

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.022

# 小型轮毂自动焊接机的研制与应用\*

朱文君, 张 昱\*, 张 瑞

(浙江师范大学 工学院, 浙江 金华 321004)

**摘要:** 轮毂作为车辆的一个重要部件,对车辆行驶平稳性、安全性、操作性都有重要的影响。针对目前国内小型轮毂生产企业采用传统的手工焊接方式,存在的工人劳动强度大、焊接质量不高、生产效率低等问题,利用现有的焊接设备,提出了一种新型的全自动焊接系统方案。以PLC为控制系统,该控制系统软件部分包括I/O人机互动程序的开发和焊接主控程序的编制,实现了手动控制和自动控制两种模式的转换运行;在环形焊缝焊接过程中采用焊缝自动跟踪系统,并采用高品质的MAG焊,实现了焊接角度与速度的自动调节,提高了整机的自动化程度和焊接质量。研究表明,通过采用该自动焊接系统能够满足车辆行驶时对轮毂焊缝的要求,而且能大大提高焊接质量和生产效率,降低制造成本和工人劳动强度。

**关键词:** 轮毂; PLC; 自动焊接系统

中图分类号: U463.343; TG43; TH39 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0729-03

## Development of small wheel hub automatic welding machine

ZHU Wen-jun, ZHANG Yu, ZHANG Rui

(Engineering College, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

**Abstract:** As an important component, wheel hub is very important for vehicle driving stability, safety and operation. Aiming at the low quality and low production efficiency of small domestic wheels manufacturers using the traditional manual welding way, a new type of automatic welding system was put forward using existing welding equipment. The PLC was utilized as the control system which the development of human-computer interaction program and welding master program was included. In the girth weld welding process, automatic seam tracking system was used and MAG welding of high-quality was adopted, which can easily adjust the welding angle and speed and improve the reliability. The results indicate that the welding system improves the welding quality and production efficiency greatly and reduces costs and labor intensity.

**Key words:** wheel hub; PLC; automatic welding system

## 0 引 言

轮毂的质量对车辆整体安全性、行驶平稳性及操作都有着重要的直接影响,而国内众多小型企业尤其是摩托车和电动车的钢制轮毂很多还延续着手工焊接的生产方式,存在诸如工人劳动强度大、作业条件差、生产效率低、产品质量不易控制等问题,制约着企业的发展,同时留下了很大的安全隐患<sup>[1]</sup>。而进口自动焊接装备庞大复杂,价格高昂,且操作难度高,维修费用

昂贵,不能满足中小企业的成本要求<sup>[2]</sup>。因此,研制一种成本低、功能强的轮毂系列全自动焊接机十分必要。

该机采用PLC微处理器控制焊接程序,控制系统软件部分包括I/O人机互动程序的开发和焊接主控程序编制,可通过“手动/自动”按钮转换操作模式。焊接时,本研究根据轮毂的半径大小调节回转台夹具,由变频电机控制工件的运转速度,适用于不同半径的轮毂的焊接,增强了焊接的自动化程度,改善了轮毂的焊接质量,提高了工作效率。

收稿日期: 2012-12-18

基金项目: 浙江省新苗人才计划资助项目(2012R404040)

作者简介: 朱文君(1991-),女,浙江宁波人,主要从事机械设计方面的研究。E-mail: zsdzhuwj@163.com

通信联系人: 张 昱,男,博士,讲师。E-mail: zjnuzy@zjnu.cn

### 1 系统原理

笔者研制的轮毂系列全自动焊接系统操作简单,操作工人所需培训少,并可以根据需要改变焊接参数,适应性强。系统采用PLC为控制核心,驱动电机控制工件的转动速度,由焊接工人按下相应的指令按钮,自动焊接系统即可完成轮毂的自动焊接,自动化程度高,其焊接效率和焊接质量也得到大大提升。

根据车毂焊接的工艺要求,系统将机械、电子以及焊接技术集成于一体。轮毂部件通过卡具和压紧装置定位在工作台上,可在电机驱动下转动,PLC主控单元控制焊枪和回转盘的协调运动,根据设置好的焊缝角度区间进行通电、通气焊接,同时将焊丝同步送下,在非焊缝位置则保持断电与断气状态。焊接完成后系统控制电动推杆带动焊枪上移,便于卸下焊好的轮毂,即焊机可根据预设位置自动启停,实现自动焊接。焊接过程原理图如图1所示。

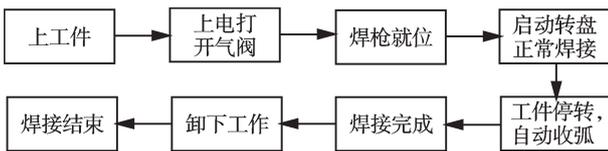


图1 焊接过程原理图

在更换轮毂型号时,为了保证焊接质量,研究者作业前应校准焊枪的水平与垂直方向,使得焊枪始终对准焊缝位置曲线,并具有良好的运行轨迹。为适应不同半径的轮毂焊接需求,回转台夹具设有调节装置,由固定横杆、伸缩杆和固定销等组成,焊接时,研究者根据轮毂的半径大小调节回转台夹具,并通过水平伸缩杆把焊枪调节到准确的焊缝位置,然后用固定销进行固定。

### 2 焊机结构

车毂系列全自动焊接机主要由控制单元、机架、焊枪、支撑回转盘及夹具、调整机构及轮毂夹紧机构等各部分组成。焊机结构示意图如图2所示<sup>[3]</sup>。

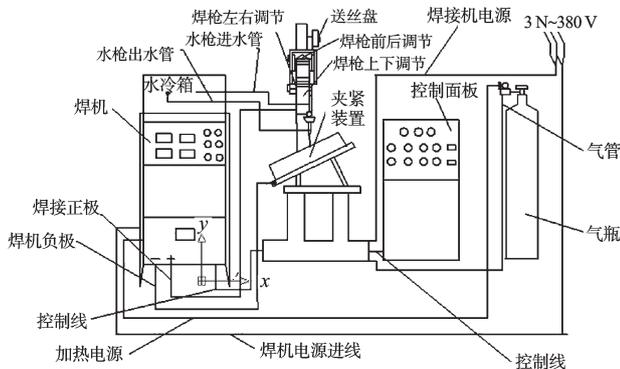


图2 轮毂自动焊机结构示意图

焊机采用三相AC 380 V, 50 Hz电源,焊丝经过送丝盘将焊丝送到焊枪,焊枪的上下、前后、左右均可调节,以适应不同的轮毂型号。工件焊接时的引弧、收弧也可以通过单独控制实现,而焊枪的上、下调节可由电推杆带动,以完成焊枪的就位及焊枪复位过程,在焊枪就位时,系统可以记录焊枪的位置便于自动运行<sup>[4]</sup>。主轴传动部分由变频电机经变速箱带动,可无级调速,以便调节工件的转动速度。

焊枪采用通水冷却方式,由水冷箱进行冷却,控制盒和焊机机体用软线连接,使控制箱可在一定范围内移动,操作更加方便。

焊接工艺采用MAG焊(Metal Active Gas Arc Welding),与CO<sub>2</sub>气体保护焊相比能够显著提高电弧的稳定性,且熔滴细化飞溅大大减少,焊缝成形更加平滑。此外,采用混合气体保护焊还可以改善熔深形状,裂纹、气孔、夹渣等缺陷也大大减少,并能提高焊缝金属的韧性。该专机选用的MAG焊气体比配为80%Ar与20%CO<sub>2</sub>。

### 3 控制单元硬件组成

根据系统要求,轮毂焊接机采用了SIMENS公司的S7-200系列PLC作为系统的控制核心。控制系统由各I/O模块、主控单元及驱动模块等各部分组成<sup>[5-6]</sup>,控制单元系统框图如图3所示。

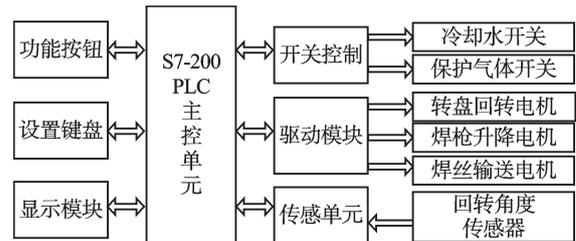


图3 控制单元系统框图

角度传感器实时采集回转盘即轮毂转过的角度信号<sup>[7]</sup>,PLC对照设定的焊接角度区间进行决策,在焊缝位置通电焊接并打开MAG气体开关阀,回转盘带动轮毂做稳定的匀速转动,同时焊枪对准焊缝位置以稳定的速度输送焊丝,共同保证了良好的焊缝质量。而开通循环的冷却水可以用于降低系统温度,保护焊枪。

本研究根据不同的焊缝要求和轮毂半径,可以调整回转盘的转速,以达到最优的焊缝质量和焊接效率。显示模块可以在显示屏上显示出用户操作信息,机器运行信息以及故障情况。

### 4 控制系统软件设计

该控制系统软件部分包括I/O人机互动程序的开发和焊接主控程序编制。当设置好焊缝区间后,PLC

自动调用相应的程序,确认夹具上好工件运行到指定工位,再发送允许焊接指令,当回转一圈即所有的焊缝焊接完成后,焊枪自动升起,便于卸下完成的轮毂,程序进入下一个循环。为了应付复杂的现场情况,焊接机还设有紧急停止按钮以及手动操作模式,可以进行焊枪位置手动调节等操作。

PLC程序编制采用模块化编程,包括按键输入处理、显示处理、工艺参数的计算处理及故障处理等模块<sup>[8-11]</sup>。在更换工件型号后,可选择手动控制来完成焊枪、工件起弧点的定位、执行元件的检测、参数的设定以及工艺的选择,然后选择自动控制,按下启动按钮,进行自动焊接。程序流程图如图4所示。

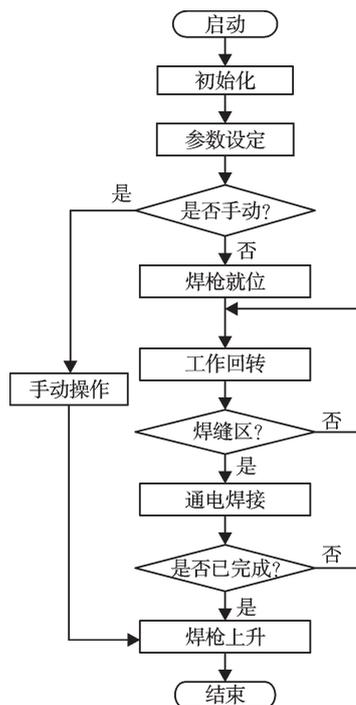


图4 主控程序流程图

首先人工安装工件,然后按动“启动”按键,焊枪自动下行到位,开始执行焊接程序,引弧后工件开始匀速转动进行焊接,经过一个周期的焊接后,焊接停止,焊枪上升至原位,人工卸下工件,为下一个焊接周期的工作做好准备。

## 5 焊接试验

结合具体的焊接情况,试验用的自动焊接设备能焊接小型轮毂环形焊缝,试验焊机如图5所示。其具备以下特点:具有较宽范围的调节焊接或焊件焊接速度的功能;具有电气控制启动停止,按预置程序连续焊接并保持电弧稳定的功能;具有收弧自动填满弧坑的功能;具有“自动稳定地向焊接熔池送进焊丝,并按要求的精度调整送丝速度”的功能;具有焊枪自动跟踪和调节的功能;设有急停按钮,发现异常情况,可按下急停

按钮操作机停止动作,再次按下急停按钮,操作机延续急停前的状态继续运行。为提高整机的自动化过程和可靠性,回转盘电机可无级调速,用来调整焊接速度,启动平缓,无冲击,能够保证平滑的焊缝特性。



图5 试验焊机照片

该系统包括手动控制和自动控制两种模式,可通过手动/自动按钮转换操作模式。手动控制部分主要以各功能点动为主,用于自动焊接前工件位置、焊枪位置的调整以及设备调试等。而自动控制模式则使焊枪按设定参数自动进行焊接作业,包括焊枪自动到位、自动复位等。手动焊接与自动焊接的焊缝对比如图6所示。



(a) 手动焊接焊缝

(b) 自动焊接焊缝

图6 手动焊接自动焊接焊缝比较

显然,自动焊接的焊缝更加平滑、光洁,避免了手动焊接时不可控制颤动导致的缺陷,这些缺陷不仅影响美观,更重要的是焊缝正是轮毂的应力集中点,因此,劣质焊缝会给使用者埋下安全隐患。实验结果表明,轮毂自动焊接机焊接过程稳定、快速、准确,能够满足焊接工艺的要求。

## 6 结束语

小型轮毂自动焊接机的应用表明,在焊接速度控制和焊枪摆动方面,该系统均达到了设计参数和性能要求,焊接质量能够满足车辆行驶平稳性、安全性、操作性对轮毂焊缝的要求,且能够焊接不同半径的轮毂,做到一机多用,性能价格比较高,是替代同类进口装置的理想机构。

本研究通过采用该自动焊接机不仅提高了焊接

(下转第745页)

稳定性优于隐式梯形积分,并且对积累误差的敏感性也较低。这个特点为电力系统安全稳定运行计算方法的研究提供了新的解决方案。

## 4 结束语

本研究提出了一种基于Duhamel数值积分的电力系统暂态稳定计算方法,通过将齐次项系统矩阵作对角化处理,并用线性拟合非齐次项,使得算法具有高精度、高稳定性的优点。应用到电力系统分析后,该研究算法可以实现大步长仿真计算,减少了仿真时间。同时,该算法采用大步长仿真计算时,准确性与隐式梯形积分相比有很大的提高。本研究建立的算法为基于时域仿真的电力系统安全稳定运行分析<sup>[18]</sup>提供了高效、精确的时域仿真方法。

### 参考文献(References):

- [1] 王锡凡. 现代电力系统分析[M]. 2版. 北京:科学出版社, 2003.
- [2] MARIA G A, TANG C, KIM J. Hybrid transient stability analysis[J]. *IEEE Transaction on Power Systems*, 1990, 5(2):384-391.
- [3] 孙 闻,房大中,薛振宇. 电力系统在线暂态稳定分析方法[J]. *电网技术*, 2009, 33(14):16-20.
- [4] 徐 英,白雪峰,郭志忠. 多步高阶暂态稳定计算方法[J]. *电力系统自动化*, 2009, 33(15):33-37.
- [5] 刘建楠,白雪峰,徐 英,等. 多步高阶Taylor级数暂态稳定最优积分格式[J]. *电力自动化设备*, 2012, 32(10):121-126.
- [6] 薛 巍,舒继武,严剑锋,等. 基于集群机的大规模电力系统暂态过程并行仿真[J]. *中国电机工程学报*, 2003, 23(8):38-43.
- [7] 林济铿,全新宇,罗萍萍,等. 基于等值的电力系统机电暂态仿真并行异步算法[J]. *电力系统自动化*, 2009, 33(1):32-35.
- [8] JEROSOLIMSKI M, LEVACHER L. A new method for fast calculation of Jacobian matrices: Automatic differentiation for power system simulation [J]. *IEEE Transaction on Power System*, 1994, 9(2):700-706.
- [9] MOON Y H, CHO B H, CHOI B K, et al. noniterative algorithm based on polarized-system partitioning for transient stability simulation [C]//Proceedings of IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Singapore: [s.n.], 2000: 1022-1027.
- [10] 钟万颢. 结构动力方程的精细时程积分[J]. *大连理工大学学报*, 1994, 34(2):131-136.
- [11] 唐 晨,张 隰,闫海青,等. 非线性系统的任意项精细积分外插多步法及其在混沌数值分析中的应用[J]. *物理学报*, 2003, 52(5):1091-1095.
- [12] 张森文,曹开彬. 计算结构动力响应的状态方程直接积分法[J]. *计算力学学报*, 2000, 17(1):94-97.
- [13] 谭述君,钟万颢. 非齐次动力方程Duhamel项的精细积分[J]. *力学学报*, 2007, 39(3):374-381.
- [14] 谭述君,高 强,钟万颢. Duhamel项的精细积分方法在非线性和微分方程数值求解中的应用[J]. *计算力学学报*, 2010(5):752-758.
- [15] 王宇宾,常鲜戎,罗 艳,等. 精细时程法电力系统暂态仿真初探[J]. *浙江电力*, 2005(1):1-4.
- [16] 赵志奇,王建全. 隐式精细积分算法在电力系统暂态稳定分析中的应用[J]. *机电工程*, 2012, 29(5):580-583.
- [17] PAI M A. Energy function analysis for power system stability[M]. Boston Kluwer Academic Publishers, 1989.
- [18] 罗明亮. 考虑暂态稳定约束的预防控制算法研究[D]. 杭州:浙江大学电气工程学院, 2010.

[编辑:李 辉]

(上接第731页)

速度,降低了工人的劳动强度,而且产品质量和生产效率都得到了较大的提升,为摩托车、电动车生产企业或配件制造企业高效率、高质量、低成本的制造提供了有效支持。此外,小型轮毂自动焊接机对焊工的技能要求较低,避免了采用手工焊接而大量的熟练焊工的投入,有利于全面提高生产效率和焊接质量。

### 参考文献(References):

- [1] 朱利民. 汽车铝轮毂先进制造技术[J]. *轻金属*, 2008(3):51-54.
- [2] 吴中华,潘明松. 基于有限元分析的后轮毂优化设计[J]. *制造业信息化*, 2012(1):47-48.
- [3] 卞金玉,王元利,白宏伟,等. 汽车钢圈自动焊接机[J]. *汽车工业中的焊接技术*, 2004, 34(6):25-27.
- [4] 谭 蓉. 全位置自动焊枪移动和摆动机构的设计[J]. *焊接技术*, 2001, 30(6):32-33.
- [5] 高 强. 基于S7-300的自动焊接系统研究[J]. *制造业自动化*, 2011, 33(3):33-34.
- [6] 孔艳艳. 基于PLC的油缸自动焊控制系统设计[J]. *机械*, 2012, 39(5):40-41, 48.
- [7] 张爱华,姚海燕. 角度传感器在全位置自动焊接系统中的应用[J]. *计算机测量与控制*, 2009, 17(12):2426-2431.
- [8] 刘继修. 基于PLC的金属压铸机控制系统设计[J]. *机电工程技术*, 2004, 33(6):69-71.
- [9] 杜随更,陈 强,朱文超. 摩擦焊接过程PLC闭环控制系统[J]. *电焊机*, 2009, 39(6):53-56.
- [10] 王新辉,于 丹. 基于Pro/E的相贯曲面堆焊运动仿真分析[J]. *焊接学报*, 2011, 32(2):72-76.
- [11] 马彦霞,王 燕,刘振亚. PLC控制在双环缝自动焊接设备中的应用[J]. *中原工学院学报*, 2011, 22(2):71-73.

[编辑:洪炜娜]