

Design of a New Angle Positioner for Manual Welding

Yucheng Zhang* Zihan Zhao

Shanghai Municipal Engineering Design Institute(Group) Co., Ltd., Shanghai, 200082, China

Abstract

As a basic manufacturing method, welding permeates all aspects of social production. In the process of manual welding, although the traditional angle positioning method can achieve the purpose of positioning the angle of pipe fittings, but the positioning process is complex and the accuracy is low. This set of angle positioner is based on the parallelogram structure, adding the ball screw regulated by the stepper motor, so as to achieve the purpose of precise angle adjustment. At the same time, the magnet is used to fix different weldments, such as round tube, square tube and iron sheet, so that the angle fixing is more stable and easy to install and disassemble.

Keywords

welding angle positioning; adjustable; convenient

一种用于手工焊接的新型角度定位器的设计

张雨成* 赵子涵

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 中国·上海 200082

摘要

焊接作为一种最基本的制造方法渗透于社会生产的方方面面。在手工焊接的过程中传统的角度定位方式虽然可以达到定位管件的角度的目的,但是定位过程复杂,准确度低。此套角度定位器以平行四边形结构为基础,加入步进电机调控的滚珠丝杆,从而达到精确调节角度的目的。同时,利用磁铁固定不同的焊件,如圆管、方管、铁片,角度固定更加稳定且易于安装与拆卸。

关键词

焊接角度定位;可调节;便捷

1 引言

在焊接电动巴哈赛车车架的过程中,发现许多具有不同连接角度的支撑件和连接管件,通过传统确定方式固定焊件具有繁琐复杂,效率底下、精度不足等缺点,不仅浪费时间,焊接的质量也难以保证。

近些年来,随着数字化的设备加工功能的扩大化,给今后的定位器的快速定位提出了更高的要求。定位器的可重组性、可重构性及可扩展性功能强,应用范围广,通用性好,定位器利用率高,经济效益就越高。对于电动巴哈车队所使用的较为传统的角度确定及固定方式,是首先确定管件两端连接位置,进而再将通过机械夹具的方式进行固定,最后在连接处完成焊接的方式。此种方式通过位置的确定来间接控制角度,精度低,对于一些不能使用机械固定方法固定的位置,

通常通过人手夹持来进行焊接,大大增加了安全隐患。此种方法对于手工焊接并不适用,手工焊接所需的操作简便灵活、效率高、准确度高成为传统定位方式的主要提升方向。

为了更加适用在手工焊接方面,可参考手动千斤顶的结构设计,设计可活动的平行四边形结构,以达到改变角度的目的。同时选择相邻的两边加入磁铁,使得可以在测量角度的同时,将两焊件固定在该角度位置上,以方便焊接工作。为提高角度的准确度,使用 M12 螺距为 4mm 的滚珠丝杆,加入步进电机将角度的变化转化为丝杆上螺母更精确的平动,以达到手工焊接所需要的精度。此套定位器小巧方便,使用灵活,精度较高,可基本满足所有手工焊接的场所^[1]。

2 系统总体组成架构方案设计

定位器分为感测部分和显示部分,感测部分参照手动千斤顶的结构设计为平行四边形结构,双臂装有磁铁用于将焊件固定;显示部分由 stm32 单片机,2.8 寸电容屏,步进电机,

【作者简介】张雨成,中国湖北武汉人,毕业于武汉理工大学,从事车辆工程研究。电子邮箱:2766727913@qq.com。

滚珠丝杆和激光传感器构成。

定位器实现的功能是：在触摸屏输入拟焊接角度，定位器双臂张开并固定在对应角度上，通过磁铁吸附接焊件进行手工焊接。

Stm32 作为控制器，主要负责处理显示屏传回的角度数据，运用 PID 算法得出控制步进电机旋转的脉冲信号，驱动步进电机工作以及接收激光传感器传回的距离数据对步进电机运动进行修正^[2]。

激光传感器用于反馈定位器平行四边形结构中心线的距离，从而对步进电机运动进行修正，可保证定位器长久使用后因为丝杆螺纹损坏带来的精度问题。

系统中动作执行部分主要是步进电机和滚珠丝杆，步进电机通过输入给定的脉冲数转动相应圈数；滚珠丝杆用来将步进电机角位移转化为线位移，并通过此信息控制定位器定位角度。

显示屏用于数据的输入，启动电源开关，输入角度清零信号，定位器进行角度复位，校准完毕后输入角度值，显示屏将数据传输至控制器。

3 电气硬件设计

系统在运行过程中，须具有一定的抗干扰能力，从而保证系统的稳定运行。因此系统应该具备以下各个模块，各个模块之间协调运行，才能达到预期效果。系统硬件组成如图 1 所示。

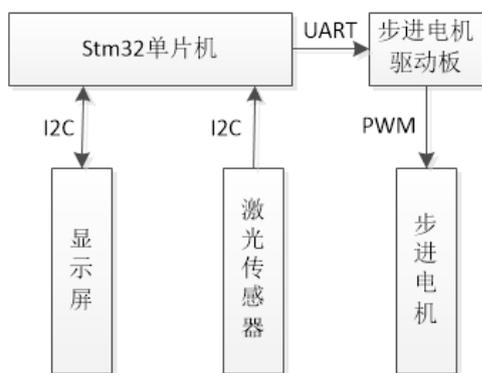


图 1 系统硬件结构组成

3.1 控制器

由于该设计作为焊接定位装置将来应用于手工焊接当中，故应选用性价比较高的嵌入式设备，既能运行好我们训练好的嵌入式程序，又能满足价格低廉的要求。故采用 stm-

32f103c8t6 核心板，开发板外观如图 2 所示。stm32f103c8t6 是一款基于 ARM 内核的 32 位 MCU 系列，具有高性能，低电压，低功耗等优点，支持串口、IIS、GPIOs、蓝牙等接口^[3]。

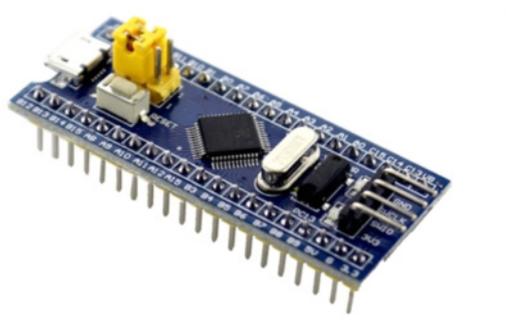


图 2 stm32f103c8t6 核心板外观图

3.2 显示屏

电容屏是现在主流的触控屏，也称作“硬屏”，利用存在于人体的电流感应进行操作，由四层的复合玻璃屏组成，表面是一电容面，从手指吸走的电流通过电极流出，形成信息完成触屏控制^[4]。本系统采用 2.8 寸 vlcds HMI 电容触摸屏如图所示（带 GPU）支持 Arduino I2C 接口，LCD 模式为 65k TFT，模块由 3.3V/5VTTL 电平供电，如图 3 所示。



图 3 2.8 寸 vlcds HMI 电容触摸屏外观图

3.3 步进电机模块

步进电机模块选用 28*40 推力 100N 丝杆，步进电机输入电流 0.7A，身高 40mm，步距角为 1.8°，保持扭矩 90mNm，工作转速 15mm/s；丝杆长度为 200mm，螺杆规格为 Tr5，螺距为 4mm，水平最大负载为 11kg，其外观如图 4 所示。



图 4 28 微型丝杆电机外观图

3.4 激光传感器

由于该系统对测量的长度精度较高,故选用 ZLDS100R-4-39 传感器,量程为 2mm-250mm,分辨率为 0.1mm,通过 I2C 接口与控制器连接,如图 5 所示。



图 5 ZLDS100R-4-39 传感器外观图

4 系统定位技术研究

4.1 针对固定焊件设计方案

通过对于查阅资料了解了目前普遍使用的焊接材料为磁性材料能够有效吸附磁铁,因此本组固定焊件装置采用强力磁吸式,磁铁通过子母铆钉与碳纤维板进行连接固定如图 6 所示。焊手柄采用碳纤维材料,其具有重量轻、韧性好、强度高优点,符合产品轻量化特点并且可以有效解决磁铁相互干扰问题。

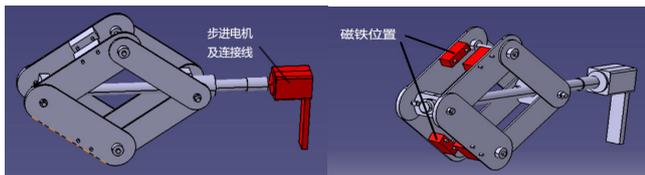


图 6 焊接定位器外观图

4.2 针对角度变化的设计研究

根据平行四边形边与夹角存在的函数关系,将测量角度巧妙地转化为测量长度,通过显示器输入角度数据,上位机接受信号控制步进电机工作。

4.3 针对角度固定方式的设计研究

在手工焊接中,定位器连接两焊件后改变其角度的外力和焊接时的抖动幅度较小,固系统采用螺栓螺母固定以及部分光轴采用固定环进行固定。由于感测部分和显示部分分开,电子电路远离焊接干扰源,具有较强抗干扰性。

5 定位技术实现及证明

5.1 精度的计算证明

通过对电动巴哈车队以往赛季手工焊接的分析与测量,可得两焊件的夹角均处在 30°~150° 范围内,角度过大或过

小都会导致连接处结构不合理且无法焊接,因此对于设计的定位器角度要求在 30°~150° 范围内即可。由于对精度的要求是由工艺本身决定的,而不是因为焊接剧烈摇晃会引起角度偏差,所以实际焊接对精度要求不高。通过实际焊接及测量发现,在手工焊接过程中,定位器精度达到 0.5° 可很好地满足手工焊接要求,达到比传统定位方式更精确的目的。

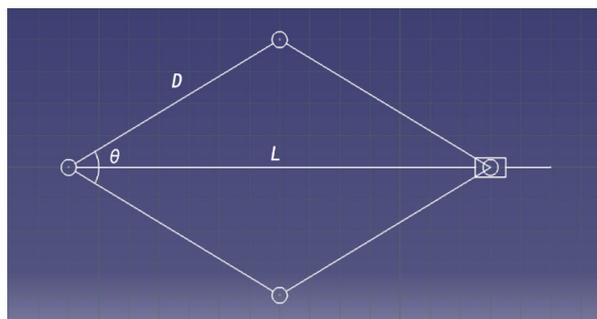


图 7 定位器双臂简化图

该定位器双臂为平行四边形结构,长度 D 均为 100mm,其角度的调节模型可简化如图 7 所示。在使用时,θ 为需要定位的两管件角度,且 θ 的范围为 30°~150°。根据几何关系可知,角度与丝杆长度存在如下关系:

$$L = 2 \times 100 \times \cos(\theta/2) \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

将 (1) 式两边分别对 θ 求导得出:

$$L' = -100\sin(\theta/2) \quad (2)$$

即当 θ 的范围为 30°~150° 时 L 随 θ 的增大而减小。

将 (2) 式两边分别对 θ 求导得出:

$$L'' = -50\cos(\theta/2) \quad (3)$$

即当 θ 的范围为 30°~150° 时 ΔL 随 θ 的增大而减小,即 |ΔL| 随 θ 的增大而增大。

角度(θ)与丝杆长度(L)函数图像如图 8 所示(横坐标为角度,纵坐标为丝杆长度)。

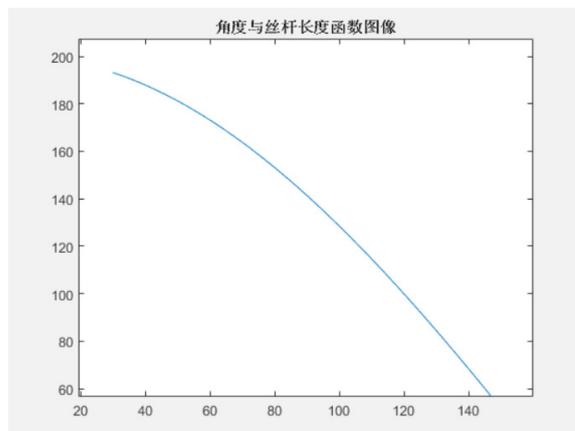


图 8 角度与丝杆长度函数图像

通过计算不同情况下的 θ 可得到表 1 中的数据。

表 1 不同情况下的 θ 的数据

θ (角度制)	30	30.5	31	31.5	32	32.5	33	33.5	34	34.5	35	...	150
$\theta/2$ (角度制)	15	15.25	15.5	15.75	16	16.25	16.5	16.75	17	17.25	17.5	...	75
$\theta/2$ (弧度制)	0.262	0.266	0.271	0.275	0.279	0.284	0.288	0.292	0.297	0.301	0.305	...	1.309
长度 L (mm)	193.19	192.96	192.73	192.49	192.25	192.01	191.76	191.51	191.26	191.01	190.74	...	51.76

综合上述计算过程可得，在要求丝杆长度精确到小数点后一位时，通过步进电机的调节可以使定位器在 $30^\circ \sim 150^\circ$ 之间变化，并且角度的变化精度为 0.5° ，对于手工焊接，此时调节的范围与角度精度均已基本适用于手工焊接的各种场合，并且已达到相对精准的要求。

5.2 磁吸装置设计

目前市场上存在的焊接定位器大多采用磁吸式，相对于夹具式而言，磁吸式具有操作简单拆装快捷的优点，更加适用于小型焊接定位装置中，在使用电弧焊手工焊接钢管时，焊缝层间温度为 $200 \sim 250^\circ\text{C}$ ，由于靠近焊点处温度迅速升高导致磁铁发生退磁现象以及强磁铁本身质脆和强磁性可能会对电子元件的精密性产生影响，因此选择合适的磁铁十分重要^[5]。通过查阅相关资料，不同种类磁铁性质如表 2 所示。

表 2 不同种类磁铁性质

磁铁种类	硬度	磁能积	极限工作温度	防腐蚀处理方式
钕铁硼磁铁	较脆	50MGOe	$80^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$	镀锌 / 镀镍 / 喷涂环氧树脂涂层
钐钴磁铁	脆	30MGOe	$250^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$	不需要
铁氧体磁铁	质软	1.1MGE0-4MGE0	300°C	不需要

通过对不同种类的磁铁进行性能比较，该产品选用 $50 \times 20 \times 10\text{mm}$ 钕磁铁，两侧添加碳板，正面覆盖环氧树脂涂层使得产品防腐性能优良和解决磁铁质脆缺点。

6 仿真分析

焊接定位器手柄为碳纤维材料，比重轻且耐高温，螺栓螺母为 304 不锈钢材质，子母铆钉为铝合金，整体强度必须满足 Ansys 仿真要求，不然会出现固定点断裂的情况，严重的会影响焊接安全^[6]。模拟实际手工焊接条件下，定位器所受载荷主要来自焊件自身重力以及焊件晃动所产生的惯性力，当垂直于手柄方向施加压力时，定位器应力仿真结果如图 9、图 10 所示。

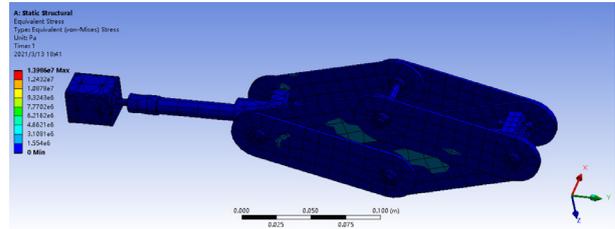


图 9 定位器 30° 工作条件下应力仿真结果

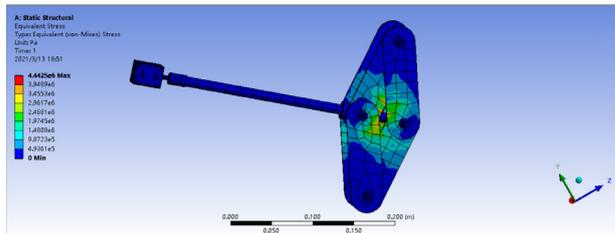


图 10 定位器 150° 工作条件下应力仿真结果

仿真分析结果表明：当定位器手柄受到 100N 压力条件下，各紧固点在 X、Y、Z 三个方向上满足强度要求，因此论文采用的螺纹紧固连接以及子母铆钉连接满足实际要求。

7 结语

本项目基于手工焊接设计一种新型焊接定位器，加入步进电机、滚珠丝杆等主要部件，操作简单能够满足手工焊接的要求，通过单片机与显示屏完成工作任务的输入，通过激光传感器结合 PID 控制算法实现精准定位，定位器手柄采用高强度的碳纤维材质等。对比传统焊接定位器有很大进步，相信未来将与数字化机床等技术结合起来完成又一次创新，将实现焊接自动化的广阔前景。

参考文献

- [1] 黎奉常,付豪,艾天乐,等.基于钢管车架焊接的定位研究及其夹具设计[J].节能,2020,39(05):93-95.
- [2] 黄克霞.钣金焊接可调角度夹具的设计分析[J].内燃机与配件,2020(24):96-97.
- [3] 张秋雨,张开明,梁熠天,等.一种新型焊枪摆动与焊接角度调节装置[J].科技创新与应用,2014(01):28.
- [4] 钟金豹,尹明,李鑫,等.滚珠丝杠副滚道磨损的有限元模拟分析[J].机床与液压,2020,48(21):155-159.
- [5] 李喆,丁伟,曹利松,等.基于参数化分析的滚珠丝杠副轻量化设计[J].航空精密制造技术,2020,56(05):18-21.
- [6] 韩会荣.基于步进电机的电动执行器的控制算法设计[J].中国科技信息,2021(Z1):117-118.