

CCD 外径测量及控制

李新秋 徐 光 龚 杰 邓辅仁 乔力

(清华大学核能技术设计研究院, 北京 100084)

摘要 介绍 CCD 在线测量控制管、线材直径的方法。CCD 外径测量及控制系统根据光学成像原理, 利用线阵 CCD 器件采集图像并用单片机进行处理, 具有数据显示、控制输出及报警输出等功能。该系统测量范围为 0~60 mm, 测量精度为 0.01 mm, 控制输出为 0~10 V 或 4~20 mA。

关键词 CCD 直径测量, 数据采集, 单片机

随着工业的不断发展, 生产设备的自动化程度越来越高, 使得在线测量与自动控制显得尤为重要。CCD 测径及控制系统就是一种在线测量管、线材直径的装置。它具有径值显示、超差报警、PID 控制输出等功能。该系统测量精度高, 性能稳定, 可以满足金属或非金属管、线材生产工艺的需要, 是一种理想的测控设备。

1 测量原理及系统组成

CCD 外径测量及控制系统原理如图 1 所示。该系统由光学成像、CCD 驱动及采集、模拟信号处理及单片机 4 部分组成。CCD 外径测量的工作原理为: 点光源 S 置于透镜 L_1 的焦点上, 光线经过透镜 L_1 后变成平行光束; 该平行光束成为被测物体的背景光, 物体在背景光的照射下, 经过透镜 L_2 在 CCD 器件上成像; CCD 是一种光电转换器, 用集成电路工艺制成, 它以电荷包的形式储存和传送信息, 主要由光敏单元、输入结构和输出结构等组成, 通过 CCD 可以实现光电转换, 信号储存、转移、输出, 以达到 CCD 对物体像进行测量的目的。由于物体像的大小与被测物体尺寸成正比, 因此通过测量物体像的大小可以得到被测物体的尺寸。CCD 采集到的信号经过放大处理后通过输入接口送到单片机中进行计算。单片机可以给出径值显示、径值超差报警输出, 同时可以根据工艺要求进行 PID 运算并给出控制量输出。该系统与生产设备构成的闭环控制系统可以保证产品外径的几何精度。

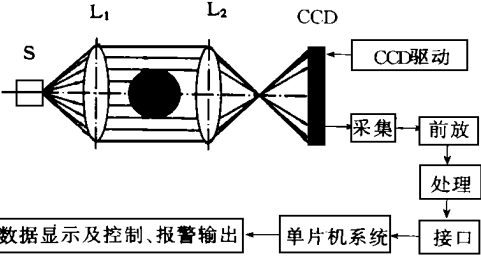


图 1 CCD 外径测量及控制系统原理图

2 成像系统

点光源 S 与透镜 L_1 构成照明系统。对该系统的要求是: ①提供足够的光能量; ②具有高质量的物方平行光线; ③光能量在被测物平面上应均匀分布。

在线测量时物体是处在运动状态, 物体常常沿光轴方向移动, 使像平面与 CCD 接收面不可能真正重合, 并由此产生测量误差。为了消除或减小测量误差, 可以通过控制轴外点主光线的方法来实现。因此专门设计了物方远心光路。物方远心光路成像原理如图 2 所示。物方远心光路是使物体上各点发出的光束经过物镜后, 其主光线必须通过像方焦点。本装置物方主光线均平行于光轴, 故光线经过透镜 L_2 后必通过像方焦点 F' 。如果物体 B_1B_2 正确地处于与 CCD 的接受面 M_1M_2 相共轭的位置 A_1 处, 则 CCD 上的像长度为 M_1M_2 。如果物体 B_1B_2 沿光轴有所移动, 不在位置 A_1 处而在 A_2 处时, 它的像面 $B'_1B'_2$ 将与 CCD 接受面不重合, 而 CCD 器件上得到的 $B'_1B'_2$ 的投影像为一弥散斑。因为在物方空间物体上同一点的主光线并不随物体位置的移动而变化, 像方主光线都通过像方焦点 F' 。因此, 通过 CCD 器件接受面

作者简介 李新秋, 女, 38 岁。硕士, 助理研究员。1990 年毕业于清华大学。主要从事胶管生产的研究。曾发表论文数篇。

上的弥散斑中心的主光线仍通过 M_1M_2 , 利用上述原理可以消除由于物体移动带来的误差。被测物体成像于 CCD 上, 像的尺寸与被测物体的尺寸有一定的倍率关系。设 T 为像尺寸, K 为放大倍数, s 为被测物体尺寸, 它们之间的关系如下:

$$s = \frac{T}{K} \tag{1}$$

被测物体像的尺寸可以通过下式表示:

$$T = Nd \tag{2}$$

式中 N ——被测物体像所占有 CCD 的像元个数;

d ——CCD 像元间距。

由公式(1)和(2)可得

$$s = \frac{dN}{K} \tag{3}$$

式(3)中 K 和 d 已知, 故通过测量物体像所占像元数 N 可以得到被测物体的尺寸。

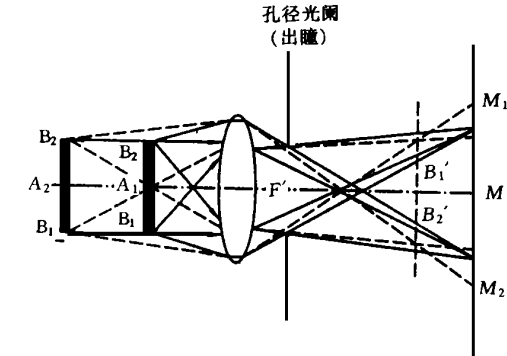


图 2 物方远心光路原理图

3 系统硬件设计

CCD 外径测量及控制系统电子学硬件布置如图 3 所示。其中 CCD 是一种光电器件, 它可以实现光电转换、信号储存、转移(传输)处理以及电子快门等功能。逻辑电路用于提供 CCD 正常工作时所需的一组时序脉冲, 以保证把 CCD 像元中的信号电荷按一定规律转移到输出端, 并在输出端形成视频信号电压。驱动器是逻辑电路与 CCD 传感器之间的电子学接口, 它把各路时序脉冲转变成 CCD 正常工作要求的波形和幅度。视频输出的作用是对 CCD 输出原始信号进行必要的处理和适当的放大, 以使输出信号具有一定的信噪比和幅度。输出信号的图形如图 4(a)所示, 当物体成像在 CCD 上时

输出信号图形如图 4(b)所示, 检测缺少的像元数量就可以得到计数脉冲数 N 。

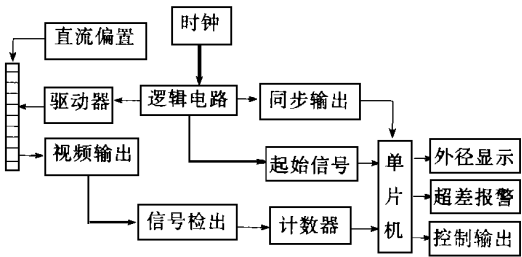


图 3 系统硬件配置图

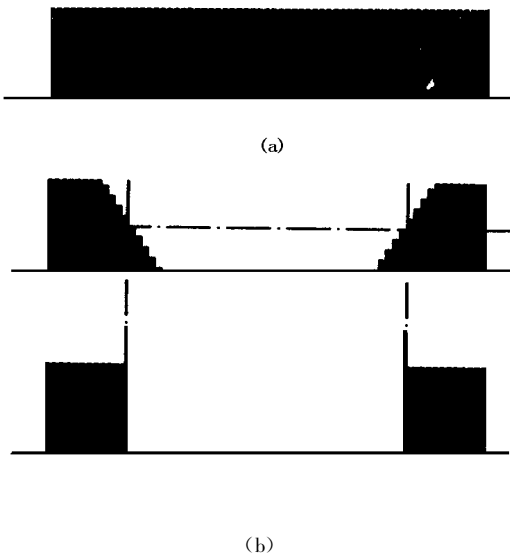


图 4 输出信号波形图

为了准确地记录被测物体的像在 CCD 上所占用的像元数 N , 设计了专用半峰检出电路, 如图 5 所示。用此电路的输出 OUT 作为基准电平来确定像弥散斑中心点位置。该电路保证了选择点与光强变化无关, 这样消除了外界光强及电源变化带来的误差。

CCD 的起始信号用于表示 CCD 扫描开

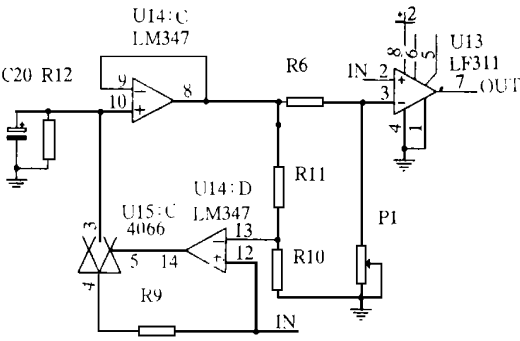


图 5 半峰检出电路图

始, 用 CCD 的起始信号作为单片机 8751 的中

断信号, 在中断信号到来后单片机 8751 采集计数器中记录的计数脉冲 N 值, 并存入内存, 等待处理。单片机读完数据后给计数器清零, 等待下一次计数脉冲到来。单片机 8751 把记录的 N 值进行处理得到径值, 并通过显示电路进行显示。单片机计算得到的 PID 控制值通过 D/A 变换成 $0 \sim 10\text{ V}$ 电压输出, 或变成 $4 \sim 20\text{ mA}$ 电流输出。

4 软件程序

整个过程中, 记数部分采用中断方式, 以保证不漏记数, 预置值采用定时扫描读入, 控制计算采用 PID 增量形式。软件程序框图见图 6。

5 在胶管生产中的应用

把该装置放在胶管生产中的外胶挤出机上, 使它与前后两台牵引机构成闭环控制系统, 将对胶管的外径进行有效的控制。当挤出机挤出胶量变化时, 通过被测外径的变化量及控制系统给出的控制量来控制牵引机的牵引速度, 以确保胶管外径稳定在设定范围内, 其控制精度达到 0.1 mm 。

6 结语

该系统已在十几条胶管生产线上成功使

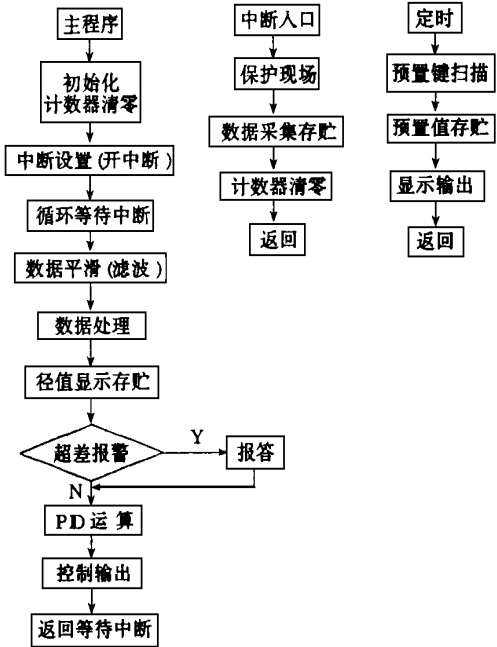


图 6 CCD 外径测量及控制系统软件程序框图

用, 取得了很好的效果, 实际生产过程中达到的主要技术指标如下: 测量范围 $5 \sim 60\text{ mm}$; 分辨率 0.01 mm ; 测量精度 $< 0.02\text{ mm}$; 测量区域 $60\text{ mm} \times 60\text{ mm}$; 控制精度 $< 0.05\text{ mm}$ 。

实践证明该装置是管、线材生产线上理想的测控设备。

收稿日期 1998-12-09