

编者按: 栎类既是生态树种, 也是用材树种和经济树种, 栎木资源在我国分布广泛, 有一定蓄积量, 但利用不足。依托中央级公益性科研院所基金项目“主要栎类树种木材材性与干燥技术研究”, 对国产栎属木材的基本性质及干燥技术进行系统测试和研究, 为栎木木材资源的高效高附加值利用提供技术支撑。

国产麻栎和栓皮栎木材的主要力学性能

王雪玉, 任海青, 王玉荣, 吴艳华, 陈媛, 付宗营

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 参照国家标准要求, 测试麻栎和栓皮栎木材的主要力学性能。结果表明: 两种栎木的顺纹抗压强度、抗弯弹性模量、抗弯强度等级均为高, 冲击韧性等级为甚高; 硬度等级均为很硬, 且端面>弦面>径面; 树种间差异为麻栎木材的顺纹抗剪强度等级为高, 栓皮栎木材为中。综合评价, 两种栎木的力学性能均属于中高等材级别, 麻栎木材的各项力学性能指标更高。

关键词: 麻栎; 栓皮栎; 力学性能

中图分类号: S781.3; S792.18; TS67 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2020) 02-0038-04

Mechanical Properties of Native Sawtooth Oak and Oriental Oak Wood

WANG Xue-yu, REN Hai-qing, WANG Yu-rong, WU Yan-hua, CHEN Yuan, FU Zong-ying

(Research Institute of wood industry, Chinese Academy of forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The main mechanical properties of Sawtooth Oak (*Quercus acutissima*) and Oriental Oak (*Q. variabilis*) were tested according to Chinese national standards. The test results showed that the compressive strength parallel to grain, the modulus of elasticity and the bending strength level of the two oak wood samples were all at a high level, the toughness of the samples reached a very high level, and the hardness grades of the samples were both very high. The hardness of the samples in the three grain dimensions was ranked: transverse>tangential>radical. The shearing strength parallel to grain of the Sawtooth Oak wood samples was high, while that of the Oriental Oak wood samples was medium. In summary, the mechanical properties of the both Oak wood species are at the medium to the advanced level. Sawtooth Oak wood is superior to Oriental Oak wood in mechanical properties.

Key words: Sawtooth oak; Oriental oak; mechanical properties

麻栎 (*Quercus acutissima* Carr.) 和栓皮栎

(*Quercus variabilis* Bl.) 是我国重要的用材树种, 也是我国战略储备林主要的树种之一, 资源丰富, 分布广泛^[1], 其木材在地板、家具、建筑和车船等方面应用广泛。

木材力学性能是影响木材加工利用的重要指标之一, 是把握木材制品质量和使用性能的重要依据,

收稿日期: 2020-01-06; 修改日期: 2020-02-03

基金项目: 中央级公益性科研院所基金项目“主要栎类树种木材材性与干燥技术研究”(CAFYBB2018ZB001-5)。

作者简介: 王雪玉(1991—), 女, 博士研究生。Email: 15117961784@163.com

责任作者: 王玉荣, 女, 副研究员。Email: yurwang@caf.ac.cn

准确评价木材的力学性能,对其高效利用有重要指导意义。但目前国内对国产麻栎和栓皮栎木材的研究多集中在种质资源、软木开发等方面,木材的基础力学性能数据尚不完善。鉴于此,笔者测试并比较了国产麻栎和栓皮栎木材的力学性能,旨在为这两种主要栎木木材的合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

栓皮栎和麻栎:各4株,采自河南省信阳市。

麻栎平均胸径43 cm,气干密度 0.926 g/cm^3 ;栓皮栎平均胸径38 cm,气干密度 0.922 g/cm^3 。

在每株树木胸径1.3 m处以上,截取1 m长的原木段;过原木髓心截取50 mm厚的南北径向板A;再截取截面70 mm×70 mm的木条四根,记为B₁、B₂、B₃和B₄。原木锯解如图1所示。

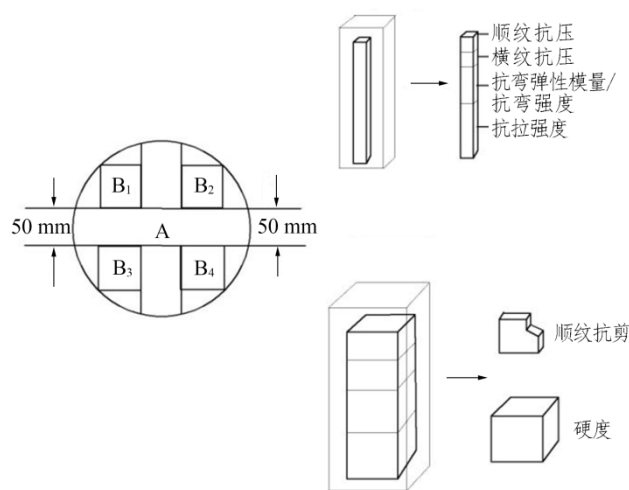


图1 试件取样示意图

Fig.1 Preparation of wood specimens

将板材A自树皮至髓心沿径向划分为近树皮、中部和近髓心三个部分,每个部位加工成 $35\text{ mm}\times 35\text{ mm}\times 1\,000\text{ mm}$ (R×T×L)的长方形柱体,再制取抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压、横纹抗压、顺纹抗拉和冲击韧性试样;木条B₁~B₄加工成 $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}\times 1\,000\text{ mm}$ (R×T×L)的长方形柱体,再制取硬度和顺纹抗剪强度试样。

1.2 仪器设备

电子天平、螺旋测微仪、游标卡尺、恒温恒湿箱、万能力学试验机等。

1.3 试验方法

所有试样首先按照GB/T 1928—2009《木材物理力学试验方法总则》,置于 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(65\pm 3)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡处理,至含水率12%左右,再根据相关标准测试。

1.4 性能测试

试样规格、数量和检测所参照标准,列于表1。测试数据利用Excel进行处理和数理统计分析。

表1 力学性能测试试样的尺寸和参照标准

Tab.1 Specimen sizes and standards for mechanical property testing

测试指标	试样尺寸/mm (R×T×L)	参照标准	数量/个
顺纹抗压强度	20×20×30	GB/T 1935—2009	33
横纹抗压强度	20×20×30	GB/T 1939—2009	33
抗弯弹性模量	20×20×300	GB/T 1936.2—2009	33
抗弯强度	20×20×300	GB/T 1936.1—2009	33
顺纹抗剪强度	40×20×35	GB/T 1937—2009	33
顺纹抗拉强度	20×20×370	GB/T 1938—2009	32
冲击韧性	20×20×300	GB/T 1940—2009	33
硬度	50×50×70	GB/T 1941—2009	33

2 结果与分析

麻栎和栓皮栎木材主要力学性质的测试结果及强度等级,列于表2。

2.1 抗压强度

木材的抗压强度是建筑和结构用材的重要力学性能之一,其中顺纹抗压是平行于纤维方向受力,其强度是选择桩木、柱子等受压构件的重要依据;横纹抗压指垂直于纤维方向受力,是选择枕木、楔子、垫板等受压构件的重要依据^[2]。

由表2数据可知,麻栎和栓皮栎木材的顺纹抗压强度分别为68.25 MPa和65.86 MPa,是横纹抗压强度的4.1倍和4.0倍。参考中国木材力学性质等级表^[2],两种栎木的顺纹抗压强度等级均为高(55~82.3 MPa)^[3],远高于我国木材顺纹抗压强度平均值(45 MPa)^[3-4],亦高于市场上应用较多的欧洲栎木(*Quercus robur*)^[5]。

对比两种栎木的抗压强度,并通过方差分析可知,麻栎木材的顺纹和横纹抗压强度均高于栓皮栎,说明麻栎木材的承压性能优于栓皮栎,但两者均是制作桩木、支柱、枕木和垫板的优良材料。

表2 麻栎和栓皮栎木材主要力学性能指标检测结果
Tab.2 Mechanical properties of sawtooth oak and oriental oak wood samples

测试指标	麻栎				栓皮栎				
	平均值	标准差	变异系数/%	强度等级	平均值	标准差	变异系数/%	强度等级	
抗压强度	顺纹/MPa	68.25	6.60	9.67	高	65.86	2.96	4.46	高
	横纹/MPa(弦向)	16.54	1.62	9.92	—	16.11	1.58	9.79	—
抗弯弹性模量/GPa		18.83	2.64	13.75	高	18.32	2.20	11.45	高
抗弯强度/MPa		152.66	12.14	7.94	高	144.91	15.01	10.31	高
顺纹抗剪强度/MPa(径面)		17.62	1.77	9.76	高	14.18	2.80	19.30	中
顺纹抗拉强度/MPa		187.12	39.34	21.02	—	164.85	44.36	26.91	—
冲击韧性/(kJ·m ⁻²)		125.96	43.51	34.55	甚高	119.04	29.54	24.82	甚高
硬度/N	径面	10 358	1.37	13.30	很硬	10 182	1.49	14.67	很硬
	弦面	10 569	1.19	11.36	很硬	10 243	1.66	16.32	很硬
	端面	10 914	1.34	12.36	很硬	10 499	1.65	15.77	很硬

2.2 抗弯性能

木材抗弯性能是屋架、楼板、木桥梁和长桁条等的设计依据^[6],以抗弯弹性模量(MOE)和抗弯强度(MOR)来评价,是木材最重要的力学性质^[7]。MOE代表木材弹性,其值越大,表明木材越不易发生变形弯曲;MOR反应木材承受横向载荷的能力,用以推测木材的容许应力。

麻栎和栓皮栎木材 MOE 分别为 18.83、18.32 GPa,等级均为高(14.8~18.6 GPa)^[2],且值均大于欧洲栎木^[4]。

麻栎与栓皮栎木材的 MOR 值分别为 152.66、144.91 MPa,等级也均为高(117.7~166.6 MPa),且均大于同属 23 年生大叶栎,与青冈属木材接近^[2,8-9]。适合作楼板、桥梁、屋架等材料。

通过对麻栎与栓皮栎木材 MOE 和 MOR 的方差分析可知,麻栎的 MOE 和 MOR 均高于栓皮栎,抗弯性能略优于栓皮栎。

2.3 顺纹抗剪强度

木材用做结构件时,在接榫处及螺栓联结处,木材常常承受剪切荷载,胶合木和层积材的胶结层也会产生剪切应力,其中顺纹剪切应力指标最为重要,特别是在木结构连接处表现为水平剪切,在木梁中极易因为顺纹剪切而破坏^[10]。

由表 2 可知,麻栎木材径向顺纹剪切强度为 17.62 MPa,等级为高(14.8~19.6 MPa)^[2];栓皮栎径向顺纹剪切强度 14.18 MPa,等级为中(9.9~14.7

MPa)^[2]。但两种栎木的顺纹抗剪强度均高于进口的辐射松、桃花心木木材^[11-12]。

两种栎木中,麻栎木材的顺纹剪切强度更高,说明其更适合用于加工需要承受剪切力的部件,如家具和木结构房屋的接榫处、螺栓连接处等。

2.4 顺纹抗拉强度

顺纹抗拉强度是屋顶桁架的拉杆、车辕木及飞机螺旋桨等用材的重要参考指标。表 2 结果显示,麻栎和栓皮栎木材的顺纹抗拉强度分别为 187.12、164.85 MPa,均高于欧洲栎木^[4],说明两种栎木均具有较好的抵抗拉应力能力。

表 2 数据的方差分析表明,麻栎木材的顺纹抗拉强度比栓皮栎木材高 13.5%,说明麻栎木材更适合做抗拉构件。

木材顺纹抗拉强度与顺纹抗压强度之比,与木材韧性相关,是判断木材对弯曲适应性的依据。麻栎顺纹抗拉强度是顺纹抗压强度的 2.7 倍,是抗弯强度的 1.2 倍;栓皮栎顺纹抗拉强度是顺纹抗压强度的 2.5 倍,是抗弯强度的 1.1 倍。说明在承载破坏之前,麻栎能承受较大的弯曲,具有更高的承受弯曲荷载的能力,栓皮栎则略逊色一些。

2.5 冲击韧性

冲击韧性是表示木材对冲击荷载破坏的抵抗能力,通常木梁、枕木、枪托、船舶、运动器械及滑翔机身等用材,均需要具有较好的冲击韧性。

由表 2 可知,栓皮栎和麻栎木材的冲击韧性分别

为125.96、119.04 kJ/m²，根据中国木材力学性质等级表，其冲击韧性等级均为甚高(>58.8/kJ·m⁻²)^[2]，说明两种栎木均是制作木梁、枕木、船舶及运动器械的优良材料。

方差分析结果表明，两种栎木的冲击韧性有显著差异，麻栎比栓皮栎高5%，因而麻栎木材抵抗冲击破坏的能力更优。

2.6 硬度

木材硬度是表征木材抵抗其他刚体压入木材的能力，反映其耐磨损能力和加工的难易程度^[13]。麻栎和栓皮栎木材硬度等级均为很硬，与黄檀(*Dalbergia hupeana*)、小叶青冈(*Cyclobalanopsis gracilis*)接近^[2, 5]。

测试结果显示，同一种栎木三个切面的硬度均表现为：端面>弦面>径面。方差分析结果表明，麻栎木材三个切面的硬度均大于栓皮栎木材，说明麻栎木材比栓皮栎耐磨性更好，更适合用作地板、运动器械、雕刻等用材。

3 结论

1) 按我国相关国标测试，麻栎和栓皮栎木材的顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量等级均为高，冲击韧性等级为甚高；麻栎木材顺纹抗剪强度等级为高，栓皮栎为中。两者均具有较好的抗压、抗弯、抗剪切、抗拉和抗冲击性能，且硬度大、耐磨性优良，综合力学性能等级在我国阔叶材树种中，属于中上水平。

2) 麻栎木材的各项力学性能指标均高于栓皮栎，材质相对更优，更适用于对木材力学性能要求更高的场所使用。

参考文献：

- [1] 王雪玉, 王玉荣, 龚迎春, 等. 国产栎木木材性质及加工技术研究现状[J]. 木材工业, 2019, 33(5): 30-33.
WANG X Y, WANG Y R, GONG Y C, REN H Q. Review of properties and processing technology of native oak timber in China[J]. China Wood

Industry, 2019, 33(5):30-33.

- [2] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
[3] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.
[4] 罗浩, 齐锦秋, 谢九龙, 等. 四川蓝桉幼龄材物理力学性质研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(2): 90-96.
[5] Volkmer T, Lorenz T, Hass P, et al. Influence of heat pressure steaming (HPS) on the mechanical and physical properties of common oak wood[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2014, 72(2): 249-259.
[6] Van Blokland J, Olsson A, Oscarsson J, et al. Prediction of bending strength of thermally modified timber using high-resolution scanning of fibre direction[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2019, 77: 327-340.
[7] Sharapov E, Brischke C, Militz H, et al. Prediction of modulus of elasticity in static bending and density of wood at different moisture contents and feed rates by drilling resistance measurements[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2019, 77: 833-842.
[8] 梁宏温, 黄寿先, 覃亚丽, 等. 23年生大叶栎木材物理力学性质的初步研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(1): 115-118.
LIANG H W, HUANG S X, TAN Y L, et al. Preliminary researches of the wood physical-mechanical properties of 23-year-old *Castanopsis fissa* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(1): 115-118.
[9] 赵泾峰, 冯德君, 雷亚芳. 陕西壳斗科栎属与青冈属主要木材研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007(10): 196-202.
ZHAO T F, FENG D J, LEI Y F. Wood study on *Quercus* and *Cyclobalanopsis* of Fagaceae in Shanxi province[J]. Journal of Northwest Agriculture and Forestry University (Nat.Sci.Ed.), 2007(10): 196-202.
[10] Aicher S, Ahmad Z, Hirsch M. Bondline shear strength and wood failure of European and tropical hardwood glulams[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2018, 5(5): 1-18.
[11] 吴艳华, 贾茹, 任海青, 等. 进口桃花心木木材物理与力学性能评价[J]. 木材工业, 2019, 33(2): 44-47.
WU Y H, JIA R, WANG Y R, et al. Physical and mechanical properties of imported *Swietenia macrophylla* wood[J]. China Wood Industry, 2019, 33(2): 44-47.
[12] 吴艳华, 孙海燕, 任海青, 等. 进口辐射松木材物理与力学性能评价[J]. 木材工业, 2019, 33(02): 48-50.
WU Y H, SUN H Y, WANG Y R, et al. Physical and mechanical properties of imported *Pinus radiata* wood[J]. China Wood Industry, 2019, 33(02): 48-50.
[13] 王平, 陈伟光, 佟晓平. 木材切削力与木材的力学性质之间的关系[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(6): 32-35.
WANG P, CHEN W G, TONG X P. Relationship between wood cutting-force and wood mechanics charact[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(6): 32-35.

(本文编校 向 琴)

敬请关注本刊微信公众号: mucaigongye 微信扫码(见封面)订阅更便捷、更优惠

本刊网址: mcgy.criwi.org.cn 投稿请认准本刊唯一官方网站