

杉木表层密化及其变形固定处理技术

杉木表层染料水溶液渗透规律及其径向压缩变形特性

赵广杰* 刘少华 曹金珍 饭田生穗

摘要 为了改善杉木木材表层质软、强度低、耐磨性差等力学性能及其视觉特性,通过在不同温度和压力条件下,对绝干、气干、纤维饱和点和饱水状态的杉木表层染料水溶液渗透规律、应力-应变曲线,以及杉木细胞形态变形的电镜观察,确定了杉木表层软化处理工艺中染料水溶液渗透的最适条件,探讨了不同含水率状态下杉木表层径向压缩特性。结果表明:1)温度90℃,常压-减压交替循环,试材含水率在气干与纤维饱和点之间时,是染料水溶液渗透的最适条件;2)径向压缩大变形区域II是杉木早材部分变形的堆积;3)与20℃、90℃饱水状态杉木试材相反,气干状态试材在卸载时不发生瞬间变形恢复现象。

关键词 杉木;表层密化;变形固定

Technology of Surface Densification and Deforming Fixation of China Fir (*Cunninghamia lanceolata*)

Zhao Guangjie

Liu Shaohua

Cao Jinzhen

Ikuho Iida

(College of Forest Industry, Beijing Forest University, Beijing 100083)

(Kyoto University 611, Kyoto, Japan)

Abstract In order to improve optical and dynamic properties of China fir (*Cunninghamia lanceolata*), such as superficial softness, low strength and inferior wearability, etc., three experiments were proceeded in this study as follows: determination of dye solution permeability through the surface of the wood with various moisture contents under various temperature conditions, determination of stress-strain curves of the wood tested, observation on cell deformation by microscopy. Based on the above experiments, the authors worked out the most suitable condition of dye solution permeability in the surface softening process of the wood tested, and further discussed the properties while compressing the surface of the wood tested along the radial direction under different moisture content conditions. The results showed: 1) the most suitable condition for dye solution permeability was treatment temperature of 90℃, atmosphere-vacuum alternately carried out and moisture content between air-dried and fiber saturation point, 2) the region II with a big deformation in compressing along the radial direction was resulted from accumulation of earlywood deformation of the wood tested, 3) instantaneous restoration in unloading did not appear in air-dried specimens, while it did occur in specimens under 20℃ and 90℃ water-saturated conditions.

Keywords China fir; Surface densification; Deforming fixation

90年代以来,日本木材学界鉴于世界范围内阔叶树材日趋减少的态势^[1],开始了改良软质针叶树材以代替阔叶树材的研究工作^[2]。这些年来,关于柳杉木材表层密化处理,密化层永久固定等方面的研究工作

都有了较大的进展^[3~6]。

在我国高档家具或地板用材中,以北方树种而言,柞木(*Quercus mongolica*)和水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)占了较大部分。这些树种的过量采伐和利用,一方面导致其资源匮乏,同时也使木材市场上的针、阔叶树材比重更趋不平衡^[7],因此,以针代阔势

收稿日期 1998-09-07
本研究为林业部木材科学与技术重点开放实验室基金资助课题
* 北京林业大学教授,北京 100083

在必行。我国杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)资源十分丰富^[9],但是由于强度低,表面质软,耐磨性差等,目前还不能作为家具、地板材等使用。因此,改善杉木木材表层特性,是开拓杉木利用途径的一个亟待解决的课题。

本研究首先通过杉木表层染料水溶液渗透规律的测定,确定了影响染料水溶液渗透的温度、压力、试材含水率三因子的最适范围。同时,通过杉木试材在 20℃、90℃ 饱水状态和气干状态下径向压缩应力-应变曲线特性测定,及其细胞形态变化的电镜观察,探讨了杉木试材表层密化处理的工艺条件。

1 材料及试验方法

1.1 材料

1.1.1 木材 本试验采用杉木树材,在诸试验过程中使用试材的尺寸及含水率状态归纳于表 1

表 1 杉木试材的尺寸及其含水率状态

Tab. 1 Dimension and moisture content of China fir specimens

试验过程	尺寸 (R× T× L)/mm	含水率状态	备注
渗透性试验	50× 90× 252	绝干 气干 纤维饱和点 饱水	在试材中间锯深 10 mm 的缝(锯缝垂直于纤维方向)
应力-应变试验	30× 20× 20	20℃ 气干 20℃ 饱水 90℃ 饱水	
压缩试验	20× 30× 20	20℃ 气干	

1.1.2 染料水溶液 采用适当浓度的酸性蓝水溶液,测定杉木试材表层染料水溶液的渗透规律

1.2 试验方法

1.2.1 杉木试材表层染料水溶液渗透性测定 本试验分别测定了绝干状态、气干状态、准纤维饱和点状态及饱水状态杉木试材(表 2)在温度为 20℃、90℃,压力条件为常压及常压-减压交替循环条件下染料水溶液的渗透规律。

具体方法:通过保持染料水溶液的量,以限定其在试材表层区域的渗透,用真空干燥箱来实现环境温度及压力条件的调控;在整个渗透过程中,按照所定时间间隔顺次从试材上截取条状试件(见图 1),测定染料溶液沿表层的渗透深度,具体试验条件见表 2。

1.2.2 杉木试材应力-应变曲线测定 本试验使用万能力学试验机(Inskron 4301型),极限压力为 5 kN,加载速度小于 49 (N/cm²)·min⁻¹,测定了气干状态、20℃ 饱水状态及 90℃ 饱水状态杉木试材在径向载荷作用下的应力-应变曲线。

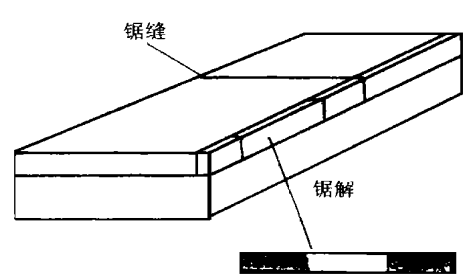


图 1 试材锯解示意图

Fig. 1 Specimen sampling

表 2 水溶液渗透条件

Tab. 2 Various conditions of solution permeability

编号	温度 /℃	压力条件	含水率状态
1	20	常压 12 h,减压 (0.08M Pa) 12 h交替循环	绝干
2	20	常压 12 h,减压 (0.08M Pa) 12 h交替循环	气干
3	20	常压 12 h,减压 (0.08M Pa) 12 h交替循环	纤维饱和点
4	20	常压 12 h,减压 (0.08M Pa) 12 h交替循环	饱水
5	20	常压	气干
6	90	常压 12 h,减压 (0.08M Pa) 12 h交替循环	气干
7	90	常压	气干

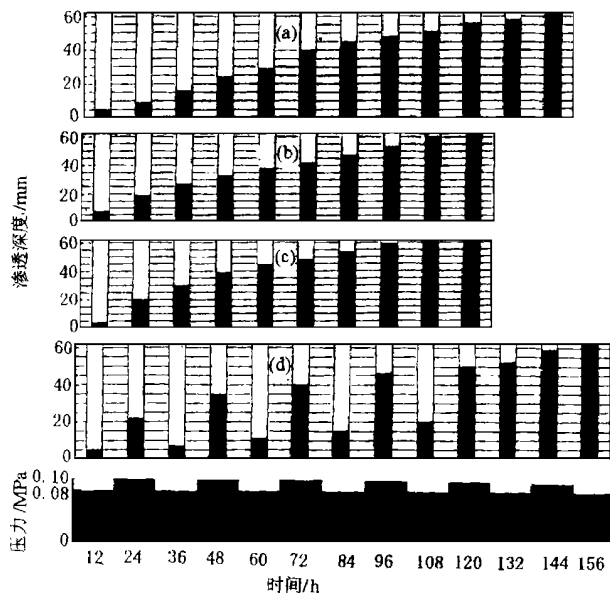
1.2.3 杉木试材解剖构造电镜观察 使用北京林业大学电镜中心日立电子扫描电镜(S-520型),电压 10 kV,放大倍数为 100和 300倍,观察了杉木试材细胞形态的变化情况。

1.2.4 杉木试材的表层压密试验 使用热压机,在预定的温度、压力、时间条件下,对杉木试材表层进行密化处理。

2 结果与讨论

2.1 杉木试材表层染料水溶液的渗透规律

图 2是绝干、气干、准纤维饱和点状态及饱水状态的杉木试材表层水溶液在常压-减压交替循环情况下渗透深度随时间的变化关系,在相同温度 20℃条件下,比较图 2(a)~ (d)可以知道:气干和准纤维饱和点状态试材全长渗透需 120 h,绝干状态需 144 h,饱水状态试材则需 156 h。这些试验结果表明:在其它条件相同情况下,试材含水率范围选择在气干状态至纤维饱和点状态之间是合适的。与绝干状态试材相比较,可以推测在干燥过程中,试材中作为流体通路的具缘纹孔形成的闭塞现象,在上述含水率区域内,能够得到某种程度的可逆性回复。比较图 2(a)~ (d)渗透曲线形状可以发现,饱水状态试材的渗透过程与交替压力变化周期一致。即常压情况下染料水溶液呈正方向渗透,减压情况下呈逆方向渗透,与纤维饱和点状态试材比较,在渗透最初阶段与常压对应的渗透深度差别不大,如在一个循环(24 h)结束时,饱水状态试材渗透深度为 35%,纤维饱和点状态试材为 33%;但在



(a)绝干状态; (b)气干状态; (c)准纤维饱和点状态; (d)饱水状态

图2 不同含水率状态的杉木试材表面水溶液渗透性比较 (20℃恒温、常压-减压交替循环)

Fig. 2 Comparison of solution permeability under different moisture content conditions

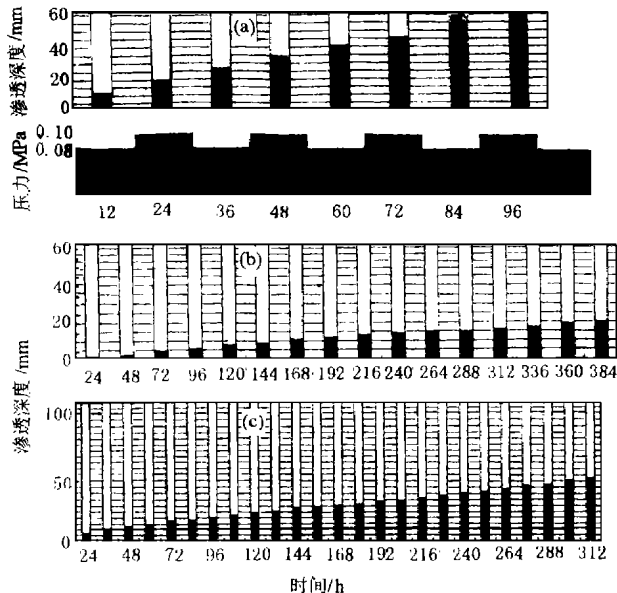
48 h时,两者则分别为64%和56%。饱水状态试材的渗透之所以落后是由于其间的逆渗透效应造成的。这种逆渗透效应的出现,可以考虑是由于在饱水状态下,染料分子沿木材中流体通路以扩散形式为主进行渗透。这样,染料分子在连续贯通的介质中具有较大可移动性所造成的。

由图2(b)和图3(a)比较,在其它条件相同情况下,温度是影响杉木试材表层染料水溶液渗透的因子之一,当温度为90℃时,全长渗透约需96 h,而温度为20℃则需120 h。这样,从时间上看减少24 h,显然温度升高将加剧分子热运动程度,从而增大了染料水溶液的渗透速度。但从节能方面考虑,选择20℃更为合适。

压力也是影响杉木试材表层染料水溶液渗透的重要因子之一。由图2(b)与图3(b)比较可知,在相同温度20℃,气干状态杉木试材在常压120 h仅渗透全材长度的13%,常压-减压交替循环下的渗透在相同时间可渗透全材,按此计算,后者渗透速度是前者的8倍左右。与此相对应,由图3中(a)与(c)比较可知,常压90℃时渗透情况亦有相类似的情形。

2.2 杉木试材径向压缩应力-应变曲线特征及其细胞形态变化

2.2.1 应力-应变曲线特性 图4(a), (b), (c)分别是气干、20℃饱水和90℃饱水状态的杉木试材径向



(a)90℃,常压-减压交替循环; (b)20℃,常压; (c)90℃,常压

图3 温度和压力条件对杉木气干材表层水溶液渗透性的影响

Fig. 3 Effect of temperature and pressure on solution permeability

压缩的应力-应变曲线

从三条曲线的形态上看,能够将其清楚地划分为三个不同的区域,第I区域是应力和应变成比例增加的微小变形区域;过屈服点以上阶段,在较大应变范围内,是应变增加比例很大,但与其对应应力的增加比例却很小的平坦领域II;其后是应力急剧增加而应变增加较缓的第III区域。一般认为,II区域是细胞壁产生变形,皱缩等大变形的区域^[3]。本试验过程中,当试材卸载的瞬间,20、90℃饱水状态试材产生了瞬间回复变形,其瞬间回复度达95%左右,而气干状态试材则几乎没有产生回复形态。从三条曲线比较可以知道,在获得同大变形情形下,90℃饱水需要压力最小,20℃饱水次之,气干状态下最大。

2.2.2 杉木试材细胞形态的变化 图5(a)是20℃饱水状态下杉木试材径向压缩后,卸载瞬间回复时细胞形态变化的电镜照片,与压缩前照片图5(d)相比,整体大部分回复。图5(b)是90℃饱水状态杉木试材径向压缩后,卸载瞬间回复时的细胞形态变化电镜照片,可以发现和20℃饱水状态极其相似,两者和未压缩比较,细胞形态都存在着不同程度的变形。图5(c)则是气干状态杉木试材的径向压缩时,卸载后瞬间固定时的电镜照片,在本试验范围内,区域II平坦可以看作是杉木早材部变形的堆积过程。

2.3 杉木表层密化处理试材

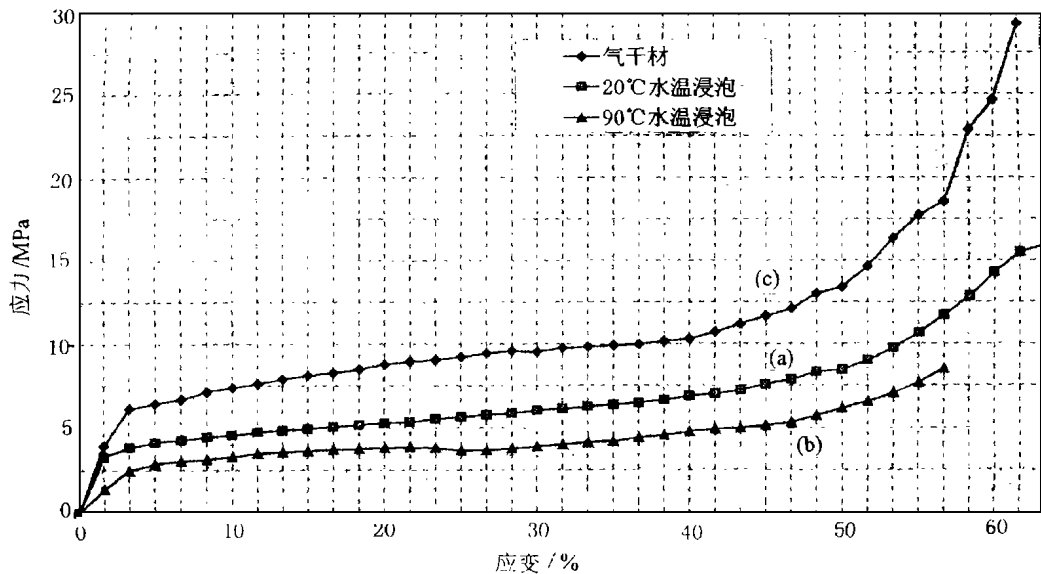
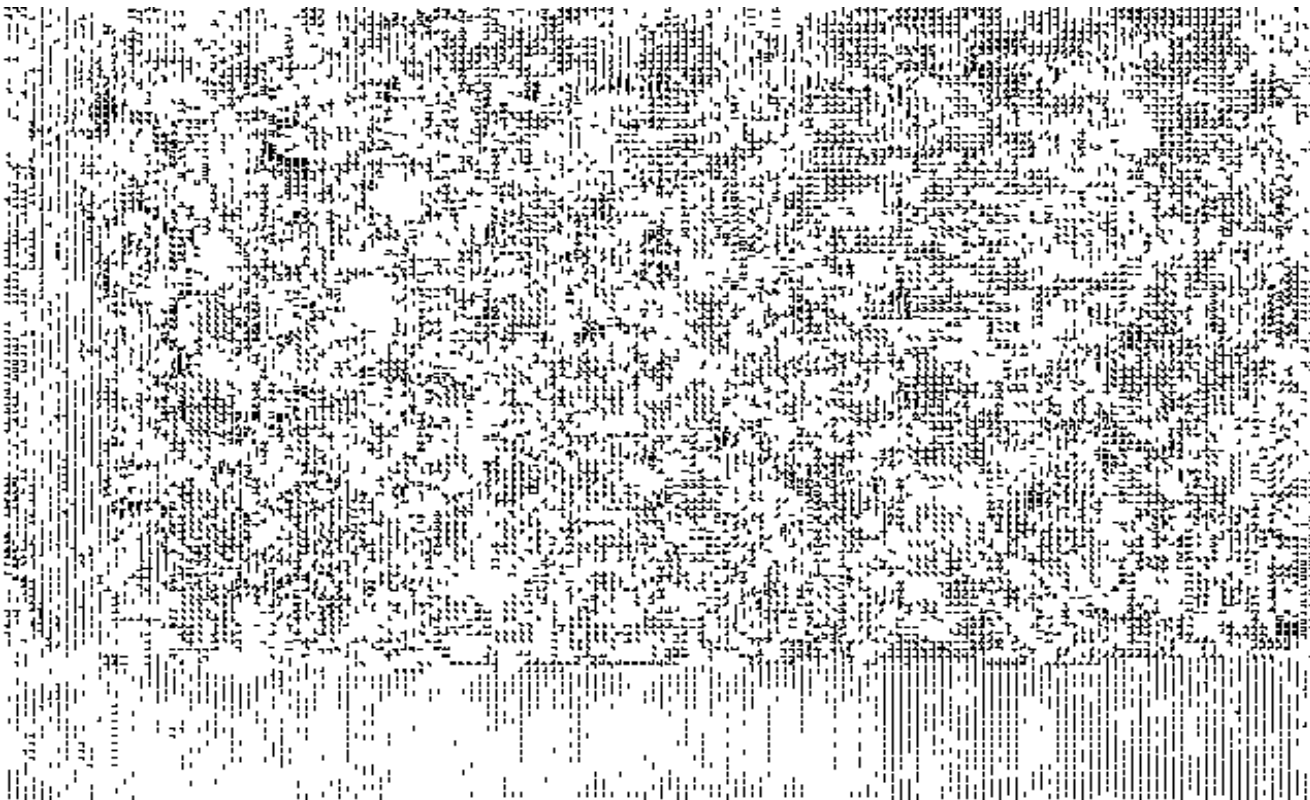


图 4 不同含水率下杉木试材的径向压缩应力-应变曲线

Stress-strain curves of compressed specimens in radial direction under different moisture content conditions



(a) 20℃ 饱水状态; (b) 90℃ 饱水状态; (c) 气干状态; (d) 压缩前状态

图 5 不同含水率状态的杉木试材卸载瞬间与压缩前的细胞形态比较

Fig. 5 Comparison of cellular structure of specimens before and after compression with various moisture contents

图 6 是杉木试材表层密化照片。可以看出,通过杉木表层限定区域水热处理,能够得到表层密化。初步观察,密化了的杉木表层力学性能有相当程度的改善。

3 结论

1)影响杉木试材表层染料水溶液渗透性能的温度,压力,试材含水率三因子的最适选择范围为 90℃,常压,减压交替循环,含水率在气干状态至纤维饱和点之间。

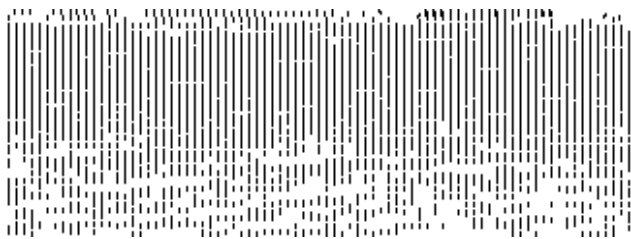


图6 杉木试材表层密化照片

Fig. 6 The photographs of densified surface of China fir specimens

2) 杉木试材径向压缩应力-应变曲线呈典型三个不同区域, 大变形区域II可以认为是杉木早材部变形的堆积。

3) 20℃及90℃饱水状态杉木试材, 在卸载瞬间都产生变形回复现象, 而气干状态则能够固定变形, 这一特性对于今后有关杉木密化处理及固定变形技术方面的研究具有十分重要的意义。

(上接第14页)

3 计算机系统的数据采集和处理

本系统的计算机硬件由一台配有16M内存和1.2G硬盘的586PC机及一块A/D转换接口板等组成。工作时, 首先对激光传感器输出的模拟信号进行滤波和放大处理, 再经过12位A/D转换器转换成数字量输入计算机系统内, 计算机对这些数据进行极坐标运算处理, 将其以XY坐标的形式显示在屏幕上。当一个横断面圆周上的24个数据点全部采集完毕后,

4 参考文献

- 1 中华人民共和国林业部. 世界林业. 北京: 中国林业出版社, 1989. 18
- 2 井上雅文, 则元京, 大塚康史, 等. 软质针叶树材表层密化处理 (第1报). 木材学会志, 1990, 36(11): 969~975
- 3 井上雅文, 则元京, 大塚康史, 等. 软质针叶树材表层密化处理 (第2报). 木材学会志, 1991, 37(1): 227~233
- 4 井上雅文, 则元京, 大塚康史, 等. 软质针叶树材表层密化处理 (第3报). 木材学会志, 1991, 37(1): 234~240
- 5 Inoue M, Norimoto M, Tanahashi M and Rowell R M. Steam or Heat Fixation of Compressed Wood. Wood and Fiber Science, 1993, 25(3): 224~235
- 6 则元京. 木材的横向压缩及其加工. 京都大学木材研究资料, 1994, 1~15
- 7 中华人民共和国林业部. 世界林业. 北京: 中国林业出版社, 1989. 39
- 8 则元京. 木材的大变形加工. 木材学会志, 1993, 39(8): 867~874
- 9 申宗圻. 木材学 (第2版). 北京: 中国林业出版社, 1989. 30

描绘出横断面图形, 然后存储以便调用, 接着对下一个横断面的数据采集和处理操作。

系统软件采用VC语言编程, 组成模块化结构, 实行人机交互控制, 以菜单形式显示操作过程。软件的主要功能有: 数据采集及转换、数据运算处理、屏幕显示、图形绘制、文件存储等。软件流程如图4所示^[1, 2, 7]。

4 结论

本系统可以实现对木段横断面几何形状的自动检测、数据处理、图形绘制及显示等功能, 为确定木段的最佳中心提供有效的测量手段。系统综合测量精度达到±1mm, 并具有检测速度快和工作可靠等特点。

5 参考文献

- 1 孙家广, 等. 计算机图形学. 北京: 清华大学出版社, 1995. 165~180
- 2 那振鹏. 扫描技术在制材工业中的应用. 木工机床, 1990(4): 1~5
- 3 黄一夫. 微型计算机控制技术. 北京: 机械工业出版社, 1989. 44~58
- 4 Bryan R W. Special Topic: Electronics in Mills and Woods. Forest Industries, 1997, 106(1): 27~43
- 5 李承志. 激光及CCD转换在热轧圆钢外径测量中的应用. 应用激光, 1994, 16(6): 264~267
- 6 范志刚, 等. 量块检定用激光干涉仪. 应用激光, 1996, 16(1): 19~21
- 7 孙培懋, 等. 光电技术. 北京: 机械工业出版社, 1992. 182~195

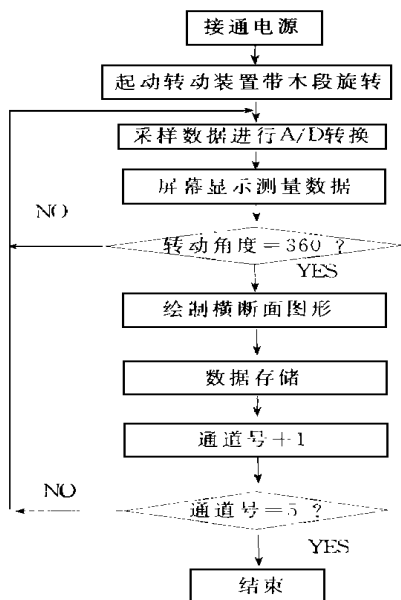


图4 系统软件流程

Fig. 4 Program frame chart