

研究与开发

干燥方法对毛白杨木材力学性质的影响

周永东, 姜笑梅, 刘君良

(中国林科院木材工业研究所, 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 分别采用气干、常规干燥及高温干燥方法, 对毛白杨木材进行干燥, 并检测分析 3 种干燥方法对毛白杨木材的抗弯弹性模量(MOE)、抗弯强度(MOR)、冲击韧性及硬度等力学性质的影响。结果表明, 3 种干燥方法对 MOE 及 MOR 无显著影响, 但高温干燥对木材的冲击韧性及表面硬度有较大的影响。

关键词: 气干; 常规干燥; 高温干燥; 毛白杨; 力学性质

中图分类号: S792.117; S781.71

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)03-0013-03

Effect of Drying Methods on Mechanical Performance of Plantation *Populus tomentosa* Lumber

ZHOU Yong-dong, JIANG Xiao-mei, LIU Jun-liang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology
of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Plantation grown *populus tomentosa* lumber was dried using three different methods: air drying, conventional drying, and high temperature drying. The mechanical properties of the dried lumber were evaluated and the effects of the different drying methods on the lumber performance were examined and compared. The mechanical properties measured in this study included modulus of elasticity (MOE), modulus of Rupture (MOR), toughness, and hardness. The results showed that both of the average MOE and MOR values of the three drying methods were about the same, but the average values of toughness and hardness were evidently influenced by high temperature drying. The results would help lumber drying manufacturers to choose a reasonable drying method to improve the value of plantation grown poplar lumber.

Key words: air drying; conventional drying; high temperature drying; poplar; mechanical property

杨树是我国栽培面积广、木材产量高的速生用材树种, 具有密度低、材质松软、导热系数低、色浅等特点, 是细木工板、实木复合门、实木复合地板及家具部件和室内装修等应用广泛的材料^[1]。

气干和常规干燥是杨木加工常用的干燥方法, 而高温干燥具有高效、节能的特点^[2], 但在企业中应用较少。在提倡节能减排的环境下, 高温干燥用于杨木制品生产中, 潜力巨大。由于经高温干燥, 特别在木

材含水率较高时, 可能引起木材强度下降, 为此, 笔者针对气干、常规干燥及高温干燥 3 种方法, 对人工林杨木的力学性质的影响进行研究, 旨在为人工林杨木制定合理的干燥工艺, 为产品的高附加值提供技术依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

毛白杨(*Populus tomentosa*) 雌株, 产自山东冠县, 树龄 15 年, 胸径约 25 cm, 共 15 株。原木造材长度为 4 m, 锯解成 30 mm 厚毛板, 齐边后截成 1 m

收稿日期: 2008-09-11; 修改日期: 2009-03-13

基金项目: 中国林科院林业新技术研究所专项资金(CAFINT2007 C08)。

作者简介: 周永东(1968—), 男, 中国林科院木材工业研究所研究员。

长,用塑料薄膜封裹,存于-2℃库中,以保持试材85%~140%的初含水率。

1.2 试验设备

常规干燥及高温干燥 采用 HD74/TAII 型高温干燥试验机(图 1)。通过计算机界面设定参数,可进行含水率基准、时间基准的试验,完全模拟实际蒸汽加热干燥设备。可根据试验要求,实时记录干燥过程中温度、湿度及木材含水率等参数的变化。

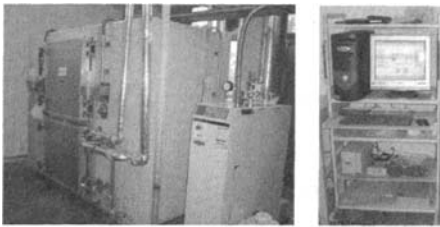


图 1 木材干燥试验设备及计算机控制系统
Fig. 1 Laboratory wood drying equipment and control system

性能检测 采用 SIBER HEGNER 的力学试验机测定冲击韧性;采用 Shimadzu 的 AG-2000A 万能力学试验机,测定 MOR、MOE 和硬度。

1.3 试验方法

试材两面刨光,加工成厚度为 25 mm,宽度 120 mm,长度 900 mm 的规格。将试材平分为 3 组,分别进行气干、常规干燥和高温干燥。

气干在气干棚中进行。定期称量,至木材含水率 达到 10%~12%;常规和高温干燥按图 2 干燥基准,

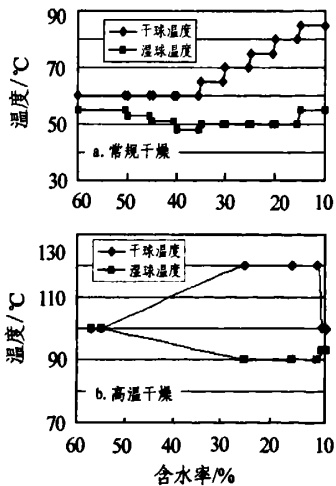


图 2 常规干燥和高温干燥的工艺基准
Fig. 2 Conventional drying and high-temperature drying schedules

控制终含水率 10%左右。干燥后试件在库中放置 1 个月,以减少干燥应力,平衡木材内含水分分布。

1.3 性能检测

按照 GB 1935~1941-91《木材物理力学性质试验方法》,进行抗弯弹性模量(MOE)和抗弯强度(MOR)、冲击韧性的检测;每种干燥方法各取试件 35 块。MOE 和 MOR 性能检测使用同一组试件。

由于试材厚度不能满足国标中对硬度检测试件厚度为 50 mm 的要求,因此,本试验的硬度检测试件参考日本 Z 2101-1994《木材硬度检测试验方法》^[3]制作,试件尺寸为 40 mm×40 mm×20 mm,弦切面和径切面各 20 块,每个试件上检测 6 点(间距为 10 mm),取其平均值作为单个试件的硬度值。

按照 GB 1935~1942-91,在 20℃/65% RH 的空气条件,对应的平衡含水率 12%,每隔 2 d 对试件称量,至试件的质量差<0.02 g 时,视为达到平衡状态。

2 结果与分析

2.1 干燥方法对木材 MOE 及 MOR 的影响

人工林毛白杨木材经不同干燥方法处理后,MOE 及 MOR 的测量结果列于表 1。其中气干材的 MOE 值较常规干燥及高温干燥木材略有增加,但 T 检验结果显示,气干、常规干燥及高温干燥木材的 MOE 及 MOR 均不存在显著性差异。

表 1 不同干燥方法杨木的 MOE 和 MOR 检测结果
Tab. 1 MOE and MOR values of poplar wood samples using different drying methods

干燥方法	MOE/MPa		MOR/MPa	
	平均值	标准差	平均值	标准差
气干	9 151.86	822.62	64.72	5.94
常规干燥	8 894.77	967.57	64.73	6.49
高温干燥	8 937.42	946.38	62.88	6.81

本研究结果与国外对辐射松(*Pinus radiata*)干燥研究结果相似,辐射松在 70、140 和 180℃干燥时,对力学性能影响无明显差异^[4];而 Teischinger^[5]的研究显示,高温干燥对木材的 MOR 无明显影响,但 MOE 稍有增加。国内对美洲黑杨(*P. deltoids*)的研究结果显示,高温干燥对木材的 MOR 和 MOE 影响不明显,但与本研究结果不同的是,常规干燥可明显降低木材的 MOE 和 MOR^[6]。

2.2 干燥方法对木材冲击韧性的影响

3 种干燥方法干燥的毛白杨木材冲击韧性检测结果列于表 2。结果显示,常规干燥木材的冲击韧性较

气干材提高了 22.35%，高温干燥材较气干材冲击韧性降低了 28.56%。T 检验结果显示，气干和常规干燥方法相比，木材的冲击韧性无显著差异；高温干燥与气干和常规干燥方法间的冲击韧性均存在显著性差异。

表 2 不同干燥方法杨木的冲击韧性
Tab. 2 Toughness of poplar wood using different drying methods

干燥方法	冲击韧性/(kJ·m ⁻²)	
	平均值	标准差
气干	50.73	14.83
常规干燥	62.07	19.20
高温干燥	36.24	4.68

木材的冲击韧性随干燥温度的升高而下降，对于短期的高温处理，强度变化可恢复，但当木材长时间处于高温环境时，木材中物质会因高温而降解，导致木材冲击韧性永久性降低^[7]。用超过 100℃ 的温度干燥，较其他较低温度干燥会导致细胞壁物质更多降解。本试验中高温干燥过程的温度为 120℃，由高温引起的细胞壁成分的降解造成了冲击韧性显著下降。

2.3 干燥方法对木材硬度的影响

毛白杨木材的硬度测量结果列于表 3。T 检验结果显示，不管采用何种干燥方法，木材的弦切面与径切面之间的硬度均存在显著性差异；主要是木材细胞的排列方式所造成的差异。

表 3 不同干燥方法杨木的表面硬度
Tab. 3 Hardness of poplar wood by different drying methods

干燥方法		表面硬度/(N·mm ⁻²)	
		平均值	标准差
气干	弦切面	9.25	0.98
	径切面	6.70	0.67
常规干燥	弦切面	9.57	2.34
	径切面	6.57	0.73
高温干燥	弦切面	8.26	1.87
	径切面	5.94	0.81

由表 3 可见，在气干与高温干燥、常规干燥与高温干燥之间，木材径切面硬度均存在显著性差异，高温干燥木材的硬度显著降低；气干与常规干燥相比，木材径切面硬度差异不显著。其原因是高温干燥引起木材化学及木材构造的变化，使木材细胞壁成分降解，导致木材表面硬度降低。T 检验结果显示，3 种干燥方法对木材的弦切面硬度间差异不显著，这与国外对欧洲赤松(*P. sylvestris*)的研究结果一致^[8]。

对不同干燥方法进行对比，气干与高温干燥间，以及常规干燥与高温干燥间木材硬度存在显著性差

异；而 3 种干燥方法木材的弦切面硬度无显著性差异；显然，这些差异主要来自于木材径切面间的硬度差异。气干材与常规干燥材的硬度无显著性差异。

在毛白杨木材应用中，对冲击韧性及径面硬度有要求时，使用高温干燥方法应谨慎；否则应鼓励使用高温干燥方法，以提高木材干燥效率、降低干燥能耗，还可提高木制品的尺寸稳定性^[9]。

3 结论与建议

- 1) 气干、常规干燥及高温干燥，对毛白杨木材的 MOE 和 MOR 均未产生显著差异的影响；
- 2) 高温干燥可显著降低木材的冲击韧性，常规干燥材与气干材的冲击韧性差异不显著；
- 3) 高温干燥可导致木材径切面的表面硬度显著降低，气干和常规干燥木材的表面硬度差异不显著；
- 4) 在实际应用中对木材的尺寸稳定性要求较高时，建议采用高温干燥，可显著提高干燥设备的生产率；当产品要求保持木材天然色泽时，则建议企业可根据所在地气候条件，有计划地进行气干或窑干。

参考文献：

[1] 叶克林, 王金陵. 人工林杨树木材的加工利用[J]. 木材工业, 2003, 17(1): 5-7, 10.

[2] 周水东, 李晓玲. 人工林杉木高温干燥与常规干燥的比较研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(s1): 18-20.

[3] Japanese Industrial Standards Committee. JIS Z 2101-1994. Methods of test for woods[S]. Tokyo: Japanese Standards Association, 1994: 18-19.

[4] Simpson I, A Haslett. Comparison of the effect of drying at 120℃ or 70℃ on the properties of radiata pine [R]. In: 4th International Wood Drying Conference (IUFRO), New Zealand, 1994.

[5] Teischinger, A. Effect of different drying temperatures on selected physical wood properties[R]. In: 3rd International Wood Drying Conference (IUFRO), Vienna, Austr. 1992.

[6] 李大纲, 顾炼百. 高温干燥对杨木主要力学性能的影响[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(1): 35-37.

[7] Winandy J E. Effects of treatment, incising and drying on mechanical properties of timber [R]. Proceedings, National conference on wood transportation structures-new wood treatments, 1996: 23-25.

[8] Sehlstedt-Persson S. High temperatures drying of Scots pine, A comparison between HT- and LT-drying[J]. Holz Roh-Werkst, 1995(53): 95-99.

[9] Sandland, K M. Dimensional stabilisation of wood by heat treatment, In: Mechanical Performance of Non-Standard Wood [R]. Florence-Italy, 1998: 219-227.

(责任编辑 鲍加芬)