

实用培训教程系列


Pro/ENGINEER 2001

模具设计

中文版

实用教程

朱兵 编著



新起点

- 创建联接件与传动件
- 创建轴系零件
- 创建典型零件的三维实体
- 创建零件装配
- 创建工程图
- 高级工程图的应用
- 工程图制作实例



南方出版社



百年电子

联合出版

·新起
·新点

Pro/Engineer 2001

模具设计实用教程

江苏工业学院图书馆
藏书章



南方出版社

百年电子

联合出版

图书在版编目 (CIP) 数据

新起点 PRO/E2001 模具设计实用教程/ 朱兵主编.
海口: 南方出版社, 2004.12
ISBN 7-80660-990-3

I. 新 ... II. 朱 ... III. 模具-计算机辅助设计-
应用软件, Pro/ENGINEER IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 125251 号

新起点 Pro/Engineer 2001 模具设计实用教程

朱兵 编著

责任编辑: 孙建开
封面设计: 孙静娴
出版发行: 南方出版社
邮政编码: 570203
社 址: 海南省海口市海府一横路 19 号华宇大厦 12 楼
电 话: (0898) 65371546 传真: (0898) 65371264
印 刷: 河南郑州毛庄印刷厂
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 24.5 字 数: 490 千字
印 数: 0001--6000 册
版 次: 2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-80660-990-3/TP·28
定 价: 28.00 元

前 言

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司开发的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件。而 Pro/ENGINEER 2001 是该软件的最新版本,它进一步完善了用户界面,使之更友好、更易操作,同时在原软件的基础上增加了大量新功能。

本书用丰富的举例,系统地讲解了 Pro/ENGINEER 2001 的操作方法、步骤以及操作过程中应该注意的事项,使读者可以比较清楚地了解 Pro/ENGINEER 2001 的相关知识。

全书共分为 14 章,第 1 章详细讲解了 Pro/ENGINEER 2001 的基础知识,内容包括 CAD/CAM 的应用、Pro/ENGINEER 系统的产生与发展、Pro/ENGINEER 模块;第 2 章详细讲解了 Pro/ENGINEER 2001 工作窗口,内容包括 Pro/ENGINEER 窗口界面、文件的基本操作;第 3 章详细讲解了 Pro/ENGINEER 2001 零件建模,内容包括建模准则、零件建模的基本概念、零件建模基础、零件建模的基本特征、零件建模的放置特征、特征的多种复制、零件建模的高级特征、绘制三维建模;第 4 章详细讲解了草绘模式的相关知识,内容包括草绘的基本概念、草绘环境设置、菜单管理器、基本的图形绘制、基本的图形编辑、尺寸的标注及修改、关系式的运用;第 5 章详细讲解了联接件的创建,主要内容包括联接件的类型、以及键和螺纹的创建;第 6 章详细讲解了传动件的创建,如连杆、齿轮、皮带轮的创建,以及螺旋的造型设计;第 7 章详细讲解了轴系零件的创建,如轴、滚动轴承、联轴器、圆柱形齿轮轴的创建等;第 8 章详细讲解了典型零件三维实体的创建,如弹簧、螺旋弹簧、单级圆柱齿轮减速器箱体、单级蜗杆减速器箱体的创建等;第 9 章详细讲解了零件装配的生成,主要内容包括装配模式、装配约束、装配的生成及修改;第 10 章详细讲解了零件装配的创建,主要内容包括创建装配件、获取装配件信息、设置装配零件的颜色等;第 11 章详细讲解了零件装配应用实例,主要包括轴承、圆柱齿轮减速器的装配;第 12 章详细讲解了工程图的创建,主要内容包括创建工程图视图、工程图的尺寸与注释、工程图的表格;第 13 章详细讲解了高级工程图的应用,主要内容包括图纸格式、栅格、创建线样和修改;第 14 章详细讲解了工程图制作实例,包括零件的工程图和装配体工程图的创建。

本书讲练结合,适时而又必不可少的实例为读者提供了检验理论知识的途径,而每章后面也附有专门设计的练习题及上机操作题,供读者巩固所学知识。

本书适用于机械专业、模具专业和相关的计算机辅助设计专业的学生和工程技术人员,同时也可作为广大机械、模具爱好者的自学教材。

内容简介

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司开发的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件。本书主要介绍了 Pro/ENGINEER 2001 概述、Pro/ENGINEER 2001 工作窗口、Pro/ENGINEER 2001 零件建模、草绘模式、创建联接件、创建传动件、创建轴系零件、创建典型零件的三维实体、生成零件装配、创建零件装配、零件装配应用实例、创建工程图、高级工程图的应用、工程图制作实例等内容，通过详细、简洁的零件设计范例培养读者实际的造型设计能力与产品开发能力。

本书适用于机械专业、模具专业和相关的计算机辅助设计专业的学生和工程技术人员，同时也可作为广大机械、模具爱好者的自学教材。

目 录

第1章 Pro/ENGINEER 2001 概述.....	1
1.1 CAD/CAM 的应用.....	1
1.1.1 CAM 的应用.....	1
1.1.2 CAD 系统功能.....	2
1.1.3 CAD/CAM 技术的发展.....	5
1.2 Pro/ENGINEER 系统的产生与发展.....	6
1.2.1 Pro/ENGINEER 系统简介.....	7
1.2.2 Pro/ENGINEER 系统特性.....	8
1.2.3 Pro/ENGINEER 功能简介.....	9
1.3 Pro/ENGINEER 模块.....	10
练习题.....	20
第2章 Pro/ENGINEER 2001 工作窗口.....	22
2.1 Pro/ENGINEER 窗口界面.....	22
2.1.1 界面组成.....	22
2.1.2 鼠标的使用.....	34
2.2 文件的基本操作.....	34
2.2.1 设置当前工作目录.....	35
2.2.2 新建文件.....	35
2.2.3 打开文件.....	36
2.2.4 保存文件.....	36
2.2.5 删除文件.....	37
练习题.....	37
第3章 Pro/ENGINEER 2001 零件建模.....	39
3.1 建模准则.....	39
3.1.1 记录设计准则.....	39
3.1.2 Pro/ENGINEER 作为参数化建模工具.....	40
3.1.3 Pro/ENGINEER 全相关的优点.....	40
3.1.4 改变设计意图.....	41
3.2 零件建模的基本概念.....	42
3.2.1 特征.....	42
3.2.2 参数化.....	42
3.2.3 实体造型.....	42
3.3 零件建模基础.....	44
3.3.1 Part (零件) 模块.....	44

3.3.2 设定参考单元 (Datums)	47
3.4 零件建模的基本特征	48
3.4.1 Extrude (拉伸) 特征	48
3.4.2 Revolve (旋转) 特征	51
3.4.3 Sweep (扫描) 特征	52
3.4.4 Blend (混成) 特征	53
3.5 零件建模的放置特征	55
3.5.1 Hole (打孔) 特征	56
3.5.2 Round (圆角) 特征	61
3.5.3 Chamfer (倒角) 特征	65
3.5.4 Shell (抽壳) 特征	67
3.5.5 Draft (拔模斜度) 特征	69
3.6 特征的多种复制	71
3.6.1 特征的复制 (Copy)	71
3.6.2 零件的镜像 (Mirror Geom)	75
3.6.3 特征阵列 (Pattern)	76
3.6.4 特征组 (Group)	78
3.7 零件建模的高级特征	79
3.8 绘制三维建模	82
练习题	87
第4章 草绘模式	88
4.1 草绘的基本概念	88
4.2 草绘环境设置	88
4.3 菜单管理器	90
4.4 基本的图形绘制	91
4.5 基本的图形编辑	97
4.6 尺寸的标注及修改	101
4.7 关系式的运用	104
练习题	107
第5章 创建联接件	108
5.1 联接件的类型	108
5.1.1 键联接	108
5.1.2 螺纹联接	109
5.2 创建键	110
5.2.1 创建平键	110
5.2.2 创建花键	113
5.2.3 创建花键的技巧	118
5.3 创建螺纹	118

5.3.1 创建外螺纹	118
5.3.2 创建内螺纹	123
练习题	125
第6章 创建传动件	126
6.1 传动的类型	126
6.1.1 齿轮传动	126
6.1.2 蜗轮蜗杆传动	126
6.1.3 带传动	127
6.1.4 链传动	127
6.1.5 摩擦轮传动	127
6.1.6 连杆机构传动	128
6.1.7 螺旋传动	128
6.2 创建连杆	128
6.3 创建齿轮	138
6.3.1 创建直齿圆柱齿轮	138
6.3.2 创建直齿圆锥齿轮	147
6.4 创建皮带轮	152
6.4.1 创建平带带轮	152
6.4.2 创建多楔带带轮	157
6.4.3 创建同步带带轮	159
6.5 螺旋的造型设计	160
6.5.1 创建螺杆	161
6.5.2 创建螺母	169
练习题	170
第7章 创建轴系零件	171
7.1 轴系零件概述	171
7.1.1 轴	171
7.1.2 轴承	171
7.1.3 联轴器和离合器	172
7.1.4 齿轮轴	173
7.2 创建轴	173
7.2.1 创建光轴	173
7.2.2 创建曲轴	175
7.3 创建滚动轴承	180
7.4 创建联轴器	212
7.4.1 创建刚性联轴器	213
7.4.2 创建挠性联轴器	219
7.5 创建圆柱形齿轮轴	230

练习题.....	235
第8章 创建典型零件的三维实体.....	236
8.1 三维实体的概念.....	236
8.1.1 弹簧.....	236
8.1.2 减速器.....	236
8.2 创建弹簧.....	237
8.2.1 创建螺旋弹簧.....	237
8.2.2 创建板簧.....	246
8.3 创建减速器箱体.....	248
8.3.1 创建单级圆柱齿轮减速器箱体.....	249
8.3.2 创建单级蜗杆减速器箱体.....	256
练习题.....	267
第9章 生成零件装配.....	268
9.1 装配模式.....	268
9.1.1 装配模式.....	268
9.1.2 【Component】菜单.....	269
9.1.3 装配对话框.....	270
9.2 装配约束.....	271
9.3 装配的生成及修改.....	276
练习题.....	278
第10章 创建零件装配.....	280
10.1 创建装配件.....	280
10.2 获取装配件信息.....	284
10.3 干涉检查.....	286
10.4 设置装配零件的颜色.....	287
10.5 装配的高级操作.....	289
10.5.1 【Replace】选项的用法.....	290
10.5.2 【Copy】选项的用法.....	293
10.6 提高装配的效率.....	295
练习题.....	297
第11章 零件装配应用实例.....	299
11.1 轴承的装配.....	299
11.1.1 深沟球轴承的装配.....	299
11.1.2 调心球轴承的装配.....	303
11.1.3 圆柱滚子轴承的装配.....	303
11.1.4 圆锥滚子轴承的装配.....	306

11.1.5 推力球轴承的装配	308
11.2 圆柱齿轮减速器的装配	311
11.2.1 圆柱齿轮减速器装配体的组件及装配模型	311
11.2.2 圆柱齿轮减速器装配体的装配	312
练习题	319
第 12 章 创建工程图	320
12.1 Drawing 模块简介	320
12.1.1 用户界面	322
12.1.2 菜单管理器	322
12.1.3 下拉菜单	322
12.1.4 工具栏	323
12.2 创建工程图视图	323
12.2.1 创建工程图视图	323
12.2.2 修改工程图视图	326
12.3 工程图的尺寸与注释	332
12.3.1 工程图的尺寸	332
12.3.2 工程图的注释	337
12.3.3 工程图的尺寸公差	339
12.4 工程图的表格	343
12.4.1 表格的创建及文本的输入	343
12.4.2 修改表格	345
练习题	348
第 13 章 高级工程图的应用	349
13.1 图纸格式	349
13.1.1 创建图纸格式模板	349
13.1.2 自定义图纸格式	353
13.2 栅格	354
13.2.1 栅格捕捉	354
13.2.2 修改栅格间距	355
13.3 创建线样和修改	356
13.3.1 设置当前线样	356
13.3.2 修改线样	357
13.3.3 自定义线样	358
练习题	360
第 14 章 工程图制作实例	361
14.1 创建零件的工程图	361
14.1.1 创建连杆工程图	361

309	14.1.2 创建直齿圆柱齿轮工程图.....	369
311	14.2 创建装配体工程图.....	376
311	14.2.1 创建深沟球滚动轴承工程图.....	376
312	14.2.2 创建圆柱齿轮减速器工程图.....	379
319		
320		第12章 创建工程图
320		12.1 Drawing 创建工程图
322		12.1.1 用户界面
322		12.1.2 简单图例
322		12.1.3 下拉菜单
323		12.1.4 工具栏
323		12.2 创建工程图
323		12.2.1 创建工程图
326		12.2.2 修改工程图
327		12.3 工程图的基本设置
327		12.3.1 工程图的大小
327		12.3.2 工程图的任务
329		12.3.3 工程图的大小设置
343		12.4 工程图的表格
343		12.4.1 表格的创建和修改
343		12.4.2 修改表格
348		
349		第13章 高级工程图的应用
349		13.1 图块应用
349		13.1.1 创建图块
323		13.1.2 自定义图块
324		13.2 栅格
324		13.2.1 栅格捕捉
322		13.2.2 修改栅格设置
326		13.3 创建零件和装配
326		13.3.1 设置零件
327		13.3.2 修改零件
328		13.3.3 自定义零件
360		
361		第14章 工程图制件应用
361		14.1 创建零件工程图
361		14.1.1 创建零件工程图

第 1 章 Pro/ENGINEER 2001 概述

Pro/ENGINEER 是一套可以应用于工业设计、机械设计、功能仿真、制造和数据管理等领域的工程自动化软件包，涉及到设计生产全过程。

Pro/ENGINEER 建立在单一的数据库上，不像一些传统的 CAD/CAM 系统建立在多个数据库上。

1.1 CAD/CAM 的应用

计算机辅助设计 (CAD) 是由人和计算机合作，完成各种设计的一种技术，这种技术对设计过程进行认真分析后，按人与计算机的各自特点，完成各自最适合的工作。如设计的经验和判断必须由人来完成，而存储和组织数据以及繁重的计算、绘图由计算机来完成，使设计的效果比人或计算机任何一方单独工作都要好而快，这就是 CAD 备受各行业重视和欢迎的原因，它不仅提高了设计的速度和质量，而且能在设计完成后用计算机预先显示出产品的最终外形结构及估价，使设计者在投产之前可进行评价并作出决策。

计算机辅助制造 (CAM) 是利用计算机辅助完成生产计划和控制生产过程的一种技术。运用这种技术，人可以凭借丰富的生产实践经验，选择合适的工艺路线及加工方案，而计算机则以其强大的数值计算和分析处理能力，完成对加工过程的控制、干涉处理，将工步、工序的优化后置处理成数控 (NC) 加工程序，通过两者的紧密结合，实现高质量生产加工的自动化过程。CAM 与 CAD 密切相关，CAD/CAM 系统使设计与生产连接成自动化工程，CAM 直接使用 CAD 产生的数据完成对生产过程的控制。

1.1.1 CAM 的应用

在一般的机械产品生产厂，产品的生产过程要经过多个环节，其主要过程如表 1-1 所示。

表 1-1 机械产品生产过程

过程	内容	人工方法	计算机辅助方法
外观造型	确定产品外形、色泽	用石膏等做出模型	曲面造型
结构设计	确定产品机械结构	作图或制作木模	实体造型
性能分析	零件强度、刚度和振动分析	估算或做模型实验	有限元分析
工艺编制	制定加工工艺流程	根据经验编制工艺卡片	CAPP
工装设计	模具、夹具设计	根据经验设计并反复试验	自动设计和加工模拟
机械加工	按要求加工零件	车、铣、刨、磨、钻	数控加工

续表

装配	将零件装配成产品	手工装配	机器人装配
检验	检查产品性能是否符合要求	用各种量具手工测量	自动测量机
入库	库房管理	账本、推车	数据库、自动货架

由表 1-1 可以看出,计算机在很多方面都可以协助人更好地完成工作,从而进一步实现机械设计自动化(MDA)。目前,计算机应用已经渗透到机械产品生产的各个环节。利用计算机可以进行产品的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助绘图(Computer Aided Drawing)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、产品数据管理(PDM)、企业资源计划(ERP)等。这些技术一开始是各自独立、平行地开发应用的,因而被称为孤岛技术。由于它们在技术上和应用上都密切相关,后来在工程实践中这些孤岛逐渐结合在一起,为企业带来了更大的经济效益。计算机辅助绘图主要解决机械制图问题,是计算机辅助设计的一个组成部分,其概念范畴比计算机辅助设计要小得多。CAD系统是指计算机辅助设计系统,其内容涵盖了产品设计的各个方面。把计算机辅助设计和计算机辅助制造集成在一起称为CAD/CAM系统。由于机械设计、制造和分析的密切关系,很多CAD系统逐渐添加了CAM和CAE的功能,所以工程界习惯上把CAD/CAM系统或者CAD/CAM/CAE系统仍然叫做CAD系统。这样,CAD系统的内涵就扩大了,用企业资源计划ERP制定生产计划、销售计划和采购计划时,需要从CAD系统获得产品结构,从计算机辅助工艺规划CAPP系统获得制造每个零件的工时和材料定额等基础数据,同时需要产品数据管理PDM作为集成的桥梁,因此出现了CAD/CAM/CAPP/ERP/PDM的集成。

现代计算机辅助设计以机械工业CAD应用为核心,是实现机械设计自动化的关键技术。计算机辅助设计是内涵相当丰富的CIMS工程的核心内容。

1.1.2 CAD 系统功能

现代CAD系统为机械设计和制造提供了强大的功能。从产品概念设计、详细设计、分析、加工到工程管理,提供了全方位的解决方案和辅助手段,用于产品生产的各个方面。下面介绍CAD系统的一些主要功能。

1. 轮廓的参数化设计

参数化的轮廓及路径的设计方法被称为草绘,所生成的轮廓和路径一般用于零件的实体造型。零件的大部分尺寸是在草绘过程中产生的,在产品设计的各个阶段都能够修改。尺寸修改以后,零件的形状将随之改变,设计人员可以在草绘模块中体现自己的设计思想。草绘是先进CAD系统的基本功能,草绘与零件造型密不可分。

2. 零件造型

零件造型是指在计算机中建立零件的三维实体模型,设计人员可以根据自己的设想将零件在计算机中逐步“制作”出来。在制作过程中,设计人员可以从各个角度观察具有真实感的零件造型,如果不满意,可以立即修改。常用的零件可以存储在零件库中,供需要时调用。

零件造型能够准确表达零件的形状、尺寸、色泽、体积、质心、表面信息、材料信息等,对已有的零件造型提供方便的管理,以便存储、归档或者与其他系统交换数据。先进的 CAD 系统都提供参数化的、基于特征实体的造型方法。

3. 曲面造型

现在,人们越来越注重日常生活用品的个性化外观设计,如飞机、汽车、轮船的外形,必须具有良好的流体动力学特性的曲面,以改善其运动性能。曲面造型是一种在计算机中生成、编辑自由曲线和曲面的方法,比采用石膏造型更快捷、更精确,效果更好。曲面造型完成以后,可以将设计结果直接送到零件造型模块中进行零件的设计,也可以送到分析系统中分析其流体特性。曲面造型有时也可以在设计完成后和在产品出厂前产生供产品宣传使用的仿真图片。

4. 装配造型

装配造型能够模仿实际生成产品的装配过程。通过装配造型可以发现因设计不当而在实际装配时可能出现的问题,如间隙过小或者过大、零件之间的干涉等。装配造型还能够提供产品的外观效果图和反映装配关系的装配关系分解图。对于复杂的产品,装配造型可提供多种方法来提高造型的效率。装配造型还提供了完善的系列化产品的设计方法,如通过更换部分零件来改变一种产品的类型。

5. 工程图生成

大型 CAD 系统均提供了很强的生成工程图的能力,其目的是生成符合标准的工程图纸。同样是生成工程图纸,在生成方法上,计算机辅助设计与计算机辅助绘图有很大的差异。

先进的 CAD 系统根据零件和装配造型自动生成投影图、辅助图、剖面图和局部视图,自动标注尺寸,其工程图样与零件造型密切相关。如果改变了图纸中的尺寸,相关零件的造型尺寸也将随之改变。图中线条的长度和位置也将反映这种变化,从而保证能够对设计进行快速一致的修改。

6. 数据交换功能

数据交换功能提供与其他设计自动化系统之间的各种标准数据交换,其主要交换标准有 IGES、SET、STEP、DXF 等。交换内容包括二维图形、三维图形、三维线框模型、三维曲面模型、任意形状曲面、光栅图形、特征、表面和公差信息等。数据交换使得利用 CAD 系统的优势共同协作完成同一产品的开发成为可能。

7. 二次开发

二次开发是 CAD 系统向用户提供的开发工具。由于机械产品的用途多种多样,任何强大的 CAD 系统都不可能向用户提供各种具体产品的完善解决方案。提供二次开发工具的目的是让用户将自己或者第三方编写的程序集成到 CAD 系统中,大部分 CAD 系统都提供 C 语言的子程序库。利用这些子程序提供的函数和方法就可以调用 CAD 系统内部命令,直接存取 CAD 内部数据库。

8. 标准件库

大多数 CAD 系统均提供通用标准零件和特征的扩展库, 用户可以很方便地选取标准特征或者零件, 并将它们组合到零件或者部件的设计中。

9. 有限元前处理

有限元前处理提供了在现有实体模型和薄壁模型上自动生成有限元网格的能力。所有参数化的载荷和边界条件可直接在实体模型上指定, 系统根据设定自动生成各种类型的单元。载荷、边界条件和网格都直接与实体模型相关联, 并能够像设计一样进行交互式修改。有限元模型确定以后就可以调用有限元分析程序进行分析。

10. 有限元后处理

有限元后处理提供了对有限元分析结果的直观显示和输出能力。零件上的应力、应变、应变能等参数的分布可以采用不同色彩的云图、箭头、等值线等以静态和动态的方式在实体上清楚地表达出来。

11. 叠层复合材料

叠层材料在工程上的应用越来越多, 其设计和分析方法比较独特。用户可以设计叠层的顺序、材料纤维方向, 定义防止胶结实效的许用应力, 评价复合材料的性能, 这项功能为开发和利用叠层复合材料提供了极大的便利。

12. 注塑模具设计

随着工程塑料的推广应用, 注塑模具的设计也越来越多。目前工程上要求模具的设计周期越来越短, 这就必须借助注塑模具设计软件。系统根据注塑零件模型自动生成模具形腔, 协助确定分形面的位置, 选择模架, 确定浇口、浇道的合理位置, 根据不同材料的收缩率补偿修改注塑零件的实体模型, 模拟注塑过程, 确定合理的注射供给参数, 分析零件的冷凝线和融合线, 提高注塑件的质量。

13. 数控加工

数控加工功能用于生产加工工序规划、刀路轨迹并且根据加工工序做出时间及成本估计。数控加工能将加工工序规划与设计造型连接起来, 任何设计上的修改都能将已做过的生产上的程序和加工过程自动更新而无需用户专门修正。用户可以采用参数化的方法定义数控刀具路径, 进一步对这些信息做后期处理, 产生驱动 NC 设备所需的数控编码。

14. 加工过程仿真

加工过程仿真提供图像界面, 对铣削加工及钻床加工操作所产生的物料做模拟清除。用户选定的工具会依照预先定义的切削路径移动, 用户可以清楚地看到物料清除的进度。这样使工件、刀具、夹具及工具路径一目了然。用户可以对工具及夹具快速验证及评估, 以避免不必要的、在昂贵机器上进行的实验。利用加工过程仿真, 不仅可以节省贵重资源, 而且可以提供一个加工制造的良好方案。

15. 钣金设计

钣金件是采用特殊的加工方法加工而成的。用户可建立参数化的钣金件造型, 然后进行装配。钣金设计的一个主要功能是钣金件的展平及平板的折弯。系统能自动计算钣金件展开后的尺寸长度, 确定最小折弯半径, 同时提供丰富的钣金加工特征。

16. 模具 CAD/CAM 技术应用

模具 CAD/CAM 技术发展得很快, 应用范围日益扩大。在冲模、段模、注塑模和压铸模等方面都有比较成功的 CAD/CAM 系统。采用 CAD/CAM 技术是模具生产的一次革命, 是模具技术发展的一个显著特点。

模具 CAM 在国外应用较广。早在 20 世纪 80 年代末期, 由数控机床及加工中心 (MC) 加工的模具就占了 30%~50%, 此外, 柔性制造系统 (FMS) 也已经开始用于模具制造。一般来说, CAM 比 CAD 的应用更为广泛。

1.1.3 CAD/CAM 技术的发展

从 1952 年诞生的第一台数控铣床到今天, CAD/CAM 已有 50 年的发展历程, 现已成为一种应用日益广泛的高新技术, 并转变成得到各国政府和各企业重视的巨大生产力。尽管对未来作出科学而精确的预言是很困难的, 但我们相信 CAD/CAM 技术将会逐步取代机械应用领域中的落后技术, 并由此推动工业产品向高、精、尖的方向突飞猛进。

目前, CAD/CAM 正向智能化、三维化、集成化、网络化的方向发展。

1. 智能化

现代计算机辅助设计系统的智能化程度越来越高, 原来的繁琐操作逐渐由计算机智能化进行处理, 如图纸尺寸标注, 原来每增加一个尺寸都要做很多操作, 现在用户只要指明要标注的对象, 尺寸就能够在图上适当的位置标注出来, 甚至整个设计对象都能用一个命令完成。在图像的绘制和串连加工刀路方面, 很多系统增加了智能导引的机制。

2. 三维化

目前, 普遍应用的 CAD/CAM 软件大多数具有 3D 功能, 计算机中的三维曲面和实体更接近真实的产品, 并能方便地生成各个二维工程视图, 同时又为数控编程提供了必要的刀路模型。建立三维实体模型后, 还可以进行装配、干涉检查、有限元分析、运动分析等高级的计算机辅助设计工作。

在产品的设计和制造过程中, 对于设计和制造的工程人员来讲, 对象是三维物体, 而工程上一直习惯用二维图形表示三维物体, 这种习惯方式具有很大的局限性。随着三维图形技术的发展, 二维绘图将很快被三维实体造型所代替。

3. 集成化

计算机辅助设计在工程中是一项基本的技术, 随着技术的发展, CAE、CAM、CAPP 也逐步在企业中得到推广和应用。由于这些系统多数是作为自主系统独立开发的, 统一产品的

表示方法在不同系统中有很大的差异。例如 CAD 系统应用的实际和模型, 这种模型较为完善地描述了产品的几何特征, 工艺参数只是当作图纸上的标注加以处理。这些模型进入 CAPP 后, 需要人工介入, 以提取 CAPP 所需的几何信息, 补充面向加工的信息。同样, 在 CAD 与 CAM 之间也需要由数控加工人员进行大量的数据提取、组织和重新输入的工作。这不仅造成了信息中断和劳动重复, 严重影响工作效率的进一步提高, 而且可能发生信息丢失和错误, 降低系统的可靠性。因此, 必须使计算机绘图所建立的模型能被 CAD/CAM 所接受, 以达到总体最优的效果。

为了解决这一问题, 目前在工作站和微机 CAD/CAM 系统中正推出越来越多集成度很高的软件, 如国外的 UGII、Pro/E 和 MasterCAM、Cimatron 等, 国内的 CAD/CAPP、CAXA CAD/CAM 等。这些软件除了能完成二维绘图、结构设计外, 还能够进行曲面或者实体造型, 并能进行结构有限元分析及动、静态干涉分析, 最后还能完成工艺过程设计, 数控编程加工, 今后还能进一步发展为集成生产管理与调度的应用软件。

4. 网络化

随着计算机网络的飞速发展, 计算机辅助设计系统的网络化已经成为不可阻挡的历史潮流。网络化可以充分发挥系统的总体优势, 共享昂贵的设备资源, 节省投资, 资助现有的网络, 用户可以用高性能的 PC 代替昂贵的工作站, 不同设计人员可以在网络上方便地进行交流。这种交流是一种全球性的交流, 只要企业的网络与 Internet 相连, 任何设计和制造活动都可以在 Internet 上进行。

随着消费市场的瞬息多变, 在今后的机械工业中, 多品种、小批量的生产形势将成为生产领域中的主流形式。因此, 柔性自动化生产将成为机械制造过程生产技术的重要发展趋势。计算机辅助集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, 简称 CIMS) 也已经成为万众瞩目的高新技术之一, 它体现了当前机械制造生产的最高水平, 为适应 CIMS 的要求, 在 CAD/CSM/CAPP 集成系统中, 要努力实现自动化、网络化、集成化和智能化。

1.2 Pro/ENGINEER 系统的产生与发展

美国 PTC 公司于 1989 年推出了 Pro/ENGINEER 软件的第一个版本。当时, 美国 CV (Computer Vision) 公司的一批技术人员率先提出参数化实体造型技术, 在该技术被公司领导层否决之后, 这批技术人员离开 CV 公司, 独自创立了 PTC 公司来推广这项新技术。后来, 产品一经推出就在市场上获得了极大的成功, Pro/ENGINEER 软件很快被广泛应用于自动化、电子、航空航天、医疗器械、重型机械等多个领域。随后, 在花大力气进行技术开发的同时, 公司不断收集用户的反馈信息, 逐步在软件中增加各种实用功能, 使之更趋完善。

Pro/ENGINEER 软件从产生到现在已经经历了十多年的发展历程, 技术上已经日益成熟。现在, PTC 公司以平均每半年推出一个新版本的速度不断对软件进行改进, 并逐渐扩大其应用范围。在 2001 版本发布之前, 最近的 3 个版本依次为 Pro/E R20、Pro/E2000i、Pro/E2000i²。在 2001 版本发布之前的三个版本中, PTC 公司作了大量功能方面的改进, 如 R20 版的视窗化界面、智能草绘模式, 2000i 版本的行为建模 (BMX)、大型装配功能, 2000i² 版本的可视化检索、意向参考等。