

应用技术

稻秆长度对墙体保温材料性能的影响

吕城龙, 周晓燕, 魏康成, 杨伟林, 史瑞, 张景, 刘杰

(南京林业大学木材工业学院, 江苏南京 210037)

摘要: 为了开拓稻秆的利用途径,以不同长度的稻秆为原料制备墙体保温材料,研究稻秆长度对保温材料力学性能和导热性能的影响。结果表明:稻秆越长,保温材料的力学性能越强;稻秆长度对保温材料性能有明显影响。随着环境温度的升高,材料的导热性能呈下降趋势。与目前市场上常见的墙体保温材料相比,其具有能耗低、环保等优势。

关键词: 稻秆; 长度; 墙体保温材料; 力学性能; 导热性能

中图分类号: TS721 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2013)06-0037-04

Effect of Rice Straw Length on Mechanical and Thermal Properties of Insulation Wall Boards

LV Cheng-long, ZHOU Xiao-yan, WEI Kang-cheng, YANG Wei-lin, SHI Rui, ZHANG Jing, LIU Jie

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The rice straw were chopped into different lengths of 4, 6, 8 and 10 cm respectively and then used the same length of straw for manufacturing insulation boards by hot pressing. The effect of rice straw length of board on mechanical property and thermal conductivity of the samples was investigated. The results showed that the mechanical property of the samples improved with increased rice straw length, the thermal conductivity of the samples tested under different ambient temperatures increased with increased ambient temperature, the length of rice straw had significant effect on thermal conductivity of the boards.

Key words: rice straw; length; wall insulation boards; mechanical property; thermal property

稻秆作为农业生产的废弃物,长期以来主要用于燃烧、家畜饲料或家肥施用。据统计,2009年我国稻草产量近1.84亿t^[1],为了开发稻秆综合利用新途径,利用稻秆加工新型墙体保温材料,用黏土、水泥、石膏、稻草纤维混合制成的复合砖块,具有良好的保温性能^[2],稻草-黏土复合材料在稳态下的热传导率和热扩散率,证明其达到建筑用保温材料的要求^[3],

有望用作建筑物的保温材料。

基于此,笔者以稻秆为原料,采用平压法制备墙体保温材料,探究稻秆长度对保温材料力学性能和导热性能的影响,并分析环境温度对保温材料导热性能的影响,以期开拓稻秆的合理利用途径及推动稻秆材料在墙体保温材料领域的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 稻秆,取自南京市郊当季的干稻草,含水率11.4%。考虑到稻秆太短截断时易碎,难以保持其中空结构;过长又不利于铺装,因此,试验选定40、60、

收稿日期: 2013-04-02; 修改日期: 2013-09-26

基金项目: 江苏省“333工程”科研项目资助计划(BRA2011166); 国家教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-10-0177); 南京林业大学强化班学生科研训练计划项目(2011年)。

作者简介: 吕城龙(1988—),男,南京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 周晓燕,女,南京林业大学教授。

80、100 mm 四种稻秆长度,并尽可能保留秸秆的中空结构。

2) 异氰酸酯胶,外购,pH 值 6~7,黏度 275 mPa·s(25℃),固体含量 80%。

1.2 试验装置

X16 型平板硫化压机;50RN 型万能力学试验机;HFM436 型导热系数测定仪等。

1.3 试验方法

采用平压法制备稻秆保温材料。设定材料密度 250 kg/m³,规格(长×宽×厚)500 mm×500 mm×40 mm,板坯含水率控制在 10%~12%,施胶量 8%。工艺流程:

原料→截断→拌胶→铺装→预压→热压→冷却→试件制备。

稻秆铺装时,由于其质量轻,堆积密度小,铺装后需经过预压,防止板坯塌散。

依据前期试验结果,设定热压压力 0.4~0.5 MPa,温度 200℃;时间 30 s/mm,采用厚度规控制板坯厚度。

1.4 性能测定

1) 力学性能 根据 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,测定试样的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE),试样数量为 10 个。

2) 导热性能 导热系数是指在稳定传热条件下,测量 1 m 厚的材料两侧表面温差为 1℃时,单位时间内通过 1 m² 面积所传递的热量,是材料热传递性能的重要指标^[4]。采用热流法导热系数测试仪,分别测定 10 块试样在常温(20℃)和变温(10~90℃)状态下的导热系数。

2 结果与分析

2.1 稻秆长度对墙体保温材料力学性能的影响

建筑施工中,保温材料的抗弯性能影响材料的搬运和安装,因此,要求其抗弯性能至少应能克服自身重力引起的弯曲破坏。不同长度稻秆制成的保温材料,其力学性能检测结果列于表 1。

表 1 显示,随着稻秆长度的增加,保温材料的 MOR 和 MOE 明显增强。稻秆长度为 100 mm 时,保温材料的 MOR 和 MOE,分别比长 40 mm 稻秆的保温材料增长 2 倍和 1 倍。

表 1 稻秆保温材料的力学性能

Tab. 1 Mechanical property of rice straw insulation boards

稻秆长度/mm	实测值/MPa	
	MOR	MOE
40	0.29	26.42
60	0.27	25.28
80	0.42	38.46
100	0.83	63.13

分析原因:1) 稻秆横截面呈圆管型结构,当其长度增加时,稻秆之间的接触面积增大,从而增强板坯内部的结合力;2) 在板坯热压成型过程中,较长的稻秆交互重叠,易形成网状支撑结构,对提高材料的抗弯性能起到决定性的作用;3) 稻秆自身力学强度对材料的抗弯性能也有一定影响,稻秆越长,自身的抗拉性能越好,有利于提高材料的静曲强度。

在本试验中,试样的抗弯强度可完全满足搬运和安装的强度要求。

2.2 稻秆长度对墙体保温材料导热系数的影响

在 20℃下,不同长度稻秆制备保温材料的导热系数,列于表 2。

表 2 稻秆保温材料在室温下的导热性能

Tab. 2 Thermal property of selected samples at 20℃

稻秆长度/mm	导热系数 λ/(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)
40	0.04878
60	0.04743
80	0.04883
100	0.04945

通常将导热系数 λ<0.25 W/m·K 的材料,称为保温材料或绝热材料;将 λ<0.05 W/m·K 的材料称为高效保温材料^[5]。由表 2 可以看出,在 20℃下,采用 4 种长度稻秆加工的保温材料,均满足高效保温材料的要求。随着稻秆长度的增加,保温材料的 λ 呈现出先减小后增加的趋势。

稻秆长度对试样导热性能影响的方差分析结果,列于表 3。

表 3 稻秆长度对保温材料导热性能影响的方差分析

Tab. 3 Variance of analysis of effect of rice straw length on thermal property of samples

差异源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	F 临界值
组间	1.35E-05	3	4.51E-06	11.96091	0.002512	4.066181
组内	3.01E-06	8	3.77E-07			
总计	1.65E-05	11				

注:P<0.01,影响极显著;0.01<P<0.05,影响显著。

从表 3 可知,稻秆长度对保温材料的导热性能影响极显著。由于保温材料为轻质多孔材料,气孔率和孔隙结构对 λ 影响很大。气体 λ 的计算公式^[6]:

$$\lambda=1/3\rho\cdot C_v\cdot L\cdot V \tag{1}$$

式中: ρ —气体的密度,kg/m³; C_v —气体的定容比热,kJ/(kg·K); L —气体分子两次碰撞间的自由程,m; V —气体分子的平均速度,m/s。

稻秆保温材料的传热主要有固-气两相传热。由于稻秆自身固相成分及结构不变,因此,在稳定导热状态时,环境温度和压力基本不变,材料内部的空气温度、 C_v 、 ρ 亦不变,材料气孔内空气的 λ 仅与 L 有关。热压中,孔隙中的空气热对流起主要传导作用,稻秆相互受压形成封闭的孔隙结构,稻秆长度越长,封闭的孔隙结构越多,当材料的气孔封闭时, L 减小,气孔内空气的 λ 变小。因此,以长 60 mm 稻秆制成的保温材料的 λ 小于 40 mm 长的稻秆。

稻秆长度由 60 mm 增至 100 mm,保温材料的 λ 却增大,可能的原因:

1) 在板坯密度不变时,稻秆越长,稻秆间的接触面积越大,板坯受压后着力点增多,稻秆自身以及稻秆之间的孔隙率越小,固体之间的接触热传导现象越明显,由于孔隙内气体 λ 远低于其固体成分,材料的孔隙率愈小,其 λ 愈大;2) 较长的稻秆在铺装中会出现交互重叠,部分稻秆呈直立状存在于材料中,测量时,热流方向平行于稻秆纹理方向,热量传递中所受到的热阻变小, λ 增大^[7]。

2.3 环境温度对墙体保温材料导热性能的影响

稻秆保温材料在 10~90℃ 范围内的导热系数,如图 1 所示。

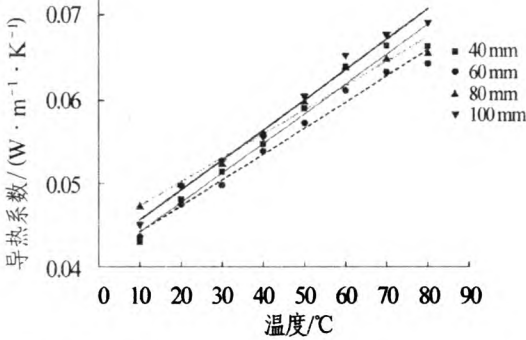


图 1 不同环境温度下稻秆材料的导热系数变化
Fig. 1 Thermal conductivity of selected samples under different ambient temperature

由图 1 可知,随着环境温度的升高,保温材料的 λ 呈现线性增长趋势。通过回归分析得出线性方程:
 $y=0.0004x+0.0407(40\text{ mm})$; $y=0.0003x+0.0411(60\text{ mm})$; $y=0.0003x+0.0445(80\text{ mm})$; $y=0.0004x+0.0421(100\text{ mm})$; 测定系数 R^2 均为 1,线性良好。

多孔材料的传热方式主要是导热、对流和辐射。环境温度升高时,保温材料中分子热运动加剧,热阻减小,热量传导加快,同时材料内部孔隙中空气的热对流,以及固体秸秆之间热辐射作用均加强,所以 λ 增大,稻秆材料的保温性能下降^[8]。当温度>30℃ 时,稻秆保温材料的导热系数>0.05 W/m·K,即不是高效保温材料。温度越高,材料的保温效果越弱,导致其应用范围缩减。

2.4 与其他常见保温材料导热性能的对比较分析

市场上其他常见保温材料的密度、 λ 、价格与厚度列于表 4。

表 4 常见保温材料的导热系数^[9]

Tab. 4 Thermal conductivities of insulation materials

产品类别	密度/ (kg·m ⁻³)	λ / (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	价格/ (元·m ⁻³)	厚度/ mm
稻秆保温材料	250	0.049	800~1000	40
加气混凝土	800	0.120	200~300	120
石膏空心砌块	650	0.110	30	60~80
水泥刨花板	1250	0.350	90	8~40
挤塑聚苯板	25~35	0.030	60~80	2~4
模塑聚苯板	18~22	0.041	50~70	60~150
聚氨酯	30	0.024	2000~2800	25~30

注:稻秆保温材料 λ 为表 2 中 λ 的平均值。

表 4 显示,稻秆材料的保温性能,远优于加气混凝土和石膏空心砌块;而且,保温性能相同时,石膏空心砌块的厚度至少 60 mm,加气混凝土墙体厚度则需 120 mm,而稻秆保温材料的厚度仅为 40 mm,且密度约为加气混凝土和石膏空心砌块的 1/3。因此,采用稻秆保温材料,可降低建筑物的使用能耗、提高建筑物的面积使用率。

另外,相比于水泥刨花板,稻秆保温材料的保温性能明显较优、密度较小,运输方便,且制造工艺简单,能耗低。

与化工类聚苯板、聚氨酯相比,虽然稻秆保温材料的 λ 和密度均较高,但是聚苯板、聚氨酯的原材料不可再生,其价格亦随着原油价格上涨而提高;稻秆保温材料价格低廉、原料来源广泛、环保。

3 结论

1) 随着原料稻秆长度的增加,墙体保温材料的力学性能明显增强;稻秆长度对保温材料的导热性能有显著影响。

2) 在本试验条件下,压制的稻秆墙体保温材料的导热性能,达到高效保温材料的要求;稻秆墙体保温材料的导热系数,随着环境温度的升高而呈线性增加;与市场上常见的其他保温材料相比,具有能耗低、环保等优势。

3) 在本试验中,稻秆长为 60~80 mm 时制备的墙体保温材料,兼有较优的力学性能和保温性能。为进一步提高保温材料的性能,今后有待进行采用丝状或纤维状稻秆为原料制备墙体保温材料的研究。

参考文献:

- [1] 毕于运,王红彦,王道龙,等. 中国稻草资源量估算及其开发利用[J]. 中国农学通报,2011,27(15): 137-143.
- [2] Hanifi Binici, Orhan Aksogan, Mehmet Nuri Bodur, et al. Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials[J]. Construction and Building Materials, 2007: 901-906.
- [3] Steven Goodhew, Richard Griffiths. Sustainable earth walls to meet the building regulations[J]. Energy and Buildings, 2005: 451-459.
- [4] 陈瑞英,谢拥群,杨庆贤,等. 木材横纹导热系数的类比法研究[J]. 林业科学,2005,41(1): 123-126.
- [5] 徐峰,张雪芹,华七三. 建筑保温隔热材料与应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [6] 邹学红. 建筑保温隔热材料性能研究[D]. 上海:东华大学,2008.
- [7] 侯祝强. 木材导热系数的研究[J]. 林业科学,1992,28(2): 153-160.
- [8] 刘晓燕,郑春媛,黄彩凤. 多孔材料导热系数影响因素分析[J]. 低温建筑技术,2009(9): 121-122.
- [9] 姜继圣,罗兰萍,兰翔. 新型建筑绝热、吸声材料[M]. 北京:化学工业出版社,2002.

(责任编辑 张一萍、姜征)

行业简讯

2014 XYLEXPO 将在米兰再度召开

作为逢双年举行的国际性展览会,2014 意大利米兰国际木工机械展览会 Xylexpo,将于 5 月 13—17 日,在意大利米兰 Fieramilano-Rho 展览中心举办。近期,展会主办方召开了首次新闻发布会,对展会面临的形势及近况进行了介绍。

据意大利木工机械制造商协会(Acimall)副会长 Dario Corbetta 介绍,尽管 2012 年全球木工机械市场显示稳步回升迹象,但 2013 年上半年的市场形势不容乐观。如与 2012 年同期相比,德国出口下降了 15%,意大利出口下降约 8%。尽管如此,Xylexpo 主办方仍在积极筹备展会。

主办方已启用展会新网址:www.xylexpo.com,并计划在一系列展会上进行宣传,包括:11 月加拿大 Wms、12 月俄罗斯 Woodex,2014 年 1 月墨西哥 Expopromueble、2 月印度 Indiawood 等展会。

2012 年 Xylexpo 展会面积达 3 万 m²,515 家展商参展,其中 175 家来自国外,参展观众 4.3 万人次,其中来自国外的观众达 47%。

据悉,2014 年展会面积将扩大到 4 万 m²。各展厅的主题为:1、3 号展厅:人造板制造技术;2 号展厅:实木加工技术;4 号展厅:材料初级加工。

欧洲 Eumabois 召开 2013 年会

2013 年 9 月,欧洲木工机械制造商联合会(Eumabois)年会在芬兰举行,包括木工技术和工具制造商协会的 13 家协会成员参加会议,比利时的 Robland 公司和土耳其的 Toskar 公司首次参加会议。

Eumabois 前任主席对其任职期间的工作进行了总结回顾,并选举产生了新一届的董事会成员,意大利木工机械及刀具制造商协会(Acimall)主席 Ambrogio Delachi 当选为新任主席,德国机械制造商协会(VDMA)的 Juergen Koeppel 担任副主席。

Delachi 先生表示,将与董事会成员共同努力,增加各个国家与团体之间的合作,努力扩大 Eumabois 的规模,欢迎包括捷克共和国、波兰和俄罗斯等国的加入;还将与非联合会成员国之间建立良好的关系,以求共同发展,满足世界各地用户的不同需求。

会议讨论并通过了 2014 年 Eumabois 的参展计划,同时对 2013 年财务报表和 2014 年预算进行通报。下次年会将于 2014 年 9 月由意大利木工机械及刀具制造商协会承办。

孟凡丹译