

马尾松横纹受压力学性能及失效机制研究*

武国芳 傅峰 任海青

(中国林业科学研究院木材工业研究所 林业新技术研究所 北京 100090)

摘 要:【目的】目前关于木材横纹受压失效机理认识不统一,有的学者认为木材某层细胞的失效是突然发生的,而有的学者认为细胞变形累积导致,是渐近的。对于失效原因,有细胞壁弯曲(bending)、细胞壁屈曲或失稳(buckle)、细胞壁屈服(yield)和细胞壁压溃(crushing)等多种表述,另外还有塌陷(collapse)、失效(fail)等提法。针对上述问题,开展横纹压缩下木材的受力性能和失效机制研究。【方法】选取典型针叶材马尾松作为研究对象,设计制作专用加载装置,研究马尾松在径向和弦向不同约束条件下的横纹受压力学性能。从应力-应变曲线上选取不同特征点,结合扫描电镜技术研究不同应力水平下的木材微观构造演化规律。获得细胞壁的几何构造统计分布特征,采用基于蒙特卡罗法的随机有限元的方法,研究细胞的几何构造特征对木材横纹受压性能的影响规律。通过皮尔逊相关分析,定量研究各细胞几何构造特征与木材横纹承载力的相关关系。【结果】研究发现不同工况下试件的径向屈服应力均低于弦向;小应变时,不同约束条件下的应力-应变曲线差异较小,说明该阶段变形主要为轴向变形,侧向膨胀和侧向约束作用较小。应变较大时,径向和弦向压缩应力-应变关系曲线趋同,相同应变下单向压缩试件的应力低于侧向约束压缩和环向约束压缩试件的应力;通过扫描电镜观察,建立了马尾松径向和弦向横纹受压微观结构的有序演化序列;对有限元分析结果进行皮尔逊(Pearson)相关性分析发现,马尾松木材横纹屈服应力与晚材细胞壁厚度几乎不相关,但与早材细胞壁厚度的相关性较好。进一步分析发现,径向横纹压缩屈服应力与径向壁厚度的相关性较差,但与弦向细胞壁厚的相关性显著。【结论】结合扫描电镜观察结果和有限元分析结果可以判定:早材弦向细胞壁的屈曲是导致径向横纹压缩失效的结构,其失效由细胞壁的屈曲导致;而弦向受压时,马尾松晚材中的尺寸较大的树脂道空腔造成材料不连续,从而导致应力集中,是造成弦向横纹压缩失效的结构。

关键词: 横纹承压; 马尾松; 有限元; 失效机制

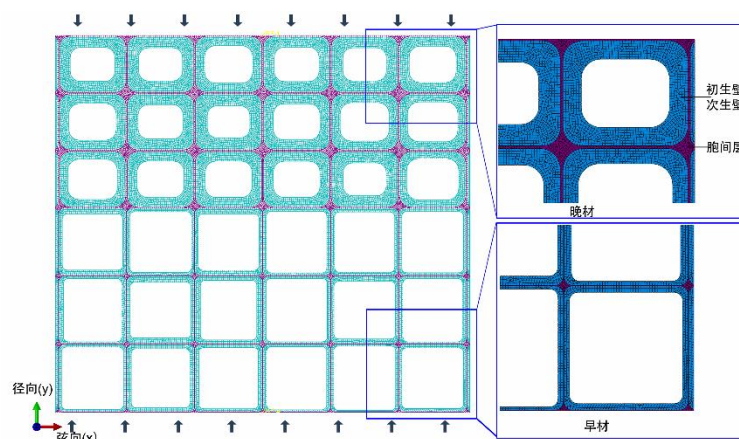


图1 马尾松微观结构有限元模型示意图