

马尾松、尾赤桉木材蠕变特性常数研究*

Creep Characteristic Constants of Woods of *Pinus masoniana* and *Eucalyptus urophylla* × *camaldulensis*

刁海林 梁炳钊 徐峰 蓝才武 戴军** 吴素平

Diao Hailin Liang Bingzhao Xu Feng Lan Caiwu Dai Jun Wu Suping

(广西大学林学院 南宁市邕武路16号 530001)

(College of Forestry, Guangxi University, 16 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001, China)

摘要 在马尾松 (*Pinus masoniana*)、尾赤桉 (*Eucalyptus urophylla* × *camaldulensis*) 板材不同部位以径切面切取小试件各 30 枚,并各分为 3 组,分别按材料极限强度的 20%、30% 及 40% 进行加载,测量木材的蠕变特性曲线,确定木材的蠕变特性常数。结果是:马尾松、尾赤桉抗瞬间弹性变形能力随载荷的增加而增强;在相同的载荷下,马尾松的抗瞬间弹性变形能力、抗长期粘性蠕变能力及抗延迟弹性蠕变能力均比尾赤桉强;应力水平占极限强度比例相同时,马尾松的抗瞬间弹性变形能力比尾赤桉强,而抗长期粘性蠕变能力及抗延迟弹性蠕变能力在总体上亦比尾赤桉强。

关键词 木材 蠕变特性 马尾松 尾赤桉

中图法分类号 S781.23; S792.11

Abstract The wood samples collected from tangent planes of lumbers of *Pinus masoniana* and *Eucalyptus urophylla* × *camaldulensis* were used in the stress tests. The creep curves of woods were obtained. For both species, the resistant to instantaneous elastic deformation increases with the increase of loading. At the same load, *P. masoniana* was stronger than *E. urophylla* × *camaldulensis* in resistant to instantaneous elastic deformation, long term viscous-creep and delayed elastic creep. At the same ratio of stress to limit strength, *P. masoniana* has greater resistant to instantaneous elastic deformation than *E. urophylla* × *camaldulensis*, and was also better than *E. urophylla* × *camaldulensis* in resistant to long-term viscous-creep and delayed-elastic-creep as a whole.

Key words wood, creep characteristics, *Pinus masoniana*, *Eucalyptus urophylla* × *camaldulensis*

木材作为一种被广泛应用的工程材料,由于其内部组织结构的特殊性,使其比其它工程材料如钢材、混凝土等具有更显著的蠕变特性。因此,研究木材的蠕变特性不但可以指导工程中合理选材、用材,而且还可以为结构材料耐久性研究、木材粘弹性理论研究以及工程应用等方面的研究提供极大的便利。然而,在目前的材料手册中,尚不能提供以常数表示的木材蠕变特性指标。基于这一原因,我们开展对木材蠕变特性的研究。

本文是在木材蠕变特性常数化研究取得阶段性理论成果^[1]的基础上,进一步对马尾松 (*Pinus masoniana*) 和尾赤桉 (*Eucalyptus urophylla* × *camaldulensis*) 木材进行蠕变特性常数化实验研究。

1 实验部分

1.1 样木与试件

本实验所使用的马尾松和尾赤桉样木分别采自广西高峰林场和广西东门林场的成熟林区。每一树种分别按不同立地条件随机采集样树 10 株,截取样树中下部均匀通直部分作为实验样木。

将样木沿弦向开成 5 cm 厚的弦切板,按井字形堆摞于室内干燥通风处,令其自然风干。

将风干后的板材去掉树皮附近的边材及髓心附近的心材,按统计学要求在板材不同部位以径切面切取如图 1 所示的小试件各 30 枚,并划出支座及应变片定位线及分力线。其尺寸及相关性质见表 1。

1.2 实验仪器

YJ-2 型静态应变测量处理仪 (华东电子仪器厂)、YZ-2 型转换箱 (华东电子仪器厂)、BX120-6AA 箔式应变片 (浙江黄岩测试仪器厂)、50 胶水、分力器、法码及试件支架 (自制) 等。

2002-12-20 收稿

* 广西大学资助项目 (编号 X99115)。

** 广西高峰林场 南宁市邕武路 14 号 530001 (Gaofeng Forestry Farm of Guangxi, 14 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001, China)

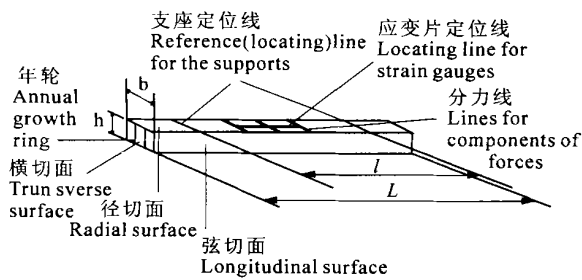


图1 试件规格示意图

Fig. 1 Dimension of specimen

表1 试件原始数据

Table 1 Basic data of specimen

树种 Species	含水率 Water ratio (%)	抗弯强度 Bending strength (MPa)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	l (mm)	尺寸精度 Size precision (mm)
马尾松 <i>P. masoniana</i>	15.9	66.5	140	10	4	120	± 0.2
尾赤桉 <i>E. urophylla</i> × <i>camaldulensis</i>	15.0	95.0	140	10	4	120	± 0.2

1.3 实验原理

根据流变学关于材料蠕变柔量 $J(t)$ 与线应变 $X(t)$ 及恒应力 ϵ_0 之间的关系理论,通过应变测量获得材料蠕变特性曲线,再由文献 [1] 关于稳定蠕变阶段 $J(t) = J_0 + J_2(t) + \sum J_i$ 成立的理论进而获得蠕变特性常数

1.4 实验方法

实验是在室内干球温度 23.5~30.5℃,湿球温度 21.5~27.5℃,相对湿度 63%~86% 的条件下进行的。

将马尾松、尾赤桉试件各分 3 组,分别按材料极限强度 ϵ_b 的 20%、30% 及 40% 进行加载

实验采用图 2 所示四点弦向加载方式,使试件中段 (CD) 部分产生纯弯曲。相关数据见表 2

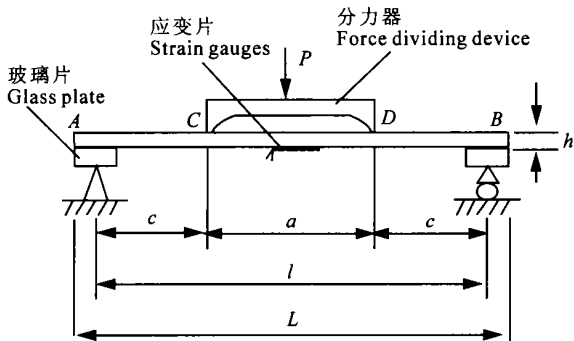


图2 试件四点加载示意图

Fig. 2 Loading on four points of specimen

在每一给定的恒应力 ϵ_0 下,通过应变仪和事先粘贴在试件 CD 段下部的应变片,在 0~420 min 内按 2 min 5 min 10 min 30 min 及 60 min 的时间间隔,

测出各试件在不同时刻的线应变 $X(t)$ 。将每组试件相同时刻的 $X(t)$ 进行算术平均,得出各时刻的平均线应变 $\bar{X}(t)$,然后根据文献 [2] 的理论,由

$$J(t) = \frac{\bar{X}(t)}{\epsilon_0}, \quad (1)$$

表2 载荷及相关数据

Table 2 Loads and relevant data

树种 Species	ϵ_0 / ϵ_b	载荷 Loading (N)	分力器 跨度 a Span of force dividing device (mm)	恒应力 ϵ_0 Constant stress ϵ_0 (MPa)
马尾松 <i>P. masoniana</i>	20	1.5 × 9.8	24	13.23
	30	2.5 × 9.8	30	20.67
	40	3.0 × 9.8	24	26.46
尾赤桉 <i>E. urophylla</i> × <i>camaldulensis</i>	20	2.5 × 9.8	36	19.29
	30	3.5 × 9.8	32	28.30
	40	4.5 × 9.8	28	38.04

计算出各相应时刻蠕变柔量 $J(t)$ 的值,在 $J(t)-t$ 坐标系中描绘出各材料在不同应力水平 ϵ_0 下的蠕变特性曲线。最后根据文献 [1] 提出的木材在稳定蠕变阶段的蠕变特性,可由

$$J(t) = J_0 + \frac{1}{Z_0} t + \sum J_i = J_0 + J_2(t) + \sum J_i \quad (2)$$

表示的理论,直接从蠕变特性曲线中确定常数 J_0 、 Z_0 、 $\sum J_i$ 的值,这就是用以衡量木材蠕变特性的 3 个常数。其中 J_0 为材料的瞬时弹性柔度,它与时间无关,是用来说明材料抵抗瞬间弹性变形能力的常数指标。 J_0 越小说明材料抵抗瞬间弹性变形的能力越强,反之则越弱,其值可由 $t = 0$ 时的应变 $X(0)$ 代入 (1) 式算得,即

$$J_0 = \frac{X(0)}{\epsilon_0}, \quad (3)$$

亦可从 $J(t)-t$ 曲线中的开始突变阶段 (OA 段) 直接量取。 Z_0 为材料的粘性系数,是用来说明材料抵抗长期粘性蠕变能力的指标, Z_0 愈大说明材料抵抗长期粘性蠕变的能力越强,反之则越弱。它也是个常数,可由 $J(t)-t$ 曲线中第 II 蠕变阶段 (稳定蠕变阶段) 的渐近线 BC 的斜率来确定,即

$$Z_0 = \frac{1}{\tan \Gamma} = \cot \Gamma, \quad (4)$$

$\sum J_i$ 为材料的延迟弹性柔量, $\sum J_i$ 越小则材料抗延迟蠕变能力越强,反之则越弱。在稳定蠕变阶段,它也可看作一个常数,可由 $J(t)-t$ 曲线中的 BC 线与 AE 线的间距确定。

2 结果与讨论

2.1 马尾松、尾赤桉木材蠕变特性曲线

根据实验数据处理结果,在 $J(t)-t$ 坐标系中分

别绘出 2 种材料在各载荷级别下的蠕变特性曲线,如图 3-图 8 所示。

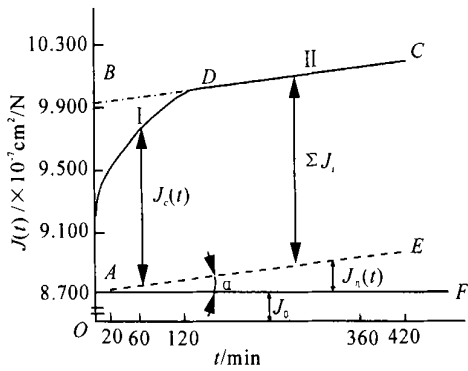


图 3 马尾松木材蠕变特性曲线 (荷载为 $1.5 \times 9.8\text{N}$)

Fig. 3 Creep curve of wood of *P. masoniana* (Loaded with $1.5 \times 9.8\text{N}$)
 ≐ 渐近线 Asymptote.

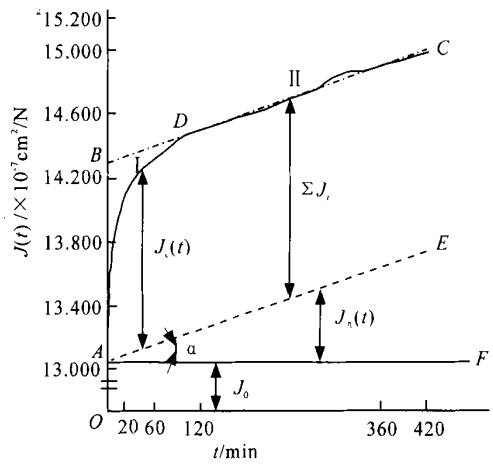


图 6 尾赤桉木材蠕变特性曲线 (荷载为 $2.5 \times 9.8\text{N}$)

Fig. 6 Creep curve of wood of *E. urophylla* × *camaldulensis* (Loaded with $2.5 \times 9.8\text{N}$)
 ≐ 渐近线 Asymptote.

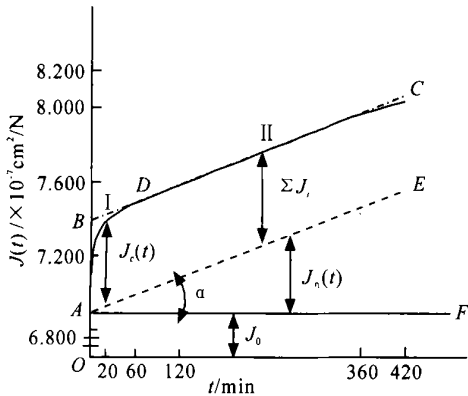


图 4 马尾松木材蠕变特性曲线 (荷载为 $2.5 \times 9.8\text{N}$)

Fig. 4 Creep curve of wood of *P. masoniana* (Loaded with $2.5 \times 9.8\text{N}$)
 ≐ 渐近线 Asymptote.

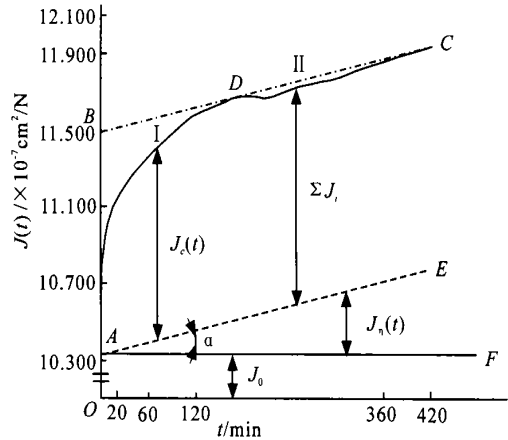


图 7 尾赤桉木材蠕变特性曲线 (荷载为 $3.5 \times 9.8\text{N}$)

Fig. 7 Creep curve of wood of *E. urophylla* × *camaldulensis* (Loaded with $3.5 \times 9.8\text{N}$)
 ≐ 渐近线 Asymptote.

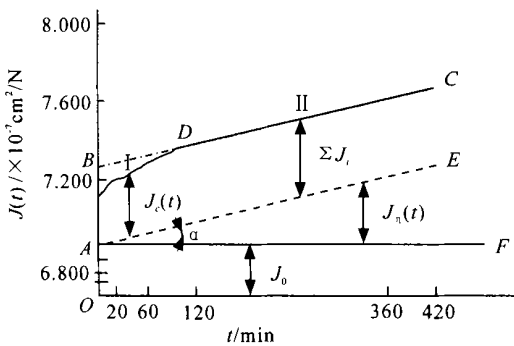


图 5 马尾松木材蠕变特性曲线 (荷载为 $3.0 \times 9.8\text{N}$)

Fig. 5 Creep curve of wood of *P. masoniana* (Loaded with $3.0 \times 9.8\text{N}$)
 ≐ 渐近线 Asymptote.

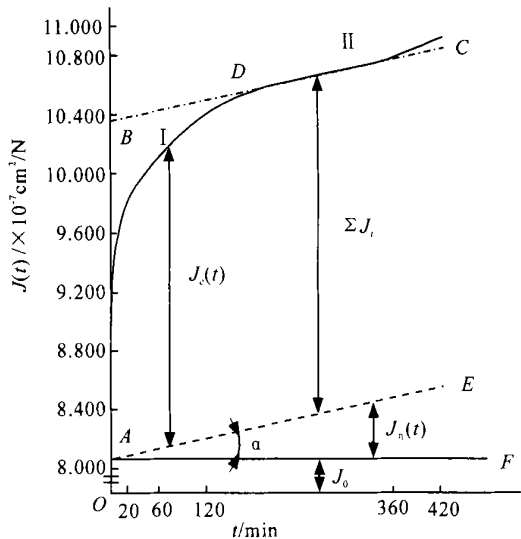


图 8 尾赤桉木材蠕变特性曲线 (荷载为 $4.5 \times 9.8\text{N}$)

Fig. 8 Creep curve of wood of *E. urophylla* × *camaldulensis* (Loaded with $4.5 \times 9.8\text{N}$)
 ≐ 渐近线 Asymptote.

2.2 马尾松、尾赤桉木材的蠕变特性常数

根据 1.4 中所介绍的确定蠕变特性常数的方法,得到马尾松和尾赤桉木材在各载荷级别下的蠕变特性常数如表 3 所示。

表 3 马尾松、尾赤桉木材蠕变特性常数

Table 3 Wood creep constants of *P. masoniana* and *E. urophylla* × *camaldulensis*

树种 Species	ϵ_0 / ϵ_b (%)	载荷 P Loading (N)	J_0 ($\times 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{N}$)	η_0 ($\times 10^7 \text{ N min} / \text{cm}^2$)	$\sum J_i$ ($\times 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{N}$)
马尾松 <i>P. masoniana</i>	20	1.5 × 9.8	8.707	1 488 834	1.203
	30	2.5 × 9.8	6.894	619 835	0.454
	40	3.0 × 9.8	6.876	1 032 702	0.378
尾赤桉 <i>E. urophylla</i> × <i>camaldulensis</i>	20	2.5 × 9.8	13.051	609 756	1.126
	30	3.5 × 9.8	10.329	904 977	1.106
	40	4.5 × 9.8	8.086	821 918	2.159

对表 3 的实验结果分析可知:

(1) 对于马尾松木材, 随着载荷的增加, J_0 下降, 抗瞬间弹性变形能力增强, 说明应变的增长滞后于应力的增长。 Z_0 虽有起伏, 但总的趋势是下降的, 说明材料随着载荷的增加, 抗长期粘性蠕变能力下降。 $\sum J_i$ 亦呈下降趋势, 说明材料抗延迟弹性蠕变能力增强。

(2) 对于尾赤桉木材, 随着载荷的增加, J_0 下降, 抗瞬间弹性变形能力增强; 应变的增长也滞后于应力的增长。 Z_0 亦有起伏, 但总体上仍呈上升趋势, 说明材料随着载荷的增加, 抗长期粘性蠕变能力反而有所增强。 $\sum J_i$ 亦呈上升趋势, 说明材料随载荷的增加, 抗延迟弹性蠕变能力下降。

(3) 马尾松与尾赤桉相比, 载荷相同 (2.5 × 9.8 N) 时, 马尾松的抗瞬间弹性变形能力、抗长期粘性蠕变能力、抗延迟弹性蠕变能力均比尾赤桉强。应力水平 σ_0 占极限强度 σ_b 比例相同时, 马尾松的抗瞬间弹性变形能力比尾赤桉强。抗长期粘性蠕变能力及抗延迟弹性蠕变能力总体上亦比尾赤桉强。

3 结束语

关于木材蠕变特性常数化研究, 是木材科学提出

的一个新课题。目前尚无统一的实验标准和评价方法。本文所介绍的用电测法测取木材蠕变特性曲线的实验方法, 虽说比以往常用的“挠度测试法”具有一定的优势, 但未必是最好的方法, 只希望能起到抛砖引玉的作用, 共同推进木材蠕变特性常数化研究的标准化进程。

参考文献

- 刁海林, 梁炳钊, 徐峰等. 木材蠕变特性常数化研究方法探讨. 广西科学, 2002, 9(2): 148~150.
- M. 雷训. 理论流变学讲义. 北京: 科学出版社, 1965. 2.
- 冈小天 [日]. 生物流变学. 北京: 科学出版社, 1980. 11.
- 尹祥础. 固体力学. 北京: 地震出版社, 1985. 6.
- 尹思慈主编. 木材学. 北京: 中国林业出版社, 1996. 10.
- 周光泉, 刘孝敏编著. 粘弹性理论. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996. 12.
- 天津大学材料力学教研室电测组编著. 电阻应变仪测试技术. 北京: 科学出版社, 1980. 11.

(责任编辑: 黎贞崇 邓大玉)

(上接第 141 页 Continue from page 141)

源), 不同培养基 (天然培养基、合成培养基), 双曲孢菌均不能产生分生孢子。

(2) 在自然光条件下, 1.5% 水琼脂培养基和 Czapek 培养基中, 菌丝体和菌核均能萌发产生分生孢子, 由于实验条件限制而未做光照强度梯度试验, 因此, 产生分生孢子的最佳光照强度还需进一步探索。

(3) 碳氮比对菌核萌发产生分生孢子有一定的影响。碳氮比为 10:1 时菌核产孢比率较大。菌核萌发产生菌丝, 同样情况下不一定产生分生孢子, 其原因有待进一步研究。

(4) 在营养物质缺乏的情况下, 自然光照下利于分生孢子的产生; 少量照射紫外光可刺激病菌产孢。

至于分生孢子产生的最佳培养条件有待进一步研究。

参考文献

- 辛惠普, 范文燕, 郭永霞等. 寒地水稻秆腐病发生规律及防治技术研究. 黑龙江八一农垦大学学报, 2001, 13(4): 8~12.
- 方中达编著. 植病研究法. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- 吴海燕. 水稻小球菌核病原菌生物学特性及侵染规律的研究. 密山: 黑龙江八一农垦大学硕士学位论文集, 2000.
- 吴海燕, 辛惠普. 水稻小球菌核菌无性世代分生孢子双曲孢菌 (*Nakataea sigmoidea*) 的发现及产孢条件研究. 中国水稻科学, 2002, 16(4): 381~384.
- Shinsuke S, Tadao U. Effect of the Carbon/Nitrogen relationship on the microconidial characteristics of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. Ann Phytopath Soc, Japan, 1981, 47: 547~554.

(责任编辑: 邓大玉)