

# 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	1
5 出水木质文物木材结构与性能的检测流程 .....	2
6 出水木质文物木材结构与性能的检测方案 .....	2
7 出水木质文物木材结构与性能的检测方法 .....	3
8 检测报告 .....	5
9 检测样品的存档 .....	6
附录 A (资料性) 出水木质文物基本信息表 .....	7
附录 B (资料性) 出水木质文物木材解剖结构的检测方法 超景深显微镜法 .....	12
附录 C (资料性) 出水木质文物木材解剖结构的检测方法 光学显微镜法 .....	13
附录 D (资料性) 出水木质文物木材解剖结构的检测方法 扫描电子显微镜法 .....	15
附录 E (资料性) 出水木质文物木材化学结构的检测方法 热裂解-气相色谱质谱联用分析方法 ..	16
附录 F (规范性) 低温核磁共振分析方法 .....	17
附录 G (规范性) 动态水蒸气吸附仪分析方法 .....	19
附录 H (规范性) 线膨胀系数分析方法 .....	20
附录 I (规范性) 静态热机械分析法 .....	21
附录 J (规范性) 万能力学试验机法 .....	22

# 出水木质文物木材结构与性能检测技术规范

## 1 范围

本文件给出了出水木质文物木材结构与性能检测过程中的基本规定、检测流程、检测方案、检测方法和报告出具等技术要求。

本文件适用于出水木质文物木材结构与性能检测相关的科研、评估、保护等工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

LY/T 1788 木材性质术语

## 3 术语和定义

LY/T 1788界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**出水木质文物 salvaged wooden archaeological artifacts**

从水下或地下发掘的考古遗址中发现的以木材为主要材料的饱含水分的文物。

### 3.2

**综纤维素 holocellulose**

植物纤维原料除去木素后所保留的全部半纤维素及纤维素的总量。

### 3.3

**孔径 pore diameter**

多孔固体中孔道的直径。

### 3.4

**孔容 pore volume**

单位质量多孔固体所具有的孔隙总容积。

### 3.5

**最大含水率 maximum water content**

出水木质文物考古木材试样中所包含的最大水分质量与全干试样的质量之比。

### 3.6

**等温吸附曲线 sorption isotherm**

在恒温条件下，水分吸附平衡浓度随环境湿度改变而变化的曲线。

## 4 基本规定

### 4.1 检测工作必须建立一个稳定、有序、可查阅的档案：

- a) 出水木质文物木材结构与性能检测的有关资料应长期保存。所有参与者都必须承认并接受他们在档案建立方面的责任。所有规定检测工作要求的文件都应反映这一原则；
- b) 档案资料包含信息要素与样品要素；
- c) 信息要素包括检测工作中的纸版原件和电子形式所有记录，包括但不限于文物基本信息表、取样信息记录表、检测数据、样品检测报告、存档样品信息；
- d) 样品要素特指出水木质文物、出水木质文物的木材取样、存档样品。所有样品都必须时刻小心处理并保持安全。所有样品必须存放在所述存档位置，并置于合适的材料包装内或存放在合适的环境中，以确保无风险、长期存放。

4.2 出水木质文物木材结构与性能检测之前，应对其进行取样风险评估，当取样风险高时，建议开展无损检测。

4.3 当采用新检测技术时，应有可靠的科学依据和完整的技术资料，且应有操作规程及质量检测标准。

4.4 出水木质文物木材结构与性能的检测，除应遵守本文件外，尚应符合国家有关法规及国家现行有关技术标准的规定。

## 5 出水木质文物木材结构与性能的检测流程

出水木质文物木材结构与性能检测应按图1的规定进行。

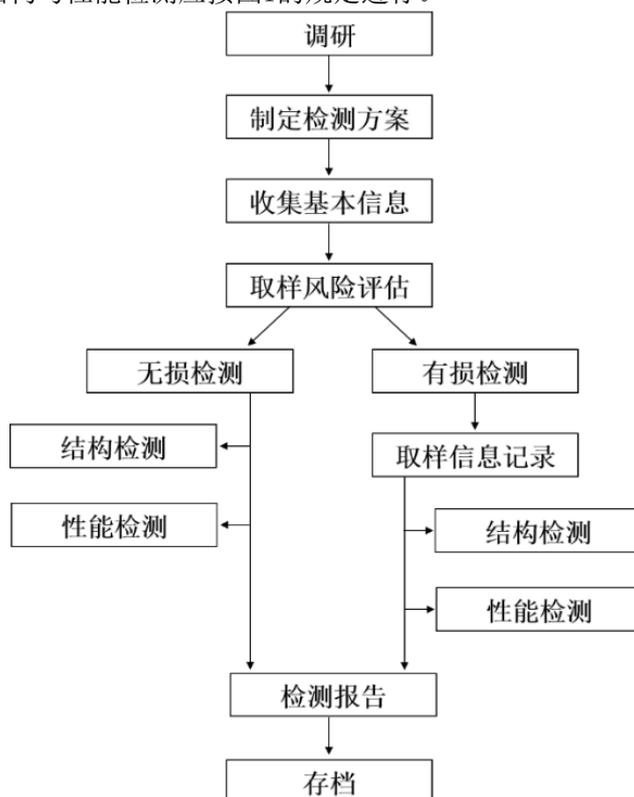


图1 出水木质文物木材结构与性能检测流程图

## 6 出水木质文物木材结构与性能的检测方案

### 6.1 一般规定

应综合考虑文物现状、检测需求、检测样品量来确定损坏最小的出水木质文物木材结构与性能检测方案，并应按照各级文物主管部门的要求，规范报批与建档工作。

### 6.2 出水木质文物木材结构的检测方案

出水木质文物木材结构通常包括木材解剖结构、化学结构、晶体结构、孔隙结构（表1），根据出水木质文物基本信息、文物取样风险评估结果、检测要求及检测条件等实际情况选择一种或多种检测方法，参照推荐依据制定出水木质文物木材结构的检测方案。

表1 出水木质文物木材结构与性能的主要内容

木材主要结构与性能		检测内容
木材 主要结构	解剖结构	树种和解剖特征等
	化学结构	纤维素、半纤维素、综纤维素、木质素、抽提物和灰分的含量，综纤维素/木质素的比值，木材组分的化学结构等

木材主要结构与性能		检测内容
	晶体结构	结晶度、木材纤维素晶体尺寸、木材微纤丝的取向形式、无机沉积盐的种类等
	孔隙结构	木材孔隙的类型,各类型孔隙的孔容、平均孔径及占比,孔隙分布等
木材 主要性能	形貌	外观特征、内部形貌特征
	物理性能	基本密度、最大含水率、颜色、吸湿性能、尺寸稳定性等
	力学性能	硬度、抗弯性能等

### 6.3 出水木质文物木材性能的检测方案

出水木质文物木材性能通常包括木材形貌、物理性能、力学性能(表1),根据出水木质文物基本信息、文物取样风险评估结果、检测要求及检测条件等实际情况选择一种或多种检测方法,参照推荐依据制定出水木质文物木材性能的检测方案。

## 7 出水木质文物木材结构与性能的检测方法

### 7.1 基本信息收集

在开展出水木质文物木材结构与性能检测之前,应先记录其基本信息,包括文物信息、修复历史信息 and 保存环境信息。

其中文物信息包括文物名称、出水时间、文物登记号、文物来源、文物特征、尺寸和保存状况等;修复历史信息包括以往历次修复的时间、内容、技术、材料及后期效果评价;保存环境信息包括文物埋藏环境、出水后保存环境的温度、湿度及空气中主要污染物的含量变化,调查数据以完整的年度数据为宜,参照WW/T 0016-2008。出水木质文物基本信息记录格式见附录A表A.1。

### 7.2 取样风险评估

出水木质文物在下列情况下,评估为取样风险高或无取样需求即可满足评估要求,建议开展无损检测:

- a) 文物完整时;
- b) 文物藏品是具有特别重要历史、艺术、科学价值的代表性文物,或定级为一级文物时;
- c) 根据出水木质文物木材结构与性能检测的研究目的,能够采用无损检测时。

### 7.3 无损检测

无损检测可选用的方法与推荐依据参考表2、附录B。检测工作必须由专业人员进行。

表2 无损检测方法及其推荐依据

检测项目	检测方法	推荐依据
木材结构检测	解剖结构	超景深显微镜法 见附录B
	化学结构	近红外分析法 (1) 近红外分析法: 参照GB/T 37969-2019 近红外光谱定性分析通则; LY/T 2053-2012 木材的近红外光谱定性分析方法; LY/T 2151-2013 木材综纤维素和酸不溶木质素含量测定 近红外光谱法; NB/T 10764-2021 木质纤维素类生物质原料灰分的测定 近红外法。
木材性能检测	外观特征	(1) 拍照法: ①使用相机、数码相机及相关配件等可永久保存的媒体来获得记录照片; ②所有照片必须包含可识别的拍摄对象、比例尺、在适当情况下,还应包括北向标志或其他定位/定向方式; ③照片保存需将损坏、丢失或被盗风险降至最低条件。 (2) 三维扫描法: 参照WW/T 0082-2017 古建筑壁画数字化测绘技术规程。
	内部形貌特征	工业计算机层析成像(CT)检测法 参照GB/T 29034-2012 无损检测 工业计算机层析成像(CT)指南; GB/T 29070-2012 无损检测 工业计算机层析成像(CT)检测 通用要求; GB/T 29067-2012 无损检测 工业计算机层析成像(CT)图像测量方法

检测项目		检测方法	推荐依据
	物理性能	颜色	观测法
	力学性能	硬度计法	参照GB/T 21172-2022 感官分析 产品颜色感官评价导则。
			参照GB/T 38119-2019邵氏硬度计的检验

## 7.4 有损检测

### 7.4.1 取样的一般规定

取样应遵循以下规定：

- 不得改变和破坏原有文物的外观特征，不得任意取样，取样前应按照各级文物主管部门的要求，规范报批与建档工作；
- 取样应由文物保护人员操作，如取样前文物需清洗则也应由文物保护人员操作；
- 每份取样的样品都必须有一个唯一的样品编号，该编号必须标记在对象和/或所有相关标签上；
- 取样过程必须有完整的文件记录，所有相关记录必须与档案一起提交。填写出水木质文物取样信息记录表，格式见表 A.2，以确保取样规范；
- 取样过程中应拍照记录，需要时可辅之以录像；
- 科学保管所取样品，避免外界因素干扰。

### 7.4.2 样品量选择的一般规定

根据出水木质文物木材结构与性能检测的研究目的和检测方法，充分考虑出水木质文物情况，确定损坏最小的出水木质文物木材结构与性能有损检测的样品量，并应按照各级文物主管部门的要求，规范报批与建档工作。

### 7.4.3 取样部位选择的一般规定

取样部位选择应遵循以下规定：

- 应避免损害文物的价值，尽量选择残器或破损器物较为隐蔽的部位取样，以减轻对文物的影响；
- 对于经过保护修复处理过的文物，如以往处理并未引发新病害，取样时要避免以往处理的部位；
- 对于大型出水木质文物，如沉船，需兼顾船体（文物）在海洋环境不同含氧区、不同存放方位、不同船体部位等客观差异，视觉筛选或规避虫蛀/真菌腐蚀明显处与铁器污染部位，确定取样部位；
- 对于单一可移动的出水木质文物，如木器，通过无损检测获悉潜在差异，综合考虑样本的端头、侧面、中部、断裂以及残损处，依据研究目的确定取样部位。

### 7.4.4 取样工具选择的一般规定

取样工具选择应遵循以下规定：

- 基于实验室研究和现场观测，出水木质文物的取样工具包含生长锥、钻孔器、薄壁钻孔器、直角切以及美工刀等。出水木质文物木材结构与性能检测的不同取样方式对比，见表 B.1；
- 在饱水考古木材取样过程中，应根据样品的实际情况以及所需样品大小，以单独或组合方式选择不同的取样工具。
- 一般估计，生长锥取样器可能会损坏两倍于取样器横截面宽度的区域。为了更准确地定位取样的总损坏面积，并减少损坏量，可以在取样之前对常规饱水木材进行预取样；
- 为避免取样过程中的损坏，建议制定取样的详细方法，并经各方同意；
- 为避免污染，取样前应使用酒精和去离子水清洗干净取样工具，并干燥后使用。

### 7.4.5 取样样品保存的一般规定

取样样品保存应遵循以下规定：

- 样品必须始终存放在将损坏、变质、丢失或盗窃风险降至最低的条件下。将样品从一个地点转移到另一个地点时，必须给予应有的谨慎和注意，并且必须有充分的文件记录。在运输样品时，必须妥善包装，并由工作人员或值得信赖的承运人携带；
- 样品必须根据情况进行永久标记或贴标签，显示样品编号和文物名称信息；

- c) 样品放入含有去离子水的密封袋或容器中，密封后，储存于 4℃~8℃的避光环境。尽量缩短样品的保存时间，如需长期保存，应对保存环境进行监测。

#### 7.4.6 有损检测

有损检测可选用的方法及推荐依据参考表3、附录C、附录D、附录E、附录F、附录G、附录H、附录I、附录J。检测工作必须由合同的从业人员进行。

表3 有损检测方法及其推荐依据

检测项目		检测方法	推荐依据
木材结构检测	解剖结构	(1) 光学显微镜法 (2) 扫描电子显微镜法	(1) 光学显微镜法 见附录C; (2) 扫描电子显微镜法: 见附录D。
	化学结构	(1) 样品成分含量的定量分析法 (2) 傅里叶红外光谱分析法 (3) 热裂解-气相色谱质谱联用分析法 (4) 扫描电镜-能谱分析法	(1) 样品成分含量的定量分析方法: 参照GB/T 2677.10-1995造纸原料综纤维素含量的测定; GB/T 2677.8-1994造纸原料酸不溶木素含量的测定; GB/T 35816-2018生物质原料 分析方法 抽提物含量的测定; GB/T 742-2018造纸原料、纸浆、纸和纸板 灼烧残余物(灰分)的测定(575℃和900℃)。 (2) 傅里叶红外光谱分析方法: 参照GB/T 6040-2019红外光谱分析方法通则; GB/T 32199-2015红外光谱定性分析技术通则; GB/T 32198-2015红外光谱定量分析技术通则 (3) 热裂解-气相色谱质谱联用分析方法; 见附录E (4) 扫描电镜-能谱分析法: GB/T 35099-2018微束分析 扫描电镜-能谱法 大气细粒子单颗粒形貌与元素分析; ISO/TS 10798-2011纳米技术.使用扫描电镜与X射线能谱分析的单臂碳纳米管的特征描述
	晶体结构	X射线衍射分析	参照JY/T 0587-2020多晶体X射线衍射方法通则; JB/T 9400-2010 X射线衍射仪 技术条件。木材沉积盐部分参照GB/T 20260-2006海底沉积物化学分析方法; SY/T 5163-2018沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物 X 射线衍射分析方法。
	孔隙结构	低温核磁共振分析方法	见附录F
木材性能检测	物理性能	密度	基本密度分析法 参照GB/T 1927.5-2021无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第5部分: 密度测定
		最大含水率	失重法 参照WW/T0086-2018出土竹木漆器类文物含水率测定失重法
		干缩率/尺寸稳定性	测量法 参照GB/T 1927.3-2021无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第3部分: 生长轮宽度和晚材率测定; GB/T 1927.6-2021无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第6部分: 干缩性测定。
		吸湿性能	动态水蒸气吸附法 见附录G
		线膨胀系数	静态热机械分析法 见附录H
	力学性能	抗弯性能: (1) 静态热机械分析法 (2) 万能力学试验机法	(1) 静态热机械分析法: 见附录I (2) 万能力学试验机法: 见附录J

本文件第5章~第7章中列出了出水木质文物结构与性能的检测流程、检测方案与检测方法。由于出水木质文物本身材质和保存环境特殊,因此,出水木质文物结构与性能检测应按文物对象的体量、数量、价值、保护级别、保存环境及保护要求的不同,而选择进行“全面评价”或“专项评价”。

全面评价应按照本文件第4章中的程序进行,经文物信息收集后确认文物检测方案,逐条进行;专项评价应按照检测对象的实际情况,选择本文件第7章的检测方法进行检测。

## 8 检测报告

检测报告应主要包括出水木质文物基本信息表、检测信息及结果、以及与正文有关的数据和图片等内容。检测报告格式见附录A表A. 3。

## 9 检测样品的存档

出水木质文物的木材结构与性能检测后，所有检测样品与剩余样品应存档。解剖结构检测用显微镜载玻片等检测样品与剩余木材样品应存放在所述存档位置，并置于合适的材料包装内或存放在合适的环境中，以确保无风险、长期存放。存档记录格式见附录A表A. 4。

附 录 A  
(资料性)  
出水木质文物基本信息表

记录出水木质文物基本信息时，参考表A.1进行。记录出水木质文物木材取样信息时，参考表A.2进行。出具出水木质文物木材结构与性能检测报告时，参考表A.3进行。留存出水木质文物木材结构与性能检测样品时，参考表A.4记录存档样品信息。出水木质文物木材结构与性能检测的不同取样方式对比，见表A.5。

表A.1 出水木质文物基本信息表（模板）

文物名称		出水时间	
文物登记号		文物来源	
收藏单位		文物时间	
文物材质		文物尺寸	
修复历史信息			
保存环境信息			
备注			

表A.2 取样信息记录表（模板）

样品编号		文物名称	
检测项目			
取样工具			
取样位置			
样品描述			
绘图号		照片号	
样品质量		样品尺寸	
<p>取样位置照片</p> <p>注：应至少包括远近距离照片各一张，能反映样品的取样位置，照片需较高清晰度，应保证分辨率在300DPI以上。</p>			
<p>样品照片</p> <p>注：应至少包括两个拍摄角度的照片，能够反映样品基本的外貌特征，照片需较高清晰度，应保证分辨率在300DPI以上。</p>			
取样日期		取样人	
备注			

表A. 3 样品检测报告（模板）

报告编号：\_\_\_\_\_

样品编号		样品名称	
检测单位		检测项目	
所用标准			
实验条件			
检测结果			
检测人员		检测日期	
备注			

表A.4 存档样品信息记录表（模板）

存档样品编号		原样品编号		文物名称	
存档样品描述					
照片号					
存档样品质量		存档样品尺寸			
存档样品照片					
<p>注：应至少包括两个拍摄角度的照片，能够反映样品基本的外貌特征，照片需较高清晰度，应保证分辨率在300DPI以上。</p>					
检测项目		检测物存档与否		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
存档检测物描述					
存档位置		存档人		存档日期	
备注					

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/338016032036006057>