

CO₂焊电流波形微机控制系统的研究

蒋力培教授 徐国成助教

张小丹助理工程师 卢银辉助理工程师

(长春 吉林工业大学)

摘要

本文论述了微机控制CO₂熔滴短路过渡过程电流波形的试验系统。该系统实现了在短路电流波形任意点上迭加一负脉冲电流波形。焊接工艺试验结果表明，在此负脉冲电流波形的微机控制参数 t_0 、 Δt 及 ΔI 合适时能使焊接飞溅大幅度减少，因而本系统有着实用前景。本文主要介绍了微机系统的电路设计、控制程序设计、负脉冲电流发生器电路参数与控制程序参数，对负脉冲电流波形与幅值的影响等方面的具体情况。

dian wei yan
主题词 电流 微处理机 研究

0 序 言

长期以来，焊接工作者为减小CO₂焊飞溅率作出了大量的努力。研究表明，CO₂焊接电源动特性对焊接飞溅有着极大影响^[1, 2]，因而传统的方法是通过调节CO₂焊电源输出回路电感来改善焊机动特性而降低焊接飞溅率的。但这种简单措施只能改变CO₂焊短路电流上升率 $\frac{di}{dt}$ ，这样其降低飞溅率的效果是有限的。目前，许多学者从控制电流波形等方面进行研究，在进一步减小CO₂焊飞溅方面取得了较大进展^[3, 4]。这表明改善CO₂焊接电源动特性的概念已应扩大为控制与改善其短路电流或焊接电流波形了。

随着微机技术的迅猛发展，目前已完全可能发展一代新型的微机控制焊机。这种新型CO₂焊机通过自适应控制电流波形等参数可以在最大程度上改善电源动特性，从而进一步降低CO₂焊飞溅率。本文所研制的CO₂焊电流波形微机控制系统也就是为此而进行的初步探索。

1 电流波形微机控制系统设计

系统的总体设计思想是对常规CO₂焊过程中的短路过渡过程电流波形进行局部削波控制，来瞬间控制短路电流波形以降低焊接飞溅率。此削波作用相当于在常规短路电流波形上迭加一负电流脉冲，见图1。图中 t_0 、 Δt 、 ΔI 分别为负电流脉冲的发生时间、宽度与幅值。通过微机系统程序控制， t_0 、 Δt 与 ΔI 值皆任意可调，即负电流脉冲可迭加在短路电流波形的任意处（包括熔滴短路过渡结束后瞬间），负脉冲的宽度与幅值皆任意可调。

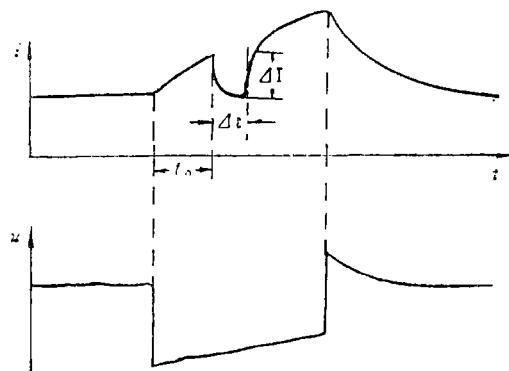


图1 短路电流波形控制示意图

1.1 控制方案选择

微机控制系统的具体设计方案如图2、图3所示。即按负脉冲电流发生器与常规CO₂焊电源的联接形式，系统方案可分为串联式（图2）与并联式（图3）两种。

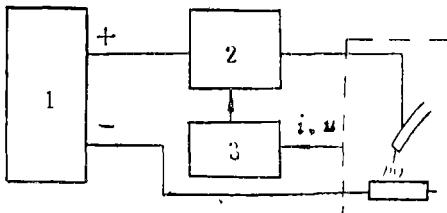


图2 串联式微机控制系统框图

1. 常规平特性CO₂焊电源
2. 负电流脉冲发生电路
3. 微机控制电路

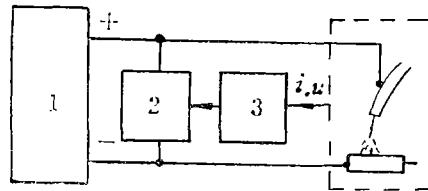


图3 并联式微机控制系统框图

1. 常规平特性CO₂焊电源
2. 负电流脉冲发生电路
3. 微机控制电路

串联式微机控制系统的电路组成原理如图4所示。由图可见，系统中的负脉冲电流发生电路类似于直流斩波器。此系统的工作原理是：SCR₁元件通常处于导通状态，当微机决定对电流波形迭加一负电流脉冲（即局部削波）时，通过接口电路对SCR₁元件进行瞬间关断再开通控制。微机的控制决策是根据电弧电压与电流采样信号按程序设定要求作出的。

并联式微机控制系统的电路组成原理如图5所示。由图可见，此时系统中的负脉冲电流发生电路相当于一可控分流器。其工作特点是，SCR元件通常处于

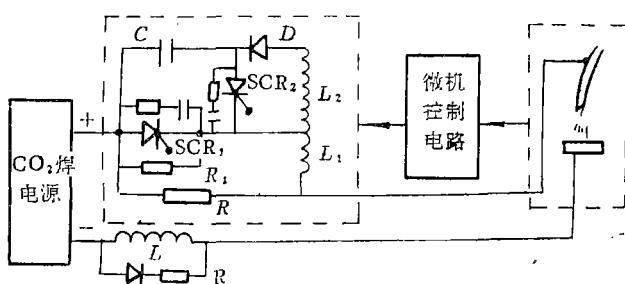


图4 串联式微机控制波形电路原理图

关断状态，只有需要产生负电流脉冲时，才由微机控制此元件瞬间导通，微机决策过程同串联式方案。

上述两方案的优缺点为：串联方案能在任意瞬间控制电流波形，但斩波器的 SCR_1 元件基本上一直处于导通状态，功耗较大；并联方案的可控硅元件基本上一直处于关断状态，功耗很小，但分流器在焊机处于短路状态时的分流作用很小，因而主要适用于在重新引弧状态等燃弧阶段控制电流波形。

1.2 微机接口电路设计

控制系统采用的微机是CMC-80双板机，其接口电路包括两路信号输入电路与两路信号输出电路，如图6所示。

信号输入接口电路的一路用于电流采样，焊接电流信号取自分流器经过运算放大器OP进行电压放大后输入双板机中ADC0809芯片的IN₀通道；信号输入电路的另一路用于电压采样，电弧电压信号取自分压电路经与门输入到ADC芯片的IN₁通道。

信号输出接口电路用于输出可控硅元件的触发信号。由图6可见，CMC-80机中PIO₂芯片的PA₀与PA₁引脚被用于输出脉冲控制信号。此信号经运算放大器OP进行电压放大，再经两级三极管功率放大后送至脉冲变压器初级线圈。在串联控制方案时，PA₀与PA₁发出的脉冲信号分别用于触发直流斩波器中的 SCR_1 与 SCR_2 元件；在并联控制方案时，仅采用PA₀输出SCR元件的触发信号。

1.3 负脉冲电流发生电路设计

1.3.1 串联方案的直流斩波电路设计

本电路主元件为 SCR_1 ，辅助关断电路由 SCR_2 、C、L₁、L₂及D等元件组成。此电路设计及元件选择的要点是保证 SCR_1 关断速度足够快以获得所需要的负脉冲电流波形。一般要求 SCR_1 关断时间小于300μs，这样可基本实现在焊机短路或重新引弧瞬间同步进行电流波形控制。

由于焊接回路中的直流电抗器在斩波器快速关断时会产生上千伏的瞬间高电压， SCR_1 元件选用300A/1200V规格。

SCR_1 关断所需要的反向电压是由电容C经 SCR_2 放电所提供的，其关断时间与所加

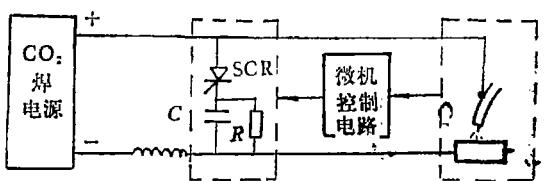


图5 并联式微机控制波形电路原理图

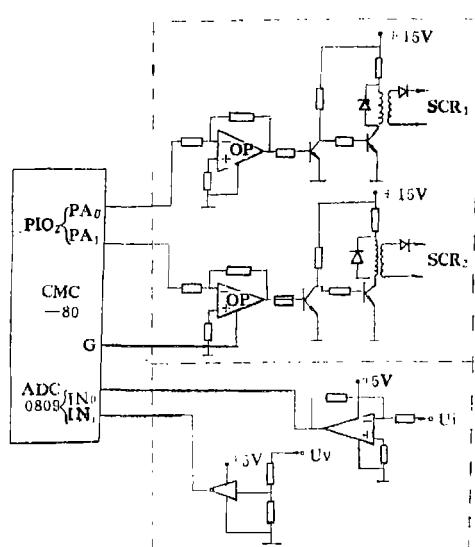


图6 微机接口电路原理图

的反向电压成反比关系。试验表明，若要SCR₁元件关断时间小于300μs，反向电压需大于225V，为此必须保证电容C的充电电压足够高。电容C的充电过程相当于单脉冲电源充电，其充电量W与充电电压V的关系是 $W = \frac{1}{2}CV^2$ 或 $V = \sqrt{\frac{2W}{C}}$ 。由此可见，电路中

L_1 、 L_2 等其他参数一定时，即W一定时，减小C值可提高V值。试验表明，为保证SCR₁关断时间小于300μs，C的容量应不大于90μF。

1.3.2 并联方案的分流电路设计

分流电路由SCR和C串联而成，如图5所示。此电路工作情况如下：正常焊接时，SCR处于截止状态，电容上压降 $u_c = 0$ ；微机输出触发信号使SCR元件导通时，分流电流对电容C充电，使电容充电电压 u_c 上升直到接近焊机输出电压而使SCR关断为止。SCR导通期间分流电路起分流作用，对焊接电流迭加一负脉冲电流。

由上述分析可见，分流电路中SCR元件的导通时间短，在关断时所受的电感感应电压低，因而其容量与耐压可低于串联方案中的SCR₁元件。SCR元件的导通时间主要取决于电容C的容量。试验表明，电容为2000μF至11000μF时，相应的负脉冲电流的脉宽为0.67~1.69ms。分流电路中电阻R的取值以保证在SCR截止期间电容C能得到充分放电为原则。

1.4 微机控制程序设计

为实时控制短路电流波形，要求微机控制系统的软件具有如下功能：（1）根据电弧电压信号来判断焊接过程处于燃弧、短路或重新引弧状态；（2）识别焊接状态后，按预设参数延时输出控制信号，通过负电流脉冲产生电路控制电流波形。按此要求设计的汇编语言程序流程图见图7。

电压反馈信号由CMC-80机的ADC0809IN₀通道输入，其接口地址为98H。则指令OUT(98H)，A控制模数转换开始，指令INA，(98H)取数字化的电压信号送入CPU的累加器A。

控制信号由CMC-80机的PIO₂芯片PA₀与PA₁输出，PIO₂的A口数据及控制寄存器接口地址为84H及86H。

本控制程序具有自动识别短路时间，根据短路时间按预设参数输出控制信号的功能。

2 微机控制系统的调试及工艺试验结果

系统的调试内容包括调整负脉冲电流发生器的C、L等参数及系统的实时控制程序参

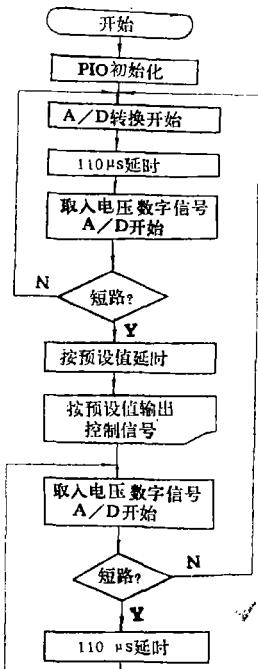


图7 微机控制程序流程图

数。

调试结果表明，负脉冲电流发生电路的电容 C 对负脉冲的产生速度与可调性有很大影响。通过选择合理的参数值，系统可达到满意的控制电流波形效果。如串联方案系统，当 $C \leq 90\mu F$ ， $L_2/L_1 = \frac{5}{2}$ 以及 $R < 1.25\Omega$ 时，微机控制负电流脉冲产生时间可小于 $0.3ms$ ，脉冲宽度可在 $1 \sim 5ms$ 任意调节，达到了如图 1 所示的控制电流波形的效果。

在上述调试基础上，系统进行了大量工艺试验。焊接试验中分别应用串联方案系统来控制 CO_2 焊接短路电流波形及应用并联方案系统来控制熔滴短路过渡结束后重新引弧瞬间的电流波形，其实测图如图 8、9 所示。试验结果表明，系统工作稳定，能按预设工艺参数产生电流负脉冲，并在 t_0 、 Δt 、 ΔI 等参数选择合适时，明显减少焊接飞溅。表 1 为应用本波形控制系统进行焊接飞溅试验的实测值。表中焊接工艺参数为微机实时采样后求出的焊接电流、电压的统计平均值，负电流脉冲波形参数为本微机控制系统的设定值，焊接飞溅率 ΔM 是采用称重法间接求得的三次试验平均值，采用的分析天平的灵敏度为 $1/1000g$ 。

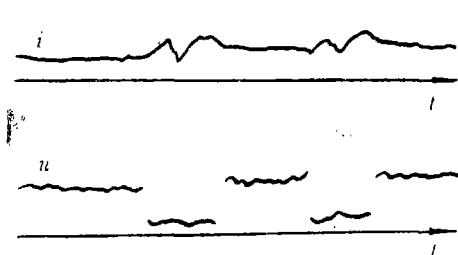


图 8 串联方案系统控制 CO_2 焊短路电流波形

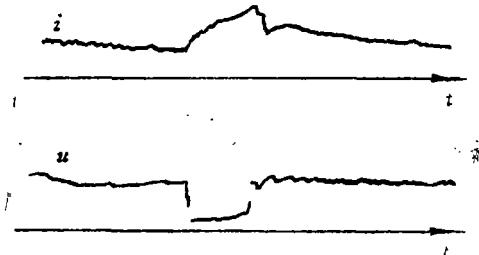


图 9 并联方案系统控制重新引弧时 CO_2 焊电流波形

表 1 微机波形控制系统工艺试验实测值

焊接工艺参数	负电流脉冲波形参数			焊接飞溅率 $\Delta M(\%)$	备注	
	$I(A)$	$V(V)$	$t_0(ms)$	$\Delta t(ms)$	$\Delta I(A)$	
130	21	—	—	—	5.17	无波形控制
120	19	0.1	0.5	100	3.42	—
119	19	0.3	0.5	100	3.98	—
132	21	1.0	0.5	100	4.18	—
127	21	2.7	0.5	100	4.78	—
229	25	—	—	—	7.77	无波形控制
225	25	0.1	0.5	100	4.39	—
215	25	0.3	0.5	100	4.42	—
215	26	1.0	0.5	100	6.21	—
220	25	2.7	0.5	100	6.81	—

注：试验用焊机为 MAGPOL-401D 型 CO_2 焊机，焊丝为 $\phi 1.2mm$ $0.8Mn2SiCO_2$ 焊丝，焊机调定参数为 $125A$ 、 $20V$ （正常规范）与 $220A$ 、 $25V$ （强规范）。

由表1可见，无论在正常焊接规范条件下，还是在电流超过200A的强规范试验条件下，在焊接短路过渡过程一开始就施加电流负脉冲都能大幅度地降低焊接飞溅率。

3 结 论

1. 微机控制CO₂焊电流波形具有很大的优越性，是进一步改善CO₂焊机动特性的方向之一。

2. 本文研究出的微机控制系统能稳定可靠地控制CO₂焊短路电流波形及重新引弧瞬间电流波形来降低焊接飞溅率，是有实用价值与实际效果的。

(1988年9月22日收到)

参 考 文 献

- 1 Smith A A. CO₂ shielded consumable electrode arc welding. British Welding Research Association. Cambridge, 1962.
- 2 赵君可等。电焊机。1980, (1) : 9~18
- 3 李树槐等。焊接学报。1986, 7 (3) : 161~166
- 4 殷树言等。焊接学报。1986, 7 (4) : 187~194

STUDY OF MICROCOMPUTER CONTROL SYSTEM FOR
CURRENT WAVE FORM IN CO₂ ARC WELDING

*Professor Jiang Lipei, Assistant Xu Guocheng,
Assistant Engineer Zhang Xiaodan, Assistant Engineer Lu Yinhui
(Jilin University of Technology, Changchun)*

Abstract

A microcomputer experimental system has been made for the control of current wave form during the short circuiting metal transfer of CO₂ welding process. This system can produce a negative pulse of current at any moment of the short circuit transfer. The result of welding tests shows that this system can reduce the welding spatter effectively when the program parameters t_0 , Δt and ΔI are properly chosen. The system has many practical prospects in welding production applications. This paper mainly introduces the electrical circuits and the control program of the system as well as the effect of the parameters of the circuits and the program on the wave form and the amplitude of the negative current pulse.

Key words Current Microcomputer Study