

客车底盘骨架对接焊缝的视觉跟踪系统

张珈玮,周剑秋

(南京工业大学 江苏省极端承压装备设计与制造重点实验室,江苏 南京 211800)

摘 要:根据客车底盘骨架对接焊缝的特点,设计了基于激光视觉传感的焊缝跟踪系统。针对图像处理运算量大的特点,为减少图像处理时间,提出了加窗处理算法。视觉传感系统采集并分析焊缝图像得出焊缝偏差,控制系统根据焊缝偏差指导机器人移动焊枪进行实时纠偏控制。实验结果表明,所设计的焊缝跟踪系统满足焊缝跟踪的精度要求,可以用于底盘骨架的焊接。

关键词:客车;对接焊缝;激光跟踪;机器人;图像处理

中图分类号:TP242; TP391.41 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2019)04-0180-03

Visual Tracking System for Butt Welding Seams on Skeleton of Bus Chassis

ZHANG Jiawei, ZHOU Jianqiu

(Key Lab. of Design and Manufacture of Extreme Pressure Equipment,
Nanjing university of technology, Nanjing 211800, China)

Abstract: According to butt welding characteristics on skeleton of bus chassis, this paper designs a welding seam tracking system with a laser vision. Due to the large amount operation in the image processing, a windowing algorithm is proposed, which is used to shorten the image processing time. This system is used to collect and analyze the image, thus obtaining the deviation. The robot is guided by the control system, the torch head is adjusted to reduce the tracking deviation. The experimental results show that this system meets the requirement of its tracking accuracy. It can be used for the welding of the chassis.

Keywords: bus; butt weld; laser tracking; robot; image processing

0 引言

随着城市公共交通的发展,新能源客车的使用与日俱增。在客车底盘的生产中,对接焊缝的焊接质量至关重要^[1]。客车底盘骨架由大量方矩管拼接而成,多采用人工手动焊接,劳动强度大,焊接质量不稳定。虽然目前已有厂家利用弧焊机器人“示教再现”的工艺进行客车底盘的自动化焊接,但是由于实际生产中方管下料的不准确,工件尺寸出现较大偏差,产生大间隙焊缝,装夹误差导致焊缝偏移,焊后需要人工再次补焊。目前对焊缝自动跟踪系统的研究已有多年,但是对于客车底盘骨架对接的研究,相关文献很少提及。

焊缝跟踪的关键技术是如何高效精准地提取焊缝形位信息。目前常用的焊缝跟踪传感器有电弧传感器、视觉传感器^[2-5]、电容传感器等。其中电弧传感器具有非接触、成本低等特点广泛应用于工程机械领域中,但是其只适用于V型焊缝、角焊等,不适用于薄板对接焊接,而且本身精度也不高。当前激光视觉传感器凭借测量精度高、坡口适应性强等特点,成为当下研究应用的热点。

本文采用激光视觉跟踪系统采集焊缝图像,针对客车底盘对接焊缝特殊的特点,提出加窗处理的算法减少图像处理时间,提高实时性。焊接过程中,视觉传感器将焊缝

偏差输出到机器人控制柜,然后机器人进行焊接路径纠偏。实验表明,该系统稳定可靠,跟踪精度可以达到客车底盘对接焊缝的要求。

1 焊缝跟踪原理

实现焊缝跟踪的前提,就是实时准确地检测到焊缝中心点与焊枪的实际位置偏差。本文采用的激光视觉传感器利用的是光学三角测量原理技术。传感器由激光器、CCD摄像机和其他辅助原件组成。激光器与CCD摄像机成一定夹角,当激光照射到工件表面,激光会产生反映坡口形状的激光条纹,如图1所示。当焊枪与焊缝的相对位置发生偏移,图像中的激光条纹的位置也会相应改变。焊接过程中,传感器不断采集焊缝图像,提取特征点,计算出焊缝偏差后输出给控制系统进行实时焊缝纠偏。

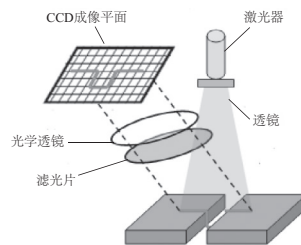


图1 激光视觉传感器工作原理图

基金项目:江苏省科技成果转化项目(BA2014029);江苏省前瞻性联合研究项目(SBY2016020398)

作者简介:张珈玮(1991—),男,江苏盐城人,硕士研究生,主要从事视觉及焊接机器人方面的研究。

2 焊缝跟踪系统的组成

焊缝跟踪系统是由激光视觉传感系统、焊接设备、机器人控制柜等组成,其中激光视觉传感系统包括传感器和跟踪控制器。跟踪控制器可置于机器人控制柜内部^[6-7]。焊接设备包括弧焊机器人、焊接电源、送丝机、焊枪、冷却装置等。

焊缝跟踪系统的硬件组成如图2所示,各组件之间通过串口进行通讯。视觉传感器置于焊枪前端,并与焊枪刚性连接,机器人末端轴带动焊枪左右上下移动。激光传感器采集焊缝图像后送入跟踪控制器进行图像处理,提取焊缝特征点,并把处理结果发送给机器人控制柜,控制系统根据焊缝的位置偏差,指挥机器人进行焊缝纠偏。

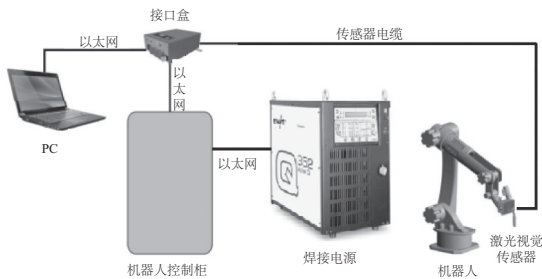


图2 智能焊缝跟踪系统

在焊接开始前,首先对工件上的焊缝进行路径示教,然后将激光寻位程序嵌入到示教程序中。准备焊接时,操作人员通过手里的机器人示教编程器发出启动指令,然后焊枪自动根据预先示教的程序运动到指定的位置。在起弧前,激光传感器首先会识别焊缝间隙,来选择相应的焊接程序包。在焊接过程中,焊枪沿着示教点往前走,同时传感器会实时检测出焊缝的位置偏差来修正示教点,使焊枪可以准确地沿着焊缝焊接。系统工作流程原理图如图3所示。

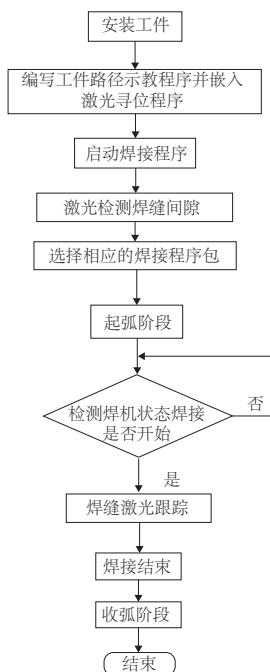


图3 系统工作流程原理图

3 关键图像处理算法

图像处理技术是视觉传感的关键技术,高效的图像处理技术可以提高焊缝跟踪的精度和焊接速度。不同的焊缝需要针对性的图像处理算法,本文以客车底盘焊接中典型的对接坡口图像的关键处理环节进行论述。

客车底盘在焊接之前,是由40 mm×40 mm方矩管点拼而成。由于下料误差,对接坡口存在间隙,制作焊接样件实物如图4a)所示。在图像处理过程中,获得的焊缝图像尺寸是 $H \times W$ (600 mm×200 mm),从图4b)中可以看出有多余的激光条纹信息和噪声,多余的条纹是因为坡口存在间隙,在间隙底部形成的条纹。为了抑制噪声和缩短图像处理时间,必须选取含有有效图像信息的区域。

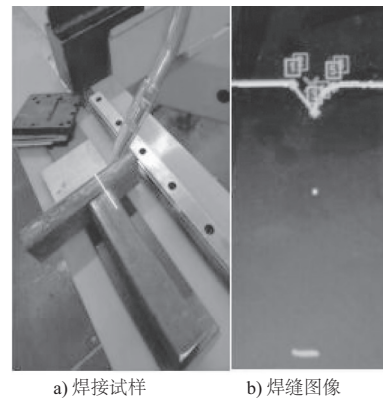


图4 焊接样件实物图与焊缝

从图4b)中可以看出水平方向上激光条纹的亮度最大。有效区域ROI选取分为以下3步:

第1步:计算每一行的像素总和:

$$Lr(i) = \sum_{j=1}^W I(i,j), 1 \leq i \leq H \quad (1)$$

式中: $Lr(i)$ 表示每一行的像素总和; $I(i,j)$ 表示焊缝图像中的像素; i 和 j 分别表示行和列。

第2步:搜索最大像素总和和行 Y_{peak} :

$$Y_{peak} = \text{Findmax}\{Lr(i), (i=1, \dots, H)\} \quad (2)$$

式中函数Findmax用来搜索最大像素总和和行 Y_{peak} 。

第3步:有效图像区域ROI的上下边界可以表示为 Y_{MIN} 和 Y_{MAX} ,可以通过以下公式获得:

$$Y_{MAX} = \text{Min}\{Y_{peak} + M + N, H\} \quad (3)$$

$$Y_{MIN} = \text{Max}\{0, Y_{peak} - N\} \quad (4)$$

式中:Max和Min分别表示求最大值、最小值函数, M 表示事先定义的激光条纹深度, N 表示为了尽可能获得有效激光条纹信息设定的补偿值。

该算法可以有效抑制噪声,去除多余激光条纹,缩小图像处理区域,提高了图像处理速度,此外当工件发生错边时,该算法同样适用。

4 焊缝跟踪实验

1) 焊接工艺参数确定

底盘工件厚度规格有2 mm~4 mm,属于薄板焊接范

畴,选择焊接难度最大的 2 mm 工件作为研究对象。针对底盘骨架庞大,无法运到现场进行试焊,制作截面尺寸为 40 mm×40 mm(壁厚 2 mm)方管试样如图 5 所示。焊缝间隙为 5 mm,采用 2 层 3 道焊,对焊缝 1 进行试焊,发现焊缝塌陷,原因是由于第 1 道焊道尚未冷却,第 2 道焊接参数偏大。对第 2 道焊缝适当减小焊接电压以减小熔宽,再次对焊缝 2 进行焊接,焊缝成形美观。经过多次试焊后确定 3 道焊缝的各道焊接参数^[8-10],如表 1 所示。

表 1 试样焊接参数

焊缝号	焊接电压/V	焊接电流/A	焊接速度/(mm/s)
1	18	130	
2	17	130	1.5
3	20	130	

2) 跟踪实验

将焊缝 3 置于原先焊缝 2 所处位置附近,运行机器人上已经示教好的程序开始焊缝跟踪,观察焊枪行走轨迹,可见其精准地沿着焊缝 3 焊接。

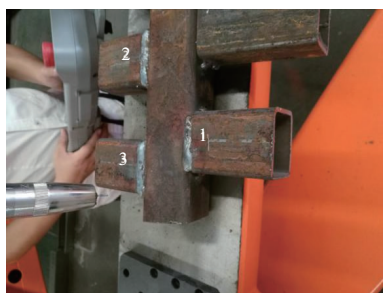


图 5 试样焊接结果

3) 跟踪精度分析

对跟踪过程中的实际焊点数据提取出来进行结果分析,跟踪情况如图 6 所示。图 6 中表示焊接过程中横向(左右方向)的跟踪情况,其中 x 轴表示工件上的焊接方向,而 y 轴表示垂直于焊缝,即 y 向的跟踪情况,黑线表示焊缝的真实路径,而红线表示在激光跟踪过程中经过图像

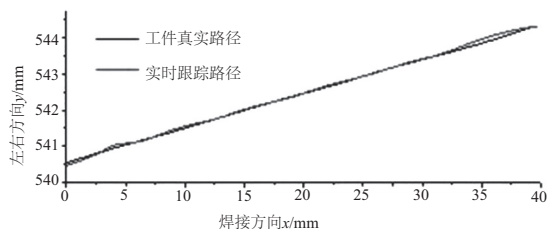


图 6 左右方向的实时跟踪情况

检测、处理、跟踪点提取,再经过坐标变换、纠偏后机器人实际行走的跟踪路径。将这两组数据进一步处理后,可以得到焊枪在横向的跟踪精度,如图 7 所示。从图中可知,在左右方向的焊枪跟踪精度可达 0.2 mm 以内,很好地满足底盘骨架对于焊接精度的要求。

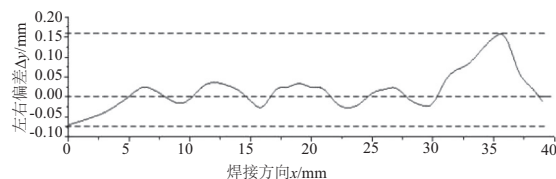


图 7 左右方向的实时跟踪精度

5 结语

本研究借助于激光视觉传感系统进行客车底盘对接焊缝的焊缝跟踪,搭建了激光焊缝跟踪系统;提出了加窗处理算法,大大减小了图像处理的运算量,增强了系统跟踪的实时性。由于底盘骨架对接焊缝间隙大,进行了工艺试验,得到合适的工艺参数,然后运行示教程序。焊接过程中,焊缝视觉跟踪系统进行实时跟踪,试验结果表明本系统跟踪精度满足要求,可适用于客车底盘骨架的焊接。

参考文献:

- [1] 褚东志,陈志翔. 一种适合焊接专机的激光焊缝跟踪应用[J]. 机电工程,2010(9):27-30.
- [2] 李德玲. 基于激光结构光的视觉焊缝跟踪系统研究[D]. 郑州:河南工业大学,2014.
- [3] 闫文才. 视觉引导的焊接机器人焊缝跟踪控制技术的研究与开发[D]. 无锡:江南大学,2014.
- [4] 方灶军,鄢治国,徐德. 集装箱薄板的对接焊缝视觉跟踪系统[J]. 上海交通大学学报,2008,42(S1):85-88.
- [5] Qin T, Zhang K, Deng JY, et al. Image processing methods for V-shape weld seam based on laser structured light foundations of intelligent systems[J]. Springer Berlin, 2012, 44:527-536.
- [6] 王俊恒,高洪明,张广军,等. PLC 及触摸屏控制系统在薄壁方管焊接中的设计和应用[J]. 电焊机,2006,36(12):16-19.
- [7] 李斌. 白车身机器人焊装线 PLC 控制系统架构研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2010.
- [8] 杨文杰. 电弧焊方法及设备[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2007.
- [9] 黄石生. 弧焊电源及其数字化控制[M]. 广州:华南理工大学出版社,2007.
- [10] 殷树言. CO2 焊接设备原理与调试[M]. 北京:北京机械工业出版社,2000.

收稿日期:2018-03-08