

讲 座

木质材料的燃烧

木质材料的燃烧与阻燃系列讲座之一

刘燕吉

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

1 燃烧的概念

燃烧 (Combustion) 是一种放热的氧化反应, 伴有发光 (火焰) 和烟的称为有焰燃烧, 无光 无焰的称为无焰燃烧, 也叫阴燃。火 (Fire) 通常是指燃烧过程。

火的发生有三大要素: 可燃物、温度和氧。火的进展即燃烧速度取决于与之伴生的燃烧链反应。所谓燃烧链即材料热分解产生的可燃气体在其燃烧过程中产生一种热能较大的活化自由基 $\text{HO}^\bullet$, $\text{H}^\bullet$ 等, 这些自由基与氧发生反应又生成新的自由基, 由此生生不息就成为燃烧链。火焰随着热能在燃烧链反应中得到迅速传递就越烧越旺。当然, 燃烧链反应的速度又与可燃物特性、热源温度、氧浓度密切相关。总之, 成火的三要素与燃烧链之间既为伴生关系又互相促进, 燃烧链对火势失控成灾, 起到推波助澜的作用。

当今国内外专家认为, 点燃性、火焰表面传播性、燃烧释热性和发烟性等四个方面综合起来代表材料的燃烧性能, 也代表火失控成灾造成人员伤亡、财产损失的危险性。

2 木质材料的燃烧

2.1 木质材料是可燃物

木质材料是燃烧第一要素——可燃物中的重要成员之一。我国国家标准 GB 8624-88 建筑材料燃烧性能分级中按建筑材料燃烧性能分成四个级别如下:

级 别	燃烧性能	检验方法
-----	------	------

A	不燃	GB 5464
B ₁	难燃	GB 8625
B ₂	可燃	GB 8626
B ₃	易燃	不检验

我国国家标准 GB 50222-95《建筑内部装修设计防火规范》中规定, 墙面材料、地面材料及其它装饰材料中所用天然木材、木质人造板、胶合板、装饰微薄木贴面板、木地板、木制品等木质材料被列为 B₂ 级可燃材料。

据火灾统计资料分析^[1], 世界各国火灾事故中, 建筑物火灾占首位。如日本 1993~1995 三年中建筑物火灾分别占火灾总数的 62.6%、60.0% 和 61.6%。我国 1986 年建筑物火灾占火灾总数的 79%。而美国有资料报导^[2], 建筑物火灾中 21% 与木材、织物等纤维物质有关。我国消防部门分析, 火灾起因各异, 但火势扩大、人员伤亡都与建筑内装修中使用的木质材料等可燃、易燃材料有直接关系。古今中外, 由木质材料引发火灾或因其燃烧蔓延造成火势扩大、人员伤亡、财产损失的火灾案例举不胜举。

但是, 木材的导热性很低, 其导热系数仅为钢的 0.4%, 铜的 0.05%。说明燃烧着的木材表面向内部的传热速度很慢。由此证明, 木材又有着良好的耐燃性; 在实际火灾中, 木梁比钢梁更耐烧, 这一点反映了木材燃烧性质的另一个侧面。

2.2 木质材料的燃烧过程

木质材料是固体可燃物。与气体、液体不同的是, 需要通过热分解生成可燃气体而形

成气相燃烧,热分解剩余的残渣——碳的燃烧是固相燃烧,此过程被称为非均相燃烧

木材燃烧过程包括一系列复杂的物理和化学反应^[2]:

100~ 150℃,木材热分解速度缓慢,主要是自由水蒸发,其化学组成没有明显变化,反应以吸热为主;

150~ 200℃,热分解加快,半纤维素开始分解,生成的气体中 CO₂ 占 70%,气体燃烧热值为 4.8 MJ/m³,木材变成褐色。由于木质材料在热分解的同时放出热量,使持续处在 100~ 200℃的环境中的木质材料有被点着或自燃的可能。持续的时间与环境温度及散热条件相关;

220~ 290℃,是木质材料的燃点范围。热分解反应以放热为主,产生的气体中 CO₂、CO 量减少,甲烷、乙烷、烯烃等可燃气体量增加,气体燃烧热值达 16 MJ/m³。此时的木质材料可以自燃或被外火源点着,产生光热和火焰,形成气相有焰燃烧。放出的热量再传递到木质材料使其温度继续上升,热分解不断加速,形成燃烧链反应,使火越烧越旺;

280~ 350℃^[3],纤维素、木质素开始分解,450℃以上热分解的残余物质碳表面与氧反应形成固相燃烧。在实际火灾中木质材料的燃烧温度可高达 800~ 1300℃^[3]。

由以上木质材料的燃烧过程看出,气相燃烧阶段是火情发展成灾的危险阶段。首先,木材成分中除去少量水分和无机盐以外,大部分是有机成分,有机物中 70%遇热分解生成可燃性挥发物质,30%为碳质残余物,可以说木材的燃烧热大部分是气相燃烧生成的;其二,气相燃烧呈链式反应,反应速度很快,火势上升,火焰及热能在木材表面迅速传播;其三,气相燃烧是有焰燃烧,火焰可蔓延到与燃烧体相接触的其它可燃、易燃物体,或因空气流动,即风传播到其它邻近的物体,使火失去控制而酿成火灾。因碳的导热系数低,仅是木材的 1/3,当木材燃烧发展到碳残渣的固相燃烧阶段时,其火势、蔓延性及危险性就相

对减弱。

2.3 木材燃烧性质与其材质、材性的关系

人类通过与火漫长的交往中对木质材料燃烧性质的认识积累了一些经验。如湿柴不易点着;轻的木材易点燃,燃烧速度快;针叶树木材因含挥发性成分多而比阔叶树木材易燃;桉树的叶子含大量挥发性芳香油而非常易燃,成为澳大利亚易发生山火的原因之一。但桉树木材与沙兰杨、马尾松、红松、水曲柳、白桦、杨榆等 20种针、阔叶树材相比,还属于不易燃烧的树种;白桦、黑桦是同一属树种,但其燃烧性能却有较大差异,白桦比黑桦更易燃烧;荷木、落叶松与一般木材相比,无论是点燃性还是火的传播性都较低,我国民间有防火树种北方落叶松、南方红荷的说法。

以上众所周知或鲜为人知的事例说明,木质材料的燃烧性质与其结构、密度、含水率等物理性质及化学成分有密切关系。但是作为生物质材料的木材,其本身存在较大的变异性,这种关系就变得比较复杂了。

为了降低木质材料的燃烧性能,以减少由木材燃烧引发的火灾,国内外学者一直把木材燃烧机理、燃烧性质与木材材质、材性的相关性作为研究热点。但到目前为止,国内外学者对燃烧性质与木材密度、含水率等物理性质的关系及木材分解温度、燃烧失重率等研究得较多,而对燃烧性质与木材微观结构及化学组成之间相关性研究很少,完整、系统的相关性数学模型就更不多见了。

早在 1929年,Truax 和 Harrison 就对 28种木材的燃烧速度作了试验^[3],并得出结论:28种木材的燃烧速度随密度的减小而增加,最大燃烧速度呈双曲线下降,而着火延滞性呈抛物线形上升^[3](见图 1)。

Leran Susan L^[5]于 1985年通过 8英尺隧道燃烧试验对刨花板、纤维板进行了板材表面火焰传播指数与含水率、密度、比热等相关性研究。其结论是板材密度对火的传播指数影响最大,含水率的影响最小。随板材密度提高,火传播指数呈下降趋势。

P —绝干密度 (g/cm^3)

我国《林业科学》1985年发表的“泡桐等14种阔叶树木材点着温度及燃烧热值试验研究”一文中阐述了木材点着温度、热值与木材密度有直接关系,密度大的木材点着温度高,热值小。1995年中国林科院木材工业研究所完成的一项国家自然科学基金项目中对红松、落叶松、臭冷杉等20种针、阔叶树木材的点燃性、火传播指数、氧指数等燃烧性质进行的研究中发现,点着温度与木材中木素含量密切相关,木素含量高,点着温度也高。这是由于木素的热分解温度一般比半纤维素、纤维素高,所以木素含量高的木材点着温度也就高。

上述木材燃烧性质与材质的相关性还不够系统和全面,有待进一步研究、探讨。

图1 木材密度与最大燃烧速度的关系

Hauda T.^[6] 1985年发表的关于在绝热、纯氧条件下,纤维素、木质素、木聚糖在三个温度范围内热降解过程中耗氧量和失重的相关性研究报告中指出,在160~200℃范围内,木聚糖分解伴有失重,而木质素没有失重;200℃时由纤维素和木聚糖热降解伴有失重;260℃时由于纤维素碳化导致热分解。得出的结论是,木材热降解是由于纤维素和细胞壁其他组分协效作用的结果。

1987年再版的美国木材手册^[4]中报导了木材碳化速度与密度、含水率相关性公式:

花旗松 $R = [(57.4 + 1.16M)P + 8.4]^{-1}$

南方松 $R = [(11.7 + 0.24M)P + 25.7]^{-1}$

白栎木 $R = [(40.1 + 0.81M)P + 15.0]^{-1}$

其中: R —碳化速度 (in/min)

M —含水率 (%)

3 参考文献

- 1 我国阻燃技术现状及相关政策的研究. 阻燃材料与技术, 1995(3), 1~3
- 2 薛恩钰等. 阻燃科学及应用. 国际出版社, 1988, 238
- 3 科尔曼 F F P 著, 江良游等译. 木材学与木材工艺学原理—实体木材. 中国林业出版社, 1991, 143~145
- 4 Forest Products Laboratory, U. S. Department of Agriculture, Wood Handbook. 1987, 15~3
- 5 Le van Susan L, 姚光裕译. 木质板火焰扩散可变性的选择. 森林工业文摘, 1987(1), 102
- 6 Hauda T., Thermal Degradation of Wood and its Constituents on Smoldering Combustion in Oxygen Atmosphere. Fire Science and Technology, Vol. 5, No 1, 1985, 55~68

(上接第33页)

经过以上各步骤的处理,变形的压机框架得到了校准,基本上达到修理允许的误差范围,经过各方面的检查后,即可开机恢复生产。

4 结束语

压机框架变形属严重事故,修复需较高的技术水平,修复方案须周密制订,修复时间

长约10天,短则5~7天即能恢复生产。为了防止再次发生此事故,修复后的压机必须严格执行操作规程,在保养和修理压机时,也必须严格遵守修理规程。对于新上岗的压机操作工人必须进行严格的培训,持证上岗。只有这样,才能使压机不再受损,保持良好的工作状态。