



# 有机硅改性聚丙烯酸酯预处理对涤棉 织物喷墨印花性能的影响

戴霄霞<sup>1,2</sup>, 殷英<sup>2,3</sup>, 周青<sup>1</sup>, 沈一峰<sup>1,3</sup>

(1. 浙江理工大学纺织科学与工程学院(国际丝绸学院), 杭州 310018; 2. 浙江省现代纺织技术创新中心, 浙江绍兴 312000; 3. 浙江理工大学绍兴柯桥研究院, 浙江绍兴 312000)

**摘要:** 为提升涤棉织物涂料喷墨印花工艺的印花性能, 采用半连续种子乳液聚合法, 以醋酸乙烯酯(VA)、丙烯酸丁酯(BA)和丙烯酸异辛酯(EHA)为共聚单体, 丙烯酸羟乙酯(HEA)为功能单体, 引入硅烷偶联剂(KH-1706), 制备得到有机硅改性聚丙烯酸酯乳液(KH-1706/PVAc), 并将其作为预处理液应用于涤棉织物; 探究引入不同质量分数的 KH-1706 对乳液烘干后所得乳胶膜性能的影响, 并分析以 KH-1706/PVAc 为预处理液对涤棉织物涂料喷墨印花性能的影响。结果表明: 当引入 KH-1706 的质量分数为 2% 时, 乳胶膜具有较好的热稳定性和耐水性, 吸水率为 16.8%; 乳液运用于涤棉织物预处理后, 有效抑制了墨滴在织物上的渗化, 墨滴渗化面积为 20.8 mm<sup>2</sup>; 预处理后印花织物耐湿摩擦牢度提高半级, 印花精细度提升约 13%, 并且复杂图案打印后仍具有较好的印花效果, 表现出良好的综合印花性能。该研究可为提升涤棉织物涂料喷墨印花的印花性能提供理论参考。

**关键词:** 涂料喷墨印花; 硅烷偶联剂; 聚丙烯酸酯乳液; 预处理; 印花性能

**中图分类号:** TS195.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-3851 (2024)09-0681-10

**引文格式:** 戴霄霞, 殷英, 周青, 等. 有机硅改性聚丙烯酸酯预处理对涤棉织物喷墨印花性能的影响[J]. 浙江理工大学学报(自然科学), 2024, 51(5): 681-690.

**Reference Format:** DAI Xiaoxia, YIN Ying, ZHOU Qing, et al. Influence of silicone-modified polyacrylate pretreatment on the digital printing performance of polyester-cotton fabrics[J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2024, 51(5): 681-690.

## Influence of silicone-modified polyacrylate pretreatment on the digital printing performance of polyester-cotton fabrics

DAI Xiaoxia<sup>1,2</sup>, YIN Ying<sup>2,3</sup>, ZHOU Qing<sup>1</sup>, SHEN Yifeng<sup>1,3</sup>

(1. College of Textiles Science and Engineering (International Institute of Silk), Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Zhejiang Provincial Innovation Center of Advanced Textile Technology, Shaoxing 312000, China; 3. Shaoxing Keqiao Research Institute of Zhejiang Sci-Tech University, Shaoxing 312000, China)

**Abstract:** To enhance the printing performance of pigment inkjet printing technology of polyester-cotton fabrics, a silicone-modified polyacrylate emulsion (KH-1706/PVAc) was prepared via semi-continuous seed emulsion polymerization and applied as a pretreatment solution on polyester-cotton fabrics. Copolymerized monomers including vinyl acetate (VA), butyl acrylate (BA), and 2-ethylhexyl acrylate (EHA) were utilized. HEA served as a functional monomer, while a silane coupling agent (KH-1706) was introduced. The aim of this study was to investigate the effect of different mass fractions of KH-1706 on the properties of the latex film produced after emulsion drying, and the effect of using KH-1706/PVAc as a pre-treatment solution on the performance of polyester-cotton fabrics in pigment digital

收稿日期: 2024-01-24 网络出版日期: 2024-05-22

基金项目: 浙江省基础公益研究计划项目(LQ21E030017)

作者简介: 戴霄霞(1997—), 浙江平湖人, 硕士研究生, 主要从事织物涂层整理方面的研究。

通信作者: 沈一峰, E-mail: shenyf66@sina.com

printing. The results indicate that the introduction of a 2% mass fraction of KH-1706 improved the thermal stability and water resistance of the latex film, resulting in a water absorption rate of 16.8%. Moreover, the application of the emulsion as a pre-treatment on polyester-cotton fabrics effectively prevented droplet penetration on the fabrics, with the area of droplet infiltration being 20.8 mm<sup>2</sup>. The study found that pre-treated printed fabrics improved their fastness to wet rubbing by half a grade and increased printing fineness by about 13%. Additionally, the complex pattern maintained a good printing effect after printing, demonstrating good comprehensive printing performance. This study provides valuable insights for enhancing the printing performance of pigment ink-jet printing on polyester-cotton fabrics.

**Key words:** pigment ink-jet printing; silane coupling agents; polyacrylate emulsion; pre-treatment; printing property

0 引 言

相比于传统的丝网印刷技术,喷墨印花技术因其具有节能环保、简单高效、设计自由等优势正处于快速发展阶段<sup>[1-2]</sup>。市场上的染料喷墨印花技术主要适用于纯纺织物,而对具有纤维混纺特征的涤棉织物应用受限。在混纺织物上采用涂料喷墨印花可以实现良好的印花效果,但仍存在墨水渗化扩散等问题,难以进一步提升印花效果<sup>[3-5]</sup>。为优化涤棉织物印后效果,需要在喷墨印花前对织物进行预处理。因此,采用合适的预处液对涤棉织物进行预处理是优化织物印花效果的关键<sup>[6-7]</sup>。

近年来,以聚丙烯酸酯为主的各类聚合物已被广泛应用于织物表面的预处理<sup>[8-9]</sup>。刘尊东<sup>[10]</sup>采用阳离子丙烯酸酯聚合物乳液对棉织物进行改性处理,并进行涂料喷墨印花,发现涂料颗粒在静电引力的作用下,易固着在织物表面,最终 *K/S* 值提升了约 43%;Kim 等<sup>[11]</sup>将制备得到的聚丙烯酸酯乳液应用于棉织物预处理,增强了涂料喷墨印花预处理液的性能,将棉织物的 *K/S* 值提升了约 30%,湿摩擦牢度为 3~4 级。在混纺织物的涂料喷墨印花方面,张芝畅<sup>[12]</sup>系统研究了涂料喷墨印花在纤维素基混纺织物上的打印效果,使用碳氟丙烯酸树脂类拒水剂和阳离子改性剂作为预处理液,最终将 *K/S* 值提升了约 40%,并且保持较好的湿摩擦牢度和皂洗牢度。以上研究表明,采用聚丙烯酸酯乳液对织物进行预处理可有效提升其喷墨印花性能。棉纤维具有亲水性,涤纶纤维更疏水,因此造成涤棉混纺织物两种纤维对涂料墨水的吸附效果有明显差异,织物印后效果仍有较大提升空间<sup>[13]</sup>。有机硅具有耐热性好和疏水性强的特点<sup>[14]</sup>,采用有机硅改性聚丙烯酸酯乳液能够赋予乳胶膜较好的热稳定性和耐水性。此外,有机硅改性聚丙烯酸酯乳液还具有较好

的黏结性和成膜性,可对纤维均匀涂覆降低织物亲水性从而抑制毛细效应下发生的芯吸现象并减少渗化,并赋予织物表面阳离子性<sup>[15]</sup>,更好地吸附带负电荷的涂料墨水,最终改善喷墨印花性能。

本文以醋酸乙烯酯(VA)、丙烯酸丁酯(BA)和丙烯酸异辛酯(EHA)为共聚单体,丙烯酸羟乙酯(HEA)为功能单体,引入硅烷偶联剂(KH-1706),运用半连续种子乳液聚合法,制备得到有机硅改性聚丙烯酸酯乳液(KH-1706/PVAc),将其应用于涤棉织物涂料喷墨印花的预处理;考察引入不同质量分数的 KH-1706 对乳液烘干后所得乳胶膜热性能和耐水性的影响以及墨滴扩散情况;通过测试喷墨印花织物的得色性能、色牢度和印花精细度,分析 KH-1706/PVAc 作为预处理液对涤棉织物涂料喷墨印花性能的综合影响。本文所制备的 KH-1706/PVAc 在提升耐水性和热稳定性等方面具有显著优势,其在涤棉织物涂料喷墨印花预处理中的应用对改善混纺织物印花质量具有现实意义。

1 实验部分

1.1 实验材料

织物:涤棉(混纺比 T/C 65/35,密度 524×283 根/10 cm,平方米质量 115 g/m<sup>2</sup>,1/1 平纹),购于绍兴中天纺织有限公司。

试剂:VA 和 HEA 购于武汉吉鑫益邦生物科技有限公司,BA 和 EHA 购于山东科建化工有限公司,偶氮二异丁脒盐酸盐(V50)和十八烷基三甲基氯化铵(STAC)购于广州远达新材料有限公司,KH-1706 购于寿光市丽盛化工有限公司,烷基糖苷(APG)购于商丘丰汇化工有限公司,市售预处理液 A 和水性涂料墨水(BY-8)购于浙江博印数码科技有限公司。

仪器:P-B0 型卧式气压电动小轧车、R-3 型自

动热定形机和 JA2003 型电子天平(宁波纺织仪器厂),Zetasizer Lab 激光纳米粒径仪器(英国马尔文仪器公司),FTIR Vertex 傅里叶红外光谱仪(瑞士 Bruker 公司),TG 209F1 热重分析仪器(德国 NETZSCH 公司),DSC 214 差示扫描量热仪(德国 NETZSCH 公司),DSA25 接触角表面能测量仪(德国 KRUSS 公司),SEM ZEISS/Sigma 500 扫描电子显微镜(德国蔡司公司),Data Color 850 分光光度测色仪(美国德塔公司),YB-571B 摩擦牢度仪(苏州东宏仪器有限公司),SW-8A 皂洗牢度机(杭州百铭仪器有限公司),CX40 M 显微镜(宁波舜宇仪器有限公司)和 XC11-16 涂料喷墨打印机设备(浙江博印数码科技有限公司)。

## 1.2 KH-1706/PVAc 乳液的制备

a)预乳液的制备:将乳化剂 STAC 和 APG 配置成水相溶液;将 VA、BA、EHA 和 HEA 单体共混,制得混合液;取 2/3 复合乳化剂和全部的混合液倒入烧杯中,高速搅拌 25~30 min,制得乳白色的预乳液。

b)种子乳液的制备:将剩余 1/3 复合乳化剂倒入四口烧瓶中,待温度到达 80 ℃,加入 1/3 引发剂 V50,制得种子乳液。

c)乳液的合成:将温度维持在 80 ℃,在种子乳液中滴加预乳液、硅烷偶联剂 KH-1706 和剩余 2/3

引发剂 V50,2 h 滴尽,保温 2 h,合成 KH-1706/PVAc 乳液。

其中 VA、BA、EHA 和 HEA 单体用量分别为 33、33.4、16.6 g 和 2.5 g,乳化剂 STAC 和 APG 用量分别为 2.2 g 和 1.1 g,引发剂 V50 用量为 0.5 g。调节 KH-1706 的质量分数为 0%、1%、2%、3% 和 4%,分别命名为 KH-1706-0%/PVAc、KH-1706-1%/PVAc、KH-1706-2%/PVAc、KH-1706-3%/PVAc 和 KH-1706-4%/PVAc。

## 1.3 KH-1706/PVAc 乳胶膜的制备

称取 2 g 乳液,置于聚四氟乙烯模具内,在 25 ℃下静置干燥 24 h,放于烘箱中在 50 ℃下干燥 24 h,再升高温度至 80 ℃继续干燥 4 h,制备得到 KH-1706/PVAc 乳胶膜。

## 1.4 涤棉织物预处理及涂料喷墨印花工艺

涤棉织物预处理及涂料喷墨印花工艺步骤为:二浸二轧—高温定形—涂料喷墨印花—高温固色,具体过程如图 1 所示。分别配置 100 g KH-1706/PVAc 乳液和市售预处理液 A(质量分数均为 2.3%),浸轧在织物表面,使用高温定型机在 170 ℃下烘焙 90 s 得到预处理织物。采用涂料喷墨打印机设备,设置打印参数为 3 PASS 进行喷墨印花,在 140 ℃高温下焙烘 90 s 得到印花织物。

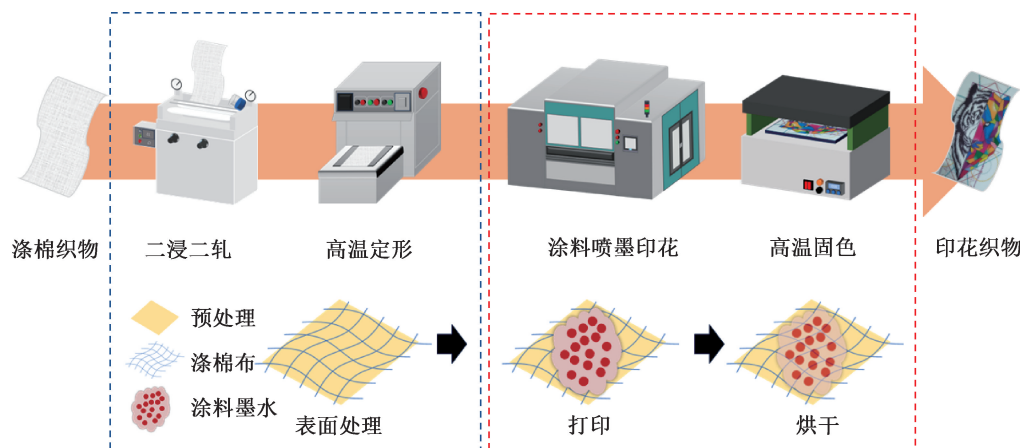


图 1 预处理及喷墨印花过程示意图

## 1.5 测试与表征

### 1.5.1 结构表征测试

使用激光纳米粒径仪器对 KH-1706/PVAc 乳液的粒径和 Zeta 电位进行测定,使用傅里叶红外光谱仪在频率范围 4000~500  $\text{cm}^{-1}$  对 KH-1706/PVAc 乳胶膜进行表征测试并分析其官能团构成。

### 1.5.2 热性能测试

使用热重分析仪器,将 KH-1706/PVAc 乳胶膜置于在氮气氛围下,以 10 ℃/min 的升温速率从

30 ℃升温至 800 ℃,并对乳胶膜进行热失重分析;使用差示扫描量热仪对 KH-1706/PVAc 乳胶膜进行热分析,以确定玻璃化转变温度( $T_g$ )。

### 1.5.3 吸水率测试

将干燥的 KH-1706/PVAc 乳胶膜剪成 2 cm×2 cm 的正方形,称重记录为  $m_1$ 。随后在室温下置于蒸馏水中浸泡 24 h 取出,用滤纸吸干其表面水分再次称重记录为  $m_2$ 。乳胶膜吸水率  $\omega$ <sup>[14]</sup> 参考式(1)计算:



$$\omega/\%=\frac{m_2-m_1}{m_1}\times 100 \tag{1}$$

其中： $m_1$  为吸水前乳胶膜质量，g； $m_2$  为吸水后乳胶膜质量，g。

1.5.4 墨滴扩散测试

将 1  $\mu$ L 涂料墨水滴加到经过 KH-1706/PVAc 预处理后涤棉织物表面，随后使用接触角表面能测量仪测试墨滴在织物表面的瞬间接触角和铺展时长，并利用 Image J 软件计算渗化面积，具体方法参考文献[3]。

1.5.5 织物表面形貌测试

在室温条件下，使用扫描电子显微镜拍摄喷金后织物表面形态，设置 2 kV 加速电压和 500 倍率的放大倍数。随后，观察扫描电镜图并分析涤棉原布和预处理后涤棉织物(预处理液 A、KH-1706-2%/PVAc)在印花前后的织物表面形貌。

1.5.6 印花得色性能测试

使用涂料喷墨印花机在涤棉织物表面打印 20 cm $\times$ 20 cm 的红色色块，随后使用分光光度测色仪测试打印色块的颜色特征值  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  及得色深度  $K/S$  值。

1.5.7 印花色牢度测试

分别以 GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》和 GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》为测试方法和标准，使用摩擦牢度仪和皂洗牢度机，对印有红色色块的织物进行摩擦和皂洗相关牢度等级的测定，其中用于皂洗牢度测试的衬布为棉和涤纶。

1.5.8 印花精细度测试

使用涂料喷墨数码印花机沿涤棉织物经纬向分别打印 0.2、0.4 mm 和 0.6 mm 宽度的细长线条，并利用 ImageJ 软件测量线条实际宽度以评估印花精细度。印花精细度  $D^{[3]}$  的计算参考式(2)：

$$D=\frac{l_2-l_1}{l_1} \tag{2}$$

其中： $l_1$  为设计线宽，mm； $l_2$  为实际打印线宽，mm。

1.5.9 图案打印测试

选择含有精细线条(线条宽度 0.5 mm)、色彩种类多(8 种及以上颜色)和细节丰富(动物毛发及斑纹)的复杂图案，并使用涂料喷墨印花机进行打印，分析预处理工艺对面料综合打印性能的影响。

2 结果与讨论

2.1 结构分析

KH-1706-2%/PVAc 乳胶膜的 FTIR 光谱图如图 2(a)所示。由图 2(a)可见：在 1732 cm<sup>-1</sup> 和 3460 cm<sup>-1</sup> 处出现 C=O 伸缩振动强吸收峰和 O—H 吸收峰，表明样品中含有 HEA 单体参与共聚，并且在聚合物主链上带有一OH 基团；在 1064 cm<sup>-1</sup> 处出现 Si—O—C 的伸缩振动峰，在 1021 cm<sup>-1</sup> 处出现 Si—O—Si 的伸缩振动峰<sup>[14]</sup>，有机硅氧烷的特征吸收在 1000~1100 cm<sup>-1</sup>，表明有机硅烷偶联剂 KH-1706 与丙烯酸酯发生了共聚反应，而且部分发生水解反应，证明成功制备得到了 KH-1706-2%/PVAc 乳液。

为探究不同质量分数 KH-1706 对乳液粒径和分散性的影响，对乳液的粒径以及 Zeta 电位进行考察，结果如图 2(b)所示，相应数据列于表 1。图 2(b)和表 1 显示：乳液的平均粒径集中分布在 52~68 nm，Zeta 电位为 +55~+59 mV，并随着 KH-1706 质量分数的增加，乳液粒径增大；当 KH-1706 质量分数小于 3%时，粒径分布均匀且呈单峰，表明所合成的乳液粒子分散性良好；当 KH-1706 质量分数达 4%时，粒径分布出现双峰特征，这是由于 KH-1706 在聚合过程中发生了水解及缩聚反应，并诱发乳胶粒互相聚并，使得乳液的平均粒径增大，乳液的单分散性也随之变差。以上结果表明，通过半连续种子乳液聚合方法，成功制备得到了阳离子乳液，KH-1706 质量分数为小于 3%时，乳液粒径较小且分布均匀，分散性和稳定性良好。

2.2 热性能分析

为探究不同质量分数 KH-1706 对乳胶膜热性能的影响，通过热重分析法和差示扫描量热法对乳胶膜进行 TGA 和 DSC 测试，结果如图 3 所示，相应数据列于表 2。由图 3(a)可知，随着 KH-1706 质量分数的变大，乳胶膜的分解速率变慢，加入 KH-1706 后曲线会有往右偏移的趋势，分解温度变高，说明 KH-1706 的加入可以改善乳胶膜的热稳定性。对比表 2 中所列数值可以发现，相较于 KH-1706-0%/PVAc，当 KH-1706 质量分数为 1%~4%时，乳胶膜失重 50%时的温度( $T_{50\%}$ )较高。这进一步验证了 KH-1706 的加入可以减缓失重速率，从而提高乳胶膜的热稳定性。这种提升的来源是有机硅改性的聚丙烯酸酯乳液在成膜过程中硅烷会水解形成 Si—OH，并进一步水解缩合形成 Si—O—Si 结构，



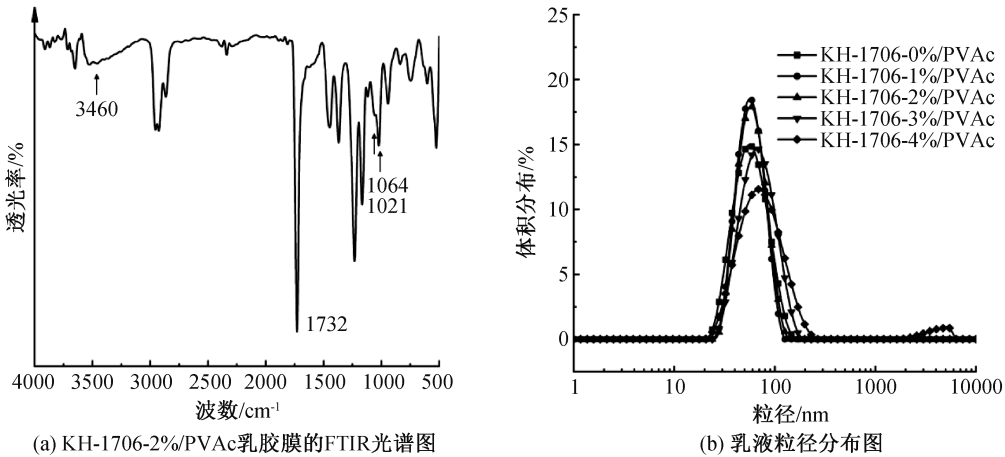


图 2 乳胶膜的 FTIR 光谱图和乳液粒径分布图

表 1 KH-1706/PVAc 乳液的粒径大小及电位

乳液编号	平均粒径/nm	Zeta 电位/mV
KH-1706-0%/PVAc	52.7	+55.2
KH-1706-1%/PVAc	53.7	+59.7
KH-1706-2%/PVAc	55.4	+59.4
KH-1706-3%/PVAc	61.2	+58.1
KH-1706-4%/PVAc	68.0	+56.0

该化学交联结构更难分解从而使乳胶膜具有更好的热稳定性<sup>[16]</sup>,最终提高了乳胶膜的分解温度。图 3

(b)显示:不同质量分数 KH-1706 的乳胶膜都只出现一个玻璃化转变温度( $T_g$ ),表明得到了宏观热力学上组成均一的共聚物;引入 2% 的 KH-1706 改性后,有机硅参与反应并形成了交联结构,阻碍了聚合物分子链段的热运动,得到乳胶膜的  $T_g$  与 KH-1706-0%/PVAc 乳胶膜对比有明显提升,且具有良好的成膜性,更有利于将涂料分子黏附于纤维上。因此,KH-1706 质量分数为 2%时,乳胶膜热稳定性和成膜性较好。

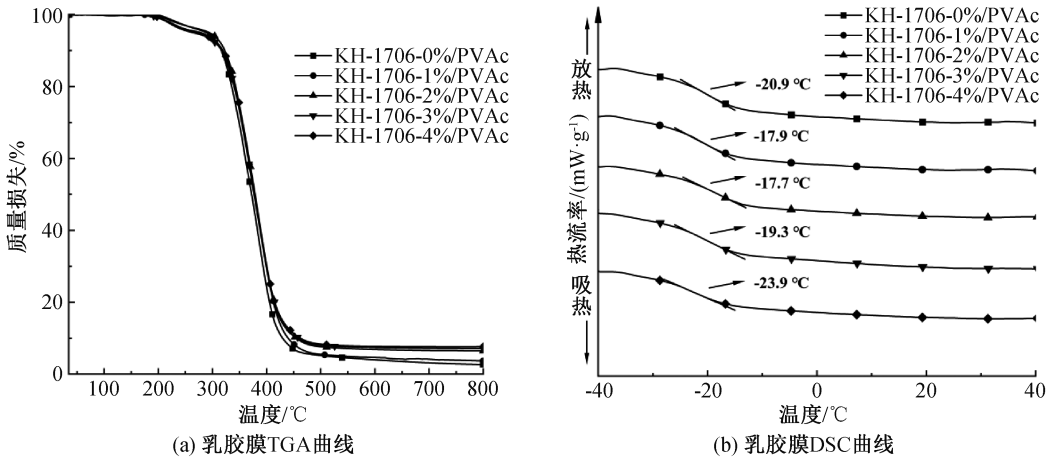


图 3 KH-1706/PVAc 乳胶膜 TGA 和 DSC 曲线

表 2 KH-1706/PVAc 乳胶膜的热分析数据

乳胶膜编号	玻璃化转变温度 $T_g$ /°C	起始分解温度 $T_{10\%}$ /°C	失重 50%温度 $T_{50\%}$ /°C	700 °C 残留量/%
KH-1706-0%/PVAc	-20.9	316.4	372.4	2.7
KH-1706-1%/PVAc	-17.9	316.9	377.5	3.7
KH-1706-2%/PVAc	-17.7	322.9	378.7	6.4
KH-1706-3%/PVAc	-19.3	316.4	376.4	7.1
KH-1706-4%/PVAc	-23.9	318.6	378.6	7.7

2.3 耐水性分析

乳胶膜的耐水性往往与吸水率呈负相关关系,

吸水率降低,则耐水性增强。为探究不同质量分数 KH-1706 对胶乳膜耐水性的影响,对乳胶膜的吸水

率进行测试,结果如图 4 所示。由图 4 可知:当 KH-1706 质量分数为 0% 时,乳胶膜的吸水率为 45.3%;而引入 KH-1706 改性后,乳胶膜吸水率明显下降,证明耐水性能提升;随着 KH-1706 质量分数的增加,吸水率明显减小;其中,KH-1706-2%/PVAc 乳胶膜相对于 KH-1706-0%/PVAc 乳胶膜的吸水率下降了 28.5%。这可能是因为引入适量的 KH-1706 能显著提高交联度,交联结构阻碍了水分子渗透,使得乳胶膜吸水率下降从而显著改善乳胶膜的耐水性能<sup>[17]</sup>;乳胶膜中具有强疏水作用的 Si—O 键也同样发挥了降低吸水率的作用。以上结果表明,引入 KH-1706 有利于改善乳胶膜的耐水性。

2.4 墨滴扩散试验分析

为探究预处理液中不同质量分数 KH-1706 对墨滴扩散的影响,对预处理后涤棉织物进行墨滴扩散测试,结果如图 5 所示。由图 5 可见,随着预处理液中 KH-1706 质量分数的增加,墨滴接触角与铺展时间始终呈上升趋势,分别由 87°和 13 s 显著提升至 117°和 35 s;随着预处理液中 KH-1706 质量分数的增加,墨滴的渗化面积先减小后增大;当预处理液中 KH-1706 质量分数为 2% 时,墨滴渗化面积最小,为 20.8 mm<sup>2</sup>。织物亲水性随墨滴接触角增大

而下降,因此能够有效聚集墨滴,同时起到有效阻碍涂料分子铺展扩散的作用,表现为墨滴渗化面积减小。然而,当接触角过大时,墨滴在织物表面的铺展时间延长,进而抑制了纵向渗透,使得墨滴在织物上更易发生横向渗化现象<sup>[18]</sup>。因此,过量添加 KH-1706 易使大部分涂料分子缓慢向下渗透,同时在毛细芯吸作用下向四周大量渗化扩散开,致使铺展面积变大。综上,当预处理液中 KH-1706 质量分数为 2% 时,墨滴扩散情况最佳。

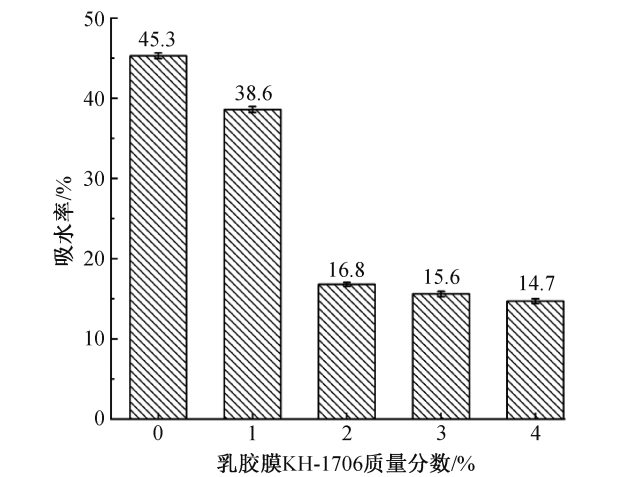
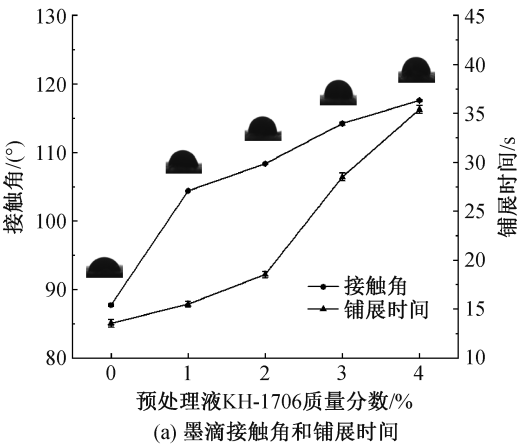
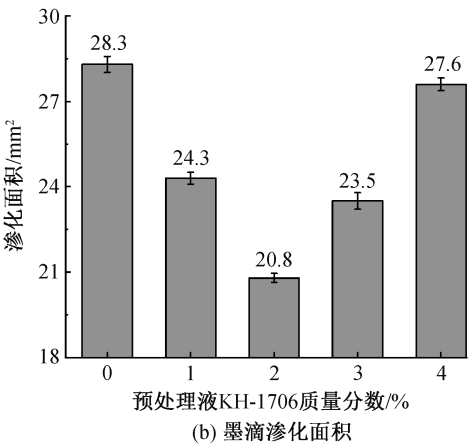


图 4 乳胶膜吸水率直方图



(a) 墨滴接触角和铺展时间



(b) 墨滴渗化面积

图 5 墨滴在 KH-1706/PVAc 预处理后织物上的墨滴接触角、铺展时间和渗化面积

2.5 印花织物形貌分析

为进一步探究 KH-1706-2%/PVAc 预处理对印花织物附着特性的影响,选择原涤棉织物和市售预处理液 A 预处理涤棉进行对比,使用 SEM 观察分析印花前后织物的表面形貌及微观特征,结果如图 6 所示。与原涤棉织物印花前后的表面形貌相比,织物经过市售预处理液 A 预处理后,在纤维表面形成了致密光滑的膜,堵塞了纤维与纤维之间的缝隙,涂料大量附着在纤维表面(见图 6(a)—(b)),因此得到了较好的得色性

能;但是涂料大量附着在织物表面导致易被去除,色牢度较差(见图 6(d)—(e))。而经过 KH-1706-2%/PVAc 预处理后,预处理液能够有效附着在纤维表面,且在纤维之间仅有部分架桥。这为涂料分子附着在织物表面提供了更好的条件,涂料既可黏附在纤维表面,也可通过纤维缝隙渗透进织物内部,更加不易被除去,从而增加了色牢度<sup>[18]</sup>。通过图 6(c)和图 6(f)的对比,可验证经过 KH-1706-2%/PVAc 预处理后,印花处理后涂料分子有效黏附在织物上。

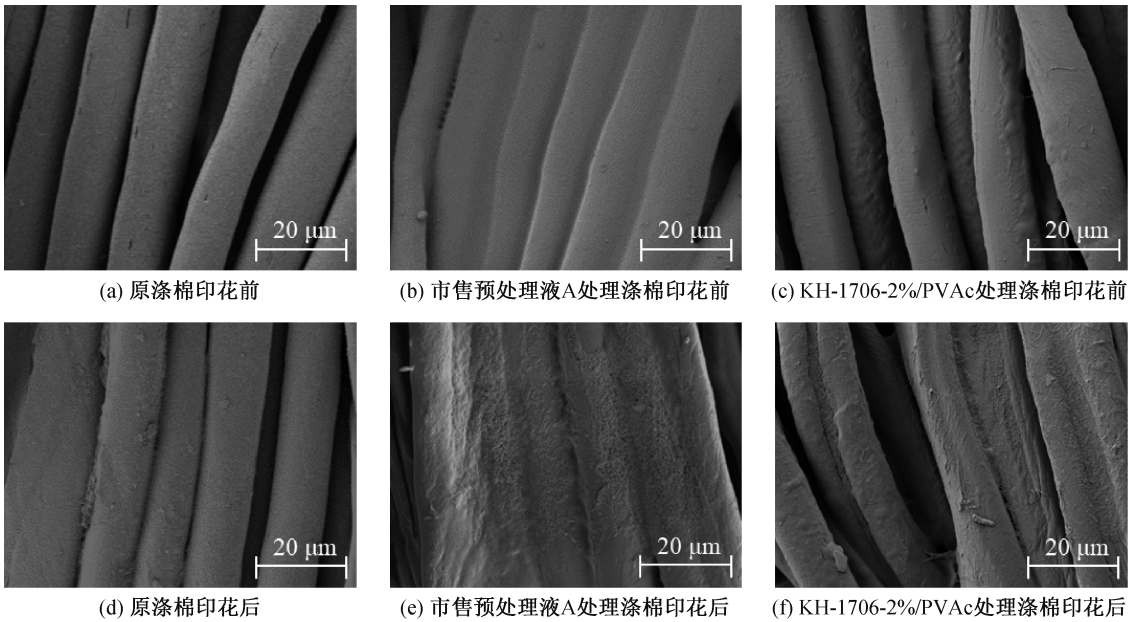


图 6 涤棉织物印花前后 SEM 照片

2.6 印花得色性能分析

为探究 KH-1706-2%/PVAc 预处理对印花得色性能的影响,对涤棉织物打印红色色块的  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  和  $K/S$  值进行测试,相关结果列于表 3。由表 3 可知:与原涤棉织物相比,经过预处理液 A 处理后织物  $L^*$  值和  $K/S$  值变大,这可能是由于预处理液 A 堵塞了纤维之间的缝隙,导致织物表面光滑程度变大、漫反射程度减小,而涂料也大量堆积在织物表面;当织物经过 KH-1706-2%/PVAc 预处理后,打印色块  $K/S$  值增加至最

高,达到 5.48;相较于原涤棉织物,  $a^*$  值明显提高,说明经 KH-1706-2%/PVAc 预处理后,更多的涂料分子被吸附在织物上,这是因为 KH-1706-2%/PVAc 预处理液经高温固化后在纤维上形成了紧密、连续的大分子网状结构胶膜<sup>[14]</sup>,有利于涂料分子在纤维上附着;KH-1706-2%/PVAc 为阳离子乳液,赋予织物表面阳离子性,吸附更多的涂料分子,织物亲水性的降低也使得墨滴更加聚集,因此得到的色块  $K/S$  值更大,呈现的颜色更红。

表 3 不同预处理液处理织物的印花得色性能

织物	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$K/S$ 值
原涤棉	46.79	24.69	-6.23	4.01
市售预处理液 A 处理涤棉	48.44	31.58	-3.90	5.37
KH-1706-2%/PVAc 处理涤棉	44.74	31.04	-4.04	5.48

2.7 印花色牢度分析

为探究 KH-1706-2%/PVAc 预处理对印花色牢度的影响,进行干湿摩擦牢度和皂洗牢度测试,牢度等级见表 4。表 4 显示:原涤棉织物印后耐湿摩擦牢度、耐皂洗牢度等级较低,分别为 2~3 级和 3 级;经过预处理液 A 预处理后,耐湿摩擦牢度、耐皂洗牢度有一定提升,但提升幅度较少;采用 KH-

1706-2%/PVAc 预处理后,涤棉织物印后表现出最优的耐湿摩擦牢度。这主要是因为阳离子乳液在浸轧整理过程中通过静电吸附快速、高效地吸附在织物上<sup>[18]</sup>;经高温固化后的乳液也赋予织物表面阳离子性,可以更好地吸附带负电荷的涂料墨水,使涂料分子与纤维能够更好地结合,从而提高了织物的湿摩擦和皂洗牢度。

表 4 不同预处理液处理织物的色牢度等级

织物	摩擦牢度等级		耐皂洗色牢度	
	干摩擦	湿摩擦	沾色	变色
原涤棉	4	2~3	3	3
市售预处理液 A 处理涤棉	4	3	3~4	3~4
KH-1706-2%/PVAc 处理涤棉	4~5	4	4~5	4~5



图 7 为涤棉织物经过湿摩擦牢度测试前后的表面变化,原涤棉织物和经过预处理液 A 处理后的涤棉织物经过湿摩擦测试后,发现打印面有明显损伤:红色涂料有明显的掉落,且部分纱线脱落。而经过

KH-1706-2%/PVAc 预处理后的涤棉织物,打印面未见损伤,涂料未发生明显脱落,表明湿摩擦牢度得到明显提升。

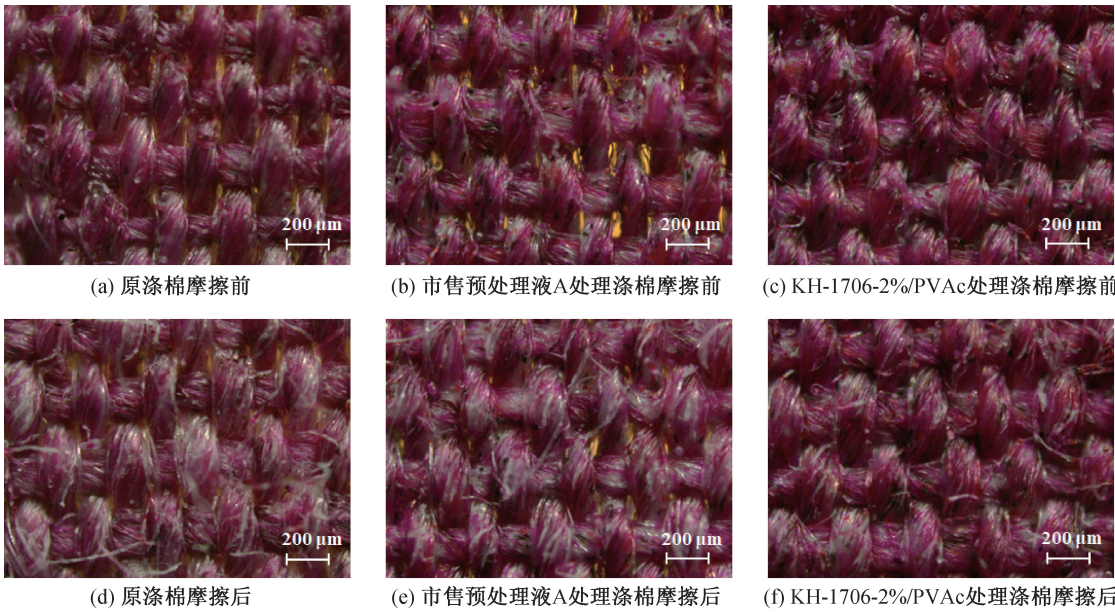


图 7 涤棉织物湿摩擦牢度测试前后表面变化显微镜照片(×50)

2.8 印花精细度分析

所得印花的精细度值越小,说明越接近设定线宽,精细度越好。为探究 KH-1706-2%/PVAc 预处理对印花精细度的影响,在涤棉织物上打印不同线宽的经/纬向线条,结果如表 5 所示。从表 5 可知,经向精细度都较纬向精细度差。这是由于面料的经密远大于纬密,所以当沿着经向打印时,经纱与经纱之间的毛细空间相对更小,在芯吸效应下发生更明显的渗化,导致线条更宽。在原涤棉织物上,印花精细度较差,线条较宽;经过预处理后,印花精细度变

好,打印线条实际宽度变小;采用 KH-1706-2%/PVAc 处理涤棉织物的印花精细度较原涤棉织物明显提升,与预处理液 A 处理涤棉相比精细度值平均减少了 0.06,精细度提升约 13%。这主要是因为经过 KH-1706-2%/PVAc 预处理后,降低了织物亲水性,促使墨滴更加聚集,预处理液对纤维的覆涂有利于抑制芯吸效应,减少墨水的渗化,因此打印的线条较细且无明显渗化<sup>[19]</sup>。以上结果表明,KH-1706-2%/PVAc 预处理方案可以使印后线条变细,显著改善印花精细度。

表 5 不同预处理液处理织物的印花精细度

设定线宽/ mm	印花精细度					
	原涤棉		市售预处理液 A 处理涤棉		KH-1706-2%/PVAc 处理涤棉	
	纬向	经向	纬向	经向	纬向	经向
0.2	0.92	1.61	0.48	1.04	0.31	0.98
0.4	0.71	0.78	0.32	0.56	0.23	0.53
0.6	0.31	0.48	0.18	0.29	0.18	0.27

2.9 图案打印效果分析

为进一步探究 KH-1706-2%/PVAc 预处理对图案打印效果的影响,选择复杂图案进行打印,打印结果如图 8 所示。图 8 表明:原涤棉织物得到的图案颜色深度与饱和度低,细节还原度低,精细线条边

缘模糊;经过预处理液 A 预处理后,得色性能和线条精细度有一定提升;经过 KH-1706-2%/PVAc 预处理后,细微线条边缘渗化现象得到了较为明显的抑制,印后线条边缘更清晰,几乎观察不到边缘渗化现象,整体图案也呈现更好的立体与颜色过渡效果。



图 8 不同预处理液处理织物的图案打印效果

### 3 结 论

本文采用半连续种子乳液聚合法,引入硅烷偶联剂与丙烯酸酯共聚,制得不同质量分数 KH-1706 的乳液,并应用于涤棉织物的涂料喷墨印花;探究了 KH-1706 含量对乳液性能的影响,以及 KH-1706/PVAc 预处理液对涤棉织物涂料喷墨印花性能的影响,所得主要结论如下:

a)通过乳液聚合法,成功制备粒径在 52~68 nm、Zeta 电位在 +55~+59 mV 的 KH-1706/PVAc 乳液;随着引入 KH-1706 质量分数的增加,乳胶膜的热稳定性呈现先上升后下降的趋势,吸水率呈现下降趋势,耐水性能提升。当引入质量分数为 2% 的 KH-1706 时,所制备得到的乳液具有较好的热稳定性和耐水性。

b)随着 KH-1706 质量分数的增加,墨滴接触角与铺展时间均呈上升趋势,墨滴渗化面积减小。但过量引入 KH-1706 致使墨滴渗化面积进一步增大。当 KH-1706 质量分数为 2% 时,可以有效抑制墨滴在织物上的渗化,墨滴渗化面积维持在较低值 20.8 mm<sup>2</sup>。

c)与市售预处理液 A 相比,选用 KH-1706-2%/PVAc 对涤棉织物预处理,涂料喷墨印花成品耐湿摩擦牢度提高半级,印花精细度提升约 13%,复杂图案打印后显示出较好的立体与颜色过渡效果。

本文阐明了引入不同质量分数 KH-1706 对聚丙烯酸酯预处理液综合性能的影响,并有效提升了涤棉织物涂料喷墨印花性能。为制备喷墨印花预处理液及改善混纺织物喷墨印花性能提供参考,对喷墨印花产业具有现实意义。

### 参考文献:

[1] Ali Shah M, Lee D G, Lee B Y, et al. Classifications and applications of inkjet printing technology: A review

[J]. IEEE Access, 2021, 9: 140079-140102.

[2] 张健军,赵志慧,陈为超. 墨水性能优化和预处理提高纺织品喷墨印花效果研究进展[J]. 分子科学学报, 2023, 39(5): 392-403.

[3] 张鑫,李羽佳,杨柳,等. 涤、棉及其混纺机织物颜料墨水扩散特性与数码印花质量研究[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2022, 48(4): 20-27.

[4] Abdel Hakeim O, Rashed S A, Diab H A. Influence of aminopropyl/vinyl/silsesquioxane post-treatment on the colour performance of pigment-based inks on ink-jet-printed polyester fabrics [J]. Coloration Technology, 2021, 137(6): 587-603.

[5] Gao C Y, Xing T L, Hou X N, et al. Clean production of polyester fabric inkjet printing process without fabric pretreatment and soaping [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 282: 124315.

[6] 杨海贞,房宽峻,刘秀明,等. 喷墨印花预处理对织物组织结构的影响[J]. 纺织学报, 2019, 40(5): 84-90.

[7] Zhang M, Qiao X R, Liu X M, et al. Environmental urea-free pretreatment process to form new surface on hemp for enhancing the inkjet printing performance[J]. Progress in Organic Coatings, 2023, 174: 107317.

[8] Liang Y C, Liu X M, Fang K J, et al. Construction of new surface on linen fabric by hydroxyethyl cellulose for improving inkjet printing performance of reactive dyes [J]. Progress in Organic Coatings, 2021, 154: 106179.

[9] An F F, Fang K J, Liu X M, et al. Rheological properties of carboxymethyl hydroxypropyl cellulose and its application in high quality reactive dye inkjet printing on wool fabrics[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 164: 4173-4182.

[10] 刘尊东. 棉织物的聚合物改性与喷墨印花效果[D]. 天津: 天津工业大学, 2017: 53-57.

[11] Kim H J, Hong J P, Kim M J, et al. Improving the digital to garment inkjet printing properties of cotton by control the butyl acrylate content of the surface treatment agent[J]. Applied Surface Science, 2022, 583: 152322.

[12] 张芝畅. 纤维素基混纺面料喷墨印花表面改性及成膜作用机制探究[D]. 上海: 东华大学, 2022: 65-69.

[13] Qiao X R, Fang K J, Liu X M, et al. High viscosity hydroxypropyl methyl cellulose to improve inkjet printing for cotton/polyamide fabrics [J]. Industrial Crops and Products, 2023, 191: 115907.

[14] 谢子文, 李家炜, 汪芬萍, 等. 有机硅改性水性聚氨酯丙烯酸酯杂化胶乳的制备及其在涂料印花中的应用 [J]. 纺织学报, 2022, 43(8): 119-125.

[15] Glogar M I, Dekanić T, Tarbuk A, et al. Influence of cotton cationization on pigment layer characteristics in digital printing[J]. Molecules, 2022, 27(4): 1418.

[16] 何依倩, 张佳文, 蔡英, 等. 有机硅接枝链长对聚丙烯酸酯/有机颜料纳米复合乳胶膜性能的影响[J]. 浙江理工大学学报(自然科学版), 2021, 45(6): 773-779.

[17] Zhang L, Zhou Q Q, Zhang Q P, et al. New washing-free printing binder based on fluorosilicone-modified polyacrylate for polyester fabric printing with a disperse dye[J]. Fibers and Polymers, 2021, 22(2): 396-404.

[18] Qiao X R, Fang K J, Liu X M, et al. Different influences of hydroxypropyl methyl cellulose pretreatment on surface properties of cotton and polyamide in inkjet printing[J]. Progress in Organic Coatings, 2022, 165: 106746.

[19] Zhao H Z, Wang M Y, Zhang K, et al. Effective cotton surface treatment using natural polymer for controlled ink droplet spreading and high-quality inkjet printing images [J]. Progress in Organic Coatings, 2022, 172: 107127.

(责任编辑:张会巍)