

PTC工程师系列丛书

最新力作 闪亮登场



唐俊 龙坤 编著

**Pro/ENGINEER**

*Wildfire 3.0*

**(中文版)基础教程**

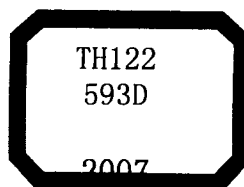


附赠超值光盘  
内含全书范例文件



清华大学出版社

PTC 工程师系列丛书



# **Pro/ENGINEER Wildfire 3.0**

## **(中文版)基础教程**

唐 俊 龙 坤 编著

**清华大学出版社**

北 京

## 内 容 简 介

Pro/ENGINEER 是广泛应用于机械设计、工业设计、功能仿真、模拟制造和数据管理领域的自动化三维模型设计软件。目前推出的 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 中文版是该系列软件的最新版本。本书以详尽的讲解配以丰富的练习,介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的操作及各功能工具的使用。

本书共分 9 章,内容包括 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的设计概论;Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 安装指南;Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 基础知识;Pro/ENGINEER 的草绘基础知识;Pro/ENGINEER 的基准特征相关知识;Pro/ENGINEER 的基础特征相关知识;Pro/ENGINEER 的工程特征相关知识;Pro/ENGINEER 的特征编辑相关知识;Pro/ENGINEER 装配件设计的相关知识。

本书内容简明扼要、条理清晰、通俗易懂、实践性很强,既可作为使用 Pro/ENGINEER 进行产品设计的初、中级用户的自学指导书,也可以作为高等院校机械专业学生的实训教材和社会上 Pro/ENGINEER 初、中级培训班的教材。

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 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 3.0(中文版)基础教程/唐俊,龙坤编著. —北京:清华大学出版社,2007.2  
(PTC 工程师系列)  
ISBN 978-7-302-14620-9

I. P… II. ①唐… ②龙… III. 机械设计:计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire—高等学校:技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 014525 号

责任编辑:章忆文 闫光龙

封面设计:陈刘源

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:李凤茹

责任印制:何 芊

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:24 字数:570 千字

附光盘 1 张

版 次:2007 年 2 月第 1 版 印 次:2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 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:022142-01



# 读者回执卡

欢迎您立即填写回函

您好！感谢您购买本书，请您抽出宝贵的时间填写这份回执卡，并将此页剪下寄回我公司读者服务部。  
我们会在以后的工作中充分考虑您的意见和建议，并将您的信息加入公司的客户档案中，以便向您提供全程的一体化服务。您享有的权益：

- ★ 免费获得我公司的新书资料；
- ★ 寻求解答阅读中遇到的问题；

- ★ 免费参加我公司组织的技术交流会及讲座；
- ★ 可参加不定期的促销活动，免费获取赠品；

## 读者基本资料

姓 名 \_\_\_\_\_ 性 别 ☐男 ☐女 年 龄 \_\_\_\_\_  
电 话 \_\_\_\_\_ 职 业 \_\_\_\_\_ 文化程度 \_\_\_\_\_  
E-mail \_\_\_\_\_ 邮 编 \_\_\_\_\_  
通讯地址 \_\_\_\_\_

请在您认可处打√ (6至10题可多选)

- 1、您购买的图书名称是什么：\_\_\_\_\_
- 2、您在何处购买的此书：\_\_\_\_\_
- 3、您对电脑的掌握程度：  
☐不懂 ☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐精通某一领域
- 4、您学习此书的主要目的是：  
☐工作需要 ☐个人爱好 ☐获得证书
- 5、您希望通过学习达到何种程度：  
☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐专业水平
- 6、您想学习的其他电脑知识有：  
☐电脑入门 ☐操作系统 ☐办公软件 ☐多媒体设计  
☐编程知识 ☐图像设计 ☐网页设计 ☐互联网知识  
☐印刷、装帧质量
- 7、影响您购买图书的因素：  
☐书名 ☐作者 ☐出版机构 ☐书店宣传  
☐内容简介 ☐网络宣传 ☐图书定价 ☐其他  
☐封面、插图及版式 ☐知名作家（学者）的推荐或书评
- 8、您比较喜欢哪些形式的学习方式：  
☐看图书 ☐上网学习 ☐用教学光盘 ☐参加培训班
- 9、您可以接受的图书的价格是：  
☐20 元以内 ☐30 元以内 ☐50 元以内 ☐100 元以内
- 10、您从何处获知本公司产品信息：  
☐报纸、杂志 ☐广播、电视 ☐同事或朋友推荐 ☐网站
- 11、您对本书的满意度：  
☐很满意 ☐较满意 ☐一般 ☐不满意
- 12、您对我们的建议：\_\_\_\_\_

1 0 0 0 8 4

北京100084—157信箱

读者服务部

收

邮政编码：□□□□□□

贴 票 邮 处

请剪下本页填写清楚，放入信封寄回，谢谢！

技术支持与课件下载: <http://www.tup.com.cn> <http://www.wenyuan.com.cn>

读者服务邮箱: [service@wenyuan.com.cn](mailto:service@wenyuan.com.cn)

邮 购 电 话: 62791864 62791865 62792097-220

组 稿 编 辑: 章忆文

投 稿 电 话: 62770604

投 稿 邮 箱: [bjyiwen@263.net](mailto:bjyiwen@263.net)

# 前 言

1988 年, V1.0 的 Pro/ENGINEER 在美国 PTC 公司诞生了, 经过 10 余年的发展, Pro/ENGINEER 已经成为三维建模软件的领军产品。目前 Pro/ENGINEER 最新的版本为 Wildfire 3.0 (也称为野火版 3.0)。PTC 的系列软件包括了在工业设计和机械设计等方面的多项功能, 整合了零件设计、产品装配、模具开发、NC 加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机械设计、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。Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 还提供了目前所能达到的最全面、集成最紧密的产品开发环境。

本书主要针对 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的操作及其各功能工具进行详尽介绍。内容包括 Pro/Engineer Wildfire 3.0 的草绘、基准特征工具、基础特征工具、工程特征工具、编辑特征工具以及装配设计。本书使用丰富的实例配合功能讲解进行全面的介绍, 并提供不少来自产品研发设计实务中积累的经验和技巧。使读者在了解 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 强大功能的同时可以很快地建立模型设计的概念。

为了方便读者练习, 特将全书实例演练所需的素材文件置入随书赠送的光盘中, 建议读者在开始学习本书之前先将随书光盘中的所有文件复制到硬盘中。

本书所有练习用到或完成后的文件都按顺序收录在附盘的“CH01~CH09”文件夹下, 每个章节中完成的文件均放置在文件夹 finish 中。每章都设有课后练习, 课后练习的实例文件放置在文件夹【课后练习】中。

本书主要由唐俊、龙坤编写。由于 Pro/ENGINEER 技术复杂、功能强大, 作者水平有限, 书中难免会有不妥之处, 恳请各位专家、读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 第 1 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0

### 设计概论 ..... 1

- 1.1 CAD 技术的产生和发展 ..... 1
  - 1.1.1 CAD 技术的产生 ..... 1
  - 1.1.2 CAD 技术的发展 ..... 2
- 1.2 产品设计规范及进程 ..... 3
  - 1.2.1 产品设计的分类 ..... 3
  - 1.2.2 产品设计的一般进程 ..... 4
  - 1.2.3 产品设计的基本要求 ..... 5
  - 1.2.4 产品设计的基本原则 ..... 6
- 1.3 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 概述 ..... 7
  - 1.3.1 Pro/ENGINEER 的产生  
与发展 ..... 8
  - 1.3.2 Pro/ENGINEER 的典型应用 ..... 8
  - 1.3.3 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0  
的优势与新功能 ..... 10
- 1.4 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0  
的核心设计思想 ..... 15
  - 1.4.1 实体建模 ..... 15
  - 1.4.2 特征造型 ..... 15
  - 1.4.3 参数化设计 ..... 18
  - 1.4.4 父子关系 ..... 21
  - 1.4.5 单一数据库与相关性 ..... 21

## 第 2 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0

### 安装指南 ..... 22

- 2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0  
安装环境设置 ..... 22
- 2.2 安装虚拟网卡 ..... 23
- 2.3 获取网卡的物理地址 ..... 26
- 2.4 安装 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0  
软件 ..... 27
- 2.5 优化系统性能 ..... 32
  - 2.5.1 增加系统的虚拟内存 ..... 32

### 2.5.2 显示设置 ..... 33

## 2.6 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 超级

### 安装功能介绍 ..... 33

## 第 3 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0

### 基础知识 ..... 35

- 3.1 用户界面简介 ..... 35
  - 3.1.1 标题栏 ..... 36
  - 3.1.2 菜单栏 ..... 36
  - 3.1.3 工具栏 ..... 38
  - 3.1.4 导航栏 ..... 39
  - 3.1.5 信息区 ..... 40
  - 3.1.6 IE 浏览器 ..... 41
  - 3.1.7 命令解释区与帮助中心 ..... 41
  - 3.1.8 状态栏 ..... 43
  - 3.1.9 主视区 ..... 43
- 3.2 图形文件管理 ..... 43
  - 3.2.1 创建新的图形文件 ..... 43
  - 3.2.2 打开图形文件 ..... 44
  - 3.2.3 保存图形文件 ..... 47
  - 3.2.4 关闭图形文件 ..... 48
- 3.3 视图控制 ..... 48
  - 3.3.1 预设视图 ..... 48
  - 3.3.2 用鼠标操控视角 ..... 53
  - 3.3.3 视图控制 ..... 54
- 3.4 对象选取 ..... 57
  - 3.4.1 预选高亮 ..... 57
  - 3.4.2 对象选取 ..... 58
  - 3.4.3 选择过滤器 ..... 59
- 3.5 图层管理 ..... 61
  - 3.5.1 【层】管理器 ..... 62
  - 3.5.2 图层的基本操作 ..... 66
  - 3.5.3 图层操作实例 ..... 69
- 3.6 常用系统设置 ..... 71
  - 3.6.1 设置当前工作目录 ..... 71

|                                           |           |                       |            |
|-------------------------------------------|-----------|-----------------------|------------|
| 3.6.2 设置模型.....                           | 72        | 4.10.2 角度标注.....      | 126        |
| 3.6.3 显示方式设置.....                         | 79        | 4.11 修改工具.....        | 128        |
| 3.6.4 Pro/ENGINEER Wildfire<br>的环境设置..... | 85        | 4.11.1 修改尺寸.....      | 128        |
| 3.6.5 零件的单位设置.....                        | 86        | 4.11.2 修改文字内容.....    | 130        |
| <b>第4章 草绘基础</b> .....                     | <b>91</b> | 4.11.3 修改样条.....      | 130        |
| 4.1 草绘器简介.....                            | 91        | 4.12 截面保存、导入.....     | 132        |
| 4.1.1 进入草绘模式.....                         | 91        | 4.12.1 截面保存.....      | 133        |
| 4.1.2 草绘模式中的管理器.....                      | 92        | 4.12.2 截面导入.....      | 133        |
| 4.1.3 草绘模式界面.....                         | 93        | 4.13 草绘器优先选项设置.....   | 134        |
| 4.1.4 草绘器概述.....                          | 95        | 4.13.1 【杂项】设置.....    | 135        |
| 4.2 绘制几何图元.....                           | 96        | 4.13.2 【约束】设置.....    | 136        |
| 4.2.1 绘制线.....                            | 96        | 4.13.3 【参数】设置.....    | 136        |
| 4.2.2 绘制矩形.....                           | 97        | 4.14 草绘的分析.....       | 137        |
| 4.2.3 绘制圆.....                            | 98        | 4.14.1 距离测量.....      | 137        |
| 4.2.4 绘制圆弧.....                           | 100       | 4.14.2 距离角度.....      | 138        |
| 4.2.5 圆角.....                             | 101       | 4.14.3 分析图元.....      | 138        |
| 4.2.6 绘制样条曲线.....                         | 102       | 4.14.4 分析交点.....      | 139        |
| 4.3 绘制构造图元.....                           | 102       | 4.14.5 分析相切点.....     | 139        |
| 4.3.1 绘制点与坐标系.....                        | 103       | 4.14.6 分析曲率.....      | 140        |
| 4.3.2 构造图元转换.....                         | 103       | 4.15 草绘综合实例.....      | 140        |
| 4.4 选择工具.....                             | 104       | 4.15.1 综合实例1.....     | 140        |
| 4.5 通过实体边线创建图形.....                       | 106       | 4.15.2 综合实例2.....     | 142        |
| 4.6 文字.....                               | 108       | 4.16 课后练习.....        | 145        |
| 4.6.1 文本使用方式.....                         | 108       | <b>第5章 基准特征</b> ..... | <b>147</b> |
| 4.6.2 文本字体设置.....                         | 109       | 5.1 基准平面.....         | 147        |
| 4.6.3 插入文本符号.....                         | 111       | 5.1.1 创建基准平面的方法.....  | 148        |
| 4.7 草绘调色板.....                            | 111       | 5.1.2 实例操作.....       | 150        |
| 4.7.1 插入图形.....                           | 111       | 5.2 基准轴.....          | 155        |
| 4.7.2 修改调色板.....                          | 113       | 5.2.1 创建基准轴的方法.....   | 156        |
| 4.8 几何工具.....                             | 114       | 5.2.2 实例操作.....       | 156        |
| 4.8.1 复制工具.....                           | 115       | 5.3 基准点.....          | 160        |
| 4.8.2 裁剪工具.....                           | 116       | 5.3.1 一般基准点.....      | 161        |
| 4.9 约束.....                               | 118       | 5.3.2 草绘基准点.....      | 167        |
| 4.9.1 即时的约束.....                          | 118       | 5.3.3 偏移坐标系基准点.....   | 167        |
| 4.9.2 手动的约束.....                          | 119       | 5.3.4 区域创建基准点.....    | 168        |
| 4.10 尺寸标注.....                            | 122       | 5.4 基准曲线.....         | 168        |
| 4.10.1 距离标注.....                          | 123       | 5.4.1 草绘曲线.....       | 169        |
|                                           |           | 5.4.2 基准曲线.....       | 170        |



|                       |            |                              |            |
|-----------------------|------------|------------------------------|------------|
| 5.5 坐标系.....          | 175        | 7.3.2 边倒角 .....              | 264        |
| 5.6 课后练习.....         | 177        | 7.3.3 实例操作 .....             | 266        |
| <b>第6章 基础特征</b> ..... | <b>178</b> | 7.4 壳特征.....                 | 269        |
| 6.1 基础特征简介.....       | 178        | 7.4.1 壳特征面板 .....            | 269        |
| 6.2 拉伸特征.....         | 180        | 7.4.2 壳特征操作 .....            | 271        |
| 6.2.1 拉伸特征简介.....     | 180        | 7.4.3 实例操作 .....             | 273        |
| 6.2.2 实例操作.....       | 182        | 7.5 筋特征.....                 | 275        |
| 6.3 旋转特征.....         | 188        | 7.5.1 筋特征面板 .....            | 275        |
| 6.3.1 旋转特征简介.....     | 189        | 7.5.2 筋特征操作 .....            | 276        |
| 6.3.2 实例操作.....       | 190        | 7.5.3 实例操作 .....             | 278        |
| 6.4 扫描特征.....         | 196        | 7.6 拔模特征.....                | 280        |
| 6.4.1 扫描特征简介.....     | 197        | 7.6.1 恒定拔模 .....             | 281        |
| 6.4.2 实例操作.....       | 198        | 7.6.2 可变拔模 .....             | 283        |
| 6.5 混合特征.....         | 203        | 7.6.3 分割拔模 .....             | 284        |
| 6.5.1 混合特征简介.....     | 203        | 7.6.4 实例操作 .....             | 287        |
| 6.5.2 实例操作.....       | 205        | 7.7 课后练习.....                | 290        |
| 6.5.3 混合原则.....       | 214        | <b>第8章 特征编辑</b> .....        | <b>291</b> |
| 6.6 扫描混合特征.....       | 217        | 8.1 添加【编辑特征】工具按钮.....        | 292        |
| 6.6.1 扫描混合特征简介.....   | 217        | 8.2 复制类特征操作.....             | 293        |
| 6.6.2 实例操作.....       | 221        | 8.2.1 镜像操作 .....             | 293        |
| 6.7 螺旋扫描特征.....       | 223        | 8.2.2 复制-粘贴、选择性粘贴 .....      | 296        |
| 6.7.1 螺旋扫描特征简介.....   | 224        | 8.2.3 阵列操作 .....             | 306        |
| 6.7.2 实例操作.....       | 225        | 8.3 曲线/曲面类特征操作 .....         | 320        |
| 6.8 课后练习.....         | 227        | 8.4 课后练习.....                | 331        |
| <b>第7章 工程特征</b> ..... | <b>230</b> | <b>第9章 零件装配设计</b> .....      | <b>333</b> |
| 7.1 孔特征.....          | 230        | 9.1 装配件设计平台简介.....           | 333        |
| 7.1.1 孔特征面板.....      | 231        | 9.2 装配约束.....                | 339        |
| 7.1.2 孔特征的放置.....     | 232        | 9.2.1 约束类型 .....             | 339        |
| 7.1.3 孔的形状.....       | 237        | 9.2.2 预定义约束集 .....           | 343        |
| 7.1.4 实例操作.....       | 239        | 9.3 装配基本操作.....              | 347        |
| 7.2 圆角特征.....         | 245        | 9.4 快速自动装配.....              | 358        |
| 7.2.1 圆角模式.....       | 248        | 9.5 分解视图.....                | 364        |
| 7.2.2 圆角特征类型.....     | 253        | 9.6 组件中装配干涉的检测与调整.....       | 367        |
| 7.2.3 实例操作.....       | 258        | 9.7 在组件中创建新的零件并<br>修改组件..... | 369        |
| 7.3 倒角特征.....         | 263        | 9.8 课后练习.....                | 372        |
| 7.3.1 拐角倒角.....       | 263        |                              |            |

# 第 1 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 设计概论

Pro/ENGINEER 是美国 PTC(Parametric Technology Corporation, 参数技术公司)开发的大型 CAD/CAM/CAE 软件。与其他同类设计软件相比,该软件起步较晚,有条件采用近几年来 CAD 领域的一些先进理论和技术,因此具有较高的起点。Pro/ENGINEER 包含的许多先进设计理念为其注入了旺盛的生命力,使其能够在竞争激烈的工业设计领域中占有重要的一席之地。本章将对 Pro/ENGINEER 的相关知识作一个概要介绍。

## 本章知识要点:

- CAD 技术的产生和发展
- Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 概述
- Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的核心设计思想
- Pro/ENGINEER 产品设计规范及进程

## 1.1 CAD 技术的产生和发展

随着科学技术的不断发展和进步,生产与加工自动化的观念逐渐深入人心。生产与加工过程离不开产品的设计与开发,在生产自动化大幅度提升生产效率的同时,设计自动化也正迎头赶上,设计者扔掉手中的图板从手工绘图阶段解放出来,逐渐步入了以计算机辅助设计为特色的信息时代,也就是人们常说的 CAD 时代。纵观 CAD 技术的发展,技术的进步是设计自动化发展的重要推动力量。在当今高、精、尖的技术领域,很难想像没有功能强大的三维设计软件如何能够满足工程设计中复杂的技术要求。

### 1.1.1 CAD 技术的产生

CAD 技术产生于 20 世纪 60 年代初期,到现在已有 40 余年的发展历史。20 世纪 40 年代计算机问世,但是直至 50 年代中期其应用尚不普遍,主要应用于科学计算。50 年代末期,美国麻省理工大学成功开发的图形显示器预示着交互图形生成技术的诞生成为可能。1963 年,麻省理工大学开发的 Sutherland 光笔实现了在显示器上对图形元素的选择、定位等交互操作,为交互图形生成和显示技术的发展奠定了基础。60 年代中后期,美国的一些大型软件公司都十分重视这一技术,并投入资金对 CAD 技术进行研究和开发,研制开发出了一些先进的 CAD 系统,这些系统逐渐在现代设计中崭露头角。

早期的 CAD 技术以交互式二维绘图为主,其三维结构设计主要采用较为简单的线框模型,在算法上主要使用解析几何的方法定义基本图形元素,以此绘制由直线、圆弧和曲线组成的图形。这时的图形系统只能表达几何信息,还不能全面描述形体更加丰富的信息(如质量、重心和密度等)以及多个形体之间的拓扑关系,无法实现 CAM(计算机辅助制造)以及

CAE(计算机辅助工程)功能。

### 1.1.2 CAD 技术的发展

随着计算机技术的发展和工业生产自动化水平的提高, CAD 技术在短短的 40 余年间取得了巨大的进步。在 CAD 的发展历程中, 主要有以下 3 条发展主线。

#### 1. 运行环境的转移

CAD 技术诞生初期, 大中型计算机价格昂贵, 微型计算机尚未产生, 因此早期的 CAD 系统主要运行在工作站上。工作站虽然性能优越, 图形处理速度快, 但价格相对比较昂贵, 这在一定程度上限制了 CAD 技术的推广。

随着 Pentium 芯片和 Windows NT 操作系统的出现并流行, 以前只能运行在工作站上的 CAD 系统逐渐向微机平台上转移。目前, 由于微机的价格远远比工作站低, 其性能也不比中低档工作站逊色多少, 并且 Windows NT 操作系统的安全性比 DOS、Windows 3.x、Windows 95/98 等相比有了很大提高。所以, 微机平台为 CAD 应用普及创造了很好的条件。一方面, 工作站上著名的 CAD/CAM 软件(如 UG、CATIA 等)可以完整地移植到微机平台上, 在微机上能够轻松实现工作站环境的处理能力; 另一方面, CAD 软件打破了原有 UNIX 环境的桎梏, 可以在 Windows 平台上全面拓展。因此, Pentium 以上处理器和 Windows NT 环境逐渐成为了 CAD 软件运行和应用的主流平台。

归结起来, 基于微机平台的现代 CAD 系统具有以下 3 个特点。

- 微机平台。
- Windows 操作系统。
- Pentium 处理器。

#### 2. 模型形式的变迁

CAD 软件中模型的描述方式先后经历了从二维到三维, 从直线和圆弧等简单的几何元素到曲线、曲面和实体等复杂的几何元素, 从单一的几何信息到包括工艺信息在内的全部产品信息, 从静态设计到以参数化特征造型为基础的动态设计的发展过程。

在 CAD 软件发展过程中, 先后使用过多种模型描述方法, 具体如下所述。

- 二维模型: 使用平面图形来表达模型。模型信息单一, 对模型的描述很不全面。
- 三维线框模型: 使用空间曲线组成的线框描述模型, 只能表达基本的几何信息, 不能有效表达几何数据间的拓扑关系。同时, 由于缺乏模型的表面信息, 还无法实现 CAM 及 CAE 两项关键技术。
- 表面模型: 使用 Bezier(贝济埃)、NURBS(非均匀有理 B 样条)等参数曲线组成的自由曲面来描述模型, 可以比较精确地表达复杂表面的基本信息, 为 CAM 技术的应用奠定了基础。但是, 表面模型技术只能表达形体的表面信息, 还难以准确表达零件的质量、重心、惯性矩等物理特性, 不便于 CAE 技术的实现。
- 实体模型: 采用拓扑和几何两方面的信息来描述三维模型。在拓扑关系上将二维物体表示为体、面、环、边、点等层次和邻接关系, 在几何上按照拓扑结构使用面方程、线方程和点坐标来完整地表达几何物体丰富的三维信息。实体模型能精

确描述实体表面的任意曲面,便于 CAD/CAM/CAE 技术的实现。

- 产品模型:从用户需求、市场分析出发,以产品设计制造模型为基础,在产品整个生命周期内不断扩充、不断更新版本的动态模型,是产品生命周期中全部数据的集合。使产品模型便于在产品生命周期各阶段中实现数据信息的交换与共享,为产品设计中的全局分析创造了条件。
- 特征模型:把工程设计中的基本形状要素或功能要素定义为一系列不可拆分的基本元素——特征,使用特征以搭积木的方式构建模型。特征模型集中体现了当前上流的参数化设计思想,使对模型的管理、修改和重构更加方便。
- 生物模型:使用全面的描述方法创建栩栩如生的人物、动物等三维模型以及其他流线型模型。生物模型表达的信息更加全面,描述方法更加复杂多样。

### 3. CAD 软件功能的强化

现在大型 CAD 软件的功能越来越强大,模块越来越丰富,在现代设计和生产领域中的地位越来越重要。许多大型设计软件都集成了丰富的功能,其主要功能如下。

- CAD: 产品设计功能。
- CAM: 产品制造功能。
- CAE: 产品分析功能。
- PDM: 产品数据管理功能。

一个优秀的 CAD 软件在具备复杂三维设计功能的同时还必须具有良好的图形用户界面。为了兼顾这两个方面的特点,新一代基于微机平台的 CAD 软件充分吸取了 UNIX 工作站设计思想中的精华,例如实体模型、参数驱动、特征造型、动态导航、单一数据库、TEP 标准和动态图形显示等,系统的核心模块高效精干,同时用户界面友好、操作简便,并且具备与其他软件系统集成能力。

## 1.2 产品设计规范及进程

设计是人类改造自然的基本活动之一,设计是复杂的思维过程,设计过程蕴含着创新和发明的机会。设计的目的是将预定的目标,经过一系规划与分析决策,产生一定的信息(文字、数据、图形),形成设计,并通过制造,使设计成为产品,造福人类。

设计过程是指明确设计任务到编制技术文件所进行的整个设计工作的流程。一般来说,整个设计过程可分为明确设计任务要求、原理方案设计、技术设计和施工设计四个主要阶段。

### 1.2.1 产品设计的分类

- 开发性设计:在工作原理、结构等完全未知的情况下,应用成熟的科学技术或经过实验证明是可行的新技术,设计出过去没有过的新型机械。这是一种完全创新的设计。
- 适应性设计:在原理方案基本保持不变的前提下,对产品做局部的变更或设计一个新部件,使产品在质和量方面更能满足使用要求。

- 变型设计: 在工作原理和功能结构都不变的情况下, 变更现有产品的配置和尺寸, 使之适应更多的容量要求。这里的容量含义很广, 如功率、转矩、加工对象的尺寸等。

在产品设计中, 开发性设计目前只占少数。为了充分发挥现有机械产品的潜力, 适应性设计和变型设计就显得格外重要。但是作为一个设计人员, 不论从事哪一类设计, 都应该在创新上下功夫。创新可以使开发性设计、适应性设计和变型设计别具一格, 耳目一新。市场竞争日益加剧, 设计人员必须把新产品的开发放在重要位置上, 使产品不断更新、技术储备不断增强, 这样才能在市场竞争中立于不败之地。

## 1.2.2 产品设计的一般进程

产品设计的一般进程可分为产品规划、方案设计、详细设计和改进设计四个阶段。下面介绍其各阶段的设计任务。

### 1. 产品规划阶段

在产品规划阶段的中心任务包括确定设计目的(需求分析、市场预测)和设计思想、可行性分析, 确定设计参数及制约条件, 最后给出详细的设计任务书(或要求表), 作为设计、评价和决策的依据。

产品开发是从需求识别开始的。优秀的设计人员应该具有敏锐的预感能力, 在市场竞争形势中, 分析出社会的需要, 并抢在市场需要前完成产品的开发和研制工作。需求有两种: 一种为显需求, 即人们都知道的需求; 另一种是隐需求, 即人们还没有意识到的、但客观存在的那种需求。设计人员的任务, 不仅仅是不断改进、提高那些满足人们显需求的产品, 更重要的是要去开发那些满足人们隐需求的产品。

需求识别: 发现现有产品中存在的问题(普遍性问题和难点性问题), 包括产品功能、性能、质量、数量等的具体要求; 了解竞争对手在技术、经济方面的优缺点; 了解现有产品的销售情况等。

对产品开发中的重大问题, 经过技术、经济、社会各方面情况的详细分析和对开发可能性的综合研究, 提出产品开发的可行性报告, 报告一般包括以下内容。

- 产品开发的必要性, 市场需求预测。
- 有关产品的国内外水平和发展趋势。
- 预期达到的最低目标和最高目标, 包括设计水平、经济效益、社会效益等。
- 提出设计、工艺等方面需要解决的关键问题。
- 在现有条件下开发的可能性论述及准备采取的措施。
- 预算投资费用及项目的进度、期限。

### 2. 方案设计阶段

产品功能要能满足或适应市场需求。产品设计目的是实现产品功能。因此这一阶段就是在功能分析的基础上, 通过创新构思、优化筛选, 取得较理想的功能原理方案。对于机械产品来说, 机械运动示意图(机械运动方案图)和机械运动简图的设计就是方案设计阶段的主要内容。产品功能原理方案的好坏决定着产品性能和成本, 关系到产品的市场竞争

能力。

方案设计阶段要完成产品功能分析、功能原理求解和评价决策以得到最佳功能原理方案，也就是初步完成机械运动方案的设计，为进一步进行机械运动简图设计打下基础。

### 3. 详细设计阶段

使表述功能原理的机械运动简图实现其功能原理方案，使简图具体化，成为机器及其零部件的合理结构，这是详细设计阶段的任务。因此，需要完成产品总体设计、部件和零件设计、全部生产图纸绘制，并编制设计说明书等有关技术文件。在此阶段中，零部件的结构形状、装配关系、材料选择、尺寸大小、加工要求、表面处理、总体布置等设计合理与否，对产品的技术性能和经济指标都有着直接的影响。为此，设计人员应注意以下几点。

- 零部件设计必须满足其设计功能要求。
- 要考虑功能的合理分配和零件结构的合理设计。
- 从便于制造加工和降低成本考虑，力求零件结构简单，加工面少，材料利用率高。
- 常用零件尽可能标准化、通用化、组合化。
- 总体设计还应满足总功能、人机工程、造型美学、包装和运输等方面的要求。

详细设计的步骤一般由总装草图分拆成部件、零件草图，经审核无误后，再由零件工作图、部件图绘制出总装图。最后还要编制技术文件，如设计说明书，标准件、外购件明细表，备件、专用工具明细表等。

### 4. 改进设计阶段

试制产品根据试验、使用、鉴定中所暴露的问题，进一步从设计上完善相应的技术和效能，以确保产品质量。这是改进设计阶段的主要任务，是整个设计过程中不可分割的一部分。通过这一阶段的工作，产品的效能、可靠性和经济性提高之后，产品就更具有生命力。

总之，按上述一般进程有步骤地设计，对提高设计质量有较好的效果。

## 1.2.3 产品设计的基本要求

一个产品，只有在技术性能、经济指标、整体造型、操作使用和可维修性等方面能够做到统筹兼顾、协调一致，这样的设计才是合理的，才会受到用户的欢迎。因此，如何拟定机械设计的要求，是产品设计的一个重要的前提。

### 1. 拟定设计要求的原则与方法

设计要求拟定的一般原则是：详细而明确，合理而先进。详细就是尽可能列出全部设计要求，编制出一份设计要求明细表；明确就是对设计要求尽可能量化；合理就是对设计要求的提出要适度、要实事求是；先进就是与国内外同类产品相比，产品在功能或技术性能、经济指标方面具有一定的领先优势。

设计要求的量化，要视具体产品的情况而定。有些产品可依据国际标准、国家标准或专业标准来确定；有些可通过直接计算而得；有些可通过统计法、类比法、估算法、试验法等来确定。

## 2. 设计要求

设计要求可分为主要要求和次要要求。主要要求是指直接关系到产品的功能、性能、技术经济指标的那些要求,次要要求是指间接关系到产品质量的那些要求。

### (1) 主要要求

- 功能要求:即产品的功用。可以从人机功能分配、价值工程原理和技术可行性三方面来分析。
- 适应性要求:即对作业对象的特征、工作状况、环境条件等工况发生变化的适应程度。
- 性能要求:即指产品所具有的工作特征。
- 生产能力要求:是指在单位时间内所能完成产品的多少。
- 可靠性要求:是指产品在规定使用条件下,在预期使用寿命内能完成规定功能的概率。
- 使用寿命:是指正常使用条件下,因磨损等原因引起的产品技术性能、经济指标下降保持在允许范围内而无须大修的延续工作的期限。
- 效率要求:是指输入量的有效利用程度。
- 使用经济性要求:是指单位时间内生产的价值与同时间内使用费用的差值。
- 成本要求。
- 人机工程学要求。
- 安全防护、自动报警要求。
- 与环境适应的要求。
- 运输、包装的要求。

### (2) 其他设计要求(为了保证实现主要设计要求而提出的要求)

- 强度、刚度要求。
- 制造工艺要求。
- 零件加工技术要求。
- 各作业动作间的协调配合要求。

以上的各项设计要求对于各种产品设计都是适用的。但是,某一具体的产品设计,所涉及的设计要求的内容,其主次轻重是不同的。设计人员应做具体分析,以拟定出详细、明确、合理而又先进的设计要求。在拟定设计要求时,要着重考虑人、机、材料、成本,一般简称为四个 M(Man, Machine, Material, Money)。对于机械设计的可靠性、适用性与完善性的考虑,一般可以归结为:保证功能要求与适当使用寿命下不断降低成本。

## 1.2.4 产品设计的基本原则

对于设计过程中普遍适用的基本原则,现简述如下。

- 需求原则:产品的功能要求来自于需求。产品要满足客观的需求,这是一切设计最基本的出发点。不考虑客观需要会造成产品的积压和浪费。客观需求是随着时间、地点的不同而发生变化的,这种变化了的需求是设计升级换代产品的依据。客观需求有显需求和隐需求之分,显需求的发展可导致产品的不断改进、升级、

更新、换代；隐需求的开发会导致创造发明，形成新颖的产品。

- 信息原则：设计过程中的信息主要有市场信息、科学技术信息、技术测试信息和加工工艺信息等。设计人员应全面、充分、正确和可靠地掌握与设计有关的各种信息。用这些信息来正确引导产品规划、方案设计与详细设计，并使设计不断改进提高。
- 创新原则：设计人员的大胆创新，有利于冲破各种传统观念和惯例的束缚，创造发明出各种各样原理独特、结构新颖的机械产品。
- 系统原则：每个机械产品都可以看作一个待定的技术系统，设计产品就是用系统论的方法来决定功能结构系统，通过分析、综合与评价决策，使产品达到综合最优。
- 收敛原则：为了寻求一个崭新的产品，在构思功能原理方案时，采用发散思维；为了得到一个新型产品，则必须综合多种信息，实行收敛思维。在发散思维基础上进行收敛思维，通常都会取得很好的效果。
- 优化原则：这属于广义优化，包括方案择优、设计参数优化、总体方案优化。也就是高效、优质、经济地完成设计任务。
- 继承原则：将前人的成果，有批判地吸收，推陈出新，加以发扬，为我所用，这就是继承原则。设计人员灵活地掌握继承原则，可以事半功倍进行创新设计，可以集中主要精力去解决设计中的主要问题。
- 效益原则：设计中必须讲求效益，既要考虑技术经济效益，又要考虑社会效益。
- 时间原则：加快设计研制时间，以抢先占领市场。同时，在设计时，要预测产品研制阶段内同类产品可能发生的变化，保证设计的产品投入市场后不至于沦为过时货。
- 定量原则：对方案评选、造型技术美学、产品技术性能、经济效益等的评价，都尽量采用科学的定量方法。
- 简化原则：在确保产品功能的前提下，应力求设计出的产品简捷化，以降低产品成本，并确保质量。在产品初步设计阶段和改进设计阶段，尤应突出运用这个基本原则。
- 审核原则：要实现高效、优质、经济的设计，必须对每一项设计步骤的信息，随时进行审核，确保每一步做到正确无误，竭力提高产品设计的质量。

根据对过去设计的总结，可以帮助在设计中少走弯路，提高设计质量。对于设计的基本原则，设计人员还可根据情况的发展变化和自己的努力不断加以补充、完善。

### 1.3 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 概述

20 世纪 90 年代以后，参数化造型理论已经发展为 CAD 技术的重要基础理论。使用参数化思想建模简单方便，设计效率高，其应用日趋广泛。美国 PTC 公司率先使用参数化设计思想开发出 CAD 软件，其主流产品就是本书将要向读者介绍的 Pro/ENGINEER。



### 1.3.1 Pro/ENGINEER 的产生与发展

PTC 公司成立于 1985 年, 1988 年发布了 Pro/ENGINEER 软件的第一个版本。1998 年 PTC 收购了其竞争对手 CV(Computer Vision)公司, 逐渐发展成为当今世界较大的软件公司之一。Pro/ENGINEER 自面市后因其优良的使用性能获得了众多 CAD 用户的肯定, 现已广泛应用于工业设计的各个领域, 用来实现大型装配产品的设计、制造、功能仿真以及产品数据管理等诸多任务, 是典型的 CAD/CAM/CAE 集成软件。

Pro/ENGINEER 经历 10 余年的发展后, 技术上逐步成熟, 已经成为当前三维建模软件的领头羊。目前, PTC 公司以每年推出一个新版本的速度不断改进软件的不足。在 Pro/ENGINEER 的 Wildfire 系列推出之前, 最近的几个版本分别为 Pro/ENGINEER R20、Pro/ENGINEER 2000i、Pro/ENGINEER 2000i<sup>2</sup> 和 Pro/ENGINEER 2001。在这些版本中, PTC 公司都引入了许多先进的设计思想, 例如 R20 版中的窗口程序界面和智能草绘模式, 2000i 版中的行为建模和大型装配功能, 2000i<sup>2</sup> 版中的可视化检索和目的管理器, 2001 版中的直接建模和同步工程等。

PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征和全相关的三维设计概念改变了 CAD 技术的传统观念, 逐渐成为当今世界 CAD/CAE/CAM 领域的新标准。Pro/ENGINEER 是采用参数化设计思想的大型三维实体建模软件, 该软件提供了目前所能达到的最全面、集成最紧密的产品开发环境, 将产品涉及到生产的整个过程集成到一起, 让更多用户能够同时参与到某一产品的设计制造任务中, 既能实现所谓的并行工程, 又可以实现产品的 CAD/CAM/CAE 集成开发。

2002 年 6 月 10 日, PTC 在之前版本的基础上, 推出了 Wildfire 版, 全面改进了软件的用户界面, 对各设计模块重新进行了功能组合, 进一步完善了部分设计功能, 使软件的界面更加友好, 使用更加方便, 设计能力更加强大。两年后 PTC 推出 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0, 其在功能上更加强大, 并进一步强化了操作的方便性。2006 年 4 月 3 日, Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 正式推出, 在后面的章节我们将介绍最新的 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的新特性和更强大的设计功能。

### 1.3.2 Pro/ENGINEER 的典型应用

Pro/ENGINEER 是新一代的产品造型系统, 它支持由设计到生产的全过程。Pro/ENGINEER 是由众多功能完善、相对独立的功能模块组成的, 每一个模块都有自己独特的设计功能, 这一点有点像微软公司 Office 办公套装软件。用户可以根据需要调用其中一个模块进行设计, 各个模块创建的文件有不同的文件扩展名。此外, 高级用户还可以调用系统的附加模块或者使用软件进行二次开发工作。下面简要介绍软件的典型应用。

#### 1. 绘制二维草图

绘制二维草图在三维建模中具有非常重要的作用, 是使用零件模块进行三维建模时的重要步骤。在使用零件模块建立三维特征时, 如果需要绘制二维草图, 系统会自动切换至草绘模块。同时, 在零件模块中绘制二维草图时, 也可以直接读取在草绘模块下绘制并存储的文件。