DOI: 10.19333/j.mfkj.2017100270804

离子液体对羊毛纤维的改性及其性能研究

赵晓婷，王利平
（内蒙古工业大学 轻工与纺织学院，内蒙古 呼和浩特 010080）

摘 要：为了改善羊毛的亲水性，提高羊毛的染色性能，采用［BMIM］Cl、［EMIM］Br、［BMIM］Br 3种不同的离子液体对羊毛纤维进行处理，筛选出处理效果最佳的离子液体，同时分析处理温度、离子液体质量分数和处理时间的影响。研究结果表明：用离子液体处理羊毛纤维，其表层结构遭到破坏，而且用［BMIM］Cl离子液体处理效果最好，处理的最佳工艺为：［BMIM］Cl离子液体的质量分数为30%、染色温度为70 ℃、处理时间为10 min。经过处理后，明显提高了羊毛的亲水性，色牢度达到要求，改善了羊毛的染色性能，还可以实现低温染色。

关键词：离子液体；羊毛；改性；染色性能
中图分类号：TS 195 文献标志码：A

Research on properties of wool fibers modified by ionic liquid

ZHAO Xiaoting, WANG Liping
(College of Light Industry and Textile, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot, Inner Mongolia 010080, China)

Abstract: In order to improve the hydrophilicity and dyeing performance of wool fiber, three ionic liquids including [BMIM] Cl, [EMIM] Br, [BMIM] Br were selected to treat wool fiber, the one with best performance was selected, and the treatment temperature, concentration and time on wool properties were analyzed. The results showed that the surface structure of wool fiber was destroyed after treated with ionic liquid, and [BMIM] Cl ion liquid was the best one for treatment, the optimized condition was mass fraction of [BMIM] Cl ionic liquid 30%, dyeing temperature 70 ℃ and processing time 10 min. After treatment, the hydrophilicity of wool improved significantly, color fastness can meet the requirements, and the dyeing performance improved, and furthermore, it was possible for the modified wool fibers to dye at low temperature.

Keywords: ionic liquid; wool; modification; dyeing property

离子液体也称为室温离子液体、室温熔融盐、有机离子液体等[1-3]，它作为一种新型溶剂，是继超临界流体和双水相之后的第3种绿色溶剂[4]，其液态温度范围比较大，挥发性低[5]，物理化学性能稳定[6]，有很好的可控性。而且离子液体本身是一种环保溶剂，在处理纺织品的时候，可以避免对大气造成污染，使用便捷[7]。同时还可以简化处理过程，降低对防护设备的要求，提高处理纺织品的各项性能。

羊毛作为天然蛋白质纤维，应用十分广泛，其良好的性能是生产高档服装的好材料[8]。制作出来的服装手感良好，保暖性优异，但因为羊毛具有由角质化的蛋白构成的鳞片层，可以保护羊毛不受外界产生变化，在染色加工上造成了一定的阻碍[9]。离子液体可以破坏羊毛的鳞片层，染料可以向纤维内部扩散，提高其亲水性和染色性能，并实现低温下羊毛的染色[10]，避免高温染色羊毛强力遭到破坏，为生产提供了很多方便。本文选用3种不同的离子液体处理羊毛纤维，各项性能可以通过不同方案达到最佳的处理效果，对生产性能优异的纺织品具有重大的意义。

1 实验部分

1.1 材料与药品

材料：羊毛纤维。药品：酸性染料湖蓝，无水乙

收稿日期：2017－10－25
第一作者简介：赵晓婷，硕士生，主要研究方向为纺织品染色。通信作者：王利平，E-mail: 646837853@qq.com。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

醇，醋酸，[BMIM] Cl、[BMIM] Br、[EMIM] Br 离子液体(上海爱纯生物科技有限公司)。

1.2 仪 器

JA5003 电子天平(上海天平仪器厂)；电子显微镜(北京康光有限公司)；分光光度仪(北京康光有限公司)；YGB001 A 电子单纤维强力仪(温州大荣纺织标准仪器厂)；GZX-9146 MBE 电热鼓风干箱(上海沪粤明科学仪器有限公司)；AS-12 常温振荡小样染色机(佛山市顺德区亚诺精密机械制造有限公司)。

1.3 测试方法

1.3.1 亲水性测试

选用未处理羊毛纤维及质量分数为 30% 的 3 种不同的离子液体处理的羊毛纤维作为实验样品，分为 4 组，分别在 4 个样品上用胶头滴管滴上水滴，记录水滴在纤维上完全消失的时间。

1.3.2 强力测试

按 GB/T 4711—1984《羊毛单纤维断裂强力和伸长试验方法》，利用单纤维强力仪对处理后的纤维分别进行测试。

1.3.3 上染百分率测试

采用残液法在可见光分光光度计对染料进行吸光度测定的测定，按下式计算：

$$E = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100\%$$

式中：E 为上染百分率，%；A_0 为染料初始吸光度；A_t 为染料 t 时刻的吸光度。

2 实验结果与分析

2.1 离子液体处理对羊毛表面亲水性的影响

图 1 为离子液体对羊毛表面亲水性的测试图。样品 1 为未进行处理的羊毛纤维，样品 2、3、4 分别为用质量分数 30% 的 [BMIM] Cl、[EMIM] Br、[BMIM] Br 离子液体处理后的羊毛纤维，利用胶头滴管滴一滴水在纤维上，记录水滴消失的时间，水滴滴试测试图见图 1，水滴完全渗透样品 1 ~4 的时间分别为 463、136、195、263 s。

与未进行任何处理的样品 1 相比，经过离子液体处理后的样品水滴消失快，而且样品 2 水滴消失时间最快，说明羊毛经过离子液体的处理后，表面的类脂层破损，从而使水分可以更快地游离进入纤维内部，提高了纤维的吸湿性，并且用 [BMIM] Cl 离子液体处理的羊毛效果最为显著，对鳞片层的破坏效果最好。

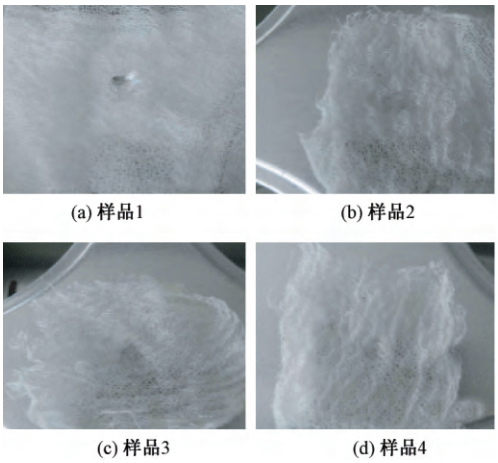

图 1 水滴滴试测试图

2.2 离子液体处理羊毛纤维后强力的变化

样品 1 是未进行处理的纤维，样品 2、3、4 分别为质量分数为 30% 的 [BMIM] Cl、[EMIM] Br、[BMIM] Br 离子液体处理 10 min 后的羊毛纤维，羊毛单纤维断裂强力测试结果见表 2。

表 2 羊毛单纤维的断裂强力测试结果

羊毛纤维	断裂强力/cN	断裂伸长率/%
样品 1	21.3	32.5
样品 2	14.3	23.3
样品 3	16.5	24.3
样品 4	17.6	25.7

由表 2 可知，经过离子液体处理后的羊毛纤维由于表层的破坏，纤维强度大大降低，从而影响了伸长率。且经过 [BMIM] Cl 离子液体处理后的样品 2 的断裂强力最小，而未处理的羊毛纤维的强力最大，其原因是表面仍有鳞片层，可以保护纤维不轻易受到外界环境影响发生性质变化，所以，未处理纤维的强力比处理后纤维的强力要好，伸长率也较高。

2.3 离子液体处理后羊毛染色性能的变化

2.3.1 离子液体处理对羊毛染色效果的影响

样品 1 是未进行处理的纤维，样品 2，3，4 分别用质量分数为 30% 的 [BMIM] Br、[EMIM] Br、[BMIM] Cl 处理 10 min 后的羊毛纤维，然后进行染色。不同离子液体处理后的羊毛纤维上染百分率变化见图 2。

由图 2 可以看出，与用 [EMIM] Br、[BMIM] Br 处理羊毛的效果相比，用 [BMIM] Cl 处理过的样品上染百分率明显提高，这是因为 [BMIM] Cl 能充分的溶解羊毛角蛋白，使羊毛的鳞片层受到强烈的破坏，因此染料容易向纤维内部扩散，从而显著地提高染料在羊毛中的上染百分率，而未处理过的羊毛纤

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

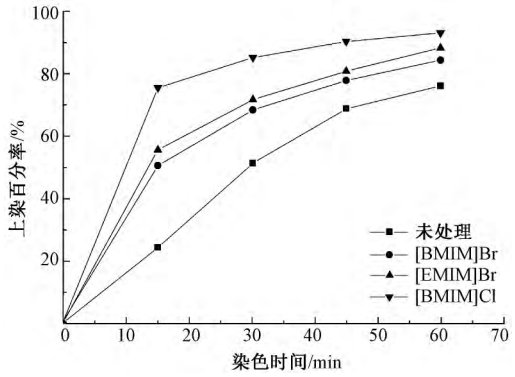

图2 不同离子处理的上染百分率变化

维，上染百分率较低的原因是表层的薄膜完整存在可以保护羊毛不受外界影响，从而影响染料分子的进入。

2.3.2 离子液体质量分数对羊毛染色效果的影响

未处理羊毛纤维样品及经过质量分数为10%、20%、30%的[BMIM]Cl离子液体处理10 min后的羊毛纤维样品，在70 ℃恒温染色1 h。不同质量分数处理下样品上染百分率见图3。

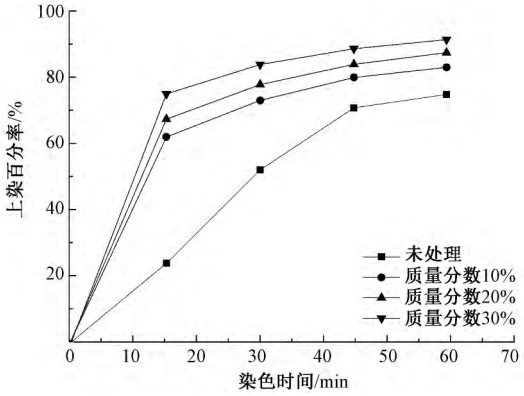

图3 不同质量分数处理下样品上染百分率

由图3可知，在恒温染色条件下，用质量分数为30%的[BMIM]Cl离子液体处理羊毛后的上染百分率最高，优于用其他质量分数处理和未处理的样品。这说明离子液体质量分数的大小会影响上染百分率及上染速率，质量分数越大，相应的羊毛表层破坏程度越大，而染料分子进入羊毛更快，上染百分率相应提高。

2.3.3 温度对羊毛染色效果的影响

羊毛织物在质量分数为30%的[BMIM]Cl离子液体处理10 min后，在不同温度下染色，不同温度下的上染百分率变化见图4。

由图4可以看出，在70和80 ℃下进行恒温染色效果较好，上染百分率较高，但是考虑到羊毛在80 ℃以上染色时，强力会有所损伤，所以染色最佳温度选择70 ℃，而且在温度为70 ℃的条件下可以达到沸染的效果，这样既提高了染色率又保留了纤维大部分的强力，同时也可以说明用[BMIM]Cl离子液体处理后可以实现羊毛的低温染色。

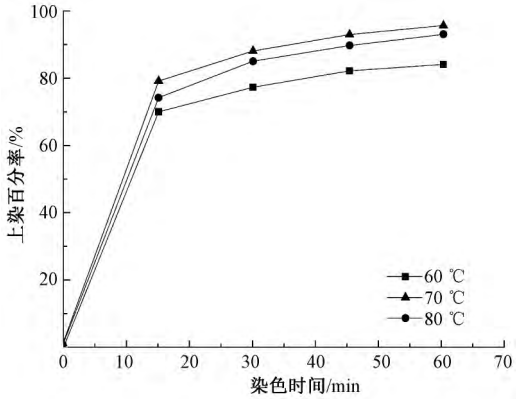

图4 不同温度下的上染百分率变化

2.3.4 离子液体处理时间对羊毛染色效果的影响

用质量分数为30%的[BMIM]Cl离子液体对羊毛纤维进行不同时间的处理，然后染色，不同离子液体处理时间对上染百分率的影响见图5。

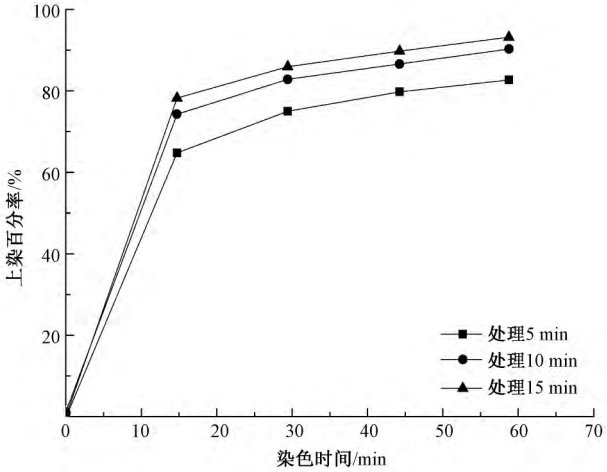

图5 不同离子处理时间对上染百分率的影响

由图5可知，随着处理时间的增加，羊毛纤维的上染百分率逐渐提高，而且用[BMIM]Cl离子液体处理10和15 min显著的提高了羊毛纤维的上染百分率，而处理5 min的羊毛纤维的上染百分率不如前二者明显，这可能是由于处理时间不长，没有充分破坏羊毛的表层结构，阻碍了染料的渗透力，在处理时间为10和15 min羊毛纤维后效果相当的情况下，为了既可以达到较高的上染百分率，又可以保留羊毛纤维较大的强力，选择最佳处理时间为10 min，因为长时间的处理会损伤纤维，使得纤维强力严重降低。

2.3.5 羊毛纤维的*K/S*值和色牢度

样品*K/S*值和色牢度测试结果见表3。

由表3可以看出，与未经过离子液体处理的羊毛纤维相比，处理后的羊毛纤维的*K/S*值都会提

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

高，而且用［BMIM］Cl 处理过的样品4的 *K/S* 值最大，色泽比其他样品高，这可能是因为经过处理后织物的上染百分率得到提高后颜色变深，说明用离子液体处理后可以提高羊毛纤维的色泽。样品的干摩擦牢度均较高，这可能是因为经过离子液体处理后的羊毛织物的上染百分率的提高使其颜色变深。但湿摩擦牢度较差，耐水洗色牢度也不高，这是因为经过离子液体处理后，破坏了羊毛纤维的表层结构，在染料容易渗透的同时，水洗时染料的解析也会变得容易，所以，水洗牢度会降低。

表3 样品 *K/S* 值及色牢度

样品	*K/S* 值	摩擦牢度/级		水洗牢度/级
		干摩	湿摩	
样品1	17.1	4	3～4	4
样品2	18.2	4～5	3	3
样品3	19.3	4～5	2～3	3～4
样品4	19.9	4～5	2～3	3～4

3 结 论

①与未处理的羊毛纤维相比，经过离子液体处理的羊毛上染百分率有很大程度的提高。在相同处理条件下，处理效果为［BMIM］Cl > ［EMIM］Br > ［BMIM］Br。

②经过离子液体处理后，羊毛纤维表面鳞片层被破坏，织物的润湿时间明显缩小，提高了纤维的亲水性能。

③用［BMIM］Cl 离子液体处理羊毛纤维后可实现低温染色，在温度为70 ℃下可以达到与沸染一样的染色效果，此时的的温度也不会造成纤维的强力损伤。所以，在用离子液体处理的羊毛纤维时，必须寻求上染百分率提高和强力下降之间的平衡点，以生产出高质量的羊毛产品。

④离子液体对羊毛鳞片层具有很好的软化和剥除能力，质量分数为30%的［BMIM］Cl 可以充分破坏羊毛的结构表面，提高羊毛的上染百分率和纤维的色泽，但是同时由于纤维的表层遭到破坏，色牢度反而有所下降。同时，处理时间越长，羊毛纤维表面的鳞片层被破坏的程度越深。

参考文献：

[1] 侯亚伟. 功能化离子液体的制备、性能及应用的研究［D］. 上海：华东师范大学，2009.
[2] 寇元，何玲. 离子液体与绿色化学：为了今天还是为了未来？［J］. 化学进展，2008，20(1)：5－10.
[3] 邵媛，邓宇. 离子液体的应用研究进展［J］. 精细化工中间体，2005，35(6)：14－18.
[4] 袁久刚，王强，范雪荣. 离子液体在纺织中的应用［J］. 印染，2008(7)：44－47.
[5] 马海兵，杨丽斌，任慧平，等. 离子液体及其在化学中的应用［J］. 山东师范大学学报(自然科学版)，2005(3)：45－47.
[6] 张亚娟，许爱荣，王键吉. 阴离子结构对离子液体物理化学性质的影响［J］. 河南师范大学学报(自然科学版)，2011，39(6)：178.
[7] 袁久刚，王强，范雪荣. 离子液体对羊毛纤维的改性作用［J］. 纺织学报，2008，29(8)：60－62.
[8] 汪南方，翦育林. 离子液体处理羊毛的染色性能［J］. 纺织学报，2011，32(9)：79－83.
[9] 王科林，徐娜. 超声波在羊毛染整加工中的应用研究及进展［J］. 印染助剂，2010，27(11)：7－10.
[10] 张海燕，白建红. 羊毛低温染色技术［J］. 天津纺织科技，2013(4)：5－7.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net