

## IGBT 逆变焊机简介

陈浩

### 前言:

由于功率开关性能的不断优化,让逆变技术应用于焊机设计在这近二十年内得到了巨大的发展,并树立了在行业中的地位。过去几年来,由于对减小体积、提高功率等方面的要求,逆变焊接技术也正式从晶闸管逆变焊机进一步发展到了 IGBT 逆变焊机。国内焊机制造产厂家也大都已经转向生产 IGBT 逆变焊机,让 IGBT 逆变焊机越来越占有主导地位。

本文从 IGBT 逆变焊机的优越性,主要操作功能,内部主电路元件等方面入手,简要对 IGBT 逆变焊机进行介绍,让读者对使用 IGBT 逆变焊机有个初步的了解。

### 优越性:

焊接电源的发展主要经历了从以工频变压器做为转换电力的传统焊机到逆变焊机的过程。而在进入逆变焊机时代后,其发展主要经历了晶闸管逆变焊机、大功率晶体管逆变焊机、场效应晶体管逆变焊机(MOSFET)和绝缘栅双极型晶体管(IGBT)逆变焊机等。

逆变焊机与传统焊机相比,它主要的优点有:

1.高效、节能。从图一可以看出,逆变焊机在空载时可以通过高频变换器的控制端,将主电路等全部进入停止状态,空载时的功耗非常低。而在负载运行时,由于其频率、控制方式等原因,逆变焊机的效率也比普通焊机要高。

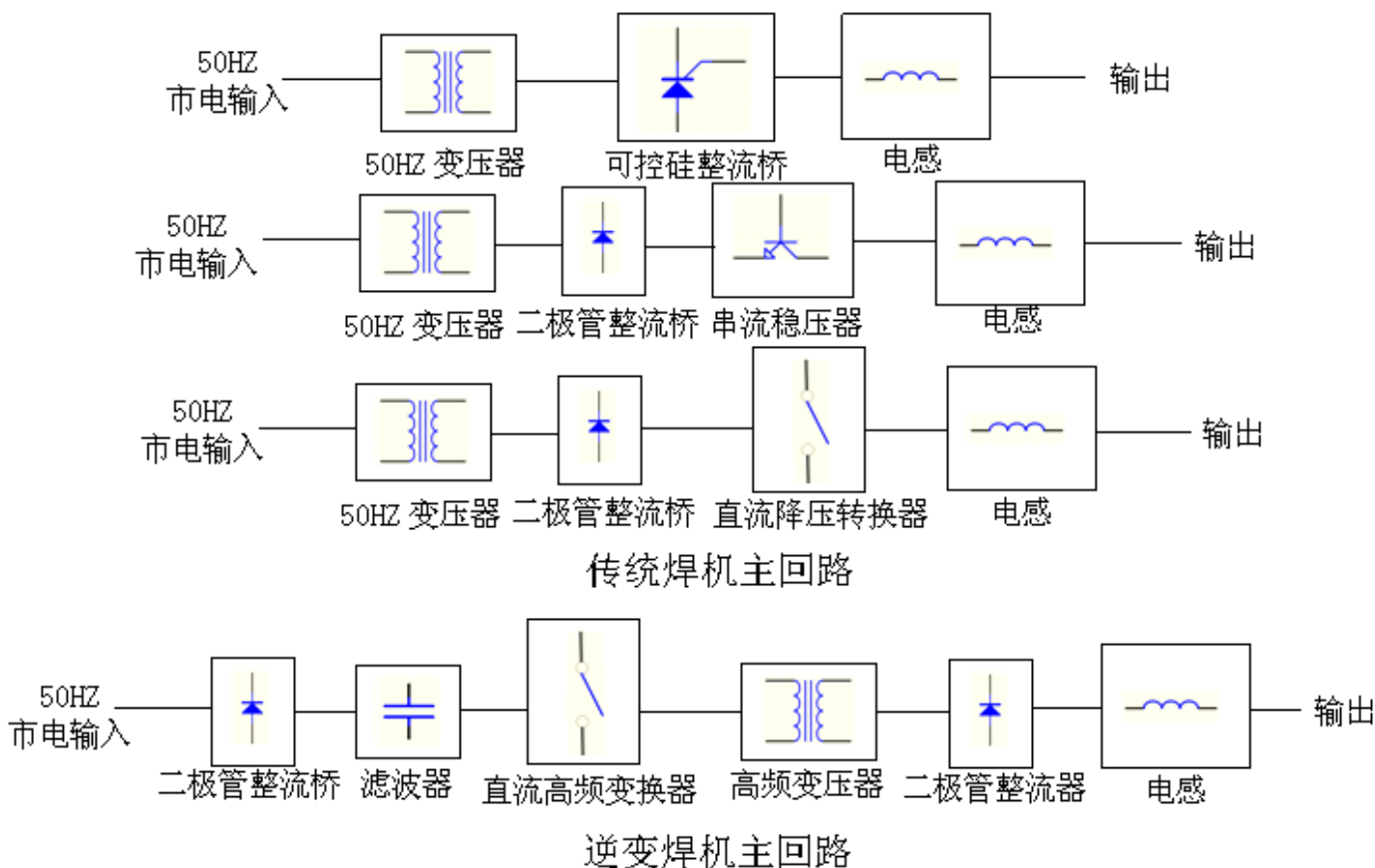
2.体积小,重量轻。由于逆变焊机切换频率的提高,例如 IGBT 做为功率开关的频率可达到 20kHz,比普通焊机提高了 400 倍,因此与传统焊机相比,变压器重量和体积可以明显减小。传统焊机中变压器重量占焊机重量的 80% 以上,逆变焊机中变压器重量是焊机重量的 1/5—1/10。逆变焊机重量是同等整流焊机的 1/2—1/4。



3. 焊接工艺性能优良。由于逆变频率的提高，使控制过程的动态响应明显改善。例如假设焊机的输出电压调整需要已一个周期为单位来逐步完成，那么传统焊机每一次开关周期的控制力响应需要 20mS，而 IGBT 逆变焊机却只需要 50uS。对于焊机的同一个指令，逆变焊机可分为多个阶段进行控制，所以相对引弧更加容易，电弧也相对更温和，飞溅比较小，焊缝成形更美观。

4. 产品性价比高。在价格方面，逆变焊机的价格都低于或相当于传统焊机。

从上述讨论来看，逆变焊机相对传统焊机具有其多方面的优越性，而 IGBT 焊机以其独有的特性：IGBT 具有场效应晶体管电压驱动的特点，工作频率可达 20 kHz 以上，还具有大功率晶体管输出电流大的特点，因而在 350A 以上中大功率的逆变焊机中广泛应用，从而让 IGBT 逆变焊机已成为中大功率逆变焊机的主流产品。

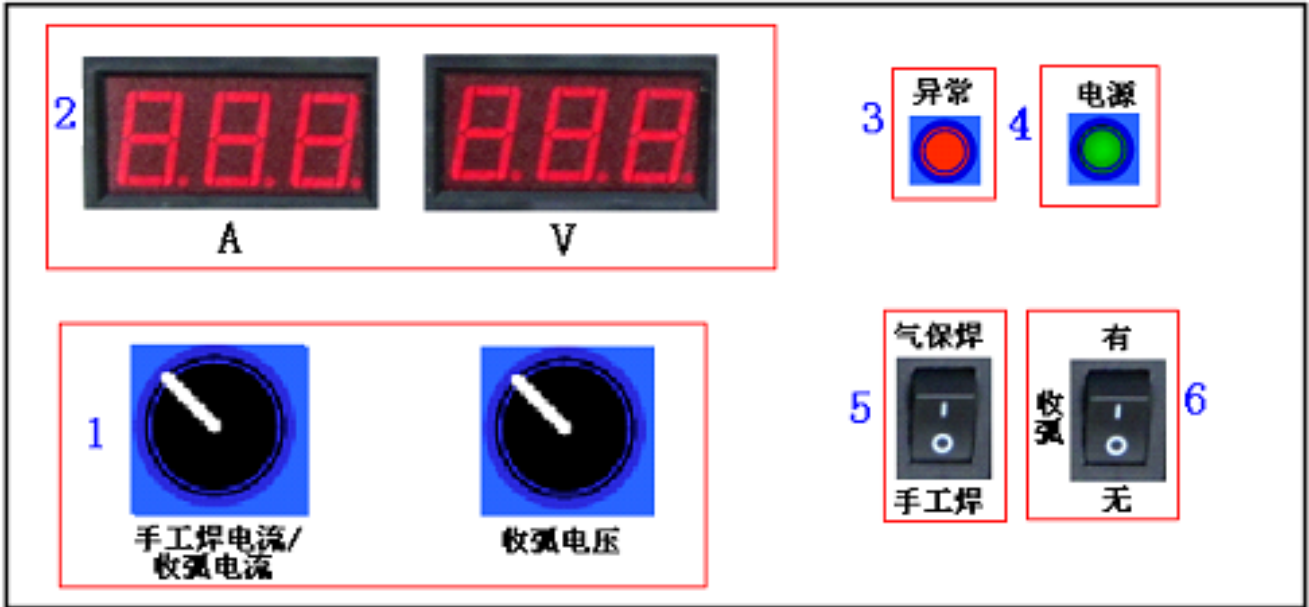


图一不同焊机的主电路控制示意图



## 操作功能介绍:

以下对逆变焊机上面板的操作做说明, 如下:



图二 IGBT 逆变焊机常见操作面示意图

图二中为 IGBT 逆变焊机的主要操作功能, 介绍如下:

1. 手工焊电流/收弧电流的旋钮和收弧电压的旋钮。手工焊电流/收弧电流的旋钮主要是控制二次侧输出电流; 收弧电压的旋钮主要是控制二次侧输出电压。在实际焊接工作时, 操作人员离主焊机较远, 离送丝机较近, 一般先把主焊机电流电压大致调至适当位置 (也就是收弧电流电压), 在焊接过程中直接调节送丝机的电流电压。
2. 电流电压数字显示。其只用二次侧输出电流电压的即时显示。
3. 显示异常指示灯。主要是焊机出现内部异常时的报警灯, 有些厂家对此功能细化, 有过温指示, 气体指示等。
4. 电源指示灯。此灯亮时表示焊机已通电。
5. 气保焊/手工焊切换开关。可用于气保焊和手工焊的切换。

将两种焊接方式的差异进一步介绍如下:

气保焊: 主要以二氧化碳气体保护焊为主, 所用的焊接材料主要为焊丝和  $\text{CO}_2$  气体。此时焊枪的作用是传送焊丝和向电弧区输送  $\text{CO}_2$  气体。其主要特点有如下所列:





优点：1) 生产效率高。电弧热量高,焊丝熔化速度快,母材金属熔化深度大,焊接速度快,焊后无需清渣, 总体效率大致可提高 2-3 倍。

2) 焊接成本低。 $\text{CO}_2$  气体保护焊的焊丝来源广,价格低,坡口截面比焊条减小 50%, 熔敷金属量减少 1/2, 焊前准备要求不高,焊后清理和校正耗费工时少, 成本节约 40%。

3) 抗锈能力强, 焊接处对铁锈、油污等杂物不敏感。

4) 焊接位置和厚度全面。可进行立焊、仰焊和全位置焊接, 各种位置和厚度都可以进行焊接,而且焊薄板时比电弧焊快变形量小。

5) 厚钢焊接更佳。特别适用于板厚 1.6mm 以上的低碳钢, 低合金钢。

缺点： $\text{CO}_2$  气体保护焊存在飞溅问题, 不适合化工企业现场焊接, 且须避风。

气体保护焊还有一个运用比较多的是氩弧焊, 氩弧焊和二氧化碳焊的区别在于保护气体的不同, 一个是惰性气体, 一个是活性气体, 氩弧焊通常采用钨极氩弧焊, 特点是热输入小, 无飞溅, 适合薄板和有色金属的焊接, 但二氧化碳气体保护焊价格低廉因而应用更为广泛。

手工电弧焊：因为电焊是利用电能转换为热能对金属进行加热焊接的方法, 电弧焊是熔化焊的一种, 它是利用电弧热, 将沿焊缝间隙运动的焊条前端和工件局部熔化而形成的焊缝连接。其主要特点有如下所列：

优点：1) 使用要求低。不需要保护气体, 不需防风, 灵活方便, 几乎可用于焊接各种位置、各种厚度和形状的焊件。

2) 焊条品种齐全。可供焊接不同钢材时选用合适的焊条。

3) 使用条件简单。特别适宜单件、小批生产和维修工作。

缺点：焊接效率低, 焊工的熟练程度和焊条的质量对焊接质量影响很大。

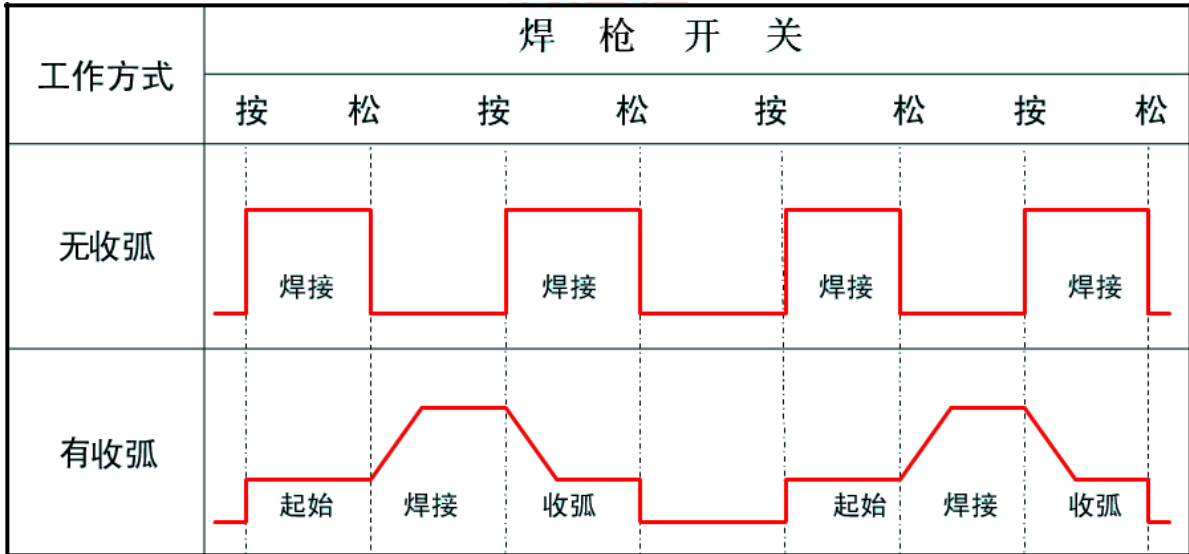
在实际操作中, 以凯尔达 E—500 焊机为例, 当处于气保焊时, 主要是受收弧电压旋钮的调节, 调节手工焊电流/收弧电流旋钮并不会对输出造成任何影响; 当处于手工焊时, 二次侧电压指示器关闭, 调节收弧电压旋钮并不会对输出造成任何影响, 主要是通过调节手工焊电流/收弧电流旋钮来调节输出。故不同的厂家会有不同的控制设计, 建议焊机使用时以厂家的使用手册为准。

## 6. 无收弧/有收弧的切换开关。

无收弧：适用于工件的点固。

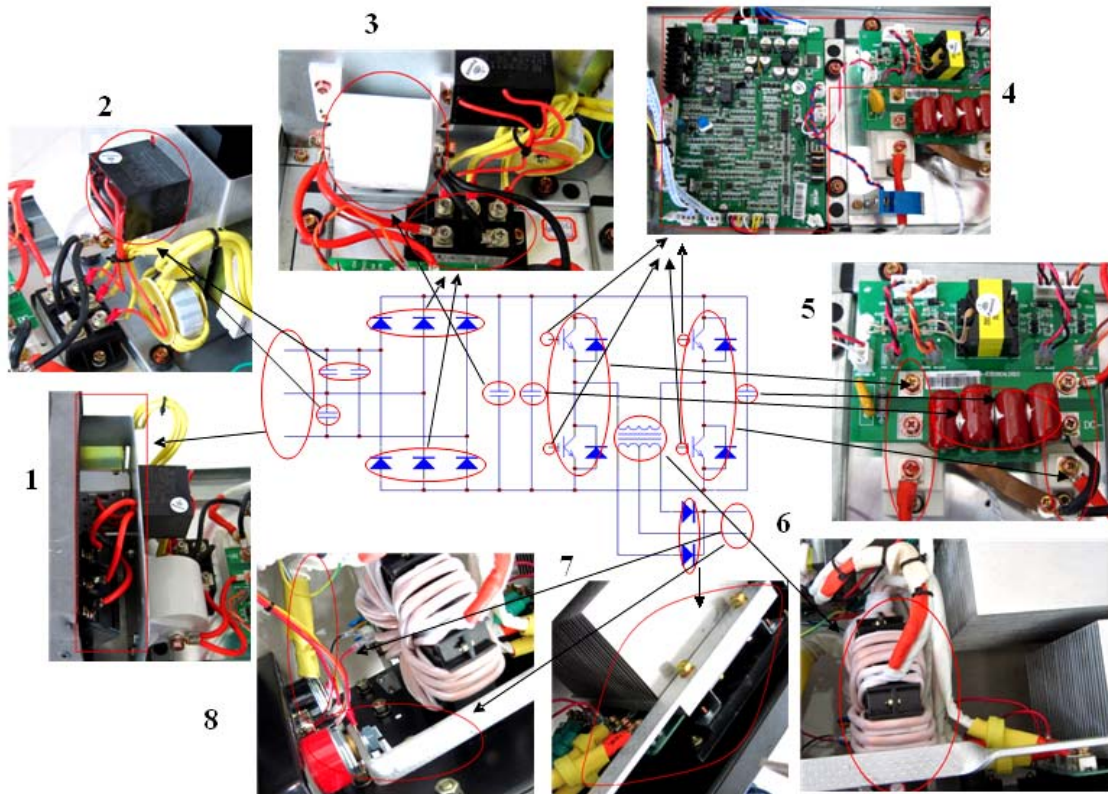


有收弧：用小电流防止引弧时烧穿工件，焊接结束时变为小电流以填满弧坑。



图三 无收弧和有收弧的情况说明图

内部结构介绍:



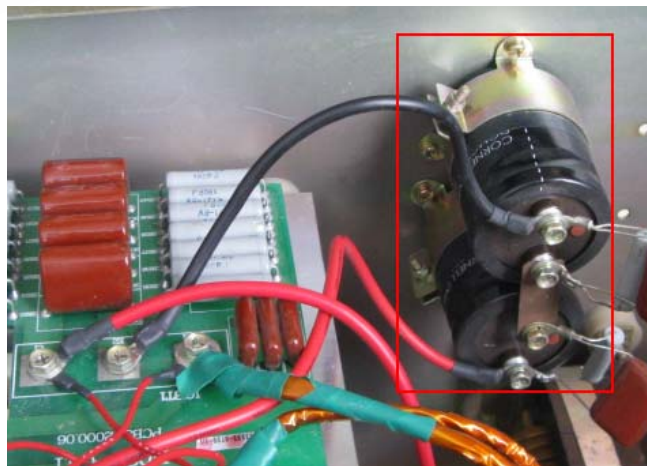
图四 电路实物图





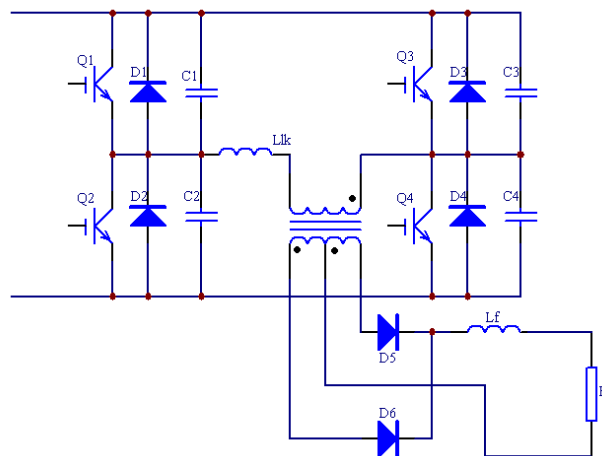
图四为 IGBT 逆变焊机主电路及对应实物，其每部分功能作用说明如下：

- 1) 三相电进线。主要是引入输入电源，一般进线后设计一个空气开关（即电源开关）来控制。
- 2) 三相滤波电容。使用范例： $1\mu\text{F} \pm 5\%$ ，500V AC。
- 3) 整流桥和直流母线电容。整流桥一般根据焊机的额定电流，半桥或全桥，软开关或硬开关等信息来选定。直流母线电容使用容量较大、电压高的直流电容（见图五）。例如： $40\mu\text{F} \pm 5\%$ ，800V DC， $20\mu\text{F} \pm 3\%$ ，1400V DC 等。



图五 直流母线吸收电容

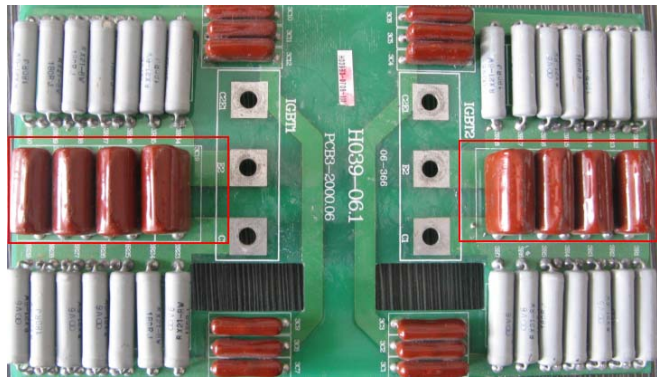
4) IGBT 逆变焊机的驱动控制方式。国内市场上全桥硬开关一般是对管同步，两组对管相位相差 180 度。如图六，Q1 和 Q4，Q2 和 Q3 同步，Q1Q4 与 Q2Q3 的驱动相位相差 180 度。软开关常见的是相移式，奥太和仿奥太技术的几种。半桥的一般是上下管驱动相位相差 180 度导通。



图六 电路



5) IGBT 模块和集电极—发射极电容。IGBT 逆变焊机一般都标有一系列数值，如凯尔达 E—500 焊机标有：输入为 50Hz 三相 AC380V 电源，输出特性为额定输出电流为 500A，额定输出电压为 38V，额定负载持续率 60%，额定输出电流为 387A，额定输出电压为 31V，额定负载持续率 100%。这些参数同时所决定了焊机所需求的模块，对于斯达模块的选定，请参照我司网站应用心得中《斯达 IGBT 模块在电焊机应用中的选型》一文。集电极—发射极吸收电容作用主要是吸收峰值电压，如：对于 630V225J 因为容值较低且漏感大，多采用并联方式。



图七 集电极—发射极电容

6) 变压器。变压器选择是主要考虑的方面过电流能力，损耗，匝数比，防饱和措施。

7) 二次侧整流二极管。过电流要求比较大，设计时还主要考虑其散热条件，一般选择都装有一点余量的散热器。

8) 二次侧输出内部引线，其引线要保证符合电焊机过电流的可靠性，损耗及余量等特性。

### 总结：

本文由 IGBT 逆变焊机的优越性介绍切入，通过从外在操作功能说明到焊机内部使用元器件的解析，多方面的介绍了 IGBT 逆变焊机，让读者对 IGBT 逆变焊机各个方面的情况有一个初步的了解。