

- ◆ 精选大量实例，造型精美
- ◆ 详细地介绍建模步骤和建模命令
- ◆ 大量的技巧和心得
- ◆ 光盘中附有每个模型的源文件

SolidWorks

设计与应用

◆ 博嘉科技 主编 隆飞 李珺 编著

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

工业设计与应用系列

SolidWorks 设计与应用

博嘉科技 主编

隆 飞 李 珺 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了三维机械设计软件——SolidWorks 的使用方法。书中范例向读者展示了特征建模、零件设计、装配体设计和工程图三个应用环境中各主要操作技术的具体应用。并针对工程需要介绍了曲线与曲面、方程式、配置与系列零件设计、库特征、钣金件设计、零件或装配体的渲染,以及其他格式文件之间的转换、动画设计和模具设计等技术的实现方法。同时采用通俗易懂的语言和示例图,阐明特征技术、自上而下的设计方法、工程图等工程概念。

本书既可作为高等院校机械相关专业的教材,也可作为社会相关专业培训班的教学用书。

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

SolidWorks 设计与应用 / 博嘉科技主编; 隆飞, 李珺编著. —北京: 电子工业出版社, 2004.6

(工业设计与应用系列)

ISBN 7-120-00027-6

I .S... II.①博...②隆...③李... III.三维—机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044684 号

责任编辑: 刘海艳 (lhy@phei.com.cn)

印 刷: 北京冶金大业印刷有限公司

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 384 千字

印 次: 2004 年 6 月 第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 28.00 元 (含光盘 1 张)

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序

CAD 技术的发展极大地改变了人们的设计手段和方法,更为重要的是 CAD 技术的广泛应用显著提高了设计的效率和质量,大大地降低了设计师的劳动强度,特别是三维 CAD 技术的日益广泛应用使其体现得更为明显。

现代设计已经步入了 3D 时代,一批优秀的 3D 辅助设计软件被广泛地应用(如 Pro/ENGINEER、MasterCAM、Solidworks 等),它们的应用为现代设计注入了新的血液,弥补了传统设计中诸多固有的弊端和不足。现在越来越多的用户正在或希望加入使用这些辅助设计软件的行列。

为了满足广大用户日益迫切的需求,我们组织编写了这套以 Pro/ENGINEER、MasterCAM 和 SolidWorks 为主的系列教材。该套教材强调实用性和技巧性,其中列举了大量的实例,以便让读者通过一个个具体的实例练习来培养产品造型与产品开发的能力。本套丛书的各个例子都有不同的练习重点,而且,在编写过程中力求做到务实、简明,力求做到以相对较少的篇幅覆盖丰富的内容。

本套丛书内容丰富、深入浅出、语言简练、条理清楚,而且每个实例都极具代表性、实用性和指导性,既可作为高等院校相关专业的理想教材,也可作为社会相关专业培训班的教学用书。

主 编

前 言

CAD 作为计算机应用于传统制造工程领域的成果之一,已经发展成为工程技术部门提高产品开发水平、创新能力及市场竞争力的一项关键技术。Solidworks 作为一种中级 CAD 软件,其应用十分广泛,它采用了多种业界领先技术。与其他中级 CAD 软件相比,它具有一些突出特点:

- 操作界面采用典型 Windows 软件风格,操作简便,可使具有 Windows 软件应用经历的读者迅速掌握其基本使用。工作区域布局合理,信息丰富,提高了操作效率。
- 灵活的建模能力,通过拖动操作可改变草图和特征的形状和尺寸。
- 可通过标准数据格式或插件,与其他 CAD 软件进行数据交换,最大限度地利用了已有数据。

本书内容详实丰富,分为 10 章,遵循理论与实例联系的原则和由浅入深的客观学习规律进行安排。

第 1 章通过基本几何体的分析建模,介绍了草图绘制的操作。

第 2 章通过日常用品的分析建模,说明了各种基本特征建模技术的运用。

第 3 章针对机械零件的特殊性,介绍了库特征、Feature Palette 窗口、系列零件和派生零件的设计,以及设计意图、基准和父子关系等高级功能。

第 4 章通过车床尾座装配体设计,介绍了基本特征建模技术的综合运用,装配的基本方式和主要步骤,以及爆炸装配图的生成。

第 5 章借第 4 章的装配体模型介绍了工程图建立和修改的主要步骤。

第 6 章钣金零件设计展示了此种特殊零件的基本绘制过程。

第 7 章通过花瓶的渲染,介绍了 PhotoWorks 插件的使用、渲染建立和修改的主要步骤。

第 8 章通过对几种文件中特征的识别,介绍了其他格式文件的输入和输出及 FeatureWorks 的使用。

第 9 章通过提水机动画的制作,介绍了 Animator 插件的使用和动画的制作及播放。

第 10 章通过烟缸模具和支座模具的制作,介绍了模具的制作过程和派生零件的生成。

上述内容都配有典型实例,同时又具有一定的难度。可使各位 SolidWorks 初学者在较短时间内,运用水平快速提高。

编 著 者

目 录

第 1 章 基本几何体	1
1.1 压盖	1
1.1.1 练习重点: 草图的基本绘制和一些特征的建立	1
1.1.2 压盖的几何结构简析	1
1.1.3 创建压盖	2
1.1.4 实例注释与详解	7
1.2 台灯灯罩	8
1.2.1 练习重点: 旋转、抽壳特征和特征压缩与回退	8
1.2.2 灯罩的几何结构简析	8
1.2.3 创建灯罩	9
1.2.4 实例注释与详解	12
1.3 饭盒	14
1.3.1 练习重点: 带拔模的拉伸特征和倒角特征	14
1.3.2 饭盒的几何结构简析	15
1.3.3 创建饭盒	15
1.3.4 实例注释与详解	17
1.4 管接头	17
1.4.1 练习重点: 扫描特征和基准面的建立	17
1.4.2 管接头的几何结构简析	18
1.4.3 创建管接头	18
1.4.4 实例注释与详解	21
1.5 圆顶柱体	21
1.5.1 练习重点: 样条曲线的绘制、圆顶特征的添加和特征比例缩放	21
1.5.2 圆顶柱体的几何结构简析	22
1.5.3 创建圆顶柱体	22
1.5.4 实例注释与详解	24
第 2 章 日常用品	25
2.1 废纸篓	25
2.1.1 练习重点: 线性阵列和圆周阵列的使用	25
2.1.2 废纸篓的几何结构简析	25
2.1.3 创建废纸篓	26
2.1.4 实例注释和详解	30
2.2 花瓶	31
2.2.1 练习重点: 旋转、扫描特征的综合应用	31

2.2.2	花瓶的几何结构简析	31
2.2.3	创建花瓶	32
2.2.4	实例注释和详解	37
2.3	鼠标	39
2.3.1	练习重点: 放样和圆角特征的使用	39
2.3.2	鼠标的几何结构简析	39
2.3.3	创建鼠标	39
2.3.4	实例注释和详解	45
第3章	机械零件	47
3.1	带筋支架	47
3.1.1	练习重点: 筋特征及方程式的使用	47
3.1.2	带筋支架的几何结构简析	47
3.1.3	创建支架	48
3.1.4	实例注释和详解	52
3.2	齿轮	54
3.2.1	练习重点: 库特征、“Feature Palette”窗口和配置	54
3.2.2	直齿圆柱齿轮的几何结构简析	54
3.2.3	创建派生齿轮和添加配置	55
3.2.4	实例注释和详解	61
3.3	法兰螺栓和弹簧	62
3.3.1	练习重点: 螺旋线的绘制、扫描和放样特征	62
3.3.2	两零件的几何结构简析	62
3.3.3	创建螺纹	63
3.3.4	创建变螺距变半径弹簧	65
3.3.5	实例注释和详解	67
3.4	阶梯轴	67
3.4.1	练习重点: 设计意图和父子关系	67
3.4.2	阶梯轴的几何结构简析	68
3.4.3	创建阶梯轴	68
3.4.4	实例注释和详解	70
3.5	盘形凸轮	72
3.5.1	练习重点: 凸轮工具箱的使用	72
3.5.2	凸轮的几何结构简析	72
3.5.3	创建凸轮	73
3.5.4	实例注释与详解	74
第4章	车床尾座装配体设计	79
4.1	车床尾座的几何结构和运动简析	79
4.2	本体	81
4.3	尾座装配体	88
4.3.1	创建主轴子装配体	88

4.3.2	创建尾座锁紧子装配体	92
4.3.3	创建侧板子装配体	95
4.3.4	创建车床尾座装配体	97
4.4	生成装配体爆炸图	100
4.4.1	手动添加爆炸	100
4.4.2	生成爆炸线	106
4.5	实例注释和详解	107
4.5.1	本例小结	107
4.5.2	基本的装配设计方法	108
4.5.3	自下而上装配设计的主要步骤	108
4.5.4	装配体的简化	108
4.5.5	装配体爆炸图	109
第 5 章	车床尾座装配体工程图	111
5.1	创建尾座立体装配工程图	111
5.2	创建尾座爆炸工程图	116
5.3	添加尾座装配体三视图	118
5.4	添加尾座装配体剖视图	120
5.5	添加本体零件的剖视图	124
5.6	实例注释与详解	129
5.6.1	本例小结	129
5.6.2	添加三视图和命名视图的方法	130
5.6.3	其余工程图和工程图注解功能的说明	130
第 6 章	设计钣金零件	139
6.1	创建壳体钣金件	139
6.1.1	创建钣金基体法兰	139
6.1.2	添加斜接法兰	140
6.1.3	镜像复制钣金折弯	142
6.1.4	添加薄片	142
6.1.5	绘制折弯薄片	144
6.1.6	添加穿过折弯处的切除	144
6.1.7	生成边线法兰	146
6.1.8	使用成形工具生成凹坑	147
6.1.9	利用 Palette Features 制作狭槽	148
6.1.10	折叠和展开整个零件	150
6.1.11	在壳体钣金件上切除孔	150
6.2	创建壳体钣金件的工程图	152
6.2.1	添加等轴测命名视图	152
6.2.2	添加钣金件的平板视图	153
6.2.3	生成标准三视图	154
6.3	创建活动压块	154

6.3.1	利用草图特征生成实体零件	155
6.3.2	生成切口特征	155
6.3.3	将实体零件转换成钣金零件	156
6.3.4	断开边角	157
6.3.5	添加褶皱边	157
6.3.6	添加转折	158
6.4	实例注释与详解	159
第 7 章	花瓶的渲染	163
7.1	事前准备	163
7.2	快速渲染花瓶的图像	165
7.3	材质操作	169
7.4	给花瓶贴图	173
7.5	布景操作	175
7.6	实例注释和详解	176
7.6.1	本例小结	176
7.6.2	渲染关系及概念注释	177
7.6.3	部分选项注释	178
第 8 章	输入和输出文件	181
8.1	Feature Works 插件的装入	181
8.2	IGES 文件的输入输出	181
8.2.1	输入 IGES 文件	181
8.2.2	使用 Feature Works 插件识别特征	182
8.2.3	编辑特征的草图	183
8.2.4	将该文件输出为 IGES 格式	184
8.3	输入 DXF 文件	185
8.3.1	输入狭长槽 DXF 文件到 SolidWorks 的工程图中	185
8.3.2	将 DXF 文件复制和粘贴到 SolidWorks 的零件实体中	186
8.3.3	将 DXF 文件实体直接输出生成新的零件	187
8.4	实例注释与详解	188
8.4.1	本例小结	188
8.4.2	部分选项和概念详解	188
第 9 章	动画的制作	191
9.1	动画插件的装入	191
9.2	主轴动画制作	191
9.3	提水机功能仿真动画制作	194
9.4	录制动画和抓取图片	197
9.5	实例注释和详解	198
9.5.1	本例小结	198
9.5.2	关于 Animator 插件	198
9.5.3	Animator 的显示项目	199

9.5.4 有关路径的操作	199
第 10 章 模具设计	201
10.1 烟灰缸模具设计	201
10.1.1 练习重点: 两箱模具的设计	201
10.1.2 创建烟灰缸设计零件	201
10.1.3 生成烟灰缸的模具基体	205
10.1.4 生成烟灰缸模具的过渡装配体	205
10.1.5 生成烟灰缸模具型腔	206
10.1.6 生成烟灰缸模具	207
10.1.7 实例注释与详解	209
10.2 支座零件三箱模具设计	211
10.2.1 练习重点: 支座零件三箱模具的设计	211
10.2.2 生成支座设计零件	211
10.2.3 生成支座模具基体零件	215
10.2.4 生成支座零件模具的过渡装配体	215
10.2.5 生成支座模具型腔	217
10.2.6 生成支座模具	217
10.2.7 实例注释与详解	221
10.3 复杂分型的模具设计	222
10.3.1 练习重点: 复杂分型模具的设计	222
10.3.2 打开复杂分型的设计零件	222
10.3.3 生成模具基体零件	222
10.3.4 生成过渡装配体	223
10.3.5 生成复杂分型模具的型腔	223
10.3.6 生成复杂分型模具的上箱	224
10.3.7 生成复杂分型模具的下箱	225
10.3.8 实例注释与详解	225

第 1 章 基本几何体

知识点

- 压盖的创建
- 台灯灯罩的创建
- 饭盒的创建
- 管道接口的创建
- 圆顶柱体的创建

本章概要

通过创建几个基本的几何体来介绍基本特征的应用是本章的重点。在本章中读者将学习如何建立草图与基本的实体特征，如何建立附属特征，以及如何按比例缩放和添加圆顶特征。拉伸特征和旋转特征是实体建模中最基本的特征，因而本章中给出的例子，为后续章节中复杂零件的建模奠定基础。另外，本章将初探扫描特征的使用。

1.1 压 盖

1.1.1 练习重点：草图的基本绘制和一些特征的建立

本例在结构上虽然较为简单，但涉及了实体建模的绝大部分基本操作，包括草图的绘制（包含几何关系的添加、尺寸的标注和几何元素间约束的添加）、拉伸长出和拉伸切除的运用，以及圆角和倒角特征的添加。

本例要介绍的基本概念有：凸台和切除、拉伸特征。

本例要介绍的基本操作有：添加草图约束、添加拉伸特征、添加圆角和倒角特征等。

1.1.2 压盖的几何结构简析

从图 1-1 可看出，压盖下端为一个拉伸长出的基体板，其端面形状由 4 段直线和 4 段圆弧构成。既可用两种不同的草图绘制方法得到该封闭的草图，并拉伸出基体，还可先拉伸出菱形基体板，然后在实体中为其添加圆角。基体特征上面拉伸长出一个圆柱凸台。在基体板的两侧和凸台上分别各有一个圆柱形通孔。另外，在该实体的基体板上表面的各条棱线和凸台上平面的两条棱上还分别有圆角和倒角。因而可依照以下的顺序进行建模。

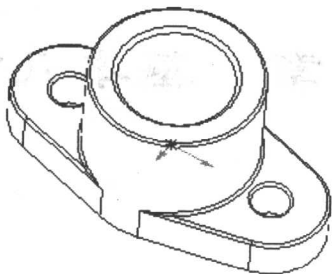
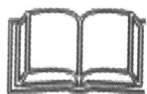


图 1-1 压盖

1.1.3 创建压盖

1. 新建零件文件

启动 SolidWorks 后, 单击“标准”工具栏中的“新建”()按钮或依次选择菜单“文件”/“新建”命令, 将弹出如图 1-2 所示的“新建 SolidWorks 文件”对话框, 在“新建 SolidWorks 文件”对话框的“模板”选项卡中单击“零件”图标后, 再单击“确定”按钮, 这时可以看见菜单在原有的基础上增加了编辑、插入和窗口三项, 其菜单条也增加了很多。

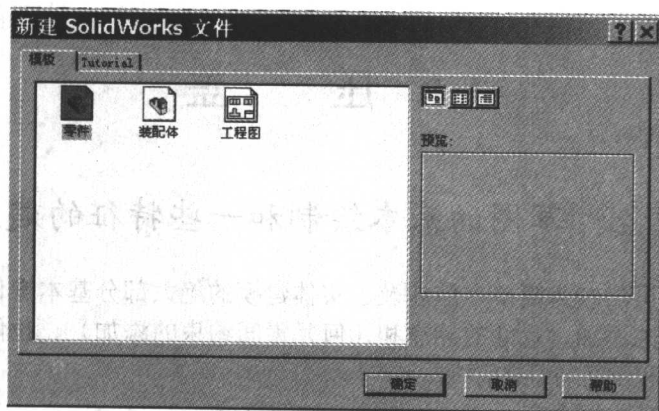


图 1-2 “新建 SolidWorks 文件”对话框

2. 打开并绘制基体板轮廓草图

单击工具栏上的“草图绘制”()按钮或依次选择菜单“插入”/“草图绘制”命令, 将打开一个新的草图, 这时草图绘制工具条变为可用。

1) 绘制中心线

以系统默认的参考视图为前视图, 或在左侧的特征管理器中选择其他参考面, 单击“中心线”()按钮, 绘制两条过坐标原点的正交中心线, 如图 1-3 (a) 所示。



提示 要想显示某个参考面，则在特征管理器中右击其名称，在弹出的快捷菜单中执行“显示”命令即可。



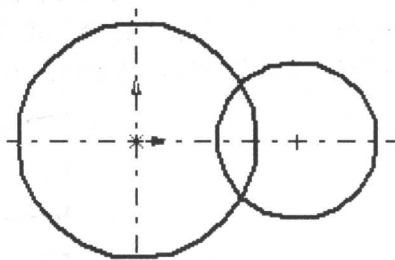
绘制规则的几何图形时，最好养成绘制中心线的习惯，这样便于一些图元的添加和草图的镜像复制。另外，无论是否添加中心线，在绘制第一个图元时，最好捕捉坐标原点，这样有利于其余图元和后续的特征的添加。绘制草图时请观察推理指针和推理线的变化。每次操作完成后，若要结束该类型图元的绘制，按【Esc】键退出。

2) 绘制圆

单击“圆”()按钮，以坐标原点为圆心绘制圆，在绘图区左侧的“圆”属性管理器中，确保参数X和Y为0，半径值调整为90mm。单击“”按钮或绘图区右上角的“”按钮确定。采用相同的方法，以水平中心线上的一点为圆心，绘制半径为60mm的圆，其圆心坐标为(120,0)，如图1-3(b)所示。



(a) 绘制中心线



(b) 绘制圆

图 1-3 绘制中心线和圆

3) 绘制直线

单击“直线”()按钮，绘制直线，使其与两个圆同侧相切，其绘制方法与绘制中心线完全一样，结果如图1-4(a)所示。

4) 添加几何关系和尺寸标注

单击“绘图”工具栏上的“添加几何关系”()按钮或按住【Shift】键不放，分别选择直线与半径较大的圆，则圆1和直线1出现在图形区左方的“添加几何关系”属性管理器的所选实体框中，单击“相切”()按钮，可见该圆缩小后与直线相切，但这并不是想要的结果。单击“标准”工具栏的“”按钮或依次选择菜单“编辑”/“撤销”命令，撤销添加的几何关系。单击“绘图”工具栏上的“尺寸标注”()按钮，选择前面选过的圆周，在弹出的“修改”对话框中，确保直径为180mm后，单击“确定”按钮。此时该圆由蓝色变为黑色，表示其已完全定义。用此方法为另一个圆添加尺寸约束，确保其直径为120mm，添加圆心距尺寸为120mm。此时该圆也被完全定义，再次给直线添加相切约束，可见直线位置发生变化，而圆保持不变，结果如图1-4(b)所示。

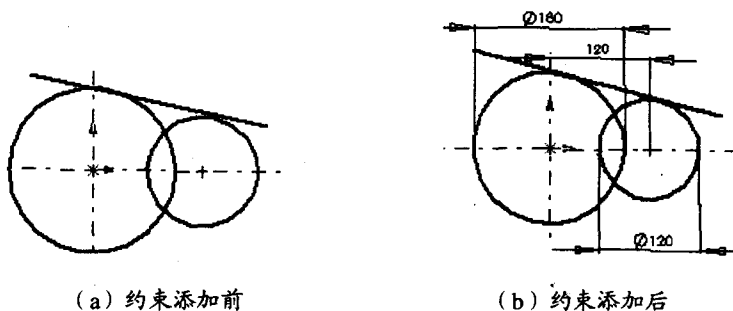


图 1-4 添加的几何约束



提示

在进行某项操作时,可先选择操作命令,再选择被操作对象,也可调换操作顺序,如添加几何关系,以及后面将介绍的添加圆角和倒角。如先选择操作对象,当选择多个对象时,需要同时按住【Shift】键。

5) 裁剪草图

单击“草图绘制”工具的工具栏的“草图裁剪”()按钮或依次选择菜单“工具”/“草图绘制工具”/“剪裁”命令,此时光标形状发生变化,移动鼠标,在欲裁剪的线段处单击,裁剪掉多余的线段,结果如图 1-5 所示。

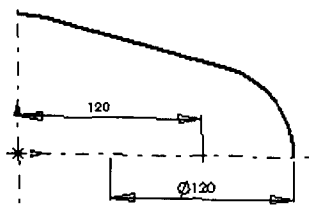


图 1-5 裁剪后的结果

6) 镜像复制图元

按住【Shift】键不放,单击水平中心线和图中的图元后或按住左键后拉出一个选取框,选除竖直中心线外所有的图元后,单击“草图镜像”()按钮或依次选择菜单“工具”/“草图绘制工具”/“镜像”命令,则得到镜像图元如图 1-6 (a) 所示。选择竖直中心线,并选中所有图元,如法炮制,可得一封闭图形,如图 1-6 (b) 所示。

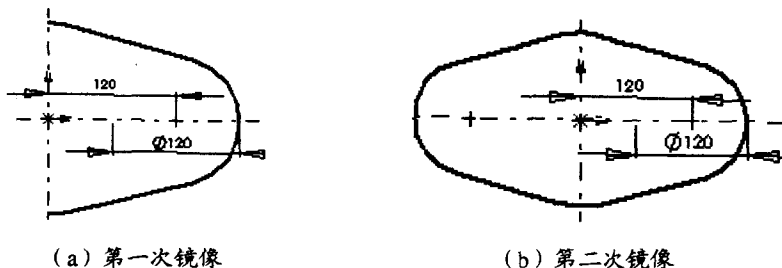


图 1-6 镜像复制图元

3. 拉伸基体特征

1) 菜单选项

单击“特征”工具栏中的“”按钮或依次选择菜单“插入”/“凸台”/“拉伸”命令，将弹出属性管理器。

2) 设置参数并完成拉伸

在左方弹出的“基体拉伸”属性管理器中，选定拉伸“给定深度”，深度为 45mm。拉伸时绘图深度可随指针动态变化，拖动鼠标在绘图区适当位置单击后，基体由线架图变为透明蓝色的实体图。单击“”按钮或绘图区右上角的“确定”()按钮，结果如图 1-7 所示。

4. 添加凸台

单击基体上表面，单击“”按钮，再单击“”按钮，作一个与基体板上半径为 90mm 的圆弧完全重合的圆。再单击“”按钮，在“拉伸”属性管理器中，拉伸方式选给定的深度，深度为 110mm，并单击“”按钮或绘图区右上角的“”按钮，结果如图 1-8 所示。

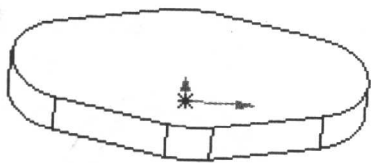


图 1-7 拉伸所得的基体

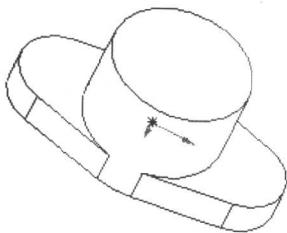


图 1-8 添加的凸台

5. 添加孔

1) 草图绘制

单击凸台上表面，单击“”按钮，再单击“”按钮，做一个与半径较大的圆弧同心的圆，其半径为 60mm。

2) 菜单选项

在草图绘制中，单击“确定”按钮之后再单击“拉伸切除”()按钮，或直接单击工具栏上的“拉伸切除”按钮或依次选择菜单“插入”/“切除”/“拉伸”命令。

3) 设置参数并完成切除

在弹出的“拉伸切除”属性管理器中，选择拉伸方式为“完全贯通”，并单击“确定”按钮。

以同样的方法，在基体上表面上绘制两个与基体上半径较小的圆弧分别同心的圆，其半径为 20mm。然后添加通孔，结果如图 1-9 所示。



6. 添加圆角

1) 菜单选项

单击“特征工具”()按钮或依次选择菜单“插入”/“特征”/“圆角”命令。

2) 设置参数并完成圆角

在弹出的“圆角 1”属性管理器中,设置圆角类型为“等半径”,半径为 3mm。选中“切线延伸”复选框,选取基体上表面的外棱线、基体与凸台之间的交线以及凸台上表面的外圆轮廓。单击“”按钮确定。



提示

也可选择基体上表面,这相当于选中该面上的所有棱线。

7. 添加倒角

1) 菜单选项

在“特征”工具栏中单击“”按钮或依次选择菜单“插入”/“特征”/“倒角”命令,将弹出“倒角”属性管理器。

2) 设置参数并完成倒角

设置倒角类型为“角度-距离”,距离为 5mm,角度为 45°。选中凸台上表面的圆孔棱线,并单击“确定”按钮,结果如图 1-10 所示。

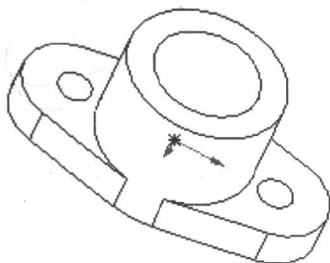


图 1-9 添加的孔

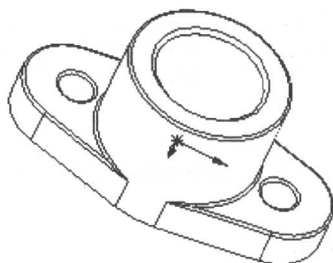


图 1-10 添加的圆角和倒角

8. 保存文件

在“保存为”对话框中,浏览至想要保存的文件夹,输入文件名为“压盖”,并单击“确定”按钮保存文件。



技巧

为了不致被众多的特征搞糊涂,可右击特征管理器上的特征,在弹出的快捷菜单中选择“属性”命令或单击特征管理器中的“特征名”按钮,稍等片刻后再次单击该特征名,将弹出“特征属性”对话框,在名称文本框中可输入修改的名称,然后单击“名称外侧”或按“回车”键确定,则特征管理器中的该特征名称被更改。

1.1.4 实例注释与详解

1. 本例小结

这个例子涉及实体建模的诸多基本功能，也有一些基本概念和操作。创建模型的大致过程如下：绘制草图，并利用拉伸特征创建基座。该基座的草图轮廓为圆弧和直线连接而成的封闭图形，可绘制两个圆，并用两段直线分别与这两圆相切连接，然后裁剪掉多余的线段，并镜像复制其余的图元。亦可先生成菱形，再对各角进行倒圆。还可拉伸出菱形基体板，然后在实体中为其添加圆角。本例中之所以选择第一种方法，是由于要保证两圆的直径和圆心距尺寸，若要绘制菱形还需计算。基体特征上面长出一个圆柱凸台，该凸台可拉伸生成，也可旋转生成，不过旋转生成没有体现出该凸台是从基体上长出的特征，初学者最好不要采用。在基体板的两侧分别有一个与两侧圆弧面同轴的圆孔，由于是通孔，可将其直接绘制在轮廓草图中，也可先添加一个孔，然后通过镜像复制生成另一个。在本例中，用复制、拉伸及圆角等特征，是基本命令的简单综合运用，读者不仅要掌握单个进行这些操作，为复杂模型的创建奠定基础，还需领会一些基本的建模思路。在本章后续的实例中，还将涉及本例中所用命令的不同参数设置。

2. 凸台与切除

凸台即为添加材料，切除即为去除材料。这两者都可通过 4 种基本的特征命令——拉伸、旋转、扫描和放样来实现。

任何一个实体都有一个基体特征，该基体即为添加材料而得。要添加材料，其草图必须封闭，且不能自相交，不能带多余的边，如图 1-11 所示。而要切除材料，其草图不必封闭，切割线只需跟实体轮廓相交，且线的两端不在实体轮廓以内即可，如图 1-12 所示。

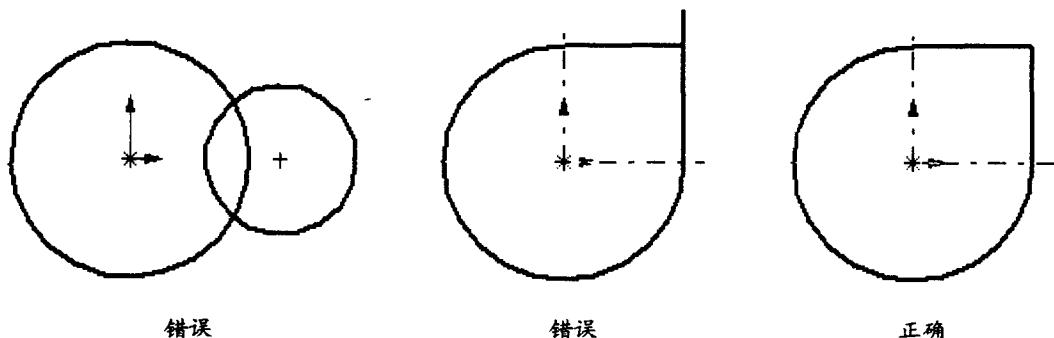


图 1-11 凸台草图