

实用技术

干燥室内锯材摆放位置对干燥缺陷的影响

郭明辉,赵西平,闫丽,艾沐野

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘要: 本文就小径柞木锯材在顶风机式干燥室内的摆放位置对锯材干燥缺陷的影响进行了分析。结果表明:锯材在干燥室内前后不同位置时,各项可见干燥缺陷无显著性差异;上下不同位置锯材的横弯和顺弯有显著差异,材堆上部锯材弯曲较大;相关分析显示,木材的弯曲和上下摆放位置的相关性在 $\alpha=0.05$ 的水平上是显著的,说明锯材上下位置不正确的摆放会增大干燥缺陷,尤其是增大锯材的弯曲,引起锯材降等。

关键词: 小径柞木; 摆放位置; 干燥缺陷

中图分类号: S782.33 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2004)05-0027-04

The Relationship between Location in a Kiln and Drying Defects on Small-diameter Daimyo Oak Lumber

GUO Ming-hui, ZHAO Xi-ping, YAN Li, AI Mu-ye

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Using small-diameter Daimyo Oak (*Quercus dentata*) Lumber, the effect of the position in a top-fan kiln on its drying defects was investigated in this paper. The results showed that the differences of the drying defects between the front and back positions were slight, whereas that between the upper and lower positions were significant. The lumber at the upper position in the kiln tended to take more severe bow and crook. Further correlation analysis of the results revealed that, the bow and crook of lumber was closely related to positions in the upper-lower direction at the level of $\alpha=0.05$. These results indicated that an improper position could result in more drying defects and even degradation of the lumber.

Key words: Small diameter Daimyo Oak; Position; Drying defects

小径木的固有缺陷及干燥缺陷早就引起了国内外学者们的注意,如何通过人为控制,减少甚至消除这些缺陷、提高干燥质量尤为重要。

柞木纹理通直,结构略细、不均匀,材质硬、重,干缩量中或大,强度高,被广泛地用于工业用材和高档家具、木地板、装饰材料等方面。大径柞木的大幅度减少,使人们的注意力逐渐转向小径柞木。由于小径材中幼龄材含量高,强度较成熟材低,干燥过程中易产

生各种缺陷^[1~3]。本文仅就小径柞木锯材在干燥室内的摆放位置对其干燥缺陷的影响进行分析和研究,以期对小径木加工企业改进和提高干燥质量提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用小径柞木(*Quercus dentata*)采自东北林业大学帽儿山试验林场,径级为 140~160 mm,锯制成规格为 1 000 mm×40 mm×30 mm 试材,初含水率大于 40%。

1.2 干燥设备

收稿日期:2003-11-12
基金项目:本研究是黑龙江省重点攻关和霍英东基金项目的部分研究内容。
作者简介:作者符合郭明辉(1964—),女,东北林业大学材料科学与工程学院教授,博士后。

采用自制全自动控制干燥室,容积 1 m³,金属加保温层结构,电阻式加热,顶风机型,风速 1 m/s。

1.3 干燥方法

共进行了 3 次干燥试验。第一次为在整个干燥阶段干燥温度持续上升连续加热干燥;后两次为间歇加热干燥,即在一个周期内持续加热,为加热阶段,在另一个周期停止加热,风机停转,但进排气口关闭,为冷却阶段,两个阶段交替进行^[4]。间歇加热的间歇时间分别为 2 h 和 6 h。全部试验均采用常规低温加热干燥基准(表 1)。

表 1 30 mm 厚小径柞木锯材干燥基准
Tab. 1 Drying schedule for 30 mm-thick small-diameter Daimyo Oak lumber

含水率 /%	干球温度 /℃	平衡含水 率/%	热湿处理 时间/h	热湿处理 时机/%
低温预热	45	17~18	7	干燥前
预处理	53	17~18	6~8	干燥前
>40	48	14.3		
40~30	50	11.5		
中间处理	57	16.0	8	31~32
30~25	55	10.5		
25~20	58	9.3		
中间处理	65	14.0	9	21~22
20~15	62	8.5		
15~10	65	6.3		
<10	70	5.0		
平衡处理	75	8.0	16~12	7~8
终处理	75	13~14	10~11	8
表干	70	5.0	检测合格后停机	

1.4 可见干燥缺陷的检测

从每次试验的锯材试件中随机抽取 100 块,编号后先检测干燥前可见缺陷,然后均匀分布在干燥室内的材堆内,待干燥结束后再次检测^[5,6]。

2 结果与分析

三次干燥试验编号的小径柞木试件共 300 块,按干燥室内上、中、下及前、中、后放置位置对锯材出现的干燥缺陷进行检测,统计计算干燥前后各干燥缺陷指标的差值,并对统计结果运用 SPSS for Windows 统计分析软件进行方差分析及相关分析。

2.1 干燥室内上下位置对锯材主要干燥缺陷的影响

目前干燥室多采用顶风机型,循环气流通过气道进入材堆,必然造成上部气流较强,下部较弱,使上下位置的锯材干燥速率不均。本研究中不同位置试件干燥缺陷的统计结果见表 2,方差分析结果见表 3。

由表 3 可见:顺弯弯曲度 WP 的概率值 $P=0.000<0.001$,说明该指标在干燥室内上下不同位置

表 2 干燥室内不同摆放位置锯材的干燥缺陷指标
Tab. 2 Statistics of drying defects of lumber at upper, middle and lower positions in kiln

干燥缺陷	位置	试件个数	平均值	标准差	变异系数
顺弯 弯曲度 WP/%	上部	84	0.204	0.433	0.047
	中部	105	0.029	0.270	0.026
	下部	111	0	0.302	0.029
	总和	300	0.067	0.344	0.020
横弯 弯曲度 WP/%	上部	84	0.287	0.356	0.039
	中部	105	0.151	0.298	0.029
	下部	111	0.163	0.308	0.029
	总和	300	0.193	0.323	0.019
扭曲度 TW/%	上部	84	0.129	0.201	0.022
	中部	105	0.189	0.179	0.018
	下部	111	0.152	0.217	0.021
	总和	300	0.158	0.201	0.012
纵裂度 LS/%	上部	84	3.873	10.256	1.119
	中部	104	3.375	7.163	0.702
	下部	111	5.201	11.831	1.123
	总和	299	4.193	9.967	0.576
端裂数 /条	上部	84	0.095	1.323	0.144
	中部	102	0.213	1.465	0.145
	下部	111	0.342	0.929	0.088
	总和	297	0.228	1.246	0.072
端裂宽 /mm	上部	83	0.070	0.231	0.025
	中部	102	0.082	0.272	0.027
	下部	110	0.174	0.523	0.050
	总和	295	0.113	0.379	0.022
端裂长 /mm	上部	84	0.738	7.217	0.787
	中部	105	1.203	7.283	0.711
	下部	110	3.115	8.156	0.778
	总和	299	1.776	7.644	0.442

的方差在 $\alpha=0.001$ 水平上有极显著性差异;横弯弯曲度 WP 的概率值 $P=0.007<0.05$,说明该指标的方差在 $\alpha=0.001$ 水平上有显著性差异。由表 2 及图 1 可以看出,顺弯最易发生于干燥室上部的锯材,其次是中部,下部最不易发生顺弯;横弯同样易发生于上部锯材,中部与下部的锯材也有横弯,中部稍小于下部,但二者差异不大。其原因是上部气流较强。其它几项

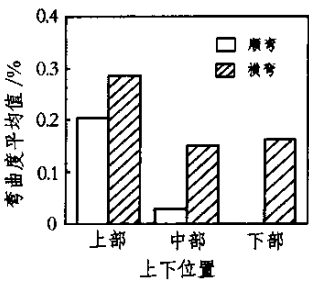


图 1 上下不同位置弯曲度均值
Fig. 1 The mean of WP for lumber at upper and lower positions

表 3 不同位置锯材干燥缺陷指标方差分析

Tab. 3 Analysis of variance of drying defects for lumber at upper-lower positions

干燥缺陷		平方和	自由度	均方	<i>F</i> 值	显著水平
顺弯	组间	2. 214	2	1. 107	9. 898	0. 000
弯曲度	组内	33. 213	297	0. 112		
<i>WP</i> /%	总和	35. 427	299			
横弯	组间	1. 023	2	0. 512	5. 034	0. 007
弯曲度	组内	30. 191	297	0. 102		
<i>WP</i> /%	总和	31. 214	299			
扭曲度	组间	0. 178	2	0. 089	2. 219	0. 110
<i>TW</i> /%	组内	11. 886	297	0. 040		
	总和	12. 064	299			
纵裂度	组间	191. 024	2	95. 512	0. 961	0. 384
<i>LS</i> /%	组内	29412. 736	296	99. 367		
	总和	29603. 759	298			
端裂数	组间	2. 953	2	1. 477	0. 950	0. 388
/mm	组内	456. 881	294	1. 554		
	总和	459. 835	296			
端裂宽	组间	0. 662	2	0. 331	2. 325	0. 100
/mm	组内	41. 601	292	0. 142		
	总和	42. 264	294			
端裂长	组间	322. 162	2	161. 081	2. 790	0. 063
/mm	组内	17089. 863	296	57. 736		
	总和	17412. 025	298			

干燥缺陷指标,如扭曲度、纵裂度和端裂等,在上下不同位置的方差分析概率值 $P>0.05$,说明锯材在干燥室内上下位置对这几项干燥缺陷没有显著影响。

木材在干燥过程中会因各向收缩率的不同而发生各种变形,过分激烈的干燥又会使变形加剧。气流的不均造成距风机较近的锯材干燥激烈,从而引起弯曲变形。小型干燥室可通过提高风速、增大通气道来消除局部过分激烈的干燥,减少弯曲变形。对于大型干燥室,如果单靠提高风机风速,必然增加电力消耗。若将干燥室顶面由 90°直角改成弧形,可使空气流动阻力大大减少,从而增大了气流的均匀度,可有效减少上下位置锯材干燥速率的差异。

2.2 干燥室内前后位置对锯材干燥缺陷的影响

气流速度一方面影响对流换热的强度,也影响木材表面的饱和蒸汽黏滞层,这两者都与木材干燥速率直接相关。通常要求通过材堆的气流速度在 1 m/s 以上,使气流能达到紊流状态。

锯材的厚度和堆垛用的垫条厚度均应均匀一致,以避免锯材干燥不均匀而引起降等。

干燥过程中,干燥介质流过材堆时,其速度逐渐降低,在气流速率较低部位锯材的干燥速率也相对较低,造成干燥室内前后部位锯材的干燥质量存在差异。根据材堆在干燥室内前后位置,对锯材的干燥缺陷

指标进行统计,结果如表 4 所示,方差分析结果见表 5。

由表 5 可知方差分析结果的概率值 $P>0.05$,说

表 4 干燥室内前后位置的锯材干燥缺陷测定

Tab. 4 Statistics of drying defects of lumber at front, middle and back positions

干燥缺陷	室内位置	试件数量	平均值	标准差	变异系数
顺弯	靠门	104	0. 043	0. 268	0. 026
弯曲度	中间	102	0. 077	0. 384	0. 038
<i>WP</i> /%	后部	94	0. 084	0. 375	0. 039
	总和	300	0. 067	0. 344	0. 020
横弯	靠门	104	0. 200	0. 340	0. 033
弯曲度	中间	102	0. 138	0. 268	0. 027
<i>WP</i> /%	后部	94	0. 247	0. 351	0. 036
	总和	300	0. 193	0. 323	0. 019
扭曲度	靠门	104	0. 171	0. 202	0. 020
<i>TW</i> /%	中间	102	0. 172	0. 200	0. 020
	后部	94	0. 130	0. 200	0. 021
	总和	300	0. 158	0. 201	0. 012
纵裂度	靠门	104	3. 100	8. 150	0. 799
<i>LS</i> /%	中间	101	5. 811	12. 373	1. 231
	后部	94	3. 664	8. 699	0. 897
	总和	299	4. 193	9. 967	0. 576
端裂数	靠门	104	0. 226	0. 776	0. 076
/条	中间	100	0. 240	1. 498	0. 150
	后部	93	0. 218	1. 381	0. 143
	总和	297	0. 228	1. 246	0. 072
端裂宽	靠门	103	0. 105	0. 312	0. 031
/mm	中间	99	0. 124	0. 466	0. 047
	后部	93	0. 110	0. 346	0. 036
	总和	295	0. 113	0. 379	0. 022
端裂长	靠门	103	1. 751	7. 195	0. 709
/mm	中间	102	1. 420	6. 624	0. 656
	后部	94	2. 189	9. 082	0. 937
	总和	299	1. 776	7. 644	0. 442

表 5 干燥室内前后位置锯材干燥缺陷方差分析

Tab. 5 Analysis of variance of drying defects for lumber at front-back positions

干燥缺陷		平方和	自由度	均方	<i>F</i> 值	显著水平
顺弯	组间	0. 097	2	0. 048	0. 406	0. 667
弯曲度	组内	35. 331	297	0. 119		
<i>WP</i> /%	总和	35. 427	299			
横弯	组间	0. 5892	2	0. 295	2. 856	0. 059
弯曲度	组内	30. 625	297	0. 103		
<i>WP</i> /%	总和	31. 214	299			
扭曲度	组间	0. 110	2	0. 055	1. 363	0. 258
<i>TW</i> /%	组内	11. 954	297	0. 040		
	总和	12. 064	299			
纵裂度	组间	414. 918	2	207. 459	2. 104	0. 124
<i>LS</i> /%	组内	29188. 842	296	98. 611		
	总和	29603. 759	298			
端裂数	组间	0. 025	2	0. 012	0. 008	0. 992
/mm	组内	459. 810	294	1. 564		
	总和	459. 835	296			
端裂宽	组间	0. 018	2	0. 009	0. 063	0. 939
/mm	组内	42. 245	292	0. 145		
	总和	42. 264	294			
端裂长	组间	29. 073	2	14. 536	0. 248	0. 781
/mm	组内	17382. 952	296	58. 726		
	总和	17412. 025	298			

明锯材在干燥室内前后的位置对其干燥缺陷指标无显著影响。其中横弯弯曲度 WP 的概率值 $P=0.059$,说明在干燥室内前后位置对横弯弯曲稍有影响。

由表 4 及图 2 可以看出,横弯最易发生在干燥室后部的锯材上,其次是前部,中部最不易发生横弯;其原因可能是因为材堆前后部分为进、出风口,气流较强,锯材水分蒸发较快,易产生较大的干燥应力,从而导致锯材发生弯曲。

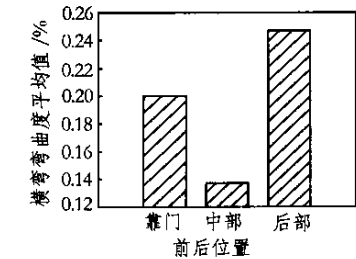


图 2 干燥室内前后位置锯材的横弯弯曲度
Fig. 2 The mean of WP for lumber at front and back positions

2.3 干燥室内不同位置与锯材干燥缺陷指标的相关分析

根据小径柞木锯材在干燥室内的前后、上下位置与产生干燥缺陷的相关分析可见,干燥缺陷各指标与锯材在干燥室内前后摆放位置对干燥缺陷影响不显著。在此只对锯材在干燥室内上下摆放位置时的横弯弯曲度、顺弯弯曲度进行分析(见表 6)。

表 6 干燥室内锯材上下位置与弯曲缺陷的相关分析
Tab. 6 Correlation analysis between WP of lumber and its position in kiln

	顺弯弯曲度 WP	横弯弯曲度 WP
上下位置	彼尔逊相关 -0.229 **	-0.145 *
显著性水平	0.000	0.012
数量	300	300

* * 相关性在 $\alpha=0.001$ 水平上很显著;
* 相关性在 $\alpha=0.05$ 水平上很显著。

顺弯弯曲度 WP 与锯材在干燥室内上下位置的不相关概率几乎为 0,但相关系数 $R=-0.215$;横弯弯曲度 WP 与锯材在干燥室内上下摆放位置的不相关概率为 $P=0.012<0.05$,相关系数 $R=-0.127$;端裂长与锯材在干燥室内的上下位置不相关的概率为 $P=0.033<0.05$,相关系数 $R=0.123$;其它干燥缺陷指标与锯材上下摆放位置的相关系数都很小,且不相关概率均 $>5\%$ 。

3 结论

对于小径柞木锯材常规低温干燥室干燥,材堆

中前后不同位置的锯材的可见干燥缺陷无显著性差异;材堆上下不同位置的锯材的可见干燥缺陷中,横弯在 $\alpha=0.001$ 水平上有显著性差异,顺弯在 $\alpha=0.001$ 水平上有极显著性差异;相关分析显示,顺弯和上下摆放位置的相关性在 $\alpha=0.01$ 水平上显著,横弯和上下摆放位置的相关性在 $\alpha=0.05$ 水平上显著,但相关系数分别为 -0.215 和 -0.127 。可见,小径柞木锯材在干燥室内上下的摆放位置对干燥质量的有较大的影响。为了减少干燥室内摆放位置对小径柞木锯材干燥质量的影响,笔者建议可采用以下措施:

- 1) 对于小型干燥室,可提高风速、增大通风道来消除局部的过分干燥,减少弯曲变形;对于大型干燥室,可将干燥室顶面由直角改成弧形,或在顶棚直角处安置弧形板,减少气流阻力,从而增大气流的均匀度,减少上下不同位置干燥速率的差异。
- 2) 锯材的宽、厚尺寸及垫条厚度应均匀一致。对于小径柞木锯材,可选用较厚的垫条;对于较窄、较薄的小径木锯材,每层间的垫条不宜过少;大型干燥室可通过减少材堆的尺寸,增加材堆的数量来减少材堆前后位置干燥速率的差异^[7,8]。
- 3) 如果条件允许,可在装堆前进行锯材粗分选,将初含水率较高的锯材摆放在干燥室内干燥条件剧烈处,以提高材堆含水率的均衡性,减少因锯材干燥中摆放位置的不同引起的干燥缺陷。

参考文献:

[1]朱政贤,熊民棣,姜日顺,等. 东北阔叶树小径木干燥技术的研究[J]. 家具,1992(5):5-6,(6):3-4.
[2]刁秀明. 东北阔叶小径材干燥工艺的研究[C]. 硕士学位论文,1987.
[3]黄月瑞,戴于龙,刘渝. 硬杂小径木干燥技术初探[J]. 木材工业,1992,6(1): 21-24.
[4]Cronin K, Abodayeh J, Caro-Corrales, Probabilistic Analysis and Design of the Industrial Timber Drying Process[J]. Drying Technology, 2002,20(2): 307-324.
[5]GB 6491-1999. 锯材干燥质量[S].
[6]中国木材标准化技术委员会. 木材标准实用手册(续篇)[Z]. 1990.
[7]杜国兴,顾炼百. 木材干燥质量控制[M]. 北京:中国林业出版社,1997.
[8]郑万友,梅建志,梁凤艳,等. 防止木材干燥缺陷的研究[J]. 林业机械与设备,2003,31(2): 25-26.

欢迎订阅 2005 年《木材工业》,年价 48 元