

多层涂布制备石头纸基相纸的研究

孙艺, 张正健

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要:目的 研制吸墨性优良的多层涂布石头纸基喷墨打印相纸。方法 文中采用表面改性技术改进石头纸基相纸表面结构并通过主观与客观对比评价不同涂层结构的改进效果的方法,研究强吸墨性的石头纸基喷墨打印相纸的造纸工艺。结果 其配方如下:底层, $m(\text{PCC}):m(\text{白乳胶})$ 为100:12;中层, $m(\text{沉淀二氧化硅}):m(\text{胶体二氧化硅}):m(\text{白乳胶}):m(\text{PVA-1799})$ 为70:30:10:10;面层, $m(\text{胶体二氧化硅}):m(\text{纳米三氧化二铝}):m(\text{PVA-1799})$ 为80:20:20。涂布量为 15 g/m^2 ,经压光工艺处理后的石头纸较石头纸原纸白度提高了6.9%,光泽度提高了151.1%,平滑度提高了976.9%,K色色密度提高了47.4%;较市售的 260 g/m^2 高光相纸平滑度提高了1650%,K色色密度提高了14.3%。结论 三层涂布配方效果最佳。

关键词: 石头纸; 涂层; 相纸; 喷墨打印

中图分类号: TS853+.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)07-0151-06

Manufacture of Photographic Paper Based on Multilayer Coated Rich Mineral Paper

SUN Yi, ZHANG Zheng-jian

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

ABSTRACT: This experiment aimed to develop a kind of photographic paper with excellent ink absorbency based on multilayer coated rich mineral paper. Surface modification technology was used to modify the surface structure of the photographic paper based on coated rich mineral paper and the methods for modification of different layer structures were subjectively and objectively compared and evaluated to research the paper making process of photographic paper with excellent ink absorbency based on coated rich mineral paper. The formula was as follows: bottom layer was PCC/white latex=100:12; mid-layer was precipitated silica/colloidal silica/white latex/PVA-1799=70:30:10:10; top layer was colloidal silica/nano aluminum oxide/PVA-1799=80:20:20. The coating amount was 15 g/m^2 . After the process, compared with base paper, the brightness of the coated rich mineral paper was increased by 6.9%, glossiness was raised by 151.1%, smoothness was improved by 976.9%, color density (K) was increased by 47.4%. Compared with the commercial 260 g/m^2 high glossy photo paper, the smoothness was improved by 1650%, color density (K) was increased by 14.3%. The relevant data test showed the overall performance and print quality of triple coating was the best.

KEY WORDS: rich mineral paper; coating; photographic paper; ink-jet printing

彩色打印越来越普及,相纸需求量越来越大。然而,现有彩色喷墨打印相纸的纸基一般都是纸质的,这样传统的相纸造纸工艺不仅消耗大量的自然资源,给我们的环境也带来了极大的影响。石头纸主要是

以碳酸钙粉为加工原料,通常占生产成分的70%~80%,其余为塑料PE或PP,二者混合通过高温造粒,然后经过压延、拉伸、流延等生产工序制成需要的纸张^[1]。石头纸系列产品具有防水、防潮、耐折、防腐、防

收稿日期: 2015-06-23

作者简介: 孙艺(1990—),男,湖南人,天津科技大学硕士生,主攻印刷材料及适性。

通讯作者: 张正健(1981—),男,天津科技大学副教授、硕士生导师,主要研究方向为印刷纸加工技术、功能油墨和特种纤维材料。

虫、防冻、阻燃、无毒等特点^[2],在建材行业、包装、印刷、餐盒、不干胶、打印喷墨等诸多领域有广阔的应用前景,是可替代传统纸张、塑料薄膜、部分片材等材料的新型环保材料^[3]。由于石头纸纸面无纤维,平整光滑,其表面碳酸钙不与墨发生化学反应,避免了喷墨打印中偏色、脱色现象的发生^[4]。表面涂布是改善纸张喷墨印刷适性的常见方式,一般采用多层涂布来制备高光相纸。涂层表面最重要的特性就是孔隙结构参数:孔径,孔隙数量以及他们形成的网络和化学类型^[5],主要用到的颜料有 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , 瓷土等,胶黏剂一般以聚乙烯醇为主,此外还需要加入各种化学助剂^[6-10]。对 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 等颜料进行改性用于喷墨印刷涂层也是常见的一种方式^[11-14]。喷墨打印对于纸张的要求与传统印刷方式不同,对纸张的白度、光泽度、平滑度等都有较高的要求。对于石头纸来说,其表面为致密的薄膜层,不具有类似于纸张表面的多孔结构,若不经表面处理,则其油墨吸收性差^[15]。文中采用多层涂布对石头纸基表面改性的技术,研究出一种吸墨性强的石头纸基喷墨打印相纸的制作方案。

1 实验

1.1 原料

颜料:胶体二氧化硅(505E),平均粒径 $5\sim 7\ \mu\text{m}$,孔容 $1.8\ \text{mL/g}$,比表面积 $236.6\ \text{m}^2/\text{g}$,白度 86% , pH 值 $5\sim 7$,山西天一纳米有限公司;沉淀二氧化硅,平均粒径 $7\ \mu\text{m}$,比表面积 $200\sim 300\ \text{m}^2/\text{g}$, pH 值 $5\sim 7$,天津市隆盈达商贸有限责任公司;纳米三氧化二铝,平均粒径 $13\ \text{nm}$,孔容 $0.8\ \text{mL/g}$,比表面积大于 $180\ \text{m}^2/\text{g}$,宣城晶瑞新材料有限公司;沉淀碳酸钙(以下简称PCC),白度 94% ,吸油量为 $5\ \text{g}/100\ \text{g}$ 。

胶粘剂:聚乙烯醇(PVA1799),醇解度为 99% ,聚合度为 1700 ,中国石化集团四川维尼纶厂;阳离子木薯淀粉,德州润德淀粉有限公司;白乳胶,固含量 24% ,天津天狗装饰化工有限公司。

助剂:分散剂,阴离子聚丙烯酸钠(HT-5040),固含量 40% ,南通市晗泰化工有限公司;阳离子聚二甲基二烯丙基氯化铵(PDADMAC),固含量 40% ,相对分子质量 $4000\sim 6000$,中山市科南精细化工有限公司;消泡剂,EL-2701水性涂料消泡剂,成分为憎水性固体、乳化剂和破泡聚硅氧烷的乳液,固含量 10% ,东莞市易立安化工科技有限公司;保水剂,羧甲基纤维素钠(CMC),济南元通化工有限公司;固色剂,PF-30,成分

PDADMAC,相对分子质量为 $50\ \text{万}$,杭州绿兴环保材料有限公司。

原纸:国产环保石头纸,厚度为 $150\ \mu\text{m}$,白度为 78% ,辽宁沈煤龙盟新型环保材料有限公司。

喷墨打印墨水:EPSON 4880C 原装8色墨水。

1.2 设备、仪器

MJ-SM600型多用砂磨机,博山博击微特电机厂;MJ-65型温控调速控制器,天津市国科电子科技有限公司;DK-98-1型电动恒温水浴锅,天津泰斯特仪器有限公司;涂布机,德国Sumet-Messtechnik实验涂布机;压光机,德国Sumet实验压光机;梅特勒PL602E便携式电子天平,上海右一仪器有限责任公司;PB203-N型电子分析天平,上海世义精密仪器有限公司;NDJ-4旋转式粘度计,上海精密科学仪器有限公司;彩色反射密度计X-Rite 418,荷兰;电脑测控平滑度仪,四川长江造纸仪器有限公司;NOVO-GLOSS20/60/75光泽仪,英国Rhpoint公司;SC-100全自动色差计,北京康光光学仪器有限公司;爱国者数码观测王GE-5,深圳市汉普检测仪器有限公司;PDA动态渗透分析仪,德国EMTEC公司。

1.2 方法

1.2.1 涂料的配制

1) 颜料的分散。先将称量好的蒸馏水和分散剂一起加入到高速搅拌机的不锈钢容器中低速搅拌 $15\ \text{min}$,使分散剂在水中很好地分散,然后加入适量的消泡剂,再将已经称量准确的颜料缓缓加入容器,待颜料完全润湿后根据需提高搅拌速度,使颜料充分在水中分散,最后过滤待用。

2) 胶粘剂的配制。熬制质量分数为 10% ,称取一定量的PVA1799,量取所需要的蒸馏水,在室温条件下充分润胀 $20\ \text{min}$,然后移至水浴锅中,缓缓升温至 $5\ \text{℃}$,以 $70\ \text{r/min}$ 搅拌 $40\ \text{min}$ 至溶液完全透明。配制完成后用多层医用纱布过滤,冷却至室温使用。阳离子淀粉的配置方法同PVA,熬制质量分数为 10% ,在其完全糊化后,在 $65\sim 70\ \text{℃}$ 保温使用。

3) 涂料的配制。根据预设的颜胶比配制涂料。混合过程中先以低速搅拌一段时间,再提高搅拌速度,使涂料成为均匀的分散体系。分散涂料过程中,因为高速搅拌会散发热量,要特别注意控制温度与室温一致。

4) 涂层配方。单层配方, $m(\text{沉淀}\ \text{SiO}_2):m(\text{PVA-1799}):m(\text{淀粉}):m(\text{CMC}):m(\text{固色剂})$ 为 $100:20:$

10:0.5:1, 涂料固含量为 14.6%; 双层配方, 底层: $m(\text{PCC}):m(\text{白乳胶})$ 为 100:12, 涂料固含量为 49.3%, 面层: $m(\text{沉淀 SiO}_2):m(\text{胶体 SiO}_2):m(\text{PVA-1799}):m(\text{白乳胶}):m(\text{CMC}):m(\text{固色剂})$ 为 70:30:10:10:0.5:1, 涂料固含量 16.4%; 三层配方, 底层: $m(\text{PCC}):m(\text{白乳胶})$ 为 100:12, 涂料固含量为 49.3%, 中层: $m(\text{沉淀 SiO}_2):m(\text{胶体 SiO}_2):m(\text{PVA-1799}):m(\text{白乳胶}):m(\text{CMC}):m(\text{固色剂})$ 为 70:30:10:10:0.5:1, 涂料固含量为 16.4%, 面层: $m(\text{胶体 SiO}_2):m(\text{纳米 Al}_2\text{O}_3):m(\text{PVA-1799}):m(\text{CMC}):m(\text{固色剂})$ 为 80:20:20:0.5:1, 涂料固含量为 16.7%。

1.2.2 涂布加工

本实验使用德国 Sumet-Messtechnik 实验涂布机进行刮刀涂布。涂布工艺条件为:涂布辊压力 30 N, 计量棒压力 2 N, 计量棒型号为 40 号, 刮刀压力 10 N, 刮刀角度 16° , 运行速度 10 m/min, 红外线干燥能量 100%, 干燥温度 70°C , 干燥时间 80 s。

1.2.3 压光

纸张完全干燥后,使用德国 Sumet-Messtechnik 实验压光机进行软压光。压光工艺条件为:线压力 20 N/mm, 温度 40°C , 运行速度 10 m/min。

1.2.4 涂布纸物理性能的检测

按照国际标准 ISO 2470, ISO 2813, ISO 5627, 分别测定纸张的白度、光泽度和平滑度等性能指标。

1.2.5 涂布纸动态渗透性检测

使用 PDA.C02 模块,以水为测试液,分析涂布纸的涂布量、表面孔隙、动态保水度等情况,为研究颜料对纸张涂层的作用提供依据。实验使用频率为 2 Hz 的超声波,测试区域为 35 mm 大孔径半径,注入高水位的测试液体,进行涂布纸的渗透性能测试。

1.2.6 涂布纸打印性能检测

纸张经涂布压光后,使用爱普生 4880C 型喷墨打印机对样张进行打印,并通过爱国者数码观测王 GE-5(60 倍镜头)和爱色丽彩色密度计对样张指定部分进行主观和客观评价^[16]。

2 结果与讨论

2.1 纸张物理性能的比较

2.1.1 白度分析

通过 SC-100 全自动色差计测试,各配方涂层的白度(测量 5 次的平均值)见图 1。

可知,经过表面处理后的石头纸,其白度均有所提升,这是因为涂层所用的颜料自身白度较高。总体

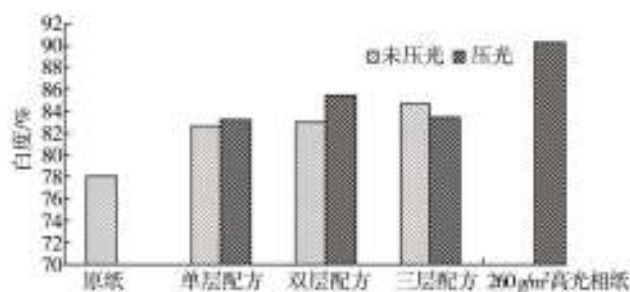


图1 各配方涂层白度比较

Fig.1 Comparison of whiteness of coatings by each formula

来说,压光后的白度值较未压光的要稍微高一些,但都不及市售的 260 g/m^2 高光相纸,这可能是由于石头纸经压光后提高了其紧度,而市售的相纸一般都通过添加荧光增白剂来提高白度,不过看久了容易引起视觉疲劳,且荧光增白剂对人体有伤害,故本次实验没有采用。从现有的实验可以看出,石头纸涂布的层数对其白度影响并不明显。

2.1.2 光泽度分析

通过 NOVO-GLOSS20/60/75 光泽仪测试,各配方涂层在 75° 下的光泽度(测量 5 次的平均值)见图 2。

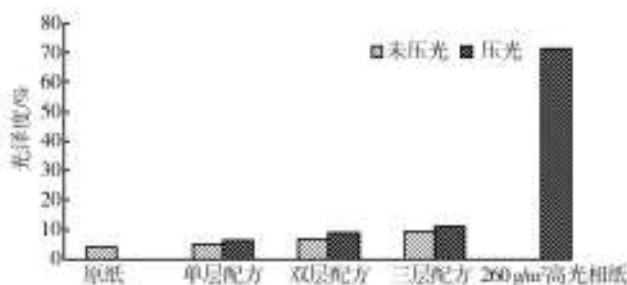


图2 各配方涂层光泽度比较

Fig.2 Comparison of gloss of coatings by each formula

可知,涂布后的石头纸光泽度均有所提升,并且压光有助于进一步改善石头纸的光泽度。这是因为石头纸经过涂布后,由于颜料自身粒径较小,均匀的涂布使其表面孔隙率减少,光泽度得到改善。涂层经过压光后表面光泽度进一步提升,这是因为涂层表面经过压光后,大大减少了表面细微的凹凸不平,而提高了光泽度^[5]。比较涂层光泽度数据发现,涂层的光泽度随着涂布层数的增加而增加,三层配方的光泽度最高,这是因为纳米级

Al_2O_3 比微米级 SiO_2 粒径更小,其形成的涂层表面镜面反射越强因而更能提高纸张的光泽度。如果涂布压光工艺得到进一步改善,其光泽度应该会更加靠近市售的高光相纸。

2.1.3 平滑度分析

通过电脑测控平滑度仪测试,各配方涂层的平滑度(测量5次的平均值)见图3。

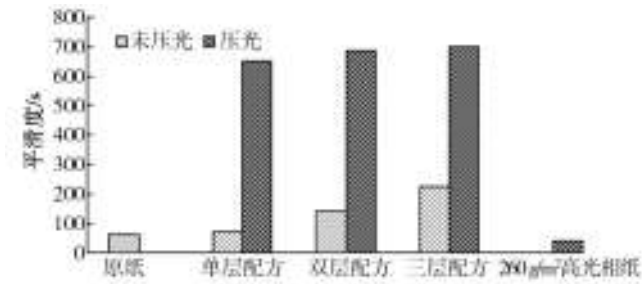


图3 各配方涂层平滑度比较

Fig.3 Comparison of smoothness of coatings by each formula

可知,涂布后的石头纸较原纸平滑度有明显提升,且压光后的涂布石头纸平滑度提高显著,这是因为压光大大减少了涂层表面细微的凹凸不平,使得涂层变得更加平整光滑。当三层涂布时,其平滑度最高,这可能是因为纳米级 Al₂O₃比刚好填补了微米级 SiO₂之间的孔隙^[8],且在这种复配条件下,孔隙最少,涂层经过压光机压光后,平滑度最佳。由于仪器测的是样品表面宏观平滑度,因此测得的市售 260 g/m²高光相纸平滑低。

2.2 涂布纸动态渗透性分析

不同种类的涂布纸与水的渗透作用见图4,单层涂布的石头纸与 260 g/m²的高光相纸渗透性曲线呈下降的趋势,说明其表面匀度较差,造成不均匀的渗透,产生这种现象的原因是涂层表面不均匀导致水渗透到纸张内部时形成了大量的气泡,增加了超声散射,使透过的超声波信号减弱。其余种类的涂布石头纸的渗透性呈上升趋势,说明纸张表面较为均匀,平滑度高,有较小的微孔网络结构且分布均匀,利于水的均匀渗透,涂层空气被水均匀取代,超声波衰减降低,使其信号强度高于初始渗透强度。原纸较其它涂布纸的渗透性曲线斜率较大且能量较低,这是由于原纸由重质碳酸钙和 PE 构成,造粒吹膜过程中形成许多孔洞,但是由于 PE 具有强抗水能力,水很难渗透,因而其超声波信号较弱。在实际喷墨过程中,这种纸张的渗透性能会造成墨水的铺展,影响印刷光泽度和边缘清晰度。

2.3 涂布纸打印性能分析

2.3.1 主观评价

纸张的打印产品首先是一种视觉产物,其次才是

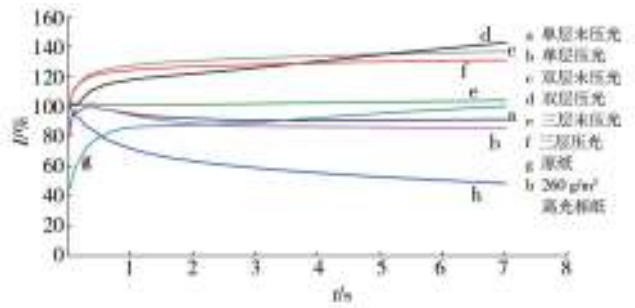


图4 涂布石头纸和水的渗透作用

Fig.4 The permeation of water in coating rich mineral paper

印刷技术产物,所以有必要对纸张的打印效果进行主观评价。实验借助爱国者数码观测王(60倍镜头),对打印样张的指定部分进行放大取图,并通过评定优、良、中、差4个等级的方式对线条、文本(6 pt, 7 pt 阳图)、墨点(1像素)进行主观评价。涂布样张相关部分经显微放大的照片见图5—7。

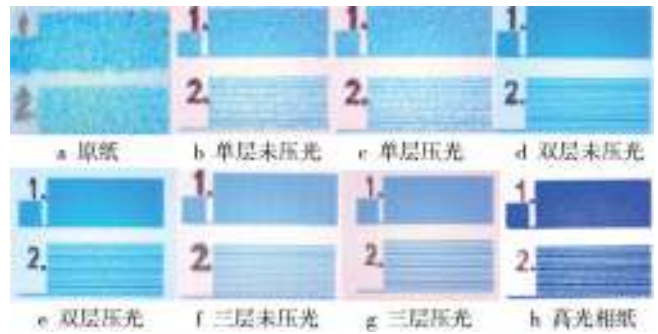


图5 线条放大

Fig.5 The microscopic pictures of lines



图6 文本(阳字)放大

Fig.6 The microscopic pictures of text

经 10 个人的评价得出最后的综合结果见表 1。三层涂布能够在多个方面使原纸具有较优的打印性能,而使用单层涂布、双层涂布,纸张打印清晰度明显不如三层涂布好。产生这种现象的原因主要有两方面,

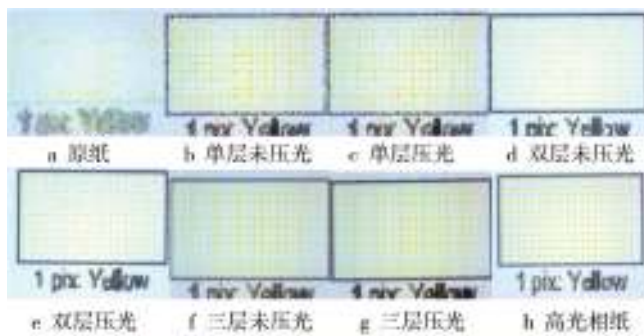


图7 墨点放大图

Fig.7 The microscopic pictures of ink

分别是颜料自身性能以及形成的涂层网络结构,这2种原因综合影响纸张涂层对油墨的接收性能,主要表现在:受涂层表面自由能的影响(主要受颜料影响),涂层表面被墨水润湿能力较差、对墨水的吸收能力较差;受涂层结构的影响,表面固着和保留均匀墨膜的能力较差。单层、双层涂布纸的打印颜色较暗,说明涂层孔隙较大,渗入到孔隙内部的墨水较多,留在表面的墨量较少,导致印刷光泽度较低。当加入第三层配方,图像清晰度得到明显改善,这说明阳离子固色剂发挥了自身的电荷作用,最终影响对墨水的接收和固色效果。

表1 打印性能的主观评价

Tab.1 The subjective evaluation of printing performance

	线条	文本(阳)	墨点
原纸	差	差	差
单层未压光	中	中	差
单层压光	中	中	差
双层未压光	良	优	中
双层压光	良	良	中
三层未压光	良	优	中
三层压光	优	优	中
260 g/m ² 高光相纸	良	良	优

2.3.2 客观评价

2.3.2.1 实地密度

实地密度是影响色彩复制的一个重要因素。实地密度在一定程度上决定了油墨墨层厚度,同时也决定了印刷品的网点扩大,以及印刷品的阶调再现。由图8可以看出,涂布可以明显改善石头纸的吸墨能力,单层涂布的涂层色密度虽然总体上不如三层涂布的涂层,但是明显好于双层涂布涂层,这是因为沉淀二氧化硅的比表面积比胶体二氧化硅大,因而其对油墨

的吸附性较好;由于纳米Al₂O₃粒径小、光泽度高,具有较高的阳离子电核,对阴离子型打印墨水固着好且着色能力强^[8],且压光使得涂层表面微孔更加致密,增强了吸墨性,因而三层涂布压光的涂层色密度最高。单层涂布的涂层C, M, Y, K色密度虽均高于市售的260 g/m²高光相纸,但其综合性能较差。

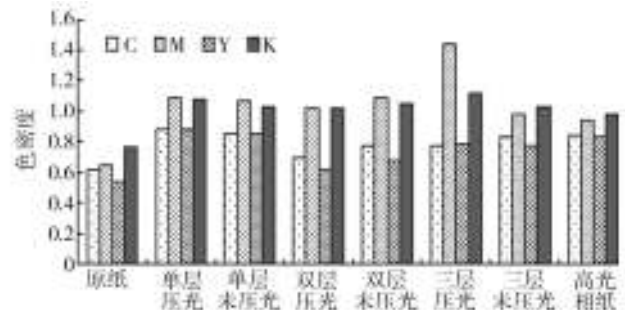


图8 各配方喷墨打样色密度

Fig.8 Comparison of color density of prints with different coatings by each formula

2.3.2.2 印刷反差

印刷反差或K值是指实地密度与暗调密度(主要指75%或80%密度)之对比。印刷反差值愈大,其所能再现的层次就愈多,暗调的细节就愈丰富;反之,印刷反差值愈小,其所能再现的层次就愈少。从图9可以看出,单层涂布的涂层印刷反差已经接近市售260 g/m²高光相纸。三层涂布压光的印刷反差最高,这说明其所能再现的层次最多,暗调细节最丰富,打印图像阶调再现最好,这也更好地证明了上面得出的结果。

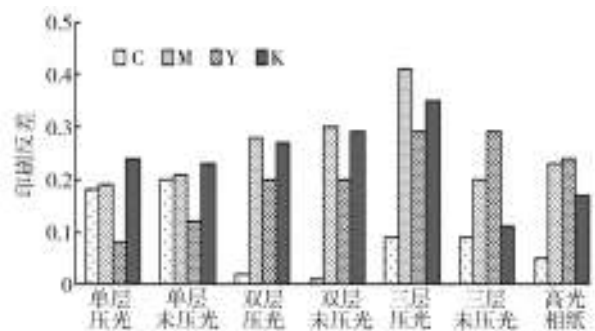


图9 各配方喷墨打样印刷反差

Fig.9 Comparison of printing contrast with different coating

3 结语

本实验各组配方涂层,对原纸的白度均有提高;三层配方的压光涂层在物理性能与打印性能方面表

现颇佳,除光泽度还需提升外,其它各项性能均优于市售的260 g/m²高光相纸。实验表明:沉淀二氧化硅比胶体二氧化硅对油墨的吸附性更好,纳米Al₂O₃能有效的提高石头纸的光泽度,但由于其高昂的成本,使用量不宜过大,因此,综合各项物理性能、色密度和印刷反差的情况,得出三层涂布制备石头纸基相纸配方如下:底层,*m*(PCC):*m*(白乳胶)为100:12(绝干质量,下同);中层,*m*(沉淀二氧化硅):*m*(胶体二氧化硅):*m*(白乳胶):*m*(PVA-1799)为70:30:10:10;面层,*m*(胶体二氧化硅):*m*(纳米三氧化二铝):*m*(PVA-1799)为80:20:20。涂布量为15 g/m²,经压光工艺处理后,石头纸的喷墨打样效果最佳。其白度为83.42%,光泽度为11.3%,平滑度为700 s,K色色密度为1.12,相较原纸白度78%,光泽度4.5%,平滑度65 s,K色色密度0.76,其白度提高了6.9%,光泽度提高了151.1%,平滑度提高了976.9%,K色色密度提高了47.4%;较市售的260 g/m²高光相纸平滑度40 s,K色色密度0.98,其平滑度提高了1650%,K色色密度提高了14.3%。

参考文献:

- [1] 孙艺,张正健,黄汝权,等. 石头纸表面涂布改善胶印印刷适性的研究[J]. 中国印刷与包装研究,2014(6):97—101.
SUN Yi, ZHANG Zheng-jian, HUANG Ru-quan, et al. Study of Offset Printability of Surface Coated Rich Mineral Paper[J]. China Printing and Packaging Study, 2014(6):97—101.
- [2] 钱俊. 石头纸的特性及其应用分析[J]. 印刷技术, 2010(15):38—39.
QIAN Jun. Analysis of Properties and Applications of Rich Mineral Paper[J]. Printing Technology, 2010(15):38—39.
- [3] 李勇峰,陈昌杰,桂宗彦,等. 合成纸的现状及其发展前景[J]. 上海塑料,2010(4):9—13.
LI Yong-feng, CHEN Chang-jie, GUI Zong-yan, et al. The Status of Synthetic Paper and Development Prospects[J]. Shanghai Plastics, 2010(4):9—13.
- [4] 刘仁庆. 关于“石头造纸”的若干问题[J]. 纸和造纸, 2010, 29(1):58—62.
LIU Ren-qing. Questions Regarding Paper Made from Limestone[J]. Paper and Paper making, 2010, 29(1):58—62.
- [5] KETTLE J, LAMMINMÄKI T, GANE P. A Review of Modified Surfaces for High Speed Inkjet Coating[J]. Surface & Coatings Technology, 2011, 204(12):2103—2109.
- [6] 崔建同. 以涂塑原纸为纸基的高光喷墨打印纸涂层性能及涂料适性的研究[D]. 济南:山东轻工业学院,2009.
- [7] 陈蕴智,宋晓明. 彩色喷墨打印纸吸收性对喷墨打印质量的影响[J]. 中国印刷与包装研究,2009,1(5):53—57.
CHEN Yun-zhi, SONG Xiao-ming. The Impact of Absorption of Paper on the Quality of Ink-Jet Printing[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 1(5):53—57.
- [8] 王莉,李晓春,朱明. 微孔型喷墨相纸制造工艺[J]. 中国造纸, 2012, 31(3):59—62.
WANG Li, LI Xiao-chun, ZHU Ming. The Manufacture Technology of Micropore Ink-jet Photo Paper[J]. China Pulp & Paper, 2012, 31(3):59—62.
- [9] 姚薇,劳菲,薛敏钊,等. RC高光喷墨打印照片纸吸墨涂层的研究[J]. 影像技术, 2009, 21(2):43—47.
YAO Wei, LAO Fei, XUE Min-zhao, et al. A Study on the Ink-receptive Coating of RC High Glossy Inkjet Photographic Paper[J]. Image Technology, 2009, 21(2):43—47.
- [10] 东继莲. 用于制备高光防水相纸的分散液的制备[J]. 影像技术, 2013, 25(6):54—56.
Dong Ji-lian. The Preparation of the Dispersion Used for Making Inkjet Printer Paper of Water Resistance and High Gloss[J]. Image Technology, 2013, 25(6):54—56.
- [11] LAMMINMÄKI T T, KETTLE J P, GANE P A C. Absorption and Adsorption of Dye-based Inkjet Inks by Coating Layer Components and the Implications for Print Quality[J]. Colloids & Surfaces A Physicochemical & Engineering Aspects, 2011, 380(1-3):79—88.
- [12] YU P C, CHEN C I, YANG R J, et al. Porous χ -Al₂O₃ Flake Powder as Dye-Fixing Materials for Inkjet Printing Paper[J]. Journal of the American Ceramic Society, 2012, 95(7):2124—2126.
- [13] WU J, LIU L, JIANG B, et al. A Coating of Silane Modified Silica Nanoparticles on PET Substrate Film for Inkjet Printing [J]. Applied Surface Science, 2012, 258(12):5131—5134.
- [14] JÄRNSTRÖM J, IHALAINEN P, BACKFOLK K, et al. Roughness of Pigment Coatings and Its Influence on Gloss[J]. Applied Surface Science, 2008, 254(18):5741—5749.
- [15] 万民兵,兰菊,龚莉,等. 涂布改性合成纸的印刷适性研究 [J]. 广东印刷, 2012(6):51—53.
WAN Min-bing, LAN Ju, GONG Li, et al. Study on Printability of Coated Synthetic Paper[J]. Guangdong Printing, 2012(6):51—53.
- [16] 朱志伟,陈广学,陈奇峰,等. 喷墨打印纸表面特性对色彩复制的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(3):109—112.
ZHU Zhi-wei, CHEN Guang-xue, CHEN Qi-feng, et al. Influence of Ink-jet Paper Surface Characteristics on Color Reproduction[J]. Packing Engineering, 2012, 33(3):109—112.