



# 激光切割机自动跟踪系统设计

陈亭志 程利民 叶胜光

(武汉职业技术学院 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 为了实现激光切割机自动跟踪功能,根据数控激光切割机系统的要求,研制了一套激光切割机自动跟踪系统。针对该系统详细进行了单片机控制电路、电容传感器以及信号检测电路等设计,整个系统,已经在实际中应用并得到了良好运行。

**关键词:** 激光切割;自动跟踪系统;电容传感器

中图分类号: TH122

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2018) 02-0104-03

104

## 一、前言

激光切割是利用高功率密度的聚焦激光束扫描材料表面,在极短时间内将材料加热到几千甚至上万摄氏度,使材料瞬间熔化或汽化,再用高压气体将熔化或汽化物质从切缝中吹走,从而达到切割材料的目的。由于激光切割具有切割速度快,生产效率高,切割端面质量好等优点,已经成为主要的金属板材切割方式之一,得到了越来越广泛的应用。

Z轴自动跟踪系统是激光切割机设计的关键技术之一。为了实现Z轴的自动跟踪功能,需要设计出在恶劣条件下工作的传感元件,以及一套快速响应的自动跟踪系统,保证Z轴良好的响应速度和动态品质。我们研制了一套激光切割机自动跟踪系统,通过实时采集激光束焦点与被加工工件之间的距离,反馈给单片机,根据设定值和反馈值的差值,由单片机输出电压信号至伺服驱动器,动态调整伺服电机的转速,实现激光焦点的自动跟踪,确保工件切割完成。

## 二、位移传感器的设计

整个Z轴跟踪系统最重要的是采集激光束焦点

与工件间的相对距离,因此传感器的设计非常重要。目前激光头前端上安装的传感器一般为电容传感器,被加工金属板材作为电容的一极,用于激光加工的喷嘴作为电容的另一极,两极之间的电容和它们之间距离成反比,因此通过电容就可以控制激光加工的焦点。如图1所示,两极板分别为切割头喷嘴感应极板1和待切割金属工件,感应极板随激光切割头一起沿Z轴方向做上下微位移垂直移动,根据电磁学原理,两极板间的电容量大小为:

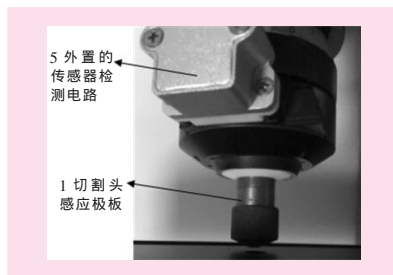


图1 激光切割头

$$C = \epsilon S / h \quad (1)$$

式中:  $\epsilon$ ——极板之间介电常数;

$S$ ——极板相对有效面积;

$H$ ——两极板间距离。

在激光加工过程中,激光束与金属工件相互作用

收稿日期 2018-03-10

基金项目: 武汉职业技术学院 2015 年科研项目“一种可实现自动跟踪和防碰撞的激光头设计”(项目编号: 2015YK002)。

作者简介: 陈亭志(1981-),女,湖北通山人,硕士,武汉职业技术学院副教授,研究方向: 单片机控制、数控原理。

用会产生大量等离子体,从而改变极板间的介质。如图2所示,为了防止介质对电容传感器的影响,可将感应极板设计成空心的导流铜环状2,通过白色塑料环3和切割机机床壳体隔离,采用这种方法可以有效减少等离子云的干扰影响。感应电极的信号通过一个套在绝缘体的插针4连接到传感器检测电路,相较传统电线连接而言,接线距离短、接触牢靠,传输效果更佳,保证了电容焦点跟踪的良好效果。

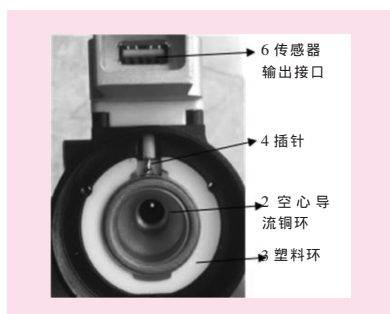
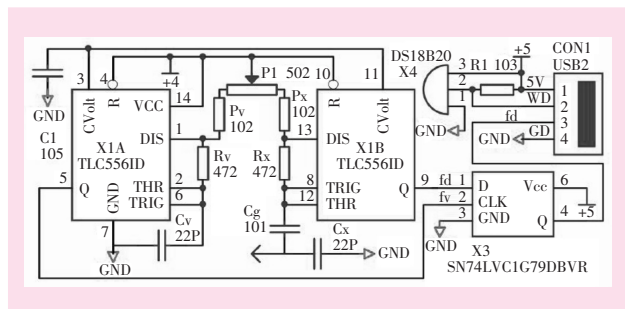


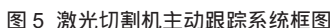
图2 导流铜环感应极板

采集到电容信号后,需要设计传感器检测电路,将电容信号稳定可靠地传输给单片机,现有的传感器检测电路通常设置在激光发生器调节机构和切割头前端之间,检测、维修时需整体拆卸,操作十分不方便。为此,我们将传感器检测电路单独封装在壳体一侧的小盒子里(部件5),其安装在激光头壳体的外侧,且可通过USB接口6将检测电路输出信号传给下一级的单片机电路。这种独立的设计使得传感器不仅传输稳定,又方便拆卸,在检测维修的时候操作简单。

考虑到信号传输稳定性和结构合理性,我们设计了如图3所示的差动式传感器检测电路。其中芯片TLC555是一个双路振荡器,它将输入的电容信号转为频率信号输出,THR和TRIG是振荡器的两个输入端,随着对电容的充电和放电,输入电压在一定范围内变化。当输入低于触发值时输出高电平,输入高于阈值时输出低电平,从而将电容的变化反应在频率上。感应极板的输入信号通过图中箭头位置接入双路振荡器的其中一路,另外一路的输入稳定不变。当两极板间距离不变时,通过调整电位器P1,使得两路振荡器的输出频率一样;当距离变化时,X1B路输入电容发生变化,充电时间发生变化,



激光切割机自动跟踪系统是一套独立的位置检测和控制系統，用单独的坐标轴进行传感器信号的采集和位置误差补偿控制，可以和各种激光切割机配合使用，它由单片机控制器、仪表放大器、检测系统、信号处理系统和执行装置等部分共同组成，系统框图如图 5 所示。



在控制系统设计时,采用目前主流单片机STC15W4K56S4为控制芯片,单片机控制系统电路框图如图6所示,电容传感器采集到的实时距离信号通过检测电路送至仪表放大器一端,单片机输出初始距离信号至仪表放大器的另一端,经差分放大后输出至伺服电机驱动器,实时调整伺服电机速度,从而实现激光头的自动跟踪。



单片机还外扩了键盘和显示屏，可以通过显示屏显示当前实时的距离和电容值，也可以通过按键对初始距离进行设定，整体实物图如图 7 所示，包括电容传感器、激光头、伺服电机、伺服驱动器、显示屏和按键等。



经过现场调试, 我们所设计的电容传感器电路和信号检测电路能有效采集距离信号, 系统运行稳定, 很好的实现了激光头的自动跟踪功能。这种在结构上将传感器电路和后续信号检测和处理电路封装在不同位置的设计, 既保证了传感器信号的稳定, 还方便拆卸, 便于检修。正因为这种设计的操作便利性, 使得整个系统在激光切割机尤其是切管机中广泛应用, 目前该套系统已经应用到某激光设备公司的切管机中, 该公司的激光切管机不仅在国内应用广泛, 性能稳定, 得到客户的一致肯定, 还远销阿根廷、巴西、波兰等国家, 申请了多选专利。

- [1] 司立众.激光切割钢板 Z 轴全程随动路径研究[J].制造技术与机床,2011,(10):30-33.
- [2] 蔡锦福.运算放大器原理与应用[M].北京:科学出版社,2005:7-13.
- [3] 龚时华,朱国力.激光切割加工焦点位置的检测方法[J].机械与电子,2003,(1):41-43.
- [4] 刘强,段正澄.光切割非接触式高度自动控制装置[J].组合机床与自动化加工技术,1992,(10):9-14.

[责任编辑 詹华西]

CHEN Ting-zhi   CHENG Li-min   YE Sheng-guang  
(Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China)

**Abstract** In order to realize the automatic tracking function of laser cutting machine, a laser cutter automatic tracking system is developed according to the requirements of NC laser cutting machine system. This paper introduces the composition of SCM control circuit in detail, especially the design of capacitive sensor, the principle of signal detection circuit. The whole system works well, and has been applied in practice.

**Key words** : laser cutting; automatic tracking system; capacitive sensor