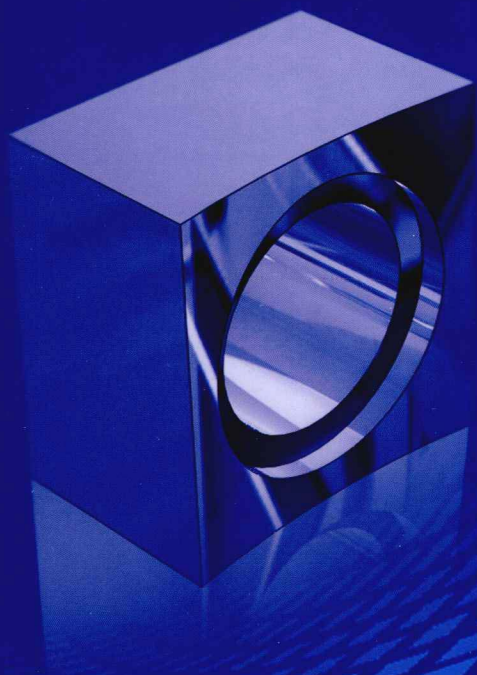


冶金三维设计 (SolidWorks) 应用基础

池延斌 王玖宏 杨双平 李小明 刘江 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

冶金三维设计(SolidWorks) 应用基础

池延斌 王玖宏 杨双平 编著
李小明 刘 江

冶金工业出版社

2013

内 容 提 要

本书从三维设计方法和理念入手,以迅速掌握 SolidWorks 进行三维设计为目的,介绍了冶金三维设计的理论方法和应用实践。首先概括地阐述了计算机辅助设计的发源、原理、发展历史,以及三维计算机辅助设计的原理、思路及方法;然后按步骤说明了 SolidWorks 三维设计基本功能和操作方法;最后详细介绍了应用 SolidWorks 2011 进行冶金专业典型设备设计过程。

本书可作为高等院校工科学生的教学及辅导用书,也可供冶金机械设计工程技术人员及 SolidWorks 初、中级用户和爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金三维设计(SolidWorks)应用基础/池延斌等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2013. 4
ISBN 978-7-5024-6170-6

I. ①冶… II. ①池… III. ①冶金工业—工业设计—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TF-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 088905 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 曾 媛 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6170-6

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2013 年 4 月第 1 版, 2013 年 4 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 14 印张; 338 千字; 213 页

38.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言



三维设计也称为三维实体设计，其核心是三维几何造型过程。三维几何造型是在计算机内通过一定的方法（如线框造型、曲面造型、实体造型）形成所设计零件的直观几何模型，该模型是对所设计零件的确切数学描述，具有完整的几何和拓扑定义，是对原物体某种状态的真实模拟。该模型可为后续设计提供丰富的信息，例如部件装配的零件间干涉、运动分析，由模型生成二维图，由模型编制数控加工刀具轨迹，根据模型进行力学、传热、电磁、有限元分析等。

三维设计是在二维设计基础上发展来的 CAD，二者有紧密的继承关联，又有在设计方法和理念上的差别。

首先，设计意图的表达形式不同。二维设计利用物体在不同方向的投影视图、局部视图、剖面图等组合成平面图纸，最初是手工绘制，计算机辅助设计发展成熟后，开始在计算机上用二维设计软件（如 AutoCAD、CAXA）绘制，然后通过打印机打印出图纸，结合图纸上的尺寸、公差、技术要求等数据完成对零件的设计表达；三维设计是应用计算机通过三维建模软件（如 SolidWorks）建立设计零件的直观几何模型，在计算机屏幕上旋转、放大缩小演示出来，可以利用快速成型技术，通过三维打印机，“打印”出实体零件。

第二，设计过程不同。二维设计是把思维中的零件转变成投影视图，画在图纸上，遵循画法几何的原理，计算机二维辅助设计（如 AutoCAD、CAXA）绘制是手工绘制的简单替代，同样遵循画法几何原理，其设计过程是选择最合理的投影面、剖切位置和剖切方式来表达零件的几何形状及尺寸公差；三维设计是用三维软件（如 SolidWorks）在计算机中进行零件的三维几何模型建立，通过屏幕模拟模型、虚拟场景，是对零件的确切数学描述，是零件的真实模拟，这个过程是建立在计算机图形学理论基础上的。这个区别可简单概括为，二维绘图，三维建模。



第三,对后续加工制造的指导应用不同。二维图需经过技术人员的解读后指导零件加工,如果是用计算机辅助制造,需要重新编写程序进行加工;三维设计的三维模型可以直接转化为加工刀具轨迹,直接在数控加工中心加工出零件。

本书从三维设计方法和理念入手,以迅速掌握 SolidWorks 进行三维设计为目的,介绍了冶金三维设计的理论方法和应用实践。第1章概括地阐述了计算机辅助设计的发源、原理、发展历史,以及三维计算机辅助设计的原理、思路及方法;第2~6章按步骤说明了 SolidWorks 三维设计基本功能和操作方法;第7~8章详细介绍了应用 SolidWorks 2011 进行冶金专业典型设备设计过程。本书可作为冶金三维设计的入门读物,也可供冶金、化工、压力加工、能源等专业研究生和本科生以及冶金工程技术人员参考。

本书由西安建筑科技大学池延斌担任主编,并负责全书的统稿工作。各章的具体编写分工为:第1、6章由池延斌编写,第2章由杨双平编写,第3章由池延斌、汪剑编写,第4章由李小明编写,第5章由刘江编写,第7章由第九冶金建设公司王玖宏编写,第8章由池延斌和湖南中南黄金冶炼有限公司何烨编写。本书的出版得到了陕西省冶金物理化学重点学科支持,在编写过程中,还得到了西安建筑科技大学冶金工程学院、冶金工程研究所等领导和同事的鼎力支持,同时对本书所参考的有关文献资料的作者和单位以及冶金同行的科研成果表示诚挚的谢意。

三维设计和 SolidWorks 方面的著作众多,各有特色,本书试图从学科的角度和简单的方法入手,使读者能快速理解三维设计的思想和方法,并能应用于冶金工程设计。有需要每章所用模型电子文件的读者可与 yuanjenny1313@163.com 联系。

由于作者水平有限,书中如有不足之处,请读者批评指正。

编著者
2013年2月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
SolidWorks 2006 零件与装配设计教程	29.00
中文 Solidworks 2005 应用实例教程	35.00
SolidWorks 2000 高级应用教程	28.00
CAXA 2007 机械设计绘图实例教程	32.00
UG NX7.0 三维建模基础教程	42.00
3ds max 7 三维动画基础与实例教程	20.00
AutoCAD 2010 基础教程	27.00
中文 AutoCAD 应用基础教程(2007 版)	28.00
AutoCAD 机械制图测绘项目实训	29.00
中文 AutoCAD 建筑设计案例教程	25.00
中文 AutoCAD 2005 机械设计实例教程	30.00
Mastercam 3D 设计及模具加工高级教程	69.00
Mastercam 9 模具设计与制造	49.00
CATIA V5R17 工业设计高级实例教程	39.00
中文 Pro/Engineer Wildfire 2.0 设计教程	45.00
Pro/E Wildfire 中文版模具设计教程	39.00
UG NX7.0 产品造型设计应用实例	48.00
现代机械设计方法	22.00
机械制造工艺及专用夹具设计指导	20.00
机械优化设计方法	29.00
机械设计基础	29.00
金属压力加工车间设计	28.00
炼铁厂设计原理	38.00
有色冶金炉设计手册	199.00
高炉炼铁设计原理	28.00
铝型材挤压模具设计、制造、使用及检修	59.00
面向对象分析与设计	39.00
钢铁工业给水排水设计手册	248.00
冶金单元设计	35.00

文峰堂

目 录



1 三维设计基础	1
1.1 设计与计算机辅助设计 CAD	1
1.1.1 设计与创新设计概述	1
1.1.2 计算机辅助设计 CAD 简介	1
1.2 三维设计概述	2
1.2.1 三维设计概念	2
1.2.2 三维设计软件简介	3
1.2.3 三维设计软件分类	5
1.2.4 三维设计与二维设计的区别	5
1.3 SolidWorks 软件简介	6
1.3.1 SolidWorks 软件的用户界面	7
1.3.2 SolidWorks 软件模块简介	9
1.3.3 SolidWorks 基本操作和设置	12
2 绘制草图	20
2.1 草图绘制基础	20
2.1.1 创建草图文件	20
2.1.2 系统选项设置	21
2.1.3 草图状态	21
2.1.4 草图绘制规则	23
2.2 绘制草图的基本步骤	23
2.2.1 创建草图	23
2.2.2 编辑、修改草图	24
2.3 草图绘制工具	24
2.3.1 直线	25
2.3.2 圆和圆弧	26
2.3.3 样条曲线	27
2.3.4 椭圆和抛物线	27
2.3.5 矩形和多边形	28
2.3.6 直槽口	29
2.3.7 文字	30



2.4 编辑草图	30
2.4.1 剪裁和延伸实体	30
2.4.2 分割、合并草图	31
2.4.3 转换实体引用	31
2.4.4 等距实体	31
2.4.5 草图阵列	32
2.4.6 移动、复制、旋转、缩放草图	32
2.4.7 倒角和圆角	33
2.5 草图的几何关系	34
2.5.1 常见几何关系	34
2.5.2 添加几何关系	34
2.5.3 删除几何关系	34
2.6 草图的尺寸标注	35
2.6.1 智能尺寸	35
2.6.2 自动标注尺寸	35
3 特征建模	37
3.1 三维建模及特征概述	37
3.1.1 线框模型	37
3.1.2 曲面模型	37
3.1.3 实体模型	38
3.2 基本特征建模	38
3.2.1 拉伸	38
3.2.2 旋转	39
3.2.3 扫描	41
3.2.4 放样	42
3.2.5 筋	44
3.2.6 孔	45
3.3 高级特征建模	47
3.3.1 圆角	47
3.3.2 倒角	48
3.3.3 镜向	49
3.3.4 阵列	49
3.4 定位特征(参考几何体)	52
3.4.1 基准面	52
3.4.2 基准轴	53
3.4.3 坐标系	54
3.4.4 参考点	54



4 装配体基础	56
4.1 装配体概述	56
4.1.1 装配体定义	56
4.1.2 装配体设计方法	56
4.2 建立装配体	57
4.2.1 创建装配体并保存文件	57
4.2.2 插入装配零件	58
4.2.3 删除装配零件	61
4.3 配合	61
4.3.1 移动和旋转零部件	61
4.3.2 插入配合关系	62
4.3.3 “配合”属性管理器对话框选项	63
4.4 零部件压缩与轻化	65
4.4.1 零部件压缩	65
4.4.2 零部件轻化	65
4.5 装配体的干涉检查	66
4.5.1 干涉检查概述	66
4.5.2 干涉检查操作方法	67
4.5.3 “干涉检查”属性管理器对话框选项	67
4.6 装配体的爆炸视图	69
4.6.1 爆炸视图概述	69
4.6.2 爆炸视图操作方法	69
4.6.3 “爆炸”视图属性管理器对话框选项	70
5 工程图基础	72
5.1 概述	72
5.1.1 工程图概念	72
5.1.2 SolidWorks 工程图特点	72
5.2 创建工程图文件	73
5.2.1 从零件制作工程图	73
5.2.2 新建工程图	73
5.2.3 工程图文件与工程图图纸	75
5.3 图纸格式和工程图模板	76
5.3.1 工程图模板	76
5.3.2 图纸格式	77
5.3.3 图纸属性	78
5.4 工程视图	79
5.4.1 标准三视图	79



5.4.2	模型视图	80
5.4.3	投影视图	82
5.4.4	辅助视图	84
5.4.5	剖面视图和旋转剖面视图	84
5.4.6	局部视图	86
5.4.7	断开的剖视图	86
5.4.8	断裂视图	87
5.4.9	剪裁视图	87
5.5	尺寸	91
5.5.1	插入模型尺寸	91
5.5.2	标注尺寸	93
5.6	注解	95
5.6.1	注释	95
5.6.2	形位公差	99
5.6.3	表面粗糙度	101
5.6.4	基准特征	101
5.6.5	零件序号	101
5.7	材料明细表	103
5.7.1	“材料明细表”特征管理器属性对话框设置方法	104
5.7.2	插入材料明细表	106
5.8	分离的工程图	107
5.8.1	生成分离的工程图	107
5.8.2	分离的工程图的优点	107
6	渲染	109
6.1	渲染概念	109
6.1.1	常见的渲染软件	109
6.1.2	SolidWorks 渲染简介	112
6.2	线框视图	112
6.2.1	线框颜色调整	114
6.2.2	线框显示时模型上色调整	115
6.2.3	显示线框图模式下材质编辑	116
6.2.4	显示线框图模式下编辑布景、光源	118
6.3	RealView 图形	118
6.3.1	RealView 图形模式下材质编辑	120
6.3.2	RealView 图形模式下编辑布景、光源	120
6.4	PhotoView 360	121
6.4.1	启动 PhotoView 360 插件	122
6.4.2	编辑外观	122



6.4.3 编辑布景	124
6.4.4 编辑贴图	126
6.4.5 设定光源	127
6.4.6 不同显示模式下布景与光源的关系	132
6.4.7 设定 PhotoView 选项	133
6.4.8 进行最终渲染并保存图像	134
7 冶金三维设计应用：铁水包三维设计	136
7.1 冶金设备三维设计步骤	136
7.1.1 冶金设备三维设计一般步骤	136
7.1.2 铁水包三维设计步骤	136
7.2 铁水包外壳三维设计	136
7.3 铁水包耳轴三维设计	142
7.4 铁水包耳轴板三维设计	144
7.5 铁水包耳轴座三维设计	145
7.6 铁水包封头三维设计	149
7.7 铁水包锁母三维设计	151
7.8 铁水包支座三维设计	154
7.9 铁水包吊耳三维设计	156
7.10 铁水包的装配	158
8 冶金三维设计应用：典型转炉三维设计	174
8.1 转炉设计概述	174
8.2 转炉炉身设计	175
8.3 转炉水冷炉口设计	192
8.4 转炉炉底设计	198
8.5 转炉的装配	204
参考文献	213



三维设计基础

1.1 设计与计算机辅助设计 CAD

1.1.1 设计与创新设计概述

设计是人类社会,尤其是现代社会发展中最基本、最重要的指导生产实践的一种脑力劳动。设计的定义是,一种将预定的需求变成所希望的功能和性能指标,然后应用科学与技术知识转换成有良好经济性的设计结果的过程。

设计活动可以说伴随着人类诞生、进化一直到现在。新石器时代,人类制作石器工具已具有初始的设计活动雏形,之后设计不断发展演变,从狩猎工具、农耕工具、住房、家具等,设计内容和方法越来越复杂,可以说现代物质文明社会是建立在设计活动基础上的,没有设计活动就没有现在物质丰富、繁杂的各种物品。

如现在应用广泛的机械设计,就是根据使用要求来确定产品应具备的功能,构想出产品的工作原理、运动方式、力和能量的传递方式、结构形状以及所使用的材料等事项,并转化为具体的数字化模型、图纸和设计档案等,为后续制造提供依据。设计的结果通过制造转化为产品。

设计是工程建设或产品开发的第一道工序,它将对产品的技术水准和经济性能起到决定性的作用。设计过程一般分为产品规划、方案设计、技术设计和施工设计四个阶段。产品规划阶段的任务是对所设计的产品进行需求调研、市场预测、可行性分析,制定出设计要求和参数等。方案设计也称概念设计,主要确定产品的工作原理,将产品的机械系统、液压系统、电控系统等用简图形式表达。技术设计阶段根据方案设计的结果进行产品的总体布置,然后再进行产品的造型设计、装配结构设计,进行各种必要的性能计算与仿真试验。施工设计也称详细设计,完成部件装配图和零件图的详细设计、形成三维数字化模型,生成全部生产图纸,编制设计说明书和使用说明书等技术档案。

设计的本质是革新和创造。强调创新设计,在当前对提升我国企业竞争力,提高我国综合国力,有着特殊的意义。创新设计可分为三种类型:开发设计、变异设计和反求设计。开发设计是指全新的设计,最具原创性和新颖性;变异设计是指在原有产品基础上,针对原有产品的缺点和市场新的要求,从工作原理、机构、结构、参数、尺寸等方面进行变异,开发出基本型产品之外的变型系列产品;反求设计是指对已有的(例如引进)先进产品或设计,进行分析研究、探索其关键技术,在消化、吸收的基础上,开发出同类型的创新产品。

目前,高水平的设计和 innovation 设计都离不开计算机辅助设计,计算机辅助设计是工程师进行设计的最重要工具。

1.1.2 计算机辅助设计 CAD 简介

CAD 是 Computer Aided Design 的缩写,中文译为计算机辅助设计,是利用计算机强有力



的计算功能和高效率的图形处理能力,辅助知识劳动者进行工程和产品的设计与分析,以达到理想的目的或取得创新成果的一种技术。它是综合了计算机科学与工程方法最新发展而形成的一门新兴学科。计算机辅助设计技术的发展是与计算机软件、硬件技术的发展和完善,工程设计方法的革新紧密相关的。采用计算机辅助设计已是现代工程设计的重要手段。

在设计中通常要用计算机对不同方案进行大量的计算、分析和比较,以决定最优方案;各种设计信息,不论是数字的、文字的或图形的,都能存放在计算机里,并能快速地检索;设计人员通常用草图开始设计,将草图变为工作图的繁重工作可以交给计算机完成;由计算机自动产生的设计结果,可以快速作出图形,使设计人员及时对设计作出判断和修改;利用计算机可以进行与图形的编辑、放大、缩小、平移和旋转等有关的图形数据加工工作。

CAD 诞生于 20 世纪 60 年代,美国麻省理工大学提出了交互式图形学的研究计划,由于当时硬件设施的昂贵,只有美国通用汽车公司和美国波音航空公司使用自行开发的交互式绘图系统。

70 年代,小型计算机费用下降,美国工业界才开始广泛使用交互式绘图系统。

80 年代,由于 PC 机的应用,CAD 得以迅速发展,出现了专门从事 CAD 系统开发的公司。当时 VersaCAD 是专业的 CAD 制作公司,所开发的 CAD 软件功能强大,但由于其价格昂贵,故不能普遍应用。而当时的 Autodesk 公司是一个仅有员工数人的小公司,其开发的 CAD 系统虽然功能有限,但因其可免费拷贝,故在社会得以广泛应用。同时,由于该系统的开放性,该 CAD 软件升级迅速。

设计者很早就开始使用计算机进行计算。有人认为 Ivan Sutherland 于 1963 年在麻省理工学院开发的 Sketchpad 是一个转折点。Sketchpad 的突出特性是它允许设计者用图形方式和计算机交互:设计可以用一枝光笔在阴极射线管屏幕上绘制到计算机里。实际上,这就是图形化用户接口的原型,而这种界面是现代 CAD 不可或缺的特性。

CAD 最早的应用是在汽车制造、航空航天以及电子工业的大公司中。随着计算机变得更便宜,应用范围也逐渐变广。

CAD 的实现技术从那个时候起经过了许多演变。这个领域刚开始的时候主要被用于生成和手绘的图纸相仿的图纸。计算机技术的发展使得计算机在设计活动中得到更有技巧的应用。如今,CAD 已经不仅仅用于绘图和显示,它开始进入设计者的专业知识中更“智能”的部分。

随着计算机科技的日益发展、性能的提升和更便宜的价格,许多公司已采用立体的绘图设计。以往,碍于计算机性能的限制,绘图软件只能停留在平面设计,欠缺真实感,而立体绘图则冲破了这一限制,令设计蓝图更实体化。

1.2 三维设计概述

1.2.1 三维设计概念

计算机辅助设计在机械设计领域中的应用是从二维绘图发展起来的,最初只是替代传统的手工绘图方式。甩图板工程,即所生成的图纸和手工绘制的图纸一样是零件在第一象限(正面、水平面、侧平面)的投影视图,不是设计构思的完整、立体、真实表达,必须经过专业人员解读,按照许多规则进行解释,才能还原设计人员的设计构思。

二维 CAD 严格来说是计算机辅助绘图,与传统手工绘图思路基本相同,三维 CAD 从目前取得的应用成果来看,在设计概念、设计方法、设计思路完全不同。工程师在设计零件



的原始思维及构想是三维的,是包含颜色、材料、形状、强度、尺寸、与相关零件的位置,甚至制造工艺等参数的三维实体,三维 CAD 顺应这个思路,是对零件的完整表达设计过程。三维设计也称为三维实体设计,其核心是三维几何造型过程。三维几何造型是在计算机内通过一定的方法(如线框造型、曲面造型、实体造型)形成所设计零件的直观几何模型,该模型是对所设计零件的确切数学描述,具有完整的几何和拓扑定义,是对原物体某种状态的真实模拟。该模型可为后续设计提供丰富的信息,例如部件装配的零件间干涉、运动分析,由模型生成二维图,由模型编制数控加工刀具轨迹,根据模型进行力学、传热、电磁、有限元分析等。

1.2.2 三维设计软件简介

一般把能够定义、描述、生成几何模型,并能交互进行编辑的软件系统统称为几何造型系统,目前市场上有许多这样的商用软件系统,如 Pro/E (Pro/Engineer)、UG、SolidWorks、CAXA、SolidEdge、Inventor、CATIA 等。

1.2.2.1 SolidWorks

SolidWorks 软件是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。1993 年, SolidWorks 创始人 John Hirschick 招募了几个工程师,目的很明确,就是开发易于使用的 3D CAD 技术。为此,他们开发出了第一种可在 Windows 平台上运行的 3D CAD 技术,不需要昂贵的硬件和软件即可操作。1995 年推出第一个 SolidWorks ®软件版本,在短短两个月的时间内,该软件就因易于使用而备受推崇,与以往相比,有更多的工程师可以利用 3D CAD 设计出生动优秀的产品。

1997 年,全球产品生命周期技术巨头 Dassault Systèmes S. A. (巴黎欧洲证券: #13065, DSY. PA) 购买了 SolidWorks 价值 3.1 亿美元的股份。现今, DS SolidWorks 提供了一套完整的工具集,用于创建、仿真、发布和管理数据,最大程度提高工程资源的创新和生产效率。所有这些解决方案协同工作,可让组织更好、更快、更经济高效地设计出产品。

1.2.2.2 UG

UG 是 Unigraphics 的缩写,这是一个交互式 CAD/CAM (计算机辅助设计与计算机辅助制造) 系统,它功能强大,可以轻松实现各种复杂实体及造型的建构。它在诞生之初主要基于工作站,但随着 PC 硬件的发展和个人用户的迅速增长,在 PC 上的应用取得了迅猛的增长,广泛应用于航空航天、汽车、造船、通用机械和电子等工业领域,目前已经成为模具行业三维设计的一个主流设计软件。

1.2.2.3 Pro/Engineer

Pro/Engineer (Pro/E) 操作软件是美国参数技术公司 (PTC) 旗下的 CAD/CAM/CAE 一体化的三维软件。Pro/Engineer 软件以参数化著称,是参数化技术的最早应用者,在目前的三维造型软件领域中占有着重要地位, Pro/Engineer 作为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准而得到业界的认可和推广,是现今主流的 CAD/CAM/CAE 软件之一,特别是在国内产品设计领域中占据重要位置。PTC 的系列软件包括了在工业设计和机械设计等方面的多项功能,还包括对大型装配体的管理、功能仿真、制造、产品数据管理等。Pro/E 还提供了目前所能达到的最全面、集成,最紧密的产品开发环境。

1.2.2.4 SolidEdge

SolidEdge 是专门为机械行业设计的普及型主流 CAD 系统,采用 Stream/XP 技术,具有



很强的易用性。它在机械设计、曲面造型、塑料模、钣金、焊接、管道及线缆设计方面有独到之处，能明显提高设计者的设计和制图效率，是大型装配设计、工业造型以及制图、网络设计交流的强大工具。SolidEdge 是 EDSPLM 系统的一个分支，具有极佳的可扩展性，能与 UnigraphicsNX 无缝集成。同时内置的 Insight 数据管理功能，将设计与管理融为一体，帮助设计者有序、高效地管理产品数据。

1.2.2.5 CATIA

CATIA 是英文 Computer Aided Tri-dimensional Interface Application 的缩写，是法国 Dassault System 公司旗下的 CAD/CAE/CAM 一体化软件。Dassault System 成立于 1981 年，CATIA 是该公司的产品开发旗舰解决方案，作为 PLM 协同解决方案的一个重要组成部分，它可以帮助制造厂商设计他们未来的产品，并支持从项目前阶段、具体的设计、分析、模拟、组装到维护在内的全部工业设计流程。

CATIA 提供方便的解决方案，迎合所有工业领域的大、中、小型企业需要，从大型的波音 747 飞机、火箭发动机到化妆品的包装盒，几乎涵盖了所有的制造业产品。在世界上有超过 13000 的用户选择了 CATIA。CATIA 源于航空航天业，但其强大的功能已得到各行业的认可，在欧洲汽车业已成为事实上的标准。CATIA 的著名用户包括波音、克莱斯勒、宝马、奔驰等一大批知名企业，其用户群体在世界制造业中具有举足轻重的地位。波音飞机公司使用 CATIA 完成了整个波音 777 的电子装配，创造了业界的一个奇迹，从而也确定了 CATIA 在 CAD/CAE/CAM 行业内的领先地位。

中国飞豹歼击机设计采用 CATIA 软件进行全机三维数字化设计技术，荣获了 2003 年度国家科技进步二等奖。

1.2.2.6 Inventor

Inventor 是美国 Autodesk 公司推出的一款三维可视化实体模拟软件，基于 AutoCAD 平台开发的二维机械制图和详图软件 AutoCAD Mechanical；还加入了用于缆线和束线设计、管道设计及 PCB IDF 文件输入的专业功能模块，并加入了由业界领先的 ANSYS 技术支持的 FEA 功能，可以直接在 Autodesk Inventor 软件中进行应力分析。在此基础上，集成的数据管理软件 Autodesk Vault 用于安全地管理进展中的设计数据。由于 Autodesk Inventor Professional 集所有这些产品于一体，因此提供了一个无风险的二维到三维转换路径，是目前市场上 DWG 兼容性最强的平台。

1.2.2.7 CAXA 实体设计

CAXA 实体设计是北京北航海尔软件有限公司开发的一种三维设计软件，现在公司更名为北京数码大方科技有限公司，2003 年 CAXA 推出了第一个实体设计 V2 版以来，已多次进行了版本升级，CAXA 早在 2003 年就推出了无约束直接建模方式，之后又逐步将直接建模、参数化建模和混合建模融为一体，可称为是一款独一无二地将可视化的自由设计与精确设计手段结合在一起的实体设计软件，使产品设计跨越了传统参数化造型 CAD 软件的限制，支持产品从概念设计至详细设计。

CAXA 已经在近 5000 家企业得到了广泛、深入的应用。作为国产三维 CAD 自主研发和成功应用的一面旗帜，CAXA 实体设计三维 CAD 软件的发展也一直得到国家工信部、科技部等部门的高度重视和关注。

CAXA 实体设计经过多年发展现已改进为一款独一无二地将可视化的自由设计与精确设



计手段结合在一起的实体设计软件,使产品设计跨越了传统参数化造型 CAD 软件的限制,支持产品从概念设计至详细设计,最终生成符合国家标准的二维图纸的全过程。不论是经验丰富的专业人员,还是刚介入设计领域的初学者,都能拥有更多的时间投向产品的创新工程。

1.2.2.8 新洲三维 (Solid3000)

新洲三维 Solid3000 软件是国产新一代的三维设计软件,也是从中国本土成长起来的商品化设计软件。自从 2001 年第一个商业版本的新洲三维 Solid2000 软件面世以来,历经多个版本的持续发展。新洲三维 Solid3000 就是在 Solid2000 的基础上,经过架构提升、数百项功能改进后的具有国际先进水平的三维 CAD 软件系统。新洲三维 (Solid3000) 面向机械结构设计及工业造型领域,支持设计出图全过程,同时提供各种 PLM 集成解决方案。新洲三维 (Solid3000) 软件在国际化、本地化及个性化服务等方面,较之其他三维 CAD 软件有独特的优势和出色的性能价格比。目前已被广泛应用于航空、航天、船舶、电子、汽车等领域的近千家企业,并成为国家“制造业信息化工程”中推荐的三维 CAD 产品,也是中国机械工程学会机械设计培训的推荐软件。

1.2.3 三维设计软件分类

目前在国际商业市场上较成功的三维设计软件有十套左右,基本都是国际三巨头公司的产品,国内市场除国际三巨头外较成功的只有北京数码大方科技有限公司,这些软件可划分为高端与中端两个层次,各公司三维设计软件分类见表 1-1。

表 1-1 各公司三维设计软件分类

公司名称	高端三维软件	中端三维软件	低端二维软件
Dassault System	CATIA	SolidWorks	
EDS	UG	SolidEdge	
PTC	Pro/E		
Autodesk		Inventor、MDT	AutoCAD
CAXA		CAXA 实体设计	CAXA 电子图版

高端软件主要应用于飞机、汽车行业,产品往往曲面复杂、组装零件数量巨大,软件功能除建模、装配、分析外还具有逆向工程、数控加工、产品数据管理,多用户协同功能,能提供十分全面的工程支持。

大多数工程师熟练应用的设计软件只有一至两套,而且具有很高的忠实度,一般工程师习惯应用了第一套软件后就不容易改换其他软件,所以在开始学习三维设计时,选择一套层次合适、适合自己的软件至关重要。

1.2.4 三维设计与二维设计的区别

三维设计是在二维设计的基础上发展来的 CAD,二者有紧密的继承关联,又有在设计方法和理念上的巨大差别。

第一,在设计意图的表达形式不同。二维设计采用的是不同方向的投影视图、局部视图、剖面图等组合成平面图纸,最初是手工绘制,计算机辅助设计发展成熟后,开始在计算机上用二维设计软件(如 AutoCAD)绘制,然后通过打印机打印出图纸,结合图纸上的尺寸、形位、公差、技术要求等标注完成对零件的设计表达;三维设计是应用计算机通过



三维建模软件（如 SolidWorks）建立设计零件的直观几何模型，在计算机屏幕上旋转、放大缩小演示，可以利用快速成型技术，通过三维打印机，“打印”出实体零件。

第二，设计过程不同。二维设计是把思维中的零件转变成投影视图，画在图纸上，遵循画法几何的原理，计算机二维辅助设计（如 AutoCAD、CAXA）绘制是手工绘制的简单替代，同样遵循画法几何原理，其设计过程是选择最合理的投影面、剖切位置和剖切方式来表达零件的几何形状及尺寸公差；三维设计是用三维软件（如 SolidWorks）在计算机进行零件的三维几何模型建立，通过屏幕模拟模型、虚拟场景，是对零件的确切数学描述，是零件的真实模拟，这个过程是建立在计算机图形学理论基础上的。这个区别可简单概括为二维绘图、三维建模。

第三，对后续加工制造的指导应用不同。二维图需经过技术人员的解读指导零件加工，如果是用计算机辅助制造，需要重新编写程序进行加工；三维设计的三维模型可以直接转化为加工刀具轨迹，直接应用数控加工中心加工出零件。

虽然二维设计和三维设计有巨大的不同，但二者又有内在的密切关联。首先，三维设计虽然以三维模型为核心，但现在工业制造体系中大部分工艺仍然是以二维设计图来指导施工及生产制造，所以几乎所有的三维设计系统都有三维模型转换二维图功能，二维设计图转换是三维设计系统的标准功能之一，此时的工程图已不用“画”，而是由三维模型“转”来的。其次，三维设计还是需要一些二维设计思想与方法的，如各种建模特征的草图建立就是投影视图。

1.3 SolidWorks 软件简介

SolidWorks 机械设计软件是基于特征、参数化、实体建模的设计工具，采用 WindowsTM 图形用户界面，易学易用，利用 SolidWorks 可以创建全相关的三维实体模型，设计过程中，实体之间可以存在或不存在约束关系，同时还可以利用自动的或者用户定义的约束关系来体现设计意图。SolidWorks 有如下特点：

（1）基于特征。正如装配体由许多单个独立零件组成的一样，SolidWorks 中的模型是由许多单独的元素组成的。这些元素被称为特征。在进行零件或装配体建模时，SolidWorks 软件使用智能化的、易于理解的几何体（例如凸台、切除、孔、筋、圆角、倒角和拔模等）创建特征，特征创建后可以直接应用于零件中。SolidWorks 中的特征可以分为草图特征和应用特征：

1）草图特征是基于二维草图的特征，通常该草图可以通过拉伸、旋转、扫描或放样转换为实体。

2）应用特征是直接创建于实体模型上的特征，例如圆角和倒角就是这种类型的特征。

（2）参数化。参数化用于创建特征的尺寸与几何关系，可以被记录并保存于设计模型中。这不仅可以使模型能够充分体现设计者的设计意图，而且能够快速简单地修改模型。参数化体现在尺寸与几何的方面表现为：

1）驱动尺寸。驱动尺寸是指创建特征时所用的尺寸，包括与绘制几何体相关的尺寸和与特征自身相关的尺寸。圆柱体凸台特征就是这样一个简单的例子，凸台的直径由草图中圆的直径来控制，凸台的高度由创建特征时拉伸的深度来决定。

2）几何关系。几何关系是指草图几何体之间的平行、相切和同心等关系。以前这类信息是通过特征控制符号在工程图中表示的。通过草图几何关系，SolidWorks 可以在模型