

# 用于焊缝跟踪的激光扫描测距传感器的设计

王晓东

刘洪乾

吴威

(哈尔滨工程大学) (中国银行黑龙江省分行) (哈尔滨工业大学)

**摘要** 提出了一种新颖的用于焊缝跟踪的激光扫描测距传感器设计方案,对设计中所涉及的主要问题进行了研究,使用所研制的传感器原理样机进行了扫描测试试验,并对测试结果及应用的可能性进行了分析讨论。

**关键词:** 扫描测距传感器 焊接机器人 焊缝跟踪

## 0 序言

目前,世界上所应用的弧焊机器人主要采用示教再现方式工作,精确的示教费时费力,而且在实际焊接中间可能出现的焊件受热变形,或由于大型焊件焊缝开口的一致性不好,采用再现示教轨迹的方式就难以保证焊接质量,因而并不适应对焊接工艺要求高的场合。对焊缝跟踪方法和技术的研究是机器人在焊接应用研究中的一个热点<sup>[1]</sup>。本文所讨论的激光扫描测距传感器,通过对焊缝进行扫描,准确地测定焊缝的空间位置,焊接机器人据此信息对示教轨迹进行实时修正,从而对焊接质量起到保证作用。采用上述方法,不需要对焊接轨迹进行精确示教,因而可以节省大量的示教时间,大大提高了效率。

## 1 激光扫描测距传感器原理

激光扫描测距传感器在结构上可以分为两部分,即传感器的测量头和带动测量头转动的步进电机驱动系统。传感器测量头的测量原理如图1所示,该传感器的测量原理是基于光学三角法,采用 PSD(Position Sensitive Detector)作为敏感元件,半导体激光管 LD(Laser Diode)作为发光元件,其中 PSD 是一种新型的半导体位置敏感元件,它通过输出模拟信号来反映照射在其敏感表面上入射光点的位置,同 CCD 图象传感器相比较,它具有分辨率高、信号处理电路简单、响应速度快等优点,适用于进行实时测量的场合。

为减小传感器测量头的结构尺寸,降低研制成本,可采用简单透镜和光阑将半导体激光器所发出的光束变成近似的平行而且细的光束。发射光束照射在被测表面上并被反射,部分反射光通过接收透镜成像在 PSD 的敏感表面上,成像光点的位置可以通过对 PSD 两端输出信号的检测,经过计算来得到。图 1 中 O 点为 PSD 敏感表面的中心,像点 P' 和 O 点的距离 x,在结构已经确定的条件下, b、c、a, 均为已知常数,则由相似三角形  $\Delta PAB$  和  $\Delta BDP'$  可得:

$$d = b \cdot a / (c + x) \quad (1)$$

为使 PSD 敏感表面上成像光点弥散斑小且能量集中, 应将 PSD 的敏感表面放置在入射光点的像平面。

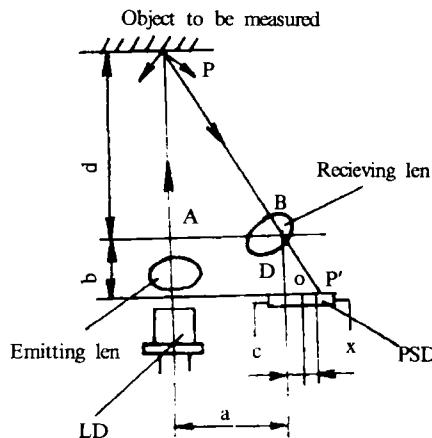


图 1 传感器的测量原理

Fig.1 Measuring principle of sensor

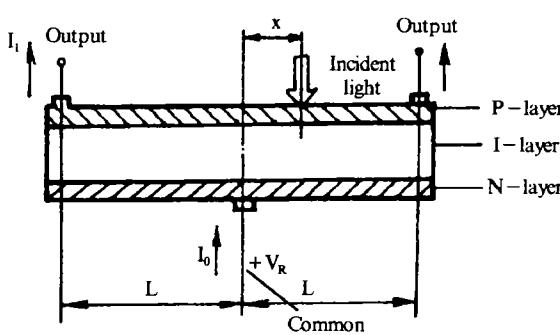


图 2 PSD 器件的断面结构图

Fig.2 Sectional diagram of PSD component

## 2 PSD 器件及其外界杂散光影响的消除

PSD 器件的断面结构如图 2 所示, 它是一种基于横向光电效应的硅光器件, 由 P、I、N 三层构成, P 层为感光面, 其阻抗均匀一致, 在其两边各有一个输出电极, 基底的公共电极用来加偏置电压, 在有光束入射时, 产生光生电流, 并以  $I_1$  和  $I_2$  流向两输出电极,  $I_1$  和  $I_2$  的分流关系取决于入射光点的位置到两电极的等效电阻, 因而有:

$$x = L \cdot \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} \quad (2)$$

外界杂散光同信号光源一样, 作用在 PSD 表面上也会使 PSD 两端产生输出信号, 它们叠加在有用信号上, 对传感器的测量结果产生影响。焊接过程中会产生很强的弧光, 首先应避免直接照射传感器的镜头, 并进一步采取措施消除外界杂散光的干扰。

有三种方法可以用来消除外界杂散光的干扰:

- (1) 使用窄带滤光片;
- (2) 将光源进行调制, 然后接收调制后的信号;
- (3) 采样—保持法

下面仅对第(3)种方法进行说明, 本文作者所研制的激光扫描测距传感器采用了这种方法, 采样—保持法的原理框图如图 3 所示。图中 SH1 ~ SH4 为采样保持器件, 它们和 LD 一起由信号线 A1 和 A2 控制。开始时, SH1 ~ SH4 处于采样状态, 经短暂的采样时间后, 由 A1 控制将 SH1 和 SH2 转换为保持状态, 并同时驱动 LD 发射光束, 这时 SH3 和 SH4 的输入为 LD 发射光束和 LD 不发射光束时 PSD 输出信号的差值, 除去了外界杂散光所引起的输出, 在采样时间后, 将 SH3 和 SH4 转换为保持状态, 此时的输出信号即为有效的输出信号。

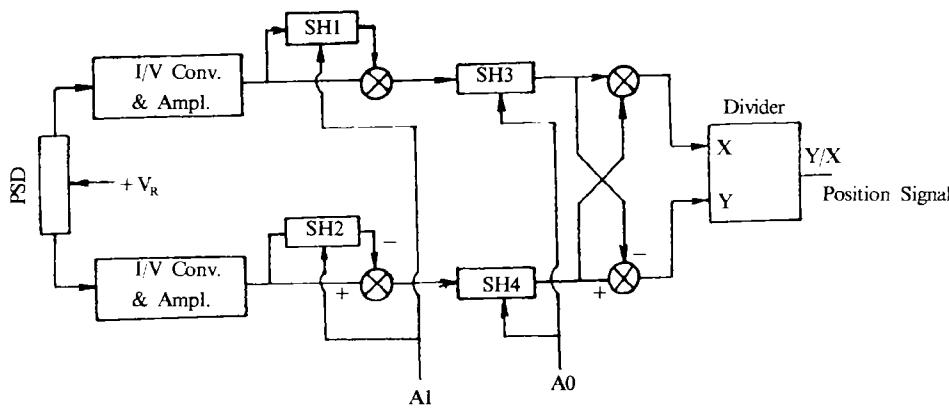


图 3 采样保持法电路原理框图

Fig.3 Principle diagram of sample-hold method

### 3 传感器的标定方法

被测物体表面和传感器之间的距离与传感器的输出信号呈非线性的函数关系,同时由于机械的和光学系统的加工与安装误差,传感器的结构参数与设计值存在偏差,而且几乎无法测量,通过几个位置的测量数据,求解式(1)中的结构参数值并不能保证在整个测量范围内都具有较好的测量精度。在传感器已经制造完毕后,采取下述方法使得标定过程显得简单,并在对标定中所采用的物体的测量中获得很高的测量精度。

采用高精度的微动装置带动被测物体表面,将移动距离和由  $I_1, I_2$  按(2)式计算所得的 PSD 表面的光点位置  $x$  输入到计算机,并制成表格,存储在 EPROM 中,在实际测量时,依据 PSD 的输出结果进行查表。

### 4 扫描试验及分析讨论

根据上述讨论,研制了激光扫描测距传感器的原理样机,并使用它对模拟 V 形坡口对接焊缝进行了扫描测试试验,测试试验曲线如图 4 所示。

试验中扫描角度间隔为  $0.75^\circ$ (步进电机细分后的步距角),步进电机每个微步转动时间为  $1\text{ms}$ ,传感器头测量频率为  $4\text{kHz}$ ,PC 机通过 A/D 接口电路直接采集 SH3 和 SH4 的输出电压,经计算和查标定数据表格获得距离信息。曲线中  $(0, 0)$  点为扫描测距传感器的转动中心,曲线中一共包括测量 68 个点,所用时间为

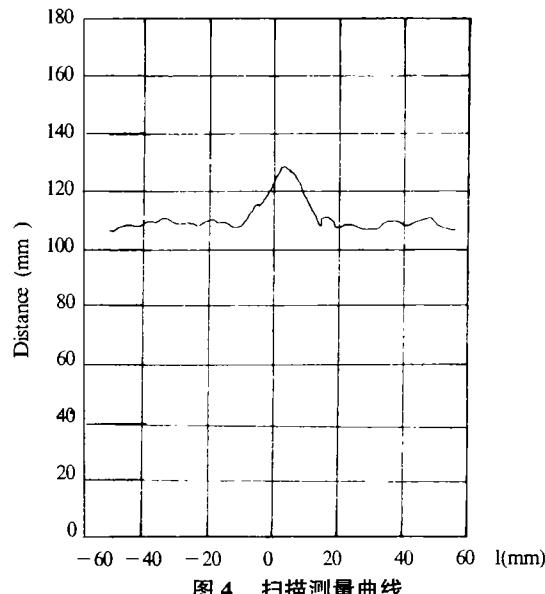


图 4 扫描测量曲线

Fig.4 Scanning measuring curve

$85\text{ms} = (1 + 0.25)\text{ms} \times 68$ 。

从扫描测试结果中可以看出,利用扫描数据能得到对接焊缝的中心位置,从扫描时间和精度上来看可以满足一般焊接过程的需要。

使用 PSD 器件所研制的激光测距传感器其测量精度受被测物体表面因素和传感器因素两个方面的影响。被测物体表面因素包括:(1)物体表面反射特性的影响;(2)物体表面倾斜的影响;(3)物体表面粗糙度不同的影响;(4)被测物体表面凸凹的影响;(5)被测物体表面颜色不一致的影响。传感器本体因素包括:(1)光学系统的像差;(2)PSD 信号检测电路引起的误差;(3)PSD 器件所固有的检测误差和分辨率;(4)PSD 器件的暗电流和外界杂散光;(5)电路的漂移;(6)光学系统的漂移;(7)激光光速照射光点的大小;(8)A/D 转换器的量化误差。这些因素的影响程度不同,详细分析请参阅参考文献[2] ~ [4]。

光学传感器抗强电场和强磁场干扰的能力较强,但抗污染的能力一般较差;使用 PSD 器件的测距传感器对一定程度的污染并不敏感。在实际焊接中传感器与焊枪应保持一定的距离,并对传感器增加防护措施,减小污染,提高测量的可靠性。

## 5 结 论

从本文的分析以及扫描测试结果来看,经过进一步的改进,采用上述方法所研制的传感器能够在实际焊接中得到应用,具有很好的应用前景。

(1995-08-25 收到初稿, 1996-06-02 收到修改稿)

### 参 考 文 献

- 1 Nayak N , Ray A. An Integrated System for Intelligent Seam Tracking in Robotic Welding (Part I—Conceptual and Analytical Development): Proc. of 190 IEEE Int. Conf. on robotics and Automation. Washington, 1990, 1892 ~ 1897
- 2 Cai Hegao, Wang Xiaodong. Design and Performance Analysis of A New Type Non Contact Laser Displacement Meter: ICC & IE'95, Shanghai, China, 1212 ~ 1215
- 3 金田一.三角測量法によるレーザ式雙位計の高精度化—測定面の影響の降低について:计测自动制御学会论文集, 1991, 27(8): 853 ~ 860
- 4 王晓东, 赵杰, 蔡鹤皋. 一种新型的激光测距传感器的设计与分析: 传感器技术, 1994, (6): 26 ~ 29

**A New Type of Laser Distance Scanner for Seam Tracking**

*Wang Xiaodong*

*(Electromechanical Institute of Harbin Engineering University)*

*Liu Hongqian*

*(Bank of China Heilongjiang Branch)*

*Wu Wei*

*(Robot Research Institute of Harbin Institute of Technology)*

**Abstract** The design scheme of a new laser distance scanner for seam tracking was put forward, and the chief problems in design were studied, scanning experiments were done using the developed prototype sensor. Application possibility was discussed.

**Key words** distance scanner, welding robot, seam tracking