

激光动态尺寸检测仪的研究

欧阳杰

(长春光学精密机械学院, 长春)

摘要: 本文介绍了激光动态尺寸检测仪的工作原理及主要电路, 当被测工件通过测量仪的激光束时, 信号处理电路就能自动显示被测工件的尺寸, 这种测量仪精度高、速度快, 而且是非接触测量。

Research on laser dynamic dimension detector

Ouyang Jie

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics)

Abstract: The working principle and main circuits of laser dynamic detector are introduced in this paper. While a tested workpiece passes the laser-beam of the detector, the detector will automatically display the dimensions of the workpiece with the signal process circuit. The detector is a high accuracy, rapid speed and non-contact measuring instrument.

一、系统原理

本系统利用激光束准直特性, 通过光学系统将激光束扩成一束均匀的平行光, 再由狭缝射出窄的平行光, 通过分光系统得到两束窄的平行光, 由于光束很窄, 水平方向的均匀性可以忽略不计, 垂直方向的不均匀性对测量影响不大。两束光之间的距离可调, 以适合于测量不同尺寸的工件, 两光束平行度要求调准确。用两个光电管作探测器, 分别接收A、B两路平行光的光信号, 将光的强弱转变为电信号, 如图1所示。

设光束的宽度为 b , 两平行光束之间的距离为 L , 被测工件的直径为 D , 被测工件运动方向与光束垂直。当工件进入测量区时, 首先将A路光束挡住, 因此, A路光电探测器输出信号为零, B路光束未被挡住, B路光电探测器输出信号最大。当工件继续向B路光束运动时, B路光束有一部分光被挡, B路光电探测器输出信号下降, 此时, A路光束有一部分没有被挡, 因此, A路光电探测器输出信号逐渐增大。当被测工件离开A路光束而进入B路光束时,

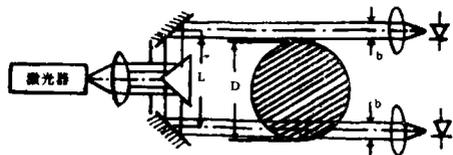


图1 光电转变示意图

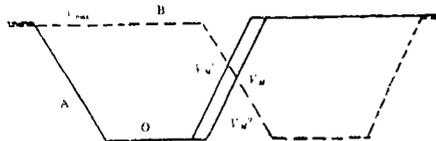


图2 A、B两路信号波形图

则A路光电探测器输出信号最大，B路光电探测器输出信号为零，当工件离开B路光束时，B路光电探测器输出信号又为最大值，A，B两路信号的波形图如图2所示。

下面分三种情况进行讨论：

1. 当 $D = L$ 时

在这种情况下，当工件到达测量区中心时，工件的两个边缘正好处在两光束的中心线上，这时A，B两路光束各被挡住一半，如图3所示，A，B两路光电探测器输出的电压大小相等，而且等于 $\frac{V_{max}}{2}$ ，如图2所示的交点 V_M 。

2. 当 $L - b \leq D < L$ 时

在这种情况下，当工件到达测量区中心时，工件的两个边缘未到两光束的中心线上，A和B两路光束各被挡住一少半，此时，A，B两路信号的交点电压 $V_M' > \frac{V_{max}}{2}$ ，如图2所示的交点 V_M' 。

3. 当 $L < D \leq L + b$ 时

在这种情况下，当工件到达测量区中心时，工件的两个边缘超过两光束的中心线，A和B两路光束各被挡住一多半，此时，A，B两路信号的交点电压 $V_M'' < \frac{V_{max}}{2}$ 。

根据上述分析，我们只要提取工件通过测量区时A，B两路信号相等时的交点电压值 V_M ，便可以知道被测工件的尺寸大小。

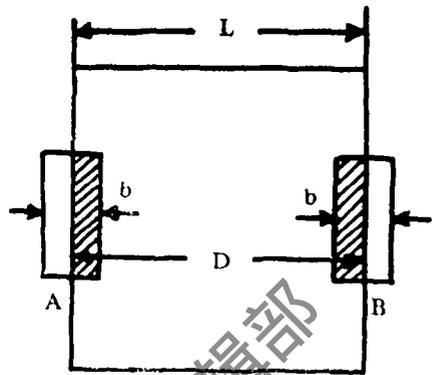


图3 D=L时测量区示意图

二、电路设计

1. 低漂移光电信号放大器

由于光电管输出信号较小，必须经过放大器放大，为了使输出信号稳定，本系统采用图4所示的F725高精度运算放大器，其温漂为每度 $0.6\mu V$ ，其噪声电压也很小，图中 W_1 调平衡用， W_2 调整放大倍数，这里采用多圈精密电位器来调整两路信号的大小。图中 R_1, C_1, R_2, C_2 为频率补偿网络。

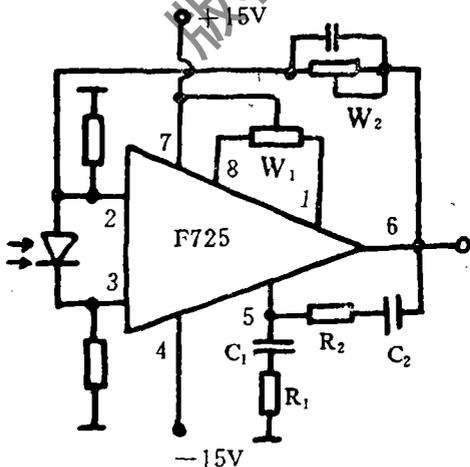


图4 低漂移光电信号放大器

2. 交点信号提取电路

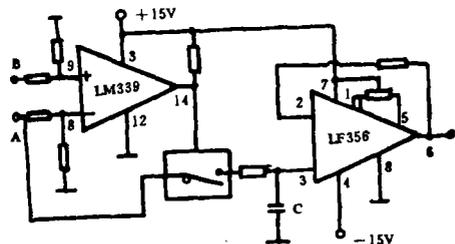


图5 交点信号提取电路

为了提取交点信号 V_M ，必须设计一个交点信号提取电路，本系统采用比较器和取样保持电路来实现交点信号的提取，如图5所示。

A路信号送到比较器LM339的反相端，B路信号送到比较器的同相端，当工件通过测量区中心时，即通过交点 V_M 时，A路信号大于B路信号（见图2），比较器输出由高电平跳到低电平，此时模拟开关断开，电容器C保持交点电压 V_M 值，取样保持电路由高阻运算放大器LF356组成。

取样保持器输出的电压即交点电压 V_m ，此电压与标准电压 $\frac{V_{max}}{2}$ 相减，则得到误差电压。此误差电压为正，则表示工件尺寸 D 大于两光束中心的距离 L ，当减法器输出的误差电压为负时，表示工件尺寸 D 小于两光束中心的距离 L 。

可以推出被测工件尺寸 D 和误差电压的关系为：

$$D = L + b \frac{\frac{V_{max}}{2} - V_M}{\frac{V_{max}}{2}} = L + \Delta D$$

$$\Delta D = K \cdot \Delta V$$

$$\text{式中, } \Delta V = \frac{V_{max}}{2} - V_m, \quad K = \frac{2b}{V_{max}}$$

因此，只要测出误差电压 ΔV 的大小，便可知道被测工件的尺寸。本系统采用SM13型三位半数字面板直接显示出工件尺寸与标准尺寸之间的差值，单位是 μm 。

两光束之间的中心距离 L 由可预置的显示器显示。本系统两光束之间距离 L 可调，测量范围可以扩展，这也是本仪器的一个突出优点。

3. 基准电压信号的获得

在长时间的连续测量过程中，由于光源的变化和环境温度的变化，会给测量精度带来不良影响。为了提高测量精度，消除附加误差，本仪器除了采用光反馈来稳定光源外，在电路上，我们采用浮点比较的方法，即基准电压不是固定的值，而是随光源的变化而改变，即光信号增强时，信号电压的最大值 V_{max} 也增加，交点电压 V_M 也增加。如果减法器基准电压不变时，则误差电压 ΔV 将发生变化，从而影响测量精度，如果减法器的基准电压从A和B两路信号中提取其最大值 V_{max} 来作基准电压，那么减法器输出的误差电压 ΔV 将不随光源变化，这样便消除了光源漂移的影响。

基准电压的形成电路如图6所示，它由两路取样保持电路和一个加法器组成，在每次测量之前，当工件还没有进入测量区时，A和B两路信号均为最大值，设 $V_{Amax} = V_{Bmax}$ ，由固定分压器取四分之一的最大值送取样保持电路，然后送给加法器，加法器输出的电压为 $\frac{V_{max}}{2}$ 作为基准电压。取样脉冲由启动步进电机的开关供给。

4. 显示电路

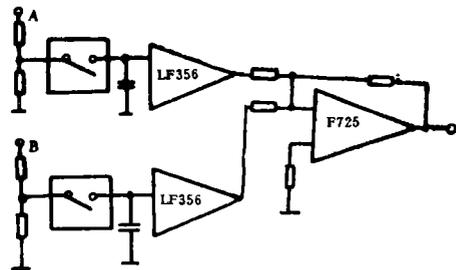


图6 基准电压的形成电路

显示电路直接采用SM13型三位半数字面板表来显示数字,其准确度为满度的0.1%,电压量程为 $\pm 199.9\text{mV}$,输入阻抗大于 $1\text{M}\Omega$,有溢出功能和极性自动转换功能。由图2和图3可知,设光束宽度 $b = 2\text{mm}$, $V_{m\cdot x} = 10\text{V}$,那么工件尺寸比标准尺寸(即两光束的中心距离 L)差 $2\mu\text{m}$ 时,那么误差电压 $\Delta V = 5\text{mV}$,因此,通过一个电阻分压器,分压比为5:2,那么SM13型数字面板显示 1mV ,则表示工件尺寸误差 $1\mu\text{m}$ 。

三、测试结果与误差分析

我们装出样机,经过半年多的实际测试,测量标准工件尺寸 $\phi 40\text{mm}$,测量精度在 $\pm 10\mu\text{m}$ 之内。

仪器的测量精度主要取决于两光束的平行度、光束的宽度及光源的稳定度。假设两束光的光斑均匀,两路光电探测器输出电流线性较好,如图2所示A和B两路信号在交点处为线性关系,根据参考文献[1]分析可知,被测工件的直径 D 和交点电压 V_M 之间的关系如下式所示

$$D = L + b - \frac{V_M}{V_{m\cdot x}/2} b$$

$$V_M = V_{m\cdot x}/2 + \Delta V$$

$$D = L + b - \frac{\Delta V}{V_{m\cdot x}/2} b$$

从上式看出,要提高测量精度必须减小光束的宽度 b 及增大A和B两路信号的最大值 $V_{m\cdot x}$,但 $V_{m\cdot x}$ 受到运算放大器线性范围的限制,不能太大,因此,我们采用减小光束宽度 b 的方法来提高测量精度。

为了避免光源变化造成的影响,本系统采用单光源,通过分光系统分成两路平行光束,这样达到了源补偿的目的, $V_{A\cdot m\cdot x}$ 和 $V_{B\cdot m\cdot x}$ 随光源强度变化,基准电压也随之变化,使测量结果保持不变,提高了测量精度。

四、结 论

本系统采用了先进的光电技术,实现了快速的非接触动态尺寸检测,从电路上采用浮点比较法,达到自适应的目的,从而提高了检测的精度。本系统采用数字显示来标出被测工件的尺寸,比较直观,适用于工业生产线中大批量的工件的检测和分选。本系统两光束之间的距离可调,适用于不同工件的尺寸检测,适应性比较强。本仪器成本低,使用方便,具有广泛的应用价值。

参 考 文 献

- [1] 李焕平. 红外动态尺寸检测仪信号处理系统的设计与分析. 长春光机学院学报, 1990, (1): 44~48

*

*

*

作者简介: 欧阳杰, 男, 1938年4月生。副教授。现从事光电技术的研究和教学工作。

收稿日期: 1991年8月8日。 收到修改稿日期: 1991年12月10日。