

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0347-04

# 一种基于微控制器的在线激光打孔系统

李建武<sup>1</sup>, 阳彦宇<sup>1</sup>, 汪盛烈<sup>1</sup>, 何云贵<sup>1</sup>, 赵学民<sup>1</sup>, 张忠国<sup>2</sup>, 李敦明<sup>2</sup>, 苏季平<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>华中科技大学激光加工国家工程研究中心, 湖北 武汉 430074; <sup>2</sup>河南羚锐制药股份有限公司, 河南 新县 465550)

**摘要** 在水松纸激光打孔应用中,着重研究了在线激光打孔系统的硬件结构设计及软件实现方法,其中硬件结构包括基于多棱镜的光路系统和基于微控制器的闭环反馈控制系统设计。经试验打孔后对水松纸透气度进行检测分析,验证了系统的可靠性、实用性。

**关键词** 微控制系统; 闭环反馈; 激光打孔; 多棱镜

中图分类号 TN249

文献标识码 A

## A Sort of On-Line Laser Perforating System Based on Microcontroller

LI Jian-wu<sup>1</sup>, YANG Yan-zi<sup>1</sup>, WANG Sheng-lie<sup>1</sup>, HE Yun-gui<sup>1</sup>, ZHAO Xue-min<sup>1</sup>,  
ZHANG Zhong-guo<sup>2</sup>, LI Dun-ming<sup>2</sup>, SU Ji-ping<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>National Engineering Research Center for Laser Processing, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, 430074, China;

<sup>2</sup>Henan Lingrui Pharmaceutical Co., Ltd., Xinxian, Henan 465550, China)

**Abstract** About the application of laser perforating tipping paper, it emphasized to present the hardware and software structures of the system, and the former is composed of the light rout system based on polyhedral prism and the controlling system with closed loop feedback based on microcontroller. By measuring and analyzing the degree of ventilation of perforated tipping paper, it proved that the system is reliable and practicable.

**Key words** micro-controlling system; closed loop feedback; laser perforating; polyhedral prism

## 1 引言

激光产业的规模在近年来日益壮大,在许多的工业领域都引起了行业的技术革新。例如,在纸张、皮革、织物等工业领域中,已越来越广泛地应用激光高速打密集小孔,打孔的目的就是为了增加这类工件透气度。这种工艺方法对配套设备与激光器的相关控制提出了极高的要求,本文以水松纸激光打孔设备为例,分析并设计了一种基于微控制器的在线激光打孔系统。

## 2 系统结构原理

### 2.1 总体框图

该系统是一套集光、机、电于一体的综合设备,其总体框图如图 1。

### 2.2 光路扫描结构原理

系统通过一个多面棱镜的转动,将照在棱镜上的激

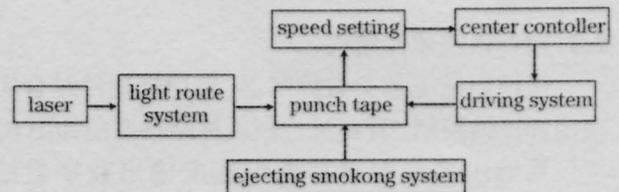


图 1 系统总体框图

Fig.1 System digram as a whole

光束反射扫描到不同的光路系统上,每套光路系统将棱镜反射来的激光束聚焦到水松纸平面,由于激光的作用,在焦点位置处水松纸发生气化,形成微小孔。其光路原理图如图 2。

从图 2 可以看出,在棱镜的转动下,激光束每个时刻只扫描到一个光路系统上,经过透镜组的准直、聚焦变换,将激光聚焦到水松纸上,打出一个孔,然后棱镜转动激光束又扫描到下一组透镜,在水松纸并排方向打出另外的一个小孔。

作者简介: 李建武(1974-),男,华中科技大学激光加工国家工程研究中心硕士研究生,主要从事激光加工应用技术的研究。E-mail: jw5\_lee@163.com

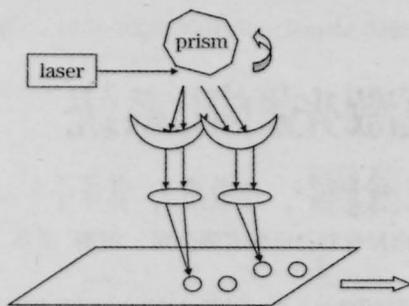


图2 光路框图

Fig.2 Light route diagram

根据不同面数的棱镜其扫描角固定,激光束只能在扫描角范围内反复的扫描每一组光路<sup>[1]</sup>。对于一个  $n$  面棱镜,其扫描角为

$$\alpha = 4\pi/n \quad (1)$$

设转镜角速度为  $\omega$ ,纸带的线速度为  $v$ ,透镜组数为  $m$ ,则激光对每个小孔的作用时间为

$$t = 4\pi/nm\omega \quad (2)$$

单排小孔间距为:

$$d = 4(m-1)v/nm\omega \quad (3)$$

小孔的直径直接与激光和水松纸作用时间有关,该时间受棱镜的转速和纸带的运动速度影响。控制纸带的运动速度和棱镜的转速就可以改变孔径大小和小孔间距,从而影响水松纸的透气度。

对于排间间距可以通过调整透镜组焦点位置进行设置。

### 2.3 控制系统硬件结构

该控制系统基于微控制器,采用软硬件结合实现闭环反馈控制。其系统控制硬件结构框图如图3。

系统由微控制器按设定速度输出数字量给D/A,由D/A转换为模拟量作为速度指令信号,发送

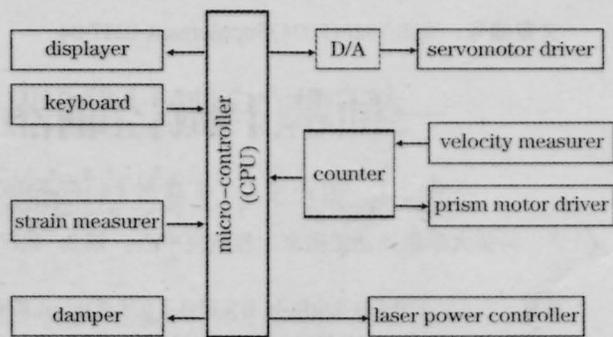


图3 控制系统框图

Fig.3 Controlling system diagram

给伺服电机驱动器驱动伺服电机。伺服电机驱动器与电机系统带有速度检测反馈功能,可保证伺服电机角速度稳定。外部速度检测装置采用增量式光栅编码器,编码器转轴由纸带带动旋转,检测纸带的线速度。编码器转轴旋转时发出脉冲给计数器,计数器不断将计数值输出给微控制器,由微控制器作计算比较处理,并修改D/A的值以实现纸带线速度的恒定。

转镜控制电机采用高速的无刷直流电机,由计数器发送脉冲驱动电机控制器,脉冲数与计数值成线性关系,因此转镜的转速与纸带的线速度间为一种线性关系,可通过调整线性比例参量来实现纸带在同一运行速度下打出的小孔直径和孔间距不同,即水松纸的透气度值不一样。

由于收卷的纸卷直径不断增大和放卷的纸卷直径不断减小,纸带的惯性张力在不断变化,可引起收卷不均及伺服电机负载波动,因此要求张力恒定。应用张力检测器检测纸带张力并反馈回微控制器,由微控制器控制阻尼器输出阻力大小,维持纸

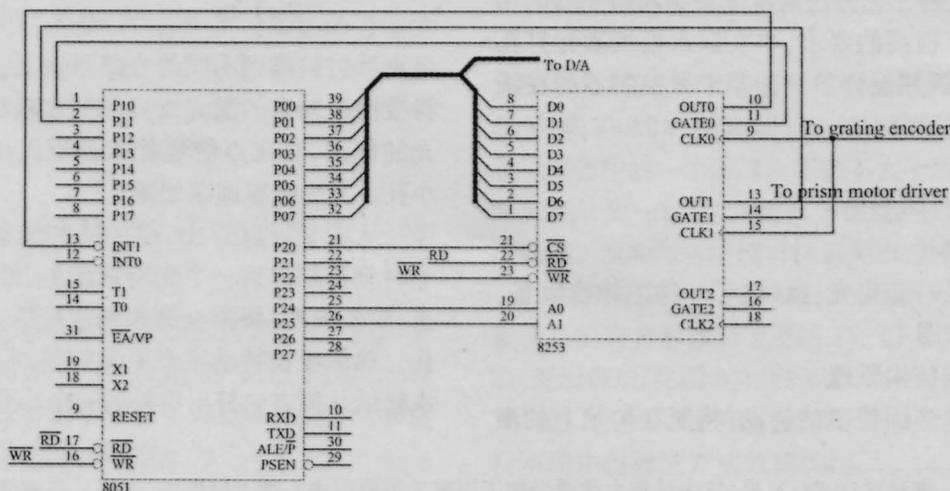


图4 微控制器接口电路图

Fig.4 Microcontroller interface circuit diagram

带张力恒定。

系统可同时控制激光器的开关,并配有显示屏及操作键盘等人机接口。

### 2.4 电路实现

闭环反馈控制主要接口电路如图 4<sup>[2,3]</sup>。

根据系统的数据处理量及实时性要求,微控制器采用 Intel 的 8051 单片机。这种 51 系列的单片机是工业应用最广泛的微控制器之一,其指令周期基本为单周期或双周期,具有 5 个中断源,两个外部中断源,两个内部定时器中断源(也可用于外部中断)及一个串口中断源,并可扩展外部存储器<sup>[2]</sup>。

光栅编码器发送的脉冲作为 8253 的  $T_0$  和  $T_1$  的时钟信号,启动  $T_0$  和  $T_1$  开始计数脉冲。 $T_0$  工作在方式 1,当计数值溢出就向单片机发出中断请求,单片机由内部定时器计时中断时间间隔,并作计算处理。 $T_1$  工作在方式 2,发出与时钟信号成线性比的脉冲信号。

这种运用 51 系列单片机作中央控制器,其硬件接口设计简单,软件开发成熟,可保证控制系统的可靠运行。

的可靠运行。

### 3 控制软件设计

系统软件设计包括主程序和外部中断子程序,如图 5~图 7。

主程序只是对系统的初始化处理,系统的主要功能由中断子程序来完成,包括外部按钮中断子程序,8253 计数器中断子程序及内部定时器中断子程序。其中外部按钮中断子程序完成系统的运行、停止、系统参量设置及界面显示等功能,实现了系统的主要功能。8253 计数器中断子程序主要完成闭环反馈的计算功能。将主要功能放在中断子程序中完成,一方面保证了系统的实时性要求,另一方面可提高软件的抗干扰性。

### 4 试验结果

本系统主要应用于水松纸打孔,增加水松纸的透气度,检测系统性能的一个重要指标是在一定的运行速度下的水松纸的透气度值的波动范围,反映

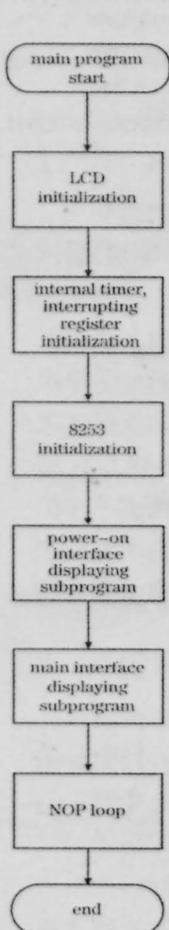


图 5 主程序流程图  
Fig.5 Main program

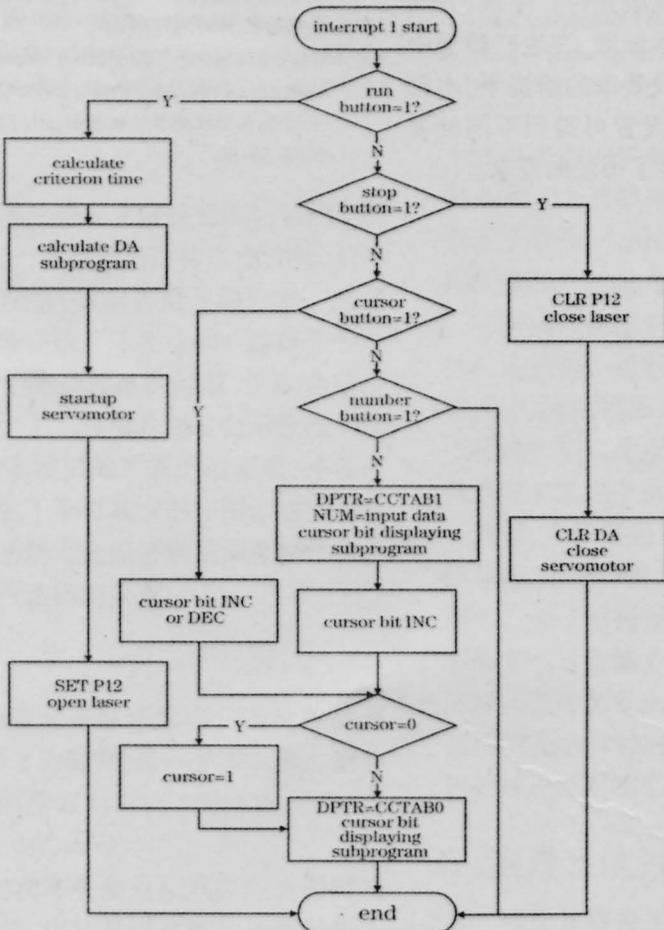


图 6 按钮中断子程序流程图  
Fig.6 Button interrupting subprogram

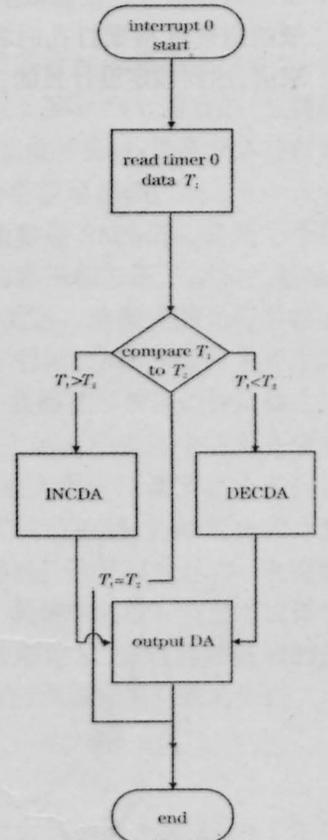


图 7 8253 中断子程序流程图  
Fig.7 8253 interrupting subprogram

表 1 不同速度下的透气度值

Table 1 Permeability with different speed

Velocity /(m/min)	Permeability (CORESTA)					Standard deviation	Relative error
40	810.4	795.6	806.5	833.6	829.7	16.06	1.97%
60	716.9	691.0	709.5	731.8	725.6	15.85	2.22%
80	623.1	642.3	624.6	637.7	618.3	10.26	1.63%
100	553.8	540.1	539.3	521.4	546.7	12.06	2.23%
120	470.6	465.8	494.9	475.2	480.1	11.17	2.34%
140	407.2	394.7	397.3	414.2	407.0	7.98	1.97%
160	338.4	346.3	351.9	337.2	340.7	6.13	1.79%
180	280.3	276.6	283.2	291.6	287.9	5.96	2.09%

的是系统运行的平稳性。根据试验,使用 50W 的 CO<sub>2</sub> 激光器,在水松纸带上打 4 排孔时,在不同的速度下测得透气度值如表 1。

由表 1 的数据可以看出,在不同的走纸速度下,得到的透气度值相对误差波动 < 3%,系统运行平稳,打孔的效果已完全达到设计的要求。

这种基于微控制器的在线激光打孔系统,光路设计灵活,控制结构简单,成本低廉,在生产检验中系统运行稳定。在保证生产线效率的前提下,水松纸的透气度根据打孔时参量设置可得到不同的要求值,达到预定设计目的,满足了市场的需求。

## 参 考 文 献

- 1 Yu Daoying, Tan Hengyin. Project Optics[M]. BeiJing: Machine Industry Press, 2000. 41~43  
郁道银,谈恒英. 工程光学[M]. 北京:机械工业出版社,2000. 41~43
- 2 Hu Qianbing, Li Guangbing. Singlechip Theroy and Application [M]. WuHan: Huazhong University of Sicence and Technology Press, 1997. 171~178  
胡乾斌,李光斌. 单片微型计算机原理与应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,1997. 171~178
- 3 Wang Xiaoming. Singlechip Controlling Motor [M]. Beijing: TsingHua University Press, 2002. 55~60  
王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002. 55~60