

基于机器视觉技术的烟用包装膜磨损程度测定方法

董浩¹,荆熠¹,王锦平¹,夏营威²,周明珠¹,刘锋¹,周德成¹,李晓辉¹,张龙²,邢军^{*1}

1. 中国烟草总公司郑州烟草研究院,郑州高新技术产业开发区枫杨街2号 450001

2. 中国科学院安徽光学精密机械研究所,合肥市蜀山湖路350号 230031

摘要:为了快速准确地测定烟用包装膜的磨损程度,提出了一种基于机器视觉技术的烟用包装膜磨损程度测定方法:通过改造后的摩擦系数测定仪模拟烟用包装膜的磨损情况,针对烟用包装膜磨损后的表面形貌,通过成像装置采集样品图像,对图像进行边缘轮廓提取、二值化、图像分割和去除噪声处理后获取了烟用包装膜的完整特征,利用图像处理分析软件计算了烟用包装膜的磨损程度。结果表明,该方法能够满足烟用包装膜磨损程度测定的需求,测试结果稳定可靠,测量误差仅0.1%。

关键词:机器视觉技术;烟用包装膜;磨损程度

中图分类号:TS439 文献标识码:B 文章编号:1002-0861(2012)07-0009-04

Method for Determining Abrasive Wear of Cigarette Packing Film Based on Machine Vision Technology

DONG Hao¹, JING Yi¹, WANG Jinping¹, XIA Yingwei², ZHOU Mingzhu¹, LIU Feng¹, ZHOU Decheng¹, LI Xiaohui¹, ZHANG Long², and XING Jun^{*1}

1. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China

2. Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics of CAS, Hefei 230031, China

Abstract: In order to determine the abrasive wear on cigarette packing film, a method was proposed based on machine vision technology. A friction coefficient meter was modified to simulate the abrasive wear on the film, and a digital camera was used to collect the image of worn film. All the characteristic data relevant to the film image were obtained through edge contour extracting, binary processing, image segmentation and denoise processing, and the degree of abrasive wear was calculated by an image processing software. The results indicated that this method was accurate, stable and reliable for determining the abrasive wear of cigarette packing film with the measurement error of 0.1%.

Keywords: Machine vision technology; Cigarette packing film; Degree of wear

烟用包装膜处在卷烟包装的最外层,在生产和运输过程中,烟包间相互摩擦及烟包与传送带和包装箱间的摩擦都会造成薄膜上不同程度的磨损和长短不一的划痕,严重影响卷烟的包装外观形象。烟用包装膜的

摩擦磨损过程主要包含粘着磨损、磨粒磨损、切削磨损3种方式,实际的磨损基本都是3种磨损方式中的一种或多种的共同作用造成的^[1]。由于磨损方式复杂,薄膜磨损程度的检测也较为困难。现有的检测方法主要是通过研究磨损前后薄膜雾度的变化来考察薄膜的磨损程度^[2]。对于磨粒磨损和切削磨损造成的磨损程度较大,划痕较深的薄膜,基于雾度的测试方法不能获得准确的测试结果。机器视觉技术是一种新兴的检测技术,通过摄像机获取被测物体的图像,然后利用计算机进行数字图像处理,由测量软件对被测对象的几何指标等物理参数进行非接触精确测量。目前,机器视觉技术在烟草行业广泛应用于日常的生产检测和质量监控,例如在线外观和物理指标检测^[3-6]、非接触式尺寸测

基金项目:中国烟草总公司郑州烟草研究院院长科技发展基金项目 烟用包装膜磨损程度测定方法研究及仪器开发(502011CA0300)。

作者简介:董浩(1981),硕士,工程师,主要从事烟草制品和烟用材料质量监督检验工作。E-mail:thedonghao@yahoo.com.cn;

*通讯作者:邢军 E-mail:xingj@ztri.com.cn

收稿日期:2011-12-29

责任编辑:周雅宁 E-mail:zyn0626@126.com

电话:0371-67672778

量^[7-9]、非接触式外观形貌测量等^[10-11]。

针对当前烟用包装膜磨损程度测试方法适用范围窄、受人为因素影响大的问题,作者提出了一种新型烟用包装膜磨损程度测定方法,该方法基于机器视觉技术,使用磨损模拟装置模拟薄膜的磨损情况,通过图像采集系统获取磨损后的薄膜图像,然后对图像进行预处理并使用图像分析软件最终测定其磨损程度。旨在克服当前测试方法误差大、操作复杂、适用范围窄等缺陷,提高检测效率和检测水平。

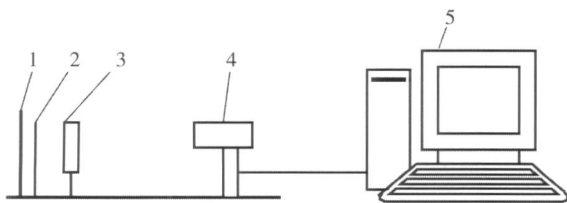
1 方法的建立

1.1 烟用包装膜的模拟磨损

使用 TMI132-06-00 型摩擦系数测定仪(美国 TMI 公司)作为磨损程度测量装置,参照 GB/T 10006 1988《塑料薄膜和薄片摩擦系数测定方法》的要求,使用改造后的滑块进行模拟试验。滑块质量 200 g,底面覆盖一层 240 目砂纸(尺寸同滑块,底面为边长 63 mm 的正方形),以 90 mm/min 的相对速度在薄膜样品(80 mm×200 mm)上单方向移动滑块 1 次,以模拟烟用包装膜的实际磨损情况。选取磨损后样品的中心部位 50 mm×50 mm 的区域作为磨损程度测试区域。

1.2 薄膜形貌图像的采集与处理

使用如图 1 所示的烟用包装薄膜磨损程度测量装置配合计算机端的 Motic 动态成像模块(厦门 Motic 公司)获取样品图像,相机分辨率为 1280×1024,视场为 50 mm×40 mm,图像采集系统的像素精度约为 39 μm,单像素对应的视场面积约为 0.0015 mm²,获取的薄膜形貌图像如图 2(A)所示。



1. 样品夹 2. 遮光板 3. 光源 4. CCD 摄像头与镜头组 5. 计算机

图 1 烟用包装膜磨损程度测量装置示意图

为了优化图像质量,滤除图像中的缺陷和杂质,提取有用的信息,便于后续图像测量以及特征参数的计算。使用 Motic Images Advanced 3.2 图像处理软件(厦门 Motic 公司)对图像进行处理。图像处理主要包括以下步骤:

(1)边缘轮廓提取:通过发现边缘来获取磨损区域的划痕形貌,先检测出图像粗略的边缘,再设定阈值来提取图像的轮廓。边缘轮廓提取后的薄膜形貌图像如

图 2(B)所示,可见,磨损区域的划痕形貌清晰地呈现出来。

(2)二值化:由于图像的对比度较弱,划痕区域和背景区域的对比不明显,因此需要对图像进行二值化处理。将图像上像素点的灰度值设置为 0 或 255,使整个图像呈现出明显的黑白效果。灰度小于或等于阈值的像素被判定为属于特定物体,其灰度值为 0;灰度大于阈值的像素点被排除在物体区域以外,表示背景或者例外的物体区域,其灰度值为 255。处理后的图像两相间对比明显,有利于图像的分割处理。二值化处理后的薄膜形貌图像如图 2(C)所示,可见,二值化后的图像划痕区域与未磨损区域的对比更加明显。

(3)图像分割:提取图像中感兴趣的区域。图像分割操作以一幅图像作为输入而输出一个或多个区域或亚像素。最简单的分割算法是图像的阈值分割,只要被分割目标和背景之间存在非常显著的灰度差,均可使用阈值分割^[12]。使用阈值分割后的薄膜形貌图像如图 2(D)所示,可见,划痕区域从背景图像中几乎完整地分割出来。

(4)噪声去除:经过分割处理后,划痕区域能够清晰地显现出来,但是背景区域还存在很多的噪点和杂质,影响后续的图像测量和计算,因此要对图像进行去除噪声处理。由于划痕纹理均是沿竖直方向的,为能有效去除噪声点而又不改变纹理的边缘特性,采用沿竖直方向的单向中值滤波法实现噪声滤除。去除噪声后的薄膜形貌图像如图 2(E)所示,相比图 2(D),背景区域的噪点和杂质明显减少。

1.3 磨损程度的计算

使用基于图像分割的面积计算方法来计算磨损区域的面积,即通过 Motic Images Advanced 3.2 图像处理软件计算图像处理后的灰度值为 0 的区域(磨损区域)占整个样品区域的面积比例,以此来表征薄膜的磨损程

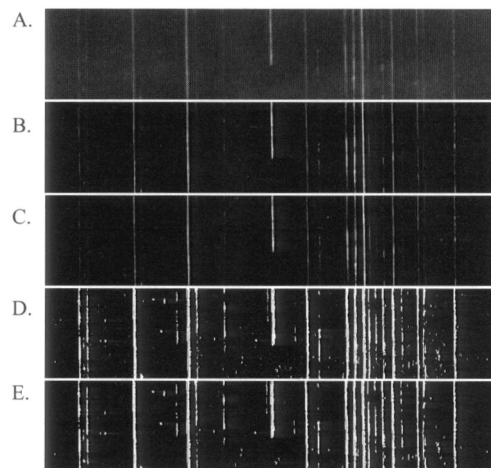


图 2 处理前后的薄膜形貌图像

度。比例值越高,表明薄膜的磨损程度越严重,其耐磨性越差。

2 方法的验证

2.1 模拟磨损效果

图3(A)是正常储运后的卷烟条包的包装薄膜形貌图像。可见,烟用包装薄膜实际的磨损区域主要包括两个部分,一部分是长短不一的划痕区域,另外一部分是点状的磨花区域,表明实际的磨损过程包含了粘着磨损、磨粒磨损和切削磨损3种磨损方式,图3(B)是使用模拟装置磨损后的薄膜形貌图像,由于采用砂纸作为磨损介质,主要的磨损划痕是由砂纸上颗粒的磨损和切削造成的,划痕较深且比较规则,通过成像装置划痕能够清晰地呈现出来,能够体现磨粒磨损和切削磨损两种方式的磨损效果。

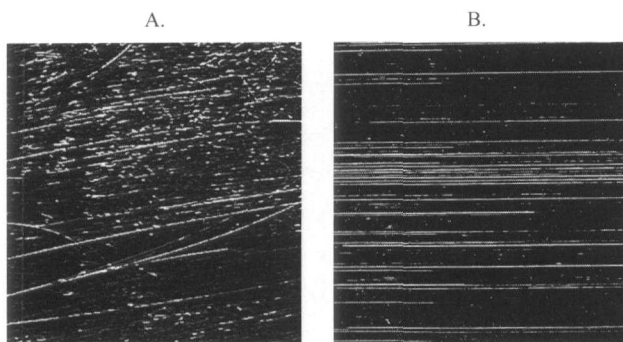


图3 实际磨损和模拟磨损的薄膜形貌图像

2.2 可行性

对A,B两个已知耐磨性能的烟用包装膜样品进行磨损程度的测试,其磨损程度形貌图像见图4。对A,B样品进行磨损区域进行计算可知,A样品的磨损程度为7.9%,B样品为6.3%。对照图3可以看出磨损程度越高的样品其磨损区域越大,即A样品的耐磨性能比B样品差,说明本方法可以作为烟用包装膜磨损程度的测试方法使用。

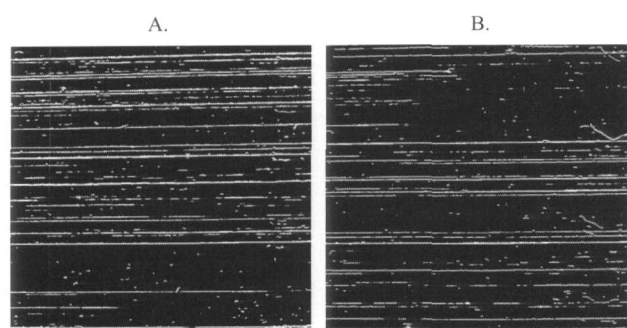


图4 不同磨损程度的薄膜形貌图像

2.3 准确性

使用一块标准棋盘标定板(图5),用本方法进行图像的采集和处理,并计算黑色方格占视场面积的比例,

重复测量50次,通过公式(1)计算测量误差。

$$\text{测量误差} = \frac{\text{测量值} - \text{实际值}}{\text{实际值}} \times 100\% \quad (1)$$

50次重复测量的统计结果显示,测量误差平均值为0.1%,说明本方法测量误差较小,测量结果准确。

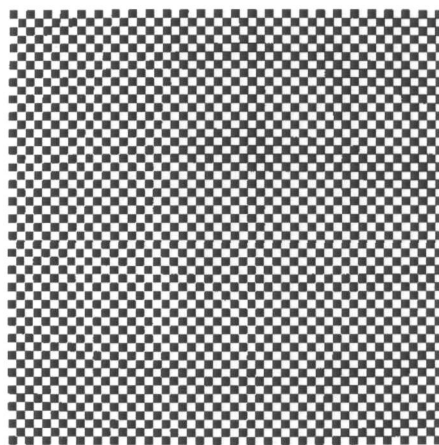


图5 标准板

2.4 重复性

由同一操作者在不同时间对4种磨损后的烟用包装薄膜样品进行磨损程度的测量,重复20次,结果见图6。对试验结果进行统计分析,结果见表1。由图6和表1可以看出,实际的薄膜磨损程度测试结果存在一定的波动,但波动幅度不大。造成波动的原因,一方面是由于每次测量时样品在摄像头视场中位置略有不同引起的误差,另一方面是由于光线的微小变化引起的图像灰度的波动。

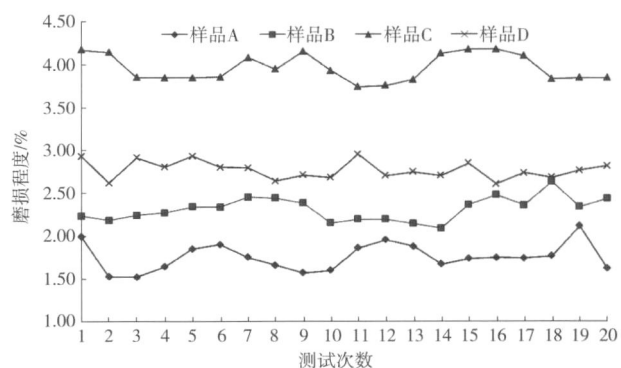


图6 4种烟用包装薄膜样品的磨损程度测试结果(n=20)

表1 4种烟用包装薄膜样品的磨损程度测试结果统计(n=20)(%)

样品	平均值	最大值	最小值	标准偏差	变异系数
A	1.75	2.12	1.52	0.16	9.23
B	2.31	2.63	2.09	0.14	5.92
C	3.96	4.18	3.74	0.16	3.96
D	2.77	2.95	2.60	0.11	3.83

2.5 与传统方法的对比分析

目前,烟草行业进行烟用包装膜耐磨性能测定多采用YC/T 315 2009的方法(简称雾度法)^[2],该方法通过比较薄膜磨损前后雾度的差异来表征其耐磨性能。分别采用本方法和雾度法对5种不同的烟用包装薄膜样品的磨损程度进行了测量($n=10$),结果如表2所示。由表2可以看出,本方法的测试结果变异系数更优,表明数据的稳定性更好。

表2 两种方法对比测试的结果 (%)

样品	雾度法		本方法	
	平均值	变异系数	平均值	变异系数
1	1.18	4.26	10.11	7.21
2	1.45	8.90	8.56	5.62
3	0.96	13.98	8.56	6.28
4	0.78	10.73	6.39	4.88
5	0.74	12.09	7.77	1.72

3 结语

使用改造后的摩擦系数测定仪模拟了磨损后的薄膜样品表面形貌。构建的图像采集装置能够获取整个样品磨损区域的清晰图像。选用的图像分析处理手段以及处理顺序,能够表征图像磨损区域与未磨损区域的显著差异。通过图像分割提取与计算,能够计算出烟用包装膜磨损区域占整个测试区域的面积比例,从而表征烟用包装膜的磨损程度,提出的测试方法测量误差小、测量结果稳定。

参考文献

- [1] 刘建荣. BOPP烟膜抗磨花性能的研究[D]. 无锡:江南大学包装工程系,2008.
- [2] YC/T 315 2009 烟用包装膜耐磨性能的测定[S].
- [3] Tindall I. Post manufacture automatic track identification of mixed populations of rods from a dual track making machine [C]//CORESTA Meeting, Smoke Sci.-Prod. Techno Groups. France :CORESTA,2009.
- [4] 毕贵红,刘永清. 基于图像测量的香烟滤棒在线检测系统[J]. 微计算机信息,2007,23,(4):162-168.
- [5] 董鸿江. 机器视觉技术在烟箱缺条检测中的应用[D]. 济南:山东大学物流工程系,2009.
- [6] 卢凡. 基于机器视觉的包装机空头烟支检测技术研究[J]. 轻工机械,2010,28(2):65-71.
- [7] 董浩,洪深求,周德成,等. 醋纤沟槽滤棒特征参数测定方法[J].烟草科技,2010(4):5-8.
- [8] 洪深求,董浩,李晓辉,等. 基于机器视觉的烟用接装纸几何参数测量系统的设计应用[J]. 烟草科技,2011(4):14-18.
- [9] 李飞,洪深求,董浩,等. 基于机器视觉的卷烟接装纸测量系统的设计[J]. 自动化与仪表,2011(4):1-5.
- [10] Moehring D. A novel method to determine ash appearance of cigarettes [C]//CORESTA Meeting, Smoke Sci.-Prod. Techno Groups. France :CORESTA,2009.
- [11] Inoue Y,Uhrmeister P. Propagation of cigarette smolder burn between puffs[C]//CORESTA Congress. Shanghai :CORESTA,2008.
- [12] Steger C,Ulrich M. 机器视觉算法与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2008:143-159.
- [8] 张国,朱利书,陈新联,等. 湖南烤烟部分化学成分与气象因素关系的研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(3):748-750.
- [9] GB/T 7973 2003 纸、纸板和纸浆漫反射因素的测定(漫射/垂直法)[S].
- [10] GB/T 7974 1987 纸及纸板白度测定法(漫射/垂直法)[S].
- [11] 于系民,陶向新. 对农业气象学中 积温论 的异议[J]. 沈阳农学院学报,1980(1):97-103.
- [12] Bonhomme R. Bases and limits to using degree.day units [J]. European Journal of Agronomy,2000,13(1):1-10.
- [13] 王苏斌,郑海涛,邵谦谦,等. SPSS 统计分析[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [14] 李世飞,王平,沈振康. 利用移动最小二乘法进行深度图像曲面拟合[J]. 吉林大学学报:工学版,2010(1):229-233.
- [15] YC/T28.12 1996 卷烟物理性能的测定第12部分:外观[S].