

# 基于线阵 CCD 的测隙装置设计

李浩宇, 唐华平, 黄立, 彭娅清

(中南大学 机电工程学院 长沙, 410083)

**摘要:** 在工业现场, 传统的测量方式不能快速准确地测量微小尺寸。基于工业上小尺寸测量的需要, 设计了一种可用于测量间隙的光电检测装置。用线阵 CCD (Charge Coupled Device) 作光电接收传感装置, 单片机作主控处理器, 对齿轮和高频淬火感应器之间的间隙进行在线非接触测量, 取得了较好的测量效果。该方案适用于成本低但测量精度相对要求较高的场合。

**关键词:** 线阵 CCD; 测隙; 单片机; 非接触

中图分类号: TP216

文献标识码: B

## Design of Clearance Measuring Apparatus based on Linear array CCD

LI Hao-yu, TANG Hua-ping, HUANG Li, PENG Ya-qing

(CMEE of Zhongnan University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** At the industrial in-site conditions, the small size can't be quickly and accurately measured by the traditional measurement way. Based on the need for small size measurement in industry, a kind of photoelectric measuring apparatus to clearance is designed in this paper. We use the linear array CCD (Charge Coupled Device) as a photoelectric sensor and singlechip computer as a main control unit to do the non-contact and on-line measurement of clearance between the gear and high-frequency quenching inductor, and get a good measurement result. Therefor, the apparatus can monitor the production status and improve the working efficiency. This project is suitable for the application of low cost and high precision measurement.

**Keywords:** linear array CCD; clearance measurement; single chip computer; non-contact

## 引言

在齿轮类零件的加工过程中, 需要对齿轮进行高频淬火热处理。在热处理过程中, 齿轮的畸变几乎难以避免, 而齿轮的畸变对装配后的性能有着很大的影响。为了减小齿轮高频淬火所引起的变形, 就要对齿轮与高频感应器之间的间隙进行监控, 使之处在一定的范围内<sup>[1~2]</sup>。一般的间隙测量方式(接触测量等)准确性不高, 不能在线检测, 已不能满足现代工业生产对工作效率的要求。CCD (Charge Coupled Device) 是目前光学图像传感和非接触测量领域研究和应用的热点之一。线阵 CCD 具有灵敏度高、分辨率高(目前可达到  $5 \sim 7 \mu\text{m}$ )、

自扫描、结构紧凑和便于与计算机及单片机相结合等优点<sup>[3]</sup>。用线阵 CCD 光电接收传感器件和单片机作为处理器构成光电检测系统可以很好地解决间隙在线测量问题。

## 1 线阵 CCD 测隙原理

线阵 CCD 测隙和测径都属于应用 CCD 进行的尺寸测量, 测量原理亦相似。光源发出的光通过透镜汇聚后校正为具有一定光强的近似平行光。当被测缝隙被均匀照明后通过成像物镜在线阵 CCD 的光敏面上成像, 光敏区在光的作用下产生光生电荷存储于光敏 MOS 电容势阱中。当转移脉冲到来

时,线阵光敏阵列势阱中的信号电荷并行转移到线阵CCD移位寄存器中,在时钟脉冲的作用下一个接一个地移出器件,最后经输出电路将电荷转化成离散电压量输出。

CCD输出的是视频脉冲信号,其中每一个离散信号对应着CCD上一个光敏单元接收光强的强弱,信号输出的时序与光敏元位置对应。同时,CCD视频信号需要经过转换电路转化为二值化信号,以便进一步由单片机处理。由于透过缝隙的成像所占光敏面上光敏元的个数与缝隙尺寸成正比,所以根据成像物镜L放大(缩小)的倍数就可测得缝隙的实际尺寸。图1为线阵CCD测隙装置的基本原理图。图中,S为光源;L1为聚光透镜;L为成像物镜。被测间隙尺寸D的计算公式为

$$D=hn/\beta$$

式中, $h$ 为光敏元的空间尺寸; $n$ 为透过缝隙的光敏元个数; $\beta$ 则为成像物镜的横向放大率。

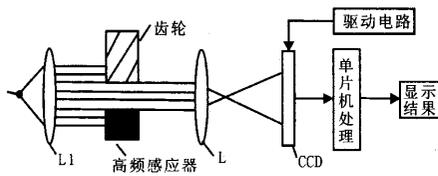


图1 线阵CCD测隙原理图

Fig. 1 The principle diagram of clearance measurement with linear array CCD

## 2 硬件系统的设计

光电测量装置硬件设计主要包括光学部分、单片机处理部分和外围电路部分的设计。

### 2.1 光学系统

测量装置的取样是依靠光学系统来完成的。光学系统的作用是将被测间隙清晰成像在线阵CCD上,然后由线阵CCD输出。光学系统的设计主要包括照明和成像两个部分。不同类型CCD检测系统对照明光源有不同的要求,应根据不同需要来选择。检测一般有两种:一种是通过测量被检测物体的像来测量被检测物体的某些特征参数;另一种是通过测量被检测物体的空间频率分布确定被检测物体的某些特征参数。文中介绍的测量系统属于前者的应用范畴,仅需选择6V的10W或20W卤钨灯作为照明光源即可。

该测量装置的测量范围为5~25 mm,测量精度达到0.05 mm以上。根据以上要求,选定线阵CCD-TCD1206SUP作光电接收传感器(它有2160个有效像元,像元尺寸为14  $\mu\text{m}$ ,有效测量范围达到30.24 mm)。成像部分采用与线阵CCD有标准接口(M42)的成像物镜,使得被测缝隙尺寸能够完全成像在线阵CCD上,为此选用规格为F2/50 mm的成像镜头。根据TCD1206的时序图设计CCD驱动电路,分别输出FC(行同步脉冲)和SP(像元同步脉冲)。同时,在驱动板的作用下,TCD1206输出经过放大的模拟量信号<sup>[4]</sup>。

### 2.2 单片机处理系统

单片机是数据处理的单元,它需要对由视频信号转化而成的二值化信号进行处理,对键盘及显示模块进行控制且与外接计数器进行通信等<sup>[5]</sup>。选用ATMEL公司51系列的AT89S52型单片机作为主处理芯片(CPU),其工作频率可达24 MHz,甚至更高,并有丰富的接口(32个I/O接口)和中断资源,可以满足测量系统的性能需要。

51系列单片机虽然本身具有定时器/计数器功能,但由于高计数频率限制选择外扩8254芯片作为外扩计数器,而8254-2型最高计数频率可达到10 MHz,完全可满足使用要求。填充计数脉冲用CCD驱动板输出SP同步脉冲。单片机外扩计数器的电路连接示意图如图2所示,8254由软件编程写入控制字,选取计数通道、选择计数方式和装入计数初值后由脉冲触发启动计数,二值化信号同时接8254的GATEO和89S52的INT0中断<sup>[6~7]</sup>。

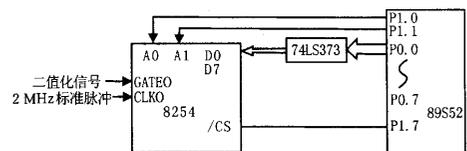


图2 单片机外扩计数器电路

Fig. 2 External expansion counter circuit of single-chip computer  
键盘及显示控制芯片选用高度集成的ZLG7289芯片。该芯片可不用外接驱动器同时驱动8位共阴式数码管,并可实现64键的键盘接口,故单片即可完成LED数码管显示和键盘功能,对系统升级扩充留有很大余地。该芯片可以运用多种控制指令与单片机通信,以取代单片机对键盘和显

示LED数码管的管理,并通过中断向CPU发出执行键盘操作的请求。单片机与7289连接电路示意图如图3所示。

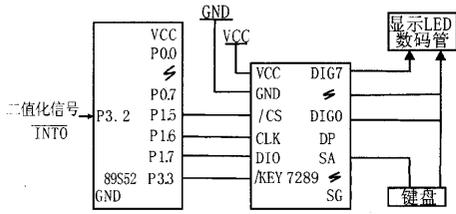


图3 单片机处理电路

Fig. 3 Processing circuit of single chip computer

### 2.3 二值化电路设计

为了提高处理速度,对采集到的视频信号进行二值化图像处理。被测缝隙对光强的变化反映到线阵CCD输出的视频信号中,所对应的图像尺寸的边缘会有明显的电平变化,通过二值化处理电路把CCD视频信号中图像部分与背景部分分离成二值电平。

CCD视频信号二值化处理主要分为硬件和软件处理法。一般来讲,硬件处理方法处理速度更快,延迟时间少,适用于工业现场;软件处理方法相对复杂,又有一定时间延迟响应<sup>[8]</sup>,所以更适合

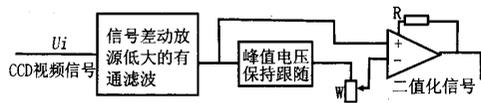


图4 浮动二值化电路原理图

于处理图像。本设计采用硬件处理法。比较常用的方法还有固定阈值法、浮动阈值法和微分法等。本设计应用浮动阈值法进行二值化处理。浮动阈值法最大的好处是电压比较器的阈值电压随测量系统的光源或CCD输出视频信号的幅值浮动。这样一来,光源或视频信号的起伏变化就能够反馈到阈值上,从而提高了测量精度。图4所示为浮动二值化电路的原理示意图。从CCD输出的视频信号经差动放大和低能滤波后进入阈值可调的电压比较器,最后输出二值化信号。

## 3 软件系统设计

软件使用单片机汇编语言编写,包括主程序、初始化程序、中断处理程序、延时程序和计算处理子程序等。主程序功能是调用初始化程序和中断处理子程序,完成对CCD二值化信号的处理。初始化程序功能是使器件处于准备工作状态,包括单片机、芯片ZL7289和8254的初始化。设计中使用了两个中断:计数器中断和键盘处理中断<sup>[9]</sup>。中断采用电平触发,键盘中断优先。主程序在初始化后开始测量,由键盘中断输入的测量次数 $n$ ,然后8254开始计数。当一段二值化信号计数完毕产生停止计数中断来采集、存储并累加计数器缓存中的数据,未达到 $n$ 值时再次中断进行计数;达到 $n$ 后求均值,修正处理后再在LED数码管显示出测量结果。程序的流程如图5所示。

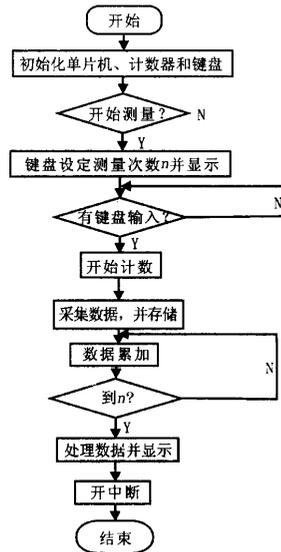


图5 软件程序流程图

Fig. 5 Program flowchart of software

## 4 实验结果与结论

测量实例:经标准件标定后,以读数显微镜测量的一个工件缝隙的测量值12.580 mm作为真值,并对其进行多次测量,10次测量的均值为12.592 mm,测量的标准差为0.015 mm,系统测量精度可达 $\pm 0.03$  mm,满足设计要求。

本文从线阵CCD的测量原理入手,用线阵CCD作为光电传感器件, (下转第26页)