

文章编号: 1001-3806(2010)04-0436-04

用于测量印刷机套印误差的光电检测系统

孙园园^{1,2}, 陈长缨^{1,2*}, 刘小冲^{2,3}, 杨宇峰^{1,2}, 肖勇盛^{1,2}

(1. 暨南大学“重大工程灾害与控制”教育部重点实验室, 广州 510632; 2. 暨南大学 光电工程系 广东省高等学校光电信息与传感技术重点实验室, 广州 510632; 3. 军事体育进修学院, 广州 510500)

摘要: 为测量高速运动状态下印刷机滚筒表面位移偏差, 采用了黑白条形码编码为基础的光电检测方法, 设计并实现了一套非接触式光电检测系统。通过精确设计的检测条形码, 得到了系统在高速测量情况下的工作状态和测量精度, 测量误差低于 $\pm 3\mu\text{m}$ 。结果表明, 系统工作稳定可靠, 检测速度快, 满足套印误差测量的精度要求, 为有效解决印刷机套印误差提供了全新的技术手段。

关键词: 测量与计量; 套印误差; 光电检测; 位移偏差; MSP430

中图分类号: TN247 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2010.04.002

Photoelectric detection system for measuring the overprint deviation of printing press

SUN Yuan-yuan^{1,2}, CHEN Chang-ying^{1,2}, LIU Xiao-chong^{2,3}, YANG Yu-feng^{1,2}, XIAO Yong-sheng^{1,2}

(1. Key Laboratory of Disaster Forecast and Control in Engineering, Ministry of Education of the People's Republic of China, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. Key Laboratory of Photoelectric Information and Sensor Technology of Guangdong Province, Department of Photoelectric Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 3. PLA Institute of Physical Education, Guangzhou 510500, China)

Abstract: A photoelectric detection method based on black-white bar code and modern photoelectric detection technology was selected for measuring the displacement deviation of printing press cylinder surface in high-speed motion state. A high-precision non-contact photoelectric detection system was designed and implemented. The accurate testing barcode was used to verify work status and measurement accuracy of the system in high-speed measurement state for assessing the quality of the system, low measurement error less than $\pm 3\mu\text{m}$. The given experiment results indicate that: the system has stable working condition, high measurement speed, meeting the accuracy requirements of measuring the overprint deviation, and giving a new technological means to effectively solving overprint deviation.

Key words: measurement and metrology; overprint deviation; photoelectric detection; displacement deviation; MSP430

引言

现代彩色印刷采用 YMCB 4 色印刷方式, 4 种颜色的油墨先后套印在纸张的同一位置, 合成后便作为一幅完整的彩色图像。印刷机滚筒的角速度可以保持恒定, 然而由于滚筒自身的偏心等原因, 在工作过程中, 滚筒表面会产生位移偏差 (或者说线速度偏差), 此外每种颜色的印刷过程相对独立, 所以, 彩色印刷的结果常常会出现各颜色的图案重叠不一致的情况, 严重影响彩色印刷的质量和美观, 这样的误差

一般称为套印误差^[1-4]。各大印刷机设备制造商都在努力解决套印误差问题, 目标是将套印误差减小到 $\pm 10\mu\text{m}$ 范围内, 而在印刷机滚筒高速旋转动态下, 对其表面各点位移偏差的精确测量则是实现该目标的关键技术与重要前提。

目前, 针对印刷机滚筒表面位移偏差的最普遍检测方法是纸上十字规矩线标记法, 该方法虽然很容易理解标记的偏差距离, 但是存在测量精度低、测量点有限等问题, 无法实现对滚筒表面各点位移偏差的精确测量。

作者提出一种基于黑白条形码编码与现代光电检测技术的印刷机套印误差测量系统, 该系统可以在高速旋转状态下精确测量滚筒表面各点位移偏差, 具有无接触、检测速度快和测量精度高等优点, 可应用于不同的印刷机滚筒。

作者简介: 孙园园 (1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事光电检测技术方面的研究。

* 通讯联系人。E-mail: ccy-jnu@163.com

收稿日期: 2009-10-20; 收到修改稿日期: 2009-12-18

1 系统工作原理

1.1 位移偏差检测原理

系统采用激光器、黑白条形码与光接收电路结合的光电检测方法,即时测量印刷机滚筒表面各点位移偏差。

如图1所示,将等间距黑白条形码贴附在印刷机

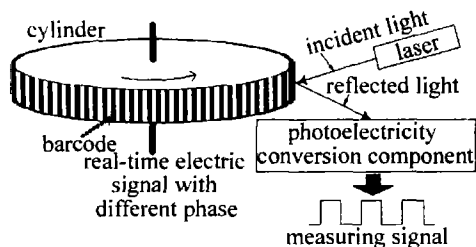


Fig. 1 Principle of detecting displacement deviation

滚筒表面,调整激光器的位置与角度,使激光垂直入射在黑白条形码上且入射光点最小。滚筒以恒定的角速度旋转,黑白条形码引起反射光强弱的变化,光电转换器件将这种变化转换为输出电压的变化,电信号经信号调理电路形成相应的脉冲信号。当滚筒表面出现位移偏差时,接收到的脉冲信号发生相位上的变化。滚筒表面的位移偏差就记录在具有相位偏差的即时测量脉冲信号中,通过对相位偏差检测可以还原出滚筒表面的位移偏差。

1.2 相位偏差检测原理

相位误差的检测原理如图2所示。

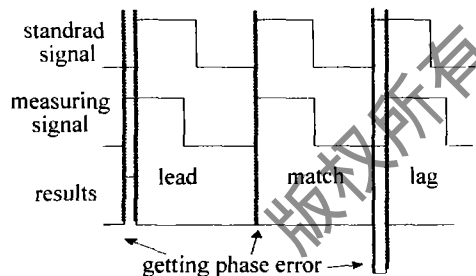


Fig. 2 Principle of detecting phase error

采用锁相环技术,将即时测量脉冲信号累积足够长的时间,能得到一组新的相位稳恒的信号。该信号是对原测量信号长时间平均处理的结果,并且相位稳恒,作为一个与原测量信号进行相位偏差比较的标准参考信号,用于计算滚筒表面各点的相对瞬时位移偏差。在实际中,同样也是通过比较相对瞬时位移偏差调整印刷机滚筒工作状态,保证彩色印刷的一致性。所以这样的设计是符合项目设计要求,也是可靠的。于是将这个相位稳恒的信号定义为虚拟零误差标准信号。

即时测量脉冲信号与虚拟零误差标准信号同时进入相位比较模块,通过比相得到测量信号的相位偏差。滚筒各点位移偏差的大小决定了相位超前或滞后的多

少,例如若测量信号相比零误差标准信号相位超前,说明该点存在正向的位移偏差,反之则存在反向的位移偏差。对相位比较的结果进行定量数学计算,便可以推算出滚筒表面的位移偏差。

1.3 相位偏差定量计算原理

相位偏差的定量计算通过黑白条形码的特殊设计实现。条形码委托富士公司制作完成,制作的最细条纹为 $10.6\mu\text{m}$ 。一个正常黑白条形码由连续打印的12个白条纹和12个黑条纹组成,长度为 $254\mu\text{m}$ 。24个细条纹构成一个完整的信号周期(360°),每个细条纹代表的相位为 15° 。整圈黑白条形码的衔接处设计为一小段黑色标记码,不仅可以在测量时用于区分出每一圈的测量数据,并且能够处理条形码非整数倍周期的零头部分。

为定量计算相位偏差的多少,在条形码上设计了特别的定标区,相比正常条形码,定标区条形码添加了定量的相位偏移,通过改动前后周期条形码的条纹数实现,例如在图3所示的一段黑白条形码中,定标区各

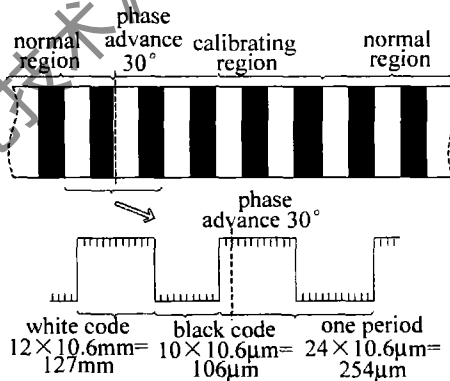


Fig. 3 Principle of barcode design

周期条形码被设计为提前两个最细条纹,定标区得到的测量信号上升沿添加 30° 定量相位偏差。从相位比较结果中可以提取出定标区 30° 定量相位偏移,这个已知的相位偏移实际上可以看作一个衡量相位偏差大小的“标尺”。通过该“标尺”,很容易定量计算出各点实际的相位偏差大小,从而完成各点的位移偏差的测量。

2 系统的设计与实现

如图4所示,激光入射到贴附着黑白条形码的印

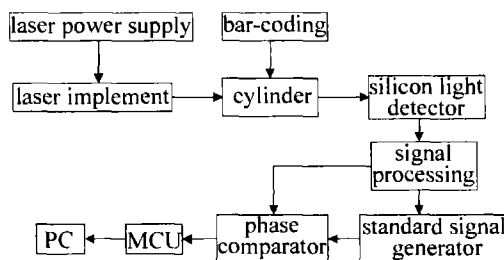


Fig. 4 Overall design principle frame of photoelectric detection system

刷机滚筒上,其反射光被光电转换器件接收^[5-7]。由于黑白两种颜色的反射率截然不同,滚筒反射光的强度将随黑白颜色的变化而交替变化。当滚筒表面出现位移偏差时,反射光经光电转换器件转化为相位产生变化的电信号。该信号再通过信号处理电路(主要由隔直滤波、信号放大和阈值整形部分构成),产生可用的即时测量脉冲信号。

零误差标准稳恒信号发生器则通过锁相环(phase-locked loop, PLL)电路实现,PLL电路可以产生与输入信号相位同步的新的信号^[8]。测量信号作为PLL电路输入信号,当PLL锁定时,输出信号频率是输入信号长期以来的频率平均值,这样便可以从即时测量脉冲信号中提取出虚拟零误差标准稳恒信号。

2.1 比相模块

比相模块主要进行即时测量信号与零误差标准信号的相位比较,单片微型计算机(micro control unit, MCU)将模拟量的比相结果转换为数字量并记录存储,再发送至计算机(personal computer, PC)作后续的数字计算。比相模块的设计图和原理图如图5和图6所示。

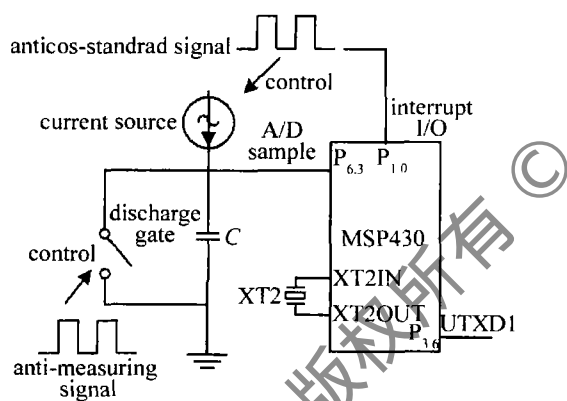


Fig. 5 Phase comparing component

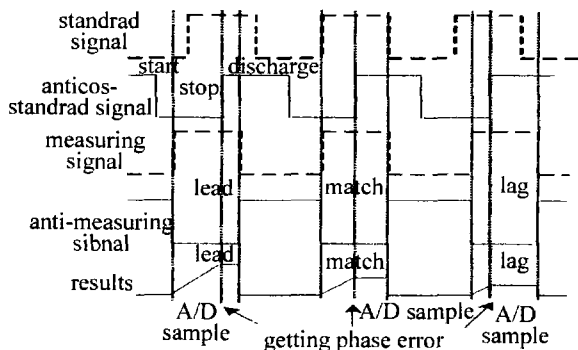


Fig. 6 Principle of phase comparing

即时测量信号和零误差标准信号分别控制为电容充电的电流源和为电容放电的放电门,电容充放电结果取决于测量信号相比标准信号的相位偏差,时域上相位偏差的多少转化为电容电压的幅值大小,这样的测量更方便也更精确。作者没有直接采用零误差标准

信号和即时测量信号作相位比较,而是作些许变化产生余弦反零误差标准信号(相比原信号相位超前 90° 并取反)和反即时测量信号(相比原信号直接取反),测量信号的相对相位误差并没有改变,相位误差的多少仍然对应着位移偏差的大小,这样设计的目的在于保证电容积分的结果为正值,因为MCU只能对正值电压作A/D采样。

如图6所示,反即时测量信号处于高电平时控制电容放电,余弦反零误差标准信号处于低电平时控制电容充电,且电容放电控制效应高于充电效应,放电时充电无效。MCU响应余弦反零误差标准信号上升沿触发中断,此时该周期电容充电完毕,相位误差大小转换为电容充电电压高低。MCU对充电电压进行A/D采样,将采样结果编码并存储在随机存取存储器(random-access memory, RAM)中,待滚筒一圈的数据采集完成之后发送给PC机。

MCU选用TI公司生产的16位超低功耗单片机MSP430F1611,主要负责中断触发采样、采样数据的编码及储存、定期向PC机发送采集数据等。MSP430F1611片内具有ADC12位高速模数转换器,选用内部2.5V参考电压,最小分辨电压为 $2.5V/4096 = 0.6mV$,而且采样速率快,最大可达20万次/s^[9]。MSP430F1611片内的RAM容量达10kbit,可以满足数据存储的需要。通过MSP430F1611的串行通信模块USART实现与PC机之间的通信,设计的串行通信波特率为115200bit/s。

2.2 系统控制软件

本系统软件主要包括主程序和触发中断子程序两大部分,主要由采集周期辨别功能模块、数据采集功能模块、数据编码与存储功能模块和串口通信功能模块这几部分功能模块组成,在IAR Embedded Workbench EW430平台^[10]上开发完成。系统程序流程图如图7所示。

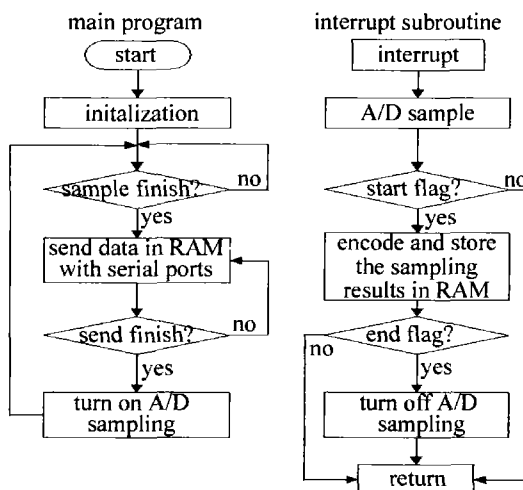


Fig. 7 Flowchart of controlling program

3 系统测试结果

印刷机滚筒表面实际的位移偏差大小很难精确预知,为此专门设计制作了测试条形码,用来检验系统的测量精度。测试用印刷机滚筒直径为175mm,平均线速度设定为10m/s,符合印刷机实际工作状态。

3.1 测试条形码的设计

测试条形码编码设计的思想是:在原先的条形码设计基础上,另外选择某小段区域作为测试区,对测试区的条形码添加定量相位偏差,编码方式同定标区的设计类似,通过改动前后周期条形码的黑白条纹数目实现定量相位偏差,但是测试区条形码的人为相位偏差并不参与相位偏差的定量计算,而是作为已知的位移偏差理论值,同系统对测试区位移偏差的检测值作比较,从而判定系统的测量精度,为评估系统的质量提供依据。

3.2 测试结果

根据上述设计方案,制作了3套测试条形码对系统进行测试实验。实验结果如表1所示。3套测试条形码设计的测试区理论位移偏差分别为:10.6 μm , 21.2 μm 和31.8 μm 。随机抽取条形码的测试顺序并对每套检测条形码不间断连续检测50次,得到的测试区位移偏差的平均测试结果分别为:12.5 μm , 19.1 μm 和32.9 μm ,测量误差分别为:1.9 μm , -2.1 μm 和1.1 μm 。实验结果显示,系统测量误差在 $\pm 3\mu\text{m}$ 以内,到达课题10 μm 的精度要求。

Table 1 Testing results

No.	analysis		
	test results/ μm	value in design/ μm	error/ μm
test barcode 1	19.1	21.2	-2.1
test barcode 2	32.9	31.8	1.1
test barcode 3	12.5	10.6	1.9

4 结束语

基于黑白条形码与现代光电检测技术的光电检测

系统有效地解决了在高速运动状态下,对印刷机滚筒表面各点位移偏差精确测量的问题,是印刷机套印误差得以解决的必要前提。文中设计的光电检测系统已经初步应用于日本某公司的大型网络胶印机上,测试实验表明,本系统具有灵敏度高、测试速度快、工作可靠等诸多优点。该系统测量误差小于 $\pm 3\mu\text{m}$,为印刷机控制系统提供稳定可靠的滚筒表面位移偏差信息,为实现套印误差控制在10 μm 以内的目标提供了全新有效的测量手段。

参考文献

- [1] FENG X Q, HOU X, YANG W Z, *et al.* Photoelectric detection of overprint deviation in color printing [J]. *Acta Phononica Sinica*, 2003, 32(11):1336-1337 (in Chinese).
- [2] ZHONG K, FAN Z. Automatic register controller system based on DSP [J]. *Packaging Engineering*, 2006, 27(1):101-103 (in Chinese).
- [3] MENG X, LIU X. A study of overprint error in auto-detection [J]. *Journal of Xi'an University of Technology*, 2006, 22(2):179-180 (in Chinese).
- [4] YU L J, LI D S, WANG Y Z. An off-line system on detection of overprint deviation in color printing [J]. *Journal of Beijing University of Technology*, 2008, 34(5):466-467 (in Chinese).
- [5] YUAN J G, ZHAN C, LI X G, *et al.* Accurate controlling system for the output and frequency of laser diodes [J]. *Laser Technology*, 2008, 30(6):650-653 (in Chinese).
- [6] JIANG E S, XIAO H J, SUN L J, *et al.* Test method of the measurement precision of the laser inspection system [J]. *Computer Technology and Development*, 2008, 18(7):173-174 (in Chinese).
- [7] HU L T, SHI D M, LI P J, *et al.* Test method of the measurement precision of the laser in section system [J]. *Laser Technology*, 2008, 32(6):670-673 (in Chinese).
- [8] TOSHIAKI E. Design and application technology of PLL [M]. Beijing: Science Press, 2004:134-137 (in Chinese).
- [9] HENG J H, YANG Y Q, ZE X S. Principles and applications of MSP430 [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004:261-266 (in Chinese).
- [10] ZHANG X, WANG D Y, ZHANG C. C language design for MSP430 [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2005:38-39 (in Chinese).