

文章编号:1001—7380(2024)05—0024—05

## 5年生和7年生黑木相思木材干燥特性研究

郑绍鑫<sup>1</sup>, 黄 融<sup>2</sup>, 彭家昆<sup>1\*</sup>, 刘 衡<sup>2</sup>, 黄 良<sup>1</sup>, 符韵林<sup>2</sup>, 刘 壮<sup>1</sup>

(1. 广西国有六万林场, 广西 玉林 537000; 2. 广西大学林学院, 广西 南宁 530004)

**摘要:**为了改善黑木相思木材干燥质量, 促进其合理高效利用, 采用百度试验法对5年生和7年生黑木相思的木材的干燥特性展开研究, 通过分析试件的初期开裂、内裂及截面变形等干燥缺陷, 以期制定5年生和7年生黑木相思木材的干燥基准。结果表明:5年生和7年生黑木相思木材干燥特性基本一致。初期开裂等级为3级, 内部开裂等级为1级, 扭曲变形等级为3级, 截面变形等级为2级, 干燥速度等级为2级, 综合等级为2级。木材的平均径向收缩率为4.48%, 平均弦向收缩率为6.29%, 平均差异干缩为1.40; 黑木相思木材干燥初期干球温度为60℃, 初期干湿球温度差为3℃, 干燥末期温度为90℃, 干燥时间约为8.5 d。

**关键词:**黑木相思; 木材; 百度试验法; 干燥特性; 干燥基准

中图分类号:S796; TS652 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2024.05.005

## Wood drying characteristics of 5-, 7-year-old *Acacia melanoxylon*

Zheng Shaoxin<sup>1</sup>, Huang Rong<sup>2</sup>, Peng Jiakun<sup>1\*</sup>, Liu Heng<sup>2</sup>, Huang Liang<sup>1</sup>, Fu Yunlin<sup>2</sup>, Liu Zhuang<sup>1</sup>

(1. Guangxi State-owned Liuwang Forest Farm, Yulin 537000, China;

2. Forestry College of Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** In order to improve the drying quality of *Acacia melanoxylon* wood and promote its rational and efficient utilization, the drying characteristics of the 5-, 7-year-old wood were studied by 100℃ test method. The drying criteria of 5-, 7-year-old wood were established by analyzing drying defects such as initial cracking, internal cracking and cross section deformation of specimens. The results showed that the drying characteristics of 5-, 7-year-old *A. melanoxylon* wood were basically the same, the initial cracking grade was 3, the internal cracking grade was 1, the distortion grade was 3, the cross section deformation grade was 2, the drying speed grade was 2, and the comprehensive grade was 2. The average radial shrinkage of wood was 4.48%, the average chord shrinkage was 6.29%, and the average differential dry shrinkage was 1.40. The dry bulb temperature at the initial stage of drying was 60℃, the difference between dry and wet bulb temperature at the initial stage was 3℃, the temperature at the end of drying was 90℃, and the drying time was about 8.5 d.

**Key words:** *Acacia melanoxylon*; Wood; 100℃ test method; Drying characteristic; Drying schedule

黑木相思 (*Acacia melanoxylon*) 为含羞草科 (Mimosaceae) 金合欢属树种, 原产澳大利亚东, 20世纪90年代我国开始引种。目前, 在广东、广西、海南等地大量推广种植, 是中国南方引种的主要用材树种之一<sup>[1-2]</sup>。黑木相思木材质量优良, 密度适中, 其心材色泽丰富, 从深邃的棕色到典雅的黑棕色渐

变, 其间点缀着鲜亮的红色条纹, 为木材增添了独特的魅力, 广泛应用于家具等行业。此外, 黑木相思木材还具备卓越的声学性能, 可用于制作小提琴 (背板) 等音乐器材<sup>[3-4]</sup>。目前, 关于黑木相思的研究集中于引种<sup>[5-6]</sup>、生长<sup>[7-8]</sup>、选育<sup>[9-10]</sup>及材性<sup>[11-12]</sup>等方面, 还有学者研究了厚25, 40 mm黑木相思锯材

收稿日期: 2024-08-09; 修回日期: 2024-09-02

基金项目: 广西自筹经费林业科技项目“黑木相思人工林产业化关键技术开发”(2024GXZCLK29)

作者简介: 郑绍鑫 (1968—), 男, 广西灌阳人, 高级工程师, 大学本科毕业。研究方向为营林生产技术与管理。E-mail: zsx6662696@163.com

\* 通信作者: 彭家昆 (1976—), 男, 广西博白人, 高级工程师, 大学本科毕业。研究方向为营林生产技术与管理。E-mail: Pjk761124@163.com

的干燥特性<sup>[13-14]</sup>,这为黑木相思的开发利用提供了基础,但黑木相思成材时间长,对间伐所得的小径级木材利用效率较低,对这部分木材的研究鲜有报道。

木材在干燥过程中,表层与内层之间的含水率和温度差异会导致开裂和扭曲形变等现象。确立木材干燥基准是确保木材品质得以提升、有效降低木材降等损耗以及提升木材使用效率的关键步骤。在实际科研和生产工作中,常用百度试验法确定木材干燥基准。百度试验法是根据无瑕小试件在100℃干燥时所产生的干燥缺陷,确定干燥初期的温度、湿度以及干燥终期温度,进而制定出该树种厚25—30 mm 锯材的干燥基准<sup>[15]</sup>。有鉴于此,本文以5年生和7年生黑木相思人工林木材为研究对象,采用百度试验法研究其干燥特性,并制定干燥基准,以期改善中小径级黑木相思木材的干燥质量,为中小径级黑木相思人工林木材的合理高效利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试样采集

5年生黑木相思采自广西国有六万林场,7年生黑木相思采自南宁市林生科学研究所。  
选择5年生和7年生黑木相思各8株生长良好、树干通直的中等木进行采伐。样木采伐后截取

木段,并将木段经锯切、刨光加工成为200 mm×100 mm×20 mm 的试样,每个树龄各取无缺陷的弦切板8块、径切板2块、中心板2块,以弦切板评判黑木相思木材干燥等级,径切板和中心板作为对照。

1.2 试验方法

干燥前称质量、测量尺寸。测量样品实际尺寸,长度沿中间测量;宽度在两头测量;厚度在木材4角处测量,并对各个测量点进行标记。利用天平称质量,精确至0.1 g。将样品放入电热式鼓风干燥箱,将温度调至103℃,竖立放置。干燥过程中定时取出样品进行称质量、测量尺寸和观察记录初期开裂(端裂、表裂、端表裂、贯通裂)的数量、长度及宽度。待样品质量不再变化后,先将样品称质量,作为最后的样品质量,然后在原标记点处重新测量样品的长度、宽度、厚度,以此计算干缩程度;将样品放置平面上,使其三角着地,另一角离地高度(mm),作为扭曲值;沿中间锯下厚约15 mm 的小试片测量含水率,之后观察新截面,测定内裂和截面变形程度。

2 结果与分析

2.1 黑木相思干燥特性

黑木相思木材经干燥后,根据百度试验法评定其干燥等级,结果如表1所示。

表1 黑木相思弦切板干燥缺陷等级

树龄/年生	初期开裂等级	内裂等级	截面变形等级	扭曲变形等级	干燥速度等级/(%/h)
5	端裂21条,端表裂4条,贯通裂1条(3)	无(1)	0.79(2)	1.7(3)	2.46(2)
7	端裂31条,表裂4条,贯通裂2条(3)	无(1)	0.86(2)	2.0(3)	1.84(2)

注:括号内数字为黑木相思木材的干燥缺陷等级

2.1.1 初期开裂 在干燥初期,木材表面水分蒸发很快,木材表面与内部因为收缩不均匀而形成的拉应力是初期开裂形成的原因<sup>[16]</sup>。

黑木相思木材的初期开裂主要表现为端裂、表裂和端表裂。在干燥0.5 h 第1次观察时,5年生的弦切板已经有2块出现端裂;7年生的弦切板有3块出现端裂,裂纹小且数量多。干燥1 h 后进行第2次观察时,绝大部分试件已出现端裂,数量为2—20条,5年生的2块中心板试件出现端表裂,7年生的1块弦切板出现端表裂,数量为1—2条。干燥2 h 时,开裂等级已达到2级。在干燥3 h 时,所有的弦

切板都出现了端裂和端表裂,7年生的2块弦切板出现了表裂,且裂纹发展迅速。干燥3—4 h 时,所有试件的初期开裂数量继续增加,裂纹的大小也不断增大。初期开裂在5—7 h 内达到最大,其中5年生的弦切板端裂数量最高时达到21条,端表裂长度最长为47 mm,宽度为0.3 mm,并且弦切板,径切板和中心板各有1块出现贯通裂;7年生的弦切板端裂数量最高达到31条,表裂数量最高达到3条,为细短裂,且2块弦切板出现贯通裂。5年生和7年生黑木相思木材初期开裂等级均为3级<sup>[15]</sup>。

相较于周凡等<sup>[13]</sup>的研究,本研究中黑木相思木

材初期开裂更多,达到最大初期开裂程度时间更快(7 h 较 14 h),这可能是因为本研究中黑木相思木材树龄较小,仍处于快速增长阶段,其材性不够稳定,密度较低,导致其木材干燥快,但容易变形开裂现象。黑木相思木材初期开裂等级优于尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)、细叶桉(*E. tereticornis*)等<sup>[17]</sup>桉树,但低于阿丁枫(*Altingia chinensis*)、火力楠(*Michelia macclurei*)等<sup>[18-19]</sup>木材。

2.1.2 内部开裂 在木材的干燥过程中,由于木材各层之间存在温度和含水率的差异,会导致木材表面出现硬化现象,并引发干燥应力。干燥应力是木材内部开裂现象的主要诱因,当应力积累到一定程度时,就会产生开裂现象<sup>[20]</sup>。干燥结束后,5年生和7年生黑木相思木材均未出现内裂,其内部开裂等级均为1级<sup>[15]</sup>。

黑木相思干燥过程中未见有内部开裂,这与周凡等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。黑木相思木材内裂等级优于尾巨桉(*Eucalyptus grandis* × *urophylla*)、尾叶桉、巨桉(*E. grandis*)等<sup>[17, 21]</sup>木材,和5年生大花序桉(*E. cloeziana*)木材<sup>[22]</sup>相近。

2.1.3 截面变形 截面变形是因为木材在干燥过程中表层与内层的水分含量的差异以及表面硬化导致的<sup>[23]</sup>。根据统计结果,5年生黑木相思木材干燥结束后弦切板截面形变值为0.43—1.15,平均值为0.79 mm,7年生为0.51—1.19 mm,平均值为0.86 mm;径切板和中心板的平均值分别为0.93, 0.98 mm。5年生和7年生黑木相思木材的截面变形等级均为2级<sup>[15]</sup>。

相较于周凡等<sup>[13]</sup>的研究,本研究中黑木相思木材的截面变形更大,可能与树龄相关。黑木相思木材截面变形等级优于尾巨桉、巨桉、尾叶桉、赤桉(*Eucalyptus camaldulensis*)等<sup>[17, 21]</sup>木材,和5年生大花序桉木材<sup>[22]</sup>相近,低于阿丁枫木材。

2.1.4 扭曲变形 木材在干燥过程中不同方向的干缩差异是导致木材出现扭曲变形的原因<sup>[24]</sup>。试验结果表明,5年生黑木相思木材的弦切板的扭曲值范围为0.8—3.2 mm,平均值为1.7 mm,7年生为1.2—3.1 mm,平均值为2.0 mm,5年生和7年生黑木相思木材的扭曲变形等级均为3级<sup>[15]</sup>。弦切板的扭曲水平低于径切板和中心板,径切板扭曲平均值为2.6 mm,中心板的扭曲平均值为2.5 mm。

5年生和7年生黑木相思木材的扭曲变形等级为3级,和周凡等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。黑木相思木

材扭曲变形等级和巨桉、尾巨桉、大花序桉等<sup>[17, 21-22]</sup>木材相近,低于细叶桉和赤桉木材<sup>[17]</sup>。

2.1.5 干缩特性 由表2可知,5年生黑木相思径向和弦向干缩率分别为4.47%和6.24%,7年生分别为4.49%和6.35%,2个树龄木材的干缩率相近,一般木材的径向和弦向干缩率范围为4.5%—8%和8%—12%<sup>[25]</sup>,黑木相思径向和弦向干缩率均小于一般值。说明黑木相思属于干缩变形小的木材。5年生和7年生黑木相思木材差异干缩分别为1.39, 1.41,均小于1.5,这和周凡等<sup>[13]</sup>的研究结果一致,说明黑木相思木材在干燥过程中不易开裂变形。

表2 黑木相思干缩特性

树龄/年生	径向干缩率/%	弦向干缩率/%	差异干缩
5	4.47	6.24	1.39
7	4.49	6.35	1.41

2.1.6 干燥速度 黑木相思木材在百度干燥试验中含水率的变化情况如图1所示。根据统计计算可得出,5年生黑木相思弦切板含水率从最初平均98.83%干燥至30%所需时间的平均值为5.63 h,含水率从30%降至5%时所选时间的平均值为10.15 h,平均干燥速率为2.46%/h,等级评定为2级;7年生黑木相思弦切板含水率从最初平均97.52%干燥至30%所需时间的平均值为9.97 h,含水率从30%降至5%时所需时间的平均值为13.57 h,平均干燥速率为1.84%/h,等级评定为2级<sup>[16]</sup>。

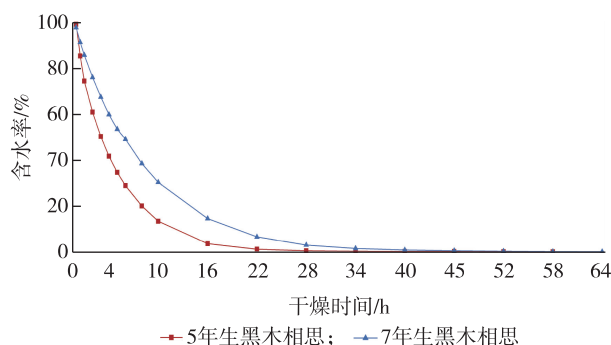


图1 黑木相思木材干燥曲线

5年生黑木相思木材干燥速度高于7年生木材,7年生木材的干燥速度高于周凡等<sup>[13]</sup>的研究,这可能是因为树龄越小,其木材密度越低,木材内部的水分更容易挥发。黑木相思木材的干燥速度等级优于细叶桉、巨桉、赤桉、大花序桉、火力楠等<sup>[15, 18, 21]</sup>木材,和阿丁枫、6年生巨尾桉<sup>[17, 20]</sup>木材

相近。

2.2 黑木相思木材干燥基准

因5年生和7年生的干燥特性基本一致,故其木材干燥基准统一制定。通过百度试验确定黑木相思木材的初期开裂、截面形变、内部开裂后,参考干燥缺陷所对应的干燥等级<sup>[16]</sup>,确定黑木相思木材干燥的初期温度,初期干、湿球温度差及末期温度,确定木材的干燥基准。

根据表3确定黑木相思锯材厚25—30 mm的干燥条件为:初期温度60℃,初期干、湿球差3—4℃,末期温度为90℃。试验结果可知,黑木相思木材的初期开裂和扭曲变形较为严重。因此,在黑木相思木材进行干燥时,应该降低初期干、湿球温度差,缓慢升温,能减轻初期开裂,提高干燥质量。根据实验记录,初期开裂多发生在干燥进行5—8 h时,多集中在含水率57%左右出现,33%左右时趋于稳定。所以含水率在60%—30%时,各阶段之间缓慢升温,之后的升温幅度可适当增大,以提高干燥效率。

表3 试件干燥初步条件

缺陷情况	等级	干燥初期温度/℃	初期干、湿球温度差/℃	干燥末期温度/℃
初期开裂	3	60	3—4	90
截面变形	2	70	4—7	90
内部开裂	1	80	5—7	95

经过计算,试件初含水率为98.17%,查含水率与干、湿球温度差关系表<sup>[16]</sup>,可以制定初锯材的干燥基准;本次试验共用64 h,初期干、湿球温度差为3℃,查干燥时间估算图,估算黑木相思锯材实际干燥时间为8.5 d,最终厚25—30 mm黑木相思木材干燥基准如表4所示

表4 百度试验法确定的黑木相思木材(厚25—30 mm)干燥基准

阶段	含水率/%	干球温度/℃	干、湿球温度差/℃	干燥时间/d
1	90以上	60	3	8.5
2	90—60	65	3	
3	60—50	70	4	
4	50—40	75	6	
5	40—35	80	10	
6	35—30	85	18	
7	30以下	90	30	

3 结论与讨论

本文采用百度试验法对5年生和7年生黑木相思木材的干燥特性展开研究,发现5年生和7年生黑木相思木材干燥特性基本一致,初期开裂等级为3级,内部开裂等级为1级,扭曲变形等级为3级,截面变形等级为2级,干燥速度等级为2级,综合等级为2级。5年生黑木相思径向和弦向干缩率分别为4.47%和6.24%,差异干缩为1.39;7年生黑木相思径向和弦向干缩率分别为4.49%和6.24%,差异干缩为1.41。根据以上试验结果,初步制定了初期干球温度为60℃,初期干、湿球温度差为3℃,末期为90℃的黑木相思木材干燥基准。

黑木相思木材在干燥初期开裂现象较为严重,但其内部开裂和截面变形的程度相对较低。为了改善这一状况,应在干燥黑木相思厚25—30 mm锯材时,适当减小干燥初期的干、湿球温度差,并采用缓慢升温的策略。这有助于减轻木材在干燥初期的开裂程度,进而提升整体干燥质量。黑木相思木材的差异干缩属于小等级,不易发生开裂变形,但干燥时应注意控制速率,避免引起更严重的干燥缺陷。黑木相思木材的干缩性属于中等级,加工利用时应注意预留充足的加工余量。

参考文献:

[1] CHEN Z L, BAI X G, ZENG B S, et al. Physiological and molecular mechanisms of *Acacia melanoxylon* stem in response to boron deficiency [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2023, 14: 1268835.

[2] 苏思红.黑木相思在我国的引种现状及研究进展[J].林业勘察设计,2020, 40(1): 51-54.

[3] 庞宇,刘君良.4种相思树种的解剖特征与木材材性比较分析[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2007, 28(1): 99-103.

[4] 陈启恩.福建东南部黑木相思优良家系中期评价[D].福州:福建农林大学,2017.

[5] 梁云.黑木相思树栽培技术要点及林业推广措施[J].世界热带农业信息,2024(3): 45-48.

[6] 叶龙太.3个相思树种在福建的引种区划[J].福建林业科技, 2022, 49(3): 63-68.

[7] 吴远媚,舒应东,潘涛,等.黑木相思与不同树种混交试验研究[J].南方林业科学,2022, 50(4): 43-46.

[8] 陈朝黎,曾炳山,裴珍飞,等.不同硼条件黑木相思生长特性及异速生长分析[J].森林与环境学报,2023, 43(2): 201-209.

[9] 何江,陈丽芬,曾炳山,等.广西玉林市6种黑木相思无性系生长性状评价[J].广西林业科学,2023, 52(6): 719-725.

[10] 连勇机,陈元品,蔡苑苑.闽东南黑木相思优良家系早期选择



- [J].福建林业科技,2023,50(2):107-111.
- [11] 夏炳钰,姚 烨,沈哲源,等.广东速生黑木相思材性分析及优化利用[J].林产工业,2021,58(8):7-11,59.
- [12] 周 凡,高 鑫,付宗营,等.黑木相思和火力楠木材机械加工性能评价[J].木材科学与技术,2021,35(5):7-11.
- [13] 周 凡,周永东,高 鑫,等.黑木相思木材干燥特性及干燥工艺制定[J].浙江农林大学学报,2020,37(3):571-577.
- [14] 周 凡,高 鑫,付宗营,等.40 mm 厚黑木相思锯材干燥工艺研究[J].木材科学与技术,2021,35(4):36-39.
- [15] 何清慧.木材干燥基准简易确定法——百度试验法[J].木材工业,1998(6):38-40.
- [16] 邱炳发,符韵林,蒙好生,等.擎天树木材干燥特性研究[J].江西农业大学学报,2011,33(4):738-742.
- [17] 黄腾华,刘学锋,王军锋,等.百度试验法研究 6 种大径级桉树木材干燥特性及工艺[J].西北林学院学报,2020,35(4):205-211.
- [18] 卢 庸,孙灿岳,杨武伦,等.百度试验法编制阿丁枫木材干燥基准研究[J].陕西林业科技,2021,49(6):33-35.
- [19] 谭长强,韦鹏练,文 新,等.基于百度试验法和窑干试验法优化火力楠木材干燥基准[J].陕西林业科技,2024,52(3):59-65.
- [20] 韦鹏练,李永忠,符韵林,等.柳杉木材干燥特性研究[J].林业实用技术,2012(2):54-6.
- [21] 陈松武,廖满秀,刘晓玲,等.不同林龄巨尾桉广林 9 号木材干燥特性[J].广西林业科学,2020,49(3):442-446.
- [22] 兰 俊,何东宸,李卫发,等.基于百度试验法的 5 年生与 17 年生大花序桉木材干燥特性对比研究[J].广西林业科学,2021,50(1):83-87.
- [23] 黄松殿,黄腾华,韦鹏练,等.百度试验法制定黄果厚壳桂干燥基准[J].林业科技通讯,2020(9):36-9.
- [24] 许勇业,何乐祖,陆 敏,等.百度试验法制定异叶南洋杉木材干燥基准[J].陕西林业科技,2021,49(3):61-63,67.
- [25] 徐有明.木材学[M].北京:中国林业出版社,2006.

## · 征订启事 ·

### 欢迎订阅 2025 年度《江苏林业科技》

《江苏林业科技》为国内外公开发行的综合性林业科学技术刊物。1974 年创刊。为科学引文数据库(SCD)和“中国应用型期刊”入库期刊、《中国学术期刊(网络版)》入编期刊、全国优秀期刊、江苏省优秀期刊、全国优秀农业期刊、华东地区优秀期刊。加入“万方数据——数字化期刊群”和中国期刊网等。

《江苏林业科技》主要刊登良种选育、育苗造林、园林绿化、林副特产、森林经营、森林保护、调查设计、野生动物等方面的学术论文、科研报告、经验总结,以及林业新成果、新技术,有较强的指导性、技术性、实用性,是林业科研、教学工作者、管理部门及广大林业生产者不可少的参考资料。欢迎订阅,欢迎投稿,欢迎刊登广告,宣传产品等。

《江苏林业科技》为双月刊,大 16 开本,国内外公开发行。国内统一刊号:CN 32-1236/S,国际标准刊号:ISSN 1001-7380,每期定价 15.00 元,全年订费 90.00 元。全年办理订阅手续,需订阅者请到当地邮局订阅或将订款汇至南京市江宁区东善桥江苏省林业科学研究院本刊编辑部,邮政编码 211153。电话(025)52745438,83602820,83602060。由银行或邮局汇寄均可。开户银行:中国农业银行南京金鹰支行,户名:江苏省林业科学研究院,帐号:10105101040000010。邮发代号:28-303。