

# 助家具检测一臂之力

在家具行业，一切以质量为重。椅子只有在通过物理测试后才能上架销售，如果样品未能通过测试，那就只能再次回到设计师的绘图板上。

作者 **LEXI CARVER**

在被允许上市销售之前，所有消费品都要经历设计、再设计、试样以及测试的循环过程，以便保证产品能够达到零售标准。这背后凝结了研究人员、工程师和专家们大量的辛勤劳动。为了满足安全和质量要求，制造商必须先通过评估来确保他们的产品能够上架销售。

例如，椅子销售前必须通过严格的测试，包括确保它能承受人体重量、维持形状不变，并且不会在特定条件下发生屈曲。在椅子的使用寿命中，它将要承受数千次的重复加载，还要保证不会发生开裂、破裂或弯折。

## ⇒检测机构为设计人员减负

对需要进行产品认证的用户而言，测试过程会相当昂贵并且耗时。市场上出现了很多独立的评估机构（以下简称为“检测机构”）帮助椅子制造厂家减轻这方面的负担。每年，他们都要测试数百把不同的椅子，如果设计不能满足欧洲和美国的质量标准（EN、BS、ISO 和 ANSI 标准），椅子制造商除了会感到失望外，还将要再花费数千美元的费用进行重新设计和再次测试。

为了减轻制造商的负担，一家检测机构转向 COMSOL 认证咨询机构 Continuum Blue 寻求帮助，希望能开发一款数值仿真 App 来帮助客户测试各种椅子设计。这样，他们就能先通过虚拟

测试来预判设计能否通过测试，之后再

进行物理试验。

“客户希望了解我们能否为他们的检测服务开发一款专业的仿真 App。” Continuum Blue 公司总监 Mark Yeoman 博士说，“客户可以远程登录、上传各种椅子设计，并对每一款设计进行虚拟测试。只有确定某款设计能通过虚拟测试后，他们才会开始制造样品并送交检测机构。”

这种测试 App 需要具备多个功能，比如应该加入质量标准；还需非常直观，方便各设计阶段的工程师和设计人员使用；还要足够灵活，能够支持测试各种椅子模型、形状和材料。

## ⇒仿真为加快家具评估铺平道路

Yeoman 使用 COMSOL Multiphysics® 软件开发了一个数值模型，用来预测椅子对标准载荷测试的响应。为了模拟物理测试环境，他在仿真中加入了椅子的几何结构、地板、用于固定椅腿的垫板、椅背的承载板以及椅面（见图 1）。

不论模拟哪款设计，仿真分析最终都要回答这个问题：“椅子是否会在规定的载荷下失效？”

“椅子需要经受多方面的检查。” Yeoman 谈论道，“它必须在寿命期内不会折断，持续使用下无开裂，椅子腿部不会过度弯曲、外撇，或下弓。如果椅腿

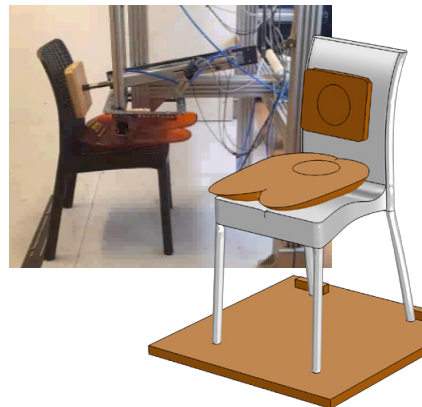


图 1. 椅子的测试设定及 Continuum Blue 的椅子几何模型。

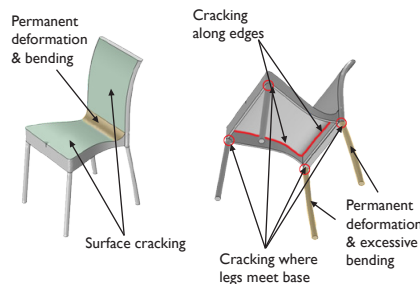


图 2. 椅子中常发生失效的主要位置示意图。图注：Permanent deformation & bending - 永久变形与弯折；Surface cracking - 表面破裂；Cracking along edges - 沿边角出现裂纹；Cracking where legs meet base - 椅腿与椅面的交界出现裂纹；Permanent deformation & excessive bending - 永久变形与过度弯折

与椅面相交的拐角处出现裂纹，椅子将无法通过测试。”

## ⇒根据测试标准进行测量

“测试的第一部分是静态载荷测试，查看椅子能否承受指定的最大载荷。” Yeoman 解释说，“在 20 秒的周期内对椅子进行加载测试，最开始在椅面进行加载，然后到椅背，模拟身材高大的人坐下，然后靠在椅背上的情景。第二部分是疲劳分析，重复对椅子进行数千次载荷的加载与卸载，相当于椅子经过多年使用后的情况。”

Yeoman 的模型分析了椅子在人体

坐下时的变形、机械应力、最早以及最可能出现的失效点(见图 2)。模型还评估了椅子、承载板与地板之间的接触压力,并预测了发生失效时的循环次数(见图 3)。

“大部分的模型设定都很简单。”他补充说,“结构力学、材料属性与载荷参数都可以相对较快地在 COMSOL® 软件中实现。”许多力学因素都会影响椅子能否通过测试,不过接触研究最为复杂,Yeoman 解释说:“接触分析本身就非常复杂;它高度依赖接触表面的材料属性、摩擦系数,而且从本质上讲也是高

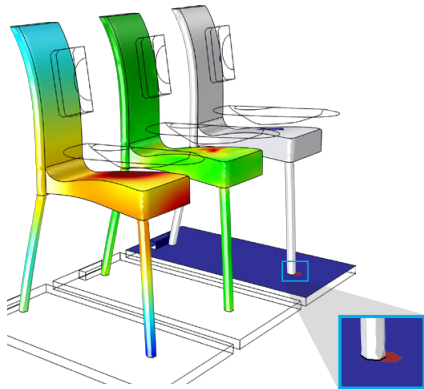


图 3. 仿真显示了一把椅子在加载过程中的变形(左)、应力(中)和接触压力(右)。

度非线性的。”

“因为存在多个接触点,所以它其实是一个不稳定的接触问题:椅腿与地板之间的四个接触点、座椅与底部承载板之间的接触点,还有椅背与后承载板。”他继续解释道,“我们通过材料刚度、屈服应力和摩擦系数来准确定义接触参数。”

### ⇒ 简化并加快虚拟测试

在完成 COMSOL 模型的开发与验证后,Continuum Blue 团队开始着手定制用户界面,或称 App,它支持用户更改几何输入和参数、加载条件及材料属性,支持快速对椅子设计进行虚拟测试。

“我们用到了 COMSOL Multiphysics 中的 App 开发器。”Yeoman 评论道。在 App 开发器中,设计人员能够通过输入框、结果表单、按钮、下拉选项和图形对 App 整体进行设计。开发出的 App 运行完整的仿真,即使用户没有任何工程或多物理场建模背景,也可以通过指定的输入参数进行仿真,而非底层的模型、物理场,或其他分析。

“在我们为客户开发的测试 App 中,我们希望用户能够定义各种选项,例如非线性材料。我们对所有的模型特征进行了参数化,能够将它们完全链接到 App 中,当用户更改参数时,仿真将会同步更新。”

“在对椅子进行加载时,应力会根据材料的屈服强度和拉伸强度进行评估。如果出现永久塑性变形,将会被标在椅子中的相关区域,告知用户椅子正在发生屈服。如果应力超过材料的拉伸强度,椅子将经历严重的材料失效,比如开裂或断裂。”Yeoman 说,“此时 App 会自动弹出一个窗口,提示应力已经超过材料的拉伸强度,椅子未通过测试。”

这正是满足检测机构需求的一款 App,它支持椅子制造商和设计人员自行导入几何、选择材料、定义接触与加载条件,并能根据测试要求查看结果,及时了解某个设计能否通过测试(见图 4)。

通过在本地安装的 COMSOL Server™

**“他们可以先对几十个设计进行虚拟测试,确定哪款设计能满足测试的质量标准要求,然后再对成功的设计进行打样和测试。”**

— MARK YEOMAN, CONTINUUM BLUE 公司总监

产品, Yeoman 还能将 App 分发给不同用户,用户可以登录数据库并启动特定的 App。之后,检测机构还会通过 COMSOL Server 与他们的全球用户分享测试 App。

“这些 App 极大地简化了设计人员和测试工程师的工作,他们现在能够在生产和物理测试之前更方便地评估椅子的性能。”Yeoman 说,“他们可以先对几十个设计进行虚拟测试,确定哪款设计能满足测试的质量标准要求,然后再对成功的设计进行打样和测试,这样就省去了制造及测试物理样机所花费的时间与费用。”

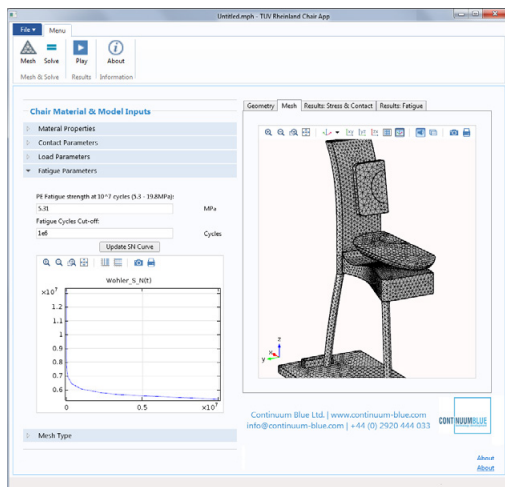


图 4. Continuum Blue 的 App 界面,已划分网格,用户可按照设计需求调整输入项。



Mark Yeoman, Continuum Blue 公司总监