

研究与开发

结构胶合板蠕变测试方法的研究

吕斌¹, 付跃进¹, 虞华强², 曾珍¹

(1. 国家人造板质量监督检验中心, 北京 100091; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 木质材料的蠕变特性是衡量其能否适用于工程用途的重要指标。本文介绍了一种较为新颖的蠕变测试方法——应变测试法, 即将结构用胶合板试件置于恒温恒湿恒定载荷条件下, 通过智能应变仪记录受载后的位移, 以实现长期的蠕变测定。经 2 个月的检测, 结果表明, 杨木结构用胶合板的蠕变曲线基本符合木材的三阶段蠕变理论, 其结果真实地反映了材料在恒定外力下的变形情况, 为进一步探求结构用胶合板的应用研究打下基础。

关键词: 杨木; 结构用胶合板; 蠕变; 应变仪

中图分类号: TH873.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2004)04-0016-04

A New Test Method for Creep of Structural Plywood

LU Bin¹, FU Yue-jin¹, YU Hua-qiang², ZENG Zhen¹

(1. National Centre for Quality Supervision and Testing of Wood-based Panels, Beijing 100091, China;

2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: A new test method, based on the examination of strain for creep behavior of structural plywood, was presented in this paper. A test experiment on structural Poplar plywood was conducted in a box under constant temperature, humidity and load conditions for about two months in order to determine the long-term creep behaviors of samples by using a strain gauge to measure the deflection and a computer to collect the data. The results showed that creep-time curves formed by the data took on a positive slope, which was in accordance with the 3-step creep theory of wood. This study established a base for further research on the creep property of plywood under long-term loads and its structural usage.

Key words: Poplar; Structural plywood; Creep; Strain gauge

在恒定外力作用下, 木材应变随时间而增加称为蠕变^[1]。在考虑某种木质材料是否适用于工程用途时, 其蠕变特性是一个重要因子。木材蠕变受温度、含水率、加载方式、应力水平、树种和材质变异等因素的影响。结构用胶合板是多层单板相邻层纹理交错层积胶合而成的一种结构材, 广泛应用于建筑业, 可部分取代实木用于梁、柱等建筑构件。本研究主要探讨杨木胶合板作为结构用途时的蠕变特性和抗弯性能。

1 木质人造板的蠕变机理

木材是高聚物, 其主要成分——纤维素大分子是

线性结构; 半纤维素大分子主要也呈线性结构, 只是带有一些短支链; 木素大分子虽有众多的分枝状支链, 呈体形分子结构, 但支链之间很少化学连接, 链段的热运动仍然相对较易。因此, 木材及其制品的力学性质不仅要考虑其对断裂的阻抗, 更应该考虑其对弹性形变和塑性形变的阻抗。事实表明, 木材及结构用人造板在工程上使用并长期承受应力时, 其安全性和有效性主要应考虑在远未出现断裂之前的蠕变, 因此, 研究木材及结构人造板在长期承重时的蠕变十分重要^[2]。

众多关于各种结构人造板弯曲蠕变的研究反映了如下的结论: ①高温条件下, 试件的弯曲蠕变行为非常敏感, 其蠕变随着温度的改变而变化; ②在相对湿度波动条件下, 试件的蠕变比湿度恒定时有较大发展, 无论试件含水率增加或减少都是如此。有的研究甚至发现,

收稿日期: 2004-03-24

基金项目: “人造板及制品品质和加工质量标准制定与升级”项目内容之一。

作者简介: 吕斌(1967—), 男, 国家人造板质量监督检验中心副主任, 高级工程师。

当试件在解吸时能引起弯曲绕度的进一步发展,而吸附只能引起很小的绕度增加,甚至会出现绕度轻微减少;③弯曲蠕变线性变化部分的实际应力通常比在静曲强度测定时的应力至少要低 20%。

木材的蠕变规律一般分为初期蠕变、稳定蠕变及最后蠕变断裂三个阶段^[3]。目前蠕变测量是利用短时间(420 min)内弯曲蠕变试验来确定,所获得的只是第二阶段即稳定蠕变阶段以内的木材蠕变曲线。在木材整个蠕变过程中,该阶段所持续时间最长,为主要蠕变阶段,最能说明木材的蠕变特性。从木材的蠕变及蠕变恢复曲线可见,该阶段呈一倾斜的直线,与表示木材黏性蠕变特性的直线几乎平行。在此理论基础上,可用第二蠕变阶段的有关特性来说明木材的主要蠕变特性^[4]。

蠕变模型有经验模型和力学模型两类。合适模型的选择依赖于研究者的意愿、需要模拟的时间、精度要求等因素。模拟蠕变的经验模型有多种,其中最常用的是幂律模型:

$$J(t)=J_0+mt^n$$

式中: J_0 、 m 、 n 是材料的蠕变柔度等参数, t 是时间, $J(t)$ 是材料的蠕变柔量。Clouser^[5]第一次将其应用到木材的蠕变研究。

木材的力学模型由理想弹性和黏性元件按一定规则构成。木材细胞壁是由纤维素的结晶区和非结晶区构成的骨架物质以及填入骨架间空隙中把骨架相互胶结起来的黏结物质(半纤维素)和硬固物质(木素)组成。结晶区可用弹簧来模拟弹性表现,非结晶区可用阻尼器来模拟黏性表现,与黏弹性模型中的弹簧和阻尼器相对应^[5]。

常选用四元件流体模型,即伯格勒(Burger)模型来描述材料的流变特性(如图 1,图 2)。这种模型的连续变形是由①瞬间弹性变形,②延迟弹性变形和③黏性流动变形组成^[6],即:

$$\epsilon(t)=\epsilon_1+\epsilon_2+\epsilon_3=P/E_1+P/E_2(1-\exp[-E_2t/\eta_2])+Pt/\eta_3 \quad (1)$$

其中: ϵ_1 —瞬间弹性变形; ϵ_2 —延迟弹性变形; ϵ_3 —黏性流动变形; P —载荷; E —弹性模量; η —黏性常数; t —时间。

根据公式(1)建立:

$$y(t)=A+B[1-\exp(-Ct)]+Dt \quad (2)$$

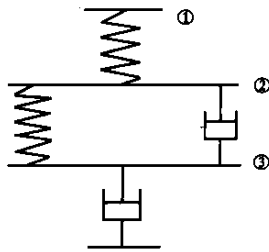


图 1 蠕变四元件模型

Fig. 1 A creep model with four-components

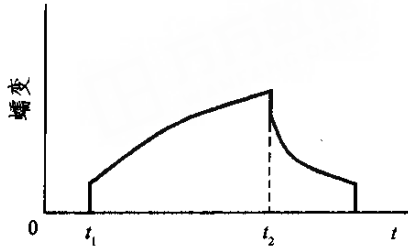


图 2 蠕变的变化示意图

Fig. 2 An illustration of creep deformation

式中: A 、 B 、 C 、 D 为待定系数; t 为时间。

木材的蠕变与时间有关,而且是非线性的。近年来国内外均有人尝试用常数来表示木材蠕变特性的研究,我国也有人提出在木材试件进行短期(420 min)弯曲绕度测试的基础上,利用流变学中“梁之对应原理”,将绕度值换算为蠕变柔量,以获得木材的蠕变特性曲线,最后通过解开尔芬锁来确定木材的蠕变特性常数的研究方法^[7]。

新的测试方法采用应变测试法,可直接从定义入手,概念清晰,避免了复杂的数据转换,容易操作,可充分发挥应变仪同时多点测量的特点,在一个时间单元内对试件进行批量测试,提高试验效率。智能应变仪可与计算机联接,自动进行数据记录、数据处理并作图。这些都是“挠度测试法”不能实现的。

目前,国内外对蠕变的第二阶段即蠕变等速阶段的研究较多,大多是围绕几个小时到几十个小时内的蠕变数据进行,很少能做到长期的恒定载荷研究。而实际中,受长期载荷的试件也受环境温度、湿度、光照等的影响,测试难度大,且其结果因受环境影响而产生偏差。采用试件在恒温恒湿气候箱内通过应变仪自动记录受载后的位移情况,可以实现长期的结构用胶合板的蠕变测定,寻找长期恒定载荷下的蠕变趋势,为木材的结构利用和研究打下基础。

2 材料与方法

2.1 试验材料

试验材料 市售酚醛树脂杨木结构胶合板,试板中间三层单板厚为 5 mm,面板和背板均厚 1 mm。

2.2 蠕变性能检测

将试板锯制成规格为 550 mm×75 mm×16 mm 的试件,挑选无缺陷、无胶层剥离的试件 8 块。测试条件:将试件放置在恒温恒湿箱中并加载,温度约 23 ℃,相对湿度分别为 30%和 95%,每隔 7 天变换一次。加载方法:试件两支支点间距为 480 mm,中间加载,载荷为最大破坏载荷的 1/3,约为 300 N。加载时间为 60 天,采用智能应变仪进行位移数据的采集,每隔 1 h 采集 1 次数据。采用 8 通道同时试验,即 8 块试件进行对比试验。蠕变检验设备如图 3 所示。

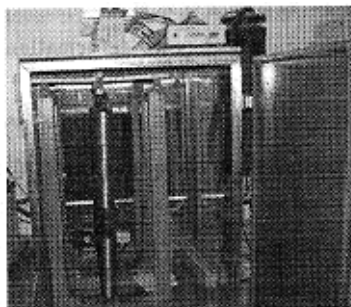


图 3 蠕变测试系统

Fig. 3 The test system for creep

使用该蠕变测试系统和检测方法,能大大提高测量精度和试验的自动化,该木材蠕变试验设备为国内首创,国外目前亦尚未见类似报告。

3 结果与讨论

对 8 块杨木结构胶合板试件 60 天的蠕变数据进行分,所得蠕变变化规律如图 4 所示。

由图 4 可知,8 块杨木结构胶合板呈现出相似的蠕变变化趋势,图形的形状也基本相似,均表现为随着载荷时间的延长,挠度呈现波浪式上升的态势,但总的趋势为挠度的不断增大。挠度的波动是由于周期性地改变恒温恒湿箱的湿度而造成胶合板含水率的变化,从而产生了波动的挠度曲线。

木材分子蠕变等热运动与水分含量有较大的关系,木质素和半纤维素的羟基能够和水分子结合,水分在木材中起到增塑剂的作用。木材含水率增加,分子的体积增加,运动加快、蠕变快;反之,分子运动减弱,蠕变慢^[8]。

木材的含水率动态改变时,其蠕变具有特殊的性

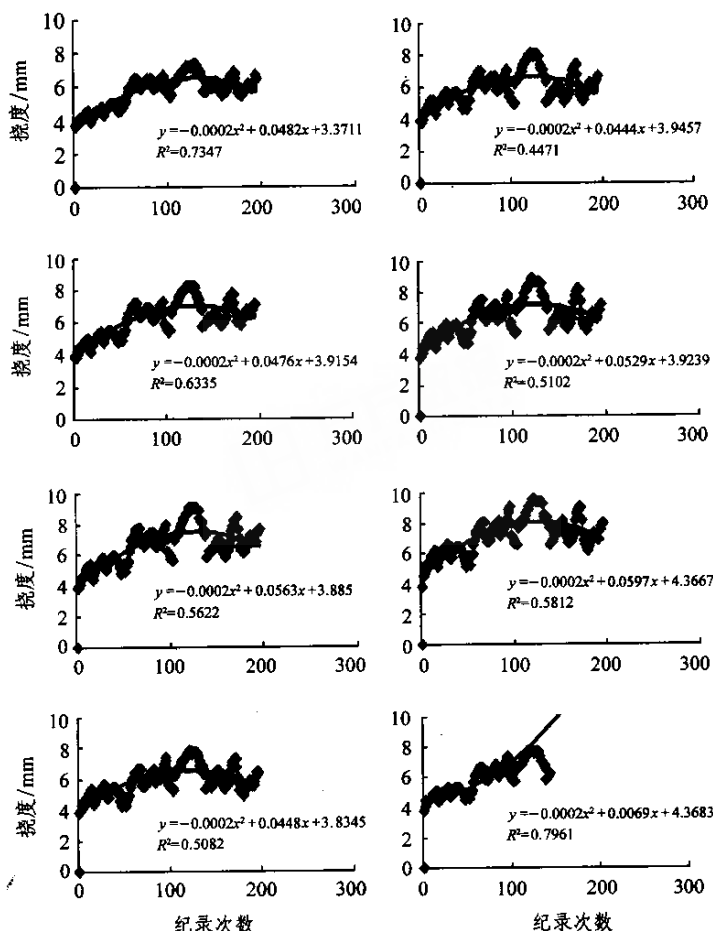


图 4 8 个试件的蠕变挠度变化趋势

Fig. 4 The creep flexibility trend for 8 samples of Poplar plywood

质。解吸阶段与吸附阶段相比,初期应变较高,但应变速率较低;在某个时期之后解吸阶段应变变量又低于吸附阶段的应变变量。另外,很多资料表明,在含水率动态变化过程中,木材的蠕变比同样载荷情况下高平衡含水率下的蠕变量大得多,这就是木材的机械吸湿蠕变现象。观察发现,承受载荷的梁在干燥过程中的蠕变量至少是含水率不变条件下蠕变量的两倍^[9]。很多学者从分子水平、宏观水平对该现象进行了解释,一般认为这是木材细胞壁无定形区中瞬时氢键的形成及断裂、木材内含水率变化引起的内应力梯度构成木材成分的聚合物的老化等原因引起的^[10~11]。

也有大量关于湿循环对木材蠕变影响的研究表明,在一定的相对湿度范围内,不同的湿循环速度会影响木材抗拉和抗压蠕变变形;尽管载荷水平低,相对湿度循环变化产生的机械吸湿蠕变非常显著,大约是弹性变形的 5 倍,抗压蠕变略大于抗拉蠕变。蠕变现象的出现,是柔性链高聚物在外力作用下,链段和大分子热运动取向重排的结果,而这种取向重排,因受分子间相

相互作用力(内摩擦力)的阻碍,不能瞬时完成而需要经过一定时间,由此表现出来的材料的松弛过程^[12]。

4 结论

1) 在外界相对湿度变化条件下,结构胶合板弯曲蠕变绕度的变化总趋势虽然随着时间的延长而增加,但并非是圆滑曲线,而是呈锯齿形的发展。其主要原因是试验中每 7 天改变一次相对湿度,但由于试件的厚度不大,试件的含水率并不是在 7 天中不断的增加(或减少),特别是试件承受弯曲应力最大的两个表面在一个变化过程中较早地达到含水率平衡状态,这时的蠕变绕度不仅没有增加,反而有微小下降,由于本试验检测系统的精度达到 0.01 mm,这种微小下降的时间和保持下降的时间长短也不相同。

2) Burger 四元件模型对结构胶合板的弯曲蠕变行为模拟和解释最为接近试验的实际情况,即当试验开始加载时,出现一个瞬时绕度,随着时间的增加,弯曲蠕变的绕度也不断增加,当试验结束卸载荷后,将出现部分绕度的瞬时恢复^③,然后随着时间的延长,绕度也会逐渐减少^④,最终出现一个不可恢复的剩余绕度^⑤,也即塑性变形,如图 5。

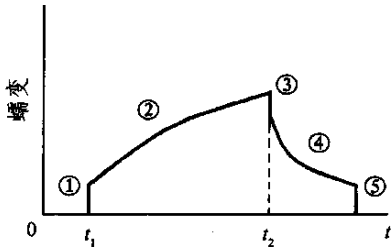


图 5 蠕变的变化规律图

Fig. 5 Creep regularity of plywood samples

3) 8 块试件的蠕变规律中,1~7 块的变化曲线基本相似,但第 8 块则表现出完全不同的变化曲线。经分析认为,第 8 块试件悬挂在紧靠气候箱空气循环的风道口,空气流速与另 7 块试件差异较大,即风速较高,其含水率并没有随箱内相对湿度周期变化的设定值而变,其相对湿度的周期变化小,故其弯曲蠕变的发展速度慢。

致谢:本研究得到王维新高级工程师的悉心指导和帮助。

参考文献:

[1] 徐咏兰,华毓坤. 不同杨木单板层积材的蠕变和抗弯性能[J]. 木材工业,2002,16(6):10-12.
[2] Robert J. Primary Creep in Douglas Fir Beams of Commercial Size and Quality[J]. Wood Fiber Sci, 1985, 17(3): 300-313.
[3] 李大纲. 杨木单板层积材弯曲蠕变特性的初步研究[J]. 四川农业大学学

报,1998,16(1):99-101.

[4] 刁海林,梁炳钊,徐峰,等. 木材蠕变特性常数化研究方法探讨[J]. 广西科学,2002,9(2):148-150.
[5] Gibson E J. Creep of Wood: Role of Water and Effect of Changing Moisture Content[J]. Nature, 1965(206): 213-215.
[6] 刘君良. 木材流变学研究综述[J]. 吉林林学院学报,1998,14(1): 48-53.
[7] 卢宝贤,立静辉,丁卫,等. 几种主要树种的蠕变特性[J]. 力学与实践,1996,18(1):36-38.
[8] Stephen J Smulski. Creep Behavior of Glass Fiber Reinforced Hardboard[J]. Wood Sci and Tech, 1987,19(4): 430-438.
[9] Siebfried M Holzer. A Review of Creep in Wood: Concepts Relevant to Develop Long-term Behavior Predictions for Wood Structures[J]. Wood Fiber Sci, 1989,21(4): 376-392.
[10] Nakano T. Viscosity and Entropy Change in Creep During Water Desorption for Wood[J]. Wood Sci and Tech, 1996(30): 117-125.
[11] Hearmon R F S, Paton J M. Moisture Content Changes and Creep of Wood[J]. Forest Prod J, 1964(14): 357-359.
[12] Mukudai, Yata. Modeling and Simulation of Viscoelastic Behavior (bending deflection) of Wood under Moisture Change[J]. Wood Sci Tech, 1987(21): 49-63.

强化木地板产品又推新品

在目前实木地板、实木复合地板和强化木地板分据木地板市场的格局中,强化木地板发展势头迅猛,为适应市场变化,顺应市场走向,强化木地板在厚度、面层、连接技术等方面又有创新。

1 采用高密度的加厚基材,使地板厚度提高到 12 mm,更接近 16 mm 的实木地板。此外,通过在地板背面增加胶层或静音软木地垫,既可消化噪音,又保证了趋近实木的脚感。

2 采用同实木地板相同的尺寸 80.5 cm×11.2 cm,最大程度地降低了强化木地板因为规格尺寸较大而易变形的几率。

3 连接技术的升级换代,采用国际流行的三重加强锁扣连接形式。有些强化木地板产品还在榫头上部的 5 mm 空间内开凿出 3 道沟槽,使连接拉力直接作用在地板板面。即使有轻微的变形,板面上也不易出现开缝现象。榫头、榫槽可以互换安装,大大提高了安装速度,也方便日后维修。

4 在花色纹理上出现了在观感和手感上都紧追实木效果的完全仿真木纹地板以及浮雕面饰和雍容华贵气派的钢琴面饰等产品;此外,还有纳米复合银离子抗菌地板,由于使用了杀菌能力较强的银离子和二氧化钛的纳米抗菌合成颗粒,可防止在潮湿闷热的环境中滋生细菌;即使在没有光照的条件下,仍能有杀灭病菌的效果。

据业内人士分析,强化木地板市场以此速度发展,在未来十年内,仍有望在地面铺装材料领域处在领先地位。 享耳