

桉木单板剩余物定向刨花板的制备

柯少秋, 张凯, 何中天, 农育红, 莫英, 程芳超
(广西大学 资源环境与材料学院, 南宁 530004)

摘要: **目的** 为了有效地解决定向刨花板的原料问题, 利用桉木单板剩余物为原料制备定向刨花板。**方法** 通过设计正交实验, 分别探索热压温度、铺装角度、板坯厚度等因素对定向刨花板的干湿状内结合强度、静曲强度及弹性模量等各项性能的影响。**结果** 在热压温度为 130 °C, 铺装角度为 90°, 板坯厚度为 10 mm, 表芯层厚度比为 4:2:4, 醛树脂胶黏剂的施加量为 4% (以刨花干质量计) 时所制备的材料性能最佳, 内结合强度达 0.61 MPa, 平行弹性模量高达 5566.9 MPa, 平行静曲强度高达 36.85 MPa。**结论** 利用桉木单板剩余物为原料所制备的定向刨花板, 力学性能均达到 LY/T 1580—2010 定向刨花板标准中 OSB/3 的要求, 且力学性能优异, 这为制备一种低成本、高性能的定向刨花板提供了理论依据。

关键词: 桉木单板; 剩余物; 定向刨花板; 力学性能

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)11-0135-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.11.020

Preparation of Oriented Strand Board Based on Eucalyptus Veneer Residue

KE Shao-qiu, ZHANG Kai, HE Zhong-tian, NONG Yu-hong, MO Ying, CHENG Fang-chao
(College of Resources, Environment and Materials, Guangxi University, Nanning 530004, China)

ABSTRACT: The work aims to prepare oriented strand board (OSB) with eucalyptus veneer residues as raw materials, so as to effectively the problem of OSB's raw materials. The influence of hot-pressing temperature, paving angle, slab thickness and other factors on the dry/wet internal bonding strength, static bending strength, elastic modulus and other properties of OSB were investigated by designing the orthogonal experiment. The materials prepared at 130 °C with the paving angle of 90°, the slab thickness of 10 mm, the surface core layer thickness ratio of 4:2:4, and applied amount of aldehyde resin adhesive of 4% (in shaving's dry weight) exhibited the best performance, the internal bonding strength was up to 0.61 MPa, the modulus of parallel elasticity was up to 5566.9 MPa, and the strength of parallel static bending was up to 36.85 MPa. In this study, all the mechanical properties of the OSB prepared by eucalyptus veneer residues reach the requirements of OSB/3 in OSB standard (LY/T 1580—2010), and the mechanical properties are excellent, which provides a theoretical basis for the preparation of a low-cost and high-performance OSB.

KEY WORDS: eucalyptus veneer; residue; oriented strand board; mechanical properties

木质材料是包装材料中一种重要的来源, 主要包括实木、胶合板、定向刨花板等种类^[1-2]。近年来,

随着木材资源的逐渐匮乏, 如何制备经济、环保、可持续发展的木质包装材料受到了广泛关注^[3]。其中, 定向

收稿日期: 2019-11-03

基金项目: 广西创新驱动发展专项资金 (桂科 AA17204087-16)

作者简介: 柯少秋 (1994—), 女, 硕士, 广西大学硕士生, 主攻生物质复合材料及生物质功能材料。

通信作者: 程芳超 (1985—), 男, 博士, 广西大学讲师、硕导, 主要研究方向为生物质复合材料及生物质功能材料。

刨花板 (Oriented Strand Board, OSB) 是将原木或枝丫材经刨削处理削成一定规格的刨片, 经过干燥、施胶和定向铺装处理后, 在一定温度和压力下压制而成的一种木结构板材^[4]。与传统刨花板相比, OSB 的刨花按一定方向排列, 有着良好的物理力学性能, 纵向抗弯强度比横向大很多, 使得材料的膨胀系数小^[5], 握螺钉力高, 可以作为结构材料广泛的运用在建筑行业、家具的装饰行业以及车船制造等领域^[3, 6-8]。传统的定向刨花板的原料主要为原木, 再经过相关的去皮、切片等工序生产而成, 对高质量原木需求过大, 这与我国现有的以速生林为主的森林资源情况不符^[9]。我国林业资源相对匮乏, 人均森林蓄积量不到世界平均水平的 1/6^[10], 因此急需探究出使用速生林木材及其剩余物来作为原料生产的高性能定向刨花板^[11-12]。

桉木作为华南地区主要速生林木, 种植规模大, 作为人造板原料十分易得, 且速生桉木的生长周期短, 可以满足相关生产企业对木材源源不断的需求, 因此用桉木来生产 OSB 是一个较好的选择^[6]。国内对于 OSB 的相关研究自 1980 年开始, 现在其生产工艺和性能研究方面已经取得了大量成果, 但是使用树种多为杨木或松木, 在应用桉木研究和生产定向刨花板方面还有所欠缺^[6-13]。此外, 桉木单板剩余物是用桉木单板制备胶合板时, 根据人造板所要求的不同规格尺寸, 裁切出多余的单板条, 一般情况作为锅炉燃料使用, 利用价值较低。收集桉木单板剩余物制备 OSB 能够在一定程度上减少木材资源的浪费和创造经济价值^[8-11]。

文中以桉木单板剩余物为原料来制备定向刨花板, 通过对样品的吸水膨胀率、静曲强度、弹性模量等物理力学性能研究, 检测是否达到了 LY/T 1580—2010 定向刨花板标准中 OSB/3 的相关要求, 探究是否可以应用于木质包装材料领域。

1 实验

1.1 材料

桉木单板剩余物由南宁帝旺村木业有限公司提供, 醛树脂胶黏剂 (固体质量分数为 48.9%, 棕红色液体) 购自南宁利而安黏胶制造有限公司。

1.2 OSB 制备过程

先对桉木单板废弃物进行裁切处理, 制成 OSB 生产所需的刨花, 刨花长宽比约为 4 左右, 刨花尺寸长度为 30~80 mm, 宽度为 10~15 mm, 厚度为 2.2 mm; 再按照预先设计的不同表芯层比来称取一定的刨花, 放入拌胶机中依次进行顺、逆时针旋转搅拌, 并按照实验要求的施胶量使用喷枪对刨花进行施胶处理, 施

胶量为 4% (以刨花干质量计); 将刨花放入恒温鼓风干燥箱中进行干燥处理, 干燥温度为 63 °C, 处理时间为 2 h, 最终含水率为 5%~8%; 然后对表芯层的刨花进行手工铺装, 将干燥好的刨花放入 440 mm×440 mm 的订制模具中定向铺装, 板坯一共分为上中下 3 层, 铺装过程中, 表层与芯层呈一定角度交错定向铺装 (需要使用辅助铺装角度的定制模具); 最后用 10, 12, 15 mm 的厚度规控制厚度, 将板坯放入实验用热压机 (BY102×2/100T, 苏州康威机电有限公司) 中, 在不同热压温度下进行热压 12 min, 期间注意保持热压单位压力为 1.2 MPa; 待热压完毕取出板坯陈放一定时间留待检测即可。此研究制备的 OSB 见图 1。实验设计四因素三水平的正交实验, 选择了 L₉(3⁴) 正交实验表来进行实验, 正交实验安排见表 1。

1.3 OSB 物理力学性能检测方法

参照 LY/T 1580—2010《定向刨花板》和 GB/T 17657—2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 使用微机控制电子万能试验机 (CMT5504, 深圳市新三思材料检测公司) 对板材内的结合强度、静曲强度、弹性模量等进行检测。

1.4 微观形貌分析

采用体视显微镜 (STEREO DISCOVERY.V20, 德国卡尔蔡司光学有限公司) 和扫描电子显微镜 (S-3400N, 日本日立公司) 对 OSB 样品的微观结构和胶层分布进行分析。

2 结果与讨论

2.1 正交实验设计与结果

正交实验因素水平的选择参考了相关文献中人造板的热压工艺^[14-15], 同时考虑了桉木单板剩余物的尺寸。因为制备单板剩余物 OSB 所用胶黏剂为酚醛树脂, 酚醛树脂具有固化温度较高的特点^[16], 所以温度水平选择 130, 140 和 150 °C, 人造板的铺装角度一般选用 90°, 纵横交错排列, 铺层结构采用 2 6 2 的表芯层厚度比 (表芯层比)^[17]。文中研究了铺层角度和表芯层比例对板材力学性能的影响, 选择了 45°, 60°, 90°等 3 种铺层角度, 以及 3 4 3, 2 6 2 和 4 2 4 等 3 种表芯层厚度比。探索了剩余物刨花不同排列方向和表层芯层不同比例对 OSB 力学性能的影响, 厚度水平选取 10, 12, 15 mm, 探索单板剩余物 OSB 不同的压缩程度对其物理力学性能的影响。

按照 OSB 标准中的要求, 分别对内结合强度、湿状内结合强度、弹性模量、静曲强度、吸水厚度膨胀率进行检测, 正交实验的结果见表 2。

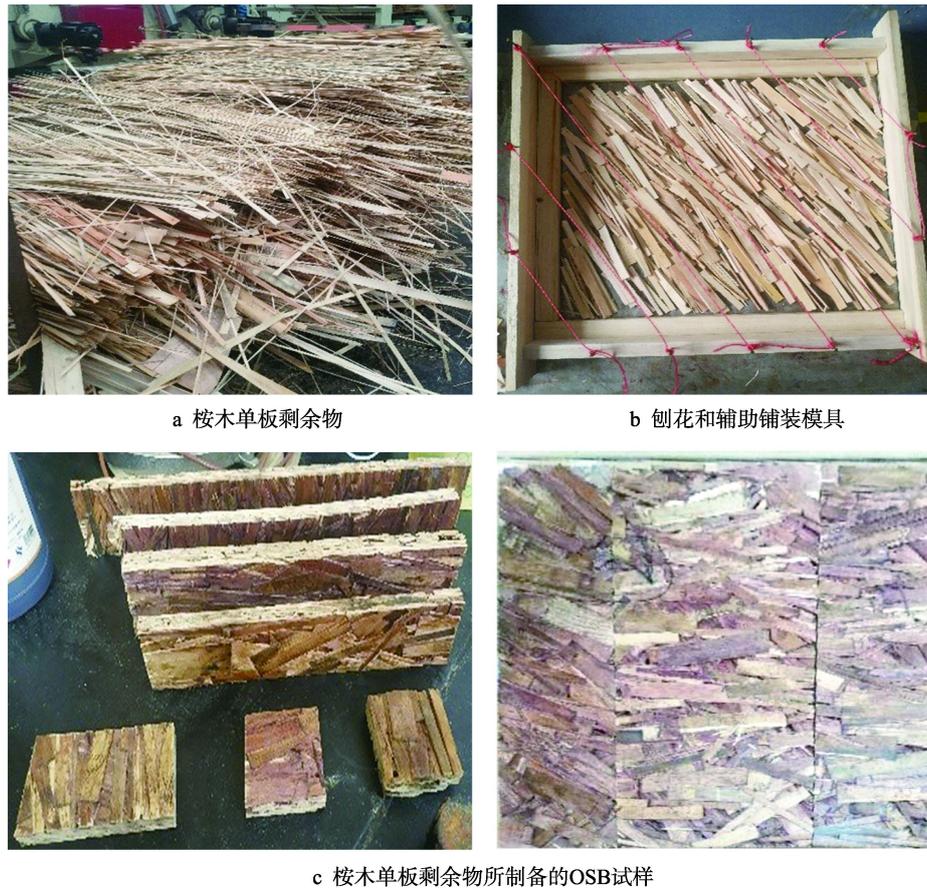


图 1 桉木单板剩余物、刨花和辅助铺装模具以及所制备的 OSB 试样

Fig.1 Eucalyptus veneer residues, wood shavings and auxiliary paving molds and OSB samples prepared

表 1 因素水平
Tab.1 Factor level table

实验编号	A 热压温度/ $^{\circ}\text{C}$	B 厚度/mm	C 铺层角度/ $^{\circ}$	D 铺层比例/%
1	150	10	90	30/40/30
2	150	12	45/45	20/60/20
3	150	15	30/60	40/20/40
4	140	10	45/45	40/20/40
5	140	12	30/60	30/40/30
6	140	15	90	20/60/20
7	130	10	30/60	20/60/20
8	130	12	90	40/20/40
9	130	15	45/45	30/40/30

注：铺层比例指 OSB 板材的上、中、下 3 层结构及
各层所需原料的质量比例

2.2 各因素对 OSB 物理力学性能的影响

2.2.1 各因素对内结合强度的影响

对正交实验的内结合强度结果进行直观分析和方差分析，结果见表 3。总体极差值 $R_C > R_A > R_B$ ，可得出

影响内结合强度的主次顺序依次是厚度、热压温度和铺装角度。通过比较 K 值可得，根据内结合强度选择的较优方案是热压温度 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，铺装角度 45° ，板坯厚度 12 mm 。对于方差分析结果，查表得 $F_{0.1}(2, 2)=9$ ，对比内结合强度的差异源 F 值，发现因素 A，B，C 的 F 值都小于临界值 $F_{0.1}(2, 2)$ 。由此可得，热压温度、铺装角度、板坯厚度对内结合强度影响不显著。

试件的干状（干燥状态下）内结合强度均高于湿状（潮湿状态下）内结合强度，见图 2。由图 2a 所示，在 $130\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，干状内结合强度先是上升后再下降，在 140° 时刨花板的干状内结合强度达到 0.7 MPa ，之后开始下降，而湿状内结合强度缓慢增加至 0.2 MPa ，这可能是由于 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是所施胶的最佳固化温度， $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时候胶液固化不完全，而 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度过高出现过固化，导致内结合强度下降。如图 2b 所示，铺装角度 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 时，试件的干状内结合强度持续下降，湿状内结合强度总体上也呈下降趋势（从 0.19 MPa 降至 0.05 MPa ）。如图 2c 所示，在 $10\sim 15\text{ mm}$ 厚度范围内，干状内结合强度先缓慢上升，后急速下降。这可能是由于试件的厚度过大时，压缩率较小，导致表层与芯层间隙较大，从而使内结合强度较低。如图 2d 所示，试件的内结合强度先上

表2 OSB物理力学性能检测结果
Tab.2 Test results of OSB's physical and mechanical properties

实验编号	密度/ (g·cm ⁻³)	弹性模量 (平行)/MPa	弹性模量 (垂直)/MPa	静曲强度 (平行)/MPa	静曲强度 (垂直)/MPa	内结合 强度/MPa	湿状内结合 强度/MPa	吸水 膨胀率/%
1	0.67	4133.83	2217.61	21.20	25.51	0.54	0.07	50.95
2	0.64	1328.91	1185.84	11.18	11.11	0.71	0.53	29.46
3	0.66	1004.64	500.49	9.19	6.20	0.50	0	24.19
4	0.75	1607.48	1398.25	17.79	14.83	0.73	0.06	63.54
5	0.72	965.82	1729.04	8.51	17.26	0.83	0.06	19.98
6	0.62	2209.63	1306.94	9.29	8.95	0.55	0.06	38.52
7	0.82	2220.35	2425.36	22.02	27.00	0.74	0.03	52.66
8	0.69	5566.95	432.08	36.85	7.16	0.61	0.02	40.23
9	0.52	585.155	755.03	4.64	8.20	0.32	0	53.82

表3 内结合强度结果的直观分析及方差分析结果
Tab.3 Results of visual analysis and variance analysis of the results of internal bonding strength

因素	A	B	C	D	差异源	SS	df	MS	F	
干状内结合强度	K ₁	1.75	1.70	1.37	2.00	A	0.0366	2	0.0183	2.2857
	K ₂	2.11	2.07	2.15	1.69	B	0.0263	2	0.0131	1.6408
	K ₃	1.67	1.76	2.01	1.84	C	0.1153	2	0.0576	7.1956
	极差 R	0.44	0.37	0.78	0.31	D	0.0160	2	0.0080	
						误差 e	0.0160	2		
湿状内结合强度	K ₁	0.61	0.59	0.17	0.63	A	0.0561	2	0.0281	1.1224
	K ₂	0.19	0.09	0.61	0.13	B	0.0500	2	0.0250	1.0000
	K ₃	0.05	0.16	0.06	0.08	C	0.0563	2	0.0281	1.1261
	极差 R	0.56	0.51	0.55	0.54	D	0.0602	2	0.0301	1.2000
						误差 e	0.0500	2	0.0250	

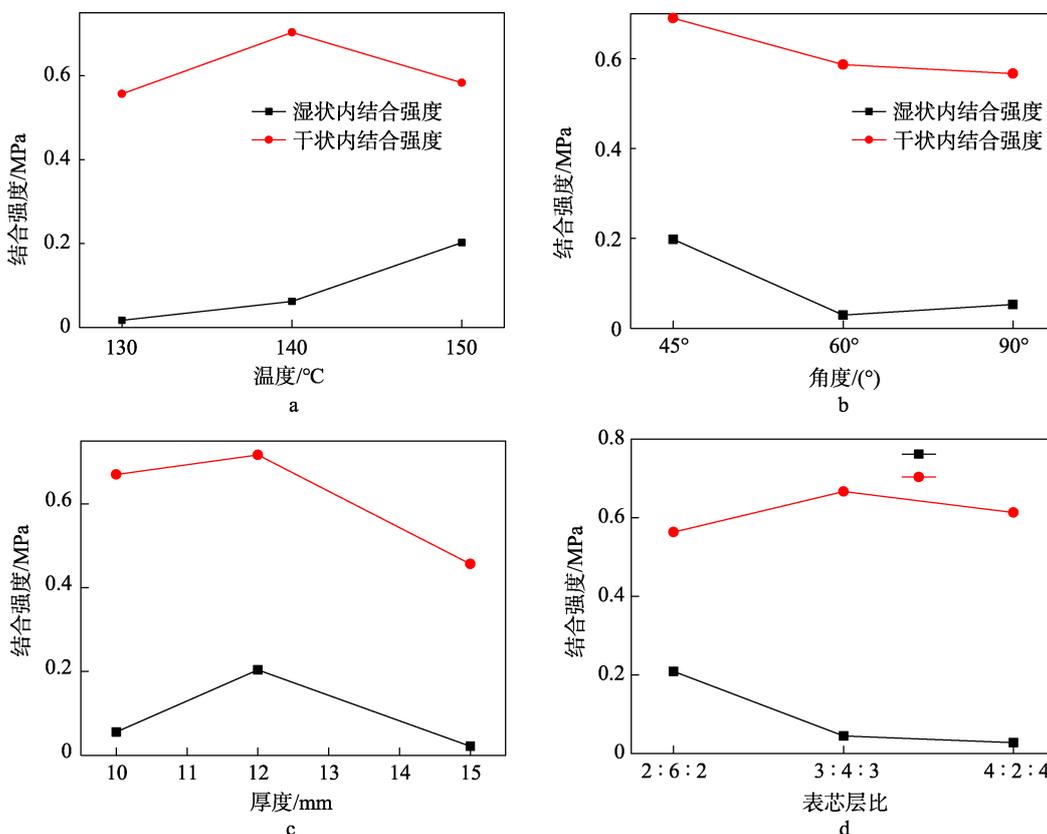


图2 各因素对内结合强度的影响
Fig.2 Influence of various factors on internal bonding strength

升后下降，在层厚比为 3 4 3 时，综合性能最佳。根据 LY/T 1580—2010 可知，10~15 mm 的非承载板材内结合强度应大于等于 0.32 MPa，图 2 中显示各因素实验结果均达到 OSB/1 型要求，部分实验条件下的干湿状内结合强度达到 OSB/3 型要求（即潮湿状态下承载板材的要求内结合强度应大于等于 0.32 MPa）。综合数据考虑，获得较好内结合强度的条件是温度 140 °C，铺装角度 45°，板坯厚度 12 mm，表芯层比 2 6 2，与直观分析结果一致。

2.2.2 各因素对吸水厚度膨胀率的影响

对正交实验的吸水厚度膨胀率结果进行直观分析和方差分析，结果见表 4。由表 4 可知，极差值 $R_C > R_B > R_A$ ，可得出影响吸水厚度膨胀率的主次顺序

是：厚度、铺装角度、热压温度。通过比较 K 值可得，根据吸水厚度膨胀率选择的较优方案是热压温度 150 °C，角度 45°，板坯厚度 10 mm。对比 F 值发现 A, B 的 F 值都大于 $F_{0.05}(2, 2)$ 小于 $F_{0.01}(2, 2)$ ，C 的 F 值大于 $F_{0.01}(2, 2)$ ，表明板坯厚度对 24 h 吸水厚度膨胀率的影响非常显著，热压温度和铺装角度对膨胀率的影响显著。

吸水厚度膨胀率随着热压温度的升高而增加，在角度和厚度因素方面都是先下降后上升，而不同表芯层比对应的吸水厚度膨胀率变化趋于平缓，见图 3。根据 LY/T 1580—2010，10~18 mm 厚度范围内 OSB/1 的 24 h 吸水厚度膨胀率应小于 25%，最优条件下的 OSB 性能接近标准中的要求，而其他条件未能达标。吸水膨胀率大于标准要求的可能原因有以下几点：浸

表 4 吸水厚度膨胀率结果的直观分析及方差分析结果
Tab.4 Visual analysis and variance analysis results of expansion rate result of water absorption thickness

因素	A	B	C	D	差异源	SS	df	MS	F
K_1	146.71	146.82	167.15	120.64	A	298.45	2	149.22	33.25
K_2	122.04	96.83	89.87	124.75	B	430.28	2	215.14	47.94
K_3	104.6	129.7	116.53	127.96	C	1027.26	2	513.63	114.45
极差 R	42.11	49.99	77.28	7.32	D	8.98	2	4.49	
					误差 e	8.98	2	4.49	

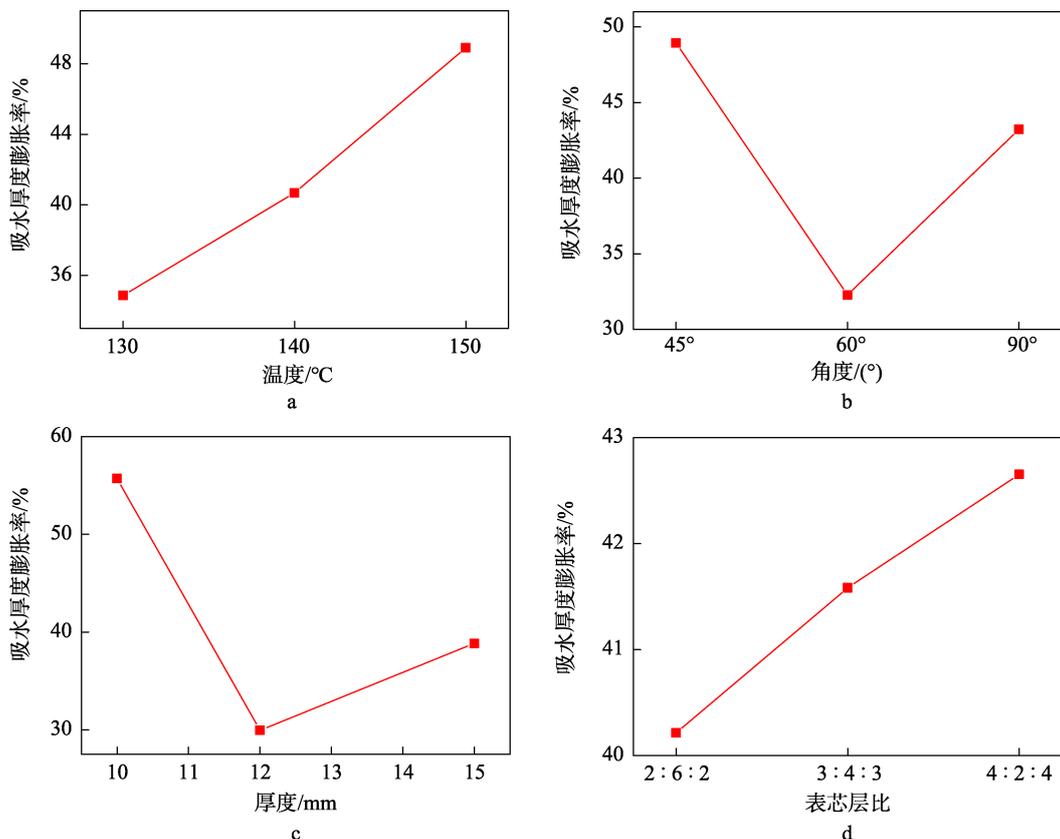


图 3 不同因素对 OSB 吸水膨胀率的影响
Fig.3 Influence of different factors on OSB's water absorption expansion rate

胶量过少,胶黏剂固化后未能将刨花单元封闭起来,水煮处理过程中易稀释膨胀;所选用的桉木单板剩余物厚度较大(2.2 mm),极易从板材端面吸水膨胀,相比传统的OSB刨花(厚度仅0.4 mm)具有更强的吸水性。由此可见,需要在后续研究中尝试通过增加浸胶量、减小结构单元尺寸等方式优化其吸水厚度膨胀率。

2.2.3 各因素对静曲强度的影响

对正交实验不同方向的静曲强度结果进行了直观分析和方差分析,结果见表5。从表5可知,静曲强度(平行)的极差值为 $R_C > R_B > R_D$,静曲强度(垂直)的极差值 $R_C > R_D > R_B$,则可以得出影响静曲强度(平行)的因素的主次顺序依次是:厚度,铺装角度,表芯层比;影响静曲强度(垂直)的因素的主次顺序依次是:厚度,表芯层比,铺装角度。通过比较 K 值,可知最优的静曲强度(平行)对应的条件是表芯层4 2 4,角度 90° ,板坯厚度10 mm;最优的静曲强度(垂直)对应的条件是角度 45° ,厚度10 mm,表芯层比3 4 3。对 F 值验证可得,发现静曲强度(平行)的B,C,D因素的 F 值都小于 $F_{0.1}(2, 2)$,这表明热压温度铺装角度、表芯层比、板坯厚度对静曲强度(平行)的影响不显著;静曲强度(垂直)因素B的 F 值大于 $F_{0.05}(2, 2)$ 小于 $F_{0.01}(2, 2)$,C和D的 F 值大于 $F_{0.01}(2, 2)$,表明表芯层比和板坯厚度对静曲强度(垂直)的影响非常显著,并且表明影响静曲强度最主要的因素就是板坯厚度和表芯层比。

图4a表明静曲强度(平行)随着温度上升先大幅度下降后回升,但静曲强度(垂直)对温度变化不敏感。图4b表明静曲强度(垂直)随着铺装角度增大而增大,但静曲强度(垂直)是先增大后减小。图4c表明随着板坯厚度的增大静曲强度反而减小。图4d表明表芯层比为4 2 4时静曲强度(平行)大

于另2个表芯层比,而静曲强度(垂直)小于2表芯层比。经综合分析得出,在温度为 130°C ,铺装角为 90° ,厚度为10 mm,表芯层比为4 2 4条件下的OSB静曲强度(平行)达到20 MPa左右,静曲强度(垂直)达到11 MPa左右,达到LY/T 1580—2010中10 mm~18 mm厚度的OSB/3的静曲强度(平行)所要求的20 MPa,静曲强度(垂直)所要求的10 MPa。这是由于各层刨花铺装方向不同,纤维方向不一致,在刨花纤维定向方向上,刨花本身的顺纤维抗拉(压)强度大于刨花之间的胶合(剪切)强度。这种情况下层与层之间的刨花排列最紧密,刨花空隙最小,厚度为10 mm板坯的平均厚度比12 mm和15 mm的大,使得板在密度增加的同时增大了静曲强度。

2.2.4 各因素对弹性模量的影响

对正交实验的不同方向的弹性模量结果进行直观分析和方差分析,结果见表6。从表6中可知,试件的弹性模量(平行)极差值 $R_B > R_C > R_A$,弹性模量(垂直)极差值 $R_C > R_D > R_B$,可得出影响弹性模量(平行)的因素的主次顺序依次是角度、厚度和热压温度,影响弹性模量(垂直)的因素的主次顺序依次是厚度、表芯层和角度。通过比较 K 值可知,最优的弹性模量(平行)对应的方案是温度 130°C ,角度 90° ,厚度10 mm,最优的弹性模量(垂直)对应的方案是表芯层比2 6 2,角度 60° ,厚度10 mm。对 F 值验证可得,发现弹性模量(平行)的因素A和C的 F 值都小于 $F_{0.1}(2, 2)$,因素B的 F 值大于 $F_{0.1}(2, 2)$ 小于 $F_{0.05}(2, 2)$,而弹性模量(垂直)的因素B的 F 值小于 $F_{0.1}(2, 2)$ 因素D的 F 值大于 $F_{0.2}(2, 2)$ 小于 $F_{0.05}(2, 2)$,因素C的 F 值大于 $F_{0.05}(2, 2)$,表明热压温度,板坯厚度对弹性模量(平行)的影响不显著,但板坯厚度对弹性模量(垂直)的影响显著。

从图5a可知,弹性模量(平行)随着温度的增

表5 影响静曲强度各因素直观分析及方差分析结果

Tab.5 Results of visual analysis and variance analysis of factors affecting the static bending strength

因素	A	B	C	D	差异源	SS	df	MS	F	
静曲强度(平行)	K_1	41.57	33.61	61.01	42.49	A	144.07	2	72.04	1
	K_2	35.59	39.72	56.54	34.35	B	215.32	2	107.66	1.50
	K_3	63.51	67.34	23.12	63.83	C	285.84	2	142.92	1.98
	极差 R	27.92	33.73	37.89	29.48	D	154.53	2	77.26	1.07
						误差 e	144.07	2	72.03	
静曲强度(垂直)	K_1	42.82	34.14	67.34	47.06	A	0.57	2	0.28	1
	K_2	41.04	50.46	35.53	50.97	B	44.50	2	22.25	78.09
	K_3	42.36	41.62	23.35	28.19	C	343.91	2	171.96	603.52
	极差 R	1.781	16.32	43.99	22.78	D	98.93	2	49.47	173.61
						误差 e	0.57	2	0.29	

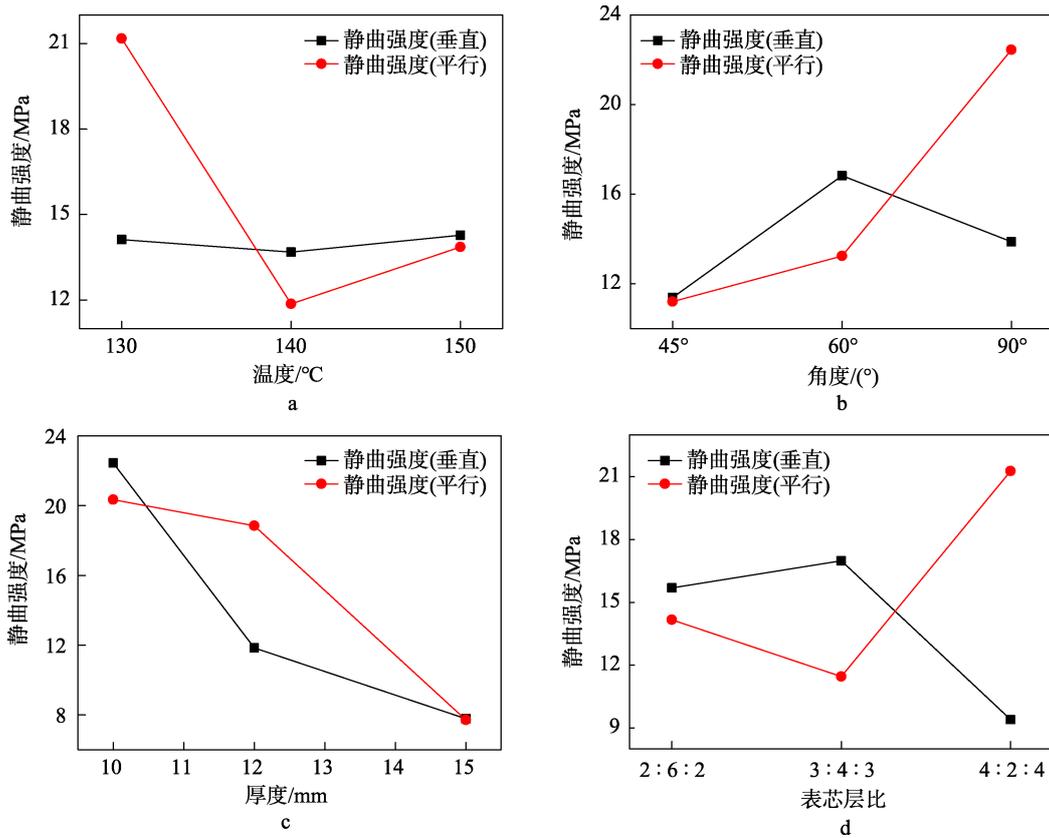


图 4 不同因素对 OSB 的静曲强度的影响

Fig.4 Influence of different factors on the static bending strength of OSB

表 6 影响弹性模量各因素直观分析及方差分析结果

Tab.6 Results of visual analysis and variance analysis of all factors affecting elastic modulus

因素		A	B	C	D	差异源	SS	df	MS	F
弹性模量 (平行)	K_1	6467	3522	7962	5759	A	2 150 160	2	1 075 080	1.6014
	K_2	4783	4191	7862	5685	B	14 490 365	2	7 245 182	10.7922
	K_3	8373	11910	3799	8179	C	3 759 584	2	1 879 792	2.8001
	极差 R	3590	8389	4162	2494	D	1 342 671	2	671 335.3	
	误差 e						1 342 671	2	671 335.3	
弹性模量 (垂直)	K_1	3904	3339	6041	4918	A	115 716.9	2	57 858.43	1
	K_2	4434	4655	3347	4702	B	288 904	2	144 452	2.4966
	K_3	3612	3957	2562	2331	C	2 219 583	2	1 109 792	19.1812
	极差 R	822	1316	3479	2587	D	1 373 562	2	686 780.9	11.8700
	误差 e						115 716.9	2	57 858.43	

加先降低后上升，而弹性模量（垂直）则相反。图 5b 中铺装角度 90°时所压板材的弹性模量（平行）远远大于铺装角度 45°和 60°条件下所压的板材，根据 LY/T 1580-2010 可知，只有 90°的 OSB 弹性模量达到标准 3500 MPa。图 5c 中弹性模量随着厚度的增加而降低，且变化较大（在厚度为 10mm 时弹性模量（垂直）为 2013MPa，在厚度为 15 mm 时只有 855 MPa，弹性模量大幅降低）。图 5d 中表芯层比对弹性模量的

影响较大（芯层刨花少的 OSB 其弹性模量（平行）明显大于芯层刨花多的 OSB），这可能是选用原料的桉木单板剩余物尺寸偏大，在分批搅拌与施胶过程中质量越少的刨花越能充分涂胶，所以中间芯层为少质量刨花时粘合程度好，弹性模量大。经总体分析，可以得出影响弹性模量（垂直）最大的因素是板坯厚度，影响弹性模量（垂直）最大的因素是铺装角度，这与极差分析相吻合。

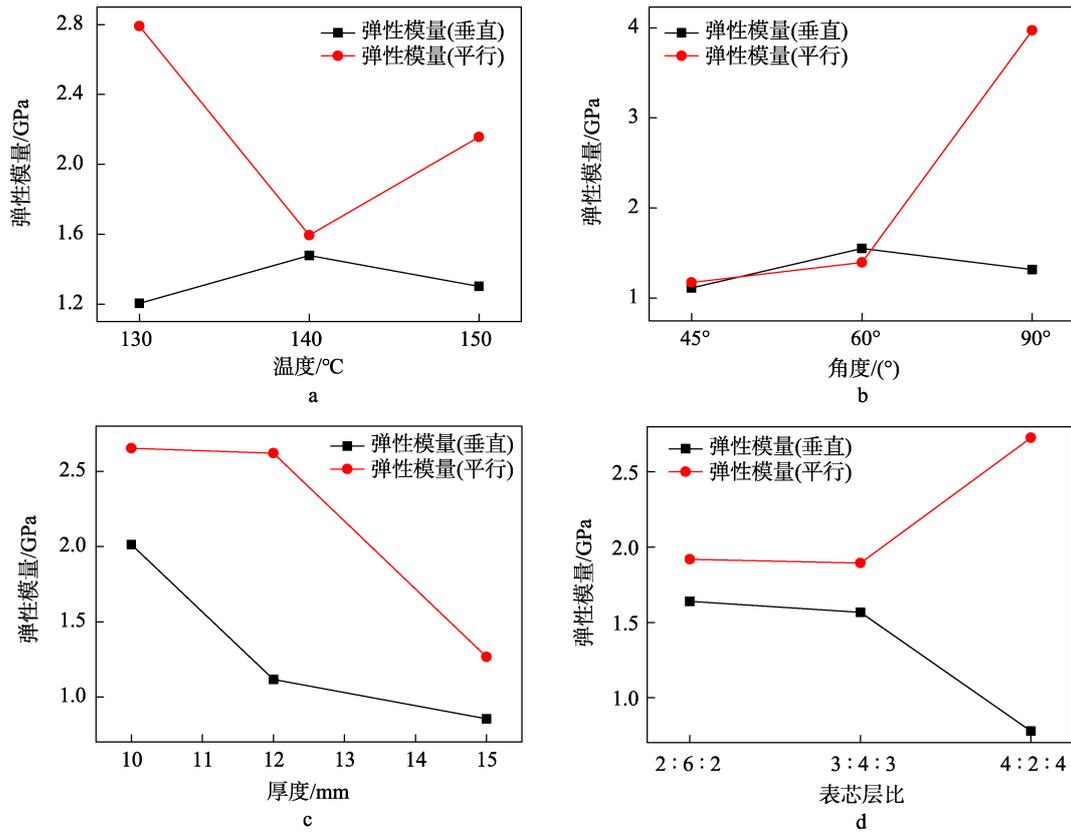


图5 不同因素对 OSB 的弹性模量的影响

Fig.5 Influence of different factors on the elastic modulus of OSB

通过综合对比分析各因素的 F 值可知,影响 OSB 质量的主要因素依次是板坯厚度(反映压缩程度)、铺装角度和热压温度。静曲强度和弹性模量是 OSB 极为重要的力学性能指标,为平衡 OSB 板材在各个方面都达到国标且性能优异,按照四因素对 OSB 板材力学性能的影响大小进行优选。板坯厚度在 10 mm 时的静曲强度和弹性模量虽然不是每组都是最大,但每组都能够达到标准要求,而板坯厚度为 12 mm 和 15 mm 时的力学性能只有个别能达标。铺装角在 90° 时 OSB 的力学性能都能达标,且远高于 30° 和 45° 的弹性模量(4134 MPa > 1005 MPa)及静曲强度(26 MPa > 6 MPa)。热压温度对内结合强度和吸水膨胀率影响不显著,对静曲强度与弹性模量的影响比较明显,在热压温度为 130 °C 时能达到国标,且此时 OSB 的弹性模量和静曲强度最佳。综上所述,制备 OSB 时重点控制的参数为板材厚度(压缩程度),可以直接影响到 OSB 的物理力学性能。在热压温度为 130 °C,铺装角度为 90°,板坯厚度为 10 mm,表芯层比为 4:2:4 时所制备的材料性能最佳,并且其各项力学性能均达到 LY/T 1580—2010 定向刨花板标准中 OSB/3 的要求。此外,通过与相关研究木质包装材料的力学性能进行比较(见表 7)^[18-19],发现文中研究的 OSB 试件在弹性模量等力学性能上具有明显优势,能够代替木质包装材料。

表 7 木质包装复合材料的力学性能
Tab.7 Mechanical properties of wood composite packaging material

材料	相对密度/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	弹性模量/MPa
细木工板	0.48	189.60
多层实木胶合板	0.72	4412.34
三层竹木复合板	0.47	2500.22
刨花板	0.82	2371.58
高密度纤维板	1.01	265.56
七层竹木复合板	0.65	2569.63
木质剩余物胶合板	189~292	0.18~0.64
本研究	820	2425.36

2.3 OSB 微观形貌分析

为了进一步分析桉木单板剩余物 OSB 的胶层形态和细胞壁压缩形态,利用体式显微镜和扫描电子显微镜研究了 OSB 的断面形貌,见图 6。通过体式显微镜观察发现,厚度为 10 mm 的 OSB 的剖面压缩紧密,刨花单元有一定的压缩,同时胶层明显且未出现大规模的渗胶现象。同时,还通过扫描电子显微镜对酚醛树脂粘合剂在单板中的涂布情况及其细胞壁压缩情况进行表征,显微图像表明,10 mm 厚度板材的酚醛

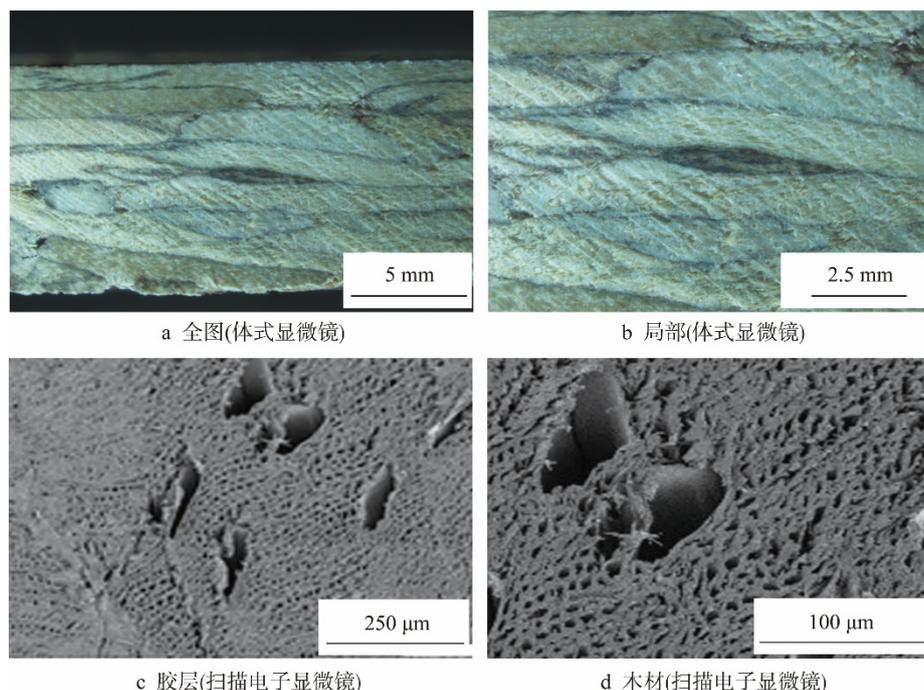


图 6 OSB 剖面的体视显微镜图和扫描电子显微镜图

Fig.6 Stereo microscope and scanning electron microscope of OSB section

树脂在单板粘结处分布较多,而后由单板表层向内逐渐递减式分布,且细胞壁压缩较为明显,尤其是导管压缩明显,部分导管几乎完全压溃。通过上述研究结果可知,OSB 板材在制备过程中,刨花单元需要经过适当压缩才能更好地达到胶层结合紧密及板材孔隙结构密实的效果,制备出物理力学性能较好的 OSB 板材。

3 结语

利用桉木单板剩余物制备 OSB,通过优化热压温度、铺层角度、板材厚度、表芯层比例等因素,得出最优的制备方案:热压温度为 130 °C,铺装角度为 90°,板坯厚度为 10 mm,表芯层比为 4 2 4。在该条件下 OSB 的力学性能达到了 LY/T 1580—2010 定向刨花板标准中的 OSB/3 要求。此外,通过极差分析和方差分析等发现,4 个因素中板材厚度对所制备 OSB 的物理力学性能影响明显。同时,桉木单板剩余物厚度较大,不利于 OSB 高耐水性的实现,应通过进一步实验优化其吸水厚度膨胀率。

参考文献:

- [1] 杨凯,陈志强.木质包装材料的发展趋势及再利用分析[J].中国包装,2010,30(10):35—37.
YANG Kai, CHEN Zhi-qiang. Development Trend and Reuse Analysis of Wood Packaging Materials[J]. China Packaging, 2010, 30(10): 35—37.
- [2] 王玉琴,雷敏.关于包装结构中的木质新型材料的浅析[J].硅谷,2011(1):40—41.
WANG Yu-qing, LEI Min. On the Packaging Structure of New Wood Materials[J]. Silicon Valley, 2011(1): 40—41.
- [3] 张方文,于文吉.OSB 应用于包装材料的现状及前景[J].国际木业,2014,44(9):68—71.
ZHANG Fang-wen, YU Wen-ji. Status and Prospect of OSB Application in Packaging Materials[J]. International Wood Industry, 2014, 44(9): 68—71.
- [4] 张士元.OSB 在我国的发展前景分析[J].木材工业,2007(4):31—36.
ZHANG Shi-yuan. Analysis on the Development Prospect of OSB in China[J]. Wood Industry, 2007(4): 31—36.
- [5] 高建,黄素涌,任海青,等.轻型木结构中定向刨花板的握钉力分析[J].木材工业,2017,31(1):23—26.
GAO Jian, HUANG Su-yong, REN Hai-qing, et al. Nailing Force Analysis of Oriented Particleboard in Light Wood Structure[J]. Wood Industry, 2017, 31(1): 23—26.
- [6] 程芳超,郑天一,陈首铮,等.桉木定向刨花板研究进展[J].北华大学学报(自然科学版),2019,20(4):542—549.
CHENG Fang-chao, ZHENG Tian-yi, CHEN Shou-zheng, et al. Research Progress on Eucalyptus Oriented Particleboard[J]. Journal of Beihua University (Natural Science Edition), 2019, 20(4): 542—549.
- [7] 柏青芸,周橙旻,毛恒之,等.基于定向刨花板的互联网家具设计[J].家具,2019,40(1):79—83.
BO Qing-yun, ZHOU Cheng-min, MAO Heng-zhi, et

- al. Internet Furniture Design Based on Oriented Particleboard[J]. Furniture, 2019, 40(1): 79—83.
- [8] 刘守华. 定向结构刨花板(OSB)发展现状和趋势[J]. 木材工业, 2016, 30(2): 25—28.
LIU Shou-hua. Development Status and Trend of OSB[J]. Wood Industry, 2016, 30(2): 25—28.
- [9] 严谨. 中国刨花板产业国际竞争力影响因素分析[D]. 福州: 福建农林大学, 2010: 1—2.
YAN Jin. Analysis on Influencing Factors of International Competitiveness of Chinese Particleboard Industry[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2010: 1—2.
- [10] 陈海, 冼伟明, 梁少忠, 等. 中国林业可持续发展探究[J]. 南方农业, 2017, 11(14): 102—112.
CHEN Hai, XIAN Wei-ming, LIANG Shao-zhong, et al. Sustainable Development of Forestry in China[J]. Southern Agriculture, 2017, 11(14): 102—112.
- [11] 杨康. SMF树脂及单板废弃物制备OSB的工艺研究[D]. 南宁: 广西大学, 2014: 18—22.
YANG Kang. Preparation of OSB From SMF Resin and Veneer Waste[D]. Nanning: Guangxi University, 2014: 18—22.
- [12] JAHAN L A, ROOHNIA M. Potential of Utilization of the Residues From Poplar Plantation for Particleboard Production in Iran[J]. Journal of Forestry Research, 2010, 21(4): 503—508.
- [13] 于宝利. 速生杨树、桉树木材生产定向刨花板纵横谈[J]. 中国人造板, 2015, 22(12): 4—7.
YU Bao-li. Directional Particleboard Production of Fast-growing Poplar and Eucalyptus Wood[J]. China Wood-based Board, 2015, 22(12): 4—7.
- [14] 谢敏芳, 谢拥群. 刨花表面胶液分布对定向刨花板力学性能的影响[J]. 木材工业, 2007(4): 18—20.
XIE Min-fang, XIE Yong-qun. Influence of Adhesive Solution Distribution on Mechanical Properties of Oriented Particleboard[J]. Wood Industry, 2007(4): 18—20.
- [15] 殷苏州. 胶液在刨花表面上的分布及其对定向刨花板性能的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 1992(4): 64—68.
YIN Su-zhou. Distribution of Adhesive Solution on Surface of Particleboard and Its Effect on Properties of Oriented Particleboard[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 1992(4): 64—68.
- [16] 孙国秀. 酚醛树脂耐热性的改性研究进展[J]. 中国新技术新产品, 2016(22): 79—80.
SUN Guo-xiu. Research Progress on Heat Resistance Modification of Phenolic Resin[J]. China New Technology and New Products, 2016(22): 79—80.
- [17] GORSKI L, DA CUNHA A B, RIOS P D A, et al. Production of Oriented Strand Board (OSB) From Eucalyptus Bentharii and Pinus Spp Wood at Different Layer Combination[J]. Scientia Forestalis, 2015, 43(106): 367—375.
- [18] 潘小青. 木质剩余物缓冲包装材料的力学性能研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013: 24—25.
PAN Xiao-qing. Mechanical Properties of wood residues Cushion Packaging Material[D]. Harbin: Northeast forestry university, 2013: 24—25.
- [19] 孟玉洁, 李大纲. 木质包装复合材料的宏观断裂模式研究[J]. 包装工程, 2008, 29(4): 57—60.
MENG Yu-jie, LI Da-gang. Macroscopic Fracture Model of Wood Packaging Composites[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 57—60.