

人工林 I-214 杨木剪切性质研究

覃道春, 江泽慧, 傅峰

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 以人工林 I-214 杨为材料, 对不同年轮位置、不同切面的剪切强度进行了测试, 并采用扫描电镜观察各种剪切断裂面。结果表明: I-214 杨的剪切强度与其密度相关紧密, 达到 0.05 水平显著; 年轮位置和受剪面是影响剪切强度的主要因素; 剪切强度沿着木材径向由里向外逐渐增大; 弦面剪切强度大于径面和斜面剪切强度。

关键词: 人工林; I-214 杨; 剪切性质

中图分类号: S792.11, S781.21 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2005)03-0022-03

Study on Shear Properties of Plantation Grown Poplar I-214

QIN Dao-chun, JIANG Ze-hui, FU Feng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The shear strength of plantation grown Poplar (*Populus euramericana* cv. 'I-214') was tested from different growth-ring and section positions. The fractured surface due to shearing was observed by SEM to investigate the influence of sampling positions on the shear strength of Poplar logs. The results found that there was a clearly linear correlation between the shear strength and the density in Poplar. Both the growth-ring position and sheared section could influence the shear strength of Poplar. The shear strength increased along the radial direction from the inside to the outside of a log, while the shear strength in the tangential section was higher than that in the radial as well as any inclined section.

Key words: Plantation; Poplar I-214; Shear properties

木材的抗剪强度是木材加工利用的一项重要指标, 木材的诸多应用领域都与木材的剪切性质密切相关, 例如木材切削、热磨、胶合、钉结合以及木质复合材料和木结构设计等。木材在受顺纹拉伸、压缩时, 常因顺纹抗剪强度低而发生非正常破坏^[1]; 抗弯构件也常因中性面的剪切强度低而发生破坏^[2]。木材的扭转强度与抗剪强度关系尤为密切, 美国林产品研究所曾对此进行了研究^[3], 提出了实木构件可用最大抗扭转剪切应力作为其顺纹抗剪强度; 杨树木材剪切性质的研究对单板旋切技术也有直接的指导意义^[4]。对于各种人工林杨树木材材性, 国内的学者已进行了

大量的研究^[5-8], 但涉及剪切性质的报告较少^[9-10]。

本研究通过对 I-214 杨木材剪切破坏发生的位置和形式的观察以及各个部位剪切强度差异的比较, 分析影响剪切强度的因素, 探讨剪切破坏发生的内在原因, 为人工林 I-214 杨的营林培育以及木材的加工利用、性质改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材采集和试件制作

3 株 13 年生人工林 I-214 杨 (*Populus euramericana* cv. 'I-214'), 产自北京顺义共青林场。由于人工林木材的径级小, 采用改进法制取试样, 即在保持国标要求的试样厚度以及受剪面形状和尺寸不变的前提下, 将横断面尺寸改为 20 mm × 20 mm, 两种试样测试出的剪切强度可以相互替代^[11]。

鉴于木材力学性质的各向异性, 将木材的横截面

收稿日期: 2004-02-04; 修改稿: 2004-04-20

基金项目: 国家“九五”攀登计划专项项目(95-专-07)。

作者简介: 覃道春(1971—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员, 博士。

通讯作者: 傅峰, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

分 9 个部位进行取样(3 个年轮位置×3 个剪切面),以全面考察木材不同年轮范围、不同剪切面的剪切强度差异。年轮区域划分:1~3 轮(J 区)、4~8 轮(G 区)和 9~13 轮(M 区),将断面分为基本等宽的 3 部分。剪切面划分:径面剪切(R 面)、斜面剪切(F 面)和弦面剪切(T 面),囊括了木材顺纹剪切各种形式。本研究以剪切面法线与木材径向(沿髓心到剪切面中心连线方向)的夹角(锐角或直角,下同)来定义剪切面。径面剪切试样的剪切面法线与木材径向夹角为 60~90°;斜面剪切试样的夹角为 30~60°,弦面剪切试样为 0~30°(见图 1)。

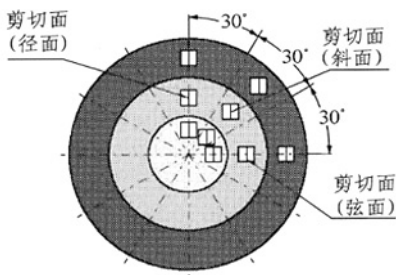


图 1 木材剪切试验试样分布图

Fig. 1 Illustration of sampling positions in a log

1.2 测试方法

剪切强度的测试参照 GB 1937—91 木材顺纹抗剪强度试验方法进行。改进试样的气干含水率为 9.9%~11.7%;气干密度的测试依照 GB 1933—91 木材密度测定方法进行,以试样的气干质量与气干体积之比作为其气干密度。

1.3 剪切面观察

将受剪断裂面制作成的电泳样品,使用国际竹藤网络中心开放试验室的 XL30 ESEM-FEG 场发射枪环境扫描电子显微镜(美国 FEI 公司生产)观察剪切断裂面的微观结构。

2 结果与分析

2.1 杨木密度与剪切强度及其影响因素

测定结果显示,I-214 杨的平均气干密度为 0.372 g/cm³,平均剪切强度为 6.65 MPa,径面平均剪切强度为 6.38 MPa,斜面平均剪切强度为 6.54 MPa,弦面平均剪切强度为 7.41 MPa。

利用 SAS 软件对杨木各个部位的测量数据进行了土其氏多重比较检定(Tukey's test),结果表明,I-214 杨的年轮范围和剪切面对其密度和剪切强度在 0.05 水平影响显著(见表 1);J 区、G 区和 M 区试样的密度及剪切强度差异显著;R 面与 T 面、F 面与 T

面试样的剪切强度差异显著,但 R 面与 F 面的剪切强度差异不显著(见表 2)。

表 1 I-214 杨木密度及剪切强度的影响因素
Tab. 1 Factors influencing the density and shear strength of Poplar

影响因素	气干密度/(g·cm ⁻³)	剪切强度/MPa
年轮范围	***	***
剪切方向	***	***

注 *** = 0.05 水平显著,以下同。

表 2 I-214 杨木密度及剪切强度测定结果及其相关关系
Tab. 2 Density and shear strength of Poplar samples and their relationship

影响因素	位置	气干密度/(g·cm ⁻³)		剪切强度/MPa		相关系数 R
		平均值	标准差	平均值	标准差	
年轮范围/区	J	0.339A ^a	0.030	5.72A	1.19	0.779***
	G	0.385B	0.022	6.74B	0.84	0.567***
	M	0.391C	0.019	7.28C	0.92	0.660***
剪切面/面	R	0.379A	0.037	6.38A	1.16	0.893***
	F	0.371B	0.027	6.54A	1.00	0.729***
	T	0.383A	0.026	7.41B	0.96	0.688***

注 a Tukey 检验,当同一因素的两个水平差异不显著(0.05 水平)时,在二者的平均值后用同一字母标示;当差异显著时则标示不同的字母(A/B/C)以示区别。

2.2 杨木剪切强度的径向变化

I-214 杨木材的剪切强度沿木材径向的变化规律是由里向外逐渐增大,即 M 区(7.28 MPa)>G 区(6.74 MPa)>J 区(5.72 MPa)(见图 2),造成这种变化的原因是 I-214 杨木材剪切强度与密度的紧密相关性(达到 0.05 水平显著),其密度沿着径向由里到外逐渐增大,因此剪切强度也随之增大(见表 2),与以往的研究结果一致^[12]。

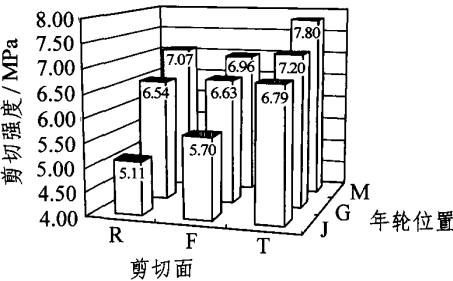


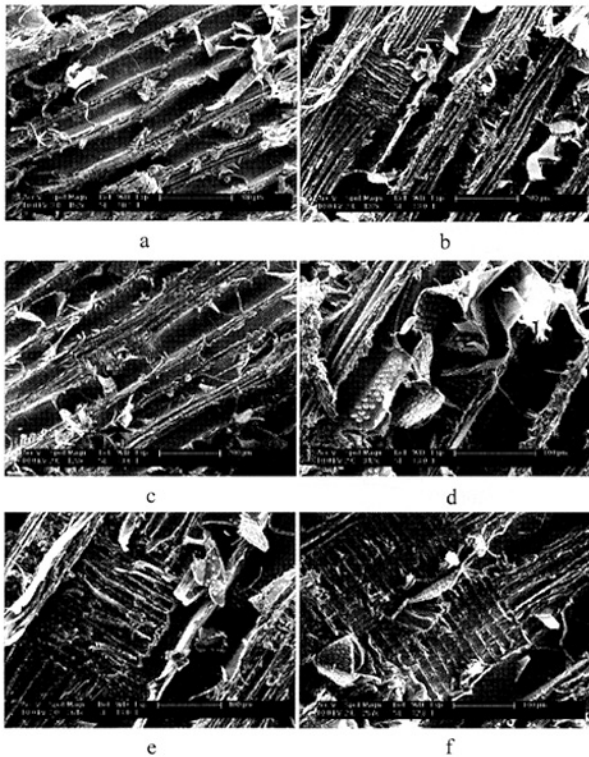
图 2 I-214 杨木各个部位的剪切强度比较
Fig. 2 Shear strength of each location of Poplar I-214 samples

2.3 剪切面对杨木剪切强度的影响

不同剪切面的 I-214 杨木材剪切强度大小是 T 面(7.41 MPa)>F 面(6.54 MPa)>R 面(6.38 MPa),R 面与 T 面、F 面与 T 面的剪切强度差异显著,但 R 面与 F 面的剪切强度差异不显著(见表 2)。其原因在于不同剪切面的断裂方式不同导致了剪切

强度的差异。

从微观上看,R面和T面受剪切时的断裂方式以穿壁破坏为主,胞壁易发生长条形的撕裂(图3a、3b),导管壁带纹孔的部分破坏严重,发生碎裂和脱落(图3d),射线薄壁细胞与其它木材分子结合处容易发生剥离和断裂(图3e),与以往的观察结果一致^[13,14]。导管和木射线的分布是影响断裂走向和结合强度的重要因素。径向排列的木射线对T面剪切强度影响甚微,但会降低R面剪切强度。F面受剪切时,断裂路径也常循木射线进行(图3c、3f),情况类似R面,所以F面与R面的剪切强度差异不显著。I-214杨属散孔材至半环孔材,导管分布较均匀,射线中至略密,所以T面剪切强度大于R面和F面。



a. 弦面剪切断裂表面; b. 径面剪切断裂表面;
c. 斜面剪切断裂表面; d. 导管部分的剪切断裂(径面剪切);
e. 木射线部分的剪切断裂(径面剪切);
f. 木射线部分的剪切断裂(斜面剪切)

图3 I-214杨木剪切断裂表面扫描电镜照片

Fig 3 SEM photographs of sheared fractured surfaces of Poplar I-214 samples

径面剪切强度平均为6.38 MPa,斜面剪切强度平均为6.54 MPa,弦面剪切强度平均为7.41 MPa;

2) I-214杨木材剪切强度与密度在0.05水平密切相关;

3) 年轮位置和受剪面是影响I-214杨木材剪切强度的主要因素;

4) I-214杨木材剪切强度沿着木材径向由里向外逐渐增大,其弦面剪切强度大于斜面和径面剪切强度。

测试工作中,骆秀琴副研究员、余雁博士和王戈博士给予了大力支持,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] Soriano F P, Evans P D. A Microtensile Testing Technique. Part 2. Fractography of Thin King William Pine (Athrotaxis selaginoides D. Don) Wood Strips[J]. FPRDI Journal, 1996, 22(2): 71-83.
- [2] 吉原浩, 太田正光. Analysis of the Buckling Stress of an Intermediate Wooden Column by the Tangent Modulus Theory[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1995, 41(4): 367-372.
- [3] U S Forest Products Laboratory. Wood handbook: Wood as an Engineering Material[R]. Agr. Handbook No. 72, U S D A Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, 1955.
- [4] 朱典想. 意杨加工利用中存在的问题及解决措施[J]. 林业科技, 1999, 24(6): 39-59.
- [5] 王朝晖, 费本华, 任海青, 等. 长江滩地立木腐朽杨树与正常杨树生长与材性的比较研究[J]. 林业科学, 2001, 37(5): 113-119.
- [6] 鲍甫成, 江泽慧, 刘盛全. 人工林杨树木材性质与单板及胶合板质量关系的研究[J]. 林业科学, 1998, 34(6): 83-92.
- [7] 刘盛全, 江泽慧, 鲍甫成. 人工林杨树木材性质与生长培育关系的研究[J]. 林业科学, 2001, 37(2): 90-96.
- [8] 李大纲. 意杨木材弯曲蠕变特性的初步研究[J]. 四川农业大学学报(木材研究专辑), 1998, 16(1): 99-101.
- [9] 鹿振友, 孙立镔. 人工林中北一号杨幼龄材与成熟材力学性质的差异[J]. 世界林业研究(国家“八五”科技攻关专集), 1994, 7(12): 190-193.
- [10] 鲍甫成, 傅峰. 人工林杨树木材对单板层积材强度的贡献率[J]. 林业科学, 1999, 35(2): 87-94.
- [11] 覃道春, 江泽慧, 傅峰. 木材顺纹抗剪强度测试方法改进[J]. 木材工业, 2004, 18(3): 10-13.
- [12] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985: 687-709.
- [13] Cote W A, Hanna R B. Ultrastructural Characteristics of Wood Fracture Surfaces[J]. Wood and Fiber Science, 1983, 15(2): 135-163.
- [14] Zink A G, Pellicane P J, Shuler C E. Ultrastructural Analysis of Softwood Fracture Surfaces [J]. Wood Science and Technology, 1994, 28(5): 329-338.

(责任编辑 鲍加芬)

3 结论

1) I-214杨木材的气干密度平均为0.372 g/cm³,