

纹孔塞位置回弹对改善长白鱼鳞 云杉木材渗透性作用初探*

吕建雄 鲍甫成

(中国林科院木材工业研究所)

摘要 本文通过对难浸注的长白鱼鳞云杉气干5年心材进行水浸泡处理,探讨了纹孔塞位置可否回弹以提高木材渗透性的可能性。试验结果表明,气干5年长白鱼鳞云杉心材经水浸泡11周并用有机溶剂置换干燥后,平均气体渗透性增加了110%,但经成对比较试验¹检验,以可靠性95%计差异不显著。表明气干5年后心材通过水浸泡处理,平均气体渗透性虽有增加,但偏移的纹孔塞可能并未重新回弹到中央位置使其渗透性获得真正的提高。

关键词 长白鱼鳞云杉; 渗透性; 纹孔塞位置回弹; 溶剂置换干燥; 水浸泡

一、前言

木材具有流体可渗性,是因为它除了具有孔隙外,还具有可以使孔隙相互联络的孔道。对于针叶树材,正是因为具有管胞胞腔并依靠具缘纹孔将它们相互联络起来才具流体可渗性。如果木材在干燥(气干或窑干)过程中,由于自由水表面张力产生毛细管力而导致具缘纹孔塞发生偏移,堵塞纹孔口,使木材渗透性大大降低。但可以通过改变干燥方法以减小或消除表面张力,而使纹孔塞的偏移得到减少或避免。为达到这一目的,对于纹孔塞尚未发生偏移的生材,实验研究中已采取的方法有冷冻干燥、临界点干燥及溶剂置换干燥,其中以溶剂置换干燥方法的研究较多。后者系利用表面张力低的有机溶剂置换出生材内表面张力高的自由水,降低干燥时的毛细管力,以达到木材干燥过程中纹孔塞不发生偏移、提高木材干燥后渗透性的目的^[1-3]。对于纹孔塞已发生偏移的气干材,可以首先对气干材进行水浸泡,以打开偏移纹孔的纹孔塞与纹孔缘之间的氢键结合,再利用纹孔膜自身的弹性,使原来偏移的纹孔塞重新回弹到中央位置^[4, 5],然后立即进行溶剂置换干燥,以保持已回弹到中央位置的

纹孔塞不再发生偏移,而提高气干材渗透性。

本试验试图通过对难浸注的长白鱼鳞云杉气干心材进行水浸泡处理,探讨纹孔塞位置可否回弹以提高渗透性的可能性,为改善浸注性提供科学依据。

二、材料和方法

本试验所用试材为采自吉林并已气干5年的长白鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* var. *komarovii*)心材,共三株,每株一段。制作试样时木材含水率为12%,绝干密度为0.41g/cm³。共取心材试样27对,每一对试样(对照与水浸泡试样各一枚)于纵向同年轮层内截取。试样为2×2×10cm(后一尺寸为纵向)长方形试样。纵向允许误差为±2mm,横向为±1mm。要求纹理、年轮与边棱平行。

将试样垂直放置于玻璃缸内,并在试样上轻压一玻璃盖以阻止试样上浮,然后注满自来水,试样浸泡于具细流的流水中(夜间水龙头关死),浸泡期间水温为20—25℃,浸泡时间为11周。浸泡结束后试样端部含水率为156%,中部为73%,平均为115%。一半试样自水中取出后置于室内气干10天,随后在35℃下真空干燥至含水率约11%为止;另一半试样在水浸泡后立即进行溶剂置换干燥,利用表面张力甚低的有机溶剂正戊烷置换出试样内表面张力高的自由水。由于正戊烷在水中溶解度很小,根据相似相溶原理,顺序采用表面张力亦较低但极性较正戊烷高的酒精和丙酮有机溶剂逐级进行过渡置

收稿日期: 1991.7.6.

* 本文系国家自然科学基金资助项目“难浸注木材流体渗透性及其渗透机制和控制原理的研究”的部分内容初报。

换。

正戊烷溶剂置换干燥前首先进行酒精置换。将水浸泡试样称重后放置于一玻璃缸内,试样上压一玻璃盖,然后用体积浓度为55、75、95、100、100%的五种酒精溶液各1000ml,分别浸泡一天,共五天,即每天依次换一种浓度较高的酒精溶液逐步置换出试样内水分。根据测量酒精溶液比重得到每次置换前后酒精溶液体积浓度,粗略估算从试样内被置换出的水分。例如,第一次酒精置换后,酒精溶液体积浓度由55.5%降至45.5%,那么对于1000ml酒精溶液来说,即增加水分100ml,这100ml水系来自试样内;经过五次酒精置换后,共累积置换出水分约250ml(计250g)。再由置换前含水率(W)为115%时的13枚试样总湿重($G = 556.84\text{g}$)

根据公式计算出其总绝干重 G_0 ($G_0 = \frac{G}{1+W}$)

为260.39g,由此估算出酒精置换后试样含水率(W_1)为19%左右[酒精置换后试样总湿重 $G_1 = 559.84 - 250 = 309.84\text{g}$,含水率 $W_1 = (309.84 - 260.39) / 260.39 = 19\%$]。酒精置换后,接着利用分析纯丙酮逐步置换试样内酒精及水分,每天换一次同浓度丙酮溶剂,共进行五天。每次丙酮置换后的溶液分别利用气相色谱仪(日立-163)①测定丙酮、酒精和水分含量(重量浓度)。由于丙酮挥发较快,置换液中水的含量可能偏高,因此难以估算丙酮置换后试样的含水率。最后一次丙酮置换后,丙酮、酒精与水的浓度含量比为98:0.39:1.61,基本上将试样内的酒精置换出来。最后利用化学纯正戊烷逐步置换试样内所含的丙酮。每天换一次同浓度正戊烷溶剂,共进行五天。每次置换后的溶液利用日本岛津GC-7 AG气相色谱仪②分析正戊烷和丙酮的重量浓度含量。最后一次正戊烷溶剂置换后,正戊烷与丙酮的浓度含量比为99.7:0.3,基本上将丙酮从试样内置换出来。经过酒精、丙酮及正戊烷三级置换后,将试样取出置于室内气干3天,然后交替进行35℃真空干燥(白天)和气干(夜间),每天对试样称重一次。前几次称重,由于正戊烷的挥发,试样重量总是呈减少趋势;当一旦由低温真空干燥转至气干后试样重量增加时,即可认为试样内部所含有的正戊烷已基本上从木材内挥发排尽。

当正戊烷挥发完后,对水浸泡后溶剂置换干燥

①由北京林业大学测定。

②由中国林业科学研究院分析中心测定。

和普通气干试样一起放在装有硫酸溶液^[6]的调整箱内调整至含水率10%。为保证木材纵向气体渗透性不受试样侧面的影响,待试样含水率调整到接近10%时,对试样的侧面进行油漆封盖,当侧面封盖后的试样再次调整到接近10%时,即采用水上升置换气流法测量试样纵向气体渗透性^[7]。每个试样连续测量三次,其平均值作为该试样的渗透值。

三、结果、分析和讨论

由表1可以看出,长白鱼鳞云杉气干5年心材试样经水浸泡并用溶剂置换干燥后气体渗透性为0.06553darcy,其相应对照样气体渗透性为0.03063darcy,平均气体渗透性增加了110%;由表2可见,水浸泡后直接气干的心材试样气体渗透性为0.04229darcy,其相应对照样气体渗透性为0.0261darcy,平均气体渗透性增加70%。但是,通过对水浸泡后溶剂干燥试样和普通气干试样分别与其相应对照试样渗透性的差值(d)、标准差

(S_d)构成的统计量 t ($t = \bar{d} / S_d, S_d = \frac{S_d}{\sqrt{n-1}}$)

$= \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}$) 进行检验,结果无

表1 水浸泡后溶剂置换干燥试样纵向气体渗透性(darcy)

试样号	相应对照样渗透性 X_0	水浸泡后试样渗透性 X_1	差数d ($X_1 - X_0$)
1-13-1	0.03997	0.0377	-0.00227
2-10-4	0.04651	0.02498	-0.02153
2-5-5	0.02183	0.03247	0.01064
2-20-6	0.03466	0.04188	0.00722
2-6-7	0.03087	0.06281	0.03194
2-21-8	0.02241	0.02019	-0.00222
2-7-9	0.05701	0.02456	-0.03245
3-4-19	0.02483	0.02598	0.00115
3-3-20	0.02633	0.14212	0.11579
3-3-21	0.02349	0.05384	0.03035
3-47-22	0.01456	0.03568	0.02112
3-46-23	0.02396	0.05449	0.03053
3-4-29	0.03178	0.29516	0.26338
平均值	0.03063	0.06553	0.03490
标准差	0.01156	0.07584	0.07744
变异系数(%)	37.7	115.7	

论是溶剂干燥 (表 1) 还是普通气干 (表 2), 水浸泡后试样渗透性与对照样渗透性以可靠性 95% 计, 均无显著差异, 只有当可靠性为 80% 时差异方显著, 说明水浸泡后溶剂干燥试样及普通气干试样气体渗透性得到增加但并不完全可靠。与此同时, 通过对水浸泡后溶剂干燥试样与水浸泡后普通气干试样进行渗透性平均数的差异显著性检验 (统计量 $t =$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \div \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)},$$

表2 水浸泡后普通气干试样纵向气体渗透性 (darcy)

试样号	相应对照样渗透性 X_0	水浸泡后试样渗透性 X_2	差数 d ($X_2 - X_0$)
1-11-2	0.01592	0.03934	0.02342
1-39-3	0.02286	0.14125	0.11839
2-10-10	0.02082	0.01311	-0.00771
2-17-11	0.05116	0.03321	-0.01795
2-10-12	0.02860	0.0055	-0.0231
2-9-13	0.03413	0.0213	-0.01283
2-19-14	0.03371	0.02392	-0.00979
2-16-15	0.02640	0.01583	-0.01057
2-41-17	0.02853	0.01672	-0.01181
2-22-18	0.02753	0.01670	-0.01083
3-52-24	0.01928	0.08669	0.06741
3-51-25	0.02035	0.0444	0.02405
3-52-26	0.01623	0.0151	-0.00113
3-51-28	0.01928	0.14695	0.12767
平均值	0.02610	0.04429	0.01823
标准差	0.00899	0.04681	0.05029
变异系数 (%)	34.4	105.7	

亦显示溶剂干燥试样和普通气干试样的平均渗透性无显著差异, 表明水浸泡后溶剂干燥和普通气干二组样本可能来自平均渗透性相同的二个总体。按照前述原理与方法, 如果试样中偏移的纹孔塞经水浸泡后回弹到中央位置, 那么接着进行的溶剂置换保住它的中央位置, 渗透性应有明显的改善, 与其相应对照试样渗透性应显示出显著的差异。如果试样中偏移的纹孔塞经水浸泡后没有回弹到中央位置, 那么接着进行的溶剂置换就无从发挥作用, 其渗透性与普通气干试样渗透性自然无异, 因为溶剂置换只能使位于中央位置的纹孔塞不发生偏移, 而不能使已经偏移的纹孔塞回到中央位置。由此似可认为, 本试验试样偏移的纹孔塞经水浸泡后可能并未重新回到中央位置使其渗透性得到真正的提高。

纹孔塞已发生偏移的气干材经水浸泡是否可以

使偏移的纹孔塞重新回弹到中央位置, 有人认为纹孔塞位置偏移是不可逆的^[8], 也有人发现^[4, 5], 经水浸泡后已偏移的纹孔塞可以重新回弹到中央位置。Thomas和Nicholas^[5]曾对火炬松 (*Pinus taeda*) 生材边材的早材试样分别进行普通气干、甲醇溶剂置换干燥以及甲醇、丙酮、正戊烷三级逐级溶剂置换干燥。观察结果表明, 生材边材的早材试样经溶剂置换干燥后没有发生纹孔塞偏移现象, 而普通气干后却发生了纹孔塞偏移。接着, 他们将已气干至含水率为 5% 的边材早材试样重新浸泡于水中, 待气干试样内水分饱和后再进行甲醇、丙酮及正戊烷的三级逐级置换干燥, 结果发现气干边材早材试样经水浸泡再进行溶剂置换干燥后已没有纹孔塞偏移现象, 表明气干的边材早材试样中已发生偏移的纹孔塞经水浸泡后重新回弹到中央位置。Thomas 和 Kringstad^[4]将气干贮存 3 个月的火炬松边材试样置于水中浸泡 1 周, 然后以正戊烷溶剂置换干燥, 结果发现所有纹孔塞都位于中央, 而对于已气干贮存 13 个月的边材试样, 采取同样方法只能使 40% 的偏移纹孔塞重新回弹到中央位置。表明气干边材试样贮存时间愈长, 要使偏移后的纹孔塞重新回弹到原来的中央位置就愈困难。

利用低表面张力的有机溶剂置换木材中水分, 能否有效阻止纹孔塞在干燥过程中不发生偏移, 以提高木材干燥后渗透性, 前人作过一些研究。Comstock 等^[10]曾对加拿大红松 (*Pinus resinosa*)、加拿大铁杉 (*Tsuga canadensis*) 的生材边材分别进行普通气干和正戊烷、二乙醚、乙醇、甲醇、丙酮、三氯乙烷、氯仿、甲苯、溶剂剂、对氯甲苯、二氧已烷、糖醛等一系列有机溶剂 (表面张力为 17—44 dyn/cm) 置换干燥后的渗透性作了比较试验。结果发现, 两个树种生材边材的透水性为 5.3 darcy, 普通气干后, 加拿大红松边材气体渗透性仅为其生材透水性的 4.5%, 加拿大铁杉边材气体渗透性仅为其生材的 0.3%, 而有机溶剂置换干燥后, 边材气体渗透性不但未降低, 反而略高于生材时的 5.3 darcy。Erickson 等^[11]发现花旗松 (*Pseudotsuga menziesii*) 和西部铁杉 (*Tsuga heterophylla*) 两个树种边材透水性均因气干而大大降低, 前者生材边材试样气干后透水性为生材时的 1.3%, 后者生材边材试样气干后透水性为生材时的 3%; 但这两种树种的生材边材分别经过酒精溶剂置换、乙醇和苯溶剂置换、丙酮溶剂置换干燥后, 其透水性均保持如生材时一样。

Petty等^[12]研究了普通气干和酒精、丙酮溶剂干燥对巨冷杉(*Abies grandis*)边材渗透性的影响。试验表明,对于溶剂置换干燥后的边材试样,早、晚材管胞都是传导分子,每个传导管胞有27,000个纹孔膜微孔,而普通气干后的边材试样,只有晚材管胞起传导作用,且平均每个传导管胞只有600个纹孔膜微孔。通过对液体渗透性的测量,进一步验证了这一结果,溶剂置换干燥后边材试样的液体渗透性比较普通气干后的边材试样透水性大31倍。Bramhall等^[3]从难浸注的加拿大西部产花旗松和较易浸注的美国太平洋沿岸产花旗松生材,制取厚度约150 μ m的薄试样,分别采取苯醇溶剂置换、普通气干、普通炉干及二甲苯蒸馏等四种干燥,然后进行纵向气体渗透性试验。结果发现,普通气干后加拿大产花旗松边材的早材试样渗透性比苯醇溶剂置换干燥后试样渗透性要小10—100倍;普通气干后美国产花旗松边材的早材试样渗透性要比苯醇溶剂置换干燥后试样渗透性小4—20倍;但是干燥方法不同对两种花旗松边材的晚材及心材的早材和晚材试样的渗透性却无任何影响。因为心材早材在生材状态时大多数纹孔塞就已经发生了偏移,而晚材由于纹孔膜的刚性大,即使普通气干后其纹孔塞仍可以保持中央位置。Petty^[13]曾对西加云杉(*Picea sitchensis*)生材边材和生材心材分别进行炉干及甲醇和丙酮溶剂置换干燥,干燥后的试样又分别进行石油馏出物的浸注试验。试验显示,西加云杉生材边材经甲醇或丙酮溶剂置换干燥后试样对石油馏出物的吸收速度较炉干试样快得多,而其生材心材试样对石油馏出物的吸收速度反而比炉干试样慢。

本试验长白鱼鳞云杉气干心材试样经水浸泡,已偏移的纹孔塞可能并未回弹到中央位置的原因,可能三个方面,一系所用试样气干时间较长,长达5年,纹孔塞与纹孔缘之间有更多的氢键结合,利用水浸泡来打开氢键较难^[4];再者,纹孔膜亦会因气干时间长久而发生应力松弛,即使氢键打开了也因纹孔膜应力松弛难以弹回到中央位置^[9];另外,本试验试样为心材,含有心材浸提物,此种浸提物有可能起着一种类似粘合剂的作用,增强了纹孔塞与纹孔缘之间的结合力,以致更难使偏移的纹孔塞回到中央位置^[9]。由于偏移的纹孔塞可能没有重新回到中央位置,因此水浸泡后的溶剂置换干燥就不起作用,所以本试验水浸泡后溶剂置换干燥试样,渗透性虽有增加,但未获得真正的提高。因

此,尽管水浸泡处理可以使气干不久的边材纹孔塞由偏移回弹到中央位置,溶剂置换干燥生材边材能够使未偏移的纹孔塞不发生偏移保持中央位置,但对气干较久的心材,采用水浸泡,以使其已偏移的纹孔塞重新回到中央位置来提高木材渗透性,则有待于进一步试验研究。

四、结论

气干5年的长白鱼鳞云杉心材经水浸泡并用有机溶剂置换干燥后,平均气体渗透性增加了110%,但经成对比较试验检验,以可靠性95%计差异不显著。表明气干5年的心材试样水浸泡处理后平均气体渗透性虽有增加,但偏移的纹孔塞可能并未回到中央位置使其渗透性获得真正的提高。

(责任编辑 袁东岩)

参考文献

- [1] Bolton, A.J. and J.A. Petty, 1977, Influence of critical point and solvent exchange drying on the gas permeability of conifer sapwood, *Wood Science*, 9 (4): 187-193.
- [2] Bolton, A.J. and J.A. Petty, 1977, Variation of susceptibility to aspiration of bordered pits in conifer wood, *Journal of Experimental Botany*, 105: 935-941.
- [3] Bramhall, G. and J.W. Wilson, 1971, Axial gas permeability of Douglas fir microsections dried by various techniques, *Wood Science*, 3 (4): 223-230.
- [4] Thomas, R.J. and K.P. Kringstad, 1971, The role of hydrogen bonding in pit aspiration, *Holzforschung*, 25 (5): 143-149.
- [5] Thomas, R.J. and D.D. Nicholas, 1966, Pit membrane structure in Loblolly pine as influenced by solvent exchange drying, *For. Prod. J.*, 16 (3): 53-56.
- [6] 鲍甫成, 1959, 木材吸湿性的研究, 研究报告, 中国林业科学研究院, 森工(59) 8.
- [7] Siau, J.F., 1971, *Flow in wood*, Syracuse University Press, Syracuse, 41-

- 45.
- [8] Liese, W., 1951, ueber die Eindringung von oligen Schutzmitteln in Fichtenholz. Holz als Roh-und Werkstoff, 9 (10) : 374-378.
 - [9] Nicholas, D.D., 1973, Wood deterioration and its prevention by preservative treatment vol.II, Syracuse University Press, Syracuse, 312-313.
 - [10] Comstock, G.L. and W.A. Côté, 1968, Factors affecting permeability and pit aspiration in coniferous sapwood, Wood Sci. Technol., 2(4), 279-291.
 - [11] Erickson, H.D. and R.J. Crawford, 1959, The effect of several seasoning methods on the permeability of wood to liquids, Amer. Wood Pres. Assoc. Proc., 210-220.
 - [12] Petty, J.A. and G.S. Puritch, 1970, The effects of drying on the structure and permeability of the wood of *Abies grandis*, Wood Sci. Technol., 4 (2) : 140-154.
 - [13] Pettr, J.A., 1978, Effects of solvent-exchange drying and filtration on the absorption of petroleum distillate by spruce wood, Holzforschung, 32 (2) : 52-55.

Preliminary exploration on the effect of deaspiration of aspirated pit on the wood permeability of

Picea jezoensis var. *komarovii*

Lu Jianxiong Bao Fucheng

(Inst. of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract The possibility of pit deaspiration and its effect on the permeability of refractory *Picea jezoensis* var. *komarovii* air-dried heartwood was explored by pretreatment-resoaking in water. The axial gas permeability of wood samples was measured with rising-water volume-displacement method. The result showed that the average gas permeability of 5-year air-dried heartwood samples which were solvent exchange drying after resoaking period of 11 weeks was increased by 110 percent over their controls of paired comparative test, whereas the permeability difference of resoaking samples versus their controls was not significant at the 5% level by "t" test of paired comparative test. It suggests that aspirated pit of air-dried heartwood did not spring back to its normal position by resoaking in water so that the permeability was really improved.

Keywords *Picea jezoensis* var. *komarovii*, Permeability, Pit deaspiration, Solvent exchange drying, Resoaking