

Dynamic Measurement of Yarn Tension and Error Correction

Hongjun Zhu, Maojun Chen

Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing Zhejiang
Email: hongjun_0078@126.com

Received: Jun. 6th, 2017; accepted: Jun. 25th, 2017; published: Jun. 28th, 2017

Abstract

Three-roller tension sensing device was designed for the measurement of silk thread tension. Nonlinear error was analyzed by the mechanism of pressure resistance sensor. Output curves were converted to error curves, and the curves fitting was obtained by polynomial method. Comparing different order fitting data, the result shows that the measuring accuracy is improved greatly by reducing the nonlinear error.

Keywords

Silk Thread Tension, Pressure Resistance Sensor, Error, Curve Fitting

纺纱丝线张力动态监测及误差校正

朱洪军, 陈茂军

浙江工业职业技术学院, 浙江 绍兴
Email: hongjun_0078@126.com

收稿日期: 2017年6月6日; 录用日期: 2017年6月25日; 发布日期: 2017年6月28日

摘要

针对纺纱丝线张力测量, 设计了三辊式张力传感装置。通过对硅压阻式压力传感器的工作机理分析非线性误差。将传感器输出曲线转换为误差曲线, 采用多项式法进行曲线拟合, 并对比了不同阶次拟合数据效果。经修正后的测量数据大大减小了非线性误差, 提高了测量精度。

关键词

丝线张力, 压阻式传感器, 误差, 曲线拟合

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在现代纺织工业中, 纺纱、假捻等加工工艺过程需要对丝线张力进行有效的监测与控制。作为纺织产品质量提升的重要手段, 丝线张力大小与稳定性监控贯穿于整个纺织品加工过程[1][2]。丝线张力控制不当, 会大大影响产品质量, 降低生产效率。目前, 国内对丝线张力的监测大多还采用随机抽检的方法, 测量精度差、效率低, 且缺乏必要的控制手段[3]。

在纺织加工中, 丝线张力过大, 使丝线弹性拉长, 甚至在强力作用下, 出现断头[4]。丝线张力过小, 又会使筒子或经轴成形不良, 产生粗纱冒纱现象, 影响生成布匹的平滑度, 出现布面不平整, 纹路不清晰等情况[5]。对于机织还是针织生产, 丝线张力都是重要的工艺参数之一。因此研究一套丝线张力测量并把张力波动控制在一定的范围内具有十分重要的意义[6]。

2. 丝线张力测量原理

实际生产中, 精度低的张力测试采用手持式圆盘指针显示仪, 精度高的采用固定安装式的电子显示仪测量, 现有的丝线张力测量大部分都实现了动态监测, 可以对纱线张力实时测量和控制, 应用于丝线纺织的各个工序中。

市场上以接触式的传感器居多, 非接触式测量技术不够成熟。丝线张力检测的传感器基本分为电阻应变式、磁电感应式和电容式三种类型。磁电感应式和电容式易受外界干扰, 且传感器的非线性误差大。电阻应变式传感器采用金属电阻应变片作为敏感元件获取测量信号, 精度高, 稳定性好, 但是必须配以较大尺寸的弹性杆。这样不经增加了整个系统的体积, 而且弹性杆的设计也增加了系统的难度。本文拟采用三辊式张力传感装置, 采用压阻式传感器, 以单晶硅片作为弹性元件, 利用单晶硅片受压电阻率变化的原理检测压力的变化。该传感器精度高、工作可靠、频率响应高、迟滞小, 且结构简单、尺寸小, 不需要大尺寸的弹性杆。具体原理如图1所示。

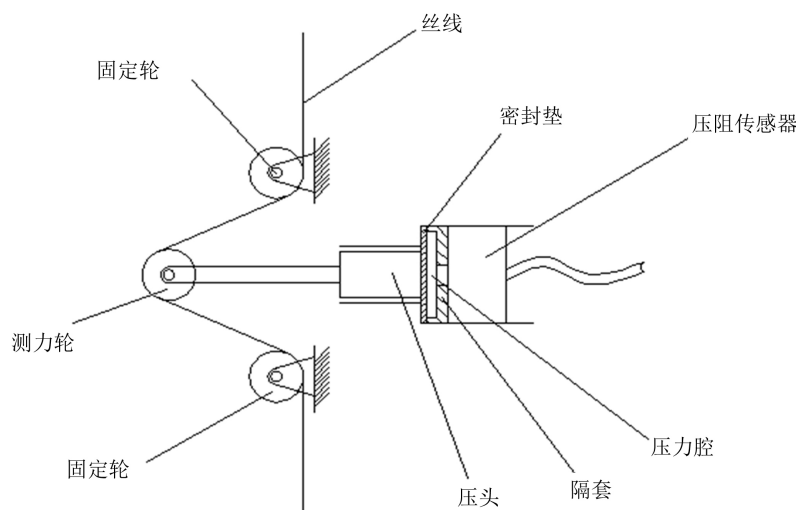


Figure 1. Yarn tension measuring principle

图1. 丝线张力测量原理

由图 1 可知, 丝线张力测量装置由固定轮、测力轮、压头、隔套、压力腔、压阻传感器、密封垫等组成。通过测力轮将丝线张力传递到压头上, 并作用于密封垫, 密封垫与隔套、压阻传感器形成密封的压力腔, 压力腔内充满硅油。压头作用于密封垫上的压力转换为硅油的内压, 作用于压阻传感器上, 传感器感应压力, 输出成比例的电信号。

3. 测量误差分析

图 2 为一种常用的硅压式压力传感器, 它以硅片作为弹性敏感元件, 其核心部分是一块沿某晶向切割的 N 型的圆形硅膜片。在膜片上利用集成电路工艺方法扩散上四个阻值相等的 P 型电阻。用导线将其构成平衡电桥。膜片的四周用圆硅环(硅杯)固定, 其下部是与被测系统相连的高压腔, 上部一般可与大气相通。在被测压力 P 作用下, 膜片受力后, 由于半导体的压阻效应, 电阻值发生变化, 使电桥输出而测得压力的变化。通过测量电路就可得到正比于力变化的电信号输出。

在传感器承受最大被测压力差 p_{\max} 时, 有以下结论:

$$\varepsilon_{r,\max} = \varepsilon_r(R) = \frac{3p_{\max}(1-\mu^2)R^2}{4EH^2} \quad (1)$$

$$\sigma_{r,\max} = \sigma_r(R) = \frac{3p_{\max}R^2}{4H^2} \quad (2)$$

其中, p_{\max} 为传感器测量的最大压力差, E 为弹性模量, μ 为泊松比。

基于硅压式压力传感器的工作基本原理, 为提高传感器的灵敏度, 适当增大 $\sigma_{r,\max}$ 值或 $\varepsilon_{r,\max}$ 值, 但 $\sigma_{r,\max}$ 值或 $\varepsilon_{r,\max}$ 值偏大时会使被测压力与位移、应变或应力之间呈非线性特性。

采用恒压源供电电路, 压敏电阻构成的四臂受感电桥可以把压力变化转化为电压的变化, 其输出为

$$U_{out} = \frac{\Delta R(p)U_{in}}{R + \Delta R(t)} \quad (3)$$

若没有温度影响或不考虑温度影响, 即 $\Delta R(t) = 0$, 则有

$$U_{out} = \frac{\Delta R(p)U_{in}}{R} \quad (4)$$

但当 $\Delta R(t) \neq 0$ 时, 电桥输出与温度有关, 电路输出呈现非线性关系。

根据上述公式以及实测数据, 可计算得本型号的硅压式压力传感器在不同量程下的线性特征。从图 3 看出, 硅压式压力传感器在测量纺纱丝线张力时, 会产生较大的非线性误差。

4. 误差修正分析

从上述分析可以看出, 硅压阻式压力传感器受到应变应力最大值及温度变化的影响, 输出电压中的非线性成分不可避免, 因此必须对输出数据进行修正, 以提高测量精度。一般采用直接对测量数据乘以修正因子或者制定修正表格的方法, 但是这两种方法都很难达到满意的效果。对于要求较高的场合, 常见的传感器误差修正算法主要有二元回归分析法、神经网络算法、多项式拟合和牛顿差值法相结合等几种算法[7]。多项式拟合算法具有运算量较小, 速度快等优点。本文针对硅压阻式传感器特点, 采用多项式拟合算法, 多项式结构为:

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 \quad (5)$$

确定系数 $a_n \dots a_0$ 即可确定拟合公式和拟合曲线。从拟合精度考虑, 提高多项式的阶次, 从资源占用考虑, 多项式阶次不宜过高。因此, 需选择合适的拟合阶次达到精度和资源配置的平衡。

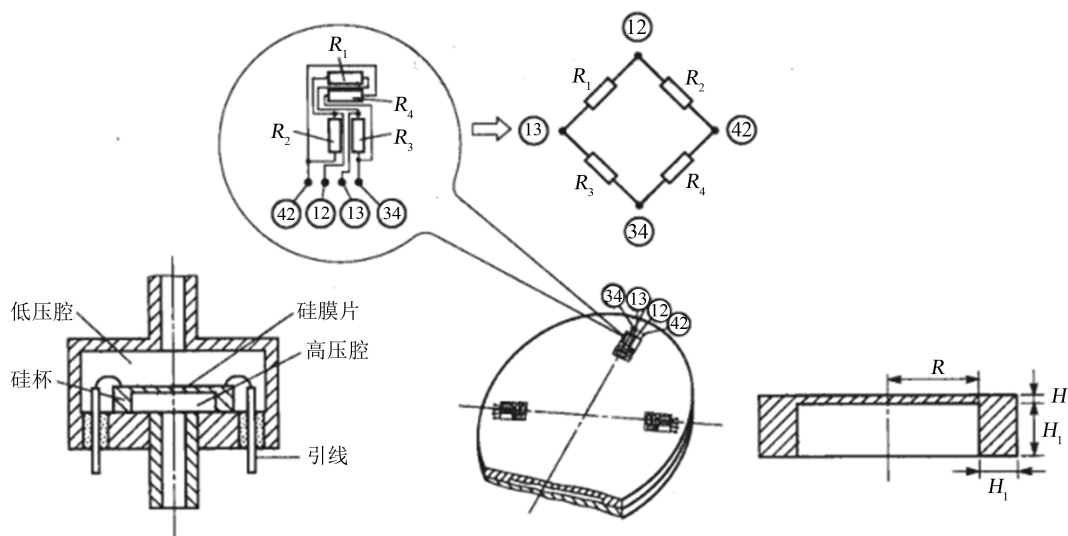


Figure 2. Structure schematic diagram of piezoresistive pressure sensor
图 2. 硅压阻式压力传感器结构示意图

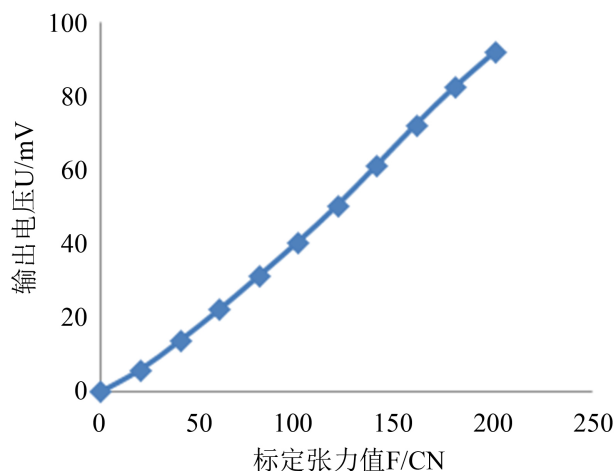


Figure 3. Piezoresistive pressure sensor calibration result
图 3. 硅压式压力传感器标定结果

图 4 为多项式二阶到五阶拟合的结果, 对比看出, 二阶多项式拟合的偏差最大, 效果并不理想, 五阶多项式拟合的效果最好。但是, 四阶和五阶多项式的拟合区别不大, 重合度都很高。对拟合数据进行整理, 如表 1 所示。从表中可以看出, 二阶拟合的最大误差明显比其他三种大得多, 而四阶和五阶拟合的最大误差已缩小到 0.3% 以内。由此可见, 采用误差曲线转换与多项式拟合可以有效修正测量误差, 大大提高测量数据的精度。

5. LabVIEW 程序处理

LabVIEW 是一种图形化的编程语言的开发环境, 它广泛地被工业界、学术界和研究实验室所接受, 视为一个标准的数据采集和仪器控制软件, 具有强大的数据处理功能, 在测量数据传输、计算、存储、显示等方面具有显著的优势。本文在对硅压阻式压力传感器非线性误差分析的基础上, 编制如图 5 所示的框图程序, 实现测量数据的多项式修正。

从图中可以看出, 程序对数据的处理建立在原始数据形成的数据流上。以硅压阻式压力传感器的输

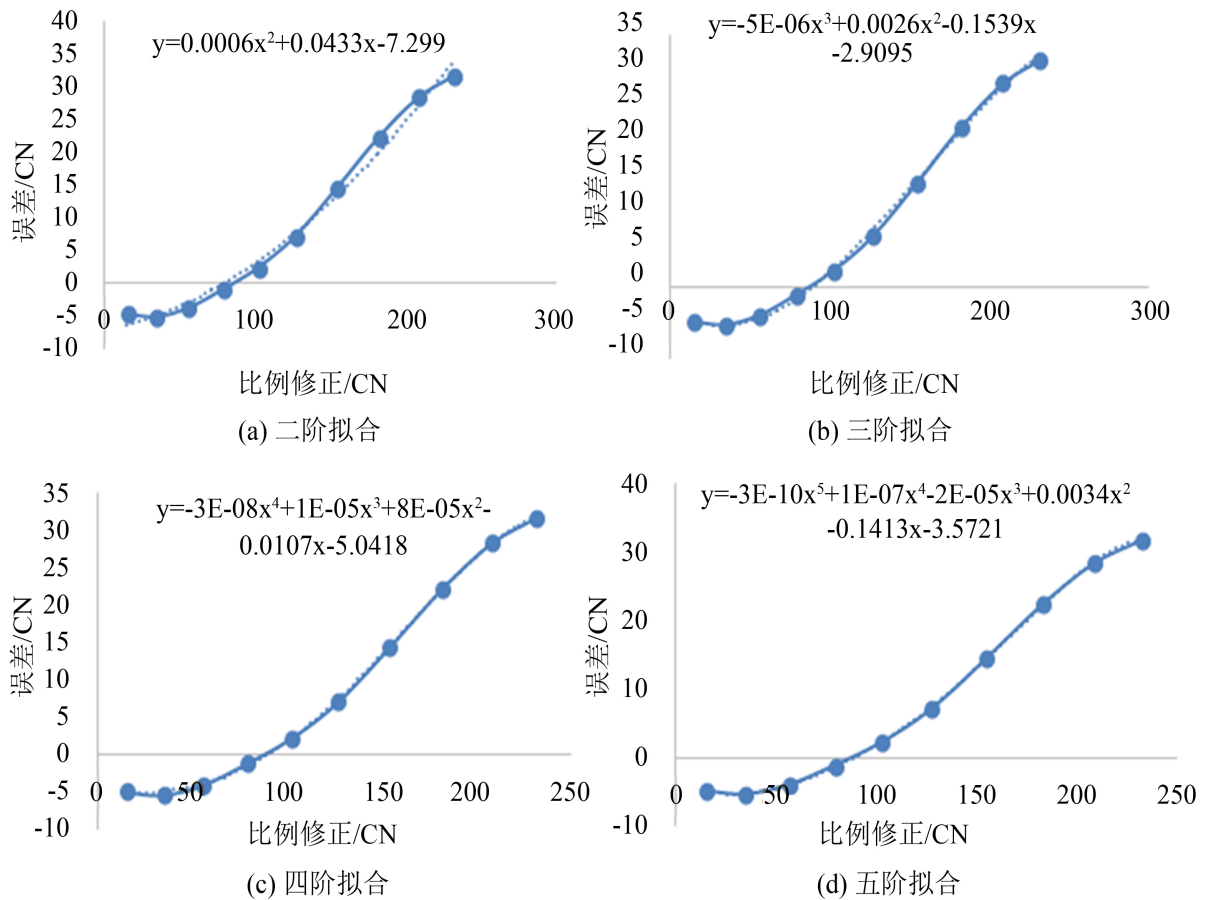


Figure 4. Fitting results of different order polynomials
图 4. 不同阶次多项式拟合结果

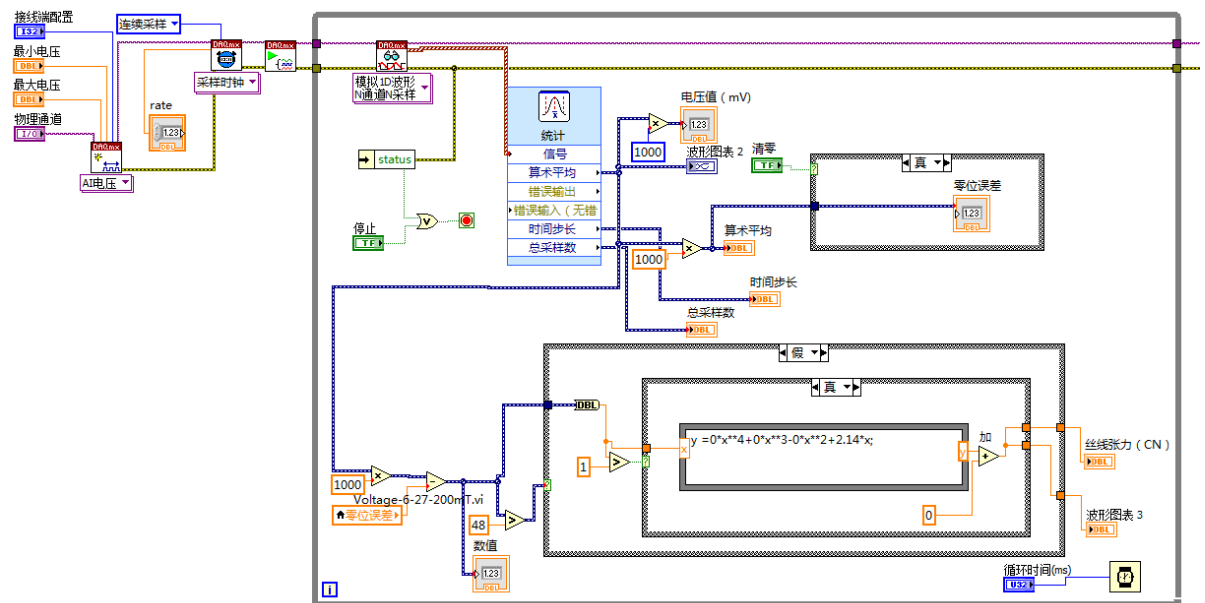


Figure 5. Realization of error fitting program under LabVIEW
图 5. LabVIEW 下误差拟合程序实现

Table 1. Error results under different correction formulas**表 1.** 不同校正公式下误差结果

多项式阶数	二阶	三阶	四阶	五阶
误差(%)	1.07	0.54	0.26	0.19

出电压为基础, 用图 4 中确定的多项式对误差曲线进行拟合。通过实验, 采用虚拟仪器方法在 LabVIEW 编程平台上实现了测量数据的转换与修正。

6. 结论

本文针对丝线张力设计了三辊式张力测量装置, 并对硅压阻式传感器存在非线性的输出进行了误差分析与校正。采用多项式拟合算法对数据进行了修正, 通过不同阶次拟合效果的对比, 考虑精度和资源占用, 在五阶时误差为 0.19%, 测量精度大大提高。

基金项目

绍兴市公益性技术应用研究项目(项目编号: 2014B70017)。

参考文献 (References)

- [1] 曾光奇. 纱线张力测试装置的改进[J]. 麻纺织技术, 1996(1): 36-39.
- [2] 黄健. 纱线张力控制系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2014.
- [3] 熊秋元, 高晓平. 纱线张力检测与控制技术的研究现状与展望[J]. 棉纺织技术, 2011, 39(6): 65-68.
- [4] 刘行, 缪旭红, 赵帅权. 纱线张力测试方法研究进展[J]. 棉纺织技术, 2015, 43(1): 78-82.
- [5] 何勇, 杨延竹, 王宁. 一种新型的纺纱张力自动控制系统的的设计[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2008: 219-223.
- [6] 曹飞, 熊和金. 基于 DSP 的纱线张力检测系统[J]. 电脑编程技巧与维护, 2008(11): 71-73.
- [7] 宫云梅. 智能压力传感器数据的补偿处理及无线传输[D]: [硕士学位论文]. 天津: 河北工业大学, 2006.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: oics@hanspub.org