

# 蜂窝纸芯成形质量在线检测系统的开发

王梅, 梁锦华

(广东工业大学, 广州 510006)

**摘要:** 基于 MATLAB 开发软件, 对蜂窝纸板生产过程中蜂窝纸芯的成形质量进行了在线自动检测。将生产线上获得的蜂窝纸芯实际图像进行处理后, 与标准模板图像进行比对运算, 得出蜂窝纸芯的实际生产质量情况。比对算法的关键有 2 个: 在图像中寻找匹配目标; 将实际图像与模板图像的匹配部分进行相似度计算。采用相关模板匹配的方法进行目标匹配, 采用逐个像素点比较的方法进行相似度的比对计算, 通过该算法可以高效快速地将实际图像与模板图像中提取的匹配部分进行运算, 得到其相似度, 获得产品的生产质量。

**关键词:** 蜂窝纸板; 蜂窝纸芯; 模式识别; 在线检测

**中图分类号:** TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)23-0088-04

## Development of Honeycomb Core Quality Online Detection System

WANG Mei, LIANG Jin-hua

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** An automatic online quality detection system of honeycomb core was developed based on the MATLAB software. The honeycomb paper core image obtained from the production line was processed and compared with standard template image using specific algorithm to collect the quality information of honeycomb paper core in practical production process. There are two keys in the comparing algorithm. One is to find the matched images, and the second is the similarity calculation between them. The system used a related template matching method to match the images and the pixel-by-pixel comparison method for the similarity calculation, which can calculate the matching part quickly and efficiently.

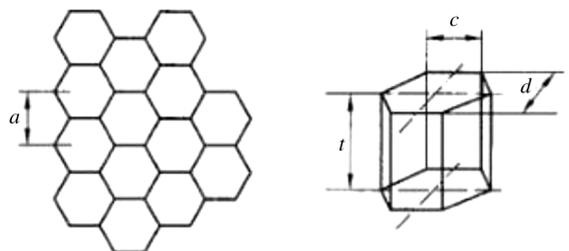
**Key words:** honeycomb paperboard; honeycomb core; pattern recognition; online detection

近年来, 蜂窝纸板以其绿色环保、力学性能优良、性价比高等优势在包装界应用越来越广泛, 相关的生产企业也与日俱增。在蜂窝纸板的生产过程中, 胶水质量、刷胶工艺、压合过程以及拉伸固定等因素都会影响其质量<sup>[1]</sup>, 六边形的蜂窝状芯纸是蜂窝纸板性能好坏的关键<sup>[2]</sup>, 如何实时监控蜂窝纸芯的质量并反馈相关信息, 对蜂窝纸板生产企业提高生产效率、降低原材料浪费具有重要的现实意义。本系统将具有广泛应用前景的计算机图像处理技术用于六边形芯纸的质量检测<sup>[3]</sup>, 具有一定的推广应用价值。

## 1 原理概述

根据 BB/T 0016—2006《包装材料 蜂窝纸板》包

装行业标准, 蜂窝纸芯成型后呈正六边形结构, 其结构见图 1。与生产质量密切相关的参数是蜂窝边长和孔径比<sup>[4]</sup>, 其中: 蜂窝边长的标准规格有 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 mm, 对于边长为 6, 8, 10 mm 的允许



$a$ -蜂窝孔距;  $c$ -蜂窝边长;  $d$ -蜂窝内径;  $t$ -蜂窝纸芯的高度  
 $i$ -孔径比,  $i = a/d$ , 拉伸适当  $i = 1$ , 拉伸过分  $i > 1$ , 拉伸不足  $i < 1$

图 1 蜂窝纸芯的结构<sup>[5]</sup>

Fig. 1 The honeycomb core structure

收稿日期: 2013-09-17

作者简介: 王梅(1974-), 女, 山西人, 硕士, 广东工业大学机电工程学院副教授, 主要从事印刷包装工艺及设备、缓冲包装系统、包装结构设计等方面的教学与研究。

公差为 $\pm 0.5$  mm,其余为 $\pm 0.8$  mm;为保证蜂窝纸板的结构强度,孔径比 $i$ 一般不得小于 $0.6$ <sup>[5]</sup>。以上数据将作为制定标准数据和比对运算相似度阈值的基本参数。

本质量检测系统的基本原理是:将生产现场工业 CCD 获取的实际图像进行处理后,与符合上述要求的模板图像进行比对运算,从而获得实际生产过程中蜂窝纸芯的质量情况。在进行比对运算时,确定实际图像和可以进行比对运算的部分是该检测系统的关键所在,即模板匹配过程。通过自行开发的匹配算法,获得最佳匹配图形,然后对其进行相似度计算,根据设定的阈值条件,判断蜂窝纸芯的质量是否满足要求,并给出相关的提示信息。根据以上的分析,本检测系统主要由四大部分构成,结构见图 2。

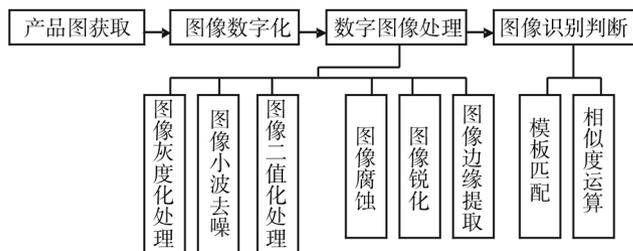


图 2 检测系统结构

Fig. 2 Structure of the detection system

## 2 识别算法

该系统开发的关键集中在模板训练、实际图像的前期处理、模板匹配算法和相似度计算 4 个方面。其中,模板训练是对标准模板的处理过程,前期处理可以应用软件所提供的函数进行,模板匹配利用特定算法,从而获得可进行比对的图像部分,相似度计算利用逐点比较的算法获得两图的相似程度。

本系统开发所用的工具是 MATLAB 软件,该软件将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统建模和仿真等诸多强大功能集成于一个易于使用的视窗环境中,为科学研究、工程设计以及必须进行数值计算的众多科学领域提供一个全面的解决方案<sup>[6-7]</sup>。MATLAB 作为一种数据处理工具,在进行数字图像处理时具有极强的优越性。

### 2.1 模板训练

该系统所用的模板图像来自于国家标准中的蜂窝纸芯的图像。模板训练是将该图像进行数字化处

理,以便进行后续的比对运算。主要过程包括:获取模板图像、图像数字化、图像处理、模板图像存贮,流程见图 3。

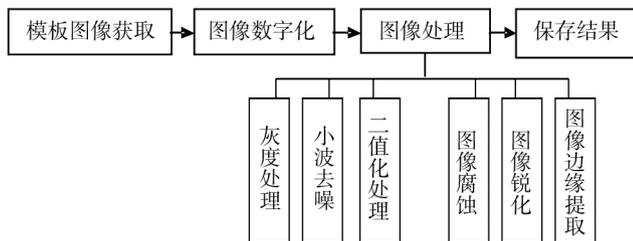


图 3 模板训练流程

Fig. 3 Flow of template training

### 2.2 实际图像的前期处理

MATLAB 提供了很多处理数据和矩阵的函数,在进行数字图像处理过程中,可以直接调用这些函数<sup>[8-9]</sup>。实际获得图像处理的步骤如下所述。

1) 实际图像的灰度处理。读入由 CCD 获得的实际图像,将真彩色图像变换为灰度图像。

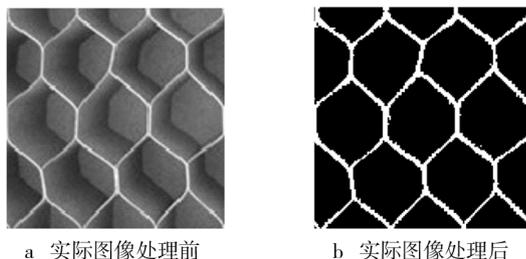
2) 图像的中值滤波去噪。求取信号默认阈值、软阈值,并且保留低频系数,然后进行中值滤波和小波除噪。

3) 灰度图像的二值化。查看其灰度直方图,以利于确定二值化阈值。

4) 图像边缘增强处理。先进行腐蚀运算,然后进行锐化处理。

5) 图像边缘分割与提取。

不同阈值的计算结果对最终质量判定具有一定的影响,具体阈值需要根据标准要求和企业经验来确定,因此,此部分处理的图像效果将会影响后续的判定结果。实际拍摄图像的前期处理效果见图 4。



a 实际图像处理前

b 实际图像处理后

图 4 实际图像的前期处理

Fig. 4 Pre-processing of the actual image

### 2.3 模板匹配

模板匹配是一项在一幅模板图像中寻找与另一

幅图像最匹配(相似)部分的技术,是一种寻找目标图像的方法<sup>[10-12]</sup>。该系统所采用的是相关模板匹配的方法,通过相关函数的计算找到实际输入图像和模板图像匹配部分的坐标位置。假设有一幅  $S(W, H)$  的模板图像和一幅  $P(m, n)$  的实际输入图像,匹配过程的实质是图像  $P$  在图像  $S$  上平移,被  $P$  覆盖的图像部分称为子图像,匹配原理见图 5。其匹配过程如下所述。

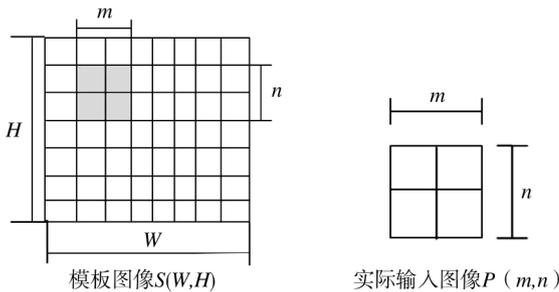


图 5 模板匹配原理

Fig. 5 Principle of template matching

1) 从模板图像的左上角坐标(0,0)开始,分割一块从(0,0)到(m,n)的子图像。

2) 将输入图像和模板图像的分割子图像进行对比,记录对比结果,定义该结果为此分割子图像左上角(0,0)处对应的匹配值。

3) 继续分割模板图像,获得从(0,1)到(m,n+1)的子图像,对比并记录分割子图像(0,1)处的匹配值。

4) 根据此方法,逐行逐列推进,进行模板图像的分割,并记录每幅子图像的匹配值。

5) 直到记录到模板图像最后一个可分割的子图像的匹配值为止。

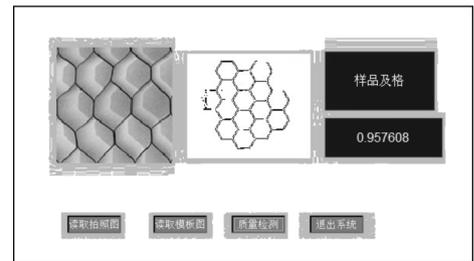
#### 2.4 相似度计算

通过模板匹配后,将实际图像与匹配结果进行相似度计算,得出 2 幅图像的相似度,然后通过设定的相似度阈值来判定产品的质量情况。该系统采用逐个像素点比较的方法进行相似度的比对计算。

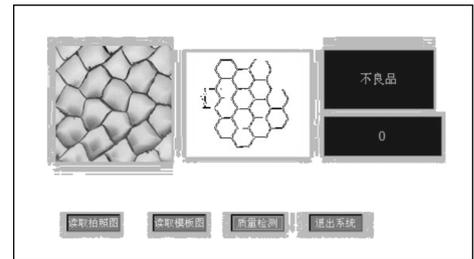
### 3 实例演示

在该系统中进行实例演示所用的模板图像为  $316 \times 268$  像素的真彩色图,CCD 拍摄的实际图像大小为  $141 \times 141$  像素。根据上述原理进行编程,实现比对算法,并对操作界面赋予了良好的人机交互,使操作过

程更为简便。根据操作界面的提示,读入实际图像和模板图像后,系统自动运行,进行模板匹配和比对运算后,得出产品质量情况并加以显示。具体操作步骤为:打开软件操作界面,通过点击按钮“读取拍照图”和“读取模板图”后,点击“质量检测”,系统进行比对运算,质量检测结果和相似对比度数值将会显示在界面上。合格产品和不良产品经过系统运算后的结果显示界面实例演示见图 6。



a 合格品的显示界面



b 不良品的显示界面

图 6 实例演示

Fig. 6 Demonstration of examples

### 4 结语

该系统是针对蜂窝纸芯成形质量开发的在线自动检测系统。实验结果表明,计算机图像处理识别技术应用于蜂窝纸板纸芯成形的在线检测中,具有可操作性强、检测结果可靠等优势。文中提出了一种适合工程应用的改进的模板匹配算法,能够完成图像匹配的即时性的要求,如对该系统进行适当修改,还可应用到如汽车零部件损坏识别、地砖成品尺寸识别等产品的在线质量检测中,具有一定的推广应用价值。

#### 参考文献:

[1] 刘大利. 蜂窝纸芯制造工艺及其装备的研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2008.

LIU Da-li. Research on Manufacturing Technology of Honeycomb Paper Core and Equipment[D]. Huainan: Anhui University of Science & Technology, 2008.

- [2] 郝喜海,胡协方,林益平,等. 蜂窝纸板成型机理及工艺的研究与探讨[J]. 包装工程,2003,24(3):13-15.  
HAO Xi-hai, HU Xie-fang, LIN Yi-ping, et al. The Study of the Moulding Mechanism and Process of Honeycomb Fibre-board[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3): 13-15.
- [3] 张颖. 关于计算机图像处理技术的应用的研究[J]. 计算机光盘软件与应用, 2011(20): 161.  
ZHANG Ying. The Application of Computer Image Processing Technology Research [J]. Computer CD Software and Applications, 2011(20): 161.
- [4] 叶婷,王莉. 蜂窝纸芯加工技术及关键参数[J]. 轻工机械, 2010, 28(2): 52-54, 60.  
YE Ting, WANG Li. Processing Technique and Key Parameter in Honeycomb Paper Manufacture [J]. Light Industry Machinery, 2010, 28(2): 52-54, 60.
- [5] BB/T 0016—2006, 包装材料蜂窝纸板[S].  
BB/T 0016—2006, Packaging Material Honeycomb Fibre-board[S].
- [6] MOORE H. MATLAB 使用教程(第2版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.  
MOORE H. MATLAB for Engineers (Second Edition) [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010.
- [7] 马晓路. MATLAB 图像处理从入门到精通[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.  
MA Xiao-lu. MATLAB Image Processing from Entry to the
- Master[M]. Beijing: China Railway Press, 2013.
- [8] GONZALEZ R C. 数字图像处理(MATLAB版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.  
GONZALEZ R C. Digital Image Processing Using MATLAB [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.
- [9] 刘刚. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.  
LIU Gang. Digital Image Processing Using MATLAB [M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [10] JACKMAN P, SUN Da-wen. Recent Advances in Image Processing Using Image Texture Features for Food Quality Assessment[J]. Trends in Food Science & Technology, 2013, 29(1): 35-43.
- [11] 马东, 韩其睿. 基于 MATLAB 的汽车牌照识别的研究[J]. 电子世界, 2011(10): 13-15.  
MA Dong, HAN Qi-rui. Research on Vehicle License Plate Recognition Based on MATLAB [J]. Electronics World, 2011(10): 13-15.
- [12] 陈玮, 曹志广, 李剑平. 改进的模板匹配方法在车牌识别中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(5): 1808-1811.  
CHEN Wei, CAO Zhi-guang, LI Jian-ping. Application of Improved Templates Matching Method on License Plate Recognition [J]. Computer Engineering and Design, 2013, 34(5): 1808-1811.

(上接第 83 页)

- XIONG Gui-chao, DU Qun-gui. Single-sided Corrugated Machine Centre Distance Variation Equation of the Corrugated Roller Mechanism[J]. Technology and Engineering, 2011, 11(22): 91-94.
- [3] 龚发云,张哲,魏春梅,等. 高速单面瓦楞机瓦楞辊机构的中心距方程[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 43-45.  
GONG Fa-yun, ZHANG Zhe, WEI Chun-mei, et al. High-speed Single-side Corrugated Corrugated Roller Center Distance Equation of The Organization [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(7): 43-45.
- [4] 柯晖,周世荣. 单面机高速瓦楞辊齿形参数的优化设计[J]. 包装工程, 2000, 21(2): 30-33.  
KE Hui, ZHOU Shi-rong. Single Machine High Speed Corrugated Roller Tooth Shape Parameters Optimization Design [J]. Packaging Engineering, 2000, 21(2): 30-33.
- [5] 孟建新. 以折楞率为设计目标的瓦楞辊齿形几何参数的设计程序[J]. 包装与食品机械, 1996, 14(1): 15-18.  
MENG Jian-yin. In Order to Fold the Going Rate for Design
- Goal of the Corrugated Roller Tooth Geometry Parameters Design Program[J]. Packaging and Food Machinery, 1996, 14(1): 15-18.
- [6] 魏效玲,李波,陈蕊,等. 基于 SOLIDWORKS 与 ADAMS 的瓦楞辊动力学仿真[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 77-79.  
WEI Xiao-ling, LI Bo, et al. Dynamic Simulation of Corrugating Roll Based on SOLIDWORKS and ADAMS [J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 77-79.
- [7] 高会生,李新叶. MATLAB 原理与工程应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.  
GAO Hui-sheng, LI Xin-ye, et al. MATLAB Principle and Engineering Application [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2006.
- [8] 李增刚. ADAMS 入门详解与实例[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.  
LI Zeng-gang. ADAMS Introductory Explanation and Examples [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2006.