

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0



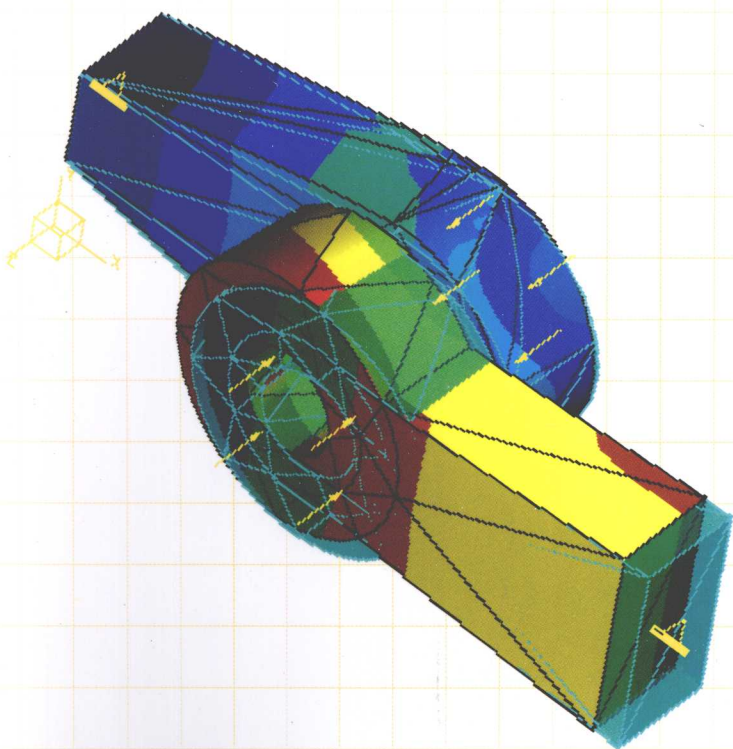
工程结构有限元分析

葛正浩 贾娟娟 杨芙莲 编著

易学易用：**144** 分钟视频教程，**全程语音讲解 + 视频操作演示**，让您轻松学习

内容全面：由浅入深、由易到难、图文并茂地讲解了 **MECHANICA Structure** 模块在结构分析方面的应用，引导读者熟练掌握使用结构分析模块进行静力分析、模态分析、疲劳分析、失稳分析、标准设计、灵敏度分析及优化分析

实例丰富：在知识的讲解过程中穿插了各种实例，帮助您快速掌握所学知识



化学工业出版社

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0

工程结构有限元分析



葛正浩 贾娟娟 杨芙莲 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了基于 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 的 MECHANICA Structure 模块在结构分析方面的应用,图文并茂,引导读者熟练掌握使用结构分析模块进行静力分析、模态分析、疲劳分析、失稳分析、标准设计、灵敏度分析及优化分析。书中所有实例均为常见的模型,随书光盘包含了全部实例的源文件和结果文件。光盘中还包含了所有实例操作过程的 AVI 演示视频,并附有详细的讲解,供读者在学习过程中选择使用。

本书可作为工程设计技术人员学习基于 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 进行工程结构有限元分析的入门与实践书籍,也可作为大专院校机械类专业学生的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 工程结构有限元分析 /
葛正浩,贾娟娟,杨芙莲编著. —北京:化学工业出版社,
2010.6

ISBN 978-7-122-08282-4

ISBN 978-7-89472-270-6 (光盘)

I. P… II. ①葛… ②贾… ③杨… III. 机械设计:计
算机辅助设计-应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 070301 号

责任编辑:陈 静

装帧设计:王晓宇

责任校对:宋 夏

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14¹/₂ 字数 345 千字 2010 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00 元 (含 1CD-ROM)

版权所有 违者必究

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 软件是 PTC 公司基于单一数据库、参数化、特征、全相关及工程数据再利用等概念开发出的一个功能强大的 CAD/CAE/CAM 软件,它能将产品从设计到生产加工的全过程集成在一起,让所有用户同时进行同一产品的设计与制造工作。

Pro/MECHANICA 软件包需要单独安装,包括 Structure (结构分析) 模块和 Thermal (热力学分析) 模块。其中,Structure (结构分析) 模块主要用于解决模型结构方面的问题,Thermal (热力学分析) 模块则主要用于计算与热传递有关的问题。Pro/MECHANICA 可以完全实现几何建模和有限元分析的无缝集成,用户在 Pro/ENGINEER 环境下完成零件的几何建模后,无需退出设计环境就能进行有限元分析。

Pro/MECHANICA Structure 是集静态、动态结构分析于一体的有限元模块,能够模拟真实环境为模型施加约束及载荷,测算模型的应力、应变、位移等参数,实现静态、模态、翘曲、疲劳、动态响应、振动等分析;通过指定设计参数,能够在给定的变化范围内进行敏感度分析,并借助优化分析为模型寻找到最佳参数。在设计阶段就对设计模型进行优化,及时发现错误,提高产品设计质量,降低设计成本。

本书介绍了基于 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 的 MECHANICA Structure 模块在结构分析方面的应用,图文并茂,引导读者熟练掌握使用结构分析模块进行静力分析、模态分析、疲劳分析、失稳分析、标准设计、灵敏度分析及优化分析。

书中所有实例均为常见的模型,随书光盘中包含了全部实例的所需文件。每一个实例所需的文件,均放在相应实例名的文件夹中,实例最后完成的结果,也放在该文件夹的“结果”子文件夹中,以备练习后对照检查。光盘中还包含所有实例操作过程的 AVI 演示视频,并附有详细的讲解,供读者在学习过程中选择使用。其中,第 10 章和第 12 章的 AVI 演示视频都是借助同一个实例,将不同的分析演示串联在一起,希望读者使用时注意。

本书是以 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 中文版为基础编写的,书中所用的专业技术术语均采用本行业的通常用法,非常适合于工程技术人员与学生使用。本书可作为工程设计技术人员学习基于 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 进行工程结构有限元分析的入门与实践书籍,也可作为大专院校机械类专业学生的教材或教学参考书。

本书第 1~4 章由陕西科技大学杨芙莲编写,第 5~8 章由陕西科技大学葛正浩编写,第 9~12 章由陕西工业职业技术学院贾娟娟编写。参与文字录入、整理工作的还有袁妮娟、李艳妮、周亚男、张凯凯、王文君、元庆凯、董学敏、屈毅、蒋萌等。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 2 月

目 录

第1章 Pro/MECHANICA Structure 简介.....	1
1.1 Pro/MECHANICA 及其工作模式简介	1
1.1.1 集成模式	1
1.1.2 独立模式	2
1.1.3 独立模式与集成模式的比较	3
1.2 Pro/MECHANICA 的安装	4
1.3 Pro/MECHANICA Structure 简介	4
1.3.1 Pro/MECHANICA Structure 的主要功能	4
1.3.2 Pro/MECHANICA Structure 的分析类型	5
第2章 Pro/MECHANICA Structure 基础.....	7
2.1 Pro/MECHANICA Structure 分析的基本工作流程	7
2.1.1 Native Mode 模式下的工作流程	7
2.1.2 FEM 模式下的工作流程	8
2.2 Pro/MECHANICA Structure 的用户界面	9
2.2.1 进入 Pro/MECHANICA Structure 模式	9
2.2.2 菜单栏	9
2.2.3 常用工具栏	19
第3章 有限元分析模型的建立.....	21
3.1 模型类型	21
3.1.1 3D 模型	21
3.1.2 平面应力模型	22
3.1.3 平面应变模型	22
3.1.4 2D 轴对称模型	22
3.2 模型的简化	22
3.2.1 壳	23
3.2.2 梁	24
3.2.3 弹簧	26
3.2.4 质量	27
3.3 连接的创建	28
3.3.1 界面	29
3.3.2 创建焊缝连接实例	32
3.3.3 创建刚性连接实例	36
3.3.4 受力连接	37
3.3.5 紧固件连接	39
3.4 有限元分析中材料的分配设置	41
3.4.1 特性参数	41
3.4.2 添加材料	42
3.4.3 制作材料库	43
3.5 分析基准特征的创建	43

3.5.1	模型基准	43
3.5.2	曲面区域	44
3.5.3	体积块区域	45
3.6	当前坐标系	46
第4章	约束和载荷的设置及单元网格的划分	47
4.1	有限元分析中的负荷类型	47
4.1.1	力/力矩载荷	47
4.1.2	压力载荷	51
4.1.3	承载载荷	51
4.1.4	重力载荷	52
4.1.5	离心载荷	52
4.1.6	温度载荷	53
4.2	有限元分析中的约束类型	53
4.2.1	位移约束	54
4.2.2	平面约束	56
4.2.3	销钉约束	56
4.2.4	球约束	56
4.2.5	对称约束	57
4.3	单元网格的划分	58
4.3.1	Native Mode 模式下单元网格的控制和创建	58
4.3.2	FEM 模式下的网格划分	61
第5章	有限元分析应用基础实例	65
5.1	梁和刚架	65
5.1.1	梁坐标系	66
5.1.2	集中载荷作用下的悬臂梁顶端位移 (视频讲解 3 分 37 秒)	66
5.1.3	分布载荷作用下的 U 型梁 (视频讲解 5 分 13 秒)	73
5.1.4	二维刚架 (视频讲解 3 分 42 秒)	77
5.2	平面应力模型 (视频讲解 4 分 44 秒)	82
5.3	平面应变模型 (视频讲解 2 分 45 秒)	86
5.4	薄壳模型 (视频讲解 2 分 2 秒)	90
5.5	轴对称模型 (视频讲解 3 分 11 秒)	94
5.6	实体模型	99
5.6.1	盘形实体模型 (视频讲解 2 分 9 秒)	99
5.6.2	实体-薄壳模型 (视频讲解 2 分 57 秒)	102
第6章	静力分析	107
6.1	直齿圆柱齿轮受力分析 (视频讲解 10 分 44 秒)	107
6.2	组件静压力分析 (视频讲解 4 分 44 秒)	114
6.3	钣金件静力分析 (视频讲解 6 分 44 秒)	118
6.4	圆柱形薄壳屋顶静力分析 (视频讲解 6 分 8 秒)	123
6.5	轴和孔收缩配合接触分析 (视频讲解 6 分 1 秒)	128

6.6 滚珠轴承受力分析	132
第7章 模态分析	137
7.1 中空悬臂梁的固有频率分析 (视频讲解 2 分 51 秒)	137
7.2 集中质量的悬臂梁频率分析 (视频讲解 2 分 18 秒)	143
7.3 桥梁固有频率分析 (视频讲解 2 分 31 秒)	148
7.4 建筑结构频率分析 (视频讲解 4 分 1 秒)	152
第8章 疲劳分析	159
8.1 Fatigue Advisor 简介	159
8.2 材料的疲劳特性	160
8.3 疲劳载荷	161
8.4 连接环疲劳分析 (视频讲解 3 分 51 秒)	162
8.5 拨片疲劳分析 (视频讲解 4 分 9 秒)	165
8.6 活塞疲劳分析 (视频讲解 2 分 14 秒)	169
8.7 扳手疲劳分析 (视频讲解 2 分 47 秒)	172
第9章 失稳分析	177
9.1 细长杆失稳分析 (视频讲解 2 分 42 秒)	177
9.2 薄板失稳分析 (视频讲解 2 分 59 秒)	181
9.3 框架失稳分析 (视频讲解 2 分 57 秒)	184
9.4 径向力下半圆环失稳分析 (视频讲解 3 分 14 秒)	187
9.5 具有变截面的柱的失稳分析 (视频讲解 3 分 20 秒)	190
第10章 预应力分析 (视频讲解 9 分 11 秒)	193
10.1 预应力静态分析	194
10.2 预应力模态分析	198
第11章 动态响应分析	201
11.1 动态时域分析 (视频讲解 5 分 5 秒)	202
11.2 动态频域分析 (视频讲解 5 分 46 秒)	207
11.3 动态冲击分析 (视频讲解 6 分 14 秒)	213
第12章 标准设计及多参数优化设计 (视频讲解 13 分 14 秒)	217
12.1 优化设计简介	217
12.1.1 Mechanica 中优化设计的一般过程	217
12.1.2 建立优化设计的数学模型	218
12.2 标准设计	218
12.3 灵敏度分析	221
12.4 悬臂梁优化设计	223
参考文献	225

第1章

Pro/MECHANICA Structure 简介

【内容】

本章主要介绍 Pro/MECHANICA Structure 分析的基本情况
及安装过程。

【目的】

通过本章的学习,使读者对在 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0
的 Mechanica 环境中进行结构分析的总体情况有初步了解。

1.1 Pro/MECHANICA 及其工作模式简介

美国 PTC 公司的 Pro/ENGINEER Wildfire 是集 CAD/CAM/CAE 于一体的大型设计软件,其中,CAE 常用的模块有 Mechanism Design Extension (MDX) 和 Pro/MECHANICA (Pro/M)。

较早的 Pro/ENGINEER 版本中,Pro/M 包含 Motion (运动分析)、Structure (结构分析)、Thermal (热力学分析) 三部分,功能强大,需要单独安装。Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 与 4.0 相同,只含有 Structural and Thermal Simulation (结构和热模拟) 模块,较以前的 Pro/M,缺少了 Motion (运动分析) 模块,但是功能及可操作性都较以前大有改进,且不需要单独安装。Structure (结构分析) 主要解决模型结构方面的问题, Thermal (热力学分析) 则主要计算与热传递有关的问题。

Pro/MECHANICA 有两种工作模式,集成模式和独立模式。前者是在 Pro/ENGINEER 的操作界面下进行的,后者是在单独的 Mechanica 环境中进行的。

本书主要讲述 Structure (结构分析) 模块在工程结构方面的分析应用,为方便起见,实例主要采用集成模式来完成。

1.1.1 集成模式

在 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 环境下集成了 Pro/MECHANICA 的仿真功能,在不脱离 Pro/ENGINEER 用户环境的情况下,可以创建模型、分析模型并优化模型。不过此模式下又包含两种模式,即软件自带模式和 FEM (Finite Element Mode) 模式。

1. 软件自带模式

单击菜单栏中的“应用程序”→“Mechanica”命令,弹出如图 1-1 所示的“Mechanica

模型设置”对话框。在“功能模式”选项组中勾选“Mechanica Lite (Mechanica 精简版)”复选框,表示使用 Mechanica 的适用版本;在“模型类型”选项组的下拉列表中有“Structure (结构分析)”和“Thermal (热力学分析)”两个选项,本书主要讲述结构分析,在此选择“Structure (结构分析)”选项,取消勾选“FEM 模式”复选框,直接单击“确定”按钮,或单击“Advanced (高级)”按钮。进行分析类型的设置后再单击“确定”按钮,即可进入软件自带模式的操作界面。

此种模式运行于 Pro/ENGINEER 平台之中,操作及界面与 Pro/ENGINEER 相同,能够直接使用建模参数进行分析及结构优化。

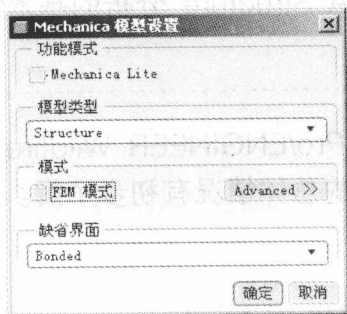


图 1-1 “Mechanica 模型设置”对话框

2. FEM 模式

FEM 表示有限元分析模式,若在如图 1-1 所示的“Mechanica 模型设置”对话框中勾选“FEM 模式”复选框,就可以用 FEM 模式去解决结构分析问题了。

需要指出的是,此种模式没有求解器,需要借助第三方软件求解,但是在 Pro/ENGINEER 中可以完成材料的设置、模型的理想化、约束及载荷的设置和模型网格的划分。

3. 集成工作模式的特点

集成工作模式的特点如下。

(1) 可以选择在软件自带模式或 FEM 模式下定义模型。软件自带模式使用 P 方法划分单元网格;FEM 模式允许使用第三方提供的 H 方法求解器来分析模型。

(2) Pro/MECHANICA 可以在模型分析中自动划分网格。对于实体模型,Pro/MECHANICA 使用四面体、楔、砖块等实体单元网格;对于薄壳类模型,使用三角形和四边形联合划分网格。另外,Pro/MECHANICA 还可以创建混合型单元网格。可以手动添加若干专门的单元类型,或者对模型进行理想化和创建连接,包括梁、各种类型的焊接、弹簧、接触、刚性连接和块。进行分析之前可以对划分的网格进行检测和进一步完善。

(3) 在灵敏度分析和优化设计中,可以通过在模型中定义变量优化模型尺寸。

(4) 可以同时多个模型下工作,包括同时打开装配模型及此装配模型中的任何零件,零件的改变会自动保存到装配模型中去,运行分析的同时会自动保存模型。

1.1.2 独立模式

Pro/MECHANICA 作为一个独立的软件运行,进行建模、分析及设计优化,与 Pro/ENGINEER 没有关联。独立模式的操作界面如图 1-2 所示。此种模式下,可以在 Pro/ENGINEER 中进行几何建模,然后导入 Pro/MECHANICA,也可以导入其他 Pro/MECHANICA 支持的 CAD 软件创建的模型,或者直接在 Pro/MECHANICA 中创建模型。只是需要注意,优化模型的参数后,模型只在 Pro/MECHANICA 中改变,而不能自动在 Pro/ENGINEER 中更新。此种模式的操作性欠佳。

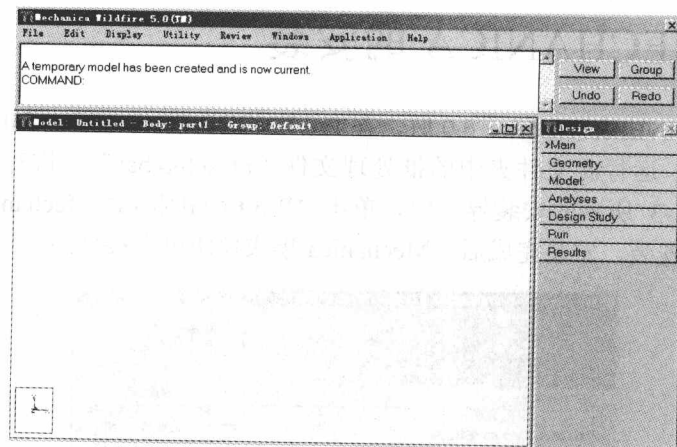


图 1-2 独立模式的操作界面

独立模式的特点如下。

- (1) 可以选择手动或者自动方式划分网格单元。
- (2) Pro/MECHANICA 提供了一系列人工网格生成方法，如几何选取、播种种子点、挤出和旋转等。如果想自动生成网格，可以使用 Pro/MECHANICA 提供的 AutoGEM 软件。
- (3) 在灵敏度分析和优化设计中，可以通过定义尺寸设计变量和特性设计参数来指定模型中可以改变的参数。
- (4) 以创建基于单元的测量方法，获取使模型发生裂纹的力和力矩。
- (5) 可以将 Pro/MECHANICA 分析产生的运动方程导出到其他模拟环境。

1.1.3 独立模式与集成模式的比较

集成模式与独立模式在结构分析中的区别如表 1-1 所示。

表 1-1 集成模式与独立模式在结构分析中的区别

项目	集成模式	独立模式
分析类型	所有	所有
求解器	P-code native solvers Third-part H-code solvers	P-code native solvers
模型类型	2D 和 3D	2D 和 3D
图形格式	仅在 Pro/ENGINEER 界面下创建的图形格式	可以在 Pro/MECHANICA 中创建的图形格式，也可以是独立模式兼容的其他 CAD 图形格式
模型实体	在 Pro/ENGINEER 中创建	在独立模式界面下创建或从其他 CAD 软件导入
测量	基于几何特征	基于几何特征或网格单元
网格划分	自适应网格划分	自动划分或手动划分
参数、变量	模型可以在 Pro/ENGINEER 中随参数的变化而变化	模型只在 Pro/MECHANICA 中改变

1.2 Pro/MECHANICA 的安装

安装 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 时, 在 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 的根目录下, 找到“bin”文件夹, 运行此文件夹中的批处理文件“ptcsetup.bat”, 进行 Pro/ENGINEER 的安装。在如图 1-3 所示的安装界面中, 单击“Pro/ENGINEER Mechanica”按钮, 进行 Mechanica 模块的安装, 安装完成后, Mechanica 集成模块可直接使用。

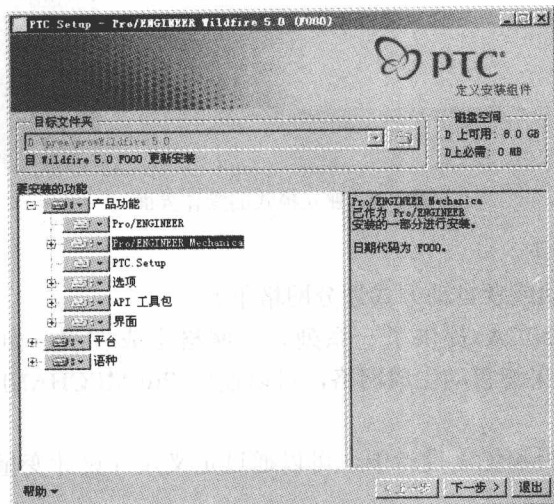


图 1-3 安装界面

1.3 Pro/MECHANICA Structure 简介

Pro/MECHANICA Structure 是集静态、动态结构分析于一体的有限元模块, 能够模拟真实环境为模型施加约束及载荷, 测算模型的应力、应变、位移等参数, 进行静态、模态、翘曲、疲劳、动态响应、振动等分析; 通过指定设计参数, 能够在给出的变化范围内进行敏感度分析, 并借助优化分析为模型寻找到最佳参数。在设计阶段就对设计模型进行优化, 及时发现错误, 提高产品设计质量, 降低设计成本。

Mechanica Wildfire 5.0 的特点体现在以下两个方面。

- (1) 兼容性问题。Mechanica Wildfire 5.0 支持 Pro/INTRALINK、version 3.4、Unigraphics NX 2.0 以及 CATIA 4.2.4 release 2。
- (2) 操作平台特殊局限性。首先注意不要在已有的 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 下安装 Mechanica Wildfire 5.0, 并且 Mechanica Wildfire 5.0 支持 32 字节的 UNIX 操作系统。

1.3.1 Pro/MECHANICA Structure 的主要功能

结构分析模块能够完成的工作如下。

- (1) 在几何模型上定义载荷、约束和材料特性, 从而为设计模型建立一个真实的工作环境。

(2) 控制 Pro/MECHANICA 中对模型的网格划分, 确保获得有效的解决方案。

(3) 在模拟之前指定收敛方式, 并且可以观察 Pro/MECHANICA 自动检查错误、收敛方案求解过程和产生收敛信息的过程。

(4) 用 Pro/MECHANICA 的自适应求解器求解或采用 FEM 模式利用 NASTRAN 或者 ANSYS 求解器求解有限元模型。

(5) 选择一个或多个在某个特定范围内变化的设计参数, 对它们进行灵敏度分析, 以图形的方式显示研究模型的质量、应力、位移等随设计参数的改变而变化的情况。

(6) 优化设计模型, 满足最初的设计要求, 同时降低成本。

(7) 可以用云图、等值线和查询显示等方式显示和存储选定几何模型元素的位移、应力和应变等计算结果。

(8) 用向量显示位移结果、主应力结果和标准梁截面的计算结果, 也可以用动画显示位移的变化、模型的变形以及几何形状的优化过程。

(9) 用线性图表或对数图表显示测量值的每一步变化。

(10) 获取所有单值(如最小值、最大值、最大绝对值、均方根值)评价方法的概要数值。

1.3.2 Pro/MECHANICA Structure 的分析类型

(1) Pro/MECHANICA Structure 模块能进行的分析如下。

- 线性静态分析。
- 非线性大变形分析。
- 模态分析。
- 动态响应分析, 包括频域分析和时域分析。
- 疲劳分析。
- 线性屈曲分析。
- 灵敏度分析, 优化模型结构参数。

(2) 能利用 Pro/MECHANICA Structure 模块进行分析的单元类型和模型类型如下。

- 实体单元。
- 薄壳单元。
- 梁单元。
- 三角形单元或四边形单元。
- 质量和弹簧单元。
- 混合单元模型。
- 砖形单元、楔形单元和四面体单元。
- 平面应力和平面应变模型。
- 轴对称模型。

(3) Pro/MECHANICA Structure 模块能分析的载荷类型如下。

- 点的合力、轴承载荷和载荷函数。
- 从运动分析或温度分析结果输入的载荷。



- (1) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (2) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (3) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (4) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (5) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (6) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (7) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (8) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (9) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (10) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。

1.3.2 ProMECHANICA 2.0 的分析类型

- (1) ProMECHANICA 2.0 的分析类型包括：
 - 线性静态分析
 - 非线性静态分析
 - 模态分析
 - 非线性模态分析
 - 非线性静态分析
 - 非线性模态分析
 - 非线性静态分析
 - 非线性模态分析
- (2) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (3) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (4) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (5) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (6) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (7) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (8) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (9) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。
- (10) 在 ProMECHANICA 2.0 中，用户可以定义自己的分析类型，并可以将其命名为自己的名称。

第2章

Pro/MECHANICA Structure 基础

【内容】

本章将介绍 Pro/MECHANICA Structure 分析的基本工作流程和用户界面。

【目的】

通过本章的学习，使读者对在 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 的 Mechanica 环境中进行结构分析的基本工作流程和相关功能及其界面有初步的认识。

2.1 Pro/MECHANICA Structure 分析的基本工作流程

下面所描述的工作流程，代表其最常用的方法。最终使用的工作流程，将取决于用户的设计过程、所要努力实现的目标以及模型的性质。

2.1.1 Native Mode 模式下的工作流程

Pro/MECHANICA Structure 工作流程（包括集成工作模式和独立工作模式）主要包括 4 个步骤，即创建模型、分析模型、定义设计参数与变量以及优化模型。每一步又包含不同的内容，具体如下所述。

（1）创建模型。

- 1) 在 Pro/ENGINEER 中创建几何模型或者从第三方软件导入几何模型。
- 2) 简化模型。
- 3) 定义系统的单位。
- 4) 根据需要添加坐标系。
- 5) 添加载荷、约束和材料特性参数等。
- 6) 对于弹簧、横梁、壳体等用理想模型代替。
- 7) 检查自动划分的网格。

（2）分析模型。

- 1) 定义一个分析任务。
- 2) 运行分析。
- 3) 查看分析结果。

(3) 定义设计参数和变量。

1) 定义设计参数和变量。

2) 修改模型的外形或特性参数。

(4) 优化模型。

1) 定义灵敏度和优化项目。

2) 运行项目。

3) 观察项目的优化结果。

4) 如果满意优化结果, 更新模型。

2.1.2 FEM 模式下的工作流程

FEM 模式没有求解器, 能够完成对模型的网格划分、边界约束、载荷添加、理想化等前置处理, 随后需要使用第三方软件进行求解, 如 NASTRAN、ANSYS 等。

在未安装 Pro/MECHANICA 的环境下, FEM 模式同样可用。FEM 模式下的具体工作流程如下所述。

(1) 创建模型。

1) 在 Pro/ENGINEER 中创建几何模型或者从第三方软件导入几何模型。

2) 简化模型。

3) 定义系统的单位。

4) 根据需要添加坐标系。

5) 添加载荷、约束和材料特性参数等。

6) 对于弹簧、横梁、壳体等用理想模型代替。

7) 添加连接, 如焊接、链接和接口。

(2) 定义分析。

1) 选择分析类型。

2) 选择用于分析的合适的约束、载荷、模式和频率。

(3) 创建网格。

1) 应用网格控制定义网格的参数。

2) 创建网格。

3) 如有必要查看网格并且优化。

(4) 求解模型。

1) 导出网格, 运用 NASTRAN 或 ANSYS 的有限元网格来求解。

2) 查看输出的网格。

3) 选择性地运行分析。

(5) 查看结果。

1) 如果运行一个分析, 可以将所求解的模型导入到机构的后处理模式中来查看结果。

2) 查看分析结果的图像。

- 3) 给结果定义有限元参数。
- 4) 查看分析统计的结果。
- 5) 评估报告。

2.2 Pro/MECHANICA Structure 的用户界面

2.2.1 进入 Pro/MECHANICA Structure 模式

单击菜单栏中的“应用程序”→“Mechanica”命令，弹出“Mechanica 模型设置”对话框。在“模型类型”选项组的下拉列表中选择“Structure（结构分析）”选项，单击“确定”按钮，弹出如图 2-1 所示的集成模式操作界面。

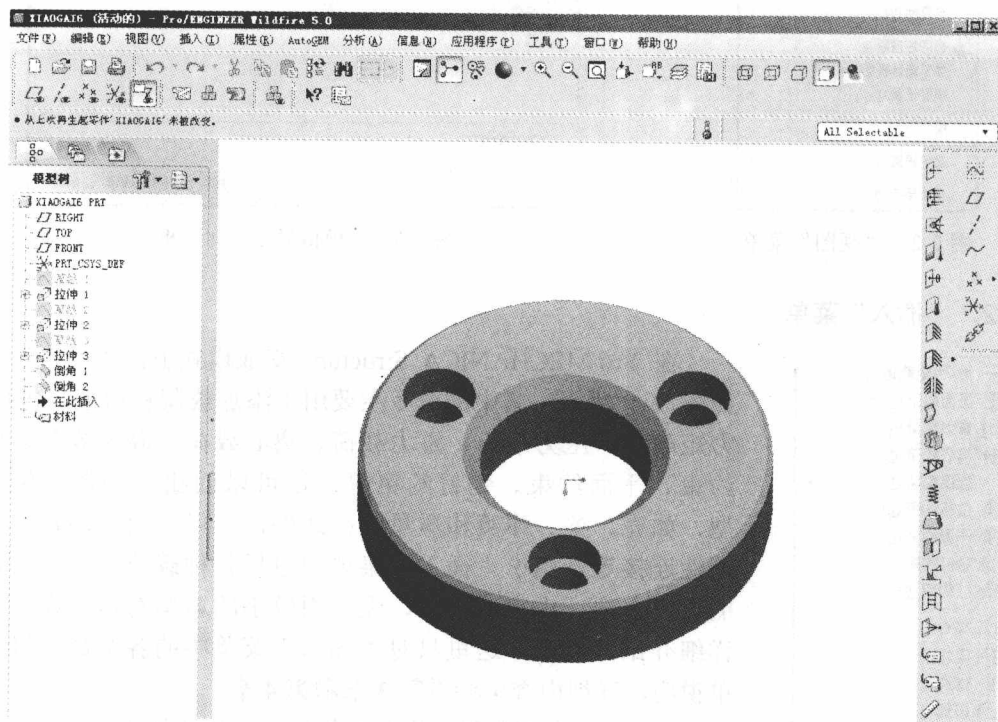


图 2-1 集成模式操作界面

2.2.2 菜单栏

1. “视图”菜单

“视图”菜单如图 2-2 所示，使用其中的命令，可以进行模型的重画和着色、调整模型视图的方向、隐藏和显示图元、管理视图、设置模型，以及对模拟显示进行设置等操作。

这里主要介绍一下“模拟显示”命令。

单击菜单栏中的“视图”→“模拟显示”命令，弹出如图 2-3 所示的“模拟显示”对话框。通过单击“设置”、“建模图元”、“载荷/约束”、“设置可见性”和“网格”选项卡，利用选项卡中的选项可进行与之相关的设置。



图 2-2 “视图”菜单

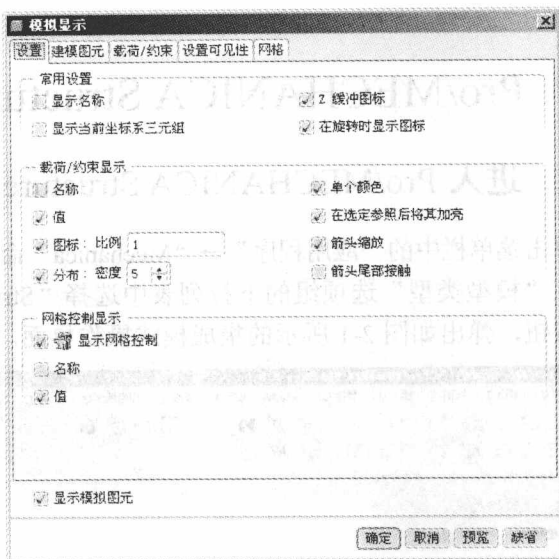


图 2-3 “模拟显示”对话框

2. “插入”菜单



图 2-4 “插入”菜单

在 Pro/MECHANICA Structure 集成模式下，“插入”菜单如图 2-4 所示，其中的命令主要用于添加载荷和约束，包括力/力矩载荷、压力载荷、重力载荷、离心载荷、温度载荷、位移约束、平面约束、销钉约束等；还可以创建一些理想化的模型，如壳、梁、弹簧和质量等；此外，还可以用于创建焊缝和刚性连接等。由于“插入”菜单中包括各种载荷、约束及连接的设置方法，内容比较多，无法用较小的篇幅对这些命令进行详细介绍，因此，这里只对“插入”菜单中的各个命令进行简单说明，详细内容可参看第 3 章和第 4 章。

(1) 力/力矩载荷：单击该命令，弹出“力/力矩载荷”对话框，用于设置力和力矩载荷，包括集中载荷、线载荷和面载荷。

(2) 压力载荷：单击该命令，弹出“压力载荷”对话框，用于设置垂直于所选面的单位载荷。

(3) 重力载荷：考虑模型的重力时利用该命令设置重力载荷。

(4) 离心载荷：对有旋转运动的模型可以设置离心载荷。

(5) 温度载荷：可设置全局温度载荷和结构温度载荷。

(6) 位移约束：创建点、线、面的位移约束。

(7) 平面约束：创建平面约束。