

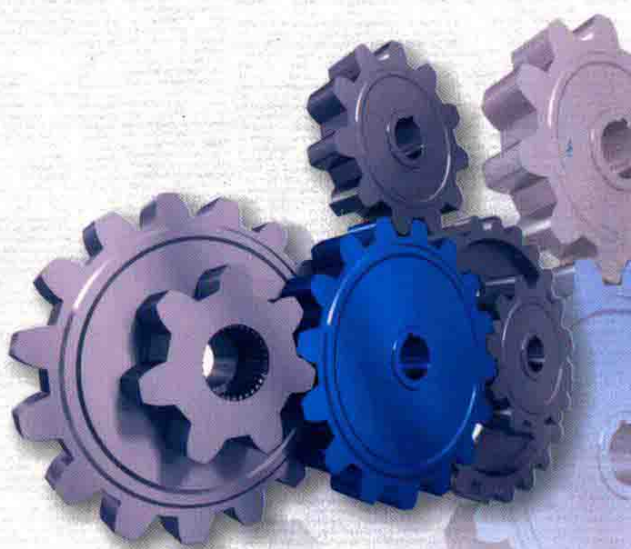


工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材



SolidWorks设计 与仿真一体化教程

主编 吴 芬



SOLIDWORKS

SHIJI YU FANGZHEN

YITIHUA JIAOCHENG



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

SolidWorks设计 与仿真一体化教程

主 编 吴 芬

副主编 张一心



王爱斌 朱修传 谢亚青



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内容简介

本书以美国达索公司旗下 SolidWorks 软件为载体,以工业机器人机械本体设计为主线,共设计了六个项目和多个教学任务。本书综合了 SolidWorks 2016 软件与工业机器人机械部件设计的相关知识,采用图解的写作风格,主要介绍 SolidWorks 2016 软件的常用功能,包括草图绘制、零件建模、装配体设计、工程图、结构分析及运动分析、零部件仿真等。在安排上,强调 SolidWorks 2016 软件知识与工业机器人零部件实例相结合,由浅入深、循序渐进地讲解了从基础零件建模到复杂部件装配、零件与装配体生成工程图、零部件的仿真等,实例紧密联系机电工程实践,具有较强的专业性和实用性。本书将使读者对机械基础、工业机器人专业知识和 SolidWorks 2016 软件操作技能有一个全新的认识与提高。

本书适合入门级读者学习使用,也适合有一定基础的读者参考使用,还可用作职业培训、职业教育的教材。

为了方便教学,本书配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

SolidWorks 设计与仿真一体化教程/吴芬主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.6

国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-1681-0

I. ①S… II. ①吴… III. ①机械设计-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 073695 号

SolidWorks 设计与仿真一体化教程

SolidWorks Sheji yu Fangzhen Yitihua Jiaocheng

吴 芬 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:史永霞

封面设计:原色设计

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.75

字 数:412 千字

版 次:2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:35.00 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

三维建模已逐渐取代二维绘图,成为机械设计师的主要设计工具。企业对掌握三维建模技巧的人才的需求越来越大,对具有 SolidWorks 认证证书并能为企业带来经济效益的设计人员求贤若渴。

SolidWorks 软件是当前在设计制造领域流行的一款三维设计软件,其应用涉及汽车制造、机器人、数控机床、通用机械、航空航天、生物医药及高性能医疗器械、电气工程等众多领域。

本书以美国达索公司旗下 SolidWorks 软件为载体,以工业机器人机械本体设计为主线,共设计了六个项目和多个教学任务。本书综合了 SolidWorks 2016 软件与工业机器人机械部件设计的相关知识,采用图解的写作风格,主要介绍 SolidWorks 2016 软件的常用功能,包括草图绘制、零件建模、装配体设计、工程图、结构分析及运动分析、零部件仿真等。在安排上,强调 SolidWorks 2016 软件知识与工业机器人零部件实例相结合,由浅入深、循序渐进地讲解了从基础零件建模到复杂部件装配、零件与装配体生成工程图、零部件的仿真等,实例紧密联系机电工程实践,具有较强的专业性和实用性。本书将使读者对机械基础、工业机器人专业知识和 SolidWorks 2016 软件操作技能有一个全新的认识与提高。

本书由南京机电职业技术学院自动化工程系教师吴芬任主编,由南京东锐羽软件科技有限公司技术部经理张一心、安徽机电职业技术学院王爱国、安徽国防科技职业学院朱修传、江苏食品药品职业技术学院谢亚青任副主编,由吴芬负责全书统稿。其中,吴芬编写项目 1 中任务 2,项目 2 中任务 3,项目 4 中任务 2、任务 3,张一心编写项目 1 中任务 1、任务 3,项目 3 中任务 1、任务 2,王爱国编写项目 4 中任务 1 及项目 5,王晓峰编写项目 2 中任务 2,朱修传编写项目 3 中任务 3、任务 4、任务 5,徐念玲编写项目 2 中任务 4、任务 5,朱红娟编写项目 2 中任务 1,谢亚青编写项目 6。

本书适合入门级读者学习使用,也适合有一定基础的读者参考使用,还可用作职业培训、职业教育的教材。

为了方便教学,本书配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

由于时间仓促,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请读者和专家批评指正。

编 者

2016 年 11 月

目录

项目 1 SolidWorks 零件设计	1
任务 1 SolidWorks 2016 简介	1
任务 2 SolidWorks 典型零件建模	11
任务 3 技能训练	45
项目 2 工业机器人本体设计	57
任务 1 工业机器人底座设计	57
任务 2 工业机器人大臂设计	69
任务 3 工业机器人小臂设计	91
任务 4 工业机器人手腕设计	110
任务 5 工业机器人法兰设计	124
项目 3 SolidWorks 装配体设计	132
任务 1 简单装配体	132
任务 2 机械手(爪)装配体	137
任务 3 工业机器人底座装配体	144
任务 4 工业机器人小臂装配体	165
任务 5 工业机器人手腕装配体	174
项目 4 SolidWorks 工程图设计	188
任务 1 工程图基础	188
任务 2 三通管工程图	197
任务 3 小臂装配体工程图	205
项目 5 SolidWorks 仿真	217
任务 1 小臂零件图仿真	217
任务 2 小臂装配体仿真	227
项目 6 CSWA 考试简介	238
任务 1 关于 CSWA 考试	238
任务 2 CSWA 样题	242
参考文献	248

SolidWorks 零件设计

设计是把设想变为现实的创造性活动的第一步,也是生产的第一步,它为制造提供依据。

数字化设计(digital design)是以实现新产品设计为目标,以计算机软硬件技术为基础,以数字化信息为辅助,支持产品建模、分析、修改、优化及生成设计文档的相关技术的有机集合。数字化设计支持产品开发全过程、产品创新设计、产品相关数据管理、产品开发流程的控制与优化等。在这个过程中,产品建模是基础,优化设计是主体,数据管理是核心。

与传统的产品开发相比,数字化设计建立在计算机技术的基础上。它充分利用计算机的优点,即强大的信息存储能力、逻辑推理能力、重复工作能力、快速准确的计算能力、高效的信息处理功能等,极大地提高了产品开发的效率和质量。美国波音 777 飞机是采用数字化设计与制造的典范,其研发周期缩短 40%,返工量减少 50%。数字化设计与数字化制造、数字化仿真共同构成了现代制造业的先进数字化研发平台。

SolidWorks 是第一款基于 Windows 平台开发的三维 CAD 软件,易于使用的强大三维 CAD 设计功能为 SolidWorks 提供了快速创建、验证、交流和管理产品开发过程的功能,使用户能将产品更快地投放市场,降低制造成本,并提高各个行业和应用领域的产品质量和可靠性。

在目前市场上常用的三维 CAD 软件中,SolidWorks 是设计过程比较简单且方便的软件之一。使用 SolidWorks,不仅产品设计的整个过程可以编辑,而且零件设计、装配体设计和工程图之间是全相关的。使用它,设计师可以大大缩短设计时间,减少设计过程中的错误,产品可以更快、高效地投向市场。在北美和欧洲,近 40% 的三维机械设计师选择 SolidWorks 作为设计工具。近年来,中国也在快速普及 SolidWorks 软件。

有资料显示,目前全球发放的 SolidWorks 软件使用许可约 28 万,涉及航空航天、机车、食品、机械、国防、交通、模具、电子通信、医疗器械、娱乐工业、日用品/消费品、离散制造等分布于全球 100 多个国家的约 3.1 万家企业。在教育市场上,每年有来自全球约 4300 所教育机构的近 145 000 名学生通过 SolidWorks 的培训课程。

◀ 任务 1 SolidWorks 2016 简介 ▶

【学习要点】

- ◆ SolidWorks 用户界面
- ◆ SolidWorks 文件类型
- ◆ 草图的三种状态
- ◆ 启动、退出 SolidWorks
- ◆ 打开、修改 SolidWorks 模型
- ◆ 保存文件和文件另存为的区别

- ◆ 窗口设置与调整
- ◆ CommandManager 命令管理器

SolidWorks 是一个基于特征、参数化、实体建模的设计工具,该软件采用 Windows 图形界面,易于学习和使用。设计师使用 SolidWorks 能快速地按照其设计思想绘制草图,创建全相关的三维实体模型,制作详细的工程图。

一、SolidWorks 基本概念

1. 原点

原点显示为两个蓝色箭头,代表模型的(0,0,0)坐标,如图 1-1 所示。当进入草图状态时,草图原点显示为红色,代表草图的(0,0,0)坐标。设计人员可以为模型原点添加尺寸和集合关系,但是草图原点不能更改。

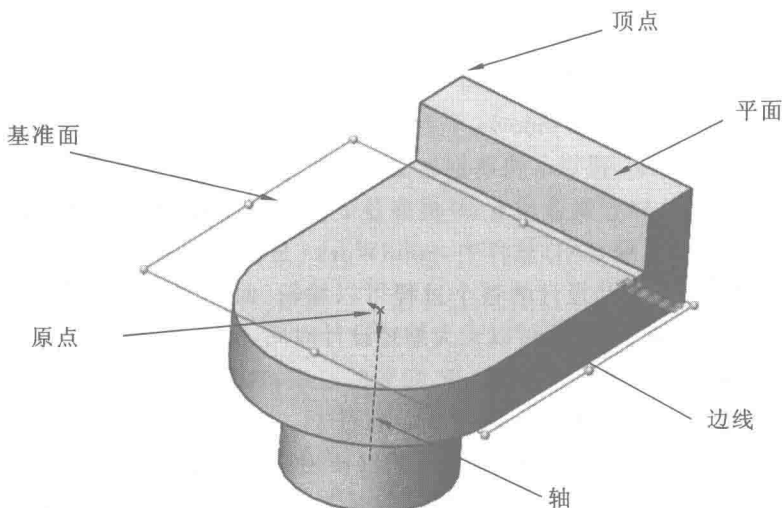


图 1-1

2. 基准面

基准面就是平的构造几何体。用户可以使用基准面来添加 2D 草图、三维模型的剖面视图和拔模特征的中性面等。

3. 轴

轴用于生成模型、特征或阵列的直线。用户可以使用多种方法来生成轴,比如使用两个交叉的基准面生成轴。另外, SolidWorks 软件默认在圆柱体或圆柱孔和圆锥面的中心生成临时轴。

4. 平面

平面能帮助定义模型的形状或曲面形状的边界。例如,长方体有 6 个面,球体只有 1 个面,面是模型或曲面上可以选择的区域。

5. 边线

边线是两个或更多个面相交并且连接在一起的位置。在绘制草图和标注尺寸时经常使用边线来约束模型。

6. 顶点

顶点是两条或更多条边线相交时的点。

二、SolidWorks 常用术语

1. 草图

草图是指在 SolidWorks 中使用直线、圆弧、样条等绘制命令绘制的,具有一定的形状和尺寸精确性,具有特殊意义的几何图形。草图多是二维的,也有三维草图。本书中的草图都是二维草图。绘制草图是三维造型的基础,绘制草图是创建零件的第一步。在 SolidWorks 软件中,草图有三种状态,分别是欠定义、完全定义和过定义,如图 1-2 所示。

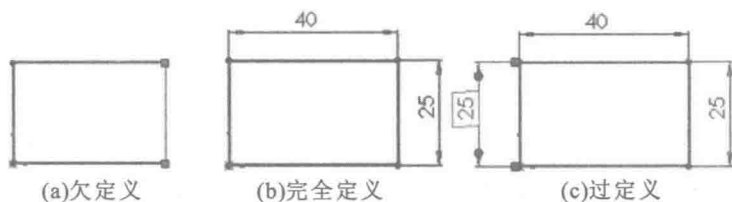


图 1-2

(1) 欠定义:表示草图约束不完全,如图 1-2(a)中的草图,矩形中有 2 条线是蓝色,其余两条线为黑色,但是黑色线的端点为蓝色。虽然没有标注任何尺寸,但是黑色线段的方向已经定义为垂直和水平,所以线段显示为黑色,由于无尺寸定义线长,所以线的端点为蓝色。

(2) 完全定义:表示草图已经正确约束,已经定义合适的几何关系和尺寸。

(3) 过定义:表示草图中有过度约束(封闭尺寸链)。由于 SolidWorks 使用参数化来约束模型和草图,过定义会导致草图计算错误,所以草图会显示为红色。

在 SolidWorks 建模过程中,要求草图是完全定义的,如图 1-3 所示。

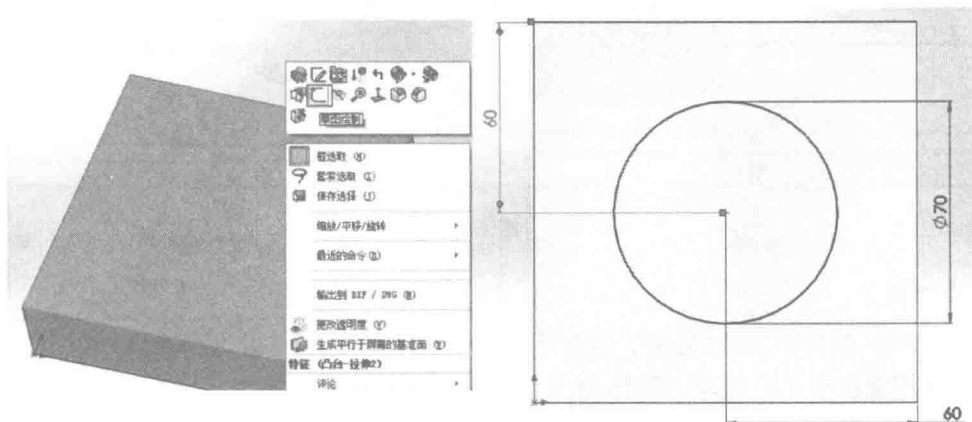


图 1-3

图 1-3 的草图中将所有尺寸标注完毕后,草图由蓝色变为黑色,此时在窗口右下方有图 1-4 所示的提示。

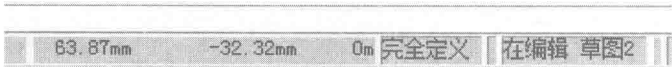


图 1-4

提示栏中标识的“完全定义”代表草图已经完全约束。

2. 特征

特征是由一组彼此相关的、可以统一描述几何元素和拓扑关系的信息所组成的集合。在 SolidWorks 软件中,特征分为草图特征和应用特征。

草图特征:基于二维草图的特征,通常该草图可以通过拉伸、旋转等命令转换为实体模型。

应用特征:如圆角、倒角等直接创建于实体模型上的特征(无须草图)。

SolidWorks 软件中,通过 FeatureManager 设计树来反映模型的特征结构。FeatureManager 设计树可以反映特征被建立的前后顺序,还可以反映特征的前后父子关系,如图 1-5 所示。

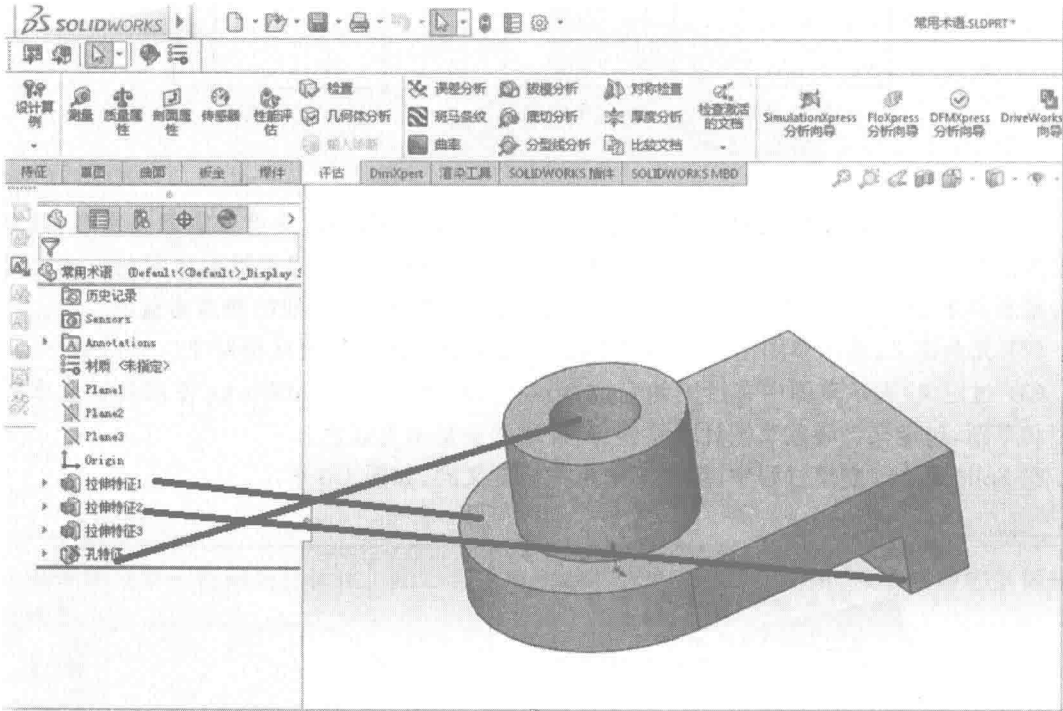


图 1-5

3. 参数化

SolidWorks 软件中,参数化用于创建特征的尺寸和几何关系,并保存在设计模型中。设计人员可以使用参数化来实现设计意图,通过参数化也能快速修改模型。

驱动尺寸:包括绘制几何体相关的尺寸和特征尺寸,如绘制一个正方体,正方体的截面大小由草图中的驱动尺寸来控制,正方体的高度由特征尺寸来控制。

几何关系:在草图几何体如直线、圆、点之间存在的相切、同心、中点等关系。几何关系是设计人员实现设计意图的重要手段。

4. 实体建模

实体模型是CAD系统中比较常见的几何模型类型。实体模型包含了完整的模型边线和表面信息,以及几何体关联在一起的拓扑关系。

设计人员进行建模之前需要对设计意图进行规划,模型在建模过程中的设计意图决定了模型在尺寸发生变化时将如何被修改。影响实现设计意图的因素如下。

(1) 几何关系和添加的约束关系:在草图中可以加入的基本几何关系,如水平、竖直、平行、垂直等,添加的约束关系包括共线、相切、同心等。

(2) 方程式:尺寸间的代数关系。

(3) 尺寸:不同的尺寸链不仅表达了尺寸如何标注,也反映了随着尺寸的变动,草图或模型该如何变化。

例如,设计人员要实现圆孔在平板中央,有两个方法可以实现。

方法一:使用尺寸标注,设定圆心离边线距离为100 mm、50 mm,由于平板长度为200 mm、宽度为100 mm,则圆孔落在平板中心,如图1-6所示。

方法二:设定约束关系,设定圆心在平板中心线的中点,如图1-7所示。

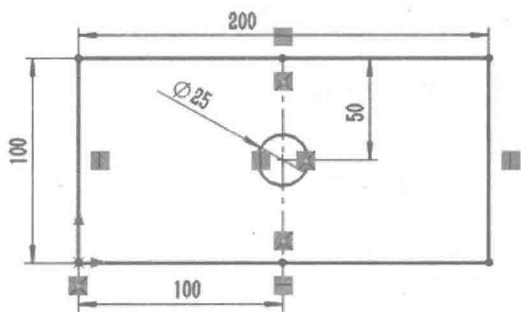


图 1-6

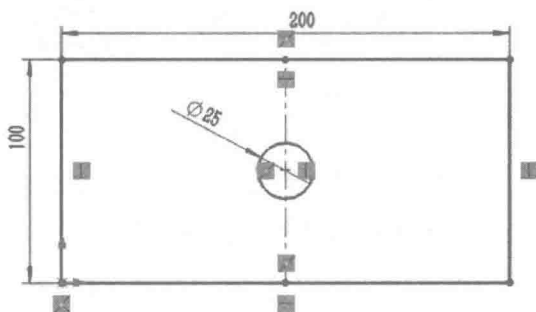


图 1-7

虽然两个方法都可以实现圆孔在平板中央,但是如果平板的长度发生了变化,假设平板由200 mm变为250 mm,由方法一中的标注可知,圆孔将不能保证落在平板中央,如图1-8所示。

如果采用方法二,使用约束关系将圆孔的圆心设定在中心线的中点,模型依然保证之前的设计意图,即圆孔落在平板中央,如图1-9所示。

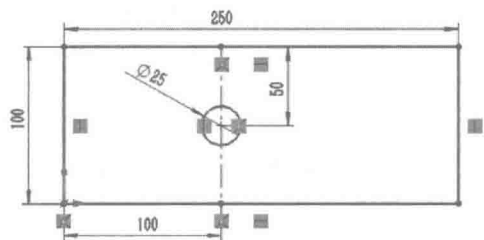


图 1-8

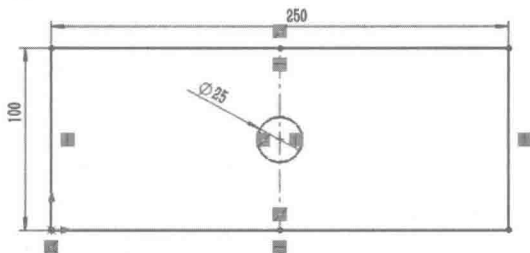


图 1-9

5. 全相关

SolidWorks 的零件模型、装配体模型与对应的图纸是全相关的,当模型发生更改时,对应的工程图、装配体以及装配体对应的工程图会自动更改,在装配体和工程图中发生的更改也会影响到零件。

6. 约束

SolidWorks 草图中可以使用共线、垂直、水平、中点等几何关系来约束草图几何体,对于草图尺寸和特征尺寸,SolidWorks 软件也支持方程式来创建尺寸参数之间的数学关系,例如,设计人员可以通过方程式来实现管道模型中管道截面内径和外径的尺寸的数学关系。

三、SolidWorks 基本操作

1. 启动 SolidWorks

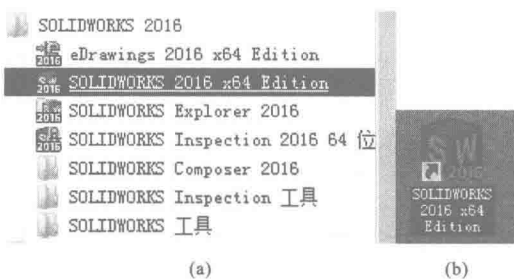


图 1-10

可以单击“开始”按钮,依次单击“所有程序”“SOLIDWORKS 2016”“SOLIDWORKS 2016 x64 Edition”,如图 1-10(a)所示;也可以使用软件安装时默认在桌面上生成的快捷方式(见图 1-10(b))来启动 SolidWorks。

2. 退出 SolidWorks

当需要关闭 SolidWorks 时,可以单击“文件”“退出”按钮,或者单击 SolidWorks 软件右上角的“关闭”按钮退出。

3. SolidWorks 文件类型及创建

在 SolidWorks 环境下,有三种文件:零件、装配体、工程图,如图 1-11 所示。其后缀分别为 .sldprt(零件)、.sldasm(装配体)和 .slddrw(工程图)。



图 1-11

要创建一个三维零件模型,可以单击菜单栏中的“新建”命令(Ctrl+N),弹出“新建 SOLIDWORKS 文件”对话框,如图 1-12 所示。

若选择“零件”图标,单击“确定”按钮,即进入零件图绘制状态。

若选择“装配体”图标,单击“确定”按钮,即进入装配体设计状态。

若选择“工程图”图标,单击“确定”按钮,即进入工程图绘制状态。

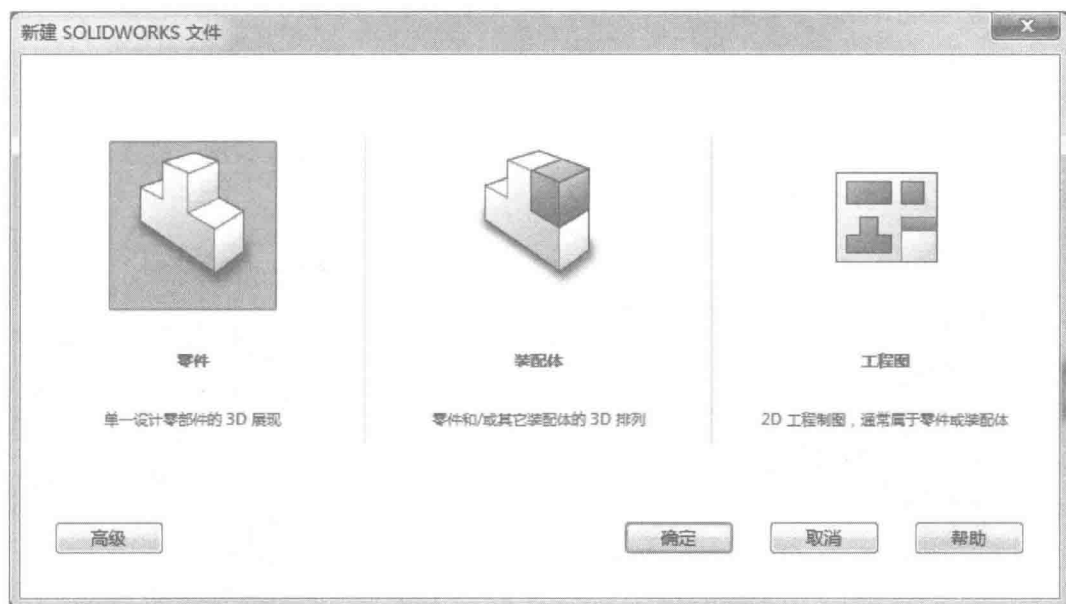


图 1-12

4. 打开 SolidWorks 零件图

可以双击文件夹中的 SolidWorks 零件三通管. sldprt, SolidWorks 会打开三通管. sldprt 文件。如果在打开文件之前没打开 SolidWorks 软件, 系统会自动运行 SolidWorks, 然后再打开所选的三通管. sldprt 文件。

也可以通过单击菜单栏中的“文件”|“打开”命令, 然后浏览至指定文件, 打开该文件; 或者按快捷键 R, 软件会列出最近打开的文档, 单击文件图标下方的“在文件夹中显示”, 则该文件所处的文件夹会自动打开, 如图 1-13 所示。

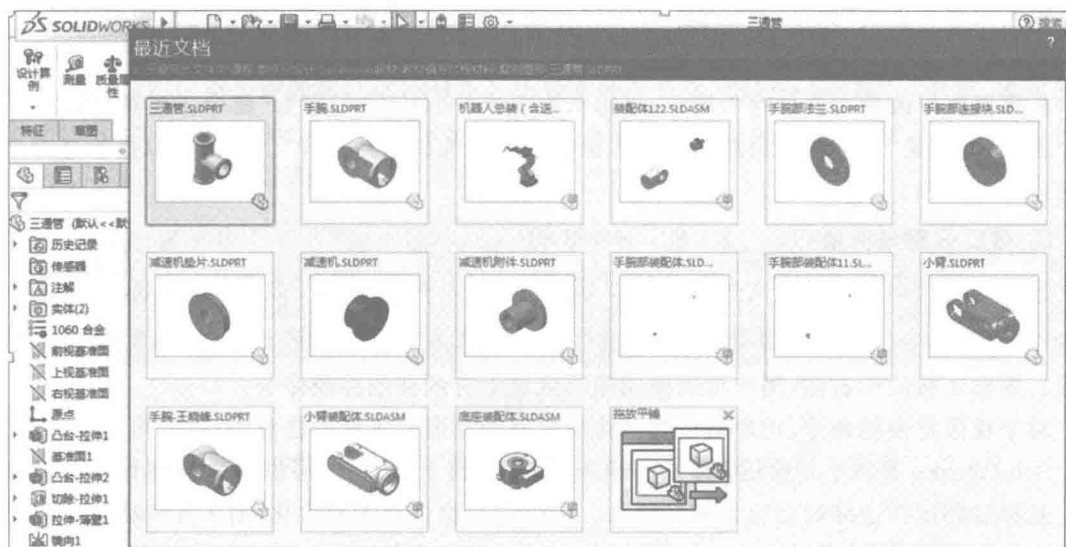


图 1-13

5. 修改 SolidWorks 零件图

双击零件高亮部分的任意平面区域,关于这个平面部分的特征尺寸将会激活,双击尺寸可以对其进行修改。如图 1-14 所示,将三通管高度由 80 mm 改为 100 mm,单击“确定”按钮后,模型将会更新。如果模型无变化,单击菜单栏中的红绿灯按钮,重建模型。应注意软件的提示,按快捷键 Ctrl+B 也能实现上述效果。

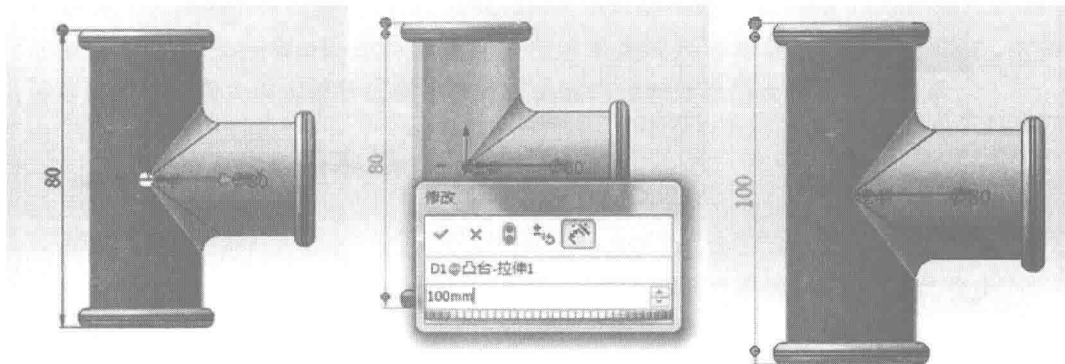


图 1-14

如果找不到命令,可以使用软件右上角的搜索框,如图 1-15 所示。

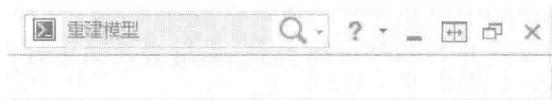


图 1-15

6. 保存 SolidWorks 零件图

单击菜单栏上的“保存”按钮,即可保存刚才做过的操作。建议用户每次更改文件后,都对该文件进行保存。

如果要更改后的文件存为副本,可以依次单击“文件”|“另存为”命令。注意“另存为”有三个选项,分别是“另存为”“另存为副本并继续”“另存为副本并打开”。用户可以比较这三个选项的差异。

6. 窗口设置与调整

打开一个 SolidWorks 文件后,窗口区域会分为两个部分,如图 1-16 所示。设计树 (FeatureManager)  位于窗口左侧,其树形结构反映了零件的建模过程(在装配体中为装配过程);图形区域位于右侧,用户可以使用图形区域上方的视图控制命令。

对于视图定向的命令,用户可以尝试将鼠标移动到图形区域的任意空白处,再按空格键。

SolidWorks 类似于其他运行于 Windows 操作平台上的软件,可以非常方便地调整窗口大小。光标移到窗口边缘时会变为双向箭头。(注意:若窗口处于最大化,箭头无法出现。)当光标变为双向箭头时,按住鼠标左键,同时通过拖动窗口来改变其大小。将窗口拖至理想大小后,放开鼠标按键。

此外,窗口内可能有多个面板,可以调整各个面板的大小。调整时,将光标移至两个面板的

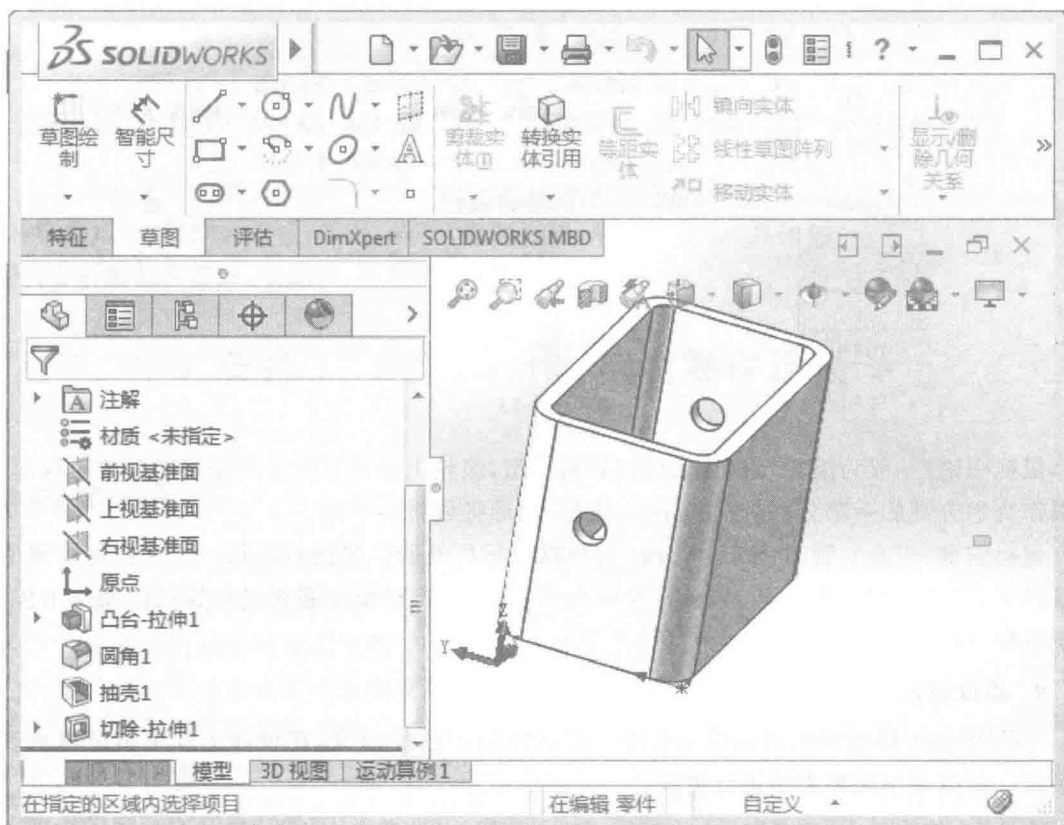


图 1-16

交界处,直到它变为带有一对正交平行线的双向箭头,这时按住鼠标左键,同时通过拖动面板来调整其大小。将面板拖至理想尺寸后,放开鼠标按键。

7. CommandManager 命令管理器

CommandManager 命令管理器可以根据需要自动切换工具栏,如图 1-17 所示。CommandManager 命令管理器已经根据命令的类型进行分类,类似于“抽屉”。例如,当模型进入特征状态时,CommandManager 命令管理器可以自动进入特征的工具栏,特征常用的命令在 CommandManager 命令管理器中都可以找到。

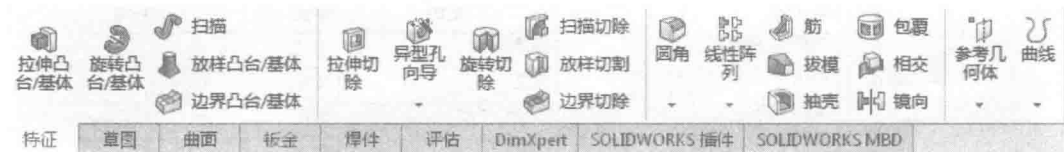


图 1-17

提示:如何添加更多的“抽屉”? 在“特征”抽屉上单击右键,如图 1-18 所示。

8. 鼠标的使用

鼠标左键:主要用于选择,如选择某个菜单命令,选择图形区域的面、实体和 FeatureManager 设计树中的对象。



图 1-18

鼠标中键(一般为滚轮):按住后可以旋转模型,滚轮上滚和下滚分别是缩小和放大视图;也可以作为组合键的一部分,如按住 Ctrl+滚轮,图形区域将会平移。

鼠标右键:单击右键时,SolidWorks 会根据鼠标所处的位置进行反馈。如果在特征树中选择某特征,进行右键单击,SolidWorks 会弹出命令框,用户可根据需要进行特征的操作工作(如编辑特征、编辑特征的草图等)。

9. 单位设定

SolidWorks 模型和图纸的单位系统一般在模板中已经预设,在设计工作中也可以更改单位系统。可以采用两种方法进行更改。

方法一:依次单击“工具”|“选项”,在“文档属性”选项卡中选择“单位”,如图 1-19 所示。

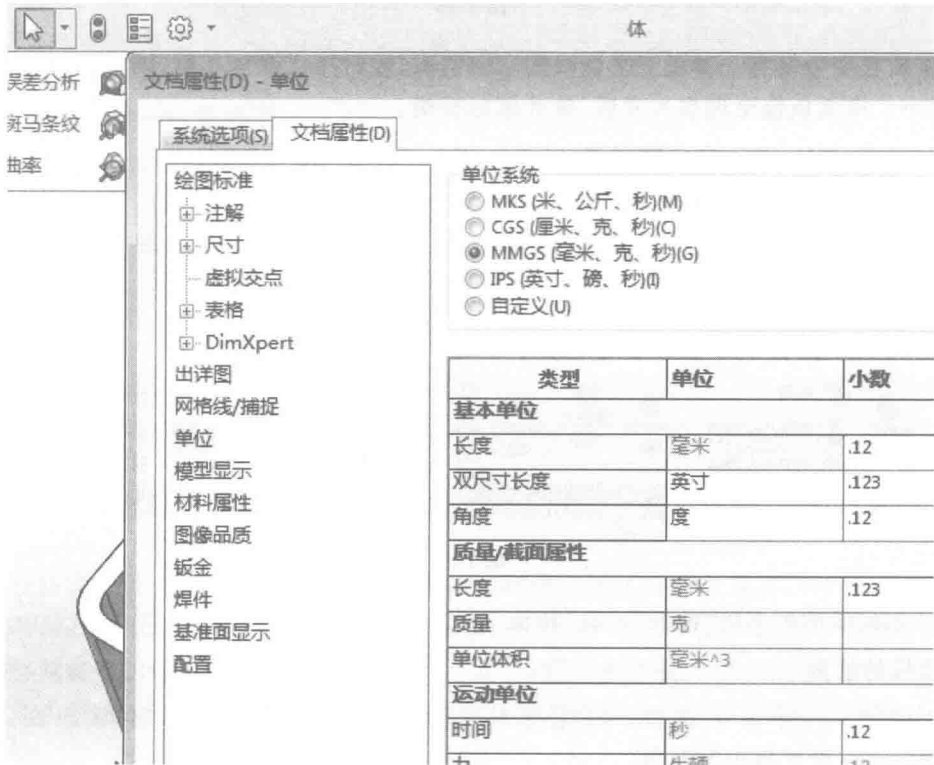


图 1-19

方法二:使用右下角的选项框可以快速调整,如图 1-20 所示。

一般在系统设置中,将单位设置为 MMGS(毫米、克、秒)。

四、任务小结

本任务的主要内容是 SolidWorks 软件的基本功能与操作,包括草图、特征的定义,软件的新建、保存、修改,窗口调整、单位设置等,具体的应用会在后续的零件图、装配体、工程图中实现。

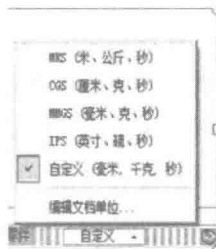


图 1-20

任务2 SolidWorks 典型零件建模

【学习要点】

- ◆ 熟悉 SolidWorks 建模基本功能
- ◆ 熟悉 SolidWorks 建模常用特征
- ◆ 掌握典型机械零件建模过程
- ◆ 动手绘制零件三维模型及修改尺寸
- ◆ 讨论零件不同的建模过程
- ◆ 编辑零件材料
- ◆ 分析零件的质量和重心

一、简单零件建模

1. 箱体 3D 视图

箱体 3D 视图如图 1-21 所示。

2. 箱体建模思路

从零件三维视图可以看出,该零件建模有绘制矩形草图,拉伸凸台,在矩形基体上进行圆角、抽壳、开通孔等环节。推荐的建模步骤如图 1-22 所示。

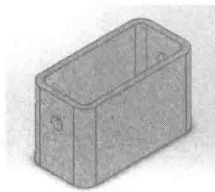


图 1-21

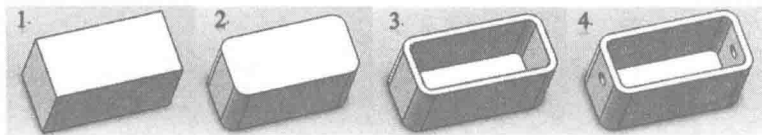


图 1-22

3. 箱体建模过程

(1) 单击“选项”,在“文档属性”选项卡中选择“单位”,在单位系统中选择“MMGS”,单击“确定”按钮。

(2) 单击设计树(FeatureManager)中的前视基准面,选择第一个图标“草图绘制”。单击

命令管理器中的“边角矩形”, 单击草图原点, 开始绘制矩形, 将鼠标向右上方拖动, 生成一个矩形。在绘制草图时, SolidWorks 提示的尺寸为参考尺寸, 用户不必绘制精确尺寸, 待草图绘制完毕后, 再使用智能标注进行修改和完善。

如图 1-23 所示, 单击命令管理器中的, 单击顶部的边线, 在弹出的文本框中输入 100 mm, 按 Enter 键确认。

如图 1-24 所示, 设置该矩形宽为 60 mm。注意: 双击可修改尺寸。

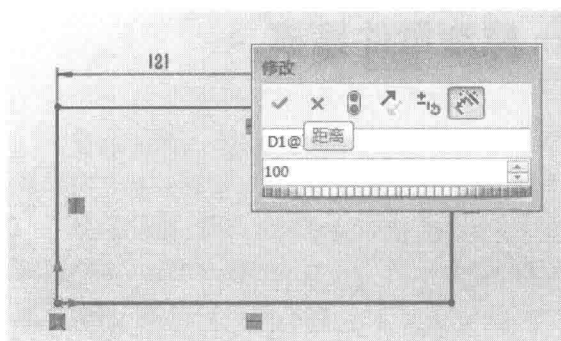


图 1-23

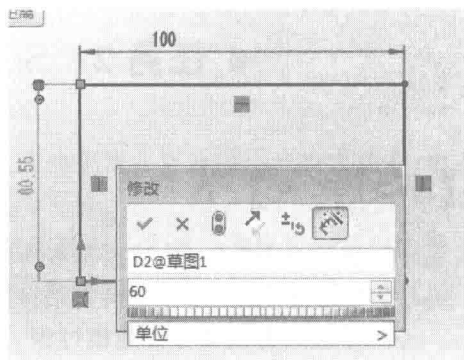


图 1-24

选择命令管理器中的特征栏, 单击“拉伸凸台/基体”, 在特征对话框中设定中止条件为给定深度, 深度为 50.00 mm, 如图 1-25 所示。

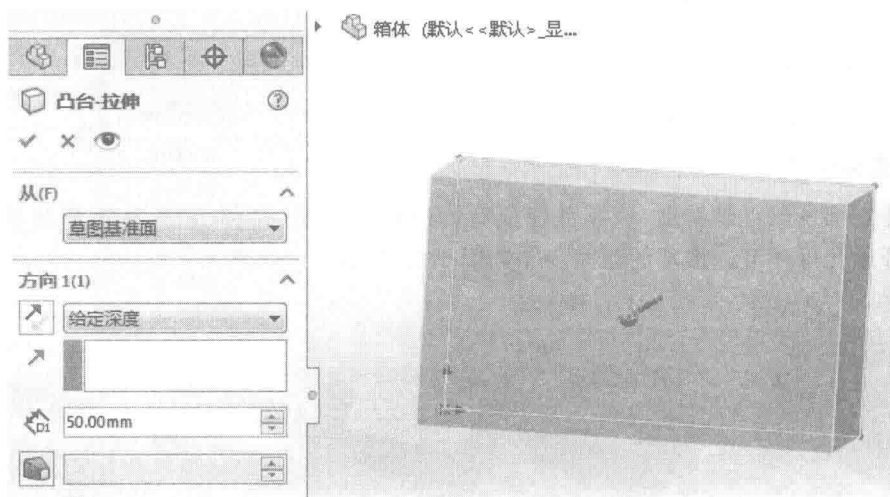


图 1-25

单击确认后, 拉伸凸台生成。

注意: 特征树中出现了个特征, 单击特征前的三角符号, 之前绘制的草图会出现在特征下方。如果需要修改特征或草图, 只需在特征或草图上单击右键, 然后选择“编辑”命令。