

# 机器人3D视觉测色差之系统设计

邱林飞

富翔精密工业(昆山)有限公司 江苏 苏州 215300

**[摘要]**传统工业机器人工作大多是通过示教或者离线编程的方式,按照规定的路径进行工作,功能单一,一旦场景发生改变就不能有效工作,智能化程度低且适应性差,无法满足柔性制造业的要求。随着科学技术的不断进步,未来3D视觉系统将成为机器人系统的标准附加设备,机器视觉应用的人工智能时代,工业应用对机器人的追求早已突破既定重复的简单作业,面对当下工厂对工业自动化“延展性”的更高要求。随着制造业对智能制造转型的深入,具备视觉感知能力的智能设备益发盛行,3D机器视觉引导系统作为前端感知的核心部件则会越来越多的应用到工业生产中。

**[关键词]**机器人定位补偿; 3D视觉非接触检测; 坐标标定; 图像匹配

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1606

## 第一章 机器人3D视觉测色差项目介绍

要运用于机器人、色差仪、3D相机的视觉检测,通过在机器人手爪上安装3D相机与色差仪的方式,机本项目主械手通过3D视觉引导至检测产品色差位,机器人通过网络触发色差仪进行色差检测,检测的数据传入至大数据库,若检测数值符合标准则流程下一工站,若检测值不符合要求则大数据跟着数据进行算出是否需要返染及返染时间多少,进行再次返染直到符合产品要求。机器人视觉引导程序界面,负责给机械手提供视觉引导,进行偏移修正,以及进行色差数据接收;大致分为四个板块,分别为:信息板块、色差值板块、基准板块、运行信息板块;信息板块:负责显示设备各项参数显示,如伺服位置,相机拍摄状况,机械手Ip等,还有负责写入杆号和选择测量机种色差值板块:负责显示所测色差数据基准板块:显示基准值,以及当前飞靶相对于基准的偏移值;运行信息板块:汇总当前各个阶段的运行情况以及报警的显示。

## 第二章 视觉检测需求方法

对于阳极处理后的笔记本键盘零件,需要检测处理后的颜色是否达标,检测距离1-2mm,考虑到产品姿态会发生倾斜等问题造成检测仪器不准,需要3D相机引导定位。所检测产品宽度\*长度:6mm\*30mm(不同笔记本宽度不会变化,长度会变化),键盘颜色黑色,灰色,银白,金色,粉色等,定位精度0.2mm(X、Y、Z)。检测其方法色差仪器及3D相机放到机械手上,通过机械手移动3D相机扫描笔记本键盘侧壁,给出键盘颜色检测位置的坐标和姿态。机械手移动,让检测仪器移动到键盘颜色待检测区域。

## 第三章 工艺状况及色差仪参数

色差检测仪器标准:色差仪L、a、b的意思,L代表明暗度(黑白),a代表红绿色,b代表黄蓝色,色差仪L、a、b的变化对应关系,L↑表示偏白,L↓表示偏黑,a↑表示偏红,a↓表示偏绿,b↑表示偏黄,b↓表示偏蓝,光斑大小2mm\*2mm,检测距离1.5-2mm,检测位置在转轴区域即可,整个检测CT在46s左右(包含扫描和机械手运动),目前只需要扫描一侧转轴区,法兰克机械手误差,测试机械

手±0.02mm,实际生产机械手±0.01mm。检测产品位置的偏差数据,产品放置在挂架上,由天车带着挂架运动到检测位置,反馈的情况是挂架在相机扫描的X方向偏差70mm,Y向偏差±30mm,Z向偏差±50mm,检测精度可以放宽到0.2mm.最终给出的数据为6个值,x,y,z,rx,ry,rz(x,y,z方向的偏移量和旋转角度)。

## 第四章 机器人电控流程及问题分析

### 4.1 机器人与3D相机坐标系的标定

建立色差仪的工具坐标系其目的:使法兰面的tool点移到色差仪的tool点上。在产品的上下轴肩建立用户坐标系目的:使之与相机的坐标系方向保持一致,相机拍摄的坐标(X,Y,Z,Rx,Ry,Rz)。对于相机建立产品的模板目的:产品基准值(产品在视野中间,保证图像的质量。建立机械手的基准位置(X0,Y0,Z0,Rx0,Ry0,Rz0),3D相机拍完后与建立的产品模板进行比较,得到偏差(ΔX,ΔY,ΔZ,ΔRx,ΔRy,ΔRz)注意:(当前图像与标准图像的偏差)上位机将偏差值发送给机械手(ΔX,ΔY,ΔZ,ΔRx,ΔRy,ΔRz)(毫米和角度一个像素=0.04mm)机械手修正(X0,Y0,Z0,Rx0,Ry0,Rz0)+(ΔX,ΔY,ΔZ,ΔRx,ΔRy,ΔRz)。

### 4.2 问题分析

建立色差仪的工具坐标系:机械手工具坐标系偏差较大(约1-2mm),精度需<0.2mm;分析原因:机械手拆过本体电池,导致出厂的脉冲编码值丢失。对策:更换折弯机械手。完成1,2,3,4,5,6点;验证在视野范围内的跑位精度,验证方式:利用LKH050的点激光模拟色差仪情况,挂支及产品不动,重复测量10次,重复精度约0.03mm,挂支Z+移动约10mm,30mm,50mm,分别重复测量10次,10mm重复精度0.024mm,30mm重复精度0.04mm,50mm重复精度0.043mm10mm测量精度Zmin=-0.040mm,30mm测量精度Zmax=0.208mm,50mm测量精度Zmax=0.045mm,挂支Z-移动约10mm,30mm,50mm,分别重复测量10次,10mm重复精度0.034mm,30mm重复精度0.06复精度0.073mm 10mm测量精度Zmin=-0.147mm,30mm测量精度Zmax=0.269mm,50mm测量精度Zmax=0.172mm,挂

支X-移动约20mm, 45mm, 分别重复测量10次, 20mm重复精度0.867mm, 45mm重复精度0.15mm 20mm测量精度 $Z_{min}=-1.072\text{mm}$ , 45mm测量精度 $Z_{min}=-1.071\text{mm}$ , 挂支X+移动约20mm, 45mm, 分别重复测量10次, 20mm重复精度0.037mm, 45mm重复精度0.042mm 20mm测量精度 $Z_{min}=-0.312\text{mm}$ , 45mm测量精度 $Z_{min}=-0.493\text{mm}$ , 挂支Y+移动约20mm, 40mm, 60mm, 分别重复测量10次, 20mm重复精度0.048 mm, 40mm重复精度0.096mm, 60mm重复精度0.127m20mm测量精度 $Z_{max}=0.275\text{mm}$ , 40mm测量精度 $Z_{min}=-0.497\text{mm}$ , 60mm测量精度, 挂支Y-移动约20mm, 40mm, 60mm, 分别重复测量10次, 20mm重复精度0.032mm, 40mm重复精度0.055mm, 60mm重复精度0.129m, 对于机器人与3D相机标定同一坐标系角度 $R_y$ 偏移约 $20^\circ$ , 重复测量, Z相测量精度约0.01mm, 角度 $R_y+R_x$ 分别偏移约 $20^\circ$ , Z相测量精度 $Z_{max}=5\text{mm}$ ! 由于偏差较大, 未进行角度偏转的测试, 重新分析坐标系的建立方式, 方法: 以大理石作为标定物, 先将大理石与Robot世界坐标系扫平, 用3D相机拍摄大理石, 调整相机姿势使之与大理石平行, 同时建立工具坐标系与大理石平行。(正在进行) 问题分析: 工具坐标系(用针尖建完工具坐标系后, 针尖去触碰点P校正, 点激光再测量此点P点, 理论: P校正= P点, 但存在误差, ) 相机特征抓取有误(建模时, 正面抓取, 拍摄时图像有偏转, 可能存在抓取偏差, 导致最终Robot的目标位置有偏差), 3D相机没有与Robot标定同一坐标系。

## 第五章 3D成像效果及分析

3D相机成像分析中当前Y方向由于边缘弧度及没有明显分接点, Y方向的定位精度会偏差大些。产品在挂架上, 挂架刚性较采图过程中存在X方向的抖动。来料大偏差的情况下, 无法满足扫描条件, 需X、Z方向定位补偿, 对于3D处理分析: 通过处理3D图像边缘精定位矫正XY方向姿态, 轮廓示意通过处理3D图像提取区域高度分析, 矫正Z向姿态, 区块示意。

## 第六章 来料大偏差问题及对策

当前产品来料X方向偏差约70mm, 3D扫描无法水平位置对齐扫描。若当前产品来料Z方向偏差约 $\pm 50\text{mm}$ , 3D扫描Z向无法满足量程。评测如果使用满足要求的大景深和大视野的3D相机, 其对策采用一次定位补偿(2D相机加点激光补偿), 然后移动3D相机去扫描图像, 先针对X方向的偏差, 加入2D相机进行XY方向矫正, 以便能激光定点打点高度, 针对Z方向的偏差, 加入点激光进行高度矫正, 达成3D激光扫描条件。

>Z向公差约 $\pm 50\text{mm}$ , 2D相机成像需保证一定的景深范围, 点激光光线与产品反射面需 $>70^\circ$ , 否则存在无法接收数据问题, 先通2D矫正XY至打激光点条件, 保证点激光能一次落射在检测区面上, 一次补偿后需满足3D激光成像扫描条

## 第七章 机器人3D视觉检测后色差界面

机器人3D视觉检测后色差界面

测试情况: 目前整体夹持动作、检测动作无异常, 当前CT50s, 保持随线检测31TC, 数据情况: 从几天的D8R原始数据看, L, a, b未发现数据异常点。700D为人工随机挑料检测, 与D8R检测不是同一片产品, 其整体反馈至上位机的效果。

## 第八章 机器人动作逻辑与流程

生产工艺整个动作流程

首先上位机、机器人、PLC、色差仪通讯连接成功, 阳极天车主控PLC给出产品机种信号以便D8R程序调用切换。其次天车到位到染色槽底, 像机器人发出横移信号即天车到位信号。机器人收到其信号向天车发出飞靶上升信号。当飞靶上升到位后再次反馈给机器人上升到位可测信号, 机器人收到信号自动运动到拍照位置, 3D相机拍照成功后, 向X模组发定位偏差数据进行定位住飞靶对应挂支, 定位完成机器人再次运动至产品拍照位置, 若拍照成功向机器人反产品色差检测位置数据坐标, 机器人根据其位置数据坐标运动到色差检测位开始差检测, 检测成功把色差数据上传至上位机数据存储, 机器人返回安全位(起始位), 返回后向天车发出色差检测完成信号, 飞靶下降至槽底, 数据中心根据色差检测数据预测是否返染, 若返染则会自动向天车主控发出返染时间进行产品返染, 若不返染则产品流到下一工站, 循环结束进行下一循环作业。

## 结论

机器视觉系统就是利用机器代替人眼来作各种测量和判断。它是计算科的一种重要分支, 它综合了光学、机械、电子、计算机软硬件等方面的计算涉及到计算机、图像处理、模式识别、人工智能、信号处理、光机电一体化等多个领域。图像处理和模式识别等技术的快速发展, 也大大地推动了机械视觉的发展。

机器人视觉系统的应用在生产线上, 人来做此类测量和判断会因疲劳、个人之间的差异等产生误差和错误, 但是机器人却会不知疲倦地、稳定地进行下去。一般来说, 机器视觉系统包括了照明系统、镜头、摄像系统和图像处理系统。每一个应用, 我们都需要考虑系统的运行速度和图形的处理速度, 使用彩色还是黑白摄像机、检测目标的尺寸还是检测目标有缺陷、视野需要多大, 分辨率需要多高, 对比度需要多大等等。

## 参考文献

[1] 聂永芳, 许家报, 多用途机械手抓取类机械设计及应用[J]. 煤矿机械, 2016, 37(12): 83-85

[2] 高立宁. 双目立体视觉物体识别与定位[D]. 北京: 北京交通大学. 2012

[3] 汪喆远. 基于机器视觉的机械臂抓取系统研究[D]. 北京: 中国矿业大学. 2019

作者简介: 邱林飞, 男, 主要从事自动化电气工程, 运动控制及机器视觉方面的研究。