

# 棉秆重组方材握钉力研究

高 萃,雷亚芳\*,薛飞红,吴永玲

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**棉秆重组方材是一种新型生物质代木材料。以棉秆重组方材为试验材料,采用正交试验研究螺钉种类、导孔直径以及拧入深度 3 个因素对基材端面、侧面及板面握钉力的影响,以期为棉秆重组方材家具螺钉连接提供数据参考。结果表明:棉秆重组方材板面握钉力高于侧面握钉力,端面握钉力均值仅为板面握钉力的 57%;导孔直径、拧入深度和螺钉种类 3 种因素均对棉秆重组方材端面握钉力的影响不显著,螺钉种类对侧面握钉力的影响显著,螺钉种类和拧入深度对板面握钉力的影响显著;在试验范围内,棉秆重组方材( $0.75\text{ g/cm}^3$ )3 个面螺钉接合的最优条件均为:选用开槽沉头木螺钉,导孔直径为 3.2 mm,拧入深度为 24 mm。在实际产品加工应用中,尽量避免螺钉纵向拧入,应在横纹方向拧入;选择螺距较小、牙顶较宽的螺钉类型,适当减小导孔直径及增大螺钉拧入深度的方法可提高棉秆重组方材家具的螺钉接合强度。

**关键词:**棉秆重组方材;螺钉;握钉力

**中图分类号:**TS664.1      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2016)05-0281-05

## A Study on Nail and Screw Holding Power of Reconstituted Square Lumber Made from Cotton Stalk

GAO Cui, LEI Ya-fang\*, XUE Fei-hong, WU Yong-ling

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Reconstituted square lumber (RSL) made from cotton stalk is a new type of wood substitute material. The effects of bolt category, diameter of guiding bore and screwing depth on RSL made from cotton stalk (end face, board side, board face) were investigated by orthogonal test. The results showed that the nail and screw holding power of board face was well above the board side, nail and screw holding power of end face was only 56% of board face. Bolt category, diameter of guiding bore and screwing depth had no significant effect on nail and screw holding power of end face. Bolt category had significant effect on nail and screw holding power of board side. Nail and screw holding power of board face was significantly affected by bolt category and screwing depth. Within the range of experiment, the optimal combination of screw structure of RSL made from cotton stalk ( $0.75\text{ g/cm}^3$ ) was bolt category (slotted countersink head wood screws), diameter of guiding bore (3.2 mm) and screwing depth (24 mm). During the machining processing, the direction of screw-in should be perpendicular to the cross grain rather than parallel to the rift grain. Bolt joint strength of RSL made from cotton stalk for furniture could increase usage by using bolt with smaller pitch and wider tooth to decrease guiding bore as well as to increase of screwing depth.

**Key words:** reconstituted square lumber made from cotton stalk; bolt; nail and screw holding power

我国棉花生产总量位居全球之首<sup>[1]</sup>,棉秆资源      极为丰富,由于棉秆木质化程度较高,纤维形态与木

收稿日期:2015-12-16    修回日期:2016-01-21

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项(201304511)。

作者简介:高 萃,女,在读硕士,研究方向:木材加工新技术。E-mail:909956273@qq.com

\* 通信作者:雷亚芳,女,教授,博士,研究方向:木质资源加工与利用。E-mail:leiyafang@sina.com

材接近,是理想的代木原材料。棉秆重组方材是以棉秆为原材料,借鉴重组木的生产工艺制备的一种资源节约型方材。棉秆重组方材的加工工艺特殊,不仅保留了材料的基本特性,其物理力学性能良好,近于实木,而且加工特性类似天然木材,机械加工性能良好,其中砂光、钻孔和铣削等几项机械加工性能更为突出<sup>[2-4]</sup>。

结点连接方式是家具结构设计过程中的关键,更是家具产品功能实现的载体<sup>[5]</sup>。螺钉接合作为一种重要的家具结点接合方式,特别是对于很多小而强度要求较高的家具,它具有简洁、安全可靠、使用方便等多方面优点<sup>[6]</sup>。目前关于棉秆重组方材螺钉连接的研究未见报道,而棉秆重组方材作为一种可广泛应用于家具、建筑、装饰及包装等领域的代木材料<sup>[7]</sup>,可否采用螺钉结构来提高其家具产品的强度性能是研究的意义所在,螺钉的接合强度主要与螺钉的抗拔力相关<sup>[8-9]</sup>。故以棉秆重组方材为基材,采用正交试验,探讨螺钉种类、螺钉导孔直径及螺钉拧入深度 3 个因素对棉秆重组方材端面、侧面及板面握钉力的影响,以期对棉秆重组方材家具螺钉结构的设计提供一定的数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料

棉秆重组方材:参照相关工艺流程<sup>[2]</sup>,采用粘度为 250~350 mPa·s(25℃ 条件下),NOC 含量 30.5%~32.5%的异氰酸酯胶,施胶量为绝干棉秆束质量的 9%,设计密度为 0.75 g/cm<sup>3</sup>,制备规格为 410 mm×54 mm×50 mm 的重组方材 10 块(图 1)。待方材内部应力释放后,将方材加工成规格为 70 m×50 mm×25 mm 的试件,共 12 组试验,其中包括 9 组测试性试验和 3 组验证性试验,每组试验进行 8 次重复,结果取其平均值,总计 96 个试件。试件在拧入螺钉前,放入温度(20±2)℃,相对湿度(65±5)%的恒温恒湿试验机中,调整试件的含水率约为 10%时进行试验。

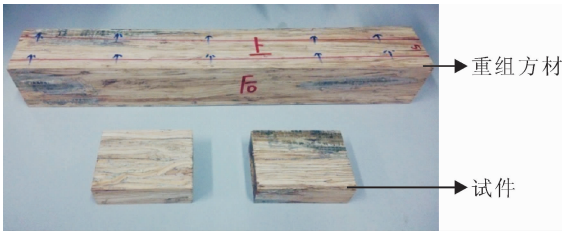


图 1 试验材料(重组方材和试件)

Fig. 1 Experimental material (lumber and test specimen)

1.2 仪器设备

CMT5504 型万能力学试验机(深圳新三思公

司)、WAB 型精密推台锯(秦皇岛欧登多机械制造有限公司)、HZ-2004A 可程序恒温恒湿试验机(恒准仪器科技有限公司)、ZQ4113 台式钻床(中国杭州西湖台钻厂)、电子数显游标卡尺、螺丝刀等。图 2 为握钉力的测试装置。

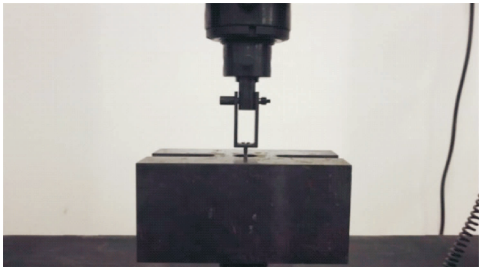


图 2 握钉力测试装置

Fig. 2 Test fixture of screw withdrawal strength

1.3 试验方法

1.3.1 因素水平确定 通过对棉秆重组方材材料特性的评估,参照当前木质家具螺钉结合的研究,选择对接合强度有着直接影响的螺钉种类、导孔直径、拧入深度 3 个因素进行优化处理,确定最佳接合条件。

试验所选螺钉为目前家具生产中常用的 3 种类型,即开槽沉头木螺钉<sup>[10]</sup>(slotted countersink head wood screws,简称 SC)、十字沉头木螺钉<sup>[11]</sup>(cross recessed countersunk head tapping screws,简称 CR)和墙板自攻螺钉<sup>[12]</sup>(dry wall screws,简称 DW),螺钉实测参数见表 1。软材的导孔直径一般为螺钉公称直径的 70%,而对于硬材的导孔直径约为螺钉公称直径的 90%<sup>[6]</sup>。对棉秆重组方材基本物理力学性能进行测定与分析,发现其材性接近硬材,参考实木家具中的实际经验并通过试验分析,将螺钉的导孔直径确定为 3.2、3.4 mm 和 3.7 mm,即分别为螺钉公称直径的 80%、86%和 92%;由于家具用螺钉的拧入深度一般为板材厚度的 75%左右<sup>[8]</sup>,试验最终确定螺钉拧入深度为 16、20 mm 和 24 mm,即分别为板厚的 64%、80%和 96%。试验因素水平见表 2,按照正交表 L<sub>9</sub>3<sup>4</sup> 设计制作试件,进行重复试验。

1.3.2 测试方法 抗拔力的测试参考国家标准 GB/T 17657-2013《人造板及饰面板人造理化性能试验方法》<sup>[13]</sup>中握钉力的测试方法进行。根据试验方案设计,分别在试件的端面、侧面及板面的中心点拧入螺钉(图 3)。拧入的螺纹必须为全螺纹,导孔及拧入螺钉必须垂直于测试面,拧入螺钉后应立即进行拔钉测试,螺钉与万能力学试验机拉伸的中心线需重合。拔钉时应采用均匀加载荷,从加荷开始的 30~90 s 内达到最大载荷值,并记下该值,精确至 10 N。

表 1 螺钉参数  
Table 1 Bolt parameter

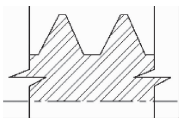
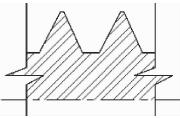
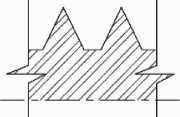
名称	螺纹特征	外径/mm	内径/mm	螺距/mm	牙顶宽/mm
开槽沉头木螺钉		4.0	2.82	1.43	0.2
十字槽沉头自攻螺钉		4.0	2.87	1.52	0.1
墙板自攻螺钉		4.0	2.74	1.63	0.0

表 2 正交试验因素水平  
Table 2 Orthogonal experimental factors and levels

水平	因素		
	A 螺钉种类	B 导孔直径/mm	C 拧入深度/mm
1	开槽沉头木螺钉	3.2	16
2	十字沉头自攻螺钉	3.4	20
3	墙板自攻螺钉	3.7	24

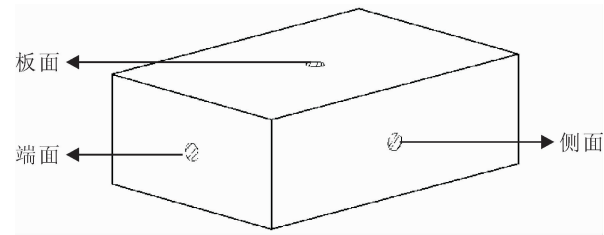


图 3 螺钉位置(阴影部分)

Fig. 3 Bolt location(hatched section)

2 结果与分析

2.1 3 个因素对端面握钉力的影响

由表 3 可知,在试验范围内,端面的螺钉抗拔力离散度较大,最大值为 1 700 N,最小值仅有 740 N,平均值为 1 230 N。在极差分析中, $R_j$  反映了试验指标随第  $j$  因素水平变动所引起的变化幅度,变化越大,说明该因素对指标影响就越重要。对于端面握钉力,在因素水平的变化范围内,3 个因素极值  $R$  的大小排序为  $R_B(523.33) > R_C(376.67) > R_A(350.00)$ ,表明各因素对端面螺钉接合强度的主次顺序依次为导孔直径(B)、拧入深度(C)、螺钉种类(A)。由图 4 所示的因素与指标趋势可看出,对于端面螺钉接合的最优水平为  $A_1$ (开槽沉头木螺钉)、 $B_1(3.2\text{ mm})$ 、 $C_3(24\text{ mm})$ ,故棉秆重组方材截面螺钉接合的最优水平组合为  $A_1B_1C_3$ 。

对数据进行的方差分析,以进一步判断各因素对棉秆重组方材家具螺钉接合强度的影响是否显著,从而确定最优接合条件。由表 3 可知,  $F_A(6.42)$ 、 $F_B(14.72)$ 、 $F_C(6.83)$  均  $< F_{0.05}(19.00)$ ,其中  $F_B(14.72) > F_{0.10}(9.00)$ ,可见试验所选 3 个因素对端面握钉力的影响均不显著。

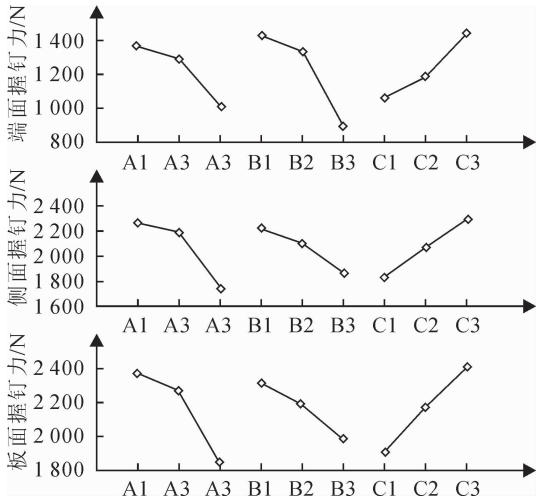


图 4 试验因素与指标趋势

Fig. 4 Experimental factors and trend graph

2.2 3 个因素对侧面握钉力的影响

从表 3 可知,侧面握钉力的最大值高达 2 450 N,最小值为 1 510 N,平均值为 2 070 N。通过极差分析可知,  $R_A(513.33) > R_C(460.00) > R_B(346.67)$ ,因此在试验范围内,螺钉种类(A)对于侧面握钉力是主要影响因素,拧入深度(C)次之,导孔直径(B)影响最小。从图 4 可看出,侧面螺钉接合的最优条件为  $A_1B_1C_3$ ,即螺钉种类为开槽沉头木螺钉,导孔直径为 3.2 mm,拧入深度为 24 mm。由方差分析可知,除螺钉种类对侧面握钉力影响显著外,其他 2 个因素(导孔直径、拧入深度)均对侧面握钉力为不显著影响。

表 3 L<sub>9</sub>3<sup>4</sup> 试验方案与试验结果分析

Table 3 L<sub>9</sub>3<sup>4</sup> experiment plan and result

试验号	因素 A 螺钉种类	因素 B 导孔直径/mm	因素 C 拧入深度/mm	考核指标		
				端面 抗拔力/N	板边 抗拔力/N	板面 抗拔力/N
1	1(SC)	1(3.2)	1(16)	1 480	2 170	2 240
2	1(SC)	2(3.4)	2(20)	1 430	2 360	2 480
3	1(SC)	3(3.7)	3(24)	1 190	2 250	2 420
4	2(CR)	1(3.2)	2(20)	1 400	2 290	2 400
5	2(CR)	2(3.4)	3(24)	1 700	2 450	2 520
6	2(CR)	3(3.7)	1(16)	790	1 840	1 890
7	3(DW)	1(3.2)	3(24)	1 410	2 200	2 290
8	3(DW)	2(3.4)	1(16)	900	1 510	1 590
9	3(DW)	3(3.7)	2(20)	740	1 530	1 650

端面握钉力/N			最佳组合方案			
	A	B	C	主次因素	最优方案	
$K_{j1}$	4 100	4 290	3 070	B>C>A	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	
$K_{j2}$	3 890	4 030	3 570	方差分析 <sup>1)</sup>		
$K_{j3}$	3 050	2 720	4 300	方差来源	F	显著性
$K_{j1}/3$	1 366.67	1 430.00	1 056.67	A	6.42	
$K_{j2}/3$	1 296.67	1 343.33	1 190.00	B	14.72	
$K_{j3}/3$	1 016.67	906.67	1 433.33	C	6.83	
极差 $R_j$	350.00	523.33	376.66			

侧面握钉力/N			最佳组合方案			
	A	B	C	最优方案	主次因素	
$K_{j1}$	6 780	6 660	5 520	A>C>B	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	
$K_{j2}$	6 580	6 320	6 180	方差分析		
$K_{j3}$	5 240	5 260	6 900	方差来源	F	显著性
$K_{j1}/3$	2 260.00	2 220.00	1 840.00	A	21.58	*
$K_{j2}/3$	2 193.33	2 106.67	2 060.00	B	8.65	
$K_{j3}/3$	1 746.67	1 873.33	2 300.00	C	14.66	
极差 $R_j$	513.33	346.67	460.00			

板面握钉力/N			最佳组合方案			
	A	B	C	主次因素	最优方案	
$K_{j1}$	7 140	6 930	5 720	A>C>B	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	
$K_{j2}$	6 810	6 590	6 530	方差分析		
$K_{j3}$	5 530	5 960	7 230	方差来源	F	显著性
$K_{j1}/3$	2 380.00	2 310.00	1 906.67	A	34.71	*
$K_{j2}/3$	2 270.00	2 196.67	2 176.67	B	11.63	
$K_{j3}/3$	1 843.33	1 986.67	2 410.00	C	27.41	*
极差 $R_j$	536.67	323.33	503.33			

注:  $F_{0.05}(2,2)=19.00$ ;  $F_{0.01}(2,2)=99.01$ ;  $F_{0.10}(2,2)=9.00$ ; \* 表示显著影响。

2.3 3 个因素对板面握钉力的影响

板面握钉力的最大值为 2 520 N, 最小值为 1 590 N, 平均值为 2 160 N, 略高于侧面握钉力。由表 3 可知,  $R_A(536.67) > R_C(503.33) > R_B(323.33)$ , 故影响棉秆重组方材面握钉力大小的主次因素依次为螺钉种类(A)、拧入深度(C)、导孔直径(B)。从图 4 可看出, 板面螺钉接合的最优条件为 A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>, 即螺钉种类为开槽沉头木螺钉, 导孔直径为 3.2 mm, 拧入深度为 24 mm。

由方差分析结果可知, 螺钉种类和拧入深度对

棉秆重组方材板面握钉力的影响显著, 而导孔直径的影响不显著。

从图 4 可看出, 棉秆重组方材 3 个面的握钉力随因素水平变化的趋势相同, 即均有开槽沉头木螺钉的抗拔力最大, 十字沉头木螺钉次之, 墙板自攻螺钉最小; 随导孔直径的减小, 拧入深度的增大握钉力都在增大。

2.4 验证性试验结果分析

表 4 显示, 棉秆重组方材端面、侧面、板面在最优工艺条件下握钉力平均值分别为 2 030、3 420、

3 610 N,这与正交试验结果相符,且握钉力在试验范围内均为最大值。因此在试验条件下,棉秆重组方材端面、侧面和板面螺钉接合的最佳工艺条件均为螺钉种类为开槽沉头木螺钉,导孔直径为 3.2 mm,拧入深度为 24 mm。在试验范围内,棉秆重组方材(0.75 g/cm<sup>3</sup>)板面握钉力最高,侧面握钉力其次,端面握钉力最小,其均值约为板面握钉力的 56%。

表 4 验证性试验结果  
Table 4 Result of verifying test

	1	2	3	4	5	平均值/N
端面握钉力/N	2 000	1 940	2 160	1 980	2 090	2 030
侧面握钉力/N	3 560	3 330	3 310	3 430	3 470	3 420
板面握钉力/N	3 350	3 590	3 740	3 730	3 630	3 610

3 结论与讨论

螺钉在基材上不同的拧入方向影响着握钉力的大小<sup>[14]</sup>。木材纤维方向易开裂,导致抗劈力较小从而影响端面握钉力的大小,因此顺纹理方向的握钉力通常低于横纹方向的握钉力<sup>[6,15]</sup>。棉秆的纤维形态与木材接近,故棉秆重组方材侧面和板面均为横纹理且握钉力大小接近,端面为纵向纹理,握钉力则远低于侧面和板面的握钉力。因此,对于棉秆重组方材家具采用螺钉连接时,螺钉应在横纹理方向拧入,纵向拧入接合强度低,应尽量避免使用。

螺钉在横纹理方向拧入时,一部分棉秆纤维会受到螺纹的剪切作用,另一部分则受到的则是螺纹的挤压作用<sup>[16]</sup>。因此,螺钉与基材之间接触面的大小、螺纹对棉秆纤维的剪切及挤压作用对螺钉接合的抗拔力有直接影响。对比 3 种螺钉,开槽沉头木螺钉的螺距(1.43 mm)最小,在相同拧入深度的情况下,其拧入基材的螺纹数多于十字沉头木螺钉和墙板自攻螺钉。随着螺钉与基材的接触面的增大,开槽沉头木螺钉与棉秆重组方材间的剪切和挤压作用就会增强,抗拔力提高。同时,通过观察 3 种螺钉的螺纹特征,发现开槽沉头木螺钉的牙顶部比其余二者宽,螺钉与基材之间的挤压力和摩擦力也随之增大<sup>[8]</sup>,故相同条件下开槽沉头螺钉的抗拔力最大。因此,棉秆重组方材家具的螺钉连接应合理选择螺距较小、牙顶较宽的螺钉,从而提高接合强度。

随着导孔直径的逐渐增大,螺钉拧入后在棉秆重组方材上木螺纹线形成不充分,螺钉与基材的接触面积变小,引起剪切力和摩擦力减小,从而降低其抗拔力<sup>[17]</sup>。导孔直径并不是越小越好,导孔直径越小,螺钉对棉秆重组方材的挤压力会越大,不仅螺钉拧入困难而且容易造成螺钉周围棉秆纤维隆起和劈

裂,降低螺钉的接合强度<sup>[8,18]</sup>。就棉秆重组方材而言,最优导孔直径应为螺钉公称直径的 80%~86%。

在相同接合条件下,螺钉拧入深度越深,螺钉抗拔力就越大。这是因为随着螺钉拧入深度的加深,增大了螺钉进入导孔的螺牙数,螺钉与棉秆重组方材的接触面积增大,同时受剪的棉秆纤维数量也增多。因此螺钉在被拔出过程中,阻力相应增加,抗拔力就会增大<sup>[19]</sup>。对于同种螺钉在导孔直径一定的情况下,适当地增加拧入深度可提高螺钉在棉秆重组方材上的握钉力。

参考文献:

[1] 宋孝周,郭康权,冯德君,等.农作物秸秆特性及其重组材性能[J].农业工程学报,2009,25(7):180-184.  
SONG X Z, GUO K Q, FENG D J, *et al* . Characteristics of crop stalks and performance of their scrimber[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25 (7): 180-184. (in Chinese)

[2] 宋孝周,雷亚芳,傅峰.棉秆重组方材制备工艺与试验[J].农业机械学报,2013,44(5):164-168.  
SONG X Z, LEI Y F, FU F. Preparation technology and experiment of reconsolidated square materials of cotton stalk[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44 (5): 164-168. (in Chinese)

[3] 宋孝周,陈达,郭康权,等.农作物秸秆重组材工艺分析与研究展望[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(5):229-234.  
SONG X Z, CHEN D, GUO K Q, *et al* . Technical analysis and prospect of crop straw scrimber [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Edi. , 2008, 36(5): 229-234. (in Chinese)

[4] 宋孝周,白鹭,肖建平,等.棉秆重组方材的机械加工性能[J].农业工程学报,2014,30(24):332-338.  
SONG X Z, BAI L, XIAO J P, *et al* . Machining properties of reconstituted square lumber made from cotton stalk[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(24): 332-338. (in Chinese)

[5] 李素瑕,刘文金.几种连接方式对脱脂马尾松家具结构强度的影响[J].西北林学院学报,2014,29(1):169-173.  
LI S X, LIU W J. Effects of joint methods on the structural strength of *Pinus massoninan* furniture[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(1): 169-173. (in Chinese)

[6] 柳万千.家具力学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1993:123-126.

[7] 蔺焘.棉秆纤维束及其复合材料性能研究[D].北京:中国林业科学研究院,2012.

[8] 李吉庆,陈礼辉,苏团.3种常用螺钉对家具用竹集成材面握钉力的研究[J].福建林学院学报,2011,31(3):271-275.  
LI J Q, CHEN L H, SU T. Study on bolt joint intensity of laminated bamboo for furniture[J]. Journal of Fujian College of Forestry University, 2011, 31(3): 271-275. (in Chinese)

production of straw panel[J]. Journal of Northwest Forestry University,2002,17(3):86-88. (in Chinese)

[12] 杨庆,李增超,雷亚芳,等. 麦秸刨花板与木质普通刨花板的比较分析[J]. 西北林学院学报,2001,16(2):88-90.  
YANG Q, LI Z C, LEI Y F, *et al.* Comparison analysis of wheat-straw particle board and wood particle board[J]. Journal of Northwest Forestry University,2001,16(2):88-90. (in Chinese)

[13] 张立芳 吴伟娟. 麦秸人造板表面涂饰试验[J]. 林业科技开发,2005,19(5):49-50.  
ZHANG L F, WU W J. A test on surface-coating of wheat straw board [J]. China Forestry Science and Technology, 2005,19(5):49-50. (in Chinese)

[14] 张学礼,雷亚芳. 软木贴面定向结构麦秸板的胶合工艺[J]. 木材工业,2011,25(5):47-49.  
ZHANG X L, LEI Y F. Oriented structural straw board overlaid with reconstituted cork veneer[J]. China Wood Industry, 2011,25(5):47-49. (in Chinese)

[15] 饶鑫,杨静,孙淑英. 稻草刨花板薄木贴面工艺[J]. 林业科技开发,2013,27(4):102-105.  
RAO X, YANG J, SUN S Y. Study on manufacturing process of veneer faced rice straw particleboard[J]. China Forestry Science and Technology,2013,27(4):102-105. (in Chinese)

[16] GB/T 17657-2013. 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2013.

[17] GB/T 15104-2006. 装饰单板贴面人造板[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

[18] GB/T 15102-2006. 浸渍胶膜纸饰面人造板[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

(上接第 285 页)

[9] 黄圣游. 重组竹家具结点接合强度分析[J]. 林产工业,2013,40(3):41-46.  
HUANG S Y. Study on joint strength of reconstituted bamboo furniture[J]. China Forest Products Industry,2013,40(3):41-46. (in Chinese)

[10] GB 100-1986 开槽沉头木螺钉[S]. 北京:中国标准出版社,1986.

[11] GB 100-1985 十字槽沉头自攻螺钉[S]. 北京:中国标准出版社,1986.

[12] GB/T 14210-93 墙板自攻螺钉[S]. 北京:中国标准出版社,1986.

[13] GB/T 1765-2013 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2013.

[14] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985:742-744.

[15] 刘一星,赵广杰. 木质资源材料学[M]. 北京:中国林业出版社,2004:204-205.

[16] 李宝权. 木质材料的钉接合[J]. 家具,1993(2):7-9.  
LI B Q. Coupling bolts of woodiness material[J]. Furniture, 1993(2):7-9. (in Chinese)

[17] 阙泽利,杨玲,王菲彬,等. 导孔直径对木结构用规格材握螺钉力性能的影响[J]. 西北林学院学报,2014,30(5):195-198.  
QUE Z L, YANG L, WANG F B, *et al.* Effects of vessel diameter on screw withdrawal strength in dimension lumber of wood structure[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,30(5):195-198. (in Chinese)

[18] 杨焕蝶,聂文杰. 竹集成材家具钉类连接件连接性能的研究[J]. 家具,2005,143(1):15-17.  
YANG H D, NIE W J. A study of screw or nai connector's properties on bamboo gluelam furniture[J]. Furniture,2005,143(1):15-17. (in Chinese)

[19] 李旸,孙学东,胡生辉,等. 刨花板握螺钉力测试方法比对试验[J]. 中国人造板,2007(9):28-30.  
LI Y, SONG X D, HU S H, *et al.* Contrast experiment on test method of screw holding capability of particleboards[J]. China Wood-based Panels,2007(9):28-30. (in Chinese)