

木材阻燃处理后的热解特性研究

王勇

甘肃省平凉市消防救援支队灵台大队

摘要:随着经济水平的不断提升,装修装饰行业也得到了迅猛的发展,木制材料是当前装饰材料中最为常见的一种,但是其特性中的易燃性却是使用过程中必须重视的问题,如何实现高效的消防安全管理十分重要。阻燃技术是有效提升消防能力的关键。本文以此为切入点展开分析,以水曲柳为例进行实验探索,研究其阻燃处理之后的热解特性如何,希望对于消防工作的深度开展有一定的借鉴。

关键词:水曲柳; 阻燃木材; 热解; 特性剖析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.120

一、引言

就当前形势来看,木质材料在装修行业非常常见,它是室内装修材料的主要构成元素,也是家具定制过程中必不可少的素材。但是不可否认,其优势背后的防火问题也必然应当予以重视,近几年,建筑火灾备受关注,因为木制材料的因素,一旦起火就容易导致迅速蔓延,出现不可预想之后果。为了有效控制装修装饰行业的火灾问题,行业内也是在尝试各种措施,诸如,第一,降低木质材料的使用范围;第二,对于木质材料进行必要的阻燃处理。所谓的阻燃处理就是通过一定技术让木材的释热量可以大幅度降低,同时也可以降低其燃烧速度以及燃烧之时的烟气排放量。虽然第一种方式也可以有效预防火灾,但是在不能减少木质材料的环节利用阻燃处理来确保木质材料的使用率就具有非常强的推广价值,本文将对此展开具体剖析。

二、木材阻燃原理

(一) 木材阻燃概述

木材的构成成为有木质素、纤维素以及半纤维素,属于一种天然分子构成的物质,一旦预热就容易因为内外温差而产生一些物理化学反应,而这些反应就可能会导致火灾的产生。例如,如果温度低于300℃,木材就容易发生脱水炭化的情况,从而引发大量的可燃性气体出现,甚至还会有碳残渣。如果温度高于这个温度,木质材料则会产生一些左旋葡聚糖,而这种物质则是焦油的主要构成部分,一旦后期分解也会产生一些可燃性气体的出现。由此可以看出,在温度的变化当中,木质材料会向着多元化的方向发展,因此阻燃处理应当结合实际变化来进行选择^[5]。本文结合工作经验提出了两种阻燃路径:第一,让可燃性气体失去燃烧的机会,或者降低其燃烧的条件;第二,降低可燃性气体出现的可能。

(二) 阻燃剂

木材的阻燃处理必然离不开相应的材料辅助,诸如加湿剂、防腐剂、增稠剂、基料等,按照构成要素来分,阻燃剂又可以分为如下几种,下面则从特点方面分析不同阻燃剂的特殊性。

有机阻燃剂:以溴系、磷氮系、氮系和红磷及化合

物为代表的一些阻燃剂,这种阻燃剂的使用原理主要是通过聚合或者缩聚等过程,让其充分的融入侧链或者主链当中,以此来实现阻燃的效果。只不过这种阻燃剂内中含有一定的有毒气体,一旦使用就容易造成环境或者人体的伤害,因此不具有广泛推广的价值。

无机阻燃剂:主要是通过热胀的原理进行阻燃,利用表面的反应来让其与空气进行隔绝,隔绝了空气也就隔绝了热量,从而实现消防预防效果。

树脂型阻燃剂:在甲醛、尿素、双氰胺等制造过程中加入磷酸或P-N系列化合物,通过树脂固化形成抗流失的阻燃剂,如UDFP树脂(尿素-双氰胺-甲醛-磷酸)。

(三) 木材阻燃处理

从原理角度分析,木材阻燃处理分为化学和物理两大类。下面则对于二者进行深度剖析:第一,物理方法。主要是通过合成或者断裂的方式,降低木质材料可燃性。第二,化学方法。这种方法主要是通过化学药剂的注入方式来提高木材的抗燃性能。上述两种方法各有利弊,对于现实木材的安全运用有着重要的参考价值。

三、实验部分

(一) 实验仪器

主要有TGA851e型热重分析仪(瑞士梅特勒-托利多集团);PC-25MT型低温恒温槽(宁波天恒仪器厂);DSY-2型电子恒温水浴锅(北京医疗设备厂);CS101-1E型电热鼓风干燥箱(重庆四达实验仪器有限公司)。

(二) 阻燃剂配制

(1) 无卤阻燃剂(N系):15%硫酸铵溶液;

(2) P-N系阻燃剂:15%磷酸铵溶液;

(3) B系阻燃剂:15%四硼酸钠溶液;

(4) N-P-B系阻燃剂:称量21 g双氰胺,加入648 ml的水并搅拌,同时加入34 ml质量分数为85%的磷酸,搅匀后将烧杯放入恒温水浴中加热至80℃,保温70 min后加入23.3 g硼酸,搅拌至溶解,最后加入5 ml三乙醇胺制得^[2]。

(三) 试样制备

为了提高试样的实用性或者说参考价值,在制备过程需要一定的科学性和格外注意。首先,利用手工钢锯对于水曲柳进行割据,达到粉末状之后静置。其次,将研磨之后的水曲柳进行100目筛;然后就是进行细致的烘干处理,之后放置到干燥的器皿当中;再者,选取一定的粉末放到烧杯当中,然后再加入一定量的阻燃剂,将该烧杯放置好,进行48小时的浸泡;最后,将浸泡后的粉末状水曲柳进行提出再烘干,此时的烘干温度在50℃为宜,等待烘干之后取出用于实验备用。

(四) 实验的主要内容

(1) 设置初始温度为26℃,终止温度为800℃,

升温速率15℃/min，天平保护性气体为N₂，流量30 ml/min，反应性气体为N₂，流量30 ml/min；做空白试样、15%硫酸铵处理样、15%磷酸铵处理样、15%四硼酸钠处理样和N-P-B复合试剂处理样的热重实验；

(2) 条件不变，做磷酸铵试样不同升温速率下的热重实验，设置升温速率分别为10℃/min、15℃/min、20℃/min和40℃/min；

(3) 改变条件，设置反应性气体为空气，流量仍为30 ml/min，做此条件下的磷酸铵处理样和N-P-B复合试剂处理样的热重实验。

四、分析与讨论

(一) 木材的热解过程

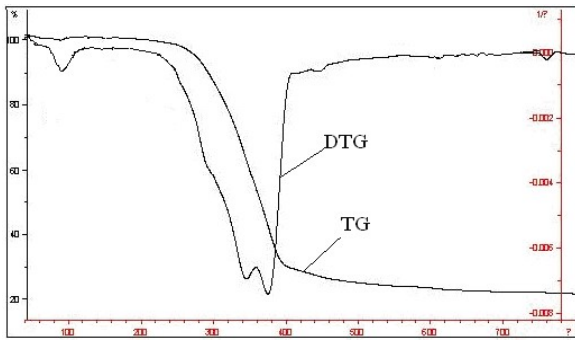


图4.1 空白样（未经阻燃处理的水曲柳）的TG、DTG曲线

根据图4.1可以看出，木材的热解过程是分几个步骤完成的，从图中可以看出，基本可以分为三个阶段。第一个阶段的温度处于26℃到240℃之间，随着温度的不断升高，试样会因为吸收了热量而发生失重的变化，这个过程中木材的水分会被蒸发、软化或者溶解。第二个阶段的温度处于240℃到450℃之间，这也是木材失重的一个主要环节，大概可以达到整个热解过程中的八成以上。第三个阶段则是最后残留物的一个缓慢分解过程，最终会形成灰分和炭。

(二) 阻燃剂类型对热解过程的影响

为了了解不同的阻燃剂类型在热解过程中的不同反应，此次也做了相关实验，基本环境就是在N₂气氛下，设置气流速率为30 ml/min，然后将经过阻燃处理和未经过阻燃处理的木质材料进行热解过程的对比，分析不同阻燃剂的效果。而下图就是空白样本和经过不同阻燃处理之后的曲线变化。

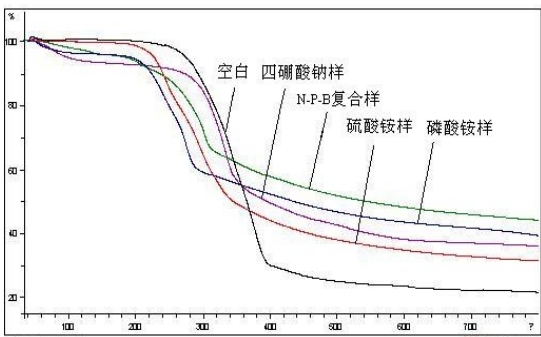


图4.2 空白样与阻燃处理样的TG曲线比较

各试样的剩余质量百分数见表4.1。

表4.1 各试样热重实验剩余质量百分数

试样	空白样	(NH ₄) ₂ SO ₄	Na ₂ B ₄ O ₇	(NH ₄) ₃ PO ₄	N-P-B复合
质量 剩余%	20.9860	31.2356	34.9961	38.8210	45.2381

经过上面数据可以看出，阻燃处理之后，木材的失重速率逐步降低，这就说明阻燃剂在其中发挥了作用，让其可燃性气体出现的概率得到了减缓，阻燃效果比不经过阻燃处理的要明显的多。

(三) 升温速率对热解过程的影响

为了探究升温速率对于热解过程的基本影响，本次实验采用了动态条件下的实验探究，下面一系列图片就是展示了影响过程，从而可以找寻内在规律。

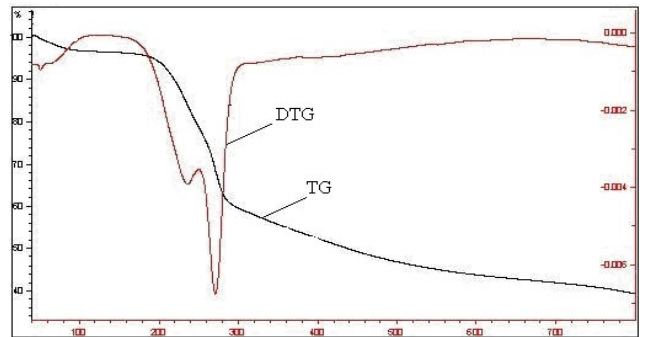


图4.3 磷酸铵样TG-DTG曲线（升温速率为10℃/min）

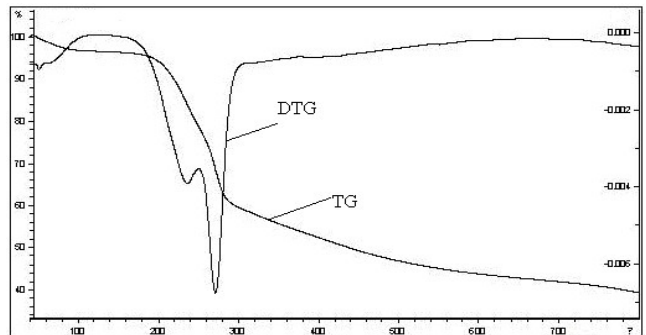


图4.4 磷酸铵样TG-DTG曲线（升温速率为15℃/min）

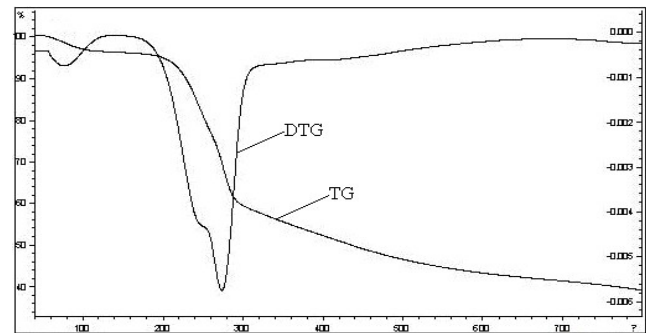


图4.5 磷酸铵样TG-DTG曲线（升温速率为20℃/min）

通过图4.7可以看出，不同升温速度状态下，纤维素热解的TG和DTG曲线呈现了一致性变化的状况。温度升温速率增加，每个环节的起始温度和终止温度等都会

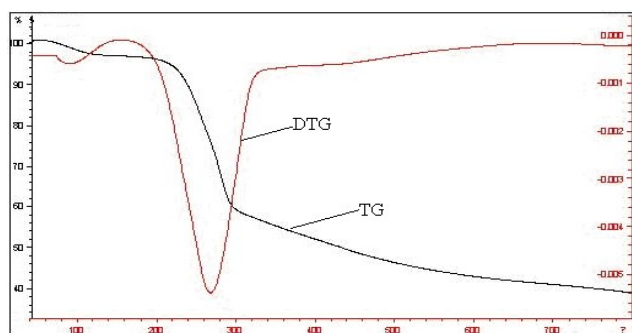


图4.6 磷酸铵样TG-DTG曲线 (升温速率为40℃/min)

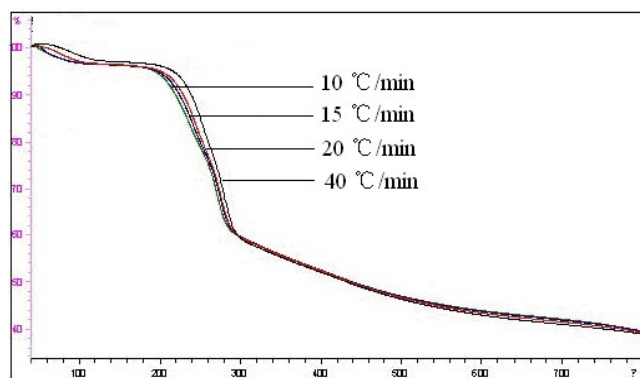


图4.7 N₂气氛下不同升温速率的TG曲线比较

向着高温移动, 究其原因是因为, 温度速率提升之后, 炉内的气流就不会长时间停留到低温阶段, 试样就不会迅速的做出反应。由此, 各种反应就会在高温区产生, 相关的曲线也会向着高温的方向发生偏向。

(四) 反应介质对热解的影响

木质材料被投入使用之后容易发生火灾的主要原因就是其容易碳化, 而碳化的过程也就是可燃性气体产生的过程, 这个过程是否可以得到有效控制是火势蔓延如何的关键。木材阻燃过程中主要是利用碳量增加的原理, 通过加入阻燃剂, 木质材料的表面会产生大量的水分和木炭, 而这些物质的出现则会凝结成一种碳层, 从而有效降低木材的火焰性燃烧。图4.8给出了N-P-B复合阻燃样在空气和氮气介质下的TG、DTG曲线。

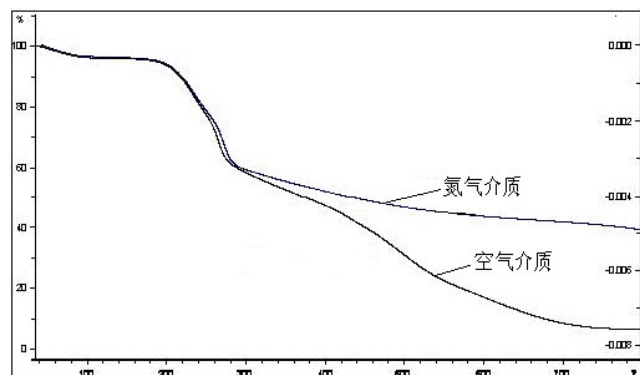


图4.8 N-P-B复合阻燃样在空气和氮气介质下的TG图

对比上图数据可以看出, 介质不同, 阻燃样所发生的反应也是不同的。从TG曲线变化可以看出, 280℃之

前, 二者的发展趋势是趋同的, 只不过温度达到一定程度就会发生变化, 而这个临界值就是280℃。热解的前两个阶段基本是纤维素与半纤维素的热解过程, 二者在热解过程中的变化也是没有太大差异的, 这就说明氧气在这个过程中的影响力还未产生。

五、结论

综上所述可以看出, 阻燃剂不同、阻燃原理不同以及相关材料的使用时间不同等都会影响升温速率、介质燃烧等, 对于实验指标的影响也是十分重要的。本文对此做出了总结, 具体如下。

(一) 天然木材的解热过程存在着一定的规律, 基本可以分为三个阶段。第一阶段是水分和蜡质成分的溶解过程, 这时的环境温度一般在~240℃左右。第二个阶段就是裂解和碳化、脱水的过程, 此时对应的环境温度一般在250℃左右~450℃左右。第三个阶段就是对于残渣的慢慢分解阶段。三个阶段也就可以掌握热解的一定规律, 从而为阻燃剂的选用提供数据参考。

(二) 对于不同木质材料来说, 相同的阻燃剂也会产生不同的效果。本文以水曲柳切入进行研究可以看出, 阻燃剂的加入让其热失重得到了有效的缓解, 此时可燃性气体产生也得到了一定的降低。经过实验可以看出, 使用N-P-B材料的阻燃剂可以有效提升阻燃效果, 经过阻燃剂的融入, 处理后的粉末与之前相比存在失重率降低的现象。

(三) 温度速率的变化造成了TG和DTG曲线的同步变化, 各个阶段的起始温度和终结温度等也都会随着温度速率而产生变化, 基本是同步方向的变化。

所谓的热解特性是指木材阻燃性能的一个重要指标, 阻燃效果如何与人们的生命、财产安全息息相关。随着木质材料被广泛使用, 如何提高阻燃效果是相关行业工作人员共同关注的问题, 但是不可否认, 阻燃处理之后的木材经过长时间的放置, 其效果也会受到一定的影响, 因此提高阻燃效果的同时, 还需要考虑阻燃剂降解因素的控制。

参考文献

- [1] 文丽华, 王树荣, 施海云等. 木材热解特性和动力学研究[J]. 消防科学与技术, 2004, 23 (1): 2-5.
- [2] 陈雪梅, 夏贤友, 杨守盛. 木材阻燃剂的配制[J]. 林产化工通讯, 2004, 38 (4): 5-7.
- [3] 左演声, 陈文哲, 梁伟. 材料现代分析方法[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2000.
- [4] 李明哈, 曹帅, 蔡家斌, 周楠. 硅溶胶-APP复合阻燃剂对辐射松木材阻燃的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2022, 49 (02): 213-218.
- [5] 肖泽芳, 常野, 程泽斌, 李京潘, 王永贵, 谢延军, 徐子凡. 硅酸钠/硼酸处理增强杨木和辐射松阻燃性能[J/OL]. 林业工程学报: 1-9 [2022-09-20].
- [6] 葛秀方. 对建筑中木结构的阻燃处理技术探析[J]. 安徽建筑, 2022, 29 (03): 59+160.
- [7] 何梦凡, 李晓玉, 连海兰, 魏鑫. 木材阻燃技术的研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2022, 50 (03): 21-29+36.