

# 兴安落叶松目测等级锯材抗拉强度的宽度尺寸效应

周海宾<sup>1</sup> 江京辉<sup>1</sup> 王学顺<sup>2</sup> 任海青<sup>1</sup>

(1 中国林业科学研究院木材工业研究所 2 北京林业大学理学院)

**摘要:**以兴安落叶松锯材作为研究对象,研究了不同目测等级下锯材试材宽度与其顺纹抗拉强度之间的依存性。选取3种宽度尺寸的目测等级锯材,分成高、低目测等级组,按照相同的测试跨度测试锯材顺纹抗拉强度,并利用斜率法和形状参数法估计高、低目测等级试材顺纹抗拉强度5%分位值的宽度尺寸效应。结果表明:1) 落叶松锯材宽度增加,其顺纹抗拉强度下降。2) 落叶松高、低目测等级锯材顺纹抗拉强度5%分位值的宽度尺寸效应系数分别为0.29和0.33。3) 可以通过形状参数法确定落叶松目测等级锯材的顺纹抗拉强度的宽度尺寸效应系数。

**关键词:**兴安落叶松;锯材;目测等级;顺纹抗拉强度;尺寸效应

中图分类号: S781.2 文献标志码: A 文章编号: 1000-1522(2012)01-0127-04

ZHOU Hai-bin<sup>1</sup>; JIANG Jing-hui<sup>1</sup>; WANG Xue-shun<sup>2</sup>; REN Hai-qing<sup>1</sup>. **Size effects of width on tensile strength of visually-graded Chinese larch lumber.** *Journal of Beijing Forestry University* (2012) 34 (1) 127-130 [Ch, 16 ref.]

1 Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, P. R. China;

2 College of Sciences, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

The dependence between tensile strength and width of Chinese larch visually-graded dimension lumber was investigated. Three different width dimension lumbers were parted into two groups: high visual grade and low visual grade. The ultimate tensile strength parallel to grain was tested under same test span. The width size effects of 5<sup>th</sup> percentile of tensile strength were estimated by the slope method and the parametric method. The results were as the followings: 1) Increasing the lumber width lowered the ultimate tensile strength parallel to grain. 2) The estimated width effect parameters were 0.29 in high and 0.33 in low for the 5<sup>th</sup> percentile of the ultimate tensile strength parallel to grain. 3) The parametric method could estimate the width size effects of the ultimate tensile strength parallel to grain.

**Key words** *Larix gmelinii*; lumber; visual grades; ultimate tensile strength( UTS) parallel to grain; size effect

在木结构中,工字梁翼缘、木桁架弦杆以及胶合木层板的设计主要由其所使用锯材的顺纹抗拉强度所决定<sup>[1]</sup>。过去,我国一直采用无缺陷的小试材测试方法来获取锯材的顺纹抗拉性能,再按照天然和干燥缺陷对其的影响进行适当调整。现在,我国已经建立了自己的锯材足尺测试方法标准,其中包含了顺纹抗拉等性能。ASTM D1990<sup>[2]</sup>标准规定顺纹抗拉强度的宽度尺寸效应系数为0.29。

很多的研究者对抗拉强度的长度尺寸效应进行了研究。Madsen<sup>[3]</sup>、Okohira等<sup>[4]</sup>、Hayashi等<sup>[5]</sup>分别研究了北美SPF(云杉、铁杉、冷杉)、西部铁杉(*Tsuga heterophylla*)和日本柳杉(*Cryptomeria*

*japonica*)抗拉强度的长度尺寸效应; Taylor等<sup>[6]</sup>分析比较了锯材抗拉强度的各种长度尺寸效应模型。但是,研究学者 Madson等<sup>[7]</sup>认为各个树种强度的尺寸效应均有不同。国内研究<sup>[1 8-9]</sup>也发现中国杉木(*Cunninghamia lanceolata*)与国外SPF树种在同一强度性能下的尺寸效应有很大差别,可以推断兴安落叶松亦是如此。

此外,尺寸效应依赖于锯材的等级,北美SPF锯材<sup>[10]</sup>、日本落叶松(*Larix kaempferi*)<sup>[11]</sup>和我国杉木锯材<sup>[1 8]</sup>的顺纹抗拉强度长度尺寸效应均随目测等级高低而不同。本文对我国落叶松(*Larix gmelinii*)目测等级锯材顺纹抗拉强度的宽度尺寸效

收稿日期:2011-03-17

基金项目:国家林业行业公益性项目(200904016、201104027、201104064)。

第一作者:周海宾,博士,副研究员。主要研究方向:木结构。电话:010-62888338 Email: zhoub@caf.ac.cn 地址:100091北京市海淀区中国林业科学研究院木材工业研究所。

责任作者:任海青,博士,研究员。主要研究方向:木材力学。电话:010-62889460 Email: renhq@caf.ac.cn 地址:同上。

本刊网址: <http://journal.bjfu.edu.cn>

应进行了研究,为落叶松锯材在建筑结构中受拉构件的安全设计提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试材从兴安落叶松(*Larix gmelinii*)主要种植地大兴安岭地区的两个具有代表性的林场随机采集。选取4 m的原木段,小头直径从20~35 cm。原木段遵循最大出材率采用四面下锯法随机锯解成4.5 cm(厚度)×7.5 cm(宽度)、4.5 cm(厚度)×10.0 cm(宽度)、4.5 cm(厚度)×15.0 cm(宽度)3种截面尺寸的湿锯材。湿锯材干燥后,再刨切成最终截面尺寸为4.0 cm(厚度)×6.5 cm(宽度)、4.0 cm(厚度)×9.0 cm(宽度)、4.0 cm(厚度)×14.0 cm(宽度),长度均为400 cm的试材。

所有的试材按照GB50005—2003<sup>[12]</sup>进行目测分等。在抗拉构件中常使用前3个目测等级的锯材,因此本试验仅保留I<sub>e</sub>、II<sub>e</sub>和III<sub>e</sub>。试验中,II<sub>e</sub>和III<sub>e</sub>等级数量均少于I<sub>e</sub>。为了更好地比较不同目测等级的尺寸效应,将I<sub>e</sub>单独设为1组,即高目测等级组(H);II<sub>e</sub>和III<sub>e</sub>合并为一组,即低目测等级组(L)。每个等级组中各有3个尺寸系列,高等级组命名为H65、H90和H140,低等级组命名为L65、L90和L140。所有的试材放置在较为接近温度20℃和相对湿度65%的环境中,平衡10 d以上,每

组试材含水率平均值分布在10%~12%,平均值为11.07%,变异系数为10.60%。各个测试组的试材数量均超过标准规定的最小允许试材量的4倍,有的测试组达13倍之多,所以可以认为所取试材覆盖了整个顺纹抗拉强度分布范围。

### 1.2 方法

利用足尺抗拉试验机(Metriguard Model 401)测试试材的顺纹抗拉强度。试材的最大缺陷随机放置在测试跨度内,试材破坏在3~5 min内完成。测试跨度均为250 cm。试材破坏后,在靠近破坏位置的区域截取试样片,按照GB/T1930—1991<sup>[13]</sup>、GB/T1931—1991<sup>[14]</sup>和GB/T1933—1991<sup>[15]</sup>分别测量年轮宽度、含水率和气干密度。

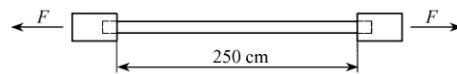


图1 顺纹抗拉强度测试示意图

Fig. 1 Test diagram of ultimate tensile strength parallel to grain

## 2 结果与讨论

### 2.1 试材特征和顺纹抗拉强度分布

从表1可知:同一目测等级组内3个测试组之间年轮宽度和气干密度的平均值和变异系数差异甚小的情况。说明3个宽度尺寸系列下的顺纹抗拉强度比较具有科学性。

表1 试材的尺寸和物理性能

Tab. 1 Dimension and physical properties of specimens

测试组	数量	宽度/cm	厚度/cm	长度/cm	年轮宽度/mm	含水率12%时气干密度/(g·cm <sup>-3</sup> )
H65	212	9.0	4.5	400	1.25(40.1)	0.63(11.2)
H90	501	9.0	4.5	400	1.31(44.5)	0.64(10.9)
H140	260	9.0	4.5	400	1.29(38.5)	0.62(11.9)
L65	373	9.0	4.5	400	1.44(56.0)	0.62(11.2)
L90	531	9.0	4.5	400	1.48(49.3)	0.65(12.3)
L140	165	9.0	4.5	400	1.49(55.2)	0.64(11.8)

注:括号内的值为变异系数(%)。

表2 试材顺纹抗拉强度测试结果

Tab. 2 Test data of ultimate tensile strength parallel to grain

测试组	测试跨度内 破坏的试材数	顺纹抗拉强度	
		平均值/MPa	变异系数/%
H65	212	46.66	38
H90	497	42.85	37
H140	259	35.78	40
L65	369	32.28	47
L90	531	30.64	43
L140	165	30.02	48

表2给出了试材顺纹抗拉强度的统计值。从表2可知:随着试材宽度尺寸的提高,试材平均顺纹抗拉强度降低,尤其是H组。这初步说明,兴安落叶

松锯材顺纹抗拉强度具有宽度尺寸效应。从图2可知:H组与L组在概率累积分布上有明显差异,H组的顺纹抗拉强度高于L组。

### 2.2 斜率方法估计尺寸效应

按照ASTM D2915—2003<sup>[16]</sup>中非参数方法确定落叶松试材的顺纹抗拉强度5%分位值(NPL)。由于试材厚度尺寸对顺纹抗拉强度无影响<sup>[2]</sup>,试样长度又保持不变,因此,顺纹抗拉强度的5%分位值可以直接与试材宽度建立函数关系(图3)。H组、L组的顺纹抗拉强度5%分位值的宽度尺寸效应分别为0.29和0.33。按照所得的宽度尺寸效应系数计算,若落叶松锯材宽度增加一倍,高、低目测等级锯

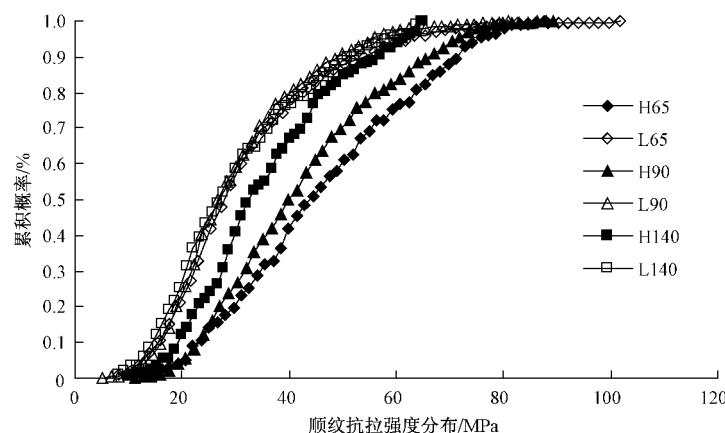


图2 试材顺纹抗拉强度的概率累积分布

Fig. 2 Distribution of ultimate tensile strength parallel to grain

材的顺纹抗拉强度 5% 分位值分别应为宽度增加前的 0.82 和 0.80 倍。

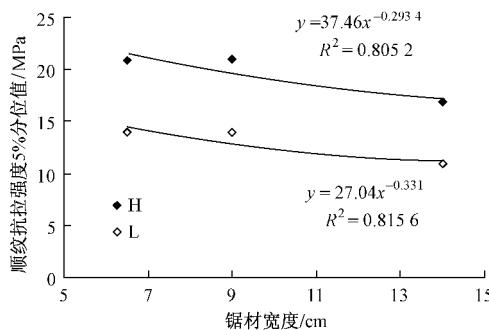


图3 落叶松试材宽度与其顺纹抗拉强度之间的关系

Fig. 3 Relation between lumber width and ultimate tensile strength

锯材顺纹抗拉强度的宽度尺寸效应 ,高目测等级的小于低目测等级的。原因在于高目测等级锯材的力学性能好于低目测等级锯材 ,而且高等级锯材包含较少的降低强度的缺陷。高目测等级锯材顺纹抗拉强度 5% 分位值的宽度尺寸效应系数与 ASTM D1900—2000<sup>[2]</sup> 中的通用推荐值(0.29)相同 ,而低目测等级锯材顺纹抗拉强度 5% 分位值的宽度尺寸效应系数大于该推荐值。这一推荐值较低与北美锯材来源于天然林资源有直接关系。对于中国东北的兴安落叶松 ,如果不分等级的话 ,可统一将顺纹抗拉强度的宽度尺寸效应系数定为 0.33。这一数值可在实际应用中将落叶松锯材顺纹抗拉强度值调整到某一宽度尺寸下。

### 2.3 形状参数方法估计尺寸效应

通过二参数威布尔分布函数对落叶松试材顺纹抗拉强度测试结果进行拟合 ,采用线性回归法和极大似然法<sup>[1,11]</sup> 估计其形状参数  $k$  和尺度参数  $m$ 。表 3 给出了试样两参数威布尔分布的形状和尺度参数。对于落叶松锯材顺纹抗拉强度 ,H 组的  $k$  均高于 L 组的 ,线性回归法估计的  $k$  值也基本上高于极大似然法。这些情况均与国产人工林杉木锯材顺纹

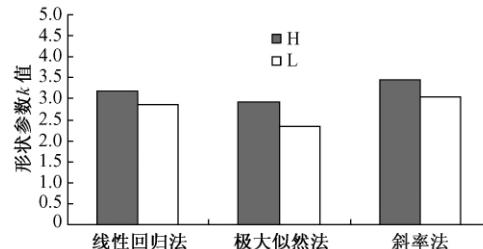
抗拉强度<sup>[1,8]</sup>、抗弯强度<sup>[9]</sup>尺寸效应的研究结果一致。

表3 形状参数法估计的形状和尺度参数

Tab. 3 Estimated parameters of parametric method

测试组	线性回归法		极大似然法	
	$k$	$m$	$k$	$m$
H65	3.03	52.02	2.92	52.44
H90	3.33	47.38	2.93	48.14
H140	3.21	39.70	2.89	40.21
L65	3.02	36.04	2.37	37.05
L90	3.01	33.87	2.43	34.63
L140	2.54	33.38	2.26	34.03

图4 给出了形状参数法估计的 H、L 组  $k$  的平均值 ,并与斜率法获得的宽度尺寸效应系数的倒数相比较。形状参数法估计的  $k$  值与斜率法估计的宽度尺寸效应系数的倒数较为接近 ,说明形状参数法确定落叶松目测等级锯材顺纹抗拉强度的宽度尺寸效应参数是可行的。

图4 形状参数法估计的  $k$  值与斜率法估计的尺寸效应系数的倒数之间的比较Fig. 4 Shape parameter ( $k$ ) of parametric method compared with the inverse of affecting coefficients by slope method

## 3 结论

- 1) 落叶松锯材宽度增加 ,其顺纹抗拉强度下降。
- 2) 落叶松高、低目测等级锯材顺纹抗拉强度 5% 分位值的宽度尺寸效应系数分别为 0.29 和

0.33。

3) 可以通过形状参数法确定落叶松目测等级锯材的顺纹抗拉强度的宽度尺寸效应系数。

### 参 考 文 献

- [1] ZHOU H B , REN H Q , LU J X , et al. Length effect on the tension strength between mechanically graded high- and low-grade Chinese fir lumber[J]. *Forest Products Journal* , 2010 , 60( 2) : 144—149.
- [2] American Society for Testing and Materials. *ASTM D 1990—2000 Standard practice for establishing allowable properties for visually-graded dimension lumber from in-grade tests of full-size specimens* [S]. Philadelphia: ASTM 2000.
- [3] MADSEN B. Length effects in 38 mm spruce-pine-fir dimension lumber[J]. *Canadian Journal of Civil Engineering* , 1990 , 17 ( 2) : 226—237.
- [4] OKOHIRA Y , MASUDA M , SUZUKI N. *The size effect of tensile strength on western hemlock* [R]. Tsu City: Bull Faculty Bioresources Mie Univ , 1988: 1—6.
- [5] HAYASHI T , MIYATAKE A , MIYAHARA H. Size effect on tensile strength of sugi laminae ( in Japanese) [J]. *Mokuzai Kogyo* , 1997 , 52( 1) : 15—19.
- [6] TAYLOR S E , BENDER D A , KLINE D E , et al. Comparing length effect models for lumber tensile strength[J]. *Forest Product Journal* , 1992 , 42( 2) : 23—30.
- [7] MADSEN B , BUCHANAN A H. Size effects in timber explained by a modified weakest link theory[J]. *Canadian Journal of Civil Engineering* , 1986 , 13( 2) : 218—232.
- [8] 周海宾,任海青,吕建雄等.杉木目测等级规格材抗拉强度长度尺寸效应[J].建筑材料学报,2010,13(5):648—651.
- [9] 周海宾,任海青,吕建雄等.木结构用杉木规格材抗弯强度的长度尺寸效应[J].建筑材料学报,2009,12(4):146—150.
- [10] LAM F , VAROGLU E. Effect of length on the tensile strength of lumber[J]. *Forest Product Journal* , 1990 , 40( 5) : 37—42.
- [11] TAKASHI T , TAKEO H. Differences of tensile strength distribution between mechanically high-grade and low-grade Japanese larch lumber I: Effect of length on the strength of lumber [J]. *Journal of Wood Science* , 1999 , 45( 3) : 200—206.
- [12] 国家建设部. GB50005—2003 木结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [13] 国家技术监督局. GB1930—1991 木材年轮宽度和晚材率测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,1991.
- [14] 国家技术监督局. GB1931—1991 木材含水率测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,1991.
- [15] 国家技术监督局. GB1933—1991 木材密度测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,1991.
- [16] American Society for Testing and Materials. *D 2915—2003 Standard practice for evaluating allowable properties for grades of structural lumber* [S]. Philadelphia: ASTM 2003.

(责任编辑 李文军)

### 欢迎订阅《北京林业大学学报(社会科学版)》

《北京林业大学学报(社会科学版)》是教育部主管、国内外公开发行的全国性社科类期刊,《北京林业大学学报(社会科学版)》重点研究林业和生态环境建设中的哲学、社会科学问题,力求对林业和生态环境建设中全局性、战略性和前瞻性的重大课题作出科学的理论回答。本刊目前主要设“森林文化”、“林业史”、“森林与环境法律问题”、“环境与艺术”、“农林经济理论与政策”等栏目。本刊为“中文社会科学引文索引”(CSSCI)来源期刊。

本刊为大16开季刊,季末月出版。国内定价为每期30.00元。国内统一刊号为CN11-4740/C,邮发代号为80—322,欢迎各单位及个人投稿、订阅。订阅也可与编辑部直接联系,联系方式如下:

地址:100083 北京林业大学148号信箱 社会科学版编辑部

电话:010—62337919