

竹材疏解方式和浅碳处理工艺对广东典型丛生竹制备竹重组材性能的影响^{*}

马红霞 李兴伟 何雪香 陈利芳 王剑菁

(广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 以广东省产地麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*) 和粉单竹 (*Bambusa chungii*) 为原料制备竹重组材, 研究去青去黄、直接碾压两种单元材料疏解方式, 和浅碳处理工艺对板材物理力学性能影响。研究表明, 麻竹和粉单竹采用直接碾压疏解方式制备的竹束吸水率均高于去青去黄疏解方式制备的竹束; 采用直接碾压疏解方式制备的重组材各项性能均优于去青去黄疏解方式制备的重组材。浅碳处理工艺对麻竹重组材和粉单竹重组材吸水稳定性无明显影响, 对麻竹重组材静曲强度、弹性模量和水平剪切强度有降低作用。竹种不同, 板材性能变化有明显差异, 麻竹制备的重组材各项性能受疏解方式和浅碳处理工艺影响更大。

关键词 麻竹; 粉单竹; 竹重组材; 疏解方式; 浅碳处理

中图分类号: S781.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2018) 06-0061-05

Effects of Bamboo Bundle Crushing Method and Low-temperature Heat Treatment on Physical-mechanical Properties of Bamboo Scrimber made from Sympodial Bamboo in Guangdong Province

MA Hongxia LI Xingwei HE Xuexiang CHEN Lifang
WANG Jianjing

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry,
Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Effects of bamboo bundle crushing method and low-temperature heat treatment on physical-mechanical properties of bamboo scrimber made by *D. latiflorus* and *B. chungii* were explored. Results showed that bamboo bundles made by direct crushing method had better water absorption rate than that of remove-bamboo skin crushing method, and the physical-mechanical properties of bamboo scrimber made by former bamboo bundle were also better than that of the later one. Low-temperature heat treatment had no significant effect on dimensional stability of bamboo scrimbers made of *D. latiflorus* and *B. chungii*, but had significant effect on modulus of rupture, modulus of elasticity and horizontal shear strength of bamboo scrimber made by *D. latiflorus*. Bundle crushing method and heat treatment had greater influence on the physical-mechanical properties of bamboo scrimber made of *D. latiflorus* than that of bamboo scrimber made of *B. chungii*.

Key words *Dendrocalamus latiflorus*; *Bambusa chungii*; bamboo scrimber; crushing method; low-temperature heat treatment

^{*} 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2015KJ CX009, 2015KJ CX031), 广东省省级科技计划项目 (2016B020203002), 广州市科技计划项目 (201607010324)。

第一作者: 马红霞 (1981—), 女, 高级工程师 (教授级), 主要从事木材保护与木 / 竹基复合材料技术研究, E-mail: lkymhx@sinogaf.cn。

竹重组材是借鉴重组木的制造工艺原理,以竹束为构成单元顺纹组坯,经热压(或冷压)胶合而成的板材或方材^[1-2],其力学性能优异,尺寸稳定性好,既可应用于地板、家具、建筑等领域^[3-5],又可用于风力发电材料等高强度材料领域^[6-7]。

竹束是构成竹重组材的单元材料,是影响板材性能的重要因素。其中竹材疏解和碳化是竹重组材制备过程中影响竹束质量的两道主要工序。当前竹束以精细化疏解为主,分为两大类:一类是竹片直接碾压疏解方式,不对竹片进行去青去黄处理,在竹材表面形成大量裂隙,增加竹束与胶黏剂接触面积的同时,减少竹青对胶合性能的影响,可实现竹材资源的最大化利用;另一类是去青去黄类疏解方式,疏解过程中去除竹青竹黄,减少竹青对胶合性能的影响。竹束碳化处理主要目的是提高板材尺寸稳定性能和竹材抗生物侵蚀性能。目前研究报道以温度范围为 130~200℃的高温碳化技术为主,研究结果基本一致,板材耐水性能随碳化处理温度升高显著改善,静曲强度和内结合强度随碳化处理温度升高有不同程度降低^[8-11]。目前许多工厂采用 120~140℃的浅碳处理工艺,该工艺可以更好地体现竹材自身特征,越来越受到消费者的认可,但该方面的研究未见报道。为此,本研究选取华南地区广泛栽培的优良丛生竹种麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)和粉单竹(*Bambusa chungii*)^[12],研究疏解方式和浅碳处理工艺两个因素对板材性能的影响,为开发两个竹种在竹重组材方面的利用提供借鉴和指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

麻竹和粉单竹分别采自广东省云浮市新兴县簕竹镇和广东省惠州市龙门县,竹龄 3~4 a。两种

竹材基本性能如表 1 所示。

酚醛树脂(PF):购自太尔胶粘剂(广东)有限公司,固含为 52.98%,粘度 65cps(25℃),pH 值 9.74,水溶倍数 20 倍(25℃),比重 1.190,色度 6.3,游离醛 2.06%,游离酚 0.20%。

1.2 主要试验设备

直接碾压疏解设备、去青去黄疏解设备、热压机、AGS-X-100KN 万能力学试验机、DK-8AD 电热恒温水槽。

1.3 制板过程

将竹材剖分成竹片,通过疏解设备疏解成竹束,一部分竹束进行浅碳处理,另一部分不进行处理。将竹束干燥至含水率 7%~10%,常压浸胶,目标施胶量 15%,干燥至含水率 7%~8%。

将浸胶竹束进行铺装压板。其中板材设定密度 1.15 kg/m³,板材幅面为 600;压板采用“热进冷出”工艺,热压温度 135℃,热压压力 15 MPa,芯层温度达到 125℃后,保温 25 min,保温结束后降温,芯层温度降低到 50℃后卸压。将压制的重组竹材平衡一周后,锯制物理力学性能检测试件。

1.4 试验与检测方法

1.4.1 竹材疏解方式对竹重组材性能的影响 采用直接碾压疏解和去青去黄疏解两种方式对麻竹和粉单竹竹片进行疏解,研究两种疏解方式制得的竹束疏解效果。用疏解竹束进行压板试验。因为竹壁厚度对竹束疏解质量有直接影响,为减小板材性能变异性,试验采用竹壁厚度为 6~15 mm 竹材疏解制得的竹束压板。

1.4.2 竹束浅碳处理对板材性能的影响 采用浅碳处理和未经碳化的直接碾压疏解竹束分别压板,对比两种板材物理力学性能。其中浅碳处理工艺为:碳化介质为饱和水蒸气,碳化压力 0.26~0.32 MPa,处理时间 2 h。

表 1 竹材的基本参数

Table1 Basic parameters of experiment bamboos

竹种 Species	直径/mm Diameter			竹壁厚度/mm Thickness of bamboo wall			含水率/% Moister content			密度/(g·cm ⁻³) Density		
	根部 Bottom	中部 Middle	梢部 Top	根部 Bottom	中部 Middle	梢部 Top	根部 Bottom	中部 Middle	梢部 Top	根部 Bottom	中部 Middle	梢部 Top
麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	9.50	7.15	5.10	20.81	9.15	5.50	59.01	47.09	41.23	0.43	0.55	0.57
粉单竹 <i>Bambusa chungii</i>	8.42	7.60	5.25	12.55	5.45	3.93	40.52	33.08	28.15	0.66	0.67	0.74

1.4.3 检测方法 (1) 竹束吸水率：竹束吸水率是衡量竹束疏解效果的指标^[13]。具体测试方法为：称取一定量的竹束放入烘箱干燥至 5%，然后在水中浸泡 5 min，陈放 10 min，计算竹束增重率，即为竹束吸水率。竹束吸水率越高，竹束疏解效果越好。每一试验条件竹束吸水率设 6 个重复。(2) 竹重组材物理力学性能：参照“GB/T 30364-2013 重组竹地板”^[14]中室外用竹重组材的要求测试板材吸水宽度膨胀率、吸水厚度膨胀率，水平剪切强度；参照 GB/T20241-2006“单板层积材”^[15]测试竹重组材弹性模量和静曲强度。每一测试设 6 个重复。

1.5 数据分析

用 Excel 2007 对数据进行整理。

2 结果与分析

2.1 疏解方式对麻竹重组材和粉单竹重组材性能影响

从表 2 中可以看出，采用去青去黄疏解方式，竹束吸水率为 31.70%~98.24%；采用直接碾压疏解方式，竹束吸水率为 48.50%~119.15%，比去青去黄疏解方式提高 20 个百分点以上。这与两种疏解方式制备的竹束形态有关，经直接碾压疏解的竹材表面裂隙更多，竹束最大宽度在 2 mm 左右；去青去黄疏解设备制备的竹束最大宽度 4 mm 左右。前者疏解竹束更精细，因此吸水效果明显高于后者。从后续压制的板材性能看，采用直接疏解方式压制的板材各项性能更好，具体结果如图 1 所示。与去青去黄疏解方式相比，采用直接碾压疏解方式制备的粉单竹重组材吸水宽度膨胀率、吸水厚度膨胀率分别降低了 0.64% 和 27.62%；麻竹重组材吸水宽度膨胀率和吸水厚度膨胀率分别降低了 78.54% 和 56.55%。粉单竹重组材静曲强

度、弹性模量和水平剪切强度分别增加了 10.67%、27.80% 和 8.05%；麻竹重组材静曲强度、弹性模量和水平剪切强度分别增加了 23.03%、33.66% 和 38.25%。疏解方式对麻竹重组材各项性能均有明显影响；对粉单竹重组材的吸水厚度膨胀率、静曲强度和弹性模量有明显影响。

根据上述试验结果，与去青去黄疏解方式相比，采用直接碾压疏解方式制备的麻竹重组材吸水厚度膨胀率从不合格等级达到合格等级，弹性模量级别从 160 E 提高到 180 E；粉单竹重组材各项指标均达到标准要求，弹性模量从 180 E 提高到 240 E。采用直接疏解方式制备的竹重组材各项性能均优于去青去黄疏解方式制备的竹重组材。除与竹束疏解精细度有关外，直接疏解竹束保留了竹材强度最高的竹青部分，是板材力学性能较高的一个原因。因此，直接碾压疏解技术从原材料利用率和板材性能方面均优于去青去黄疏解技术。

2.2 浅碳处理对麻竹重组材和粉单竹重组材性能影响

从图 2 试验结果看，浅碳处理的粉单竹重组材吸水宽度膨胀率和吸水厚度膨胀率均呈降低趋势，但差异不显著；板材水平剪切强度、静曲强度和弹性模量也无显著变化。浅碳处理对麻竹重组材各项力学性能影响明显，麻竹重组材静曲强度、弹性模量和水平剪切强度分别降低 14.23%、9.91% 和 22.91%；板材吸水宽度膨胀率和吸水厚度膨胀率与未碳化处理材料差别不明显。浅碳处理和未经浅碳处理的麻竹重组材和粉单竹重组材各项性能的分等无区别。吸水宽度膨胀率和吸水厚度膨胀率均为合格品等级，水平剪切强度均为优等品等级。

竹材浅碳处理主要目的是提高板材尺寸稳定性和抗生物侵蚀性能。从研究结果看，浅碳工艺对竹重组材耐水性能无明显提升作用，对力学

表 2 不同疏解方式制备竹束的吸水率

Table2 Water absorption rate of bamboo bundles with different crushing methods

竹种 Species	疏解部位 Position for crushing	壁厚 /mm Thickness of bamboo wall	吸水率 /% Absorption rate	
			去青去黄疏解方式 Direct crushing method	直接碾压疏解方式 Remove-bamboo skin crushing method
麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	竹根	20.81	98.24	119.15
	竹中	9.15	82.11	111.52
	竹梢	5.50	55.29	70.10
粉单竹 <i>Bambusa chungii</i>	竹根	12.55	82.51	117.40
	竹中	5.45	59.83	86.40
	竹梢	3.93	31.70	48.50

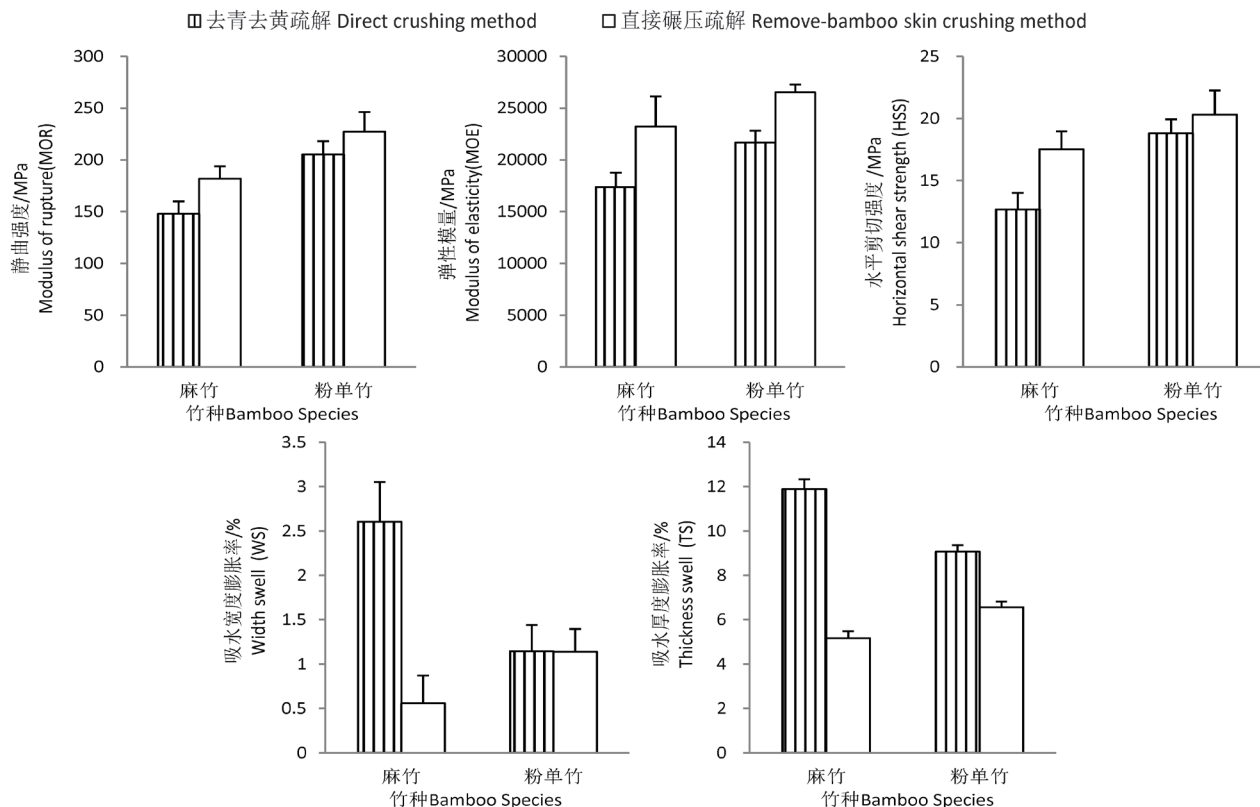


图 1 疏解方式对板材性能的影响

Figure1 Effect of crushing methods on properties of bamboo scrimber

性能略有降低作用。而采用浅碳处理工艺不能改善材料抗生物侵蚀性能,反而更有利于霉菌和白蚁的侵蚀^[16-17]。因此在实际生产过程中,如对表面色泽无要求或需要对表面涂装的板材,可不需对竹束进行浅碳处理,节省劳动力和加工成本。

2.3 竹种对竹重组材性能的影响

对比表 2、图 1 和图 2 试验数据,疏解方式对粉单竹疏解效果的影响大于麻竹。采用直接碾压疏解方式,粉单竹竹束吸水率比采用去青去黄的疏解方式增加 42.3%~52.99%,麻竹竹束吸水率增加 21.28%~35.82%。与麻竹材相比,粉单竹竹材密度高,含水率低,因此采用疏解动力更大的直接碾压疏解方式效果更好。

采用去青去黄疏解方式,粉单竹重组材各项性能均优于麻竹重组材;采用直接疏解方式,两种竹材制备的竹重组材各项性能均有不同程度的提高。其中疏解方式对麻竹重组材的影响更大,板材吸水宽度膨胀率和吸水厚度膨胀率明显降低,优于粉单竹重组材;各项力学性能有所提升,但仍低于粉单竹重竹材,说明胶黏剂在单元材料中渗透均匀性是影响板材性能的一个重要因素,而

单元材料自身性能对板材性能也有一定程度影响。

浅碳处理对粉单竹重组材各项性能均无明显影响,而对麻竹重组材力学性能影响明显,也是由于浅碳处理工艺降低了麻竹竹材本身强度,而对粉单竹竹材本身强度影响不大。

3 讨论与结论

3.1 根据研究结果,采用直接碾压疏解方式,麻竹竹束和粉单竹竹束吸水率显著增加;两种竹材制备的竹重组材力学性能明显提高,其中麻竹重组材的吸水厚度膨胀率指标从不合格等级提升到合格等级。因此,不去除竹青竹黄的直接碾压疏解方式从原材料利用率和板材性能方面均优于去青去黄疏解方式。

3.2 浅碳处理工艺对竹重组材耐水性能无明显提升作用,对力学性能甚至有降低作用。根据产品性能评价标准^[14],本研究条件下,浅碳处理和未经浅碳处理的麻竹重组材和粉单竹重组材产品等级无区别。

3.3 由于竹材本身特点,疏解方式和浅碳处理工艺对麻竹的影响更大;粉单竹重组材各项物理力

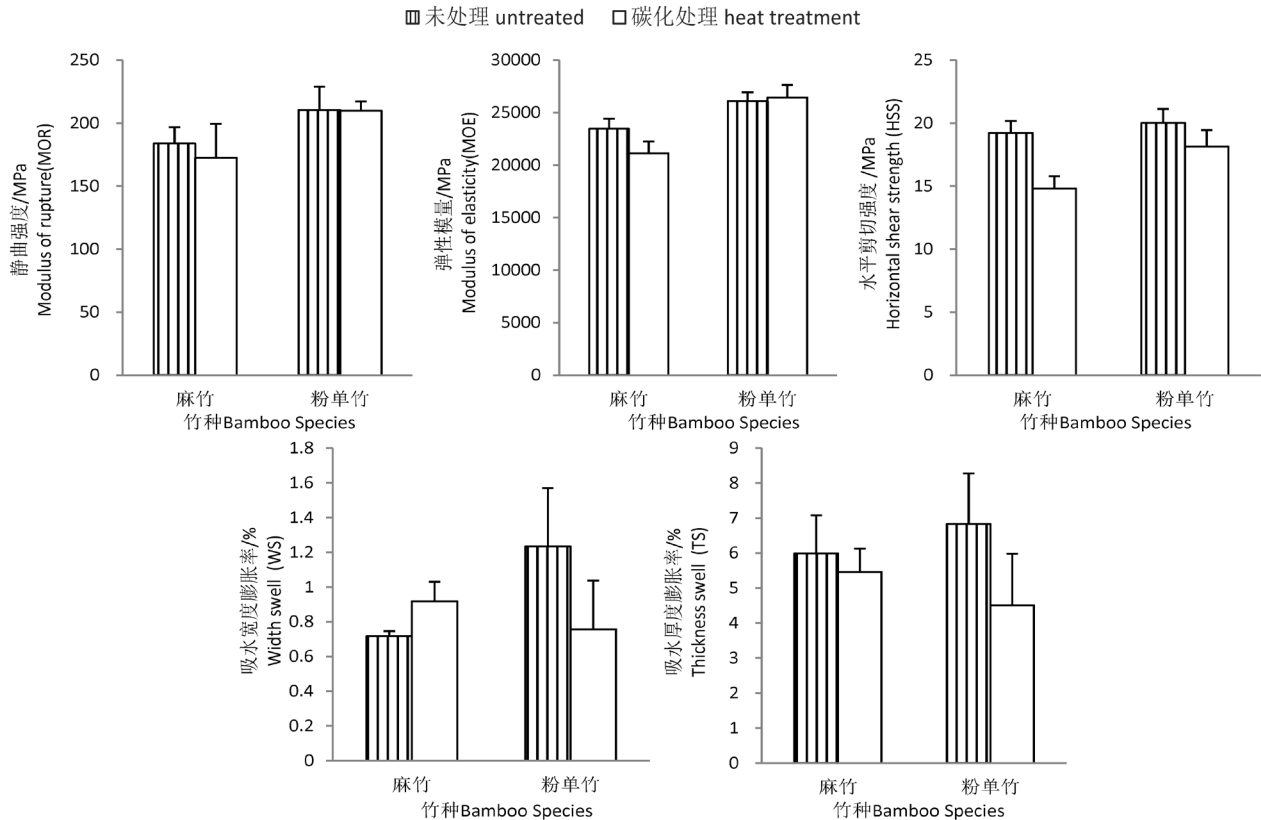


图 2 碳化处理对板材性能的影响

Figure 2 Effect of heating treatment on properties of bamboo scrimber

学性能均优于麻竹重组材，但因目前设备条件限制，粉单竹利用率相对较低，竹梢部分还需通过对设备进行调整才能加以利用。

参考文献

- [1] 于文吉. 我国重组竹产业发展现状与趋势分析[J]. 木材工业, 2012, 26(1): 11-14.
- [2] 马红霞, 王裕霞, 曹永建, 等. 广东麻竹制备竹重组材可行性 [J]. 林业与环境科学, 2017, 33(3): 8-11.
- [3] 余养伦, 秦莉, 于文吉. 室外地板用竹基纤维复合材料制备技术[J]. 林业科学, 2014, 50(1): 133 -139.
- [4] 时迪, 王逢瑚, 于文吉. 重组竹材在现代家具设计中的应用研究[J]. 包装工程, 2013, 34(8): 62-66.
- [5] 范慧, 张建, 鲍建华, 等. 建筑结构用重组竹材重要性研究现状及发展趋势[J]. 浙江林业科技, 2017, 37(4): 100-106.
- [6] 祝荣先, 于文吉. 风电叶片用竹基纤维复合材料力学性能的评价[J]. 木材工业, 2012, 26(3): 7- 10.
- [7] 余养伦, 于文吉. 高性能竹基纤维复合材料制造技术[J]. 世界竹藤通讯, 2013, 11(3): 6-10.
- [8] 蒋身学, 程大莉, 张晓春, 等. 高温热处理竹材重组材工艺及性能[J]. 林业科技开发, 2008, 22(6): 80-83.
- [9] 侯瑞光, 刘元, 李贤军, 等. 高温热处理对重组竹物理力学性能的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(2): 101-104.
- [10] 张亚梅. 热处理对竹材颜色及物理力学性能影响的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [11] 吴秉岭, 余养伦, 齐锦秋, 等. 竹束精细疏解与炭化处理对重组竹性能的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2014, 38(6): 115-120.
- [12] 徐平, 周纪刚, 舒夏竹, 等. 粉单竹丰产栽培技术研究[J]. 广东林业科技, 2007, 23(6): 32-35.
- [13] 张亚慧, 孟凡丹, 于文吉. 白夹竹和寿竹制备竹基纤维复合材料初探[J]. 中国人造板, 2013, 20 (1): 13-16.
- [14] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T 30364—2013 重组竹地板[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [15] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T20241—2006 单板层积材[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [16] 秦莉. 热处理对重组竹物理力学及耐久性能影响的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [17] 陈人望, 李惠明, 钟俊鸿. 热处理改性木材的性能分析Ⅳ: 热处理木材的防白蚁性能[J]. 木材工业, 2010, 24(4): 49-50.