

基于 SolidWorks Simulation 的产品 设计有限元分析

陈永当, 鲍志强, 任慧娟, 王钰鑫

(西安工程大学 机电工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要:本研究旨在探讨有限元分析方法以及基于 SolidWorks Simulation 的有限元分析方法在产品的设计过程中的实际应用。首先详细分析了基于 SolidWorks Simulation 的有限元分析方法的具体过程,然后通过实例详细探讨了 SolidWorks Simulation 的基本功能及其使用方法,包括 SimulationXPress 应力分析、Simulation 结构有限元分析以及 Simulation 优化分析的应用方法。实例证明,基于 SolidWorks Simulation 的有限元分析方法应用于实践中有助于提高产品设计的质量与效率。

关键词:计算机辅助工程;产品设计;仿真;有限元分析

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)09-0177-04

Finite Element Analysis for Product Design Based on SolidWorks Simulation

CHEN Yong-dang, BAO Zhi-qiang, REN Hui-juan, WANG Yu-xin

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: It is conducted to explore the practical application of finite element analysis method and finite element analysis method based on SolidWorks Simulation in product design process. The process of finite element analysis method based on SolidWorks Simulation is analyzed in detail. With an instance, basic features and using method of SolidWorks Simulation are discussed in detail, including using method of SimulationXPress stress analysis and Simulation structure finite element analysis and Simulation structure optimization analysis. The instance study shows, finite element analysis method based on SolidWorks Simulation helps to improve the quality and efficiency of product design in practice.

Key words: computer aided engineering; product design; simulation; finite element analysis

0 引言

有限元法(Finite Element Method, FEM)是将连续体离散化,通过对有限个单元作分片插值求解各种力学、物理问题的一种数值方法^[1~4]。有限元法把连续体离散成有限个单元,每个单元的场函数是只包含有限个待定节点参量的简单场函数,这些单元场函数的集合就能近似代表整个连续体的场函数。根据能量方程或加权参量方程可建立有限个待定参量的代数方程组,求解此离散方程组就得到有限元法的数值解。有限元法已被用于求解线性和非线性问题,并建立了各种有限元模型,如协调、不协调、混合、杂交、拟协调元等。有限元法十分有效、通用性强、应用广泛,已有许

多大型或专用程序系统供工程设计使用^[5~7]。结合计算机辅助设计技术,有限元法也被用于计算机辅助制造中。

Simulation 是 SolidWorks 公司开发的一种功能强大的有限元分析工具软件。它作为嵌入式分析软件与 SolidWorks 无缝集成,成为了顶级的销量产品^[8~10]。运用 SolidWorks Simulation,一般的工程技术人员就可以进行产品分析,并快速得到相应的计算、分析结果,从而极大地缩短了新产品的设计周期,降低了试验成本,提高了产品质量,并最终获得更大的利润。SolidWorks Simulation 能够提供丰富的计算与分析工具来对较复杂零件及装配体进行运算、测试和分析,其主要功能包括应力计算与分析、应变计算与分析、产品设计及优化、线性与非线性分析等。

1 SolidWorks Simulation 有限元分析过程

有限元法的基本思路即,先把一个原来是连续的

收稿日期:2012-01-01;修回日期:2012-04-09

基金项目:西安市科技计划项目(CXY1125-1);陕西省教育科研计划项目(11JK1034);西安工程大学博士基金(BS0711)

作者简介:陈永当(1972-),男,博士,副教授,CCF 会员,主要从事计算机集成制造与工业工程技术研究。

物体剖分成有限个单元,且它们相互连接在有限个节点上,承受等效的节点载荷,并根据平衡条件来进行分析,然后根据变形协调条件把这些单元重新组合起来,成为一个组合体,再综合求解。无论什么类型的有限元分析,其基本的求解步骤是相同的,不同的只是推导公式或运算过程的差别^[11~13]。

1.1 有限元分析方法的基本过程

①数学模型的建立。进行零件分析,首先会利用 SolidWorks 进行零件实体建模,即构建零件的几何模型。然后,SolidWorks Simulation 需要对几何模型进行网格划分,即将该几何模型划分为适度小的有限单元。为此,通常情况下,该几何模型都需要被修改,以达到上述有限元网格划分的需要。

②有限元计算模型建立。有限元建模的总则是根据工程分析的精度要求,建立合适的、能模拟实际结构的有限元模型。数学模型建立后,将使用连续体离散化方法,将模型进行网格划分。这时,零件实体几何模型就被图形处理为网格模型。此外,模型网格化处理时,其上施加的载荷也相应的被离散化处理,然后施加到有限元网格节点上。

③有限元计算模型的求解。有限元计算模型建立后,使用 SolidWorks Simulation 求解器得到作序数据。

④结果分析。结果分析非常重要,也很困难。SolidWorks Simulation 分析工具提供了非常详实的数据,这些数据可以表示为各种格式。因此,必须熟悉并理解各种假设、约定以及前三步中产生的误差,才能正确解释结果。

1.2 SolidWorks Simulation 的使用过程

上文阐述了 SolidWorks Simulation 的基本过程,在 SolidWorks Simulation 的实际应用中,一般会遵循如下过程:算例创建→材料使用→约束添加→载荷施加→网格划分→运算分析→结果分析。

2 SolidWorks SimulationXPress 应力分析

SolidWorks SimulationXPress 是一个与 SolidWorks 完全集成的初级设计分析系统。它提供了单一屏幕解决方案来进行应力分析、频率分析、扭曲分析、热分析和优化分析。它提供了多种捆绑包,凭借着快速解算器的强有力支持,能够支持个人计算机快速解决大型问题。SimulationXPress 能够有效降低对新产品的实体测试费用,进而降低产品成本,并缩短产品开发及投入市场的周期。而且,SimulationXPress 支持多实体计算分析。对于多实体零件,可一次分析一个实体;对于装配体,可一次分析一个实体的物理模拟效应;不支持曲面实体。

SolidWorks SimulationXPress 通过详细的操作向导

引导设计人员进行模型计算、分析。文中以“手机壳”零件为例进行建模、分析,来具体探讨 SimulationXPress 的基本功能。

选择 SolidWorks 系统菜单栏中的“工具”→“SimulationXPress”命令,运行 SimulationXPress 操作向导。首先应指定系统所使用的单位制以及文件存储位置,然后再开始模型运算、分析。具体过程如下:

①材料使用。可以利用 SimulationXPress 工具指定产品材质,也可以在产品建模时确定所需材料。

②约束添加。在系统的“约束”设定窗体上,可以添加约束。约束可以添加到多个面上,而且作用于每个面的各个方向上。运算分析时,被约束的面必须至少有一个,否则可能因刚性实体运动而导致最终分析失败。

③载荷施加。在系统的“载荷”设定窗体上,可以设定载荷类型。比如,需要施加“压力”载荷,则在图形工作区中,选定载荷的施加面,设定的力的数值将被应用于所有面。如果需要改变力的方向,则勾选“反转方向”,即可按需完成载荷的施加,如图 1 所示。

④ 运算分析。该过程完成产品模型的网格化,即有限元模型的计算。

⑤ 产品优化。产品应力分析完成后,根据需要利用系统工具继续进行优化分析。通过“结果”设定窗体中的操作向导,产品优化分析被逐步实现。

⑥ 结果显示。产品模型的应力分析以及优化分析完成后,分析结果可以显示在系统的“结果”窗体上。在这个窗体中,整个分析过程动画视频能够被浏览或者被保存为视频文件,也可以利用系统工具保存为 HTML 格式或 eDrawings 格式的文件。图 2 所示为

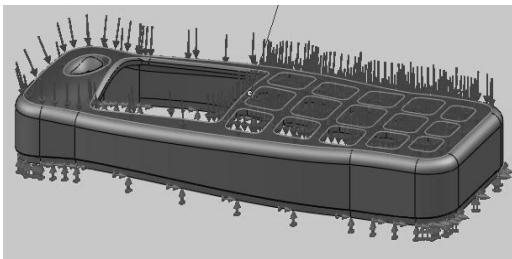


图 1 “手机壳”的载荷施加



图 2 “手机壳”的应力分析

“手机壳”零件的应力分析结果。

从整个实例操作的过程来看,SolidWorks SimulationXpress 的使用简便,可以实现简单的产品应力与优化分析,其高级分析功能有限。相对而言,SolidWorks Simulation 则具有更多高级的分析功能,下面,将使用 SolidWorks Simulation 进行产品结构分析。

3 SolidWorks Simulation 结构有限元分析

在此,以零件轴的设计为例说明 SolidWorks Simulation 静态分析的基本方法。该零件轴为细长轴,且轴体上有一通孔,如果使用力学的基础理论对其进行分析将会非常复杂,而使用 SolidWorks Simulation 进行零件有限元运算、分析、求解则相对更简单、方便。

SolidWorks Simulation 的结构有限元分析过程与方法,具体如下:

① 算例创建。通过一系列完整的参数定义,一个算例被创建完成。定义一个算例的参数包括约束、负荷、材料、网格和分析类型。这时,还需要设定算例的名称,并将算例的类型参数设置为“静态”。这些参数能够完整地表述一个物理问题的有限元分析。在分析一个装配体或零件时,使用不同类型的分析可以获得该装配体或零件在不同工作环境下的状态。

② 材料属性定义。算例运行之前,需要设定模型的材质。Simulation 中的材料属性定义不会影响 SolidWorks 建立的零件实体几何模型的材料类型。此外,在 SolidWorks Simulation 中,一个装配体中的每一个零件都可以具有不同的材料属性。

③ 约束设定。若要对零件模型进行静态分析,则首先要为模型加载约束。SolidWorks Simulation 系统提供了多种类型的计算机模型约束加载工具——“夹具”,以此来实现约束添加。约束“夹具”可以加载于零件模型的顶点、边或面上。使用 Simulation 系统工具栏中的“夹具”——“固定几何体”命令,可以实现模型约束的添加。比如,某个面上添加了约束,则在模型中该面上就会出现“夹具”的符号。“夹具”的箭头表示移动约束,圆角表示转动约束。选择了“固定几何体”,则零件模型的所有的6个自由度(3个移动和3个转动自由度)都被约束。

④ 载荷施加。使用 Simulation 系统工具栏中的“外部载荷”→“压力”命令,能够实现模型载荷的施加。

⑤ 网格化。使用 Simulation 工具栏中【运行】→【生成网格】命令,可以实现模型的网格化,如图3所示。

⑥ 算例运行。零件模型的材料属性定义、约束添加、载荷施加以及模型的网格化完成之后,就可以运行

算例,进行有限元运算、分析。使用 Simulation 系统工具栏中的“运行”命令,Simulation 系统即可启动模型分析工具,这时,算例运行窗体被弹出,关于零件模型的节点、单元以及自由度数目等相关信息,都会显示在这个窗体中。

⑦ 结果展示。有限元算例运算、分析完成后,在系统的 Simulation Study 树目录中就会自动增加了“结果”节点标签,同时在该“结果”节点下包含有“应力”、“位移”、“应变”以及“安全系数”4个子节点——图解选项。图4所示为“应力”图解选项的图示。图示中,von Mises 应力最大值为251MPa,该值小于材料的屈服应力——355MPa。如果将模型的施加载荷持续增大,直至 von Mises 应力最大值突破材料的屈服应力,则在“应力”图解的图示中会以黑色箭头为标记显示。

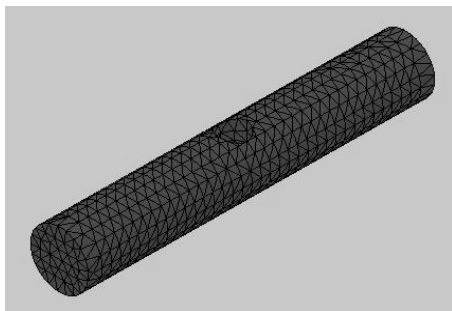


图3 模型网格化

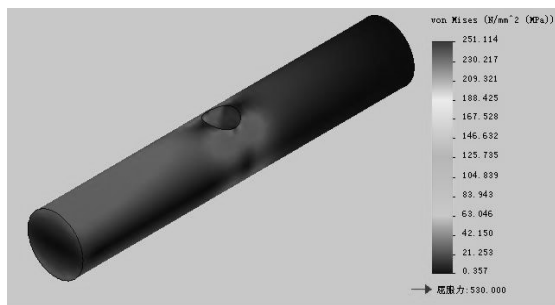


图4 “应力”图解

有时为了需要还要查看轴内部的应力分布状况,此时,可以在查看应力分布图解的界面下,右击【应力】选择【截面剪裁】,然后根据自己的需求,拖动坐标轴,来确定要剪裁的位置。本例中查看了轴通孔处的应力状态,结果如图5所示。

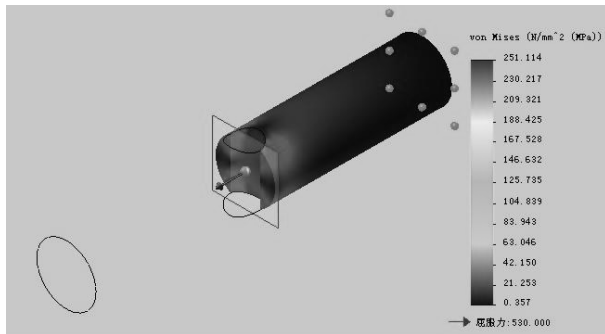


图5 截面剪裁

⑧ 报告生成。经过结果分析后,可以讲结果生成研究报告,以方便查阅、演示和存档。

4 Simulation 优化分析

在工程设计中,设计方案往往不是唯一的,从多个可行方案中寻找最优方案的过程,成为优化设计(Optimal Design)。机械优化设计是设计工作者一直追求的目标。从数学的观点看,工程中的优化问题就是求解极大值和极小值的问题,亦即极值问题。通过 Simulation 的优化分析,可以从众多的设计方案中搜索最佳解决方案,以最低的成本获得最好的效益,提高设计效率。

以零件轴为例,进行 Simulation 优化分析,方法如下:

单击【评估】下的【设计算例】,然后分别对【变量】、【约束】和【目标】进行设置。选择轴的直径为设计变量,选择节应力的大小为约束条件,最后选择质量减小为设计目标。设置完成之后,点击【运行】,就可以得到优化结果,结果如图 6 所示。

		当前	情形 2	情形 3	情形 4	情形 5
轴直径		20 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm
应力 3	>0 N/mm ²	251.11 N/mm ²	603.11 N/mm ²	251.11 N/mm ²	164.29 N/mm ²	111.43 N/mm ²
质量 3	Minimize	284.004 g	157.762 g	284.004 g	447.305 g	647.627 g

图 6 优化分析结果

5 结束语

SolidWorks Simulation 为了体现设计仿真一体化的解决方案,在无缝集成界面做了创造性的改变,将仿真界面、仿真流程无缝融入到 SolidWorks 的设计过程中。文中通过几个简单实例研究、分析了 SolidWorks Simulation 的一些基本功能及其使用方法。SolidWorks Simulation 的功能非常强大,工程应用中,用户可以使用 SolidWorks Simulation 软件对 SolidWorks 构建的零件和装配体进行高性能的应力分析和优化分析。

参考文献:

[1] 贾红雨,李成,杨洁,等. 复合材料储能飞轮转子有限元分析[J]. 玻璃钢/复合材料, 2009,207(4):35-38.

[2] Ireland R C,Torres C R. Finite element modeling of a circumferential magnetizer[J]. Sensors and Actuators, 2006, 129: 197-202.

[3] 殷波. 玻璃钢信号灯架的有限元分析与应用[J]. 玻璃钢/复合材料,2009,207(4):74-76.

[4] 黄旌,高涛. ANSYS 用于机翼有限元分析的建模研究[J]. 计算机辅助工程,2006,2(2):1-4.

[5] 许文彬,张华良. 基于三角形连接的有限元网格划分[J]. 计算机技术与发展,2011,21(9):59-62.

[6] 陈荣征,李代平,黄健,等. EBE-PCG 算法在有限元并行计算中的应用研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(3):232-235.

[7] Mercan B,Schultz A E,Stolarski H K. Finite element modeling of prestressed concrete spandrel beams[J]. Engineering Structures,2010,32(9):2804-2813.

[8] 冯立浩. 基于 SolidWorks Simulation 的随车起重机吊臂有限元分析[J]. 机械工程师,2011(5):51-54.

[9] 祁辉,司建铭,曹世海,等. 基于 SolidWorks Simulation 的管端定径机的研究与分析[J]. 机械, 2011(8):44-48.

[10] SolidWorks 公司. SolidWorks Simulation 高级教程[M]. 杭州新迪数字工程系统有限公司译. 北京:机械工业出版社,2009.

[11] Hawileh R A,Rahma A,Tabatabai H. Nonlinear finite element analysis and modeling of a precast hybrid beam-column connection subjected to cyclic loads[J]. Applied Mathematical Modeling,2010,34(9):2562-2583.

[12] 张向宇,熊计,郝铎,等. 基于 Ansys 的立柱有限元分析与结构优化设计[J]. 机械科学与技术,2008(12):56-61.

[13] 庞艳红,刘尧,吴先良. 多小波在一维有限元方法中的应用[J]. 计算机技术与发展,2008,18(8):223-225.

(上接第 176 页)

[6] 许高建,胡学钢,王庆人. 文本挖掘中的中文分词算法研究及实现[J]. 计算机技术与发展,2007,17(12):122-124.

[7] 刘源,谭强. 信息处理用现代汉语分词规范及自动分词方法[M]. 北京:清华大学出版社,1994.

[8] 中国科学院计算技术研究所. ICTCLAS 汉语分词系统[EB/OL]. 2008. <http://www.ictclas.org>.

[9] 薛德军,张钹,孙茂松. 中文文本自动分类中的关键问题研究[D]. 北京:清华大学,2004.

[10] Salton G,Wong A,Yang C S. A Vector Space Model for Automated Indexing[J]. Communications of the ACM, 1975, 18

(1):613-620.

[11] Baeza-Yates R,Ribeiro-Neto B. Modern Information Retrieval[M]. New York:Addision Wesley,1999.

[12] Gospodnetic O,Hatcher E. Lucene in Action2[M]. Stamford: Manning Publications Co,2010.

[13] 黄丽琼,何中市,张杰慧. 基于文本相似度的自动文摘评价方法[J]. 计算机应用研究,2007,24(8):97-99.

[14] 徐威,董渊,白若鹂,等. 针对中文文本自动分类算法的评估体系[J]. 计算机科学,2007,34(8):44-49.

基于 SolidWorks Simulation 的产品设计有限元分析

作者: [陈永当](#), [鲍志强](#), [任慧娟](#), [王钰鑫](#)
作者单位: [西安工程大学 机电工程学院, 陕西 西安 710048](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2012(9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201209047.aspx