

基于机器视觉的全自动电池检测系统的研究*

刘学山

(华南理工大学 自动化科学与工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 给出了一种基于机器视觉和 X 射线的全自动电池检测系统。利用 X 射线的穿透性和计算机对数据的快速处理能力, 相机可以采集到成型电池的内部结构图像并对图像数据进行快速处理。通过对图像进行滤波、锐化、边缘提取等过程得到阴极和阳极的精确位置。运用软件来测量各个特征间的距离并与标准值进行比较来判断电池的好坏, 从而实现电池检测过程的完全自动化操作。

关键词: 机器视觉; X 射线; 电池检测; 积分滤波; canny 边缘提取

中图分类号: TP23

文献标识码: A

Research on full automatic battery checkup system based on machine vision

LIU Xue Shan

(College of Automation Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: An automatic battery checkup system based on machine vision and X-ray was put forward. With the help of X-ray and computer, the system can get battery's inner image and process the data rapidly. After filtering, sharpening and edge extracting, the system can acquire sharp-edged image and distinguish cathode and anode in accurate position. The software compute the distance between anode and cathode, and compare with the reference value, the software judge the quality of the battery, then realize automatic checkup in battery production.

Key words: machine vision; X-ray; battery checkup; integral filtering; Canny edge extraction

随着电子产品的普及和能源电池的大量使用, 提高电池的质量成了一个亟待解决的问题。在电池生产过程中, 电池的检测是一个非常重要的环节。传统的检测方法是工人把成型的电池分批放到 X 光机中, 相机采集到电池的内部图像并在电脑上显示出来, 然后通过肉眼观测来判断电池的好坏。这种方法存在很多问题。首先, 工人把电池放进 X 光机会接触到 X 射线, 当 X 射线在人体内累积到一定数量时就会对人体造成伤害, 这对工人的健康很不利。其次, 肉眼观测的方式受操作工人主观因素的影响, 如工人的精神状态、情绪以及工作态度等原因都会降低检测的准确度从而降低电池的整体质量。而且这种方法的效率低下, 根据笔者在现场的观察, 工人每次检测 36 个电池需要 4 min 的时间, 这样不利于电池的大批量生产。本文给出的全自动电池检测系

统实现全自动自检测和自判定的流程, 不需人工操作, 无安全隐患; 计算机判别结果, 不受主观条件影响; 每分钟检测数量达到 30 个, 比原来的检测速度有了较大的提高。

1 系统结构

本系统对电池质量判断的整个过程分为图像采集、图像处理以及电池判定等过程, 其系统流程图如图 1 所示。

本系统的硬件平台是东芝公司生产的 X 射线透视装置 TOSMICRON-S5000。为了实现全自动的流水线检测方式, 本研究在原有设备基础上做了一定的改造。首先, 在其两侧开口并装入传送带, 传送带从一侧进入, 从 X 射线发生器和工业相机之间通过后由另一侧导出。为了安全起见, 在开口部分外侧加设铅板以防止 X 射线外泄。其次, 固定 X 射线发射仪器和摄像机的位置以保

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 60873078)

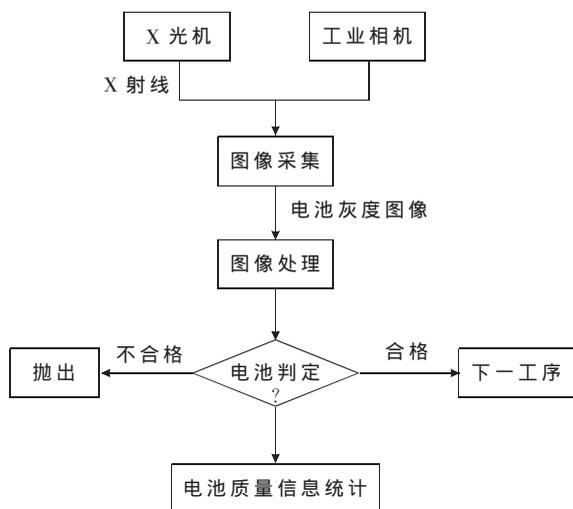


图1 电池检测流程图

证图像的稳定性。另外,在给系统配置的工业计算机上添加自编软件,显示图像、处理图像、保存图像并记录电池质量的统计信息。该软件还实现了计算机与PLC之间的通信,将电池判定结果告诉PLC,PLC根据判定结果对电池进行分类。

电池种类繁多但是内部结构相似,以普通的圆形锂电池为例,其内部结构如图2所示。

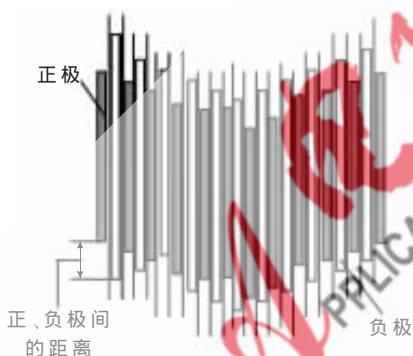


图2 电池内部结构图

图中黑色柱体表示正极,白色柱体表示负极,正极和负极间的黑线表示塑料隔膜。锂电池内部结构是一种层状卷绕结构,正、负极之间用隔膜隔开,正极由锂钴氧化物、导电剂、粘结剂及铝箔组成,而负极由石墨、导电剂、粘结剂及铜箔组成。电解液是有机溶剂,外壳是不锈钢壳或者铝壳^[1]。电池生产厂家对电池内部的检测内容有很多,而且要求非常精确,其中最重要的是检测出正、负极的精确位置,这也是本文重点要解决的问题。

2 图像处理

2.1 图像增强

电池从X光机的一侧进入到工业相机的正下方实时停下来,工业相机进行拍照从而得到电池的实时图像。实时采集的图像噪声比较严重,对检测正、负极的准确位置有很大的影响,因此必须对图像进行预处理以增

强图像的信息。根据检测目的不同,图像增强的方法也不一样,在本文中需要增强图像的清晰度,增大正极与负极以及其他特征的灰度值差异,以便能准确区分极片的位置。在此采用的是积分滤波法和直方图均衡化法。

2.1.1 图像积分滤波

积分滤波法本质上是一种均值滤波,与一般的均值滤波不同,它取的是 N 幅图像在同一像素点的均值而不是该像素点的领域均值,因而不会造成图像的模糊,而且能有效消除噪声。因为拍照过程中图像的位置不变,只有噪声是变化的,所以通过积分滤波的方法可以将噪声平滑,降低它对图像信息的影响。积分滤波的表达式如下:

$$I(i, j) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I_n(i, j) \quad (1)$$

式中, $I(i, j)$ 表示最后得到的图像在 (i, j) 点的灰度值, $I_n(i, j)$ 表示采集到内存中的第 n 幅图像在 (i, j) 点的灰度值, N 表示积分的次数。采集图像过程中的噪声是随机噪声,通过积分的方法可以减小噪声的灰度值,从而降低噪声的影响。本研究还把积分滤波法与中值滤波法作了比较,发现积分滤波的效果远比中值滤波的效果好。其比较结果如图3所示。

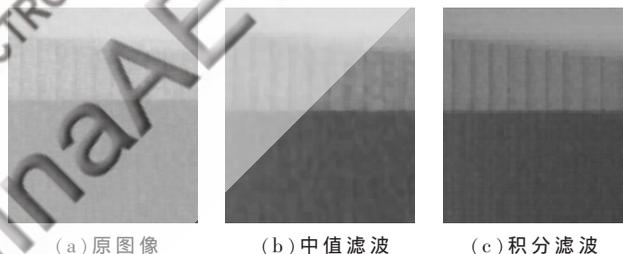


图3 积分滤波与中值滤波法的比较结果

与原图相比,中值滤波在一定程度上消除了噪声,但是它却使极片在竖直方向上更加模糊而且边缘也变得不清晰。而积分滤波不仅成功消除了噪声还使极片变得更加清晰。

2.1.2 直方图均衡化

直方图均衡化实质上是一种灰度拉伸法^[2],对于灰度图像,它将所有灰度值比小阈值还小的像素点的灰度值重置为0,把所有灰度值比大阈值还大的像素点的灰度值重置为255,把灰度值介于小阈值和大阈值之间的像素点的灰度值按比例拉伸到0~255,其数学表达式如下:

$$I_{\text{new}}(i, j) = \frac{255}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} (I_{\text{old}}(i, j) - T_{\text{min}}) \quad (2)$$

式中, $I_{\text{old}}(i, j)$ 表示原图像在 (i, j) 的灰度值, $I_{\text{new}}(i, j)$ 表示直方图均衡化后的图像在 (i, j) 的灰度值, T_{max} 表示大阈值, T_{min} 表示小阈值。由图像可以看出,电池图像在某个区域内的灰度值比较接近,只是在边缘部分才会有比较

大的差异。运用直方图均衡化的方法不会改变图像的区域特性,而且能使边缘部分的灰度值差变得更大,从而为分别去边缘提供更大的支持。例如,取 $T_{\max}=200, T_{\min}=40$,其效果如图 4(a)所示,原图与直方图均衡化后的直方图分别如图 4(b)、图 4(c)所示。从图可以看出,经过直方图均衡化后,图像的灰度值范围扩大了,图像的分辨率增强了,正、负极都更加清晰。

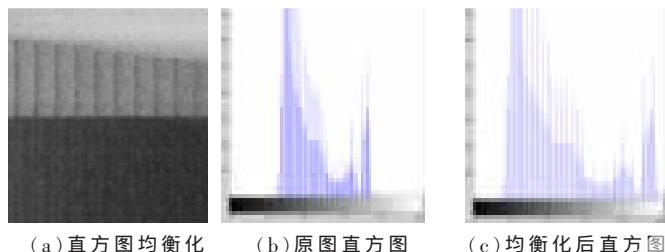


图 4 直方图均衡化对比

2.2 边缘提取

要找到正、负极的精确位置就必须进行边缘提取,在本文中采用的是 Canny 边缘提取法。Canny 边缘提取法是最有效的阶梯型边缘检测算法,它是一种先滤波后求导的方法,在抑制噪声的前提下根据对信噪比与定位乘积进行测量,得到最优化逼近算子,从而得到尽量精确的边缘。其实现基本步骤^[3]如下:

(1)用高斯滤波器平滑图像。
(2)用一阶偏导的有限差分来计算梯度的幅值和方向。

(3)对梯度幅值进行非极大值抑制。

(4)用双阈值算法检测和连接边缘。

其中,(3)是在全局梯度中排除局部梯度非极大值,从而确定局部极大值。采用的方法是如图 5 所示的非极大值抑制法(Non-Maximum Suppression)。

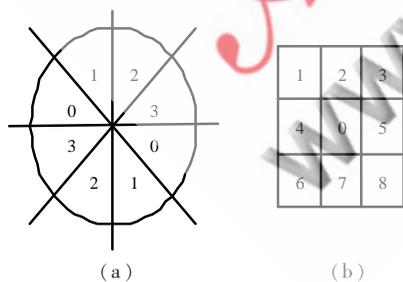


图 5 非极大值抑制法

图 5(a)中的 8 个扇区对应图 5(b)中 0 像素的 8 个邻域,穿过圆心的 4 条直线表示梯度方向,在梯度方向上 0 像素的梯度与相邻的 2 个像素的梯度作比较,如果 0 像素的梯度小于它相邻的像素的梯度,则该点不是局部极大值点;若大于它相邻的像素的梯度,则可判定为局部极大值点。

而步骤(4)中提到的双阈值算法是先大用大的阈值确定准确边缘,但由于得到的边缘往往不是连续的,所以再用小阈值在一定的范围内进行动态逼近,直到把得到的边缘连接起来形成连续的曲线。图 6 是提取正、负极边缘的结果^[4]。

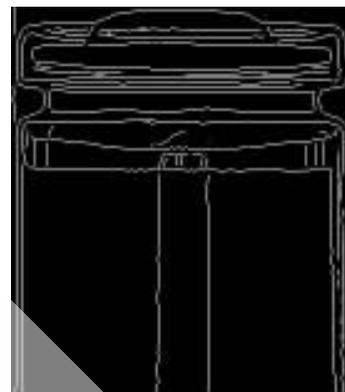


图 6 边缘提取结果

图 6 中央位置的 2 条连续的曲线就是正、负极的边缘,上方曲线是电池的金属外壳的边缘,左右是电池的外壳的两侧以及最靠近外壳的极片。将这些边缘的位置存入数组变量,通过 VC 自动判别软件计算各个边缘的距离值,比较这些距离值与厂家的要求值就能判别电池好坏,之后 PLC 对不合格电池贴上标签,机械手将其拣出,电池的全自动生产流水线就形成了。表 1 是某一电池的各个特征间的距离以及质量判定结果。

表 1 电池判定结果

负极到正极的最大距离/mm	7.518 4
负极到正极的最小距离/mm	4.833 1
负极到上外壳的最大距离/mm	6.626 4
负极到上外壳的最小距离/mm	4.295 9
极片到左侧外壳的最小距离/mm	1.253 0
极片到右侧外壳的最小距离/mm	1.611 1
该电池判定结果	合格

在 X 光环境下拍出电池的内部图片,通过积分滤波、直方图均衡化对图像进行预处理,使图像信息得到显著增强,然后采用 Canny 边缘提取算法,得到正、负极及电池外壳等需要检测的特征的边缘,获取这些边缘的数值,然后比较这些数值与标准化的设置,判别电池的质量好坏,实现电池生产的全自动检测。

参考文献

- [1] 王伟.基于机器视觉的在线电池检测系统研究[J].系统仿真学报,2006,18(1).
- [2] 郎锐.数字图像处理学[M].北京:希望电子出版社,2002.
- [3] 王娜,李霞.一种新的改进 Canny 边缘检测算法[J].深圳大学学报,2005,4(2):149-152.
- [4] 何斌.Visual C++数字图像处理[M].北京:人民邮电出版社,2001.

(收稿日期:2009-06-11)