

## 激光检测焊枪定位系统的研究

郑咏梅 张铁强 郭山河  
(吉林工业大学应用物理系, 长春, 130025)

**摘要:** 设计了一种实时描绘焊接操作过程的模拟训练系统。该系统采用了激光扩束准直系统, CCD成像技术和桥式传感电路, 并通过微机系统实时记录焊接员的操作情况, 给出了操作状态曲线。

**关键词:** 激光 CCD 焊接 桥式传感

## Study of welding torch position detection system with laser

Zheng Yongmei, Zhang Tieqiang, Guo Shanhe

(Dept. of Applied Physics, Jilin University of Technology, Changchun, 130025)

**Abstract:** This paper described a simulation training system, including optical collimator, CCD camera, bridge sensor and a microcomputer, for real-time showing the welding process of a operator. With the system, we can give the proper judgment to the operation process.

**Key words:** laser CCD welding bridge sensor

## 引言

欲实现高质量的焊接, 焊枪到焊口的位置要控制到特定的尺寸, 因此, 训练焊接操作者在焊接过程中保持枪位的平稳是十分必要的。要培养高技能的焊接员, 进行模拟训练, 并实行微机系统监督和显示来评价每一模拟过程, 使在实际焊接过程中不致于浪费焊料, 我们设计了一种激光光电传感检测系统, 使焊枪的定位精度, 特别是高度定位精度达到微米量级, 并能实时地记录操作员现场操作状态。

## 一、定位原理

根据实际焊接员要达到的标准。焊枪高度的定位精度应不低于 0.1mm, 水平位置移动的精度达到 1mm, 所以, 对于高度的定位检测采用 CCD 激光光学检测系统, 水平位置移动的定位采用桥式传感电路定位系统。

本电源具有优良性能/价格比, 易于自行制作, 宜于推广应用。

## 参考文献

- 1 叶慧贞, 杨兴洲. 开关稳压电源. 北京: 国防工业出版社, 1996
- 2 陈贤尧. 彩色电视接收机原理. 北京: 高等教育出版社, 1995

**作者简介:** 曾吉荣, 男, 1939 年出生。副教授。长期从事数字逻辑设计、计算机控制与接口技术、光电子学教学与科研工作。

收稿日期: 1997-11-13 收到修改稿日期: 1998-03-06

### 1. 焊枪高度定位原理

如图1所示,将一束激光束经过扩束准直后,通过两个狭缝变成水平宽度5mm、竖直高度为20mm的矩形平行光束,由于焊接操作时,焊枪的遮光,使在投影屏上得到焊枪端点的投影像,设此时投影屏上光束的高度为 $H$ ,又经成像透镜 $L$ 成像到线阵CCD上,则在CCD上被照亮的高度 $H'$ 为:

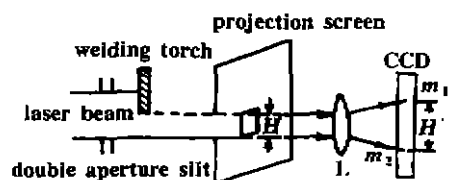


Fig. 1 Schematic diagram of height position

(1)

式中,  $m_1, m_2$  是 CCD 被照亮的下、上边缘光敏元的序号,  $n$  是相邻光敏元的间隔。

设成像透镜 $L$ 的放大率为 $\beta$ ,则焊枪的高度——透射出光束的高度 $H$ 为:

$$H = H' / \beta = n(m_2 - m_1) / \beta \quad (2)$$

上式表明:通过测量 CCD 光敏元被照亮的序数  $m_1$  和  $m_2$ , 可以确定焊枪的高度  $H$ 。

### 2. 焊枪水平移动定位原理

如图2所示,我们采用桥式传感电路来对焊枪水平移动定位,该桥式传感电路由直流稳压电源,电阻  $R_1, R_2, R_3$ , 电阻丝,放大器组成。

实际测量时,电桥已预调平衡,即:

$$R_1 / R_x = R_2 / R_3 \quad U_{AB} = 0$$

输出电压  $U_{AB}$  只与桥臂电阻变化有关,将滑片  $G$  与焊枪绝缘相接,且两者同步移动,当滑片  $G$  从平衡位置开始与焊枪同步运动时,桥路失去平衡,则有<sup>[1]</sup>:

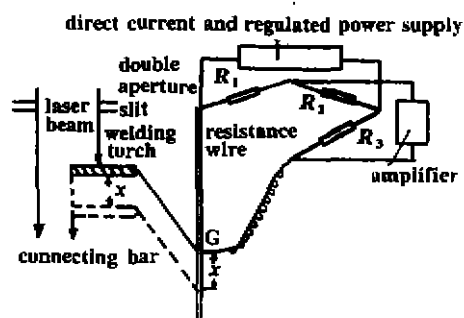


Fig. 2 Schematic diagram of level position

(3)

式中,  $R_x$  为电阻丝的电阻,  $R_x = \rho L / S$ ,  $\rho$  为电阻丝的电导率,  $L$  为电阻丝的长度,  $S$  为电阻丝截面面积,  $U$  为直流稳压电源的输出电压。

取平衡时  $R_1 = R_2 = R_3 = R_x = R$ , 当  $R_x$  变化了  $\Delta R_x$  时, 则有:

$$U_{AB} = \Delta R_x U / (4R_1 + 2\Delta R_x) \quad (4)$$

如果  $\Delta R_x \ll R$ , 即焊枪水平移动距离远远小于滑线电阻丝的平衡长度, 则有:

$$U_{AB} = \Delta R_x U / (4R) \propto \Delta R_x \propto X \quad (5)$$

式中,  $X$  为焊枪水平移动距离。由(5)式可见, 当焊枪水平移动距离相对不长时, 输出端  $AB$  的电压  $U_{AB}$  与  $X$  成线性关系, 说明焊枪的水平移动距离  $X$  可通过测量电压信号  $U_{AB}$  体现出来。测量时,  $X$  与  $U_{AB}$  的关系可通过拟合方法来确定。

## 二、激光扩束准直原理

如图3所示,我们设计了如下激光扩束准直系统,该系统是由腔长为450mm,功率2mW的He-Ne激光器和焦距  $f_1 = 5\text{mm}$  目镜,焦距  $f_2 = 122\text{mm}$  物镜组成的激光倒置望远镜系统。望远镜的放大倍数  $M = 24.4$ , 物镜与目镜之间的距离为  $f_1 + f_2 = 127\text{mm}$ , 激光器的出射口与目镜距离  $z_1 = 200\text{mm}$ 。这样使该激光器的出射光束由直径为0.4mm准直扩束为

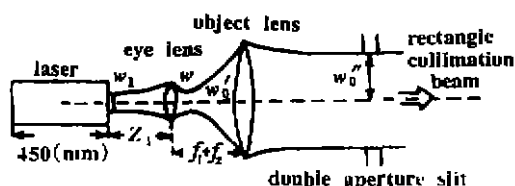


Fig. 3 Schematic diagram of laser collimation extender

直径 22mm 尺寸的粗光束,具体设计原理是:

$$\begin{cases} w_0 = \sqrt{\lambda L / 2\pi} \\ w_z = w_0 \sqrt{1 + (\lambda z / \pi w_0^2)^2} \\ w_0' = \lambda f_1 / \pi w_z \\ w_0'' = \lambda f_2 / \pi w_0' \\ M = f_2 / f_1 \end{cases}$$

式中,  $w_0$  为激光器谐振腔内高斯光束的光腰半径,  $w_z$  为由激光器谐振腔发出的光束的任意位置的光束半径,  $w_0'$  为倒置望远镜中的光束光腰半径,  $w_0''$  为扩束准直光束的光腰半径,  $M$  为倒置望远镜的放大倍数。

### 三、检测系统结构

该检测系统主要由激光准直扩束系统、CCD 成像高度定位系统、桥式传感定位系统和微机处理系统组成。其结构框图如图 4 所示。图中, 1 为激光准直扩束, 2 为焊枪, 3 为 CCD 成像系统, 4 为桥式传感系统, 5 为驱动器, 6 为数据采集电路, 7 为放大器, 8 为 A/D 转换器, 9 为微机, 10 为显示器, 11 为打印机, 12 为报警装置。

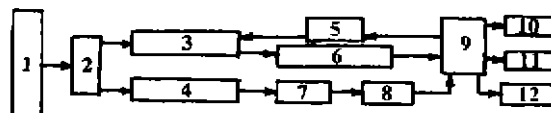


Fig. 4 Structural diagram of test system

由 2mW He-Ne 激光器发光光束, 经扩束准直和光阑限制后, 成为  $5\text{mm} \times 20\text{mm}$  的矩形平行光束。焊接时, 焊枪沿光束移动, 由于焊枪的遮光使透过光束变短, 并成像到投影屏上, 又经透镜 2 倍成像到 CCD 上。我们采用 TCD142D 型 CCD, 光敏元数为 2048 个, 光敏间隔为  $14\mu\text{m}$ , 从而影像高度定位精度达  $7\mu\text{m}$ 。

将焊枪与桥式传感电路中的滑片 G 绝缘相连。当焊接训练时, 焊枪带动滑片同步移动, 从而输出电压信号, 经放大和 A/D 转换, 送入微机进行数据处理, 以确定相应的移动量  $X$ 。

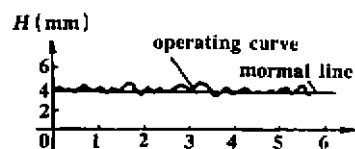


Fig. 5 Locous of welding torch

同时, 微机通过数据采集电路, 定时采集 CCD 存储的高度信息, 得一组  $H$  与  $X$  的数据, 并在屏幕上实时描绘出  $H-X$  曲线。在模拟训练过程中, 采用微机控制报警器, 随时提醒焊接员的非标准操作。

实用表明: 该激光光学模拟焊接操作系统能实时显示操作者的焊枪运动轨迹, 显示了  $H-X$  曲线, 如图 5 所示, 实现了科学化的培训。

### 参 考 文 献

- 1 陈润泰, 许理编著. 检测技术与智能仪表. 长沙: 中南工业大学出版社, 1995: 79~80

作者简介: 郑咏梅, 女, 1964 年 10 月出生。讲师。现攻读光电技术专业硕士学位。

收稿日期: 1997-03-31 收到修改稿日期: 1998-02-22