

凹版印刷机自动套色控制系统设计与应用

孙琪

(河南经贸职业学院, 郑州 450018)

摘要: **目的** 提高凹版印刷机套印精度, 以及控制系统的简易性和可扩展性。**方法** 基于 DSP 设计一种自动套色控制系统。详细介绍自动套色基本原理, 并论述误差检测和修正方法。以 DSP 芯片 TMS320F2812 为核心搭建控制系统, 给出硬件和软件设计方法, 同时利用 uC/OS-II 进行上位机监控系统设计。分别在实验室和工业现场进行相关测试。**结果** 所述控制系统的套准精度可以达到 0.1 mm, 实时性较好。**结论** 该控制系统具有套印精度高、响应速度快、可扩展等优点, 满足工艺要求。

关键词: 凹版印刷机; 自动套色; 数字处理器; 嵌入式系统

中图分类号: TB486; TS803 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)21-0209-04

Design and Application of Automatic Register Control System of Gravure Printing Machine

SUN Qi

(Henan Institute of Economics and Trade, Zhengzhou 450018, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the overprint precision of gravure printing machines and the simplicity and scalability of control system. An automatic register control system was designed based on DSP. The basic principle of automatic register was introduced in detail and the error detection and correction methods were discussed. The control system was built with DSP chip TMS320F2812 as the core and the design methods of hardware and software were given. Meanwhile, the PC monitoring system was also designed with uC/O-II. The related tests were respectively carried out in the laboratory and industrial field. The overprint precision of the above-mentioned control system could reach 0.1 mm and it had good real-time performance. The control system has such advantages as high overprint precision, fast response speed and scalability. It can meet the technological requirements.

KEY WORDS: gravure printing machines; automatic register; DSP; embedded system

凹版印刷机械可广泛应用于多种行业的不同产品包装上, 是印刷领域非常重要的一部分。作为凹版印刷机械的核心组成模块, 套色控制系统是保证印刷质量、提高印刷水平的关键^[1-3]。所谓套准是指多种印刷图像之间相互对齐, 首要因素就是精度。在彩色图像印刷过程中, 需将彩色图像分割为许多单色图案, 并按颜色顺序进行制版; 不同印刷模块负责完成不同颜色的印刷; 将单色图案叠加, 可组合成所需彩色图像^[4-7]。在实际多色套印过程中, 由于各种不确定因素的影响, 各印刷辊位置会出现一定偏差, 导致不同图案之间存在间隙, 即颜色不匹配^[8]。造成“重

影”或色差的主要原因在于: 被控对象本身具有时变性、非线性等特点, 故其数学模型不精确; 控制器和伺服电机之间控制信号、反馈信号均会存在一定延时, 使得控制效果偏离理想状态; 各印刷模块无法按照给定轨迹同步运转, 会进一步造成套色偏差; 光电传感器所检测信号失真, 或信号处理不到位同样会导致套色偏差^[9-10]。

如果套色系统的控制效果不良或自动化水平不高, 那么在印刷过程中很容易出现颜色偏差。不仅产品质量无法保证, 而且浪费原材料^[11]。近些年, 为提高套色系统的自动化、智能化水平, 相关企业或研究

收稿日期: 2017-05-05

基金项目: 河南省教育厅重点课题 (15A520067)

作者简介: 孙琪 (1981—), 女, 硕士, 河南经贸职业学院讲师, 主要研究方向为软件工程、人工智能。

人员逐步将高性能控制器,如:微控制器(MCU)、PLC、工业PC机应用到套色控制系统或凹版印刷机中,并且取得了不错的实际应用效果^[12-13],但是依旧存在使用成本高、通用性差等不足^[14-15]。为了解决此类问题,文中基于DSP设计一种凹版印刷机自动套色控制系统,并给出软硬件设计方法。通过具体试验和应用,验证所述控制系统的可行性和有效性。

1 自动套色基本原理

套色误差包括纵向误差和横向误差,其中横向误差可以通过改变印刷版辊的横向位置进行补偿、消除;纵向误差容易受相邻套色单元的影响,产生机理比较复杂。文中仅仅针对纵向误差,忽略横向误差的影响或者认为横向误差已得到补偿。衡量印刷品质量好坏的主要指标在于套印精度,套色误差往往由印刷工肉眼判断、仅凭经验手动调整修正辊位置,在很大程度上降低了套色精度和印刷速度。如果采用自动套色系统则可以很好地解决人工调整所带来的问题。

1.1 套色工艺流程

以6套色为例,凹版印刷生产线套色工艺流程见图1。图1中MS为印刷版辊,MR为压印胶辊,CR为误差修正辊,S为色标检测光电传感器。放卷机释放印刷薄膜,然后薄膜由各色印刷模块进行套色印刷、烘干等处理,最后由收卷机收回已印制好的薄膜。

每种颜色印刷后,在印料边缘均会留下长为10 mm、宽为1 mm的色标,以便于自动套色检测。色标在印版上的位置是指定的,这样更容易检测,假设印料边缘处相隔色标之间的距离为 L 。 L 可作为判断套印精度的重要指标。可采用双通道色标检测头实时检测色标间距,并以上一印刷模块印出色标为基准。如果相邻两色标间距等于 L ,此时套印准确、没有误差。以正版印刷为例,如果相邻两色标间距小于 L ,此时套色误差为正,说明后面的印刷已经超前,应使误差修正辊CR向下移动以缩短2个印刷版辊之间的行程。如果相邻两色标间距大于 L ,此时套色误差为负,说明后面的印刷已经滞后,应使误差修正辊CR向上移动以增加2个印刷版辊之间的行程。综上所述,自动套色控制系统的最终目的就是始终保持相邻两色标间距为 L 。

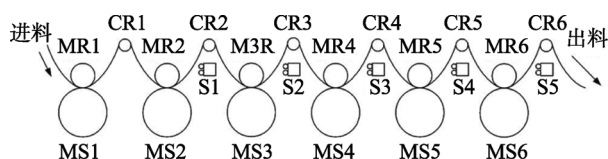


图1 套色工艺流程

Fig.1 Color register technological process

1.2 误差检测

实际过程中,常用误差检测方法包括绝对码检测和相对码检测等2种。其中绝对码检测是以第一色为基准,其余各色的色标均与第一色进行比较,从而计算出间隔大小。该方法检测间隔太长,容易受各种干扰的影响导致控制过程比较复杂,而相对码检测则是以前一个相邻色标为基准,对两相邻色标之间的光电编码器脉冲个数进行计数,计算两色标间隔大小。该方法虽然容易导致误差累积,但是如果单个套色单元误差纠正及时、准确就可以最大程度地降低误差累积,而且该方法控制简单、易于实现。如上所述,文中采用相对码检测。

套色精度提高的关键在于套印误差的检测,为保证套印误差检测的准确性,文中选用光电传感器进行误差检测。该光电传感器配有2个光电眼,分别定义为M1和M2,二者之间距离同样为 L ,印刷薄膜自下而上运动。经过套印色标时,光电传感器会输出两路数字信号,通过整形、放大处理后传送至DSP芯片TMS320F2812的EVA模块的捕获引脚CAP1和CAP2。印刷版辊主轴上装有光电编码器,主轴电机旋转时会生成脉冲信号,该信号经处理后会传送至EVA模块的TCLKIN引脚并作为定时器1的时钟源。如果套印准确,那么M1的第2个脉冲信号会与M2的第1个脉冲信号同时触发。

DSP检测过程中仅需捕获M1的第2个脉冲触发时刻 t_1 和M2的第1个脉冲触发时刻 t_2 ,这样就可以计算出套印偏差。假设光电编码器分辨率为 n ,印刷版辊直径为 D ,套印误差为 e ,那么套印误差 e 可表示为:

$$e = \frac{\pi D}{n} (t_2 - t_1) \quad (1)$$

由式(1)可知,通过提高 n 值可改善检测精度。

2 控制系统设计

2.1 硬件设计

对于六色印刷机械,其控制系统主要包括1个工业控制计算机和5个DSP子系统,二者呈主从分布式关系,控制系统硬件结构见图2。从图2中可以看出,光电传感器所输出的色标信号经放大、滤波处理后,传输途径有2个,即一路根据工控机需要将DSP子系统的色标信号传送给A/D采集卡,另一路首先进行电平比较得到比较理想的脉冲信号,然后传送至TMS320F2812的捕获引脚CAP1和CAP2以便于套色误差计算。

光电编码器信号同样分为2路,印刷版辊每旋转1圈PGA引脚会输出2048个脉冲,PGZ引脚会输出1个零位脉冲;同时PGA引脚经光电隔离、电平转

换后与 DSP 的 TCLKNA 引脚连接; PGZ 引脚经光电隔离、电平转换后与 DSP 的 INT1 引脚连接, 便于确定误差计算的脉冲地址及归零。DSP 控制器根据套色误差, 通过调整 PWM1 和 PWM2 输出改变误差补偿量。

DSP 子系统和工控机采用 CAN 总线通讯, 工作过程中 DSP 和上位机始终保持通信, 可将工作状态和误差数据实时传送到工控机。工控机可以外接键盘、显示器, 根据 DSP 子系统处理结果实时显示印刷物料长度、印刷速度、色标位置、套印误差等信息, 以方便操作人员能够及时获知系统具体运行情况, 并迅速地做出相关调整。

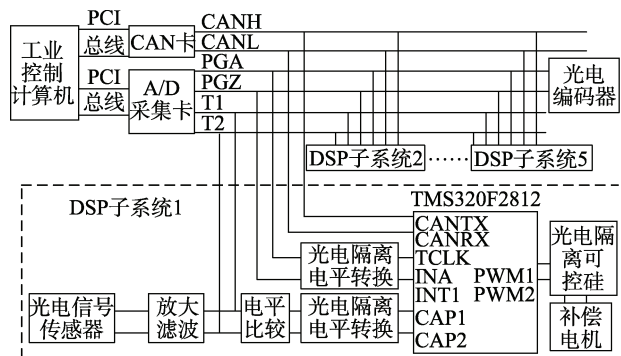


图 2 硬件结构
Fig.2 Hardware structure

2.2 软件设计

套色控制在整个系统中十分重要, 其程序流程见图 3。套色控制程序主要包括系统初始化、参数查询、色标信号采集、误差计算及修正量、修正电机控制等。具体流程为: 系统上电后, 首先硬件电路情况自动检查; 运行初始化程序, 包括 DSP 内部时钟、CAN 总线控制器、计数器、外部中断以及捕捉模块的初始化; 读取上位机所设定的参数, 主要包括印刷模式、印刷版辊周长、补偿电机控制参数等。

系统运行过程中, 当印刷版辊旋转 1 周时, 光电编码器会发出 PGZ 信号同时触发 DSP 的外部中断, 此时控制系统会采集各印刷单元内相邻两色标位置并计算偏差和速度, 通过 CAN 总线向工控机发送该子系统的偏差数值和速度, 同时向专用 A/D 采集卡发送光电传感器信号 T1 和 T2。

DSP 通过计算处理得到偏差修正量, 并基于此驱动补偿电机, 如此就实现了一次数据采集和偏差修正。上位机根据各子系统所传输的数据, 实时显示各印刷单元的偏差、印刷速度。另外, 还需要根据 A/D 采集卡的数据恢复信号 T1、T2 的波形, 以便于操作者观察、判断。

上位机软件基于多任务实时内核 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 进行设计, 基本结构见图 4。总体来说, 包括 5 个基本任务, 即扫描、发送、显示和报警、输入和保存、接收和保存等。通过同步信息量实现各任务之间的同步与

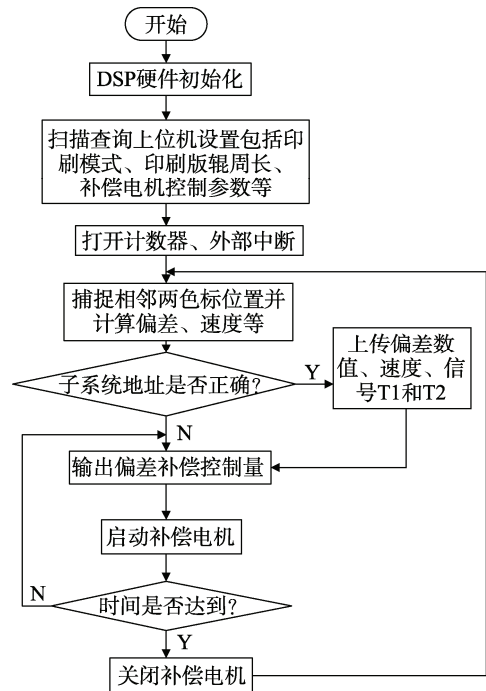


图 3 程序流程
Fig.3 Program flow chart

通信。另外, 还包括对全局变量的访问以及同外部接口设备的通信等操作。利用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 可以减小内核体积同时保证控制系统操作的实时性, 在一定程度上能够提高响应速度。

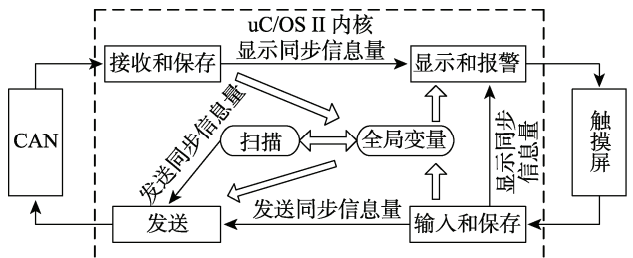


图 4 上位机软件
Fig.4 PC software

3 测试及应用

为验证文中所述自动套色控制系统的可行性和有效性, 可进行相关实验验证。高速情况下, 若能保证较高的套准精度, 则可综合体现系统的控制性能。以某型号凹版印刷机械为平台, 将使用该控制系统, 分别在实验室环境和现场环境下测试其性能。实验室环境下, 最高印刷速度为 170 m/min。经测试, 套色偏差数值最大不超过 0.1 mm, 所以该系统在精度、响应速度等方面均可满足要求。现场环境下, 首先保证其他配套设施的精度满足要求, 设定最高印刷速度为 150 m/min, 套色偏差数值最大不超过 0.1 mm。实际操作环境下, 该系统在精度、响应速度等方面也可满足要求。

系统稳定性方面,在实验室环境下,经过长期、连续的运行测试。结果表明,控制系统的稳定性比较理想,并没有出现失控、死机等状况。目前该控制系统已投入生产并使用,根据反馈情况,可得出结论:该控制系统稳定性很好,能够满足实际生产的需求。

4 结语

凹版印刷机械广泛应用于各种产品的包装过程中,套色控制系统是保证印刷质量、提高印刷水平的关键。文中以套色控制系统为研究对象,在分析套色基本原理的基础上,设计了一种自动套色嵌入式控制系统,以解决应用成本高、通用性差等问题。重点介绍了软硬件设计方法,并通过实验验证了该控制系统的精度、响应速度和稳定性等。所述设计方法对提高凹版印刷机的效率具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 谢志萍,郑向华,雷丽萍,等. 基于 CC-Link 的无轴传动机组式印刷机控制系统研究[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 84—87.
XIE Zhi-ping, ZHENG Xiang-hua, LEI Li-ping, et al. Research on Control System of the Unit Shaftless Press Based on CC-Link[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 84—87.
- [2] 董海平,刘铨权,蒲洪彬. 基于 DSP 的印刷机控制系统设计[J]. 机电工程技术, 2009, 38(5): 66—69.
DONG Hai-ping, LIU Quan-quan, PU Hong-bin. Control System Design of Printing Press Based on DSP[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2009, 38(5): 66—69.
- [3] 陈广秋,刘树林,周建秋. 基于 DSP TMS320F2812 的自动套色控制系统的研究与实现[J]. 包装工程, 2010, 31(15): 89—92.
CHEN Guang-qiu, LIU Shu-lin, ZHOU Jian-qiu. Study and Realization of Automatic Register Control System Based on DSP TMS320F2812[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15): 89—92.
- [4] 杨梅. 基于无轴传动的卷筒纸印刷机套色控制系统的分析与仿真[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(9): 92—97.
YANG Mei. On Analysis and Simulation of Register Control System in Shaftless Web Press[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2012, 37(9): 92—97.
- [5] 杨振华. 浅谈印刷套印不准及解决办法[J]. 印刷杂志, 2011(4): 47—49.
YANG Zhen-hua. Dissertation on Printing Misregister and solutions[J]. Printing Field, 2011(4): 47—49.
- [6] 彭燕. 凹印机 PID 算法实现[J]. 包装工程, 2015, 36(17): 131—133.
PENG Yan. Implementation of Control Rule PID in Gravure Printing Machine[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(17): 131—133.
- [7] ZHANG H N, LIU H X. Fuzzy PID Control of the Suspension System in a Bearingless Synchronous Reluctance Motor[J]. Small & Special Electrical Machines, 2010, 38(3): 50—52.
- [8] 霍英杰. 基于 CAN 总线印刷环境测控系统的硬件设计[J]. 现代制造技术与装备, 2013(5): 16—18.
HUO Ying-jie. The Hardware Design of Printing Environment Control System Based on the CAN Bus[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2013(5): 16—18.
- [9] 张征,房晓飞,楚建安. 凹版壁纸印刷减小误差波动的同步控制的研究[J]. 电子测量技术, 2015, 38(1): 87—90.
ZHANG Zheng, FANG Xiao-fei, CHU Jian-an. Research on Gravure Wallpaper Printing Machine Reduce Error Volatility and Synchronous Control[J]. Electronic Measurement Technology, 2015, 38(1): 87—90.
- [10] 张恩平,薛必翠,郑军海. BP 神经网络自抗扰控制器在套印系统中的应用[J]. 控制工程, 2009(16): 94—97.
ZHANG En-ping, XUE Bi-cui, ZHENG Jun-hai. Application of NN-based Active Disturbance Rejection Controller in Press Overprint System[J]. Control Engineering of China, 2009(16): 94—97.
- [11] 张学乾,武建飞. 基于 FPGA 的墙纸印刷色标误差检测的设计[J]. 电子测量技术, 2012(8): 75—77.
ZHANG Xue-qian, WU Jian-fei. FPGA-based Design on Wallpaper Printing Color Code Error Detection[J]. Electronic Measurement Technology, 2012(8): 75—77.
- [12] DUAN X G, Li H X, DENG H. Effective Tuning Method for Fuzzy PID with Internal Model Control[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2008, 47(21): 8317—8323.
- [13] 张征,楚建安,田玉周,等. 一种基于 CAN 总线的印刷检测方式的研究[J]. 电子设计工程, 2014, 22(24): 61—64.
ZHANG Zheng, CHU Jian-an, TIAN Yu-zhou, et al. A Research on a Printing Detection Method Based on CAN Bus[J]. Electronic Design Engineering, 2014, 22(24): 61—64.
- [14] 龙永红,吴敏. 一种基于图像的套印参数测量方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2006, 33(2): 59—62.
LONG Yong-hong, WU Min. A New Technique Based on Image Processing for Printing Registration Deviation Detection[J]. Journal of Hunan University(Natural Sciences), 2006, 33(2): 59—62.
- [15] 赵珂,万光逵,周燕飞. BOPP 膜 8 色凹版印刷自动套色控制系统的研究[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 49—52.
ZHAO Ke, WAN Guang-kui, ZHOU Yan-fei. Study of the BOPP Films 8 Colors Intaglio Printings Control System[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 49—52.