

洛阳偃师古沉船木材识别及材性分析

赵西平¹, 王磊¹, 艾培炎¹, 林晓民¹, 吕劲松², 郭平平¹

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 洛阳市文物考古研究院, 河南 洛阳 471000)

摘要:采用切片法对洛阳偃师古沉船木进行木材解剖特征识别, 证实船木主要树种为栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、马尾松 (*Pinus massoniana*) 和国槐 (*Sophora japonica*)。对船木材性的分析结果表明, 船木的物理力学性能降低, 纤维素和木素有不同程度的降解。船木选用的树种为地方树种, 体现了造船就地取材的原则。出土船木未见真菌或细菌的存在, 推测其降解是由土壤的酸碱水解作用引起。

关键词:古船; 木材识别; 栓皮栎; 马尾松; 国槐

中图分类号:S781.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)01-0276-04

Wood Identification and Properties of the Unearthed Archeological Ship in Yanshi County of Luoyang

ZHAO Xi-ping¹, WANG Lei¹, AI Pei-yan¹, LIN Xiao-min¹, LYU Jin-song², GUO Ping-ping¹

(1. Forestry College, Henan University of Science & Technology, Luoyang, Henan 471003, China;

2. Luoyang Municipal Cultural Relics and Archeology Research Institute, Luoyang, Henan 471000, China)

Abstract: The wood anatomy of unearthed archeological ship in Yanshi County of Luoyang was identified with sectioning method. The main woods were identified as *Quercus variabilis*, *Pinus massoniana* and *Sophora japonica*. The property analysis showed that the physical and mechanical properties of the unearthed woods decreased, cellulose and lignin appeared different degree of degradation. The wood was selected from the local tree species which embodied the principle of shipbuilding based on local materials. No fungi and bacteria were found in the wood. The degradation in the wood of archeological ship might be caused by acidic or basis hydrolysis from the soil.

Key words: archeological ship; wood identification; *Quercus variabilis*; *Pinus massoniana*; *Sophora japonica*

木材是传统的生产、生活材料, 在古代建筑、家具、桥梁、车船等方面都得到了广泛应用^[1-2]。古代造船用到的木材种类很多, 一般都是就地取材, 并根据木材不同的特点和性能用在船舶不同的部位^[3-4]。采用科学方法对出土古船的用材进行准确的识别和分析, 可为古代船舶的建造、航运等相关历史研究以及古船的修复、保护提供参考依据^[5-6]。

2013年9月在河南省洛阳市偃师首阳山镇发现1艘木质古船, 这是在洛河沿岸首次发现保存较好的古沉船。这艘沉船所处的位置, 正是隋唐大运河漕渠的故道, 同时也与洛阳故城阳渠的故道重合,

它的挖掘, 对研究漕渠和阳渠航运都具有重要的意义。受洛阳市文物考古研究院的委托, 河南科技大学木材解剖实验室对该古船的用材进行了木材识别和材性测定, 旨在为古沉船的挖掘、运输、修复和保护方案的制订提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2014年7月9日在挖掘现场对出土船木进行样品采集。因文物保护的需要, 大多数样品截取于船体脱落的小裂片或碎片, 共在6个不同位置取样

收稿日期: 2015-03-19 修回日期: 2015-05-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31000265, 41401063)。

作者简介: 赵西平, 男, 副教授, 博士, 研究方向: 生物木材学。E-mail: zhaoxiping1977@126.com

(表 1),用保鲜袋密封带回。

1.2 木材识别

因为古船长期埋存于地下,木材颜色较深,挖掘过程中水分散失引起船木表面开裂,宏观构造不清晰,木材识别主要依据木材显微构造特征。由于沉船(包括散落部分)在挖掘过程中采用聚乙二醇进行了处理,因此,用于切片的样品首先进行了热水处理。热水处理也是对木材样品排气的重要措施^[7]。

表 1 样品编号及基本情况

Table 1 Number and basic information of samples

编号	1	2	3	4	5	6
位置	栈板	纵桁	护板	隔仓板	龙口梁	隔仓板
状况	较硬,腐烂轻	较松软,局部腐烂	松软,腐烂严重	松软,腐烂严重	较硬,腐烂轻	较硬,腐烂轻

1.3 性质测定

1 号和 5 号样品尺寸太小,仅做了切片;3 号和 4 号样品腐烂严重,除了切片,还测定了灰分、各类抽提物、纤维素和木素的含量等化学性质,测定方法参考东北林业大学编的《木材化学试验指导书》;2 号和 6 号样品数量较多,尺寸较大,所以,测定了木材气干密度等物理力学性质指标,测定方法参照 GB 1927-91《木材物理力学性质试验方法》。

2 结果与分析

2.1 船木解剖构造特征与树种识别

依据木材显微构造特征,经识别,样品木材来自

1 号、5 号和 6 号样品较硬,采用 5% 乙二醇室温软化约 48 h 后进行切片^[8];2 号在进行热水处理后基本能成型,采用聚乙二醇包埋进行切片^[9];3 号和 4 号腐烂严重,甚至手一捏就松散,采用石蜡包埋方法进行切片^[10]。采用轮转式切片机切片,切片厚度为 15 μm。以 Mshot(MD50) 数字成像系统拍照并观察其显微结构。

3 个树种(分别以 A、B 和 C 表示)。1 号和 5 号样品为树种 A,2 号和 6 号样品为树种 B,3 号和 4 号样品为树种 C。

树种 A:阔叶树材(有孔材),环孔材,木材组织较复杂,木射线宽且明晰,早材带较宽 1~5(多数 1~2)列管孔;晚材管孔较明显,径列,宽 1~2(通常 1)列管孔,偶见 3 列;单管孔外形为圆形或卵圆形,侵填少或无;木纤维壁甚厚,薄壁组织丰富且环管束状(图 1 横切面 4×);射线多列,射线宽 4~10 细胞,射线细胞方形或长方形(图 1 径切面 10×);射线细胞横断面为圆形或近圆形,异形射线Ⅲ型,木射线鞘细胞清晰可见(图 1 弦切面 10×),无胞间道。

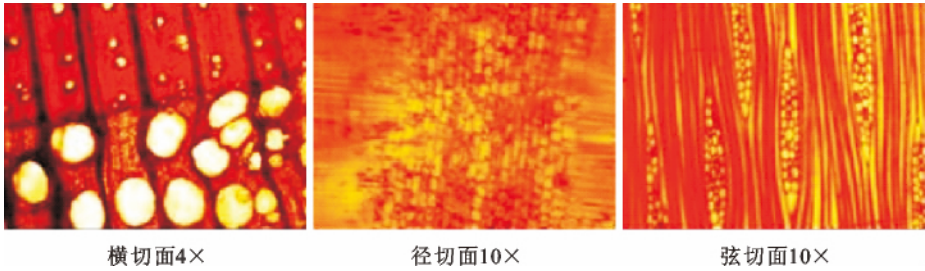


图 1 树种 A 的木质部解剖结构

Fig. 1 Anatomical structure in xylem of species A

树种 B:针叶树材(无孔材),木材组织较均一,具有正常树脂道,且树脂道大得多(图 2 横切面 4×);早材到晚材的形式为急变;早材中的管胞多呈近六角形,径向壁较弦向壁宽,壁薄,壁腔比大;晚材带较宽,晚材中的管胞多为矩形,径向壁比弦向壁窄,壁厚,壁腔比较小。管胞之间具缘纹孔多成单列或双列:具缘纹孔向外突起。轴向管胞与射线细胞交界处的交叉场纹孔为窗格状纹孔或松型交叉场纹孔(图 2 径切面 40×)。有 2 种射线:单列射线和纺锤形木射线,单列射线高 3~13 个细胞,纺锤形木射线高 7~16 个细胞,宽可达 3 个细胞以上,中间有时有横生树脂道(图 2 弦切面 40×)。

树种 C:阔叶树材(有孔材)环孔材,木材组织较复杂,单管孔外形为圆形,早材管孔 2~3 列,薄壁组织丰富且环管束状(图 3 横切面 4×),晚材管孔单或团列、复串斜列、弦列(图 3 晚材横切面 10×),分隔木纤维可见,纤维壁甚厚,射线多列,射线宽 4~10 细胞,射线细胞方形或长方形(图 3 径切面 10×),射线细胞横断面为圆形或近圆形,异形射线Ⅲ型,木射线鞘细胞可见(图 3 弦切面 10×)。

所观察的树种 A 和 B 木材的构造特征分别与赵泾峰^[11]对栓皮栎、林金星^[12]对马尾松的研究结果一致。同时,对照河南科技大学木材标本馆切片标本和我国重要树种木材检索表^[13],可以判定树种 A

为壳斗科(Fagaceae) 栎属(*Quercus*)的栓皮栎(*Q. variabilis*),树种 B 为松科(Pinoideae) 松属(*Pinus*)的马尾松(*P. massoniana*),树种 C 为豆科(Leguminosae) 槐属(*Sophora*)的槐木(国槐)(*S. japonica*)。

栓皮栎和马尾松在我国分布非常广泛,是阳性树种,喜光、喜温。由于木材坚韧耐磨,耐冲击,纹理直,耐水湿,结构略粗,是重要用材,可供建筑、车、船、桥梁、家具等用^[11],特别是马尾松木材极耐水湿,有“水中千年松”之说,特别适用于水中、水下工程。国槐又名槐树、中国槐、家槐等,原产于我国北部,常见于华北平原和黄土高原栽植^[14]。国槐也是我国重要的用材树种之一,其木材平直,纹理清晰,

加工性能良好,握钉力强,油漆、胶粘性好,不易老化,防腐、防虫。槐木广泛应用于电杆、木桩、房屋建筑、室内装饰、普通家具、造船材、车辆材和农具用材。中原地区的树种资源丰富,这 3 种树木比较常见。

2.2 船木的化学性质及物理力学性能

在尽可能不破坏文物原始状态的前提下取样,样品仅限于船体脱落的小裂片或碎片,样本数量较少,因此测量船木得到的性质数据的标准差偏大(表 2、表 3),但是在可信范围内。马尾松船木的气干密度与正常材差异不大,表明降解程度不大。但是,出土船木各力学强度指标的平均值偏低,顺纹抗压强度大致为正常材的 65%~70%,抗弯强度则降低为正常材的 1/2,而抗弯弹性模量仅为正常材的 1/3。

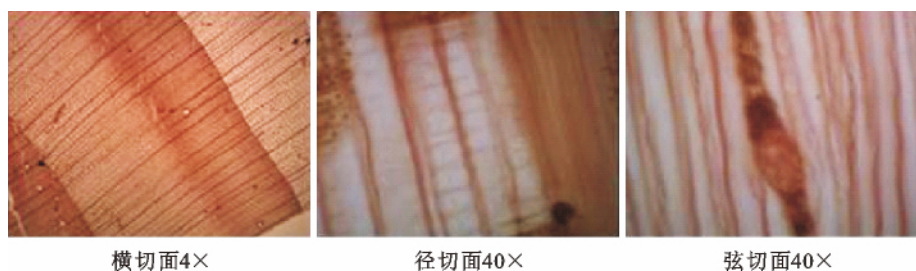


图 2 树种 B 的木质部解剖结构

Fig. 2 Anatomical structure in xylem of species B

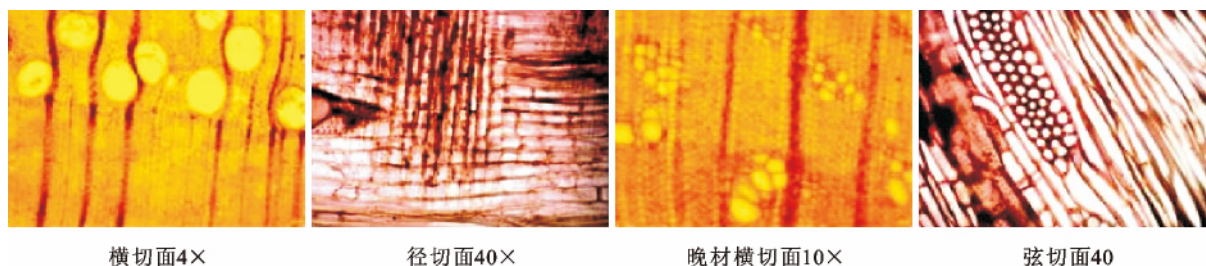


图 3 树种 C 的木质部解剖结构

Fig. 3 Anatomical structure in xylem of species C

表 2 马尾松船木与正常木材的物理力学性能比较

Table 2 Physical and mechanical properties of wood in *P. massoniana*

类型	样本数	气干密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	顺纹抗压强度/MPa	抗弯强度/MPa	抗弯弹性模量/MPa
船木	7	531 ± 67.2	65.4 ± 6.4	45.7 ± 9.8	$4\,530 \pm 1\,793$
正常木	35	587 ± 39.9	85.9 ± 3.8	89.8 ± 5.3	$12\,400 \pm 4\,993$

表 3 船木与正常木材的化学性质比较

Table 3 Chemical properties of wood in *S. japonica* and *P. massoniana*

%

化学性质	国槐		马尾松	
	船木	正常木	船木	正常木
灰分	0.53 ± 0.13	0.42 ± 0.06	0.51 ± 0.09	0.33 ± 0.06
热水抽提	7.90 ± 0.95	3.96 ± 0.33	7.10 ± 0.79	4.56 ± 0.71
冷水抽提	0.91 ± 0.13	0.63 ± 0.03	0.93 ± 0.17	0.80 ± 0.11
NaOH 抽提	26.36 ± 3.92	19.60 ± 2.69	25.34 ± 3.53	18.66 ± 2.76
乙醚抽提	0.87 ± 0.06	0.72 ± 0.05	0.99 ± 0.12	0.80 ± 0.07
苯醇抽提	9.30 ± 2.12	4.51 ± 0.92	9.02 ± 1.37	5.56 ± 1.10
纤维素	31.26 ± 2.78	43.20 ± 3.15	33.21 ± 2.25	46.19 ± 4.91
木素	22.71 ± 3.01	26.83 ± 2.56	24.76 ± 2.10	25.93 ± 2.13

注:正常木样本数为 10 个,船木样本数国槐为 5 个,马尾松为 7 个。

对马尾松和槐树 2 个树种的船木和正常木材的化学性质测定结果见表 3,船体木材的发生降解,纤维素和木素含量皆有不同程度的减少,马尾松的纤维素降解较多,而国槐则是木素降解较多。纤维素和木素的降解造成各类抽提物和灰分量增加,其中热水抽提和 NaOH 抽提量增加最多,几乎翻倍。

3 结论

洛阳偃师古沉船用材树种除云车轴等为榆木外(由于无法取样,未进行解剖切片准确识别),主要为栓皮栎、马尾松和槐木,体现了造船的就地取材原则。从出土木材的性能指标看,船体木材的力学性能低于正常材,特别是抗弯强度仅为正常材的 1/2,因此,船体在搬运过程中必须进行加固保护处理,以免古沉船因强度不支而受损。出土的船体木材大部分降解程度较低,未见真菌或细菌的存在,少量降解严重,其降解可能是由土壤的酸碱水解作用引起。这说明,船材埋没于河道边的淤沙土中,密闭性很好。栓皮栎、马尾松和槐木的稳定性好,尺寸收缩、变形小,故对该船木不必用化学药剂进行脱水置换处理,只需阴干,逐步挥发木材内部的水分至气干状态即可保存。需要注意的是,船体尺寸大,船木处理所需时间会比较长,因此在处理过程中要尽量使水分缓慢排出,以防止船木开裂或变形。另外,由于船木的含水率很高,要防止发生真菌霉变和腐朽等。

参考文献:

- [1] 林声. 中国古代的“车船”——《中国古代造船史料汇考》之一[J]. 郑州大学学报:哲学社会科学版,1979(1):23-29.
LIN S. "Transport" in ancient China, one of the "study of historical data of Chinese ancient ship-building # 1" [J]. Journal of Zhengzhou University: Philosophy and Social Sciences Edition, 1979(1):23-29. (in Chinese)
- [2] 郑明. 郑和宝船复原考析(节选):郑和下西洋舟师的古船研究之二[J]. 船舶工程,2005(3):78-81.
ZHENG M. Recovery test analysis of restored Zheng He treasure ships (excerpts) (Study of Zheng He's westwards sets # 2) [J]. Ship Engineering, 2005(3):78-81. (in Chinese)
- [3] 贺琛. 水密隔舱海船文化遗产研究[D]. 北京:中央民族大学,2012.
- [4] 程雯慧. 中国古船的船饰文化[J]. 船海工程,2003(1):47-49.
CHENG W H. Culture of ancient ships' decoration in China [J]. Ship & Ocean Engineering, 2003, (1):47-49. (in Chinese)
- [5] 邵卓平,卫广扬,王建林,等. 应用扫描电镜对隋唐大运河古沉船木构件树种的鉴定研究[J]. 安徽农业大学学报,2003,30(1):95-99.
SHAO Z P, WEI G Y, WANG J L, et al. Applying SEM to wood identification of ancient sank-ship in the grant cancel of Sui and Tang Dynasty [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2003, 30(1):95-99. (in Chinese)
- [6] 李国清. 出水海洋古沉船的保护[J]. 中国文化遗产,2013(4):66-67.
LI G Q. Protection of the ancient ships from the sea water [J]. China Cultural Heritage, 2013 (4):66-67. (in Chinese)
- [7] 曾月星,许明坤,丁水汀. 鉴定木材显微切片制作技术[J]. 人造板通讯,2002(7):13-20.
ZENG Y X, XU M K, DING S T. Wood slicing technology for microscopic identification [J]. China Wood-Based Panels, 2002 (7):13-20. (in Chinese)
- [8] 林金星. 木材制片技术的改进[J]. 植物学通报,1993,10(3):61-64.
LIN J X. Notes on the improvements of wood-sectioning techniques [J]. Chinese Bulletin of Botany, 1993, 10(3):61-64. (in Chinese)
- [9] 樊拥军,凌建群,林金星. 木材制片的一种新方法[J]. 植物杂志,1993(3):42-43.
FAN Y J, LING J Q, LIN J X. A new kind of wood slice methods [J]. Plants, 1993(3):42-43. (in Chinese)
- [10] 曾月星. 腐烂木材的切片[J]. 林业科技通讯,2000(2):5.
- [11] 赵廷峰,冯德君,雷亚芳. 陕西壳斗科栎属与青冈属主要木材研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(10):196-202.
ZHAO J F, FENG D J, LEI Y F. Wood study on *Quercus* and *Cyclobalanopsis* of fagaceae in Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2007, 35(10):196-202. (in Chinese)
- [12] 林金星,李正理. 马尾松正常木与应压木的比较解剖[J]. 植物学报,1993,35(3):201-205.
LIN J X, LI Z L. Comparative anatomy of normal wood and compression wood of masson pine (*Pinus massoniana*) [J]. Acta Botanica Sinica, 1993. 35(3):201-205. (in Chinese)
- [13] 尹思慈. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
- [14] 朱衍杰,张秀省,穆红梅. 国槐的研究进展[J]. 林业实用技术,2013(3):11-15.