

制造技术

文章编号: 1000-7466(2005)04-0056-04

全位置 TIG 焊管机电弧长度自适应控制技术

雷 毅

(中国石油大学 机电工程学院, 山东 东营 257061)

摘要: 采用微型计算机技术和逐次线性拟合算法确定了管-管环焊缝焊接中全位置平滑的电弧长度控制参数,通过对脉冲焊接电流期间的电弧电压进行实时采样,实现了全位置 TIG 焊管机的电弧长度自适应控制。控制系统动态响应速度快、调节精度高且工作性能稳定可靠。试验结果表明,焊缝熔宽均匀,表面成形美观。

关键词: TIG 焊; 全位置焊管机; 电弧长度; 自动控制

中图分类号: TG 409

文献标识码: A

Self-adaptation control technology of arc length for all-position TIG tube welding machine

LEI Yi

(School of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract: The smooth control parameter of arc length for the all-position of tube girth welding is formed by the microcomputer technology and successive linear fitting arithmetic, for the purpose of realizing the self-adaptation control of arc length in all-position TIG tube welding machine, by real-time sampling arc voltage during pulse welding current period. And the control system has the advantages of high speed of dynamic response, high precise of adjustment, stable and reliable property of function. The experimental results show that the weld melt-width is even, and weld face shape is beautiful.

Key words: tungsten-inert-gas arc welding; all-position tube welding machine; arc length; automatic control

在电力、冶金、石油以及化工等行业中,管道焊接是制造过程中的关键环节之一,对其焊缝的密封性能和力学性能要求均比较高。采用焊条电弧焊进行此类全位置焊接时,存在质量差、生产效率低以及劳动强度大等诸多问题。因此,研究优质高效的管道自动焊接工艺和设备,是我国焊接技术的一个重要发展方向^[1]。

在全位置管-管焊接操作中,完成一道焊缝需要经过平焊、向下立焊、仰焊和向上立焊过程。而焊枪处在不同的焊接位置时,熔池中液态金属所受的重力对焊缝成形所起的作用极不相同,而且是不断变化的。因此,实现全位置管-管焊接的主要技术关键在于如何控制好金属熔池。钨极惰性气体保护焊

(TIG)作为一种高质量的焊接方法在薄板构件焊接及厚板打底焊中得到了广泛应用。TIG 焊中采用脉冲技术,母材在脉冲电流作用下熔化,金属熔池迅速扩展,并在自身重力、表面张力和电磁力等作用下形成一定的形状。在随后的基值电流期间,熔池迅速凝固,形成焊点,这样周而复始就形成了焊缝。通过调节 TIG 焊的脉冲参数,可精确控制电弧能量及其分布,适于全位置焊接。在全位置管-管焊接过程中,只要各规范参数匹配适当,并能依据管子圆周上各焊接空间位置对其规范参数进行自动控制,以调整电弧的热输入和作用力、熔池的体积和流动性,从而补偿熔池中液态金属重力变化所带来的影响,就能够获得熔透均匀、表面成形良好的焊缝。

收稿日期: 2005-03-12

作者简介: 雷 毅(1960-),男,湖南茶陵人,副教授,硕士生导师,从事材料成型及控制工程、无损检测方面的科研工作。

在全位置脉冲 TIG 焊接过程中,影响焊接质量的主要规范参数包括电弧长度(以下简称弧长)、焊接电流和焊接速度,其中弧长是较为敏感的因素。当某种原因引起钨棒(电极)与工件间的距离波动超过一定范围时,就会使工件表面热输入及其分布发生显著变化,导致工件出现未熔合或焊穿现象。弧长过短,则电极和工件容易短路而损坏电极,并使电极金属落进熔池造成夹钨。弧长过长,电弧的有效加热面积增大,使熔深减小、熔宽增加而严重影响焊缝成形质量。然而,在全位置管-管焊接过程中,由于工件表面高度的不确定性变化及焊接变形的存在,接头装配几何尺寸难免出现一定程度的误差,因此,实现全位置 TIG 焊管机中弧长的自动调节将成为提高焊接质量的重要措施之一。

1 控制方案

TIG 焊弧长自动调节装置主要包括接触型和非接触型两大类。在接触型装置中,通常采用探针或滚轮探测出工件表面的变化并将其变换成相应的电信号,经放大后驱动执行电动机调整焊枪的升降,这种方法的误差较大,只能用于要求不高的场合。也有的在弧长直接跟踪技术中采用机械靠模跟踪方法,但其跟踪精度有限,而且增加了机头辅助装置的复杂程度。非接触型弧长自动调节装置又分为取光信号与取电信号两大类,取光信号的装置需要使用光学镜头来摄取信号,由光电转换装置进行信息转换,再控制焊枪调节弧长。这种控制方案比较复杂,而且在机头上必须装设光学镜头,使用不便。而取电信号的方法获取信号简单,使用比较方便,其基本原理是将电弧电压的偏差值放大后驱动极化继电器,利用继电器的触点来控制执行电动机的换向。由于焊完一条焊缝往往使继电器发生千百次通断,因而装置寿命较短,严重影响了系统的可靠性。虽然后来发展了磁放大器控制电路,但由于执行电动机的供电电路中采用了较大感抗的磁放大器,调节反应时间过长,因而其灵敏度不高。

根据电弧的伏安特性曲线^[2],电弧电压与弧长存在一定的关系。电弧传感器直接应用电弧本身作为弧长检测物理量,不需要附加任何装置,焊枪运动的灵活性好。因此,采用弧压传感控制弧长的技术是目前 TIG 焊弧长控制的主要研究方向,通过计算机控制和先进的控制算法可使焊枪平稳运动,其控制精度高,制造成本低,易于满足焊接生产过程的要求。但在全位置脉冲 TIG 焊接条件下,脉冲电流和基值电流处在交替工作状态,即使弧长相同,电弧电

压 u_a 也在不断发生变化。如果将弧压信号作为弧长的调节依据,就必须解决弧压高低 2 个信号的同步问题。有关研究表明,当焊接工作电流较小时,由于钨极热电子发射能力薄弱而容易因斑点跳动而产生飘弧现象,电弧挺度差。当保持电极与工件距离不变时,其实际弧长及电弧电压也可能发生随机变动,即相同弧长下弧压本身的波动幅度也较大,因此弧压不适于表征弧长这一控制参数。为此,笔者所设计的控制系统中采用脉冲期间的电弧电压信号作为弧长表征信息。在每个脉冲周期的峰值阶段对弧压信号采样,并与相应位置的参数整定值进行比较得到误差电压值的大小。如果误差电压在控制误差范围之内,电弧调整机构不做任何动作,当误差电压超过整定范围时,控制调整机构进行相应的移动,使得工件焊缝与电极端部之间的轴向距离得到调整,以维持弧长基本趋于稳定。

2 弧长控制系统设计

弧长控制系统的总体结构见图 1。有源滤波器由运算放大器和 RC 网络组成,避免了因使用电感元件造成的非线性特性和磁场干扰等缺点。运算放大器具有很高的输入阻抗和很低的输出阻抗,在线路中具有隔离作用。数模转换器由计算机控制输出,输出的模拟电压用来调整不同位置电弧电压的基准值。为了实现全位置弧长的自适应控制,将整个圆周分为若干个区段,通过一定的控制算法形成圆周上电弧电压(弧长)控制参数曲线,达到整个圆周上相应位置电弧电压的控制基准值平滑调整的目的。检测电路包括两部分,其中检测电路①用来检测电弧电压 u_a 的上阈值,检测电路②用来检测电弧电压 u_a 的下阈值,通过整定误差值将电弧电压控制在一定的误差范围内。整个控制系统均在微机作用下协调工作。

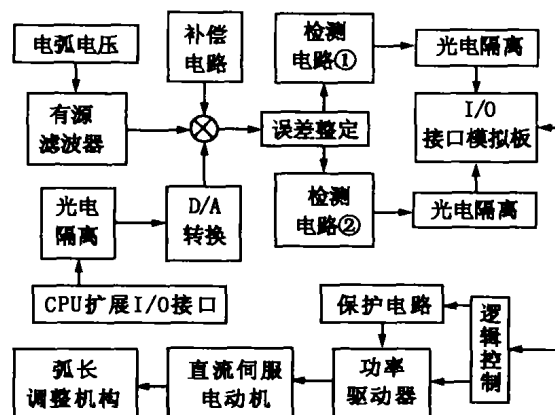


图1 弧长控制系统总体结构

2.1 硬件

控制系统的硬件包括 TIG 弧焊电源、焊接小车伺服系统、微机系统以及各种辅助设备的控制接口电路。TIG 弧焊电源配用晶闸管式直流电弧焊机 YC-300TSPVTA, 电流控制在 5~300 A。为了准确检测焊接空间位置, 在焊接小车旋转伺服驱动电机轴上安装了 1 个光电脉冲发生器, 通过检测脉冲数来获取焊枪所在圆周的空间位置信息。焊枪上下调整机构装在焊接小车机头上, 配用了小型快速响应的直流伺服电机, 以实现快速动作和高精度随动。微机控制系统采用 STD 总线标准和模块化结构, 实现开放式设计^[3]。采用 MCS-51 系列单片机作为微控制器^[4], 并配有 30 个编程按键、6 个控制按键和 16 位数码显示器。操作人员通过键盘可进行系统的初始化状态调整、焊接过程中的控制和标准参数的设置。

由于焊接操作环境往往十分恶劣, 特别是 TIG 焊接技术采用高频引弧将产生强烈的高频干扰信号, 故对控制系统威胁极大。为了提高整体控制系统的可靠性, 必须采取一定的抗干扰措施, 防止各种强烈的干扰源从不同渠道影响微机控制系统^[5,6]。从抗干扰原理来看, 要使干扰信号完全不出现是很难做到的, 关键是不让干扰信号进入微机系统, 同时要考虑解决抗干扰问题的经济性。为此, 在本控制系统中采用抗干扰能力强的 STD 优质稳压电源供电, 电源输入端接有 EMI 滤波器。为了改善滤波效果, 在各控制模板上适当配置去耦电容, 对一些重要的半导体芯片电源采用单独的电容滤波。对各执行机构采用 CR 方法抑制动作回馈干扰。在 STD 总线中配有干扰抑制板。

为了避免外部的静电感应和电磁感应干扰, 将微机应用系统和所有 STD 电路控制模板装在 1 个屏蔽控制箱内, 对各控制连线均采用带屏蔽层的电缆, 并且将信号地和功率地分开。为了提高微机控制系统过程通道的抗干扰能力, 采用光电隔离技术实现信号的传递和电气隔离, 通过隔离级的作用切断微机系统与输入、输出通道电气的直接联系, 将微机系统与外设电路在电气上隔离开。采用固态继电器驱动辅助设备控制, 从而避免强电和弱电信号的直接联系, 实现了抗干扰隔离。

2.2 软件

控制系统软件采用模块化程序设计技术, 根据系统的功能要求, 将软件划分为相对独立的功能模块。软件功能主要包括两大类: 一类是完成各种实质性工作的应用软件, 包括参数预置、焊接操作、参

数插值拟合处理以及显示等。另一类是监控程序, 专门用于协调各执行模块, 完成系统自检、初始化、处理命令和实时规范控制等。为了实现全位置弧长的自适应控制, 采用逐次线性拟合算法形成管-管环缝全位置连续的电弧电压规范参数控制曲线^[2], 整个圆周总共设计有 13 个曲线拟合节点(12 区段), 为便于在微机上操作, 每 3 个节点进行 1 组逐次线性插值运算, 整个圆周总共分为 6 组进行逐次线性插值。

假设已知 3 个节点 $A(x_0, u_0)$ 、 $B(x_1, u_1)$ 以及 $C(x_2, u_2)$, 新插入点为 $x(i)$, 则 $u(i)$ 为插入点函数计算值。电弧电压逐次线性插值程序框图见图 2。分别求出 m 和 n , 并将其送至相应内存单元。

$$m = (u_1 - u_0) / (x_1 - x_0)$$

$$n = \left[\frac{u_2 - u_0}{x_2 - x_0} - \frac{u_1 - u_0}{x_1 - x_0} \right] / (x_2 - x_1)$$

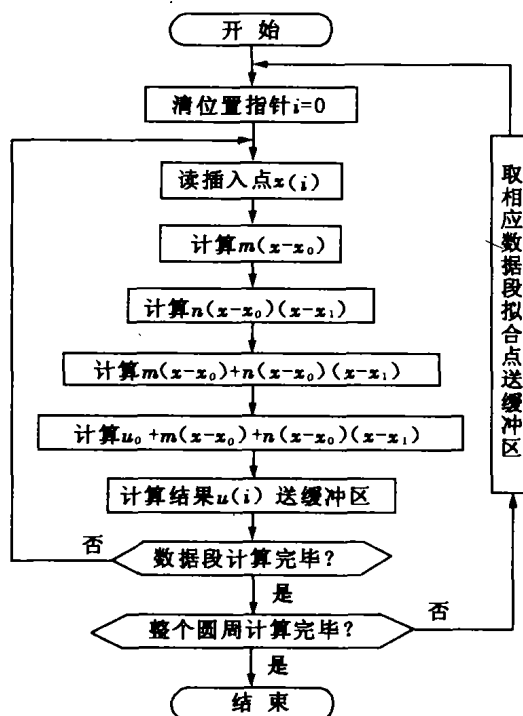


图 2 电弧电压逐次线性插值程序框图

其中 $x(i)$ 表示圆周上各空间点的位置, $u(i)$ 为电弧电压的控制基准参数。为了提高插值精度, 采用三字节浮点数运算, 参与插值运算的数据首先转换成规格化浮点数。

在焊接过程中, 通过实时采样圆周上脉冲电流期间的电弧电压, 依据相应位置的插值拟合曲线规范控制参数, 精确调整机头的电弧长度伺服机构, 以实现整个圆周上弧长的自适应控制。弧长自动控制程序见图 3。

文章编号: 1000-7466(2005)04-0059-03

管-板自动焊设备的研制

莫志豪, 廖禄海

(茂名市第二技工学校, 广东 茂名 525000)

摘要: 介绍了焊接管子与管板角接环焊缝所采用的管-板自动焊设备的结构、组成和工作原理。该设备在锅炉、蒸馏器和冷凝器等换热器的管子与管板焊接中取得了良好的应用效果, 是一种符合中国国情的管-板自动焊设备。

关键词: 换热器; 自动焊设备; 管-板焊接接头

中图分类号: TQ 051.505

文献标识码: B

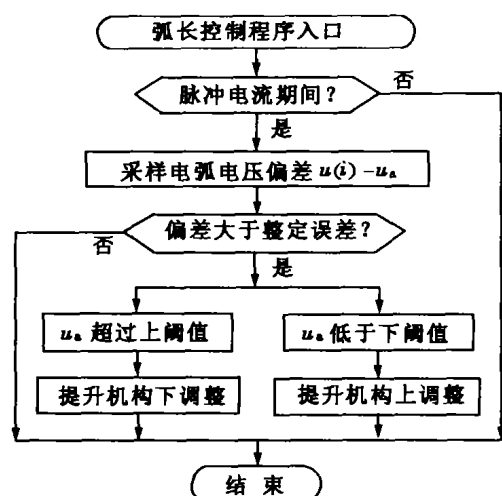


图3 弧长自动控制程序框图

弧长的自适应控制。大量的试验结果表明, 只要合理选择相应位置的规范参数, 并且保证高精度的弧长实时跟踪, 就可以在整个圆周上获得光滑美观的鱼鳞纹状焊缝。

4 结论

(1) 采用微机技术和逐次线性拟合算法确定了管-管环缝全位置平滑的电弧长度控制参数, 通过实时采样脉冲焊接电流期间的电弧电压, 实现了全位置 TIG 焊管机弧长的自适应控制。

(2) 控制系统中采用 STD 总线标准和模块化结构, 实现开放式设计。弧长控制系统采用弧压传感方式和小型快速响应的直流伺服机构, 动态响应速度快, 调节精度高。

(3) 控制系统的硬件和软件均采取了一系列抗干扰措施, 系统工作稳定可靠。

参考文献:

- [1] 雷毅, 袁晓波, 孙晓娜. 面向压力容器焊接自动化技术的应用现状与展望[J]. 压力容器, 2004, 21(10): 35-40.
- [2] 郑宜庭, 黄石生. 弧焊电源[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [3] 魏庆福. STD 总线工业控制机的设计与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [4] 房小翠. 单片微型计算机与机电接口技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [5] 彪尚文. 关于氩弧焊机抗干扰问题的探讨[J]. 电焊机, 1996, 26(2): 18-20.
- [6] 王幸之, 王雷, 翟成, 等. 单片机应用系统抗干扰技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.

(张编)

为了进一步提高系统的可靠性, 在微机控制系统中应用了 WDT 技术。软件设计上采用了指令冗长、软件陷阱、抖动干扰抑制和指令复执等设计技术, 对重要的 RAM 区采用数据冗余保护, 使系统控制软件具有较好的容错性。

3 焊接试验

选用 Q235-B 钢管, 其外径为 $\phi 159$ mm, 经过车床加工以后壁厚最薄处约 2 mm。通过控制系统操作键盘分别设置圆周上相应点的规范参数拟合点, 由微机采用逐次线性拟合算法形成管-管环缝全位置平滑的规范控制参数曲线。在焊接过程中根据焊接位置信息实时调整焊接规范参数, 通过实时采样脉冲电流期间的电弧电压, 实现全位置 TIG 焊管机

收稿日期: 2005-02-02

作者简介: 莫志豪(1968-), 男(汉族), 广东人, 工程师, 学士, 现从事机械厂设备管理工作。