

# 木结构用胶黏剂蠕变性能的评价

秦特夫<sup>1</sup>, 张长武<sup>2</sup>, 宋希原<sup>2</sup>, 张晶<sup>2</sup>, 崔立冬<sup>2</sup>

(1. 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;

2. 黑龙江省林科院木材科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150081)

**摘要:** 以红松、落叶松、杉木和桦木为试验材料, 采用苯酚-间苯二酚-甲醛树脂胶(RPF)和酚醛树脂胶(PF)进行胶合, 使用专用卡具, 在长期、恒定的荷载作用下, 研究胶合试件在各种使用条件下的蠕变性能。结果表明: RPF树脂的抗蠕变性能优于PF树脂, 落叶松、红松试件的抗蠕变性能优于桦木和杉木。

**关键词:** 苯酚-间苯二酚-甲醛树脂; 酚醛树脂; 蠕变

中图分类号: TQ433; TU366

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2008)06-0001-04

## Evaluation of Creep Characteristics of Adhesives for Wood Structures

QIN Te-fu<sup>1</sup>, ZHANG Chang-wu<sup>2</sup>, SONG Xi-yuan<sup>2</sup>, ZHANG Jing<sup>2</sup>, CUI Li-dong<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Institute of Wood Science, Heilongjiang Academy of Forestry Science, Harbin 150081, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Creep characteristics of two different adhesives were studied under different experimental conditions according to American ASTM standard D3535 and Canadian standard CAS 0112.9-04. The resin systems evaluated in this study were resorcinol phenol formaldehyde (RPF) and regular phenol formaldehyde (PF). The wood materials used were Korean Pine, larch, fir and birch. The average and maximum creep values of samples under a constant load were recorded. The results showed that the creep performance of RPF adhesive was superior to that of PF adhesive. For the same resin system, it was observed that the adhesive creep performance was better in the Korean pine and larch specimens than the fir and birch specimens.

**Key words:** RPF adhesive; PF adhesive; creep

抗蠕变性能是衡量木结构用胶的重要指标, 但目前国内对结构材用胶的性能评价, 均未考虑蠕变因素<sup>[1-4]</sup>。在长期荷载作用下, 蠕变破坏是胶合木结构材发生破坏的主要形式, 因此, 测试结构材用胶的蠕变性能, 具有重要的意义。本研究选用2种常用的室外级木结构用胶, 苯酚-间苯二酚-甲醛树脂胶(RPF)和酚醛树脂胶(PF), 对用其胶合的制品的蠕变行为进行了测试, 旨在为结构集成材的应用性能评价提供参考。

### 1 试验材料与设备

#### 1.1 试材

4种木材分别为: 红松(*Pinus koraiensis*), 产地黑龙江穆陵林业局, 简称P; 杉木(*Cunninghamia lanceolata*), 产地湖南, 简称F; 落叶松(*Larix gmelini*), 产地黑龙江大兴安岭, 简称L; 桦木(*Betula platyphylla*), 产地黑龙江苇河林业局, 简称B。材质要求: 在宽面和窄面的纹理斜度 $\geq 1/15$ , 板材节疤直径 $\geq 3$  mm。

#### 1.2 胶黏剂

1) 苯酚-间苯二酚-甲醛树脂 Prefere 4001-2, 太尔化工有限公司产。主要技术指标: 黏度 1.6~1.8 Pa·s, 固体含量(57±2)%, pH 7.0~8.0。粉状固

收稿日期: 2008-01-16; 修改日期: 2008-10-08

基金项目: 林业工程技术标准体系构建项目(2004DEA70900); 引进国际先进林业科学技术(948计划)项目(2004-4-49)。

作者简介: 秦特夫(1954—), 男, 中国林科院木材工业研究所研究员。

化剂 Prefere 5808, 太尔化工有限公司产, 按  $m$  (水):  $m$  (固化剂) = 1.38 : 1 的比例, 配成液体使用。胶液与固化剂液的混合比为 2.5, 混合胶液的黏度:  $2 \sim 5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

2) 酚醛树脂 DPF-1\*, 哈尔滨市邦德胶粘剂厂产。主要技术指标: 黏度  $0.8 \sim 1.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ , 固体含量  $(58 \pm 2)\%$ , pH  $10.0 \sim 12.0$ 。

1.3 仪器与设备

1) 仪器 天平(感量  $0.01 \text{ g}$ ); 空气对流干燥箱, 灵敏度  $\pm 1^\circ\text{C}$ , 温度范围  $40 \sim 200^\circ\text{C}$ ; 游标卡尺。

2) 设备 高频压机,  $10 \text{ t}$  万能力学试验机, 蒸养釜(自制, 耐压  $0.8 \text{ MPa}$ ,  $\phi 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ), 蠕变测量专用卡具(自制), 见图 1。

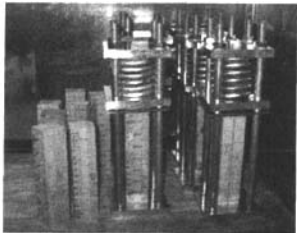


图 1 蠕变试件专用卡具及蠕变试件  
Fig. 1 Set-up for creep performance testing

2 试验方法

由于木结构用集成材在国内尚未形成规模化生产, 对集成材制造用胶的蠕变性能鲜见研究, 更无相关的国家标准。因此, 笔者设计的蠕变试验, 系参照美国 ASTM D 3535-00 [5] 和加拿大 CAS O112.9-04 [6] 进行, 并根据试验要求, 自行设计和制作了专用卡具。其原理是, 在试件上施加超过弹性的应力, 并保持应力不变, 其应变将随时间的推移而增大。在特定的处理条件和恒定应力作用下, 测量在试件胶合处所发生的位移。

2.1 试件制备

测试蠕变的胶合试件为 3 层结构, 芯层由等间距隔的木块组合而成。试件的 2 块外层板规格为  $16 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$  (厚  $\times$  宽  $\times$  长), 8 块芯层板的规格为  $16 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 29 \text{ mm}$  (厚  $\times$  宽  $\times$  沿纹理长)。胶合面无天然缺陷、加工缺陷及干燥缺陷。

板材刨削后  $24 \text{ h}$  内进行胶合, 涂胶量  $120 \text{ g/m}^2$  (单面), 在室温条件下, 按胶黏剂生产商建议的最短时间完成组坯。RPF 胶粘试件采用冷压工艺, 保压  $24 \text{ h}$ ; PF 胶粘试件采用高频热压工艺, 保压下高频加

热  $14 \text{ min}$ 。无论冷压还是热压, 红松、杉木试件的压力为  $0.8 \text{ MPa}$ , 落叶松试件的压力为  $1.0 \text{ MPa}$ , 桦木试件的压力为  $1.2 \text{ MPa}$ 。

胶合完毕的试样在  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 RH  $(65 \pm 25)\%$  的环境下放置  $2 \text{ d}$  以上, 然后按图 2 的规格尺寸, 加工成全长蠕变试件。最后用刀片在蠕变试件的左右两侧, 与芯层木块搭接处的中间, 垂直于胶层画线, 每侧画 14 条线, 共 28 条, 如图 3 所示。

全长蠕变试件的制备数量为:  $4 \text{ 个树种} \times 2 \text{ 个胶种} \times 4 \text{ 种处理条件} \times \text{每种条件} 2 \text{ 块试件} \times 2 \text{ 倍制备量} = 128 \text{ 个试件}$ 。

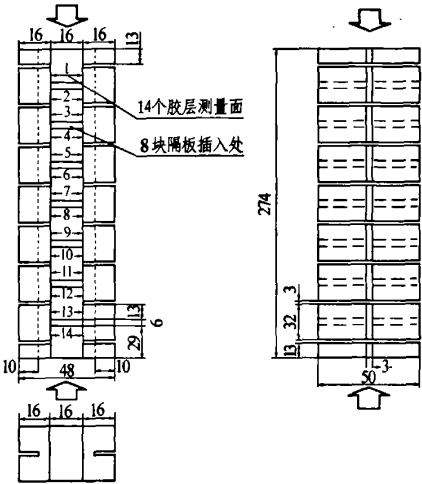


图 2 试样的规格尺寸  
Fig. 2 Dimensions of test specimens

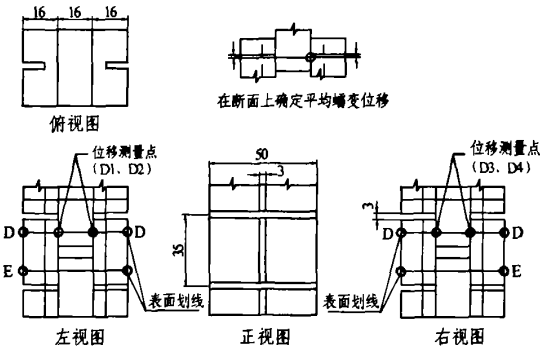


图 3 蠕变位移的测量线及测量点  
Fig. 3 Locations for measuring creep displacement

2.2 蠕变测试

首先分别按表 1 所列的 A、B1、B2 和 C 共 4 种环境, 分批处理蠕变试件。整个装置用压力试验机加载, 载荷方向平行于试件纹理方向。手动紧固螺母, 以保持弹簧被压缩。旋紧中心杆上的锁紧螺母, 直至顶板

上 10 mm 以内。整个装置保持在表 1 规定的状态,放入气候箱内。当所加载荷至表 1 规定值时,将装置从气候箱移出(仍保持负载状态),立即进行蠕变测量。

表 1 抗蠕变试验的环境和方法

Tab. 1 Conditions and methods for creep testing

| 试验环境及试件调节                                                                                               | 载荷施加条件                                 | 应力/MPa  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|
| A: 常温高湿<br>在(20±2)℃和最小 RH 95%下,放置 7d                                                                    | 在(20±2)℃和最小 RH95%下,加载 7 d              | 2.5±0.1 |
| B1: 常温常湿<br>在(20±2)℃和 RH(65±5)%下,直至质量恒定                                                                 | 在 70℃和周围环境湿度下,加载 7 d                   | 2.5±0.1 |
| B2: 常温低湿<br>如果所用的试件与 B1 环境的试件相同,将 B1 试件中从卡头卸下冷却到环境温度<br>如果试件与 B1 不同,则试件先在(20±2)℃和 RH(30±5)%条件下处理,直至质量恒定 | 在 180℃和周围环境湿度下,加载 2 h                  | 2.1±0.1 |
| C: 真空、加压、冷水循环<br>(20±2)℃冷水、(75±10)kPa 真空下,浸渍 2 h;然后缓慢卸掉真空,在(540±20)kPa 压力下,浸渍 2 h,再缓慢卸压                 | 将试件封装在塑料袋中(防止水分蒸发),并在(50±2)℃条件下加载 28 d | 2.1±0.1 |

对于试件中的每一个断面(见图 3),测量 4 个露出的胶合层的蠕变位移,精确至 0.1 mm,并记录平均蠕变位移。

对处于 B1 环境中的试件,从试验夹具上卸载后,冷却到环境温度,再在 B2 环境下进行测试(见表 1)。在 2 h 试验期结束,按照规定的程序测量蠕变。

3 试验结果分析

图 4 显示不同负载条件下,2 种胶黏剂胶粘不同树种试件的蠕变测试结果。

1) 图 4a 的结果表明,在 22℃和 RH 95%的条件下负载,无论是 PF 树脂还是 RPF 树脂,其胶合试件的抗蠕变性能均未表现出明显的差异,平均蠕变值都较低,在 0~0.069 mm 之间。

落叶松由于松脂含量较高,具有较高的憎水性,因此在高湿条件下,水分对材质的影响

较小,其胶层的蠕变最小。落叶松 PF 胶合试件的蠕变平均值仅为 0.01 mm,RPF 胶合试件的蠕变平均值几乎为零。

而其余 3 个树种试件的蠕变值基本相同。红松、杉木的蠕变值较高,可能是由于这 2 种木材的密度较低,试件在压缩剪切应力的长期作用下,易造成表面变形所致;桦木虽然密度较高,但由于其径向干缩膨胀系数较高,而造成胶层的蠕变值增高。

由此可见:同一种胶黏剂用于不同的树种时,由于木材性质的差异,会造成胶层蠕变性产生较大的差别。

2) 图 4b 为试件在 B1 环境中平衡处理后,在 70℃和环境湿度条件下的蠕变结果。结果表明:桦木 PF 胶合试件的最大蠕变量高于其 RPF 胶合试件,而蠕变平均值则恰好相反;其他树种的蠕变平均值与胶种无关。红松 PF 胶合试件的蠕变值变异较大,而用 RPF 胶合时,其蠕变平均值仅为红松 PF 胶合试件的一半。杉木和落叶松 2 种树脂胶合的试件,均未发生蠕变。

3) 图 4c 为在高温 180℃条件下负载时,试件的蠕变行为。经过 2 h 的高温处理,2 种树脂的耐高温性表现出了明显差异。PF 树脂胶合试件,无论树种如何,其在 180℃下的平均蠕变值和最大蠕变量,均比 RPF 胶合试件的要高,可见 PF 树脂的耐高温性能不如 RPF 树脂。

4) 图 4d 为经真空、加压冷水循环处理后,在 50℃的高湿环境中、经过 28 d 的长期应力作用后,试件

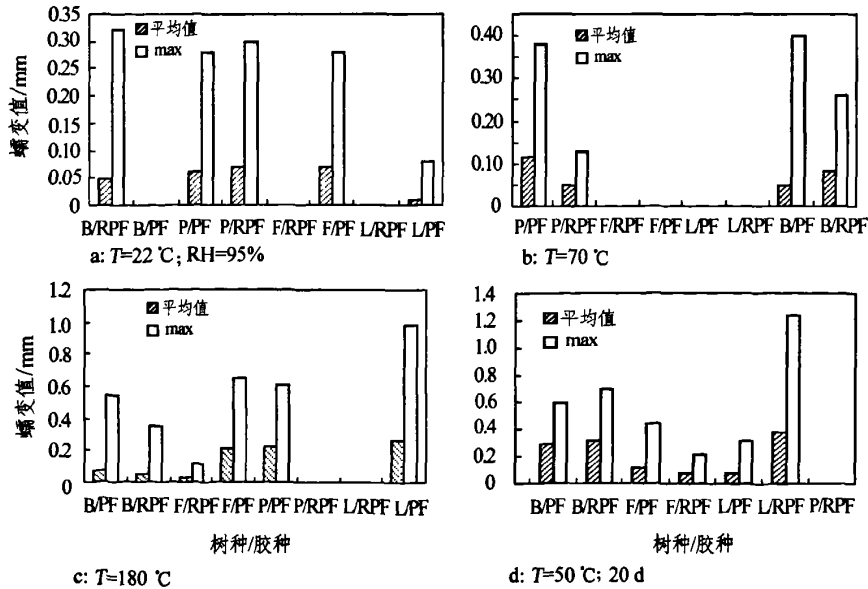


图 4 不同测试条件下试件的蠕变量  
Fig. 4 Creep behavior under different conditions

的蠕变行为。在该处理条件下,2种树脂的抗蠕变性能相近,但因树种不同略有差异。落叶松 RPF 试件的蠕变值最大,平均为 0.374 mm;而落叶松 PF 试件的蠕变值较小,平均仅为 0.080 mm。其次是桦木,其 PF 和 RPF 试件的蠕变平均值分别为 0.288 和 0.311 mm。红松的 RPF 试件基本不发生蠕变。

上述研究结果表明:木材本身的性质对胶层蠕变性能有较大的影响。因此,在室外用结构材的制造过程中,可根据树种和使用条件,选用不同的胶黏剂,以减少材料的蠕变,保证使用安全性。

#### 4 结论

1) 在常温高湿环境下,松脂含量较高的落叶松,其胶层的蠕变性最小,而桦木胶层的蠕变性最大;

2) 在正常环境条件下,PF 树脂与 RPF 树脂具有相近的蠕变性,但在 180℃高温条件下,PF 树脂的抗蠕变性能不如 RPF 树脂;

3) 在真空、加压条件下,红松采用 RPF 胶合,落叶松采用 PF 胶合,其胶层具有最小的蠕变性能;

4) 实际应用中,应针对不同的树种和使用条件,合理选用胶黏剂,以避免胶层的蠕变影响。

#### 参考文献:

- [1] 罗文士. 间苯二酚-苯酚-甲醛树脂的研制与在胶合梁上的应用[J]. 木材工业,1990,4(3):14-19.
- [2] 陆熙炯,罗文士. 承重木结构胶黏剂的评估[J]. 木材工业,1991,5(4):38-41,27.
- [3] 朱焕明. 间苯二酚-苯酚-甲醛树脂胶的快速老化性能试验[J]. 木材工业,1993,7(4):8-14.
- [4] 罗文士,陆熙炯. 承重胶合木结构的应用及胶黏剂耐久性试验[J]. 木材工业,1995,9(1):24-27.
- [5] ASTM D 3535-00[S], Standard specification for resistance to deformation under static loading for structural wood laminating adhesives used under exterior (wet use) exposure conditions.
- [6] CAS O112.9-04[S], Evaluation of adhesives for structural wood products (exterior exposure). (责任编辑 向琴)

### 《木材工业》杂志征稿简则

#### 1 来稿要求

##### 1.1 内容篇幅

本刊报道范围内研究与开发、讨论与建议、综述、应用技术类的文章均可投稿,论点明确,数据真实,文字精炼。综述讨论类文章 8 000 字以内;其他文章 7 000 字左右。

##### 1.2 书写顺序

中文题名→作者姓名→单位全称、所在城市、邮编→中文摘要(200 字内)、关键词→英文题名→作者姓名拼音、单位英文名称→英文摘要、关键词→正文→参考文献(15 篇以内)。

##### 1.3 标题层次

以阿位伯数字连续编号,如“1”、“1.1”、“1.1.1”,左起顶格,序号后空一格写标题。

##### 1.4 图表设计

图表设计应合理紧凑,并附对应英文图题、表题。插图为黑白颜色、线型清晰;表格采用三线式。空格示“未测”或无此项;“-”表示无结果。每篇文章的插图或表格不宜超过 4 幅,表格以双栏宽为宜。

##### 1.5 量与符号

使用国家法定计量单位和符号,不能使用废弃单位及符号,正确区分大小写、正斜体。

##### 1.6 参考文献

按参考文献在正文中出现的先后排序,在引文处用 [ ] 以上标的形式标注。语种仅限中、英文两种(其他语种需译成中文或英文)。外文作者的姓用全

拼,名用缩写,首字母大写。

##### 1.7 其他

1) 首页页脚务必注明第一作者简介,顺序为:姓名(出生年-),性别,单位,职称。

2) 投稿请用 Word 文档格式,以 Email 发送,邮件主题格式为“单位简称+作者姓名+文章题目”。并在邮件中注明第一作者或其他联系人的通信地址、邮编、电话、手机、Email 等。

#### 2 出版须知

##### 2.1 版权申明

为避免版权纠纷,投稿时请申明:本刊是该稿件唯一的投寄刊物。审稿期间未收到本刊不予录用的书面通知前,请勿再(改)投其他刊物。

##### 2.2 发表流程

文稿要通过初审、专审等程序方可进入编辑流程。对初审通过的稿件,需遵照《中华人民共和国著作权法》签订出版协议,并收取相应审稿费,同时稿件进入专审程序。自收稿之日起 3 个月内完成审查,并通知作者刊用与否。

##### 2.3 稿酬支付

通过审查的文稿需付费发表。付费者发表优先、稿费从优。对篇幅超出要求,或需提前发表的文章,还须支付一定的超版费及加快费。稿件刊登后一次性即付稿酬(含电子版稿酬),赠送样刊。

更多详情,请登录 [www.cwijournal.com](http://www.cwijournal.com) 查询