



计算机辅助分析 (CAE) 系列
JISUANJIFUZHUFENXI(CAE)XILIE

SolidWorks 2010

有限元、虚拟样机 与流场分析 从入门到精通

全面完整的知识体系
深入浅出的理论阐述
循序渐进的分析讲解
实用典型的实例引导

随书配送 DVD 光盘。包含全十
文件素材，并制作了全部实例的制作过程动
画 AVI 文件和效果图演示。可以帮助读者更
加形象直观、轻松自在地学习本书。



三维书屋工作室

吴高阳 任国全 胡仁喜 等编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



SolidWorks 2010 有限元、虚拟样机 与流场分析从入门到精通

三维书屋工作室

吴高阳 任国全 胡仁喜 等编著



机械工业出版社

本书包含建模设计和高级分析两大部分,以机械工程设计与分析为中心,贯穿从初级建模到高级分析的工程实践全过程。

全书包括草图设计技术、零件造型技术、装配技术、基于装配的关联设计技术和有限元分析技术、多体动力学虚拟样机技术和流场分析技术。

为了方便广大读者更加形象直观地学习此书,随书配赠多媒体光盘,包含全书实例操作过程录屏讲解 AVI 文件和实例源文件以及额外赠送的 SolidWorks 工业设计相关操作实例的录屏讲解 AVI 电子教材,总教学时长达 1000 分钟。

本书适合自学用户,包括制造类企业的工程技术人员、并可作为高校机械专业的课程设计用书及 CAD/CAE 课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

SolidWorks 2010 有限元、虚拟样机与流场分析从入门到精通/吴高阳等编著. —北京:机械工业出版社, 2010.10

ISBN 978-7-111-32093-7

I. ①S… II. ①吴… III. ①计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks 2010 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 192260 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·25.25 印张·626 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-32093-7

ISBN 978-7-89451-727-2 (光盘)

定价: 58.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

编辑热线: (010) 88379782

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网站: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书以工程实例贯穿始终,讲解力求清晰、明了、易懂、易学和易掌握。在编写的过程中吸收了大量工程技术人员应用 SolidWorks 软件的经验,避免手册式的枯燥介绍,将重要的知识点嵌入到具体的设计中,使读者可以循序渐进、随学随用、边看边操作。

全书共分 13 章。第 1 章概括介绍了 SolidWorks 软件的界面、设计思路和操作风格;第 2 章讲述草图相关技术;第 3 章介绍零件造型和特征相关技术;第 4 章是本书的重点部分,按照零件加工和使用上的不同,选择了工程实际的 11 个零件,将不同种类的零件在 SolidWorks 中的设计一步一步展示给读者。这其中包含了笔者多年来使用 SolidWorks 的经验与体会;第 5、6 章针对装配和基于装配的设计技术及动画制作的了解;第 7 章讲有限元法与 SolidWorks SimulationXpress,同时也对有限元理论进行了提纲挈领的阐述;第 8 章介绍了著名的有限元分析模块 SolidWorks Simulation 2010 的使用;第 9 章也是本书一个重点部分和特点之一,介绍了 SolidWorks Simulation 2010 的静态、模态、热力学、掉落测试、疲劳分析等动力学知识,通过对 11 个典型的结构计算将 SolidWorks Simulation 2010 的有限元分析功能淋漓尽致地展现给读者。第 10 章讲述了 SolidWorks Motion 2010 技术基础,第 11 章讲述了 SolidWorks Motion 2010 仿真分析实例,第 12 章讲述了 SolidWorks Flow Simulation 2010 技术基础,第 13 章主要讲述 SolidWorks Flow Simulation 2010 分析实例。

为了方便广大读者更加形象直观地学习此书,随书配赠多媒体光盘,包含全书实例操作过程录屏讲解 AVI 文件和实例源文件以及额外赠送的 SolidWorks 工业设计相关操作实例的录屏讲解 AVI 电子教材,总教学时长达 1000 分钟。

本书由三维书屋工作室策划,主要由中国民用飞机开发公司的吴高阳博士、军械工程学院的任国全博士后和胡仁喜博士编写,参加本书编写的人员还有周广芬、李鹏、周冰、董伟、李瑞、王敏、张俊生、王玮、赵黎、王艳池、阳平华、袁涛、王佩楷、王培合、路纯红、王义发、夏德伟、王玉秋、董荣荣、王宏、张日晶、刘昌丽、康士廷等。另外,郭军、谢昱北为本书的编写提供了一些帮助,在此一并表示感谢。他们根据多年的教学经验和一线设计与加工经验,编写了本书,全书实例具有很好的实践操作可行性。考虑到机械设计理论的复杂性,所以对书中的理论讲解和实例引用都作了一些适当的简化处理,尽量做到深入浅出,抛砖引玉。

全书由浅入深,循序渐进,从最简单的三维实体建模到高级分析应用,作者力求避免只停留在 SolidWorks 初级功能介绍的层面,深入挖掘 SolidWorks 内在的强大功能,为读者提供一个全面深入的学习机会,从本质上提高读者的设计与分析能力。本书既适合做中高等院校的 CAD 或机械设计课程设计教材,也适合于读者自学或作为机械设计专业人员的参考工具书。

由于作者水平有限,加上时间仓促,书中不足和错误在所难免,恳请各位朋友和专家批评指正。欢迎广大专家和读者登录 www.sjzsanweishuwu.com 或来信联系 win760520@1126.com 指导切磋。

作 者

目 录

前言

第1篇 建模技术篇

第1章 SolidWorks2010 概述	2
1.1 初识 SolidWorks2010	3
1.1.1 启动 SolidWorks 2010	3
1.1.2 新建文件	4
1.1.3 打开文件	5
1.1.4 保存文件	6
1.1.5 退出 SolidWorks2010	6
1.2 SolidWorks 用户界面	7
1.3 SolidWorks 工作环境设置	11
1.3.1 设置工具栏	11
1.3.2 设置工具栏命令按钮	13
1.3.3 设置快捷键	14
1.3.4 设置背景	15
1.3.5 设置实体颜色	16
1.3.6 设置单位	17
第2章 草图相关技术	19
2.1 创建草图平面	20
2.2 草图的创建与约束	21
2.2.1 几何关系的约束	21
2.2.2 驱动尺寸的约束	21
2.2.3 草图的绘制	22
2.3 草图 CAGD 的功能	23
2.4 利用 AutoCAD 现有图形	23
2.5 综合实例——底座草图	24
第3章 零件造型和特征相关技术	27
3.1 定位特征	28
3.1.1 基准面	28
3.1.2 基准轴	28
3.1.3 参考点	29
3.1.4 坐标系	29
3.2 基于草图的特征	30
3.2.1 拉伸	30
3.2.2 旋转	32
3.2.3 扫描	33
3.2.4 放样	34
3.3 基于特征的特征	35

001	3.3.1	倒角	35
101	3.3.2	圆角	37
101	3.3.3	抽壳	38
101	3.3.4	筋	39
401	3.3.5	拔模	40
801	3.3.6	圆顶	44
801	3.3.7	特型	45
001	3.3.8	比例缩放	46
101	3.3.9	镜像	47
101	3.4	孔特征	48
501	3.4.1	简单直孔	49
501	3.4.2	柱形沉头孔	50
601	3.4.3	锥形沉头孔	53
001	3.4.4	通用孔	54
801	3.4.5	螺纹孔	56
401	3.4.6	旧制孔	57
401	3.4.7	在基准面上生成孔	58
201	3.5	特征阵列	58
001	3.5.1	线性阵列	58
001	3.5.2	圆周阵列	60
001	3.5.3	草图阵列	62
801	3.5.4	曲线驱动阵列	63
80	第4章	典型零件的创建实例	65
001	4.1	管接头类零件的创建	66
001	4.2	法兰类零件的创建	80
101	4.3	轴类零件的创建	87
101	4.4	全切削加工零件的创建	95
501	4.5	铸、锻毛坯类零件的创建	107
401	4.6	齿轮类零件的造型	116
201	4.7	叉架类零件的创建	121
201	4.8	操作件类零件的创建	131
001	4.9	螺母紧固件的创建	138
001	4.10	钣金零件设计	145
000	4.11	趣味零件造型	149
10	第5章	装配和基于装配的设计技术	153
800	5.1	零部件的插入	154
000	5.2	零部件的约束关系	154
000	5.3	零部件阵列	155
800	5.4	零部件镜像	158

5.5	子装配	160
5.6	零件顺序	161
5.7	基于装配约束的关联设计技术	161
5.7.1	利用装配约束设计零件的参数	161
5.7.2	基于已有零件轮廓投影进行关联设计	164
5.8	爆炸视图	168
5.8.1	生成爆炸视图	168
5.8.2	编辑爆炸视图	170
5.9	干涉检查	171
5.9.1	动态干涉检查	171
5.9.2	静态干涉检查	172
5.10	综合实例——传动装配体	172
5.10.1	创建装配图	173
5.10.2	创建爆炸视图	179
第 6 章	动画制作	183
6.1	模型的外观效果	184
6.1.1	配置颜色和光学效果	184
6.1.2	赋予零件材质	185
6.2	模型分析	187
6.2.1	测量	187
6.2.2	截面属性	187
6.2.3	质量特性	188
6.3	运动算例	188
6.3.1	新建运动算例	189
6.3.2	运动算例 MotionManager 简介	189
6.4	动画向导	191
6.4.1	旋转	191
6.4.2	爆炸/解除爆炸	192
6.5	动画	194
6.5.1	基于关键帧动画	195
6.5.2	实例——创建茶壶的动画	195
6.5.3	基于马达的动画	196
6.5.4	实例——传动装配体动画	197
6.5.5	基于相机镜头的动画	200
6.5.6	实例——传动装配体基于相机的动画	201
6.6	基本运动	206
6.6.1	弹簧	207
6.6.2	引力	207
6.7	保存动画	208

第2篇 高级分析篇

第7章 有限元法与 SolidWorks SimulationXpress.....	211
7.1 有限元法.....	212
7.2 有限元分析法 (FEA) 的基本概念.....	212
7.3 SolidWorks SimulationXpress 应用——手轮应力分析.....	213
第8章 SolidWorks Simulation 2010 的使用.....	221
8.1 SolidWorks Simulation 2010 功能和特点.....	222
8.2 SolidWorks Simulation2010 的启动.....	223
8.3 SolidWorks Simulation 2010 的使用.....	225
8.3.1 算例专题.....	225
8.3.2 定义材料属性.....	226
8.3.3 载荷和约束.....	227
8.3.4 网格的划分和控制.....	229
8.3.5 运行分析与观察结果.....	230
第9章 工程用有限元分析技术实例.....	233
9.1 简单拉压杆结构.....	234
9.1.1 问题描述.....	234
9.1.2 建模.....	234
9.1.3 分析.....	236
9.2 梁的弯扭问题.....	240
9.2.1 问题描述.....	240
9.2.2 建模.....	240
9.2.3 分析.....	241
9.3 杆系稳定性计算.....	244
9.3.1 问题描述.....	244
9.3.2 建模.....	244
9.3.3 分析.....	245
9.4 实体振动分析.....	249
9.4.1 问题描述.....	249
9.4.2 建模.....	250
9.4.3 分析.....	251
9.5 轴承载荷下的零件应力分析.....	254
9.5.1 问题描述.....	254
9.5.2 建模.....	255
9.5.3 分析.....	257
9.6 压力容器的应力分析设计.....	261
9.6.1 问题描述.....	261
9.6.2 建模.....	261
9.6.3 分析.....	262

9.7	板中圆孔的应力集中问题	265
9.7.1	问题描述	265
9.7.2	建模	266
9.7.3	分析	267
9.8	温度场分析	271
9.8.1	问题描述	271
9.8.2	建模	272
9.8.3	分析	272
9.9	掉落测试	277
9.9.1	问题描述	277
9.9.2	建模	278
9.9.3	分析	278
9.10	疲劳分析	281
9.10.1	问题描述	281
9.10.2	建模	282
9.10.3	分析	283
9.11	综合分析	290
第 10 章	SolidWorks Motion 2010 技术基础	297
10.1	虚拟样机技术及运动仿真	298
10.1.1	虚拟样机技术	298
10.1.2	数字化功能样机及机械系统动力学分析	299
10.2	运动算例	300
10.2.1	新建运动算例	300
10.2.2	运动算例 MotionManager 简介	301
10.2.3	马达的运用	301
10.2.4	弹簧	302
10.2.5	引力	303
10.3	用 SolidWorks Motion 分析曲柄滑块机构	303
10.3.1	SolidWorks Motion 2010 的启动	304
10.3.2	曲柄滑块机构的参数设置	305
10.3.3	仿真求解	307
第 11 章	SolidWorks Motion 2010 仿真分析实例	313
11.1	冲压机构	314
11.1.1	调入模型设置参数	314
11.1.2	仿真求解	315
11.2	阀门凸轮机构	317
11.2.1	调入模型设置参数	317
11.2.2	仿真求解	320
11.2.3	优化设计	322

11.3 挖土机运动	324
11.3.1 调入模型设置参数	325
11.3.2 仿真求解	327
11.4 自卸车斗结构	329
11.4.1 调入模型设置参数	330
11.4.2 仿真求解	332
11.4.3 顶杆受力分析	334
第 12 章 SolidWorks Flow Simulation 2010 技术基础	336
12.1 计算流体动力学基础	337
12.2 SolidWorks Flow Simulation 基础	338
12.2.1 SolidWorks Flow Simulation 的应用领域	338
12.2.2 SolidWorks Flow Simulation 的使用流程	338
12.2.3 SolidWorks Flow Simulation 的网格技术	339
12.3 球阀设计实例	340
第 13 章 SolidWorks Flow Simulation 2010 分析实例	363
13.1 电子设备散热问题	364
13.2 非牛顿流体的通道圆柱绕流	389
13.3 管道摩擦阻力	392

第 1 篇

建模技术篇

本篇主要介绍 SolidWorks 2010 建模的一些相关技术和操作实例，包括 SolidWorks 2010 概述，草图相关技术，零件造型和特征相关技术，典型零件的创建实例，装配和基于装配的设计技术，动画制作等知识。

本篇不仅介绍了建模与装配的一些基础知识，也讲解了一些与建模相关的高级功能。通过本篇的学习，可以为后面的高级分析应用进行必要的知识准备。

第

1

章

SolidWorks 2010 概述

SolidWorks 应用程序是一套机械设计自动化软件，它采用了大家熟悉的 Microsoft Windows 图形用户界面。使用这套简单易学的工具，机械设计工程师能快速地按照其设计思想绘制出草图，并运用特征与尺寸，绘制模型实体、装配体及详细的工程图。

除了进行产品设计外，SolidWorks 还集成了强大的辅助功能，可以对设计的产品进行三维浏览、进行运动模拟、进行碰撞和运动分析、进行受力分析等。

学 习 要 点

- 操作界面
- 设置绘图环境

1.1 初识 SolidWorks2010

SolidWorks 公司推出的 SolidWorks2010, 在创新性、使用的方便性以及界面的人性化等方面都得到了增强, 不但改善了传统机械设计的模式, 而且具有强大的建模功能、参数设计功能, 大大缩短了产品设计的时间, 提高了产品设计的效率。

SolidWorks2010 在用户界面、草图绘制、特征、零件、装配体、工程图、出样图、钣金设计、输出和输入以及网络协同等方面都得到了增强, 比原来的版本增强了 250 个以上的用户功能, 使用户可以更方便地使用该软件。

1.1.1 启动 SolidWorks 2010

SolidWorks2010 安装后, 就可以启动该软件了。在 Windows 操作环境下选择菜单栏中“开始”→“所有程序”→“SolidWorks2010”命令, 或者双击桌面上的 SolidWorks2010 的快捷方式图标, 就可以启动该软件。如图 1-1 所示是 SolidWorks2010 的启动画面。



图 1-1 SolidWorks2010 的启动画面

启动画面消失后, 系统进入 SolidWorks2010 初始界面, 初始界面中只有几个菜单栏和标准工具栏, 如图 1-2 所示。



图 1-2 SolidWorks2010 初始界面

1.1.2 新建文件

单击左上角的图标，或者选择菜单栏中的“文件”→“新建”命令，打开如图 1-3 所示的“单位和尺寸标准”对话框。根据个人习惯选择 SolidWorks 所使用的单位制和标准，点击“确定”按钮。

打开如图 1-4 所示的“新建 SolidWorks 文件”对话框，其中：

（零件）按钮：双击该按钮，可以生成单一的三维零部件文件。

（装配体）按钮：双击该按钮，可以生成零件或其他装配体的排列文件。

（工程图）按钮：双击该按钮，可以生成属于零件或装配体的二维工程图文件。

选择“单一设计零部件的 3D 展现”，单击“确定”按钮，即会进入完整的用户界面。

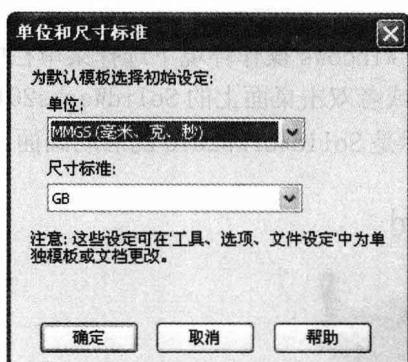


图 1-3 “单位和尺寸标准”对话框

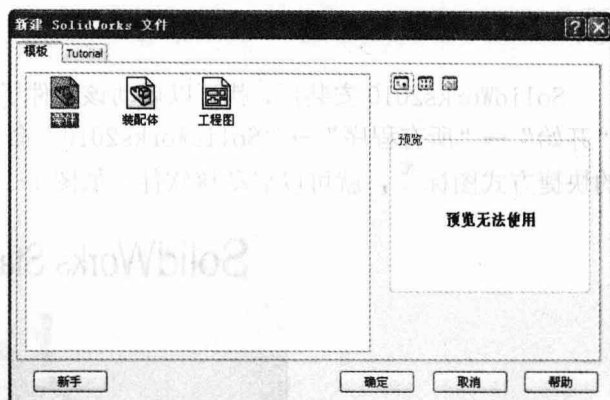


图 1-4 新建 SolidWorks 文件

在 SolidWorks2010 中，新建 SolidWorks 文件对话框有两个版本可供选择，一个是高级版本，另一个是新手版本。

高级版本在各个标签上显示模板图标的对话框，当您选择某一文件类型时，模板预览出现在预览框中。在该版本中，用户可以保存模板添加自己的标签，也可以选择 Tutorial 标签来访问指导教程模板，如图 1-4 所示。

单击图 1-4 中的“新手”按钮就会进入新手版本显示模式，如图 1-5 所示。该版本中使用较简单的对话框，提供零件、装配体和工程图文档的说明。

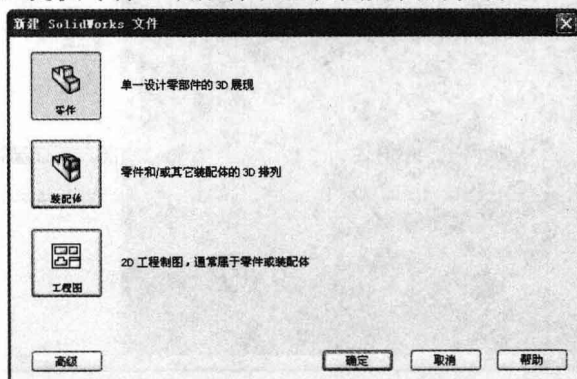


图 1-5 新手版本“新建 SolidWorks 文件”对话框

1.1.3 打开文件

在 SolidWorks2010 中,可以打开已存储的文件,对其进行相应的编辑和操作,操作步骤如下:

01 执行命令。选择菜单栏中的“文件”→“打开”命令,或者单击“打开”图标按钮,执行打开文件命令。

02 选择文件类型。

1 系统打开如图 1-6 所示的“打开”对话框。在对话框中的“文件类型”下拉菜单用于选择文件的类型,选择不同的文件类型,在对话框中会显示文件夹中对应文件类型的文件。选择“预览”选项,选择的文件就会显示在对话框中“预览”窗口中,但是并不打开该文件。



图 1-6 “打开”对话框

2 选取了需要的文件后,然后单击对话框中的“打开”按钮,就可以打开选择的文件,对其进行相应的编辑和操作。

在“文件类型”下拉菜单中,并不限于 SolidWorks 类型的文件,如*.sldprt、*.sldasm 和*.slddrw。SolidWorks 软件还可以调用其他软件所形成的图形对其进行编辑,如图 1-7 所示就是 SolidWorks 可以打开其他类型的文件。

SolidWorks 文件 (*.sldprt; *.sldasm; *.slddrw)
零件 (*.prt; *.sldprt)
装配体 (*.asm; *.sldasm)
工程图 (*.drw; *.slddrw)
DXF (*.dxf)
DWG (*.dwg)
Adobe Photoshop Files (*.psd)
Adobe Illustrator Files (*.ai)
Lib Feet Part (*.lfp; *.sldlfp)
Template (*.prtdot; *.asm; *.drwdot)
Parasolid (*.x_t; *.x_b; *.xmt_txt; *.xmt_1)
IGES (*.igs; *.iges)
STEP AP203/214 (*.step; *.stp)
ACIS (*.sat)
VDAPS (*.vda)
VRML (*.wrl)
STL (*.stl)
Catia Graphics (*.cgr)
ProE Part (*.prt; *.prt; *.xpr)
ProE Assembly (*.asm; *.asm; *.xas)
UGII (*.prt)
Inventor Part (*.ipt)
Inventor Assembly (*.iam)
Solid Edge Part (*.par; *.psm)
Solid Edge Assembly (*.asm)
CADKEY (*.prt; *.ckd)
Add-Ins (*.dll)
IDF (*.enn; *.brd; *.bdf; *.idb)
Rhino (*.3dm)
所有文件 (*.*)

图 1-7 打开文件类型列表

1.1.4 保存文件

已编辑的图形只有保存起来, 在需要时才能打开该文件对其进行相应的编辑和操作, 操作步骤如下:

01 执行命令。选择菜单栏中的“文件”→“保存”命令，或者单击“保存”按钮，执行保存文件命令。

02 设置保存类型。

❶ 此时系统打开如图 1-8 所示的“另存为”对话框。在对话框中的“保存在”一栏用于选择文件存放的文件夹；“文件名”一栏用于输入要保存的文件名称；“保存类型”一栏用于选择所保存文件的类型。通常情况下，在不同的工作模式下，系统会自动设置文件的保存类型。

② 在“保存类型”下拉菜单中，并不限于 SolidWorks 类型的文件，如*.sldprt、*.sldasm 和*.slddrw。也就是说，SolidWorks 不但可以把文件保存为自身的类型，还可以保存为其他类型的文件，方便其他软件对其调用并进行编辑。如图 1-9 所示是 SolidWorks 可以保存为其他文件的类型。

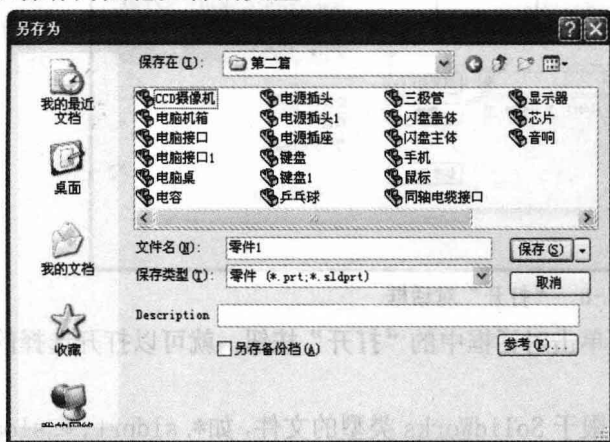


图 1-8 “另存为”对话框

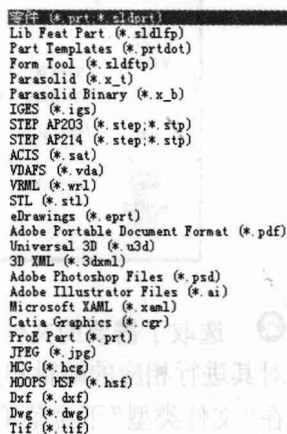


图 1-9 保存文件类型

在如图 1-8 所示的“另存为”对话框中，可以将文件保存的同时保存一份备份文件。保存备份文件，需要预先设置保存的文件目录，操作步骤如下：

01 执行命令。选择菜单栏中的“工具”→“选项”命令。

02 设置保存目录。系统打开如图 1-10 所示的“系统选项—常规”对话框，单击对话框中的“备份/恢复”选项，在右侧“将备份存在的目录中”可以修改保存备份文件的目录。

1.1.5 退出 SolidWorks2010

在文件编辑并保存完成后，就可以退出 SolidWorks2010 系统。选择菜单栏中的“文件”→“退出”命令，或者单击系统操作界面右上角的“退出”图标按钮，可直接退出。如果对文件进行了编辑而没有保存文件，或者在操作过程中，不小心执行了退出命令，

则系统会打开如图 1-11 所示的提示框。如果要保存对文件的修改,则单击提示框中的“是”按钮,系统会保存修改后的文件,并退出 SolidWorks 系统。如果不保存对文件的修改,则单击提示框中的“否”按钮,系统不保存修改后的文件,并退出 SolidWorks 系统。单击“取消”按钮,则取消退出操作,回到原来的操作界面。

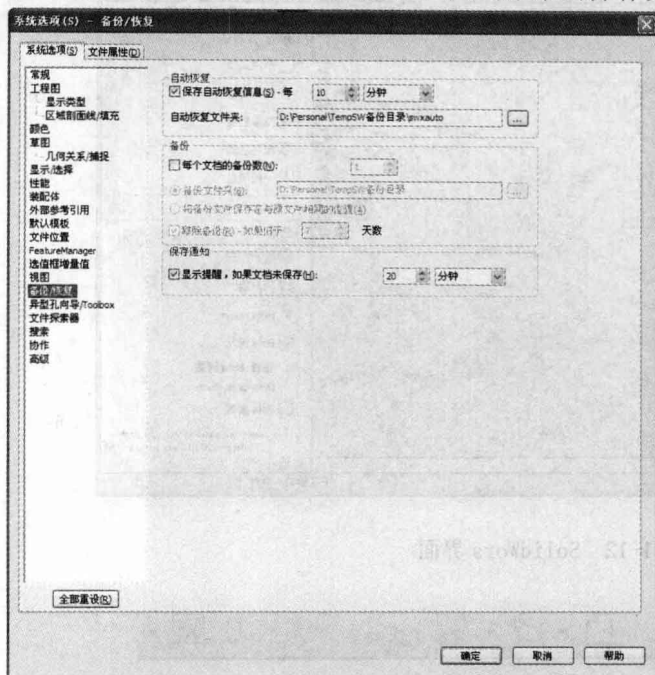


图 1-10 “系统选项—常规”对话框

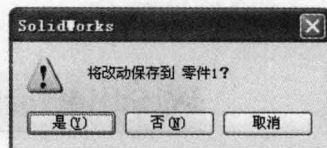


图 1-11 系统提示框

1.2 SolidWorks 用户界面

新建一个零件文件后, SolidWorks2010 的用户界面如图 1-12 所示。其中包括菜单栏、工具栏、特征管理区、绘图区及状态栏等。

装配体文件和工程图文件与零件文件的用户界面类似,在此不再一一罗列。

用户界面包括菜单栏、工具栏、以及状态栏等。菜单栏包含了所有的 SolidWorks 命令,工具栏可根据文件类型(零件、装配体、或工程图)来调整和放置并设定其显示状态,而 SolidWorks 窗口底部的状态栏则可以提供设计人员正执行的功能有关的信息。下面分别介绍该操作界面的一些基本功能:

1. 菜单栏

菜单栏显示在标题栏的下方,默认情况下菜单栏是隐藏的,它的视图是只显示工具栏按钮,如图 1-13 所示。

要显示菜单栏需要将鼠标移动到 SolidWorks 图标  或单击它,如图 1-14 所示,若要始终保持菜单栏可见,需要将“图钉”图标  更改为钉住状态 ,其中最关键的功能集中在“插入”与“工具”菜单中。

通过单击工具按钮旁边的下移方向键,可以扩展以显示带有附加功能的打开菜单。这使您可以访问工具栏中的大多数文件菜单命令。例如,保存打开菜单包括保存、另存为和