

麦秸在建筑材料中的应用 ——定向结构麦秸板及其房屋系统

韩广萍¹, 程万里¹, Krijn D K Leendertse²

(1. 东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 荷兰林德森板业, 北京 100016)

摘要: 定向结构麦秸板(OSSB)具有质轻、强度高、尺寸稳定性好和绿色环保的特点,其各项物理力学性能完全可与木质定向刨花板相媲美,是一种可作为建筑材料使用的结构板材,可应用于轻钢屋架 OSSB 房屋系统。

关键词: 麦秸; 结构板材; 建筑材料; 房屋系统

中图分类号: TS65; TU531

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2010)03-0044-04

Utilization of Wheat Straw as a Building Material ——Oriented Structural Straw Board in a Housing System

HAN Guang-ping¹, CHENG Wan-li¹, Krijn D K Leendertse²

(1. Material Science and Engineering College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China;

2. Leenderson Panel Co., Ltd, Beijing 100016, China)

Abstract: Considerable straw-based composite research has been done due to the shortage of wood resources and environmental impact from burning straw. To date, various efforts have involved making straw panels with a mixed degree of success. The Forest Products business unit of Alberta Research Council has developed oriented structural straw board (OSSB) in cooperation with Panel Board Holding BV of The Netherlands (PBH). PBH has built up the world's first OSSB factory in China - Yangling board manufacturing of the Leenderson Panel Company. The OSSB product is comparable to wood-based oriented strand board (OSB) in both physical and mechanical properties at comparable densities. For their OSSB application, PBH has also developed a light steel-framed OSSB housing system. This paper will outline the OSSB's manufacturing technique, panel properties, and its housing system.

Key words: straw; structural panel; building material; housing system

我国年产各种农作物秸秆约 7 亿 t,其中麦秸超过 1 亿 t。目前秸秆资源的利用领域主要在能源、饲料、肥料以及工业原料等方面,其中工业原料应用不足秸秆总量的 3%。

利用麦秸、稻草生产人造板,如麦秸刨花板、麦秸中密度纤维板等,可应用于家具、装修装饰等行业。

然而秸秆自身的特性^[1]、胶黏剂价格以及相关的技术问题,是目前制约秸秆人造板快速发展的主要问题,特别是在利用秸秆制造高附加值的工程结构用材方面。另外,随着经济和社会的发展,我国传统的住宅结构体系,如砖混结构、钢筋混凝土结构等越来越显出弊端。在欧洲、北美和日本等国家早已将轻钢结构,特别是镀锌轻钢龙骨,作为承重体系,应用于住宅建造,工业化程度高,施工周期短,适用不同的气候条件。在美国普通的低层民用住宅中,轻钢结构住宅从 20 世纪 90 年代初的 5%,增长为现在的 25%左右;

收稿日期: 2010-01-15; 修改日期: 2010-03-27

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目(GB07B503)。

作者简介: 韩广萍(1965—),女,东北林业大学材料科学与工程学院教授,博士。

瑞典轻钢结构住宅预制构件达 95%，是世界上最大的轻钢结构住宅制造国^[2]。

对此，我国建设部提出，要加速推广定型化的轻型房屋钢结构体系。随着钢结构住宅建筑产业化技术导则、轻钢结构技术规范的相继颁布，多层轻钢结构住宅必将得到广泛的应用，同时带动与之配套的结构人造板的发展。

1 OSSB 的特点及工艺技术

荷兰 PBH 公司与加拿大阿尔伯塔省研究院 (AITF) 合作，开发了定向结构麦秸板 (Oriented structural straw board, OSSB)^[3]，并投资 2.5 亿元，在我国陕西杨凌建成了世界首家年生产能力 6 万 m³ 的 OSSB 生产厂，即荷兰林德森板业制造 (杨凌) 有限公司 (图 1)。

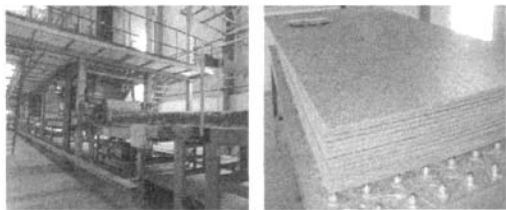


图 1 定向结构麦秸板生产线及其产品
Fig. 1 OSSB production line and products

OSSB 是以麦秸秆为原料，以异氰酸酯 (P-MDI) 树脂为胶黏剂，经过刨花加工、干燥、分选、施胶、定向铺装后，热压而成的一种结构板材，打破了以往麦秸仅用于室内非结构用板材的传统模式，具有质轻、性能优良、节能环保等特点，可应用于建筑业。

1.1 工艺流程

OSSB 的主要生产工艺与木质定向刨花板 (OSB) 基本相同^[4]，但秸秆刨花的制备设备，较木质刨花简单、功率小；且易干燥，生产能耗明显降低。

主要工艺流程：麦秸原料预干燥→剪劈→刨花干燥→筛选→拌胶→定向铺装→连续热压→裁切→翻板冷却→检验→包装入库。

1.2 产品性能

在 OSSB 制造过程中，麦秸刨花的制备至关重要，直接影响板材的物理力学性能。需要使用专用设备，将麦秸秆沿长度方向劈开，保证刨花具有一定的纵向长度和长宽比，同时使胶黏剂均匀地分布于秸秆各表面，以确保产品的抗弯强度。

图 2 为麦秸刨花长度与板材静曲强度 (MOR)、

弯曲弹性模量 (MOE) 之间的关系。

图 2 显示，随着麦秸刨花长度的增加，OSSB 的 MOR 和 MOE 呈现明显的上升趋势。当麦秸刨花平均长度为 3 mm 时，OSSB 的 MOR 即可达到 20 MPa；麦秸平均长度 > 10 mm，板材的 MOE 可达到 3 500 MPa。

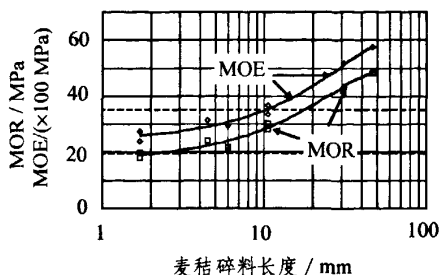


图 2 麦秸碎料长度与板材 MOR 和 MOE 之间的关系
Fig. 2 Straw strand length effect on panel stiffness (MOE) and strength (MOR)

胶黏剂施放量、板材密度和 OSSB 内结合强度 (IB) 之间的关系见图 3。

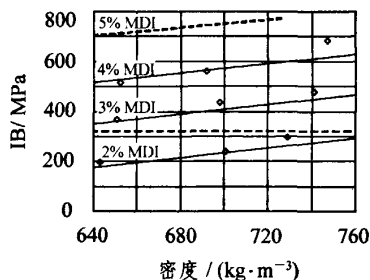


图 3 施胶量、板材密度与板内结合强度的关系
Fig. 3 OSSB internal bond (IB) response to resin content and density variations

从图 3 可看出，在各种施胶量下，板材 IB 均随其密度的增加而提高。当 P-MDI 胶黏剂添加量 3%、板材密度 640 kg/m³ 时，板材 IB 可达到标准要求的 0.32 MPa。

由于目前尚无 OSSB 产品标准，OSSB 产品参照我国 LY/T 1580-2000《定向刨花板》和加拿大 CSA O437-1993《定向刨花板和华夫板》，进行性能检测，其检测结果达到标准规定值，并通过了日本农林标准《JAS 构造用板材》(木-5) 的检测。

国家人造板与木竹制品质量监督检验中心与日本质检机关等机构的检测结果，列于表 1。

表 1 OSSB 产品的主要物理力学性能

Tab. 1 Physical and mechanical properties of OSSB products

检验项目		LY/T 1580-2000		CSA Q437-1993		JAS(木-5)	
		OSB/3 规定值	检验结果	O-1 规定值	检验结果	3 级规定值	检验结果
MOR/MPa	平行	≥20	36.0	≥23.4	33.3	≥25.52	33.35
	垂直	≥10	20.0	≥9.6	23.2	≥7.83	18.05
MOE/MPa	平行	≥3 500	4 900	≥4 500	4 690	≥3 970	4 525
	垂直	≥1 400	2 920	≥1 300	2 620	≥1 134	2 600
MOR(2 h 水煮)/MPa	平行	≥11.7	12	≥11.7	14.4	—	—
	垂直	≥4.8	10.1	≥4.8	11.2	—	—
IB/MPa		≥0.32	0.44	≥0.345	0.381	≥0.3	0.4
TS(24 h)/%		≤15	8.4	≤15	4.4	≤24(72 h)	6.83
握螺钉力/钉连接最大剪切力/N		—	—	—	—	88/686	250/5353
线性膨胀率/%	平行	—	—	≤0.35	0.32	—	—
	垂直	—	—	≤0.50	0.44	—	—
MOR(循环老化后)/MPa	平行	≥8	24.9	—	—	—	—
IB(循环后/水煮后)/MPa		≥0.15 / 0.13	0.20 / 0.16	—	—	—	—
甲醛释放量/(mg/100g)		E ₁ : ≤9	0.1	—	—	F☆☆☆: ≤0.3	0.02

2 OSSB 在建筑材料中的应用

在秸秆人造板产品应用方面,荷兰林德森板业将 OSSB 与冷弯薄壁轻钢结构体系(LGS)相结合,开发出轻钢结构 OSSB 房屋系统。

2.1 轻钢屋架 OSSB 房屋系统的特点及应用实例

轻钢结构房屋体系,是以镀锌轻钢龙骨为结构件建造的住宅,其明显区别于采用 H 型钢等厚壁钢材的结构。轻钢结构 OSSB 房屋系统,以冷弯薄壁轻钢龙骨作为承重体系,以 OSSB 为主要墙体材料、屋顶衬板、隔板和楼板。该结构多为一、二层的独幢小住宅,也可用于建造六层以下集合式住宅,即可用于农村住宅改造,也能满足高档别墅的建设要求(图 4)。

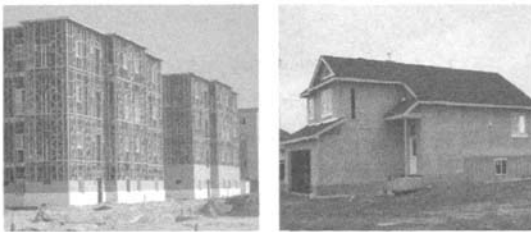


图 4 轻钢结构定向结构麦秸板房屋系统
Fig. 4 Light steel-framed OSSB housing system

轻钢屋架 OSSB 房屋优势:

- 1) 节能性:隔热保温性能好,与砖混结构建筑相比,综合节能 50%~70%。
- 2) 舒适性:木质基材料有良好的环境调性和性能。
- 3) 灵活性:房屋体系的平面及空间设计自如,间隔墙拆装灵活、可按需改变房间数量、大小及功能。
- 4) 得房率:结构构件断面尺寸小,可减少墙体厚

度,增加使用面积,得房率比普通砖混结构建筑提高 5%~8%。

5) 工期短:轻钢结构房屋体系的设计已实现标准化、定型化,构件加工制作工业化;现场装配施工,周期短。大部分施工为干作业,对气候适应能力强。如一栋 25 000 m² 的 7 层轻钢公寓,16 个工人,6~8 周即可实现结构封顶,比传统施工工期缩短近 1/3。

6) 安全性:OSSB 韧性强,钢材强度高、延性好、塑性变形能力强,对冲击荷载、周期性疲劳破坏有很强抵抗能力,具有良好的抗震性及抵御飓风性能。

7) 隔音性:将 OSSB 低密度和多孔结构材料多用于隔音墙体系统,建筑体系隔音性能良好。

8) 环保性:秸秆原料可再生,承重钢材的用量经济,可循环利用,有效地减少了粘土砖的使用,在能耗、温室气体排放等方面,环保性远优于砖混结构。

荷兰代尔夫特理工大学的研究表明:在环境影响方面,与我国传统砖混房屋相比,OSSB 房屋系统总固有能耗改善了 1/3,灰色能耗(指基于灰色系统理论,对能源消耗的变化特征、影响程度等因素的数量分析)改善了 3/4,二氧化碳足迹改善了 2/3,供热需求降低了 1/2,制冷需求减少了 1/4。

9) 自重轻:力学性能优良,强度高。楼盖结构自重为混凝土楼板的 1/4~1/6,采用轻质复合墙体,整体结构自重仅为混凝土框架结构的 1/4~1/3,为砖混结构的 1/5~1/4。

10) 工业化和产业化:利用计算机辅助设计(CAD)和制造(CAM)技术,能全面满足用户对住宅的设计要求,并达到产业化要求。构件、覆面板材,保

温材料标准化定型生产。管线布置方便,各工种可交叉作业。管线的检修与维护较混凝土结构简单,便于住宅后期的改造与性能提升。

2.2 轻钢屋架 OSSB 房屋系统面临的问题及思考

尽管轻钢结构 OSSB 房屋系统优越性显著,但在我国的推广应用,尚存诸多问题。

1) 建筑标准规范限制 我国现有的建筑标准规范,是针对几十年来大量使用的砖混、混凝土结构体系而编制,迄今为止,仍缺乏有针对性的、系统性的钢结构住宅规范。主要原因:

一方面,建筑物多采用砖石和钢筋混凝土等材料,导致《建筑设计防火规范》中,对材料的选用较国外标准苛刻,轻钢结构住宅难以满足其耐火性能和耐火等级的要求。另一方面,长期以来,镀锌轻钢龙骨作为承重体系的开发与应用仍处在起步阶段,缺乏对其受力状况、结构安全性、耐久性的系统理论分析。

目前,虽然我国已有相关规范陆续颁布实施,但要形成系统的、有针对性的、完整的规范和技术标准体系,还需要做大量的研究和协调工作。

2) 传统消费观念存在误区 我国消费者大多认为,钢材结构建筑造价高,木材、麦秸等耐久性较差,不了解木质材料的环境友好等优势。因此,使人们接

受、认同轻钢结构住宅,是一个渐进的过程,不仅需要加大宣传力度,同时需要国家予以积极的政策扶持。

3 结语

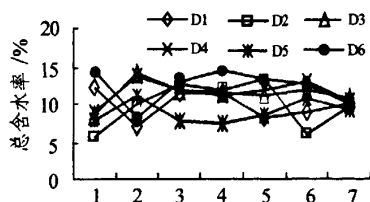
OSSB 具有质轻、性能优良和绿色环保等特点,是理想的高性能建筑结构材料,可以广泛应用于建筑及家具工业。随着轻钢结构住宅建筑产业化技术导则、相关技术规则的相继颁布,轻钢屋架 OSSB 房屋系统凭借其节能、舒适、环保的优势,必将成为住宅产业发展的热点,并得到广泛应用。

参考文献:

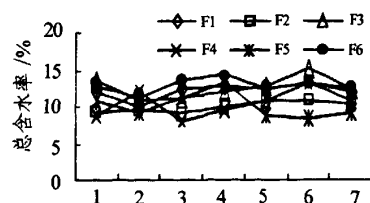
- [1] Han Guangping. Development of high-performance reed and wheat straw composite panels[J]. Wood Research, 2001(88): 19-39.
- [2] 王炎. 我国轻钢结构住宅的现状与发展[J]. 中国水运(学术版), 2006, 6(5): 213-214.
- [3] Wasylciw W. Oriented Split Straw Board: A New Era In Building Products [C]. California: Proceedings of ASAE Annual Building Products [C]. California: Proceedings of ASAE Annual International Meeting, 2001: 1-6076.
- [4] Han Guangping, Wu Qinglin. Oriented Strandboard as Advanced Structural Materials—Property Enhancement through Alternative Raw Material and Modeling[M]. Harbin: Northeast Forestry University Press, 2004.

(责任编辑 姜征、张一萍)

(上接第40页)



(试验4) 未处理材的含水率试样



(试验6) 110℃预处理材的含水率试样

图5 试材的分层含水率试验

Fig. 5 Moisture distribution in different specimens

的表面进行预干燥,使木材表层的含水率均降低到纤维饱和点以下,且试样中含水率差异减小,因而试样在高频/真空干燥时,终含水率分布亦更加均匀。

3 结论

1) 过热蒸汽预处理可使落叶松髓心方材的表层含水率预干燥至纤维饱和点以下,然后再进行方材的高频/真空干燥,可有效减少表面开裂,本研究中 105℃常压过热蒸汽处理 31 h 是较佳处理工艺。

2) 落叶松髓心方材在高频/真空干燥前的过热蒸汽预处理,虽然总干燥周期有所延长,但综合考虑干燥质量,过热蒸汽预处理工艺具有可行性。

3) 高频/真空干燥前的过热蒸汽预处理,能使木材截面终含水率分布更加均匀。

参考文献:

- [1] 小林功,黑田尚宏,久田卓兴,等. 日本柳杉髓心方材干燥过程中的过热蒸汽预处理[J]. 木材工业[日], 2003, 58(6): 258-263.
- [2] 李晓玲,小林功,黑田尚宏,等. 日本柳杉髓心方材高频真空干燥试验[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(增刊): 42-46.
- [3] 李晓玲,高瑞清,构涛,等. 人工林落叶松髓心方材高频/真空干燥工艺研究[J]. 木材工业, 2010, 24(1): 29-32.
- [4] 构涛,高瑞清,李晓玲,等. 切口处理对落叶松方材高频/真空干燥质量的影响[J]. 木材工业, 2010, 24(2): 35-37, 46.

(责任编辑 鲍加芬)