

木结构建筑防火的研究现状

姚利宏¹, 王喜明¹, 费本华², 赵荣军²

(1. 内蒙古农业大学林业工程学院, 呼和浩特 010018;

2. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 随着我国经济的发展和人们对居室环境要求的提高, 现代木结构建筑已成为新的热点, 木结构建筑的防火问题亦成为研究的重点。本文介绍我国的木结构发展现状, 通过分析对比木结构、钢结构和钢筋混凝土建筑的防火特点, 阐述改善木结构建筑防火性能的措施, 提出我国今后木结构建筑防火研究的重点。

关键词: 木结构建筑; 防火; 现状

中图分类号: TS6; S782.39 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2007)05-0029-03

Present Status of Fireproofing for Wooden Buildings

YAO Li-hong¹, WANG Xi-ming¹, FEI Ben-hua², ZHAO Rong-jun²

(1. College of Forestry Engineering, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010018, Inner Mongolia, China;

2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: With greater economic development and the improvement of people's standard of living, modern wooden structures have become a new hot spot in current construction. Therefore, fireproof performance of wooden buildings is becoming more and more important. The authors first introduce the development status of wooden buildings in China. They then describe the advantages of fireproofing wooden buildings as compared to steel construction and reinforced concrete construction. In conclusion, they make some suggestions for further research and development trends on fireproofing of wooden buildings.

Key words: wooden structure buildings; fireproofing; present status

随着我国经济的快速发展, 建筑设施的复杂程度、人员和财产的密集程度日益增大, 火灾的发生几率亦日益增大, 因而对建筑物的防火功能也提出了更高的要求。

木材作为建筑材料具有重量轻、强度高、纹理美丽、加工性好等特点, 且木结构建筑在安全、保温、节能、环保、舒适、结构灵活性等方面, 有着传统钢结构和钢筋混凝土结构不可比拟的优越性。近年来, 在我国北京、上海、深圳等大城市已兴起木结构住宅热。

但由于设计规范、材料标准化和相关技术比较缺乏, 影响了我国木结构建筑的发展。因此, 开展对木结构住宅建造相关技术的系统研究, 尤其是防火性能研究日显重要。

木结构是我国古建筑的独有特点, 也是我国传统建筑的精华, 在世界建筑史上享有很高的地位。与古代木建筑相比, 现代木建筑在建筑风格、材料的选择与制造、节能保温性、健康与舒适性、建造技术等方面都存在很大差异。

木结构建筑按结构形式分为: 轻型木结构和重型木结构 2 种。2 种结构在尺寸、组合方式、木构件与其他材料的组合上, 有较大的区别, 且有不同的防火安全条件要求。现代木结构住宅主要以轻型木结构为主, 主要构件采用实木锯材或工程木等材料。

收稿日期: 2007-01-17; 修改稿: 2007-08-05

基金项目: 科技部成果转化资金项目(05EFN216700387); 国家林业局林业科学技术推广项目(2006-103)。

作者简介: 姚利宏(1982—), 男, 内蒙古农业大学林业工程学院硕士研究生。

通讯作者: 费本华, 男, 中国林业科学研究院研究员, 博士。

1 钢结构和混凝土结构建筑的防火

1.1 钢结构建筑

钢材在大多数规范中被归类为不可燃材料,但在建筑火灾所产生的高温下,会迅速丧失结构的完整性。未加保护的钢构件的耐火极限一般在 0.25 h 左右。目前,用于钢结构防火的主要技术有^[1]:

1) 在钢结构表面砌砖,或喷涂一层混凝土砂浆作为防火保护层;2) 安装自动喷水系统。发生火灾时洒水喷头启动,直接降低火场温度,避免结构达到临界温度,并将火扑灭;3) 在钢结构的柱、梁、楼板等构件体上包覆防火板材,以阻隔火焰和热量,减缓钢结构的升温速率,提高钢结构的耐火极限。这种方法施工方便、装饰性好,获得广泛认可;4) 在钢结构表面喷涂防火涂料、防火纤维等隔热材料,形成耐火隔热保温层,以提高钢结构耐火极限;且施工方便、装饰性好、成本低、无环境污染、后期维护工作量小等优点。高层建筑的钢柱和钢梁多采用喷涂防火涂料和粘贴防火板材的方法。

1.2 混凝土建筑的防火

混凝土是我国现今建筑材料中用量最大、应用面最广的材料。混凝土虽不燃烧,但耐火性能差,在高温下强度会大幅降低。耐火试验证明,普通预应力混凝土楼板的耐火极限为 30 min,与国家规范规定的建筑物楼板耐火极限(1 级 1.5 h,2 级 1.0 h)的要求相差很大。

20 世纪 80 年代中期,随着防火涂料的快速发展,借鉴钢结构用防火涂料的原理,我国开始研究和生产专门用于混凝土楼板防火保护的防火涂料,并取得成功。方法是:将防火涂料喷涂在混凝土楼板配筋的一面,当遭遇火灾时,涂料能有效地阻隔火焰的攻击和向混凝土及钢筋传递的热量,以延缓其升温 and 强度减弱的时间,提高预应力楼板的耐火极限,达到防火保护的目的。

2 木结构建筑的防火

我国木结构建筑设计的主要依据是 GB 50005-2003《木结构设计规范》。与钢材和混凝土不同,木材属于固体可燃物质,在 GB 50016-2006《建筑设计防火规范》中,其火灾危险性被列为丙类;按照 GB 50222-95《建筑内部装修设计防火规范》,其燃烧性能等级为 B₂ 级。若不经阻燃处理,在建筑上的使用将受到极大限制。

木结构建筑的防火主要包括材料防火和结构防

火两方面。

2.1 材料防火

1) 木材燃烧机理 木材是天然高分子有机化合物,由 90% 的纤维素、半纤维素、木素及 10% 的浸填成分(挥发油、树脂、鞣质和其他酚类化合物等)组成。在火灾中,木材温度可高达 800~1 300 °C^[2]。

木材在热作用下可发生热分解反应,形成许多简单的低分子物质,其中部分会聚合或缩合成树脂状物质。同时,随着温度的升高,反应由吸热转为放热,又加速了木材的热分解。研究人员曾对木材热解过程进行了大量的试验研究和数值模拟^[3-4],结果表明:阻燃处理可以有效地减慢木材的热分解反应。因此,木结构住宅,特别是在室内,应尽量使用阻燃性材料。

2) 防火处理方法 早在 5000 年前的我国古代,就已采用在木柱外面涂覆泥土的防火方法,后来对大型木质梁、柱,采用漆布包缠后,再涂以黏土、石膏等难燃性物质进行防火。在沿海地区,有用海水作防火处理的木材建造灯塔的记录。

木材阻燃处理大致可分为 2 类:一类是溶剂型阻燃剂的浸渍法,另一类是防火涂料(又称阻燃涂料)的涂布法^[5]。常用的工艺有 3 种:①深层处理。通过一定手段使阻燃剂或具有阻燃作用的物质,浸注到整个木材中或达到一定深度,如采用浸渍法和浸注法;②表面处理。在木材表面涂刷或喷淋阻燃物质,但这种方法不宜用于成材处理;③贴面处理。在木材表面覆贴阻燃材料,如无机物、金属薄板等非燃性材料,或经过阻燃处理的单板等,或在木材表面注入一层熔化了的金属液体,形成所谓的“金属化木材”。

市场上常见的木材阻燃产品,大多是采用聚磷酸铵或以氨基树脂固定的阻燃剂。目前在我国,木材阻燃技术已得到广泛应用,基本能满足建筑防火及防火等级的要求。与未处理木材一样,防火处理后木材仍具有质轻,易加工,安装、施工便利,费用低,无需维护和保养等优点,可满足木结构建筑的设计要求。

2.2 结构防火

北美、日本的研究人员对木材及木结构防火进行了大量研究^[6-8]。认为:木结构的防火首先应采取构造措施,防止各种情况下的木构件表面温度升高而着火。轻型木结构墙体、楼盖和屋盖、木桁架和工字木搁栅等结构件,设计耐火极限应达到 2 h。

独幢木结构房屋的防火性能,取决于房屋中构成屋顶、墙壁和地板所用的建筑材料及其整体装饰材料

的种类。目前在结构上,主要采用全封闭的耐火石膏板装修。石膏板不仅能自然调节室内外的湿度,也是极好的阻燃材料,所以这种组合墙体的耐火能力极强,与砖石或钢混住宅的防火性能相当。如日本对一栋北美木结构别墅进行了在大地震状况下的火灾破坏试验,在底层房间失火的情况下,火势要经过45 min才会蔓延到第2层;而传统的房屋仅10 min就被大火包围。这主要归功于耐火性能强的石膏板墙板和天花板,使别墅内的地板和木质构件处于封闭状态,阻止了火焰的迅速蔓延。

2.3 与钢结构、混凝土建筑安全性的比较

1) 木材具有炭化效应,遇火灾时,木材表面会形成炭化层,其热传导性低,可有效阻止火焰向木材内部蔓延。如果没有外部的燃烧元素,如氧气、油料等的持续补充,炭化层能使火焰自然熄灭,从而保证整个结构体在很长时间内不受破坏;而钢材良好的热传导性,会导致整个钢结构迅速升温、软化、坍塌,破坏时间远短于相应的木质结构系统。

2) 木结构建筑耐火阻燃值是钢结构住宅的1.3倍、是水泥结构的1.7倍^[9],在同样温度的火焰下,木结构建筑内的人员有更充裕的时间逃生和灭火。

3) 重型木结构建筑具有一定的火灾抵抗能力,不需要特殊的防火措施。以炭化扩展深度(即单位时间内木材颜色变黑程度)代表燃烧速度,木材的燃烧速度为0.4~0.8 mm/min。木材虽可燃,其导热性却很低,仅为钢的0.4%,铜的0.05%,木材燃烧时表面炭化层的导热性比木材还低,因此,大型木梁在强烈的燃烧中仍能承重一定时间。在建造上可通过限定木构件的最小尺寸,来保证其防火能力^[9]。

3 我国木结构防火研究的重点

大量的研究表明,木结构在发生火灾时的危险性低于其他类型的建筑结构。但建筑物的防火安全性除了与建筑材料本身的耐火性有关外,很大程度上还取决于人们的防火意识(如明火使用等)、易燃物品(如家具)的多寡和建筑中的消防设施等。结合我国木结构防火的现状,应重点进行以下几方面研究:

1) 创新防火理念 对木结构防火,加拿大“耐火极限”的消防设计理念值得借鉴,它对建筑构件的燃烧性能要求不高,而强调建筑构件的耐火极限,使木结构得以广泛应用;同时强调火灾的初起扑救,要求不同的建筑部位采用不同的建筑构件,使人员在规定的时间内可以得到疏散,解决了木结构在消防设计上

存在的一些弊端,合理地利用了自然资源^[10]。

2) 研发高性能的阻燃木材 研究开发绿色环保、高效型阻燃剂;优化传统的阻燃处理工艺,尤其是木材阻燃处理后的干燥工艺。

3) 分析研究阻燃木材燃烧产物的成分 据美国林业及纸业协会调查表明,北美历史上许多火灾造成的人员伤亡,与建筑结构材料的燃烧性并没有直接关系。事实上,房屋火灾中,50%以上的罹难者,是因吸入内部装饰材料等燃烧后产生并迅速传播的有毒气体致死。因此,分析对比木材阻燃剂处理前后的燃烧产物的成分十分重要。阻燃处理材在燃烧时产生烟雾和气体的多少,主要取决于所采用阻燃剂的类型和燃烧的条件。其中,毒气成分可从阻燃剂的化学组分中分析得出。

4) 研究阻燃处理后木材的物理性能 如阻燃剂对木结构金属连接件的腐蚀性、阻燃木材的油漆性及其尺寸稳定性、耐久性等。

5) 综合考虑各种相关因素 在研究木结构整体结构的防火性能的同时,综合考虑结构设计、材料选择、装修及内部设施对防火的影响。

参考文献:

- [1] 王建国,王凤芳.建筑防火材料[M].北京:中国石化出版社,2006:121-129.
- [2] 王小彦.地板木阻燃技术及其应用[J].无机盐工业,1995(4):26-28.
- [3] Brehoh D G, Knikarni A K. Time dependent mass loss rate behavior of wall materials under external radiation[J]. Fire and Materials, 1991(17):249-254.
- [4] Ohlemiller T G, Kashiwagi T, Werner K. Wood gasification at fire level heat fluxes[J]. Combustion and Flame, 1987(69):155-170.
- [5] 于永忠.阻燃材料手册(修订本)[M].北京:群众出版社,1997:686-691.
- [6] Harada T, Uesugi S, Masuda H. Fire resistance of thick wood-based boards[J]. The Japan Wood Research Society, 2006(52):544-551.
- [7] Hasemi Y J, Yasui N, Akizuki M. Fire safety performance of Japanese traditional wood/soil walls and implications for the restoration of historic buildings in urban districts [J]. Fire Technology, 2002(38):391-402.
- [8] Sultan M A, Kodur V R. Light-weight frame wall assemblies: parameters for consideration in fire resistance performance-based design[J]. Fire Technology, 2000,36(2):75-88.
- [9] 保罗·C·吉尔汉姆. An overview of resistive design of exposed timber structures[J]. World Architecture, 2002(9):76-77.
- [10] 陈波. 木结构建筑防火初探[J]. 大众科技, 2006(7):20-21.

(责任编辑 姜征、赖威)