

基于图像识别技术的电动工具视觉检测系统应用

Construction and Application Research of Visual Inspection System for Electric Tools Based on Image Recognition Technology

徐健康¹, 朱正兵¹, 杨德志², 许莹³, 胡帅¹, 胡卓星¹

(1. 永康市质量技术监督研究院(国家五金工具及门类产品质量检验检测中心), 浙江 永康 321300;

2. 杭州海康机器人股份有限公司, 浙江 杭州 320018;

3. 北京中轻联认证中心有限公司, 中国 北京 100028)

摘要: 介绍了一种基于图像识别技术的电动工具视觉检测系统。机器视觉传感器采集被测物体图像后, 将原始数据送入图像识别检测模块, 该模块由机器视觉算法和深度学习的图像处理技术组成, 利用图像采集技术对可视化检测项目进行建模分析。实际应用表明, 电动工具视觉检测系统的测量效果优于人工光学检测, 避免了人为因素造成的检测误差。

关键词: 电动工具; 产品质量; 图像识别; 深度学习; 检测

中图分类号: TM930.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-2796(2024)01-0001-03

Abstract: The visual inspection of electric tools in our country shows the characteristics of backward inspection equipment and low reliability. In this paper, a visual inspection system for electric tools based on image recognition technology is introduced. The system uses machine vision sensors to collect images of the object under test, the original data is sent to the image recognition and detection module, which is composed of machine vision image algorithm and depth learning related image technology, at the same time, the visual detection project is modeled and analyzed by using image acquisition technology, and the hardware and software of the detection and control system for electric tools are described emphatically, including the motor, image acquisition, and its related applications have been analyzed and studied.

Key words: electric tools; product quality; image recognition, visual detection, power tools; depth learning; detection

0 引言

传统的电动工具产品检测主要采用人工目测或采用仪器设备检测, 人为因素对检测结果的影响较大, 尤其表现在耐热、耐燃、标志和说明书等项目^[1-2]。在产品质量监督抽查工作中, 样品数量一般较大, 当样品数量达到35个及以上时, 人为因素对检测效率和准确率的影响逐渐加大。

当前, 图像识别技术迅速发展, 逐渐渗透到工程应用的各个领域。通过设计相应的图像采集装置, 运用软件编程实现图像的自动化处理^[3-4]。通过深度学习技术实现特征的自动提取, 可以获取复杂背景或特征不明显的物体识别^[5]。本文采用图像识别技术, 结合深度学习算法,

应用于电动工具产品检测实际工作。

1 系统架构

应用图像识别技术的电动工具视觉检测系统由识别模块、分析模块、对比模块和提醒模块组成。识别模块对电动工具产品说明书、标志等可视化图像进行拍摄, 得到可分析图像; 分析模块对图像进行分析提取, 得到数据化信息; 对比模块用于数据库数据(相关标准条款)与数据化信息比较, 得出比较结果; 提醒模块形成质量分析曲线后告知需求方(生产企业、制造商、检测机构、监管部门等)。一种基于图像识别技术的电动工具视觉检测系统架构如图1所示。

2 模块功能

2.1 硬件

电动工具视觉检测系统由环形光源、500万像素网口面阵相机、远心镜头和工业镜头、

[收稿日期] 2023-10-23

[作者简介] 徐健康(1970—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 五金产品检测。

基金项目: 浙江省市场监督管理局青年项目(QN202344)

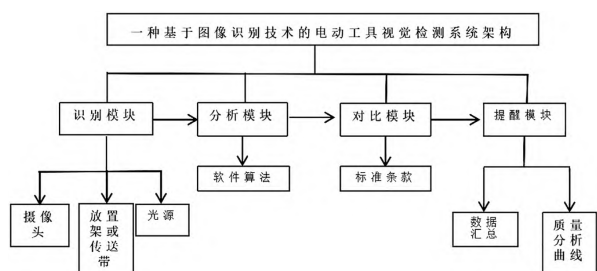


图1 一种基于图像识别技术的电动工具视觉检测系统架构
图像采集卡、测试支架等部件组成。

2.2 软件

电动工具视觉检测系统架构工作流程图如图2所示。

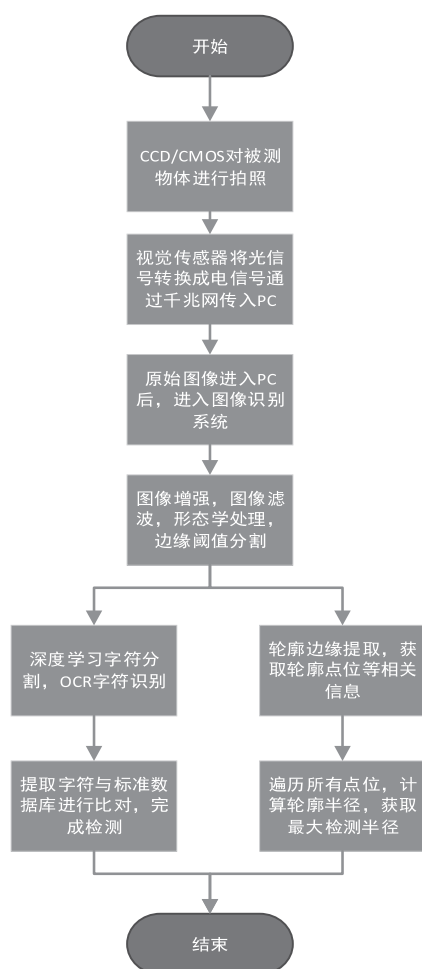


图2 电动工具视觉检测系统架构工作流程图

图2中，视觉传感器将被测物体的光信号转换为电信号，传入PC端。将原始图像信息传入图像识别系统，采用图像滤波、形态学、图像二值化等机器视觉算法对图像进行预处理。

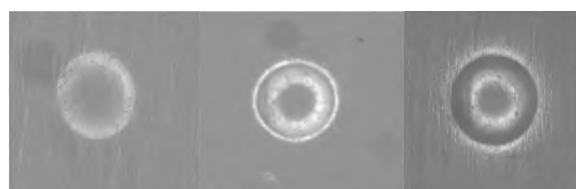
获得增强后的图像信息后，采用图像轮廓提取算法采集边缘信息，建立几何数学模型，将对应图像传入深度学习字符分割模块，采用光学字符识别技术（OCR）提取中英文字符，比对标准字符库数据库信息。

3 应用研究

3.1 球压试验

球压试验是测试电工、电子产品中非金属材料及固体绝缘材料（除陶瓷外）耐热性能的重要方法^[6-7]，依据GB/T 3883.1—2014和GB/T 5169.21—2017标准条款要求，样品在特定温度下球压2 h，测量其圆形压痕直径。标准中定义的压痕直径 d 为压球与样品接触区域的最大直径^[8-9]。

1) 精度对比。选取3个相同材质的样品，在试验温度为75℃、80℃、85℃条件下进行球压试验。试验后，使用影像测量仪（型号：VMS-1510G）和视觉检测系统分别进行压痕检测。其中，3个压痕直径分别由3位检测人员使用影像测量仪独立检测5次后取平均值所得。压痕图像如图3所示。检测数据见表1。



(a) 75℃ (b) 80℃ (c) 85℃

图3 压痕图像

表1 检测数据

温度/ ℃	光学检测值/ mm	视觉检测值/ mm	偏差值/ mm
75	1.072	1.0 742	-0.0 022
80	1.353	1.3 614	-0.0 084
85	1.799	1.7 647	0.0 083

根据表1数据所得绝对误差分别为0.21%、0.62%、0.47%，平均误差为0.43%。平均误差≤0.5%，即满足检测要求。

2) 标定样品。选取2个标定样品进行对比。1号标定样品在75℃下进行球压试验，标准值

为 1.09 mm。2 号标定样品在 85 ℃ 下进行球压试验, 标准值为 1.50 mm。

$$Z = (x - X) / \sigma \quad (1)$$

式中, x 为检测值, X 为标准值, σ 为能力评定标准差, $|Z| \leq 2$ 为结果满意。

图 4 为 1 号标定样品图像, 图 5 为 2 号标定样品图像。标定样品检测结果见表 2。



(a) 压痕图像 (b) 压痕输出结果

图4 1号标定样品图像



(a) 压痕图像 (b) 压痕输出结果

图5 2号标定样品图像

表2 标定样品检测结果

温度/ ℃	标准值/ mm	视觉检测值/ mm	能力评定标准差/ mm	Z值比 分数
75	1.09	1.0 416	0.071	0.68
85	1.50	1.3 604	0.1	0.40

通过上述两种测试方法可以看到, 视觉检测系统的检测效果优于人工光学测量。

3.2 标志和说明书

依据 GB/T 3883.1—2014 相关条款要求, 电动工具产品的标志和说明书应包含产品参数、警示语句、制造商等多种信息。其中, 仅警示语句就多达 20 条以上。目前, 该项检测大多采用人工目测检查, 效率低且易出错。

以电锤为对象, 制作了具有 13 个不同类型错误的产品标志, 部分标志实拍图如图 6 所示, 检测结果如图 7 所示。经视觉检测系统检测, 正确识别全部错误项, 识别准确率为 100%, 缺陷检测准确率为 100%, 检测时间 < 1 s。

以电动工具产品质量监督抽查为例, 完成 40 批次的标志和说明书检测项目仅需 1 min,

实现了双盲检测。考虑到电动工具产品种类众多, 同一类型的产品参数各不相同, 在后续的检测工作中需要适当增加样本数量, 进一步完善检测样品种类。



图6 部分标志实拍图



图7 检测结果

4 结语

依据电动工具产品质量监督抽查工作实际, 设计了基于图像识别技术的电动工具视觉检测系统, 应用于球压试验以及标志和说明书等检测项目。球压压痕直径测量与人工测量偏差平均值为 0.43%, 与标定值相比, Z 值均 < 1, 标志参数缺陷检测准确率为 100%。在此基础上, 后续工作将进一步增加检测品类, 拓展对应的检测项目, 满足电动工具行业的检测需求。

参考文献:

- [1] 乔新锋. 一种基于图像处理方法的压痕直径测量技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2016.
- [2] 苗相彬, 罗建桥, 李柏林. 基于秩正则几何变换的无监督字符缺陷检测[J]. 机械制造与自动化, 2023, 52(5): 127-133.

(下转第 22 页)

四种计算方法均可接受。

4 推荐方案

考虑到测量过程中包络面测点测得的噪声源与背景噪声声压级存在延时现象而导致的测量值差异，对每个测量值进行背景噪声修正更有意义，因此推荐采用方法五进行计算。

方法五：对每个测量点进行背景噪声修正后，计算平均声压级 $L_{P\text{平均}}$ 。

$$\Delta L=L_{Pi\text{（修正前）}}-L_{P\text{背景噪声}}\tag{10}$$

$$K_1=-10\lg\left(1-10^{-0.1\Delta L}\right)\tag{11}$$

$$L_{Pi\text{（修正后）}}=L_{Pi\text{（修正前）}}-K_1\tag{12}$$

$$L_{P\text{平均（修正后）}}=10\lg\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n10^{0.1L_{Pi\text{（修正后）}}}\right]\tag{13}$$

式中， $L_{P\text{平均（修正后）}}$ 为所有测点位置进行背景噪声修正后的平均声压级值； $L_{Pi\text{（修正后）}}$ 为每个测点位置修正后测量的噪声声压级值； $L_{Pi\text{（修正前）}}$ 为每个测点位置测量修正前的噪声声压级值； K_1 为每个测点位置的背景噪声修正值； ΔL 为单个测点位置测量的噪声值与测点位置背景噪声的差值； n 为测量点数。

由方法五计算得到的平均噪声声压级为 74.60 dB(A)（详见表 4），满足噪声声功率级测量不确定度评定的要求。

表4 由方法五计算得出的平均声压级

测点	1	2	3	4	5
测点声压级/dB（A）	72.8	75.3	77.0	73.8	72.9
背景噪声/dB（A）	56.7				
背景噪声修正值 K_{1i}	0.11	0.06	0.04	0.09	0.11
修正后测点声压级/dB（A）	7.27	7.52	7.70	7.37	7.28
修正后的平均声压级/dB（A）	74.60				

参考文献：

[1] 国家家用电器标准化技术委员会.家用和类似用途电器噪声测试方法 通用要求:GB 4214.1—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.

[2] 全国电动工具标准化技术委员会.电动工具噪声测量方法 工程法:GB/T 4583—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.

[3] 全国电焊机标准化技术委员会.电弧焊机噪声测定方法:GB/T 13165—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.

[4] 全国风机标准化技术委员会.工业风机 标准实验室条件下风机声功率级的测定 第3部分:包络面法:GB/T 34877.3—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.

（上接第 3 页）

[3] 戈明辉,张俊,陆慧娟.基于机器视觉的食品外包装缺陷检测算法研究进展[J].食品与机械,2023,39(9):95-102+116.

[4] 刘基.基于OCR技术的低对比度下铸件标识字符检测与识别研究[D].太原:太原科技大学,2022.

[5] 吴冰航.基于机器视觉的工业OCR识别系统的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2022.

[6] 孙江,曾亮,焦少妮,等.球压试验压痕直径的视觉测量方法[J].计算机测量与控制,2022,30(5):69-74+86.

[7] 邹声文,郭少华,付锦锋,等.球压试验压痕尺寸准确快速测量方法探究[J].广东化工,2019,46(3):53-54.

[8] 全国电工电子产品着火危险试验标准化技术委员会.电工电子产品着火危险试验 第21部分:非正常热球压试验方法:GB/T 5169.21—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.

[9] 全国电动工具标准化技术委员会.手持式、可移式电动工具和园林工具的安全 第1部分:通用要求: GB/T 3883.1—2014 [S].北京:中国标准出版社,2014.