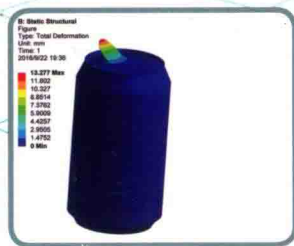
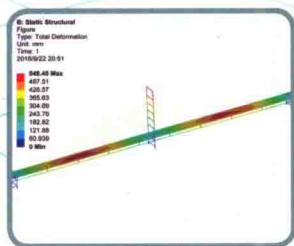


ANSYS Workbench 有限元分析实例详解

(静力学)

周炬 苏金英 著



专业针对性强

专门解决 ANSYS Workbench 静力学分析的各种问题

内容独创性强

书中众多内容是作者多年从事有限元分析的经验总结

案例实用性强

所有案例均来自工程实践，是理论与实践结合的典范

配套资源丰富

书中案例及配套资源高达40GB，在读者交流群提供下载



ANSYS Workbench 有限元分析实例详解

(静力学)

周炬 苏金英 著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS Workbench有限元分析实例详解：静力学 /
周炬, 苏金英著. -- 北京：人民邮电出版社, 2017.3
ISBN 978-7-115-44631-2

I. ①A… II. ①周… ②苏… III. ①有限元分析—应
用软件 IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第020106号

内 容 提 要

本书以对比的方式系统且全面地说明 ANSYS Workbench 静力学分析过程中的各种问题, 从工程实例出发, 侧重解决 ANSYS Workbench 的实际操作和工程问题。

本书共 5 章。第 1 章为 CAE 分析步骤; 第 2 章详细说明 ANSYS Workbench 主界面及相关 Windows 操作, 举例说明 ACT 的用法; 第 3 章介绍 ANSYS Workbench 的建模功能, 举例描述修复模型、实体简化梁模型、点云数据生成实体的方法; 第 4 章介绍 ANSYS Workbench 的线性静力学分析, 以梁单元、二维平面单元、三维壳单元、实体单元、Link 单元为主线, 并包含 ACP 模块、Fracture 分析、Solid65 单元及子模型等; 第 5 章介绍 ANSYS Workbench 的非线性静力学分析, 以材料非线性、几何非线性、状态非线性为主线, 并包含快速组装复杂模型、橡胶流体压力加载、损伤分析、生死单元分析、内聚力模型等。

本书内容丰富新颖、重点突出、讲解详尽, 适用于 ANSYS Workbench 软件的初级和中级用户, 可供机械、材料、土木、能源、汽车交通、航空航天、水利水电等专业的本科生、研究生、教师、工程技术人员和 CAE 爱好者阅读和参考。

◆ 著 周 炬 苏金英

责任编辑 王峰松

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 29.75

字数: 736 千字

印数: 1-3 000 册

2017 年 3 月第 1 版

2017 年 3 月北京第 1 次印刷

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前 言

CAE 是计算机辅助求解复杂工程和产品结构各项性能和优化设计等问题的一种近似数值分析方法,适用于工程的整个生命周期。ANSYS 软件是最经典的 CAE 软件之一,在国内应用广泛。近些年 ANSYS 公司收购了多款顶级流体、电磁类软件,并重点发展 ANSYS Workbench 平台。与 ANSYS 经典界面比较,ANSYS Workbench 具有一目了然的分析流程图,整个分析就像在做一道填空题。ANSYS 12.0 版本之后,更多用户转向使用 ANSYS Workbench,同时有关 ANSYS Workbench 软件的参考书也越来越多。

本书以先进性、科学性、实用性、服务性为原则,在表达风格上力求通俗、简洁、直观,主要采用对比的方式详细说明 Workbench 静力学分析过程中的各种问题,以工程实例的演绎教会读者分析问题、查找问题和解决问题。书中不仅详细介绍了操作流程,而且还清晰阐述了“为什么要这样操作”、“相关参数为什么要如此设置”、“同类的问题该有怎样的分析思路”,使读者不仅知其然,还知其所以然。同时本书加入了一些思考题,对同类问题进行适当扩展。针对读者容易出现的错误,通过一步一步引导的方法让读者了解错误产生的原因,并提出解决方法。书中内容结合相关理论知识,从实际应用出发,文字通俗易懂,深入浅出,引领读者轻松掌握 Workbench 的分析方法。书中参照国外有限元分析标准,介绍了螺栓连接、焊接等分析的各种有限元处理方法,修正了国内有限元计算过程中易出现的错误。

全书共 5 章。第 1 章说明 CAE 分析步骤;第 2 章讲解 ANSYS Workbench 主界面,举例说明 ACT 插件的操作和目的,章节后附有有限元模型转为 stl 文件的 C 程序;第 3 章讲解 ANSYS Workbench 建模,主要引用 3 个实例分别说明 DM 模块修复模型、SpaceClaim 和 Python 将实体模型简化为梁模型、UG 和 Excel 将点云数据生成实体并导入 ANSYS Workbench 的方法;第 4 章讲解线性静力学分析,以单元分类为主线,一一说明各个单元分析时的注意事项、参数设置及后处理,章节后对所有边界条件进行了附表说明;第 5 章讲解非线性静力学分析,以材料非线性、几何非线性、状态非线性为主线,分别叙述其基本原理、分析过程、参数对比及非线性收敛调试方法,最后一节对非线性收敛调试方法进行了总结。

书中有大量同类参考书上所没有的内容,如 ACP 详细说明、Link 单元分析、Fracture 中的 T-Stress 分析、Solid65 钢筋混凝土分析、Shell-Solid 子模型、WB 材料库所有本构说明、蠕变分析、非线性屈曲弧长法、利用 External Model 模块组装复杂模型并快速定义接触、损伤分析、生死单元分析、内聚力模型等。

本书主要面向 ANSYS Workbench 软件的初级和中级用户,对于高级用户也有一定的参考价值。可作为机械、材料、土木、能源、汽车交通、航空航天、水利水电等专业的高年级本科生、研究生和专业教师的学习、教学用书,亦可供相关领域从事产品设计、仿真和优化设计等工作的工程技术人员及广大 CAE 工程师使用和参考。

本书配套有全书的模型文件,读者直接在 ANSYS Workbench 15.0 及以上版本打开或导入即可。本书配套资源可在 QQ 群“CAE 基础与提高 389410373”内下载。

前 言

本书由周炬、苏金英合著。在写作过程中得到丁德馨教授、雷泽勇教授、邱长军教授、李必文教授、黄坤荣副教授的悉心指导，在此深表感谢！同时感谢李裕平、杨威、赵岳、李军、秦元帅、陈伟以及人民邮电出版社等对本书出版给予的热心帮助！本书还得到湖南省普通高校“十三五”专业综合改革试点项目-南华大学“机械设计制造及其自动化”的资助。

由于时间仓促，加之本书内容新、专业性强且作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

第1章 CAE 分析步骤.....1	3.4 工具功能.....42
1.1 模型简化.....2	3.5 综合实例.....43
1.2 边界正确.....3	3.5.1 实例 1: DM 修复模型及相应建模(抽壳、填充) ...43
1.3 参数合理.....3	3.5.2 实例 2: SpaceClaim 抽取梁模型及截面定义(宏定义及调用).....48
1.4 网格适用.....5	3.5.3 实例 3: 依据点云文件生成 3D 模型.....56
第2章 ANSYS Workbench 主界面设置...7	第4章 线性静力学分析.....63
2.1 窗口设置.....7	4.1 有限元求解静力学基本原理.....63
2.1.1 分析系统.....7	4.2 梁单元静力学分析.....65
2.1.2 组件系统.....8	4.2.1 梁模型有限元计算.....65
2.1.3 客户化系统.....9	4.2.2 复杂(变截面、扭转)梁模型建立.....72
2.1.4 设计优化系统.....10	4.2.3 铰接梁模型建立.....77
2.1.5 File 菜单.....10	4.2.4 Beam 单元实例运用.....80
2.1.6 View 菜单.....10	4.2.5 Beam 计算错误释义.....94
2.2 功能设置.....11	4.2.6 小结.....100
2.3 工程流程图.....12	4.3 二维 XY 平面单元静力学分析...100
2.4 ACT 插件.....13	4.3.1 平面应力.....101
2.5 Windows 界面相应操作.....24	4.3.2 平面应变.....117
2.5.1 Administrator 用户定义...24	4.3.3 轴对称.....129
2.5.2 文件名定义.....24	4.3.4 小结.....135
2.5.3 环境变量定义.....25	4.4 三维壳单元静力学分析.....136
2.5.4 监视计算资源.....25	4.4.1 壳单元模型.....136
2.5.5 查找文件.....26	4.4.2 壳单元之复合材料模型...165
2.5.6 鼠标的应用.....27	4.4.3 壳单元之计算错误释义...182
第3章 Workbench 建模.....28	4.4.4 小结.....189
3.1 Imprint Faces (映射面) 定义...29	4.5 三维实体静力学分析.....189
3.1.1 平面映射(含线映射) ...29	4.5.1 Point Mass 的应用.....189
3.1.2 圆弧面映射.....31	
3.1.3 曲面映射.....33	
3.2 概念建模.....37	
3.3 体操作.....41	

4.5.2	约束中 Rigid (刚性) 与 Deformable (柔性) 的区别	201	5.2.1	基本概念	341
4.5.3	Moment 载荷	213	5.2.2	线性特征值屈曲分析实例	345
4.5.4	小结	220	5.2.3	基于初始缺陷的非线性屈曲分析实例	352
4.6	Link 单元静力学分析	220	5.2.4	非线性后屈曲分析实例	356
4.6.1	Link180 模型之分步加载	221	5.3	状态非线性分析——接触	367
4.6.2	Link180 模型之 inis 命令定义初始条件	229	5.3.1	基本概念	367
4.7	Fracture (Crack) 模型静力学分析	238	5.3.2	不同连接方式对比	382
4.7.1	2D Pre-Meshed Crack 模型	240	5.3.3	Gasket 和 Bolt 组合接触实例	386
4.7.2	3D Crack 模型	251	5.3.4	燕尾槽接触实例	397
4.7.3	Solid65 单元模型	259	5.3.5	箱体开启分析实例	405
4.8	子模型 (Submodel) 静力学分析	268	5.3.6	土弹簧分析实例	412
第 5 章	非线性静力学分析	293	5.3.7	复杂模型接触设置实例	419
5.1	材料非线性分析	293	5.3.8	材料非线性接触设置实例	424
5.1.1	基本概念	293	5.3.9	接触设置综合实例	435
5.1.2	超弹性材料本构分析实例	308	5.4	状态非线性分析——状态分离	445
5.1.3	蠕变材料本构分析实例	317	5.4.1	实体损伤失效实例	445
5.1.4	非线性随动强化本构分析实例	333	5.4.2	生死单元实例	453
5.2	几何非线性分析	340	5.4.3	内聚力 (CZM) 分离实例	459
			5.5	非线性收敛方法总结	466
			参考文献		469
			后记		470

第1章 CAE 分析步骤

在现代工程领域，计算机辅助工程（computer aided engineering, CAE）可以在设计阶段对结构进行校核、优化，使工程师在产品未生产之前就对设计的经济性、可靠性、安全性进行评估。在这样的背景下，CAE 开始在结构设计中发挥出极其重要的作用。在各种 CAE 方法中，有限元法（finite element method, FEM）在工程领域应用最广，也是技术相对比较成熟的一种方法。作为一个合格的有限元分析（finite element analysis, FEA）工程师，至少应该具备以下 3 个方面的要求：

- (1) 坚实的理论基础，主要包括力学理论（对于结构有限元分析工程师）和有限元理论；
- (2) 软件运用经验，能熟练应用常用的有限元软件；
- (3) 工程实践经验，对于各种工程问题能够准确地判断并确定分析方案。

在这 3 个方面中，最简单的就是软件运用，很多初学者通过对一些参考书的模仿及学习，熟悉了几个例题之后，就信心满满，以为自己可以做一个分析工程师了，这是极端错误的。参考书的例题与实际工程分析有质的区别：例题是简化的模型，分析类型和边界条件已知，初学者只是简单的遵照参考书的过程重复计算。这个操作过程，中学生都可以完成。在做工程分析的时候，情况完全不同，模型的简化、分析类型和边界条件全部未知，在计算完成后，还需要对结果进行分析和评价。

下面简要介绍 CAE 的分析流程。首先，针对实际工程的问题进行判断，依据工况确定问题类型，判定是否需要有限元分析（很多问题用基本力学计算或者查手册就能更快更准确地得到答案）；其次，对有限元分析项目进行规划并计算，包括模型简化及计算规模、分析类型和边界条件的确定；最后，根据有限元分析结果，提出相应结论和建议，包括分析项目的可靠性、安全性判定，优化的可能，危险的处理等。由上可知，有限元分析工程师仅靠熟悉软件是远远不够的，其工作是对专业知识及实践经验的综合性体现。

小知识

很多项目需要判定是否需要有限元分析。例如，对于一些机械类单一零件产品的分析，如果外载仅为一个重力工况，就不需要进行有限元分析。原因是：这个零件经过生产制造后能够成形，就已经经受了重力的测试。实践是检验真理的唯一标准，实践就已经证明其性能可靠，所以不需要再进行有限元分析。

又如，6 个相同螺栓连接的一对法兰，其中有一个螺栓出现断裂，该螺栓也不需要有限元校核。原因是：设计故障必将批量反映问题，如果该螺栓强度或刚度不足，势必表现出多个或全部螺栓失效；而且，当一个螺栓出现失效时，其余螺栓在偏载和突变情况下仍然不出现失效，正好证明其螺栓是足够安全可靠的。因此，对该螺栓从材料入手，进行金相分析较为合适。

就任一个 CAE 分析而言，必须满足下列四要素。

(1) 清晰的物理概念。工程问题按数学一般分为稳定场(椭圆)方程(用于描述静平衡、稳态热等)、扩散(抛物线)方程(用于描述动力学、瞬态热等)、波动(双曲线)方程(用于描述应力波等波动现象)。

(2) 明确的系统属性。已知上面的3种控制方程, 还要有初始条件或/和边界条件, 才能得到方程的解析解。则系统中需要具备基本的自身参数, 如弹性模量、泊松比、长度、截面积等, 还要具备系统的外界参数, 如力、力矩等。

(3) 各种工程问题的数学表征。实际工程问题往往存在于大量的数据中, 需要抽取或换算得到数学表征参数。例如, 一对齿轮副进行静平衡(静力学)计算, 除了知道其模型尺寸、材料的弹性模量、泊松比、齿轮间的摩擦系数以外, 还需要通过计算求出其载荷(力和力矩), 以保证各个齿轮加载后整个系统的力平衡和力矩平衡; 如果进行瞬态计算, 则需要知道齿轮的密度, 载荷以转速度形式加载。

(4) 计算机实现的可行性和高效性。任何有限元分析都基于一定的假设, 例如, 连续性是实现有限元计算的必要条件, 各向同性、对称性则是实现有限元高效计算的简化手段。

此外, 有限元法是实际工程设计的一种数学辅助方法, 为实际工程而服务, 主要解决的是难以被实验验证的工程问题, 切忌为数学分析而分析。

就有限元软件运用而言, 特别是操作简单、容易上手、方便处理复杂工程模型的 ANSYS Workbench, 很多初学者在学习过程中也往往依葫芦画瓢, 不了解软件输入的每一个参数的来龙去脉。这样致使初学者离开参考书的实例后就茫然无措, 分析实际工程问题时更是无从下手。因此, 在使用 ANSYS Workbench 进行有限元分析时需特别注意以下几点:

- (1) 模型简化;
- (2) 边界正确;
- (3) 参数合理;
- (4) 网格适用。

1.1 模型简化

在决定需要进行有限元分析后, 对分析的模型及其工况在理论和本质上均要有清晰的认识, 对自己使用的软件的能力也要心中有数, 避免不合理和不切实际的分析。运用理论和经验上的判断, 决定计算的模型、规模和类型。由于 ANSYS Workbench 有极佳的计算机辅助设计(computer aided design, CAD)软件接口, 初学者常常在 CAD 软件中建模, 然后将模型导入 ANSYS Workbench 进行有限元分析。殊不知这样处理也是极大的错误。

有限元模型必须与分析目的、计算机性能匹配, 并不是模型越精确计算精度越高。越精确就意味着模型越复杂, 进而要求软件进行更加复杂的矩阵化简求解。这样一来, 模型的误差虽然小了, 计算误差反而增大, 导致最终得不到合适的结果。在建立有限元模型时, 尽量采用尽可能简单的模型, 无需保留实物模型的所有细节特征, 常用作法是: 去掉非关键位置的小孔和槽, 用圆孔代替螺纹孔, 用直角代替圆角及倒角。

如果保留实物模型的诸多细微几何特征, 会导致分析结果的应力集中, 甚至出现应力奇异状态。以图 1-1-1 撬杠分析为例: 实物模型有刻花、腰形槽等几何特征, 如果在有限元模

型中包含这些特征，就必须对这些区域划分极细小的网格，分析结果就会在这些区域显示出应力集中，进而忽视了过渡面的应力状态，使分析结果完全偏离了分析目的。

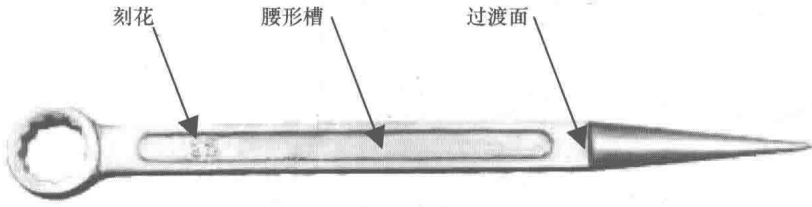


图 1-1-1 撬杠

对于实体为桁架的模型，整体分析不考虑剪力的影响时可以将实体模型简化为梁模型，这样总体计算量较小，精度也较高；如果单向剪力较大，则可将实体模型抽壳为壳模型计算；只有需关注桁架局部的详细受力，且双向剪力较大时，才使用实体模型。

因此，CAE 工程师必须根据理论和经验判断模型几何细节的相关性，进而确定模型的简化方式。但是，有时一些模型几何细节开始时显得不重要，简化分析后在这些细节处应力较大，则可以在有限元模型中恢复几何细节或采用子模型分析。

1.2 边界正确

将实际工程问题转化为力学问题，分析对象的选取、载荷工况和施加载荷的确定、边界条件（位移约束条件）的确定、结构的刚度和质量、载荷传递路径和应力集中等问题的处理是 CAE 分析的关键。

有限元分析时，必须按照实际工况的边界条件，且满足有限元平衡方程，才能求解得到正确结果。例如，分析一个在压力作用下的桌子的变形，边界条件取在桌面的 4 个角点处，即可计算得到结果，但此分析并不符合工程实际情况（工况），应该将边界条件施加在桌子 4 个腿的接地处。

在静力学分析中容易出现边界条件不足，虽然 ANSYS Workbench 会自动将弱弹簧(Weak Springs)施加到模型可能出现刚体位移的位置，但是还是建议设置好充分的约束后，将弱弹簧设置为 Off。针对约束不足的正确方法是对模型先进行模态分析，观察是否具有刚体模态（模态分析出的固有频率在 0~1Hz），依据其频率对应的模态形状，进一步分析是否存在刚体运动（单个零件），或者存在零件之间接触不足（组件或部件）。

接触分析（无摩擦接触、粗糙接触、摩擦接触）涉及迭代计算，如果在接触面体上施加力载荷时，往往难以收敛；改为位移载荷，则相对简单得多。

1.3 参数合理

用 ANSYS Workbench 进行有限元分析，需要对软件有深刻的认识，做到每输入一个参

数都清楚知道这个参数的意义和作用，这不仅仅是需要熟悉软件的界面，更多的是需要理解有限元和力学的理论，有时甚至需要对参数进行一些常识性的辨识。

例如，一台液晶电视机受力分析，已知条件如图 1-3-1 所示：底盘固定，液晶电视机质量为 62.8kg；载荷如图 1-3-2 所示：在方块区域加载 50N；求底座支撑架应力值大小？

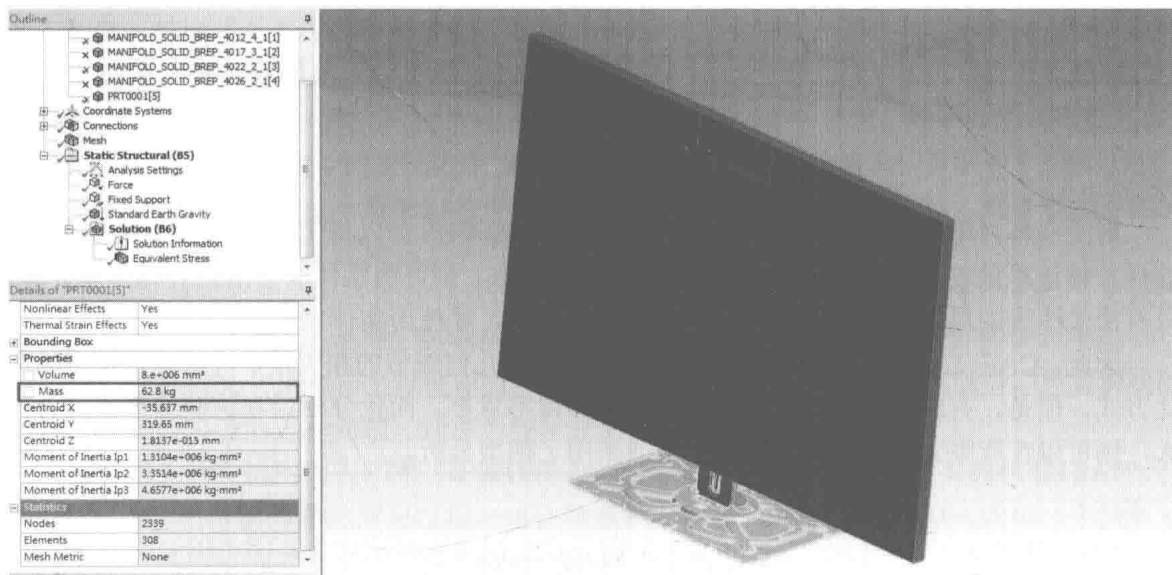


图 1-3-1 液晶电视受力分析已知条件

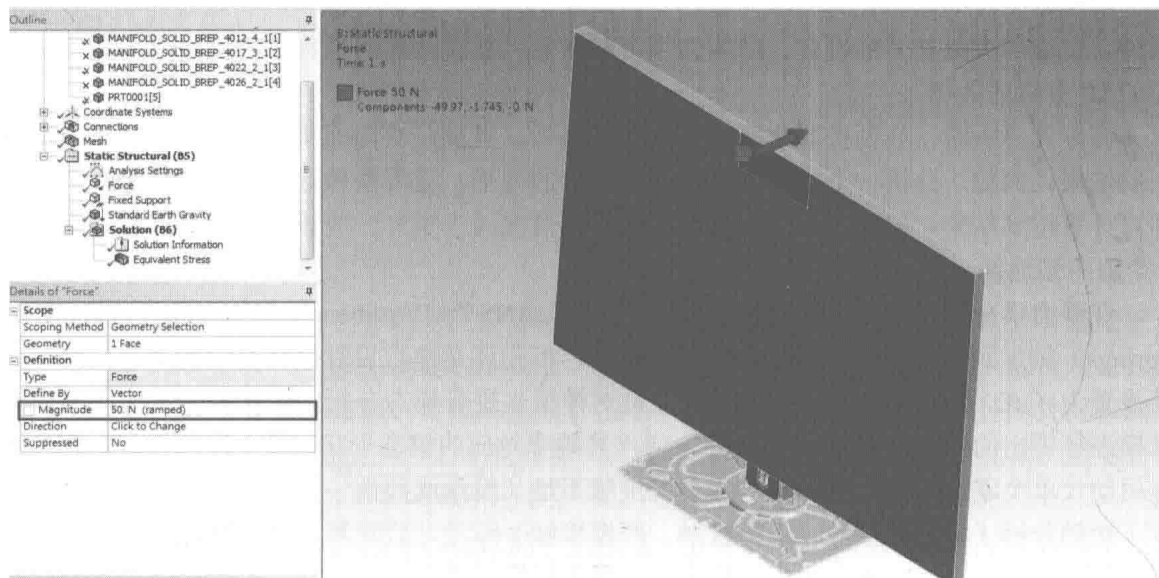


图 1-3-2 液晶电视机受力分析载荷情况

本例采用静力学分析，分析方法 1 添加重力加速度，等效应力值为 318.68MPa，如图 1-3-3 所示；分析方法 2 不添加重力加速度，等效应力值为 310.09MPa，如图 1-3-4 所示。试问在这个分析中是否应该加载重力加速度？

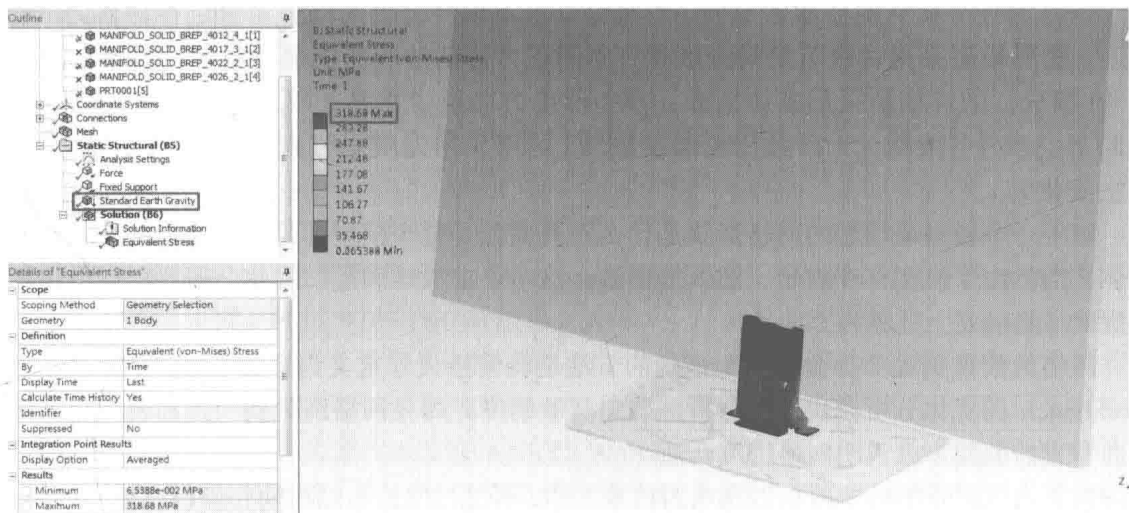


图 1-3-3 底座支撑架的等效应力（添加重力加速度）

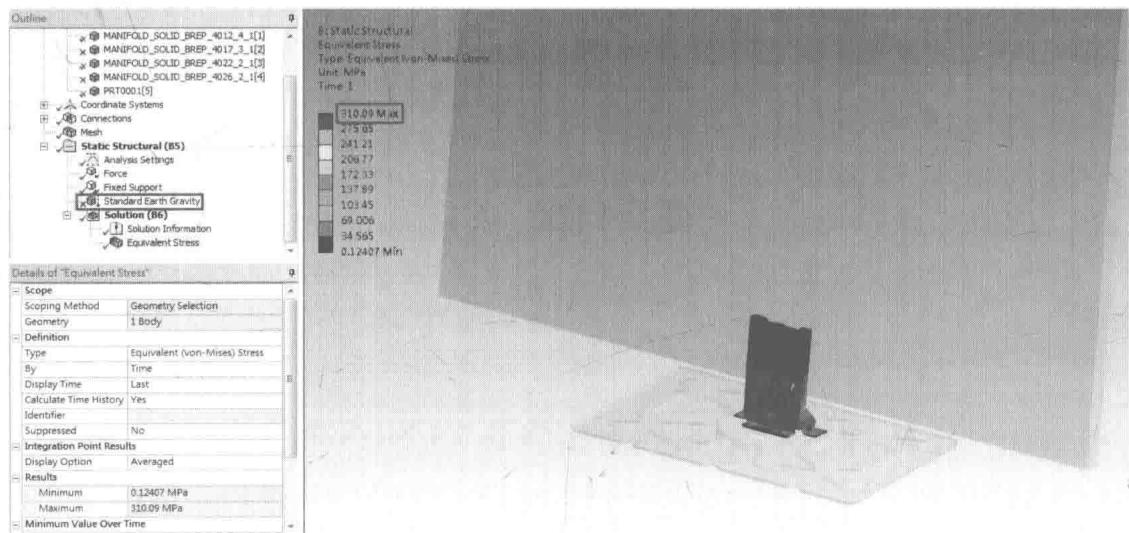


图 1-3-4 底座支撑架的等效应力（不添加重力加速度）

上例就属于不对参数合理性进行判断的典型实例。其分析类型和边界条件均无问题，错误在于液晶电视机的质量。一台液晶电视机质量为 62.8kg，约为一个成年男子的质量，这显然是不合常理的。如果将液晶电视机的质量换成合理的数据，就会发现上例计算后，是否添加重力加速度对整个模型的影响甚微。

1.4 网格适用

ANSYS Workbench 拥有非常智能的自主划分网格能力，整个计算甚至颠覆了常用有限元软件的流程，不用把划分网格作为一个必要的操作。因此，很多初学者往往采用软件自主划分网格，其结果是：重要部分（应力集中区、接触区、大变形区）的结果不准确或不收敛；不重要部分网格过细，浪费了计算时间。

网格的划分往往需要实践经验，当然可以参考软件提供的网格质量进行评估。一般情况下，圆形模型采用古钱币的切分划法，中间正方形的边长为圆形的半径，圆周上至少需要 40 等分；圆环模型采用多体划分；模型厚度方向至少需要 3 层单元；缩减积分时厚度方向至少划分 4 层单元；接触比较难收敛时，可以采用无中间节点的网格形式（单元类型发生变化）。

对于一个模型最理想的网格形状是什么？答案就是整个模型都是大小一致的正方形和立方体，当然由于模型存在斜角、圆弧等要素，这个要求很难满足，因此，需要根据形状拓扑的规律尽量满足上述条件。

网格的数量到底多少合适呢？正确的方法是将网格尺寸定义为参数变量，利用 ANSYS Workbench 的优化分析模块进行分析，确定其敏感度。如果网格细化到一定程度，应力结果不会有大的偏差，就说明网格密度合适。

总之，CAE 分析是一项相当高难的技术工作，不仅对理论基础和软件操作有较高的要求，更需要丰富的工程实践经验，正如 Robert D.Cook 说过的，“FEA makes a good engineer great, but makes a bad engineer dangerous.”

第2章 ANSYS Workbench 主界面设置

ANSYS 早期版本以经典界面为主，Workbench 虽已存在，但当时主要针对 ANSYS 经典界面建模困难而设置。经过 9.0~11.0 升级后，ANSYS 经典界面逐渐稳定，Workbench 也随之功能逐渐增强。当 ANSYS 升级为 12.0 版本时，Workbench 界面发生了根本变化，具有独特的拖拉分析流程、相对完整的分析模块，并首次将经典界面置于其下。之后的 ANSYS 历次升级，均以 Workbench 为重点。现在 ANSYS Workbench（简称 WB）在吸取其他软件的优点后，结合自己的软件框架，已经发展为涵盖结构、热、流体、电磁、疲劳等多个方向的超级 CAE 平台。

本书以 ANSYS 15.0 版本进行叙述。Workbench 主界面包括窗口、菜单、分析流程图设置等。本章主要介绍常用窗口及菜单的一些设置，分析流程图的设置参见 2.3 节及后续各分析章节。

2.1 窗口设置

2.1.1 分析系统

1. 结构分析系统

Design Assessment: 用于对静强度与瞬态结构分析执行工况组合，通过可定制脚本执行后处理。

Harmonic Response: 谐响应分析，支持结构体在持续周期性载荷作用下的响应分析；谐响应分析结果用于验证一个结构设计是否能够成功克服共振、疲劳或其他振动力的有害影响。

Linear Buckling and Linear Buckling(SAMCEF) (β): 线性屈曲分析（使用 ANSYS 或 SAMCEF 求解器），用于预测一个理想弹性结构的理论屈曲强度。

Modal, Modal(SAMCEF), Modal (NASTRAN) (β) and Modal(ABAQUS) (β): 模态分析（使用 ANSYS、SAMCEF、NASTRAN 或 ABAQUS 求解器），用于计算结构体的振动特征（自然频率和对应的模态振型）。

Random Vibration: 随机振动分析，用于分析在不确定性载荷作用下的结构体响应，比如对安装在汽车上的敏感电子设备进行分析。

Response Spectrum: 响应谱分析，类似于随机振动分析，不同的是响应谱分析的载荷激励是一系列确定性极大值。

Static Structural, Static Structural(SAMCEF) and Static Structural(ABAQUS) (β): 结构静力学分析（使用 ANSYS、SAMCEF 或 ABAQUS 求解器），用于计算结构体在载荷（不考虑显著惯性和阻尼影响）作用下的位移、应力、应变和力。

Transient Structural, Transient Structural(SAMCEF) (β) and Transient Structural(ABAQUS) (β): 瞬态结构分析(时间历程分析)(使用 ANSYS、SAMCEF 或 ABAQUS 求解器), 计算结构体在随时间变化载荷作用下的动态响应。

Explicit Dynamics: 显示动力学分析。

Shape Optimization (β): 形状优化分析, 其目的是寻找结构体的最佳材料分布。

Rigid Dynamics: 刚体动力学分析(使用 ANSYS 的刚体动力学求解器), 用于计算一个装配体(由一系列刚体通过运动副和弹簧连接而成)的动力学响应。

Hydrodynamic Diffraction: AQWA 用于计算一个结构在规则或不规则波浪作用下的波浪力和结构运动, AQWA Hydrodynamic Diffraction 用于对结构计算模型进行网格划分。

Hydrodynamic Time Response: AQWA 用于计算一个结构在规则或不规则波浪作用下的波浪力和结构运动, AQWA Hydrodynamic Time Response 用于对结构计算模型施加海洋环境力(风、波浪、海流)。

2. 流体分析系统

Fluid Flow (CFX): 流体分析(使用 CFX), 支持不可压缩和可压缩流体流动分析, 支持复杂几何的热传导分析。

Fluid Flow (FLUENT): 流体分析(使用 FLUENT), 支持不可压缩和可压缩流体流动分析, 支持复杂几何的热传导分析。

Fluid Flow (POLYFLOW): 流体分析(使用 POLYFLOW), 支持带自由面的流体流动分析, 支持复杂流变学分析(带黏弹性的非牛顿流体)。

3. 热分析系统

Steady-State Thermal: 稳态热分析, 用于计算一个物体在不随时间变化的热载荷作用下的温度、热梯度、热流率和热通量。

Thermal-Electric: 稳态的热-电传导分析, 计算电阻材料的焦耳热, 以及热电学中的 Seebeck 效应、Peltier 效应和 Thomson 效应。

Transient Thermal: 瞬态热分析, 用于计算随时间变化的温度和其他热工程量。

4. 其他分析系统

Electric: 电学分析, 支持稳态电导分析。

Magneto Static: 支持 3D 静磁场分析, 磁场可以由电流或永磁体产生。

2.1.2 组件系统

1. 前处理组件

BladeGen: 旋转流体机械三维几何设计专用模块, 用于泵、桨叶、压气机、涡轮、扩张器、风扇、吹风机等的快速设计。

Finite Element Modeler: 支持将网格模型转换成几何模型, 并输出到一个分析系统或几何系统。

Geometry: 即 ANSYS DesignModeler, 提供了面向 CAE 需求的三维几何建模、CAD 模型修复、CAD 模型简化以及 (板壳梁) 概念模型等功能, 是 CAD 与 CAE 之间的桥梁。

Mesh: ANSYS 的网格划分工具。

TurboGrid: 专业的涡轮叶栅通道网格划分软件, 能快速地对形状复杂的叶片和叶栅通道划分出高质量的结构化网格。

2. 求解组件

AUTODYN: 显式有限元分析程序, 用来解决固体、流体、气体及其相互作用的高度非线性动力学问题, 如爆炸等。

CFX: 高端通用计算流体动力学分析软件, 以算法的先进性见长, 具备丰富的物理模型, 可模拟各种流体流动问题。

Explicit Dynamics (LS-DYNA Export): 以显式算法为主的复杂结构高度非线性瞬态动力学分析模块, 用于解决各种高速冲击、碰撞等问题。

FLUENT: 高端通用计算流体动力学分析软件, 以物理模型的丰富性见长, 具备先进算法, 可模拟各种流体流动问题。

Icepak: 专门为电子产品工程师定制开发的专业的电子热分析软件, 可以解决元器件级、板级、系统级、环境级等各种不同尺度的热设计问题。

Mechanical APDL: 即 ANSYS Multiphysics, 融结构、热、流体、声学、电磁场以及这些场之间的耦合分析功能为一体的高端多物理场耦合分析软件包。

POLYFLOW: 采用有限元法的计算流体动力学 (computational fluid dynamics, CFD) 软件, 专用于黏弹性材料的流动模拟, 适用于塑料、树脂、玻璃等材料的挤出成形、吹塑成形、拉丝、层流混合、涂层过程中的流动及传热和化学反应问题。

Vista TF: 涡轮机械的流线条率通流计算程序, 用于在设计早期快速计算涡轮机械 (泵、压缩机、涡轮机) 的径向叶片排数。

Mechanical Model: 即 ANSYS Simulation。

3. 设计前期分析校核组件

Microsoft Office Excel: 使用 Microsoft Office Excel 2007 或 2010 作为 ANSYS Workbench 的计算器。

Engineering Data: 工程材料数据库, 用于定义和访问分析中使用的材料模型。

External Data: 支持用户从一个文本文件导入数据, 并传递给一个分析应用程序。

Results: 专业且先进的 CFD 的后处理工具, 可视化地显示 CFD 仿真结果。

2.1.3 客户化系统

FSI: Fluid Flow (CFX) -> Static Structural: 单向的流固耦合系统 (流体使用 CFX 求解器)。

FSI: Fluid Flow (FLUENT) -> Static Structural: 单向的流固耦合系统 (流体使用 FLUENT 求解器)。

Pre-Stress Modal: 预应力模态分析系统。

Random Vibration: 随机振动分析系统。

Response Spectrum: 响应谱分析系统。

Thermal-Stress: 热应力耦合分析系统。

2.1.4 设计优化系统

Goal Driven Optimization: 目标驱动优化。

Parameters Correlation: 参数相关性研究。

Response Surface: 响应面分析。

Six Sigma Analysis: 6 σ 分析。

2.1.5 File 菜单

New: 新建分析。

Open: 打开一个 wbpj 文件。

Save: 存储当前分析。

Save As: 另存当前分析。

Save to Repository: 存储到库。

Open From Repository: 从库打开。

Send Changes to Repository: 将修改发到库。

Get Changes from Repository: 从库内取出修改。

Manage Repository Project: 库项目管理。

Launch EKM Web Client: 启动 EKM 客户端。

Import: 导入 WB10/11 文件 (wbdb)、材料库文件 (xml 或 engd)、网格文件、图形文件等。

Archive: 压缩为 wbpz 文件, 对于传输动辄几百 MB、甚至上 GB 的 WB 文件非常有用。

Restore Archive: 导出压缩文件。

Save to Teamcenter: 存储到 Teamcenter。

Scripting: 宏。

Export Report: 导出 html 报告。

Exit: 退出。

说明:

WB 的存盘文件包括主索引文件*.wbpj 和同名文件夹*-files, 所有计算文件均放置在该文件夹内, 两者必须共同存在, 缺一不可。

2.1.6 View 菜单

Refresh: 刷新。

Compact Mode: 简洁模式。

Reset Workspace: 重置工作平台。

Reset Windows Layout: 重置布局, 这两个重置操作可以快速将 Workbench 主界面恢复到初始状态。