

压缩预处理对全尺寸小径杉木浸注效果的影响

赵欣, 赵有科, 吕建雄, 黄荣凤, 赵荣军, 任海青

(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)

摘要: 为改善传统浸注方法的浸注效果, 探讨了压缩预处理对小径级杉木浸注效果的影响。结果表明: 与对照组试材相比, 压缩组试材的浸注量、透入率、透入面积比率和相对染色深度, 分别增加 21.83 kg/m³、8.21%、24.49%和 39.23%, 浸注效果改善显著, 有一定的工业应用潜力。

关键词: 杉木; 小径级; 压缩预处理; 浸注

中图分类号: S781; TS66 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2016) 05-0013-04

Effect of Compression Pretreatment on Impregnation of Small-sized Chinese Fir Logs

ZHAO Xin, ZHAO You-ke, LV Jian-xiong, HUANG Rong-feng, ZHAO Rong-jun, REN Hai-qing

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: A Compression pretreatment experiment was conducted to improve the impregnation of small-sized Chinese fir logs. The results showed that compared with the controls, the impregnation amount, the penetration percentage, the ratio of penetration area and the relative dyeing depth of the pre-compressed products increased by 21.83 kg/m³, 8.21%, 24.49% and 39.23%, respectively. It can be concluded that the compression pretreatment could improve impregnation of the small-sized Chinese fir logs significantly.

Key words: Chinese fir; small-sized logs; compression pretreatment; impregnation

小径级杉木在户外的应用日益广泛, 如路旁护坡、围栏等。为使其具有较好耐腐、耐候性能, 常需进行防腐、改性处理。而杉木的渗透性差, 改性剂浸注难、浸注不易均匀, 导致改性效果不理想。

压缩预处理可有效改善木材的浸注效果。在高含水率条件下, 压缩处理的木材在卸压后迅速回弹,

内部气压迅速降低, 使得各种功能的改性剂能连续浸入木材内部^[1]。同时, 压缩预处理改变了木材内部原有的微观构造, 产生新的水分移动通道, 进一步提高了浸注速度、浸注量和浸注深度^[2-3]。通过调整压缩工艺参数, 可达到不同的载药量和浸注深度^[4-8], 且压缩预处理对木材的力学性能影响较小^[9-10]。

然而, 目前研究大多采用小尺寸试材, 距工业生产的要求甚远。国内已有学者选择足尺冷杉锯材, 探索辊压浸注技术^[11], 但关于足尺小径级原木的压缩预处理研究鲜有报道。

鉴于此, 笔者选用小径级杉木作为研究对象,

收稿日期: 2015-11-17; 修改日期: 2016-07-25

基金项目: 国家林业局引进国际先进林业科学计划 (“948” 计划) “木材压缩预处理关键技术引进” (2011-4-19)。

作者简介: 赵欣 (1989—), 女, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

责任作者: 赵有科, 男, 中国林科院木材工业研究所副研究员。

采用自制的多级压缩预处理设备，进行全尺寸杉木的压缩浸注处理，以期工业化生产提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1) 试材 杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)，17 根，长 2 000 mm，外购。剥皮后试材小头平均直径为 104 mm，大头平均直径为 122 mm。

2) 染料 为便于观察和评价浸注效果，采用酸性大红染液 GR 作为标识试剂。质量分数 0.3%，外购。

1.2 试验设备

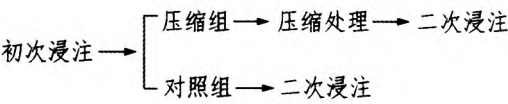
1) 压缩装置 自主设计制造，由三对上下布置的异型辊轮组成，垂直间距调节范围为 35~135 mm；三对辊轮沿原木进给方向水平排列，间距为 520 mm。

辊轮进料速度约 2.5 m/min。按每天 8 h 计，日处理小径木（直径 100~125 mm）能力约 10 m³。

2) 浸注设备 真空-加压浸注罐，可处理 4 m 长木材，压力调控范围 0.02~1.6 MPa。

1.3 试验方法

试验流程如下：



1) 初次浸注

为提高木材含水率和染液浸注量，压缩处理前对已气干的木材进行初次浸注。根据设备性能和前期研究，设定浸注工艺为：

先抽真空至负压 0.02 MPa，加入染液，再加压至压力 1.1 MPa，保压 4 d。

2) 压缩预处理

将经初次浸注后的试材分为压缩组和对照组，对压缩组试材进行压缩预处理。根据设备性能和原木大小头直径差异的特点，设定压缩参数（表 1）。

表 1 压辊间距和对应的压缩率
Tab.1 Roller distance and compression rate

压辊对 1		压辊对 2		压辊对 3	
压缩率/ %	压辊间距/ mm	压缩率/ %	压辊间距/ mm	压缩率/ %	压辊间距/ mm
6	110	14	105	22	100

注：压缩率指原木整体压缩率，压缩后的木材仍保持原形状。

3) 二次浸注

对两组试材进行二次浸注，工艺同初次浸注。

1.4 性能评价

1) 浸注量 浸注前后单位体积的质量变化。

2) 透入率 浸注结束后，将试材沿长度方向截成均等 4 段，再沿纵向剖开，计算染液渗透到木材的深度与木材半径之比。

3) 透入面积比率 在相同曝光条件下进行染色木材拍照，利用 Image-Pro Plus 软件^[12]，自动统计图中染色部分面积，计算其占木材截面的百分比。

4) 相对染色深度 利用 Image-Pro Plus 软件，计算两组试材染色部分光密度值的加权平均值，设对照组试材的光密度平均值为 100%，得出压缩组试材的相对光密度平均值，即相对染色深度。

2 结果与讨论

1) 浸注量

对照组和压缩组试材的浸注量计算结果，如图 1 所示。

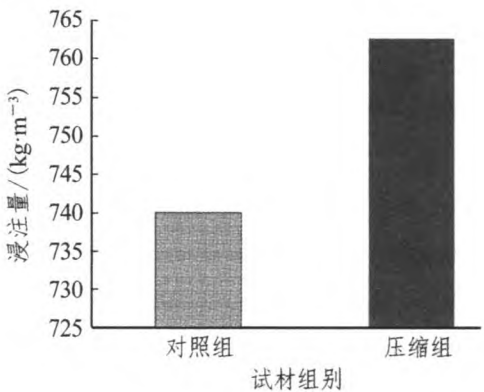


图 1 对照组和压缩组的浸注量对比

Fig.1 Comparison of impregnation amount between control and pretreated products

由图 1 可知，与对照组相比，压缩组的浸注量提高了 21.83 kg/m³，原因在于：杉木纹孔塞一般在气干时会发生偏移，导致纹孔口被堵塞，真空-加压浸注法产生的细胞内外压力梯度较小，不足以破坏闭塞纹孔。

而压缩预处理后的木材在卸压后迅速回弹，木材内部产生极低的气压，有助于染液连续浸入木材内部，并且压缩过程还可能使细胞壁或者闭塞组织产生裂隙，增加了浸注的通道。

鉴于目前试验条件所限，压缩预处理后还不能立即进行浸注，对压缩组试材染液的实际浸注量有一定影响。

2) 透入率

压缩组和对照组试材，染液透入率的计算结果，如图2所示。

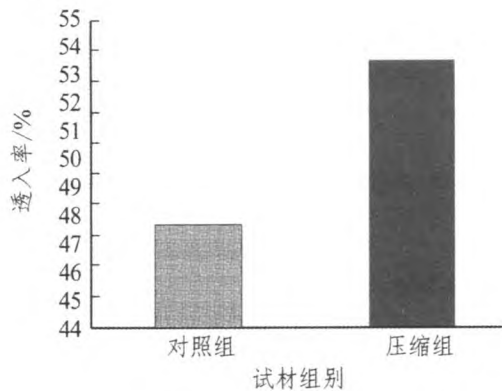


图2 压缩组和对照组试材透入率对比

Fig.2 Comparison of penetration percentages between control and pretreated products

从计算结果来看，两组试材的透入率相差甚小，但浸注的染色效果则差别明显（图3）。这是由于透入率计算的只是连续透入部分，而压缩组横向不连续染色的部分并没有计入。因此，仅以透入率评价压缩预处理木材的浸注效果不够全面，还需进一步分析透入面积比率和相对染色深度。

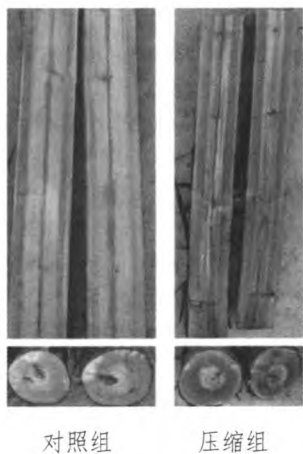


图3 浸注染色处理效果的比较

Fig.3 Comparison of dyeing effects between the control and pretreated products

3) 透入面积比率和相对染色深度

两组试材浸染液的透入面积比率和相对染色深度计算结果，列于表2。

表2 透入面积比率和相对染色深度

Tab.2 Ratio of penetration area and relative dyeing depth of control and pretreated samples

试材组别	透入面积比率/%	相对染色深度/%
对照组	54.89	100.00
压缩组	79.38	139.23

由表2可知，压缩组试材的透入面积比率较对照组增大了24.49%，相对染色深度增加了39.23%。压缩处理可以使纹孔膜等闭塞组织产生裂隙，增加染液的渗透通道。由于边材的渗透性较好，压缩处理对边材浸注效果的影响不明显。压缩组透入面积比率的增加，主要来自试材心材受压缩后浸注比率的增加，而对照组试材的心材则染液很少浸注。

另外，杉木本身晚材的渗透性优于早材^[13]，因此，压缩组心材部分染液的浸注以晚材部分为主，早材部分很少浸注，因而出现心材的不连续浸注。

染液通过木材的毛细管等通道进入木材内部，染着初期，染液渗入流量的积分值大于溢出流量的积分值。随着时间的延长，渗入和溢出流量的积分值趋于一致，染料分子处于染着饱和状态^[14-15]。压缩预处理不仅破坏了木材中染液渗入溢出的平衡，还使纹孔膜等闭塞组织产生裂隙，进一步增加了染液的进出通道和染料分子的固着表面。因此，压缩组试材的相对染色深度增加。

3 结论

1) 采用多级压缩预处理设备对全尺寸小径级杉木进行压缩，可显著改善浸注效果，浸注量增加了21.83 kg/m³，透入率增加了8.21%，透入面积比率增大了24.49%，相对染色深度增加了39.23%。

2) 压缩预处理能显著改善浸注效果，且压缩装置简单、易操作，有较大的工业应用潜力。

3) 木材压缩预处理后的回弹过程，对于木材浸注量的提高至关重要。今后有待开展在浸注液内直接进行木材压缩预处理的研究。

参考文献：

[1] Zhao Y, Wang Z, lida I, et al. Studies on pre-treatment by compression for wood drying I: effects of compression ratio, compression direction and compression speed on the reduction of moisture content in wood[J]. Journal of Wood Science, 2015, 61(2): 113-119.

[2] Watanabe U, Imamura Y, Iida I. Liquid penetration of precompressed wood VI: Anatomical characterization of pit fractures [J]. Journal of Wood Science, 1998, 44(2): 158-162.

[3] 赵雪, 孙耀星, 刘君良, 等. 辊压浸注浸渍树脂致木材力学性质变异 [J]. 林产工业, 2014, 41(1): 23-27.

[4] Adachi K, Inoue M, Kanayama K, et al. Liquid impregnation of dry wood using a roller-pressing method, 1: Effect of transverse compressive deformation on liquid impregnation[J]. Journal of Wood Science, 2004, 50(6): 479-483.

[5] Adachi K, Inoue M, Kawai S. Liquid impregnation into dry wood using a roller-pressing method, 2: Effect of specimen size and processing variables on amount of water impregnation[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2004, 50(4): 243-247.

[6] Adachi K, Inoue M, Kawai S. Liquid impregnation of green wood using a roller-pressing method[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2005, 51(3): 159-165.

[7] 孙耀星, 刘一星. 辊压浸注处理大青杨木材的浸注深度 [J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(11): 32-33.

[8] 吴玉章. 辊压预处理改善树脂浸注的均匀性 [J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(1): 23-24.

[9] Keckes J, Burgert I, Frühmann K, et al. Cell-wall recovery after irreversible deformation of wood[J]. Nature Materials, 2003, 2(12): 810-813.

[10] 王智慧. 木材干燥及浸注的压缩预处理研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2012.

[11] 江贵军. 木材辊压浸注技术的应用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2009.

[12] 高艳, 吴永红, 张成岗. 整合平均光密度和面积比两种参数用于显微图像定量分析的初步研究[J]. 军事医学科学院院刊, 2009, 33(5): 405-408.

[13] Bao F, Lu J, Zhao Y. Effect of bordered pit torus position on permeability in Chinese yezo spruce[J]. Wood and Fiber Science, 2007, 33(2): 193-199.

[14] 于洪亮. 电子显微观察下木材染色机理的对比性研究[J]. 林业实用技术, 2014 (1): 62-63.

[15] 赵广杰, 赵广凤. 木材中染料水溶液的渗透过程[J]. 东北林业大学学报, 1993, 21(5): 54-59.

(责任编辑 向琴、劳万里)

(上接第 8 页)

进口 M20 齿板与规格材连接节点, 在拉伸初始阶段, 距离齿板中心线最近 C 和最边缘齿板 E, 产生的应变最大, 其所受应力最大; 随着荷载增加, 距离齿板中心线最近的两个齿槽边缘 B、D 点的应变增大; 当达到钢板的屈服强度, C 处发生屈服, 连接节点开始发生齿拔出, 为抵抗齿拔出, 位于下齿板 E 点应变增加, 直至齿板完全拔出。

图 5 结果表明, 进口齿板的屈服强度高于国产齿板; 国产齿板中, 齿刻痕齿板和边缘齿加长齿板的抗拔能力高于普通齿板。

3 结论

1) 进口 M20 齿板的极限承载力、临界滑移刚度均高于三种国产齿板, 但国产齿刻痕齿板的单齿承载力比进口齿板高, 三种国产齿板的延性均优于进口齿板。

2) 三种国产齿板中, 国产齿刻痕齿板和边缘齿加长齿板的极限承载力, 较普通齿板分别提高了 34.77%、4.75%, 其单齿承载力分别是国产普通齿板

单齿承载力的 1.35、1.05 倍。板齿刻痕和边缘齿加长, 可提高齿板节点的拉伸承载力。

3) 齿板节点拉伸过程中, 进口齿板的屈服强度高于国产齿板, 距离齿板中心线最近处产生的应变最大。因此, 可通过增加连接节点接缝处的齿板强度等措施, 以提高齿板节点的连接性能。

参考文献:

[1] 郭伟, 费本华, 陈恩灵, 等. 我国木结构建筑行业发展现状分析[J]. 木材工业, 2009, 23 (2): 19-22.

[2] 叶虹, 谢宝元, 费本华. 国产木桁架齿板连接件的研发[J]. 林业科学, 2012, 48 (1): 148-153.

[3] GB 50329-2002, 木结构试验方法标准[S].

[4] 丁梓涵, 赵其华, 彭社琴, 等. 光纤和电阻应变片在结构变形测试中的对比试验研究[J]. 传感技术学报, 2015, 28 (8): 1149-1154.

[5] GB 50005-2003, 木结构设计规范[S].

[6] 况宜. 轻型木桁架齿板连接节点受力性能的试验研究[D]. 重庆大学, 2011.

[7] 叶虹. 国产落叶松齿板连接接合节点拉伸性能研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.

[8] 席佳. 兴安落叶松规格材与齿板接合节点拉伸性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.

(责任编辑 向琴)

投稿、订阅请登录: mcgy.criwi.org.cn 微信公众号: mucaigongye