

砖木结构文物建筑木屋架腐朽修复与替换施工技术研究

——以淮海中路盛宣怀住宅修缮项目为例

牛凯

上海建筑装饰（集团）有限公司，上海 200062

DOI:10.61369/ERA.2026050016

摘 要： 本文以淮海中路 1517 号盛宣怀住宅修缮项目为案例，针对砖木结构文物建筑木屋架腐朽修复与替换施工技术展开论述，阐释最小干预、材料工艺协同及修复可逆原则，分析屋面排水失效导致潮湿腐朽、白蚁侵蚀破坏木质结构、节点连接失效加快腐朽蔓延等关键成因，并着重研究木构件分级修复与精准替换、屋面历史样式复原与防水强化、结构节点加固与防腐协同技术，就泥垩吊顶保护、外立面覆盖层清除、木饰面变形修缮等难点提出专门对策，实现结构安全和历史风貌的双重保障，其技术路径和管理经验给同类文物建筑木屋架修缮给予实际参照。

关 键 词： 砖木结构；文物建筑；木屋架修复；施工技术

Research on Construction Technology for Restoration and Replacement of Rotted Wooden Roof Trusses in Brick-and-Wood Cultural Heritage Buildings—Taking the Restoration Project of Sheng Xuanhuai's Residence on Huaihai Middle Road as an Example

Niu Kai

Shanghai Construction Decoration (Group) Co., Ltd., Shanghai 200062

Abstract： This paper takes the restoration project of Sheng Xuanhuai's residence at No. 1517 Huaihai Middle Road as a case study, discussing the construction technology for the restoration and replacement of rotted wooden roof trusses in brick-and-wood cultural heritage buildings. It explains the principles of minimal intervention, coordination of materials and techniques, and reversibility of restoration. The paper analyzes key causes such as moisture-induced decay due to ineffective roof drainage, termite infestation damaging wooden structures, and failure of joint connections accelerating the spread of decay. It focuses on researching technologies for graded restoration and precise replacement of wooden components, restoration of historical roof styles with enhanced waterproofing, and structural joint reinforcement with anti-corrosion coordination. Specialized solutions are proposed for challenges such as protecting mud-plastered ceilings, removing exterior cladding, and repairing deformed wood finishes, achieving dual protection of structural safety and historical appearance. The technical approach and management experience provide practical references for the restoration of wooden roof trusses in similar cultural heritage buildings.

Keywords： brick-and-wood structure; cultural heritage buildings; wooden roof truss restoration; construction technology

引言

砖木结构文物建筑承载着历史文化，而木屋架是其主要承重构件，因此它的好坏直接关系到文物建筑的安全和历史价值的留存。由于长期自然老化以及人为因素的影响导致屋面漏水、白蚁侵蚀、节点劣化等都会使木屋架腐朽严重，传统修复方法常常会面临原真性与安全性之间的矛盾。盛宣怀住宅属于上海市文物保护单位，在该文保项目中存在大量木屋架腐朽问题具有代表性。本文通过对该项目修缮实践来研究探讨木屋架腐朽修复及替换技术，以期通过工程实例总结出科学的方法为类似文物建筑保护提供技术支持。

一、文物建筑腐朽修复原则

文物建筑腐朽修复遵从最小干预、材料工艺协同以及修复可逆三原则，最小干预依靠木材硬度检测等科学评判来决定，表层腐朽但强度尚存的构件只需剔除并做防腐封护处理，保存建造痕迹，深入超过截面三分之一影响安全才局部替换，并且替换材要和原构件树种、纹理相同，工艺也要依照传统。材料工艺协同原则之下，按照木材解剖学选择产地相近、性能相配的替代材，稀有树种改性也保持天然属性，而且继续使用榫卯连接等传统工艺，保证修复与原有结构协调，修复可逆原则要求所用材料和技术能够拆除更换，比如采用榫卯或者可拆卸连接件，防腐药剂既要具备长效又要便于清除，封护材料老化容易剥落，还要详尽记载施工数据，这三条原则共同平衡历史保护、结构安全和技术可持续发展。

二、项目概况

淮海中路1517号盛宣怀住宅修缮项目位于上海市徐汇区，始建于1900年，原为德籍商人哇吸建造，于1914年由盛宣怀购得。现为日本国驻上海总领事官邸。该建筑是第一批二类优秀历史建筑、上海市文物保护单位，新古典主义风格假三层砖木结构花园住宅。历史上曾有多位名人居住在此，见证了上海的近代史和盛氏家族的兴衰历程，外立面饰面砖、塔司干柱式石柱，工艺独特且珍贵，具有重要历史文化价值。该项目修缮按照“不改变文物原状”、“最小干预”的原则进行，主体承重结构不做改动，面积不增加，使用性质不变，施工内容包含对建筑本体拆除，结构修缮加固，屋面翻新，外立墙面及室内维护保养等，以保证安全、提高舒适度并恢复历史风貌。



图1 盛宣怀住宅

三、盛宣怀宅木屋架腐朽现状及成因分析

（一）屋面排水失效引发木构件潮湿腐朽

木屋架下弦天平大料有局部腐朽、断裂和大裂缝，屋面板被雨水侵蚀厉害。原三层坡屋面是后期翻新的彩钢板，并不是历史样式，排水组织也不合理，存在倒灌积水情况；三层上人平屋面

上经过多次修缮增加了许多构造层次，叠加的荷载造成结构变形，雨水从缝隙渗入到屋架以及屋面板中，木材长期处在潮湿环境中，纤维结构不断遭到破坏，力学性能慢慢下降。下弦是主要受力构件，在荷载和潮湿的双重作用下承载能力下降，腐朽断裂，屋面板被雨水浸泡后劣化加速。修缮时发现由于雨水渗漏造成木材含水率远超安全值，木质纤维发生水解反应，结构强度急剧衰减，形成了“漏水—潮湿—腐朽”的恶性循环，直到拆除施工打开吊顶才全面暴露出来，有些屋面板因为长期泡在水中已经丧失了承重能力。

（二）白蚁侵蚀加剧木质结构损伤

现场检查发现屋架、屋面板遭受严重的白蚁侵蚀痕迹，清理出不少白蚁窝，木材内部被蛀空造成结构损坏，砖木构造中木材自然材质易于吸引白蚁栖息，原建筑也许没有持久的白蚁防范措施或者传统防腐技艺随着时间流逝失去效力。屋面渗水引发潮湿环境给白蚁繁衍增添适宜温湿度条件，白蚁分泌出来的蚁酸会破坏木材细胞壁加快木质降解速度，白蚁啃咬木材纤维破坏了其连续性，使得屋架下弦这类重要构件的承载能力迅速下降，白蚁侵害具备隐蔽特性，早期损害不容易觉察到，致使损害逐渐累积到比较严重的情况，在拆除时才注意到有些部位已经形成了蜂窝状空洞，并且出现了贯通性的蛀道，与湿润一同作用加重木屋架腐烂和断裂危险，影响整体稳定性。

（三）节点连接失效加速腐朽蔓延

屋架存在局部脱榫、构件缺失的节点连接问题，原榫卯节点使用时间长了之后木材干缩湿胀缝隙变大、榫头与卯口咬合松动。节点松动后屋架受力不均匀，部分构件承受额外应力，加速木材疲劳和腐朽进程。缺失构件无法有效传递荷载，导致相邻构件负荷超限，在潮湿与荷载双重影响下，腐朽从节点向构件主体蔓延。施工中打开二层未保护部位吊顶才发现此类结构险情，表明节点劣化有隐蔽性特征。榫卯节点缝隙成为雨水渗透通道，潮湿环境加速木材腐朽进程，形成“节点失效—荷载失衡—木材腐朽”连锁反应，有些节点已经腐朽到构件截面三分之一以上，并且脱榫位置因受力不稳定产生振动现象，这会进一步促使木材纤维断裂并加重木屋架整体结构安全隐患。

四、腐朽修复施工技术及替换施工技术

（一）木构件分级修复与精准替换技术

对屋架下弦天平大料根据损伤程度分级处理，保留加固彩绘玻璃处两榀屋架。腐朽端部采用槽钢对穿加固，并将铁构件涂刷防锈漆后锚固桁架与木梁之间以保证受力稳定。整体替换①轴、④—⑤轴等严重腐朽的构件，使用同树种花旗松木制作成成品木梁，按照原尺寸进行加工，纹理走向保持一致。施工时先通过转换层墙面支点临时固定、木方安装、桁架拉结固定形成临时受力体系支撑间距通过荷载计算确定，再保护性凿除腐朽木梁浇筑混凝土梁垫并粉刷侧面，新梁就位校正垂直度及标高填充洞口至密实。全部过程对于上层屋架一直支撑，确保受力不变，待完成后再分阶段拆除临时支撑，达到结构安全和原真的效果。

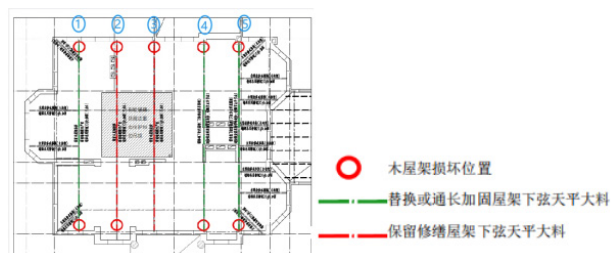


图2 天平大料加固要求

（二）屋面系统历史样式复原与防水强化技术

屋面翻新以恢复历史样式为主，渗漏问题同步解决。雨季施工搭设全覆盖临时雨棚，骨架钢丝绳，油布搭接长度不小于100厘米，避免雨水进入一层重保区。后期加建的彩钢板、多层构造拆除，受白蚁侵蚀劣化的屋面板清理，保留状况较好的部分，更换板材浸药处理。防水双层叠工法，第一道卷材沿屋面木望板坡度满粘，铺设保温后金属钉盘固定每平方米不少于6个点，白铁皮折边加固屋脊后第二道卷材粘贴。面层根据历史影像蓝灰色镀锌板，老虎窗与屋面交接处做泛水，预埋压条，安装降噪网布，逐块咬合铺贴镀锌板，最后扣盖密封，还原折坡屋面风貌的同时又通过双层防水提升耐久性。

（三）结构节点加固与防腐协同技术

针对屋架脱榫、构件缺失等节点问题，施工时清理节点腐朽木屑，修复加固后再用增设抱箍来加强连接韧性。麻丝混石膏窝帮填充缝隙，石膏与麻丝配比经三次试验确定最佳比例，确保粘结强度和柔韧性的平衡。受力关键节点增加L型铁件加固，铁件除锈后涂刷两道防锈漆，再通过膨胀螺栓将桁架固定到木梁上。结合白蚁防治做防腐处理，更换屋面板前使用氟虫腈类药剂全面喷洒，清理好蚁窝之后对新换木材涂抹渗透性防腐漆。节点处修复完封裂纹，在表面涂刷透明憎水剂，并定期检查节点密封情况，形成一个“清理—加固—防腐—监测”的循环技术体系，切断腐朽蔓延的路径。

五、施工难点及应对措施

（一）泥墙吊顶保护下的木搁栅加固

一层会客厅泥墙吊顶是文物重点保护区域，局部有掉落现象，必须在完全保留吊顶原有风貌的基础上，完成二层木搁栅的检查加固工作。泥墙吊顶由泥墙板条、麻丝石膏层和金箔漆花饰组成，材质疏松脆弱，轻微震动或受力不均就会导致整片掉落，木搁栅与吊顶的连接节点隐藏于结构内部，直接施工容易扰动吊顶基层，而且金箔漆花饰工艺独特，纹理和光泽极具历史价值，一旦损坏很难精准复原，加固过程中还要坚决防止对一层重保区顶面产生任何扰动。

应对措施：进场后立刻对吊顶实行全覆盖保护，用柔性泡沫垫贴合顶面，再搭设木方向上支撑体系，保证受力均衡，经由转换层墙面支点准确凿洞，装上木方并拉结固定桁架，创建起稳固的临时受力框架，从而保障搁栅加固时结构安全，针对松动节点穿孔绑扎铜丝加强连接，麻丝混合石膏窝帮填充缝隙，请专业

厂家翻模花饰，清除起壳涂层之后换掉劣化板条，基层满批纸筋灰，安装好石膏花饰以后分层刷底漆和金箔漆，要让新旧花饰细节与光泽完全相同。

（二）外立面覆盖层清除与原始饰面恢复

外立面宝瓶栏杆、门窗套、檐部花饰等历史装饰被后期真石漆、涂料大面积覆盖，原始混合砂浆饰面的质感和风貌受到严重破坏。各覆盖层与基层之间粘结强度存在明显差异性，高压水流清理时容易导致原浆脱落，低压冲洗又无法彻底清除残余涂层，装饰线条、阴阳角以及宝瓶造型复杂且精致，清除后缺损轮廓处的恢复要尽可能做到高度还原，误差需达到毫米级别，新做饰面所用砂浆材质和色泽很难完美匹配到原有的质感上，需要经过设计人员和专家反复讨论审定样品之后才能开始施工协调过程。

应对措施：先对覆盖部位均匀涂刷脱漆膏，待覆盖层完全软化后用低压水枪沿着纹理方向轻轻冲洗，将残余涂层清理干净且不损伤原基层。干燥后再采用与原始砂浆一样的材料手工逐个修补缺损轮廓，并反复修磨阴阳角及宝瓶等细节处直至平整光滑，根据设计要求制作多组砂浆饰面小样经专家确认后大面积施工，在南立面檐部花饰补好后刷水泥色并喷透明憎水剂封闭表面既保持了原有的砂浆自然质感又增强了饰面耐久性。

（三）木饰面浸水变形与沉降裂缝修缮

各个房间的木饰面因为长期浸泡水里，变形严重起翘，漆皮脱落，颜色深浅不一，影响外观协调性。房屋沉降导致木饰面局部开裂，拼接缝高低差最大处达到3mm，结构稳定性受影响。木饰面材质为老化柚木，弹性降低很多，强行矫正会容易造成板材断裂。新旧木饰面含水量不同，容易后期收缩开裂，而且原始漆面是硝基漆，新的油漆要与其相容不会分层或者有气泡，还要保证颜色在视觉上能整体统一起来，所以精度要求非常高。

应对措施：对变形的木饰面用木楔逐块加楔修整，慢慢撑起翘部分到平整状态。浸水严重的局部木饰面拆除保护，选择同产地柚木加工新板，新板进场后72小时恒温恒湿含水率平衡处理。拼接缝高低处腻子分两次捉嵌，砂纸纸细致打磨光滑。整体上色采用分层涂刷法，保证新旧自然过渡。最后分三次喷涂硝基面漆，每层干透轻磨一遍，防止气泡出现，利用局部更换与整体修色相结合的方法，使木饰面外观协调、结构稳定。

六、效果及经验

（一）项目效果

项目坚持“不改变文物原状”，做到文物建筑安全与历史风貌的双重保障，主体结构用木屋架加固、换屋架等技术手段来解决问题，腐朽、断裂等问题得到解决，结构稳定性明显改善。屋面翻新恢复折坡屋面的历史样式，双层防水彻底消除渗漏隐患，镀锌板面层和建筑风格相协调。外立面去除覆盖层之后，原始砂浆饰面及宝瓶栏杆等装饰得以复原，历史风貌重现。室内重点保护部位维护保养到位，泥墙吊顶、木饰面、彩色玻璃这些特色构件保存完好，金箔漆花饰修复质感统一。庭院地面铺装复原并更新给排水设备，使用舒适性提高，经由文保验收达到“重现风

貌、重塑功能”的目的。

（二）项目经验

项目推行“样品先行”，修缮前制作砂浆饰面、钛锌板等小样，经专家认可后施工，保证修复效果。结构修缮采取“先支撑再修复”的步骤，依靠转换层支撑体系约束施工对重保区的干扰，木屋架分级恢复技术协调安全和原真性，针对文保建筑特性，设备管线避开重保区，VRV 空调系统增强功能而不破坏风貌，成品保护贯穿始终，重点部位封闭管理与临时防护并用，削减施工损伤，创建多方协同机制，设计、监理、施工和专家密切交流，迅速处理改变问题，为砖木构造文物修缮给予可供参照的技术途径和管理模式。

七、结语

本研究经由盛宣怀住宅修缮项目系统的实践，形成了砖木结

构文物建筑木屋架腐朽修复的技术体系，以“不改变文物原状”为原则出发，准确识别出腐朽产生的原因，并且革新地运用分级修复、屋面复原以及节点防腐等技术，有效地化解了结构安全和历史风貌保持之间的主要矛盾，在该项目开展期间所取得的诸如“样品先行”，“先支撑后修复”，“多方协同”之类的体会表明这种途径具有科学性和可行性，传统工艺与现代科技有机结合乃是文物修理的关键部分，有关成果能够给同样类型的砖木构造文物修建物予以保护维修给予理论方面的参照及实际操作层面的经验借鉴，有益于让历史建筑物的文化意义得以长久流传下去。

参考文献

[1] 马杰, 石建光, 谢益人. 文物建筑结构修复加固中最小干预原则的实践 [J]. 古园林技术, 2025, (01): 11-15.
[2] 韦友贝. 文物建筑保护工程施工管理思考——以杨溪村古建筑修缮工程为例 [J]. 文物天地, 2024, (10): 4-8.
[3] 李万博, 苏海成, 吴川滨, 等. 文物建筑墙体加固施工方法及工程应用 [J]. 建筑技术, 2024, 55(13): 1566-1570.
[4] 朱杭. 基于可操作性的文物建筑修缮工程——以奉贤沈家花园主楼为例 [J]. 建筑技艺, 2022, (S1): 202-204.
[5] 覃华. 近代砖木文物建筑病害因素分析及修缮要点研究——以北海德国领事馆旧址维修工程为例 [J]. 文物天地, 2020, (03): 20-22.