

DOI: 10.13475/j.fzxb.20170608005

温湿度对涤/棉浆纱力学性能的影响

张希文¹, 武海良¹, 沈艳琴¹, 毛宁涛^{1 2}

(1. 西安工程大学 纺织与材料学院, 陕西 西安 710048; 2. 英国利兹大学 设计学院, 英国 利兹 LS2 9JT)

摘要 针对目前纺织厂织造车间温湿度设置不合理, 经停、纬停高, 效率低的问题, 研究了温度、相对湿度与涤/棉(65/35)浆纱力学性能的关系。通过系统测试不同温度和相对湿度下浆纱的断裂强力、耐磨性能, 分析了温湿度对浆纱断裂强力、耐磨性能的影响规律, 并采用相关性非参数假设检验进行了证明。结果表明: 温湿度对浆纱断裂强力影响不显著, 对浆纱耐磨性能有显著影响; 当温度在 22 ℃、相对湿度为 78% 时浆纱的断裂强力及耐磨性能最好, 涤/棉浆纱在低温高湿条件下比高温高湿条件下具有更好的力学性能, 浆纱在不同湿度下的应力屈服点变化和结晶度变化均不明显, 表明浆纱断裂强力受湿度影响不显著的原因。

关键词 温湿度; 涤/棉纱; 浆纱; 力学性能

中图分类号: TS 103.486 文献标志码: A

Influence of humidity and temperature on properties of sized polyester/cotton yarn

ZHANG Xiwen¹, WU Hailiang¹, SHEN Yanqin¹, MAO Ningtao^{1 2}

(1. Textile and Materials College, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2. School of Design, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK)

Abstract Aiming at the problems of unreasonable temperature and humidity setting in the weaving workshop of textile mills, high warp and weft stops and low weaving efficiency, the relationships between temperature /relative humidity and mechanical properties of polyester /cotton 65/35 sized yarn were studied. The breaking strength and abrasion resistance of the sized yarn were tested, and the influence law of the temperature and humidity on the breaking strength and abrasion resistance of the sized yarn were analyzed. The non parametric hypothesis test was applied to prove the experimental results. The results show that temperature and humidity have no significant influence on the breaking strength of sized yarn, and have significant influence on the wear resistance of the sized yarn. When the polyester/ cotton (65/35) sized yarn under conditions of temperature of 22 ℃ and relative humidity of 78%, the sized yarn is the best in breaking strength and abrasion resistance, the sized polyester cotton yarn has better mechanical properties under the condition of low temperature and high humidity than that of high temperature and high humidity. The stress yield point change and the crystallinity degree of the polyester/ cotton 65/35 sized yarn are not remarkable under different humidities, explaining the reason why the temperature and humidity have less influence on the breaking strength.

Keywords temperature and humidity; polyester/cotton yarn; sized yarn; mechanical property

浆纱回潮率对节约能源、浆纱机的生产效率以及织造效率有重要影响, 因此, 浆纱回潮率的设置与控制一直是浆纱、织造工作者研究的重点。

早在 1926 年, Peirce 等研究了湿度对棉纱强力、伸长等性能的影响^[1], 20 世纪 80—90 年代, Hari 等就对湿度与纯棉浆纱性能的关系进行了研

收稿日期: 2017-06-30 修回日期: 2017-12-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFB0309100); 陕西省重点研发计划项目(2017GY-432)

第一作者简介: 张希文(1990—), 男, 硕士生。主要研究方向为新型纺织浆料及浆纱工艺研究。

通信作者: 武海良, E-mail: whl@xpu.edu.cn。

究^[2-3],给出了浆纱应力-应变特性与相对湿度的关系。湿度对浆纱力学性能的影响也一直是国内浆纱研究者关注的重点:黄大钰等就温湿度对织造工人身体健康、织造效率的影响进行了深入探讨^[4-5];赵坚等探讨了涤/棉浆纱的适宜回潮率与浆纱力学性能的关系^[6-7]。这些研究对浆纱回潮率的设置有着重要作用,但都是基于当时的特定条件,如Hari的研究对象是14.6 tex 纯棉纱,浆料采用淀粉100%、牛油和树胶各3%(相对于淀粉质量),浆液含固量为18%,上浆率为22%,在有梭织机上以172 r/min的速度进行研究。

当今,织机、浆纱机、浆料以及浆纱工艺都发生了很大变化,新的设备、新的浆料、新的工艺得以普遍使用,早期的研究结论已经不能满足目前的需要。织造车间普遍采用高温高湿织造环境(28℃以上,78%左右),既不利于工人身体健康,又不利于节能,所以对浆纱回潮率与浆纱力学性能的关系研究重新引起了研究者的注意^[8-9],目前这些研究大都集中在纯棉浆纱与回潮率的关系^[10]上,鲜有关于涤棉/浆纱性能与温湿度关系的研究报道。为此,本文系统研究了涤/棉浆纱性能与温湿度的关系,以期对织造车间温湿度的设置提供参考。

1 实验部分

1.1 实验材料

涤/棉(65/35)原纱(13 tex)及浆纱,由宝鸡昌新布业有限公司提供。

聚乙烯醇(PVA)1799(上海汇沪实业有限公司),PVA205(北京安特普钠科贸有限公司),变性淀粉(后满生物科技有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 涤/棉纱线上浆配方

浆料配方1:PVA1799质量分数为32%,PVA205质量分数为11%,变性淀粉质量分数为57%。

浆料配方2:PVA1799质量分数为26%,PVA205质量分数为26%,变性淀粉质量分数为48%。

1.2.2 涤/棉浆纱性能测试

依据GB/T 9995—1997《纺织材料含水率和回潮率的测定》,采用恒温恒湿箱来测定涤/棉浆纱的回潮率;依据GB/T 3916—1997《纺织品 卷装纱 单根纱线断裂强力与断裂伸长率的测定》,测试浆纱的断裂强力。将涤/棉浆纱分别在相对湿度为60%、65%、70%、74%、78% 温度为22、25、28℃的

条件下恒温恒湿24 h,然后测试其耐磨、断裂强力,测试方法参见文献[11]。

1.2.3 浆纱应力-应变测试

分别在22℃、不同相对湿度下测试涤/棉原纱及其浆纱的应力-应变曲线,参数设定为:等速拉伸,纱线夹持隔距250 mm,拉伸速度250 mm/min,预加张力0.02~0.1 N,滑块重力10 N;测试时将原纱及浆纱在不同湿度条件下平衡24 h。

1.2.4 浆纱结晶度测试

采用X射线衍射仪对涤/棉浆纱进行结晶度测试,测试时浆纱在湿度为60%和78%的恒温恒湿箱中恒湿24 h。测试条件为:电压40 kV,电流30 mA,步长0.02°,扫描速率0.08(°)/s,扫描范围5°~90°,根据扫描得到的图谱来分析涤/棉浆纱结晶度的变化;采用MDI Jade 6.0软件进行结晶度计算,方法见文献[12]。

1.2.5 温湿度与浆纱性能相关性分析

利用SPSS软件对温湿度与浆纱断裂强力和耐磨次数的相关性进行分析,采用相关性非参数假设检验,判断温湿度对浆纱性能影响是否显著。相关系数表示检验值的相关程度, P 值是显著水平。当显著水平小于0.05时,表示二者无显著性相关的可能性小于0.05;当显著水平大于0.05时,表示二者有显著性的可能性小于0.05。

2 结果与讨论

2.1 22℃时湿度与浆纱性能的关系

图1示出温度为22℃时不同湿度条件下2种配方上浆所得浆纱的性能。涤/棉纱经配方1上浆(浆纱1),上浆率为11.12%,当相对湿度从60%增大到78%时,浆纱的回潮率从3.10%增大到4.45%,浆纱的断裂强力变异系数为0.0184。采用配方2上浆(浆纱2),上浆率为13.31%,当相对湿度从60%增大到78%时,浆纱的回潮率从3.10%增大到4.45%,浆纱的断裂强力变异系数为0.0118。对相对湿度与浆纱断裂强力的关系进行非参数相关性分析,结果显示相对湿度与浆纱1、浆纱2断裂强力的相关系数分别为0.7、0.2, P 值分别为0.188(大于0.05)、0.87(大于0.05),说明相对湿度对浆纱断裂强力无显著性影响,浆纱断裂强力受相对湿度变化影响不显著;相对湿度对浆纱的耐磨次数影响明显,2种浆纱耐磨次数变异系数分别为0.2407、0.2083。对相对湿度与耐磨次数的关系进行非参数相关性分析,结果显示相对湿度与浆纱耐磨次数的相关系数分别为0.9、0.9, P 值分别为

0.037(小于 0.05)、0.035(小于 0.05) ,说明湿度对耐磨性能有显著性影响 ,相对湿度对涤棉浆纱的耐磨性能影响大。当相对湿度达到 78% 左右时 2 种浆纱的耐磨性最好。

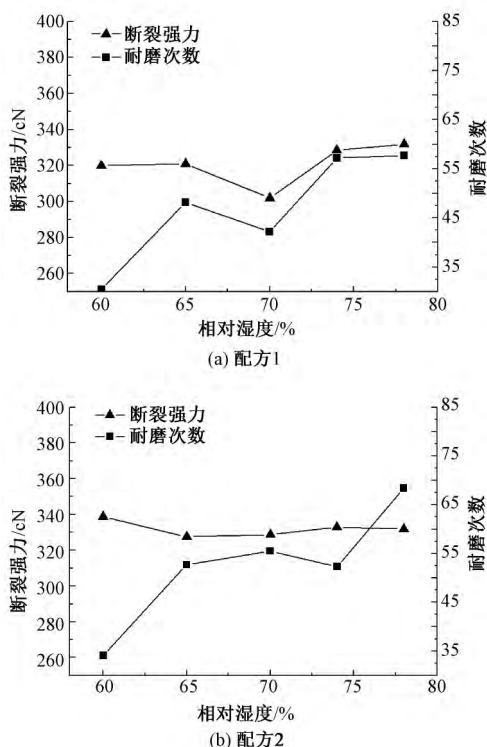


图 1 22℃ 时不同湿度条件下浆纱性能
Fig. 1 Sized yarn performance(22℃) under different humidity. (a) Recipe 1; (b) Recipe 2

2.2 25℃ 时湿度与浆纱性能的关系

图 2 示出温度为 25℃ 时不同湿度条件下 2 种配方上浆所得浆纱的性能。涤/棉纱经配方 1 上浆后 ,当相对湿度从 60% 增大到 78% 时 ,浆纱的回潮率从 3.23% 增大到 4.42% ,浆纱的断裂强力变异系数为 0.019 8; 采用配方 2 上浆后 ,当相对湿度从 60% 增大到 78% 时 ,浆纱的回潮率从 3.00% 上升到 4.51% ,浆纱的断裂强力变异系数为 0.011 5。对相对湿度与浆纱断裂强力的关系进行非参数相关性分析 ,结果显示 ,相对湿度与浆纱 1、浆纱 2 断裂强力的相关系数分别为 0.65、-0.2 ,*P* 值分别为 0.88(大于 0.05)、0.74(大于 0.05) ,说明相对湿度对浆纱断裂强力无显著性影响 ,浆纱断裂强力受相对湿度变化影响不大; 相对湿度对浆纱的耐磨次数影响明显 ,2 种浆纱耐磨次数变异系数分别为 0.127 8、0.199 5。对相对湿度与耐磨次数的关系进行非参数相关性分析 ,结果显示 ,相对湿度与浆纱耐磨次数的相关系数分别为 0.9、0.9 ,*P* 值分别为 0.037(小于 0.05)、0.032(小于 0.05) ,说明湿度对耐磨性能有显著性影响 ,相对湿度对涤/棉浆纱的

耐磨性能影响大。当相对湿度达到 74% 左右时 2 种浆纱的耐磨性最好。

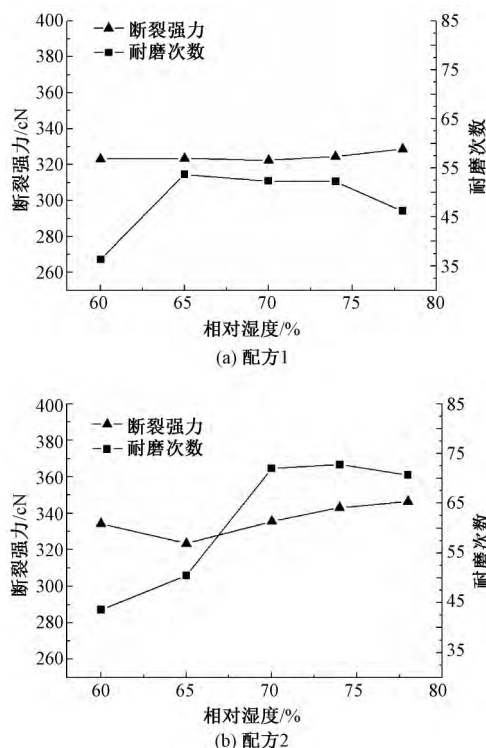


图 2 25℃ 时不同湿度条件下浆纱性能
Fig. 2 Sized yarn performance(25℃) under different humidity. (a) Recipe 1; (b) Recipe 2

2.3 28℃ 时湿度与浆纱性能的关系

图 3 示出温度为 28℃ 时不同湿度条件下 2 种配方上浆所得浆纱的性能。涤/棉纱经配方 1 上浆后 ,当相对湿度从 60% 增大到 78% 时 ,浆纱的回潮率从 3.23% 增大到 4.42% ,浆纱的断裂强力变异系数为 0.019 8; 采用配方 2 上浆后 ,当相对湿度从 60% 增大到 78% 时 ,浆纱的回潮率从 3.00% 上升到 4.51% ,浆纱的断裂强力变异系数为 0.011 5。对相对湿度与浆纱断裂强力的关系进行非参数相关性分析 ,结果显示 ,相对湿度与浆纱 1、浆纱 2 断裂强力的相关系数分别为 0.65、-0.2 ,*P* 值分别为 0.75(大于 0.05)、0.285(大于 0.05) ,说明相对湿度对浆纱断裂强力无显著性影响 ,浆纱断裂强力受相对湿度变化影响不大; 相对湿度对浆纱的耐磨次数影响明显 ,2 种浆纱耐磨次数变异系数分别为 0.151 5、0.109 2。对相对湿度与耐磨次数的关系进行非参数相关性分析 ,结果显示 ,相对湿度与浆纱耐磨次数的相关系数均为 0.9 ,*P* 值分别为 0.000 1(小于 0.05)、0.037(小于 0.05) ,说明相对湿度对耐磨性能有显著性影响 ,相对湿度对涤/棉浆纱的耐磨性能影响大。当相对湿度达到 78% 左右时 2 种浆纱的耐磨性最好。

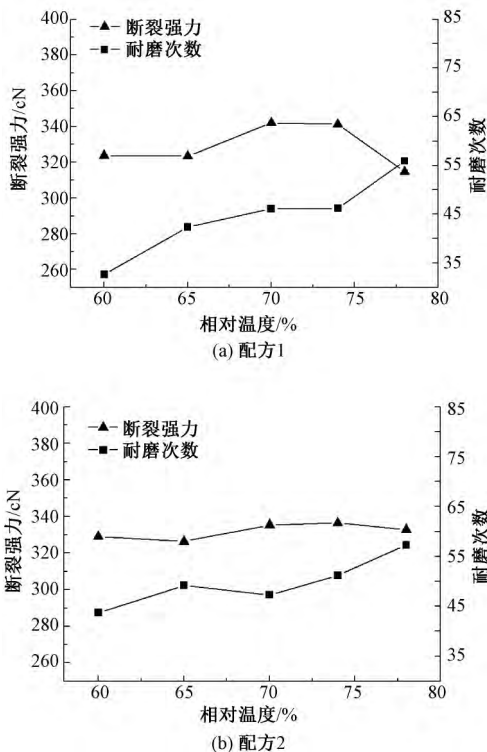


图 3 28℃时不同湿度条件下浆纱性能
Fig. 3 Sized yarn performance (28℃) under different humidity. (a) Recipe 1; (b) Recipe 2

上述研究结果表明,虽然浆料配方不同,但相对湿度对浆纱断裂强力和耐磨性能影响规律一致,即温湿度对涤/棉浆纱断裂强力影响不明显,对浆纱耐磨性能有显著影响,当温度为 22℃、相对湿度为 78% 时,浆纱耐磨性能好。浆纱强力受温湿度影响小,可以从温湿度对纱线的屈服应力点和浆纱的结晶度影响得到解释。图 4 示出浆纱及原纱在温度 22℃ 时不同湿度下的应力-应变曲线。可看出,涤/棉原纱及浆纱在相对湿度从 56% 增大到 78% 时,原纱屈服点应力约为 0.08 MPa、浆纱 1 屈服点应力约为 0.12 MPa、浆纱 2 屈服点应力约为 0.10 MPa,屈服应力点变化不明显,在拉伸应变相同时,不同湿度条件下浆纱的应力基本不变,所以湿度对浆纱的强力影响不显著。

结晶度和材料的拉伸、弯曲等性能有重要关系。结晶度的变化可引起材料强力的变化。涤/棉浆纱是由涤/棉纱经过浆纱后与浆料形成的一种复合材料。研究不同湿度条件下浆纱结晶度的变化,可以解释湿度对浆纱强力影响不显著的原因。图 5 示出浆纱在温度为 22℃ 相对湿度分别为 60%、78% 时的 X 衍射图谱。

浆纱在相对湿度 60% 时的结晶度为 51.42%,在相对湿度为 78% 时浆纱的结晶度为 50.21%。可见湿度对浆纱的结晶度影响较小。由图 5(b) 可知:

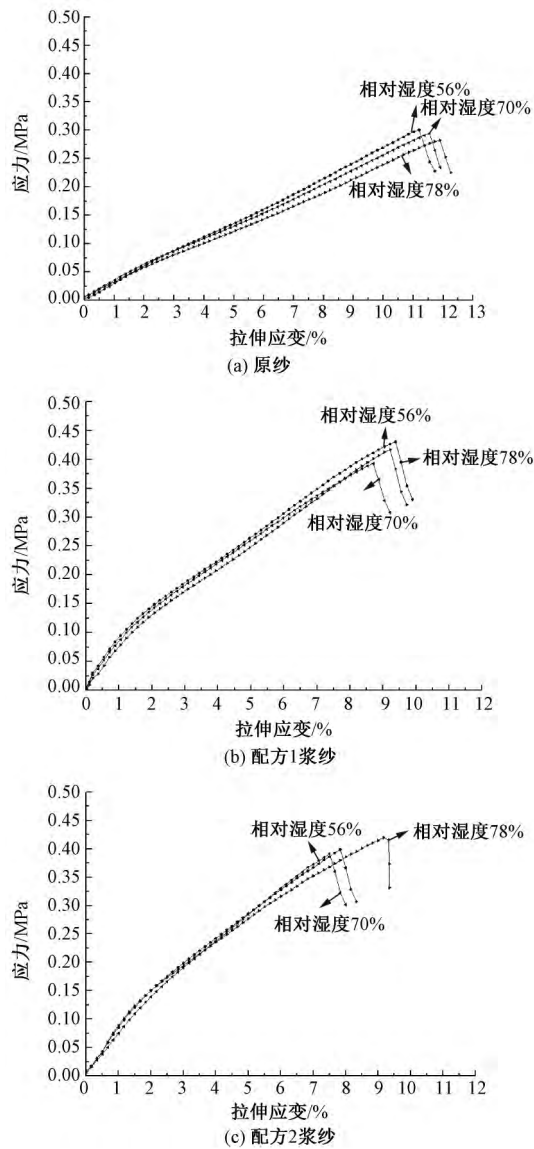
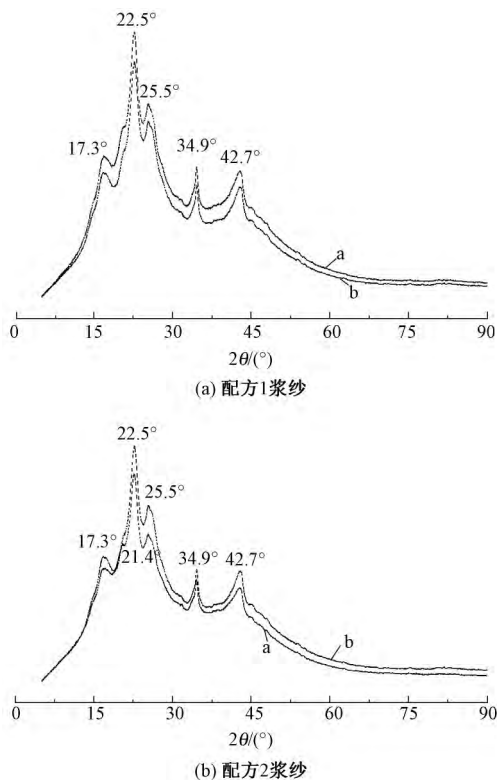


图 4 纱线应力-应变曲线
Fig. 4 Stress and strain curve of yarn. (a) Grey yarn; (b) Yarn sized with recipe 1; (c) Yarn sized with recipe 2

采用配方 2 上浆后的浆纱在相对湿度为 60% 时其结晶度为 52.34%;在相对湿度为 78% 时浆纱结晶度为 51.52%。对配方 1 浆纱和配方 2 浆纱进行相对湿度与结晶度非参数相关性分析可得, P 值分别为 0.172 和 0.62,均大于 0.05,表明相对湿度对浆纱结晶度没有显著影响。这是因为在这种温湿度环境下,水分子不能进入涤/棉浆纱的结晶区,不能破坏涤/棉浆纱的结晶区,从而浆纱的结晶度变化小,浆纱的强力变化不显著。

涤/棉浆纱耐磨性能在相对湿度为 78%、温度为 22℃ 时比相对湿度为 78%、温度为 28℃ 时好。这是因为温度高时,涤/棉浆纱表面形成的浆膜吸湿率过高,浆膜变软,耐磨性降低,导致浆纱耐磨性能下降。涤/棉浆纱回潮率在 3.0% ~ 3.5% 范围为宜^[7],当温度为 28℃、相对湿度为 78% 时,浆纱的



a—相对湿度为 78%、温度为 22 °C 时浆纱;
 b—相对湿度为 60%、温度为 22 °C 时浆纱。

图 5 不同湿度条件下浆纱的 X 射线衍射图谱

Fig. 5 XRD of sized yarn in different humidity.

(a) Yarn sized with recipe 1; (b) Yarn sized with recipe 2

回潮率高达 4.5%。这表明织造车间的温度没有必要像目前这样设置得很高,这一结论很好地解释了纺织厂下雨天织造效率高的现象。

3 结 论

1) 涤/棉(65/35)浆纱断裂强力受温湿度的影响较小;浆纱耐磨性能受温湿度影响明显。相关性非参数假设检验证明了温湿度对浆纱断裂强力影响不显著,对浆纱耐磨性能有显著影响。在温度为 22 °C、相对湿度为 78% 时,浆纱的耐磨性能最好,因此涤/棉浆纱在低温高湿条件下比高温高湿条件下具有更好的力学性能。

2) 涤/棉(65/35)纱线屈服点应力分析及浆纱结晶度分析表明,温度在 22 ~ 28 °C、相对湿度在 60% ~ 78% 时,温湿度不能明显改变浆纱屈服点应力和浆纱的结晶度,从理论上解释了温湿度对浆纱断裂强力影响不显著的机制。

FZXB

致谢 本实验得到了陕西省三秦学者经费支持,在此表示感谢!

参考文献:

[1] PEIRCE F T, STEPHENSON R J. The effect of humidity on cotton yarn strength and extensibility of sized and unsized yarns in equilibrium with steady atmospheric conditions [J]. Journal of the Textile Institute Transactions, 1926, 17: 645 - 660.

[2] HARI P K, TEWARY A. Role of moisture in the performance of sized yarn [J]. Textile Research Journal, 1985, 9: 567 - 571.

[3] BEHERA B K, HARI P K. Size recipes for low-humidity weaving of cotton yarn [J]. Indian Journal of Fiber and Textile Research, 1994, 19(2): 67 - 70.

[4] 黄大铤,杜聪. 织布车间温湿度对织造影响的探讨[C]//“蓝剑杯”全国织造产业开发设计学术研讨会暨 2009 织造年会. 常州: 常州市纺织工程学会, 2009: 292 - 295.

HUANG Dabo, DU Cong. Discussion on effect of temperature and humidity on weaving in weaving workshop [C]//“Bluesword Cup” National Symposium on Textile Industry Development and Design and 2009 Annual Weaving Conference. Changzhou: Changzhou Textile Engineering Society 2009: 292 - 295.

[5] 孟红彩. 浆纱生产中应注意的几个问题 [J]. 棉纺织技术 2014, 42(9): 6 - 10.

MENG Hongcai. Problems should be paid attention to in sizing production [J]. Cotton Textile Technology 2014, 42(9): 6 - 10.

[6] 赵坚,丁鸣声. 涤棉浆纱适宜回潮率的探讨 [J]. 华东纺织工学院学报, 1982(2): 93 - 95.

ZHAO Jian, DING Mingsheng. On optimum moisture regain of sized polyester cotton yarn [J]. Journal of East China Institute of Textile Science and Technology, 1982(2): 93 - 95.

[7] 钱磊. 涤棉浆纱适宜回潮率的讨论 [J]. 纺织学报, 1983, 4(1): 41 - 43.

QIAN Lei. A discussion about the suitable regain of polyester/cotton yarn in slashing [J]. Journal of Textile Research, 1983, 4(1): 41 - 43.

[8] 武海良,姚一军,沈艳琴. 纺织浆料的吸湿与放湿规律 [J]. 纺织学报 2016, 37(3): 72 - 75.

WU Hailiang, YAO Yijun, SHEN Yanqin. Moisture absorption and liberation regularities of textile sizes [J]. Journal of Textile Research 2016, 37(3): 72 - 75.

[9] 沈艳琴,姚一军,武海良,等. 合理控制浆纱回潮率的研究 [J]. 棉纺织技术 2016, 44(8): 1 - 5.

SHEN Yanqin, YAO Yijun, WU Hailiang, et al. Study on reasonably controlling the moisture regain of sized yarn [J]. Cotton Textile Technology 2016, 44(8): 1 - 5.

[10] 王鸿博. 浆纱回潮率对浆纱工艺和织造工艺的影响 [J]. 北京纺织 2003, 24(5): 21 - 22.

WANG Hongbo. Effect of sized yarn moisture regain on sizing technology and weaving progress [J]. Beijing Textile 2003, 24(5): 21 - 22.

[11] 沈艳琴,武海良,周丹. 柠檬酸氢二铵改善淀粉浆料成膜性的研究 [J]. 棉纺织技术 2012, 40(7): 409 - 411.

SHEN Yanqin, WU Hailiang, ZHOU Dan. Study on size film property of modified starch with diammonium hydrogen citrate [J]. Cotton Textile Technology, 2012, 40(7): 409 - 411.

[12] 刘群,徐广标,王向钦. 三种耐高温纱线的结构与性能测试评价 [J]. 产业用纺织品 2015(8): 13 - 18.

LIU Qun, XU Guangbiao, WANG Xiangqin. Study on structure and performance of three thermal resistance yarns [J]. Technical Textiles, 2015(8): 13 - 18.