

美国阻燃处理木材的现状

纪磊¹, 陈志林¹, 蔡智勇²

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 美国林产品研究所, Madison 53726-2398)

摘要: 总结美国阻燃处理木材的规范与标准, 介绍美国主要阻燃处理木材生产商的阻燃木材产品, 分析主要阻燃剂的配方及合成工艺、处理木材的工艺与技术特点, 为国内阻燃处理木材行业的技术发展提出建议。

关键词: 美国; 阻燃处理木材; 阻燃剂

中图分类号: S782.39, TS65 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2011)02-0026-03

An Overview of Wood Fire-Retardant in the United States

JI Lei¹, CHEN Zhi-lin¹, CAI Zhi-yong²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Forest Products Laboratory, USDA Forest Service, Madison 53726-2398, USA)

Abstract: This article reviewed the current status of wood fire retardants, and their corresponding manufacturing specifications and standards in the US. The author also introduced five major fire-retardant manufacturers in the US and their flame retardant formulations and market. It was expected that this paper would provide useful suggestions to the domestic fire-retardant industry.

Key words: US; fire-retardant-treated wood; fire retardant

阻燃处理木材(Fire-retardant-treated wood, FRT wood)是指经过减压-加压方法注入阻燃剂, 而具有阻燃性能的木制品, 包括阻燃处理锯材与阻燃处理胶合板。美国阻燃处理木材的生产始于二次世界大战后, 目前已经形成包括企业、科研单位、协会在内的较为成熟的行业。

1 阻燃处理木材相关规范与标准

在美国, 阻燃处理木材主要替代建筑规范中要求的不燃性材料, 用作屋顶桁架、衬板、立柱、地板、龙骨以及其他建筑内外用材料。由于美国特殊的国情, 过去无统一的建筑规范。在南部, 南方建筑法规国际委员会(Southern Building Code Congress International, SBCCI)制定有《标准建筑规范》(Standard Building Code, SBC); 在东北部, 建筑官员和法规管理者协会

(Building Officials Code Administrators International, BOCA)制定有《BOCA 国家建筑规范》(BOCA National Building Code, BNBC); 西北部的国际建筑官员联合会(International Council of Building Officials, ICBO)制定有《统一建筑规范》(Uniform Building Code, UBC)。美国97%以上的城市采用此三种建筑规范。

1994年, SBCCI、BOCA、ICBO三个组织合并, 成立了国际规范委员会(International Code Council, ICC), 旨在建立和发展一套系统、完整、统一的全国性模式规范, 保证现有建筑规范体系, 向更可靠、更安全的国际建筑规范体系I-Code系列平稳过渡^[1]。

国际规范委员会评价服务中心(International Code Council-Evaluation Service, ICC-ES)是ICC的附属机构, 执行对建筑产品、构件、方法和材料的技术评估, 颁发规范评估报告(Evaluation Service Report, ESR), 为美国阻燃处理木材的市场准入提供了技术基础。

ESR报告对阻燃处理木材产品的燃烧性能、强

收稿日期: 2010-03-03; 修改日期: 2011-02-18

基金项目: 引进国际先进林业科学技术计划(948计划)(2009-4-50)。

作者简介: 纪磊(1983—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

通讯作者: 陈志林, 男, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士。

度性能、吸潮性、耐久性以及耐金属腐蚀性进行全面评价,其参考的建筑规范包括:《国际建筑规范》(Internation Building Code, IBC)、《国际住宅规范》(International Residential Code, IRC)以及原先的三大规范 BNBC、SBC、UBC;试验方法引自美国材料与试验协会 (ASTM) 标准、美国木材保护协会 (AWPA) 和美国军标等标准,具体要求列于表 1。目前,在美国市场上销售的阻燃处理木材产品均持有 ESR 报告。在 ESR 报告中,还注明阻燃处理的工厂名称,处理工厂必须建立质量保证流程,并接受第三方检验机构的检查。

美国建筑材料燃烧性能分级体系以 ASTM E 84《Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials》为基础,与国内体系完全不同,该试验方法标准用于测定建筑材料的火焰传播速率(同时测定烟雾浓度)。

所用检测设备为一个长 7.62 m、开口端横截面 0.45 m×0.30 m 的钢槽,内衬耐火砖。试件尺寸为 (0.51 m×7.32 m×使用最大厚度)。点火源为 2 个煤气喷灯,能量输出为 5.3 MJ/min,置于试件之下,距样品 190 mm,距试验台点火端 305 mm。

通过测定样品的生烟性及火焰传播速率的曲线,计算样品的火焰传播指数 (Flame Spread Index, FSI),如样品曲线下的总面积为 $A_T \leq 29.7 \text{ m} \cdot \text{min}$,则 $FSI = 0.515A_T$;如 $A_T > 29.7 \text{ m} \cdot \text{min}$,则 $FSI = 4\,900/(195 - A_T)$ 。

材料的 FSI 值通常介于 0~200 之间,FSI 值越小的材料,火灾危险性越小。根据 FSI 值及烟指数进行材料分类:

- A 类材料:FSI 值 0~25,且烟指数<450;
- B 类材料:FSI 值 26~75,且烟指数<450;
- C 类材料:FSI 值 76~200,且烟指数<450。

ASTM E 84 等同于美国保险商试验所标准 UL 723《Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials》、美国消防协会标准 NFPA 255《Standard Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials》等标准。

2 主要阻燃处理木材生产商及其产品

依据 ICC-ES 的 ESR 报告,美国主要阻燃处理木材生产商的产品及阻燃剂归纳如下。

2.1 阻燃处理木材产品

美国主要 5 大阻燃处理木材产品的生产商及其产品分别是:

- 1) ARCH 公司,位于 Georgia,阻燃木材产品为 DRICON;
- 2) HOOVER 公司,位于 Georgia,阻燃木材产品为 PYRO-GUARD;
- 3) VIANCE 公司,位于 North Carolina,阻燃木材产品为 D-BLAZE;
- 4) OSMOSE 公司,位于 Georgia,阻燃木材产品为 FirePro;

表 1 ESR 报告涉及的试验内容、方法及技术要求
Tab. 1 Specifications and testing methods in ESR report

产品类别	性能指标	试验方法	相关规范技术要求	
			规范来源	具体要求
阻燃处理锯材	抗弯强度和弹性模量	ASTM D 5664、ASTM D 6841	2009 IBC; 2303.2.5	生产商提供修正系数
	吸潮性(室内型)	ASTM D 3201	2009 IBC; 2303.2.7	在相对湿度 92%下,木材的含水率≤28%
	耐久性(室外型)	ASTM D 2898	2009 IBC; 2303.2.6	ASTM D 2898 试验后火焰传播指数不增加
	火焰传播	ASTM E 84	IBC; 2303.2	火焰传播指数≤25,测试时间从 10 min 延长到 30 min,火焰传播不超过燃烧器中线 3 200 mm,且无进一步燃烧的迹象
	金属腐蚀性(室内型)	MIL-L-19140E 或 AWPA E 12	MIL-L-19140E; 3.7 ICC-ES AC326; 4.6	腐蚀速率≥0.13 mm/年 阻燃剂对碳素钢、镀锌钢、不锈钢、铝、铜等金属的腐蚀速率无增加
阻燃处理胶合板	抗弯强度和弹性模量	ASTM D 5516 ASTM D 6305	2009 IBC; 2303.2.5	生产商提供修正系数、容许最大载荷和跨距
	吸潮性(室内型)	ASTM D 3201	同阻燃处理锯材	
	耐久性(室外型)	ASTM D 2898	同阻燃处理锯材	
	火焰传播	ASTM E 84	同阻燃处理锯材	
	金属腐蚀性(室内型)		同阻燃处理锯材	

5) CHEMCO 公司, 位于 Washington, 阻燃木材产品为 FRX 和 THERMEX-FR。

此 5 家公司均使用自主研发的阻燃剂, 独立或者与木材处理工厂合作生产阻燃处理木材产品。目前, 阻燃处理木材均采用在一定的压力作用下, 浸渍阻燃剂、再干燥的方法制得。

前 4 家公司的产品不能在室外或潮湿环境中使用, 仅 CHEMCO 公司的两种产品均可在室内、外环境使用。各公司阻燃处理木材的名称, 以其所使用阻燃剂的名称来命名。

2.2 阻燃剂开发及应用进展

1) DRICON 阻燃剂

该阻燃剂包含磷酸脒基脲 $[(H_2N-C(NH)-NH-C(O)-NH_2) \cdot H_3PO_4]$ (GUP)和硼酸, 基本合成工艺为: 将一定物质的量比的双氰胺、磷酸、硼酸在水中混合、溶解, 升温反应。

其中: 双氰胺与磷酸的量比为 $0.8:1 \sim 1.3:1$, 硼酸与双氰胺加磷酸的量比为 $(0.2 \sim 1.5):1$, 体系反应温度为 $95 \sim 98^\circ C$, 反应时间在 5 h 以内, 最终得到溶质含量为 $40 \sim 60\%$ 的溶液。将溶液喷雾干燥制成粉状固体阻燃剂, 包装待售^[2]。

值得提出的是, 该配方已被美国木材保护协会列为其两个阻燃剂配方标准之一。

2) PYRO-GUARD 阻燃剂

该阻燃剂的合成原料包括尿素、双氰胺、磷酸、硼酸、硼砂及氢氧化钠, pH 为 $4.75 \sim 5.25$, 优点是对金属的腐蚀性较低^[3-4]。

3) D-BLAZE 阻燃剂

该阻燃剂配方包含磷酸氢二铵、磷酸二氢铵、硼酸, 优点亦是对金属的腐蚀性低^[5-6]。

4) FirePro 阻燃剂

Osmose 公司早在 1956 年取得了一项木材阻燃剂专利^[7], 近年来又改进了阻燃剂的合成工艺: 首先由一定质量比的正磷酸、水、尿素, 在加热条件下反应; 然后, 用氨水调节体系的 pH 值至弱碱性; 最后加入甲醛, 在加热条件下反应^[8]。

该公司目前使用的无磷阻燃剂配方, 采用了另外两项专利(US 6306317、US 6517748)技术, 合成原料包括双氰胺、硼砂、硼酸、尿素, 对木材的强度、持久性、腐蚀性以及吸潮性的影响极小^[9-10]。

5) FRX 和 THERMEX-FR 阻燃剂

该阻燃剂包括两个组分, 树脂 A 和树脂 B。树脂 A 的合成原料包括多元醇、磷酸二氢铵、尿素、磷

酸、乙二醛; 树脂 B 的原料有羟甲基三聚氰胺甲醛、羟甲基尿素甲醛或羟甲基酚醛。使用前将树脂 A、B 混合, 得到树脂 C 后进行木材处理, 处理木材须经加热固化^[11]。

该阻燃剂最大的特点是抗流失性强, 其处理木材可用于室外, 但其合成、处理工艺较复杂。

3 结语

美国的木结构建筑非常普遍, 因此, 在建筑木材方面存在对阻燃处理木材的巨大需求。同时, 美国已建立起了完善的市场准入和监管体系, 覆盖产品规格、用途、处理工艺、阻燃剂、分析方法、评价等各个方面, 有效地保证了阻燃产品的质量, 对行业的发展起到积极的促进作用。

我国的情况则不同, 人口多、居住密集, 木结构建筑使用比例较低。因此, 需要拓宽阻燃处理木材的应用领域, 如高层建筑及大型公共场所的装修材、家具材、地板材等。此外还需根据我国国情, 进一步出台相关政策, 强化对行业的监管, 促进我国阻燃处理木材行业的技术进步和有序发展。

参考文献:

- [1] 卫明. 美国的建筑标准与规范(下)[J]. 建筑, 2001, (10): 43-45.
- [2] Pasek E A, Thomason S M. Fire retardant [P]. America: 6652633, 2003.
- [3] Loyvet A G, Morgan D J. Fire-retardant treatment composition [P]. America: 4461720, 1984.
- [4] Herndon J F, Morgan D J. Flame retardant composition and method for treating wood [P]. America: 5151225, 1992.
- [5] Lewchalermwong C C. Fire retardant composition [P]. America: 4725382, 1988.
- [6] Archer K J, Roos K D. Methods of incorporating phosphate/borate fire retardant formulations into wood based composite products [P]. America: 6811731, 2004.
- [7] Fahlstrom G B. Fire retardant wood preserving composition [P]. America: 2757121, 1956.
- [8] Leach R M, Richards M J. Composition and process for imparting fire retardant properties and improved thermal stability to cellulosic materials [P]. America: 5009964, 1991.
- [9] Richards M J, Herdman D J. Phosphate free fire retardant composition [P]. America: 6306317, 2001.
- [10] Richards M J, Herdman D J. Phosphate free fire retardant composition [P]. America: 6517748, 2003.
- [11] Trocino F S, Amundson F J. Fire-retardant chemical compositions [P]. America: 5162394, 1992.

(责任编辑 向琴)