

应用技术

酚醛树脂改性处理对人工林轻木性能的影响

谢序勤, 邱坚, 李君

(西南林业大学材料工程学院; 云南省木材胶黏剂及胶合制品重点实验室, 云南昆明 650224)

摘要: 为了拓宽人工林轻木的应用领域,以酚醛树脂为处理液,分别采用常压、负压-负压浸渍法处理轻木。试样的性能检测结果显示:与对照材相比,处理试样的增重率、硬度及顺纹抗压强度均增加,尺寸稳定性改善。

关键词: 轻木; 酚醛树脂; 浸渍工艺; 性能

中图分类号: TS652

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2014)03-0049-04

Effect of Phenol-Formaldehyde Resin Modified on Properties of *Ochroma Lagopus* Wood

XIE Xu-qin, QIU Jian, LI Jun

(College of Materials Engineering, Southwest Forestry University;

Yunnan Key Laboratory of Wood Adhesives and Glue Products, Kunming 650224, Yunnan, China)

轻木(*Ochroma lagopus*)属木棉科轻木属,是世界上最轻的树种,气干密度仅 $0.1\sim 0.2\text{ g/cm}^3$,原产于热带美洲,在我国主要分布于海南、广西、台湾地区,5年即可成材,树高可达15 m,胸径30 cm,平均蓄积量达 $400\text{ m}^3/\text{hm}^2$,目前已在云南、广东、福建等地区试种成功并推广种植,仅云南西双版纳地区种植面积就超过 667 hm^2 [1]。

轻木是隔声、隔热、防震的优良材料,亦可用于夹芯结构板材的芯层材料。但是轻木的强度低、尺寸稳定性和耐腐性能较差等问题,限制了其应用范围。笔者前期进行的轻木改性研究表明[2],脲醛树脂虽可以改善轻木的物理力学性能,但由于脲醛树脂分子量较大,需对轻木进行预处理才能提高浸渍效果;脲醛树脂的自身性能,决定了改性材不能满足室外条件下长期使用的要求。为了扩大轻木的应用领域,需探索新的改性剂。

酚醛(PF)树脂的耐候性良好,价格经济,多用于

室外材的胶合及改性处理,且有研究表明,低分子量PF树脂处理,对提高木材的力学性能、尺寸稳定性及抗生物劣化性等效果较优[3-5]。基于此,笔者尝试采用水溶性低分子量PF树脂对轻木进行浸渍处理,并测试其性能,旨在为扩大人工林轻木的应用领域提供技术支撑,同时也为密度和力学性能与轻木相近的古木文物保护提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 轻木,采自云南西双版纳地区人工林,自然气干,含水率约8%。试材(取自树木的1.3 m以下)外观无明显缺陷,参照GB/T 1929-2009《木材物理力学试材锯解及试样截取方法》,制成3种规格试样(长×宽×厚):① $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 20\text{ mm}$;② $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 30\text{ mm}$;③ $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}\times 70\text{ mm}$ 。

2) 水溶性低分子酚醛(PF)树脂,自制,固体含量45%,黏度 $25\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 。

1.2 试验装置

循环水式真空泵;压力真空浸渍罐;电热恒温鼓风干燥箱;万能力学试验机;扫描电子显微镜等。

收稿日期: 2013-09-20; 修改日期: 2014-04-09

基金项目: 云南省社会发展项目“剑川海门口遗址木质文物保护关键技术研究与应用”(2011CA020)。

作者简介: 谢序勤(1988—),女,西南林业大学硕士研究生。

责任作者: 邱坚,男,西南林业大学教授,博士生导师。

1.3 试验方法

为了探究较优的浸渍改性工艺,本试验设定 2 种浸渍处理法:

1) 常压浸渍工艺 主要考察 PF 树脂的质量分数和浸渍时间对改性效果的影响。根据前期试验结果,先将试样置于 105 ℃下干燥 10 h,然后进行常温常压浸渍。

PF 树脂的质量分数分别设为 10%、20%、30%。考虑到轻木的密度非常低,通过延长浸渍时间以获得较大的增重率;由于该工艺将为古木的浸渍处理提供参考,根据已有的古木浸渍研究,常压浸渍需 1 个月左右,因此,浸渍时间分别设为 10、20 d。

处理完成后,试样先自然干燥 24 h,再分别在 40 ℃下干燥 24 h,60 ℃下干燥 24 h,最后在 80 ℃下干燥至恒重取出。

2) 负压-负压浸渍工艺 在常压浸渍处理工艺基础上,确定 PF 树脂溶液的质量分数为 30%,进一步考察第 2 次负压浸渍时间对改性效果的影响。试样在 105 ℃下干燥 10 h,将干燥后的试件抽真空,真空度达 0.07 MPa,注入树脂溶液。

依据预试验结果,第 1 次负压浸渍时间设定为 20 min,保持真空状态,将真空度调整至 0.05 MPa;第 2 次负压下浸渍时间分别设定为 20、40、60、120、180 和 240 min,最后对浸渍试样进行干燥。

1.4 性能检测

1) 称量处理试样的质量,并计算增重率(WPG)。

2) 参照 GB/T 1934.2-2009《木材湿胀性测定方法》测定试样的抗胀率(ASE)和阻湿率(MEE)。

3) 参照 GB/T 1941-2009《木材硬度试验方法》测定试样的硬度。

4) 参照 GB/T 1935-2009《木材顺纹抗压强度试验方法》测定试样的顺纹抗压强度。

5) 用扫描电镜观察

改性轻木横切面和径切面的微观结构,及 PF 树脂在木材中的分布情况。

2 结果与分析

经两种浸渍工艺改性处理后,轻木试样的性能检测结果列于表 1。

2.1 处理材的增重率

由表 1 看出,在常压下,当质量分数不变时,浸渍时间对试样的增重率影响不显著;浸渍时间不变时,随着处理液质量分数的增加,试样的增重率呈上升趋势。

在负压-负压浸渍条件下,树脂质量分数一定,浸渍时间延长,试样增重率增大;浸渍时间>120 min 时,增重率趋于稳定。

其原因在于轻木密度低,内部结构疏松,有利于树脂的进入,在短时间内就可达到较大的浸渍量。随着浸渍时间的延长,木材孔隙内外的压力逐渐趋于平衡;同时,由于水分子直径比胶液粒径小,水分子更易进入木材内部,随着浸渍时间延长树脂溶液中的水分逐渐减少,黏度增加,导致进入木材内部的树脂减少,增重率的增长速度减慢^[6]。

2.2 处理材的尺寸稳定性

如表 1 所示,浸渍处理材的抗胀率 ASE 和阻湿率 MEE 提高,尺寸稳定性明显改善。主要原因是 PF 树脂分子量小,可以渗入到细胞壁中,PF 树脂自身发生的交联反应,及其与木材间发生的接枝反应,

表 1 改性处理轻木试样的物理力学性能

Tab. 1 Physical and mechanical properties of treated samples

处理工艺	因素		WPG/ %	ASE/ %	MEE/ %	增加率/%(单位增重率下)		
	时间	质量 分数/%				端面硬度	径面硬度	顺纹抗压强度
对照材			—	—	—	—	—	—
常压浸渍	10 d	10	37.50	45.70	47.50	1.90	1.47	0.63
		20	87.50	34.20	45.70	0.85	0.64	0.69
		30	118.80	47.30	50.20	0.79	0.81	0.52
	20 d	10	62.50	45.20	46.30	0.76	0.81	0.31
		20	87.50	40.60	44.30	0.56	0.60	0.65
		30	106.30	42.30	46.30	0.60	0.59	0.56
负压-负压 浸渍	20 min	30	39.20	41.70	40.30	1.34	0.87	0.51
	40 min		40.20	47.20	49.20	1.42	0.93	1.49
	60 min		37.00	46.20	41.80	1.38	0.88	1.48
	120 min		56.20	42.50	40.20	1.14	0.68	1.01
	180 min		59.10	41.80	41.40	1.18	0.72	0.97
	240 min		61.30	40.40	40.50	1.12	0.69	1.07

使处理材具有一定的疏水性^[7]；固化的PF树脂对木材孔隙的填充，亦减少了处理材对水分的吸收^[8]。

ASE和MEE与树脂质量分数和浸渍时间不呈线性关系。原因是提高木材阻湿、抗胀性能的主要是浸入细胞壁内的树脂，而木材细胞壁对PF树脂的吸收量是一定的，过量的树脂仅填充于细胞腔内^[4]。

与常压浸渍工艺相比，达到相同的尺寸稳定性，负压-负压工艺所需的处理时间大大缩短，有利于工业化生产。

2.3 处理材的力学性能

图1为两种浸渍工艺处理材的端面硬度、径面硬度和顺纹抗压强度的检测结果。

1) 硬度

由图1a和b可知，常温常压浸渍时，在同一质量分数下，浸渍时间对试样端面硬度略有影响，径面硬度变化不大；浸渍时间一定时，随着树脂溶液质量分数的增加，试样的端面硬度和径面硬度均缓慢增大。

在负压-负压浸渍条件下，与对照材相比，处理试样的端面硬度和径面硬度在浸渍20~40 min内快速增加，随着浸渍时间继续延长，处理试样的硬度逐渐趋于平稳。

分析原因，随着浸入试样的树脂量增加，树脂固

化后，木材密度增大，有利于提高木材硬度。当树脂吸收达到饱和时，延长浸渍时间，试样硬度增加不明显。

2) 顺纹抗压强度

图1c显示，在常压下，当PF树脂质量分数一定时，随着浸渍时间的延长，试样顺纹抗压强度的变化不明显；随着PF树脂质量分数的增加，常压浸渍试样的顺纹抗压强度先大幅增加然后趋缓。主要是因为顺纹抗压强度与试样密度密切相关，随着PF树脂质量分数增加，试样增重率增幅逐渐减小，导致其密度增加趋缓。

图1d表明，在负压-负压浸渍条件下，随着处理时间的延长，试样顺纹抗压强度基本呈先增大后趋于稳定的变化趋势，与硬度变化的机理相同。

2种浸渍工艺条件下，当增重率在40%左右时，单位增重率下的端面硬度、径面硬度和顺纹抗压强度增加率均较高。分析原因，主要是在负压-负压浸渍条件下，PF树脂组分极易进入细胞腔甚至细胞壁中起充胀作用，在细胞壁及树脂间形成网状交联结构，对试样的力学性能起到增强作用^[9-10]。当进入木材细胞壁的PF树脂达到极限时，过量的树脂填充仅充于细胞腔，对木材的力学强度贡献较小。

综上所述，从浸渍效率和改性效果角度分析，负压-负压改性工艺优于常压浸渍工艺，且较优的工艺参数为：PF树脂质量分数30%，第2次负压浸渍时间40 min。

2.4 处理材的微观结构

采用负压-负压浸渍工艺改性处理试样的微观结构见图2。

从图2看出，树脂在试样中主要分布在导管内，射线细胞和与木射线邻近的木纤维内，导管壁纹孔口附近存在聚合物颗粒物。这是因为轻木导管上的纹孔非常发达，几乎分布于整个导管，为树脂在轻木内的渗透提供了有利条件。

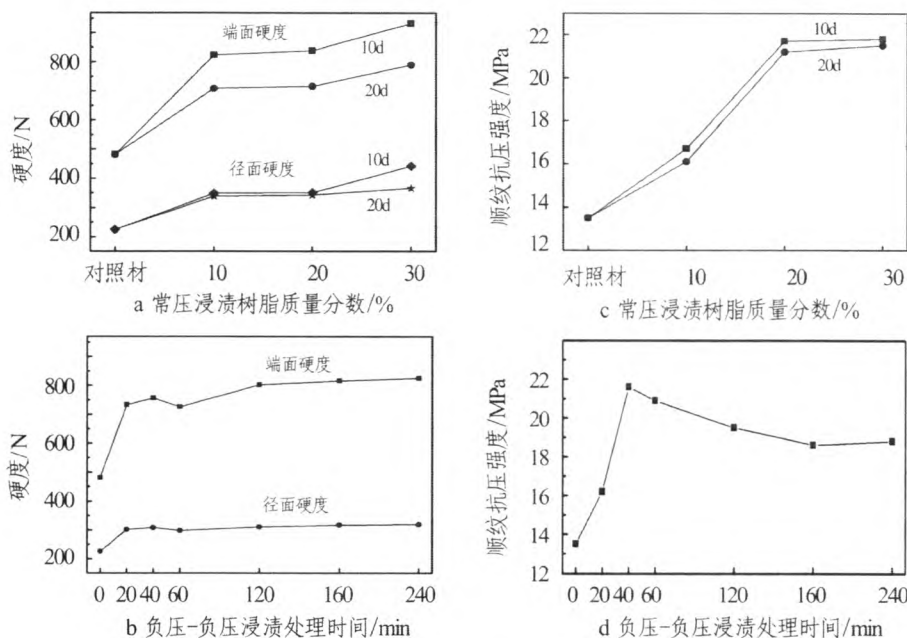


图1 改性处理轻木试样的硬度和顺纹抗压强度

Fig. 1 Hardness and compressive strength parallel to grain of treated samples

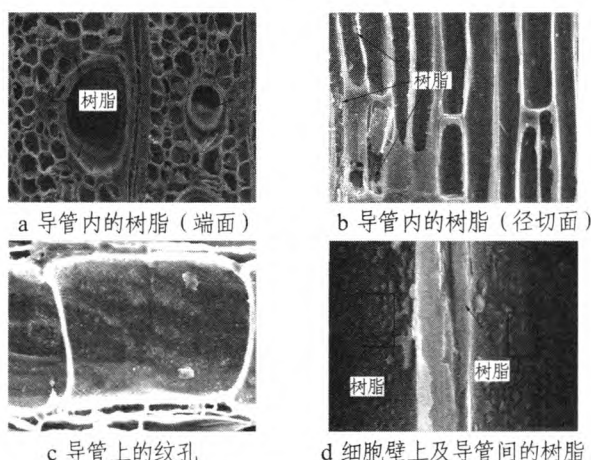


图2 改性处理轻木试样的微观结构

Fig. 2 Microstructure of treated samples

3 结论

1) 在常压浸渍中,随着树脂质量分数的增加,试样的 WPG、ASE、MEE、硬度及顺纹抗压强度均明显增大,较优的改性 PF 树脂的质量分数为 30%。

2) 在负压-负压浸渍工艺中,不同浸渍时间处理试样的 WPG、ASE、MEE、硬度以及顺纹抗压强度,均较对照材有不同程度的提高。考虑生产效率和效益,以负压-负压浸渍工艺为宜,且第 2 次负压浸渍时间约需 40 min。

参考文献:

- [1] 王景山. 轻木在我国南方三省引种成功[J]. 农村实用技术, 2010(12):25.
- [2] 李君,陈琛. 脲醛树脂浸渍轻木改性工艺及性能研究[J]. 林业机械与木工设备, 2009, 37(9):22-24.
- [3] 雷得定,周军浩,刘波,等. 木材改性技术的现状与发展趋势[J]. 木材工业, 2009, 23(1):39-40.
- [4] 刘君良,王玉秋. 酚醛树脂处理杨木、杉木尺寸稳定性分析[J]. 木材工业, 2004, 18(6):5-8.
- [5] Chris P. Gabrielli, Frederick A. Kamke. Phenol-formaldehyde impregnation of densified wood for improved dimensional stability [J]. Wood Science and Technology, 2010, 44 (1): 95-104.
- [6] 于红卫,刘红征,李延军,等. 自制 PF 树脂不同处理对马尾松 LVL 性能的影响[J]. 浙江林业科技, 2010, 30(3):17-19.
- [7] 崔金友,姜海波. 木材改性处理与应用[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(4):40-41.
- [8] 余先纯. PF 树脂浸渍速生杉木的性能研究[J]. 林产工业, 2008, 35(4):38-40.
- [9] 黄艳辉,费本华,余雁,等. 酚醛树脂改性对管胞细胞力学性能的影响[J]. 林业科学, 2012, 48(12):89-92.
- [10] T Furuno, Y Imamura, H Kajita. The modification of wood by treatment with low molecular weight phenol-formaldehyde resin: a properties enhancement with neutralized phenolic-resin and resin penetration into wood cell walls [J]. Wood Science and Technology, 2004, 37(5):349-361.

(责任编辑 张一萍)

市场资讯

2013 年广东家具总产值领跑全国

据广东省家具协会不完全统计,2013 年,广东家具行业的总产值达 3 390 亿元,同比增长 10.1%,5 年平均递增率达 14.1%。其中:广东家具内销金额约 2 220 亿元,比 2012 年增长 10.5%,比 2009 年增长 74.8%,5 年平均递增率 15.0%。

海关数据显示,2013 年全省家具出口的交货值达 185.2 亿美元,约占全国出口总值的 1/3,比 2012 年净增 20.2 亿美元,增幅达 12.3%;比 2009 年增长 78.4%,5 年平均递增率 15.6%。美国仍然是广东家具的第一出口目的国,对美的出口值约占全省家具出口交货总值的 30%,增幅约 8%,为广东家具出口稳步增长奠定基础。

2013 年,全省家具进口总值 3.308 亿美元,比

2012 年减少 1.7%,约占全国进口总值的 24.9%,仅次于上海排行第二。

为促进广东家具行业的健康持续发展,2014 年广东省家具协会将采取以下举措:

1) 强化扩大内需,加大三、四级市场的开拓力度,争取内销金额增长 12.6%。通过重视内销的产品设计、加工技术、营销模式、管理模式和目标市场创新,提高内销产品生产的机械化、信息化水平,适度发展家具电子商务。

2) 积极开拓新兴家具出口市场,争取实现出口交货值增长 10.7%。通过重视并逐步加大自主知识产权和自主品牌产品在国际市场的行销力度,逐步提高出口产品的附加值和经济效益。

张一萍摘编