

 **Pro/E**
工程师成才之路

12段全程配音教学视频
40个完整Pro/E机械设计实例
180个Pro/E机械设计素材文件



Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版 机械设计案例教程

王咏梅 康显丽 张瑞萍 等编著



清华大学出版社

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版

机械设计案例教程

王咏梅 康显丽 张瑞萍 等编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书通过众多案例，由浅入深地介绍了使用最新版本的 Pro/E 4.0 中文版进行机械设计的方法和技巧。全书共分 7 篇 39 章，内容包括三维造型设计基础，常用的造型创建方法，常用模块的建模方法；Pro/E 零件环境中用于创建实体特征模型常用工具；Pro/E 曲面设计常用工具和创建方法；在 Pro/E 中设计钣金件的一般方法，以及创建钣金件的工具；组件装配设计和有关自由度等知识；创建机构连接和仿真设置时常用工具的作用和各类常见仿真分析方法。图纸模块和格式模块中常用工具的使用方法。本书内容丰富，图例丰富、注重实用性，配书光盘提供了完整工程文件和教学视频文件。

本书适合作为 Pro/E 4.0 机械设计的案例型教材，也可作为工程技术人员的 Pro/E 4.0 机械设计自学资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版机械设计案例教程 / 王咏梅等编著. —北京: 清华大学出版社, 2009.4

ISBN 978-7-302-17922-1

I. P… II. 王… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 4.0—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 030566 号

责任编辑: 夏兆彦

责任校对: 徐俊伟

责任印制:

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社总机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:

装 订 者:

经 销: 全国新华书店

开 本: 190×260 印 张: 26.75 插 页: 1 字 数: 663 千字

附光盘 1 张

版 次: 2009 年 4 月第 1 版

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1~ 000

定 价: 25.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 028874-01

Pro/ENGINEER (Pro/E) 是美国 PTC (参数) 公司开发的一款三维软件。该软件是一款全方位的 3D 产品开发工具, 其首创的参数式设计给传统的模具设计带来了许多新观念, 强调实体模型架构优于传统的面模型架构和线模型架构。Pro/E 还具有良好的数据接口, 它可以将图纸输出为多种格式, 可以方便地和 AutoCAD、SolidWorks 等软件进行数据交换。

Pro/E 作为高端三维软件的代表, 功能强大、使用简单、易学易用, 目前已经成为机械设计、家电设计、模具设计等行业所普遍采用的三维软件。同以往国内使用最多的 AutoCAD 等通用绘图软件相比, 该软件直接采用了统一数据库和关联性处理、三维建模同二维工程图相关联等技术。应用 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 技术可以迅速提高企业的设计效率、优化设计方案、减轻技术人员的劳动强度、缩短设计周期以及加强设计的标准化。

1. 本书内容介绍

本书是教学改革成果之一, 在教学实践中得到了广大学生和学员的认可, 并符合教材编写体制, 相比其他书籍而言更具有教学说服力, 适用于教师教学与读者自学。本书共分 7 篇, 具体内容如下。

第 1 篇 包括第 1 章到第 7 章, 主要介绍三维造型设计的基础知识, 在 Pro/E 中各常用的造型创建方法, 以及各常用模块的建模方法, 并通过 4 个草绘实例具体讲解在 Pro/E 的草绘模块中绘制草图的常用方法和步骤。

第 2 篇 包括第 8 章到第 15 章, 本篇通过 8 个典型案例, 对 Pro/E 零件环境中创建实体特征模型常用工具的作用、使用方法, 以及各类常见零件结构的分析和创建实体模型时的一般绘制步骤做详细的介绍。

第 3 篇 包括第 16 章到第 19 章, 本篇通过 4 个典型案例, 介绍 Pro/E 曲面设计中最常用和最重要的曲面的创建工具和创建方法、技巧等知识, 使用户在领会 Pro/E 曲面造型设计的巨大功能的同时, 还可以掌握许多实用的设计知识。

第 4 篇 包括第 20 章到第 24 章, 本篇通过 5 个典型案例, 介绍在 Pro/E 中设计钣金件的一般方法, 以及创建钣金件的工具 (包括折弯、展开和切割等) 的使用方法。

第 5 篇 包括第 25 章到第 29 章, 本篇通过 5 个典型案例, 重点介绍

组件装配设计和有关自由度等专业方面的基本知识，以及各类常用放置约束、调整元件或组件在装配环境中的位置和编辑装配体的方法和技巧。

第6篇 包括第30章到第34章，本篇通过5个典型案例，对Pro/E机构环境中创建机构连接和仿真设置时常用工具的作用和各类常见仿真分析方法，以及创建机构分析组件的一般绘制步骤做详细的介绍。

第7篇 包括第35章到第39章，本篇通过5个典型案例，具体介绍各类工程图的绘制方法和注意事项，以及在Pro/E中图纸模块和格式模块中常用工具的使用方法。

2. 本书主要特色

全书实例涵盖了Pro/E 4.0机械零件设计的各个方面，图文结合，具有直观、容易理解等特点，这样使读者不仅能够知其然，而且能够知其所以然。

- **内容的全面性和实用性** 在定制本教程的知识框架时，就将重心放在了体现内容的全面性和实用性上，本书提供了近40个典型案例，通过典型案例的结构造型、功能、加工工艺等专业知识地分析，使读者能够将零件与实践很好地结合起来，从而为将来的工作实践奠定基础。
- **知识的系统性** 本书内容安排是一个循序渐进的过程，全书共有近80个扩展练习，帮助读者巩固加深对知识点的理解，将Pro/E 4.0软件与实际的工作设计很好地结合起来，引导读者快速提高上机操作能力，从而达到提高读者设计能力以及工作效率的目的。
- **案例的实用性和典型性** 为提高读者实际绘图能力，在讲解软件专业知识的同时，各章都安排了丰富的典型案例来辅助读者巩固知识，快速解决读者在学习该软件过程中所遇到的大量实际问题。

3. 随书光盘内容

为了帮助读者更好地学习和使用本书，本书专门配带了多媒体学习光盘，提供了本书实例源文件、最终效果图和全程配音的教学视频文件。本光盘使用时，需要首先安装光盘中提供的tscc插件才能运行视频文件。

4. 本书适用对象

本书由高校机械专业教师联合编写，力求实现内容的全面性、递进性和实用性。结合机械零件分析及绘制方法，在讲解基础知识的同时加入了Pro/E 4.0绘图方法和技巧。全书内容丰富、结构安排合理，适合作为Pro/E 4.0的案例培训教材，也可以作为Pro/E制图和设计人员的重要参考资料。

除了封面署名人员之外，参与本书编写的还有胡家宏、王敏、祁凯、徐恺、王泽波、牛仲强、温玲娟、王磊、张仕禹、赵振江、李振山、李文采、吴越胜、李海庆、王树兴、何永国、李海峰、陶丽、倪宝童、安征、张巍屹、张华斌、辛爱军、牛小平、贾栓稳、王立新、苏静、赵元庆等。

由于时间仓促，水平有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

第 1 篇 Pro/E 绘图基础知识

第 1 章	建模基础知识	2
1.1	认识几何建模	2
1.2	参数化特征建模概述	4
1.2.1	认识特征	4
1.2.2	参数化概念	5
1.2.3	关联的概念	6
1.2.4	基于特征的三维模型	7
第 2 章	Pro/E 基础知识	8
2.1	操作界面介绍	8
2.2	工作环境介绍	11
2.3	管理文件	13
2.3.1	新建、打开文件	13
2.3.2	保存、备份文件	14
2.3.3	其他文件操作	15
2.4	设置基本显示	15
2.4.1	设置视图视角	16
2.4.2	设置视图显示样式和可见性	17
第 3 章	Pro/E 建模方法	19
3.1	零件建模方法	19
3.2	钣金件创建方法和准则	21
3.3	元件装配方法	25
3.3.1	自底向上装配	25
3.3.2	自顶向下装配	25

第4章 绘制带轮草图 27

- 4.1 相关知识点.....27
 - 4.1.1 带传动简述.....28
 - 4.1.2 绘制直线图元.....29
 - 4.1.3 修剪和分割图元.....30
- 4.2 绘制图形.....31
- 4.3 扩展练习：绘制惯性轮零件草图截面.....32
- 4.4 扩展练习：绘制法兰轴零件草图截面.....33

第5章 绘制垫片草图 34

- 5.1 相关知识点.....34
 - 5.1.1 垫片类零件造型分析.....34
 - 5.1.2 绘制圆和圆弧.....35
 - 5.1.3 绘制倒圆角.....37
- 5.2 绘制图形.....38
- 5.3 扩展练习：绘制仪表盘草图.....40
- 5.4 扩展练习：绘制槽轮草图.....40

第6章 绘制轴承座草图 42

- 6.1 相关知识点.....42
 - 6.1.1 绘制矩形和样条曲线.....43
 - 6.1.2 镜像图形.....43
- 6.2 绘制图形.....44
- 6.3 扩展练习：绘制挡板草图截面.....46
- 6.4 扩展练习：绘制支座零件草图截面.....47

第7章 绘制定位支架草图 48

- 7.1 相关知识点.....48
 - 7.1.1 标注草图.....49
 - 7.1.2 诊断草图.....53
- 7.2 绘制图形.....54
- 7.3 扩展练习：绘制滑块平面图.....57
- 7.4 扩展练习：绘制底座三视图.....57

第2篇 基本零件设计**第8章 创建齿轮实体模型** 60

- 8.1 相关知识点.....60
 - 8.1.1 齿轮零件分析.....61
 - 8.1.2 创建拉伸特征.....61
 - 8.1.3 创建旋转特征.....63
- 8.2 绘制图形.....64
 - 8.2.1 创建齿坯特征.....64
 - 8.2.2 创建轮齿特征.....65
 - 8.2.3 创建轴孔、辐板孔等特征.....66
- 8.3 扩展练习：创建齿轮轴零件实体模型.....67
- 8.4 扩展练习：创建端盖零件实体模型.....68

第9章 创建阀体模型 69

- 9.1 相关知识点.....69
 - 9.1.1 铸件结构特点.....70
 - 9.1.2 创建孔特征.....70
 - 9.1.3 倒圆角.....73
- 9.2 绘制图形.....74
 - 9.2.1 创建阀体基础实体.....74
 - 9.2.2 创建阀体内腔.....76
 - 9.2.3 创建孔和铸造圆角.....77
- 9.3 扩展练习：创建变径接头模型.....79
- 9.4 扩展练习：创建量规支座模型.....79

第10章 创建鼓风机外壳模型 80

- 10.1 相关知识点.....80
 - 10.1.1 加强零件刚度的方法.....81
 - 10.1.2 创建壳特征.....81
 - 10.1.3 创建混合特征.....82
- 10.2 绘制图形.....85
 - 10.2.1 创建风口壳体.....85
 - 10.2.2 创建风口法兰盘.....88



10.2.3	创建底板和肋板	89	13.2.3	添加筋和其他辅助特征	121
10.3	扩展练习：创建油盒模型	90	13.3	扩展练习：创建轴架零件实体模型	122
10.4	扩展练习：创建铣刀零件	91	13.4	扩展练习：创建减速器上壳实体模型	122
第 11 章	创建直角管接头实体模型	92	第 14 章	创建泵体实体模型	124
11.1	相关知识点	92	14.1	相关知识点	124
11.1.1	螺纹的分类	93	14.1.1	泵体类零件造型分析	125
11.1.2	螺纹连接的应用	93	14.1.2	阵列特征	125
11.1.3	创建扫描特征	94	14.2	绘制图形	129
11.1.4	创建螺旋扫描特征	96	14.2.1	创建泵体基础实体	129
11.2	绘制图形	99	14.2.2	创建内部腔体和轴孔特征	130
11.2.1	创建弯管和六角法兰	99	14.2.3	创建螺栓孔和细节特征	132
11.2.2	创建螺纹特征	101	14.3	扩展练习：创建铸件壳体模型	135
11.3	扩展练习：创建散热管实体模型	103	14.4	扩展练习：创建玩具车轮模型	135
11.4	扩展练习：创建堵头模型	104	第 15 章	创建凸轮壳体模型	137
第 12 章	创建四通接头模型	105	15.1	相关知识点	137
12.1	相关知识点	105	15.1.1	箱体类零件造型分析	138
12.1.1	接头的分类及应用	106	15.1.2	基准平面	138
12.1.2	创建并使用组	107	15.1.3	拔模特征	140
12.1.3	倒斜角	108	15.2	绘制图形	142
12.2	绘制图形	109	15.2.1	创建轮缘壳体	142
12.2.1	创建单臂接头	110	15.2.2	创建轴系附件壳体	143
12.2.2	创建正四通接头	111	15.2.3	创建凸台和固定孔	145
12.3	扩展练习：创建油缸端盖模型	113	15.3	扩展练习：创建箱体模型	148
12.4	扩展练习：创建插销模型	113	15.4	扩展练习：创建泵体模型	148
第 13 章	创建连杆实体模型	115	第 3 篇	曲面设计	
13.1	相关知识点	115	第 16 章	创建洗发水容器模型	152
13.1.1	连杆类零件造型分析	116	16.1	相关知识点	152
13.1.2	零件的常用机加工结构	116	16.1.1	容器瓶产品分析	153
13.1.3	镜像特征	117	16.1.2	创建拉伸和填充曲面	153
13.1.4	创建筋特征	117			
13.2	绘制图形	118			
13.2.1	创建连杆大端部	118			
13.2.2	创建连杆杆身和小端部	119			

- 16.1.3 修剪和镜像曲面……………154
- 16.2 绘制图形……………155
 - 16.2.1 创建容器主体特征……156
 - 16.2.2 编辑出外围曲线
造型……………157
 - 16.2.3 创建修饰槽部分……163
- 16.3 扩展练习：创建化妆品盒
曲面模型……………165
- 16.4 扩展练习：创建柔性茶杯
曲面模型……………165

第 17 章 剃须刀主体壳模型 166

- 17.1 相关知识点……………167
 - 17.1.1 剃须刀模型分析和
曲线创建方法……………167
 - 17.1.2 创建边界混合曲面……168
 - 17.1.3 合并曲面和曲面
实体化……………169
- 17.2 绘制图形……………170
 - 17.2.1 绘制剃须刀框架曲线…170
 - 17.2.2 创建剃须刀曲面……172
 - 17.2.3 编辑曲面并实体化……173
- 17.3 扩展练习：创建滑板模型……175
- 17.4 扩展练习：创建鼠标后盖
模型……………175

第 18 章 创建锁匙扣主体模型 176

- 18.1 相关知识点……………176
 - 18.1.1 结构造型分析……………177
 - 18.1.2 创建基准特征……………177
- 18.2 绘制图形……………179
 - 18.2.1 创建锁匙扣定位特征…179
 - 18.2.2 创建锁匙扣曲面特征…182
- 18.3 扩展练习：创建刷子手柄
模型……………186
- 18.4 扩展练习：创建饮料瓶模型…187

第 19 章 创建海绵椅模型 188

- 19.1 相关知识点……………188
 - 19.1.1 结构外形分析……………189

- 19.1.2 认识造型工具和绘
制造型曲线……………189
- 19.1.3 编辑造型曲线……………190
- 19.1.4 创建造型曲面……………193
- 19.2 绘制图形……………194
 - 19.2.1 构建辅助曲线和曲面…194
 - 19.2.2 创建造型曲线……………195
 - 19.2.3 添加造型曲面……………196
- 19.3 扩展练习：创建三通零件
模型……………199
- 19.4 扩展练习：创建插板曲面
模型……………200

第 4 篇 钣金设计

第 20 章 创建接头钣金零件模型 202

- 20.1 相关知识点……………202
 - 20.1.1 钣金件设计流程和
特点……………203
 - 20.1.2 创建主要拉伸壁……204
 - 20.1.3 创建平整壁……………204
- 20.2 绘制图形……………205
 - 20.2.1 创建主要壁和槽孔……206
 - 20.2.2 添加方孔壁和孔特征…207
- 20.3 扩展练习：创建图纸夹钣
金模型……………208
- 20.4 扩展练习：创建密封挡板
钣金模型……………208

第 21 章 创建指甲钳钣金模型 210

- 21.1 相关知识点……………210
 - 21.1.1 创建主要平整壁……210
 - 21.1.2 创建法兰壁……………211
- 21.2 绘制图形……………213
 - 21.2.1 创建一侧钳身……………213
 - 21.2.2 创建另一侧钳身……214
 - 21.2.3 钳身成型……………214
- 21.3 扩展练习：创建硬盘卡片
钣金模型……………216
- 21.4 扩展练习：创建锁鼻钣金模型…216



第 22 章 创建提手钣金模型 218

- 22.1 相关知识点·····218
 - 22.1.1 钣金折弯特征·····219
 - 22.1.2 钣金止裂槽·····221
- 22.2 绘制图形·····222
 - 22.2.1 创建提手折弯·····222
 - 22.2.2 创建成型折弯和锁孔·····225
- 22.3 扩展练习：创建固定折弯片钣金模型·····226
- 22.4 扩展练习：创建变径风头钣金模型·····227

第 23 章 创建工具箱钣金模型 228

- 23.1 相关知识点·····228
 - 23.1.1 折弯展平·····229
 - 23.1.2 折弯回去·····230
- 23.2 绘制图形·····230
 - 23.2.1 创建箱体外壳·····230
 - 23.2.2 创建模具贴模·····232
 - 23.2.3 创建箱体修饰图案和加强筋·····233
 - 23.2.4 创建工具箱锁鼻·····235
- 23.3 扩展练习：创建不锈钢弹片钣金模型·····237
- 23.4 扩展练习：创建卡片钣金模型·····237

第 24 章 创建机箱后盖钣金模型 238

- 24.1 相关知识点·····238
 - 24.1.1 钣金件的切割·····239
 - 24.1.2 创建延伸薄壁·····239
- 24.2 绘制图形·····240
 - 24.2.1 创建主要壁和网卡槽孔特征·····240
 - 24.2.2 创建底部附加壁和冲孔特征·····243
 - 24.2.3 创建各端子槽孔和模板特征·····244
 - 24.2.4 创建其余附加壁及细节特征·····245
- 24.3 扩展练习：创建槽孔板钣金模型·····248

- 24.4 扩展练习：创建散热窗钣金模型·····249

第 5 篇 装配设计

第 25 章 装配截止阀组件 252

- 25.1 相关知识点·····252
 - 25.1.1 匹配约束·····252
 - 25.1.2 插入约束·····254
- 25.2 组装模型·····254
- 25.3 扩展练习：装配风扇组件·····257
- 25.4 扩展练习：装配活塞组件·····257

第 26 章 装配连杆机构组件 259

- 26.1 相关知识点·····259
 - 26.1.1 活动杆类构件的结构设计·····260
 - 26.1.2 移动元件·····260
- 26.2 组装模型·····262
 - 26.2.1 装配连杆支撑架·····262
 - 26.2.2 装配活动连杆机构·····263
- 26.3 扩展练习：装配牛头刨床原机结构·····265
- 26.4 扩展练习：装配四杆机构·····266

第 27 章 装配机器人组件 267

- 27.1 相关知识点·····267
 - 27.1.1 机器装配结构分析·····268
 - 27.1.2 【对齐】约束·····268
- 27.2 组装模型·····269
 - 27.2.1 组装机器人主支撑臂·····269
 - 27.2.2 组装机器人驱动臂·····272
 - 27.2.3 组装末端控制臂·····273
- 27.3 扩展练习：装配车轮组件·····276
- 27.4 扩展练习：装配开关组件·····277

第 28 章 装配挖掘机组件 278

- 28.1 相关知识点·····278
 - 28.1.1 平面机构的运动副和自由度·····279

28.1.2	隐含和恢复	280
28.2	组装模型	280
28.2.1	装配液压缸部件	281
28.2.2	装配挖掘臂元件	282
28.2.3	装配液压缸位置	283
28.2.4	曲伸臂与铲斗的装配	284
28.2.5	装配铲斗液压缸	286
28.3	扩展练习: 装配插销组件	287
28.4	扩展练习: 装配齿轮传动机构	287

第 29 章 装配发动机气门机构 288

29.1	相关知识点	288
29.1.1	凸轮机构设计	289
29.1.2	【相切】约束	290
29.1.3	【坐标系】约束	290
29.2	组装模型	291
29.2.1	装配气阀杆组件	291
29.2.2	装配摇杆组件	293
29.2.3	总装机构组件	295
29.3	扩展练习: 装配传输带组件	299
29.4	扩展练习: 装配台灯座组件	299

第 6 篇 机构动力学分析

第 30 章 牛头刨床原动机仿真分析 302

30.1	相关知识点	302
30.1.1	销钉和滑动杆连接	303
30.1.2	伺服电动机	304
30.1.3	仿真分析	304
30.2	仿真运动	307
30.2.1	创建机构连接	307
30.2.2	仿真设置	310
30.3	扩展练习: 四杆机构仿真	310
30.4	扩展练习: 曲柄滑块机构仿真运动	311

第 31 章 凸轮顶针机构仿真分析 312

31.1	相关知识点	312
31.1.1	凸轮副	313

31.1.2	弹簧和阻尼器	314
31.2	仿真运动	316
31.2.1	创建机构连接	316
31.2.2	仿真分析	318
31.3	扩展练习: 凸轮圆滚机构仿真运动	320
31.4	扩展练习: 凸轮气门机构仿真	320

第 32 章 电风扇机构仿真分析 321

32.1	相关知识点	321
32.1.1	圆柱连接	322
32.1.2	定义重心、力/扭矩	322
32.2	仿真运动	323
32.2.1	创建底座和支架组件	323
32.2.2	创建风扇动力组件	325
32.2.3	创建扇页组件	329
32.2.4	产品总装	330
32.3	扩展练习: 曲柄摇杆机构仿真	335
32.4	扩展练习: 泵体机构仿真	335

第 33 章 锥齿轮传动机构仿真分析 337

33.1	相关知识点	337
33.1.1	创建骨架模型	338
33.1.2	齿轮副	338
33.2	仿真运动	340
33.2.1	创建辅助齿轮组件	340
33.2.2	创建主齿轮组件	341
33.2.3	齿轮机构总装配	344
33.2.4	运动分析	347
33.3	扩展练习: 直齿圆柱齿轮机构仿真	350
33.4	扩展练习: 行星齿轮机构仿真	351

第 34 章 螺旋推力机构仿真分析 352

34.1	相关知识点	352
34.1.1	槽连接	353
34.1.2	平面连接	353



- 34.2 仿真运动.....354
 - 34.2.1 创建机构连接354
 - 34.2.2 仿真分析359
- 34.3 扩展练习：自动送料原动机构仿真360
- 34.4 扩展练习：凸轮大砍刀机构仿真360

第 7 篇 绘制工程图

第 35 章 制作支座工程图 364

- 35.1 相关知识点.....364
 - 35.1.1 工程图的内容和绘图步骤365
 - 35.1.2 添加一般视图365
 - 35.1.3 添加投影视图367
- 35.2 绘制图形.....367
 - 35.2.1 制作图幅367
 - 35.2.2 添加视图368
 - 35.2.3 编辑尺寸、文本注释...370
- 35.3 扩展练习：制作固定座工程图371
- 35.4 扩展练习：制作滑块工程图...372

第 36 章 制作变速箱工程图 373

- 36.1 相关知识点.....373
 - 36.1.1 视图选择原则373
 - 36.1.2 绘制局部剖视图.....374
 - 36.1.3 视图操作375
- 36.2 绘制图形.....378
 - 36.2.1 添加基本视图378
 - 36.2.2 绘制局部剖视图.....381
 - 36.2.3 添加尺寸和文本注释382
- 36.3 扩展练习：制作轴承座工程图383
- 36.4 扩展练习：制作油盒工程图...384

第 37 章 制作活塞工程图 385

- 37.1 相关知识点.....385

- 37.1.1 零件图的尺寸标注原则386
- 37.1.2 绘制全剖视图388
- 37.1.3 添加尺寸标注388
- 37.1.4 添加文字标注389
- 37.2 绘制图形.....391
 - 37.2.1 绘制零件三视图.....391
 - 37.2.2 绘制全剖视图392
- 37.3 扩展练习：绘制法兰套工程图394
- 37.4 扩展练习：绘制法兰接头工程图394

第 38 章 制作带轮工程图 396

- 38.1 相关知识点.....396
 - 38.1.1 零件的构型设计.....397
 - 38.1.2 绘制半剖视图397
 - 38.1.3 绘制局部放大图方法...398
 - 38.1.4 编辑尺寸标注399
- 38.2 绘制图形.....400
 - 38.2.1 绘制零件基础视图.....401
 - 38.2.2 绘制零件半剖视图.....402
 - 38.2.3 绘制局部放大图.....403
- 38.3 扩展练习：绘制齿轮零件工程图404
- 38.4 扩展练习：绘制轴承座零件工程图404

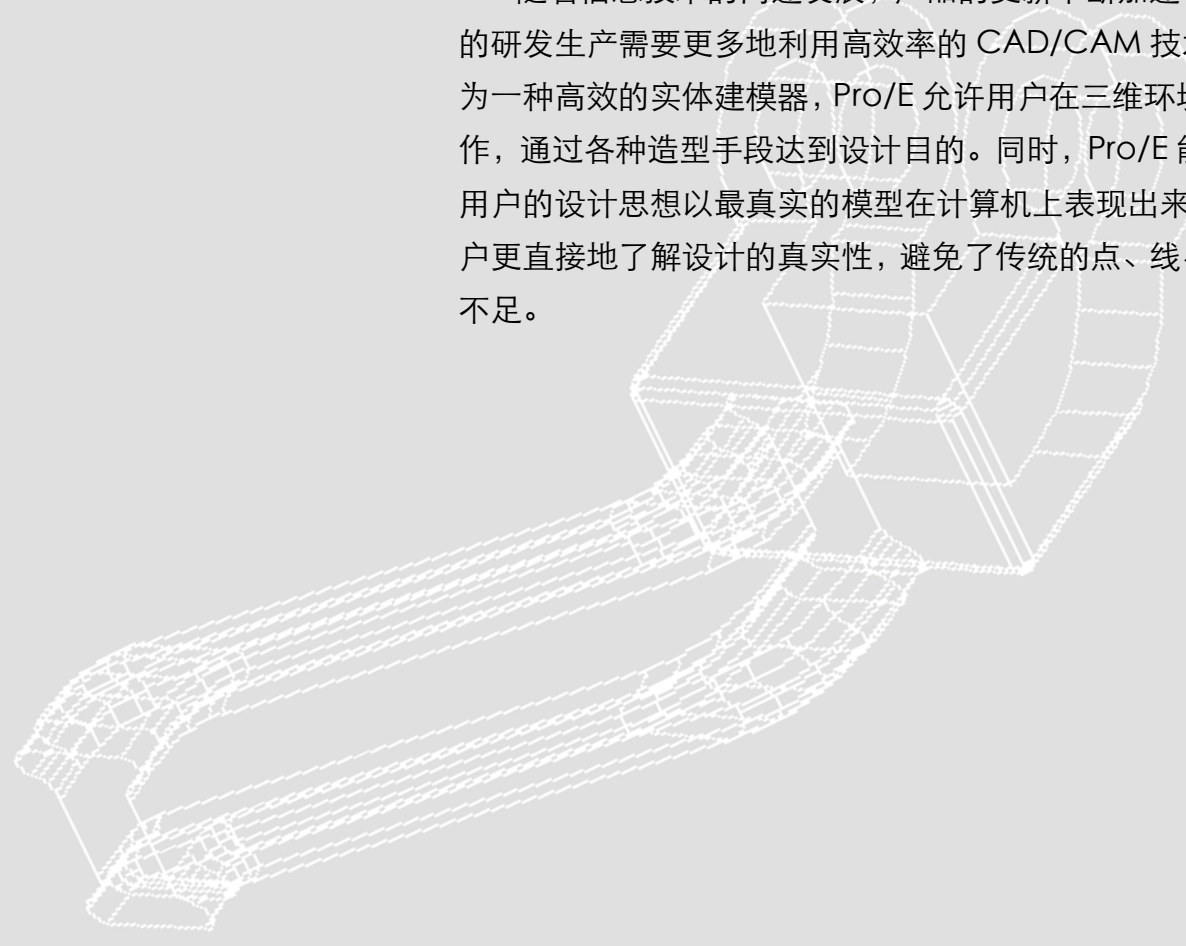
第 39 章 制作装配件分解工程图 406

- 39.1 相关知识点.....406
 - 39.1.1 装配工程图的内容与尺寸标注406
 - 39.1.2 分解视图408
 - 39.1.3 插入表格408
- 39.2 绘制图形.....410
 - 39.2.1 创建并分解装配视图...410
 - 39.2.2 插入表格并标注装配视图411
- 39.3 扩展练习：绘制装配件工程图414
- 39.4 扩展练习：分解插销组件.....415

Pro/E 绘图基础知识

Pro/ENGINEER (Pro/E) 是美国 PTC 公司开发的一款三维软件。该软件集零件设计、组件装配、模具开发、数据加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、动态仿真、应力分析、产品数据库管理、协同设计开发等功能于一体，涵盖了由分析、设计、检验到生产的全自动化生产过程，并且迅速成为当今世界最为流行的 CAD 软件之一。

随着信息技术的高速发展，产品的更新不断加速，产品的研发生产需要更多地利用高效率的 CAD/CAM 技术。作为一种高效的实体建模器，Pro/E 允许用户在三维环境中工作，通过各种造型手段达到设计目的。同时，Pro/E 能够将用户的设计思想以最真实的模型在计算机上表现出来，使用户更直接地了解设计的真实性，避免了传统的点、线、面的不足。



第 1 章

建模基础知识

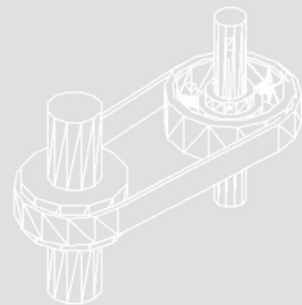
建模技术是 CAD 系统的核心技术，计算机集成制造系统（CIMS）的水平与集成在很大程度上取决于三维几何建模软件系统的功能与水平。对于现实世界中的物体，从人们的想象出发，利用交互的方式将物体的想象模型输入计算机，计算机以一定的方式将模型存储起来，这个过程称为建模。即首先研究物体的描述方法，得到一种想象模型（亦即外部模型），它表示了用户所理解的事物及事物间的关系，然后将这种模型转化为用符号或算法表示的形式，最后形成计算机内部的模型。因此，建模过程就是一个产生、存储、处理、表达现实世界的过程。在实际的产品设计中，建模可以分为几何建模和特征建模两种类型，分别介绍如下。

1.1 认识几何建模

几何建模是指形体的描述和表达是建立在几何信息和拓扑信息基础上的建模。其主要处理零件的几何信息和拓扑信息。几何信息一般是指物体在欧氏空间（欧氏几何所研究的空间称欧氏空间，它是现实空间的一个最简单并且相当确切的近似描述）中的形状、位置和大小，一般指点、线、面、体的信息。拓扑信息则是指物体各分量的数目及其相互间的连接关系。目前常用的三维几何建模包括线框、表面和实体建模。

1. 线框建模

线框建模用一系列空间直线、圆弧和点表示形体，并在计算机内部生成相应的三维映像。通过修改点和边来改变形体的形状。与该模型相关的数学表达式是直线或曲线方程、点的坐标以及边和点的连接信息。线框模型描述的是产品的轮廓外形。





在 CAD/CAM 软件中, 线框模型相当于投影视图中的轴测图, 此类投影视图也属于平行投影, 且只有一个投影面。当物体的 3 个坐标面不与投影方向一致时, 则物体平行于 3 个坐标面的平面的轴测投影在轴测投影面中都得到反映, 因此, 物体的轴测投影才有较强的立体感。例如, 在 Pro/E 的工程图环境中, 打开【绘视图】对话框, 并创建轴测图, 如图 1-1 所示。

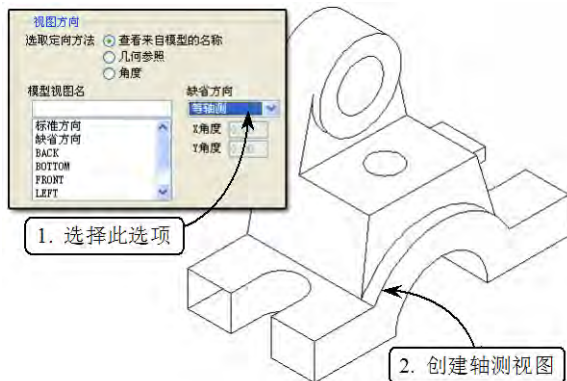


图 1-1 创建轴测视图

线框建模所构造的实体模型只有离散的边, 而没有边与边的关系, 与该模型相关的数学表达式是直线或曲线方程、点的坐标及边和点的连接关系。因此, 线框模型不适用于对物体进行完整信息描述的场所, 但在有些情况下, 例如评价物体外部形状、位置或绘制图纸, 线框模型提供的信息是足够的, 同时它具有较好的时间响应性, 对于适时仿真技术或中间结果的显示是适用的。

2. 表面（曲面）建模

表面建模用面的集合来表示物体, 而用环（封闭的有向棱边）来定义面的边界。它是在线框模型的基础上增加了有关面的信息, 以及面的连接信息。此类模型的数据结构是表结构, 除给出边线及顶点的信息之外, 还提供了构造三维立体各组成面的信息。此类建模方法主要适用于其表面不能用简单数学模型进行描述的物体, 如手机、飞机、汽车、船舶等的一些外表面。

在 Pro/E 中, 表面建模的重点是曲面建模, 用于构造复杂曲面的物体, 如图 1-2 所示。需要注意的是, 由于表面模型仍缺少体的信息以及体、面间的拓扑关系, 因此无法计算和分析物体的整体性质, 如物体的体积、重心等, 也不能将它作为一个整体来考察它与其他物体相互关联的性质, 如是否相交等。

3. 实体建模

实体建模在表面模型的基础上明确定义了在哪一侧存在实体, 增加了给定点与形体之间的关系信息。它能完整地表示物体的所有形状信息, 具有完整性、清晰性、准确性。在实体造型系统中, 可以得到所有与几何实体相关的信息。有了这些信息, 应用程序就可以完成各种操作, 如物性计算、有限元分析、生成数控加工程序等。由实体建模构造的模型称为实体模型。



图 1-2 曲面建模

在 Pro/E 中, 实体建模是最常用的一种建模方式, 其特点是可以对实体信息进行全面完整的描述, 能够实现消隐、剖切、有限元分析、数控加工、对实体着色、光照及纹处理、外形计算等各种处理和操作, 如图 1-3 所示。

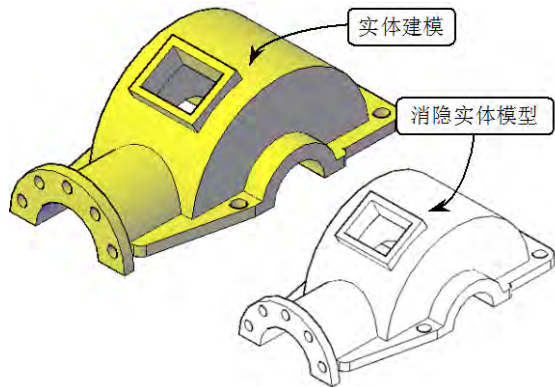


图 1-3 实体建模

1.2 参数化特征建模概述

由于几何建模几乎全部建立在几何模型基础上, 缺少生产过程的信息特征, 使信息传递、资源共享和 CIMS 的实现较为困难, 于是参数化特征建模技术应运而生。特征建模技术着眼于更好地表达产品完整的技术和管理信息, 使产品的设计及加工的全过程通过计算机并行展开。特征的引用直接体现了设计意图及一定的制造意义, 特征的出现使设计、分析、工艺准备、加工制造及检验等各个环节有机地联系在一起成为可能。因此, 特征技术得到了迅速的发展。20 世纪 80 年代末, 出现了参数化、变量化的特征造型技术, 并出现了以 Pro/ENGINEER 为代表的基于参数化的特征造型系统, 在产品建模领域产生了深远的影响, 并在工业界得到了广泛的应用。

1.2.1 认识特征

特征指的是反映零件特点的、可按一定原则加以分类的产品描述信息。特征造型是以实体造型为基础的。引入特征概念的目的在于增加 CAD/CAM 系统中几何实体的工程意义。基于特征的造型把特征作为产品零件定义的基本单元。如利用孔、槽、凸台等来描述形体的形状, 将产品零件描述为特征的集合。特征与加工是相辅相成的, 由特征造型系统提供的通用特征通常带有加工特性, 如倒圆、倒角、孔、槽、型腔等。这些特征可称为加工特征, 因为每一个特征都与一种特定的加工工艺匹配, 如孔的创建意味着钻削, 而腔体的创建意味着铣削加工。因此, 由这些已有的加工特征的尺寸和位置信息可自动生成加工工艺编制。总的来说, 特征造型有如下特点。

- 着眼于表达产品的完整的技术和生产管理信息。为建立产品的集成信息模型服务。
- 使设计工作在更高的层次上进行, 设计人员的操作对象不再是原始的线条和体素, 而是产品的功能要求, 如螺纹孔、定位孔、键槽等。
- 有助于加强产品设计、分析、工艺、准备、加工、检验各部门间的联系, 更好地将产品的设计意图贯彻到后续环节并且及时得到后者的意见反馈。
- 有助于推动行业内的产品设计和工艺方法的规范化、标准化和系列化。

Pro/E 是典型的特征造型系统, 其中形状特征的分类面向较宽的应用领域, 有一定的通用性, 分以下几类特征。

- **实体特征** 指直接构造实体的特征, 此类特征具有实际的体积和质量, 是形成模型的主体, 可以通过增加材料或去除材料的方法获得, 依据成型方法又可分为点放特



征和草绘特征。其中点放特征是通过选取特征的类型和放置位置，并赋予必要的尺寸参数而形成的特征；而草绘特征是在点放特征基础上，由草绘生成的实体通过去除材料或增加材料生成的特征，如图 1-4 所示。

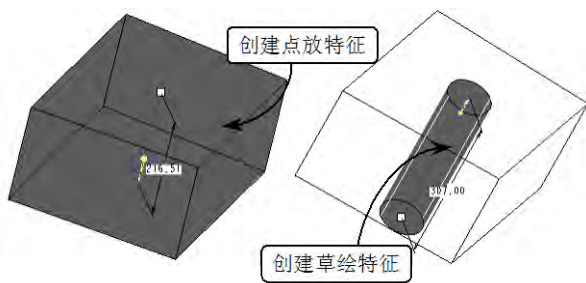


图 1-4 点放特征和草绘特征

- **曲面特征** 指曲面造型的各种曲面特征，有基本曲面特征（圆柱面、球面）以及扫描面、派生曲面特征（有偏移曲面、复制曲面、圆角曲面等）、自由曲面特征。定义方式有曲线定义、边界定义、混合方式定义等，如图 1-5 所示。
- **虚拟特征** 虚拟特征是零件构建过程中所需要的参考，相当于几何学中的辅助点、线或面，由基准特征、曲面特征和修饰特征组成。其中基准特征包括基准平面、基准轴、基准点、基准坐标系和基准曲线等类型；曲面特征主要用于实体模型构建的参考；而修饰特征主要用于实体必要的修饰，以达到理想的设计效果，如图 1-6 所示。
- **用户定义的特征** 由用户自定义或来自特征库。例如钣金设计中的 UDF 特征。

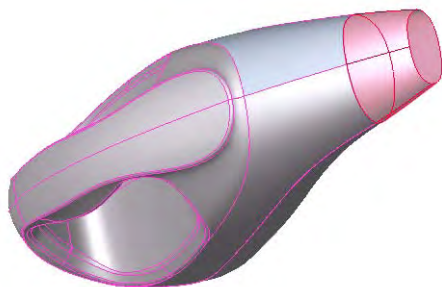


图 1-5 曲面特征效果

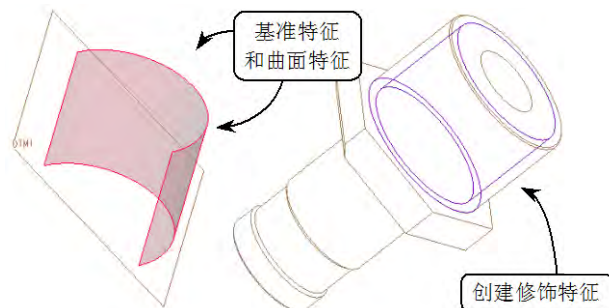


图 1-6 基准特征、曲面特征和修饰特征

1.2.2 参数化概念

在现代的产品设计中，对于各类产品的设计总的可以分为参数化设计和变量化设计，这两种设计方法都是基于约束的实体造型方法，不仅强调基于特征的设计，而且全数据相关可实现尺寸驱动设计修改，此外，还可采用多种方法来解决几何约束和尺寸关系等问题。但是，由于这两种设计方法在约束和模型处理方式方面具有很大的不同，因此，其建模方法以及应用领域还具有以下主要区别。

1. 约束处理的区别

由上面的介绍可知，参数化设计和变量化设计都是基于约束的实体造型系统，但是在具体的造型过程中，其各自的约束与模型形状、建模顺序以及工程关系管理等方面存在着很大的差别，具体介绍如下。

- **形状与尺寸的区别** 参数化在设计全过程中，将形状与尺寸联合起来一并考虑，通