

联合 SolidWorks 和 ANSYS 二次开发的板式家具设计与分析

潘先锋¹,陶丽佳¹,陆敏²,高云强¹,袁明新¹

(1. 江苏科技大学 机电与动力工程学院,江苏 张家港 215600; 2. 江苏红人实业股份有限公司,江苏 张家港 215600)

摘要:为了解决现阶段板式家具存在设计效率较低、品质不良的不足,基于 SolidWorks 和 ANSYS 联合二次开发设计用于板式家具的参数化设计及力学分析系统。该系统基于 VB.NET 并利用 SolidWorks 的 AP 以及 ANSYS 的 APDL 语言的二次开发特性,通过 API 函数调用和零件参数化设计与装配等相关技术,实现板式家具的参数化建模;通过与 ANSYS 软件的交互,以及所编写 APDL 命令流的导入,实现对家具表面所受静力和动态冲击载荷的力学分析。书桌实例设计表明:该系统能很好地完成家具的参数化设计以及静力学和动力学的分析,为缩短家具设计周期、提升家具品质提供了帮助。

关键词:二次开发;板式家具;参数化设计;静力学分析;动力学分析

中图分类号:TP391.72 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)02-0131-04

Design and Analysis of Panel Furniture Combined with Secondary Development of SolidWorks and ANSYS

PAN Xianfeng¹, TAO Lijia¹, LU Min², GAO Yunqiang¹, YUAN Mingxin¹

(1. School of Mechanics and Power Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhangjiagang 215600, China; 2. Jiangsu Hongren Industrial Co., Ltd., Zhangjiagang 215600, China)

Abstract: To improve the low design efficiency and poor quality of the panel furniture at current stage, a parametric design and mechanical analysis system for panel furniture is designed through the secondary development of SolidWorks and ANSYS. Based on VB.NET and using the SolidWorks API and with the secondary development characteristics of ANSYS APDL language, the system realizes the parametric modeling of panel furniture through API function calls and related technologies such as part parametric design and assembly. Through the software interaction between solidworks and ANSYS, and with the import of the APDL command stream written, the mechanical analysis of the static and dynamic impact loads on the surface of the furniture is achieved. The example design of the desk shows that the system can well complete the parameterized design of furniture and the analysis of statics and dynamics, which is of help for shortening the furniture design cycle and improving the furniture quality.

Keywords: secondary development; panel furniture; parametric design; static analysis; kinetic analysis

0 引言

近年来,随着人力成本与板材价格的提高,改善板式家具的设计效率和结构性能、降低生产成本无疑是提高家具类企业竞争力的主要途径,急需研发参数化家具设计^[1]平台,而这目前也已经成为推动板式家具行业发展的共识和核心,并引起了国内专家关注。杨艳红等^[2]基于模块化的设计思想,利用 Pro/TOOLKIT 的数据库功能和 VC++6.0 语言开发了一款针对厅柜产品的参数化系统,大大提高了设计效率;刘垚彤等^[3]通过分析家具数字化设计的优势以及关键所在,提出了基于 TopSolid 与酷家乐的数字化设计平台,从而提升了整个流程的精度与效率;李鹏等^[4]利用 AutoCAD 中块属性功能和数据库 FoxPro 软件开发了数据信息自动处理系统的方法,该方法

以 AutoCAD 为平台二次开发了用于家具的三维模型辅助设计的软件,再由系统自动完成统计单、下料单等工作,缩短了设计周期,提高了生产效率。以上对于板式家具的参数化设计,大多数只注重家具的参数化建模,虽提高了生产效率,但忽略了家具的生产质量及可靠性分析,进而造成家具在使用中存在着一定程度的安全隐患。为此,本文基于 SolidWorks 和 ANSYS 联合二次开发^[5]了板式家具参数化设计与分析系统,实例应用测试也证明该系统满足了设计和分析要求。

1 板式家具参数化设计

1.1 SolidWorks 二次开发原理

SolidWorks 二次开发的 API^[6]接口通常是 OLE 或

COM 接口,与其配合编程语言必须支持 OLE 或 COM,例如 VB.NET、Visual C++6.0、VB 等。相比较而言 VB.NET 因具有不可替代的简单易用性为广大工程设计人员所接受。

SolidWorks API 接口对象类型如图 1 所示。由图可以看出,SolidWorks 应用程序是 SolidWorks API 中的最高对象,它能够直接或间接地访问 API 中的其他对象。利用应用程序可实现程序的最基本操作,通过对 OLE 对象方法的调用,可以在用户开发系统中实现与 SolidWorks 相同的功能。

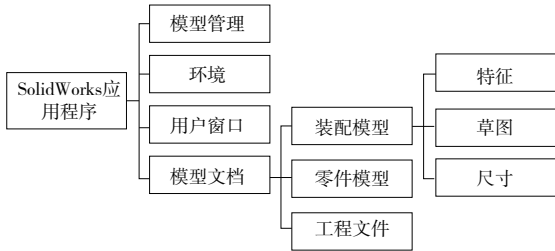


图 1 SolidWorks API 接口对象

1.2 参数化建模的实现与方法

为构建板式家具的参数化建模系统,首先在 VB.NET 环境下添加相关 SolidWorks 库文件的引用,以调用 SolidWorks API。本系统需添加的引用为“SolidWorks 2018 Type Library”、“SolidWorks 2018 Comm ands Type Library”、“SolidWorks 2018 Constant Type Library”;其次利用 VB.NET 所提供的各种可操作性控件在所建立的窗体上排列、设计出合适的系统界面。

根据板式家具的设计过程,本系统确定了参数化建模中的主要参数:板厚参数、建模参数。板厚参数为家具各部分板材的厚度大小;建模参数由总体参数和家具各结构参数组成。总体参数分别是家具总长、总宽、总高;结构参数为某些特定部件的几何参数。以电视柜为例,包含电视柜左上横板,右竖隔板,把手伸出长度等;所设计的电视柜参数化建模界面如图 2 所示。除上述参数外,该界面还设置有材料选择界面,以选择“红木贴皮”、“柚木贴皮”、“松木贴皮”和“橡木贴皮”等各类板材贴皮。此外,考虑到在设计完成后,往往还需要对板式家具各零件进行结构合理的观察,故系统设置了零部件隐藏/显示的界面功能,可通过比较选定家具各部件进行最佳方案选取。

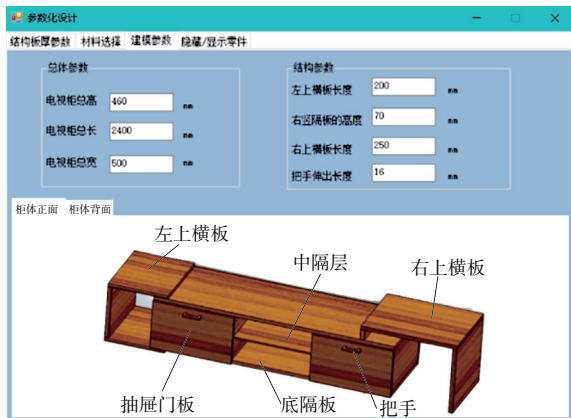


图 2 电视柜参数化建模界面

接下来完成系统建模功能的程序。基于 SolidWorks 的二次开发来实现参数化设计有两种方法:完全编程法和尺寸驱动法。前者通过点、线、面自下而上进行建模,灵活性较强,但是当装配体较复杂时,编程量太大;后者为一种自上而下的建模方式,首先设置装配体中各零件的配合方式,然后用户只需输入各零件数值,由尺寸自动定位到相应尺寸变量来完成参数化建模。

本系统对家具的参数化建模主要采用编程法和尺寸驱动法相结合的方式,例如在把手部分、材料设置采用编程法,而整体结构建模采用尺寸驱动法,这样在提高效率的同时也大大丰富了程序功能。编程法是在家具装配体模型整体修改完毕后,打开把手零件模型,激活对把手模型的操作权限。首先删除把手模型中先前存在的草图及特征;然后重新选取草图平面、插入草图、生成特征,最终生成新的把手模型。对于整体结构的参数化设计采用尺寸驱动法,采用“Dx@特征 x”的方式。“特征”即 SolidWorks 建模中的拉伸、切除等操作,由此定位到对应特征的对应尺寸即可进行修改,其主要任务是读取模型中各种几何参数,并将其用参数化建模界面的文本框输入内容进行替代,最后对模型进行刷新以实现几何尺寸的修改。

2 板式家具静力学分析

考虑到板式家具在日常使用时会受其表面承载而发生变形,进而影响其安全性和可靠性,为此文中将板式家具所受的静态载荷分析模块引入系统中,并采用 ANSYS 的 APDL 语言^[7]和 VB.NET 组织命令^[8],通过参数化的程序实现静力分析。

2.1 板式家具静力学分析界面设计

静力学分析界面如图 3 所示,后处理部分主要通过 PictureBox 控件来实现对板式家具应力云图的显示。

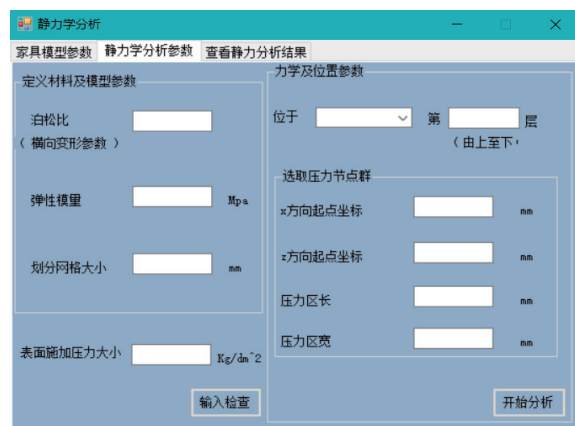


图 3 静力学分析界面

静力学分析首先是通过编程技术^[9]建立几何模型,其模型参数即参数化建模的几何参数;网格划分可根据实际需求在“划分网格大小”中进行不同规格的网格划分;边界条件的施加主要为两个部分:约束和载荷,其中约束为固定的,设置为家具底部的全约束,而载荷则通过分析界面中“力学及位置参数”进行施加,从而实现对所选家

具中某一特定部位分析;“后处理”主要是用于观察家具所受静力载荷部位的应力分布云图,通过“查看静力分析结果”来体现。

2.2 板式家具静力学 APDL 命令流文件设计

静力学分析主要基于 VB.NET 程序来调用命令流,即 PrintLine(1,“APDL 命令流”),函数中“APDL 命令流”为静力学分析各个步骤所需的参数化语言。

由于特殊的生长方式,木材是一种典型的各向异性材料。而板式家具多采用合成板材,这些板材避免了各个方向上的力学性能不均衡缺陷,因此板式家具所使用的板材应设计为各向同性。本系统采取通用性较好的 Solid185 实体单元,可模拟各向同性材料。首先使用 MP 命令进行材料参数设置,利用组合符“&”将命令流中的几何、材料等参数用操作界面上文本框中的内容进行替代,从而实现参数化的命令流书写过程。为便于分析时的调用且需符合参数化设计要求,在建模之前先使用 *SET 命令声明变量,接着通过 WPOFFS 和 WPCSY 命令不断移动坐标系进行板式家具的建模;家具模型建立完成后需划分网格,由于网格划分也是参数化,同时考虑到板式家具本身结构规整,很适合采用扫掠网格方式进行划分,故采用 VSWEPT 命令;约束设置采用选取节点群对其限制某几个方向自由度的方法,命令流为 NSEL,本系统选择家具底部节点施加约束;载荷施加命令采用 SF,表示在选定节点施加表面载荷;求解完成后进行分析后处理,导出相关应力图。本系统以图像形式对结果进行显示,主要采用命令流/SHOW,PLNSOL,最后以/SHOW,CLOSE 作为结束标记。

3 板式家具冲击动力学分析

板式家具在日常使用过程中除了会承受静载荷外,还会因高空坠物而承受动态冲击载荷,为此本系统加入了板式家具的动力学分析模块,主要基于 ANSYS 下的 Ls-Dyna 模块^[10],通过 VB.NET 直接调用 APDL 命令流,实现板式家具在冲击载荷作用下的动力响应分析(变形和屈曲)。

3.1 板式家具动力学分析界面设计

动力学分析界面如图 4 所示,包括了“材料单元实参数”、“冲击作用区域”,以及“求解时间”的设置。冲击分析主要是观察变形应力云图,通过“查看冲击变形结果”来显示。



图 4 动力学分析界面

3.2 板式家具动力学 APDL 命令流文件设计

动力学分析中用于打开 Ls-Dyna 的接口命令流与静力学中所采用的 Mechanical APDL 有所不同,Shell 函数中参数需为“ane3flds”^[11],即 Ls-dyna 的产品特征码。冲击动力学分析需另外添加材料的密度参数,一般木材的密度范围约为 0.44~0.57 kg/m³,本系统采用木材密度平均值为 0.54 kg/m³。动力学分析中载荷的最大特点之一就是需随时间变化。为了向板式家具桌面各节点施加冲击荷载,需先定义载荷-时间变量数组并赋值,其中载荷也可通过载荷曲线实行添加。本系统采用的是数组赋值法针对板式家具位移边界条件施加,本系统以所选家具的底端为固定端,在家具底部各节点定义位移约束条件,即约束所有的线位移自由度。由于家具表面在冲击力作用下可能会发生表面折叠和自相接触现象,因此需要定义表面接触信息。系统选取单面的自动接触算法 ASSC,接触面的摩擦系数设定为 0.1。在进入求解器之前,先进行必要的分析时间和输出选项的设置;由于动力学分析是在 Ls-Dyna 模块下进行,若想在系统界面中实时查看变形图,则需同时输出 ANSYS 和 LS-POST 后处理的结果文件,系统主要通过 PictureBox 控件来导出家具受载荷的变形图。

4 板式家具应用案例

为了验证基于 SolidWorks 和 ANSYS 联合二次开发的板式家具设计与分析系统的有效性,以书桌为案例,通过施加不同的静载荷和动载荷来进行系统应用测试。

4.1 书桌参数化建模

利用本系统的参数化建模系统获得的书桌三维模型如图 5 所示。参数化建模过程中程序运行正常,未出现报错,图中所设置的书桌表面为“红木贴皮”,建模完成之后通过隐藏/显示各部位零件,可以实时向客户展示此书桌设计是否合理美观。为了验证该 3D 模型的正确性,通过在 SolidWorks 软件对书桌各部件进行几何测量,结果表明与系统预设参数相吻合。

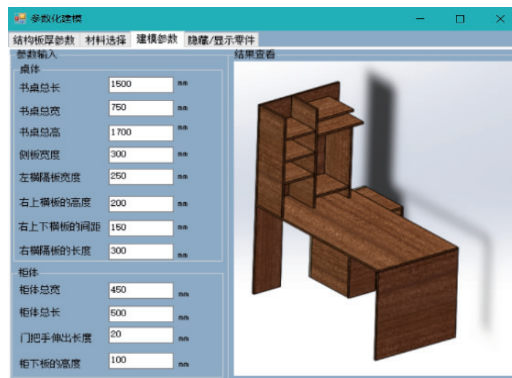


图 5 参数化建模参数及结果

4.2 书桌静力学分析

建模完成之后即可进行书桌的静力学分析,从而来验

证所设计书桌的合理性,同时也验证所设计系统的有效性。选取桌面进行静载荷下的有限元分析对象,同时模拟成年男子坐于书桌桌面上,在界面中设置 75 kg 的静载荷,受力面积设置为 $(250 \times 300) \text{ mm}^2$ 。图 6 即为求解出的 von-mises 等效应力图。由图可知,柜体与桌体之间因有板材的连接而致桌面处应力较小,但由于支撑处板厚参数设置为 18 mm,受力面积较小,支撑处周围桌面所受应力较大,所以在设计书桌时应适当加大柜体与桌面支撑处板材厚度参数以提高其结构强度。

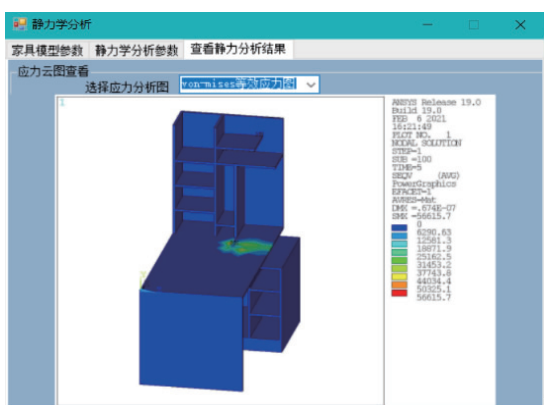


图 6 静力学分析

4.3 书桌冲击动力学分析

将冲击载荷数组参数赋值为-0.4,按节点群参数设置冲击面积为 $(100 \times 100) \text{ mm}^2$,从而求解出如图 7 所示的冲击变形应力云图。由图可知,作用区域周围因受载荷影响较大而产生应力变形,且本系统板式家具的连接部分采用凹、凸槽固定连接方式,引起了侧板以及与之相连的中部大侧板产生略微变形,但在允许范围内。因此在书桌加工中可加大槽的宽度和深度,或增加槽的数量以加强侧板与桌面连接的强度。

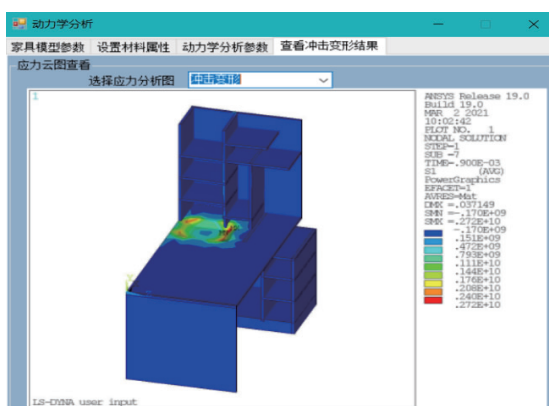


图 7 动力学分析

5 结语

为了提高板式家具的生产效率以及家具的安全性和可靠性,开发了一种基于 SolidWorks 和 ANSYS 联合二次开发的板式家具设计与分析系统,通过理论分析与实例测试,可得出如下结论:

1) 本系统将参数化建模与参数化有限元分析结合于同一个平台,用户可在同一个系统中连续完成模型的建立与产品力学分析,使得板式家具设计和分析过程更集约;

2) 将尺寸驱动法与编程法相结合,简化了参数化建模难度,减少了程序量,相比传统建模方法,大大提高了设计效率与准确性,降低了时间成本;

3) 针对板式家具所设计的静力学和动力学有限元分析模块,有力地保证了板式家具的可靠性,书桌应用实例也验证了系统的有效性。

参考文献:

- [1] 郑冷汐,张佳音,王琛. 基于参数化设计软件的柜类家具建模方法[J]. 软件,2020,41(11):16-18.
- [2] 杨艳红,钟相强. 基于模块化设计的板式家具参数化系统[J]. 林业机械与木工设备,2009,37(9):38-40.
- [3] 刘彦彤,吴智慧,佟运辉. 基于 TopSolid 与酷家乐软件的实木定制家具数字化设计探讨[J]. 家具,2020,41(2):62-66,99.
- [4] 李鹏,陶毓博,辛淑英. 现代板式家具 CAD 软件开发方法[J]. 家具,2003,24(3):21-24.
- [5] 郑晓雯,孙宇飞,李金涛,等. 基于 SolidWorks 和 ANSYS 联合二次开发的盘式制动器设计研究[J]. 煤矿机械,2020,41(7):166-169.
- [6] 简显科,王亮,赵亚南,等. 基于 VB.NET 的 SolidWorks 二次开发系列之电梯轿厢参数化设计[J]. 中国电梯,2020,31(15):26-31.
- [7] 饶华祥,赵高晖,仲梁维. 基于 ANSYS 二次开发的截止阀的设计与应力分析[J]. 农业装备与车辆工程,2020,58(2):60-63,98.
- [8] 程洪凯,胡义. 基于 VB.NET 实现螺旋桨水动力特性参数化分析[J]. 中国修船,2019,32(1):32-36.
- [9] 郭健. 穿越公路管道应力分析及 ANSYS 二次开发[J]. 煤气与热力,2020,40(12):6-13,44.
- [10] 赵志刚,李东方,罗方赞. 基于 VB 的 Ansys Ls/Dyn 软件二次开发在汽车板材切割中的应用[J]. 价值工程,2019,38(30):223-224.
- [11] 赵志刚,李东方. APDL 与 VB 的二次开发在汽车板材切割剪切力数值分析中的应用[J]. 现代制造技术与装备,2019(11):28-32.

收稿日期:2021-10-20