

农作物秸秆重组材工艺分析与研究展望

宋孝周,陈 达,郭康权,张保健

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】阐明农作物秸秆重组材的制造工艺理论,为研究新的秸秆人造板品种提供理论依据。【方法】结合作者的研究成果综合分析相关文献资料。【结果】农作物秸秆重组材的工艺过程包括原料准备、梳解、干燥、施胶、组坯、预压、热压和后期处理,面临的主要问题包括原料的收集贮存、秸秆特性对工艺的影响、梳解设备的研制、胶黏剂的选择、板坯的铺装和表面处理。【结论】农作物秸秆是制造重组材的适用原料,开发前景非常广阔。

【关键词】 农作物秸秆;重组材;工艺分析

【中图分类号】 TS652 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)05-0229-06

Technical analysis and prospect of crop straw scrimber

SONG Xiao-zhou, CHEN Da, GUO Kang-quan, ZHANG Bao-jian

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The purpose of the article was to sum up the manufacturing theory of crop straw scrimber. 【Method】 The research method was based on the author’s research result and overall analysis of the related documents. 【Result】 The result showed that technological processes of crop straw scrimber included raw material preparation, scrimming, drying, glue blending, lay-up, cold pressing, hot pressing and after-treatment. Problems to be worked out included collecting and storing raw material, influence of material characteristic on technology, scrimming equipment development, glue selection, lay-up of panel and surface treatment. 【Conclusion】 It is concluded that crop straw is suitable for making scrimber. Crop straw scrimber has broad market potentials.

Key words: crop straw; scrimber; technical analysis

我国森林资源比较匮乏,在国家实施“天然林保护”工程以来,木材供需矛盾日益尖锐。面对森林资源短缺与木材及其制品市场急剧膨胀的严峻局面,寻求节木、代木、绿色环保及可再生原料,成为发展人造板工业的首要选择。农作物秸秆是优良的生物质材料,来源广泛,是理想的木材代用材料^[1]。我国是农业大国,每年农作物秸秆产量达 6.7 亿 t,除部分用作秸秆还田、饲料和燃料外,大量的秸秆被焚烧,既污染环境又浪费了宝贵的可再生资源^[2-3]。若将丰富的秸秆资源应用于人造板工业,将有效缓解

人造板企业原料供应不足的矛盾。

目前,国内外秸秆人造板生产尚处于初级阶段,产品品种少,结构单一,产业化进程十分艰难^[4-7]。为了生产秸秆刨花板或纤维板,在技术上采用类似木质人造板原料加工的物料破碎或纤维分离方法,完全破坏了秸秆纤维天然排列的顺序及其性能,重新固接后会影响到产品的物理力学性能,同时也使生产工序变复杂,能耗增加。实际上,只要将秸秆天然结构解离到能重新组合为所要求产品的适当程度即可,即不打乱纤维的排列方向,保留材料的基本特

* 【收稿日期】 2007-05-09
【基金项目】 陕西省科技攻关项目(2005K-G9)
【作者简介】 宋孝周(1974—),男,陕西户县人,讲师,在职博士,主要从事木质资源利用研究。
【通讯作者】 郭康权(1955—),男,陕西西安人,教授,博士生导师,主要从事生物材料研究。

性,进而重新组合成新的结构产品。目前这种创新思路已经在利用小径材或竹材生产重组木或重组竹上^[8-10]应用。本文针对秸秆人造板的发展现状以及作者的研究成果,分析了秸秆重组材的制造工艺过程和面临的主要问题,以期为高效利用秸秆资源、开拓新的秸秆人造板品种提供理论依据。

1 农作物秸秆作为重组材原料的可行性

秸秆重组材的制造思想来源于重组木,它是在基本不破坏秸秆纵向强度的条件下,将秸秆碾压梳解成横向不断裂、纵向交错相连的帘片状的网状秸秆束,经干燥、施胶、组坯及热压等工序制成重组材。

用于制造重组材的秸秆种类较多,可以分为粮

食作物秸秆和经济作物秸秆两大类,前者包括麦秸、稻秸、玉米秸秆和高粱秸秆等,后者包括棉秆、麻秆、葵花秆、豆秆、烟秆、油菜秆、芝麻秆等。秸秆作为重组材的原料,主要是利用它们的茎秆,其主要的化学组成以及与木材原料的对比如表 1 所示。由表 1 可知,秸秆的主要化学成分与木材相似,有纤维素、半纤维素和木素,这为其用于秸秆重组材的制造提供了物质基础。从目前的研究和应用实践来看,采用麦秸、稻秸、棉秆、麻秆等作为人造板的生产原料均已经取得了较为成功的经验^[11-14]。农作物秸秆来源广泛,只要有人类的生产耕作,就有秸秆的产生,因而具有可持续发展和利用的特性。由此可以认为,农作物秸秆作为制造重组材的原料是完全可行的。

表 1 农作物秸秆和几种木材化学成分的比较^[15-18]

Table 1 Comparison of chemical composition between crop straws and some woods				g/kg			
秸秆名称 Straw	灰分 Ash	抽提物 Extractive			纤维素 Cellulose	木素 Lignin	聚戊糖 Pentosan
		冷水 Cold water	热水 Hot water	10 g/L NaOH			
麦秸 Wheat straw	60.4	63.6	231.5	445.6	404.0	223.1	255.6
稻秸 Rice straw	155.0	68.5	285.0	477.0	362.0	140.5	180.6
玉米秸秆 Corn stalk	46.6	106.7	204.0	456.2	376.8	183.8	215.8
高粱秸秆 Jowar stalk	47.6	80.8	138.8	251.2	397.0	225.2	444.0
棉秆 Cotton-stalk	36.0	81.2	256.5	295.3	412.6	231.6	207.6
豆秆 Soybean stalk	26.1	72.0	87.6	311.4	428.0	203.4	340.1
烟秆 Tobacco stalk	51.1	105.2	141.7	381.9	391.2	205.2	214.3
葵花秆 Sunflower stalk	23.2	59.5	65.9	356.1	402.9	237.5	212.9
麻秆 Flax stalk	36.2	71.4	113.2	348.2	440.6	217.4	138.0
芝麻秆 Gingeli stalk	27.2	—	—	—	420.0	223.2	200.3
杨木 Populus	3.2	13.8	34.6	156.1	432.4	171.0	226.1
马尾松 Pinus massoniana	3.3	22.1	67.3	228.7	518.6	284.2	89.4
云杉 Picea aspoerata	7.8	14.2	26.8	124.3	469.2	284.3	116.2

2 农作物秸秆重组材的制造工艺

2.1 原料准备

农作物秸秆密度较低,体积蓬松,杂物较多,原料准备时应除去泥沙等杂质,堆垛存放,为了防止原料堆垛发生腐烂、发霉和自燃现象,应把原料的含水率控制在 100~150 g/kg^[19]。

2.2 秸秆梳解

梳解的目的是将秸秆加工成横向不断裂,纵向松散而又交错相连,且保持原有纤维排列方向的网状秸秆束。梳解前应去掉枝叶,为了降低硬度、增加塑性,避免梳解时产生过多的碎屑,梳解前秸秆还需要进行软化处理,主要是通过热水蒸煮或冷水浸泡以提高原料的含水率。

秸秆梳解的方法很多,如碾压、捶打、冲击、扭转等,这些方法可以单独使用,也可以结合起来实施。

采用捶打或冲击方式易损伤秸秆纤维,而碾压是最简单、最实用的加工方式,秸秆通过多次压辊就可以梳解到令人满意的效果^[20]。

评价秸秆梳解程度的好坏,主要是看纤维破坏程度的大小,帘片状的网状秸秆束的分布程度,以及是否存在过粗的硬梗等;还可以通过压板试验来判断,一般来说,梳解程度越好,压制的重组材性能也越好^[9]。

2.3 干燥定型

由于秸秆束干燥对变形、裂解等干燥缺陷几乎没有限制,因而可采用高温快速干燥,以提高生产率。为了缩短秸秆束干燥时间,秸秆束可放置在空气中,自然干燥到含水率略低于 400 g/kg,然后放入干燥设备中在 100 ℃高温下快速干燥 4~6 h,秸秆束的终含水率控制在 60~80 g/kg较为合适^[17,21]。

2.4 施 胶

秸秆束的施胶方式主要有喷胶和浸胶两种,浸胶较喷胶均匀,但浸胶会使部分胶液渗入细胞腔,在施胶量一定的条件下,留存在秸秆束表面起胶合作的胶量就相对减少,浸胶后秸秆束还需再次干燥以降低含水率,因此,从简化工序,降低成本出发,应以喷胶较好。胶黏剂可根据秸秆种类、秸秆束形状规格及对产品性能的特殊要求来确定,常见的有脲醛胶、酚醛胶、异氰酸酯等。由于胶种、原料及对板材性能的要求等不同,施胶量也不同,一般控制在 50~120 g/kg。施胶时还可以加入防水剂、防腐剂等添加剂,施胶后秸秆束的含水率应控制在 110~150 g/kg^[22-23]。

2.5 组坯铺装

铺装是将施胶后的秸秆束铺成均匀、松散的板坯,以便热压后胶黏剂固化形成最终产品。组坯可以单方向铺装,也可以交叉放置,如果秸秆重组材是用作结构材、半结构材或型材,单方向平行铺装较好。秸秆束的铺装质量应根据重组材产品厚度及密度要求确定,铺装比在 1:3~1:6^[23],将优质秸秆束铺在表层,碎秸秆束铺在芯层。

2.6 预 压

预压是将铺装完的蓬松板坯在常温下压实,使板坯具有一定的刚度,减小板坯的厚度,排出板坯内部的部分空气,防止热压时空气急速冲出而破坏板坯边缘。预压的单位压力可为 2~3 MPa,预压时间对产品最终厚度影响不大,一般为 1~2 min^[9,23]。

2.7 热 压

热压是指在一定温度和压力的持续作用下,将板坯压制成具有一定密度和厚度板材的工艺过程。秸秆重组材热压过程的关键是控制温度、压力和时间 3 个主要因子。

热压温度在很大程度上取决于胶黏剂的类型和秸秆束及加压参数。酚醛胶需要较高的温度,一般取 180~200 ℃;脲醛胶可用较高温度加快固化,用较低温度时,如果延长加压时间,也能达到较好的胶合效果,脲醛胶的加热温度可控制在 140~160 ℃^[24]。

合理的加压时间应使胶黏剂固化良好,同时水分蒸发适宜。在满足板材性能指标的前提下,应尽可能缩减热压时间,一般当板坯芯层温度加热到胶固化温度后几十秒即可卸压,这不仅能提高产量,而且能缩短热压周期,减少能量消耗。

秸秆重组材热压时的常用压力为 2.5~6

MPa^[23],可根据产品用途及要求选用不同的压力,如用作建筑结构材,为了增加其强度及密度可采用高压力;若用作吸音材料,则可采用较低的热压压力。

2.8 后期处理

秸秆重组材的后期处理主要有截断、精加工、涂饰和表面处理等工序,通常按最终用途来确定^[4,9]。

秸秆重组材是一种新型的秸秆人造板,由于其最大限度地保留了原料固有的纵向强度,因而秸秆重组材的强度远远高于秸秆刨花板,可作为结构材使用。笔者在实验室压制的棉秆、豆秆重组材与不同类型刨花板的静曲强度对照如表 2 所示,其中所用胶种均为脲醛树脂胶,施胶量均为 100 g/kg,板材厚度均为 10 mm。

表 2 秸秆重组材和不同类型刨花板的静曲强度对照^[25-26]
Table 2 Comparison of MOR between crop straw scrimbers and different particleboards

名称 Name	密度/(g·cm ⁻³) Density	静曲强度/MPa MOR
棉秆重组材 Cotton-stalk scrimber	0.70	62.7
豆秆重组材 Soybean-stalk scrimber	0.72	58.4
棉秆刨花板 Cotton-stalk particleboard	0.71	18.6
豆秆刨花板 Soybean-stalk particleboard	0.75	19.9

3 农作物秸秆重组材制造中面临的主要问题

目前,对于秸秆重组材的研究还处于实验室阶段,要实现工业化生产,面临的主要问题有以下几个方面。

3.1 原料的收集贮存

农作物秸秆多是一年生植物,季节性强,资源分布面广、质轻、易燃、储存面积大,加上秸秆糖分较多,易霉烂,含水率难以控制^[27]。因此,秸秆原料的收集、储存及其质量是影响秸秆重组材生产的一个关键问题。为此,应因地制宜地考虑分片收购、分散贮存的办法,同时要制定切实可行的原料质量验收标准,防止含水率过高以及混有泥土、石块的原料进入原料堆场。

在原料收集方面,要发挥乡镇粮食收购部门的作用,收粮的同时收购秸秆,保证原料供应渠道畅通,或者在粮食收购季节,直接去田间免费为农民收割粮食,从而获取秸秆,在地头对秸秆进行粗加工后贮存,工厂贮存少部分原料供周转,其余分散贮存在

附近的农场内,以保证全年的原料供应^[28-30]。

3.2 秸秆本身特性对工艺的要求

农作物秸秆的主要组分与木材相似,但也存在着不同于木材的一些特点。从表 1 可以看出,农作物秸秆灰分含量高,抽提物和聚戊糖含量较高。农作物秸秆不同部位的结构和特性差别较大,主茎秆是制造重组材的主要部分,枝叶中薄壁细胞含量较多;皮由于韧性大、不易切断、拌胶时容易结团、影响铺装,最终都会影响到板材的性能。因此,枝、叶以及皮应在备料时适当去除。对于棉秆、麻秆等表皮含量大的秸秆,在制造重组材时需研制高效的剥皮设备。

秸秆中含有大量的髓芯,它是轻而软的海绵状多孔物质,由薄壁细胞组成,拌胶时会吸收大量的胶液,使秸秆束表面胶液减少,影响拌胶的均匀性,降低胶合强度。重组材中髓芯含量高时,还会造成板材吸水率高,耐水性差。因此,在利用玉米秸秆、麻秆、葵花秆等髓芯含量大的秸秆制造重组材时,应采取必要的措施除掉髓芯,在拌胶时加入适当的防水剂,以提高板材的耐水性^[31-33]。

秸秆中糖类、淀粉和蛋白质含量较高^[34-36],热压时容易黏板;制成的板材抗霉性差,易遭虫蛀甚至腐烂。因此,在拌胶时还需加入合适的防霉、防虫剂,以扩大产品的使用范围。

3.3 梳解设备的研制

秸秆重组材制造工艺的突出特点,在于备料阶段应对原料进行梳解,其他工段对设备没有特殊要求,可将制造人造板的设备进行改造就能利用。碾压加工是比较好的秸秆梳解方式,当务之急是要研制一种多级碾压设备,以一次性通过而源源不断地生产出网状秸秆束,这对工业化生产秸秆重组材非常重要。因此,需要深入分析碾压作用下不同秸秆原料的压缩特性,探索秸秆束形成的力学机理,为秸秆束加工设备的研制提供设计参数。

3.4 胶黏剂的遴选

对于木质化程度较高的秸秆,如棉秆、葵花秆等,用脲醛树脂胶胶合可以取得较好的强度,但板材的防水性能较差;其他类型的秸秆,如麦秆、稻秆、玉米秸秆等因表面含有不利于胶合的蜡状物质,润湿性较差^[37-38],依靠传统的脲醛胶或酚醛胶难以很好地将其胶合在一起,因此要选用胶接效果更好的异氰酸酯胶黏剂。异氰酸酯是一种反应型的胶黏剂,能与秸秆表面的羟基(—OH)、羧基(—COOH)等活性基团反应而产生良好的胶合效果^[39],但异氰酸

酯胶价格昂贵、初黏性差、容易黏板,给秸秆重组材的生产带来了新的问题。因此,重新考虑用脲醛胶制造秸秆重组材时,解决胶合的途径主要有 3 条:(1)对秸秆原料进行改性。采用蒸汽加热处理、生物处理、化学处理和热水处理等方法,改变秸秆表面性能,活化表面物质活性,改变影响胶合的官能团的数量和分布,消除秸秆表面不利于胶合物质对重组材产品性能造成的负面影响。(2)对脲醛树脂进行改性。即加入专用的交联剂、三聚氰胺或其他树脂添加剂,以加强脲醛树脂的胶合性能。(3)将秸秆原料改性和脲醛树脂胶改性相结合。

3.5 板坯的铺装

由于秸秆束的丝络难以像秸秆刨花那样整齐一致,故很难铺装出交织状态下均匀和充实的板坯。解决铺装问题就要尽量保证秸秆束的规格一致,铺装时应基本保持均匀放置,保证重组材具有合理的断面结构。

当然,要解决铺装问题尚需在今后的科研和实践中逐步加以完善,秸秆束的小规格尺寸化可能是解决铺装问题的一个思路。

3.6 表面性状较差

秸秆重组材成品表面不细腻,初步的机械加工在一定程度上可提高其表面质量,但产品内部形成的戗刺、倒刺是重组材产品本身固有的一部分,难于全部清除。因此,普通的机械加工,特别是砂光工艺达不到预期的光洁效果,必需寻找提高重组材产品表面质量的新途径,可以考虑像木质人造板那样,通过表面贴面处理来提高其表面质量^[40-41],也可以在生产过程中加进各种填料、颜料及阻燃、杀菌等化学药剂,人为改变重组材的色彩和品质。

4 研究展望

秸秆重组材的制造集中体现了劣材优用、废材大用和提高原料综合利用率的精神,且材料具有较高的强度性能,是一种很有发展前途的产品,可应用于建筑结构 with 装饰、家具制造、远程运输包装等领域。利用农作物秸秆制造重组材,是一个有创新价值的大胆尝试,今后还需在以下几方面进行深入研究:

大力开展秸秆重组材制备基础理论的研究,即充分利用现代研究手段,分析农作物秸秆的物理结构和化学组成,探明秸秆单元之间的胶合机理与界面特性;通过对网状秸秆束单元的制备、秸秆束的压缩及变形机理、制板工艺、组坯结构与板材性能以及

传热传质特性等内容研究,建立秸秆重组材制备的技术体系,为秸秆重组材的工业化生产以及更加准确的控制板材性能提供技术参数和理论依据。此外,有关高等院校和科研单位应当与企业紧密合作,加强国际交流,实事求是地面对秸秆重组材生产过程中遇到的具体技术难题,通过科技创新与攻关,找到在技术上、工艺上和经济上都能接受的解决方案。

[参考文献]

- [1] 于文吉. 生物质资源农作物秸秆应用于人造板工业的可行性分析[J]. 木材工业, 2006, 20(2): 41-44.
Yu W J. Future development of bio-based composites from agricultural fibers in China[J]. China Wood Industry, 2006, 20(2): 41-44. (in Chinese)
- [2] 陈琳, 沈文星. 我国秸秆人造板工业的发展现状与对策[J]. 福建林业科技, 2006, 33(3): 166-168.
Chen L, Shen W X. The current situation and countermeasures of straw-based artificial panel industry in China [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2006, 33(3): 166-168. (in Chinese)
- [3] 韩鲁佳, 闫巧娟. 中国农作物秸秆资源及其利用现状 [J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87-91.
Han L J, Yan Q J. Straw resources and their utilization in china [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(3): 87-91. (in Chinese)
- [4] 于文吉, 马红霞. 农作物秸秆人造板发展现状与应用前景[J]. 木材工业, 2005, 19(4): 5-9.
Yu W J, Ma H X. Current markets and potential applications for agri-fiber based panels in China [J]. China Wood Industry, 2005, 19(4): 5-9. (in Chinese)
- [5] 李凯夫, 彭万喜. 国内外秸秆制人造板的研究现状与趋势[J]. 世界林业研究, 2004, 19(2): 34-36.
Li K F, Peng W X. The present situation and developing trends of the research on straw-based panels at home and abroad [J]. World Forestry Research, 2004, 19(2): 34-36. (in Chinese)
- [6] Jim L, Volker E. Agricultural residues-an exciting bio-based raw material for the global panels industry [J]. Forest Product Journal, 2001, 51: 15-19.
- [7] Umemura K J. Development of high-performance UF-bonded reed and wheat straw medium-density fiberboard [J]. Journal of Wood Science, 2001, 47: 350-355.
- [8] 朱一辛, 关明杰. 木竹重组材抗弯性能的研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(4): 59-61.
Zhu Y X, Guan M J. Research on bending properties of bamboo and wood hybrid scrimber [J]. Journal of Nanjing Forestry University, Natural Sciences Edition, 2004, 28(4): 59-61. (in Chinese)
- [9] 张奇, 杨玲. 重组木的优势与存在的问题分析[J]. 建筑人造板, 2002, 20(1): 7-8.
Zhang Q, Yang L. Analyze dominancy of scrimber and existent question [J]. Building Artificial Boards, 2002, 20(1): 7-8. (in Chinese)
- [10] 商晓霞, 马岩. 国内外重组木研究近况及发展前景[J]. 世界林业研究, 1998, 13(1): 37-41.
Shang X X, Ma Y. The status of scrimber research at home and abroad and the prospect of its development in China [J]. World Forestry Research, 1998, 13(1): 37-41. (in Chinese)
- [11] 郑凤山, 马心. 农作物秸秆工业在国内外发展近况[J]. 林产工业, 2003, 30(6): 3-6.
Zheng F S, Ma X. Development situation of straw based panel at home and abroad [J]. China Forest Products Industry, 2003, 30(6): 3-6. (in Chinese)
- [12] Gulec C, Ozen R. Some properties of particleboard made from cotton stalk [J]. Holz als Roh- und Werkstoff, 2004, 62: 40-43.
- [13] Dai C P, Wasylciw W, Jin J W. Comparison of the pressing behaviour of wood particleboard and strawboard [J]. Wood Science and Technology, 2004, 38: 529-537.
- [14] Haq Z, Easterly J L. Agricultural residue availability in the United States [J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2006, 129: 15-21.
- [15] 张建红. 农作物秸秆人造板发展前景探析[J]. 林产工业, 2004, 31(1): 17-19.
Zhang J H. Exploring of developing straw-based panel in China [J]. China Forest Products Industry, 2004, 31(1): 17-19. (in Chinese)
- [16] 徐学耘. 棉秆原料的初步分析[J]. 建筑人造板, 1998, 16(5): 27-30.
Xu X X. Analyze of cotton stalk as raw material [J]. Building Artificial Boards, 1998, 16(5): 27-30. (in Chinese)
- [17] 周定国, 张洋. 我国农作物秸秆材料产业的形成与发展[J]. 木材工业, 2007, 21(1): 5-9.
Zhou D G, Zhang Y. The development of straw-based composites industry in China [J]. China Wood Industry, 2007, 21(1): 5-9. (in Chinese)
- [18] 刘志明, 王蓬翔. 麦秆表面形貌及表面元素分析 [J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(2): 62-65.
Liu Z M, Wang P H. Analysis on structural features and surface elements of wheat straw [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(2): 62-65. (in Chinese)
- [19] 杨振雄. 试论秸秆人造板生产技术特点 [J]. 林产工业, 1988, 15(1): 18-29.
Yang Z X. Analysis on technical characteristic of straw-based panel [J]. China Forest Products Industry, 1988, 15(1): 18-29. (in Chinese)
- [20] William A. Scrimber; another way to stretch timber supply [J]. World Wood, 1990, 10: 12-14.
- [21] 阿伦, 高志悦. 沙柳材重组木的研制 [J]. 林业科技, 2006, 31(6): 35-37.
A L, Gao Z Y. Study on salix scrimber [J]. Forestry Science & Technology, 2006, 31(6): 35-37. (in Chinese)
- [22] 杨小军. 几种表面难粘秸秆材料胶合性能的研究[J]. 林业科技, 2004, 29(2): 35-37.
Yang X J. Study on bond performances of some crops stalks

with hydrophobic surface [J]. Forestry Science & Technology, 2004, 29(2): 35-37. (in Chinese)

[23] 金维洙, 马 岩. 重组木制造工艺学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998: 118-160.

Jin W Z, Ma Y. Scrimber manufacturing technology [M]. Harbin: Publishing House of Northeast Forestry University, 1998: 118-160. (in Chinese)

[24] 于文吉, 余养伦. 小径竹重组结构材性能影响因子的研究 [J]. 林产工业, 2006, 33(6): 24-28.

Yu W J, Yu Y L. Studies on factors influencing properties of reconstituted engineering timber made from small-sized bamboo [J]. China Forest Products Industry, 2006, 33(6): 24-28. (in Chinese)

[25] 邢 成, 殷苏州. 豆秆作为刨花板原料的可行性分析 [J]. 林产工业, 1999, 26(6): 6-9.

Xing C, Yin S Z. Feasibility study of manufacturing particleboard from soybean stalk [J]. China Forest Products Industry, 1999, 26(6): 6-9. (in Chinese)

[26] 孙照斌, 马兰菊. 试论棉秆的工业化利用 [J]. 建筑人造板, 2001, 19(3): 20-24.

Sun Z B, Ma L J. Discussed on industrialization utilization of the cotton stalk [J]. Building Artificial Boards, 2001, 19(3): 20-24. (in Chinese)

[27] 陈 琳, 孙 奇. 我国人造板工业发展趋势预测与原料创新研究 [J]. 林业科技, 2005, 30(5): 45-47.

Chen L, Sun Q. Forecast of the developing trend and raw materials innovation study of the wood-based panel industry in China [J]. Forestry Science & Technology, 2005, 30(5): 45-47. (in Chinese)

[28] 周定国. 农作物秸秆人造板开发现状、难点、风险和建议 [J]. 林产工业, 2002, 29(2): 3-5.

Zhou D G. Straw-based panel: situations, difficulties, ventures and suggestions [J]. China Forest Products Industry, 2002, 29(2): 3-5. (in Chinese)

[29] Daproma A B. 用农业废料制成的优质刨花板和中密度纤维板 [J]. 林产工业, 2000, 27(3): 44-45.

Daproma A B. Quality particleboard and MDF from agricultural waste fibers [J]. China Forest Products Industry, 2000, 27(3): 44-45. (in Chinese)

[30] 高新和, 陈积敏, 蔡细平. 农作物秸秆人造板工业原料供给模式研究 [J]. 林业经济, 2006, 5: 34-36.

Gao X H, Chen J M, Cai X P. Research on the crop straws resource supply models of straw-based panel industry [J]. Forestry Economics, 2006, 5: 34-36. (in Chinese)

[31] 丁占来. 玉米秸秆制作建筑装饰复合板的研究 [J]. 石家庄铁道学院学报, 2004, 17(3): 47-49.

Ding Z L. Research on the maize stalk board for building decoration [J]. Journal of Shijiazhuang Railway Institute, 2004, 17(3): 47-49. (in Chinese)

[32] 李永祥, 曹瑞林. 向日葵秆制备刨花板工艺研究 [J]. 林产工业, 2006, 33(2): 19-21.

Li Y Y, Cao R L. Technology for preparing of sunflower stalk particleboard [J]. China Forest Products Industry, 2006, 33(2): 19-21. (in Chinese)

[33] 徐信武, 吴清林. 洋麻秆刨花板的实验室研究 [J]. 林产工业, 2004, 31(3): 28-30.

Xu X W, Wu Q L. Research on experimental particleboard from kenaf stalk [J]. China Forest Products Industry, 2004, 31(3): 28-30. (in Chinese)

[34] 刘丽香, 吴承祯, 洪 伟, 等. 农作物秸秆综合利用的进展 [J]. 亚热带农业研究, 2006, 2(1): 75-77.

Liu L X, Wu C Z, Hong W, et al. Advances in comprehensive utilization of crop straw [J]. Subtropical Agriculture Research, 2006, 2(1): 75-77. (in Chinese)

[35] 谢同云. 浅析影响棉秆复合板质量的主要因素和对策 [J]. 安徽机电学院学报, 1999, 14(3): 45-47.

Xie T Y. The main factors affecting cotton-stalk compound board quality and countermeasures [J]. Journal of Anhui Institute of Mechanical and Electrical Engineering, 1999, 14(3): 45-47. (in Chinese)

[36] 王高升, 邵文泉, 王 丽. 农作物秸秆缓冲包装材料的研制 [J]. 包装工程, 2001, 22(6): 16-19.

Wang G S, Shao W Q, Wang L. Deelopment of cushioning packing materials making use of crops straw [J]. Packaging Engineering, 2001, 22(6): 16-19. (in Chinese)

[37] 郑凤山, 何 磊. 我国麦/稻秸秆板工业的发展与思考 [J]. 木材工业, 2006, 20(11): 30-33.

Zheng F S, He L. Review and discussion on development of the wheat/rice straw board industry in China [J]. China Wood Industry, 2006, 20(11): 30-33. (in Chinese)

[38] 刘俊峰, 易平贵, 金一粟. 稻草、麦秆等农作物秸秆资源再利用研究 [J]. 资源科学, 2001, 23(2): 46-48.

Liu J F, Yi P G, Jin Y S. Re-utilization of rice and wheat straw resources [J]. Resources Science, 2001, 23(2): 46-48. (in Chinese)

[39] 艾 军, 陆仁书. 人造板用异氰酸酯胶黏剂的性质与应用 [J]. 林产工业, 2002, 29(3): 23-35.

Ai J, Lu R S. Characteristics and application of isocyanate as adhesive for panelboard [J]. China Forest Products Industry, 2002, 29(3): 23-35. (in Chinese)

[40] 孟庆军, 张莲杰. 试论我国重组木工业化 [J]. 林业机械与木工设备, 2003, 31(12): 7-10.

Meng Q J, Zhang L J. Discussion on the scrimber industrialization in China [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2003, 31(12): 7-10. (in Chinese)

[41] 姜新波. 重组木的生产性试验 [J]. 林产工业, 2001, 28(4): 12-15.

Jiang X B. Production experiment of manufacturing scrimber [J]. China Forest Products Industry, 2001, 28(4): 12-15. (in Chinese)