

“竹材液化新材料”专题

竹材液化树脂发泡材料的性能测试及应用评价

刘乐群, 王进, 钱华, 王衍彬

(浙江省林业科学研究院, 浙江杭州 310023)

摘要: 对竹材液化树脂发泡材料及人造板覆面的复合发泡材料的性能进行测试。结果显示:树脂发泡材料的性能优良,表观密度为 0.128 g/cm^3 ,压缩强度为 0.22 MPa ,导热系数为 $0.032\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,氧指数最小值为41.7。制成的水泥纤维板覆面复合发泡材料,隔声效果良好,隔声量为 37 dB ;竹帘板覆面复合发泡材料达到B1级难燃材料的要求,为市场提供一种全新的建筑墙体材料。

关键词: 竹材; 液化树脂发泡材料; 复合发泡材料; 墙体材料; 性能评价

中图分类号: S795; TU531.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2012)04-0005-04

Performance of Foaming Material Made with Liquefied Bamboo Resin

LIU Le-qun, WANG Jin, QIAN Hua, WANG Yan-bin

(Zhejiang Forestry Research Institute, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: Performances of liquefied bamboo resin foaming material and overlaid foaming materials were tested. The results showed that foam material had a 0.128 g/cm^3 average density, an average 0.22 MPa compression strength, an average $0.032\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ thermal conductivity, and a 41.7 oxygen index. Composites made with the foam materials had an excellent 37 dB sound insulation value and a 38.1 oxygen index flame retardant performance.

Key words: bamboo; liquefied resin foam material; overlaid foaming material; wall material; performance evaluation

为满足新型墙体材料的性能要求^[1],在竹材液化树脂发泡材料的制备工艺中,必须使各阶段的影响因素控制在工艺要求的范围内。在前述文章中^[2-4],笔者阐明了液化产物树脂、固化剂、发泡剂、交联剂和活性剂,及发泡温度、时间等因素在发泡工艺过程中的作用,分析了各因素对发泡材料的表观密度和抗压强度等性能的影响。然而,不同的建筑应用环境与场合,对墙体材料有不同的性能要求,需要选用与之性能相匹配的覆面材料对发泡材料进行复合处理,从而满足不同建筑对墙体材料的要求。

因此,在上述研究的基础上,笔者对竹材液化树脂发泡材料及覆面的复合发泡材料进行性能测试,并对其用于制造新型墙体材料的特性进行评价。

1 材料与方法

1.1 材料

1) 发泡材料:竹碎料制备及发泡用试剂,同文献3~4。

2) 覆面材料:3 mm 竹帘板、8 mm 杨木芯多层胶合板、8 mm 水泥纤维板,均为市场采购。其尺寸根据发泡模具的尺寸裁切,为 $595\text{ mm}\times 495\text{ mm}$ 。

1.2 仪器与设备

1) 制备设备:100 L 反应釜,三组份浇注式发泡机,注入式发泡模具,大型鼓风干燥箱。

收稿日期:2012-06-04; 修改日期:2012-06-11

基金项目:浙江省重大科技专项(优先主题)农业项目(2008C12037)。

作者简介:刘乐群(1962—),男,浙江省林业科学研究院高级工程师。

2) 测试装备:万能力学试验机,物性测试仪,声学信号分析仪,传声器,平板导热仪,氧指数测定仪。

1.3 方法

1.3.1 材料制备

1) 发泡材料制备:按文献 1~4 所述优化工艺,制备树脂发泡材料。

2) 复合发泡材料制备:模具预热到 30~50 ℃后,在其底部放置一张覆面材料,然后操作三组分浇筑式发泡机注料,注料完毕在其表面再铺盖另一张覆面材料,闭合模具上盖板,置于 80 ℃的烘箱中,发泡到预定时间推出烘箱,脱模取出复合发泡材料;再将其置于烘箱内,使材料充分熟化并烘干至含水率<10%后,取出塑封打包。

1.3.2 试验设计

现代新型墙体材料,要求具有良好的保温性能,而导热系数是反映墙体材料保温性能的主要指标之一。因此,本项目仅对导热系数进行单因素试验分析,考察发泡温度和发泡剂用量对发泡材料导热系数的影响。

发泡温度设置为:40~110 ℃;发泡剂用量考察范围为:2%~14%,其他工艺参数同文献 1~4 所述。

1.3.3 测试方法

根据项目合同要求,需要对不同覆面材料制备的复合发泡材料,测试不同的性能指标。发泡材料和复合发泡材料性能测试指标和测试方法标准列于表 1。

表 1 发泡材料及复合发泡材料各项性能指标测试的参考标准
Tab. 1 Test standards for typical foaming materials

测试材料	覆面材料	测试项目	参考标准
发泡材料		表观密度	GB/T 6343-2009《泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定》
		压缩强度	GB/T 8813-2008《硬质泡沫塑料压缩性能的测定》
		导热系数	GB/T 10294-2008《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》
		吸声系数	GB/T 18696.1-2004《声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量》
		氧指数	GB/T 2406-2008《塑料 用氧指数法测定燃烧行为》
复合发泡材料	竹帘板	体积密度	GB/T 6343-2009《泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定》(忽略空气密度的影响)
		表面硬度	GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》
		氧指数	GB/T 2406-2008《塑料 用氧指数法测定燃烧行为》
	多层	抗弯载荷	GB/T 8812.1-2007《硬质泡沫塑料 弯曲性能的测定 第1部分:基本弯曲试验》
	胶合板	抗压强度	GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》
	水泥纤维板	空气隔声量	GB/T 19889.3-2005《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第3部分:建筑构件空气声隔声的实验室测量》
			GB/T 50121-2005《建筑隔声评价标准》

2 材料性能评价

2.1 发泡材料

2.1.1 表观密度和压缩强度

按研究确定的发泡用物料的优化配比及温度参数,制得的发泡材料的表观密度为 0.128 g/cm³,压缩强度达到 0.22 MPa,均达到了合同约定的表观密度≤0.15 g/cm³、压缩强度≥0.20 MPa 的要求。

2.1.2 热学性能

测试发现,发泡温度不同,发泡程度不一样,发泡材料形成的泡孔大小不一,密度亦存在很大差异,导致其导热系数有较大的变化。图 1 显示,随着发泡温度的升高,发泡材料的导热系数先变小,后逐渐变大。这是因为在一定的温度范围内,泡孔比较均匀,泡孔整体性增大,材料密度较小,导热系数逐渐变小。但随着发

泡温度的继续升高,固化剂快速固化,泡沫体不再膨胀,材料整体密度较大,泡孔较小,又使得发泡材料导热系数增大。在本试验范围内,发泡温度在 70~80 ℃时,发泡材料的导热系数最小。

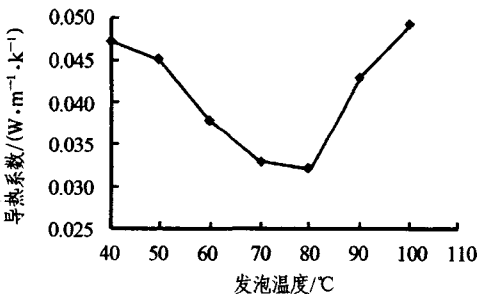


图 1 发泡温度对材料导热系数的影响
Fig. 1 Effects of foaming temperature on thermal conductivity coefficient

发泡剂用量对导热系数亦有影响。如图2所示,在相同发泡温度下,随着发泡剂用量的增大,发泡材料的导热系数先降低、后升高。因为发泡材料的泡孔里含有空气,而空气的导热系数较低($0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$);发泡材料内含泡孔数量,随着发泡剂用量的增加而增加,从而使材料的导热系数降低。但当发泡剂用量过高时,泡孔不断穿孔、破裂,甚至泡体坍塌,使材料密度增大,泡体软化,强度降低,又导致材料的导热系数变大。试验表明,发泡剂用量为液化树脂质量的6%~8%比较合理。

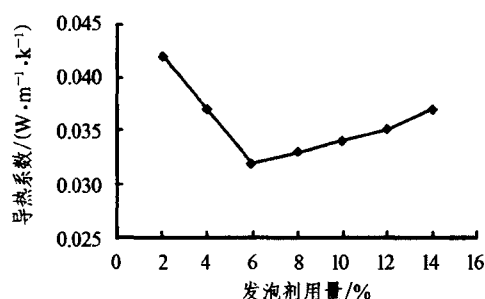


图2 发泡剂用量对材料导热系数的影响

Fig.2 Effects of foaming agent on thermal conductivity coefficient

在传热过程中,当遇到泡孔时,小部分热量通过泡孔中空气传导,而大部分热量则绕过泡孔通过液化树脂相传递。因此,发泡效果越好,热量在泡沫中热传递的路径越长,材料的导热系数值下降幅度越显著。在优化工艺条件下制备的竹材液化发泡材料,导热系数为 $0.034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

2.1.3 声学性能

发泡材料的吸声特性曲线,如图3所示。经检测,样品的降噪系数(noisereductioncoefficient, NRC)

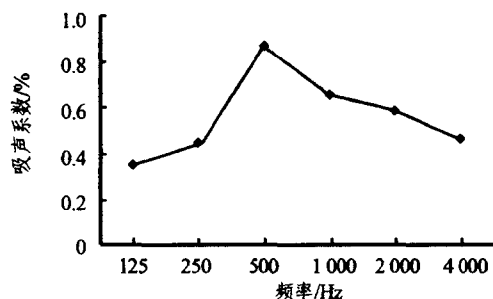


图3 竹材液化发泡材料的吸声特性曲线

Fig.3 Sound absorption characteristic of forming material

为0.64,吸声性能等级为Ⅱ级。

竹材液化树脂发泡材料泡孔中有很多开孔的微观结构,且泡孔单元大小不一,骨架结构形状变化多样,另外,材料表面具有的凹凸不平等结构对于声波的吸收,同样具有良好的效果。

由图3可知,该发泡材料对于频率500 Hz左右的声波吸收系数最高,高频段(1 000~4 000 Hz)比低频段(125~250 Hz)的吸声系数略高。由此表明,针对频率500 Hz左右声波出现频繁的环境,选用竹材液化树脂发泡材料具有显著的吸声效果。

2.1.4 阻燃性能

未添加阻燃剂的发泡材料,临界氧指数最小值为41.7,高于聚苯乙烯(≥ 30)、聚氨酯泡沫(≥ 32)、聚乙烯泡沫(≥ 32)、酚醛泡沫(≥ 35)等材料^[5],达到B1级难燃材料的要求,表明该材料本身具有优良的阻燃性能。原因是竹材液化发泡材料含有许多苯酚环,在燃烧时,表面可缩合形成高聚物炭层,成炭率高;同时产生的可燃性挥发物少^[6],且在燃烧过程中,无滴落、熔化、浓烟、卷曲等现象;火焰接触部分结炭,离火自熄,有效地保护了泡沫体内部结构。

2.2 复合发泡材料

2.2.1 竹帘板覆面复合发泡材料

1) 经测试,竹帘板覆面复合发泡材料的体积密度由发泡材料的 $0.128 \text{ g}/\text{cm}^3$ 增至 $0.164 \text{ g}/\text{cm}^3$;因竹帘板的密度远大于发泡材料,故复合发泡材料的表面硬度测试值达到了54.0 MPa。

2) 复合发泡材料的阻燃性能,由覆面材料和内部泡沫材料的阻燃性能共同决定。本试验制备的竹帘板复合发泡材料经过阻燃性能测试,实测临界氧指数最小值为38.1。原因是在材料制备的过程中,发泡树脂液体浸湿渗入到竹帘板内部,使其获得了阻燃效果。试验观测到,在 1380°C 火焰的作用下,在竹帘板表面碳化形成阻燃碳层,有效地保护了碳层内的发泡材料,且无滴落物、卷曲、熔化等现象,也不具备火焰传播性,满足B1级难燃材料的要求。

2.2.2 多层胶合板覆面复合发泡材料

检测结果显示,多层胶合板覆面复合发泡材料的抗压强度值达10.05 MPa,抗弯载荷最小值达2 980 N,具有优异的力学强度,可以适用于有较高力学强度要求的建筑墙体的建造。

2.2.3 水泥纤维板覆面复合发泡材料

根据相关标准要求,测试材料的隔声性能指标时,需要布置大面积样本墙体,且样本材质要完全相同,特别是砌墙时样本之间需要用水泥粘合。为满足测试要求,本项目选择了以水泥纤维板覆面的复合发泡材料作为测试样本,进行隔声性能测试,检测结果见图4。根据标准计算,被测样品的空气声计权隔声量 R_w 为 $37(-0.95; -3.96)$ dB。

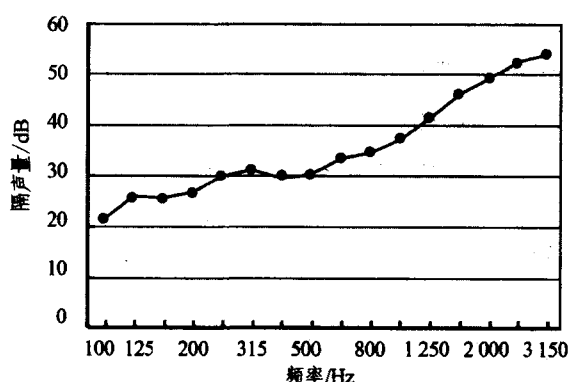


图4 水泥纤维板覆面复合发泡材料的隔声特征曲线

Fig. 4 Sound acoustic characteristic of overlying concrete fiberboard foaming material

从图4中可以看出,当声波频率在250~500 Hz时,水泥纤维板覆面复合发泡材料试样的隔声效果没有明显变化;当声波频率>500 Hz后,随着声波频率的提高,水泥纤维板覆面复合发泡材料的隔声量持续明显增加,显示了水泥纤维板覆面复合发泡材料良好的隔声性能。

3 结论

1) 在本研究优化的物料配比及发泡温度条件下,制备的竹材液化树脂发泡材料的表观密度为 0.128 g/cm^3 ,压缩强度达到 0.22 MPa ,导热系数为 $0.034 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$,降噪系数为 0.64 ,临界氧指数最小值为 41.7 。

2) 竹帘板覆面复合发泡材料的体积密度和表面硬度比发泡材料均有大幅提升,且阻燃性能达到B1级的要求;多层胶合板覆面复合发泡材料具有优良的力学性能;水泥纤维板覆面复合发泡材料具有良好的隔声性能。

在实际应用中,需要根据墙体材料的使用要求,选择不同覆面材料与发泡材料复合,以改善竹材液化树脂发泡材料的保温、隔声或阻燃性能要求。

参考文献:

- [1] 刘乐群,孙丰文,刘杨,等. 竹材液化制备墙体新材料的研究进展[J]. 木材工业,2012,26(1):15-19.
- [2] 刘乐群,刘杨,孙丰文,等. 竹材酚醇液化及其甲醛树脂的 FT-IR 分析[J]. 生物质化学工程,2011,45(6):31-34.
- [3] 刘杨,刘乐群,王宇红,等. 竹材加工剩余物液化及液化产物制备发泡树脂的工艺研究[J]. 木材工业,2012,26(2):10-13.
- [4] 刘乐群,汪洪根,孙丰文,等. 竹材液化树脂发泡材料发泡工艺的研究[J]. 木材工业,2012,26(3):11-14.
- [5] 胡子恒. 高分子材料防火性能研究 I 酚醛泡沫树脂的阻燃性及其增韧改性[J]. 广东建材,2008(12):8-9.
- [6] 元波,郑超,吕虎,等. 酚醛树脂在外墙保温防火方面性能研究与应用[J]. 工程塑料与应用,2012,40(2):28-30.

(责任编辑 向 琴、孟凡丹)

木结构列入2012北京市绿色建筑适用技术推广目录

为大力推进北京民用建筑中具有显著节能、节地、节水、节材和环保性能的绿色建筑技术与产品,经公开征集、现场答辩、专家评审、征求意见和网上公示,市住房城乡建设委制定了《北京市绿色建筑适用技术推广目录(2012)》,涵盖绿色建筑节地类、节能类、节水类、节材类、室内环境类、运营管理类6个领域24个方面的84项通用技术,和44项具体应用技术。列入《目录》的技术,将通过示范园区建设、政府投资绿色建筑试点工程、政府采购、纳入有关标准规范等形式加强推广。

以速生材生产的高强复合工程用材制造技术,被列入《目录》的节材与材料资源类技术中,目标是大力推广木质工程结构材在三层以内小型建筑建造上的应用。

《目录》的发布,对促进北京地区木质工程结构材的发展及在木结构建筑上的应用意义重大,也对速生人工林木材加工制造高强复合工程用材技术、木材改性技术的研究、推广,提出更高的要求,为人工林木材的高附加值利用,开辟更广阔的前景。

本刊讯