

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,产品性能可控、结构可设计、规格可调整,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2016年第3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及技术改造升级提供支撑。

## 户外用杨木重组木的制备工艺与性能评价

梁艳君<sup>1,2</sup>, 张亚慧<sup>1</sup>, 马红霞<sup>3</sup>, 于文吉<sup>1</sup>

(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. 西南林业大学, 云南昆明 650224;

3. 广东省林业科学研究院, 广东广州 510520)

**摘要:**以杨木为原料制备户外用高性能重组木,重点探讨浸渍量和密度对材料性能的影响,并测试其耐水性能、防腐、防蛀等性能。结果表明:在最佳浸渍量 14%, 密度 1.05 g/cm<sup>3</sup> 的条件下,户外重组木的耐水性能达到 GB/T 30364-2013《重组竹地板》室外地板的要求,抗弯强度超过 120 MPa,抗弯模量超过 17 000 MPa;在不添加防腐剂的条件下,达到 II 级耐腐等级和中等抗蛀蚀等级。

**关键词:**杨木; 高性能重组木; 物理力学性能; 耐久性能; 户外

中图分类号: S792.11; TS653 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2017) 02-0049-04

## Preparation and Properties of *Populus* Scrimber for Outdoor Use

LIANG Yan-jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Ya-hui<sup>1</sup>, MA Hong-xia<sup>3</sup>, YU Wen-ji<sup>1</sup>

(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. Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;

3. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

**Abstract:** To explore outdoor applications for *Populus* scrimber products, the authors prepared a scrimber sample and then evaluated water resistance, decay resistance and anti-insect performance of the scrimber. The results showed that optimum resin impregnation content and density of the *Populus* scrimber was 14% and 1.05 g/cm<sup>3</sup>, respectively. Under these conditions, water resistance of the sample could meet the requirements of GB/T 30364-2013 “Bamboo Scrimber Flooring for Outdoor Flooring” with superior MOR and MOE. Without adding any preservatives, decay resistance of the samples could reach II grade with moderate termite resistance.

**Key words:** *Populus*; scrimber; physical and mechanical properties; durability; outdoor use

收稿日期: 2016-10-17; 修改日期: 2017-02-08

基金项目: 中国林科院林业新技术所基本科研业务费专项“半结构用重组木单元制备及成型技术研究”(CAFINT2015C08)。

作者简介: 梁艳君(1981—), 女, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

责任作者: 张亚慧, 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

随着我国城市建设的快速推进, 加上人们对回归自然、提高生活品质的要求越来越高, 户外木质材料的需求量逐年增大, 在园林景观、木结构建筑、湿地公园、街区景观等领域被广泛应用。现阶段,

我国每年户外木质材料的消耗量约 300 万  $\text{m}^3$ <sup>[1]</sup>, 主要产品有: 硬阔叶实木、防腐木、木塑复合材料、重组竹等。户外木质材料暴露于户外环境中, 经受日晒雨淋, 还易受木腐菌、蛀虫等侵蚀, 必须具有稳定性强、耐腐、抗压等特点。

高性能重组木是以速生人工林木材为原料, 疏解单板作为基本单元, 与酚醛树脂增强体胶合而成的一种重组材料, 其尺寸稳定性、耐久性优良, 并具有天然的木材纹理结构, 可以实现速生林木材产品在户外耐候材料等高附加值领域的应用。

前期研究表明<sup>[2-6]</sup>: 重组木压制密度取决于木材的原始密度, 随着压制密度的增加, 重组木耐水性能和力学性能均得以改善; 浸渍量主要影响重组木的胶合性能。压制密度和浸渍量的有效控制与调节, 对于降低产品成本、保证产品质量的稳定, 具有十分重要的意义。

本研究以杨木为原料, 采用冷压-热固化工艺制备高性能重组木产品, 探讨其作为户外用途产品时适宜的浸渍量和密度, 并对其耐水性能、防腐、防蛀等性能进行评价, 以探究重组木产品用作户外材料的可行性, 为其在户外领域的应用提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

1) 杨木 (*Populus* spp.): 购自河北文安, 原木直径为 30~35 cm;

2) 酚醛树脂 (PF): 广东太尔化工有限公司产, 固体含量 44.97%, pH 值 9.71, 黏度 45 mPa·s (25 °C), 水溶倍数 11.8, 游离醛 0.07%, 游离酚 <1%。

3) 防腐材对照样: 马尾松 (*Pinus massoniana*), 由广东省质量监督林产品检验站提供;

4) 菌种: 白腐菌为采绒革盖菌 (*Coriolus versicolor*); 褐腐菌为密粘褶菌 (*Gloeophyllum trabeum*), 均由广东省质量监督林产品检验站提供。

### 1.2 试验设备

无卡轴单板旋切机, 自制疏解机, 冷压机, 万能力学试验机等。

### 1.3 试验方法

重组木制备工艺流程<sup>[5]</sup>: 原木旋切→单板剪裁→疏解→干燥→浸渍树脂与干燥→计量→装模→冷压

成型→高温固化 (带模具) →冷却→卸模→平衡→裁边→方材→锯解→板材

主要工艺参数:

1) 旋切疏解: 旋切单板厚度为 6 mm, 疏解后单板的吸水率为 120%。

2) 浸胶组坯: 浸渍前调整单板含水率 8%~10%, 浸渍时间 5 min, 陈放时间 20 min。通过浸渍胶液浓度, 控制浸胶量分别为 10%、14%和 18%。

3) 冷压成型: 方材设计密度分别为 0.85、0.95 和 1.05  $\text{g}/\text{cm}^3$ , 规格为 2 000 mm × 148 mm × 150 mm。固化温度 140 °C, 固化时间 12 h。

## 1.4 性能检测

### 1) 理化性能

参照 GB/T 17657-2013 《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 检测试件的密度、静曲强度 (MOR)、弹性模量 (MOE) 和顺纹抗压强度 (CS); 参照 GB/T 20241-2006 《单板层积材》, 检测试件的水平剪切强度 (HSS)。

参照 GB/T 30364-2013 《重组竹地板》和 GB/T 17657-2013 《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 进行水煮循环处理 (100 °C 水煮 4 h → (63±3) °C 烘箱中干燥 20 h → 100 °C 水煮 4 h), 检测试件的吸水厚度膨胀率 (TSR)、吸水宽度膨胀率 (WSR) 和吸水率 (WAR) 等项目, 以评价其耐水性能。

每个检测项目各取 6 个试件, 结果取平均值。

### 2) 耐久性能

参照 GB/T 18260-2015 《木材防腐剂对白蚁毒效实验室试验方法》, 进行防白蚁实验室测试。

参照 GB/T 13942.1-2009 《木材天然耐腐性实验室试验方法》, 进行耐腐性能测试。将试样烘至恒重灭菌后接种试菌。在温度 (28±2) °C、相对湿度 (75~85) % 的培养箱中放置 3 个月; 再次烘至恒重并称质量。以试样的重量损失率进行评价。

## 2 结果与讨论

### 2.1 工艺因子对重组木性能的影响

不同浸渍量和密度制备杨木重组木的主要力学性能见图 1, 耐水性能检测结果如图 2 所示。

由图 1 和图 2 可知, 在相同浸渍量的条件下, 随着密度的增大, 板材的力学性能呈增长的趋势,

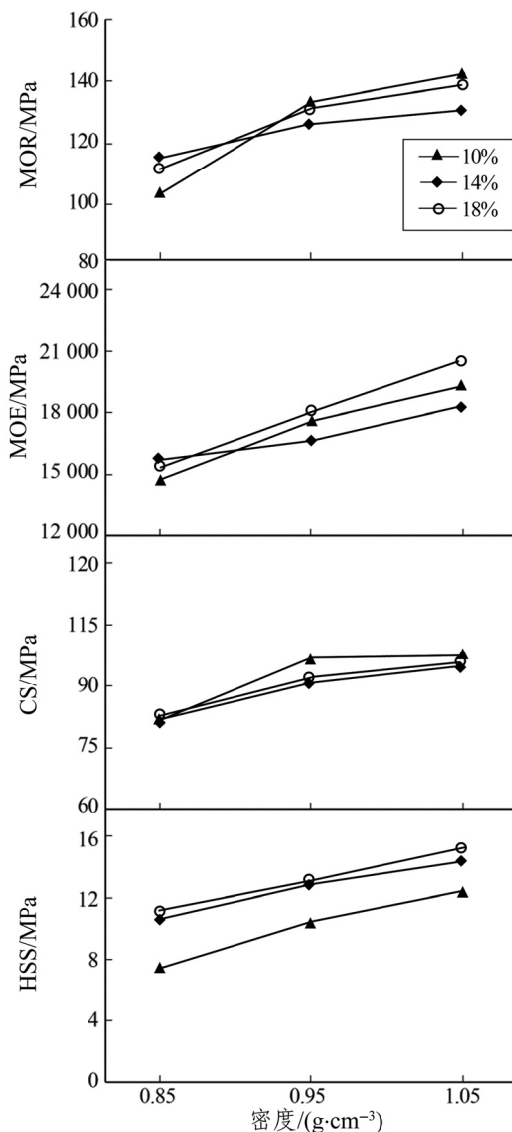


图1 杨木高性能重组木的力学性能

Fig.1 Mechanical properties of *Populus* scrimber samples

耐水性能呈增强的趋势；在相同密度时，随着浸渍量的增大，板材的剪切强度增大，耐水性能增强，静曲强度、弹性模量和抗压强度的差别变化不明显。

材料的抗弯强度和抗压强度，主要取决于重组木的基材材料、胶黏剂以及其形成的胶合界面。密度相同的重组木，其组成基体的木材纤维体含量相同，故抗弯强度和抗压强度差别较小；抗剪强度和耐水性能取决于材料的胶合性能，随着浸渍量的增加，纤维化木单板结构体和树脂界面层的结合性能更高。

综合考虑板材成本和性能的要求，在本试验范围内，户外用重组木材料的最佳浸渍量为 14%，密度为 1.05 g/cm<sup>3</sup>。

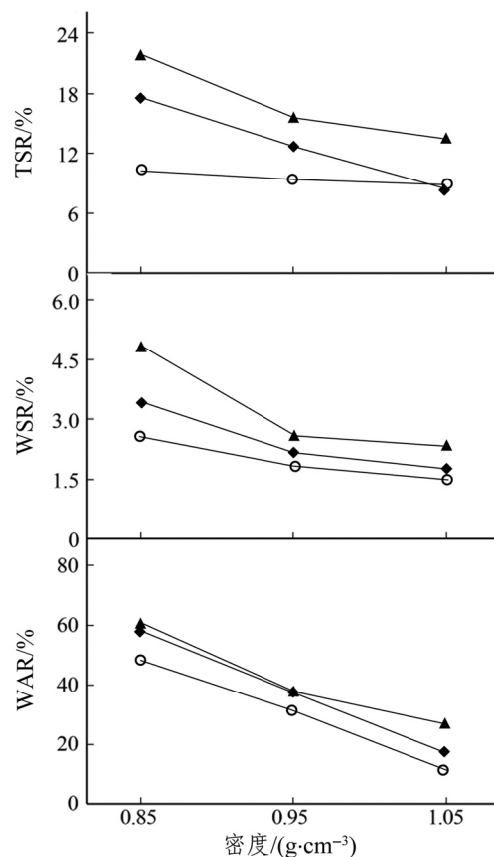


图2 杨木高性能重组木的耐水性能

Fig.2 Water resistance of *Populus* scrimber samples

## 2.2 验证试验及耐久性能评价

在上述基础上，根据优化工艺制备户外重组木试样，所测主要性能指标列于表 1。

表1 优化工艺制备杨木重组木试样的性能

Tab.1 Properties of *Populus* scrimber samples made under optimum conditions

| 性能指标                     | 检测值    | 标准限定值    | 标准编号            |
|--------------------------|--------|----------|-----------------|
| 密度/(g·cm <sup>-3</sup> ) | 1.05   | ≥0.80    | GB/T 30364-2013 |
| 含水率/%                    | 8.8    | 6.0~15.0 |                 |
| MOR/MPa                  | 120.6  |          |                 |
| MOE/MPa                  | 17 060 |          |                 |
| TSR/%                    | 5.9    | ≤10.0    |                 |
| WSR/%                    | 2.4    | ≤4.00    |                 |

表 1 结果显示，杨木重组木试件的力学性能较优，耐水性能良好，TSR<6%，WSR<3%，达到了 GB/T 30364-2013《重组竹地板》中室外地板耐水性的要求。

参照 GB/T 13942.1-2009 对重组木及对照试样进行耐腐性能测试，结果列于表 2。

表2 杨木重组木的防腐性能

Tab.2 Decay resistances of *Populus* scrimber samples made under optimum conditions

| 指标     | 重量损失率% |       | 耐腐等级 |     |
|--------|--------|-------|------|-----|
|        | 白腐菌    | 褐腐菌   | 白腐菌  | 褐腐菌 |
| 杨木重组木  | 16.51  | 15.28 | II   | II  |
| 杨木对照样  | 92.62  | 93.41 | IV   | IV  |
| 马尾松对照样 | 33.52  | 33.83 | III  | III |

杨木对照样和马尾松对照样,受到2个测试菌株(密粘褶菌和彩绒革盖菌)腐蚀后,前者平均质量损失率均超过45%,后者的平均质量损失率均超过30%,属于不耐腐等级IV和稍耐腐等级III。

同样未添加防腐剂的条件下,杨木重组木受到2种菌株的腐蚀后,平均质量损失率范围为15%~17%,均达到了耐腐等级(II级11%~24%),其主要原因是酚醛树脂对白腐菌和褐腐菌具有抑制作用<sup>[8]</sup>。

参照GB/T 18260-2015,对杨木重组木进行防白蚁实验室测试。经过4周实验后的试样如图3所示。

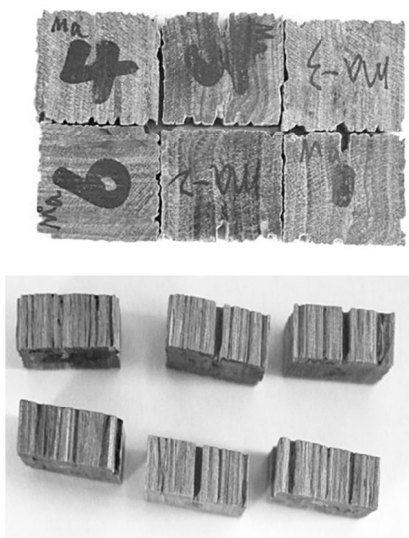


图3 杨木重组木的防白蚁性能测试

Fig.3 *Populus* scrimber samples after termites test

肉眼观察结果为:不添加防腐剂的条件下,杨木重组木试样的平均蚁蛀等级为8,截面面积有3%~10%蛀蚀,属于中等抗蛀蚀。对照马尾松试样大部分蚁蛀等级为4,属于严重蛀蚀,白蚁生存率超过50%。

### 3 结论

1) 综合考虑板材生产性能和性能要求,在本试验范围内,户外用杨木重组木的最佳浸渍量14%,密度1.05 g/cm<sup>3</sup>。

在此条件下,杨木重组木的耐水性能达到了GB/T 30364-2013《重组竹地板》中室外地板耐水性能的要求,抗弯强度超过120 MPa,抗弯模量超过17 000 MPa,具有优异的力学性能。

2) 在不添加防腐剂的条件下,在最佳工艺参数条件下制备的杨木重组木达到II级耐腐等级,平均蚁蛀等级为8,属于中等抗蛀蚀。

### 参考文献:

- [1] [http://tech.gmw.cn/newspaper/2015-07/27/content\\_108146647.htm](http://tech.gmw.cn/newspaper/2015-07/27/content_108146647.htm). [N/OL].(2015-07-27).
- [2] 张亚梅,余养伦,李长贵,等.速生轻质木材制备高性能重组木的适应性研究[J].木材工业,2016,30(3):41-44.
- [3] 张亚梅,李长贵,余养伦,等.中等密度木材制备高性能重组木的适应性[J].木材工业,2016,30(4):36-38.
- [4] 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,2013,27(6):5-8.
- [5] 张亚慧,张亚梅,任丁华,等.制造工艺对高性能重组木性能的影响[J].木材工业,2016,30(5):31-34.
- [6] 陈凤义,张亚慧,于文吉.家具用桉树高性能重组木的制备及性能检测[J].木材工业,2016,30(6):39-42.
- [7] 张亚慧,韦亚南,于文吉.疏解单板厚度对杨木重组木性能的影响[J].木材工业,2017,31(1):46-49.
- [8] Mallari V C Jr, Fukuda K, Morohoshi N, et al. Biodegradation of particleboard II: Decay resistance of chemically modified particleboard[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1990, 36(2): 139.

(责任编辑 向琴)

### 行业简讯

## 《木材工业标准化工作手册》编写

《木材工业标准化工作手册》,由全国木材标准化技术委员会、全国人造板标准化技术委员会、全国林业生物质材料标准化技术委员会、国家林业局林产品质量和标准化研究中心组织编写,定位为木

材工业行业标准项目申报、制定、管理、实施的工具书,旨在总结木材工业标准化工作的实践经验,普及标准化工作知识,推动现代木材工业标准化创新发展。该手册计划在2017年内出版。 安鑫