

# 单片机在自动生产线上的应用

李岩

(华北光电技术研究所激光部, 北京)

**摘要:** 该文详细地介绍了一种采用了先进单片机技术的激光细丝测量仪数据处理的基本原理及设计。这套系统的特点是测量范围宽 $0.1\text{mm}\sim 10\text{mm}$ , 分辨率高 $1\mu\text{m}$ , 误差小于或等于 $5\mu\text{m}$ , 测量一次只用 $5\text{ms}$ 。文中, 对数据处理的方法进行了描述。文中运用结构模块方法设计硬件和软件, 给出了硬件框图及软件流程图, 并进行误差分析, 提出解决办法, 最后给出一组测量结果。

Application of single chip computer in automatic production

Li Yan

(Department of Laser Technology, North China Research Institute  
of Electro-Optics)

**Abstract:** The basic principle and design of the data processing system of the laser threadlet measurement instrument are described in detail. With the advanced single chip computer, the system has the features, wide measurement range from  $0.1\text{mm}$  to  $10\text{mm}$ , high resolution (less than  $1\mu\text{m}$ ), low measuring error (less than  $5\mu\text{m}$ ), and it takes only  $5\text{ms}$  to accomplish each measurement. By means of the modular structure design method, the hardware and software have been constructed and the block-diagrams of the structure are shown in this paper. Finally, the error analysis and a group of measuring data are given.

## 一、引言

激光细丝测量仪是对自动化生产线的细丝工件进行非接触性测量, 包括测量其直径、宽、厚等。激光束扫描到被测工件上, 由光电元件接收信息, 经过计算机实时采集及信息处理, 将测量结果及误差给予直观显示。并根据需要将误差信息反馈到生产线上进行实时修正, 以便保证产品质量。本文将着重介绍单片机 MCS-51 在系统测量上完成的功能及误差分析。

## 二、基本原理

整套系统可分为两部分: 机械光学单元和信号接收处理单元。总原理框图如图1所示。由图1知, 被压缩的激光束反射到由电机控制旋转的八面转鼓上, 再经透镜 $L_1$ 后, 在测

量区域M内形成平行扫描光束。测量工件经过光栅测量中心，再经透镜 $L_2$ 将光束聚焦到光电接收器件P上。由电路将信号整形输出，计算机进行数据采集，完成计算、修正、输出。并在面板上实时显示被测工件值、偏差、及偏差是否超差等信息。

由于取用电机转速为1500r/min，则信号采样周期 $T_0$ 为 $1/(1500 \times 60 \times 80) = 5\text{ms}$ 。 $T_1$ 为测量区域的光栅宽度， $T_2$ 为测量工件的挡光时间，其接收到的信号如图2所示。

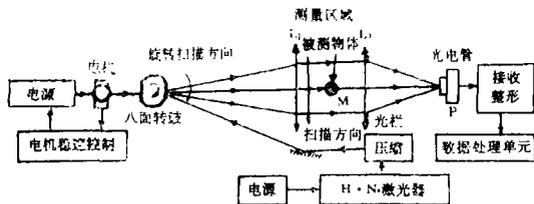


图1 系统基本原理图

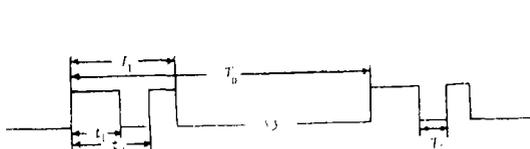


图2 接收信号

### 三、计算机的应用设计

#### 1. 8031单片机及外围信息处理的硬件设计 [1]

硬件设计基本上由四个模块组成：(1)电机稳速电路。由于系统的分辨率为 $1\mu\text{m}$ ，精度为 $5\mu\text{m}$ ，因此就需要对电机频率给予稳频，然后再放大驱动电机<sup>[2]</sup>。(2)输入信号接收及整形电路。将光电管接收到的微弱信号放大后与处理过的门限电平一起经差分比较电路输出待处理信号。再经控制电路给出计数脉冲控制，面板显示信号的控制信息，框图如图3所示。

(3)计数器及暂存电路。用一组10 MHz的计数器完成2个时间间隔的计数，即图2所示的 $t_1$ 、 $t_2$ 时间，并将两次计数数据送两组暂存器暂存。如框图4所示。(4)计算机数据采集及输出控制。当8031单片机接收到中断后，将暂存器中数据分别取到内存，再将其外部信息取出，比如工件的标准值 $D$ 标，工件偏差的允许值 $\delta$ 标等。经数据处理后显示出工件直径值、与 $D$ 标的偏差值及是否正负向偏差，如框图5所示<sup>[3]</sup>。

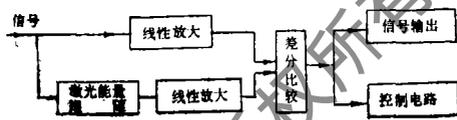


图3 输入信号及整形电路

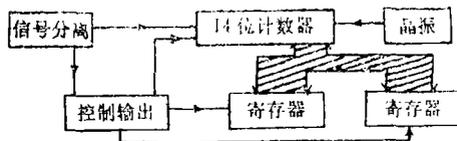


图4 计数器及暂存电路

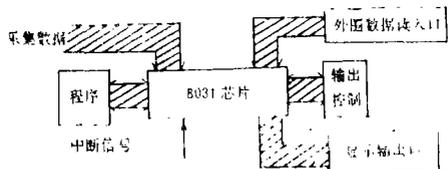


图5 计算机数据采集及输出控制电路

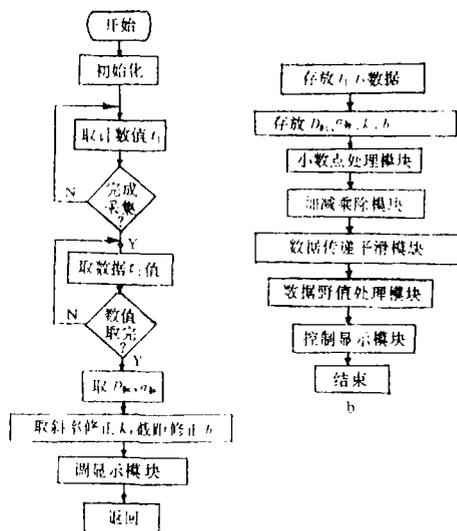


图6 系统软件设计图

a—数据采集模块图 b—数据处理模块图

## 2. 系统软件设计

在软件设计上,我们采用结构模块法将对各硬件功能设计出完整的独立的软件模块。在软硬件联试时,首先将各模块调通,这样便于在最小系统将问题排除,最后将各模块联在一起统调,如图6。下面我们给出两个主要软件流程图:(1)数据采集模块如图6a;(2)数据处理模块如图6b。

## 四、误差分析及实验数据

由于本系统光机电俱全,且分辨率高,误差小,因此误差的来源及影响就十分复杂。从整体系统分析来看,误差来源有如下几个方面:棱镜误差、光束直径与发射角误差、光强起伏及分布误差、电机稳定度及转速误差、接收与整形误差、计数器误差、运算精度误差等。下面仅就接收系统的误差给予简单分析。

### 1. 电机稳定度的影响

电机转速 $c \propto d$ , 而 $t \propto d$ ,  $d$ 为被测工件的直径,  $t$ 为工件挡光时间。

在 $d$ 为常数时, $c$ 的稳定度就是 $d$ 对应的 $t$ 的稳定度,在本系统中 $d$ 与 $t$ 的关系约为 $15\mu\text{s}/\text{mm}$ ,则 $t$ 的稳定度应满足以上关系确定的 $d$ 的测量精度要求,设对 $d$ 的测量误差为 $\Delta d$ ,则 $\Delta d/d$ 为 $t$ 的稳定度,亦即 $c$ 的稳定度。显然 $d$ 是最大值时, $c$ 的稳定度要求最高。即: $c$ 的稳定度应满足:

$$\Delta c/c \leq \Delta d/d_{\max}$$

假设 $\Delta d$ 为 $1\mu\text{m}$ ,  $d_{\max}$ 为 $10\text{mm}$ ,则电机稳定度要求 $0.01\%$ 。

### 2. 接收与整形影响

(1) 当被测物直径大于等于光束直径 $a$ 时,光速运动与光电转换如图7所示。

在接收整形时,若门限控制在 $\frac{1}{2}V$ 处,则整形输出的波宽度 $T = d/v$ 。若门限不在 $\frac{1}{2}V$ 处,则 $T = d/v + \Delta T$ ,  $\Delta T$ 为系统误差,它受光强起伏等影响,这一误差在数据处理时予以修正。

(2) 当被测工件直径小于光束直径时,如图8所示。

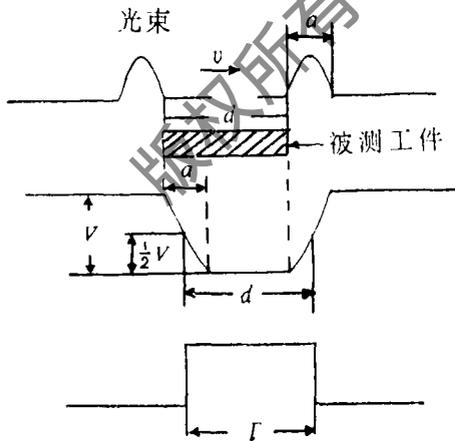


图7 光速运动与光电转换

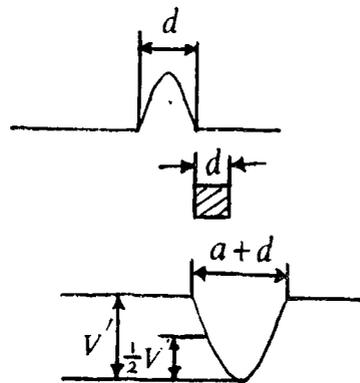


图8 工件直径小于光束直径

这时波底宽为 $a+d$ ,但幅度在降低, $d \rightarrow 0$ 时,底宽 $\rightarrow a$ ,幅宽 $\rightarrow 0$ 。

在数据处理上 $d \geq a$ 与 $a \leq d$ 的方法一样,关键在于接收电路门限选择。

探测器的光电转换输出信号为电流 $i$ , $i$ 大小可认为是与光敏面上的激光能量分布的积分

值成正比<sup>[4]</sup>，而激光在光敏面上分布符合高斯分布如图9，可得积分公式如下<sup>[6]</sup>：

$$\Phi(u) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du \quad (1)$$

$$\text{则有: } i = k_1 \Phi(u) \quad (2)$$

式中， $k_1$ 为探测器的灵敏度。

此电流信号经放大电路转换成电压信号 $V$ 为：

$$V = k_2 \cdot i = k \cdot \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du \quad (3)$$

式中， $k_2$ 为放大器电流转换成电压的系数； $k = k_1 \cdot k_2$ 。

$$\text{当 } d_{\min}, a_{\max} \text{ 时, } x \text{ 最小, 即 } x = 3\sigma \cdot d_{\min} / a_{\max} \quad (4)$$

由(3)、(4)式可得出 $d_{\min}$ 与 $a_{\max}$ 的对应关系为：

当 $d_{\min} = 0.2 \text{ mm}$ 时

$$a_{\max} = 1 \text{ mm 时, } V = 141 \text{ mV}$$

$$a_{\max} = 0.4 \text{ mm 时, } V = 121 \text{ mV}$$

由此我们看出，在考虑到光强起伏，S/N（信噪比）的影响后，选择门限电平与光束直径应十分谨慎。

### 3. 计数器频率影响

时间测量使用计数器，本系统要求分辨率为 $1 \mu\text{m}$ ，则计数器频率为 $62.8 \text{ MHz}$ 才能满足要求，这在电路的实现上比较复杂。我们采用 $10 \text{ MHz}$ 晶振，分辨率为 $6.28 \mu\text{m}$ /计数的计数器与计算机相结合的方法来实现 $1 \mu\text{m}$ 的精度。

由于待测脉宽 $T$ 与 $10 \text{ MHz}$ 时钟不相关（不同步），待测脉宽的前沿落在一个时钟内的位置是随机的。因此，对于同一个脉宽 $T$ 测量，计数结果可能是 $N$ ，也可能是 $N+1$ ，其结果由两个波形相位差 $\tau$ 决定。 $\tau$ 为 $(0 \sim 0.1) \mu\text{s}$ 的随机数。如图10所示。

对被测宽度为 $T$ 的测量计数为：

$N = \text{INT}[(d + \Delta d) / 6.28]$ ，INT为取整函数，其中 $d$ 为被测物宽度， $\Delta d$ 与 $\tau$ 相对应，为 $(0 \sim 6.28) \mu\text{m}$ 的随机数，显然 $\Delta d$ 的随机影响不可忽略。如果采用计算机将测量数据给予几次平滑处理后，即：

$$D = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \right) \times 6.28 = 6.28 \bar{N} \quad (5)$$

随平均次数 $n$ 的增加 $D$ 趋向于 $d$ ，经计算机仿真运算得知，在 $n = 16$ 时，便可保证计数器 $1 \mu\text{m}$ 的分辨。

### 4. 运算精度

由图2可知，

$$t_{\min} = 0$$

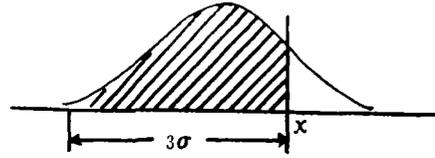


图9 光敏面上的高斯分布图

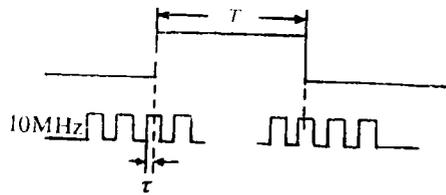


图10 两个波形差 $\tau$

$$t_{1\max} = (55 - d_{\min}) \times 1000 / 62.8 = 874.2 \mu\text{m} \quad (55 \text{ 为光栅宽度})$$

$$t_{2\min} = d_{\min} \times 1000 / 62.8 = 19.5 \mu\text{s}$$

$$t_{2\max} = 55 \times 1000 / 62.8 = 875.8 \mu\text{s}$$

对于10MHz计数器，需用14位计数器，在程序做数据处理时，因 $2^{-3} \times 6.28 = 0.875$ ，需将数据保留小数点后3位进入计算方能保证 $1 \mu\text{m}$ 的运算精度。

### 5. 系统偏差影响

图11给出了测量值 $d'$ 与被测物实际宽度 $d$ 的关系，当系统无偏差时，其理想曲线如图11中虚线，但实测结果为图11中实线。考虑到系统偏差后，有

$$d' = k'd + b \quad (6)$$

由(5)式得到测量值 $d' = D = 6.28 \bar{N}$ 代入

(6)式，且整理后为：

$$d = k(\bar{N} - b) \quad (7)$$

(7)式的意义为：测量计数 $\bar{N}$ 后，要对其进行截距、斜率修正，才能消除偏差，其中斜率修正 $k$ 还包含计数值与 $\mu\text{m}$ 的换算率，即 $6.28 \mu\text{m}/\text{计数}$ 。对斜率修正 $k$ ，设其分辨率为 $\Delta k$ ，则系统测量范围内 ( $< 10000 \mu\text{m}$ 有)：

$$10001 = \frac{10000}{6.28} (6.28 + \Delta k)$$

$$\text{得 } \Delta k = \frac{10001}{10000} \times 6.28 - 6.28 = \frac{6.28}{10000} = 0.000628$$

$2^{-11} = 0.000488$ ，因此，斜率修正 $k$ 应保留小数点后11位，截距修正 $b$ 保留小数点后3位方能保证对 $k$ 、 $b$ 的修正小于 $1 \mu\text{m}$ 的精度。下面是系统联调后，对一组标准工件的静态测量如附表。

附表 一组标准工件的静态测量

被测工件 (mm)	0.500	2.500	4.350	7.800
测量值 (mm)	0.498	2.497	4.352	7.801

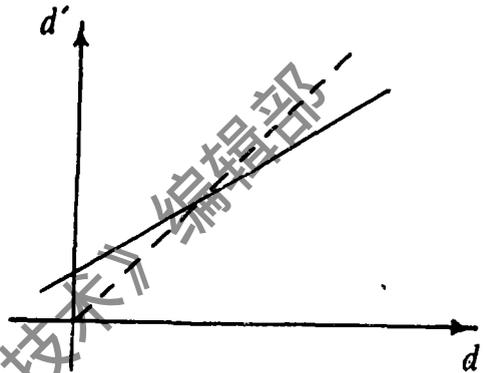


图11 测量值 $d'$ 与被测物实际宽度 $d$ 的关系

## 五、结 束 语

激光细丝测量仪的研制，对自动化生产非接触测量的实时监测或用闭环控制提供了有效的保证。由于它有较宽的测量范围( $0.1 \text{mm} \sim 10 \text{mm}$ )，因此其使用范围十分广泛，并可根据不同的生产环境设计不同的测量尺寸及外形尺寸。其适应性、维护性均得到较好的体现。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 何立民. MCS-51系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术. 北京: 北京航空航天大学, 1990: 40
- [ 2 ] 山田博著, 胡仁芳译. 小型精密电动机的基础和应用. 北京: 机械工业出版社, 1988: 260

# 分子波导激光器的光电流效应研究

马养武 黄霖

(浙江大学光仪系, 杭州)

**摘要:** 首次报导了关于分子波导激光器光电流效应的理论和实验研究结果。以 $\text{CO}_2$ 分子波导激光器为例, 由求解速率方程, 给出了分子激光光电流信号的数学表达式, 并由实验测量研究了光电流信号与各激光工作参量的关系。理论分析与实验结果吻合良好, 一致表明分子波导激光器系统具有明显的光电流信号优势, 因而展示了分子光电流效应在波导激光器的稳频以及其他领域中的应用前景。

The research on opto-galvanic effect of molecule waveguide laser

Ma Yangwu, Huang lin

(Department of Optical Engineering, Zhejiang University)

**Abstract:** It is first to report the theoretical and experimental research results on the opto-galvanic effect (OGE) of molecule waveguide laser. Giving  $\text{CO}_2$  waveguide laser as a example, the mathematical expression of molecule opto-galvanic signal is gotten by solving the rate equation. And relationship between opto-galvanic signal and laser parameters is investigated by means of experimental measurement. The satisfactory agreement of theoretical analysis and experimental results shows that the molecule waveguide laser have the superior in opto-galvanic signal. Therefore, the foreground of applying OGE to stabilizing frequency of molecule waveguide laser and other domains is shown.

- [ 3 ] 叶声华主编. 激光在精密计量中的应用. 北京: 机械工业出版社, 1980: 155  
 [ 4 ] 激光参数编辑组. 激光参数测量. 上海: 上海人民出版社, 1976: 13  
 [ 5 ] 中国科学院计算中心概率统计组. 概率统计计算. 北京: 科学出版社, 1979: 32

\*

\*

\*

作者简介: 李岩, 男, 1963年4月出生。1986年毕业于电子科技大学电子工程系。现从事激光测量与接收处理工作。

收稿日期: 1991年4月16日。 收到修改稿日期: 1991年11月11日。