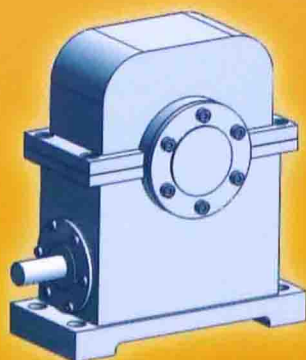


普通高等学校机械专业**卓越**工程师教育培养计划系列教材

# 三维建模 **及** 工程制图

朱文博 / 编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等学校机械专业卓越工程师教育培养计划系列教材

# 三维建模及工程制图

朱文博 编

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书共6章,主要内容有:三维实体建模的基本理论和方法,工程图投影的基本理论,工程图的各种表达方法,标准件和常用件的规定画法及三维软件标准件库的调用,零件和装配体从三维模型到二维工程图的绘制。

本书可作为“卓越工程师教育”的系列教材,高等工科院校机械类、近机类各专业“工程制图”课程的教材,也可供高等职业技术学院、成人教育学院、高等教育自学考试等相关专业学生使用,还可以供广大科研、技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

三维建模及工程制图/朱文博编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.4

ISBN 978-7-5609-9639-4

I. ①三… II. ①朱… III. ①三维动画软件 ②工程制图-计算机辅助设计 IV. ①TP391.41  
②TB237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 071814 号

### 三维建模及工程制图

朱文博 编



策划编辑:万亚军

责任编辑:吴 晗

封面设计:刘 卉

责任校对:马燕红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:湖北翰之林传媒有限公司

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:380千字

版 次:2014年4月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

进入 21 世纪,基于特征的三维实体造型技术应运而生,它是面向现代设计要求而产生和发展的新型智能设计方法的重要工具,不仅成为现代化产品设计的重要开端和支柱,而且还是最活跃的驱动因素。现代设计首先运用三维设计软件,如 SolidWorks、UG、Pro/E 等进行产品的实体造型,然后直接在三维软件中根据三维模型转换并绘制二维工程图,有的甚至直接由三维模型生成数控编码,快速成形制造。因此,“工程制图”课程理应顺应时代的要求,培养学生使用三维设计软件进行三维实体建模,以及三维向二维转换、绘制出符合国标的工程图的能力,这是现代图学发展的必然趋势,也是数字化机械产品设计和制造对工程制图教学提出的新要求。

本书从基本组合体的三维建模入手,引出二维投影图的形成,工程制图的国家规范。全书的内容包括:三维实体建模的基本理论和方法,工程图投影的基本理论,工程图的各种表达方法,标准件和常用件的规定画法,以及三维软件标准件库的调用,零件和装配体从三维模型到二维工程图的绘制。

本书为上海理工大学“卓越工程师教育”的系列教材之一,具有以下特点:

(1) 从三维建模引出二维工程图的投影,从立体到平面,更符合认识客观事物的规律,使现代设计手段与传统制图教学相结合;

(2) 将三维建模与二维工程图的绘制有机的结合在一起,使学生更加牢固地掌握工程制图和计算机绘图的知识,顺应时代的发展,增强实际工作的能力;

(3) 用实例说明 SolidWorks 软件如何进行三维建模,如何运用该三维软件自带的工程图工具,生成符合国标规定的二维机械图样;

(4) 采用最新颁布的《技术制图》及《机械制图》国家标准,如表面粗糙度、形位公差等标注方法。

本书可作为高等工科院校机械类、近机类各专业“工程制图”课程的教材,也可供高等职业技术学院、成人教育学院、高等教育自学考试等相关专业学生使用,还可以供广大科研、技术人员参考。

本书由上海理工大学朱文博编写。在本书的编写过程中,黄春燕、戚丽杰、吴泽琛、李佳奕付出了辛勤的劳动。同时,本书的编写也参考和借鉴了国内同行的相关文献,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平和时间有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正,不胜感激。

编 者

2013 年 9 月

# 目 录

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 绪论 .....               | (1)   |
| 1 三维实体建模 .....         | (3)   |
| 1.1 几何形体的分类及构成方式 ..... | (3)   |
| 1.2 三维实体建模基本方法 .....   | (3)   |
| 1.3 三维实体建模草图设计 .....   | (4)   |
| 1.4 三维实体建模常用命令 .....   | (22)  |
| 1.5 实例演练 .....         | (34)  |
| 2 工程图投影理论 .....        | (40)  |
| 2.1 投影体系的建立 .....      | (40)  |
| 2.2 立体三视图的形成 .....     | (41)  |
| 2.3 工程制图基本规定 .....     | (68)  |
| 2.4 组合体的三视图 .....      | (76)  |
| 2.5 三维软件生成三视图 .....    | (83)  |
| 3 工程图表达方法 .....        | (103) |
| 3.1 视图 .....           | (103) |
| 3.2 剖视图 .....          | (107) |
| 3.3 断面图 .....          | (120) |
| 3.4 其他表达方法 .....       | (122) |
| 3.5 物体表达方案综合举例 .....   | (126) |
| 3.6 由三维模型生成工程图 .....   | (127) |
| 4 标准件及常用件 .....        | (139) |
| 4.1 螺纹及螺纹紧固件 .....     | (139) |
| 4.2 键、销连接 .....        | (150) |
| 4.3 滚动轴承 .....         | (152) |
| 4.4 三维标准件库的调用 .....    | (154) |
| 4.5 齿轮 .....           | (156) |
| 4.6 弹簧 .....           | (161) |
| 5 零件图 .....            | (166) |
| 5.1 零件图的作用及内容 .....    | (166) |
| 5.2 零件的分类及表达方法 .....   | (167) |
| 5.3 零件图的尺寸标注 .....     | (172) |
| 5.4 零件图的技术要求 .....     | (175) |

---

|            |                     |       |
|------------|---------------------|-------|
| 5.5        | 零件的三维建模 .....       | (186) |
| 5.6        | 由三维零件模型转换成工程图 ..... | (188) |
| 6          | 装配图 .....           | (194) |
| 6.1        | 装配图的作用及内容 .....     | (194) |
| 6.2        | 装配图的表达方法 .....      | (196) |
| 6.3        | 装配图中的标注 .....       | (201) |
| 6.4        | 装配体建模 .....         | (203) |
| 6.5        | 由装配体转换成工程图 .....    | (213) |
| 参考文献 ..... |                     | (225) |

# 绪 论

## 1. 学习工程制图的必要性

在工程界,任何机器的制造都要进行设计绘出其图样,然后根据图样进行零件的加工制造、机器的组装以及检验等。按投影理论和方法以及国家标准的相关规定,绘制出表达机器和零部件的结构形状、大小、材料以及加工、检验和装配等技术要求的图样,称为工程图样。工程图样是表达设计者的思想和进行技术交流的重要工具,是产品制造、检验和装配的指导性文件,也是组织生产、工程施工和编制工程预算的主要依据。工程制图为工程和科学技术各个领域解决机械结构、空间几何及机构、工程设计等问题提供了可靠的理论依据及解决问题的有效手段。因此,工程图样是工程界的“技术语言”,每个从事工程技术的人员都必须掌握这种语言,具备绘制和阅读工程图样的能力。

“工程制图”课程是培养学生绘制和阅读机械图样的一门技术基础课程,为后续专业课程打下必要的基础,是工科学生必修的专业基础课。

## 2. 从三维建模出发进行工程制图教学的必要性

计算机技术的发展推动了几乎所有领域的变革。现代设计要求工程设计人员根据设计构思,运用三维软件直接建立其三维模型,对三维模型进行结构分析、运动干涉、受力仿真等之后,再由三维模型生成符合国标的二维工程图进行生产制造。因此,从三维建模出发进行工程制图教学是顺应时代发展的必然结果。培养学生具有使用三维设计软件进行三维实体建模,并运用三维软件生成工程图的命令绘制出符合国标的二维工程图的能力,这是现代设计对工程制图教学提出的必然要求,也符合人类认识客观事物的规律,即从三维立体到平面二维图形的认知。

从三维实体造型技术出发进行工程制图的教学,具体如下:首先讲解三维软件(本书采用SolidWorks进行教学,该软件操作简单易学)的使用,要求学生能够运用基本的草图绘制、草图编辑、三维实体建模等工具进行简单的机械产品实体三维建模。接下来讲解制图基础,工程图投影理论、工程图的各种表达方法,标准件和常用件国标规定画法等。最后讲解零件图和装配图机械图样的生成,详细介绍国标规定,重点强调在三维软件中,三维模型如何转换成一组所需的二维平面图形,即图形的表达方法。要求学生运用视图、剖视图和断面图等表达方法,熟练操作三维软件中有关工程图的命令,生成符合国标规定的二维工程图样。

基于三维实体造型技术的工程制图教学方法将三维建模和二维工程图的绘制有机地结合在一起,二者相辅相成、互相促进、互相结合。这样的教学,不但使学生更加牢固地掌握工程制图和计算机绘图的知识,而且使学生顺应时代的发展,增强实际工作的能力。

## 3. 学习任务

- (1) 能使用三维建模软件进行机械零件及部件的三维建模及装配。
- (2) 掌握投影理论,以及各种工程图纸的表达方法,并熟记工程制图国家标准的相关规定。
- (3) 具备阅读零件图和装配图的能力。
- (4) 能根据三维模型直接生成符合国标规定的零件图和装配图。

#### 4. 学习方法

学习本课程,一定要做到上课认真听讲,课后及时并独立完成作业。本课程是一门实践性很强的技术基础课,通过聆听有丰富经验的教师的讲解,学生很容易掌握三维软件的操作和理解投影理论。认真听课,定会事半功倍。

除了认真听讲外,还必须独立完成每一次教师布置的作业。本课程只有通过多想、多看、多画的反复实践和总结,才能熟练掌握三维软件的各项功能,以及建立空间形体和二维投影相映射的思维方式。

作业不仅要独立完成,而且要及时去做,不能拖延。本课程的内容由浅入深、环环相扣,如果对前面的知识点没有掌握,必定会影响对后续内容的理解。

# 1 三维实体建模

## 1.1 几何形体的分类及构成方式

任何机器或部件都是由若干零件按一定的装配关系和技术要求装配起来的。图 1-1 所示为柱塞式油泵装配三维图,图 1-2 所示为柱塞式油泵装配爆炸图,它们详细显示了组成柱塞式油泵的各个零件。零件是构成机器或部件的最小单元体。尽管零件上的立体形状是千变万化的,但从几何构形的角度来看则是有规律可循的,即大都由棱柱、棱锥、圆柱、圆锥等组成。

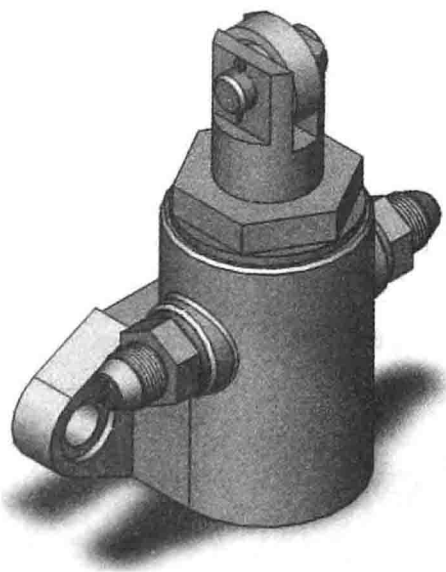


图 1-1 柱塞式油泵装配三维图

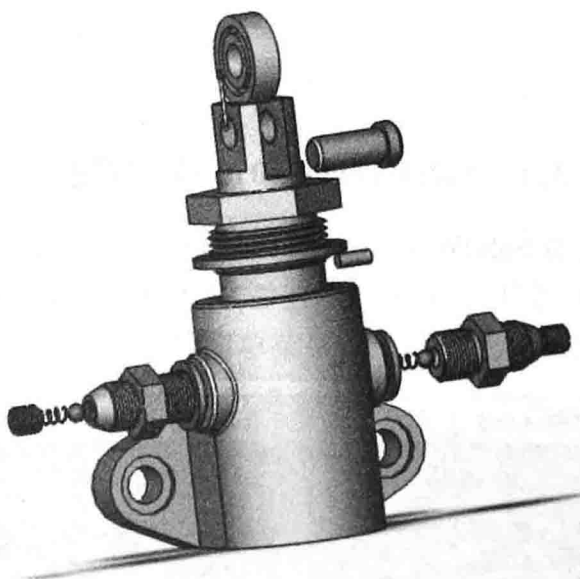


图 1-2 柱塞式油泵装配爆炸图

按照立体构成的复杂程度,可将立体分为基本形体(又称简单几何体)和组合体(又称复杂几何体)。基本形体包括棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、球等;组合体是由若干基本形体按照一定的相对位置,通过叠加,挖切,或既有叠加又有挖切而形成的较为复杂的形体。从立体构成的角度看,组合体都可以看成是由一些基本体所组成的,即基本体是构成组合体的最小单元。

## 1.2 三维实体建模基本方法

工程技术人员在进行产品设计的初始阶段,一般都需要根据产品的功能需求,首先进行产品的结构形状和外观造型设计,然后在进行详细设计和分析计算后,修改设计直至最终完成产品设计。在手工设计时代,几何造型是依靠设计草图来构思的,20 世纪 80 年代以来,计算机辅助设计绘图技术已经广泛应用于工程产品设计,产品的几何造型设计可以借助于三维 CAD 软件系统的强大造型功能来完成。

近些年,随着三维计算机图形技术的发展和个人计算机性能的提高,三维 CAD 设计软件

的应用已经成为发展的趋势。SolidWorks 是一种可以运行在个人计算机上,基于参数化和特征技术的实体造型系统。它能快速地反映机械设计师的设计思想,方便地创建复杂的实体,便捷地组成装配体,灵活地生成工作图;并可以进行装配体的干涉碰撞检查、生成爆炸图;还可以利用 SolidWorks 插件进行管道设计、工程分析、数控加工等。由此可见,SolidWorks 是一套以设计功能为主的 CAD/CAE/CAM 集成软件,能为工程师提供一个功能强大的模拟工作平台。

针对零件的三维实体建模,SolidWorks 采用的基本方法为:所有的零件都是建立在草图基础上的,完成草图后,利用特征建模方式(例如拉伸、旋转等),形成立体。草图可以在任何基准面(包括默认的基准面:前视基准面、上视基准面和右视基准面,用户自己建立的基准面)或者选择立体上已有的平面上生成。草图是一个由点、直线、圆、圆弧等基本几何元素构成的封闭的或不封闭的平面轮廓。特征建模就是利用草图生成立体的过程。例如拉伸就是将草图视为一个平面轮廓,将该平面轮廓沿其绘制平面的法向或者沿制定方向拉动形成立体的特征造型方法。

### 1.3 三维实体建模草图设计

#### 1.3.1 SolidWorks 2012 用户界面

启动 SolidWorks 2012,出现如图 1-3 所示界面。单击“新建”按钮,SolidWorks 询问用户是新建“零件”、“装配体”,还是“工程图”,如图 1-4 所示。选择“零件”按钮,进入零件绘制界面,如图 1-5 所示。上方是菜单区,左边是特征管理器,最大的区域是图形区。

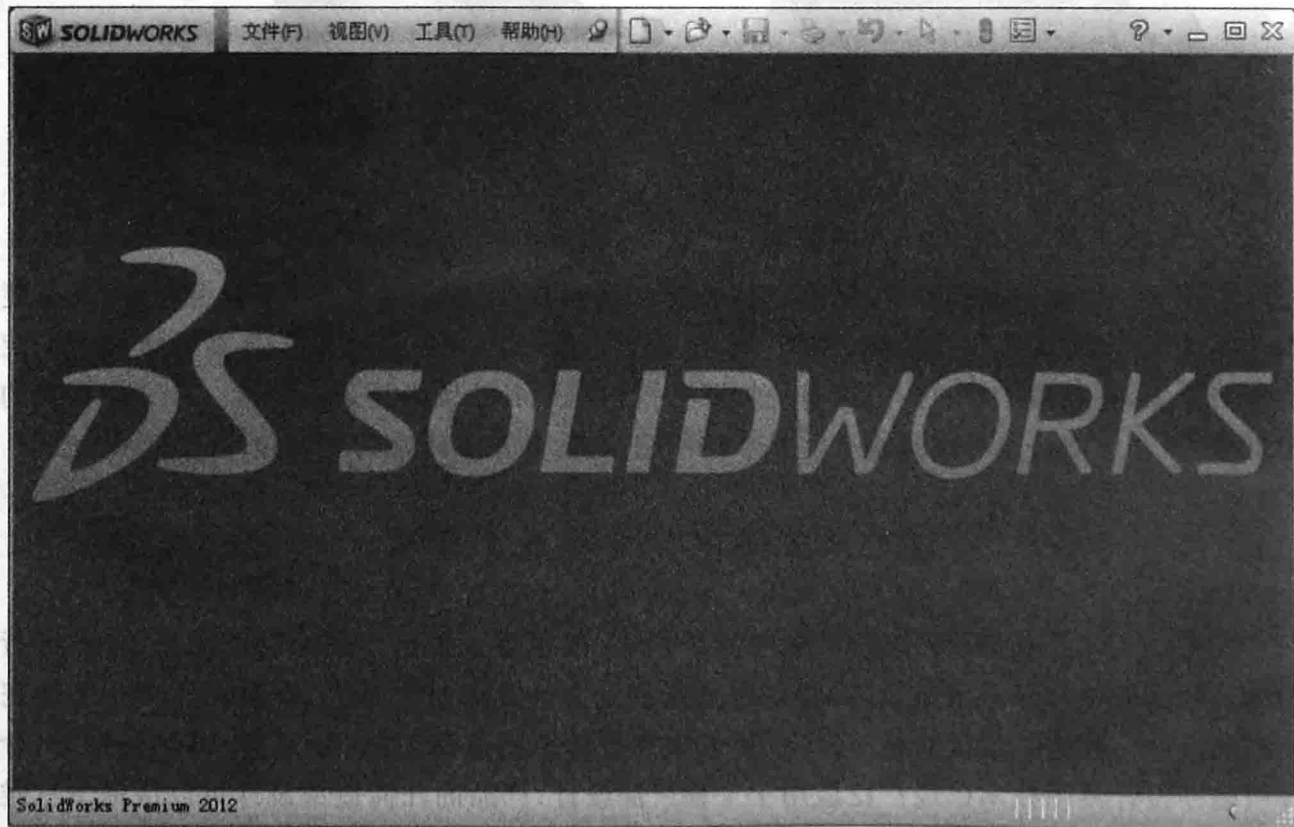


图 1-3 启动界面

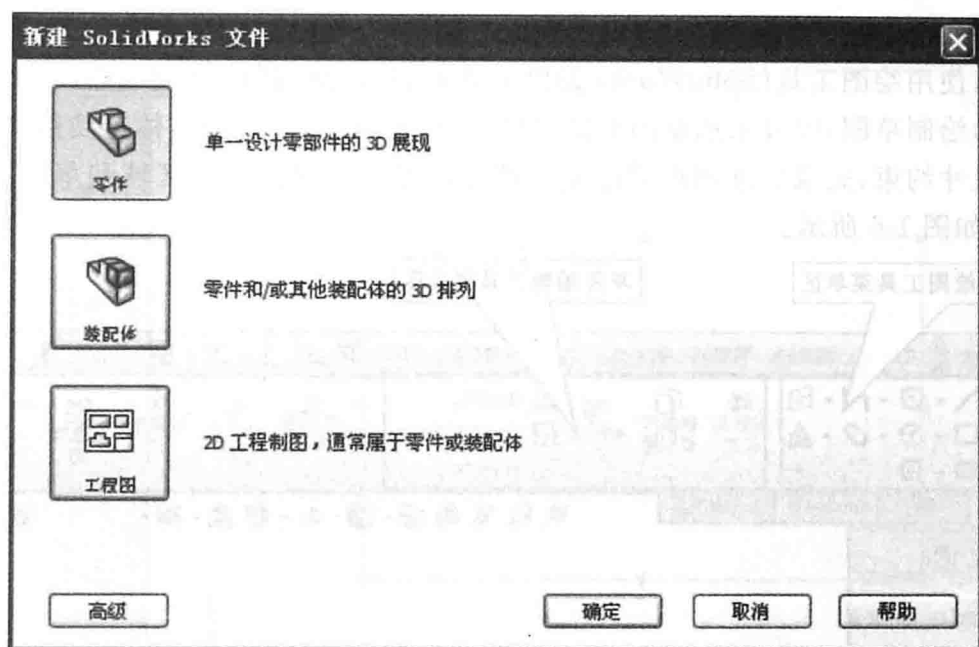


图 1-4 新建 SolidWorks 文件对话框



图 1-5 新建“零件”用户界面

### 1.3.2 草图绘制的基本方法

进入零件绘制的界面后,就可以进行草图绘制了。草图绘制的基本方法为:确定基准面,在基准面内,使用绘图工具(SolidWorks 提供了绘制直线、圆、圆弧、矩形、椭圆、多边形、样条曲线等功能)绘制草图,以及采用草图编辑工具(包括剪裁实体、镜向实体等功能),单击“智能尺寸”进行尺寸约束,完成二维图形的绘制。草图绘图工具图标菜单区域和草图编辑工具图标菜单区域如图 1-6 所示。

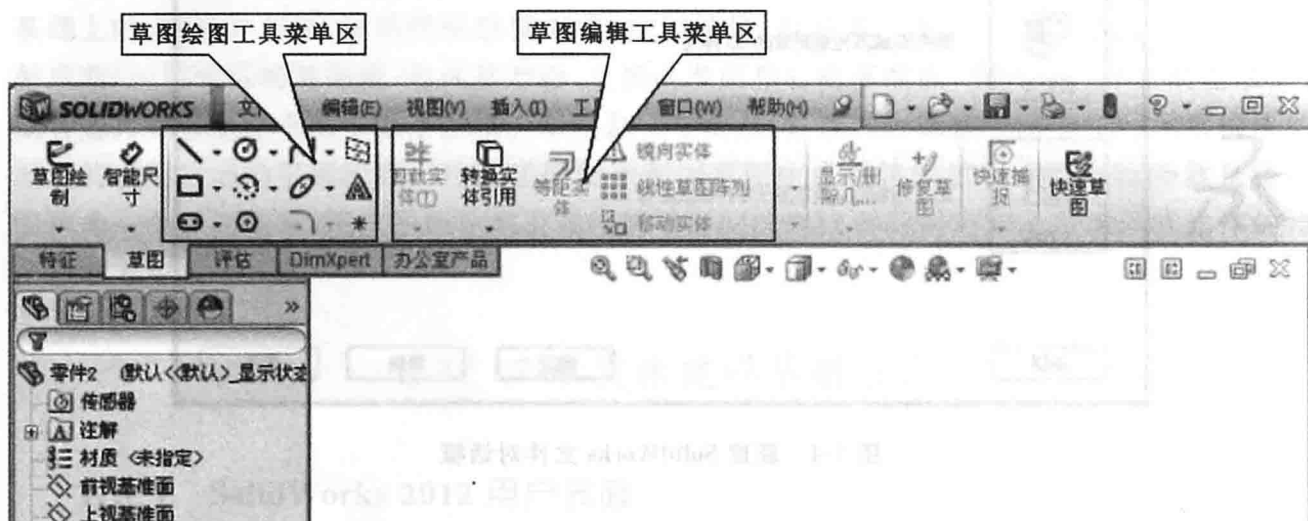


图 1-6 草图绘制菜单区域

SolidWorks 规定所有的草图绘制一定要在基准面上完成。选择基准面的方法主要有以下三种。

#### 1) 系统已有基准面

系统提供了一个默认的正交平面坐标系,包括“前视基准面”、“上视基准面”和“右视基准面”三个基准面。在特征管理器区域,单击鼠标左键进行选择,被选中的基准面将呈现高亮边框,例如选择前视基准面作为草图绘制平面时,其界面如图 1-7 所示。

在图 1-7 中,通过拖动边框上的控制点可以改变基准面的显示大小。这只是为了方便绘图时位置的参考,实际上,基准面是无限大的,不需要一定在基准面可见边线内绘图。

#### 2) 选择立体上已有的平面

已经生成了一个立体,可以选择其中的一个平面作为绘制草图的平面。如图 1-8 所示,单击该零件的上表面,单击“草图绘制”按钮即可进入草图绘制状态。

#### 3) 创建一个新的基准面

如果要绘制的草图既不在系统已经创建的基准面上,又不在立体已有的表面上,就需要点击“特征”这一菜单页中的“参考几何体”→“基准面”命令来创建一个新的基准面。如图 1-9 所示。

单击基准面命令后,打开创建基准面的属性管理器,如图 1-10 所示。生成基准面的常见方法是:选取系统提供的基准面,即前视基准面、上视基准面和右视基准面之一,或者立体上的某个面,在图 1-11 中输入距离值,则系统创建一个与所选面等距的基准面。在图 1-10 中,选择当前物体的最上方的面作为第一参考面,输入距离,生成一新基准面。若单击反转前的复选框,则生成的新基准面位于参考面的另一侧;可在图 1-12 中输入生成基准面的数量。虽然生成等距基准面是最常用的方法之一,但是 SolidWorks 还提供了多种生成基准面,例如平行或垂直于所选参考面等方法。

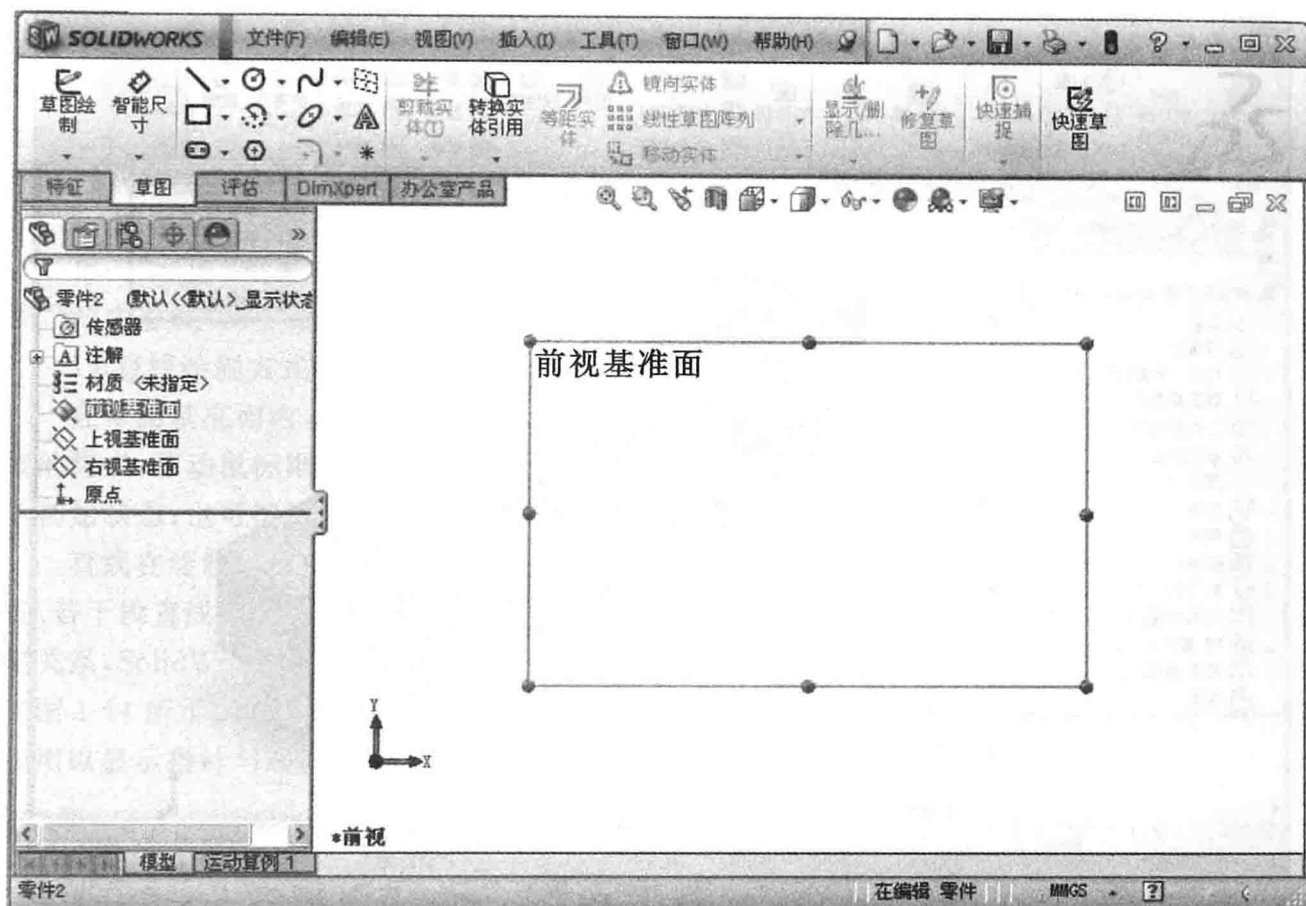


图 1-7 选择前视基准面作为草图绘制平面

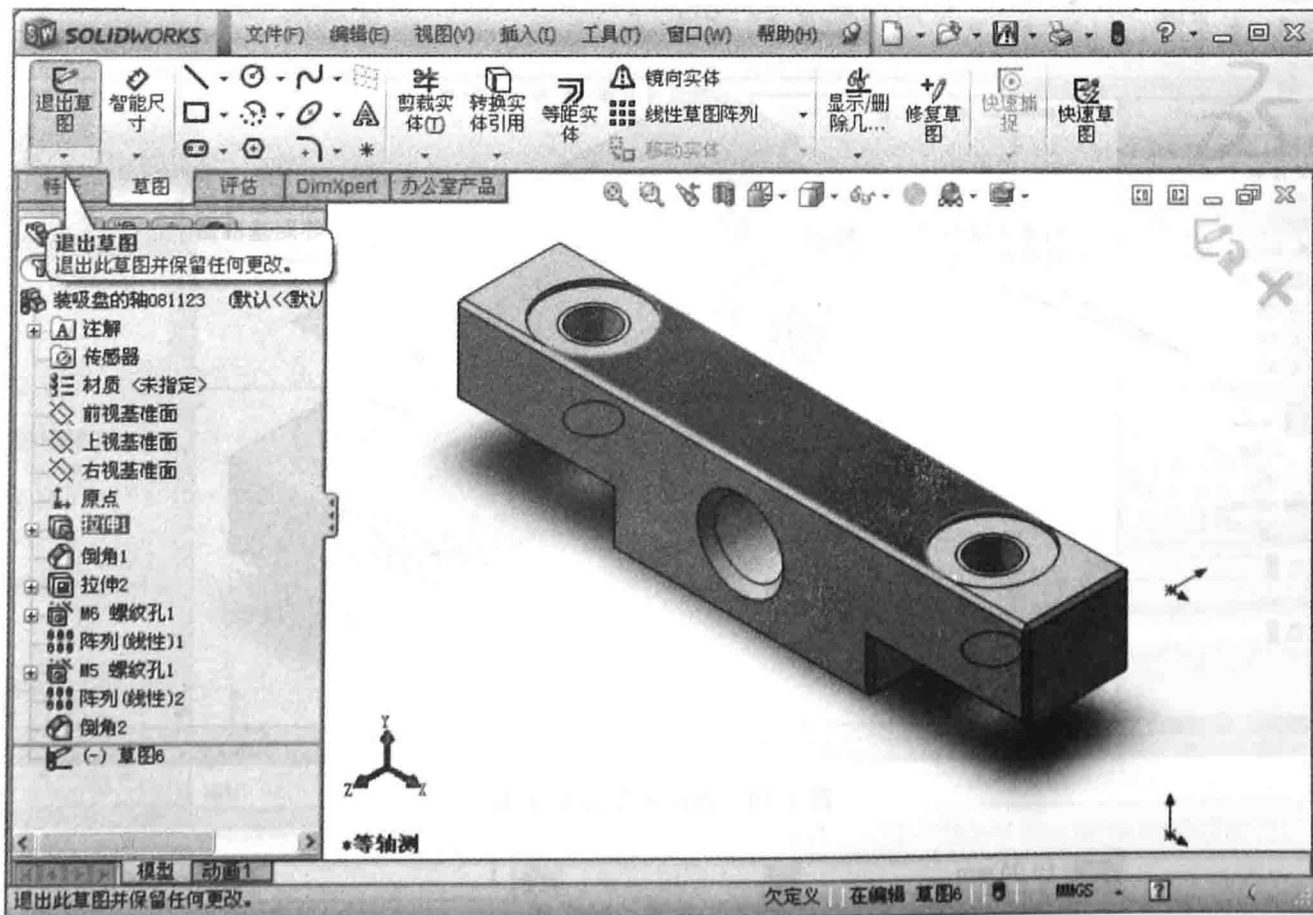


图 1-8 选择已有实体的某一表面

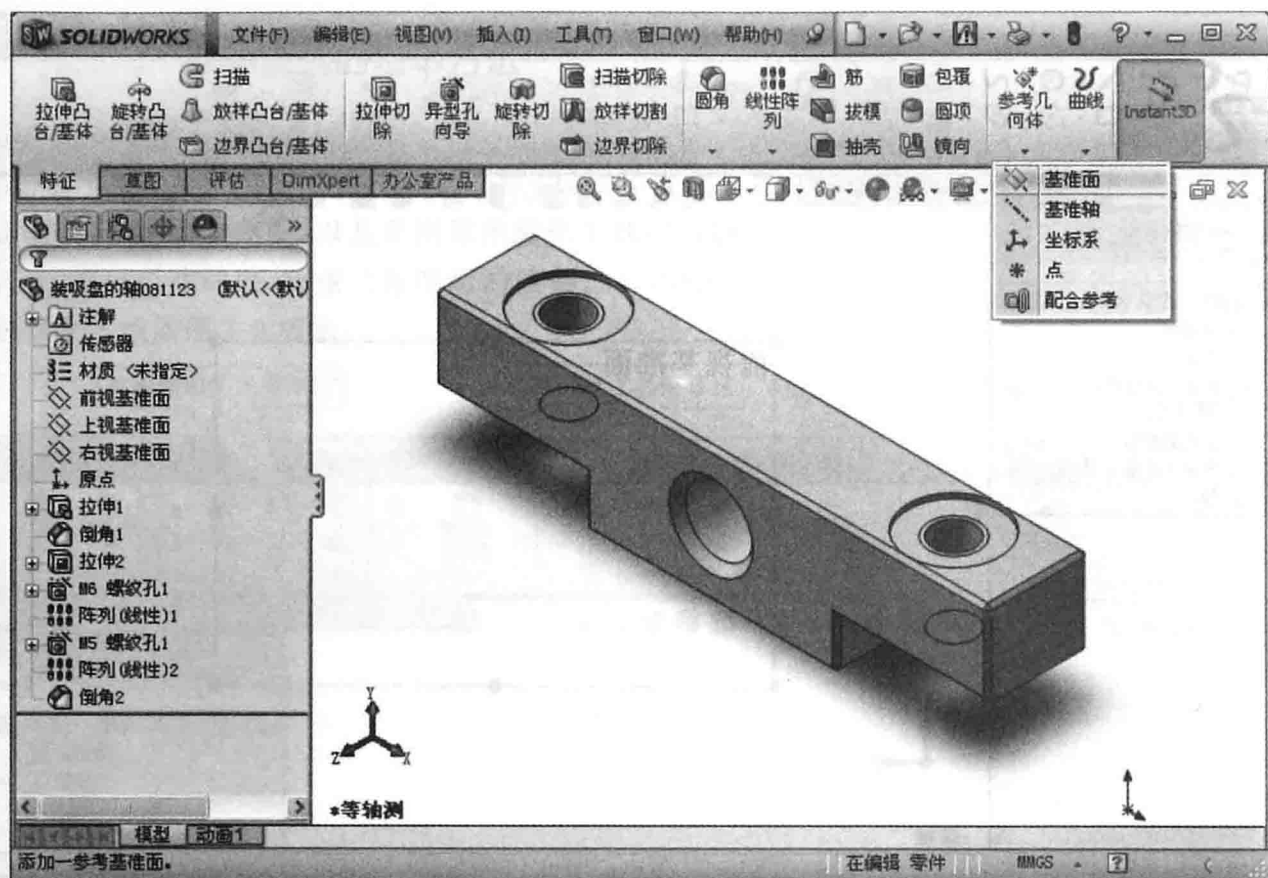


图 1-9 创建基准面菜单

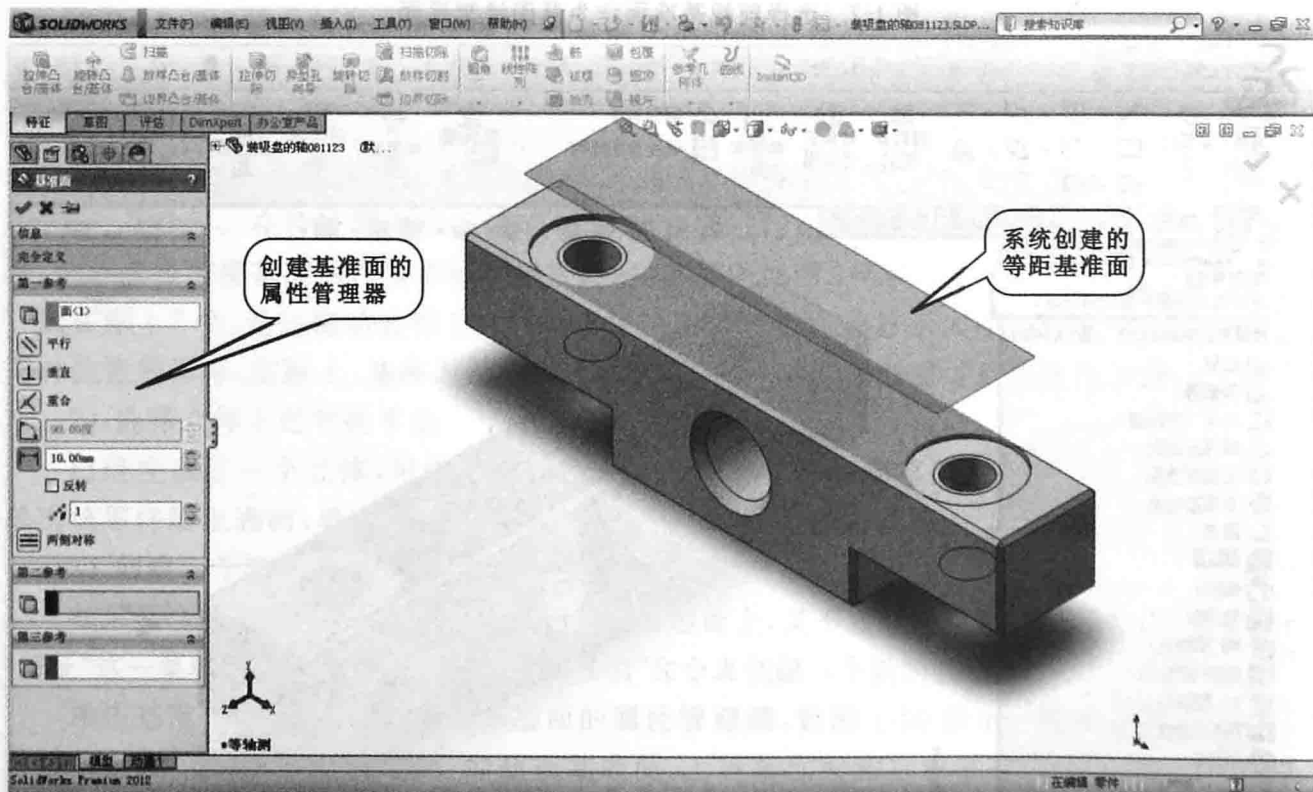


图 1-10 创建一等距基准面

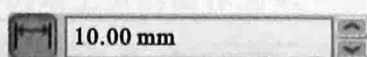


图 1-11 等距距离输入框

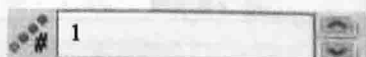


图 1-12 生成基准面的数量

### 1.3.3 草图绘制常用命令

选择好基准面后,就可单击“草图绘制”进行草图绘制。常用的命令简介如下。

#### 1. 绘制直线

单击“草图绘制”工具栏中的“直线”图标按钮,可以看到有“直线”和“中心线”两个命令。如图 1-13 所示。

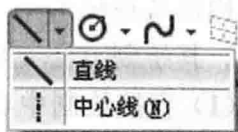


图 1-13 直线命令

#### 1) 直线绘制方式

在草图基准面内,单击鼠标左键确定直线的起点,移动鼠标预览直线,单击下一点确定直线的终点,移动鼠标则会继续生成直线。若结束直线绘制,可双击鼠标左键,将回到绘制直线的初始状态;也可按键盘上“Esc”键结束直线的绘制,但此时将退出直线绘制。

直线在绘制过程中,将自动添加几何关系,如直线自身水平、自身垂直、两段直线相互垂直、若干段直线相互平行,同时还能够自动捕捉线段的中点、端点、交点和重合点等。这些几何关系,SolidWorks 除了用形象的图标表示外,还用蓝色或黄色的虚线作为指示线表示出来,如图 1-14 所示。蓝色指示线用以显示指针与点的关系,如水平、垂直等共线关系;黄色推理线用以显示指针与线的关系,如平行、垂直、相切关系。

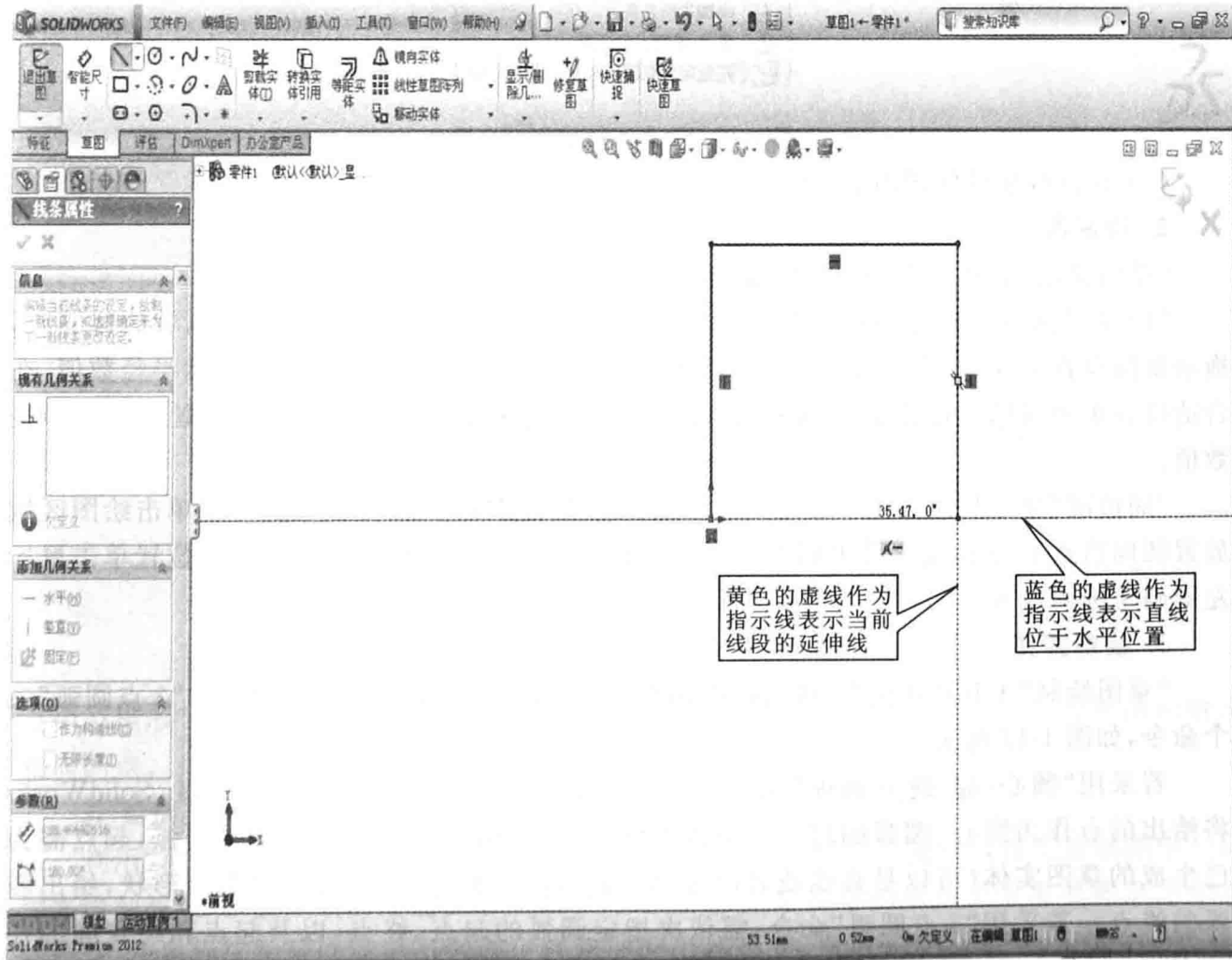


图 1-14 指示线示例

## 2) 中心线绘制方式

中心线作为构造几何线使用,用来生成对称的草图实体、旋转体和阵列特征操作的中心轴或构造几何体的中心线。绘制中心线的步骤与绘制直线相同,不同之处是中心线显示为点画线。其绘制方法有以下几种。

(1) 直接绘制中心线。常用工具栏中的“直线”图标按钮的右侧下拉菜单中有绘制“中心线”命令,如图 1-13 所示。

(2) 转化现有直线为中心线。如图 1-15 所示,选中直线,单击鼠标右键,在快捷菜单中选择“直线与构造几何线转换”按钮,该直线立即转化为中心线,亦可反向操作。

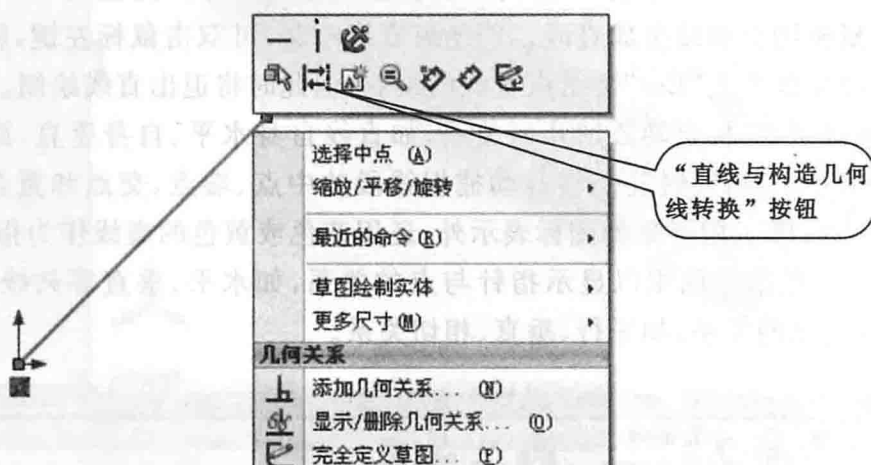


图 1-15 将直线转化为中心线

(3) 在直线属性管理器中选中“作为构造线”复选项。

## 2. 绘制圆

“草图绘制”工具栏中的“圆”按钮,包含“圆(R)”和“周边圆”两个命令。

“圆(R)”命令是指定圆心和半径来确定圆的方式。用鼠标左键单击绘图区域放置圆心,拖动鼠标设置半径,在绘图区域左侧的圆属性窗口中,系统会自动追踪光标显示半径数值,在合适位置单击鼠标左键确定半径,如图 1-16 所示。之后,可以在圆属性对话框中修改半径数值。

“周边圆”命令是由三点来确定圆的方式。需要给定圆周上的三个点,左键单击绘图区域放置圆周边点 1,拖动光标设置周边点 2,继续拖动光标,圆将动态改变,在合适位置单击鼠标左键确定圆周边点 3。

## 3. 绘制圆弧

“草图绘制”工具栏中的“圆弧”按钮,包含“圆心/起/终点画弧”、“切线弧”和“3 点圆弧”三个命令,如图 1-17 所示。

若采用“圆心/起/终点画弧”命令来画圆弧,在绘图区域需依次给出三点, SolidWorks 将给出的点作为圆心、圆弧的起点和圆弧的终点;若采用“切线弧”命令绘制圆弧,起点需为已生成的草图实体(可以是直线或者圆弧)的端点,拖动鼠标,确定所需圆弧的形状,给出圆弧的终点。若采用“3 点圆弧”命令,需依次指定圆弧的起点、终点,以及起点和终点间的任一点。

## 4. 绘制矩形

“草图绘制”工具栏中的“矩形”按钮,包含“边角矩形”、“中心矩形”、“3 点边角矩形”、“3

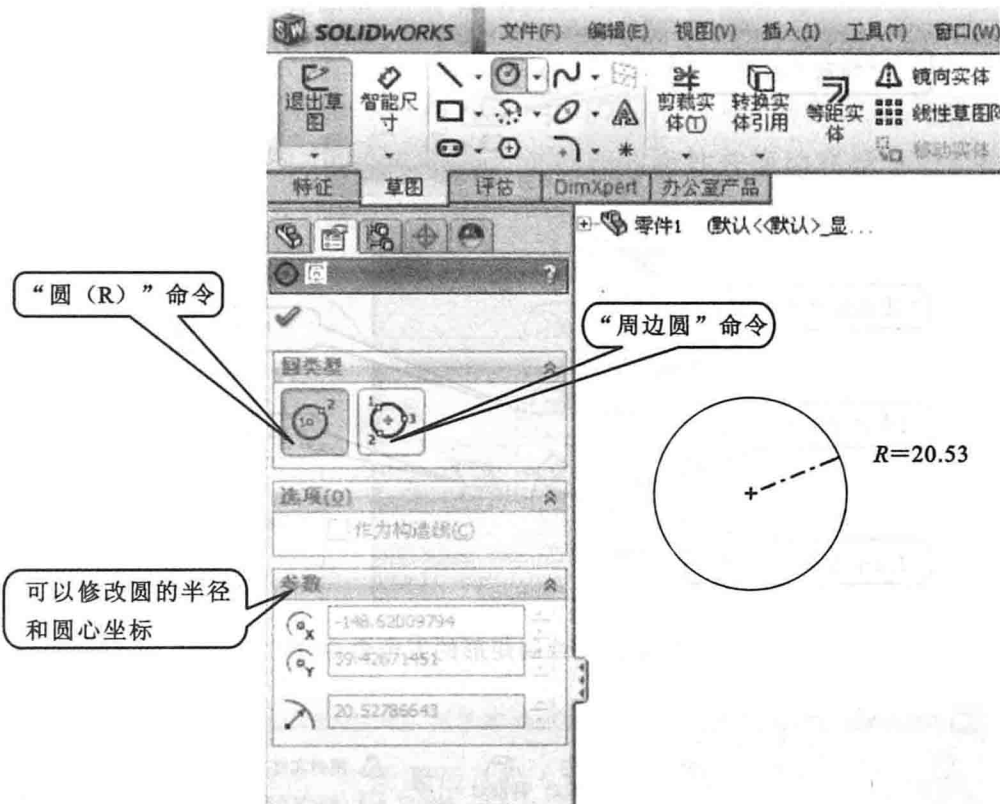


图 1-16 “圆 (R)” 的绘制方式

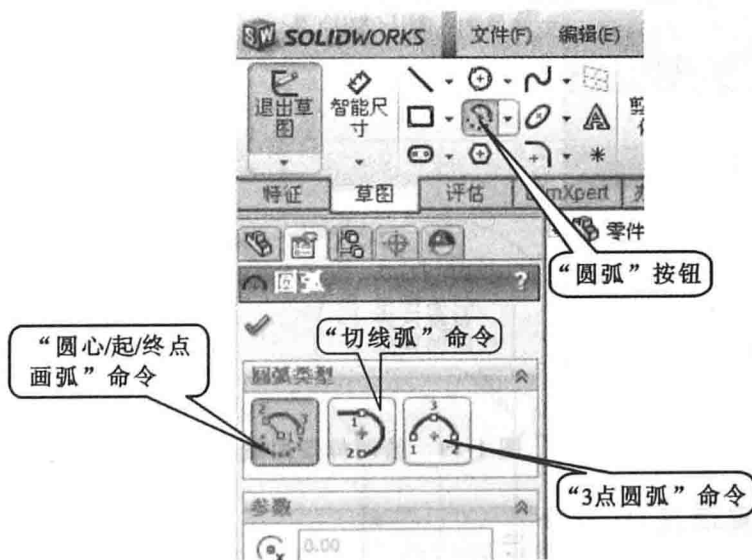


图 1-17 绘制圆弧的三个命令

点中心矩形”和“平行四边形”五个命令,如图 1-18 所示。绘制方式比较简单,按照图示给出相应的点。

### 5. 绘制样条曲线

利用“草图绘制”工具栏中的“样条曲线”按钮,可以绘制复杂的曲线。在工程制图中一般用来绘制波浪线(波浪线的用途在第 2 章中介绍)。一条最简单的曲线至少需要确定三个点的位置,用鼠标在所需位置单击来确定样条曲线上的形状,最后一点双击完成曲线的绘制。每个点都是样条曲线的控制点,通过调整控制点可以修改样条曲线的形状。如图 1-19 所示。