

讨论与建议

硼化物处理人工林木材的燃烧性能

吴玉章

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 利用锥形量热仪对硼化物处理的人工木材的燃烧性能进行评价研究。结果表明, 硼化物对抑制木材点燃、释热、减少失重等效果不理想。虽然随着吸收量的增加木材引燃时间有延长的趋势, 但还未达到抑制着火的程度。随着吸药量的增加, 释热降低, 但仍保持有两个强释热过程; 木材平均失重率呈下降的趋势, 但不甚明显。阻燃处理后, 发烟总量随着吸收量的增加有增加趋势, 但均未超过未处理木材。

关键词: 燃烧性能; 人工林木材; 锥形量热仪; 硼化物

中图分类号: S782.39 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2006)04-0032-03

Burning Behaviour of Plantation Grown Wood Treated with Boride

WU Yu-zhang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology
of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The burning behaviour of plantation grown wood (two softwoods and one hardwood) treated with boride ($m(\text{H}_3\text{BO}_3) : m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 1 : 1$) was tested by Cone Calorimeter in this study. The sample size of 100 mm by 100 mm (LT or LR section) by 10mm thick was prepared for fire retardant treatment and the cone calorimeter test. The heated area was on LT or LR section. The heat flux was 50 kW/m^2 . The results showed that the boride fire retardant was not satisfactory for retarding ignition, restraining heat release or reducing mass loss. But, the fire retardant treatment was quite effective in reducing smoke generation.

Key words: burning behaviour; plantation wood; cone calorimeter; boride

关于木质材料阻燃性能评价, 国外已基本采用锥形量热仪方法, 并制定相应的标准, 规定了用锥形量热仪评价木质材料的点燃、释热、发烟、失重等的试验方法^[1-6]。日本在此基础上根据材料引燃时间、释热速度和所释放出热量的总量, 规定了材料不燃、难燃和可燃 3 种燃烧等级^[3]。如果在规定的燃烧时间内, 释热总量低于 8 MJ/m^2 , 燃烧 10 s 时的释热速度小于 200 kW/m^2 , 即可达到各自等级。

国内采用锥形量热仪进行阻燃性能评价的工作刚刚开始。李坚等^[7-9]曾利用锥形量热仪研究了 FRW 木材阻燃剂的阻燃性能和抑烟性能, 以及人工

林木材的燃烧性能。笔者研究磷酸铵盐处理人工林木材燃烧性能结果表明, 磷酸铵盐对降低人工林木材的释热性能、减少失重、延长引燃时间或抑制木材着火效果明显, 但抑烟效果不理想^[10], 对建筑材料阻燃性能不利。

用于木材的阻燃剂除了磷氮化合物外还有硼化物类。本文就硼化物处理的人工林木材, 利用锥形量热仪对其燃烧性能进行评价, 掌握阻燃处理后木材燃烧性能的变化。

1 材料与方法

1.1 材料

试材取自江西大岗山林场的杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和马尾松(*Pinus massoniana*), 以及产地在辽宁的杨木(*Populus × canadensis* cv.)。木材气

收稿日期: 2005-05-10

基金项目: 中日政府间专项技术合作(JICA 渠道)中国人工林木材研究项目内容之一。

作者简介: 吴玉章(1966—), 男, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士。

干后,按 ISO 5660-1 加工成幅面尺寸 100 mm×100 mm(L×T 或 L×R),厚度 10 mm 的样品。每个条件重复 3 次。

阻燃物质为硼酸与硼砂,化学纯,北京化学试剂公司。按 $m(\text{硼酸}):m(\text{硼砂})=1:1$ 混合。

1.2 方法

将硼酸与硼砂混合物配成质量分数为 10%、25%和 35%的水溶液,然后采用真空法浸注到木材中,再在 60 ℃下干至恒重后,放入干燥器内,准备进行燃烧试验。本研究采用 C3 型锥形量热仪(日本东洋制机),热源辐射强度为 50 kW/m²,加热面为 L×T 或 L×R 面。为了减少外界的影响,将样品除加热面外的所有面用铝箔纸包覆,放入不锈钢样品固定架内,并用隔热棉隔断热量从样品背面向外传递。数据的读取设定为每 2 s 读取一次,由计算机自动完成。

1.3 评价指标

选择以下指标评定材料的燃烧特性:1) 引燃时间,即样品从加热开始到出现稳定火焰的时间,主要反映木材被点燃的难易程度。2) 释热速度和释热总量,某一时刻木材受热分解释热的速率和总量。3) 有效燃烧热,木材受热分解每损失 1%质量的物质(即木材热解产生的可挥发性物质)燃烧所放出的热量。4) 平均失重率,反映木材受热分解质量减少的平均速率。5) 发烟总量,反映木材受热分解时某一时刻的发烟总量。

2 结果与分析

2.1 引燃时间

表 1 给出了阻燃处理前后木材的引燃时间。由表可知,随着吸收量的增加,引燃时间有延长的趋势。本试验条件下,3 种木材在各自最高吸收量,相对于未阻燃处理木材的引燃时间,杉木和杨木增加了 50%左右,马尾松增加近 4 倍。引燃时间表征了木材从受热到被点燃所需要的时间,而点燃意味着木材的有焰燃烧开始。引燃时间越长,说明木材越不易被点燃。抑制木材点燃也是阻燃的一个重要环节。结果表明,硼化物抑制木材点燃的作用效果不理想,引燃时间延长的程度还不足以达到抑制着火的程度。

2.2 有效燃烧热

由表 1 可以看出,阻燃处理前 3 种木材的有效燃烧热差异不大,平均在 12 MJ/kg 左右。这与 3 种木材的主要组成成分、热解过程和可挥发性物都比较相近有关。阻燃处理后木材的有效燃烧热降低。当吸收量在 150 kg/m³ 以内时,3 种木材的有效燃烧热从

万方数据

表 1 阻燃物质吸收量对燃烧性能的影响

Tab. 1 Effect of retention of the fire retardant on burning behaviour

树种	吸收量/ (kg·m ⁻³)	引燃 时间/s	有效燃烧 热/(MJ·kg ⁻¹)	平均失重率/ (g·s ⁻¹ ·m ⁻²)
杉木	0	13.8	12.88	5.96
	46.6	13.8	8.58	7.51
	103.3	17.8	9.00	6.40
	134.4	24.2	8.86	5.66
杨木	0	11.0	11.81	10.87
	66.3	16.8	6.90	9.35
	124.3	16.0	6.82	7.20
	149.1	20.4	6.78	6.30
马尾松	0	17.7	12.17	13.60
	53.6	14.5	8.27	10.08
	135.9	21.4	6.72	7.77
	236.2	85.7	3.81	6.88

12 MJ/kg 左右降到 7~9 MJ/kg。只有当吸收量达到一定程度,如马尾松,超过 200 kg/m³ 以上,有效燃烧热才有大幅度降低,这与硼化物的作用机制有关。硼化物是低熔点的化合物,加热形成玻璃状涂膜,覆在聚合物(木材)表面,起到隔热阻氧的作用^[11-12]。因此,吸收量越多,这种覆膜作用越显著,有效燃烧热就会越低。

2.3 平均失重率

表 1 还给出了阻燃处理前后木材的平均失重率。在低吸收量时,失重率变化不大,但杉木略有增加。随着吸收量的增加,平均失重率呈下降的趋势。

硼化物受热会在聚合物表面形成玻璃状涂膜,隔断外界热量和氧气向聚合物内传递。但是,这种作用有其局限性。热量终将会传递到聚合物内部,产生热降解。

2.4 释热速度和释热总量

图 1~图 3 给出了 3 种人工林木材阻燃处理后的释热速度和释热总量的变化过程。可以看出,阻燃处理后木材释热速度和释热总量都明显降低,2 个释热峰明显减弱,而且随着吸收量的增加,释热速度和释热总量有继续下降的趋势,但杉木的下降趋势不显著。当吸收量在 250 kg/m³ 左右时,马尾松木材的释热速度和释热总量降低程度较为明显。

2.5 发烟总量

吴玉章等^[9]对未阻燃处理木材的发烟情况做了详述,点燃前和炭化过程结束以后发烟最强,炭化过程中以及无焰燃烧阶段发烟最弱。阻燃处理后木材的发烟发生了变化。图 4 反映了阻燃处理后木材发烟总量的变化情况。与未处理木材相比,阻燃处理木材在燃烧过程中发烟量降低了。随着吸收量的增加

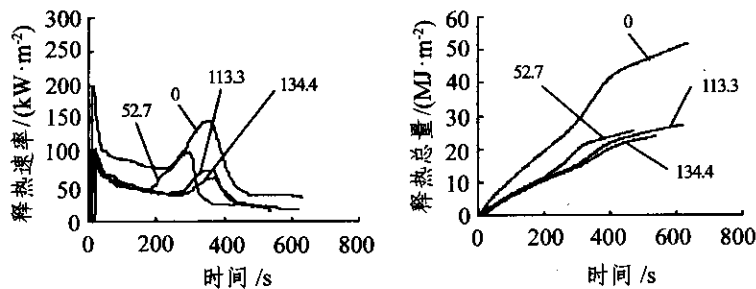


图1 杉木木材释热速度和释热总量

Fig. 1 Heat release rate and total heat released for China Fir

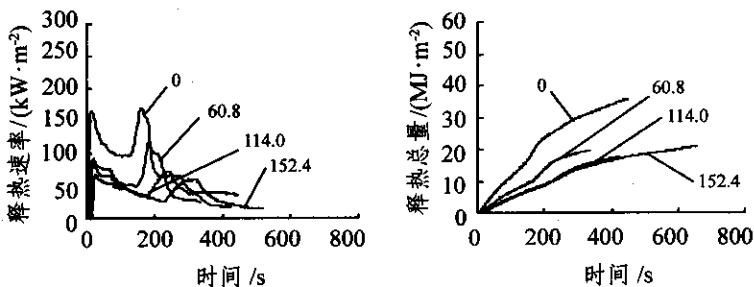


图2 杨木木材释热速度和释热总量

Fig. 2 Heat release rate and total heat released for Poplar

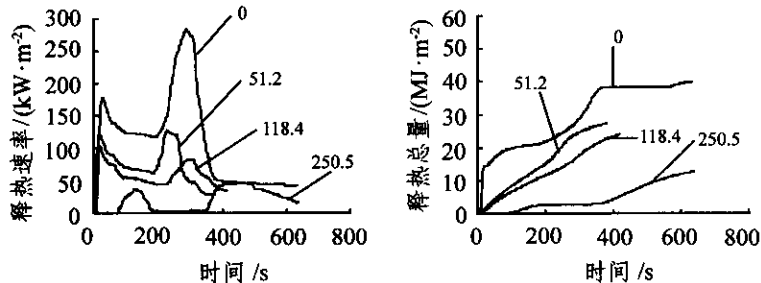


图3 马尾松木材释热速度和释热总量

Fig. 3 Heat release rate and total heat released for Masson pine

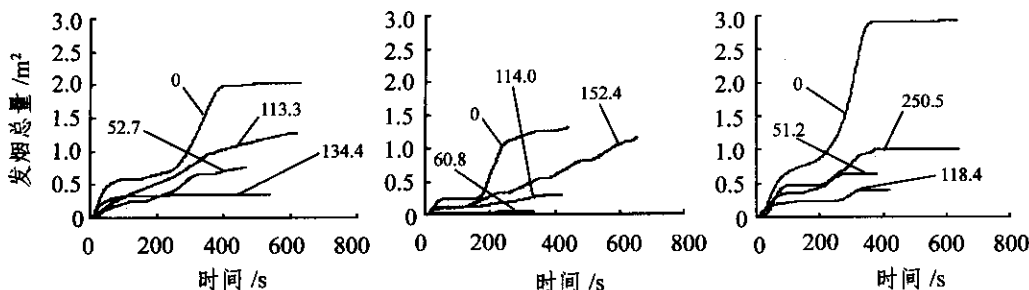


图4 3种木材发烟总量

Fig. 4 Total smoke production for three wood species

(本试验条件下达到最大值)发烟总量有增加趋势,但都未超过未阻燃处理木材的发烟总量。

阻燃处理后,点燃前和炭化过程结束后两个强发烟过程的发烟强度减弱(曲线斜率减小),炭化过程中和无焰燃烧阶段2个弱发烟过程的发烟仍然最弱(曲线斜率没变化)。这反映硼化物抑制发烟效果显著。

3 结论

在本试验条件下,硼化物抑制释热、点燃,减少失重的作用效果不理想。随着吸收量的增加木材引燃时间有延长的趋势,但还未达到抑制着火的程度。随着吸收量的增加释热在降低,但仍保持有两个强释热过程。木材平均失重率下降,但程度不甚明显。硼化物具有良好的抑烟效果。吸收量的增加虽然使发烟总量有增加趋势,但都未超过未处理木材。

致谢:本文得到日方长期专家池田敦、林良兴等的指导,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] TRAN H C, WHITE R H. burning rate of solid wood measured in a heat release rate calorimeter[J]. Fire and Materials, 1992(16): 197-206.
- [2] 原田寿朗. 木材燃烧特性及耐火性能的研究[R]. 森林综合研究所研究报告, 2000.
- [3] 原田寿朗, 上杉三郎. 利用锥形量热仪评价阻燃处理木材的燃烧特性[J]. 木材保存, 1996, 22(5): 262-271.
- [4] Fire tests-reaction to fire-Part 1: Rate of heat release from building products (Cone calorimeter method)[S]. ISO 5660-1: 1993(E).
- [5] MIKKOLA E. Charring of wood based materials [R]. Proceeding of the Third Inter National Symposium on Fire Safety Science, Edinburgh, 1991.
- [6] 李秀瑜. 锥形量热计及其应用[J]. 阻燃材料与技术, 1997(4): 10-11.
- [7] 李坚, 王清文, 李淑君, 等. 用 CONE 法研究木材阻燃剂 FRW 的阻燃性能[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 108-114.
- [8] 李坚, 王清文, 李淑君, 等. 用 CONE 法研究木材阻燃剂 FRW 的抑烟性能[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 103-109.
- [9] 吴玉章, 原田寿朗. 人工林木材燃烧性能的研究[J]. 林业科学, 2004, 40(2): 131-136.
- [10] 吴玉章. 硼化物及磷酸盐处理人工林的燃烧性能比较[J]. 木材工业, 2005, 19(2): 35-38.
- [11] 王元宏. 阻燃剂化学及其应用[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1988: 97-239.
- [12] 李坚, 王金满, 吴玉章, 等. 新型木材[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 79-104.

(责任编辑 鲍加芬)