

CAD/CAM 训练营

Pro/ENGINEER WILDFIRE

中文版

机械设计与实例详解

朱润华 张江华 等编著 冼进 审

内容由浅入深、循序渐进 —

通过将知识点与实例操作相结合，使读者快速掌握实用技能 —

配有多媒体光盘，要点、难点轻松掌握 —

适合于广大初、中级读者使用 —



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

含光盘



TH122/743D

2007

CAD/CAM 训练营

Pro/ENGINEER WILDFIRE 中文版 机械设计与实例详解

朱润华 张江华 等编著

冼进审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 是美国参数技术公司 (PTC) 在 1988 年推出的一套大型的 CAD/CAE/CAM 设计软件, 现在已经被广泛使用。本书是针对 Pro/ENGINEER WILDFIRE 3.0 (中文版) 编写的。相对于先前的版本, Pro/ENGINEER WILDFIRE 3.0 (中文版) 发生了许多变化, 为了使读者尽快掌握该软件, 本书介绍了大量的实例, 深入浅出地讲解操作的具体步骤。本书共分为 4 篇 8 章, 主要内容包括: 基础篇、曲面篇、实体篇和综合篇。基础篇内容包括 Pro/ENGINEER 基本概念, 二维截面设计, 实体基本特征创建, 构造特征创建, 特征修改, 零件设计和装配及工程图等, 涵盖了机械设计所涉及的大多数内容。曲面篇、实体篇和综合篇运用大量实例, 详细地介绍了零件的建模步骤和特征命令。

本书采用由浅到深、循序渐进的编排风格, 读起来通俗易懂, 并且在每个实例后都附有针对性的分析, 使读者对相关内容得到进一步的巩固, 在最短的时间内能够掌握 Pro/ENGINEER WILDFIRE 3.0 (中文版) 操作过程和使用方法。

本书可作为机械专业人员的 Pro/ENGINEER 的自学参考书籍, 也可作为高等院校 CAD 等专业课程的教材。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER WILDFIRE 中文版机械设计与实例详解 / 朱润华, 张江华等编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.10

(CAD / CAM 训练营)

ISBN 978-7-121-05129-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 152591 号

责任编辑: 范子瑜 特约编辑: 王占禄

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市万和装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.25 字数: 614 千字

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 42.00 元 (附光盘 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, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

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

服务热线: (010) 88258888。

前 言

Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 是美国参数技术公司 (PTC) 推出的一套大型的 CAD/CAE/CAM 设计软件, 它已广泛应用到航空、汽车、家电、通信等行业, 其功能包括二维绘图、实体与曲面设计、零件组装、管路设计、动态机构仿真、有限元分析、钣金设计、模具设计、电路设计、NC 机械加工制造与刀具路径仿真、逆向工程、同步工程等, 我国当前在这方面的人才缺口较大, 急需大量培养。

全书将通过机械零件设计的过程来编排内容, 分为 4 篇 (包括基础篇、曲面篇、实体篇和综合篇) 共 8 章内容, 本书的具体内容安排如下:

基础篇包括第 1、2 章, 主要介绍了 Pro/ENGINEER 的基础知识, 零件的装配和工程图的生成等。曲面篇包括第 3、4 章, 主要介绍利用曲面相关的功能创建零件等的相关实例。实体篇包括第 5、6、7 章, 主要介绍实体设计等的相关实例。综合篇包括第 8 章, 主要详细地介绍减速箱的创建、装配及其零件工程图, 进一步巩固和锻炼大家的实际操作能力。

在本书的配套光盘中, 提供了本书实例的所有源文件。通过源文件, 读者可以进行相关的练习。

本书由朱润华、张江华担任主要编写工作, 并由朱润华策划全书的内容与结构, 由冼进审定。此外周吴、刘杰、陆军坊、冯强、王卡也参与了部分章节的编写, 全书由朱润华统稿。同时, 参与本书编写的人员还有: 邹素琼、赵秋云、赵继军、彭艺、曲辉辉、周章、蒋波、徐留旺、曹振宇、张婷、温凌霜、鲁得翠、蒋泽平、魏乐、韩翔、程小英、谭小丽、卢丽娟、李小琼、周宏、罗吉、许翔燕、陈春、张忠、方小马、黄姹英、周明、宋晶、邓勇等, 在此一并表示感谢!

本书在编写过程中, 得到博嘉科技资讯有限公司同仁的热情帮助, 在此表示感谢。感谢西南交通大学机械工程学院的吴鹿鸣教授和王培俊教授的悉心指导和教诲, 感谢郑俊、单俊峰、文小燕、陈鹏、龙时丹提出的若干宝贵意见。

在本书编写过程中引用了部分材料, 均在参考文献中一一列出, 在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促, 书中疏漏之处在所难免, 欢迎广大读者和同行批评指正。

为充分展现本书的编写特点, 帮助读者深刻地理解本书编写意图与内涵, 进一步提高对本书教学的使用效率, 我们建立本书使用指导联络方式, 这将成为读者与编者之间交流沟通的直通车。欢迎读者将本书使用过程中的问题与各种探讨、建议反馈给我们, 编者会竭诚给予满意的答复。我们的联系方式为 E-mail: china_54@tom.com。

作 者

目 录

基 础 篇

第1章 Pro/ENGINEER 基础	(1)
1.1 Pro/ENGINEER 简介	(1)
1.1.1 Pro/ENGINEER	
用户界面简介	(1)
1.1.2 Pro/ENGINEER	
一些常用设置和操作 ...	(4)
1.2 草绘	(6)
1.2.1 特征概述	(6)
1.2.2 实例	(8)
1.3 基准特征	(10)
1.4 实体特征	(11)
1.4.1 特征概述	(11)
1.4.2 实例	(18)
1.5 构造特征	(27)
1.5.1 特征概述	(27)
1.5.2 实例	(35)
1.6 特征操作	(39)
1.7 本章小结	(49)
第2章 零件装配及工程图生成	(50)
2.1 组件	(50)
2.1.1 组件环境	(50)
2.1.2 约束类型	(52)
2.1.3 连接类型	(53)
2.1.4 装配过程	(56)
2.2 修改组件和零件	(59)
2.2.1 修改尺寸标注	(60)
2.2.2 编辑定义元件特征	(60)
2.3 组件分解图	(60)
2.3.1 默认分解图	(61)
2.3.2 自定义分解图	(61)
2.4 工程图的生成	(63)
2.4.1 创建工程图	(63)
2.4.2 工程图设置文件	(64)
2.4.3 工程图视图	(66)
2.4.4 尺寸标注与公差	(75)
2.5 本章小结	(81)

曲 面 篇

第3章 简单机械曲面设计实例	(82)
3.1 凸轮	(82)
3.1.1 设计概述	(82)
3.1.2 创建过程	(83)
3.1.3 小结	(87)
3.2 铣刀	(87)
3.2.1 设计概述	(88)
3.2.2 创建过程	(88)
3.2.3 小结	(90)
3.3 弹簧	(91)
3.3.1 设计概述	(91)
3.3.2 创建过程	(91)
3.3.3 小结	(95)
3.4 弯管设计	(95)
3.4.1 设计概述	(95)
3.4.2 创建过程	(96)
3.4.3 小结	(98)
3.5 六角螺栓	(98)
3.5.1 设计概述	(98)
3.5.2 创建过程	(98)
3.5.3 小结	(102)
第4章 复杂机械曲面设计实例	(103)
4.1 水龙头	(103)
4.1.1 设计概述	(103)
4.1.2 创建过程	(103)
4.1.3 小结	(108)
4.2 蝶形螺母	(108)
4.2.1 设计概述	(108)
4.2.2 创建过程	(108)
4.2.3 小结	(111)
4.3 十字沉头螺钉	(111)
4.3.1 设计概述	(112)
4.3.2 创建过程	(112)
4.3.3 小结	(115)
4.4 直齿轮	(115)
4.4.1 设计概述	(115)

4.4.2	创建过程	(115)	6.1.3	轴承座的装配	(211)
4.4.3	小结	(124)	6.1.4	小结	(216)
4.5	锥齿轮	(124)	6.2	轮胎	(216)
4.5.1	设计概述	(124)	6.2.1	设计概述	(217)
4.5.2	创建过程	(124)	6.2.2	相关零件创建	(217)
4.5.3	小结	(134)	6.2.3	轮胎的装配	(237)
4.6	汽车车身	(134)	6.2.4	小结	(240)
4.6.1	设计概述	(134)	6.3	活塞	(240)
4.6.2	创建过程	(135)	6.3.1	设计概述	(240)
4.6.3	小结	(147)	6.3.2	相关零件创建	(241)
	实 体 篇		6.3.3	活塞的装配	(246)
第 5 章	简单机械实体设计实例	(148)	6.3.4	小结	(247)
5.1	曲轴	(148)	第 7 章	复杂机械实体设计实例二	(248)
5.1.1	设计概述	(148)	7.1	机用虎钳	(248)
5.1.2	创建过程	(148)	7.1.1	设计概述	(248)
5.1.3	小结	(154)	7.1.2	相关零件创建	(248)
5.2	挖掘手	(154)	7.1.3	装配	(274)
5.2.1	设计概述	(154)	7.1.4	小结	(281)
5.2.2	创建过程	(154)	7.2	千斤顶	(282)
5.2.3	小结	(161)	7.2.1	设计概述	(282)
5.3	方向盘	(161)	7.2.2	相关零件创建	(282)
5.3.1	设计概述	(161)	7.2.3	千斤顶的装配	(292)
5.3.2	创建过程	(161)	7.2.4	小结	(296)
5.3.3	小结	(167)	7.3	球阀	(296)
5.4	三通接头	(167)	7.3.1	设计概述	(296)
5.4.1	设计概述	(168)	7.3.2	相关零件创建	(296)
5.4.2	创建过程	(168)	7.3.3	球阀的装配	(314)
5.4.3	小结	(175)	7.3.4	小结	(316)
5.5	带轮	(175)		综 合 篇	
5.5.1	设计概述	(175)	第 8 章	减速器	(317)
5.5.2	创建过程	(176)	8.1	设计概述	(317)
5.5.3	小结	(181)	8.2	相关零件创建	(317)
5.6	泵体	(181)	8.2.1	机盖	(318)
5.6.1	设计概述	(181)	8.2.2	机座	(331)
5.6.2	创建过程	(182)	8.2.3	圆锥滚子轴承	(347)
5.6.3	小结	(191)	8.2.4	轴承端盖	(352)
第 6 章	复杂机械实体设计实例一	(192)	8.2.5	斜齿轮	(356)
6.1	轴承座	(192)	8.2.6	齿轮轴	(365)
6.1.1	设计概述	(192)	8.3	减速器的装配	(373)
6.1.2	相关零件创建	(192)	8.3.1	输入轴的装配	(373)

8.3.2 输出轴的装配	(374)
8.3.3 减速器整体装配	(377)
8.4 工程图生成	(382)
8.5 本章小结	(395)
参考文献	(396)

基 础 篇

第 1 章 Pro/ENGINEER 基础

计算机辅助设计 (Computer-Aided-Design) 的出现, 使设计人员既能够不受传统绘图的限制而自由地表达设计思想, 又可方便地对图纸和设计进行修改。在二维 CAD 基础上发展起来的三维建模 CAD 系统则实现了模型的三维可视化、参数化。

美国参数技术公司 (PTC) 的 Pro/ENGINEER 就是这样一款 CAD 软件, 通过三维实体建模系统建立参数化的模型, 不仅大大地提高了设计人员的工作效率, 还将描绘设计意图的参数清楚的表达出来。PTC 自 2002 年推出 Wildfire 版本以来, 其窗口化的改进受到更多的设计人员的关注, 也吸引了更多学习者们的目光。本章将在 Pro/ENGINEER 的最新版本 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的基础上, 对 Pro/ENGINEER 的基本操作和功能进行介绍。

1.1 Pro/ENGINEER 简介

Pro/ENGINEER Wildfire 有基于 UNIX 和基于 Windows 等不同的版本, Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 在原有野火版的基础上, 继续完善了窗口化的操作, 本节将介绍 Pro/ENGINEER 的基本用户界面和一些常用的设置。

1.1.1 Pro/ENGINEER 用户界面简介

在如图 1-1 所示的 Pro/ENGINEER 用户界面中, 有菜单栏、工具栏、导航栏、浏览器、工作区、信息区、过滤器菜单等几个主要部分。在此只简要介绍菜单栏、工具栏和导航栏。

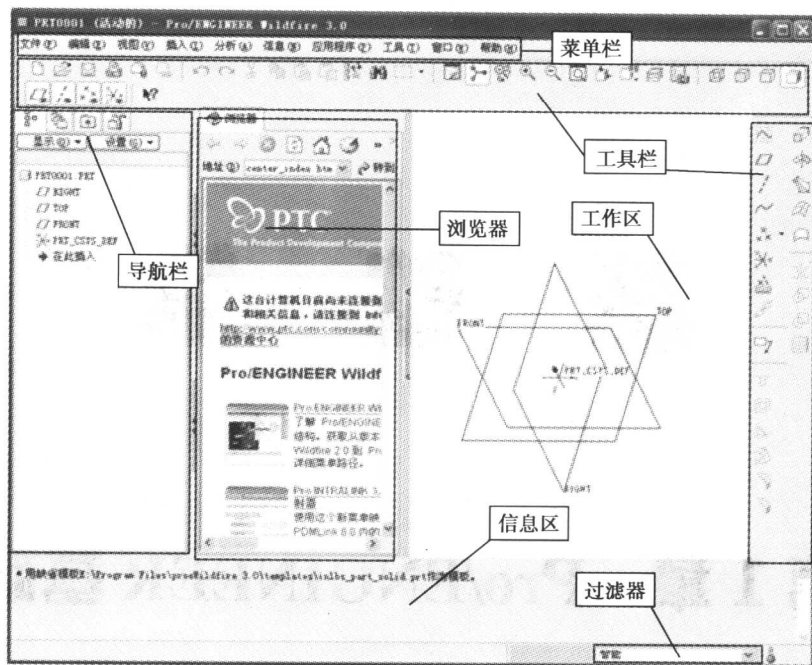


图 1-1 基本用户界面

1. 菜单栏

菜单栏包含了“文件”、“编辑”、“视图”、“插入”、“分析”、“信息”、“应用程序”、“工具”、“窗口”和“帮助”等菜单。

- “文件”菜单：包含了 Pro/ENGINEER 中文件和对象的操作，如保存、打开及打印文件等。
- “编辑”菜单：包含了一些更改几何特征的操作，如在零件建模时的编辑定义、隐藏和特征操作等。
- “视图”菜单：包含了模型外观设置和系统（主要是工作区）显示等，如渲染和颜色外观等。
- “插入”菜单：包含了一些基本特征如拉伸、扫描等，以及一些高级特征操作。
- “分析”菜单：包含了查找零件或装配体的属性等，如几何曲率和质量属性等。
- “信息”菜单：包含了对象的信息。常用的选项有“切换尺寸”等，特别是在参数化设计中的应用。
- “应用程序”菜单：包含了 Pro/ENGINEER 不同模块和应用程序之间的切换，如在机械分析和零件建模之间的切换等。
- “工具”菜单：主要用来定制工作界面。其中常用的如“环境”选项等，此外还提供了配置文件（config）的访问。
- “窗口”菜单：主要用来操作窗口，如在打开多个窗口的同时，可以激活要工作的窗口。
- “帮助”菜单：提供 Pro/ENGINEER 的相关信息和帮助文件查询。

2. 工具栏

工具栏大致可以分为文件管理、视图显示、模型显示、基准显示和特征工具等 5 部分，特征工具将在后面的章节中详细介绍。

(1) 文件管理

在如图 1-2 所示的文件管理组按钮中，主要按钮的功能如下：

- 创建新对象——创建新的文件。
- 打开现有对象——打开现有的文件。
- 保存活动对象——保存当前文件。
- 打印活动对象——打印当前文件对象。
- 发送带有活动窗口中对象的邮件——用邮件发送当前文件对象。

(2) 视图显示

在如图 1-3 所示的视图显示组按钮中，主要按钮的功能如下：

- 重画当前视图——当前工作区中文件的重画。
- 旋转中心开/关——旋转中心显示的开或闭。
- 定向模式开/关——定向视图的开或闭。
- 放大——放大当前工作区的视图。
- 缩小——缩小当前工作区的视图。
- 重新调整对象使其完全显示在屏幕上——在工作区全屏显示文件对象。
- 重定向视图——重新定向显示文件对象。
- 保存的视图列表——可选择已保存的视图。
- 设置层、层项目和显示状态——用于层操作。
- 启动视图管理器——访问视图管理器。



图 1-2 文件管理



图 1-3 视图显示

(3) 模型显示

在如图 1-4 所示的模型显示组按钮中，主要是用来显示切换模型视图的状态，主要按钮的功能如下：

- 线框——显示可见边线框的模型。
- 隐藏线——显示可见隐藏线的模型。
- 无隐藏线——显示无隐藏线的模型。
- 着色——显示带着色的模型。

(4) 基准显示

在如图 1-5 所示的基准显示组按钮中，主要按钮的功能如下：

- 基准平面开/关——开启或关闭显示基准平面。
- 基准轴开/关——开启或关闭显示基准轴。
- 基准点开/关——开启或关闭显示基准点。
- 坐标系开/关——开启或关闭显示坐标系。

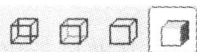


图 1-4 模型显示



图 1-5 基准显示

3. 导航栏

导航栏包含了模型树、文件夹浏览器、收藏夹和连接等 4 部分。常用的模型树在选择特征、对特征进行操作等方面都提供了很大的方便，具体内容如下。

- 模型树：模型树不仅可以对零件特征进行操作，在装配组建时也可以对其元件进行编辑定义等操作，同时还选择层树对层进行一定的操作。
- 文件夹浏览器：文件夹浏览器可对目录中的文件夹浏览，同时还可打开文件夹中的文件进行操作。
- 收藏夹：收藏夹可保存常用的文件夹及网址。
- 链接：提供了 PTC 和用户定义网址链接。

1.1.2 Pro/ENGINEER 一些常用设置和操作

1. 查看模型

主要实现对当前工作区的模型进行平移、旋转和缩放，以及视图方向的选择等操作。

- 模型的平移：同时按住<Shift>键和鼠标中键，在工作区中移动光标可实现模型的平移。
- 模型的旋转：按住鼠标中键，在工作区中朝某个方向移动光标可实现模型绕一个特定的中心线旋转。
- 模型的缩放：同时按住<Ctrl>键和鼠标中键，在工作区中移动光标可实现模型的缩放。
- 视图方向的选择：一是单击  按钮，在其下拉菜单中选择保存的视图方向，如图 1-6 所示；二是单击  按钮，在定向选项中新建一个视图方向，如图 1-7 所示。



图 1-6 选择保存的视图方向



图 1-7 新建一个视图方向

2. 配置文件

执行“工具”/“选项”命令，可以打开如图 1-8 所示的对话框，它包括了模型方向、系

统背景颜色、草绘显示等设置，左边是选项的名称，右边是定义的值。通常配置文件保存为 config.pro，许多设计人员喜欢用特定的配置文件，因为在特定的配置文件下已设置完成了特定的选项。配置文件可从以下几个位置读取：

- Pro/ENGINEER 安装位置目录，此处的配置文件是启动时最先载入的。
- 登录目录，载入安装位置的配置文件后，其次载入此处的个人配置文件。
- Pro/ENGINEER 启动目录，作为当前对象的工作目录，系统最后读取此处的配置文件，且覆盖前面读取的配置文件。

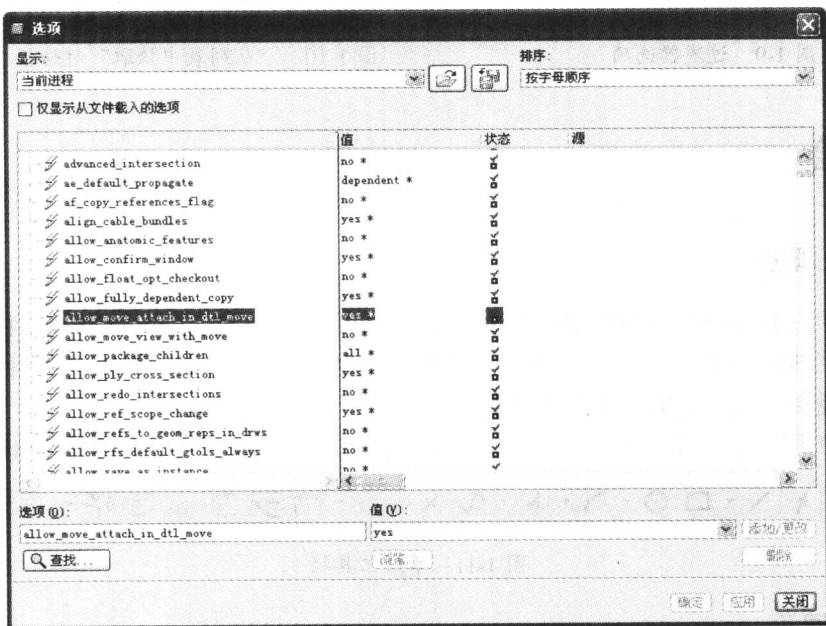


图 1-8 “选项”对话框

3. 从列表拾取特征或图元

在特征复杂的情况下，要选择其中的特征或图元非常困难，有时可以通过模型树来拾取特征，但如果不是利用特征工具创建的特征，在变截面扫描时，要选取扫描初始点就需要重新考虑选择的方法。

主要的拾取特征和图元的方法如下。

- 模型树选取：主要是选取特征工具创建的特征，如在模型树上选取特征进行阵列等。
- 选择过滤器：如图 1-9 所示为过滤器选项，若选择其中的选项，可以在工作区中显示其特定的特征或图元，从而提供需要选择的内容。
- 从列表拾取：在工作区中的模型位置单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“从列表中拾取”选项，打开“从列表中拾取”对话框，如图 1-10 所示，可以选择所需要的特征或图元。

智能
特征
几何
基准
面组
注释

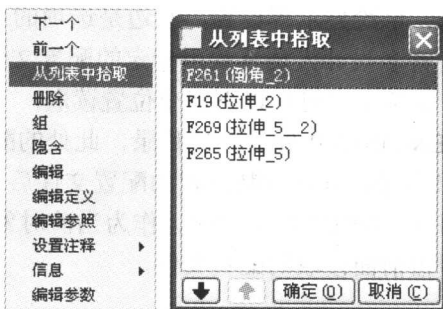


图 1-9 过滤器选项

图 1-10 “从列表中拾取”对话框

1.2 草绘

1.2.1 特征概述

草绘是学习 Pro/ENGINEER 的一个基本操作，在此基础上，可以实现拉伸特征、旋转特征和创建基准曲线等操作。因此，草绘可以单独创建一个文件，也可与其他特征工具结合使用，它是实现参数化设计的一个基本技巧。

如图 1-11 所示的是草绘的基本工具，包括草绘图元、尺寸标注、尺寸约束和图元操作等。

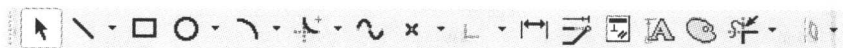


图 1-11 草绘工具栏

1. 草绘图元

草绘图元工具主要有直线、矩形、圆、圆弧、样条曲线、点和文本等。

- 直线 ：直线包括了 3 种图元类型，即直线、与 2 个图元相切的线和中心线。
- 矩形 ：先选择矩形一个顶点，然后再选择其对角的顶点即可完成矩形的创建。
- 圆 ：圆的创建包括通过拾取圆心和圆上一点创建圆，创建同心圆，通过拾取其 3 个点创建圆，创建与 3 个图元相切的圆，创建完整椭圆。
- 圆弧 ：圆弧的创建包括通过 3 点或通过在其端点与图元相切来创建弧，创建同心弧，通过选取圆弧圆心和端点来创建圆弧，创建与 3 个图元相切的弧，创建锥形弧。
- 样条曲线 ：创建多个控制点的不规则曲线。
- 点 ：包括了创建点和创建参照坐标系。
- 文本 ：在工作区创建文本形式的草绘，可以调整字体、斜角等。

2. 尺寸标注

尺寸标注用于显示和测量两个图元间的距离、角度等，尺寸标注主要有线形标注、角度标注、径向标注等常用标注，其他还有参照标注、坐标标注等。

- 线形标注：主要是标注线段长度、平行线间的距离、点线间距离和点与点间的距离等。
- 角度标注：标注相交两条线段间的角度或由圆弧端点形成的角度。



- 径向标注：标注圆或圆弧的半径或直径。

3. 尺寸约束

尺寸约束可以完成对草绘几何特征的约束，执行“草绘”/“选项”命令，显示如图 1-12 所示的草绘器“约束”选项。对当前草绘视图进行约束时，只需单击按钮，在弹出如图 1-13 所示的约束对话框中选择相应的约束即可。

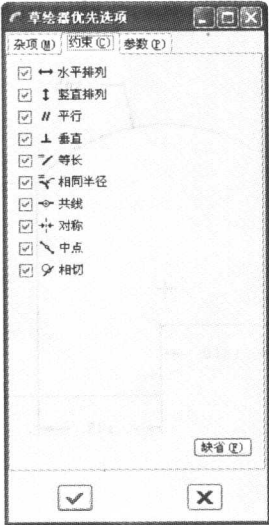


图 1-12 草绘器“约束”选项

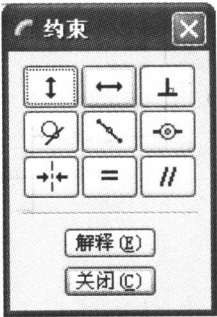


图 1-13 “约束”对话框

4. 图元操作

图元操作主要是对尺寸的修改和定义尺寸的关系等。

- 尺寸修改：单个尺寸的修改可直接双击尺寸修改尺寸值，如果同时修改多个尺寸，则需单击按钮并选择需要修改的尺寸，此时会弹出如图 1-14 所示的尺寸修改对话框，修改尺寸时建议去掉“再生”选项前的钩。
- 定义尺寸关系：执行“工具”/“关系”命令，打开如图 1-15 所示的“关系”对话框，即可对图元尺寸进行关系设置。

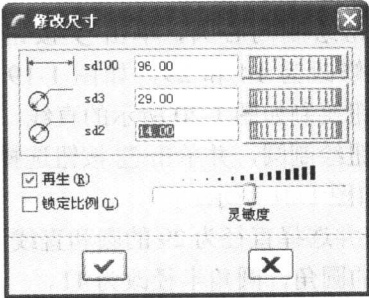


图 1-14 修改尺寸

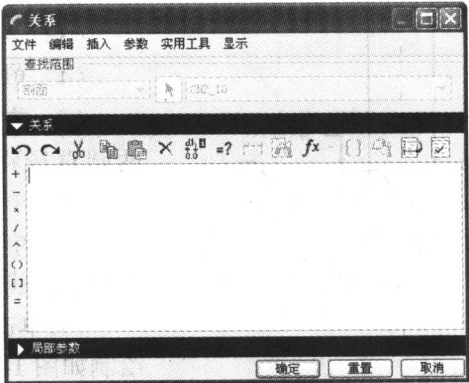


图 1-15 “关系”对话框

在如图 1-16 所示的草绘, 其中的尺寸符号表示为 sd^* , 其中 s 代表草绘, 而 d 则代表尺寸标注类型, $*$ 则是标注尺寸的顺序数字。

此时, 可以执行“工具”/“关系”命令, 在“关系”对话框中加入关系式:

$sd9=sd10$

$sd11=sd7/2$

在输入关系式后还要校验关系式是否正确, 如果不正确则需重新修改相应的关系式。

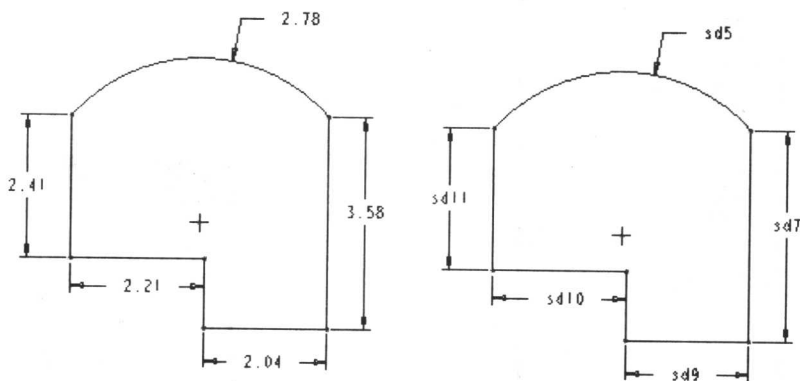


图 1-16 草绘

1.2.2 实例

绘制如图 1-17 所示的草绘图形, 练习草绘的相关命令和约束。

操作步骤如下:

(1) 启动 Pro/ENGINEER, 执行“文件”/“设置工作目录”命令, 在打开的“选取工作目录”对话框中选择系统的工作目录。

(2) 单击“新建文件”按钮 (□), 新建名为“ch1_2”的草绘文件, 并采用 `mmns_part_solid` 模板。

(3) 单击 按钮绘制中心线。

(4) 单击 按钮绘制圆, 如图 1-18 所示。

(5) 单击 按钮绘制同心圆, 单击 按钮并选择两圆直径将其分别修改为 14 和 29, 如图 1-19 所示。

(6) 单击 按钮绘制如图 1-20 所示的直线。

(7) 单击 按钮绘制圆, 并单击 按钮选择与上一步所绘直线相切, 如图 1-21 所示。

(8) 单击 按钮并选择直径为 29 的圆和直线为参照, 绘制如图 1-22 所示的圆角, 圆角半径改为 11。

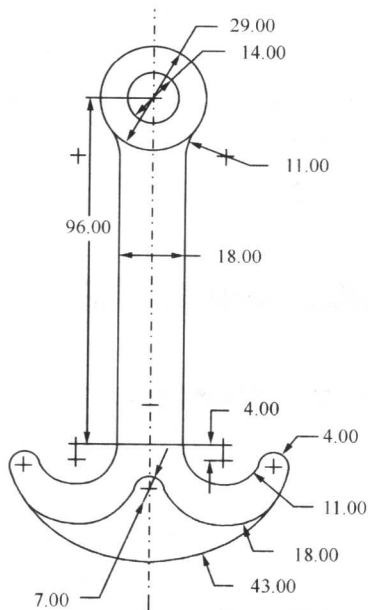


图 1-17 草绘

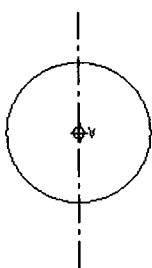


图 1-18 绘制圆

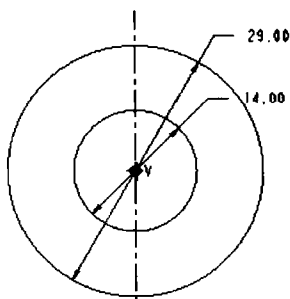


图 1-19 绘制同心圆

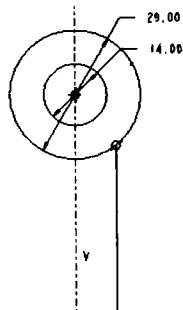


图 1-20 绘制直线

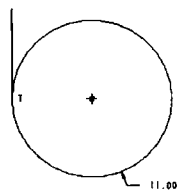


图 1-21 绘制圆

(9) 单击 按钮标注并更改相关尺寸, 更改后的尺寸如图 1-23 所示。

(10) 单击 按钮绘制圆, 其圆点与半径为 11 的圆在同一垂直方向上 (绘制时系统提示约束) 且圆心间距为 4, 将半径修改为 18, 如图 1-24 所示。

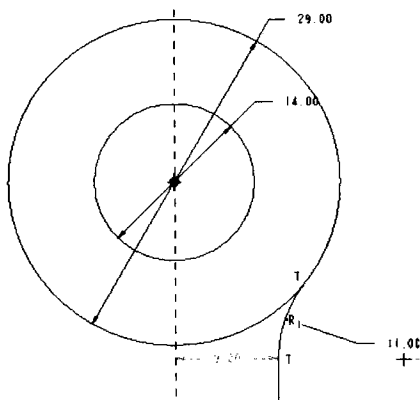


图 1-22 绘制圆角

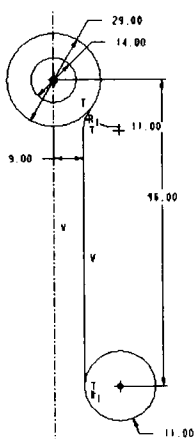


图 1-23 标注尺寸

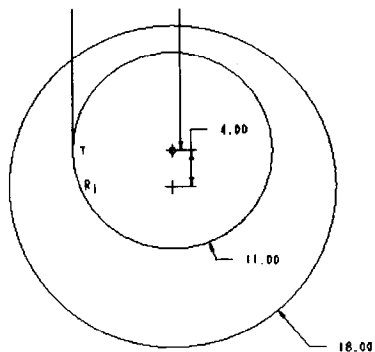


图 1-24 绘制直线

(11) 单击 按钮绘制圆, 并单击 按钮选择与接触的两圆 (半径分别为 18 和 11) 相切, 并将半径修改为 4, 如图 1-25 所示。

(12) 单击 按钮绘制圆, 并单击 按钮选择与接触的圆 (半径为 18) 相切, 将圆直径改为 7, 如图 1-26 所示。

(13) 单击 按钮剪切多余图元, 完成后如图 1-27 所示。

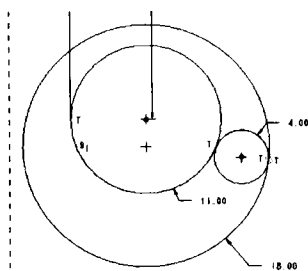


图 1-25 绘制圆

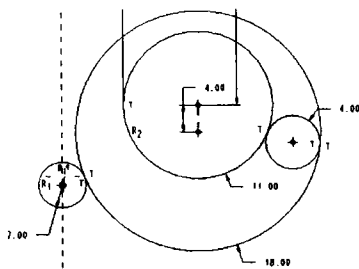


图 1-26 绘制圆

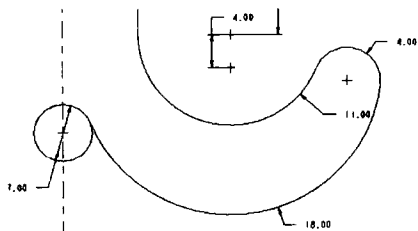


图 1-27 切剪图元

(14) 按住<Ctrl>键选择如图 1-28 所示的图元, 单击  按钮, 并选择中心线为镜像中心。单击  按钮修剪多余图元, 完成后如图 1-29 所示。

(15) 单击  按钮, 绘制如图 1-30 所示的圆弧, 并将圆弧半径改为 43, 完成后的圆弧如图 1-31 所示。

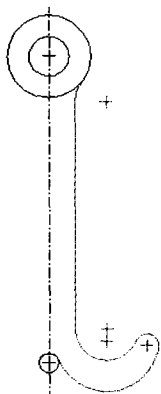


图 1-28 选择图元

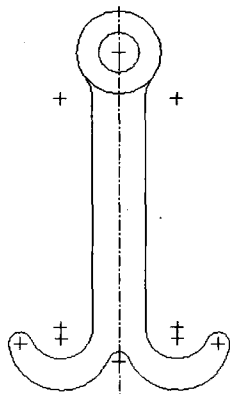


图 1-29 镜像图元

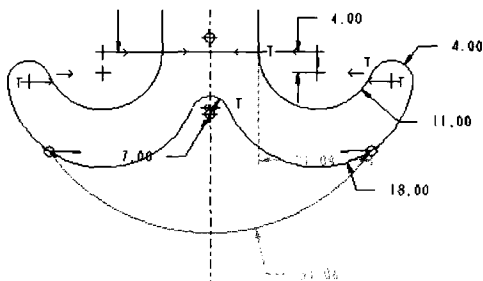


图 1-30 绘制圆弧

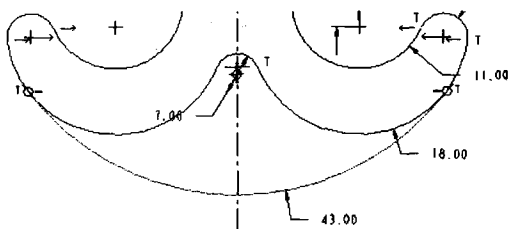


图 1-31 修改尺寸

1.3 基准特征

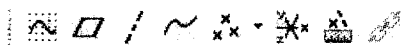


图 1-32 基准工具栏

基准特征工具包括基准平面工具、基准轴工具、插入基准曲线、基准点工具和基准坐标系工具等, 如图 1-32 所示为基准工具栏。

- 基准平面工具: 可选择现有平面、轴或其他线、点等为参考创建。
- 基准轴工具: 可选择现有平面、轴等创建, 通常需要两个参照。
- 插入基准曲线: 插入一条由方程约束的曲线, 如插入一条渐开线曲线。
- 基准点: 包括基准点工具、草绘基准点工具、偏移坐标系基准点工具和域基准点工具。
- 基准坐标系工具: 创建新的坐标系, 通常以默认坐标系为参考。

基准特征通常和实体特征、构造特征等结合使用, 将在后面的实体特征等章节进行综合论述。