

文章编号:1005-1538(2021)02-0061-07

DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20190501465

泉州湾宋代海船适宜保存温湿度环境 条件研究

费利华, 吴耿烽

(福建省泉州海外交通史博物馆, 福建泉州 362000)

摘要: 泉州湾宋代海船在海洋环境中沉埋七百多年,木材的物理化学性质已经发生了变化,船木中又含有大量盐分,泉州宋船这种特殊的保存状况不同于一般木质文物,因此,开展船体适宜保存环境条件研究是极为必要的。根据泉州湾宋代海船特殊的保存状况,通过盐分稳定性试验、不同湿度条件下不同木试样的平衡含水率、尺寸稳定性的观测与分析,以及温度变化对木材平衡含水率、尺寸的影响等实验,同时综合考虑节能及泉州地区气候的实际情况等多种因素,分析认为古船陈列馆内夏季温度控制上限为 27 °C,其余时段控制在 25 °C 以内;相对湿度控制在 60% ~ 50% 之间,变化幅度控制在 5% 以内较为安全合理。

关键词: 泉州湾宋代海船;温湿度;潮解;平衡含水率;尺寸稳定性

中图分类号: K875.3 **文献标识码:** A

0 引言

温湿度是影响文物长期稳定保存的最重要的环境因素,不同质地的文物对保存环境的温湿度条件要求不同。同时,由于文物保存地域的气候差异很大,即使同种材质的文物在不同地域其安全保存条件也并不相同。因此,文物预防性保护所要达到的“适宜”环境目标是针对不同区域不同材质文物的个性化要求。

木材具有“干缩湿胀”的特点,木质文物在干燥环境中会引发干缩开裂,在高温高湿环境中易产生微生物危害,加快劣变速度。因此,适宜的保存环境对木质文物的稳定性尤其重要。目前,从国外一些博物馆的情况来看,比较公认的馆藏木质文物保存环境的温度一般控制在 25 °C 以内,相对湿度控制在 45% ~ 60% 之间,变化幅度控制在 5% 以内。有的博物馆基于节能的目的,会根据当地不同季节气候的变化进行适当的调整^[1]。

泉州湾宋代海船在海洋环境中沉埋七百多年,木材的物理化学性质已经发生了变化,船木中又含有大量盐分,主要包括氯化钠、硫酸钙、碳酸钙等,其中氯化钠在一定的环境湿度下极易吸湿潮解。可

见,泉州宋船这种特殊的保存状况不同于一般木质文物。此外,泉州湾宋代海船目前是开放式展示,展厅安装的是普通控温空调,为了减少能耗支出,仅在夏季温度较高的情况下,在日间展厅开放期间开启空调。从环境温湿度的监测数据来看,这一措施反而造成了这一时间段温湿度的剧烈波动,极不利于船体的稳定保存。当前迫切需要对展厅的空调系统进行改造。因此,开展船体适宜保存温湿度环境条件研究是极为必要的。

本研究通过盐分稳定性试验、不同湿度条件下不同木试样的含水率及尺寸稳定性的观测与分析,以及温度变化对木材稳定性的影响等实验,研究分析船体稳定保存的安全温湿度条件,为船体保护及展厅空调系统的设计提供科学依据。

1 实验仪器与材料

实验仪器: 上海一恒科学仪器有限公司 LHS-100CA 型恒温恒湿箱,温度 ± 0.5 °C,相对湿度 $\pm 3\%$; G&G 电子分析天平,精度 0.01 g; 德国麦思德电子数显游标卡尺,精度 0.01 mm。

实验材料: 分析纯氯化钠(西陇化工);泉州湾宋代海船 3 种船体木材;现代杉木、松木与樟木。

收稿日期:2019-05-07;修回日期:2021-01-06

作者简介:费利华(1971—),女,1993年毕业于淮南矿业学院(现安徽理工大学)煤田地质勘查专业,研究员,主要从事馆藏文物保护工作,E-mail: fjqzflh@163.com

2 实验与结果分析

2.1 氯化钠潮解临界湿度实验

泉州宋船出土后未采取脱盐措施,船木中氯化钠盐分的含量高达 5% 左右,在多年来开放式保存环境中,高湿时盐分吸水潮解,干燥情况下又脱水结晶,盐分反复的溶解结晶产生的应力作用对船木造成损害^[2]。从船体保存现状来看,难以重新拆解进行脱盐处理。而从微观结构来看,盐分主要存在于木材细胞腔与细胞壁中,稳定的盐结晶体本身也可起到支撑木材细胞结构的作用。因此,如果船体保存环境的相对湿度值低于氯化钠潮解的临界湿度值,那么,盐分的存在对船体的不利影响可降到最低。

查阅相关资料可知,氯化钠潮解临界相对湿度值有 75% 和 70% 两种说法^[3-4],通过实验来验证。称取一定重量的分析纯氯化钠,置于干燥箱中脱水至恒重,然后放入恒温恒湿箱内,温度恒定 25 °C,逐渐升高湿度,称重观测氯化钠重量的变化情况,结果见图 1。

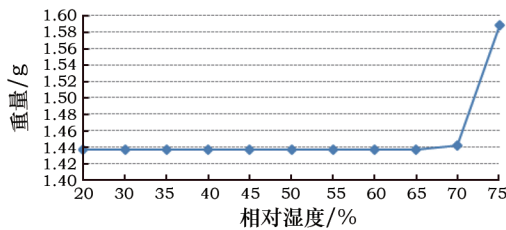


图 1 不同相对湿度条件下氯化钠重量变化

Fig. 1 Changes of weight of NaCl under different relative humidity conditions

从图 1 中可以发现,当环境湿度在 70% 的时候,氯化钠的重量开始变化,然后随着湿度的增加,氯化钠重量出现激增。虽然从实验结果不能精确判

断氯化钠的临界潮解点,但是可以确定当船体保存环境的相对湿度值低于 70% 时,船木中的氯化钠盐分相对稳定。

2.2 不同湿度条件下木材的平衡含水率实验

木材的平衡含水率是指木材在一定空气状态(温度、相对湿度)下最后达到的稳定含水率。木材的平衡含水率主要取决于环境相对湿度的大小。根据陈承德对泉州地区木材室内平衡含水率的研究,泉州地区室内用材应该干燥至含水率 14% 左右为宜^[5]。为确定古船木材保存的最佳湿度条件,对不同湿度条件下古船木材的平衡含水率进行了观测。

将 3 种古船木材与相应的现代木材试样放入恒温恒湿箱内,将恒温恒湿箱内的温度控制在 25 °C,相对湿度分别控制在 45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%,称重观察木试样,直至重量恒定不再变化,记录不同湿度条件下木试样的重量,并观察其变化情况,结果见图 2。再将试样放入烘箱中至绝干,称取每一个试样的绝干重量,计算不同湿度条件下的木试样的平衡含水率,结果见表 1。

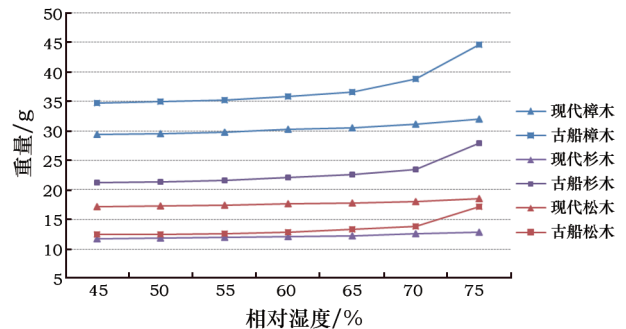


图 2 吸湿状态下六种木试样重量变化情况

Fig. 2 Changes of weight of six kinds of wood samples under the moisture absorption condition

表 1 不同相对湿度条件下木试样的平衡含水率

Table 1 Equilibrium moisture content of wood samples under different humidity conditions (%)

样品	相对湿度/%						
	45	50	55	60	65	70	75
古船松木	11.35	12.15	13.23	15.19	19.03	23.50	53.89
现代松木	10.64	11.54	12.44	14.12	14.83	16.76	19.34
古船杉木	12.90	13.85	15.18	17.89	20.06	24.63	48.20
现代杉木	10.00	10.75	11.59	13.83	14.77	17.76	20.37
古船樟木	12.57	13.12	14.09	16.06	18.35	25.75	44.43
现代樟木	10.39	11.11	12.05	13.62	14.48	16.89	20.11

从图 2 中可以发现,湿度从 45% 上升至 70%,古船木与现代木试样的重量同步稳定增加;当湿度高于 70% 的时候,古船木重量的增长率开始明显高

于现代木材;当湿度达到 75% 的时候,含水率出现激增现象,古樟木表面甚至出现明显水珠(图 3),说明木材中的盐分已经吸湿潮解。同时,在试验中还

发现,当恒温恒湿箱湿度达到 75% 时,古船杉木与古樟木试样表面均出现霉菌(图 4)。显然,持续的高湿环境极不利于古船的保存。



图 3 古樟木表面的水珠

Fig. 3 Water beads on the surface of the ancient camphor wood



图 4 古樟木表面霉菌

Fig. 4 Molds on the surface of ancient camphor wood

从表 1 中可以发现:1) 相同的湿度条件下,3 种古船木材的平衡含水率均高于相应的现代木材,特别是当相对湿度高于 60% 后,3 种古船木材的平衡含水率远高于相应的现代木材。2) 当相对湿度低于 60%,古船木材的平衡含水率随着相对湿度的增加而小幅增加,其增加幅度与相应的现代木材较接近;当相对湿度高于 60%,随着相对湿度的增加,古船木材的平衡含水率增幅开始加大,且其增幅远高于相应的现代木材。3) 当相对湿度低于 60%,3 种古船木材的平衡含水率高低排序为杉木 > 樟木 > 松木,当相对湿度高于 60%,3 种木材的平衡含水率高低排序开始出现变化;当相对湿度达到 75%,古船木材中松木的平衡含水率最高,樟木最低。

根据对以上现象的分析,古船木材平衡含水率的高低及变化与木材中含有的大量盐分及降解程度有关。在气干状态下,木材中含有的水分主要是吸着水,由构成木材细胞结构的纤维素、半纤维素与木质素等高聚物中含有的游离羟基吸附水分子所形成^[6]。因此,对于古代木材来说,由于其纤维素、半纤维素等成分的降解,气干后吸湿性下降。在相同湿度条件下其平衡含水率理应低于现代木材,但由于古船木中含有较高的氯化钠、石膏等盐分^[2]。在低湿情况下,船木中含有的石膏等盐分含有结合水。同时,因为木材的降解,孔隙率变大,更容易吸附水分,造成古船木材的平衡含水率高于相应的现代木材。在高湿状态下,则由于木材中含有的氯化钠等盐分吸湿潮解,古船木材的平衡含水率远高于相应的现代木材。

此外,根据对 3 种古船木材主要化学成分的分析检测,与现代木材相比,3 种船木的综纤维素含量不同程度地降低了,其占现代木材综纤维素含量的比例分别为松木 30%,樟木 56%,杉木 77%,可见 3 种木材的降解程度依次为松木 > 樟木 > 杉木^[7]。比较 3 种古船木材的平衡含水率高低,当相对湿度低于 60%,古船木材平衡含水率高低排序刚好与其降解程度相反。由此分析古船木材的平衡含水率高低与其降解程度呈一定的相关性,降解程度越高,吸湿性越差,平衡含水率越低。随着相对湿度的提高,由于木材中盐分的吸湿作用,当相对湿度达到 75% 的时候,3 种古船木材的平衡含水率高低差距明显拉大,此阶段盐分含量的高低是影响 3 种古船木材平衡含水率大小的主要因素。

根据实验结果及分析,当相对湿度低于 60%,古船木材平衡含水率的变化相对较小,同时盐分对古船木材平衡含水率的影响也较小。综合考虑船体 3 种木材的平衡含水率,当相对湿度在 50% ~ 60% 之间,3 种古船木材的平衡含水率在 12.15% ~ 17.89% 之间。结合泉州地区木材的室内平衡含水率,可以认为船体木材在这一湿度区间的平衡含水率较为适宜。

在实验过程中还发现,当湿度发生变化时,不同树种的木试样含水率达到新的平衡所需的时间是不一样的。樟木达到新的含水率平衡时所需约 72 ~ 96 h,杉木所需约 24 h,松木约 9 h。樟木所需时间最长,松木则最快达到平衡。同一树种,当环境湿度变化时,古代木材与现代木材吸脱水的速度也是不一致的。樟木与杉木新旧木材差别不大,但松木则

明显有差异,古船松木比现代松木更快达到平衡。木材吸脱水速度的快慢反映了木材对环境湿度变化的敏感性不同,由此可见,环境相对湿度的变化对松木的稳定性影响更大。

2.3 相对湿度变化与木材尺寸稳定性实验

木材失水收缩导致的干裂危害性远高于吸湿膨胀。因此,选择在解吸状态下观测相对湿度变化时木试样尺寸的变化情况。由于是非标准试样,观测

时除纵向外,径向与弦向只是接近于实际径向、弦向。

2.3.1 连续解吸状态下木试样的尺寸变化 恒温恒湿箱内温度保持在 25℃,相对湿度从 75% 下降,分别调至 65%、60%、57%、50%、45%,变化幅度分别为 10%、5%、3%、7%、5%,观察在解吸状态下随着相对湿度的变化木试样尺寸的变化情况,实验结果见表 2。

表 2 不同湿度条件下木试样 3 个方向尺寸

Table 2 Size of the three directions of the wood samples under different humidity conditions

(mm)

相对湿度 /%	古船松木			现代松木			古船杉木			现代杉木			古船樟木			现代樟木		
	径向	弦向	纵向	径向	弦向	纵向	径向	弦向	纵向	径向	弦向	纵向	径向	弦向	纵向	径向	弦向	纵向
75	33.12	42.89	31.01	35.61	50.03	23.83	20.32	29.34	34.27	22.91	42.88	40.98	34.33	30.48	20.83	45.19	40.54	52.91
65	32.68	42.84	30.93	35.49	49.88	23.75	20.15	29.23	34.21	22.75	42.36	40.97	34.20	30.42	20.78	45.08	40.32	52.86
60	32.58	42.76	30.91	35.46	49.86	23.69	20.07	29.15	34.18	22.70	42.16	40.96	34.15	30.38	20.76	45.03	40.25	52.85
57	32.55	42.72	30.89	35.44	49.83	23.68	20.03	29.11	34.16	22.69	42.17	40.96	34.11	30.35	20.75	44.99	40.20	52.84
50	32.50	42.62	30.82	35.40	49.83	23.68	19.97	29.06	34.14	22.67	42.06	40.95	34.05	30.31	20.73	44.92	40.10	52.83
45	32.49	42.62	30.83	35.37	49.81	23.69	19.95	29.04	34.13	22.66	42.00	40.93	34.02	30.29	20.72	44.89	40.05	52.82

从表 2 中可以看出:当湿度从高到低变化时,1)古船试样与现代试样的 3 个方向持续收缩的趋势一致,且随着相对湿度的降低,木材尺寸的收缩变化幅度变小。2)所有试样 3 个方向的变化中,纵向变化最小,现代木材的弦向变化幅度高于径向,但古船木材的径向变化幅度大于弦向。

在古船试样的 3 个方向中,径向的收缩位移幅度最大,统计并观察不同试样在不同湿度变化幅度下径向变化率的大小(表 3)。可以发现在解吸

过程中,相对湿度变化幅度越大,木材的收缩位移也越大。相同的湿度变化幅度情况下,相对湿度高于 60% 时的尺寸变化率大于相对湿度低于 60%。

2.3.2 连续 10% 变化幅度下木试样径向尺寸的变化 为进一步了解相同变化幅度不同湿度变化区间木试样径向尺寸的变化情况,将恒温恒湿箱内的相对湿度从 75% 连续下降 10% 至 45%,观察木试样径向的变化率,结果见表 4。

表 3 不同相对湿度变化幅度下木试样径向尺寸的变化率

Table 3 Change rate of radial size of wood samples under different relative humidity ranges

相对湿度变化幅度	相对湿度变化区间	木材试样的径向尺寸变化率/%					
		古船松木	现代松木	古船杉木	现代杉木	古船樟木	现代樟木
10%	75% ~ 65%	1.32	0.34	0.84	0.70	0.38	0.24
5%	65% ~ 60%	0.30	0.08	0.40	0.22	0.15	0.11
3%	60% ~ 57%	0.09	0.06	0.20	0.04	0.12	0.09
7%	57% ~ 50%	0.15	0.11	0.30	0.09	0.18	0.16
5%	50% ~ 45%	0.03	0.08	0.10	0.04	0.09	0.07

注:尺寸变化率=(变化前的尺寸-变化后的尺寸)/变化前的尺寸×100%。

表 4 连续 10% 湿度变化幅度时木试样径向尺寸的变化率

Table 4 Change rate of radial dimension of wood samples when the humidity change range is 10%

(%)

相对湿度变化区间	古船松木	现代松木	古船杉木	现代杉木	古船樟木	现代樟木
75% ~ 65%	1.32	0.34	0.84	0.70	0.38	0.24
65% ~ 55%	0.25	0.15	0.25	0.13	0.23	0.20
55% ~ 45%	0.06	0.11	0.15	0.09	0.12	0.13

从表4中可以看出,同样10%的下降幅度,湿度越低,尺寸的变化幅度相对越小。

根据以上实验结果及分析,在相对湿度下降过程中,变化幅度越大,古船木材的尺寸变化也越大。相同的湿度变化幅度下,高湿状态比低湿状态下尺寸变化幅度更大。如果以径向变化最小时的湿度区间作为古船保存的最宜湿度范围,则环境相对湿度低于60%,船木试样的尺寸变化相对较小。虽然湿度的波动幅度越小越有利于船体的保存,但事实上在公共活动空间,要实现环境相对湿度低于3%的波动幅度几乎是不可能的。因此,综合实验结果并参考世界各地博物馆的经验,5%的波动幅度较为合理。

2.4 温度变化与木材平衡含水率、尺寸的稳定性实验

将恒温恒湿箱内的湿度控制在55%,温度从25℃上升5℃再分别下降至25℃与20℃,观察试样平衡含水率与尺寸的变化,结果见图5、表5。

从图5、表5中可以发现,当相对湿度稳定在55%时,温度变化对木材平衡含水率有影响,温度上升,木材含水率降低,温度下降,木材含水率升高,但温度变化对木材尺寸没有明显影响。实验中古船木材的平衡含水率约在12%~15%之间,含水率变化不会引起木材尺寸的变化。

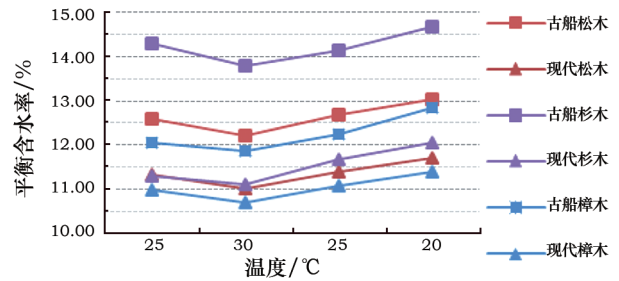


图5 温度变化时木试样平衡含水率的变化

Fig. 5 Changes of equilibrium moisture content of wood samples when temperature changes

表5 温度变化时木试样的径向尺寸

Table 5 Radial dimensions of wood samples when temperature changes

(mm)

温度	古船松木	现代松木	古船杉木	现代杉木	古船樟木	现代樟木
25 °C	32.47	49.66	49.00	41.96	52.39	46.67
30 °C	32.45	49.67	48.99	41.95	52.40	46.67
25 °C	32.46	49.65	49.01	41.97	52.39	46.66
20 °C	32.45	49.64	48.99	41.95	52.38	46.65

3 讨论

从实验中可以发现,古船木材因本身材质降解以及内含有大量盐分,其在相对湿度的变化过程中表现出与现代木材不一样的特点。在相同湿度条件下,古船木材平衡含水率高于现代木材;当相对湿度高于60%,随着湿度的变化,古船木材的平衡含水率变化幅度远高于现代木材;此外,在解析收缩过程中,古船木材的径向位移变化大于弦向,这与应用数字散斑法研究古船木材干缩湿胀特性时得出的结论是一致的^[8],但与现代木材的变化规律相背,其机理还需作进一步分析研究。

根据以上实验结果及分析,船体保存环境相对湿度控制在50%~60%之间,波动幅度控制在5%以内,船体木材的平衡含水率适宜,湿度的变化对船体尺寸的影响较小,有利于船体保存。当相对湿度平稳时,温度的正常波动不会影响船木尺寸的稳定性。

对文物保存环境进行主动调控是实现“稳定、

洁净”的预防性保护目标的重要手段。对于体量较小的文物,可将其密闭保存,通过微环境的调控很容易达到保护的目标,但对于像泉州湾宋代海船这种开放式展示的大型珍贵木质文物,展示环境空间达到8 000 m³,在实现适宜保存环境要求的同时,能耗是必须考虑的实际问题。对温湿度的控制标准越高,能耗必然也越高。从船体保护的角度来看,相对湿度是影响船体稳定性的最主要因素。因此,“湿度优先”是船体保存环境控制的主要目标。从温度对船体的影响来看,木材是天然有机材料,在常温下是相对稳定的,木材的主要破坏性威胁来自于生物,比如木材腐朽菌或白蚁等有害昆虫。此外,还有化学因素,例如酸和碱都能造成木材成分的水解。常温下单一温度的因素对木材的影响是有限的,不过在水分、氧气,以及光照等综合因素共同作用下,特别是在高湿环境中,温度升高可加快纤维素水解等化学反应的速度,从而造成材质劣化。因此,如果将湿度、光照等因素控制在安全限值内,可适当放宽温度的控制范围。泉州属亚热带海洋性季风气候,年

平均气温在 21 ℃ 左右。根据对泉州宋船展厅内环境温度的监测,在没有空调设施的情况下,一年之中至少有半年的时间展厅内日均温度高于 25 ℃,特别是夏季 6、7、8 月展厅内最高温度可达 33 ℃ 以上^[9]。因此,从节能的角度考虑高温季节可以适当提高展厅内环境温度控制的上限,考虑到人体舒适度,可将温度上限控制在 27 ℃。

此外,通过温湿度独立控制设计、增设缓冲门、控制人流量等措施也能更好地实现温湿度的平稳并降低能耗。

4 结 论

根据前期调查以及实验研究的结果,综合保护目标及能耗等多方面的考虑,并根据泉州地区气候的实际情况,分析认为泉州湾宋代海船保存环境温湿度控制应以“湿度优先,合理控温”为目标。古船陈列馆内高温季节温度上限控制在 27 ℃,其余时段控制在 25 ℃ 以内;相对湿度控制在 50% ~ 60% 之间,变化幅度控制在 5% 以内较为安全合理。

参考文献:

- [1] 张晋平. 博物馆环境监测控制技术[M]. 北京:文物出版社, 2013:123-130.
ZHANG Jinping. Museum environmental monitoring and control technology[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2013:123-130.
- [2] 费利华,沈大娟. 泉州湾宋代海船船木的盐分检测与分析[J]. 福建文博, 2015(3):65-68.
FEI Lihua, SHEN Dawa. Detection and analysis of salt content in the woods from Quanzhou Bay Song Dynasty shipwreck[J]. Fujian Museology, 2015(3):65-68.
- [3] 罗红. 关于食盐固结问题的分析探讨[J]. 中国盐业, 2011(4):54-55.
LUO Hong. Analysis and discussion on the problem of the consolidation of salt[J]. Salt industry in China, 2011(4):54-55.
- [4] 托马斯 C. 蒙德赛恩. 氯化钠和氯化钾的防固结[J]. 吴基泰, 译. 中国井矿盐, 1981(4):37-38.
MONDESEEN T C. Anti consolidation of sodium chloride and potassium chloride[J]. WU Jitai. China Well and Rock Salt, 1981(4):37-38.
- [5] 陈承德,李国清,曾丽民. 泉州湾宋代海船木材与泉州地区现代木材室内平衡含水率的比较研究[M]//福建省泉州海外交通史博物馆. 泉州湾宋代海船发掘与研究. 北京:海洋出版社, 1987:151-156.
CHEN Chengde, LI Guoqing, ZENG Limin. The study on the indoor equilibrium moisture content of the woods from Quanzhou Song Dynasty shipwreck and the modern woods from Quanzhou region [M]//Quanzhou Maritime Museum. Excavation and Research of the Quanzhou Bay Song Dynasty Shipwreck. Beijing: Maritime Press, 1987:151-156.
- [6] 李坚. 木材保护学[M]. 北京:科学出版社, 2006:17-18.
LI Jian. Wood conservation science[M]. Beijing: Science Press, 2006:17-18.
- [7] 费利华. 泉州湾宋代海船保存现状的调查研究[J]. 中国文物科学研究, 2014(3):74-79.
FEI Lihua. Investigation on the status of the Quanzhou Bay Song Dynasty Shipwreck [J]. Scientific Research on China Cultural Relics, 2014(3):74-79.
- [8] 李胜利,赵东,费利华,等. 数字散斑法检测泉州湾宋代海船船木干缩湿胀特性初步研究[C]//传统技艺与现代科技(东亚文化遗产保护学会第六次国际学术研讨会文集). 上海:复旦大学出版社, 2018:284-292.
LI Shengli, ZHAO Dong, FEI Lihua, et al. Preliminary study on the characteristics of dry shrinkage and wet expansion of the woods from Quanzhou Bay Song Dynasty shipwreck by digital speckle method[C]//Traditional Techniques and Modern Technology (The Proceeding of the Sixth Symposium of the Society for Conservation of Cultural Heritage in East Asian). Shanghai:Fudan University Press, 2018:284-292.
- [9] 费利华. 泉州宋代古船保存环境的调查与分析[C]//中国文物保护技术协会. 中国文物保护技术协会第七次学术年会论文集. 北京:科学出版社, 2013:350-357.
FEI Lihua. Investigation on the preservative environment of the Quanzhou Bay Song Dynasty Shipwreck[C]//China Association for Preservation Technology of Cultural Relics. Proceedings of the 7th Annual Academic Conference of China Association for Preservation Technology of Cultural Relics. Beijing: Science Press, 2013:350-357.

Study of suitable preservation conditions for the Quanzhou Bay Song Dynasty shipwreck

FEI Lihua, WU Gengfeng

(*Quanzhou Maritime Museum, Quanzhou 362000, China*)

Abstract: Since the Quanzhou Bay Song Dynasty shipwreck was buried in a marine environment for more than 700 years, the physical and chemical properties of wood have been changed and there is a large amount of salt in its hull. The special state of the shipwreck is thus different from that of usual wooden relics, so it is very necessary to carry out a study of suitable preservation conditions for the hull. In view of the special state of preservation of the shipwreck, a series of experiments was carried out, including a salinity stability test, observation and analysis of moisture content and dimensional stability of different wood samples under different humidity conditions and the impact of temperature changes on the woods. Based on the results of these experiments and considering factors such as energy economy and the climate in Quanzhou region, it is concluded that 1) the upper limit of temperature in the exhibition hall should be 27 °C in summer and 25 °C in the rest of the year; 2) the relative humidity should be controlled between 50% and 60%, and the change range is safe and reasonable should the extent of variation be kept within 5%.

Key words: Quanzhou Bay Song Dynasty shipwreck; Temperature and humidity; Deliquescence; Equilibrium of moisture content; Dimensional stability

(责任编辑 谢 燕;校对 潘小伦)