



林清安

编著

<http://www.linproe.com.tw>

飞思数码产品研发中心 监制

Pro/ENGINEER

野火3.0 中文版

适用 Pro/ENGINEER 野火 3.0
中文版/英文版

动态机构设计与仿真



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

随书光盘内容为书中实例源文件、多媒体教学系统、林教授2005年Pro/E讲座录像及林教授开发的Pro/E标准零件库软件



Pro/E
开发院



Pro/ENGINEER

野火3.0 中文版

林清安

编著

<http://www.linproe.com.tw>

飞思数码产品研发中心 监制

动态机构设计与仿真

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以浅显易懂的方式及众多的实务案例来说明如何以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版或英文版来设计组件产品的三维运动机构, 并进行机构的位置分析、运动分析、动态分析、静态分析及力平衡分析。涵盖的内容包括: 机构设计的基本流程及简易范例; 设定约束条件, 以装配固定不动的组件; 设定连接条件, 以装配可移动的组件; 拖曳组件, 以测试机构设计的正确性; 设定机构分析与仿真的初始条件; 定义伺服电动机的驱动轴及电动机的规格; 定义动态分析所需的负载及组件 (例如重力、重力电动机、力及力矩、弹簧、阻尼器等); 定义进阶的组件连接方式 (例如凸轮及齿轮); 进行各类型的机构分析: 位置分析、运动分析、动态分析、静态分析、力平衡分析; 播放及录制机构的动态仿真; 测量机构运动的各项数据 (如位移、速度、加速度、负载、冲击力、冲量等); 产生机构上关键位置的运动轨迹曲线; 产生机构运动的包络形状、组件碰撞的分析及仿真、机构设计实际案例 (例如堆高机循迹运动、引擎汽缸的进排汽阀门的机构等)。

本书着重于讲解 Pro/ENGINEER 野火 3.0 使用时的“逻辑思维”, 让读者从本书了解 Pro/ENGINEER 三维动态机构设计的理念, 而不只是局限于命令的位置与命令的操作。本书提供了相当多的动态机构设计范例, 使读者能从实例中培养实务设计的能力。本书所附光盘含有多媒体教学系统, 由作者以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 逐步示范及解说书中数个范例的详细操作过程; 本书的光盘也含有作者 2005 年的演讲讲座录像; 以及作者开发的 Pro/E 标准零件库软件。

本书适用于大专院校“计算机辅助设计”、“机构学”、“机械设计”等相关课程的上课或实习教材。同时, 业界人士也可以利用本书来学习如何以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 进行动态机构的设计。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版动态机构设计与仿真 / 林清安编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.3
(Pro/E 开发院)

ISBN 978-7-121-03777-1

I. P… II. 林… III. ①机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER 野火 3.0
②机械设计: 仿真设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 005037 号

责任编辑: 王树伟

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 850×1168 1/16 印张: 25.25 字数: 686.8 千字

印 次: 2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 56.80 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系,

联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



林清安

台湾大学学士、美国哥伦比亚大学硕士、美国普度大学博士、美国密苏里大学机械系助理教授，现为台湾科技大学机械系教授。

林教授从事 3D CAD/CAM 及 Pro/E 教学及研究工作近 16 年，发表 30 余篇学术期刊论文，主持 30 多项 Pro/E 研发计划，撰写约 50 本 Pro/E 书籍，在中国许多地区（含港、澳、台）进行约 40 场 Pro/E 演讲讲座。此外，近 8 年来每年培养台湾地区约 700 位 Pro/E 专业工程师，以及 100 位大专院校 Pro/E 教师，并担任“清华大学 Pro/E 人才培训及认证中心”首席顾问及师资培训教授。



ISBN 7-121-01700-8
定价: 45.00



ISBN 7-121-01078-X
定价: 49.00



ISBN 7-121-01056-9
定价: 49.00



ISBN 7-121-01055-0
定价: 49.00



ISBN 7-121-02043-2
定价: 59.00



ISBN 7-121-03193-0
定价: 56.80



ISBN 7-121-03110-8
定价: 59.00

出版说明

Pro/ENGINEER 自问世以来,日趋盛行,已成为当今最为普及的 3D CAD/CAM 设计系统。它集零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构设计、仿真、应力分析、产品数据库管理、协同设计开发等功能于一体。Pro/ENGINEER 在企业制造三维设计中占有极其重要的地位,世界主要大型汽车制造厂及空中客车、波音公司等飞机制造公司都是它的用户,Pro/ENGINEER 对世界制造业的贡献是不可磨灭的。

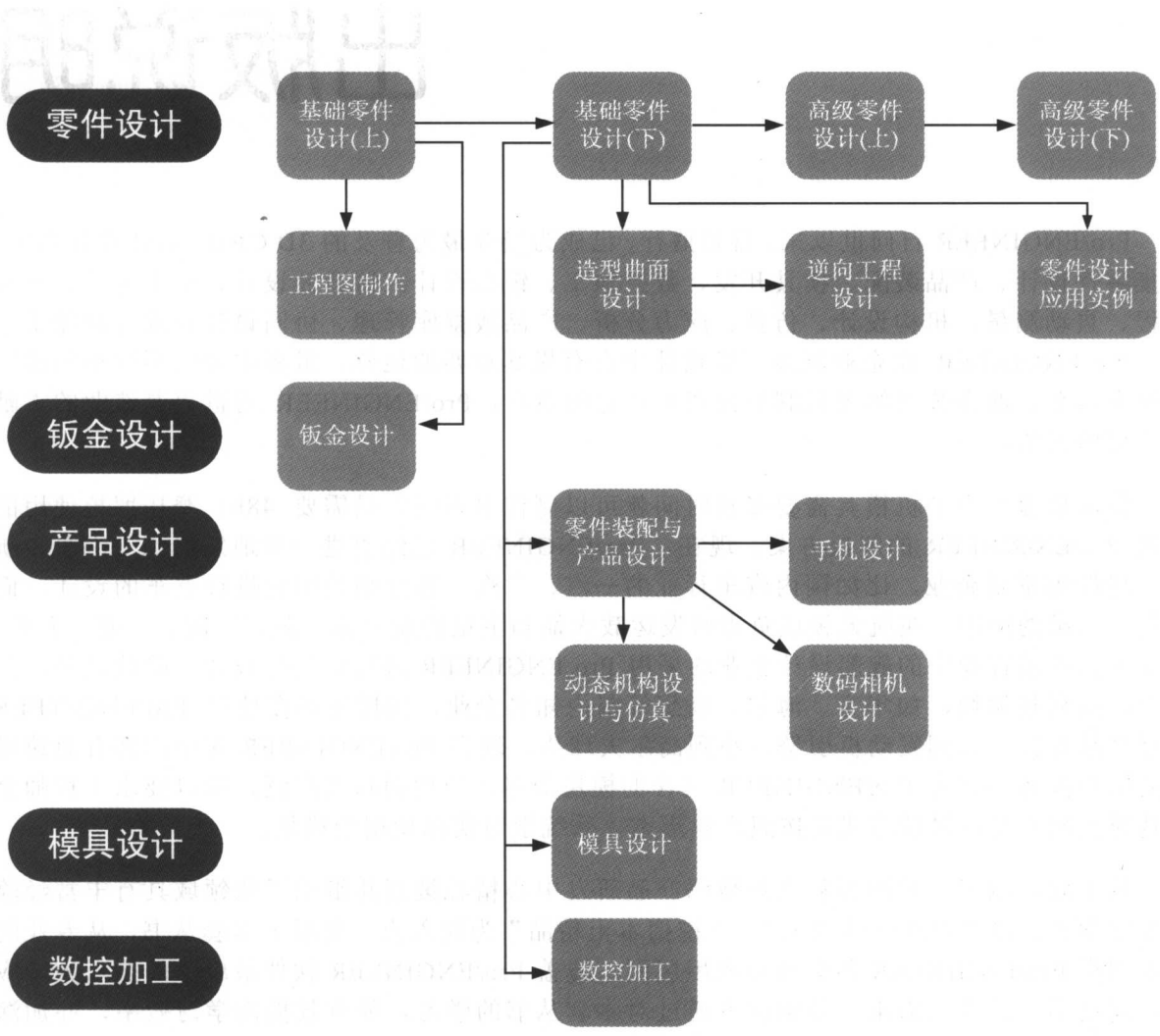
您能想象一个手机模具需要多长时间就可以制作出来吗?只需要 48h!摩托罗拉使用的就是 Pro/ENGINEER 的解决方案。现在,Pro/ENGINEER 已经更进一步地发展到了汽车、航空、造船等重要企业,比如国内汽车行业的一汽、二汽,都分别使用它进行整车的设计,而且是全三维的应用。在航天领域负责研发运载火箭和卫星的航天部一院、二院、三院、五院,以及国内船舶行业中的舰船设计企业均采用 Pro/ENGINEER 进行研发与设计。除此之外,在家电、高科技领域,如华为、海尔、联想等国内知名企业,同样也都在使用 Pro/ENGINEER 进行产品设计。大到发动机引擎,小到高尔夫球头,现在 Pro/ENGINEER 在中国拥有急速增长的用户群体。因为 Pro/ENGINEER 包含的模块众多,应用面相当广泛,所以要求工程师全面精通实属不易,最佳方式是按照产业形态,系统学习实际使用的模块。

鉴于此,电子工业出版社飞思数码产品研发中心精心策划并组织了此领域具有丰富经验的专家学者,以“引进优秀图书”+“挖掘本土精品”为切入点,出版了本套丛书,从专业的角度剖析 Pro/ENGINEER 各个核心应用层面,覆盖 Pro/ENGINEER 软件最广泛的热点领域应用,满足不同读者的需求。希望读者通过对本套丛书的学习,能有效提高学习效率,并加深对该系统的了解,使产品开发流程更顺畅。同时,我们也希望读者通过对本套丛书的学习,牢固掌握专业技能,在市场竞争中找到自己的最佳位置。应该说,这也是我们出版这套丛书的最终目的——全面提升您的专业竞争力。

本套丛书主要以此领域最权威的专家林清安老师的作品为主。林清安老师将十多年来利用该软件进行多个项目的实际设计与加工经验倾囊相授,并结合多年来从事研究教学的心得撰写成此系列书籍,相信它们可以为使用该软件的工程师及在各大专院校攻读 CAD/CAM 课程的学生提供一个学习的有效途径。

林清安老师编写的 Pro/ENGINEER 系列书籍共有 15 册,涵盖零件设计、钣金设计、产品设计、结构分析、模具设计与数控加工等,书籍清单与其阅读顺序如下图所示,各书皆附有林老师所录制的 Pro/ENGINEER 范例操作多媒体教学光盘。

飞思数码产品研发中心



前 言

Pro/ENGINEER 自 1988 年问世以来,十余年间已成为全世界及大中国地区最普及的三维 CAD/CAM 系统。Pro/ENGINEER 在今日俨然成为三维 CAD/CAM 系统的标准软件,广泛应用于电子、通信、机械、模具、工业设计、汽车、机车、自行车、航空航天、家电、玩具等多种行业。Pro/ENGINEER 可谓是个全方位的三维产品开发软件,整合了零件设计、产品组装、模具开发、工程图制作、钣金设计、造型设计、数控加工、机构设计/分析、动态仿真、结构分析、热流分析、铸造件设计、逆向工程、自动测量、产品数据库管理、协同设计开发等功能于一体,其模块众多,且学习殊为不易。笔者有鉴于此,乃凭 14 年来利用此软件进行多项实务设计与加工经验,以及多年来研究/教学心得撰写一系列的 Pro/ENGINEER 书籍,借以提供给各公司应用此软件的工程师及各大院校攻读 CAD/CAM 课程的同学一个学习的途径。

本书以浅显易懂的方式及众多的实务案例来说明如何以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版或英文版来设计组件产品的 3D 运动机构,以及机构的分析及仿真,涵盖的主题包括:机构设计的基本流程及简易范例、设定约束条件以装配固定不动的元件、设定连接条件以装配可移动的元件、拖曳元件以测试机构设计的正确性、设定机构分析与仿真的起始条件、定义伺服电动机的驱动轴及电动机的规格、定义动态分析所需的负载及元件(例如重力、重力电动机、力及力矩、弹簧、阻尼器等)、定义进阶的元件连接方式(例如凸轮及齿轮)、进行各类型的机构分析(位置分析、运动分析、动态分析、静态分析、力平衡分析)、播放及录制机构的动态仿真、测量机构运动的各项数据(如位移、速度、加速度、负载、冲击力、冲量等)、产生机构上关键位置的运动轨迹曲线、产生机构运动的包络形状、元件碰撞的分析及仿真等。各章除了详细的观念说明、对话框介绍、基本操作流程外,也提供多个实际案例(例如堆高机循迹运动、引擎汽缸的进排汽阀门的机构等),让读者熟悉机构设计的实务工业应用与 Pro/ENGINEER 详细操作步骤。工业界人士可以利用本书来学习如何以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 进行动态机构的设计、分析与仿真,本书也适用于大专院校“计算机辅助设计”、“机构学”、“机械设计”等相关课程的上课或实习教材。

本书目前是以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版及英文版来编写,并附有随书光盘,内含“范例文件”、“多媒体教学”、“林清安 2005 年 Pro/ENGINEER 讲座录像”与“Pro/E 标准零件库”,其中范例文件为练习本书各章节的范例时所需文件,而多媒体教学为书中部分范例的 Pro/ENGINEER 操作步骤及讲解。若有任何问题或想要更多 Pro/ENGINEER 信息,请浏览网站 www.linproe.com.tw。

PRO/ENGINEER 野火 3.0

本书在编写初期，广达计算机公司的李坤河及三重高级商工职业学校的陈群柏费心费力准备了众多的机构设计案例，特别感谢他们。此外，本书在编写期间，众多我的硕、博士班研究生（吴佩亭、吴伯勋、吴昆展、林志鸿、蔡琼纬、施启田、黄俊鸿、巫承儒、黄永德、刘骏昱、陈盈璋、蔡明翰、曾建霖、方志翔、宋祥瑞、杨志晖、杨欣瑜、吴家豪……）提供了校稿的帮忙，在此感谢他们。除此之外，参数科技公司的卓曾中总经理亦提供多方面的协助，在此同表谢忱。

本书虽经再三校对，但疏漏之处在所难免，盼各界人士赐予指正，俟再版时加以修正。



谨识于 台湾科技大学 机械系

E-mail: alin@mail.ntust.edu.tw

<http://www.linproe.com.tw>

随书光盘使用说明

本书附赠的光盘内含“范例文件”、“多媒体教学”及“林清安 2005 年 Pro/ENGINEER 讲座录像”，使用说明如下。

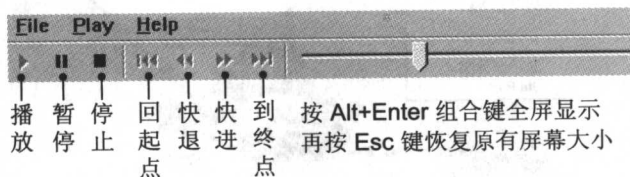
1. 范例文件

为练习本书各章节的范例时所需要的文件，所有文件皆放置于光盘的 Train_file-Mechanism 下，可直接由 Pro/ENGINEER 野火 3.0（或野火 2.0）打开，各范例的解答在 Solution-Mechanism 下。此外，亦建议将光盘根目录下的 config.pro 复制到 Pro/ENGINEER 的默认工作目录下（Pro/ENGINEER 的默认工作目录可以在 Windows XP/2000 下，点选 Pro/ENGINEER 的激活图标后按鼠标右键，然后以鼠标左键选“属性”，在“起始位置”处查得）。

2. 多媒体教学

由本书作者以 Pro/ENGINEER 野火 3.0 逐步示范及解说书中部分范例的详细操作过程，每一部分的教学皆有动态画面与声音（因此您的 PC 必须有声卡及喇叭），文件为 .avi 的格式。本多媒体教学系统可直接在 Windows 中使用，您即使没有 Pro/ENGINEER 软件，也可以使用此教学系统。所有文件皆放置于文件夹 ProE_VCD-Mechanism 下。使用时，请依下列方式进行安装：

- (1) 在硬盘中执行文件夹 ProE_VCD-Mechanism 下的 TSCC.exe，步骤为“按 TSCC.exe 两下 → Install → OK”（若您的 PC 以前曾经执行过此动作，则可省略此步骤）。
- (2) 在硬盘中执行 Mechanism_VCD.exe 即可进入 Pro/ENGINEER 野火 3.0 多媒体教学。
- (3) 建议您将屏幕区域设为 1024×768 像素，颜色设为真彩色（32 位）。观看每一个范例操作时，可依下图所示的方式做控制：



3. 林清安 2005 年 Pro/ENGINEER 讲座录像


执行文件夹“2005_ProE_Speech”之下的 2005_ProE_Speech.exe 即可观看林清安 2005 年的讲座录像。

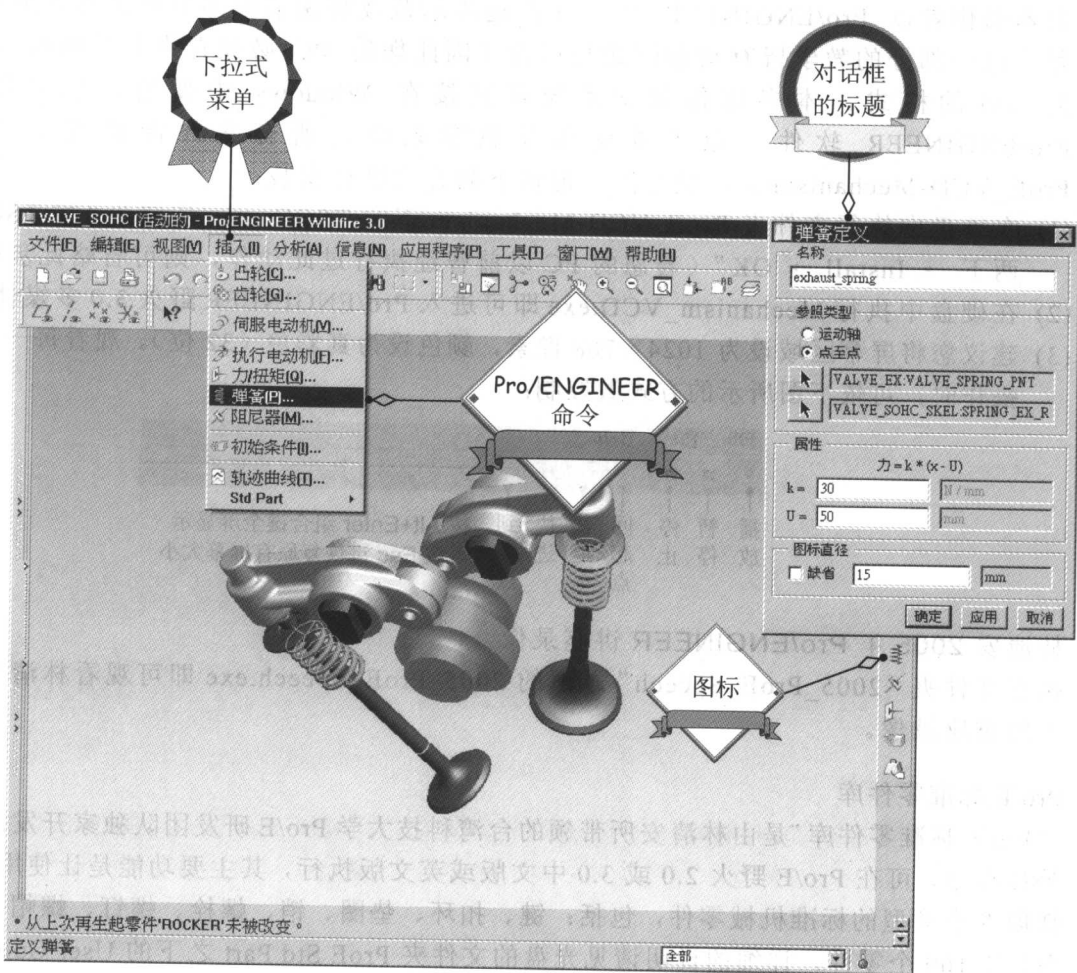
4. Pro/E 标准零件库

“Pro/E 标准零件库”是由林清安所带领的台湾科技大学 Pro/E 研发团队独家开发的 Pro/E 外挂程序，可在 Pro/E 野火 2.0 或 3.0 中文版或英文版执行，其主要功能是让使用者直接抓取 8 个类型的标准机械零件，包括：键、扣环、垫圈、销、螺栓、螺钉、螺帽、螺桩，总计 2 160 个零件。详细的说明请见光盘的文件夹 ProE Std Part 之下的 User Guide.doc。

符号说明

本书在说明 Pro/ENGINEER 野火 3.0 的操作步骤时，所使用的符号如下。

1. 粗体、斜体字（例如：**文件**、*编辑*、*视图*、*插入*等，见下图）：下拉式菜单。
2. 正体字、画底线：Pro/E 中文版的命令（例如：弹簧，见下图）或对话框的标题（例如：弹簧定义，见下图）。
3. 中文后括号内的英文小字：Pro/ENGINEER 英文版的命令（例如：弹簧（Spring））或英文版对话框的标题（例如：弹簧定义（Spring Definition），见下图）。
4. 图标前的楷书字体（例如：按主窗口右侧定义弹簧的图标 ）：图标的解释。



目 录

1	机构设计简介	1
1.1	机构设计的基本流程	2
1.2	简易的机构设计范例	5
1.3	机构设计的用户界面	15
1.4	机构设计的模型树	18
1.4.1	组件的模型树	18
1.4.2	机构的模型树	19
1.5	机构设计的环境参数设置	22
2	元件装配简介	25
2.1	元件装配的基本流程	26
2.2	元件的显示窗口	29
2.3	元件的隐藏	31
3	以约束条件装配固定不动的元件	33
3.1	约束条件的种类	34
3.2	增加/删除/修改约束条件	39
3.3	以约束条件装配元件的范例——鼓风机	41
3.4	以约束条件组装元件的范例——折臂栅栏机	55
3.5	作业	65
4	以连接条件装配可移动的元件	67
4.1	连接条件的种类	68
4.2	连接条件所含的信息	73
4.3	增加/减少/修改连接条件	73
4.4	各种连接的自由度	74
4.5	以连接条件装配元件的范例——台灯	75
4.6	以连接条件组装元件的范例——四连杆机构	85
4.7	以连接条件组装元件的范例——折臂栅栏机	89

4.8	以连接条件组装元件的范例——电风扇	94
5	拖动元件及记录机构配置	109
5.1	拖动元件	110
5.2	以快照记录机构的配置	110
5.3	拖动元件及快照的范例	113
5.4	元件位置的精确调整	126
6	创建伺服电动机	135
6.1	伺服电动机的基本资料	136
6.2	设置伺服电动机的传动轴	136
6.2.1	直接选取电动机的传动轴	136
6.2.2	以元件之间的相对运动设置电动机的传动轴	138
6.3	设置电动机传动轴的范例——台灯的运动	143
6.4	设置伺服电动机的规格	176
6.5	设置电动机规格的范例——电风扇	185
7	负载、弹簧及阻尼器	193
7.1	重力	194
7.2	力电动机	194
7.3	力及扭矩	196
7.4	弹簧	198
7.5	阻尼器	201
7.6	弹簧的范例——弹簧与滑块的推挤	203
7.7	阻尼器的范例——圆球的螺旋运动	213
8	进行机构分析	223
8.1	机构分析的类型	224
8.2	位置分析	225
8.3	位置分析的范例——折臂栅栏机	228
8.4	运动分析	234
8.5	运动分析的范例——四连杆机构	235
8.6	动态分析	241
8.7	动态分析的范例——链条摆动	242
8.8	静态分析	249
8.9	静态分析的范例——四连杆机构	249

8.10	力平衡分析	257
8.11	力平衡分析的范例——套管与套筒	257
8.12	产生机构运动的轨迹曲线	262
8.13	机构分析的编辑功能	265
8.14	机构分析的环境参数	266
8.15	机构运作失败的处理	267
9	机构分析结果的播放及录制	269
9.1	播放及录制分析结果的用户界面	270
9.2	机构运动的干涉检测	270
9.3	录制机构运动的影片	272
9.4	创建运动包络	272
10	测量机构运动的各项数据	277
10.1	机构运动数据测量的简例	278
10.2	测量结果的对话框说明	282
10.3	测量定义的对话框说明	284
10.4	机构运动数据测量的范例——压缩机运动	290
11	凸轮及齿轮	305
11.1	凸轮从动机构的设置	306
11.2	凸轮从动机构连接的范例	308
11.3	齿轮的设置	319
11.4	齿轮的范例	321
12	零件碰撞的机构分析与仿真	329
12.1	零件碰撞的说明	330
12.2	零件碰撞的实例	330
13	动态机构设计实例	349
13.1	起重机循迹移动	350
13.2	进排汽阀门的运动	373

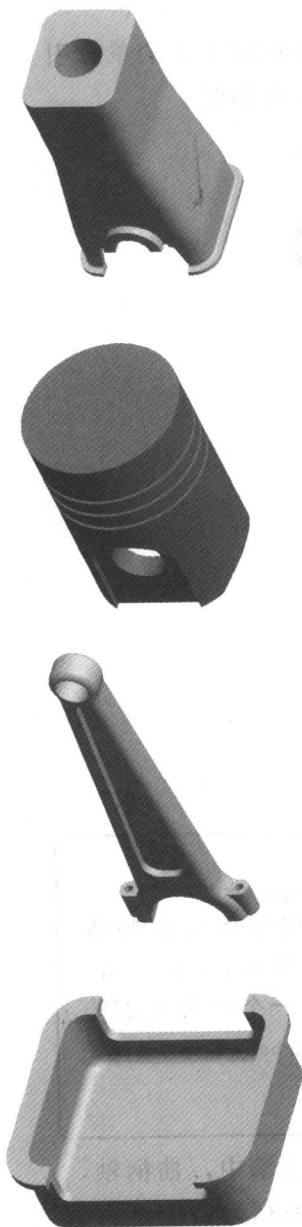
野火 3.0

1

机构设计简介

机构设计是 Pro/ENGINEER 的一个应用模块，其功能是对组件产品进行机构运动分析及仿真，以确保组件在进行机构运动时没有零件干涉的现象，并确认零件的运动达到预期的效果。此外，机构设计的模块并可在机构运动时对重力、摩擦力、力矩、弹簧等有关“力”的元素及元件进行动力学分析。

本章首先介绍机构设计的基本流程，然后以一个单缸引擎来说明机构设计的操作步骤，接着说明机构设计的用户界面、机构设计的模型树及机构设计的图标。此外，机构设计的环境参数设置也在本章中来说明。

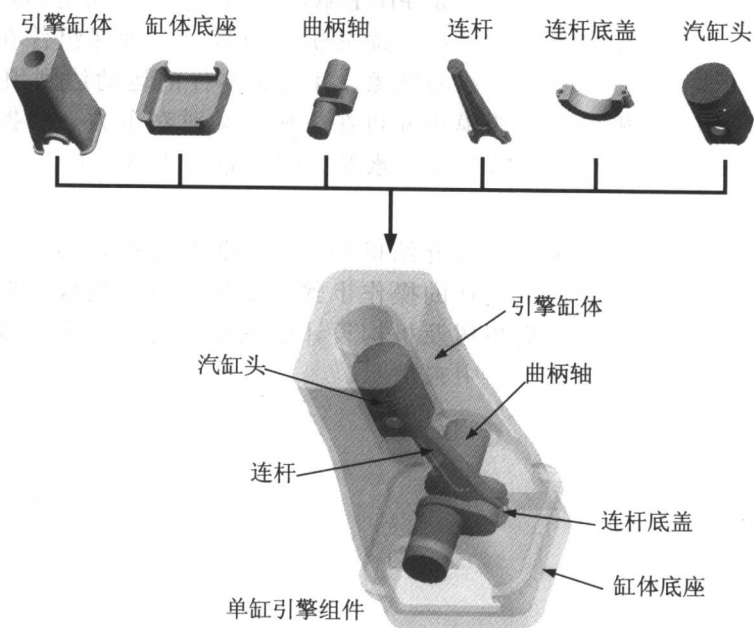


1.1 机构设计的基本流程

使用 Pro/ENGINEER 进行机构设计的首要工作是辨认整个组件产品中哪些是固定不动的元件、哪些是可运动的元件、可动元件的自由度如何、可动元件之间如何连接，以及可动元件的运动方式。例如在图 1-1 的单缸引擎中，引擎缸体及其底座为固定不动的零件，而曲柄轴呈现旋转运动，曲柄轴的转动会带动连杆的运动，连杆再推动汽缸头做上下直线运动。有了这种基本认识后，即可开始创建这些零件的实体模型，然后按照下列流程进行机构设计：

1. 使用“约束条件”将机构中固定不动的零件或次组件装配进来，例如在图 1-1 的单缸引擎中，缸体为固定不动的零件，因此我们将缸体以默认的约束条件进行装配。

图 1-1



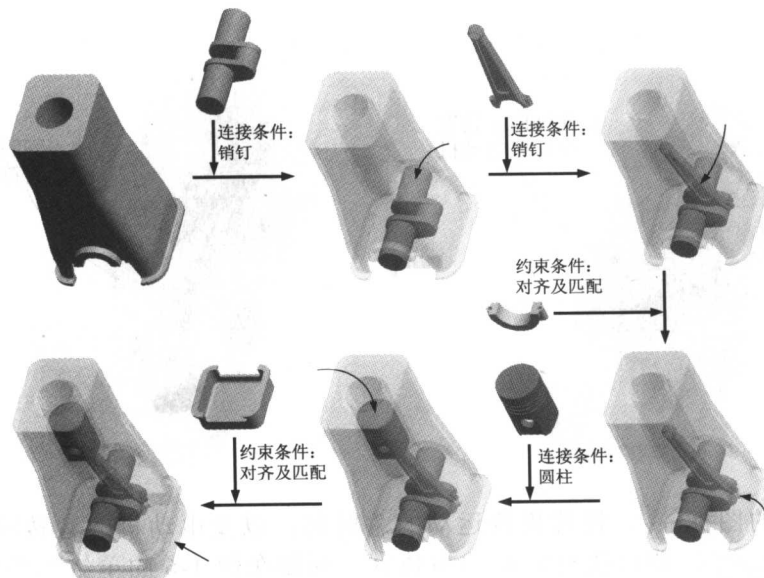
注意

1. 零件 (Part) 或次组件 (Subassembly) 通称为零组件，也可称为元件 (Component)。
2. 以约束条件固定在一起的元件在机构运动时会全部一起运动，类似形成刚性物体 (Rigid body)，因此，在机构设计中，所有固定在一起的元件即形成刚体 (Body) <注：Pro/ENGINEER 中文版将 Body 翻译为主体恐生误解，因此本书翻译为刚体>，而第一个以约束条件装配上去的刚体称为基底 (Ground body) <注：Pro/ENGINEER 中文版将 Ground body 翻译为基础并不恰当，本书翻译为基底>。

2. 使用“连接条件”将机构中会移动的元件一一装配进来，例如在单缸引擎中，曲柄轴、连杆及汽缸头为会移动的零件，所以，我们以“销钉”的连接方式将曲柄轴装配至引擎缸体，将连杆以“销钉”的连接方式装配至曲柄轴，再将汽缸头以“圆柱”的连接方式

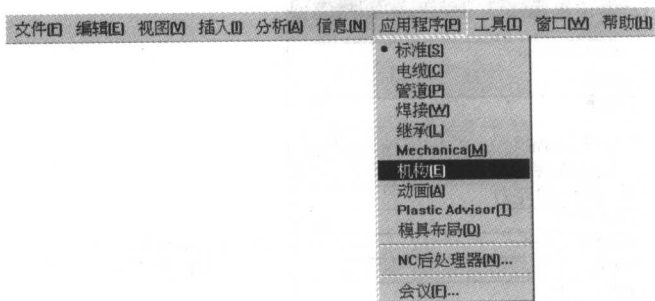
装配至引擎缸体，如图 1-2 所示。其余的两个零件——连杆底盖及缸体底座皆为组件中固定不动的元件，因此，以约束条件进行零件的装配。

图 1-2



3. 以约束条件或连接条件将元件装配在一起后，即可选下拉式菜单 **应用程序** (Applications) 下的 **机构** (Mechanism) (见图 1-3)，以进入机构设计的模块。

图 1-3




4. 在进行正式的机构动态仿真之前，可按工具栏的图标 ，将特定的元件拖曳，使元件平移或旋转，以测试元件的装配是否正确，以及机构的运动方式是否合乎预期。例如在图 1-4 中，将单缸引擎的组件转为前视图，然后拖曳曲柄轴，使曲柄轴转动，即可看见引擎连杆及汽缸头的运动。

图 1-4

