

Pro/ENGINEER

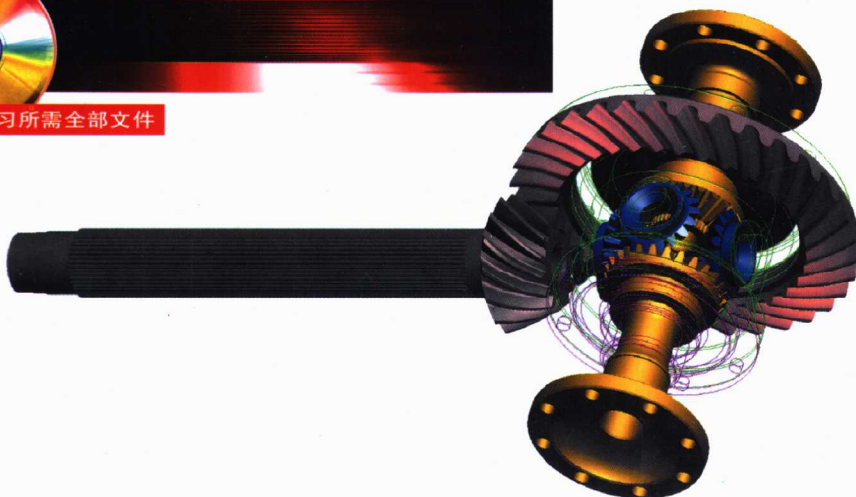
运动仿真和有限元分析

祝凌云 李 斌 编著



本书所附光盘

包括实例练习所需全部文件



- ◆ 全面采用野火版中文环境
- ◆ 涵盖运动、结构、热力学分析
- ◆ 使读者运用分析功能进一步提升设计效率



Pro/ENGINEER 系列丛书

Pro/ENGINEER运动仿真 和有限元分析

祝凌云 李斌 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 运动仿真和有限元分析/祝凌云, 李斌编著. —北京: 人民邮电出版社, 2004.3
(Pro/ENGINEER 系列丛书)

ISBN 7-115-12105-2

I. P... II. ①祝...②李... III. 机械—运动(力学)—计算机仿真—应用软件, Pro/ENGINEER②有限元分析—应用软件, Pro/ENGINEER IV. ①TH113.2②0241.82
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 012934 号

Pro/ENGINEER 系列丛书

Pro/ENGINEER 运动仿真和有限元分析

◆ 编 著 祝凌云 李 斌
责任编辑 俞 彬

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132705
· 北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.75

字数: 549 千字

2004 年 3 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12105-2/TP · 3866

定价: 45.00 元(附光盘)

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

内 容 提 要

本书以 Pro/ENGINEER 的 CAE 功能为对象，详细介绍了 Mechanism 和 Mechanica 两个模块的应用。

本书第一章介绍了 Mechanica 的安装及配置；第二章介绍了 Mechanism；第三章到第五章介绍了集成模式 (Integrated Mode) 的 Mechanica；第六章介绍了独立模式 (Independent Mode) 的 Mechanica。

全书在写作风格上力求精简、实用，目标是让每一个 Pro/E 使用者，都能够轻松使用 Pro/E 的分析功能。本书适合于 Pro/ENGINEER 的中高级用户使用，也可作为培训用书。

本书阅读及光盘使用说明



本书阅读说明

1. 本书按照实际设计流程为顺序进行讲解。
2. 在包含必要操作的基础上，所有步骤配合按钮图标以最简洁的方式予以表述，例如：“（拉伸）→ （切剪）→ （草绘）→ 选取 DTM1 为草绘平面 ……”。
3. Pro/E 特征创建完成后，该特征处于被选中状态，所以直接使用上一特征的新特征，本书将不再重复这一选择步骤，例如：

20. 选取曲面 F12 → 按下 Ctrl 键选取曲面 F18 → （曲面合并）→ （确认）。
 21. 按下 Ctrl 键选取曲面 F10 → （曲面合并）→ （反转方向）→ （确认）。

步骤 21 中不再重复对曲面 F18 的选取步骤。

4. 部分草绘图较复杂，如果看不清楚，请打开附书光盘中相应的零件文档参考。



光盘使用说明

1. 书中每个范例都有一个与之对应的文件夹，例如第二章范例 5 所对应的文件夹就是 Chapter 2\example_05。
2. 文件夹中含有范例所需的模型（部分范例所需的模型在练习过程中建立）。
3. 完成的范例文件放置于文件夹内的 finish 目录下，读者可以参考。
4. 建议读者事先将文件夹复制到硬盘上，并通过 Pro/E 下拉式菜单 Files→Set Working Directory...将其设置为工作目录，以方便读取。

前 言

可能这会是您的第一个问题：“Pro/E 的分析功能到底强不强？”

比起十分专业的分析软件，Pro/E 无法匹敌，但 Pro/E 却是今天使用率最高的三维 CAD 软件。比起准确率 99% 的分析，顺手就能完成的趋势评估，也许更贴近绝大多数的使用者！

Mechanism 和 Mechanica 是 Pro/E 最主要的两个分析模块。前者用于机构分析，后者则是集运动、结构、热力学于一体的大型分析模块，能够进行静态、动态、疲劳、冲击等多种分析。分析模块在使用界面及操作风格上与其他常用模块十分相近，因此对于 Pro/E 使用者来说十分容易上手。另外，Mechanica 的集成工作模式能够直接调用建模参数进行优化分析，这是其他分析软件无法做到的。

书中每个模块的介绍都配合“初体验”这一节，即便您在此之前没有任何的使用经验，也能在第一时间看到显示器上的仿真画面，使您全面领略与感受 Pro/E 的分析功能。为了让大家都能够轻松使用 Pro/E 的分析功能，全书在写作风格上力求“精简”、“实用”，无论之前是否有相关的基础，相信通过本书的学习就能够将分析结合到您的设计之中。

和以往的每本书一样，我们仍在站点 <http://www.fr-cad.com> 为大家提供图书的咨询答疑及相关的技术支持。

“让每一个 Pro/E 使用者，都能够轻松使用 Pro/E 的分析功能！”

祝凌云

目 录

第 1 章 Pro/E 的仿真和分析

1.1 简介	2
1.2 Pro/MECHANICA 的三种工作模式	2
1.2.1 FEM (Finite Element Modeling) 模式	2
1.2.2 集成模式 (Integrated mode)	2
1.2.3 独立模式 (Independent Mode)	3
1.3 Pro/MECHANICA 的安装	3
1.3.1 命令配置	3
1.3.2 编译器安装	5

第 2 章 机构设计扩展 MDX

2.1 MDX 简介	8
2.2 运动仿真初体验	8
2.3 工作流程及指令架构	17
2.3.1 工作流程	17
2.3.2 指令架构	18
2.4 建立运动模型	19
2.4.1 质量属性	19
2.4.2 连接	19
2.4.3 连接轴设置	23
2.4.4 拖动和快照	24
2.4.5 伺服电动机	25
范例 1 牛头刨床主运动机构 (见图 2.48)	28
范例 2 插齿机主运动机构	33
2.4.6 运动副	38
范例 3 槽轮机构	41
范例 4 自动改锥	46
范例 5 圆柱直齿轮运动副	52
2.5 设置运动环境	59
2.5.1 重力	59
2.5.2 执行电动机	59
2.5.3 弹簧	60
2.5.4 阻尼	62

2.5.5	力/扭矩	62
2.5.6	初始条件	63
2.6	分析	64
2.6.1	运动学、重复的组件	67
2.6.2	动态	67
范例 6	秒摆	68
范例 7	动量守恒示例	71
2.6.3	静态	73
范例 8	四杆机构的平衡状态	73
2.6.4	力平衡	75
范例 9	吊钩平衡分析	75
2.7	获取分析结果	77
2.7.1	回放	77
2.7.2	测量	78
2.7.3	轨迹曲线	80
范例 10	行星齿轮机构	81
范例 11	挖掘机摇臂机构受力分析	88
范例 12	物理模型求解	96

第 3 章 结构分析

3.1	Pro/MECHANICA Structure 简介	102
3.2	Pro/MECHANICA Structure 初体验	102
3.3	一般工作流程及指令架构	117
3.3.1	工作流程	117
3.3.2	指令架构	118
3.4	模型类型	119
3.5	材质分配	119
3.6	模型的理想化	121
3.6.1	Shell (薄板)	121
范例 1	Shell 的创建	124
3.6.2	Beam (梁)	126
3.6.3	Mass (质点)	129
3.6.4	Spring (弹簧)	130
范例 2	Beam、Mass 和 Spring 的创建	132
3.7	连接	135
范例 3	焊接连接	136
范例 4	刚性连接	139

3.8 当前坐标系	141
3.9 分析特征	141
3.10 约束和载荷	142
3.10.1 约束	142
范例 5 约束设置	144
3.10.2 载荷	146
范例 6 线载荷	150
范例 7 压力载荷	155
3.11 测量	157
3.12 网格划分	158
3.13 显示控制	160
3.14 设计控制	161
3.15 建立分析/研究	163
3.16 获取结果	169
范例 8 多参数设计优化	173
范例 9 桁架结构分析	184
范例 10 变速箱侧盖受力分析	194
范例 11 组件的接触分析	201

第 4 章 热力学分析

4.1 一般工作流程及指令架构	208
4.1.1 工作流程	208
4.1.2 指令架构	208
4.2 模型类型	209
4.3 边界条件	210
4.4 热力载荷	211
4.5 建立分析/研究	212
范例 1 CPU 散热片分析	213
范例 2 圆底锅热力分析	218
范例 3 热力学与结构分析嵌套	225
4.6 振动分析	231
范例 4 音叉频率分析	231
4.7 疲劳分析	235
范例 5 活塞疲劳强度分析	235

第 5 章 运动分析

5.1 Pro/MECHANICA Motion 简介	246
5.2 Pro/MECHANICA Motion 初体验	246
5.3 一般工作流程和指令架构	262
5.3.1 设计流程	262
5.3.2 指令架构	263
5.4 元件属性	263
5.4.1 材质	264
5.4.2 材质阻尼	264
5.4.3 齿轮特征	265
5.5 主体	266
5.6 凸轮特征	267
5.7 槽特征	267
5.8 连接	268
5.8.1 接头	269
范例 1 销钉接头的创建和编辑	270
5.8.2 凸轮运动副	275
5.8.3 槽运动副	276
5.8.4 齿轮运动副	277
5.9 驱动	277
范例 2 凸轮机构	279
5.10 载荷	287
5.11 接触区域	291
5.12 初始条件	292
5.13 测量	294
5.14 设计变量	296
5.15 参数	297
5.16 摘要	298
5.17 建立分析	298
5.17.1 装配分析	299
5.17.2 速度分析	299
5.17.3 静态分析	300
5.17.4 运动分析	300
5.17.5 机构评估	301
5.17.6 重置	301
5.18 结果	301
范例 3 四杆机构的设计	305

第6章 独立模式 Pro/M 简介

6.1 Pro/MECHANICA 的独立模式	318
6.2 独立模式和集成模式的比较	318
6.3 操作界面	318
6.4 指令架构	319
6.4.1 对象创建	319
6.4.2 对象编辑	320
6.4.3 信息查看	321
6.4.4 应用程序切换	321
6.5 视图控制	321
6.5.1 视角控制	321
6.5.2 显示设置	322
6.5.3 模型窗口	323
6.6 范例	325
6.6.1 运动分析-单摆	325
6.6.2 结构分析- U 型架	334

第 1 章

Pro/E 的仿真和分析

Pro/E 运动仿真和有限元分析
ENGINEER

1.1 简介

使用软件对设计模型进行仿真和分析，能够模拟真实环境中的工作状态并对其进行分析和判断，以尽早发现设计缺陷和潜在的失败可能，提前进行改善和修正，从而减少后期修改而付出的昂贵代价，减小设计的周期。

Pro/ENGINEER (Pro/E) 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)。

MDX 用于运动分析，与 Pro/E 完全集成，无需单独安装，操作简便易于使用，但功能并不是很强。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，但在易用性、可操作性方面欠佳，需要单独安装。

1.2 Pro/MECHANICA 的三种工作模式

1.2.1 FEM (Finite Element Modeling) 模式

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、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。

1.2.2 集成模式 (Integrated mode)

集成模式运行于 Pro/ENGINEER 平台之上，操作及界面与 Pro/ENGINEER 相同，能够直接使用 Pro/ENGINEER 的参数进行分析及优化。

在 Pro/ENGINEER 环境中点击下拉式菜单“应用程序”→ Mechanica 即可进入集成模式，如图 1.1 所示。



图 1.1

Motion: 运动分析;
 Structure: 结构分析;
 Thermal: 热力学分析;
 Mold: 模具分析 (FEM 模式);
 New Sim Mdl: 删除原有分析特征重新开始;
 Indep Mec: 切换至独立模式;
 Proc Advisor: 流程简介;
 FEM Mode: FEM 模式, 未安装 MECHANICA 仅能使用该模式。

1.2.3 独立模式 (Independent Mode)

独立模式不需要 Pro/ENGINEER 平台的支持, 能够独立运行, 可导入第三方软件的模型, 功能要比集成模式稍强, 但与 Pro/ENGINEER 的集成性不佳, 其操作及界面更接近 UNIX 环境, 较不容易掌握。安装后可以使用程序组项目中的快捷方式启动, 如图 1.2 所示。

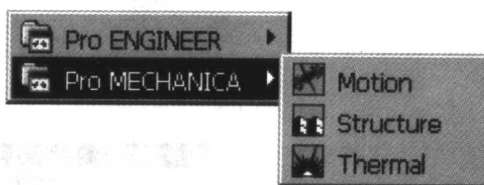


图 1.2

1.3 Pro/MECHANICA 的安装

野火版已将 Pro/ENGINEER 和 Pro/MECHANICA 放置于同一安装盘当中, 如果勾选了 Pro/MECHANICA 选项, 那么在 Pro/ENGINEER 安装完成后, 系统将自动进入 Pro/MECHANICA 的安装, 其过程与 Pro/ENGINEER 基本相同, 如图 1.3 所示。

1.3.1 命令配置

安装完 Pro/MECHANICA 后, 并不能直接使用集成模式, 需要对 Pro/ENGINEER 的启动命令进行相关的配置。

方法一

在已安装 Pro/ENGINEER 的情况下, 通常采用超级安装方式 (运行 `proeWildfire \ bin \ ptcsetup.bat`) 对启动命令予以配置: 在安装进行到“创建并配置命令”步骤时, 对启动命令进行编辑, 指出 Pro/MECHANICA 的安装路径, 如图 1.4 所示。

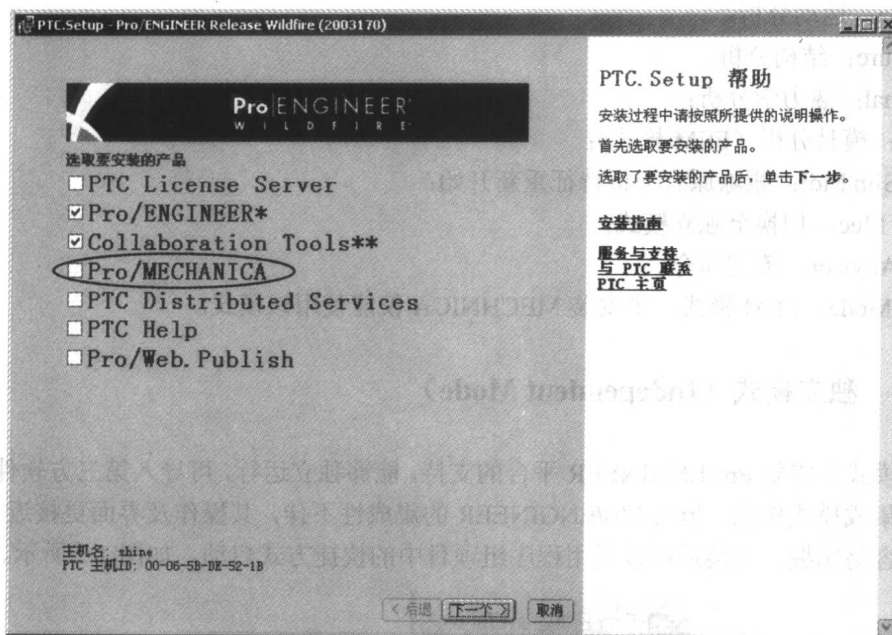


图 1.3

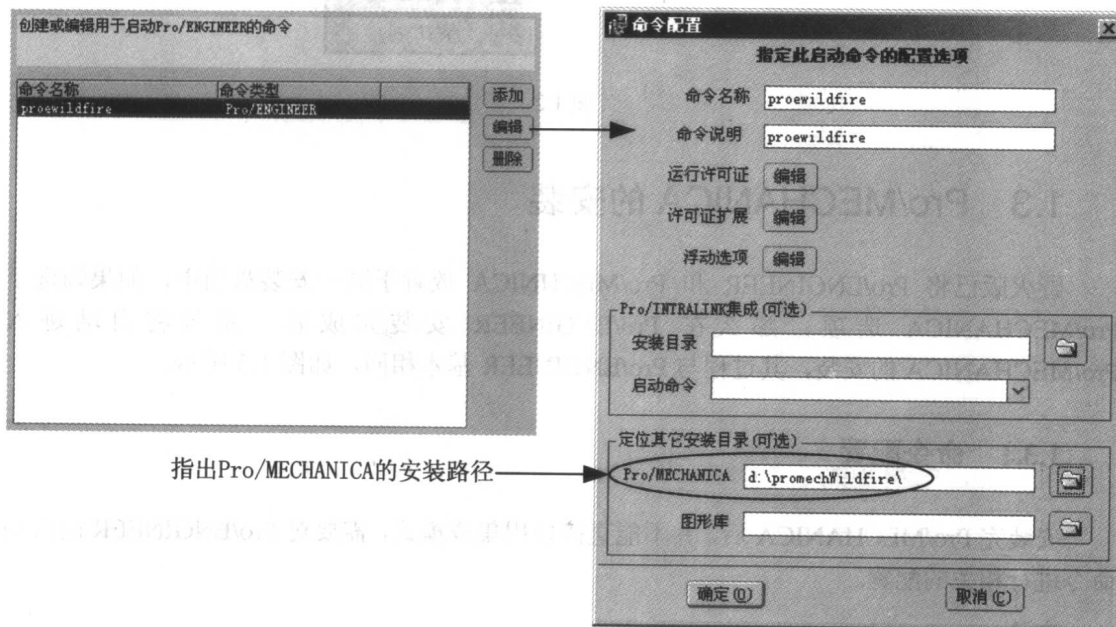


图 1.4

方法二

也可以直接对启动命令采用手工编辑的方法：使用编辑器（例如记事本）打开启动命令文件 `proswildfire.psf`（位于 `proeWildfire\bin`），将“`ENV=MECH_LP=`”右侧的“`__MECH_DIR__`”替换为 `Pro/MECHANICA` 的安装路径，如图 1.5 所示。

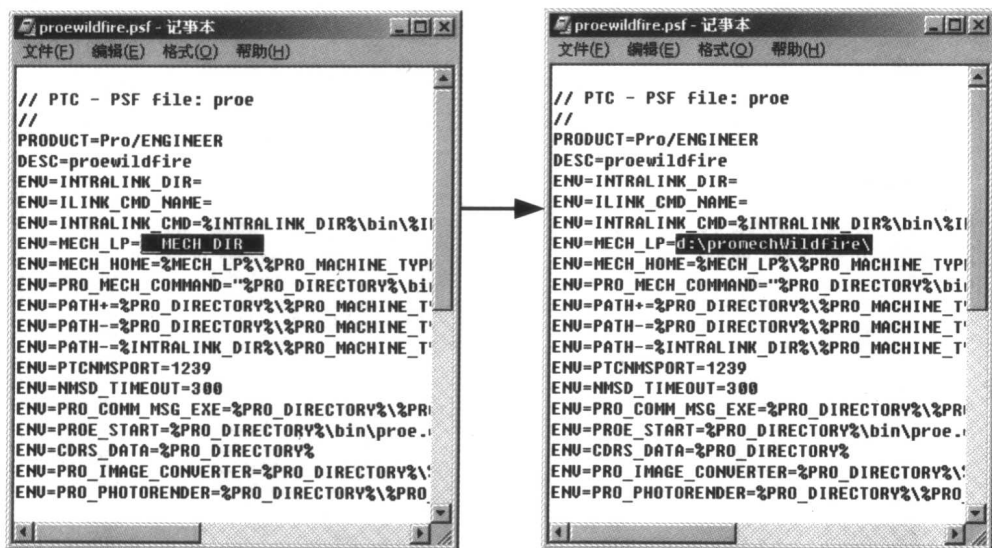


图 1.5

1.3.2 编译器安装

如果需要使用 Pro/MECHANICA Motion 进行运动分析, 那么必需借助 VC 进行编译以求解。安装时最好让软件自动注册环境变量, 以方便调用, 如图 1.6 所示。

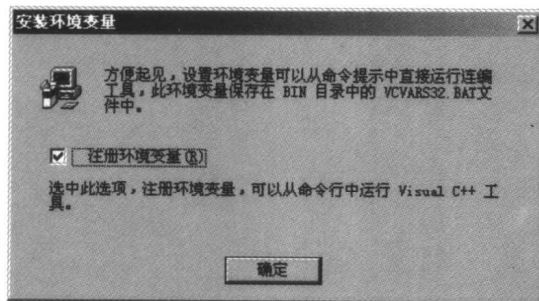


图 1.6

随后手工添加一个环境变量, 为运动分析引擎指出 VC 安装路径, 如图 1.7 所示。

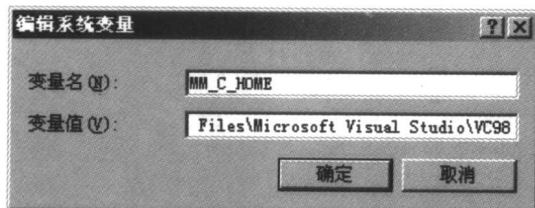


图 1.7

