

基于计算机视觉技术的焊接机器人定位精度研究

周伟华, 周盛华

广西机电职业技术学院, 广西南宁, 530007

摘要: 随着工业自动化技术的不断发展, 机器人在自动化生产领域中得到了广泛的应用。焊接是工业生产中非常重要的一种工艺, 对焊件质量有着直接影响。基于计算机视觉技术的焊接机器人在复杂场景下实现自动精准定位是其工作的关键, 而机器人运动精度、定位精度和作业稳定性会直接影响其工作精度。本文针对计算机视觉系统中常用的图像处理方法进行了研究讨论, 分析比较了常用算法的特点与优劣, 介绍了利用计算机视觉技术实现快速精确检测焊接位置所需采用的几种主要技术手段, 并针对不同焊接环境进行了详细分析。

关键词: 计算机视觉; 焊接; 定位精度; 机器人

中图分类号: TP3

文献标志码: A

0 引言

随着计算机视觉技术的发展, 人们在不断提高其在焊接机器人领域应用的精度与效率的同时, 也逐渐认识到了其在定位稳定性和运动稳定性方面存在的不足。基于计算机视觉技术的焊接机器人可以准确检测焊接位置, 从而极大地提升工作效率, 同时能很好地检测出焊缝尺寸、形状尺寸变化等问题^[1]。目前, 利用焊接机器人设计制造的焊机大多采用视觉引导系统, 其具有较高的定位精度及较高的生产效率, 但其稳定性与定位精度都存在一定问题, 不能满足精确快速检测焊接位置且不受人为因素干扰或影响程度低等要求。本文介绍了几种在快速精准检测焊接位置中得到广泛应用的计算机视觉技术, 其中包括基于颜色特征、形状特征和纹理信息等算法所建立起来的特征检测模型。

1 计算机视觉技术简介

计算机视觉技术主要是指采用专门的算法, 并借助计算机系统来对图像进行处理的技术, 它能够对目标物体进行自动检测和识别。该技术能

够让机器人在未知环境下完成定位、移动等操作。该技术具有很高的研究价值, 是人工智能与智能制造领域重要的研究方向。工业机器人可以在不同焊接环境下完成自动检测作业, 以实现焊接质量及生产效率的提升^[2]。

2 焊接位置检测技术

目前, 常见的焊接位置检测方法主要有基于视觉的焊点位置检测、基于光学的焊点位置检测、基于激光的焊点位置检测和基于视觉/光学复合技术的焊接位置快速定位技术。计算机视觉领域的两个重要研究方向是图像分割技术和图像特征提取技术。其中, 图像分割、特征提取都属于目标识别范围内所涉及的基本处理技术; 焊接特征提取则属于焊接路径识别阶段涉及的基本处理技术。基于视觉定位的精度具有很强的灵活性、实时性和多样性等特点, 因此需要采用多种不同性能指标, 并结合具体焊接环境来综合确定。视觉定位中最为重要的焊缝检测识别技术主要有激光焊缝自动对准方法和激光自动对齐方法等^[3]。

作者简介: 周伟华, 男, 广西兴安, 中级网络工程师, 研究方向: 计算机控制。

3 基于计算机视觉技术的焊接机器人定位精度应用研究

实际应用中,机器人在多环境下定位精度的稳定性和准确性直接影响了焊接产品质量。在条件比较恶劣、环境较为复杂的焊接工作场景中,机器人的自动化程度高,对定位精度要求也高。例如,对某企业的一台数控双工位双头等离子切割机进行调试需要对焊接生产线中所有产品进行实时扫描并记录数据,然后通过图像处理系统将数据存入数据库中进行管理和处理分析。图像采集的角度和距离发生变化会引起图像定位的误差增加。为了提高定位精度和稳定性,本文利用计算机视觉技术对焊接机器人在实际应用中遇到的各种问题进行了分析与研究,并针对不同焊接环境采用不同的技术手段进行了研究探讨。

3.1 测量原理

机器人的末端安装有照相机,其移动到特定的位置时,摄像头会自动捕捉到这个位置,然后通过相应的影像处理软件对该位置进行分析,从而得到相应的坐标。因为摄像头是静止的,且周围环境并不会太大的改变,所以在经过几次的采集之后,影像处理软件根据位置误差就能计算出中央物体的位置,这样就能保证定位的准确性,最后通过校准单元像素的实际长度将其转换成对应的物理单元^[4]。

3.2 测量系统的组成

3.2.1 摄像机

一般的工业照相机有很多种,根据其输出的色彩可以分成黑白摄像机和彩色摄像机;按晶片种类划分,可以分成CCD和CMOS两大类;若按输出信号的形式划分,可以分为数码摄像机和模拟摄像机两大类。本文选用了1250,000像素CCD的USB接口工业数码相机,该相机的解析度为1292×964。

3.2.2 镜头

摄像机的透镜也可以分成很多类,根据焦距可以分成对焦摄像机和被动式聚焦摄像机;若

按接口的种类可以分为C接口、F接口和CS接口三类;按倍率可以分成持续变倍镜头和定倍镜头两大类。本文选用的是大恒MacroCCD的C口定倍率透镜,其具有更好的视场和更高的准确率。

3.2.3 光源

在某种意义上,对于机器视觉系统而言,最重要的就是光源的选取。光源会影响相机的成像质量,甚至会影响后续的工作。光源包括发光二极管(LED)、卤素灯、荧光灯等。LED光源是目前使用最为广泛的光源,它包括点光源、背光源、同轴光源、球积分光源、环形光源、条形光源。方千光电VR52-W环形漫反射光源是目前使用最广泛的光源^[5]。

3.2.4 图像处理软件

在机器视觉系统中,采集到的数据也是非常关键的一部分。本文所选用的影像处理软件是由比利时欧莱士公司开发的OpenVision。本系统功能强大、灵活性高、安全可靠,是目前应用于图像处理与分析的主要软件。OpenVision图像处理软件主要有EasyOCR光学字符识别、EasyGauge亚像素测量、EasyMatch标准模式匹配、EasyFind几何模式匹配、EasyImage图像处理、EastBarCode条形码识别、EasyColor彩色图像分析、EasyOCV光学字符验证、EasyMatrixCode二维码识别、EasyObject区域区块分析等。该系统由EasyImage图像处理工具和EasyGauge亚像素测量控制库两大部分组成。

3.3 定位精度分析

机器人定位精度通常由两个方面来衡量,一方面是机器人本身的运动学精度,另一方面是图像处理算法的定位精度。

针对焊点焊接机器人系统来说,机器人本身具有较好的运动学基础及良好的机械性能,在运行过程中可以实现较高精度的稳定运行。但是焊点焊接机器人工作环境复杂,对焊接速度、焊接质量要求较高,对焊接缺陷处理要求也相应地有所提高。利用视觉检测机器人自动检测定位系统准确自动快速地对焊点数量、位置、形状等进行数据采集和处理,是当前工业生产中最常

见且有效利用计算机视觉技术实现自动精确检测定位的主要途径。该机器人通过图像处理算法得到焊点图像后,基于图像处理算法可进一步识别焊点、确定焊缝位置等。

焊接机器人的定位精度是指机器人在规定的时间内完成某一给定动作时,其位置与运动参数之间误差变化的程度。机器人定位精度研究通常采用绝对式、相对式以及综合式这三种方法对其定位精度进行描述,其中相对式较为简单,综合式会复杂一些。

相对式:对于定位系统中坐标系的变换,人们可以使用其相对于标准参考系或基准平面的位置来表示,以达到精确检测其位置的目的。

绝对式:人们可直接用一个具有代表性和精确度高的基准平面作为参考系统。

综合式:将实际运动状态下的坐标系统与基准坐标系统作为比较来确定机器人自身位置与姿态误差是否在允许范围之内,并以此来评估机器人定位精度。

本论文以MotoManUP6为例,重复定位精度为 $\pm 0.02\text{mm}$,而新松SR6机器人反复定位精度为 $\pm 0.08\text{mm}$ 。在焊接之前,工作人员必须对刀具中心点进行校准,确保机器人围绕轴线转动时,控制点的位置不发生变化。但是,由于机器人的精度和标定精度等因素的影响,控制点会出现一定的误差。经TCP校正后,UP6的测量精度达到 0.3mm ,SR6的测量误差在 $3\sim 5\text{mm}$ ^[6]。

笔者设计了一项实验,研究了重复定位在视觉计算中的作用:先对焊接机器人位置进行了一定的调节,使用加拿大Lumenera高性能工业照相机进行照相,并对任意3个格子的标准格子进行测量;再将机器人的位置调整到原来的位置,并将其拍摄下来,随后计算出三个方格之间的距离。实验用的棋盘格子中每个格子的大小是 $27\text{mm} \times 27\text{mm}$;对每一位式进行20次以上的试验,将试验数据的平均值与标准值进行比较。试验结果表明,4个位置的试验值分别为 80.7720mm 、 80.9212mm 、 80.4496mm 、 81.2455mm ;3格的标准间距为 81mm ,最大值与

试验值相差 0.5504mm 。这种错误是由多方面的原因造成的,如棋盘格印版错误、机器人的视觉运算错误。为了探讨重复定位精度对机器人视觉计算的影响,笔者以多个计算数值的变化为评判指标,并利用SD(SD)来判断重复定位精度对机器人视觉计算的影响。经过计算,在一个位置进行20次反复试验,其SD值为 $\pm 0.3043\text{mm}$ 。

3.4 视觉计算误差分析模型

视觉误差是指系统在图像采集、处理和显示等过程中产生的计算误差,它是评价机器视觉系统功能的重要指标之一。

在工业自动化生产中,工业设备自动化程度比较高,控制精度较高;在生产过程中为了提高工件位置的测量速度和准确率而对工件位置进行精确测量,会给计算机视觉系统带来误差,从而影响系统的功能和性能。基于此,本文在焊接机器人上建立了视觉计算模型并分析了算法误差来源。

在焊接过程中视觉信息处理主要有图像获取、图像处理和焊接定位三个方面,其中图像信号经过预处理和滤波放大后被送入计算机进行识别和跟踪计算以达到自动化焊接工件的目的。

本文将采用三个方法来建立视觉计算模型:一是将焊缝表面特征作为标准坐标系,根据进行变换;二是依据焊缝形状特征、边缘等不同因素将焊点分类;三是利用计算机程序进行焊接定位计算。

主要采用了四种方法对焊缝上点云分类:第一种是基于RGB颜色空间对焊缝进行识别和分类;第二种是根据灰度的特点对灰度信息进行分析和提取;第三种方法是根据图像中出现的特征信息来构建识别模型;第四种方法则是基于三维轮廓特征来建立识别模型。

本文利用图像处理方法得到焊缝表面数据后,根据其不同位置将其转化为二维平面数据(坐标系),然后利用坐标转换矩阵对其处理并得到三维空间中的坐标信息。

建立计算误差分析模型后,本文通过对不同位置、不同姿态下的三维空间中焊接机器人坐标

系进行转换矩阵处理得出三维空间中的机器人坐标值。

将焊接机器人的视觉信息处理结果与三维点云图像进行比对能得到三个视觉计算模型：第一个是基于二维平面坐标系的视觉计算模型；第二个是以二、三维曲面为基础形成的视觉计算模型；第三个则是以三维空间为基础形成的视觉计算模型。

3.5 系统配置对定位精度的影响

机器人的定位精度与系统配置的参数有着很大关系。

(1) 影响定位精度的因素如下：机器人的尺寸、位置，传感器的尺寸，机器人之间相互接触的部位大小，传感器检测距离的长度和安装角度等参数。

(2) 在焊接过程中，必须保证机器人之间不能发生碰撞，因此对焊接工艺参数进行调整时，要保证两个机器人间的距离不能太远；使用不同的焊接工艺需注意传感器之间不要有太大的摩擦；如果传感器出现了磨损，必须及时更换新传感器。

(3) 安装同一型号的机器人须保证每个焊点在视觉定位系统中都有一个位置原点，并保证原点位置与坐标系原点一致。使用不同型号机器人进行焊接生产必须保证同一型号的焊点有一定间隔和间距，且相邻焊点间距离应在0.1mm以内。

(4) 当焊接过程中产生弧光闪烁现象时，作业人员应及时对焊缝进行打磨处理。

(5) 焊料不能直接接触到焊缝和定位系统表面；为了提高定位精度，作业人员需对焊缝进行烘干处理之后再行焊接生产作业。

(6) 对焊机类型以及焊接工艺参数的选择需确保其具有良好性能，不能有明显异常，否则会导致系统运行稳定性变差并无法正常工作；作业人员安装焊机时须确保所有焊缝与定位系统之间连接牢固且没有松动现象；操作机器人视觉定位系统时须先用手动方式将每个焊点与视

觉定位系统连接起来。

(7) 作业人员使用机器人进行焊接加工作业时必须保证每个焊点均有固定点并保持相邻焊点间距离一致。

如果存在不满足上述条件的情况，如安装位置过高或过低，两个机器人之间间距过大，某一焊接位置不稳定导致无法精确定位等，作业人员也须采用相应的措施保证在机器人与视觉定位系统之间没有任何接触并不会对视觉导航带来影响。

4 结语

本文从图像采集系统、图像处理算法、计算机视觉算法等方面对计算机视觉技术在焊接机器人定位精度方面的应用进行了研究分析。在对焊接质量的控制方面，目前国内外的焊接机器人系统所采用的控制策略一般是跟随工艺要求而定，因此其工作效果和精度并不能完全满足工程实际要求。基于计算机视觉技术的焊接机器人可为焊接工艺和质量提供保障，从而为工业生产创造更大价值。

参考文献

- [1] 叶凤华.智能模式识别采摘机器人设计——基于图像聚类和情感模糊计算模型[J].农机化研究,2018,40(11):232-235.
- [2] 曹应明,戴茂良.基于机器视觉与Profinet总线的工业机器人综合应用实训台控制系统设计[J].武汉工程职业技术学院学报,2022,34(3):45-50.
- [3] 陈海远,顾雅青.计算机视觉技术在电力系统自动化中的应用[J].软件,2022,43(9):7-9.
- [4] 孔翰博,王克强,蔡肯,等.基于机器视觉的采摘机器人目标识别定位研究应用进展[J].电子技术与软件工程,2022(10):160-165.
- [5] 施晓伟,乐婷,宋冬,等.基于机器视觉的航空散热器智能定位钻孔技术[J].测控技术,2020,39(8):129-133.
- [6] 李永坚.融合视觉和激光测距的机器人Monte Carlo自定位方法[J].农业机械学报,2012,43(1):170-174.