

涡流位移传感器在外伸梁自动焊接控制中的应用

姚河清,李春燕,刘波,朱玲
(河海大学机电学院,江苏常州 213022)

摘要:通过对涡流式位移传感器的特性研究,采用以传感器输出特性曲线在一定区间内的拟合直线作为控制特性曲线、设定规定门限区和一定反向调节量的控制方法,得到了在保证一定的跟踪精度条件下的焊枪稳定。在此基础上设计并研制了具有高度和横向跟踪的两侧对称斜角自动焊设备,较好地满足了生产需求。

关键词:外伸梁焊接;涡流位移传感器;自动控制

中图分类号:TG409 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-2303(2005)12-0022-03

Application of eddy displacement sensor in box girder's automatic welding

YAO He-qing, LI Chun-yan, LIU Bo, ZHU Ling

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Hohai University, Changzhou 213022, China)

Abstract: By studying the characteristics of the eddy displacement sensor, it adopts the control method which include using the fitting line of sensor's output characteristic curve in certain block as control characteristic curve, and stipulating door limit district and a certain of backward overshoot, the stabilization of welding torch is gained under the certain track precision. On this basis, a kind of symmetry bevel automatic welding equipment with vertical and horizontal tracking system is designed, which has met the production requirement well.

Key words: box girder's welding; eddy displacement sensor; automatic control

前言

集装箱吊具的外伸梁结构如图 1 所示。工作过程中,根据集装箱尺寸的不同,外伸梁要伸缩,而且与外箱体有动态配合,因此,外伸梁不仅要承受很大的应力,对几何精度要求也很高。因此,焊接时必须尽可能地减小焊接变形。为此,设计了两侧对称斜角自动焊工作方式^[1],上下两侧的焊接参数完全相同,以减少焊后的残余变形。

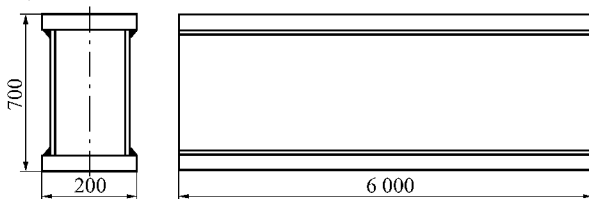


图 1 焊接工件

外伸梁长 6 m,焊前的工件准备和焊接过程中各种原因均会导致焊枪的对中误差,对焊接质量影响较大。综合分析造成对中误差的原因主要有:钢板采用火焰切割的方法下料,存在尺寸精度误差;多块板料手工点焊,存在装配误差;工件吊装到底座上,存在定位误差;焊接过程中,加热焊接下面两道焊缝,工件下热上冷,会导致两端向上弯曲;而冷却后的工件又会发生向相反方向的弯曲变形等。种种因素使得焊缝位置在横向和高度方向都不稳定,从而影响焊缝对中。因此,保证焊缝在横向和高度方向的跟踪质量是自动焊机设计的重点。为保证焊缝成形好,焊枪对中坡口偏差要求在 ± 1 mm 以内。

焊机设计的基本工作方式采用龙门式结构,如图 2 所示。工件 5 置于工件底座 6 上,龙门架 1 在驱动电机的控制下可沿纵向导轨 9 运动。假定焊接时焊枪对中位置在高度方向和横向相对于对应的传感器距离是不变的,焊接过程中发生偏差时,对应

收稿日期:2005-05-08

作者简介:姚河清(1951—),男,湖南华容人,副教授,硕士,主要从事焊接设备及焊接过程自动控制的教学与科研工作。

传感器将偏差转换成控制器可以识别的电信号,由控制器控制对应的调节电机,调整焊枪位置,保证焊接过程中焊枪始终对中焊缝。

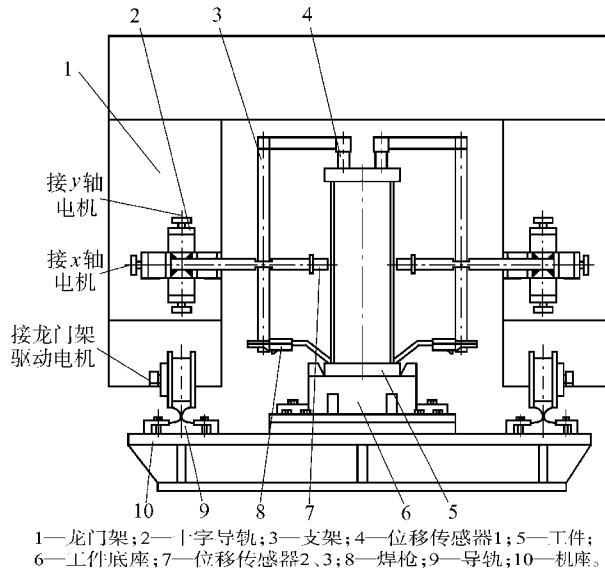


图2 总体设计方案

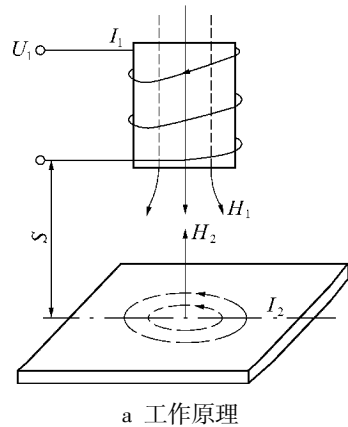
1 系统配置

1.1 位移传感器的选用

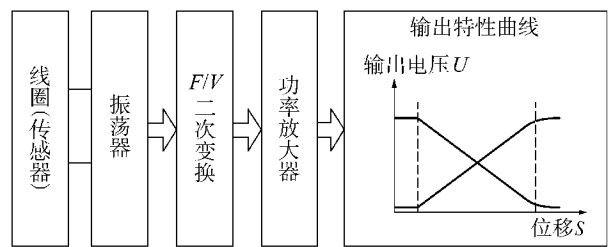
研究选用电涡流式位移传感器,它具有较宽的线性范围。针对电弧焊接过程中存在着强烈的弧光、烟尘、电磁干扰以及高温辐射、飞溅等,涡流传感器具有较强的抗干扰能力,且热稳定性较高,受电弧温度的影响较小。同时,涡流传感器精度高,频率响应快,探头结构简单,安装调整和校验方便,能较好满足自动跟踪的要求^[2]。

1.2 位移传感器工作原理

如图3a所示,当传感器线圈中通以一高频交流电流 I_1 ,线圈周围便产生高频交变电磁场 H_1 。若将工件导体置于该磁场范围内,导体内便产生电涡流 I_2 , I_2 也将产生新的感应磁场 H_2 , H_2 与 H_1 方向相反,力图削弱原磁场 H_1 ,从而导致线圈的电感量等参数发生变化。这些参数的变化与线圈到被测导体间的距离 S 等因素有关^[3,4]。如果保持其他参数不变,只改变位移 S ,传感器线圈的电感量就只是 S 的单值函数。通过图3b所示的调频式谐振电路,将电感量的变化转换为振荡频率的变化,经 F/V 转换为电压信号,最后经放大后输出。输出特性曲线如图3b所示,在一定的感应距离范围内,输出电压呈线性,即可通过测量输出电压的变化值得到传感器相对于工件的位移量,进而达到控制传感器到工件距离的目的。



a 工作原理



b 电路流程

图3 涡流传感器工作示意图

1.3 位移传感器的安装

由于外伸梁的工作要求,工件装配点焊时对高度的精度要求较高;采用两侧对称角焊,规范参数一致的情况下,焊接过程中工件有热变形,但主要是工件的弯曲,扭曲变形很小可忽略不计,因此工件的高度变化很小。上下底板的边沿只有15mm,传感器安装位置受限,焊接条件恶劣。根据工件焊接的实际情况以及上述的变形分析,对两侧斜角焊缝分别设计了横向和高度两个方向的跟踪机构,位移传感器的装配及其与焊枪装配的相对位置关系如图4所示。横向跟踪以两侧侧板为参考面,高度跟踪以上底板顶面为参考面。传感器和焊枪由刚性连杆连接,保证位移传感器和工件参考面之间的距离稳定,从而保证焊枪对中位置。

1.4 传感器标定

在上述设计方案中,采用了多个位移传感器,位移传感器的输出特性会直接影响焊枪的跟踪精度,不同传感器之间也会存在一致性问题,故需要对传感器进行标定,以确定位移传感器的工作区间和一条参考直线作为控制的依据,以满足控制精度的要求。实验用位移传感器型号为VLG10-8,电感式,标称线性距离2~10mm,电压输出型(10V),工作电压范围15~30VDC,输出状态分上升和下降两种。实验

专题讨论
——
专用 成套焊接设备及生产线

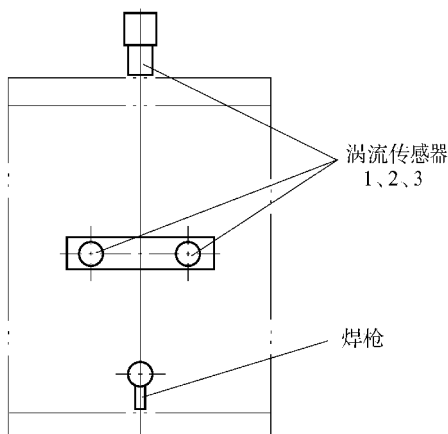


图 4 位移传感器与焊枪装配相对位置示意图

过程中,将 2 个传感器分别固定在三坐标工作台上,并可沿横向进行较精确移动。金属工件板固定在工作台旁,板侧面与传感器感应面保持平行。直流稳压电源提供传感器的输入电压,设定在 15 V。调节位移传感器和工件之间的距离,检测输出电压,得到两个位移传感器的输出特性曲线如图 5 所示。

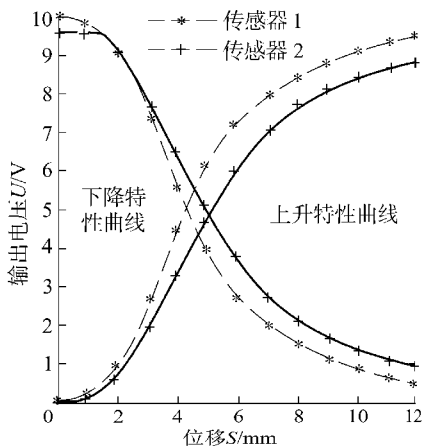


图 5 位移传感器输出特性曲线

对位移传感器的输出特性曲线分别作直线拟合,由图 5 可见,位移在 2~7 mm 范围时,曲线的直线度较好,为减小控制误差选取 2~7 mm 之间的下降特性曲线作为直线拟合区。得到传感器 1 的拟合直线

$$U_1 = -1.435 \cdot S + 11.832,$$

传感器 2 的拟合直线

$$U_2 = -1.296 \cdot S + 11.553.$$

取过两拟合直线交点的角平分线作为参考的拟合直线

$$U = -1.351 \cdot S + 11.66.$$

如图 6 所示,最大信号电压误差 $error_1 = 0.6048 \text{ V}$ (位移 $S = 5 \text{ mm}$),对应位移误差 $\Delta_1 = 0.448 \text{ mm}$; $error_2 = 0.608 \text{ V}$ (位移 $S = 7 \text{ mm}$),对应位移误差 $\Delta_2 = 0.450 \text{ mm}$ 。

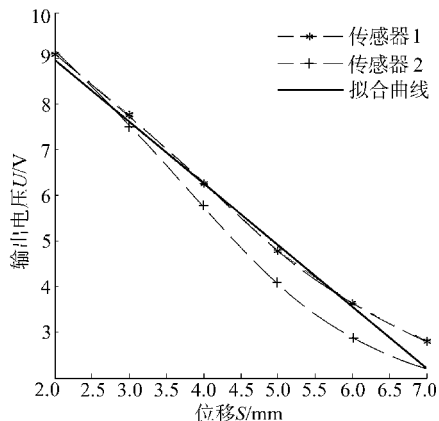


图 6 位移传感器输出特性曲线分析

2 控制系统

2.1 控制原理

自动焊机的控制系统原理框图如图 7 所示。工作过程为:设置好各项参数→焊枪调整对中(设定对中对点)→起动→自动引弧→若引弧成功则龙门架按照设定好的速度行走→焊接过程中横向和高度位移传感器检测位置信号,通过控制系统控制相应电机动作以保证焊枪的对中位置→检测到工件终了位置信号,自动熄弧,龙门架停止运动,焊枪保持熄弧时的位置与姿态不变,便于焊机的返程焊接。

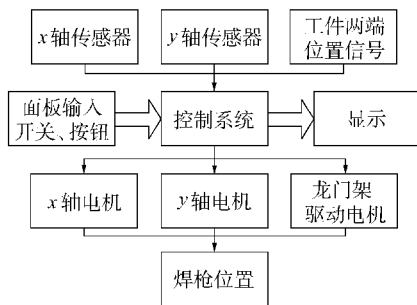


图 7 自动焊机控制系统原理

该系统利用传感器跟踪系统,可实现焊缝起点、终点和焊接方向的自动识别,提高了焊接过程的自动化程度。其控制方法为:每一个横向跟踪调节机构上都装有 2 个位移传感器,焊接前,焊枪未进入工作区,传感器没有信号,焊枪位置保持不变,焊接程序不起动。当龙门小车带动焊枪进入焊接区,2 个传感器同时有信号时,控制系统自动起动焊接电源,进入引弧焊接程序;焊接完后,2 个传感器中的 1 个离开工作区时,控制系统自动停止焊接,并保持焊枪位置不变。根据 2 个传感器接收信号的前后,即可判断焊接方向,方便实现双向焊接。

从提高焊接质量的要求出发,焊枪对中误差要



限制在 ± 1 mm 以内,且尽量保证焊枪稳定。通常采用反馈控制方法,焊枪可能处于不断调整的过程,易产生抖动,影响焊接质量^[9]。针对本设备应用的实际焊接工件情况,焊缝为直线,焊接过程应尽量减少焊枪抖动。在此采用了一种较为特殊的控制方法,即:以上述的拟合直线为控制特性曲线,焊接前,调整焊枪对准焊缝中心,并保证传感器处于规定工作区,设定当前位为控制中心位。控制系统设定有调节门限值,当焊枪处于门限值以内时,不调整焊枪位置,保持其稳定;一旦焊枪超出此范围,便以预先设定的调节速度进行调整,达到相对于中心位给予一定的反向超调偏差停止。因为直线焊缝,误差呈一定的缓慢变化趋势,反调偏差可以增加焊枪处于平衡范围的时间,减少焊枪调节次数,从而尽可能地保证焊枪稳定。

2.2 控制误差分析

中心位的设定受传感器的安装精度、调整误差的限制,需要有一定的安装范围。根据传感器标定的数据分析,选取传感器的工作区间为 $S=2\sim 6$ mm,控制系统调节门限值设定为中心位 ± 0.5 mm(在此范围内不调整),设反方向超调距离为 0.2 mm,则焊枪对中时传感器位置可设定在 $2.5\sim 5.5$ mm,对应传感器的输出电压位于相应范围($4.23\text{ V}<U<8.28\text{ V}$)可不作调整。

当控制系统以拟合直线为控制特性曲线时,实际传感器的测量特性与拟合直线在不同工作点存在的误差不同。为保证在传感器规定的工作区间实现的对中误差不超过设计要求(± 1 mm),有必要分析工作区可能形成的控制偏差。由图 8 可知,在传感器的规定工作区间内,当工作点附近拟合直线的下降斜率大于传感器实际测量曲线时,实际的对中误差将会增大。据此,比较图 8 中的拟合直线和位移传感器的特性曲线,在规定工作区间内, $S=5$ mm 是个拐点,当位移 $S>5$ mm 时,传感器的斜率小于拟合直线的斜率,此时可能产生位移超差,且随着位移的增大,误差呈增长趋势。故选取对中心位置处于下界 $S=5.5$ mm 处进行分析。如图 8 所示,当传感器位移 $S=5.5$ mm 时,传感器信号电压为 4.23 V ;输出电压在 $3.55\sim 4.9\text{ V}$ 之间时,认为焊枪处于允许的偏差范围内,不需调整;当电压一旦超出此范围(由于单片机的信号处理速度相对于焊接速度而言要快得多,信号处理时间可忽略不计),控制系统控制相应电机运动,以特定的速度使焊枪回到对中位置,并给予一定的反向偏差。调节电机采用了步进电机,调节位移量确定,采用了特殊的运动速度控制以减少运动惯性超调,因此相应运动控制导致的对中偏差可以忽

略不计。焊枪可能的位移范围为 $-0.44\sim +0.55$ mm(见图 8)。可见,虽然实际位移范围可能超出控制设定门限(± 0.5 mm),但是仍满足对中偏差的设计要求(± 1 mm)。

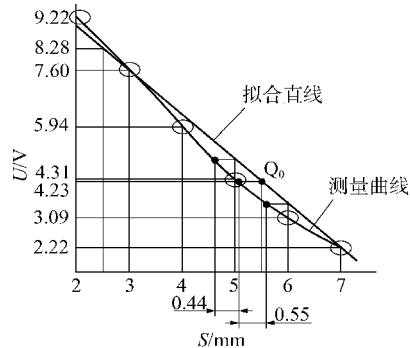


图 8 控制误差分析

设计制造的焊接设备经过了安装、调试、试焊以及一段时间的实际工作运行,焊接质量良好,焊接效率大幅度提高,较好地满足了企业生产的需求。实践证明,利用位移传感器实现焊缝跟踪的两侧对称斜角焊方法所制造的外伸梁,能有效抑制焊接变形。焊缝成形如图 9 所示(电压 35 V ;电流 320 A ;焊接速度 310 mm/min),达到了设计要求。

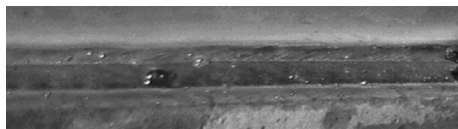


图 9 工件焊缝

3 结论

- 通过实验分析以及设备的试用,证明涡流位移传感器能较好地适应焊接环境,可应用于焊缝跟踪。
- 以传感器测量曲线在一定区间内的拟合直线作为控制特性曲线,获得了较好的控制效果。
- 以设定规定门限区和一定反向调节量的控制方法,实现直线焊缝跟踪,可以保证一定的跟踪精度,同时保持焊枪稳定,确保焊接质量。

参考文献:

- [1] 姚河清,丁坤,刘榴,等.集装箱吊车外伸梁专用焊接设备的研制[J].电焊机,2004,34(7):48-50.
- [2] 杨庆柏,张劲松.涡流传感器及其应用[J].技术与应用,1994,(11):28-30.
- [3] 贾伯年,俞朴.传感器技术[M].南京:东南大学出版社,2000.
- [4] Tian G Y,Zhao Z X,Baines R W.The research of inhomogeneity in eddy current sensors[J].Sensors and Actuators,1998,A(69):148-151.
- [5] 陈善本.焊接过程现代控制技术[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.