



Pro/野火版
Engineer

三维造型设计

刘世平 编著

 中国地质大学出版社

Pro/Engineer 野火版 三维造型设计

刘世平 编 著

中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/Engineer 野火版三维造型设计/刘世平编著.—武汉:中国地质大学出版社,2006.7

ISBN 7-5625-2125-5

- I. Pro...
- II. 刘...
- III. 工业产品-计算机辅助设计-应用软件, Pro/ENGINEER-高等学校-教材
- IV. TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 087649 号

Pro/Engineer 野火版三维造型设计		刘世平 编著
责任编辑: 张 华	技术编辑: 阮一飞	责任校对: 张咏梅
出版发行: 中国地质大学出版社 (武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮编: 430074
电话: (027) 87482760	传真: 87481537	E-mail: cbb@cug.edu.cn
经 销: 全国新华书店	http://www.cugp.cn	
开本: 787mm×1092mm 1/16	字数: 310 千字 印张: 11.25	
版次: 2006 年 7 月第 1 版	印次: 2006 年 7 月第 1 次印刷	
印刷: 湖北地矿印业有限公司	印数: 1—2 100 册	
ISBN 7-5625-2125-5 / TB·10		定价: 21.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

十几年前,科技部推出了“甩掉绘图板”工程;十几年后,绘图板在企业几近绝迹,绝大部分企业已经推广了二维绘图设计。当前,国内又开始了普及三维设计的浪潮。三维设计软件使用技能将有效地增强毕业生的就业竞争力,也将在未来几年内成为某些专业,如机械设计、模具设计、工业设计等专业毕业生的必备职业技能。

Pro/Engineer 是中国市场上最普及的三维 CAD/CAM 系统,广泛应用于航空航天、机械、汽车、家电等各行业,具有参数化、全相关性、单一数据库等特点,是三维设计软件的行业标准。学习 Pro/Engineer,熟练使用该软件,将有效地提高读者的就业竞争力或者职场竞争力。

作者本人一直在所工作的高校开设面向全校大学生(不限专业)的公共选修课课程 Pro/Engineer 三维造型设计。编写本书主要目的是为了配合这门课程使用。该课程有 32 个学时,每周 4 学时(本书每一讲,即对应 2~3 学时,余下为上机操作/辅导时间),学生还应投入 32 个课外学时。本书在正式出版之前大部分内容已经提前编进讲义,在选修课课堂和面向企业的培训班中使用。书中大部分例子,均经过选修大学生和学员演练过。作者特别欢迎兄弟院校的同仁们使用本教材并开设类似课程。本人可以提供开课申请报告、教学大纲、教学日历和试题样本。本书也可作为面向企业工程技术人员的培训教材。

通过本书的学习,读者将能够了解三维产品造型设计的基本概念和方法,能够应用该软件进行三维产品造型设计。本书主要介绍草图绘制、零件基本造型设计方法(如拉伸、旋转、混合特征生成等)、曲面造型方法、装配设计、机构分析与动画制作等内容。Pro/Engineer 软件是一个大型的复杂应用软件,

要达到很高的使用水平，仅仅投入几十个学时来学习、操练是远远不够的。

尽管本书是为了配合课堂教学的目的来编写的，在编写本书的过程中，作者还是充分考虑到了为读者自学提供便利。书中的很多例子，至少有几十位同学，照着讲义操练过。作者也通过对他们的上机辅导，熟知操练这些例子的难点和容易犯的典型错误，因此，在编写本书的过程中，特别注意这些地方，并在书中相应的地方标写“注意”二字，以示提醒。

在本书编写过程中，得到了华中科技大学选修本门课程的诸多同学们的帮助，也得到了华中科技大学工程制图课程组、机械制造技术基础(金属工艺学)课程组的老师们的帮助。他们提出了很多很有价值的意见与建议，特别是在每次课程结束时一些同学提交的作品，给了作者很好的启发。在此向他们表示衷心的感谢！

本书的出版得到了钱坤先生的大力帮助。也要感谢本书责任编辑张华先生的辛勤劳动，使本书增色不少。

刘世平

2006年5月3日

目 录

第一讲 基本操作与草图	(1)
1.1 基本界面	(1)
1.2 系统菜单	(2)
1.3 基本操作	(3)
1.4 一个简单例子	(4)
1.5 草图绘制	(5)
1.5.1 草图界面	(6)
1.5.2 草绘例子	(8)
第二讲 零件基本建模技术 (一)	(16)
2.1 拉伸功能	(16)
2.2 旋转功能	(23)
2.3 扫描功能	(28)
2.4 混合功能 (截面平行)	(30)
2.5 基准特征	(33)
2.5.1 基准平面	(34)
2.5.2 基准轴	(35)
2.5.3 基准曲线	(36)
2.5.4 基准点	(37)
2.5.5 基准特征生成举例	(37)
第三讲 零件基本建模技术 (二)	(42)
3.1 混合功能 (截面旋转)	(42)
3.2 混合功能 (一般)	(44)
3.3 常见工程特征——孔	(46)
3.4 常见工程特征——壳	(49)
3.5 常见工程特征——筋	(51)
3.6 常见工程特征——拔模	(53)
3.7 常见工程特征——倒圆角	(56)
3.8 常见工程特征——倒角	(60)
第四讲 曲面造型	(63)
4.1 曲面和曲面体的几种生成方法	(63)
4.1.1 基本建模方法生成曲面	(63)

4.1.2	扫描混合方法.....	(63)
4.1.3	边界混合.....	(66)
4.1.4	可变剖面扫描.....	(68)
4.2	曲面编辑.....	(70)
4.2.1	曲面偏移.....	(70)
4.2.2	曲面修剪.....	(73)
4.2.3	曲面合并.....	(76)
4.3	实体化.....	(79)
第五讲	零件造型举例.....	(89)
5.1	轴.....	(89)
5.2	支架.....	(92)
5.3	蜗轮箱.....	(97)
5.4	齿轮.....	(105)
第六讲	零件装配.....	(112)
6.1	装配放置.....	(112)
6.2	装配放置示例.....	(116)
6.3	机构连接.....	(120)
6.4	机构连接示例.....	(121)
6.5	挠性元件的装配.....	(124)
第七讲	工程图.....	(129)
7.1	生成视图.....	(129)
7.1.1	外形视图.....	(129)
7.1.2	剖视图.....	(132)
7.2	显示尺寸和形位公差.....	(137)
7.3	生成装配工程图.....	(140)
7.4	制作表格.....	(142)
第八讲	机构与动画.....	(146)
8.1	机构模块概述.....	(146)
8.2	连杆机构.....	(148)
8.3	齿轮机构.....	(153)
8.3.1	准备零件.....	(153)
8.3.2	零件装配.....	(154)
8.3.3	机构分析.....	(155)
8.4	凸轮机构.....	(157)
8.4.1	准备零件.....	(157)
8.4.2	零件装配.....	(160)
8.4.3	机构分析.....	(161)

8.5 动画制作	(163)
8.5.1 准备零件	(164)
8.5.2 装配零件	(167)
8.5.3 制作动画	(167)
参考文献	(171)

第一讲 基本操作与草图

Pro/Engineer 是中国市场上占有率最大的大型三维 CAD/CAM 软件之一。它广泛应用于机械、汽车、航空、电子、工业设计等诸多行业，具有相当多的功能模块，诸如零件设计、装配、模具、钣金、数控、机构模拟、全生命周期管理等。其参数化功能非常强大，非常适合于新产品的的设计。因为在设计过程中，经常需要对设计进行更改，需要通过修改参数或尺寸来驱动模型，或者通过修改图形来修改尺寸。如果三维设计软件的参数化功能不够强大，那么很多特征将不能够彻底地进行参数化修改，只能删除掉重新构造。Pro/Engineer 野火版也融进了很丰富的工程常识和惯例，使得它具有一定的智能性。从产品数据管理的角度讲，它具有单一数据库、全相关性的特点，非常适合团队设计和设计过程管理。它支持直接建模、行为建模和协同设计。

1.1 基本界面

按照安装说明安装完系统后，点击桌面上的图标或者“开始”→“所有程序”上 Proe.exe 的快捷方式，运行 proe.exe 程序。如果安装不成功，先卸载。在重新安装之前，必须修改注册表。点击“所有程序”→“运行”，键入“regedit”，打开注册表，查找并删除与 Pro/Engineer、Flexlm 相关的项目。请务必慎重操作，以免导致系统损坏。图 1-1 所示为系统的基本界面。



图 1-1 系统基本界面

基本界面分为如下几个部分:

(1) 下拉菜单。菜单条包含创建、保存和修改模型的命令, 以及设置 Pro/Engineer 环境和配置选项的命令。可通过添加、删除、复制或移动命令, 或通过添加图标到菜单项或将它们从菜单项删除来定制菜单条。

(2) 上工具条和右工具条。该工具条列出了最常用的如文件操作、视图操作、模型显示、基础和工程特征、基准生成等方面功能的按钮。凡是显示为灰色的按钮, 表明当前不可使用。进入草绘模块后, 右工具条变为草绘功能常用的一些按钮集合。

(3) 引导区。包含特征树、资源管理器、收藏夹和链接四个部分, 点击引导区右边界中部的箭头, 还可以打开 Pro/Engineer 自带的浏览器, 或者关闭引导区。

(4) 图形区。也就是显示零件和部件的区域。用户可以对图形区的显示, 进行用户定制, 通过点击下拉菜单“视图”(View)→“显示设置”(Display Settings)→“系统颜色”(System Colors)→“布置”(Scheme)来完成。模型和模型基准的显示, 也通过“视图”菜单下的各种功能来设置。如果觉得图形区中的缺省文字太小, 可以点击“工具”→“选项”, 输入 `text_height_factor`, 将其数值修改为“50”, 可将字体高度放大一倍。修改选项后, 需退出系统, 然后重新启动 Pro/Engineer 才有效。

(5) 状态和提示区。提示区显示与窗口中的工作相关的单行消息(使用消息区的标准滚动条可查看过去的消息, 当鼠标通过菜单名、菜单命令、工具栏按钮及某些对话框项目上时, 会出现屏幕提示)。状态栏显示这些信息: 与“工具”(Tools)→“控制台”(Console)相关的警告和错误快捷方式; 在当前模型中选取的项目数; 可用的选取过滤器; 模型再生状态, 指示必须再生当前模型, 或指示当前过程已暂停。初学者应注意观察状态和提示区的变化, 注意操作的时候, 系统给出的提示和系统状态。

1.2 系统菜单

系统菜单主要分为如下几大类:

(1) 文件(File)管理功能。诸如打开文件、保存文件、删除文件、设置工作目录等。注意: 一旦打开一个文件, 即使你关闭了, 它仍然被存储于系统中, 需要使用“文件”(File)→“拭除”(Erase)→“不显示”(Not Displayed)功能将其从内存中清除掉。在 Pro/Engineer 里, 每点击一次保存文件, 不管是否在文件中增减了内容, 系统都会在相应的目录下生成一个新的物理文件。通过点击“删除”(Delete)→“旧版本”(Old Versions)保留最新版的物理文件。注意: Pro/Engineer 在系统退出的时候, 不会提示你保存你刚做的工作, 所以, 请注意及时点击“保存”(Save)。

(2) 编辑(Edit)功能。可执行多种编辑操作。该菜单会根据当前使用的应用程序不同而提供不同的命令。读者可以观察到某些命令在“标准”(Standard)零件和组件模式下不能使用, 在菜单条上, 该项目显示为灰色, 但在另外的应用程序下或者选定了某些项目后可以使用, 也可从选取模型树或图形窗口中的项目时弹出的快捷菜单上访问许多相同的编辑命令。

(3) 视图(View)菜单各功能。主要用于放大、缩小、移动视图或者调整模型的看图方向, 对模型进行渲染(需要设置光源、透视图等), 对模型显示、基准显示以及用户界面显示进行

调整。创建模型的剖面,也通过“视图管理器”(View Manager)来完成。

(4) 插入(Insert)菜单。提供创建各种模型特征的命令,如拉伸、旋转、扫描、混合等,创建模型基准特征的命令,例如孔、倒圆角、基准、点、轴和平面,创建典型工程特征的命令,如孔、壳、筋、拔模、倒角、修饰特征等,也可创建高级特征,例如管道、环形折弯和曲面片,还包括将数据从外部文件添加到当前模型的命令。建立模型中的各个特征,主要靠点击该菜单中的各个命令来完成。

(5) 分析(Analysis)菜单。提供可产生有关模型的信息并修改分析模型参数的诸多命令,包括测量、模型分析(质量、体积、干涉分析等)、曲线及曲面质量分析、零件比较等。

(6) 信息(Info)菜单。提供显示有关模型的和模型制作过程中的各种信息的命令。

(7) 应用程序(Applications)菜单。列举了 Pro/Engineer 的一些模块,点击各个选项,可以从一个 Pro/Engineer 的模块进入到另一个,并启动相关应用程序。应用(Applications)菜单上提供的可用模块会随当前打开的模型类型和你所购买的系统配置的不同而有所变化。

(8) 工具(Tools)菜单。包括关系和参数、程序、族表功能,包括定制 Pro/Engineer 工作环境、设置外部参照控制选项和使用“模型播放器”(Model Player)查看模型创建历史的选项。它还包括设置配置选项(config.pro)、轨迹或培训文件回放的选项,还可选择创建和修改映射键及使用浮动模块和辅助应用程序的选项。

(9) 窗口(Window)菜单。包含激活、打开、关闭和调整 Pro/Engineer 窗口的命令。也可选取“窗口”(Window)菜单底部的所需窗口以实现不同文件操作界面间的切换。

(10) 帮助(Help)菜单。包括“帮助中心”(Help Center)主页、上下文相关帮助(Context Sensitive Help)、版本信息(Version Info.)和客户服务信息(Technical Support Info.)。

1.3 基本操作

首先介绍一下鼠标三键的约定(Proe 不支持二键鼠标,鼠标滚轮就是中键,除可滚动外,还可按下,也就成为鼠标中键):

左键用于选取(同时按“Ctrl”有连选作用)、确定位置等;按右键弹出相关菜单;鼠标中键完成一次操作,拨动鼠标滚轮,对视图进行缩放。

缺省情况下,旋转中心(Spin Center)的三根轴(如图 1-2 所示)有 3 种不同颜色: X 轴是红色, Y 轴是绿色, Z 轴是青色,而坐标系的三根轴都是黄色。

以下为常用的视图操作组合键:

按住鼠标中键+移动鼠标(立体绕当前旋转中心旋转)

按住鼠标中键+SHIFT 键+移动鼠标(平移)

按住鼠标中键+CTRL 键+垂直移动鼠

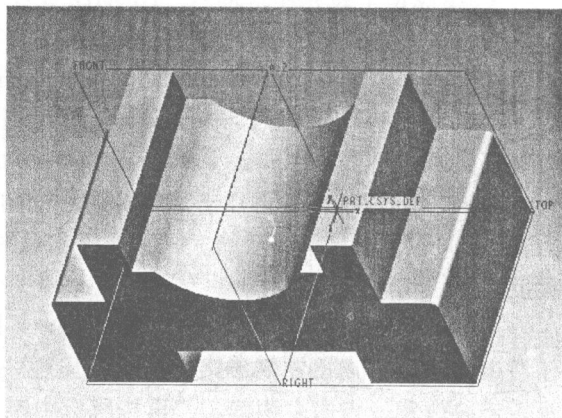


图 1-2 旋转中心

标(缩放)

按住鼠标中键+CTRL 键+水平移动鼠标(立体绕垂直于屏幕的轴线旋转)

拨动鼠标滚轮+SHIFT 键(慢速缩放)



图 1-3 视图操作工具条

如图 1-3 所示为视图操作工具条, 

为重画当前视图;  为旋转中心开关;

为定向模式开关;  为开窗放大功能; 

缩小当前视图;  为充满全图显示;  为视图重定向; 当观察模型方向不是 6 个基本视图方向或标准轴测图方向的时候, 需要使用该功能, 也用该功能保存某一非标准方向视图;

 为保存的视图列表;  设置层、层项目和显示状态;  为视图管理器。

1.4 一个简单例子

就像一些开发语言教程总是首先提供一个“Hello!”小例子程序一样, 这里, 我们也首先提供一个绘制如图 1-4 所示圆柱的例子, 让初学者对 Pro/Engineer 的造型过程有一个最基本的了解。

(1) 运行 Proe.exe, 直接点击桌面上的快捷方式或者点击屏幕最左下角的“开始”, 然后点击“所有程序”→“PTC”→“Pro Engineer”→“Pro Engineer”。稍微耐心等待一段时间, 直到系统基本界面出现。

(2) 点击下拉菜单“文件”(File)→“新建”(New), 系统弹出如图 1-5 所示的对话框, 使用缺省设置, 直接点击确定按钮。

(3) 点击下拉菜单“插入”(Insert)→“拉伸”(Extrude), 系统界面底部出现拉伸功能滑拉面板, 左键点击滑拉面板上方的红字“放置”(Placement), 系统弹出对话框, 如图 1-6 所示, 直接点击“定义”(Define)按钮, 绘制草图。

(4) 系统弹出如图 1-7 所示草绘对话框, 在屏幕底部, 系统提示“选取一个平面或曲面以定义草绘平面”(Select a plane or surface to define sketch plane), 这时, 点击图形区中的“FRONT”标记, 然后再点击草绘对话框中的“草绘”(Sketch)按钮。

(5) 系统进入草绘功能, 同时弹出参照对话框, 直接点击“关闭”(Close)按钮, 使用缺省设置。

(6) 点击下拉菜单“草绘”(Sketch)→“圆”(Circle)→“圆心和点”(Center and Point), 任意指定圆心, 点击左键确定, 这时, 出现一黄色的圆, 移动鼠标, 圆的半径发生变化, 任意指定一位置, 点击左键确定, 再按鼠标中键(鼠标滚轮)结束, 结果如图 1-8 所示。

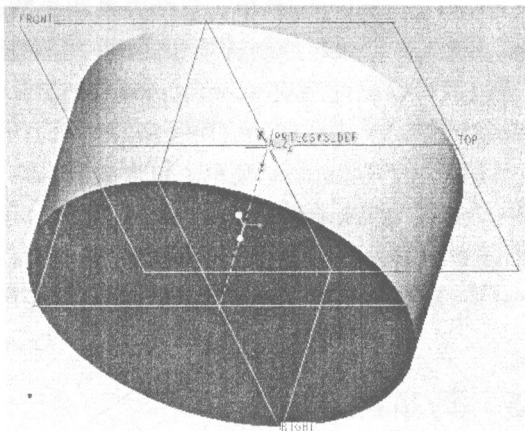


图 1-4 一个圆柱

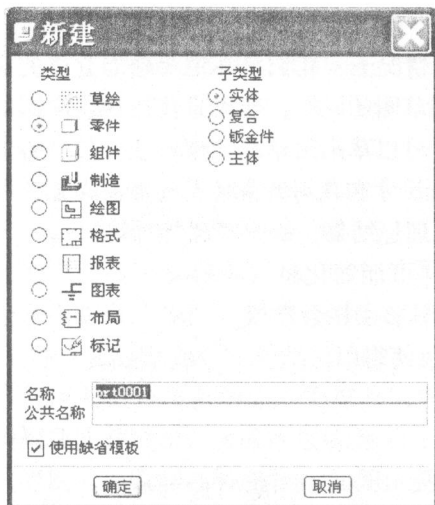


图 1-5 新建文件对话框

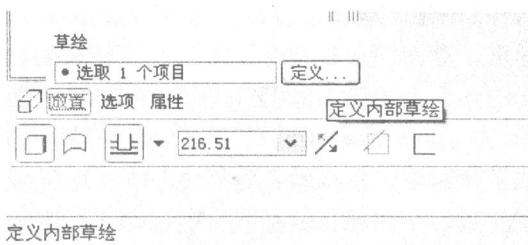


图 1-6 拉伸滑拉面板

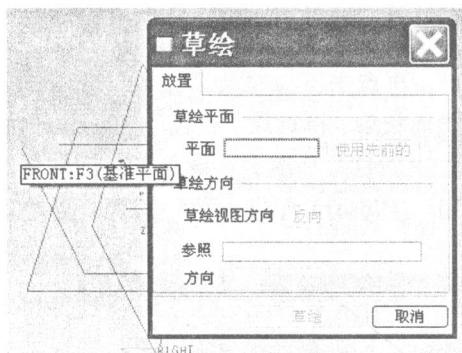


图 1-7 确定草图放置平面

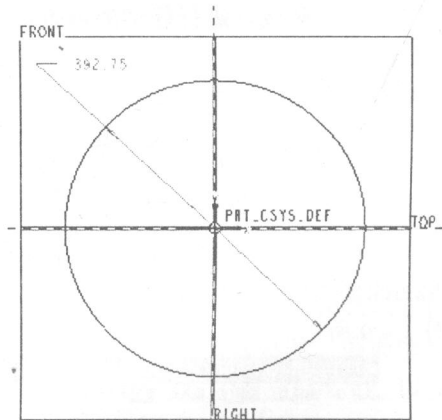


图 1-8 绘制一个圆

(7) 再点击“草绘”(Sketch)→“完成”(Done), 返回到拉伸滑拉面板界面, 在图形区, 按住鼠标中键不放, 移动鼠标, 就可看见圆柱的立体图形。

(8) 点击屏幕右下角的按钮, 即生成你用 Pro/Engineer 做的第一个立体模型。

上面用到的所有功能除可通过下拉菜单选取外, 都可以在相应的工具条上选取, 为方便初学者尽快找到、使用相应功能, 本文主要用下拉菜单位置来说明, 一旦较为熟悉之后, 读者应直接点击相关上、右工具条上的按钮, 这样效率要高。

1.5 草图绘制

从 1.4 节的例子, 可以看出, 圆柱是由草图, 也就是一个圆, 拉伸出来, 要建立立体模型, 在 Pro/Engineer 中, 一般都是要先绘制草图(二维图形), 然后进行拉伸、旋转、扫描、混合等操作, 形成立体。草图绘制是建立立体模型的基础。

下面对草绘菜单上的各个选项做一个简单的介绍:

(1) 目的管理器(Intent Manager), 是确定是否使用系统提供的智能化的大致符合一般工程设计惯例和常识的缺省设置。Pro/Engineer 的开发者们根据大量用户的反馈, 在系统中融入了相应的工程知识, 这非常便利于一般工程师的设计。因而一般勾选“目的管理器”, 它使用户能够动态地标注和约束二维几何图形。

(2) 参照(References), 用于定义草绘图形相对于已经有的模型或基准的位置。对于尺寸和约束几何, Pro/Engineer 要求创建参照。通过参照对话框, 选择相应的模型基准或模型上一些特征上的边、轴或面来创建参照。参照显示为虚线。

(3) 绘制各种二维几何图形的选项, 这些二维图形包括点、直线、矩形、圆弧、圆锥曲线、样条曲线等。这些图元可分为两大类: 实体线(Solid)、构建线(Construction), 也就是辅助线。实体线可以参与构建相应的实体特征, 显示为实线, 而构建线, 只用于辅助构造实体线, 显示为虚线。草绘图形中, 还经常使用到中心线, 用于表示对称或内部旋转轴心线等。在绘制这些几何图形的时候, 草绘器根据目的管理器所预先设定的假设确定可应用的约束并将其显示。Pro/Engineer 以红色显示活动约束。在创建几何时, 即可捕捉以满足这些约束(例如, 水平或垂直线约束或者图元间的相切、平行约束)。草绘图元后, 通过选取“约束”(Constrain)选项, 可以应用附加约束。草绘时, 可以通过按下鼠标右键来禁用当前约束(显示为红色), 并可以按下 SHIFT 键和鼠标右键来锁定约束。可以单击鼠标右键(一般需要按住不放, 直到弹出快捷菜单)显示带有最常用草绘命令的快捷菜单(当不处于橡皮筋模式的时候)。

(4) 创建尺寸(Dimension)的各种命令。草绘图形中的尺寸分为两大类, 弱尺寸和强尺寸。为确保在草绘图形创建的任何阶段都已充分约束和标注该草绘图形, 系统在用户添加图元的时候, 自动给出尺寸。这些尺寸称为“弱”(Weak)尺寸。系统在创建和删除它们时并不给予警告。弱尺寸显示为灰色。很多时候, 这些尺寸并不是用户所需要的, 因而需要使用创建尺寸的各种命令来添加尺寸, 这些用户尺寸被系统认为是“强”(Strong)尺寸, 以黄色显示。添加强尺寸时, 系统自动删除不必要的弱尺寸和约束, 如果有冲突, 则需要用户在冲突的尺寸或约束中间进行取舍。退出“草绘器”(Sketcher)之前, 加强想要保留在草绘图形中的弱尺寸是一个很好的习惯。这样可确保系统在没有输入时不删除这些尺寸。标注尺寸时, 系统会根据用户的选择, 自动判断标注什么类型的尺寸, 比如, 标注两根直线时, 如果两个直线平行, 则标注两线之间距离, 不平行, 则标注二者的夹角。尺寸一般都可以进行直接修改, 直接双击所选尺寸数字, 将其修改成所要求的数值即可。可以用“数据来自文件”(Data from File)功能, 从磁盘或内存中检索现有的草绘图形, 加入到当前草绘图形中。

(5) 产生各种不同类型几何约束(Constraint)的命令。在绘制一个图元之后, 草绘器会自动添加几何约束或尺寸约束。有些情况下, 用户需要进行修改, 或添加新的强制性几何约束。草绘器中的几何约束有这些类型: 竖直(Vertical)约束, 使一根倾斜的直线或两图元顶点或两圆圆心竖直; 水平(Horizontal)约束, 使一根倾斜的直线或两顶点或两圆心水平; 正交(Perpendicular)约束, 使两图元正交; 相切(Tangent)约束, 使两图元相切; 中点(Midpoint)约束, 在线的中间放置一点; 重合(Coincident)约束, 使两点或两同为水平或竖直的直线重合; 对称(Symmetric)约束, 使两点关于选定中心线对称, 首先需选择中心线, 再选择两点; 相等约束, 使两图元的尺寸相等; 平行(Parallel)约束, 使两线平行。草绘器中经常使用这些符号来标记相应的约束: “*”, 中点; “H”, 水平约束; “V”, 竖直约束; “T”, 相切图

元；“ $\perp$ ”，正交约束；“ $\parallel$ ”，平行约束；带有一个下标索引的“R”，相等半径；带有一个下标索引的“L”，相等长度；“ $\text{---}\text{---}\text{---}$ ”，对称约束；“ $\text{---}\text{---}\text{---}$ ”，图元水平或竖直排列；“ $\text{---}\text{---}\text{---}$ ”，共线约束。

草绘器也提供了丰富的图形编辑功能，可从“编辑”(Edit)主菜单或右工具条上点取，如图形修剪(Trim)或延伸(Extend)、图元分割(Divide Entities)、镜像(Mirror)、旋转(Rotate)、复制(Copy)、缩放(Scale)、移动(Move)等功能。

1.5.2 草绘例子

例 1 我们绘制一个简单的草图例子，如图 1-10 所示，该草图用于拉伸如图 1-11 所示的厚度为 10 的零件。

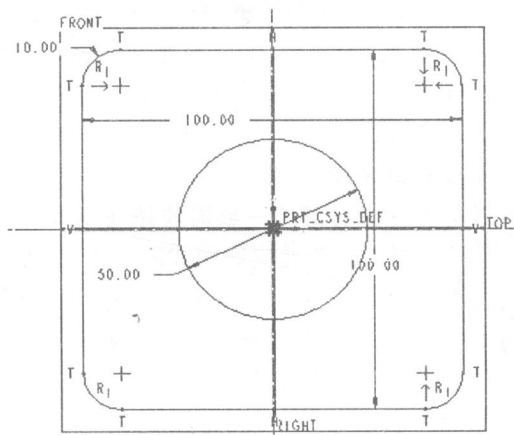


图 1-10 草绘示例

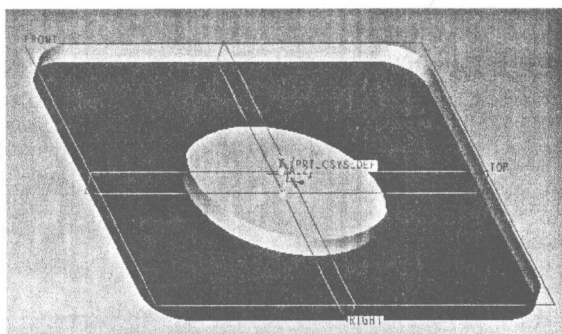


图 1-11 一个简单零件

绘制步骤如下：

(1) 点击下拉菜单“文件”(File)→“新建”(New)，使用缺省设置，直接点击确定按钮。再点击下拉菜单“插入”(Insert)→“拉伸”(Extrude)或从右工具条上点取。系统弹出拉伸功能操作面板后，再点取操作面板上的“放置”(Placement)二字，系统弹出上滑面板，再点击其上的“定义”(Define)二字，系统弹出对话框，用鼠标左键选择“FRONT”基准面，再点击对话框中的“草绘”(Sketch)按钮，在弹出的对话框中，点取“关闭”(Close)，即进入草绘功能。

(2) 点击文件菜单“草绘”(Sketch)→“线”(Line)→“中心线”(Centerline)或从右工具条上点取，点击这个图标  上的箭头按钮，系统弹出子工具条：，点取最右边的中心线按钮 ，分别绘制与水平和垂直基准线重合的两条中心线，如图 1-12 所示。

(3) 接着点击“草绘”(Sketch)→“矩形”(Rectangle)，在左上方任意用左键指定一点，然后移动鼠标，即可看到黄色的矩形，慢慢移动鼠标，当矩形最右边与最左边对称的时候，最上两个顶点，会出现两个红色箭头，当最下边与最上边对称的时候，最左两个顶点也会出现两个红色箭头，先出现的两个红色箭头会消失，再点击左键，即绘制出一个矩形，如图 1-13 所示。按鼠标中键结束绘制矩形功能。

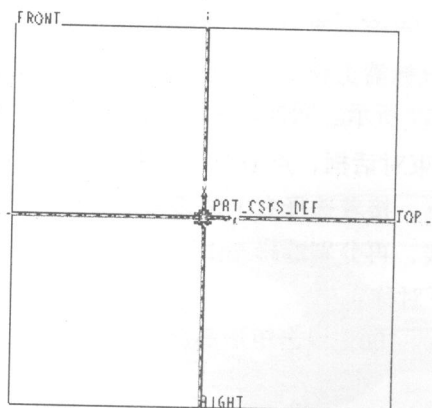


图 1-12 绘制两中心线

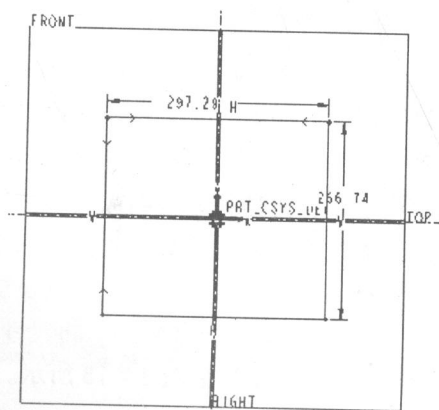


图 1-13 绘制矩形

(4) 接着点击“草绘”(Sketch)→“圆角”(Fillet)→“圆形”(Circular)或从右工具条上点取 ，右边的箭头说明，该功能有子工具条，在矩形的左上顶点附近，依次用左键点取最上边和最左边，即可生成圆角，如图 1-14 所示。按鼠标中键结束该功能。再连续画出其余三个圆角。

(5) 系统自动为圆角标注出了尺寸，尺寸颜色显示为灰色，用左键双击尺寸数字，将尺寸数字修改为 10。

(6) 约束 4 个圆角的半径尺寸全部为 10。点击“草绘”(Sketch)→“约束”(Constrain)或点击右工具条上按钮 ，出现几何约束对话框，如图 1-15 所示，点取相等按钮 ，然后首先选择左上角圆弧，再选择右上角圆弧，则右上角圆弧半径也变为“10”。同样地处理下面的两个圆弧。结果如图 1-16 所示。矩形四个顶点附近的 R_1 提示 4 个圆弧的半径是相等的。

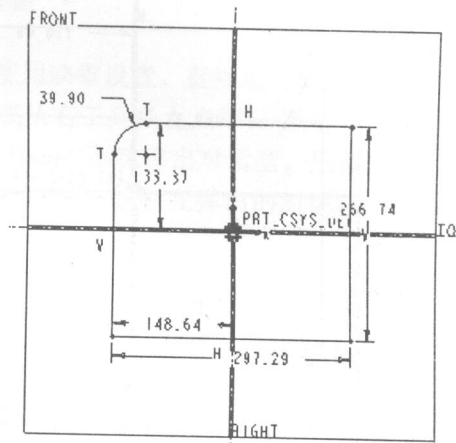


图 1-14 绘制圆角

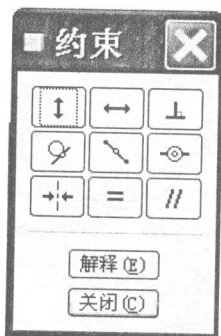


图 1-15 几何约束对话框

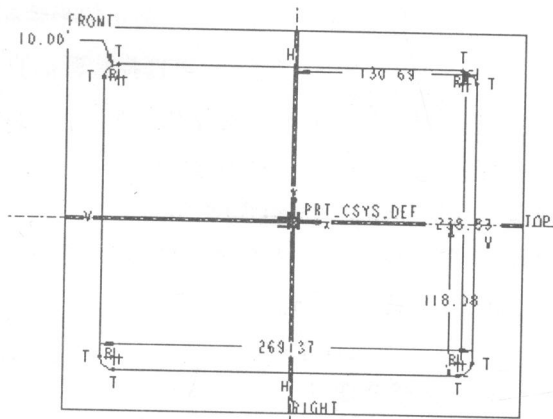


图 1-16 使 4 个圆角半径相等

(7) 点击“草绘”(Sketch)→“尺寸”(Dimension)→“垂直”(Normal)或点击右工具条上按钮，先点取最左边，再点取最右边，然后将鼠标箭头移到中间(确定尺寸数字的位置)，再按下鼠标中键，即生成矩形宽度尺寸。如图 1-17 所示。同样地生成矩形的高度尺寸。

(8) 点击右工具条上按钮，出现几何约束对话框，点取对称约束按钮，首先选择垂直中心线，再选择左上圆弧与最左边的切点，接着选择右上圆弧与最右边的切点，则两切点被强制左右对称。同样地先选择水平中心线，再分别选择左上圆弧与最上边的切点与左下圆弧与最下边的切点，将两个切点强制地上下对称。

(9) 双击矩形宽度尺寸数字，将尺寸数字改为 100，双击矩形高度尺寸数字，同样地将尺寸数字改为 100。结果如图 1-18 所示。

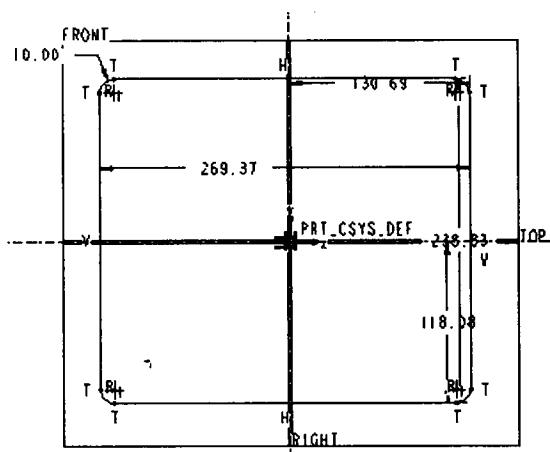


图 1-17 生成矩形宽度尺寸

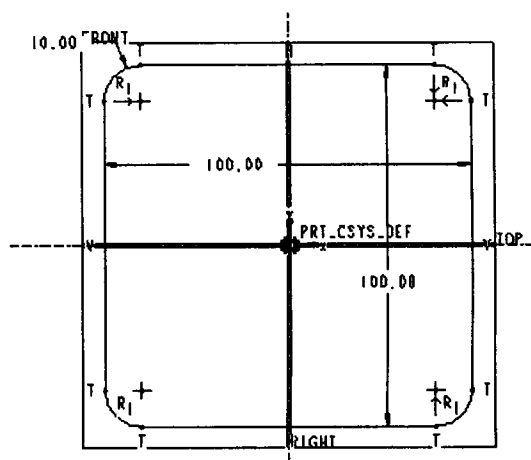


图 1-18 将宽度和高度尺寸都修改成 100

(10) 点击“草绘”(Sketch)→“圆”(Circle)→“圆心和点”(Center and Point)或点击右工具条按钮，箭头提示该按钮有子工具条，先点取两条中心线交点作为圆心，再拖动鼠标至适当位置，确定圆直径，绘制整圆。注意：拖动鼠标的时候，如果出现红色的 R_1 提示，则继续增大圆直径，避免整圆半径与 4 个圆角的半径相等。

(11) 点击右工具条上按钮，再选择整圆的直径尺寸(当前显示为灰色，是弱尺寸)，系统弹出修改尺寸对话框，将尺寸数字修改为 50，再单击按钮。

(12) 现在完成了如图 1-10 所示的草图，接下来，点击“草绘”(Sketch)→“完成”(Done)，或者直接点击右工具条上按钮，退出草绘功能，返回到拉伸功能。

(13) 将拉伸功能面板上的拉伸高度缺省数值 216.51 直接修改为 10，再点击按钮，再点击视图工具条(下拉菜单下面)上的按钮，在弹出的对话框中

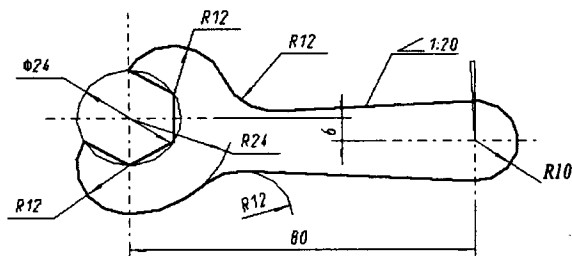


图 1-19 简化扳手草图