

织物老化损伤对其去污性能的影响研究

胡倩^a, 吴金丹^{a,b}, 王际平^{a,b,c}

(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. 教育部生态染整工程技术研究中心;
c. 国家纺织与日用化学国际科技合作基地, 杭州 310018)

摘要: 以漂白、摩擦以及疏水物质处理棉织物为例, 模拟织物在日常穿着及洗涤过程中的老化损伤, 利用激光共聚焦扫描显微镜技术研究了织物老化损伤对其去污性能的影响, 考察了织物的亲水性及织物与污渍的结合等因素对织物去油污指数的影响。结果表明: 织物经漂白和摩擦处理后, 其亲水性增加, 去油污指数也提高; 而织物经1%氨基硅油、2%浓度角鲨烯和20%浓度角鲨烯疏水处理后, 其亲水性明显减弱, 去油污指数也大大下降。

关键词: 老化损伤; 去油污指数; 亲水性; 激光共聚焦; 荧光强度

中图分类号: TS195.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2017)02-0180-05

0 引言

随着经济的发展和人们生活水平的不断提高, 纺织品的服用性能越来越受到人们的关注^[1]。然而, 织物的服用性能在日常穿着和洗涤过程中会因为接触摩擦、机械摩擦、沾着人体分泌的皮脂以及被洗涤剂所含漂白成分氧化而发生改变, 尤其是其去污性能^[2-3]。在生产实践中, 对织物洗涤性能以及洗涤剂去污力的研究较多, 而织物老化损伤对其去污性能的影响研究还很少。事实上, 织物的老化在其服用过程中是不可避免的, 因此研究因老化损伤引起的织物去污能力的变化具有重要的现实意义。

笔者以常用于织物起毛起球性能测试的马丁代尔耐磨及起毛球测试仪和常用的氧化漂白剂双氧水分别对棉织物进行处理, 分别模拟服用过程中由接触摩擦、机械摩擦等引起的物理损伤和被洗涤剂中漂白成分氧化所引起的化学损伤。另外, 以常用的柔软剂氨基硅油和人体皮脂的主要成分角鲨烯对棉织物进行疏水处理, 模拟经多次穿着后织物沾着人体皮脂等污渍并累积而变得疏水的老化损伤。利用激光共聚焦扫描显微镜(CLSM)技术探讨织物处理前后

去污性能的变化, 并通过织物处理前后亲水性的变化来探讨织物去污性能与其亲水性之间的关系。

1 实验部分

1.1 材料与试剂

全棉40支平纹布(绍兴富润集团针织印染厂); 双氧水(30%), 分析纯(杭州高晶精细化工有限公司); 大豆油, 市售; 丙酮, 分析纯(浙江三鹰化学试剂有限公司); 商品洗涤剂(Tide Free)(美国宝洁公司); 渗透剂JFC, 氨基硅油(Ecocare Dc949)(Dow Corning公司); 角鲨烯(98%), 尼罗红($\geq 95\%$)(上海阿拉丁生化科技股份有限公司)。尼罗红是一种亲油性荧光染料, 常用于脂类及蛋白质等的染色, 其化学结构如图1所示。

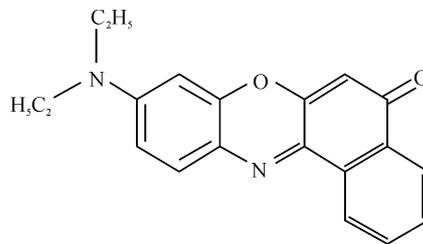


图1 尼罗红的化学结构

收稿日期: 2016-07-01 网络出版日期: 2017-01-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(51303161)

作者简介: 胡倩(1993-), 女, 湖南株洲人, 硕士研究生, 主要从事纺织品洗涤及其评价技术方面的研究。

通信作者: 王际平, E-mail: jpwang@zstu.edu.cn

1.2 仪器与设备

电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司),加热磁力搅拌器(德国 Hieldolph 公司),电热恒温鼓风干燥箱(杭州蓝天化验仪器厂),JC2000C1 型接触角测量仪(德国 Krüss 公司),909 型马丁代尔耐磨及起毛球测试仪(英国 James Heal 公司),C2+ 型激光共聚焦扫描显微镜(日本尼康公司)。

1.3 织物老化损伤处理方法

化学损伤处理:将洗净的棉布 1.0 g 浸没在浴比为 1:30,双氧水浓度为 1%,JFC 浓度为 2 g/L 的浴液中,并置于温度为 100 °C 的水浴锅中搅拌保温 2 h,处理后取出棉布并用清水反复冲洗 3 次后烘干得到氧化损伤后的棉布。

疏水处理:将洗净的棉布 1.0 g 浸没在浴比为 1:40,氨基硅油浓度为 1% 的浴液中,并在温度为 50 °C 和搅拌条件下处理 20 min,处理后取出棉布并在 90 °C 烘箱预烘 5 min,再置于 110 °C 烘箱焙烘 2 min。

物理损伤处理:按照 ASTM-D4970 标准对棉布进行摩擦起毛起球处理,程度为 4000 次。

仿皮脂处理:称取 2 块 0.75 g 洗净后棉布备用,在两个烧杯中分别加入丙酮、2% 浓度角鲨烯和 20% 浓度角鲨烯,浴比为 1:20,再分别放入棉布,使棉布浸没在溶液中并在常温搅拌条件下处理 8.5 h,处理后取出棉布烘干得到皮脂污染后棉布。

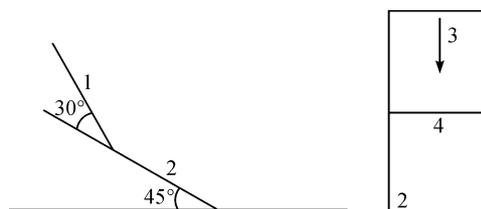
1.4 去污性能测试

尼罗红染料工作液的配制:称取尼罗红染料 0.05 g,溶于适量丙酮溶液中,加去离子水定容至 50 mL 容量瓶中,用锡箔纸包裹容量瓶避光保存在冰箱中储存备用。

沾污和标记:从处理过后的棉布中抽出 1 根 5 cm 左右的纱线,将其浸没在 3 mL 大豆油中,5 min 后取出,放在滤纸上吸除多余的油脂,然后将其浸没在 2 mL 尼罗红染料工作液中,10 min 后取出,放在滤纸上吸除多余工作液,然后从沾有油性污渍并被荧光染料标记的纱线上抽出纤维固定在载玻片上。

洗涤条件:用刻度吸管吸取 1 mL 浓度稀释到 1%,温度为 25 °C 的洗涤剂沿着载玻片纵向(纤维横

向)冲洗载玻片上的纤维,每 1 mL 冲洗记为一次。分别冲洗单纤维 4、6 次,冲洗后避光自然晾干待测。具体的洗涤方法如图 2 所示。



1. 刻度滴管;2. 载玻片;3. 洗涤剂冲洗方向;4. 单纤维
图2 洗涤方法图示

1.5 去污性能的评价

由于尼罗红染料是亲油性的,单根纤维用油性污渍大豆油处理后再用尼罗红染料标记,通过激光共聚焦扫描显微镜能够拍摄到荧光物质尼罗红染料被激光激发出来的红色荧光。洗前洗后单根纤维上附着的大豆油污渍含量有所变化,亲油性的尼罗红染料含量也会发生变化,所以洗前洗后所拍摄图像的荧光强度是不同的,因此以红色荧光的强度 I 来分析织物老化损伤对其去污性能的影响^[4-6]。

去油污指数计算公式如下:

$$D/\% = \frac{I_B - I_A}{I_B} \times 100 \quad (1)$$

其中: D 为去油污指数; I_B 为单纤维洗前的单位面积平均荧光强度; I_A 为单纤维洗后的单位面积平均荧光强度。

1.6 织物亲水性测试

根据 AATCC 79—2014 测试方法的原理,本实验利用接触角测量仪记录织物被润湿的过程,从水滴开始接触织物界面开始计时,到水滴完全铺展于织物表面时,停止计时,该润湿时间表征了织物样品的亲水性。

2 结果与讨论

2.1 单纤维去油污 CLSM 图像

为了清晰直观地分析织物老化损伤对其去污性能的影响结果,对棉织物分别进行不同老化损伤处理后,利用激光共聚焦扫描显微镜拍摄获取了织物中单纤维洗前洗后的荧光图像,其结果如图 3—图 5 所示。

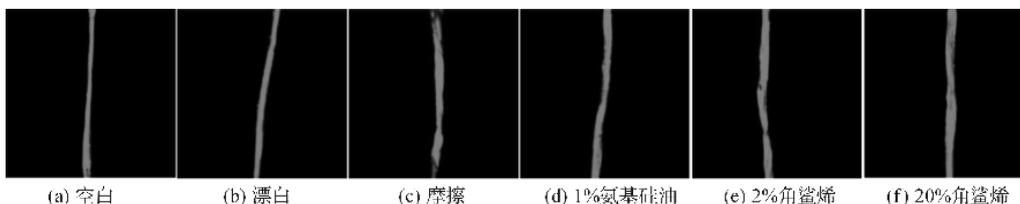


图3 不同方式处理后棉织物中单纤维洗前 CLSM 图像
(放大倍数 400,激发波长 543.5 nm,发射波长 650 nm)

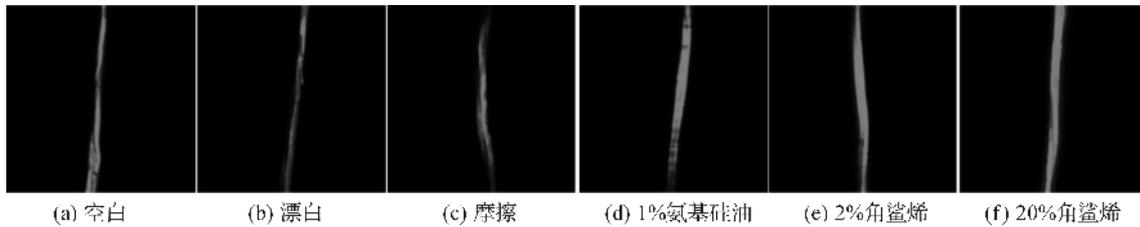


图4 不同方式处理后棉织物中单纤维经洗涤剂冲洗4次后 CLSM 图像
(放大倍数 400, 激发波长 543.5 nm, 发射波长 650 nm)

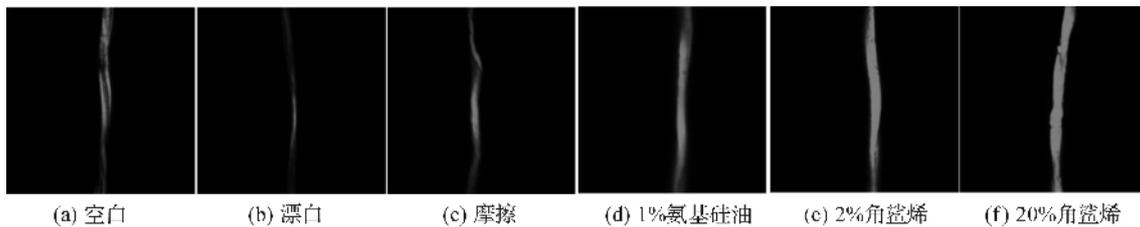


图5 不同方式处理后棉织物中单纤维经洗涤剂冲洗6次后 CLSM 图像
(放大倍数 400, 激发波长 543.5 nm, 发射波长 650 nm)

由图3—图5可以直观地发现,棉单纤维经浓度为1%的洗涤剂冲洗4次、6次后,其 CLSM 图像中单位面积荧光强度有不同程度地减弱,且未经处理棉织物的减弱程度小于经过漂白、摩擦处理后的棉织物,大于经氨基硅油、2%角鲨烯、20%角鲨烯处理后的棉织物。经漂白处理的棉织物中单纤维经洗涤剂冲洗6次后,其 CLSM 图像的荧光强度已经相当微弱,说明大部分大豆油污渍已被去除,去污能力接近饱和状态。而经角鲨烯处理的棉织物中单纤维经洗涤剂冲洗6次后,其 CLSM 图像的荧光强度同未冲洗的大约保持一致,说明大豆油污渍几乎没有被去除。

2.2 织物去油污指数的变化

计算5种模拟日常生活织物老化损伤方式处理后的棉织物中单纤维洗前洗后的单位面积荧光强度,其结果如图6所示,并按公式(1)计算得到其经洗涤剂冲洗4次和6次的去油污指数,实验结果见表1。

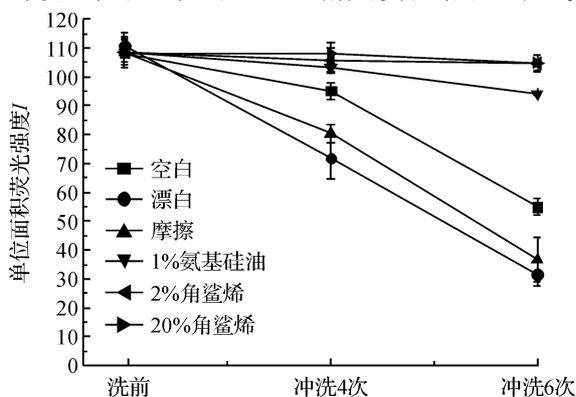


图6 不同方法处理过的单纤维在洗涤过程中的荧光强度变化

表1 织物的去油污指数

处理方法	去油污指数 D/%	
	冲洗4次	冲洗6次
漂白	35.22	71.51
摩擦	25.96	66.14
空白	12.03	49.24
1%氨基硅油	4.71	13.20
2%角鲨烯	2.45	3.51
20%角鲨烯	0.05	3.07

通过观察图6和表1发现,空白样和5种经过处理的织物洗前的单纤维单位面积荧光强度相近,说明这些单纤维上沾着大豆油的量相近,因此,在洗涤次数相同的条件下,荧光强度越高的,去油污指数越低^[7]。同时,还可以发现每一处理方式处理后的棉织物中单纤维经洗涤剂冲洗6次后的去油污效果都优于冲洗4次的。另外,未经处理棉织物的去油污指数小于经过漂白、摩擦损伤的棉织物,大于经氨基硅油、2%角鲨烯、20%角鲨烯处理后的棉织物。其中,经漂白处理的去油污指数最高,达到70%以上,而去油污指数最小的是经20%角鲨烯处理后的棉织物,其去油污指数只有3%左右,几乎没有去污能力,这是因为受到不同老化损伤处理方法的影响,使得它们的去污力有所不同。

2.3 织物亲水性的变化

考虑到棉织物经过处理后其亲水性会发生变化,分别测试了经不同方法处理后棉织物的润湿时间,其结果如表2所示。

表 2 织物经处理后润湿时间的变化

处理方法	润湿时间 t/s
漂白	1.10
摩擦	29.34
空白	46.67
1%氨基硅油	154.33
2%角鲨烯	50.67
20%角鲨烯	198.33

一般来说,织物的润湿时间越长,其亲水性越差。由表 2 可知,织物经过老化损伤后其亲水性会有明显变化,经过氧化漂白和摩擦这类老化损伤后,织物的润湿时间明显减少,即其亲水性增加。这是因为实验所用棉布为经过各种后整理的棉布,而这些后整理包括柔软化等需要用到疏水药剂的处理,因此,其本身的亲水性并不是很理想,从空白样(即未处理的棉织物)的润湿时间为 46.67 s 可以看出其亲水性较差。经过加入渗透剂 JFC 的高温漂白处理使得棉织物表面的疏水药剂被除掉,从而提高了其亲水性。同样的,棉织物表面的疏水药剂通过摩擦处理被磨去一部分,因此也提高了其亲水性,但提高程度不及氧化漂白方法。而经过氨基硅油、2%角鲨烯、20%角鲨烯处理后的棉织物,其亲水性有不同程度的降低,这是由于这三种物质皆为疏水物质,且处理浓度越高其疏水性越强,因此处理后棉织物的亲水性降低地越明显^[8]。

2.4 织物亲水性变化与其洗涤性能之间的关系

为了探究棉织物经不同老化损伤处理后,导致其去污性能发生变化的影响因素,进一步分析了织物润湿时间与去油污指数之间的关系,其关系图如图 7 所示。

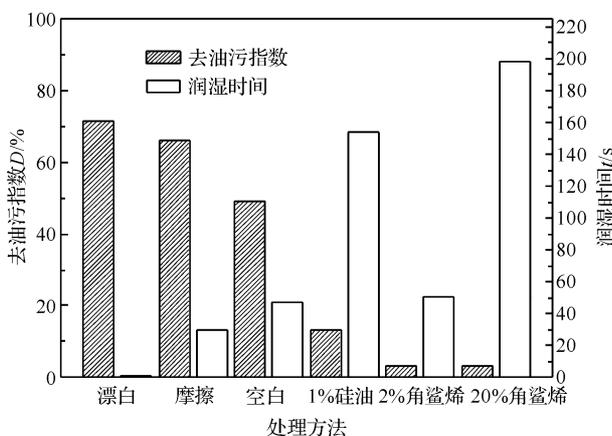


图 7 织物润湿时间与经洗涤液冲洗 6 次去油污指数的关系图

去污过程是把污渍从被污染的基质表面去除到所接触介质中的一个过程,因此,洗涤是把污渍从织物表面去除到洗涤溶液中的一个过程^[9-10]。洗涤过程中,水分子更容易润湿亲水性好的织物,从而使织物与污渍之间的结合能力减弱,使污渍更容易被洗涤液溶解带走^[11]。经漂白和摩擦处理后,棉织物的亲水性得到提高,因此增加了水分子扩散进入污渍与单纤维之间界面的能力,使得其去油污指数增加。而经氨基硅油、2%角鲨烯、20%角鲨烯处理后,棉织物的亲水性减弱,即变得疏水,因此减弱了水分子扩散进入污渍与单纤维之间界面的能力,使得其去油污指数减少。所以,织物的亲水性与去污性能之间存在一定的关系,但是从图 7 中偏差点 2%角鲨烯的去油污指数来看,并不是润湿时间越长(即亲水性越差),其去油污指数越小。

3 结 论

a) 织物经过不同的老化损伤处理,其去污性能有所不同。氧化漂白和摩擦处理使得织物去污性能提高,其中,漂白处理后织物的去污指数提高了 22%;而氨基硅油、角鲨烯疏水处理使得织物去污性能大大降低,其中角鲨烯处理后织物的去污指数降低至 3%。

b) 织物经过不同的老化损伤处理,其亲水性发生变化。经过氧化漂白和摩擦处理后的织物,其亲水性增加;而经过氨基硅油、角鲨烯处理后的织物,其亲水性大大减弱。

c) 织物亲水性的变化是造成织物老化损伤后去污性能变化的原因,亲水性好的织物,其附着的污渍更容易被洗涤液带走,因此具有较好的洗涤性能。

参考文献:

- [1] 王雪梅,李进进. 浅谈织物服用性能测试和研究[J]. 印染助剂,2010(5):39-42.
- [2] 付刚,武晖. 织物洗涤沾污性能的研究[J]. 西安工程大学学报,2008,22(3):275-278.
- [3] 张仁里. 织物洗涤过程中泛灰现象的再讨论[J]. 中国洗涤用品工业,2014(5):24-25.
- [4] 韩卓,陈晓燕,马道荣,等. 激光扫描共聚焦显微镜实验技术与应用[J]. 科技信息,2009(19):27-28.
- [5] 李楠,王黎明,杨军. 激光共聚焦显微镜的原理和应用[J]. 军医进修学院学报,1996(3):232-234.
- [6] 任江. 棉纤维表面油渍洗涤机理的激光共聚焦显微分析[D]. 杭州:浙江理工大学,2012.

- [7] SONESSON A W, CALLISEN T H, ELOFSSON U M, et al. Imaging the detergency of single cotton fibers with confocal microscopy; the effect of surfactants and lipases[J]. *Journal of Surfactants & Detergents*, 2007, 10(4):211-218.
- [8] PEI L, GE H, WANG D, et al. The influence of silicone softeners on fabric stain removal and whiteness maintenance during home laundry [J]. *Journal of Surfactants & Detergents*, 2014, 17(2):331-339.
- [9] FORT T, BILLICA H R, GRINDSTAFF T H. Studies of soiling and detergency[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1968, 45(5):354-361.
- [10] 徐宝财. 洗涤剂概论[M]. 2版. 北京:化学工业出版社, 2008.
- [11] 裴刘军, 葛华云, 安原原, 等. 有机硅柔软剂对织物去污性能的影响研究[J]. *日用化学工业*, 2013, 43(3):192-196.

Impact of Fabric Ageing Damage on Its Detergency Performance

HU Qian^a, WU Jindan^{a,b}, WANG Jiping^{a,b,c}

- (a. Key Laboratory of Advanced Textile Materials & Manufacturing Technology, Ministry of Education;
b. Eco-Dyeing and Finishing Engineering Research Center, Ministry of Education; c. National
Base for International Science and Technology Cooperation in Textiles and Consumer
Goods Chemistry, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In this paper, bleaching, friction and hydrophobic treatment of cotton fabrics were used to simulate the ageing damage of cotton fabric in daily dressing and laundry procedure. The confocal laser scanning microscope technique was used to study the impacts of fabric ageing damage on its detergency performance, and analyze the influences of fabric's hydrophilia as well as binding force between fabric and stain on the oil removal index of fabric. The results indicate that fabric hydrophilia was enhanced, and the oil removal index increased after bleaching and friction treatment; the oil removal index and hydrophilia decreased significantly due to hydrophobic treatment with 1% amino silicon oil, 2% squalene and 20% squalene.

Key words: ageing damage; oil removal index; hydrophilia; confocal laser scanning microscope; fluorescence intensity

(责任编辑:唐志荣)