

基于机器视觉的织带检测系统研发

郑刚,倪俊芳

(苏州大学 机电工程学院,江苏 苏州 215021)

摘要:为了满足织带企业的高效、自动化检测需求,构建了基于PC的织带检测系统。设计织带张力传送机构和基于iMC3041E运动控制卡的运动控制系统;改进“边缘提取”和“傅里叶变换”图像算法,研发了实时图像采集系统;并用C#开发了集成图像采集检测和运动控制的人机界面。研究表明,系统可实时检测织带缺陷,满足企业实际生产需求。

关键词:机器视觉;织带;缺陷检测;算法

中图分类号:TP27 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2019)05-0162-03

Research and Development of Belt Detection System Based on Machine Vision

ZHENG Gang, NI Junfang

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Soochow University, Suzhou 215021, China)

Abstract: To meet the demand for high efficiency and automation, the belt detection system based on PC is constructed. A motion control system based on iMC3041E motion control card is designed, “Edge detection” and “Fourier Transform” image algorithms are improved, the real-time image acquisition system is developed and C# is used to develop, human-computer interfaces of the image detection and motion control. The results show that the system can be used for the real-time detection of the belt defects, it meets the actual production demand of the enterprises.

Keywords: machine vision; belt; defect detection; algorithm

0 引言

在灯光下人工检测织带效率低且漏检率高。国内外目前尚缺乏织带检测的专用设备,成套的织物检测软件系统(如ViDi,康耐视等)价格过高,中小企业无力承担^[1-3]。蔡亚用labview搭建的织物检测系统,采用G语言开发,并结合虚拟仪器技术对织物瑕疵进行逐行分析^[4]。徐铭倩采用DSP搭建的织物检测系统,采用CCS集成开发环境,应用了matlab仿真系统^[5]。张莹莹采用DM3730嵌入式系统完成了基于NSCT瑕点检测算法的开发^[6]。这些研究工作主要针对普通的布匹织物,理论性强,难适用于织带的生产实际。为适应企业对织带检测的速度、精度、可靠性越来越高的要求以及视觉检测技术的发展,本文将从织带检测系统的机械结构、电气控制、图像算法、上位机软件等方面来研发织带专用检测系统。

1 系统总体设计

一般织带的缺陷有:不良编织及纤维断裂造成的表面毛刺、边缘毛刺以及脏污造成的白点,如图1所示。

针对上述问题所设计的织带检测系统总体框架主要包括:机械结构与传动张力控制模块、电气控制模块、图像采集模块以及上位机模块。



图1 缺陷种类

1.1 机械系统设计

在机械结构中,由进给滚轮与压紧滚轮夹持传送织带,由伺服电机驱动的进给滚轮刻有滚花花纹,增加了摩擦系数;聚氨酯橡胶压紧滚轮提供夹紧力,可通过变更弹簧来调整夹紧压力。中间导辊处安装有张力传感器及时感知织带的松紧。通过实时调整2个伺服电机的速度差,使织带张力保持恒定。上位机连接相机采图,如图2所示。

1.2 电气系统设计

以PC为上位机连接iMC3041E以太网运动控制卡和YAV USB数据采集卡。运动控制卡连接驱动器控制电机运动;SN70张力传感器内置电阻应变片,输出0~20 mV张力信号,TN3000信号放大器将张力信号变选为高精度的0~10 V电压模拟信号输出到数据采集卡;数据采集卡同时接收编码器输入脉冲以及其他启动、急停、停止按钮的数字量输入。PC控制相机实时采图,电气原理图如

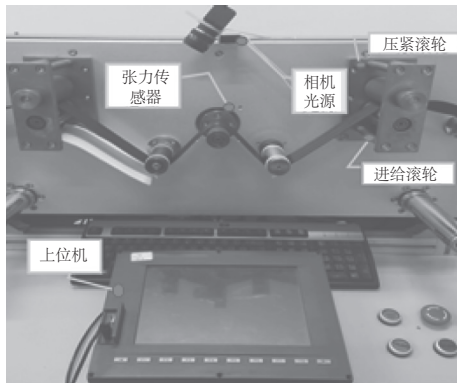


图2 机械结构图

图3所示。

织带有较好的抗拉性、不易断裂,因此采用间接控制法,即控制2个伺服电机速度来控制张力^[8]。在正常情况下2个进给滚轮的速度相等,程序开始后,实时读取张力值、织带速度、电机速度;检测张力值偏差超过正常范围(即织带没有绷紧)之后,减小第2个进给滚轮的速度,使张力回归正常范围之后,第2个滚轮的速度复原(即与第1个滚轮速度一致)。当张力测定值与设定值偏差较大时,取消积分作用,以免由于积分作用使系统稳定性降低,超调量增大;当张力测定值接近给定值时,引入积分控制,以便消除静差,提高控制精度。

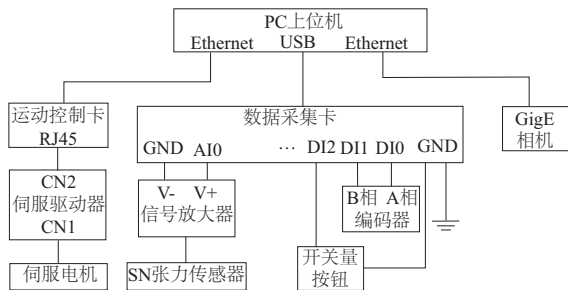


图3 电气原理图

1.3 图像采集系统设计

在织带的前景采用带有漫射板的白色环形光源,背景采用吸光白布,获得良好的照明效果。

采用2个MER-504-10GM/GC-P型号的500万像素CCD工业相机。正面图像一次拍摄长60mm、宽47mm的织带,1s拍摄5帧。由于织带以0.3m/s运动,因此选择曝光时间短的工业CCD相机,满足曝光时间内的拖影远小于拍摄精度的要求。

2 图像检测算法

2.1 边缘毛刺及宽度检测

为了达到精确测量的目的,采用先“一维边缘提取”再“拟合直线”的方法。原始图像如图4a)所示。首先假设出织带两侧的理想边缘(即两条直线线段),将线段等

距分割成一段段等距线,生成一个包含一段段等距线的矩形状的感兴趣区域(ROI),如图4b)所示。图b)中2条绿色的长条,每个长条有许多个矩形ROI组成,如图4c)放大图。在每一个ROI内部沿着矩形长边方向垂直投影,得到每条投影线的平均强度。计算公式(1)中 f_i 表示第 $c+i$ 列的灰度值平均值,这种方式类似在一个方向上的均值滤波,可以有效减少测量区域中的噪点引起的误差。然后对投影线的平均强度进行微分处理,设置边缘敏感度为20。对于最高差异波形几个邻近的像素点采用最邻近插值运算,测量边缘位置。

一个个ROI得到一段段小直线边缘,采用最小平方的拟合直线法,以降低远离点(即异常点)的影响。将每个点引入权重 ω_i ,约束条件 $\alpha^2 + \beta^2 = 1$ 作为拉格朗日乘子,点到直线的距离的平方(ε^2)的最小化过程为式(2),引入Tukey权重函数来削弱距离(δ)大于 τ 的点, τ 这里也是削波系数,如式(3)。

边缘毛刺处的边缘点作为异常点直接被舍弃,最终拟合合成直线(即织带的理想直线边缘),如图4c),边缘毛刺在拟合的直线外面,可以很容易分割出毛刺,如图4d)所示。

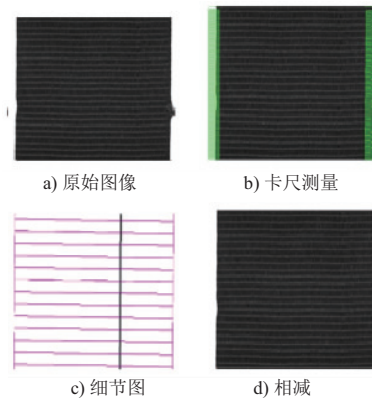


图4 边缘检测及处理

$$f_i = \frac{1}{2m+1} \sum_{j=-m}^m f_{r+j,c+i} \quad (1)$$

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n \omega_i (\alpha r_i + \beta c_i + \gamma)^2 - \lambda (\alpha^2 + \beta^2 - 1) n \quad (2)$$

$$\omega(\delta) = \begin{cases} [1 - (\delta/r)^2] & |\delta| \leq \tau \\ 0 & |\delta| > \tau \end{cases} \quad (3)$$

拟合而成的两条直线(即织带的两条理想边),将当中的一条直线等距截取出各个点往另一条直线作垂线,得到各个垂线的值,取平均得到织带的平均宽度。

采用C#编程的主要代码如下:

```
HOperatorSet.AddMetrologyObjectGeneric(hv_MetrologyHandle, "line",
hv_Line1.TupleConcat(hv_Line2), 100, 50, 1, 20, new HTuple(), new HTuple(), out hv_MetrologyLine);
//设置ROI矩形的参数
HOperatorSet.GetMetrologyObjectModelContour(
(out ho_ModelContour, hv_MetrologyHandle, "all", 1.5);
//获取测量模型里的模型轮廓
HOperatorSet.GetMetrologyObjectMeasures(out ho_MeasureCon-
```

```
tour, hv_MetrologyHandle,
    "all", "all", out hv_Row, out hv_Column);
//获取测量模型里的测量区域
```

2.2 白点检测

织带脏污等原因导致白点缺陷。白点灰度值与背景纹理灰度值较接近,难区分,需采用傅里叶变换的方式进行图像预处理。

傅里叶变换中通过定制的滤波器来滤除图像中特定频段的频率,消除背景纹理干扰。采用更为优化的实部傅里叶变换(RFT)可得更快的运算速度。图像右半部分的值是图像左半部分中对应值的复共轭,仅通过计算和存储复合图像的左半部分就可以节省运行时间和内存。

在图像频谱中,白点缺陷位于频谱的低频段,生成 $\sigma=3, \lambda=1$ 的高斯低通滤波器进行卷积运算。 σ 表示高斯函数的标准差, λ 表示滤波器纵轴和横轴的滤波半径比。高斯低通滤波器适用于对高低频之间截止频率的控制,便于图像空间域与频域之间的联系^[8-9],如式(4)。

$$g_{\sigma}(r,c) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(r^2+c^2)}{(2\sigma^2)}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-r^2/(2\sigma^2)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-c^2/(2\sigma^2)} = g_{\sigma}(r)g_{\sigma}(c) \quad (4)$$

然后阈值分割出白点缺陷,根据面积特征参数来判别织带合格与否,如图5所示。

同理检测织带表面毛刺。

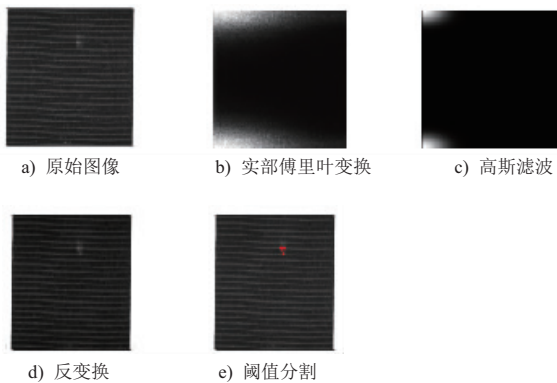


图5 白点检测

3 上位机软件设计

上位机程序开始运行时,先初始化设备;当编码器检测到织带走过特定的距离时,开启相机软触发标志位;调用相机回调函数进行异步采图,后续进行并行的图像处理;结束后清空缓存区,防止内存溢出,检测流程如图6所示。

上位机程序实时显示缺陷位置,织带速度等信息,设置检测类型,并附带各类操作按钮^[10],程序界面如图7所示。

主要代码:

```
tJianCe = new Thread(new ThreadStart(ThreadJianCe)); //创建新线程
public static void ThreadJianCe()
    while (! Thread_Stop) //循环采集
```

```
} try
{
    if(m_softtigger == true) //标志
        //省略采集处理部分
        m_softtigger = false;
}
catch (Exception ex) //异常
{
    continue;
}
```

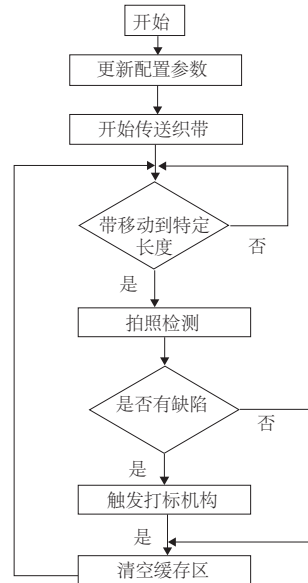


图6 检测流程



图7 程序界面

4 实验与结果分析

为了验证检测系统的性能,实时采图处理 10000 m 的织带,实测数据见表 1,结果分析如下:对于不同类型的缺陷检测有较好的鲁棒性,检测效果良好,相较于传统人眼检测有较大的提高。对于表面毛刺的检测,后期可以采用深度学习技术来辅助检测,提高准确率。通过多线程并行编程技术将一个采集处理周期的平均时间控制在 100 ms 以内,满足工业实时性要求。

(下转第 182 页)