

# 三维机械设计

刘宏新 主编



# 三维机械设计

刘宏新 主编



机械工业出版社

为适应现代机械设计的需要,本书选用业界领导品牌 CATIA 为软件平台,充分体现计算机辅助工程技术的实用性与先进性,使学生掌握前沿的创新手段,并结合多年教学实践经验组织编写而成,是普通高等教育规划教材。本书根据知识模块及功能区划设计了综述、草图、零件、装配、制图、实例共 6 篇 15 章,详细讲解了从构思、造型、装配直至制图的三维机械设计流程与方法。三维机械设计思想、基础训练、能力提高并重,本书力求系统和全面地表述 CATIA 三维设计的相关内容,以使读者能够快速达到熟练、准确、规范、灵活、高效地运用三维 CAD 进行机械产品设计的水平。

本书是普通高等教育机械工程及其相关专业的专业基础课程配套教材,也可供职业院校参考使用,同时又适合工程技术人员培训与自学。本书可满足在实际工作中对经常用到的特征草图绘制、难点结构造型、复杂装配、工程图规范等问题的查询需要。

图书在版编目(CIP)数据

三维机械设计 / 刘宏新主编. —北京:机械工业出版社, 2014.12

ISBN 978-7-111-49910-7

I. ①三… II. ①刘… III. ①机械设计—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 071806 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曲彩云 责任印制:康朝琦

北京中兴印刷有限公司印刷

2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·29.25 印张·716 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-49910-7

ISBN 978-7-89405-718-1 (光盘)

定价:69.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

## 前 言

随着计算机技术的发展,三维机械设计(3D-CAD)开始改变机械产品的设计理念,并已经成为一种必然趋势。利用三维技术创造出的机械产品能更全面、真实、具体地展现设计者的想法,同时也为虚拟样机技术的应用创造了必要的前提。3D-CAD把机械设计水平带到了一个革命性的高度,也给传统教学提出了新的要求。当前我国高校机械设计基础、工程制图等课程的许多内容仍然是由图解法、人工计算、二维绘图占主导地位,涉及三维设计和创新设计方面的内容非常有限,知识结构很难满足新形势下人才培养的需要。现有一些高校为部分专业开设了三维机械设计的选修课程,但由于教学体系和内容缺乏系统规划,学生学习积极性不高,教学效果堪忧,毕业生走上工作岗位后,大部分情况下还需要从头学起。

针对上述问题,本书选用业界领导品牌 CATIA 为软件平台,结合编委多年教学实践经验,以我国高等院校机械及近机械类各专业学生为主要对象开展编写工作。CATIA 是机械工程领域的高端应用软件,代表行业的最高水平,并引领着技术的发展。它具有全面的计算机辅助机械工程解决方案、丰富的功能模块及系统的体系构架支持,从概念起始的设计、模拟、分析、制造、组装、销售直至维护的全部工业流程都极大地提高了产品研发的效率和技术水平。

本书根据知识模块及功能区划设计了综述、草图、零件、装配、制图、实例共 6 篇 15 章,详细讲解了从构思、造型、装配直至制图的三维机械设计流程与方法。三维机械设计思想、基础训练、能力提高并重,本书力求系统和全面地表述 CATIA 三维设计的相关内容,以使读者能够快速达到熟练、准确、规范、灵活、高效地运用 3D-CAD 技术进行机械产品设计的水平。本书编写特色如下:

1. 内容体系与先修专业基础课程相呼应,注重知识的连贯性,结构上采用由浅入深、循序渐进的引入方式,从而使课程内容易于接受,重视培养学生基础知识的综合运用能力。

2. 范例丰富,可操作性强,注重学生实践能力的培养。CATIA 软件选项繁多,功能强大,为此,精选了具有代表性和启发性的各类模型作为范例,方便学生在最短的时间内掌握主要功能的使用方法。书中示例及实例均选自实际产品或科研成果,兼顾实用性和兴趣性,避免形成软件操作步骤的简单罗列以及空洞技巧的展示。

3. 教案、讲义式编写风格,方便教学和自学,各章节模块均附有课前提示、知识点注释、课后总结及思考题,随书光盘中提供了所有案例的素材。为了提高教学效果,共享教学经验,构建更广泛的交流平台,作者配套研制了多媒体课件,供选用本教材的教师免费索取使用。

参加本书编写的有刘宏新、王素、赵艳忠、赵晓丽、林荣。

由于编写时间及编者水平所限,本书纰漏与不当之处仍在所难免,恳请读者能够谅解并予以指正,也希望能以此书为载体与广大机械工程领域的读者就 CATIA 各功能模块的全面开发以及更广泛的 CAD 技术应用进行交流与合作。

读者信箱: T3D\_home@hotmail.com

主 编：刘宏新

副 主 编：孙 伟

赵晓丽

石端伟

编 委：（姓氏笔划排序）

丁 乔

王运巧

吴红丹

林 棻

赵艳忠

郭 兵

郭丽峰

寇小希

赖庆辉

参编院校：东北农业大学

哈尔滨工程大学

哈尔滨工业大学

武汉大学

中国农业大学

昆明理工大学

南京航空航天大学

北京石油化工学院

北京航空航天大学

西北农林科技大学



# 目 录

前言	
第一篇综述	1
第1章 CAD 技术概述	2
1.1 CAD 技术的基本概念	2
1.2 CAD 技术的发展概况	4
1.3 二维设计与三维设计比较	5
1.3.1 二维设计方法	5
1.3.2 三维设计方法	6
1.3.3 三维 CAD 技术的优势	7
1.4 常用三维机械设计软件	8
1.5 CAD 技术的发展趋势	9
1.6 小结	10
1.7 思考题	10
第2章 CATIA 软件概述	11
2.1 初识 CATIA	11
2.1.1 CATIA 的发展历史	11
2.1.2 产品设计的一般过程	12
2.1.3 启动/退出 CATIA	13
2.1.4 CATIA 的工作界面	14
2.1.5 CATIA 的主要功能模块	15
2.2 软件的基本操作	17
2.2.1 鼠标和键盘操作	17
2.2.2 指南针简介	18
2.2.3 结构树简介	19
2.2.4 文件操作	20
2.3 公共工具栏	23
2.3.1 “标准”工具栏	23
2.3.2 “视图”工具栏	23
2.3.3 “测量”工具栏	25
2.4 基本设置	28
2.4.1 管理模式的创建	29
2.4.2 环境设置	31
2.5 功能定制	32
2.5.1 开始菜单定制	33
2.5.2 用户工作台定制	33
2.5.3 工具栏定制	34
2.5.4 命令定制	36

2.5.5 选项定制.....	37
2.6 小结.....	37
2.7 思考题.....	38
第二篇草图.....	39
第3章 CATIA 草图绘制基础.....	40
3.1 概述.....	40
3.1.1 基本概念.....	40
3.1.2 进入和退出草图工作台.....	40
3.2 工作菜单.....	42
3.3 工具栏.....	43
3.4 设置.....	44
3.4.1 选项设置.....	44
3.4.2 工具栏设置.....	46
3.5 小结.....	48
3.6 思考题.....	48
第4章 图形绘制.....	49
4.1 基础图形.....	49
4.1.1 轮廓.....	50
4.1.2 预定义的轮廓.....	51
4.1.3 圆.....	55
4.1.4 样条曲线.....	57
4.1.5 二次曲线.....	59
4.1.6 直线.....	63
4.1.7 轴.....	66
4.1.8 点.....	67
4.2 修饰特征.....	70
4.2.1 圆角.....	70
4.2.2 倒角.....	71
4.2.3 重新限定.....	72
4.2.4 变换.....	75
4.2.5 3D 几何图形.....	79
4.3 约束.....	82
4.3.1 对话框中定义的约束.....	83
4.3.2 约束创建.....	85
4.3.3 受约束的几何图形.....	86
4.3.4 对约束应用动画.....	88
4.3.5 编辑多重约束.....	89
4.4 草图求解状态与分析.....	91
4.5 小结.....	91

4.6 思考题.....	91
第三篇零件.....	94
第 5 章 CATIA 零件设计基础.....	95
5.1 概述.....	95
5.1.1 零件设计方法.....	95
5.1.2 零件设计一般步骤.....	96
5.2 零件设计工作台.....	97
5.2.1 启动.....	97
5.2.2 用户界面.....	97
5.2.3 工具栏.....	98
5.3 参考元素.....	98
5.3.1 点.....	99
5.3.2 直线.....	99
5.3.3 平面.....	99
5.4 小结.....	100
5.5 思考题.....	100
第 6 章基于草图的 3D 特征.....	102
6.1 拉伸.....	105
6.1.1 凸台.....	106
6.1.2 凹槽.....	109
6.2 旋转.....	112
6.2.1 旋转体.....	112
6.2.2 旋转槽.....	117
6.3 孔特征.....	118
6.4 肋特征.....	122
6.4.1 肋.....	122
6.4.2 开槽.....	126
6.5 混合特征.....	127
6.5.1 实体混合.....	128
6.5.2 加强肋.....	129
6.6 多截面特征.....	132
6.6.1 多截面实体.....	132
6.6.2 移除多截面实体.....	135
6.7 小结.....	137
6.8 思考题.....	137
第 7 章修饰与变换.....	138
7.1 圆角.....	139
7.1.1 一般圆角.....	139
7.1.2 可变半径圆角.....	141



7.1.3	弦圆角.....	144
7.1.4	面与面的圆角.....	145
7.1.5	三切线内圆角.....	146
7.2	倒角.....	147
7.3	拔模.....	149
7.3.1	拔模斜度.....	149
7.3.2	拔模反射线.....	152
7.3.3	可变角度拔模.....	153
7.4	箱体.....	154
7.5	厚度.....	155
7.6	螺纹.....	157
7.7	移除与替换面.....	161
7.7.1	移除面.....	161
7.7.2	替换面.....	162
7.8	变换特征.....	162
7.8.1	平移.....	163
7.8.2	旋转.....	165
7.8.3	对称.....	167
7.8.4	定位变换.....	168
7.9	镜像.....	170
7.10	阵列.....	171
7.10.1	矩形阵列.....	171
7.10.2	圆形阵列.....	174
7.10.3	用户阵列.....	179
7.11	比例.....	181
7.11.1	缩放.....	181
7.11.2	仿射.....	183
7.12	小结.....	185
7.13	思考题.....	185
第四篇	装配.....	187
第 8 章	CATIA 装配基础.....	188
8.1	概述.....	188
8.1.1	装配设计概述.....	188
8.1.2	装配设计工作台的启动.....	189
8.1.3	装配设计专属工具栏.....	190
8.2	插入零部件.....	190
8.2.1	插入新建部件.....	190
8.2.2	插入新建产品或零件.....	191
8.2.3	插入现有部件.....	192

8.3	管理零部件	193
8.3.1	替换部件	193
8.3.2	图形树重新排序	193
8.3.3	部件的卸载与加载	194
8.3.4	零部件编号	196
8.4	多实例化	197
8.4.1	定义多实例化	197
8.4.2	快速多实例化	198
8.5	小结	198
8.6	思考题	199
第9章	装配约束与调整	200
9.1	装配约束	200
9.1.1	相合约束	200
9.1.2	接触约束	204
9.1.3	偏移约束	207
9.1.4	角度约束	209
9.1.5	固定约束	211
9.1.6	固联约束	212
9.1.7	快速约束	214
9.1.8	柔性/刚性子装配	215
9.1.9	更改约束	216
9.1.10	重复使用阵列	216
9.2	装配约束设置模式	221
9.2.1	默认模式	221
9.2.2	链式模式	222
9.2.3	堆叠模式	222
9.3	调整零部件	223
9.3.1	位置调整	223
9.3.2	操作对象的切换	224
9.3.3	碰撞时停止操作	226
9.3.4	捕捉和智能移动	226
9.3.5	零部件分解显示	228
9.4	小结	231
9.5	思考题	232
第10章	装配特征与管理	233
10.1	装配特征	233
10.1.1	部件分割	233
10.1.2	装配孔	235
10.1.3	装配凹槽	237

10.1.4	部件添加	238
10.1.5	部件移除	239
10.1.6	部件对称	240
10.2	装配编辑操作	241
10.2.1	删除装配元素	241
10.2.2	查看某个部件的约束	242
10.2.3	重新定义装配元素的属性	242
10.2.4	产品管理	243
10.2.5	装配设计选项设置	244
10.3	装配标注	245
10.3.1	焊接特征	245
10.3.2	文本	246
10.3.3	标识注解	246
10.4	装配分析	247
10.4.1	物料清单	247
10.4.2	分析更新	248
10.4.3	约束/自由度分析	250
10.4.4	依赖项分析	252
10.4.5	机械结构分析	253
10.4.6	计算碰撞分析	253
10.5	机械标准零件库	256
10.6	小结	257
10.7	思考题	257
	第五篇制图	259
	第 11 章 CATIA 工程制图基础	260
11.1	概述	260
11.1.1	工程制图概述	260
11.1.2	工程制图工作台的启动	262
11.1.3	工具栏	263
11.1.4	基本操作	263
11.2	基本设置	265
11.2.1	标准文件自定义	265
11.2.2	国家标准制图环境设置	272
11.2.3	图层的设置	274
11.2.4	图纸格式及图框设置	279
11.3	小结	280
11.4	思考题	280
	第 12 章 机件的表达	281
12.1	概述	281

12.2	常用视图的创建	283
12.2.1	正视图	283
12.2.2	投影视图	287
12.2.3	快速创建基本视图	288
12.3	剖视图的创建	290
12.3.1	全剖视图	292
12.3.2	半剖视图	294
12.3.3	局部剖视图	295
12.3.4	斜剖视图	296
12.3.5	阶梯剖视图	297
12.3.6	旋转剖视图	298
12.3.7	区域填充	300
12.4	视图的操作	303
12.4.1	增加新页	303
12.4.2	视图的更新	304
12.4.3	视图的移动/对齐	306
12.4.4	视图的隐藏/显示/删除	309
12.4.5	视图的复制/粘贴	309
12.4.6	视图的属性修改	310
12.5	其他视图表达方法	316
12.5.1	断面图	316
12.5.2	断裂视图	317
12.5.3	局部放大图	318
12.5.4	局部视图	322
12.5.5	展开视图	324
12.5.6	辅助视图	325
12.5.7	轴测视图	327
12.6	小结	328
12.7	思考题	328
第 13 章	标注	330
13.1	概述	330
13.2	参考线与特征线	330
13.2.1	自动生成参考线	331
13.2.2	手动添加轴线	331
13.2.3	手动添加中心线	332
13.2.4	添加螺纹线	334
13.3	尺寸	336
13.3.1	尺寸标注基础	336
13.3.2	自动生成尺寸标注	337

13.3.3	逐步生成尺寸标注	339
13.3.4	手动生成尺寸标注	341
13.3.5	尺寸标注位置调整	352
13.3.6	隐藏与删除尺寸	355
13.3.7	中断与裁剪尺寸	356
13.3.8	编辑尺寸	359
13.3.9	显示双值尺寸	362
13.3.10	标注尺寸公差	363
13.3.11	标注干涉的分析	365
13.4	形位公差	366
13.4.1	基准符号	366
13.4.2	形状公差	367
13.4.3	位置公差	368
13.4.4	编辑形位公差	369
13.5	表面粗糙度	370
13.5.1	表面粗糙度基础	370
13.5.2	符号及代号	371
13.5.3	标注表面粗糙度	372
13.5.4	编辑表面粗糙度	374
13.6	焊接的标注	375
13.6.1	符号及标注方法	375
13.6.2	标注焊点	376
13.6.3	标注焊接符号	377
13.7	文本注释	378
13.7.1	创建注释	378
13.7.2	文本编辑	381
13.7.3	文本的位置/方向链接	382
13.8	表格	383
13.8.1	创建表格	383
13.8.2	编辑表格	385
13.8.3	标题栏的创建	392
13.9	小结	395
13.10	思考题	395
	第六篇实例	396
	第 14 章零件设计实例	397
14.1	天圆地方	397
14.1.1	实例分析	397
14.1.2	绘制截面轮廓	398
14.1.3	绘制引导线	398

14.2 曲轴造型 .....	400
14.2.1 实例分析 .....	400
14.2.2 创建曲轴基础实体 .....	401
14.2.3 添加几何特征 .....	407
14.2.4 添加修饰特征 .....	413
14.3 曲轴工程图 .....	414
14.3.1 图形分析 .....	414
14.3.2 创建视图 .....	414
14.3.3 标注尺寸 .....	417
14.3.4 标注技术要求和标题栏 .....	418
14.4 小结 .....	420
14.5 思考题 .....	420
第 15 章 产品设计实例 .....	421
15.1 深沟球轴承 .....	421
15.1.1 实例分析 .....	421
15.1.2 创建轴承内、外圈 .....	423
15.1.3 创建球 .....	425
15.1.4 创建轴承保持架 .....	425
15.1.5 保持架装配 .....	430
15.1.6 轴承装配 .....	431
15.2 精密排种器 .....	432
15.2.1 实例分析 .....	432
15.2.2 转子装配 .....	433
15.2.3 右壳体装配 .....	439
15.2.4 左壳体装配 .....	441
15.2.5 排种器总装装配 .....	443
15.2.6 耳座螺栓及壳体连接螺栓装配 .....	443
15.2.7 保存 .....	445
15.3 精密排种器装配图 .....	445
15.3.1 图形分析 .....	445
15.3.2 生成基础视图 .....	446
15.3.3 标注尺寸及技术要求 .....	447
15.3.4 生成 BOM 表和零件序号 .....	448
15.4 小结 .....	450
15.5 思考题 .....	450



# 第1章

# 第一篇综述

**本**篇的主要内容为 CAD 技术及 CATIA 软件概述。学习本篇内容的主要目的是认识三维机械设计方法的主要内容，了

解 CATIA 软件的基本功能。本篇主要任务如下：

- ◎ 理解计算机辅助设计的基本概念
- ◎ 了解二维和三维计算机辅助设计的区别
- ◎ 理解三维计算机辅助设计的目的
- ◎ 熟悉 CATIA 软件的工作界面
- ◎ 学会 CATIA 软件的基本设置和操作

# 第1章

# CAD 技术概述

## 1.1 CAD 技术的基本概念

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是利用计算机快速的数值计算和强大的图文处理功能, 辅助工程技术人员进行产品设计、工程绘图和数据管理的一门计算机应用技术, 是计算机科学技术发展和应用中的一门重要技术。

CAD 的应用范围很广, 其设计对象最初包括两大类, 一类是机械、电子、汽车、航天、农业、轻工和纺织产品等; 另一类是工程设计产品等, 如工程建筑。如今, CAD 技术的应用范围已经延伸到诸如艺术等各行各业, 如电影、动画、广告、娱乐和多媒体仿真等都属于 CAD 范畴。

CAD 技术在机械行业的应用最早, 也最为广泛。传统机械设计要求设计人员必须具有较强的三维 (3-Dimensional, 3D) 空间想象能力和表达能力, 当设计人员设计新产品时, 首先必须构想出产品的三维形状, 然后按照投影规律, 用二维 (2-Dimensional, 2D) 工程图将产品的三维形状表示出来。随着计算机技术的不断进步, 人们开始用计算机绘图取代图板绘图, 即最初的计算机辅助绘图 CAD (Computer Aided Drafting), 所绘制出来的图形为二维图形。随着计算机技术的继续发展, CAD 技术也逐渐由二维绘图向三维设计过渡。三维 CAD 系统采用三维模型进行产品设计, CAD 的含义由 Computer Aided Drafting 变为 Computer Aided Design, 即计算机辅助设计。这采用 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。

在计算机辅助设计过程中，除了可以利用计算机进行产品的模型建造和出图外，还可以利用计算机进行产品的构思、功能设计、结构分析、加工制造等。因此，CAD 的概念可以从狭义和广义两个层面进行理解。从狭义上讲，CAD 指单纯的计算机辅助设计；而从广义上讲，CAD 则是 CAD/CAE/CAPP/CAM 等的高度集成。

这里简要介绍一下与 CAD 相关的两个概念：计算机辅助工程（CAE）和计算机辅助制造（CAM）。CAE（Computer Aided Engineering）就是使用计算机辅助分析软件，对原 CAD 模型进行仿真成品分析，通过反馈的数据，对原设计或模型进行反复修正，以达到最佳效果。CAM（Computer Aided Manufacturing）就是把计算机应用到生产制造过程中，以代替人进行生产设备与操作的控制，如计算机数控机床、加工中心等都是计算机辅助制造的例子。CAM 不仅能提高产品加工精度、产品质量，还能逐步实现生产自动化，对降低人力成本、缩短生产周期起到了很大的作用。

把 CAD、CAE、CAM 等技术结合起来，使得一件产品在从概念、设计、生产到成品形成的整个过程中，极大地节省了时间和投资成本，而且保证甚至提高了产品质量（见图 1-1）。

在当今世界上，各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAE/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/CAE/CAM 软件的开发，以保持自己在技术上的领先地位和国际市场上的竞争优势。

综上所述，CAD 技术是集计算、设计绘图、工程信息管理、网络通信等计算机及其他领域知识于一体的高新技术，是先进制造技术的重要组成部分。其显著特点是，提高设计的自动化程度和质量，缩短产品开发周期，降低生产成本费用，促进科技成果转化，提高劳动生产率，提高技术创新能力。CAD 技术对工业生产、工程设计、机械制造、科学研究等诸多领域的技术进步和快速发展产生了巨大影响。现在，它已成为工厂、企业和科研部门提高技术创新能力，加快产品开发速度，促进自身快速发展的一项必不可少的关键技术。

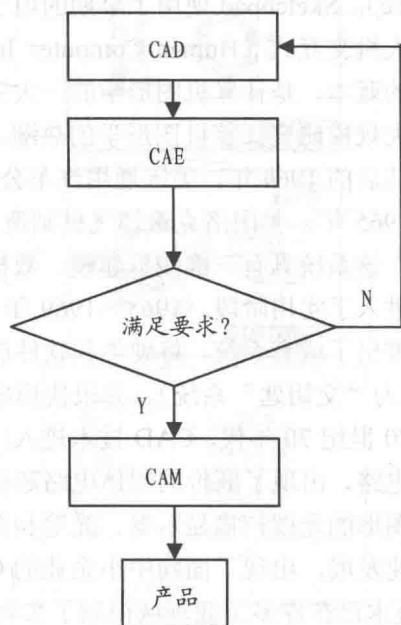


图 1-1 计算机辅助设计过程