

家具用定向刨花板的连接力学性能

刘鹏刚, 孙 浩, 杨 赓

(宁波职业技术学院 建工学院, 浙江 宁波 315800)

摘 要:利用力学加载的试验方法,测试板材在不同孔径比(α)情况下的极限抗拉拔力。根据定向刨花板与偏心连接件胀栓的连接配合关系,研究孔径比(α)对不同密度定向刨花板(OSB)、中密度纤维板(MDF)和普通刨花板(PB)之间极限抗拉拔强度的影响。结果表明,在导向孔径从小变大的过程中,试件的极限抗拔力会随着孔径比 α 值的增大而逐步增大,在达到各自某一个最大值后呈现逐步下降的趋势,定向刨花板的最大极限抗拔力出现在 α 值为0.91~0.93之间;当孔径比 α 值在0.91附近时,MDF、PB、OSB 3种人造板材的极限抗拔力都处在相对较高的水平,极限抗拔力的大小顺序为OSB II、OSB I、PB、MDF。在此阶段,OSB II板材的极限抗拔力明显高于其他3种人造板材的极限抗拔力;在同等公称尺寸的情况下,人造板材密度越高,内结合强度越强,随之极限抗拔力则越高,结构越牢固。对于定向刨花板,OSB II的极限抗拔力高于OSB I,同时各项性能也明显优于常用的刨花板和中密度纤维板。

关键词:定向刨花板;孔径比;抗拔力;胀栓

中图分类号:S781.64 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)03-0249-05

Mechanical Properties of the Connection of Oriented Strand Board for Furniture

LIU Peng-gang, SUN Hao, YANG Cheng

(College of Architectural Engineering, Ningbo Polytechnic, Ningbo, Zhejiang 315800, China)

Abstract: Using the mechanical loading method, the ultimate pullout force of the panel in the case of different hole-diameter ratios (α) was tested. According to the connection and cooperation between the OSB (oriented strand board) and the expansion bolt of the eccentric connecting piece, the effects of aperture ratio (α) on the tensile strength limit between OSB with different densities, MDF (medium density fibre-board) and PB (particle board) were investigated. The results indicated that as the guide aperture changed from small to large, the ultimate pullout force gradually increased with the increase of the α , after reached respectively a maximum value, it tended to decline gradually. OSB maximum pullout force appeared in the alpha values between 0.91~0.93. When the alpha values were around 0.91, the ultimate pullout forces of three wood-based panels were in relatively high level. The magnitude order of the ultimate tensile stress was OSB II, OSB I, PB, and MDF. At this stage, the ultimate tensile stress of OSB II was significantly higher than those of the other three kinds of wood-based panels. In the case of the same nominal size, the higher the density of artificial board, the stronger the bonding strength is, the higher the ultimate tensile strength, the stronger the structure is. The ultimate tensile stress of OSB II was higher than that of OSB I, and the performance was also significantly better than those of common particle board and medium density fiber board.

Key words: oriented strand board; hole-diameter ratio; pulling force; expansion bolt

定向刨花板(oriented strand board,OSB)作为一种力学性能优良、握钉力强的新型材料,具有良好的锯、刨、钻、钉等加工性能和尺寸稳定等优点,是一种理想人造板材^[1-3]。从结构方式分析,定向刨花板兼具胶合板和刨花板的部分特征,作为木结构房用受力构件,主要用在建筑木结构房屋建设领域。但是长期以来产品的应用比较单一,市场开发举步维艰,发展的速度一直比较缓慢。随着生活水平的提高和对健康的持续关注,人们认识到定向刨花板独特的表面肌理极具装饰性,同时使用的胶黏剂为单一组分的异氰酸酯,无游离甲醛释放,无毒害作用^[4],属于真正的无甲醛环保板材,通过对其进行各种饰面用于家具制造与室内装修,成为木质胶合板、实木锯材的理想替代品之一^[5]。对于家具生产制造来说,定向刨花板连接方式和接合强度是家具生产工艺中一个极为关键的问题,其决定了家具产品品质和整体性能,对定向刨花板类家具与装饰领域的应用、工艺结构实施及规模化生产制造具有深远的意义^[6-8]。本研究通过4种不同人造板材与预埋胀栓的孔径配合关系,分析定向刨花板密度与抗拔强度之间的关系,不同定向刨花板之间及定向刨花板与刨花板和中密度纤维板之间抗拔性能上的差异性,以探讨定向刨花板与预埋胀栓接合性能。

1 材料与方法

1.1 材料

所用板材为中密度纤维板(MDF),普通刨花板(PB),定向刨花板Ⅰ(OSBⅠ)、定向刨花板Ⅱ(OSBⅡ)4种人造板材,其厚度均为18 mm,所采用中密度纤维板密度为 $0.75\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,内结合强度为 0.37 MPa ;普通刨花板密度为 $0.74\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,内结合强度为 0.41 MPa ;定向刨花板Ⅰ密度为 $0.69\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,内结合强度为 0.51 MPa ;定向刨花板Ⅱ密度为 $0.78\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,内结合强度为 0.58 MPa ,定向刨花板均采用异氰酸酯胶。本试验采用的预埋胀栓为海蒂诗公司生产的Rastex25系列的33号尼龙胀栓,力学试验机采用上海圆派科学仪器有限公司生产的33系列落地式型电子万能试验机。试验速度设定为 $10\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,载荷测量精度为 0.01 N 。

1.2 拉拔试验方法

通过4种人造板材与预埋胀栓连接性能及其规律,研究定向刨花板的连接力学性能。在预埋胀栓规格尺寸一致、导向孔深度为12 mm的情况下,比较4种人造板材的与预埋胀栓接合性能,分析总结其接合强度和最佳配合参数。在试验的过程中,主要按照国家标准GB/17657—2013《人造板及饰面

人造板理化性能试验方法》^[9]。同时,参考马耀馥^[10]等预埋胀栓连接强度的测试方法,结合人造板握钉力的持续加载过程,进行预埋胀栓抗拔力性能测试(图1)^[10-12]。

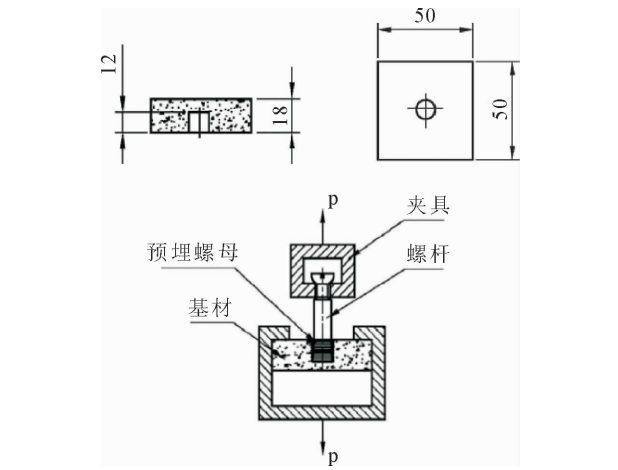


图1 试件尺寸及预埋螺母极限抗拔力测试原理
Fig. 1 Specimen size and embedded expansion bolt ultimate pullout force test schematic

板材试件(图1)的尺寸为 $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}\times 18\text{ mm}$,在中心位置钻一个垂直于板面的导向孔,深度12 mm,孔壁平整无毛刺。然后,先将胀栓正确入埋导向孔内,再将连接件螺杆按照要求拧入预埋胀栓内,并保持与试件表面垂直,以保证试验的准确性^[13]。

在家具生产过程中,零部件的安装主要采用膨胀配合、过盈配合、膨胀与过盈配合相结合等3种连接方式。导向孔的直径与预埋胀栓的粗细决定了他们的连接强度,其配合关系可表示为:

$$\alpha = d/D \tag{1}$$

式中, α 为安装预埋胀栓导向孔内与胀栓外径的比值; d 为预埋导向孔内径; D 为预埋胀栓外径。

根据安装工艺配合方式及设备规格,孔径比 α 相应地取0.87、0.89、0.91、0.93、0.95。4种板材分别进行5个级别的测试,针对每种板材的每个 α 级别,进行最大抗拔力重复性测试6次,准确记录下每次数据^[14]。随后对试验数据进行数理分析,用方差分析的方法探讨孔径比对拉拔试验的影响程度。

2 结果与分析

2.1 不同密度定向刨花板的抗拉拔形变和损伤力学性能

当孔径比 $\alpha=0.89$ 时,OSBⅡ的极限抗拔力达到最大值。同中密度纤维板和普通刨花板相比较,不同的孔径比对应的破坏形式表现各异,定向刨花板的表现相对稳定,除了少量导向孔周边表皮刨花

产生小范围剥离的情况外,隆起程度也比较小。结合整个试验破坏结果来观察,OSBⅠ试件的剥离和隆起的程度和概率都大于 OSBⅡ试件。对于不同的 α 值 OSBⅠ的试件都会产生不同程度的隆起和剥离, α 的值越小,隆起程度越强。OSBⅡ试件的随着 α 值增大,破坏的程度越小。尤其当 $\alpha=0.95$ 时,OSBⅡ的试件并没有出现明显的剥离和隆起的现象。但经试验后观察,导向孔内壁有压痕和刮擦痕迹。在密度相同的情况下,定向刨花板的内结合强度都高于中密度纤维板和刨花板,拉拔隆起程度都相对较弱,所以表层无明显的剥离现象。OSBⅡ与

表 1 不同孔径比对最大抗拔力影响的方差分析

Table 1 The analysis of variance for the effect of hole-diameter ratio on maximum drawing strength

板材种类	变异	均差平方和	自由度	均方差	F 值
中密度纤维板	组间	77 084.48	4	19 271.120 6	3.36 *
	组内	143 258.41	25	5 730.336 2	
	总变异	220 342.89	29		
普通刨花板	组间	599 541.23	4	149 885.306 6	21.46 * *
	组内	174 585.69	25	6 983.427 6	
	总变异	774 126.92	29		
定向刨花板Ⅰ	组间	659 421.62	4	164 855.405 4	22.52 * *
	组内	183 037.93	25	7 321.375 2	
	总变异	842 459.55	29		
定向刨花板Ⅱ	组间	881 319.56	4	220 329.887 9	26.38 * *
	组内	208 811.83	25	8 352.473 1	
	总变异	1 090 131.39	29		

注: * 表示 $P=0.05$ 水平上的差异显著; * * 表示 $P=0.01$ 水平上的差异显著。

根据多重比较分析,4 种板材都有最佳 α 值极限抗拔力,相差较大。对于普通尼龙预埋胀栓,中密度纤维板的最佳 α 值为 $0.89\sim0.91$;普通刨花板 PB 的最佳 α 值为 $0.89\sim0.93$;当 α 值在 0.91 附近时 OSBⅠ的抗拉拔性表现最佳,而 OSBⅡ的最佳 α 值在 $0.91\sim0.93$ 附近(表 2)。

2.3 孔径比 α 与不同密度定向刨花板抗拔力的关系

在试验初始阶段,4 种板材试件的极限抗拔力随着 α 值的逐步增加而增大,当到达各自某一个最大值后,随着 α 值的增大而迅速降低。其中,OSBⅡ的表现都强于其他 3 种板材试件,同一测试区间,其最大抗拔力表现明显,说明了人造板材的密度和内结合强度决定了极限抗拔力的大小和适用范围。虽然板材随着孔径比的变化,极限抗拔力变化的具有一定的相似性,但是从整体趋势来看 OSB 的极限抗拔力要高于 MDF 和 PB,PB 要高于 MDF(图 2)。

当孔径比 $\alpha=0.91$ 时,PB、OSBⅠ的极限抗拔力达到最大,当孔径比 $\alpha>0.91$ 时,虽然倒刺工作正常,但是胀栓的外壁与导向孔的内壁不能形成更有效的膨胀与过盈配合,抗拔力亦不是最大。当 $\alpha<0.91$ 时,由于倒刺被压弯,不能完全嵌入刨花(图 2)。

OSBⅠ相比较,表面隆起程度要小些。

2.2 不同密度定向刨花板的极限抗拔力

在 4 种人造板材在不同孔径比 α 的单因素试验结果分析表明,不同的 α 值分为 5 组,每个 α 值做 6 次试验,然后对每种板材进行 30 个数据的方差分析, F 测验结果表明,5 种不同的 α 值对 4 种不同人造板的抗拔力的影响极显著。不同的孔径比对普通刨花板、定向刨花板Ⅰ、定向刨花板Ⅱ3 种板材的极限抗拔力的影响达极显著水平,而对于中密度纤维板的影响仅为显著水平(表 1)。

表 2 不同孔径比条件下的极限抗拔力比分析

Table 2 The maximum drawing strength and comparative analysis of different hole-diameter ratios

板材类型	α 值	抗拔力/N	差异显著性	
中密度纤维板	0.89	865.68	a	A
	0.91	851.87	a	AB
	0.93	832.17	a	AB
	0.87	802.31	ab	AB
	0.95	709.63	b	B
刨花板	0.91	958.42	a	A
	0.89	936.21	a	A
	0.93	881.27	a	A
	0.87	701.32	b	B
	0.95	630.63	b	B
定向刨花板Ⅰ	0.91	1 033.21	a	A
	0.89	1 004.37	a	A
	0.87	843.82	ab	AB
	0.93	931.07	ab	AB
	0.95	726.69	b	B
定向刨花板Ⅱ	0.91	1 170.75	a	A
	0.93	1 087.21	a	A
	0.89	1 057.48	a	A
	0.87	903.94	b	AB
	0.95	767.26	c	B

注:大写字母表示极显著水平 ($P<0.01$),小写字母表示显著水平 ($P<0.05$)。

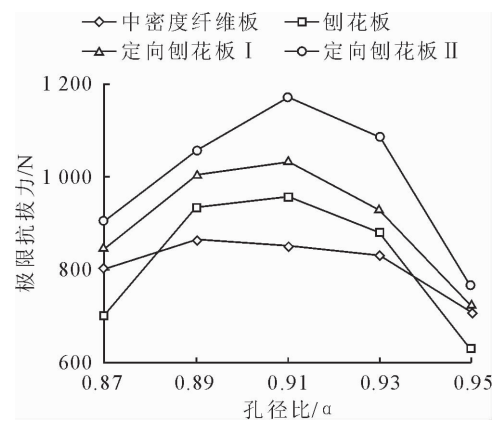


图 2 预埋胀栓极限抗拔力与 α 值的关系

Fig. 2 Relationship between embed nut ultimate drawing strength and α value

MDF 的极限抗拔力在 α=0.89 时达到最大。在 α=0.89 时,其极限抗拔力均值为 865.68 N(均值),随后极限抗拔力开始平缓下降;当 α=0.91 时,MDF 极限抗拔力为 851.87 N,极限抗拔力增加幅度仅为 1.65%。多重比较分析表明,当孔径比在 α=0.89 和 α=0.91 之间时,其极限抗拔力差异性不显著。所以, MDF 在 α=0.89 和 α=0.91 之间时,导向孔极限抗拔力作用效果相当。

根据板式家具生产制造的预导向孔工艺,分析比较板材 α=0.91 时的极限抗拔力,从高到低依次是 OSB II、OSB I、PB、MDF,其对应的试验数据分别为 1 170.75、1 033.21、958.42N 和 851.87N。相比 PB 的极限抗拔力,OSB I 高出 7.8%,OSB II 高出 22.1%。

3 结论与讨论

在试验的过程中,板材试件预埋胀栓被匀速缓慢地拔出导向孔,胀栓的倒刺在受到来自结构层阻力,螺母外壁也承受了强大摩擦力的作用。当孔径比 α=0.89 时,OSB II 的极限抗拔力达到最大值,这主要由于定向刨花板采用 80 a 以上的杨木为原料,制成的刨片厚度为 0.4~0.8 mm,长度为 90~150 mm,规格尺寸都比较统一,长度方向与木纤维方向相同,被认为小块单板。另外,采用异氰酸酯胶黏剂,安全无毒。它的活性基团和刨片中的纤维素、水、木质素中的羟基(-OH)发生化学反应,生成脲基和氨基甲酸酯,具有很强的化学键胶粘。正是基于以上物理和化学两方面的原因,定向刨花板材质均匀紧密,结构稳定性好,内结合强度比较大。胀栓的倒刺能完全嵌入结构层,增大了有效接触面积,从而导向孔内壁与胀栓的外壁形成过盈配合,阻挡的同时增加了摩擦力,从而形成最大抗拔力。板材孔

径比 α 值过于小时,预导孔会使胀栓的倒刺被严重挤压而变形,很难嵌入导向孔的内壁基材里,不能形成有效阻挡;相反,导向孔过大会使倒刺与其内壁的摩擦作用降低。

从定向刨花板的结构看,板坯铺装时表层直接接触热压板,温度高,干燥速度快,表层的胶黏剂先固化,失去弹性,收缩压缩量大,单位密度随之变大;相反由于芯层的刨花没有表层铺装的均匀,仍保持一定弹性,产生压缩阻力,使得单位密度随之减小。由于受到温度和压力传递的影响,在板坯热压的过程中形成从外到里的密度和温度梯度,表层由于温度高、含水率高和蒸发快等特点,造成密度高、结合力强,具有一定硬脆性。

OSB II 与 OSB I 相比较,表面隆起程度要小些,主要因为前者的密度和内结合强度等物理指标都大于后者。所以,在相同条件下,定向刨花板密度越大,其板材的长刨花排列越紧密,材质越均匀,各项力学性能也就越强。

在板式家具结构设计中,连接强度是关键性考虑因素。孔径比 α 与预埋胀栓的极限抗拔力的大小有极大的关系。当孔径比 α=0.91 时,PB、OSB I 的极限抗拔力达到最大,可能由于 2 种板材结构类似,虽然 OSB I 的密度小于 PB,但其内结合强度相当或略大。同普通刨花板相比,OSB 的刨花长宽比大,为薄的扁平状大刨花,在长度方向上与木材纤维方向保持一致,由于木材纤维未被破坏,所以刨花本身基本保留了木材的天然力学特性。当胀栓的潜入导向孔内的时候,倒刺能够充分嵌入大的刨花与内壁形成紧密有效的摩擦,从而获得更高的极限抗拔力。定向刨花板极限抗拔力最大可用于制造家具和装饰装修,应用尼龙胀栓预埋工艺完全保证结构强度。同时,OSB II 按照最佳的 α 值(0.91)钻导向孔,则比 PB 高出 20%以上,使得家具的接合强度更高,品质更加稳定。

中密度纤维板(MDF)、普通刨花板(PB)、定向刨花板 I (OSB I)、定向刨花板 II (OSB II) 4 种板材的极限抗拔力与孔径比之间的关系具有一定相似性。试件的导向孔径从小变大的过程中,极限抗拔力会随着孔径比 α 值的增大而逐步增大,在达到各自某一个最大值后呈现逐步下降的趋势。当孔径比 α 值在 0.91 附近时,3 种人造板材的极限抗拔力都处在相对较高的水平,其大小顺序依次为 OSB II、OSB I、PB、MDF。同时,OSB II 板材的极限抗拔力明显高于其他 3 种人造板材。人造板材极限抗拔力同密度和内结合强度存在着一定的相关关系,人造板材密度越高,内结合强度越强,随之极限抗拔力则

越高,结构越牢固,同时各项性能也优于常用的刨花板和中密度纤维板。

定向刨花板连接预埋胀栓的强度优于普通刨花板和中密度纤维板材,良好的连接力学性能决定了其不仅适宜作建筑结构用材,还可用于家具制造、室内装修包装工程和等交通运输等多个领域。利用偏心连接胀栓预埋孔的尺寸参数和安装连接工艺,为家具设计人员应用研究、生产厂家的技术改进提供一定的参考价值。

参考文献:

[1] 马晓君,齐英杰,徐杨,等. 定向刨花板工业化生产的前景与效益[J]. 木材加工机械,2015,26(1):52-54.
MA X J, QI Y J, XU Y, *et al.* Industrial prospect and benefit forecast of wooden door hardware hole slot machining in China [J]. Wood Processing Machinery, 2015, 26(1): 52-54. (in Chinese)

[2] 言智钢,盛振湘. 定向刨花板生产工艺问题探讨[J]. 林产工业, 2009, 23(3): 32-33.
YAN Z G, SHENG Z X. Discussion on the production technology of OSB[J]. China Forest Products Industry, 2009, 23(3): 32-33. (in Chinese)

[3] 许斌,詹先旭,陈立衡,等. 室内装修用特制定向刨花板[J]. 家具, 2014, 35(6): 25-29.
XU B, ZHAN X X, CHEN L H, *et al.* Special OSB used in interior decoration[J]. Furniture, 2014, 35(6): 25-29. (in Chinese)

[4] 于文吉,张方文,吴大为,等. 定向刨花板市场应用和研究现状及新进展[J]. 中国人造板, 2008(9): 1-5.
YU W J, ZHANG F W, WU D W, *et al.* Current situation and new development of oriented strand board[J]. China Wood-Based Panels, 2008(9): 1-5. (in Chinese)

[5] 张玉萍,吕斌. 国外定向刨花板原材料选用研究进展[J]. 中国人造板, 2016(4): 1-9.
ZHANG Y P, LV B. Research developments of abroad oriented strand boards industry on raw material adoption [J]. China Wood-Based Panels, 2016(4): 1-9. (in Chinese)

[6] 梅长彤,雍宸. 我国定向刨花板工业发展历史、现状和机遇[J].

中国人造板, 2016(3): 6-9.
MEI C T, YONG C. History, current situation and opportunities of oriented strand board industry development in China [J]. China Wood-Based Panels, 2016(3): 6-9. (in Chinese)

[7] 朱云,黄琼涛,孙宏南,等. 稻秸秆板与偏心连接件的结合性能分析[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(2): 221-225.
ZHU Y, HUANG Q T, SUN H N, *et al.* Bonding properties of rice-straw particleboard and eccentric fittings [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(2): 424-427. (in Chinese)

[8] 申黎明,朱云,宋杰,等. 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:自然科学版, 2011, 35(4): 79-82.
SHEN L M, ZHU Y, SONG J, *et al.* Drawing strength of nylon embed screw nuts jointed with strawboard[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2011, 35(4): 79-82. (in Chinese)

[9] GB/T17657-1999. 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, 1999.

[10] 马耀驭,文玉旺. 板式家具结构强度研究[J]. 木材工业, 1982(4): 13-22.
MA Y Y, WEN Y W. Study on structural strength of plate furniture [J]. China Wood Industry, 1982(4): 13-22. (in Chinese)

[11] 崔戎娟. 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.

[12] 袁喜生,于伸. 家具质量检测技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2014.

[13] 贾翀,张洋,王方先,等. 不同优化工艺对稻草刨花板物理力学性能的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 201-204.
JIA C, ZHANG Y, WANG F X, *et al.* Influence of different optimizing technologies on the physical and mechanical properties of rice-straw particleboards [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(3): 201-204. (in Chinese)

[14] 殷苏州. 竹材定向刨花板工艺和性能的研究[J]. 南京林业大学学报, 1987(3): 65-72.
YIN S Z. A study of technology and properties of oriented bamboo strand board [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1987(3): 65-72. (in Chinese)