

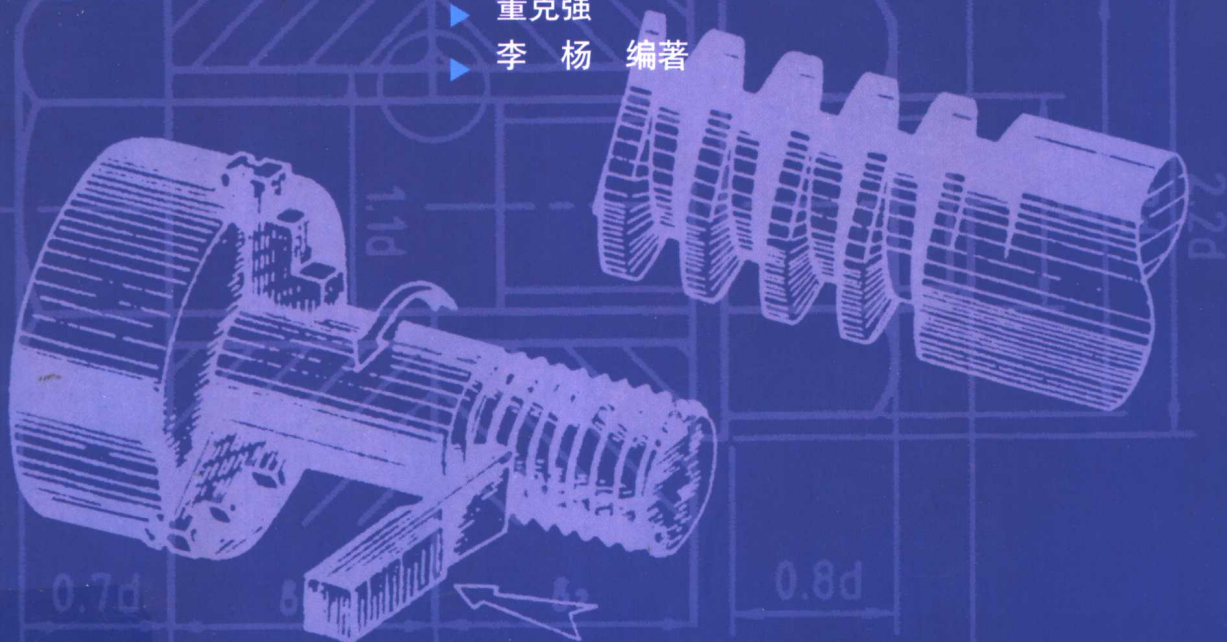
高等学校计算机辅助设计系列教材

工程图学

实践与CAD

(机械类)

▶ 王建华 主编
▶ 王建华
▶ 董克强
▶ 李 杨 编著



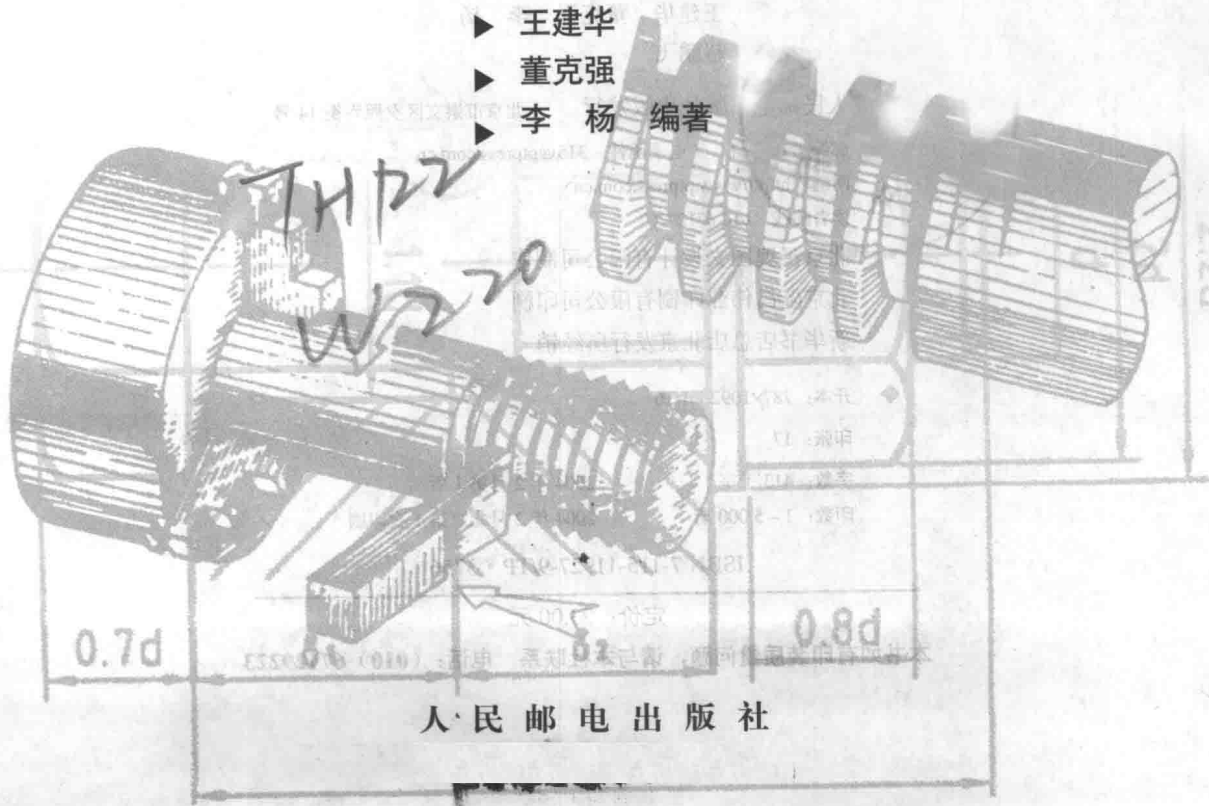
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校计算机辅助设计系列教材

工程图学 实践与CAD

(机械类)

- ▶ 王建华 主编
- ▶ 王建华
- ▶ 董克强
- ▶ 李 杨 编著



人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程图学实践与 CAD. 机械类 / 王建华主编; 王建华, 董克强, 李杨编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2004.2

(高等学校计算机辅助设计系列教材)

ISBN 7-115-11927-9

I. 工... II. ①王...②王...③董...④李... III. 机械制图: 计算机制图—应用软件, AutoCAD
—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 086952 号

内 容 提 要

本书为高等院校本科制图教材, 是根据教育部审定的“高等工业学校工程制图基础课程教学基本要求”, 并按照机械制图最新国家标准编写而成。

本书的主要内容包括 Solid Edge 三维 CAD 设计软件简介, 标准件和常用件规定画法, 零件图和装配图读图、画图方法, AutoCAD2000 绘制标准工程图的基本方法, 及与教材内容配套使用的习题。

本书用 Solid Edge 计算机绘图实例贯穿于各章机械图中, 可进一步培养学生空间思维能力、实物构型能力, 以达到学以至用的目的。

本书可供 60~90 学时高等工科院校机械类、近机械类相关专业使用, 也适合成人教育学院、函授大学、电视大学等相关专业使用及机械工程技术人員阅读参考。

高等学校计算机辅助设计系列教材 工程图学实践与 CAD (机械类)

◆ 主 编 王建华

编 著 王建华 董克强 李 杨

责任编辑 赵鹏飞

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129260

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17

字数: 413 千字

2004 年 2 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11927-9/TP · 3756

定价: 23.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

编 者 的 话

本套教材是应当前教学改革的要求而编写的高等学校工科本科制图系列教材，全套共三册。第一册为《工程图学（公共类）》，内容包括画法几何、制图基础及机械工程图简介；第二册为《工程图学实践与 CAD（机械类）》，内容包括机械工程图、计算机绘图；第三册为《工程图学实践与 CAD（建筑工程类）》，内容包括建筑工程图、道路工程图、计算机绘图。

本册为《工程图学实践与 CAD（机械类）》，是高等院校工科制图系列教材之一。本书可作为高等工科院校机械类、近机械类的教材，也可供成人教育学院、函授大学、电视大学等相关专业使用及工程技术人员参考。

本书内容包括：Solid Edge 三维 CAD 设计基础，标准件与常用件规定画法，零件图、装配图的读图和画图方法，AutoCAD 绘图简介，习题集等。

本教材采用了最新的国家制图标准。

主要内容及特点如下。

1. Solid Edge 三维 CAD：主要介绍了 Solid Edge 三维设计绘图软件的三大模块即零件模块、工程图模块、装配模块。书中通过典型实例讲述基本绘图命令及编辑命令的使用方法和技巧。教材中用 Solid Edge 计算机绘图实例贯穿于各章机械图中，可达到进一步培养学生空间思维能力、实物构型能力，以达到学以至用的目的。

2. 标准件和常用件、零件图、装配图：为适应学时减少、内容更新的要求，本教材贯彻少而精的原则，密切结合实际工程图详细讲述相应标准件和常用件、零件图、装配图的主要内容、规定画法、画图和读图方法、绘图步骤及相应的最新国家标准。

3. AutoCAD2000：介绍了 AutoCAD2000 绘图软件的基本操作，以简单而典型的实例将基本绘图、编辑命令贯穿其中。书中详细介绍了绘制工程图的方法。用 AutoCAD2000 绘制标准的二维工程图，弥补 Solid Edge 三维 CAD 设计软件绘制二维图的不足。

4. 习题集：教材最后附有习题集，该习题集与前述内容配套使用。习题内容难易相兼、满足教学大纲要求，并方便使用。

5. 本书把重点放在读工程图和计算机绘工程图能力的培养上，力求使教材的内容具有系统性和实用性。

参加教材编写的有：王建华（编写第二章），董克强（编写第一、四、五章），李杨（编写第三章）。习题由董克强、王建华合编。

主编：北京工业大学王建华

主审：中国农业大学陈忠良教授

热忱欢迎广大读者对本书的不足与错误提出宝贵意见和建议。

北京工业大学机电学院工程图学中心 教材编写组

2002 年 8 月

目 录

第 1 章 Solid Edge 三维绘图软件简介	1
1.1 Solid Edge 概述	1
1.1.1 Solid Edge 的系统配置	1
1.1.2 Solid Edge 的模块	1
1.2 二维草图设计	3
1.2.1 草图界面	3
1.2.2 基本草图命令	3
1.2.3 智能草图	6
1.2.4 草图的编辑	7
1.2.5 尺寸约束	10
1.2.6 几何约束	11
1.3 零件的三维造型设计	13
1.3.1 特征概念及建构	13
1.3.2 参考元素	14
1.3.3 特征命令	16
1.3.4 特征的编辑和修改	23
1.3.5 举例	25
1.4 零件的二维工程图	27
1.4.1 Solid Edge 工程图环境	27
1.4.2 设定绘图规范	29
1.4.3 基本视图的生成	30
1.4.4 辅助视图的生成	34
1.4.5 剖视图和剖面图的生成	35
1.4.6 尺寸标注	37
第 2 章 标准件和常用件	39
2.1 螺纹及螺纹紧固件	39
2.1.1 螺纹的基础知识	39
2.1.2 螺纹的分类	42
2.1.3 螺纹规定画法	43
2.1.4 螺纹的标注	45
2.1.5 螺纹连接件	47
2.1.6 Solid Edge 设计螺纹紧固件的方法	53
2.2 齿轮	59
2.2.1 直齿圆柱齿轮	59

2.2.2	圆锥齿轮	63
2.2.3	齿轮与齿条啮合的画法	64
2.2.4	蜗轮、蜗杆的画法	64
2.2.5	Solid Edge 设计齿轮的方法	66
2.3	键与销	69
2.3.1	键	69
2.3.2	销	74
2.3.3	Solid Edge 设计键与销的方法	75
2.4	弹簧	78
2.4.1	螺旋压缩弹簧各部分名称和尺寸关系	79
2.4.2	螺旋压缩弹簧的规定画法	79
2.4.3	螺旋弹簧的画图步骤	80
2.4.4	螺旋弹簧的零件图	81
2.4.5	Solid Edge 设计弹簧的方法	82
2.5	滚动轴承	82
2.5.1	滚动轴承的种类及代号	82
2.5.2	滚动轴承的画法	85
第 3 章	零件图	87
3.1	零件图概述	87
3.1.1	零件图的用途和内容	87
3.1.2	零件图的视图选择	88
3.1.3	几个问题的处理	89
3.2	零件图的尺寸标注及零件结构分析	91
3.2.1	尺寸标注	91
3.2.2	零件结构的工艺性	93
3.3	公差与配合	98
3.3.1	公差与配合的基本概念	98
3.3.2	配合与基准制	100
3.3.3	公差与配合在图样上的标注	102
3.3.4	查表方法	104
3.3.5	表面形状和位置公差	107
3.4	表面粗糙度代号及其标注	109
3.4.1	表面粗糙度的概念	109
3.4.2	表面粗糙度的标注	110
3.5	典型零件的表达方法	112
3.5.1	轴类零件	112
3.5.2	盘类零件	114
3.5.3	叉架类零件	115
3.5.4	箱体类零件	117

3.6	计算机设计典型零件的方法	120
3.6.1	轴套类零件的画法	120
3.6.2	盖类零件的画法	121
3.6.3	支架类零件的画法	122
3.6.4	箱体类零件的画法	123
3.7	零件图的看图方法	124
3.7.1	看零件图的方法和步骤	124
3.7.2	看零件图示例	125
3.8	零件测绘	127
3.8.1	零件草图的作用和要求	127
3.8.2	测绘零件及绘制草图的方法步骤	127
3.8.3	画草图时需注意的问题	128
第4章	装配图	131
4.1	装配图的内容	131
4.2	装配图的表达方法	133
4.3	装配图的尺寸标注、零件编号和明细表	136
4.4	装配图的视图选择	139
4.5	装配图的画法	140
4.6	装配结构的合理性	146
4.7	Solid Edge 设计装配体及生成装配图的常用方法	147
4.7.1	零件装配关系	148
4.7.2	装配主环境	149
4.7.3	实例分析	151
4.8	装配图读图和拆图	153
4.8.1	读装配图的方法和步骤	154
4.8.2	装配图拆图	156
4.9	部件测绘	159
第5章	AutoCAD 简介	160
5.1	概述	160
5.2	基本操作	161
5.2.1	启动 AutoCAD	161
5.2.2	AutoCAD2000 工作界面	162
5.2.3	基本绘图操作	163
5.3	主要绘图及编辑命令	167
5.3.1	绘图命令	167
5.3.2	图形编辑	172
5.3.3	绘图练习	178
5.4	显示命令	181
5.4.1	显示控制	181

5.4.2 重画和重生成命令	182
5.5 图层、线型和颜色	182
5.6 尺寸标注和文本输入	188
5.6.1 尺寸标注	188
5.6.2 文本	190
5.7 绘图实例	191
5.7.1 绘制零件图	191
5.7.2 绘制装配图	200
附录	205
习题	239
参考文献	264

第 1 章 Solid Edge 三维绘图软件简介

Solid Edge CAD 软件是 EDS 公司在 Windows 平台上开发的, 它集成并兼容了所有 Windows 系统的功能, 是一个易学易用的三维 CAD 软件。目前, 建立三维模型已经在产品开发设计、装配模拟、仿真、加工等方面得到了推广和应用。为加强计算机绘图能力和适应机械制图课程体系改革的需要, 把三维设计融进工程图学教材和教学实践中是非常必要的。

1.1 Solid Edge 概述

1.1.1 Solid Edge 的系统配置

Solid Edge 的系统配置是: 具有 Pentium (奔腾) 100MHz 以上主频的计算机, 运行环境为 Windows 98、Windows 2000 或 Windows NT 4.0。如使用 64MB 以上内存的 Pentium II 计算机, 将会大大提高运行速度, 充分发挥其功能。

1.1.2 Solid Edge 的模块

Solid Edge 主要有四个模块, 即零件模块、钣金模块、装配模块和工程图模块。每一个模块是一个独立的应用程序, 有自己独立的输入/输出文件格式。

- 零件模块用于设计单个的零件模型, 通过对基本特征进一步添加或减少材料而生成三维的零件形体, 其文件扩展名为 .par。

- 钣金模块用于设计单个的钣金件模型, 其扩展名为 .psm。

- 装配模块用于设计含有多个零件或钣金件的装配件。可以由零件逐个装配, 或在装配环境下生成和编辑零件, 其扩展名为 .asm

- 工程图模块提供独立的二维绘图环境, 可以直接绘制二维工程图, 也可以由三维零件或装配件自动生成二维视图, 其文件扩展名为 .dft, 并支持 dwg 和 dxf 格式。

用户可以在 Solid Edge 中选择所需要的图标, 从任何一个环境开始工作, 也可以在几个界面中转换 Solid Edge 的用户界面。

Solid Edge 的四个模块的使用界面差别不大, 其界面由主菜单条、主工具条、特征动态条、待定工作环境工具条、参考平面、工作区和提示区等组成, 如图 1-1 所示。

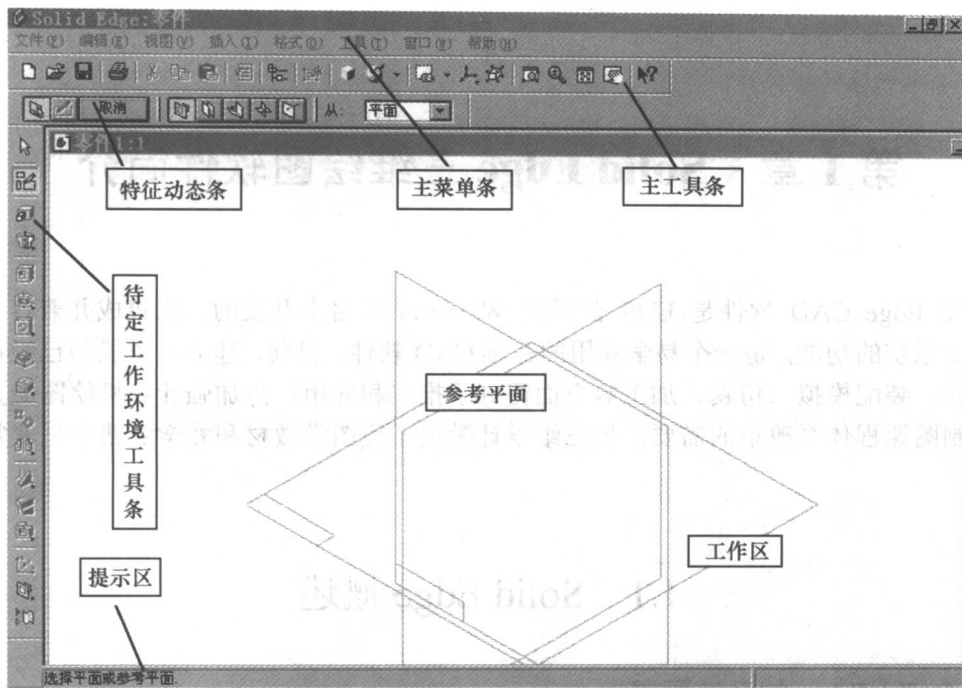


图 1-1 界面

在工作区的中间有三个平面，是三个主参考面，分别表示 X 、 Y 、 Z 坐标系中的 XY 、 YZ 、 XZ 平面。零件设计界面中的主工具条如图 1-2 所示。



图 1-2 主工具条

工具条上的前九项是标准 Windows 应用程序的控制图标，第十项以后的按钮含义如下所述。

- [图标]：列表。
- [图标]：打开特征记录树。
- [图标]：更新关系。
- [图标]：更新所有连接。
- [图标]：渲染。
- [图标]：渲染模式设置。
- [图标]：视图名称列表。
- [图标]：三维旋转。
- [图标]：常用视图选择。
- [图标]：区域放大。
- [图标]：放大。
- [图标]：满屏显示。

● : 平移。

● : 帮助。

鉴于篇幅,本书只对零件模块、装配模块和工程图模块加以介绍。

1.2 二维草图设计

草图设计是一个二维绘图环境,它嵌入在 Solid Edge 的各个功能模块中使用。在零件的三维设计中,首先要进行零件的草图设计,一个草图就是一个零件的二维表示。在装配中,可以用草图表示装配布局。

Solid Edge 是一个基于特征的三维软件,特征又是在轮廓线的基础上进行的。轮廓线可以用一个草图表示,也可以在特征命令中画出轮廓线,因此掌握草图设计功能是三维设计的前提。本章将介绍草图(轮廓线)设计中用到的二维绘图命令、编辑命令,以及 Solid Edge 二维设计中功能强大的智能化工具——尺寸驱动的参数化设计功能。

1.2.1 草图界面

在 Solid Edge 的零件、钣金、装配环境中都有草图命令,下面给出在零件环境中进入草图状态的过程。

① 启动零件模块,在 Windows 操作桌面的左下角单击选择“开始”/“程序”/“Solid Edge”/“Solid Edge Part”,进入零件设计环境。

② 在零件设计环境窗口中单击“特征”工具条上“草图”命令。

③ 要进行草图设计就必须先选择一个参考平面,只有在参考平面上才可以进行草图设计。当移动鼠标到参考平面时,该平面变为红色,单击屏幕上 XY 参考平面(Plane 1)。

④ 屏幕上弹出“XY 平面”的 2D 视图“草图”窗口,此时进入到草图设计环境。观察屏幕,此时左侧工具条为“绘图”工具条,“动态条”显示为直线动态条。

⑤ 单击“完成”按钮,退出草图环境。

1.2.2 基本草图命令

绘图工具条(通常在左侧竖放)中给出了所有草图设计中的命令,可以画直线、弧、圆、自由曲线、矩形等,如图 1-3 所示。其中右下方含有黑色小箭头的图标,称为浮动图标,单击黑色箭头弹出一组命令,被称为位于同一个命令抽屉中的命令。



图 1-3 绘图工具条

在 Solid Edge 中,命令以工具条或菜单显示,输入方式以操纵鼠标为主,同时 Solid Edge

的智能化设计步骤可以引导用户快速有效地完成设计和理解命令。用户可在“动态条”中选择某个命令的选项,同时在输入框中以键盘输入确定的值来限定图形尺寸。

1. 直线命令

利用直线命令可画连续直线和圆弧。

(1) 直线动态条

在“草图”窗口中用鼠标单击“绘图”工具条上“直线”按钮,其中“长度”输入框中数值表示线段长度,“角度”输入框中数值表示线段与水平线的夹角,“直线”图标表示画直线,“圆弧”图标表示画圆弧。“完成”图标表示完成草图设计,返回零件设计窗口。

(2) 画连续线段

① 单击“绘图”工具条上“直线”按钮,在“草图”窗口中移动鼠标,屏幕左下方的提示信息为“单击直线第一点”,单击一点表示线的起点。

② 在“单击直线第二点”的提示信息下,移动鼠标,动态条上“长度”和“角度”输入框中分别动态地显示当前鼠标到前一点的距离和角度,在合适的位置单击鼠标,确定线段的第二个端点。

③ 在“单击直线第二点”的提示信息下,连续移动鼠标并单击,画出连续线段。单击鼠标右键结束画线。

(3) 画连接线段和圆弧

“直线”命令缺省设置为画直线,但可随时插入弧线段。

① 单击“绘图”工具条上“直线”按钮,在“草图”窗口中单击两点画出直线。键入 A,此时变为画弧状态。在直线端点处出现一个动态显示圆弧方向的虚圆弧。

② 在“单击弧的端点”的提示信息下,顺着直线方向移动鼠标,可显示出一个相切圆弧,单击鼠标确定弧的另一个端点。

③ 移动鼠标可继续画直线,若继续画弧,需再次键入 A,重复上一步骤。

④ 单击鼠标右键结束该连续线段。

注:单击“动态条”上的“圆弧”按钮,可将画直线状态变为画弧状态;单击“动态条”上的“直线”按钮,可将画弧状态变为画直线状态。

(4) 画固定长度的直线

在画线过程中,在“长度”输入框中输入线段长度,则不论鼠标如何移动,只能改变线的角度,长度固定。也可在“角度”输入框中输入欲画线段角度,则鼠标移动只能改变线的长度,角度固定。

(5) 回退线段

在画直线的过程中,单击主工具条上的“重画”按钮,会退到前一点状态。

2. 圆弧命令

画圆弧可以有多种方法,在 Solid Edge 中提供了三种命令形式,分别为相切弧、三点弧、圆心弧。

(1) 三点画弧

单击“绘图”工具条上“三点画弧”按钮,依次单击弧的起点、中间点和终点完成画弧工作。若给出的第三点位于前两点之间,则表示画弧的顺序为起点、终点、中间点。若在动

态条“半径”中输入半径数值,表示画弧方式为起点、终点、半径。

(2) 圆心、起点、终点画弧

单击“绘图”工具条上“圆心弧”按钮。

在圆心点位置单击鼠标,单击弧的起点,单击弧的终点,则完成圆弧的绘画工作。

(3) 切点

单击“绘图”工具条上“相切弧”按钮。单击已有直线和曲线的端点或内部点。在起点处显示意向带(反映所画圆弧的动态显示虚线),意向带将下一点的方向分为四个象限,鼠标从不同的象限内移出,可画出不同方向的圆弧。移动鼠标,当显示的弧与原有线段相切或垂直时,单击鼠标确定弧的端点。

3. 圆和椭圆命令

画圆可以用三点画圆,圆心半径画圆,也可画出与其他图形元素相切的圆。椭圆可通过给出中心和轴的端点得到,或通过定义轴上的三个端点画出。

(1) 圆心、半径画圆

单击“绘图”工具条上“圆心画圆”按钮。鼠标单击一点确定圆心点。移动鼠标,注意动态条上显示当前圆的直径和半径,单击一点确定圆周上的一点,一个圆生成。重复以上两步,可画出其他的圆。

(2) 三点画圆

单击“绘图”工具条上“三点画圆”按钮。鼠标分别单击圆周上的三点,即可画出一个圆。

(3) 相切圆

单击“绘图”工具条上“相切圆”按钮。单击一个图形元素上的一点,则该点为切点。单击圆周上的一点,即画出一个与前一元素相切的圆。

(4) 圆心、轴画椭圆

单击“绘图”工具条上“圆心椭圆”按钮。单击一点作为主轴上的中心点,单击另一点作为主轴上的一个端点,因而也就确定了主轴长度和旋转角度。单击另一点作为副轴上的一个端点。这样一个椭圆就生成了。

4. 矩形命令

用矩形命令可直接画出长方形或正方形来。只要给出宽度、高度和旋转角度,就可画出一个矩形来。

(1) 三点画矩形

单击“绘图”工具条上“画矩形”按钮。单击一点确定矩形一角点,单击另一点确定矩形的一条边,从而矩形的旋转角度和宽度就确定了。单击另一点确定矩形的高度。

(2) 输入宽度、高度、角度画矩形

单击“绘图”工具条上“画矩形”按钮。在动态条上的“宽度”输入框中输入宽度数值,“高度”输入框中输入高度,“角度”输入框中输入角度,单击一点确定矩形的一个角点,一个矩形就显示在屏幕上了。

(3) 拖动画矩形

单击“绘图”工具条上“画矩形”按钮。从屏幕上一点击并拖动鼠标到另一点,松开鼠标,则一个以该两点为对角线端点的矩形便显示在屏幕上了。

5. 编辑和修改草图

用户在绘图过程中遇到画错时,就需要进行图形修改。此时可单击选择工具(一个箭头符号)进入选择状态。

(1) 选择工具

单击“绘图”工具条上“选择”命令。

(2) 选择要修改的图形元素

当选择工具激活时,用以下几种方法选择元素:

- 鼠标移动到元素上,元素亮显,单击鼠标,单个元素选中;
- 选多个元素时,按住 Ctrl 或 Shift 键,单击多个元素;
- 拖动鼠标确定矩形围框,围框以内的元素被选中;
- 按住 Ctrl 或 Shift 键,单击已选元素,可使该元素退选;
- 全选可用 Ctrl+A 组合键。

(3) 用动态条目修改图形元素

单击“绘图”工具条上“选择”按钮,单击单个图形元素。此时动态条显示为该元素的动态条目,如选中一条直线,则动态条中显示当前线段的长度和角度,如图 1-4 所示。



图 1-4 动态条

在“动态条”输入框中输入新值,该图形元素会自动更新。如在“长度”、“角度”输入框中输入新的数值,可改变当前线段的长度和角度。

(4) 用鼠标动态修改图形元素

单击“绘图”工具条上“选择”按钮。单击图形元素,如直线、弧、矩形等,将其选中,其中实心的小方块代表了该元素的几何参考点。移动鼠标到几何参考点上,当前光标由箭头变为十字符号,单击并拖动鼠标可以修改该几何参考点的位置;松开鼠标,修改完毕。

注:鼠标移动到图形元素上,图形亮显,此时单击并拖动鼠标,可移动所选图形元素。

1.2.3 智能草图

智能草图是一个搜索、保持某种几何关系的动态绘图工具,也可认为具有动态导航功能,用智能草图能够帮助用户精确绘图。

使用智能草图的工作方式绘图时,智能草图会跟踪鼠标的移动,当鼠标光标通过屏幕上某元素上的几何参考点时,就会显示一个临时、动态的符号,指示当前位置与该新元素的关系。

设置智能草图关系指示器的方法是:选择“工具”菜单下的“智能绘制”命令,在“智能绘制”对话框中可以设置自动显示关系,在希望显示的关系前打勾,如图 1-5 所示。

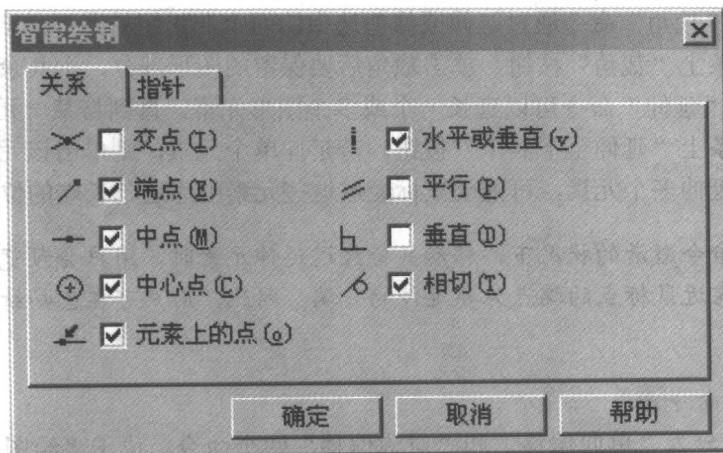


图 1-5 关系指示器

1.2.4 草图的编辑

下面进一步介绍在二维绘图中如何利用其他命令有效方便地绘图。

1. 命令介绍

(1) “倒角”命令

倒角包括圆角和直角，位于同一个命令抽屉中。

① 圆角 ：用圆角命令可以画出两个元素之间的圆弧过渡。元素可以是直线、圆弧、圆、椭圆、曲线。

单击“绘图”工具条上“圆角”按钮，在动态条上的“半径”输入框中输入半径值。单击一个图形元素，再单击另一个图形元素，则生成一圆弧连接两条直线，并删除圆弧以外的直线段。

“动态条”上的第二个按钮表示是否修剪原有线段。按下表示无修剪，缺省状态为修剪。

注：执行“圆角”命令时可以不输入半径，单击欲产生圆弧的两个元素后，鼠标移动有动态圆弧显示，在合适的位置单击鼠标确定半径。圆弧半径随着鼠标的移动来动态地决定。

② 倒棱 ：在两条直线间生成一倒角。单击“绘图”工具条上“棱角”按钮，在“动态条”上第一个“收进”输入框输入倒角的数值，再输入第二个数值或“角度”数值，单击第一条直线，再单击第二条直线，然后单击一点确定倒角位置，则倒角生成。

(2) “修剪”和“延伸”命令

修剪、裁角和延伸位于“绘图”工具条中的同一个命令抽屉中。

① 修剪 ：通过单击元素上不需要的部分达到删除部分元素的目的。单击“绘图”工具条上“修剪”按钮。若修剪一个图形元素，则单击该元素，若同时修剪多个元素，可拖动鼠标经过这些元素，则这些元素被修剪掉。

② 裁角: “裁角”命令通过延伸或修剪选中的两个非封闭的图形元素生成一个角。单击“绘图”工具条上“裁角”按钮, 单击裁角后要保留的图形部分, 则其余部分被去掉。

③ 延伸: “延伸”命令可以延长一个或多个图形元素, 直到与某一元素相交为止。单击“绘图”工具条上“延伸至下一个”按钮。若延伸单个元素, 则单击该元素上靠近延长端的一点, 若同时延伸多个元素, 可拖动鼠标经过这些元素上靠近延长端的位置。

注: 在延伸命令激活的状况下, 移动鼠标经过延伸元素时, 用户会预览到该元素可能的延伸结果, 元素靠近鼠标点的端点为要延伸的一端。因此, 用户可在已知结果正确后再单击鼠标。

(3) “偏移”命令

“偏移”命令分为“单向偏移”和“对称偏移”两个命令, 位于“绘图”工具条上的同一个命令抽屉中。“偏移”命令的功能是创建一个偏移元素, 新元素与原来 2D 元素保持相同的特征, 如线段之间的角度, 圆、弧的圆心位置等均保持不变。下面介绍如何实现单向偏移。

① 单击“绘图”工具条上“偏移”按钮。

② 单击要偏移复制的元素。在动态条上的“距离”输入框中键入偏移距离。

③ 单击动态条上的“放置方向”按钮。移动鼠标, 箭头显示元素偏移方向。鼠标位于线段的不同位置生成的偏移拷贝也不同。单击鼠标确定偏移方向, 一个拷贝生成, 同时放置一个尺寸标注, 表示偏离距离。在新生成图形元素的相同方向上单击一点, 可生成相等距离的连续偏移拷贝。重复单击, 可生成多个偏移拷贝。

“编辑”命令包括移动、旋转、镜像、放大和删除, 它们都位于“绘图”工具条中的同一个命令抽屉, 在执行这些命令时, 只要找到其中一个命令图标, 就可在其命令抽屉中找到其他命令。

(4) “移动”命令

“移动”命令用于移动和拷贝元素。单击“绘图”工具条上“移动”按钮。选择要移动的元素, 可以单选或多选。单击一点确定移动起始点, 再单击一点确定移动终止点。

(5) “旋转”命令

“旋转”命令用于旋转和拷贝元素。单击“绘图”工具条上“旋转”按钮。选择要旋转的元素, 可以单选或多选。若要拷贝旋转的图形元素, 可以单击动态条上的“拷贝”按钮。单击一点确定旋转圆心, 屏幕上显示一虚线动态表示旋转参考轴, 单击一点确定移动参考轴的另一个端点。移动鼠标, 单击一点确定旋转后的位置。

(6) “镜像”命令

“镜像”命令用于镜像和拷贝元素。可以定义一个镜像轴或选择一个直线元素作为镜像轴。选择要镜像的元素, 可以单选或多选。单击“绘图”工具条上“镜像”按钮。若要拷贝镜像的图形元素, 可以单击动态条上的“拷贝”按钮。

应首先确定两点来作为轴, 单击一空白点或几何参考点, 定义镜像轴的一个端点; 移动鼠标, 动态显示镜像结果, 在合适位置单击一点确定镜像轴的另一个端点, 从而镜像元素生成。

(7) “缩放”命令

“缩放”命令用于缩放和拷贝元素。选择要移动的元素，可以单选或多选。单击“绘图”工具条上“比例缩放”按钮。单击一点作为缩放原点，在定义的原点位置会显示一个十字符号。同时，跟随鼠标的移动，在起点和鼠标点之间动态显示一条直线，在合适位置单击一点生成缩放图形。

注：可在“比例”输入框中输入数值，生成固定比例的缩放图形。

(8) “删除”命令

“删除”命令可将选中的元素删除。选择要删除的元素，可以单选或多选；然后单击“绘图”工具条上“删除”按钮，元素即被删除。

注：选中元素后，也可用键盘上的 Delete 按键删除。

2. 实例讲解

下面以一垫片的图形为例说明以上一些命令的使用方法。

① 单击“草图”按钮，出现“绘图”工具条，单击“直线”按钮，用直线画出垫片的轮廓正方形，边长为 160，如图 1-6 所示。

② 单击“圆”按钮，给出直径为 30 的圆，位置选在图形的左上角，如图 1-7 所示。

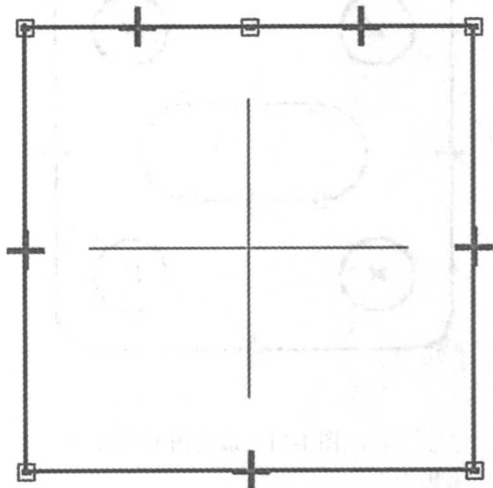


图 1-6 垫片的轮廓

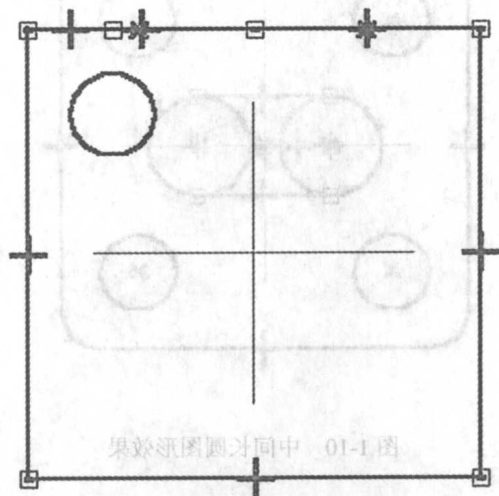


图 1-7 画圆

③ 单击“镜像”命令按钮，选择圆，再选镜像线，得到四个圆，如图 1-8 所示。

④ 单击“圆角”命令，给出半径值 15，分别用光标单击四条边，得到圆角，如图 1-9 所示。

⑤ 用圆和直线命令画出中间长圆的图形，如图 1-10 所示。

⑥ 单击“修剪”按钮，擦去中间多余的线，得到最终的图形，如图 1-11 所示。