

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.04.05

# 基于机器视觉的药用铝箔印刷品质检测系统

姚爽, 韩震宇, 马鹏, 郭羽鹏, 胡杰

(四川大学 制造科学与工程学院, 四川 成都 610065)

**摘要:** 为适应制药行业对药用铝箔印刷品质的严格要求, 在分析了印刷过程中对微小针孔、正面文字缺陷以及反面细小异物的检测需求后, 开发了一套基于机器视觉的药用铝箔印刷品质检测系统。系统选配了线阵 CCD 相机、条形 LED 光源等硬件, 搭建了高实时性、高清晰度的图像采集环境; 采用基于 WinSock 网络通信的系统架构作为检测软件, 将多台工控机的处理结果通过网络通信传输给中控系统。经测试表明: 此检测系统在现场能够稳定、高效运行, 提高了药用铝箔印刷品质检测的自动化程度。

**关键词:** 药用铝箔; 针孔; 印刷缺陷检测; 网络通信

**中图分类号:** TB934

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5795(2016)04-0017-05

## Print Quality Detection System for Medicinal Aluminum Foil Based on Machine Vision

YAO Shuang, HAN Zhenyu, MA Peng, GUO Yupeng, HU Jie

(School of Manufacturing Sci. &amp; Eng., Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** In order to adapt to strict requirements of the pharmaceutical industry for quality of medicinal aluminum foil when printed, a print quality detection system for medicinal aluminum foil based on machine vision was developed after analyzing the detection requirements for tiny pinhole defects, words defects on the front side and small foreign body on the back side. A high real-time, high-definition image acquisition environment is built by the linear array CCD camera, bar-shaped LED light source and other necessary hardware. The architecture of the detection system is based on WinSock network communication; the processing results of the multiple industrial computers are transmitted to the central control system through the network communication. The test shows that the detection system can run stably and efficiently in the field and it can improve the automation degree of the print quality detection of medical aluminum foil.

**Key words:** medicinal aluminum foil; pinhole; printing defects detection; network communication

## 0 引言

药用铝箔作为一种常见的医药包装原材料, 广泛应用于各类医药包装, 其印刷品质直接影响下游制药企业的产品质量。药用铝箔印刷品质主要涵盖三方面, 分别是铝箔原材料针孔、铝箔正面各类印刷缺陷(刀丝、飞墨、褶皱等)以及铝箔反面蚊虫异物。

在印刷行业, 传统的品质检测主要借助频闪仪通过肉眼进行抽检或者在复卷机上降低速度进行人工复检。这种检测方式存在标准主观化、缺陷漏检率高、稳定性差、偶然性较大等诸多严重不足, 同时劳动强

度大、效率低下、检测精度无法保证。随着药用铝箔印刷技术的不断提高, 印刷速度持续提升, 可靠稳定的品质检测技术势必会成为整个印刷生产过程的重要组成部分。

本文针对药用铝箔印刷过程的检测需求, 设计了一套基于机器视觉的药用铝箔印刷品质检测系统, 能够实现印刷品质在线检测, 提高了生产效率。

## 1 检测系统介绍

### 1.1 机器视觉技术

简单地讲, 机器视觉系统是指通过机器视觉产品(即图像摄取装置, 如 CCD 相机)将被摄取目标转换成数字图像信号, 传送给专用的图像处理系统, 通过被摄目标的形态、像素分布、亮度、颜色等信息提取目标特征, 判别测试结果, 进而控制现场的设备动作。

本检测系统就是将机器视觉技术实际地应用到药

收稿日期: 2016-05-27

作者简介: 姚爽(1991-), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 主要研究方向为机器视觉、计算机监控及过程自动化; 韩震宇(1963-), 男, 甘肃兰州人, 教授, 主要研究方向为工业自动化控制、计算机技术、机器视觉、动态检测。

用铝箔印刷品质检测中的一个典型例子。

## 1.2 主要检测目标

药用铝箔印刷过程中对微小针孔、正面印刷缺陷以及反面细小异物有严格要求,现针对该三个检测需求作详细分析。

### 1.2.1 针孔缺陷

在铝厂的铝箔生产过程中,由于薄质铝材自身的易破裂、易起皱性以及生产设备的振动摩擦等因素,导致铝箔表面出现针眼、针孔等不同类型的孔洞缺陷。在医药包装行业对于药用铝箔的印刷品质监控中必须对针孔度进行检测。

铝箔针孔缺陷如图1所示。



图1 铝箔针孔缺陷图

针孔的检测参数:①印刷机设计最高运行速度 150 m/min;②铝箔最大可检幅宽 650 mm;③可检针孔最小孔径(等效圆直径)0.3 mm。

### 1.2.2 铝箔正面印刷缺陷

在药用铝箔的实际印刷过程中,可以发现药用铝箔的印刷图案较简单,颜色较单一,故其印刷缺陷主要集中于印刷后图案的形状缺陷。主要包括:刀丝、飞墨、褶皱、漏印、毛巾屑等。

铝箔正面飞墨缺陷如图2所示。



图2 铝箔正面飞墨缺陷图

印刷缺陷检测参数:①印刷机设计最高运行速度 150 m/min;②铝箔最大可检幅宽 650 mm;③可检形

状缺陷精度 0.8 mm<sup>2</sup>。

### 1.2.3 铝箔反面异物缺陷

实际的药用铝箔印刷环境的洁净度同制药企业是有差距的,印刷设备所处环境难免会有细小异物,或者因为甩墨出现油墨点等缺陷,所以对铝箔印刷的反面同样需要进行检测。

铝箔反面异物点缺陷如图3所示。

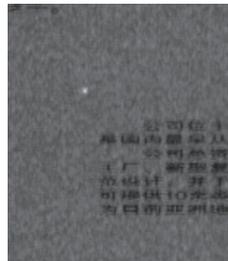


图3 铝箔反面异物点缺陷图

细小异物检测参数与之前的铝箔正面印刷缺陷检测参数相同。

## 1.3 系统软、硬件组成

### 1.3.1 系统硬件组成

一个典型的机器视觉系统包括:光源、高速工业相机及镜头、图像采集卡、图像处理单元等。

根据检测需求,本系统需要三个检测工位,每个工位需要单独配置工控机(图像采集卡通过 PCI-e 插槽置于主板上)、高速线阵 CCD 相机、高亮度 LED 光源。此外,需要一台工控机作为中央控制系统,通过千兆局域网将位于三个检测工位的工控机与中控系统实现可靠的双向通信。

相机的采集频率需要跟随铝箔的运行速度做出及时修正改变,保证采集的图像在纵向不会产生畸变,故相机采集方式采用外触发形式。另外,相机的最低线阵频率必须能够跟上印刷机的最高速度  $V_{\max} = 150 \text{ m/min}$ ,故最低线阵频率  $f \geq V_{\max}/y \approx 8.4 \text{ kHz}$  ( $y \approx 0.2981 \text{ mm/pixel}$  表示纵向像素当量)。将旋转编码器通过联轴器连接于印刷压辊,利用编码器产生的脉冲信号同时触发三台相机抓取图像。

系统硬件布置如图4所示。

### 1.3.2 系统软件架构及系统流程

系统的软件和硬件是紧密关联、相互作用的。对于高速宽幅的药用铝箔印刷缺陷检测,单位时间的大数据量对系统实时性是巨大的挑战,线程之间的时序关系至关重要。所以,本系统的软件架构是该系统能否顺利完成检测任务的关键。

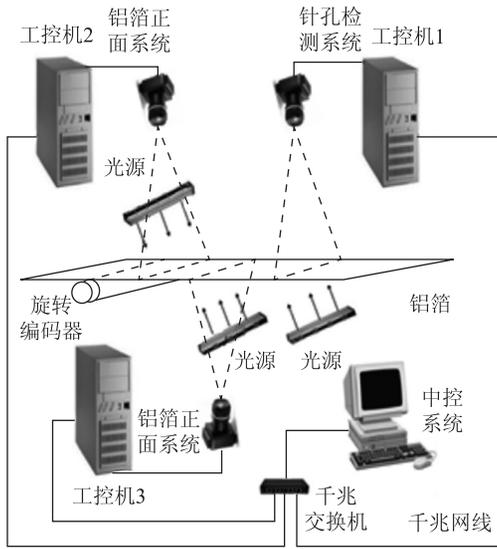


图4 系统硬件布置简图

综合考虑，本系统采用基于 WinSock 的客户机、服务器架构。针孔、正面印刷缺陷及反面异物检测分别作为客户机，进行独立的图像采集、处理、结果生成，保证整个图像处理过程的实时性。中控系统通过 WinSock 套接字与各个客户机进行双向交互，包括中控系统向客户机下发命令、修改参数；客户机向中控系统回传状态信息、图像处理结果。

系统流程如图5所示。

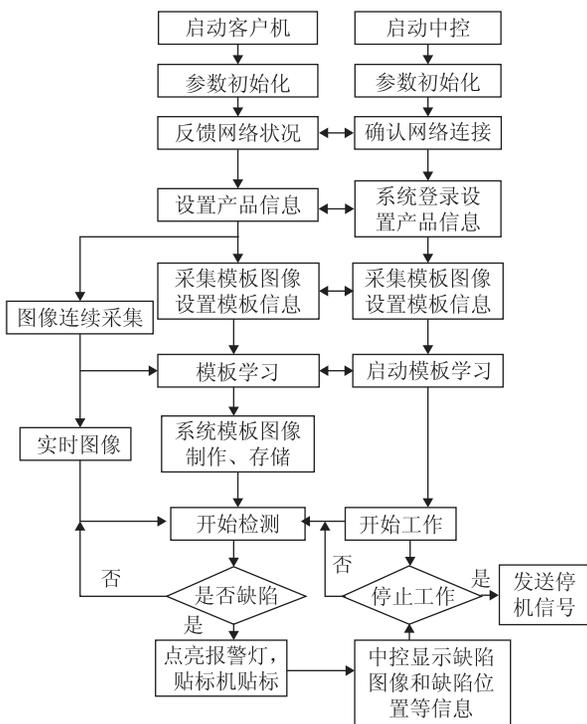


图5 系统流程如图

## 2 重点图像处理算法

### 2.1 针孔检测算法分析

针孔检测采用背光照明，即将光源放置在相对于摄像头的物体的背面。背光照明产生了很强的对比度，针孔部分将透过光线，对应像素灰度值较大，接近255。这样在采集到的实时图像中，若有针孔出现，其对应位置灰度值较大，其他位置灰度值接近为零，为后续的图像处理，针孔缺陷的提取创造了良好基础。

实际针孔形状可能是不规则的，在采集到的图像中，针孔边缘一般会位于某个像素中间。若对图像简单地二值化处理，会产生较大误差。

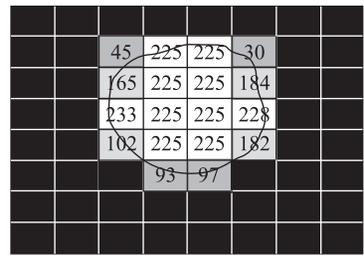


图6 针孔像素分布示意图

图6中黑色细线的轨迹表示实际针孔的形状，记单个像素的像素面积为  $A$ 。为获得更高的精度，提出了一种亚像素精度的针孔提取算法。记针孔边缘的单个像素值为  $p(0 < p < 255)$ ，针孔中心的灰度值为  $Q$  (一般为255)，则边缘像素的像素面积为

$$A' = \frac{a \cdot p}{Q \cdot A} \quad (1)$$

式中： $a$ 为修正系数，实验测得  $0.9 \leq a \leq 1$ 。

进而可求得亚像素精度下的针孔面积  $S$  为

$$S = k \cdot A + \sum_{i=1}^n A'_i \quad (2)$$

式中： $k$ 为针孔中心的像素个数； $n$ 为针孔边缘的像素个数； $A'_i$ 表示边缘第  $i$  个像素的亚像素精度面积。

图6中，若简单的取阈值130进行二值化，则针孔面积  $S = 13A$ ，而取阈值为190时，则  $S = 10A$ 。采用亚像素精度算法，取  $a = 0.95$ ，则针孔面积  $S = 12.881A$ 。显然，该亚像素算法能显著提高针孔面积提取的准确度。

### 2.2 铝箔正面印刷缺陷检测算法分析

#### 2.2.1 铝箔正面印刷缺陷检测流程

首先，连续采集多幅实时合格图像，对合格图像进行预处理、训练、学习，制作模板；然后，在铝箔印刷过程中，采集实时图像并预处理，将模板同预处

理后的图像进行配准并差影；最后，对差影图像进行连通区域分析，判断缺陷存在与否，若存在缺陷，则对连通域进行分析，提取缺陷特征及几何参数，若不存在缺陷，则从计算机内存中读取下一幅实时图像进行检测分析。

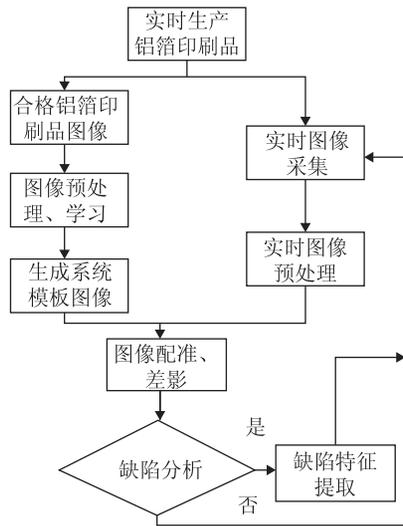


图7 铝箔正面印刷缺陷检测流程图

### 2.2.2 铝箔正面印刷缺陷检测模板制作算法

系统模板图像是铝箔印刷品检测中进行图像比较、缺陷分析的依据，模板图像的质量对整个检测系统都有重要影响。

考虑到印刷现场受到设备振动、光照波动等外部不稳定因素的影响，采集多张合格图像来制作模板就显得很有必要，本文采用统计平均法来制作模板。

统计平均法是基于统计数学的原理，图像的灰度信息在时间和空间上满足一定的分布规律，具有可遍历性、可重复性。统计平均法的原理如下：

假设  $g_i(x, y)$  表示第  $i$  张合格的铝箔印刷品样本图像， $G(x, y)$  表示平均后的模板图像，则

$$G(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i(x, y) \quad (3)$$

式中： $n$  是样本容量。

### 2.2.3 铝箔正面印刷缺陷检测差影算法

差影法实际上是对图像进行代数运算的不同叫法，代数运算是指对两幅输入图像进行点对点加、减、乘、除计算而得到输出图像的运算。本文将实时图像与模板图像配准后作差，得到差影图像。配准后的模板图像和实时图像理论上应该是一致的，所以差影法可以将实时图像上的差异性体现在差影图像上。

假设  $M(x, y)$  表示模板图像， $P(x, y)$  表示实时

待检图像， $D(x, y)$  表示差影图像，则

$$D(x, y) = |M(x, y) - P(x, y)| \quad (4)$$

对差影结果取绝对值可以检测出实时图像上的漏印和飞墨等各种缺陷。该算法简单易行，图像处理数据量少，实时性较好，但对实时图像和模板图像的配准精度要求高。

## 2.3 铝箔反面异物缺陷检测算法分析

铝箔反面异物缺陷检测算法流程同正面缺陷检测算法流程大致相同。需要特别指出的是：成像系统最好采用低角度的打光方式。高角度光能获得更清晰的文字边缘，而低角度光能更好地将异物在图像中突出，得到对比度更高的图像，有利于后期的图像处理。

## 3 系统运行效果

### 3.1 系统实时性分析

本系统中针孔检测算法相对简单，铝箔反面印刷的图像内容相对简单，故这两个检测分系统的耗时对整体的实时性不会造成瓶颈。铝箔正面印刷的图像复杂，图像处理部分耗时严重，现着重分析铝箔正面印刷缺陷检测实时性。

实际生产中，印刷品版周（即印辊周长）平均为 460 mm，实际开机运行速度为 120 m/min，可以计算铝箔正面检测的处理速度至少为 4.348 张/s，即每张实时待检图像的处理时间必须限制在 230 ms 以内。

在图像处理过程中，图像以多个链表的形式存储在计算机内存中，以流水线的形式在各个链表中流动；每个线程拥有一个对应的链表且总是首先处理位于链表头部的图片。每个线程从单张图像开始处理时计时开始，当该线程完成既定图像处理任务并将图像转入下一个链表时停止计时，从而可以计算出该线程处理该张图片的耗时。

表 1 为处理时间较长的三个线程耗时统计。

图像处理过程采用多线程技术，包括主线程、图

表 1 线程平均耗时表

图号	线程耗时/ms		
	预处理、配准	差影、缺陷提取	缺陷几何参数分析
1	84.73	152.66	37.42
2	82.80	147.29	30.09
3	82.98	151.64	29.33
4	84.39	151.25	30.58
5	83.20	149.28	24.98
平均值	83.62	150.42	30.48

像采集线程、图像预处理线程、缺陷提取线程等。各线程可以看做并行的，实时性则只需要耗时最长的线程时间小于 230 ms 即可。从表中可以看出差影、缺陷提取判断耗时 150 ms 左右，满足铝箔印刷品在线检测对实时性的要求。

### 3.2 系统运行结果

本系统中三个分检测系统检测到缺陷后，通过千兆局域网搭建的主机—客户端通信架构，由分检测系统将缺陷图以及缺陷几何信息实时传回中央控制系统，并在主界面更新相关信息。从而为印刷工人及时提供操作指导，解决缺陷产生根源，提高印刷效率。

## 4 结语

基于机器视觉的药用铝箔印刷品质检测系统可以

在高速铝箔印刷机上对药用铝箔印刷品进行实时在线检测，提高了药用铝箔生产效率，减少了实际生产过程中原材料的浪费，具有可操作性及使用价值。

### 参考文献

- [1] 尚会超. 印刷图像在线检测的算法研究与系统实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [2] 谢勇. 印刷品外观缺陷机器视觉的检测与识别[J]. 包装工程, 2002, 23(5): 10-11.
- [3] 彭向前, 陈幼平, 余文勇, 等. 一种高速印刷图像处理算法[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(5): 300-311.
- [4] 刘世昌. 印刷品质量检测与控制[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000.
- [5] 胡涛, 郑敏东, 张晓惠. 彩色印刷品质量检测技术的发展[J]. 印刷世界, 2004, 10: 17-18.

## 福禄克领銜参加深圳国际电子展

8月24日, 为期三天的 ELEXCON2016 深圳国际电子展在深圳会展中心开幕。350 家来自全球各地的企业集中亮相, 作为电子测试测量界的知名企业, 福禄克应邀参加了本次展会。

福禄克公司一直以来致力于为工业领域提供优质电子仪器仪表产品, 此次以强大阵容亮相 2016 深圳国际电子展, 带来了该公司独创的多点对焦功能 100% 对焦的 Fluke Ti450 红外热像仪; 具有集成式热成像功能的 Fluke 279FC 热成像万用表、Fluke 5730A 高精度多功能校准器、DATAPAQ Q18 电子产品系列, 以及 Fluke DSX-5000 电缆分析仪等众多新型产品, 展会现场吸引了众多的行业用户前来参观学习。



展会期间, 福禄克特别邀请到同济大学 DIAN Racing 电车队助力此次深圳电子展。2015 年福禄克与同济大学 DIAN Racing 车队签订合作协议, 福禄克为电车队提供优质的测试测量、故障检测的仪器仪表和专业的技术支持。此举可视为福禄克公司长期致力于投资教育行业, 不断提高高校科研环境而努力的又一体现。

在今后较长的时间内, 相信福禄克将会推出更多为国内用户定制的产品, 充分实现其“扎根中国、服务中国”的战略思想。

(刘倩倩 报道)

