

木质材料系列阻燃技术的研究

刘燕吉 朱家琪 高超英

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

摘要 WFR 木质材料系列阻燃技术包括多功能系列阻燃剂及阻燃型木材、胶合板、刨花板和中密度纤维板的生产工艺。WFR 系列阻燃剂阻燃效果好,流失性小,低毒、防腐。用 WFR 生产的板材阻燃性能和物理力学性能好。人造板板材甲醛释放量低。

关键词 阻燃; 阻燃剂; 木材; 胶合板; 刨花板; 中密度纤维板

1 前言

1994 年全国发生火灾 4 万起,死、伤 6000 余人,直接财产损失 12 亿元^[1]。公安部门分析,火灾发生直接原因各异,但火势扩大、人员伤亡与室内装修中使用大量木质材料等可燃物有直接关系。为此,我国各类消防法规对建筑、车、船等内装修重要部位所用木质材料都要求达到一定的难燃等级^[2,3]。

国内外木质材料阻燃技术发展迅速,80 年代中期,抗流失、长效;低毒、低污染;对木材力学强度影响小;具有阻燃、防腐、防虫、尺寸稳定等多功效的第二代木材阻燃剂开始发展并逐渐代替以无机盐为主剂的第一代阻燃剂^[4~7]。

采用加压处理生产阻燃木材和阻燃胶合板;阻燃剂与刨花混合生产阻燃刨花板;胶与阻燃剂混合后一次施入生产阻燃中密度纤维板的工艺都是国内外较先进的技术路线。

WFR 木质材料系列阻燃技术包括属于第二代阻燃剂范畴的多功能保护剂及采用国内外先进工艺路线的阻燃型木材、胶合板、刨花板、中纤维板的生产技术。

2 材料与方法

2.1 试验材料

2.1.1 树脂型阻燃剂 WFR-1—木材和胶

收稿日期 1995-06-15

吴健身、李玉栋、王天佑、周明、刘秀英、吕惠梅、林露露、张寿槐、李瑕媛参加了本项目部分研究或实验工作。

合板用阻燃剂;WFR-2—刨花板用阻燃剂;WFR-4—中纤维板用阻燃剂。上述阻燃剂均由本所试验室合成。

2.1.2 试材 马尾松 (*Pinus massoniana*)、云南松 (*Pinus yunnanensis*)、毛白杨 (*Populus tomentosa*) 木材和椴木 (*Tilia* sp.) 脲醛胶合板。

2.1.3 MN-12 脲醛胶,市售;阻燃中纤维板用胶粘剂,由本所试验室合成。

2.1.4 固化剂、防水剂等市售。

2.2 试验方法

2.2.1 胶合板及木材阻燃处理 用 10%~20%WFR-1 阻燃剂加压浸渍处理。工艺参数为:前后真空度 76.0~86.0kPa,时间 15~20min,加压压力 1.0~1.2MPa,保压时间 35~50min。

2.2.2 阻燃刨花板制备 用 40%WFR-2 按一定比例与刨花直接混合后,经干燥、施胶、热压制板。9mm 板工艺参数为:施胶量 12%,阻燃剂用量 20%~25% (刨花板、中纤维板的药剂量与绝干刨花或干纤维之比;木材、胶合板的药剂量与绝干试样之比,余同),热压压力 3.5MPa,时间 120~130s,温度 165±5℃。

2.2.3 阻燃中纤维板制备 在搅拌下将 WFR-4 溶液加入胶粘剂中,一次施入纤维,气流干燥,铺装成型并热压成板。9mm 板工艺参数为:施胶量 8%~20%,阻燃剂用量

15%~20%，热压压力 3.5~4.0MPa，温度 180℃，热压时间 180~300s。

2.2.4 样品（包括实验室和生产抽样样品）的检测。

2.2.4.1 阻燃性能

①氧指数法 基本依据 JIS D 1201—77 和 GB 2406—80 标准方法，采用 ON-1D 型燃烧试验仪进行测定。试样尺寸为 150mm×6~10mm×3mm 或板厚。

②垂直燃烧法 基本依据 AS 1530 part 2 标准方法进行试验。试样尺寸为 300mm×100mm×10mm 或板厚。用 900~1000℃火焰垂直点烧 100mm 宽的底边，火焰与被测试样重叠高度为 10mm。未阻燃处理板点烧 2~3 分钟，阻燃板点烧 9~10 分钟，测定板材垂直点烧离火后续燃时间及炭化长度。

③火焰穿透时间 试样尺寸 200mm×200mm×板厚。用汽油喷灯水平喷出 1000℃火焰点烧板面中心，检测火焰穿透时间。

④建筑材料难燃性试验 委托“国家固定灭火系统和耐火构件质量监督检验测试中心”按 GB 8625—88 标准方法检测。试样尺

寸为 190mm×1000mm×板厚。

⑤发烟性 基本依据 JIS D 1201—77 标准方法，采用 ON-1D 型燃烧试验仪进行试验。试样尺寸 150mm×6~10mm×3mm 或板厚。通过试样燃烧时生成的烟对光路遮蔽的程度，检测材料燃烧时的发烟量。

2.2.4.2 物理力学性能

①木材顺纹抗压强度及抗弯强度分别依据 GB 1935—80 和 GB 1936—80 标准方法进行测试。

②胶合板胶合强度依据 GB 9846—88 标准方法进行检测。

③刨花板物理力学性能依据 GB 4899~4903—85 标准方法进行检测。

④中密度纤维板物理力学性能依据 GB 11718.2—89 标准方法进行检测。

2.2.4.3 木材防腐试验：基本参照 GB/T 13942.1—92 标准进行试验。试块树种为毛白杨，菌种为白腐菌 (*Coriolub versicol*) 即彩绒革盖菌；褐腐菌 (*Poria placenta*) 即绵腐卧孔菌。

2.2.4.4 木材防霉试验 采用察氏琼脂平

表 1 材料的氧指数和垂直燃烧试验结果

试样名称	吸药量 (%)	氧指数 (%)	垂直燃烧试验结果			试样数
			点烧时间 (min)	燃烧情况	炭化长度 (cm)	
马尾松木材	0	20~22				5
	<6.1	≤40				10
	7.1~9.6	50~53				15
	>10.5	>55				20
云南松木材	11.0~12.8	>55				5
	0		2	1 分钟出现明火不自熄，离火后烧完	烧完	2
	10.1~15.0		10	1 分钟出现明火，2 分钟自熄，离火后无明火续燃	13.0~15.5	5
	15.5~20.0		10		8.0~13.0	5
椴木胶合板 (三合板)	0	28	2	1 分钟出现明火不自熄，离火后烧完	烧完	7
	11.8~13.9	50				10
	16.0~17.4	52~53				10
	11.8~17.4		10	1 分钟出现明火，2 分钟自熄，离火后无明火续燃	10.5	5
9mm 刨花板	0	28	3	2 分钟出现明火后不自熄，离火后续燃 12'15"，试样烧完	烧完	7
	20.0~25.0	≥40	9	无明火，离火后也无明火续燃	9.5	12
9mm 中纤板	15.0~20.0	≥45	15	3 分钟出现明火，离火自熄	≤12.0	12

皿培养基。试验菌种为黑曲霉菌(*Aspergillus niger*)试样 尺寸为 20mm×20mm×10mm, 年轮 3~5 个的健康马尾松边材。参照竹材抗霉评价标准评判试样的抗霉性。

抗霉定性观察试验 试样尺寸及数量与木材抗压强度试样相同,对照试样用蒸馏水处理。在室内相对湿度为 80%~90%,温度 28~30℃环境中自然放置、观察。

2.2.4.5 药剂对铁钉的腐蚀性 本试验基本依据 JIS A 9304-76 标准进行。试样选用马尾松树种木材,尺寸 20mm×20mm×45mm。

2.2.4.6 药剂对木材表面油漆性能的影响 试样选用马尾松木材,尺寸为 20mm×20mm×10mm。在 20mm×20mm 截面上涂四川消防研究所生产的黄色阻燃漆两遍。漆膜厚 0.1~0.3mm,待油漆干后在拉力试验机上测定漆膜与木材表面附着力。

2.2.4.7 阻燃板材毒性试验 采用大白鼠急性毒性经口试验方法测定半致死量(LD_{50}),此试验由中国预防医学中心卫生研究所代做。

2.2.4.8 阻燃刨花板和阻燃中密度纤维板板材甲醛释放量的测定 按 GB/T 4897-92 中规定的标准方法进行测定。

3 试验结果

3.1 阻燃性能

3.1.1 氧指数和垂直燃烧试验结果见表 1。

3.1.2 火焰穿透时间 未阻燃处理和阻燃处理的 16mm 厚刨花板火焰穿透时间分别为 9 分钟和 25 分钟。

3.1.3 建筑材料难燃试验结果 平均吸药量阻燃木材为 12.8%,阻燃胶合板 13.4%,阻燃中密度纤维板 15%~20%。检测结果均达 GB 8624-88 难燃 B₁ 级指标,见表 2。

3.1.4 发烟性能见表 3。

3.2 物理力学性能

3.2.1 阻燃木材物理力学性能

马尾松未处理木材的顺纹抗压强度为

• 14 •

表 2 试材难燃试验结果

检验项目	标准号及标准要求	受检材料	实测结果	结论
一般可燃试验	GB 8626-88	阻燃木材	通过	合格
		阻燃三合板	通过	合格
		阻燃 MDF	通过	合格
试件燃烧剩余长度平均值 (mm)	GB 8625-88 >150	阻燃木材	403	合格
		阻燃三合板	426	合格
		阻燃 MDF	222	合格
平均烟气温度 (℃)	GB 8625-88 <200	阻燃木材	95	合格
		阻燃三合板	89	合格
		阻燃 MDF	108	合格
试件燃烧性能等级	GB 8624-88 B ₁	阻燃木材	B ₁	合格
		阻燃三合板	B ₁	合格
		阻燃 MDF	B ₁	合格

表 3 发烟性能测试结果

试样种类	光透入度 (%)	减光系数	发烟等级	检测试样数
未处理马尾松木材	85~90	0.2<X<1.0	2	3
未处理云南松木材	90~92	平均<0.2	1~2	3
阻燃云南松木材	>90	<0.2	1	3
未处理胶合板	>90	<0.2	1	3
阻燃胶合板	>90	<0.2	1	3
无阻燃剂 16mm 刨花板	87	0.2<x<1.0	2	3
16mm 阻燃刨花板	>90	<0.2	1	3
9mm 阻燃刨花板	>90	<0.2	1	3
9mm 无阻燃剂中纤板	>90	<0.2	1	3
9mm 阻燃中纤板	>90	<0.2	1	3

44.5MPa(60 个样品的平均值),抗弯强度为 83.7MPa(58 个样品的平均值),而树种和样品数相同的处理材则分别为 59.2MPa 和 90.9MPa。由此可知,处理试样抗压强度比未处理试样显著提高,处理材与未处理材的抗弯强度无显著差异。抗压和抗弯强度的增值均随吸药量增加而提高。

3.2.2 阻燃胶合板胶合强度见表 4。

表 4 阻燃胶合板胶合强度

项目	吸药量 (%)	试样个数	单个试样胶合强度 (MPa)	平均胶合强度 (MPa)	处理样与对照样胶合强度比较
对照板	0	12	>0.70	1.20	
阻燃板	15.3	12	>0.70	1.47	提高 22.5%

3.2.3 阻燃刨花板和阻燃中纤板物理力学性能见表 5。

在试验范围内阻燃刨花板物理力学性能

表 5 阻燃刨花板和阻燃中纤板物理力学性能

材 料	密 度 (g/cm ³)	静曲强度 (N/mm ²)	内结合强度 (N/mm ²)	吸水厚度膨胀率 (%)	板材甲醛释放量 (mg/100g 板量)	板材毒性 LD ₅₀ (mg/kg)
9mm 刨花板	0.63~0.74	≥18.0	≥0.4	≤6.0	3~4	>5000
16mm 刨花板	0.70~0.80	≥18.0	≥0.4	≤6.0		
9mmMDF	0.70~0.80	30.0	0.46~0.48	10.0~11.0	4	

达 GB/T 4897—92 A 类刨花板一等品指标, 阻燃中纤板物理力学性能达 GB 11718.2—89 一等品指标。

3.3 防腐试验结果

国家标准 GB/T 13942.1—92 规定, 木材天然耐腐性以木材受木腐菌腐朽前后失重百分率为依据分强耐腐、耐腐、稍耐腐和不耐腐四个等级, 它们的失重率分别为 0~10%、11%~24%、24%~44% 和 >45%。

试验结果显示, 毛白杨木材吸药量为 10.8%~11.9% 时, 被彩绒革盖菌腐朽的木材失重率为 13.2%; 当吸药量为 8.6%~9.9% 时, 被绵腐卧孔菌腐朽的木材失重率为 12.1%。而未处理毛白杨被上述两种菌腐朽后的失重率分别为 46.3% 和 48.7%。可见, 不耐腐的毛白杨试件经 WFR-1 处理后具有了耐腐性。

3.4 抗霉试验结果

抗黑曲霉菌等级为 2 级。抗青霉菌等级在 3 级偏上。蒸馏水处理的未阻燃试材 2 天后开始生有各种霉菌, 而 WFR-1 处理的试材上未发现霉菌生成。

3.5 铁钉重量损失率及锈蚀比

表 6 阻燃剂对铁钉的腐蚀性

药剂	吸药量 (%)	铁钉数 (个)	铁钉平均失重 (%)	锈蚀比
蒸馏水	0	22	1.23	100
WFR-1	11.1~12.4	22	1.39	113

与蒸馏水相比, WFR-1 对铁钉锈蚀比增加 13%。

3.6 木材表面对油漆的附着力

表 7 阻燃处理马尾松木材的表面涂饰性能

药剂	吸药量 (%)	试样数 (个)	平均附着力 (N/mm ²)
蒸馏水	0	3	0.70
WFR-1	11.1~12.4	3	0.70

用 WFR-1 处理的马尾松木材表面对所用阻燃漆附着力基本无影响。

3.7 对动物毒性试验结果

阻燃刨花板(阻燃剂为 WFR-2)粉碎后喂大白鼠, 急性毒性经口半致死量 LD₅₀>5000mg/kg 大白鼠, 属低毒、无害物质。

3.8 人造板板材甲醛释放量

阻燃刨花板甲醛释放量实测值为 3~4mg/100g, 阻燃中密度纤维板甲醛释放量实测值为 4mg/100g。均低于欧洲标准 E1 级刨花板的指标(10mg/100g)。

4 结论

4.1 WFR 树脂型系列阻燃剂属于低毒、无污染、流失量小、长效的第二代多功效木材阻燃剂范畴。该阻燃剂以难燃树脂做载体, 包覆 P—N 系阻燃剂成分。P—N 系阻燃剂成分可改变木质材料的热分解模式, 比未处理木材低 40~50℃ 温度下分解, 减少了可燃气体的逸出。同时 P—N 系成分遇高温生成强酸使木质材料迅速炭化, 炭的导热系数是木材的 1/3, 因而减少热传递, 抑制明火产生。由于 P—N 系分子被大分子难燃树脂包覆, 不与木质材料直接接触, 从而减少对木材物理力学性能的影响。P—N 系成分随树脂固化而固定在木质材料中, 不易流失。因此, 比单独使用 P—N 系或树脂阻燃剂效果好得多^[8]。

4.2 WFR 系列阻燃剂生产及配制工艺简单, 设备投资小, 目前已推广并取得经济效益。

4.3 采用 WFR-1 及加压浸渍法生产的阻燃木材、阻燃胶合板的物理力学性能不低于未处理板, 阻燃性能达 GB 8624—88 B₁ 级。

4.4 采用 WFR-2 生产的阻燃刨花板及 WFR-4 生产的阻燃中密度纤维板的物理力

学性能均达国标一等品指标,阻燃中密度纤维板阻燃性能均达 GB 8624—88 B₁ 级。由于 WFR 阻燃剂具有吸收甲醛的作用,因此制成板材的甲醛释放量很低,有利于操作工人及用户的身体健康。

5 参考文献

- 1 北京晚报·四万起火灾足以烧醒人们该有个防火最低消费. 1995-01-10
- 2 北京市消防局·建筑内装修设计防火暂行规定. 1994-05-05
- 3 中华人民共和国公安部·公共娱乐场所消防安全管理

规定. 1995-01-26

- 4 Alexiou P N. Efficacy of an amino resin fire retardant. Forest Products Journal, 1986, Vol. 36(11/12), 9~15
- 5 Erler K……. Improving pine and oak wood by impregnating with urea-formaldehyde resin. Holz als Roh-und Werkstoff, 1988, Vol. 46(9): 327~329
- 6 Susan Level……. Choosing and applying fire retardant treated plywood and lumber for roof designs, general technical report Fpl-GTR-62, from Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture USA, 1989
- 7 US 4,857,365. 1989
- 8 刘燕吉等·阻燃刨花板阻燃剂的研制·木材工业, 1992, 6(4): 17~20

A Serial Technique for Producing Fire-retardant Wood Products

Liu Yanji Zhu Jiaqi Gao Chaoying

(Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091)

Abstract A series of four fire retarders denoted by WFR was developed and the processes for producing fire-retardant wood, plywood, particleboard and MDF were investigated. The fire retarders were low toxic, decay-resistant and less leachable. The treated wood and panels had excellent fire-resistant properties and good physico-mechanical properties. Besides, the release of formaldehyde from panels was very low.

Keywords Fire retardant; Fire retarders; Wood; Plywood; Particleboard; MDF

欢迎订阅 1996 年《木材工业》(双月刊)

《木材工业》是集学术性与技术性于一体的综合性专业科技期刊,是从事科研、教学、生产、管理、技术开发工作必不可少的参考资料之一。主要栏目:

■学术园地 ■研究简报 ■实用技术 报道各种木材、非木材人造板、复合材料;木材与人造板的表面加工与装饰,木材胶粘剂,木材干燥、防腐及阻燃等改性处理,木材工艺性能,制材,环境保护与节能降耗等方面的最新研究成果、先进实用技术与企业管理、技术革新经验。

■综述 ■热点讨论 综合评述国内外木材工业的发展方针、政策以及现状、水平和发展趋势。

■技术讲座 系统介绍有推广价值的新产品、新技术,为读者提供普及、更新知识的学习机会。

■综合信息 内设国外、国内科技动态,专利介绍,技术转让、招标,鉴定消息,市场信息,人才交流,会讯、新书简介,学会简讯等小栏目,并可根据需要进行栏目调整。

■广而告之 提供彩色和黑白版面,介绍木材、建材、轻工、化工、物资及机电行业新产品及企事业单位简介,旨在为国内外企事业单位树立良好形象、扩大知名度提供服务。

《木材工业》逢单月末出版。每期 16 开 48 页,1996 年的定价不变,仍为 3.00 元,全年 18.00 元。自办发行(免收邮费),全年均可办理订阅。电话:(010)2582211—416,传真:(010)2581937。欲订者请将订款寄至:

北京市颐和园后中国林科院 29 号信箱《木材工业》编辑部,邮编:100091