

纳米 SiO_2/MgO 印花颜料对织物雪地伪装性能的影响

李月荣^{1a}, 周 岚^{1b}, 冯新星², 陈建勇^{1a}, 于海燕², 张建春²

(1. 浙江理工大学, a. 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室; b. 生态染整技术教育部工程研究中心, 杭州 310018; 2. 解放军总后勤部军需装备研究所, 北京 100010)

摘 要: 为研究现有白色无机纳米颜料对织物雪地伪装性能的影响,制备雪地伪装效果相对更好的伪装织物,实验采用涂料印花工艺制备不同种类印制织物,通过测试印制织物反射率,讨论了纳米 SiO_2 和纳米 MgO 粒子作为印花颜料在单独或复合使用时对印制织物雪地伪装性能的影响,并表征了印制织物的表面形貌,测试了印制织物的白度和耐洗性能。结果表明:当纳米 SiO_2 和纳米 MgO 颜料单独使用时,印制织物在紫外一定波段(250~280 nm 和 280~320 nm)的反射率值偏低,而将纳米 SiO_2 和纳米 MgO 颜料按质量比 2:1 复合,且复合颜料用量为 12% 时,印制织物的反射率高达 80% 以上,雪地伪装性能优于颜料单独使用时的印制织物,弥补了两种颜料单独使用时的缺陷,且白度与耐洗性能良好。

关键词: 纳米 SiO_2 ; 纳米 MgO ; 涂料印花; 反射率; 雪地伪装

中图分类号: TS194.2 **文献标志码:** A

0 引 言

雪地伪装材料作为雪地作战环境中的必备材料之一,在军事作战中占有举足轻重的位置。一直以来,我国军队使用白布模拟雪地伪装的效果,但随着侦测技术尤其是紫外探测技术的日益发展,已经不能实现有效的雪地伪装。雪地因其独特的环境,在紫外及可见光区具有很高的反射率,不仅在可见光区要求伪装材料为白色,更要求其对紫外光的反射率要达到 70% 以上,才能在紫外滤光镜中呈现与雪地背景相似的颜色效果,达到雪地伪装的目的^[1]。

国内外很早开始针对紫外探测设备研究雪地伪装材料,如采用硫酸盐、碳酸盐以及钡、钙、镁的氧化物等白色颜料制备了伪装涂料^[2];将 ZrO_2 和 TiO_2 添加到纺丝溶液中制成伪装纤维;用 TiO_2 、钛酸镁、硅酸盐或 SiO_2 的一种或多种混合物为填充料制成复合材料伪装网^[3-4],且关于白色紫外荧光染料的研究也不断出现^[1]。但这些伪装材料多针对车辆、枪支等军用器械的伪装,不适用单兵作战。有专利针

对各种白色无机粒子的光反射性能进行了研究,指出二氧化钛、三氧化锑、氧化锌、硫化锌等粒子在可见光波段内有较高反射率,而在紫外区域反射率较低^[5],并不具有良好的雪地伪装性能。

随着纳米技术的发展,纳米无机粒子已被广泛应用于涂料^[6]、膜材料^[7]以及复合材料^[8]等领域。纳米颗粒具有粒径小、比表面积大、对紫外光反射和吸收能力强,且强度高、韧性高、稳定性好等特点。本研究选取了两种常用的白色无机纳米粒子 SiO_2 和 MgO 作为颜料,通过研究印制织物对紫外及可见光的反射性能,探讨了纳米 SiO_2 和纳米 MgO 对印制织物的雪地伪装性能的影响,并表征了印制织物的白度、表面形貌和耐洗性能。

1 实验部分

1.1 实验材料

白色颜料:纳米 SiO_2 (杭州万景新材料公司)、纳米 MgO (南京埃普瑞纳米材料公司)。

粘合剂:SOF-APF (上海誉辉化工公司)。

收稿日期: 2014-07-24

基金项目: 北京市科委项目(Z131100003213015)

作者简介: 李月荣(1989-),女,安徽芜湖人,硕士研究生,主要从事雪地迷彩伪装织物方面的研究。

通信作者: 冯新星, E-mail: xinxingfeng@hotmail.com

增稠剂:海藻酸钠(国药集团化学试剂公司)。

精练涤纶织物;去离子水(自制)。

1.2 雪地伪装织物的制备

常温下,将海藻酸钠增稠剂加入到去离子水中,制成浓度为4%的增稠剂原糊,再将颜料、粘合剂、

增稠剂原糊和去离子水按一定的比例混合,在3 000 r/min的转速下搅拌2 h,制成具有流动性的印花浆料,通过筛网印花工艺印制到精练后的织物上,在80℃的烘箱预烘5 min,160℃下焙烘3 min,即得到印制织物。具体配方见表1。

表1 涂料印花色浆制备配方

织物	粘合剂质量分数/%	颜料质量分数/%	海藻酸钠原糊质量分数/%	去离子水质量分数/%
SiO ₂ 颜料印制织物	5	10	8	77
MgO 颜料印制织物	5	10	8	77
复合颜料印制织物	5	0~20	8	67~87

1.3 测试与表征

a) 反射率测试:采用紫外-可见分光光度计(Lambda 900, PerkinElmer 公司, 美国)测定印制涤纶织物反射率;

b) 表面形貌表征:采用普通相机(SAMSUNG PL150)和场发射扫描电子显微镜(FESEM, ULTRA55, 德国)观察印制前后涤纶织物的表面形貌;

c) 白度测试:采用测色配色仪(Datacolor 600, Datacolor 公司, 美国)测试印制前后织物的白度,每块织物试样取5个不同位置测试,结果取5次的平均值;

d) 耐洗性能测试:参照标准 GB/T 8629—2001《纺织品 纺织试验用家庭洗涤和干燥程序》洗涤印制后织物。本实验取印制后织物与洗涤5次后的织物进行反射率测试。

2 结果与讨论

2.1 颜料种类对织物雪地伪装性能的影响

通过测试不同白色纳米粒子对紫外及可见光的反射性能,选取了具有较高紫外反射率的纳米 SiO₂ 和纳米 MgO 粒子作为印花颜料,以颜料质量分数为10%,SOF-APF 型粘合剂质量分数为5%配制印花浆料,在相同条件下,分别测试印制织物在250~500 nm波段的反射率,结果见图1。

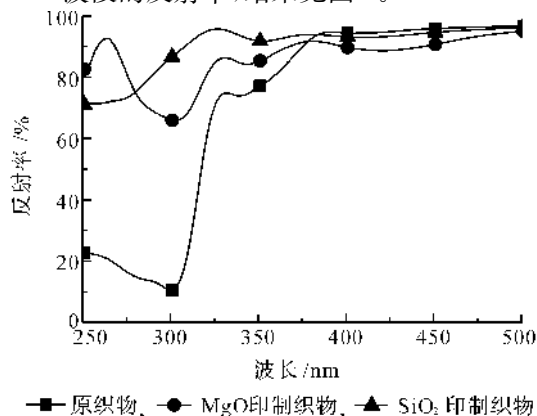


图1 纳米 SiO₂ 与纳米 MgO 印制织物反射率

由图1可以看出,以纳米 SiO₂ 与 MgO 作为印花颜料,印制织物的紫外光反射率几乎达到70%以上,尤其在250~380 nm波段,印制织物的反射率显著高于涤纶织物原样。这归因于印制织物表面的纳米颜料颗粒对紫外光的良好反射性能。在250~280 nm波段内,纳米 MgO 印制织物的反射率高于纳米 SiO₂ 印制织物的反射率,在280~400 nm的紫外光波段,纳米 SiO₂ 印制织物的反射率在75%以上,明显大于纳米 MgO 印制织物的反射率,这归因于两种纳米粒子自身对紫外光的反射性能差异;而在400~500 nm的可见光波段,印制织物的反射率与涤纶织物原样相似,均在90%左右,归因于印制前后织物均为白色,其白度差异不大,对可见光的反射性能大致相同,具有相似的视觉效果。由此可见,当两种纳米粒子颜料单独使用时,印制织物在紫外某些波段(250~280 nm 和 280~320 nm)的反射率相对较低,即紫外雪地伪装性能存在一定缺陷。

为了有效利用纳米 SiO₂ 与纳米 MgO 颜料在紫外不同波段的高反射性能,得到具有更好雪地伪装效果的印制织物,将两种颜料复合使用,在其他实验条件不变的情况下,研究按不同质量比($m_{\text{SiO}_2} : m_{\text{MgO}}$)制成的复合颜料印制织物的雪地伪装性能,结果见图2。

由图2可以看出,在其他条件相同时,不同质量比($m_{\text{SiO}_2} : m_{\text{MgO}}$)制得的复合颜料印制织物的反射率曲线存在明显的差异。与纳米 SiO₂ 颜料印制织物在250~280 nm的较低反射率相比,随着纳米 MgO 颜料的加入,所有复合颜料印制织物在250~280 nm波段的反射率显著提高,呈现出与纳米 MgO 颜料印制织物的反射率曲线相同的趋势,加强了印制织物在250~280 nm紫外波段的雪地伪装性能。在250~400 nm波段内,与质量比为1:1的印制织物相比,质量比为4:1、3:1和2:1的印制织物的反射率明显提高,而质量比为1:4、1:3、

1:2的印制织物的反射率相对偏低。在 280~400 nm 波段内,纳米 SiO₂ 颜料印制织物的紫外反射率高于纳米 MgO,因此,随着复合颜料中纳米 SiO₂ 颜料所占质量分数的增加,印制织物的反射率呈上升趋势。此外,由图 2 还可以发现,在整个紫外波段范围内,质量比为 4:1、3:1、2:1 的复合颜料印制织物的紫外反射率都高于单独纳米 SiO₂ 或纳米 MgO 颜料印制织物。这是因为复合颜料中的 SiO₂ 和 MgO 通过物理混合,互相弥补了各自在不同紫外波段反射率的不足,共同提高了印制织物在整个紫外波段的反射率。因此,通过合理调配纳米 SiO₂ 与纳米 MgO 的质量比,可以赋予印制织物更优的雪地伪装防护性能。

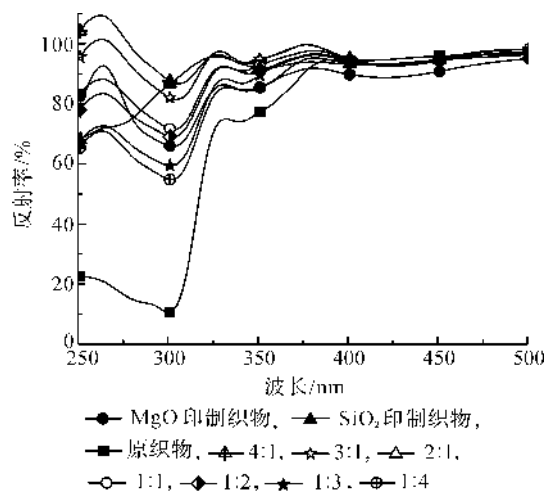


图2 不同质量比($m_{\text{SiO}_2} : m_{\text{MgO}}$)的复合颜料对织物雪地伪装性能的影响

2.2 颜料用量对织物雪地伪装性能的影响

将纳米 SiO₂ 与纳米 MgO 颜料以质量比 2:1 复合,在其他条件不变时,改变复合颜料的总用量,分别为 4%、8%、10%、12%、16% 和 20%,印制织物的反射率测试结果见图 3。

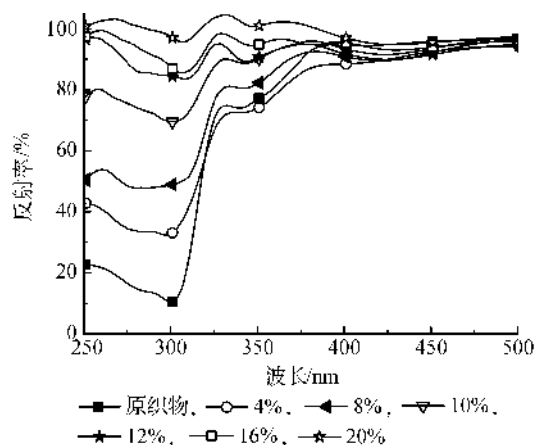


图3 复合颜料用量对织物雪地伪装性能的影响

由图 3 可以看出,随着印花浆料中复合颜料用量的增加,印制织物的反射率不断升高。这是因为随着印花浆中复合颜料用量的增加,印制在织物表面的复合颜料增多,织物表面的复合颜料层变得厚而密实,遮住了织物表面纱线交织、缠绕所形成的缝隙,光线透过率减少,印制织物对入射光的反射作用趋近于复合颜料自身对紫外和可见光的反射性能。当复合颜料用量达到 12% 左右,印制织物在 250~500 nm 波段的反射率就已经高达 80% 以上,比同等条件下,纳米 SiO₂ 和纳米 MgO 颜料单独印制织物反射率高,雪地伪装性能相对更好。若再进一步增加复合颜料的用量,附着在织物表面的颜料颗粒增多,会在一定程度上影响织物的手感。

2.3 表面形貌分析

图 4 是用普通照相机拍摄的雪地背景与印制织物。在普通相机的拍摄下,雪地与印制织物均呈现白色,视觉上没有太大差异。表 2 为印制前后织物的白度测试结果。由表 2 数据可知,在织物表面印制上纳米 SiO₂ 和纳米 MgO 颜料后,织物的白度相对于原织物有所提高,结合图 4 可知,在可见光区,印制织物和雪地背景呈现相似白色,具有良好的可见光区雪地伪装的效果。

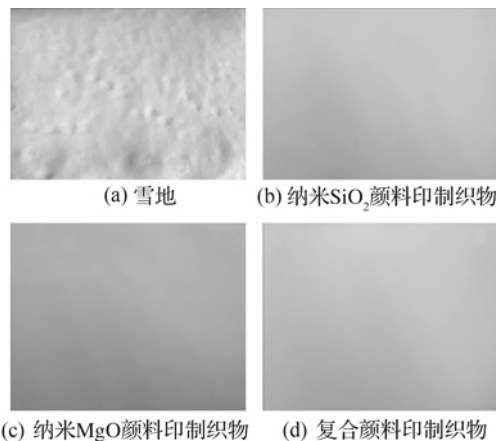


图4 雪地与印制织物的数码照片

表2 各种织物的白度测试结果比较

织物	原织物	SiO ₂ 印制织物	MgO 印制织物	混合颜料印制织物
白度/%	77.30	81.57	85.6	83.4

图 5 为涤纶织物印制前后放大 200 倍的扫描电镜图。由图 5 可以看出,原织物中经、纬纱交织、缠绕,存在很多的缝隙,容易使光线透过,而印制后织物表面形成颜料层,覆盖了原织物中的缝隙,使得光线透过率降低,且颜料层上的纳米粒子,本身有较好的紫外光反射性能,这也是印制后织物的紫外反射率高于原织物的原因。

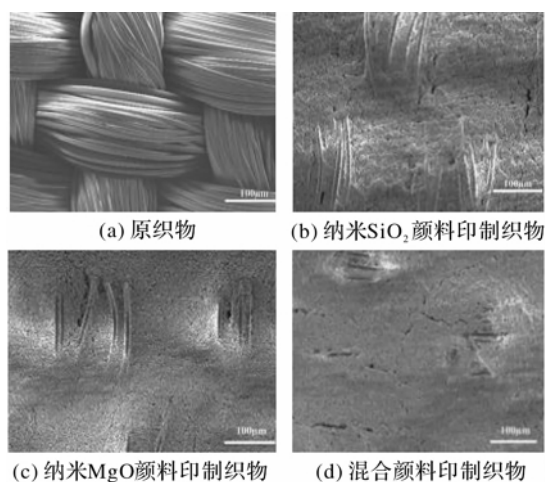


图5 织物的SEM表面形貌比较

2.4 耐洗性

图6是纳米 SiO_2 、纳米 MgO 和质量比($m_{\text{SiO}_2} : m_{\text{MgO}}$)为2:1的复合颜料印制织物皂洗5次前后的反射率曲线。从图6可以看出,3种印制织物皂洗前的反射率都达到了80%以上,经过5次皂洗后,虽然印制织物的反射率值有所降低,但仍保持在70%以上,具有良好的雪地伪装防护性能。

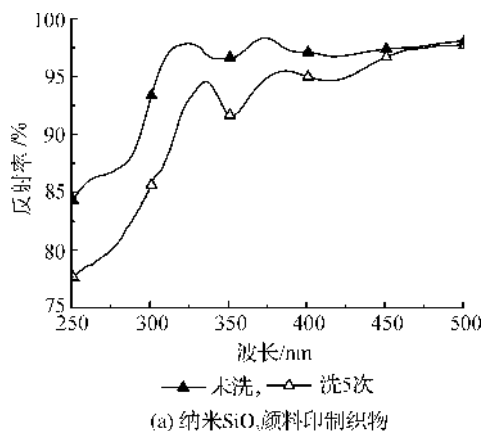
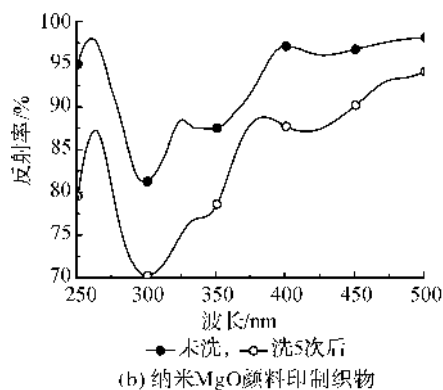
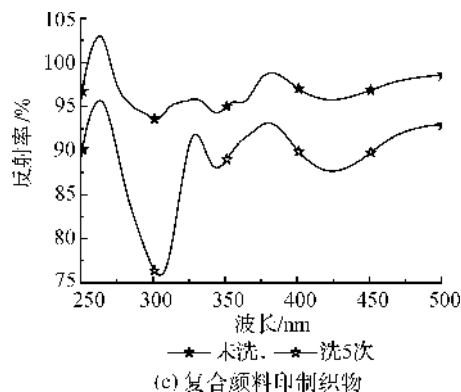
(a) 纳米 SiO_2 颜料印制织物(b) 纳米 MgO 颜料印制织物

图6 印制织物皂洗前后的反射率曲线

3 结论

a) 两种颜料纳米 SiO_2 与纳米 MgO 复合使用时,可以有效提高印制织物在整个紫外波段的反射率,在一定程度上弥补了当两种纳米颜料单独使用时,印制织物在紫外某些波段(250~280 nm和280~320 nm)反射率较低的问题,印制织物的紫外雪地伪装性能得到显著提升。

b) 当两种颜料纳米 SiO_2 与纳米 MgO 以质量比2:1混合,复合颜料质量分数为12%左右,SOFA-APF型粘合剂的用量为5%左右时,制得的雪地伪装织物反射率达到80%以上,比纳米 SiO_2 雪地伪装织物和纳米 MgO 雪地伪装织物的整体伪装效果好。

参考文献:

- [1] 张建春. 迷彩伪装技术[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2002.
- [2] 闫俊宏, 侯文学, 辛宇天. 雪地伪装涂料的研究[J]. 光电对抗与无源干扰, 2001(3): 26-29.
- [3] Lindquist G, Wallin E W. Camouflage material; US, 4, 001, 827[P]. 1977-01-04.
- [4] Robicci P L. Camouflage covering for snowy soils; US, 4, 469, 745[P]. 1984-09-04.
- [5] Lindquist G W. Camouflage paint reflecting ultraviolet light for use in snowy country; US, 3, 300, 325[P]. 1967-01-24.
- [6] 徐航天, 屈庆. 无机纳米抗紫外涂料的研究进展[J]. 现代涂料与涂装, 2014(2): 16-21.
- [7] 朱丽静, 朱利平, 徐又一, 等. 有机/无机杂化纳米粒子共混改性聚偏氟乙烯多孔膜及其表面两性离子化的研究[J]. 功能材料, 2014, 45(6): 65-69.
- [8] Nasirian S, Milani Moghaddam H. Hydrogen gas sensing based on polyaniline/anatase titania nanocomposite [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2014, 39(1): 630-642.

The Influence of Nano SiO₂ and MgO Pigment on Camouflage Performance of Printed Fabrics in Snowfield

LI Yue-rong^{1a}, ZHOU Lan^{1b}, FENG Xin-xing², CHEN Jian-yong^{1a}, YU Hai-yan², ZHANG Jian-chun²

(1a. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education; 1b. Engineering Research Center for Eco-Dyeing and Finishing of Textiles, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. The Quartermaster Research Institute of General Logistics Department of the CPLA, Beijing 100010, China)

Abstract: In this study, different kinds of printed polyester fabrics with better camouflage effects were prepared to study influence of white inorganic nano pigment on camouflage property of fabrics in snowfield. Pigment printing technology was adopted to prepare diverse printed fabrics. Influence of nano-SiO₂ and nano-MgO particles as pigment print on camouflage property of fabrics in snowfield during single use or combined use was discussed through testing reflectance of printed fabrics. Also, the surface morphology of these fabrics was characterized. Meanwhile, the whiteness and washing fastness of these fabrics were tested. These results show that reflectance value of printed fabrics is relatively low in the certain UV region (250~280 nm and 280~320 nm), when nano-SiO₂ and nano-MgO pigment are used singly; the reflectance of printed fabrics is as high as 80% when nano-SiO₂ and nano-MgO are mixed according to the mass ratio of 2 : 1 and dosage of composite pigment is 12%. Snowfield camouflage property of the fabrics is superior to the fabrics during single use. This makes up for defects during single use of two pigments, and the whiteness and washing fastness are good.

Key words: nano-SiO₂; nano-MgO; pigment printing; reflectance; camouflage in snowfield

(责任编辑: 许惠儿)