

高温干燥处理对桉树木材抗干缩性能的影响研究*

曹永建 李兴伟 王剑菁 谢桂军

(广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 桉树是我国南方地区人工林主要造林树种之一,对缓解我国木材供需矛盾发挥着巨大作用。然而,桉树自身所具有的易开裂、变形等缺陷长期以来极大限度的限制了其高效利用。高温干燥处理是提高木材抗干缩性能的有效方法之一。为提高桉树木材的抗干缩特性,采用完全随机区组设计,测定尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)、尾巨桉(*E. urophylla* × *E. grandis*)和巨桉(*E. grandis*)木材在不同温度、不同时间高温干燥处理下的全干体积干缩率和气干体积干缩率。结果表明,在220℃、5h的处理条件下,尾叶桉、尾巨桉和巨桉木材的抗干缩性能分别提高了68.24%、70.43%和76.37%。

关键词 干燥处理;桉树;抗干缩率

中图分类号: S781.62

文献标识码: A

文章编号: 1006-4427(2015)02-0078-06

Effect of Drying Treatment on Anti-shrinkage Characteristics of *Eucalyptus*

CAO Yongjian LI Xingwei WANG Jianjing XIE Guijun

(Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract *Eucalyptus* is one of main commonly planted tree species in southern of China. As a fast-growing species, though it plays an important role to relieve the contradiction between supply and demand, the main drawback is dimensional stability, such as split and distortion, which limits its applications. Super-high drying treatment is one of the effective methods to enhance dimensional stability of wood. *E. urophylla*, *E. urophylla* × *E. grandis* and *E. grandis* were treated at different temperatures and length of time in an airtight chamber. The effect of thermal treatment on anti-shrink efficiency of wood was investigated based on wood sample air-dry and absolute-dry volumes according to the method of Random Complete Block Design. The results showed that, under the treatment condition of 220℃ and 5 h, the anti-shrink efficiency of *E. urophylla*, *E. urophylla* × *E. grandis* and *E. grandis* woods was increased by 68.24%, 70.43% and 76.37%, respectively.

Key words drying treatment; eucalyptus; anti-shrink efficiency

*基金项目: 广东省林业科技创新专项资金项目“桉/竹基多功能复合新材料关键技术研究”(2011KJCX015-02);广东省科技计划项目“桉树热改性技术及阻燃性研究”(2012A020602012)。

第一作者: 曹永建(1976-),男,副研究员,主要从事木材科学与技术研究, E-mail: yjcao@sinogaf.cn。

桉树 (*Eucalyptus*) 原产于澳大利亚, 自 1770 年被发现并命名至今全世界有 940 多种^[1]。目前, 全球桉树人工林面积已达 2 046 万 hm^2 ^[2]。我国从 1890 年开始引种桉树, 至今已有 123 年的历史, 截至 2010 年底, 我国已有桉树人工林面积 360 多万 hm^2 ^[3], 居世界第 3 位, 仅次于巴西和印度。桉树俨然已成为我国三大造林树种之一。当前, 桉树广泛分布于我国南方大部分地区, 是我国最重要的人工速生丰产林树种之一, 在我国的“林纸一体化”工程中发挥着重要的作用。然而桉树木材由于其自身的生长特性, 导致其木材存在干燥过程中极易发生开裂、变形等缺陷, 造成木材产品的尺寸稳定性差, 不仅严重破坏了木材的力学强度, 而且显著降低了木材的利用率。

为提高桉树木材的尺寸稳定性, 各国学者进行了桉树木材改性研究。巫国富等^[4]对广西速生桉树林进行了热处理研究, 结果表明, 经 210 $^{\circ}\text{C}$ 处理后, 木材的平衡含水率比对照材降低了 43.12%, 极大地提高了尺寸稳定性。周少英等^[5]对广西五种桉树的干缩和变形进行了研究, 结果表明, 在 $(100 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 条件下对尾巨桉 (*E. urophylla* $\times$ *E. grandis*)、大花序桉 (*E. cloeziana*)、尾叶桉 (*E. urophylla*)、尾赤桉 (*E. urophylla* $\times$ *E. camaldulensis*)、巨桉 (*E. grandis*) 等 5 种木材进行烘干处理后, 这 5 种木材的弦向干缩率分别达到了 12.8%、10.9%、17.0%、14.4% 和 14.1%, 而各种木材的径向干缩率与弦向干缩率类似。以上数据表明这 5 种桉树的尺寸稳定性很差, 对木材的干燥质量产生了严重的影响。另外, 该作者还注意到干燥后的木材产生了不同程度的皱缩现象。Bruno 等^[6]对蓝桉 (*Eucalyptus globules*) 木材进行了高温干燥处理, 处理条件 190~210 $^{\circ}\text{C}$, 时间为 2~12 h。结果表明, 处理后的蓝桉木材平衡含水率降低了 61%, 弦向抗干缩率提高了 90%。

本文以我国南方地区主要速生树种尾叶桉、尾巨桉、巨桉为研究对象, 通过高温干燥处理对其进行改性研究, 旨在提高桉树木材的抗干缩性能, 赋予桉树木材产品以高附加值, 拓宽其应用领域。

1 材料与方法

1.1 试验材料

6~7 a 生尾叶桉、巨桉各 10 株, 均采自国营雷州林业局纪家林厂; 6~7 a 生尾巨桉 10 株, 采自广东省西江林业总场西江林业科学研究所。

1.2 试验设置

采用完全随机区组设计 (Random Complete Block Design, RCBD), 处理温度为 180, 190, 200, 210, 220 $^{\circ}\text{C}$, 每种温度处理时间为 1, 2, 3, 4, 5 h。另设一组未经任何处理的试件作为对照组。热处理试材的尺寸规格为 25 mm $\times$ 25 mm $\times$ 500 mm (弦向 $\times$ 径向 $\times$ 轴向)。热处理完成后, 将上述试材再加工成尺寸为 20 mm $\times$ 20 mm $\times$ 20 mm (弦向 $\times$ 径向 $\times$ 轴向) 的试件, 用于测定体积干缩率。

1.3 指标测定

高温干燥处理前后的木材体积全干、气干干缩率依据中华人民共和国标准^[7]测定, 计算各桉树木材全干体积、气干体积抗干缩率。

$$\beta_{V_{\max}} = \frac{V_{\max} - V_0}{V_{\max}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\beta_{V_w} = \frac{V_{\max} - V_w}{V_{\max}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{抗干缩率}(\%) = (\text{对照材干缩率} - \text{处理材干缩率}) / \text{对照材干缩率} \times 100\% \quad (3)$$

式中, $\beta_{V_{\max}}$ —试样体积的全干干缩率 (%);

$V_{\max}$ —试样湿材时的体积 (mm^3);

V_0 —试样全干时的体积 (mm^3);

β_{V_w} —试样体积的气干干缩率 (%);

V_w —试样气干时的体积 (mm^3)。

2 结果与分析

2.1 尾叶桉木材的干缩性能变化

高温干燥处理可显著提高尾叶桉木材的抗干缩性能。尾叶桉木材气干体积干缩率（表 1）和全干体积干缩率（表 2）在不同高温和时间处理间均差异极显著（ $P<0.01$ ）。

表 1 3 种桉树木材气干体积干缩率双因素方差分析

树种	差异源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
尾叶桉	时间	5.260	4	1.315	14.215**	1.195×10^{-5}
	温度	52.074	5	10.415	112.592**	6.111×10^{-14}
	误差	1.850	20	0.093		
尾巨桉	时间	5.461	4	1.365	15.449**	6.536×10^{-6}
	温度	76.485	5	15.297	173.107**	9.496×10^{-16}
	误差	1.767	20	0.088		
巨桉	时间	6.996	4	1.749	15.354**	6.837×10^{-6}
	温度	65.026	5	13.005	114.160**	5.350×10^{-14}
	误差	2.278	20	0.114		

注：“**”表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

表 2 3 种桉树木材全干体积干缩率双因素方差分析

树种	差异源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
尾叶桉	时间	13.965	4	3.491	11.781**	4.423×10^{-5}
	温度	46.554	5	9.311	31.419**	8.137×10^{-9}
	误差	5.927	20	0.296		
尾巨桉	时间	25.798	4	6.450	16.417**	4.168×10^{-6}
	温度	66.019	5	13.204	33.609**	4.511×10^{-9}
	误差	7.857	20	0.393		
巨桉	时间	20.416	4	5.104	11.817**	4.333×10^{-5}
	温度	66.361	5	13.272	30.728**	9.877×10^{-9}
	误差	8.639	20	0.432		

注：“**”表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

相同处理时间条件下，随着干燥温度的逐步升高，尾叶桉处理材气干体积抗干缩率越来越大，即处理材的气干体积变化率越来越小，抗干缩性能得到明显增强（图 1-左图）。

处理材的抗干缩率为 0.86%~68.24%。在温度 180 ~ 200 ℃ 范围内，随着温度的升高，木材的抗干缩率急剧提升。在 200 ~ 220 ℃，木材抗干缩率提升速度相对放缓。

由图 1-右图可以看出，随着处理温度的升高和处理时间的延长，尾叶桉木材的全干体积抗干缩率也得到了稳步提高，为 1.25%~ 51.34%。由图 1 中也可看出，相同处理时间下、随着温度提高，抗干缩率的增长速度大于相同温度处理下、不同处理时间的抗干缩率增长。

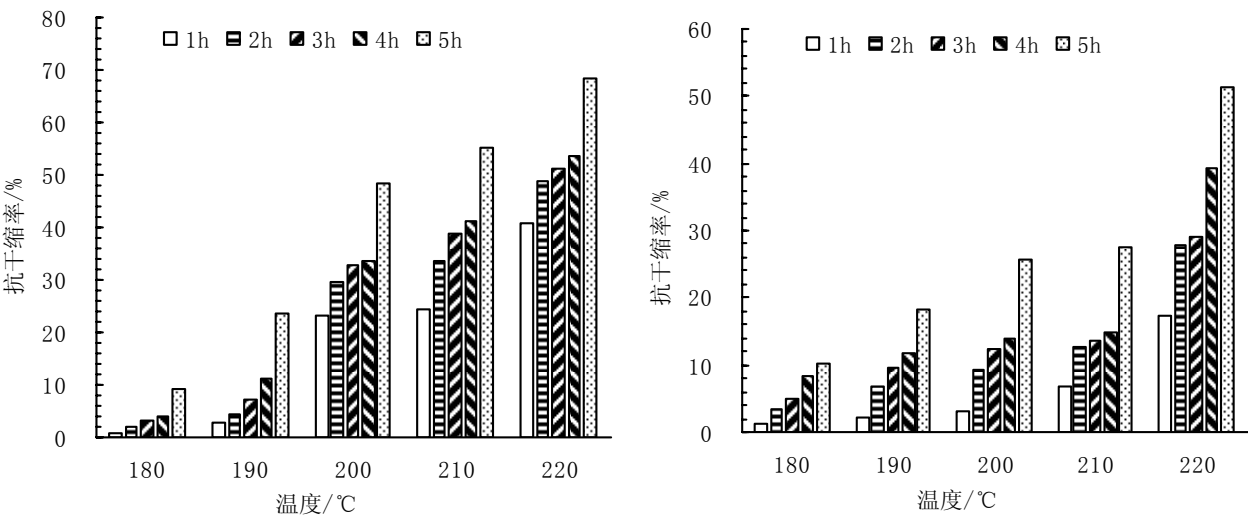


图 1 不同高温、时间处理下尾叶桉气干体积抗干缩率（左图）、全干体积抗干缩率（右图）变化

2.2 尾巨桉木材的干缩性能变化

高温干燥处理可显著提高尾巨桉木材的抗干缩性能。双因素方差分析表明，不同处理温度和时间尾巨桉木材的气干体积干缩率和全干体积干缩率差异极显著 ($P<0.01$) (表 1-2)。

图 2 表明，随着处理温度的升高和处理时间的延长，尾巨桉木材的气干、全干体积抗干缩率快速增长，在 180~ 210 °C，处理时间为 3 h 时，气干和全干体积的抗干缩率均有一个快速提高的过程，尤其是全干体积，在温度 200 °C 时，气干体积的抗干缩性能提升趋势非常快，迅速由 4.73% 提升至 53.88%，而全干体积的抗干缩率由 4.17% 提升至 34.82%。此后随着温度的继续升高，尾巨桉木材的抗干缩率提升速度相对放缓，在 220 °C、5 h 的处理条件下气干体积、全干体积抗干缩率分别达到 70.43% 和 51.63%。

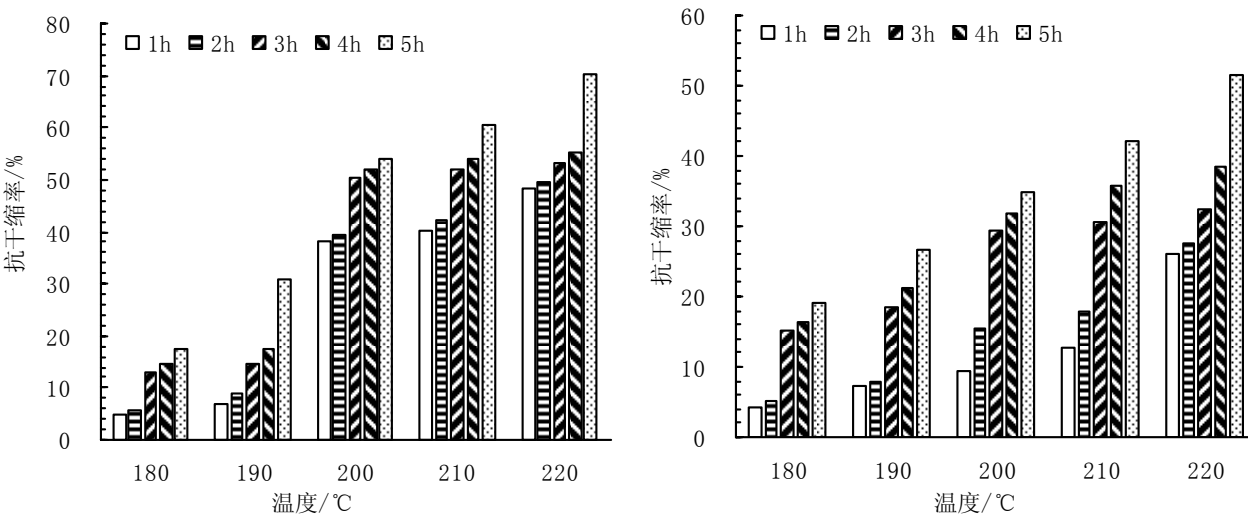


图 2 不同高温、时间处理下尾巨桉气干体积抗干缩率（左图）、全干体积抗干缩率（右图）变化

2.3 巨桉木材的干缩性能变化

高温干燥处理可显著提高巨桉木材的抗干缩性能。双因素方差分析表明，不同处理温度和时间巨桉木材气干体积干缩率和全干体积干缩率差异极显著 ($P<0.01$)，温度产生的影响更为突出 (表 1-2)。

图 3 可看出，在处理温度为 180~220 ℃、处理时间为 1~5 h 时，巨桉木材的气干、全干体积的抗干缩率分别为 6.32% ~ 76.37% 和 0.52% ~ 52.00%。就气干体积干缩率来看，在相同处理时间条件下，当温度由 190 ℃ 升高至 200 ℃ 时，其抗干缩率迅速提升，在继续升温过程中，其抗干缩率提升速度趋于平缓。在整个干燥处理过程中，巨桉木材全干体积的抗干缩率提升速度表现相对均匀，但当温度达到 200 ℃、处理时间达到 3 h 时，其抗干缩率明显增强。

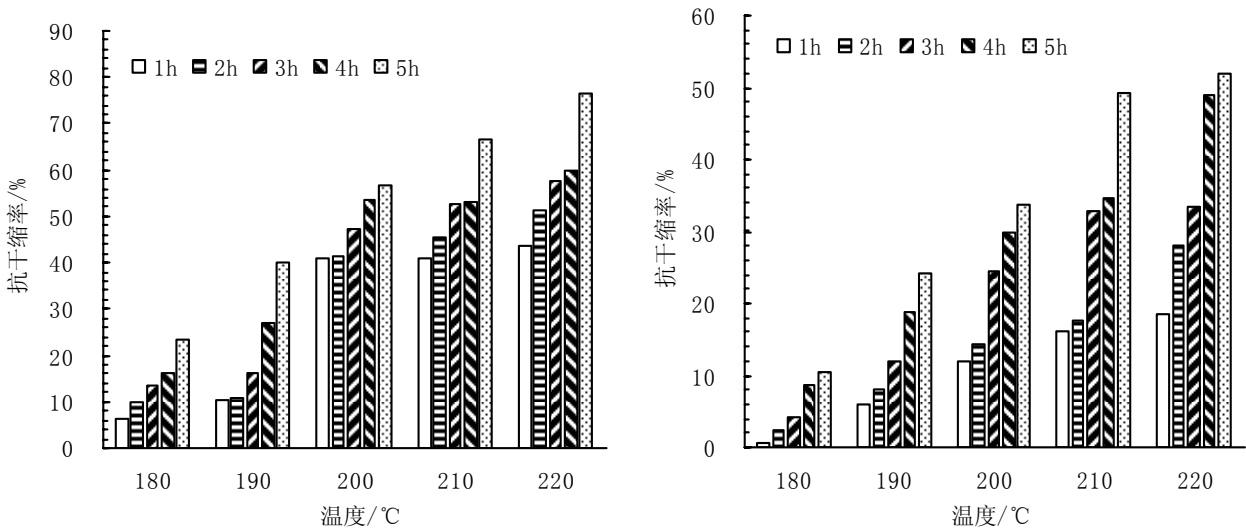


图 3 不同高温时间处理下巨桉气干体积抗干缩率 (左图)、全干体积抗干缩率 (右图) 变化

3 结论与讨论

高温干燥处理可显著提高尾叶桉、尾巨桉和巨桉木材的抗干缩性能，且最大抗干缩率可提高 76.37%。当处理温度达到或高于 200 ℃ 时，木材的抗干缩率可得到明显提升，且当处理时间达到或超过 3 h 时，处理材的抗干缩率会明显提高。处理温度和时间均对木材的干缩性具有极显著影响，且处理温度产生的影响更为突出。

桉树是我国南方地区重要的造林树种之一，对缓解我国当前的木材供需矛盾发挥着巨大的作用。然而，由于桉树自身所固有的某些缺陷，加之其在干燥过程中往往会产生皱缩现象，使得部分桉树木材在干燥过程中发生开裂、变形，严重时甚至出现蜂窝状开裂，最终使得全部木材报废。桉树资源在我国长期以来都是作为木片、纸浆、纤维等低值原料使用，仅有少量用于单板生产，而直接用于实木化利用的技术或产品更是鲜有报导。桉树木材资源的实际利用价值尚未真正被开发出来。

积极开展桉树木材的高效改性利用技术是今后的研究重点，可促进桉树资源由当前低值、低效的利用局面逐步向高值、高效利用局面的实质性转变，突破桉树木材资源的传统利用格局，扩大应用领域，积极推动我国林产工业的健康、可持续发展。

参考文献

- [1] 江泽慧, 王喜明. 桉树人工林木材干燥与皱缩 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [2] 谢耀坚. 我国桉树种质资源现状及育种目标探讨 [J]. 桉树科技, 2012, 29 (2): 33-39.
- [3] 杨民胜, 谢耀坚, 刘杰峰. 中国桉树研究三十年 (1981—2010) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- [4] 巫国富, 韦春义, 曾俊钦, 等. 速生人工林桉树木材高温热处理研究 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (19): 44-48.
- [5] 周少英, 徐峰. 广西东门林场五种桉树木材干缩和变形特性研究 [C] //中国林学会. 中国林学会木材科学分会第九次学术研讨会, [出版不详], 2004.
- [6] Bruno Esteves, Ant 6 nio Velez Marques, Idalina Domingos, et al. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pine pinaster*) and eucalypt [J]. Wood Science and Technology, 2007, 41 (3): 193-207.
- [7] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T 1932—2009 木材干缩性测定方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.