

长白鱼鳞云杉木材渗透性及 苯-乙醇浸提对其影响的研究*

鲍甫成 吕建雄

(中国林科院木材工业研究所)

摘要 本研究采用水上升置换气流法测定了长白鱼鳞云杉木材渗透性,并利用苯-乙醇对其进行浸提处理,探明浸提物对渗透性的影响及改善其渗透性的可能性。试验结果表明,长白鱼鳞云杉气干心材的气体渗透性为0.02872达西(darcy),属渗透性低、浸注难树种;苯-乙醇浸提对其心材气体渗透性的影响高度显著,浸提后渗透性得到明显改善,渗透性平均增加75%,而且可以增加渗透的均匀性。

关键词 长白鱼鳞云杉; 渗透性; 苯-乙醇浸提处理

一、前言

木材渗透性系指流体在压力差(内力或外力)的作用下进入、通过和流出木材的特性。研究木材渗透性,一方面探索木材流体渗透性的特点及其渗透机制;另一方面是寻求控制木材流体渗透性的方法,以便为木材防腐、阻燃、制浆、涂漆、染色、蒸煮、干燥等加工处理提供理论依据。

随着木材工业生产技术的发展,研究难浸注树种如云杉、冷杉、落叶松等木材渗透性的影响因子和其渗透性的改善途径已成为世界木材学界共同关注的问题。提高难浸注树种的木材浸注性,可供采取的途径可能有三条,即改变木材特性、改变流体特性和改变浸注处理工艺。六十年代以来,世界上从事木材流体渗透性研究的学者开始将注意力转向如何改变木材自身特性,从而提高其内部结构对流体可渗透性。到目前为止,为改变木材自身特性、提高木材渗透性在实验研究中可采取的措施有物理法、化学法和生物法。本试验采用化学法探索其对渗透性改

善的可能性。

本文系国家自然科学基金项目“难浸注木材流体渗透性及其渗透机制与控制原理的研究”的第一部分。

二、材料

1.试材

长白鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* var. *komarovii*)系采自吉林敦化并已在气干棚放置五年的气干材,制作试样时木材含水率为12%,绝干密度为0.41g/cm³。

2.化学药剂

苯-乙醇(2:1)溶液和不同浓度硫酸溶液。

三、方法

1.试样制备

上述试验树三株,共取心材试样28对,每一对试样(对照与浸提处理各1枚)在纵向同年轮层内截取。试样尺寸为2×2×10cm(后一尺寸为纵向)。制作试样时要求纹理、年轮与边棱平行,尺寸允许误差纵向为±2mm,横向为±1mm。

* 本文于1991年1月11日收到。

本研究承陆照娴、相亚明同志帮助,谨此致谢。

2. 浸提处理

本试验将4个液—液浸提器分别安装在2个水浴箱上,试样称重后,分别垂直放置于4个浸提器内,同时加入苯—乙醇溶液。浸提时,水浴温度调整在85—90℃范围内,以保证浸提器底瓶内的苯—乙醇溶液沸腾,其蒸汽通过冷凝管冷凝后回流到装有试样的浸提器内时的温度为62℃。夜间或停电不能进行处理时,试样不取出,仍放置于浸提器内,于室温条件下浸泡。浸提处理过程中,试样上下两端调换位置一次,并定期添加苯—乙醇溶液。总计浸提时间为400小时、室温浸泡时间为895小时,共1295小时。浸提处理完毕后,将底瓶内溶液进行蒸馏并测得浸提物重量,根据浸提试样炉干重及浸提物重计算出浸提物占木材绝干重的百分率,即苯—乙醇浸提物含量。

3. 试样含水率调整

试样自浸提器取出后,先置于室内气干10天,然后再交替进行低温(35℃)真空干燥和气干,当发现由低温真空干燥转至气干后试样重量增加时,可以认为试样内残存的浸提液已基本排尽。待试样含水率接近10%时,便置于含水率平衡箱内,利用不同浓度的硫酸溶液以调整箱内的空气相对湿度,从而进一步调整试样含水率达到基本一致,实验中所使用硫酸溶液的配制条件见表1。配制的硫酸溶液倒入平衡箱内的塑料盆中。箱内放有自计温度计和自计湿度计以记录一周内箱内的温、湿度,另有小型风扇以均匀箱内温、湿度。箱门用胶布封贴。每隔一周进行试样称重和硫酸溶液比重测定,并根据表1重新调整硫酸溶液的浓度。

为了保证木材纵向气体渗透性不受试样

表1 硫酸溶液配制条件

木材试样含水率(%)	10	10	10	10	10
箱内气温(℃)	10	15	20	25	30
箱内相对湿度(%)	51.3	52.1	53.0	54.2	54.9
硫酸溶液浓度(%)	42.2	41.8	41.4	41.0	40.6
硫酸溶液比重(20℃)	1.323	1.319	1.316	1.312	1.308

侧面的影响,在含水率基本平衡后,还需对试样的四个侧面涂漆封堵,再在平衡箱内进一步调整至前后二次称重值之差在±0.005g范围内,即认为含水率已基本达到平衡,可以进行气体渗透性的测量。

4. 试样渗透性测定

研究木材流体渗透性有吸水沉降法、气流法和液流法^[5]。气流法中又有水上升置换法、水下降置换法和转子流量计测定法^[13]。本试验采用水上升置换法测量试样的纵向气体渗透性。

四、 结果分析与讨论

木材虽属高多孔体,但并不都具有高渗透性,长白鱼鳞云杉即是一例。由表2可以看出,气干后(MC=10%)的长白鱼鳞云杉心材纵向气体渗透性为0.02872达西,与作者^[7]过去测定的同种云杉及Siau等^[14]测定的红云杉(*Picea rubens*)心材的纵向气体渗透性结果接近,属渗透性低、浸注难的树种范围。

表2 长白鱼鳞云杉心材试样纵向气体渗透性

试样类别	试样数	渗透值范围 (darcy)	平均 渗透值 (darcy)	标准差 (darcy)	变异系数 (%)
对照试样	28	0.01456— 0.05701	0.02872	0.01064	37.0
苯—乙醇 浸提试样	28	0.03079— 0.07782	0.04745	0.01286	27.1

不同株的长白鱼鳞云杉心材气体渗透性亦不相同(表3),其中以第二株为最大,第一株次之,第三株最小。鉴于第一株的试样数少,只对第二株与第三株的渗透性值进行了方差分析(表4)。结果表明,不同株长白鱼鳞云杉气干心材的气体渗透性存在高度显著差异,而且同一株内的变异系数也较大(表3)。但这种情况几乎所有树种木材均如此。

木材是由永久管状单元(大毛细管)和瞬时毛细管状单元(微毛细管)相互串联和并联的一种复合毛细管结构系统,但流体输

表3 长白鱼鳞云杉不同树株心材试样
纵向气体渗透性

株号	试样数	渗透值范围 (darcy)	平均 渗透值 (darcy)	标准差 (darcy)	变异 系数 (%)
1	3	0.01592—0.03997	0.02625	0.01231	46.9
2	14	0.02082—0.05701	0.03418	0.01122	32.8
3	11	0.01456—0.03178	0.02243	0.00507	22.6

表4 长白鱼鳞云杉不同树株对心材渗透性
影响的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F比	临界值
株间	0.04702	1	0.04702	10.54**	F _{0.01} =7.88
误差	0.10265	23	0.00446		
总和	0.14967	24			
株间	0.01417	1	0.01417	1.52	
误差	0.21467	23	0.00933		
总和	0.22884	24			

运有效性的高低则取决于永久管状单元之间的联络单元——纹孔膜上微孔的大小和数量，微孔大而多者，渗透性即高；反之即低。在树木生长过程中，常因浸提物的堵塞、结壳物的镶嵌和纹孔膜偏移而使微孔的大小和数量有所不同，从而使木材具有不同的渗透性。改善纹孔膜状况的方法之一是采用化学法。化学法一般有两种：一种是利用强氧化剂如亚氯酸钠和臭氧，以除去纹孔膜上的结壳物，从而提高木材的渗透性^(2, 9, 13)，但此法对细胞壁也起到一定降解作用，使木材强度明显降低；另一种是利用有机溶剂浸提木材，以除去堵塞在纹孔膜上的浸提物，达到改善渗透性的目的^(4, 6, 8—12)。沉积在纹孔膜微孔上的浸提物为包含多种类型的有机化合物，如多元酚类、萜类、树脂酸类、脂类和碳水化合物等，尤其是伴随着心材的形成而沉积下来的多系酚类化合物⁽³⁾。这些浸提成分虽不是木材组织的结构物质，但是其类型和数量的变化对于木材的色、香、味、耐久性以及渗透性和渗透的均匀性均有重要影响。利用水或中性有机溶剂浸提，既不影响木材的力学强度性能，又可使木材的渗

透性得到改善。本试验以不影响木材质量为前提，采用极性范围较大、几乎可以与木材组织中的各类浸提物相溶的苯-乙醇(2:1)作浸提溶剂。

由表5可见，经过苯-乙醇浸提处理后的长白鱼鳞云杉心材试样与其对照试样相比较，气体渗透性平均增加75%；浸提处理的28个试样中，每个试样的渗透性较其对照试

表5 苯-乙醇浸提后长白鱼鳞云杉心材试样渗透性

试样号	对照样渗透值 (darcy)	浸提样渗透值 (darcy)	增加率 (%)
1—13—1	0.03997	0.07576	89.5
1—11—2	0.01592	0.03527	121.5
1—39—3	0.02286	0.03827	67.4
2—10—4	0.04651	0.04827	3.8
2—5—5	0.02183	0.04013	83.8
2—20—6	0.03465	0.06304	81.9
2—6—7	0.03087	0.03182	3.1
2—21—8	0.02241	0.03840	71.4
2—7—9	0.05701	0.06406	12.4
2—10—10	0.02082	0.03275	57.3
2—17—11	0.05116	0.05558	8.6
2—10—12	0.02860	0.04514	57.8
2—9—13	0.03413	0.05413	58.6
2—19—14	0.03371	0.05043	49.6
2—16—15	0.02640	0.05362	103.1
2—9—16	0.04194	0.07782	85.5
2—41—17	0.02853	0.04489	57.3
3—4—19	0.02483	0.03079	24.0
3—3—20	0.02633	0.04025	52.9
3—3—21	0.02349	0.03482	48.2
3—47—22	0.01456	0.03402	133.6
3—46—23	0.02396	0.05437	126.9
3—52—24	0.01928	0.04249	120.4
3—51—25	0.02035	0.04527	122.4
3—52—26	0.01623	0.03135	93.2
3—52—27	0.02664	0.05483	105.8
3—51—28	0.01928	0.05119	165.5
3—4—29	0.03178	0.05972	87.9
平均值	0.02872	0.04745	75

样均有增加；浸提后试样渗透性较均匀，变异系数较对照组小(表2)；浸提后不同树株间的渗透性无显著差异(表4)。通过对浸提处理组和对照组试样渗透性的方差分析，结果表明，苯-乙醇浸提处理对长白鱼鳞云杉心材的气体渗透性具有高度显著影响(表

6)。以上结果充分表明,利用苯-乙醇对长白鱼鳞云杉心材进行浸提处理可以减少堵塞在流体通道上的纹孔膜微孔内、管胞内、甚至树脂道内的浸提物^(4,9),从而增加了通道对输运流体的有效性。同时,也表明了对照试样渗透性之所以变异性较大、树株间的渗透性之所以存在显著差异,与苯-乙醇浸提物含量不均匀有关,浸提处理可以去除或减轻这些不均的因子,因而使渗透性变得较均匀。

表6 苯-乙醇浸提对长白鱼鳞云杉心材渗透性影响的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 比	临界值
因子	0.27136	1	0.27136	32.2**	$F_{0.01}=7.17$
误差	0.45508	54	0.00843		
总和	0.72644	55			

浸提处理对改善木材渗透性的作用前人亦做过一些研究。Krahmer等⁽¹¹⁾研究了花旗松(*Pseudotsuga menziesii*)、西部铁杉(*Tsuga heterophylla*)、巨侧柏(*Thuja plicata*)的浸提处理与气体渗透性的关系,所用试样为直径1cm、纵向长1cm的气干心材,溶剂分别为热水、95%酒精及一苯乙醇,结果发现,所有心材试样经浸提后气体渗透性均有提高,三种溶剂处理效果若用 R_2/R_1 (R_1 、 R_2 —浸提前后心材气体渗透性)表示,则花旗松分别为1.1、1.6、1.7;西部铁杉为1.2、2.1、3.8;巨侧柏为1.6、2.9、2.5。由此可见,苯-乙醇浸提效果最佳;从树种来看,苯-乙醇浸提对花旗松木材气体渗透性的改善作用最小,仅增加70%,与本试验平均增加率接近。Koran⁽¹⁰⁾曾研究过浸提对花旗松液体渗透性的影响,所用试样为 $1.9 \times 1.9 \times 1.3$ cm(后一尺寸为纵向)的生材心材、内含边材及边材三种。方法是先后用苯-乙醇、乙醚、丙酮及热水各浸提60小时,总计240小时,结果发现浸提后的心材、内含边材及边材的杂酚油吸收量分别为其相应对照试样的8.1、6.5、1.2倍,比Krah-

mer等对同种花旗松的浸提效果好,也较本试验的浸提效果显著。Comstock⁽⁸⁾曾对尺寸为 $0.25 \times 0.25 \times 0.9$ cm(后一尺寸为纵向)的东部铁杉(*Tsuga canadensis*)生材心材试样用苯-乙醇浸提7天,浸提后试样的透水性只增加50%,略低于本试验结果。Resch等⁽¹²⁾研究了加州红杉(*Sequoia sempervirens*)热水及乙醇(各浸提处理96小时)浸提物对渗透性的影响。将炉干后的心材纵向试样(直径1.5cm,纵向1cm)及心材径向、弦向试样(直径4.3cm,径、弦向厚0.64cm)分别在浸提前后进行氮气渗透性测定,试验结果表明,经过热水和乙醇浸提后,红杉心材纵向气体渗透性增加1.4倍,弦向增加6.3倍,径向增加25倍。笔者⁽⁴⁾也曾进行过浸提物对黄落叶松(*Larix olgensis*)和落叶松(*Larix gmelini*)气体渗透性影响的研究,采用苯-乙醇对二种落叶松气干心材的径向试样(直径4.8cm,径向1cm)进行浸提,结果发现,苯-乙醇温度在68℃下浸提处理60小时后,二种落叶松气干心材的径向气体渗透性显著增加,增加到与其边材渗透性相近。

综上所述,利用苯-乙醇等溶剂浸提木材可以改善其渗透性,而改善的程度主要取决于该树种的浸提物含量、试样的干湿程度、尺寸大小、浸提溶剂种类、浸提时间、温度及设备条件等。就本试验而言,尽管苯-乙醇浸提处理使长白鱼鳞云杉气干心材气体渗透性平均增加了75%,但增加幅度毕竟不是很大。其可能的原因:一是该树种心材自身的苯-乙醇浸提物含量不高,所以浸提作用有限。为此,在浸提处理的同时,又从每一树株各取出1枚共3枚心材试样,经粉碎后用索氏浸提器进行苯-乙醇常规浸提,以测定其标准含量,并与本试验条件下所得的数值相比较。结果表明,长白鱼鳞云杉心材苯-乙醇浸提物标准含量为1.67%,与针叶树材中最低的鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* var. *microsperma*)⁽¹⁾(1.63%)极相近;另

一方面,本试验所用试样尺寸较大,未能将试样内为量不高的浸提物全部浸出,故测定结果仅为常规法浸提物标准含量的62%,说明即使有限的作用也未能全部发挥。故尚需进行其它溶剂对长白鱼鳞云杉生材和气干材浸提处理的研究,同时改进处理工艺与设备,以期使其渗透性能进一步提高。

五、结论

长白鱼鳞云杉气干心材纵向气体渗透性为0.02872达西,属渗透性低、浸注难的树种。苯-乙醇浸提对其渗透性的影响高度显著,浸提后渗透性得到明显改善,渗透性平均增加75%,而且可以增加渗透的均匀性。

(责任编辑 袁东岩)

参考文献

- [1] 中国林业科学研究院木材工业研究所材性室, 1980, 中国重要木(竹)材的化学成分。
- [2] 北京林学院主编, 1983, 木材学, 中国林业出版社。
- [3] 成俊卿主编, 1985, 木材学, 中国林业出版社。
- [4] 鲍甫成, 1965, 落叶松木材流体渗透性及其控制途径的初步研究, 林业科学, 10(1): 1-17。
- [5] 鲍甫成等, 1984, 木材流体渗透性及影响其因子的研究, 林业科学, 20(3): 277-300。
- [6] Bailey, P.J. and R.D. Preston, 1969,

Some aspects of softwood permeability
I. Structural studies with Douglas fir sapwood and heartwood, Holzforschung, 23 (4): 113-120.

- [7] Bao Fucheng, J.F. Siau and S. Ayramidis, 1986, Permeability and capillary structure of Chinese wood, Wood and Fiber Sci., 18 (2): 220-227.
- [8] Comstock, G. L., 1965, Longitudinal permeability of green eastern hemlock, For. Prod. J., 15 (10): 441-449.
- [9] Cote, W.A., 1963, Structural factors affecting the permeability of wood, Jour. of Polymer Sci. Part C, 1 (2): 231-242.
- [10] Koran, Z., 1964, Air permeability and creosote retention of Douglas-fir, For. Prod. J., 14 (4): 159-165.
- [11] Krahmer, R.L. and W.A. Cote, 1963, Changes in coniferous wood cells associated with heartwood formation, TAPPI, 46 (1): 42-49.
- [12] Resch, H. and B. A. Ecklund, 1964, Permeability... exemplified by measurements on redwood, For. Prod. J., 14 (5): 199-206.
- [13] Siau, J. F., 1984, Transport processes in wood, Springer-Verlag, New York.
- [14] Siau, J.F. and J.S. Shaw, 1971, The treatability of refractory softwoods, Wood and Fiber, 3 (1): 1-12.

Studies on the permeability of spruce wood and the effect of benzene-ethanol extraction upon it

Bao Fucheng Lü Jianxiong

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

Abstract The axial gas permeability of the air-dried heartwood of refractory spruce (*Picea jezoensis* var. *Komarovii*) was measured with rising-water volume-displacement method and the effect of benzene-ethanol extraction upon it was studied. The results indicated that the axial gas permeability of the spruce air-dried heartwood is 0.02872 darcy and benzene-ethanol extraction pretreatment not only increases the permeability of it by 75%, but also improves its uniformity.

Keywords *Picea jezoensis* var. *Komarovii*; Permeability; Benzene-ethanol extraction