

融合线阵 CCD 与 MCS 98 单片机的 工业在线测控系统

王菁蕙 梅安华

(武汉测绘科技大学光电工程学院,武汉市珞喻路129号,430079)

摘要 介绍了线阵 CCD 和 MCS 98 单片机组成的光电尺寸测控系统。本系统既可用于汽车标准螺钉生产线上的非接触动态检测与控制,也可用作其他工业尺寸测控系统。实验证明了系统的可行性。

关键词 线阵 CCD;单片机;测控系统

分类号 TP73

在汽车标准件螺钉生产线上,在螺钉的加工过程中,拉切、挤压、搓丝和成型等一系列工序都是自动连续完成的。其精度一般要求达到 0.1mm 级。传统测试螺钉尺寸是借助千分卡尺和螺旋测微仪离线进行,这不仅效率低,而且不能及时反映加工状况,无法及时调整系统,保证加工质量。本文所研制的线阵 CCD 与 MCS 98 单片机的在线工业测控系统,其硬件有光学、机械、线阵 CCD 及其驱动电路、二值化电路和 8098 用户系统等 5 个部分;控制软件具有显示与键盘管理、接收与存储数据、数据处理、误差修正和发控制信号等功能。系统使用单 CCD 单端测量法,可以调节测试范围;软件利用最小二乘法校准,修正系统误差。

1 系统组成及原理

系统原理如图 1 所示。系统采用单 CCD 单端测量法和平行光成像尺寸测量法相结合的测量方法。工件的一端固定于基准面,另一端成像于 CCD 靶面。基准面可以根据要求调节,因而螺钉

测量范围可变。系统采用背面均匀光照。由光学系统产生平行光束,照射在螺钉被测端上。其中一部分被螺钉遮挡,未被遮挡的则投射在线阵 CCD 像传感器上。因而线阵 CCD 输出与该螺钉被测尺寸相对应的视频信号,经过电平转换及二值化电路后得到一定宽度的 TTL 信号,输入单片机 8098 高速输入口 HSI₁,8098 的定时器 T₁ 产生计数脉冲,经处理后得到螺钉被测端尺寸。如图 1 所示,被测螺钉长度为 $L = L_0 - L_x$ 。其中, L_0 是由操作者设置的标准长度; L_x 为螺钉被测端在线阵 CCD 上的投影长度。系统一方面送 LED 显示工件尺寸;另一方面根据螺钉长度偏离标准值的情况,分别从 8098 单片机的高速输出口 HSO₁、HSO₂ 和 HSO₃ 输出 3 个控制信号,驱动螺钉分拣机构的 3 个对应闸门,将工件分别打入合格箱、废品箱和可修复的不合格箱中。此外,系统可对参数进行设置。系统主要技术指标为:螺钉测量范围可变; L_x 测量范围为 1mm ~ 20mm;测量精度 ± 0.03 mm;显示测量结果;发控制信号及超差报警;进行人工参数设置。 L_x, L_0

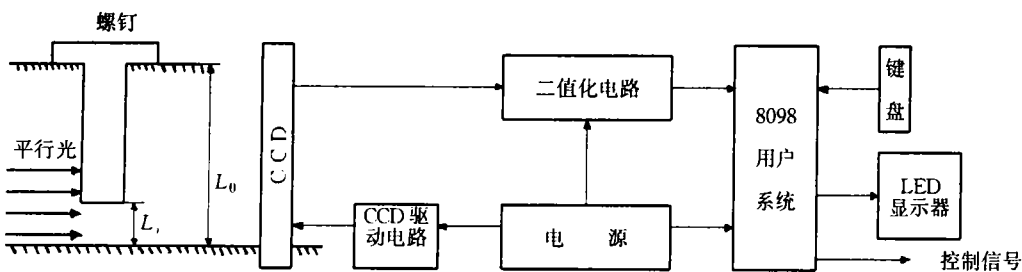


图 1 系统原理图

Fig.1 Systematic Theory

2 光学系统与机械结构

2.1 光学系统

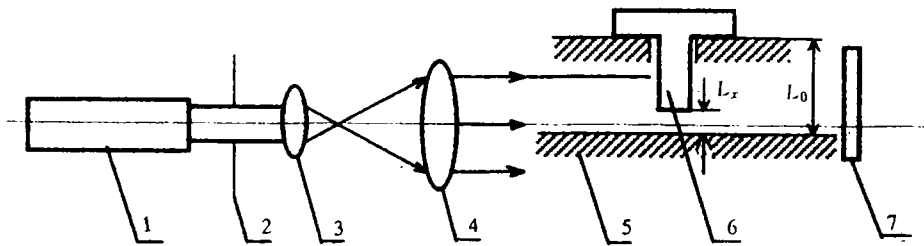
光学系统能产生一定宽度的平行光束,光强变化范围应限制在所选线阵 CCD 动态范围之内。光学系统如图 2 所示。

系统选用半导体激光器作为光源。其技术指标为:功率为 1mW~1.5mW;波长 $\lambda = 670\text{nm}$;光阑孔径为 1.5mm。

被孔径限制的光束通过透镜 L_1 聚焦后,再通过透镜 L_2 准直扩束。这些平行光投射到螺钉的被测端上,其光束宽度设定为 $D = 50\text{mm}$ 。

2.2 机械结构

机械结构主要分为两部分。首先设计一个测试工作台。它有两个作用:①用于固定和调整光学系统、线阵 CCD 和螺钉夹具。双 V 型块用来固定光学透镜并使之容易调节;一个调整器用来固定线阵 CCD 使之能被准确调节。②一个测量标尺及其调整器设计在测试台与基准面之间,用来调节基准面到测试工作台之间的距离。其次,在生产自动线上,设计螺钉分拣机构的 3 个控制门由电磁铁控制其开关。当螺钉被检测后,根据其不同尺寸,系统分别发出不同控制信号,使不同电磁铁接通,打开不同控制门,螺钉被分拣至不同的产品箱。



1 半导体激光器; 2 光阑孔径; 3 透镜 L_1 ; 4 透镜 L_2 ; 5 测试台; 6 被测螺钉; 7 线阵 CCD 像传感器

图 2 光学系统

Fig. 2 Optical System

3 CCD 及其驱动电路选择

根据系统技术指标,选择线阵 CCD 为 TCD 102C 及其驱动电路。其技术指标为:光敏元为 2048 单元;相邻光敏元中心距 $14\mu\text{m}$;光敏面长度 28.672mm ;时钟频率 0.5MHz。

4 二值化电路

电平转换及二值化电路如图 3 所示。CCD 采样视频信号输入第一级运算放大器 LM741, 该片起减法兼放大作用。CCD 信号电压约为 1.4V, 减掉直流成份, 并且放大信号电压至 TTL 电平。第

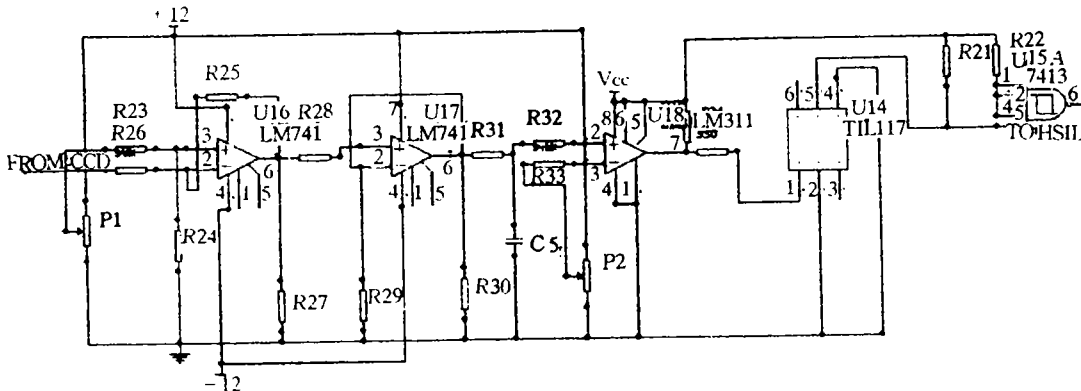


图 3 电平转换及二值化电路

Fig. 3 Exchanging Level and Binarilizing Circuit

二级运算放大器 LM741 构成电压跟随器,提高前级带负载能力,其输出至 RC 滤波器。滤波后的信号进入比较器 LM311。通过计算与实验证实,

阈值选在 CCD 输出信号最大值的一半时有较小系统误差。经阈值电平与滤波信号的比较获得二值化信号,再经过光耦 TIL117 隔离和与非门

74LS13 整形并提高带负载能力,最后送入 8098 高速输入口 HSI₁。电平转换及二值化电路信号波形图如图 4 所示。

5 8098 单片机用户系统设计

8098 单片机用户系统有时钟和复位电路;外扩 8k EPROM 2764 和 8k RAM 6264;可编程键盘/显示接口芯片 8279 管理 4×5 非编码键盘和 7 LED 显示器。其电路原理如图 5 所示,其空间布置如表 1 所示。

高速输入口 HSI₁ 是 8098 一个很有特色的端口,这里“高速”的含义是无需 CPU 干预就能自动记录下在各引脚上所发生的跳变事件,并记录下发生的时间。这些都存入先进先出 FIFO 寄存器,它可以同时保护 8 个事件,供 CPU 在适当的时候读取和处理。本系统利用 8098 这一特色,通

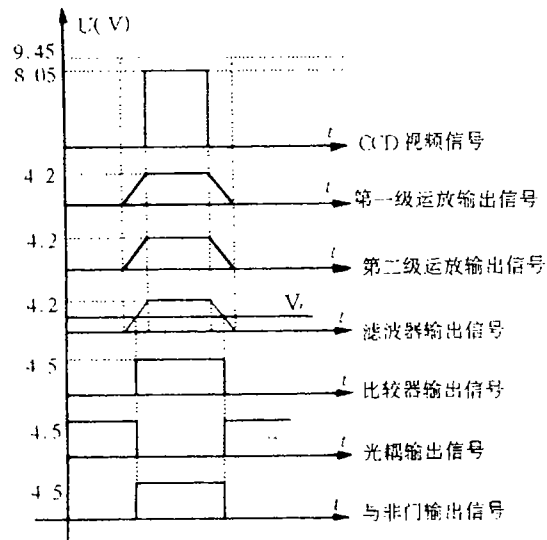


图 4 电平转换及二值化电路信号波形图
Fig. 4 Work Wave Graphs of Exchanging Level and Binarilizing Circuit

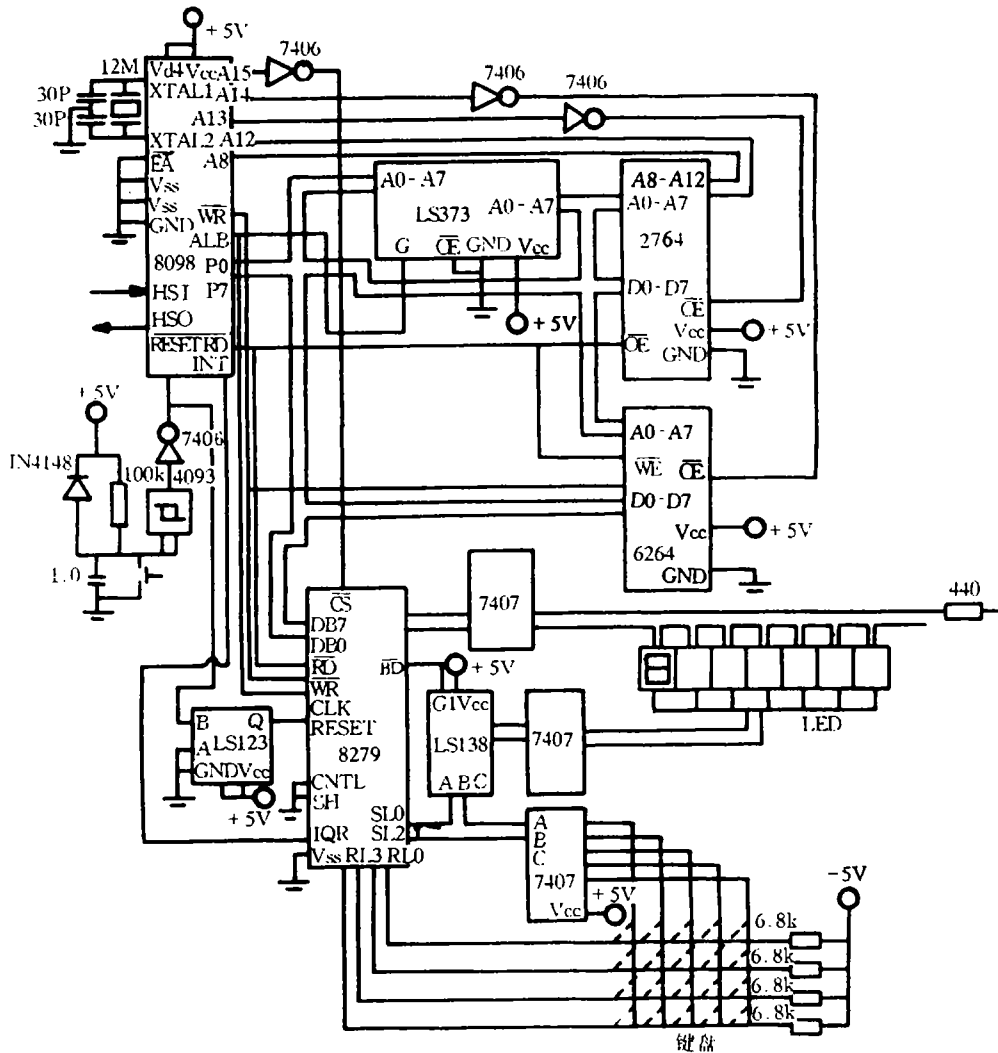


图 5 8098 用户系统
Fig. 5 8098 User System

过 HSI₁ 接收从二值化电路送来的对应螺钉被测端尺寸的脉宽信号。利用定时器 T₁ 来计算脉宽对应的脉冲个数,再经单片机处理后得到被测螺钉尺寸。

表 1 8098 用户系统空间布置

Tab.1 Space Distribution of 8098 User System

地址 A ₁₅ A ₁₄ A ₁₃	输出	被选芯片	空间区域
001	Y ₁	2764	2000H-3FFFH
010	Y ₂	6264	4000H-5FFFH
100	Y ₄	8279	数据口:8000H 控制/状态口:8001H

高速输出口 HSO 也是 8098 特色之一。它不要 CPU 干预,在预定时刻能产生某一事件。本系统使用了 3 个高速输出口 HSO₁、HSO₂ 和 HSO₃ 输出 3 个控制信号,分别启动分拣机构的 3 个控制门,进行分拣控制。

6 控制软件

软件功能为:

①显示和键盘管理。

②数据的接收与存储。接收从键盘输入的长度值、上限值、下限值及从二值化电路来的信号,并存储于内存某一段。

③数据处理。通过各种数制转换子程序和浮点运算子程序将从二值化电路接收的数据转换成工件的长度。

④修正误差。为了在实测中去掉系统误差,采用二次标定法实验证明,螺钉被测端的实际尺寸 L_x 和对应的像元脉冲数 N_x 之间满足下列关系式:

$$L_x = kN_x + b$$

式中, b 为测量的系统误差。在测量前用几块块规校准一下,由 HSI₁ 接收这些信息,再由单片机用最小二乘法确定 k 和 b 的值,得到这个线性方程式。若只用一块块规校准,则软件会令 k = 1,只校准 b 的值。

⑤发控制信号。判别工件是否超差,并且根据判别条件分别从 HSO₀、HSO₁ 和 HSO₃ 发出控制信号,启动分拣机构进行产品分拣。在 LED 上显示工件长度、废品率等。如果超差,启动声光报警。主程序流程图如图 6 所示。

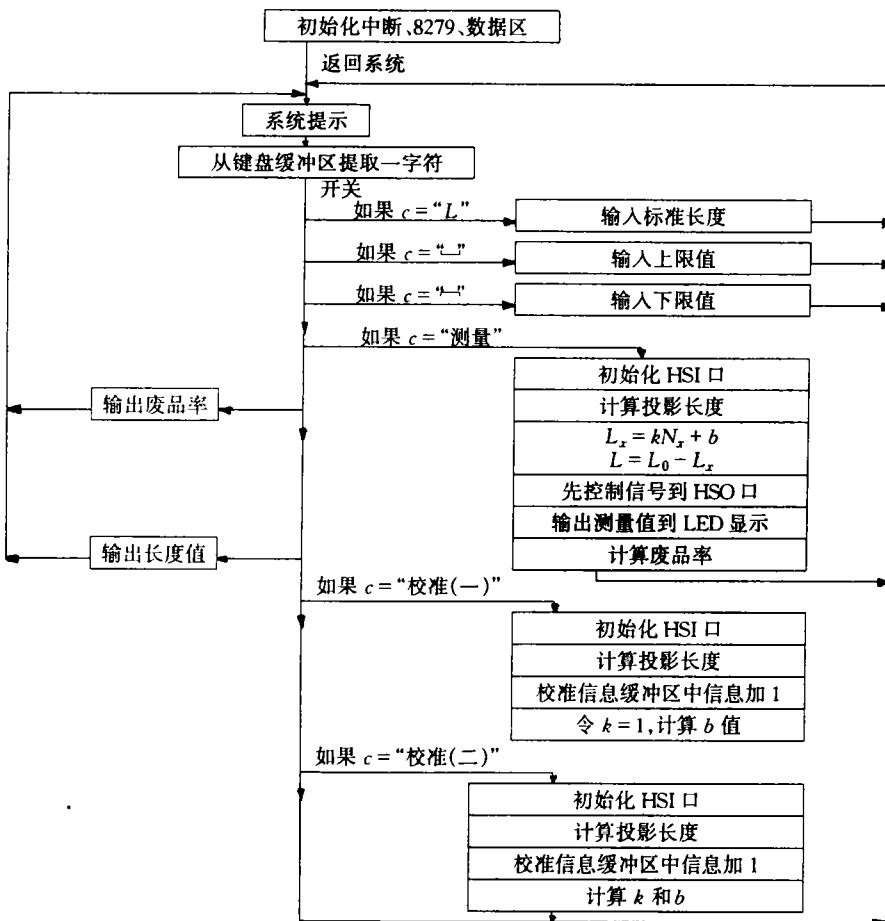


图 6 主程序流程图

Fig. 6 Main Program Flow Chart

7 实验及误差分析

首先打开电源,调整系统,单片机 LED 上显示系统待命状态提示符“P”。然后,依次放上几块块规,分别输入其标准值,按下“校准键”,单片机将测量信号输入,存入缓冲区,进行数据处理,用最小二乘法校准,确定线性方程中 k 与 b 的值。校准完毕,开始测量,按下“测量键”,依次测量。共测了 7 个工件,每个测了 3 次。所测数据如表 2 所示。

表 2 测量数据
Tab.2 Survey Data

序号	L_x 实际尺寸	测量值 l_j		
1	1.004	0.986	0.989	0.986
2	1.25	1.238	1.231	1.219
3	2.5	2.491	2.493	2.493
4	1.5	1.483	1.482	1.505
5	3.5	3.469	3.471	3.475
6	3.0	2.984	2.982	2.984
7	5	4.979	4.973	4.976

其均方根误差为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2}{(mn)}}$$

式中, $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \delta_j^2}{n}}$; $m = 7$; $n = 3$; $\delta_j = l_j - L_x$ 。

代入计算得 $\sigma = 0.010\ 849\ 625 \approx 0.011\text{mm}$ 。

由于采用二次标定法和最小二乘法校准,基

本消除了静态系统误差对测量精度的影响。系统动态误差的主要来源在于取阈值和 HSI₁ 采校时刻两处。取一个阈值,使得到的二值化方波恰好对应被测工件投影长度 L_x 是比较困难的。但由于 CCD 过渡区不会超过一个光敏元大小,所以可能的最大误差是 $e_1 = 14\mu\text{m}$,而且最小二乘法能对阈值误差作补偿。另外,高速输入口 HSI 的反应时间是 $8T$,系统单片机主频率为 12MHz ,故 $8T = 8 \times \frac{1}{12 \div 3 \times 10^{-6}} = 2\mu\text{s}$,而 CCD 每输出一个单元所对应时间为 $\frac{1}{0.5 \times 10^{-6}} = 2\mu\text{s}$,所以 HSI 最大可能误差为 $e_2 = \frac{2}{2} \times 14 = 14\mu\text{m}$ 。采用绝对合法,则系统动态误差极限值为 $e = \sum_{i=1}^2 e_i = 28\mu\text{m}$ 。

参 考 文 献

- 1 王庆有,孙学珠. CCD 应用技术. 天津:天津大学出版社,1993
- 2 蔡文贵,李永远,许振华. CCD 技术及应用. 北京:电子工业出版社,1992
- 3 Kabmen H, Menten Y G. Methods of Increasing the Resolution of Displacement Transducers Mode by CCD Line Image Sensors. Optical 3-D Measurement Techniques, 1993
- 4 Kabmen K, Menten Y G. Precise Determination of the Step-responses Function of CCD Line Image Sensors, Optical 3-D Measurement Techniques, 1993

On-line Industrial Monitoring and Controlling System of Integrated Single Chip Computer with Linear CCD Image Sensor

Wang Jinghui Mei Anhua

(School of Photoelectric Engineering, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract This paper presents a monitoring and controlling system which integrates single chip computer with linear CCD image sensor used for on-line industry. There are fine parts in the hardware setup. They are optical system machinery, linear CCD image sensor and its driving circuit, binarizing circuit and 8098 user setup. The control software has functions such as displaying and managing keyboard, receiving and storing data, calculating and managing data, correcting deviation and sending out control signal. The measuring range is adjustable because the method of single chip CCD and single end measurement is used. The method of minimum bi-multiplication is applied in the software to correct system deviation. Experiment has proved that the system is practicable.

Key words linear CCD; single chip computer; monitoring and controlling system