

不同优化工艺对稻草刨花板物理力学性能的影响

贾 翀¹, 张 洋^{1*}, 王方先¹, 王艳波²

(1. 南京林业大学 木材工业学院, 江苏 南京 210037; 2. 太尔化工(上海)有限公司, 上海 200127)

摘 要:随着木材资源的日趋紧张, 秸秆板的制造和利用工作也在广泛发展, 为降低稻草刨花板制造成本, 研究了蓖麻油和桐油等添加剂替代部分异氰酸酯对稻草刨花板物理力学性能的影响, 研究了竹刨花增强稻草刨花板和稻草刨花板的板坯含水率对于其物理力学性能的影响。结果表明: 稻草刨花板制备中, 采用 2% 的蓖麻油替代 2% 的异氰酸酯是完全可行的; 在本试验范围内, 竹刨花增加量需超过 30%, 才可起到真正增强的作用; 板坯含水率在 14% 时, 所制得的稻草刨花板整体性能较好。

关键词: 稻秸; 刨花板; 物理力学性能

中图分类号: TU759.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2012)03-0201-04

Influence of Different Optimizing Technologies on the Physical and Mechanical Properties of Rice-straw Particleboards

JIA Chong¹, ZHANG Yang^{1*}, WANG Fang-xian¹, WANG Yan-bo²

(1. College of Wood Science Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China;
2. Dynea Chemical Co. Ltd., Shanghai 200137, China)

Abstract: With the increasing shortage of wood resources, the work of making and using straw board is being well-developed. In order to decrease the production cost, castor oil and tung oil were used as part substitutes for isocyanatein during making straw board. The influences of the part substitution on the physical and mechanical properties of rice straw board were examined. The effects of moisture content of mats on the physical and mechanical properties of rice straw board reinforced with bamboo particle and rice-straw particleboard were also investigated. The test results showed that it was fairly feasible when the straw particleboard was produced by 2% castor oil as substitute for 2% ocyanate, and when the increasing amount of bamboo particle strengthened to more than 30%, the bamboo particle could really reinforce the properties of rice-straw particleboard, and when the moisture content of mat reached 14%, the integral performance of rice-straw particleboard was high.

Key words: rice-straw; particleboard; physical and mechanical property

随着木材资源的日趋匮乏, 稻草秸秆因资源丰富、生长周期短而备受关注^[1], 为实现对稻草资源的合理开发利用, 科研工作者做了大量的研究^[2-6]。稻草刨花板是以稻草为原料最常见的板材之一, 不仅具有良好的物理力学性能, 而且环保无游离甲醛释放, 是极具前途的新型人造板材, 然而, 由于稻草表

面富含二氧化硅和蜡质层, 因此在生产中主要采用价格较高的异氰酸酯胶黏剂, 给稻草刨花板的应用推广带来一定的阻力。

近些年来, 主要围绕改善原料界面特性和改性价格低廉的胶黏剂开展研究^[7-12]。但是, 改善原料界面会增加额外的成本, 而改性价廉的胶黏剂效果

收稿日期: 2011-06-15 修回日期: 2011-11-06

基金项目: 江苏省高校优势学科建设工程项目。

作者简介: 贾翀, 男, 在读博士, 实验师, 主要研究方向为木质与非木质复合材料。E-mail: cctv_jc_2000@126.com

* 通讯作者: 张洋, 男, 教授, 博士生导师, 主要研究木质与非木质复合板料。E-mail: yangzhang31@126.com

也并非完全理想,为了提高稻草刨花板的物理力学性能,并可在一定程度上降低生产成本,笔者提出:1)以减少异氰酸酯的施胶量为前提,用桐油和蓖麻油(为干性油,且来源广泛)介质混合,以提高异氰酸酯的比表面积的方案来增加胶粘剂的利用效率,此外,桐油和蓖麻油的良好疏水效果可以降低板材的吸水厚度膨胀率,可实现满足性能的条件下节约成本的目的。2)通过添加强度和耐水性能较好的竹刨花,提升稻草刨花板的物理力学性能;关于竹刨花形态、施胶量、板坯含水率以及密度4个因素以增强稻草刨花板性能^[13],本文主要分析竹刨花的添加量对于稻草板性能的影响,通过对稻草刨花板板坯含

表 1 刨花筛分分布

Table 1 Screening distribution of the particles

	%						
网筛目数	+10	−10+20	−20+40	−40+60	−60+80	−80+100	−100
稻草刨花筛分值	0.45	4.23	42.95	35.38	8.6	5.33	3.06
竹刨花筛分值	0.10	39.50	48.30	6.30	4.10	1.50	0.20

异氰酸酯(MDI),型号 WC-220(日邦聚氨酯研究开发上海有限公司),参数如表 2 所示。

表 2 异氰酸酯技术参数

Table 2 Technological parameters of MDI

项目	代表特性值
外观	茶褐色液体
NCO 含量/%	28.5~30.5
固含量/%	100
粘度/(mPa·s, 25℃)	100~200
pHΔ	6~7

1.2 试验设备

平板硫化机,型号 XLB-1.00MND(青岛压机厂);电子万能力学试验机,深圳 SANS(深圳新三思材料检测有限公司)。

1.3 方法与检测

工艺流程:备料→施胶→铺装→热压→冷却→检测。

在热压温度 160℃,热压压力 4.0 MPa,热压时间为 30 s·mm⁻¹的工艺条件下进行,板材规格(长×宽×厚)300 mm×300 mm×10 mm,密度为 0.80 g·cm⁻³,喷枪雾化胶液施胶,搅拌机搅拌混合,人工铺装。

试验重复 2 次,每次试验平行样本为 2 张板,具体包括:

1)采用单因素试验方案,在竹刨花添加量为 0%,板坯含水率 10%的条件下,对 MDI、桐油以及蓖麻油按照占绝干稻草刨花的质量比进行量的配比,压制稻草刨花板物理力学性能进行分析,确定最佳胶黏剂与添加剂之间的配比。

水率的控制,在不添加额外助剂时,以达到提升自身物理力学强度的目的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

稻草,取自江苏建湖,将稻草切断成 30~50 mm 的秸秆单元,筛选去除原料中的碎叶、泥砂等杂质,筛选后的秸秆单元经破碎机破碎后干燥至含水率 10%;竹刨花为南京林业大学竹林的老竹和病死竹经碾平一锤式再碎工艺加工而成的刨花,其形态多成针状,主要集中在 10~30 目之间,分别以 100 g 稻草刨花和竹刨花作筛分值试验(表 1)。

2)在胶黏剂为 6%,板坯含水率 10%的条件下,添加不同百分比的竹刨花,分析不同添加量的竹刨花对于稻草刨花板性能的影响。

3)在胶黏剂为 6%,不添加竹刨花的条件下,采用对稻草刨花的干燥来控制板坯含水率的方法,分析板坯含水率对于竹刨花性能的影响。

表 3 单因素试验方案

Table 3 Single factor experiment scheme

质量分数(胶黏剂+蓖麻油+桐油)	竹刨花添加量	板坯含水率
6+0+0(O)	0(O1)	4(O)
4+0+2(A)	10(A1)	6(A2)
4+0.5+1.5(B)	20(B1)	8(B2)
4+1+1(C)	30(C1)	10(C2)
4+1.5+0.5(D)	40(D1)	12(D2)
4+2+0(E)	50(E1)	14(E2)

参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能测试方法》对板材的静曲强度(MOR)、内结合强度(IB)和 2 h 吸水厚度膨胀率(TS)性能进行测试。

2 结果与分析

2.1 胶黏剂配比对板材物理力学性能的影响

不同配比胶黏剂制造的板材的物理力学性能如图 1 所示。MDI、桐油和蓖麻油总添加量为 6%,用桐油和蓖麻油替代 2%的 MDI,板材的物理力学性能略有降低,主要原因是因为稻草刨花板的力学强度主要由原料的自身强度、胶层的强度和胶层的面积决定的,而 MDI 可以很好与蓖麻油和桐油相溶,

增加了胶黏剂的比表面积,可充分附着在稻草刨花上,从而增大了胶层的面积。此外,蓖麻油和桐油的疏水作用也可以弥补因异氰酸酯胶量不足而造成的吸水厚度膨胀率降低的负面影响,从宏观上体现为稻草刨花板的物理力学性能的变化较小。但由于胶粘物质的降低,而导致胶层强度的降低,体现为添加桐油和蓖麻油后,稻草刨花板的物理力学性能的略微降低。

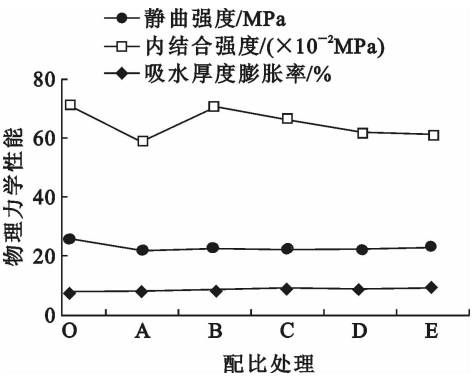


图 1 胶黏剂与添加剂对比对板材物理力学性能的影响

Fig. 1 Effect of adhesive and additive ratios on physical and mechanical properties of particleboard

在有桐油和蓖麻油作为添加剂的稻草刨花板材中,B 号板的综合性能略好,尤其体现在吸水厚度膨胀率方面,但由于考虑到桐油价格较贵,而蓖麻油对于提高胶黏剂的耐水性也有着十分积极的作用,因此,在生产中,可考虑采用 E 号板材方案,即用 2% 的蓖麻油替代掉 2% 的 MDI,降低生产成本。

2.2 添加竹刨花对稻草刨花板物理力学性能的影响

相比稻草刨花,竹刨花具有强度高,耐水性能好的特点,因此试验采用优质刨花,以提高稻草刨花板物理力学强度。图 2 表明,添加少量的竹刨花(10% 和 20%),不但没有增强稻草刨花板的物理力学性能,反而在一定程度上有所下降,可能是因为竹刨花的添加量较少,在板内不能形成有效的加强结构;相反,由于竹刨花的硬度较大,在压缩过程中塑性变形较小,在竹刨花和稻草刨花接触处所形成的空隙较大,从而导致胶合强度的降低,因此影响到各种物理力学性能。而当竹刨花的添加量>30%时,稻草刨花板的物理力学性能增强效果比较明显,因为竹刨花的胶接界面增加,从而可形成有效的网状结构,一方面可起到力学性能的增强作用,另一方面,可以限制稻草刨花的吸湿膨胀和粘性变形恢复,而显现出整体物理力学性能的提高。因此,在本试验中,当竹刨花添加超过 30%时,才可抵消竹刨花添加所带来的负面效应。

2.3 板坯含水率对稻草刨花板物理力学性能的影响

板坯中的水分对于软化稻草刨花,增大压缩率起到积极的作用。含水率对板材物理力学性能的影响(图 3),静曲强度随板坯含水率的增加而增加,板坯表面的高含水率可以使得表面更容易收到温度和压力的作用而充分塑化,从而获得坚硬的表面,静曲强度增加,而内结合强度在板坯含水率很低(4%)时,强度较小,主要因为太低的含水率使板坯在压缩过程中,原料软化不充分,从而导致板材回弹,降低内结合强度。但含水率 6%~10%时,内结合强度会随板坯含水率增加而减少,其原因可能是由于异氰酸酯对于稻草秸秆的润湿性能较好^[14]。因此,水分对胶黏剂的润湿和扩散影响不明显,在一定程度上,由于水的存在,胶黏剂对于稻草刨花的润湿性能会下降,从而降低了胶接性能,但是当含水率提高到 10%以上时,水分对于加速异氰酸酯的固化,减少稻草刨花板的密度梯度的作用显现出来,从而提高稻草刨花板芯材的密度,内结合强度增加,而当板坯含水率过高时(>16%),内结合强度也会因水分存在的负面作用而显著下降^[15]。

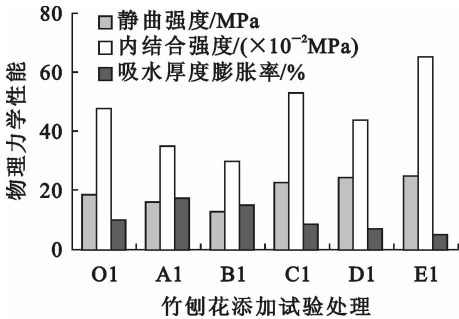


图 2 添加竹刨花对稻草刨花板物理力学性能的影响

Fig. 2 Effect of bamboo particles on physical and mechanical properties of rice-straw particleboard

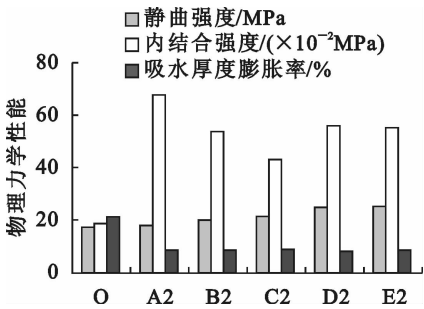


图 3 板坯含水率对稻草刨花板物理力学性能的影响

Fig. 3 Effect of mat moisture content on physical and mechanical properties of rice-straw particleboard

对于板材的吸水厚度膨胀率,由于板坯含水率的作用,原料在较高的含水率下更易于塑化,而降低了弹性和板的残余应力,从而提高板材的稳定性,在吸水厚度膨胀率数值上有下降趋势,而太低的板

坯含水率(4%),由于在相同的热压时间、温度和压力下,塑化性差,因此,各项性能指标均呈现弱势。

综合各项物理力学性能指标,当板坯含水率在14%时,整体性能较好。

3 小结

考虑到价格因素,采用2%的蓖麻油替代2%的异氰酸酯是完全可行的,在试验期间,异氰酸酯胶黏剂的价格约2万元·t⁻¹,而国标二级蓖麻油价格约为8000元·t⁻¹,桐油价格约为1.4万元·t⁻¹,因此在胶黏剂成本上会有明显的减少。

在本试验范围内,竹刨花增加量达30%时,稻草刨花板的各项物理力学性能明显提高,静曲强度可达23MPa,内结合强度可达0.55MPa,吸水厚度膨胀率达9.6%,因此,仅当竹刨花增加量超过30%时,才可起到真正增强的作用。

板坯含水率在14%时,所制得的稻草刨花板静曲强度可达28.6MPa,内结合强度达0.56MPa,吸水厚度膨胀率达8.3%,整体性能较好。

参考文献:

[1] 胡广斌.我国稻草板发展的回顾和目前存在的问题[J].林产工业,2004,31(2):7-10.
HU G B. Review of rice straw based panel development and existent problems in China[J]. China Forest Products Industry, 2004,31(2):7-10. (in Chinese)

[2] 朱晓东,王逢湖,刘玉,等.阻燃型稻草板制造工艺研究[J].建筑材料学报,2010,13(1):130-134.
ZHU X D, WANG F H, LIU Y, *et al.* Study on manufacturing process of rice-straw based board with fire-retardant[J]. Journal of Building Materials,2010,13(1):130-134. (in Chinese)

[3] 张东翔,黄晓军,王刚.稻草纤维磷石膏板的工艺研究[J].新型建筑材料,2001(2):6-8

[4] 涂绍勇,杨爱华,胡名龙,等.微波/酸/碱/H₂O₂预处理稻草及其糖化工艺研究[J].武汉生物工程学院学报,2009,5(1):24-26.
TU S Y, YANG A H, HU M L, *et al.* Microwave/acid/alkali/H₂O₂ pretreatment of rice straw and its saccharification[J]. Journal of Wuhan Bioengineering Institute,2009,5(1):24-26. (in Chinese)

[5] 吴传保,孙平.稻草上段短切物/淀粉环保复合材料的制备及性能研究[J].安徽农业科学,2011,39(17):10409-10411
WU C B, SUN P. Study on the preparation and performance of the environmentally friendly composite of chopped upper

straw and starch[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(17):10409-10411. (in Chinese)

[6] 刘思颖,樊婷婷,陈雄.稻草秸秆干发酵产沼气工艺条件的优化[J].化学与生物工程,2010,27(12):83-85
LIU S Y, FAN T T, CHEN X. Optimization of dry fermentation of rice straw to produce biogas[J]. Chemistry & Bioengineering, 2010, 27(12): 83-85(in Chinese)

[7] 李国梁,贾贞,张士成,等.碱液处理对稻秸表面及稻草板性能的影响[J].林业科技,2008,33(3):48-50.
LI G L, JIA Z, ZHANG S C, *et al.* Effect of alkali treatment on the rice-straw characters and the properties of rice-straw board[J]. Forestry Science & Technology, 2008,33(3):48-50. (in Chinese)

[8] 吴章康,周定国.稻草原料酸碱性及稻草中密度纤维板的性能[J].林产工业,2002,29(3):12-14.
WU Z K, ZHOU D G. The pH-value and buffering capacity of rice-straw and properties of rice-straw MDF[J]. China Forest Products Industry, 2002,29(3):12-14. (in Chinese)

[9] 任博文,邱增处,雷亚芳,等.无胶稻草碎料板试验研究[J].西北林学院学报,2010,25(2):163-166.
REN B W, QIU Z C, LEI Y F, *et al.* Preliminary study on self-bonding rice straw particle board[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010,25(2):163-166. (in Chinese)

[10] 连海兰,尤纪雪,周定国.稻草中密度纤维板用改性脲醛树脂的研究[J].林产化学与工业,2006,26(4):92-96.
LIAN H L, YOU J X, ZHOU D G. Study on modified urea-formaldehyde resin for rice-straw medium density fiberboard[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2006, 26(4):92-96. (in Chinese)

[11] HAN G P, UMEMUR K J, ZHANG M, *et al.* Development of high-performance UF-bonded reed and wheat straw medium-density fiberboard[J]. J. Wood Sci., 2001, 47(5): 350-355.

[12] 吴章康,周定国.脲醛树脂胶稻草中密度纤维板的性能[J].木材工业,2002,16(3):3-5.
WU Z K, ZHOU D G. Properties of medium density fiberboard of rice-straw with UF resin[J]. China Wood Industry, 2002,16(3):3-5. (in Chinese)

[13] 贾骅,张洋,沈学松,等.竹材增强稻草板的工艺研究[J].林产工业,2009,36(5):34-37.
JIA C, ZHANG Y, SHEN X S, *et al.* Study on manufacture of rice straw board reinforced with bamboo material[J]. China Forest Products Industry, 2009,36(5):34-37. (in Chinese)

[14] 贾骅,张洋,周兆兵.稻草刨花板基材表面润湿性能的研究[J].木材加工机械,2006(2):21-23
JIA C, ZHANG Y, ZHOU Z B. Study on the surface wettability of rice-straw board[J]. Wood Processing Machinery, 2006(2):21-23. (in Chinese)

[15] 华毓坤.人造板工艺学[M].北京:中国林业出版社,2002.