

## 压光对彩喷纸涂层性能及喷墨打印性能的影响

季平, 陈蕴智, 张正健, 辛纪辉, 郑金安

(天津科技大学, 天津 300222)

**摘要:** **目的** 研究压光条件变化对涂布纸涂层性能和喷墨打印性能的影响, 得出最优的压光工艺条件。 **方法** 通过改变压光的温度(50, 60, 70, 80 °C)、压力(30, 50, 70, 90 N/m)以及速度(7, 11, 15, 19 m/min), 获得不同压光整饰后的彩喷纸, 根据白度、平滑度、阶调以及色密度的测定结果, 得出相应的最佳参数。 **结果** 白度随压光温度、压力、速度的增加均呈下降趋势; 平滑度随压光温度、压力的增加均呈上升趋势, 随速度的增加逐渐下降; 阶调复制曲线的斜率随压光温度、压力的增加呈下降趋势, 在低压光压力下, 随着速度的增加曲线斜率先增大后减小; 色密度随着压光温度的增加逐渐降低, 在高压光速度下, 随着压光压力的增加色密度下降, 在低压光压力下, 随压光速度的增加色密度先增大后减小。 **结论** 得出了最优参数设置, 白度的参数(温度为70 °C, 压力为30 N/m, 速度为15 m/min); 平滑度的参数(温度为70 °C, 压力为90 N/m, 速度为11 m/min); 阶调再现性的参数(温度为70 °C, 压力为30 N/m, 速度为11 m/min); 色密度的参数(温度为60 °C, 压力为30 N/m, 速度为15 m/min)。

**关键词:** 压光; 彩喷纸; 涂层性能; 喷墨打印性能

中图分类号: TS801.43

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)01-0124-06

### Effect of Calendering on Coating Properties and Inkjet Printing Performances of Color Inkjet Paper

Ji Ping, CHEN Yun-zhi, ZHANG Zheng-jian, XIN Ji-hui, ZHENG Jin-an

(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To study the effect of calendering on coating properties and inkjet printing performances of color inkjet paper, to obtain the optimal technological conditions to guide the practical production. **Methods** Different color inkjet papers were obtained through changing the temperature(50, 60, 70, 80 °C), pressure(30, 50, 70, 90 N/m) and speed(7, 11, 15, 19 m/min) of calendering. According to the analysis results of whiteness, smoothness, tone and color density, the optimum parameters were obtained. **Results** With increasing the temperature, pressure and speed, the whiteness decreased; with increasing the temperature and pressure, the smoothness of paper increased. With increasing of the speed, the smoothness decreased; with increasing the temperature and pressure, the tone replication curve slope was declined. Under low calendering pressure, with increasing the speed, the slope of curve increased at first and then decreased; with increasing the temperature, the color density decreased. At high calendering speeds, with increasing the pressure, the color density decreased. Under low calendering pressure, with increasing the speed, the color density increased at first and then decreased. **Conclusion** The optimum parameters are as follow: whiteness (temperature, 70 °C; pressure, 30 N/m; speed, 15 m/min); smoothness (temperature, 70 °C; pressure, 90 N/m; speed, 11 m/min); tone reproduction (temperature, 70 °C; pressure, 30 N/m; speed, 11 m/min); color density (temperature, 60 °C; pressure, 30 N/m; speed, 15 m/min).

**KEY WORDS:** calendering; color inkjet paper; coating property; inkjet printing performance

彩喷纸是通过在纸张表面涂一层多孔型颜料或在涂层中形成多孔型结构,从而使纸张表面形成一层具有良好油墨接受性涂层的涂布纸<sup>[1-2]</sup>。通过压光工艺可以使涂布纸的涂层更加致密、光亮且平滑,达到理想的镜面膜层效果,因而压光整饰过程的完成质量将直接影响纸张涂层性能和喷墨打印性能。

随着科技的进步,人们对印刷质量的满意度不断提升,这对纸张的表面性能提出了更高的要求,压光技术作为提高纸张表面性能的有效手段被日益广泛采用。影响压光效果的因素很多,主要取决于压光的温度、压力、速度等,在实际应用中,可根据不同的需求,控制压光条件以达到满意的效果<sup>[3-4]</sup>。

## 1 实验

### 1.1 材料

实验材料:颜料为TYZ-507E,山西天一纳米有限公司(以下简称507E)凝胶法生产工艺,二氧化硅颜料基本性能见表1;胶粘剂为PVA-1788,聚乙烯醇,山西三维化工有限公司;分散剂为分散剂-204,深圳海川化工科技有限公司;原纸为Double A打印纸,定量为80 g/m<sup>2</sup>,白度为102.5%,不透明度为94.2%,pps粗糙度为5.51 μm,光泽度为6.2%。

表1 二氧化硅颜料特性

Tab.1 The properties of silica pigments

型号	平均粒径 /μm	比表面积 /(m <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	孔容 /(mL·g <sup>-1</sup> )	白度 /%	pH值
507E	7	252.1	1.7~1.8	≥85	5~7

### 1.2 仪器

实验仪器:电子天平,常州市宏衡电子仪器厂;MJ-SM600型砂磨多用机,山东博山博机微特电机厂;恒速搅拌器,上海申胜生物技术有限公司;电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;Sumet CU5/200多功能涂布机,Sumet-Messtechnik公司;FQ-KTD300型可调距切纸刀,四川长江造纸仪器有限公司;Sumet CA5/200实验室压光机,Sumet-Messtechnik公司;SC-100全自动色差计,北京康光光学仪器有限公司;DCP-PHY10k型电脑测控平滑度仪,四川长江造纸仪器有限公司;NOVO-GLOSS光泽度仪;Epson 4880彩色喷墨打印机,爱普生公司;X-Rite反射式密度计,美国爱色丽公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 涂料配方

该实验所用涂料的具体配方见表2。

表2 涂料配方(质量分数)

Tab.2 Coating formulations

颜料	胶粘剂	颜胶比(绝干)	总固含量/%
SiO <sub>2</sub> 25%	PVA 30%	70:30	25

### 1.3.2 颜料的分散

将蒸馏水和分散剂一起加入高速搅拌机中搅拌10 min,使分散剂在水中分散均匀。再将二氧化硅缓慢地加入到正在搅拌的蒸馏水中,待颜料完全润湿后提高搅拌速度,搅拌50 min,使颜料在水中充分分散<sup>[5]</sup>。

### 1.3.3 胶粘剂的制备

将聚乙烯醇粉末缓慢加入到25℃左右的蒸馏水中,搅拌15~20 min,待聚乙烯醇完全润胀后放入水浴中逐渐升温至96℃(升温的同时一直搅拌),保温30~40 min,直至溶液均一透明<sup>[6-7]</sup>。

### 1.3.4 涂料的配置

将制备好的颜料和胶粘剂倒入搅拌容器中混合,以2500 r/min的速度搅拌至少1 h,至涂料成为均匀的分散体系。若涂料中有气泡,可在搅拌时加入一些消泡剂。

### 1.3.5 涂布

将搅拌均匀的涂料倒入涂布机的涂料槽中,以辊子放入转动时不会溢出为准,并在涂布过程中随时添加涂料。涂布机使用40号计量棒,将涂布辊线压力设为250 N/m,计量棒线压力设为50 N/m,涂布速度设为10 m/min,干燥温度设为100℃,干燥时间设为1 min<sup>[8-10]</sup>。

待涂布好的纸张阴干至完全干燥后,用裁纸刀将纸张裁切成标准尺寸B5(长257 mm,宽182 mm)等待压光。

### 1.3.6 压光

将涂布之后的纸张进行分组,每组使用不同的参数进行压光,即分别改变压光温度( $t$ 为50,60,70,80℃),压光压力( $p$ 为30,50,70,90 N/m),压光速度( $v$ 为7,11,15,19 m/min)3个参数<sup>[11-12]</sup>。

## 2 结果与讨论

对涂布和压光后的纸张进行涂层性能和喷墨打

印性能测定,前者主要包括白度和平滑度,后者主要包括阶调再现性和色块实地密度<sup>[13-14]</sup>。

### 2.1 压光条件对彩喷纸涂层性能的影响

#### 2.1.1 白度数据分析

在压力为 30 N/m、不同压光速度条件下,压光温度对于纸张白度的影响见图 1。从图 1 可以看出,纸张白度随压光温度的增加略有下降,其原因在于压光温度上升后,纸张涂层中颜料和胶粘剂会产生不同程度返黄,使得纸张白度有所降低。

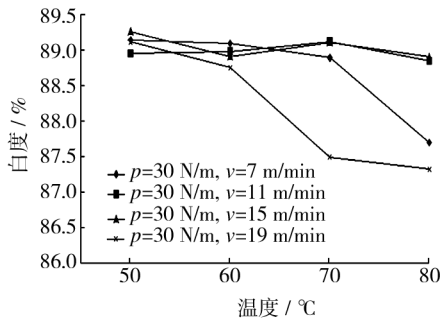


图 1 温度和白度的关系

Fig. 1 The relationship between temperature and whiteness

在压光温度为 50 °C、不同压光速度条件下,压光压力对纸张白度的影响见图 2。从图 2 中可以看出,当压光速度适中时,白度随压光压力的增大逐渐降低。当压光速度较低时,纸张白度随着压光压力的增加,下降较为明显,这是由于速度较低时,纸张受压和受热的时间长,使纸张泛黄,压力过大时会导致纸张表面局部压溃,出现蓝色压痕,致使白度降低。当压光速度较高时,压光速度快,压光时间短,在较低压力作用下,纸张平滑度未能得到有效提高,导致纸张内部纤维孔隙减少,反射能力减弱,白度下降。随着压

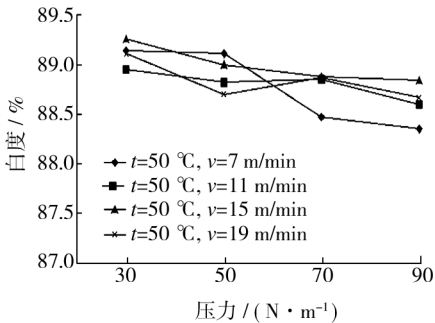


图 2 压力和白度的关系

Fig. 2 The relationship between pressure and whiteness

力继续增大,白度有所上升,其原因在于压力增大使纸张涂层排列更加致密均匀,平滑度增加,对光的反射率增加,使得纸张白度增加<sup>[15]</sup>。

在压光温度为 70 °C、不同压光压力条件下,压光速度对于纸张白度的影响见图 3。从图 3 可以看出,在适中的压力作用下,纸张白度随压光速度的增加逐渐下降,原因是随着压光速度的增大,纸张承压时间变短,白度下降。

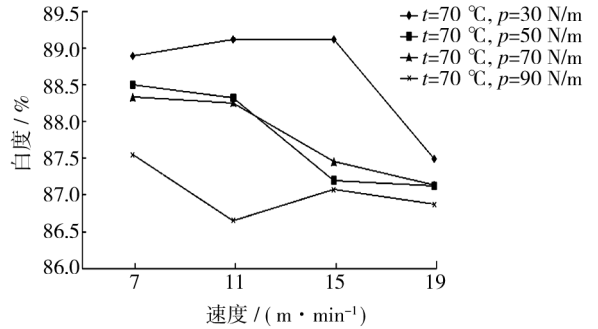


图 3 速度和白度的关系

Fig. 3 The relationship between speed and whiteness

基于上述分析,当压光条件为  $t=70\text{ °C}$ ,  $p=30\text{ N/m}$ ,  $v=15\text{ m/min}$  时,纸张白度最大。

#### 2.1.2 平滑度数据分析

在压力为 50 N/m、不同压光速度条件下,压光温度对于纸张平滑度的影响见图 4。从图 4 可以看出,随着压光温度的增加,纸张平滑度不断上升。其原因是压光温度升高,逐渐接近纸张涂层中胶粘剂的玻璃态转化温度时,胶粘剂将涂层表面的孔隙填平,平滑度增大。

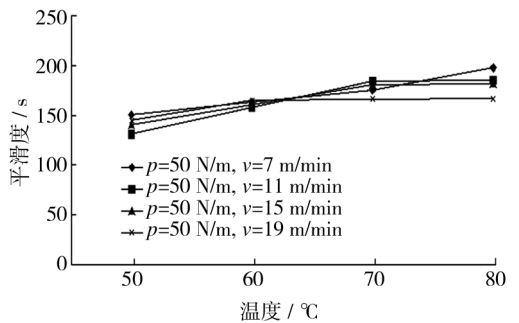


图 4 温度和平滑度的关系

Fig. 4 The relationship between temperature and smoothness

在压光温度为 70 °C、不同压光速度条件下,压光压力对纸张平滑度的影响见图 5。从图 5 中可以看出,纸张平滑度随压光压力的增加上升较为明显,其

原因在于压力增大,使纸张涂层排列更加致密均匀,表面更加平整,平滑度上升。

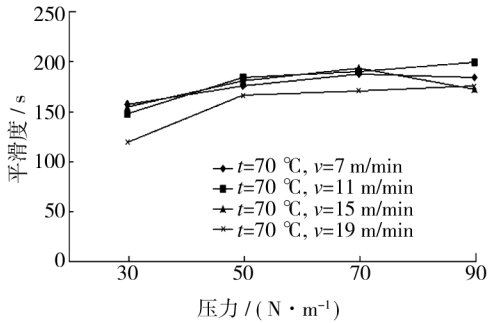


图 5 压力和平滑度的关系

Fig. 5 The relationship between pressure and smoothness

在压光温度为 60 °C、不同压光压力条件下,压光速度对于纸张平滑度的影响见图 6。从图 6 可以看出,纸张平滑度随压光速度的增加略微下降,特别是在压光压力较小时下降趋势较为明显,主要是由于在较低的压光压力作用下,压光速度变快,纸张承压时间变短,平滑度降低。

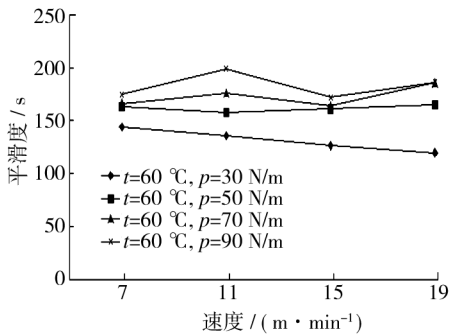


图 6 速度和平滑度的关系

Fig. 6 The relationship between speed and smoothness

基于上述分析,当压光条件为  $t=70\text{ °C}$ ,  $p=90\text{ N/m}$ ,  $v=11\text{ m/min}$  时,纸张平滑度最大。

## 2.2 压光条件对彩喷纸打印性能的影响

### 2.2.1 阶调数据分析

为了更直观地反映各个颜色阶调复制的特性,需要计算各自阶调复制曲线的平均斜率,由此说明阶调再现的质量,斜率越大其阶调再现范围越大,选取实验得到黑色的阶调特性作为研究对象。

在压力为 30 N/m、不同压光速度条件下,压光温度对于阶调曲线斜率的影响见图 7。从图 7 可以看出,阶调曲线斜率随压光温度的增加逐渐降低,原因

是温度升高,逐渐接近纸张涂层中胶粘剂的玻璃态转化温度,胶粘剂将涂层表面的孔隙填平,降低了涂层对墨的吸收能力,影响阶调再现效果。

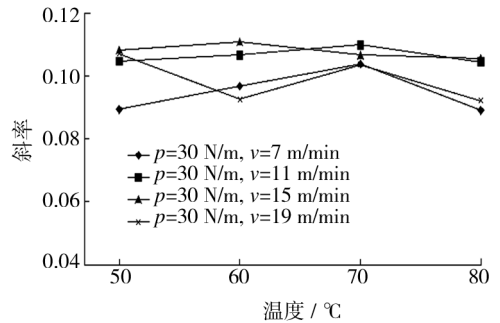


图 7 温度和斜率的关系

Fig. 7 The relationship between temperature and slope of curve

在压光温度为 50 °C、不同压光速度条件下,压光压力对阶调曲线斜率的影响见图 8。从图 8 中可以看出,阶调曲线斜率随压光压力的增加逐渐下降,因为随着压光压力的增加,纸张纤维孔隙率降低,毛细管作用下降,对油墨的吸收能力下降,导致印品的阶调再现质量变差。

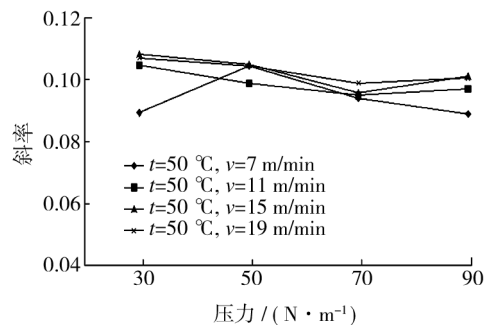


图 8 压力和斜率的关系

Fig. 8 The relationship between pressure and slope of curve

在压光温度为 70 °C、不同压光压力条件下,压光速度对于阶调再现效果的影响见图 9。从图 9 可以看出,在低压光压力下,阶调曲线斜率随速度的增加先增大后减小。原因是随着压光速度的增加,纸张承压时间变短,纸张纤维孔隙变小,涂层对油墨的吸收能力增强,所以阶调曲线斜率增大,随着速度继续增大,纸张承压时间更短,纸张纤维孔隙率降低,对油墨的吸收能力反而降低,由此,阶调曲线斜率也随之降低<sup>[16]</sup>。

综上所述,当压光条件为  $t=70\text{ °C}$ ,  $p=30\text{ N/m}$ ,  $v=11\text{ m/min}$  时,斜率最大,阶调再现效果最好。



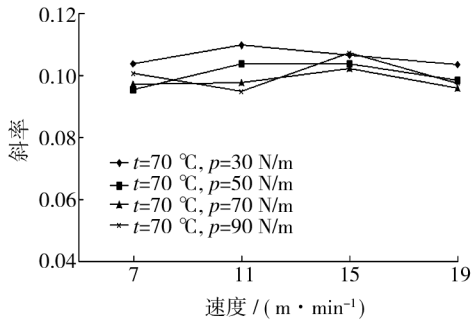


图9 速度和斜率的关系

Fig. 9 The relationship between speed and slope of curve

### 2.2.2 色密度数据分析

色密度作为检验纸张表面墨量的定量参数,可以表明纸张表面对油墨的吸附能力,一般而言,色密度越大说明纸张吸墨能力越强。选取黑色100%阶调处的色密度值作为实验标本,进行相关分析。

在压力为30 N/m、不同压光速度条件下,压光速度对于色密度的影响见图10。从图10可以看出,色密度随压光温度的增加逐渐降低,原因是温度升高,逐渐接近纸张涂层中胶粘剂的玻璃态转化温度,胶粘剂将涂层表面的孔隙填平,降低了涂层对墨的吸收能力,色密度降低。

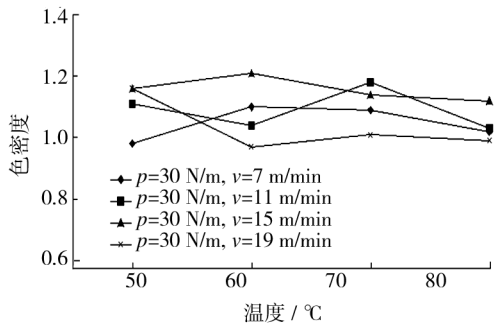


图10 温度和色密度的关系

Fig. 10 The relationship between temperature and color density

在压光温度为50 °C、不同压光速度条件下,压光压力对色密度的影响见图11。从图11中可以看出,在较高压光速度下,色密度随压光压力的增加而下降;在低压光速度下,色密度随压光压力的增加先增大后减小。原因是速度较高时,纸张承压时间短,随着压光压力的增加,纸张纤维孔隙率降低,对油墨的吸收能力下降,因而色密度降低;速度较低时,纸张承压时间长,随着压力的增大,纸张纤维孔隙变小,毛细管吸力增强,因而色密度增加,随着压力的继续增大,孔隙率降低,对油墨的吸收能力开始下降,色密度降

低<sup>[17]</sup>。

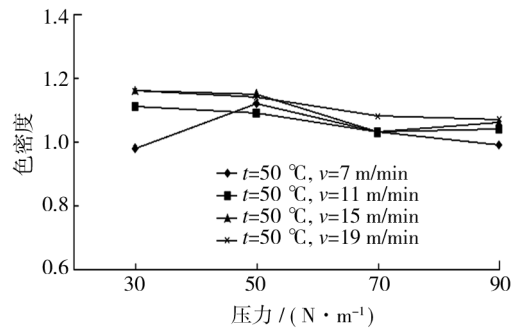


图11 压力和色密度的关系

Fig. 11 The relationship between pressure and color density

在压光温度为70 °C、不同压光压力条件下,压光速度对于色密度的影响见图12。从图12可以看出,压力较低时,色密度随压光速度的增加先增大后减小。原因是随着压光速度的增加,纸张承压时间变短,纸张纤维孔隙变小,涂层对油墨的吸收能力增强,色密度增大,随着速度的继续增大,纸张承压时间更短,纸张纤维孔隙率降低,对油墨的吸收能力反而降低,因此色密度反而减小。

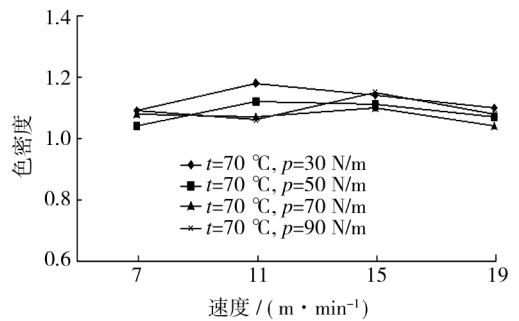


图12 速度和色密度的关系

Fig. 12 The relationship between speed and color density

综上所述,当压光条件为 $t=60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $p=30\text{ N/m}$ 、 $v=15\text{ m/min}$ 时,色密度最大。

## 3 结语

1) 白度随压光温度、压力、速度的增加均呈下降趋势,由此得出白度的最优参数是温度为70 °C,压力为30 N/m,速度为15 m/min。

2) 平滑度随压光温度、压力的增加均呈上升趋势,随速度的增加逐渐下降,由此得出平滑度的最优参数是温度为70 °C,压力为90 N/m,速度为11 m/min。

3) 阶调复制曲线的斜率随压光温度、压力的增加呈下降趋势,在低压光压力下,随速度的增加曲线斜率先增大后减小,由此得出阶调再现性的最优参数是温度为70℃,压力为30 N/m,速度为11 m/min。

4) 色密度随压光温度的增加逐渐降低,在高压光速度下,色密度随压光压力的增加而下降,在低压光压力下,色密度随压光速度的增加先增大后减小,由此得出色密度的最优参数是温度为60℃,压力为30 N/m,速度为15 m/min。

#### 参考文献:

- [1] 李向华,颜进华. 彩色喷墨打印纸涂料配方与涂层性能研究[J]. 湖南造纸,2007(1):5—6.  
LI Xiang-hua, YAN Jin-hua. Research on the Coatings Formulation for Color Ink Jet and Its Performances[J]. Hunan Papermaking, 2007(1):5—6.
- [2] DORRIS G M, GRAY D G. XPS Investigations of Ink-jet Paper[J]. Surface and Interface Analysis, 2007, 39(11):845—851.
- [3] VERNHES P, BLOCH J, BLAYO A. Effect of Calendering on Paper Surface Micro-structure: A Multi-scale Analysis [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2009(1):5204—5210.
- [4] 李志健. 印刷纸张表面整饰加工技术研究进展[J]. 中国印刷与包装研究, 2012(4):1—8.  
LI Zhi-jian. Research Progress of Paper Surface Finishing Technology[J]. China Printing and Packaging Study, 2012(4):1—8.
- [5] 宋晓明,陈蕴智. 颜料分散效果影响因素的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(12):72—74.  
SONG Xiao-ming, CHEN Yun-zhi. Study on the Influence of Different Parameters on Pigment Dispersion Effect [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12):72—74.
- [6] 陈蕴智,郭丽娜. 胶粘剂用量与彩喷纸性能关系的探究[J]. 包装工程, 2010, 31(1):102—104.  
CHEN Yun-zhi, GUO Li-na. Influence of Binder Dosage on Performance of Coated Paper [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1):102—104.
- [7] 刘焯,陈蕴智. 不同PVA对涂布彩色喷墨打印性能的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(1):37—39.  
LIU Ye, CHEN Yun-zhi. Influence of Pigments and Binders on the Ink-jet Printing Performances of Coated Paper [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1):37—39.
- [8] WANG S, IHALAINEN P. The Effect of Base Paper and Coating Method on the Surface Roughness of Pigment Coatings [J]. Journal of Dispersion Science and Technology, 2009, 30(6):961—968.
- [9] WYGANT R W, PRUETT R J, CHEN C Y. A Review of Techniques for Characterizing Paper Coating Surfaces, Structures and Printability [R]. Georgia: ECC International Technology Center, 2005.
- [10] 秦睿睿,许文才,陈邦设,等. 涂布技术研究进展[J]. 包装工程, 2012, 33(3):132—136.  
QIN Rui-rui, XU Wen-cai, CHEN Bang, et al. Progress of Coating Technology [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3):132—136.
- [11] HAWKING J. Effect of Calendering on Paper Surface Properties [J]. Applied Surface Science, 2010(11):6923—6927.
- [12] 胡志斌,杨立宏. 压光技术在涂布加工纸中的应用[J]. 上海造纸, 2001(3):34—35.  
HU Zhi-bin, YANG Li-hong. Calender Technology in the Application of the Coated Paper [J]. Shanghai Paper Making, 2001(2):34—35.
- [13] 石利琴. 影响喷墨印刷质量的关键因素分析[J]. 包装工程, 2005, 26(4):45—47.  
SHI Li-qin. Analysis of the Key Factors Influencing on the Ink-jet Printing Quality [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(4):45—47.
- [14] 李雪,陈蕴智. 基于灰技术的高光彩喷纸打印质量综合评价[J]. 包装工程, 2009, 30(12):30—33.  
LI Xue, CHEN Yun-zhi. Synthetic Evaluation of Glossy Inkjet Paper's Printing Quality Based on Gray Technology [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12):30—33.
- [15] 张晓磊,别志兵. 影响软压光的参数及相互关系[J]. 造纸科学与技术, 2009, 28(6):147—149.  
ZHANG Xiao-lei, BIE Zhi-bing. Affecting Factors and Their Interrelation of Soft-calendering [J]. Paper Science & Technology, 2009, 28(6):147—149.
- [16] 张晓磊. 压光温度、线压力及车速在软压光整饰过程中所起的作用[J]. 中国造纸学报, 2005(S1):284—287.  
ZHANG Xiao-lei. The Effect of Calendering Temperature, Pressure and Speed to Calender Finishing [J]. Journal of China Had Known, 2005(S1):284—287.
- [17] 殷学风,林涛. 软压光对纸张质量影响的研究[J]. 西南造纸, 2004, 33(4):8—9.  
YIN Xue-feng, LIN Tao. Research on the Effects of Soft Calender for Paper Quality [J]. Southwest Paper, 2004, 33(4):8—9.