

文章编号: 1000-5692(2001)04-0384-05

# 狄氏黄胆木干燥工艺的初步研究

李延军, 马掌法, 张 宏, 王益冰

(浙江林学院 林产工业系, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 通过 100 °C 干燥试验法的试验, 获得了狄氏黄胆木木材的基本干燥特性数据。狄氏黄胆木木材的干燥特性是: 初期开裂与截面变形的干燥等级为 3 级, 内部开裂的干燥等级为 2 级。根据这些特性因子编制了狄氏黄胆木板材的干燥基准。表 6 参 7

**关键词:** 狄氏黄胆木; 木材干燥; 干燥特性

**中图分类号:** TS652      **文献标识码:** A

狄氏黄胆木 *Nauclea diderichii* 广泛分布于赤道几内亚、利比里亚、加纳、尼日利亚和喀麦隆等赤道森林地带, 刚果和乌干达也有分布, 并可看到纯林。其木材具光泽, 纹理交错, 强度中等, 适用于造船、码头、枕木、地板、家具、细木工和门窗等, 用途广泛。因其在干燥过程中易发生开裂、变形等缺陷, 未能得到充分合理的利用。在森林资源缺乏, 木材供需矛盾日趋紧张的形势下, 如何合理地利用这种木材, 无疑具有重要的现实意义。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

狄氏黄胆木试材取自浙江绍兴富得利木业有限公司, 弦切板, 气干密度  $0.67 \sim 0.78 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。试件 10 块取自试材的中间部位, 四面刨光, 颜色正常, 无节疤, 初含水率平均为 76.4%, 规格为  $200 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ <sup>[1]</sup>。

### 1.2 试验设备与用具

101-1 型电热鼓风干燥箱, CS101-1E 型电热鼓风干燥箱, AG204 型电子天平及螺旋测微器等工具。

### 1.3 试验方法

采用百度试验法<sup>[1, 2]</sup>。

将试件均匀竖立放入 100 °C 恒温烘箱中快速干燥至含水率约 1% 时结束<sup>[2]</sup>。干燥过程中定期称量并观测记录开裂(含内裂)及截面变形的发展情况, 进而根据试验终了时试件的前期开裂、内裂、截面变形、扭曲和干燥速度(试材含水率 30% 降到 5% 所需的干燥时间)确定试材的干燥特性<sup>[3~5]</sup>。

各种干燥缺陷分级标准列于表 1, 与各干燥缺陷等级对应的干燥条件列于表 2<sup>[2]</sup>。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 初期开裂

收稿日期: 2000-10-16; 修回日期: 2001-06-10

基金项目: 浙江省教育厅资助项目(20000590)

作者简介: 李延军(1970-), 男, 浙江开化人, 讲师, 从事木材科学与技术研究。

表 1 100 °C 试验干燥特性分级标准

Table 1 Classification of drying characteristics in 100 °C drying test

等级	前期开裂	内 裂	截面变形/mm	扭曲/mm	干燥速度/h
1 级	无或仅有端面裂纹	无	< 0.5	< 0.5	< 10
2 级	短端表裂	4 条以下细裂, 或 1 条宽裂	0.6~1.0	0.6~3.0	11~15
3 级	长端表裂或壁裂, 或 10 条以下短细表裂	2~4 条宽裂, 或 5~9 条细裂, 或 1~2 条宽裂和 3~4 条细裂	1.1~2.0	3.1~6.0	16~20
4 级	10 条以上短细表裂或 5 条以下长细表裂或 5 条以下宽表裂	5~8 条宽裂, 或 10~15 条细裂, 或 2~4 条宽裂和 5~9 条细裂	2.1~3.5	6.1~9.0	21~30
5 级	5 条以上长细表裂, 或 5 条或短细表裂布满材面	8 条以上宽或 15 条以上细条宽裂和 10~15 条细裂	> 3.6	> 9.1	> 30

说明: ① 裂纹长度小于或等于 5 cm 者为短, 大于 5 cm 为长; 宽度小于或等于 2 mm 者为细, 大于 2 mm 者为宽; ② 干燥速度是指木材含水率从 30% 降至 5% 的小时数 (下同)

表 2 缺陷等级与干燥条件对应表

Table 2 Comparison with defects and drying conditions

缺陷等级	初期开裂温度/°C			截面变形温度/°C			内裂温度/°C		
	初始温度	前期干湿球温差	后期最高温度	初始温度	前期干湿球温差	后期最高温度	初始温度	前期干湿球温差	后期最高温度
1	80	5~7	95	80	5~7	95	80	5~7	95
2	70	4~6	95	70	4~7	90	70	4~7	85
3	60	3~4	90	60	3~5	85	50	3~5	75
4	50	2~3	80	50	2~4	75	40	2~4	70
5	40	1.5~2.0	75	40	2	70	38	2	65

试材的含水率变化和初期开裂变化情况如表 3。在百度试验过程中, 由于试件初含水率较高, 在干球温度为 100 °C, 相对湿度很低情况下, 干燥初期的水分蒸发很快, 含水率分布差异大, 因而特别容易产生表面开裂。开裂程度随含水率降低而逐渐加大, 直到含水率降至 30% 左右时, 所有的初期开裂不再发展, 而后逐渐减少开裂程度, 直至愈合。其中端裂开始越早的闭合越早。其主要原因是由于沿纤维方向的端表层及垂直于纤维方向的木材表层水分迅速排除, 表层与内部收缩不均匀而形成过大的拉应力所致。在第 1 次观察中 (进烘箱 1 h), 所有的试件几乎都产生了轻微的端裂, 随着干燥过程的延续, 端裂程度明显加大, 其中部分端裂发展延伸至木材表面, 形成端表裂。同时, 表裂也随着产生。到含水率降至 30% 左右后, 由于吸着水开始蒸发, 木材内部也开始收缩, 产生了内拉外张的应力分布, 从而使木材初期开裂逐渐闭合。干燥结束后, 统计出不同等级程度的各种初期开裂的数量, 裂纹的长度及宽度均以愈合前的最大值计算<sup>[5~6]</sup>, 然后参照表 1 的干燥特性分级标准, 结果狄氏黄胆木初期开裂等级为 3 级。

## 2.2 内部开裂

试验结果表明, 狄氏黄胆木产生内裂均不严重, 只有 2 块试件产生细内裂缝, 其余均无裂缝产生, 因此其等级为 2 级 (表 4)。内裂是由于干燥引起的表面硬化和干燥应力所造成的, 常发生于干燥后期, 但与干燥初期的干燥条件及末期温度有关。在干燥后期, 因木材内部含水率也低于纤维饱和点而开始收缩。此时, 木材表层含水率已很低, 收缩值远小于木材内部的收缩值, 同时, 由于干燥前期木材表层长期受到拉应力的作用, 产生了残余变形, 形成表面硬化现象。这样, 在干燥后期, 木材内外的干缩差异就会使木材内部产生拉应力。当木材内部的拉应力超过木材的横纹抗拉极限强度时, 就会产生内部开裂。

## 2.3 截面变形

截面变形指的是试验结束时, 试件中部截面最大厚度 A 与最小厚度 B 之间的差值。从表 4 可知 10 块试件的截面变形量, 查找相应缺陷等级 (表 1), 结果表明, 狄氏黄胆木的截面变形特性等级为 2

~3级, 总评等级为3级。

表3 试材含水率和初期开裂变化统计

Table 3 Moisture content and initial checks of the lumbers

试材 编号	9月12日上午7:00			9:00			11:00			13:00			15:00		
	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度
1	454.0	77.0	无	405.8	58.21	1	370.2	44.33	1~2	347.1	35.32	1~2	332.9	29.79	1~2
2	454.5	76.3	无	408.2	58.34	1	370.7	43.79	1~2	341.8	32.58	1~2	329.8	27.93	1
3	475.0	80.95	无	422.2	60.84	1	392.7	49.60	1	368.5	40.38	1	351.0	33.71	1
4	471.0	80.05	无	420.3	60.67	1	389.3	48.81	1	364.5	39.33	1	348.5	33.22	2
5	472.3	77.62	无	415.7	56.34	1	387.4	45.69	2	367.5	38.21	2	352.2	32.46	2~3
6	473.4	78.44	无	412.2	55.37	1	392.4	47.91	1~2	365.7	37.84	2	347.2	30.87	2
7	471.5	80.72	无	424.6	62.36	1	394.8	51.32	2	370.8	42.12	2	352.7	35.19	1
8	471.0	81.71	无	425.3	64.08	1	390.4	50.62	1~2	366.1	41.24	1~2	347.2	33.95	2
9	445.4	64.84	无	398	52.55	1	363.5	34.53	2	339.9	25.80	2	323.8	19.84	2
10	445.0	66.23	无	393.5	51.81	1	354.3	32.35	2	333.1	24.43	2	319.9	19.50	1~2
平均		76.39	无		58.06	1		44.90	2		35.73	2		29.65	3
试材 编号	20:00			24:00			9月13日上午6:00			12:00			18:00		
	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度
1	306.0	19.30	1	294.4	14.78	1	281.0	9.55	1	273.5	6.63	1	268.8	4.80	1
2	302.0	17.16	1	290.2	12.57	1	277.5	7.64	1	270.5	4.70	1	267.0	3.57	1
3	320.7	22.17	2	307.9	17.30	2	294.5	12.19	1~2	285.5	8.76	1	278.5	6.10	1
4	312.5	19.46	2	297.7	13.80	1	282.7	8.07	1	274.5	4.93	1	269.4	2.98	1
5	322.6	21.32	2~3	308.4	15.98	2~3	293.5	10.38	2~3	284.7	7.07	2~3	279.5	5.11	2
6	317.2	19.56	2	302.1	13.87	2	289.5	9.12	1~2	280.5	5.73	1	275.6	3.88	1
7	318.5	22.08	1~2	303.6	16.37	1	289.0	10.81	1	278.5	6.75	1	272.0	4.25	1
8	314.5	21.33	1~2	298.6	15.20	2	283.5	9.38	2	274	5.71	1	267.8	3.32	1
9	299.1	10.70	1	290.7	7.59	1	282.0	4.37	1	278.2	2.96	开始愈合	276.1	2.18	开始愈合
10	298.7	11.58	1~2	288.2	7.66	1	280.5	4.78	1	275.6	2.95	开始愈合	274.0	2.35	开始愈合
平均		18.47	3		13.51	3		8.63	3		5.62	3		3.85	2
试材 编号	24:00			9月14日上午6:00			12:00			18:00			24:00		
	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度	称量/ g	含水 率/%	开裂 程度
1	265.5	3.51	1	263.1	2.57	1	261.5	1.95	开始愈合	260.4	1.52	愈合	260.0	1.36	愈合
2	263.8	2.33	1	262.4	1.78	1	261.1	1.28	1	260.5	1.05	开始愈合	260.0	0.85	愈合
3	274.7	4.65	开始愈合	271.0	3.24	愈合	268.9	2.44	愈合	267.4	1.87	愈合	266.6	1.57	愈合
4	266.8	1.99	1	264.8	1.22	开始愈合	264.0	0.92	愈合	263.3	0.65	愈合	263.0	0.54	愈合
5	275.4	3.57	2	273.2	2.75	2	271.4	2.07	1~2	270.2	1.62	1	269.3	1.28	愈合
6	272.3	2.64	1	270.2	1.85	开始愈合	268.7	1.28	愈合	267.7	0.90	愈合	267.3	0.75	愈合
7	268.1	2.76	1	265.1	1.61	1	264.6	1.42	1	263.5	1.00	开始愈合	263.1	0.84	愈合
8	264.8	2.16	1	263.0	1.47	1	261.9	1.04	开始愈合	260.9	0.66	愈合	260.5	0.50	愈合
9	274.7	1.67	开始愈合	273.8	1.33	愈合	273.0	1.04	愈合	272.6	0.89	愈合	272.0	0.70	愈合
10	272.4	1.76	开始愈合	271.4	1.38	愈合	270.7	1.12	愈合	270.0	0.86	愈合	269.7	0.75	愈合
平均		2.70	2		1.92	2		1.46	2		1.10	1		0.91	愈合

## 2.4 扭曲变形

由于干缩的不均匀性, 在百度试验过程中, 试件会产生瓦弯或翘曲变形。由于试件是弦切板, 故靠近树皮一边的板面比靠近树心一边的板面收缩率大, 因而容易引起与年轮方向相反的弯曲(瓦弯)。

将试件平放在平板上, 试件的三个角着地, 另一个角距离平板的距离为翘曲变形值。翘曲的主要

原因是木材的纹理不直或制作试件的长度方向与树木长度方向有误差, 均会引起干缩的不均匀, 从而产生翘曲变形。结果表明, 10 块板中有 5 块翘曲变形, 缺陷等级为 3 级, 其余为 2 级。翘曲量见表 4, 相应缺陷等级见表 1。

## 2.5 干燥速度

从表 4 可知 10 块试件的干燥速度中等, 甚至偏重。其中有 7 块试件的干燥速度等级为 4 级, 余下 3 块为 3 级。参考何定华等的 24 种南方阔叶树材的干燥特性及干燥基准<sup>[2]</sup>, 狄氏黄胆木的干燥速度(含水率从 30% 降至 5% 的小时数计) 平均为 24 h 左右, 确定总平等级为 4 级。

表 4 试材干燥特性与试验结果

Table 4 Experiment results of drying characteristic for the lumbers

测试内容 试材编号	内部开裂 程度	分级	截面变形/mm	分级	扭曲变形/mm	等级	干燥速度/h	等级
1	无	1	A: 18.73 B: 18.11	2	5.0	3	27	4
2	无	1	A: 19.45 B: 18.22	3	6.0	3	21	4
3	无	1	A: 18.99 B: 18.52	1	2.0	2	27	4
4	无	1	A: 19.04 B: 18.44	2	3.0	2	19~21	3~4
5	无	1	A: 19.06 B: 18.35	2	2.0	2	28	4
6	无	1	A: 19.86 B: 18.89	2~3	1.5	2	23	4
7	细 3	2	A: 18.83 B: 17.82	3	2.5	3	24	4
8	细 4	2	A: 19.40 B: 18.25	3	3.5	3	20	3
9	无	1	A: 19.11 B: 18.62	2	4.5	3	17	3
10	无	1	A: 19.54 B: 18.50	3	1.0	2	18	3
总评		2		3		3		4

说明: A 表示试件中部最大厚度, B 表示最小厚度

## 2.6 干燥特性与干燥基准

根据 10 块试材的百度试验结果(表 3 和表 4), 通过查表 1 和表 2, 可以得到的干燥综合特性(表 5)。从表 5 中选取各温度与干湿球温度差的最低条件, 便得出狄氏黄胆木 2.0 cm 厚板材的干燥基准为: ①干燥初期温

表 5 百度试验锯材的干燥综合特性等级

Table 5 Classification of drying characteristics of the lumber after 100 °C drying test

缺陷名称	级别	初期温度/ °C	干燥初期干湿球 温度差/°C	末期温度/ °C
初期开裂	3	60	3	90
截面变形	3	60	4	85
内部开裂	2	70	5	85

度为 60 °C。②干燥初期的干湿球温度差为 3 °C。③干燥末期温度为 85 °C。另外, 根据久田卓兴博士研究出的回归方程式  $\Delta T_2 = 30.9 - 0.75D_1 + 0.33D_2$  [ $\Delta T_2$  为干燥末期的干湿球湿度差 (°C);  $D_1$  为初期开裂级别;  $D_2$  为截面变形级别],  $\Delta T_2 = 30.9 - 0.75 \times 3 + 0.33 \times 3 = 29.64$  °C。④干燥末期干湿球湿度差为 29.64 °C。百度试验法预测的干燥基准为含水率基准, 根据上述①②③④项, 参照含水率与干湿球温度差的关系表(阔叶材), 可编制出表 6<sup>[7]</sup>。

### 3 结论

百度试验的综合干燥特性主要由初期开裂、内裂及截面变形3项指标确定。同时在实际窑干中还应考虑干燥速度、扭曲变形等因素的影响。

进口狄氏黄胆木水分传导特性一般,干燥速度中等,干燥速度等级3~4级,以4级为多,扭曲变形等级为3级,初期开裂与截面变形的级别为3级,内部开裂级别为2级。

根据百度试验的结果而制定的狄氏黄胆木的干燥基准,一般与实际窑干工艺基准存在一定的偏差,在生产中仅供参考使用。

**致谢:** 在本试验中,浙江林学院林产工业系姜志宏副教授给予了很大帮助,何优珍、邢丽娜同志做了大量实验工作,特此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 戴于龙, 黄月瑞, 刘渝, 等. 推广预测木材干燥基准百度试验法的可行性探讨[J]. 北京林学院学报, 1985, 7(1): 19-29.
- [2] 何定华, 林文洁, 李娜, 等. 24种南方阔叶树材的干燥特性及干燥基准[J]. 木材工业, 1990, 4(4): 12-18.
- [3] 高瑞清, 滕通濂, 谷红梅. 8种短周期工业材干燥特性的研究[J]. 木材工业, 1998, 12(3): 21-24.
- [4] 李延军, 张宏, 马掌法. 马来甘巴豆木材干燥工艺的初步研究. 浙江林业科技, 2001, 21(3): 40-42.
- [5] 何定华, 何清慧, 孟京明. 8种栎木的干燥特性[J]. 林产工业, 1998, (1): 10-11.
- [6] 李娜, 何定华, 滕通濂. 5种福建阔叶树材的干燥特性[J]. 木材工业, 1993, 7(1): 30-33.
- [7] 朱政贤. 木材干燥[M]. 第2版. 北京: 中国林业出版社, 1992. 3.

表6 狄氏黄胆木材的干燥基准

Table 6 The drying schedule of *Nauclea diderrichii*

含水率/%	干球温度/℃	湿球温度/℃	相对湿度/%
40以上	60	57	86
40~35	62	58	86
35~30	64	58	74
30~25	68	60	68
25~20	70	60	62
20~15	74	60	52
15~10	80	62	44
10以下	86	60	31

## Preliminary study on the drying technology of *Nauclea diderrichii*

LI Yan-jun, MA Zhang-fa, ZHANG Hong, WANG Yi-bin

(Department of Forest Products Industry, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** Drying characters data contributive to drying technology research of *Nauclea diderrichii* was obtained through a series of tests with 100℃ drying test method. The results showed that drying characteristics of *Nauclea diderrichii* are as following: Classifications of initial checks or cross-section deformation are 3 and classification of inner checks is 2. The drying schedule of *Nauclea diderrichii* was made by these parameters of drying characteristics.

**Key words:** *Nauclea diderrichii*; wood drying; drying characters