

中后帮鞋机全自动涂胶控制系统

舒雨锋, 张海鹰*

(东莞职业技术学院 机电工程系, 广东 东莞 523808)

摘要:针对东莞市鞋机装备制造业自动化程度不高的问题,以及为了降低劳动力成本和避免劳动者直接接触有害物质,将自动控制、图像处理等技术应用到鞋机装备制造业中。对中后帮鞋机涂胶控制部分的应用现状与存在的问题进行了深入地分析,提出了基于图像处理的全自动控制方案;研究并建立了图像处理与运动控制的无缝连接方法,通过 CCD 相机采集鞋楦图像,再利用图像处理算法,得到了鞋楦边缘轨迹坐标,进而将其输入到基于 PC 的运动控制卡中,通过开发设计的软件,使图像处理后的轨迹直接实时驱动运动控制执行机构;最后,在中后帮鞋机上进行了试验评估。研究结果表明,该系统无需工作人员对不同的鞋样涂胶路径进行反复示教,操作简单,且能大大地提高生产效率。

关键词:机器视觉;运动控制;涂胶;图像处理

中图分类号:TS943.5;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)09-1109-05

Automatic gluing control system of shoe machine

SHU Yu-feng, ZHANG Hai-ying

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China)

Abstract: Aiming at the problem that Dongguan city shoe machine equipment manufacturing industry is not high degree of automation, in order to reduce labor costs and avoid workers in direct contact with hazardous substances and other outstanding problems, automatic control, image processing technology were applied to the shoe machine equipment manufacturing industry. The application status and existing problems of shoe machine gluing control part were in-depth analyzed, a method that automatic control scheme based on image processing was presented. Seamless connection method between image processing and motion control was established, shoes' image was collected by the CCD camera, track coordinates of the shoes' edge were gotten by using image processing algorithm, and then the coordinates were inputted to the PC-based motion control card. Through the development and design of software, it was realized that the track after image processing direct and in real time driven motion control. The results indicate that the system does not need a staff repeatedly teach different kind of shoes glue path, simple operation, and can greatly improve work efficiency.

Key words: machine vision; motion control; gluing; image processing

0 引言

在制鞋业的涂胶生产中,目前我国主要由手工完成,因此,对涂胶路径的控制方式主要采用粗略地手动调整^[1]。采用这种方法控制涂胶路径难以保证涂胶路径的美观性,且难以保证涂胶的均匀性,工作效率也

较低。为了提高工作效率以及保证涂胶路径的美观性和涂胶的均匀性,也可采用示教智能控制的方法来控制涂胶路径:即工作人员通过对涂胶路径进行示教,得出涂胶路径,再采用控制器来控制涂胶路径。但是,采用示教智能控制的方法来控制涂胶路径存在以下缺陷:①对涂胶路径进行示教的过程比较繁

琐、费时,且对工作人员要求较高;②当需要对另一种鞋样进行涂胶时,就需要工作人员对其涂胶路径进行重新示教。

目前,基于视觉的运动控制系统得到普遍采用,工业相机将采集到的图像传送给计算机,计算机利用图像处理软件对目标图像进行匹配、定位,将目标位置坐标转换成步进电机控制坐标,进而执行机构控制运动。这种视觉运动控制系统只能说是半智能控制系统,操作人员需要人为利用计算机图像处理软件进行预先处理采集来的图像,进而在图像处理软件中进行轮廓的生成,对操作人员的要求较高,操作比较麻烦。在商标切割机上广泛采用这种方法。

因此,有必要提供一种改进的基于图像处理的涂胶路径控制方法来克服上述缺陷。本研究主要探讨中后帮鞋机全自动涂胶控制系统的设计。

1 涂胶全自动控制系统设计

1.1 涂胶控制系统原理方法

涂胶路径控制原理图如图 1 所示。本研究基于机器视觉的涂胶控制系统工作原理是^[2-3]:通过 CCD 等图像采集设备采集鞋帮或鞋底的原始图像,对所述图像进行处理以提取所述原始图像边缘轮廓的轨迹点坐标,经过数据处理算法离散数据;然后,经过 CPU 等中央处理器对经离散后的数据进行处理以转换成电机的脉冲坐标序列;最后,将脉冲坐标序列传送至位置控制器以实现涂胶胶嘴运动路径的控制。需要注意的是,在图 1 中,所述位置控制器部分包括运动控制卡、3 个驱动器以及 3 个电机,而涂胶胶嘴包括左、右两个。

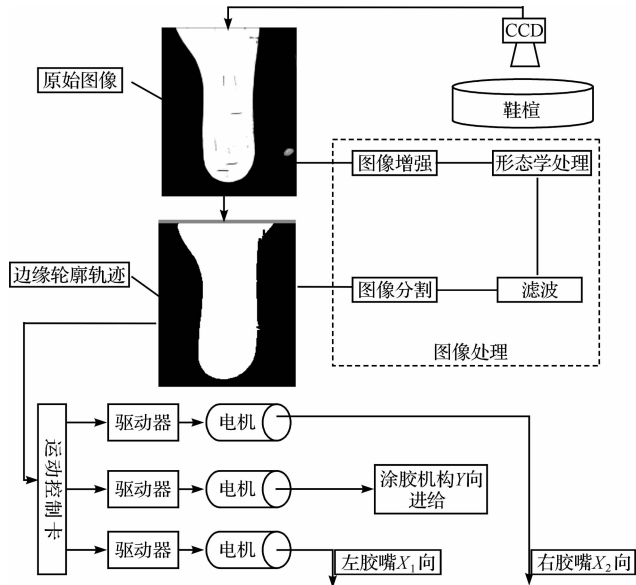


图 1 涂胶路径控制原理图

其中,一个电机用于控制左右两个胶嘴 Y 方向的进给,另外两个电机分别控制左、右两个涂胶胶嘴 X 方向的进给。

为实现上述目的,具体步骤包括如下^[4]:

- (1)采集鞋帮或鞋底的原始图像;
- (2)对所述原始图像进行图像增强、形态学处理、滤波以及图像分割以提取所述原始图像的边缘轮廓的轨迹点坐标;
- (3)采用数据处理算法对所述轨迹点坐标进行离散处理;
- (4)将经离散处理后的所述轨迹点坐标传送至中央处理器进行处理以转换成电机的脉冲坐标序列;
- (5)将所述脉冲坐标序列传送至位置控制器以控制涂胶胶嘴的运动路径。

与现有技术相比,本研究提出的基于机器视觉的涂胶路径控制系统是通过所采集的鞋植的原始图像并对其进行处理以提取边缘轮廓的轨迹点坐标,再对轨迹点坐标进行处理以转换成电极的脉冲坐标序列,最后将脉冲坐标序列送至控制器以实现涂胶胶嘴运动路径的控制,无需工作人员对不同的鞋样涂胶路径进行反复示教,操作简单,且大大地提高了工作效率。

1.2 鞋植的图像处理

图像采集及鞋植边缘轨迹的提取是整个视觉控制系统技术难点所在。图像采集主要指从拍摄得到的图像中提取鞋植的大小、形状、位置等信息^[5]。边缘轨迹提取主要指对识别出来的鞋植进行图像处理,为运动机构提供准确的位置坐标。以下详细研究基于“CCD 相机 + 图像采集卡”的信息处理流程。

(1)设定颜色阈值。

根据图像的颜色使用该功能来隔离颜色特征进行分析和处理,或删除不必要的功能。这个函数处理的结果是一个二进制图像。其基本思想是:给定一个数

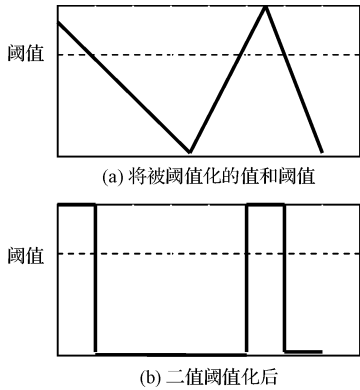


图 2 阈值化原理图

组或一个阈值,然后根据数组中的每个元素的值是低于还是高于阈值而进行一些处理(高于阈值的以红色像素显示,低于阈值的以黑色像素显示)。阈值化原理图如图2所示。

(2) 填充图像洞。

对阈值化后的图像漏洞用指定像素的点去填充^[6]。

在 VC++ 中,安装好 OpenCV 开发包,利用 OpenCV 二值图孔洞填充算法,其算法原理如下:

将大背景全部用前景色(红色)填充(调用 Flood-Fill 函数,一(0,0)为种子点即可),即得到孔洞图(此时孔洞为黑色);然后,将此图二值反转,即得到用红色表示的孔洞图;然后,将此空洞图与原二值图相加(调用 cvAdd 函数即可)即可将孔洞填充掉。

(3) 膨胀。

膨胀是形态学中的一种基本运算。它是对二值化后的图像边界点进行扩充,将与图像接触的所有背景点合并到该图像中,使其边界向外部扩张的过程。

设 X 为目标图像, B 为结构元素,则目标图像 X 被结构元素 B 膨胀的数学表达式为:

$$X \oplus B = \{x | (B^v)x \cap X \neq \Phi\} \quad (1)$$

式中: x —集合平移的位移量, $\oplus$ —膨胀运算的运算符。

本研究先对结构元素 B 做关于其原点的反射,得到反射集合 B^v ;然后,在目标图像 X 上将 B^v 平移 x ,则那些 B^v 平移后与目标图像 X 至少有一个非零公共元素相交时,对应的原点位置所组成的集合就是膨胀运算的结果。

(4) 侵蚀。

侵蚀^[7]是另一种形态学运算,其作用是消除图像边界点,使边界向内部收缩的过程,可以把小于结构元素的像素点去除掉。

设 X 为目标图像, B 为结构元素,则目标图像 X 被结构元素 B 侵蚀的数学表达式为:

$$X \ominus B = \{x | (B)x \subseteq X\} \quad (2)$$

当在目标图像中找到一个与结构元素相同的子图像时,就把该子图像中与结构元素的原点位置对应的那个像素位置标注出来,目标图像上被标注出来的所有像素组成的集合,即为侵蚀运算的结构。

(5) 直方图均衡。

其基本思想是对原始图像中的像素灰度做某种映射变换,使变化后的图像灰度的概率密度均匀分布,即变化后图像是一副灰度级均匀分布的图像。

图像的灰度直方图均衡化算法实现的步骤如下:

获取二值化处理后的图像及其特征(高度、宽度);

暂时分配内存,以保存新图像,并初始化为0;

通过调用灰度直方图统计函数,获取源图像灰度分布的概率密度;

对源图像的灰度分布进行直方图均衡化处理;

逐个扫描源图像中的像素点,将直方图均衡化后的结果写到当前点对应的目标图像中;

将灰度直方图均衡化处理后的图像复制到源图像中。

(6) 轨迹提取。

本研究对直方图均衡后的图像,利用二值图像跟踪算法进行轨迹提取^[8-9]。

算法实现步骤:

首先,找第1个边界点像素:按照从左到右,从上到下的顺序搜索,找到的第1个黑点一定是最左下方的边界点,记为 O 。点 O 的右、右上、上、左上4个邻点中至少有1个边界点,记为 B 。从边界点 B 开始,定义初始的搜索方向为左上方;如果左上方的点为黑点,则为边界点,否则搜索方向顺时针旋转 45° 。这样一直找到第1个黑点为止。然后把这个点作为新的边界点,在当前的搜索方向上逆时针旋转 90° ,继续用同样的方法搜索下一个黑点,直到返回初始的边界点为止。二值图像轮廓跟踪算法的示意图如图3所示(其中,箭头代表搜索方向)。

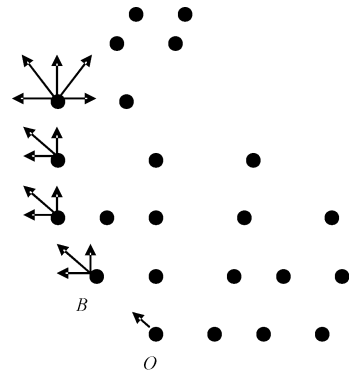


图3 二值图像轮廓跟踪算法探测准则

1.3 系统控制流程

在涂胶部分,先是鞋楦固定动作完成后,向 CCD 相机发出拍摄触发信号,CCD 相机拍摄的图像经过涂胶控制系统的图像处理模块,提取到图像边缘,经过涂胶控制系统的数据处理模块,把边缘点从中间分割成左、右两部分,分别作为左右胶嘴运动的原始坐标,这些点坐标经过数据处理后,输出脉冲序列到运动控制卡,由运动控制卡控制3台交流伺服驱动器驱动电机

共同控制胶嘴完成鞋楦的轨迹运动,同时使用位置开关和编码器以实现电机具体位置的监控^[10]。轨迹自动涂胶的前后等其他工序的逻辑动作都是由设备的液压系统完成操作,主要是通过可编程控制器控制电磁阀的通/断来实现的。涂胶系统动作流程如图 4 所示。

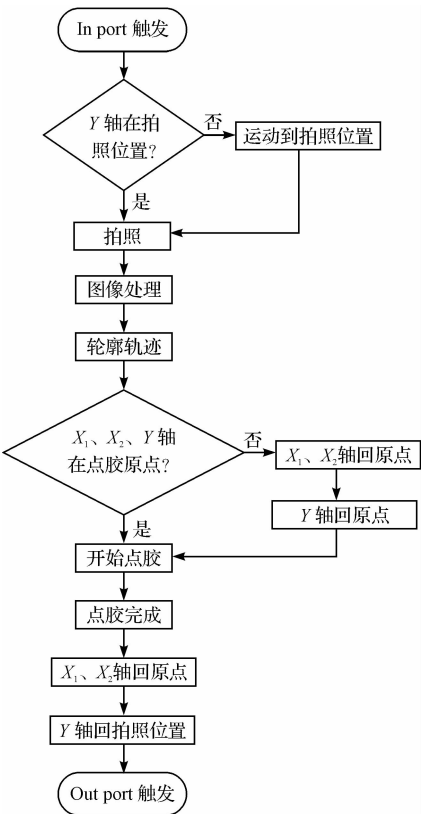


图 4 涂胶系统动作流程图

2 控制软件设计

软件结构设计^[11]是整个控制系统设计任务的重要组成部分。一般来讲,采用模块化、层次化的结构来构建整个控制系统,可以使软件结构清晰,组建方便快捷,调试简单,各个层次由于设计了统一的接口,使得代码的复用率提高,升级维护更加方便。本研究控制系统软件设计分为 4 个层次:

- (1) 用户界面层;
- (2) 功能模块层;
- (3) 仪器驱动层;
- (4) I/O 接口驱动层。

整个控制系统具体层次结构如图 5 所示。

用户界面层 (GUI) 主要负责人机沟通,该层次主要包含接收用户指令输入、参数设置、系统状态显示、图像处理结果显示等功能,是整个控制系统软件的最上层次。用户界面直接涉及到用户的操作感受,因此

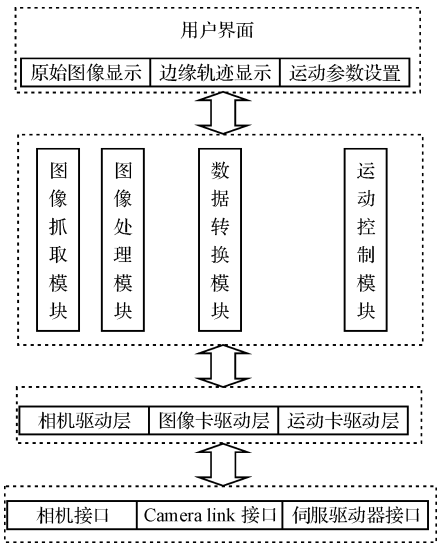


图 5 系统设计架构图

应该设计得清晰易懂,使用户能够很快上手。

功能模块层是整个控制系统的核心所在,由于控制系统采用模块化编写,各个不同功能的模块将被有序地安置在该层次空间。整个控制软件分为图像抓取模块、图像处理模块、数据转换模块、伺服电机设置运行模块。本研究在上一节中提到的涂胶动作流程中详细列举了系统中所涉及到的关键功能,这些功能将是软件模块设计的工作重点。

仪器驱动层是针对仪器硬件执行通讯与控制的软件层次,系统中涉及的仪器驱动程序都是按模块化,与设备无关的方式向用户释放,供使用者快速调入自己的控制系统。

I/O 接口层是控制主机与外围设备衔接的基础层次,用于处理计算机与仪器硬件间连接的底层通讯协议。虚拟仪器的接口软件都是建立在一个标准化 I/O 通讯内核之上,可以为用户提供一个一致的,跨计算机平台的应用编程接口 (API),使用户能够灵活地使用计算机平台和仪器硬件。

3 试 验

为了测试视觉图像处理部分与运动控制部分之间的协调控制效果,本研究用一台旧中后帮鞋机按上述方法进行了改进实验验证。试验结果表明:

- (1) 该方法可以实现自动获取内外腰差异化涂胶轨迹:简单快速地调整内、外腰部轨迹,免除复杂的涂胶轨迹设定;
- (2) 主动式胶嘴停胶机构,出胶及停胶动作反应快速、可靠,达到 8 次/s,漏胶率低于 0.1% ;

(下转第 1122 页)

4 结束语

本研究探讨了重复控制方法中的参数设计,通过在有源电力滤波器装置的实际应用中进行实验,比较了采用单一比例控制和比例与重复控制相结合的控制方法在 APF 系统中的应用,验证了在 15 kVA 有源电力滤波器工程应用中的最优参数。实验结果表明通过将该控制方法和比例控制相结合,能够在保障系统动态特性的同时有效地消除稳态误差,可以有效提高有源电力滤波器的补偿效果。

参考文献 (References):

- [1] 王兆安,杨 君,刘进军,等. 谐波抑制和无功功率补偿 [M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 陈国柱,吕征宇. 有源电力滤波器的一般原理及应用[J]. 中国电机工程学报,2000,20(9):17-21.
- [3] 李建林,张仲超. 有源电力滤波器控制策略综述[J]. 电力建设,2003,24(6):44-49.
- [4] INOUE T, NAKANO M, IWAI S. High accuracy control of

servomechanism for repeated contouring [C]//10th Annual Symp. on Incremental Motion Control Systems and Devices, 1981:285-292.

- [5] 耿 攀,戴 珂,魏学良,等. 三相并联型有源电力滤波器电流重复控制[J]. 电工技术学报,2007,22(2):127-131.
- [6] ESCOBAR G, VALDEZ A A, LEYVA-RAMOS J, et al. Repetitive-based controller for a UPS inverter to compensate unbalance and harmonic distortion [J]. **Industrial Electronics, IEEE Transactions**,2007,54(1):504-510.
- [7] 周 导. 提高并联有源电力滤波器补偿精度的研究[D]. 杭州:浙江大学电气工程学院,2010.
- [8] 徐德鸿. 电力电子系统建模及控制[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [9] XU M X, XU D, LIN P, et al. Understanding repetitive control and resonant control [C]//Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), 2012 3rd IEEE International Symposium on,2012:621-627.
- [10] 许明夏,林 平,张 涛,等. 有源电力滤波器重复控制方法的设计[J],电源学报,2012(2):16-20.

[编辑:李 辉]

(上接第 1112 页)

(3)中帮及后帮重叠结帮,中帮与后帮结帮衔接平顺,动作一次成型;

(4)编码器控制中帮结帮,中帮鞋胶轨迹控制及指头扫入更加精确;

(5)实现触控式屏幕人机界面,整合于屏幕的人性化操控装置,操作维护方便;

(6)实现计算机化动作电路控制,PLC 动作变化灵活多样且控制精确,故障检修容易;

(7)完成智能型自动侦错功能,对可能故障点及时提供警示,检修方便快捷;

(8)整体涂胶结帮效率比原有机器提高 8 ~ 10 倍,每小时完成 800 ~ 1 000 只。

4 结束语

本研究设计了一种制鞋装备中智能化全自动涂胶的技术方案。该方案克服了原来前帮机喷胶、上胶时,针对不同鞋型手动调整涂胶分段轨迹、涂胶不均匀、有毒胶液长期暴露在空气中致使安全性差的不足。该系统使制鞋装备中的涂胶工艺具有极强的灵活性和适应性。通过该技术能够对涂胶轨迹实时采集、实时调整,三轴插补的伺服系统使上胶位置更加精确。其加工后的鞋帮既有手工涂胶精准、均匀的优点,又能达到机械生产的高劳动强度、高生产效率的标准。

参考文献 (References):

- [1] 李龙根,张海鹰,舒雨锋. 涂胶运动控制机构:中国,ZL 2012 2 0316830.1 [P]. 2013-02-13.
- [2] 张 彬. CDX2 型包装机组涂胶工艺结构改进[J]. 包装与食品机械,2011(1):63-66.
- [3] 舒雨锋,张海鹰,李龙根. 双边涂胶运动控制机构:中国,ZL 2012 2 0316829.9 [P]. 2013-02-13.
- [4] 雷李辉,朱晓明,席文明. 基于视觉的微马达转子引线自动化装配研究[J]. 机电工程,2011,28(6):671-674.
- [5] 韩九强. 机器视觉技术及应用[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [6] 马颂德,张正友. 计算机视觉计算理论与算法基础[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [7] [美]桑 卡,[美]赫拉瓦卡,[美]博伊尔. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 3 版. 艾海舟,译. 北京:清华大学出版社,2011.
- [8] 张国素,付 冬,郑 广. 基于图像处理的运动目标跟踪系统[J]. 河北省科学院学报,2005,22(Z1):179-181.
- [9] 朱映远,倪风雷,史士财,等. 基于手眼视觉的空间末端操作器的轨迹规划[J]. 机电工程,2012,29(7):759-764.
- [10] 王 璐,崔益安,苏 虹. 移动机器人的运动目标实时检测与跟踪[J]. 计算机工程与应用,2005(15):30-34.
- [11] 胡志军,戴 敏,张 磊,等. 一种视觉引导助老服务机器人的总体设计[J]. 机电工程,2009,26(4):1-4.

[编辑:洪炜娜]