

# 三乙醇胺对木材阻燃剂的阻燃效果和吸湿性的影响



SUN Ying-ying

孙莹莹, 程康华\*

(南京林业大学化学工程学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 考察了三乙醇胺(TEM)对3种木材阻燃剂(F1、F2、DPB)处理试件的载药率、阻燃效果、吸湿性的影响。试验结果表明:随三乙醇胺加入量的增加,阻燃试件的载药率增加,氧指数增加,阻燃效果得到改善;三乙醇胺加入量大于3.5%时,处理液的黏度增加,载药率增加不明显;加入2.5%~3.5%的三乙醇胺时,处理试件的吸湿率最小。同时实验还显示了在3种木材阻燃剂中加入三乙醇胺后,只有F2与三乙醇胺有协同效应,其它两种阻燃剂协同效应不明显。

**关键词:** 三乙醇胺;木材阻燃剂;载药率;吸湿性;氧指数

中图分类号:TQ35

文献标识码:A

文章编号:0253-2417(2011)04-0145-04

## Effect of Triethanolamine on the Retardant Effectiveness and Hygroscopicity of Wood Fire-retardant

SUN Ying-ying, CHENG Kang-hua

(Institute of Chemical Engineering, Nanjing Forest University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** Effect of triethanolamine(TEM) on the drug load, retardant effectiveness and hygroscopicity of wood treated by three fire-retardants(F1, F2, DPB) were investigated. The results showed that drug loading and oxygen index increased with the increase of triethanolamine and the retardant effectiveness was improved at the same time. When triethanolamine is increased to 3.5%, the viscosity of the solution rises and the increase of the drug loading becomes insignificant. Adding 2.5% to 3.5% of triethanolamine gave the minimum moisture absorption rate for the samples. Otherwise the experiments showed that F2 fire-retardant had the synergistic effect with triethanolamine only and F1 and DPB had little synergistic effect with triethanolamine.

**Key words:** triethanolamine; wood fire-retardant; drug loading; hygroscopicity; oxygen index

木材以其天然的特质以及美丽的纹理在建筑装饰领域倍受青睐,但木材是一种易燃材料。近年来,随着人民生活水平的提高,建筑装饰用木材消耗量逐年上升,这大大增加了火灾发生的机率。利用阻燃技术,可以大大提高建筑装饰用木材的防火性<sup>[1]</sup>,同时扩大木材的应用领域<sup>[2]</sup>。因此,对木质材料的阻燃处理具有重要的社会效益与经济效益<sup>[3]</sup>。水溶性木材阻燃剂是目前研究的主流,阻燃处理后的木材载药率对阻燃效果和处理材的吸湿性有很大影响。对于水溶性无机阻燃剂,木材载药率越高,即表明阻燃的有效成分越多,阻燃效果越好<sup>[4]</sup>,但相应的吸湿性会增加,从而影响使用。随着对木材阻燃剂性能的要求越来越高,寻找高效、低毒、低吸湿性等“一剂多效”的阻燃剂成为现在木材阻燃剂研究的主要目标<sup>[5-6]</sup>。三乙醇胺作为表面活性剂,是木材浸渍的良好渗透剂,同时三乙醇胺含有多个—OH可以与木材和阻燃剂结合产生固着和协效作用。本研究主要考察三乙醇胺对3种木材阻燃剂的载药率以及相应的吸湿性和氧指数<sup>[7-8]</sup>的影响,通过试验完善实验室自制阻燃剂的配方。

## 1 实验

### 1.1 试材及药剂

南方松(Pinus sylvestris)美国进口,选用未经任何处理、没有霉变、没有腐朽和蛀虫的边材,尺寸:

收稿日期:2010-12-08 修回日期:2011-12-05

作者简介:孙莹莹(1986-),女,山东德州人,硕士生,主要从事木材阻燃研究工作

\*通讯作者:程康华,教授,硕士生导师,研究领域为木材保护;E-mail:chengkh54@163.com。

20 mm×20 mm×20 mm,编号待用;15 mm×6 mm×3 mm,编号待用。

药剂:阻燃剂 F1,上海大不同木业科技有限公司;阻燃剂 F2,南京林业大学实验室自制;阻燃剂 DPB,市购;市售三乙醇胺。

## 1.2 仪器设备

SHZ-D(III)循环水式真空泵、DHG-9146A型电热恒温鼓风干燥箱、HHS-250恒温恒湿培养箱、0.0001 g分析天平、HG-2C型氧指数测试仪,自制真空浸渍罐。

## 1.3 木材阻燃剂浸渍剂的配制

为考察三乙醇胺对阻燃剂的整体影响,对3种阻燃剂分别进行分组试验。3种阻燃剂,分别制备成质量分数为10%的浸渍液,分别加入三乙醇胺,使三乙醇胺的质量分数(以阻燃剂浸渍液总质量计)分别为0%、1.5%、2.5%、3.5%和4.5%,并用空白试件作对照。

## 1.4 载药率测量

取质量恒定的南方松试件,用制备好的阻燃剂进行真空常温浸渍。处理工艺参数为:每组取3块质量相近的试件做平行试验,放入自制的真空浸渍罐内,取重物放在木块上方,防止浸渍时木块漂浮,抽真空-0.09 MPa(绝压0.01 MPa),维持30 min,负压下吸入阻燃剂,保持真空10 min,然后在常温常压下浸渍60 min,取出后室温放置24 h,50℃烘干24 h,(105±2)℃下烘至质量恒定<sup>[9]</sup>,称量。

$$R = (m_2 - m_1) / m_1$$

式中: $R$ —载药率,%; $m_1$ —浸渍前试件质量恒定后的质量,g; $m_2$ —浸渍后试件质量恒定后的质量,g。

## 1.5 吸湿试验

根据实验室条件,把阻燃处理后的试件烘干至质量恒定后,置于温度为(28±2)℃,相对湿度为(85±3)%的恒温恒湿培养箱中放置168 h,接近ASTM D 3201-94中的高湿度条件<sup>[10]</sup>(<28%达标),称量,计算。

$$W = (m_3 - m_2) / m_2$$

式中: $W$ —吸湿率,%; $m_2$ —浸渍后试件质量恒定后的质量,g; $m_3$ —吸湿后试件的质量,g。

## 1.6 氧指数试验

制备不同浓度的阻燃剂,同1.3节步骤处理15 mm×6 mm×3 mm的试验试件。根据国家标准GB 2406-1993《塑料燃烧性能试验方法——氧指数法》规定<sup>[11]</sup>,测试夹夹住木材试件的下端,从试件的宽面上距点火端50 mm处划一标线。将试样垂直固定在燃烧筒中,使氧、氮混合气流由下向上流用过点火器点燃试样顶端,同时记时和观察试样燃烧长度,与所规定的判据相比较。

试件燃烧时间为3 min,试样的燃烧时间超过3 min或火焰前沿超过标线时,就降低氧浓度,试件的燃烧时间不足3 min或火焰前沿不到标线时,就增加氧浓度,如此反复,测得试件的氧指数。氧浓度=氧流量/(氧流量+氮流量)×100%。

# 2 结果及分析

## 2.1 三乙醇胺用量对载药率的影响

由表1可知三乙醇胺对3种阻燃剂处理试件的载药率都有明显的影响:随着三乙醇胺用量增大,3种阻燃剂处理试件的载药率都有明显的增加。可能是由于三乙醇胺作为表面活性剂<sup>[12]</sup>,减小了木材中毛细管的张力,降低使用压力,增大流量率,提高了木材的渗透性,阻燃剂有效成分可以更多的渗透到处理试件中。同时,三乙醇胺的—OH与木材纤维中游离的—OH结合形成氢键<sup>[13]</sup>,包裹阻燃剂更稳定的存在于木材中,整体增加了处理试件的载药率。

从表1中可以看出:当三乙醇胺用量从3.5%增加到4.5%时,载药率增加不再明显。一是由于三乙醇胺作为表面活性剂,达到一定浓度后,浸渍液的表面张力变化不大,木材的渗透性不再增加,阻燃剂浸渍液浓度一定时,处理试件的载药率不再增加;二是由于三乙醇胺用量越大,黏度越大,黏度增加反而会阻碍阻燃剂的吸收。综合考虑,三乙醇胺用量最好控制在3.5%以下。

由表1中还可以看出:3种阻燃剂的整体载药率大小的顺序:F2>F1>DPB,即在相同工艺条件下处理试件,实验室自制的阻燃剂F2有较高的载药率,表明阻燃剂F2对木材具有相对较好的渗透力。

## 2.2 三乙醇胺用量对吸湿性的影响

水性无机阻燃剂由于无机盐的吸湿性,会影响处理材的吸湿性。一般而言,随无机阻燃剂的载药率增加,相应试件的吸湿性会增加。但由表2中可以看出,经加入三乙醇胺的阻燃剂处理试件的吸湿性并不是按此规律,而是在三乙醇胺的加入量为2.5%~3.5%的范围内出现最小的吸湿率,这表明:三乙醇胺对阻燃处理试件的吸湿性有一定的影响,存在最佳加入量。主要是由于三乙醇胺和阻燃剂相结合在木材表面形成一层保护膜,减少空气与木材表面的接触,在小于90%的湿度范围内可以减少吸湿性。但继续增加三乙醇胺的量,试件的吸湿性会逐渐增大,是由于三乙醇胺含有3个—OH,本身具有吸湿性,过量的三乙醇胺会迅速增加处理试件的吸湿性。

表1 三乙醇胺用量对3种木材阻燃剂处理试件性能的影响

Table 1 Effects of TEM amount on properties of samples treated by three wood fire-retardants

三乙醇胺用量/% TEM amount	载药率 drug loading/%			吸湿率 moisture absorption rate/%			
	F1	F2	DPB	空白 control	F1	F2	DPB
0	9.44	9.60	9.31		9.24	8.67	8.81
1.5	10.62	11.43	10.38		9.89	8.68	9.41
2.5	12.24	12.58	11.68	8.35	8.87	7.42	9.05
3.5	13.34	13.36	12.83		8.77	7.55	8.93
4.5	13.42	13.53	13.04		10.10	9.23	9.36

整体比较3种阻燃剂吸湿率大小顺序为:F1>DPB>F2,表明实验室自制的阻燃剂F2相对有较小的吸湿性。阻燃剂DPB的吸湿率变化很小,表明三乙醇胺对阻燃剂DPB的吸湿性的影响不明显。阻燃剂F1、F2的吸湿率的变化趋势相似,在加入2.5%~3.5%的三乙醇胺后,其吸湿率明显减小,且阻燃剂F2的吸湿率小于空白试样,表明对于阻燃剂F2,三乙醇胺具有抗吸湿性效果。

## 2.3 三乙醇胺对氧指数的影响

为了测试三乙醇胺对木材燃烧性能的影响,分别在阻燃剂10%和6%中加入2.5%浓度的三乙醇胺,同时检测和对比不加入三乙醇胺的氧指数,具体结果见表2。

从表中可以看出:10% F1阻燃剂处理木材后,木材的载药率为9.24%,氧指数为58,在6% F1阻燃剂加入2.5%三乙醇胺处理木材后,木材的载药率为9.51%,氧指数为52,从载药率来看后者要大于前者,但氧指数却没有增加,这是因为增加的载药率中有一部分是三乙醇胺,阻燃剂的载药率没有增加,所以氧指数也没有增加,同时也说明在木材燃烧过程中起阻燃作用主要是由阻燃剂提供的,三乙醇胺没有与F1阻燃剂在木材燃烧过程中起阻燃协同作用。

10% DPB阻燃剂处理木材后,木材的载药率为9.52%,氧指数为60,而6% DPB阻燃剂加入2.5%三乙醇胺处理木材后,木材的载药率为9.30%,氧指数为57,从载药率来看前者要大于后者,而氧指数也是如此,这说明三乙醇胺没有与DPB阻燃剂在木材燃烧过程中起协同阻燃作用或者说阻燃协同作用效果不明显;10% F2阻燃剂处理木材后,木材的载药率为9.72%,氧指数为65,而6% F1阻燃剂加入2.5%三乙醇胺处理木材后,木材的载药率为

表2 三种木材阻燃剂处理的试件氧指数<sup>1)</sup>

Table 2 The oxygen index of samples treated by three wood fire-retardants

阻燃剂 <sup>2)</sup> fire-retardants	载药率/% drug loading	氧指数 oxygen index
13% F1	13.11	73
10% F1+	12.82	70
10% F1	9.24	58
6% F1+	9.51	52
13% DPB	12.73	75
10% DPB+	12.15	74
10% DPB	9.52	60
6% DPB+	9.30	57
13% F2	12.54	>80
10% F2+	12.48	>80
10% F2	9.72	65
6% F2+	9.45	66
空白 blank	-	21

1) 所有数值均是平均值 all values mean average; 2) “+”表示处理时添加2.5%的三乙醇胺“+” means adding 2.5% TEM during the immersion treatment

9.45%,氧指数为66,从载药率来看前者要大于后者,但氧指数后者大于前者,而载药率中还有一部分是三乙醇胺,阻燃剂的载药率还要更小一点,但氧指数却增加了,这说明三乙醇胺与F2阻燃剂在木材的燃烧过程中有协同作用,共同阻碍了木材的燃烧。

这表明,三乙醇胺除了增加木材的渗透性,还由其—OH和阻燃剂中磷酸盐结合促进木材的脱水成碳而产生的协同阻燃效果<sup>[14]</sup>。由于阻燃剂中各成分不同、磷酸盐成分占的比例不同,与三乙醇胺的协同效果也会因为成分以及比例不一样而效果不同。

### 3 结论

**3.1** 三乙醇胺作为渗透剂可以明显增加3种阻燃剂处理试件的载药率。随着三乙醇胺用量的增加,阻燃试件的载药率均有所增加,但加入量超过3.5%时,表面张力不再继续增加,对木材渗透力达到最大,载药率几乎不再增加。

**3.2** 三乙醇胺对3种木材阻燃剂处理试件的吸湿性也有明显的影响。随着三乙醇胺用量的增加,试件的吸湿率先减小后增加,在2.5%~3.5%范围内存在最佳加入量。

**3.3** 三乙醇胺对3种木材阻燃剂的阻燃效果的影响各不相同,和阻燃剂F1没有协同效果,对阻燃剂DPB协同效果不明显,和F2有较好的协同效果。

**3.4** 综合考虑阻燃处理试件的载药率以及相对应的吸湿性和氧指数,实验室自制的阻燃剂F2在相同的处理条件下,具有最高的载药率,较好的阻燃效果,且吸湿性最小。加入三乙醇胺后更好的改善配方,提高了浸渍效率,使改善后的阻燃剂不仅具有优秀的阻燃效果,还具有良好的抗吸湿性。

#### 参考文献:

- [1]陈晔. 竹材阻燃浸注处理工艺的研究[J]. 建筑人造板,2002(1):2021.
- [2]李坚. 木材的阻燃处理[J]. 中国木材,1991,12(5):3639.
- [3]王清文. 木材阻燃工艺学原理[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2000:12.
- [4]欧育湘,李建军. 阻燃剂:性能、制造及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [5]鲍治宇,董延茂. 膨胀阻燃技术及应用[M]. 黑龙江:哈尔滨工业大学出版社,2005.
- [6]SADHNA T. 化学处理法对竹材阻燃、抗菌和防腐的影响[J]. 林产化学与工业,2010,30(4):714.
- [7]蒋明亮,刘秀英. FR-1 阻燃处理材的吸湿性与野外耐腐蚀性[J]. 木材工业,2002,16(4):1819.
- [8]张志军,陈成,王清文. 水基型木材阻燃剂吸湿性评价[J]. 林产工业,2007,34(2):2830.
- [9]王坚. 木材阻燃防腐改性的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学硕士学位论文,2004.
- [10]ASTM D 3204-94 Standard Test Method for Hygroscopic Properties of Fire-Retardant Wood and Wood-Based Products[S]. 1994.
- [11]化工部晨光化工研究院. GB/T 2406-1993 塑料燃烧性能试验方法 氧指数法[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
- [12]钟永科. 三乙醇胺的附着增强作用[J]. 涂料工业,1999,8:1214.
- [13]周慧明. 木材防腐[M]. 北京:中国林业大学出版社,1991.
- [14]王清文,李坚. 用热分析法研究木材阻燃剂FRW的阻燃机理[J]. 林产化学与工业,2004,24(3):3741.