

木材防腐技术在山海关镇东楼 木结构中的应用

王平,姜笑梅,秦特夫,张厚培

(中国林科院木材工业研究所,北京 100091)

摘要: 针对山海关镇东楼木腐菌及木材害虫种类,采用多种药剂及处理方法,对木材进行防腐处理。经鉴定主要木构件树种为硬木松、软木松、落叶松和云杉类木材。防腐处理后的木材经检测其力学强度无明显变化。采用强制气干法干燥木材,简便易行。

关键词: 木材防腐;防腐剂

中图分类号: S782.33 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2000)04-0033-03

Application of Wood-preserving Technology on Wood-structure Building in Shanhaiguan Town

WANG Ping, JIANG Xiao-mei, QIN Te-fu, ZHANG Hou-pei

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract Having analyzed the types of wood decay and insect of the wood, the wood-structure has been treated by varied preservatives and treatment methods. The main species of wood components of the building are Hard Pine (*Pinus* spp. Subgen. *Diploxylon*), Soft Pine (*Pinus* spp. Subgen. *Haploxylon*), Larch (*Larix* spp.) and Spruce (*Picea* spp.). The test result showed that the mechanical strength of treated wood was not affected significantly by the methods of treatment. The forced air-drying method for treated timber is simple, easy and efficient.

Key words Wood-preserving; Preservative

山海关镇东楼又称天下第一关,已建成 300 多年,为全国重点文物保护单位。其建筑以木结构为承重主体,受各种自然及人为因素的影响,损害比较严重。1995 年山海关文物局委托中国林科院木材所对该建筑木结构的腐朽和虫害状况进行检查;并于 1998 年委托中国林科院木材所承担维修工程中木材防腐防虫项目。

1 使用技术与方法

1.1 木结构腐朽虫蛀检查

掌握木构件材质现状和破坏木材的菌虫种类,是制定防腐技术方案依据。检查内容及残损点评定参照 GB 50165-9《古建筑木结构维护与加固技术规范》(以下简称“古建筑规范”)中有关条款进行。

检查木材表层是否腐朽、虫蛀,测量木构件尺寸和腐朽、虫蛀部位的尺寸,确定腐朽、虫蛀种类及程度。使用生长锥检查内部材质;用 Pilodyn 和应力波计时仪检测木材强度,并以此作为判断木材腐朽程度的依据之一。强度等级分为:正常、降低、显著降低、强度丧失;木材相应分为健康、初腐、中腐、重腐。

1.2 木构件防腐防虫处理

对木构件进行防腐防虫处理,以不改变文物现状、维护其历史文物价值为原则,参照古建筑规范,并结合镇东楼的具体情形实施。

1.2.1 药剂 针对木材腐朽、虫蛀种类,选出 3 种药剂: 1) 以五氯酚为主成分的 OP-1 型高效菌虫防治剂,溶于轻质油,配制成 3% 浓度,木材处理后表面不结霜,不影响粘接强度。具有杀防双重作用和可靠耐久药效,用于处理与砌体或灰背部位接触の木构件。

收稿日期: 1999-08-10

作者简介: 王平(1957-),男,中国林科院木材工业研究所工程师。

2)以低毒硼类化合物为主成分的 WP-1木材防腐防虫剂,溶于水,处理浓度 10%,低毒高效,用于大木构件的热冷槽浸泡法处理,对于较湿木材也有较好的处理效果。3) WP-2木材防腐防虫剂,溶于水,处理浓度 10%,对人无毒,用于室内大、小木构件。这三种药剂的共同特点是:既防腐又防虫,药效持久,对木材渗透性强。进入木材后有效成分不分解、不挥发。药剂无色,对油漆和彩画无影响。处理后不降低木材力学强度。3种药剂均通过部级评审。

1.2.2 处理方法 1)热冷槽处理:所有新换木构件的防腐处理均采用此方法,所用药剂为 WP-1和 WP-2两种低毒硼类化合物。新建的热冷槽处理厂房备有两个 7 m 长的钢槽,并配有加热、吊装移动、药液循环、温度自控等系统。处理前将木构件按树种、规格,逐一编号、称重、测量尺寸、检测含水率。处理时将木构件先放入 85~ 90℃ 的热槽药液中,杀死木材内潜在木腐菌和虫卵,防止闷腐。同时木材内部形成温度梯度,有利于木材内的水分迁移,也可减少干燥过程中的开裂现象。热处理一段时间后迅速转移到 20~ 25℃ 的冷槽药液中。根据木构件吸收的药液量和药液透入深度决定处理时间。一般吸药量为 7~ 8 kg (干药) /m³,药液透入边材达 100%,心材超过 5 mm。处理完毕再称重计算吸药量。用生长锥取样,喷涂显色剂显示药液透入深度。合格后进行强制气干。2)涂刷、喷淋和钻孔滴注处理:为提高新更换木构件防腐抗蛀能力,在经过热冷槽处理和干燥后,再涂刷或喷淋 OP-1 药剂 2~ 3 遍,施药量 400~ 500 g /m²。对继续使用的原木构件,不管是否腐朽、虫蛀,均涂刷或喷淋兼有防治作用的 OP-1 药剂 3 遍,施药量为 600~ 800 g /m²,可长期抑制菌虫的侵害。为防止处理药液过快挥发而影响处理效果,处理完的木构件需用塑料布密封一段时间。在柱根、榫卯等易腐朽虫蛀部位钻孔,孔径 6 mm,每孔注入 OP-1 药液 500 g,滴注完毕钉入粘有环氧树脂的木钉密封。对有些上架后,其端头或榫卯又被切刨的木构件进行补救处理。

1.3 木材干燥
镇东楼维修正值冬季,采用在木材干燥厂房强制气干法,可比普通气干快一倍以上。经热冷槽处理后的木构件进入干燥厂房,合理堆垛。厂房内安装两台大型鼓风机,两台炉灶及火墙,保持室内温度高于 25℃。定时鼓风,控制风速 2 m /s。干燥期间,使用美国产 RC-2型含水率测定仪(检测范围 7%~ 70%)检测木构件含水率。每根木构件检测 3 点,深度 3 cm(板材厚度的 1/2)。按古建筑规范中规定,使用前梁、檩、柱等大木构件含水率不大于 20%。板材及各种小木构件不应高于当地平衡含水率。所有木构件安装完,再

进行全面检测。
1.4 木材性质检测与树种鉴定
检测项目为:气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度。根据古建筑规范中关于主要木构件修补或更换应鉴定其树种的规定,对镇东楼上、下檐柱、檩、角梁、承椽枋、踏脚木 6 种木构件共计取样 45 个,分别鉴定其树种类别。

2 结果与分析
2.1 菌、虫种类和危害特征
镇东楼墙内、屋檐、屋面、翼角等地方的木构件,如檐柱、檐檩、角梁、抱头梁、椽子、望板等普遍发生腐朽。柱根、柱檩梁枋间的连接部、各种榫卯和端头等关键部位严重腐朽,主要为褐色块状腐朽。木腐菌主要是卧孔菌 (*Poria placenta*) 和革 菌 (*Lenzites trabea*),还有少量白腐存在。分析原因,主要是这些地方阴暗潮湿或易受雨淋,木材含水率较高,适合木腐菌生长繁殖。10 根上檐柱柱根和 7 根角梁被严重蛀蚀,虫蛀情况分为 2 种:一是木材表面看似完好或有少量小虫眼,但内部被蛀很深,呈蜂窝状,虫道毗连交错,充塞极细虫粉,与梳角窃蠹 (*Ptilinus fusous*) 危害特征一致;二是表面虫眼稍大且多,内部被蛀呈片状,与木象鼻虫 (*Curculionidae*) 危害吻合。10 根上檐柱柱根全部腐朽,造成木柱悬空,失去承载作用,危及整体建筑。检测结果见表 1。

表 1 主要承重木构件腐朽虫蛀检查结果

Tab. 1 Decay and insect damage investigative results for the major bearing wood structures				
编号	构件种类	受检根数	严重腐朽虫蛀 /根	重腐(蛀)率 /%
1	上檐柱	10	10	100
2	下檐柱	10	8	80
3	承椽枋	10	6	60
4	檩	10	6	60
5	抱头梁	10	8	80
6	角梁	8	7	87.5

2.2 木材防腐处理结果与分析
采用热冷槽法处理各种新木构件 66 m³。喷淋、涂刷和滴注处理各种木构件 937 根,板材 590 m²。热冷槽处理结果见表 2。

表 2 热冷槽处理结果

Tab. 2 The results of hot-cold bath treatment				
木构件种类	规格	处理时间 h	吸药量 kg /m ³	透入度
				边材 心材
柱、檩、枋等	大型	48	5~ 6	100% > 5 mm
各种椽、角梁等	中、小型	24	7~ 8	100% > 5 mm
望板、地板		12	10	100% 100%

镇东楼维修用木材多为难处理的落叶松类,为达到防腐处理效果,采用较长处理时间。表 2 显示,中

小型木构件和板材分别经过 24 h和 12 h处理,吸药量和透入度均达到要求 大型木构件经过 48 h处理,透入度达到要求,吸药量 5~ 6 kg /m³,基本符合大型木构件吸药量要求 (大型木构件吸药量可适当降低)。

2.3 处理材的物理力学性质

为确定防腐处理对木材力学性质的影响,检测防腐处理材和未处理材的力学性质,并进行对比 结果见表 3~ 5

表 3 防腐处理木材的力学性质

Tab. 3 Mechanical properties of preserved wood

性能指标	样本数	平均值	标准差	变异系数 %
气干密度 /(g° cm ⁻³)	15	0. 593	0. 016	2. 727
抗弯强度 /M Pa	16	109. 1	7. 343	6. 733
抗弯弹性模量 /MPa	16	16168	2305	14. 26
顺纹抗压强度 /MPa	19	57. 4	2. 660	4. 63

表 4 未防腐处理木材 (对照) 的物理力学性质

Tab. 4 Mechanical properties of non-treated wood

性能指标	样本数	平均值	标准差	变异系数 %
气干密度 /(g° cm ⁻³)	13	0. 630	0. 033	5. 174
抗弯强度 /M Pa	16	110. 2	12. 909	11. 71
抗弯弹性模量 /MPa	16	15804	4002	25. 32
顺纹抗压强度 /MPa	17	57. 2	6. 417	11. 22

表 5 防腐处理与对照材物理力学性质差异的方差分析

Tab. 5 Variance analysis results of diversity on the mechanical properties of wood

性质	离差来源	自由度	离差平方和	均方	F值	显著性
密度	组间	1	0. 0095	0. 0095	15. 13	显著
	组内	26	0. 0164	0. 00063		
	合计	27	0. 0259			
顺纹抗压强度	组间	1	0. 531	0. 531	0. 02	不显著
	组内	34	786. 1	23. 12		
	合计	35	786. 6			
抗弯强度	组间	1	10. 25	10. 25	0. 09	不显著
	组内	30	3308. 4	110. 28		
	合计	31	3318. 7			
抗弯弹性模量	组间	1	1. 059	1. 059	0. 10	不显著
	组内	30	319. 99	10. 666		
	合计	31	321. 05			

检测结果表明,防腐处理对木材密度影响显著,但对木材顺纹抗压、抗弯强度、弹性模量影响不显著。造成木材密度下降的主要原因是松木类木材在经热槽高温浸煮过程中,一部分木材抽出物被抽出,使木材密度降低

2.4 木材含水率

部分新换木构件含水率检测结果见表 6
维修使用的木材部分购于几年前,含水率为 25% ~ 30% 之间,另一部分为新购材,含水率为 35% 以上,有些高达 50% ~ 70%。表 6显示,木构件经强制气干后,含水率普遍比干燥前下降了 10% ~ 15%。望板的含水率接近当地 12% 的平衡含水率 大部分

表 6 部分新换木构件含水率

Tab. 6 Moisture contents of some replaced wood structural components

木构件名称	木构件含水率 %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
干燥前上檐柱	51	48	49	41	28	43	30	35	29	26
下檐柱			25	57	33	28	24	31	28	30
望板	23	25	20	28	26	26	28	23	19	30
干燥后上檐柱	37	33	36	30	18	31	20	24	20	18
下檐柱			17	32	21	16	18	20	18	20
望板	12	14	11	13	15	12	13	14	11	16

上檐柱和下檐柱的含水率达到古建规范要求,少部分檐柱含水率指标未达标,主要原因是这部分木构件多为新购落叶松材,含水率较高且难干燥,加之工期紧,短时间内含水率难以达到规范要求 这种情况在其它较大木构件,如承椽枋、檩、角梁中也都存在。根据实际情况,施工过程中采取了以下措施: 1) 墙内柱留有通风口,以免今后发生闷腐; 2) 对需要油漆或彩绘的木结构,需在含水率达到规范要求后再进行。

2.5 木材树种鉴定

经鉴定,45块试样分属云杉、硬木松、软木松、落叶松 4类木材。

3 结语

1)镇东楼木构件的木材树种分属云杉、硬木松、软木松、落叶松 4类,木腐菌主要为多孔菌和革菌属,木材害虫为梳角窃蠹和木象鼻虫。采用 WP-1 WP-2 热冷槽处理后,木构件的防腐防虫有效期预计可达 30年以上;防腐处理后木材力学性质无明显改变

2)本项目是继西藏布达拉宫、青海塔尔寺之后,又一规模较大国家重点文物保护单位古建防腐项目,项目具有以下特点:

(1)镇东楼木材防腐技术制定和实施,系根据我所多年研究成果及以往参加大古建维修工程的经验,结合镇东楼的具体情况,并参照古建规范的要求而制定,具有科学性、针对性和可操作性

(2)除常规木材腐朽虫蛀检查方法外,首次使用了瑞典产 Pilodyn和应力波计时仪,对木材强度进行测定,从定性和定量两个方面对比评定,使木材腐朽检查更准确,增加了该项目的科技含量,也为今后木材腐朽检查增加了新的方法

(3)增加了防腐木材力学性质检测和木构件树种鉴定两项内容

参考文献:

[1] 成俊卿. 木材学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
[2] 张厚培,王平. 塔尔寺古建筑木结构腐朽虫害和防护处理 [J]. 木材工业, 1995, 9(2): 34~ 36.
[3] GB 50165-92古建筑木结构维护与加固技术规范 [Z]. 北京: 中国标准出版社.