

“高性能重组木制造技术”专栏 (1)

编者按:应用高新技术提升速生林木材的利用价值,是我国木材加工行业亟待解决的工程技术问题。依托林业公益性行业科研专项“速生林木材高效重组制造关键技术与示范”项目,中国林科院木材工业研究所与相关企业产学研联合攻关,成功开发了高性能重组木制造技术,且产品性能可控、结构可设计、规格可调,实现了小材大用、劣材优用,在建筑、园林景观、包装和家具等领域应用前景广泛。

自本期起,本刊开辟专栏系列报道此项研究的技术成果,旨为企业开发新产品及技术改造升级提供支撑。

速生轻质木材制备高性能重组木的适应性研究

张亚梅¹, 余养伦¹, 李长贵², 于文吉¹

(1. 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;

2. 山东省林业科学研究院, 山东济南 250014)

摘要:以低密度泡桐、杨树和柳树三种速生轻质木材为原料,利用纤维可控分离技术,将6~7 mm厚单板制备成纤维化单板,经过浸胶、干燥、热压制备重组木,探讨三种木材制备重组木的工艺特点和产品性能。结果表明,三种木材均适合用于制备高性能重组木;在重组木与木材密度之比约2.5时,泡桐重组木的吸水厚度膨胀率最低,杨木重组木的抗弯性能最好,柳木重组木的水平剪切强度最高。

关键词:速生轻质木材;纤维化单板;重组木

中图分类号: S792.43; S792.11; S792.12; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654 (2016) 03-00041-04

Manufacturing Technology and Properties of Scrimber Made of Low Density Wood

ZHANG Ya-mei¹, YU Yang-lun¹, LI Chang-gui², YU Wen-ji¹

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

Key laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: The authors conducted a series of experiments to evaluate feasibilities of making scrimber from low density wood, such as *Paulownia*, *Populus* and *Salix* species. The technological characteristics and properties of the scrimber were tested. The results showed that these three kinds of wood are suitable for making scrimber, when density ratio of the scrimber to solid wood was around 2.50, water resistance of *paulownia* scrimber was the best, modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of *populus* scrimber were the highest, and horizontal shear strength of *salix* scrimber was the biggest.

Key words: low density wood; crushed veneer; scrimber

收稿日期: 2015-07-03; 修改日期: 2016-04-29

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项“速生林木材高效重组制造关键技术与示范”(201404503)。

作者简介: 张亚梅(1979—),女,中国林科院木材工业研究所助理研究员,博士。

重组木是以不打乱纤维排列方向、保留木材基本特性为前提,将速生人工林木材经疏解加工并重新组合,制造成性能可控、规格可调、具有天然木材纹理结构的新型木材,是近30年来国际上木材工

业研究的热点领域之一，也是未来速生材高效利用的发展方向之一^[1]。

高性能重组木的制备工艺，由中国林科院木材工业研究所开发，提出先制备单板、再疏解处理单板、后重组的技术方案，突破了传统重组木将原木直接碾压疏解成木束再重组的思路，解决了重组单元制备的技术瓶颈，为重组木产业化提供了可行的技术方案^[1]。

杨树、泡桐和柳树均为我国主要的速生材种^[2]，其中：杨树分布范围较广，人工林面积达 997 万 hm^2 ^[3]；泡桐为玄参科泡桐属多年生落叶乔木，经营面积已超过 250 万 hm^2 ^[4]；柳树是杨柳科柳属植物的总称，全世界约 520 余种，我国有 257 种，以柳树为主的人工薪炭林面积为 5071.06 hm^2 ^[5]。

此三种人工速生林木材密度低、表面松软，限制了其应用范围。为了提高其利用价值，笔者应用高性能重组制造技术，探讨利用其制备重组木的工艺适应性及其性能特点，为重组木技术的产业化推广应用提供技术支持。

1 重组木制备的材料和方法

1.1 材料

杨木 (*Populus spp.*)、泡桐 (*Paulownia spp.*)、柳木 (*Salix spp.*)，以上三种木材均产自山东林科院实验苗圃，胸径 11~25 cm。三种木材的基本密度列于表 1。

表 1 三种木材及其重组木的密度

Tab.1 Densities of scrimber and relevant wood

木材 树种	木材基本密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	重组木密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	密度比 (重组木/木材)
泡桐	0.27	0.70	2.59 : 1
杨木	0.40	0.95	2.38 : 1
柳木	0.39	0.95	2.44 : 1

酚醛树脂胶 (PF)：购于北京太尔化工有限公司，主要性能参数为：固体含量 47.12%，pH 值 10.78，黏度 33 Pa·s (25 °C)，水溶倍数为 15.7，游离醛为 0.25%，游离酚<1%。

1.2 仪器设备

无卡轴单板旋切机、疏解机、浸胶槽、热压机、恒温干燥箱、万能力学试验机。

1.3 试验方法

重组木制造工艺流程：

木段旋切→单板剪裁→疏解→浸胶→干燥→组坯→热压→养生

设定重组木与其木材的密度比均为 2.50 : 1，由于木材本身的密度不同，三个树种重组木的密度亦不同，其实际密度亦列于表 1。

每个树种制备重组木试板 4 块，幅面 45 cm×16 cm×2 cm。

1.4 性能检测

1) 耐水性能

参照 GB/T 30364-2013《重组竹地板》，采用 63 °C 水煮法，检测试板的吸水厚度膨胀率 (TSR)、吸水宽度膨胀率 (WSR) 和吸水率 (WAR)，评价经过水、热处理后试件的变形情况。

每个检测项目各取 5 个试件，规格为 50 mm×50 mm，结果取平均值。

2) 力学性能

参照 GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》，检测试板的静曲强度 (MOR) 和弹性模量 (MOE)；参照 GB/T 20241-2006《单板层积材》，检测试板的水平剪切强度 (HSS)。

每个检测项目试件规格同国标要求，各制取 6 个试件，结果取平均值。

2 轻质木材制备重组木的工艺特点

2.1 木段旋切

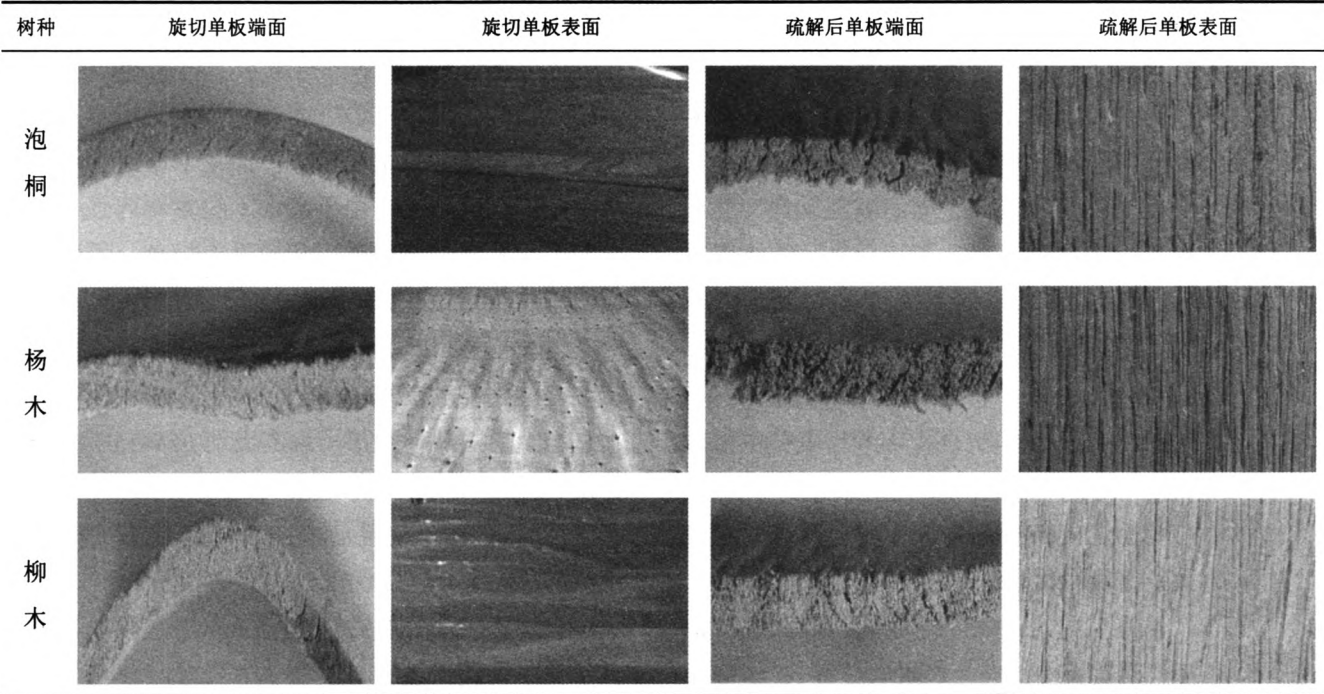
采用无卡轴单板旋切机^[1]，将木段旋切成厚度 6~7 mm 的单板带，采用裁板机将其裁成宽度为 260 mm 的单板。

2.2 单板疏解

借鉴竹材纤维疏解技术^[6]，针对三种速生人工林木材具有横向射线组织，节子多、材质较软、生长应力大的特点，调节专用疏解机疏解辊的疏解齿间隙。设定疏解机的齿间距为 12 mm，齿深为 4 mm，并根据三种木材本身的特点调整疏解次数，直至将木材单板疏解成粗细较均匀、纤维束宽度分布在 1~3 mm 的纤维化单板。

旋切单板及疏解纤维化单板的端面、表面形态，列于表 2。

表 2 三种木材的旋切单板及疏解单板形态
Tab.2 Veneers before and after crushed



吸水率检测结果显示, 经过疏解, 泡桐、柳木和杨木单板的吸水率大幅增加, 增幅分别为: 212%、363%和 511%。当单板在水中短时间浸渍时, 未疏解单板的水分增加主要由木材表面的附着水; 经过疏解后, 单板表面的点状或线状裂纹, 使比表面积增大, 更有利于水分的附着与渗透。

2.3 树脂浸渍

采用常压浸渍的方式。为了达到同样的浸胶量, 疏解单板的吸水率越大, 需要配置胶液的固体含量越小; 同理, 当胶液固体含量相同时, 吸水率越大的单板, 浸胶时间越短。

根据吸水率的试验结果, 设定泡桐和柳木单板浸渍用 PF 胶的固体含量为 11%, 浸渍时间分别为 2 和 1.5 min; 杨木单板浸渍用 PF 胶的固体含量为 10%、浸渍时间为 1 min。用称量法控制单板的浸胶量, 约 10%~11%。

2.4 单板干燥

包括浸胶前干燥和浸胶后干燥, 浸胶前单板干燥至含水率 8%~10%; 浸胶后干燥含水率控制在 8%。

2.5 组坯成型

借鉴重组竹组坯热压方式^[7], 将浸胶干燥后的单板按设定密度顺纹组坯。采用“热进-冷出”的热压

工艺, 设置热压温度为 145 ℃, 压机闭合时间为 6 min, 热压时间为 1.0 min/mm。取压机闭合的最小压力为热压压力, 即 7 MPa。

3 轻质木材制备重组木的性能分析

3.1 耐水性能

在 63 ℃热水浸泡 24 h 后, 三种木材的径向、弦向吸水厚度膨胀率 (TSR) 和吸水率 (WAR), 及其重组木的 TSR、WSR 及 WAR 的检测结果, 列于表 3。

表 3 三个树种木材及其重组木的耐水性
Tab.3 Water resistance of 3 kinds of scrimber and relevant wood

树种	木材			重组木		
	TSR 径向	TSR 弦向	WAR	TSR	WSR	WAR
泡桐	1.80	4.07	80.56	8.17	1.71	34.96
杨木	3.69	6.65	96.70	13.89	3.02	32.66
柳木	4.83	7.53	99.85	11.79	2.68	26.49

从表 3 可以看出, 三个树种重组木的 TSR 相对于其木材均增加, 但 WAR 降低。这是因为在压力作用下被压缩密实的单板, 在湿热作用时又会反弹, 因此, 重组木的 TSR 相对于木材均增加; 而经过重

组热压, 重组木的密度增加, 孔隙率减小, 且板材表面胶层阻碍水分进入, 因此, 重组木的 WAR 相对于其木材减小。

三个树种重组木在厚度方向的吸水膨胀率, 均大于其宽度方向。原因是在制备过程中, 单板在厚度方向受到压缩密实, 厚度方向的内应力远大于宽度方向。在湿热作用下, 被压缩的细胞反弹, 变形恢复产生膨胀; 而宽度方向, 在泊松效应的作用下产生收缩^[8]。因此, 重组木的 TSR>WSR。

三个树种重组木的 TSR 和 WSR 排序, 均是: 杨木>柳木>泡桐。由表 1 和表 3 的数据可以看出, 在制备工艺相同时, 重组木的 TSR 与其密度和木材自身的尺寸稳定性有关。泡桐重组木密度最小, 并且, 泡桐木材本身的径向和弦向 TSR 最小, 尺寸稳定性最好, 因此, 泡桐重组木的尺寸稳定性亦较好。

三个树种重组木的 WAR 排序为: 泡桐>杨木>柳木, 亦与其密度及木材自身的耐水性有关^[8]。由表 1 结果可知, 泡桐重组木的密度最小, 其孔隙率相对越大, 故其 WAR 最高; 而杨木和柳木重组木的密度相同, 但杨木单板的 WAR 远高于柳木单板 (数据见 2.2 节), 故杨木重组木的 WAR 高于柳木重组木。

3.2 力学性能

三种木材及其制备的重组木的主要力学性能检测结果, 列于表 4。

表 4 三个树种木材及其重组木的的力学性能
Tab.4 Mechanical properties of 3 kinds of scrimber and relevant wood

树种	类别	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	HSS/ MPa	备注
泡桐	重组木	0.68	79	8 904	5.81	木材开裂
	木材	0.31	46	5 094		
杨木	重组木	0.95	152	15 463	12.28	胶层开裂
	木材	0.48	72	7 463		
柳木	重组木	0.95	137	11 427	15.09	胶层开裂
	木材	0.51	61	5 384		
GB/T 20241-2006		180 E	67.5			优等品
		80 E		8 000		平均值
		65V-55H			5.5	平行加载

从表 4 可以看出, 三个树种木材制备的重组木与其木材相比, 力学性能均明显提高, 其中 MOR 值增幅在 1.65~2.16 倍, 达到了 GB/T 20241-2006 中最

高等级 180 E 优等品指标值的要求; MOE 值的增幅在 1.92~2.12 倍, 且最低 MOE 值已超过 GB/T 20241-2006 中 80 E 等级要求。

三个树种木材制备的重组木, 其 MOR 和 MOE 排序, 均为: 杨木>柳木>泡桐。泡桐重组木的密度最小, 其强度和模量亦较小; 而杨木重组木和柳木重组木的密度相同, 由于杨木木材本身的强度和模量较高, 其重组木的强度和模量亦较高, 说明重组木的弯曲性能与密度和木材本身的力学性能有关。

三个树种木材制备的重组木, 其水平剪切强度 HSS 均达到 GB/T 20241-2006 的要求。其中柳木和杨木重组木的 HSS, 超出了最高级别 65V-55H 要求指标值 1 倍左右; 并且, 柳木重组木与杨木重组木的密度相同, 但柳木重组木的 HSS 略高于杨木重组木, 说明柳木的胶合性能优于杨木。

泡桐重组木的 HSS 接近最高指标值要求, 表现出了良好的胶接性能。在测试时发现, 仅泡桐重组木试件的破坏为木材开裂, 另外 2 个树种的重组木试件均为胶层破坏。

4 结论

1) 以低密度泡桐、杨树和柳树速生轻质木材为原料, 旋切为 6~7 mm 厚单板, 经过疏解、浸胶、干燥、热压, 制备高性能重组木的工艺是可行的;

2) 在本试验条件下, 在重组木与其木材的密度比约 2.50 时, 泡桐重组木的尺寸稳定性最好, 杨木重组木的弯曲性能最优, 柳木重组木的胶合性能最佳。

参考文献:

[1] 余养伦, 于文吉. 新型纤维化单板重组木的主要制备工艺与关键设备[J]. 木材工业, 2013, 27 (5): 5-8.
[2] 刘一星, 赵广杰. 木质资源材料学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
[3] 国家林业局森林资源管理司. 全国森林资源统计—第八次全国森林资源清查[R]. 北京: 国家林业局, 2014.
[4] 陈桂花, 胡积昌, 程良松. 泡桐单板条层积材工艺研究[J]. 林业科技, 2006, 31 (1): 35-37.
[5] 涂忠虞. 柳树工业用材林的营建. 江苏林业科技, 1989, 16(1): 43-46.
[6] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研究进展[J]. 木材工业, 2011, 25 (1): 6-8, 29.
[7] 于文吉, 余养伦. 我国木、竹重组材产业发展的现状与前景[J]. 木材工业, 2012, 26 (1): 11-14.
[8] 余养伦, 周月, 于文吉. 密度对桉树纤维化单板重组木性能的影响[J]. 木材工业, 2012, 27(6): 7-10.

(责任编辑 向琴)