

## 中频逆变电源与其它焊接电源的权威对比

### 单相交流焊机(工频焊接电源)

- 最常见的电阻焊机型式;
- 一般用可控硅移相控制。由于工作频率(50Hz)的限制,其焊接电流的最小调节周期需0.02s(即一个周波);
- 每个周波都有过零区,特别在小焊接规范时,过零时间可能高达预定焊接时间的50%以上。热量损失严重,这对于热导性良好的材料(如Al、Cu及其合金)和热强钢等的焊接是极为不利的。而在连续缝焊的情况下则会限制焊接速度的提高。
- 交流电流在通过焊接区时,由于趋表效应而出现发散现象,显然能量利用不充分。
- 电阻焊的对象大多是钢铁之类的铁磁材料,工件进入焊机的电极臂间就会引起次级回路电感量的变化,引起焊接电流的不稳定,从而导致焊接质量的波动;(广州蓝能电子科技,专业的中频逆变电源制造商 [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net))
- 强大的焊接电流使电极臂受到交变电磁力的干扰,从而导致电极压力的不稳定,影响焊接质量。

### 电容储能焊机

- 焊接时间很短,一般只有0.003~0.006s(通常放电时间不作控制)。焊点表面氧化和变形很少;
- 特别适用于厚度差别大的材料焊接;
- 输出和输入完全分隔,不受外部电源变化影响,保持恒定功率输出;
- 对大多数材料来说,储能焊机的焊接规范太硬了;
- 设备价格比较高;

电容器寿命相对较短。(广州蓝能电子科技,专业的中频逆变电源制造商 [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net))

### 三相次级整流焊机

- 输出电流为有少量波动的直流电,交变电磁力的影响很小;
- 三相输入,有利于电网的平衡。功率因数比较高;
- 一般用于大功率焊机;
- 一般用可控硅移相控制。由于工作频率(50Hz)的限制,其焊接电流的最小调节周期需0.02s(即一个周波);
- 体积较大,造价比较高。(广州蓝能电子科技,专业的中频逆变电源制造商 [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net))

### 中频直流逆变电源的调制过程

## 中频焊机（逆变式焊接电源）的优点

普通交流或次级整流焊机中焊接变压器的工作频率与工业电网的频率相同（故可将其称之为工频电阻焊机），而中频逆变电阻焊机的焊接变压器工作频率则高达 1000Hz，这就是两类焊机的根本区别。正是这种区别使得逆变电阻焊机具有许多独特的优点。（广州蓝能电子科技，专业的中频逆变电源制造商 [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net)）

### 一、焊接电流无过零效应

- 交流电阻焊机提供的焊接电流每个周期（20ms）有二次过零，在此期间焊接区不仅没有得到电流加热而且散热过程却没有停止，热量损失严重。
- 逆变电阻焊机输出的是纹波极小的直流电流，没有过零效应，因而在轻合金、耐热钢、精密件、高速缝焊及焊接质量要求高的场合具有不可替代的优势。

### 二、具有电流集束作用

- 交流电流在通过焊接区时，由于趋表效应而出现发散现象。与此相反，逆变式焊机输出纹波很小的直流电流通过焊接区时有向中心集中的“集束作用”。它能使焊接热量集中、焊点周围热影响区减小。这一特点对多层板和厚板的焊接尤其重要；
- 由于直流焊接电流的集束作用和没有过零效应使得在同样焊接条件下，采用逆变焊机时所用的焊接电流比交流焊接时可降低 25%~30%；（这是中频逆变焊机运行成本低的特点之一）
- 电极冷却要求有所降低，可以减少冷却水消耗；（这是中频逆变焊机运行成本低的特点之二）
- 直流焊接电流的集束作用极少产生焊接飞溅，提高电极使用寿命 1 倍以上，并节省了电极修磨时间，提高了生产效率。（这是中频逆变焊机运行成本低的特点之三）

### 三、焊接变压器重量轻、体积小

- 变压器计算的基本公式 ——  $U=4.44 f n S B$

其中：U — 变压器绕组电压

f — 变压器工作频率

n — 变压器绕组匝数

S — 变压器铁芯截面积

B — 变压器铁芯磁通密度

- 从公式可知，对容量一定的变压器，决定其体积和重量的主要因素  $n$ （绕组匝数）和  $S$ （铁芯截面）与工作频率是成反比关系。即可通过提高工作频率的途径减少绕组匝数和铁芯截面。在目前的设计和制造水平下，1000Hz 逆变式焊接变压器的重量仅是同等容量工频焊接变压器的  $1/5 \sim 1/3$ 。
- 焊接变压器体积和重量的大幅度减小可使焊机的结构紧凑、重量减轻、安装维修方便。

#### 四、电源三相负载平衡

- 交流电阻焊机只能单相供电，破坏了电网平衡，严重影响了其他用电设备的正常运行。因此，也使大容量交流电阻焊机的使用受到限制。
- 逆变式电阻焊机由电源三相供电，其运行不影响电网的三相平衡。

#### 五、功率因数高

- 焊机的功率因数是影响供电设备利用率的重要指标，若焊机的功率因数提高一倍则对供电容量的要求减少  $1/2$ 。
- 由于电阻焊机输出的是低电压、大电流。因此，焊机次级回路的电感作用明显，它使得交流电阻焊机的功率因数只能达到  $0.3 \sim 0.5$ 。而逆变式电阻焊机输出的是直流焊接电流，焊机的功率因数可以高达  $0.95$ 。因此，逆变式电阻焊机对供电容量的要求还不到同等容量交流焊机的  $1/2$ 。（这是中频逆变焊机运行成本低的特点之四）
- 电网电缆截面积可大幅度减小。（这是中频逆变焊机运行成本低的特点之五）

#### 六、不受铁磁材料的影响

- 电阻焊的对象大多是钢铁之类的铁磁材料，工件进入焊机的电极臂间就会引起次级回路电感量的变化，引起焊接电流的不稳定，从而导致焊接质量的波动。
- 对于逆变式焊机而言，其输出的直流焊接电流基本上不受次级回路感抗变化的影响，因此在焊接钢铁及其他磁性材料时焊接规范不会因工件位置的不同而改变，这一特点对于长臂焊机特别重要。（广州蓝能电子科技，专业的中频逆变电源制造商 [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net)）

#### 七、避免了交变电磁力对焊接压力的干扰

- 焊接压力的稳定是实现优质焊接的重要条件。交流电阻焊时，强大的焊接电流使电极臂受到交变电磁力的干扰，从而导致电极压力的不稳定，影响焊接质量。
- 逆变电阻焊机输出的是直流焊接电流且纹波很小，不会影响电极压力的稳定，因此，可以用更小的焊接压力完成工作。（这是中频逆变焊机运行成本低的特点之六）

#### 八、控制精度高、速度快、分析准

- 普通工频电阻焊机(包括交流和次级整流焊机)一般是用可控硅移相控制。由于工作频率(50Hz)的限制,其焊接电流的最小调节周期也需 20ms(即一个周波);
- 中频逆变电源的工作频率是 1000Hz,其焊接电流的最小调节周期只有 1ms(一个周波);
- 因此中频逆变电源可以更精确地控制电流输出,更快地达至设定电流,能更快地完成焊接,焊接过程也更为可靠;(广州蓝能电子科技,专业的中频逆变电源制造商 [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net))
- 基于整个中频逆变系统的先进性,可以更多、更准确地分析焊接参数。

逆变电源是一种采用开关方式的电能变换装置,它从交流或直流输入获得稳压稳频的交流输出。逆变电源技术是一门综合性的专业技术,它横跨电力、电子、微处理器及自动控制等多种学科领域,是目前电力电子产业和科研的研究热点之一。逆变电源广泛应用于航空、航海、电力、铁路交通、邮电通信、医疗、生产线、实验室等诸多领域。本课题研究的是 400Hz/115V 中频逆变电源<sup>[14]</sup>。

逆变电源的发展是和电力电子器件的发展联系在一起的,器件的发展带动着逆变电源的发展。逆变电源出现于电力电子技术飞速发展的 20 世纪 60 年代,到目前为止它已经历了三个发展阶段。

第一代逆变电源的特点是采用晶闸管(SCR)作为逆变器的开关器件,称为可控硅逆变电源。可控硅逆变电源的出现虽然可以取代旋转型交流机组,但由于 SCR 是一种没有自关断能力的器件,因此必须增加换流电路来强迫关断 SCR,SCR 的换流电路限制了逆变电源的进一步发展,主要表现在:

- 电路复杂。由于需要关断 SCR 的辅助电路,主电路要增加具有一定尺寸的电感和电容,辅助脉冲换流的茂莱型逆变器还要增加一定数目的晶闸管,整个装置的尺寸大。逆变器的控制电路也很复杂。并且存在换流失败等故障,降低了逆变器

的可靠性。主电路的拆卸安装也很麻烦，增加了发生故障以后的修复时间。

- 限制了性能的提高。由于 SCR 在强迫关断的损耗比较大，因此，SCR 的开关频率比较低，这使得逆变桥输出电压中的低次谐波的频率不高，为了得到的谐波含量的输出电压，滤波器的尺寸将比较大，影响了逆变电源的动态性能及对非线性负载的适应性。

- 由于 SCR 逆变器的控制电路复杂，逆变电源难于实现数字化。
- SCR 逆变电源的噪声大、体积大、效率低、发热严重。

第二代逆变电源的特点是采用自关断器件作为逆变器的开关器件。自 20 世纪 70 年代后期，各种自关断器件模块相继实用化，它们包括可关断晶闸管（GTO）、电力晶体管（GTR）、功率场效应晶体管（MOSFET）、绝缘栅双极性晶体管（IGBT）等。自关断器件在逆变器中的应用大大提高了逆变电源的性能，逆变器采用自关断器件的好处是：

- 简化了主电路。由于自关断器件不需要换流电路，因而主电路得以简化、成本降低、可靠性提高。

- 提高了性能。由于自关断器件的使用，使得开关频率得以提高，使得逆变桥输出电压中低次谐波的频率比较高，因而使输出滤波器的尺寸得以减小，使得逆变电源的动态特性及对非线性负载的适应性得以提高。在自关断器件中 IGBT 以其开关频率高、通态压降小、驱动功率小、模块的电压电流等级高等优点已成为中小功率逆变器的首选器件，IGBT 逆变电源已成为中小型逆变电源的主流。

第三代逆变电源的特点是采用了实时反馈控制技术，使逆变电源的性能得到提高。实时反馈技术是针对第二代逆变电源对非线性负载的适应性不强及动态性不好的缺点提出来的，它是近十年来发展起来的新型电源控制技术，目前仍在不断的完善和发展之中，实时反馈控制技术的采用使逆变电源的性能有了质的飞跃。

## （2）逆变电源的基本概念

图 1.1 所示为典型的交流输入、输出隔离型逆变电源主电路的基本构成。从图中可以看出，逆变电源中的能量转换过程是：输入的工频交流电经过整流电路成为直流电，直流电通过逆变电路变为交流信号 PWM 波，其基波频率是逆变电源的输出频率，该信号经输出变压器隔离，再经 LC 滤波器滤成正弦波。这一能量转换、传递的过程通常表示为 AC-DC-AC。直流输入、输出隔离型的逆变电源结构与图 1.1 基本相同，只是不再需要输入端的整流电路，能量转换传递的过程可表示为 DC-AC。

在逆变电源中，逆变器及其控制是逆变电源的核心<sup>[13]</sup>。

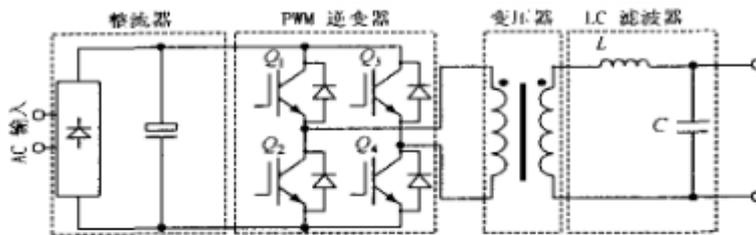


图 1.1 典型的逆变电源主电路

逆变电源是一种交流输出电源，按照输出电压的相数分类，逆变电源可以分为单相逆变电源和三相逆变电源。三相逆变电源按照输出有无中线又可分为三相四线制逆变电源和三相三线制逆变电源。按照逆变电源的额定输出功率来分，逆变电源又可分为小容量逆变电源（0.5kVA~10kVA）、中等容量逆变电源（10kVA~50kVA）及大容量逆变电源（50kVA 以上）。本课题所研究的逆变电源属于三相四线制中频逆变电源。

### （3）逆变电源的特点

逆变器之所以能得到广泛应用，是因为它能实现以下功能：其一，变频，逆变电源能将市电转换为用户所需频率的交流电；其二，变相，逆变电源能将单相交流电转换为三相交流电，也能将三相交流电转换为单相交流电；其三，逆变电源能将直流电转换为交流电；其四，逆变电源能将低质量的市电电压转换为高质量的稳压稳频的交流电压。另外它还具有许多特点：

- 灵活地调整输出电压或者电流的幅值和频率

通过控制回路，可以控制逆变电路的工作频率和输出时间比例，从而使输出电压或者电流的频率和幅值按照人们的意愿或者设备工作的要求来灵活的变化。

- 蓄电池中的直流电转换成交流电或者其他形式的直流电

这种转换的用途也很广泛，如不间断电源设备在电网停电时，将蓄电池中的直流电逆变成交流电，供计算机等设备使用，不间断工作，从而不会造成太大损失。再如程控交换机二次电源是一种 DC/DC 变换器，它把蓄电池中的（或者一次电源送来的）直流电变换成其他形式的交流电，它不会因为交流电网停电或者剧烈变换而影响设备正常运行。

- 明显地减小用电设备的体积和重量，节省材料

在很多用电设备中，变压器和电抗器在很大程度上决定了其体积和重量。如果采用开关管来进行变压变频，将大大减小设备的体积和重量，同时也节约了制作变压器的铜材和磁性材料。

- 高效节能

高效节能主要体现在电动机变频调速代替恒转矩、电动机制动时的有源逆变代替功耗电阻、提高功率因数、减小变压器体积的同时也减小了变压器的功耗。

- 动态响应快、控制性能好、电气性能指标好

由于逆变电路的工作频率高，调节周期短，使得电源设备的动态响应或者说动态性能很好。具体表现为：对电网波动的适应能力强（源效应好），负载效应好，启动冲击电流小，超调量小，恢复时间快，输出稳定，纹波小等。

- 保护快

由于逆变器工作频率高、控制速度快，对保护信号的反应也快，从而增加了系统的可靠性。