

阵列双模式喷印平台的数控系统设计

孟治国, 朱云鹏

(广东轻工职业技术学院, 广州 510300)

摘要: **目的** 为了使喷印设备趋向高密度、高精度、立体化, 研究并设计喷印平台的数字系统控制。**方法** 采用矢量控制、自动控制 and 数控系统方法, 以FPGA实现主控模块, 配合DSP的定位圆图像采集及参数提取, 并采用CNC和CCD等技术进行实时定位, 整体操纵交错排列、斜装组合的喷头, 喷头有平移、旋转运动控制和图像识别辅助控制, 又有喷墨头的温度、流量等过程控制。**结果** 实现阵列双模式喷印平台的数字控制, 可在基材上方高速并列喷印。对多排喷嘴的数据进行处理及分配, 实现实时喷射控制、装置控制逻辑与状态管理, 多排喷嘴收发一次数据, 能喷印一行完整的像素点矩阵, 并能根据平台的偏移量, 精确调整喷印图线, 重新设定控制程序可改变布线。**结论** 设计的平台能简化传统工艺流程, 解决了内部传输速度的瓶颈问题, 不需要为新产品的每一次改动而制作网版。

关键词: 阵列双模; 喷印平台; 数控系统; 嵌入式设计

中图分类号: TS801.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)05-0095-05

CNC System Design of Array Dual-mode Jet Printing Platform

MENG Zhi-guo, ZHU Yun-peng

(Guangdong Industry Technical College, Guangzhou 510300, China)

ABSTRACT: The aim of this study was to achieve the high-density, high-precision, and three-dimensional objectives of the jet printing device, we studied and designed the digital control system for the jet printing platform. Using the general methods of the vector control, automatic control and numerical control system, implementing the master circuit module with FPGA, and matching the image acquisition positioning and parameter extraction with DSP, using the technology of CNC and CCD to conduct real-time position, the nozzle compositing the staggered array and angle mount mode could be controlled. The nozzle was subjected to control of the translation, rotation motion and image recognition, and the temperature and flow process control of the ink jet head. Numerical control of the array dual-mode jet printing platform was realized, which could print with paralleling paste and high speed above the substrate. Through data processing and distribution of the multiple-row nozzles, real-time injection control, device logic control and state management could be realized. By one data sending and receiving of the multiple-row nozzles, a complete row of pixel matrix could be printed. And the arrangement could be changed by accurately adjusting the printing lines according to the offset of platform and resetting of the control program. The platform designed could simplify the traditional technological process, solve the bottleneck of internal transmission speed, and there was no need to change the printing plate for every change of the new products.

KEY WORDS: array dual-mode; jet printing platform; CNC system; embedded design

由于电子、激光、计算机等技术不断向印刷领域挑战, 不需要印版的数字化方法不断出现, 如激光打印、电子束成像、喷墨打印、热转印等都有典型产品。扩展, 对以印版和机械为基础的传统模拟印刷提出了

收稿日期: 2014-03-28

基金项目: 2012年度广东省科技计划(2012B060100003)

作者简介: 孟治国(1970—), 男, 山西代县人, 工程硕士, 广东轻工职业技术学院高级工程师, 主要研究方向为信息处理技术。

近年来,随着微处理器的发展,不断增加使用微型号元器件、大规模IC,对印刷位置高精度的识别及实现超细间距的水平有更高要求。此外,随着立体设计、3D打印等技术的出现,需要对不同高度和深度方位进行喷印面临着技术挑战,存在漏印、分布不均等问题,而传统平面工艺对此无能为力。

1 阵列双模式喷印平台的设计

数控技术利用数字信号控制执行机构完成某种功能,实现自动化。随着我国计算机技术的变革,微型计算机数字控制CNC是当今制造高精度、高质量以及形状复杂产品的基础设施,属于制造技术的关键环节^[1]。对于一般数控系统组织,运算器接收、运算、处理输入装置的指令或数据,并不断向输出装置送出运算结果。控制器能根据指令控制运算器和输出装置来实现各种操作及控制整机的循环工作,使数控系统执行所要求的运动,其中伺服驱动把来自控制器的脉冲信号经过功率放大、整形后,转换成执行部件的平移、进给或旋转等运动,主要包括驱动装置和执行结构两大部分。驱动装置由进给驱动单位电机、主轴驱动单元等组成,步进电机、直流和交流伺服电机是常用的伺服元件。执行机构根据控制器发出的指令信号,完成驱动装置对系统旋转和进给运动的控制^[2]。

作为数控系统改进生产设备的实例,数字喷印技术是非接触印刷技术的主流,以低廉的价格和精美的印刷质量越来越受到用户的青睐^[3]。数字喷印吸收喷墨打印等新技术,墨水经过喷腔组件的小孔射出,喷印器在基材上方以高速度喷射墨水,同时晶体振荡器高速纵向振荡,使墨线分裂成一系列大小和间距相等的墨点,机器内部微处理器监视回馈的信号,随着物体的移动,更多的墨点打在物体表面就形成了字符或图线^[4]。

经调研,市场上还没有针对薄膜开关制造工艺而开发的专业喷印设备,部分生产厂家引入用于广告喷印的喷墨打印设备进行面板的喷墨印刷,主要有2种:热泡式喷墨打印机和平板式喷绘机。深圳某公司生产的热泡式喷墨打印机,采用爱普生配件,底座同步,并采用步进交流电机和IC芯片控制模块化。由于该打印机源于办公打印机技术,墨量不厚,所以不能采用UV油墨,不能立体打印,且印制速度慢,无法满足规模化生产。广州某公司生产的平板喷印机,采用陶瓷压电式工业高速Konic, XAAR等喷头,由多色喷头组成单模组,且UV光跟随固化,可形成立体墨痕和喷

印彩色图案,但不能用于电路喷印。由于该打印机在制造中各工序对位困难,故不能完全满足彩色面板、上电路、绝缘层、下电路的套印,工序切换速度慢,不符合一次流水套打的工艺要求。

为了提高定位精度,采用计算机视觉定位技术、MARK高精度光学影像定位系统及图像AOI技术,印制精细度达0.1 mm,对位精度 ≤ 0.2 mm。采用多喷头阵列高速流水喷印技术,以4—12个喷头为1组并行喷印,从而实现高速输出。为消除喷头间喷印干扰,对12个喷头的喷印进行同步控制。采用2套独立控制电路,分组传输,每组喷头数不超过6个,从而能保证一般的4色彩油墨、金属导电油墨、特色工艺油墨的喷印阵列。DSP的定位圆图像采集及参数提取更进一步提高了定位精确度和喷印速度。

设计的阵列双模式喷印平台基于数字控制器现场可编程门阵列(FPGA), DSP, PC及软件,由程序协调操作FPGA等多芯片运作,同时解决数据分配、时分信号和信号优化等数据处理问题^[5-6]。在数控系统中可以利用FPGA处理接口板与上位主控板之间的数据传输,接收下位伺服的反馈信号,监测伺服电机的工作状态^[7]。针对 x, y, z 和 w 方向的移动,利用可靠性、可编程多轴控制器构建精确位置控制系统^[8]。以PLC控制变频电机为执行元件,通过RS-485通信实现驱动单元的远程控制,提高系统的集成度与可靠性^[9]。设计的喷印平台涉及电子控制系统、电气控制系统、精密影像、光学定位、高速喷印等技术,见图1。

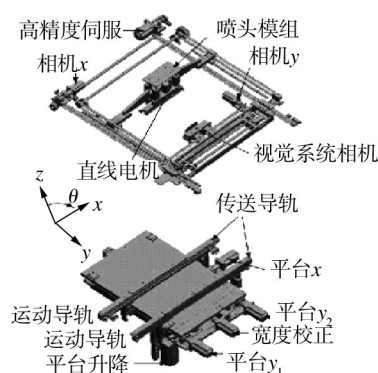


图1 喷印平台的设计

Fig.1 Design diagram of the jet printing platform

基于以上设计和工艺,集成高速、柔性、精密配套技术以及制造工艺,利用数控系统的核心技术,喷印平台简化了传统工艺流程,只需改变电气参数就能完成不同的喷印任务,不需要为新产品的每一次改动而制作网版。设计的阵列喷印流水式装置通过交错及

斜装阵列组合模式,由12通道静态喷头阵列与4通道动静双模式喷印模组构造,双模式构造能保证喷印清晰度和速度,解决缝接及拉线等问题。该装置能快速完成维护和喷头更换,提高了设备的灵活性和生产效率,其平台抗震、抗干扰能力较好,符合IP54标准。具体技术参数见表1。

表1 喷印平台各个部件的基本参数
Tab.1 The basic parameters of the various components of the printing platform

设计参数	参数值及说明	设计参数	参数值及说明
喷绘速度	工作速度为15 m/min,且可调	色彩控制方案	国际标准的ICC颜色控制,曲线和密度用户可调
输出精度	180,360,720,1440 dpi	适应文件格式	TIFF,FPEG,Postscript3,EPS,PDF等
工艺灰度	8级墨滴灰度	最大喷印宽度	500 cm
喷墨技术	压电式喷墨打印,双气压循环傍路侧喷的防沉降技术	介质最大厚度	≤5 mm
墨水类型	4色面板墨水、银/碳浆导电油墨、绝缘油墨(隔层喷印)	数据传输方案	时间关键帧,2—4通道USB同步传输数据,时间戳实时点火
颜色配置	4路印刷配色,油墨配色特性曲线可调,能分色、配色	上位数据接口	4路高速USB并行同步传输,最高传输处理速度>500 m/s
墨路设计	供墨清洗双墨路,自适应均衡,低频闪喷防堵,供墨容量为10 L,封闭储墨罐设计,自动搅拌,自动恒温,保证墨水工作温度稳定,防止色差。	上层软件系统	基于Windows7系统开发,WDM驱动模式,界面友好、安全稳定、模块丰富,采用时间关键帧技术实现Windows系统的ms级误差响应。
设备参考标准	工业级的设备标准及人机交互系统,符合IP54标准	环境温度要求	室温为15~30℃,喷头温度为38~40℃,墨盒温度约为40℃
喷头保存	喷头在非喷印状态时要密封、保湿、遮光	相对湿度要求	40%~80%

2 阵列双模式喷印平台的控制模块

2.1 主要控制单元

作为一种典型的控制不同组合对象的多参数数控喷印平台系统,既有平移、旋转运动控制和图像识别辅助控制,又有喷墨头的温度、流量等过程控制。为保证高速阵列多喷印头的的数据协调、时控合理,核心控制模块采用WDM类设备驱动程序架构和MINI Port层间驱动协议,驱动程序用VC编写和调试,使其达到4路USB准同步数据传输,时间关键帧技术保证操作系统达ms级响应。发挥硬件和软件的开放性,实现数控系统和伺服控制系统间的通讯、加工代码的自动生成、最佳模切顺序和最短空程路径^[10]。模块化设计后则重点关注控制器、数据处理、I/O系统、驱动接口等子模块,以上位机数控系统来扩展网络控制系统,使用计算机数控系统与FPGA控制器完成接口驱动,控制模块见图2。

喷印控制电路系统重点包括基于FPGA的主控部分、基于DSP的定位圆图像采集及参数提取部分。采

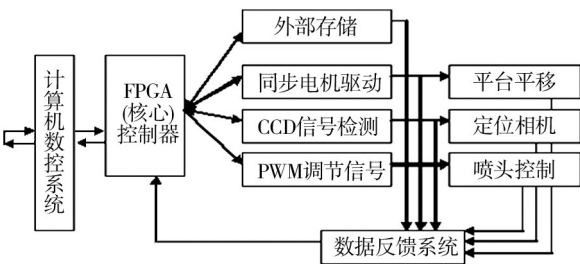


图2 控制模块
Fig.2 The diagram of control module

用现有控制技术的理论方法和技术条件,以FPGA嵌入式为主控制系统,FPGA有丰富的逻辑硬件资源,Cyclone II FPGA芯片有DSP系统、硬件协处理器、接口系统、通信系统、存储电路以及普通逻辑电路等功能子系统,能解决传统宽幅喷印机对大量图像数据在上下位机之间和系统内部传输速度的瓶颈。

利用DSP实现复杂的电气控制算法,提高对字车电机和走纸电机运动的精度控制,从而提高宽幅喷印机的喷印精度^[11]。系统还开发了FPGA的时钟同步系统,在上位机获取时间戳并通过FPGA硬件电路矫正晶振频率的动态补偿,实现数控系统的精确时钟同步^[12]。FPGA主控部分主要包括USB接口模块、喷

印数据处理模块、喷头驱动模块、温度控制模块、驱动电压调整模块、喷印图像存储及纠偏模块与DSP接口模块等7部分,见图3。

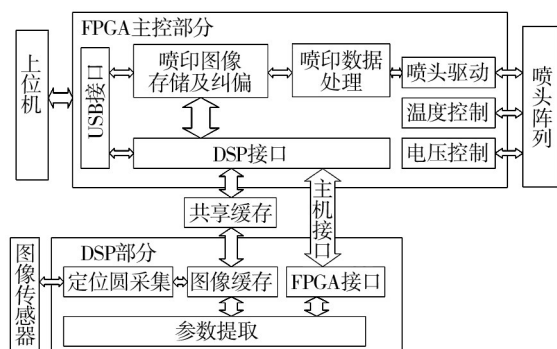


图3 喷印控制电路系统的结构

Fig.3 Structure of the jet printing control circuit system

2.2 模组控制单元的数据处理

FPGA接收数据并处理数据,发送数据到喷嘴、电机、相机等数字终端,数据缓冲区则使用多片DDR2,以加快数据传输速度^[13]。对输入数据进行分组,基于FPGA内核改变时钟域意味着整个喷墨头的处理在1个时钟周期内实现多目标的同步时钟系统^[14]。通过使用VHDL编写的时序程序发送控制字到FPGA的UART接收模块,根据控制字的不同,调整相应的数据,电机模块根据控制字产生相应的脉冲和控制信号,控制喷头电机的启停、方向和速度等数值,利用FPGA实现复杂的逻辑时序的控制信号。事件驱动控制的机电驱动系统也在FPGA实现,由有限状态机(FSM)定义所有可能的实现方向数据^[15]。其中,USB接口模块在每批次喷印开始前用于接收计算机发送下来的原始喷印图像,并将存储在外部缓存当中的定位原图像上传至计算机,用于在人机界面上检查初始标定参数是否正确。当喷印过程开始后,USB接口模块用于与计算机交互喷印过程中的实时参数,喷印数据处理模块用于将待喷印图像的像素数据进行拆解,并重新封装成适合喷头喷印的数据格式。喷头驱动模块用于计算时设置的有关喷印参数信息转化为适合喷头喷印的时序,以此时序来精确控制喷头的喷印。温度控制模块用于实时调整并显示喷头的温度,驱动电压调整模块用于实时调整喷头驱动电压的幅值及幅宽,存储喷印图像及工艺MARK参数信息处理,可以保证喷印位置的准确性。

利用Cyclone II FPGA的并行执行特点,对2—4排喷嘴的数据进行处理及分配,实现实时喷射控制、装

置控制逻辑与状态管理。多排喷嘴的数据收发1次,先将此行像素拆分成奇数像素数据和偶数像素数据,再将这2部分像素以相反的顺序发送至喷头,就能喷印1行完整的像素点矩阵。此时,将首先在存储中开辟一个动态的全局缓存,存放所要喷印的一排像素数据,再为若干个喷头分别开辟单独的缓存区和独立的进程,这些独立的进程将通过一定的交换机制,与其他相关进程进行数据交换,所有与喷头相关的进程完全并行,因此整个过程除了USB数据的接收外,其他部分所消耗的时间只相当于处理一个喷头数据所消耗的时间,从而提高数据处理的速度。

3 结语

核心控制模块统一采用WDM类设备驱动程序架构,混合硬件和软件开发,实现了数控系统和伺服控制系统间的通讯,加工代码的自动生成。利用DSP电气控制算法,提高了运动精度控制。利用芯片级并行执行的特点,对多排喷嘴数据及时处理及分配,实现了实时喷射控制、装置控制逻辑与状态管理。采用FPGA可编程逻辑实现了主控电路的模块设计,使喷印平台能适配多厂的标准组件、固化组件、喷头阵列等部件,较易满足加工单位的不同配置需求,简化了生产工序,并有利于实现自动清洗、回收、配色及免拆卸切换。采用动态和静态喷头的双模式喷印装置方案,实现了兼顾高速生产及复杂工艺的生产需求。

参考文献:

- [1] 李娟. 数控系统开发设计中的嵌入式技术[J]. 电子测试, 2013(12):89—90.
LI Juan. The Design of Embedded Technology in the Development of CNC System[J]. Electronic Test, 2013(12):89—90.
- [2] 胡朝丽,李路海,张小军. 水性蓝色喷印墨水的研制及性能研究[J]. 包装工程, 2008, 29(10):40—42.
HU Zhao-li, LI Lu-hai, ZHANG Xiao-jun. Preparation and Study of the Water-based Cyan Ink for Ink-jet Printer[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10):40—42.
- [3] 肖金壮,王洪瑞,李世龙. 墨盒在运动控制实验装置中的新应用[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2008, 28(3):318—321.
XIAO Jin-zhuang, WANG Hong-rui, LI Shi-long. The New Applications of Ink Cartridges in Motion Control Experimental Device[J]. Journal of Hebei University (Natural Science Edition), 2008, 28(3):318—321.
- [4] 任庆春,孔敬祯. 通过数控技术专业的教学正确认识数控机床的工作原理[J]. 新课程研究(职业教育), 2008, 126

- (9):9—15.
- REN Qing-chun, KONG Jing-wei. To Understand Correctly the Working Principle of Numerical Control Machine through the Teaching of Technology Professional[J]. The New Curriculum Studies (Vocational Education), 2008, 126(9):9—15.
- [5] ABBASI M A, ALI E, ISLAM M, et al. Strategies for Synchronization and Optimization of Distributed Generation System in a Smart Grid[J]. Proceedings of the 2012 International Conference on Green and Ubiquitous Technology (GUT), 2012: 20—24.
- [6] SEONGI L. Simultaneous Constrained Pin Assignment and Escape Routing Considering Differential Pairs for FPGA-PCB Co-design Mak[J]. IEEE Transactions on Computer-aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2013, 32:1866—1878.
- [7] 李腾飞, 凌有铸, 刘敬猛. 基于FPGA的数控系统接口模块硬件电路的设计[J]. 南阳理工学院学报, 2013(5):57—59.
- LI Teng-fei, LING You-zhu, LIU Jing-meng. The Design of Hardware Module Circuit Control System Interface Based on FPGA[J]. Journal of Nanyang Institute of Technology, 2013 (5):57—59.
- [8] ZHAO Zhen-hong, JIANG Xiu-ming, DU Yu-hong. Design of Motion Platform for Automatic Dye Dispenser 2011 International Conference on Control[J]. Automation and Systems Engineering(CASE), 2011(4):122—126.
- [9] 周亮, 李珍. 基于PLC的液体袋装包装机控制系统的设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1):88—91.
- ZHOU Liang, LI Zhen. Design of the Control System of Liquid Bag Packaging Machine Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1):88—91.
- [10] SU Lei, JIANG Hai-bin, DONG Wang. The High Speed Low Noise Multi-data Processing Signal Process Circuit Research of Remote Sensing Proceedings of the SPIE[J]. The International Society for Optical Engineering, 2013, 56:810—816.
- [11] 廖强, 文荣, 夏洋, 等. 基于SOPC的宽幅喷墨打印机控制系统[J]. 计算机工程, 2009, 35(19):260—262.
- LIAO Qiang, WEN Rong, XIA Yang, et al. Wide Format Ink-jet Printer Control System Based on SOPC[J]. Computer Engineering, 2009, 35(19):260—262.
- [12] 董伯麟, 龚强, 王治森. 基于FPGA的数控系统现场总线时钟同步技术[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2013(7):9—12.
- DONG Bo-lin, GONG Qiang, WANG Zhi-sen. Technology for NC Field Bus Time Synchronization Based on FPGA[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2013(7):9—12.
- [13] 俞丛晴, 占红武, 梅灿华. 工业打印系统数据通道设计[J]. 轻工机械, 2013, 31(3):69—71.
- YU Cong-qing, ZHAN Hong-wu, MEI Can-hua. Data Channel Design for Industry Print System[J]. Light Industry Machinery, 2013, 31(3):69—71.
- [14] HORVAT R, JEZERNIK K, CURKOVIC M. An Event-driven Approach to the Current Control of a BLDC Motor Using FPGA[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2014, 61(7):3719—3726.
- [15] GABIGER R A, KUBE M, WEIGEL R. An FPGA-based Fully Synchronized Design of a Bilateral Filter for Real-time Image Denoising[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2014, 61(8):4093—4104.
-
- (上接第42页)
- [10] 邓振伟, 于萍, 陈玲. SPSS软件在正交试验设计、结果分析中的应用[J]. 电脑学习, 2009(5):15—17.
- DENG Zheng-wei, YU Ping, CHEN Ling. SPSS Software in the Application of Orthogonal Experiment Design and Result Analysis[J]. Computer Studies, 2009(5):15—17.
- [11] PALLANT J. SPSS Survival Manual: A step by Step Guide to Data Analysis using SPSS[M]. McGraw-Hill International, 2010.
- [12] SPSS 数据分析:问题提出与实例导学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2009.
- SPSS Data Analysis, Problem put Forward with Example of Learning[M]. Beijing: China Water Power Press, 2009.
- [13] 骆方, 刘红云, 黄崑. SPSS数据统计与分析[M]. 北京:清华大学出版社, 2011.
- LUO Fang, LIU Hong-yun, HUANG Kun. SPSS Data Statistics and Analysis[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- [14] 杜郢, 顿全秀, 周春利, 等. 硅烷改性水性聚氨酯表面施胶剂的制备与性能研究[J]. 化工新型材料, 2011, 39(5):130—133.
- DU Ying, DUN Quan-xiu, ZHOU Chun-li, et al. Study on the Synthesis and Properties of Waterborne Polyurethane Surface Sizing Agent for Modified with Silane[J]. New Chemical Materials, 2011, 39(5):130—133.
- [15] GENEST S, SCHWARZ S, PETZOLD-WELCKE K, et al. Characterization of Highly Substituted, Cationic Amphiphilic Starch Derivatives: Dynamic Surface Tension and Intrinsic Viscosity[J]. Starch - Strke, 2013, 65(11-12):999—1010.
- [16] GENEST S, SCHWARZ S, PETZOLD-WELCKE K, et al. Characterization of Highly Substituted, Cationic Amphiphilic Starch Derivatives: Dynamic Surface Tension and Intrinsic Viscosity[J]. Starch-Strke, 2013, 65(11-12):999—1010.