

丝网印刷工艺对硅藻土壁纸印刷效果的影响

李雅琳, 张健, 曲柳, 平清伟, 牛梅红, 石海强, 李娜
(大连工业大学, 大连 116034)

摘要: **目的** 研究硅藻土壁纸丝网印刷的最佳工艺条件。**方法** 以印刷压力、刮板角度和网距等3个主要影响因素为实验因素,设计正交试验。以实地密度和色差为考察指标,通过极差与方差分析3个因素对实验结果的影响。**结果** 硅藻土壁纸丝网印刷的最佳工艺条件为印刷压力0.5 MPa、刮板角度75°、网距7 mm。**结论** 用最佳工艺条件印刷的硅藻土壁纸效果良好,阶调复制曲线接近理想曲线,为实际印刷提供了现实依据。

关键词: 硅藻土壁纸; 丝网印刷; 印刷压力; 刮板角度; 网距; 正交试验

中图分类号: TS801.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)23-0143-06

Effect of Screen Printing Technology on the Printing Results of Diatomite Wallpaper

LI Ya-lin, ZHANG Jian, QU Liu, PING Qing-wei, NIU Mei-hong, SHI Hai-qiang, LI Na
(Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

ABSTRACT: Objective To study the optimal condition of screen printing of diatomite wallpaper, to in order to obtain better printing quality. **Methods** The optimal printing condition was revealed by orthogonal experiment. The printing pressure, squeegee angle and screen distance were introduced as experimental factors. The effects of these factors on the field density and color difference were discussed by range and variance analysis. **Results** The results showed that the optimal condition was printing pressure 0.5 MPa, squeegee angle 75°, screen distance 7 mm. **Conclusion** The printing effect of diatomite wallpaper printed under optimal condition was good, and its tone reproduction curve was close to the ideal curve. This study provides practical basis for actual printing.

KEY WORDS: diatomite wallpaper; screen printing; printing pressure; squeegee angle; screen distance; orthogonal experiment

随着人们生活水平的不断提高,家居装修市场对壁纸的需求量不断加大,具有特殊性能的壁纸越来越受到人们的关注,具有调湿功能的硅藻土壁纸悄然兴起。硅藻土壁纸是以硅藻土为基料涂布于壁纸原纸上制备而成的^[1]。由于硅藻土的引入,其特殊的孔隙结构特性使制备出的壁纸具有调节环境湿度^[2-3]、杀菌^[4-5]、

除臭^[6]、除甲醛^[7]和降低有毒物质^[8-9]等作用。大连工业大学课题组^[10]对此做了大量研究,并获一种硅藻土环保壁纸及其制备方法的授权专利。

目前印花壁纸主要的生产工艺有凹版印刷、柔版印刷和圆网印刷等3种,随着数码技术的发展,近年来也出现了数码喷墨印刷生产工艺^[11],生产小批量个性

收稿日期: 2014-01-11

基金项目: 国家自然科学基金(31200456); 辽宁高校优秀人才计划(LTQ2013060); 大连工业大学校内青年基金

作者简介: 李雅琳(1988—),女,山东人,大连工业大学硕士生,主攻制浆造纸清洁生产研究。

通讯作者: 张健(1981—),女,大连人,大连工业大学副教授,主要研究方向为造纸清洁生产与功能纸。

化的壁纸。但是壁纸的各种印刷工艺存在着一定的缺陷^[12],如制版工序较为复杂、制版费用高昂和生产成本高;从设计到印制出来需要的周期长,限制了壁纸的花色品种。丝网印刷有着批量大、价格便宜、制版方便、色彩鲜艳、保存期长和交货快等优点^[13],被越来越多的行业认可,应用广泛。对于硅藻土壁纸来说,与普通壁纸有所不同,其涂布量很大,大约为 $180\sim 360\text{ g/m}^2$,是一般涂布纸的10倍左右,印刷效果与普通壁纸相比可能存在差距。硅藻土壁纸因其涂布量大,在印刷过程中可能会出现墨层开裂、着墨难和印刷图案模糊等问题,因此,其印刷适印性有待进一步探讨^[14]。这里对丝印的主要工艺参数进行了优化,初步确定了印刷工艺参数,为实际印刷提供了现实依据,以提高硅藻土壁纸的推广及应用。

1 实验

1.1 设备及材料

实验设备: MAL40×50 气动绷网机、HT-5600 晒版机、KM-HB 网版烘干箱、KM-XBP6090 丝网印刷机、X-Rite 528 分光密度仪。实验材料: QK-7000A 水墨(白)、佳庭宝水性色浆、硅藻土壁纸(180 g/m^2)。

1.2 过程及步骤

1.2.1 硅藻土壁纸样品制备

按文献[10]研发工艺制备煅烧硅藻土壁纸。

1.2.2 油墨准备

印刷油墨采用水墨(白),由水性色浆进行调色。

1.2.3 印版制备

采用直接感光制版法^[15]。通过不同丝网目数下硅藻土壁纸的线宽测试图发现,随着丝网目数的增加,硅藻土壁纸印品的清晰度增强,边缘平滑度增加。当丝网目数为200目/cm时,分辨力最高,能印刷出0.35 mm的细线。

直接感光制版法是指在经过预处理的丝网上直接涂布感光液,然后进行曝光、显影的网版制版方法,其制版工艺过程见图1。

1.2.4 正交试验

丝印的影响参数多达200个,其中可变因素也有90多个,主要分为丝网本身性质、制版因素、印刷工艺

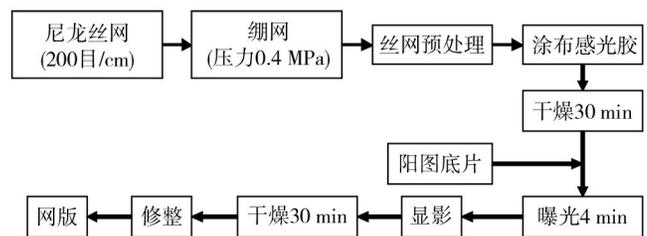


图1 直接感光制版工艺流程

Fig.1 Process flow chart of direct photographic plate making

参数、设备材料因素及环境因素等几个方面。选取印刷压力^[16]、刮板角度^[17]和网距^[18]等3个影响较大的工艺参数作为考察对象,每个因素各取3个因素水平,见表1。采用正交试验表进行实验,以实地密度和色差为考察指标,确定最佳丝网印刷工艺参数^[19]。

表1 因素水平

Tab.1 Factors and levels

试验号	印刷压力 A/MPa	刮板角度 B/(°)	网距 C/mm
1	0.3	65	6
2	0.4	75	7
3	0.5	85	8

1.2.5 印品检测

采用大红油墨、金墨、荧光油墨和水墨,分别对硅藻土壁纸进行印刷,从实地密度、墨区密度均匀性、色差和印刷光泽度等4个指标分析印品的质量,对比分析4种油墨发现,水墨最适用于硅藻土壁纸印刷。印刷油墨采用水墨(白),用水性色浆进行调色。根据正交试验方案,在煅烧硅藻土壁纸上印刷实地色块,分别得到样张,取9张效果较好的样张,采用分光密度仪测量样张的主色调实地密度和颜色空间值^[20],并以常用的胶版纸作为标准样,计算色差值^[21-22]。

采用正交试验得到最佳工艺参数,分别在煅烧硅藻土壁纸和胶版纸上印刷网点梯尺:0, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%和100%,由分光密度仪对样品检测网点面积,绘制阶调复制曲线。

2 结果与讨论

2.1 煅烧土壁纸印刷工艺条件的确定

煅烧土壁纸的试验方案及结果见表2。为了明确

各因素的显著性,提高论证的可靠性,对实地密度和色差结果进行极差分析,见表3。

表2 试验方案及结果

Tab.2 Test methods and results

试验号	试验因素			空白列	实地密度	色差
	印刷压力 A/MPa	刮板角度 B/(°)	网距 C/mm			
1	1(0.3)	1(65)	1(7)	1	0.97	10.90
2	1(0.3)	2(75)	2(8)	2	1.00	9.50
3	1(0.3)	3(85)	3(9)	3	0.41	10.40
4	2(0.4)	1(65)	2(8)	3	0.98	10.39
5	2(0.4)	2(75)	3(9)	1	0.98	10.23
6	2(0.4)	3(85)	1(7)	2	0.98	10.88
7	3(0.5)	1(65)	3(9)	2	0.99	10.05
8	3(0.5)	2(75)	1(7)	3	0.98	9.71
9	3(0.5)	3(85)	2(8)	1	0.92	8.63

从极差 R 可知,对实地密度指标影响的主次因素分别为 B (刮板角度) $>A$ (印刷压力) $>C$ (网距);对色差指标影响的主次因素为 A (印刷压力) $>C$ (网距) $>B$ (刮板角度)。

由表3可知,在对实地密度的影响中,随着刮板角度的增加,实地密度减小,即墨层厚度减小。这是由于刮板角度越大,透墨量越小,因而,实地密度随着刮板角度的增大而减小。最优解为 A_2, B_2 和 C_1 ,即印刷压力为0.4 MPa,刮板角度为 75° ,网距为6 mm。

由表3可知,在对色差指标的影响中,当印刷压力最大为0.5 MPa时,色差最小。这是由于在印刷过程中,墨层厚度的变化会引起色差的变化^[23],而当印刷压力不足时,接触面积不能充分接触,则油墨转移不充分,特别是对于表面平滑度低的纸张,转移区油墨少甚至露白,因此油墨的覆盖力差、色差大。然而,随着印刷压力在一定范围内的增加,印刷密度不断增加,

表3 极差分析

Tab.3 Range analysis table

实验因素	印刷压力A/MPa	刮板角度B/(°)	网距C/mm	印刷压力A/MPa	刮板角度B/(°)	网距C/mm	
各水平之和	K_1	2.38	2.94	2.93	30.80	31.34	31.49
	K_2	2.94	2.96	2.90	31.50	29.44	28.52
	K_3	2.89	2.31	2.38	28.39	29.91	30.68
各水平均值	\bar{K}_1	0.793	0.980	0.977	10.267	10.447	10.497
	\bar{K}_2	0.980	0.987	0.967	10.500	9.813	9.507
	\bar{K}_3	0.963	0.770	0.793	9.463	9.970	10.227
优水平	A_2	B_2	C_1	A_3	B_2	C_2	
极差 R	2.38	2.94	2.93	1.037	0.634	0.990	
主次序	B, A, C			A, C, B			

墨层厚度增加,色差减小。在实际印刷中色差越小越好,因此,优化后得到的最优解为 A_3, B_2 和 C_2 ,即印刷压力为0.5 MPa,刮板角度为 75° ,网距为7 mm。

由实地密度的极差分析发现, A_2 与 A_3, C_1 与 C_2 对实地密度的影响程度相似,因此,煨烧土壁纸印刷工艺参数的最佳方案为 A_3, B_2, C_1 ,即印刷压力为0.5 MPa,刮板角度为 75° ,网距为7 mm。

为了更进一步验证结论的可靠性,对实地密度和色差结果进行了方差分析,结果见表4—5。

观察表4—5,根据实地密度的方差分析可知,3个影响因素的主次顺序为 B, A, C 。即 B 的影响最为显著,而 A, C 有一定影响;根据色差的方差分析可知,3个影响因素的主次顺序为 A, C, B 。即 A 的影响最为

显著,而 B, C 有一定影响。

综上所述,通过实地密度和色差的极差和方差分析可知,硅藻土壁纸丝网印刷的最佳工艺参数为:印刷压力0.5 MPa,刮板角度 75° ,网距为7 mm。

2.2 煨烧硅藻土壁纸的阶调复制曲线

用正交试验确定的丝网印刷最佳工艺参数印刷煨烧硅藻土壁纸,得到的样品效果见图2。

从图2的印刷壁纸样品可以看出,印刷图案清晰、颜色鲜艳、着墨均匀,印刷效果比较理想。

阶调复制是指以原稿为基础,通过色调的分解、传递和合成过程,即将原稿的阶调复制成印刷品的阶调的全过程。阶调复制曲线即原稿图像阶调数值与

表4 实地密度方差分析
Tab.4 Variance analysis of the density

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F值	临界值	显著性
印刷压力A	0.0641	2	0.0321	0.98	$F_{0.01}(2,6)=10.92$	
刮板角度B	0.0911	2	0.0456	1.39	$F_{0.05}(2,6)=5.14$	显著
网距C	0.0638	2	0.0319	0.97	$F_{0.10}(2,6)=3.46$	
误差e	0.0689	2	0.0345			
误差e [△]	0.1968	6	0.0328			

表5 色差方差分析
Tab.5 Variance analysis of the color difference

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F值	临界值	显著性
印刷压力A	1.78	2	0.89	16.18	$F_{0.05}(2,2)=19.00$	高度显著
刮板角度B	0.66	2	0.33	6	$F_{0.10}(2,2)=9.00$	
网距C	1.57	2	0.785	14.27		
误差e	0.11	2	0.055			

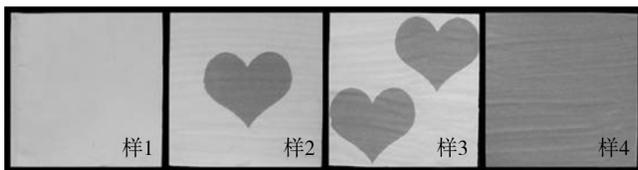


图2 煅烧硅藻土壁纸样品

Fig.2 Samples of calcined diatomite wallpaper

印刷品阶调数值之间的对应关系曲线,用来评价印品的质量。理想的阶调复制曲线是过原点斜率为1的直线。理想曲线和胶版纸、煅烧土壁纸的阶调复制曲线见图3。

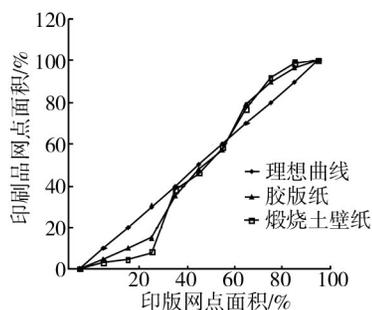


图3 阶调复制曲线

Fig.3 Curve of tone reproduction

从图3中可以看出,煅烧土壁纸和胶版纸的阶调复制曲线呈“S”形^[24],没有明显波动,整体在曲线附近。在亮调和暗调部分,煅烧土壁纸的阶调再现性稍稍差于胶版纸,可能会出现网点印迹不全。而在网点

面积40%~60%处,煅烧土壁纸的阶调再现性强,接近理想曲线。结果表明,在上述最佳工艺条件下,煅烧土壁纸印品的重复精度较好,网点扩大较小,印刷品质量好。

3 结语

通过极差分析可以看出,各因素对实地密度和色差的影响是有主次的。对于实地密度来说,刮板角度对其影响最大。对于印品的复制,合理的刮板角度是正确印刷的基础。对于色差来说,印刷压力对色差的影响最大,色差是衡量印品质量的基本要求,可见选择合适的印刷压力是非常必要的。通过方差分析可知,虽然刮板角度对实地密度的影响最大,但是影响并不显著,而印刷压力对色差的影响呈显著性。综合考量,在实际的印刷生产过程中,应首要考虑印刷压力。

通过正交试验可以看出,采用丝网印刷对煅烧硅藻土壁纸进行印刷时,最佳的印刷工艺条件为:印刷压力0.5 MPa,刮板角度75°,网距7 mm。

研究发现,丝网印刷技术适用于特种纸煅烧土壁纸的印刷,阶调再现性较好,能够再现比较宽的阶调范围。与常用纸相比,能够达到胶版纸的印刷效果。影响丝网印刷的因素较多,这里只是考虑了其中的3个主要影响因素,下一步的工作可扩大因素水平,如

丝网目数、丝径等,对各参数的影响进行研究,进一步提高壁纸的阶调再现性,扩大阶调的范围。

参考文献:

- [1] 吴海洋. 新型壁纸用硅藻土壁纸涂料的制备[D]. 大连:大连工业大学,2012.
WU Hai-yang. The Preparation of New Wallpaper with Diatomite Wallpaper Coating[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2012.
- [2] 田福祯,孙晓强,李波. 调湿材料的研究及应用[J]. 新材料产业,2010(1):54—57.
TIAN Fu-zhen, SUN Xiao-qiang, LI Bo. Research and Application of Humidity Material[J]. Advanced Materials Industry, 2010(1):54—57.
- [3] 刘成楼,唐国军. 调温调湿抗菌内墙涂料的研制[J]. 现代涂料与涂装,2012,15(4):6—9.
LIU Cheng-lou, TANG Guo-jun. Study on Preparation of Adjustment of Temperature and Humidity Antibacterial Interior Wall Coatings[J]. Modern Paint and Finishing, 2012, 15(4):6—9.
- [4] 曲靖. 载银硅藻土抗菌材料的制备及其抗菌性能研究[J]. 化工新型材料,2011,39(8):57—59.
QU Jing. Preparation of Silver-supporting Diatomite and Its Antibacterial Property[J]. New Chemical Material, 2011, 39(8):57—59.
- [5] 陈晶. 硅藻土的分离及其负载氧化铁后光催化抗菌性能研究[J]. 金属功能材料,2012,19(3):32—35.
CHEN Jing. Separation of Diatomite and Photocatalytic Bactericidal Property of Diatomite Loaded with Fe_2O_3 [J]. Metallic Functional Materials, 2012, 19(3):32—35.
- [6] 刘秉钺. 硅藻土用作除臭纸的研究[J]. 上海造纸,2008,39(1):36—40.
LIU Bing-yue. Application of Diatomaceous Earth to Deodorized Paper[J]. Shanghai Paper Making, 2008, 39(1):36—40.
- [7] 王饶,郑水林. 酸浸和焙烧对硅藻土吸附甲醛性能的影响研究[J]. 非金属矿,2011,34(6):72—74.
WANG Jiao, ZHENG Shui-lin. The Influence of Acid-treating and Calcination on Adsorption Properties to Formaldehyde of Diatomite[J]. Non-Metallic Mines, 2011, 34(6):72—74.
- [8] MAJEDA A, KHRAISHEH M. Remediation of Wastewater Containing Heavy Metals Using Raw and Modified Diatomite[J]. Chemical Engineering Journal, 2004, 99(2):177—184.
- [9] WU Chun-de. Enhanced Coagulation for Treating Slightly Polluted Algae-containing Surface Water Combining Poly-aluminum Chloride (PAC) with Diatomite[J]. Desalination, 2011, 279(1):140—145.
- [10] 大连工业大学. 一种硅藻土环保壁纸及制备方法:中国, CN102277794A [P].
Dalian Polytechnic University. An Environmental Diatomite Wallpaper and Preparation Methods: China, CN102277794A [P].
- [11] KAZLAUCIUNAS A. Photorealistic Ink-jet Digital Printing-factors Influencing Image Quality, Image Stability and Print Durability[J]. Cloration Technology, 2010, 126(6):315—324.
- [12] 樊俊耀. 喷墨打印造就个性化壁纸[J]. 业界头条,2009(8):35.
FAN Jun-yao. To Realize Personalized Wallpaper by Inkjet Printing[J]. Industry Headlines, 2009(8):35.
- [13] TAKADA N. Large-size UV Screen Printing and Expression Technology of Signage[J]. Journal of Printing Science and Technology, 2010, 47(3):144—152.
- [14] 原亚男. 纸浆模塑制品印刷适性分析[J]. 包装工程,2012,33(23):20—24.
YUAN Ya-nan. Printability Analysis on Molded Pulp Products [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23):20—24.
- [15] 智川,徐文才,智文广,等. 包装印刷[M]. 北京:印刷工业出版社,2006.
ZHI Chuan, XU Wen-cai, ZHI Wen-guang, et al. Packaging and Printing[M]. Beijing:Printing Industry Press, 2006.
- [16] 侯和平,张海燕,赵庆海. 印刷压力与油墨转移特性的实验研究[J]. 包装工程,2008,29(12):115—116.
HOU He-ping, ZHANG Hai-yan, ZHAO Qing-hai. Experimental Study on the Printing Pressure and Ink Transfer Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12):115—116.
- [17] 孔凡美,钱军浩,陈默. 丝网中的刮墨刀[J]. 包装工程,2008,29(5):195—197.
KONG Fan-mei, QIAN Jun-hao, CHEN Mo. Doctor Blade in Screen Printing[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(5):195—197.
- [18] 裴桂范. 网距-网印质量控制的关键[J]. 丝网印刷,2003(4):14.
PEI Gui-Fan. Off-contact Distance-the Key to Screen Printing Quality[J]. Screen Printing, 2003(4):14.
- [19] 张春玉,李飞. 丝印参数的正交实验分析[J]. 包装工程,2008,29(8):50.
ZHANG Yu-chun, LI Fei. Analysis of the Screen-printing Parameters by Orthogonal Experiment[J]. Packaging Engi-

- neering, 2008, 29(8):50.
- [20] 郑元林. 印刷品质质量检测与控制技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
ZHENG Yuan-lin. Testing and Control Technology of Print Quality[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010
- [21] 韩春阳, 孙炳新, 张佰清. 单色线条调原稿丝印质量影响因素的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(6):55—57.
HAN Chun-yang, SUN Bing-xin, ZHANG Bai-qing. Research on Influencing Factors of Screen Printing Quality of Homochromous Line Manuscript[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6):55—57.
- [22] SHEN Shi-zhe, BERNIS R S. Color-difference Ellipsoids for Five CIE Colour Centres[J]. Color Research & Application, 1986, 11(3):185—195.
- [23] 吕备战. 浅析影响印刷品色差的主要因素[J]. 印刷技术, 2004(34):64.
LYU Bei-zhan. Analysis of the Main Factors Affecting the Color Difference of the Print[J]. Printing Technology, 2004(34):64.
- [24] 叶义成. 丝网印刷工艺参数分析与研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
YE Yi-cheng. Research and Analyses the Technologic Parameters of Screen Printing[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007.

(上接第 119 页)

2205.
LIN Sen, YUAN Wei-qi, WU Wei, et al. Blurred Palmprint Recognition Based on DCT and Block Energy of Principal Lines[J]. Optoelectronics · Laser, 2012, 23(11):2201—2205.
- [20] 马建设, 任振波, 苏萍, 等. 多重全息水印技术[J]. 光学精密工程, 2013, 21(8):2112—2114.
MA Jian-she, REN Zhen-bo, SU Ping, et al. Multiple Water-marking Technique Based on Computer Generated Hologram [J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(8):2112—2114.
- [21] 王晷, 肖斌, 马建峰. 基于 Radon 和解析 Fourier-Mellin 变换的尺度与旋转不变目标识别算法[J]. 中国图像图形学报, 2008, 13(11):2159—2160.
WANG Xuan, XIAO Bin, MA Jian-feng. Scaling and Rotation Invariant Analysis Approach to Object Recognition Based on Radon and Analytic Fourier-mellin Transforms[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(11):2159—2160.
- [22] 吴丽丽, 余春艳. 基于 Sobel 算子和 Radon 变换的车牌倾斜校正方法[J]. 计算机应用, 2013, 33(S1):220—222.
WU Li-li, YU Chun-yan. Tilt Correction Method of License Plate Based on Sobel Operator and Radon Transform[J]. Journal of Computer Applications, 2013, 33(S1):220—222.
- [23] 靳鑫, 蒋刚毅, 陈芬, 等. 基于结构相似度的自适应图像质量评价[J]. 光电子·激光, 2014, 25(2):379—383.
JIN Xin, JIANG Gang-yi, CHEN Fen, et al. Adaptive Image Quality Assessment Method Based on Structural Similarity[J]. Optoelectronics · Laser, 2014, 25(2):379—383.
- [24] 范媛媛, 沈湘衡, 桑英军, 等. 基于对比度敏感度的无参考图像清晰度评价[J]. 光学精密工程, 2011, 19(10):2486—2492.
FAN Yuan-yuan, SHEN Xiang-heng, SANG Ying-jun, et al. No Reference Image Sharpness Assessment Based on Contrast Sensitivity[J]. Optics and Precision Engineering, 2011, 19(10):2486—2492.
- [25] 王正友, 李振兴, 林维斯, 等. 结合 HVS 和相似特征的图像质量评估方法[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(7):1607—1610.
WANG Zheng-you, LI Zhen-xing, LIN Wei-si, et al. Improved Image Quality Assessment Model Incorporating HVS and FSIM[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2012, 33(7):1607—1610.

(上接第 137 页)

- Radial Basis Function Neural Network Based on Color Space [J]. China Printing and Packaging Research, 2010(11):48—51.
- [13] SIMONENKO S, BAYONA V, KINDELAN M. Optimal Shape Parameter for the Solution of Elastostatic Problems with the RBF Method[J]. Journal of Engineering Mathematics, 2014, 85(1):115—129.
- [14] AKBILGIC O, BOZDOGAN H, BALABAN M E. A Novel Hybrid RBF Neural Networks Model as a Forecaster[J]. Statistics and Computing, 2014, 24(3):365—375.
- [15] 刘容, 王强, 刘真. 基于分区的 RBF 神经网络颜色空间转换模型的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(11):85—88.
LIU Rong, WANG Qiang, LIU Zhen. Study on the Transformation Model Partition of RBF Neural Network Based on the Color Space[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11):85—88.