

SBB防护剂处理木材湿胀性、力学性能及阻燃性能等效果的研究

廖红霞¹ 刘磊² 谢桂军² 云虹¹ 郭琼¹

(1. 华南农业大学林学院 广州 510642; 2. 广东省林业科学研究院)

摘要 木材保护药剂 SBB 处理马尾松材后对木材湿胀性、力学性能及阻燃性能影响的研究结果表明: 处理材的气干湿胀率与未处理材相比有所增大, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 与 SBB 质量对比对试材湿胀率的影响不明显。质量比为 1:3 的 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 与 SBB 的混合液以 10% 浓度处理的试材的体积湿胀率为最小, 且该混合液处理的试材阻燃性能最佳。随着药剂处理浓度的增大, 处理材顺纹抗压强度增大较明显, 处理材静曲强度和抗弯弹性模量略有降低。

关键词 SBB 防护剂 湿胀性 力学性能 阻燃性能

中图分类号: S785 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-4427(2008)01-0022-04

Study on Swelling Property, Strength Properties and Fire Resistance of Wood Treated by SBB Wood Preservative

Liao Hongxia¹ Liu Lei² Xie Guijun² Yun Hong¹ Guo Qiong¹

(1. College of Forestry, South China Agriculture University, Guangzhou, 510642;

2. Guangdong Forest Research Institute)

Abstract The swelling property, strength and fire resistance of masson pine treated by SBB preservative were tested, the result show that: the air-dry maximum swelling of treated timber was higher comparing with that of untreated timber, the effect of ratio between $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and SBB on the air-dry maximum swelling was not obvious. The volume swelling of treated timber was lowest when the timber was treated with 10% solution of preservative with the ratio $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$: SBB = 1:3, and the fire resistance was best at this condition. With the rise of concentration of preservative, the compression parallel to grain of treated timber increase obviously, and the bending MOR and bending MOE decrease slightly.

Key words SBB preservative, swelling property, strength properties, fire resistance

木材是由碳、氢、氧等元素组成的有机化合物, 受热会分解, 具有可燃性。据统计, 21% 火灾由木材等纤维材料引起, 住宅火灾 70% 是因木材和木质材料缺乏耐火性而引起。因此, 木材阻燃处理受到人们的高度重视, 许多国家制定了对高层建筑和船舶等用材必须阻燃处理的法规。近年来, 由于先进分析仪器的应用和相关科学技术(热分析、光波谱、色谱和电子显微技术等)的进步, 木材阻燃领域的理论和技术研究取得明显进展, 木材的燃烧理论和阻燃机理已较为成熟, 初步形成了体系。阻燃剂的低成本、无卤化、无毒化、复合化和抑烟化已成为 21 世纪阻燃剂的发展趋势^[1-5]。改性剂的开发应逐步向同时具有防生物危害、阻燃和尺寸稳定化、提高木材力学性能的“多功效性”和环保、长效方向发展^[4]。

硼化合物是一种常用的无机阻燃剂, 它能明显提高制品的耐火性能^[5-7]。用硼酸、三氧化二硼、硼酸铵制备的无机质木材复合材具有相对较小的吸湿性, 由于体积效应而具有较好的抗膨胀率, 并且均具有良好的阻

* 作者简介: 廖红霞 (1972-), 女, 讲师, 硕士, E-mail: hxliao@scau.edu.cn。

本研究属广东省农业攻关项目“环保型硼防腐剂与防腐技术的研究”(2004B20801012)。

燃性和耐腐蚀性^[8]。由于硼酸盐阻燃剂在一些领域具有无法替代的优越性,且我国硼资源丰富,因此,发展前景较好。SBB是以硼为主剂的木材防护剂,具有防腐、防虫、防霉、阻燃等多重功效,本试验主要研究了SBB防护剂处理对木材的吸湿性、阻燃及力学性能的影响,为SBB防护剂在木材保护中合理利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

SBB为自制木材防护剂,主要成份为三氧化二硼,含量为67.72%,水溶解度为221 g/L。

试材为马尾松(Pinus massoniana),采自广州,树龄19 a,干燥处理后含水率达12%左右备用。

1.2 湿胀性试验

试件尺寸为:20 mm ×20 mm ×20 mm(弦向 ×径向 ×纵向)。

1.2.1 同一浓度不同质量配比湿胀性试验 磷酸氢二铵和SBB分别以1:1,1:2,1:3,1:4,1:5的质量比进行混合,配置成浓度为10%的溶液,对气干试样(含水率为12%)进行真空加压处理。抽真空(-0.08 MPa),保压0.5 h,关闭真空管道,抽入药剂浸没试材,加压力(1.30 MPa),保压40 min后卸压,排出药剂,取出试件。试件气干后,木材湿胀性采用GB1934.2-91^[9]方法进行气干湿胀率的测定(在相对湿度为95%且温度为20℃条件下,木材由绝干状态吸湿平衡至含水率12%时再测定)。

1.2.2 不同浓度同一质量配比湿胀性试验 磷酸氢二铵和SBB采用1:3质量配比,在该配比下,配置浓度为5%,10%,15%的药剂,对气干试样进行真空加压处理。处理方法同1.2.1。

1.3 阻燃试验

磷酸氢二铵和SBB分别以1:1,1:2,1:3,1:4,1:5的质量比进行混合,配置成浓度为10%的溶液,对气干试样进行真空加压处理,加压处理方法同1.2.1。试件气干后,采用阻燃木材燃烧性能试验方法——木垛法^[10],对两种药剂不同浓度处理后试件的阻燃性能进行测试(设备:MDF-1型阻燃木材燃烧测试仪,江苏省江宁分析仪器厂制造)。

1.4 力学性能试验

抗弯弹性模量(MOE)及静曲强度(MOR)试验的试材尺寸为:20 mm ×20 mm ×300 mm(弦向 ×径向 ×纵向)。MOE及MOR为同一试材,顺纹抗压试验试材尺寸为:20 mm ×20 mm ×30 mm(弦向 ×径向 ×纵向)。力学试件采用磷酸氢二铵和SBB以1:3质量比且浓度为5%,10%,15%3种药剂进行真空加压处理,真空加压处理方法同1.2.1。处理后采用GB1936.2-91、GB1936.1-91方法^[9]进行力学性能测试(设备:日本岛津精密力学试验机SHIMADZU AG-50KN,精度为1N)。同时对未处理材进行力学测试作为对照。

2 结果与分析

2.1 同一浓度不同质量配比试件的湿胀率

由表1可知,处理后的试材与未处理材相比,处理材各项湿胀率都比未处理材略有增大,但增加幅度不大。同浓度不同配比处理材各项湿胀率之间差异也不大,弦向湿胀率在2.23%~2.76%之间,径向湿胀率在1.38%~2.55%之间,体积湿胀率在4.98%~6.35%之间,故采用10%浓度不同配比处理对木材湿胀率的影响不明显。

表1 未处理材与10%浓度处理试材燃烧情况比较

单位:%

m m (NH ₄) ₂ HPO ₄ : SBB	载药率	气干时弦向湿胀率	气干时径向湿胀率	气干时体积湿胀率
未处理	0	1.82	1.12	4.12
1:1	54.9	2.72	2.29	6.35
1:2	53.2	2.76	2.55	5.88
1:3	50.2	2.69	2.12	5.33
1:4	48.3	2.37	1.73	5.12
1:5	68.7	2.23	1.38	4.98

注:气干时木材含水率为12%。

从阻燃剂的结构上分析,磷酸二氢铵的NH₄⁺离子的大部分正电荷集中在N原子上,离子半径较小,电

荷密度高,水化作用强,因而吸湿性强^[10],造成处理材的湿胀率都大于未处理材。SBB为以硼为主的药剂,其吸湿性较低,硼处理的无机质木材复合材具有相对较小的吸湿性^[8]。故复配药剂处理材的吸湿性略高于未处理材,但增大不明显。

2.2 不同浓度同一质量配比试件的湿胀率

由表2可知,在1:3的质量比下,随着处理浓度的增大,试材的载药率由48.7%增大至52.3%,处理材湿胀率以10%浓度处理为最小,其弦向湿胀率为2.69%,径向湿胀率为2.12%,体积湿胀率为5.33%。10%浓度处理材湿胀率与未处理材相比略有增大,但变化幅度不大。

表2 不同浓度1:3质量配比处理材的湿胀率变化

单位:%

浓度	载药率	气干时弦向湿胀率	气干时径向湿胀率	气干时体积湿胀率
0	0	1.82	1.12	4.12
5	48.7	3.08	1.76	5.64
10	50.2	2.69	2.12	5.33
15	52.3	3.45	1.75	5.94

注:气干时木材含水率为12%。

2.3 不同质量配比同一浓度阻燃剂对木材阻燃性能的影响

从表3中,可看出未处理材燃烧剧烈,火焰高且烟大,短时间内化为灰烬。经药剂处理后,试材的燃烧程度随SBB含量的增加,燃烧性明显下降,由燃烧剧烈到不燃,由产生大量烟到无烟或少烟。SBB是低熔点的化合物,加热形成玻璃状涂膜覆在聚合物表面,起到隔热阻氧的作用^[11]。磷酸氢二铵和SBB以1:3配比最佳,火源移去后,试件不燃且无烟。

表3 未处理材与10%浓度处理试材燃烧情况比较

m m (NH ₄) ₂ HPO ₄	SBB	平均燃烧质量 损失率(%)	燃烧情况
未处理		90.33	燃烧剧烈,明火火焰高,温度最高达823,烟大,试件在较短时间内化为灰烬。
1:1		63.50	与未处理材相比,燃烧较为缓和,明火高度明显变小,暗火时间变长。最高温度580,少量烟。
1:2		15.49	明火高度明显变小,最高温度256,无烟。
1:3		5.19	不燃,无烟。
1:4		13.23	基本不燃,少量火星,缓慢燃烧后熄灭,无烟。
1:5		18.54	有少量烟,有一部分小火星。

从表3可知,未处理材的试材燃烧质量损失率最大,其次是1:1处理材(燃烧质量损失率为63.5%),这两者都高于标准GA/T42.1-92的要求(平均燃烧质量损失率60%)。1:2,1:3,1:4,1:5这几种配比处理的试材燃烧质量损失率都在20%以下,远低于标准GA/T42.1-92要求的小于或等于60%^[12];1:2,1:3,1:4,1:5这几种配比处理材燃烧质量损失率差异不大。1:3配比处理后的试材燃烧质量损失率最低,为5.19%,这表明,增加SBB可有效提高阻燃性能。配比高于1:2之后,处理试材的燃烧性能已趋于稳定,效果以1:3处理的为最佳。

2.4 药剂处理对顺纹抗压强度、静曲强度和抗弯弹性模量的影响

由表4可知,经过处理的试件与未处理材相比,试材顺纹抗压强度增大明显,最大增加幅度为41.9%;处理材的静曲强度(MOR)和抗弯弹性模量(MOE)均有下降,但下降的幅度不大;MOE下降幅度要大于MOR,MOR及MOE最大降低幅度为3.09%和5.03%。

Lebow对不同阻燃剂处理木材的MOE、MOR进行了概括,一般的阻燃处理对木材的MOE、MOR有不同程度的降低^[13]。T. Furuno等采用硼酸和硼砂等处理制备无机质木材复合材,静曲强度有所下降但弹性模量未受影响^[14],本次试验与以前相关研究结果相近,随着处理浓度的增大,试材静曲强度和抗弯弹性模量变化

不大, MOR在 110.8 ~109.6 MPa之间, MOE在 13 020 ~13 330 MPa之间。随着处理浓度的增大, 试材顺纹抗压强度增大明显, 由 92.9 MPa增加至 111.8 MPa, 增加幅度较大, 由 17.9%增至 41.9%, 处理药剂浓度为 15%时, 增加幅度为最大。可见采用合适浓度的 SBB 防护剂处理还可有效提高试材顺纹抗压强度, 同时对木材的抗弯性能影响不明显。

表 4 处理材与未处理材力学强度对照

处理浓度	顺纹抗压强度 (MPa)	提高幅度 (%)	静曲强度 (MPa)	降低幅度 (%)	抗弯弹性模量 (MPa)	降低幅度 (%)
未处理	78.8		113.1		13 710	
5%	92.9	17.9	110.8	2.03	13 330	2.77
10%	100.5	27.5	110.8	2.03	13 100	4.45
15%	111.8	41.9	109.6	3.09	13 020	5.03

3 结论

3.1 同一浓度不同配比处理试件后, 试材的湿胀率与未处理的试材相比略有增大, 配比对试材湿胀率的影响不明显。

3.2 1:3配比下, 3个不同浓度处理的试材与未处理的试材相比, 弦向、径向、体积湿胀率都有所增大。体积湿胀率以 10%浓度处理材为最小。

3.3 10%浓度, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5五个配比处理木材, 以 1:3处理的试材阻燃性能最佳, 燃烧质量损失率为 5.19%。

3.4 采用 1:3配比的 5%, 10%, 15%浓度处理的试材, 随着浓度的增大, 载药率增大, 顺纹抗压强度有所增大, 静曲强度和抗弯弹性模量略有降低。从药剂的经济性考虑, 生产应采用在 10%浓度 1:3的配比。

参考文献

- [1] 杨文斌, 吴纯初, 顾练百. 木材阻燃的回顾与展望 [J]. 林业机械与木工设备, 2000, 28(4): 4-6.
- [2] 骆介禹. 木材阻燃的概况 [J]. 林产工业, 2000, 27(2): 7-9.
- [3] 刘其梅, 彭万喜, 张明龙, 等. 木质材料阻燃技术研究现状与趋势 [J]. 世界林业研究, 2006, 19(1): 42-46.
- [4] 林金国, 徐永吉. 中国木材改性研究最近十年进展 [J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(2): 240-245.
- [5] B. Garaba. Effect of zinc borate as flame retardant formulation on some tropical woods [J]. Polymer Degradation and Stability, 1999(64): 517-522.
- [6] 骆介禹, 苗国平. 硼酸锌的合成及对木材阻燃性的研究 [J]. 阻燃材料与技术, 1992(1): 5-9.
- [7] 骆介禹. 木材阻燃的概况 [J]. 林产工业, 2000, 27(2): 7-9.
- [8] 邱坚, 李坚. 无机质复合木材研究进展 [J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(1): 64-67.
- [9] 中国林业标准汇编: 木材与木制品卷 [G]. 北京: 中国标准出版社, 1998: 84-148.
- [10] 李淑君, 王清文, 侯建敏. 三种木材阻燃剂对木材吸湿性及尺寸稳定性影响的比较研究 [J]. 东北林业大学学报, 1999, 27(6): 34-37.
- [11] 殷宁. 水溶性复方处理剂提高木材阻燃性的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(5): 28-32.
- [12] 刘燕吉. 木质材料燃烧性能检测方法及有关法规 [J]. 木材工业, 1997, 11(3): 33-36.
- [13] Lebow S T. Effects of fire retardant treatments on wood strength: a review [J]. Wood and Fiber Science, 1990, 22(1): 113-131.
- [14] Furuno T, Shimada K, Uehara T, et al. Combination of wood and silicate. Water mineral composites using water glass and reactants barium chloride, boric acid and borax and their properties [J]. Mokuzai gakkaiishi, 1992, 38(5): 448-457.