

用激光扫描法计数板状物品

陈兴梧 陈本智

(天津大学精仪学院 天津 300072)

提要 介绍了基于激光扫描原理,对叠放在一起、形状不规则、表面有色彩或黑度深浅不一的板状物品进行计数的方法。介绍了这种计数方法的原理、激光束入射位置和传感器安装位置的确定、测试系统的组成以及测试结果。

关键词 激光扫描,计数,板状物品

1 引 言

在工业、农业、商业、交通运输、文教卫生等国民经济各部门中,经常会遇到物品的计数问题。因而,各种各样的计数器或计数装置应运而生。根据工作原理,可分为机械式、机电式、光电式等几种类型。这些传统的计数器在某些领域用途很广,但由于存在一些不足之处,也限制了它们的应用范围。如机械式和机电式计数器不能计数很薄的物品,若物品表面有折痕或微小凸起,也易引起误计数。光电式计数器对物品之间留有间隙的计数很准确,但是,若为了提高计数速度,将板状物品成鱼鳞状叠放在一起,则物品的厚薄、表面颜色深浅等对计数准确度影响很大。在印刷行业,印刷品有的较薄,有的表面有色彩或黑度不一致,另外,有的表面还有缺陷,如折痕或微小凸起,这些物品用上述传统的计数器进行计数有很多困难。

2 基本工作原理

计数装置使用高强度且光束之间严格平行的激光作为光源,被计数的板状物品成鱼鳞状放在传送带上,激光束照在物品上,传送带带动物品相对激光束运动,即形成激光扫描。由物品反射的光由两个光电传感器接收,其结构原理如图 1 所示。

当激光束照射在物品表面上时,传感器 2 接收的反射光信号较强,传感器 1 接收的反射光信号较弱,而当激光束照射在物品的棱上时,传感器 2 接收的反射光信号大大减弱,而传感器 1 接收的反射光信号变化很小。因此,比较两个传感器输出的光电信

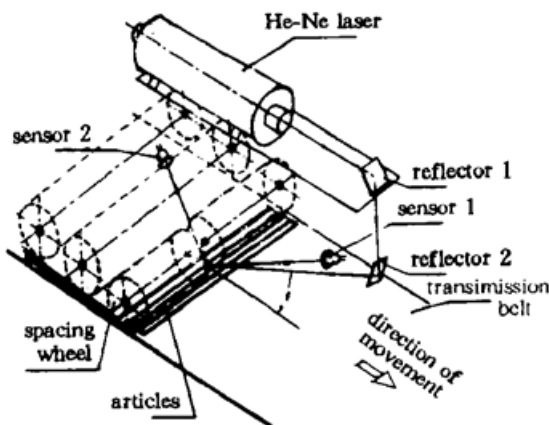


图 1 计数装置原理图

Fig. 1 Principle diagram of the counter structure

号就可以准确地探测到每个物品, 即对物品准确地进行计数。使用该装置, 对不同厚度的印刷品进行静态测试, 结果如表 1 所示。

表 1 不同厚度物品表面和棱测试情况

Table 1 Measurement of surfaces and edges of articles for different thicknesses

output state	surface 1	edge 1	surface 2	edge 2	surface 3	edge 3	surface 4	edge 4	surface 5	edge 5
V_{s2} (V)	3.2	0.4	4.3	0.4	3.6	0.5	3.9	0.9	4.0	0.4
V_{s1} (V)	1.5	2.3	2.9	2.3	1.8	2.3	2.0	2.9	1.7	2.3
V_{out} (V)	1.7	- 1.9	1.4	- 1.9	1.8	- 1.8	1.9	- 2.0	2.3	- 1.9

该装置能够计数物品的薄厚程度, 一方面与激光束的大小有关, 一般地说, 激光束越细, 能够计数的物品越薄。另一方面还与激光束的入射角有关。

该装置采用两个光电传感器, 完全消除了物品表面色彩或黑度深浅不一对计数准确度的影响。当光束照在物品的棱上和照在物品表面黑色的地方时, 传感器输出的信号如图 2 所示。

从图上看, 当光束照在物品棱上时, 传感器 2 输出信号衰减很大, 而传感器 1 变化不大。当光束照在物品表面黑色的地方时, 两个传感器输出信号都要减小, 而且减小的程度相差不多。

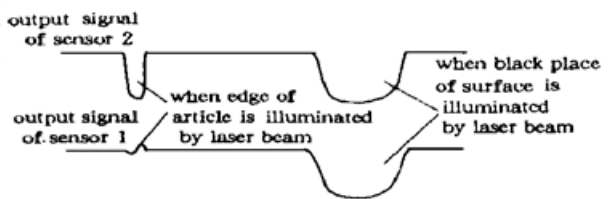


图 2 激光束照射在物品表面黑色处和棱上时, 传感器 1 和 2 的输出信号

Fig. 2 Output signals of sensors 1, 2 when the black place of the surface and edge of an article are illuminated by the laser beam

3 激光束入射位置和传感器安装位置的确定

3.1 激光束入射位置的确定

入射激光束与物品平面的夹角 β 大小与装置能够计数物品的厚度密切相关。一般地说, β 角越小, 能够计数的物品越薄。设激光束的直径为 d (以 mm 为单位, 以下同), 板状物品的厚度为 h , 物品的棱对照在其上的激光束有效作用系数为 r , 该系数 r 的意义为: 激光束照在物品的棱上, 当光束直径与物品厚度相差不大或角度 β 较大时, 只有部分光束受到物品棱的作用, 系数 r 为受到物品棱反射的光束与整体光束的比值。在一般情况下, 当 $r \geq 0.7$ 时, 认为光束照在物品的棱上。

当物品厚度与光束直径相比足够大时, 则圆光束照在物品棱上时, 光斑成椭圆形, 该椭圆长轴为 $\frac{d}{\cos\beta}$, 短轴为 d , 椭圆面积 $S = \frac{\pi d^2}{4\cos\beta}$ 。

当 $h < \frac{d}{\cos\beta}$ 时, 圆光束照在物品棱上时, 在棱上的光斑为椭圆的一部分, 当圆光束中心与棱中心重合时, 该部分椭圆的面积为

$$S_1 = 4 \int_0^{h/2} \frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2\cos\beta}} \sqrt{\left(\frac{d}{2\cos\beta}\right)^2 - x^2} dx =$$

$$4\cos\beta \left[\frac{x}{2} \sqrt{\left(\frac{d}{2\cos\beta}\right)^2 - x^2} + \frac{\left(\frac{d}{2\cos\beta}\right)^2}{2} \arcsin \frac{x}{\frac{d}{2\cos\beta}} \right] \Bigg|_0^{h/2} =$$

$$h\cos\beta \sqrt{\frac{d^2}{4\cos^2\beta} - \frac{h^2}{4}} + \frac{d^2}{2\cos\beta} \arcsin \frac{h\cos\beta}{d}$$

当 $h = \frac{1.2d}{2\cos\beta}$ 时,

$$S_1 = \frac{1.2d}{2\cos\beta} \cos\beta \sqrt{\frac{d^2}{4\cos^2\beta} - \frac{1}{4} \left(\frac{1.2d}{2\cos\beta}\right)^2} + \frac{d^2}{2\cos\beta} \arcsin \frac{\cos\beta}{d} \cdot \frac{1.2d}{2\cos\beta} =$$

$$0.6d \frac{0.8d}{2\cos\beta} + \frac{0.2\pi d^2}{2\cos\beta} = \frac{\pi d^2}{4\cos\beta} \left[\frac{2 \times 0.6 \times 0.8}{\pi} + 0.4 \right] \approx$$

$$0.7 \frac{\pi d^2}{4\cos\beta} = 0.7S$$

所以光束入射角应满足 $\beta \leq \arccos \frac{1.2d}{2h}$ 。当板状物品厚薄不一, 则式中的 h 表示最薄物品的厚度。

3.2 传感器安装位置的确定

一般情况下, 板状物品的表面和棱既不是理想的镜面体, 也不是理想的漫射体。当光束照在其上时, 反射光强分布呈椭圆状, 椭圆长轴是受反射定律支配的出射光束方向^[1], 如图 3 所示。传感器 2 应安装在当光束照在物品表面上时, 反射光强较大的方位上, 即椭圆长轴方向上。这样, 传感器输出的光电信号较强, 信噪比高。当激光束照在物品棱上时, 反射光强如图 3 中右部的放大图所示, 这时, 传感器 2 接收到的反射光很弱, 在这两种情况下, 传感器 2 接收反射光信号相差很大。传感器 1 的安装位置既要考虑激光

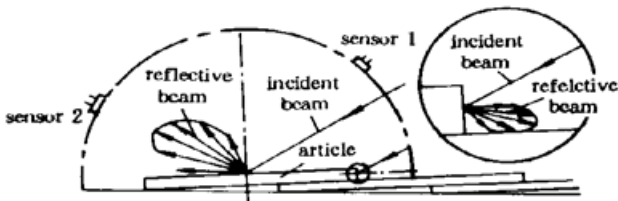


图 3 激光束照射在物品表面和棱上时的反射情况
Fig. 3 Shows reflection when surface and edge of an article are illuminated by the laser beam

束照在物品表面的情况, 又要考虑照在物品棱上时的情况, 在这两种情况下, 应使传感器 1 的输出差别尽可能小。另外, 两个传感器安装在以光束在物品表面的入射点为圆心, 适当长度为直径的半圆上。

4 装置组成

装置分为以下四部分: 激光扫描系统, 包括激光器、光学系统和物品输送机构; 光电检测及信号预处理系统, 由两个弱光传感器(硅光电池)及相应的光电转换和预处理电路组成; 数据采集与处理系统, 由单片计算机 8031 最小系统和模数转换电路 AD574 以及相应的处理软件组成^[2]; 输出及控制电路由 6 位 LED 数码管、电磁式计数器、电机控制电路、键盘等组成。系统组成原理框图如图 4 所示。

在激光扫描系统中, 传送机构的设计、制造、装调质量对整个装置的性能影响很大。装置的计数频率要求不低于每分钟 1200 个, 若物品棱与棱间距按 3 mm 计算, 则传送带的运行速度

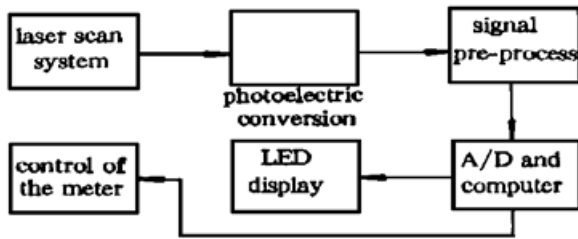


图 4 装置组成原理框图

Fig. 4 Block diagram of the measuring device

不能低于 $1200/\text{min} \times 3 \text{ mm} = 60 \text{ mm/s}$, 且传送带运行应平稳。另外, 对于厚薄不匀的物品, 应保证激光束入射点处于同一平面, 否则会引起激光束入射角变化, 导致传感器的输出信号发生混乱, 装置失去计数功能。解决该问题的办法是采用限位辊轮和上下位置有一定调节范围的传送带, 结构原理参看图 1。右边分成两段的辊轮用来对被计数的物品进行限位, 当较厚的物品通过辊轮时, 该辊轮通过物品挤压传送带, 使传送带向下移动一段距离。而当较薄的物品到来时, 传送带的绷紧力又能使物品抬高, 这样就能保证厚薄不匀的物品在传送带上到达测量位置时处于同一个水平面上。该辊轮安装时, 应使其与绷紧后的传送带距离略小于被计数的最薄物品的厚度。左边两个位置逐渐升高的辊轮是用来将被计数物品辗开成鱼鳞状排列, 以便于计数。这三个辊轮由电机带动, 沿顺时针方向转动。

激光束经物品反射以后, 在空间形成近似的漫反射光场, 其信号很弱。因此, 我们使用日本滨松公司生产的高灵敏度硅光电池 S1226-66BR, 其光电转换电路及预处理电路原理如图 5 所示。电路主要由运算放大器 A_1, A_2 和 A_3 组成, A_1, A_2 为光电转换电路, 当光电池 B_1, B_2 受光照射时, 产生光电流为 I_1 和 I_2 , 分别在电阻 R_{f1} 和 R_{f2} 上产生压降 V_{s1} 和 V_{s2} , 然后将光电转换后的信号送至 A_3 的两个输入端进行差分放大, 选取 $R_2/R_1 = R_4/R_3$, 则 $V_{\text{out}} = R_2/R_1(V_{s2} - V_{s1}) = R_2/R_1(R_{f2}I_2 - R_{f1}I_1)$ 。直接利用 A_3 的输出作为计数信号, 对于整齐单一的物品是可行的, 每当有一个物品通过时, 就输出一定幅度和宽度的脉冲。但当物品表面有色彩、厚薄不一或表面有缺陷时, 其输出信号的脉冲宽度和幅度都要发生变化。实验证明, 背景色只影响输出信号的幅值, 而物品的厚薄不仅影响输出信号幅值, 而且还影响脉冲宽度。当物品表面有缺陷时, 还会出现干扰尖峰脉冲。为了准确计数, 通过软件对信号作进一步处理, 以便清除各种干扰。信号处理软件主要解决以下几个问题:

激光束经物品反射以后, 在空间形成近似的漫反射光场, 其信号很弱。因此, 我们使用日本滨松公司生产的高灵敏度硅光电池 S1226-66BR, 其光电转换电路及预处理电路原理如图 5 所示。电路主要由运算放大器 A_1, A_2 和 A_3 组成, A_1, A_2 为光电转换电路, 当光电池 B_1, B_2 受光照射时, 产生光电流为 I_1 和 I_2 , 分别在电阻 R_{f1} 和 R_{f2} 上产生压降 V_{s1} 和 V_{s2} , 然后将光电转换后的信号送至 A_3 的两个输入端进行差分放大, 选取 $R_2/R_1 = R_4/R_3$, 则 $V_{\text{out}} = R_2/R_1(V_{s2} - V_{s1}) = R_2/R_1(R_{f2}I_2 - R_{f1}I_1)$ 。直接利用 A_3 的输出作为计数信号, 对于整齐单一的物品是可行的, 每当有一个物品通过时, 就输出一定幅度和宽度的脉冲。但当物品表面有色彩、厚薄不一或表面有缺陷时, 其输出信号的脉冲宽度和幅度都要发生变化。实验证明, 背景色只影响输出信号的幅值, 而物品的厚薄不仅影响输出信号幅值, 而且还影响脉冲宽度。当物品表面有缺陷时, 还会出现干扰尖峰脉冲。为了准确计数, 通过软件对信号作进一步处理, 以便清除各种干扰。信号处理软件主要解决以下几个问题:

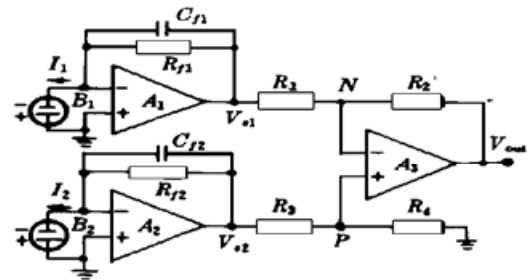


图 5 光电转换与信号预处理电路原理图

Fig. 5 Principle diagram of the photoelectric conversion and signal pre-processing circuits

(1) 判别阈值的确定。经实验证明, 物品的厚度对信号的幅度和宽度影响较大, 在一定范围内, 随物品厚度增加, 输出信号的幅度和宽度都增加。因此, 选取检测的最薄物品对应的信号幅值和脉宽作为判别阈值。

(2) 脉冲信号峰值的判定。当采样电路连续采到 M 个高点(大于判别阈值)后, 再连续采集到 N 个低点, 这就说明采集到一个信号的峰值, 则计数器加 1。由于物品厚薄影响, 信号周期是变化的。因此, 在程序中设置了标志, 当采集到 M 个高点时, 使标志置位, 采集到 N 个低点时, 检验标志, 如置位, 则计数器加 1, 并使标志复位。否则, 自动返回再查询标志。 M, N 值的确定应以测量最薄物品对应的脉冲占空比为标准。

(3) 干扰尖峰的消除。当采集到高点, 但数量小于 M 时, 我们便认为是干扰尖峰, 不将标志置位。为了有效地消除干扰尖峰, 应选取较大的 M 值。

(3) 干扰尖峰的消除。当采集到高点, 但数量小于 M 时, 我们便认为是干扰尖峰, 不将标志置位。为了有效地消除干扰尖峰, 应选取较大的 M 值。

输出显示采用 6 位 LED 数码管输出, 最大计数值为 999999。为了避免仪器在工作时, 由于系统突然断电而造成数据丢失, 还装有一个电磁计数器。

5 测试结果

装置研制完成后, 对物品进行了计数实验, 结果如下。

5.1 当使用 0.5 mW 内腔式 He-Ne 激光器, 光束直径为 1.5~ 2 mm, 物品叠放间距为 3 mm, 入射角 $\beta = 25^\circ$ 时, 能够计数的最薄物品为 0.5 mm, 能够比较准确地计数物品的厚度范围为 0.5~ 3 mm。

5.2 在 5.1 的条件下, 对表面颜色差别不大, 厚度不同(在 5.1 所指出的厚度范围内)的卡片进行多次试验, 差错率在 $\pm 0.002\%$ 以下。

5.3 在 5.1 的条件下, 对不同厚度的单色彩(试验了黄、白、绿、黑、紫、蓝、红)卡片、多色彩卡片以及表面有折痕和微小凸起(小于 0.2 mm)的卡片也进行了计数测试, 它们的差错率均小于或接近于 $\pm 0.01\%$ 。

6 结束语

尽管在物品传送机构的设计上采取了很多措施, 力图使传送带运行既快又平稳。但在实际运行时, 传送带还是有振动, 这就使光电传感器的输出产生噪声, 影响了装置的性能。这一点还有待于以后改进。

参 考 文 献

- 1 张以谟. 应用光学(第一版). 北京: 机械工业出版社, 1982, 102
- 2 何立民. 单片机应用系统设计(第一版). 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993, 54~ 113

The Counting of Board Articles by Means of Laser Scan

Chen Xingwu Chen Benzhi

(Department of Precision Instrument Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

Abstract On the basis of the principle of laser scan, the counting method for different board articles which are piled in layers, irregular, and with coloured or black-to-white surfaces, is studied. By traditional methods the counting of these articles is difficult to do or have limited precision and counting rate. The counting principle, the determination of the positions of the incident laser beam and of the installation of the sensors, the measuring system, and the experimental results are presented.

Key words laser scan, counting, board article