

基于 LabVIEW 的数控机床形位误差精密测量系统

叶怀储¹, 李志强², 王鹏翔¹, 陈欢¹, 赵文宏²

(1. 浙江省计量科学研究院, 浙江 杭州 310013; 2. 浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310000)

摘要: 为了实现对数控机床形位误差精密测量, 采用扭簧表及大理石平尺搭建导轨直线度测量装置, 以 HEIDENHAIN 绝对式直线光栅尺为定位精度测量硬件, PC 端通过数据采集卡获取测量信息, 并基于 LabVIEW 开发虚拟仪器, 实现了对数控机床导轨直线度、定位精度和重复定位精度项目的测量; 提出了一种基于 LabVIEW 平台构建数控机床形位误差测量系统的新方案。在相同的检测参数下, 对同一台数控机床进行检测, 并与激光干涉仪测量的数据比对, 激光干涉仪采用 GB/T17421.2-2000 统计分析方法, 实验结果表明, 本系统具备较高的测量分辨率和测量精度。

关键词: 数控机床; 直线度; 定位精度; 重复定位精度; 测量系统

中图分类号: TH161+.21; TH873.7; TH39

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)11-0026-04

Geometry and position error measuring system of CNC machines based on LabVIEW

YE Huai-chu¹, LI Zhi-qiang², WANG Peng-xiang¹, CHEN Huan¹, ZHAO Wen-hong²

(1. Zhejiang Institute of Metrology, Hangzhou 310013, China;

2. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310000, China)

Abstract: To achieve the precision measurement of form and position errors of NC, torsion spring and marble leveling rule were applied in measuring the straightness of the guide way, and the grating scale of HEIDENHAIN were adopted for position error measuring. The virtual instrument based on LabVIEW were developed for further processing, to which the measuring datas were collected through data acquisition card. A geometry and position error measuring system of CNC machines based on LabVIEW was proposed. The system was capable in measuring the straightness of guide way, the position precision and repetitive position precision. Under the same parameter value, the result compare to the data of the measurement with laser interferometer, which adopt the way of statistical analysis in GB/T17421.2-2000. Experiment results show that it is available with high precision and high resolution.

Key words: NC; straightness accuracy; positioning accuracy; repeat positioning accuracy; measurement system

0 引 言

数控机床已在我国制造业企业中得到越来越广泛的应用, 是我国机械工业重点发展的基础项目。机床精度检测是保证数控机床加工质量的重要环节, 目前检验机床导轨直线度的主要工具是自准直仪, 检验机床定位精度和重复定位精度则主要采用激光干涉仪, 设备价格昂贵^[1]。当前国内多数数控机床用户为中

小型生产企业, 对检测设备成本敏感^[2], 检验手段、设备落后, 无法满足高精度加工需要^[3]。

本研究依据国内数控机床特点, 基于虚拟仪器技术开发了数控机床形位误差精密测量系统。该系统安装在机床导轨上, 能迅速地完成机床的直线度、定位精度和重复定位精度的测量, 操作简单快捷, 可以替代自准直仪和激光干涉仪, 并可以为企业节省大量的人力物力成本。

1 测量系统结构与原理

本系统通过扭簧表、大理石平尺以及数显光栅尺,实现对数控机床导轨直线度、定位精度和重复定位精度等参数的检测,以 LabVIEW 作为开发平台,Access 为系统数据库设计并开发了数控机床形位误差精密测量系统。

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 也称虚拟仪器(VI),是基于图形化编程语言的开发环境,是国际首推、应用最广的数据采集和控制开发环境之一。LabVIEW 主要应用于仪器控制、数据采集、数据分析、数据显示等领域,并适用于多种不同的操作系统平台,同时编程非常方便,人机交互界面直观友好,具有强大的数据可视化分析和仪器控制能力^[4]。LabVIEW 程序与众多顺序编程语言不同,LabVIEW 程序的执行由数据流控制^[5-6]。

Access 数据库具有简单、实用、功能强大和可移植性强等特点,是众多 PC 机平台应用程序的理想选择。

1.1 系统硬件结构

系统硬件结构如图 1 所示,主要包括以下几个部分:

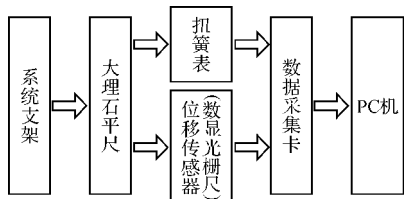


图 1 硬件系统框图

(1) 系统支架。是连接检测系统和数控机床的桥梁,架在机床导轨上,起支撑测量系统的作用。

(2) 大理石平尺。固定在系统支架上,用于固定数显光栅尺,扭簧表固定在机床工作台上,其表头与大理石平尺工作面相接触。调好平尺与机床导轨在水平方向和垂直方向的平行度,使扭簧表在导轨的起点和终点位置显示的值相同,移动机床工作台,扭簧表显示的最大值和最小值的差值即为机床导轨的直线度。

(3) 位移传感器。用于位移量的数据检测与采集,可以测量指定机械部件移动的几何量(相对位移)。本系统采用德国 HEIDENHAIN 生产的绝对式直线光栅尺 LC400 系列为位移传感器。其主要技术指标为:测量步距为 $0.1 \mu\text{m}$ (分辨率达 $0.005 \mu\text{m}$),采用 Endat 信号接口,编码器通电时就可立即得到位置信息并提供给后续电子设备供其随时读取,而无需移动机床轴去找参考点位置。该直线光栅尺动态性能好,

运动可靠性高,沿测量方向的运动加速度大,这些特性使它满足常规轴动态性能要求。

(4) 数据采集卡。将光栅脉冲信息转化为数字量,并传送给计算机。采用串行数据(RS-485)传输方式。

(5) PC 机。用于接收从数据采集卡传送过来的数据,并采用 LabVIEW 对这些数据进行处理保存,然后给出结果及生成报告。

1.2 系统软件结构

本软件系统就是在数据采集卡进行调用的基础上,分别实现数据采集、数据保存、数据处理等功能。该系统的软件结构可分为系统参数初始化模块,数据采集点生成模块、数据采集模块、数据保存模块、数据处理模块和报告生成模块。系统软件结构编制流程如图 2 所示。

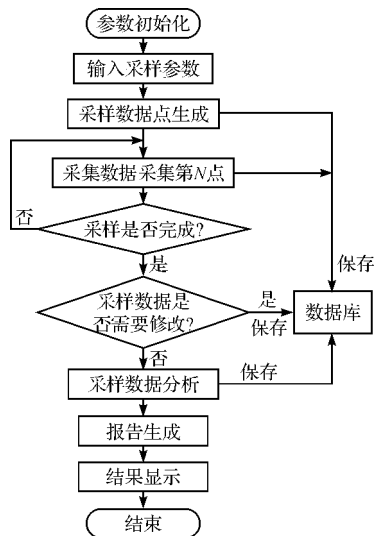


图 2 系统软件结构编制流程图

1.2.1 LabVIEW 数据库访问程序设计

LabVIEW 中对数据库的访问经综合考虑采用 ADO 接口建立与系统数据库的链接。ADO (ActiveX Data Objects) 是 Microsoft 为最新数据库访问接口 OLE DB 设计的应用层接口,使用统一的方法对所有不同文件系统进行访问,可以高速访问数据源,并增加了程序的可移植性^[7-9]。在 LabVIEW 安装目录中的 user.lib 文件夹中新建一个 LabSQL 的文件夹,将下载的 LabSQL 放到这个文件夹下,再次运行时,LabVIEW 的功能模块就会自动加载 LabSQL。LabSQL 与数据库之间是通过 ODBC 连接,用户需要在 ODBC 中指定数据源名称和驱动程序。因此使用 LabSQL 之前,首先要在 Windows 操作系统中的 ODBC 数据源中创建一个 DSN。LabSQL 与数据库之间的连接就是建立在 DSN

基础之上的。LabVIEW 中利用 ADO 接口访问数据库的步骤为:

第 1 步:首先通过 ADO Create. vi 创建一个 Connection 对象,然后利用 ADO Connection Open. vi 建立与数据库的连接,数据库由字符串 ConnectionString “DSN = myDB”(myDB 是一个在 Windows ODBC 数据源中创建的一个 DSN,并与想要连接的数据库相连接)。

第 2 步:利用 ADO Recordset Create. vi 创建一个 Recordset 对象,然后利用 ADO Recordset Open. vi 打开 Recordset 对象,并同时利用 SQL 查询命令获得数据库表中的全部或部分记录。

第 3 步:通过功能选择按钮来选择控制对数据库的操作(查询、添加、删除、修改)。

第 4 步:利用 ADO Recordset Close. vi 和 ADO Connection Close. vi 关闭与数据库之间的连接。

数据库操作步骤如图 3 所示。

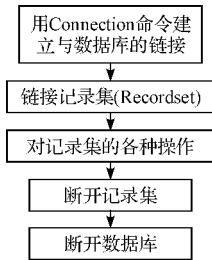


图 3 数据库操作步骤

1.2.2 LabVIEW 与 USB 接口程序设计

在本系统中,VI 是通过调用采集卡的驱动动态链接库来实现数据采集的,本研究不再详述,具体实现如图 4 所示。

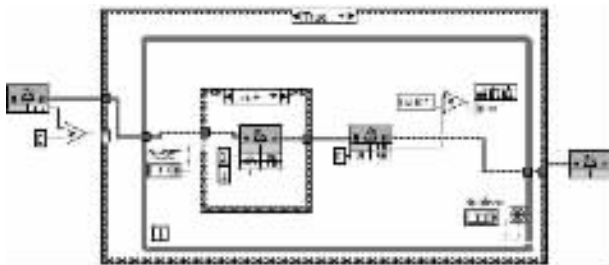


图 4 LabVIEW 中调用 DLL. VI

2 检测实验

2.1 检测方法

系统采用直线光栅尺测量^[9],测量时光栅尺相对被测数控车床导轨不动,光栅尺安装板用测量架固定,读数头随数控车床工作台移动。

测量时,由数控机床控制实现定位轴完成定距离移动,每移动到一个位置,就记录数控系统输出的理论位置值,同时通过绝对直线光栅尺进行当前实际位置采样,采样点获取后,通过数据采集卡传送到计算机。

采集获得的数据信息经由上位机 LabVIEW 软件进行误差分析,并给出可视化结果,完成测试工作。

2.2 检测结果

检测参数如下:

- (1) 测量总行程为(0 ~450) mm;
- (2) 测量间距为 50 mm;
- (3) 测量方向为单向;
- (4) 重复次数为 5 次;
- (5) 每单段停顿时间为 3 s。

检测结果如表 1 和表 2 所示。

表 1 检测结果(一) 单位:mm

采样点	单向平均位置偏差 X_i	单向定位标准不确定度的估算值 S_i	单向重复定位精度 R_i
0	-0.001 2	0.000 8	0.003 3
50	0.002 2	0.000 8	0.003 3
100	-0.002 8	0.000 8	0.003 3
150	-0.006 2	0.000 8	0.003 3
200	-0.003 6	0.000 5	0.002 2
250	-0.007 6	0.000 5	0.002 2
300	-0.013 4	0.001 1	0.004 6
350	-0.018 6	0.001 1	0.004 6
400	-0.015	0.001 2	0.004 9
450	-0.021 8	0.000 8	0.003 3

表 2 检测结果(二) 单位:mm

轴线单向重复定位精度 R	轴线单向定位系统偏差 E	轴线单向定位精度 A
0.004 9	0.024	0.027 2

本研究采用激光干涉仪检测,检测参数如上所述,并采用 GB/T17421. 2 - 2000 统计分析方法^[10],检测结果如表 3 所示。

表 3 激光干涉仪检测结果(二) 单位:mm

轴线单向重复定位精度 R	轴线单向定位系统偏差 E	轴线单向定位精度 A
0.002 7	0.025	0.026 5

对照表 2、表 3 检测结果,在相同的环境条件及检测参数的情况下^[12-15],通过与激光干涉仪的数据比对,可以得出本系统的测量结果稳定、可靠,对数控机床的定位精度和重复定位精度的测量结果均可达到实际应用要求。
(下转第 51 页)

- [3] 郝永秋,蒙建波,陈清宏. 智能线束检测仪的设计与研究[J]. 自动化与仪器仪表,2007(2):13-15.
- [4] 杨利宏. 基于 AT89C55 的全自动便携式线束检测装置[J]. 电子测试,2007(8):39-41.
- [5] Philips Corporation. 74HC373 Datasheet[M]. Netherlands: Philips Corporation,1993.
- [6] 许少伦. 基于 PCI 的汽车线束检测系统[J]. 仪表技术与传感器,2008,10(10):78-79.
- [7] Fairchild Corporation. 74HC245 Datasheet[M]. American:

Fairchild Corporation,2000.

- [8] 金春林,邱慧芳,张皆喜,等. AVR 单片机 C 语言编程与应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [9] RICHARD B, LARRY H O C, SARAH C. Embedded C Programming and the Atmel AVR[M]. Beijing: Tsinghua University Press,2003.
- [10] 周润景,张丽娜. 基于 PROTEUS 的 AVR 单片机设计与仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.

[编辑:李 辉]

(上接第 28 页)

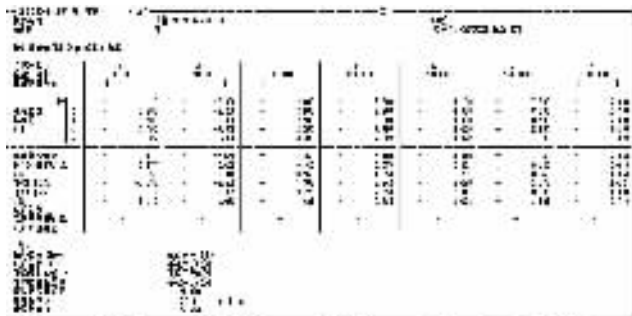


图 5 激光干涉仪在相同环境条件及检测参数下的结果

3 结束语

本测量系统基于 LabVIEW 虚拟仪器技术,采用面向对象的设计方法,建立图形化用户接口,利用扭簧表、大理石平尺及绝对式直线光栅建立的硬件测量系统,实现对数控机床的导轨直线度、线性定位精度、重复定位精度的快速准确测量。

本系统提出了实现对数控机床形位误差测量的新方案,特别适合于数控机床生产企业在机床安装调试阶段的检测。它的使用大大提高了机床检测的工作效率和测量结果的可靠性,极大地降低了企业检测成本,同时便于在现场实际应用时实现测量自动化,具有很广泛的应用前景。

参考文献 (References):

- [1] 宁延平,刘战锋. 国内外高精度直线度测量技术的研究现状[J]. 现代制造工程,2005(6):82-84.
- [2] CAO Yi-ping, LIU Ming-jian, LIU Xiao-li, et al. Development of an instrument for measuring large range 2-D straightness[J].

Opto-Electronic Engineering,2004,31(9):57-60.

- [3] FENG Qi-bo, ZHANG Bin, KUANG Cui-fang. A straightness measurement system using a single-mode fiber laser module[J]. **Optics & Laser Technology**,2004(36):279-283.
- [4] National Instruments Corporation. LabVIEW Measurements Manual[M]. National Instruments Corporation,2003.
- [5] 尹兴波,马海瑞,周爱军. 基于 DataSocket 技术的 LabVIEW 远程测控[J]. 自动化与仪器仪表,2005(4):61-63.
- [6] 黄 梅,陶兆胜. 基于 LabVIEW 的数控车床位置检测系统[J]. 机电工程,2007,24(6):67-68.
- [7] 陈 峰. LabVIEW 在检测系统中的应用[J]. **Retarders & Speed Control Technology**,2009(4):12-16.
- [8] 孟 凯,陈小虎. 基于 LabVIEW 的数据采集监测系统的设计[J]. 机械,2009,36(11):35-37.
- [9] 陈金平,王升泽. LabVIEW 与 C 语言接口的方法 I [J]. 自动化仪表,2005(7):21-25.
- [10] HOSSEIN C S, GUOHUA J, SHEIKH A J. Evaluating the geometric characteristics of cylindrical features[J]. **Precision Engineering**,2003(27):195-204.
- [11] 国家标准化工作委员会. GB/T17421.2-2000 中国标准书号[S]. 北京:中国标准出版社,2000.
- [12] 高 斌,潘震洲,袁焕春. 高柔性五轴联动非金属制品数控加工机床的开发[J]. 轻工机械,2009(2):40-43.
- [13] 高永祥,郁昔平. 数控高速加工中刀具轨迹优化[J]. 轻工机械,2008(6):39-41.
- [14] 谢在凤. 数控机床的误差分析与研究[J]. 现代制造技术与装备,2009(6):16-18.
- [15] 许 军,李 华. 开源数控系统 EMCZ 的编译和启动分析[J]. 现代制造技术与装备,2009(6):59-61.

[编辑:罗向阳]