

宣纸湿变形与装裱书画品质关系研究

龚德才¹, 周昱君¹, 钟家让², 龚钰轩¹

(1. 中国科学技术大学科技史与科技考古系, 安徽合肥 230026; 2. 山西博物院, 山西太原 030024)

摘要: 装裱书画的大部分病害均与“力”有关,但书画装裱中的力学行为研究是一个空白. 宣纸是书画装裱的主要材料,当宣纸含水量发生变化时,其尺寸会发生一定的变化,这种变形会影响装裱效果,变形过大会影响材料的稳定性和装裱的品质. 为此使用数字图像相关法(digital image correlation)测量了单层宣纸和双层托裱样品的湿变形,分析了装裱时宣纸的湿处理以及宣纸纤维取向对上墙干燥时书画变形的影响. 结果表明:宣纸的拉伸强度和湿变形具有一定的方向性;新宣纸由于内应力的存在,湿处理后横纵向均存在过度收缩;纤维取向是影响托裱样品变形的重要因素. 据此提出了相应的工艺改进建议,有利于提升装裱书画类文物保护水平.

关键词: 宣纸;湿变形;书画装裱;数字图像相关法

中图分类号: TS959.2; O348.1 **文献标识码:** A doi: 10.3969/j.issn.0253-2778.2020.05.017

引用格式: 龚德才,周昱君,钟家让,等. 宣纸湿变形与装裱书画品质关系研究[J]. 中国科学技术大学学报, 2020,50(5):688-694.

GONG Decai, ZHOU Yujun, ZHONG Jiarang, et al. Study on relation between wet deformation of Xuan paper and quality of mounted calligraphy and paintings[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2020,50(5):688-694.

Study on relation between wet deformation of Xuan paper and quality of mounted calligraphy and paintings

GONG Decai¹, ZHOU Yujun¹, ZHONG Jiarang², GONG Yuxuan¹

(1. Department for the History of Science and Scientific Archaeology, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

2. Shanxi Museum, Taiyuan 030024, China))

Abstract: Most of the harm to the paintings and calligraphy is related to "the force". However, few studies have been reported on the research of the mechanical behavior. Xuan paper is a primary material of the mounting of Chinese paintings and calligraphy. Dimensional variation occurs upon changes in its moisture content during the drying process, and serious deformation may affect the stability of the paintings and the effects of the mounting. Digital image correlation was used to measure the wet deformation of single-layer Xuan paper and the sample of a mounted painting on two layers of Xuan paper, with considerations of dimensional changes caused by wetting and the influences on the deformation from Xuan paper's fiber orientation upon drying on the wall. The results show that the mechanical properties and wet deformation were related to the fiber orientation of Xuan paper, and that fiber orientation was the main contributing factor in the influence on deformation in drying. In addition, excessive shrinkage in both

收稿日期: 2019-07-27; 修回日期: 2019-12-23

作者简介: 龚德才,男,1960年生,博士/教授. 研究方向: 文物保护. E-mail: gdclucky@163.com

通讯作者: 龚钰轩, 博士/特任副教授. E-mail: gongyuxuan@hotmail.com

vertical and horizontal directions was observed in new Xuan paper due to the existence of internal stress. Suggestions are thus provided on improvement, which will help raise the quality of mounting and restoration of cultural relics such as calligraphy and paintings.

Key words: Xuan paper; wet deformation; mounting techniques; digital image correlation

0 引言

由于对书画装裱材料性质与性能的研究较为缺乏,我国有数以百万计书画类文物存在的诸如变形、断裂、脱壳等病害仍未得以抑制,究其原因与装裱材料的变形关系密切^[1-2],因此,研究装裱主要材料——宣纸的变形具有重要的现实意义。

在书画装裱工艺中,装裱师们充分利用了宣纸、丝绸等材料的湿胀干缩性质进行相应的操作。不同材料本身相关力学性能,如强度、湿变形等具有较大的差异。当环境温湿度变化或书画受机械加载时,不同材料间的变形差异增大,持续发展继而出现断裂、剥离等病害,对书画文物的稳定性和品质产生破坏。其中对变形影响最大的是装裱工艺中的托裱、镶接步骤,这两个环节中材料经历干湿循环,产生的残存应力,极易对书画类文物造成损伤。迄今为止,书画和纸质文物的研究,仅停留在材料本身性质层面^[2-3],忽略了装裱过程中湿变形的影响。

本文首先使用数字图像相关法(digital image correlation, DIC)测量了单层宣纸的湿变形^[4],并结合单轴拉伸实验结果,分析了宣纸中纤维取向对湿变形和力学强度的影响。在此基础上,通过对双层托裱样品变形率进行测量,分析了宣纸中纤维取向与书画装裱变形之间的关系,探明了湿处理对装裱书画变形的影响,为装裱工艺的改进提供了科学数据。

1 材料与方法

1.1 材料

宣纸(市售,购于安徽),小麦淀粉(市售),去离子水(分析纯)。单层宣纸尺寸:200 mm×300 mm;双层托裱样品尺寸:300 mm×350 mm。

将60 g小麦淀粉、600 ml去离子水混合,并搅拌均匀。置于电加热器上加热搅拌,至完全糊化。冷却至室温,缓慢加入去离子水,保存备用。

1.2 实验方法

1.2.1 仪器

VIC-3D SR-6M 非接触全场应变测量系统

(CSI, American),系统位移分辨率为0.01像素(pixel),应变分辨率为50微应变($\mu\epsilon$);岛津万能试验机(AGX-500)。

1.2.2 恒速拉伸实验

GB/T 12914—2008《纸和纸板抗张强度的测定》恒速拉伸法,实验过程在温度20℃,55%±5%RH条件下进行。拉伸速度为20 mm/min。纸张条样尺寸分别为长180 mm±1 mm,宽15 mm±0.1 mm。横纵向分别裁切5个条样进行测试。

1.2.3 湿变形实验

(I) 单层宣纸

搭建DIC系统,选用9×12(10 mm)标准标定板标定,视野面积约为40 cm×60 cm,从一刀宣纸中任选两张不同的宣纸裁切,要求远离边缘。裁取纸张的尺寸约为20 cm×30 cm。选用DIC适配的散斑制作工具在宣纸表面绘制散斑,所用墨为油性墨,吸水不晕染。样品置于羊毛毡上,使用小型塑料喷雾瓶进行加湿,这种喷雾瓶压力很小。前10 min内间隔1 min加湿一次,确保宣纸均匀湿透,并自然干燥^[4]。宣纸最初干燥状态为初始状态,每隔1 min拍摄一张照片。

未经处理的宣纸为新纸。后续4次加湿-干燥实验时,宣纸即变为旧纸,加湿方法同上。加湿-干燥时间见表1。实验环境条件为温度20℃±5℃、相对湿度40%±5%。

(II) 双层托裱样品

搭建DIC系统,选用14×10(10 mm)标定板标定,视野面积约为60 cm×70 cm,实验环境条件为温度20℃±5℃、相对湿度40%±5%。双层托裱样品尺寸约为30 cm×35 cm,其中命纸的尺寸略大于画心,四周留有2~3 cm。在用作画心的宣纸表面绘制散斑,选用CSI公司适配的散斑制作工具,所用墨为油性墨,吸水不晕染。托裱前,带有散斑的单层画心宣纸置于木板墙上,拍摄初始图像,作为参考图像。

画心与命纸均选用相同的宣纸,且托裱时帘纹方向一致,见图1。选用传统湿托法进行托裱:画心背面向上置于桌面,采用喷雾器将画心润湿整平。使

用排笔将稀浆糊均匀涂刷于画心背面,用棕刷将命纸背面向上平刷于画心背面,确保表面平整无皱.四周涂刷浆糊,粘贴于木板墙干燥.双层托裱样品贴于木板墙之后,开始每隔 1min 拍摄一张照片.

表 1 单层宣纸加湿-干燥时间表
Tab. 1 The moistening-drying time for single layer of Xuan paper

实验	循环次数	加湿 /min	干燥 /min
新纸	NO.1	0~10	11~170
旧纸	NO.1	0~10	11~162
	NO.2	163~173	174~351
	NO.3	352~361	362~489
	NO.4	490~499	500~639

本实验使用相同稀释倍数浆糊进行托裱,以消除由浆糊黏稠度不同可能造成的变形差异.样品参数见表 2.新纸;未经湿处理的宣纸,旧纸;经过一次湿处理的宣纸.

表 3 DIC 相关参数

Tab. 3 The correlation parameters of DIC system

	参数(单层)	参数(双层托裱)
镜头	SchneiderXenoplan 2. 0/28-0901	SchneiderXenoplan 2. 0/28-0901
pixel	2736×2192	2736×2192
光源	LED 白光	LED 白光
镜头/样品间距;镜头间距	镜头样品距离 125 cm,相机间距 37 cm	镜头样品距离 160 cm,相机间距 37 cm
pixel/mm 转换率	5.28pixel = 1 mm	3.45pixel=1 mm
位移分辨率	0.01pixel	0.01pixel
根据位移分辨率计算得到的应变分辨率	6.313μ ϵ	8.281μ ϵ
应变精度	50μ ϵ	50μ ϵ
ROI	400 mm×600 mm	600 mm×700 mm
Subset, step	75,19	65,16

VIC-3D 系统自带散斑质量评估和相关性分析评估,见图 2 和表 4.相关性分析完成后,投影误差

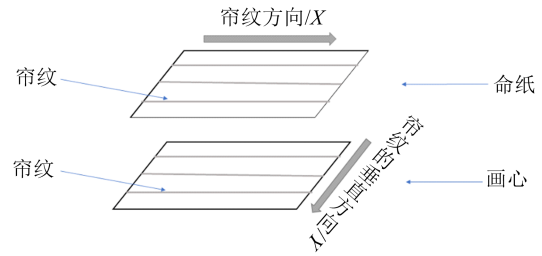


图 1 托裱样品示意图

Fig. 1 The schematic of the mounting of Xuan paper

表 2 样品参数

Tab. 2 The samples parameters

样品编号	A	B	C
命纸	新	旧	旧
画心	新	新	旧

(III) DIC 相关性分析及应变计算

对上述两种实验获取的图像分别进行相关性分析和应变计算,变形测量时 DIC 相关参数见表 3.

均低于 0.1,说明相关性较高.0.1 为阈值,高于 0.1,表明散斑有问题,相关性较低.

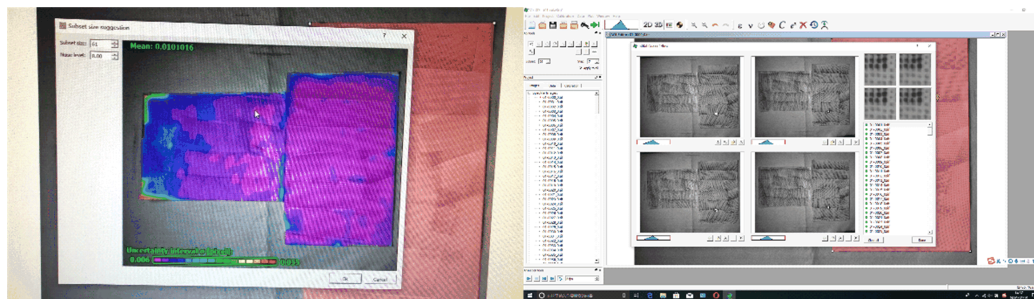


图 2 VIC-3D 自带的散斑质量评估及 subset 推荐

Fig. 2 Speckle assessment and subset size suggestion from the VIC-3D system

表 4 部分数据相关性分析结果评估

Tab. 4 The evaluation of the correlation for some images

文件	点	时间/秒	迭代	误差/像素
01-0000_0.tif	36443	0.82	1.30574	0.017719
01-0001_0.tif	36443	0.81	2.25178	0.01743
01-0002_0.tif	35459	1.68	1.77403	0.019521
01-0003_0.tif	35434	0.79	2.02881	0.021406
01-0004_0.tif	35412	0.77	1.66418	0.015567
01-0005_0.tif	35412	0.77	1.77229	0.018783
01-0006_0.tif	35392	0.78	1.48144	0.025247
01-0007_0.tif	35392	0.77	1.87961	0.02378
01-0008_0.tif	35167	0.81	1.32415	0.023723
01-0009_0.tif	35152	0.78	1.49546	0.022638
01-0010_0.tif	35150	0.77	1.79927	0.026012
01-0011_0.tif	35055	0.78	1.45099	0.024109
01-0012_0.tif	35031	0.77	2.0154	0.026381

2 结果与讨论

2.1 宣纸的拉伸性能

宣纸是一种黏弹性材料^[5-6],其性能变化与时间相关,包括蠕变和应力松弛等.宣纸横纵向应力—应变曲线见图 3.拉伸实验速度为 20 mm/min,不同颜色的曲线对应不同的样品.

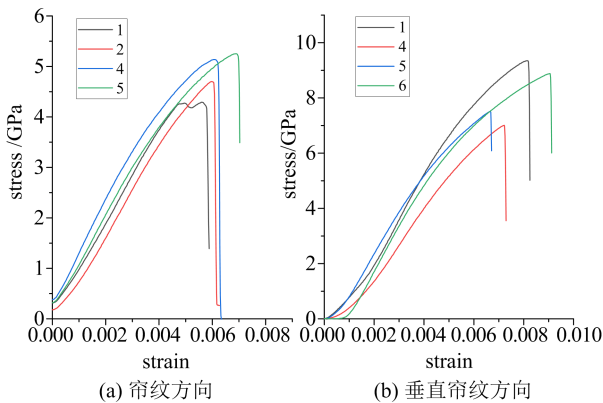


图 3 宣纸横纵向应力—应变曲线

Fig. 3 The stress-strain curves of Xuan paper in the vertical and horizontal directions

图 3 中宣纸在帘纹方向的断裂强度约为 5GPa,弹性模量为 971.44GPa;宣纸在垂直帘纹方向断裂强度约为 8GPa,弹性模量约为 1538.30GPa.帘纹方向的断裂强度和弹性模量均小于帘纹的垂直方向.图 4 为本文中宣纸的帘纹、纤维取向及纤维示意图.由于纸张纤维强度明显大于纤维间结合强度,因此垂直帘纹方向为纤维取向方向,以纤维本身强度为主.帘纹方向是垂直纤维取向方向,以纤维间的结合力为主.

也就是说,宣纸的力学性能在横纵向存在一定的差异^[7],宣纸纤维在一定程度上具有取向性.

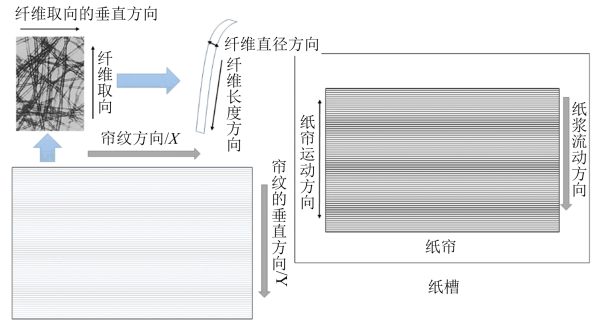


图 4 宣纸帘纹、纤维取向、纸帘及其运动方向

Fig. 4 The paper curtain and its motion, the orientation of fibers arrangements and the curtain pattern of Xuan paper

传统手工宣纸的抄造方法是抄纸法^[8].抄纸法是将纸帘斜向插入纸槽汲取浆料,纸帘出水后,浆料按照一定的方向流过,纸浆在帘面上形成均匀的湿纸,多余的浆料流回纸槽中.其中,纸帘一般选用苦竹剖丝,用丝线编织成帘,然后涂刷生漆制成.在抄纸时,纸帘与纸浆的运动方向见图 4.纸浆流动方向是垂直于纸帘竹丝的长度方向.

纸张的抄造技法决定了纸张纤维的取向程度^[9].Han 等采用图像处理技术对手工纸的纤维取向进行分析,提出纤维取向程度与纸张的抄造技法相关,流动纸页成型方法制成的纸张具有较高的纤维取向性,固定纸页成型方法抄造的纸张纤维定向程度较低^[9].宣纸的抄纸法实际上是一种流动纸页成型方法,纸浆浆液是沿一定方向流动的,见图 4.根据流体力学可知,纸浆流动时,纸张纤维的纵向基本与流动方向一致.结合纸浆浆液的流动方向,湿纸中纤维的排列具有一定的方向性,纤维的纵向与纸帘竹丝的纵向成 90°夹角,也就是说,垂直于帘纹的方向为纤维纵向,抄纸法制成的宣纸具有一定的纤维取向性.

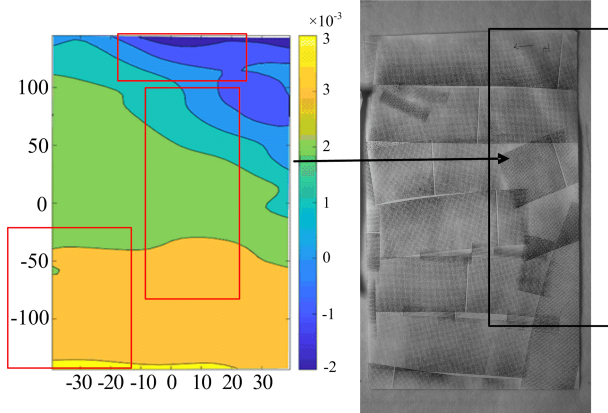
传统抄纸法制成的宣纸中,由纸帘中竹丝与竹丝间空隙造成的纸张纤维堆积厚度有差异,形成明暗交替的帘纹,帘纹指示的就是纸帘竹丝的排列.根据纤维取向性分析,帘纹方向机械强度主要表现纤维间的结合力,垂直帘纹方向主要表现纤维强度.由于纤维强度明显大于纤维间结合力,因此可以忽略纤维堆积厚度带来的差异.

2.2 宣纸湿变形

2.2.1 变形特征

图 5 左侧是单层宣纸自然干燥 120min 时纵向

应变面内分布图. 为研究宣纸干燥的特征, 选取了宣纸样品的右侧黑框所示部位作为分析区域. 分析区域内的应变分布图(左图)中, 右上角区域纵向应变为负, 即宣纸已经开始发生收缩. 其他部位纵向应变值为正, 尚未开始收缩. 表明干燥时收缩从边缘开始, 逐步发展至中部. 图 5 表明, 宣纸的面内干燥速度具有一定的差异^[10].



(图中蓝色代表收缩; 绿色、黄色代表膨胀)

图 5 自然干燥 120min 时纵向应变分布

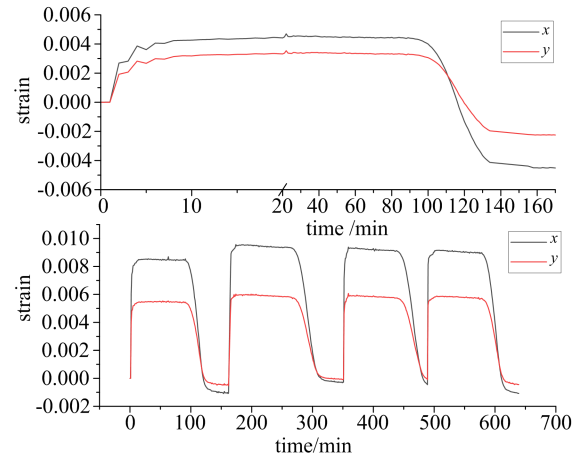
Fig. 5 The strain distribution in vertical direction of Xuan paper in 120min in natural drying

由于造纸工艺的影响, 纸张纤维的分布并不均匀, 干燥时收缩变形在不同部位是有差异的. 其次, 环境温度、湿度、空气流动速度等也是重要的影响因素. 因此, 本文选用横纵向平均应变值衡量整张宣纸的横纵向变形程度.

2.2.2 湿处理的影响

图 6 为 5 次湿处理中新纸和旧纸横纵向平均变形率. 宣纸加湿时发生膨胀, 干燥又发生收缩. 定义表观变形率为加湿后的干燥状态相对于宣纸最初干燥状态的变形率, 为干燥态应变与宣纸最初状态应变值之差. 实际变形率为加湿-干燥过程中干燥收缩状态相对于湿膨胀状态的最大变形率, 是干燥态应变值与湿态应变值之差. 帘纹方向为宣纸的横向, x ; 其垂直方向为宣纸的纵向, y .

新宣纸在首次湿处理后, 干燥状态的表观变形率在横纵向均为负, 即相对于原始状态收缩. 在造纸过程中, 纸张内部储存了一部分应力^[11], 初次干燥时将会产生过度收缩. 在后续湿处理中, 干燥后横纵向尺寸基本可以恢复^[12]. 表 5 为湿处理中宣纸横纵向变形率. 从表中可以看出, 旧纸的表观变形率较低, 旧纸的尺寸基本可以恢复. 也就是湿处理可以释放内应力, 使尺寸维持基本稳定. 在后续的装裱中,



(上图为新纸, 下图为旧纸)

图 6 5 次湿处理中宣纸横纵向变形率

Fig. 6 The deformation rate in the vertical and horizontal directions of Xuan paper in the five wet-treatments

新旧宣纸的选用可能在裱件尺寸变化上存在一定的差异.

表 5 湿处理中宣纸横纵向变形率(%)

Tab. 5 The deformation rate in the vertical and horizontal directions of Xuan paper in the wet-treatments (%)

状态		横向	纵向
新纸	湿态	0.424 ± 0.033	0.329 ± 0.008
	干燥(表观变形率)	-0.500 ± 0.070	-0.246 ± 0.031
旧纸	湿态	0.924 ± 0.019	0.586 ± 0.005
	干燥(表观变形率)	-0.053 ± 0.043	-0.018 ± 0.019
实际变形率		-0.956 ± 0.041	-0.592 ± 0.0223

表 6 为单层宣纸在 5 次湿处理的不同状态时横纵向变形之比. 其中实际变形率 Δ 为干湿状态变形之差, 也就是干湿状态的最大变形率. 旧纸再次湿处理时尺寸可以恢复, 变形率微小, 第 2~5 次干态横纵向变形率之比(x/y)数据基本无意义. 影响纸张湿变形的主要因素有单根纤维吸附、纤维间结合、微纤丝角、纤维形态(长、宽、卷曲)和纤维取向^[13]. 对于同一种纸张而言, 横纵向湿变形差异的主要来源就是纤维取向. 首先, 单根纸张纤维中, 直径(纤维横向)方向的湿变形率大于其长度方向, 即纤维纵向^[13]. 结合传统手工宣纸的纤维取向性分析, 宣纸发生湿变形时, 纤维纵向排列方向的湿变形率小于纤维横向的湿变形率. 也就是说, 宣纸的横纵向湿变形具有明显的差异性. 从图 6 和表 5 中可见, 宣纸的横向变形率大于纵向, 可以判断纵向 y 为纤维的长

度方向,也就是纸张纤维取向方向,见图 3. 由表 6 可见,横纵向实际变形率 Δ 之比体现了纸张本身的性质,也即纤维的取向性,平均值约为 1.613. 首次湿处理时,干态和湿态的横纵向变形差异均与实际值相差较大. 随着湿处理的进行,由于尺寸基本可以恢复,湿态时横纵向变形差异与实际变形率的 x/y 值相差较小.

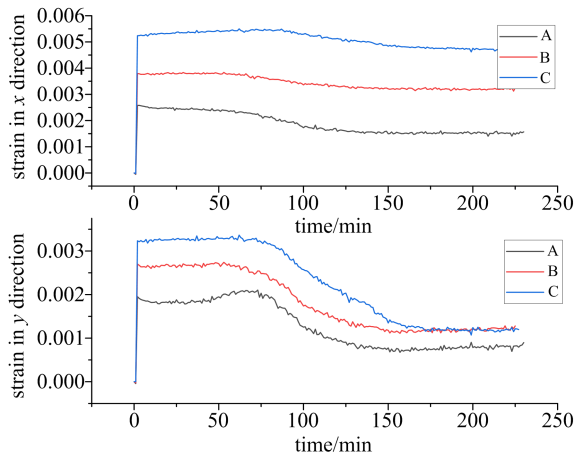
表 6 单层宣纸横纵向变形率之比(x/y)

Tab. 6 The ratio of the deformation rate in the horizontal direction to vertical directions of Xuan paper (x/y)

湿处理次数	湿态	干态	实际变形率 Δ	Δ 平均值
1	1.332	2.009	1.603	
2	1.690	-1.520	1.606	
3	1.597	4.752	1.628	1.613
4	1.576	4.008	1.605	
5	1.560	2.506	1.624	

2.3 托裱样品湿变形

样品 A、B、C 为双层宣纸经托裱制成的样品,见表 2. 双层托裱样品的湿变形中,以画心托裱前干燥状态为初始状态,采集参考图像. 图 7 为样品横纵向平均变形率—时间关系图,表 7 为托裱样品在湿态、干态的变形率及实际变形率 Δ . 其中,实际变形率为干湿状态变形之差; x/y 为横纵向变形之比.



(上图:帘纹方向, x ; 下图:垂直帘纹方向, y)

图 7 托裱样品横纵向变形率—时间关系图

Fig. 7 The deformation rate of the mounted samples in the horizontal and vertical directions

从图 7 可见,湿态时,托裱样品的相对变形在横纵向均为膨胀的. 这是由于浆糊中含有大量的水分,宣纸吸水后体积膨胀导致的. 与单层宣纸相似,由于单根纤维直径方向吸湿膨胀率明显大于纤维长度方

向^[11-13],结合宣纸的纤维排列取向性,且 y 方向为纤维取向方向,因此 x 方向的变形率明显大于 y 方向. 样品 A、B、C 均存在这一现象,证明双层装裱样品的横纵向变形主要由纤维取向决定,纤维取向方向的变形率小于其垂直方向. 对比三种样品的湿态变形率可知,在横纵向湿膨胀变形上,均有 $C > B > A$. 这是由于旧纸在湿态时的膨胀变形率大于新纸,因此,使用旧纸时,托裱样品整体的变形率也增加.

表 7 托裱样品横纵向平均变形率(%)

Tab. 7 The average deformation rate of the mounted samples in the horizontal and vertical directions(%)

	初始	湿态	表观	实际变形率 Δ
A	x	0	0.258	0.152
	y	0	0.195	0.079
	x/y		1.323	1.924
B	x	0	0.380	0.320
	y	0	0.270	0.120
	x/y		1.407	2.667
C	x	0	0.524	0.473
	y	0	0.323	0.119
	x/y		1.622	3.975

人眼视觉中极限分辨视角约为 $26.26'' \sim 35.02''$ ^[14-15],根据人眼成像原理计算,观测距离 1 m 时,人眼可分辨的线距离约为 $1.273 \times 10^{-4} \text{ m} \sim 1.698 \times 10^{-4} \text{ m}$,即 $0.127 \text{ mm} \sim 0.169 \text{ mm}$. 根据表 7 的计算值,当裱件尺寸为 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 时,横纵向变形均为毫米数量级,均为肉眼可辨识的. 这种变形从视觉上影响了字形和画意,从而影响书画装裱整体品质. 从材料性能看,纸质书画文物一般都发生了一定程度的老化、降解,纸张纤维断裂增多,主要表现为抗张强度降低,韧性降低,脆性增强^[16]. 对新纸而言,装裱中的变形均在材料的耐受范围内,而书画老化降解后,这些变形可能超出了材料的耐受程度,形成微裂缝和破裂,继而危害书画的安全和稳定.

因托裱样品的干燥属于限制性干燥类型,同时有浆糊的存在,干燥时,所有样品的横纵向变形相对于初始状态也是膨胀的. 对比三种样品,横纵向的变形率之比 x/y (见表 7) 在湿态和干态时均大于 1,并且干燥态时大于湿态. 从图 4 可知,宣纸的横向为纤维直径方向,其湿变形大于纵向. 随着干燥程度增加,横纵向差异也逐步增大,纤维取向的影响逐步增大. 从实际变形率 Δ 可见,横向实际变形均小于纵向,样品 B 和 C 中,旧纸的使用使横向实际变形率逐步减小,纵向实际变形率逐步增大,即横纵向变形

之比逐渐减小. 对比表 6、表 7 可知, 在双层托裱样品中, 样品 C 湿态时的横纵向变形差异约等于 1.622, 与单层宣纸本身性质接近, 表明样品 C 受造纸中内应力的影响最小. 而其干燥后实际变形的横纵向差异(x/y)最小, 说明旧书画样品受纤维取向的影响最大. 实际书画装裱修复中, 双层裱件的纤维取向是影响书画横纵向变形及其差异的重要因素.

2.4 湿变形对托裱工艺的影响及抑制研究

人眼分辨能力较高, 微小变形都可以被识别^[14-15]. 另外, 纸张老化降解引起机械性能的下降, 微小的变形就能引起纸质材料的断裂及破损. 因此书画装裱中必须避免和减小横纵向的变形, 以提高书画装裱品质和材料的安全性. 即减小装裱变形对书画装裱品质和书画文物安全具有十分重要的意义. 分析上述实验数据, 发现双层托裱样品在不同状态的变形及实际变形率主要取决于以下几方面: 浆糊添加影响; 浆糊固定作用; 宣纸的湿处理次数等.

首先, 浆糊的添加及干燥在一定程度上影响裱件的体积变化; 其次, 浆糊中含有大量水分, 装裱湿处理时, 纸张纤维首先吸湿膨胀, 干燥时相应收缩. 由于纸张纤维在横向的湿变形大于纵向, 因此, 宣纸在纤维取向方向的湿变形小于其垂直方向.

由于宣纸中内应力的存在, 在首次湿处理时横纵向变形差较小, 且初次干燥存在过度收缩. 随着湿处理的增加, 横纵向实际变形率之比降低, 即横向实际变形减小, 纵向实际变形增大, 说明托裱样品的变形受纤维取向的影响增大. 实际装裱中, 书画文物的画心作为经过历次湿处理纸张, 在修复托裱中画心横纵向的实际变形差异增大, 即变形主要由纤维取向决定. 因此托裱时应当考虑纤维取向的影响, 根据书画画心与托纸的纤维取向合理安排托裱方向, 以减小书画文物在托裱干燥中的实际变形, 提高尺寸稳定性.

3 结论

宣纸的力学性能和湿变形是与纸张纤维取向相关的. 造纸中内应力的存在, 使得宣纸在首次湿处理干燥时过度收缩. 在后续的湿处理中, 纸张的尺寸基本可以恢复, 也就是说湿处理增加纸张的尺寸稳定性. 同时湿处理增加了宣纸的横纵向差异性, 使得托裱样品横纵向变形差异增大, 即经过湿处理后, 托裱样品的实际变形受纤维取向的影响增大. 因此, 本文提出将画心与命纸的纤维取向作为影响裱件变形的重要因素, 并从数据上证明了纤维取向对湿变形的

影响, 为研究纸质书画装裱中的变形及其对装裱品质的影响提供了一定的基础.

根据纤维取向的影响, 合理设计层间纤维取向的排列, 是后续研究的重点内容之一. 根据复合材料设计原则, 选取合适的纤维取向设计方案, 减小裱件的实际变形和横纵向变形的差异, 以减小因不同材料间变形差过大引起崩裂的可能性, 提高上墙干燥过程中书画的尺寸稳定性. 同时, 由于环境温湿度的影响, 不同材料间的尺寸变化差异的降低, 也提高了书画装裱完成后的安全性和稳定性, 减小书画在展示、展览、收藏中发生湿变形的可能性和危害性.

参考文献(References)

- [1] 徐文娟, 陈元生. 书画装裱材料——宣纸形稳定性的研究[J]. 文物保护与考古科学, 2005, 17(2): 27-30.
- [2] 徐文娟. 从宣纸的形稳性谈书画的卷曲问题[C]//东亚纸张保护学术研讨会, 2006.
- [3] 徐文娟. 宣纸尺寸稳定性的研究[C]. 中日韩造纸史学术研讨会, 2009.
- [4] LARSSON P A, HOC M, WÅGBERG L. A novel approach to study the hydroexpansion mechanisms of paper using spray technique[J]. Nordic Pulp & Paper Research Journal, 2009, 24(4): 371-380.
- [5] 高慧, 邵卓平. 宣纸流变模型的研究[J]. 林业科学, 2008(10): 113-119.
- [7] 高慧, 邵卓平. 宣纸的力学行为研究[J]. 上海造纸, 2008(3): 43-47.
- [8] 黄飞松. 手工纸的抄造技法与纸帘之调查[J]. 纸和造纸, 2016(3): 31-36.
- [9] HAN Y H, ENOMAE T, ISOGAI A, et al.. Traditional papermaking techniques revealed by fibre orientation in historical papers [J]. Studies in Conservation, 2006, 51(4): 267-276.
- [10] 陈晓彬, 董云渊, 郑启富, 等. 基于“边界层”理论的纸张干燥动力学模型及其数值仿真[J]. 中国造纸学报, 2017, 32(3): 37-42.
- [11] 胡开堂, 刘忠. 纸页的结构与性能[M]. 中国轻工业出版社, 2006: 42-43.
- [12] SMAN C G V D, BOSCO E, PEERLINGS R H J. A model for moisture-induced dimensional instability in printing paper [J]. Nordic Pulp & Paper Research Journal, 2016, 31(4): 676-683.
- [13] LINDNER M. Factors affecting the hygroexpansion of paper[J]. Journal of Materials Science, 2018, 53(1): 1-26.
- [14] 吴柳庭, 崔志清. 对视觉分辨极限值的修正[J]. 天津医科大学学报, 2004, 10(1): 103-105.
- [15] 赵凤奎. 人眼的最小分辨视角[J]. 唐山师范学院学报, 2008, 30(5): 67-69.
- [16] 张金萍, 郑冬青, 朱庆贵, 等. 热老化模式对纸张性能的影响[J]. 文物保护与考古科学, 2013(3): 16-19.