

文章编号: 1000-5692(2000)02-0208-07

阻燃胶合板研究的现状和对策

张文标¹, 陆肖宝², 柳献义³, 周卫青⁴, 余肖红¹

(1. 浙江林学院林产工业系, 浙江临安 311300; 2. 南京林业大学木材工业学院, 江苏南京 210037; 3. 浙江省龙泉市昌龙人造板有限公司, 浙江龙泉 323700; 4. 浙江省淳安县汾口林业工作站, 浙江淳安 311719)

摘要: 通过对胶合板的燃烧理论和木材阻燃机理中的障碍理论、热理论和不燃气体稀释理论等的简述, 浅析了胶合板的阻燃机理; 同时综述了国内外用于胶合板阻燃处理的无机、有机和有机改性三大类阻燃剂, 成品阻燃处理和生产过程中施加阻燃剂的阻燃处理方法以及3种常用的阻燃胶合板生产工艺路线的研究现状; 归纳了燃烧试验法、研究型测试法、发烟性和毒性测试法及木质材料应用性等4种阻燃效果测试方法, 从而提出我国阻燃胶合板产业的发展对策。图1参53

关键词: 阻燃; 胶合板; 防火胶合板; 阻燃剂; 现状; 对策

中图分类号: TS653.3 **文献标识码:** A

随着人民生活水平的不断提高, 普通住宅、宾馆和别墅等的室内装饰发展迅猛。粗略推算每年有1 000万个新家庭诞生, 还有2 500多家宾馆、2万余家旅馆和招待所要装修改建^[1]。胶合板作为我国室内装饰的主要材料, 其产量和需求量都在急剧增长。我国胶合板产量从1980年的33.00万m³到1997年的758.45万m³, 呈现大幅度增长的趋势, 预计2000年我国胶合板消费量至少可达1 000万m³, 到2005年可达1 550万m³。但易燃性是普通胶合板的致命弱点, 因此在许多领域的使用上受到限制。建筑、船和车等内部装修重要部位所用木质材料都要求达到一定的难燃等级。公安部于1986年颁布的《建筑消防管理规则》第14条明确规定, 高层建筑的高级宾馆、饭店、医院病房和民用住宅的室内装修以及用作各类防火门的表板、防火家具的制作必须用非燃或难燃材料^[2]。同时国家标准(GB50222-95)《建筑内部装修设计防火规范》明确规定胶合板被列为可燃材料, 必须进行阻燃处理才能使用^[3]。由此可见, 阻燃胶合板的研究和开发具有广阔的市场和重要的现实意义。

1 胶合板的燃烧理论

关于胶合板的燃烧理论, 目前尚无详细报道。但胶合板是一种木质材料, 其燃烧过程与木材基本上是相似的。

木质材料是固体可燃物, 其燃烧过程与气体和液体不同。气体和液体的燃烧是均相燃烧, 而木质材料的燃烧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^[4]。

木材燃烧过程包括一系列复杂的物理和化学反应^[5]。加热温度在100~200℃, 木材中碳水化合

收稿日期: 1999-11-02; 修回日期: 2000-03-15

作者简介: 张文标(1967—), 男, 浙江遂昌人, 讲师, 博士生, 从事人造板生产工艺研究。

物开始分解，产生二氧化碳气体、水蒸汽和少量可燃性气体（一氧化碳）等。在这个过程中木材吸收的热量大于放出的热量，无明显的燃烧现象。当温度达 280 ℃时，木材开始真正热分解，分解出一氧化碳、甲烷、乙烯和乙炔等可燃性气体。伴随着烟的产生，燃烧由吸热反应转入放热反应。到 320 ℃时，木材化学组成发生巨大变化，但仍保持木材细胞及组织的结构，烟生成中止，进入了炭化阶段^[9]。当温度高于 450 ℃以上，热分解的残余物质炭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 800~1 300 ℃^[7]。

胶合板中有胶层，胶粘剂中有一定量的氮和氯元素的化合物，具有一定的耐燃性，因而胶合板的燃烧过程与木材燃烧不尽相同，其具体的燃烧过程和燃烧理论有待进一步研究。

2 胶合板阻燃机理

胶合板的阻燃机理与木材阻燃机理相类似。目前已有不少关于木材阻燃机理的论述^[5,8]。现归纳如下。

2.1 障碍理论

依靠阻燃剂的表面覆盖作用阻止木材（或胶合板）表面与周围环境进行物质和能量交换，既切断了氧气的供给，又抑制了可燃性气体的产生，有效地减缓了木材的热分解。

2.2 热理论

由于阻燃剂在木材（或胶合板）中起散热、吸热和隔热作用，有效地抑制木材（或胶合板）达到热分解温度和着火。

2.3 不燃气体稀释理论

阻燃剂受热时分解出不燃气体而降低燃烧面周围（或阻燃胶合板外层）的热量。同时，不燃性气体稀释了可燃性气体的浓度，干扰了燃烧连锁反应。

2.4 自由基捕获理论

卤素系列等阻燃剂在热分解温度下能生成活性很高的游离基。这些游离基能捕获木材燃烧时释放出的活性极强的 OH 自由基和 H 离子，干扰燃烧连锁反应。

2.5 增炭理论（或挥发物降低理论）

阻燃剂催化木材热解过程，使它朝着产炭量增加和可燃性气体减少的方向发展，以形成表面和木炭保护层并抑制了有焰燃烧。

至今尚不能解释所有阻燃剂作用的统一机理，只能根据具体现象选择某一个或几个机理的综合作用加以解释。

3 胶合板用阻燃剂

用于处理胶合板的阻燃剂同其他木质材料的阻燃剂一样应具有优良的阻燃性、较高的化学稳定性和良好的耐老化性；阻燃剂本身无毒无污染，不降低处理材的物理力学性能，尤其是处理材的吸湿性和强度；对金属和非金属没有腐蚀作用；价格低廉，使用方便，有耐久性等^[5,9~11]。同时还要求阻燃剂对树脂胶的性能影响较少，不影响胶合板原有的物理力学性能和二次加工性能，也不使胶合板生产工艺有大的变化^[12]。

常用的胶合板阻燃剂同其他木质材料阻燃剂一样大多基于含磷、氮、硼、铝和卤素等化合物，可分为无机、有机和有机类改性阻燃剂三大类^[13]。

3.1 无机阻燃剂

无机阻燃剂在 20 世纪开始运用到胶合板工业。80 年代初韩国用硫酸铵、磷酸氢二铵、硼酸钠、硼酸和磷酸铵等 1 种或几种无机盐溶液浸渍成品胶合板^[13~16]。到了 80 年代中后期，日本、英国和前苏联等国家相继用磷-氮系、硼系、和卤素等无机阻燃剂进行胶合板阻燃处理^[17~22]。这些处理的结果表明：①不同化合物阻燃效果各不相同，效果最好的为磷酸氢二铵。②经无机盐类阻燃剂处理材吸湿性强、抗流失性差，胶合强度下降，产品表面会起霜、变色，影响产品外观。③对金属有腐蚀作用

等。针对这一状况,到了80年代末90年代初,日本采用无机阻燃剂二次浸渍法^[23~25],即单板先后分别浸渍2种不同的无机阻燃剂,使生成不溶于水的滞火剂留在单板内。结果发现,阻燃剂之间存在协效作用。如碳-氮系阻燃作用在固相,卤素阻燃作用在气相,两者相互间均是良好的协效剂,并提高阻燃胶合板的耐久性。

我国对阻燃胶合板的研究较晚,近几年活跃。1993年湖南人造板厂唐林等人采用磷-氮型阻燃剂对建筑用厚型或薄型单板及半成品进行阻燃处理。试验证明阻燃胶合板生产工艺是可行的,胶合强度也能满足要求^[26]。1995年北京木材厂罗文圣专利报道了用含有磷酸氢二铵、磷酸二氢铵、硼砂和氯化铵的混合阻燃剂与MD胶及MN胶共同作用制成阻燃胶合板,工艺简单,处理费用低,产品的阻燃性能符合B₁级建筑材料的要求,还具有防腐防虫的性能^[27]。1996年,黑龙江省林产工业研究所申世杰等人采用FR改性脲醛树脂胶、硼类复合物和缩合磷酸胍3种阻燃剂对复合胶合板进行试制。结果表明复合胶合板各项力学性能稍有降低,但影响不大,而阻燃性能良好^[13]。

无机阻燃剂有它的许多不足之处,但来源广泛,价格低,阻燃性能好,在制品燃烧时释放的烟和有毒气体少,至今仍作为主要的阻燃剂应用于塑料及木质材料的阻燃处理,用量占阻燃剂总量的60%以上^[28]。

3.2 有机阻燃剂

由于无机阻燃剂耐久性差,处理后产品质量不理想,人们开始研制一些抗流失,并对原有木材的物理力学性能影响较小的有机阻燃剂。但从研究到应用,一直未得到很大的发展。其主要原因是阻燃处理的木质材料燃烧放出大量有毒气体,燃烧时产生大量的浓烟,成本高。

3.3 有机类改性阻燃剂

二次大战后,高分子工业迅速发展,随之而来的合成高分子的难燃化研究迅速发展。70年代初,研究开发一种氨基树脂型阻燃剂。它是由双氰胺和三聚氰胺等有机胺与甲醛、尿素和磷酸等在一定条件下制成的阻燃剂。加拿大Juneja和Dolenko等人采用三聚氰胺-双氰胺-甲醛-磷酸树脂(MDFP)和尿素-双氰胺-甲醛-磷酸树脂(UDFP)来处理胶合板。结果表明,氨基树脂阻燃剂抗流失性较好,不影响产品外观质量,对胶合板的物理力学性能影响较小,但制备工艺较复杂,有游离甲醛释放^[29~31]。

到了80年代中期,开发了抗流失,长效,低毒,具有防腐防虫和尺寸稳定等多功效的第2代新型阻燃剂^[32,33]。日本有不少这方面的专利^[34,35]报道。他们有脲醛树脂(UF)跟其他化合物(如三聚氰胺、磷酸钠等)共聚来制取防火胶粘剂,阻燃性能好,胶合强度高。美国Charles用UDFP树脂浸渍经碳酸钠或氢氧化钠溶液处理的杨木单板,发现杨木胶合板阻燃效果明显提高,且胶合强度不受影响^[36]。还有美国专利报道用可溶酚醛树脂和缩水甘油-3-(二甲基磷酸基)丙酸酯及水混合制得阻燃浸渍液,阻燃效果好^[37]。在我国,由南京林业大学木材工业学院和中国林业科学研究院木材研究所共同研制的NL-1型阻燃剂(无机和有机混合的阻燃剂)浸渍单板或成品,产品阻燃性能好,对胶合板强度没有明显影响,耐久性长^[38]。

4 阻燃胶合板处理的方法

4.1 胶合板成品阻燃

胶合板成品阻燃与实体木材不同,因为胶合板中有胶层,对阻燃剂的渗透有影响。根据不同的阻燃效能要求,可分为以下几种^[39,40]。

4.1.1 表面涂刷法 将阻燃剂溶液涂刷在胶合板表面(单面或双面)。涂刷次数越多,阻燃剂的吸收量就越高,所以要求阻燃剂的浓度较高为好。据加拿大Pyrotite Coatings公司的介绍,可在人造板表面涂上一层新型涂料,使这种涂料在232℃时释放出大量水蒸汽,而起阻燃作用^[41]。表面涂刷法不需增加额外设备,处理工艺简单,但吸药量少,阻燃效果差。

4.1.2 常压浸泡法 将胶合板成品置于盛有阻燃剂溶液的容器中常压浸泡。在一定时间范围内,随着时间延长,胶合板的吸药量增加,但浸渍时间过长,会使胶合板表板木材组分溶解,降低吸药量。此法设备投资小,操作方便,但成品板的吸药量不大,且表面会出现结晶。

4.1.3 加压浸渍法 胶合板在加压下浸渍阻燃剂溶液。此法吸药量高，且胶合板表面不会出现结晶，但经处理的胶合板会变色。若用硼混合物处理，胶合板较黑，设备投资较高。

4.1.4 真空加压浸渍法 胶合板在真空加压状态下浸渍阻燃剂溶液。此法吸药量比加压浸渍法高，处理深度也大，但是投资大。同时也可以几种方法联合起来处理（如真空浸渍和涂刷法进行防火处理^[42]）。

4.2 生产过程中施加阻燃剂

生产过程中施加阻燃剂，制成阻燃型胶合板有以下几种方式。

4.2.1 单板浸渍 单板浸渍处理方法同胶合板成品处理方法类似。

4.2.2 阻燃剂加到胶粘剂中，制成复合型阻燃胶粘剂 对胶合板用脲醛胶和酚醛胶进行改性制成难燃胶粘剂。难燃胶粘剂一般都与各种胶合板成品阻燃处理方法配合使用，起到加强阻燃效果，保证达到难燃指标的作用。如北京罗文圣等人用难燃胶粘剂热压成胶合板，再在板面涂刷一层液体阻燃剂，生产阻燃胶合板^[43]。又如美国专利报道，具有滞燃和防止烧穿性能的胶合板由具有可燃性的胶合板（A）和贴在 A 上的厚度可达 1.60mm（1/16 英寸）薄且硬的含有无机胶粘组分的复盖层组成^[44]。

5 生产工艺路线

根据胶合板生产工艺不同处理方法，常用的阻燃胶合板的生产工艺流程如图 1^[43, 45~47]。

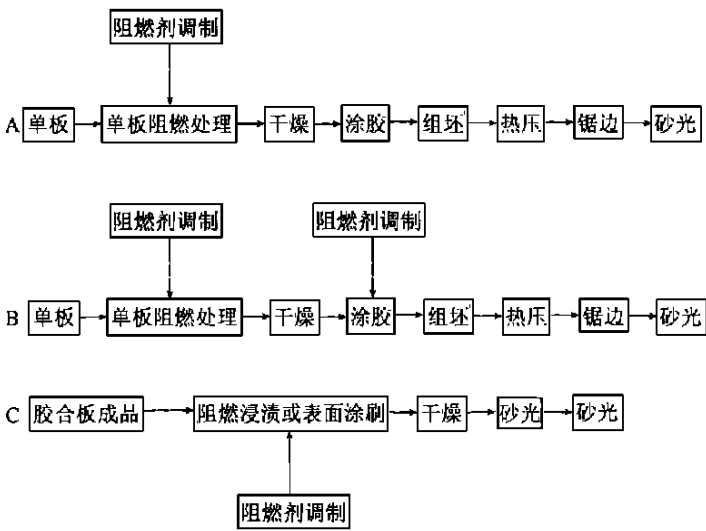


图 1 阻燃胶合板的生产工艺流程

Figure 1 The technological process of fire retardant plywood

6 阻燃效果测试方法

阻燃胶合板是一种新型材料。对阻燃胶合板的检测，国内外尚无统一确定的设备和方法，一般参照其他材料的检测标准。为了评价阻燃木质材料在实际火灾中的阻燃特性，需要在模拟条件下测试阻燃木质材料的各种阻燃性指标，如难燃性、火焰蔓延性、自熄性和燃烧失重等。

测试方法大致可分为四大类：一类为燃烧试验法，如隧道炉法、45°角燃烧法、堆垛法和火管仪法等；第二类为研究型测试法，主要用于阻燃机理的研究测试，如氧指数测定法和热分析法等；第三类为发烟性和毒性测试法；第四类为木质材料应用性测试法^[9, 48]。

6.1 燃烧试验法

6.1.1 隧道炉法 隧道炉法又称火焰传播指数（FSI）测试法，是美国国家标准局测定阻燃木材的国家标准。它模拟失火现场材料表面燃烧时火焰传播速度和距离。我国专业标准 ZBG51002-85《防火涂料防火性能试验方法》，亦可用来测定阻燃木质板的 FSI。美国标准有 ASTM E69-50^[49] [60~61]

6.1.2 45°角燃烧法 又称小室燃烧法, 斜面燃烧法。它是将阻燃处理后的薄板称量, 然后置于燃烧室45°角支架上, 用一定高度火焰点燃一定时间, 火源熄灭后计阳燃及阴燃时间, 并测定炭化面积和失重值。在这方面的标准有日本的 JIS A1322-66, 美国的 ASTM D1360-79, 我国行业标准 ZBG51003-83 等。该法在胶合板上有人使用^[44, 46]。

6.1.3 堆垛法 依据受控火焰下试件失重百分比测量阻燃处理木质材料和试件的燃烧性, 同时还可以测量温度的升高值和燃烧时间, 以用于评价木质材料阻燃处理的相对效果。这方面的标准有美国的 ANST/ASTM160-80。

6.1.4 火管仪法 该法用于测定阻燃处理木材可燃性, 提供阻燃处理木材在可控着火条件下燃烧性的相对值——失重百分率, 并可测定失重率、燃烧时间、残焰时间和温度的增加值等。如: 美国标准 ANSI/ASTME69-80, 法国标准 DIN 4102, 日本标准 JISA 1322 和英国标准 BS476 等。在我国有人将此法用在胶合板检测上^[4, 12, 26, 50]。

6.2 研究型测试法

6.2.1 氧指数法 (OI) 氧指数是指一定尺寸试材在氧-氮混合气体中, 并在规定条件下呈蜡状有焰燃烧所需的最小氧浓度。该法首先用于塑料阻燃性测定, 现在亦用于木质材料的阻燃性测定。我国标准有 GB2406-80 和 GB2406-93 等。美国标准有 ASTM D2863-77, 前苏联标准有 TOC T16363, 日本标准有 JIS D1201 等。我国有许多人在胶合板测试上借用此方法^[4, 12, 13, 26, 38, 46, 50]。

6.2.2 热分析法 热分析是测定物质的某些物理参数与温度关系的方法。它包括热重分析 (TG)、差热分析 (DTA) 和差示扫描量热法 (DSC) 等。有时常将几种方法 (如 TG-DSC) 联合起来考虑阻燃效果^[51, 52]。热分析由于影响因素复杂, 只能定性地评价阻燃效果。

6.3 发烟性和毒性测试法

6.3.1 发烟性测试法 通过测定木质材料燃烧时产生的烟对光强度的衰减作用来确定发烟性的大小。试验标准有美国的 ASTM E662-83 和日本的 JIS D1201 等。我国已生产 HC-4 型和 SD-2 型烟密度仪。

6.3.2 毒性测试法 常用的测定木材和阻燃木质材料燃烧气体毒性的方法是生物试验法, 主要是观察动物对燃烧气体产物的综合反应。常用的观察动物是小白鼠。由小白鼠试验获得的结果, 推测对人体的毒害。Hirata 等人用 DDY 雌鼠试验经阻燃处理的红柳桉胶合板的毒性^[53]。

6.4 木质材料应用测试

木材及木质人造板经阻燃处理后, 其物理力学强度及表面对油漆的附着能力都有不同程度的降低, 而对金属的锈蚀性有所增加。因此, 在考虑和评价阻燃效果的同时, 还应考核和检测这些性能, 以便满足实际应用的需要。

胶合板的物理力学性能参照 GB9846-88《普通胶合板性能试验方法》检测。油漆及装饰涂料的附着力, 依据日本 JIS A5909-79 标准方法进行检测。对金属的锈蚀性, 依照日本 JIS A9304-76 标准方法进行检测。

7 发展对策

7.1 阻燃法治化

实践证明, 木材阻燃技术的发展与相应的法令法规的颁布实施有着密切的关系。日本、美国等西方国家早就建立阻燃产品与检测方法的标准, 对阻燃技术的发展有很大的推动作用。木材和木质人造板的阻燃技术在我国日益受到重视, 阻燃剂的开发、生产与应用的各个环节都取得了一定进展。国家必须逐步制订阻燃产品和测试方法的国家标准, 公布必须进行阻燃处理的有关法令。这样才能使木质材料阻燃事业稳健地向前发展。

7.2 阻燃剂新型化

阻燃剂的研制必须遵循低毒、低污染、低成本和易处理的原则, 处理材阻燃效果应持久、耐流失和耐潮。运用计算机优化的方法得到理想的配方, 使之向防腐、防虫和尺寸稳定等多种功能的一剂多效性趋势发展。

7.3 检测技术标准化

为了比较精确地评价阻燃特性，必须尽快地制订适合我国国情的阻燃胶合板的检测方法和标准，同时运用热分析与色谱光谱相结合的现代化分析手段，来分析阻燃剂的阻燃效果。

参考文献：

1 盛嘉廉，曹志明. 胶合板工业发展的机遇和困难[J]. 木材工业，1997，11 (5)：42~43.

2 吴朝阳. 特殊胶合板及其利用. 内蒙古林业[J]. 1990 (11)：26~27.

3 刘燕吉. 木质材料的燃烧（一）[J]. 木材工业，1996 10 (6)：37~39.

4 刘燕吉，朱家琪，高超英. 木质材料系列阻燃技术的研究[J]. 木材工业，1995，9 (6)：12~16.

5 薛恩钰. 阻燃科学及应用[M]. 北京：国防工业出版社，1988.

6 徐永吉. 木材的阻燃及阻燃处理[J]. 林业科技开发，1996 6 (3)：54~56.

7 科尔曼. 木材学与木材工艺学原理——实体木材[M]. 江良游，译. 北京：中国林业出版社，1991. 143~145.

8 周雄志，刘正添. 阻燃处理木材的热分析[J]. 木材工业，1991，5 (3)：15~20.

9 陆文达. 木材改性工艺学[M]. 哈尔滨：东北林业大学出版社，1993. 169~206.

10 李坚. 木材的阻燃处理[J]. 中国木材，1991，12 (5)：36~39.

11 王元宏. 阻燃剂化学及其应用[M]. 上海：上海科学技术文献出版社，1988.

12 倪湘生. 阻燃型胶合板[J]. 木材工业，1989，3 (3)：52~53.

13 申世杰，徐兰英，龚仁梅. 阻燃复合胶合板的试制[J]. 林业科技，1996，21 (6)：40~42.

14 Kim J M. Studies on press dryings of fire-retardant treated plywood[J]. *Journal of Korean Forestry Society*, 1982, (56)：1~25.

15 Chung W Y, Kim J M, Lee P W. A comparative study on the mechanical properties of plywood treated with several fire-retardant chemicals. (II). Effect of platen Temperature in press drying on the static bending strength of treated plywood[J]. *Wood Science and Technology*, 1984, 12 (4)：12~18.

16 Chung W Y, Lee P W. Fire retardant treatment of plywood with di-ammonium phosphate [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$]. (II). Effect of platen temperature on bending strength of treated ply woods[J]. *Wood Science and Technology*, 1984, 12 (2)：1~9.

17 冈本义雄. 胶合板的耐燃处理法[P]. 日本专利：平 60-105501, 1985-06-11.

18 ЧУРПКОБАЖК. 抗燃胶合板[J]. 丁文，译. 森林工业文摘，1986, (5)：71.

19 平田利美. 经药剂处理的胶合板的难燃性（1）表面燃烧性[J]. 木材志，1988，34 (4)：337~345.

20 太田义弘，安田步，西本孝一. 木质单板滞火处理[P]. 日本专利：平 62-25007, 1987-02-03.

21 Susan L L, Jerrold E. Effects of fire retardant treatments on wood strenght[J]. *Wood and Fiber Science*, 1990 22 (1)：113~131.

22 Jerrold E W, Elmer L S. Preliminary development of remedial treatments for themally degraded fire-retardant-treated Wood[J]. *Forest Products Journal*, 1995, 45 (2)：51~52.

23 西本孝一，大月外茂和. 阻燃胶合板[P]. 日本专利：平 2-301401, 1990-12-13.

24 伊原一郎. 无机处理合板[P]. 日本专利：平 3-30902, 1991-02-08.

25 梅原静，河波英二. 防火胶合板的制造方法[P]. 日本专利：平 63-176102, 1988-07-20.

26 唐林，胡军. 建筑用阻燃胶合板试验初探[J]. 湖南人造板，1993，3 (3)：27~30.

27 罗文圣，王风茹. 一种阻燃胶合板及其生产方法[P]. 中国专利：1098976A, 1995-02-22.

28 那斌，周定国. 国内外阻燃刨花板的研究现状[J]. 南京林业大学学报，1997，21 (3)：76~81.

29 Juneja S C. Stable and leach-resistant fire retardants for wood[J]. *Forest Products Journal*, 1972, 22 (6)：17~27.

30 Juneja S C, Richardson L R. Versatile fire retardants from amino resins[J]. *Forest Products Journal*. 1974, 24 (5)：19~23.

31 Dolenko A J, Clarke M R. Fire-retardant pre-finished plywood[J]. *Forest Products Journal*, 1973, 23 (10)：22~27.

32 Erler K. Improving pine and oak wood by impregnating with urea-formaldehyde resin[J]. *Holz als Rohund Werkstoff*, 1988, 46 (9)：327~329.

33 Alexiou P N. Efficacy of an amino resin fire retardant[J]. *Forest Products Journal*, 1986 36 (11/12)：9~15.

34 切通京士，园田己甫，荒牧格. 防火胶合板用脲醛树脂粘合剂[P]. 日本专利：昭 62-297374, 1987-12-24.

35 羽生田智纪，中村贞行. 低成本的阻燃胶合板[P]. 日本专利：平 3-56641, 1991-03-12.

36 Charles B V. Phenolic adhesive bonds to aspen veneers treated with amino resin fire retardant[J]. *Forestry Products Journal*, 1994, 44 (1)：33~40.

37 Hiroshi T S, Tamehiko NH, Nobuo KK. Method of treating woody material and heated woody material[P]. 美国专利：4585703, 1986-04~29.

38 王卫东. 阻燃型杨木胶合板的初步研究[J]. 林业科技开发，1993，3 (2)：25~26.

39 李玉栋. 木质材料阻燃技术[J]. 森林工业文摘，1983, (3)：1~8.

40 刘燕吉. 木质材料的阻燃处理——木质材料的燃烧与阻燃系列讲座之二[J]. 木材工业，1997，11 (1)：41~42.

41 Peter M. The fire-retardant treatment of wood based panels[J]. *Wood Based Panels International*, 1991, 11 (7)：25~26.

- 42 荻尾腾彦. 木材和木质材料的耐久性防火处理 (2) 兼有防腐的胶合板防火处理[J]. 袁亦生, 译. 森林工业文摘, 1988 (6): 103.
- 43 罗文圣, 王凤茹, 赵英奎. 胶合板阻燃处理新方法[J]. 林产工业, 1995, 22 (1): 26~27.
- 44 Harold E, Miami F. Fire-banied plywood [P]. 美国专利: 4661398 1987-04-28.
- 45 陆建. 阻燃胶合板的研究[J]. 湖南华威科技, 1992, (3): 15~19.
- 46 刘应魁. 阻燃胶合板的研制[J]. 安徽林产工业, 1992, (1): 36~38.
- 47 杨湘玲. 华威牌阻燃系列产品开发研制[J]. 湖南人造板, 1994, 4 (1): 38~41.
- 48 刘燕吉. 木质材料燃烧性能检测方法及有关法规——木质材料的燃烧与阻燃系列讲座之四[J]. 木材工业, 1997, 11 (3): 33~36.
- 49 John F S. Fire-tube tests of wood-polymer composites[J]. *Forest Products Journal*, 1971, 22 (7): 31~36.
- 50 吴玉章. 木质材料阻燃耐久性研究[D]. 南京: 南京林业大学, 1998.
- 51 罗杰·罗维. 实木化学[M]. 刘正添, 译. 北京: 中国林业出版社, 1988. 409~417.
- 52 陈镜泓. 热分析及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- 53 Hirata T, Fukui Y. Combustion gas toxicity, hygroscopicity and adhesive strength of plywood treated with flame retardant [J]. *Wood Science and Technology*, 1992, 26 (4): 461~473.

Status and countermeasures on fire retardant plywood

ZHANG Wen-biao¹, LU Xiao-bao², LIU Xian-yi³, ZHOU Wei-qing⁴, YU Xiao-hong¹

(1. Department of Forest Product Industry, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. Changlong Wood Based Board Co. Ltd. of Longquan City, Longquan 323700, Zhejiang, China; 4. Fenkou Forestry Station of Chun'an County, Chun'an 311700, Zhejiang, China)

Abstract: The paper describes the combustion theory of plywood and retardant theory, thermal theory and thinned theory of uninflamable gas in the mechanism of fire retardants of wood. A primary explanation is offered on the mechanism of fire retardants of plywood. A series of studies on fire retardant plywood at home and abroad are expounded comprehensively, such 3 fire retardants as inorganic salts, organic salts and organic treatment salts, the methods of fire retardation treatment, 3 technological processes of the fire retardant plywood, the 4 test methods measuring fire retardant effects such as combustion method, research method, smoke generation method and toxicity method, and the utility of wood based material. Moreover, the counter measures developing fire retardant plywood are put forward.

Key words: fire retardant plywood; fire-proofed plywood; fire retardants; status; counter measures