

# 有限元软件 ANSYS 在果木家具强度分析中的应用

吕艳红, 张远群\*

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**运用有限元软件 ANSYS 对果木座椅进行强度分析。结果表明:当对果木座椅的座面和靠背分别施加 6 500 Pa 的垂直载荷和 6 250 Pa 的水平载荷时,椅子的最大变形产生在靠背的最上方,变形量为  $0.919 \times 10^{-3}$  m;最大应力值为  $0.347 \times 10^7$  Pa,出现在座面附近的椅后腿上。结合试验数据,得出该座椅的结构设计是合理的,强度是足够的。同时证明有限元法是一种有效的家具强度分析方法。此法效果直观,能够降低设计成本,对家具新产品的设计与开发具有一定的参考价值。

**关键词:**有限元法;强度分析;ANSYS;果木

**中图分类号:**S781.21

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2012)06-0181-04

## Application of Finite Element Software ANSYS on Strength Analysis of Fruitwood Furniture

LV Yan-hong, ZHANG Yuan-qun\*

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** A finite element software, ANSYS was used to analyze the strength of fruitwood chair. The results showed that the maximum deformation of the chair appeared on the top of the back with an amount of  $0.919 \times 10^{-3}$  m, and the maximum stress appeared in the back legs of the chair near the seatsurface, which was  $0.347 \times 10^7$  Pa, while applying vertical load of 6 500 Pa on the seatsurface and horizontal load of 6 250 Pa on the back. Based on experimental data, it was concluded that the structural design of the chair was reasonable and its strength was sufficient. Meanwhile it showed that FEM was a very effective method on strength analysis of the furniture with intuitional results and reduced design cost.

**Key words:** FEM; strength analysis; ANSYS; fruitwood

我国果树资源丰富,在近年来的一些家具展览中果木家具频频出现。用果木来制造家具,既能满足消费者对实木家具的强烈需求,又能有效利用资源,缓解国内实木家具用材紧张的问题。但是对果木家具结构强度的研究却几乎没有。家具结构强度是衡量家具品质的除美学特性和功能特性以外的另一个重要指标。对果木家具进行结构强度研究一方面是要使果木家具在使用过程中能够安全地承受施加在其上的载荷,实现或提高其使用寿命;另一方面是为了避免出现果木家具制品安全系数过大、家具

制品粗大笨重,这样不仅浪费资源,而且设计制造出来的果木家具制品的艺术魅力也会大打折扣<sup>[1]</sup>。

目前对实木家具力学性能的测定主要依据国标 GB/T10357.2-3 相关试验标准。但是这种破坏性的试验对材料的消耗很大<sup>[2]</sup>。应用有限元软件 ANSYS 模拟家具在使用时承受载荷的情况,分析家具产生的应力和应变,从而对家具结构设计的合理性进行校对。如果在分析过程中得出家具的强度不够,还可以对家具结构进行改进,最终使家具达到理想的力学性能。

收稿日期:2012-02-15 修回日期:2012-06-28

基金项目:西北农林科技大学基本科研业务费科技创新研究项目(QN2011143)。

作者简介:吕艳红,女,在读硕士。研究方向:家具和室内设计。E-mail: 415411968@qq.com

\* 通信作者:张远群,女,副教授,主要研究方向:家具设计与制造。E-mail: 396932614@qq.com

# 1 有限元法简介

## 1.1 有限元法概念

有限元法是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一种现代计算方法。1960 年,克拉夫在“平面分析的有限元法”中最先引入了有限元(Finite Element)这一术语。该方法是结构分析专家把杆件结构力学中的位移法推广到求解连续体介质力学问题(当时是解决飞机结构应力分析)而提出来的。方法的提出即引起广泛的关注,吸引了众多力学、数学方面的专家学者对此进行研究<sup>[3]</sup>。

有限元分析是利用数学近似的方法对真实物理系统(几何和载荷工况)进行模拟。利用简单而又相互作用的元素,即单元,就可以用有限数量的未知量去逼近无限未知量的真实系统<sup>[4]</sup>。

## 1.2 有限元软件

随着有限元理论基础不断完善,一批通用和专用有限元软件相继出现,如 ANSYS、ABAQUS、MARC、PATRAN 和 COMSOL 等。在众多有限元软件中,ANSYS 是目前应用最为广泛和成功的一款商用有限元软件之一<sup>[5]</sup>。ANSYS 公司成立于 1970 年,在 40 多年来 ANSYS 公司一直致力于分析设计软件的开发、维护及售后服务,不断吸取当今世界最新的计算方法和计算机技术,领导着有限元界的发展趋势,并为全球工业界所广泛接受,拥有全球最大的用户群<sup>[6]</sup>。

## 1.3 有限元软件 ANSYS 的应用

目前,ANSYS 软件已经是融结构分析、热分析、流体分析、电磁场分析、耦合场分析于一体的大型通用有限元软件,其用户涵盖了机械、航空航天、能源、交通运输、土木建筑、水利、电子、生物医药、教学科研等领域<sup>[7]</sup>。

结构分析是有限元分析方法中最常用的一个领域,它用于确定结构在载荷作用下的静、动力行为,研究结构的强度、刚度和稳定度。在 ANSYS 中有以下几种结构分析的类型:1)静力分析:用于分析结构的静态行为,可以考虑结构的线性和非线性特征。例如,大变形、大应变、应力刚化、接触、塑性、超弹及蠕变等。2)模态分析:计算线结构的自振频率及振形。3)瞬态动力学分析:确定结构对随时间任意变化的载荷的响应,可以考虑与静力分析相同的结构非线性特征。4)屈曲分析:用于计算线性屈曲载荷,并确定屈曲模态形状(接合瞬态动力学分析可以实现非线性屈曲分析)。除此之外,还有谱分析、谐响应分析、专项分析、显示动力学分析<sup>[8]</sup>。将有限元分

析软件 ANSYS 用于家具的强度分析,其实就是对家具进行静力分析的过程<sup>[9]</sup>。

## 1.4 运用 ANSYS 进行结构分析的过程

运用 ANSYS 进行结构分析包含 3 个主要的步骤<sup>[8]</sup>:

1.4.1 创建有限元模型 1)创建或读入几何模型。2)定义材料属性。3)划分网格(节点及单元)。

1.4.2 施加载荷并求解 1)施加载荷及载荷选项、设定约束条件。2)求解。

1.4.3 查看结果 1)查看分析结果。2)检验结果(分析是否正确)。

# 2 家具强度分析实例

目前国内有关 ANSYS 等有限元软件在家具的力学分析与优化设计中的应用方面的研究极少,且可操作性不强。木材是各向异性材料,在用 ANSYS 进行实木家具强度分析时要用到相关木材的诸多参数,而这些参数需要花费较大的工作量。因此,国内有关研究多集中于板式家具的强度分析方面<sup>[10]</sup>。本次研究立足于已有的相关研究的基础上<sup>[11-12]</sup>,选取实木座椅作为家具强度分析对象。

## 2.1 分析问题描述

选取的实木座椅材料为苹果梨木。座椅主要尺寸为:座面高 430 mm,座面宽 440 mm,座椅总高 765 mm,座面深 440 mm<sup>[13]</sup>,符合人机工程学上对座椅的尺寸设计要求,座椅的结构也较为常见。运用有限元软件 ANSYS 对椅子的变形和应力情况进行分析。

## 2.2 建立有限元模型

采用三维建模软件 Pro/Engineer 建立椅子的模型。从 Pro/E 中导入到 ANSYS 中的有限元模型如图 1 所示<sup>[14]</sup>。

## 2.3 定义单元类型

具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete 命令,弹出 Element Type 对话框,在对话框左侧选择 Solid 选项,在右侧列表中选择 8node185(solid185 单元用于构造三维固体结构。单元通过 8 个节点来定义,每个节点有 3 个沿着  $xyz$  方向平移的自由度。单元具有超弹性、应力钢化、蠕变、大变形和大应变能力),然后单击 OK 按钮。

## 2.4 定义材料属性

具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models>Structural>Linear>Elastic>Orthotropic,在弹出

的对话框中输入通过试验及理论计算所获得的苹果梨木的相关弹性模量、泊松比、剪切弹性模量,如图 2 所示,然后单击 OK 按钮。

2.5 网格划分

具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>Preprocessor>Meshtool,通过 Meshtool 控制网格参数并划分网格(图 3)。



图 1 导入后的模型  
Fig. 1 The model imported from Pro/E



图 3 网格划分  
Fig. 3 Solid mesh

2.6.2 施加载荷 具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>Solution > Define Loads>Apply>Structural>Pressure>On Areas,在椅子座面施加 1 300 N/0.2 m<sup>2</sup> 即 6 500 Pa 的垂直载荷,在椅背施加 500 N/0.08 m<sup>2</sup> 即 6 250 Pa 的水平载荷<sup>[15]</sup>。载荷施加如图 5 所示。

2.6.3 求解 具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>Solution > Solve>Current LS,单击 OK 开始求解,ANSYS 求解完成后显示:solution is done!

2.7 查看求解结果

2.7.1 查看变形图 具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu,在弹出的对话框中选择 DOF Solution>Displacement vector sum,然后单

2.6 施加载荷并求解

首先定义约束、施加载荷,然后求解。

2.6.1 定义约束 具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>Preprocessor>Loads>Define Loads>Apply>Structural>Displacement>On Areas,对模型中椅子与地面接触的底部施加约束(图 4)。

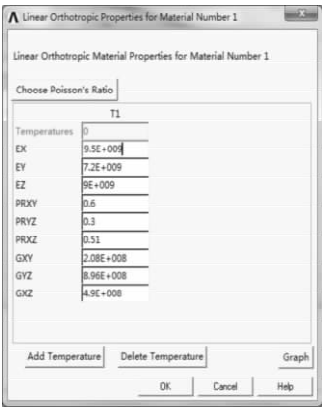


图 2 定义材料属性  
Fig. 2 Definition of material properties

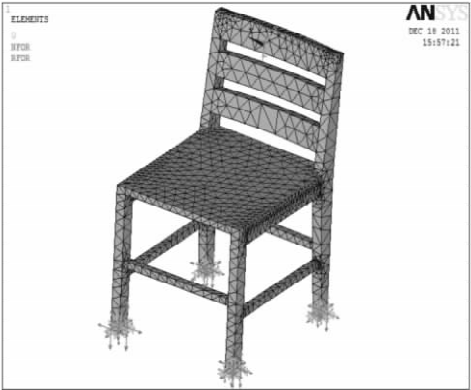


图 4 定义约束  
Fig. 4 Constrained definition

击 OK 按钮。得出的变形图(图 6)。

从图 6 可以看出椅子的最大变形产生在椅子靠背的最上方(靠背厚 30 mm),变形量为  $0.919 \times 10^{-3}$  m,即 0.919 mm,其他地方的变形更加微小。这样的变形情况对于该座椅而言,是非常微小的。因此,这把椅子的结构设计是合理的。

2.7.2 查看应力图 具体操作步骤为:依次选择 Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu,在弹出的对话框中选择 Stress>von Mises stress,即得出应力图(图 7)。

从图中可看出,最大应力值为  $0.347 \times 10^7$  Pa,即 3.47 MPa,出现在座面附近的椅后腿上,其断面尺寸为 60 mm×30 mm,该处承受的应力主要是顺纹弯曲应力和横纹剪切应力。而实际上苹果梨木的

顺纹抗弯强度高达 110 MPa, 远大于此数值。苹果梨木的横纹抗剪强度为 8.9 MPa, 也大于该数值, 因

此这把苹果梨木座椅的强度是足够的。

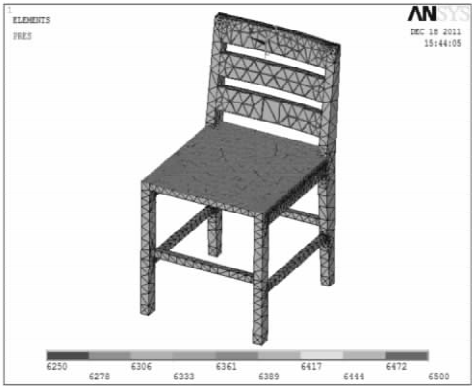


图 5 施加载荷

Fig. 5 Application of load



图 6 变形图

Fig. 6 Deformation diagram



图 7 等效应力分布图

Fig. 7 Von Mises stress diagram

3 结论

当对果木座椅的座面和靠背分别施加 6500 Pa 的垂直载荷和 6250 Pa 的水平载荷时, 椅子的最大变形产生在靠背的最上方, 变形量为  $0.919 \times 10^{-3}$  m; 最大应力值为  $0.347 \times 10^7$  Pa, 出现在座面附近的椅后腿上。结合试验数据, 得出该座椅的结构设计是合理的, 强度是足够的。与传统的消耗大量试验材料的破坏性力学试验, 以及和繁琐与不精确的理论计算分析法相比, 运用有限元软件 ANSYS 对家具强度进行分析具有参数易于调整、求解迅速、计算精准、效果直观, 可操作性强等诸多优点。分析者通过最终的分析结果, 可以直观的了解家具各部分结构的强度情况, 从而为其下一步的家具优化设计提供全方位的参考标准, 并在很大程度上降低设计成本。作为一种科学的分析方法, 有限元法在国外已经广泛运用, 相信在我国也必将会有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 何风梅, 沈隽, 鲍含伦. 板式家具结构强度设计的发展及现状[J]. 林业科学, 2008, 44(3): 170-172.  
HE F M, SHEN J, BAO H L. Development and present condition of panel furniture structural strength design[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2008, 44(3): 170-172. (in Chinese)

[2] 张立, 张亚池, 张帆. 实木框架家具力学结构分析方法[J]. 家具, 2010(3): 90-91.  
ZHANG L, ZHANG Y C, ZHANG F. The analysis method of frame solid wood furniture[J]. Furniture, 2010(3): 90-91. (in Chinese)

[3] 尚晓江, 邱峰, 赵海峰. ANSYS 结构有限元高级分析方法与范例应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.

[4] 胡仁喜, 徐东升, 李亚东. ANSYS13.0 机械与结构有限元分析从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011: 1-5.

[5] 余伟伟, 高炳军. ANSYS 在机械与化工装备中的应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.

[6] 易日. 使用 ANSYS6.1 进行结构力学分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.

[7] 张乐乐, 谭南林, 焦凤川. ANSYS 辅助分析应用基础教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2006: 3-4.

[8] 王庆五, 左昉, 胡仁喜. ANSYS 10.0 机械设计高级应用实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 7.

[9] 宋明强, 沈隽. 有限元法与 ANSYS 在家具结构分析中的应用[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(1): 174-177.  
SONG M Q, SHEN J. Application of finite element method and ansys in the analysis of furniture structure[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(1): 174-177. (in Chinese)

[10] 何风梅, 沈隽, 宋明强. ANSYS 在板式家具强度分析中的应用[J]. 林业机械与木工设备, 2007, 35(10): 52-54.  
HE F M, SHEN J, SONG M Q. Ansys application in intensity analysis of panel furniture[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2007, 35(10): 52-54. (in Chinese)