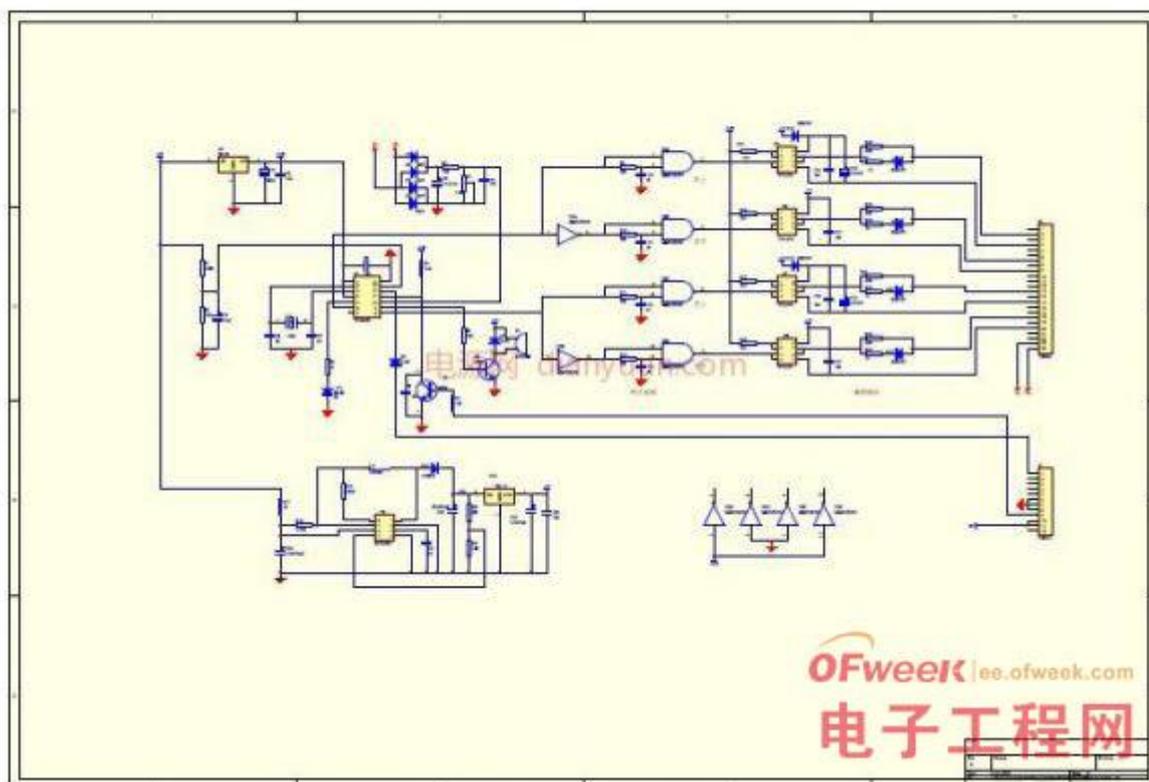
6P-7P-8P 为地 GND.

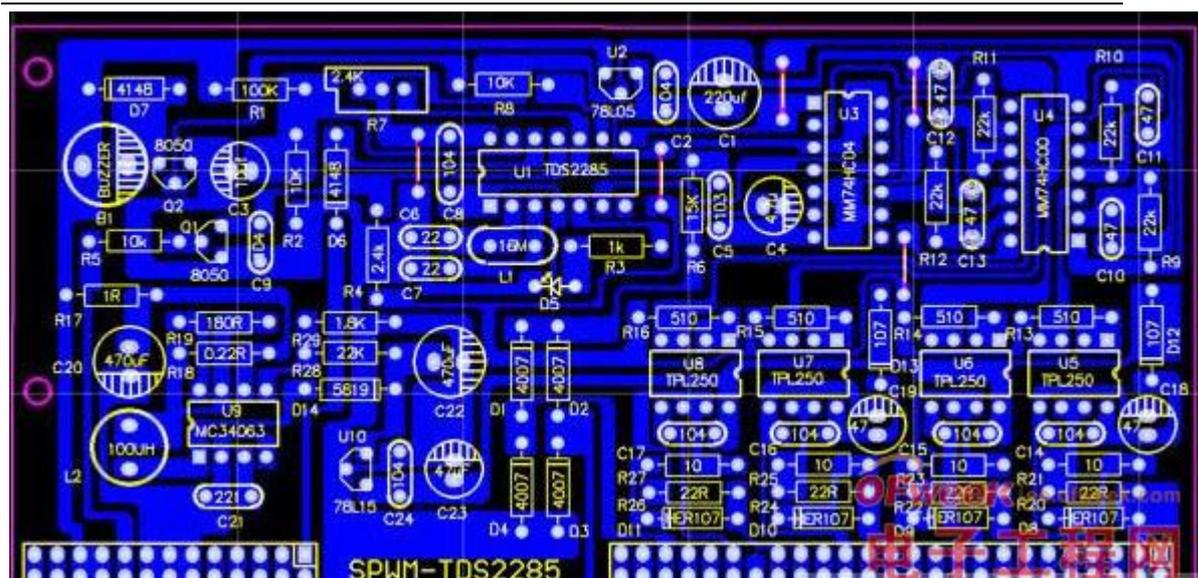
9P 接保护电路的输出端，用于关闭后级 SPWM 输出。

10P-11P 接 BT 电源。

下面是 SPWM 驱动板的电原理图和 PCB 截图：

SPWM 驱动板原理图：





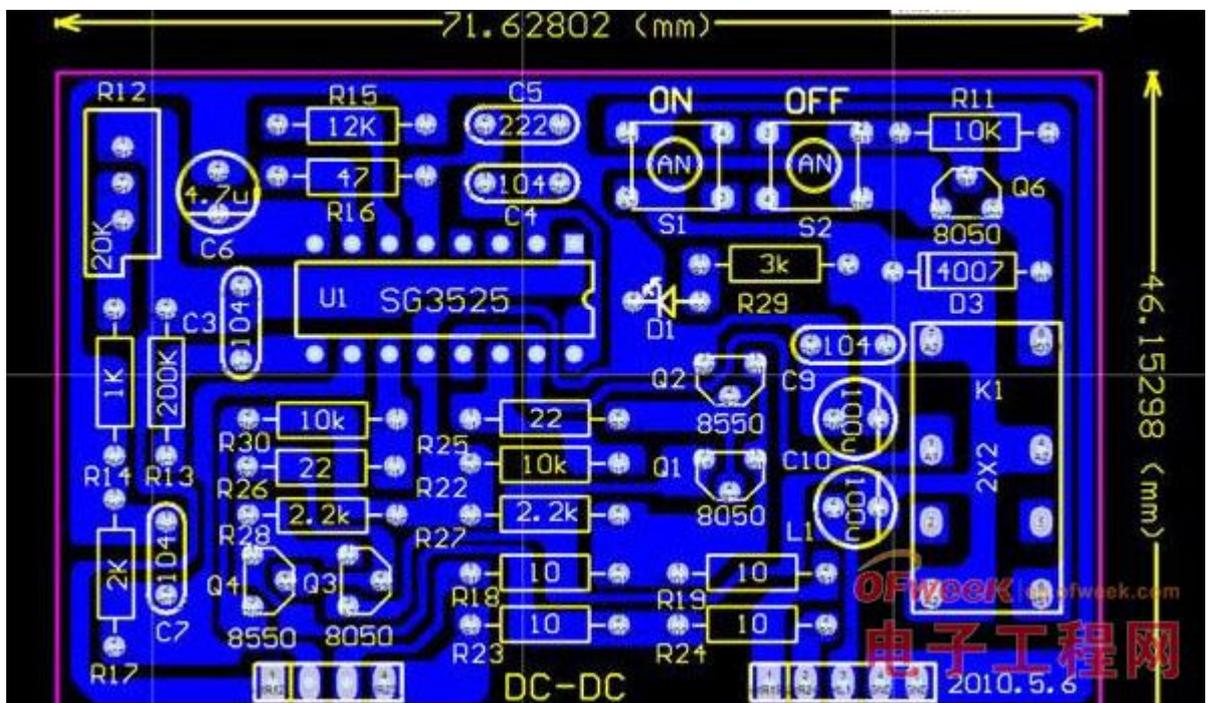
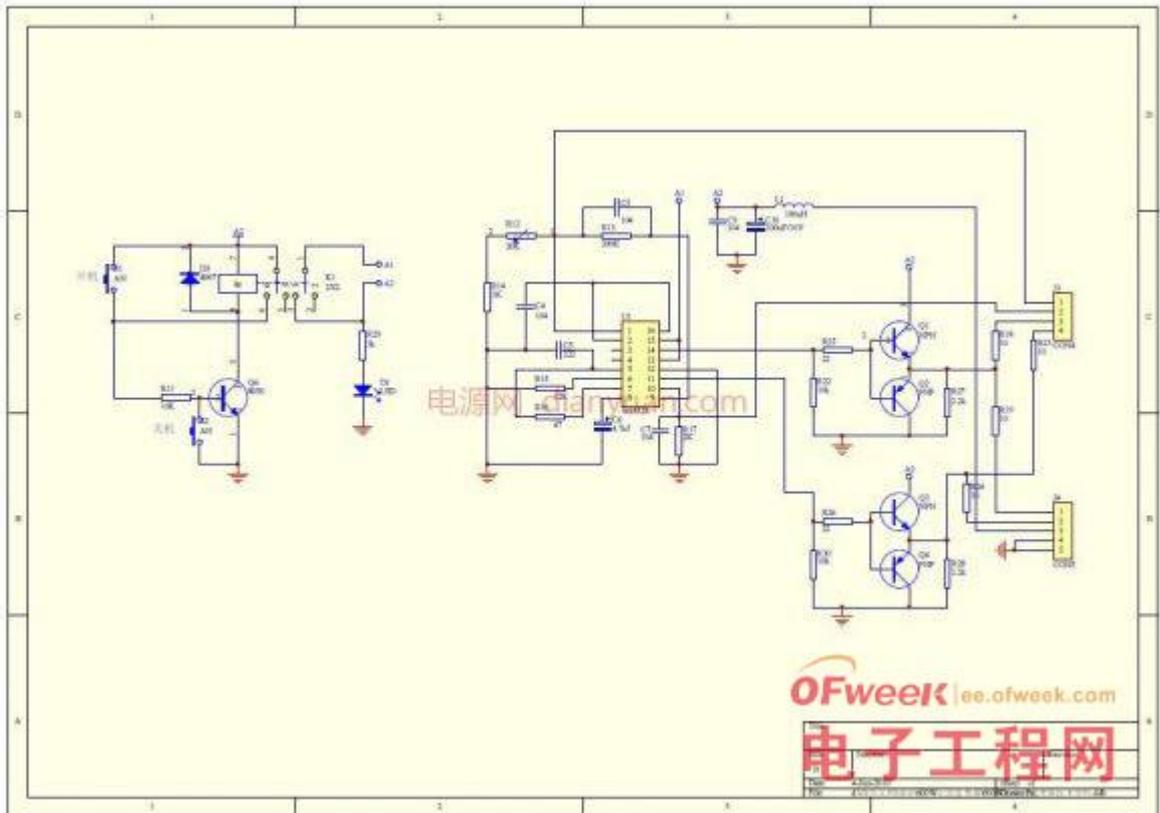
3. DC-DC 驱动板

DC-DC 升压驱动板，采用的是很常见的线路，用一片 SG3525 实现 PWM 的输出，后级用二组图腾输出，经实验，如果用一对 190N08, 图腾部分可以省略，直接用 3525 驱动就够了。因为这 DC-DC 驱动板，和我的 1000W 机上的接口是通用的，所以有双组输出，该机上只用了一组。板上有二个 小按钮开关，S1, S2, S1 是开机的，S2 是关机的，可以控制逆变器的启动和停机。

这驱动板，是用 J3, J4 接口和功率板相连的，其中 J3 的第 1P 为限压反馈输入端。

下面是 DC-DC 升压驱动电路图和 PCB 截图：

DC-DC 驱动板原理图：

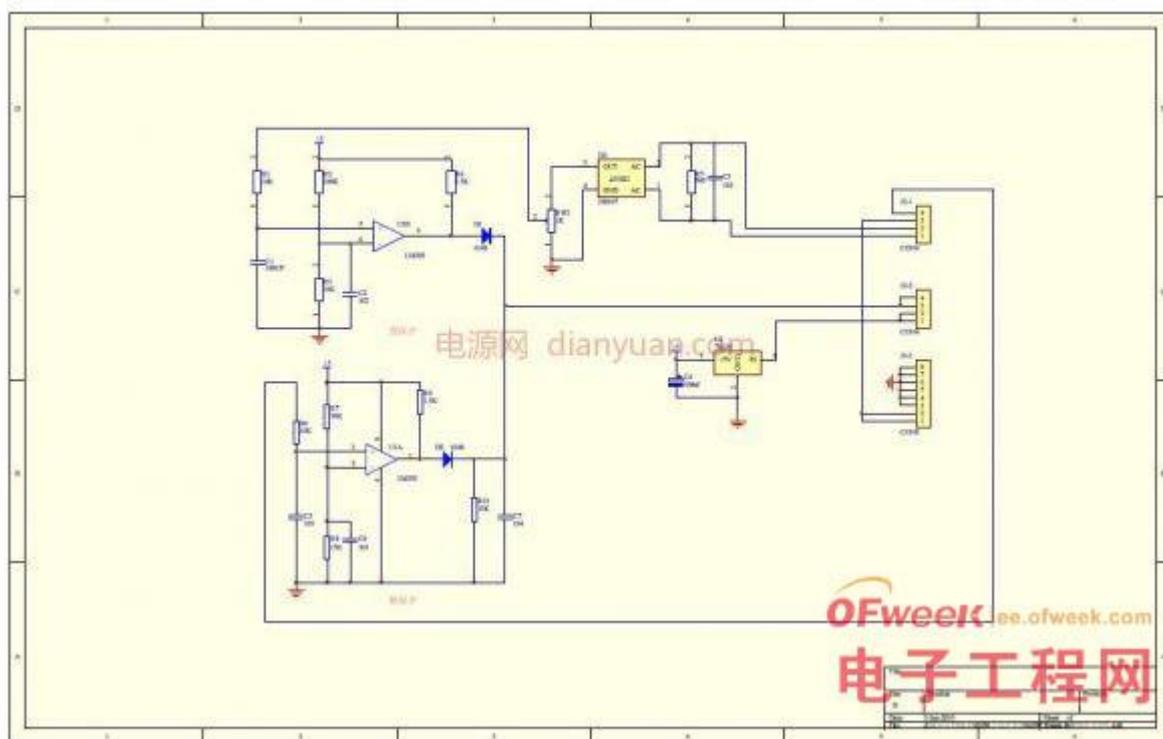


4. 保护板

我这次没有做保护板，有如下原因：首先是没有保护板该机也可以工作，加上这段时间比较忙，所以，保护板就拉下了；其次是：我这次公布的功率主板，是后来经修正过的，保护板上的接口也做了改动，而我的样机用的是没有修正过的PCB板，即便是做了保护板，也插不上去。我倒是希望有朋友如果用我的PCB文档去厂家打样，不要忘记，多给我打一套，寄给我，我就可以根据新的功率主板来画保护板了。

下面是保护部分的电路图，是我学习了钟工公布的3000W上用的保护电路变化而来的。

保护电路：



二、600W 正弦波逆变器主要部件的制作和采购

1. SPWM 主芯片



2. 主变压器

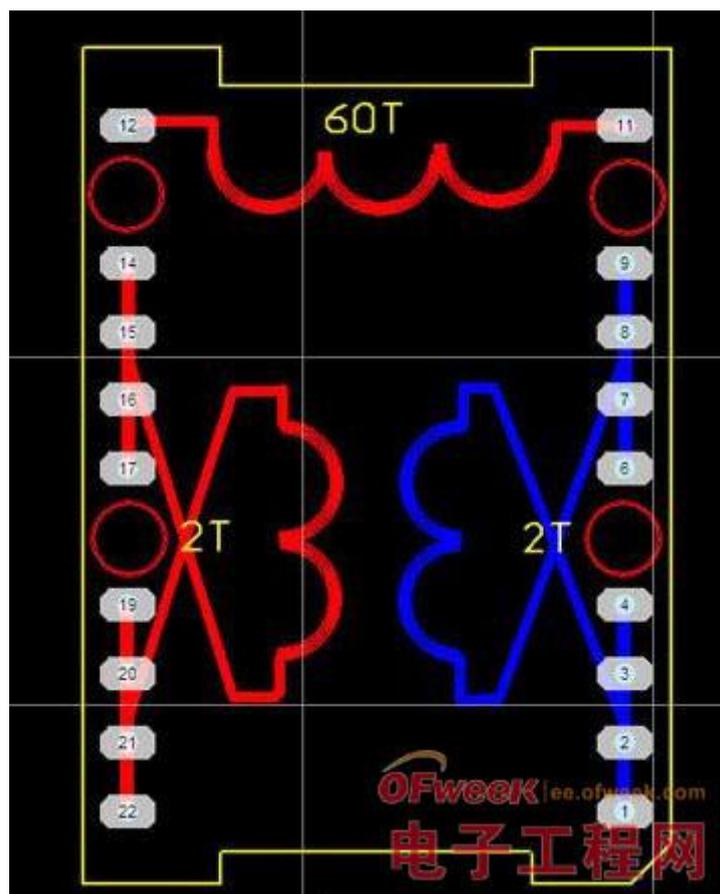
主变压器是制作逆变器成功与否的关键，本机主变用的磁芯为 EE55, 材质 PC40, 我在杭州电子市场买到了一种质量很好的骨架，立式的，脚位 11 加 11, 脚粗 1.2MM. 绕制数据：初级 2T 加 2T, 用 10 根 0.93 的线。初级导线总面积为 6.8 平方 MM, 次级为 0.93 线一根，绕 60T.





绕前准备:

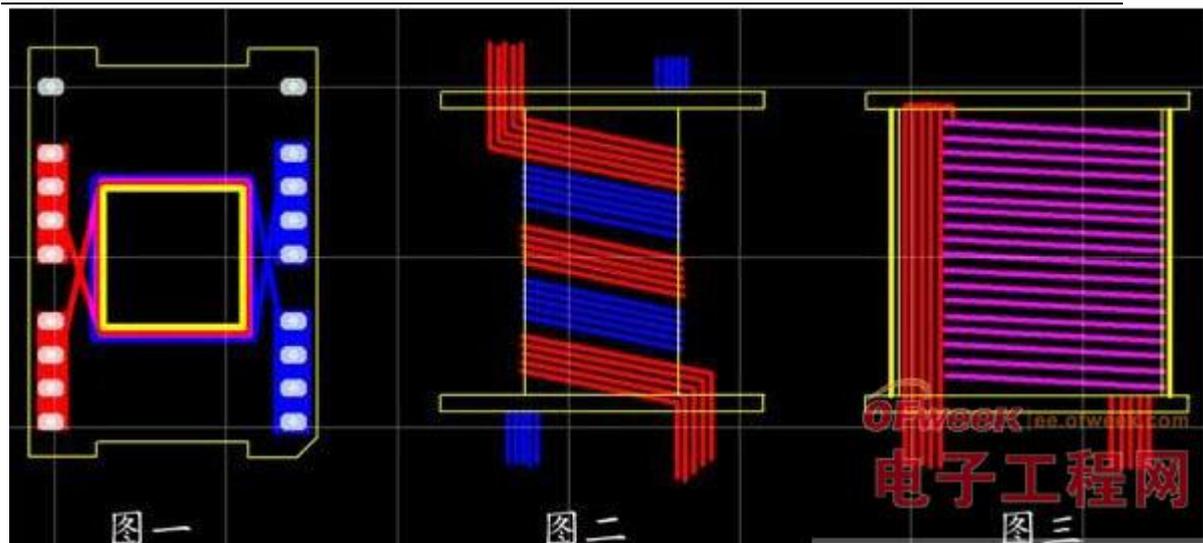
先准备骨架，把骨架上 22 个引脚，剪去 4 个，下面红圈处就是表示已经剪去的脚。上面二个独立的脚是高压绕组用的，远离下面的脚有利于绝缘，中间及下面的脚是低压绕组用的，左边是一个绕组 2 圈，右边是另一个绕组 2 圈。



绕制步骤:

A), 先绕二分之一的高压绕组(次级), 先在骨架上用高温胶带粘一层, 这样做是为了防止导线打滑, 用一根 0.93 线绕一层, 约 30 圈(注意的是, 高压绕组的线头要做好绝缘, 我是套进一小段热缩套管, 用打火机烤一下, 就紧紧包在线头上了), 再用胶带固定住线头, 不要让它散出来, 并在高压绕组的外面用高温胶带包三层。

B), 下面就可以绕低压绕组了(初级), 低压绕组分成二层绕, 也就是每一层是 2 加 2, 用 5 根线并绕, 我画了一个图(见下面图), 不知大伙能不能看清楚结构情况。



先用 5 根 0.93 线绕 2 圈（见图二中红线），中间留空隙，再在空隙处用另外 5 根线绕 2 圈（见图二中蓝线），每根线长约 37CM. 用同样的方法绕二层，层间包二层胶带，这样就相当于用了 10 根线并绕。绕完低压绕组，在绕组外用高温胶带包三层。绕低压绕组要注意的问题是：线头留在下面，即骨架引脚处，线尾留长一点，暂时留在骨架的上面（等绕完高压绕组后要向下折下来）。从（图一）可以看出，实际上，低压绕组的头和尾是有一段是重叠的，也就是不是 2 圈，而是约 2.2 圈，这样做可以大大减少漏感。

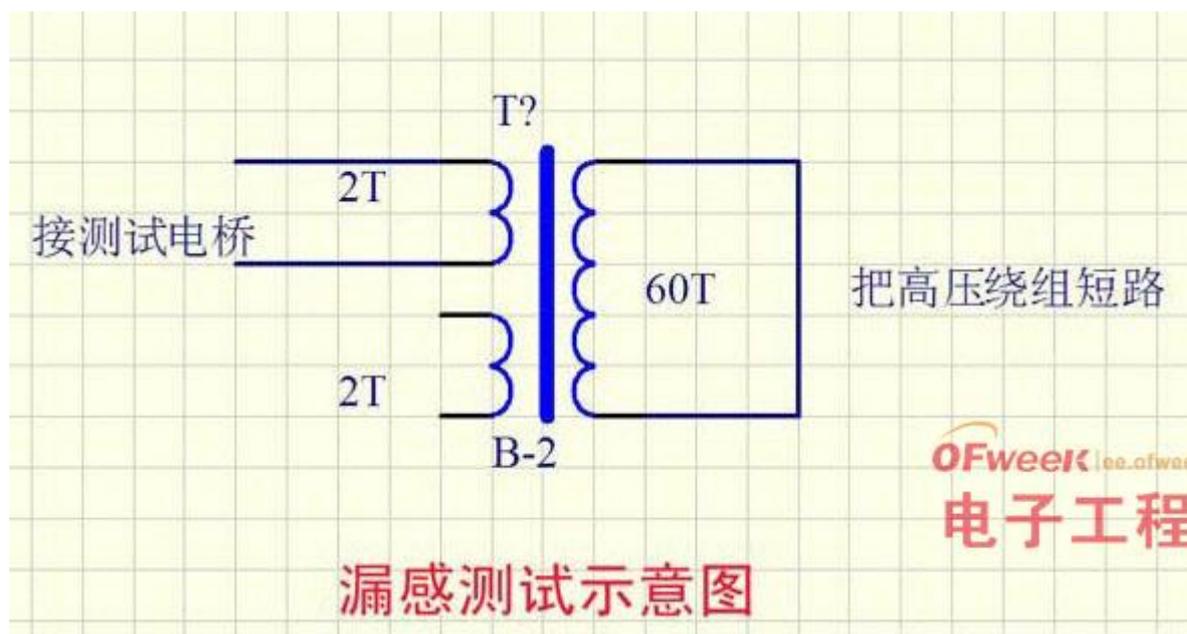
C)，再继续绕高压绕组，绕完另外的 30 圈，要注意的是，这 30 圈要和里面的 30 圈绕向相同，这点很关键。如果一层绕不下，就把剩下几圈再绕一层。

D)，绕完高压绕组后，在外面用高温胶带包三层，就把低压绕组原先留在上面的线头折下来（见图三），准备焊在骨架的脚上。去漆可以用脱漆剂，用棉签沾一点脱漆剂，抹在线头上，过一会儿，漆就掉下来了，就可以焊了。

E)，再后在整个绕组的外面包几层高温胶带，绕好的线包外观要饱满平整。

F)，现在可以插磁芯了，插磁芯之前要对磁芯的对接面做清洁处理，我是用胶带粘几下，把磁芯对接面的粉末全清理干净，插入磁芯，用胶带扎紧，有条件的话对磁芯对接处用胶水做固定。

我发现用这种方法绕制的变压器漏感比较小。以前用铜带绕制，漏感一般在 0.8uH 以上，现在可以做到 0.4uH 以下。我想原因是：因为铜带要焊引出线头，这样就留下了一个锡堆，再绕高压绕组时，中间就有一个空隙，导致耦合不紧。下图为测试漏感示意图。



如果有条件，一定要做一个耐压测试，任一个低压绕组对高压绕组的绝缘要在 1500V 以上，这样才可以放心使用。

3. AC 输出滤波磁环

对于象我这样纯手工打造的爱好者来讲，这个磁环的绕制也是十分头痛的事。

磁环是采用直径 40MM 的铁硅铝磁环，用 1.18 的线，在上面穿绕 90 圈，线长约 4.5 米，如果用导磁率为 125 的磁环，电感量大约在 1.5mH，用导磁度为 90 的磁环，电感量大约在 1mH 左右。我做过试验，用二个这样的磁环，每个电感量在 0.7mH 以上就可以正常工作了。绕制时分二层，第一层，45 圈，因为磁环外圈和内圈的周长不同，所以第一层绕时，内圈的线要紧密排列，而外圈的线是每圈之间留有一个空隙的。绕第二层时，内圈是叠在第一层线上，外圈是嵌在第一层线的空隙中，这样绕出来的线圈才好看。当然，好象是否好看，也不影响使用。下面是我在淘宝上买过磁环的网店(无意为商家做广告，只是方便朋友们采购)。注意，绕这个磁环时，一定要戴手套，否则，导线会让你勒出血泡的。



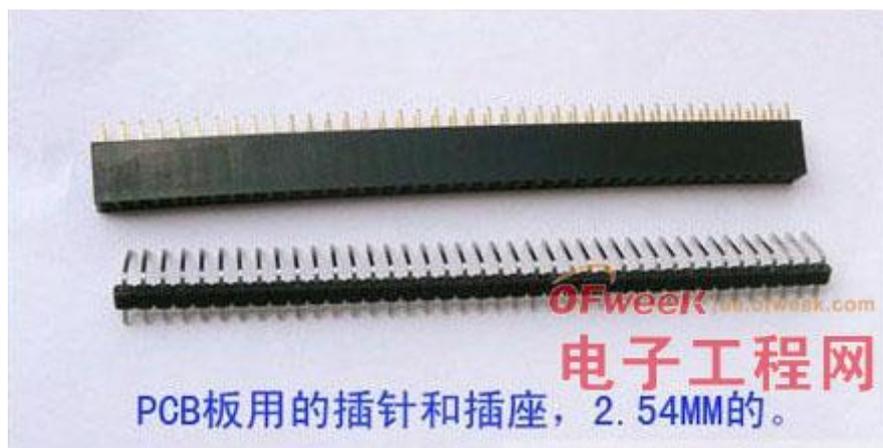
4. 散热风扇

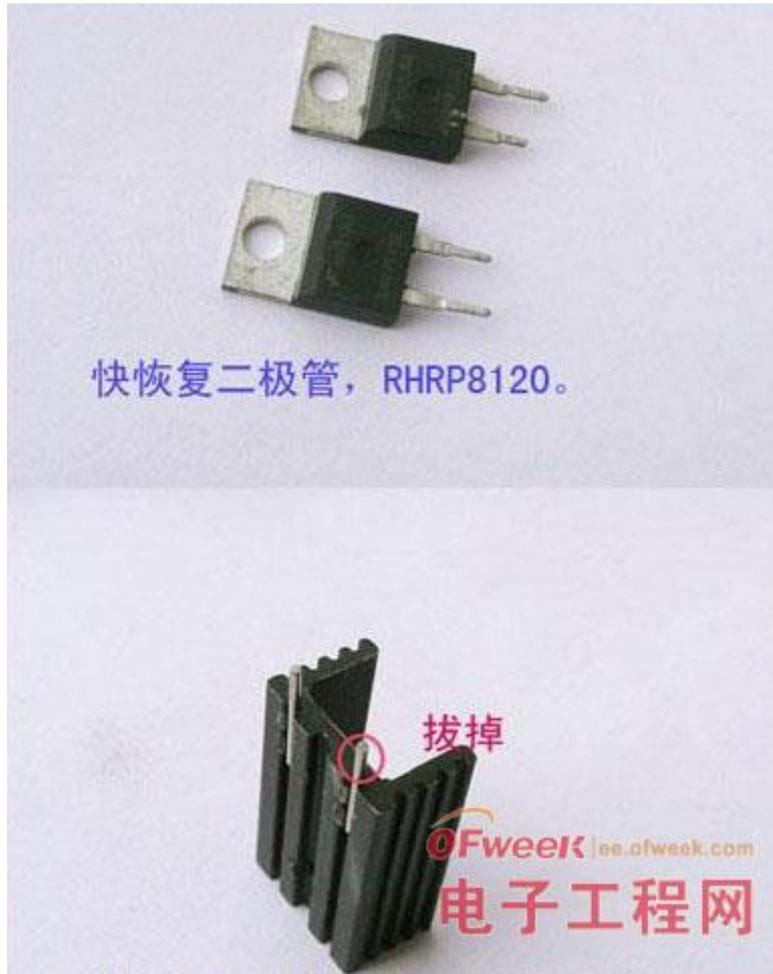
本机前级功率管和H桥的功率管都用风扇散热（安装方法下面再详述），这是一种小型仪表风扇，比电脑上的CPU风扇还要小一点，实验证明，在600W输出的情况下，H桥的4个功率管散热不成问题，但前级的二个功率管好象散热不够一点，如果有可能，最好用大一点的风扇。

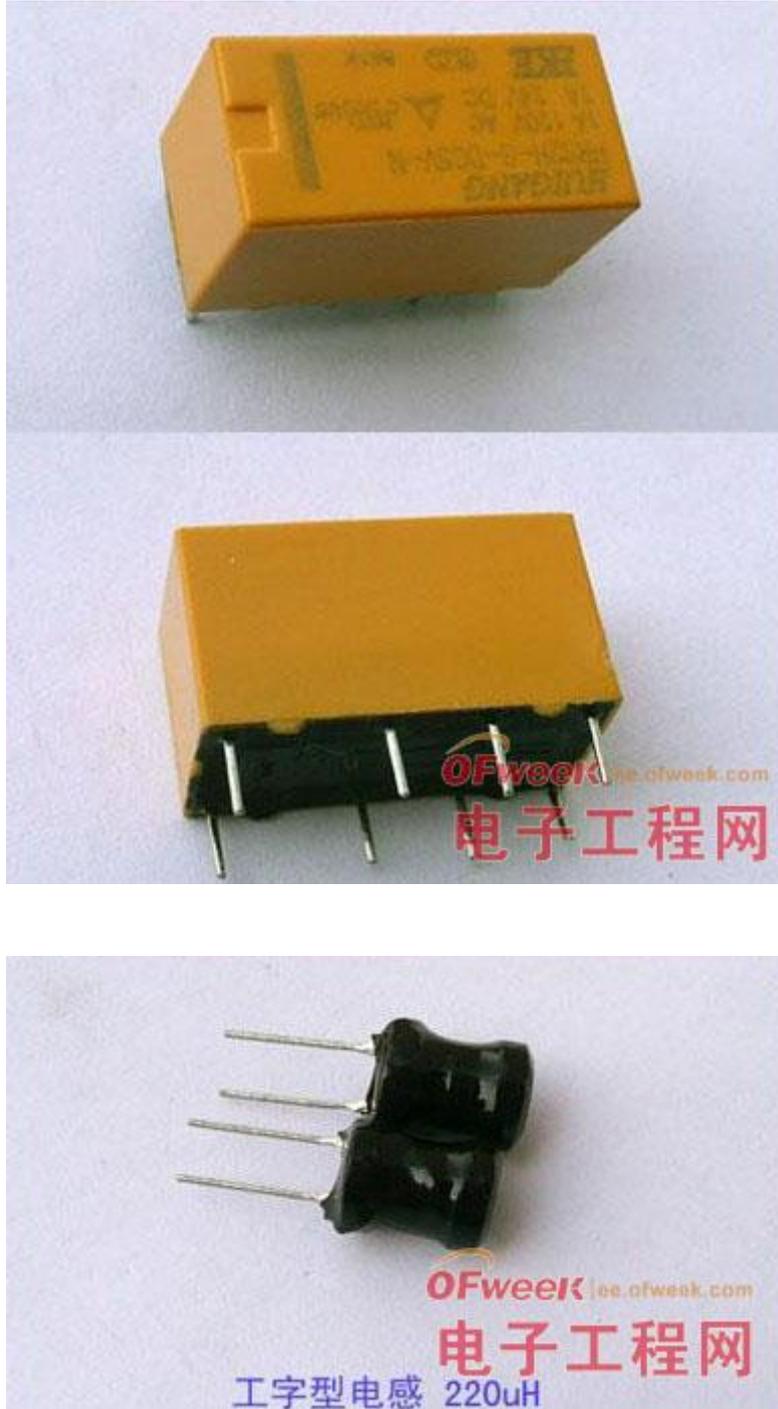
这风扇也是在淘宝网上买的，但现在这家店中好象没有了，只能用其它差不多的风扇代替了。



5. 其它还有一些小配件，也做一个图解：







三、安装与调试:

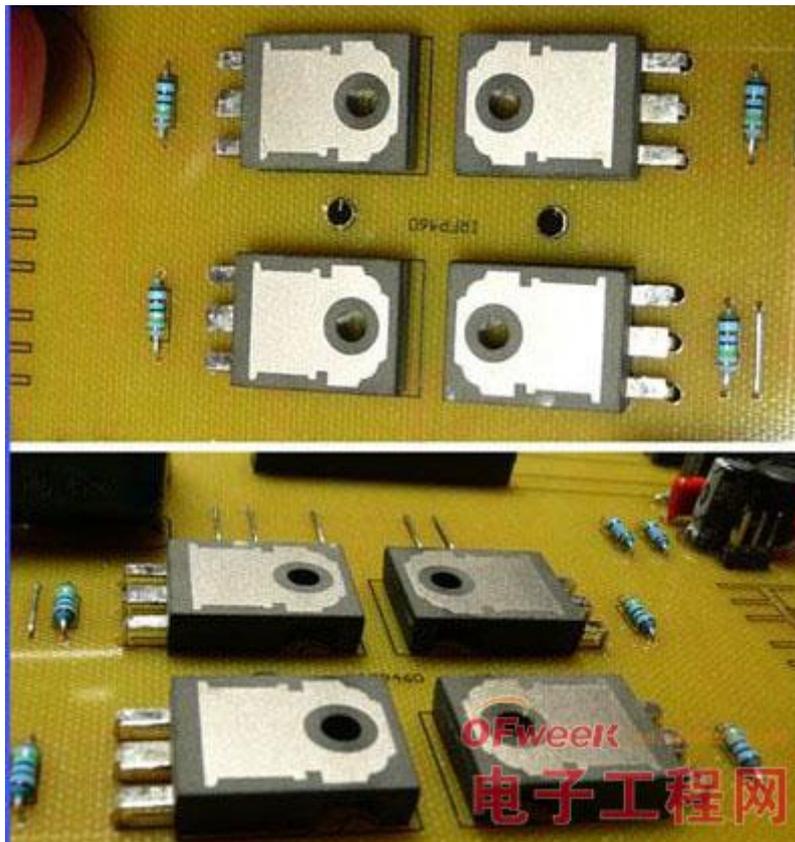
本机的安装调试并不复杂，但安装前必须做到二点:

1. 所有元器件必须是好的，器件的耐压和工作电流一定要够，尽可能用新器件，有条件的话装前对元器件作一番测试。
2. PCB 质量一定要好，装前最好仔细地检查一下，有没有铜箔毛刺引起的短路等。

下面我讲一讲各板子的安装过程要注意的事项：

1. 功率主板：

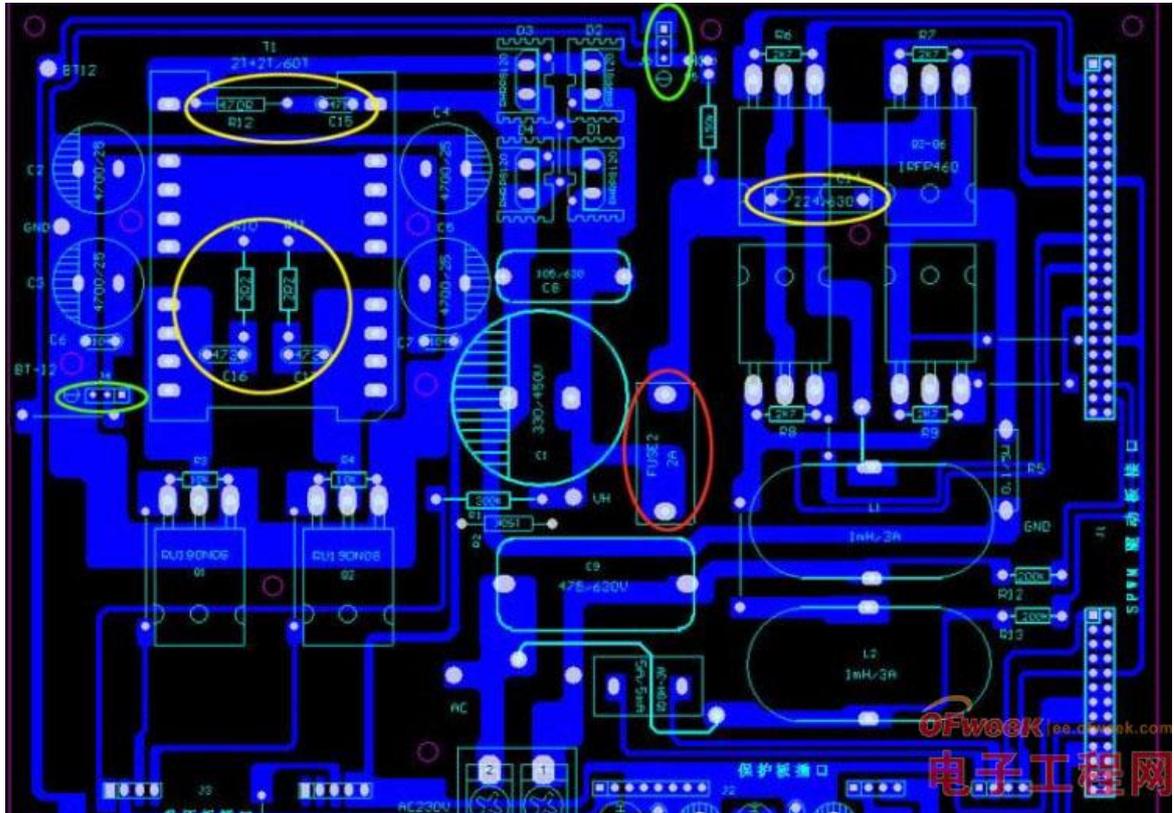
功率主板的安装，因为都是一些大器件，所以安装是比较方便的。



大功率管的安装：先把大功率管的脚弯成如下图所示的样子，然后把管子金属面朝上，将管脚插入焊接孔，在功率管的金属面上涂一点导热硅脂，再覆盖一

层矽胶片做绝缘。再把散热器盖上，从 PCB 下面升上来一个 M3 的螺丝，拧在散热器，并拧紧，这样，散热器就紧紧压在大功率管上了，再在反面把管脚焊好。这种装法，主要是更换功率管比较方便。

PCB 板上的有几个元件是要装在反面的，即铜箔面，见下图黄色的圈内的元件。（[点击查看大图](#)）



如左边的 R10 R11 R12, C15 C16 C17, 是 DC-DC 升压电路的吸收回路，因为本机前级用的是准开环，如果变压器漏感不大，这六个元件可以不装，我的样机就没有装。

右边黄色圈内的 C14, 是一个 CBB 电容, 224/630V, 是跨接在 H 桥的正极和负极之间的, 主要作用是滤除高压母线上的各种干扰及毛刺, 这个电容不能省, 我在装这台样机时, 开始就是因为想省了这个电容, 莫名其妙地烧了一个 H 桥的 MOS 管, 后来经钟工提醒装上这个电容, 就平安无事了。

快恢复二极管, 都装上一个散器, 散热器上有一个脚也插入 PCB, 反面焊好, 起到固定二极管的作用。这四个二极管的位置, 我在画 PCB 时就作了散热考虑, 把它放在 H 桥的风扇的出风口, 让风扇吹着, 所以一般不会太热。

前级因为电流很大, 所以 PCB 的反面有 6MM 宽的留锡层, 在装好全部元件后, 在 PCB 引出线孔中插入 4 根 6 平方的电线 (最好二红二绿, 便于区别正负), 再在反面留锡层上, 用 100W 左右的烙铁进行堆锡, 一般要堆到 1MM 厚才可以。

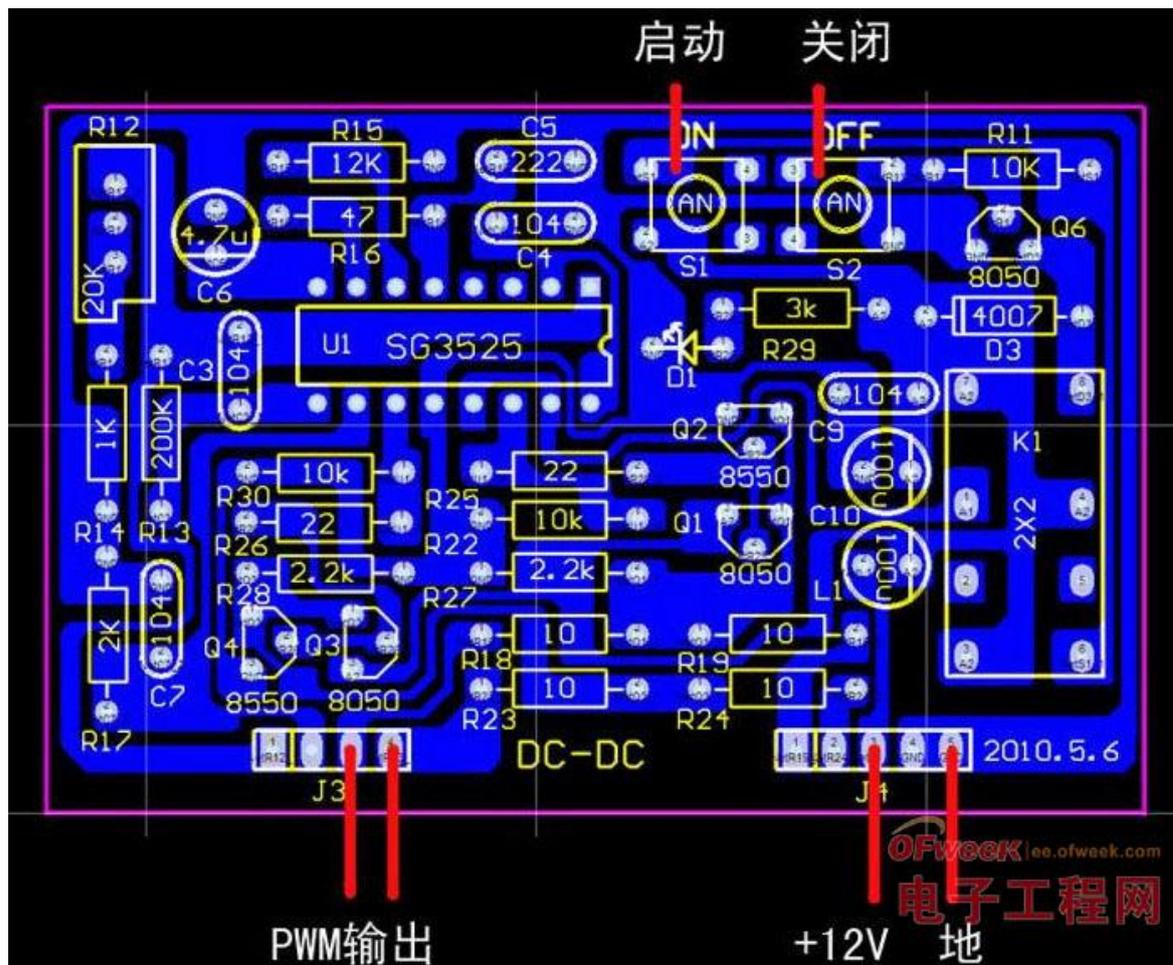
上图二个绿圈中是风扇插座，红圈中是一个 5X20 的保险丝座。

前级低压电解和后级高压电解，最好能买到高频低阻的。

功率主板，如果元件是好的，一般不用单独调试。

2. DC-DC 驱动板：

这块驱动板，没有什么难度，只要元件是好的，且没有装错东西的话，一般可以一次开机成功。（[点击查看大图](#)）

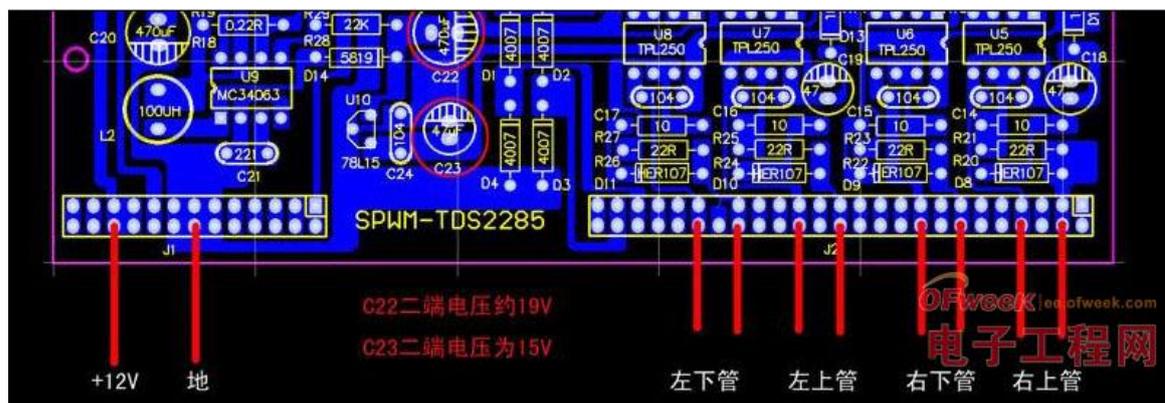


板子装完后，接入 12V 直流电，见上图，按一下 S1 开关，驱动板就开始工作了，测一下工作电流，一般应该在 40MA 左右，将示波器探头接到图中 PWM 输出处，应该看到二路互为相反的 PWM 波输出，频率在 28K 左右，幅度为 12V. 因为这块板子，当初我画的时候，是和我的 1000W 机通用的，所以，插针处有二对输出，但在 600W 机中只用了左边的一对。

3. SPWM 驱动板

SPWM 驱动板，因为元器件较多，所以，安装时一定要细心，元器件不能有问题，也不能装错。特别是板上的高速隔离光耦 TLP250, 买时一定要注意质量，现在淘宝上的价格很乱，我曾经买到很便宜的，全新的才 2.8 元一个，结果发现是打磨后重新印字的假货。一般我认为，全新东芝原装的，价格应该在 5-6 元的才是真的。

装好板子后，按下图接上 12V 电源，总电流应该在 120-130MA 左右。(点击可查看大图)



测 C22 二端应该在 19V 左右，C23 二端为 15V，说明升压电路部分基本正常。这时，就可以用示波器在 SPWM 输出端测到 SPWM 波形，见上图右边的引出脚。（注意：因为二个上管是自举供电的，所以在没有接 H 桥的情况下，只能测到二个下管的 SPWM 波形，二个上管的波形暂时测不到的，这是正常的）。

4. 整机调试：

为了安全起见，一般是前后级分开来调试，等把前后级都调好了，再联起来调试，就方便了。

A) 前级的调试：

先在电瓶的引线上接一个 15A 的保险丝，功率主板上的高压保险丝不要装，这样，前后级就分开了。插上前级 DC-DC 驱动板，把万用表直流电压 700V 档接在高压电解二端，开机（按一下 DC-DC 驱动板上的 ON 启动开关），前级就启动了，功率主板上的高压指示 LED 就亮了，这时，看直流高压为几 V。调试 DC-DC 驱动板上的 R12 多圈电位器，使高压输出在 370-380V 之间。此时，12V 的电流应该在 200MA 之内，说明前级正常。这里如果看 D 极波形，应该是杂乱的波形，因为是空载限压的状态下，这样的波形是对的。

这里，可以稍稍为前级加点负载，可以用二个 100W220V 的灯泡串联起来，接到高压解的二端，这时电瓶电流可达到 12A 左右，让它工作一段时间，看看前级功率管有没有温升，如果温升不明显，可以把电瓶保险丝换大点，继续加大负载，一般在功率管散热正常的情况下，前级可以加到 600W 左右。在加载的情况

下，再看 D 极波形，应该是正常的方波，稍有点尖峰是没有关系的，如果尖峰过大，说明变压器制作不过关，要重新绕制。

B) 后级调试:

调好前级后，再把前级的 DC-DC 驱动板拔下，在功率主板的高压保险丝座上，装上一个 1A 左右的保险丝，在高压电解二端接上一个 60V 左右的电压，作为母线电压，我是用一台双组的 30V 电源串起来当成 60V 用。插上 SPWM 驱动板，如果电路没有问题，这时，在 AC 输出端就可以测到正弦波了，电压大约在 40V 左右，可以接一个 36V60W 的灯泡做负载。

C) 联机

在前后级都正常的情况下，可以把前后级联起来，完成整机调试。

把前级的 DC-DC 驱动板重新插上，后级 AC 输出端的负载去掉，接上示波器（示波器最好用 1:100 的高压探头）和万用表（AC700V 档），把高压保险丝换成一个 0.5A 的。下面要做的事是：开机！即按一下 DC-DC 驱动板的启动开关，成败在此一举，如果后级元件耐压没有问题，此时，应该在示波器上看到正弦波了，波形应该很漂亮。这里，调整 SPWM 驱动板的多圈电位器 R7，就可以看到输出电压在变化，把它调在 225V 左右停下。

当然，如果元器件性能不好，或者安装不到位，这时不是冒烟，就是冒火了！

让机器空载工作一段时间，如果没有出现意外，可以把高压保险丝换成 2A 的，慢慢加大负载，一般是 100W, 200W, 400W, 一步一步地加，每加一点让机器老化一段时间，同时要密切注意前级功率管的温升，如果温度过高，要查出原因。

我在装这台样机时，曾遇到过 300W 以下一切正常，加到 300W 以上，H 桥管子就有一个烧掉，也曾请钟工张工帮我诊断和查找原因，后来是加强了高压直流和 SPWM 板电源的滤波就一切正常了。