

# 生丝纤度检验装置的研制

孙卫红, 马冠宇, 邵铁锋, 姚方

(中国计量大学 机电工程学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 针对生丝纤度检验效率低、流程复杂、自动化程度低的问题,在 QDJ920-II 型数控纤度机的基础上开发了一种生丝纤度检验装置。通过测量对应丝锭在纤度丝卷取前后的质量差,间接得到该绞纤度丝的纤度。测量完毕后,纤度数据通过 MODBUS 总线传输到上位机的纤度信息管理系统中,完成检验单的生成与归档。经现场测试证明,该装置运行稳定可靠,较传统检验方式能节省近 55% 的工作时间,检验单据的生成、录入、查询等操作方便快捷。

**关键词:** 生丝; 纤度; 检测装置; 间接测量; 信息管理

中图分类号: TS103.7

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)04-0046-04

## Development of raw silk fineness indirect measuring device

SUN Weihong, MA Guanyu, SHAO Tiefeng, YAO Fang

(College of Mechanical and Electrical Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In view of low efficiency, low automation and complex process in the raw silk inspecting process, a device for raw silk inspecting is developed based on QDJ920-II numerical control fineness measuring machine. The device indirectly measures the fineness of raw silk by calculating the difference of spindle's weight before and after the process of gathering the raw silk sample. After finishing the measuring, the data are uploaded to the information management system in the host computer by MODBUS. Then the checklists are created and filed. It is proved by field test that the device is stable and reliable and can save nearly 55% of the working time compared with the traditional inspection methods. It is convenient and quick to generate, record and inquire the checklist.

**Key words:** raw silk; fineness; detecting device; indirect measurement; information management

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.04.014

生丝作为我国丝绸行业的重要出口产品,在国际市场达到了 80% 以上的占有率<sup>[1]</sup>。生丝纤度的检测作为生丝品质检验的主要规程之一,主要提供生丝的纤度偏差、最大纤度偏差等指标,用于生丝品质的评定分级,为企业缫丝技术的改进及客户的采购提供参考。

现有的可测量生丝纤度的检测装置包括 SD-1 型细度仪及其改良版本<sup>[2-3]</sup>、生丝电子分析仪<sup>[4]</sup>和基于 CCD 的动态在线检测装置等。上述装置对生丝粗细程度的变化敏感,能够较为准确地测量某一小段生丝的纤度,常用于对生丝粗细变化程度的测量。对于长度较长、移动速度较快的生丝丝条,则不易测量其整体的纤度。

在现行国标所规定的检验规程<sup>[5]</sup>中,生丝纤度主要通过对其纤度丝进行测算得出,其步骤如下:在温度(20.0±2.0)℃、相对湿度(65.0±4.0)%条件下,取切断检验卷取的一半丝锭 50 只(每绞样丝 2 只丝锭),用纤度机卷取纤度丝,每只丝锭卷取 4 绞,每绞 100 回,共计 200 绞。将卷取的纤度丝以 50 绞为一组,逐绞在纤度仪上称量计算,求得“纤度总和”,然后分组在天

平上称得“纤度总量”,把每组“纤度总和”与“纤度总量”进行核对,其差异若超过标准规定允差范围时,应逐绞复称至每组差异在允差范围以内。分组称取完成后,打印平均纤度、纤度偏差、纤度最大偏差值,并将原始值逐一填写在相关表格中。

检验人员将纤度机摇取制备的 200 绞纤度丝,每一绞都分别卷绕成麻花状的小绞丝,以方便在纤度仪上逐绞称量,一个纤度检验流程耗时约 2 h,既费时又耗力,并且检验效率也不高。

为此,本文在 QDJ920-II 型纤度机的基础上开发了一种生丝纤度检验装置,将传统方法中取样与称量的步骤无缝衔接,以达到优化检验方法、提高检验效率的目的。同时,在上位机中开发出相应的纤度信息管理系统,方便读取及统计检验数据,生成及管理检验单。

## 1 间接测量的原理及方案

纤度  $D$ (den) 的换算公式见式(1):

$$D = \frac{m}{l} \times 9\ 000 \quad (1)$$

式中: $m$ ——纤维质量,g;

$l$ ——纤维长度,m

根据标准规定<sup>[5]</sup>,纤度丝的长度是 112.5 m,所以

收稿日期: 2016-06-28

基金项目: 质检总局科技计划项目(2016QK193)

作者简介: 孙卫红(1969—),男,博士,教授,主要从事数字化设计制造、检测技术及自动化装置的研究。

只需称量出纤度丝的质量即可计算出其纤度。

传统纤度机上的生丝分布见图1。

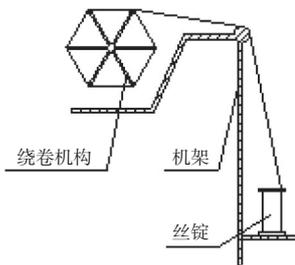


图1 传统纤度机上的生丝分布

假设纤度机工作前绕卷机构上生丝的质量为  $m_{11}$ ，绕卷机构和丝锭之间生丝的质量为  $m_{12}$ ，丝锭上生丝的质量为  $m_{13}$ ，完成一绞纤度丝的卷取后，对应的质量分别为  $m_{21}$ 、 $m_{22}$ 、 $m_{23}$ 。

在纤度机正常工作的情况下，称量前后生丝的总量是不变的，见式(2)

$$m_{11} + m_{12} + m_{13} = m_{21} + m_{22} + m_{23} \quad (2)$$

绕卷机构上的增量  $m_{21} - m_{11}$  为此绞纤度丝的质量。

传统测量方式中， $m_{11} = 0$ ，操作员通过直接称取  $m_{21}$  值来得到纤度丝的纤度。

易知，纤度机工作前后， $m_{11}$  与  $m_{22}$  的差相对于纤度丝的质量小到可以忽略，即：

$$|m_{12} - m_{22}| \ll |m_{11} - m_{21}|$$

$$|m_{12} - m_{22}| \ll |m_{13} - m_{23}|$$

故在式(1)中可视  $m_{12} = m_{22}$ ，此时，式(2)可以化为式(3)：

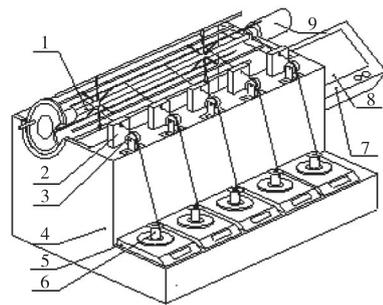
$$m_{21} - m_{11} = m_{13} - m_{23} \quad (3)$$

即，此时可以通过测量对应丝锭的质量差来间接得到纤度丝的质量。

这种间接测量方法的优势在于，免去了传统方法中手动取下并在加工后称量纤度丝的步骤，大大提高了检测的效率。

## 2 测量装置的设计

改进后的纤度机示意图见图2。可见，待检测生丝丝锭置于高精度电子秤上，生丝经过滑轮、断丝检测传感器，固定在绕卷机构上。滑轮表面光滑，开有V型槽，使得生丝能够以特定的角度和位置穿过断丝检测传感器。正常工作时，在绕卷机构的牵引下，生丝在绕卷机构和滑轮之间的直线轨迹较为稳定，在断丝检测传感器的工作范围内可以检测到有生丝存在。



1-绕卷机构;2-断丝检测传感器;3-滑轮;4-机架;5-高精度电子秤;6-丝锭;7-控制柜;8-触摸屏;9-步进电动机

图2 改进后纤度机示意图

## 3 硬件结构设计

一台上位机可通过RS485接口与多台纤度机相连，以MOSBUS-RTU通信协议组成建立总线型结构网络。其中，纤度机部件之间的联系见图3。

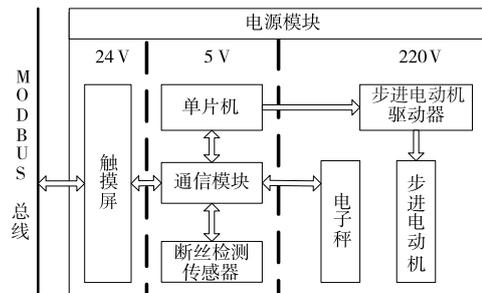


图3 纤度机总体框图

如图3所示，单片机与通信模块集成在一块PCB上，与电源模块、电子秤、断丝检测传感器、触摸屏和步进电动机驱动器相连。

PIC单片机与其他单片机相比，其指令集精简、指令提取快、寻址方式及空间简单，同时还拥有极低的功耗。PIC 18F87F50在上述基础上，其I/O、中断等性能与本装置的需求相符，故在控制机构中选用此款芯片。

通信模块为单片机与各部件之间数据交换提供接口，其中：高精度电子秤量程为220g，分度值为1mg，提供标准RS232接口。电子秤通过RS232接口，经过MAX232芯片转换电压后与单片机进行数据交互。由于RS232采用的是点对点式的主-从站结构，为了节省单片机的接口，在电路板上各个电子秤的接口处安装继电器，单片机通过控制不同的继电器来选择不同的电子秤并进行数据的读取。

断丝检测传感器的信号输出线经降噪滤波后与单片机的外部中断相连，断丝时，传感器的输出由低电平变成高电平，触发单片机的外部中断。触摸屏通过RS485接口分别与单片机和上位机相连，其界面包括

运行界面、纤度信息查询界面、参数设置界面及系统设置界面。纤度机的检验数据存放在触摸屏中,上位机通过读取触摸屏中的检验数据生成检验单。在当前的网络中添加额外的纤度机时,需要在触摸屏上的系统设置界面中设定相应的地址。

单片机输出脉冲到步进电动机驱动器,通过控制输出脉冲的频率和数量来控制步进电动机的速度、加速度和运行圈数。

依照 GB/T 1798—2008《生丝试验方法》的规定,绕卷机构稳定运行时的速度约为 300 r/min<sup>[5]</sup>。步进电动机在此低速阶段有较好的稳定性,故采用步进电动机的输出轴与绕卷机构的输入轴直连的方式来驱动绕卷机构运行。

## 4 软件设计

### 4.1 单片机程序设计

单片机程序中,最主要的是运行和断丝中断处理两个函数。用户可设置的参数包括运行圈数和运行绞数,参数设置完毕后,主程序调用运行函数开始工作,完成运行完指定圈数后,生丝纤度的测量结果将会在显示屏上显示。断丝时,系统会调用断丝中断处理函数进行处理。程序流程图见图 4。

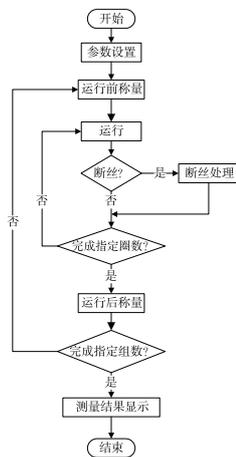


图 4 单片机程序流程图

#### 4.1.1 运行函数的设计

合理设计步进电动机速度控制运行曲线,可以提高其运行速度和控制精度。为了在步进电动机运行过程中尽可能地避免失步、过冲,步进电动机的加减速控制采用 S 曲线的算法<sup>[5]</sup>。考虑到单片机的计算负荷, S 型曲线一般使用查表法构建。

设步进电动机速度从 0 r/min 加速到 300 r/min 的脉冲表为  $T_1$ ,所需脉冲数为  $S_+$ ;步进电动机速度从

300 r/min 减速到 0 r/min 的脉冲表为  $T_2$ ,所需脉冲数为  $S_-$ ;保持 300 r/min 的速度运行时,脉冲输出频率为  $f_a$ 。

因为电动机运行的步数会根据用户设置的运行圈数而变化,所以将电动机的运行函数拆为加速段  $f_+(n)$ 、减速段  $f_-(n)$ 、匀速段  $f_0(n)$ 。其中,  $f_+(n)$  为在  $T_1$  中截取的前  $n$  个脉冲序列组成的子表,  $n \leq S_+$ ;  $f_-(n)$  为在  $T_2$  中截取的后  $n$  个脉冲序列组成的子表,  $n \leq S_-$ ;  $f_0(n)$  为以  $f_a$  为频率输出的  $n$  个脉冲组成的表。

当电动机需要运行总步数为  $N$  时,设  $f_+(n)$ 、 $f_-(n)$ 、 $f_0(n)$  的参数分别为  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ ,有式(4):

$$n_1 + n_2 + n_3 = N \quad (4)$$

由于加速与减速的对称性,有式(5):

$$n_1 = n_2, S_+ = S_- \quad (5)$$

综合式(4)及式(5)可得式(6)、(7):

当  $N \leq 2S_+$  时:

$$\begin{cases} n_1 = N/2 \\ n_2 = N/2 \\ n_3 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

当  $N > 2S_+$  时:

$$\begin{cases} n_1 = S_+ \\ n_2 = S_- \\ n_3 = N - S_+ - S_- \end{cases} \quad (7)$$

求得  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ ,分别代入  $f_+(n)$ 、 $f_-(n)$ 、 $f_0(n)$  中,拼接后得到所需运行函数的脉冲序列。

#### 4.1.2 断丝中断处理设计

每个断丝检测传感器对应一个单片机的外部中断,断丝中断的主要功能在于记录断丝时的现场情况。外部中断触发后,单片机记录此时的步数,并暂时关闭检测到断丝的传感器所对应的中断的使能,防止断丝中断的重复触发。此轮测量完毕后,得到断丝时绕卷机构上纤度丝的质量,存入寄存器。操作员可调整运行参数对断丝丝锭进行补测,外部中断的使能在操作员设定好运行参数后会重新打开。

## 4.2 纤度信息管理系统

上位机中的信息管理系统以触摸屏中的纤度检验数据为基础,辅以 SQL Server 中建立的操作人员表、设备表、质检报告表、客户表,实现记录检验流程,生成检验单,整理检验记录的功能,其功能框架见图 5。用户分为检验员和审核员两种不同的权限,检验员为现场工作人员,实现纤度数据的采集及检验单的生成;审核

员对检验单进行审核,可视检验单的内容决定将检验单退回对应的检验员处或审核通过归档入库。

系统还提供详尽的过滤、查询、排序等功能供操作人员整理检验单,分析检验数据。

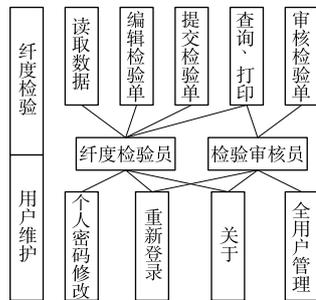


图5 纤度信息管理系统功能框架

## 5 操作流程及运行效果

操作人员将丝锭放在电子秤上,抽出待检测的生丝,经滑轮穿过断丝检测传感器,固定在绕卷机构上。

纤度机默认的工作参数为,每一组丝锭测量4绞,每绞100圈。特殊情况时操作人员可手动设置每绞的圈数和测量的绞数。

参数设置完毕后,纤度机将自动运行,在完成预定任务后或本组出现断丝时停止。断丝时操作人员可选择通过接续生丝来补测或者将断丝废弃,重新单独测量。

断丝时,纤度机继续运行,同组的其他丝锭完成4绞的测量后,操作人员取下测量完毕的丝锭,对断丝的丝锭进行单独补测。

测量完成后,单片机将从电子秤读取采集到的数

(上接第39页)

## 4 结语

(1)与普通环锭纱相比,采用右错位纺纱技术生产的云纹纱结构较为松散,毛羽裸露,尤其是短毛羽较多,伸直度不高。纵向上呈半包缠结构,表现出一定的螺旋规律,依次呈现饰纱纤维从无到有的渐变段、饰纱纤维较多的有色段、饰纱纤维从有到无的渐变段、全为基纱纤维的本色段。具体表现为有色纱包缠本色纱,有色纱的纤维比例较少,且包缠的饰纱纤维大部分呈散纤维状包缠在主体纱表面。饰纱纤维捻回角要比主体基纱纤维捻回角大,通常相同线密度的云纹纱捻度比同规格的环锭纱捻度要大。有饰纱纤维的部分纱线直径稍大,因此云纹纱条干不匀率较高。

(2)右错位纺纱技术生产的云纹纱饰纱纤维分布在主体纱表面,有色段饰纱纤维集中分布在成纱最外

侧,渐变段饰纱纤维则分散分布在成纱最外侧,饰纱纤维根数较少。

(3)云纹纱针织物呈云斑状,有彩霞的效果,机织物呈仿麻风格。

## 6 结语

本文设计了一种生丝纤度检验装置,提出并实现了将纤度丝的取样和称重无缝衔接的方案,详细介绍了其测量原理、硬件和软件设计及操作步骤。该装置克服了传统检验流程中工序繁杂,检验效率低,自动化程度不足的问题,具有良好的市场前景和应用价值。



### 参考文献:

- [1] 刘欣,陈庆官.基于NI-eRIO的生丝实时电子检测系统的开发[J].纺织学报,2010,31(12):112-115.
- [2] 陈庆官,冯国平.用SD-1型细度仪测量缫制中的生丝纤度[J].苏州丝绸工学院院报,1995,15(2):87-92.
- [3] 范蓉蓉,陈庆官,刘欣.实时无线生丝纤度测量初探[J].现代丝绸科学与技术,2010(2):4-5,9.
- [4] 祁宁.生丝匀度、清洁、洁净电子检测系统总体设计的探讨[D].苏州:苏州大学,2009.
- [5] 张占立,康春花,郭士军,等.基于单片机的步进电机控制系统[J].电机与控制应用,2011,38(3):28-31,50.

侧,渐变段饰纱纤维则分散分布在成纱最外侧,饰纱纤维根数较少。

(3)云纹纱针织物呈云斑状,有彩霞的效果,机织物呈仿麻风格。



### 参考文献:

- [1] 金亚琪,邹专勇,许梦露,等.色纺纱产品开发现状及技术发展需求[J].棉纺织技术,2012,40(12):65-68.
- [2] 吴爱儿,程四新,王利清.采用环锭纺纱新技术开发新颖色纺纱[J].现代纺织技术,2014,22(2):22-24.
- [3] 阎磊,宋如勤,郝爱萍.新型纺纱方法与环锭纺纱新技术[J].棉纺织技术,2014,42(1):20-26.
- [4] 李向红,陈振宏,刘盼盼,等.错位纺纱对成纱性能的影响[J].上海纺织科技,2011,39(4):27-28.
- [5] 吴婷婷,苏旭中,谢春萍,等.位移纺纱三角区研究[J].棉纺织技术,2012,40(5):15-18.