



国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

机械三维 创新设计

沈嵘枫 主编

 中国林业出版社
China Forestry Publishing House

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

机械三维创新设计

沈嵘枫 主编

中国林业出版社

内 容 简 介

本教材以 SolidWorks 2016 软件的中文版本为演示平台, 全面介绍了 SolidWorks 2016 软件设计和操作内容, 结合实例帮助读者从入门走向精通。全书共包含 9 章内容。本教材参考很多国内外的文献和培训整理而成, 具有很强的实用性和广泛的适用性。在内容安排上, 为了使读者更快地掌握该软件的基本功能, 书中结合大量针对性的实例进行详细的操作过程描述, 对 SolidWorks 2016 软件中的一些抽象的概念、命令和功能进行讲解, 方便读者的使用和学习; 在主要章节中还安排了习题, 便于读者进一步巩固所学知识。在写作上紧贴软件的实际操作界面, 使初学者能够尽快上手, 提高学习效率。

本教材内容全面、条理清晰、实例丰富、讲解详细, 可作为大中专院校学生和各类培训学校学员相关课程的上课和上机练习教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械三维创新设计 / 沈嵘枫主编. —北京: 中国林业出版社, 2017. 6

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5038-8998-1

I. ①机… II. ①沈… III. ①机械设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 102111 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑: 张东晓

电话: (010) 83143560 传真: (010) 83143516

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010) 83143500

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
版 次 2017 年 6 月第 1 版
印 次 2017 年 6 月第 1 次印刷
开 本 850mm × 1168mm 1/16
印 张 20.25
字 数 592 千字
定 价 45.00 元

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

前言

SolidWorks 软件是基于 Windows 系统开发的三维软件。该软件以参数化特征造型为基础，具有功能强大、易学、易用等特点。应用到航空航天、汽车、机械、造船、通用机械、医疗器械和电子等诸多领域，备受广大群众的好评，许多高等院校也将 SolidWorks 软件作为本科生的教学和课程设计的首选软件。

本教材为学习 SolidWorks 2016 软件提供了快速入门和提高途径，内容全面，涵盖了产品设计的零件创建、产品装配和工程图制作的全过程。范例丰富，对软件中的主要命令和功能，先结合简单的范例进行讲解，然后安排一些较复杂的综合范例帮助读者深入学习和理解。讲解详细，条理清晰，保证自学的读者能独立学习和灵活运用 SolidWorks 2016 软件。写法独特，采用 SolidWorks 2016 软件真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解，使初学者能够直观、准确地操作软件，从而大大地提高学习效率。

本教材主要包括 SolidWorks 2016 设计基础、绘制草图、实体特征设计、参考几何体和特征编辑、曲线与曲面设计、装配体、工程图设计、钣金和焊件设计、有限元结构分析等内容。每一章节都含有大型、综合的实例，操作步骤都有详细说明和清晰图例展示。全书内容安排遵循由浅入深、循序渐进的原则，力求读者看得懂、学得会、用得上，能够尽快地掌握 SolidWorks 2016 软件中操作和设计的诀窍。

本教材由福建农林大学沈嵘枫主编，参加本书编写的人员还有张小珍、林曙、许浩等。

本教材在编辑过程中，曾得到许多专家和同行的热情支持，并参考和借鉴了许多国内外公开出版和发表的文献，在此一并致谢。本教材的编写同时得到福建农林大学出版基金资助。

由于时间仓促，水平有限，书中可能存在不妥或疏漏之处，恳请广大读者批评指正，以便再次出版时修订。

读者可以通过 fjshenrf@163.com 与编者联系，我们将竭诚为您服务，共同促进技术进步。

沈嵘枫
2017年2月

目 录

前 言

第 1 章 SolidWorks 2016 设计基础	(1)
1.1 SolidWorks 2016 概述	(1)
1.2 SolidWorks 软件基本操作	(3)
1.3 SolidWorks 2016 操作界面	(5)
1.4 SolidWorks 操作的快捷方式	(16)
本章小结	(17)
第 2 章 绘制草图	(18)
2.1 草图的绘制基础	(18)
2.2 草图的绘制	(23)
2.3 草图绘制工具	(32)
2.4 标注尺寸与尺寸驱动	(44)
2.5 几何关系	(50)
2.6 绘制草图实例	(52)
本章小结	(55)
第 3 章 实体特征设计	(56)
3.1 拉伸凸台/基体特征	(56)
3.2 旋转特征	(65)
3.3 扫描特征	(71)
3.4 放样特征	(90)
3.5 综合实例分析	(109)
本章小结	(115)
第 4 章 参考几何体和特征编辑	(116)
4.1 创建基准面	(116)
4.2 创建基准轴	(118)
4.3 坐标系	(120)

4.4	参考点	(121)
4.5	建立基准综合范例	(123)
4.6	附加特征	(124)
4.7	动态修改特征	(144)
4.8	线性阵列特征	(147)
4.9	圆周阵列特征	(150)
4.10	镜向特征	(151)
4.11	由表格驱动的阵列特征	(152)
4.12	由草图驱动的阵列特征	(153)
4.13	由曲线驱动的阵列特征	(154)
4.14	填充阵列	(155)
4.15	特征状态的压缩与解除压缩	(157)
4.16	操作特征应用	(158)
	本章小结	(166)
第5章	曲线与曲面设计	(167)
5.1	曲线	(167)
5.2	曲面	(177)
	本章小结	(190)
第6章	装配体	(191)
6.1	装配体操作	(191)
6.2	配合方式	(194)
6.3	装配中的零部件操作	(196)
6.4	装配体的检查	(201)
6.5	自底向上的装配综合实例	(202)
6.6	自顶向下的装配综合实例	(212)
6.7	SolidWorks 高级配合	(215)
6.8	装配体工程图	(220)
6.9	实例分析	(223)
	本章小结	(230)
第7章	工程图设计	(231)
7.1	工程图概述	(231)
7.2	标准视图	(237)
7.3	派生工程图	(239)
7.4	剖面视图	(242)
7.5	工程图的尺寸标注和技术要求	(247)
7.6	工程图注解	(250)

7.7 工程图综合应用	(255)
7.8 自主练习	(258)
本章小结	(259)
第8章 钣金和焊件设计	(260)
8.1 钣金零件建模	(260)
8.2 焊件设计	(276)
本章小结	(292)
第9章 有限元结构分析	(293)
9.1 有限元结构分析概述	(293)
9.2 SolidWorks Simulation 插件	(294)
9.3 SolidWorks 零件有限元分析的一般过程	(298)
本章小结	(315)
参考文献	(316)

▶▶▶ 第 1 章 SolidWorks 2016 设计基础

SolidWorks 软件具有三大特点,分别是功能强大、易学易用和技术创新,这使得 SolidWorks 成为领先的、主流的三维 CAD 解决方案。它不仅能够提供不同的设计方案、减少设计过程中错误以及提高产品质量,同时对每个工程师和设计者来说,操作简单方便、易学易用。SolidWorks 2016 包含许多增强和改进功能,大多数功能可直接响应客户的要求。本章初步介绍 SolidWorks 操作界面的各个组成部分。

🔍 学习目标

了解 SolidWorks 2016 软件工作界面。

掌握 SolidWorks 的启动、退出和文件基本操作。

熟练掌握 SolidWorks 的快捷操作方法。

1.1 SolidWorks 2016 概述

1.1.1 SolidWorks 简介

SolidWorks 是美国 SolidWorks 公司开发的三维 CAD 产品,是实行数字化设计的造型软件,在国际上得到广泛应用。它同时具有开放的系统,添加各种插件后,可实现产品的三维建模、装配校验、运动仿真、有限元分析、加工仿真、数控加工及加工工艺的制定,以保证产品从设计、工程分析、工艺分析、加工模拟、产品制造过程中数据的一致性,从而真正实现产品的数字化设计和制造,并大幅度提高产品的设计效率和质量。

SolidWorks 是一个在 Windows 环境下进行机械设计的软件,是一个以设计功能为主的 CAD/CAE/CAM 软件,其界面操作完全使用 Windows 风格,具有人性化的操作界面,从而具备使用简单、操作方便的特点。SolidWorks 是一个基于特征、参数化的实体造型系统,具有强大的实体建模功能;同时也提供了二次开发的环境和开放的数据结构。

可见, SolidWorks 软件不止是简单的三维建模工具,而是一套高度集成的 CAD/CAE/CAM 一体化软件,是产品级的设计和制造系统,为工程师提供了功能强大的模拟工作平台。

1.1.2 主要设计特点

SolidWorks 是一款参变量式 CAD 设计软件。与传统的二维机械制图相比,参变量式 CAD 设计软件具有许多优越的性能,是当前机械制图设计软件的主流和发展方向。参变量式 CAD 设计软件是参数式和变量式 CAD 设计软件的通称。其中,参数式设计是 SolidWorks 最主要的设计特点。所谓参数式设计,是将零件尺寸的设计用参数描述,并在设计修改的过程中通过修改参数的数值改变零件的外形。SolidWorks 中的参数不仅代表了设计对象的相关外形尺寸,并且具有实质上的物理意义。例如,可以将系统参数(如体积、表面积、重心、三维坐标等)或者用户定义

参数即用户按照设计流程需求所定义参数(如密度、厚度等具有设计意义的物理量或字符)加入到设计构思中来表达设计思想。这不仅从根本上改变了设计理念,而且将设计的便捷性向前推进了一大步。用户可以运用强大的数学运算方式,建立各个尺寸参数间的关系式,使模型可以随时自动计算出应有的几何外形。

下面对 SolidWorks 参数式设计进行简单介绍。

(1) 模型的真实性和

利用 SolidWorks 设计出的是真实三维模型。这种三维实体模型弥补传统画结构和线结构的不足,将用户设计思想以最直观方式表现出来。用户可以借助系统参数,计算出产品的体积、面积、重心、重量以及惯性等参数,以便更清楚地了解产品的真实性,并进行组件装配等操作,在产品设计的过程中随时掌握设计重点,调整物理参数,省去了人为计算的时间。

(2) 特征便捷性

初次使用 SolidWorks 的用户大多会对特征感到十分亲切。SolidWorks 中的特征正是基于人性化理念而设计的。孔、开槽、圆角等均被视为零件设计的基本特征,用户可以随时对其进行合理的、不违反几何原理的修正操作(如顺序调整、插入、删除、重新定义等)。

(3) 数据库的单一性

SolidWorks 可以随时由三维实体模型生成二维工程图,并可以自动标示工程图的尺寸数据。设计者在三维实体模型中作任何数据的修正,其相关的二维工程图以及组合、制造等相关设计参数均会随之改变,这样既确保了数据的准确性和一致性,又避免了由于反复修正而耗费大量时间,有效地解决了人为改图产生的疏漏,减少了错误的发生。这种采用单一数据库、提供所谓双关联性的功能,也正符合了现代产业中同步工程的指导思想。

1.1.3 功能模块简介

在 SolidWorks 软件里有零件建模、装配体、工程图等基本模块,因为 SolidWorks 软件是一套基于特征的、参数化的三维设计软件,符合工程设计思维,并可以与 CAMWorks 及 DesignWork 等模块构成一套设计与制造相结合的 CAD/CAM/CAE 系统,使用它可以提高设计精度和设计效率;可以用插件的形式加进其他专业模块(如工业设计、模具设计、管路设计等)。

其特征是指可以用参数驱动的实体模型,是一个实体或者零件的具体构成之一,对应形状,具有工程上的意义;因此这里的基于特征就是指零件模型是由各种特征生成的,零件的设计其实就是各种特征的叠加。参数化是指对零件上各种特征分别进行各种约束,各个特征的形状和尺寸大小用变量参数来表示,其变量可以是常数,也可以是代数式;若一个特征的变量参数发生变化,则这个零件的这一个特征的几何形状或者尺寸大小将发生变化,与这个参数有关的内容都自动改变,用户不需要自己修改。这里介绍零件建模、装配体、工程图等基本模块的特点。

(1) 零件建模

SolidWorks 提供了基于特征的、参数化的实体建模功能,可以通过特征工具进行拉伸、旋转、抽壳、阵列、拉伸切除、扫描、扫描切除、放样等操作完成零件的建模。建模后的零件,可以生成零件的工程图,还可以插入装配体中形成装配关系,并且生成数控代码,直接进行零件加工。

(2) 装配体

在 SolidWorks 中自上而下生成新零件时,要参考其他零件并保持这种参数关系,在装配环境里,可以方便地设计和修改零部件。在自下而上的设计中,可利用已有的三维零件模型,将两个或者多个零件按照一定的约束关系进行组装,形成产品的虚拟装配,还可以进行运动分析、干涉检查等,因此可以形成产品的真实效果图。

(3) 工程图

利用零件及其装配实体模型，可以自动生成零件及装配的工程图，需要指定模型的投影方向或者剖切位置等，就可以得到需要的图形，且工程图是全相关的，当修改图纸的尺寸时，零件模型，各个视图及装配体都自动更新。

1.2 SolidWorks 软件基本操作

要使用一个软件，首先要了解该软件在操作系统中如何启动和退出，一般软件的启动和退出方法和微软其他软件的启动和退出类似。

1.2.1 SolidWorks 的启动

在安装完 SolidWorks 2016 后，需要启动程序。启动 SolidWorks 2016 有以下 4 种方式：

① 安装完 SolidWorks 2016 后，系统会在 Windows 的桌面上生成快捷方式，双击快捷方式图标便可启动 SolidWorks。

② 单击“开始”→ SOLIDWORKS 2016 x64 Edition。

③ 双击 SolidWorks 文件启动。双击带有如“.sldprt”“.sldasm”“.slddrw”后缀格式的文件也可以启动 SolidWorks 2016 应用程序。

启动 SolidWorks 2016 后，会出现启动画面，如图 1-1 所示。

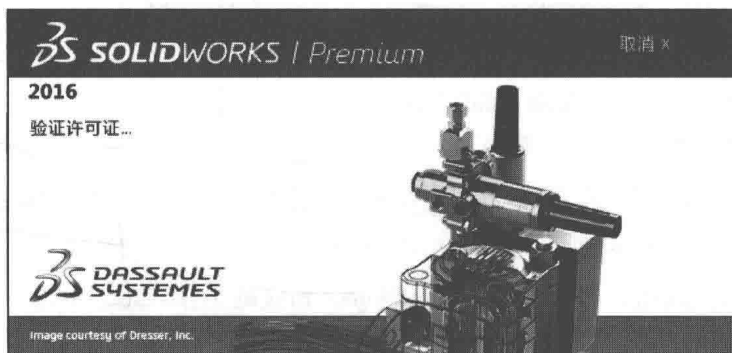


图 1-1 启动画面

启动后的 SolidWorks 2016 界面如图 1-2 所示，图中显示了 SolidWorks 用户界面的主要组成部分，包括“菜单栏”“标准工具栏”“任务窗格”“版本栏”等。界面右侧中包含了“设计库”弹出面



图 1-2 SolidWorks 2016 界面

板,用户在空白处单击可隐藏面板。

1.2.2 SolidWorks 的退出

用户退出 SolidWorks 2016 有以下 4 种方式:

①单击 SolidWorks 2016 界面右上角的 × 按钮,退出 SolidWorks 应用程序。

②单击【文件】菜单→【退出】命令,退出 SolidWorks 应用程序。

③用键盘退出,按 Alt + F4 组合键,退出 SolidWorks 应用程序。

④在菜单栏左侧的  上单击鼠标右键,在弹出的快捷菜单中选择“关闭”命令,退出 SolidWorks 应用程序。

如果有尚未保存的文件,则弹出 SOLIDWORKS 对话框,如图 1-3 所示,提示保存文件。单击“全部保存(S)”按钮,将保存所有修改的文档;单击“不保存(N)”按钮,将丢失对未保存文档所作的所有修改。

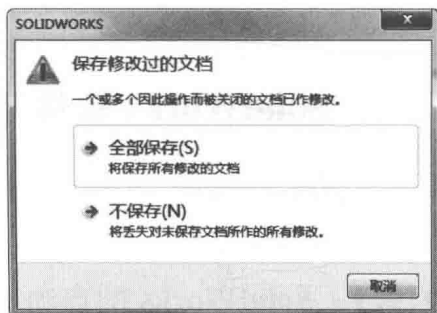


图 1-3 “SolidWorks”对话框

1.2.3 新建文件


新建一个 SolidWorks 文件,有以下 3 种方式:



①单击【文件】菜单→【新建】命令,新建 SolidWorks 文件。

②单击【标准工具栏】中的按钮,新建 SolidWorks 文件。

③按组合快捷键 Ctrl + N,新建 SolidWorks 文件。

新建一个 SolidWorks 文件,步骤如下:

①单击【标准工具栏】中的【新建】按钮  ,新建 SolidWorks 文件。系统会弹出【新建 SolidWorks 文件】对话框,如图 1-4 所示,用户可以根据需要选择文件类型。

②单击  按钮,即可进入到 SolidWorks 相应的工作环境。如选择文件模板后,再单击  按钮就可以进入到新零件的工作界面,如图 1-5 所示。

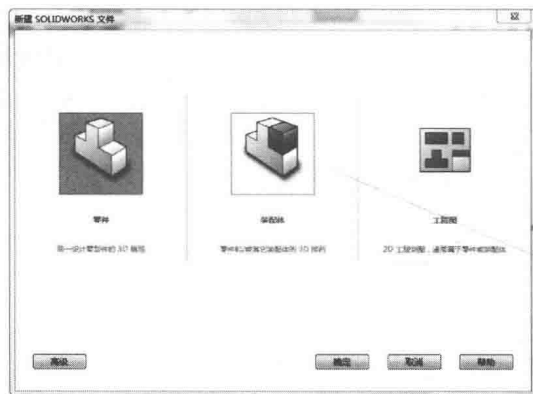


图 1-4 “新建 SolidWorks 文件”对话框

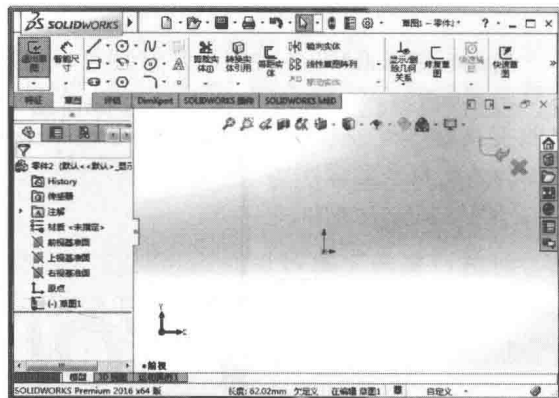


图 1-5 新零件的工作界面

1.2.4 打开文件


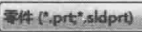
打开现存文件,有以下 3 种方法:

①单击【文件】菜单→ 打开(O)... (打开)命令, 打开文件。

②单击【标准工具栏】中的 (打开)按钮, 打开文件。

③按组合快捷键 Ctrl + O, 打开文件。

打开 SolidWorks 文件, 步骤如下:

①单击【标准工具栏】中的 (打开)按钮, 系统弹出【打开】对话框。在查找范围选择文件所在的文件夹, 在文件类型中选择  (零件), 在列表中选择“零件 11”文件, 如图 1-6 所示。


②单击 保存(S) (打开)按钮, 界面显示“基座”文件, 如图 1-7 所示。



图 1-6 “打开”对话框

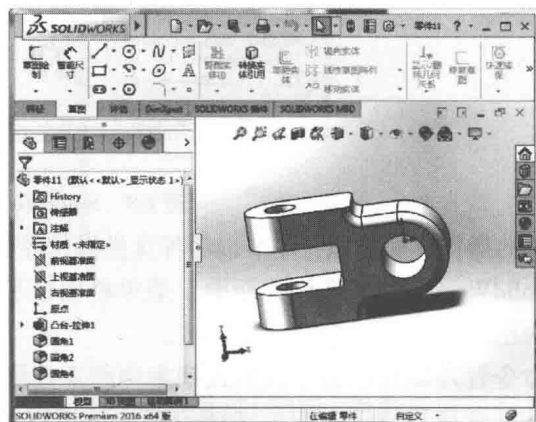



图 1-7 界面显示“零件 11”文件

1.2.5 保存文件

保存创建的 SolidWorks 文件, 有以下 3 种方法:

①单击【文件】菜单→ 保存(S) 保存命令, 保存文件。

②单击【标准工具栏】中的保存按钮, 保存文件。

③按组合快捷键 Ctrl + S, 保存文件。

保存一个 SolidWorks 文件, 步骤如下:

①单击【标准工具栏】中的保存按钮。

在弹出的对话框中输入要保存的文件名“零件 20”, 并设置文件保存的路径, 如图 1-8 所示。

②单击保存按钮 保存(S), 便可以将当前文件保存。



图 1-8 文件保存的路径

1.3 SolidWorks 2016 操作界面

SolidWorks 2016 的操作界面是用户对创建文件进行操作的基础。图 1-9 所示为一个零件文件的操作界面, 包括菜单栏、工具栏、特征管理区、绘图区及状态栏等。装配体文件和工程同文件与零



图 1-9 SolidWorks 2016 操作界面

件文件的操作界面类似，本节以零件文件操作界面为例，介绍 SolidWorks 2016 的操作界面。

SolidWorks 2016 操作界面中，菜单栏包括了所有的操作命令，工具栏一般显示常用的按钮，可以根据用户需要进行相应的设置。

命令管理器可以将工具栏按钮集中起来使用，从而为回执窗口节省空间。

特征管理器设计树记录文件的创建环境以及每一步骤的操作，对于不同类型的文件，其特征管理区有所差别。

绘图窗口是用户绘图的区域，文件的所有草图及特征生成都在该区域中完成，特征管理器设计树和绘图窗口为动态链接，可在任一窗格中选择特征、草图、工程视图和构造几何体。

状态栏显示编辑文件目前的操作状态。特征管理器中的注解、材质和基准面是系统默认的，可根据实际情况对其进行修改。

1.3.1 菜单栏

菜单栏中几乎可以使用所有 SolidWorks 的指令。菜单栏主要包括文件、编辑、视图、插入、工具、窗口、帮助菜单，如图 1-10 所示。

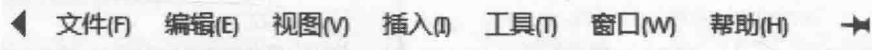


图 1-10 菜单栏

注意：①SolidWorks 的菜单栏默认被隐藏，只要把鼠标放在 SolidWorks 图标右侧的按钮上，就可以自动显示菜单栏。单击菜单栏右侧的按钮，其形状变为像一颗图钉被按下一样，就可以一直显示菜单栏了。

②单击【工具】菜单→【插件】命令，弹出【插件】对话框，如图 1-11 所示。用户可以选中常用的插件复选框，将其添加到菜单栏中。

(1)【文件】菜单

单击 **文件(F)** (文件) 按钮，弹出如图 1-12 所示的下拉菜单。通过【文件】菜单可以对 SolidWorks 文件进行新建、打开、关闭、保存、打印退出等操作。在其他的菜单栏中也可以通过(自定义菜单)命令，对菜单栏中的命令进行添加和删除。

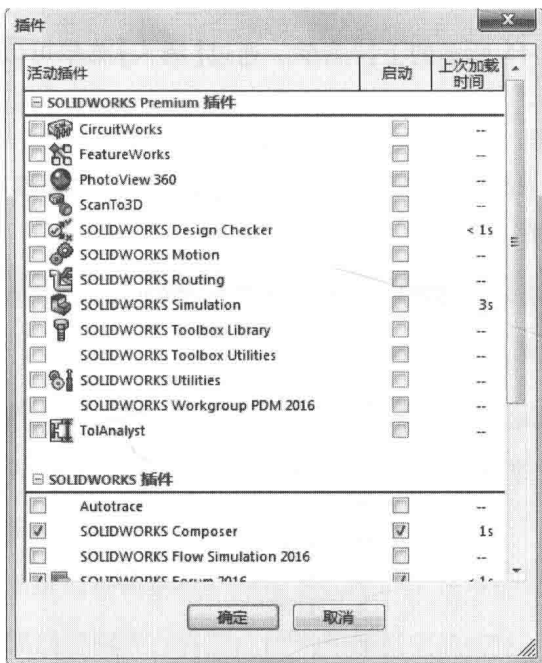


图 1-11 【插件】对话框



图 1-12 【文件】菜单

(2) 【编辑】菜单

单击 **编辑(E)** (编辑)按钮,弹出如图 1-13 所示的下拉菜单。通过【编辑】菜单可以进行撤销、剪切、复制、粘贴、重建模型、退回、压缩、外观编辑等操作。

(3) 【视图】菜单

单击 **视图(V)** (视图)按钮,弹出如图 1-14 所示的下拉菜单。通过【视图】菜单可以进行显示或隐藏参考基准、草图、草图几何关系,显示和隐藏 FeatureManager 树区域等操作。

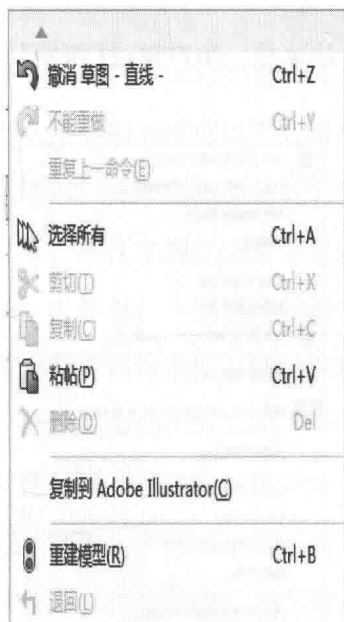


图 1-13 【编辑】菜单

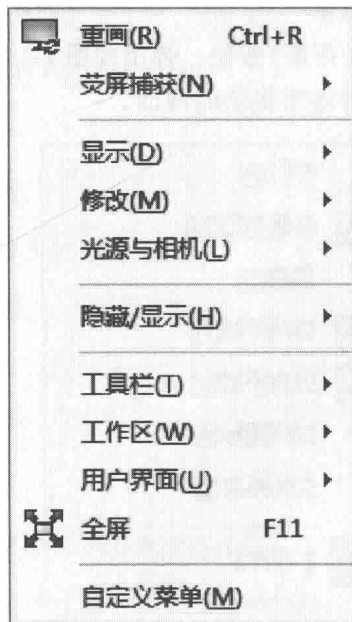


图 1-14 【视图】菜单

(4)【插入】菜单

单击 **插入(I)** (插入) 按钮, 弹出如图 1-15 所示的下拉菜单。通过【插入】菜单可以进行各种特征命令操作。

(5)【工具】菜单

单击 **工具(T)** (工具) 按钮, 弹出如图 1-16 所示的下拉菜单。通过【工具】菜单可以使用草图命令、分析命令、插入命令和选项设置等操作。



图 1-15 【插入】菜单



图 1-16 【工具】菜单

(6)【窗口】菜单

单击 **窗口(W)** (窗口) 按钮, 弹出如图 1-17 所示的下拉菜单, 通过【窗口】菜单可以对打开文件进行排列操作。

(7)【帮助】菜单

单击 **帮助(H)** (帮助) 按钮, 弹出如图 1-18 所示的下拉菜单, 用户通过【帮助】菜单中的命令可了解 SolidWorks 并查看提供的帮助。

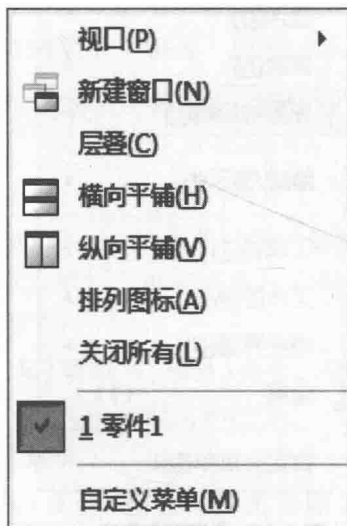


图 1-17 【窗口】菜单

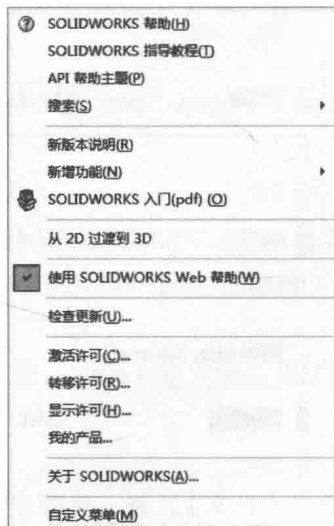


图 1-18 【帮助】菜单










1.3.2 工具栏

(1) 标准工具栏

标准工具栏如图 1-19 所示，这是一个简化后的工具栏。把鼠标放在工具按钮上面，就出现说明。其他工具和 Windows 的使用方法是一样的，这里就不再说明，读者可以在操作的过程中熟悉。















图 1-19 标准工具栏


-  从零件/装配体制作工程图：生成当前零件或装配体的新工程图。
-  从零件/装配体制作装配体：生成当前零件或装配体的新装配体。
-  重建模型：重建零件、装配体或工程图。
-  打开系统选项对话框：更改 SolidWorks 选项的设定。
-  打开颜色的属性：将颜色应用到模型中的实体。
-  打开材质编辑器：将材料及其物理属性应用到零件。
-  打开纹理的属性：将纹理应用到模型中的实体。
-  切换选择过滤器工具栏：切换到过滤器工具栏的显示。
-  选择按钮：用来选择草图实体、边线、顶点、零部件等。


如图 1-20 所示的是视图工具栏。





图 1-20 视图工具栏

-  确定视图的方向：显示对话框来选择标准或用户定义的视图。
-  整屏显示全图：缩放模型以符合窗口的大小。
-  局部放大图形：将选定的部分放大到屏幕区域。
-  放大或缩小：按住鼠标左键上下移动鼠标来放大或缩小视图。
-  旋转视图：按住鼠标左键拖动鼠标来旋转视图。
-  平移视图：按住鼠标左键，拖动图形的位置。
-  线架图：显示模型的所有边线。
-  带边线上色：以其边线显示模型的上色视图。
-  剖面视图：使用一个或多个横断面基准面生成零件或装配体的剖切。
-  斑马条纹：显示斑马条纹，可以看到以标准显示很难看到的面中更改。
-  观阅基准面：控制基准面显示的状态。
-  观阅基准轴：控制基准轴显示的状态。

 审阅原点：控制原点显示的状态。

 审阅坐标系：控制坐标系显示的状态。

 审阅草图：控制草图显示的状态。

 审阅草图几何关系：控制草图几何关系显示的状态。

(2) 草图绘制工具栏

草图绘制工具栏几乎包含了与草图绘制有关的大部分功能，里面的工具按钮很多，在这里只是介绍一部分比较常用的功能(图 1-21)。

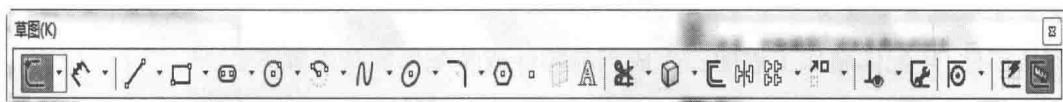






图 1-21 草图绘制工具栏


 草图绘制：绘制新草图，或者编辑现有草图。


 智能尺寸：为一个或多个实体生成尺寸。


 直线：绘制直线。


 矩形：绘制一个矩形。

 多边形：生成带有一定边数(一般是 3~40 个边)的等边多边形。

 圆：绘制圆，选择圆心，然后拖动来设定其半径。


 圆心/起点/终点画弧：绘制中心点圆弧，设定中心点，拖动鼠标来放置圆弧的起点，然后设定其程度和方向。

 样条曲线：绘制样条曲线，单击来添加形成曲线的样条曲线点。


 椭圆：绘制一完整椭圆，选择椭圆中心，然后拖动来设定长轴和短轴。


 点：绘制点。

 中心线：绘制中心线。使用中心线生成对称草图实体、旋转特征或作为改造几何线。


 文字：绘制文字。可在面、边线及草图实体上绘制文字。


 绘制圆角：在两个草图实体的交叉处剪裁掉角部，从而生成一个切线弧。


 绘制倒角：在两个草图实体交叉点添加倒角。


 等距实体：通过指定距离等距面、边线、曲线或草图实体来添加草图实体。


 转换实体引用：将模型上所选的边线或草图实体转换为草图实体。

 裁剪实体：裁剪或延伸草图实体以使之与另一实体重合或删除草图实体。

 移动实体：移动草图实体和注解。

 旋转实体：旋转草图实体和注解。

 复制实体：复制草图实体和注解。

 镜像实体：沿中心线镜像所选的实体。