

## 徽州古建筑木结构构件防护处理

武 恒<sup>1</sup>, 孔俊伟<sup>1</sup>, 黄 贇<sup>2</sup>, 江馥杉<sup>1</sup>, 王传贵<sup>1\*</sup>

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036; 2. 安徽中澳科技职业学院, 合肥 340100)

**摘 要:** 以安徽徽州地区古建筑木结构构件为研究对象, 采用新型配制的联合防腐阻燃药剂, 对试件进行常压浸渍处理和真空加压处理, 研究了处理工艺对其载药量、阻燃性能、耐候性能的影响, 结果表明: (1) 经加压浸渍处理的试件载药量较常压浸渍处理方法载药量提高约为 1.5~3.0 倍; (2) 经常压浸渍处理的试件阻燃性氧浓度值较未处理组提高约为 5%, 经加压浸渍处理的试件阻燃性氧浓度值较未处理组提高 11% 左右; (3) 未处理组平均质量损失约为经常压浸渍处理的 1.20 倍, 是加压浸渍处理的试件质量损失的 4.02 倍。真空加压浸渍较常压浸渍处理各项性能指标均有所提高。

**关键词:** 古建筑木质结构; 联合处理; 处理方法; 防护性能

中图分类号: S782.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)03-0383-04

### Preservative treatment of wooden structural components on the ancient architecture in Huizhou

WU Heng<sup>1</sup>, KONG Junwei<sup>1</sup>, HUANG Yun<sup>2</sup>, JIANG Fushan<sup>1</sup>, WANG Chuangui<sup>1</sup>

(1. School of Forestry & Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Anhui ZHONG-AO Institute Technology, Hefei 340100)

**Abstract:** In this article, wood structural components on the ancient architecture in Huizhou were treated with a new preservative compound that has the function to prevent corrosion and retard flaming combined with impregnation treatments under the normal pressure or vacuum pressure condition. The influences of the treatment process on the compound loading, flame-retardant property, and weather-shield durability were analyzed. Results showed that: (1) The loading capacity of the tested samples treated with impregnation under vacuum pressure was 1.5-3.0 times higher than that under normal pressure; (2) The flame retardant oxygen concentrations under impregnation treatments under the atmospheric pressure and a higher pressure increased about 5% and 11%, respectively compared with the control group; (3) The average mass loss in the control group was about 1.20 and 4.02 times of the impregnation treatment under the normal and vacuum pressure, respectively. The performance indexes of the tested samples with impregnation treatment under the vacuum pressure obviously improved compared to those in the impregnation treatment under the normal pressure.

**Key words:** ancient building wooden structure ; combined treatment; treatment method; protective performance

位于安徽南部的徽州地区不仅山美水秀, 更以遗存众多的古建筑而闻名于世。徽州古建筑高超的营造技艺以及科学合理的结构形式对于我国现代建筑技术与设计思维的发展有着较大的参考价值与借鉴意义。然而随着历史的变迁、岁月的流逝, 遗存的木结构古建筑中有很大大一部分都面临着年久失修、腐朽和虫蛀等诸多问题<sup>[1-2]</sup>, 因此对于古建筑木

结构部分进行防护与维修, 具有十分重要现实意义。

已有研究表明: 依据古建筑木结构构件的情况不同, 防护处理一般采用水溶性和油溶性复合配方药剂进行综合防腐、防虫、防霉处理, 如 CCA 水溶性防腐剂和 TBTO 有机溶剂型防腐剂等。处理的方法多采用表面涂刷、滴注、喷淋和注射等方法。在修复过程中, 对于一些新的木构件由于含水率不

收稿日期: 2016-01-12

基金项目: 2014 年安徽省属社会公益类科研机构专项资金项目 (2014YS003) 资助。

作者简介: 武 恒, 副教授。E-mail: wulang909@163.com

\* 通信作者: 王传贵, 教授。E-mail: 15055196968@163.com

达标, 往往采用热冷槽处理法, 增加药液的透入深度, 加速内部水分的迁移和蒸发, 达到防腐防虫的效果<sup>[3-5]</sup>。采用诸如此类的方法好处是施工方便, 易于现场操作, 不足之处是药液的均匀性与渗透深度有限。

鉴于上述原因, 笔者在研究了 ACQ 防腐剂与阻燃添加剂氯化钠联合配方的同时, 通过常压浸渍与加压浸渍的不同方法进行防护处理, 通过试验, 考察不同处理方法对其载药量、阻燃性和耐候性的影响, 以期为古建筑木结构构件的防护提供技术依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

**1.1.1 试材** 试材采集于安徽歙县、江西婺源, 为清代古民宅建筑木结构构件。主要材种有香樟 (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook)。根据原料的不同制成规格不同的 7 组试件, 每组 18 个试件(6 个未处理, 6 个常压浸渍处理, 6 个加压浸渍处理)。1~4 组为杉木材质(长×宽×高) 50 mm×30 mm×10 mm, 5~7 组为香樟材质(长×宽×高) 50 mm×20 mm×20 mm, 本实验为各组内试件不同处理方式的对比。

**1.1.2 药剂配置** 试剂: 试验取 50 mL 的 ACQ 防腐剂作为主剂, 市售。质量为 50 g; 阻燃剂: 将 20 g 氯化钠粉末溶于 ACQ 防腐剂中充分溶解, 搅拌均匀后备用; 由于常压冷热槽法处理和真空泵加压浸渍处理试件时所需的药剂量较大, 故所用药剂均采用质量比 ACQ:氯化钠=5:1, 配制药剂。

**1.1.3 试验设备** HC-2C 氧指数浓度测定仪; DR4000 日晒气候箱; HH-4 数显恒温水浴锅; DL91150 电子数显卡尺; JA2003N 分析天平; 真空泵。

### 1.2 方法与检测

**1.2.1 常压浸渍** 采用水浴加热的方式, 将配置好的药剂加热至 60℃, 取出待用试件放入药剂中, 用玻璃棒和重物将试件完全浸渍在药剂液面以下。持续水浴加热 2 h, 取出试件在室温条件下自然气干至气干含水率。

**1.2.2 加压浸渍** 将需要处理的试件放入真空罐, 密闭、抽真空至 0.08 MPA, 维持 0.08 MPA 压力不变 15 min, 向真空泵中注入处理药剂, 缓慢升压, 升压至 1.0 MPA 保持压力 2 h。缓慢泄压, 再次抽真空至 0.08 MPA 保压 15 min, 泄压去真空。取出试件, 室温自然状态下气干至气干含水率。

**1.2.3 载药量检测与分析** 利用分析天平, 分别称量处理前与处理后的试件质量计算差值, 再取每组试件的平均载药质量。根据树种不同以及试验材料的差异, 共制作了 7 组(1~4 组为杉木, 5~7 组为香樟) 试样。经常压浸渍与加压浸渍处理, 每组平均载药量见表 1 和表 2。

**1.2.4 阻燃性检测** 在规定的试验条件下, 测定刚好维持试样燃烧所需的最低氧浓度, 参照标准 GB/T2406-1993, 采用 HC-2C 氧浓度测定仪。

**1.2.5 耐候性检测** 参照标准 GB/T8427 (GB/T14576 ISO105-B02), 模拟木材在较高室内温湿度环境下的使用特性, 紫外功率 4 kW, 加热功率 2 kW, 加湿功率 4 kW, 相对湿度 90%, 处理时间 300 h, 温度变化幅度 45℃。然后进行质量损失计量。

木材老化相关因素有: 太阳光辐射(特别是紫外线辐射)、潮气(雨雪)、温度和大气中包含的氧气及污染性气体(如二氧化硫、二氧化氮), 其中太阳辐射被认为是最有破坏力的因素。本试验参照标准(GB/T8427(GB/T14576 ISO105-B02))自主探索了新的试验条件和拟定了新的参数, 模拟在严苛环境(表 4)气候条件下, 检测被处理试件的耐候性能。

## 2 结果与分析

### 2.1 载药量的分析

根据表 1 和表 2 可知, 不同树种的木材试件(杉木、香樟)常压和加压浸渍药剂的载药量的不同, 应与不同树种木材密度的大小有关系, 主要表现为: 木材密度越大载药量越低, 木材的孔隙率越大载药量越高。在 2 种浸渍处理条件下, 杉木的平均载药量总体趋势比香樟木要大。同种木材载药量的不同可能是受木材心、边材的影响; 在对密度较大的木材进行处理时, 需要适当增长处理的时间, 以达到增强效果的目的<sup>[6]</sup>。

表 1 常压浸渍处理的平均载药量

Table 1 Average drug loading in the process of impregnation at atmospheric pressure

项目 Item	编号 Number						
	1	2	3	4	5	6	7
平均载药量/g Average drug loading	37.9	7.20	18.15	25.5	4.50	5.95	9.05

表 2 加压浸渍处理的平均载药量

Table 2 Average drug loading in the process of impregnation at high pressure

项目 Item	编号 Number						
	1	2	3	4	5	6	7
平均载药量/g Average drug loading	49.5	11.45	23.90	37.35	9.35	18.4	10.8

表 3 阻燃性能的分析

Table 3 Analysis of flame retardant

方法 Method	编号 Number	氧浓度/% Oxygen concentration	燃烧时间 T/s Burning time	燃烧长度 L/mm Burning length	是否着火 Inflame
加压 High pressure	1	37.4	10	-	O
	2	35.0	20	-	O
	3	40.0	-	> 50	X
	4	37.5	25	-	O
	5	42.0	-	> 50	X
	6	33.0	5	-	O
常压 Normal pressure	1	34.2	> 180	< 50	X
	2	30.2	35	-	O
	3	34.4	120	-	O
	4	35.7	49	-	O
	5	36.0	-	> 50	X
	6	33.0	30	-	O
未处理 Untreated	1	29.2	-	> 50	X
	2	22.4	25	-	O
	3	24.5	28	-	O
	4	28.3	35	-	X
	5	26.0	33	-	O
	6	29.2	-	> 50	X

注: 其中 3 min 内燃烧长度大于 50 mm, 或者持续燃烧时间大于 180 s 记为可持续燃烧 (表中 X 表示点着持续燃烧, O 表示熄灭)。

Note: Sustainable burning refers to burning length being more than 50 mm, or sustained combustion time being over 180 s (X means sustained combustion after burning, and O means crushing out).

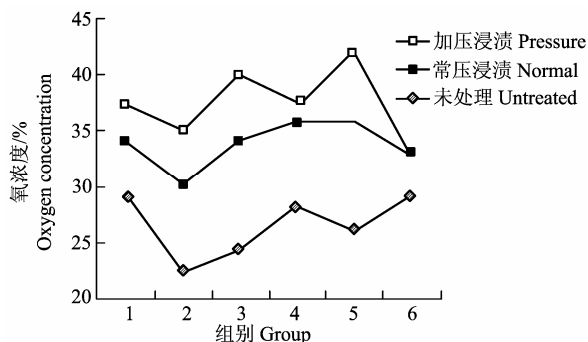


图 1 不同处理方式的可燃需要氧浓度对比

Figure 1 Comparison of oxygen concentration in different treatment modes

## 2.2 阻燃性能的分析

不同的浸渍方法 (表 1 和表 2), 对于同种试材加工成的试件来说, 具有不同的载药量, 对于阻燃效果的影响, 理论上也应是不同的。以其中第 7 组

试样为例 (6 个未处理, 6 个常压浸渍处理, 6 个加压浸渍处理), 采用 HC-2C 氧浓度测定仪进行阻燃试验, 以未处理组试件为探索基础, 测定氧浓度从高到底或从低到高先锁定在一定的范围内, 再用二分法渐渐缩小精确氧浓度的区间, 确定区间范围。分别记录常压、加压及未处理组可燃需要的氧浓度。具体试验结果如表 3。

针对试验进行分析, 结果如图 1 所示。可以看出, 未处理组的平均氧浓度为 26%, 最高氧浓度约 29.2%; 常压浸渍处理的平均氧浓度为 34%, 最高氧浓度约 36%; 加压浸渍处理的平均氧浓度为 37%。最高氧浓度为 40%。经过常压与加压浸渍处理后的试件与未处理试件相比较阻燃性有所提高, 其中加压浸渍处理的试件阻燃性能最优; 表中常压浸渍的试件与未处理试件比较, 在氧浓度提高的情况下, 燃烧时间有所增加, 究其原因, 笔者查阅了相

关文献<sup>[7]</sup>,依据文献显示,经过阻燃处理后的木材内部温度变化分为物理变化和化学变化两个过程,未经处理的木材内部升温较快,而经过阻燃处理的木材升温较慢,由于两者的温度拐点不同,可能是造成这种现象的主要原因。

### 2.3 耐候性能的分析

对处理后的试件进行比对结果如表 5。

表 4 试验条件  
Table 4 Experiment condition

项目 Item	条件 Condition
紫外功率 UV power	4 kW
加热功率 Heating power	2 kW
加湿功率 Wetting power	4 kW
相对湿度 Relative humidity	90%
处理时间 Processing time	48 h
温度变化范围 Temperature range	45℃

表 5 试验结果  
Table 5 Experiment result

项目 Item	平均质量损失/g Average mass loss
未处理 Untreated	0.945
常压浸渍 Impregnation at normal pressure	0.783
加压浸渍 Impregnation at high pressure	0.235

由表 5 可见,经过常压浸渍与加压浸渍处理后的试件在耐候性试验中与未处理组对照,平均质量损失均有所降低,其中加压浸渍处理的试件平均质量损失最小,耐候性能最为显著。

## 3 结论

经加压浸渍处理的试件载药量较常压浸渍处理方法载药量提高约为 1.5~3.0 倍。

经常压浸渍处理的试件阻燃性氧浓度值较未处理组提高约为 5%,经加压浸渍处理的试件阻燃性氧浓度值较未处理组提高 11% 左右。

未处理组试件平均质量损失约为常压浸渍处理的 1.20 倍,加压浸渍处理的 4.02 倍。

试验表明,采用联合药剂处理的木结构试件具有显著的阻燃性与耐候性,针对徽州古建筑木结构构件在迁建过程中,进行联合药剂防护处理是一种有效的保护手段。

## 参考文献:

- [1] 胡小红. 我国古建筑旅游资源的保护和开发研究[J]. 法制与社会, 2006(12): 230-232.
- [2] 王鲲, 赵静. 木材防腐技术在古建筑保护中的应用[J]. 上海建材, 2006(3): 21-23.
- [3] 王巍. “美丽上海项目”古民居建筑木结构现场防腐施工技术[J]. 建筑施工, 2011(12): 1124-1125.
- [4] 刘秀英, 陈允适. 从兴国寺防腐防虫处理探讨古建筑木结构的保护问题[J]. 古建筑园林技术, 2003(4): 44-47.
- [5] 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, 2(9): 34-36.
- [6] 刘大可. 中国古建筑修建施工工艺[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [7] 罗文圣, 赵广杰, 任强. 阻燃处理木材燃烧及温度变化过程的研究[C]//中国建筑学会建筑防火综合技术分会第三届理事会成立会. 2002.