

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017070220505

喷气织机断纬检测移除系统研究

彭 达,何 勇,卢 斌,刘传群

(东华大学 机械工程学院,上海 201620)

摘 要:断纬检测移除系统是可在喷气织机织造纬纱断纬时实现停车、自动寻找并移除断纬的一种装置。为了提高断纬识别率,针对其纬纱所处的实际环境,设计了一种基于嵌入式单片机的喷气织机断纬检测移除系统,利用二阶有源带通滤波电路对信号进行的滤波和放大,有效抑制信号中的高频和低频干扰,同时放大有效信号。采用快速傅里叶变换对采样数据进行后处理,将时域信号转换为频域信号,根据纬纱种类的多样性,利用动态阈值比较法判断是否检测到纬纱。实验结果表明:所提方案在实际生产环境中具有良好的抗干扰性能,识别率达到 92%,可显著提高断纬检测移除模块的纬纱检测成功率。

关键词:纬纱检测;调制红外;带通滤波;断纬移除;快速傅里叶变换

中图分类号:TS 103.3 文献标志码:A

Study on weft removal detection system for air-jet loom

PENG Da, HE Yong, LU Bin, LIU Chuanqun

(College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: The weft removal device is a device capable of automatically finding and removing discarded wefts when it is stopped in the weft jet. In order to improve the recognition rate of weft, a weft removal detection system for air jet looms based on embedded single chip microcomputer was designed for the actual environment of weft yarn. The second order active bandpass filter circuit was used to filter and amplify the signal, effectively suppress the signal in the high frequency and low frequency interference and amplify the effective signal. The fast Fourier transform was used to process the sampled data, and the time domain signal was converted into frequency domain signal. According to the diversity of the weft type, the dynamic threshold comparison method was used to determine whether or not the weft yarn was detected. The experimental results showed that the proposed scheme had good anti-jamming performance in the actual production environment, and the recognition rate was 92%, which greatly improved the success rate of weft detection of the weft detection module.

Keywords: weft detection; modulated infrared; bandpass filter; weft removal device; fast fourier transform

喷气织机是利用空气作为引纬介质,以喷射出的压缩气流对纬纱产生摩擦力牵引纬纱穿越喷气织机梭口,通过喷气产生的射流来达到引纬的目的完成编织的一种织机。提高喷气织机的生产效率和织造速度的先决条件是减少喷气织机的停机次数和减少停机修复的时间^[1]。在实际生产过程中,喷气织机断纬停机的次数大约占织机停机总次数的

60%~85%,断纬停机可以通过设计喷气织机自动断纬检测系统检测和自动移除的方式来解决。喷气织机自动修复断纬停机功能使得喷气织机断纬后无需停机等待工人修复后重新开机,而且自动修复的速度快于人工修复,提高了喷气织机的工作效率,降低了工人的劳动强度。

目前,对断纬检测自动移除系统(简称为除纬器系统)研发具有代表性的纺织机械厂家有日本的津田驹、丰田,以及比利时的必佳乐等。除纬器系统均采用反射式光电感应技术^[2]来检测断纬。目前,国内外相关纺机制造厂家仍然在对除纬器系统进行

收稿日期:2017-07-28

第一作者简介:彭达,硕士生,主要研究方向为智能检测与控制。通信作者:何勇, E-mail: heyong@dhu.edu.cn。

进一步研究,以便提高其自动识别准确率,已取得一定的研究成果,但断纬识别率仅为 80% 左右,还有待提高。国内厂家对除纬器系统的研究起步较晚,目前还没有实质性的产品,与国外除纬器系统相比存在着较大差距。

通过研究断纬检测自动移除系统的应用环境干扰因素后发现:喷气织机织造过程中产生的干扰信号主要分布在高频和低频频段以及随机扰动,这些干扰信号严重影响断纬检测自动移除系统对纬纱信号的识别^[3]。本文针对喷气织机织造过程中干扰信号问题提出了相应的解决方案,并在实际环境中对其有效性和可靠性进行了验证。

1 检测系统组成

图 1 为断纬信号检测系统框图。主要由主控芯片、模数转换模块、调制红外发生模块、检测传感器、纬纱信号处理、图像显示等模块组成。检测传感器采集纬纱反射光信号,纬纱信号处理模块对信号进行带通滤波以及放大,微控制器负责红外信号的处理和各模块的控制等。为了方便调试与观察,系统将采集到的信号实时显示在图象显示屏上。

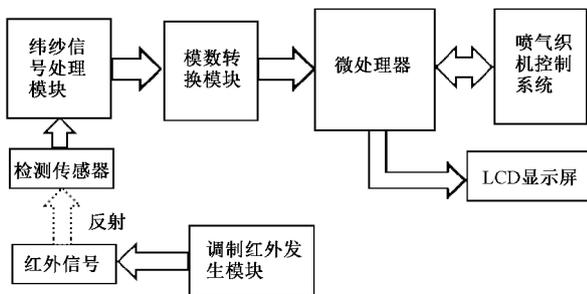


图 1 断纬信号检测系统框图

2 纬纱信号检测

2.1 纱线检测方式

采用纱线反射红外光的原理,除纬器的纱线检测系统通过感应纬纱反射回来的调制红外光来判断是否存在纬纱。经检测传感器采集输出的信号中不仅包括纬纱反射信号,还有外部环境红外信号以及背景干扰信号等,直接对信号进行放大识别是很难分辨出有用的纬纱反射信号的,故而采用调幅解调的方法,利用调制红外光作为反射光源。

与喷气织机反射式探纬器^[4]系统不同的是,由于除纬器系统检测工作时纬纱位置在一定范围内摆动,因此至少需要 2 个红外发生器才能保证传感器系统检测到纬纱的反射信号,其结构如图 2 所示。

2.2 纱线信号分析

图 2 中 2 个红外光源为红外发生器,接收装置

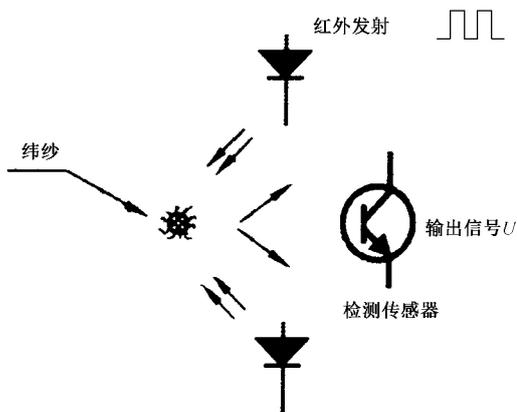


图 2 纬纱检测传感器结构

为检测传感器,检测传感器前装有红外透光镜,能够以物理方式滤掉可见光干扰,只允许波长在 850 ~ 1100 nm 之间的红外光通过。这样,检测传感器接收到的光源可以认为只包含了外界环境红外光,非纬纱反射红外光等干扰信号,所以检测传感器的输出信号 U 如式(1)所示:

$$U = k(S_1 + S_2 + S_3) \tag{1}$$

式中: k 为光敏元件转换系数; S_1 为纬纱反射的红外光,当有纬纱经过时,接收传感器检测到纬纱反射光并产生信号; S_2 为非纬纱的背景物体反射回的红外光; S_3 为外界的红外辐射干扰,不同于前二者,其是一个非调制的强度一定的自然光源,变化范围不大。

综上所述,准确识别出纬纱反射信号的关键在于如何从检测传感器产生的信号 U 中分离出 S_1 信号。检测系统利用模拟电路对信号 U 进行前期处理,经过滤波放大后通过模数转换成数字信号^[5-6]进行处理。

3 信号的发生与处理

3.1 红外发生器的信号调制

检测系统采用的红外发生器能够产生波长为 940 nm 的近红外光,检测传感器的相对光谱灵敏度如图 3 所示。

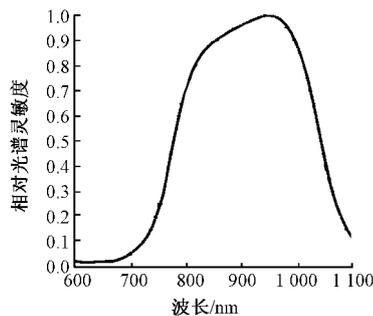


图 3 检测传感器相对光谱灵敏度

可以看出,检测传感器的峰值灵敏度波长在

950 nm 左右,能将红外光源最大程度采集,同时其余波长的光源信号(干扰)则受到抑制。

在喷气织机工作时,传感器信号在低频域有幅度较大的 50 Hz 工频分量及其谐波分量,主要是来源于电源干扰。同时,检测传感器所接收的信号中除工频噪声外,另含幅值较大的高频噪声,中心频率为 10 kHz,与电动机驱动系统的脉宽调制频率接近^[7]。上述干扰信号的频率均在 10 kHz 以内,所以调制红外光的频率只要远超 10 kHz,就足以消除来自这些频率段的干扰。本系统采用 38 kHz 作为调制红外光的频率,38 kHz 激励信号可以通过单片机、或 FPGA(现场可编程门阵列)、或信号振荡芯片产生,但为了保证激励信号的高可靠性,采用信号振荡芯片 CD4047 组成的电路来实现。

3.2 红外接收信号滤波放大

检测传感器输出的调幅信号十分微弱,其电压只有毫伏级,且有大量的干扰信号,如果直接对信号进行放大处理将无法分辨和提取有用信号,所以需要先对信号进行滤波后再放大处理。检测系统采用二阶有源带通滤波电路对信号进行处理,其电路图如图 4 所示。

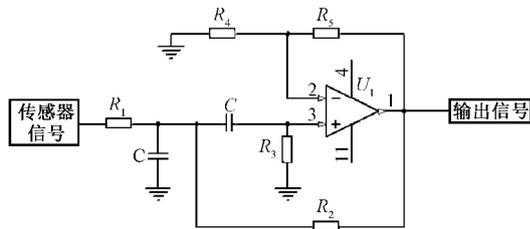


图 4 二阶有源带通滤波电路

对于该二阶有源带通滤波电路,其中心频率 f_0 、通带带宽 BW 、中心频率放大倍数 A_{uo} 和品质因素 Q 的计算公式为:

$$f_0 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{R_3 C^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} \quad (2)$$

$$BW = \frac{1}{C} \left[\frac{2}{R_3} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} (1 - A_f) \right] \quad (3)$$

$$A_{uo} = \frac{A_f}{R_1 \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} (1 - A_f) + \frac{1}{R_3} \right]} \quad (4)$$

$$A_f = 1 + \frac{R_5}{R_4} \quad (5)$$

$$Q = \frac{\omega_0}{BW} = \frac{f_0}{f} \quad (BW \ll \omega_0) \quad (6)$$

式中: C 为电容; R 为电阻; ω_0 为中心频率。

根据式(2)~(6)对二阶有源带通滤波电路进行设计和调试。经过带通滤波以及放大后,原弱小纬纱信号能被提取并放大,实验表明该方法效果明

显^[8]。检测传感器输出信号如图 5 所示。检测传感器输出信号经过带通滤波后的信号如图 6 所示。

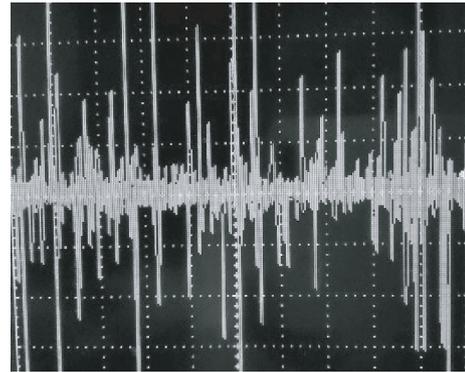


图 5 传感器输出信号

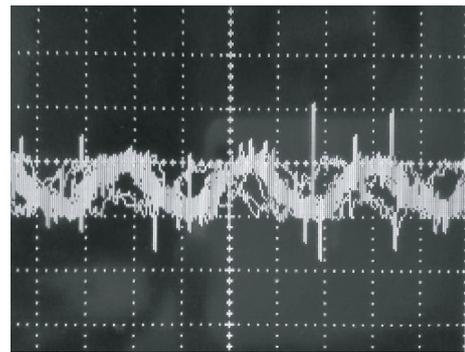


图 6 带通滤波后的信号

图 5 传感器输出信号杂乱无章,没有明显的规律,显然纬纱信号强度太低,被大量干扰信号以及随机信号掩盖。图 6 经过带通滤波后的信号中随机信号和干扰信号基本消除,经过放大后可以看为周期信号。

经过带通滤波电路滤波放大的信号电压幅值为几百毫伏,为了提取纬纱特征,该信号还需要进行再次放大。同时,图 6 中信号仍然存在着明显的各种杂波和突变信号,所以需要继续对信号进行后续处理。带通滤波后的信号经过如图 7 所示的模拟电路,可以提升对目标信号的放大倍数。

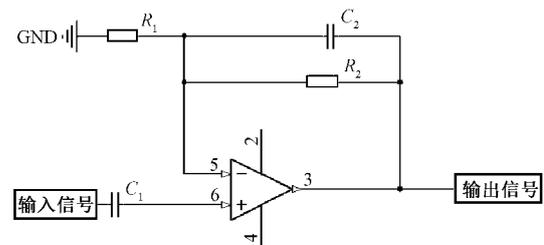


图 7 正相放大高频增益电路

由图 7 可以看出,电阻 R_1 和 R_2 构成了正相放大电路;电容 C_1 为交流耦合,可以去除信号中的直流分量;电容 C_2 对信号进行高频增益补偿。

经过再次处理后的信号如图 8 所示。对比图 6

和图8可以看出,经过2次放大和滤波后的纬纱信号已经明显消除了存在的干扰信号,同时纬纱信号的电压幅值也达到了伏级。此时的信号经过全桥电路后就可以将其转换成数字信号进行处理。

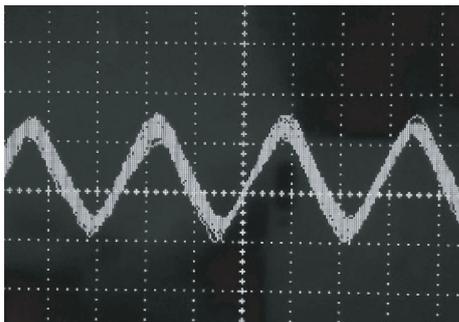


图8 再次处理后的信号

由于喷气织机工作的复杂环境存在各种干扰,织造不同种类的纬纱,由于纱线的颜色、材料的不同,这些纬纱对红外光的反射率也不尽相同,采用硬件阈值比较对纬纱信号进行识别容易出错。图8模拟信号经过模数转换后成为数字离散信号存放在数组 $A(n)$ 中,利用算法对离散数字信号进行处理,可以快速的实现对不同纬纱的识别。

4 纬纱信号处理检测算法

4.1 纬纱检测算法流程

纬纱检测算法流程图如图9所示。

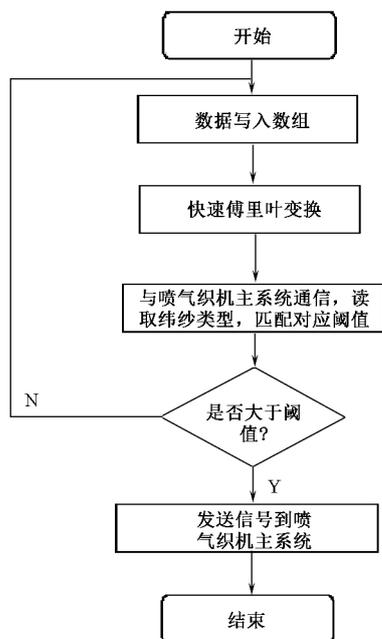


图9 纬纱检测算法流程

4.2 数字信号处理

由图8可以看出,经过模拟电路滤波放大后的信号虽然具有明显的特征,但仍然包含干扰信号,这些干扰信号转换成数字信号后仍然存在,所以在时

域上将信号的幅值作为判断纬纱的条件是不可行的。检测系统采用快速傅里叶变换^[9],利用调制信号的特定频率,将时域信号转换到频域上再进行检测。与喷气织机探纬器需要迅速识别纬纱信号不同的是,断纬识别移除系统不需要在极短时间内识别纬纱信号,没有探纬器那样的实时性要求^[10]。因此采用快速傅里叶算法将时域转换到频域是可行的。

系统通过模数采样芯片,以38 kHz的16倍频采样,然后取出一定长度的离散数字信号进行快速傅里叶变换,求解其在38 kHz频率处的相位与幅值。

算法公式如下:

$$A(n) = A_1(n) + A_2(n) \tag{7}$$

$$A(k) = A_1(k) + W_N^k A_2(k) \tag{8}$$

$$A(k + \frac{N}{2}) = A_1(k) - W_N^k A_2(k) \tag{9}$$

$$(k = 0, 1, \dots, N/2 - 1)$$

$$W_N^{2kn} = e^{-j\frac{2\pi}{N}2kn} \tag{10}$$

式中: $A(n)$ 为离散数字信号; n 为采样数量; N 为采样点数; W_N^{2kn} 为旋转因子; $A_1(n)$ 为奇数序列; $A_2(n)$ 为偶数序列。

采用快速傅里叶变换算法可以避免时域上的众多干扰信号,同时充分利用纬纱信号具有调频特性这一特点,直接观察信号在频域上,固定频率处的幅值与相位。处理过后的信号频域如图10所示。

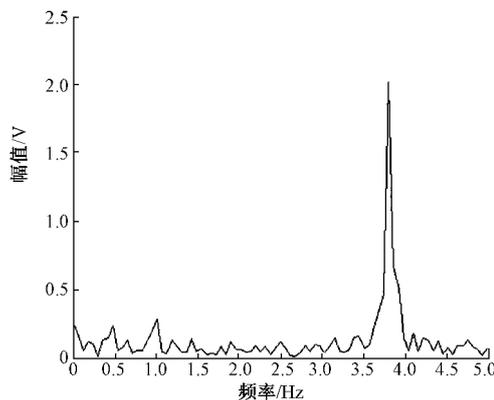


图10 信号频域

由图10可以看出,在频率为38 kHz的位置处,信号具有明显的峰值。根据实验结果,不同的纬纱信号对应的峰值大小并不一样^[11]。此时,采用动态阈值法对纬纱进行检测,当峰值高于某一个值时,判断为检测到纬纱。由于纬纱的种类繁多,所以对于不同的纱线,其反射回的红外线并不相同,所以单一的阈值不适用于所有的纬纱,所以根据不同的纱线情况,建立了一个阈值查询表,检测系统从织机控制系统读取纬纱类型,并从阈值查询表中提取相对应

的阈值进行判断。

喷气织机在织造过程中若检测系统检测到断纬信号,则说明除纬器找到断纬并将其夹持住,此时,储纬器系统向喷气织机系统发送信号,喷气织机控制剪刀将断纬从主喷气口处剪断,剪断后除纬器控制夹持装置上的减速电动机转动,将断纬从经纱中抽出,纬纱移除结束后,除纬器系统再次向喷气织机系统发送信号,喷气织机重新进行织造。整个过程不需要停机只是待机状态,提高了生产效率,同时,减轻了织造工人的劳动强度。

5 结 论

断纬检测移除系统基于红外检测技术,采用调制红外光作为信号源,利用模拟电路对调制后的纬纱信号进行二阶有源带通滤波放大和低频增益补偿等前期处理,前期处理旨在剔除低频以及高频频段杂波并对响应频率的信号进行放大。系统经过模数转换将模拟信号转换为数字信号后,对采集到的离散数字信号进行快速傅里叶变换,求出对应频率的幅值,最后采用动态阈值的方法对纬纱进行识别。本系统针对纬纱的实际环境,通过硬件和软件的多次滤波去噪方法以及动态阈值法进行纬纱判断,提高了纬纱检测的成功率。

除纬器能够识别断纬,并将断纬以及不良纬纱从喷气织机中剔除,极大的提高了喷气织机的运行效率,减少了工人的工作量。目前在国内还未见厂家自主研发的成果,在国外也仅有津田驹等著名纺织厂商在进行研发。除纬器作为一个极具价值的系统,正在逐渐受到行业的重视,而其纬纱检测系统的

开发,将打破国外对我国的技术垄断,其在喷气织机上具有很广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 牛建涛. 浅析提高喷气织机的织造效率[J]. 毛纺科技, 2009, 37(9): 57-59.
- [2] 朱洁. 纺织电测技术[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1985.
- [3] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [4] 徐阳, 吴学平, 张强. 喷气织机探纬器的应用[J]. 纺织导报, 2007(2): 58-60.
- [5] 张波, 史伟民, 吴震宇. 基于 DSP 的数字式探纬检测设备研制[J]. 浙江理工大学学报, 2010, 27(1): 31-35.
- [6] 骆鑫. 数字式探纬控制器的研究与设计[J]. 纺织器材, 2010, 37(1): 10-14.
- [7] ISHIKAWA M, TSUJI Y. Method and an apparatus for detecting the weft yarn in a jet loom: US, 4738284 [P]. 1988-04-19.
- [8] 沈丹峰, 赵宁, 张华安, 等. 纬纱红外光电检测方法与其可靠性[J]. 纺织学报, 2012, 33(12): 75-79.
- [9] 张长胜, 司伟, 段亚峰. 用图像处理技术快速检测机织物的经纬密度[J]. 毛纺科技, 2006, 34(2): 46-49.
- [10] SHEN D, ZHAO N, ZHANG H, et al. Study of methods and reliability of weft signal detection with infrared photoelectric sensor [J]. Journal of Textile Research, 2012, 184(17): 4800-4810.
- [11] 赵芳, 吴国忠, 张一鸣, 等. 一种改进的喷气织机纬纱检测方法[J]. 机电工程, 2009, 26(9): 37-39.