

“古建筑木材科研基地”专栏 (11) DOI:10.12326/j.2096-9694.2025060

编者按：2023年5月，国家文物局公布第八批重点科研基地名单，依托中国林业科学研究院木材工业研究所的古建筑木材科学研究与保护国家文物局重点科研基地（简称古建筑木材科研基地）位列其中。古建筑木材科研基地围绕国家文物保护重大需求，以古建筑木材保护为目标，全力解决古建筑木材劣化病害机理等科学问题，攻克病害诊断识别、材料服役评价、绿色多效防护等技术难题，创制绿色防护产品，着力构建古建筑木材病理学理论体系，强化古建筑的系统性保护，提高古建筑预防性保护能力。本刊于2024年系列报道古建筑木材科研基地相关研究成果，为古建筑文物科技创新和保护提供支撑，助力文物保护事业高质量发展。

可移动木质文物的定义、分类体系及其修复技术研究进展

彭晓瑞，周海宾

（中国林业科学研究院木材工业研究所；国家林业和草原局木材科学与技术重点实验室；

林木生物质低碳高效利用国家工程研究中心，北京 100091）



摘要：可移动木质文物是可移动文物中的重要类别，其以木材为主要载体，易受温湿度变化、微生物及虫害侵蚀，呈现出较高的脆弱性和保护难度。本文提出可移动木质文物的定义和分类体系，分析常见病害及其成因，基于修复原则总结可移动木质文物的修复程序、方法及对应的修复材料和修复工具，探讨可移动木质文物修复技术的发展方向，为我国可移动木质文物的藏品管理、修复、保护与展示利用等提供理论基础与技术支撑。

关键词：可移动木质文物；定义；分类体系；修复技术

中图分类号：G264.3；K876.6；TS66 文献标识码：A 文章编号：2096-9694 (2026) 01-0002-09

Definition and Classification of Mobile Wooden Cultural Relics and Research Progress in Their Restoration Technologies

PENG Xiaorui, ZHOU Haibin

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of National Forestry and Grassland Administration;

National Engineering Research Center for Low Carbon and Efficient Utilization of Forest Biomass, Beijing 100091, China)

Abstract: Mobile wooden cultural relics constitute a significant category of mobile cultural relics, with wood serving as their primary medium. They are vulnerable to fluctuations in temperature and humidity, microbial infestation, and pest damage, exhibiting pronounced fragility and considerable challenges in preservation. This study proposed a system defining and classifying mobile wooden cultural relics, analyzed common diseases and their causes, and summarized the restoration procedures, methods, and corresponding restoration materials and tools for mobile wooden cultural relics under the restoration

收稿日期：2025-08-12；修改日期：2025-11-20

基金项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“木质材料功能化处理与评价”（CAFYBB2023PA004）。

作者简介：彭晓瑞（1984—），女，副研究员。Email: pengxr@caf.ac.cn

通讯作者：周海宾，男，研究员。Email: zhouhb@caf.ac.cn

principles. This study also explored the direction of the restoration technologies of mobile wooden cultural relics, and provided theoretical basis and technical support for the collection management, restoration, protection and exhibition of mobile wooden cultural relics in China.

Key words: mobile wooden cultural relics; definition; classification; repair technology

文物是人类社会活动中遗留下来的具有历史、艺术、科学价值的遗物和遗迹，文物保护和修复对历史记录、文化传承和社会发展具有重要意义^[1]。2025年3月1日起施行的《中华人民共和国文物保护法》规定文物分不可移动文物和可移动文物，可移动文物包括历史上各时代的重要实物、艺术品、工艺美术品、文献资料、手稿、图书资料、代表性实物等^[2]。与不可移动文物相比，可移动文物具有体量相对较小^[3]、易于移动或搬运^[4]、展示以浮放为主^[5]等特点。可移动木质文物作为可移动文物的重要类别，目前在文物保护领域尚未形成明确的定义，其范围、特性、功能以及价值等内涵未得到系统诠释。

相比于石质、陶瓷、金属等文物，可移动木质文物的特性较为鲜明^[6]。木材属于有机高分子材料，由纤维素、半纤维素及木质素构成，具有脆弱性和易损性等特点，易受温湿度波动、光照等环境因素，以及霉菌、害虫等生物因素的影响，发生局部或大面积损坏^[6-8]。现阶段对于可移动木质文物尚无明确的科学分类体系，对其病害系统、类型等相关研究不足。本文旨在针对可移动木质文物提出定义与分类体系，并基于该分类体系探讨修复保护的材料选择、工具应用、方法创新及实施路径，总结前沿修复保护技术，助力可移动木质文物的藏品管理、修复保护与展示利用等工作。

1 可移动木质文物的定义与分类体系

1.1 定义

《中华人民共和国文物保护法》明确将文物定义为“人类创造的或者与人类活动有关的，具有历史、艺术、科学价值的物质遗存”，并对物质遗存进行了列举^[2]。如前所述，可移动文物中木质文物的鉴别核心前提是木质实体形态的存续性。从木材学角度看，木质指自然状态下可呈现木材木质部宏观组织结构的物理形态。若某件可移动文物整体呈现木质物理形态，则属于木质文物范畴。据此，可移动木质文物可界定为：以木材为核心材质，具备独立可移动属性，承载历史、艺术、科学价值的木质遗存，包括可移动的馆藏或民间收藏的、具有传统与艺术加工形态的木质文物，以及不可移动文物中附属可移动的木质单体构件等，如木家具、木雕、木刻等艺术品和工艺美术品。但是，一件文物由两种或两种以上材质组成，木质材料仅占有一定体积比例的，则通常被文博单位（尤其是行业性或专题性博物馆）定义为复合材质可移动文物^[9]。如三星堆法杖等祭祀用具，其支承体木材在出土时已炭化，出土遗存仅可见金皮和其他金属材质，因此归于复合材质文物^[10]。

1.2 分类体系

依据文物价值、文物用途、技艺与手法、发展历程、保护与修复属性等维度，构建可移动木质文物分类体系（图1）。

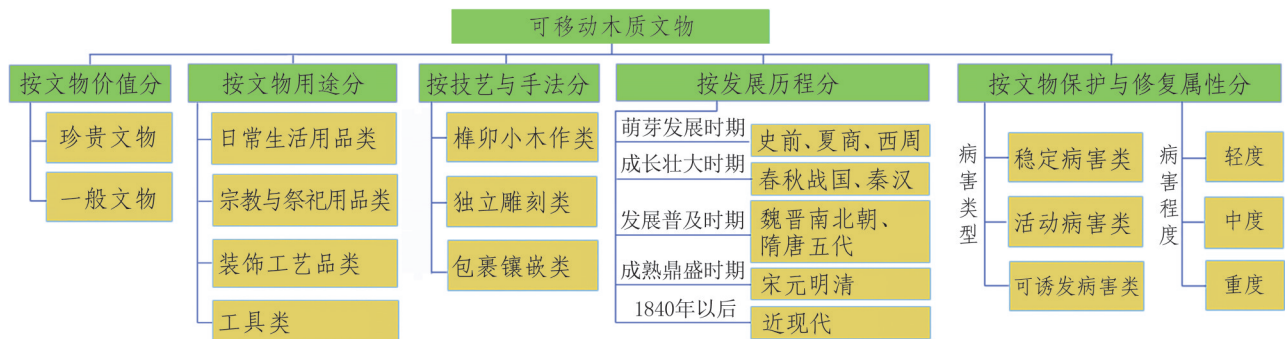


图 1 可移动木质文物的分类体系

Fig.1 Classification system of mobile wooden cultural relics

参照《中华人民共和国文物保护法》对可移动文物的定义与划分标准,可移动木质文物依据其价值可分为珍贵文物和一般文物,其中珍贵文物分为一级、二级、三级。文物价值主要包括古代文物承载的历史价值、科学价值和艺术价值,以及现代文物蕴含的政治属性、社会发展演变脉络和文物本体承载的内容内涵与故事情节^[11]。

可移动木质文物依据用途可分为日常生活用品类、宗教与祭祀用品类、装饰工艺品类、工具类等。日常生活用品类主要有桌、椅、床榻、柜子等木家具,以及木碗、木勺、木梳、木盒等日常用品^[12-13];宗教与祭祀用品类主要有木佛像、木神龕、木经匣、木质祭祀用具等,如国家博物馆的木雕观音^[13-15];装饰工艺品类主要有木雕摆件、木挂件、木乐器、木刻版画等;工具类主要有农用工具、木工工具、战斗工具和交通工具等,如淮安市博物馆的战国木雕鼓车模型、陕西历史博物馆的木板船模型等。

可移动木质文物从技艺与手法可分为榫卯小木作类、独立雕刻类和包裹镶嵌类等。榫卯小木作的榫卯连接特征明显,其部件通过锯、刨、凿等工艺制成,局部运用雕刻手法,主要包含船舟、家具等为代表的大件及木盒、木匣等小件^[16-17]。独立雕刻类常选用不易开裂变形的木材,整体以雕刻手法呈现艺术价值,如木雕佛像、木雕摆件等^[18-19]。包裹镶嵌类主要以木材为基底,外部包裹或镶嵌其他材质,常见形式为包裹金属或髹漆,典型器物如吐鲁番阿斯塔那古墓群出土的唐西州时期螺钿木盒等^[20-22]。

为了挖掘可移动木质文物所包含的历史特征与文物价值,有必要按发展历程进行归类研究。

以家具为例,西周之前是萌芽发展期,当时人类以席地而坐为主,木质家具甚少,现存最古老家具发现于东周墓中;春秋战国、秦汉是成长壮大期,如战国时期的卷云文案、金银彩绘漆案、折叠床、三足凭几,以及汉代木简、祭案等;魏晋南北朝、隋唐五代是发展普及期,垂足而坐的生活方式催发了座椅的出现,唐代木雕和漆器尤为出彩;宋元明清是成熟鼎盛时期,宋、元时期的椅、凳和高型的桌、台案已大量存在,而元代以游牧生活为主,现留存家具数量相对较少,明清时期家具盛行^[23-24]。

木材属易虫蛀、腐朽、降解的天然材料,加之各类装饰材料的老化、脱落等,可移动木质文物在保存中易产生破坏。WW/T 0003—2007《馆藏出土竹木漆器类文物病害分类与图示》标准仅规定了竹木漆器病害类型,且对病害程度以图示列之^[25]。WW/T 0060—2014《可移动文物病害评估技术规程 竹木漆器类文物》、WW/T 0056—2014《可移动文物病害评估技术规程 陶质文物》对竹木漆器类和陶质类文物的病害评估进行划分^[26]。可移动木质文物从保护和修复的角度,可依据病害类型、受损程度进行双指标分类,但目前尚未形成相应的分类分级标准规范。

2 可移动木质文物常见病害类型

参照文物保护行业标准 WW/T 0060—2014《可移动文物病害评估技术规程 竹木漆器类文物》,常见的破坏类型主要有残缺、断裂、裂隙、变形、变色、动物损害、微生物损害、彩绘残缺、漆膜脱落等。表1列出三类可移动木质文物病害对应的破坏对象、病害类型及主要影响因素。

表1 可移动木质文物的破坏对象、病害类型及影响因素

Tab.1 Deterioration targets, damage types, and influencing factors of mobile wooden cultural relics

文物病害类别	破坏对象	病害类型	主要影响因素
稳定病害	木质基体	残缺、断裂	环境温湿度、自然灾害或人为破坏
	漆膜	残缺、脱落	光辐射、温湿度、自然灾害或人为破坏
	彩绘	残缺、脱落	光辐射、温湿度、污染物、自然灾害或人为破坏
活动病害	木质基体	本体裂隙、变形、糟朽、动物损害、微生物损害、变色	环境温湿度、光辐射、微生物、动物损害
	漆膜	裂隙、起泡、卷曲	环境温湿度、光辐射、微生物、动物损害
可诱发病害	木质基体	本体裂隙、变形、糟朽、动物损害、微生物损害、变色	环境温湿度、光辐射、微生物、动物损害
	漆膜	裂隙、起泡、卷曲	环境温湿度、光辐射、微生物、动物损害

注:本表依据 WW/T 0060—2014 归纳梳理。

光辐射对木质文物材料的影响, 主要体现在光热效应(物理破坏)和光化学降解(化学破坏)两方面。光热效应使文物纤维素聚合度和机械强度下降, 导致木材局部发脆, 乃至部分漆器起皱、龟裂、起泡、粉化剥落、脱色等。紫外线使纤维素碳键断裂, 部分有机物材料的发色团遭到破坏, 造成文物表面装饰褪色。光氧化会引起聚合物分子链断链或交联, 使纤维素产生氧化降解, 导致文物开裂、松动等^[27-28]。

环境温度、湿度波动易导致木质文物基体开裂, 产生裂隙、变形等缺陷, 引起表面漆膜开裂、起泡, 以及局部装饰残缺、脱落或色泽褪变等问题^[29-30]。

微生物侵蚀往往可引发活动病害或可诱发病害, 表现为糟朽、发霉、霉烂、断裂、涂料脱层、色泽褪变及表面污染等破坏。危害木质文物的虫类主要有长蠹(Bostrychidae)、粉蠹(Lyctidae)、天牛(Cerambycidae)、白蚁(Termitidae)等。当处于温度超过45℃、相对湿度高于50%的高温高湿环境时, 木质文物易滋生霉菌、虫害等病害, 各类腐蚀进程加快^[31-32]。

3 可移动木质文物修复材料与工具

3.1 可移动木质文物修复材料

可移动木质文物修复的核心理念是保护和传承传统文化, 这决定修复材料需具备可传承性。材料涉及榫卯小木作类、独立雕刻类文物常用的紫檀(*Pterocarpus santalinus*)、降香黄檀(*Dalbergia odorifera*)、楠木(*Phoebe zhennan*)、漆木(*Toxicodendron* spp.)等天然木材, 也涵盖包裹、镶嵌类装饰用的石材、螺钿、金属饰件, 以及各类颜料、漆膜及镀金银材料等^[33-34]。

表2所示, 石材和螺钿是可移动文物修复镶嵌工艺的常用材料, 石材以大理石为主^[35-36], 螺钿是贝壳、蚌片等雕切研磨成规则小片, 再按预定图案拼接而成的特殊材料。传统彩绘主要包含基础处理、沥粉塑形、分层施色、贴金与装饰等环节, 早期家具彩绘多采用天然植物染料与矿物颜料, 并以动物胶、漆液等天然粘合剂调和施色, 后期逐步引入无机颜料与合成粘合剂^[13, 31, 37], 提升色彩的稳定性与耐久性。金属饰件通常为金银丝、金银片、金箔等采用金银错、鎏金、贴金箔等工艺技法制作^[38-39]。

表2 可移动木质文物常用修复材料与工具

Tab.2 Commonly used restoration materials and tools for mobile wooden cultural relics

文物	病害类型	修复材料	应用技术	备注	修复工具
榫卯小木作与独立雕刻类	榫卯松动、残损、断裂、糟朽、动物损害、微生物损害、裂隙、变形、变色等	与木质文物基材本体尽可能一致的树种木材, 如紫檀、花梨、楠木等。还涉及表面封蜡材料	直接观察和应用体视显微镜、视频显微镜观察、X射线探伤、3D扫描、测色仪(变色)、X射线衍射仪(检测糟朽的纤维素相对结晶度), 确定木质文物破坏部位具体情况	残缺、断裂一般选择相应树种木材进行修补, 动物虫蛀等需根据破坏面积确定修复方法。对虫蛀劣化填补根据破坏面大小, 可采用木嵌法或填补法处理	测量工具(皮尺、直角尺、圆规等), 平木工具(各类刨具), 穿剔工具(如斧子、凿子、锯子、钻子等)
	镶嵌类基体残缺、断裂、变形、变色、动物损害、微生物损害、糟朽等; 嵌板断裂、残缺、接合松动、变形	木质文物装饰用的石材、螺钿及金属饰件等	同雕刻类, 直观观察和测试分析手段相结合, 确定镶嵌部位及基材本体破坏情况	金属件一般在合页、面页、套脚、包角、柜体、床体等局部应用较多	平木工具(各类刨具), 穿剔工具为主(如钻子、凿子、木锉、雕刻刀)
包裹镶嵌类	彩绘残缺、脱落、褪色	各类颜料、着色剂、镀金银材料等或无机材料与胶黏剂混合	利用红外光谱、X射线荧光仪、CT扫描等技术手段, 判断彩绘工艺主要成分	以最小干预、可再处理、可辨识为原则, 进行材料配置与选择	表面装饰工具(蜡起子、钢丝棉、漆刮、漆刷、罗筒、帚笔等)
	髹漆漆膜残缺、脱落、裂隙、卷曲、起泡	各类颜料、着色剂、树脂及固化剂等	利用红外光谱、CT扫描等, 定性或定量分析得到传统油漆成分及类型	现代配色技术和材料的融入与考究	同彩绘类

3.2 可移动木质文物修复工具

可移动木质文物通常有较长的历史,如表2所示,其制作工具通常包含传统的测量、平木、穿剔等工具,测量工具主要有皮尺、墨斗、直角尺、三角尺、折尺、圆规、多线勒子等;平木工具包含槽刨、长刨、中刨、短刨、净刨、样线刨、凹线刨、凸线刨、穿带刨等;穿剔工具主要有老虎钳、午钻、锯子、锤子、铇子等。对于榫卯小木作类文物的修复,重点考虑榫卯结构的破坏、变形、松动、断裂等。故宫博物院对馆藏的紫檀桌和木架几案进行修复,先利用斧子、凿子等将木质文物局部单元进行拆解,后对相应部件进行还原修复加工;再采用锯子、钻头等,对修复材料进行尺寸切割和榫头、榫眼制作。对于独立雕刻类木质文物,可用木锉与雕刻刀,对文物局部装饰部件和构件进行浮雕、圆雕、透雕等局部修复;用斜刀或三角刀对雕刻部件的关键角落或镂空夹角处做踢角修光,结合雕刻刀对雕刻纹样局部进行细节完善,并用挫草或节节草等泡水或动物鬃毛、钢丝棉等有弹性的材料打磨雕刻件;最后对

文物表面进行封蜡处理^[40-42]。包裹镶嵌类文物,涉及彩绘、髹漆和镶嵌,采用大号、中号和小号漆刮进行调刮漆膏、调彩漆、取漆等,利用马尾、牛尾、猪鬃、人发等刷涂^[43-44]。

4 可移动木质文物修复程序与传统方法

目前我国尚未出台针对可移动文物的修复规范和相关标准。借鉴梁思成先生“按原样修复”“修旧如旧”等建筑修复思想的传承与转化,可移动木质文物修复主张多学科融合,原则上要对文物保护进行分层级处理,以原材料、原工艺、原方法为修复主线。当不可回避需采用新技术、新材料时,必须以避免对文物造成二次破坏为前提^[45-46]。

4.1 修复程序

参照 WW/T 0128—2025《可移动文物保护修复方案编制要求》,可移动木质文物的修复过程为先确定文物种类,评估文物价值,再对文物现状进行评估,确定修复目标,最后确定修复方法与操作路线^[47],如图2所示。

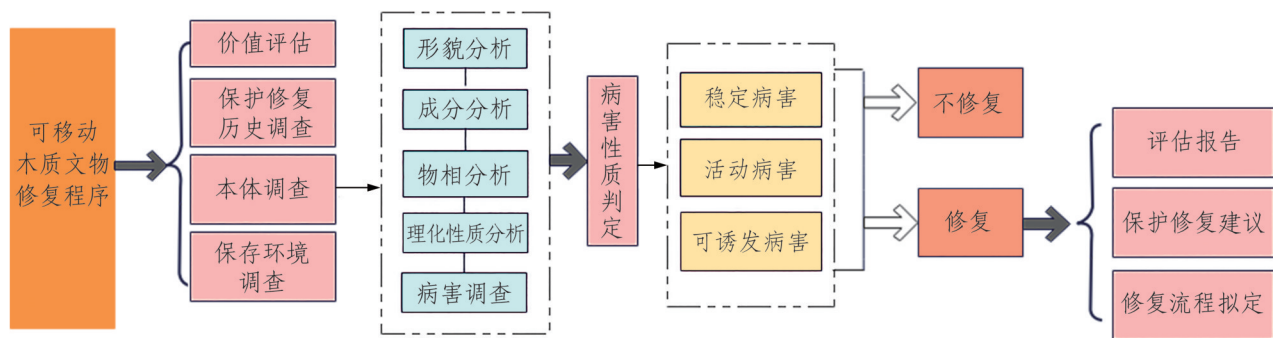


图2 可移动木质文物修复程序

Fig.2 Procedures for restoring mobile wooden cultural relics

4.1.1 文物种类确定与价值评估 借助科学技术手段,结合历史文献考证,系统提取并梳理文物的历史背景、基本形制、纹样特征、制作工艺、保存现状及残损情况等关键信息,综合研判其历史价值、艺术价值、科学价值,及其在宗教、民族、社会、军事等领域的重要性,完成全面价值评估。GALAMBOS等^[37]使用X射线荧光光谱仪、偏光显微镜等,分析文物彩绘材料,并使用红外光谱IR和酶联免疫吸附试验研究胶合剂类型,借助放射性碳素、热释光等方法,评估文物年代。

4.1.2 文物现状本体调查与评估 在确定文物种类与价值后,对文物现状本体进行深入调查分析,以确定文物是否修复、修复目标和方案、具体修复方法等,如图3所示^[46-48]。通过文献检索考证法,确定木质文物的年代、作者、出处等基本信息。通过电脑绘图等方式,结合文物其他部位纹样、材料信息等,确定文物部件间的榫卯、钉接、胶粘等连接方式,完善待修复部位相关信息;采用透射电子显微镜、扫描电子显微镜、光学显微镜等,对文物的宏观和微观形貌进行解析;采用

层状横截面分析、能谱仪等对文物底层、颜料和粘合剂等材料进行相关特征检查;利用X射线衍射、红外光谱和激光拉曼光谱等,对木质文物组成成分及其存在状态进行研究分析,对变质、破坏和病害现象等进行综合评估^[49-51]。

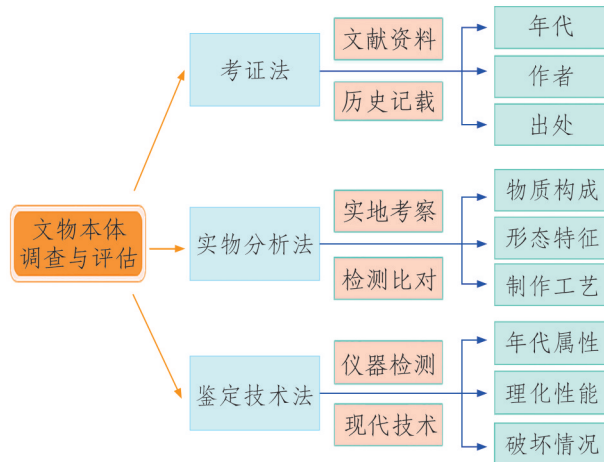


图3 可移动木质文物本体调查与评估技术路线

Fig.3 Technical route for survey and assessment of mobile wooden cultural relics

4.1.3 可移动木质文物病害性质判定 参照WW/T 0003—2007定义的文物病害,根据不同病害发展趋势及其对可移动木质文物稳定性的影响,对可移动木质文物的病害类型进行判定,明确文物破坏类型,如开裂、断裂、虫蛀及漆膜脱落等^[25]。

4.1.4 保护修复建议及修复目标方案确定 根据文物种类、价值和现状评估,结合文物的破坏程度、类型和使用场景、用途等,确定文物修复必要性及修复目标。在修复过程中,要尽量保留文物原始材料和工艺,确保其历史真实性。同时,根据拟定的修复目标和现状分析,经专家提议,制定文物保护与修复方案^[52]。

4.2 木质文物常规修复过程

4.2.1 清洁除尘 清洁除尘是可移动木质文物修复的首要工序。对榫卯小木作类和独立雕刻类木质文物,采用物理或化学手段实施局部清理,对裂隙及榫卯接口处的浮尘和污垢进行全面处理,一般可采用软毛刷、橡胶皮吹尘球或高功率吹风机进行吹尘处理^[40,46]。包裹镶嵌类木质文物以光热激光清洁系统为常见清洁手段^[53]。SCHMIDT^[54]使用Nd:YAG激光器(1 064 nm,纳秒脉冲)清洁高

度污染的镀金木制品,该系统在精确调控参数下可实现对金箔等装饰层的选择性消融,通过光热效应诱导界面分离,从而完成非机械式、可控的表层去除。

4.2.2 开裂松动与裂隙处理 对于木质文物结构松动或面板、侧板裂隙等问题,尽可能保留其结构工艺特征;若确需拆卸的,可参考故宫博物院修复师的操作方法,按照与传统工艺技法相反的顺序进行拆卸,精准记录各零部件的位置及标号,便于后续复原装配。在处理裂缝时,通常需先清理裂缝处的尘土和污垢,再在关键结合部位采用鱼鳔等动物胶黏剂进行粘合^[55]。

4.2.3 残缺补配 对于原件缺损严重的,使用锯、刨、钻等各类平木和穿剔木工设备,对文物缺失的牙板、面板、枋条、壶门、角子花、椅腿等部件,按照原有扫描样式进行补配,实现局部破坏部位的材料补充与再替代。如重庆渝北区巴渝古床博物馆的木质文物修复,由于原始资源弥足珍贵且不可再生,整体或局部取样的可能性极低,只有通过选择同类木材制作构件^[43]。对于局部破损程度较轻的,可采用木粉、腻子等填充材料,对破坏部位进行找补找平处理^[12,40]。

4.2.4 病虫害部位修复 木质文物边角、腿部等部位,通常因为湿度、温度、光辐射等因素作用,易出现虫蛀、腐朽及霉害现象。在修复过程中,需根据具体文物类型、破坏程度和应用场合等,确定修复方案。对于小范围虫蛀缺损,在不影响历史与美学价值的原则下进行修复。对于涉及结构稳定性的虫蛀破坏,多采用专用杀虫溶液浸泡杀灭害虫成虫和虫卵,遏制文物劣化,再视情况用木粉、树脂胶等材料填补虫洞,防止文物进一步糟朽。针对霉害部位,通常采用药剂熏蒸、防腐剂喷涂等处理方法^[56-57]。

4.2.5 表面复原 将填充部位打磨之后,在其表面进行涂漆、花纹装饰、修色或打蜡等处理,以实现木质文物修复表面“修旧如旧、修形似形”的目标。同时复原文物具有历史特点的内部结构,如复刻各类榫卯结构,重现镂雕、透雕等工艺,结合描金、烫印、镶嵌等手法,充分彰显传统元素^[12,40]。

5 可移动木质文物修复新技术

目前国内许多高校和科研院所,立足于可移动木质文物的保护与修复研究,在相关领域获得了较为可喜的研究成果。随着科技的发展与进步,可移动木质文物保护与修复植入了新的科技手段与现代先进技术。

5.1 数字化虚拟仿真技术

虚拟仿真技术通过高精度建模、渲染和摄影测量技术,真实还原文物的材料、历史信息和内部结构,实现虚拟重建,进而分析文物破坏原因,确定修复工艺及运用工具等^[58-59]。洛阳职业技术学院正在建设文物修复与考古勘探发掘虚拟仿真实训基地,采用虚拟现实显示设备、一体化机柜、位置追踪系统、交互追踪硬件、4 k VR (virtual reality) 场景管理器、VR 场景管理器软件、虚拟现实内容管理服务器、3D 主动立体眼镜、VR 内容创作软件等,实现文物修复虚拟仿真实训,开展历史文物虚拟仿真和全息展示。北京联合大学运用虚拟现实、云计算、新媒体、数字化挖掘等相关技术,建设具有多学科交叉特点的虚拟仿真实验教学平台,这也是当下文物保护与修复研究的全新发展方向。

5.2 漆面修复物理和化学技术

国内外在文物漆面修复中逐渐采用现代化技术手段,通过材料年代成像分析、化学成分分析和结构与成分结合分析等方法,鉴别文物的所属年代和历史特征。MECZYNSKA 等^[60]通过显微镜和微化学方法对木材纤维、基层材料、颜料、粘合剂和金属等进行检查,并结合对文物不同分层截面(剖面)分析,确定了原始底色的彩色装饰层及适当的保护方案。PITTHARD^[36]通过光学和扫描电镜显微镜(scanning electron microscope, SEM)以及热裂解-气相色谱/质谱技术(pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry, Py-GC/MS)对东亚漆器涂层特性进行分析,发现部分流传至欧洲的东亚漆器在后期修复中使用了欧洲本地材料(如虫胶、树脂),且常被拆解后重新镶嵌于欧洲家具上作为装饰,反映了跨文化的艺术交流与再利用实践。加拿大保护研究所^[53]使用傅里叶变换红外光谱(Fourier transform infrared spectroscopy,

FTIR)、扫描电镜-能谱仪、热脱附-气相色谱-质谱联用仪和拉曼光谱仪等,对可移动文物的涂层、色彩和粘合剂等进行分析,为漆面修复确定可溯源修复材料、工艺和路径提供技术条件。

5.3 基于样本块的数字图像修复技术

在可移动文物修复过程中,高度还原文物的原始材料、纹样、结构、风格等特征具有重要意义。借助电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)、X射线成像等先进技术,结合基于样本块的数字图像修复技术,按照特定规则对局部数据丢失或损坏的数字图像进行修补,恢复其完整性和原有的视觉效果。西安建筑科技大学田野研究了基于区域分割和样本信息的图像修复算法和基于样本块拼接的纹理合成算法,将其用于壁画修复或可移动文物局部绘画装饰修复研究中,可最大程度保留原始文物的历史风格^[61-63]。ELLIS 等^[44]采用微型CT扫描结合3D分析等技术,确定了木质念珠的不同雕刻类型和纹样的主要制作工艺。

5.4 特殊工艺修复技术

镀金工艺是可移动文物具有高级艺术感的一种装饰手段,对其修复研究具有很强的实用价值。镀金工艺修复难度较大的环节是清洗去除原镀金层。哑光水金箔的损坏主要是由机械磨损或底层与木质基底之间的粘结不足造成的^[64]。油性金箔损坏主要由于其树脂油性底层(如金箔胶等)、上光剂和保护涂层相互关联老化所致。然而,无论是蛋白质类、树脂类还是油性原漆的老化过程都会影响金箔耐久性。修复过程中在去除部分金箔层时,需结合考虑该金箔层是敷于木质基材,还是涂于各类油性涂层上。当为后者时,需采用两种或多种清洁方式相结合逐层清洁。采用不同凝胶处理是镀金表面清洁的重要手段,但卡波尔溶剂凝胶、酶凝胶或树脂肥皂等,在处理薄型精细镀金层时不易控制^[65-67]。

5.5 纳米新材料修复技术

纳米纤维素在原料结构和性能方面,与以木材为基材的文物存在高度相似的纯物质材料特征,因此在可移动木质文物保护和修复中逐渐受到研究者的重视。中国林业科学研究院木材工业研究

所^[68-69]利用从木材细胞壁中分离获得的纳米纤维素为主要原料, 研发了一种兼具防腐和加固作用的木材处理新方法。该方法主要以纳米纤维素作为木材细胞与无机防腐剂的固着界面, 使具有防腐效果的纳米无机物稳定均匀地附着在木质材料细胞壁、细胞腔内, 再使用加压浸渍法将具有增强作用的纳米二氧化硅、纳米碳酸钙等无机纳米粒子加固木材细胞壁, 从而得到防腐性能稳定且力学强度显著提升的防腐加固木材^[69-70]。

6 建议与展望

可移动木质文物作为各时代遗存的以木材为主要材质, 具有科学、艺术和历史价值的实物, 对历史记载、文化传承和社会发展具有重要意义。其属于《中华人民共和国文物保护法》界定的可移动文物范畴, 正确定义和构建可移动木质文物分类体系, 是科学、精准保护与修复工作的必要前提。基于本文提出的定义及分类体系, 可进一步在可移动木质文物修复保护材料选择、工具应用、方法创新及实施路径等方面开展深入研究和实践, 为可移动木质文物藏品管理、修复保护与展示利用等工作提供支撑。随着科技进步, 各种现代化物理、化学检测技术逐步应用于可移动木质文物的修复研究与实践, 使文物修复更全面体现本体信息, 提升修复精度, 彰显无损检测及现代化数字化技术的前沿性和高效性。可移动文物表面油漆、涂蜡、贴金等装饰工艺的科学研究, 将成为未来可移动文物研究的热点。同时, 为充分了解木质文物对室内环境的动态响应规律, 可利用数字化技术手段, 构建实验室试验、建模分析与博物馆实体标本监测相结合的研究体系。此外, 文物的特殊属性与陈列位置等因素, 在一定程度上决定其劣化方式与保护方向。因此, 未来研究可聚焦以下重点方向: 修复环境中不同光照条件(如日光灯、油灯等)对修复效果的影响; 木材及局部构件的修复、补配与防虫蛀技术; 闪光灯、温湿度波动、光照等因素对彩绘、漆膜老化性能的影响; 强光、冷热交替等修复环境因素引发文物二次破坏的风险评估与防控措施等。

参考文献:

- [1] 张德祥. 寻找正确的家具修复理念[C]//中国文物修复通讯(第23期), 2004: 19-22.
- [2] 中华人民共和国文物保护法[EB/OL]. (2024-11-08) <https://flk.npc.gov.cn/detail?id=ff808181927b083b01930c94de976c66&fileId=&type=&title=%E4%B8%AD%E5%8D%8E%E4%BA%BA%E6%B0%91%E5%85%B1%E5%92%8C%E5%9B%BD%E6%96%87%E7%89%A9%E4%BF%9D%E6%8A%A4%E6%B3%95>.
- [3] 叶祎珮. “中国古代可移动文物概念参考模型”构建实践[J]. 数字人文研究, 2023, 3(3): 37-48.
YE Y P. Ontology construction: ancient Chinese artifacts conceptual reference model[J]. Digital Humanities Research, 2023, 3(3): 37-48.
- [4] 孙治国. 可移动文物预防性保护及数字化保护研究[J]. 丝路视野, 2019(8):11-12.
- [5] 奚三彩. 现代科技在可移动文物保护中的应用[J]. 中国文化遗产, 2004(3): 57-58.
- [6] 彭辉, 蒋佳荔, 詹天翼, 等. 木材普通蠕变和机械吸湿蠕变研究概述[J]. 林业科学, 2016, 52(4): 116-126.
PENG H, JIANG J L, ZHAN T Y, et al. A review of pure viscoelastic creep and mechano-sorptive creep of wood[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2016, 52(4): 116-126.
- [7] 王东, 林兰英, 傅峰. 木材多尺度结构差异对其破坏影响的研究进展[J]. 林业科学, 2020, 56(8): 141-147.
WANG D, LIN L Y, FU F. The effects of multiscale structure differences on wood fracture: a review[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2020, 56(8): 141-147.
- [8] 薛建阳, 宋德军, 路鹏, 等. 木材老化对古建筑木梁抗弯性能的影响分析[J]. 建筑结构, 2024, 54(19): 66-73.
XUE J Y, SONG D J, LU P, et al. Analysis on influence of wood aging on flexural behavior of wooden beam in ancient building[J]. Building Structure, 2024, 54(19): 66-73.
- [9] 杜树志. 大体量复合材质可移动文物保护的实践与探索: 以中国航海博物馆为例[J]. 丝绸之路, 2023(1): 169-176.
DU S Z. The practice and exploration in the use of large volumes of movable composite material to protect cultural relics with China navigation museum as an example[J]. The Silk Road, 2023(1): 169-176.
- [10] 楠晓. 三星堆出土的金杖[J]. 文史杂志, 2023(1): 96.
- [11] 孟硕, 马海鹏. 近现代文物的分类及其保护修复[J]. 文物修复研究, 2014(00): 723-728.
- [12] 吕九芳, 徐永吉. 中国古典家具保护和修复指导原则的探讨[J]. 家具, 2005, 26(5): 18-21.
LYU J F, XU Y J. The exploration of the principles for Chinese classic furniture's conservation and restoration[J]. Furniture, 2005, 26(5): 18-21.
- [13] 封面介绍: 宋代彩绘木雕观音菩萨坐像[J]. 收藏家, 2019(9): 1.
- [14] 郭义强. 重庆渝北区馆藏木质文物的保护与修复[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2016.
- [15] 彩绘木雕观音菩萨坐像[EB/OL]//中国国家博物馆. https://www.chnmuseum.cn/zp/zpml/csp/201812/t20181218_27032.shtml.
- [16] 朱叶彤, 于轩伟, 徐伟. 通作家具榫卯结构数据库优化分类[J]. 家具, 2025, 46(4): 25-28.
ZHU Y T, YU X W, XU W. Optimized classification of the mortise and tenon joints database of Tongzuo furniture[J]. Furniture, 2025, 46(4): 25-28.
- [17] 王金祥. 拐儿纹样式及制作工艺研究[J]. 艺术科技, 2015, 28(7): 186.
- [18] 董炜. 川东古床的木雕工艺特征[J]. 重庆文理学院学报(社会科学版), 2010, 29(4): 4-9.
DONG W. Woodcarving craft feature of ancient bed in eastern Sichuan

- [J]. Journal of Chongqing University of Arts and Sciences (Social Sciences Edition), 2010, 29(4): 4-9.
- [19] 胡彬彬. 论湘西南木雕文物及其艺术成就[J]. 收藏家, 2002(8): 20-26.
HU B B. Discussion on the wood engraving cultural relics in the westsouth of Hunan Province and their art successes[J]. Collector, 2002(8): 20-26.
- [20] 孙鸥. 镶嵌文物修复技艺的现代设备应用及创新[J]. 丝网印刷, 2023, 41(9): 1-5.
SUN O. Modern equipment application and innovation of mosaic restoration techniques[J]. Screen Printing, 2023, 41(9): 1-5.
- [21] 郭思达. 轻抹积尘去 嵌宝新上妆 养心殿陈设玉器及镶嵌文物修复实例复纪实[J]. 紫禁城, 2019(12): 116-127.
GUO S D. The restoration examples on cultrual relics of jade and ware inlay of the hall of mental cultivation(Yang Xin Dian) [J]. Forbidden City, 2019(12): 116-127.
- [22] 刘恺. 木质包镶工艺在清宫制作中的应用[J]. 故宫博物院院刊, 2022(4): 127-137, 143.
LIU K. On the wood veneering and inserting crafts application in the Qing court[J]. Palace Museum Journal, 2022(4): 127-137, 143.
- [23] 柴多茂. 民族的交流与交融: 武威出土汉唐时期文物历史文化特征探析[J]. 文化月刊, 2024(4): 34-36.
- [24] 徐佳鹤, 王超, 张斌. 我国古建筑木构件及木质文物保护技术发展历程与展望[J]. 木材工业, 2020, 34(6): 39-43, 47.
XU J H, WANG C, ZHANG B. Review and prospect analysis of conservation techniques in heritage timber structures in China[J]. China Wood Industry, 2020, 34(6): 39-43, 47.
- [25] WW/T 0003—2007, 馆藏出土竹木漆器类文物病害分类与图示[S].
- [26] WW/T 0056—2014, 可移动文物病害评估技术规程 陶制文物[S].
- [27] 贾政, 常铮, 田兴玲. 木质文物病害及预防[J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(8): 105-109, 125.
JIA Z, CHANG Z, TIAN X L. Types and prevention of diseases to wooden cultural relics[J]. Total Corrosion Control, 2021, 35(8): 105-109, 125.
- [28] 郑丽珍. 光散射与文物彩绘的褪色与显现研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- [29] 周松峦. 饱水木质文物腐蚀变形类型及其机理分析[J]. 江汉考古, 2014(S1): 51-56.
- [30] 吴涛, 周和荣, 王珂, 等. 温度和湿度对乙二醛聚合物加固饱水梓木文物性能和微观结构的影响[J]. 文物保护与考古科学, 2024, 36(3): 9-18.
WU T, ZHOU H R, WANG K, et al. Effects of temperature and humidity on the properties and microstructure of glyoxal polymer-reinforced waterlogged *Catalpa* wood cultural relics[J]. Sciences of Conservation and Archacology, 2024, 36(3): 9-18.
- [31] 柏柯, 马星霞, 马琳燕, 等. 辽宁奉国寺彩绘泥塑木骨架生物病害研究[J]. 文物保护与考古科学, 2024, 36(5): 1-7.
BAI K, MA X X, MA L Y, et al. Investigation and research on the biodegradations of wooden skeletons of painted clay sculptures in Fengguo Temple, Liaoning[J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2024, 36(5): 1-7.
- [32] 郑利萍, 席周宽, 武仙竹, 等. 重庆地区馆藏木质文物病害调查与保护[J]. 重庆师范大学学报(哲学社会科学版), 2008(6): 80-86.
- [33] 杨中强. 中国古旧家具开发及修复工艺研究[D]. 株洲: 中南林学院, 2002.
- [34] 李志鹏. 文物保护修复理念溯源及其对文物修复技艺的影响[J]. 收藏, 2023(4): 43-45.
- [35] KITCHEN J. The care of antique furniture[M]. London: Bafra, 2000: 107-108.
- [36] PITTHARD V, SILVIA M K, STANEK S, et al. Analytical examination and conservation of east Asian lacquer works from European collections[M]// Heritage Wood. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019.
- [37] GALAMBOS É, MARTON Z, KISAPATI I, et al. Polychrome wooden interior from Damascus: a multi-method approach for the identfication of manufacturing techniques, materials and art historical background[M]//Heritage Wood. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019.
- [38] 陆志荣. 清代家具[M]. 上海: 上海书店出版社, 1999: 13-242.
- [39] 杨惠珺, 杨帆. 公元前1500年古中国和古埃及神化形象与金属器装饰研究[J]. 家具与室内装饰, 2022, 29(1): 54-57.
YANG H J, YANG F. Research on the deified Image of China and Egypt in 1500 BC and metalware decoration[J]. Furniture & Interior Design, 2022, 29(1): 54-57.
- [40] 刘根亮. 浅议馆藏木质文物修复[J]. 文物修复与研究, 2003: 436-437.
- [41] 张浩淼, 刘翰林, 马如高, 等. 拔榫过程中T型榫卯拔出力双阶段解析模型[J]. 力学季刊, 2025, 46(2): 340-348.
ZHANG H M, LIU H L, MA R G, et al. Dual-stage analytical model for the pull-out force of T-shaped mortise-tenon during the pulling process[J]. Chinese Quarterly of Mechanics, 2025, 46(2): 340-348.
- [42] 马如高, 刘翰林, 张能辉. 上海博物馆明清家具接榫修复及其力学原理[J]. 文物保护与考古科学, 2020, 32(3): 49-57.
MA R G, LIU H L, ZHANG N H. Repair of mortise-and-tenon joints in Ming and Qing furniture in Shanghai Museum and its mechanical principle[J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2020, 32(3): 49-57.
- [43] 吕九芳. 明清古旧家具的修复和保养[J]. 家具与室内装饰, 2006, 13(3): 78-80.
LYU J F. The Ming & Qing Antique furniture's restoration and maintenance[J]. Furniture & Interior Design, 2006, 13(3): 78-80.
- [44] ELLIS L, MARTIN S R, MOFFATT E, et al. Technology for technology's sake: the technical study of gothic miniature boxwood carvings in the Thomson collection at the art gallery of Ontario[M]// Heritage Wood. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019.
- [45] 陈伟. 从文物修复视角探寻古代工艺传承与创新[J]. 藏天下, 2025, 11(3): 75-77.
- [46] 郭宏. 论“不改变原状原则”的本质意义: 兼论文物保护科学的文理交叉性[J]. 文物保护与考古科学, 2004, 16(1): 60-63.
- [47] WW/T 0128—2025, 可移动文物保护修复方案编制要求收藏[S].
- [48] 周洋. 让历史在指尖重生: 2024全国文物修复案例宣传展示活动综述[J]. 文物天地, 2025(7): 4-9.
- [49] T/CI 136—2023, 出水木质文物木材结构与性能检测技术规范[S].
- [50] 马清林, 马瑞文. 馆藏文物保护修复的新特点: 强化科技分析与价值保全[J]. 文物天地, 2022(6): 3.
- [51] 谢欣雨. 基于原位检测及水凝胶无痕取样对彩绘文物表面粘合剂的鉴定研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2025.
- [52] 史少华, 张琼, 魏栋, 等. 定县汉简的分析检测与保护修复研究[J]. 出土文献, 2023(1): 1-12.
SHI S H, ZHANG Q, WEI D, et al. Research on analysis and restoration of Dingxian bamboo slips[J]. Excavated Documents, 2023 (1): 1-12.
- [53] SCHMIDT B A, PENTZIEN S, CONRADI A, et al. Decontamination of biocidal loaded wooden artworks by means of laser and plasma processing[C]//Proceedings of the International Conference LACONA XI. Nicolaus Copernicus University Press, 2017: 241-251.