

# 电容器铝壳表面缺陷检测的 CCD 图像处理\*

田原媛, 潘敏凯, 刘思阳

(东北电力大学 机械工程学院, 吉林 吉林 132012)

**摘要:**在铝电解电容器铝壳生产过程中,为了确保产品品质,降低消耗,应快速检测铝壳表面发生的质量情况,对异常现象能及时地作出报警、停机或自动分离提供判断依据。首先对采集到的铝壳图像进行灰度处理、中值滤波、二值化和边缘检测等处理,然后通过缺陷特征的提取,确定铝壳样件是否存在表面缺陷,根据检测结果将有缺陷的样件筛选出来。通过对主要缺陷样件的检测结果表明通过机械辅助设备可以实现在1s内同时检测约20个样件,能够满足整体加工流程对快速检测表面缺陷的技术要求。

**关键词:**电解电容器铝壳;表面缺陷;在线监测;CCD(charge coupled device)图像处理

中图分类号:TH165;TG65

文献标识码:A

## Surface Defect Detection of Aluminum Capacitor Shell Based on CCD Image Processing

TIAN Yuan-yuan, PAN Min-kai, LIU Si-yang

(School of Mechanical Engineering, Northeast Power University, Jilin Jilin 132012, China)

**Abstract:** During manufacturing aluminum electrolysis capacitor, it should rapidly detect surface quality of aluminum shell and then be warned, stopped or separated automatically in time by abnormal phenomena in order to ensure product quality and reduce consumption. Firstly, the collected images of aluminum shell are dealt with gray processing, median filtering, binary processing and edge detection. Secondly, characteristics detected are refined to confirm whether if product sample has surface defect or not. Finally, screen out defected samples according to detecting results. The detecting results show that twenty samples are detected simultaneously in one second with mechanical accessory equipments to meet surface detecting specifications during manufacturing.

**Key words:** aluminum electrolysis capacitor; surface defect; detection on-line; CCD image processing

## 0 引言

电容器是一种储能元件,在电路中用于调谐、滤波、耦合、旁路、能量转换和延时。铝电解电容器是由铝圆筒做负极,里面装有液体电解质,插入一片弯曲的铝带做正极而制成的电容器。它的特点是容量大,但是漏电大,误差大,稳定性差,常用作交流旁路和滤波,在要求不高时也用于信号耦合。铝电解电容器的制造工艺、规格及材料各不相同,常见的铝壳类型:A型、B型、C型、v-chip(片式)。产品存在的品质缺陷分别为A、B、C类缺陷,依次为致命缺陷、严重缺陷和一般缺陷。电容在装入电路前要检查它有没有短路、断路和漏电等现象,即检测产品是否存在品质缺陷问题。因此,对于具有铝电解电容器月产量高达几十亿只供货能力的公司来说,铝壳产品在线表面缺陷检测项目,尤其是A类缺陷品质检测已成为企业的关键技术难题。目前,由于加工产品的冲床上

的检测条件很苛刻:①油污严重(产品表面不干净);②振动;③空间狭小;④机台数量众多,单台成本投入要小。因此,基于CCD图像处理的表面缺陷检测方法是十分必要的。首先,利用CCD采集检测线上的成品图像,然后通过图像滤波、目标检测、图像分割、缺陷特征提取、缺陷分类等步骤,将有缺陷的样品保存到图像缓冲区,以便通过机械辅助设备将有缺陷的产品筛选出来。这种方法有利于提高企业的生产效率,降低劳动强度,保证产品质量并降低消耗。

## 1 铝电容器表面图像处理过程

### 1.1 系统构成

CCD在线检测系统如图1所示,由三台带有图像采集卡的CCD摄像机、三个摄像头、计算机、遮光板等组成。系统的工作原理为:当铝壳随着传送带以一定速度通过摄像区域时,三台位于铝壳件上方相邻夹角分别120°位置的CCD摄像机将进行图像

收稿日期:2012-10-23

\* 基金项目:东北电力大学研究生教学改革项目(2012);吉林省教育厅科研基金(2010290);吉林市华隆科技有限公司横向项目(2012)

作者简介:田原媛(1979—),女,吉林长春人,东北电力大学机械工程学院副教授,博士,主要从事三维图像测量技术、数控技术等方面的研究(E-mail:328965859@qq.com)。

采集,并将图像通过图像采集卡传送给计算机系统,系统根据传送带速度来调整图像采集的速度,以保证对于同一铝壳件采集的多幅图像少有重叠。采集后的图像经过图像处理,并同步判断铝壳件表面是否存在缺陷,若存在缺陷则将相应数据传送到控制系统,从而控制筛选机构将有缺陷的样件分离。

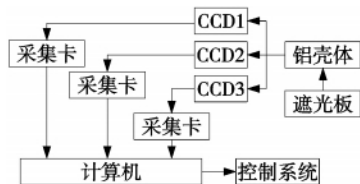


图1 CCD检测系统示意图

## 1.2 图像中值滤波

首先,采集5种有缺陷的铝壳样件图像,为了检测样件是否存在缺陷,应进行边缘检测<sup>[1]</sup>,所谓边缘是指图像中灰度发生急剧变化的区域,或者说是指周围像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的那些像素的集合<sup>[2]</sup>。因此,对采集到的原图像首先进行灰度处理<sup>[3]</sup>,如图2所示。对于系统在传送和转换图像时会产生噪声,采用中值滤波的方法对铝壳的灰度图像进行平滑处理<sup>[4]</sup>,该方法不但能有效地排除非线性信号的干扰,而且能保留图像的边缘信息,如图2所示。

序号	铝壳样件图像	灰度处理图像	中值滤波处理图像
a			
b			
c			
d			
e			

图2 灰度处理、中值滤波处理图像

## 1.3 边缘检测

铝壳样件边缘检测的目的是检测图像中是否有缺陷,若无缺陷就不需要下一步处理,否则就将图像保留到图像缓冲区,等待进一步处理。因为铝壳生产合格率达90%以上,大多数图像都是没有缺陷的,因此利用检测图像轮廓边缘很细的Roberts算子<sup>[5]</sup>,虽然连续性较差,边缘信息有一定丢失,但对铝壳样件边缘检测效果影响不明显,对应以上5中缺陷图像的边缘检测效果图,如图3所示。

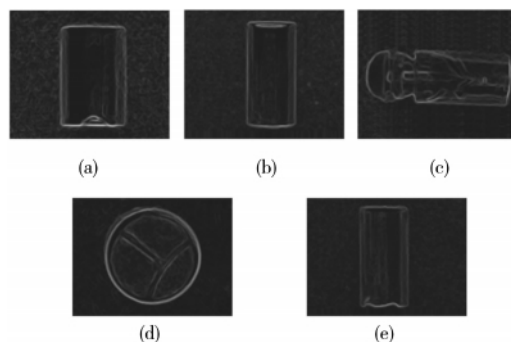


图3 边缘提取轮廓

## 1.4 二值化处理

为了区分图像背景与边缘轮廓,对经过去噪处理的灰度图像进行二值化处理<sup>[6]</sup>,是边缘轮廓细节更加突出。用户设定阈值,图像中像素灰度值小于阈值时,该像素的灰度值则置0,反之置为255。由于输送铝壳的传送装置是由金属制成,而铝壳本身反光率很高,为了增强拍摄效果,在采集图像时,刻意在光线比较暗的环境下进行的,根据样件缺陷种类的不同,光线的明暗程度不同,而且目前阈值的确定尚未有固定的算法,因此确定本处理的阈值为20~30。图4为上述5中缺陷采用阈值处理后得到的二值化图像。

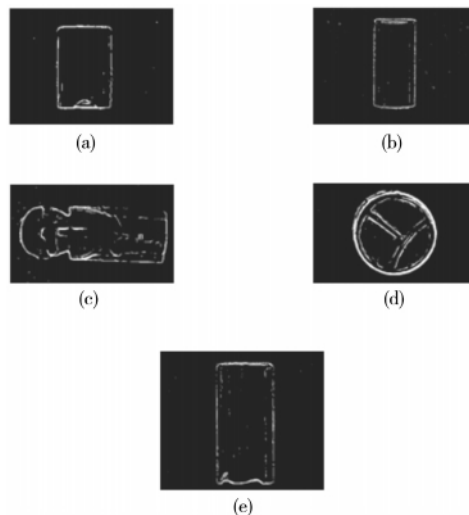


图4 对应五种缺陷的二值化处理图像

## 2 缺陷分类

### 2.1 图像分割

本文采用差影检测法<sup>[7]</sup>进行缺陷检测,即系统选取标准图像与被采集图像相减,然后对差影图像进行分析,如果差影图像的每个像素点的灰度都为0,则不存在缺陷,反之,存在缺陷处的图像像素值不为0,以此来判断铝壳是否存在缺陷。

### 2.2 缺陷特征的分类

针对在生产过程中所存在A、B、C三类共二十项缺陷,考虑到对系统运算的简化,本文将三类缺陷的特征重新进行了归类,即分为形状缺陷、表面粗糙度缺陷、颜色缺陷三种。其中,形状类缺陷包括:变形、壁部破洞、底部不平、端口部强度低、切口45°处阶梯形、无防爆线、废料、废壳、防爆线开裂、混入杂物、防

爆线厚度超标等缺陷; 表面粗糙度缺陷包括: 表面不光滑、表面分层、表面拉丝、表面无光泽、内壁黑条、内壁弧形、内壁拉丝、CL 超标等缺陷。

### 2.3 形状缺陷检测

系统由三台 CCD 工业摄像机、照明系统作为一次感光元件, 摄像机分别位于传送带两侧和正上方, 照明系统应平行于摄像机光轴位置, 以保证工件图像无阴影和反光影响。位于两侧的摄像机主要负责检测铝壳外表面有无明显变形, 由于铝壳属于标准件, 外表面呈规则矩形, 且表面无异物, 系统通过选取标准图像和被采集图像进行差影检测, 检查工件表面是否存在变形、异物、破洞、梯度、废料、防爆线厚度及开裂, 如果差影图像存在灰度值不为 0 的像素点, 则判定为次品。位于传送带上方的摄像机主要负责检测工件的圆度及有无防爆线, 同样采用差影检测法, 如存在恢复值不为 0 的像素点即为次品。

### 2.4 表面粗糙度缺陷检测

表面粗糙度缺陷分为外表面缺陷及内表面缺陷两种。

外表面粗糙度的检测由三台 CCD 工业摄像机、放大镜和照明装置组成, 摄像机分别位于传送带两侧和正上方, 对工件表面的纹理进行检测, 利用纹理基元和灰度直方图的关系, 通过提取工件表面纹理直方图的均值与方差与标准件作对比, 若纹理基元相似, 则为正品, 若均值和方差较大, 则为次品。

内表面粗糙度检测由两根光线内窥镜、CCD 工业摄像机作为感光元件, 两根光线内窥镜背向排列, 探入铝壳样件内部, 提取内壁表面粗糙度图像, 检测方法与外表面原理一致。

### 2.5 颜色缺陷检测

对于需要进行颜色检测的铝壳样件, 可通过提取样件颜色的 HSV 值<sup>[8]</sup>, 与标准件进行对比, 相似度一致的为正品, 否则为次品。

### 2.6 模糊识别模式进行缺陷分类

由于存在缺陷的类别较多, 所以本文拟采用模

糊识别<sup>[9]</sup>的方式, 采用隶属原则<sup>[10]</sup>归类, 特征向量由矩形度、圆度、灰度均值和方差组成, 即输入  $n$  个正品和次品的图像, 提取其特征, 通过选择判别系数与被测铝壳样件进行的比较, 来确定缺陷类型。

## 3 结束语

本文为了检测铝壳样件缺陷, 经过图像的采集、灰度处理、中值滤波、二值化处理等图像处理过程, 采用差影检测法确定样件是否存在缺陷, 通过模糊识别模式区分缺陷类别。从图像的采集到确定检测结果整个检测时间在 0.1 秒内完成。为了降低检测系统成本, 通过设计三套传输装置可以实现 1 秒内同时检测近 20 个样件的目的, 满足企业的技术要求, 降低企业铝壳件对外贸易因样件缺陷产生的退货率及巨大经济损失。

#### [参考文献]

- [1] 赵娟娟. 数字图像边缘检测方法的对比分析及优化[J]. 甘肃科学学报, 2012, 24(3): 143-146.
- [2] T. Poggio, H. Voorhees and A. Yuille. A Regularized Solution to Edge Detection. Journal of Complexity [J]. 1998 (4): 106-123.
- [3] 周均杰, 雷西军, 陈峰. 支持多显示方式的灰度转换图像增强处理[P]. 中国专利: CN102622728A, 2012.
- [4] 孙燮华. 数字图像处理——原理与算法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [5] 夏良正, 李久贤. 数字图像处理(2版)[M]. 南京: 东南大学出版社, 2005.
- [6] 王刚, 段会川. 加权模板匹配的二值化阈值不敏感性研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(1): 122-125.
- [7] 张晞, 顾歆, 齐悦, 等. 输送带纵向撕裂差影法图像识别技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(11): 85-88.
- [8] 荆绍威, 杨风暴, 李申燕. 基于增强处理和 HSV 变换的多源图像彩色融合及评价[J]. 光电技术应用, 2008, 23(4): 57-61.
- [9] 史培元, 邓廷权. 颜色的模糊识别方法及其在图像检索中的应用[J](网络优先出版). 计算机工程与应用, 2012(9): 1-5.
- [10] 朱国成, 朱连森. 模糊数学中的最大隶属原则应用[J]. 沿海企业与科技, 2011(11): 11-13. (编辑 李秀敏)

(上接第 72 页) 再进行离线分析。测试系统中信号触发可以手动选择硬件触发或软件触发, 具有很好的灵活性。

在现代机械工程和地震勘探中振动测试系统因其测试和分析的在线性和无损性, 以及能及时、准确的反映机械设备的运行状态和故障起因, 而被广泛的应用。本系统具有测量精度高、携带方便、操作简单、稳定可靠、成本低, 以及易于维护和扩展等特点, 因此具有很好的应用价值。

#### [参考文献]

- [1] 黄翔东, 王兆华. 基于全相位频谱分析的相位差频谱校正法[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(2): 293-297.
- [2] 黄云志, 徐科军. 基于相位差的频谱校正方法的研究[J]. 振动与冲击, 2005, 24(2): 77-79.
- [3] 杨录. SD1221 加速度传感器的一种温度补偿方法[J].

仪表技术与传感器, 2009(6): 93-94, 97.

- [4] 张亿雄, 顾海明. 基于调用 DLL 的 LabVIEW 数据采集的实现[J]. 微计算机信息, 2008, 24(12): 78-79, 250.
- [5] 戴鹏飞, 王盛开, 王格芳. 测试工程 LabVIEW 应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [6] 韩敏, 徐莉娜, 王崇峰. 基于虚拟仪器的星齿行星减速器振动测试系统的研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2008(8): 61-63, 67.
- [7] 谢明, 张晓飞, 丁康. 频谱分析中用于相位和频率校正的相位差校正法[J]. 振动工程学报, 1999, 12(4): 454-459.
- [8] 叶鑫. 基于 LabVIEW 的机械振动测试系统设计与远程发布方法研究[D]. 甘肃: 兰州理工大学, 2008.
- [9] 陈涛. 虚拟振动测试分析系统的研究[D]. 河北: 河北工业大学, 2002. (编辑 李秀敏)