

基于机器视觉的二维尺寸检测

谢俊, 吴荣荣, 朱广韬, 王路路

江苏大学

摘要: 借助 CMOS 工业相机、光学镜头、计算机以及 OpenCV 等搭建了一套机器视觉检测简易系统, 采用了一种针对两孔零件的测量方法。经试验得出: 精度可达 0.009mm, 重复性误差可达 0.0215mm, 用该系统测量已检测合格的 300 个零件, 满足检测要求, 说明该检测系统具有一定的可行性。

关键词: 机器视觉; 图像处理; 标定; 特征检测

中图分类号: TG87; TH161

文献标志码: A

Two-Dimensional Size Detection Based on Machine Vision

Xie Jun, Wu Yingying, Zhu Guangtao, Wang Lulu

Abstract: A simple machine vision system was built by using COMS camera, optical lenses, computer and OpenCV software in order to design a method for measuring the two-hole part. Experimental results show that the measuring accuracy of the system is up to 0.009mm and the repeat accuracy is controlled within 0.0215mm, the tested 300 parts were measured by the system which meets the requirement of testing and proves the certain feasibility.

Keywords: machine vision; image processing; calibration; feature detection

1 引言

在工业生产过程中, 对成品或半成品关键位置尺寸的测量要求一定的准确度和速度^[1]。传统的检测方法是利用游标卡尺或塞规, 虽然在很大程度上满足检测精度要求, 但需人为操作, 在大批量生产中工作效率不高, 存在一定的缺陷。机器视觉检测技术利用图像处理来完成工业测量检测, 具有非接触、柔性好、精度高、速度快、自动化和智能化水平高等优点, 可以很好地满足检测要求, 保证产品质量。本文利用 OpenCV 和 VS2013 搭建的检测系统, 通过图像预处理、拟合参数等得到待检零件的尺寸参数。

2 检测系统构成及规格参数

机器视觉的检测系统主要是通过工业相机采集图像, 对工业相机进行标定, 获取标定参数, 校正已获取图像, 然后运用 OpenCV 和 VS2013 中的 VC++ 混合编程分析处理得出测得的图像坐标, 最后通过标定模块将像素坐标转换为可识别的物理坐标^[2], 测量流程图见图 1。



图 1 流程图

硬件系统由工业相机、工业镜头、光源等组成,

图像分析处理模块主要是由 OpenCV 和 VC++ 混合开发编程的软件组成, 测量系统标定模块主要由 MATLAB 中的标定工具箱组成, 系统的具体选型见表 1。

表 1 测量系统的选型

序号	名称	型号	性能指标	数量
1	工业相机	HD-GY500	分辨率 2952 * 1944, 2.2 * 2.2μm	1
2	工业镜头	JT0612	焦距 6-12mm, 相面尺寸 1/2in	1
3	接圈	JQ25	5mm 的接圈	1
4	环形光	GUOCH	颜色: 白, 亮度可调	1
5	机器视觉软件	OpenCV MATLAB	测量系统的核心算法函数	1
6	系统开发环境	VC++	测量系统的集成开发和界面设计	1

3 测量系统的实现

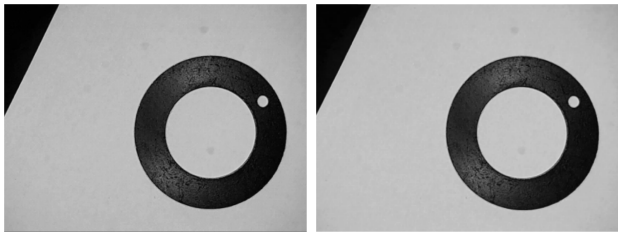
3.1 相机的标定

相机和镜头在实际的制造和安装过程中会形成误差, 使图像在成像系统中产生不同程度的几何畸变, 因此需要对相机进行标定, 获取相机内外参数。设相机对零件无移动和转动, 只需获取相机内参数 $f_x, f_y, k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$, 其中 f_x, f_y 分别为像素坐标系的 u 轴、 v 轴的有效焦距, c_x, c_y 为图像的中心坐标, k_1, k_2, k_5 为径向畸变系数, k_3, k_4 为切向畸变系数^[3]。

试验采用 5×5 的棋盘格标定板。标定板的图像数量是影响相机参数的重要因素,因此对标定板在不同位置拍摄 15 幅图^[4],利用 MATLAB 工具箱对图像进行处理,获取参数值(见表 2)。利用表 2 的相机内参数对图 2a 进行校正,得到如图 2b 所示,图从校正图像前后可以看出,校正后图像的物体形状基本达到原有状态。

表 2 内参数标定结果

f_x	f_y	c_x	c_y	
2761.77521	2719.30447	220.53835	237.19848	
K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
-0.03237	-14.13126	-0.01567	0.03607	0



(a) 原图 (b) 校正图

图 2 获取图像

3.2 系统的标定

在实际测量中,利用相机的内参数,根据针孔成像原理从相机坐标推导出物理坐标不适合高精度的测量要求,因此需要完成系统测量的标定,并计算每个像素对应的实际几何尺寸。在恒温下,取刻度 $d = 10\text{mm}$ 的卡尺作为标定工件,通过相机采集清晰的图像^[5],对校正后的图像经过二值化、边缘提取和细化处理,将刻度线细化成像素宽,形成“骨架”。图 3a 为细化前图像,图 3b 为细化后图像。对细化后的图像处理后,用 C++ 语言编写程序获取卡尺两端的像素坐标,得出 $d = 10\text{mm}$ 刻度的像素坐标差。最左端与最右端获取点的坐标为 (368.010, 219.395) 和 (386.199, 306.000),那么 $d = 10\text{mm}$ 的实际长度对应 $d_{\text{pixel}} = 90$ 个像素,即标定系数 $k = d/d_{\text{pixel}} = 0.11$ 。

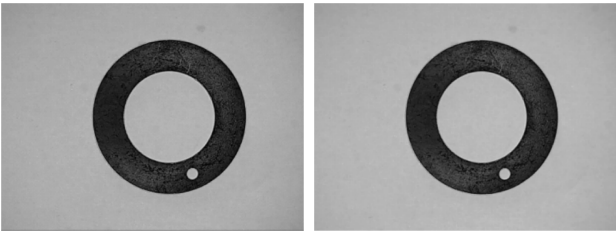


(a) 细化前 (b) 细化后

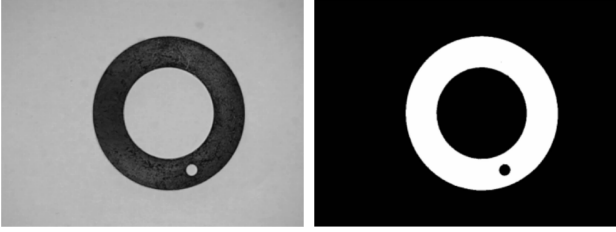
图 3 细化前后图像对比

4 图像处理

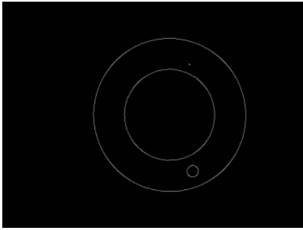
针对该零件的测量内容,由于 CMOS 采集的图像上存在少量噪声影响图像的后续处理,所以图像处理的主要过程是在得到灰度图像的基础上对其进行图像增强处理。通过对各种降噪方法的对比,高斯滤波法可以很好地减少图像中的噪声,避免噪声影响图像的处理。对增强后的图像通过调节阈值获取更加鲜明的二值图像^[6],凸显出感兴趣的目标轮廓,增加系统的识别能力。由于二值化处理后的图像还不完全排除细微之处对图像的干扰,此时可以采用图像细化的处理方法(见图 4),再通过轮廓的提取和霍夫圆变换,得到比较精确的像素值。



(a) 细化前 (b) 细化后



(c) 滤波图像 (d) 二值化处理后的图像



(e) 边缘提取与细化后的图像

图 4 图像处理

5 重复性试验和稳定性试验

5.1 重复性试验

为了确定系统的重复测量精度^[7],利用传统检具将零件检测 10 次,取平均值作为实际值,分别测得内孔 1 直径为 26.43mm,内孔 2 直径为 3.28mm,圆心距为 17.50mm。然后把该零件放到视觉测量系统的测量处,对零件进行 10 次测量,结果如表 3

所示。

表 3 测量数据 (pixel)

测量次数	内孔 1 半径	内孔 2 半径	圆心距
1	118.663	14.764	158.753
2	119.206	14.577	158.861
3	119.097	14.866	158.677
4	119.165	14.577	158.776
5	118.885	14.866	158.923
6	119.097	14.577	158.664
7	118.703	14.508	158.534
8	119.075	14.916	158.647
9	118.964	14.916	158.701
10	118.697	15.116	159.028
平均值	118.985	14.768	158.756

利用标定系数 k , 将像素尺寸转化为物理尺寸与实际尺寸的对比, 误差值为 0.422%。可根据式 (1) 对表 3 所示数据进行重复性误差的计算^[8]。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$
$$s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$
$$u(x) = s(\bar{x}) \tag{1}$$

式中, x_i 为第 i 次测量的数据, $u(x)$ 为重复性误差。

由以上结果得出本系统的重复性可达 0.0215mm。

5.2 稳定性试验

零件的图纸要求为 $\phi_1 = 26_0^{+0.5} \text{mm}$ 、 $\phi_2 = 3_0^{+0.5} \text{mm}$, 将两个零件上两个孔通过精细研磨, 使之达到上限值 26.5mm 和 3.5mm, 下限值 26mm 和 3mm。再将其放在检测系统的测量位置, 进行 10 次测量, 利用图像处理技术获取其像素值, 取 10 次的平均值作为两孔的范围值, 孔 1 像素半径范围为 117.043 - 119.248, 孔 2 像素范围为 13.455 - 15.750, 两者的像素距离约为 159.706。通过对 300 个正常加工的零件检测, 结果表明该系统检测基本无误, 具有一定的可行性。

6 结语

通过对测量零件直径和位置的视觉检测简易系统的分析, 利用 COMS 相机对零件进行实时图像采集, 并采用图像增强、图像分割、图像细化等一系列预处理操作, 运用基于 (开源) 的跨平台计算机视觉库 OpenCV 中的编写代码程序对其轮廓进行测量, 从而获取轮廓的直径和位置的像素值, 同时对重复性和稳定性进行了试验分析。试验结果表明, 该测量系统的测量精度可精确到 0.009mm, 重复性误差

达到 0.0215mm, 很好地满足了测量要求, 该系统具有一定的可靠性。

参考文献

[1] 陈艺峰. Halcon 在零件上二维尺寸检测上的应用[J]. 机电技术, 2011, 34(4): 12 - 13.

[2] 项辉宇, 刘倩倩, 韩宝安, 等. 基于 Halcon 的单目视觉系统冲压件的几何特征检测[J]. 制造业自动化, 2014(12): 48 - 50.

[3] 毕文波. 基于机器视觉的机械零件尺寸识别研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.

[4] 李莉. OpenCV 耦合改进张正友算法的相机标定算法[J]. 轻工机械, 2015, 33(4): 60 - 63.

[5] 邓辉, 谢俊, 孟广月, 等. 基于机器视觉的重复定位精度测量技术[J]. 电子测量技术, 2014, 37(12): 45 - 48.

[6] Ma S D, Zhang Z Y. Computer vision-theory and algorithm [M]. Beijing: Science Press, 1998.

[7] 杜文华, 李红刚, 曾志强, 等. 基于 Labview 的小孔尺寸精确测量系统研究[J]. 测试技术学报, 2013(4): 300 - 303.

[8] 陈鑫, 顾全, 杜天璠, 等. 基于非接触式技术的工业点胶机计量测定装置研究[J]. 中国胶粘剂, 2014, 23(10): 20 - 21.

第一作者: 谢俊, 博士, 副教授, 江苏大学机械工程学院, 212013 江苏省镇江市

First Author: Xie Jun, Doctor, Associate Professor, School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China

我国首台超高精度光矢量分析仪问世

近日从南京航空航天大学获悉, 该校研发的我国首台超高精度光矢量分析仪问世。

超高精度光矢量分析仪就像“火眼金睛”, 从家用光纤路由器到航天飞船等大量应用的光学器件领域都需用到, 可以对幅度响应和相位响应进行精确测量。第一代仪器仅能测量幅度响应, 第二代仪器可以同时测量幅度响应和相位响应, 但目前全球仅有 LUNA 的 OVA5000 一款产品, 并且其高精度版不对我国销售。

2010 年, 南京航空航天大学潘时龙教授开始筹建微波光子学实验室。自主研发的光矢量分析仪采用“以电测光”的方法, 把光信号转换为微波信号。课题组先后掌握了光频梳通道化技术、平衡光电探测技术和新型电光调制技术, 基本攻克了相关技术难点。该光矢量分析仪的第二代样机先后被中科院半导体所、江苏光扬光电等十余家单位试用; 还帮助某海军单位实现了光纤干涉器的自动化测量, 测量精度提高 10 倍, 节省成本一半以上。