

基于机器视觉的智能电表外观缺陷检测系统设计*

梁伟建¹ 洪涛¹ 林笃盛² 卢玉凤¹ 邓辉善^{1,2}

(1. 中国计量学院 质量与安全工程学院, 杭州 310018;

2. 华立仪表集团有限公司, 杭州 310023)

摘要 针对智能电表外观缺陷检测人工方法自动化程度低、劳动强度大、检测效率不高等问题,结合智能电表外观,设计了基于机器视觉的智能电表外观缺陷检测系统。系统选用高清相机、计算机和PLC控制器等搭建硬件平台,采用LabVIEW编写系统程序,提出适合智能电表外观缺陷检测的图像处理算法,利用中值滤波、二值化、边缘检测、模板匹配及OCR等图像处理技术,实现对智能电表LCD屏、标牌字符、条码及LED指示灯的缺陷检测,检测用时3s左右,检测效率高。本系统已应用在生产线上,结果表明系统检测准确度高、可靠性强,能满足现代生产要求。

关键词 机器视觉;缺陷检测;智能电表;OCR技术

中图分类号:TM933

文献标识码:A

文章编号:1001-1390(2013)10-0064-05

Design of Smart Meter Visual Inspection System Based on Machine Vision

LIANG Wei-jian¹, HONG Tao¹, LIN Du-sheng², LU Yu-feng¹, DENG Hui-shan^{1,2}

(1. College of Quality & Safety Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China.

2. Holley Metering Group, Hangzhou 310023, China)

Abstract In order to solve several problems such as less automation, high labor intensity and inefficiency, which are brought by the traditional human inspection methods, this paper develops a machine vision-based inspection system for the appearance defect detecting of smart meter. The system uses the high-definition cameras, PC and PLC controller to set up the hardware platform, uses the LabVIEW to write the system program, and puts forward suitable image processing algorithms for smart meter appearance defect inspection, such as median filtering, binarization, edge detection, template matching and OCR technology, to realize the detection of LCD, characters, barcode and LED indicator light. The proposed detection system has a high efficiency which only costs about 3 seconds for detecting. This system has been applied to production line, and the results show the proposed vision system has high accuracy and reliability which can meet the modern production requirements.

Key words machine vision, visual detection, smart meter, OCR technology

0 引言

智能电表作为电力计量仪器,其计量、控制及与用户交互等信息众多,信息主要通过智能电表LCD屏、标牌和LED指示灯等传达。在LCD屏和LED指示灯的生产安装及标牌印刷等工艺中难免会造成缺陷,这些缺陷严重影响了智能电表的外观质量,严重影响计量信息的传达。因此,对智能电表在出厂前进行外观缺陷检测尤为重要。但传统检测方法主要采用人工检测,检测

工序多、受人工影响大、准确度和效率都不高^[1]。

本文结合智能电表生产和检测实际需要,以LabVIEW为开发平台,采用图像处理技术,提出适合智能电表外观缺陷检测的图像处理算法,并结合PLC控制器和数据库,开发了基于机器视觉技术的智能电表外观缺陷检测系统,以克服传统人工检测的各种弊端,提高自动化程度,降低劳动强度,实现检测准确度和效率更高的实时连续在线检测。

1 系统组成

1.1 总体框架

* 基金项目 2012 年科技部公益行业科技专项(20120101);
2010 年国家质量总局科技计划(2010QK403)

根据生产实际,智能电表外观缺陷大致表现在:LCD屏中字符不能正确亮灭,出现断码、少字及显示模糊等情况;LCD屏安装倾斜;标牌上字符和条码印刷错误;LED指示灯不能正确亮灭,出现显示亮度不够或显示错误等。人工检测方法主要通过人工对智能电表上电,采用肉眼检查标牌和LED指示灯,并通过按键改变LCD屏中显示的字符来检查每个字符能否正确亮灭。这种检测方法劳动强度大,漏检、错检率高,而且检测工序众多效率低。因此,对研制的检测系统提出了多类缺陷一次性检测、高清成像、高速连续在线检测的要求。

基于以上要求,设计了智能电表外观缺陷检测系统^[2],系统结构框图如图1所示。系统由图像采集系统、图像处理识别系统、计算机控制系统、数据库交互和PLC控制系统等构成。

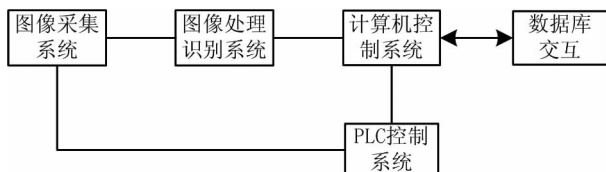


图1 系统结构框图

Fig.1 System structure diagram

图像采集系统主要功能是采集智能电表外观图像,传输至图像处理识别系统;

图像处理识别系统的功能是对采集的图像进行处理识别,判断智能电表外观是否合格;

计算机控制系统主要负责上层控制,协调整个系统的控制和信息处理,并将检查结果显示报警;

PLC控制系统主要负责下层控制,包括光源触发和相机拍照控制。

数据库交互主要是保存图像信息,将合格图像存储用作图像处理训练库,将不合格图像存储便于缺陷跟踪。

1.2 图像采集系统

由于智能电表外观缺陷的多样性,一般的图像采集方式不能满足检测要求,必须设计相应的智能电表外观缺陷图像采集系统。智能电表外观各缺陷检测方法不一样,标牌上的字符及条码图像处理识别时,需要对图像进行二值化^[3],增强图像对比度,适合选用黑白相机采集标牌图像;LED指示灯是通过颜色的对比来识别,LCD屏和LED指示灯相距很近并且LCD屏包含信息丰富,适合选用彩色相机采集LCD屏和LED指示灯图像。为保证采集的图像能包含全部外观缺陷,选用一个黑白相机和一个彩色相机采集图像,黑白相

机采集标牌图像,用来检测标牌上字符和条码;彩色相机采集LCD屏和LED指示灯图像,用来检测LCD屏和LED指示灯。

由于LCD屏和LED指示灯自身发光,相机拍照时不需要借助外部光源,标牌自身不发光,图像采集时需要借助外部光源,同时由于LCD屏特性,图像采集时相机倾斜一定角度拍下的图像更有利于图像处理识别,而采集标牌图像时需要避免直射光照射,设计了如图2所示的图像采集系统。根据检测要求及实验结果,选用条形LED点阵红外光源照射标牌,并且沿垂直方向倾斜45°安装,设定彩色相机沿垂直方向倾斜20°安装,黑白相机垂直安装。

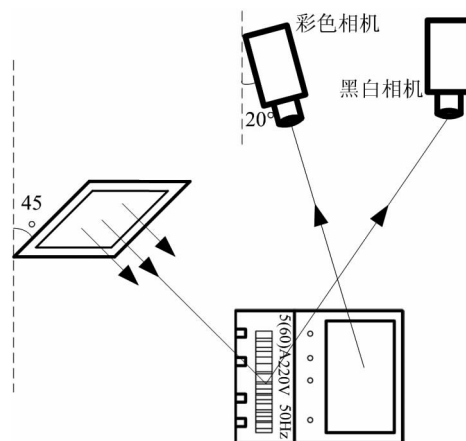


图2 图像采集系统

Fig.2 Image acquisition system

1.3 控制系统

控制系统采用计算机控制和PLC控制的双层结构^[4],计算机作为上位机主要负责上层控制,包括整个系统的协调控制、图像采集及处理识别、数据库及系统界面等;PLC作为下位机主要负责底层控制,包括光源触发控制、黑白相机和彩色相机拍照控制等。在控制系统中还加有红外通信接口,智能电表内安有红外通信模块,计算机可通过红外通信接口和智能电表建立通信,实现对智能电表LCD屏和LED指示灯的亮灭控制。控制系统框图如图3所示。

按下检测按钮后,PLC接收检测信号,触发黑白相机,并在黑白相机拍照的同时控制点亮条形光源。计算机访问黑白相机并获取黑白图像,进行图像处理

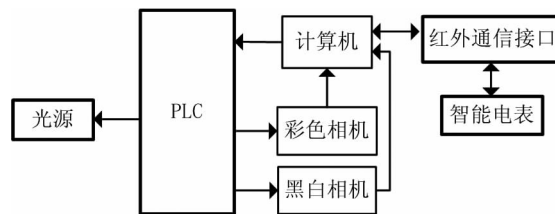


图3 控制系统框图

Fig.3 Control unit diagram

识别,判断字符是否合格并获取条码。将获取的条码转换成红外通信基地址,进行地址校验,通过红外通信接口建立计算机与智能电表之间的实时通信。建立通信后,计算机向红外通信接口发送相应信号控制智能电表LCD屏和LED指示灯的亮灭,同时向PLC发送信号,PLC触发彩色相机采集图像,获取LCD屏白屏、全屏、偶屏或奇屏,及LED指示灯图像并传输至计算机进行图像处理识别,判断LCD屏和LED指示灯是否合格。

2 软件设计

2.1 检测流程

LCD屏和LED指示灯检测时,需要改变他们的亮灭情况才能完全检测LCD屏和LED指示灯中是否存在缺陷。检测LCD屏时需要控制其亮白屏、全屏、奇屏或偶屏,检测LED指示灯时需要控制其亮灭,所以必须要能够对LCD屏和LED指示灯的亮灭进行控制,才能完成全部的检测。智能电表内部安装有红外通信模块,能实现和外部的通信,每个智能电表的红外通信基地址都是和各自的条码一一对应。如果在控制系统中安装红外通信接口,建立计算机和智能电表间的通信,就可以实现对LCD屏和LED指示灯的亮灭的控制。所以检测前需要先对条码进行识别,获取通信基地址并进行地址校验,建立计算机和智能电表之间的通信,才能进行后面的彩色图像检测,进行LCD屏和LED指示灯检测。相应的检测流程如图4所示。

2.2 算法设计流程

由于智能电表外观缺陷的多样性,且对应检测方法又各不一样,所以应该划分不同的检测区域,每个检测区域采用对应的检测方法单独检测,区域划分如图5所示。

根据划分的四个区域,以及各区域相应的缺陷,提出适合智能电表外观缺陷检测的图像处理算法。通过OCR等技术实现数字、字母及条码的自动检测和识别^[6],通过模板匹配、神经网络等算法实现对难检字符的检测^[7];通过自定义ROI及边缘检测算法对七段液晶数字及平行度进行检测^[8]。

算法流程图如图6所示。首先对采集的黑白图像进行图像预处理,去除噪声^[9]干扰并对图像进行二值化,增强图像对比度,对黑白图像进行相对坐标定位,定位后框选ROI检测区域,采用OCR技术对标牌字符ROI区域进行识别,难以识别的字符,再结合神经网络等算法进行识别,条码ROI区域采用OCR技术进行识别,读取条码并获取红外通信基地址,建立智能电表和红外通信接口的通信。建立通信后,获取彩色图

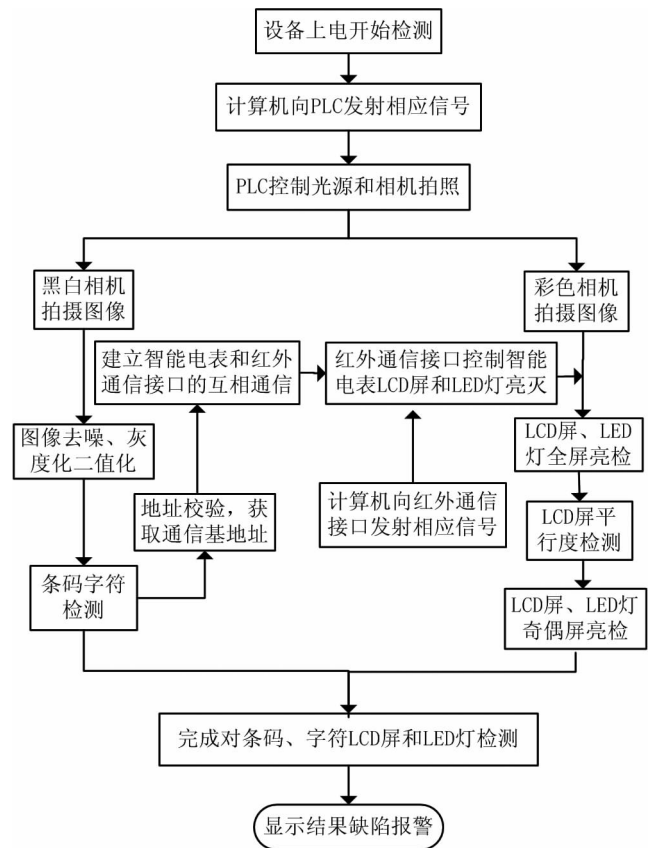


图4 检测流程

Fig.4 Testing processes



图5 检测区域划分图

Fig.5 Detection region diagram

像,对彩色图像进行图像预处理和定位,并框选ROI检测区域,对LED灯ROI区域进行RGB检测,对LCD屏ROI区域进行灰度检测,检测值与设定的对比,若检测值超出检测阈值及偏差范围,则判断为不合格,若在检测阈值及偏差范围内,则判断为合格。

2.3 软件编程

本文基于LabVIEW的IMAQ和Vision的图像采集处理功能,开发用于智能电表外观缺陷的在线检测系统^[10]。根据检测流程,设计的软件系统模块如图7所示。

下标牌检测模块是检测标牌上字符及条码,地址校验是校验条码与红外通信基地址是否一致,通过下标牌检测获取通信基地址并进行地址校验建立智能

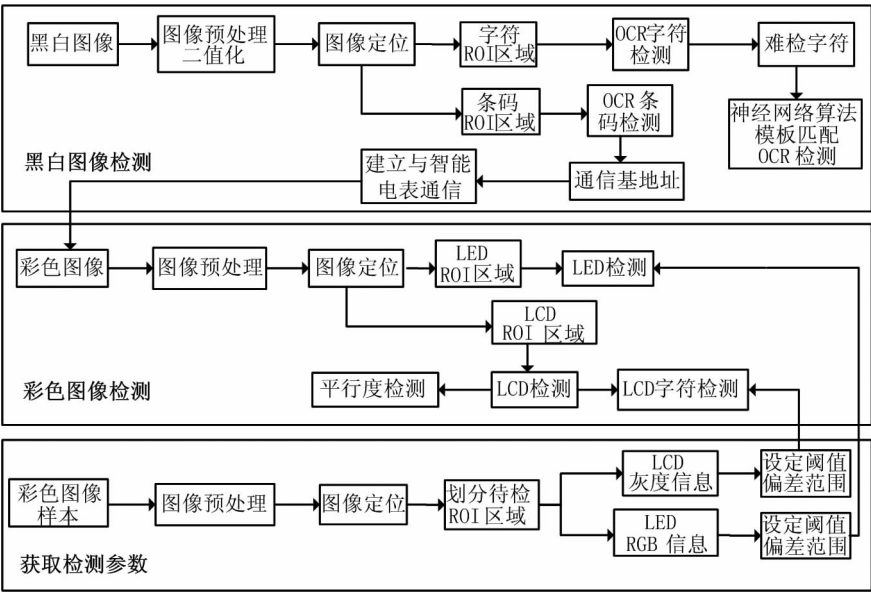


图6 算法流程图

Fig.6 Algorithm flow chart

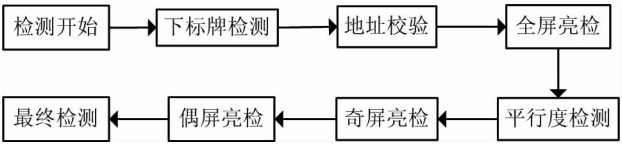


图7 软件系统模块

Fig.7 Software system module

电表和计算机之间的通信 ;全屏亮检、奇屏亮检和偶屏亮检都是检测LCD屏中字符是否存在缺陷及能否正确亮灭,平行度检测是检测LCD屏安装是否倾斜。主程序流程图如图8所示。

2.4 系统界面

本文设计的智能电表外观缺陷检测系统软件主要有7个检测项,分别是:下标牌检测、地址校验、平行度检测、全屏亮检、奇屏亮检、偶屏灭检、最终检测。其中系统主界面如图9所示,界面简单直观,人机交互性好。

3 检测结果分析

根据本文介绍的系统组成、缺陷检测算法和系统软件设计,开发了一台智能电表外观缺陷检测系统,如图10所示,该系统已经安装在生产线上,能实时连续在线检测,满足现代生产要求。

本检测系统对包含65只缺陷的600只智能电表进行在线检测,获得满意的检测结果,如表1所示。而且相比于人工检测每个智能电表平均用时30s,本系统只需要3s就可以完成对一个智能电表的检测。

4 结束语

本文根据智能电表外观特性,设计了基于机器视觉的智能电表外观缺陷检测系统,提出了适合智能电表外观缺陷检测的图像处理算法,可检测智能电表

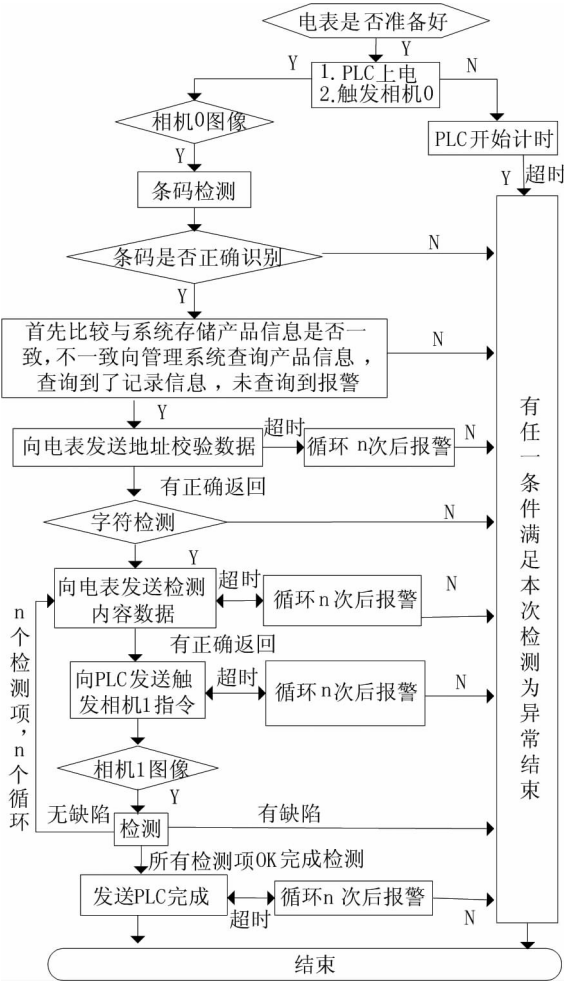


图8 主程序流程图

Fig.8 Main program flow chart

LCD屏、标牌字符、条码和LED指示灯等,检测用时3s左右,检测效率和准确度高。同时本系统的开发成功

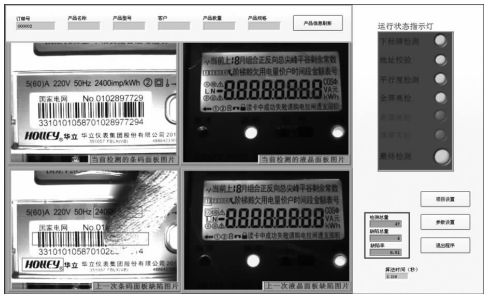


图9 检测系统主界面

Fig.9 Detection system main interface

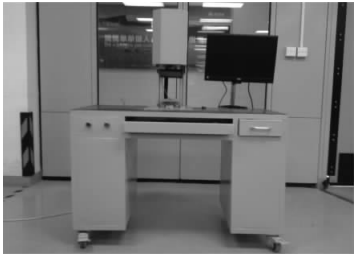


图10 系统实物图

Fig.10 System actual picture

表1 不同缺陷的检测结果及总检测正确度

Tab.1 Different defect detection results and total detection accuracy

类型	缺陷数量	检出数量	正确率%
LCD 屏断码少字	15	14	93
LCD 屏不亮模糊	2	2	100
LCD 屏平行度	4	4	100
标牌字符	29	27	93.1
条码	8	8	100
LED 指示灯	7	7	100
合计	65	62	95.4

填补了国内智能电表外观检测设备的空白,拥有自主知识产权,具有广泛的应用前景。

参考文献

[1] HAO Shen, LI Shu-xiao, et al. Bearing defect inspection based on machine vision[J]. ELSEVIER, Measurement, 2012, (45): 719-733.
[2] 朱明, 曾其勇, 洪涛, 等. 基于机器视觉技术的奶粉罐内壁缺陷检测系统设计[J]. 制造业自动化, 2012, 34(12): 37-41.
ZHU Ming, ZENG Qi-yong, et al. Defect Detecting System Design for Inner Parts of Milk Powder Cans Based on Machine Vision Technology [J]. Manufacturing Automation, 2012, 34(12): 37-41.
[3] 朱浩悦, 耿国华, 周明全. 车牌识别中二值化方法的研究 [J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(2): 33-34.
ZHU Hao-yue, GENG Guo-hua, ZHOU Ming-quan. Research on Binarization Method of License Plate Recognition [J]. Computer Applications and Software, 2007, 24(2): 33-34.
[4] 张辉, 王耀南, 等. 基于机器视觉的保健酒可见异物检测系统研究与

开发[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(5): 973-979.
ZHANG Hui, WANG Yao-nan, et al. Development of Healthy Wine Visible Particle Detection System Based on Machine Vision [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2009, 30(5): 973-979.
[5] 何志强, 丁涛, 徐二强. PatMax和PatQuick算法在智能电表LCD屏检测中的应用[J]. 自动化与仪表, 2012, (5): 54-56.
HE Zhi-qiang, DING Tao, et al. Application of PatMax and Patquick in Smart Electricity Meter's LCD [J]. Detection Automation & Instrumentation, 2012, (5): 54-56.
[6] 刘今越, 李铁军, 王曾春. 基于LabVIEW的标签识别校验系统开发及应用[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(4): 241-243.
LIU Jin-yue, LI Tie-jun, WANG Zeng-chun. Development and Application of Label OCR System Based on LabVIEW [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2007, 28(4): 241-243.
[7] 田澍, 段锦, 等. 基于十字模板匹配的靶场目标检测方法 [J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2012, 30(6): 654-658.
TIAN Shu, DUAN Jin, et al. Based on Cross Template Matching Range Target Detection Method [J]. Journal of Jilin University (Information Science Edition), 2012, 30(6): 654-658.
[8] 段汝娇, 赵伟, 等. 一种基于改进Hough变换的直线快速检测算法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(12): 2774-2780.
DUAN Ru-jiao, ZHAO Wei, et al. Fast Line Detection Algorithm Based on Improved Hough Transformation [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(12): 2774-2780.
[9] 刘泉, 胡文娟. 基于机器视觉的PCB缺陷检测系统设计与研究[J]. 电子器件, 2007, 30(2): 550-553.
[10] Klinger, Thomas. Image processing with LabVIEW and IMAQ Vision[M]. New Jersey, USA: Prentice Hall PTR, 2003.

作者简介:



梁伟建(1987—)男,硕士研究生,主要从事机器视觉自动检测技术研究。Email: liangwj8866@163.com



洪涛(1970—)男,高级工程师,硕士研究生导师,主要从事产品质量控制与在线检测技术研究,现供职于中国计量学院质量与安全工程学院。Email: hongtao@cjlu.edu.cn



林笃盛(1973—)男,工程师,主要从事智能电表产品开发与工艺设计,现供职于华立仪表集团股份有限公司。



卢玉凤(1989—)女,硕士研究生,主要从事产品质量控制与在线检测技术研究。Email: luyufengjessie@163.com

邓辉善(1989—)男,本科,从事机器视觉检测系统的开发维护,供职于华立仪表集团股份有限公司。Email: huishan.deng@holley.cn

收稿日期 2013-01-21;修回日期 2012-03-12

(田春雨 编发)