

三种人工林桉树轴向生长应变变异初探

胡继青¹, 姜笑梅², 侯祝强², 殷亚方²

(1. 美国俄勒冈州立大学, 俄勒冈 97300; 2 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 以雷州1号桉(*Eucalyptus leizhou* No. 1)、柠檬桉(*E. citriodora*)和尾叶桉(*E. urophylla*)为研究对象, 测量其不同年龄立木的轴向生长应变以及生材材性指标参数。研究表明, 采伐、树木高度对生长应变测量的影响可以忽略; 树种种间、种内不同树龄的轴向生长应变差异显著, 但变异规律复杂, 有待进一步研究。生长应变与树木胸径显著相关, 而与木材基本密度和生材密度无关。

关键词: 生长应力; 生长应变; 人工林桉树

中图分类号: S792.39 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2000)06-0009-03

A Preliminary Study on Variance of Longitudinal Growth Strains in Tree Trunk of Three Plantation Eucalyptuses

HU Ji-qing¹, JIANG Xiao-mei², HOU Zhu-qiang², YIN Ya-fang²

(1. Oregon State University of USA, OR 97330; 2 Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract The trees from plantation *Eucalyptus leizhou* No1, *E. citriodora* and *E. urophylla*, were selected to study. The measurements of longitudinal growth strains of standing trees were conducted for three Eucalyptuses in different age, and the measurement of some parameters of green wood property also was done for them. The analysis showed the effects of fell and height of trees on growth strains were negligible; the variance of growth strains among three species and in different age within a species was significant, but the variance trend was different. There was significant correlation between growth strains and breast height diameter of trees, but no significant correlation between growth strains and wood basic density.

Key words Growth stress; Growth strain; Plantation Eucalyptus

生长应力产生于树木的形成层中, 是由于木材细胞的分裂、生长引起细胞和细胞组织体积变化, 以及细胞的木质化所致^[1], 随着树木的生长与树干的增粗, 产生于形成层的生长应力在树木中的累积形成残余应力^[2,3]。当树木伐倒及原木解锯后, 立木树干中原有的应力平衡状态被打破, 而残余应力的重新分布可能导致原木端裂、环裂及板材翘曲等。桉树(*Eucalyptus* spp.)是生长应力较明显的树种之一^[4], 我国虽然种植了大面积人工桉树林, 但缺乏对树木生长应力及其相关问题的研究, 影响了桉树高附加值利用。本研究比较了三种桉树生长应变、种内树木年龄、高度等因素对生长应变的影响, 探索生长应变与木材基本性

质的关系, 以期为桉树的林木培育和加工利用提供科学依据

1 材料和方法

1.1 材料

试材 采自雷州林业局桉树人工林, 选择生长正常、没有明显应力木的样树 42株, 其中雷州 1号桉 18株, 分 3个龄级: 龄级 1(11年生)、龄级 2(17年生)、龄级 3(27年生), 每级 6株; 柠檬桉也分 3个龄级: 龄级 1(10年生)、龄级 2(14年生)、龄级 3(25年生), 各 6株; 尾叶桉 10年生龄级 6株。在每株立木胸径处(约 1.3 m高)测量圆周上均分 4点的生长应变, 并测量胸围, 然后伐倒测量树高、第一枝下高及其树围。

1.2 方法

1.2.1 纵向生长应变的测量 使用法国热带木材研究中心 (CIFT)研制的纵向生长应变测量仪测量生长应变。其原理是在立木树干上钻孔使生长应力释放,生长应变得以显示。测量前,剥去树皮至形成层,并使其形成光滑平面。将仪器安装于此平面上,引伸计的两个测量脚钉入木质部,然后在两测量脚之间的木材上钻孔。随着钻孔深度的增加,生长应变测量仪的引伸计读数发生变化。当孔深达一定程度后,引伸计读数不再变化,此时的读数为被测立木的轴向生长应变。Archer^[5]针对正交各向异性材料的单钻孔应力释放,运用弹性力学理论,导出一个由生长应变计算生长应力的理论公式,后经法国热带木材研究中心 Bailler简化得到计算式:

$$\varepsilon = \frac{LE}{4L_0}$$

式中: L —引伸计读数的变化量; E —纵向弹性模量; L_0 —应变测量仪两测量脚间距离 (45 mm)。

1.2.2 基本密度、生材密度和含水率的测量 试材采伐后即锯下 2~3 mm 厚的圆盘,在圆盘上取经髓心的木条,然后在木条上取等厚度的木片,采用水置换法测量生材体积并称重;再将木片烘至绝干后称重,计算木条的基本密度、生材密度和含水率。

1.2.3 统计分析 根据郎奎健等^[6]编著的 IBM PC 程序集中关于假设性检验、方差分析、多因子变量回归和逐步回归等程序,分析 3种桉树种间、种内不同树龄和不同高度的生长应变差异性,以及与树木生长速度和木材基本密度的相关关系。

2 结果与讨论

2.1 树干周缘生长应变测量点的确定

先在雷州 1号桉和柠檬桉样树胸高处的树木周缘 8个等分点上,测量其生长应变。然后从中选出相间等距的两组 4个等分点,对 8个等分点与两组 4个等分点的生长应变测量平均值进行差异显著性检验,结果表明,8个等分点与 4个等分点测量平均值的差异性不显著,从而推断,可以取 4个等分点替代 8个等分点进行测量,由此计算生长应变的平均值。

2.2 树木伐倒前后生长应变的差异

在柠檬桉样树胸高处的树干周缘选择 8个等分点,测量其中一组 4个等分点的生长应变;然后伐倒立木,测量另一组 4个等分点的生长应变,进行树木伐倒前后生长应变平均值的差异性检验。通常由于树

冠受重力作用,可在树干中产生一定的应力,当树木伐倒后,树冠所产生的应力消失,加之树干的截断破坏了立木内应力的平衡,会引起树干内残余应力的重新分布,而影响生长应变的测量结果。但本研究所使用的生长应变测量方法对测量结果无明显影响,这一点与 Kubler和 Wilhemy^[7]的结论一致,即测量点与端头的距离超过端头直径的 3倍时,生长应变的测量结果不受端头效应的影响。

2.3 树种间生长应变的比较 10年左右生的雷州 1号桉、柠檬桉与尾叶桉 3个树种间生长应变的方差分析结果表明,在显著性为 5%的条件下,其差异性不显著。对同样 3种样树生长应变进行的多重比较结果为: $Q_{(1-2)} = 1.83$, $Q_{(1-3)} = 1.62$, $Q_{(2-3)} = 3.45$, $Q_{0.05}(3, 15) = 3.67$ 。在 95% 的可靠性下差异不显著,但在 90% 下,3个树种生长应变差异性显著,尾叶桉的生长应变平均值大于雷州 1号桉和柠檬桉的平均值。

两组树龄相近的雷州 1号桉和柠檬桉种间生长应变的方差分析结果表明,两组树龄中,两个树种间生长应变差异性均达 0.05水平显著。

2.4 种内不同树龄生长应变的差异 利用单因素方差分析和单因素多重比较分析的方法,分析了雷州 1号桉与柠檬桉种内 3个龄级生长应变的差异性,结果见表 1。

表 1 不同龄级样树生长应变方差分析

Tab. 1 Analysis of variance of growth strains in different tree ages

树种	生长应变值			F	$F_{0.05}$	Q_{1-2}	Q_{1-3}	Q_{2-3}	$Q_{0.01}(3, 15)$	$Q_{0.05}(3, 15)$
	龄级 1	龄级 2	龄级 3							
雷州 1号	87.13	110.29	46.96	7.90	3.68	2.13	3.52*	5.55*	4.84	3.67
柠檬桉	71.08	61.71	91.71	8.55	3.68	1.83	3.89	5.72*		

由表 1可以看出,年龄因子对雷州 1号桉与柠檬桉的生长应变影响较大。单因子多重比较的结果表明:雷州 1号桉 17年生与 27年生的树干间生长应变差异显著;柠檬桉 14年生与 25年生,以及 10年生与 14年生的树干间生长应变差异性显著,但两个树种不同树龄的生长应变的变化趋势不同。雷州 1号桉在第 1龄级与第 2龄级阶段,生长应变随着树龄的增大而增大,从第 2龄级到第 3龄级,生长应变随着树龄的增大而减小。柠檬桉则相反,在第 1龄级与第 2龄级阶段,生长应变随着树龄的增大而减小,但从第 2龄级到第 3龄级,生长应变随着树龄的增大而增大。

Archer^[3]和 Fournier等^[8]的研究结果认为,生长应力产生于形成层中的成熟应变 (Maturation Strain),成熟应变在某种程度上是生长应变;随着树

木生长,木材从幼龄到成熟,生长应变逐渐减小,最后在成熟材时趋于不变的状态。本研究中,雷州 1 号桉所表现出的变化趋势与上述结果相近,而柠檬桉则相反。两者的变化均不是单调地递增或递减,表明树龄对生长应变的影响尚需进一步深入研究

2.5 种内不同树干高度生长应变的差异

从伐倒的柠檬桉树干基部 1 m 高处依次截取 2 m 长的树段 3 根,分别记为树段 I (1 m 高)、树段 II (3 m 高)、树段 III (5 m 高)。在各树段的中部测量树干周缘 4 个等分点的生长应变。3 个高度生长应变的结果见图 1。从图 1 中可以看出,生长应变随树干高度的增加而略有减小,但方差分析表明,不同树干高度生长应变的差异不显著。生长应力与生长应变是否随树干高度变化,结论不一。Nicholson^[4]指出,大部分树木的生长应力几乎不随高度变化,而在某些科的树木中,则随高度的增加而略微减小。本研究中,柠檬桉生长应变即如此,但变化不显著。

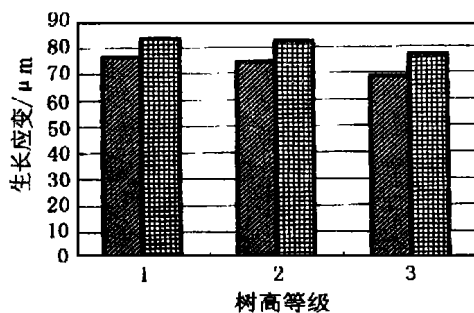


图 1 不同高度树木生长应变的变化趋势

Fig. 1 Change of growth strains at different tree heights

2.6 生长应变与生长因子和基本密度的相关分析

对本研究的 3 个树种的数据,利用逐步回归的方法,分析生长应变与立木胸径、树高、第一枝下高、第一枝围长的回归关系。从相关系数矩阵中可以看出,生长应变与立木胸径相关关系最好。雷州 1 号桉的线性回归方程为:

$$y = -205.92 - 2.39x_1 + 25.47x_2 \text{ (可靠性 95\%)};$$

柠檬桉的线性方程为:

$$y = 51.37 - 0.38x_1 \text{ (可靠性 90\%)}$$

式中: y 、 x_1 和 x_2 分别为生长应变、树干胸径和树高。

尾叶桉未得到上述 4 个因子的线性回归方程。

从以上结论可知,雷州 1 号桉与柠檬桉立木生长应变与胸径相关,前者呈正相关,后者呈负相关,尾叶桉为不相关,说明生长应变与胸径之间关系尚需进一步探索。本研究的结果与其他一些研究者^[9~11]关于生长应变与树木生长量无关的结论不同。

此外,利用逐步回归的方法分析生长应变与基本密度、生材密度的回归关系,但在 10% 水平 F 检验下,没有得到相关的回归方程,表明生长应变与基本密度、生材密度无关。

3 结论

1) 树干胸高处树木周缘上均分 4 点的生长应变测量值,可以用来表示树木的生长应变值;砍伐树木、树木高度对生长应变测量的影响可以忽略。

2) 雷州 1 号桉、柠檬桉与尾叶桉 3 个树种种间生长应变差异显著,种内不同树龄生长应变差异显著,但变异规律复杂,有待进一步研究。

3) 桉树生长应变的变异相当复杂,建议从生长应力累积导致残余应力的机理、应力释放的机理、生长应力和生长应变在树木中分布的机理入手,并结合木材的力学特性综合进行定量研究,以解决因生长应力所带来的桉树加工利用问题。

参考文献:

- [1] Boyd J D. Tree Growth Stress I. Tree Growth Stress Evaluation [J]. Aust. J. Sci. Res. Ser., 1950, 3: 270~293.
- [2] Okuyama T, Kikata Y. The Residual Stresses in Wood Logs due to Growth Stress [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1975, 21: 325~334.
- [3] Archer R R. Application of a New Method for Growth Stress Measurement to *Pinus caribaea*. Proc IU FRO Proj 5.01 Properties and Utilization of Tropical Woods [J]. Manaus, Brazil Nov, 1986, 19~23.
- [4] Nicholson J E. Growth Stress Differences in Eucalyptus [J]. For Sci., 1973, 19: 169~174.
- [5] Archer R R. Analysis of Residual Stresses in Orthoptic Materials [J]. Trep Escuela Ingeniera Civil Univ. Costa, San Jose, 1978, 12.
- [6] 郎奎健,唐守正. IPM-PC 系列程序集-数理统计调查规划经营管理 [M]. 北京:中国林业出版社,1989.
- [7] Kubler H, Wilhemy V. Stress and Checks in Log Ends from Relieved Growth Stresses [J]. Wood Sci., 1973, 6: 136~142.
- [8] Fournier M, Bordonne P A, Guitard D, Okuyama T. Growth Stress Patterns in Tree Stem: A Model Assuming Evolution with the Tree Age of Maturation Strains [J]. Wood Sci. Tech., 1990, 24: 131~142.
- [9] Nicholson J E. Effect of Storage on Growth Stress in Mountain Ash Logs and Trees [J]. Aust For., 1973b, 36: 114~124.
- [10] Boyd J D. Relationship between Fiber Morphology Growth Strains and Physical Properties of Wood [J]. Aust for Res., 1980, 10: 337~360.
- [11] Okuyama T, et al. The Seasonal Change in Growth Stress in the Tree Trunk [J]. Mokuzai Gakaishi, 1981, 27: 350~355.