

21世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

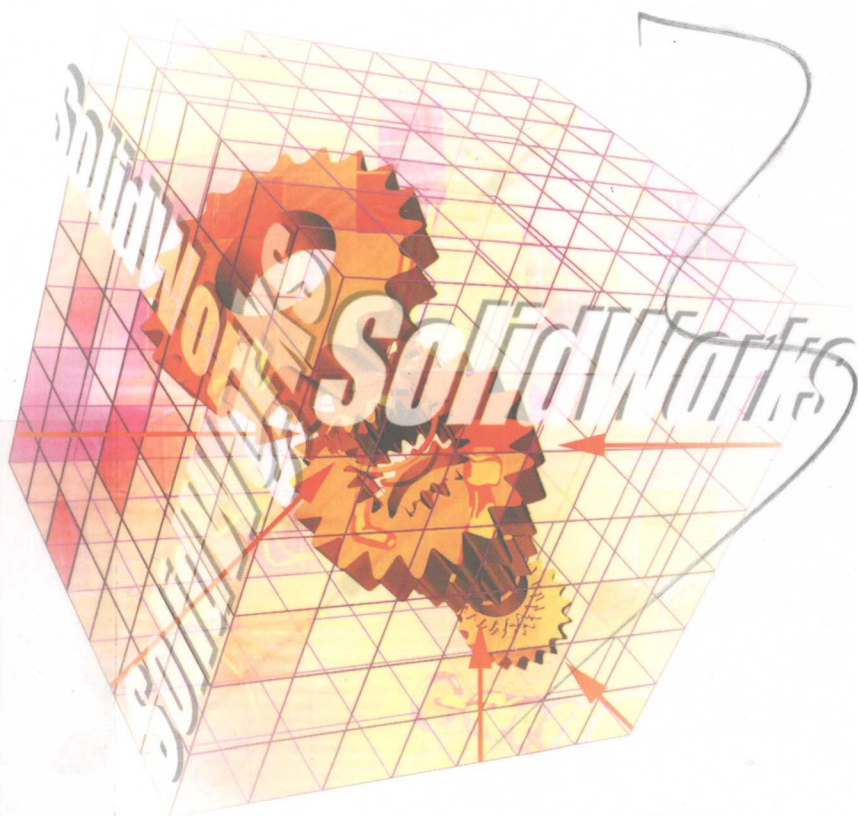
SolidWorks

设计与分析范例教程



赠光盘

- 语言精炼，结构合理，图文并茂，内容全面。
- 采用中文版软件编写，展示软件强大功能。
- 结合实例讲解命令，通俗易懂，简捷实用。



赵 果 龚堰珏 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TP391.72/558D

2008

21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

SolidWorks 设计与分析 范例教程

赵 果 龚堰珏 林建龙 刘玉德 等编著

机械工业出版社

本书以 SolidWorks 公司最新发布的 SolidWorks 2007 为软件平台, 结合齿轮、蜗杆、轴、键、销、滚动轴承、滑动轴承、螺栓、联轴器、减速器等常用机械零件, 进行零件建模、装配体设计、有限元分析以及出工程图等一系列设计与分析实践, 内容覆盖了 SolidWorks 的基本功能和机械零件建模的具体步骤以及有限元分析模块 COSMOSWorks 的使用方法。

本书可作为从事机械设计、产品设计、结构设计和结构分析的工程技术人员参考书, 也可作为高等院校相关专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

SolidWorks 设计与分析范例教程 / 赵罍等编著. —北京: 机械工业出版社, 2008.2

(21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材)

ISBN 978-7-111-23466-1

I. S… II. 赵… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 018050 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 张宝珠

责任编辑: 张宝珠

责任印制: 杨 曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2008 年 3 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 14 印张 · 340 千字

0001—5000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-23466-1

ISBN 978-7-89482-571-1 (光盘)

定价: 28.00 元 (含 ICD)

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话 (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话 (010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

前 言

SolidWorks 公司是一家从事三维机械设计、工程分析、产品数据管理软件研发和销售的国际性公司。其产品 Solidworks 是世界上第一套基于 Windows 系统开发的三维 CAD 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,是当前最优秀的三维 CAD 软件之一。SolidWorks 软件以其优异的性能、易用性和创新性,极大地提高了机械设计工程师的设计效率和质量,目前已成为主流 3D CAD 软件市场的标准,在全球拥有超过 50 万的用户。

SolidWorks 是世界上第一个将结构分析的功能嵌在 CAD 环境中的软件,其结构分析插件 COSMOSWorks 能对零件和装配体进行线性静应力分析、非线性分析、频率分析、扭曲分析、热分析、优化分析、疲劳分析、掉落测试,从而帮助设计者缩短产品研发的周期,加速新产品的开发。

本书采用通俗易懂、循序渐进的方法讲解 SolidWorks 的功能和 COSMOSWorks 分析步骤,通过具体的操作步骤讲述了软件的建模过程。本书主要内容包括两部分:

(1) 使用 SolidWorks 对常用机械零件进行建模,包括齿轮、蜗杆、轴、键、销、滚动轴承、滑动轴承、螺栓、联轴器、减速器,以及装配体设计和工程图制作。

(2) 使用 COSMOSWorks 对常用机械零件进行有限元分析。

本书主要由赵果和龚堰珏编写,赵果负责全书的统稿和审校。参与编写的还有林建龙、刘玉德和杨晓晋。

本书适用于 SolidWorks 的初、中级用户,可以作为理工科高等院校相关专业的学生用书和 CAD 专业的课程实训教材或技术培训教材,以及工业、企业的产品开发和技術部門人員的参考书。

由于作者水平所限,错误或不妥之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。E-mail:jsjfw@mail.machineinfo.gov.cn。

编 者

目 录

前言	
第 1 章 SolidWorks 概述	1
1.1 SolidWorks 的强大功能	1
1.2 SolidWorks 的组件	2
1.2.1 特征识别	3
1.2.2 线路系统设计软件和备件库	3
1.2.3 动画软件	4
1.2.4 三维扫描	4
1.2.5 智能零件库	4
1.2.6 设计比较	5
1.2.7 图片渲染	5
1.3 SolidWorks 在 CAD/CAE 中的应用	6
1.3.1 有限元分析插件	8
1.3.2 运动仿真插件	9
第 2 章 齿轮的分析范例	10
2.1 圆柱直齿轮	10
2.2 圆柱斜齿轮	14
2.2.1 创建斜齿轮齿形	15
2.2.2 完成其他特征的创建	18
2.3 圆锥齿轮	20
2.4 应用 COSMOSWorks 计算齿轮接触应力	25
2.4.1 前处理	25
2.4.2 运算	30
2.4.3 后处理	30
第 3 章 蜗杆传动的分析范例	33
3.1 圆柱蜗杆建模	33
3.2 锥蜗杆建模	35
3.3 圆柱蜗杆传动的有限元分析	38
3.3.1 前处理	38
3.3.2 运算	42
3.3.3 后处理	42
第 4 章 轴的分析范例	45
4.1 齿轮轴建模	45
4.1.1 创建齿轮轴段	46
4.1.2 拉伸其他各个轴段	47

4.1.3	旋转切除退刀槽	49
4.1.4	创建倒角和过渡圆角	50
4.1.5	拉伸切除键槽	51
4.2	应用 COSMOSWorks 计算齿轮轴的强度	53
4.2.1	前处理	53
4.2.2	运算	57
4.2.3	后处理	58
4.3	应用 COSMOSWorks 优化齿轮轴	60
4.3.1	优化前处理	61
4.3.2	优化运算	65
4.3.3	优化后处理	66
第 5 章	键的分析范例	68
5.1	楔键的建模	68
5.2	普通平键分析范例	69
5.2.1	普通平键建模	69
5.2.2	应用 COSMOSWorks 计算平键的剪切强度	71
5.3	矩形花键分析范例	75
5.3.1	矩形花键建模	75
5.3.2	应用 COSMOSWorks 计算花键的挤压强度	78
第 6 章	销的分析范例	85
6.1	使用 Toolbox 生成圆柱销模型	85
6.2	圆锥销建模	86
6.3	应用 COSMOSWorks 分析计算销的剪切强度	87
6.3.1	前处理	87
6.3.2	运行分析	90
6.3.3	后处理	91
第 7 章	滚动轴承分析范例	93
7.1	圆锥滚子轴承建模	93
7.2	深沟球轴承建模	94
7.2.1	创建轴承内外圈	94
7.2.2	创建轴承滚珠	95
7.2.3	创建轴承保持架	97
7.2.4	完成轴承装配体	100
第 8 章	滑动轴承分析范例	105
8.1	滑动轴承的建模	105
8.2	滑动轴承座的建模	107
8.2.1	零件分析	107
8.2.2	创建拉伸特征	107
8.2.3	创建轴承座孔	109

8.2.4	创建异形孔特征	111
8.2.5	创建筋特征	111
8.2.6	创建切除特征	112
8.2.7	创建圆角特征	113
8.2.8	创建上轴承端盖	113
8.2.9	创建轴承座装配体	115
8.3	滑动轴承座的应力分析	117
8.3.1	前处理	117
8.3.2	运行分析	120
8.3.3	后处理	121
第 9 章	螺纹标准件的分析范例	123
9.1	螺钉和螺栓的建模	123
9.1.1	Toolbox 进行螺钉建模	123
9.1.2	螺栓标准件建模方法	123
9.2	螺母的建模	127
9.2.1	Toolbox 进行螺母建模	127
9.2.2	螺母标准件建模	127
9.3	应用 COSMOSWorks 分析带有螺纹件的装配体	130
9.3.1	前处理	132
9.3.2	运行分析	138
9.3.3	后处理	139
第 10 章	联轴器的分析范例	141
10.1	凸缘联轴器	141
10.2	夹壳联轴器	146
10.3	万向联轴器	153
10.3.1	万向联轴器的建模	153
10.3.2	万向联轴器的有限元分析	155
第 11 章	减速器箱体分析范例	162
11.1	减速器箱体的建模范例	162
11.1.1	下箱体建模	162
11.1.2	上箱体建模	171
11.2	应用 COSMOSWorks 计算减速器箱体吊耳的应力	176
11.2.1	前处理	176
11.2.2	运行分析	179
11.2.3	后处理	180
第 12 章	减速器的装配体设计	182
12.1	圆柱齿轮减速器设计	182
12.2	圆柱蜗杆减速器设计	187
12.3	生成装配体动画	189

第 13 章	工程图设计	194
13.1	模型分析	194
13.2	模型制作	198
13.2.1	准备模型	198
13.2.2	设置图纸格式	198
13.2.3	创建视图	199
13.2.4	绘制螺纹及中心线, 添加剖面线	207
13.2.5	尺寸标注	208
13.2.6	标注零件序号, 生成明细栏	210
参考文献		213

第1章 SolidWorks 概述

1.1 SolidWorks 的强大功能

SolidWorks 公司是专业从事三维机械设计、工程分析和产品数据管理软件开发和营销的跨国公司,其软件产品 SolidWorks 自 1995 年问世以来,以其优异的性能、易用性和创新性,极大地提高了机械设计工程师的设计效率。SolidWorks 功能强大、易学易用和技术创新三大特点,使它成为领先的、主流的三维 CAD 解决方案。其优异的功能包括:

1. 全动感的用户界面

- SolidWorks 提供了一整套完整的动态界面和鼠标拖动控制,“全动感的”的用户界面减少了设计步骤,减少了多余的对话框,从而避免了界面的零乱。
- 崭新的属性管理器用来高效地管理整个设计过程和步骤,属性管理器包含所有的设计数据和参数,而且操作方便、界面直观。
- 用 SolidWorks 资源管理器可以方便地管理 CAD 文件, SolidWorks 资源管理器是一个同 Windows 资源管理器类似的 CAD 文件管理器。
- 特征模版为标准件和标准特征提供了良好的环境,用户可以直接从特征模版上调用标准的零件和特征,并与他人共享。
- SolidWorks 提供的 AutoCAD 模拟器,使得 AutoCAD 用户可以保持原有的作图习惯,顺利地由二维设计转向三维实体设计。

2. 协同工作

- SolidWorks 提供了技术先进的工具,可以通过互联网协同工作。
- 通过 eDrawings 方便地共享 CAD 文件, eDrawings 是一种极度压缩的、可通过电子邮件发送的、自行解压和浏览的特殊文件。
- 通过三维托管网站展示生动的实体模型,三维托管网站是 SolidWorks 提供的一种服务,可以在任何时间、任何地点,快速地查看产品结构。
- SolidWorks 支持 Web 目录,将设计数据存放在互联网的文件夹中就像存本地硬盘一样方便。
- 用 3D Meeting 通过互联网实时地协同工作,3D Meeting 是基于微软 NetMeeting 的技术而开发的专门为 SolidWorks 设计人员提供的协同工作环境。

3. 零件建模

- SolidWorks 提供了无与伦比的、基于特征的实体建模功能,通过拉伸、旋转、薄壁特征、高级抽壳、特征阵列以及打孔等操作来实现产品的设计。
- 通过对特征和草图的动态修改,用拖拽的方式实现实时的设计修改。
- 三维草图功能为扫描、放样生成三维草图路径,或为管道、电缆、线和管线生成路径。

4. 曲面建模

通过带控制线的扫描、放样、填充以及拖动，可控制相切操作，以产生复杂的曲面，可以直观地对曲面进行修剪、延伸、倒角和缝合等曲面操作。

5. 钣金设计

SolidWorks 提供了顶尖的、全相关的钣金设计能力，可以直接使用各种类型的法兰、薄片等特征，使正交切除、角处理以及边线切口等钣金操作变得非常容易。

6. 装配设计

- 在 SolidWorks 中生成新零件时，可以直接参考其他零件并保持这种参考关系；在装配的环境里，可以方便地设计和修改零部件。对于超过一万个零部件的大型装配体，SolidWorks 的性能得到了极大的提高。
- SolidWorks 可以动态地查看装配体的所有运动，并且可以对运动的零部件进行动态的干涉检查和间隙检测。
- 用智能零件技术自动完成重复设计，智能零件技术是一种崭新的技术，用来完成诸如将一个标准的螺栓装入螺孔中，而同时按照正确的顺序完成垫片和螺母的装配工作。
- 镜像部件是 SolidWorks 技术的巨大突破，镜像部件能产生基于已有零部件（包括具有派生关系或与其他零件具有关联关系的零件）的新的零部件。
- SolidWorks 用捕捉配合的智能化装配技术，来加快装配体的总体装配，智能化装配技术能够自动地捕捉并定义装配关系。

7. 工程图

- SolidWorks 提供了生成完整的、车间认可的详细工程图的工具，生成的工程图是全相关的，当修改图样时，三维模型、各个视图、装配体都会自动更新。
- 从三维模型中可以自动产生工程图，包括视图、尺寸和标注。
- 增强了的详图操作和剖视图，包括生成剖中剖视图、部件的图层支持、熟悉的二维草图功能以及详图中的属性管理器。
- 使用 RapidDraft 技术，可以将工程图与三维零件和装配体脱离，进行单独操作，以加快工程图的操作，但保持与三维零件和装配体的全相关。
- 用交替位置显示视图能够方便地显示零部件的不同位置，以便了解运动的顺序，交替位置显示视图是专门为具有运动关系的装配体而设计的独特的工程图功能。

8. 帮助文件

SolidWorks 配有一套强大的、基于 HTML 的全中文帮助文件系统，包括超级文本链接、动画示教、在线教程、以及设计向导和术语。

1.2 SolidWorks 的组件

SolidWorks 软件功能强大，并拥有众多的黄金伙伴公司为其提供组件，组件可以针对某一类特殊的功能提供完善的服务，例如针对动画制作的 Animator、针对数控加工仿真的 Camworks 等。

1.2.1 特征识别

使用特征识别 (SolidWorks FeatureWorks) 可轻松地在不同 CAD 系统间共享数据。作为面向 SolidWorks 3D CAD 用户的第一个参数化特征识别软件, FeatureWorks 可更高效地在 SolidWorks 和其他 CAD 系统间共享 3D 模型。

将文件导入 SolidWorks 时, FeatureWorks 会智能地处理静态几何数据, 并对其加以识别, 然后转换为 SolidWorks 可用的格式。利用 SolidWorks 的功能, 可以轻松地微调导入的设计。导入的特征 (例如孔、筋、切除和倒角) 都是完全可编辑、相互关联且参数化的, 甚至可以随时创建新特征。

FeatureWorks 可以捕获所有导入的数据, 并从标准转换程序 (如 STEP、IGES、SAT- (ACIS)、VDA-FS) 产生的文件和 Parasolid 文件识别特征。FeatureWorks 最适合于规则几何零件, 可识别以下所有特征:

- 拉伸特征, 例如草图实体 (直线、圆和圆弧) 形成的凸台和切除。
- 圆锥或圆柱的旋转特征。
- 任何标准孔类型, 例如简单直孔、锥孔和柱孔。
- 孔阵列识别——线性、矩形和圆周。
- 钣金特征, 包括边线法兰、绘制折弯和基体特征。
- 平面上特征的任意草图阵列。
- 统一的墙壁和仅向内抽壳之类的抽壳特征。
- 筋和拔模特征。
- 等半径圆角和变半径圆角。
- 倒角和圆角之类的应用特征。

1.2.2 线路系统设计软件和备件库

线路系统设计软件和备件库 (SolidWorks Routing) 能轻松地自动执行线路系统设计的任务, 能加速管筒、管道、电力电缆、缆束和电力导管的设计过程, 简化机械、设备、小型工具或所有需要管筒、管道、电力电缆、缆束和电力导管的其他产品的设计。SolidWorks Routing 具有的功能有:

- 直观地创建和修改线路系统, 包括拖放放置、自动调整零部件 (零件或装配体) 的大小、复制和镜向放置线路以及自动插入管道折弯和弯管。
- 在复杂的产品和设备设计中迅速方便地进行管筒、管道、电力电缆和缆束系统的 3D 参数化建模。
- 直接或通过线夹和吊架自动设计管筒、软管、电力电缆和缆束段。
- 现成的管筒、管道、电力电缆和缆束零部件库, 可以节约时间。
- 自动创建包含完整信息 (包括管道和管筒线路的切割长度) 的工程图和材料明细表。
- 专业功能包括为 CNC 管筒和管道折弯机械创建折弯数据文件, 以及高效创建涉及管道和管筒的穿透切割。
- 在新建电缆和缆束线路设计时, 可以很方便地重用通过电子 CAD 软件和其他工具创建的数据, 并以 Microsoft Excel 格式方便地导入数据。

1.2.3 动画软件

借助动画软件 (SolidWorks Animator) 可以轻松完成爆炸装配体、移动交互式零件、绕模型飞行、将模型旋转到任意角度等功能。SolidWorks Animator 是唯一与 SolidWorks 软件完全集成的易于使用的动画软件。SolidWorks Animator 提供多种交流上的便利:

- 点击式动画向导使创作动画轻而易举。
- 沿时间轴创建关键帧, 可拖动、复制和粘贴关键帧, 轻松地创建和修改动画。
- 即时捕获装配体运动以揭示运动零件的交互方式。
- 爆炸或解除爆炸装配体以展示各组件是如何相互套合的。
- 绕一个模型飞行或将它沿转盘旋转 360° 以展示模型的每一个角度。
- 通过对爆炸、解除爆炸和步调功能的增强控制, 简化复杂动画的创作。
- 使设计 AVI 可通过电子邮件进行传送审阅, 从而加快产品设计的改进速度、缩短开发周期。
- 生成设计 AVI 以用于基于计算机的技术支持文档和培训材料。
- 与 PhotoWorks 渲染软件完全集成, 可在动画中创建逼真的图像, 例如特殊表面纹理、光源或背景。

1.2.4 三维扫描

三维扫描 (SolidWorks ScanTo3D) 可以通过扫描数据创建 3D 模型。作为 SolidWorks Office Premium 的一部分, ScanTo3D 已完全整合到的 SolidWorks 环境中。

如果任何设计人员需要捕获物理概念模型、现有 OEM 零件或解剖对象, 并利用这些扫描所得的数据作为参考来建立 SolidWorks 模型, 那么 ScanTo3D 就是不可或缺的工具。利用 ScanTo3D, 可以将复杂的形状转换为实体模型以便在设计中参考。另外, ScanTo3D 还提供了工具用来识别机械加工零件和消费产品等的分析形状, 并将分析或非分析曲面类型分解和组合为网格。利用 SolidWorks ScanTo3D, 可以在 SolidWorks 中直接打开扫描数据、准备数据以及从数据中提取参考曲面。

1.2.5 智能零件库

使用智能零件库 (SolidWorks Toolbox) 可以即时访问标准零部件的全部有关数据。只需几秒钟就可以选出合适的零件并将其放入合适的孔中, 或者只需指出孔或螺纹大小再单击即可得到所需的零件, 然后进行拖放即可将零件放入正确位置。由于 Toolbox 与 SolidWorks 3D CAD 软件完全集成, 因此可以充分利用智能零部件技术, 使整个装配体过程自动进行。

支持的标准包括:

- ANSI、BSI、CISC、DIN、ISO、JIS、GB。
- 根据的公司标准自定义。

标准件包括:

- 轴承和轴承寿命计算器。
- 螺栓和螺钉。
- 钻套。

- 螺母。
- 环。
- 螺栓。
- 销钉。
- 螺垫。
- PEM 垫圈。
- 固定环。

结构件包括：

- 铝截面。
- 钢截面。
- 钢梁计算器。

动力传动件包括：

- 凸轮。
- 链轮。
- 正时带轮。
- 齿轮。

1.2.6 设计比较

设计比较 (SolidWorks Utilities) 可以快速、简便地发现同一零件的两个版本之间的区别，确定并标明零件中有问题的几何体。SolidWorks Utilities 具有 6 种功能类别以及自定义的 HTML 报告功能，并与 SolidWorks 完全集成。SolidWorks Utilities 的功能如下。

- 比较几何体：可以使用面比较、几何体比较或视图同步功能，迅速确定两个设计之间哪些几何体是不同的。
- 比较特征：高亮显示两个设计之间不同的模型特征，并用不同的颜色进行标记以方便识别。
- 特征涂刷：可以将一个特征的现有特征参数和属性应用于另一个特征。
- 格式涂刷：可以快速应用现有的尺寸和注解格式属性，在当前文档或其他文档中进行注解和尺寸标注。
- 几何体分析：帮助基于用户指定的参数（例如最小的圆角半径、最小细薄面尺寸等）识别并高亮显示零件中有问题的导入几何体。
- 厚度检查：检查模型中可能影响零件完整性或制造的厚/薄区域。
- 文档比较：可轻松比较 2 个 SolidWorks 文档的属性。
- 强劲选择：能够基于几何准则选择边线、环、面和特征。
- 强劲编辑：能够基于特征的参数查找、修改和压缩模型中的特征，强劲编辑功能还可以通过查找并压缩小的特征，帮助生成简化版的零件和装配体。
- 查找/替换注解：迅速查找和替换零件、装配体和工程图中任何位置的注解。

1.2.7 图片渲染

使用图片渲染 (SolidWorks PhotoWorks) 的菜单和工具栏中的命令，可以很容易地产生高品质的三维模型图片。PhotoWorks 软件中包括一个巨大的材质库和纹理库，用户可以自定

义灯光、阴影、背景、景观等选项。PhotoWorks 的功能如下。

渲染控制:

- 使用交互式渲染方式,可以快速渲染附加材质的 SolidWorks 模型。
- 预览渲染的纹理图,预览理想的景观设置。
- 选择“按照需要”设定反射光线和材质的透明度。
- 利用自适应的防图形失真技术,减少侧影“锯齿”,从而提高图片质量。

材质:

- 从一个自带的、数量巨大的材质库提供定义好的金属、木材、石材、塑料和其他类型的材料纹理。
- 自定义或可修改的材质属性,包括表面颜色、反射比、透明度、粗糙度以及纹理图。
- 可以为整个零件、单个特征、单个表面添加材质,允许同一个零件多项赋值。
- 可通过为零件或装配体设定默认的材质来节省时间。
- 对当前的特征可以方便地进行访问。
- 通过预览材质、景观和灯光来减少渲染的时间。
- 使用材质的位移特征让材质显现出不规则和锯齿状的图样。

贴图:

- 使用贴图可以为产品或包装制作漂亮的标签或插图。
- 各个贴图可以分别设置大小、位置和透明度。
- 可以为 SolidWorks 零件、特征和表面覆盖多个贴图。

灯光和阴影:

- 方便地控制阴影,包括通过透明表面的阴影。
- 与模型一起保存灯光和阴影设置。
- 用雾化灯光产生真实的光线。

背景和布景:

- 产生专业化的照片类型背景来增强零件和装配体的视觉效果。
- 可以对布景的位置进行预览、再定义和重新放置。
- 允许预定义现场包括灯光、背景和布景。
- 可定义单一色彩背景、渐进色彩背景、渐变云层背景和图片背景。
- 可从标准的图片格式(JPEG、TARGA、TIFF、BMP)引进背景。

图形输出:

- 输出到窗口:将图形输出到 SolidWorks 窗口,或采用交互方式高效地预览渲染模型。
- 输出到文件:将渲染图形输出到用户定义的图形文件格式,包括 24 位的 PostScript、JPEG、TARGA、TIFF 或 BMP 格式。
- 输出到打印机:可直接从 SolidWorks 窗口中打印渲染图形,在保证长宽比的同时可以改变图形比例来覆盖整个打印区域。

1.3 SolidWorks 在 CAD/CAE 中的应用

CAD/CAM(计算机辅助设计及制造)技术产生于 20 世纪 50 年代后期发达国家的航空

和军事工业中，随着计算机软硬件技术和计算机图形学技术的发展而迅速成长起来。1989 年美国国家工程科学院将 CAD/CAM 技术评为当代（1964~1989）十项最杰出的工程技术成就之一。几十年来，CAD 技术和系统有了飞速的发展，CAD/CAM 的应用也迅速普及。在工业发达国家，CAD/CAM 技术的应用已迅速从军事工业向民用工业扩展，由大型企业向中小企业推广，由高技术领域的应用向日用家电、轻工产品的设计和制造中普及。而且这一技术正在从发达国家流向发展中国家。

CAD 是一个包括范围很广的概念，概括来说，CAD 的设计对象有两大类，一类是机械、电气、电子、轻工和纺织产品；另一类是工程设计产品，即工程建筑，国外简称 AEC (Architecture Engineering Construction)。如今，CAD 技术的应用范围已经延伸到艺术、电影、动画、广告和娱乐等领域，产生了巨大的经济及社会效益，有着广泛的应用前景。

CAD 在机械制造行业的应用最早，也最为广泛。采用 CAD 技术进行产品设计不但可以使设计人员“甩掉图板”，更新传统的设计思想，实现设计自动化，降低产品的成本，提高企业及其产品在市场上的竞争能力，还可以使企业由原来的串行式作业转变为并行作业，建立一种全新的设计和生产技术管理体制，缩短产品的开发周期，提高劳动生产率。如今世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM 技术进行产品设计，而且投入大量的人力物力及资金进行 CAD/CAM 软件的开发，以保持自己在技术上的领先地位和在国际市场上竞争的优势。

CAE 是英文 Computer Aided Engineering 的简写，即计算机辅助工程。CAE 技术包括的主要内容有有限元法、优化设计、仿真技术、可靠性技术等。

CAE 是用计算机辅助求解复杂工程和产品结构强度、刚度、屈曲稳定性、动力响应、热传导、三维多体接触、弹塑性等力学性能的分析计算以及结构性能的优化设计等问题的一种近似数值分析方法。其基本思想是将一个形状复杂的连续体的求解区域分解为有限的形状简单的子区域，即将一个连续体简化为由有限个单元组合的等效组合体；通过将连续体离散化，把求解连续体的场变量（应力、位移、压力和温度等）问题简化为求解有限的单元节点上的场变量值。此时求解的基本方程将是一个代数方程组，而不是原来描述真实连续体场变量的微分方程组，得到的是近似的数值解，求解的近似程度取决于所采用的单元类型、数量以及对单元的插值函数。

CAE 系统的核心思想是结构的离散化，就是将实际结构离散为有限数目的规则单元组合体，实际结构的物理性能可以通过对离散体的分析，得出满足工程精度的近似结果来代替对实际结构的分析，这样可以解决很多实际工程需要解决而理论分析又无法解决的复杂问题。采用 CAD 技术来建立 CAE 的几何模型和物理模型，完成分析数据的输入，通常称此过程为 CAE 的前处理。同样，CAE 的结果也需要用 CAD 技术生成形象的图形输出，如生成位移图、应力、温度、压力分布的等值线图，表示应力、温度、压力分布的彩色明暗图，通常称此过程为 CAE 的后处理。针对不同的应用，也可用 CAE 仿真模拟零件、部件、装置以及生产线的运动或运行状态，在 CAE 的应用过程中，前、后置处理是最重要的工作。

CAE 从 20 世纪 60 年代初开始在工程上应用到今天，已经历了 40 多年的发展历史，其理论和算法都经历了蓬勃发展到日趋成熟的过程，现已成为工程和产品结构分析中（如航空、航天、机械、土木结构等领域）必不可少的数值计算工具，同时也是分析连续力学各类问题的一种重要手段。CAE 实际上是对真实物理环境的仿真，利用 CAE 环境，用户可以进行各

种虚拟的试验,然后再将分析结果体现在 CAD 设计中,从而省去了实物试验的昂贵代价。随着计算机技术的普及和不断提高,CAE 系统的功能和计算精度都有了很大的提高,各种基于产品数字建模的 CAE 系统应运而生,并已成为结构分析和结构优化的重要工具,同时也是计算机辅助 4C 系统(CAD/CAPP/CAM/CAE)的重要环节。

SolidWorks 是一套基于 Windows 的 CAD/CAE/CAM/PDM 桌面集成系统,其插件 COSMOSWorks 为用户提供了一套完备的 CAE 解决方案。

1.3.1 有限元分析插件

有限元分析插件(COSMOSWorks)与 SolidWorks 全面集成,用户可以直接通过 SolidWorks 的用户界面执行设计分析、仿真和优化。

COSMOSWorks 提供以下软件包,可随着的分析需求的增长和变化而扩充:

- Designer——利用易学易用的虚拟模拟工具进行分析,其效果远远优于手算。
- Professional——提供了一系列强大的设计验证工具,可为那些熟悉分析概念的工程师提供帮助。
- Advanced Professional——为经验丰富的分析员提供多种分析功能。

1. COSMOSWorks Designer

COSMOSWorks Designer 是专门为那些非设计验证领域专业人士的设计师和工程师量身定做的,该软件可以在 SolidWorks 模型制造之前指明其运行特性,从而帮助提高产品质量。

COSMOSWorks Designer 完全嵌入在 SolidWorks 界面中,并且使用 SolidWorks FeatureManager 和相同的鼠标和键盘命令,因此任何能够在 SolidWorks 中设计零件的人都可以对零件进行分析,而无需学习如何使用新的界面。COSMOSWorks Designer 包含最常用的设计验证工具,提供了对零件和装配体的应力、应变和位移进行分析的功能。

使用 COSMOSWorks Designer,可以实现如下功能:

- 轻松快速地比较备选设计方案,从而为最终生产选择最佳设计方案。
- 研究不同装配体零部件之间的交互作用。
- 模拟真实运行条件,以查看模型如何处理应力、应变和位移。
- 使用简化验证过程的自动化工具,节省在细节方面花费的时间。
- 使用功能强大且直观的可视化工具来解释结果。
- 与参与产品开发过程的所有人协作并共享结果。

2. COSMOSWorks Professional

COSMOSWorks Professional 提供了一系列功能强大的工具,可帮助那些熟悉设计验证概念的工程师对零件和装配体进行虚拟测试和分析。

除了 COSMOSWorks Designer 所提供的设计验证功能外,COSMOSWorks Professional 还提供了运动模拟、掉落测试、设计优化、热传递、热应力、振动、扭曲和疲劳分析功能。

使用 COSMOSWorks Professional,可以实现如下功能:

- 确定运动零件和接触零件在装配体内的行为。
- 执行掉落测试分析。
- 优化模型以满足预先指定的设计标准。
- 确定设计是否会因扭曲或振动而出现故障。

- 减少因制造物理原型而造成的成本和时间延误。
- 找出潜在的设计缺陷，并在设计过程中尽早纠正。
- 解决大量的热力模拟问题。
- 执行耦合的热分析和结构分析。
- 确定设计中因循环荷载产生的疲劳而导致的故障。

3. COSMOSWorks Advanced Professional

COSMOSWorks Advanced Professional 是目前市场上最全面、最复杂的软件包之一，它为经验丰富的分析员提供了多种设计验证功能，以应对棘手的工程问题，例如高级动力问题、非线性和疲劳模拟等。

使用 COSMOSWorks Advanced Professional，可以实现如下功能：

- 对塑料、橡胶、聚合物和泡沫执行非线性分析。
- 对非线性材料间的接触进行分析。
- 研究设计在动态载荷下的性能。
- 了解复合材料的特性。

1.3.2 运动仿真插件

运动仿真插件 (COSMOSMotion) 是最受欢迎的 SolidWorks 虚拟原型工具，可以在将设计做成实物之前，确保其具有正常的功能。

COSMOSMotion 使工程师能够调整马达等执行元件的尺寸、确定功率消耗、设计联动布局、模拟凸轮运动、了解齿轮传动、调整弹簧或减振器的尺寸以及确定接触零件的动作方式等。这样就可以大幅降低制造物理原型的成本，并缩短产品开发时间。

COSMOSMotion 具有以下功能和优点：

- 充分利用 SolidWorks 的强大功能——作为 SolidWorks Office Premium 的一部分，COSMOSMotion 使用现有的 SolidWorks 装配体信息来构建运动模拟算例。
- 将载荷无缝传入 COSMOSWorks 以进行应力分析——通过将载荷从 COSMOSMotion 无缝传入 COSMOSWorks，可以直观地显示零部件在某个时间点或整个模拟周期内的应力和位移。
- 模拟真实运行条件——通过将物理运动与来自 SolidWorks 的装配体信息相结合，COSMOSMotion 可广泛应用于各个行业，例如预估马达的转矩峰值、了解机器人运转期间的性能、优化或最小化旋转系统的作用力失衡等。
- 将物理模型与工程条件相关联——COSMOSMotion 提供了多种代表真实运行条件的运动副和作用力选项来捕获零件间的相互作用。
- 使用功能强大且直观的可视化工具来解释结果——完成运动模拟后，COSMOSMotion 可提供各种结果可视化工具（其形式为位移、速度、加速度、运动副位置上的力向量的 XY 图解或数值数据），以显示整个模拟期间实体任意点的轨迹，检查装配体移动时碰撞的零件等。
- 协作并共享分析结果——COSMOSMotion 可以创建 AVI 格式的动画文件、任何坐标系中数值数据的 Excel 表、不同参考坐标系中的结果图表，从而使参与产品开发过程的所有人都能够轻松、高效地协作并共享分析结果。