

基于机器视觉的工业机器人打磨系统设计

蔡新宇

南京机电职业技术学院 江苏南京 211306

摘要:针对使用传统传感器技术的工业机器人在实际打磨工艺应用中难以准确识别打磨位置的问题,以 OMRON 视觉系统、ABB IRB-120 机器人、定位夹具等软硬件为基础,设计了基于机器视觉的工业机器人打磨系统。视觉系统通过形状识别等工艺实现对打磨点位的确定,并将检测结果以 socket 通讯的方式发送给工业机器人,通过编写 Rapid 程序运算获得打磨位置参数。实验结果表明,基于机器视觉的工业机器人打磨系统可以准确识别打磨位置并完成工艺要求,能够满足工业使用。

关键词:机器视觉;工业机器人;视觉标定;位置修正

中图分类号: TP242.2

文献标识码: A

在目前的自动化生产中,工业机器人一般采用手动示教编程的方式实现固定轨迹的打磨工艺流程,工业机器人常用的传感器在面对外部环境发生变化的情况下,难以准确定位打磨位置等问题^[1]。这就要求工业机器人能够自动检测获取位置参数,并通过程序实现机器人位姿的修正,从而完成生产线自动化流程。为解决该问题,具有高信息集成度,检测精度高,检测范围广等优点的机器视觉技术被引入到工业自动化生产中。



图 1 基于机器视觉的工业机器人打磨系统

一、工业机器人打磨系统组成

整个打磨系统主要由欧姆龙机器视觉检测单元、工具模块、安装定位夹具以及 IRB120 工业机器人等模块组成,如图 1 所示。工业机器人与机器视觉检测单元通过 socket 套接字进行通讯。视觉检测单元包含图像采集模块及信息处理模块,图像采集设备使用 OPT-C1214-2M 工业 CCD 镜头,并使用环形 LED 光源进行辅助。信息处理模块使用欧姆龙 FH-L550 视觉控制器,图像采集分辨率为 1600×1200 。视觉检测单元使用支架固定于工业机器人后方。

系统打磨工艺流程如图 2 所示打磨系统首先对视觉检测单元进行视觉标定,标定完成后对工件进行视觉检测处理,获取工件正反面状态以及打磨点位信息,检测结果通过 socket 通讯的形式发送给 ABB IRB120 机器人,机器人将检测完成的工件摆放到对应安装定位夹具上。安装定位夹具可以根据工件的正反摆放状态对工件进行准确装夹,保证打磨过程中的位置精度要求。工艺过程中机器人可以根据要求自动完成末端执行器的更换。

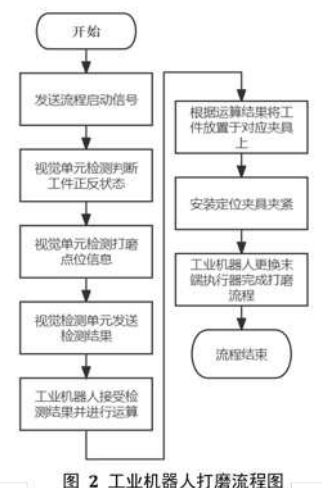


图 2 工业机器人打磨流程图

二、打磨系统方案设计

(一) 视觉检测单元标定

为准确获取工件正反状态以及几何参数,工业相机在安装完成后需要进行标定处理以获得准确的相机成像几何模型^[2]。在本次设计中所使用相机为平面相机,采用欧姆龙视觉软件中的相机校准流程对工业相机进行标定。视觉检测单元采集的图像由一系列像素组成,检测单元在获取到中心像素点后,需要将像素的位置参数转化为实际世界坐标系的位置参数。在本设计中,视觉检测单元标定流程如图 3 所示,本设计中使用标定板上的四个形状特征作为参照标准,工业相机在采集到标定板图像后,通过形状搜索流程识别感兴趣区域内的图像特征,使用获取单元数据流程确定图像特征的图像坐标,其次通过处理单元数据设定流程将图像特征的世界坐标和图像坐标进行对应,最后通过相机校准值流程计算获得像素坐标和世界坐标的关系。视觉检测单元标定后的结果如图 4 所示。

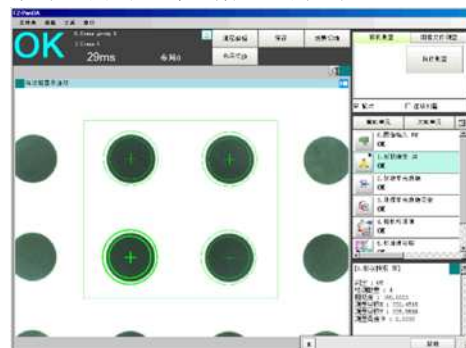


图 3 视觉检测单元标定流程



图 4 视觉检测单元标定结果

为确定工件打磨点位的准确位置,需要通过视觉检测判定打磨点位相对于基准点位的旋转角度及坐标偏差^[3]。如图 5 所示,ABC 为工件打磨点位的基准位置示意,DEF 为工件实际打磨点位示意。在本设计中,工业机器人只进行平面工具的抓取,因此在获取到工件变化的 X, Y 坐标值以及围绕 Z 轴旋转的角度即可对打磨点位进行准确定位。

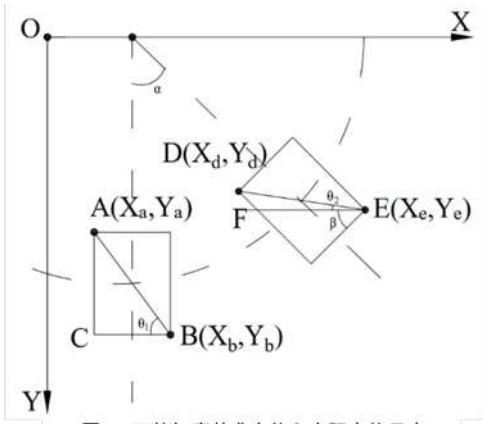


图 5 工件打磨基准点和实际点位示意

通过设定工件的基准打磨位置,视觉检测单元可以运算获得 $A(X_a, Y_a), B(X_b, Y_b)$ 的坐标值,则基准状态下, θ_1 的角度为:

$$\theta_1 = \arctan[(Y_b - Y_a) / (X_b - X_a)] \quad (1)$$

在实际检测中,标定区域的坐标为 $D(X_d, Y_d), E(X_e, Y_e)$, 则 θ_2 的角度为:

$$\theta_2 = \arctan[(Y_e - Y_d) / (X_e - X_d)] \quad (2)$$

则实际状态下工件检测的角度偏差为:

$$\beta = \theta_2 - \theta_1 \quad (3)$$

实际打磨点位相对基准打磨点位绕 Z 轴旋转的角度为:

$$\alpha = \beta \quad (4)$$

本设计中采用欧姆龙视觉系统形状搜索Ⅲ流程对实际打磨点位进行判断,所选形状特征为圆形黑色特征,通过实际采集图像与基准点位的比较,输出坐标及相对旋转角度的变化数值。图 6 所示为工件打磨基准点位,图 7 所示为检测流程及结果。



图 6 工件打磨基准点位

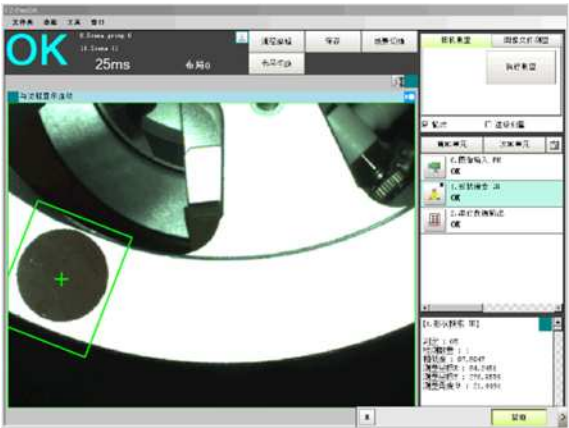


图 7 视觉检测流程及结果

(三) 数据传输与处理

视觉设备的检测动作及数据传输均由工业机器人 RAPID 程序进行控制。视觉检测结果采用工业机器人控制器作为主机 server, 视觉控制器作为从机 client 的方式以 socket 通讯的形式进行^[4]。视觉检测及数据传输的部分 RAPID 代码如下:

表 1 视觉检测程序

程序段	程序	注释
1	PROC VisionDet ()	程序名
2	Movej VisionPoint, v50, fine, tool0;	机器人抓取工件运动至检测点位
3	VisionLoop:	标签: VisionLoop
4	Socketclose socket1;	清除套接字 socket1
5	Socketcreate socket1;	创建套接字 socket1
6	Socketconnect socket1, "192.168.0.121", 2000;	将工业机器人与视觉检测单元连接
7	Waittime 0.5;	
8	Socketsend socket1\Str: = "S 1";	选择 1 号场景
9	Waittime 0.5;	
10	Socketsend socket1\Str: = "M";	进行拍照动作
11	Waittime 0.5;	

12	Socketreceive socket1\str; =VisionReceive;	检测结果传输至 VisionReceive 变量
13	Waittime 0.5;	
14	Midstring: = Strpart (VisionReceive, 10, 1);	
15	If Midstring = "7" Then	判断 Midstring 变量内容, 如果检测结果为“NG”则将工件绕 Z 轴旋转-30°, 并将程序跳转至 VisionLoop 标签重新执行。
16	Movej RelTool (Crobt (), 0, 0, 0\rz: =-30), v50, fine, tool0;	
17	Goto VisionLoop	
18	Else	
19	VisionResult: =Strpart (VisionReceive, 17, 5);	若检测结果为“OK”则将检测数据传输至 VisionReceive 变量
20	Endif	
21	Midnum: = strlen (VisionReceive);	计算 VisionReceive 变量长度
22	For m from 1 to midnum do	将 VisionReceive 变量内数据转化为 Char 格式以发送给机器人储存
23	Midchar{m}: = strpart (VisionReceive, m, 1);	
24	Robsend{m}: =strtobyte (midchar{m}\char);	
25	Endfor	
26	ENDPROC	程序结束

在上述代码中, 视觉检测结果如为“NG”则机器人使用 Crobt () 函数将工件绕 Z 轴旋转-30° 直至检测到打磨特征^[5]。VisionResult 变量中保存参数为工件实际打磨点位相对于基准点位的坐标及角度偏差。工业机器人根据检测结果使用 RAPID 程序进行修正以获得正确的位姿。

三、实验验证

在设计的工业机器人打磨作业平台进行实验, 图 9 所示为机器人抓取工件进行视觉检测以及完成打磨工艺的过程, 机器人根据视觉检测单元的检测结果在 RAPID 程序使用 RelTool 函数以及 Crobt () 函数计算出工件 1, 工件 2 和工件 3 上实际打磨点位与基准打磨点位的坐标偏差 X, Y 及旋转角度 α , 并将运算后的坐标值与理论打磨点位坐标值进行了对比, 结果如表 2 所示。



图 9 系统打磨作业过程

表 2 视觉修正值与理论值对比表

工件序号	打磨坐标理论值 (mm)		偏转角度理论值 (°)	视觉修正打磨坐标 (mm)		视觉修正偏转角度 (°)	坐标误差 (mm)		角度误差 (°)
	X	Y	α	X	Y	α	X	Y	α
1	399.30	541.0	-10	399.16	541.26	-9.65	0.14	0.26	0.35
2	66.94	498.18	25	67.13	498.32	25.42	0.19	0.14	0.42
3	418.02	329.50	-20	417.88	329.33	-20.44	0.14	0.17	-0.44

从表中数据可以看出, 各工件视觉修正打磨点位与理论打磨点位误差较小, X 方向和 Y 方向的误差控制在 0.3mm 以内, 偏转角度的误差控制在 $\pm 0.5^\circ$ 以内, 可以满足工艺精度要求。

四、结论

本文基于实际的打磨工艺需求, 针对工业机器人在实际应用场景中灵活性不足的情况, 设计了一种基于机器视觉的工业机器人打磨系统。系统通过视觉标定及形状识别等流程, 确定工件实际打磨点位的坐标及偏转角度; 检测完成后视觉系统通过 socket 通讯方式将检测数据传输给工业机器人; 工业机器人根据接收的数据编写 RAPID 程序对位姿进行修正, 最终实现了对打磨位置的准确定位。最终通过实验验证表明, 工业机器人在经过视觉检测后能够将打磨点位的位置误差控制在 0.3mm 以内, 角度偏差控制在 $\pm 0.5^\circ$ 以内。基于机器视觉的工业机器人打磨系统可以根据工艺要求完成打磨工艺流程, 系统结构简单, 定位准确, 能够满足工业使用要求, 对提高工业自动化产线的生产效率和可靠性具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 计时鸣, 黄希欢. 工业机器人技术的发展与应用综述[J]. 机电工程, 2015, 32 (01): 1-13.
 - [2] 张驰, 廖华丽, 周军. 基于单目视觉的工业机器人智能抓取系统设计[J]. 机电工程, 2018, 35 (03): 283-287.
 - [3] 李致金, 武鹏, 乔治等. 基于机器视觉的机器人工件定位系统[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2019 (12): 127-130.
 - [4] 杨利, 陈柳松, 谢永超. 基于机器视觉的芯片引脚缺陷检测系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29 (07): 16-20.
 - [5] 黄明鑫, 惠为东. 基于 RobotStudio 的机器人码垛工作站仿真研究[J]. 南方农机, 2018, 49 (23): 43-44+51.
- 基金资助: 南京机电职业技术学院院级科研项目; 项目名称: 基于球杆系统的视觉定位算法设计; 项目编号: KY202113;
- 作者简介: 蔡新宇 (1995—), 男, 江苏盐城人, 助教, 研究方向为工业机器人技术