

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。

我国栓皮栎和麻栎木材的主要化学组成分析

陈媛¹，甘家兵²，李珊¹，付宗营¹，李改云¹，任海青¹

(1. 中国林科院木材工业研究所，北京 100091；2. 国有信阳市南湾林场，河南信阳 464031)

摘要：选取不同树干高度的栓皮栎和麻栎木材，分别测定树皮、边材和心材的苯醇抽出物、综纤维素（ α -纤维素和半纤维素）、木质素（酸不溶和酸溶木质素）、灰分、pH值和缓冲容量，为软木及栎木人造板的生产加工利用提供科学依据。栓皮栎软木生产工艺应关注树皮苯醇抽出物含量、灰分、pH值及缓冲容量；用于人造板加工，则需考虑树种及心边材纤维素、木质素和pH值。

关键词：栓皮栎；麻栎；化学成分；树皮；边材；心材；人造板；软木

中图分类号：S781.4；S792.18；TS67 文献标识码：B 文章编号：1001-8654(2019)06-0054-05

Chemical Composition Analysis of *Quercus Variabilis* and *Q. Acutissima* in China

CHEN Yuan¹，GAN Jia-bing²，LI Shan¹，FU Zong-ying¹，LI Gai-yun¹，REN Hai-qing¹

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

2. Nanwan Forest Farm, State-owned Xinyang City, Xinyang 464031, Henan, China)

Abstract: Two species of native *Quercus* wood (*Q. variabilis* and *Q. acutissima*) were selected for evaluating chemical compositions in the bark, sapwood and heartwood, to aim at providing scientific information for making better cork products and wood-based panels. It was suggested that in making cork products, more attention should be given to the changes of bark phenyl alcohol extract content, ash content, pH value and buffer capacity; while in making panel products, it should be taken into consideration the differences of cellulose, lignin and pH value between the two species and between sapwood and heartwood.

Key words: *Quercus variabilis*; *Quercus acutissima*; chemical components; bark; sapwood; heartwood; wood-based panel; cork

在我国栎类7个属中，栎属的种类最多、分布

最广，其中栓皮栎（*Quercus variabilis*）和麻栎（*Quercus acutissima*）是我国温带、亚热带地区典型阔叶林的主要组成和优势树种^[1-2]。栎木材质硬、强度高，花纹美观，广泛用于船舶、车辆、门窗、地板、家具等领域^[3]，栓皮栎又是我国软木材料的主要来源^[4-5]。

收稿日期：2019-02-21；修改日期：2019-10-12

基金项目：中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务专项资金“栎类资源培育与利用关键技术研究”子项目“主要栎类树种木材材性与干燥技术研究”（CAFYBB2018ZB001-5）。

作者简介：陈媛（1987—），女，助理研究员。Email: chenyan@criwi.org.cn。

木材的化学组成与其材性特点紧密相关,不仅决定木材心边材的密度、颜色、物理力学等性质,而且影响木材加工利用过程和产品质量。因此,了解栎属木材化学组成,对于其合理利用、提升产品价值具有重要意义^[6]。目前,关于国产栎木的研究多集中在种质资源方面,仅有个别栎木树种基本材性的初步探究。鉴于此,笔者以栓皮栎和麻栎为研究对象,对两种栎属木材的化学组成进行了全面测评分析,以期填补我国栎木材性数据的缺失,为栓皮栎和麻栎木材的加工利用,提供基础数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 试材: 栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 和麻栎 (*Q. acutissima*), 采自河南省信阳市南湾林场, 树龄均为 60 a, 胸径分别为 38、41 cm。从地面向上 1.5、3.5、5.5 和 7.5 m, 截取 10 cm 厚圆盘, 共 4 个, 分别标记为 A、B、C、D。

经自然干燥 20 天后, 分别取树皮、边材和心材试样, 粉碎后过筛, 取 40~60 目样品待用。

2) 分析试剂: 外购。

1.2 仪器设备和试剂

台式带锯机、木粉制造机、高速万能粉碎机、索氏提取器、恒温鼓风干燥箱、马弗炉、UV-2600 型紫外可见分光光度计等。

1.3 试验方法

1) 苯醇抽出物含量: 按照 GB/T 2677.6-1994《造纸原料有机溶剂抽出物含量的测定》进行测定。

2) 综纤维素、 α -纤维素和半纤维素含量: 分别按照 GB/T 2677.10-1995《造纸原料综纤维素含量的测定》、GB/T 744-1989《纸浆纤维素的测定》进行综纤维素、 α -纤维素含量测定; 并根据两者之差计算半纤维素含量。

3) 木质素含量: 按照 GB/T 2677.8-1994《造纸原料酸不溶木素含量的测定》、GB/T 10337-2008《造纸原料和纸浆酸溶木素的测定》测定。

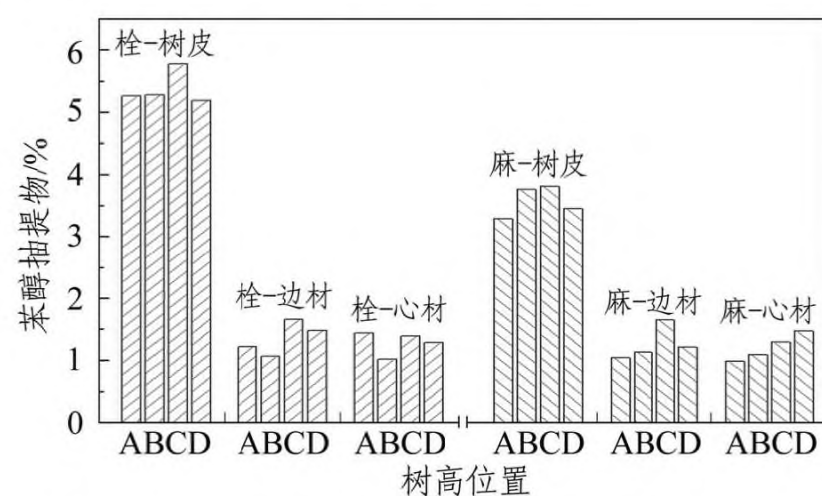
4) 灰分、pH 值和缓冲容量: 分别按照 GB/T 2677.3-1993《造纸原料灰分的测定》、GB/T 6043-2009《木材 pH 值测定方法》和 GB/T 17660-1999《木材缓冲容量测定方法》进行测定。

2 结果与分析

2.1 苯醇抽出物含量

两种栎属木材树皮的苯醇抽出物溶液均为棕色, 而心边材的苯醇抽出物颜色为浅黄色。有机溶剂抽提后, 树皮、心边材的颜色均变浅, 说明木材颜色与木材纤维细胞壁组分特性相关。

图 1 数据显示, 树干高度方向上, 两种栎木树皮、心边材的苯醇抽出物含量变化不大; 树皮的苯醇抽出物含量远高于心边材, 且栓皮栎树皮的苯醇抽出物含量, 明显高于麻栎树皮。



树高/m: A—1.5, B—3.5, C—5.5, D—7.5。下图同。

图 1 栓皮栎和麻栎木材不同树高位置的苯醇抽出物含量

Fig.1 Benzene alcohol extract contents of *Quercus* wood samples at different tree heights

木材抽出物中含有单宁、树脂、树胶、精油、色素、脂肪、生物碱等 700 多种化合物^[7], 影响木材的气味、胶合强度、渗透性等^[8]。栓皮栎树皮是软木主要原料, 较高的苯醇抽出物含量, 意味着生产加工过程中, 需要采取预处理, 以去除树皮中酸类、胶质等影响力学性能的物质, 同时还要防止多酚类抽提物对加工刀具的破坏。

木材苯醇抽出物的含量, 在一定范围内, 有利于增加木材本身的顺纹抗压强度, 但含量过高则会影响木材胶合强度^[9]。栓皮栎和麻栎心边材的苯醇抽出物含量为 1%~2%, 使其材色美观, 并具有较好的耐久性, 且不会影响胶合板材的剪切强度及木破率, 是胶合板制造和家具制作的良好用材^[9]。

2.2 综纤维素、 α -纤维素和半纤维素含量

综纤维素是植物原料去除抽出物和木质素后所留部分的总称, 是木材细胞壁最重要的组成成分, 直接影响木材的细胞构架^[10]。

α -纤维素是由 D-葡萄糖基构成的直链状高分子

化合物，具有结晶区和无定形区交错的物理结构，20℃下不溶于17.5%NaOH溶液，是木材细胞壁的骨架部分。

半纤维素是由两种或两种以上糖基所组成较小分子量的支链型高分子化合物，一般为无结晶区结构，是木材细胞壁的粘结部分^[12]。

2.2.1 综纤维素

图2对比了两种栎木在不同树干高度的树皮及心边材的综纤维素含量。

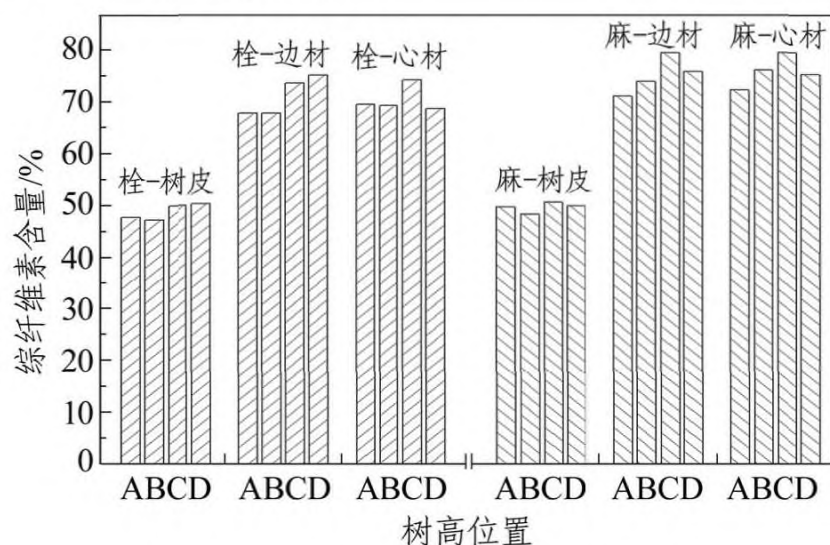


图2 栓皮栎和麻栎木材综纤维素含量

Fig.2 Total cellulose contents of two *Quercus* wood samples

由图2可见，树皮的综纤维素含量明显低于心边材，两种栎木树皮综纤维素含量差值并不明显；而麻栎心边材的综纤维素含量明显高于栓皮栎，且随树干高度增加，呈现中间高、两头低的趋势。

综纤维素作为木材细胞壁的主要成分，对木材细胞壁力学性能的贡献高达80%以上^[11]，综纤维素含量的差异，必然导致细胞壁力学性能的差异。麻栎木材的综纤维素含量较高，是其具有质地坚硬、高弹性和耐腐蚀的主要原因。综纤维素含量较高的心边材，多数出现在树干的中间部分。由于综纤维素的吸湿解湿性质，使得木材容易产生干缩湿胀，加之木材的各向异性，会导致实木板材干燥时产生干燥应力，影响木材的干燥效果，也会影响木材的软化工序参数。因此，需要针对木材的综纤维素含量的差异，在生产工艺过程中适当调整干燥条件。

2.2.2 α-纤维素和半纤维素

两种栎木α-纤维素和半纤维素的测定结果如图3所示。

图3显示，两种栎木均呈现树皮、心边材的α-纤维素含量高于半纤维素，边材的半纤维含量均略

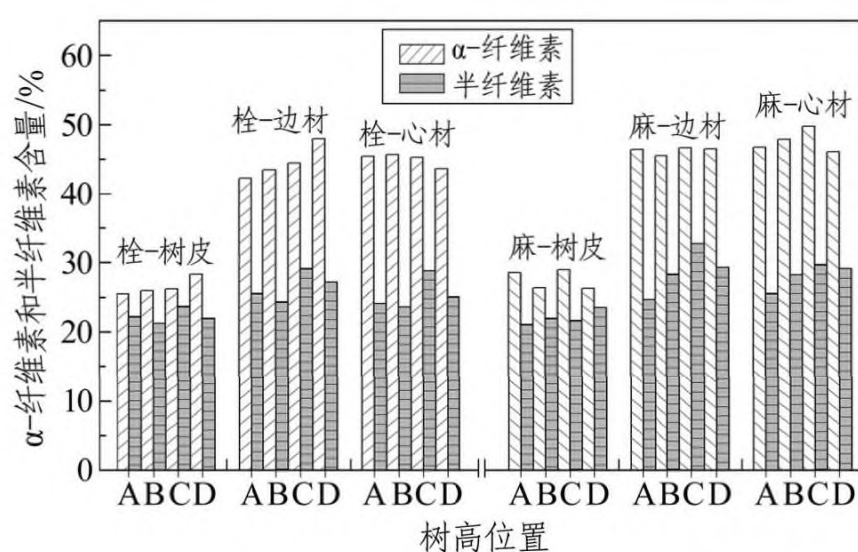


图3 栓皮栎和麻栎木材α-纤维素和半纤维含量

Fig.3 α-cellulose and hemicelluloses contents of two *Quercus* wood samples

高于心材；栓皮栎与麻栎相比，树皮的α-纤维素略低，而半纤维含量高。纤维素中含有大量羟基形成氢键，不仅与木材的吸湿性和溶解度紧密相关，而且对木材改性、干燥和纤维板成型工艺有重要影响。

另外，由于结晶区对吸附水的润胀有限制作用，吸附水只能进入无定形区，所以水分子更容易进入半纤维素，其吸湿性和润胀度比纤维素高。而两种栎木均α-纤维素较高而半纤维素含量较低，是其具有较高力学强度和尺寸稳定性的基础。

2.3 木质素含量

木质素是细胞壁中的硬固物质，起到连接细胞、强化植物组织的作用，其含量对于木材宏观力学性质起到重要作用^[12]。木质素含量包括：酸不溶木质素和酸溶木质素含量，测定结果如图4所示。

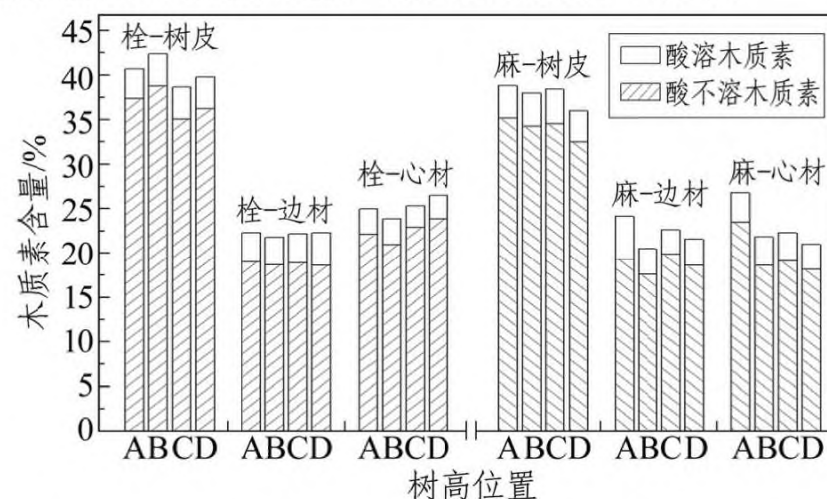


图4 栓皮栎和麻栎木材酸溶/酸不溶木质素含量

Fig.4 Acid-soluble lignin and acid-insoluble lignin contents of two *Quercus* wood samples

图4显示，两种栎木树皮、心边材的酸溶木质素含量范围为2.45%~4.82%，心边材及沿树干高度位置的差异较小；酸不溶木质素的含量，均是树皮高

于心边材，且栓皮栎的含量更高。两种栎木心材的木质素总含量均高于边材，可见边材向心材过渡过程中，木质素会在细胞壁中积累。

木质素在干燥状态下，对细胞壁的拉伸强度、断裂伸长率以及硬度有显著影响^[13]，随着木质素含量减少，细胞壁的拉伸强度和断裂伸长率增大^[13]。因此可推断，麻栎的木质素含量相对较低，是其力学性能较高的原因之一。

2.4 灰分含量

灰分是木材中次要的无机化学成分，虽然含量较低，但如果忽略其酸碱不溶特性，易造成纤维素、木质素和半纤维素的测试误差，特别是树皮灰分含量相对较高，对木材机械加工性能有决定性影响^[14]。

由图5数据可见，栓皮栎树皮的灰分明显低于麻栎树皮，但其心边材灰分含量均高于麻栎。灰分较多，会增加树皮机械剥离和粉碎加工的难度。因此，在加工过程中，应采取有效手段保护机械设备。

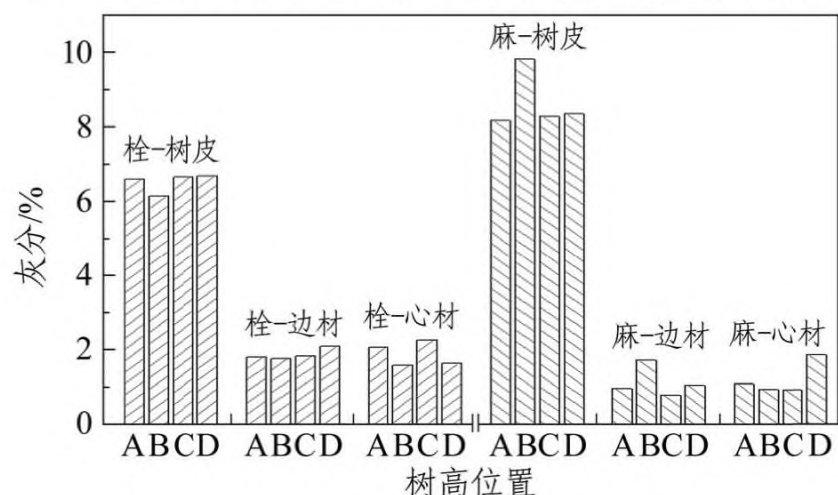


图5 栓皮栎和麻栎木材灰分含量

Fig.5 Ash contents of two *Quercus* wood samples

2.5 木材 pH 值和酸碱缓冲容量

在人造板生产中，木材 pH 值和酸碱缓冲容量可影响脲醛胶黏剂固化速度、胶合强度、固化剂用量和固化剂/催化剂比例。

图6数据显示，两种栎木的 pH 值均呈弱酸性，且边材 > 心材 > 树皮；栓皮栎树皮的 pH 值略低于麻栎；各个位置的 pH 值和树干高度并未呈现相关性。

当栎类木材用于胶合板或贴面等胶合加工时，木材 pH 值对树脂胶的固化速度和固化时间有较大的影响。两种栎木心材与边材的 pH 值均略有差异，但对木材胶合过程中的均匀程度影响不大。另外，栓皮栎和麻栎的心边材 pH 值相差也不明显，用于刨花板和纤维板制造时，可以不加区分。

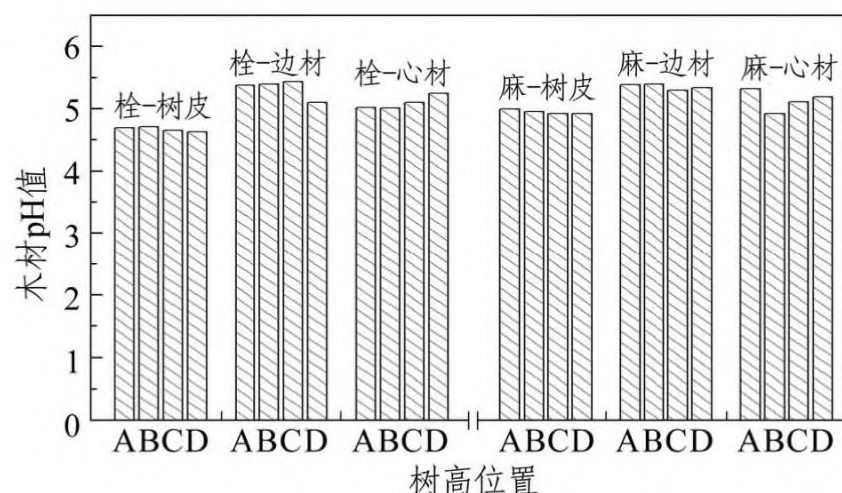


图6 栓皮栎和麻栎木材 pH 值

Fig.6 pH values of two *Quercus* wood samples

由图7可见，两种栎木的碱缓冲容量具有明显差别，树皮的碱缓冲容量明显高于心边材；栓皮栎心边材的碱缓冲容量明显高于麻栎。

但两种栎木树皮和心边材的酸缓冲容量并没有明显规律，在 9~14.5 mL 之间。树皮的缓冲容量较高，不但影响脲醛胶的固化，还会引起木材变色并腐蚀木制品中的金属固件。

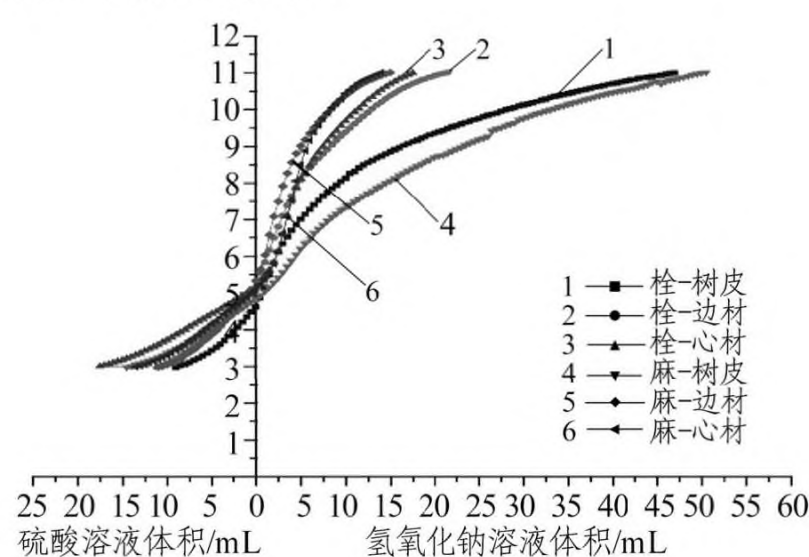


图7 栓皮栎和麻栎木材酸碱缓冲容量

Fig.7 Acid-base buffer capacities of two *Quercus* wood samples

3 结论

1) 两种栎属木材径向方向比较，树皮的苯醇抽出物、木质素、灰分和碱缓冲容量明显高于心边材。

2) 两种栎属木材比较，栓皮栎树皮、心边材的综纤维素含量均略低；而心边材的木质素含量、灰分和碱缓冲容量均明显高于麻栎。

3) 不同树干高度上，两种栎属木材主要化学成分均未随树高不同而发生规律性变化。

4) 软木加工应关注树皮苯醇抽出物含量、灰分、pH 值及缓冲容量的变化；人造板生产需充分考虑树种及心边材纤维素、木质素和 pH 值的差异。

参考文献:

- [1] 罗伟祥, 张文辉, 黄一钊, 等. 中国栓皮栎[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [2] 罗伟祥, 郝怀晓, 薛安平. 橡树资源-优质林木生物质能源发展战略研究[J]. 生物质化学工程, 2006, S1:147-152.
- LUO W X, HAO H X, XUE A P. Resources of the oak-developing strategic research on biomass energy of high-quality forests[J]. Biomass Chemical Engineering, 2006, S1:147-152.
- [3] 吴有红. 安泰山下麻栎林生长特性及发展前景[J]. 山西林业, 2017, 4:32-33.
- WU Y H. Growth characteristics and development prospect of *Quercus acutissima* under Antai mountain[J]. Shanxi Forestry, 2017, 4:32-33.
- [4] 周建云, 曹旭平, 张宏勃, 张进. 陕西栓皮栎天然型划分研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(1):16-19.
- ZHOU J Y, CAO X P, ZHANG H B, ZHANG J. Classification of natural types of *Quercus variabilis* in Shanxi Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(1):16-19.
- [5] 任耀忠, 张文辉, 周建云. 栓皮栎不同变异类型的优良性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(6):60-63.
- REN Y Z, ZHANG W H, ZHOU J Y. Superiority analyses on different variant types of *Quercus variabilis*[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2013, 33(6):60-63.
- [6] 王雪玉, 王玉荣, 龚迎春, 任海青. 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.
- [7] 成俊卿. 木材学[M]. 中国林业出版社, 1985.
- [8] 何拓, 罗建举. 20种红木类木材颜色和光泽度研究[J]. 林业工程学报, 2016, 1(2):44-48.
- HE T, LUO J J. Study on the color and luster of twenty species of rosewood[J]. Journal of Forestry Engineering, 2016, 1(2):44-48.
- [9] 何盛, 林兰英, 傅峰. 樟子松木材苯醇抽提物含量对其胶合性能的影响[J]. 木材工业, 2014, 28(3): 9-12.
- HE S, LIN L Y, FU F. Effect of benzene-alcohol extractives content on gluability of *Pinus sylvestris* lumber[J]. China Wood Industry, 2014, 28(3):9-12.
- [10] 刘成倩, 王传贵, 李媛媛, 朱家伟. 枫香木材化学成分及其在高度上的变异规律[J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44(6):1043-1046.
- LIU C Q, WANG C G, LI Y Y, ZHU J W. The chemical components of *Liquidambar formosana* and their longitudinal variation[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2017, 44(6):1043-1046.
- [11] 张双燕. 化学成分对木材细胞壁力学性能影响的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院博士学位论文, 2011.
- [12] 徐有明. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [13] 张双燕, 费本华, 余雁, 程海涛, 王传贵. 木质素含量对单根纤维力学性能影响的研究[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(1):131-134.
- ZHANG S Y, FEI B H, YU Y, CHENG H T, WANG C G. Influence of lignin content on tensile properties of single wood fiber[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2012, 34(1):131-134.
- [14] Rowell R M. The chemistry of solid wood[M]. Washington D C, American Chemical Society, 1984.

(责任编辑 向琴)

(上接第53页)

参考文献:

- [1] 周永东. 进口桃花心木和辐射松木材性质及加工技术研究[J]. 木材工业, 2019, 33(1): 1-4.
- ZHOU Y D. Wood properties and processing technology of radiata pine and mahogany[J]. China Wood Industry, 2019, 33(1): 1-4.
- [2] 汪矛, 张志农. 边材与心材[J]. 生物学通报, 1998, 33(9): 13-14.
- WANG M, ZHANG Z N. Sapwood and Beartwood[J]. Bulletin of Biology, 1998, 33(9): 13-14.
- [3] 姜笑梅, 张立非, 周崑. 国产阔叶树材导管中侵填体和树胶的研究[J]. 林业科学, 1995, 31(2): 155-161.
- JIANG X M, ZHANG L F, ZHOU G. Study on invasion and gum in domestic broad-leaved tree tubes[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1995, 31(2): 155-161.
- [4] 席丽霞, 马星霞, 蒋明亮. 三唑制剂的防腐及防白蚁性能[J]. 林业科学, 2016, 49(7): 123-129.
- XI L X, MA X X, JIANG M L. Decay and termite resistant performance of triazole preservatives[J]. Scientia Silvae Sinicae. 2016, 49(7): 123-129.
- [5] 蒋明亮, 马星霞. 氨(胺)溶季铵铜处理进口木材的野外埋地耐久性能[J]. 木材工业, 2016, 30(1): 50-52.
- JIANG M L, MA X X. Durability of imported timber treated with ammoniacal copper quaternary by field stake test in China[J]. China Wood Industry, 2016, 30(1): 50-52.
- [6] 崔新宇, 邓代千, 靳革, 等. 混合表面活性剂-铬天青S与铜显色反应研究及应用[J]. 光谱实验室, 2011, 28(5): 2428-2430.
- CUI X Y, DENG D Q, JIN G. Study and application of colour reaction of mixed surfactant-chrome azure s with copper[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory. 2011, 28(5): 2428-2430.
- [7] 姜笑梅, 鲍甫成, 吕建雄. 两种难浸注木材的显微和超微构造及其与渗透性的关系[J]. 林业科学, 1993, 29(4): 331-341.
- JIANG X M, BAO F C, LV J X. Microstructure and ultrastructure of two difficult-to-impregnate wood species and their relations with permeability[J]. Scientia Silvae Sinicae. 1993, 29(4): 331-341.
- [8] 马星霞, 蒋明亮, 吕慧梅, 等. 樟子松热处理材耐久性能的评价[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 44-47.
- MA X X, JIANG M L, LV H M. Heat-treated *Pinus sylvestris* durability[J]. China Wood Industry, 2011, 25(1): 44-47.
- [9] 程大莉, 蒋身学, 张齐生. 杉木热处理材的耐腐性能研究[J]. 木材工业, 2008, 22(6): 11-13.
- CHENG D L, JIANG X S, ZHANG Q S. Study on decay resistance of heat-treated Chinese fir[J]. China Wood Industry, 2008, 22(6): 11-13.
- [10] 马星霞, 蒋明亮, 吴玉章, 等. 樟子松热处理材耐腐性的评价[J]. 木材工业, 2009, 23(5): 45-48.
- MA X X, JIANG M L, Wu Y Z. Decay resistance of heat-treated *Pinus sylvestris* [J]. China Wood Industry, 2009, 23(5): 45-48.
- [11] Schwarze, F.W.M.R.& Spycher, M. Resistance of thermo-hygro-mechanically densified wood to colonization and degradation by brown-rot fungi [J]. Holzforschung, 2005, 59: 358-363.
- [12] Skyba O, Niemz P, Schwarze F W. Resistance of thermo-hygro-mechanically (THM) densified wood to degradation by white rot fungi [J]. Holzforschung, 2009, 63(5): 639-646.

(责任编辑 向琴)