

# 波形控制 $CO_2$ 弧焊电源设计

2004

全国焊接学术交流会



李鹤岐(1940—),男,辽宁沈阳人,教授,博士生导师。

曾任甘肃工业大学焊接工程系副主任,焊接研究所副所长,甘肃工业大学科学技术处处长;现任中国电工技术学会电焊技术专业委员会副主任委员,《电焊机》杂志编委。

主要在兰州理工大学从事硕士、博士生教学与科研指导及其他科学技术研究工作;在焊接工程自动化、焊接质量控制研究方面取得了突出成就,并获得多项国家奖励;在国内外公开刊物上发表论文 80 余篇。

李鹤岐,田 坤,王 睿

(兰州理工大学,甘肃 兰州 730050)

**摘要:**针对  $CO_2$  焊接工艺的特点,设计了一种实现波形控制的逆变弧焊电源,电源采用单片机控制,对焊接电压、焊接电流实时采样,可准确控制短路电流值。当短路发生后,电流先保持在一较低值,然后以指数规律上升,当检测到缩颈时,降低电流直到熔滴过渡后再燃弧;同时在燃弧阶段,控制燃弧电流的变化速度,保证充足的燃弧能量。以实现减小金属飞溅和改善焊缝成形。

**关键词:**  $CO_2$  焊接;波形控制;逆变电源

**中图分类号:** TG434.5      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-2303(2004)增-0065-04

## Design of system software for waveform control $CO_2$ arc welding power source

LI He-qi, TIAN Kun, WANG Rui

(Lanzhou University of Science and Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** Based on the characteristic of  $CO_2$  arc welding, a kind of wave control inverter arc welding power source is developed. The power source which make use of singlechip's controlling and the negative feedback of voltage and current real time sampling insure that the short circuit's current is controlled in nicety. At the beginning of the short circuit, the output current could be kept at a low level, then it will rise according to index rule, in which the rising speed of short circuit current could be adjusted. Before arc period, the output current could be reduced again. During the arc period, changing rate of arc current could be adjusted, which ensures the output power of the arc is big enough. So that the aim of reducing spatter and improve formation of weld is realized.

**Key words:**  $CO_2$  arc welding; waveform control; inverter power source

## 序言

CO<sub>2</sub> 气体保护焊具有高效节能的优点,已得到广泛的应用,但由于 CO<sub>2</sub> 气体保护焊采用的是短路过渡形式,焊丝的送给速度与熔池的输入能量无法独立调节,故造成飞溅大、成形差的缺点。提高 CO<sub>2</sub> 焊接工艺性能、减少飞溅的有效方法之一就是电弧及熔滴过渡过程加以控制。20 世纪 90 年代发展比较成熟的逆变技术,使电源具有良好的动态响应性能,为改善 CO<sub>2</sub> 焊的工艺性提供了良好的条件,成为 CO<sub>2</sub> 焊接技术的发展方向。采用 IGBT 作为逆变功率元件,逆变电源的逆变频率通常是 20 kHz、控制周期时间短,可以满足 CO<sub>2</sub> 焊接过程工艺要求。

在此采用 IGBT 逆变技术,研制波形控制的逆变 CO<sub>2</sub> 电源。针对短路过渡时的不同阶段分别予以控制,短路时电流反馈控制,而燃弧时,采用恒压控制。控制系统采用以 80C196KC 为核心的单片机系统,对逆变 CO<sub>2</sub> 电源方面的问题进行了研究。

## 1 控制电路

### 1.1 控制系统的工作原理

逆变式弧焊电源的输出,取决于电网整流滤波后的直流电压、逆变桥的结构形式、高频变压器的变比以及控制脉冲的频率和脉宽。对于已设计好的逆变器,其结构形式和变压器变比是确定的,电网整流

滤波后的整流电压波动很小,可以认为是常数,这样弧焊电源的输出特性就决定于控制脉冲的频率或脉宽。改变控制脉冲的频率或脉宽就可以调节弧焊电源的输出特性。采用定频率调脉宽(脉宽调制型,即 PWM),即脉冲频率不变,通过改变逆变器开关脉冲的脉宽来调节工艺参数。这种控制电路简单可靠,实用性强,易于设计为不同的电源外特性,容易实现电压和电流的大范围无级平滑调节,具有良好的电气性能和动态特性,是目前较为成熟的一种控制方式。

采用脉宽调制型控制方法,如果对电流进行负反馈,并采取一定的控制算法,实时控制输出脉宽的大小,就可以使输出电流值与电流给定值趋于一致,从而实现电流输出特性控制。电流给定值的切换由采样电压决定,从而实现实时控制。

### 1.2 检测电路的工作原理

大量的理论分析和研究表明,在短路发生和结束时刻,焊接电压信号发生明显的跃变,因而利用电压信号的一阶和二阶微分检测其变化率的拐点,确定短路和颈缩发生的时刻。把电压传感器输出的 0~200 mA 的电流转换为 0~5 V 的电压,经滤波及二极管钳位电压后输出采样电压到单片机,实现对电压的实时采样。同时从 R<sub>50</sub>\* 取出采样电压,按比例放大,对放大后的电压进行一、二阶微分,确定短路及颈缩时刻,如图 1 所示。

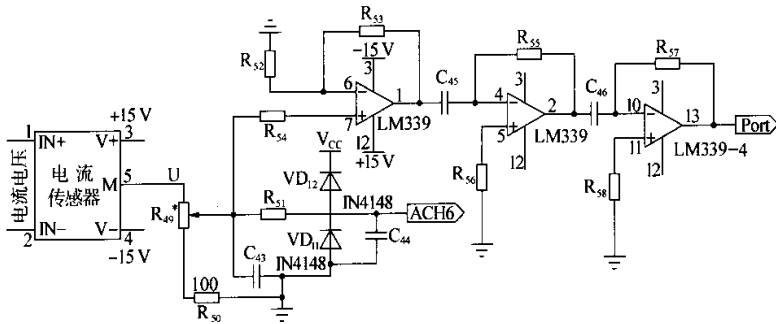


图 1 检测电路

## 2 波形控制原理

### 2.1 短路电流波形控制

CO<sub>2</sub> 焊接过程中,熔滴和熔池都在高速的震荡,短路过渡过程是一种随机性很强的过程。如果在短路初期,电流上升太快,在金属熔滴与熔池接触处发生爆炸引起飞溅。短路后期,短路小桥半径越来越小,而电流不断增大,则电流密度迅速上升,从而使小桥发生过热爆断,产生飞溅。

基于以上因素,提出了波形控制方案。

- 当检测到熔滴与熔池发生短路后,启动电流控制系统,运用脉宽调制技术降低回路电流,让熔滴在较低回路电流水平下与熔池充分接触。
- 电流在较低水平下维持一段时间后,取消降流措施,使液体小桥中流过的电流呈指数规律上升,以保证足够的电磁压缩作用。
- 当检测到形成颈缩后,强迫短路电流迅速降低,使液体小桥在较低电流水平下柔顺地被表面张

力所拉断,以杜绝电爆炸现象的发生。

### 2.2 燃弧控制

燃弧初期迅速提高燃弧电流,并保持一段时间,使熔池在较大电流的电弧作用下铺展良好、焊缝成形改善,随后电流迅速减小,达到正常稳定的燃弧状态并等待下一次短路的发生。一般来说,如果焊缝表面的鱼鳞纹细密,焊缝余高较小,熔深大,趾部焊缝与工件表面夹角较小,则焊缝成形好。这就要求焊接过程中熔滴过渡均匀,且燃弧能量充分,母材加热良好。

为了实现控制目的,在软件编程上实行了静负载波形控制方案,如图2所示。其中 $0\sim t_1$ 、 $t_4\sim t_5$ 为燃弧阶段, $t_1\sim t_2$ 、 $t_2\sim t_3$ 、 $t_3\sim t_4$ 为短路过渡阶段; $0\sim t_1$ 为维弧电流以保证熔滴平稳过渡; $t_1\sim t_2$ 是检测到短路时为避免飞溅而进一步降低电流的措施; $t_2\sim t_3$ 为短路电流; $t_3\sim t_4$ 是缩颈电流,在检测到缩颈时降低电流,使液桥主要被表面张力和重力所拉断,形成平稳过渡,减少飞溅; $t_4\sim t_5$ 是判断电弧引燃后为提高燃弧能量而加大电流。在静负载测试方案中,所有的时间均为给定值。

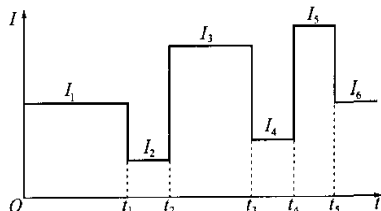


图2 静负载预期波形

### 2.3 收弧控制

在焊接过程结束时应采用合适的削弧处理措施。长焊缝连续焊接要求在焊接结束前对弧坑进行填充,通用的方法是送丝速度减小到适当的值,同时降低焊接电流和电弧电压,只有当送丝完全停止后才停止供电,这样就不会发生粘丝现象。

## 3 控制系统的软件设计

### 3.1 系统软件结构

控制系统是在单片机程序的控制下工作的,本系统设计的单片机程序包括主程序和中断服务程序2部分,主程序见图3,其中主程序是控制焊机正常工作的整个过程。

### 3.2 主程序介绍

#### 3.2.1 燃弧控制

电弧燃烧初期,给予较高的电流并保持一段时

## 上海某焊机企业诚聘

本公司主要生产BX1、BX3、NBC、ZX5、LGK、DN、KR等系列焊机。因生产规模扩大,诚聘各类技术人才、生产骨干,待遇从优,有意者请速来厂面试。

### 职位

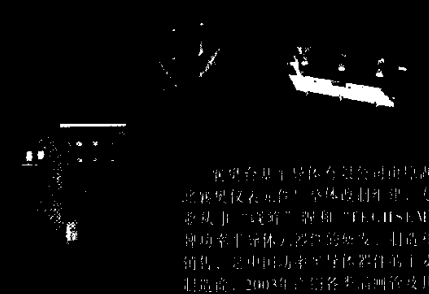
### 要求

### 联系电话



通过ISO9001:2000版国际质量体系认证

质量——峯之本  
创新——仪元之魂



襄樊台基半导体有限公司由原湖北仪元仪器有限公司整体改制组建,专业从事“仪元”牌和“ECHOSEAL”牌功率半导体器件的研发、生产和销售,是中央电力半导体器件的主要制造商。2003年,经各类检测及其发现68万台,销售收入1.2亿元,利润2000万元。

公司一贯秉承快速反应、持续改进的经营理念,实施精工、细作、精益求精、整合资源、以人为本的战略方针,努力实现“国内同行业领军、市场占有量、品牌知名度三个第一”的发展目标,争创国内一流、国内最大的功率半导体制造商。台基公司诚邀海内外各界人士交流合作,和朋友们共同成长,精诚合作!

襄樊台基半导体有限公司 827  
(原湖北省襄樊市仪表元件厂) 销售部经理: 张金友  
厂址: 湖北省襄樊市胜利街186号(441021)  
总机: 0710-3503326  
销售电话: 3514323 传 真: 3514827  
总经理: 邱雁 销售副经理: 周新华

全国焊接学术交流会

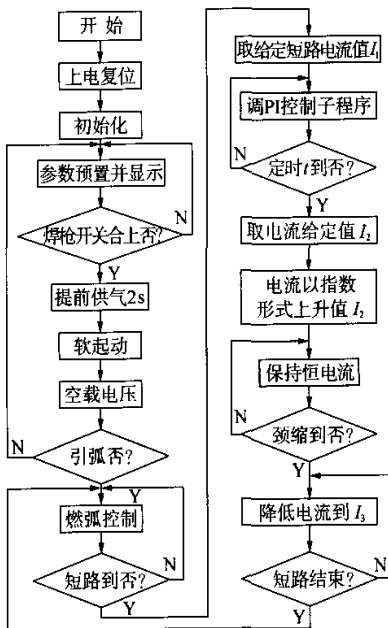


图3 焊机工作主程序流程图

间,而后降低电流到一定值,维持电弧燃烧及等待短路,同时查询检测电路信号用于判断短路到否,保证准确控制,减少飞溅。

### 3.2.2 短路控制

当检测到短路后,使电流降到某一给定值并保持一定时间,然后提高电流以增加熔深,提高焊接质量,保持高电流并等待颈缩时刻的到来。此时颈缩时刻的判断仍然利用查询方式,由硬件检测到颈缩信号后触发单片机的引脚,软件实时查询该引脚是否被触发。一旦检测到颈缩立即给以窄的PWM脉冲减小输出功率,减小液桥的爆断能量,依靠熔池的表面张力将液桥拉断。预期电流波形如图2所示。

## 4 软件测试

为了保证软件的正常运行,首先进行了静负载测

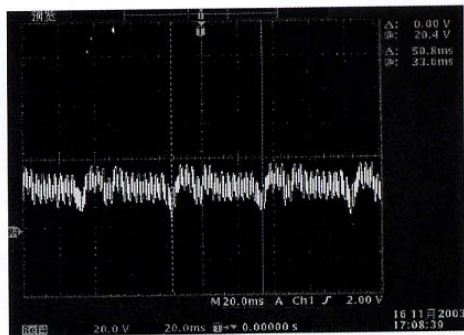


图4 短路波形测试

试,测试频率设定为20~90 Hz,所有的跳转均采用软件定时器定时加查询的方式。在小电压小电流下的测试波形如图4所示。电压增加到380V后,静负载波形达到预期波形,为下一步的调试奠定了基础。

## 5 结论

a. 设计电流、电压反馈电路,确定了对电流、电压等参数进行采集的霍尔传感器类型,并设计了相应的检测电路及检测方法;

b. 采用结构化软件设计方法并加入一些常用的软件抗干扰措施,使系统可靠、稳定。

c. 通过对焊机进行脱机和联机调试试验,得出了调试过程中的实验数据及相关波形,证明所设计的控制系统符合设计要求。

### 参考文献:

- [1] 徐德进.微机控制多功能IGBT逆变焊机的研制[D].甘肃:兰州理工大学材料科学与工程学院,2003.
- [2] 马跃洲.微机控制的IGBT逆变CO<sub>2</sub>电源[J].甘肃工业大学学报,1999,25(1):6-10.
- [3] 马跃洲,魏继昆,李鹤岐.WSM-400DN微机控制脉冲TIG焊机的研制[A].第九次全国焊接会议论文集[C],2002.
- [4] 孙涵芳.Intel 16位单片机[M].北京:北京航空航天大学出版社,1995.