

文章编号: 1671-7848(2007)04-0448-03

一种基于 CCD 和 DSP 的纤度仪的研制

杜方迅

(苏州科技学院 电子信息与工程系, 江苏 苏州 215011)



摘 要: 介绍了一种纤度测量的新方法。基于此研制了在线纤度仪, 它以电荷耦合器件 CCD 为纤维直径的图像传感元件, 以数字信号处理器 DSP 为图像处理器。这种仪器可简化纤度测量过程, 还具有成本低、体积小、重量轻、测量迅速、非介入生产、不干扰生产工艺、可用性好的特点。该装置已经成功运行在涤纶短纤的在线检测中。

关键词: 纤度; 电荷耦合器件 CCD; 数字信号处理器 DSP; 智能

中图分类号: TN 79

文献标识码: A

Development of Fiber Size Instrument Based on CCD and DSP

DU Fang-xun

(Department of Electronics, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, China)

Abstract: The principle about measuring fibre size based on charged coupled device (CCD) is introduced. The fiber size instrument based on the principle is developed. It takes CCD as image sensor, and DSP image processor. The instrument can predigest the fiber size measuring process, and possess the characteristics of lower cost, littler volume and weight, faster measuring, non-interference producing process, easier using. The instrument is applied successfully to the measuring polyester fiber online.

Key words: Fibre size; CCD; DSP; Intelligence

1 引言

纤度是天然丝或化学纤维粗细程度的单位, 定义为 9 000 m 长的纤维质量为多少克, 它的纤度就是多少旦尼尔 (Denier)。旦数越小, 纤维越细。在化学纤维的生产过程中, 纤度是表征产品质量的重要指标。

力矩法是目前在线测量纤维粗细最有效的方法。但它的缺点是:

①机械测量方法 精度不高, 这种方法构造的纤度仪常被戏称浆料块测试仪, 只有当生产出现大的故障, 喷丝头喷出的不是丝, 而是料块时机械系统才能检测出变化。②接触式测量 干扰生产工艺, 由于金属棒的阻挡, 造成纤维丝受力不匀, 受力大的会使刚出喷丝头的丝变细, 受力小的丝又会变粗。为此, 产品质量受损, 优等品率不高, 使得相当批次的化纤丝只能成为枕头、被褥的填充料, 经济效率降低。

因此探索新的纤维粗细测量原理, 有着重大的意义和广阔的应用前景。

本文介绍了一种纤度测量的新方法, 基于此, 研制了在线纤度仪。

2 测量原理

力矩法测量纤维直径的原理如图 1 所示。

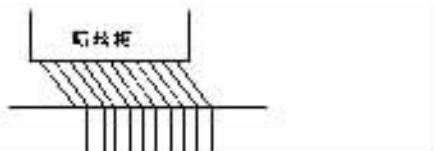


图 1 力矩法纤度测试仪结构图

Fig.1 Diagram of the fibre size instrument based on mechanics

将熔融状态下的化学纤维原料在喷丝头中加压并挤出, 在离喷丝头不远处, 用一光滑的金属棒阻挡化纤丝自然下垂, 金属棒所受的力矩与丝的粗细成正比。

电耦合器件 CCD 作为一种光电转换器件, 具有自扫描、分辨率高、体积小、可靠性好、光谱响应宽等优点, 它广泛应用于图像处理、景物识别、非接触式测量等领域^[1]。该纤度仪的测量采用的光电摄像法, 就是由线阵 CCD 实现的。它所用的 CCD 传感器是日本东芝公司的 TCD1503D 线阵 CCD, 有效光敏元素为 5 000, 像点尺寸为 7 μm ,

总测量长度为 35 mm。光学测量工作原理，如图 2 所示。

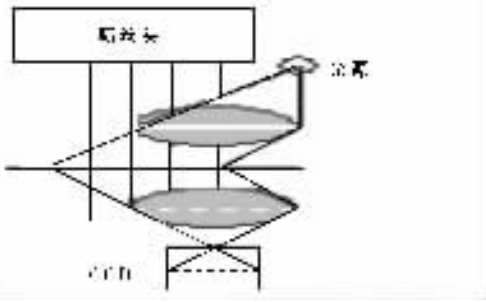


图 2 纤度仪的光学原理图

Fig.2 Principle diagram of the fibre size instrument based on optical

光源发出的光线经狭缝后，形成一束光带，并通过透镜形成平行光源，经化纤丝反射后通过接收镜头在线阵 CCD 上形成化纤丝的电子图像。由于喷丝头有几十个丝孔，所以在 CCD 上会形成几十条亮斑，需经图像处理后才能得到其化纤丝的像尺寸 $CC1$ ，再根据此尺寸求出化纤丝的直径 D 。其公式为

$$D = CC1 * V$$

式中， V 为光学成像放大系数。

经过计算，可得到纤度为

$$d = 2\ 500 \pi D^2 \rho$$

3 系统设计与工作过程

1) 系统设计 在线纤度测试仪由图像采集器、图像处理器、逻辑控制器等部分构成。纤度仪系统结构如图 3 所示。

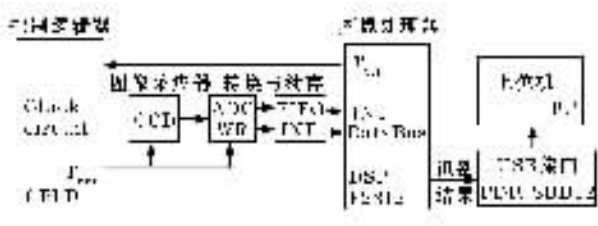


图 3 纤度仪系统结构图

Fig.3 Block diagram of the fibre size instrument based on CCD & DSP

①图像采集器的设计 喷丝板的直径为 100 mm，纤维直径的测量绝对误差小于 $30 \mu\text{m}$ 。图像采集器的设计可选用日本东芝公司的 TCD1503D 线阵 CCD。TCD1503D 有效光敏元素为 5000，像点尺寸为 $7 \mu\text{m}$ ，总测量长度为 35 mm，驱动频率高达 20 MHz，并考虑光学放大系数为 $1/4$ 。这样，喷丝板喷出的丝都能反射到线阵 CCD 上，并能使纤维直径的测量绝对误差为 $7 \times 4 \mu\text{m} = 28 \mu\text{m}$ 。CCD 传感器输出信号为离散电压信号序列，每一个离散电压

信号的大小对应该光敏元所接收光强的强弱，而信号输出的时序则对应 CCD 光敏元位置的顺序。测量时，线阵 CCD 传感器所需要的光积分时间 T_{SH} 与入射光光强、光敏单元数和驱动频率有关。若入射光光强足够，则所需要的积分时间取决于光敏单元数、驱动频率。若希望提高测量速度，就要减少积分时间。对所选用的 CCD，尽量提高驱动频率；但驱动频率过高会导致 CCD 传感器的性能下降。兼顾传感器性能和测量速度，线阵 CCD 驱动时钟选用 10 MHz，则 CCD 光积分时间 T_{SH} ，至少需要 0.5 ms。

②图像处理器的设计 图像处理需要占用大量的系统资源，考虑采用数字信号处理器 (DSP)。TMS320F2812 (简称 F2812) 是 Texas Instruments 公司生产的 32 位定点数字信号处理器^[2]。它采用围绕 8 条总线的改进型哈佛结构，CPU 经过专门的硬件逻辑设计，指令的执行采用流水线方式，加上高度专业化的指令系统使其具有高度的并行性、实时性；片内集成了 128 K 字节 Flash 存储器和 18 K 字节 RAM 存储器，大容量的片内存储器使得信号处理算法能够在片内存储器上高速运行。F2812 处理器外接 30 MHz 晶振，指令周期仅为 6.67 ns，所有指令单周期执行。F2812 外围资源丰富，内置双采样和保持的 12 位精度模数转换器 (ADC)，80 ns 流水线转换时间；2 个事件管理器 (每个事件管理器都含有 2 个可编程定时器)，2 个通信接口模块 (SCIA 和 SCIB)，串行外设接口模块 (SPI)，缓冲串行口 (MCBSP)，CAN 控制模块等外设。此外，该处理器有多达 56 个通用、双向的数字 I/O 引脚，这些在片硬件资源都可由用户根据自己的需求进行软件设置，使得芯片在应用上具有极大的灵活性，特别适合用于实时处理系统中。一个 F2812 可以处理很多 CCD 传来的图像信息。

③控制逻辑器的设计 控制逻辑器采用 ALTERA 公司生产的 CPLD 芯片的 EPM7128S，它是一种性价比较高的可编程逻辑芯片，具有如下特点：以第二代多阵列矩阵 (MAX) 机构为基础，高性能的 CMOS EEPROM 器件；通过 JTAG 接口可实现系统编程；内置 JTAG BST 电路；兼容 3.3 V 和 5 V 电源；可编程保密，全面保护专利设计。

④USB 控制器 PDIUSB12 USB 控制器 PDIUSB12 是一款高性能低成本的 USB 器件，完全符合 USB1.1 规范。通过这个接口，可以把图像识别的结果，传给上位机或需要这些结果的部门。

2) CCD 信号采集与处理工作原理 以往，信号采集与信号处理是分开进行的，总是将采集到的数据传到控制室的工业计算机进行处理，而本系统

则在测头上利用 DSP 完成采集和处理工作, 直接计算出纤度值, 因而具有更短的响应时间和更快的处理速度。信号采集与处理工作原理如下:

CCD 光采样的光积分启动控制信号由 DSP 产生。每隔 T_{SH} 时间, DSP 的定时器产生 1 次中断, 输出 1 个宽度为 $10 \mu\text{s}$ 、周期为 T_{SH} ($T_{SH} = 0.5 \text{ ms}$) 的 CCD 光积分控制信号 T_{ccd} 。该 ψ_{SH} 信号的下降沿启动 CCD 的光积分, 同时 CCD 输出上一次光积分的信号。采用 DSP 的定时器中断产生 CCD 光积分控制信号 T_{ccd} , 这样在光强容许的范围内可以灵活调整 CCD 光积分时间 $T_{SH}^{[3]}$ 。MAX1419 (15 位 80M-spsADC) 工作于 WR-RD 方式, T_{ccd} 信号的下降沿启动 ADC 采样时钟电路, 产生 10 MHz 的 AD 采样启动信号 WR (脉宽为 50 ns), 对每一次 CCD 光积分输出的 4 096 个有效光敏元信号进行 1 组 AD 采样 (共 4 096 次), 而每一次 ADC 转换完成都产生 1 次中断, 将采样结果保存到 cy7c4255 (8 K × 18BIT-FIFO) 中, 当 FIFO 中数据半满 (4 K) 时, 再产生中断, 将 4 K 数据保存到 DSP 的 RAM 中进行处理。CPU 可以利用下一组光积分时间处理数据。采用这种方式, 不但软件设计更为简单, 且每次保存 A/D 转换结果不需采用中断方式, CPU 工作可不被打断, 处理能力得到充分发挥^[4]。因而可实现高速高精度视频采集和信号处理。

3) 功能的设计 数字信号处理器 TMS320F2812 实际上为一能处理大量数据的单片机, 除了做图像处理工作外, 还能使纤度测试仪具有一些智能化的功能, 具体如下:

(上接第 447 页)

6 结 语

本文从空间机械臂在线实时规划所要求的安全性、实时性和高效性出发, 利用规则体的包络对障碍物进行建模, 并借鉴了 C 空间法思想把三维问题转化为二维问题, 实现了空间机械臂在线规划的安全性和实时性的要求, 并在带 6 自由度机械臂的空间机器人仿真系统上开展了仿真研究, 在障碍物相对速度较小和障碍物静止时达到了令人满意的效果。这对于推动空间机器人的在线实时操作有重要意义。

参考文献 (References):

[1] Lozano P T. Spatial planning in configurations space approach [J]. IEEE

①现场测试标准试样的纤度值, 以确定本次仪器安装定位后纤度修正系数。②调节 CCD 光积分控制信号 ψ_{SH} 的周期 T_{SH} , 以便快速得到化纤丝的的视频信号。③设置报警值。④自动显示测试结果。

4) 功能的设计 最近, 日本东芝公司推出了 TCD2901D 线阵 CCD, 有效光敏元素为 10550, 像点尺寸为 $4 \mu\text{m}$ 。用它替代 TCD1503D, 为保证测量范围 100 mm, 光学放大系数改为 1/2, 化纤丝直径绝对误差可降低到 $2 \times 4 \mu\text{m} = 8 \mu\text{m}$ 。随着新的光电子器件的不断出现, 纤度测试仪的精度也会不断提高。目前, 化纤行业已经喷出了直径小于 $1 \mu\text{m}$ 的超细旦丝, 人们期待像点尺寸更小的 CCD 出现来构造纤度仪, 以确保这类超细旦丝的产品质量。

4 结 语

根据上述原理设计的纤度仪没有机械装置, 结构简单、成本低, 还具有测试过程简单、快速、不干扰生产工艺、便于维护的特点。该仪器目前已经成功地在线运行在聚酯长丝的检测中, 不过, 这种纤度仪的工业化生产还有一段距离。

参考文献 (References):

- [1] 王庆有. CCD 应用技术 [M]. 天津: 天津大学出版社, 2000. (Wang Qingyou. Application technology of CCD [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2000.)
- [2] Texas Instruments Incorporated. TMS320F28xx DSP system control and interrupts reference guide [Z]. Texas: Instruments Incorporated, 2003.
- [3] Yan W B, Zhao B. CCD auto-gain regulation based on DSH [J]. Journal of Transducer Technology, 2004, 23(3): 74-76.
- [4] Li W M, Xing X Z, Dai L R. Application of DSP in the linear CCD measuring system [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2002, 23(2): 183-185.
- [5] Trans Computers, 1983, 33(2): 108-120.
- [6] Lozano P T. A simple motion planning algorithm for general robot manipulators [J]. IEEE Journal of Robotics and Automation, 1987, RA23(3): 224-238.
- [7] Hwang Y K, Ahuja N. Potential field approach to path planning [J]. IEEE Trans Robotics Automation, 1992, 8(1): 23-32.
- [8] Kavvaki L E, Latombe J C, Motwani R, et al. Randomized query processing in robot path planning [M]. Las Vegas Nevada United States CA 94305 IEEE, 1995.
- [9] Kavvaki L E, Latombe J C. Randomized processing of configuration space for path planning articulated robots [M]. United States CA 94305 IEEE, 1994.
- [10] Schwartz J T, Sharir M. On the 'piano movers' problem-I: the case of a two-dimensional rigid polygonal body moving amidst polygonal barriers [J]. Comm Pure Applied Math, 1983, 36(4): 345-398.
- [11] 王伟, 杨扬, 原魁, 等. 机器人 C-空间障碍边界建模与无碰撞路径规划 [J]. 机器人, 1998, 20(4): 280-286. (Wang Wei, Yang Yang, Yuan Kui, et al. Robot C-obstacle boundary modeling and collision-free path planning [J]. Robot, 1998, 20(4): 280-286.)
- [12] 徐毓良, 杨启帆. 机器人三维空间无碰撞路径规划 [J]. 机器人, 1991, 13(5): 1-6. (Xu Yuliang, Yang Qifan. Robot collision-free path planning in 3-D space [J]. Robot, 1991, 13(5): 1-6.)
- [13] Tang P, Yang Y M. Study on algorithm A* of intelligent path planning based on method of representation environment with both quad tree and binary tree [J]. Control Theory & Application, 2003, 20(5): 770-772.