

桉树旋切单板用材质量研究现状

刘罗新, 罗建中*, 王楚彪, 卢万鸿, 林彦, 邢晓文

(国家林业和草原局桉树研究开发中心, 广东 湛江 524022)

摘要: 目前国内人造板市场处于资源短缺的情况, 每年需要大量从国际进口木材。单板是制作人造板的原材料, 提升原材料的质量, 可以发挥木材最大价值, 有效减少对资源总数的需求。桉树作为国内重要的木材原料树种, 提升桉木单板的质量对整个行业有着积极的作用。本文以此为切入点, 分析研究桉树旋切单板用材质量, 从树种层面上, 针对不同的遗传材料, 探讨影响单板质量的各类因素, 为后续高质量发展提供一定的理论支撑, 并对未来方向进行一定的展望, 如进行遗传育种改良、加强抚育管理、提升加工工艺等。

关键词: 桉树; 旋切单板; 单板质量

中图分类号: S781.81

文献标志码: A

Research Status of Wood Quality of Rotary-peeled *Eucalyptus* Veneer

LIU Luoxin, LUO Jianzhong, WANG Chubiao, LU Wanhong, LIN Yan, XING Xiaowen

(China Eucalypt Research Centre, Zhanjiang 524022, Guangdong, China)

Abstract: At present, the domestic wood-based panel market is in the situation of a shortage of raw materials, with a large volume of wood needing to be imported every year. Veneer is the raw material for making plywood panels. Improving the quality of raw materials can give full play to the maximum value of wood and effectively reduce the demand for all resources. *Eucalyptus* is an important species for providing wooden raw materials in China, and improving the quality of veneer obtained from such species will be beneficial to the whole industry. This paper analyzes and studies the quality of rotary-peeled *Eucalyptus* veneers. From the tree species level and considering different genetic material, this paper discusses factors affecting veneer quality so as to provide theoretical support for subsequent development of higher quality end-products. It also examines prospects for future improvement of eucalypt veneer quality through genetic improvement, strengthening silvicultural management and improving processing technology.

Key words: *Eucalyptus*; veneer; veneer quality

随着我国木材消费总量的逐年增加, 人造板市场产生了巨大的缺口^[1]。单板是制作人造板的原材料, 没有好的单板, 后续板材的加工制造可谓无从谈起。单板, 又称为木皮、面板等, 是原木通过旋切、刨切等方式生产的木质材料, 主要作为胶合板材、模板、贴面板等人造木板的原材料。目前人造板材多采用旋切的方式, 厚度在 0.4 ~ 1.0 mm 不等。常见的针叶树种主要为杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、柏木(*Cupressus funebris* 等; 阔叶树种则以桉树

(*Eucalyptus*)、杨树(*Populus*)等为主。而单板的质量提升受到多种因素制约, 包括木材固有特征、加工工艺影响等。

桉树是重要的用材树种, 木材利用主要集中在人造板材、制浆造纸、实木家具三方面。SUN 等^[2]的研究表明, 桉树板材综合加工性能表现优异, 但和香椿(*Toona sinensis*)相比还有一定的不足。这说明针对桉树木材单板质量的研究还很缺乏, 原材料的质量掣肘了后续加工性能的提升。因此, 研究桉木

基金项目: 广东省林业科技创新项目“桉树优良胶合板材杂交新品种选育与示范”(2021KJCX019)

作者简介: 刘罗新(1996—), 男, 硕士, E-mail:295845662@qq.com

*通信作者: 罗建中(1969—), 男, 博士, 研究员, 主要从事林木遗传育种研究, E-mail:969170789@qq.com

单板的质量,对于提高人造板的质量有着重要的意义。本文对桉树旋切单板用材质量研究现状进行分析,根据遗传材料的不同,探寻桉树不同树种之间的差异情况,为后续改良提供理论支撑。

1 单板质量影响因素

单板质量的好坏直接决定了后续加工板材的质量,如何评价单板的质量,不同学者进行了多个维度的研究。如 BLACKBURN 等^[3]对塔斯马尼亚 5 种不同生长环境下的亮果桉进行研究,发现环境对桉树的生长应力有所影响,进而导致旋切单板的质量有所差异。任世奇等^[4]研究了木材材性和固有特征,对影响单板质量的缺陷因子和单板等级进行相关性分析,得出死节、裂缝、孔洞等均是影响单板质量的重要因素,其中死节的影响更大。鲍甫成等^[5]根据旋切单板干燥质量检测方法,对单板质量评定选定主要指标为:单板厚度偏差、单板背面裂隙率、单板表面粗糙度和单板横纹抗弯强度,其中前两者为主要影响因素,后两项影响相对较小。周兰美等^[6]从加工工艺出发,探讨了不同的加工条件对旋切单板质量的影响,包括木段的蒸煮温度、旋切时的工具材料、旋切条件等因素。总体而言,从不同的角度出发,可从多个层面探寻不同的影响因素,从而对单板质量进行全面的了解。本文重点从遗传材料入手,分析不同树种间各因素对于单板质量的影响。

1.1 缺陷因子的影响

1.1.1 单板缺陷因子

旋切单板在加工过程中会经历干燥流程,干燥过程中会增加木材的开裂、翘曲变形,以及孔洞的数量,进而影响单板质量。这些属于单板缺陷因子,缺陷因子会极大程度制约单板质量的提高,如节疤、孔洞、开裂、变色等^[7],它们有的是固有缺陷,有的是在加工过程中所造成的,不同树种之间存在一定的差异性。研究单板缺陷因子并进行改良,对提高单板用材质量有极大的积极意义。

有试验对尾巨桉(*E. urophylla* × *E. grandis*)、柳叶桉(*E. saligna*)、巨桉(*E. grandis*)、粗皮桉(*E. pellita*)、邓恩桉(*E. dunnii*)和大花序桉(*E. cloeziana*)进行干燥

试验,结果表明,不同树种对于干燥质量有极其显著的影响^[8]。粗皮桉、尾巨桉和大花序桉干燥后含水率较低,而邓恩桉干燥所需时间更久,且不容易达到单板干燥质量要求;干燥后各树种开裂情况均有所增加,虽然没有达到显著差异,但均值也有所不同,其中邓恩桉最为严重,而粗皮桉和尾巨桉较为接近,开裂情况较为良好;翘曲程度上,巨桉、尾巨桉和大花序桉更为严重;孔洞数量上以巨桉、粗皮桉和大花序桉增加的更多。不同的缺陷因子主要有以下几类:

(1)节疤:节疤直接影响着单板的质量,是评价单板等级的一大重要指标。节疤分为活节和死节,死节对单板质量的影响更大。此外,节疤的数量、大小、位置分布等,也会对单板的质量造成一定的影响,其中,节疤在幼龄材中体现更为明显。有学者对多个桉树品种进行研究发现,尾巨桉的活节尺寸最小,柳叶桉活节的尺寸最大;另外,在不同密度的邓恩桉中,活节大小和林分密度呈现负相关。在死节缺陷上,各树种之间存在显著性差异,其中粗皮桉和尾巨桉总体数量位于前列^[9]。

(2)孔洞:孔洞是在单板采伐和旋切过程中,节疤的脱落所形成的,会对后续胶合性能等造成严重的影响,是影响单板质量的主要因素之一。因为节疤处的纹理和正常部位有所区别,所以在旋切过程中,不同树种之间节疤脱落形成孔洞的数量会有所差异。研究人员对 6 类桉树进行对比发现,不同单板孔洞数量上,巨桉均值最大,达到了 4.25 个孔洞,粗皮桉稍好,为 2.25 个,尾巨桉、柳桉、大花序桉和邓恩桉则表现良好,均值不足 1 个^[8]。

(3)开裂:开裂主要分为三类:外裂、内裂和端裂^[10]。外裂也称表裂,主要发生在木材干燥前期,中后期一定程度能闭合,对单板质量影响较小;内裂也称蜂窝裂,因开裂形如蜂窝状而得名,主要为干燥前期加工工艺条件不当导致,严重影响木材质量,发生情况较少。实际生产过程中最主要的开裂情况为端裂,发生在原木两端。因为桉树具有较大的生长应力^[11],在带来较高的生长量和较大的密度的同时,也会增加采伐过程中的难度——因生长应力的释放,导致原木端裂、开裂和变形等,从而影

响旋切单板质量,大幅度降低出材率。此外,罗建中等^[7]在研究桉树单板价值时发现,木材加工过程中机械破损也是单板开裂的重要原因。

(4)皱缩:皱缩也称溃陷,主要发生在木材干燥时期。桉树在干燥时极易发生皱缩,破坏其内在强度、降低木材利用率。皱缩会加大木材收缩率,损失5%~10%的有效材积,并且影响木材导致变形、开裂等,严重时甚至会报废板材。关于皱缩的产生机制,有多种理论:有研究认为皱缩分为薄壁细胞皱缩和厚壁细胞皱缩两个阶段^[12];有研究认为是在干燥初期木材含水率很高时由于干燥温度高,自由水移动速度快而产生的毛细管张力和干燥应力使细胞溃陷而引起的不正常、不规则的收缩^[13];也有学者质疑皱缩是因为液体毛细管张力压溃细胞壁的理论,认为皱缩可能与水分蒸发导致的真空、木材干燥应力、毛细管液柱收缩产生的拉力等有关^[14],这一现象在尾巨桉上得到一定验证^[15]。左春丽等^[16]结合前人的研究,总结出影响皱缩的主要因素为树种、木材密度、含水率、干燥温度和速度等。

毛刺沟痕、变色腐朽等也是影响单板质量等级的因素,但在桉木单板中较为少见,相比节疤孔洞等缺陷所带来的质量降低,对单板造成的影响较小。

由此可见,树种之间存在明显差异,不同遗传材料表现不同,如尾巨桉节疤孔洞较少,但开裂情况较为严重;而柳桉、巨桉等树种则在节疤孔洞等因子上不占优势^[9,16]。后续可通过选育的方式,结合不同树种之间的遗传差异情况进行改良。

1.1.2 缺陷因子改善

目前对于缺陷因子的改良情况,主要集中在抚育管理措施的加强以及加工工艺的改进两方面。

(1)节疤孔洞:通过适当降低种植密度,并加强修枝等抚育管理措施,可以有效减少节疤和孔洞的生成。目前主要是采取修枝的方式来减少节疤孔洞的生成,从而提高旋切单板的质量。任世奇等^[17]对尾巨桉修枝后发现,一定程度的修枝可以增加树体活节的数量,减少死节的数量,在不降低立木生长量的前提下提高单板的质量等级;这一结果在尾巨桉中也得到了相同的验证。杨中宁等^[18]对不同径级和高度的尾巨桉进行修枝处理,发现立木底部的单

板质量总体高于上端,原因可能是高度对人工修枝结果产生影响。鉴于此,后续也需要对修枝工艺、工具进行一定的改进。另一方面,修枝也要掌握好时间、方法、频率等一系列因素,过度修枝反而会适得其反,对桉树造成不利影响,甚至引发桉树腐烂等伤害^[19]。此外,延长桉树的轮伐期,将采伐时间适当延长,也可降低节疤孔洞所占比例。

(2)开裂:罗建中等^[7]研究桉树不同无性系单板价值时提出,减少原木应力释放和提高旋切加工水平是减少原木开裂情况的两大手段。如在锯解木材时,使用钻孔法先释放立木中的生长应力;对原木进行预处理:包括汽蒸处理、微波加热处理、浸泡处理等^[20];在原木端头用塑料盘密封、嵌入铁环等方式来减少端裂^[21];研发新型技术,申请专利,对桉木单板进行柔化和组坯处理,以有效减少单板的翘曲、变形等问题,缓解开裂情况^[22]。此外,速生丰产林的桉树因为生长过快,较普通桉树而言具有更大的生长应力,适当的延长林龄,可以在减少生长应力的同时,降低木材含水量,从而多方面减少开裂。

(3)皱缩:目前对于皱缩的处理主要有后期调湿处理、热处理、加压或拉伸处理、预冻处理四类。

①后期调湿处理:通过蒸汽调湿处理,让已经皱缩的部分细胞恢复原状或者接近原状,使得木材的皱缩可以得到部分恢复。不同温度和湿度条件下对皱缩恢复的程度也有一定的差别,即恢复程度会受干燥时的温度影响,温度越高,恢复程度越低。一般情况下,能恢复50%左右的皱缩。研究人员对王桉(*E. regnans*)使用汽蒸处理,发现不同含水率的木材皱缩均有明显的恢复^[23];任世奇等^[24]对邓恩桉等干缩性进行研究时发现,调湿处理仅能缓解心材开裂,边材开裂情况却会加重。

②热处理:在干燥过程中,温度未达到皱缩临界温度时,细胞不会发生皱缩,所以可以使用低温高湿的方法,避免温度太高产生皱缩。陈太安等^[25]用热水浸泡和蒸汽预处理对赤桉(*E. camaldulensis*)进行研究发现,用80℃水温对木材处理4h能够明显改善其皱缩情况,或者在板材平均含水率18%时进行3h的汽蒸处理,也能取得类似结果。采用气干和室干的联合方式也可较好的解决这一问题,如

江泽慧等^[26]对桉木的研究取得了显著的效果。

③加压、拉伸处理：加压后可减少皱缩现象的发生，但对皱缩恢复并无明显作用，对木材的干燥特性也无显著改善。拉伸是在外力作用下，使木材细胞得到恢复，从而减少皱缩。其原理主要是施加的外力作用阻止了木材细胞的收缩，从而减少总体皱缩情况。目前使用加压拉伸处理方式的情况较少。

④预冻处理：预冻处理可以破坏细胞皱缩的形成条件：如在细胞腔内产生气泡、使位于木材细胞壁的纹孔膜破裂等，以此降低木材皱缩和内部开裂，从而减少皱缩现象的发生。气泡可以减小水分通过纹孔时产生的张力效应；纹孔膜破裂也会有助于水分传导，从而减小毛细管张力，进而有效避免皱缩。也有研究表明预冻过程会增加细胞壁的弹性而减小皱缩。张耀丽等^[27]对尾巨桉进行预冻处理，发现其板材未见明显皱缩，与对照组形成有效对比；杨琳等^[28]研究尾巨桉干燥特性时发现，预冻处理有利于木材在干燥时减少皱缩的产生。

1.2 加工过程的影响

原木需要经过砍伐、旋切、干燥等一系列加工流程才能成为用材单板。加工设备和工艺流程的选择会显著影响单板质量。不同的旋切条件，对单板的质量也会造成不同的影响^[6]。如旋切角度、研磨角度参数的调整：切削后角过大或过小均会影响刀尖，从而使得旋切过程出现问题，表现为单板厚度不均匀，加大单板厚度偏差，严重者还会导致木段弯曲甚至折断；研磨角度过小会使得单板成波浪状、不平整，角度过大也会导致背部裂隙的产生。加工设备的影响主要体现在单板厚度偏差和单板背面裂隙率两方面。

(1)单板厚度偏差：单板厚度偏差是评价单板质量主要的指标之一，即单板实际厚度与机器设定厚度的偏离情况，可以用单板厚度变动系数来反映。实验研究表明，木材密度越大、硬度越高、变异越大，旋切单板的厚度变动系数就越大，单板的质量也就越低^[29]。研究学者对尾叶桉(*E. urophylla*)和尾巨桉进行不同厚度旋切对比发现，尾叶桉单板厚度变动系数小于尾巨桉，名义厚度为1.5 mm和2.5 mm时，尾叶桉单板厚度变动系数分别比尾巨桉小5.1%

和10.1%，在适宜条件也能旋切出0.5 mm的薄型单板，且尾巨桉总体情况好于尾叶桉，但存在开裂情况严重、厚度不均匀等问题，从而降低了出材率。总体而言，使用1.5 mm的规格旋切尾叶桉是更为有利的选择，而对不同桉树木材旋切薄型单板的最佳厚度和质量分析等，还需进一步的分析和研究。

(2)单板背面裂隙率：背面裂隙是木段加工时在单板背面产生的细小裂缝。背面裂隙不仅是对木材表面的破坏，还会对单板及其复合板的整体力学性能产生不良影响。鲍甫成等^[5]指出，在木材材性上，单板背面裂隙率主要受木材的气干密度和抗弯弹性模量影响，其中与抗弯弹性模量成正相关，相关系数为0.517 76，在0.01水平检验达到极显著；与气干密度亦成正相关，相关系数为0.403 89，在0.05水平上检验显著。旋切板越厚，出现旋切板背面裂隙的概率也就越高。卢乾^[30]研究发现，木材厚度为1.7 mm时，尾叶桉单板背面裂隙发生概率比尾巨桉低18个百分点，而将厚度提升到2.2 mm后，尾叶桉背面裂隙发生的概率明显提高，只比尾巨桉低5个百分点；叶忠华等^[29]的研究结果也佐证了单板背面裂隙率和单板厚度正相关这一结果。李伟光等^[31]人通过研究刨切单板发现，刨切单板时增加压尺的压缩量，可以在一定程度上减少背面裂隙的生成。

2 单板产量和质量

在实际生产加工的过程中，除了单板质量，单板产量也是各生产单位重点考量的因素。只有在保障单板产量的基础上，提升单板的质量，对于木材加工行业才具有现实意义上的改良和提升。

单板产量通常用出材率来进行衡量，出材率越高，对应的木材产量也就越高。出材率的高低则主要受不同树种生长情况的影响。

(1)树种和径级：桉木单板综合出材率和原木径级正相关，随着原木径级的增加而增加，最后趋于一个稳定的数值。因此，选用大径级原木可以有效提高单板出材率。有学者对6类桉木单板进行研究发现，除尾巨桉以外，另外5类树种的出材率都随原木径级增加而增加，径级达到12 cm时即相对稳

定,综合出材率稳定在77%左右,其中粗皮桉最低,为72.12%,大花序桉最高,达到83.75%。而不同树种之间出材率也有所差异,邓恩桉和粗皮桉因为材质偏向脆和硬,在加工过程会产生一定程度的浪费,即产出质量等级偏低的废板和碎板,从而对总体的出材率产生影响^[32]。

(2)弯曲度:原木弯曲度是影响出材率的重要因素,因为弯曲会对木材加工过程造成极大的影响,从而降低木材的出材率。罗建中等^[7]通过多维度对11个桉树无性系进行研究分析,建立了对单板出材率影响因素的预测模型,式中表明,原木出材率受到木段弯曲度、尖削度、木材密度、应力波传输速度,以及端裂指数等多种因素影响。其中弯曲度是降低出材率的最主要因素,每增加1%弯曲度,出材率就会降低3.9%~10.5%。

(3)龄级:对4年生和6年生尾叶桉试验林进行对比,发现不同龄级存在显著差异,因为林龄较小,木材密度较低,加工过程中易被压缩。4年生桉木木材在实际生产中,压缩率相较6年生增加超过60%,从而降低出材率。

(4)加工设备的影响:不同加工设备对木材的出材率也存在一定的影响,有学者使用两种不同规格的无卡轴旋切设备旋切尾巨桉,发现两种设备的综合出材率存在一定的差异。设备工作原理不同,对出材率的影响差别会更大,推广新型数控无卡轴旋切设备对提高单板出材率有一定的帮助。

3 展望

如何进一步提高桉树木材产量,提高单板质量和出材率,将是未来发展的一大重点。对此,提出以下几点展望:

3.1 选育优良品种,改善单板缺陷

从研究现状来看,树种之间存在极大的差别,不同遗传材料的单板质量存在显著差异。对此,可从遗传育种的角度出发,对桉木原材料进行研究,提高木材的质量,在基因层面上选育出质量优良的品种,改善单板的缺陷因子,使单板质量有所保证。

3.2 增强抚育管理,提高单板质量

现阶段桉树人工林的抚育管理总体较为粗放。加强抚育管理措施,做到及时修枝、适当延长龄级,保留大径级木材等,在林木培育上注重管理,可以提高木材出材率和质量等级等。

3.3 优化加工工艺,革新装备技术

目前桉木加工产业还不够完善,许多生产车间还处于较为落后的状态,存在设备老化、更新不及时等情况。对加工工艺进行优化,进行技术改造和升级,减少在加工流程中对原材料不必要的损耗,提高综合利用率,进而提升对单板的利用。

参考文献

- [1] 刘能文.2018 我国木材行业发展现状与展望[EB/OL].(2018-07-27)[2021-04-28].https://www.sohu.com/a/243804160_816234.
- [2] SUN J, LIN, SU C W, et al. Research and Evaluation on the Machining Properties of Plantation *Eucalyptus* Veneer LVL[J]. *Advanced Materials Research*, 2013,621:97-102.
- [3] BLACKBURN D, VEGA M, YONG R, et al. Factors influencing the production of structural plywood in Tasmania, Australia from *Eucalyptus nitens* rotary peeled veneer[J]. *Southern Forests*, 2018,80(4):319-328.
- [4] 任世奇,罗建中,彭彦,等.桉树无性系的单板出材率与价值研究[J].*草业学报*,2010,19(6):46-54.
- [5] 鲍甫成,江泽慧,刘盛全.人工林杨树木材性质与单板和胶合板质量关系的研究[J].*林业科学*,1998(6):3-5.
- [6] 周兰美,金维洙.影响旋切单板质量的因素分析[J].*林业机械与木工设备*,2003,31(12):37-39.
- [7] 罗建中,彭彦,谢耀坚,等.桉树无性系的单板出材率与价值研究[J].*草业学报*,2010,19(6):46-54.
- [8] 周永东,孙锋,吕建雄,等.6种桉木单板干燥质量的比较[J].*林业科学*,2014,50(11):104-108.
- [9] 邓玉华,杨明武,陶再平,等.桉树旋切单板外观质量研究[J].*桉树科技*,2013,30(3):42-46.
- [10] 陈松武,刘晓玲,陈柏旭,等.桉木干燥技术研究现状[J].*陕西林业科技*,2018,46(5):99-104.
- [11] 胡继青,姜笑梅,侯祝强,等.三种人工林桉树轴向生长应

- 变变异初探[J].木材工业,2000,14(6):9-11.
- [12] 刘元.木材干燥皱缩机理及其特性研究[J].中南林学院学报,1994,14(2):97-101.
- [13] 王喜明,王欣.木材的皱缩[J].木材工业,2000,14(2):29-30.
- [14] 庄寿增,赵寿岳,苗平.木材皱缩现象中的力学问题探讨[J].北京林业大学学报,2005,27(9):9-12.
- [15] 苗平,张耀丽,庄寿增,等.尾巨桉木材的渗透性对皱缩的影响[J].南京林业大学学报,2010,34(5):83-86.
- [16] 左春丽,曹永建,周宇.桉树木材皱缩形成机制与调控研究进展[J].世界林业研究,2016,29(1):58-63.
- [17] 任世奇,陈健波,邓紫宇,等.修枝对尾巨桉生长动态及单板质量的影响[J].北京林业大学学报,2015,37(3):126-132.
- [18] 杨中宁,梁燕芳,苏福聪,等.修枝对尾巨桉木材单板质量的影响[J].桉树科技,2017,34(3):16-19.
- [19] 庞生龙.过度修枝对桉树生长有害[J].云南林业,1989(6):19.
- [20] 王喜明,江泽慧,费本华.桉树人工林木材加工过程中几个问题的探讨[J].世界林业研究,2003,16(3):62-64.
- [21] 唐启恒,陈勇平.国内外人工林桉树木材加工利用现状和展望[J].中国人造板,2020,27(6):18-21.
- [22] 庞小仁,顾水祥,熊先青,等.实木复合地板基材用桉木单板层积材的制备工艺[J].木材工业,2016,30(5):38-40.
- [23] 韩宇豪,彭冲,范文俊,等.汽蒸处理对王桉木材干燥皱缩恢复的研究[J].木材加工机械,2016,27(2):37-39+36.
- [24] 任世奇,罗建中,谢耀坚,等.不同桉树无性系及树干高度木材的干缩特性研究[J].西北林学院学报,2012,27(1):232-237.
- [25] 陈太安,顾炼百,王昌命.赤桉材干燥皱缩的热处理调控[J].桉树科技,2010,27(2):8-11.
- [26] 江泽慧,费本华,王喜明,等.桉树木材干燥特性与工艺及其皱缩研究现状[J].木材工业,2002,16(4):3-6.
- [27] 张耀丽,苗平,庄寿增,等.微波、冷冻预处理对改善尾巨桉木材干燥性能的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2011,35(2):61-64.
- [28] 杨琳,毛恒之,刘洪海,等.预冻及压缩预处理对尾巨桉干燥特性的影响[J].林业工程学报,2018,3(4):30-34.
- [29] 叶忠华.桉树木材旋切单板质量以及制造胶合板工艺的研究[J].福建林业科技,2012,39(1):35-40,52.
- [30] 卢乾.桉树木材旋切板质量的影响因素分析[J].南方农业,2020,14(23):223-224.
- [31] 李伟光,孙华林.不同压尺结构对纵向刨切单板背面裂隙和表面粗糙度的影响研究[J].林业机械与木工设备,2011,39(12):25-28.
- [32] 孙锋,周永东,李晓玲,等.桉木单板出材率的研究[J].北京林业大学学报,2013,35(4):128-133.