

基于有限元分析的餐桌金属结构仿真计算

宗雅婷

(广州城建职业学院, 广东 广州 510925)

摘要: 利用 ANSYS 有限元分析软件对一款板壳式餐桌的金属结构进行有限元优化设计。通过有限元静态力学分析应力、位移结果云图, 对结构薄弱处进行加强处理, 对结构裕度过大处进行优化设计。在保证结构强度、刚度的前提下, 充分利用材料, 节约生产成本。

关键词: 有限元分析; 餐桌; 优化设计

中图分类号: TH123+.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-2605(2021)04-0009-05

DOI: 10.3969/j.issn.1674-2605.2021.04.009

0 引言

有限元计算方法是一种精度高、适应性强的计算机辅助分析算法, 广泛应用于家具设计领域^[1-2]。家具设计过程中, 因美学、实用性的需求, 其形状具有曲面多、不规则的特点, 导致传统力学计算方法难以准确模拟^[3-5]。有限元计算方法能准确计算出曲面、复杂状态的位移、应力分布情况^[6]。板壳式餐桌制造工艺简单, 零部件易于整体锻压成型, 在食堂、餐厅广泛应用。为充分利用材料, 节约生产成本, 提高家具设计过程中力学分析的准确性, 本文采用 ANSYS 有限元分析软件中的 Shell63 单元模拟餐桌整体结构, 进行有限元分析计算。

1 餐桌有限元模型的建立

板壳式餐桌由桌面、支撑架和座位组成, 整体由 Q235 碳素结构钢制造, 可供 4 人同时使用。餐桌三维几何模型如图 1 所示, 其中桌面板厚 3 mm, 座位板厚 4 mm, 方形支架板厚 2 mm, 整体质量 66.9 kg。

根据餐桌三维几何模型尺寸和曲面特点, 有限元网格划分时设置单元尺寸为 10 mm。对曲率较大的转角处、桌面折弯处设置单元尺寸为 5 mm。需要注意的是, 建立有限元模型时, 结构必须共享节点, 才能正确反映结构的力学特点。Shell63 单元是一种壳单元, 一般由 4 个节点或 3 个节点构成, 通过实常数设置其

模拟的结构板厚, 能准确模拟板壳结构的力学特性。当采用 3 个节点 Shell63 单元划分网格时, 有 2 个节点是合并的, 通常应用较少。采用 4 个节点 Shell63 单元划分网格更能体现设计理念, 但其网格划分较为复杂。板壳式餐桌有限元模型如图 2 所示, 该模型采用 4 个节点 Shell63 单元建立, 共有 50572 个单元。

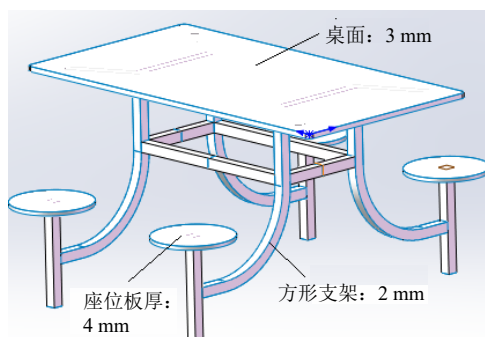


图1 餐桌三维几何模型

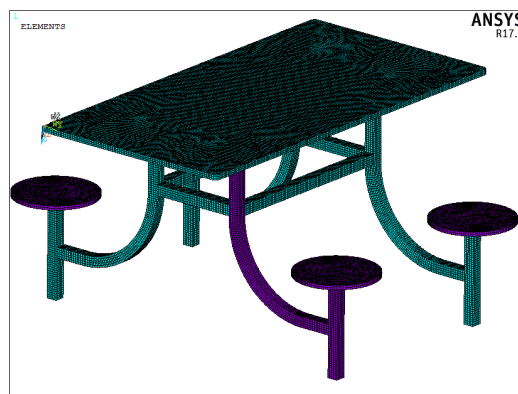


图2 板壳式餐桌有限元模型

2 载荷与边界条件

根据 GB/T 10357.1—2013《家具力学性能试验第 1 部分：桌类强度和耐久性对餐桌载荷的规定》确定餐桌设计过程中承受的载荷。

2.1 水平静载荷

矩形桌面结构水平静载荷分析 2 个方向的受力：水平力施加于桌面中垂线方向， $a=900\text{ N}$ ， $b=900\text{ N}$ ，如图 3 所示。2 个方向的水平力为 2 个工况，且不同时施加，分别按 2 个工况进行计算分析。

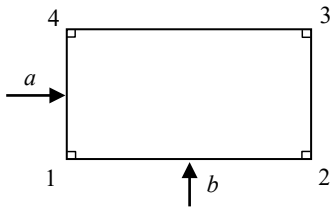


图 3 矩形桌面水平受力图

2.2 垂直静载荷

在易发生损坏的位置不明显时，垂直静载荷选择 4 个任意位置加载。根据餐桌的结构特点，发现在餐桌长边线中间位置、短边线中间位置和 4 个角处都可能发生损坏。由于 4 个角的结构对称，只选取 1 个位置进行分析。餐桌属于重载、频繁使用的家具，根据 GB/T 10357.1—2013 表 1 选择静载荷大小 $c=1250\text{ N}$ 。综上所述，垂直静载荷共分为 3 个工况。

2.3 边界条件

边界条件会影响有限元分析结果的准确性，其设置原则是模拟现实世界力学特性。对于水平静载荷，根据 GB/T 10357.1—2013 的规定，用档块围住施加水平力一侧的桌腿，将桌腿受力侧约束 X ， Y ， Z 3 个方向的位移，而另一侧仅约束 Y 方向（垂直方向）的位移。对于垂直载荷，考虑实际使用桌面是自由放置于支承物之上，因此选择任何 1 个桌脚约束 X ， Y ， Z 3 个方向的位移，其余 3 个桌脚约束 Y 方向的位移。

3 有限元计算

根据水平静载荷的 2 个工况和垂直静载荷的 3 个工况共 5 个工况进行有限元分析，位移变形与等效应力云图结果分别如图 4~图 8 所示。

有限元分析需要进行大量运算。当网格划分过于细密时，对提高计算精度并无太大作用，反而导致计算时间过长。通过应力云图的分布状况来判断网格细密程度是否恰当是较好方式。当重点关注的某个细节或转角处的应力分布不自然、不流畅时，应对这个区域进行二次划分，使该区域网格能充分模拟实际的应力分布。反之，在结构大范围的平整处，应力变化不会很突然，适当放大这些区域的网格并不会影响计算结果，而且能节约大量的计算时间。由 5 个工况的计算结果云图可发现，第 1 节中网格大小的设置合理。

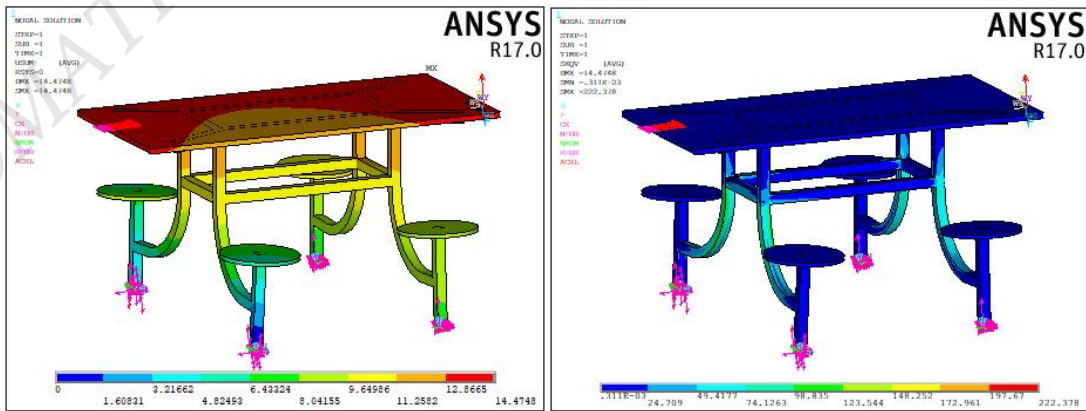


图 4 短边水平静载荷作用下的位移变形与等效应力云图结果

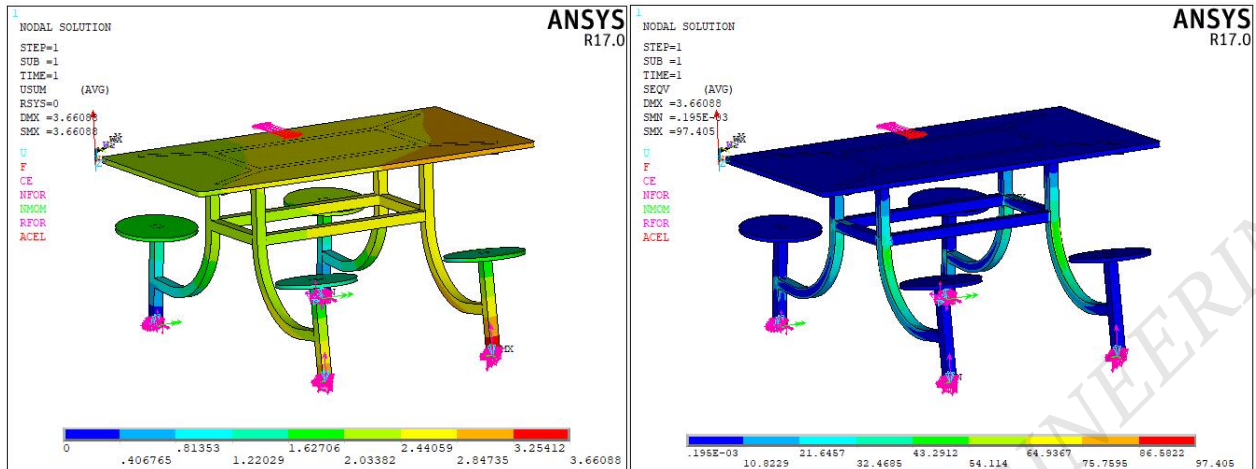


图5 长边水平静载荷作用下的位移变形与等效应力云图结果

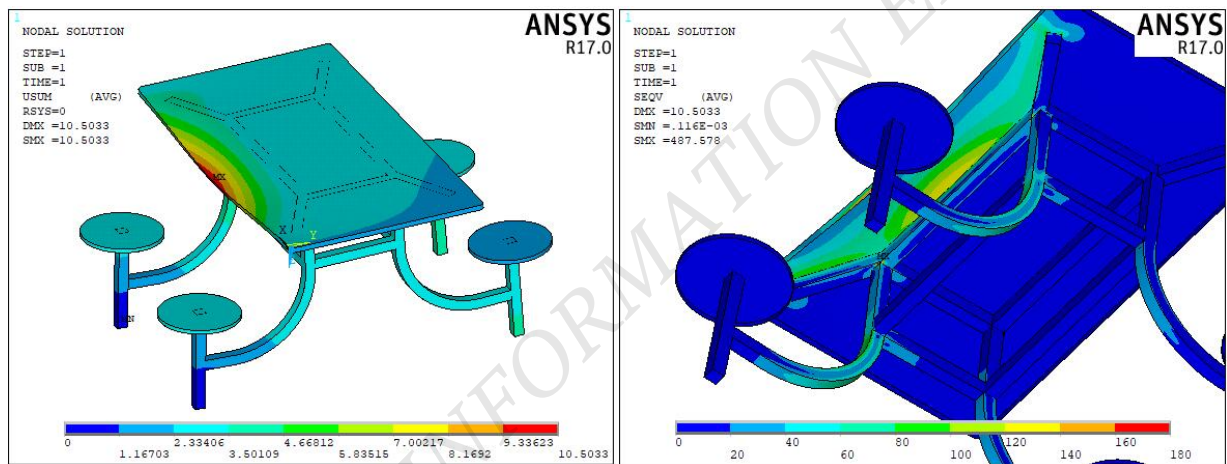


图6 长边中间位置垂直静载荷作用下的位移变形与等效应力云图结果

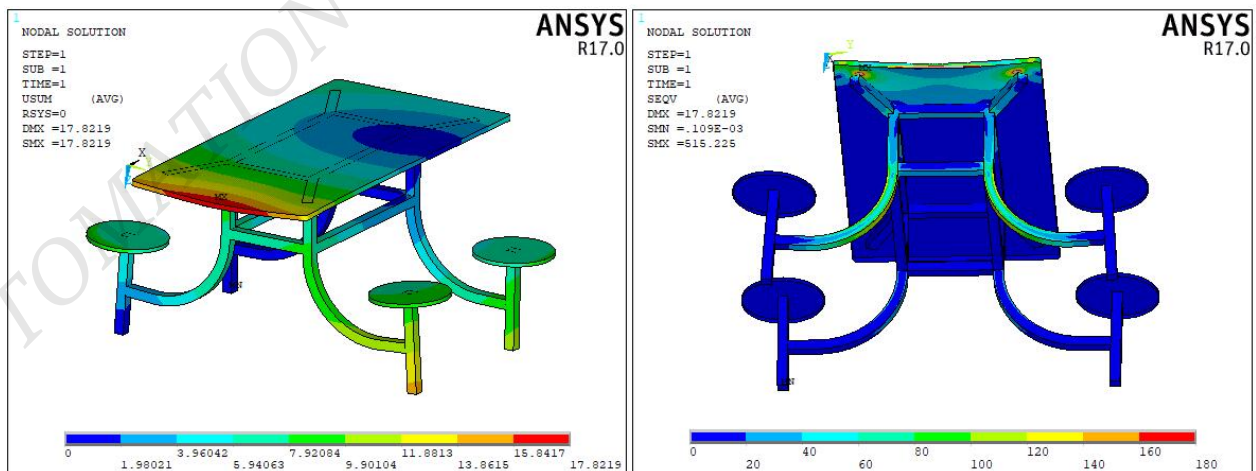


图7 短边中间位置垂直静载荷作用下的位移变形与等效应力云图结果

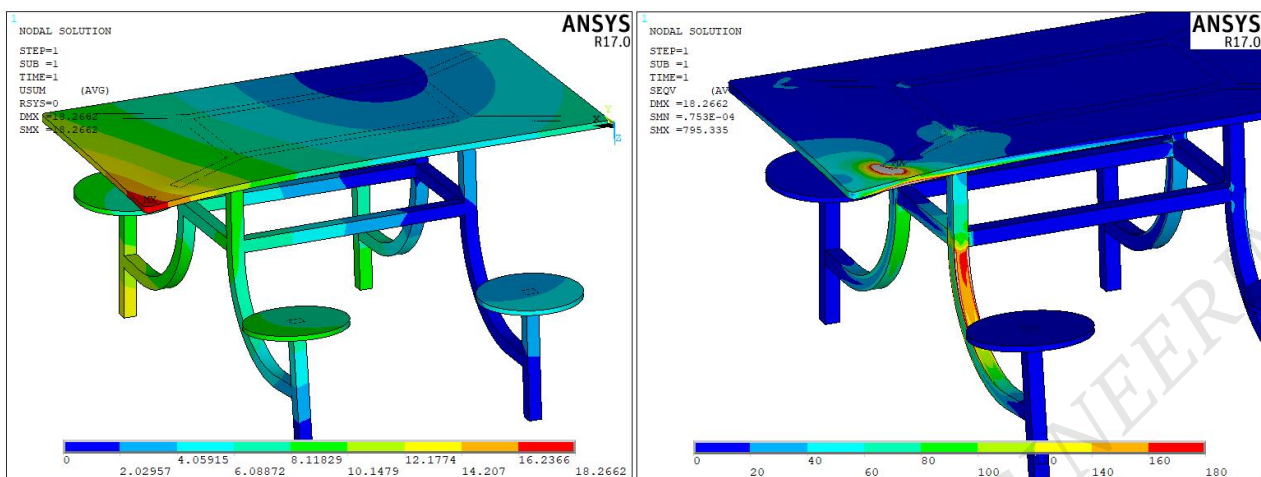


图 8 桌角垂直静载荷作用下的位移变形与等效应力云图结果

4 结果分析与优化设计

经计算，5 个工况的计算结果如表 1 所示。

表 1 有限元分析结果

工况	最大变形/mm	最大应力/MPa	分析
短边水平静载荷	14.47	222.2	结构强度、刚度满足要求
长边水平静载荷	3.66	97.4	结构强度、刚度满足要求
长边中间位置垂直静载荷	10.50	182.0	结构强度、刚度满足要求
短边中间位置垂直静载荷	17.80	192.0	结构强度、刚度满足要求
桌角垂直静载荷	18.20	345.0	结构强度不满足要求

优化设计：1) 桌面下部连接横梁在所有工况下最大应力约为 60 MPa，远小于 Q235 材料的屈服强度（235 MPa），使用材料的厚度可由 2 mm 减少到 1.5 mm；2) 桌面支撑处强度过高，导致工况 5 桌面一角出现强度不够，应减小此处的支撑强度，提供足够柔性以疏散桌面与支撑架结合处的应力集中；3) 桌面支撑架中间矩形范围内整体应力不超过 80 MPa，有较大的优化空间，此处的支撑结构可改用 1.5 mm 厚钢板代替。经过优化设计可使整体质量减轻至 50 kg，节省 25% 钢材。分析还表明，局部

强度过高，会造成应力集中，应适当增加柔性，使应力分布均匀，减少应力集中。

5 总结

有限元静力分析作为一种高精度结构强度、刚度分析算法，能满足家具设计在美学和结构强度方面的需要。Shell63 单元力学特性与板壳结构实际的力学特点高度吻合，采用该单元模拟板壳结构家具，能准确反映结构强度。在复杂外形设计条件下，Shell63 单元仍有非常精确的表现。Shell63 单元输入简单，输出结果丰富，是一种功能强大的有限元单元，适用于板壳金属结构强度、刚度分析。通过有限元分析，减少实验样品的数量，提高产品的质量和经济性，在家具设计过程中有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 牛晓霆,李学书.有限元法在实木家具性能分析中的应用研究综述[J].家具与室内装饰,2021(3):46-48.
- [2] 周郑雅,张仲凤.参数化技术在家具设计中的应用研究[J].林产工业,2020,57(4):33-37.
- [3] 胡文刚,关惠元.板式家具结构设计有限元法研究综述[J].世界林业研究,2020,33(2):68-71.
- [4] 丁菲,钟世禄.基于有限元法的儿童高椅稳定性的仿真分析[J].家具与室内装饰,2017(9):14-15.

[5] 胡文刚,关惠元,黄琼涛.基于 ANSYS 的实木家具节点有限元分析研究[J].家具与室内装饰,2015(11):65-67.

[6] 蔡葵,陈于书.家具结构有限元分析研究综述[J].家具与室内装饰,2015(9):18-19.

Simulation Calculation of Metal Structure of Dining Table Based on Finite Element Analysis

Zong Yating

(Guangzhou City Construction College, Guangzhou 510925, China)

Abstract: The finite element analysis software ANSYS is used to optimize the metal structure of a plate and shell dining table. Through the finite element static mechanical analysis of stress and displacement results, the weak parts of the structure are strengthened, and the excessive parts of the structure are optimized. On the premise of ensuring structural strength and stiffness, make full use of materials and save production cost.

Key words: finite element analysis; dining table; optimization design

作者简介:

宗雅婷,女,1987年生,学士,助理工程师,主要研究方向:家具与室内设计。E-mail: 1030185133@qq.com

~~~~~

(上接第 36 页)

## Calibration and Uncertainty Evaluation of Magnification Indication Error of Scanning Electron Microscope

Han Qiang<sup>1</sup> Luo Binwei<sup>1</sup> Zhang Xinyu<sup>1,2</sup>

(1.Guangdong Institute of Metrology, Guangzhou 510405, China; 2.Guangdong Provincial Key Laboratory of Modern Geometric and Mechanical Metrology Technology, Guangzhou 510405, China)

**Abstract:** Scanning electron microscope is a common analytical instrument for micro surface morphology observation, microstructure analysis and micro nano geometry measurement. Because the magnification deviation is easy to occur when the instrument scans the image, resulting in image distortion and inaccurate length measurement, the indication error of magnification is the main metrological characteristic of this kind of instrument calibration. The calibration of magnification indication error of scanning electron microscope is realized by using one-dimensional line spacing standard sample from micron to submicron, and the uncertainty of calibration results is evaluated.

**Key words:** scanning electron microscope; grill space; magnification; indication error; uncertainty

作者简介:

韩强,男,1979年生,硕士研究生,工程师,主要研究方向:纳米计量检测。E-mail: 13922271512@139.com