

# 织物液态水传递性能的自动检测技术及应用

詹永娟<sup>1</sup>, 谢维斌<sup>2</sup>, 姜晓云<sup>1</sup>, 陈宝瑞<sup>1</sup>, 虞树荣<sup>1</sup>, 周小红<sup>1</sup>

(1. 浙江理工大学 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018; 2. 浙江检验检疫局, 杭州 310018)

**摘 要:** 基于垂直芯吸法和图像处理技术,介绍了一种织物液态水传递性能的自动检测装置。并利用该装置进行了测试实验,结果表明:该自动检测装置得到的检测结果与传统检测结果偏差较小,测试精度高,操作简单方便,能较好地表征织物液态水传递特征;采用可调LED光源的织物湿传递自动检测装置适合浅色以及深色织物液态水传递性能的自动检测。

**关键词:** 自动检测技术; 垂直芯吸法; 图像处理技术

**中图分类号:** TS101.8      **文献标志码:** A

## 0 引 言

人体出汗包括有感出汗和无感出汗,即显汗和潜汗<sup>[1]</sup>。当人体有感出汗时,汗液以液态水的形态分布在皮肤表面,通过织物的吸收、传递,将液态汗水从织物的一侧传递到另一侧,并散发到空气中,以促进人体热量的散失,对服装的穿着舒适性起着十分重要的作用。

垂直芯吸法是测试织物液态水传递性能的一种传统方法,如英国 BS3424 标准<sup>[2]</sup>、德国 DIN53924 标准<sup>[3]</sup>,以及我国 FZ/T01071—2008 行业标准<sup>[4]</sup>均采用此方法。其指标采用一定时间内,液体在织物上垂直传递的芯吸高度。该方法测试过程中,芯吸高度的读取由人工完成,存在一定的主观误差,且初始阶段的芯吸高度获取难度较大。

庄勤亮<sup>[5]</sup>研究图像处理技术在垂直芯吸法上的应用,解决芯吸高度人工读取问题。考虑到垂直拍摄时摄像头位置对图像数据的影响,采用了步进马达降低或提升 CCD 摄像头的位置来捕捉液体在织物上垂直传递的前沿。但织物液态水传递是一个复杂的、非线性的动态过程,步进马达保证 CCD 摄像头与液体在织物上垂直传递前沿位置一致难度较

大。姜晓云等<sup>[6]</sup>以垂直芯吸法为基础,从几何角度推导畸变图像尺寸与实际尺寸的关系,并通过 Matlab 程序图像处理技术对成像时的径向桶形畸变进行了修正,得到畸变图像和拍摄物体间的准确对应关系,解决了垂直拍摄芯吸高度图像的径向畸变带来的测试误差问题。这一方法奠定了织物液态水传递性能自动检测技术的基础。

## 1 织物液态水传递性能的自动检测装置

织物液态水传递性能自动检测装置主要由垂直芯吸实验装置 1,恒温、恒湿、恒光源环境 2,CMOS 图像采集装置 3,计算机 4 等组成(见图 1)。测试织物液态水传递性能时,试样 5 在垂直芯吸的动态过程中,CMOS 图像采集装置 3 每 10 s 采集一帧图像,并直接存储在计算机 4 中,采集到的图像经过 VC++ 编制的“织物垂直芯吸自动识别系统”处理以后,输出试样的芯吸高度值,实现对织物液态水传递过程的自动检测。

### 1.1 垂直芯吸实验装置

垂直芯吸实验装置 1 置于恒温、恒湿、恒光源环境中,其主要由水容器 6、试样架 7、张力夹 8、识别标尺 9 等组成,如图 1(b)所示。

收稿日期: 2012-06-04

基金项目: 国家质检总局科技计划项目资助(2011IK109)

作者简介: 詹永娟(1988-),女,安徽宿州人,硕士研究生,主要从事现代纺织技术和产品开发的研究。

通信作者: 周小红,电子邮箱: zhoush314@163.com

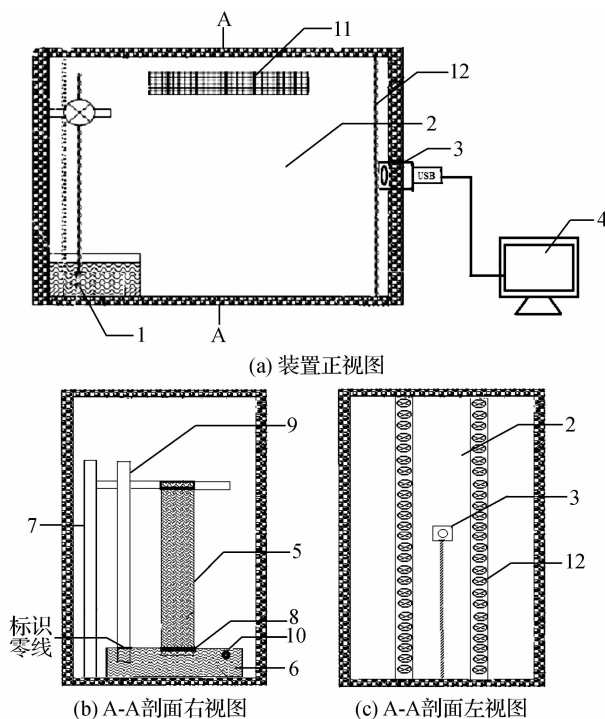


图 1 织物液态水传递性能自动检测装置

1. 垂直芯吸装置, 2. 恒温、恒湿、恒光源环境, 3. CMOS 图像采集装置, 4. 计算机, 5. 试样, 6. 水容器, 7. 试样架, 8. 张力夹, 9. 识别标尺, 10. 加液口, 11. 风道, 12. LED 灯源

试样 5 上端固定在试样架 7 的横梁架上, 下端用张力夹 8 夹持, 调整试样 5 的位置, 使张力夹 8 上端与识别标尺 9 的标识零线在同一水平线上, 且与 CMOS 摄像头在竖直方向上的距离为 15cm, 水容器 6 高度为 50mm, 采用水容器底部注液的方式。

## 1.2 恒温、恒湿、恒光源环境

空气温度和湿度的变化对纺织材料湿传递性能的测定结果影响很大。GB6529 规定了我国试验用标准大气的温、湿度参数为: 一级  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,  $(65 \pm 2)\% \text{RH}$ , 用于仲裁检验; 二级  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,  $(65 \pm 3)\% \text{RH}$ , 用于常规检验; 三级  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,  $(65 \pm 5)\% \text{RH}$ , 用于要求不高的检验。恒温恒湿环境采用智能化温湿度一体化控制方式, 风道 11 循环通风, 气流速度连续可调节, 保证测试环境中温湿度场的均匀与恒定。测试织物液态水传递性能时, 环境温度设置范围为  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为  $(65 \pm 3)\%$ 。

LED 灯光源 12 能量集中度高, 发光指向性强, 光线柔和, 亮度衰减比传统光源低。LED 灯源垂直放置, 提供拍摄垂直物体时纵向光照度均匀的环境, 并外连可调节装置, 通过手动调节电压来控制实验装置内的光线强度, 电压范围为  $0 \sim 20 \text{ V}$ 。

## 1.3 图像采集与处理系统

图像采集采用 MV-300UC 工业摄像头, 具有分

辨率高, 精度高, 清晰度高, 色彩还原好, 噪声低的特点。

该检测装置采用 VC++ 编制的“织物垂直芯吸自动识别系统”处理芯吸图像, 其操作界面见图 2。该系统包括文件、编辑、设置、查询等菜单栏, 并设有检测操作区、织物液态水传递过程测试的视频显示区以及芯吸高度-芯吸时间即时数据显示区。

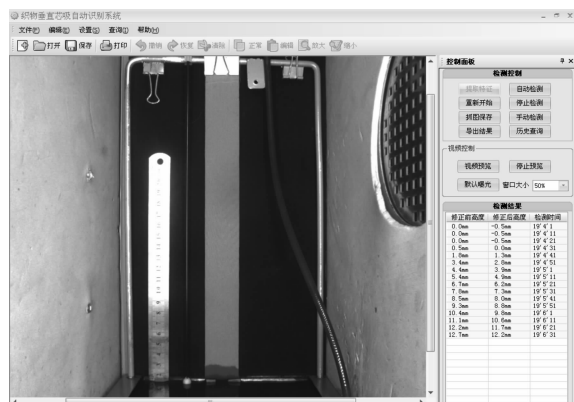


图 2 织物垂直芯吸自动识别系统

a) 菜单栏, 包括对文件的打开、保存、退出等基本操作, 对窗口的显示和系统的界面风格进行编辑选择, 对图像的尺寸、测试试样的基本规格、结果数据的输出路径进行设置, 以及对历史数据的查询等功能。

b) 检测操作区, 完成测试开始时芯吸特征的提取、自动检测、停止检测、导出结果等命令, 也可以进行手动检测操作, 并对某时刻的视频情况进行抓图。

c) 织物液态水传递过程测试的视频显示区, 即 CMOS 摄像头对织物芯吸高度进行实时观察并在电脑显示屏上进行显示的区域。

d) 芯吸高度-芯吸时间即时数据显示区, 输出测试时间及该时刻的芯吸高度值。

## 1.4 自动检测装置的操作程序

a) 将水容器 6 擦拭干净, 试样 5 上端固定在试样架 7 的横梁架上, 在距试样下端  $8 \sim 10 \text{ mm}$  处用张力夹 8 夹持, 使试样在实验过程中保持不飘浮、不伸长的状态, 张力夹 8 上端与识别标尺 9 的标识零线在同一水平线上。

b) 将垂直芯吸实验装置放入恒温、恒湿、恒光源环境中, 依次打开装置电源、光照开关和织物垂直芯吸自动识别系统软件, 设置实验环境参数为温度  $20^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度  $65\%$ , 调节光源强度, 使通过自动识别系统的视频显示区观察到的试样颜色与肉眼观察的颜色基本一致。

c) 测试环境达到稳定状态以后,打开给液控制阀门,缓慢补给水容器液体,当液面接触试样最底端时,织物垂直芯吸自动识别系统开始提取特征,启动自动检测。

d) 30 min 后,停止检测,导出实验数据。

在实际测试中,为了更好地观察芯吸高度,对于颜色较浅的织物,常在水中加入染料<sup>[7]</sup>,以便于观察芯吸高度线。

2 织物液态水传递性能自动检测装置的应用

2.1 实验样品

试样的基本规格参数见表 1。试样 1、2、3 为全棉平纹织物,试样 4 为全棉斜纹织物。试样颜色深度以 D65 光源下织物在最大吸收波长处的 K/S 值来表征,K/S 值越大表示试样颜色越深,K/S 值越小表示试样颜色越浅。4 种全棉试样的颜色差异较大。

表 1 试样结构参数表

| 试样 | 颜色 | 颜色深度    | 纱线线密度/tex |      | 经密/<br>(根/10 cm) | 纬密/<br>(根/10 cm) | 紧度/% |      |      | 面密度/<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|----|----|---------|-----------|------|------------------|------------------|------|------|------|-----------------------------|
|    |    |         | 经         | 纬    |                  |                  | 经向   | 纬向   | 总紧度  |                             |
| 1  | 红色 | 9.388 9 | 14        | 17   | 547              | 380              | 75.7 | 58   | 89.8 | 145                         |
| 2  | 桃色 | 0.456 1 | 13        | 13   | 558              | 282              | 74.4 | 37.6 | 84   | 116                         |
| 3  | 白色 | 4.955 4 | 9         | 9    | 435              | 338              | 48.3 | 37.5 | 67.7 | 78                          |
| 4  | 褐色 | 12.161  | 32        | 41.5 | 445              | 188              | 93.1 | 44.8 | 96.2 | 253                         |

2.2 实验数据与处理

2.2.1 两种检测方法的比较

根据操作程序(b)、(c),对 4 种全棉试样利用该自动检测技术进行液态水传递性能的自动检测,

LED 光源测试电压分别为 10、9.5、9.5 V 和 11.5 V,并对这 4 种试样采用传统方法,每隔 2 min 人工读取芯吸高度值,与自动检测对应时间的数据进行比较,实验数据见表 2。

表 2 织物芯吸高度实验值

单位:mm

| 时间<br>/min | 1 号经向 |      | 1 号纬向 |      | 2 号经向 |      | 2 号纬向 |      | 3 号经向 |      | 3 号纬向 |      | 4 号经向 |       | 4 号纬向 |       |
|------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
|            | 传统    | 自动   | 传统    | 自动   | 传统    | 自动   | 传统    | 自动   | 传统    | 自动   | 传统    | 自动   | 传统    | 自动    | 传统    | 自动    |
| 0          | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2          | 14.9  | 12.9 | 14.9  | 12.9 | 14.4  | 11.5 | 17.8  | 12.5 | 19    | 15.6 | 11.8  | 12.8 | 49.0  | 48.0  | 45.4  | 42.4  |
| 4          | 20.4  | 17.9 | 20.4  | 17.9 | 18.5  | 15.6 | 22.6  | 19.0 | 23.5  | 22.1 | 18.1  | 18.3 | 66.3  | 64.0  | 59.0  | 55.7  |
| 6          | 23.9  | 21.4 | 23.9  | 21.4 | 20.7  | 18.6 | 26.9  | 23.8 | 29.4  | 27.4 | 21.8  | 22.2 | 77.1  | 75.3  | 66.4  | 65.3  |
| 8          | 25.5  | 24.1 | 25.5  | 24.1 | 23.4  | 21.2 | 29.1  | 27.8 | 34.1  | 31.2 | 25.2  | 25.4 | 86.3  | 84.6  | 73.2  | 73.1  |
| 10         | 29.3  | 26.3 | 29.3  | 26.3 | 25.1  | 23.4 | 32.8  | 31.1 | 36.9  | 34.8 | 28.9  | 28.5 | 92.4  | 92.3  | 78.5  | 79.4  |
| 12         | 31.1  | 28.4 | 31.1  | 28.4 | 26.6  | 25.1 | 34.9  | 34.3 | 40.8  | 38.0 | 31.1  | 30.9 | 99.5  | 99.3  | 83.1  | 85.0  |
| 14         | 32.3  | 30.1 | 32.3  | 30.1 | 28.2  | 26.9 | 37.8  | 36.9 | 42.2  | 40.5 | 33.9  | 33.1 | 103.5 | 105.3 | 87.4  | 89.5  |
| 16         | 33.8  | 31.9 | 33.8  | 31.9 | 29.4  | 28.3 | 39.7  | 39.6 | 45.8  | 43.2 | 35.5  | 35.1 | 107.8 | 111.1 | 91.1  | 94.0  |
| 18         | 34.6  | 33.5 | 34.6  | 33.5 | 30.2  | 29.4 | 40.7  | 42.4 | 47.8  | 45.2 | 37.5  | 37.0 | 112.1 | 116   | 94.9  | 97.8  |
| 20         | 35.8  | 34.6 | 35.8  | 34.6 | 30.9  | 30.5 | 43.2  | 44.6 | 50.1  | 47.2 | 39.3  | 38.3 | 115.9 | 120.7 | 98.3  | 101.1 |
| 22         | 37.2  | 35.7 | 37.2  | 35.7 | 31.6  | 31.6 | 44.6  | 46.8 | 51.6  | 49.4 | 40.3  | 40.2 | 120.2 | 125.3 | 100.3 | 104.6 |
| 24         | 38.0  | 36.7 | 38.0  | 36.7 | 32.4  | 32.5 | 46.7  | 48.5 | 52.4  | 51.4 | 41.9  | 41.5 | 123.2 | 129.3 | 103.3 | 107.9 |
| 26         | 39.0  | 37.6 | 39.0  | 37.6 | 33.3  | 33.4 | 47.3  | 50.4 | 53.3  | 52.8 | 42.9  | 43.1 | 127.1 | 133.3 | 106.2 | 111.1 |
| 28         | 40.5  | 38.5 | 40.5  | 38.5 | 34.7  | 34.2 | 48.8  | 52.0 | 54.2  | 54.6 | 43.8  | 44.3 | 129.1 | 137.2 | 108.6 | 113.8 |
| 30         | 42.0  | 39.3 | 42.0  | 39.3 | 35.3  | 35.0 | 49.7  | 53.4 | 56.1  | 56.2 | 45.8  | 45.6 | 133.2 | 140.5 | 111.3 | 116.3 |

取两种试验方法,间隔 2 min,共 30 min 内的织物芯吸高度为检测样本,4 个试样,经纬向共 8 个检测样本。传统检测的织物芯吸高度记为  $X$ (单位: mm),自动检测的织物芯吸高度记为  $Y$ (单位: mm),对  $X-Y$  进行  $t$  检验,假设  $X-Y$  平均值为零,即两种检测方法下的实验数据无明显差别。检验自由度为 15,在给定显著性水平  $\alpha=0.05$  下,根据实验数据得到 8 个检测样本  $t$  检验的置信区间,列表 3

表 3 假设检验结果数据

| 试样     | 1 号试样   |         | 2 号试样    |         | 3 号试样   |          | 4 号试样    |          |
|--------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|
|        | 经向      | 纬向      | 经向       | 纬向      | 经向      | 纬向       | 经向       | 纬向       |
| 置信区间下限 | 1.424 4 | 0.541 2 | -1.426 7 | 0.499 3 | 1.084 8 | -0.176 2 | -4.359 5 | -3.344 3 |
| 置信区间上限 | 2.250 7 | 1.646 3 | 1.364 2  | 2.050 7 | 2.365 2 | 0.363 7  | -0.615 6 | -0.405 7 |
| 样本均值   | 1.837 5 | 1.093 8 | -0.031 3 | 1.275 0 | 1.725 0 | 0.093 8  | -2.487 5 | -1.875 0 |

2.2.2 织物液态水传递特征

应用织物液态水传递自动检测装置,试样在 30 min 内自动检测到 180 个数据,运用 Origin<sup>[8]</sup> 绘制试样芯吸高度-芯吸时间曲线,见图 3 所示。根据

所示。当  $X-Y$  平均值在置信区间内,如试样 1 经向检测的置信区间是  $[1.424\ 4, 2.250\ 7]$ ,由于  $X-Y$  平均值在置信区间内,即  $1.424\ 4 < 1.837\ 5 < 2.250\ 7$ ,因此,两种检测方法测试试样 1 经向织物芯吸高度实验数据无明显差别。表 3 列出 4 个试样,经纬向共 8 个检测样本,采用两种检测方法测试织物芯吸高度实验数据无明显差别。

拟合曲线函数  $Y=y_0+A_1e^{-(x/t_1)}+A_2e^{-(x/t_2)}$  得到试样芯吸速率随时间的关系曲线,见图 4 所示。并提取试样初始芯吸速率,列表 4 所示。

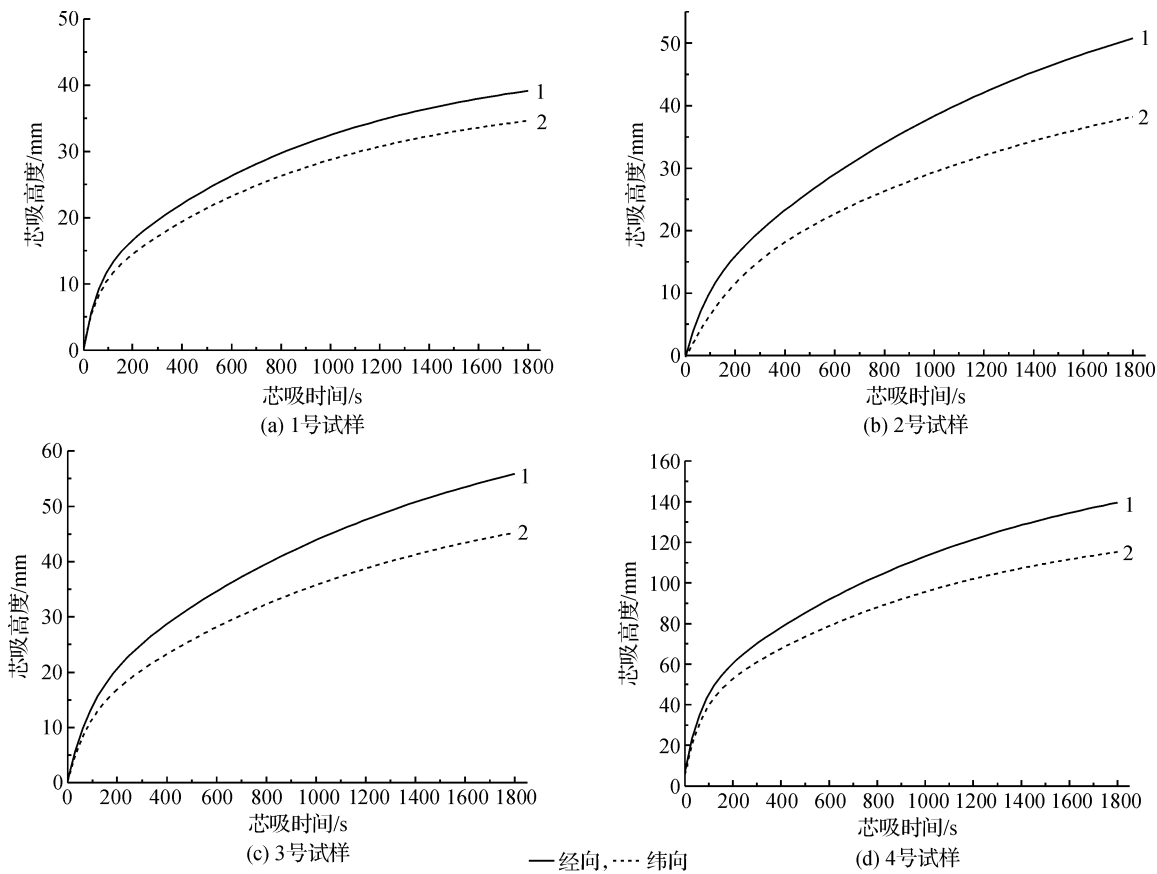


图 3 试样芯吸高度-芯吸时间关系曲线

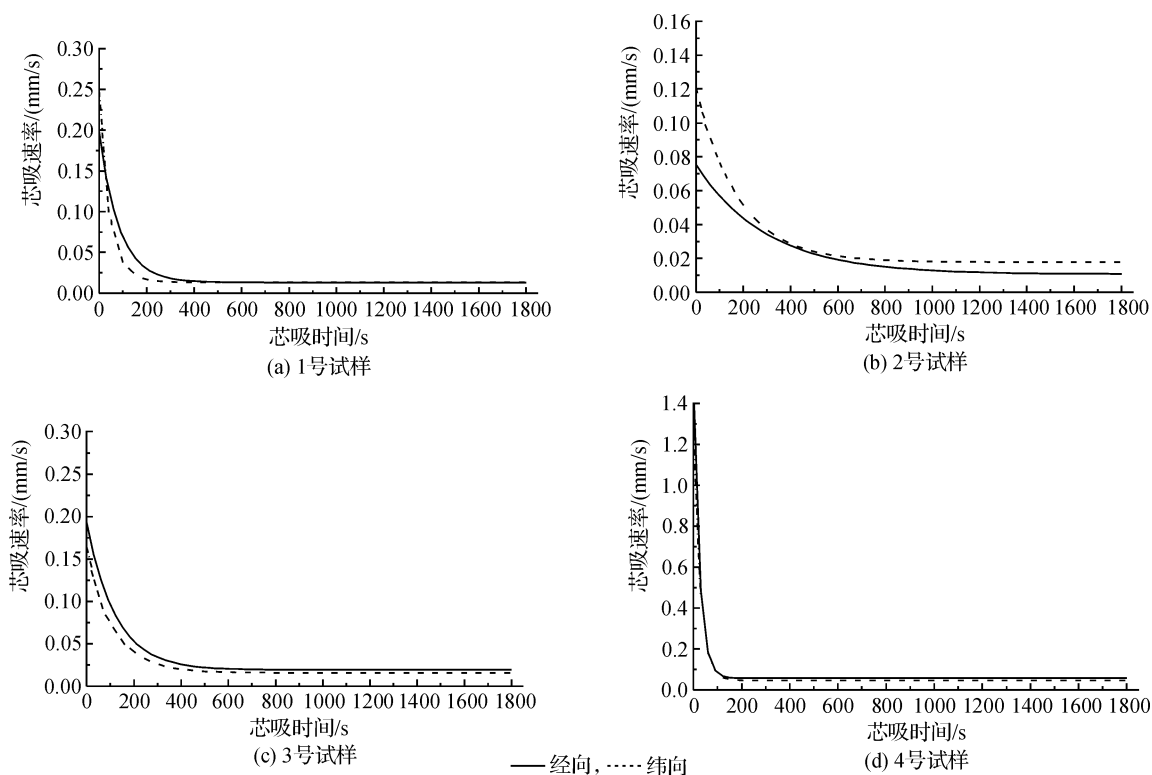


图4 试样芯吸速率-芯吸时间关系曲线

表4 试样30 min的最大芯吸高度  
及初始芯吸速率

| 试样 |    | 30 min 最大芯<br>吸高度值/mm | 初始芯吸<br>速率/(mm/s) | 最大芯吸<br>速率/(mm/s) |
|----|----|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 1号 | 经向 | 39.3                  | 0.14              | 0.24              |
|    | 纬向 | 35.0                  | 0.27              | 0.27              |
| 2号 | 经向 | 50.7                  | 0.08              | 0.16              |
|    | 纬向 | 38.3                  | 0.11              | 0.11              |
| 3号 | 经向 | 56.2                  | 0.17              | 0.2               |
|    | 纬向 | 45.6                  | 0.12              | 0.2               |
| 4号 | 经向 | 140.5                 | 1.56              | 1.56              |
|    | 纬向 | 116.3                 | 1.31              | 1.31              |

织物液态水传递过程分为两个阶段,第一阶段为液态水传递较快的过程,以初始芯吸速率表示,反映织物的瞬间吸水能力;第二阶段为液态水传递速度减慢趋于稳定的过程,以最大芯吸高度表示,反映织物的导湿能力。

### 3 结 论

织物液态水传递性能是舒适性的一个重要指标,本文介绍一种织物液态水传递性能的自动检测装置,并利用该装置进行了实验,得到如下结论:

a) 该自动检测装置对织物液态水传递性能的检测 results 与人工读取方式的结果偏差较小,并且可以获取的数据更多,自动化高,测试精度高,操作

简单;

b) 该自动检测装置采用LED可调节光源,适合浅色以及深色织物液态水传递性能的自动检测;

c) 该自动检测装置获取的实验数据多,间隔时间短,提取的初始芯吸速率,能正确表示织物的瞬间吸水能力,而最大芯吸高度是表示织物在一定时间内的导湿能力。

### 参考文献:

- [1] 于伟东, 储才元. 纺织物理[M]. 上海: 东华大学出版社, 2002(1): 408.
- [2] BS3424—1973 Determination of Wicking Resistance[S].
- [3] DIN 53924 Determination of Wicking Rise in Textile Materials[S].
- [4] FZ/T 01071—2008 纺织品毛细效应试验方法[S].
- [5] 庄勤亮. 借助图像处理技术的织物导湿自动测试研究[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2002(6): 68-72.
- [6] 姜晓云, 周小红, 翁 鸣, 等. 基于垂直芯吸法的织物导湿性能图像处理修正[J]. 纺织学报, 2010, 31(6): 58-61.
- [7] Richard T Cary, George B. Sproles. Absorbency of terry towels: a comparative evaluation of test methods[J]. Textile Research Journal, 1979(12): 691-698.
- [8] 周剑平. Origin 实用教程 7.5 版[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004: 207-212.

## Technology and Application of the Automatic Detection in Testing Liquid Transport Properties of Textiles

ZHAN Yong-juan<sup>1</sup>, XIE Wei-bin<sup>2</sup>, JIANG Xiao-yun<sup>1</sup>, CHEN Bao-rui<sup>1</sup>, YU Shu-rong<sup>1</sup>, ZHOU Xiao-hong<sup>1</sup>

- (1. The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology (Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China;
2. Zhejiang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Based on the vertical wicking measurement and image processing technology, this thesis introduces a kind of automatic detection device to test the liquid transport properties of textiles. According to the experiment, it shows that the deviations of the testing results obtained by the automatic detection device and the traditional test method are little, and the former method has high precision and simple operation, which can characterize the performance of water transportation through fabric well; and the automatic detection device with adjustable LED light is suitable for the automatic detection of liquid transport properties of fabrics from light-colored fabrics to deep-colored fabrics.

**Key words:** automatic detection technology; vertical wicking measurement; image processing technology

(责任编辑: 许惠儿)

\*\*\*\*\*