

基于三点法的拟人化研磨测量仪器设计*

冯骥飞,戴 勇*,陈 硕,李志强,杭 伟

(浙江工业大学 机械制造及自动化教育部重点实验室,浙江 杭州 310014)

摘要:针对目前国内尚无快速、经济、有效的模仿手工研磨抛光操作的大尺寸平面自动化研磨直线度检测的现状,通过对测量对象的深入研究,提出了基于三点法的直线度测量方法,在此基础上确定了测具的结构参数和 LES1 型位移传感器,选用 Atmega16 单片机应用于捕捉脉冲信号的传感系统,完成了测量仪器的设计和制造。研究表明,该测量仪器能够满足自动加工中对直线度测量精度的要求,为挤出平模头自动化研磨技术提供了一种可以选用的测量仪器。并且,此设计方案已经得到应用。

关键词:直线度;三点法;拟人化研磨;测量仪器

中图分类号:TH117;TH871.6

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)08-0069-04

Design of measuring instrument for manual-operation-simulated lapping based on three-point method

FENG Ji-fei, DAI Yong, CHEN Shuo, LI Zhi-qiang, HANG Wei

(MOE Key Laboratory of Mechanical Manufacture and Automation,
Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at the status of the requirement of fast economical and effective solution to linearity testing of hand-polishing automation of large-size flat grinding straightness testing, by the deep study for measure object, a method based on three-point method was presented, on this basis, the structural parameters and LES1 displacement sensor were determined, Atmega16 series microcontroller used in sensor system was chosen to capture pulse signal, the design and manufacture of measuring instruments were completed. The results indicate that the measuring instruments meet accuracy requirements of the straightness measurement in automated processing, and it provides a selection of measuring instruments for flat extrusion die polishing automation technology.

Key words: straightness; three-point method; manual-operation-simulated lapping; measuring instrument

0 引 言

拟人化研磨抛光技术借鉴工人手工研磨抛光操作的经验,针对国内挤出模具行业的加工瓶颈问题,以手工研磨抛光技术和工艺特点为研究切入点,以超大尺寸挤出平模头的自动化研磨抛光为研究对象,重点研究基于三点法的直线度测量技术,以测量结果作为反馈控制的依据;按拟人化的思路构建自动化研磨抛光系统。而挤出平模头加工若要求在加工过程中获得工

件在某一规定垂直平面内的直线精度,则需要对已加工表面直线精度进行周期性地检测,从而找到高点和低点;然而对已加工表面直线精度进行周期性的检测十分困难,工件的长度规格各异(1 m ~ 10 m),如通过在磨头上装测量传感器并利用精密导轨保证测量传感器的精度是不现实的^[1-3]。

基于以上分析,本研究提出了基于三点法的测量仪器的设计,该测量仪器成本低,适应性好,易于推广应用,可以促进国内挤出模具制造企业的技术水平和

收稿日期:2009-12-21

基金项目:浙江省科技厅重大科技专项重点资助项目(2006C11069)

作者简介:冯骥飞(1984-),男,浙江金华人,主要从事精密和超精密装备方面的研究。E-mail: flyboy0315@sina.com.cn

通信联系人:戴 勇,男,教授,硕士生导师。E-mail: b4891392@163.com

企业的综合竞争能力的提高,具有重要的科学意义和实际应用价值。

1 三点法测量原理

三点法测量方法示意图如图 1 所示,3 个坐标点 a_1 、 a_2 、 a_3 可以分别装上传感器,也可以选用任意 1 或者 2 个点安装传感器。它测量基准为水平面,第 1 个接触点为原点,用测量仪器测量出第 2 点的 y 方向上相对于 x 轴的距离。已知 L 、测量值 a_1 、 a_2 、 a_3 ,利用三点法,可以求出第 4 点的 y 坐标值,接着把测量仪器移动一个跨距 L ,如图 1 所示,在此位置时, a_1 、 a_2 分别用上一个位置的 a_2 、 a_3 代替,利用三点法,求出 a_3 的值,可以和传感器得出的 a_3 值进行校验,以此类推得出第 4 点的 y 坐标值,并可求出工件长度方向上各点 y 坐标值。

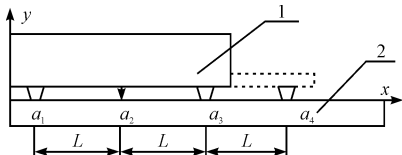


图 1 三点测量方法示意图

三点法已经在轧辊类工件上有了较多的应用,其直线度误差测量是可靠的,1 次测量可得到 3 项误差,提高了测量的精度和测量的效率。在此基础上进一步研究挤出平模头类零件的直线度误差,进而补偿加工,可很好地解决大型平模头零件测量难、加工精度低的问题^[4-6]。

2 测量仪器设计

系统设计方案如图 2 所示,利用高精度的光栅尺位移传感器,通过 ATmega16 单片机采集传感器输出的模拟脉冲信号,经过程序处理,进入单片机程序计算(即利用测量仪器)进行信号分析、处理^[7-8]。得到实时直线度数据,其结果即时 LED 显示和 RS485 通讯输出。此时可以通过 LED 实时读取工件表面直线度数据,也可以通过计算机对采集的数据进行处理后得出工件的表面直线度。

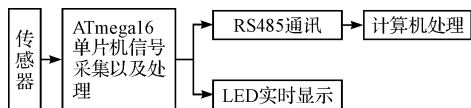


图 2 测量仪器总体方案设计图

2.1 传感器的特性

在本研究中,传感器选用了上海德测公司的 LES1

型光栅尺位移传感器。LES1 是精密的小型光栅测量系统,适用于小量程的精密测量。尤其适用于直线度测量、机器人技术、医疗设备、精密现代化加工设备。通常用于连续的直线度测量。LES1 光栅尺将直线的位移变化转换为脉冲信号。脉冲信号的数量对应移动的距离,脉冲频率则反映了运动速度。本体部分由一套精密直线滑动轴承、复位弹簧、玻璃光栅、LED 光照系统组成。LES1 输出信号为矩形方波。A、B 相相差 90° 的两路波形,能够指示出移动距离以及方向。

传感器输出正交信号时序图如图 3 所示,光栅尺传感器输出的脉冲信号采用了正交编码技术,设 A 相超前时为正向计数,则 B 相超前时为反向计数。由 2 个以上的正交信号时序图可以得出,正向时在 2 个连续跳变沿之间 A 相、B 相的电平状态呈规律出现,即 AB 的状态分别以 01、00、10、11 的顺序为周期出现,每个状态对应着 1/4 的周期。本研究由人为对这几个状态编号进行程序的设计,使得 AB 状态为 01 时对应为自然数 1;AB 状态为 00 时对应为自然数 2;AB 状态为 10 时对应状态为自然数 3;AB 状态为 00 时对应状态为 4。因而可以得到 A 相超前时,对应的自然数变化的规律为 1、2、3、4、1、2、3、4……循环的变化,下一个状态减去前一个状态所得到的值只有两种情况(1 或者 -3)。同上,也可以得出 B 相超前 1/4 周期时候 AB 计数的变化规律,即下一个状态减去前一个状态所得到的值也是两种情况(3 或者 -1)。

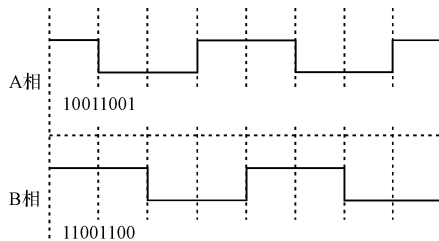


图 3 传感器输出正交信号时序图

2.2 硬件电路设计

ATmega16 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器。由于其先进的指令集以及单时钟周期指令执行时间,ATmega16 的数据吞吐率高达 1 MIPS/MHz,从而可以缓减系统在功耗和处理速度之间的矛盾。

系统采用 Atmega16 单片机主要考虑到其特性符合测量仪器的要求:

- (1) 低功耗:2.7 V ~ 5.5 V 低压供电,ATmega16 在 1 MHz,3 V,25 °C 时的功耗:正常模式为 1.1 mA;空闲模式为 0.35 mA;掉电模式为小于 1 μA,非常适合

便携式仪器应用要求。

(2) 处理能力强。ATmega16 采用了精简指令集 (RISC) 结构,1 个时钟周期可以执行 1 条指令,使 ATmega16 在 16 MHz 工作时,指令速度可达 16 MIPS。另外,ATmega16 采用了 1 个具有预分频器及比较功能和捕捉功能的 16 位定时器/计数器。加之 ATmega16 捕捉模块性能完全可以满足设计任务的需要,且具有丰富的片上外围模块,良好的功能扩展性。所以本研究首选了这款芯片。

信号采集模块由于传感器输出的是脉冲信号,所以该硬件电路不用外加任何外设电路,只要把 A、B 两路光栅信号分别接到 ATmega16 的 4 个 I/O 口管脚 P1、P2、P3、P4,利用 TAO 和 TA1 的捕捉中断功能以软件的算法实现正交脉冲的 4 项细分和辨向,并且实现可逆计数。

在单片机完成实时的数据采集,并对被采集的数据进行初步处理后通过 RS485 通信接口传送给计算机。设计采用了 MAX485 芯片,MAX485 芯片内部含有 1 个驱动器和接收器。RO 和 DI 端分别为接收器的输出和驱动器的输入端,与单片机连接时只需分别与单片机的 RXD 和 TXD 相连即可;/RE 和 DE 端分别为接收和发送的使能端,当 /RE 为逻辑 0 时,器件处于接收状态;当 DE 为逻辑 1 时,器件处于发送状态,由于 MAX485 工作在半双工状态,只需用单片机的一个管脚控制这两个引脚即可;A 端和 B 端分别为接收和发送的差分信号端,当 A 引脚的电平高于 B 时,代表发送的数据为 1;当 A 的电平低于 B 端时,代表发送的数据为 0。只需要以一个信号控制 MAX485 的接收和发送即可。异步串口通信是在经一系列的寄存器设置之后,由硬件自动实现数据的移进和移出,以完成通信的功能,且波特率设置为 9 600 bps。PC 机端通过串口调试控件接收来自串口的数据,并显示出来。接收到的传感器测量信号数据如图 4 所示。

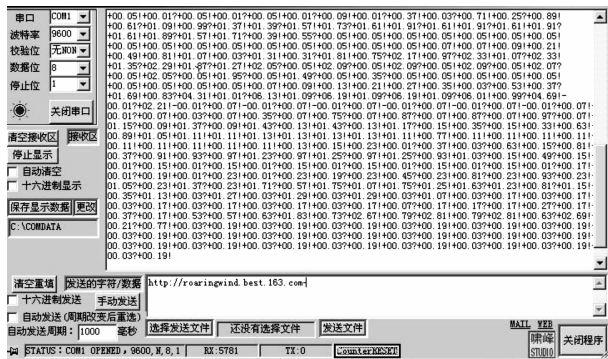


图 4 串口接收信号数据简图

2.3 软件设计

系统流程完成的主要操作包括:数据采集、数据处理、显示以及上位机通讯,流程图如图 5 所示。

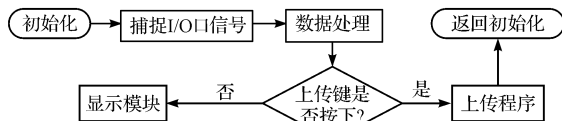


图 5 程序流程图

系统主程序为键盘扫描程序,这是一段无限循环的程序^[9]。系统上电后就开始无限循环的运行。首先判断 I/O 口是否有脉冲信号输入,如果没有则在显示模块显示 00.00,再进行下一次循环判断。当捕捉到 I/O 口信号时,进入正交编码的脉冲信号分析处理程序,判断出 AB 相的先后,再在计数器中进行计数处理,得到具体的位移数据,再进入上传键判断循环程序,如果上传键按下,则进入通讯程序,通过 485 串口将数据上传至上位机处理。如果上传键没有按下,则进入显示程序,将具体数据实时显示在 LED 显示屏上。同时还设置了复位程序,以便于将测量结果复位清零。

系统程序主要分为:

- (1) 程序主程序—键盘扫描程序,反复判断是否有键按下;
- (2) 数据处理子程序—根据 I/O 口捕捉到的脉冲信号,对数据进行处理;
- (3) 显示子程序—利用 LED 显示驱动控制器将测量结果进行显示;
- (4) 通讯子程序—通过异步通讯实现与 PC 机通讯。

2.4 测具的结构设计



图 6 测量仪器实物

测具的结构参数主要根据加工工件的实际大小决定,本设计方案中为高 16 cm,长 25 cm,宽 10 cm 的长方形结构。测量直线度的测量仪器实物图如图 6 所示^[10]。支撑脚是一段半圆结构,利用半圆的母线与工

件表面接触,加强测量位置的稳定性。仪器的两外接侧面经手工抛光表面粗糙度达到 Ra 值为 200 nm 左右。外围半圆结构为测量工具的支撑点,中间为传感器的测头。规定测头在支撑点连线上为零点,如测点在支撑点连线的上方,测头为上缩状态,测量仪器的读数为正数。如测点在支撑连线的下方,测头为下升状态,测量仪器的读数为负数。

表 1 测量的 40 个采样点 Y 坐标值

Y 值/ μm	第 1 点	第 2 点	第 3 点	第 4 点	第 5 点	第 6 点	第 7 点	第 8 点
A 相	0.05	0.01	0.09	0.37	0.03	0.71	0.25	0.89
B 相	0.00	0.09	0.36	0.03	0.70	0.22	0.85	0.50
Y 值/ μm	第 9 点	第 10 点	第 11 点	第 12 点	第 13 点	第 14 点	第 15 点	第 16 点
A 相	0.61	1.09	0.68	1.37	1.61	1.31	1.91	1.61
B 相	1.00	0.60	1.33	1.60	1.31	1.91	1.60	0.05
Y 值/ μm	第 17 点	第 18 点	第 19 点	第 20 点	第 21 点	第 22 点	第 23 点	第 24 点
A 相	0.05	0.07	0.21	0.49	0.81	1.07	0.35	0.87
B 相	0.06	0.21	0.44	0.80	1.00	0.33	0.87	1.37
Y 值/ μm	第 25 点	第 26 点	第 27 点	第 28 点	第 29 点	第 30 点	第 31 点	第 32 点
A 相	1.37	0.09	1.34	0.13	1.17	0.15	0.33	0.63
B 相	0.09	1.33	0.13	1.14	0.14	0.33	0.63	0.22
Y 值/ μm	第 33 点	第 34 点	第 35 点	第 36 点	第 37 点	第 38 点	第 39 点	第 40 点
A 相	0.23	0.37	0.09	0.19	2.08	0.19	0.00	1.02
B 相	0.37	0.09	0.19	2.08	0.19	0.01	1.02	0.33

针对表 1 测得数据,根据形位公差国家标准,使用最小条件的原则,应用比例公式法来计算直线度误差值^[11]:

$$f = \left| B_k - \frac{a-b}{c-b} B_n \right|$$

式中 f —直线度误差; a, b, c —包容直线接触点的序号,其中 $a < b < c$; $B_k = b_a - b_b$; $B_n = b_b - b_c$; B_a —第 1 点 y 轴坐标; B_b —第 2 点 y 轴坐标; B_c —第 3 点 y 轴坐标(以此类推后续 40 个点的坐标)。

可得出 $f_a \approx 0.6225 \mu\text{m}$, $f_b \approx 0.6037 \mu\text{m}$, 测量误差百分比为 1.31%, 满足了对平模头直线度的检测要求。

4 结束语

本研究的实验结果表明,基于三点法的拟人化研磨测量仪器具有结构简单、测量精度较高等优点,而且成本较低;其直线度测量效果从理论上得到了验证,能够满足自动加工中对直线度测量精度的要求,为挤出平模头自动化研磨技术研究打下了一定的基础,为进一步研究挤出平模头直线度测量方法提供了一种可行的方案。在三点法测量直线度误差基础上还可进一步研究大平面平模头工件的直线度检测方法,进而补偿加工,可以为解决“大平面平模头工件测量难、加工精度低”的问题提供一种新的思路。

3 测量结果、直线度误差分析

根据上述三点法原理而设计的测量仪器对一根长 1 m 的挤出平模头工件进行采样直线度测量,每隔 25 mm 采样 1 个点,共计采样了 40 个坐标点,得出各点 y 轴坐标值。具体数据如表 1 所示。

参考文献(References):

- [1] 张泰昌,陈志东,李隆铸. 直线度与平面度的误差值评定[M]. 北京: 计量出版社, 1981.
- [2] 谭久彬,李东升. 超精密仪器工程关键技术研究若干进展[J]. 中国计量学院学报, 2003(2): 83-88.
- [3] 孙宝寿. 大轴素线直线度误差在线测量研究[J]. 计量与测试技术, 2001(1): 11-12.
- [4] 宁延平,刘战锋. 国内外高精度直线测量技术的研究现状[J]. 现代制造工程, 2005(6): 82-84.
- [5] 王培昌,常治学,张秀峰. 长轴直线度检测系统[J]. 光电工程, 2008(3): 63-67.
- [6] 王宁侠. 深孔直线度检测装置的设计及应用[J]. 制造技术与机床, 2007(6): 90-92.
- [7] 陈海平. 直线度自动检查仪的研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院, 2003.
- [8] 戚新波,范 峥,陈学广. 高精度电感测微电路的设计[J]. 华北水利水电学院学报, 2005(4): 31-33.
- [9] 张忠帅. VC++2008 专题应用程序开发实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [10] 邵宏伟,张旭东,郑庆国,等. 在线平面度测量仪[J]. 计量学报, 2006(z1): 182-185.
- [11] 刘雁蜀,王天琦. 管类零件轴线直线度的处理方法研究[J]. 机械设计与制造, 2008(12): 144-146.