

应用自制湿度调节箱保护处理纺织品文物

路智勇

(陕西省考古研究院,陕西西安 710054)

摘要:为开展多层紧密粘连的纺织品文物,设计制作一台满足湿度自由设定、湿度均匀恒定、空气循环流动、温湿度持续记录和文物拿取观察方便等要求的湿度调节箱。通过对汉代绢卷的开展应用和明代丝绸处理前后的性能对比研究,证明湿度调节箱在纺织品文物保护处理工作中应用效果良好、安全可靠、适用性强。

关键词:湿度调节箱;纺织品;文物

中图分类号: X85;K876.9 **文献标识码:** A

0 引言

为了开展考古出土多层紧密粘连的丝绸文物,评估其不同湿度条件下的可开展性,需要配置一种可以按需设定湿度并在一定时间内保持较恒定相对湿度的装置,来对纺织品文物进行回潮或去湿处理,进而开展粘连织物的开展、分离和平展工作。为此,本研究设计制作了一款湿度调节箱,设备能够准确显示和稳定控制调湿空间内的相对湿度值;调湿空间内的空气循环流动,使湿度均匀一致;箱门开启方便、密闭性良好,方便存取文物和观察文物在湿度调节过程中的变化情况。应用该研制设备,对一件汉代绢卷织物进行湿度调节处理,并对一些明代织物在湿度调节前后的微观结构、抗拉强度、色差和外观变化进行了实验评估研究,证明湿度调节箱适用于大部分纺织品文物的湿度调节处理,处理前后织物没有明显变化,效果明显,安全可靠。

1 设计基础和目的

考古出土的纺织品文物大多不平整,或严重褶皱扭曲变形,此类形变若非携带重要历史信息或本身为文物原始结构或使用痕迹,则应尽量消除。否则,扭曲形变处的纤维会因长期处于疲劳状态,加速老化,最终导致断裂。

根据文物的保存状况,湿度调节即回潮和去湿法常被用于纺织品文物的褶皱抚平、折叠展开、粘连剥离、印痕去除及扭曲变形校正等操作。回潮法具体可定义为:通过间接或直接的方式,借助一定的技

术手段,以可觉察的湿气而非潮湿或饱和湿气为物态,来增加纺织品纤维含水量的技术操作^[1]。去湿法指降低纤维含水量的操作,也可以通过不同的技术手段实现。纺织品文物保护中的普通回潮和去湿操作是通过调节控制空间相对湿度来改变纺织品文物纤维内部含水量的^[2],经过适当调节后,纤维塑性调节能力增加,这使得原本因纤维槽朽脆弱而无法开展的工作,在借助一定外力协助的情况下得以实现。在这些操作之后,纤维内部分子长链的排列方式被重新排列,纤维内部因回潮操作暂时吸收的水分会逐渐释放出来,直到与外界保存环境保持平衡,在此过程中形成的新的次级化学键将阻止纤维内部已被重排的分子链回到回潮前的状态^[3],织物经湿度调节处理后的状态便得以保持。

纤维内部的亲水基团是纤维吸收和释放水分的内因,吸湿和放湿性是纤维的特质也是纺织品文物湿度调节处理的根本前提。纤维的湿度调节能力除与自身的组成结构以及周围环境条件有关外,还与纤维的老化程度有关。老化严重的纤维,因其内部非结晶区比例的减少,纤维湿度调节能力降低。因而,老化严重的纺织品文物,在回潮过程中往往会在纤维表面附着一层凝结水,但纤维内部所吸收的水分仍不足以改善纤维的塑性调节能力。为了解决老化严重的纺织品文物湿度调节操作的技术难题,需要设计制作一台专用装置,满足可按需设定湿度、保持空间内湿度均匀恒定、空气循环流动、空间内温湿度可持续记录和文物拿取观察方便的功能。

收稿日期:2008-11-10;修回日期:2009-03-31

作者简介:路智勇(1978—),男,2002年毕业于西北大学文博学院文物保护技术专业,2007年毕业于英国南安普顿大学纺织品文物保护专业,硕士学位。E-mail: Lzyhryy@yahoo.com.cn

2 设备组成和功能

综合考察了相关设备和纺织品文物展调湿的操作需要,所设计的湿度调节箱由湿度控制单元和湿度调节空间区两大部分组成。湿度控制单元采用通常应用于文物展柜调湿控制的进口 MiniClima 品牌的 EBC06 型恒湿器,可以满足的工作区间为 3m^3 。此设备具有可自由设定和控制湿度的功能,通过在湿度调节空间内安装的湿度感应器控制湿度控制单元进行加湿或去湿操作。湿度感应器采用 HygroClip 2 型高精度温湿度传感器,湿度误差 $< \pm 0.8\%$ 。调湿空间内的气体经过湿度控制单元调控至所需湿度后被循环输送到湿度调节空间。鉴于调湿空间箱体的良好密闭性,整个调湿循环工作过程中,与外界空气没有交换,因此不会影响湿度调节空间内的温度(图1)。

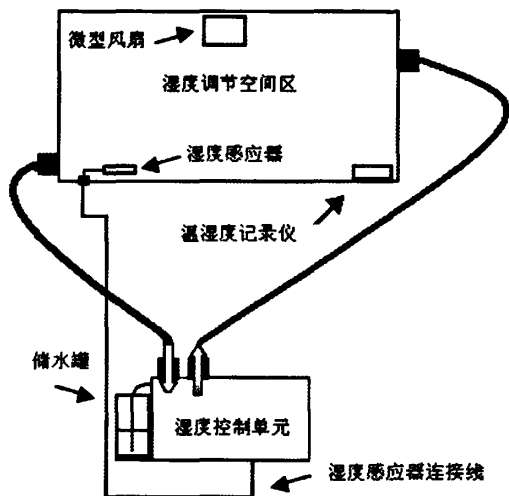


图1 自制纺织品文物湿度调节箱的工作原理

Fig.1 The working principle of the humidity adjusting chamber for textile conservation

湿度调节空间区是由厚玻璃板组成的密封箱体,便于透过箱体观察文物在回潮或去湿过程中的变化。在箱体前面设有双开门,门边安装有密封条,双开门是文物存取的通道。箱体内设有隔层将整个空间区分为两个部分,隔层板为布满小孔的不锈钢薄板,不会影响湿度调节空间区内的湿度循环和调节速度,有利于提高文物回潮或去湿效率。根据文物尺寸和操作目的不同,可以将薄板自由拆卸。湿度控制单元和湿度调节空间箱固定在不锈钢方管焊接成的框架上,湿度调节空间箱在框架的上部。框架支撑腿上安装了带有开关的万象轮,可以自由移

动,并在装有文物时安全固定(图2)。



图2 自制纺织品文物湿度调节箱

Fig.2 The humidity adjusting chamber for textile conservation

湿度调节空间内另安装了能产生微弱气流的微型风扇,起到均匀调节空间湿度的作用,以改善回潮或去湿效果。空间内的空气流动速度对纺织品纤维的湿度调节平衡速率是有影响的,空气流动性越好,调湿平衡时间越短^[4],但空间区内的过强气流会对糟朽织物造成影响,因而设计选用了风力微弱的微型风扇,并仅在必要时启动。MiniClima 系列展柜恒湿器的新型产品,可以在连接湿度控制单元和湿度调节空间的空气管道接口处安装过滤网和活性炭装置,对湿度调节空间内的空气进行净化处理,以防止织物可能带有的灰尘和霉菌孢子在空间内飞扬,引起新的灰尘污染或霉菌感染。另外,通过放置在湿度调节区内的温湿度记录仪,对文物湿度调节过程中的温湿度变化进行实时记录,结合纺织品文物可操作性的变化情况,有助于分析纺织品文物纤维性能变化与湿度变化之间的关系,以逐步改进操作方案。

该款湿度调节箱是为纺织品文物保护处理过程中的湿度调节操作而设计的专用设备,湿度调节箱的工作条件范围宽泛,在温度 $5 \sim 35^\circ\text{C}$ 和相对湿度 $10\% \sim 90\%$ 的环境中均可运行,相对湿度的平稳性最小可到 $\pm 1\%$ 。在设备的使用过程中,随时检查是十分必要的,一方面需时刻关注织物在回潮和去湿过程中的变化,并尝试开展后续工作,另一方面需要检查储水罐内的水位。尽管湿度控制单元可以长时

间持续工作,并可以安装故障远程报警器,但在实际的纺织品文物保护工作中,应该根据文物保存条件和材质组成的具体情况,设定文物湿度调节时间的长短,并经常查看文物的反应和变化情况。

3 应用实例

湿度调节箱在实际工作中的用途广泛,曾利用其对很多织物进行过回潮或去湿处理,处理效果因纤维自身的保存条件和文物的整体情况不同而稍有差异,但湿度调节箱作为专用设备,在纺织品文物保护中的作用显著,技术也成熟可靠。下面就以一件汉代绢卷的尝试性揭展工作为例,介绍其在实际工作中的应用效果。

此件汉代绢卷整体较为干燥,表面几层织物破损严重,糟朽脆弱,纤维强度很差。应工作要求,需要将绢卷展开。为了改善纤维的韧性,进而开展揭展工作,将绢卷放入湿度调节箱内进行回潮处理。先将湿度控制单元的湿度设置在与文物原保存环境相对湿度接近的 45% 左右,待湿度控制单元显示湿度调节空间内的湿度为 45% 后,将绢卷放入。然后将湿度设置在 55%,20 分钟后,查看绢卷纤维的韧性变化,尝试揭展,将砧纸折叠后塞入织物揭开的空隙内,再将绢卷放入湿度调节空间内继续回潮,将湿度设置在 60%。继续查看,并尝试揭展,直至湿度升高到 70% 后,绢卷初步具备可揭展性,但需要谨慎细致操作。

经过细致的揭展,发现此绢卷为多张织物对折后,如书页状层层摞起,然后卷成卷状,再用丝带捆绑。“书脊”方向为织物的纬线方向,书翻开方向为织物的经线方向。织物为平纹,表面没有书写文字,织物细密,经线密度 60 根/cm,纬线密度 160 根/cm。织物上边为织边,下边为剪切边,在织边附近有多组针孔,不见缝线,针孔具体功用不详。因织物表面没有任何文字或图画,因此没必要将每个“页面”都展示出来。在保存材质的基础上,可以将揭示和保留绢卷的折叠、层压和卷曲方式等信息作为工作重点。因而,在将织物的层层粘连原位分离清理之后,保持原位放置,在织物大的卷曲部位做必要的支撑保护后,织物便被保留在了揭示其“书”状结构的状态(图 3)。经过采用自制湿度调节箱对这件绢卷的回潮处理,利用湿度调节箱良好的梯度控制性,实现了将糟朽脆弱、多层叠压粘连、卷曲折叠绢卷织物的安全揭展,将保护过程适时地停顿在了将整个绢卷保持在“书”状结构的状态,文物材质得到了保存,文物信息得到了揭示。整个保护过程,实

现了将保护文物材质和揭示保存重要信息有机结合的目的。



图 3 汉代绢卷回潮揭展前(左图),揭展中正面(右上图),揭展中绢卷侧面(右下图)

Fig. 3 Han Dynasty silk roll, before treatment (left), face side during opening (right up), side face during opening (right down)

4 织物性能影响评估

为了评估湿度调节箱处理技术对织物性能的影响,本试验以一组明代织物残片样品为对象,采用傅立叶变换红外光谱、断裂强力以及色差变化和显微形貌观察的技术手段,对其进行了湿度调节处理前后织物材料性能的对比研究。

织物湿度调节前后的红外谱图显示处理前后几乎没有变化(图 4),因此,可以推断湿度调节处理技术对明代织物微观分子结构和排列方式的影响很小。

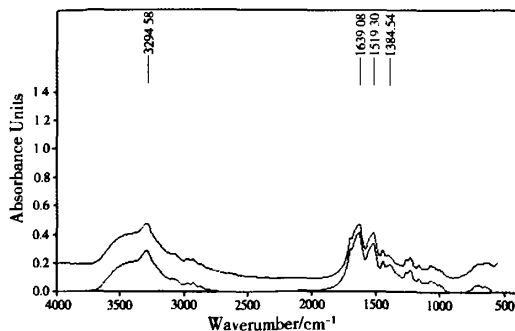


图 4 明代织物湿度调节前后傅立叶变换红外光谱
下谱图为处理前

Fig. 4 FTIR spectrum of Ming silk before and after humidity adjusting treatment

织物的断裂强力可以作为衡量纤维强度变化的指标,断裂强力表示纤维或织物能承受拉伸负荷的

最大能力,单位为牛顿(N)。织物的机械强度随环境温湿度条件的变化而变化,因此在对比明代织物湿度调节前后的断裂强力变化时,需要在相同的环境指标下测量。总共选取了 4 个测试样品,分别测

量湿度调节前后的断裂强力,从断裂强力的前后变化 Δ 值来看,变化范围在 ± 0.04 之间(表 1),属于微小变化,可见所采取的湿度调节处理技术对明代织物的断裂强力影响也很小。

表 1 明代丝绸湿度调节前后断裂强力变化测试结果

Table 1 Breakingforce change of Ming silk before and after humidity adjusting treatment

样品编号	断裂强力/N					变化值 Δ
	湿度调节前	湿度调节后(测三次)			平均值	
1	127.95	128.04	127.98	127.92	127.98	+0.03
2	125.62	125.56	125.58	125.60	125.58	-0.04
3	129.11	129.16	129.18	129.10	129.15	+0.04
4	128.07	128.02	128.12	128.05	128.06	-0.01

织物色度的变化是评价湿度调节处理对织物外观影响的另一重要指标。本实验共选取了四个测量点对明代织物的色差变化进行了测量,色差的变化值都在 ± 1 之内。色差在 ± 1 之间的变化属于微变化^[5],因而可以认为湿度调节处理对明代织物的外观色彩变化影响很小。

通过对明代织物傅立叶变换红外光谱、织物断裂强力以及色差变化和显微镜形貌观察的初步测试,证实了湿度调节箱处理技术对明代织物的微观分子结构和分子链排列方式、对织物的强度以及外观色度形貌的影响都很小,说明湿度调节箱技术是安全可靠的。对汉代绢卷的揭展效果则证明了湿度调节箱技术对于揭展卷曲叠压粘连织物的适用性和有效性。

5 讨 论

经过大量的实际应用和总结发现,一般纺织品文物的常用湿度调节范围在 45%~75%之间,湿度调节的效果明显有效,安全可靠。但因玻璃箱体为固定安装,所能处理的文物大小受箱体大小的限制。除了空间大小所限之外,自制湿度调节箱适用于绝大部分纺织品文物的湿度调节处理。湿度调节空间内的空气流动循环,湿度均匀,湿度调节效果好。傅立叶变换红外光谱、抗拉强度和色差等测试结果,也证实湿度调节箱处理技术对织物性能没有明显影响。

但需要指出的是,通过对气压、温度和气流速度等影响织物湿度调节效果的因素的控制,可以形成不同的湿度调节技术,技术方式、频度和湿度调节范围的不同会给文物带来不同的影响,因此仍需针对更大范围和更多类型的湿度调节技术进行深入的扩展研究,以进一步了解纺织品文物湿度调节的规律,提升湿度调节的效率和可靠性。另外,湿度调节箱仅是纺织品文物湿度调节的一种设备,合理有效的

应用此设备需要做很多相关准备工作。除了需要了解设备的工作原理和操作技术,随时检查文物在处理过程中的变化,避免霉害发生和纤维过度水解,留意储水罐内的水位之外,还需要在开展操作之前做很多基础知识准备^[6]。具体来讲,需要了解纺织品文物纤维吸湿放湿的原理和影响湿度调节速率的因素;了解文物的保护目的、纤维及其附带材质的保存状况及老化程度,综合判断文物是否应该进行和经得起回潮或去湿处理,了解这些操作对文物的可能影响;制定详细的操作方案,按照湿度的梯度设计,有步骤的进行处理,并做好记录;制定湿度调节后的后续操作和尾处理阶段的织物湿度回归操作方案等。

6 结 论

本研究设计制作的纺织品文物湿度调节箱,实现了针对性的湿度设定和梯度调节操作,能够在一定时段内对纺织品文物进行加湿和去湿操作,是对 MiniClima 这一类型展柜恒湿器设备的拓展性应用。它是在利用纺织品纤维亲水基团的吸湿放湿特性,结合纺织品文物自身特点的基础上设计而成的,实现了纺织品文物湿度调节幅度和速度的量化。设备所具备的其它功能如空气循环、温湿度自动记录、可增配净化过滤装置等也都保证了湿度调节的效果和文物的安全。通过对汉代绢卷的湿度调节和揭展应用,以及对明代丝绸湿度调节前后的织物性能对比和评估研究,证明湿度调节箱的处理效果明显,对文物外观和性能无明显影响,安全可靠,在纺织品文物湿度调节中的应用广泛。

致谢:本工作由陕西省考古研究院与德国美茵兹罗马-日耳曼中央博物馆(Roemisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz)合作的纺织品文物保护实验室完成。德方专家 Angelika Sliwka 和 Andree Forßbohm 分别承担了湿度调节箱的主要研发和安装工作,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] Hughes C, Wolf S. Textile conservation catalogue; Humidification [M]. Washington: American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, 1993: 1-11.
- [2] 李栋高, 蒋蕙钧. 丝绸材料学 [M]. 北京: 中国纺织出版社. 1994: 318-319.
- LI Dong-gao, JIANG Hui-jun. Silk material [M]. Beijing: China Textile Press, 1994: 318-319.
- [3] De Graaf A J. Textile properties and flexibility of textiles [C] // Perlegato F. Conservation and restoration of textiles. Proceedings of the International Conference, Milan: CISST, 1980: 54-61.
- [4] 于伟东, 储才元. 纺织物理 [M]. 上海: 东华大学出版社. 2002: 58.
- YU Wei-dong, CHU Yuan-cai. Textile physics [M]. Shanghai: Donghua University Press, 2002: 58.
- [5] 宋钧才. 漫谈色差评定 [J]. 中国纤检, 2006, (4): 29-31.
- SONG Jun-cai. Discussion of color difference estimation and Distinguishment [J]. China Fibre Iden, 2006, (4): 29-31.
- [6] Timar-Balazsy A, Eastop D. Chemical principles of textile conservation [M]. London: Butterworth-Heinemann, 1998: 278-279.

Application of a lab-made adjustable humidity chamber for textile conservation

LU Zhi-yong

(Shaanxi Provincial Institute of Archaeology, Xi'an 710054, China)

Abstract: An adjustable humidity chamber consisting of a humidity controller and an adjustable humidity chamber was developed to separate the attached textile layers and to test the feasibility of separating at different levels of humidity. It has the function of setting humidity freely and keeping constant humidity, air circulation; recording temperature and humidity continuously; and easily observing objects; easily taking out and putting in. The successful conservation of the Han Dynasty silk roll and research of its characters change proves that the adjustable humidity chamber is suitable or use with most textiles and gives satisfactory results.

Key words: Humidity adjusting chamber; Textile; Culture relics

(责任编辑 谢 燕)

· 通 讯 ·

“科技与考古——自然科学与人文科学的交叉和融合”研讨会在上海举行

由中国科学院上海交叉学科研究中心举办、中国科学院院士于福熹研究员主持的“科技与考古——自然科学与人文科学的交叉和融合”研讨会于 2009 年 10 月 20 日在上海举行。中国科学院上海分院副院长朱志远及有关科研院所、文化遗产研究与保护单位、大专院校、文博单位的专家学者共 23 人参加了会议。《文物保护与考古科学》编辑部也派员参加了会议。

交叉科学研究是现代科学技术发展的特点之一。如何使自然科学与人文科学交叉和融合, 如何使自然科学工作者和考古工作者融合起来, 共同搞好中国的考古事业, 共同探源中华文明等, 受到中国科学院院长路甬祥院士的高度重视。为此, 中国科学院上海光学精密机械研究所成立了以中国科学院院士于福熹研究员为首的“科技考古研究中心”; 中科院上海硅酸盐研究所、中科院上海光机所、中科院上海有机所和西安秦始皇兵马俑博物馆组成了馆所科技考古联合体; 这些, 开创了自然科学工作者与考古工作者紧密合作, 共同奋斗的新局面。

会上, 众多的学者专家作了简短发言, 各抒己见, 交流信息, 为自然科学与人文科学的交叉和融合, 为自然科学工作者与考古工作者紧密合作而献计献策。发言简况如下:

1. 陈淳教授(复旦大学文博学院): 考古学研究与科技手段的应用
2. 袁静研究员(中国社科院科技考古中心): 科技考古的新思考
3. 芮文明研究员(上海社科院历史研究所): 丝绸之路与古代中外交流的几个问题
4. 王昌燧教授(中科院研究生院): 近年来科技考古的成果与问题
5. 金正耀研究员(中国科大科技史与科技考古系): 科技考古的困境与进路
6. 陈克伦研究员(上海博物馆): 古陶瓷研究与现代科技
7. 梅建军教授(北京科技大学冶金与材料史研究所): 关于汉代中国铜镜西传问题的一些思考
8. 吕功煊研究员(中科院兰州化学物理所): 敦煌壁画盐害的物化特征
9. 苏伯民研究员(敦煌研究院): 多光谱无损分析技术在敦煌壁画中的应用

(钱俊龙)