

红锥和西南桦人工林木材的干缩特性*

吕建雄 林志远 骆秀琴 赵有科

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

摘要：本文通过对红锥和西南桦人工林木材南北向、不同高度位置、不同径向位置横向干缩（包括弦、径向）的测量，讨论分析了以上三个因素对上述两种木材横向干缩率的影响。研究表明，南北向的不同对红锥和西南桦人工林木材的干缩均无显著影响；高度位置的不同对红锥径、弦向干缩影响均不显著，而对西南桦径、弦向干缩的影响极为显著；径向位置的不同对红锥人工林木材的径、弦向干缩及西南桦的弦向干缩无显著影响，但对西南桦的径向干缩则有极显著影响；红锥和西南桦人工林木材的径、弦向干缩系数均比其天然林木材大。

关键词：人工林木材 红锥 西南桦 径向干缩 弦向干缩

Studies On The Shrinkage Properties Of *Castanopsis hystrix* And *Butula alnoides* Plantation Wood

Lu Jian-xiong, Lin Zhi-yuan, Luo Xiu-qin, Zhao You-ke

(Chinese Academy of Forestry Beijing 100091)

Abstract: The transverse shrinkage (tangential and radial shrinkage) of plantation-grown *Castanopsis hystrix* and *Butula alnoides* at different parts (North or South), tree heights and radial directions were studied in the paper. The effect of the three factors mentioned above on the transverse shrinkage was analyzed and discussed. The results showed that there was no significant difference of shrinkage (tangential and radial) between the samples from north and south directions for both species. There was significant difference of transverse shrinkage at different heights for *Butula alnoides*, while no significant difference for *Castanopsis hystrix*. There was significant difference of radial shrinkage at different radial positions for *Butula alnoides*. The transverse shrinkage of *Castanopsis hystrix* and *Butula alnoides* plantation wood was higher than that of natural wood.

Key words: Plantation wood, *Castanopsis hystrix*, *Butula alnoides*, Radial shrinkage, Tangential shrinkage

木材中水分子的吸湿和解湿行为是木材湿胀和干缩的主要原因^[1]。大气温度和湿度的改变会导致木材的干缩和湿胀^[2]。干缩和湿胀能改变木材的原有尺寸和形状,并且因干缩和湿胀不均匀所产生的内应力会使木材及其制品发生干裂、翘曲变形等缺陷,严重影响木材及其制品的使用。了解木材的干缩特性,在木材的加工利用尤其是实木利用方面具有很重要的意义。因此,有关木材失水过程中干缩特性的研究始终是木材科学研究的重要课题之一^[3-7]。红锥、西南桦是我国速生丰产用材林基地工程在粤桂闽琼地区所规划的大径级材主要树种。因此,深入开展西南桦、红锥两种珍贵阔叶树人工林木材干缩性能的研究,为合理开发和高效利用这些资源提供科学依据,是我国当前和将来林业建设的需要,符合国家林业发展目标。

1 材料与amp;方法

第一作者简介:吕建雄,1963年生,男,中国林业科学研究院木材工业研究所,研究员,博士生导师。

电话:010-62889482; 电子邮件: jianxiong@forestry.ac.cn

*国家十五科技攻关计划子课题“南方珍贵阔叶树木材材性和加工特性的研究”(编号:2002BA515B0704)项目的一部分。

1.1 材料

本研究试材采用广西壮族自治区凭祥市中国林科院热带林业实验中心采集的红锥 (*Castanopsis hystrix*) 和西南桦 (*Butula alnoides*) 人工林木材五株和四株。

1.2 实验方法

1.2.1 试样制备

每株试材分别在 1.3 米和 5.3 米两个不同高度位置截取 15cm 厚圆盘各 1 个；在每一个圆盘上沿着南北方向中心线锯取宽度约 5cm 的木段；然后在厚度方向上将木段分为 2 半，其中一个木段立即浸泡于水中，用于木材干缩性实验，另一个木段置于室内气干，用于木材密度变异性实验。

1.2.2 干缩性测定

在南北向的中心木段上分南向和北向取样，并分别沿径向方向在边材、心材、心边材交界处各取 2x2x2cm 的试样 1 个。每个木段南北向共取试样 6 个，红锥和西南桦分别为 5 株和 4 株树，每株树 2 个木段，这样制取红锥和西南桦人工林木材试样分别为 6X5X2=60、6X4X2=48 个。试样制作过程中始终注意试材的保湿。

试样制作完成后，先后分别测定其在饱湿、气干和绝干状态下的三个方向（径向、弦向和纵向）尺寸和重量，气干状态下的含水率采用恒温恒湿箱调整（EMC=12%）。

2 试验设计

为了最大限度的消除试验单元间的系统误差（主要为株间取样）对研究因子的影响，本试验采用多因素随机化完全区组设计，将红锥和西南桦的 5 株和 4 株树分别分为 5 个和 4 个区组来研究南北向、不同高度位置、不同径向位置等三个因素对红锥和西南桦人工林木材弦向及径向干缩的影响。

3 结果与讨论

3.1 南北方向干缩性与基本密度的差异

表 1、2 分别列出了红锥和西南桦人工林木材来自南北两个方向试样的干缩性与基本密度测定结果。对于红锥而言，自生材至绝干状态的纵向、径向和弦向干缩率平均值分别为 0.297%、4.525%、8.125%，基本密度为 0.504 g/cm³；对于西南桦而言，自生材至绝干状态的纵向、径向和弦向干缩率平均值分别为 0.223%、5.695%、7.353%，基本密度为 0.513 g/cm³。方差分析结果表明因南北向的取样不同所引起干缩性与基本密度的差异不显著。

表 1 红锥人工林木材干缩性与基本密度测定结果

	统计量	Lo(%)	La(%)	Ro(%)	Ra(%)	To(%)	Ta(%)	MC(%)	B.D. (g/cm ³)
北向	均值	0.303	0.06098	4.506	2.554	8.144	5.244	11.927	0.510
	标准差	0.077	0.058	0.902	0.697	0.957	0.802	0.494	0.0293
	变异系数	25.541	96.225	20.016	27.289	11.755	15.298	4.142	5.744
	试样数	30	30	30	30	30	30	30	30
南向	均值	0.291	0.045	4.545	2.584	8.106	5.270	11.773	0.497
	标准差	0.074	0.058	0.822	0.594	0.777	0.616	0.436	0.028
	变异系数	25.457	128.454	18.080	22.973	9.582	11.691	3.707	5.625
	试样数	30	30	30	30	30	30	30	30
	均值	0.297	0.0524	4.525	2.569	8.125	5.257	11.850	0.504

合计	标准差	0.075	0.058	0.856	0.642	0.865	0.709	0.469	0.029
	变异系数	25.367	110.050	18.907	24.991	10.640	13.492	3.955	5.773
	试样数	60	60	60	60	60	60	60	60

表2 西南桦人工林木材干缩性与基本密度测定结果

	统计量	Lo(%)	La(%)	Ro(%)	Ra(%)	To(%)	Ta(%)	MC(%)	B.D. (g/cm ³)
北向	均值	0.178	-0.002	5.631	3.278	7.194	4.614	11.678	0.519
	标准差	0.106	0.063	0.961	0.629	1.203	0.962	0.225	0.063
	变异系数	59.500	-3110.900	17.069	19.189	16.722	20.857	1.923	12.113
	试样数	24	24	24	24	24	24	24	24
南向	均值	0.269	0.017	5.759	3.430	7.512	4.935	11.693	0.507
	标准差	0.147	0.090	0.756	0.487	0.731	0.586	0.237	0.058
	变异系数	54.605	543.514	13.131	14.204	9.729	11.882	2.027	11.378
	试样数	24	24	24	24	24	24	24	24
合计	均值	0.223	0.007	5.695	3.354	7.353	4.775	11.686	0.513
	标准差	0.135	0.077	0.858	0.562	0.998	0.805	0.229	0.060
	变异系数	60.320	1066.686	15.065	16.752	13.569	16.858	1.956	11.700
	试样数	48	48	48	48	48	48	48	48

3.2 不同树干高度干缩性与基本密度的差异

表3、4分别列出了红椎和西南桦人工林木材来自两个不同树干高度处试样的干缩性与基本密度测定结果。方差分析结果表明，不同树干高度对红椎径、弦向干缩影响均不显著（表5、6），其径、弦向干缩与树干高度间关系无规律可循。而对于西南桦而言，不同树干高度对其径向和弦向干缩影响则均为极显著（表5、6）。这可能是由于红椎和西南桦的基本密度随高度变化而产生的不同变异造成的：红椎人工林木材的基本密度受不同高度影响不显著，而不同树干高度对西南桦基本密度影响极显著（表7）。多重分析结果显示，西南桦径、弦向干缩和基本密度均随树干高度上升而逐渐减小（图1、2）。因此，基本密度可能是西南桦径、弦向干缩随树干不同高度方向变异的主要因素。方文彬等^[8]通过对火炬松干缩性能的研究，也发现随树干高度的增加，木材的径、弦向干缩减小，他认为这是由于晚材率随树干高度增加而减小的缘故。

表3 红椎人工林木材在2个不同树干高度处的干缩性与基本密度

	统计量	Lo(%)	La(%)	Ro(%)	Ra(%)	To(%)	Ta(%)	MC(%)	B.D. (g/cm ³)
1.3m	均值	0.290	0.047	4.557	2.618	8.285	5.458	11.746	0.501
	标准差	0.061	0.045	0.934	0.656	0.938	0.807	0.439	0.025
	变异系数	20.942	97.268	20.488	25.062	11.317	14.780	3.736	4.966
	试样数	30	30	30	30	30	30	30	30
5.3m	均值	0.304	0.058	4.494	2.519	7.966	5.056	11.953	0.506
	标准差	0.088	0.068	0.785	0.635	0.767	0.538	0.482	0.033
	变异系数	28.930	117.094	17.461	25.191	9.633	10.637	4.030	6.524
	试样数	30	30	30	30	30	30	30	30

表4 西南桦人工林木材在2个不同树干高度处的干缩性与基本密度

	统计量	Lo(%)	La(%)	Ro(%)	Ra(%)	To(%)	Ta(%)	MC(%)	B.D. (g/cm ³)
1.3m	均值	0.244	0.012	6.069	3.598	7.928	5.207	11.803	0.534
	标准差	0.172	0.100	0.668	0.447	0.925	0.809	0.249	0.053
	变异系数	70.686	801.324	11.014	12.417	11.670	15.541	2.108	9.960
	试样数	24	24	24	24	24	24	24	24
5.3m	均值	0.202	0.002	5.321	3.109	6.778	4.342	11.568	0.492
	标准差	0.080	0.047	0.875	0.566	0.698	0.529	0.127	0.060
	变异系数	39.548	2288.461	16.440	18.212	10.304	12.174	1.097	12.236
	试样数	24	24	24	24	24	24	24	24

表5 红椎、西南桦人工林木材弦向干缩方差分析表

红椎弦向						
变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
B (不同高度)	1	1.53	1.53	2.53	4.06	7.26
C (不同径向位置)	2	2.61	1.31	2.16	3.21	5.13
误差 (E)	44	26.59	0.60			
总变异	59	44.10				
西南桦弦向						
变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
B (不同高度)	1	15.88	15.88	35.58**	4.06	7.26
C (不同径向位置)	2	0.09	0.05	0.10	3.21	5.13
误差 (E)	33	14.73	0.45			
总变异	47	46.78				

表6 红椎、西南桦人工林木材径向干缩方差分析表

红椎径向						
变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
B (不同高度)	1	0.06	0.06	0.11	4.06	7.26
C (不同径向位置)	2	2.89	1.45	2.62	3.21	5.13
误差 (E)	44	24.26	0.55			
总变异	59	43.19				
西南桦径向						
变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
B (不同高度)	1	6.72	6.72	46.30**	4.06	7.26
C (不同径向位置)	2	11.87	5.94	40.89**	3.21	5.13
误差 (E)	33	4.79	0.15			
总变异	47	34.60				

表 7 红椎、西南桦人工林木材基本密度方差分析表

红椎						
变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
B (不同高度)	1	0.00031	0.00031	0.62	4.06	7.26
C (不同径向位置)	2	0.00015	0.000075	0.15	3.21	5.13
误差 (E)	44	0.022	0.0005			
总变异	59	0.05				
西南桦						
变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
B (不同高度)	1	0.021	0.021	43.31**	4.06	7.26
C (不同径向位置)	2	0.093	0.047	95.91**	3.21	5.13
误差 (E)	33	0.016	0.00049			
总变异	47	0.17				

3.3 不同径向位置干缩性的差异

表 8、9 分别列出了红椎和西南桦人工林木材 3 个不同径向位置处试样的干缩性与基本密度测定结果。方差分析结果表明不同径向位置对红椎人工林木材径、弦向干缩均无显著影响。通过对红椎三个径向位置基本密度的方差分析（表 7），从心材到边材，红椎人工林木材的基本密度间同样无显著差异，表明这是红椎径、弦向干缩随不同径向位置无显著差异的原因。对于西南桦人工林木材而言，不同径向位置只对径向干缩有极显著影响（表 5、6），从树皮到髓心，西南桦人工林木材径向干缩和基本密度均逐渐减小（图 2）。西南桦弦向干缩不随径向位置而显著变化的主要原因是不同树干高度处弦向干缩随径向位置变异模式不一致的缘故。如图 1 所示，在 5.3 米高度处，从树皮到髓心，西南桦人工林木材弦向干缩逐渐减小，与基本密度变化趋势一致；但在 1.3 米高度处，从树皮到髓心，西南桦人工林木材弦向干缩逐渐增加，与基本密度变化趋势相反，据此可以推断，对于西南桦人工林木材来说，胸高处的弦向干缩除了受基本密度影响以外，还可能存在着更重要的影响因子如微纤丝角等。

表 8 红椎人工林木材在 3 个不同径向位置处的干缩性与基本密度

	统计量	Lo(%)	La(%)	Ro(%)	Ra(%)	To(%)	Ta(%)	MC(%)	B.D. (g/cm ³)
近髓心	均值	0.287	0.045	4.826	2.845	8.331	5.521	12.092	0.506
	标准差	0.098	0.072	1.093	0.837	1.077	0.839	0.529	0.028
	变异系数	34.051	160.781	22.658	29.424	12.933	15.192	4.378	5.631
	试样数	20	20	20	20	20	20	20	20
过渡区	均值	0.295	0.045	4.441	2.481	8.206	5.311	11.753	0.503
	标准差	0.068	0.051	0.630	0.430	0.762	0.630	0.316	0.032
	变异系数	23.241	113.304	14.184	17.340	9.289	11.854	2.686	6.378
	试样数	20	20	20	20	20	20	20	20
近树皮	均值	0.310	0.067	4.309	2.381	7.840	4.939	11.704	0.502
	标准差	0.056	0.047	0.727	0.518	0.665	0.529	0.456	0.028
	变异系数	18.025	69.221	16.878	21.755	8.481	10.705	3.900	5.552
	试样数	20	20	20	20	20	20	20	20

表9 西南桦人工林木材在3个不同径向位置处的干缩性与基本密度

	统计量	Lo(%)	La(%)	Ro(%)	Ra(%)	To(%)	Ta(%)	MC(%)	B.D. (g/cm ³)
近髓心	均值	0.236	0.009	5.046	3.024	7.294	4.892	11.713	0.456
	标准差	0.124	0.073	0.848	0.646	1.308	1.138	0.208	0.039
	变异系数	52.418	783.915	16.804	21.365	17.928	23.254	1.773	8.621
	试样数	16	16	16	16	16	16	16	16
过渡区	均值	0.208	-0.006	5.785	3.405	7.368	4.760	11.677	0.519
	标准差	0.138	0.088	0.739	0.516	0.895	0.645	0.212	0.046
	变异系数	66.470	-1410.940	12.778	15.149	12.150	13.540	1.817	8.848
	试样数	16	16	16	16	16	16	16	16
近树皮	均值	0.226	0.019	6.254	3.633	7.396	4.671	11.666	0.563
	标准差	0.148	0.072	0.499	0.322	0.775	0.542	0.272	0.038
	变异系数	65.623	386.531	7.987	8.852	10.486	11.600	2.335	6.694
	试样数	16	16	16	16	16	16	16	16

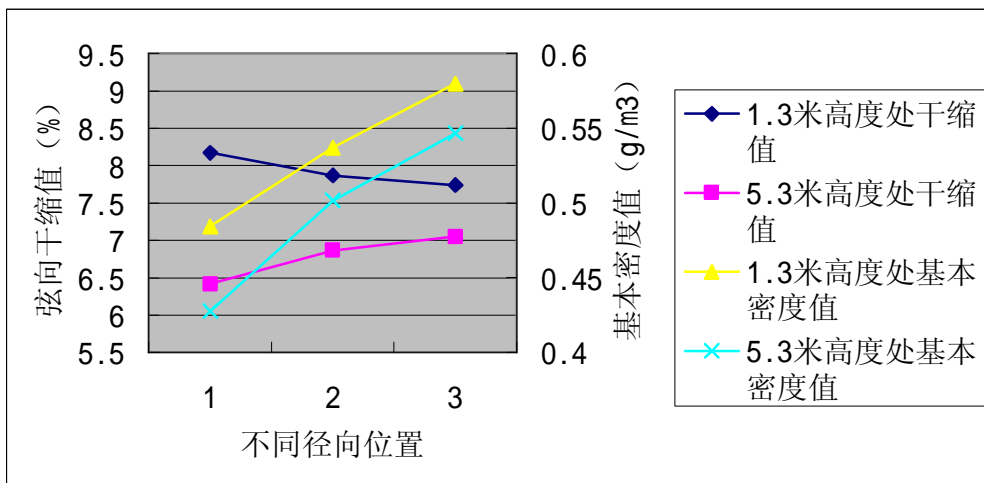


图1 西南桦人工林木材弦向干缩及密度与不同树干高度、径向位置关系

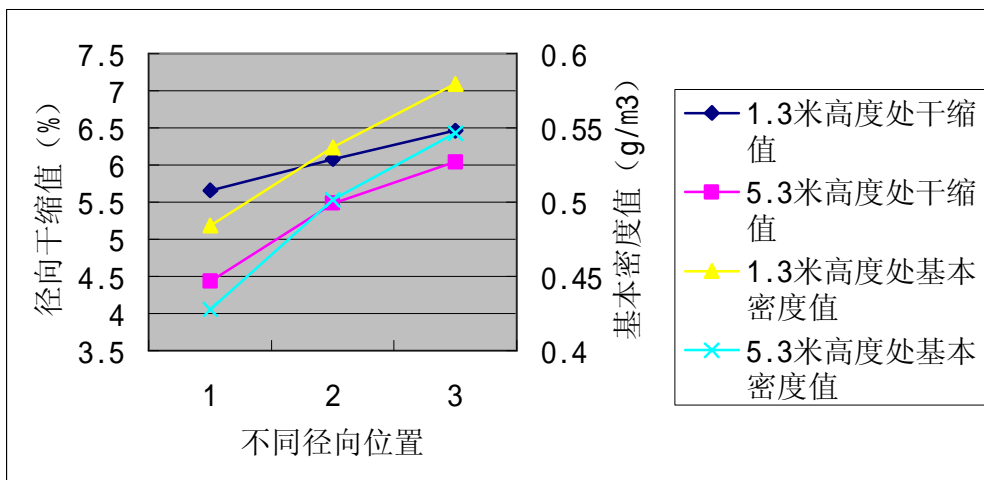


图2 西南桦人工林木材径向干缩及密度与不同树干高度、径向位置关系

3.4 红椎、西南桦人工林与天然林木材干缩系数的比较

表 10、11 分别列出了红椎、西南桦人工林和天然林木材^[9]的干缩系数及密度值。由此表可见，红椎和西南桦人工林木材平均密度都比天然林木材为小，而它们的径、弦向干缩系数均比天然林木材大。这可能是由于红椎、西南桦人工林木材的幼龄材比例较高，而幼龄材的干缩率比成熟材较大的缘故^[10, 11]。

表 10 红椎人工林和天然林木材干缩系数及密度值

项 目		红椎（天然林）			红椎（人工林）		
		平均值	变异系数	准确系数	平均值	变异系数	准确系数
密度 (g/cm ³)	基本	0.584	6.2	0.7	0.504	5.75	
	气干	0.733	7.2	0.8	0.610	6.59	
干缩 系数 (%)	径向	0.206	11.2	1.3	0.217	24.21	
	弦向	0.291	6.5	0.7	0.444	14.18	
	体积	0.515	6.0	0.7	0.654	12.28	

表 11 西南桦人工林和天然林木材干缩系数及密度值

项 目		西南桦（天然林）			西南桦（人工林）		
		平均值	变异系数	准确系数	平均值	变异系数	准确系数
密度 (g/cm ³)	基本	0.530	9.7	1.3	0.514	11.48	
	气干	0.666	9.9	1.3	0.652	11.22	
干缩 系数	径向	0.243	11.9	1.6	0.288	15.71	
	弦向	0.274	9.8	1.3	0.410	14.97	
	体积	0.541	13.5	1.8	0.685	13.66	

4 结论

(1) 红椎人工林木材自生材至绝干状态的纵向、径向和弦向干缩率平均值分别为 0.297%、4.525%、8.125%，基本密度为 0.504 g/cm³；西南桦人工林木材自生材至绝干状态的纵向、径向和弦向干缩率平均值分别为 0.223%、5.695%、7.353%，基本密度为 0.513 g/cm³。

(2) 南北向的不同对红椎和西南桦人工林木材的弦、径向干缩均无显著影响。

(3) 高度位置的不同对西南桦人工林木材径、弦向干缩有极显著影响；而对红椎人工林木材则无显著影响。多重分析结果表明，西南桦人工林木材径、弦向干缩随树干高度而明显减小，基本密度是西南桦人工林木材弦、径向干缩随不同高度位置变异的主要原因。

(4) 径向位置的不同对西南桦人工林木材的径向干缩有极显著影响：从树皮到髓心，西南桦人工林木材径向干缩逐渐减小。而对红椎人工林木材的径弦向干缩以及西南桦人工林木材的弦向干缩，径向位置的不同则对其无显著影响。

(5) 红椎和西南桦人工林木材的径、弦向干缩系数均比其天然林木材大。

参考文献

- 1 S.Pang. Predicting anisotropic shrinkage of softwood Part 1: Theories. *Wood Sci Technol* 36(2000):75-91
- 2 成俊卿主编. 木材学. 中国林业出版社, 1985
- 3 费本华. 木材干缩的分形分析. *林业科学*, 2002, 38 (1): 136-140
- 4 Harris JM, Meylan BA. The influence of microfibril angle on longitudinal and tangential shrinkage in *Pinus radiata*. *Holzforschung* 19(1965):144-153
- 5 Barber NF, Meylan BA. The anisotropic shrinkage of wood. A theoretical model. *Holzforschung* 18(1964):146-156
- 6 Barber NF. A theoretical model of shrinking wood. *Holzforschung* 22(1968):97-103
- 7 Harris JM. Shrinkage and density of Radiata Pine compression wood in relation to its anatomy and mode of formation. *New Zealand Journal of Forestry Science* 7-(1):91-106-1977
- 8 方文彬等. 火炬松短周期工业材不同高度上干缩性能的研究. *中南林学院学报*, 1996, 16 (3): 15-21
- 9 中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质. 北京: 中国林业出版社, 1982
- 10 李 坚. 木材科学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994
- 11 Panshin AJ, Zeeuw CD. Textbook of wood technology fourth edition. New York: McGram-Hillbook Co.1980