

DOI: 10.13382/j.jemi.2017.03.003

汽车挡风玻璃定位与支架粘合视觉检测系统的设计与实现^{*}

毛建旭^{1,2} 李 明^{1,2} 周博文³ 王耀南^{1,2} 赵 科^{1,2}

(1. 湖南大学电气与信息工程学院 长沙 410082; 2. 机器人视觉感知与控制技术国家工程实验室 长沙 410082;
3. 湖南科技大学信息与电气工程学院 湘潭 411201)

摘 要:针对企业提出的汽车前挡风玻璃自动制造需求,设计了一套基于机器视觉的前挡风玻璃定位与支架粘合检测系统。阐述了系统的整体设计方案,详细介绍了电气控制部分、机器人控制部分和机器视觉部分。系统采用底部背光与双侧面条形光相结合的光学控制策略。针对产品的特征,提出了自适应阈值图像分割算法和基于改进的随机霍夫变换特征提取算法,实现汽车挡风玻璃定位和支架粘合质量检测。实验结果表明,设计的系统能够很好地降低粘合支架的次品率,次品率仅为4%,满足了企业生产现场的精度和时间要求,实现粘合精度小于0.5 mm,智能制造系统生产效率为人工的4.5倍,大大提高企业的生产效率。

关键词: 机器视觉;挡风玻璃定位;支架粘合检测

中图分类号: TP391. 4;TN911.73 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4050

Design of visual test system for automobile windshield positioning and bracket adhesion

Mao Jianxu^{1,2} Li Ming^{1,2} Zhou Bowen³ Wang Yaonan^{1,2} Zhao Ke^{1,2}

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;
2. National Engineering Laboratory for Robot Visual Perception and Control Technology, Changsha 410082, China;
3. School of Information and Electrical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: A set of windscreen positioning and bracket bonding detection system based on machine vision is developed in the paper. The whole design scheme of the system is described, and the system of electric control part and robot control part and machine vision part are introduced in detail. By taking advantage of the characteristics of the image background, the backlight and double side bar at the bottom of the light with the combination of optical control strategy is used. According to the characteristics of the product, an adaptive threshold image segmentation algorithm and an improved random Hough transform algorithm are proposed to realize the automobile windshield positioning and bracket adhesion detection. The experimental results show that the designed system can well reduce the error rate of artificial bonded bracket, and the defective rate is only 4%, it meets the production precision and time requirements. The bonding precision is less than 0.5 mm, intelligent manufacturing system production efficiency is 4.5 times of artificial, the production efficiency of the enterprise is greatly improved.

Keywords: machine vision; automobile windshield positioning; bracket bonding test

1 引 言

“中国制造2025”的概念越来越深入人心,各企业抓住这千载难逢的机遇,努力提高自己的生产效率和整体

竞争力。其中,机器视觉是工业机器人感知周围环境的重要手段,能够增强工业机器人的自主能力和灵活性。汽车挡风玻璃定位与支架粘合作为汽车整车制造的一个重要环节,其安装的精度与质量是决定整个汽车的安全性的重要性能指标之一。目前,国内各企业对汽车挡风

玻璃定位与支架粘合检测主要采用人工或者机械的方法,其加工时间长、粘合精度和效率低、人工成本高、制造加工人员劳动强度大且容易疲劳,次品率也会随之上升。针对上述一系列的问题,急需开发一套基于机器视觉的汽车挡风玻璃定位与支架粘合检测系统。

随着工业技术的深入发展,结合机器视觉的机器人能够更智能、更快速、更柔性的适应现代化的灵活生产线^[1-2]。在汽车焊接、喷涂、装配、搬运、注塑、冲压等方面发挥着重要作用。20 世纪 90 年代,国内的机器人涂胶系统均随整条汽车生产线由国外引入。而直到 2 000 年,首钢莫托曼机器人公司研制了国内第一套机器人汽车挡风玻璃涂胶系统。但是仅限于引进机器人,而未与机器视觉相结合。随着我国在机器视觉技术的深入研究,取得了一些研究成果,如基于双目机器视觉的挡风玻璃智能涂装系统^[3],但是受摄像机标定畸变影响很大。面对国外先进技术的冲击和国内人工检测的局限性,目前急需研发具有自主知识产权的视觉系统,这将能够极大提升我国汽车产业的自动化水平,缩小与国外先进国家的水平。

针对现有企业需求,本文设计了一套基于机器视觉的前挡风玻璃定位与支架粘合检测的系统,提出了自适应阈值图像分割的算法和基于改进的随机霍夫变换算法,能够高效率、高质量、低成本的实现汽车风挡玻璃的定位与支架粘合检测,实现系统自动化、智能化、低次品率的生产。

2 系统整体设计

整个系统由 3 大部分组成:电气控制部分、机器人部分和机器视觉部分。电气控制部分包括由 PLC 控制的上

料系统、传送系统、卸料系统以及安全围栏报警系统。机器人部分包括机器人控制器、机器人本体。机器视觉部分包括:工业控制主机、主显示屏、光源、工业相机、光源控制器、PCI 板卡等,机器视觉系统是由检测工位 1 和检测工位 2 组成的,分别完成视觉定位和支架黏合检测功能,涂胶和底漆质量检测功能。如图 1 所示为系统整体的机械俯视图。

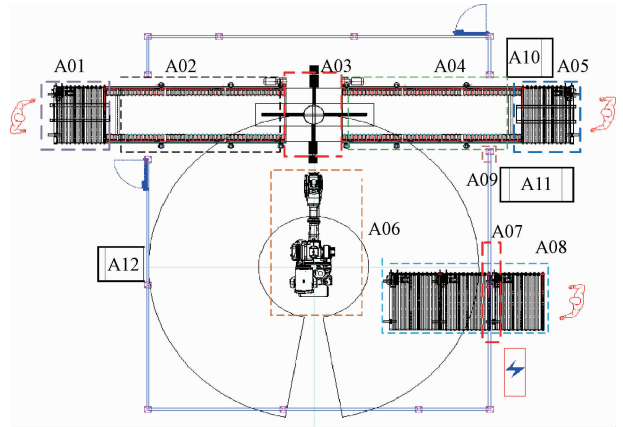


图 1 检测系统工作站整体布局

Fig. 1 Overall layout of detection system workstation

A01 挡风玻璃上料系统;A02 进料传输系统;A03 视觉检测系统工位 1;A04 出料传输系统;A05 挡风玻璃下料系统;A06 机器人本体;A07 视觉检测系统工位 2;A08 支架上料系统;A09 胶枪控制系;A10PLC 控制柜;A11 视觉控制柜;A12 机器人控制器

整个系统工作流程如图 2 所示,其中绿色箭头方向为工位 1 的相机 A 开始工作,蓝色箭头为支架粘合以及粘合后的工作流程。

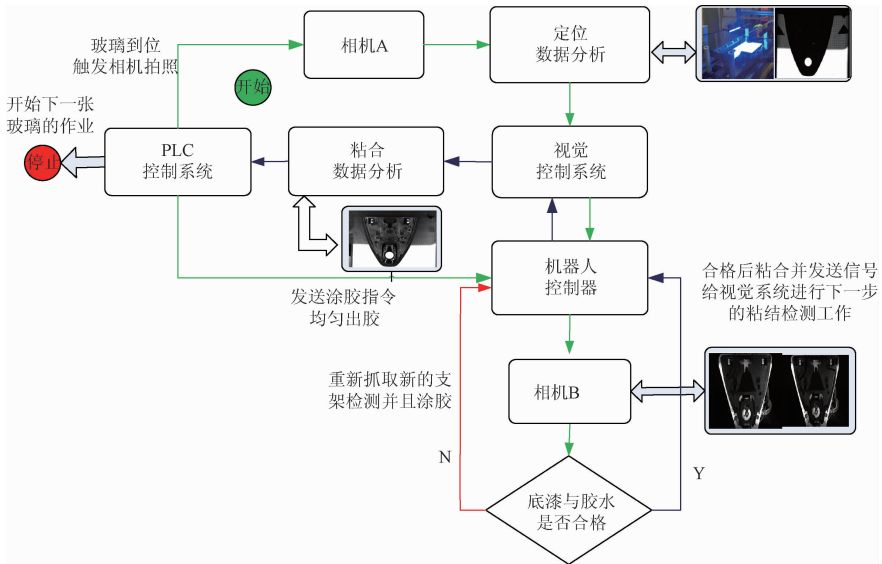


图 2 系统整体工作流程

Fig. 2 Workflow chart of overall system

3 电气控制部分

图3所示为汽车挡风玻璃视觉检测系统的电气控制系统结构。PLC控制器采用西门子公司的西门子S7-1217C。PLC控制的气缸支架将玻璃传送到PLC的传送带上,并且送至指定位置后,光电传感器将触发PLC控制器产生触发信号。经过PLC控制器处理后,将触发信号发送给视觉系统的相机A进行挡风玻璃定位检测。在机器人涂胶粘接完成后,视觉系统的相机A会对机器人粘接完成的位置进行检测,如果粘接不合格,视觉系统将会发送“粘接失败”的信号给PLC,而控制器将对挡风玻璃通过传送装置送至一旁等待人工处理;如果粘接成功,视觉系统将会发送“粘接成功”的信号给PLC,进而控制器将通过传送带将合格的挡风玻璃送至下一个工位进行加工处理^[4]。

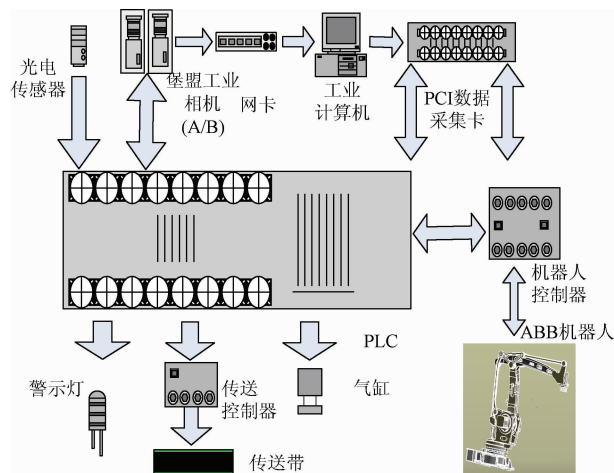


图3 电气控制系统结构

Fig.3 Electrical control system structure

4 机器人控制部分

涂胶与检测系统的机械手臂,采用ABB机器人公司的IRB2600-20机器人。此款机器人荷重为20 kg,工作范围为1.65 m,重复定位的精度在0.04 mm。如图4所示为该款机器人的工作范围。动作A工作范围的距离为1 948 mm,动作B为993 mm,动作C为837 mm,动作D为469 mm,动作E为1 353 mm,动作F为1 653 mm。

机器人控制系统采用在线示教方法,实时呈现和控制机器人的位置。机器人通过千兆网口与视觉系统和PLC控制系统实现交互通信^[5,6]。机器人控制系统的主要功能如下。

支架的抓取:机器人从支架台上抓取支架,并且将其

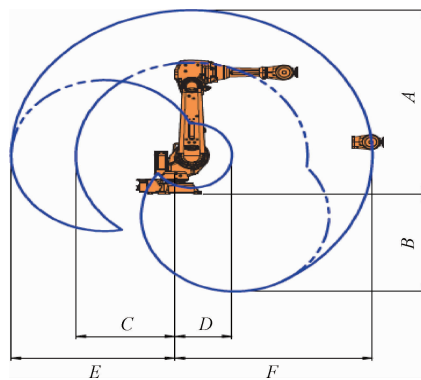


图4 机器人本体活动范围结构

Fig.4 Robot ontology range structure

送至指定的视觉检测区域进行底漆检测。如果支架的底漆合格,将会进行下一步的操作,否则将剔除不合格的支架并且进行下一个支架的重新抓取;

支架涂胶路线的规划:机器人将支架送至指定位置进行支架的涂胶。PLC控制系统将在指定时间内控制出胶系统进行均匀出胶,而机器人将按照一定的路线使胶水均匀的涂在支架指定位置上,并且机器人将支架送至视觉检测区域进行胶水检测。如果胶水合格,将会进行下一步的操作,否则剔除回到支架抓取的步骤;

将支架粘合到挡风玻璃上:机器人通过视觉定位挡风玻璃的坐标,将涂好胶水的支架粘合到挡风玻璃上。

由于支架与挡风玻璃的粘合精度要控制在小于0.5 mm,因此在设计机器人控制系统时,必须对运动控制和程序模块进行优化,尽量减小机器人机器人的震动以及速度过快产生的误差,使机器人尽量平滑稳定的运行。

5 视觉检测系统部分

5.1 运动成像系统

运动成像系统主要由光源照明系统、Computer镜头、堡盟EXG50工业相机3大部分组成。因为玻璃支架检测的最终重复精度在0.2 mm,而且粘结的重复精度在0.5 mm,并且由于定位与检测的物件的多样性和复杂性,一般的照明系统效果不显著。因此设计了专用的定位和检测照明系统。如图5所示,照明系统分为两个:照明系统A是视觉系统用来将挡风玻璃定位和缺陷检测的,采用底部背光与双侧条形光相结合的光学控制策略;照明系统B是视觉系统对支架底漆和支架涂胶质量检测的,采用双侧条形光的光学控制策略。这两种照明系统能够有针对性的区分背景与检测物体的差别^[7]。

1) 背光与双条形光方案:如图5(a)所示,底面为LED正方形平面光源,均匀的发出光线,透明区域对光线不阻挡,因此可以将挡风玻璃上的透明玻璃部分图像直

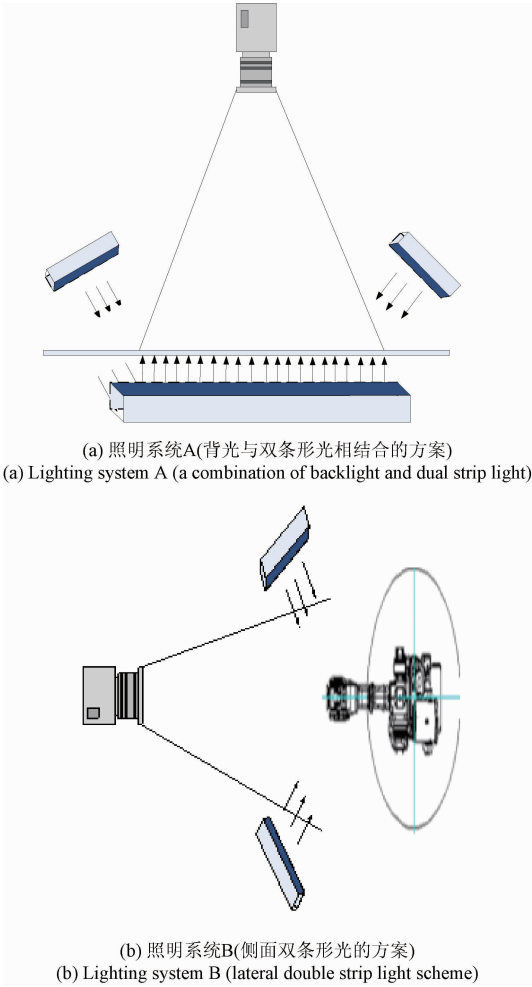


图 5 成像照明系统方案

Fig. 5 The scheme of imaging lighting system

接进入 CCD 摄像机,不透明的黑色玻璃部分,致使该区域灰度值偏低,形成暗区;两侧采用向下倾斜 45° 的条形光,能够清晰的获取支架粘合后的检测图像。该视觉方案主要特点是集挡风玻璃视觉定位和支架粘合精度检测为一体的视觉系统。

2) 双侧面条形光方案:如图 5(b)所示,光源为长条形光,其发射光遇深浅不一的黑色支架,能够形成部分亮区,反射至 CCD 相机。该方案能够有效获取底漆的有无以及胶条是否断裂的清晰图像。

5.2 视觉检测算法

5.2.1 图像预处理

在汽车挡风玻璃的图像获取过程中,由于处在环境比较恶劣的工业现场,其环境以及光照等因素会不可避免的引入噪声,并且由于挡风玻璃的背景大部分是黑色为主,因此噪声对图像的处理与检测精度将会产生影响。因此,本文提出一种自适应高斯滤波算法滤除挡风玻璃图像的噪声。高斯滤波器是一类根据高斯函数的形状来

优先选择权值的线性平滑滤波器^[8]。高斯平滑滤波器对于抑制服从正态分布的噪声非常有效。二维高斯函数如下:

$$G_0(x,y) = Ae^{-\frac{(x-u_x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-u_y)^2}{2\sigma_y^2}} \tag{1}$$

式中: σ_x 表示高斯核函数在 X 方向的标准偏差, σ_y 表示高斯核函数在 Y 方向的标准偏差,其中 A 为归一化系数,一般在二维图像处理中, u_x 、 u_y 取 0。

对以上二维高斯函数进行分布采样、量化,使其归一化可以得到离散模板如下:

$$G = \frac{1}{16} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \tag{2}$$

为方便后续自动阈值分割图像,将三通道图像转为单通道图像进行处理。并且通过图片的原始大小的长和宽的值,自适应打开一个合适的图像处理窗口^[9]。

5.2.2 图像分割

由于图像背景大部分为黑色,工业现场复杂的环境都将影响获取的图像质量。因此采用自适应阈值分割,其结果如图 6(a)所示,将黑色背景部分与 ROI 区域高效的分割并且将提取的圆心坐标和梯形坐标值发送给机器

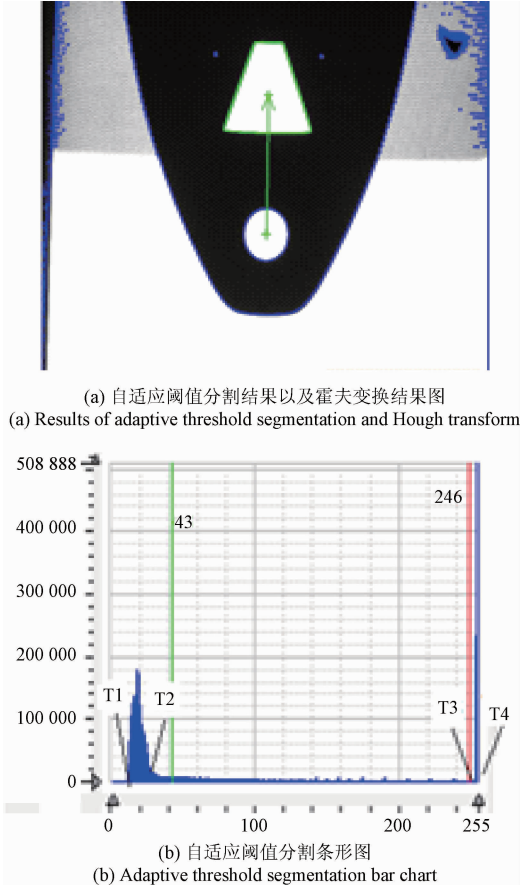


图 6 定位效果以及分割条形图

Fig. 6 Positioning results and segmentation bar

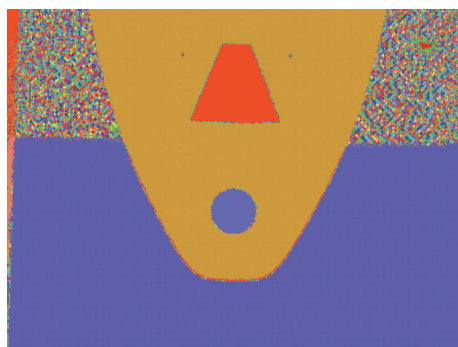
人^[10-11]。如图6(b)所示为将挡风玻璃分割后的灰度阈值条形图,其各个区域的阈值分布情况,自适应阈值分割步骤如下。

1) (T_1, T_2) 区间是 ROI 白色区域的提取范围。然而分割的目标只是圆形和梯形以及两个小圆点黑白区域的边缘区域。因此干扰区域分阈值范围为 (T_1, T_2) 。

2) 图像数据的背景图像阈值变化区域在 T_3 和 T_4 区域。当分割阈值上限超过 (T_3, T_4) 区间时,图像会发生明显的跳变导致整幅图像被分割。

3) 因此为了排除干扰区域和背景阈值变化区域,将自适应阈值取值在 $(T_3 - T_2, T_3)$ 之间就可满足提取圆和梯形以及两个校正小白点的边沿 ROI。

如图7所示,为自适应阈值分割算法与普通阈值分割算法的对比图。图7(a)和(b)是采用普通阈值分割



(d) 本文采用自适应阈值算法的分割 $\sigma=1.1$
(d) Adaptive threshold segmentation algorithm

图7 普通阈值分割方法与自适应阈值分割算法的对比
Fig. 7 Comparison between common threshold segmentation method and adaptive threshold segmentation algorithm

算法不同灰度值的处理结果,其分割结果边缘有很大的干扰;而图7(c)和(d)采用的自适应阈值分割,其效果有了明显的改善和提升。

5.2.3 汽车挡风玻璃的定位

对汽车挡风玻璃的视觉定位是为后期机器人高精度粘合支架的基础,因此对汽车挡风玻璃的特征检测识别显得尤为关键。由于汽车挡风玻璃上有梯形特征和圆形特征,而 Hough 变换是最常用的直线和圆检测的方法之一。Hough 变换因其优异的抗干扰能力和强大的鲁棒性得到广泛使用,但由于该算法消耗存储空间巨大而导致其效率较低。Xu 等人提出了随机 Hough 变换 (RHT) 克服了 Hough 变换效率低下的缺点。因此本文采用 RHT 进行梯形直线的提取,采用等步长 Hough 变换的圆检测方法对圆特征进行提取。

1) 梯形特征的检测识别

随机 Hough 变换 (RHT) 是在图像空间随机地选取边缘上几个点映射成参数空间内的一个点,从而避免了 Hough 变换 1 到多映射的巨大计算量。本文采用的 RHT 算法步骤如下。

(1) 将边缘点的数据构造成集合 U , 并且初始化基元参数累加器数组。若初始化失败累加器 $f=0$, 同时设置门限 T_f (最大的容许失败的次数)、 T_d (距离门限) 和 T_s (峰值门限)。

(2) 如果 $f \geq T_f$, 则结束, 反之则从 U 中随机抽取 3 个特征点集 $U_m = (x_m, y_m), (m = i, j, k)$, 并且移除这 3 个点。

(3) 计算从 U 中随机选择的 3 个点得到的直线, 如由 v_i, v_j 两个点可得到直线 L_{ij} :

$$\begin{cases} y_i = a_{ij}x_i + b_{ij} \\ y_j = a_{ij}x_j + b_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

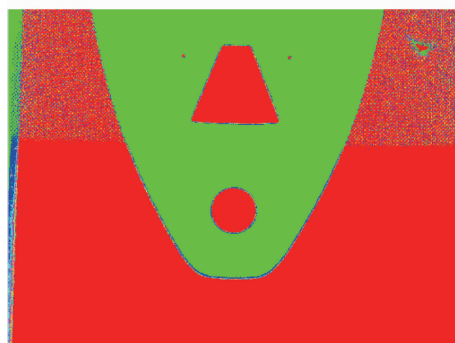
由式(4)可知第 3 点到直线的距离:



(a) 普通阈值分割算法 (30-255)
(a) Common threshold segmentation algorithm



(b) 普通阈值分割算法 (15~255)
(b) Common threshold segmentation algorithm



(c) 本文采用自适应阈值算法的分割 $\sigma=0.9$
(c) Adaptive threshold segmentation algorithm

$$d_{k \rightarrow ij} = \frac{|y_k - a_{ij}x_k - b_{ij}|}{\sqrt{a_{ij}^2 + 1}} \quad (4)$$

同理可求另外两段的距离。

如果上述给出的随机 3 个点中的任意一个点到另外两点的直线距离小于距离门限 T_d , 则继续下一步; 否则 $f=f+1$, 并且将这 3 个点放回数据集, 跳转步骤(2)。

(4) 对基元参数的累加值进行累加, 初始值设定累加器 $S = 0$ 。计算随机 3 个点间的距离, 并取它们中的最小值 D_i , 相应的两点假设为 v_i 和 v_j 构成的直线为 L_{ij} 于是得到峰值门限:

$$T_s = n \cdot D_i \quad (0.8 \leq n \leq 1)$$

沿直线方向在 v_i 和 v_j 之间搜索数据集的边缘点 v_l 。如果 $d_{l \rightarrow ij} < T_d$, 将此点从数据集移除且累加器 $S = S + 1$ 。检测中, 若 $S \geq T_s$, 则确认为图像中真正的直线, 并将 f 清零, 继续下一步; 否则 $f=f+1$, 将相应的点放回数据集, 并跳转步骤(2)。

(5) 以 v_i, v_j 为端点, 沿直线方向向两端搜索边缘点 v_l , 如果 $d_{l \rightarrow ij} < T_d$, 将此点判定为直线上的点并从数据集中移除。搜索过程中考虑断点的情况, 跳转第步骤(6); 否则直到图像的边界, 跳转步骤(2)。

(6) 设置门限 T_c 表示连续断点的极限, 初始化断点累加器 $C = 0$ 。若搜索点为连续的断点, 则 $C = C + 1$ 。如果 $C \geq T_c$, 则将 C 清零, 并跳转到步骤(2); 否则将 C 清零并跳转到步骤(5)。

通过该算法快速提取边缘图像中长度大于一定阈值的直线段 L_i , 其与图像坐标 x 轴的夹角为 θ 。如图 8(a) 所示, 图中一共检出直线 5 条, 说明不是所有提取的直线都是准确的, 为了将检测准确性提高需要对检测到的直线进行一系列条件的约束。通过大量的实验发现: 理想情况下导线与图像平面 X 平行或者呈现一定的角度, 且分布在图像的中间位置, 并且导线的宽度在一定的范围内, 因此总结了如下的分类规则。

对于图像中的 4 条直线 L_i 和 L_j , 如果满足以下条件:

- (1) 倾角 θ 满足 $0^\circ < \theta < 75^\circ$;
- (2) 上端点 Y 坐标小于给定的阈值 Y_t ;
- (3) 上端点 X 坐标在给定的阈值 X_h 和 X_l 之间;
- (4) 两条直线 L_i 和 L_j 之间的距离小于给定阈值 T 。

则可以认为直线 L_i 和 L_j 分别为梯形的 4 条边缘。通过改进的 RHT 算法快速地提取出边缘图像中的直线, 并加以条件约束, 有效地将梯形的 4 条边缘识别出来, 完成了对梯形识别定位, 如图 8(b) 所示。通过确定梯形位置的检测, 可准确的确定挡风玻璃的区域, 为后续机器人的视觉定位奠定了基础。

2) 圆形特征的检测识别

对于支架底座圆的检测提出基于等步长的霍夫变换的圆检测方法^[12-13]。由于霍夫变换在计算量上占用很大

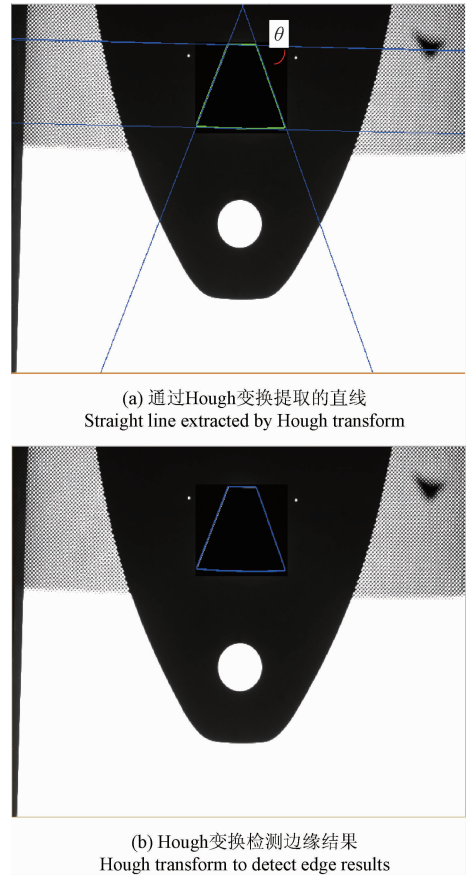


图 8 随机霍夫变换算法检测识别

Fig. 8 Random Hough transform algorithm for detection and recognition

的内存^[14-15], 检测性能受参数的影响, 而等步长的霍夫圆检测一方面降低随机采样的点数, 另一方面通过采样的特征点减少无效的累积。本文方法首先通过霍夫圆的方向信息检测圆的边缘点, 从而找到一个封闭的边沿线; 下一步按照指定的等步长对提取的边缘进行采样。

因为圆的坐标可以表示为:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (5)$$

式中: (x_0, y_0) 为圆的圆心坐标值, r 为圆的半径。

如图 9 所示, 为霍夫圆变化的原理。首先扫描到圆上面的 C 点作为起始点, 从 C 点为起点搜索下一个边沿后继点 A , 在找到等距离的 3 点后, 通过 A, B, C 3 点的坐标即可求得圆心坐标(3 点坐标分别为 $(x_a, y_a), (x_b, y_b), (x_c, y_c)$) 和半径 r 的长度。将 3 点的坐标代入公式可表示圆心坐标以及半径坐标为:

$$\begin{cases} x_0 = \frac{x_a + x_b + x_c}{3} \\ y_0 = \frac{y_a + y_b + y_c}{3} \\ r = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \end{cases} \quad (6)$$

求得 r 后,由 x_0 和 y_0 组成的三维空间向量,映射到圆心坐标和半径公式中。霍夫变换通过对所采集的点进行统计分析后,将它统计的累计值加 1,在所有点中找出其累积值最大的作为圆的参数,从而可以找出圆心和半径。

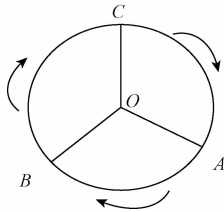
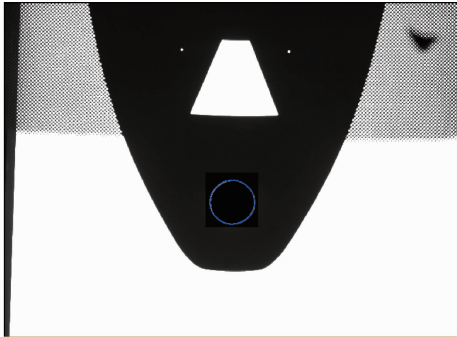


图 9 霍夫圆变换原理

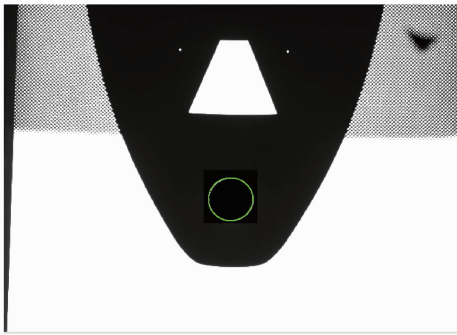
Fig. 9 Schematic diagram of Hough circular transformation

视觉系统通过算法计算的圆心坐标发送给机器人控制器,控制器将坐标的数据信息保存至支架涂胶检测合格完成。



(a) 采用等步长的霍夫变换圆检测方法

Hof transform circle detection method with equal step length



(b) 等步长的霍夫变换圆检测边缘提取结果

The Results of Hough transform circle detection edge extraction

图 10 等步长的霍夫变换圆检测算法识别

Fig. 10 Identification of Hough transform circle detection algorithm with equal step length

5.2.4 支架粘合检测

机器人通过视觉系统给定的坐标位置信息粘合好支架后,需要对产品进行进一步的检测确认,检测是否达到厂家要求的精度。

由于大小支架的背景颜色都为黑色,因此使用增强对比度的算子将相机获取的数据进行处理。图像预处理后将图像阈值分割,获得大支架上的两个白色的小点以及小支架上凸出来的延伸部分。分别为大支架上的点 (A/B) ,小支架上的点 (C/D) ,如图 11 所示。

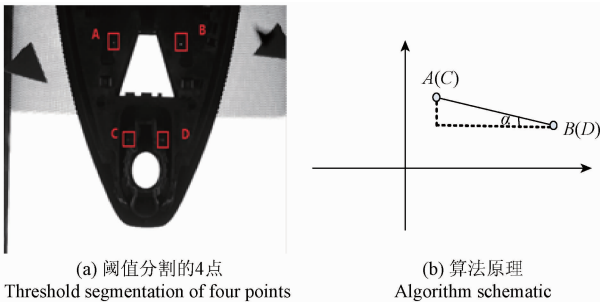


图 11 粘合检测原理

Fig. 11 Schematic diagram of adhesion test

由于大支架相对于小支架是需要严格水平的。因此,工业现场计算方法如下:

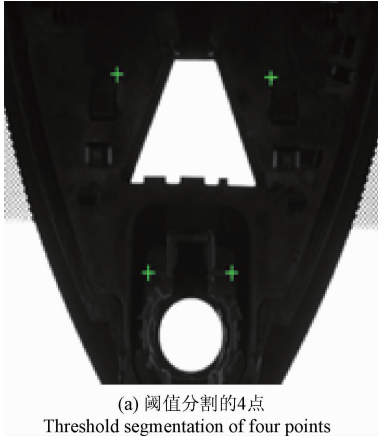
如图 11(a) 所示,获取坐标 A/B 两点的坐标。将 B 的纵坐标减去 A 的纵坐标之差比上 B 点横坐标减去 A 点横坐标之差,将其比值求反正切即可求出其角度 α ,如原理图 11(b) 所示。

同样,如图 11(a) 所示,获取 C/D 两点的坐标,与上述方法一样,求出 C/D 之间所呈现的角度 θ 。

如图 12(a) 和(b) 所示,为工业现场中通过算法提取出的目标位置点。图 12(a) 为计算精度需求,通过阈值分割出来的大支架和小支架上 4 个测试点。图 12(b) 为计算大支架和小支架的距离以及角度的偏差。

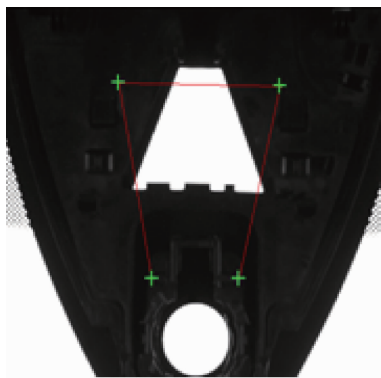
计算 $|\alpha - \theta|$ 之差是否小于 0.5。如果大于 0.5,则说明大小支架的偏差大于厂家设定要求的范围,不符合要求应归到次品类,反之则属于合格品。

为严格控制产品的质量,同时求出 AC 和 BD 两条线段的长度,如果两条线段长度之差的绝对值超过 0.5,则认为属次品,反之为合格品。



(a) 阈值分割的4点

Threshold segmentation of four points



(b) 通过长度和角度进行精度判断
Determine the accuracy of the length and angle

图 12 粘合检测结果

Fig. 12 The results of adhesion test

6 实验结果与分析

针对厂家要求,设计了如图 13 的视觉检测智能制造系统。成像系统采用的是 Bammer EXG50 的工业相机, Computar 工业镜头, Intel PCIE 千兆双网口网卡,背光源选用的是 400 mm×300 mm 的蓝色面光源,条形光选的是 300 mm 的蓝色条形光硬件系统采用的是凌华的四核工控机,基于 VS2010 进行界面的编程和算法的调用,选用了 S7-1200 系列的 PLC 作为电气控制单元模块。此次实验对厂家提供的 200 片玻璃进行了玻璃的定位与粘合精度测试,根据厂家提出的实际生产过程中的精度,设置了合适的检测阈值范围。经过检测其结果如表 1 所示,由机器视觉定位的正确率为百分之百,这也意味着其定位精度小于 0.2 mm 并且也验证了定位算法的准确性。而检测支架底漆与涂胶有无的良率为 97.5%,也高标准

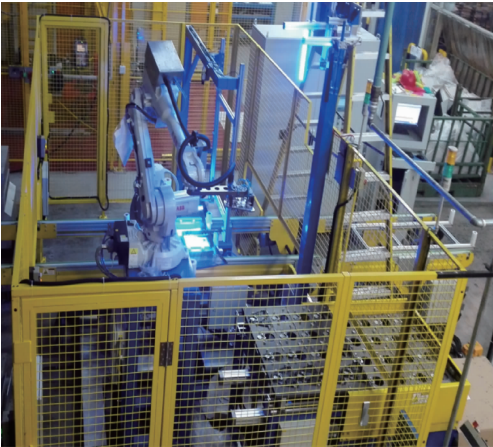


图 13 智能制造与检测系统现场实物

Fig. 13 Physical diagram of intelligent manufacturing and detection system site

的实现了厂家提出的要求。表 2 为智能系统与人工支架粘合的精度结果对比,其中粘合精度小于 0.5 mm 的为合格品,大于 0.5 mm 的为不合格品。而智能系统制造的合格品此次设计的智能制造检测系统,从时间和效率上能更快速、高效的完成产品的制造和检测。如表 3 所示,一个成品挡风玻璃的粘合制造与检测机器用时 39 s,相比人工制造的 178 s,智能视觉工作站能够从效率和质量提升企业的实力。而从表 3 所示,产品各加工检测项目经过人工检测和视觉工作站的检测,工作站的优势更不言而喻。人工在支架底漆和涂胶检测的次品数更多达到 46 个,并且粘结不符合精度要求的为 53 个。

表 1 本文研制系统玻璃定位精度结果

Table 1 The result of glass positioning accuracywith the developed system in this paper

类型	智能检测系统		
	定位精度	定位精度	正确率
玻璃定位	≤0.2 mm	>0.2 mm	
	200	0	100%
底漆涂胶有无	合格品	次品	良品率
	195	5	97.5%

表 2 本文研制系统支架检测与人工检测结果对比

Table 2 Resultcomparison of the developed system detection and artificial detection

类型	智能制造系统(合计 200 块)		人工系统(抽样 200 块)	
	制造精度	制造精度	制造精度	制造精度
	≤0.5 mm	>0.5 mm	≤0.5 mm	>0.5 mm
	(合格)	(不合格)	(合格)	(不合格)
支架粘合	192	8	147	53
正确率/%	96		73.5	

表 3 本文研制系统与人工耗时结果对比

Table 3 Comparison of time consumption of the developedsystem and artificial detection (s)

类型	玻璃定位	粘合检测	总耗时(含机器人抓取以及涂胶时间)	人工耗时
时间	0.5	0.6	39	178

7 结 论

本文根据企业要求的生产精度以及时间,设计了基于机器视觉的前挡风玻璃定位与支架粘合检测系统,阐述了系统的整体方案和电气控制部分、机器人控制部分与视觉检测部分的设计与实现;提出了自适应的阈值分割技术,有效解决了工业现场因为噪声等问题对图像的

影响;采用了改进的随机霍夫变换的算法,高效率的提取了产品位置以及特征信息。对该企业提供的200片玻璃进行了现场的验收和生产,本文设计的系统能够极大的提高制造速度和提升产品质量,这也符合该企业着力打造“中国制造2025”的目标,从而大大增强自己的竞争力。

参考文献

- [1] 夏群峰,彭勇刚. 基于视觉的机器人抓取系统应用研究综述[J]. 机电工程,2014, 31(6):697-701,710.
XIA Q F, PENG Y G. Visual robot system application research based on [J]. Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(6):697-701,710.
- [2] 张寒乐. 毛建旭. 张晓琳. 西林瓶缺陷自动视觉检测方法 with 系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(19):147-151.
ZHANG H, MAO J X, ZHANG X L. Vials defects automatic visual detection method and system research [J]. Computer Engineering and application of 2014, 50(19):147-151.
- [3] 王健强,刘宝柱,任玉峰,等. 基于双目视觉的汽车风挡玻璃智能涂胶系统研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2010(1):5-10.
WANG J Q, LIU B Z, REN Y F. Reaserch on automotive windshield gluing system based on binocular vision [J]. Modular Machine Tool and Automatic Manufacturing Technique, 2010(1):5-10.
- [4] 王耀南,吴成中,张辉,等. 医药输液视觉检测机器人关键技术综述[J]. 机械工程学报,2013, 49(7):130-140
WANG Y N, WU CH ZH, ZHANG HUI. Medical transfusion robotic visual inspection review of key technologies [J]. Journal of Mechanical Engineering 2013,49(7):130-140.
- [5] 陈涛,李艳文. 基于S7-200控制的动车挡风玻璃装配机器人设计[J]. 制造业自动化, 2015, 37(18):37-41.
CHEN T, LI Y W. Design of the car windshield assembly robot based on S7-200 control [J]. Manufacturing Automation,2015,37(18):37-41.
- [6] 吴竹溪,李波,路冬,等. 涂胶机器人移动机构装夹布局的递推优化算法[J]. 中国机械工程, 2014, 25(15):2037-2043.
WU ZH X, LI B, LU D. Glue robot mobile mechanism fixture layout of the recursive optimization algorithm [J]. China Mechanical Engineering, 2014, 25 (15):2037-2043.
- [7] 张辉,王耀南,周博文,等. 基于机器视觉的保健酒可见异物检测系统研究与开发[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(5):973-979.
ZHANG H, WANG Y N, ZHOU B W, et al. Based on machine vision health wine visible foreign body detection system research and development [J] Chinese Journal of Scientific Instrument, 2009, 30(5):973-979.
- [8] 周显恩,王耀南,李康军. 一种多次随机圆检测及拟合度评估的瓶口定位法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(9):2021-2029.
ZHOU X E, WANG Y N, LI K J. A multiple random circle detection and fitting degree evaluation method [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2015, 36(9):2021-2029.
- [9] 潘星宇. 王耀南. 张辉,等. 不透明瓶质量视觉检测系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(19):265-270
PAN X Y, WANG Y N, ZHANG H, et al. Opaque bottles visual quality detection system [J]. Computer Engineering and Application, 2013, 49(19):265-270
- [10] HAO S, SHU X L, DUO Y G. Bearing defect inspection based on machine vision [J]. Measurement, 2012, 45(4):719-733.
- [11] 陈健,郑绍华,余轮,等. 基于方向的多阈值自适应中值滤波改进算法[J]. 电子测量与仪器学报,2013, 27(2):156-161.
CHEN J, ZHENG S H, YU L. An improved algorithm of adaptive median filter based on direction based adaptive median filter [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument,2013, 27(2):156-161.
- [12] 王耀南,陈铁健,贺振东,等. 智能制造装备视觉检测控制方法综述[J]. 控制理论与应用,2015, 32(3):273-286.
WANG Y N, CHEN T J, HE ZH D, et al. A review of the visual inspection and control method of intelligent manufacturing equipment [J]. Control Theory and Application,2015, 32(3):273-286.
- [13] 张辉,王耀南,吴成中. 高速医药自动化生产线大输液视觉检测与识别技术[J]. 控制理论与应用,2014, 31(10):1404-1413.
ZHANG H, WANG Y N, WU C ZH. Visual detection and recognition technology of high speed medicine automatic productionline [J]. Control Theory and Application, 2014, 31(10):1404-1413.
- [14] 骆敏舟,方健,赵江海. 工业机器人的技术发展及其应用[J]. 机械制造与自动化,2015(1):1-4.
LUO M ZH, FANG J, ZHAO J H. Technical development and application of industrial robot [J]. Mechanical Manufacturing and Automation, 2015(1):1-4.
- [15] 翟敬梅,董鹏飞,张铁. 基于视觉引导的工业机器人定位抓取系统设计[J]. 机械设计与研究,2014(5):45-49.
ZHAI J M, DONG P F, ZHANG T. Design and research of mechanical design and research based on visual guided industrial robot positioning grasping system[J]. Machine Design and Research,2014(5):45-49.

作者简介



毛建旭, 1974 年出生, 博士, 湖南大学副教授, 主要研究方向为数字图像处理、模式识别、计算机视觉。

E-mail: maojianxu@hnu.edu.cn

Mao Jianxu was born in 1974, Ph. D. associate professor of Hunan University. His

research interests include digital image processing, pattern recognition and computer vision.



李明, 1990 年出生, 湖南大学在读研究生, 主要研究方向为机器视觉, 机器人控制。

E-mail: lansemanbuzhe@163.com

Li Ming was born in 1990, and is a M. Sc. candidate in Hunan University. His main research direction is machine vision and robot control.

是德科技加大对电信基础设施项目的投入

TIP 重塑电信网络基础设施的建设和部署方式, 为新兴和发达市场带来互联网接入和大数据服务

- 是德科技担任一个新成立的小组的联合主席, 专注于 TIP OpenCellular 项目组内的测试自动化
- 是德科技提供开源代码, 这些代码可支持 OpenCellular 硬件的测试和测量, 目标在于实现其生产和应用的标准化
- 初始支持覆盖 GSM, 后面会加强对 LTE 的支持, 支持标准的轻松过渡

是德科技公司 (NYSE: KEYS) 近日宣布加大对电信基础设施项目 (TIP) (www.telecominfrastructureproject.com) 的投入, 这个项目由 Facebook 和其他多家领先公司 (见 www.telecominfrastructureproject.com/members) 合作创立。是德科技担任一个新成立小组的联合主席, 专注于 TIP OpenCellular 项目组内的测试自动化。作为这个小组的成员, 是德科技将提供开源代码, 用于支持 OpenCellular 基站设计验证和低成本制造解决方案实现自动化测试。

未来无线网络的预期是无处不在、性能卓越、通达全球。然而到目前为止, 全球只有不到一半的人口可以访问互联网。这主要是由于地域和/或经济因素限制了传统蜂窝网络的覆盖。即使在可以访问互联网的地区, 对高数据密集型服务 (如视频和虚拟现实) 的需求也在不断增长, 要求改造现有基础设施以满足这些需求。

是德科技副总裁兼互联网基础设施解决方案事业部总经理 Mark Pierpont 博士表示: “是德科技很高兴宣布加大对电信基础设施项目的投入。我们的解决方案将有助于简化测试流程, 推动 OpenCellular 在全球的部署。”

TIP 理事会理事兼 Facebook 基础设施战略总监 Ashish Kelkar 表示: “是德科技对 TIP 的重要贡献, 将帮助服务提供商和制造商显著简化其设计的实施和制造。他们让我们的社区能够快速、高效地创建低成本网络, 并能满足未来的需求。”