

基于机器视觉的偏口桶旋压盖一体机应用研究

杨红亮, 徐国宝, 刘新乐, 徐志刚, 马金凤

(北京强度环境研究所, 北京 100083)

摘要: **目的** 设计一台偏口桶专用旋压盖一体机,以解决偏口桶桶口位置不确定的问题,提高上盖速度和效率。**方法** 采用机器视觉定位系统自动定位桶口位置信息,经坐标转换后,通过TCP通讯将其传递给机器人,利用机器人的快速性及精确性,完成取盖、旋内盖及压外盖操作。**结果** 现场搭载试验系统,对坐标变换进行数值拟合并进行旋压盖操作,定位误差基本控制在0.8 mm以内,寻口准确快速,取盖一次完成,只需对桶口定位一次,即可完成旋盖和压盖2道工序。**结论** 该设备经实际应用,工作可靠,寻口快速,封口效率高。

关键词: 机器视觉; 偏口桶; 旋压盖一体机; 机器人

中图分类号: TB486⁺.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)05-0135-06

Research and Application of Eccentric Bunghole Cap Screwing-Pressing Machine Based on Robot Vision Technique

YANG Hong-liang, XU Guo-bao, LIU Xin-le, XU Zhi-gang, MA Jin-feng

(Beijing Institute of Structure and Environment Engineering, Beijing 10076, China)

ABSTRACT: This work was aimed to design an eccentric bunghole cap screwing-pressing machine, in order to solve the problems of slow speed, low efficiency, and poor reliability in bunghole positioning and cap screwing-pressing. The bunghole center was automatically positioned using the robot vision positioning system. After coordinate transformation, the positioning information was transferred to the robot through TCP/IP communications, and the operations of picking up the cap, screwing the inner cap and pressing the outer cap using the rapidity and accuracy of the robot. The test system was built, numerical fitting was conducted for the coordinate transformation, and operations of screwing and pressing the cap were performed. As a result, the bunghole was positioned quickly and precisely with an positioning error of below 0.8 mm. Simultaneously, the two processes of screwing cap and pressing cap were finished at one localization. The practical application showed that the equipment was reliable, with rapid positioning ability and high sealing efficiency.

KEY WORDS: robot vision; eccentric bunghole; cap screwing-pressing machine; robot

偏口铁桶是包装领域中广泛使用的一种包装物,一般用来盛放润滑油、油漆、涂料等液体或半固体产品,对包装物封口是包装过程中非常关键的一道工序。常见的包装物特点是桶(瓶)口位于其正上方的中心,固定桶(瓶)身即可确定桶(瓶)口位置,因而不需要寻口操作,而偏口铁桶的桶口都不在中心,而是在边缘位置,在进行封口工作前要进行必要的寻口^[1-3]。偏口铁桶的另外一个特别之处在于,其封口一般包括旋紧

内部铁盖和压紧外部防盗盖两道工序,这增加了此类包装物的封口难度,现有的封口包装一般采用人工包装或简易的机械包装,包装速度慢。

随着视频技术和红外成像技术的发展,一些应用场合优先利用机器视觉技术,由计算机替代监控人员进行图像理解^[6-18]。机器视觉是通过光学的装置和非接触的传感器自动地接收和处理一个真实物体的图像,以获得所需信息或用于控制机器人运动的装置,

收稿日期: 2015-07-17

作者简介: 杨红亮(1983—),男,北京人,硕士,北京强度环境研究所工程师,主要研究方向为机器人应用、包装自动化等电控设计。

具有速度快、精度高、噪声低、抗电磁干扰能力强及应用方便灵活的特点,可以长时间工作于恶劣环境,便于进行数字化处理和计算机连接,为企业减少劳动力和提高生产效率。在图像采集、非接触测量和实时监控方面得到了广泛应用,将机器视觉检测技术应用到灌装、旋盖寻口已成为目前研究的一个热点^[19-24]。

文中设计一种基于机器视觉的偏口铁桶旋盖压盖设备,固定于机器人法兰盘上,利用机器视觉定位桶口位置数据,通过TCP/IP通讯协议将其传送给机器人,驱动机器人完成取盖、旋盖及压盖操作,工作可靠、封口效率高。

1 系统组成及工作原理

旋压盖头封口组包括连接法兰及连接板、旋盖电机、过载离合器、旋盖轴、旋盖缓冲弹簧、旋盖头、压盖支架、真空发生器、吸盘、压盖头、压盖缓冲弹簧等部分组成。连接板两端分别安装旋盖电机和压盖支架,其中旋盖电机通过过载离合器连接旋盖轴,压盖支架中间连接真空发生器和吸盘,便于取塑料外盖,下端连接压盖头以压盖^[1]。旋盖轴中间穿过旋盖缓冲弹簧,下端插入旋盖头,旋盖头可沿旋盖轴上下移动。旋盖头下方为一段矩形条,矩形条下方中心处设计有一定深度的圆孔,圆孔内嵌入永磁体,便于取铁内盖。压盖头包括外部固定圆筒和内部压盖体两部分,外部固定圆筒安装在压盖支架上,内部压盖体在外部固定圆筒中间,可沿外部固定圆筒上下移动。内部压盖体与压盖支架之间连接压盖缓冲弹簧。旋盖头与压盖头下端处于同一水平面,且二者中心与连接法兰的轴心距离相同,见图1,其功能主要完成取盖、旋内盖、压外盖操作。

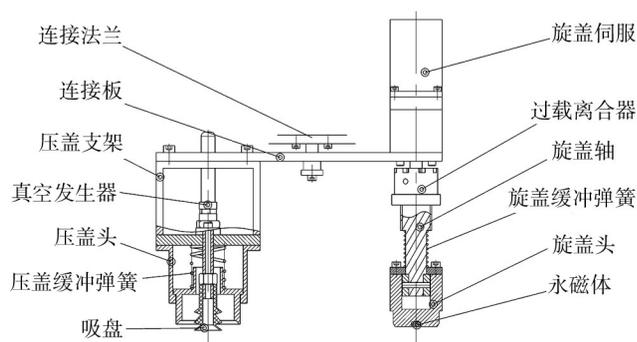


图1 封口组结构

Fig.1 Structure of sealing component

在封口组中心安装视觉镜头,并固定在机器人末端法兰上,机器视觉系统包括机器人、镜头、光源、通

讯板等几部分,见图2。机器人控制系统用来驱动机器人运动及与视觉系统的TCP/IP通讯,PLC控制系统用来控制旋盖头旋转与吸盘吸合以及桶、盖的输送定位,PLC控制系统与机器人控制系统之间通过IO通讯进行信息交互。由于旋盖头与压盖头下端处于同一水平面,且二者中心与连接法兰的轴心距离相同,且两者中心距与内盖外盖存储区中心距亦相同,因此,取盖一次完成,定位只需一次即可完成后续的旋盖、压盖操作。

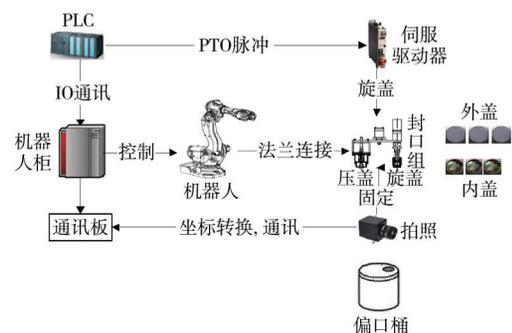


图2 偏心桶旋盖压盖硬件原理

Fig.2 Principle of eccentric bunghole automatic positioning system

塑料外盖和铁内盖按一定的顺序输送至待取位并定位,待内、外盖都准备好后机器人带动封口组到达内、外盖存储位,旋盖头上的永磁体将内盖吸起,同时真空发生器控制吸盘将外盖吸起,取盖完成后机器人带动视觉镜头至固定拍照位置,等待桶定位(桶输送定位系统由专门的机械结构组成,在此不再赘述)信号输出后进行拍照记录桶口的像素信息,并经特定算法变换至机器人坐标,经TCP/IP通讯传送给机器人控制系统,驱动机器人带动旋盖头至桶口位置,此时伺服电机动作开始旋盖,旋盖缓冲弹簧在旋盖过程中提供向下压力,避免旋盖头与桶口刚性接触,起到保护旋盖头的作用。当内盖旋到底时,过载离合器开始打滑,从而达到定扭矩封口效果。旋盖结束后,机器人将封口组升至一定高度,A6轴旋转180°,驱动机器人带动压盖头至桶口位置,将外盖沿桶口外沿压入,同时真空发生器控制吸盘断气,压盖完成。压盖缓冲弹簧与旋盖缓冲弹簧一样,起到保护和缓冲作用。压盖完成后,机器人运动至拍照位置,等待下一次取盖、封口。

2 视觉标定及坐标变换

2.1 特征提取

由于偏口桶在线体上是随意放置的,即使在上

桶、灌装时桶口保持一致,经线体输送到旋盖位后,桶口位置在圆周方向仍然是随机分布的,见图3。

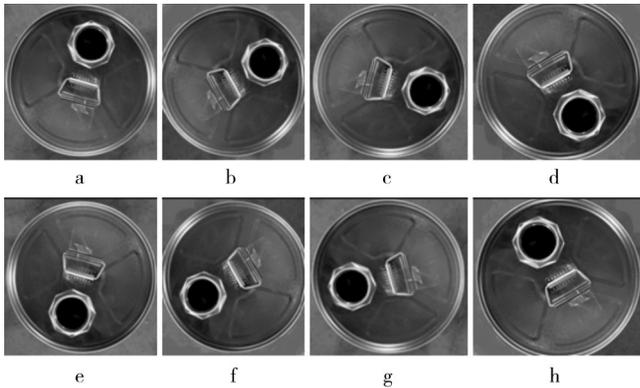


图3 偏口桶桶面

Fig.3 The surface of eccentric bung hole

机器视觉的主要功能是找出桶口中心的坐标,从图3中可以看出,桶口的显著特征是桶口内环为一圆形,外环为正八边形,利用视觉镜头找出桶口位置从而定位桶口中心坐标。镜头的主要作用是将所要检测的目标成像在摄像机的图像传感器上,镜头的质量直接影响到机器视觉的整体性能,合理选择光学镜头,是机器视觉系统设计的重要环节。在测量视场一定的条件下,提高光测系统测量精度最直接的方法就是提高CCD摄像机的分辨率,即增加像素点阵数,然而这种提高硬件分辨率的代价是相当昂贵和有限制的。

已知桶面直径为268 mm,偏口桶桶口中心距桶中心距离为75 mm,桶口尺寸为50 mm,由于偏口桶输送时桶口是随机的,为保证检测精度,该系统选用的镜头分辨率为640×480,这样可保证摄像机的物面分辨率为 $dx=D/N=0.42$ mm,其中 D 为标定参照物直径, N 为目标在水平方向上两边缘间的像素。

2.2 坐标标定及数值拟合

理想的摄像机模型是针孔模型,机器人坐标系 $O_R x_R y_R z_R$ 到图像坐标系 $O_f x_f y_f z_f$ 的变换符合式(1)规定^[25-26]:

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ z_R \end{bmatrix} = \mathbf{R} \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \\ z_f \end{bmatrix} + \mathbf{T} \quad (1)$$

式中 \mathbf{R} 和 \mathbf{T} 分别为从世界坐标系到摄像机坐标系的旋转和平移变换, \mathbf{R} 是一个 3×3 的正交矩阵:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{bmatrix} \quad (2)$$

\mathbf{T} 是 3×1 的平移向量,其中 T_x, T_y, T_z 为平移矩阵

\mathbf{T} 的3个分量,如式(3)所示。

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad (3)$$

由于镜头安装在机器人末端法兰上,机器人为4轴机器人,则机器人坐标系 z 轴与图像坐标 z 轴平行,且偏口桶桶高度基本一致,因此机器人旋盖及压盖 z 轴位置固定,无需进行 z 轴的换算,只需计算机器人坐标系 x, y 方向与像素之间的对应关系即可。如图4所示,其中画点区域为镜头视野,为机器人坐标系,点 (x, y) 为某像素点在机器人坐标系下的坐标。

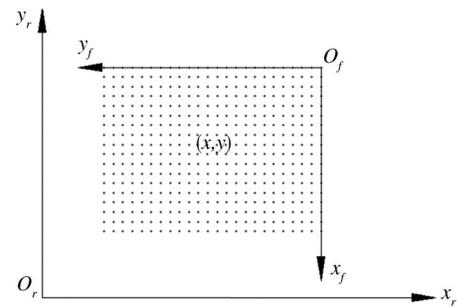


图4 坐标变换原理

Fig.4 Principle of coordinate transformation

图像坐标系 $O_f x_f y_f$ 到机器人坐标系 $O_r x_r y_r$ 之间的关系符合式(4)。

$$\begin{bmatrix} x_r \\ y_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 \\ r_3 & r_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \quad (4)$$

所谓标定即求出式(4)中的各个变量,采用九点法进行标定,在桶面上均匀的找出9个点,将像素点信息及机器人坐标信息记录下来,其坐标点与像素点的对应关系见表1。

根据表1中数值,利用式(4),求得标定旋转矩阵

表1 坐标点与像素点的对应关系

Tab. 1 The relation rules between coordinate and pixel

N	X/mm	Y/mm	$X/\text{像素}$	$Y/\text{像素}$
1	1059.601	-238.302	55.195	397.234
2	1044.003	-211.503	186.153	480.382
3	1037.301	-182.201	328.687	522.041
4	1057.810	-164.604	421.664	423.959
5	1062.902	-184.810	321.422	393.861
6	1070.999	-211.302	192.701	353.34
7	1082.001	-233.504	84.878	287.639
8	1093.902	-209.397	206.473	234.182
9	1085.299	-183.298	334.293	283.24

R及平移向量T各参数,见式(5)。

$$\begin{cases} r_1 = 0.009\ 086 \\ r_2 = -0.201\ 928 \\ r_3 = 0.200\ 649 \\ r_4 = 0.006\ 294 \\ T_x = 1139.311\ 165 \\ T_y = -251.875\ 012 \end{cases} \quad (5)$$

将桶口沿圆周随意摆放8个位置进行测试,将像

素点信息记录下来,并进行转换坐标与实际测量坐标进行拟合,保留3位小数,以验证机器视觉检测及坐标变换与实际位置是否一致。表2列出了该标定方法获取的偏心桶口圆心位置识别误差检测数据,从表2中可以看出,该标定方法应用于偏心桶口视觉自动定位系统中具有较高圆心位置定位精度,误差基本控制在0.8 mm以内。

已知桶口在机器人坐标下的位置坐标,如何将数

表2 偏心桶口圆心位置检测数据

Tab. 2 Position detection data of the eccentric bunghole center

N	像素点/像素	转换点坐标/mm	实测点坐标/mm	误差/mm
1	(297.356, 401.245)	(1060.991, -189.685)	(1060.7, -189.2)	(0.3, -0.5)
2	(402.032, 349.156)	(1072.460, -169.010)	(1072.6, -169.1)	(-0.1, 0.1)
3	(405.273, 198.665)	(1102.878, -169.307)	(1102.7, -168.5)	(0.3, -0.8)
4	(312.790, 119.846)	(1117.954, -188.36)	(1118.2, -189.0)	(-0.3, 0.6)
5	(235.479, 99.357)	(1121.389, -204.001)	(1121.6, -204.8)	(-0.2, 0.8)
6	(135.974, 162.364)	(1107.762, -223.570)	(1107.1, -223.8)	(0.7, 0.2)
7	(126.347, 199.249)	(1100.225, -225.270)	(1100.8, -226.1)	(-0.6, 0.8)
8	(215.648, 399.073)	(1060.687, -206.094)	(1060.8, -206.4)	(-0.1, 0.3)

据传递给机器人成为亟需解决的问题,由于视觉系统和机器人均支持工业以太网通讯协议,因此选用TCP/IP通讯,通讯速度快,受干扰小。在机器视觉及机器人中设置好IP相关内容,通过TCP/IP通讯将视觉像素转换为机器人坐标后传递给机器人,以驱动机器人运动。

3 控制系统设计及试验

3.1 电控系统组成及系统流程

选用西门子PLC,利用位置控制模块EM253进行旋盖伺服脉冲控制,选用的工业级功能标准的工业智能相机In-Sight5000,选用施迈茨真空发生器控制吸盘,选用ABB260机器人,机器人控制柜IRC5与In-sight5000之间的数据交换采用TCP/IP通讯传递桶口坐标信息,IRC5与PLC控制柜之间通过IO进行通讯传递桶以及盖是否备好信号等,其硬件配置见图5。

系统工作流程见图6,开始时先初始化并标定摄像头,求取旋转矩阵R及平移向量T,机器视觉运动至拍照位置,拍照位置要求桶面全部在镜头范围内,当内、外盖准备好后进行取盖操作,内、外盖取盖一次完成,取盖完成后运动至拍照位置等待桶到位后拍照,定位桶口坐标信息进行坐标变换并传递给机器人控制系统驱动封口组完成旋压盖操作,依次循环。

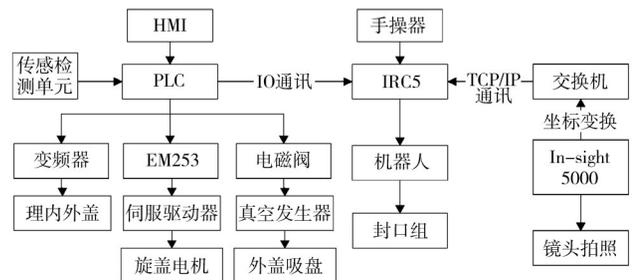


图5 硬件配置

Fig.5 Diagram of hardware configuration

3.2 试验

现场选用的机器人为专用机器人,速度快,精度高,现场搭载起一套实际控制系统,见图7,由于机器人重复定位精度在0.1 mm以内,标定精度在0.8 mm以内,而旋盖和压盖允许的误差范围在2 mm以内即可成功旋盖和压盖,经现场测试,旋盖效果良好。现场测试5000桶,速度可以达到400桶/时,旋盖成功率99.8%,压盖成功率100%。

4 结语

针对偏口铁桶封口进行了研究,采用机器视觉寻

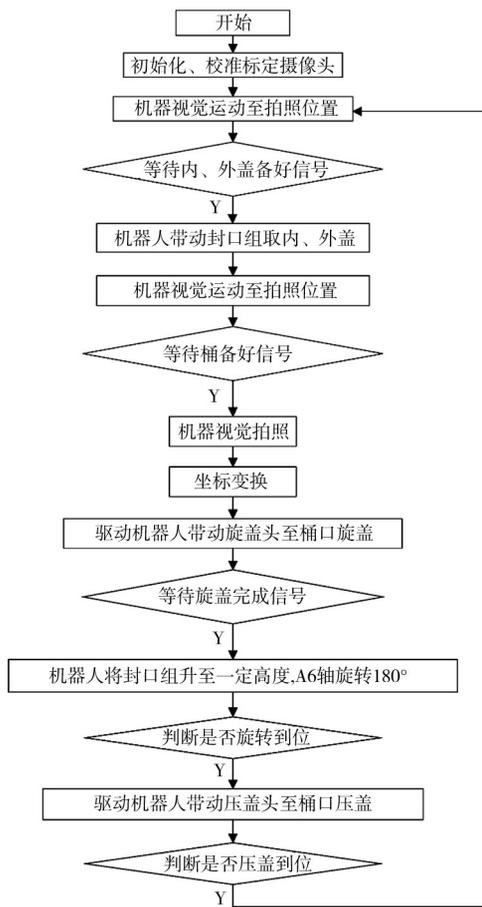


图6 系统流程
Fig.6 System flow chart



Fig.7 Diagram of installation experiment

口定位桶口像素信息,并将该信息变换至机器人坐标信息,通过TCP/IP通讯传递给机器人,驱动机器人进行旋内盖、压外盖操作,寻口速度快、精度高,解决了原来人工封盖存在的速度慢、效率低、劳动强度大的问题。封口组将旋盖头和压盖头下端面设计在同一水平面,并且二者中心与旋转电机的轴向距离相同,只需对桶口定位一次,即可完成旋盖和压盖2道工序,提高了封口速度,且旋盖头和压盖头都设计有缓冲弹

簧,起到保护和缓冲作用,旋盖头上设计有过载离合器,从而达到定扭矩封口效果。该设备目前已申请专利,并应用在国内某化工生产企业,经实践检验,该设备运转良好,工作可靠,寻口快速,封口效率高,满足了客户要求,具有较大的推广价值。

参考文献

[1] 徐国宝,杨红亮,石卓栋,等. 基于视觉寻口的旋盖压盖一体机设计[J]. 包装工程,2015,36(7):57—60.
XU Guo-bao, YANG Hong-liang, SHI Zhuo-dong, et al. Design of Cap Screwing-pressing Machine Based on Visual Positioning[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(7):57—60.

[2] 蔡锦达,秦绪祥,王亮,等. 全自动封口旋盖机控制系统的设计[J]. 包装工程,2012,33(3):5—9.
CAI Jin-da, QIN Xu-xiang, WANG Liang, et al. Design of Control System of Automatic Sealing Capping Machine[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3):5—9.

[3] 王剑峰,张有良,段移丽,等. 铝箔防盗盖旋盖机的设计与研究[J]. 包装与食品机械,2013,31(5):32—34.
WANG Jian-feng, ZHANG You-liang, DUAN Yi-li. Design Research of the Antitheft Aluminum Foil Cover Screw Cover Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2013, 31(5):32—34.

[4] 冯中来,何卫冰. PET瓶灌装机旋盖系统的技术改造[J]. 轻工机械,2013,31(2):92—95.
FENG Zhong-lai, HE Wei-bing. Technical Innovation on the Capper of the PET Bottle Filler[J]. Light Industry Machinery, 2013, 31(2):92—95.

[5] 林令员,黄文金,唐昆. 回转式三旋盖旋盖头的创新设计[J]. 包装与食品机械,2011,29(5):25—29.
LIN Ling-yuan, HUANG Wen-jin, TANG Kun. The Innovative Design for the Rotary Three-cap Screwing Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(5):25—29.

[6] 方勇纯. 机器人视觉伺服研究综述[J]. 智能系统学报, 2008,3(2):109—114.
FANG Yong-chun. A Survey of Robot Visual Servoing[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2008, 3(2):109—114.

[7] 杨戈,刘宏. 视觉跟踪算法综述[J]. 智能系统学报,2010,5(2):95—102.
YANG Ge, LIU Hong. Survey of Visual Tracking Algorithms [J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2010, 5(2):95—102.

[8] JIAO Sheng-xi, ZHAO Jia-qi, YU Tian-ming, et al. The Application Research of Robot Eye-in-hand Vision Technique on Bunghole Positioning[C]// IEEE/ICCASM, 2010:310—313.

[9] YE Shi, BIN Liang. Modeling and Simulation of Space Robot Visual Servoing for Autonomous Target Capturing[C]// IEEE/ International Conference on Mechatronics and Automation,

- Chengdu, 2012: 2275—2280.
- [10] KOLKER A, WINKLER A, BDIWI M. Robot Visual Servoing Using the Example of the Inverted Pendulum[C]// IEEE International Multi-Conference on Systems, Signal & Devices (SSD), Hammamet, 2013: 1—6.
- [11] DONG Jie, HU Yu, PENG Kai-xiang. Robot Visual Servo Control Based on Fuzzy Adaptive PID[C]// IEEE International Conference on Systems and Informatics (ICSAI), 2012: 1337—1341.
- [12] 王一, 刘常杰, 杨学友, 等. 工业机器人视觉测量系统的在线校准技术[J]. 机器人, 2011, 33(3): 300—302.
WANG Yi, LIU Chang-jie, YANG Xue-you, et al. Online Calibration of Visual Measurement System Based on Industrial Robot[J]. Robot, 2011, 33(3): 300—302.
- [13] 倪涛, 李骁鹏, 张红彦, 等. 基于立体视觉的遥操作机器人人力感示教控制策略[J]. 农业机械学报, 2013, 44(1): 244—247.
NI Tao, LI Xiao-peng, ZHANG Hong-yan, et al. 3-D Vision-based Kinesthesia Teaching Control Strategy for Telero-botics[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(1): 244—247.
- [14] 宋屹峰, 王洪光, 李贞辉, 等. 基于视觉方法的输电线断股检测与机器人行为规划[J]. 机器人, 2015, 37(2): 204—211.
SONG Yi-feng, WANG Hong-guang, LI Zhen-hui, et al. Vision Based Transmission Line Broken Strand Detection and Robot Behaviour Planning[J]. Robot, 2015, 37(2): 204—211.
- [15] 胡潇琨, 毕远伟. 双目视觉下建立动态四轮定位测量平面的方法[J]. 北京工业大学学报, 2014, 40(12): 1899—1904.
HU Xiao-kun, BI Yuan-wei. Approach to Establishing Dynamic Four-wheel Alignment Measurement Plane with Binocular Vision[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2014, 40(12): 1899—1904.
- [16] 孙惠娟, 蒋红海, 殷国富. 基于机器视觉的五坐标机床旋转轴误差检测方法[J]. 农业机械学报, 2013, 44(8): 294—298.
SUN Hui-juan, JIANG Hong-hai, YIN Guo-fu. Error Measurement Method for Rotation Axes of Five-axis Machine Tool Based on Machine Vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(8): 294—298.
- [17] 尹仕斌, 任永杰, 郝继贵, 等. 机器人视觉测量系统中的工具中心点快速修复技术[J]. 机器人, 2013, 35(6): 736—743.
YIN Shi-bin, REN Yong-jie, ZHU Ji-gui, et al. Fast Recovery Technology of Tool Center Point Robotic Visual Measurement System[J]. Robot, 2013, 35(6): 736—743.
- [18] 余跃庆, 吕强, 马兰. 含有柔顺关节的并联机器人轨迹跟踪实验[J]. 北京工业大学学报, 2015, 41(4): 486—492.
YU Yue-qing, LYU Qiang, MA Lan. Experimental Study on Trajectory Tracking of Parallel Robots With Compliant Joints [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2015, 41(4): 486—492.
- [19] 张萍, 朱政红. 机器视觉技术及其在机械制造自动化中的应用[J]. 合肥工业大学学报, 2007, 30(10): 1292—1295.
ZHANG Ping, ZHU Zheng-hong. Machine Vision Technique and Its Application to Automation of Mechanical Manufacture [J]. Journal of Hefei University of Technology, 2007, 30(10): 1292—1295.
- [20] 张晓琳, 毛建旭, 龚全华, 等. 软袋组合盖质量视觉检测系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(2): 236—240.
ZHANG Xiao-lin, MAO Jian-xu, GONG Quan-hua, et al. Research on Visual Detection System for Combination of Covers Quality of Soft Infusion[J]. Computer Engineering and Applications, 2015, 51(2): 236—240.
- [21] 汪传民, 叶邦彦, 黄先德, 等. 基于计算机视觉的轴承外径检测系统的研究[J]. 微计算机信息, 2006, 22(5): 205—207.
WANG Chuan-min, YE Bang-yan, HUANG Xian-de, et al. Machine Vision System for Outer Diameter Inspection of Bearing[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(5): 205—207.
- [22] 岳晓峰, 王平凯, 焦圣喜. 计算机视觉技术在偏口桶自动灌装中应用[J]. 长春工业大学学报(自然科学版), 2006, 27(3): 214—218.
YUE Xiao-feng, WANG Ping-kai, JIAO Sheng-xi. Computer Vision Technology Applied in the Eccentric Bung-hole Auto-positioning System[J]. Journal of Changchun University of Technology (Natural Science Edition), 2006, 27(3): 214—218.
- [23] 黄敦华, 李勇. 物料工况监测机器视觉系统应用发展与探究[J]. 机电产品开发与创新, 2012, 25(6): 126—130.
HUANG Dun-hua, LI Yong. The Application Development and Exploration of the Machine Vision Systems on Material Condition Monitoring[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2012, 25(6): 126—130.
- [24] 廖晓波, 李众立, 廖璇. 砖窑卸垛机器人视觉定位系统研究[J]. 控制工程, 2013, 20(4): 650—653.
LIAO Xiao-bo, LI Zhong-li, LIAO Xuan. Research of Brick Destecking Robot Vision Orientation System[J]. Control Engineering of China, 2013, 20(4): 650—653.
- [25] 焦圣喜, 栾宇多, 阚一凡. 摄像机静标定技术在机器人视觉目标定位中的应用研究[J]. 机床与液压, 2012, 40(9): 31—34.
JIAO Sheng-xi, LUAN Yu-duo, KAN Yi-fan. Application Research of Robot Vision Target Positioning Based on Static Camera Calibration Technique[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2012, 40(9): 31—34.
- [26] 焦圣喜, 韩立强, 岳晓峰, 等. 摄像机标定技术在活塞视觉检测与分选中的应用研究[J]. 光学技术, 2007, 33(S1): 257—260.
JIAO Sheng-xi, HAN Li-qiang, YUE Xiao-feng, et al. Application Research of Camera Calibration Technique on Position Bidual Inspection and Selection[J]. Optical Technique, 2007, 33(S1): 257—260.