

图像处理法分析纸张表面孔隙对胶印质量的影响

薛美贵, 章理, 田乐园

(东莞理工学院城市学院, 东莞 523419)

摘要:目的 得到纸张表面孔隙的相对深度与平均孔半径,并探讨表面孔隙的相对深度以及平均孔半径与纸张表面特征之间的关系。最后,使用 IGT 印刷适性仪模拟胶印方式对其中 3 种牛皮纸进行印刷。**方法** 使用扫描电子显微镜(SEM)对 5 种非涂布纸样的印刷面进行扫描,然后,采用 Image J 图像处理法对各纸样的 SEM 图进行定量分析。**结果** 结果表明,纸张表面孔隙的相对深度介于 107~133 之间,平均孔半径介于 36.06~45.71 μm 之间,且纸张表面孔隙的相对深度越浅,其平滑度越高,反之亦然。平均孔半径越小,其光泽度越高,反之亦然。**结论** 采用图像处理的方法,可以快速、高效的测定纸张表面的粗糙程度与对入射光镜面反射的情况。在纸张表面孔隙平均孔半径相当的情况下,其值越小的,胶印图像的密度、饱和度、光泽度就越高,相反就越差,但是,如果平均孔半径太小,油墨颗粒不能很好的渗入到孔隙当中,图像的耐摩擦性就会差。

关键词: 纸张; SEM 图; Image J 图像处理法; IGT 印刷适性仪; 印刷质量

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)07-0161-05

Effect of Paper Surface Porous on Off-set Image Quality

XUE Mei-gui, ZHANG Li, TIAN Le-yuan

(City College of Dongguan University of Technology, Dongguan 523419, China)

ABSTRACT: This experiment aimed to obtain the relative depth of the porous and the average aperture of the paper surface and investigate the relationship of the porous relative depth and the average aperture with the paper surface characteristics. The IGT printability tester was used to simulate the offset printing approach to do printing on three kinds of brown paper. The Image J image processing method was used to quantitatively analyze the scanning electron microscopy (SEM) image of printing surface of five kinds of non-coated paper. The results showed that the porous relative depths were between 107 and 133, and the average apertures were between 36.06 μm and 45.71 μm . The shallower the porous relative depth was, the higher the smoothness of paper surface would be, vice versa; the smaller the average aperture was, the higher the glossiness of paper would be, vice versa. In conclusion, the method of image processing can quickly and efficiently determine the roughness and the reflection of incident light of paper surface. Under the case of little difference of average aperture, the smaller the value was, the higher the density, saturation, glossiness of the offset printing image were. But if the average aperture was too small, the particle of the ink can not permeate to the porous successfully. Given that, the abrasion resistance of the image would be disappointing.

KEY WORDS: paper; SEM image; Image J image processing method; IGT printability tester; printing quality

印刷过程主要是纸张与油墨粒子结合的过程。机取向的层次网络,具有孔隙状结构的物质。印刷纸张是纤维与纤维之间通过氢键相互黏结起来的随中,纸张对油墨的吸收有 2 个过程,一是印刷加压,由

收稿日期: 2015-06-15

基金项目: 广东省高校优秀青年创新人才培养计划(2013LYM-0106); 东莞理工学院城市学院青年教师发展基金重点项目(2015QJZ002Z)

作者简介: 薛美贵(1984—),女,山东临沂人,博士,东莞理工学院城市学院讲师,主要从事印刷包装材料的教学与研究。

印刷压力和毛细管作用力共同决定,使油墨通过纸张表面孔隙进入到纸张中;二是自然渗透,纸张多孔疏松结构产生的毛细管作用力使得油墨自然渗透到纸张内部^[1]。由于印刷油墨的颜料粒径也具有一定的分布,只有纸张表面孔径与颜料平均粒径之间很好地匹配,才能印刷出高质量的印刷品,所以,纸张的表面孔隙情况对于印刷纸张来讲尤为重要。

目前,国内外对于图像处理方法用于纸张性能的研究,主要集中于纸面的脏点、纸张表面孔隙率、纸浆的尘埃、合成纤维成纸横截面SEM图像的量化分析、纸面涂料分布、油墨的呈色和网点的提取等方面,并已取得较好的效果^[2-6],但是,用于表征非涂料纸张表面由纤维与纤维之间相互交织形成的孔隙的相对深度以及平均孔半径的研究,却未见有报道。Image J图像分析软件是由Java语言开发的科学图像处理和

分析工具,具备多种图像处理和计算功能^[7],可快速提取目标物外部轮廓。现在,国内外使用该软

件进行研究的较多,该软件广泛应用于生物学研究领域,特别是在医学影像学诊断领域。近年来,在其他领域的使用也逐渐增多,如有对硬质合金显微组织参数化定量分析、多孔材料结构分析、植物叶片几何面积计算及形态数量特征测量、织物孔隙率分析、水稻胚乳淀粉粒表面几何特征分析等^[8-14]。

文中主要使用扫描电子显微镜对从造纸厂家直接购买的5种非涂布纸样的印刷面进行图像获取,采用Image J图像处理的方法,结合体视学(stereology)^[15]原理对各纸样的SEM图进行分析,得到了纸张表面孔隙相对深度、平均孔半径与纸张表面特征之间的关系;并使用IGT印刷适性仪模拟胶印方式对3种牛皮纸进行了印刷,对印刷图像进行分析,得到了纸张表面孔隙相对深度与平均孔半径对印刷图像密度、饱和度和光泽度以及耐摩擦性的影响情况。

1 实验

1.1 材料

实验所用纸样由某纸厂直接提供,具体情况见表1。实验所用油墨由东莞市龙日油墨有限公司提供,皆为环保型,其中黑色油墨的细度为16.0 μm ,黏度为3848 $\text{mPa}\cdot\text{s}$,红色油墨的细度为26.3 μm ,黏度为3857 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

1.2 仪器

仪器:扫描电子显微镜SEM,日本日立S-3700N;

表1 实验所用纸样的具体情况

Tab.1 Details of paper samples in the test

序号	厚度/mm	定量/(g·m ⁻²)	纸样类型	表面处理	用途
1	0.1570	120	鸡皮纸	单面涂布	一般产品包装
2	0.1488	120	精细牛皮纸	—	一般产品包装
3	0.1712	120	本色牛皮纸	—	一般产品包装
4	0.1028	80	食品包装纸	—	食品直接接触包装
5	0.0956	85	食品包装纸	—	食品直接接触包装

别克式平滑度仪, LB-BR10K, 深圳蓝博检测仪器公司; 光泽度仪, KGZ-1A, 天津市科器高新技术公司; IGT印刷适性仪, IGT AIC2-5 T2000 HSIU4, 荷兰; 分光密度计, X·rite Series500, 爱色丽; 油墨印刷脱色试验机, PN-PID, 摩擦荷重0.9 kg(2 Lb)/20 N, 杭州品享科技有限公司。

1.3 方法与步骤

1.3.1 纸样的表面表征

将各纸样裁切成5 mm × 5 mm的纸片,制作切片,并进行喷金处理,增加样品的导电性,以备SEM分析用。对于每种纸样,分别在3个不同的部位扫描,放大200倍获取3张SEM图,以备分析使用。使用Image J图像分析软件对纸样表面孔隙的分布及深度情况进行分析的具体步骤见图1。



图1 纸样图像分析流程

Fig.1 Flow diagram of the image analysis of paper samples

1.3.2 纸样平滑度与光泽度的测量

将各纸样裁切成10 cm × 10 cm纸片,各5张,开启平滑度仪,预热30 min后,选择手动二档,然后,测定各纸样的印刷面平滑度值,记录数据,并取平均值。对于每种纸样,均随机抽取两张,选用60° 角度,测定印刷面光泽度,在定标和校正之后对每个纸样上中下3个部位进行测量,记录数据,取平均值。

1.3.3 印刷图像的质量评价

为提高实验对比效果,本实验只选用表1中所列的纸样1-3,3种牛皮纸进行印刷。以牛皮纸作为承印

物的印刷方式有很多种,文中结合普遍使用的牛皮纸印刷产品类型的情况,使用IGT印刷适性仪模拟胶印方式进行单色(红色与黑色)大面积实地版图像的印刷,印刷过程中所使用的印刷压力为625 N,印刷速度为0.2 m/s,供墨量为0.2 mL,所得印刷图像见图2。对印刷图像的品质从密度、饱和度以及光泽度3个方面进行评价。

使用分光密度计对图2中的各图像的不同部位进行测量,记录 L, a^*, b^* 值与密度值,然后将测得的 L, a^*, b^* 值带入式(1),计算各图像的饱和度值。每个图像测量3次,取平均值。光泽度的测量同1.3.2章节。

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

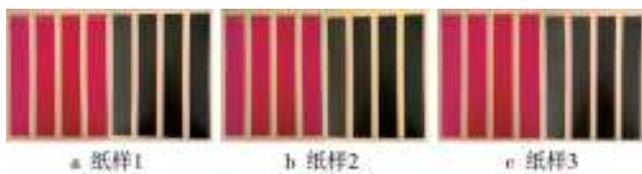


图2 各纸样胶印图像

Fig.2 The printing images of paper samples

1.3.4 纸样印刷图像脱色试验

将图2所示的各印刷图像裁切成5 cm × 25 cm的纸片,使用油墨印刷脱色试验机,在摩擦速度43/85次/min、摩擦次数275次的条件下,进行摩擦实验。摩擦后纸样的图像部分出现明显掉色,通过再次对图像部分的饱和度、密度以及光泽度使用1.3.3章节的方法进行测定,就可以分析印刷油墨的掉色情况。

2 结果与讨论

2.1 各纸样表面孔隙的分布及深度

根据体视学原理,如果某物体的表面具有多层结构,那么该物体所成像的灰度强度等级也具有相同的分层性质^[6]。物体表面的粗糙程度决定了所成像的灰度强度面的等级。因此,可通过对纸张所成像的灰度强度面进行分析,以对其相对表面孔隙深度情况进行定量描述,各纸样的SEM灰度图及其对应的相对表面孔隙深度情况见图3。从图3中可以发现,纸样1和纸样3的相对深度较深,纸样2的次之,纸样4和纸样5的最浅。根据各纸样的SEM图及图中尺标,计算各纸样的表面平均孔径,结果见表3。从表3中可以发现,纸样2和纸样3的平均孔径较大,纸样4和纸样5的次之,纸样1的较小。

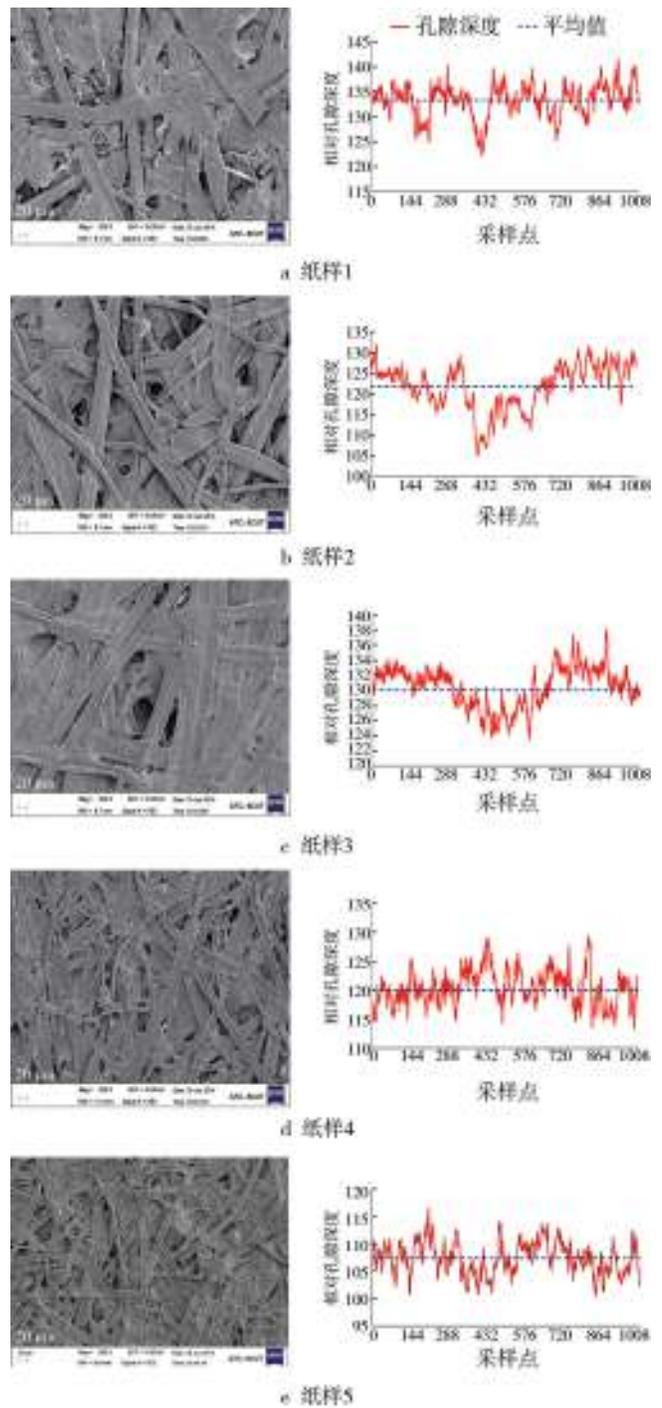


图3 各纸样的SEM灰度图(×200)与其对应的相对表面孔隙深度情况

Fig.3 8-bit images of the paper samples (×200) and their corresponding relative depth of porous

2.2 各纸样印刷面的平滑度与光泽度

根据以上实验测得各纸样印刷面的平滑度与光泽度情况见表2。从表2中可以发现纸样4和纸样5的平滑度较高,纸样2的次之,纸样1和纸样3的较低;纸样1的光泽度最高,纸样4和纸样5的次之,纸样2和

纸样3的较低,这可能与纸样1为涂布纸有关。结合各纸样印刷面的相对孔隙深度与平均孔半径进行分析,可以发现,相对孔隙深度越浅,其平滑度越高,反之亦然;平均孔半径越小,其光泽度越高,反之亦然。由于平滑度主要用于表征纸张表面的平整程度,光泽度主要用于表征纸张对入射光的镜面反射能力,所以,可以用纸张表面孔隙的相对深度表征其平滑度,平均孔半径表征其光泽度。

表2 各纸样印刷面的平均孔径、平滑度以及光泽度

Tab.2 The average aperture, smoothness and glossiness of paper samples

纸样	平均孔径/ μm	平滑度/s	光泽度
1	36.06	5.8	6.4
2	37.68	8.3	4.0
3	45.71	4.5	4.1
4	36.94	20.8	5.0
5	37.63	14.5	4.6

2.3 印刷图像的密度、饱和度及光泽度

由实验测得各纸样印刷图像的密度值见表3。通过数据分析,可以发现,黑色油墨的密度值整体高于红色油墨的,这可能是由于黑色油墨的平均粒径较红色油墨的小,黏度较红色油墨的低,可以将较多的连结料固着在纸面上,从而使得油墨层较厚,密度较高。同时发现,纸样1和纸样2的印刷图像密度值较高,纸样3的较低,即纸样1和纸样2上的油墨层较厚,这可能是由于纸样1和纸样2表面平均孔径较小,与油墨平均粒径相接近,油墨颗粒可以将较多的连结料固着在纸面上,从而使得干燥后的油墨层较厚的缘故。

表3 各纸样印刷图像的密度

Tab.3 The density of printing images

纸样	黑色				红色			
	v	c	m	y	v	c	m	y
1	1.70	1.73	1.67	1.51	0.58	0.12	1.45	0.83
2	1.57	1.59	1.58	1.41	0.56	0.10	1.27	0.67
3	1.45	1.46	1.44	1.34	0.53	0.09	1.35	0.67

注:c,m,y分别表示各油墨中青、品、黄各色的密度值

实验测得各纸样印刷图像的光泽度和饱和度见表4。可知,红色油墨的光泽度要高于黑色油墨的,这可能是与黑色油墨相比,红色油墨的黏度较高,印刷后可以较快的速度结皮干燥,从而使得图像的光泽度较高。另外,纸样1的印刷图像的光泽度和

饱和度均高于纸样2和纸样3的,这可能与纸样1本身的光泽度较高有关,并且纸样1的平均孔径与油墨的平均粒径最接近,可以使得颜色的饱和度较高。

表4 各纸样印刷图像的光泽度与饱和度

Tab.4 The glossiness and saturation of printing images

纸样	光泽度		饱和度	
	黑色	红色	黑色	红色
1	8.71	9.52	—	60.40
2	3.52	4.31	—	59.90
3	4.94	5.51	—	56.41

2.4 印刷图像的耐摩擦性

实验测得摩擦后各印刷图像的密度值见表5。对表3和表5的数据进行对比分析,得到摩擦前后印刷图像密度的变化情况见图4。印刷图像密度值与墨层厚度成正比,可以通过计算摩擦前后图像密度值的变化,得出墨层厚度的变化量,从而分析摩擦后印刷图像的掉墨程度。

表5 摩擦后各纸样印刷图像的密度

Tab.5 The density of printing images after abrasion

纸样	黑色(胶印)				红色(胶印)			
	v	c	m	y	v	c	m	y
1	1.59	1.61	1.57	1.44	0.53	0.09	1.16	0.73
2	1.52	1.54	1.50	1.32	0.54	0.09	1.14	0.61
3	1.43	1.43	1.41	1.31	0.51	0.08	1.29	0.63

注:c,m,y分别表示各油墨中青、品、黄各色的密度值

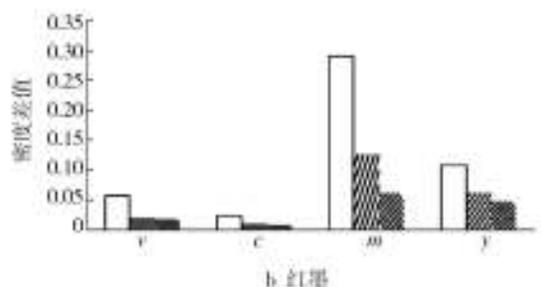
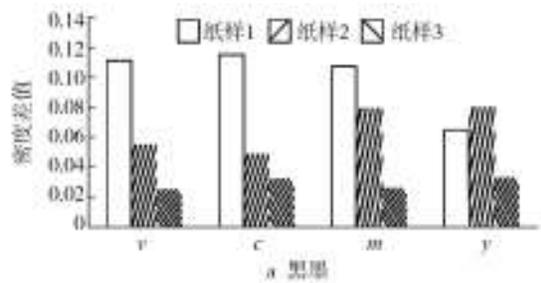


图4 胶印图像摩擦前后密度差值

Fig.4 The difference of printing density before and after abrasion

从图4中可以发现,只有纸样1有较大幅度降低,而纸样2和纸样3印刷图像密度值变化幅度较低。这可能是由于纸样1其表面平均孔半径较小,油墨不能与纸样有充分的结合,所以在摩擦实验后墨层有明显的脱落。而纸样2和纸样3的平均孔径较大,油墨颗粒较多的渗透到孔隙当中,使得油墨层不易脱落,所以,密度变化不大。

摩擦实验后,黑色油墨较红色油墨密度值变化大,这是由于黑色油墨平均粒径较小,可以固着较多的连结料在纸面上,形成的墨层较厚,加之黏度较低,墨层干燥后的固着力低,所以导致相同摩擦条件下,其墨层脱落严重。

由于摩擦后,印刷图像受到摩擦体的打磨,使得摩擦后的图像表面光泽度反而高于摩擦前的值,所以,没有研究意义,在此不做对比分析。

摩擦实验后,纸样1印刷图像的饱和度情况为56.03,纸2样为58.29,纸样3为55.44(红色油墨)。与表4中的相应数据进行对比分析,发现纸样1的印刷图像的饱和度降低程度最大,纸样2的其次,纸样3的最小,这可能跟纸张的表面平均孔半径有关,即表面平均孔半径越大,油墨颗粒可以较多的渗透到纸张孔隙中,摩擦时不易脱落,所以,饱和度变化较小。

3 结语

1) 采用Image J图像处理的方法,对纸张表面的SEM图进行分析,可以快捷、高效的测定纸张表面的粗糙程度与对入射光镜面反射的情况。通过分析发现,纸张表面孔隙的相对深度越浅,其平滑度越高,反之亦然;平均孔半径越小,其光泽度越高,反之亦然。

2) 用该图像分析法测得,在纸张表面孔隙平均孔半径相当的情况下,其值越小的,胶印图像的密度、饱和度、光泽度就越高,相反,平均孔半径越大,胶印图像的质量就越差,但是,如果平均孔半径太小,油墨颗粒不能很好的渗入到孔隙当中,图像的耐摩擦性就越差。即可以采用该种图像分析法,间接的评价胶印图像的质量。

参考文献:

[1] 齐晓莹. 印刷材料及适性[M]. 北京:印刷工业出版社,2008.
QI Xiao-kun. Printing Materials and Printability[M]. Beijing: Publisher of Printing Industry, 2008.

[2] SHUICHI M, TORU N. Development of Paper Having Microporous Layer for Digital Printing[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2000, 44: 410—417.

[3] 殷燕屏. 基于图像阈值分割及分形特征的纸病识别算法研究[D]. 南京:南京林业大学,2012.
YIN Yan-ping. Identification Algorithm of Paper Defects Base on Threshold Segmentation and Fractal Characteristics [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2012.

[4] 张岩,李仁爱,曹云峰. 基于图像技术的喷墨打印纸表面孔隙分析[J]. 包装工程, 2015, 36(9), 129—133.
ZHANG Yan, LI Ren-ai, CAO Yun-feng. Pore Analysis of Inkjet Paper Surface Based on Image Technology[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9), 129—133.

[5] ZHANG Su-feng, ZHANG Mei-yun. Quantitative Analysis of SEM Image for Polymer Sheet Cross Sections[J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology (Natural Science Edition), 2008, 26(5): 1—5.

[6] 薛美贵,杨玉春,邢文文等. 印刷用纸的孔隙结构分析[J]. 包装工程, 2015, 36(3): 129—133.
XUE Mei-gui, YANG Yu-chun, XING Wen-wen, et al. Study on the Porous Structure of Printing Paper and Board [J]. Packaging Engineering, 2015, 36(3): 129—133.

[7] SOLE A, MAS J, ESTEVE I. A New Method Based on Image Analysis for Determining Cyanobacterial Biomass by CISM in Stratified Benthic Sediments[J]. Ultramicroscopy, 2007, 107: 669—673.

[8] 陈煜,颜荣华,刘云飞,等. 多孔高吸水性树脂孔结构的图像分析法[J]. 化工学报, 2008, 59(10): 2666—2669.
CHEN Yu, YAN Rong-hua, LIU Yun-fei, et al. Pore Structure of Superabsorbent Polymers through Image Analysis [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering, 2008, 59(10): 2666—2669.

[9] 毕利东,张斌,潘继花. 运用Image J软件分析土壤结构特征[J]. 土壤, 2009, 41(4): 654—658.
BI Li-dong, ZHANG Bin, PAN Ji-hua. Analysis of soil Structural Properties by Using Image-J Software[J]. Soils, 2009, 41(4): 654—658.

[10] 朱骥飞,张立,徐涛,等. 基于Image J软件的硬质合金显微组织参数化定量分析[J]. 粉末冶金材料科学与工程, 2015, 20(1): 26—31.
ZHU Ji-fei, ZHANG Li, XU Tao, et al. Quantificational Characterization of Microstructural Parameters of Cemented Carbides Based on Image J Software[J]. Materials Science and Engineering of Powder Metallurgy, 2015, 20(1): 26—31.

[11] 邓林红,王锐,陈园园. 基于电子扫描的Image J图像处理系统在多孔材料中的应用[J]. 传感器与微系统, 2012, 31(5): 150—152.
DENG Lin-hong, WANG Rui, CHEN Yuan-yuan. Application of Image Processing System of Image J Based on Electronic Scanning in Porous Materials[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2012, 31(5): 150—152.

- Dynamic Characteristic of Printing Press Paper Transferring System Based on Experimental Modal Analysis[C]// Proceedings of International Technology and Innovation Conference, 2009:1—6.
- [14] 冯彩霞. 基于有限元理论的滚筒空档冲击墨杠分析与滚筒优化[D]. 西安:西安理工大学, 2009.
- FENG Cai-xia. The Analysis of Streaks of Impression Cylinder Gap Impact and Optimization of Impression Cylinder Based On Finite Element Theory[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2009.
- [15] 张凯乐, 黄颖为, 薛凤梅. PZ1650 橡皮滚筒受力分析的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3):55—57.
- ZHANG Kai-le, HUANG Ying-wei, XUE Feng-mei. Force Analysis of Blanket Cylinder of PZ1650 Printing Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3):55—57.

(上接第 160 页)

- (8):481—482.
- LI Wei, XU Hua, CHANG Yu-wen. Determination of 11 Kinds of Solvent Residues in Plastic Food Packing Material by Headspace Gas Chromatography[J]. Chemical Reagent, 2007, 29(8):481—482.
- [10] 熊中强, 王利兵, 李宁涛. 气相色谱法测定高分子食品包装材料中抗氧化剂的残留量[J]. 色谱, 2011, 29(3):273—276.
- XIONG Zhong-qiang, WANG Li-bing, LI Ning-tao. Determination of Antioxidant Residues in Polymer Food Package Using Gas Chromatography[J]. Chinese Journal of Chromatography, 2011, 29(3):273—276.
- [11] ALIN J, HAKKARAINEN M. Type of Polypropylene Material Significantly Influences the Migration of Antioxidants from Polymer Packaging to Food Simulants During Microwave Heating[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 118(2):1084—1093.
- [12] ALIN J, HAKKARAINEN M. Migration from Polycarbonate Packaging to Food Simulants During Microwave Heating[J]. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97(8):1387—1395.
- [13] ANDREEV Y A, CHERNOV' YANTS M S. Gas Chromatographic Determination of Polychlorophenols after Derivatization with Monochloroacetic Anhydride[J]. Journal of Analytical Chemistry, 2010, 65(10):1021—1028.
- [14] AZNAR M, CANELLAS E, NER N C. Quantitative Determination of 22 Primary Aromatic Amines by Cation-exchange Solid-phase Extraction and Liquid Chromatography-mass Spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2009, 1216(27):5176—5181.
- [15] LORENZINI R, FISELIER K, BIEDERMANN M, et al. Saturated and Aromatic Mineral Oil Hydrocarbons from Paperboard Food Packaging: Estimation of Long-Term Migration from Contents in the Paperboard and Data on Boxes from the Market[J]. Food Additives & Contaminants: Part A, 2010, 27(12):1765—1774.

(上接第 165 页)

- [12] 高建昌, 郭广君, 国艳梅, 等. 平台扫描仪结合 Image J 软件测定番茄叶面积[J]. 中国蔬菜, 2011(2):73—77.
- GAO Jian-chang, GUO Guang-jun, GUO Yan-mei, et al. Measuring Plant leaf Area by Scanner and Image J Software[J]. China Vegetables, 2011(2):73—77.
- [13] 冯爱芬, 张永久. 应用 Image J 软件进行图像处理统计织物孔隙率[J]. 针织技术, 2015(1):9—11.
- FENG Ai-fen, ZHANG Yong-jiu. Application of Image J Software for Image Processing and Fabric Porosity Analyzing[J]. Fabric Technology, 2015(1):9—11.
- [14] 刘智, 王玲玲, 周卫东, 等. 用 Image J 分析水稻胚乳淀粉粒表面几何特征的方法[J]. 电子显微学报, 2011, 30(4-5):466—471.
- LIU Zhi, WANG Ling-ling, ZHOU Wei-dong, et al. The Surface of the Geometric Characteristics Analysis for Rice Endosperm Starch Granules by Using Image J[J]. Journal of Chinese Electron Microscopy Society, 2011, 30(4-5):466—471.
- [15] SHEN H, OPPENHEIMER S M, DUNAND D C, et al. Numerical Modeling of Pore Size and Distribution in Foamed Titanium[J]. Mechanics of Materials, 2006, 38(8-10):933—944.
- [16] MANDELBROT B B. The Fractal Geometry of Nature[M]. New York: W H Freeman and Company, 1982.