

# CO<sub>2</sub> 自动焊激光焊缝视觉传感器设计

黄军芬, 黄民双, 邹 勇, 冯音琦, 蒋力培  
(北京石油化工学院, 北京 102617)

**摘要:** 设计了用于焊缝自动跟踪的激光视觉传感器, 介绍了传感器的结构, 说明了图像采集过程, 阐述了确定焊缝图像中焊缝横向中心位置以及获取焊炬相对于焊缝纵向偏差的图像处理办法。

**关键词:** 激光视觉传感器; 焊缝自动跟踪; 图像处理算法

**中图分类号:** TG409      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-2303(2006)10-0024-03

## Design of laser seam vision sensor for CO<sub>2</sub> automatic welding

HUANG Jun-fen, HUANG Min-shuang, ZHOU Yong, FENG Yin-qi, JIANG Li-pei  
(Beijing Institute of Petro-chemical Technology, Beijing 102617, China)

**Abstract:** This paper introduces the structure of laser vision sensor for weld automatic tracking and explains the image collection process. It also expatiates on the image processing method, which determines weld transverse center position in weld image and gains longitudinal error of torch.

**Key words:** laser vision sensor; weld automatic tracking; image processing

## 0 前言

自动焊可以提高生产效率, 改善劳动强度, 而焊缝的实时自动跟踪是实现自动焊的核心技术。鉴于利用视觉传感方式实现焊缝自动跟踪具有信息量大、灵敏度高及测量精度高等特点, 设计了视觉焊缝传感器以实现焊缝的自动跟踪。由于弧光辐射强度远大于自然光照强度, 容易掩盖焊缝特征信息, 而激光作为主动光源具有高能量、高亮度、单色性好的特点, 并能随着工件表面的起伏产生相应的变形, 便于焊缝边缘的识别, 因此选择激光作为焊缝跟踪的主动光源。

## 1 激光焊缝视觉传感器结构

激光焊缝视觉传感器的结构简图如图1所示。

根据 CO<sub>2</sub> 气体保护焊电弧弧光光谱分布<sup>[1]</sup>, 弧光在 600~700 nm 波长范围的强度最弱, 在此选择激光波长为 655 nm。针对该波长选择滤光片, 透光率应达 63%。

采用激光二极管垂直照射, CCD 倾斜 25° 接收

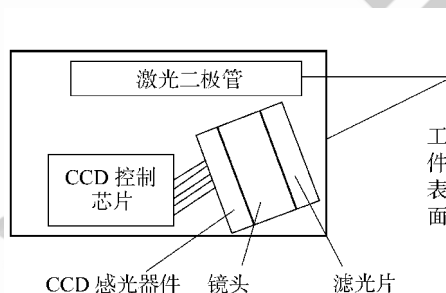


图1 激光焊缝视觉传感器结构

Fig.1 Structure of laser weld vision sensor

的方案, 可以保证获得图像的长宽比近似于被测物体的长宽比, 从而获得的图像可以较好地反映焊缝表面的起伏。本系统采用的激光二极管功率为 30 mW, 传感器尺寸为 103 mm×75 mm×35 mm, 其实物图如图2所示。

将 CCD 获取图像送入 MeteorII/Standard 图像采集卡, 经 A/D 转换电路, 在同步时钟的作用下转化为离散的二维数组送入计算机处理。送入计算机的原始图像经过图像处理, 得到横向和纵向偏差量信号, 将其转化为控制信号, 就可对横向执行电机驱动器和纵向执行电机驱动器发送指令, 控制电机转动。调整焊枪使之位于焊缝中间, 高度适合, 以保证焊接过程的顺利进行, 并得到合格的焊缝质量。

收稿日期: 2006-05-25

作者简介: 黄军芬(1975—), 女, 湖南邵东人, 讲师, 博士, 主要从事焊缝自动识别与跟踪方面的研究工作。

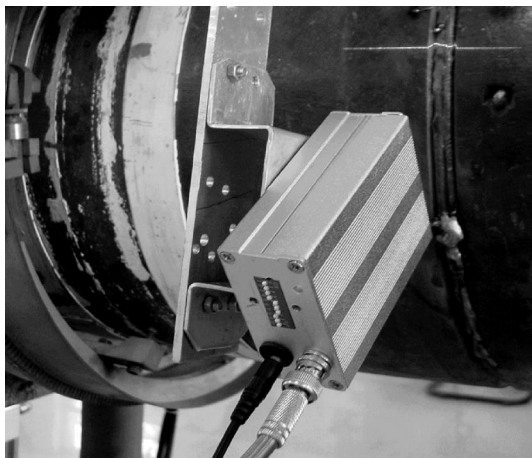


图 2 激光焊缝视觉传感器  
Fig.2 Object of laser weld vision sensor

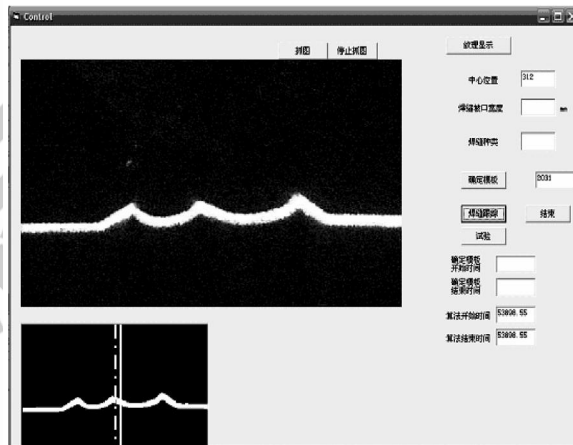


图 4 开发软件用户界面  
Fig.4 User interface of software

## 2 图像处理软件设计

### 2.1 用户界面

本软件采用 Visual Basic 6.0 开发,该软件能够在显示器屏幕上实时显示当前激光光源焊缝接口图像和横向焊缝中心位置信息,便于操作人员了解焊缝中心位置信息。图 3 为自然光下的焊缝图像,图 4 为开发软件用户界面,界面左上为对应于图 3 的激光光源焊缝图像,左下为焊缝图像二值化结果,其中点划线表示图像中心位置,其右侧的实线为利用图像处理算法得到的焊缝中心位置。



图 3 自然光下的焊缝图像  
Fig.3 Seam image in natural light

### 2.2 图像处理算法

#### 2.2.1 横向焊缝中心位置的确定

(1)对图像进行二值化处理。扫描图像每列,确定每列灰度最大值对应像素位置为 1,其他点为 0。

(2)确定图像中激光线的起点。定义一个横向等于图像宽度、纵向大于图像中激光线宽的矩形,将该矩形沿图像纵向平移,计算矩形范围内像素的加和,取加和值最大时矩形中最左侧为 1 点为激光线

左侧起点、最右侧为 1 点为激光线右侧起点。

(3)确定焊缝边缘的拐点。现以左侧拐点为例,如图 5 所示,黑色粗实线表示激光照在焊缝上的简单模型,定义一个纵向大于激光线宽、横向为图像宽度 1/20 的矩形,将该矩形从激光线左侧起点出发,沿  $D_1$  方向移动,将矩形中为 1 的点拟合成一条直线,判断直线的斜率是否出现突变,如果出现突变则说明该矩形区域中含有拐点。此时,从左至右计算该矩形区域中各为 1 点与矩形最左侧为 1 点之间的纵向距离,取纵向距离大于 1 的第一个为 1 点的横坐标为左侧拐点的横向位置。

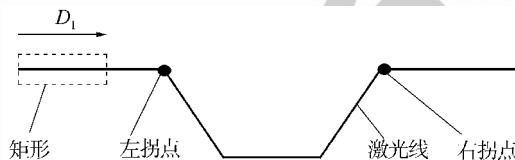


图 5 确定焊缝边缘拐点示意  
Fig.5 Determination of flex point around weld edge

(4)确定焊缝中心横向位置。将左侧拐点横向位置与右侧拐点横向位置相加后除以 2,即为焊缝中心横向位置。

#### 2.2.2 焊炬纵向位置偏差的确定

为通过焊缝图像来确定焊炬的纵向位置偏差,在安装传感器头和焊炬时,固化它们的相对位置,保证当传感器头与工件表面的距离适当时,焊炬与工件表面距离也适当。经分析,当激光光源与工件表面的距离不同时,相应图像中激光线在图像中所处的位置不同,如图 6 所示。针对这一特点,计算工件表面激光线相对于图像纵向中心的偏差量,通过实验定标,可换算成焊炬实际上的纵向偏差。

专题讨论  
——  
焊缝跟踪技术

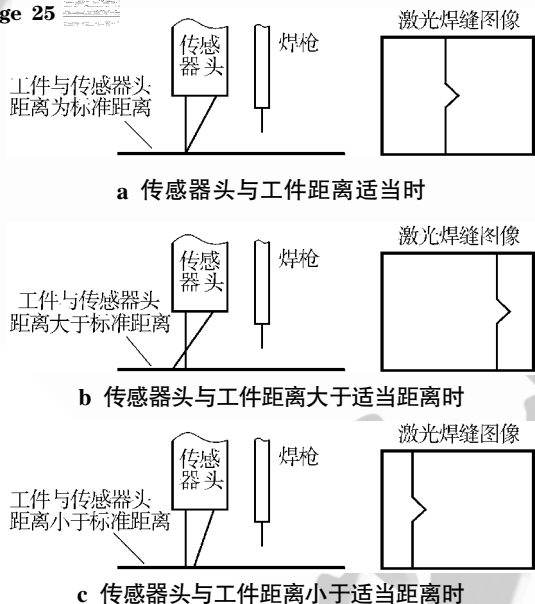


图6 传感器头与工件表面不同距离时对应激光焊缝图像  
Fig.6 Laser seam image corresponding to different distance between sensor head and workpiece

确定图像中激光线相对于图像中心的偏差量的方法为:对图像进行二值化处理后,定义一个横向等于图像宽度、纵向大于图像中激光线宽的矩形,将该矩形沿图像纵向平移,计算矩形范围内像素的加和,取加和值最大时矩形纵向中心对应的位置为此时工件表面激光线在图像中的位置,用该位置值。

### 3 结论

(1)设计了焊缝跟踪激光视觉传感器。采用激光二极管垂直照射、CCD 倾斜  $25^\circ$  接收的方案,选择激光波长为  $655\text{ nm}$ 。

(2)设计了确定图像中焊缝中心位置和焊炬相对于工件表面的纵向距离偏差的图像处理算法。算法运行时间为  $0.2\text{ s/帧}$ ,完全满足焊缝实时跟踪的需要。

### 参考文献:

- [1] 王军波.具有自动排道功能的爬壁式球罐焊接机器人关键技术[D].北京:清华大学机械工程系,2002:106-112.