

稻秸秆板与偏心连接件的接合性能分析

朱 云^{1,3}, 黄琼涛², 孙宏南², 于 娜¹, 朱芋锭¹, 申黎明^{1*}

(1. 南京林业大学 家具与工业设计学院, 江苏 南京 210037; 2. 梅州市汇胜木制品有限公司, 广东 梅州 514600;

3. 广东石油化工学院 艺术设计系, 广东 茂名 525000)

摘 要:稻秸秆板是一种新型环保板材, 其与偏心连接件的接合性能直接影响到家具的强度和刚度。在不同螺杆长度(24 mm 和 34 mm)和不同接合方式(L 型和 T 型)的条件下, 利用加载的试验方法研究偏心连接件与稻秸秆板的极限载荷和刚性效率, 进而分析其接合性能。同时, 采用刨花板和中纤板等基材作对照组, 以期从板材结构上探讨偏心连接件与稻秸秆板的接合特性。试验发现, 在同等条件下稻秸秆板与偏心连接件的接合性能并不比一般的刨花板和中纤板板材差, 尤其是采用 34 mm 螺杆和 T 型接合时, 稻秸秆板接点的接合性能更好。

关键词:稻秸秆板; 接合方式; 接合性能; 偏心连接件

中图分类号:TS653

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2014)-02-00221-05

Bonding Properties of Rice-straw Particleboard and Eccentric Fittings

ZHU Yun^{1,3}, HUANG Qiong-tao², SUN Hong-nan², YU Na¹, ZHU Yu-ding¹, SHEN Li-ming^{1*}

(1. College of Furniture and Industrial Design, NFU, Nanjing, Jiangsu 210037, China;

2. Meizhou Huisheng Wood Products Co., Ltd, Meizhou, Guangdong 514600, China;

3. Department of Art Design, GDUPT, Maoming, Guangdong 525000, China)

Abstract: Rice-straw particleboard (RSP) is a new kind of environment-friendly panel. The strength and rigidity of furniture which is made by RSP are directly related to the connection properties of the eccentric fittings. Under different screw lengths (24 mm & 34 mm) and joint modes (L type & T type), load test method was adopted to study ultimate load and rigidity efficiency of eccentric fittings and RSP, and to analyze the joint properties. Particle board (PB) and medium density fiber board (MDF) were used as control groups to analyze the joint properties between eccentric fittings and RSP from the view of plate structure. It was observed that under the same conditions, the bonding performances of RSP and eccentric fittings were as good as those of PB and MDF. The joint performance of RSP was even better than those of PB and MDF when adopting the 34 mm screw and T-junction.

Key words: rice-straw particleboard; eccentric fitting; joint mode; bonding property

稻秸秆板是一种新型板材, 它以稻草为原料, 以异氰酸酯为胶粘剂, 经特殊工艺压制而成, 无游离甲醛释放, 属于绿色人造板^[1]。随着稻秸秆板生产技术的日趋成熟, 其性能也更加稳定, 不仅可以对其板面和板边进行型面加工, 还能对其进行各种饰面与封边处理(漆、钉、胶处理), 能够获得良好的加工效果。偏心连接件是板式家具中最常用的连接件, 不

仅有利于家具的多次拆装, 还能保持家具的美观度, 提高家具生产效率。将偏心连接件应用于稻秸秆板家具时, 其接点接合性能的优劣直接影响到家具的刚度和稳固性。在接点处, 就接合性能而言, 除受预埋螺母接合性能影响外, 还与家具板件接合方式、偏心连接件螺杆长度存在很大关系。笔者结合稻秸秆板家具生产的实际情况, 着重分析偏心连接件同

收稿日期: 2013-07-23 修回日期: 2013-10-21

基金项目: 国家林业局合作项目“环境友好型秸秆板家具制造技术推广”(〔2012〕53)。

作者简介: 朱云, 男, 讲师, 在读博士, 研究方向: 家具设计及室内设计。E-mail: zhu Yun0911@163.com

* 通信作者: 申黎明, 男, 教授, 博士。研究方向: 家具设计、室内设计及人体工程学。E-mail: shenlimingda@hotmail.com

“L”型和“T”型接合方式的接合特性^[2-7]。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用基材有中密度纤维板(MDF)、刨花板(PB)、稻秸秆板 I (RSP I)、稻秸秆板 II (RSP II) 等 4 种。它们的公称厚度均为 18 mm, 其中 MDF 的密度 0.74 g/cm^3 , 内结合强度为 0.35 MPa ; 刨花板的密度 0.75 g/cm^3 , 内结合强度为 0.40 MPa ; RSP I 的密度为 0.72 g/cm^3 , 内结合强度为 0.52 MPa ; RSP II 的密度 0.81 g/cm^3 , 内结合强度为 0.76 MPa 。预埋螺母采用海福乐公司 Minifix 系列的 039.32.050 型号, 直径 11 mm, 长度 12 mm。螺杆选用海福乐公司 Minifix 系列, 型号为 262.27.020 和 262.28.020, 其长度分别为 24 mm 和 34 mm^[8]。

1.2 方法与计算

外部力施加于家具的某一部分时, 家具就会产生反作用力, 这些力主要包括轴向力、剪切力和弯曲力。而弯曲力的影响最大, 它是引起结构破坏的主要原因, 试验时记录极限破坏载荷, 以求出破坏弯矩。破坏弯矩通过 $M=P \times L$ 进行计算^[9]。式中, M 表示破坏弯矩(Nom), P 表示屈服极限时的载荷(N), L 表示加载点至基点的距离, 即跨距(m)。

家具板件接点在不同的接合条件下, 接点抗变形的能力相差较大, 其抗变形的能力可以用刚性效率来衡量, 其计算公式是^[9]。 $K=\delta_C/\delta_M$, 其中, K 表示连接刚性效率, δ_M 表示比例极限内某一时刻加载点的位移实测值(mm), 由万能力学试验机记录的载荷与位移曲线图求出; δ_C 表示与 δ_M 相同载荷时的位移计算值(mm), 假设试件接合点为刚性连接条件, 根据材料力学理论, 通过下式可以计算^[9]: $\delta_C=4PL^3/Ebh^3$, 公式中, P 表示与 δ_M 相对应时的载荷(N), L 表示跨距(mm), E 表示基材弹性模量(MPa), b 表示试件的宽度(mm), h 表示试件的厚度(mm)。

L 型接合方式的 2 块板件尺寸分别为 $120 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 和 $170 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$; T 型接合方式的 2 块板件的尺寸分别为 $160 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 和 $170 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, 按照试验要求在试件的对称中心上钻孔, 然后安装偏心连接件, 制成待测试件, 静置平衡一周后待用。试验时, 加载点位于 $170 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 板件的 150 mm 位置, 从上往下施加载荷(图 1)。在 L 型和 T 型试件上, 偏心连接件安装孔与尺寸如图 2 所示(注: S 值为 24 mm 或 34 mm)^[10-15]。

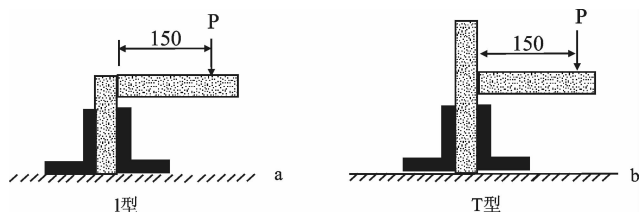


图 1 试件加载示意图

Fig. 1 Specimens loading diagram (Unit: mm; a is L type, b is T type)

2 结果与分析

2.1 试件破坏形式分析

MDF 基材使用 24 mm 螺杆进行 L 型接合试验后发现, 螺杆明显歪斜, 安装尼龙预埋螺母板件的端部出现明显的分层现象, 部分基材受预埋螺母的压力被挤出板端平面, 形成明显凸起。同时在基材分层部分由于受到外力载荷的拉力作用出现规则断裂线, 且断裂线沿厚度方向与预埋螺母中心线位置对齐(图 3)。出现分层现象的原因主要是预埋螺母嵌入 MDF 基材后, 倒刺能够很好地与导孔内壁基材形成摩擦, 当受到拉力时, 倒刺能够紧紧勾住纤维层, 加上 L 型接合的预埋螺母离基材端部较近, 从而明显观察到基材端部的分层现象(图 3)。而安装偏心体的板件外观上未见破坏, 仅在与偏心体接触的受压弧面出现轻微的挤压。换成 34 mm 螺杆进行 L 型接合试验, 发现其破坏形式与 24 mm 螺杆试件的破坏形式几乎相同, 但分层现象有所降低。这是因为试件在载荷的作用下, 34 mm 螺杆发生的偏转角度要比 24 mm 的小, 从而前者的破坏情况要轻些。刨花板与 MDF 相比, 其结构存在明显差异, 不仅存在明显的 3 层结构, 两边结构致密, 中间疏松, 而且其刨花较大较硬。但是, 在完成 24 mm 螺杆的 L 型接合试验后发现, 其破坏形式极其相似, 除了螺杆明显歪斜外, 安装预埋螺母板件的端部都出现了开裂现象(图 3), 而另一块板件在外观上未见任何破坏^[4]。将安装 34 mm 螺杆的 L 型接合试件进行试验后, 发现其破坏程度比 24 mm 螺杆试件要轻些, 并且在相同条件下也比 MDF 基材试件的破坏程度要轻些。这是因为 PB 基材中间层的刨花和刨花间隙较大, 使其端面粗糙度也大, 在受到拉力时, 即使产生分层现象, 在外观上也不会像 MDF 基材那样明显。

稻秸秆板在结构上介于刨花板与 MDF, 也存在较明显 3 层结构, 中间层疏松, 刨花大; 上下表层致密, 刨花小。RSP I 和 RSP II 基材使用 24 mm 螺杆进行 L 型接合试验时, 试验破坏情况存在差异。RSP I 的破坏形式与 MDF 相似, 安装预埋螺母板件的端部存在明显分层现象(图 3); 而 RSP II

的分层现象却不明显。其原因可能是 RSP I 的极限载荷比 MDF 的要大得多,因而 RSP I 加载后螺杆的偏转角也相应大于 MDF,基材端部能够产生明显的分层现象;而 RSP II 基材承受的载荷和偏转角都很大,因而 24 mm 螺杆会出现明显歪斜,甚至预埋螺母都能被轻微地拔出。但是由 RSP II 的密度和内结合强度较大,即使发生很大的偏转角,其板件端部也不会出现明显的分层现象(图 3)。RSP I 和 RSP II 基材使用 34mm 螺杆进行 L 型接合试验时,二者均较 MDF 在同等条件下的破坏程

度弱,安装预埋螺母板件的端部分层现象不明显,螺杆歪斜也不明显。

T 型接合与 L 型接合不同,4 种基材无论使用 24 mm 螺杆,还是 34 mm 螺杆其试件破坏现象都不明显,只发现螺杆稍微歪斜、预埋螺母被轻微拔出,这也说明 T 型接合较 L 型接合更能承受破坏载荷,并且破坏程度相对也轻。因此稻秸秆板家具角部采用 T 型接合比 L 型接合更好。另外通过查看试验记录,在不同接合条件下,试件极限载荷的瞬时偏转角度也不同(表 1)。

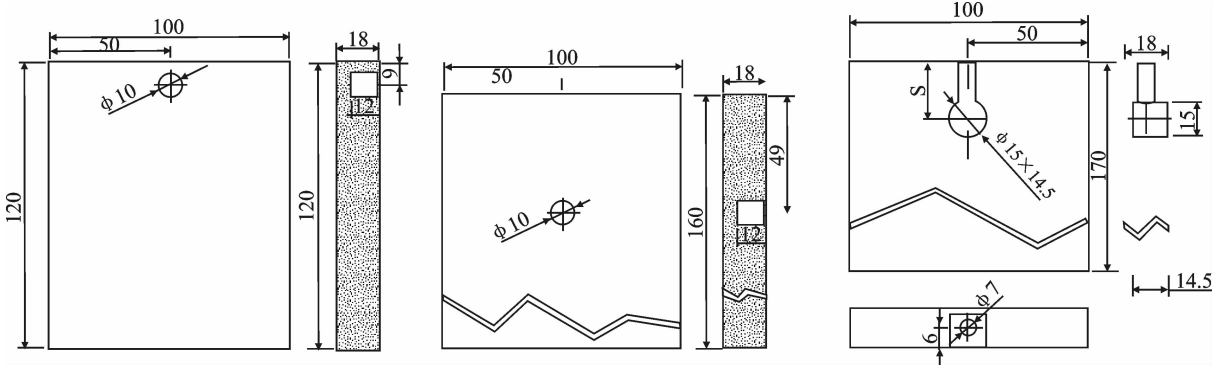


图 2 L、T 型试件安装尺寸/mm

Fig. 2 L&T type specimens installation dimension

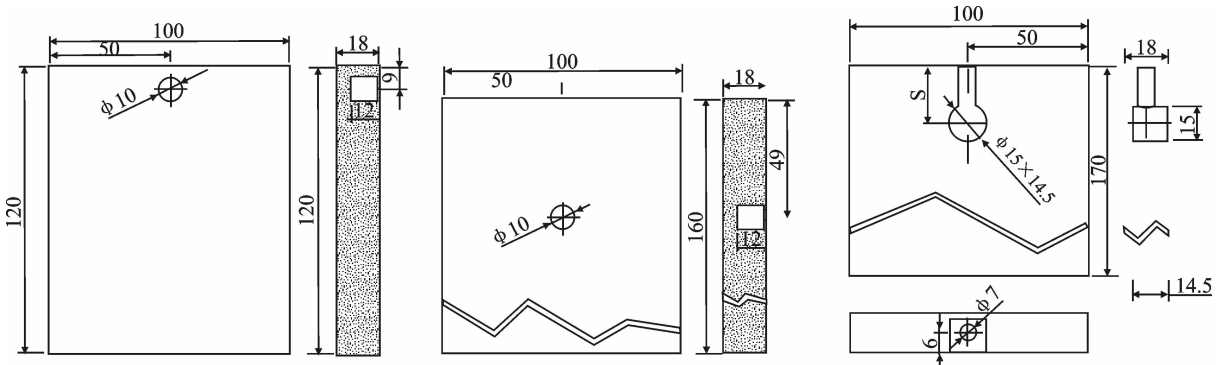


图 3 L、T 型接合的试件破坏情况

Fig. 3 L&T type specimens installation dimension

表 1 极限载荷时试件瞬时偏转角度

Table 1 Specimens' instantaneous deflection angle of ultimate load

接合方式	基材	螺杆长度/mm	试件偏转角度
L 型	MDF	24	5.94
		34	5.92
	PB	24	11.24
		34	10.94
	RSP I	24	10.20
		34	9.65
	RSP II	24	10.69
		34	9.87
T 型	MDF	24	11.31
		34	9.57
	PB	24	19.29
		34	18.74
	RSP I	24	14.86
		34	14.61
	RSP II	24	16.35
		34	16.07

由表 1 可知,同等条件下,采用 34 mm 螺杆的试件其偏转角度均要小于 24 mm 螺杆,L 型试件的偏转角度要小于 T 型。这就说明螺杆越长,试件接点抵抗极限载荷破坏的能力越好。另外由于 L 型试件的极限载荷要远小于 T 型,相应地其偏转角度也小于 T 型,但是其试件端部破坏程度却比 T 型严重得多,因而在同等加载条件下,采用 T 型接合对家具零部件的破坏性较小。并且从整体来看,4 种基材试件的偏转角度从大到小依次为:PB>RSP II>RSP I>MDF,这与极限载荷有很大关系,载荷越大,相应地偏转角度也大。但是 PB 由于结构与 RSP II、RSP I、MDF 不同,其获得极限载荷的时间较长,因而其偏转角度也大。

2.2 不同基材在不同条件下的极限载荷分析

本试验在 2 种螺杆长度、2 种接合方式条件下采用单因素随机试验,试验因素为 4 种不同基材,即 4 个水平,每水平重复 6 次。利用单因素方差分析法,对 4 种组合方案进行 *F* 值检验,其 *F* 值如下:采用 24 mm 螺杆,L 型接合方式时,*F* 值为 29.84;采用 24 mm 螺杆,T 型接合方式时,*F* 值为 9.43;采用 34 mm 螺杆,L 型接合方式时,*F* 值为 13.75;采用 34 mm 螺杆,T 型接合方式时,*F* 值为 12.30,4 种组合方案下 *F* 值明显大于 $F_{0.01}(3,20)=4.94$,因而也就说明板材因素的变化对最大载荷的影响特别显著。现进行多重比较显著性水平分析,结果见表 2。

由表 2 可知,结合多重比较分析,在不同接合方式和不同螺杆长度的条件下,4 种基材的载荷相差较大。在采用 24 mm 螺杆、L 型接合方式时,RSP II 和 RSP I 的极限载荷完全优于 PB 和 MDF,其原因

因主要是前二者的内结合强度要优于后二者。内结合强度越大,则板材内部结构越致密,其抵抗外部载荷的抗拔能力越好。在采用 24 mm 螺杆、T 型接合方式时,RSP II 和 RSP I 的极限载荷介于 PB 和 MDF 之间,并且 RSP II 与 PB 的载荷接近,其原因可能与 PB 的结构有关。PB 刨花较硬,中间层间隙大,预埋螺母的倒刺能够紧紧勾住刨花,因而能够得到较大的极限载荷。在采用 34 mm 螺杆、L 型接合方式时,RSP II 的极限载荷完全优于 RSP I、PB 和 MDF,并且 RSP I 与 PB、MDF 的载荷接近,其原因与密度和内接合强度有关,RSP II 的密度和内结合强度要明显大于后三者。相同公称厚度,密度和内结合强度越大,其结构的致密度就越高,相应地其极限载荷就越大。在采用 34 mm 螺杆、T 型接合方式时,RSP II 的极限载荷完全优于 RSP I、PB 和 MDF,并且 RSP I 介于 PB 和 MDF 的之间。

表 2 4 种基材在不同试验条件下与极限载荷的多重对比分析

Table 2 Comparative analysis of multiple of four substrate samples with different test conditions and ultimate loads

螺杆	接合方式	基材	载荷/N(标准差)	显著性	
				$p<0.05$	$p<0.01$
24 mm	L 型	RSP II	57.28(3.58)	<i>a</i>	A
		RSP I	50.48(3.49)	<i>b</i>	A
		PB	42.36(3.95)	<i>c</i>	B
		MDF	32.26(2.44)	<i>d</i>	C
	T 型	PB	82.90(8.23)	<i>a</i>	A
		RSP II	76.12(5.82)	<i>ab</i>	AB
		RSP I	69.25(5.46)	<i>b</i>	BC
		MDF	59.61(2.99)	<i>c</i>	C
34 mm	L 型	RSP II	58.18(4.38)	<i>a</i>	A
		RSP I	44.84(4.6)	<i>b</i>	B
		PB	44.16(5.10)	<i>b</i>	B
		MDF	34.68(5.13)	<i>c</i>	B
	T 型	RSP II	83.27(4.41)	<i>a</i>	A
		PB	78.29(5.18)	<i>a</i>	AB
		RSP I	67.80(5.32)	<i>b</i>	BC
		MDF	63.35(4.68)	<i>b</i>	C

注:大写字母表示 0.01 极显著水平,小写字母表示 0.05 显著水平;字母相同时表示此区间差异不显著,字母不相同表示此区间差异显著。

2.3 不同试验条件下 4 种基材的破坏弯矩和刚性效率分析

破坏弯矩是接点发生临界破坏时所承受最大载荷的能力。从图 4 可以看出,使用 L 型接合,无论 24 mm 螺杆还是 34 mm 螺杆,RSP II 的破坏弯矩最大,分别达到 8.6 N·M、8.7 N·M,其后依次为 RSP I、PB、MDF。但是对于 T 型接合,PB 的破坏弯矩表现突出,原因是预导孔为 10 mm 时($\alpha=0.91$, α 为预埋螺母的预导孔与预埋螺母外直径之比),PB 基材使用的尼龙预埋螺母的抗拔力相当高,加之其刨花粗大,能够使预埋螺母的外表面与预导孔内壁形成紧密接合,产生较大的摩擦力,从而最终提高了 PB 基材的破坏弯矩。在 T 型接合时,RSP

I 和 RSP II 的破坏弯矩仍然大于 MDF,这也说明,RSP I 和 RSP II 应用在家具上时其破坏弯矩完全达标(MDF 板材经过测验各项性能指标达到了国家家具用材的标准)。同时发现 34 mm 安装孔距的破坏弯矩 >24 mm 安装孔距的破坏弯矩,T 型接合的破坏弯矩大于 L 型接合的破坏弯矩。而 L 型接合破坏弯矩较低的原因是由于其接合的尼龙预埋螺母距离板件端部太近,板件受载荷作用后,该处极容易产生开裂,降低了破坏弯矩值^[5]。

刚性效率是衡量板材在载荷作用下保持刚度的能力。从图 5 可以看出,在各种接合条件下,4 种基材的接点刚性效率从高到低依次为 RSPII、RSP I、PB、MDF,尤其是 RSP II,在 T 接合时其 24 mm 螺杆和 34 mm 螺杆的刚性效率分别达到 $5.2\text{ K}\cdot10^{-2}$ 和 $6\text{ K}\cdot$

10^{-2} 。这也证明了稻秸秆板家具的角部抗变形能力强于 MDF 和 PB。同时发现 34 mm 安装孔距的刚性效率要好于 24 mm 安装孔距的刚性效率,T 型接合的刚性效率大于 L 型接合的刚性效率。

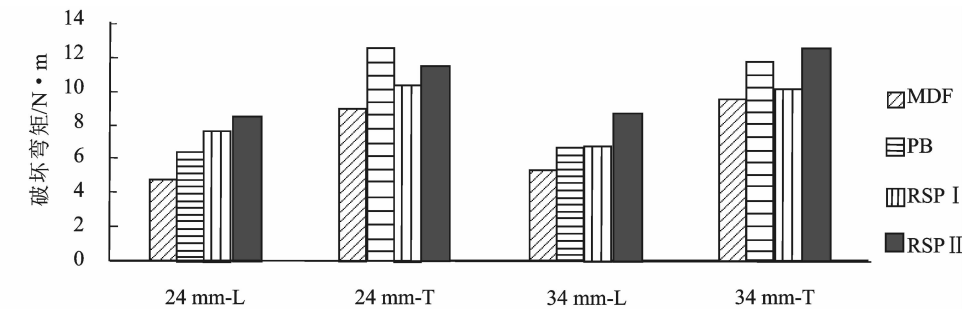


图 4 不同试验条件下 4 种基材的破坏弯矩

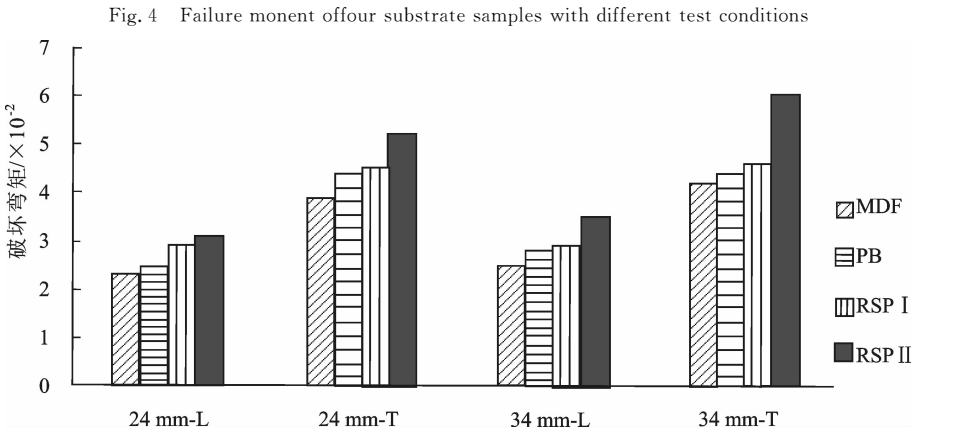


图 5 不同试验条件下 4 种基材的刚性效率

Fig. 4 Failure moment of four substrate samples with different test conditions

Fig. 5 Rigid efficiency of four substrate samples with different test conditions

3 结论

稻秸秆板家具采用 L 型接合时 24 mm 螺杆的破坏性比 34 mm 大。对于相同的基材,T 型接合的破坏弯矩和刚性效率要比 L 型的大。基材对接合件的刚性效率影响较大,刚性效率由大到小依次为中密度稻秸秆板Ⅱ>中密度稻秸秆板Ⅰ>刨花板>中密度纤维板。基材对接合点的破坏弯矩的规律比较明显,破坏弯矩由大到小总的趋势是中密度稻秸秆板Ⅱ>中密度稻秸秆板Ⅰ>刨花板>中密度纤维板。随着偏心体安装孔距的增大破坏弯矩和连接刚性效率都会增大,但增幅不超过 20%。因而在采用三合一偏心连接件的稻秸秆板家具中应优先考虑 T 型接合和较长的螺杆。

致谢:本论文得到梅州市汇胜木制品有限公司及国家林业局的财政资助。

参考文献:

[1] 申黎明,朱云. 稻草板与尼龙预埋螺母接合的抗拔性能[J]. 南京林业大学学报,2011,35(4):79-82.
SHEN L M, ZHU Y. Drawing strength of nylon embed screw nuts jointed with strawboard[J]. Journal of Nanjing Forestry University,2011,35(4):79-82. (in Chinese)

[2] 司传领. 板式家具角部接合性能的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2002.
[3] 崔成娟. 板式家具偏心连接件接合性能研究[D]. 南京:南京林业大学,2006.
[4] LI X J. Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries[J]. Bioresource Technology,2010 (101):4662-4666.
[5] ALI NACI TANKUT, NURGUL TANKUT. Evaluation the effects of edge banding type and thickness on the strength of corner joints in case-type furniture[J]. Materials and Design, 2010 (31): 2956-2963.
[6] 关惠元. 板式家具结构—五金连接件及应用[J]. 家具,2007 (4):59-69.
GUAN H Y. The structure of RTA furniture—the joint and application of hardware[J]. Furniture ,2007(4): 59-69. (in Chinese)
[7] 王道静,吴智慧. 无框蜂窝板板式家具五金连接件的开发与应用[J]. 林产工业,2009,36(1): 50-52.
WANG D J, WU Z H. Development and application of the hardware for frame free cellular board furniture[J]. China Forest Products Industry,2009,36(1): 50-52. (in Chinese)
[8] 海福乐五金(中国)有限公司. 更易于安装的新偏心连接件[J]. 家具,2012(6): 74-75.
[9] 柳万千. 家具力学[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1993.