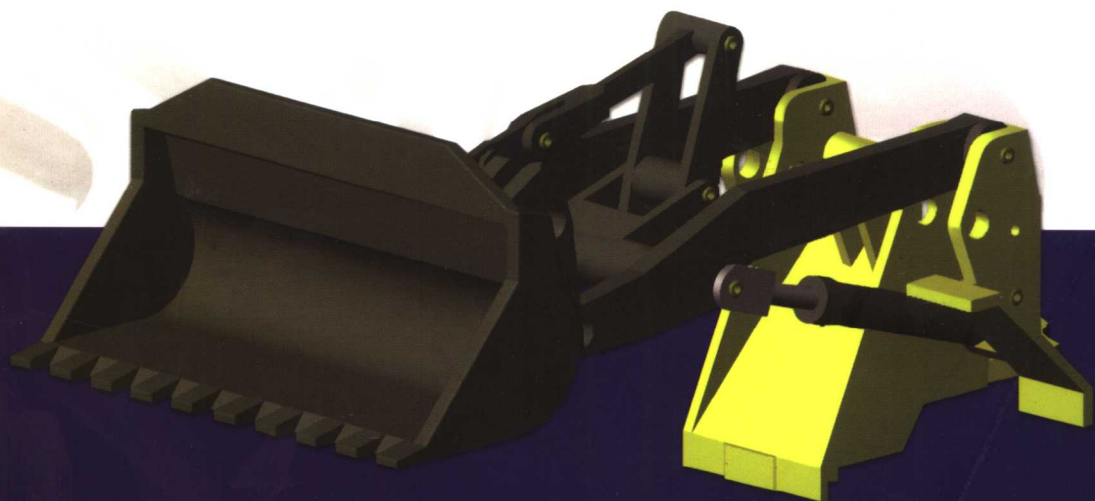




SolidWorks

2007 中文版

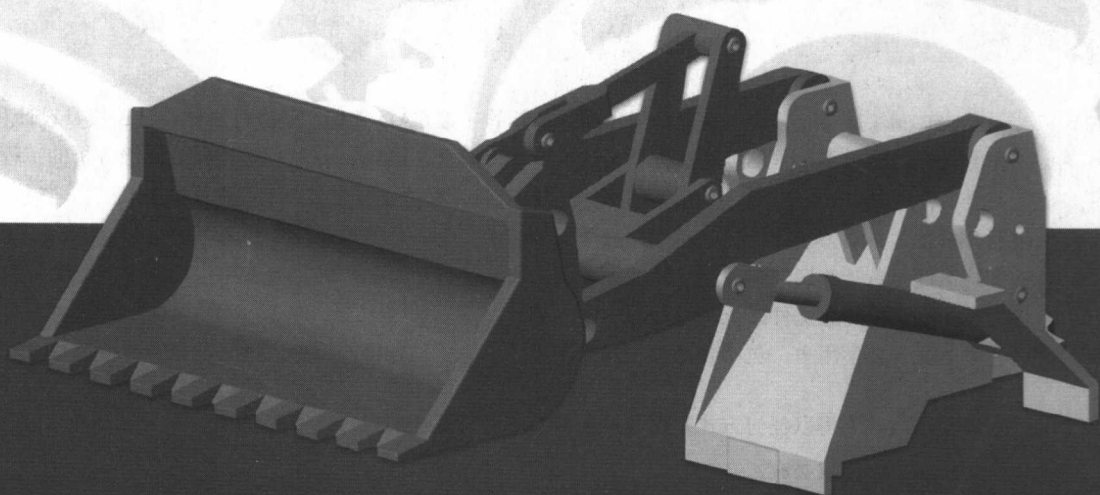
谢昱北 许 晔 编著
飞思数码产品研发中心 监制

机械设计与典型范例

光盘内容包括书中部分
实例源文件和视频演示



CAD/教学基地
CAM/CAE



SolidWorks

谢昱北 许晔 编著
飞思数码产品研发中心 监制

2007 中文版

机械设计与典型范例

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

SolidWorks 是功能强大、易学易用和高效创新的三维 CAD 软件, 是进行机械设计、模具设计和消费品设计等设计工作的强有力的工具。本书以机械工程设计为中心, 涉及 SolidWorks 从初级建模到高级分析的工程实践全过程。

全书介绍 SolidWorks 2007 中文版的草图绘制工具、零件设计工具、工程图绘制工具、齿轮设计、标准件库调用、有限元分析技术、动力学分析技术和流体力学分析技术。全书从绪论开始, 介绍了使用 SolidWorks 进行机械设计的原理, 并围绕该过程着重介绍了相关技术功能。考虑到读者已有一定的基础, 故未在基本操作上做过多的介绍。随书所附多媒体光盘为书中范例源文件, 范例以动画的方式实现演示。

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及 CAD/CAM 课程教材。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

SolidWorks 2007 中文版机械设计与典型范例 / 谢昱北, 许晔编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.7
(CAD/CAM/CAE 教学基地)

ISBN 978-7-121-04505-9

I. S… II. ①谢…②许… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks 2007 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 075982 号

责任编辑: 王树伟

印刷: 北京天宇星印刷厂

装订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开本: 850×1168 1/16 印张: 19.25 字数: 616 千字

印次: 2007 年 7 月第 1 次印刷

印数: 6 000 册 定价: 36.00 元 (含光盘 1 张)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

SolidWorks 是三维机械设计软件市场中的主流软件,是终端工程应用的通用 CAD 平台。SolidWorks 已经成功地用于机械设计、机械制造、电子产品开发、模具设计、汽车工业和产品外观设计等方面。SolidWorks 是应用最为广泛的中、高端 CAD 产品,逐步成为其他三维 CAD 软件追赶和效仿的标准。SolidWorks 还拥有丰富的第三方软件支持,可以实现加工、分析、逆向工程等工程应用。因此可以说采用 SolidWorks 是中、小型企业实现产品开发信息化和自动化的最佳途径。

中国已经成为了世界的制造基地,面对这样的现实, SolidWorks 在以前的版本中就已经全面支持中文,包括中文的界面、帮助和工程图中的汉字标注。从 SolidWorks 2001 Plus 版本开始, SolidWorks 还提供了对 GB 规范的良好支持,并逐渐加强。因此,从目前情况看, SolidWorks 已经成为中国工程师步入三维 CAD 阶段的首选。并且分析近年来 SolidWorks 发展的状况,可以看出 SolidWorks 在增强造型功能、拓展工程应用领域、提高用户界面友好程度等方面都取得了长足的进步。

本书以机械工程设计为中心,涉及 SolidWorks 从初级建模到高级分析的工程实践全过程。给读者一个基本的思路以便使用 SolidWorks 快捷地进行工程设计,并大量使用 SolidWorks 的辅助设计工具进行模型的快速搭建。

全文共分为 12 章,内容如下。第 1 章为本书的绪论部分,介绍了使用 SolidWorks 2007 中文版进行机械设计的基础知识。第 2 章介绍了 SolidWorks 2007 中文版的标准件库的使用方法。第 3 章介绍了齿轮传动设计功能的使用方法。第 4 章介绍了草图绘制的基本功能,用于设计建立基本特征的草图特征。第 5 章介绍了零件设计工具,这样便可以进行基本零件的建模。第 6 章介绍了工程图绘制工具,用于绘制二维机械工程图。第 7 章介绍了著名的有限元分析插件软件 COSMOSWorks 的使用方法,同时也对有限元理论进行了阐述。第 8 章介绍了 COSMOSWorks 软件的静态、模态、热力学、疲劳分析等有限元知识,通过对 7 个典型范例的结构计算详细地讲解了 COSMOSWorks 的有限元分析功能。第 9 章则介绍了著名的动力学分析插件 COSMOSMotion 的使用方法。第 10 章通过对 4 个典型范例的结构计算详细地讲解了 COSMOSMotion 的动力学分析功能。第 11 章介绍了著名的流体力学分析插件 COSMOSFloWorks 的使用。第 12 章通过对 3 个典型范例的结构计算详细地讲解了 COSMOSFloWorks 的流体力学分析功能。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机械 CAD 系统	2
1.1.1 计算机辅助设计简介	2
1.1.2 常见的 CAD 软件系统	3
1.2 SolidWorks 产品设计	4
1.2.1 现代产品开发的基本任务	4
1.2.2 SolidWorks 的功能及其对于现代产品开发的支持	5
1.3 SolidWorks 机械设计	7
第2章 标准件的使用	11
2.1 SolidWorks Toolbox 概述	12
2.1.1 SolidWorks Toolbox 的加载	12
2.1.2 SolidWorks Toolbox 工具简介	12
2.2 标准件分类介绍	13
2.2.1 连接类标准件	14
2.2.2 轴系类标准件	21
2.3 用 Toolbox 调用标准件	23
2.3.1 把零件添加到装配体	23
2.3.2 生成新的零件	24
2.3.3 Toolbox 浏览器配置	25
2.4 Toolbox 工具	30
2.4.1 结构钢	30
2.4.2 凹槽设计	36
2.4.3 凸轮设计	38
2.4.4 钢梁计算器	39
2.4.5 轴承计算器	41
第3章 齿轮传动设计	43
3.1 齿轮机构的应用与分类	44
3.2 直齿圆柱齿轮基本原理	45
3.2.1 齿轮啮合的基本定律	45
3.2.2 渐开线的形成及其特性	46
3.2.3 齿轮的各部分名称和尺寸	47
3.3 SolidWorks 齿轮建模方法	50
3.3.1 直齿圆柱齿轮建模	50
3.3.2 斜齿圆柱齿轮建模	52
3.3.3 直齿圆柱齿轮配合	53
第4章 草图绘制工具	57
4.1 草图绘制基础	58
4.1.1 草图绘制过程	58

4.1.2	草图绘制的基本环境设置	60
4.1.3	捕捉设置与网格显示	61
4.1.4	约束度与自由度、参数化与变量化	64
4.1.5	选择对象	65
4.2	基本几何元素绘制工具	66
4.2.1	草图绘制过程	66
4.2.2	绘制直线	68
4.2.3	样条曲线	70
4.2.4	草图文字	74
4.3	草图编辑工具	76
4.3.1	转换实体引用	76
4.3.2	等距实体	78
4.3.3	绘制圆角	78
4.3.4	绘制倒角	79
4.3.5	镜像实体	80
4.3.6	动态镜像实体	81
4.3.7	分割实体	81
4.3.8	剪裁实体	82
4.3.9	延伸实体	85
4.3.10	构造几何线	86
4.3.11	修改草图	86
4.4	基本几何元素绘制工具	88
4.4.1	基本尺寸标注方法	89
4.4.2	尺寸的编辑修改	90
4.4.3	驱动尺寸与从动尺寸	92
4.5	几何关系和约束	93
4.5.1	添加与更改图元的几何关系	93
4.5.2	草图中的约束状况	98
4.6	草图合法性检查与修补	101
4.6.1	检查草图合法性	101
4.6.2	检查草图合法性	102
4.7	草图实例演练	103
第5章	零件设计工具	109
5.1	草图特征	110
5.1.1	拉伸特征 (Extrude Feature)	110
5.1.2	旋转特征 (Revolve Feature)	113
5.1.3	扫描特征 (Sweep Feature)	114
5.1.4	放样特征 (Loft Feature)	117
5.2	细节特征	119
5.2.1	圆角特征 (Fillet Feature)	119
5.2.2	倒角特征 (Chamfer Feature)	124
5.2.3	抽壳特征 (Shell Feature)	125
5.2.4	筋特征 (Ribs Feature)	126

第 6 章 出详图工具	131
6.1 尺寸标注	132
6.1.1 从三维模型环境调入信息	133
6.1.2 按照工程规范调整尺寸	134
6.1.3 按照工程规范调整尺寸	141
6.1.4 在工程图中改变尺寸驱动模型	146
6.2 工程图中的特殊尺寸标注方法	147
6.2.1 尺寸链	147
6.2.2 基准尺寸	149
6.2.3 圆弧标注折弯线	149
6.2.4 倒角尺寸	150
6.3 工程符号	150
6.3.1 注释	151
6.3.2 表面粗糙度符号	152
6.3.3 基准特征符号	153
6.3.4 基准目标	153
6.3.5 形位公差	154
6.3.6 焊接符号	154
6.3.7 (焊缝) 毛虫	155
6.3.8 端点处理	155
6.3.9 装饰螺纹线	156
6.3.10 销钉符号	156
6.3.11 中心符号线	156
6.3.12 中心线	158
6.3.13 孔标注	159
6.3.14 多转折引线	159
6.3.15 区域剖面线/填充	160
6.4 工程图中的辅助工具	161
6.4.1 层	161
6.4.2 “格式化”工具栏	162
第 7 章 COSMOSWorks 技术基础	165
7.1 COSMOSWorks 与有限单元法	166
7.1.1 有限元法	166
7.1.2 设计分析	166
7.2 COSMOSWorks 的功能和特点	168
7.3 COSMOSWorks 的使用	169
7.3.1 研究专题	169
7.3.2 定义材料属性	171
7.3.3 载荷和约束	172
7.3.4 网格的划分和控制	172
7.3.5 分析求解	173

第 8 章	COSMOSWorks 2007 分析范例	177
8.1	简单静态分析	178
8.1.1	问题描述	178
8.1.2	分析过程	178
8.2	梁的弯扭问题	183
8.2.1	问题描述	183
8.2.2	模型构造	183
8.2.3	分析过程	184
8.3	杆的稳定性计算	186
8.3.1	问题描述	186
8.3.2	模型构造	186
8.3.3	分析过程	187
8.4	主轴自然频率	190
8.4.1	问题描述	190
8.4.2	分析过程	191
8.5	轴承载荷下的零件应力分析	196
8.5.1	问题描述	196
8.5.2	建立模型	196
8.5.3	分析过程	198
8.6	自适应方法分析	201
8.6.1	自适应方法	201
8.6.2	p-自适应方法	202
8.6.3	h-自适应方法	207
8.7	热分析	209
8.7.1	问题描述	209
8.7.2	稳态热分析过程	209
8.7.3	瞬态热分析过程	214
第 9 章	COSMOSMotion 技术基础	217
9.1	虚拟样机技术及运动仿真	218
9.1.1	虚拟样机技术	218
9.1.2	数字化样机及机械动力学分析	219
9.1.3	COSMOSMotion 介绍	220
9.2	COSMOSMotion 曲柄滑块机构分析	220
9.2.1	COSMOSMotion 2007 的启动	221
9.2.2	曲柄滑块机构的参数设置	222
9.2.3	COSMOSMotion 仿真求解	226
9.3	COSMOSMotion 2007 分析基础	229
9.3.1	运动副和约束	229
9.3.2	运动控制参数	232
第 10 章	COSMOSMotion 2007 分析范例	237
10.1	阀门凸轮机构分析	238
10.1.1	加载模型设置参数	238

10.1.2	运行仿真	241
10.2	冲压机构分析	243
10.2.1	加载模型设置参数	243
10.2.2	运行仿真	245
10.3	挖土机运动分析	245
10.3.1	调入模型设置参数	245
10.3.2	运行仿真	247
10.4	自卸车斗机构分析	247
10.4.1	加载模型设置参数	247
10.4.2	运行仿真绘制曲线	248
10.4.3	顶杆受力分析	249
第 11 章	COSMOSFloWorks 技术基础	251
11.1	计算流体动力学基础	252
11.1.1	计算流体动力学概述	252
11.1.2	COMOSFloWorks 的应用领域	252
11.1.3	COMOSFloWorks 的使用流程	253
11.1.4	COMOSFloWorks 的网格技术	254
11.2	COSMOSFloWorks 球阀分析范例	255
第 12 章	COSMOSFloWorks 2007 分析范例	271
12.1	电子设备散热问题	272
12.2	非牛顿流体的通道圆柱绕流	290
12.3	管道摩擦阻力	293

绪论

本章导读

SolidWorks 是美国 SolidWorks 公司开发的三维 CAD 产品,它基于 Windows 平台,功能强大,使用方便,是应用最为广泛的中、高端 CAD 产品。SolidWorks 还拥有丰富的第三方软件支持,可以实现加工、分析、逆向工程等工程应用。

本章基于机械 CAD 系统,向读者展示了 SolidWorks 的功能特点。并介绍有关现代产品设计和机械设计流程的一些知识,进一步讲解了该软件的实用特性。



1.1 机械 CAD 系统



1.2 SolidWorks 产品设计



1.3 SolidWorks 机械设计

1.1 机械 CAD 系统

1.1.1 计算机辅助设计简介

计算机辅助设计的含义是指通过计算机与信息技术来辅助工程技术人员和设计师进行产品设计或者工程设计,通常称为 CAD (Computer Aided Design)。计算机辅助设计技术从 20 世纪 50 年代末,伴随着计算机的发展、计算机运算能力的增强和存储管式图形显示技术的出现而产生。如今, CAD 技术已经发展了四十多年,并且正以强大的冲击力,影响和改变着工业生产,直至社会的各个方面,使传统的产品设计流程、工程技术方法发生了深刻的变革。CAD 技术已经成为设计人员从事产品设计、分析的工具。CAD 技术的使用,极大地提高了产品质量,缩短了从设计到生产的周期,实现了设计的自动化,使设计人员从烦琐的绘图工作中解放出来,集中精力进行创造性的劳动和设计工作。CAD 技术目前已广泛应用于航空航天、汽车、机械、模具制造、家电、玩具、建筑、电子等领域。

1. 计算机辅助设计系统的组成

使用计算机进行辅助设计,必须有 CAD 系统作为支撑。目前, CAD 系统运行的硬件环境随着硬件技术的发展,主要使用微机系统作为各类 CAD 软件的主要运行平台。

用于 CAD 系统的计算机,除了进行一般的设计工作,为了适应大量的工程计算、有限元分析、机械运动仿真、模拟仿真等,要求具有高速 CPU 和大容量的内存。由于在设计过程中需要进行二维和三维图形的处理,以及满足透视、渲染、真实感图形处理、可视化、虚拟现实等种种高级图形处理技术的需求,高性能的图形显示卡和大屏幕显示器也应该具备。此外,为了满足软件安装和数据存储的要求,计算机必须具有大容量的存储硬盘。

2. 二维 CAD 软件与三维 CAD 软件

CAD 软件作为 CAD 系统的核心,它所具有的功能是 CAD 系统发挥辅助设计能力、提高设计效率的重要基础。目前常见的 CAD 软件可以分为二维 CAD 软件和三维 CAD 软件两种,它们在功能与效率上相差很大。二维 CAD 软件(如 AutoCAD 和 CAXA 等)主要提供了丰富的图形生成与编辑命令,以及智能的绘图工具等,帮助用户迅速生成清晰美观的二维平面图样。为配合工程上的需要,很多二维 CAD 软件都提供了多种专业的图形库,以方便用户快速高效地进行设计。

目前,使用这些二维 CAD 软件的很多企业主要利用的还是计算机绘图方面的便利,在完成这种传统意义上的设计时,二维 CAD 软件所起的主要作用是甩图板。使用二维 CAD 软件进行设计,在许多情况下不能完全表述设计意图,难以完全表现出设计者思维中零部件的材料、形状、尺寸、相关联零件等三维实体。工程师不得不通过若干个二维图来描述一个三维构型,而且必须不断修正和完善才能表达清楚。现在的三维 CAD 软件,如 SolidWorks 和 CATIA 等软件系统,能够按照设计人员的思维直接进行三维模型设计,有了表达全部几何参数和设计构想的功能,使得整体设计过程能够在三维模型中分析与研究,能更好地完善设计思想,使设计方案逐步理想化。另外,三维 CAD 软件还具有二维/三维的全相关能力,无论从二维还是三维对设计的某个局部进行修改后,都能够立即修改所有的工作。一般三维 CAD 软件都使用统一的数据进行三维实体设计,设计制造人员可以以此为基础对整体设计或部件进行有限元分析、运动分析、装配的干涉检查、机构仿真、数控程序的自动编制、准确的二维工程图生成及外形质感、颜色或动画外观效果的渲染,使 CAD 系统能够为全部的设计过程提供真正有效的辅助手段。

3. CAD/CAM/CAE 的关系

CAM 的含义是计算机辅助制造, CAE 则是计算机辅助工程的意思。通常一个产品由 CAD 系统完成三维实体模型的设计,然后通过 CAM 系统进行数控编程,生成数控程序,再传送到数控机床进行加

工。在整个产品的设计制造过程中, CAD 系统是基础和根本, 如果没有 CAD 系统完成的三维实体模型, CAM 系统就没有处理的对象。因此, CAD 与 CAM 经常是密不可分的, 被写作 CAD/CAM。同样, 要对产品做有限元分析、运动分析等辅助工程方面的工作, 也需要先由 CAD 系统建立三维实体模型, 然后再由 CAE 系统针对实体模型进行分析。一些高档的 CAD 系统不仅 CAD 功能强大, 而且同时也具有很强的 CAM 功能和 CAE 功能。

1.1.2 常见的 CAD 软件系统

1. CATIA

CATIA 最早是由法国达索飞机公司研制的, 目前属于 IBM 公司。它是一个高档 CAD/CAM/CAE 集成系统, 广泛用于航空、汽车等领域。它采用特征造型和参数化造型技术, 允许自动指定或由用户指定参数化设计、几何或功能化约束的变量式设计。根据其提供的三维线架, 用户可以精确地建立、修改与分析三维几何模型。其曲面造型功能包含了高级曲面设计和自由外形设计, 用于处理复杂的曲线和曲面定义, 并有许多自动化功能和分析工具, 因而加速了曲面设计过程。CATIA 提供的装配设计模块可以建立并管理基于三维的零件和约束的机械装配件, 能自动地对零件间的连接进行定义, 便于对运动机构进行早期分析, 大大加速了装配件的设计, 后续应用则可以利用此模型进行进一步的设计、分析和制造。CATIA 具有一个数控工艺数据库, 存有刀具、刀具组件、材料和切削状态等信息, 可以自动计算加工时间, 并对刀具路径进行重放和验证, 用户可通过图形化显示来检查和修改刀具轨迹。该软件的后处理程序支持铣床、车床和多轴加工。

2. SolidWorks

SolidWorks 是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。由于使用了 Windows 的 OLE 技术、直观式设计技术、先进的 parasolid 内核(由剑桥提供)及良好的与第三方软件的集成技术, SolidWorks 已成为全球装机量最大、最好用的三维 CAD 软件。SolidWorks 拥有众多第三方软件供应商的支持, 可以实现加工、分析、逆向工程等工程应用。采用 SolidWorks 已成为众多中、小型企业实现产品开发信息化和自动化的唯一途径。同面向高端的 CATIA 软件相比, 作为中端 CAD 软件的 SolidWorks 在功能方面稍逊一筹, 但已经完全可以满足产品设计的所有要求, 命令执行过程更为简单直观, 拥有较高的建模效率, 因而特别适合中、小企业。

3. UG 和 SolidEdge

Unigraphics (UG) 是美国 UGS 公司发布的 CAD/CAM/CAE 集成系统, 广泛应用于航空航天、汽车、通用机械及模具等领域。国内外已有许多科研院所和厂家选择了 UG 作为 CAD/CAM 系统。无论装配图还是零件图设计, UG 都从三维实体造型开始, 可视化程度很高。三维实体生成后, 可自动生成二维视图, 如三视图、轴测图、剖视图等。其三维 CAD 是参数化的, 一个零件尺寸的修改, 可导致相关零件的变化。该软件还具有人机交互方式下的有限元解算程序, 可以进行应变、应力及位移分析。UG 的 CAM 模块提供了一种产生精确刀具路径的方法, 该模块允许用户通过观察刀具运动来图形化地编辑刀具轨迹, 如延伸、修剪等, 其所带的后处理程序支持各种数控机床。UG 具有多种图形文件接口, 可用于复杂形体的造型设计, 特别适合大型企业和研究所使用。

SolidEdge 是 UGS 公司为满足中端 CAD 需求而开发的在 Windows 平台上使用的三维 CAD 系统, 是基于参数和特征实体造型的 CAD 系统, 具有较好的人机界面。

4. Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司开发的 CAD/CAM 软件, 在我国有较多的用户。它采用面向对象的统一数据库和全参数化造型技术, 为三维实体造型提供了一个优良的平台。其工业设计方案可以直接

读取内部的零件和装配文件,当原始造型被修改后,具有自动更新的功能。其 MOLDDESIGN 模块用于建立几何外形,产生模具的模芯和腔体,生成精加工零件和完善的模具装配文件。其 CAM 功能,提供了最佳加工路径控制和创建智能化加工路径的功能,允许数控编程人员控制整体的加工路径直到最细节的部分。该软件还支持高速加工和多轴加工,带有多种图形文件接口。

5. I-DEAS

I-DEAS 是美国 SDRC 公司(已被 UGS 公司收购)开发的一套完整的 CAD/CAM 系统,其侧重点是工程分析和产品建模。它采用开放型的数据结构,把实体建模、有限元模型与分析、计算机绘图、实验数据分析与综合、数控编程及文件管理等集成为一体,因而可以在设计过程中较好地实现计算机辅助机械设计。它通过公用接口及共享的应用数据库,把软件各模块集成于一个系统中。其中实体建模是 I-DEAS 的基础,它包括了物体建模、系统组装及机构设计等模块。物体建模模块可通过定义非均匀有理 B 样条曲线构成的光滑表面来形成雕塑曲面;系统组装模块通过对给定几何实体的定位来表达组件的关系,并可实现干涉检验及物理特性计算;机构设计模块用来分析机构的复杂运动关系,并可通过动画显示连杆机构的运动过程。

6. AutoCAD、MDT 和 Inventor

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司的主导产品,是目前最流行的二维 CAD 绘图软件之一,有着强大的绘图功能,并具有二次开发功能,在很多领域都有着广泛的用户群体。MDT 与 Inventor 是 Autodesk 公司开发的三维 CAD 系统,以三维设计为基础,集设计、分析、制造及文档管理等多种功能为一体。由于与 AutoCAD 都是 Autodesk 公司的产品,因此,它们完全融合为一体,用户可以方便地实现三维和二维间的转换,为 AutoCAD 用户由二维向三维升级提供了一个较好的选择。

7. CAD 软件比较

目前,国内的 CAD 应用主要集中在高端与低端,高端的 CAD 系统,如 CATIA、UG 和 Pro/ENGINEER 等,主要在大型企业,例如,汽车和航空航天企业中使用。中、小企业大多还停留在使用低端的 CAD 应用,如 AutoCAD,功能应用还局限在计算机辅助绘图方面,其作用仅仅是甩图版。同时,AutoCAD 的主要功能体现在几何造型方面,并不强调其应用领域,因此该软件适用于机械、建筑、服装、交通等多个设计领域。中、高端 CAD 软件则强调其行业背景,软件应用于机械工程领域,为现代产品的设计和制造提供全方位的功能支持,在产品设计领域,中、高端 CAD 软件远比 AutoCAD 先进和有效。

目前中端的 CAD 系统,如 SolidWorks、SolidEdge 和 Inventor 等,正处于推广应用阶段。相对而言,高端的 CAD 系统虽功能全面,但使用复杂、不易掌握,而且价格高。而中端的 CAD 系统使用简便、价格适中,虽然功能不如高端的 CAD 系统强大,但除了极个别的领域,应用在大多数场合已是绰绰有余。对于中、小规模、技术力量相对薄弱的企业,通过中端 CAD 系统的应用来提升产品开发能力、增强企业实力是更为可行的方案。

1.2 SolidWorks 产品设计

SolidWorks 设计系统强调其行业背景,只应用于机械制造领域,为现代产品的设计和制造提供全方位的功能支持,在产品设计领域,中、高端 CAD 软件远比 AutoCAD 先进和有效。要想了解 SolidWorks 等中、高端 CAD 软件的功能,最好的观察角度莫过于分析现代产品开发中面临的任务。

1.2.1 现代产品开发的基本任务

对于大部分的工程师而言,需要理解的是三维 CAD 软件和二维 CAD 软件之间的区别何在,是不

是只是造型方式和造型效率的区别？有什么充分的理由要向三维 CAD 转换呢？这首先要从企业中产品开发和设计的工程需求分析入手。现代设计包括如表 1-1 所示的几个阶段，图 1-1 给出了现代产品开发流程的一个示意图。

表 1-1 现代产品设计基本任务

任 务	工 作 内 容
概念设计	根据市场需求，机械设计师与美学工程师一道勾画出未来产品的大致外形，规划产品的功能——空间布局。这个阶段需要造型快速、模型修改方便的设计工具
结构设计	确定详细的产品结构并设定精确的尺寸。在结构设计中需要按照产品零件之间的装配关系设定各个零件的结构尺寸，保证其符合产品整体的装配约束要求，从而消除零件之间的设计冲突
分析验证	通过计算机仿真，模拟产品的运动过程，考察产品的运动合理性。分析产品零件的受力状况及热学性能等。分析验证中发生的问题将反馈到上游设计部门，指导其调整产品设计参数，从而获得优化的设计结果
工艺设计	绘制工程图纸，标注各种工艺符号，设定产品零件的尺寸和几何公差要求，添加零件加工和部件装配的技术说明，按照企业制造资源状况规划产品加工——装配的作业流程
设计展示	提供产品渲染图片及产品演示动画，通过产品发布会或者公众媒体展示，从而吸引销售商和最终用户，推动产品的销售推广工作
加工	针对加工需求设计产品模具和工装夹具。产品设计模型直接导入 NC 处理软件，从而驱动数控机床加工出复杂的产品曲面
系列化	根据用户群的细分状况，剪裁产品的结构构成。按照企业产品情况，设定零件规格化规范，从而将企业的产品设计和加工导入系统化轨道
更新与重用	按照用户要求和市场趋势，迅速更新现有设计，从而形成新一代的改进型产品
网络协作	现代设计已经不仅仅是上述纵向流程的累加。从横向看，产品开发与制造逐渐呈现出社会化趋势，针对转瞬即逝的市场机遇，许多企业集团采用跨企业甚至跨国的合作方式进行产品开发和生产，因此在产品开发过程中的协同技术十分重要。在设计开发工具中引入网络技术是实现设计协同的重要手段，包括网络互操作支持下的协同工作环境、模型的网络发布、浏览、批注和更新等方面

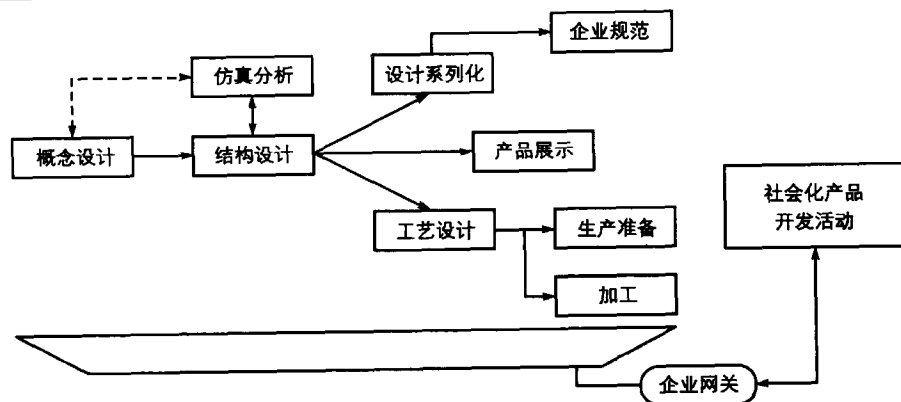


图 1-1 现代产品开发流程

造型、展示、分析、加工、协同等成为现代产品设计所必备的几个方面，现代中、高端 CAD 软件必须为此提供完备的解决方案。客观地说，当今主流的中、高端 CAD 软件都能给出较为满意的答案，无论客户选择 1.1.2 节中所列举的任意一种软件，都能够解决产品开发中遇到的种种问题。而细微的区别在于设计效率、操作的简易程度等方面，而 SolidWorks 无疑在这两方面是当之无愧的佼佼者。

1.2.2 SolidWorks 的功能及其对于现代产品开发的支持

对于现代产品开发中的各种功能需求，AutoCAD 等二维 CAD 软件除了结构设计和尺寸标注外，基

本上都无法胜任。而且在造型效率方面, SolidWorks 由于直接针对三维实体进行产品设计工作, 因此在产品造型方面的速度是 AutoCAD 的 3~5 倍。如果将 SolidWorks 在设计重用等方面的优势考虑进去, 差异将更是惊人。在中、高端 CAD 软件领域中, SolidWorks 可以号称最快捷的软件系统。SolidWorks 对于现代产品开发过程的支持体现在下面几个方面。

1. 采用三维方式表达产品模型

SolidWorks 是基于三维造型的 CAD 软件, 采用“搭积木”组合特征的方法生成模型, 设计人员不必考虑模型的三视图关系, 而可以直接考虑产品的空间形态。这种直观的造型方法不仅效率高, 而且方便设计者将精力集中到产品模型的空间拓扑和外形结构上。通过三维模型再生成工程图, 这种操作方法可以大大提高设计的效率。

实际上, 在现代制造领域, 随着三维建模趋势的盛行, 工程图的地位有逐步降低的倾向。工程图的主要功能在于描述产品的工程属性, 如尺寸公差、形位公差、粗糙度、技术说明等。而基于三维模型的工程属性标注标准早已制订出来, 并且在逐步完善之中。SolidWorks 零件和装配体文件依照 ASME Y14.41—2003 标准对 3D 注解提供支持。图 1-2 就是一个在三维模型上标注工程属性的实例, 基于三维模型完成所有的产品开发过程已经成为现实。

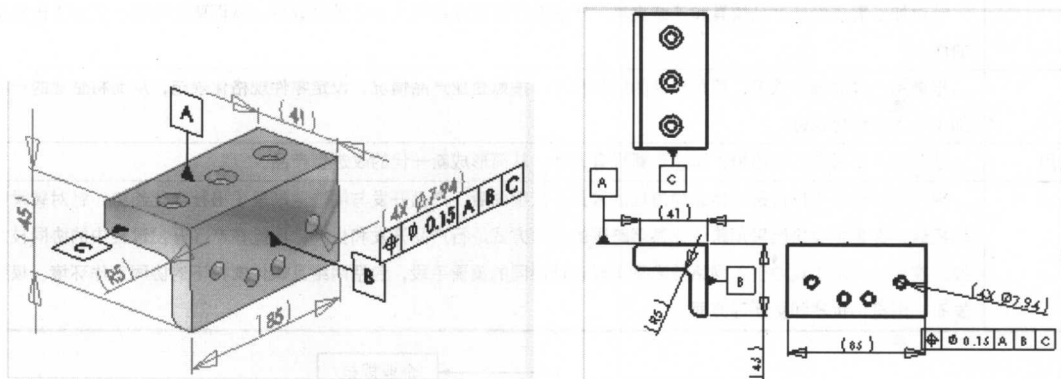


图 1-2 三维模型上标注工程属性

2. 参数化设计

对于 AutoCAD, 从 AutoCAD 2002 开始提供图形和尺寸之间的单向驱动, 即更改模型可以自动更新尺寸, 但是还不提供改变尺寸驱动图形变化的功能, 因此在 AutoCAD 中, 必须精确绘制出尺寸和几何关系正确的图形, 这无疑增加了造型的复杂性。而 SolidWorks 提供参数化支持, 即可以用尺寸来驱动模型变化。如图 1-3 所示, 改变模型参数, 就可以迅速调整模型的形态。

SolidWorks 还支持更为高级的参数化技术, 包括通过方程式描述产品模型尺寸之间的关联性, 从而更好地反映设计意图。参数化技术解决了传统设计中的产品外观和尺寸参数之间的冲突难题。另外, 参数化技术是产品系列化、产品配置管理等技术的基础。

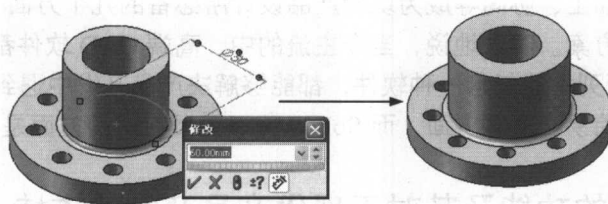


图 1-3 改变模型参数

3. 一致性

SolidWorks 有 3 种基本的工作环境——零件、装配体和工程图, 产品信息在这 3 种环境之中共享。用户在某一环境中更改产品模型后, 另外两个环境的产品模型将发生同步更新, 从而保持产品模型的一致性。一致性在企业应用中十分重要, 可避免设计环节由于人为因素导致的设计冲突。

4. 对于高级设计技术的支持: 自上向下的设计

随着 CAD 软件的逐渐成熟, 设计者可逐渐摆脱传统大工业时代的设计制造流程的羁绊, 一些更加自然的、人性化的设计方法开始重新焕发活力。自顶向下的设计方法允许设计者从产品全局和零部件协调关系的角度出发进行产品设计, 统筹规划产品布局和设计任务, 从而规避传统的零件—部件—产品设计路线所造成的设计冲突。SolidWorks 提供了丰富的自顶向下的设计技术方法, 包括布局草图、模型分割和关联设计等。

在自上而下的装配体设计中, 零件的一个或多个特征由装配体中的某项定义, 如布局草图或另一零件的几何体。设计意图(特征大小、装配体中零部件的放置, 与其他零件的靠近等)来自顶层(装配体)并下移(到零件中), 因此称为“自上而下”。

例如, 当使用凸台——拉伸命令在塑料零件上生成定位销时, 可选择成形到面选项并选择线路板的底面(不同零件)。该选择将使定位销长度刚好接触线路板, 即使线路板在将来的设计更改中移动。这样销钉的长度在装配体中定义, 是不会被零件中的静态尺寸所定义的。

5. 丰富的工程应用支持

AutoCAD 只是单纯的图形绘制工具, 而 SolidWorks 针对产品设计的工程要求分为零件、装配体和工程图 3 个基本模块。每个工程应用环境都提供相应的命令支持, 用户根据产品设计的状况和需求选择不同的工程应用环境。

另外, 近年来 SolidWorks 公司展开了一系列的并购运作, 将主要的 CAE 软件提供商 SRAC(该公司的 COSMOS 系列 CAE 软件以功能强大、操作快捷著称)网罗入门下, 并逐步将这些 CAE 软件功能集成到 SolidWorks 当中。此外, SolidWorks 专门提供了关于模具、钣金和焊接的功能环境, 帮助用户完成相应的工程任务。SolidWorks 还提供了完备的标准件库和模架库, 并支持用户按照企业标准定制企业标准件库。

6. 网络互动与协作

利用网络进行协同设计与交流是现代设计的发展趋势。SolidWorks 不仅提供 3D Meeting 等网络协同工具, 方便分布在不同地域的工程师进行协同设计, 而且还可将 SolidWorks 生成的文件转换成网络传输的格式——edrawing。此外, 通过 3D Content Central, 用户可通过网络共享其他工程师的造型成果。

SolidWorks 是一个快速产品设计软件, 交互性十分友好, 不仅帮助工程师从繁杂的设计工作中解脱出来, 而且提供了丰富的工程模块和第三方软件, 能有效解决产品设计到制造实现的一系列问题, 是企业信息化的强有力工具。

1.3 SolidWorks 机械设计

本节通过 SolidWorks 对机械设计全流程的支持进一步了解 SolidWorks 软件的功能。

设计机器的过程是复杂的, 它涉及到多方面工作, 如市场需求调研、技术预测和人机工程等。设计机器是一个富有创造性的工作, 同时也是一个尽可能多地利用已有成功经验的工作。由于机器的种类繁多, 性能差异巨大, 所以设计机器的过程并没有一个通用的固定顺序, 需要根据具体情况进行。在此仅以比较典型的顺序为例, 介绍机械设计的一般程序。

1. 明确设计任务

设计人员在接受一个新机器的设计任务时,通常对所要设计的机器的认识并不是十分清楚。此时,应根据使用要求和工作条件,确定机器的功能范围及指标,明确设计需要解决的问题。

在这里,设计者可以通过 SolidWorks 的工程图功能,进行二维草图的快速绘制,大致记录或描述机器需求方的功能性需求。并通过其丰富的草图功能,进行宏观参数的记录和交流。最后形成设计任务文档供双方以后考证。

2. 方案设计

明确了设计需要解决的问题后,研究实现机器功能的可能性,提出可能实现机器功能的多种方案。每个方案应该包括原动机、传动机构和工作机构(复杂的机器甚至还包括控制系统)。然后,在考虑机器的使用要求、现有的技术水平和经济性的基础上,综合运用各方面的知识与经验对各个方案进行分析。通过分析确定原动机、选定传动机构、确定工作机构的工作原理及应满足的工作参数,绘制原理工作图,完成机器的方案设计。

在方案设计过程中,要注意借鉴与采用同类机器成功的先例。同时,注意相关学科与技术的新成果的应用,如材料科学、制造技术和控制技术的发展使得原来不能实现的方案变为可能,这些都为方案设计的创新奠定了基础。

这里大量使用 SolidWorks 的三维建模功能进行快速有效的方案设计,这里的三维设计应该是粗略的造型过程。或者使用二维草图进行基本功能的绘制,基于草图工具进行动态的拖曳操作,在动态过程中对比方案的差别。

3. 技术设计

技术设计是机器设计的核心。在技术设计过程中,要完成各种设计计算、校核计算、产生总装配图、部件装配图和零件工作图。技术设计大致包括以下工作:

(1) 运动学设计。根据设计方案和工作机构的工作参数,确定原动机的动力参数,如功率和转速,进行机构设计确定各构件的尺寸与运动参数。

(2) 动力学计算。根据运动学设计的结果,计算出作用于零件上的载荷。

(3) 零件设计。根据零件的载荷与设计准则,通过计算、类比或模型试验的方法,确定零部件的基本尺寸。

这里便进入了详细的造型过程,设计者使用 SolidWorks 提供的各种建模工具进行机械结构设计,有些结构功能需要采用“自上向下的设计”工具进行辅助设计。这里 SolidWorks 提供了大量的标准件工具库供用户调用。

(4) 总装配草图设计。根据零部件的基本尺寸和机构的结构关系,设计总装配草图。在综合考虑零件的装配、调整、润滑、加工工艺等的基础上,完成所有零件的结构与尺寸设计。确定了零件的结构、尺寸和零件间的位置关系,可以比较精确地计算出作用在零件上的载荷,分析影响零件工作能力的因素,如应力集中。在此基础上应对主要零件进行校核计算,如对轴进行精确的强度计算,对轴承进行寿命计算。根据计算结果反复地修改零件的结构及尺寸,直至满足设计要求。

(5) 总装配图与零件工作图设计。根据总装配草图确定的零件结构及尺寸,完成总装配图与零件工作图设计。

SolidWorks 提供了生成完整的、车间认可的详细工程图的工具。工程图是全相关的,当修改图纸时,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。最后设计者可以使用 COSMOSWorks、COSMOSMotion 和 COSMOSFloWorks 分析工具对机械产品进行计算机仿真分析。

4. 编写技术文件

根据情况与要求,编写机器的设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表、外购件明细表、验收