

应用技术

编者按:西藏三大重点文物——布达拉宫、罗布林卡和萨迦寺保护维修工程,是党中央国务院第四次西藏工作座谈会确定的国家援藏重点项目,该工程历时9年。

由中国林科院木材工业研究所承担的防腐防虫工程是修缮工程的重点,共计处理木材7 012 m³,对有效防治三大文物木材腐朽和虫蛀,延长木材使用寿命,保护古建筑文物将起到重要的作用。本刊将分2期连载三大工程防腐防虫项目的总结,为古建筑木结构和文物保护提供重要的参考。

西藏三大重点文物木结构防腐防虫技术(二)

王平, 马星霞, 吕慧梅, 蒋明亮

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 木材干燥和防腐是古建筑维护中的重要措施,对西藏三大重点文物防腐工程中,各类木构件干燥防腐工艺、干燥防腐质量要求和质量控制措施等进行了总结,为古建筑木结构的维修和保护提供参考。

关键词: 古建筑; 木构件; 干燥; 含水率; 防腐处理

中图分类号: TU759; S782.31; S782.33; TS63 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2012)01-0051-04

Preservation of Wood Structure in Major Ancient Buildings in Tibet(Part II)

WANG Ping, MA Xing-xia, LV Hui-mei, JIANG Ming-liang

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

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Wood drying and preservative treatments were commonly used to improve durability of wood elements for ancient building maintenance. To provide basic knowledge and reference of wood protection and restoration for other ancient buildings, the authors summarized the processes, quality requirements, and quality controls of wood drying and preservation during restoration of three major buildings in Tibet.

Key words: ancient structure; wood elements; wood drying; moisture content; wood preservation

3 木材干燥

木材干燥是古建筑维护中必不可少的措施,更是工程质量的重要保证。未经干燥处理或干燥不达标的构件,易发生开裂、变形、腐朽、虫蛀及变色等缺陷^[12]。防腐处理前的木材含水率控制,是保证防腐

药剂渗透,以及木材防腐处理达标的重要措施;而防腐处理后木构件的含水率控制,则是防止处理材腐朽、虫蛀、开裂,保证其使用寿命的关键。

3.1 材料和方法

1) 材料

新锯解的木材剥皮后,加工成柱、梁、椽等木构件;经加压防腐、浸渍防腐处理后的木构件。

2) 设施

大型鼓风机;RC-2型木材含水率测定仪;露天气

收稿日期: 2011-05-31; 修稿日期: 2011-11-30

基金项目: 中央级公益性科研院所基金中国林科院新技术所基金(CAFTNT2011K04);西藏三大文物维修工程防腐防虫专项(2002木17)。

作者简介: 王平(1957—),男,中国林科院木材工业研究所高级工程师。

通讯作者: 马星霞,女,中国林科院木材工业研究所助理研究员,博士。

干场地(500 m²);气干棚(共 500 m²)。

3) 工艺

① 由于场地条件限制,防腐处理前的木构件采用自然干燥,露天堆垛,在阳光下气干 10~15 天。

② 木构件含水率检测达标后,进行防腐处理。

③ 防腐处理后的木构件在气干棚内堆垛,采用鼓风机加速干燥 10~15 天后,至含水率达标。

4) 含水率检测

首先根据 GB 50206-2002《木结构工程施工质量验收规范》规定的各类木构件的含水率标准要求,用木材含水率测定仪快速检查;达标后,再参照 GB/T 1931-1999《木材含水率测定方法》,测试木构件的准确含水率^[13]。

干燥前后,每种木构件随机选取 10 个试样,每个木构件上选取 3 点进行测定,取平均值。

3.2 结果与分析

木构件处理前及气干 10 天后的含水率,见表 2。

表 2 木构件气干 10 天后的含水率
Tab. 2 Moisture content of the wood elements
after air drying for 10-days

木构件 类型	平均含水率/%		
	气干前	气干后	GB 50206-2002 规定
木柱	61	26	≤25
木梁	65	29	
过木	42	25	
木椽	33	23	
木枋	31	23	≤20
门窗	29	20	
屋面板、地板等	30	18	≤15

从表 2 看出,干燥 10 天后,过木、木椽、木枋、门窗等的含水率均达到国标要求;但木柱、梁等较大木构件,及屋面板、地板等板材,仍未达到标准的要求。

改进措施为:依据各类木构件的尺寸,及国标对各种木构件含水率的不同要求,对规格较大、较难干燥的木柱、梁,及要求含水率较低的屋面板、地板等,采取延长气干时间的方法。检测结果显示,这些木构件在气干 15 天后,基本达到含水率要求。

如遇工期要求,含水率未达标的材料必须出厂,则要求施工队将这些木构件在工地堆垛放置,白天继续气干,晚上和雨天覆盖棚布。如果上架的木构件含水率仍不达标,则需下架继续气干,或者调用鼓风机吹风,加速干燥。

对于需要彩绘的木构件,为保证彩绘效果,须在木构件安装一年后,再进行彩绘等后期处理。彩绘前检查木构件,对已有裂纹的构件,需视干裂程度进行修补,甚至更换。

4 木材防腐防虫处理

根据 LY/T 1936-2005《防腐处理木材的使用分类和要求》规定,结合西藏三大文物的腐朽勘察结果和多年古建筑防腐实践,制定出维修工程木材防腐处理技术方案。

4.1 处理材料

1) 防腐设施

2002 年,在开工前对建于 90 年代初期的防腐厂进行了整修,作为西藏三大文物保护维修工程的木材防腐厂,也是世界海拔最高的木材防腐厂;同年,新建 1 座气干棚;随后几年里相继更换了加压泵和真空泵;维修了加压罐门等。

防腐加压罐长 8 m,直径 1.2 m;浸泡处理槽,分金属槽和水泥槽 2 种,长 3~5 m,宽 1.2 m,深 0.4 m,为防雨和保持药液清洁,上覆塑料布。

2) 防腐药剂

选择:① 氨(胺)溶性季铵铜防腐剂(ACQ),② 铜唑防腐剂(CuAz),③ 铜铬砷防腐剂(CCA),④ 二硼合剂(BB)。4 种药剂均为低毒高效,具备防腐和杀灭菌虫的双重功效,抗流失、持久性好;处理材可油漆;强度基本不变。在室内外建筑木材的防腐处理中广泛使用^[14-15]。

4.2 处理工艺

1) 加压处理

流程:编号→测量构件规格→含水率检测→称量、进罐→前真空→进药→加压→出药→后真空→出罐→称量→气干棚气干

加压处理法用于新制木构件的防腐处理,上述 4 种药剂均可使用。采用满细胞法,将木材放入压力罐中,通过加压使药液浸入木材,达到规定的吸收量和注入深度。各类木构件加压工艺的参数列于表 3。

2) 浸泡处理

适用于部分旧原木构件和小型新木构件的防腐处理。将木构件放入处理槽中,通过木材自身毛细管使药剂浸入木材内,采用 CCA 或 CuAz 两种药剂,处

表 3 各种木构件加压防腐处理工艺参数

Tab. 3 Treatment pressure and duration

木构件 类型	前真空		加压		后真空	
	压力/ MPa	时间/ min	压力/ MPa	时间/ min	压力/ MPa	时间/ min
木椽	0.08~0.1	15	1.0~1.2	30~90	0.08	15
木立柱	0.08~0.1	20	1.0~1.2	120	0.08	15
横梁	0.08~0.1	20	1.0~1.2	120	0.08	15
雀替	0.08~0.1	10	1.0~1.2	120	0.08	15
小径材	0.08~0.1	15	0.8~1.0	120	0.08	15
板材	0.08~0.1	10	0.8	10	0.08	10

注:木椽加压处理时间根据其厚度,分别为 30~90 分钟不等。

理完成后需进行气干。

依据木构件的大小、新旧和含水率不同,调整处理时间。栈棍、板材和小型原木构件浸泡 4~8 h,木椽等较大的原木构件和小型新木构件浸泡 8~12 h。

3) 喷淋、涂刷和注射处理

未落架的木构件以及不宜采用加压和浸泡处理的门窗和彩绘木构件,可使用喷淋、涂刷等表面处理方式。

由于门窗采用加压和浸泡处理易变形,因此 90%的门窗采用喷涂法处理。对虫蛀梁、枋和虫蛀雀替等不能落架的木构件进行注射处理;对彩绘木构件,仅在无彩绘的部分进行喷淋或涂刷,对被蛀的彩绘木构件,向虫孔内注射药剂,以避免污染文物。

对未达标的加压和浸泡处理的木构件,再进行表面喷涂;一些未落架的木构件的表面、端头和榫卯因腐朽虫蛀严重而被刨或锯掉,需对锯、刨后的表面进行喷涂,以确保其防腐性能达标。

喷淋或涂刷通常进行 3~4 遍,每遍间隔 1~2 h;根据虫眼大小,沿虫孔注射药剂至满,等药剂完全渗透后再次注射,通常一个虫孔需连续注射 3 次。

选择 ACQ、CCA 和 BB 三种防腐剂。为达到处理效果,使用高质量分数的药剂,如 3%的 ACQ 和 6%的 CCA,每遍施加药液 0.5 kg/m²。

4.3 质量检测

衡量各类木构件防腐处理质量的 2 项指标:①吸药量:指防腐材吸收防腐剂的量,采用称量法进行检测;②透入度:指防腐剂进入木材的深度,截取断面测量透入深度^[15]。

根据标准 LY/T 1936-2005 的要求,加压处理材的吸药量≥4 kg(干盐)/m³,边材的药剂透入度>整个边材厚度的 80%,心材透入深度需达到 5 mm;浸

泡处理材的吸药量≥3.5 kg(干盐)/m³,喷涂处理材吸药量为 1.5~2 kg(药液)/m²。

各批次处理材各选取 10 个样本,处理前先编号,测量其规格、含水率和质量,处理后再次称量并计算吸药量。

4.4 处理结果

三大工程共有 107 项维修和新建建筑的各类木构件的防腐处理,其中布达拉宫 43 项,罗布林卡 56 项,萨迦寺 8 项。

第一阶段,防腐处理木材(加压和现场表面处理)合计 5 704 m³,其中木椽 43 994 根(2 200 m³),栈棍、望板、门窗等 36 394 m²(约 1 820 m³),梁柱、雀替、飞子木等 1 684 m³;

第二阶段,加压处理木材 184 m³,现场表面处理木材 22 490 m²(约 1 124 m³)。

1) 加压处理

主要选用落叶松(西藏红松)、白松、沙棘木、林芝云杉、柏木和桦木,前 4 种用量较多,主要来自山南和林芝。落叶松属难浸注材,用落叶松制作的梁、柱、过木和雀替,吸药量为 2~3 kg(干盐)/m³,虽然未达到标准要求,但考虑到落叶松木材自身具有一定的防腐能力,再经防腐处理,防腐性能已有较大改善。

落叶松木椽用量较大,因落叶松边材易浸注,木椽外层边材吸药较多,故基本达标。其他 3 种木材属易浸注材,处理后吸药量均达到 4 kg(干盐)/m³。部分用量较大的木构件检测结果见表 4。

表 4 木构件加压防腐处理质量检查结果

Tab. 4 Preservative retention level and penetration after pressure treatment

试件 类型	树种	药剂 类别	添加 量/%	平均吸药量/ (kg·m ⁻³)	平均透入 度/%	质量 等级
木椽	落叶松		2	198		达标
横梁	白松	ACQ	2	201	边材 100	达标
木椽	沙棘木		2	257		达标
木椽	落叶松		3	168		达标
横梁	白松	CCA	3	194	边材 100	达标
木椽	云杉		3	165		达标

2) 浸泡处理

为方便施工,分别在布达拉宫、罗布林卡和萨迦寺设置多个处理点,每处放置 1~2 个处理槽,每 24 h 处理木材 2~3 m³,用于处理需要维修且可以拆卸下来的原木构件,处理量占现场处理总量的 80%,特别

是原木椽和旧木椽量比较大。

由于原木构件含水率较低(10%左右),木材吸药量较高,采用5%的CCA处理木椽,吸药量可达到70~80 kg(药液)/m³,基本达标。浸泡处理材质量检测结果见表5。

表5 木构件浸泡防腐处理质量检测结果

Tab. 5 Preservative retention level after dipping treatment

木构件类型	浸泡时间/h	吸药量/(kg·m ⁻³)	质量等级
木椽	12	70~80	达标
飞子木	12	70~80	达标
板材、栈板	6	90~120	达标
压条	6	80~100	达标

3) 喷淋、涂刷和注射处理

古建筑木构件含水率较低,所以易吸收药剂,喷涂处理后的木构件吸药量可达1.5~2 kg(药液)/m²,透入度达到1~2 mm,按照载药量核算,达到LY/T 1936-2005中的质量要求。

5 结论

1) 布达拉宫、罗布林卡和萨迦寺三大古建筑木结构经过历时9年的防腐处理维护工程,共处理木材

达7 012 m³;并建成完善了世界上海拔最高,也是唯一一座用于文物古建筑修缮的木材加压防腐厂。

2) 通过腐朽虫蛀勘测、标本采集、木腐菌和木材害虫种类鉴定,树种鉴定和力学性能测试,为制定三大古建筑维修工程保护方案,提供了科学依据。

3) 针对古建筑不同位置的木构件的特点,采用了多种药剂、以加压处理为主的多种处理方法的综合性防腐技术,并将新型环保木材防腐剂ACQ和CuAz用于工程中,且在施工中一直配有木材含水率和防腐处理质量的监测和检查机制,开创了我国正规古建筑修缮防腐处理完整的技术体系。

参考文献:

- [12] 张壁光. 促进我国木材干燥业发展的建议[J]. 木材工业, 2010, 24(4): 33-35.
- [13] GB/T 1931-1999, 木材含水率测定方法[S].
- [14] 王朝晖, 吴玉章, 费本华, 等. ACQ和CuAz防腐处理对木材力学性能的影响[J]. 木材工业, 2004, 18(3): 18-22.
- [15] 蒋明亮. 低毒防腐剂百毒清及铜制剂对木材尺寸稳定及力学性能的影响[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 107-110.

(责任编辑 张一萍、姜征)

(上接第34页)

- [12] 叶宪曾, 张新祥. 仪器分析教程[M]. 第二版. 北京: 北京大学出版社, 2007: 110-171, 400-424.
- [13] L Hua, Y C Chan, Y P Wu, et al. The determination of hexavalent chromium in electronic and electrical components and products to comply with RoHS regulations [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 163(2): 1360-1368.
- [14] S Balasubramanian, V Pugalenti. Determination of total chromium in tannery waste water by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, flame atomic absorption spectrometry and UV-visible spectrophotometric methods[J]. Talanta, 1999, 50(3): 457-467.
- [15] 曾利娟. 涂料中重金属的快速测定方法的研究[J]. 计量与测试技术, 2005, 32(8): 48-49.
- [16] 张新, 邹苗章. 能量色散X射线荧光光谱法测定聚合物中的镉、铅、汞、铬、镍[J]. 现代测量与实验管理, 2007, 15(5): 17-19.
- [17] 金献忠, 陈建国, 杭伟, 等. 低压微波消解-ICP-AES法测定聚氯乙烯塑料及其制品中的Pb、Cd、Cr和Hg[J]. 分析实验室, 2007, 26(8): 80-83.

- [18] 钟志光, 莫曼, 李浩杰, 等. 电感耦合等离子体发射光谱法同时测定涂料中的Pb、Cr、Cd、Hg[J]. 光谱实验室, 2003, 20(6): 848-851.
- [19] E Uhde, T Salthammer, R Marutzky, et al. Heavy metal content of wooden furniture coatings[J]. Toxicological & Environmental Chemistry, 2008, 53(1-4): 25-31.
- [20] 石玉平, 王永宁, 黄莉. 微波消解-电感耦合等离子体-质谱法测定塑料包装材料中痕量金属元素[J]. 分析仪器, 2007(2): 41-44.
- [21] 刘崇华, 曾嘉欣, 钟志光. 电感耦合等离子体发射光谱法测定塑料及其制品中铅、汞、铬、镉、钡、砷[J]. 检验检疫科学, 2007, 20(4): 32-35.
- [22] 柯以侃, 周心如, 王崇臣, 等. 化验员基本操作与实验技术[M]. 第一版. 北京: 化学工业出版社, 2008: 247-249, 467-471.
- [23] 张磊, 王晓艳, 李波. 微波消解技术在金属分析中的应用[J]. 光谱实验室, 2010, 27(3): 953-956.

(责任编辑 张一萍、姜征)

欢迎订阅 2012 年《木材工业》杂志, 邮发代号 2-311
全国各地邮局均可办理订阅, 也可联系本刊办理订阅