

颜料协同作用对涂布装饰原纸性能的影响

张明志, 张正健, 王满康, 黄汝权, 张启莲, 赵艳琳
(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 研究颜料协同作用对装饰原纸性能的影响, 达到改善纸张表面结构、优化其物理性能的目的。**方法** 优选阔叶木浆和针叶木浆(有效成分的绝对质量比为 4:1)混合打浆至打浆度(SR)38°, 再添加二氧化钛填料、PAM、PAE、硫酸铝等抄造装饰原纸; 以 PVA、阳离子淀粉为胶黏剂, 加以蒸馏水、颜料(TiO_2 分别与 Al_2O_3 , Clay, Al_2SiO_5 , SiO_2 协同)、分散剂、消泡剂、润滑剂、保水剂制备用于装饰纸表面用涂料, 采用涂布机和压光机对原纸进行涂布压光, 之后浸渍压板, 采用凹版进行印刷, 探究颜料复配涂布对原纸涂层结构和印刷适性作用。**结果** 颜料协同改性中添加一定的 SiO_2 颜料有助于纸张表面被有效均匀地涂覆, 并能观察到细小的颜料颗粒, 形成良好紧密涂层结构, 装饰原纸涂布含有 SiO_2 协同作用颜料后, 吸水高度提高了 135%, 平滑度提高了 130%, 干抗张强度提高了 175%, 湿抗张强度提高了 160%。印刷性能方面, 协同改性添加 SiO_2 涂料涂布装饰原纸在相对较小的涂层厚度下纸张涂层具有良好的油墨接受性, 有助于印刷油墨的吸收固着, 进而抑制网点扩大和颜色整体阶调再现范围变大。**结论** 颜料协同改性涂布添加 SiO_2 有助于改善装饰原纸的物理性能和印刷适性。

关键词: 颜料协同作用; 装饰原纸; 涂布; 涂层结构; 印刷适性

中图分类号: TB484.1; TS801.41 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)23-0151-08

Effect of Pigment Synergy on Properties of Coated Decorative Base Paper

ZHANG Ming-zhi, ZHANG Zheng-jian, WANG Man-kang, HUANG Ru-quan,
ZHANG Qi-lian, ZHAO Yan-lin
(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of pigment synergy on the decorative base paper, so as to improve the paper surface structure and optimize its physical properties. Decorative base paper was made with mixed pulp of fine hardwood and softwood (bone-dry ratio: 4:1) which was beaten to freeness of 38°. Filler of TiO_2 , PAM, PAE, aluminum sulfate and other compositions was added as well. Surface coating was prepared by the adhesives of PVA and cationic starch and added with distilled water, pigment (TiO_2 collaborated with Al_2O_3 , Clay, Al_2SiO_5 and SiO_2 respectively), dispersant, defoaming agent, lubricant and water-retaining agent. Decorative paper was coated and press polished with coating machine and calendar and then the pressing plate was dipped. Printing was conducted with the gravure to explore the effect of compound paint coating on coating structure and printability of base paper. Addition of certain SiO_2 in synergistic modification was conducive to effective and uniform coating of paper surface and small pigment particles could be

收稿日期: 2016-05-10

基金项目: 天津市高等学校国家级大学生创新创业训练计划(201510057013)

作者简介: 张明志(1991—), 男, 安徽人, 天津科技大学硕士生, 主攻印刷材料及其适印性、UV 油墨、纸张涂布。

通讯作者: 张正健(1981—), 男, 江苏人, 天津科技大学副教授、硕导, 主要研究方向为印刷纸加工技术、功能性油墨的研发、薄膜包装。

observed. In such case, good and tight coating structure was formed. After the decorative base paper was added with SiO_2 in synergic modification, the water absorption, smoothness, dry tensile strength and wet tensile strength were improved by 135%, 130%, 175% and 160% respectively. In the aspect of printability, decorative base paper coated with SiO_2 added in pigment synergistic modification showed good acceptance in relatively thinner coating, so that printing ink could be absorbed and fixed well. Moreover, dot enlargement could be controlled and the reproduction of overall tone was enlarged. Pigment synergistic modification added with SiO_2 can help to improve the physical properties and printability of decorative base paper.

KEY WORDS: pigment synergistic effect; decorative base paper; coating; coating structure; printability

国际上,装饰纸作为人造板表面装饰材料具有很广阔的市场,目前国内对装饰原纸的需求量持续增长,而优质装饰原纸大多依赖进口^[1-3]。装饰原纸广泛应用在人造板中,装饰原纸相对于PVC膜、实木木皮、涂饰等其他表面装饰材料来说具有操作工艺简单、有机挥发物总量(VOCs)释放量少、表面性能优良、花纹美观等优点^[4]。可以说人造板装饰原纸未来将有很大市场,但目前国内装饰原纸技术与质量并未达到高质量的要求,为此研究切实可行的改善装饰原纸质量的技术方法十分紧迫。至今大部分国内外研究都集中于通过完善装饰原纸抄造工艺、浸渍工艺和改善原材料等方面探索装饰原纸性能,但以上的方法大部分是基于完善和先进的设备,就这点国内大部分的装饰原纸生产厂家并不能满足要求,国内大部分厂家短期难以通过引进先进的设备来对装饰原纸进行优化^[5-9]。针对借助于改性作用改善装饰原纸性能,国内有借助于阳离子淀粉改性 TiO_2 ,应用到装饰原纸工艺中,在对遮盖力影响较小的前提下提高装饰原纸物理强度和留着效果^[10-11]。徐建峰等用采用乳液聚合法,制备一种自乳化苯乙烯丙烯酸酯(SAE)表面处理剂用于装饰原纸的表面处理,有助于改善装饰原纸的吸收特性及印刷适性^[12]。

目前对装饰原纸表面用涂料涂布涂层结构与装饰原纸的性能及印刷特性之间联系并没有进行系统性的相关研究,装饰原纸表面的颜料涂布结构很大程度上影响了装饰原纸性能及其印刷特性,为此文中优选木浆对装饰原纸抄造制备,并以颜料协同作用改性涂料对自制装饰原纸进行涂布,结合涂层结构 SEM, AFM 检测,对涂布装饰原纸吸水高度、平滑度、抗张强度及动态渗透情况定性分析,通过凹版印刷研究颜料协同改性涂料涂布后装饰原纸的印刷特性,综合研究颜料协同改性作用涂料涂布对装饰原纸性能的影响,从而为装饰原纸性能的改

善及其在人造板装饰领域的运用提供参考依据。

1 实验

1.1 材料

1) 装饰原纸原料。木浆:漂白硫酸盐针叶木浆,漂白硫酸盐阔叶木浆;填料:二氧化钛;助剂:六偏磷酸钠,聚丙烯酰胺,聚酰胺环氧氯丙烷,硫酸铝。

2) 涂料制备原料。颜料:胶体二氧化硅(SiO_2)、瓷土(Clay)、纳米氧化铝(Al_2O_3)、纳米硅酸铝(Al_2SiO_5)、二氧化钛($\text{TiO}_2(201)$);胶黏剂:聚乙烯醇(1799);助剂:聚丙烯酸钠、消泡剂、甘油、羧甲基纤维素、氢氧化钠。

3) 其他测试原料有水,凹印油墨,异丙醇。

1.2 仪器

实验仪器:槽式打浆机,9701054,瑞典 L&W 公司;打浆度测定仪,ZDJ-100,四川宜宾造纸厂;纸页成型器,法国 FDA TECHPAP 公司;磨砂分散机,CP4101G,日本松下通信工业有限公司;涂布机,K303,英国 RK Print Coat Instrument Ltd;压光机,Sumet-Messtechnik CA5\200; IGT 印刷适性仪 F1,荷兰 IGT 公司;扫描式电子显微镜 SU-1510,日本日立公司;原子力显微镜 JSPM-5200,日本电子公司,电脑测控抗张试验机 DCP-KZ300,四川长江造纸仪器有限责任公司;电脑测控平滑度仪 DCP-PHY10K,四川长江造纸仪器有限责任公司;荷兰 X-Rite 418 彩色反射密度计等。

1.3 方法

1.3.1 装饰原纸制备

按比例计算打浆需要的针叶木(80份)和阔

叶木浆（20 份）有效成分的绝对质量后，将原浆板手撕成纸片后在蒸馏水中浸泡 12 ~ 16 h，在槽式打浆机中加入浆料和水打浆，直到打浆度（SR）为 38°，之后浆料脱水处理，恒温恒湿处理 24 h 后备用；将称量好的水和钛白粉（20 份）倒入磨砂分散机中，加入分散剂六偏磷酸钠，分散剂的加入量为钛白粉质量的 0.4%，搅拌机的速度设置为 25 000 r/min，搅拌 40 ~ 60 min 左右。最终配制成钛白粉质量分数为 3%的填料，保存待用；选取针叶木纸浆与阔叶木纸浆绝干比例是 1：4，倒入纸浆标准疏解机中，加入适量的水，设置转速为 25 000 r/min，进行纸浆的疏解，疏解后纸浆放在匀速搅拌机下面进行搅拌。取定量二氧化钛填料加入搅拌，再依次加入称量好的 PAM 溶液（0.1 份）、PAE 溶液（1 份）以及硫酸铝溶液（1 份），加快速度搅拌约 10 min 即可，浆料搅拌完成后即可倒入纸页成型器的浆料桶中进行抄纸处理，压榨干燥，纸页熟化处理，最终得到制备的装饰原纸。

1.3.2 涂料制备

1) PVA 制备。将定量水和 PVA 粉末加入到三口烧瓶中浸润 30 min，然后水浴加热并搅拌直至粉末完全溶解呈透明状，温度为 90 ~ 100 °C，搅拌速度为 150 r/min^[13]。

2) 阳离子淀粉糊化。将定量水和阳离子淀粉加入到烧杯中，然后水浴加热并搅拌至淀粉溶解，温度为 80 ~ 100 °C，搅拌速度为 100 ~ 500 r/min，保温 80 °C 待用^[14]。

3) 涂料制备。将水、聚丙烯酸钠分散剂和消泡剂加入到搅拌筒中搅拌 10 min，然后加入聚乙烯醇溶液和阳离子淀粉溶液搅拌 20 min。称取定量颜料粉末，缓慢加入搅拌桶中使颜料粉末均匀分散在含有 PVA、分散剂和消泡剂的水中，恒速搅拌 70 min^[15-16]。颜料搅拌完后加入润滑剂、保水剂，并用 pH 计测量涂料的酸碱性，适当添加 NaOH 溶液调节涂料 pH 值至 9，过滤待用。涂料协同改性配方见表 1，实验中为了研究不同颜料对涂料的影响，其中所有配方都控制胶颜比和助剂的用量。其中分散剂为固含量为 40%聚丙烯酸钠 0.5 份（占颜料份数），胶黏剂为固含量为 20%的 PVA 和固含量为 10%的阳离子淀粉分别 15 份和 5 份，固含量为 20%的消泡剂 0.3 份，润滑剂甘油 0.1 份。

表 1 涂料协同改性配方
Tab.1 The portion of pigment the solid content and pH value of coatings

颜料	份数	涂料固含量/%	pH值
TiO ₂ (201)	100	35.75	8.70
TiO ₂ (201)+Al ₂ O ₃	75+25	36.32	9.03
TiO ₂ (201)+Clay	75+25	35.68	8.96
TiO ₂ (201)+Al ₂ SiO ₅	75+25	34.10	8.65
TiO ₂ (201) +SiO ₂	75+25	30.16	9.00

1.3.3 涂布压光

采用涂布机和压光机自制装饰原纸进行涂布和压光，涂布过程需要调节参数，保证不同颜料涂布量在 10 g/m² 以上，压光温度为 50 °C，运行速度为 10 m/min，压力辊压力为 35 N/m²。

1.3.4 凹版印刷

将不同涂布装饰原纸裁切成 5 cm 宽样条，采用 IGT 凹版印刷适性仪印刷打样，使用专用的凹印水性油墨。压力辊压力为 450 N/m²，刮刀压力为 125 N/m²，单圈运行作业。

1.3.5 浸渍压板

制备三聚氰胺脲醛浸渍液，缓慢加入固化剂（0.2%）于三聚氰胺脲醛，然后再加入渗透剂（0.1%），充分搅拌混合。制备三聚氰胺甲醛浸渍液，分别逐滴加入脱膜剂（0.2%）、渗透剂（0.2%）和固化剂（0.2%）于三聚氰胺甲醛溶液中，搅拌均匀。浸渍压板，将样张浸渍于三聚氰胺脲醛胶液 30 s，刮掉多余的胶液后于烘箱中干燥，温度为 105 °C，时间为 40 s；干燥后将样张浸渍于三聚氰胺甲醛胶液 30 s，刮掉多余胶液后进行干燥，温度为 105 °C，时间为 60 s，干燥后待用，然后，取出浸渍干燥后的样张，将其平整铺展于人造板表面，并用平滑钢板压合；将由钢板压合的人造板放于压板机上进行压板处理，压力为 3 MPa，时间为 1 min，温度为 150 °C。

1.4 性能表征

1) 物理性能检测。纸张的平滑度参考 GB/T 24989—2010《装饰原纸》。纸张吸水高度均参照 GB/T 28995—2012《人造板饰面专用纸》，纸张的抗拉强度测量参考 GB/T 12914—2008。采用 AST 接触角测量仪测量纸张接触测试油墨接触变化，用于表征纸张表面形态对液体吸收性影响；利用动态渗透仪

PDA.C02 模块,以水和异丙醇(16%)为测试液检测动态渗透 t_c 和 i_c 值,表征纸张表层结构。

2) 印刷性能检测。采用爱色丽分光光度计检测打样纸条的不同凹版深度下印刷色密度,根据色密度进行阶调分析。

3) 涂层结构表征。采用 SU-1510 扫描式电子显微镜观察涂布装饰原纸表面形态,利用原子力显微镜相图表征涂料在装饰原纸表面结构和成分分布。

2 结果与分析

2.1 涂布装饰原纸涂层结构影响

颜料协同作用改性下涂布装饰原纸涂层扫描电镜见图1,颜料协同作用改性下涂布装饰原纸涂层原子力显微镜见图2。由图1可知,未经涂料涂布的装饰原纸,纸张内部纤维交错,形成较多纤维孔洞,纤维周围含有许多的二氧化钛填料,可推测表面平整度较差;原纸经涂料涂布后,涂料中颜料颗粒能有效填充纸张孔隙,颜料颗粒与纸张内部纤维有效交错结合,颗粒之间的间隙小,连接相对紧密,形成良好的紧密涂层,平整度均明显提高,其中 $\text{TiO}_2(201)+\text{SiO}_2$ 协同作用改性涂料填充效果最优,涂层显示均匀平整。分析 AFM 图,未涂布原

纸除去噪音影响的波纹状的断层,相图上大部分为黄色区域即纸面较硬部分,可知是纤维结构,表明未涂布纸张表面纤维明显,与 SEM 表征一致;涂料涂布下装饰原纸表面相图中,表面大部分为白色区域,其为柔软成分,表明涂布能有效覆盖表面纤维,填充纸张纤维孔隙,大部分颜料粒子和纤维在表面能被胶黏剂所包覆,表面易形成良好的胶膜层,可推测表面较为平整,相图中有小部分地方有明显褐色部分即纸面较硬部分,可推测是极少数没被包裹完整的颜料颗粒或纤维结构。从图2中可知, $\text{TiO}_2(201)+\text{SiO}_2$ 和 $\text{TiO}_2(201)+\text{Al}_2\text{O}_3$ 协同作用改性涂料能有效地与纸张表面纤维结合,改善纸张表面结构,其他涂布原纸相图中白色、黄色和褐色相间分布,说明这些样品中颜料或者纤维并未很好被胶黏剂覆盖,表面平整相对较差。

涂布 $\text{TiO}_2(201)$ 在一定程度上能渗入纸张表面纤维,与其结合,但还明显存在一定孔隙,与 SiO_2 颜料协同下涂料,粒径小且分布多,涂布后纸张表面被胶液覆盖,胶液中小粒径颗粒易渗入孔隙内部,并与纤维和填料相结合,有助于纸张表面形成细小的微孔结构且提高表面平整度;与其他颜料协同下涂料,一方面均增大粒径分布程度,另一方面可能受颜料本身结构的影响,致使涂布后纸张表面受大颗粒粒径作用,涂层相对不平整,涂层结构存在一定的孔隙或团聚现象。

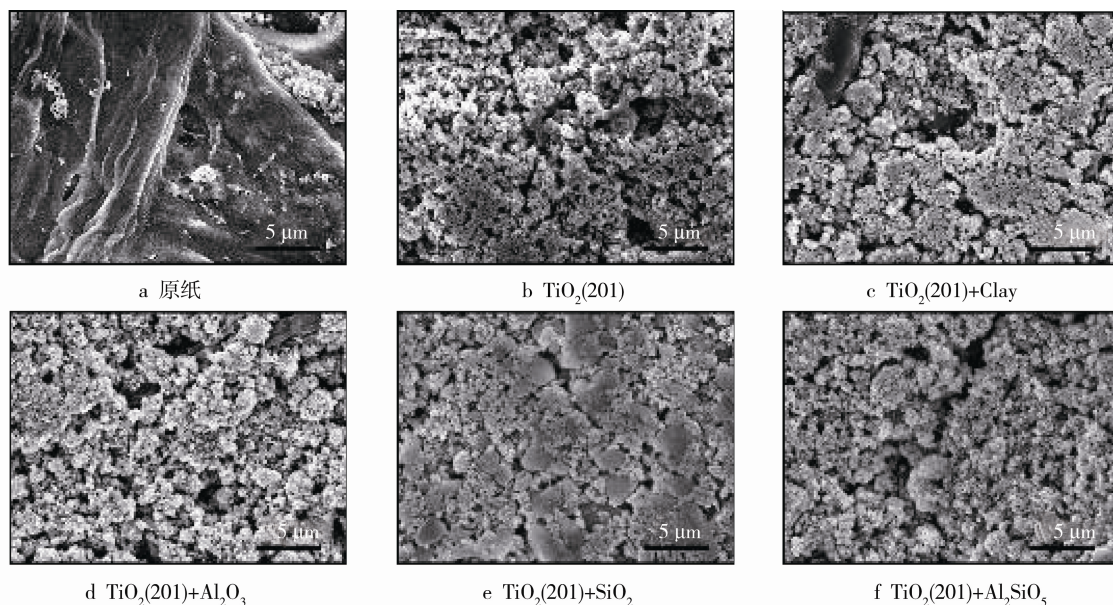


图1 涂布装饰原纸扫描电镜

Fig.1 The SEM image of coating decorative base paper

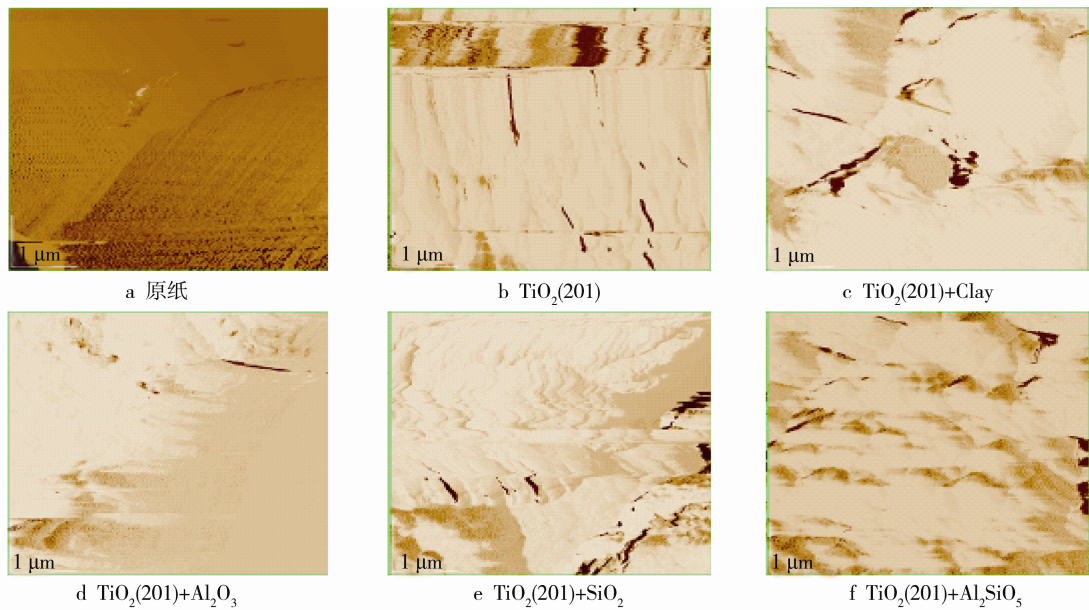


图 2 涂布装饰原纸原子力显微镜相图
Fig.2 The SEM image of coating decorative base paper

动态渗透下测定的 t_c 和 i_c 值见表 2。 t_c 指能量急剧改变时的时间，其值越大表示涂布量越大，膜层厚度越高； i_c 表示时间为 t_c 时的能量与最高能量的差值， t_c 值越大表示涂布纸表面孔隙越大、涂层越不平整，紧密程度大。在 i_c 值方面，原纸 i_c 值最大说明其纸张表面存在较大的孔隙，涂层不紧密且较不平整，与 SEM 和 AFM 图表征一致，与 SiO_2 协同改性作用下的涂料涂布下原纸的 i_c 值最小表明纸张表层孔隙较小，紧密平整，纸张表面能够被有效的覆盖，与 SEM 和 AFM 吻合。 t_c 值方面，经过涂料涂布后， t_c 值均明显增大但增大幅度差别不大。一方面说明涂布明显提高了原纸整体的厚度，涂料均能有效覆盖纸张表面与纤维结合，形成有效的涂层结构；另一方面表明颜料协同改性作用的颜料种类对涂层厚度影响不大。

表 2 涂布装饰原纸 i_c 和 t_c 值

Tab.2 The i_c and t_c value of coating decorative base paper

类别	$i_c/\%$	t_c/s
原纸	93.1	1.09
$\text{TiO}_2(201)$	84.0	3.33
$\text{TiO}_2(201)+\text{Clay}$	79.6	3.70
$\text{TiO}_2(201)+\text{Al}_2\text{O}_3$	61.3	3.90
$\text{TiO}_2(201)+\text{SiO}_2$	28.6	3.60
$\text{TiO}_2(201)+\text{Al}_2\text{SiO}_5$	51.3	4.10

2.2 涂布装饰原纸物理性能的影响

根据 GB/T 24989—2010, GB/T 28995—2012,

GB/T 12914—2008 评价颜料协同改性作用涂布装饰原纸性能。颜料协同作用涂布下装饰原纸平滑度、吸水高度和干/湿抗张强度测试结果数据见表 3，颜料协同作用下涂布装饰原纸在 0.23 ~ 1.29 s 内左接触角的变化结果见表 4，测试液为水性油墨。

由表 3 数据计算，装饰原纸经过颜料协同改性作用下涂布处理和表面整饰后相比于未涂布的纸张吸水高度提高 32.5% ~ 135%，平滑度提高 7% ~ 131%，干抗张强度提高 167.5% ~ 185%，湿抗张强度提高 140% ~ 200%，涂布后原纸物理性能均明显提高且复配下吸水高度和平滑度大幅度提高；其中协同添加 SiO_2 颜料作用下的样本，吸水高度提高 135%，平滑度提高 130%，干抗张强度提高 175%，湿抗张强度提高 160%，明显优于其他颜料协同作用，基于 SiO_2 颜料颗粒较小，协同作用下提高了涂料粒子整体的填充效率，均匀分布在纸张纤维之间，使得纸张紧度增大，降低了纸张内部微观的粗糙度，符合 SEM 显示的特性。吸水高度提高一方面涂料中胶黏剂和阳离子淀粉提高纸张亲水性能^[17]，另一方面，较小颜料粒子填充纸张孔隙后，与纸张内部纤维形成均匀地毛细孔结构导致，从 SEM 图中间接可以看出。平滑度和吸水高度的提高，可增大纸张和印版之间的毛细管作用力，利于印刷油墨固着吸收，提高凹版印油墨的转移率。抗张强度可能受涂料中粒子填充纸张内部纤维结构的影响，直接增强纤维间结合力可提高抗张强度，进而有助于减少原纸在压板过程中断裂的现象。

表 3 不同涂料涂布下装饰原纸的物理性能
Tab.3 The physical properties of decorative base paper on different pigments

类别	吸水高度/mm	平滑度/(g·cm ⁻³)	干抗张强度/(kN·m ⁻¹)	湿抗张强度/(kN·m ⁻¹)
原纸	20	77	2.15	0.43
TiO ₂ (201)	26.5	122	6.09	1.10
TiO ₂ (201) +Clay	38.5	120	5.96	1.29
TiO ₂ (201) +Al ₂ O ₃	39	83	5.75	1.24
TiO ₂ (201) + SiO ₂	47	178	5.92	1.12
TiO ₂ (201) +Al ₂ SiO ₅	43	130	6.12	1.04

由表 4 可知在测试时间内接触角下降幅度较大为 TiO₂(201)与 Al₂SiO₅, Al₂O₃ 协同改性作用涂料涂布下的装饰原纸, 较小的为 TiO₂(201)与 SiO₂, Clay 协同改性作用涂料涂布下的装饰原纸, 未涂布的原纸接触角较小且变化幅度不大, 而涂布 TiO₂(201)单组份涂料接触角变化较大。原纸接触角变化受表面与内部孔隙较大, 不均匀使得测试液易渗透, 显然与 SEM 表征表面特性吻合。除与 SiO₂ 颜料协同作用样品下, 接触角接触纸张表面瞬间都偏大, 其后下降幅度较大。结合 SEM 图分析可知, 这是由于涂布后纸张表面平整光滑, 不利于油墨持续渗透纸张, 随时间推移向四周均匀扩散作用为主,

致使接触角变小; 其次是颜料本身结构特性影响, 例如 Clay 片状颗粒结构不利于油墨颗粒持续渗透, 因此接触角变化幅度小。Al₂O₃ 和 Al₂SiO₅ 可能由于其颜料颗粒有较高的比表面积和表面能, 并不利于油墨的吸收作用, 因此瞬间接触油墨时其润湿效果差, 表现为接触角大。TiO₂(201)与 SiO₂ 颜料协同改性的涂料, 由于 SiO₂ 多孔稳定性及本身粒径小能够充分填充纸张表面不均匀的孔隙, 颜料粒子的填充使纸张内部形成均匀的网状结构和良好的毛细孔作用力, 纸张表面有良好的接受性, 利于降低接触角, 有利于油墨固着吸收, 抑制油墨网点的扩大。

表 4 不同涂布装饰原纸 1.3 s 内动态接触角
Tab.4 The dynamic contact angle of different coating base paper in 1.3 s

类别	时间/s									
	0.23	0.39	0.59	0.63	0.73	0.89	0.99	1.02	1.12	1.29
原纸	54.8	54	53.6	53.3	52.9	52.5	52.2	51.9	48.7	46.1
TiO ₂ (201)	76.5	74.6	71.6	69.8	68.7	68.1	67.6	66.8	64.2	61.5
TiO ₂ (201) +Clay	66.9	66.7	66.5	65.8	65.3	64.9	61.3	60.9	59.5	57.1
TiO ₂ (201) +Al ₂ O ₃	72.3	71.4	70.5	68.5	67.2	64.1	62.1	61.3	58.4	54.2
TiO ₂ (201) +SiO ₂	56.7	54.6	53.8	52.7	51.2	50.8	50.1	49.4	47.6	45.8
TiO ₂ (201) +Al ₂ SiO ₅	79.1	78.6	77.6	76.2	74.9	72.5	68.9	64.2	61.5	58.4

2.3 涂布装饰原纸印刷性能的影响

涂布装饰原纸在不同凹版深度下凹版打样色块密度值见表 5。颜料协同作用对涂布装饰原纸凹版印刷色密度和阶调影响不一, 对于品红油墨, 协同作用下涂布装饰原纸整体品红色密度值变小且范围减小, 一定程度上降低了品红阶调再现范围。从暗调到亮调逐渐过渡中, 从表数据分析, 与 SiO₂ 颜料协同下品红阶调再现能力强; 在青色方面, 颜料协同改性涂料涂布后在暗调部分除与 Al₂O₃ 协同作用涂布下, 色密度明显提高, 且好于单组份 TiO₂(201)涂布下, 在暗调到亮调过渡的中间调区域,

色密度变化差值明显变大, 说明阶调再现能力好, 范围大, 其中与 SiO₂ 协同作用下涂布阶调再现最明显; 在黄色上, 暗调部分色密度均小于未涂布原纸色密度, 亮调部分的密度值除与 SiO₂ 颜料协同作用下增大, 其他样品均小于未涂布原纸色密度, 可知与 SiO₂ 颜料协同作用涂布装饰原纸, 提高了色密度值的范围, 进而提高阶调再现范围, 其在暗调和中间调部分黄色的阶调再现能力更优异。综合三色阶调密度值情况, 与 SiO₂ 颜料协同改性涂料涂布下的装饰原纸具有更好的阶调再现能力和阶调再现范围, 原因可能在于 SiO₂ 颜料具有良好的多孔稳定性等特性, 当其协同改性作用在涂料进行

纸张涂布后，结合原纸纸张表面涂层结构的作用，吸收、提高印刷颜色阶调再现能力与范围。其对印刷油墨具有良好接受性，有利于油墨的固着

表 5 涂布装饰原纸凹版打样色密度值
Tab.5 The color density value of gravure printing on coating decorative base paper

样品	颜色	网穴深度/ μm									
		11	14	17	20	24	26	29	30	31	33
原纸	C	0.25	0.7	0.92	0.98	1.02	1.04	1.07	1.08	1.09	1.11
	M	0.24	0.55	0.78	0.94	1.09	1.12	1.20	1.21	1.22	1.25
	Y	0.2	0.52	0.79	0.95	1.10	1.13	1.19	1.21	1.23	1.25
TiO_2 (201)	C	0.24	0.70	0.92	1.03	1.08	1.13	1.15	1.16	1.17	1.21
	M	0.16	0.42	0.72	0.88	1.15	1.21	1.25	1.29	1.30	1.32
	Y	0.14	0.43	0.69	0.93	1.11	1.16	1.18	1.19	1.20	1.22
TiO_2 (201) +Clay	C	0.20	0.36	0.56	0.83	1.08	1.19	1.20	1.22	1.23	1.24
	M	0.12	0.26	0.41	0.64	0.88	1.00	1.07	1.10	1.16	1.19
	Y	0.15	0.34	0.53	0.76	0.96	1.03	1.09	1.13	1.15	1.16
TiO_2 (201) + Al_2O_3	C	0.17	0.38	0.59	0.75	0.92	1.05	1.07	1.08	1.09	1.11
	M	0.11	0.24	0.35	0.59	0.88	0.96	1.11	1.13	1.15	1.21
	Y	0.17	0.37	0.61	0.88	1.05	1.10	1.14	1.16	1.17	1.18
TiO_2 (201) + SiO_2	C	0.19	0.48	0.76	0.93	1.14	1.19	1.21	1.22	1.23	1.25
	M	0.11	0.21	0.36	0.48	0.73	0.85	0.97	1.05	1.12	1.13
	Y	0.21	0.45	0.66	0.87	1.06	1.15	1.23	1.26	1.27	1.29
TiO_2 (201) + Al_2SiO_5	C	0.24	0.50	0.76	0.95	1.05	1.12	1.16	1.17	1.2	1.26
	M	0.15	0.30	0.52	0.70	0.92	0.98	1.17	1.18	1.23	1.29
	Y	0.15	0.34	0.52	0.74	0.99	1.08	1.13	1.17	1.19	1.22

3 结语

通过对颜料协同改性作用的研究，颜料协同改性涂料涂布后纸张表面孔隙被涂料有效填充，纸张纤维能被有效涂覆，纸张表面结构明显改善，物理性能得到优化，其中吸水高度提高了 32.5%~135%，平滑度提高了 7%~131%，干抗张强度提高了 167.5%~185%，湿抗张强度提高了 140%~200%。在颜料协同改性中添加一定量的 SiO_2 颜料，有利于涂料涂布效果，涂布纸张表面能被涂料均匀涂覆，并能观察到细小的颜料颗粒，纸张表层易形成良好紧密的涂层结构，提高涂层结构作用，使吸水高度提高了 135%，平滑度提高了 130%，干抗张强度提高了 175%，湿抗张强度提高了 160%，明显优于其他颜料协同作用，显著改善了装饰原纸物理性能。在印刷性能方面，添加 SiO_2 涂料涂布装饰原纸在相对较小的涂层厚度下纸张涂层具有良好油墨接受吸收效果，有助于印刷油墨的固着吸收，抑制网点的扩大并且提高颜色阶调的再现范围。

参考文献：

[1] 刘瑞诺, 田卫国, 丁武斌. 我国印刷装饰纸原纸发展现状[J]. 中国人造板, 2011, 18(1): 4—7.
LIU Rui-nuo, TIAN Wei-guo, DING Wu-bin. Current Situation of the Decor Paper Industry and Its Domestic Market[J]. China Wood-Based Panels, 2011, 18(1): 4—7.

[2] 杨忠, 张毛毛, 吕斌, 等. 装饰纸表面视觉特征分类的可见光光谱分析[J]. 木材工业, 2014, 28(5): 32—35.
YANG Zhong, ZHANG Mao-mao, LYU Bin, et al. Visible Spectroscopy Analysis on Surface Visual Characteristics of Decorative Paper[J]. China Wood Industry, 2014, 28(5): 32—35.

[3] KANDELBAUER A, PETEK P, MEDVED S, et al. On the Performance of a Melamine-urea-formaldehyde Resin for Decorative Paper Coatings[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2010, 68(1): 63—75.

[4] 付纪磊, 王广森, 郭明辉, 等. 国内浸渍胶膜纸及饰面人造板行业的前景展望[J]. 世界林业研究, 2014, 27(3): 64—66.
FU Ji-lei, WANG Guang-sen, GUO Ming-hui, et al.

- Prospect of Impregnated Decorative Paper and Surface Decorated Wood-based Panels Industry in China[J]. World Forestry Research, 2014, 27(3): 64—66.
- [5] 吴燕, 姚金伍, 于浩, 等. 超细硅酸铝在装饰原纸中的应用研究[J]. 造纸科学与技术, 2008, 27(5): 27—31.
- WU Yan, YAO Jin-wu, YU Hao, et al. Application of Ultra-fine Aluminum Silicate in Decorative Base Paper Manufacture[J]. Paper Science & Technology, 2008, 27(5): 27—31.
- [6] 韩雨彤, 徐建峰, 张正健, 等. 表面处理对改善装饰原纸印刷适性的研究[J]. 木材工业, 2014, 28(4): 13—16.
- HAN Yu-tong, XU Jian-feng, ZHANG Zheng-jian, et al. Effect of Surface Treatment on Printability Improvement of Decorative Paper[J]. China Wood Industry, 2014, 28(4): 13—16.
- [7] 王亮. 装饰原纸生产过程中的湿部化学特性研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2009.
- WANG Liang. Study on Wet End Chemistry Characteristics in Making Decorative Base Paper[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2009.
- [8] DUTT D, JAIN R K, MAHESHWARI A, et al. Cost Reduction Studies Of Decorative Laminates[J]. Biore-sources, 2011, 6(2): 1495—1504.
- [9] SHEN J, SONG Z Q, QIAN X R, et al. Modification of Papermaking Grade Fillers: a Brief Review[J]. Biore-sources, 2009, 4(3): 1190—1209.
- [10] 陈夫山, 宋鹏瑶, 常建栋, 等. 阳离子淀粉改性 TiO_2 及对装饰纸性能的影响[J]. 造纸科学与技术, 2015, 34(1): 20—23.
- CHEN Fu-shan, SONG Peng-yao, CHANG Jian-dong, et al. Effect of Cationic Starch Modified TiO_2 on Properties of Decorative Paper[J]. Paper Science & Technology, 2015, 34(1): 20—23.
- [11] FAN Hui-ming, WANG Dao-xuan, BAI Wen-rui, et al. Starch-sodium Stearate Complex Modified PCC Fillers and Its Application in Papermaking[J]. Biore-sources, 2012, 3(7): 3317—3326.
- [12] 徐建峰, 龙玲, 于家豪. 装饰原纸用自乳化苯乙烯丙烯酸酯表面处理剂的制备及表征[J]. 林业科学, 2015, 51(3): 116—123.
- XU Jian-feng, LONG Ling, YU Jia-hao. Preparation and Characterization of Self-emulsifying Styrene Acrylate Emulsion Used as Surface-Treatment Agent for Decorative Base Paper[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2015, 51(3): 116—123.
- [13] 孙艺, 张正健. 多层涂布制备石头纸基相纸的研究[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 151—156.
- SUN Yi, ZHANG Zheng-jian. Manufacture of Photographic Paper Based on Multilayer Coated Rich Mineral Paper[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 151—156.
- [14] ZHAO Y L, KIM D, WHITE D. Developing a New Paradigm For linerboard Fillers[J]. Tappi J, 2008, 7(3): 3—7.
- [15] 袁月, 姚双全, 牛芬洁, 等. 涂料添加剂及其配比对涂布纸张性能影响的研究[J]. 造纸科学与技术, 2016, 35(1): 20—26.
- YUAN Yue, YAO Shuang-quan, NIU Fen-jie, et al. Study on Effect of Additives on Properties of Coated Paper[J]. Paper Science and Technology, 2016, 35(1): 20—26.
- [16] 丁浩, 崔程琳, 孙思佳. $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 复合颜料在涂料中的应用研究[J]. 涂料工业, 2015, 45(11): 60—64.
- DING Hao, CUI Cheng-lin, SUN Si-jia. Study on Application of $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ Composite Pigment in Coatings[J]. Paint & Coatings Industry, 2016, 35(1): 20—26.
- [17] 张岩, 陈杰, 曹云峰. 喷墨打印纸涂层中胶黏剂配比对油墨扩散渗透的影响[J]. 中国造纸学报, 2015, 30(1): 32—35.
- ZHANG Yan, CHEN Jie, CAO Yun-feng. Impact of Binder Composition of Coatings on Ink Diffusion and Permeation in Inkjet Paper[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2015, 30(1): 32—35.