

基于 ARM 的新型磨削加工主动测量控制仪的设计

燕国欣, 王建华, 孙彬, 杜虎兵, 李恬

西安工业大学

摘要: 提出了基于 ARM 高性能处理器的磨削加工主动测量控制仪, 通过 ARM 处理器控制 CPLD 进行数字信号的输入以及控制信号的输出, 采用 16 位 A/D 芯片进行模数转换, 选用 DGUS 触控屏设计人机交互界面。采用该仪器可提高测量精度, 操作方便, 仪器分辨率可达 $0.5\mu\text{m}$, 精度可达 $0.5\mu\text{m}/8\text{h}$ 。

关键词: 主动测量控制仪; ARM 处理器; 模数转换; 人机交互

中图分类号: TG86; TH162

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7008.2020.07.022

Design of New Active Measuring Instrument for Grinding Based on ARM

Yan Guoxin, Wang Jianhua, Sun Bin, Du Hubing, Li Tian

Abstract: An active measurement and control instrument for grinding process based on arm high performance micro-processor is proposed. The active measurement instrument uses ARM processor to control CPLD to input digital signal and output control signal, uses 16bit A/D chip to convert, and uses DGUS touch screen to design human-computer interface. The active measurement controller can improve the measurement accuracy, and the operation is more convenient. Through the test and analysis, the resolution of $0.5\mu\text{m}$ and the precision of $0.5\mu\text{m}/8\text{h}$ can be achieved.

Keywords: active measurement controller; ARM processor; analog-to-digital conversion; human-computer interaction

1 引言

作为工件加工的最后道工序, 磨削加工对工件质量的影响较大^[1]。为了提高磨削加工过程的可控性, 保证工件的加工精度和一致性, 磨削加工主动测量控制仪得到了广泛应用^[2]。意大利的马波斯和日本的东京精密生产的磨削加工主动测量控制仪性能稳定, 测量精度高, 抗干扰能力强, 但价格较贵, 售后服务费用高, 在国内应用较少。由于国内主动测量控制仪研制较早, 部分主动测量控制仪仍采用仪表式的指针显示方式, 无法满足现代工业市场的需求^[3]。因此, 有必要设计高效率、高精度的主动测量控制仪。

本文提出一种基于 ARM 芯片为核心的新型磨削加工主动测量控制仪, 芯片集成了硬件 FPU 单元以及 DSP 指令, 使仪器具有浮点运算和 DSP 处理的功能, 同时主频提高, 使处理能力大幅提升, 16 位 A/D 芯片的选用极大地提高了采样精度。相比传统的主动测量控制仪, 该产品在精度和稳定性上都有所提高, 有效保证了工件加工效率。

2 主动测量控制仪的硬件结构

磨削加工主动量仪控制主板结构如图 1 所示, 主要由信号放大电路、A/D 转换电路、CPLD 芯片、STM32F407ZGT6 芯片、外设接口以及人机交互界面构成。主动量仪实时接收电感传感器所采集的工件尺寸信号经放大后, 通过 A/D 转换电路转换为数字量, CPLD 芯片实时接收 A/D 转换后的数据并供给处理器进行处理。处理器根据当前测量结果及工件预设参数对加工状态作出判断, 并将处理后的控制信号传输给 CPLD 芯片, 再由 CPLD 芯片将控制信号输出给数控磨床控制系统。同时, 主动量仪将测量结果输出至人机交互界面, 操作人员可通过人机交互界面控制磨削加工过程。

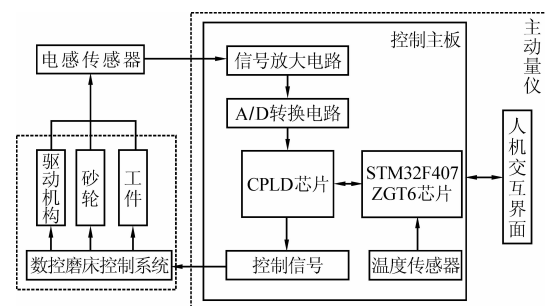


图1 主动测量仪的控制主板总体结构

硬件接口方案如图 2 所示, 主要由机床控制接口、传感器接口、触控屏接口、物理按键接口等组成。

选用电感传感器,将被测参数的尺寸变化量转化为电压信号,通过传感器接口传入主动量仪。主动测量仪和机床通讯的信号支持继电器、二进制、BCD、RS232、模拟、Modbus 六种通讯方式,可满足不同机床的需要,经过处理后的控制信号通过机床控制接口传送给数控磨床控制系统控制磨削过程。补调量的控制信号则通过物理按键接口传送给主动量仪。

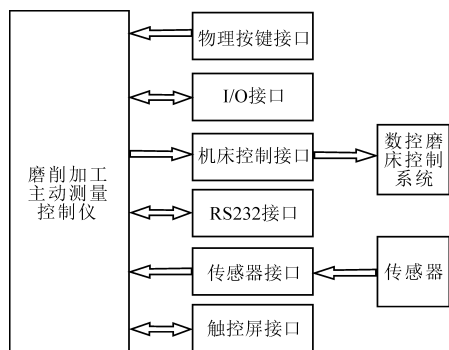


图2 磨削加工主动测量控制仪接口方案

3 主动测量控制仪的软件设计

磨削加工主动测量控制仪的软件采用模块化的设计思想,主要由数据采集、处理、分析三大模块及人机交互界面组成。总体框架如图3所示。数据采集模块实时采集传感器所测量的数据,数据处理模块主要完成对于传感器采集数据的数字滤波处理,数据分析模块对当前测量数据与设置的信号点数据进行对比,进而给磨床控制系统发出控制命令控制磨削过程,形成闭环控制^[4]。人机交互界面主要是在测量前,对传感器的配置、内外径、通讯方式及磨加工过程中的控制点等参数进行设置,测量界面会有光标显示条以及数据显示窗口两种显示方式,并实时显示设置数值,方便查看及使用。

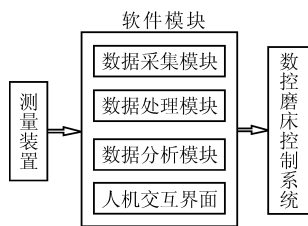


图3 软件系统结构

3.1 数据采集模块设计

测头数据采集模块主要通过 CPLD 控制测头的模数转换以及转换后的数据读取,同时将数据实时传递给 ARM 处理器进行处理。传感器采集的模拟量信号经过信号放大电路的处理转化为 ±5V 的电压信号,再经 AD7610 芯片转换为 16 位数字信号,

同时由于 A/D 芯片和 CPLD 芯片直接通过 I/O 端口连接进行并口通讯,所以 CPLD 实时获取 A/D 转换后的测量数据,并将测量数据通过 I/O 端口直接传递给 ARM 处理器处理。

3.2 数据处理模块设计

由于磨削加工环境比较恶劣,砂轮振动、切削液、电源电压的波动等因素都会影响测量数据的准确性,因此在设计软件时需对原始采样数据进行滤波处理^[5]。

常见的数字滤波方法有均值滤波法、加权平均滤波法、滑动平均滤波法、去极值平均滤波法、限幅滤波法、中值滤波法、占优滤波法等^[6]。本设计采用程序判断滤波以及滑动平均滤波相结合的算法对数据进行滤波处理。因为程序判断滤波能克服脉冲干扰的影响但不能抑制周期性的干扰,而滑动平均滤波对周期信号消除作用良好,但对脉冲干扰滤波效果较差,两种滤波方式互补,且都适用于高速采集的系统,故将两种算法相结合进行数据滤波处理。具体的滤波流程如图4所示。

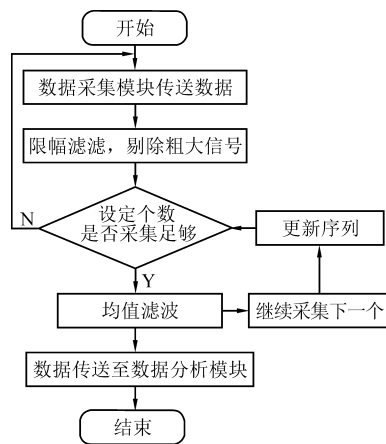


图4 滤波流程

3.3 数据分析模块设计

基于 ARM 的磨削加工主动测量控制仪的数据处理在 STM32F407ZGT6 处理器中完成,数据分析模块实时接收滤波处理后的数据,并将数据与磨削加工测量开始前通过人机交互界面所设置的信号控制点进行比对分析。当测量数据与设置的磨削控制点相等时,主动测量控制仪则给数控磨床控制系统发出相应信号控制磨削加工过程。

3.4 人机交互界面设计

(1) 人机交互界面屏幕设计

人机交互界面具有功能、设置、调整、测量 4 个屏幕界面,测量界面对测量数据和参数进行显示;功能、界面、调整界面对加工中的参数及信号点进行设

置与调整。点击上排的菜单键可相互切换,界面设置不仅功能丰富而且简洁易懂、方便操作。具体设计如图5所示。

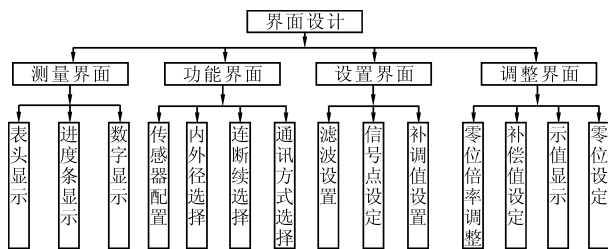


图5 显示模块框图

功能界面如图6所示。传感器配置的选择模式包括G1、G2、G1+G2、端面外径、-G1、一拖二,可选择测量外径以及测量内径两种选择模式。通讯方式共有继电器、二进制、BCD、RS232、模拟、Modbus六种选择模式,连断续选择有连续、断续两种方式。根据上述配置,主动测量仪有144种配置模式,满足机床以及工件配置的要求,通用性较好。



图6 功能界面

(2) 人机交互界面的通信设计

DGUS屏所有的硬件参数资料和下载都通过SD/SDHC接口完成,文件必须使用FAT32的文件格式。采用异步、全双工串口通信方式,串口的所有指令的格式都是十六进制(HEX)格式。因此,主动测量控制仪和触控屏的通信都是根据触控屏所规定的通信协议,通过串口进行接收和发送数据。为了分辨出不同按钮和显示界面的数据,对触控屏每个功能配置相应地址。

4 实验验证和结果分析

对新型磨削加工主动测量仪进行测试。搭建测试环境,连接传感器、主动测量仪电路板、DGUS触控屏和计算机。用微动测量台架模拟磨削加工过程,调整测量台架分别至 $50\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 位置,进行3组实验,每隔半小时记录一次数据,检验主动量仪的稳定性(见图7)。

从实验数据可知,经过8h的连续测试,主动测量仪示值稳定,除有 $0.5\mu\text{m}$ 的偶然跳动,仍保持实

验初始数值,稳定性良好。

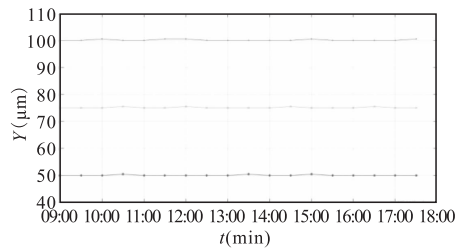


图7 主动量仪稳定性测试

转动微动测量台架的调整旋钮,调整滑块进给,改变传感器采集到的示值。第一组实验的主动测量控制仪初始值调整至 $41.5\mu\text{m}$,进给量以 $4\mu\text{m}$ 为单位进行微调,测得数据见表1。

表1 主动测量控制仪 $4\mu\text{m}$ 微动调整测量数据

进给量	0	4	8	12	16	20	24	28	32
示值	41.5	45.5	49.5	53.5	57.5	61.5	65.5	69.5	73.5

该主动测量控制仪量程 2mm ,第2组实验在全量程内进行测量,调整主动测量控制仪初始值至 $-800\mu\text{m}$,进给量以 $200\mu\text{m}$ 为单位进行调整,测得数据见表2。

表2 主动测量控制仪 $200\mu\text{m}$ 调整测量数据

进给量	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
示值	-800	-600	-400	-200	0	200	400	600	800

对实验数据进行分析,每当台架有距离调整时,主动量仪采集示值变化量与调整值保持一致,精度良好。

5 结语

通过对基于ARM的主动测量控制仪硬件平台的搭建以及软件系统的开发,特别是对于STM32F407ZGT6芯片以及16位A/D芯片的选用,有效保证了数据采集处理的精度,大幅提高了磨削加工效率。经过测试分析,基于ARM的控制仪最终可以达到 $0.5\mu\text{m}$ 的分辨率以及 $0.5\mu\text{m}/8\text{h}$ 的精度,为更高性能的磨削加工主动测量控制仪提供了参考。

参考文献

- [1] 祁继超. 嵌入式磨加工主动测量控制仪的研发[D]. 郑州: 郑州大学, 2014.
- [2] 田雪豪, 张琳娜, 郑鹏. 磨加工主动测量控制仪尺寸预报功能研究[J]. 机械设计与制造, 2019(5): 151-154.
- [3] 职占新. 基于统计学习的磨削加工尺寸精度智能预测控制[D]. 郑州: 郑州大学, 2019.
- [4] 段檀烁. 数字式磨加工主动测量仪的研制[J]. 机床与液压, 2016, 44(16): 146-148, 154.

手表定子片数字图像测量系统

陈泽彬,林锦昊,王美清,陈飞

福州大学数学与计算机学院

摘要: 手表中微小零件的检测精度影响手表的使用寿命及走时精度,其零件特殊,且在 25mm 以内,精度要求均在微米级别。设计手表零件定子片图像测量系统,运用机器视觉测得定子片的圆心距离和外形轮廓。用 Hough 变换提取圆心坐标,计算圆心距,并采用外形允差对比算法实现零件轮廓度的比对。将其封装成数字图像检测系统进行手表零件全检,提高了检测精度与检测效率。实验证明,数字图像检测系统能实现对手表零件的高效率和高精度测量,达到自动化生产线的检测要求。

关键词: 机器视觉;Hough 变换;轮廓度;外形允差

中图分类号: TG87;TH741

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.1000-7008.2020.07.023

Watch Stator Plate Digital Image Measurement System

Chen Zebin, Lin Jinhao, Wang Meiqing, Chen Fei

Abstract: The detection accuracy of the tiny parts of the watch affects the life and travel time accuracy of the watch. Watch parts are special, the size of which is within 25mm, and the accuracy requirements are on the micron level. In this paper, a stator image measurement system is designed to measure the distance between the center of the stator and its contour using machine vision. The coordinates of the center of the circle are extracted by Hough transform, and the center-to-center distance is calculated. Then use the shape tolerance comparison algorithm to achieve the comparison of the contours parts. It is packaged into a digital image detection system, which enables full inspection of watch parts and improves detection accuracy and detection efficiency. Experiments have confirmed that the digital image detection system can achieve high-efficiency and high-precision measurement of watch parts and meet the production inspection requirements of automated production lines.

Keywords: machine vision; Hough transform; profile; shape tolerance

1 引言

传统的零件尺寸测量主要为游标卡尺等测量工具,测量效率低,且测量大批量零件的精确度有限;三坐标测量仪具有测量精度高和效率高等优点,但由于设备费用昂贵,需要专门的人员和适宜环境。

机器视觉是指用机器替代人眼来做测量和识别。随着机器视觉技术的不断发展以及工业智能化

水平的不断提高,机器视觉成为尺寸测量的发展趋势。如运用传统数学对二维飞机零件精确提取轮廓^[1],应用机器视觉技术测量零件轮廓尺寸^[2],利用机器视觉检测机油泵零件关键尺寸等^[3]。

基于机器视觉的零件测量系统包括硬件系统和软件系统。硬件系统将目标物体转换成图像信号;软件系统对图像信号进行处理并获得目标物体的形态信息,进而根据像素分布和亮度、颜色等信息,计算所需尺寸数据。将机器视觉应用到手表零件生产线中,具有非接触性,可实现实时大批量高精度检测。本文针对图 1 所示的手表零件定子片测量,设计了机器视觉实时测量系统。

基金项目: 国家自然科学基金(61771141);福建省自然科学基金(2017J01751)

收稿日期: 2020 年 1 月

[5] Shen H, Fu J, He Y, et al. Online asynchronous compensation methods for static/quasistatic error implemented on CNC machine tools[J]. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2012, 60(1): 14-26.

[6] 贾英锋,郑鹏,张琳娜. 磨加工主动测量仪中的数字滤波设计[J]. *机械设计与制造*, 2018(5): 120-123.

第一作者:燕国欣,硕士研究生,西安工业大学机电工程学院,710021 西安市

First Author: Yan Guoxin, Postgraduate, School of Electrical and Mechanical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China

通信作者:王建华,教授,西安工业大学机电工程学院,710021 西安市

Corresponding Author: Wang Jianhua, Professor, School of Electrical and Mechanical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China