



21世纪应用型人才
培养规划教材

Pro/ENGINEER

培训教程

刘在华 郭纪林 主 编
王官明 闵水根 俞大象 副主编



清华大学出版社

21 世纪应用型人才培养规划教材

Pro/ENGINEER 培训教程

刘在华 郭纪林 主编

王官明 闵水根 俞大象 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍 Pro/ENGINEER 软件的使用方法。全书内容可分为两个部分。第一部分包括第 1~8 章,介绍零件设计的基本知识。第二部分包括第 9~10 章,介绍装配图和工程图。

本书内容丰富、精细实用,对主菜单栏命令和菜单管理器命令作了准确的区分,并且针对软件的特点,创新性地运用了为默认菜单命令添加黑色底纹的排版做法,力求提高实例步骤的明确性和可操作性。

本书在编写过程中综合了教学及企业应用等方面的实践经验。

本书适合于高等院校、高职高专院校作为相关专业的授课教材,也可以作为对企业技术人员培训的教材。对于自学者,也是一本不可多得的入门书籍。

本书携带配书 CD 光盘一张,内含实例操作中引述到的全部模型文件。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 培训教程/刘在华,郭纪林主编;王官明,闵水根,俞大象副主编. —北京:清华大学出版社,2005.4

(21 世纪应用型人才培养规划教材)

ISBN 7-302-10607-X

I.P… II.①刘…②郭…③王…④闵…⑤俞… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER—高等学校: 技术学校—教材 IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017662 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 刘建龙

文稿编辑: 宋延清

封面设计: 陈刘源

排版人员: 陈罗娟

印 装 者: 北京国马印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 15.25 字数: 363 千字

版 次: 2005 年 4 月第 1 版 2005 年 10 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10607-X/TP·7193

印 数: 4001~6000

定 价: 20.00 元(含 1 张光盘)

前言

Pro/ENGINEER 是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation, 简称 PTC)研制的三维 CAD/CAM/CAE 软件。PTC 公司率先提出的参数化设计概念已经成为全球机械 CAD/CAM/CAE 领域的新标准。利用该概念开发的 Pro/ENGINEER 软件, 将设计至生产全过程集成到一起, 让用户能够组织人力同时性地对同一产品进行设计、制造等工作, 即实现“并行工程”设计。

Pro/ENGINEER 用户界面简洁、概念清晰, 符合设计人员的思维习惯。被广泛地应用于航空、航天、汽车、机械、家用电器、玩具等行业的产品设计及模具设计工作。

工程设计人员因设计的产品不同及分工不同, 使用 Pro/ENGINEER 的方式也会有差异。即使是对同一产品, 不同设计人员的设计思路和方法也会不同, 也就是说用 Pro/ENGINEER 设计产品时可以思路广阔、方法多样。在此我们对 Pro/ENGINEER 初学者提出以下的建议:

首先要有针对性地学习和掌握 Pro/ENGINEER 的一些理论知识, 它是在产品设计中获得最佳思路的有效途径。

其次要用 Pro/ENGINEER 做实际的训练, 完成如机械零件和电器外壳等模型的设计、装配, 及产生工程图。从实际训练中加深对 Pro/ENGINEER 理论知识的认识和掌握。

最后要结合专业知识、按照专业标准的要求将 Pro/ENGINEER 应用于实践中, 在实践中得到提高。学习和掌握 Pro/ENGINEER 是一个循序渐进的过程, 在每一个阶段都要认真努力, 最终必将取得丰硕的收获。

本书共分 10 章, 各章内容如下:

第 1 章介绍草绘模块, 内容包括草绘界面简介、草图截面的绘制与编辑、草图截面的几何约束、草图截面的尺寸标注及修改。

第 2 章介绍基本实体特征, 内容包括拉伸、旋转、扫掠、混合等特征。

第 3 章介绍基准图元, 内容涉及常用的基准图元, 如基准平面、基准轴、基准点、基准曲线、基准坐标系、基准函数图形。

第 4 章介绍基本特征的创建和操作, 内容包括孔、轴、圆角、倒角、肋、抽壳等特征的创建, 特征的删除, 特征的阵列、复制、成组, 特征的重定义、修改、重排序、插入, 特征生成失败的解决。

第 5 章介绍高级实体特征, 内容涉及变截面扫掠、扫掠混合、螺旋扫掠等高级特征的创建。

第 6 章介绍扭拉特征, 内容涉及实体面拔模、实体面偏置、实体面取代、唇、环形弯曲、脊线弯曲等扭拉特征。

第 7 章介绍曲面特征, 内容涉及基本曲面、高级曲面特征的创建, 曲面的合并、修剪、延伸、转移, 曲面长出或切除实体。

第 8 章介绍实用操作与管理, 内容涉及用户定义特征库、数据共享、家族表、图层、快捷键。

第 9 章介绍零件装配与分析, 内容涉及零件装配的意义、装配顺序、装配工具, 装配元件的重复使用与阵列, 装配元件的合并与切除, 装配模型的分析与检查, 装配体爆炸视图等。

第 10 章介绍零件与装配体的工程图, 内容涉及图框的制作与调用, 工程图参数配置, 视图的创建、编辑、标注, 工程图的输出, 制作零件、装配体的工程图等。

本书由刘在华、郭纪林主编。参编人员有王官民、肖根楠、闵水根、俞大象等。在此表示衷心的感谢! 作者长期从事 CAD/CAM 的教学与研究, 结合实践经验完成了本书的编写。由于时间仓促, 疏漏之处在所难免, 请广大读者和同仁指正。如果您有意见、建议和问题, 可发电子邮件到 lzh,lzh@yeah.net。

编 者

2005 年 3 月

目 录

第 1 章 草绘	1
1.1 草绘界面的简介	1
1.2 草图截面的绘制与编辑	2
1.2.1 草图截面的绘制	2
1.2.2 草图截面的编辑	5
1.3 草图截面的几何约束	8
1.4 草图截面的尺寸标注及修改	10
1.5 草绘操作实例	14
第 2 章 零件设计模块和基本实体特征	17
2.1 零件设计模块	17
2.2 Extrude(拉伸特征)	24
2.2.1 拉伸特征的长出	24
2.2.2 拉伸特征的切除	26
2.2.3 拉伸特征操作实例	27
2.3 Revolve(旋转特征)	30
2.3.1 旋转特征的长出	30
2.3.2 旋转特征的切除	31
2.3.3 旋转特征操作实例	32
2.4 Sweep(扫掠特征)	34
2.4.1 扫掠特征的长出	34
2.4.2 扫掠特征的切除	36
2.4.3 扫掠特征操作实例	36
2.5 Blend(混合特征)	38
2.5.1 混合特征的长出	38
2.5.2 混合特征的切除	40
2.5.3 混合特征操作实例一	40
2.5.4 混合特征操作实例二	42
第 3 章 基准图元	45
3.1 Datum Plane(基准平面)	45
3.2 Datum Axis(基准轴)	47
3.3 Datum Point(基准点)	48

3.4 Datum Curve(基准曲线)	50
3.5 Coordinate System(基准坐标系)	53
3.6 GRAPH(基准函数图形)	53
第 4 章 零件设计基本特征的创建和操作	55
4.1 Hole(孔特征)和 Shaft(轴特征)	55
4.1.1 Hole(孔特征)	55
4.1.2 Shaft(轴特征)	57
4.1.3 孔、轴特征操作实例	58
4.2 Round(圆角特征)和 Chamfer(倒角特征)	60
4.2.1 Round(圆角特征)	60
4.2.2 Chamfer(倒角特征)	63
4.2.3 圆角、倒角特征操作实例	64
4.3 Rib(肋特征)和 Shell(抽壳特征)	66
4.3.1 Rib(肋特征)	66
4.3.2 Shell(抽壳特征)	67
4.3.3 肋、抽壳特征操作实例	68
4.4 Delete(删除特征)	69
4.5 特征的 Pattern(阵列)、Copy(复制)和 Group(成组)	70
4.5.1 Pattern(特征阵列)	71
4.5.2 特征阵列操作实例	73
4.5.3 Copy(特征复制)	77
4.5.4 特征复制操作实例	79
4.5.5 Group(特征成组)	81
4.5.6 特征成组操作实例	82
4.6 Redefine(特征重定义)	84
4.7 Modify(修改特征尺寸)	86
4.8 Reorder(特征重排序)和 Insert Mode(特征插入模式)	87
4.8.1 Reorder(特征重排序)	87
4.8.2 Insert Mode(特征插入模式)	89

4.9	Resolve(解决特征失败).....	90	7.4	Extend(曲面的延伸).....	134
第 5 章	零件设计高级实体特征	94	7.5	Transform(曲面的转移).....	136
5.1	Variable Section Sweep(变截面扫掠).....	94	7.5.1	移动曲面.....	136
5.1.1	截面定位方式.....	94	7.5.2	镜像曲面.....	137
5.1.2	创建变截面扫掠特征的 操作步骤.....	95	7.6	高级曲面特征.....	138
5.1.3	关系式在变截面扫掠 特征中的使用.....	95	7.6.1	变截面扫掠曲面.....	138
5.1.4	变截面扫掠特征操作实例.....	97	7.6.2	扫掠混合曲面.....	139
5.2	Swept Blend(扫掠混合).....	100	7.6.3	边界混合曲面.....	141
5.2.1	扫掠混合特征选项.....	100	7.6.4	N 边构面.....	143
5.2.2	创建扫掠混合特征的 操作步骤.....	101	7.7	曲面长出或切除实体特征.....	144
5.2.3	扫掠混合特征操作实例.....	102	7.7.1	曲面长出实体.....	144
5.3	Helical Sweep(螺旋扫掠).....	106	7.7.2	曲面切除实体.....	146
5.3.1	创建螺旋扫掠特征的 操作步骤.....	106	第 8 章	实用操作与管理	149
5.3.2	变节距的控制.....	107	8.1	UDF Library(用户定义特征库).....	149
5.3.3	螺旋扫掠操作实例.....	107	8.1.1	UDF 的创建.....	149
第 6 章	零件设计扭拉特征	110	8.1.2	UDF 的调入.....	150
6.1	Draft(实体面拔模).....	110	8.1.3	UDF 操作实例.....	151
6.2	Offset(实体面偏置).....	117	8.2	Shared Data(数据共享).....	154
6.3	Replace(实体面取代).....	118	8.3	Family Table(家族表).....	156
6.4	Lip(唇特征).....	120	8.3.1	家族表的创建.....	156
6.5	Toroidal Bend(环形弯曲).....	122	8.3.2	子零件的阵列.....	157
6.6	Spinal Bend(脊线弯曲).....	124	8.3.3	家族表操作实例.....	158
第 7 章	零件设计曲面特征	127	8.4	Layers(图层).....	162
7.1	基本曲面特征.....	127	8.5	Mapkeys(映射键).....	163
7.1.1	Extrude(拉伸曲面特征).....	127	第 9 章	零件装配与分析	166
7.1.2	Revolve(旋转曲面特征).....	128	9.1	零件装配的意义和装配顺序.....	166
7.1.3	Sweep(扫掠曲面特征).....	128	9.1.1	零件装配的意义.....	166
7.1.4	Blend(混合曲面特征).....	128	9.1.2	零件装配顺序.....	166
7.1.5	Flat(平面).....	129	9.2	零件装配的工具和装配约束类型.....	167
7.1.6	Offset(偏置曲面).....	129	9.2.1	零件装配的工具.....	167
7.1.7	Copy(复制曲面).....	130	9.2.2	装配约束类型.....	168
7.2	Merge(曲面的合并).....	131	9.2.3	零件的装配.....	169
7.3	Trim(曲面的修剪).....	133	9.3	装配元件的重复使用与阵列.....	172
			9.3.1	装配元件的重复使用.....	172
			9.3.2	装配元件的阵列.....	174
			9.4	装配元件的合并及切除.....	176
			9.4.1	装配元件的合并.....	176

9.4.2 装配元件的切除	180	10.4.1 视图的移动	204
9.5 装配模型的分析 and 检查	185	10.4.2 视图的删除	204
9.5.1 质量属性参数分析	185	10.4.3 视图的拭除和恢复	205
9.5.2 装配模型间隙分析	185	10.4.4 视图的修改	205
9.5.3 装配模型干涉分析	187	10.4.5 视图的显示模式	206
9.6 爆炸视图的创建和修改	188	10.5 工程图尺寸及尺寸公差创建与 修改	206
第 10 章 零件与装配体的工程图	191	10.5.1 尺寸的 Show/Erase	206
10.1 Pro/ENGINEER 工程图图框 制作及调用	191	10.5.2 尺寸的创建	208
10.1.1 创建 Format(图纸格式) 图框	191	10.5.3 尺寸公差的标注	208
10.1.2 Format 图框的调用	192	10.5.4 尺寸的整理	209
10.2 Pro/ENGINEER 工程图的 参数配置	193	10.5.5 尺寸属性的编辑	210
10.3 Pro/ENGINEER 工程图的视图 类型及创建	194	10.5.6 标注尺寸在视图间 切换显示	212
10.3.1 一般视图	195	10.6 工程图几何公差创建与修改	213
10.3.2 投影视图	196	10.6.1 设置参考基准	213
10.3.3 辅助视图	197	10.6.2 几何公差创建	214
10.3.4 局部放大视图	197	10.7 工程图表面粗糙度和注释的 创建与修改	215
10.3.5 旋转视图	198	10.7.1 表面粗糙度的标注	215
10.3.6 剖面视图	199	10.7.2 注释的创建	216
10.3.7 半视图	202	10.8 Pro/ENGINEER 工程图的输出	217
10.3.8 截断视图	202	10.8.1 DXF/DWG 文件格式输出	217
10.3.9 局部视图	203	10.8.2 图纸的打印	218
10.3.10 表面视图	203	10.9 制作零件的工程图实例	219
10.4 Pro/ENGINEER 工程图的视图 编辑	204	10.10 制作装配体的工程图实例	229

第1章 草 绘

草绘是二维截面及二维曲线的绘制，三维模型一般是通过对二维截面进行一系列特征操作而产生的，因此草绘可以为三维模型设计提供基础。本章将介绍草绘界面，以及草图截面的绘制与编辑、几何约束的添加、尺寸的标注及修改。

1.1 草绘界面的简介

1. 进入 Sketch(草绘)模块

具体的操作步骤如下：

- (1) 从主菜单栏中选择 File | New 命令或单击主工具栏中的  按钮，将出现如图 1.1 所示的新建对话框。
- (2) 在 Type(类型)栏中选择 Sketch 选项，在 Name(名称)文本框中键入文件名，如 sk_1，单击 OK 按钮，系统进入草绘界面，如图 1.2 所示。

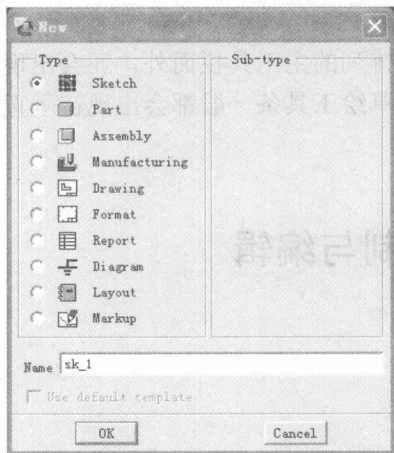


图 1.1 新建对话框

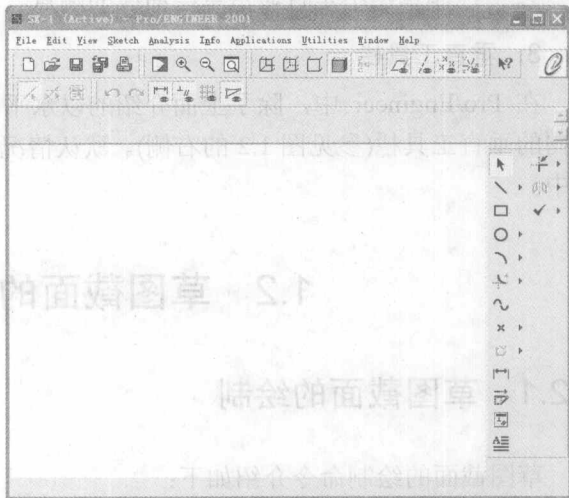


图 1.2 草绘界面

2. 标准工具栏

草绘界面的标准工具栏如图 1.3 所示。其上的命令按钮主要用来控制草绘文件及草图的显示；选择对象；及在草图中是否显示尺寸、几何约束等。

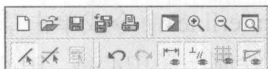


图 1.3 标准工具栏

现将标准工具栏中常用的命令按钮介绍如下：

- ：新建文件。
- ：打开文件。
- ：保存文件。
- ：保存文件副本。
- ：打印文件。
- ：刷新当前视窗。
- ：放大选取的视区范围。
- ：缩小选取的视区范围。
- ：将所有图素显示在屏幕区。
- ：选择对象。
- ：询问可能的选择，用于多种可能性的选择。
- ：按名称或 ID 选择对象。
- ：取消上一步操作。
- ：恢复上一步取消的操作。
- ：控制草图中是否显示尺寸。
- ：控制草图中是否显示几何约束。
- ：控制草图中是否显示网格。
- ：控制草图中是否显示草绘曲线的端点。

3. 垂直工具栏

在 Pro/Engineer 中，除了上面介绍的以水平方向排列的主工具栏而外，还会出现竖直方向的垂直工具栏(参见图 1.2 的右侧)。默认情况下，草绘工具条一般都会出现在垂直工具栏中。

1.2 草图截面的绘制与编辑

1.2.1 草图截面的绘制

草图截面的绘制命令介绍如下：

1. Line(直线)

从主菜单栏中选择 Sketch | Line 命令或单击草绘工具栏中的  按钮，在绘图区单击两点即可绘制直线，单击鼠标中键则结束绘制。如图 1.4 所示是用直线绘制的一个直角三角形。

2. Centerline(中心线)

从主菜单栏中选择 Sketch | Centerline 命令或单击草绘工具栏中的  按钮(隐藏在上述  按钮中)，在绘图区单击两点即可绘制一条中心线。中心线是虚线，可用作草图截面镜像、两点对称的中心线及旋转特征的中心轴线等。

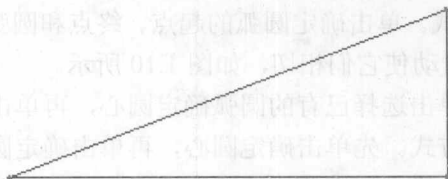


图 1.4 用直线绘制直角三角形

3. Rectangle(矩形)

从主菜单栏中选择 Sketch | Rectangle 命令或单击草绘工具栏中的  按钮,在绘图区单击确定矩形的两个对角点即可绘制一矩形,如图 1.5 所示。

4. Circle(圆)

从主菜单栏中选择 Sketch | Circle 命令或单击草绘工具栏中  按钮右侧的箭头,可出现如图 1.6 所示的绘制的命令选项。

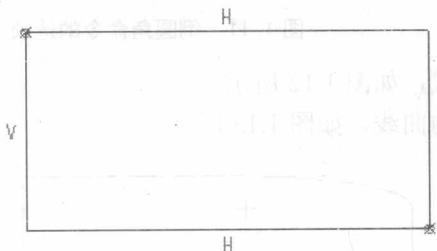


图 1.5 矩形

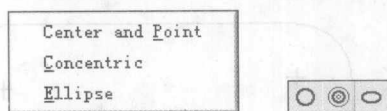


图 1.6 绘制圆的命令选项

: 圆心和圆弧上一点。先单击确定圆心,再单击确定圆弧上的一点,如图 1.7 所示。

: 同心圆。单击选择已有的圆弧确定圆心,再单击确定圆的通过点。

: 两点确定椭圆。先单击确定中心点,再单击确定椭圆上一点(只能绘制水平或竖直放置的椭圆),如图 1.8 所示。

注意:在图 1.6 中的菜单命令及按钮命令都是一一对应的。绘图时用户可根据自己的喜好选择一种命令即可。Pro/Engineer 中的许多其他命令也都具备这种“菜单—工具按钮”双重对等操作方式。关于这一点,此后不再重复说明。

5. Arc(圆弧)

从主菜单栏中选择 Sketch | Arc 命令或单击草绘工具栏中  按钮右侧的箭头,将出现如图 1.9 所示的绘制圆弧的命令选项。

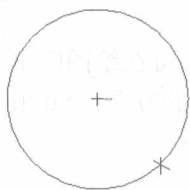


图 1.7 圆



图 1.8 椭圆

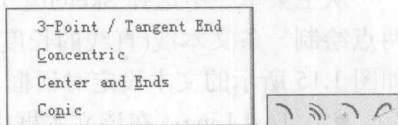


图 1.9 绘制圆弧的命令选项

: 三点/端点相切方式。单击确定圆弧的起点、终点和圆弧上一点。当圆弧起点落在其他曲线端点时,系统会自动使它们相切,如图 1.10 所示。

: 同心圆弧方式。单击选择已有的圆弧确定圆心,再单击确定圆弧的起点和终点。

: 圆心和圆弧端点方式。先单击确定圆心,再单击确定圆弧的起点和终点。

: 圆锥曲线。先单击确定圆锥曲线的两个端点,再单击确定圆锥曲线上的一点。

6. Fillet(倒圆角)

从主菜单栏中选择 Sketch | Fillet 命令或单击草绘工具栏中  按钮右侧的箭头,将出现如图 1.11 所示的倒圆角的命令选项。

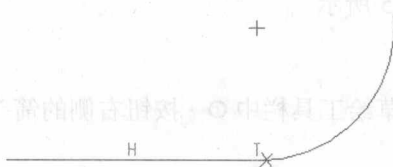


图 1.10 端点相切

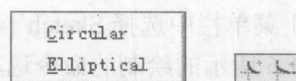


图 1.11 倒圆角命令的选项

: 倒圆角。单击选择两条要倒圆角的曲线,如图 1.12 所示。

: 倒椭圆角。单击选择两条要倒椭圆角的曲线,如图 1.13 所示。

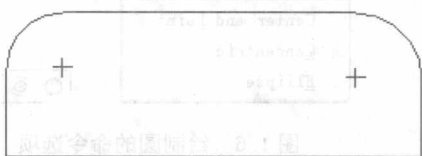


图 1.12 倒圆角

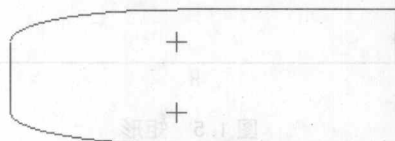


图 1.13 倒椭圆角

7. Spline(样条曲线)

从主菜单栏中选择 Sketch | Spline 命令或单击草绘工具栏中  按钮,可在绘图区单击确定一系列样条曲线通过点,点与点间以顺滑曲线连接,如图 1.14 所示。

8. Point(点)

从主菜单栏中选择 Sketch | Point 命令或单击草绘工具栏中的  按钮,可以绘制点。

9. Coordinate System(草绘坐标系)

从主菜单栏中选择 Sketch | Coordinate System 命令或单击草绘工具栏中的  按钮(隐藏在上述  按钮中),可以绘制坐标系。

10. Text(文本)

从主菜单栏中选择 Sketch | Text 命令或单击草绘工具栏中的  按钮,可在绘图区单击两点绘制一条文本线(直线的长度确定文本的高度,直线的斜率确定文本的方向),并出现如图 1.15 所示的文本设定对话框。

- Text Line: 在该文本框中键入要显示在绘图区的文本。
- Font: 可选择文本使用的字体。



图 1.14 样条曲线

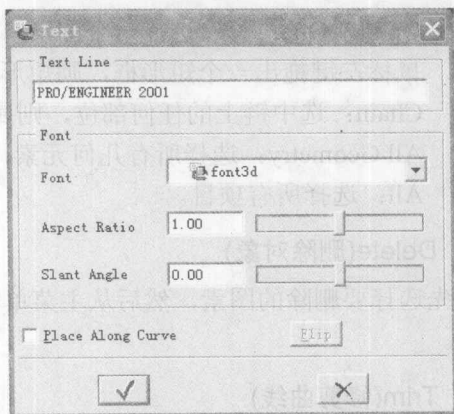


图 1.15 文本设定对话框

- **Aspect Ratio**: 可调整文本的宽度比率。
- **Slant Angle**: 可调整文本的倾斜角度。
- **Place Along Curve**: 选中该选项表示沿指定的曲线放置文本。
- **Flip**: 用于控制文本是否反向放置。

完成文本输入及设置后, 单击对话框中的 ☒ 按钮, 结果如图 1.16 所示。



图 1.16 文本

若需要文本是正立的, 则直线的终点应位于起点的上方; 若需要文本是倒立的, 则直线的终点应位于起点的下方。若要沿曲线放置文本, 则选中 **Place Along Curve** 选项, 再选择沿着的曲线, 结果如图 1.17 所示。

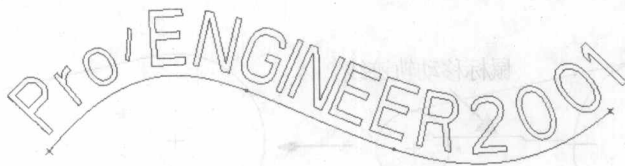


图 1.17 沿曲线放置文本

1.2.2 草图截面的编辑

对草图截面曲线的编辑命令介绍如下:

1. Select(选择对象)

单击草绘工具栏中的  按钮, 处于按下状态为选择状态, 可单击选取要编辑的图素。

从主菜单栏中选择 **Edit | Select** 命令, 将出现如图 1.18 所示的菜单, 它包括多种选择方式, 分别介绍如下:

- **One-by-One**: 每次选择一个图素; 按下 shift 键, 则可选择多个图素。此外, 按下鼠标左键拖出一个矩形框, 则矩形框内的图素被选中。
- **Chain**: 选中链上的任何部位, 则属于该链的曲线将一起被选中。
- **All Geometry**: 选择所有几何元素, 不包括标注尺寸、约束。
- **All**: 选择所有项目。

2. Delete(删除对象)

首先选择要删除的图素, 然后从主菜单栏中选择 Edit | Delete 命令, 即可删除所选择的图素。

3. Trim(修剪曲线)

从主菜单栏中选择 Edit | Trim 命令或单击草绘工具栏中  按钮右侧的箭头, 将出现如图 1.19 所示的修剪曲线的命令选项, 它包括多种修剪方式, 分别介绍如下:

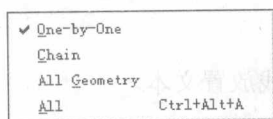


图 1.18 选择方式

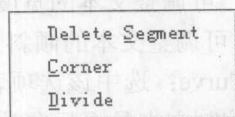


图 1.19 修剪曲线命令的选项

: 动态修剪曲线。

: 修剪成一个角。

: 分割曲线。

● Delete Segment(动态修剪)

从主菜单栏中选择 Edit | Trim | Delete Segment 命令或单击草绘工具栏中的  按钮, 按住左键移动鼠标指针, 使其通过要删除的线段(此时出现一条高亮显示的鼠标移动轨迹线, 该轨迹通过的线段也会高亮显示), 放开鼠标左键, 则选中的线段将被删除, 如图 1.20 所示。

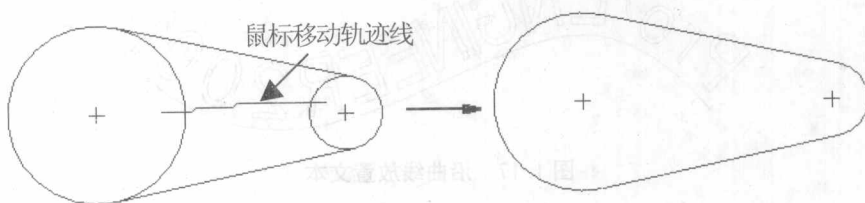


图 1.20 动态修剪

● Corner(修剪成角)

从主菜单栏中选择 Edit | Trim | Corner 命令或单击草绘工具栏中的  按钮, 分别单击两条线段, 系统将选择的部分保留以形成一个角, 如图 1.21 所示。

● Divide(分割)

从主菜单栏中选择 Edit | Trim | Divide 命令或单击草绘工具栏中的  按钮, 单击要分割的曲线, 系统将在单击的位置分割曲线, 如图 1.22 所示。

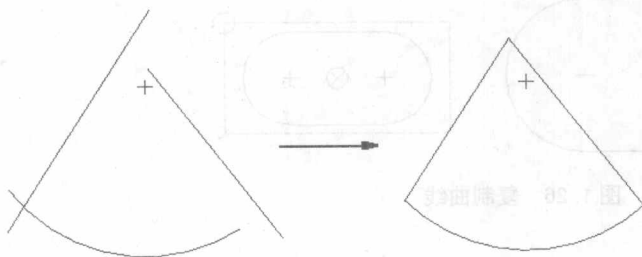


图 1.21 修剪成角

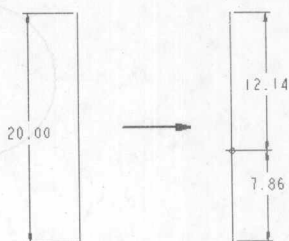


图 1.22 分割曲线

4. Mirror(镜像曲线)

先选择要镜像的曲线，然后从主菜单栏中选择 **Edit | Mirror** 命令或单击草绘工具栏中的  按钮，再选择镜像中心线，即可镜像曲线，如图 1.23 所示。

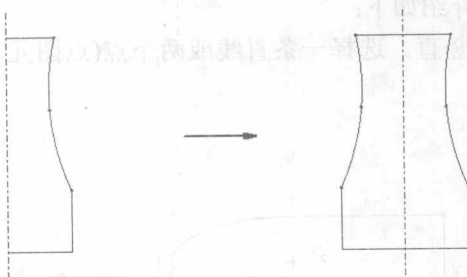


图 1.23 镜像曲线

5. Scale and Rotate(缩放和旋转)

先选择要缩放和旋转的截面曲线，然后从主菜单栏中选择 **Edit | Scale and Rotate** 命令或单击草绘工具栏中的  按钮(位于上述  按钮命令选项中)，将出现如图 1.24 所示的对话框，在该对话框中即可设定截面曲线的缩放比例和旋转角度。

也可在截面曲线上拖动如图 1.25 所示的三种图标，分别实现对该截面曲线进行旋转、平移、缩放等操作。

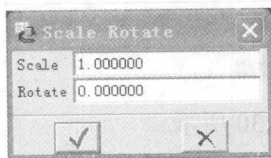


图 1.24 缩放和旋转

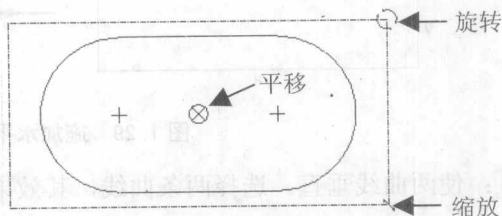


图 1.25 旋转、平移、缩放图标

6. Copy(复制曲线)

选择要复制的截面曲线后，再从主菜单栏中选择 **Edit | Copy** 命令或单击草绘工具栏中的  按钮(同样隐藏在  按钮组中)其用法与缩放及旋转命令相似，不同之处在于其保留了原截面曲线，如图 1.26 所示。

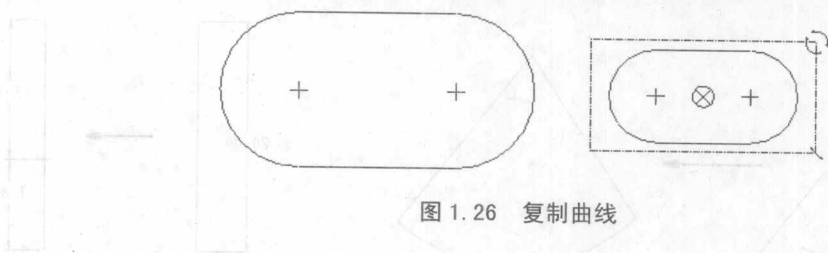


图 1.26 复制曲线

曲线操作 SS 1 图

1.3 草图截面的几何约束

从主菜单栏中选择 Sketch | Constrain(几何约束)命令或单击草绘工具栏中的  按钮, 将出现如图 1.27 所示的几何约束对话框, 用该对话框中的子命令可对草图截面进行几何约束。各按钮子命令分别介绍如下:

I: 使直线或两点竖直。选择一条直线或两个点(点图元、端点、中心点), 其效果如图 1.28 所示。

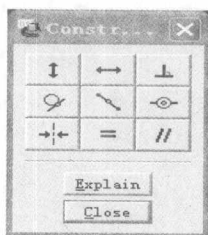


图 1.27 几何约束对话框

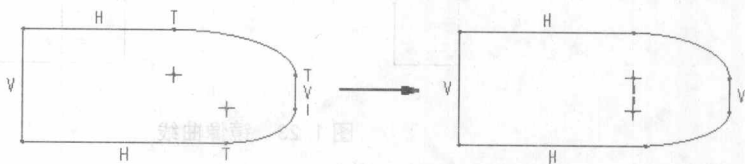


图 1.28 施加竖直约束的效果

H: 使直线或两点水平。选择一条直线或两个点(点图元、端点、中心点), 其效果如图 1.29 所示。

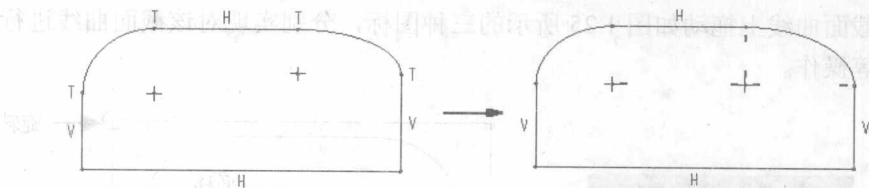


图 1.29 施加水平约束的效果

⊥: 使两曲线垂直。选择两条曲线, 其效果如图 1.30 所示。

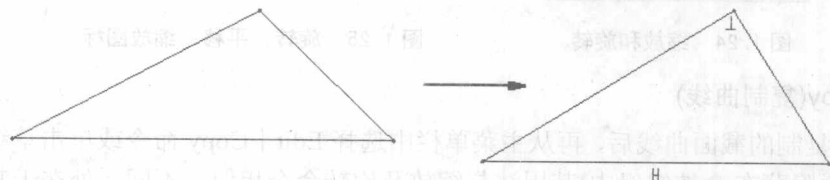


图 1.30 施加垂直约束的效果

: 使两曲线相切。选择两条曲线,其效果如图 1.31 所示。

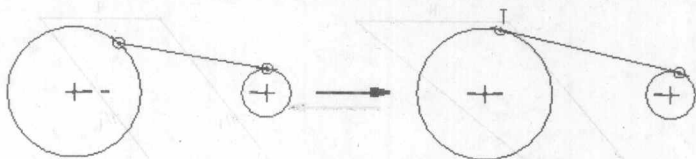


图 1.31 施加相切约束的效果

: 使点在直线的中点位置。选择一点和一条直线,其效果如图 1.32 所示。

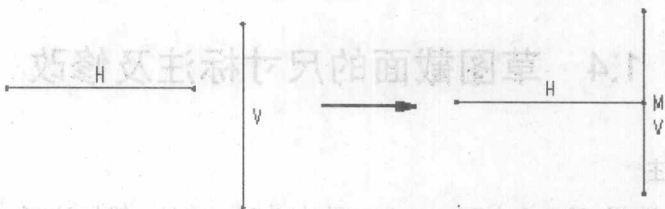


图 1.32 施加点在直线中点约束的效果

: 使点与点重合、点在曲线上、直线与直线对齐。选择点与点、点与曲线、直线与直线,其效果如图 1.33 所示。

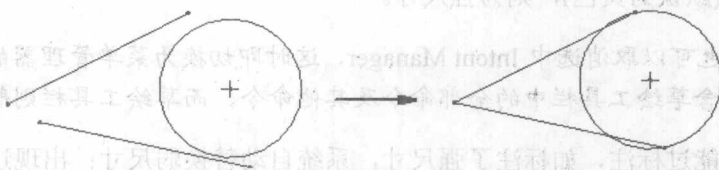


图 1.33 施加对齐约束的效果

: 使两点关于指定的中心线对称。选择一条中心线和两点,其效果如图 1.34 所示。

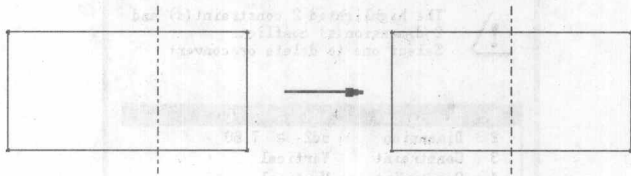


图 1.34 施加两点对称约束的效果

: 使直线等长度,圆弧、圆、椭圆等半径,样条曲线与直线或圆弧等曲率。选择两条直线、两条圆弧、一条样条曲线和一条直线或圆弧,其效果如图 1.35 所示。

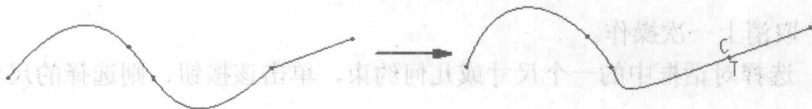


图 1.35 施加等曲率约束的效果