

研究与开发

杨木真空干燥的临界尺寸研究

刘玉容, 伊松林, 张璧光

(北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 以不同横截面、长厚比的杨木试材, 在干燥温度为 45、65、85 ℃, 绝对压力 0.02 MPa 的真空干燥条件下, 通过未封面与侧面封闭试件的对比试验, 对杨木真空干燥临界尺寸进行了研究。结果表明: 木材的临界尺寸随干燥温度的升高而增大, 随侧面积与体积比率的减小而减小。

关键词: 真空干燥; 临界尺寸; 干燥速度; 杨木

中图分类号: S792.11; TS652

文献标识码: A

文章编号: 1002-8654(2008)04-0004-03

Critical Dimension of Poplar Lumber during Vacuum Drying

LIU Yu-rong, YI Song-lin, ZHANG Bi-guang

(College of Materials Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: At a given drying condition, the water diffusion rate is usually determined by the size of lumber. In this study, the effect of the dimensions of poplar lumber specimens on the drying speed during vacuum drying was investigated. Specimens with different sizes and length-width ratios were divided into edge-sealed and unsealed (control) groups. Drying conditions under a constant vacuum of 0.02 MPa and temperatures of 45, 65 and 85 ℃ were selected. The results showed that the critical dimension for Poplar increased when the drying temperature increased and decreased when the ratio of side area to volume decreased.

Key words: vacuum drying; critical dimension; drying rates; poplar lumber

在真空干燥过程中, 当木材内部温度接近或超过对应压力下水的沸点时, 水蒸气将迅速产生, 压力梯度引起木材内部水分迁移。在这种条件下, 木材的渗透性可能是控制水分移动的主导因素^[1], 而且大多数木材的纵向渗透性是横向渗透性的 1 000 倍。初步研究表明, 在一定的尺寸范围内和真空条件下, 木材试件中的水分主要沿纵向移动, 当试件尺寸超过某一范围时, 木材干燥速度衰减迅速, 即真空干燥中存在一个临界尺寸^[2]。

杨木是木材加工行业普遍采用的材种, 一般采用高温快速干燥。但高温干燥往往造成木材皱缩、干燥不均匀等干燥缺陷。采用真空干燥不仅能有效

避免上述缺陷, 且干燥周期短、节能降耗。本研究以正方形截面的杨木为试材, 通过未封面与封面试件平均干燥速度的对比试验, 对杨木进行真空干燥临界尺寸问题的研究, 为真空干燥杨木规格材提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

杨木(*Populus* spp.)采集于北京郊区, 初含水率 90%~110%, 试件规格见表 1, 长度和厚度之比分别为 5、10、15。

表 1 试件规格

Tab. 1 The dimension of poplar specimens

编号	规格/mm	编号	规格/mm	编号	规格/mm
A-1	20×20×100	B-1	40×40×200	C-1	60×60×300
A-2	20×20×200	B-2	40×40×400	C-2	60×60×600
A-3	20×20×300	B-3	40×40×600	C-3	60×60×900

收稿日期: 2007-12-27; 修稿日期: 2008-06-16

基金项目: 引进国际先进林业科学技术“948 计划”(2005-4-61); 教育部科学技术研究重点项目(105026)。

作者简介: 刘玉容(1982—), 女, 北京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 伊松林, 男, 北京林业大学材料学院副教授。

1.2 试验设备

试验装置由试验台(FBZK-025 型真空干燥箱改装)、压力控制系统等部分组成,工作原理见图 1。

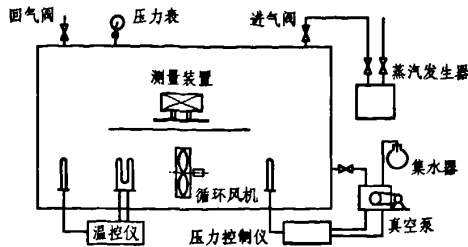


图 1 试验台工作原理

Fig.1 Schematic diagram of the experimental setup

1.3 试验方法

绝对压力取 0.02 MPa,干燥温度为 45、65、85 ℃ 的试验条件。把试件分为 2 组,一组试件不封面,另一组用环氧树脂和铝箔封闭 4 个侧面,以保证木材中的水分仅从 2 个端面蒸发。当试件长度超过干燥箱长度时,取试件的一半长度,采用单端封闭,制成相当于其 2 倍长的试件。在干燥过程中,每隔 2 h 将试验台恢复常压后,取出试件称量。当试件含水率降至 12%~15%时,结束干燥。之后把试件放入烘箱内烘至绝干,得到绝干质量,以此来准确测定木材干燥过程中含水率的变化。每组试验重复 3 次,取 3 组数据的平均值。

2 结果与分析

2.1 临界尺寸值的确定

由表 2 可见,在设定的试验条件下,未封面试件比封闭侧面试件的干燥速度快;随着干燥温度的降低,干燥速度下降。

表 2 封闭侧面与未封面试件的平均干燥速度

Tab.2 The average drying rates of the edge-sealed and unsealed specimens

温度/ ℃	状态	干燥速度/(%·h ⁻¹)								
		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
85	封面	13.70	11.79	11.13	5.77	4.07	3.19	3.72	3.20	2.59
	未封面	14.30	14.05	13.72	6.11	4.91	4.21	4.10	4.04	3.48
65	封面	7.32	5.62	5.79	3.33	2.51	1.79	1.89	1.46	1.32
	未封面	7.82	7.17	4.27	4.17	3.72	2.92	2.50	2.36	2.22
45	封面	2.31	2.57	0.71	0.83	0.56	0.36	0.72	0.39	0.17
	未封面	3.20	1.21	2.21	1.12	1.48	1.17	1.07	0.99	0.78

对表 2 中的数据进行比较,引入了干燥速度差异率,其计算方法:

$$\eta = \frac{U_{\text{未封面}} - U_{\text{封面}}}{U_{\text{未封面}}} \times 100\%$$

其中: η —试件干燥速度差异率,%; $U_{\text{未封面}}$, $U_{\text{封面}}$ —分别为未封面与封面试件的干燥速度,%/h。

经数据整理后,相同干燥条件下未封面与封面试件的干燥速度差异率如表 3 所示。

表 3 相同尺寸的未封面与封面试件干燥速度差异率

Tab.3 Drying rates of specimens with the same dimension

温度/ ℃	干燥速度差异率/%								
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
85	4.20	16.05	18.84	5.56	17.20	24.12	9.27	20.79	25.78
65	6.39	21.65	36.79	20.14	32.53	38.43	24.15	38.00	40.54
45	27.69	58.68	67.99	29.06	62.26	69.59	32.04	59.81	78.79

由于临界尺寸尚无标准可查^[3-4],本试验暂定平均干燥速度差异率为 10% 的点为临界尺寸点。即干燥速度差异率小于 10% 时,木材尺寸处于临界尺寸范围内,在这个范围内可以忽略沿试件弦向与径向的热量和质量传递。

图 2 为各种截面的试件在不同温度下干燥速度的差异率。图 2 中水平线是差异率为 10% 的临界尺寸点,位于线下的木材尺寸在临界尺寸范围之内。

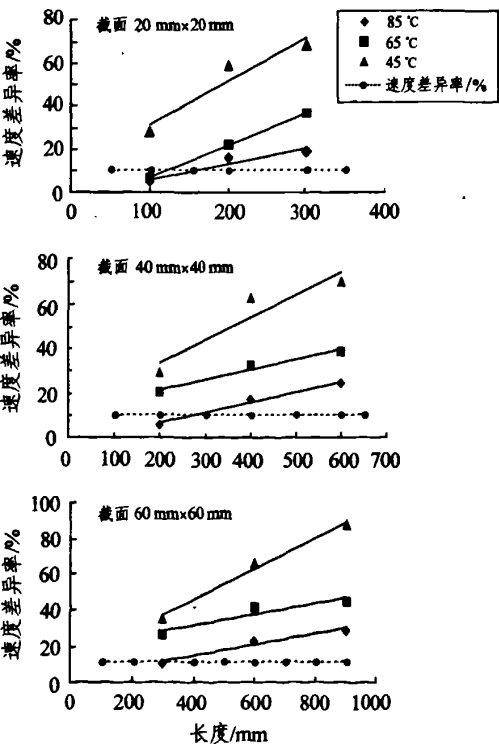


图 2 不同温度下 3 种横截面的木材干燥速度差异率

Fig.2 Drying rates of specimens under different drying temperatures

对图 2 进行分析,可得到如表 4 所示的回归方

程,计算出一定温度和尺寸下木材临界长度以及临界点长厚比。

表 4 木材临界尺寸点的确定
Tab. 4 The determination of critical dimensions

温度/ ℃	端面尺寸/ mm	回归方程	R ²	临界长度/ mm	临界点 长厚比
85	20×20	y=0.0732x-1.6100	R ² =0.89	158.61	7.90
85	40×40	y=0.0464x-2.9333	R ² =0.97	278.73	6.97
85	60×60	y=0.0275x+2.1033	R ² =0.95	304.08	5.08
65	20×20	y=0.1520x-8.7900	R ² =1.00	123.62	6.18

2.2 温度对临界尺寸的影响

图 3 是编号 B-2 的封面与未封面试件的干燥速度差异率,在不同温度时的关系曲线。其他规格尺寸的试件具有类似的变化规律。

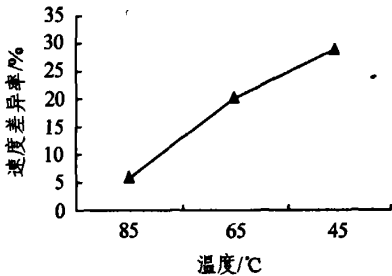


图 3 编号 B-2 的封面与未封面试件的干燥速度差异率关系
Fig. 3 The different drying rates of the B-2 specimens

由图 3 可以看到,封面与未封面试件的干燥速度差异率,随着温度的降低而增大,即随着干燥温度的降低,临界尺寸减小。

2.3 侧面积和端面积与体积之比对临界尺寸的影响

试件的侧面积和端面积与体积的比率关系如表 5 所示。

表 5 试件的侧面积和端面积与体积的比率关系
Tab. 5 The relationship between the ratio of the side-area to volume and the ratio of the end-area to volume

比率关系	面积与体积比率								
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
侧面/体积	0.200	0.200	0.200	0.100	0.100	0.100	0.067	0.067	0.067
端面/体积	0.010	0.005	0.003	0.005	0.003	0.002	0.003	0.002	0.001

图 4 为编号是 A-1、B-1、C-1 的试件侧面积与体积比率,以及干燥速度差异率在温度为 65 ℃时的关系曲线。

由图 4 可见,随着侧面积与体积的比率以及端面面积与体积的比率减小,干燥速度差异率增大。当侧面积与体积的比率为 0.20(或者端面面积与体积的比率为 0.01)时,木材干燥速度差异率在 10% 以内,即

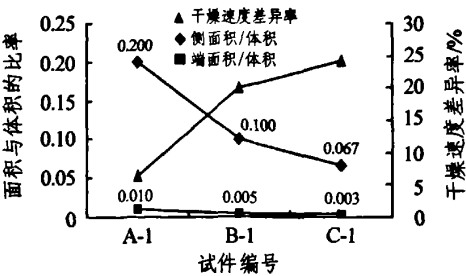


图 4 3 种规格试件的面积与体积比率与干燥速度差异率的关系
Fig. 4 The relationship between drying rate and ratio of area to volume

木材尺寸在临界尺寸之内。其他规格尺寸的试件具有类似的规律。

3 结论

- 1) 以干燥速度差异率 10% 作为临界点,当绝对压力为 0.02 MPa,温度为 85 ℃时,本试验中 3 种规格的试件,临界长厚比分别为 7.90、6.97、5.08;当温度为 65 ℃时,截面 20 mm×20 mm 试件的临界长厚比为 6.18。
 - 2) 临界尺寸随着干燥温度的降低而减小,随着侧面积与体积的比率(或端面面积与体积的比率)的减小而减小。
 - 3) 由于杨木自身结构的差异性,导致杨木不同部位渗透性差异较大,进而对其临界尺寸值产生影响。
- 此外在本试验中,真空环境的绝对压力为 0.02 MPa,而其他压力值对临界尺寸的影响,有待进一步研究。

参考文献:

[1] Chen Zhangjin, F M Lamb. The primary driving force in wood vacuum drying[C]. Tsukuba, Japan: Proceeding of 7th IUFRO Wood Drying Conference,2001;116-121.

[2] Yi Songlin, Zhang Biguang, Liu Yurong. Primary research on the critical dimension of wood under vacuum drying[J]. Chinese Forestry Science and Technology, 2007(3): 51-54.

[3] 戴陵江,蔡绍洪. 非平衡相变系统相关函数的临界奇异性[J]. 贵州大学学报(自然科学版),1998(8),152-157.

[4] Dai Lin jiang, Cai Shao hong. Principle of generalize phase transition and its critical theory [J]. Journal of Guizhon University (Natural Science),2001(7),126-129.

(责任编辑 鲍加芬)