

## 使用与维修

## MOG180T 逆变电弧焊机的使用与维修

张保平

(西安北方电气有限公司, 陕西 西安 710068)

**摘要:**介绍了 MOG180T 逆变式电焊机工作原理,对电路进行了详细的解剖分析<sup>[1-3]</sup>。**关键词:**逆变焊机; MOSFET; 单端正激**中图分类号:** TG434.1**文献标识码:** B**文章编号:** 1001-2303(2001)04-0039-07

## Operation &amp; maintenance of inverter MOG180T

ZHANG Bao-Ping

(Xi'an North Electric Ltd., Xi'an 710068, China)

**Abstract:** The principle of inverter MOG180T is introduced in this paper, and the circuit analysed in detail.**Key words:** inverter; MOSFET; forward

## 1 性能简介

## 1.1 概述

MOG180T 逆变式电焊机是新型的便携式直流焊接设备。产品广泛用于石油、化工、车辆、船舶、压力容器制造及工程维修、建筑施工等行业中,焊接各类碳钢、结构钢及不锈钢。

焊接电源采用逆变技术设计,使用了新型的功率开关器件, PWM 控制方式。具有体积小、质量轻、高效节能等显著特点。因为采用高频信号控制,焊机动特性好、飞溅小、电弧稳定,对焊接过程可精确控制,焊接性能大大优于传统焊机。

本焊机可用于手工电弧焊(SHOCK)和钨极氩弧焊(TIG)。氩弧焊采用接触引弧(提弧控制)。

## 1.2 技术参数

输入电源:	~ 220 V 50 Hz
额定输入容量:	5.5 kVA
额定空载电压:	68 V
额定焊接电流:	170 A
焊接电流调节范围:	10~180 A
焊接负载持续率:	35%
效率:	80%

功率因数:	0.9
绝缘等级:	F
防护等级:	IP21
质量:	15 kg

## 2 MOG180T 电源的组成及工作原理

如图 1 所示。整个电源电路由控制电路、供电电路、逆变主电路、保护电路及辅助电路构成。

50 Hz 单相交流电网电压首先进入软启动电路,该电路控制输入电压从零逐渐升高,最终至网压值。避免在电路和上形成大的浪涌冲击,保证功率元件和控制电路的安全。

单相交流电网电压经过高压整流器整流、电容器滤波,得到 310 V 左右的高纹波直流电压,该直流电压直接施加到由功率场效应管组和高频变压器组成的逆变主电路上。功率场效应管在控制回路提供的脉冲开关信号驱动下交替通断,将直流电压逆变为 45 kHz 高频交变电压。高频变压器将数百伏的高电压降为焊接所需的数十伏电压,然后由二次侧开关整流二极管进行整流得到断续的脉冲直流电,最后由输出电抗器将其平滑滤波成连续的直流电压。因为变压器通过的是 45 kHz 的高频交流电,与传统

收稿日期:2001-01-31

作者简介:张保平(1957-),男,陕西西安人,高级工程师,主要从事电焊机设备的开发研制与制造工作。

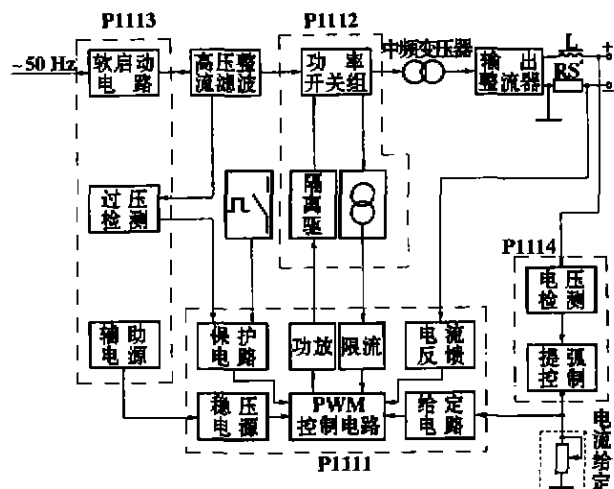


图1 电源电路结构框图

焊机相比,在相同的输出容量下,逆变焊机变压器的体积和质量都减少数十倍。

控制电路的核心为PWM控制器。给定电位器,根据需要设定给定电平,通过给定电路送入PWM。电流反馈信号经反馈放大器放大后同样送入PWM电路,2个信号在PWM控制器内部进行比较,根据比较信号的大小输出1个相应脉冲宽度的驱动信号。该信号经功率放大电路放大,然后输出到驱动变压器上。经驱动变压器隔离的驱动信号,直接加在功率场效应管(MOSFET)的栅极,控制功率开关管的通断。给定电路的给定电压低,则输出的脉冲度窄,开关管导通的时间短,输出的平均电流则小,反之,给定的电压高,输出脉冲宽度宽,则输出平均电流大。

因为是电流型PWM,从主电路上,还取有MOSFET的电流信号。如果负载电流超过设定值或发生短路或电路不平衡引起MOSFET上的电流超出规定值,则过流信号送入PWM电路,经过处理,使输出脉冲宽度变窄,MOS管上的电流降低,使输出电压下降,保证焊接电流限定在一定范围内。

系统具有过电压及过热保护功能。当过压检测单元检测到过压信号,或功率散热器的温度超过设定值,使温度继电器动作,送出超温信号时,经保护电路处理送入PWM内,关断输出信号,保护功率器件不被电压击穿或热击穿。

本焊机设计有提弧控制电路。在做钨极氩弧焊时,为防止起弧时钨极粘连和烧损,在接触起瞬间,提弧控制电路控制输出电流为最小值,然后逐渐增大到设定值,避免了短时大电流冲击,达到提弧起弧

的目的。

### 3 整机电路解析

MOG180T电源的整机电路图如图2所示,以下按各单元电路逐一说明。

#### 3.1 控制电路P1111电路板

MOG180T电源的控制电路主要集中在P1111电路板上。该电路板上包括PWM控制电路、给定电路、电流反馈电路、功率驱动电路、限流电路、保护电路、稳压电源电路等部分。

PWM的控制电路采用电流型单片集成电路,脉宽调制控制器UC3846。其内部结构和电路引脚说明见图3、图4。它主要由基准电源、振荡电路、比较器、触发电路、驱动输出和欠压限流保护电路构成。

UC3846为电流型PWM控制器。可为推挽、桥式、单端逆变主电路、串联型开关弧焊电源和稳压电源提供脉宽调制式的控制,电路具有以下特点:

- (1)自动前馈补偿;
- (2)可调限流控制;
- (3)推挽电路,自动对称调整;
- (4)模式电源系统并联工作;
- (5)双脉冲抑制;
- (6)200 mA 图腾式输出;
- (7)软起动功能;
- (8)欠压限流保护。

PWM控制器振荡电路的频率由集成电路的⑧⑨脚外接的振荡电容 $C_{102}$ 和振荡电阻 $R_{102}$ 的值决定,计算方法为:

$$f_T = \frac{2.2}{R_T C_T}$$

本控制器选定振荡频率为45 kHz。

本电路由电流调节电位器,RP<sub>001</sub>和 $R_{116}$ 、 $R_{108}$ 上下拉电阻构成电流给定电路,改变RP<sub>001</sub>可改变给定电位值。该电位值直接输入到 $N_{102}$ ⑤脚。

从分流器RS<sub>001</sub>取得的电流反馈信号通过双绞线送入电路板,经运算放大器 $N_{103}$ 放大送入 $N_{102}$ ⑥脚;微调电位器RP<sub>102</sub>、RP<sub>103</sub>分别用于调整反馈电流的初值和增益值,即用于调整焊机输出的电流的最小值和输出范围。电容器 $C_{116}$ 、 $C_{115}$ 、 $C_{113}$ 用于滤除反馈信号中的毛刺及高频成份。 $R_{117}$ 、 $C_{112}$ 用于反馈信号频率补偿,选择合适的值,可使系统获得稳定的快速动态响应。

给定信号和反馈信号在 $N_{102}$ 内部经误差放大器

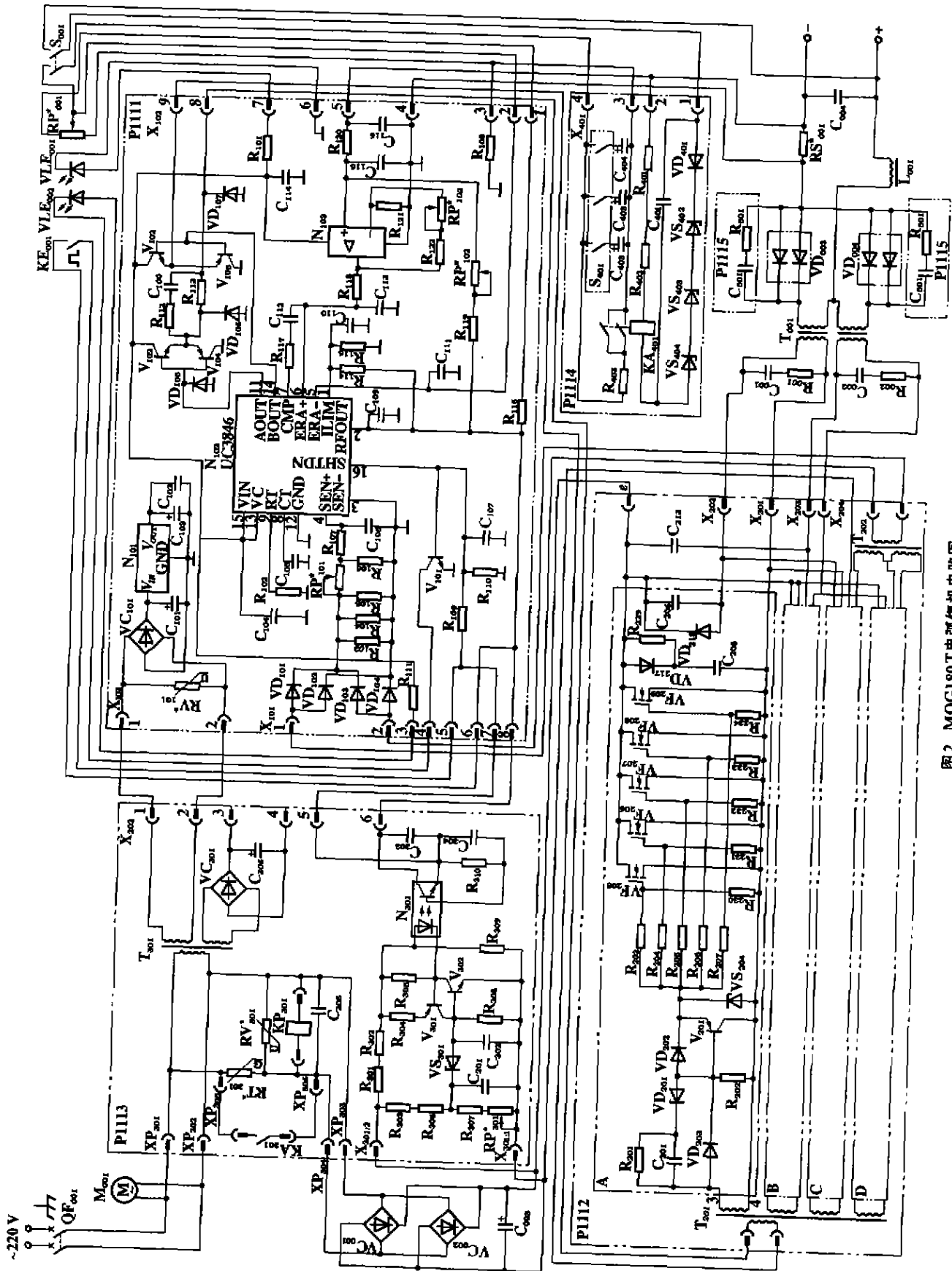


图2 MOC180T电焊机电路图

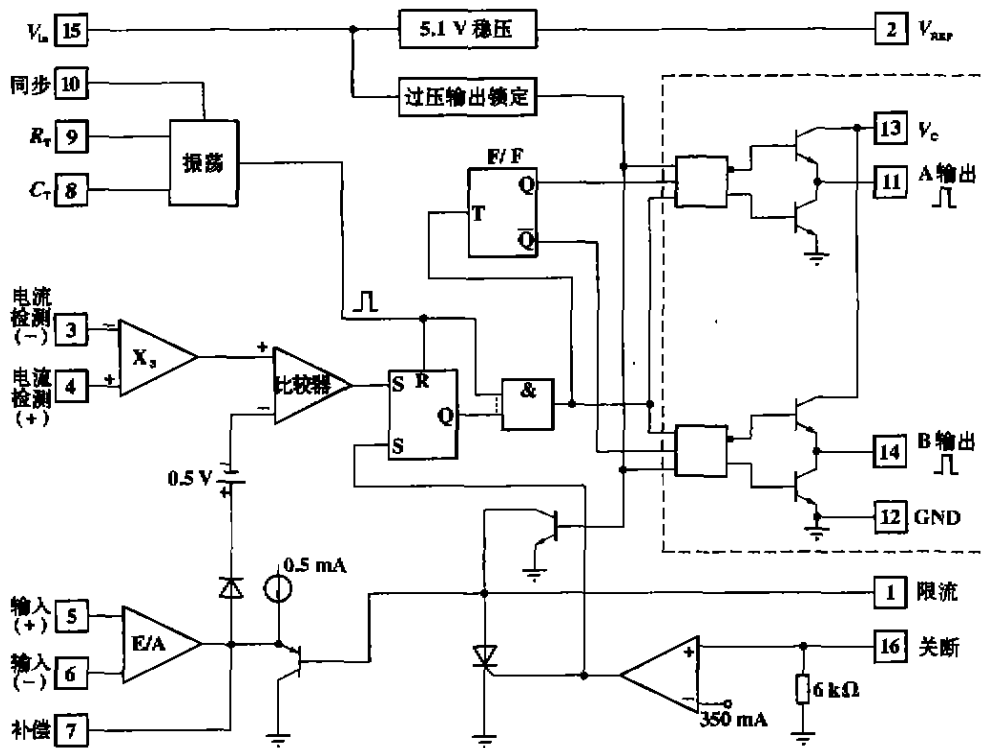


图3 UC3846 内部结构图

放大,与内部产生的锯齿波信号比较,产生一个相应的脉冲信号。脉冲信号的宽度与给定电压成正比。经分相电路和功率放大,从  $N_{102}$  ⑪脚和⑫脚分别输出同极性相位相差  $180^\circ$  的 2 个脉冲信号,  $V_{102} \sim V_{105}$  组成功率放大器,将脉冲信号放大,然后输出,直接驱动输出变压器。

通过电流互感器  $T_{202}$  检测的 MOSFET 的电流信号,经二极管  $VD_{101} \sim VD_{104}$  衰减,并经过  $R_{103} \sim R_{105}$  衰减,经  $RP_{101}^*$  送入  $N_{102}$  ③、④脚作限流保护。因某种原因, MOSFET 上的电流超出约定值时,过流信号通过  $T_{202}$  及限流电路送入 PWM,限制给定信号增大,封锁输出脉冲的宽度,保护 MOSFET,电流维持在安全范围,  $PR_{101}^*$  用于调整限流基准。

$R_{109} \sim R_{111}$ 、 $C_{107}$ 、 $V_{101}$  构成过电压及超温信号的执行及显示电路。

控制板具有过电压及散热器过热保护功能。正常情况下温度继电器  $KE_{001}$  开路,过压信号无输出,亦相当于开路。  $XJ_{106}$  点电位为零,  $N_{102}$  的⑬脚为低,保护电路不动作。当系统工作时,如果出现过压或散热器过热等异常情况,检测电路输出过压信号或温度继电器动作,  $N_{102}$  ②脚的基准电压通过检测电路或温度继电器形成的回路送到  $N_{102}$  ⑬脚。⑬脚为

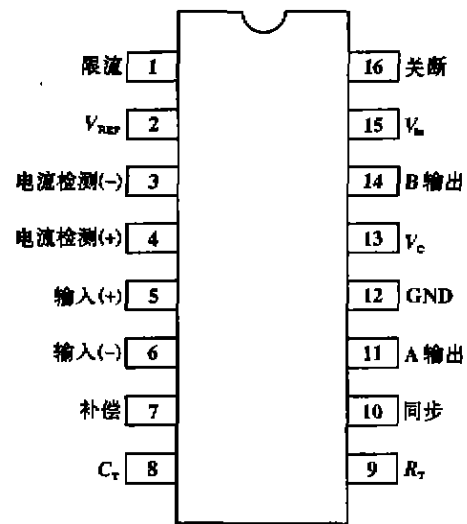


图4 UC3846 引脚说明图

高电平,  $N_{102}$  保护电路动作。封锁输出脉冲,使系统停止工作,防止元器件出现过压或过热损坏,达到保护目的。与此同时触发  $V_{101}$  导通,  $VLE_{002}$  亮,送出报警显示,当过压或超温信号消失,则封锁信号随之消失,系统退出保护状态,自动恢复工作。

### 3.2 逆变主电路 P1112 电路板

本电源逆变主电路采用功率 MOSFET 管作开关元件,双重正激单端电路,主电路基本形成如图 5 所

示。由图 5 可见,它是由 2 个独立的单端正激电路组成,但 2 个电路共同 1 个变压器,具有 2 个独立一次侧绕组;每组 MOSFET 由 5 个独立的单管并联在一起使用,全部电路共用了 20 个 MOS 管。

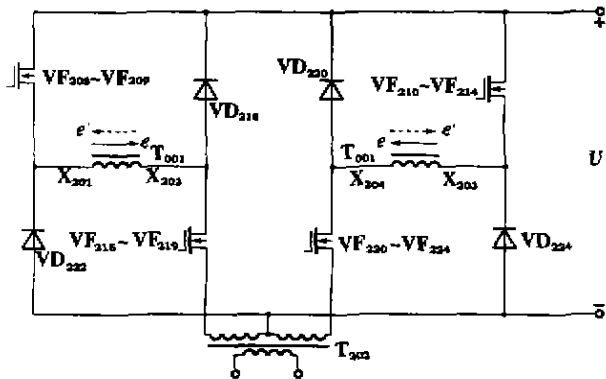


图 5 主电路基本形式图

VF205 ~ VF209 和 VF215 ~ VF219; VF210 ~ VF214 和 VF220 ~ VF224 由 PWM 脉冲激励同时通断,当脉冲加到 VF205 ~ VF209 和 VF215 ~ VF219 栅极上时,2 组管子同时导通,电流从 X<sub>201</sub> 流向 X<sub>202</sub>,变压器绕组上产生感应电势 e,方向如图 5 所示,脉冲信号结束后,变压器线圈储备的能量产生感应电势 e',方向与 e 相反,该能量通过快速恢复二极管 VD<sub>218</sub>、VD<sub>222</sub> 泄放;同样下一个脉冲信号加到 VF<sub>210</sub> ~ VF<sub>214</sub>、VF<sub>220</sub> ~ VF<sub>224</sub> 时,T<sub>001</sub> 绕组电流从 X<sub>203</sub> 流向 X<sub>204</sub>,感应电势方向与前述相反,通过变压器降压,二次侧绕组获得交变的低压高频电压。MOSFET 上的波形如图 6 所示。

驱动电路中(以电路 A 为例,下同),R<sub>203</sub> ~ R<sub>207</sub> 为栅极前置电阻。该电阻的选择既要保证 MOSFET 开启时有足够大的驱动电流,又要防止阻值太小,系统发生振荡。本电路取 10 Ω。这保证 MOSFET 的对称性,该电阻值的精度一定要高。VS<sub>204</sub> 为稳压管,保护 MOSFET 栅源电压不超过规定值。一旦驱动信号有异常尖峰信号出现,即被 VD<sub>204</sub> 钳位掉。V<sub>201</sub> 在 MOSFET 关断时,用于泄放 MOSFET 输入电容的电感,当驱动脉冲消失时,驱动线圈上感应相反信号,4 为正,3 为负,通过 R<sub>202</sub>、VD<sub>201</sub>、C<sub>201</sub> 形成回路,V<sub>201</sub> 基极为负电位,V<sub>201</sub> 开通,MOSFET 上输入电容电感,通过 R<sub>203</sub> ~ R<sub>207</sub>、V<sub>201</sub> 放电,加速 MOSFET 的关断。

T<sub>202</sub> 为过流保护用电流互感器,流过电流互感器的电流与流过 MOSFET 组的电流相同。当 MOSFET 因为某种原因产生过流时,电流互感器上感应相应的过流信号,该信号送入控制电路限制输出脉冲的

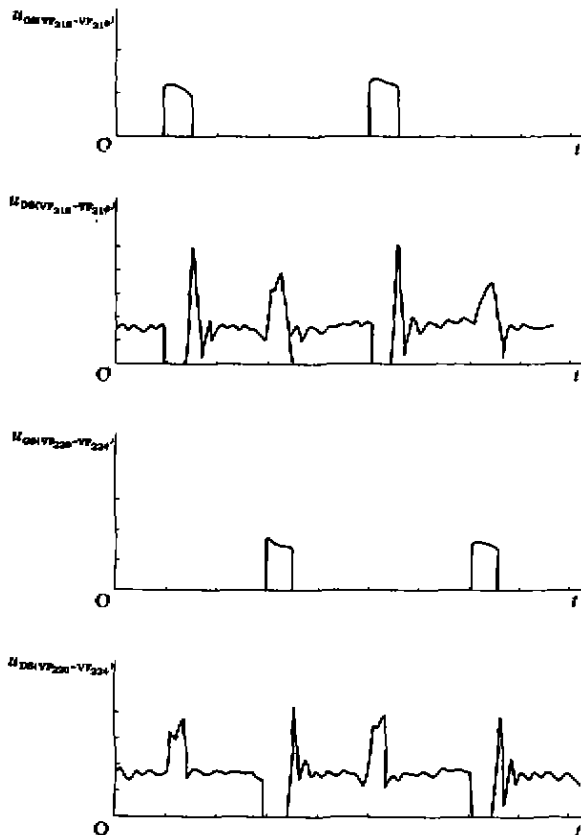


图 6 MOSFET 上波形图

宽度,从而起到限流作用。

### 3.3 电源辅助功能电路 P1113 电路板

P1113 是系统的辅助功能电路板。电路板上含软启动电路、过电压检测电路、辅助变压器等部分。

#### 3.3.1 软启动电路

电路主要由 PTC 电阻 RT<sub>301</sub>\* 和功率继电器 KP<sub>301</sub> 组成。PTC 电阻为正温度系数热敏电阻,即电阻值随电阻本身温度的增加变大,温度超过一定值时,电阻值趋于无穷大,即相当于开路。

当电源接通时,因为滤波电容上的电压为零,则输入电压全部加到 PTC 电阻上,通过 PTC 电阻的电流为:

$$i_{\max} = \frac{U}{R_T}$$

式中 U = 220 V; R<sub>T</sub> = 20 Ω

则 i<sub>max</sub> = 11 A

此值为通过 PTC 电阻的最大电流值。随着电流通过,PTC 电阻阻值急剧增大,通过 PTC 电阻的电流愈来愈小,通过 PTC 电阻的限流,滤波电容等于在一个最大充电电流为 11 A 的电源驱动下逐渐充电,电容器上的电压从零逐渐增加(非线性);当电容器上的电压等于继电器的吸合电压(160 ~ 180 V)

时,继电器吸合,继电器触点将热敏电阻短路,软启动过程结束。正常情况下,从电源接通到继电器吸合约 400 ~ 600 ms。

RT<sub>301</sub>\*不可用普通电阻代用。在工作状态,如果继电器因电压波动触点瞬时断开,则工作电流全部经过 RT<sub>301</sub>\*流过,PTC 电阻因其电阻值随温度变化的特点,当所加功率超过额定值时,电阻发热,阻值自动增大,限流,保护 PTC 电阻不被烧毁。如果 RT<sub>301</sub>\*换成普通电阻,电阻本身无自我保护能力,当流过电阻上的电流较大,消耗功率超过其额定值时,电阻就会烧毁。

压敏电阻 RV<sub>301</sub>\*用于吸收电网侧的浪涌电压,压敏电阻的选用主要考虑标称电压(U<sub>1MA</sub>)和通流量。压敏电阻标称电压的选定通常按下式:

$$U_{1MA} \geq (2 \sim 2.5) U_{AC}$$

式中 U<sub>1MA</sub>为压敏电阻标称电压;U<sub>AC</sub>为工作电压有效值。

本电路取 U<sub>1MA</sub> = 470 V

### 3.3.2 过电压检测电路

图 7 为过电压检测电路简图。

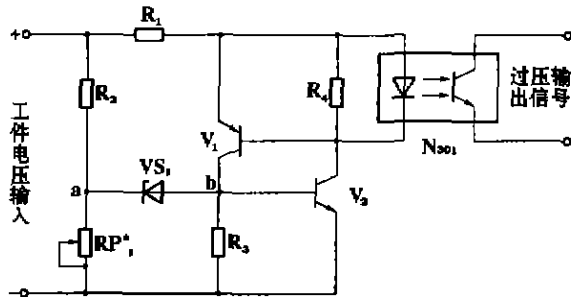


图 7 过电压检测电路简图

~ 220 V 工频电压经过整流,滤波后一路送到逆变主电路做供电电压;另一路直接送到过电压保护电路。工作电压正常时, U<sub>a</sub> - U<sub>b</sub> 低于 VS<sub>1</sub> 的稳压值, VS<sub>1</sub> 不导通。当工作电压超过规定值时, U<sub>a</sub> - U<sub>b</sub> 大

于 VS<sub>1</sub> 的稳压值, VS<sub>1</sub> 导通, V<sub>1</sub> 和 V<sub>2</sub> 接成晶闸管方式, V<sub>1</sub> 和 V<sub>2</sub> 导通, 光耦器 N<sub>301</sub> 导通, 送出过压信号。RP<sub>1</sub>\* 与 RP<sub>2</sub>\* 构成分压电路, 调整 RP<sub>1</sub>\* 可设定不同的过压保护点。本系统设定过压报警值为 220 V + 220 × 12 % V ≈ 246 V。

### 3.4 提弧控制电路 P1114 电路板

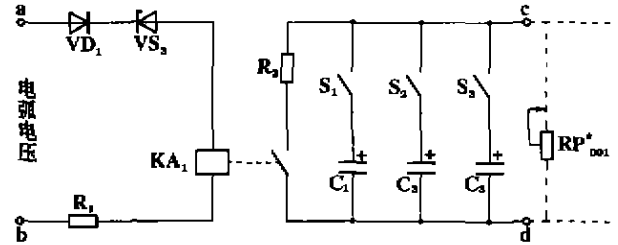


图 8 提弧控制电路

本电源钨极氩弧焊采用不接触引弧。为防止起弧时钨极粘连和烧损, 设计有提弧控制电路。如图 8 所示。a、b 两端分别和焊机输出电压的正、负相连, 未焊接时, 两端为空载电压, 约 68 V, 该电压击穿稳压管 VS<sub>2</sub>, 使 KA<sub>1</sub> 加电吸合, 常开触点闭合, 由于电阻 R<sub>2</sub> 较小将 c、d 两点视为短路, 如果 S<sub>1</sub> ~ S<sub>3</sub> 闭合, 则 C<sub>1</sub> ~ C<sub>3</sub> 两端的电压为零, 而 c、d 端与给定电位器 RP<sub>001</sub>\* 相联, 则给定电压为零。焊接时, 焊炬与工件接触, 电弧电压为零, a、b 两端无电压, 继电器 KA<sub>1</sub> 失电。c、d 两端为给定电压, 但因为 C<sub>1</sub> ~ C<sub>3</sub> 两端电压不能突变, 因而 c、d 端电压从零逐渐升高, 则输出电流也从最小值逐渐增大, 避免了短时的大电流冲击, 达到提弧起弧的目的。焊接结束, 焊炬抬起, a、b 两端电压为空载电压, KA<sub>1</sub> 吸合, C<sub>1</sub> ~ C<sub>3</sub> 通过触点触点放电, c、d 端电压为零, 为下一次起弧提供准备。根据具体需要闭合 S<sub>1</sub> ~ S<sub>3</sub>, 可选择并联电容的多少, 调整延时时间的长短。

### 4 常见故障及原因分析

常见故障及原因分析如下表所示。

表 常见故障及原因分析

故障现象	原因分析及检查方法
打开电源开关后, 电源指示灯不亮	1 检查供电电源是否正常。 2 检查自动开关 QF <sub>001</sub> 是否正常, 开关推上后用电压表测量 QF <sub>001</sub> 出端有无电压。如果出端无电压, 则判定 QF <sub>001</sub> 损坏。 3 检查 P1111 电路板上 ~ 17 V 输入电压是否正常, + 15 V 电压是否正常。
开机后, 焊机无空载电压输出	1 检查 P1111 电路 + 15 V 电压是否正常。 2 检查电流调节电位器 RP <sub>001</sub> * 是否关死或损坏。 3 测量 P1111 电路板 N <sub>102</sub> ⑤、⑥脚电位, 正常时 ⑤脚电位应大于 ⑥脚电位。如果相反, 则检查 N <sub>102</sub> 是否损坏。微调电位器 RP <sub>102</sub> *、RP <sub>103</sub> * 原设定值是否漂移, 如果原值漂移, 重新调整 RP <sub>102</sub> *、RP <sub>103</sub> *。 4 检查 N <sub>102</sub> ⑧脚有无封锁电压(高电平)。 5 检查输入整流桥 VC <sub>01</sub> , VC <sub>02</sub> 是否开路或短路。

续表

故障现象	原因分析及检查方法
空载电压不正常	1 检查 P1111 电路板微调电位器 $RP_{102}^*$ 、 $RP_{103}^*$ 设定值是否漂移。 2 检查输入整流二极管 $VD_{003}$ 、 $VD_{004}$ 是否开路或短路。 3 检查滤波电路板 P1115 是否开路。
焊接电流调不上去	1 检查 P1111 电路板, 微调电位器 $PR_{101}^*$ 、 $RP_{102}^*$ 、 $RP_{103}^*$ 设置值是否漂移。 2 检查电流调节电位器 $RP_{001}^*$ 是否损坏。 3 检查供电电网电压是否太低或焊把线过长。
焊接电流失控	1 检查电流调节电位器 $RP_{001}^*$ 是否损坏或断线。 2 检查电流反馈是否开路。
焊接时, 面板报警灯亮, 焊机无输出	1 电网电压太高。 2 工作负载持续率高于额定值或散热不好。 3 过压检测电路故障或温度继电器失效。
电源开关 $QF_{001}$ 不能合闸	1 输入整流桥 $VC_{001}$ 、 $VC_{002}$ 短路。 2 电容器 $C_{003}$ 损坏。 3 功率板 P1112 损坏。 4 风机 $M_{001}$ 短路。

## 参考文献

- [1] 郑宜庭等. 弧焊电源[M]. 北京:机械工业出版社, 1996.  
[2] 黄石生. 逆变理论与弧焊逆变器[M]. 北京:机械工业

出版社, 1995.

- [3] 美国焊接学会. 焊接手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1996.

(上接第 31 页)

## 3.3 焊缝中气孔的分布特点及分类

通过对焊缝进行的 X 射线探伤和金相试验, 焊缝中的气孔形态大致可分为 3 类<sup>[4,5]</sup>: 第一类是分布较为集中的小气孔群, 多分布于焊缝与母材之间的熔合区处, LF21 铝锰合金采用 TIG 焊时出现有此类气孔; 第二类为单独分布的大气孔, 分布在焊缝内部, 采用 MIG 焊时出现有此类气孔; 第三类为链状分布的小气孔群, 同时出现于熔合区及焊缝内部, 但极少见。另外, LF6 材料焊缝中气孔的数量明显少于 LF21 材料。

## 3.4 试验结果分析

根据所测得的焊接接头的抗拉强度可知, 对同种材料、同种板厚, 脉冲 MIG 焊时抗拉强度略高于 TIG 焊。一方面是由于 MIG 焊时焊缝中气孔的含量要少于 TIG 焊, 另一方面是由于 MIG 焊时, 焊缝的组织要比 TIG 焊时细密。根据所测得的焊接接头的弯曲角, 发现冷弯角大致在  $110^\circ \sim 140^\circ$  之间, 基本上可以满足焊接构件的使用要求。从气孔的分布及存在情况来看, LF6 铝镁合金焊缝中气孔含量之所以要比 LF21 铝锰合金低, 这是由于氢的溶解度随温度的下降而剧烈减少, 而 Al-Mg 合金在焊接过程中, 熔池冷却时在高温区停留的时间较长, 使焊缝中的氢可以充分逸出。另外, 单个大气孔的形成则是由于 Al-Mg 合金液相温度区间较宽, 所吸附的过量氢在随后冷却凝固时氢的积聚而形成<sup>[6]</sup>。

## 4 结论

(1) 对于 LF21 和 LF6 这 2 种材料, 采用 TIG 焊和脉冲 MIG 焊均可获得满意的焊接质量;

(2) LF21 材料采用 TIG 焊时易出现密集型的小气孔群, 而 LF6 材料出现的则为单个的大气孔, 且 LF6 材料焊接时焊缝中气孔的含量明显少于 LF21 材料;

(3) 采用脉冲 MIG 焊时, 焊接接头的抗拉强度要略高于 TIG 焊;

(4) LF21 和 LF6 这 2 种铝合金材料的焊接性能均良好, LF21 材料宜用作机车非主要结构件选用材料, LF6 宜用作机车主要抗蚀、承载结构件的选用材料。

## 参考文献

- [1] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册 (第 2 卷) [M]. 北京:机械工业出版社, 1986.  
[2] W Tuttle. Understanding Aluminum Welding[J]. Welding Journal, 1991, (2): 43-46.  
[3] 戴宝坤等. AlMg4.5Mn 铝合金的焊接[J]. 焊接, 1995, (10): 15-18.  
[4] 丁 韦等. 铝合金薄板脉冲 MIG 焊气孔的研究[J]. 焊接技术, 1995, (4): 7-8.  
[5] 牛济泰等. 铝及铝合金氩弧焊时的气孔[J]. 焊接, 1984, (5): 1-5.  
[6] 周振丰等. 焊接冶金与金属焊接性[M]. 北京:机械工业出版社, 1988.