



浙江省普通高校“十三五”新形态教材

计算机辅助设计 SOLIDWORKS

(慕课版)

邓小雷 / 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

计算机辅助设计 SOLIDWORKS

(慕课版)

主 编 邓小雷

副主编 王建臣 冯凯萍 林 欢

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计 SOLIDWORKS: 慕课版/ 邓小雷
主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2018.9

ISBN 978-7-308-18497-7

I. ①计… II. ①邓… III. ①计算机辅助设计—高等
职业教育—教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 178406 号

内容简介

本教材主要介绍计算机辅助设计的内涵、发展历程、发展趋势与热点、系统组成、三维 CAD 技术的应用;还介绍常用计算机辅助设计软件——SOLIDWORKS 2016 的常用功能及其具体使用方法。本教材以网络为依托,采用“纸质文本+数字化资源”的呈现方式,即将核心资源在纸质教材中呈现,拓展资源放到协作课程网站,通过二维码扫描实现平面教材与网络资源的链接,或登录课程网站即可尽览课程资源,实现教学课堂与课程网站的对接,让学生在广阔的网络空间以丰富多彩的方式学习设计。

本教材可作为大专院校学生计算机辅助设计类课程的教学课本,也可作为广大工程技术人员的自学用书和参考书。

计算机辅助设计 SOLIDWORKS(慕课版)

邓小雷 主编

责任编辑 吴昌雷

责任校对 刘 郡

封面设计 北京春天

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 浙江新华数码印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 25.25

字 数 614 千

版 次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-18497-7

定 价 55.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

计算机辅助设计是工程技术人员以计算机为辅助工具来完成产品设计过程中的设计建立、修改、分析或优化等各项工作的技术,目前已经广泛应用于各行各业,成为提高设计效率、缩短新产品开发周期的强有力工具。

在目前市场上所见到的计算机辅助设计软件中,SOLIDWORKS 是设计过程比较简便的软件之一。SOLIDWORKS 软件是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统,功能非常强大,它提供了直观的集成三维设计环境,涵盖产品开发的所有方面,它能让使用者以熟悉的操作方式进行高效的产品设计,避免了设计人员需要花大量时间学习软件和操作系统的局面,从而最大限度提高了工程设计人员的设计和工程生产效率。全球有超过 200 万名产品设计师在使用 SOLIDWORKS 2016 来完成产品设计,从最酷的小工具到有助于未来发展的创新,无所不包。

为了让读者能够快速且牢固地掌握计算机辅助设计技术的一些基本知识和 SOLIDWORKS 2016,本教材以主编所主持的浙江省高等教育课堂改革项目——“三维实体建模与设计”课程翻转课堂教学模式改革(KG2015383)建设——为依托而编写。据调查,目前市面上罕有专门针对慕课(MOOC)、翻转课堂教学模式的“计算机辅助设计”互联网教材。本慕课版教材,属浙江省普通高校“十三五”新形态教材(浙高教学会〔2017〕13号),以网络为依托,采用“纸质文本+数字化资源”的呈现方式,即将核心资源在纸质教材中呈现,拓展资源放到课程网站,通过二维码扫描实现平面教材与网络资源的链接,或登录课程网站即可尽览课程资源,实现教学课堂与课程网站的对接,让学生在广阔的网络空间以丰富多彩的方式学习设计。本教材对应的课程目前已经在超星泛雅平台上提供了网络课程(<http://mooc1.chaoxing.com/course/82498756.html>),主要包括微视频、课件、源文件、自主学习任务单等资源,这些材料可以直接作为新教材建设的数字化资源。

本教材编写组教师长期在高校讲授计算机辅助设计类课程,并从事有关 CAD 产品设计与开发工作。教学素材积累丰富,教材教学体系完整,拥有同步讲解教学视频、大量的习题和自测题、课程源文件、扩展案例等资源,还拥有可随书附赠的 PPT 课件,以及近年来课题组教师指导学生在国家级、省级大学生学科竞赛上的获奖作品。相信本教材能够给读者带来很多益处。本教材既可作为大专院校学生计算机辅助设计类课程的教学课本,亦可作为已经从事计算机辅助设计和准备从事计算机辅助设计的工程技术人员自学所用。

此外,本教材编写组将进一步借助与融合超星泛雅平台和浙江大学出版社的“立方书”两大平台的特点与优势,通过线上与线下融合、教材与课堂融合、平台与业态融合,实现一本

教材带走一个课堂,教材即课堂,即教学服务,即教学环境。所以,本教材结合泛雅平台和“立方书”两大平台将具有以下6个特点:

(1) 实现课程的线上和线下结合。以传统教材为载体,配备海量的线上学习资源。资源类型丰富多样,包括视频、音频、动画等,并将试题、课件和知识重点等通过网络平台有机结合,资源内容可以涵盖一切数字对象。

(2) 移动互联。实现“教师与教师、教师与学生”的互联;实现“线下资源与线上资源”的互联;实现“课堂教学与课后教学”的互联。

(3) 用户创造价值。教师可以随时更新和添加线上资源,讨论、评测、学习分析,保持与最近的专业动态和软件更迭同步。

(4) 自主选择学习模块。课程教学资源分设基础建模设计模块、高级建模设计模块、综合建模设计模块,可供不同层次学生选择学习,有效激发学生学习主动性。同时,学生可以自行控制学习进度。

(5) 集成立方书平台和超星泛雅平台优势。打通两大平台,并发挥两大平台的优势,有效地支持教师开设微课堂、“翻转课堂”教学模式改革与研究。依靠“立方书”平台,可以让学生随时随地享受“移动”学习的过程,重复整合碎片时间,提高学习效率。

(6) 学生成功案例分享。教材编写组教师除了有多年的教学经验之外,还有着非常丰富的指导学生开展设计与学科竞赛的经验。先后指导学生参加了挑战杯、机械设计竞赛、全国三维数字化设计竞赛、全国应用型综合人才技能大赛、全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛等各类比赛,获得包括全国一等奖在内的荣誉70多项。部分学生的优秀作品资源可附送给读者学习,有需要的可联系本书编辑,邮箱:changlei_wu@zju.edu.cn。

本教材由邓小雷任主编,王建臣、林欢、冯凯萍、杨小军参与编写。邓小雷负责编写了第一章、第二章、第三章、第六章和第九章,王建臣负责编写了第四章和第十章,林欢负责编写了第七章、第十一章和第十二章,冯凯萍负责编写了第五章和第八章,杨小军参与了第六章和第七章的编写工作。刘香、梁倩倩、刘晓源、李瑞琦、张江林、周新鹏、盛泽枫、周宜博、宗晓辉、杨坤协助了文字、图片和视频处理工作。

在本教材的撰写过程中,衢州学院和浙江大学出版社提供了大力支持和帮助,在此表示感谢!

由于编者水平有限,成书时间仓促,难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者邮箱为:dxl5168@163.com。

编者

目 录

第 1 章 计算机辅助设计概论	1
1.1 计算机辅助设计的内涵	1
1.2 计算机辅助设计的发展历程	2
1.3 计算机辅助设计的发展趋势与热点	5
1.3.1 CAD 技术的发展趋势	5
1.3.2 CAD 技术研究开发热点	6
1.4 计算机辅助设计系统的组成	10
1.4.1 CAD 系统的硬件	10
1.4.2 CAD 系统的软件	12
1.5 三维 CAD 技术的应用	13
1.5.1 三维 CAD 设计的意义与作用	13
1.5.2 三维 CAD 的设计过程	14
1.5.3 三维造型技术的类型	15
1.6 常用软件	17
1.7 学习计算机辅助设计软件的方法	18
1.8 思考与练习	18
第 2 章 SOLIDWORKS 2016 概述	19
2.1 SOLIDWORKS 简介	19
2.2 SOLIDWORKS 建模技术	20
2.2.1 建模技术概述	20
2.2.2 自下而上建模	20
2.2.3 自上而下建模	20
2.3 SOLIDWORKS 2016 安装过程	21
2.4 SOLIDWORKS 2016 基本操作	24
2.4.1 工作环境介绍	24
2.4.2 打开文件	36

2.4.3	保存文件	37
2.4.4	退出 SOLIDWORKS	38
2.4.5	SOLIDWORKS 的鼠标使用	39
2.4.6	SOLIDWORKS 的快捷键	39
2.4.7	设置颜色	41
2.4.8	设置单位	43
2.4.9	退回控制棒的使用	44
2.4.10	模型显示	45
2.5	思考与练习	49
第3章 草图设计		50
3.1	草图绘制基础知识概述	50
3.1.1	草图绘制流程	50
3.1.2	草图的自由度	53
3.1.3	草图实体	54
3.1.4	草图的状态	55
3.1.5	草图选项	57
3.1.6	草图对象的选择	58
3.2	草图的约束	60
3.2.1	约束的定义与分类	61
3.2.2	草图的几何约束	61
3.2.3	草图的尺寸约束	67
3.3	草图图形元素	73
3.3.1	点	73
3.3.2	直线	74
3.3.3	圆	75
3.3.4	圆弧	76
3.3.5	矩形和平行四边形	78
3.3.6	椭圆和椭圆弧	80
3.3.7	多边形	82
3.3.8	样条曲线	82
3.3.9	抛物线	84
3.3.10	文字	84
3.3.11	槽口	85
3.4	草图编辑	87
3.4.1	等距实体	87
3.4.2	镜像	88
3.4.3	转换实体引用	89

3.4.4	分割、合并实体	90
3.4.5	裁剪实体	90
3.4.6	延伸实体	92
3.4.7	圆角、倒角	93
3.4.8	阵列	94
3.4.9	剪切、复制、粘贴草图	95
3.4.10	移动、旋转、缩放、复制草图	96
3.4.11	将草图绘制实体转换成构造几何线	98
3.4.12	派生草图	99
3.5	草图的修复	99
3.5.1	自动修复草图	100
3.5.2	手动修复草图	101
3.6	草图绘制的一般技巧	103
3.7	草图绘制综合案例	104
3.7.1	综合案例 1	104
3.7.2	综合案例 2	106
3.7.3	综合案例 3	108
3.8	思考与练习	109
第 4 章	参考几何体	112
4.1	参考几何体概述	112
4.2	点	112
4.2.1	“点”的创建步骤	112
4.2.2	“点”属性管理器	112
4.2.3	创建参考点的方法	113
4.3	基准轴	115
4.3.1	“基准轴”的创建步骤	116
4.3.2	“基准轴”属性管理器	116
4.3.2	创建基准轴的方法	116
4.4	基准面	118
4.4.1	“基准面”的创建步骤	118
4.4.2	“基准面”的属性设置	118
4.4.3	创建基准面的方法	119
4.5	坐标系	121
4.5.1	“坐标系”的创建步骤	121
4.5.2	“坐标系”的属性设置	122
4.5.3	创建坐标系的方法	122
4.6	思考与练习	123

第 5 章 零件设计	125
5.1 零件设计基础知识	125
5.1.1 零件建模基础	125
5.1.2 特征定义与类型	128
5.1.3 特征建模步骤	130
5.1.4 保存文件	131
5.1.5 SOLIDWORKS 特征树概述	131
5.2 基础特征建模	133
5.2.1 拉伸特征	133
5.2.2 拉伸切除特征	136
5.2.3 旋转特征	137
5.2.4 旋转切除特征	139
5.3 附加特征建模	140
5.3.1 圆角特征	140
5.3.2 倒角特征	146
5.3.3 拔模特征	147
5.3.4 抽壳特征	150
5.3.5 筋(肋)特征	152
5.3.6 阵列特征	154
5.3.7 镜像特征	160
5.3.8 实体的平移旋转变换特征	162
5.3.9 圆顶特征	165
5.4 特征的编辑与分析	166
5.4.1 特征编辑	166
5.4.2 特征分析	168
5.5 模型的测量与分析	169
5.5.1 模型的测量	169
5.5.2 模型的分析	175
5.6 零件设计综合案例	177
5.7 思考与练习	190
第 6 章 装配体设计	194
6.1 装配的基本知识概述	194
6.2 装配体的操作	201
6.2.1 创建装配体文件	202
6.2.2 插入装配零件	203
6.2.3 删除装配零件	203

6.2.4	定位零部件	203
6.2.5	固定零部件	204
6.2.6	移动零部件	204
6.2.7	旋转零部件	205
6.2.8	删除配合关系	205
6.2.9	修改配合关系	206
6.3	零部件的阵列与镜像	206
6.3.1	线性阵列	206
6.3.2	圆周阵列	208
6.3.3	零件的镜像	210
6.4	装配设计综合案例	211
6.5	装配体爆炸视图	217
6.5.1	爆炸视图的属性设置	217
6.5.2	爆炸视图添加	218
6.5.3	爆炸视图编辑	218
6.5.4	爆炸视图的解除	219
6.5.5	二级减速器中间轴的爆炸视图制作	220
6.6	思考与练习	226
第 7 章	工程图设计	229
7.1	工程图概述	229
7.1.1	建立工程图文件	229
7.1.2	建立多张工程图	232
7.1.3	建立工程图图纸格式文件	232
7.2	标准视图	232
7.2.1	标准三视图	233
7.2.2	模型视图	233
7.2.3	相对模型视图	234
7.3	派生工程视图	236
7.3.1	投影视图	236
7.3.2	辅助视图	238
7.3.3	剖面视图	239
7.3.4	局部视图	240
7.3.5	断开的剖视图	241
7.3.6	断裂视图	242
7.3.7	剪裁视图	243
7.4	标注尺寸	244
7.4.1	设置尺寸选项	244

7.4.2	添加尺寸标注的操作方法	246
7.5	添加注释	247
7.5.1	注释的属性设置	247
7.5.2	添加注释的操作方法	248
7.6	中间轴零件图综合案例	249
7.6.1	绘制原则	249
7.6.2	建立工程图前的准备工作	250
7.6.3	插入视图	251
7.6.4	绘制剖面图	252
7.6.5	绘制剖切视图	253
7.6.6	标注零件图尺寸	255
7.6.7	标注零件的粗糙度	258
7.6.8	加注注释文字	258
7.6.9	更改标题栏	258
7.6.10	保存完成	259
7.7	二级减速器装配图综合案例	260
7.7.1	新建工程图纸	260
7.7.2	插入视图	260
7.7.3	添加各视图中心线	261
7.7.4	添加断开的剖视图	262
7.7.5	标注尺寸	268
7.7.6	添加零件序号	269
7.7.7	添加技术要求	271
7.7.8	添加材料明细表	272
7.8	思考与练习	275
第 8 章	扫描设计	278
8.1	扫描特征概述	278
8.2	扫描特征的属性设置	279
8.3	扫描凸台/基体	281
8.3.1	穿透和重合	281
8.3.2	自相交叉	284
8.3.3	凸台扫描特征	285
8.3.4	引导线扫描特征	286
8.4	切除扫描	288
8.5	扫描设计综合案例	290
8.5.1	弹簧设计	290
8.5.2	螺母设计	292

8.5.3 节能灯设计	294
8.5.4 叉类零件设计	298
8.6 思考与练习	301
第9章 放样设计	304
9.1 放样特征概述	304
9.2 放样特征的属性设置	307
9.3 放样凸台/基体	308
9.3.1 凸台放样特征	308
9.3.2 引导线放样特征	309
9.3.3 中心线放样特征	311
9.3.4 分割线放样特征	312
9.3.5 与约束有关的放样特征	314
9.3.6 添加放样截面	318
9.4 切除放样	319
9.5 放样设计综合案例	320
9.6 思考与练习	323
第10章 焊件设计	325
10.1 焊件设计概述	325
10.2 结构构建属性	325
10.2.1 结构构件	325
10.2.2 结构构件的属性设置	326
10.2.3 生成结构构件案例	326
10.3 剪裁/延伸	328
10.3.1 剪裁/延伸的属性设置	328
10.3.2 运用剪裁工具案例	329
10.4 圆角焊缝	330
10.4.1 角焊缝的属性设置	330
10.4.2 生成圆角焊缝案例	330
10.5 自定义焊件轮廓	332
10.6 子焊件	332
10.7 切割清单	333
10.7.1 生成切割清单的操作步骤	333
10.7.2 自定义属性	334
10.8 焊接件设计综合案例	335
10.9 思考与练习	342

第 11 章 线路设计	343
11.1 线路模块概述	343
11.1.1 激活 SOLIDWORKS Routing	343
11.1.2 管线系统的分类	344
11.1.3 步路模板	344
11.1.4 配合参考	345
11.1.5 使用连接点	345
11.1.6 维护库文件	346
11.2 线路点和连接点	346
11.2.1 线路点	346
11.2.2 连接点	347
11.3 线路设计基本步骤	348
11.4 管筒线路综合设计范例	349
11.5 管道线路综合设计范例	353
11.6 思考与练习	359
第 12 章 渲染	360
12.1 布景	360
12.2 光源	362
12.2.1 线光源	363
12.2.2 点光源	363
12.2.3 聚光源	364
12.3 外观	365
12.4 贴图	367
12.5 输出图像	368
12.5.1 PhotoView 整合预览	368
12.5.2 PhotoView 预览窗口	368
12.5.3 PhotoView 选项	368
12.6 渲染实例	370
12.7 思考与练习	387
参考文献	388
附 学生作品欣赏	390



计算机辅助设计概论



计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD),是指工程技术人员以计算机为辅助工具来完成产品设计过程中的设计建立、修改、分析或优化等各项工作的技术。该技术支持设计过程的各个阶段,即方案设计、总体设计和详细设计,其主要功能是减轻设计人员的制图、绘图及改图等繁重劳动,协助编写各种材料或零件明细表、工艺流程及施工文件等。计算机辅助设计技术是 20 世纪最杰出的工程成就之一。

1.1 计算机辅助设计的内涵

随着计算机技术的快速发展及其在产品设计和工程分析领域中的应用,使得传统的设计手段和加工方法发生了彻底的改变。如今, CAD 技术已经成为设计领域中不可缺少的技术手段,它能够提高产品设计水平,缩短开发周期,提高产品的加工质量,同时也是企业提高创新能力、产品开发能力和增强企业竞争力的一项关键技术。 CAD 技术以数字化、信息化制造技术为基础,它的发展和應用对制造业产生了巨大的影响和推动作用。经过几十年的发展和应用, CAD 现已经形成规模庞大的产业,而且为制造业带来巨大的社会效益和经济效益。

CAD 以计算机、外围设备及其系统软件为基础,包括概念设计、方案设计、结构设计、优化设计、有限元分析、动态分析、仿真模拟以及产品数据管理等内容。它已广泛应用于机械、电子、建筑、航空、航天、汽车、化工、冶金、环境工程等领域。随着 Internet/Intranet 和并行、高性能计算机及事务处理的普及,异地、协同、虚拟设计及实时仿真也得到了广泛应用。

与传统的机械设计相比, CAD 技术可以提高产品设计质量,缩短新产品开发周期,降低生产损耗,减轻劳动强度,实现脑力劳动的自动化。总之,计算机辅助设计技术以其强大的功能,将工程设计工作提高到一个新的水平,它的应用是工程设计史上一个新的突破。与常规设计相比,计算机辅助设计具有明显的优越性,主要体现在以下几个方面:

(1) 提高设计效率、缩短设计周期。利用 CAD 技术,能明显地减少设计计算、图纸制作和资料检索时间,从而可减小设计人员的工作量和劳动强度,降低设计成本,从而能提高设计效率、缩短设计周期、加速产品的更新换代、增强产品的市场竞争力。如图 1-1 所示为通过 CAD 技术建立的锥齿轮二级减速器装配体模型。

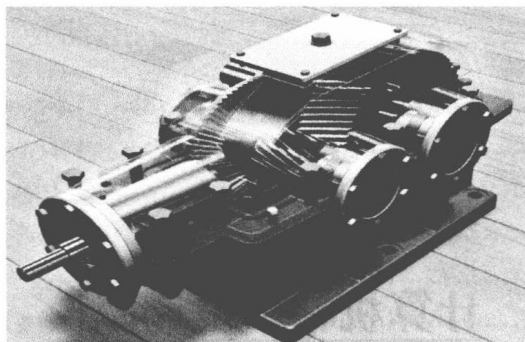


图 1-1 锥齿轮二级减速器装配体模型

(2) 提高设计质量。利用计算机提供的标准数据库、图形库和应用软件提供的优化技术有限元分析和设计计算功能,可以减少人为的设计误差,达到最佳设计效果。同时,由于设计人员摆脱了繁重、简单、重复的劳动,从而能集中精力发挥创造性思维,设计出高质量的产品。

(3) 便于产品标准化、系列化、通用化。利用 CAD 技术的参数化设计功能,可以方便实现产品的系列设计。利用存储于计算机中的标准设计信息,能够实现设计过程中的资源共享。设计人员可以利用 CAD 系统建立标准图及标准设计库,也可以修改原有产品设计中的参数得到新的设计结果。由于可以充分利用以前的设计结果,CAD 系统在标准化、系列化、通用化方面有突出的优势。

(4) 在设计阶段可预估产品的特性。利用 CAD 技术中的运动分析、有限元分析、动态仿真等技术,可以在设计阶段预估产品的特性。因此,可及早发现设计缺陷,从而能够提高设计质量、提高产品的可靠性、缩短新产品的试制周期。

(5) 易于实现网络化设计。随着网络技术的迅速发展,基于网络的 CAD 系统也越来越多,利用这样的系统,工程人员可以实现不同部门、不同地点之间的设计信息交流,提高设计工作的效率与灵活性,实现设计资源的跨平台共享。

(6) 为实现计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing,CAM)提供了基础。采用 CAD 技术生成的零件模型可以直接由计算机的 CAM 软件转化为加工、管理信息,并传送给数控机床和生产组织者,实现产品设计与制造一体化。

(7) 使产品快速进入市场。产品设计完成以后,即可根据设计文件及有关数据,利用仿真技术和多媒体技术生成数字样机,通过网络等各种媒体进行产品宣传,提前进行市场拓展。

可以看出,采用 CAD 技术可以提高设计质量、缩短设计周期、降低设计成本、加快产品的更新换代速度,使企业可以保持良好的市场竞争能力。

1.2 计算机辅助设计的发展历程

CAD 在早期是英文 Computer Aided Drafting(计算机辅助制图)或 Computer Aided Drawing(计算机辅助绘图)的缩写,随着计算机软、硬件技术的发展,人们逐步认识到单纯使

用计算机绘图还不能称之为计算机辅助设计。真正的设计是整个产品的设计,它包括产品的构思、功能设计、结构分析、加工制造等,而二维工程图设计只是产品设计中的一小部分。于是 CAD 所表达的意思也由 Computer Aided Drafting (Drawing) 改为 Computer Aided Design, CAD 也不再仅仅是辅助绘图,而是整个产品的辅助设计。

CAD 技术的发展和形成至今已有 60 多年的历史,自 20 世纪 50 年代交互式图形处理技术的出现, CAD 技术经历了由单纯的二、三维绘图到覆盖几何造型、工程分析、模拟仿真、设计文档生成等大量产品设计活动的发展过程。目前, CAD 技术正经历着由传统 CAD 技术到现代 CAD 技术的转变。了解 CAD 技术发展历程和趋势将有助于我们今后有效地应用和发展这项技术。在 CAD 技术的发展历程中主要经历了以下四次革命。

1. 第一次 CAD 技术革命——贵族化的曲面造型系统

20 世纪 60 年代出现的三维 CAD 系统只是极为简单的线框式系统,如图 1-2 所示。这种初期的线框造型系统只能表达基本的几何信息,不能有效表达几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的信息, CAM 及 CAE (Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程) 均无法实现。

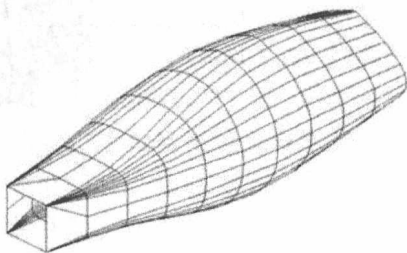


图 1-2 线框式曲面造型

进入 20 世纪 70 年代,计算机辅助设计的理论研究、有限元方法及程序设计方法的蓬勃发展,给计算机辅助设计的软件发展提供了理论基础。随着超大规模集成电路和光栅图形显示器的出现,计算机成本大幅度下降,图形设备迅速向质优价廉的方向发展。这些新技术给计算机辅助设计带来了巨大的动力。此间是飞机和汽车工业的蓬勃发展时期,飞机及汽车制造中遇到了大量的自由曲面问题。法国人提出了贝赛尔算法,使得人们在用计算机处理曲线及曲面问题时变得可以操作,同时也使得法国的达索飞机制造公司的开发者们能在二维绘图系统 CADAM 的基础上,开发出以表面模型为特点的自由曲面建模方法,推出了三维曲面造型系统 CATIA。它的出现,标志着计算机辅助设计技术从单纯模仿工程图纸的三视图模式中解放出来,首次实现以计算机完整描述产品零件的主要信息,同时也使得 CAM 技术的开发有了现实的基础。曲面造型系统 CATIA 为人类带来了第一次 CAD 技术革命。

2. 第二次 CAD 技术革命——生不逢时的实体造型技术

20 世纪 80 年代初, CAD 系统价格依然令一般企业望而却步,这使得 CAD 技术无法拥有更广阔的市场。为使自己的产品更具特色,在有限的市场中获得更大的市场份额,以 CV SDRC、UG 为代表的系统开始朝各自的发展方向前进。20 世纪 70 年代末到 80 年代初,由于计算机技术的大跨步前进, CAE、CAM 技术也开始有了很大发展, SDRC 在当时星球大战计划的背景下,由美国宇航局支持及合作,开发出了许多专用分析模块,用以降低巨大的太空实验费用,同时在 CAD 技术方面也进行了许多开拓; UG 则着重在曲面技术的基础上发展 CAM 技术,用以满足麦道飞机零部件的加工需求; CV 则将主要精力放在 CAD 市场份额的争夺上。

有了表面模型, CAM 的问题可以基本解决。但由于表面模型技术只能表达形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等,对 CAE 十分不利,其最大的

问题在于分析的前处理特别困难。基于对于 CAD/CAE 二体化技术发展的探索,SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件: I-DEAS,如图 1-3 所示。由于实体造型技术能够精确表达零件的全部属性,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的模型表达,给设计带来了惊人的方便性。它代表着未来 CAD 技术的发展方向,可以说,实体造型技术的普及应用标志着 CAD 发展史上的第二次技术革命。

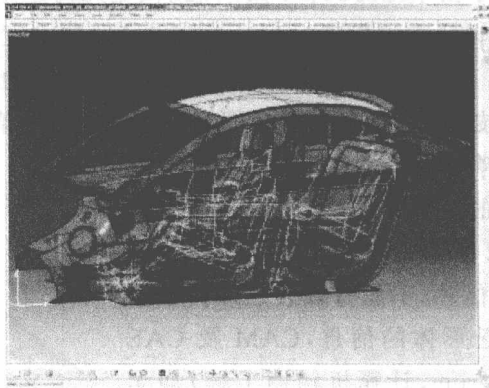


图 1-3 CAD/CAE 软件: I-DEAS 界面

3. 第三次 CAD 技术革命——一鸣惊人的参数化技术

进入 20 世纪 80 年代中期,美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation, PTC)提出了一种比无约束自由造型更新颖、更好的算法——参数化实体造型方法,研制命名为 Pro/E 的参数化软件。它主要的特点是基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改,如图 1-4 所示。目前,PTC 公司在 CAD 市场份额排名上已名列前茅。可以认为,参数化技术的应用主导了 CAD 发展史上的第三次技术革命。

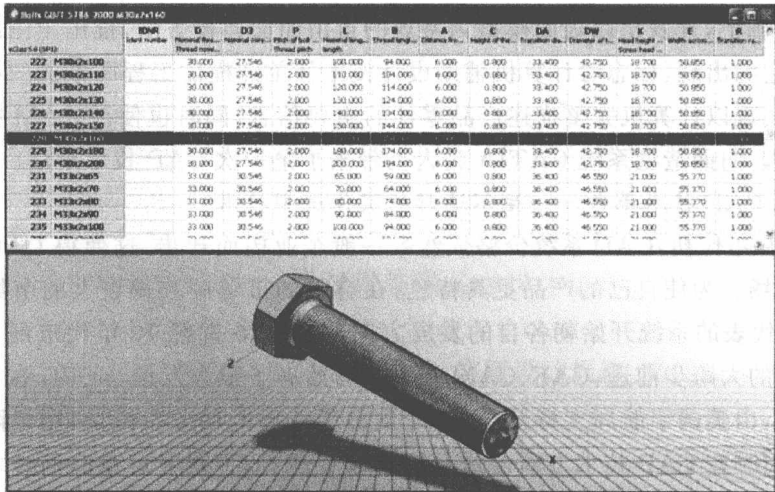


图 1-4 螺栓模型参数化建模

4. 第四次 CAD 技术革命——更上一层楼的变量化技术

参数化技术的成功应用,使得它在 1990 年前后几乎成为 CAD 业界的标准,但是,参数