



基于有限元理论的 木材力学建模与仿真研究



李明宝 编著



东北林业大学出版社

基于有限元理论的木材力学 建模与仿真研究

李明宝 编著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于有限元理论的木材力学建模与仿真研究/李明宝编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008. 5

ISBN 978-7-81131-132-7

I. 基… II. 李… III. ①有限元法—应用—木材力学性质—建立模型—研究 ②有限元法—应用—木材力学性质—计算机仿真—研究 IV. S781.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 073047 号

责任编辑: 朱成秋

封面设计: 彭 宇



NEFUP

基于有限元理论的木材力学建模与仿真研究

Jiyu Youxianyuan Lilun De Mucai Lixue Jianmo Yu Fangzhen Yanjiu

李明宝 编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路26号)

黑龙江省教育厅印刷厂印装

开本 850 × 1230 1/32 印张 5.125 字数 147 千字

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978-7-81131-132-7

S · 483 定价: 15.00 元

前 言

木材是人民生活和经济建设的重要工程材料。随着现代化工业和科学技术的发展,作为一种具有优势性的建筑材料,木材被得到了广泛应用。尽管木材使用已经有了上千年的历史,但是对其力学性能人类还并不是完全的了解,如树种间力学性能差异、裂纹扩展、因含水率变化而引起的变形、在施加较大负载时木材表现出复杂的非线性力学特性等。木材结构决定木材的性质,木材的性质又决定木材的经济价值,并直接影响木材的加工和利用,因此,更好地剖析木材的力学性能尤为重要。

本书在国内外有关木材力学性能研究的基础上,通过试验系统分析了木材微观构造和宏观构造不同构造级上的力学性能。通过微观结构观察得出了木材早材、过渡材、晚材宽度按生长轮序号的分布关系;通过对木材逐个生长轮密度的测量,得出了密度随生长轮序号的分布关系;通过对木材逐个生长轮制取的薄小试件,测量了木材早、晚材的刚度随生长轮序号的分布关系;木材的力学性能与含水率紧密相关,试验测量了木材三个主方向的收缩系数与生长轮序号的分布关系。在木材力学性能建模的研究中,将有限元方法和均质化理论应用于生长轮模型的构建中,用等价的均匀连续体替代复杂的周期性微观结构材料的平均特性,建立宏观量场和微观量场之间的关系方程,最后根据均质化方法建立代表性单元的本构关系。模型仿真采用 ANSYS 实体模型单元 Solid46 计算材料的有效性能。木材结构建模研究中应用了复合材料理论,研究了平面应力下单层材料的应力—应变关系,建立单层材料与总坐标间的刚度转换关系;木材宏观结构可以视为由各生长轮层合而成的复合结构,应用层合板的强度理论对木材进行了强度分析,采用 HILL—蔡强度判别式来判断失效,同时进行理论计算和 ANSYS 仿真,以及用木

材顺纹抗拉强度试验加以验证, 试验结果与理论计算结果是相符的。应用 HILL—蔡屈服准则, 对木材裂尖塑性区进行了分析研究, 建立木材正交各向异性材料裂尖应力场及屈服准则, 讨论各向异性常数对塑性区及断裂性能的影响, 以及木材生长轮间早材和晚材的不同强度比、刚度比对木材塑性区的影响, 同时还从微观结构和 ANSYS 仿真验证了对塑性区的讨论。木材的强度、变形和破坏性能都与其内部结构、裂缝扩展以及断裂参数有关, 考虑到裂纹尺寸的随机性, 用随机有限元计算了木材强度因子的变化曲线, 为验证其可行性, 用帽儿山落叶松为材料加工的紧凑拉伸试件拟合了木材强度因子的测试曲线, 两曲线具有相同的变化趋势, 说明采用随机有限元方法对木材的断裂特性进行计算和预测是可行的。

本研究将有限元理论、均质化理论、复合材料理论和木材力学理论相结合, 属于交叉和前沿的研究, 是连接微观与宏观力学发展的桥梁, 在工业加工等领域中有重要的潜在应用价值, 对提高木材从微观到宏观的力学性能认识, 扩大木材的适用范围, 提高木材的利用水平和实现木材工业的可持续发展, 具有重要意义。

编著者

2008 年 3 月

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.2 木材力学性能研究现状	(3)
1.3 当前存在的问题	(8)
1.4 课题研究的目的和意义	(9)
1.5 研究内容	(10)
1.6 研究方法	(11)
2 均质化和有限元方法	(13)
2.1 概 述	(13)
2.2 连续体控制方程	(14)
2.3 均质化	(16)
2.4 有限元方法	(21)
2.5 本章小结	(27)
3 木材结构及力学性能	(29)
3.1 引 言	(29)
3.2 木材微观结构及力学性能	(30)
3.3 木材宏观结构及力学性能	(47)
3.4 本章小结	(54)
4 木材材性的实验测定	(56)
4.1 实验介绍	(56)
4.2 密度测量	(58)

4.3	木材微观结构测量	(61)
4.4	木材结构性能实验结果	(63)
4.5	木材结构刚度性能	(71)
4.6	木材干缩特性	(74)
4.7	实验结果讨论	(75)
4.8	本章小结	(77)
5	木材力学性能建模研究	(79)
5.1	引 言	(79)
5.2	基于均质化理论的周期性结构模型	(79)
5.3	线弹性材料的均质化理论	(86)
5.4	弹性多层材料局部问题的求解	(89)
5.5	本章小结	(95)
6	木材力学性能仿真研究	(96)
6.1	引 言	(96)
6.2	平面应力下单层材料的应力—应变关系	(96)
6.3	弹性系数的坐标变换	(100)
6.4	层合结构的弹性特性	(103)
6.5	层合结构的强度分析	(107)
6.6	单层材料强度理论	(108)
6.7	有限元位移法	(110)
6.8	ANSYS 结构分析过程	(113)
6.9	木材的强度理论计算	(115)
6.10	木材顺纹抗拉强度试验	(118)
6.11	ANSYS 模拟计算仿真	(120)
6.12	本章小结	(123)
7	木材断裂力学特性研究	(125)

7.1 引 言	(125)
7.2 试材及试验方法	(126)
7.3 确定木材裂尖应力场及屈服准则	(128)
7.4 裂尖塑性区的确定	(131)
7.5 不同强度比和刚度比的材料对塑性区的影响	(133)
7.6 木材断裂微观结构试验研究及仿真	(135)
7.7 断裂参数的随机性对强度因子的影响	(137)
7.8 本章小结	(145)
8 结 论	(147)
参考文献	(150)

1 绪 论

1.1 研究背景

木材是人民生活和经济建设的重要工程材料，随着现代化工业和科学技术的发展，作为一种具有优势性的工程材料，木材被得到了广泛应用。尽管木材使用已经有了上千年的历史，但是对其力学性能人类还并不是完全的了解，如树种间力学性能差异、裂纹扩展、因含水率变化而引起的变形、在施加较大负载时木材表现出复杂的非线性力学特性等，因此，“科学地使用木材，就必须了解木材”。木材的结构决定木材的性质，木材的性质决定木材的经济价值，并直接影响木材的加工和利用，所以，对木材力学性能的研究既有理论意义，又有实际价值，必将对木材的工业化生产和应用产生重要的促进作用。

“有限元法”最早是从结构化矩阵分析发展而来的，逐步推广到板、壳和实体等连续体固体力学分析，实践证明这是一种非常有效的数值分析方法。有限单元法的基本思想可以追溯到 Courant 在 1943 年的工作，他第一次应用定义在三角形区域上的分段连续函数和最小势能原理来求解扭转问题。1960 年美国的 R. W. Clough 在一篇名为“平面应力分析的有限元法”的论文中首次提出并使用“有限元法”，目前，有限元法的应用已由弹性力学问题扩展到空间问题、板壳问题，由静力平衡问题扩展到稳定问题、动力问题和波动问题，分析对象从弹性材料扩展到塑性、黏弹性和复合材料等，从固体力学领域扩展到流体力学、传热学、电磁学等领域，几乎在所有工程问题上都得到了发展和应用。有限元法已经成为分析各种结构问题的强有力工具，不论结构的几何形状和边界条件多么

复杂,不论材料性质和外加载荷如何多变,使用有限元法均可获得满意的答案。有限元法与其他数值方法相比,其突出优点是可以用有限单元来逼近具有复杂边界的大型连续域问题,并且能够获得较精确的结果。而且从理论上也已经证明,只要用于离散求解对象的单元足够小,数值解即可逼近于精确值。以上所列举的各领域的许多工程分析问题都可以归结为给定边界条件下求解其控制方程的问题,但能用解析方法求出精确解的只是方程性质简单或边界条件规范的少数问题,对于大多数问题由于几何形状复杂或者呈非线性特征,都可以采用该方法进行求解。

木材是具有各向异性的非均质天然高分子复合工程材料,其力学性能与其组织结构之间的关系非常复杂,其力学性能也表现出强烈的非线性。过去由于人们对材料非线性和结构非线性缺少足够的认识,因此在研究上只能采用假设的方法,按均质材料建模研究,模型结构比较粗糙,难以得到木材真实的力学性能,不适合仿真研究。随着数值技术的高速发展,有限元法逐渐成为解决各种复杂问题的有效手段。有限元法具有明显的优点,首先对结构的网格划分具有很大程度的几何随机性,而且可以考虑结构中材料的多样性,对于具有复杂几何形状和复杂材料性质的实际结构总可以通过足够细密的单元来描述,因此,有限元法有广泛的适应性;其次有限元具有相对固定的分析模式、相对规范的求解过程,因而具有高度的通用性。考虑到木材材料复杂性和几何复杂性,采用有限元法对木材结构进行建模和分析在理论上是可行的。基于以上原因,本书提出了基于有限元理论的木材力学性能建模与仿真研究,在方法上具有一定的先进性;将复合材料理论中非线性数值计算方法引入木材力学性能研究,使生长轮的模型结构更逼近真实结构,实现木材结构可视化建模,对完善木材力学性能研究具有促进作用;生长轮有限元模型的建立,对木材的周期性特性研究、对木材湿胀和干缩的本构关系的建立、对木质复合材料线弹性问题的求解方法以及木质复合材料非线性问题的解决都起到至关重要的作用,有利于促进木质材料的高效开发利用,因此,具有重要的应用价值和潜在的经济

价值。此外,预期的研究成果还可用于各种工程产品,能够实现实体木材、木质复合材料和实体木材结构的建模和仿真,为终端客户提供可视化的力学响应效果和科学试验数据,推动木材产品的高质量、高效率生产,具有一定的现实意义。

1.2 木材力学性能研究现状

1.2.1 国外研究现状

对木材力学的研究欧洲为最早,在1707年的《法国科学院论文集》中有关于木材力学性质研究的文章。最初的研究是将木材视为连续均质的理想材料,测试研究其力学性能,虽然具有一定的局限性,但也为合理利用木材提供了大量的宝贵资料和研究数据。在对木材宏观力学行为进行研究的同时也进行了对木材微观力学的研究。Rublemann (1925) 最早研究了单根纤维力学性质,通过化学离析得到杉木管胞并测试了断裂强度,但在当时的实验条件下,进行这方面的研究难度很大,而且他的研究没有引起其他学者的关注,直到Klaudila (1947) 改进了实验方法,对木材纤维的力学特性进行了一系列的研究,才使得对木材力学性能的研究得到了广泛重视。Mark (1967) 在其博士论文的基础上,总结了其他学者的研究成果,出版了《管胞的细胞壁力学》一书,标志着管胞细胞壁力学初步形成了一个较为完整的研究体系。单根纤维力学性质的试验测定方法在制浆造纸行业的研究和在生产中占有重要地位,也是验证细胞壁力学模型的可靠方法。由于木纤维的几何尺寸微小,因此对试验所需的测定设备和测试技术要求较高。B. A. Jayne (1959) 最早得到了针叶材早、晚材管胞的纵向弹性模量、比例极限和破坏应力,最早证实了晚材力学性能强于早材力学性能。D. H. Page (1983) 研究了 S_2 层纤丝角对纤维纵向弹性模量的影响,并给出了单纤维力学性能的测试方法。

早期研究时,由于试验条件的限制,对单纤维的研究一般都集

中在纤维力学性能的测定上, 还不具备对纤维在载荷作用下微观动态研究的条件。20 世纪 80 年代, 随着 SEM 扫描电子显微镜在微观领域的广泛应用, 单纤维的力学性能的研究进入了新的领域。Stephen M. Shaler (1996) 研究了在 SEM 显微镜下纤维的拉伸破坏行为, 同时研究了单根纤维的三维构造。Mark (1967) 是最早对细胞壁力学性质做系统研究的学者, 他提出了管胞多层结构模型及相应的理论计算方法。Cave (1978) 把 Mark 的多层细胞壁结构模型做了进一步的改进, 提出了两层的细胞壁模型, 在模型中考虑了 S_2 层纤丝角和 S_2 层相对其他层的厚度关系, 使计算结果接近试验结果。Schniewind 和 Barrett 对 Cave 的模型做了进一步的修改, 提出了多层结构模型, 开始了细胞壁计算力学的新阶段。随后在模型中进一步考虑含水率的影响, 使得纵向弹性模量的理论计算值与薄小试件的试验值更为接近。但是, Mark 和 Cave 的研究都是将微纤丝假设成为理想化的连续体, 木纤维的真实结构是非均质和非连续的, 产生计算结果的差异是不可避免的, 因此 Lennart Salmen 和 Alf de Ruvo (1985) 引入了非连续体元素的概念, 并将复合材料理论引入了模型计算, 考虑了微纤丝的长径比对纤维纵向弹性模量的影响。S. Koponen (1989) 在多层细胞壁模型的基础上做了进一步的改进, 在细胞组织模型中引入了射线组织, 并使用 P. C. Chou 提出的数学方程, 计算了纵向弹性模量和干缩系数。J. J. Harrington 和 R. Booker (1998) 把细胞壁层作为单向增强复合材料, 通过均质化的方法, 计算出了细胞壁各层弹性参数。Feng 和 Yeng (1973) 把细胞简化成封闭的球形膜, 膜内包含有不可压缩液体。Hsin 和 Richard (1985) 则是把细胞简化成球形和圆柱形。两种细胞模型都体现了体积与内压的非线性关系。在最近的研究中, 人们开始采用六边形细胞结构仿真木材细胞, Gibson 和 Ashby 以木材细胞为例, 给出了固体细胞的等价力学性能的详细计算过程, 但该研究方法具有局限性, 因为每次研究只取单一的一个细胞, 所以由此得到的性能只适用于密度相同的材料。该研究的另一个局限性是模型采用的是二维的、规则的六边形蜂房结构, 然而实

体木材是三维的、不规则的六边形结构。Thuvander 对用于结构分析的模型应用复合材料理论做了进一步的研究,但该模型也仅能适用于计算细胞壁的纵向和切向的刚度及收缩性能。Koponen 等推导出了两维的、规则的六边形的蜂房结构的刚度及收缩性能,通过采用不同的密度分别计算出了细胞壁在早材区和晚材区的性质,但一个完整的生长轮的平均性能并没有给出。Kahle 和 Woodhouse 将木材生长轮的刚度分为早材、过渡材和晚材分别计算,这样生长轮就分成了三个层,每一个层具有一个固定的密度,并且构建了不规则六边形细胞结构模型。Wu 和 Pitts (1999) 利用电子显微镜得到较真实的细胞形状,而后利用有限元把细胞壁模拟成薄膜,内压被作用于细胞壁内表面上的分布力所代替,压缩载荷引起的细胞液迁移用线性增加的载荷来描述,通过 ANSYS 仿真模拟与试验结果相比较来验证模型,得到了细胞较为真实的三维力学模型形状。这也标志着有限元理论开始进入木材微观力学的研究中,这种数值模拟技术在木材力学性能建模和仿真应用中必将产生重要的作用。

1.2.2 国内研究现状

我国也有不少学者致力于木材力学的研究,由中国林科院承担的 973 国家重大基础研究项目“树木育种的分子基础研究”子课题“木材结构及化学组成与其特性的分子基础”对人工林杉木的管胞力学性质进行了系统研究,在木材力学与树种的定向培育理论和试验方面都取得了一定的进展。江泽慧等从细胞水平研究了针叶木材的弹性特性,给出了管胞和射线细胞纵向弹性模量的计算方法,这是国内第一篇有关细胞壁力学研究的成果。同时,根据管胞在针叶材中的排列规律推导出了宏观弹性模量的计算方法。江泽慧、余雁等首次利用纳米压痕技术得到了管胞细胞壁的纵向弹性模量和纳米硬度值。中国林科院的研究人员采用零间距拉伸技术对木纤维的力学性质进行测试,该方法可以快速得到具有统计意义的纤维纵向抗拉强度值,人工杉木管胞的纵向抗拉强度在 350 ~ 500 MPa。李大纲指出,木材是多孔状、层次状、各向异性的非均质天

然高分子复合材料,其超微结构是细胞壁由不同厚度的层次组成,木材细胞壁组织结构与其力学特性之间的关系非常复杂。顺纹压缩时,细胞壁会被压皱,细胞壁受拉伸或剪切的部位会出现滑移面,并在细胞壁内或细胞壁之间出现破裂,木材在受到外力后表现出宏观破坏是由于木材细胞壁及各细胞之间复杂的微观断裂损伤。马岩采用微观力学和细胞学理论,在横观各向同性的假设下,提出了一种木材规则细胞主方向截面形状描述的理论方法——木材横断面六棱规则细胞数学描述理论,为木材学运用数学手段深入到细胞结构研究提供了一种新的数学方法,并且可以为木材规则细胞变异后木材性能的提高提供了数学模型。林金国等对杉木人工林木材的力学性质和纤维形态的关系进行了相关的分析,分析结果表明,杉木人工林的顺纹抗压强度、抗弯强度等各项力学性能指标与纤维的长度、细胞的壁厚、胞壁率存在着显著的关系。赵荣军和杨培华等通过对陕西油松的物理力学性质的研究,得出微纤丝角越小,材质越优良,据此可以预测结构用材的品质。王丽宇、鹿振友等按照传统的强度理论,对于干燥后用做建筑的木材进行校核和设计,研究了木材的正交各向异性特征和其干燥后裂纹,以及裂纹对木材强度的影响,并结合木材正交各向特征对其裂纹与断裂力学行为的研究方法提出了初步的构想。邵卓平、任海青、江泽慧以杉木为研究对象,从宏观和微观上研究了木材横纹断裂的性质,并阐述了木材的强韧机理。研究表明:木材横纹 I 型裂纹扩展方式是先沿纤维开裂伸展,然后再沿横截面做韧性断裂,其扩展过程分线性、稳定和非稳定 3 个阶段。顺纹启裂时的断裂韧性与试件尺寸无关,是木材的固有属性,木材因其多胞及纤维增强的多层胞壁结构而具有很强的抗横断韧性,不会因裂尖应力奇异性而发生低工作应力破坏,故在对含横纹理裂纹的木构件做安全设计时,建议仍采用传统的强度准则,考虑净尺寸上的常规强度即可。江泽慧、姜笑梅等研究了由木材内部结构参数确定其物理力学特征的神经网络设计与实现的方法——广义回归神经网络 (GRNN) 模型,该方法全面、准确地揭示出杉木微观结构参数与其物理力学特性的内在联系,并且达到理想

的逼近精度,这一结果将为木材性质研究、木材性质形成机理提供科学依据及研究方法。张爽、王栋等建立了复合材料三维累积损伤有限元模型,采用扩展拉格朗日乘子法对螺栓表面和复合材料层合板孔壁间的接触行为进行了模拟,对复合材料层合板中纤维断裂、基体开裂和纤维基体剪切类基本损伤类型的产生、扩展以及它们之间的关联性进行了研究,计算得到了复合材料层合板单钉连接结构的载荷一位移曲线,验证了不同铺层类型和结构尺寸对复合材料层合板力学连接挤压性能的影响,试验结果和计算结果吻合较好,证明了该模型和算法的有效性。高永毅根据植物细胞结构的力学特性,利用有限元方法,以二维问题为研究对象,建立了能够描述植物细胞单体受力变形、细胞壁应力和内压变化模型以及便于建立宏观植物组织力学模型的单细胞力学模型,并在建立的单细胞力学模型的基础上建立了细胞形状为多面体的植物组织的细胞力学模型。利用 ANSYS 有限元计算软件和 MATLAB 计算软件对植物单细胞和宏观组织力学模型进行了分析和计算。

1.2.3 木材力学性能研究发展趋势

目前管胞细胞壁计算力学研究主要集中在木材纤维纵向弹性模量的理论预测方面,这是因为纤维的破坏是一个复杂、随机的过程,其强度的理论预测比弹性常数更复杂。细胞壁计算力学的研究对象一般局限于管胞,主要是在壁层结构的基础上提出经过一定简化的物理模型,然后根据细胞壁主要成分的力学性质,运用复合材料细观力学理论和经典层合板理论,计算出管胞的弹性参数,但仍然存在许多不足,主要表现在:单根纤维横向力学性质的实验测定方面的研究非常有限,已有的方法尽管具有一定的可靠性,但操作起来较为困难,应寻找相对简便易行的测定方法;弹性性质方面的研究较多,强度方面的研究很少,特别是木材纤维强度理论预测方面的研究几乎是一个空白。

木材是一种复杂的天然纤维增强复合材料,在木材中存在几种不同层次的复合作用,木材细胞壁各层内由具有方向性的纤维框架

物质与无定型的基质之间复合，细胞壁层由具有不同成分的结构层复合；在宏观上可把针叶材管胞视为增强相，胞间层为基质相的纤维增强复合材料，因此复合材料细观力学应是细胞壁力学研究的首要工具，应该时刻关注细观力学的发展，把复合材料细观力学中最新的理论和实验方法及时地运用到细胞壁力学的研究中。由于木材是一种结构复杂的非均质天然纤维增强复合材料，力学性能变异大，在细胞壁力学研究中，应遵循分步进行、就近相连的原则，即首先建立细胞壁主成分及其微观构造与单纤维力学性质之间的关系模型，然后再采用单纤维和薄小试样相结合的研究方法分别建立单纤维与早、晚材之间的关系，最后再进行木材宏观性能的预测。

1.3 当前存在的问题

从以上的分析可见，木材力学性能研究经历了3个阶段：20世纪60年代中期，细胞壁力学在实验方法和理论计算方面取得了突破性的研究成果，但是以后细胞壁力学的研究发展缓慢；20世纪90年代中期以后，随着新的测试技术和研究方法的出现，木材力学性能研究取得了许多新的进展，研究范围也更加广泛。从以上的分析可见，木材力学性能研究不但要集中在单细胞的研究中，而且还要将现有的成果用于宏观实体木材的研究中，了解宏观的外力如何传递到细胞中以及外力是如何在细胞间分布和传递的，即要研究宏观组织受力与细胞层次受力的关系。根据细胞壁结构可以看出，要研究细胞壁和实体木材的作用规律，仅依靠宏观的连续介质力学模型是无法实现的。实体木材不是由连续介质构成，将其假定为连续体所得的应力、应变都不能真实地反映实体木材在力学上的特殊性。因此，只有根据木材细胞的结构特点，建立便于宏观实体木材受力与细胞层次受力关系研究的力学模型，才能构建宏观力学条件与各细胞的力学之间的响应关系。随着科学技术的不断进步以及实验水平的不断提高，对宏观实体木材宏观受力的建模与仿真是可行的。在木材断裂方面的研究中，自从Porter（1964）的首篇论

文发表以来,将断裂力学应用于木材强度分析取得了一定的进展,国内外的木材专家们在这方面做了大量的工作,应用领域也由木构件的安全性评价延伸至木材加工利用等诸多方面,并用实验方法测定断裂力学的参数,但由于没有统一的标准,用不同测试方法所得到的结果有时相差很大,缺乏多种方法之间的比较研究。

1.4 课题研究的目的是和意义

木材是具有各向异性的非均质天然高分子复合工程材料,其力学性能与其组织结构之间的关系非常复杂,其力学性能也表现出强烈的非线性,传统的研究方法难以得到木材真实的力学性能。有限元法能够对几何形状复杂或者呈非线性特征无法得到解析解的问题提供一种求解方法,即应用数值技术和有限分割的方法得到逼近真实解的一种应用技术。应用有限元方法,可以构建具有代表性的木材的体积单元,单元重复排列组合成体,建立木材的有限元模型,实现木材的可视化的力学响应仿真,同时可进一步分析研究木材的拉压、剪切、扭转、弯曲等各种复杂的组合变形。

木材是可再生、可重复利用的生物质材料,广泛应用于建筑、家具、桥梁、造纸工业等领域,已受到人们的广泛重视,但是由于对木材的力学特性缺乏足够的了解,其应用范围受到了限制,其潜在优势没有完全发挥。实体木材结构复杂,不是均质物体,具有强烈的各向异性,单一的力学模型不能够充分反映木材的力学特性,因此如何使模型具有更好的数学属性,以利于构成具有一定规模的组织模型的研究,具有特殊意义。本研究是连接宏观力学与微观力学发展的桥梁,在工业加工等领域中有重要的潜在应用价值,木材断裂特性的研究对木结构的安全设计、建立强度准则提供一定的理论支持,并促进木材在建筑、工业生产等领域内作为结构用材的研究和应用。本研究将有限元理论、均质化理论、复合材料理论和木材力学理论相结合,属于交叉和前沿的研究,对提高木材从微观到宏观的力学性能的认识,扩大木材的适用范围,提高木材的利用水