

竹材刨花板蠕变性能的研究

陈士英* 龙玲 张宜生

摘要 结构用刨花板由木质刨花和胶粘剂热压而成,属高分子材料,具有粘弹性。在负荷作用下产生弹性变形,在长期负荷下发生蠕变。试验表明,竹材制成的酚醛胶刨花板,在高温环境下,比竹材脲醛胶刨花板有较好的抗蠕变能力;如在竹材刨花板上贴上一层竹席,则抗蠕变性能进一步提高。竹材脲醛胶刨花板比木材脲醛胶刨花板有较好的抗蠕变性能。在低湿度环境下,所有板材的蠕变性能差别较小。

关键词 竹材刨花板;蠕变;相对湿度

Study on Creep Performance of Bamboo Particleboard

Chen Shiying Long Ling Zhang Yisheng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract Bamboo Particleboard is a kind of polymer. It displays elastic deformation and permanent plastic performance, depending upon the time of loading and temperature under constant stress. The test results showed that the bamboo particleboard with phenol formaldehyde resin (PF) had better anti-creep performance than bamboo particleboard with urea formaldehyde resin (UF) under relative humidity (RH) 90%, the bamboo particleboard laminated by barmboo weaving with PF resin had the best anti-creep performance, bamboo particleboard had better anti-creep performance than wood particleboard. The creep performance among all particleboard was no obvious difference at the condition RH35% and RH65%.

Keywords Bamboo particleboard; Creep; Relative humidity (RH)

木材是天然有机复合材料,既有弹性又有塑性。在外力作用下发生如图1所示的应力-应变曲线。在 t_0 时刻给木材以应力,便立即产生相应的弹性变形OA,在此应力常数下,随着时间的推移产生蠕变AB。在时间 t_1 解除应力,便立即产生弹性恢复BC₁(=OA),到 t_2 时又出现部分蠕变恢复,即从C₁回到D,恢复的变形量是C₁C₂。 t_2 以后进一步的恢复量不大,可以忽略不计。因此,DE便是荷载-卸载循环终结时残留的永久变形。

竹材刨花板用作建筑板材时,人们关注其在一定环境条件下的使用性能和耐久性,特别是在恶劣环境下,板材受长期荷载作用可发生过度的蠕变,甚至导致最终破坏。研究板材受载时依赖于时间的蠕变性能,以便在工程设计中提供设计应力,对竹材刨花板在建筑结构领域的应用具有重要的意义。国内外对木

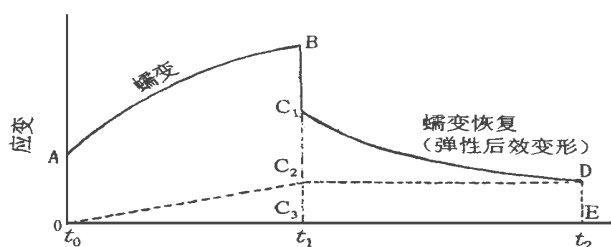


图1 应力-应变曲线

Fig. 1 Curve of stress-strain

材的蠕变性能已进行了大量的研究^[1],对于木质复合材料,例如木材刨花板,也有一些报导^[2],但对于竹材刨花板尚未见介绍。

1 试验材料和仪器

1.1 试验材料

1.1.1 竹材 采自四川。首先用削片机削成长约30 mm的竹片,然后用环式刨片机制成目标厚度为0.5

mm的竹刨花 选用通过 8 mm 留存于 0.3 mm筛网上的刨花,烘箱干燥至含水率为 2%~ 3%后备用;

竹席 购自重庆,手工编织。竹席厚 1 mm,竹篾宽 15~ 20 mm

1.1.2 酚醛胶 自制,固体含量 4%;
脲醛胶 购自北京木材厂,固体含量 62%。

1.1.3 制板工艺参数
① 竹材 PF胶刨花板 板密度 0.74 g/cm³ (绝干密度);施胶量 10% (相对于绝干刨花重);板公称厚度 19 mm;板幅面 550 mm× 730 mm;热压时间 11 min;热压温度 200℃;

② PF胶竹席贴面板 竹席浸胶量 300 g/m²;热压温度 200℃;热压时间 6 min;板公称厚度 21 mm;

③ 竹材 UF胶刨花板 施胶量 10%;板公称厚度 19 mm;板幅面 520 mm× 600 mm;热压时间 5 min;热压温度 180℃;

④ 木材 UF胶刨花板 购自北京木材厂,板公称厚度 19 mm

1.1.4 试件制作 从上述四种刨花板上,按纵向和横向锯取长度为 506 mm 宽度为 50 mm 的试件各 10个,测定其静曲强度和蠕变性

1.2 仪器
恒温恒湿柜 试验在柜内进行,其尺寸为(长× 宽× 高,mm)1 200× 900× 1 500,木柜架,四周镶嵌玻璃,门和框架均用密封条密封。试验柜内温度保持在(20± 3)℃,空气相对湿度用硫酸溶液调节,分别为 35%,65%,90%。调节方式是按表 1所列将配制的硫酸溶液置于柜内水槽中,用小风扇控制柜内空气循环,柜内湿度计用于记录柜内空气的相对湿度

铁制试验架 可同时支持 4个试件进行中间加载

表 1 相对湿度与 H₂SO₄溶液浓度
Tab. 1 Relationship between RH and concentration of sulfuric acid

相对湿度 RH %	H ₂ SO ₄ 溶液	
	浓度 %	比重 /g cm ⁻³
35	50.0	1.395
65	36.2	1.270
90	17.6	1.120

2 试验方法

2.1 试件放置

试件放置如图 2所示 按试验方案放入一定浓度的硫酸溶液,密封试验柜,试件在柜内达到平衡含水

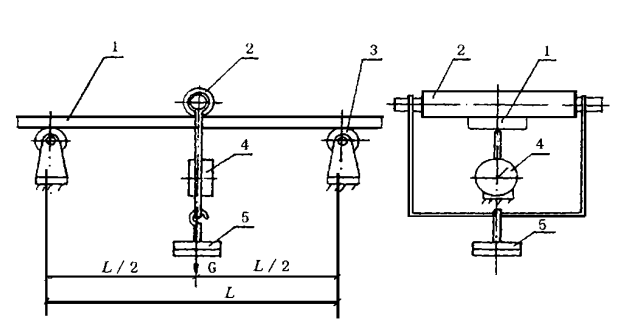


图 2 试验装置
Fig. 2 Experimental apparatus

率后加载。

试件两支点间距 $L=456\text{ mm}$ (试件厚度 $h=19\text{ mm}$ 时, $L=24h$),中间加载 P (见表 2)为各试件最大破坏载荷的三分之一。载荷 P 加于试件的中间,即 $(1/2)L$ 处 在载荷的正下方置一百分表,用于测量试验全过程的变形量,测量精确到 0.01 mm

各种板材的试件在温度为 20℃、相对湿度 65%条件下平衡后,按 GB/T 4897-92进行检测,结果见表 2

表 2 板材性能
Tab. 2 Performance of panels

项 目	竹材 PF胶 刨花板	PF胶竹席 贴面板	竹材 UF胶 刨花板	木材 UF胶 刨花板
施胶量 %	10	10	10	12
绝干密度 /g cm ⁻³	0.74	0.74	0.73	0.65
公称厚度 /mm	19	21	19	19
MOR /MPa	35.7	60.7	32.6	17.0
MOE /10 ³ MPa	6.045	6.475	3.892	2.122
$P_{\max}$ /N	942	1957	860	449
蠕变载荷 $P=(1/3)P_{\max}$ /N	314	652	287	150

2.2 变形测定

测定试件在不同空气相对湿度条件下的变形量 加载时间为 3星期,解除载荷后使试件变形恢复,变形恢复时间为 2星期,测量变形的恢复量。

3 结果与讨论

表 3列出了蠕变试件各个时期的变形 残余变形,以及完成蠕变试验的试件在 20℃、RH65%条件下平衡处理后的残余 MOR

3.1 RH 胶种 木质材料与 MOR关系

从表 3看出,在不同 RH条件下,当载荷应力 $P=(1/3)P_{\max}$ 时,试件经过 3周加载,对于竹材刨花板,无论是用酚醛胶还是脲醛胶,其残余 MOR 对 RH 均不敏感,残余 MOR 值在各 RH 条件下没有明显差

表 3 蠕变试件性能

Tab. 3 Performance of creeping specimens

板材 种类	相对 湿度 %	残余 <i>MOR</i> M Pa	加载后 瞬时变形 mm	卸载后瞬时 恢复变形 mm	最大 变形 mm	残余 变形 mm
竹材 PF 刨花板	35	33.4	4.8	4.23	6.97	1.70
	65	33.7	4.56	4.41	7.88	1.98
	90	32.3	5.32	5.04	13.26	5.17
PF胶竹席 贴面板	35	56.0	5.17	5.10	6.62	0.54
	65	55.7	4.04	5.10	6.97	0.42
	90	56.1	5.05	5.08	10.53	3.55
竹材 UF胶 刨花板	35	29.0	4.10	4.25	6.89	1.47
	65	28.8	4.40	4.63	7.61	1.46
	90	29.1	4.75	4.91	15.51	8.61
木材 UF胶 刨花板	35	14.3	3.99	4.14	6.70	1.24
	65	13.8	4.25	4.21	9.21	2.86
	90	9.6	5.56	5.57	18.05	9.05

* 4个试件中有 1个试件在加载至 192 h 应变量为 17.90 mm 时破坏,表中值为其余未破坏的 3个试件的平均值

别;竹材 PF胶刨花板和 PF胶竹席贴面板的残余 *MOR* 值均为初始强度的 90% 以上;竹材 UF胶刨花板的残余 *MOR* 值也达到初始强度的 88%。木材 UF胶刨花板的残余 *MOR* 下降较大,特别是在高 *RH* 时,木材刨花板的强度下降十分显著,甚至在试验期间发生断裂

3.2 相对湿度对蠕变性能的影响

刨花板在载荷作用下的变形过程如图 3所示。图 3显示,所有 4种刨花板的应力-应变曲线均符合图 所示规律。加载 3星期后卸载,试件产生弹性恢复,其弹性恢复量与加载瞬时的弹性变形量基本相等(见表 3),随后发生滞后的蠕变恢复。卸载 2星期后蠕变恢复量已相当小,24 h 变形恢复量仅为 0.02~ 0.03 mm

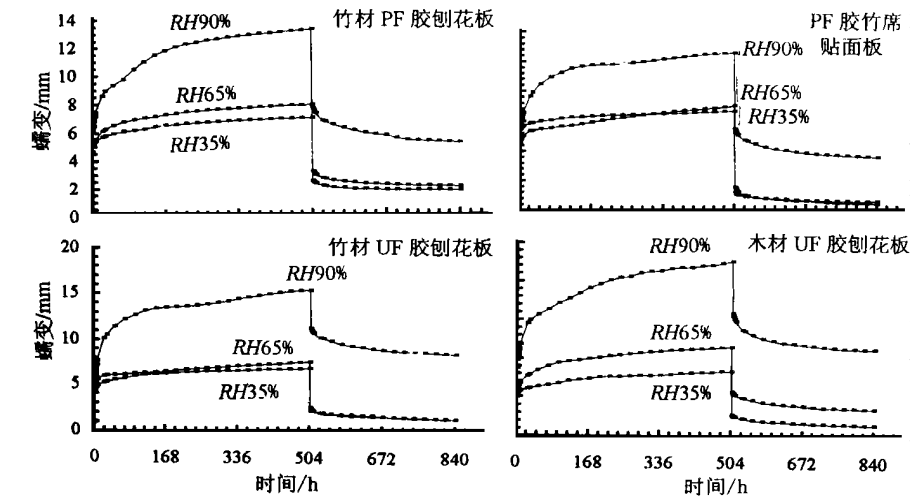


图 3 相对湿度对板材蠕变性能的影响

Fig. 3 Influence of *RH* on creeping performance of panels

根据表 3和图 3,在 *RH*35%和 *RH*65% 条件下,3种竹材刨花板的最大变形和残余变形差异都很小,但在高相对湿度 (*RH*90%) 条件下,板材间的最大变形与残余变形差异较大。其中竹席 PF胶贴面刨花板变形最小,其次是竹材 PF胶刨花板,竹材 UF胶刨花板最差。无论是竹材还是木材,脲醛胶刨花板的残余蠕变量都比酚醛胶刨花板大,说明在水分的作用下,脲醛胶与竹(木)材的结合力易受水分作用而削弱,这也是脲醛胶刨花板不能用于潮湿环境的原因之一。同样用脲醛胶作胶粘剂时,在较高的相对湿度条件下,竹材刨花板比木材刨花板残余变形量要小。木材刨花板的个别试件在长期载荷的作

用下发生断裂破坏。

3.3 板材种类对蠕变性能的影响

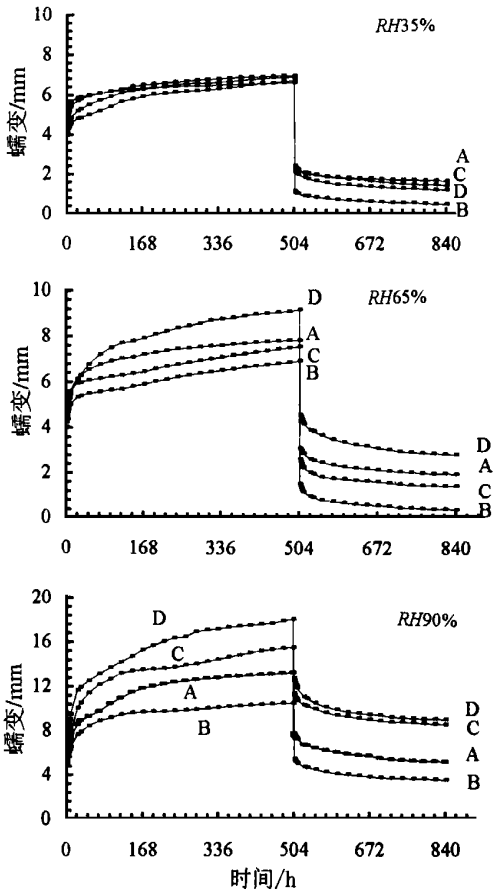
图 4显示了不同板材的蠕变性能。不同板材对 *RH*变化的敏感性不同。在 *RH*35% 时,板材的含水率较低,水分对板材的应力-应变性能影响较小,因此,几种板材的蠕变曲线较接近,只有 PF胶竹席贴面板的永久蠕变量较小(见图 4a);在 *RH*65% 时,板材的平衡含水率增加,水分对板材中木质材料、胶粘剂以及其相互间结合力的影响显示出来。从图 4看出,随着板材含水率的增加,一方面所有板材的蠕变变形量增加;另一方面,板材之间变形量的差距亦增大;在 *RH* 为 90% 时,所有板材的变形量及板材之间的变形

量差别也进一步增大。其原因之一是在 *RH* 为 90% 时,板材的强度下降,而加载力是按 *RH*65% 时的静曲强度的 1/3 计算,因此,实际载荷值超过了静曲强度的 1/3,从而使变形量在湿度高时更明显地增加。

3.4 蠕变系数

在时间 *t* 时的变形量 *f*(*t*)与负载瞬时的变形量 *f*(0)之比称为蠕变系数,其与时间的对数有较好的线性关系。图 5表达了不同材板不同 *RH* 加载时间与蠕变系数时的关系。

从图 5中看出,所有试件随着加载时间的增加而相对蠕变值加大,到后期曲线上扬,蠕变系数与



A 竹材 PF胶刨花板 B PF胶竹席贴面板
C 竹材 UF胶刨花板 D 木材 UF胶刨花板

图 4 各种刨花板的蠕变性能

Fig. 4 Influence of various kinds of panels on creep performance

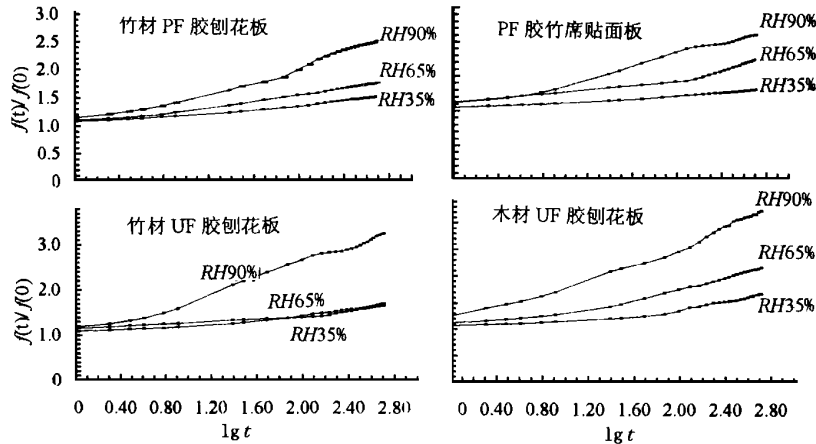


图 5 加载时间与蠕变系数的关系

Fig. 5 Relationship between loading time and creeping coefficient

时间对数的线性关系变差。在本试验加载时间内,蠕变系数与加载时间对数存在较好的一元线性回归关系,见表 4

表 4 加载时间与蠕变系数的线性关系

Tab. 4 Linear relationship between loading time and creeping coefficient

板材种类	RH %	回归方程	相关系数
竹材 PF胶刨花板	35	$f(t)/f(0) = 0.239 \lg t$	1.005
刨花板	65	$f(t)/f(0) = 0.201 \lg t$	1.095
	90	$f(t)/f(0) = 0.831 \lg t$	0.978
PF胶竹席贴面刨花板	35	$f(t)/f(0) = 0.089 \lg t$	1.028
	65	$f(t)/f(0) = 0.214 \lg t$	1.507
	90	$f(t)/f(0) = 0.399 \lg t$	1.007
竹材 UF胶刨花板	35	$f(t)/f(0) = 0.163 \lg t$	1.03
刨花板	65	$f(t)/f(0) = 0.258 \lg t$	1.021
	90	$f(t)/f(0) = 0.561 \lg t$	0.953
木材 UF胶刨花板	35	$f(t)/f(0) = 0.244 \lg t$	0.954
	65	$f(t)/f(0) = 0.431 \lg t$	0.955
	90	$f(t)/f(0) = 0.799 \lg t$	1.067

4 结论

1)竹(木)材刨花板是粘弹性材料,在长期载荷作用下产生蠕变,其蠕变规律与 M. C. Yeh 等人的研究结果相似^[2]。

2)各种竹(木)材刨花板在 RH 为 35%、65% 时,其蠕变曲线较接近,当 RH 增至 90% 时,蠕变曲线与前者有较大区别。

3)竹材刨花板与木材刨花板相比,在较高 RH 时,竹材刨花板的残余变形显著地低于木材刨花板。

4)经过 3 星期的负载,并经解除负载 2 星期后,竹材 PF 胶刨花板残余 MOR 值与初始强度的比值高于竹材 UF 胶刨花板的比值,UF 胶竹材刨花板的残余 MOR 值与初始强度的比值高于木材 UF 胶刨花板的比值。

5)蠕变系数与时间对数在本试验范围内有较好的线性关系。

5 参考文献

1 Armstrong L D. Creep in Wood. Timber Technology, 1956, 64: 2208
2 Yeh M C, Tang R C, Hse C Y. Flexural Creep of Structural Flakeboards under Cyclic Humidity. Forest Prod. J., 1990, 40 (10): 51- 57

欢迎通过本刊的 Email 投稿 地址: cwjiang@ wood. forestry. ac. cn