

SolidWorks 3D Solid Design Tutorial

2011

SolidWorks

三维实体设计教程

主 编 刘庆立 王 芳
副主编 李 龙 申 雷 李 芳

SolidWorks
3D Solid Design
Tutorial

SolidWorks

三维实体设计教程

主 编 刘庆立 王 芳

副主编 李 龙 申 雷 李 芳

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是 SolidWorks 2011 的入门教程,详细介绍了 SolidWorks 的基本概念、基本功能和基本操作方法,内容包括:零件建模、曲面建模、装配体建模、工程图、焊件、钣金、模具、渲染、API 二次开发、有限元分析与运动仿真等,在内容上基本涵盖了产品设计、开发、验证的全过程。

本书提供所有例程的操作步骤的录像,提供所有案例的源文件,并配套一本《SolidWorks 三维实体设计习题与上机指导》(清华大学出版社,2011),以供读者上机练习之用。

本书可作为高等院校机械及相关专业三维 CAD 课程的教材或参考书,也可作为从事 CAD/CAM/CAE 相关领域工作的技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

SolidWorks 三维实体设计教程/刘庆立,王芳主编. —北京:清华大学出版社,2011.11

ISBN 978-7-302-27182-6

I. ①S… II. ①刘… ②王… III. ①计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks 2011—教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 219610 号

责任编辑:张秋玲 洪 英

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市密东印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:13.25 字 数:323 千字

附光盘 1 张

版 次:2011 年 11 月第 1 版

印 次:2011 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:35.00 元

产品编号:038879-01

目前,三维 CAD 技术已经进入成熟期,在高校、企业、研究所和研发中心,几乎所有的绘图工作都是由 CAD 软件完成的,与 10 年前 AutoCAD 二维绘图一统天下的情形相比, SolidWorks、UG、Pro/E 等三维 CAD 软件逐渐取代了二维 CAD 的市场,而在高校,无论是科研还是教学,三维实体建模与仿真都已经渗透到“机械制图”、“机械原理”、“机械设计”等课程设计以及毕业设计等各个教学和实践环节中。

近几年来,我们连续五届在国家中职骨干教师数控培训中开设“机械三维实体设计”课程,在陕西科技大学机电工程学院本科四个年级分步骤开设“三维造型软件”课程,并面向全校开设了选修课程,讲授利用 SolidWorks 进行机械三维实体建模的方法。由于学生的计算机操作水平、知识结构、年龄层次、专业背景都不尽相同,这给我们的教学提出了更高的要求。因此,迫切需要一本集理论、实践、训练为一体的教材,这也是我们编写本书最主要的目的。经过几年的探索和实践证明,只要按照科学的方法进行训练,学员在短期就可以掌握 SolidWorks 的基本操作,经过进一步巩固,就可以运用自如。

从我们接触到的国有大中型企业和科研院所来看,许多经验丰富的工程师和设计师已经普遍采用 CAD 软件进行绘图,常用的是 AutoCAD。许多工程师开始接受并尝试完整地利用三维建模软件进行产品设计,但是由于知识结构、计算机操作水平的差异,年龄稍大的工程师往往对三维软件望而却步,这大大制约了先进设计方法的应用和普及。考虑到这个现状,我们为本书的读者提供了所有例子的操作视频、所有案例的源文件以及所有习题的操作提示,以便让更多的读者受益。

本书的主要内容包括:基础知识、草图绘制、零件特征造型、曲面造型、装配体设计、工程图设计、焊件设计、钣金设计、模具设计、渲染设计、API 二次开发以及仿真分析。从内容上基本涵盖了机械设计领域所需的主要功能,从结构上包含了基础建模知识、工程实践应用、研究验证开发三个层次,从专业上涉及了机械设计、模具、钣金、工业设计等专业。

从内容、结构、专业三个方面考虑,困扰作者最大的问题往往是“全”与“专”的权衡,钣金设计、模具设计、API 二次开发、仿真分析等内容本可以独立出一本教材,笔者再三权衡后认为,读者不必买几本书才能掌握 SolidWorks 的主要功能,即便非常详尽地叙述某个功能,也不可能面面俱到,所以不如选择最典型、应用最广泛、最通用的方法来叙述,这些内容足以“抛砖引玉”、“授之以渔”。

本书的价值在于帮助初学者快速掌握 SolidWorks 的基本操作方法,使初学者能够熟练运用 SolidWorks 的功能,并将计算机三维设计的技巧应用于机械设计或产品设计的工程实践中。除此之外,本书还有另外两个辅助作用:

(1) 帮助读者提高空间思维能力。众所周知,绘制工程图样(二维图)的主要目的是将

设计者头脑中的三维实体影像投影成二维影像,这就是通常所说的投影图,而看图者通过实体的三面投影图(三视图)再还原成三维影像,这是因为传统的手工绘图方法很难逼真且准确地表达三维实体。利用 SolidWorks 可以实现所见即所得的效果,读者在学习三维软件建模的过程中,实际上是锻炼了阅读工程图样的能力,同时也有效提高了空间思维能力。本书配套一本《SolidWorks 三维实体设计习题与上机指导》(清华大学出版社,2011),每道习题都对典型建模方法,或单一或综合,基本出自“机械制图”等课程中读图和画图训练的范例,并简述建模的基本原理和步骤,这实际上为读者提供了很多练习空间思维能力的范例,训练了读者读图和画图的能力。

(2) 帮助读者提高产品设计能力。本书的例子是面向产品设计的,无论是纯机械产品还是一些工业产品造型,本书提供的方法都有实用意义。如:二次开发部分讲解的三维模型参数化自动建模技术,即开发独立运行的程序,驱动 SolidWorks 自动完成模型的建模,输入不同参数得到不同大小的模型,这样可以使设计者将更多的精力放到产品结构和可靠性的判定上,而不必关心具体的软件操作方法,这对产品的参数化和系列化设计具有非常重要的意义。

本书的特色可以归纳为如下几个方面:

(1) 真学真练,目标明确

俗话说:“光学不练假把式,光练不学傻把式。”这恰恰反映了学习 SolidWorks 的两个误区。一些人认真学习 SolidWorks 拉伸、旋转、放样、扫描的基本方法和原理,拉伸一个长方体、旋转一个圆柱、放样一个瓶子、扫描一个架子,以为学通了软件,而真正遇到产品设计时,却无从下手;而也有一些人按照指导教程介绍的步骤一步一步操作,不研究建模的基本原理和方法,盲目地跟着教程单击“下一步”,即便完成了产品的建模,却不知道为什么这样做。本书帮助读者“知其然,并知其所以然”。每个例子都是我们在课堂教学中精挑细选的典型范例,每章后都附有“思维导图”,帮助读者梳理知识点,评价学习效果。

(2) 由浅入深,照猫画虎

在例题的选用上,本书遵循了由浅入深的原则,前面几章的例子相对简单,建模的方法相对单一,这样便于初学者理解和掌握。从曲面建模开始,逐渐增加难度,例子更加综合,每个例程可能是若干个功能的集合。到装配体动画之后,内容更加趋向于专业,包括钣金设计、模具设计、仿真分析和 API 二次开发等。而当读者回过头来再看最前面几章的论述时,不难发现,前面的简单例子仍旧是有启发意义的,我们相信,读者不是“闯进门的”,而是我们“引进门的”,只要会画前面的“猫”,就可以画后面的“虎”。

(3) 全程录像,辅导上机

本书提供所有例程的操作步骤的录像,提供所有案例的源文件,并配套一本《SolidWorks 三维实体设计习题与上机指导》(清华大学出版社,2011),以供读者上机练习之用。

本书编写工作分工如下:

第 1、2、7、10 章由刘庆立、王芳编写,第 3、8、11 章由李龙编写,第 4、5 章由申雷编写,第 6 章由李芳编写,第 9 章由申雷、李龙编写,全书由刘庆立统稿。

本书为以下读者而作:

(1) 从来没有接触过三维设计软件的读者,您会从中学习并掌握三维设计的基本原理

和方法；

(2) 接触过 CAD 软件却没有用过 SolidWorks 的读者,您会从中感受到 SolidWorks 的无穷魅力；

(3) 曾经学习并已经掌握了 SolidWorks 基本方法的读者,您会从中学到更多先进的设计理念；

(4) 选择 SolidWorks 作为工程设计 CAD 软件工具的读者,您会发现我们拥有共同的理想和追求。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

刘庆立

2011 年 10 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 SolidWorks 概述	1
1.1 功能介绍	1
1.2 界面介绍	1
1.3 基本操作	2
1.3.1 鼠标操作	2
1.3.2 键盘操作	3
1.4 文件管理	3
1.4.1 新建、打开与保存文件	3
1.4.2 文件的格式	4
1.5 设计原理	4
1.5.1 基本概念	4
1.5.2 设计方法	8
1.6 入门实例	8
1.6.1 设计目标	8
1.6.2 设计思路	9
1.6.3 设计方法	9
1.7 指导教程的使用	12
1.8 思维导图	12
第 2 章 绘制草图	14
2.1 概述	14
2.2 草图绘制工具	14
2.3 几何约束关系	16
2.4 草图状态与尺寸标注	18
2.4.1 草图的状态	18
2.4.2 草图的智能尺寸	19
2.5 应用实例	19
2.5.1 二维草图——连杆	19
2.5.2 三维草图——架体	22
2.6 总结	24

2.7 思维导图	25
第3章 基本特征	26
3.1 概述	26
3.2 拉伸特征	26
3.3 旋转特征	28
3.4 扫描特征	33
3.5 放样特征	41
3.6 思维导图	51
第4章 辅助特征	52
4.1 圆角	52
4.2 线性阵列	54
4.3 筋	56
4.4 拔模	58
4.5 抽壳	60
4.6 包覆	62
4.7 圆顶	64
4.8 镜向	65
4.9 思维导图	66
第5章 曲面造型	67
5.1 概述	67
5.2 曲面特征	68
5.2.1 拉伸曲面	68
5.2.2 旋转曲面	69
5.2.3 扫描曲面	70
5.2.4 放样曲面	74
5.2.5 边界曲面	87
5.2.6 填充曲面	90
5.2.7 自由形	97
5.3 曲面编辑	101
5.3.1 延伸曲面	101
5.3.2 剪裁曲面	103
5.3.3 删除面	104
5.3.4 加厚与加厚切除	105
5.4 思维导图	107

第6章 装配体	108
6.1 概述	108
6.2 装配体基本操作	108
6.2.1 新建装配体文件	108
6.2.2 插入零部件	108
6.2.3 移动零部件	109
6.2.4 旋转零部件	110
6.3 装配体配合关系	110
6.4 零部件的复制、阵列与镜向	111
6.4.1 零部件的复制	111
6.4.2 零部件的阵列	111
6.4.3 零部件的镜向	112
6.5 专用夹具装配体设计实例	113
6.6 装配体的检查	117
6.6.1 间隙验证	118
6.6.2 碰撞检查	118
6.6.3 干涉检查	119
6.7 装配体的爆炸视图	120
6.7.1 生成爆炸视图	120
6.7.2 编辑爆炸视图	122
6.7.3 爆炸视图的显示开关	122
6.8 综合装配实例——二级齿轮减速器	123
6.8.1 装配轴子装配体	123
6.8.2 装配二级减速器	124
6.9 思维导图	130
第7章 工程图设计	131
7.1 概述	131
7.2 工程图的表达方法	131
7.3 零件图	132
7.3.1 设计目标	132
7.3.2 设计步骤	132
7.4 装配图	136
7.4.1 设计目标	136
7.4.2 设计步骤	136
7.5 总结	138
7.6 思维导图	139

第 8 章 PhotoView 360 渲染设计	140
8.1 概述	140
8.1.1 PhotoView 360 简介	140
8.1.2 PhotoView 360 操作界面	140
8.2 外观	141
8.2.1 概述	141
8.2.2 外观设置	141
8.3 布景	143
8.3.1 概述	143
8.3.2 布景设置	143
8.4 光源	144
8.4.1 概述	144
8.4.2 光源设置	144
8.5 渲染实例	146
8.5.1 锁子	146
8.5.2 台灯模型	149
8.6 思维导图	153
第 9 章 焊件、钣金与模具设计	154
9.1 焊件	154
9.1.1 概述	154
9.1.2 焊件界面介绍	154
9.1.3 焊件实例讲解	155
9.2 钣金	159
9.2.1 概述	159
9.2.2 基本术语	159
9.2.3 钣金界面介绍	159
9.2.4 钣金实例讲解	160
9.3 模具设计	162
9.3.1 概述	162
9.3.2 模具设计步骤	162
9.3.3 模具界面简介	163
9.3.4 模具设计实例	164
9.4 思维导图	167
第 10 章 SolidWorks API 二次开发	168
10.1 概述	168
10.2 二次开发方式	168

10.3	入门实例	169
10.3.1	设计目标	169
10.3.2	规划步骤	169
10.3.3	录制并编辑宏	170
10.4	参数化建模与应用程序开发	172
10.4.1	Excel 系列零件设计表	173
10.4.2	应用程序开发	175
10.4.3	插件程序开发	176
10.5	思维导图	179
第 11 章	有限元分析与运动仿真	180
11.1	SolidWorks Simulation 有限元分析	180
11.1.1	SolidWorks Simulation 概述	180
11.1.2	初识 SolidWorks Simulation	180
11.1.3	SolidWorks Simulation 选项	181
11.1.4	SolidWorks Simulation 仿真步骤	183
11.1.5	图表处理	188
11.1.6	结果报告	191
11.2	SolidWorks Motion 运动仿真	191
11.2.1	概述	191
11.2.2	仿真页面介绍	192
11.2.3	盘状凸轮运动仿真	194
11.3	思维导图	201
参考文献		202

SolidWorks概述

1.1 功能介绍

SolidWorks 是一套集机械 CAD、设计验证、产品数据管理等先进设计技术于一体的三维实体模型设计软件,主要包括如下功能。

- (1) 零件设计。准确创建和修改零件的三维几何特征结构。
- (2) 装配设计。创建零部件之间的机械运动关联,并可进行碰撞、干涉、对齐检查等。
- (3) 工程图设计。自动生成零件或装配体的二维工程图,自动关联三维模型并根据零件或装配体的变化更新二维工程图及明细表。
- (4) 设计验证与仿真。利用有限元方法分析部件的机械力学、流体力学、热力学、非线性动力学等特性,验证产品设计的可靠性和安全性。
- (5) 渲染设计。通过图形渲染生成具有真实质感和环境效果的虚拟样机图片,用于发布和展示产品。
- (6) 辅助设计功能。针对不同设计领域的特点开发了高级曲面设计、模具设计、焊件设计、钣金设计、步路设计以及标准硬件库等,以提高产品的设计效率。
- (7) 扩展设计功能。利用应用程序编程接口(API)访问并控制 SolidWorks 的操作进程,自动完成零件的建模、装配并生成工程图,从而实现零件的参数化自动建模,进而实现产品的参数化、系列化设计。
- (8) 产品数据管理(PDM)。分散的设计团队可以管理产品数据,共享设计信息,实现工作流程自动化,并改善工程与制造之间的协作。

以上列举的主要功能,只是帮助读者了解 SolidWorks 软件的功能框架,并不代表软件功能的全部。随着产品设计的深入,读者会发现 SolidWorks 已经融入了产品设计的各个环节,它帮助设计人员将头脑中的设计构思变成虚拟现实中的三维模型,从而验证设计的可行性、可靠性和安全性,帮助设计人员以最简单的方法、最快的速度、最低的成本高效地变更和改进产品的设计。因此,SolidWorks 使设计变得更精确、更快捷、更轻松。

1.2 界面介绍

SolidWorks 的主界面大致可以分为如下几个部分,如图 1-1 所示。

- (1) 菜单栏。菜单栏几乎包含了 SolidWorks 所有的命令。

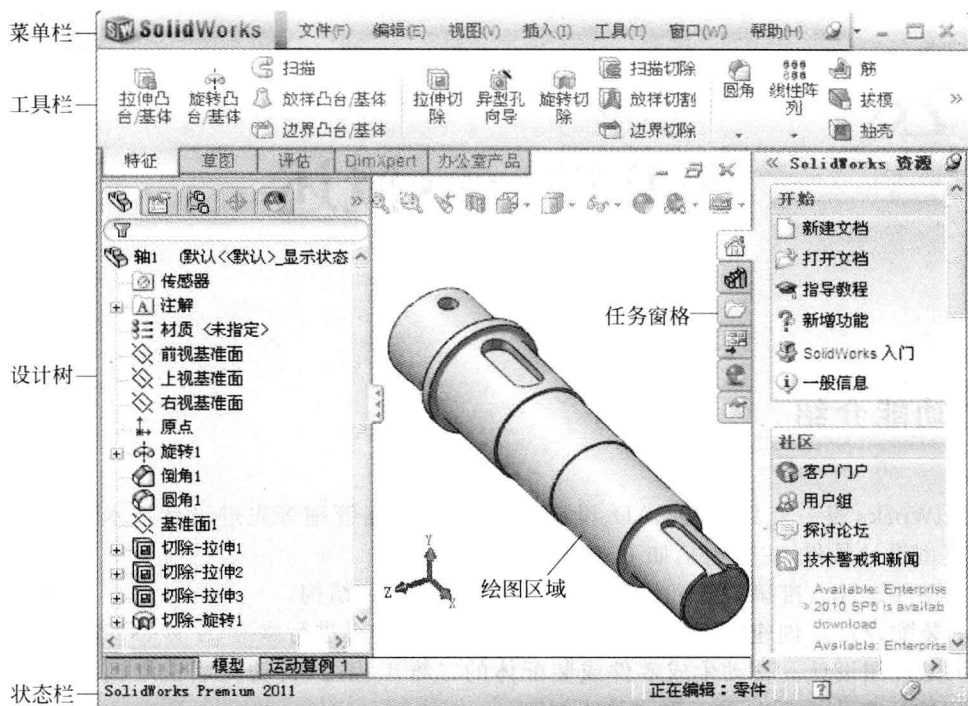


图 1-1 主界面

- (2) 工具栏(Command Manager)。包含常用的工具按钮。
- (3) 设计树(Feature Manager)。包含了模型的基本设计信息及设置参数。
- (4) 任务窗格。包含了 SolidWorks 资源、设计库、文件探索器、外观贴图图等。
- (5) 状态栏。提供与正在执行的功能有关的信息。
- (6) 绘图区域。模型的显示与操作区域。

1.3 基本操作

SolidWorks 为设计者提供了一整套完整的动态界面、鼠标拖动控制和键盘快捷键控制方法,其基本操作包括鼠标操作和键盘操作。

1.3.1 鼠标操作

1. 基本操作方法

- 鼠标左键: 确认键,用于执行操作命令,选取几何要素,确认信息等。
- 鼠标右键: 辅助功能键,用于弹出快捷菜单,或启动“鼠标笔势”功能等。
- 鼠标滚轮: 缩放旋转键,滚动滚轮则缩放模型,按住滚轮移动鼠标则旋转模型。

2. 鼠标笔势

鼠标笔势功能是指在绘图区域按住鼠标右键,系统自动弹出笔势指南,可预先设定各个方向的笔势命令,根据鼠标移动的方向顺势选择操作命令,如图 1-2 所示。灵活设置和运用鼠标笔势功能可以大大提高绘图效率。

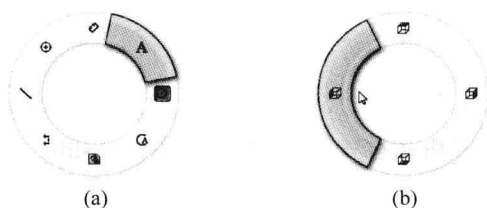


图 1-2 鼠标笔势

(a) 带八种笔势的工程图指南; (b) 带四种笔势的视图定向指南

1.3.2 键盘操作

键盘用于输入模型参数。操作中若能灵活运用键盘快捷键,也可以提高操作效率。以下列出系统默认的常用快捷键,如表 1-1 所示。

表 1-1 常用键盘快捷键

序号	快捷键	功能描述
1	Shift+Z	放大
2	Z	缩小
3	F	整屏显示全图
4	空格键	视图定向菜单
5	Enter	重复上一命令
6	Ctrl+B	重建模型
7	Ctrl+R	重绘屏幕
8	Ctrl+Z	撤销
9	↑ ↓ ← → 箭头	上下左右旋转
10	Shift + ↑ ↓ ← → 箭头	带动画效果的上下左右旋转
11	Ctrl + ↑ ↓ ← → 箭头	上下左右平移

1.4 文件管理

1.4.1 新建、打开与保存文件

SolidWorks 界面上方标准工具栏提供了一组最常用的文件管理工具,主要包括:新建文件 、打开文件 、保存文件  和打印文件 ,如图 1-3 所示。

通过单击工具按钮右侧的下移方向键,可以扩展以显示带有附加功能的弹出菜单。这样可以访问工具栏中的大多数文件菜单命令。例如,“保存”的弹出菜单包括“保存”、“另存

为”和“保存所有”,如图 1-4 所示。



图 1-3 标准工具栏

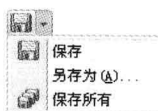


图 1-4 “保存”按钮的扩展

1.4.2 文件的格式

SolidWorks 的基本文件格式有三种,分别是零件(*.sldprt)、装配体(*.sldasm)和工程图(*.slddrw)。

为了便于数据交流,SolidWorks 也可以另存为其他格式的数据文件。通常 SolidWorks 的输出格式分为三类:

第一类是公共级别的数据格式,如 ACIS 商业内核的 sat 数据格式(*.sat)、ParaSolid 格式(*.x_t)、Step 格式(*.stp)、IGES 格式(*.igs)、VRML 格式(*.wrl)等;

第二类是专用级别的数据格式,就是各个 CAD 软件特有的数据文件格式,如 AutoCAD 格式(*.dwg 和 *.dxf)、Pro/Engineer 格式(*.prt)、CATIA 格式(*.cgr)等;

第三类是图形及文档数据格式,如图形文件 JPEG 格式(*.jpg)和 TIF 格式(*.tif)、Adobe Photoshop 图形格式(*.psd)以及 Adobe PDF 便携文档格式(*.pdf)等。

特别值得一提的是,SolidWorks 可以将文件另存为 SolidWorks eDrawings 格式(*.eprt),用于动态演示零件的三维模型及工程图,也可以另存为三维 pdf 文档,利用 Adobe Reader X 软件演示零件的三维动态模型。

数据格式转换过程中,可能会丢失模型的线、面、体等几何要素和质量、材质、颜色等物理要素的特征信息,文件命名尽量采用英文或数字命名,避免采用中文命名,转换前可参阅 SolidWorks 的帮助。

1.5 设计原理

众所周知,绘制工程图样(二维图)的主要目的是将设计者头脑中的三维实体影像投影成二维影像,这就是通常所说的投影图,而看图者需要通过物体的三面投影图(即三视图),再还原成三维影像,这是因为传统的手工绘图方法不能逼真且准确地表达三维实体。

利用 SolidWorks 可以实现所见即所得的三维效果,以下我们通过实例,使读者了解三维建模的基本概念、原理和方法。

1.5.1 基本概念

1. 三维模型的表示法

三维模型的表示法一般有三种:线框模型(Frame Model)、表面模型(Surface Model)

和实体模型(Solid Model),如图 1-5 所示。

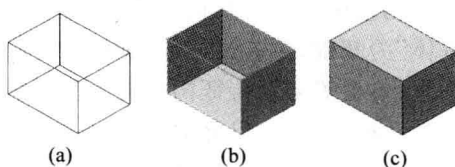


图 1-5 三维模型的表示法
(a) 线框模型; (b) 表面模型; (c) 实体模型

线框模型又称为线架模型,是用点、线表征物体三维模型的一种方法。线框模型以构成物体的顶点坐标和连接顶点的边来描述物体,因此只有边与边的关系,没有构成面的信息,难以准确地表达实体形状。

表面模型又称为曲面模型,是用点、线、面表征物体三维模型的一种方法。表面模型用实体的各个表面或曲面来描述物体,能表达模型表面的形状、大小、颜色等特征,并能精确地确定物体表面上任意一点的 X 、 Y 、 Z 坐标值,但无法表征模型的材料、重量等特性。

实体模型是用实体形式完整表征物体三维模型的一种方法。实体模型是通过基本体素,利用体素的集合运算或基本变形操作来实现,完整地定义了三维物体的信息,它包含物体的体、面、边和顶点的信息,能确定物体的物性参数,如物体的体积、面积、重心和形心等。

2. 特征造型(Feature-based Models)

SolidWorks 是基于特征的参数化实体建模软件,实体模型被认为是由若干“特征”按照一定规律组合而成的,“特征”表征几何形体的结构特点及形成规律。图 1-6 列举了四种典型的基本特征,分别是拉伸、旋转、扫描和放样。

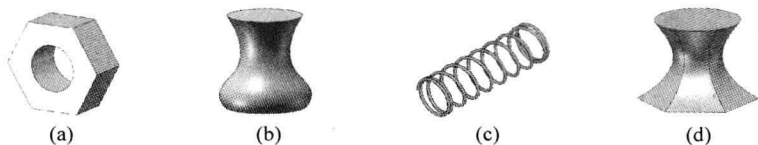


图 1-6 四种典型的基本特征
(a) 拉伸; (b) 旋转; (c) 扫描; (d) 放样

四种典型特征形成规律的简要说明如图 1-7 所示。

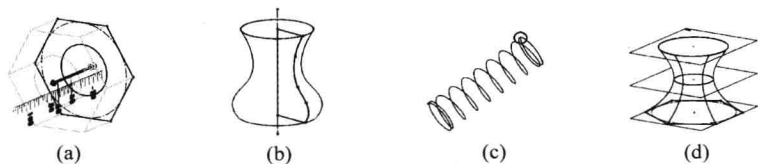


图 1-7 基本特征的形成规律
(a) 沿固定方向拉伸; (b) 沿固定轴旋转; (c) 沿固定轨迹扫描; (d) 层层轮廓放样

通过对比可以看出,将图形轮廓沿固定方向拉伸、沿固定轴旋转、沿固定轨迹扫描以及通过层层轮廓放样可以获得不同结构特征的几何形体,在零件建模过程中生成的第一个特征通常称之为“基体”,以“基体”为基础,再通过拉伸、旋转、扫描、放样等基本特征或倒角、圆角、筋(肋板)、阵列、镜向、抽壳、包覆等辅助特征构建更为复杂的几何形体。

特征对“基体”的作用分为两种,一种是以叠加的方式生成实体,即生成“凸台”;另一种是以切割的方式生成孔、切角等结构,即“切除”或“切割”。因此,同一个基本特征也被赋予了“实体”和“空体”两种不同形态。例如拉伸特征有“拉伸凸台”和“拉伸切除”两种形态,如图1-8所示。

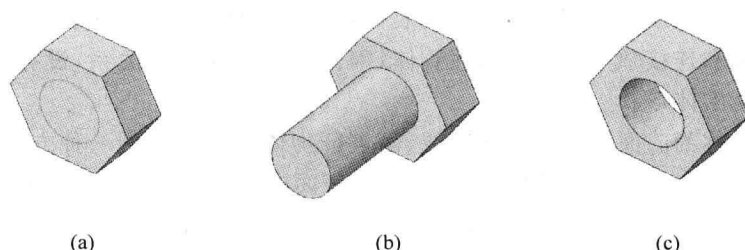


图 1-8 拉伸凸台与拉伸切除
(a) 基体; (b) 拉伸凸台; (c) 拉伸切除

3. 草图(Sketch)

草图是指形成特征所必需的图形轮廓或轨迹线。根据应用场合的不同,草图又可分为二维草图(2D Sketch)和三维草图(3D Sketch)。二维草图即为平面草图,多用于定义特征的截面轮廓以及轨迹线为平面曲线的场合(见图1-9);三维草图即为空间草图,多用于定义线路路径的中心轨迹线(见图1-10)。

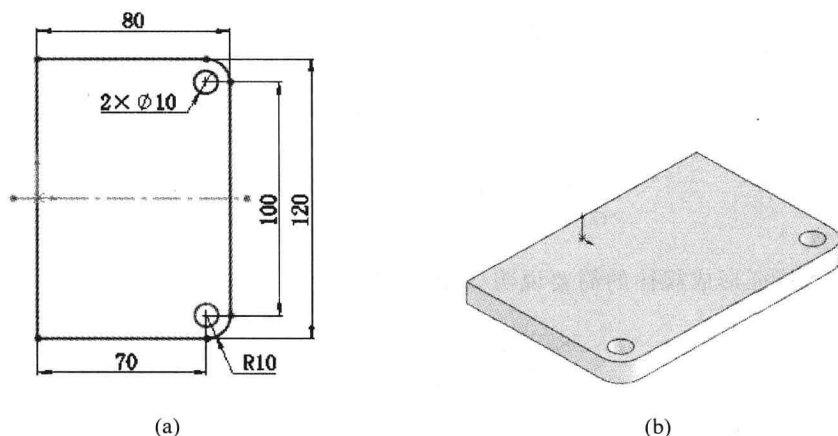


图 1-9 二维草图
(a) 二维草图; (b) 二维草图用于拉伸凸台(底板)