



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

SIEMENS PLM SOFTWARE公司 GO PLM项目推荐教材

UG NX 8



三维造型技术基础

(第2版)

单 岩 吴立军 蔡 娥 编著

-  三维造型基础知识
-  UG NX 8基本操作
-  草图绘制及实体建模
-  曲线绘制及编辑
-  曲面建模、编辑及分析
-  装配功能
-  工程制图
-  同步建模
-  三维造型思路及应用
-  三维造型实例



清华大学出版社

014056300

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TB472-39
322-2

UG NX 8 三维造型技术基础

(第2版)

单岩 吴立军 蔡娥 编著



清华大学出版社

北 京

TB472-39
322-2



北航

C1744944

内 容 简 介

本书以 UG NX 8 为蓝本, 详细介绍了三维造型技术的基础知识和相关技巧, 全书共分 11 章, 按三维造型技术构成划分为 3 个教学单元, 即三维造型基础知识(第 1 章)、主流三维造型软件 UG NX 功能操作(第 2~10 章)、三维造型基本思路与应用实例(第 11 章)。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 也是 SIEMENS PLM SOFTWARE 公司 GO PLM 项目推荐教材, 专用于高等院校机械及相关专业三维造型课程教学, 也可供机械行业技术人员自学三维造型技术使用。

本书理论联系实际, 可操作性强。为便于教师教学, 本书提供有 PPT 教学课件、实例源文件、配套视频, 这些内容可通过 <http://www.51cax.com> 或 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 下载。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

UG NX 8 三维造型技术基础 / 单岩, 吴立军, 蔡娥 编著. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2014

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-302-36413-9

I. ①U… II. ①单… ②吴… ③蔡… III. ①工业产品—计算机辅助设计—应用软件

IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098463 号

责任编辑: 刘金喜

装帧设计: 牛静敏

责任校对: 邱晓玉

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62794504

印 装 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 25 字 数: 577 千字

版 次: 2008 年 11 月第 1 版 2014 年 8 月第 2 版 印 次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 39.80 元

前 言

作为制造业工程师最常用的、必备的基本技术,工程制图曾被称为是“工程师的语言”,也是所有高校机械及相关专业的必修基础课程。然而,在现代制造业中,工程制图的地位正在被一个全新的设计手段所取代,那就是三维造型技术。

随着信息化技术在现代制造业中的普及和发展,三维造型技术已经从一种稀缺的高级技术变成制造业工程师的必备技能,并替代传统的工程制图技术,成为工程师们的日常设计和交流工具。与此同时,各高等院校相关课程的教学重点也正逐步由工程制图向三维造型技术转变。

本书专为高等院校机械及相关专业三维造型课程教学而编写,集成了浙江大学多年来在三维造型应用技术方面的教学、培训及工程项目经验。全书共分 11 章,划分为 3 个教学单元,即三维造型基础知识(第 1 章)、主流三维造型软件 UG NX(本书以 8.0 版为蓝本)功能操作(第 2~10 章)、三维造型基本思路与应用实例(第 11 章)。这种由“基础知识、操作技能、应用思路、实战经验”构成的四位一体教学内容,充分体现了三维造型技术的有机组成。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,也是 SIEMENS PLM SOFTWARE 公司 GO PLM 项目推荐教材。本书可用于高等学校机械及相关专业课程的教学,也可供机械行业技术人员自学三维造型技术使用。

为便于教师教学,本书提供有 PPT 教学课件、实例源文件、配套视频,这些内容可通过 <http://www.51cax.com> 或 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 下载。

本书由单岩(浙江大学)、吴立军(浙江科技学院)、蔡娥(浙江大学)编著,杭州浙大旭日科技开发有限公司的卢俊、李加文、潘常春、吴中林等也参与了本书的编写。杭州浙大旭日科技开发有限公司为本书配套提供案例源文件,实例操作视频等立体教学资源,在此表示衷心的感谢。本书配套的 PPT 演示文档由浙江大学过程控制专业的曹胤之同学协助整理,在此一并致谢。

限于编写时间和编者的水平,书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。读者可通过以下方式与我们交流:

- 网站: <http://www.51cax.com>
- E-mail: book@51cax.com
- 致电: 0571-28811226, 28852522

最后,感谢清华大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

编者

2014 年 1 月

目 录

第 1 章 了解三维建模基础知识	1
1.1 设计的飞跃——从二维到三维	1
1.2 什么是三维建模	3
1.3 三维建模——CAX 的基石	4
1.4 无处不在的三维建模	7
1.5 三维建模的历史、现状和未来	7
1.5.1 三维建模技术的发展史	7
1.5.2 三维建模系统的未来	8
1.6 如何学好三维建模技术	8
1.7 三维建模相关的基本概念	9
1.7.1 什么是维	9
1.7.2 图形与图像	10
1.7.3 图形对象	11
1.7.4 视图变换与物体变换	12
1.7.5 人机交互	12
1.8 三维建模种类	13
1.8.1 特征建模	13
1.8.2 参数化建模	14
1.8.3 变量化建模	14
1.9 图形交换标准	14
1.9.1 二维图形交换标准(DXF)	15
1.9.2 初始图形信息交换 规范(IGES)	15
1.9.3 产品模型数据交换 标准(STEP)	16
1.9.4 3D 模型文件格式(STL)	16
1.9.5 其他图形格式转换	16
1.10 三维建模系统的组成	17
1.11 CAD/CAM/CAE 软件分类	18
1.12 常用 CAD/CAM/CAE 软件 简介	18

1.12.1 CATIA	18
1.12.2 I-DEAS	19
1.12.3 Pro/ENGINEER	19
1.12.4 UG NX	19
1.12.5 SolidEdge	20
1.12.6 SolidWorks	20
1.12.7 Cimatron	20
1.12.8 Mastercam	20
1.13 如何选用合适的软件	20
1.14 本章小结	21
1.15 思考与练习	22
第 2 章 UG NX 软件概述	23
2.1 UG NX 软件简介	23
2.2 UG NX 软件的发展历史	23
2.3 UG NX 软件的技术特点	24
2.4 UG NX 软件的常用功能模块	25
2.5 UG NX 工作流程	26
2.6 基于 UG NX 的产品设计 流程	27
2.7 本章小结	28
2.8 思考与练习	28
第 3 章 UG NX 基本操作	29
3.1 UG NX 工作环境	29
3.1.1 UG NX 用户界面	29
3.1.2 鼠标操作	32
3.1.3 常用菜单	32
3.1.4 快捷菜单	40
3.1.5 常用工具条	41
3.2 环境定制	42
3.2.1 切换中英文界面	43
3.2.2 定制工具条	43

3.2.3	用户默认设置	45	4.1.2	草图与层	80
3.2.4	模板	46	4.1.3	草图功能简介	80
3.2.5	角色	47	4.1.4	草图参数预设置	80
3.3	快捷键	49	4.1.5	创建草图的一般步骤	82
3.3.1	常用快捷键	49	4.2	创建草图	82
3.3.2	快捷键定制	50	4.2.1	在平面上	82
3.4	对象选择	51	4.2.2	基于路径	83
3.4.1	直接选择	51	4.3	内部草图与外部草图	84
3.4.2	取消选择对象	51	4.3.1	内部草图与外部草图的 基本概念	84
3.4.3	类选择器	51	4.3.2	内部草图和外部草图之间的 区别	84
3.4.4	选择条	52	4.3.3	使草图成为内部的或 外部的	85
3.4.5	快速拾取	52	4.4	创建草图对象	85
3.4.6	选择首选项	53	4.4.1	自由手绘草图曲线	85
3.5	图层与组	54	4.4.2	投影曲线	86
3.5.1	图层	54	4.5	约束草图	86
3.5.2	组	56	4.5.1	自由度	87
3.5.3	特征分组	56	4.5.2	几何约束	88
3.6	坐标系	57	4.5.3	尺寸约束	91
3.6.1	动态	58	4.5.4	约束技巧与提示	93
3.6.2	原点	58	4.6	草图操作	94
3.6.3	旋转	59	4.6.1	编辑曲线	94
3.6.4	定向	59	4.6.2	编辑定义截面	94
3.6.5	显示	62	4.6.3	偏置曲线	95
3.6.6	保存	62	4.6.4	镜像曲线	95
3.7	基本元素的创建	63	4.7	草图管理	96
3.7.1	点	63	4.7.1	完成草图	96
3.7.2	矢量	65	4.7.2	草图名	96
3.7.3	基准平面及平面	67	4.7.3	定向视图到草图	96
3.8	几何变换	70	4.7.4	定向视图到模型	96
3.8.1	变换	70	4.7.5	重新附着	96
3.8.2	移动对象	74	4.7.6	创建定位尺寸	97
3.9	本章小结	78	4.7.7	评估草图	97
3.10	思考与练习	78	4.7.8	更新模型	97
第4章	草图	79	4.8	草图实例	98
4.1	草图概述	79			
4.1.1	草图与特征	79			

4.8.1 垫片零件草图的绘制	98	5.6.6 镜像体和镜像特征	150
4.8.2 吊钩零件草图的绘制	100	5.6.7 修剪体	151
4.9 本章小结	101	5.6.8 缝合	152
4.10 思考与练习	102	5.6.9 螺纹	153
第5章 实体建模	103	5.6.10 抽壳	153
5.1 实体建模概述	103	5.6.11 偏置面	155
5.1.1 基本术语	103	5.7 编辑特征	155
5.1.2 UG NX 特征的分类	104	5.7.1 编辑特征参数	156
5.1.3 UG NX 实体特征工具	104	5.7.2 移除参数	157
5.1.4 建模流程	105	5.7.3 抑制特征	157
5.2 体素特征与布尔操作	106	5.7.4 取消抑制特征	158
5.2.1 体素特征	106	5.7.5 特征回放	159
5.2.2 布尔操作	110	5.8 实体建模实例	159
5.3 基准特征	112	5.8.1 实例建模	159
5.3.1 基准轴	112	5.8.2 轴零件	164
5.3.2 基准面	113	5.9 本章小结	167
5.3.3 基准坐标系	113	5.10 思考与练习	168
5.4 扫掠特征	115	第6章 曲线	169
5.4.1 拉伸	115	6.1 曲线概述	169
5.4.2 回转	119	6.2 创建曲线	170
5.4.3 沿引导线扫掠	120	6.2.1 基本曲线	170
5.4.4 管道	121	6.2.2 直线和圆弧	179
5.5 成形特征	122	6.2.3 曲线倒斜角	181
5.5.1 成形特征概述	122	6.2.4 矩形	183
5.5.2 孔	124	6.2.5 多边形	183
5.5.3 凸台	127	6.2.6 椭圆	184
5.5.4 腔体	128	6.2.7 一般二次曲线	185
5.5.5 垫块	131	6.2.8 点集	188
5.5.6 键槽	132	6.2.9 样条	189
5.5.7 开槽	136	6.3 曲线操作	193
5.6 特征操作	138	6.3.1 偏置曲线	193
5.6.1 拔模	138	6.3.2 桥接曲线	195
5.6.2 倒斜角	141	6.3.3 连接曲线	197
5.6.3 边倒圆	141	6.3.4 投影曲线	198
5.6.4 面倒圆	146	6.3.5 相交曲线	200
5.6.5 软倒圆	150	6.3.6 组合投影	200

6.3.7 截面曲线.....	201	7.4.5 剖切曲面.....	244
6.3.8 抽取曲线.....	203	7.5 基于已有曲面构成新曲面.....	247
6.3.9 在面上偏置曲线.....	204	7.5.1 延伸曲面.....	247
6.4 编辑曲线.....	204	7.5.2 N 边曲面.....	249
6.4.1 编辑曲线参数.....	205	7.5.3 偏置曲面.....	250
6.4.2 修剪曲线.....	205	7.5.4 修剪的片体.....	251
6.4.3 修剪拐角.....	206	7.5.5 修剪和延伸.....	252
6.4.4 编辑圆角.....	207	7.6 编辑曲面.....	254
6.4.5 分割曲线.....	207	7.6.1 概述.....	254
6.4.6 曲线长度.....	208	7.6.2 移动定义点.....	255
6.5 曲线分析.....	208	7.6.3 移动极点.....	255
6.5.1 曲线、曲面间的连续关系.....	209	7.6.4 扩大.....	255
6.5.2 曲率梳分析.....	210	7.6.5 边界.....	256
6.5.3 峰值分析.....	211	7.7 曲面分析.....	257
6.5.4 拐点分析.....	211	7.7.1 截面分析.....	257
6.6 本章小结.....	212	7.7.2 高亮线分析.....	258
6.7 思考与练习.....	212	7.7.3 曲面连续性分析.....	259
第7章 曲面建模.....	215	7.7.4 面分析-半径.....	260
7.1 曲线(面)建模原理.....	215	7.7.5 面分析-反射.....	261
7.1.1 自由曲线与自由曲面的 基本原理.....	216	7.7.6 面分析-斜率.....	263
7.1.2 理解曲面建模功能.....	223	7.7.7 面分析-距离.....	263
7.2 曲面功能概述.....	230	7.7.8 拔模分析.....	264
7.2.1 自由曲面构造方法.....	230	7.8 手机外壳底板建模.....	265
7.2.2 自由曲面工具条.....	230	7.9 本章小结.....	269
7.2.3 基本概念.....	231	7.10 思考与练习.....	269
7.2.4 基本原则与技巧.....	232	第8章 装配功能.....	271
7.3 由点构建曲面.....	233	8.1 装配功能简介.....	271
7.3.1 通过点.....	233	8.1.1 概述.....	271
7.3.2 从极点.....	234	8.1.2 装配模块调用.....	272
7.3.3 从点云.....	235	8.1.3 装配术语.....	272
7.4 由线构建曲面.....	236	8.1.4 装配中部件的不同状态.....	274
7.4.1 直纹面.....	236	8.1.5 装配的一般思路.....	275
7.4.2 通过曲线组.....	238	8.2 装配导航器.....	275
7.4.3 通过曲线网格.....	240	8.2.1 概述.....	275
7.4.4 扫描.....	241	8.2.2 装配导航器的设置.....	275
		8.3 从底向上装配.....	277

8.3.1 概念	277	9.4.2 对齐视图	321
8.3.2 装配约束	279	9.4.3 移除视图	322
8.3.3 移动组件	283	9.4.4 自定义视图边界	322
8.3.4 引用集	289	9.4.5 编辑截面线	324
8.4 组件的删除、隐藏与抑制	292	9.4.6 组件剖视	325
8.5 自顶向下装配	292	9.4.7 视图相关编辑	325
8.6 部件间建模	293	9.4.8 更新视图	326
8.7 爆炸视图	297	9.5 标注尺寸	327
8.7.1 概念	297	9.5.1 尺寸标注的类型	327
8.7.2 爆炸视图的创建	297	9.5.2 标注尺寸的一般步骤	328
8.7.3 爆炸视图操作	299	9.6 参数预设置	329
8.8 脚轮装配实例	300	9.6.1 制图参数预设置	329
8.9 本章小结	303	9.6.2 视图参数预设置	329
8.10 思考与练习	303	9.6.3 标注参数预设置	331
第9章 工程制图	305	9.7 数据转换	333
9.1 工程制图概述	305	9.8 法兰轴工程图实例	334
9.1.1 UG NX 工程图特点	305	9.9 本章小结	343
9.1.2 制图模块的调用方法	305	9.10 思考与练习	344
9.1.3 UG NX 出图的一般流程	306	第10章 同步建模	345
9.2 工程图纸的创建与编辑	307	10.1 同步建模概述	345
9.2.1 创建工程图纸	307	10.1.1 建模模式	345
9.2.2 打开工程图纸	308	10.1.2 同步建模技术	347
9.2.3 编辑工程图纸	308	10.1.3 同步建模工具	347
9.2.4 删除工程图纸	309	10.2 同步建模功能	347
9.3 视图的创建	309	10.2.1 移动面	347
9.3.1 基本视图	309	10.2.2 偏置区域	349
9.3.2 投影视图	311	10.2.3 替换面	349
9.3.3 局部放大图	312	10.2.4 删除面	350
9.3.4 剖视图	313	10.2.5 调整圆角大小	351
9.3.5 半剖视图	314	10.2.6 调整面的大小	352
9.3.6 旋转剖视图	315	10.2.7 复制面	352
9.3.7 局部剖视图	317	10.2.8 设为共面	355
9.3.8 展开剖视图	318	10.2.9 尺寸	356
9.3.9 加载图框	318	10.3 同步建模实例	358
9.4 视图编辑	320	10.4 本章小结	361
9.4.1 移动与复制视图	320	10.5 思考与练习	361

第 11 章 UG NX 三维造型思路	363	11.3 曲面建模的基本思路	368
11.1 实体建模的基本思路	363	11.4 小家电外壳实例解析	369
11.1.1 建模树法	363	11.4.1 分析阶段	369
11.1.2 三维建模软件的使用	365	11.4.2 实现阶段	370
11.1.3 实体建模	365	11.4.3 软件的具体实现过程	373
11.2 简单实例解析	366	11.5 本章小结	387
11.2.1 方案一	366	11.6 思考与练习	387
11.2.2 方案二	367		

第1章 了解三维建模基础知识

人们生活在三维世界中,采用二维图纸来表达几何形体显得不够形象、逼真。三维建模技术的发展和成熟应用改变了这种现状,使得产品设计实现了从二维到三维的飞跃,且必将越来越多地替代二维图纸,最终成为工程领域的通用语言。因此,三维建模技术也成为工程技术人员所必须具备的基本技能之一。

学习三维建模技术,应首先了解三维建模技术的基础知识,包括相关概念、三维建模的种类、建模原理、图形交换标准等。本章涉及三维建模的背景知识很多,应重点理解三维建模的基本概念和相关知识,这些知识是所有三维建模软件共用的基础。

本章学习目标

- 了解三维建模技术的基本概貌;
- 了解三维建模技术的发展历程、价值和种类;
- 了解三维建模技术及其与 CAD、CAE、CAM 等计算机辅助设计技术之间的关系;
- 了解常用 CAD/CAM/CAE 软件;
- 掌握三维建模的方法。

1.1 设计的飞跃——从二维到三维

目前我们能够看到的几乎所有印刷资料,包括各种图书、图片、图纸,都是平面的,是二维的。而现实世界是一个三维的世界,任何物体都具有三个维度,要完整地表述现实世界的物体,需要用 X 、 Y 、 Z 三个量来度量。所以这些二维资料只能反映三维世界的部分信息,必须通过抽象思维才能在人脑中形成三维影像。

工程界也是如此。多年来,二维的工程图纸一直作为工程界的通用语言,在设计、加工等所有相关人员之间传递产品的信息。由于单个平面图形不能完全反映产品的三维信息,人们就约定一些制图规则,如将三维产品向不同方向投影、剖切等,形成若干由二维视图组成的图纸,从而表达完整的产品信息,如图 1-1 所示。图中是用四个视图来表达产品的。

图纸上的所有视图,包括反映产品三维形状的轴测图(正等轴测图、斜二测视图或者其他视角形成的轴测图),都是以二维平面图的形式展现从某个视点、方向投影过去的物体的情况。根据这些视图以及既定的制图规则,借助人类的抽象思维,就可以在人脑中重构物体的三维空间几何结构。因此,不掌握工程制图规则,就无法制图、读图,也就无法进行产品的设计、制造,从而无法与其他技术人员沟通。

毋庸置疑,二维工程图在人们进行技术交流等方面起到了重要的作用。但用二维工

程图形来表达三维世界中的物体, 需要把三维物体按制图规则绘制成二维图形(即制图过程), 其他技术人员再根据这些二维图形和制图规则, 借助抽象思维在人脑中重构三维模型(即读图过程), 这一过程复杂且易出错。因此以二维图纸作为传递信息的媒介, 实属不得已而为之。

那么, 有没有办法可以直接反映人脑中的三维的、具有真实感的物体, 而不用经历三维投影到二维、二维再抽象到三维的过程呢? 答案是肯定的, 这就是三维造型技术, 它可以直接建立产品的三维模型, 如图 1-2 所示。

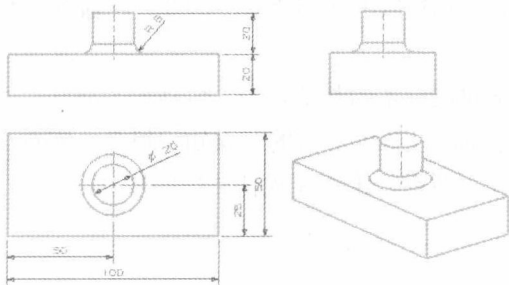


图 1-1

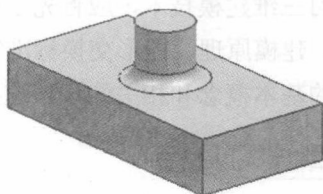


图 1-2

三维建模技术直接将人脑中设计的产品通过三维模型来表现, 无须借助二维图纸、制图规范及人脑抽象就可获得产品的三维空间结构, 因此直观、有效、无二义性。三维模型还可直接用于工程分析, 尽早发现设计的不合理之处, 大大提高设计效率和可靠性。

但是, 过去由于受计算机软、硬件技术水平的限制, 三维建模技术在很长一段时间内不能实用化, 人们仍不得不借助二维图纸来设计和制造产品。而今, 微机性能大幅提高, 微机 CPU 的运算速度、内存和硬盘的容量、显卡技术等硬件条件足以支撑三维建模软件的硬件需求, 而三维建模软件也日益实用化, 因此, 三维建模技术在人类生活的各个领域开始发挥着越来越重要的作用。

正是三维建模技术的实用化, 推动了 CAD、CAM、CAE(计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算辅助工程分析技术, 统称 CAX 技术)的蓬勃发展, 使得数字化设计、分析、虚拟制造成为现实, 极大地缩短了产品设计制造周期。

毫无疑问, 三维建模必将取代二维图纸, 成为现代产品设计与制造的必备工具; 三维建模技术必将成为工程人员必备的基本技能, 替代机械制图课程, 成为高校理工科类学生的必修课程。

由于基于二维图纸的产品设计、制造流程已沿用多年, 数字化加工目前也还不能完全取代传统的加工方式, 因此, 二维图纸及计算机二维绘图技术现在还不可能完全退出企业的产品设计、制造环节。但是只要建立了产品的三维数字模型, 生成产品的二维图纸是一件非常容易的事情(参见本书 UG NX 制图部分的内容)。

事实上, 三维建模并非一个陌生的概念, 接下来先让我们深入理解什么是三维建模。

1.2 什么是三维建模

什么是三维建模呢?

设想这样一个画面:父亲在炉火前拥着孩子,左一刀、右一刀地切削一块木块;在孩子出神的眼中,木块逐渐成为一把精致的木手枪或者弹弓。木手枪或弹弓形成的过程,就是直观的三维建模过程。三维建模在现实中非常常见,如孩子们堆沙丘城堡、搭积木的过程是三维建模的过程;雕刻、制作陶瓷艺术品等,也是三维建模的过程。三维建模是如此的形象和直观——人脑中的物体形貌在真实空间再现出来的过程,就是三维建模的过程。

广义地讲,所有产品制造的过程,无论手工制作还是机器加工,都是将人们头脑中设计的产品转化为真实产品的过程,都可称为产品的三维建模过程。

计算机在不到一百年的发展时间里,几乎彻底改变了人类的生产、生活和生存方式,人脑中想象的物体,几乎都能够通过“电脑”来复现了。本书所说的“三维建模”,是指在计算机上建立完整的产品三维数字几何模型的过程,与广义的三维建模概念有所不同。

计算机中通过三维建模建立的三维数字形体,称为三维数字模型,简称三维模型。在三维模型的基础上,人们可以进行后续的许多工作,如CAD、CAM、CAE等。

虽然三维模型显示在二维的平面显示器上,与真实世界中可以触摸的三维物体有所不同,但是这个模型具有完整的三维几何信息,还可以有材料、颜色、纹理等其他非几何信息。人们可以通过旋转模型来模拟现实世界中观察物体的不同视角,通过放大/缩小模型,来模拟现实中观察物体的距离远近,仿佛物体就位于自己眼前一样。除了不可触摸,三维数字模型与现实世界中的物体没有什么不同,只不过它们是虚拟的物体。

计算机中的三维数字模型,对应着人脑中想象的物体,构造这样的数字模型的过程,就是计算机三维建模,简称三维建模。在计算机上利用三维造型技术建立的三维数字形体,称为三维数字模型,简称三维模型。

三维建模必须借助软件来完成,这些软件常被称为三维建模系统。三维建模系统提供在计算机上完成三维模型的环境和工具,而三维模型是CAX系统的基础和核心,因此CAX软件必须包含三维建模系统,三维建模系统也由此被广泛应用于几乎所有的工业设计与制造领域。

本书以世界著名的CAX软件——UG NX为例,介绍三维建模技术的基本原理、建模的基本思路和方法,其他CAX软件系统虽然功能、操作方式等不完全相同,但基本原理类似,学会使用一种建模软件后,向其他软件迁移将非常容易。

三维建模系统的主要功能是提供三维建模的环境和工具,帮助人们实现物体的三维数字模型,即用计算机来表示、控制、分析和输出三维形体,实现形体表示上的几何完整性,使所设计的对象生成真实感图形和动态图形,并能够进行物性(面积、体积、惯性矩、强度、刚度、振动等)计算、颜色和纹理仿真以及切削与装配过程的模拟等。具体功能包括:

- 形体输入:在计算机上构造三维形体的过程。

- 形体控制: 如对形体进行平移、缩放、旋转等变换。
- 信息查询: 如查询形体的几何参数、物理参数等。
- 形体分析: 如容差分析、物质特性分析、干涉量的检测等。
- 形体修改: 对形体的局部或整体修改。
- 显示输出: 如消除形体的隐藏线、隐藏面, 显示、改变形体明暗度、颜色等。
- 数据管理: 三维图形数据的存储和管理。

1.3 三维建模——CAX 的基石

CAX 技术包括 CAD(Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAM(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、CAPP(Computer Aided Process Planning, 计算机辅助工艺规划)、CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程分析)等计算机辅助技术; 其中, CAD 技术是实现 CAM、CAPP、CAE 等技术的先决条件, 而 CAD 技术的核心和基础是三维建模技术。

以模制产品的开发流程为例, 来考察 CAX 技术的应用背景以及三维建模技术在其中的地位。通常, 模制产品的开发分为产品设计、模具设计、模具制造和产品制造四个阶段, 如图 1-3 所示。

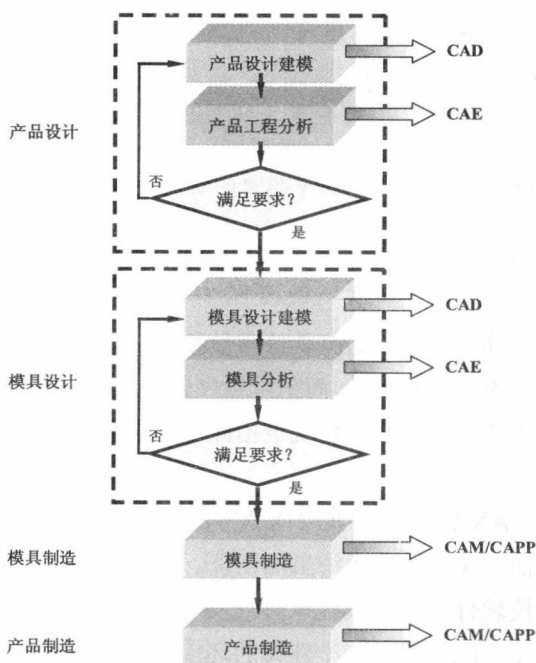


图 1-3

1. 产品设计阶段

首先建立产品的三维模型。建模的过程实际就是产品设计的过程, 这个过程属于 CAD

领域。设计与分析是一个交互过程,设计好的产品需要进行工程分析(CAE),如强度分析、刚度分析、机构运动分析、热力学分析等,分析结果再反馈到设计阶段(CAD),根据需要进行修改结构,修改后继续进行分析,直到满足设计要求为止。

2. 模具设计阶段

根据产品模型,设计相应的模具,如凸模、凹模以及其他附属结构,建立模具的三维模型。这个过程也属于 CAD 领域。设计完成的模具,同样需要经过 CAE 分析,分析结果用于检验、指导和修正设计阶段的工作。例如对于塑料制品,注射成型分析可预测产品成型的各种缺陷(如熔接痕、缩痕、变形等),从而优化产品设计和模具设计,避免因设计问题造成的模具返修甚至报废。模具的设计分析过程类似于产品的设计分析过程,直到满足模具设计要求后,才能最后确定模具的三维模型。

3. 模具制造阶段

由于模具是用来制造产品的模版,其质量直接决定了最终产品的质量,所以通常采用数控加工方式,这个过程属于 CAM 领域。制造过程不可避免地与工艺有关,需要借助 CAPP 领域的技术。

4. 产品制造阶段

此阶段根据设计好的模具批量生产产品,可能会用到 CAM/CAPP 领域的技术。

可以看出,模制品设计制造过程中,贯穿了 CAD、CAM、CAE、CAPP 等 CAX 技术;而这些技术都必须以三维建模为基础。

例如要设计生产如图 1-4 和图 1-5 所示的产品,必须首先建立其三维模型。没有三维建模技术的支持,CAD 技术无从谈起。

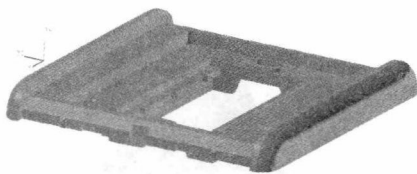


图 1-4

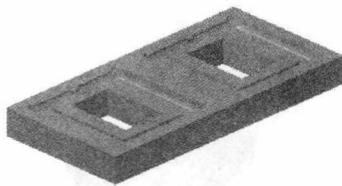


图 1-5

产品和模具的 CAE,不论分析前的模型网格划分,还是分析后的结果显示,也都必须借助三维建模技术才能完成,如图 1-6 和图 1-7 所示。

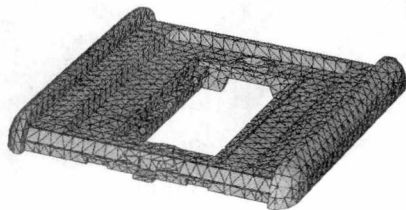


图 1-6

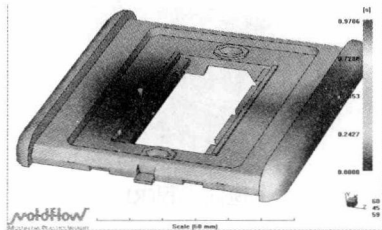


图 1-7

对于 CAM,同样需要在模具三维模型的基础上,进行数控(Numerical Control, NC)编

程与仿真加工。图 1-8 显示了模具加工的数控刀路,即加工模具时,刀具所走的路线。刀具按照这样的路线进行加工,去除材料余量,加工结果就是模具。图 1-9 显示了模具的加工刀轨和加工仿真的情况。可以看出,CAM 同样以三维模型为基础,没有三维建模技术,虚拟制造和加工是不可想象的。

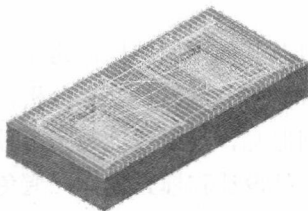


图 1-8

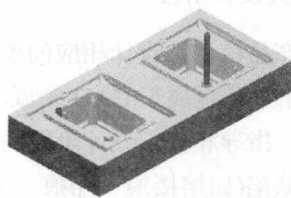
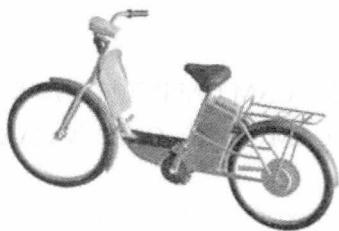


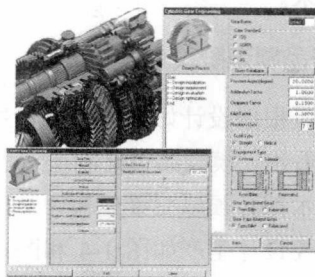
图 1-9

上述模制产品的设计制造过程充分表明,三维建模技术是 CAD、CAE、CAM 等 CAX 技术的核心和基础,没有三维建模技术,CAX 技术将无从谈起。

事实上,不仅模制产品,其他产品的 CAD、CAM、CAE 也都离不开三维建模技术:从产品的零部件结构设计,到产品的外观、人体美学设计;从正向设计制造到逆向工程、快速原型,都离不开三维建模,如图 1-10 所示。



产品外观造型设计



产品结构设计



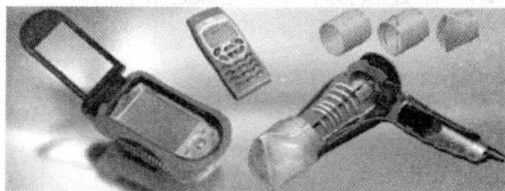
产品加工



工程分析



逆向工程(RE)



快速原型(RP)

图 1-10

1.4 无处不在的三维建模

目前,三维建模技术已广泛应用于人类生活的各个领域,从工业产品(飞机、机械、电子、汽车、模具、仪表、轻工)的零件造型、装配造型和焊接设计、模具设计、电极设计、钣金设计等,到日常生活用品、服装、珠宝、鞋业、玩具、塑料制品、医疗设施、铭牌、包装、艺术品雕刻、考古等。

近年来,三维建模还广泛用于电影制作、三维动画、广告、各种模拟器及景物的实时漫游、娱乐游戏等领域。电影特技制作、布景制作等利用 CAD 技术,已有十余年的历史,如,《星球大战》、《外星人》、《侏罗纪公园》、《黑客帝国》等科幻片,以及完全用三维电脑动画制作的影片《玩具总动员》等。三维电脑动画可以营造出编剧人员想象出的各种特技,设计出人工不可能做到的布景,为观众营造一种新奇、古怪和难以想象的环境,如《阿凡达》中用大量三维动画模拟了潘多拉星球上的奇异美景,让人仿佛身临其境。这些技术不仅节省大量的人力、物力,降低了拍摄成本,而且还为现代科技研制新产品提供了思路,如《007》系列电影中出现的间谍与反间谍虚拟设施,启发了新的影像监视产品的开发,促进了该领域的工业进展。

1.5 三维建模的历史、现状和未来

长久以来,工程设计与加工都基于二维工程图纸。计算机三维建模技术成熟,相关建模软件实用化后,这种局面被彻底改变了。

1.5.1 三维建模技术的发展史

在 CAD 技术发展初期,几何建模的目的仅限于计算机辅助绘图。随着计算机软、硬件技术的飞速发展,CAD 技术也从二维平面绘图向三维产品建模发展,由此推动了三维建模技术的发展,产生了三维线框建模、曲面建模以及实体建模等三维几何建模技术,以及在实体建模基础上发展起来的特征建模、参数化建模技术。

图 1-11 显示了产品三维建模技术的发展历程。曲面建模和实体建模的出现,使得描述单一零件的基本信息有了基础,基于统一的产品数字化模型,可进行分析和数控加工,从而实现了 CAD/CAM 集成。

目前,CAX 软件系统大多支持曲面建模、实体建模、参数化建模、混合建模等建模技术。这些软件经过四十年的发展、融合和消亡,形成了三大高端主流系统,即法国达索公司的 CATIA、德国 SIEMENS 公司的 Unigraphics(简称 UG NX)和美国 PTC 公司的 Pro/Engineer(简称 Pro/E)。