

一种适合焊接专机的激光焊缝跟踪应用

褚东志, 陈志翔*

(北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院, 北京 100124)

摘要: 为确保焊接过程中焊枪始终沿焊缝运动, 提升焊接质量, 采用基于主动视觉传感技术的新一代激光视觉传感器实时采集焊缝轮廓的图像, 由传感器控制柜按在 PC 界面上选定的算法进行图像处理与特征识别, 提取焊缝跟踪点的位置坐标, 并根据标定的参考位置和预设的比例关系转化为模拟电压量输出, 进而驱动十字滑台上的伺服电机带动焊枪做出相应的纠偏动作。可编程逻辑控制器 (PLC) 被用来实现焊枪初始定位、滑台的手动控制与自动跟踪模式切换、安全互锁等功能。最终建立了一套适用于焊接专机的焊缝自动跟踪应用系统。实验结果表明, 该系统安全实用, 具备了良好的实时跟踪能力。

关键词: 焊缝跟踪; 激光视觉; 焊接; 可编程逻辑控制器

中图分类号: TH39; TG409

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)09-0023-04

Application of laser seam tracking for special welding machine

CHU Dong-zhi, CHEN Zhi-xiang

(College of Mechanical Engineering & Applied Electronics Technology,
Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: To ensure welding gun move along seam during welding process and improve weld quality, a new kind laser vision sensor based on active vision technology was used to acquire the image of joint profile. The vision controller processed the image and recognized the joint character with the algorithm selected on PC interface. Then it outputted the analog signal according to the calibrated reference position and the preset proportion. The servo motor fixed on cross slide table was driven to correct welding gun position. Programmable logic controller (PLC) was employed for setting the welding gun at the right initial position, switching the manual-control and auto-tracking mode, dealing safety interlock, and so on. A set of auto-tracking application system for special welding machine was established. The test results indicate that the special system with good tracking performance is practical and secure.

Key words: seam tracking; laser vision; welding; programmable logic controller(PLC)

0 引言

目前, 焊接技术作为一种精确、可靠、低成本的材料连接加工工艺已经在金属加工和制造业中占据了越来越重的比例, 尤其近年来在汽车制造、船舶和航空航天产业中得到了人们的广泛关注。在这些批量化生产和成本代价极高的产业领域中, 不仅要求焊缝美观, 更需要高质量、高性能, 同时还需要尽可能地利用自动化焊接技术解放劳动力。然而在实际焊接过程中, 焊接质量往往受到多种因素的影响^[1-2]。要想获得良好的焊缝成形, 保证焊接质量, 关键是要确保焊枪始终能沿

着焊缝中心线移动。焊缝自动跟踪就是在无人干预下实时纠正焊枪和焊缝之间的位置偏差, 解决在焊接过程中焊得“准”的问题。国内外对焊缝自动跟踪技术做了多方面的研究和尝试, 其中传感器改型^[3-6]、检测手段和控制算法^[7-8]方面都有了很大改进。随着各种 CPU 的出现及图像处理技术的发展, 基于激光视觉传感的跟踪方式因具有适用性广、稳定性好、精度高、抗干扰性好等优点, 为焊缝跟踪提供了一种全新的思路并占据了主导地位^[9]。目前, 国内科研单位对视觉传感式焊缝跟踪系统的研究大多处于实验室阶段, 缺少成熟可靠的应用。国外也仅有少数几种比较成熟的激

收稿日期: 2010-04-06

作者简介: 褚东志(1983-), 男, 山东青岛人, 硕士研究生, 主要从事基于激光视觉传感的焊缝跟踪系统方面的研究. E-mail: cdz0303@emails.bjut.edu.cn

通信联系人: 陈志翔, 男, 副教授, 硕士生导师. E-mail: czx@bjut.edu.cn

光焊缝跟踪系统,其中加拿大的 Servo Robot 公司因其生产的集成式焊缝跟踪系统具有出色的跟踪能力而成为行业的领跑者。这种集成的焊缝跟踪系统既可与焊接机器人配备使用,也可以用于焊接专机。

结合国内情况和特定工程环境需要,本研究应用激光传感器建立一套适用于焊接专机的焊缝跟踪应用系统。

1 焊缝跟踪原理

要实现焊缝正确跟踪,必须能实时检测出焊枪与焊缝之间的实际相对位置。本系统采用了一种基于光学三角测量原理的视觉传感技术。激光传感器主要由激光发生器和图像传感器组成,其内部发出的激光结构光照射到工件坡口表面,经过光学成像后可在成像平面内获得反映坡口截面形状的激光条纹图像^[10],如图 1 所示。如果焊枪与焊缝发生高度或者横向偏移,激光条纹图像的位置也会相应改变。因此激光视觉传感器只要沿着焊接行进方向不断采集工件坡口图像,提取特征点并与参考点比较,通过视觉标定技术,便可得知纵向和横向上的实际偏差,从而指导焊枪跟踪焊缝。

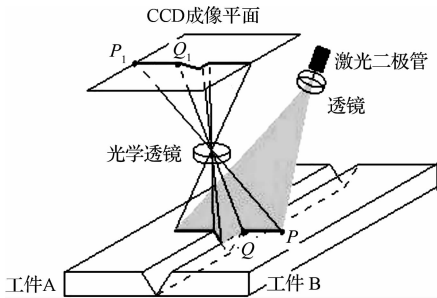


图 1 坡口成像示意图

2 焊缝跟踪系统

在基于激光视觉传感的自动化焊接过程中,激光视觉传感器通常安装在焊枪前方并与焊枪刚性连接,传感器的防护挡板可有效防止烟尘飞溅损伤光学镜片,如图 2 所示。

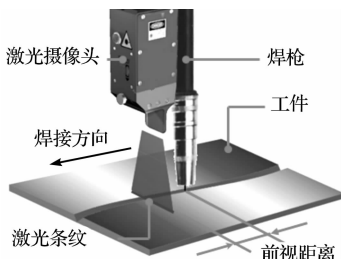


图 2 视觉传感器安装

这样,传感器就可以实时检测焊接区前方焊枪与焊缝的偏移趋势,也就是说焊枪偏离行为尚未出现时,

传感器就探测到了焊枪下一步的偏离趋势。如果初始偏差较大,焊枪需要一定的距离才能跟上焊缝。因此在焊接跟踪开始前,需搜索焊缝位置,使焊枪与传感器能够基本对准焊缝坡口中心。跟踪开始后,视觉系统根据传感器检测到的焊缝位置偏差信息,实时控制伺服系统调整焊枪的位置,使焊枪始终对准焊缝。

2.1 系统组成

基于激光视觉传感的焊缝跟踪系统如图 3 所示(为了便于显示,十字滑台的地面支撑部分图中未画出),主要由以下几部分组成:

- (1) 激光视觉传感器;
- (2) 传感器控制柜;
- (3) 执行机构部分,其中包含伺服驱动器、伺服电机、十字滑台、滚珠丝杆机构;
- (4) PLC 控制部分;
- (5) PC 主机;
- (6) 控制面板和电路板。

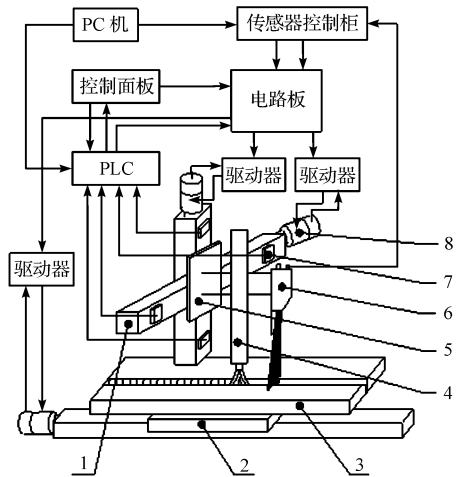


图 3 焊缝跟踪系统示意图

1—Y-Z 十字滑台;2—工件滑台;3—待焊工件;4—焊枪;5—滑块;6—视觉传感器;7—限位开关;8—伺服电机

传感器、传感器控制柜和 PC 机上运行的专用软件构成了一套完整的视觉传感系统,其中传感器控制柜是整个系统的核心。用户可通过以太网接口从 PC 界面发送指令给传感器控制柜,进而完成传感器激光开/关、跟踪等一系列操作。传感器实时采集焊缝轮廓图像,由控制柜按 PC 界面上选定的图像处理算法进行图像处理与特征识别,提取焊缝跟踪点的位置坐标,并根据标定的参考位位置和预设的比例关系转化为模拟电压量输出。PC 机将预编好的程序下载到 PLC 中,用来完成控制模式切换、焊枪初始位姿调整、信号指示等工作。系统硬件接线图如图 4 所示。

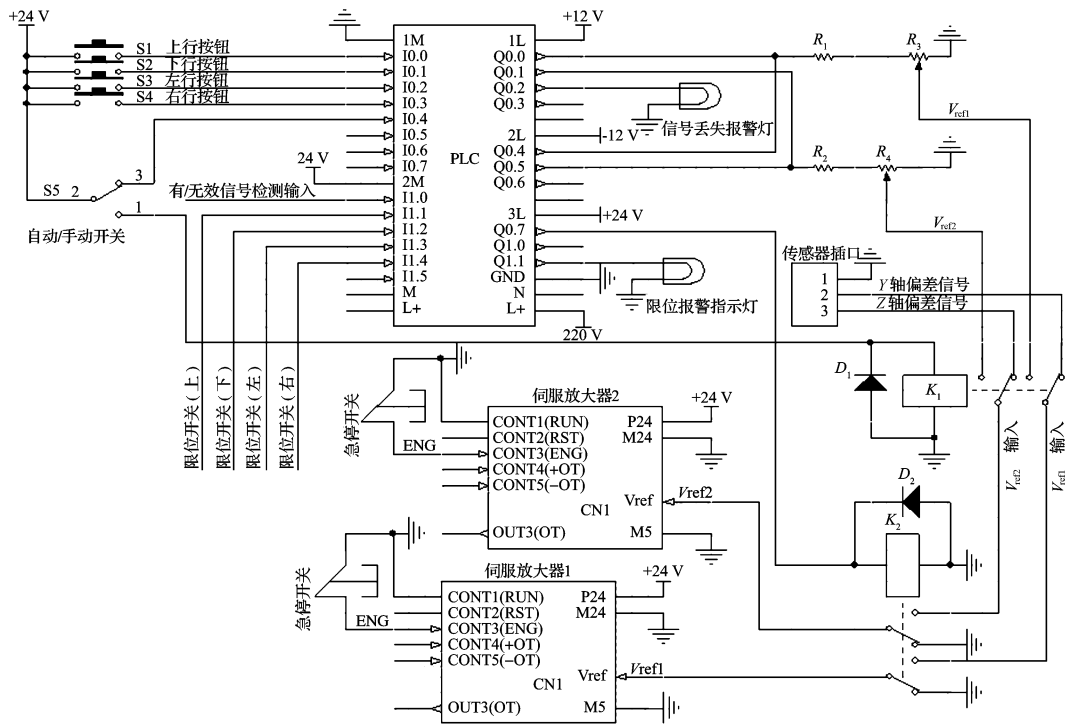


图4 系统硬件接线图

2.2 系统功能

系统采用了富士伺服系统(包含伺服驱动器、伺服电机)为十字滑台上的滑块提供动力。RYC-VVT型的伺服驱动器控制方式有3种:位置控制、速度控制、转矩控制。本系统通过改变模拟输入电压来控制伺服电机的输出速度,系统主要功能有:

(1) 手动/自动切换,控制面板上的拨档开关S5(如图4所示)可在自动跟踪与手动调整间自由切换。

(2) 手动调节,手动调节利用4个按钮开关分别控制模拟调速电路的导通,进而实现十字支架上滑块的上下左右运动。模拟调速电路实际上就是由电阻 R_1 (R_2)和旋钮变位器 R_3 (R_4)组成的分压电路(如图4所示)。若焊枪与焊缝偏差较大,可调整旋钮变位器来增加输出电压进而使焊枪较快地接近焊缝中心;反之,应减少输出电压来满足较为精确的逼近。伺服电机的转向取决于导通的模拟调速电路的供电电源的极性。

(3) 互锁保护,为防止伺服驱动器的模拟输入端在某一时刻同时接入正负电压,在PLC程序内部设置了互锁保护,即控制十字滑块向左(上)移动的按钮按下时,向右(下)移动的按钮便失效,反之亦然。

(4) 限位控制和指示,为防止十字滑块在调节过程中超出行程,滑台两侧分别安装了限位开关。限位开关的输出信号接入PLC,一旦到达极限位置,由PLC程序迫使自动跟踪停止。同时,同向手动按钮失效,只

有反向手动按钮有效。这样就避免了进一步的损害,保证了系统的安全。限位发生的同时限位指示灯点亮。

(5) 信号丢失控制和指示,在跟踪过程中一旦激光视觉传感器的输出信号丢失,由PLC程序终止自动跟踪,同时点亮跟踪信号丢失指示灯。

(6) 急停,伺服放大器的CONT3配置成急停控制信号输入端,如果现场出现意外情况,可以及时通过带有自锁功能的按钮开关切断伺服输入。

(7) 防止漂移,由于伺服系统采用的是模拟量输入,微弱的干扰信号极有可能造成伺服电机的轻微转动。这会造成焊枪的非期望移动,跟踪精度无法保证,因此系统中通过继电器 K_2 的得电/失电来控制模拟电压到伺服驱动器输入端的通路导通与否。 K_2 状态由PLC内部程序控制Q0.7触点来实现(如图4所示)。当 K_2 处于失电状态时伺服驱动器的模拟输入端接地,这样就尽量消除了干扰信号造成的漂移现象。

3 系统工作流程

跟踪开始前首先选择手动控制模式,手动调整焊枪和传感器对准焊缝坡口中心。初始定位完成后,切换模式选择开关,进入自动跟踪模式,其间嵌入了限位、跟踪信号丢失、意外故障等一些安全保护功能。系统工作流程如图5所示。

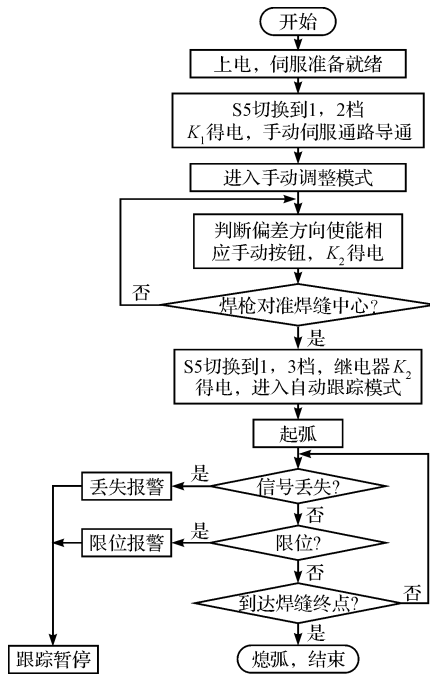


图5 系统工作流程图

4 实 验

基于整体系统的设计思路,本研究搭建了如图6所示的跟踪测试系统。

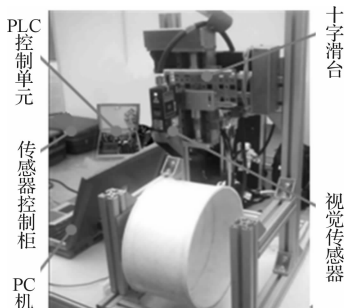


图6 跟踪测试系统

模拟跟踪的调试原理如下: 设行进小车的速度为 V_x , 十字支架上的滑块在 Y 轴方向的速度为 V_y , 焊枪与传感器间的前视距离为 L , Y 轴方向焊枪偏离焊缝的距离表示为 Δy , 丝杠螺距为 P , 传动比为 i , 点 A 代表焊枪所在点, 点 B 代表视觉传感器检测点。

A 点到 B 点的跟踪轨迹由 V_x 和 V_y 速度合成方向决定 (如图 7 所示)。由 $t = L/V_x$ 可求出经过一个前视距离 L , 焊枪到达 B 点的时间。电机通过同步带带动丝杠转动, 将圆周运动转化成滑块的直线运动 (如图 8 所示)。因此, 要调整 Y 向的偏差所需的电机转速可由公式 $N = \frac{\Delta y}{P \cdot t} \cdot i$ 求得。通过设置伺服驱动内部参数, 确定好模拟电压与电机转速的对应关系。传感器控制柜就可以将偏差调整成所需的转速, 依照这个比

例换算成模拟电压量输出, 由伺服驱动器控制 Y 轴伺服电机, 带动执行机构实现焊枪纠偏动作。 Z 轴偏差调整采用相同的原理。

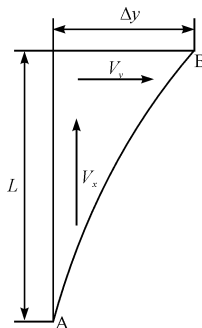


图7 Y向轨迹生成示意图

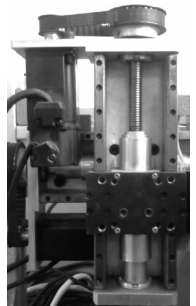


图8 传动机构

5 结 束 语

本研究借助于主动视觉传感技术, 采用新一代激光焊缝传感器检测焊缝的位置, 以 PLC 为控制单元, 实现了适用于焊接专机的焊缝跟踪应用系统的集成。系统具备了控制模式切换、焊枪初始定位、限位保护、报警指示等功能。

测试实验表明: 基于激光视觉传感的跟踪系统检测手段准确可靠, 能够在复杂的焊接工程环境下依然发挥很好的作用。传感器控制柜输出的模拟电压信号能够实时校正焊枪位置, 系统跟踪效果良好, 具有工程实际应用价值。

参考文献 (References):

- [1] 蒋力培, 黄继强, 邹 勇, 等. 焊接机器人自动跟踪系统研究[J]. 电焊机, 2009, 39(1): 39-44.
- [2] 赵传敏, 高向东, 谢子方, 等. 基于视觉传感的焊缝中心识别技术研究[J]. 制造业自动化, 2007, 29(8): 45-47.
- [3] XV Pei-quan, XV Guo-xiang, TANG Xin-hua, et al. A visual seam tracking system for robotic arc welding[J]. **Int. J. Adv. Manuf. Technol.**, 2008, 37(1-2): 70-75.
- [4] 黄军芬, 黄民双, 曹莹瑜, 等. 激光跟踪式无导轨焊接机器人及其焊缝位置识别系统研究[J]. 电机, 2008, 38(6): 13-15.
- [5] KIM P, RHEE S, LEE C H. Automatic teaching of welding robot for free-formed seam using laser vision sensor[J]. **Optics and Lasers in Engineering**, 1999, 31(3): 173-182.
- [6] KIM C, CHOI T, LEE J. Development of Welding Profile Sensor and Its Application[C]//International Conference on Smart Manufacturing Application 2008. KINTEX: [s. n.], 2008: 24-29.
- [7] 谢志孟, 高向东. 基于视觉传感的焊缝跟踪技术研究和展望[J]. 焊接, 2005(4): 5-9.
- [8] GAO Yan-feng, ZHANG Hua, MAO Zhi-wei, et al. Predictive Fuzzy Control for a Mobile Welding Robot Seam Tracking [C]//Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation. Chongqing, [s. n.], 2008: 2271-2276.
- [9] 张广军, 冷孝宇, 吴 林. 弧焊机器人结构光视觉传感焊缝跟踪[J]. 焊接学报, 2008, 29(9): 8-10.
- [10] 陈志翔. 激光视觉传感技术在高速列车车体焊接中的应用[J]. 金属加工, 2009(16): 17-19. [编辑: 柴福莉]