

团 体 标 准

T/CI 136—2023

出水木质文物木材结构与性能检测技术规范

Technical specification for wood structure and property testing of underwater
wooden relics

2023 - 09 - 14 发布

2023 - 09 - 14 实施

目 次

| | |
|------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 基本要求 | 1 |
| 5 出水木质文物木材结构与性能的检测流程 | 1 |
| 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 | 2 |
| 8 检测报告 | 3 |
| 9 检测样品的存档 | 3 |
| 附录 A (资料性) 出水木质文物基本信息表 | 4 |
| 附录 B (资料性) 光学显微镜法 | 8 |
| 附录 C (资料性) 扫描电子显微镜法 | 9 |
| 附录 D (资料性) 色差计测试法 | 10 |
| 附录 E (资料性) 硬度分析法 | 11 |
| 附录 F (资料性) 静态热机械分析法 | 12 |
| 附录 G (资料性) 万能力学试验机法 | 13 |
| 参考文献 | 14 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国林业科学研究院木材工业研究所提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国林业科学研究院木材工业研究所、国家文物局考古研究中心、中国文化遗产研究院、北京科技大学、宁波市文化遗产管理研究院（国家水下文化遗产保护宁波基地）、南京林业大学。

本文件主要起草人：郭娟、席光兰、殷亚方、张治国、田兴玲、汪嘉君、韩刘杨、金涛、高鑫、韩向娜、马灵玉、焦立超、马彪、翟胜丞、张永刚、李仁、陈家宝、吴梦若、魏裕沛、刘田田。

出水木质文物木材结构与性能检测技术规范

1 范围

本文件描述了出水木质文物木材结构与性能检测的基本要求、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保存状况评估、修复、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 *underwater wooden relics*

从水下环境考古发掘或发现的木质文物。

3.2

综纤维素 *holocellulose*

植物纤维原料除去木质素后所保留的全部半纤维素及纤维素的总称。

3.3

最大含水率 *maximum water content*

出水木质文物试样中所包含的最大水分质量与全干试样的质量之比。

4 基本要求

4.1 检测工作必须建立一个稳定、有序、可查阅的档案，并遵循以下要求：

- 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 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。

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。

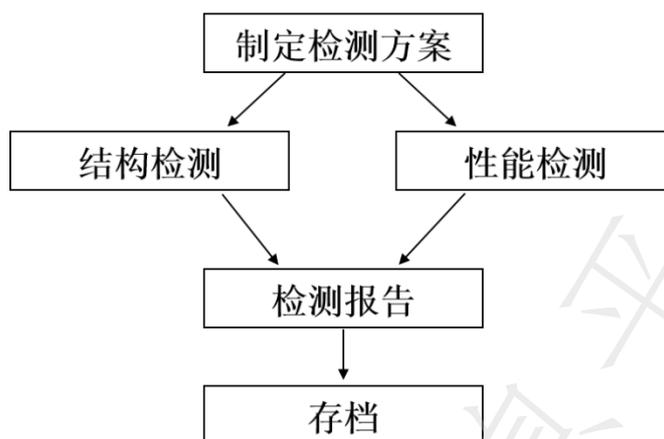


图1 出水木质文物木材结构与性能检测流程图

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 基本信息收集

在制定出水木质文物木材结构与性能的检测方案之前，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、文物年代、文物登记号、文物来源、收藏单位、文物提取时间、文物材质和文物尺寸等；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。

6.3 检测方案

出水木质文物木材结构与性能通常包括木材解剖结构、化学结构、物理性能和力学性能（表1），根据出水木质文物基本信息、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与性能的检测方案。

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 |
|-----------|--|
| 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 |
| 物理性能 | 基本密度、最大含水率、色泽、干缩性等 |
| 力学性能 | 硬度、抗弯性能等 |

7 出水木质文物木材结构与性能的检测方法

依据“不改变文物原状”与“最小干预”原则，对出水木质文物木材结构与性能进行检测。取样应遵循以下要求：

- 取样部位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；
- 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；

- c) 对于大型出水木质文物，宜采用多点采样方式保证检测结果的代表性，兼顾木质文物在保存环境不同含氧区、不同存放方位、不同部位等客观差异，视觉筛选或规避虫蛀/真菌腐蚀明显处与铁器污染部位；
- d) 对于单一可移动的出水木质文物，如木器，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；
- e) 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；
- f) 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；
- g) 取样样品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；
- h) 取样样品放入含有去离子水的容器中，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，根据文物保存情况定期换水；
- i) 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。
- 可选用的出水木质文物结构与性能的检测方法见表2。

表2 出水木质文物木材结构与性能的检测方法

| 木材主要结构与性能 | 检测方法 | 依据 |
|-----------|---------------------------------------|--|
| 解剖结构 | 光学显微镜分析 | 参考附录B |
| | 扫描电子显微镜分析 | 参考附录C |
| 化学结构 | 样品成分含量的定量分析 | 参考GB/T 2677.10-1995、GB/T 2677.8-1994、GB/T 35816-2018、GB/T 742-2018 |
| | 傅里叶红外光谱分析 | 参考GB/T 6040-2019、GB/T 32199-2015、GB/T 32198-2015 |
| | 扫描电镜-能谱分析法 | 参考GB/T 35099-2018、ISO/TS 10798-2011 |
| 物理性能 | 基本密度分析 | 参考GB/T 1927.5-2021 |
| | 含水率检测分析 | 参考WW/T 0086-2018 |
| | 木材干缩性检测分析 | 参考GB/T 1927.6-2021 |
| | 色差分析 | 参考附录D |
| 力学性能 | 硬度分析 | 参考附录E |
| | 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F (2) 万能力学试验机法：见附录G |

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。

表A.1 出水木质文物基本信息表（模板）

| | | | |
|--------|--|--------|--|
| 文物名称 | | 文物年代 | |
| 文物登记号 | | 文物来源 | |
| 收藏单位 | | 文物提取时间 | |
| 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 | | 样品名称 | | 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：需有标尺、指向标识；建议使用色卡作为参考工具；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：需有标尺标识；建议使用色卡作为参考工具；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> | | | | | |
| 取样人 | | 取样日期 | | 审核人 | |
| 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 | | 文物名称 | |
| 样品来源 | | | | | |
| 检测单位 | | 检测项目 | | | |
| 检测依据 | | | | | |
| 检测条件 | | | | | |
| 检测结果 | | | | | |
| <div style="position: absolute; top: 50%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%); opacity: 0.1; font-size: 48px; pointer-events: none;"> 全国团体标准信息平台 </div> | | | | | |
| 检测人员 | | 检测日期 | | 审核人 | |
| 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 | | 样品名称 | | 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：需有标尺；建议使用色卡作为参考工具；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 | | 审核人 | |
| 存档环境描述 | | | | | | | |
| 备注 | | | | | | | |

附录 B (资料性) 光学显微镜法

B.1 范围

本方法规定了出水木质文物木材解剖结构的检测方法 光学显微镜法,适用于出水木质文物木材解剖结构的检测。

B.2 仪器设备

切片机(可制备切片厚度 $10\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$)、光学显微镜、烘箱。

B.3 化学试剂

聚乙二醇、无水乙醇、二甲苯、甘油、光学树脂胶等。

B.4 检测方法

B.4.1 可采用徒手切片、切片机切片或冰冻切片机切片方法,制备出水木质文物木材切片。

- a) 采用徒手方式,制备切片:用锋利刀具在出水木质文物木材表面轻轻拖过,切成小而薄的切片,在低倍显微镜下检视木材解剖结构特征是否清晰,如清晰,用甘油封片,可以保持两周;或经过脱水、透明、封片,制成永久切片;
- b) 采用平推式切片机或轮转式切片机,制备切片:试管内加入聚乙二醇不小于试管体积的一半后置于烘箱熔融,温度为 60°C ,待聚乙二醇完全熔融后,将出水木质文物木材(样品尺寸不小于 $5\ \text{mm}\times 5\ \text{mm}\times 5\ \text{mm}$)放入该聚乙二醇熔液后,重新置于烘箱,温度为 60°C 。3天~5天后取出木材样品并存放于冰箱冷冻库中冻结。库温应低于 -20°C ,冻结时间12小时~24小时。随后,将样品放在切片机试样夹中,调整使样品切面成水平后固定,切片厚度 $10\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$ 。在低倍显微镜下检视木材解剖结构特征是否清晰,如清晰,用甘油封片,可以保持两周;或经过脱水、透明、封片,制成永久切片;
- c) 采用冰冻切片机,制备切片:将出水木质文物木材样品尺寸不小于 $5\ \text{mm}\times 5\ \text{mm}\times 5\ \text{mm}$ 置于冰冻切片机工作台,调整使样品切面成水平后固定;随后,工作台冷却至 -20°C ,样品冰冻后开始制备切片,切片厚度为 $10\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$ 。在低倍显微镜下检视木材解剖结构特征是否清晰,如清晰,用甘油封片,可以保持两周;或经过脱水、透明、封片,制成永久切片。

B.4.2 根据光学显微镜仪器使用说明运行开机程序。

B.4.3 将放有出水木质文物木材切片样品的载玻片置于光学显微镜置样台上,对准目标区域,调整放大倍数至观测面特征清晰后,采集照片。

B.4.4 一个观测面包含多种木材解剖结构特征时,应采集每一种解剖结构特征的照片。

B.5 检测结果

依据出水木质文物木材样品光学显微镜图片,确定出水木质文物木材解剖结构特征。

B.6 注意事项

B.6.1 使用聚乙二醇处理制备切片机切片时,如出水木质文物木材样品硬度不佳,则可将样品重新放入聚乙二醇熔液,延长处理时间,改善木材样品内聚乙二醇的渗透效果。

B.6.2 应观测多个样品目标区域,避免木材解剖结构特征检测不全的现象。

B.6.3 样品照片上应标注放大倍数等关键信息。

B.6.4 对比分析两个或两个以上出水木质文物木材解剖结构时,解剖结构特征的照片应采用相同的放大倍数。

附录 C (资料性) 扫描电子显微镜法

C.1 范围

本方法规定了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，适用于出水木质文物木材解剖结构的检测。

C.2 仪器设备

扫描电子显微镜、镀膜装置、真空冷冻干燥机。

C.3 检测方法

C.3.1 用锋利刀具在出水木质文物木材样品表面轻轻拖过，将样品表面平整。

C.3.2 将样品放入冰箱冷冻库中冻结。库温应低于 -20°C ，冻结时间6小时~12小时。

C.3.3 将样品从冰箱冷冻库中取出，放入真空冷冻干燥机的干燥仓，并根据真空冷冻干燥机仪器使用说明运行开机程序。干燥仓真空度小于20 Pa，处理时间2天~4天后，取出干燥样品。

C.3.4 样品表面进行导电处理，喷镀Au、Pt或C等导电膜。

C.3.5 根据扫描电子显微镜仪器使用说明运行开机程序。

C.3.6 将放有样品的扫描电镜取样台置于电镜样品舱内，对准目标区域，调整放大倍数至观测面特征清晰后，采集照片。

C.3.7 一个观测面包含多种木材解剖结构特征时，应采集每一种解剖结构特征的照片。

C.3.8 两个或两个以上出水木质文物木材样品进行比对时，应采用相同的放大倍数。

C.4 检测结果

依据出水木质文物木材样品扫描电子显微镜图片，确定出水木质文物木材解剖结构特征。

C.5 注意事项

C.5.1 出水木质文物木材样品高度需低于扫描电子显微镜的最大工作距离。

C.5.2 应观测多个样品目标区域，避免样品解剖结构特征检测不全的现象。

C.5.3 样品照片上应标注放大倍数等关键信息。

附录 D (资料性) 色差计测试法

D.1 范围

本方法规定了出水木质文物木材色泽的检测方法 色差计测试法，适用于出水木质文物木材色泽的测定。

D.2 仪器设备

全自动精密色差计。

D.3 检测方法

D.3.1 为避免出水木质文物表面附着物（泥土、矿物沉积物、盐类析出物等）和样品表面损坏或降解影响木材视觉物理量的测定结果，测定前先使用250至1000目的不同目数砂纸对文物表面进行轻微打磨。

D.3.2 每个样品正反两面分别选取5个可以代表样品整体材色的测试点。

D.3.3 根据样品形态和尺寸选择合适的测量口径。

D.3.4 使用全自动色差计测定木质文物表面的视觉物理量的明度（ L^* ）、红绿轴色品指数（ a^* ）、黄蓝轴色品指数（ b^* ）。

D.4 检测结果

采用国际照明委员会CIE（ $L^*a^*b^*$ ）标准色度学表色系统表征木质文物颜色。通过色差仪数据显示，明度（ L^* ）、红绿轴色品指数（ a^* ）、黄蓝轴色品指数（ b^* ）可直接读取数值，并将测量出的数据按照 $L^*a^*b^*$ 表色系统公式计算 C^* （色彩饱和度）、 h° （色调）。

$$C^* = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \dots\dots\dots (D.1)$$

$$h^\circ = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \arctan(b^*/a^*) \dots\dots\dots (D.2)$$

木质文物表面色差通过 ΔL^* （明度差）、 Δa^* （红绿轴色品指数差）、 Δb^* （黄蓝轴色品指数差）、 ΔC^* （色度差）、 Δh° （色调差）以及 ΔE^* （总色差）来表征，计算公式如下：

$$\Delta L^* = L^* - L_0^* \dots\dots\dots (D.3)$$

$$\Delta a^* = a^* - a_0^* \dots\dots\dots (D.4)$$

$$\Delta b^* = b^* - b_0^* \dots\dots\dots (D.5)$$

$$\Delta C^* = C^* - C_0^* \dots\dots\dots (D.6)$$

$$\Delta h^\circ = h^\circ - h_0^\circ \dots\dots\dots (D.7)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots\dots\dots (D.8)$$

式中，参照值 L_0^* 、 a_0^* 、 b_0^* 、 C_0^* 、 h_0° 表示测定样品的第一个测试点数据值，n为测试次数。

D.5 注意事项

D.5.1 本资料性附录仅列举了应用较广泛的国际照明委员会1976推荐的CIE（ $L^*a^*b^*$ ）标准色度学表色系统，需指出的是孟塞尔系统、奥斯瓦尔德自然色系统等表色系统也是物体颜色表色定量化测定常用系统。

D.5.2 测量过程中，避免漏光，影响测量结果的准确性。

附录 E (资料性) 硬度分析法

E.1 范围

本方法规定了出水木质文物硬度的仪器、检测方法和注意事项，适用于出水木质文物样品径切面、弦切面和横切面硬度的测定。

E.2 仪器

万能力学试验机。

E.3 检测方法

E.3.1 将测试样品制成尺寸不大于70 mm×50 mm×50 mm的木块（精确到0.001 mm），试样均匀，无大的孔洞和裂隙，测试前保持试样处于气干状态（气干含水率计算应符合GB/T 1927.4-2021 的规定）且测试在室温下进行。由于饱水考古木材不适合大尺寸样品取样，因此本部分未按照GB/T 1927.19-2021的规定。

E.3.2 根据万能力学试验机使用说明运行开机程序。

E.3.3 分别在每一试样的两个弦切面、两个径切面和两个横切面上各试验一次。

E.3.4 将试样放于试验机支座上，并使试验设备的半球型钢压头正对试样试验面的中心位置，以0.5m m/min~1.5m m/min的均匀速度将半球型钢压头压入试样的试验面，直至压入5.64mm 深为止，荷载读数精确至0.01N。对于加压过程中易裂的试样，半球型钢压头压入的深度，允许减至2.82mm。

E.3.5 分别将两个弦切面、两个径切面和两个横切面得试验结果各取平均值，作为该试样各面的硬度。

E.4 检测结果

根据以下公式计算出硬度（ H ）：

$$H = KP \dots \dots \dots (E.1)$$

式中：

H —— 试样气干状态时的硬度，单位为牛（N）；

K —— 压入试样深度为5.64 mm和2.82 mm时的系数，分别等于1和4/3；

P —— 球型钢压头压入试样的荷载，单位为牛（N）。

E.5 注意事项

E.5.1 确保样本在测试前达到气干状态。

E.5.2 避免在温度波动较大的环境中进行测试，以免影响结果的一致性。

E.5.3 在测试之前，检查仪器是否正确校准。

E.5.4 同一批次建议进行不少于3次试验并取平均值，以减小实验误差。

附录 F (资料性) 静态热机械分析法

F.1 范围

本方法规定了出水木质文物抗弯强度的微损测试方法,适用于细观尺度下出水木质文物样品径切面、弦切面抗弯强度的测定。

F.2 仪器

静态热机械分析仪。

F.3 检测方法

F.3.1 将样品制成尺寸为8 mm×2 mm×0.3 mm的薄木片(精确到0.001 mm),试样均匀,无大的孔洞和裂隙,测试前保持试样处于气干状态(气干含水率计算应符合GB/T 1927.4-2021的规定)且测试在室温下进行。

F.3.2 根据静态热机械分析仪器使用说明运行开机程序。

F.3.3 采用三点弯曲的方式进行测试。首先将样品放置在跨距(L)为5 mm的样品台上,采用5 mN/min的加载速度进行测试,直到试样断裂。通过探针上的传感器记录的实时载荷与实时位移曲线。

F.4 检测结果

根据以下公式计算出应力(σ_f)和应变(ε_f):

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (F.2)$$

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

σ_f —— 应力,单位为兆帕(MPa);

ε_f —— 应变;

P —— 实时载荷,单位为牛(N);

D —— 实时位移,单位为毫米(mm);

L —— 跨距,单位为毫米(mm);

b —— 样品宽度,单位为毫米(mm);

d —— 样品厚度,单位为毫米(mm)。

再根据计算的数据画出应力应变曲线,试样断裂的瞬时应力即为试样的抗弯强度 σ 。

F.5 注意事项

F.5.1 样本的长度、宽度和厚度应符合测试要求,并且边缘应尽可能平整。样本的准备过程应避免引入额外的应力和损伤。

F.5.2 样品保持为气干状态。

F.5.3 用镊子将样品放入样品管内的样品台上,应封住下方燃烧炉入口,以避免样品台掉入。

F.5.4 三点弯曲测试在室温下进行,不要设置温度控制程序。

F.5.5 注意观察载荷和位移曲线,观察到样品达到屈服极限时停止试验。

F.5.6 同一批次建议进行不少于3次试验并取平均值,以减小实验误差。

附录 G (资料性) 万能力学试验机法

G.1 范围

本方法规定了出水木质文物抗弯强度的测试方法，适用于宏观尺度下出水木质文物样品径切面、弦切面抗弯强度的测定。

G.2 仪器

万能力学试验机。

G.3 检测方法

G.3.1 测试木质文物试样尺寸：35 mm×7 mm×3 mm，试样均匀，无大的孔洞和裂隙，测试前保持试样处于气干状（气干含水率计算应符合GB/T 1927.4-2021的规定）。由于饱水考古木材不适合大尺寸样品取样，因此本部分未完全按照GB/T 1927.2-2021规定。

G.3.2 根据万能力学试验机使用说明运行开机程序。

G.3.3 采用三点弯曲的方式进行测试。首先将样品放置在跨距（L）为25 mm的样品台上，采用1 mm/min的加载速度进行测试，直到试样断裂。通过探针上的传感器记录的实时载荷与实时位移曲线。由于饱水考古木材材料的脆弱性，本部分未按照GB/T 1927.9-2021的规定。

G.4 检测结果

根据以下公式计算出应力（ σ ）：

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

σ ——抗弯强度，单位为兆帕（MPa）；

P —— 破坏载荷，单位为牛（N）；

L —— 跨距，单位为毫米（mm）；

b —— 样品宽度，单位为毫米（mm）；

d —— 样品厚度，单位为毫米（mm）。

G.5 注意事项

G.5.1 样本的长度、宽度和厚度应符合测试要求，并且边缘应尽可能平整。样本的准备过程应避免引入额外的应力和损伤。

G.5.2 样本保持为气干状态（气干含水率计算应符合GB/T 1927.4-2021的规定）。在满足样品测试要求的前提下，应选择最低传感器进行测试，以提高测试精度。

G.5.3 同一批次建议进行不少于3次试验并取平均值，以减小实验误差。

参 考 文 献

- [1] 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] GB/T 1927.2-2021 无疵小试样木材物理力学性质试验方法第2部分：取样方法和一般要求
- [3] GB/T 1927.4-2021 无疵小试样木材物理力学性质试验方法第4部分：含水率测定
- [4] 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
- [5] 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
- [6] GB/T 1927.9-2021 无疵小试样木材物理力学性质试验方法第9部分：抗弯强度测定
- [7] GB/T 2677.8-1994 造纸原料酸不溶木素含量的测定
- [8] GB/T 2677.10-1995 造纸原料综纤维素含量的测定
- [9] GB/T 6040-2019 红外光谱分析方法通则
- [10] GB/T 32198-2015 红外光谱定量分析技术通则
- [11] GB/T 32199-2015 红外光谱定性分析技术通则
- [12] 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
- [13] GB/T 35816-2018 林业生物质原料分析方法 抽提物含量的测定
- [14] WW/T 0016-2008 馆藏文物保存环境质量检测技术规范
- [15] WW/T 0086-2018 出土竹木漆器类文物含水率测定 失重法
- [16] 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
-