

馆藏饱水木漆器保护自然渗透过程的研究

陈华锋 陶静姝

提 要: 乙二醛浸渍法是目前饱水木漆器保护最为成熟的方法之一, 其中乙二醛溶液的渗透过程是该保护方法的主要研究问题之一。文章以安徽博物院馆藏天长市西汉墓葬出土的饱水木漆器为例, 研究乙二醛溶液渗透过程。研究发现乙二醛溶液在浸渍过程中器物的质量变化率、绝对含水率、溶液置换率三者之间存在着一定的相关性, 这一结论为判断乙二醛溶液的渗透平衡提供了理论指导, 也为计算乙二醛溶液与水分置换程度提供了思路。

关键词: 饱水木漆器 乙二醛 渗透

一、引言

在湖北、安徽、湖南、江苏等许多南方地区, 出土了许多精美的饱水木漆器。这些精美的器物因埋藏位置地下水位高, 往往会受到水、盐、酸碱物质等多因素长期的侵蚀, 造成构成器物的木材结构遭受极大的破坏。出土时, 许多器物依赖水分子的“支撑”作用得以保持结构的完整性, 有些器物的含水率甚至在 800% 以上。在自然环境下, 这些水分会快速挥发, 造成漆膜起翘、脱落, 胎体翘曲、收缩, 甚至整体性开裂, 等等, 给文物带来毁灭性的破坏。

长期以来, 饱水木漆器的脱水保护是文物保护领域中较为棘手的问题之一。我国文物保护工作者在此方面付出了诸多努力。目前已研究出了多种脱水方法, 如自然干燥法¹、冷冻干燥法²、醇-醚联浸法³、蔗糖置换法⁴、乙二醛法等⁵。其中乙二醛法是由湖北省博物馆陈中行研究员在 20 世纪六七十年代发明。近年来, 在荆州文物保护中心等多家单位的研究和探索下, 该方法已经成为国内保护漆木器较为成熟的技术方法之一。2012 年 5 月, 荆州文物保护中心在安徽博物院成立了木漆器保护国家文物局重点科研基地安徽工作站, 在基地专家的指导下开展木漆器脱水保护项目, 笔者有幸参与了馆藏饱水木漆器的保护。国内许多学者对乙二醛法处

理饱水木漆器进行了深入地研究。罗曦芸⁶等采用乙二醛法对一件汉代漆器和四件木胎战国剑鞘进行脱水处理, 认为乙二醛溶液在处理饱水漆木器中的作用除了渗入器物, 滞留于木胎空隙和细胞腔内, 支撑朽蚀的木胎结构, 防止木胎扭曲作用, 还充当了吸湿缓冲剂和缔合作用。吴顺清⁷等人认为应用碱性 40% (w/w) 乙二醛溶液处理饱水木漆器, 在达到渗透平衡后方可进行下一步处理。乙二醛渗透平衡的问题关系到整个器物的脱水保护是否能够成功。而从目前已经发表的文献来看, 如何判断乙二醛溶液渗透平衡还尚未可见。文章通过研究, 建立了饱水木漆器在乙二醛渗透过程中的质量变化与含水率、溶液置换率三者之间的关系, 为乙二醛法保护饱水木漆器提供了一定的指导作用。

二、基本信息

本文研究对象出土于安徽省天长市安乐镇一处汉代墓葬群, 根据考古发掘简报显示其年代为西汉中期偏早⁸。文章选择编号为 19 号墓葬中出土的两件器物作为研究对象, 分别为彩绘云气纹漆奩 (内盒) 和木梳 (图 1、图 2)。

No.1 为彩绘云气纹漆奩 (内盒), 长 7.6 厘米, 宽 5.8 厘米, 高 8.8 厘米。No.2 为木梳长 6.4 厘米, 宽 5.2 厘米。为准确判断含水率, 分别选取 No.1 和



图 1. 彩绘云气纹漆奁（内盒）

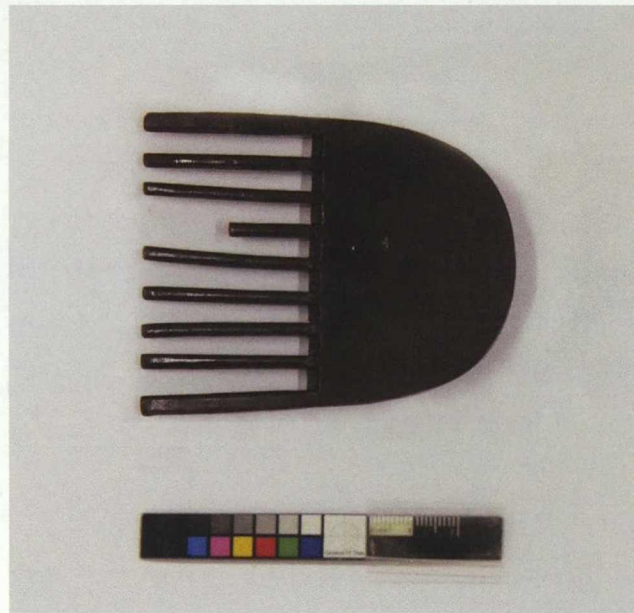


图 2. 木梳

No.2 小片碎块作为试样，称量初始质量 M_0 ，然后在 $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下烘干至恒重 M_d ，由式（1）计算各自 W_{ab} 。小样在测试前清除掉表面的漆膜、污渍等。

$$W_{ab} = \frac{M_0 - M_d}{M_d} \times 100\% = \left(\frac{M_0}{M_d} - 1 \right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式（1）中：

M_0 ——样品饱水状态下的质量；

M_d ——样品稳定后的干态质量；

W_{ab} ——样品的绝对含水率。本文所说的含水率是指绝对含水率。经过测量，No.1 含水率为 230%，No.2 含水率为 420%。

三、保护操作

器物的保护过程，按照下列程序进行操作：

（1）先用去离子水清洗器物后，擦拭表面水渍后进行称重、量尺寸、照相，记录下器物原始信息。

（2）采用表面活性剂浸泡处理，处理时间依据器物保存状况而定。

（3）清洗器物上的表面活性剂后，浸泡于质量分数为 40% 乙二醛溶液中，定期称重，量尺寸，并记录上述数据，具体数据见表 1。浸泡过程中，不定期更换乙二醛溶液。

（4）当器物的重量、尺寸稳定时乙二醛浸渍过程结束，方可进行下一阶段的引发加固处理。

四、数据及分析

构成木漆器的主要结构——木胎在埋藏环境下受到各种因素的影响会发生降解，其中单宁、色素、生物碱、蛋白质、多糖以及各类酚等易溶成分首先流失，随着时间的推移，构成木材细胞的纤维素、半纤维素和木质素等成分也逐渐发生降解，细胞壁逐渐变薄，细胞腔变大，细胞之间的微毛细管增多，

表 1 样品浸渍过程中的质量

No.1	时间/天	0	7	40	67	100	140	200	230	270	360	440	560	600
	质量/克	93.0	93.4	95.4	96.7	97.9	100.1	102.2	102.1	101.9	102.1	102.6	102.7	102.6
No.2	时间/天	0	2	7	12	15	25	40	50	60	—	—	—	—
	质量/克	18.8	19.2	22.0	22.9	23.0	23.1	23.0	23.0	23.1	—	—	—	—

木材组织变得更加疏松多孔, 水分逐渐渗透到木材组织内部, 充盈在细胞腔以及微毛细管内, 整个木材组织呈“饱水”状态。根据降解古木材成分含量可知, 饱水状态下的古木材主要是由半纤维素、纤维素、木质素、水分以及少量的灰分和抽提物(约占10%)组成, 因此饱水木器的初始质量(M_0)则由半纤维素、纤维素、木质素、灰分组成的细胞壁基质(M_d)和水组成⁹。设 M_w 为饱水木器的水分质量, 则 $M_0=M_w+M_d$ 。代入式(1), 则有:

$$M_w = M_0 \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} \dots \dots \dots (2)$$

对于带有漆皮的漆器而言, 采用式(2)计算饱水漆器中的水分时应扣除漆膜的质量。设为漆膜的质量, 所占百分比为, 则有:

$$M_w = M' \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} = (M_0 - M_l) \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} = (1 - \alpha) M_0 \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} \dots \dots \dots (3)$$

漆膜所占百分比与当时制作工艺、漆膜表面积密切相关。通常而言, 漆器的器型越大, 漆膜质量所占比例越小。根据彩绘云气纹漆盂(内盒)的尺寸, 漆膜表面积(含内侧)约为560cm²。按照漆膜厚度40~60μm, 干漆膜密度1.3g/cm³, 大致计算漆膜的质量为2.9~4.4克, 约占器物初始质量的3.1%~4.7%。

当器物浸渍于质量分数为40%乙二醛溶液中, 在溶液渗透压及纤维毛细管共同作用下, 乙二醛缓慢渗入饱水器物中, 器物内的水分逐渐被乙二醛置

换。由于乙二醛溶液密度(P_g)大于水的密度(P_w), 故在渗透过程中器物的质量(M)逐渐增加。No.1和No.2浸渍过程器物质量变化分别为图3和图4。

当器物内的水分穿过纤维组织细胞壁向溶液本体扩散时, 乙二醛溶液也将穿过纤维组织细胞壁向内部扩散。从图3和图4看, 在浸渍开始阶段, 器物质量快速增加; 到浸渍中后期, 乙二醛与水分交换逐渐缓慢。达到渗透平衡时, 器物纤维组织的溶液达到与外在溶液同样的浓度^{10,11}。从时间上看, No.1达到平衡的时间明显长于No.2, 这可能与漆膜的影响有关。

一般而言, 乙二醛渗透过程受木材结构、木材中抽提物以及含水率等多因素影响, 因此渗透置换程度并不相同。为衡量渗透程度, 这里引入概念置换率(η), 定义为为乙二醛置换的体积(v_s)与饱水木材空腔体积(v)之比。对于饱水木器而言, 饱水木材空腔体积主要由水分体积(v_w)组成⁷。设为器物浸渍过程增加的质量, 则 $M=M_0+\Delta M$, 且 $\Delta M=p_g V_s-p_w V_s$ 。器物的含水率(W_{ab})、浸渍液(P_g)和置换比(η)存在着如下关系:

$$M = M_0 + (\rho_g - \rho_w) \times \frac{M_0}{\rho_w} \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} \times \eta \dots \dots \dots (4)$$

P_g 为40%乙二醛溶液的密度, 单位g/cm³。25℃时, P_g 值为1.270g/cm³。 P_w 为水的密度, 取值1.00g/cm³。在不同温度下, 乙二醛溶液的密度不同。

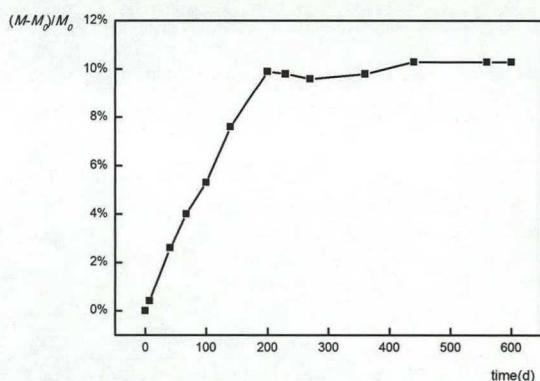


图3. 浸渍过程质量变化率曲线

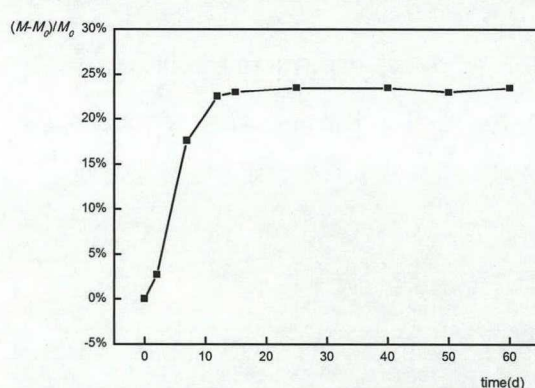


图4. 浸渍过程质量变化率曲线

温度每升高 1℃, 则 P_g 减少 0.005g/cm³, 因此对于一些体积不大的小件器物, 可以忽略温度对于质量的影响。

对于出土的饱水漆器, 漆膜本身孔隙率和孔隙结构与胎体木材有较大差异, 脱水过程中可以认为质量上不发生变化, 或者变化很小, 因此饱水漆器在渗透过程中的质量为:

$$M = M_0 + (\rho_g - \rho_w)(1 - \alpha) \frac{M_0}{\rho_w} \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} \times \eta \dots \dots \dots (5)$$

依式(4)假设 No.1 和 No.2 中“饱水”成分与乙二醛溶液能够实现 100% 渗透置换, 则 No.1、No.2 在渗透平衡时的质量分别为 109.8 克、22.90 克。对比表 1 中的数据发现, No.2 与测量值(23.0 克)非常接近。

为方便在长期的浸渍过程中准确判断乙二醛溶液渗透平衡“点”, 这里引入概念质量变化率(Γ)。当器物在浸渍过程中, 其质量变化率达到一定值, 可视为浸渍达到平衡, 则有。 $M = M_0 \times (1 + \Gamma)$ 依式(5), 则有:

$$\Gamma = (\rho_g - \rho_w) \times \frac{W_{ab}}{1 + W_{ab}} \times \frac{\eta}{\rho_w} \times (1 - \alpha) \dots \dots \dots (6)$$

在 25℃ 时, P_g , P_w 均为常数, 因此渗透平衡时质量变化率(Γ)与置换率(η)、含水率(W_{ab})存在如下关系:

$$\Gamma = f(\eta, W_{ab}) = 0.27\eta \left(1 - \frac{1}{1 + W_{ab}}\right) (1 - \alpha) \dots \dots \dots (7)$$

对于饱水木器, 由于 $W_{ab} > 0$, 则器物在乙二醛渗透过程中的质量变化率范围介于(0, 27.5%)。需要说明的是, 由于在测定饱水器物的含水率时一般选取的样品尺寸小, 且多为与边材, 测出的样品含水率比实际器物含水率略高, 因此有一定的误差。

五、讨论

对于大多数饱水木器而言, 乙二醛溶液与水分的实际置换率(η^*)受到树种、渗透条件、木材含水率以及前处理所使用的助剂等因素影响。一般来说, 器物的树种、含水率不相同, 实际置换率不一样。采用质量分数为 40% 乙二醛处理饱水木器, 在常温常压条件下, 可以估算实际的置换率。

$$\eta^* = 3.636\Gamma \times \left(1 + \frac{1}{W_{ab}}\right) \dots \dots \dots (8)$$

计算结果发现, 木梳在浸渍 60 天后, 乙二醛与木梳中的水分实际置换率为 99.99%, 近乎 100%。对于木梳等小件木质文物, 木材中的纤维结构较为松散、孔隙多且渗透深度较浅, 在无漆膜阻隔的情况下, 水分与乙二醛置换周期短, 且置换较为充分, 因此在短时间内就可以达到渗透平衡。对于饱水漆器, 乙二醛处理彩绘云气纹漆盂 600 天后, 乙二醛与彩绘漆器中的水分置换率为 53.94%, 考虑到漆膜的因素, 其真实置换率比理论值略高。

遵照文物保护中“最小干预”的原则, 采用乙二醛法处理饱水木漆器, 渗入木材中的乙二醛并不是越多越好, 过多的乙二醛溶液在干燥过程可能会产生较大的内应力, 但也不是越少越好, 过少将无法实现饱水木漆器的脱水保护, 因此乙二醛与水分的置换率将是需要研究的又一问题。

注 释:

1. 张立明等. 自然干燥法在保护西汉饱水漆耳杯中的应用 [J]. 文物保护与考古科学, 2005, 17(4): 44-47.
2. 卢衡等. 河姆渡严重降解木构件的室外冷冻脱水 [J]. 文物保护与考古科学, 1992, 4(4): 4-18.
3. 陈中行. 饱水竹器的保护和脱水动力学 [M]// 中国文物保护技术协会编. 文物保护技术, 1987: 8-19.
4. 陈进良等. 河南信阳长台关出土的饱水木器脱水定型研究报告 [J]. 文物保护与考古科学, 1994, 6(2): 1-6.

5. 陈中行. 出土饱水漆木器脱水加固定型保护技术. 出土竹木漆器保护科技成果推广应用培训班讲义, 2005.
6. 罗曦芸. 乙二醛用于加固饱水木漆器的研究 [J]. 化学世界, 2001(3): 134-137.
7. 吴顺清. 古代饱水漆木器的清理脱水修复保护研究 [C]// 中国文物保护技术协会首届学术年会论文集, 2001: 134-149.
8. 天长市文物管理所, 天长市博物馆. 安徽天长西汉墓发掘简报 [J]. 文物, 2006(11): 4-21.

9. Poul Jensen, David John Gregory. Selected physical parameters to characterize the state of preservation of waterlogged archaeological wood: A practical guide for their determination [J]. Journal of Archaeological Science, 2006 (33): 551-559.
10. 湖北省博物馆. 乙二醛脱水加固定型古代饱水漆木器 [J]. 中国文化遗产, 2004(3): 62.
11. 刘东坡. 饱水古木材定形加固过程的填充效率 [J]. 东方博物, 2012(3): 113-118.

(作者: 陈华锋, 安徽博物院文物科技保护中心馆员; 陶静姝, 安徽博物院文物科技保护中心馆员)

《中国考古学：尽到自己的心》简介

《中国考古学：尽到自己的心》由我国著名考古学家张忠培先生著，故宫出版社 2018 年 4 月出版发行。该书为 32 开，定价 76 元。

《中国考古学：尽到自己的心》，主要收录张忠培先生任职中国考古学会理事长期间，为中国考古学和考古事业的发展出谋划策，为中国文化遗产保护事业奔走呼喊的心血之作。反映了新时期中国考古学会在他的领导下，在服务、助力、引领中国考古学发展中所发挥的巨大主体作用。本书收集了 60 篇文章和讲话。内容分为五个部分：中国考古学会与中国考古学科建设；中华玉文化中心与玉文化研究；考古与文物保护的思考；中国考古学中的问题与研究。这些文章体现了张忠培先生对于学科发展的思考与实践，是张忠培先生最新学术思想的集结。

(文 农)

