

通信技术

光纤拉力测试系统的软硬件实现及应用

陈银方¹ 陈哲^{1,2} 李广玮^{1,2} 葛菁华¹ 李斯本¹ 杜焱¹

(暨南大学光电工程系¹,广东省高校光电信息与传感技术重点实验室(暨南大学)²,广州 510632)

摘要 提出一种测试光纤拉力的硬件设计方法。在轮式侧边抛磨机上添加光纤拉力测试系统,实时监测和记录抛磨过程中光纤拉力的变化。对硬件系统获取的信息采用串口通信,由计算机直接采集并反馈到侧边抛磨机,对提高光纤抛磨的精度有重要的影响。光纤拉力可以通过测量轴向拉力来反映,因此轴向拉力数据的采集和处理是光纤拉力测试的核心部分。

关键词 串口通信 上位机 光纤拉力 轴向拉力变化曲线

中图分类号 TN253; **文献标志码** A

通常,普通光纤足够厚度的光纤包层保证了在纤芯中传播的光场,以及在光纤包层中倏逝波场的能量不会泄漏到光纤外面。侧边抛磨光纤^[1]是在普通光纤上采用光学微加工的方法制成。利用侧边抛磨的方法使光纤的包层厚度减小到倏逝波场存在的区域,形成一个纤芯中传输光的倏逝波场的“泄漏窗口”。在此“窗口”处,可能利用倏逝场来激发、控制、探测光纤纤芯中的传输光波的无损传播或泄漏^[2]。因此侧边抛磨光纤的质量好坏直接决定了它的应用性能。为了提高侧边抛磨光纤的加工精度,在原有光纤侧边抛磨机^[3]基础上搭建光纤拉力测试系统,利用串口通信和软件应用实现在抛磨过程中可以实时监测光纤拉力的变化,为提高光纤的抛磨精度提供重要的实验依据。

1 光纤拉力测试系统的软硬件设计

1.1 光纤拉力测试系统简介

实验发现,光纤抛磨过程中光纤拉力的变化是

影响侧边抛磨光纤制备的一个重要因素,因此需要对光纤拉力进行精确的监测和控制,利用磁力与距离之间的特性,设计一套光纤拉力测试装置。其原理图参考图1。

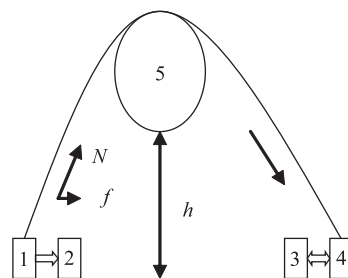


图1 光纤拉力测试装置示意图

图1中,1、4是可滑动光纤夹具台,分别安装于摩擦系数很小的高精密光滑导轨上,夹具用以固定光纤的两端,5是抛磨轮,2和3是一个金属块,位置固定,用于限制左右两边夹具的滑动范围;拉力计固定在金属块2的左侧,与夹具1相接触,光纤侧边抛磨机有单独的步进电机控制金属块3在光滑导轨上的左右移动。为了保证光纤在抛磨过程中不易断裂,在金属块3和右边光纤夹具4上安装强永磁铁,极性相反,当光纤两端固定以后,3和4之间产生斥力,使得光纤在抛磨过程中拉力可以自动调节。对于强永磁铁,磁力作用范围较大,在斥力不太大的情况下,容易实现斥力的连续可调^[4]。基于

2011年5月5日收到,5月26日修改 国家自然科学基金
(10776009)、国家自然科学基金(60877044)、
中央高校基本科研业务费专项资金资助
第一作者简介:陈银方(1985—),男,福建宁德人,硕士研究生,研究
方向:新型光纤无源器件、光学设计及光机电一体化。E-mail:
wuhuihan@yahoo.com.cn。

这个特点,系统采取这个方法,为光纤提供拉力。

光纤侧边抛磨机运转前,安装好需抛磨的光纤,利用计算机控制软件调节好金属块 3 和右边夹具 4 之间的距离,此时,金属块和夹具间会由于强永磁铁产生斥力。这个斥力在抛磨轮左侧光纤就会转化为光纤拉力,拉动左边光纤夹具 1 向拉力计靠近,产生轴向拉力。如图 1 所示, N 为光纤拉力, f 为轴向拉力。分析光纤的受力情况,光纤与拉力测量的轴向方向存在一个角度,因此可以测量轴向拉力 f 来间接测量光纤侧边抛磨中光纤拉力 N 的变化。

1.2 光纤拉力测试系统硬件设计方案

拉力计是光纤拉力测试系统的核心部分,拉力计测出的数据大小能够直接反映侧边抛磨过程中光纤拉力的变化,有助于控制光纤的初始拉力,获得所要求的侧边抛磨光纤。因此拉力计的研制是测试系统的关键。拉力计原理图如图 2 所示。

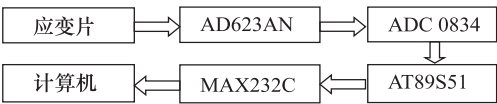


图 2 拉力计原理图

图 2 所示为拉力计原理框图。它主要由应变片、A/D 转换器、放大器、CPU 存储器、串口通信模块、电容和电阻所组成。应变片^[5]是一种用途广泛的高精度力学量传感元件,其基本任务是把构件表面的变形量转变为电信号。本文介绍的拉力计采用电阻应变式称重测力传感器测力,量程为 500 g。

应变片上测量到的微弱电信号需要进行放大,才能得到进一步的处理。采用一个型号为 AD623AN^[6] 的放大器。AD623AN 是一款集成式单电源仪表放大器,采用 3 V 至 12 V 电源供电时提供轨到轨输出摆幅。不接外部电阻时,AD623AN 采用单位增益配置;连接外部电阻时,AD623AN 可通过编程实现最高增益 1 000。AD623AN 具有优异的交流共模抑制比,并且随着增益提高而增大,可确保误差极小。因此 AD623AN 的应用能够提高电路的整体抗干扰能力,提高所获轴向拉力的精度。

ADC 0834 单片机是一种 8 位的模数转换器,功能是把经过放大的应变片上测量出来的电信号转

换为数字信号,再传输至 AT89S51 进行处理。

AT89S51^[7]一种低功耗,高性能的 8 位单片机,片内含 4 k 字节的可反复擦写 1 000 次的 Flash 只读程序存储器,芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISP Flash 存储单元。AT89S51 出来的信号经过 MAX232CP 与计算机进行通信。

MAX232CPE 是 16 针 SMD 封装 IC,功能就是实现串口通讯功能驱动与串口数据接收功能,用于完成计算机 232 端口数据电平转换,连接 CMOS 电路的,它必须 +5 V 电源才会工作。

1.3 光纤拉力测试系统软件设计思路

光纤拉力测试系统中核心部分拉力计的上位机程序主要分为两部分。程序第一部分是 RS232 串口通信与轴向拉力读取功能,记录轴向拉力的变化值,实现把十六进制数据转化为十进制数据,并显示到软件的界面中;第二部分是拉力值存储功能,设计一个定时器,设置记录轴向拉力值的时间间隔。软件流程图如图 3 所示。

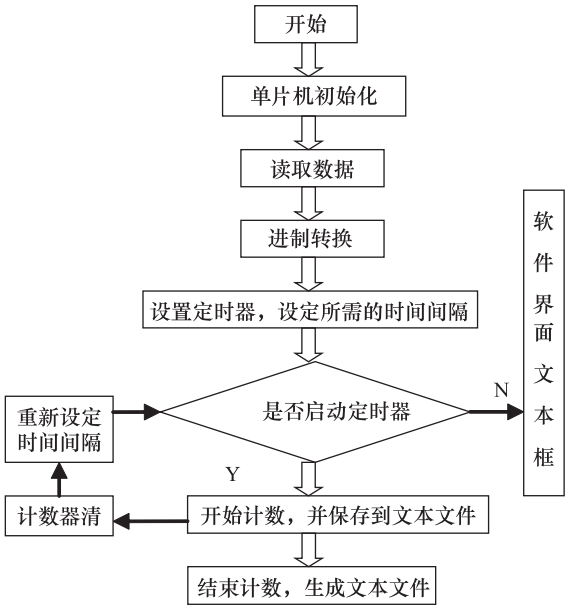


图 3 拉力计软件设计流程图

2 光纤拉力测试系统的应用

将光纤拉力测试系统加入到光纤侧边抛磨机中,装置图如图 1 所示。上位机采用 RS232 接口与拉力

计电路板进行通讯。选取三根完全相同的单模光纤,将每根光纤待抛磨区域去掉保护层,分别安装在侧边抛磨机两边的夹具上。按照设计要求,选取直径为 48 mm 的抛磨轮。通过上位机设定抛磨轮的转速、高度和旋转周期,并设置拉力计的采样频率,以及左右光纤夹具台的位置,控制右边光纤夹具台与金属块之间的距离,产生不同的光纤拉力,而拉力计用来监测光纤拉力的变化。每次抛磨过程中,抛磨轮与工作台的高度是严格保持不变的,只改变初始轴向拉力值,即左边光纤夹具对拉力计产生的压力。

下面是上述三根光纤测出来的三组轴向拉力与时间的变化曲线图,光纤侧边抛磨机运行时,抛磨轮每隔 10 s 换方向转动,所以设置轴向拉力曲线变化周期为 20 s。这里只截取轴向拉力曲线中的一个周期来说明抛磨过程中拉力的变化特点,因为同一组轴向拉力变化曲线图中,轴向拉力变化近似周期性。质量是利用质量在地球重力场中的力效应来测量的,所以从测量技术讲,质量和力彼此是同类的。用质量乘以加速度就可以反映力的变化。

对比图 4 中三组轴向拉力变化曲线图,可以得出,初始轴向拉力越大,抛磨过程中拉力变化范围越广。在抛磨轮同一转向时,拉力的抖动趋势随着初始轴向拉力增加,变得越来越大,抛磨得到的光纤抛磨区就会越来越深,剩余厚度就会越来越小。

图 5 所示为光纤侧边抛磨过程中拉力变化情况。抛磨轮未开始转动时,光纤所受到的初始拉力为 N ,光纤与抛磨轮的摩擦力为 F ,根据图 5 中(1)所示,此时拉力计所测轴向拉力 $f = N \cos \alpha$;抛磨轮子开始以顺时针方向转动时,如图 5 中(2)所示,摩擦力 F 会带动左边光纤夹具对拉力计产生一种推力,这是图 4 中轴向拉力变化曲线出现上跳沿的原因,此时拉力计所测轴向拉力 $f_1 = (N + F) \cos \alpha$;同理,当抛磨轮子以逆时针方向转动时,如图 5 中(3)所示,摩擦力 F 会产生一种拉力,带动左边光纤夹具背离拉力计,这是图 4 中轴向拉力变化曲线出现下跳沿的原因,此时拉力计所测轴向拉力 $f_2 = (N - F) \cos \alpha$ 。

图 4 中(1)图初始轴向拉力 f 最小,光纤与轮子产生的摩擦力 F 也最小,抛磨轮发生转向变化时,拉力变

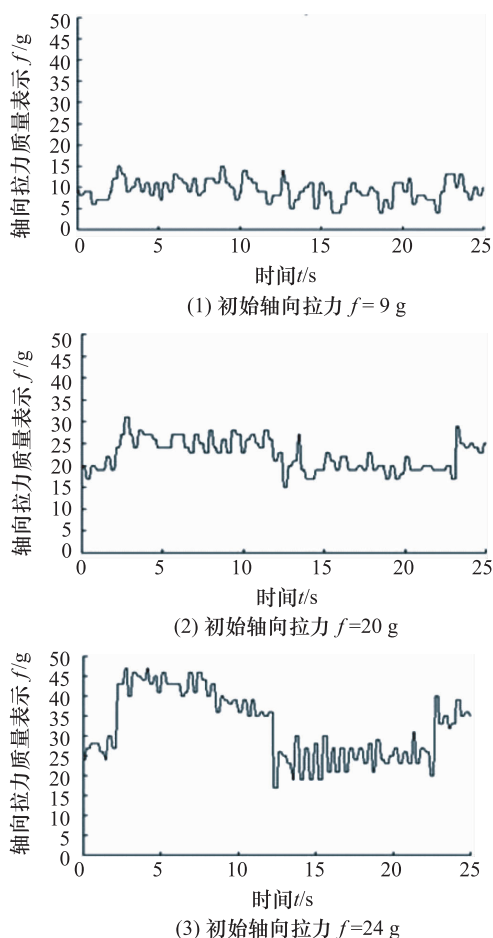


图 4 轴向拉力(质量表示)变化曲线图

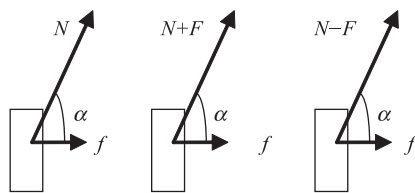


图 5 抛磨过程的拉力变化分析

化情况就小,故(1)图中上跳沿与下跳沿之间的过渡平缓。随着初始轴向拉力 f 的增大,光纤与抛磨轮的摩擦力 F 随之增大,由公式 $f = (N \pm F) \cos \alpha$ 可得,抛磨轮转向改变时,轴向拉力变化曲线中上跳沿与下跳沿之间的过渡变得陡峭,如图 4 中的(2)和(3)图所示。

光纤侧边抛磨过程中,在轮子的一侧加上一个视频 CCD 进行微观拍摄,实时监控光纤抛磨区的活动情况。图 6 是光纤抛磨区的活动示意图。

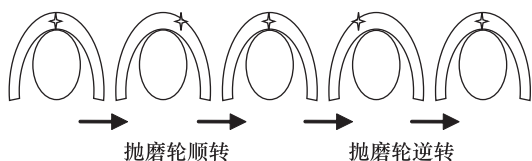


图6 光纤抛磨区随抛磨轮转动的活动示意图

图6中,用十字星标记表示抛磨区,可见光纤抛磨区位置并不是固定的,而是在一个范围内来回移动。当抛磨轮顺转时,抛磨区会朝顺时针移动一段距离;当抛磨轮逆转时,抛磨区则朝相应的方向移动一段距离。因此光纤抛磨过程中,光纤与抛磨轮的接触面是在不断变化,导致二者之间的摩擦力 F 在改变,进而使得轴向拉力 f 也在时刻变化。光纤拉力是由磁力和距离作用共同产生的。在抛磨过程中,右边光纤夹具和金属块之间的距离会随着抛磨的进行产生变化,故二者间的斥力会发生变化,直接影响光纤拉力,导致拉力计所测的轴向拉力的改变。

通过上述分析,实验中控制光纤拉力的变化,可以有效控制光纤抛磨区的形状,光纤拉力越大,获得同一剩余厚度的光纤所需的时间就越短,但同时也提高了光纤抛磨区断裂的可能性,因此可以设置光纤初始轴向拉力,调整装置促使抛磨轮同一转向时拉力抖动变化小,提高光纤抛磨的成功率,获得较高精度的侧边抛磨光纤,达到实际应用的要求。

3 总结

光纤拉力测试系统的成功研制,成功实现了在光纤侧边抛磨过程中对光纤拉力的实时监控和记录。在设计时考虑了控制方式和测试精度,具有体积小、易于安装、成本低廉、精度高等优点,经过实际测试与应用,证明光纤拉力测试系统具有强的稳定性和准确性,目前已应用在轮式光纤侧边抛磨机,对光纤的制备条件进行在线调控,完善了光纤侧边抛磨的方法。实验结果表面,光纤拉力测试系统已能较好地监测出光纤侧边抛磨过程中光纤拉力的变化,分析拉力变化的原因,提高装置的稳定性和精度。

参 考 文 献

- 1 Tseng Shiaomin, Chen Chinlin. Side-polished fibers. *Applied Optics*. 1992;31(18):3438—3477
- 2 江沛凡,陈哲,曾应新. 侧边抛磨光纤的光传输特性研究. *半导体光电*,2006;27(5):578—581
- 3 陈哲. 光纤侧边抛磨装置及其工艺方法. 中国专利,200410077791.4. 2005
- 4 江沛凡. 光纤侧边抛磨机的研制及关键技术的研究. 广州:暨南大学,2006
- 5 刘笃仁,韩保君. 传感器原理及应用技术. 西安:西安电子科技大学出版社,2009;20—43
- 6 阎石. 数字电子技术基础. 北京:高等教育出版社,2006;343—378
- 7 李刚民,曹巧媛,. 单片机原理及实用技术. 北京:高等教育出版社,2008;133—165

Software and Hardware Realization and Application of Fiber Tension Test System

CHEN Yin-fang¹, CHEN Zhe^{1,2}, LI Guang-wei^{1,2}, GE Jing-hua¹, LI Si-ben¹, DU Yao¹

(Department of Optoelectronics Engineering¹, Key Laboratory of Optoelectronic Information and Sensing Technologies of Guangdong Higher Education Institutes², Jinan University, Guangzhou 510632, P. R. China)

[Abstract] A kind of fiber tension test of hardware design's method was put forward. Fiber tension test system was added to the fiber-polished machine, which was monitoring the changes of fiber tension in the process of fiber-polishing. The information that hardware system obtain was gathered directly by computer using serial communications. It had an important effects on improving accuracy of fiber-polishing. Fiber tension could be reflected indirectly by measuring axial tension. Therefore the acquisition and processing of axial tension is the core part of fiber tension test.

[Key words] serial communications upper computer fiber tension axial tension variation curve