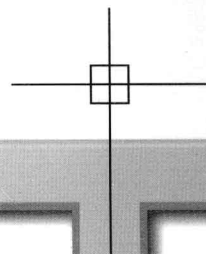


普通高等教育“十二五”规划教材



材料加工

CAD/CAM

基础及应用



YZLI0890169524



陈泽中 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

材料加工 CAD/CAM

基础及应用

主 编 陈泽中

参 编 李晓燕 李生娟 李来强 何代华

主 审 雷君相 刘 芳



机械工业出版社

本书阐述了材料加工 CAD/CAM 的基本理论,介绍了材料加工 CAD/CAM 系统的开发技术,并着重讲述了基于 UG NX 的材料加工基础 CAD、钣金 CAD、级进模具 CAD、注塑模具 CAD、模具 CAM 等技术,可使学习者在掌握理论知识的基础上,重点掌握一门常用材料加工 CAD/CAM 系统的实际应用技能。

本书可作为高等院校材料成型及控制工程专业、模具设计与制造专业、材料科学与工程专业的教材,也可供从事材料加工模具 CAD/CAM 系统研究、开发和应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料加工 CAD/CAM 基础及应用/陈泽中主编. — 北京:机械工业出版社, 2012. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-39773-1

I. ①材… II. ①陈… III. ①工程材料—加工—计算机辅助设计②工程材料—加工—计算机辅助制造 IV. ①TB3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 299031 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:孔 劲 责任编辑:孔 劲 刘本明

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚 毅 责任印制:张 楠

涿州市京南印刷厂印刷

2013 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm 23.5 印张 625 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39773-1

定价:58.00 元

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

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

目 录

前言

第 1 篇 材料加工 CAD/CAM 基本理论

第 1 章 材料加工 CAD/CAM 概论	1	2.3.1 曲线模型	16
1.1 材料加工 CAD/CAM 的概念	1	2.3.2 曲面模型	19
1.2 材料加工 CAD/CAM 的发展	2	2.4 参数化造型	21
1.3 材料加工 CAD/CAM 系统的 特点与关键技术	3	2.5 特征造型	22
1.3.1 CAD/CAM 系统的特点	3	2.6 混合造型	24
1.3.2 CAD/CAM 系统的关键技术	4	2.7 习题	24
1.4 材料加工 CAD/CAM 系统的组成结构 ..	5	第 3 章 部件装配	26
1.4.1 CAD/CAM 系统的硬件组成	5	3.1 装配造型模式	26
1.4.2 CAD/CAM 系统的软件组成	6	3.2 装配模型的表示	26
1.5 常用材料加工 CAD/CAM 系统	7	3.3 装配约束	27
1.5.1 CATIA	7	3.4 装配建模方法	28
1.5.2 UniGraphics NX	8	3.4.1 自底向上的装配建模	29
1.5.3 Pro/Engineer	9	3.4.2 自顶向下的装配建模	29
1.5.4 SolidWorks	9	3.5 装配工程图	31
1.6 习题	11	3.6 习题	32
第 2 章 零件造型	12	第 4 章 产品数据交换	33
2.1 一般概念	12	4.1 产品数据交换接口	33
2.1.1 形体的信息结构	12	4.1.1 专用数据交换接口	33
2.1.2 几何信息	12	4.1.2 通用数据交换接口	34
2.1.3 拓扑信息	13	4.2 IGES 标准	34
2.1.4 布尔运算	13	4.2.1 IGES 的文件结构	34
2.1.5 欧拉公式	13	4.2.2 IGES 在应用中的问题和发展	35
2.2 形体的表示模式	14	4.3 STEP 标准	36
2.2.1 边界表示法 (B-Rep 法)	14	4.3.1 STEP 标准的特点	36
2.2.2 构造体素法 (CSG 法)	15	4.3.2 STEP 标准的体系结构	36
2.2.3 CSG 和 B-Rep 混合表示	16	4.3.3 STEP 标准的组成	37
2.3 曲线与曲面建模	16	4.4 习题	39

第 2 篇 材料加工 CAD/CAM 开发技术

第 5 章 材料加工 CAD/CAM 系统开发 通用技术	40	5.1.1 UG NX 平台的二次开发	41
5.1 材料加工 CAD/CAM 系统的 开发平台	40	5.1.2 Pro/E 平台的二次开发	41
		5.1.3 SolidWorks 平台的二次开发	41
		5.1.4 CATIA 平台的二次开发	41

5.2 材料加工 CAD/CAM 系统的开发	
流程	42
5.2.1 系统分析	42
5.2.2 系统设计	42
5.2.3 程序设计	43
5.2.4 系统测试	43
5.2.5 系统维护	44
5.3 参数与几何关联技术	44
5.3.1 参数关联技术	44
5.3.2 几何关联技术	45
5.4 用户自定义特征	45
5.4.1 基于 UG NX 的用户自定义特征	46
5.4.2 基于 Pro/E 的用户自定义特征	47
5.4.3 基于 SolidWorks 的用户自定义特征	48
5.5 习题	48
第6章 数据处理	50
6.1 数表和线图的程序化	50
6.1.1 数表的程序化	50
6.1.2 数表的公式化	51
6.1.3 数据拟合	52
6.1.4 线图的程序化	53
6.2 文件系统	54
6.2.1 数据文件的建立	54
6.2.2 CAD/CAM 系统模块间的数据传递	55
6.3 数据库技术	55
6.4 习题	56
第7章 图形变换	57
7.1 二维图形变换	58
7.2 三维图形变换	61
7.3 习题	62
第8章 冲压模具 CAD/CAM 系统及其开发	63
8.1 冲压模具 CAD/CAM 系统的结构与功能	63
8.1.1 冲压模具 CAD/CAM 系统的结构	63
8.1.2 冲压模具 CAD/CAM 系统的功能	63
8.2 冲压模具 CAD/CAM 系统的实现	64
8.2.1 冲压模冲压工艺设计	64
8.2.2 冲压模模具结构与零件 CAD	65
8.3 冲压模具 CAD/CAM 系统开发的关键技术	66
8.3.1 冲压模设计中的变更及关联技术	66
8.3.2 中间工序形状的关联技术	66
8.3.3 冲裁模具结构关联及变更	67
8.4 习题	68
第9章 注塑模具 CAD/CAM 系统及其开发	69
9.1 注塑模具 CAD/CAM 系统的结构与功能	69
9.2 注塑模具 CAD/CAM 系统的实现	69
9.3 注塑模具 CAD/CAM 系统开发的关键技术	70
9.4 习题	73

第3篇 基于 UG NX 的材料加工 CAD/CAM

第10章 基础造型	74
10.1 草绘	74
10.1.1 草图平面	74
10.1.2 草绘设计	75
10.1.3 草图定位	76
10.2 基础实体设计	77
10.2.1 基本体素特征	77
10.2.2 拉伸体特征	77
10.2.3 回转体特征	78
10.2.4 扫掠体	79
10.2.5 布尔运算	80
10.3 特征设计	81
10.3.1 凸台特征	81
10.3.2 孔特征	82
10.3.3 腔体特征	82
10.3.4 垫块特征	82
10.3.5 键槽特征和槽特征	83
10.4 特征表达式设计	83
10.4.1 创建表达式	84
10.4.2 编辑表达式	84
10.5 特征操作和编辑	84

10.5.1 特征操作概述	84	12.2.4 角度	150
10.5.2 编辑特征	85	12.2.5 半径	150
10.6 曲线和曲面设计	86	12.2.6 弯边方向	150
10.6.1 曲线设计	86	12.2.7 选项	151
10.6.2 曲面设计基础	88	12.2.8 其他	153
10.7 装配设计	94	12.3 放样弯边和轮廓弯边	153
10.7.1 装配概述	94	12.3.1 放样弯边	153
10.7.2 装配方式方法	97	12.3.2 轮廓弯边	156
10.7.3 爆炸图	98	12.4 折弯	157
10.7.4 装配顺序	100	12.4.1 【折弯】对话框	157
10.8 工程图	101	12.4.2 折弯的构造方法	158
10.8.1 视图操作	101	12.4.3 折弯参数	158
10.8.2 编辑工程图	103	12.4.4 应用的曲线类型	159
10.8.3 尺寸标注、注释	105	12.4.5 折弯方向	159
10.9 综合实例——减速器机盖	106	12.4.6 其他	160
10.9.1 减速器机盖整体设计	106	12.5 成形/展开	161
10.9.2 机盖细节设计	111	12.5.1 【成形/展开】对话框	161
10.10 习题	117	12.5.2 【折弯】列表框	161
第11章 曲面造型	118	12.5.3 【成形/展开】操作命令	161
11.1 网格曲面	118	12.6 钣金孔与钣金槽	162
11.1.1 直纹曲面	118	12.6.1 钣金孔	162
11.1.2 通过曲面网格	121	12.6.2 钣金槽	164
11.2 扫掠曲面	123	12.7 钣金筋	166
11.2.1 使用一组引导线创建 扫掠曲面	123	12.7.1 【筋】特征对话框	166
11.2.2 使用两组引导线创建 扫掠曲面	125	12.7.2 选择步骤	166
11.2.3 通过变化的扫掠创建曲面	127	12.7.3 钣金筋类型	168
11.3 编辑曲面	131	12.7.4 钣金筋选项	170
11.3.1 修剪曲面	131	12.8 钣金角与钣金除料	171
11.3.2 扩大曲面	134	12.8.1 钣金角	171
11.3.3 综合实例	135	12.8.2 钣金除料	173
11.4 习题	143	12.9 冲压	174
第12章 钣金设计	144	12.9.1 钣金冲压	174
12.1 UG NX 钣金件设计基础	144	12.9.2 实体冲压	178
12.1.1 钣金的基本概念	144	12.9.3 冲压凹坑	181
12.1.2 UG NX 钣金设计	144	12.9.4 冲压除料	183
12.1.3 钣金特征预设值	146	12.10 钣金桥接	184
12.1.4 钣金草图设置	147	12.10.1 【钣金桥接】特征对话框	184
12.2 弯边	148	12.10.2 选择步骤	184
12.2.1 【弯边】特征对话框	148	12.11 综合实例	186
12.2.2 宽度	148	12.11.1 启动软件与钣金设置	187
12.2.3 长度	149	12.11.2 钣金件基体与钣金弯边	189
		12.11.3 放样弯边与轮廓弯边	192
		12.11.4 钣金折弯与钣金角	195

12.11.5 钣金孔与钣金槽	198	13.6.14 设计用户定义组件	249
12.11.6 钣金冲压与钣金除料	201	13.6.15 功能组件设计实例	249
12.11.7 内嵌弯边与钣金槽	206	13.7 标准件管理及结构设计	252
12.11.8 实体冲压与钣金桥接	210	13.7.1 标准件管理	252
12.12 习题	214	13.7.2 多点模式的标准件设计	253
第13章 级进模具 CAD	215	13.7.3 让位槽设计	254
13.1 毛坯排样	215	13.7.4 腔体设计	254
13.1.1 毛坯生成器	215	13.7.5 安装孔设计	255
13.1.2 毛坯排样	216	13.8 习题	255
13.1.3 毛坯排样实例	216	第14章 注塑模具 CAD	256
13.2 废料设计	218	14.1 注塑模具结构组成	256
13.2.1 废料设计的前期准备	219	14.2 注塑模设计界面介绍	256
13.2.2 废料设计	219	14.2.1 注塑模向导工具条	256
13.2.3 废料设计实例	221	14.2.2 注塑模工具	258
13.3 条料排样设计	222	14.2.3 分型管理器	258
13.3.1 创建条料排样	222	14.3 UG 注塑模具的设计流程	259
13.3.2 工艺安排	223	14.4 简单壳体注塑模 UG 分型	260
13.3.3 条料仿真	223	14.4.1 模具设计项目初始化	261
13.3.4 条料排样实例	223	14.4.2 设定模具坐标系统	262
13.4 模架设计与管理	227	14.4.3 工件设计	262
13.4.1 标准模架	228	14.4.4 布局设计	265
13.4.2 组件集	229	14.4.5 产品分型准备	266
13.4.3 设计工具	231	14.4.6 产品分型	267
13.4.4 冲压力计算和模架设计实例	234	14.5 数码相机后盖 UG 分型及 浇注系统设置	271
13.5 冲裁镶块设计	236	14.5.1 模具设计项目初始化	271
13.5.1 法向设计和自由曲面设计	237	14.5.2 设定模具坐标系统	272
13.5.2 阵列	239	14.5.3 工件设计	273
13.5.3 关联	239	14.5.4 布局设计	274
13.5.4 冲裁镶块设计实例	240	14.5.5 产品分型准备	274
13.6 功能组件设计	241	14.5.6 产品分型	277
13.6.1 设计折弯冲头或凹模组件	242	14.5.7 创建流道系统	283
13.6.2 设计成形凸模或凹模组件	243	14.6 焊枪手柄 UG 分型	285
13.6.3 刀具处理组件	244	14.6.1 模具设计项目初始化	285
13.6.4 设计翻孔组件	245	14.6.2 设定模具坐标系统	286
13.6.5 设计导正销	245	14.6.3 工件设计	287
13.6.6 设计浮升销	246	14.6.4 布局设计	288
13.6.7 设计安装组件	246	14.6.5 产品分型准备	289
13.6.8 设计沉头孔组件	247	14.6.6 产品分型	290
13.6.9 设计埋头孔组件	247	14.7 习题	295
13.6.10 设计锥形孔组件	247	第15章 模具 CAM	296
13.6.11 设计凹坑组件	247	15.1 UG NX 数控加工基础知识	296
13.6.12 设计切口成形组件	248	15.1.1 数控技术基础知识	296
13.6.13 设计倒斜角组件	248		

15.1.2	UG NX CAM 基础知识	299	15.3.4	参数设置	319
15.1.3	UG NX CAM 加工环境	302	15.3.5	设计范例	328
15.2	UG NX 数控加工基本操作	305	15.4	型腔铣	341
15.2.1	创建程序组	305	15.4.1	型腔铣的特点	341
15.2.2	创建刀具组	306	15.4.2	创建型腔铣的一般步骤	341
15.2.3	创建几何体	307	15.4.3	几何体	341
15.2.4	创建加工方法	307	15.4.4	参数设置	342
15.2.5	创建操作	309	15.5	固定轴曲面轮廓铣	345
15.2.6	刀具轨迹	310	15.5.1	固定轴曲面轮廓铣	346
15.2.7	后置处理和车间工艺文档	310	15.5.2	常用驱动方法	348
15.3	平面铣削加工	311	15.5.3	区域铣削驱动方法	353
15.3.1	概述	311	15.5.4	刀轨设置	356
15.3.2	加工几何体	313	15.6	习题	364
15.3.3	切削模式	317	参考文献		365

第1篇 材料加工 CAD/CAM 基本理论

第1章 材料加工 CAD/CAM 概论

1.1 材料加工 CAD/CAM 的概念

CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计) 是技术人员利用计算机软硬件系统, 对产品或工程进行设计、绘图、分析以及技术文档编制等设计活动的总称。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。利用 CAD 技术可以将各种设计信息 (不论是数字的、文字的还是图形的) 存放在计算机的内存或外存里, 并能快速地检索, 可以将草图变为工作图的繁重工作交给计算机完成, 由计算机自动产生设计结果, 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 CAD 技术还可以对图形进行编辑、放大、缩小、平移和旋转等有关操作。CAD 可以充分发挥人和计算机各自的优势, 大大减轻了设计者的劳动强度, 使设计者将更多的精力投入到创造性工作中去。

CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造) 有狭义和广义两个概念。CAM 的狭义概念指的是从产品设计到加工制造之间的一切生产准备活动, 包括 CAPP (Computer Aided Process Planning, 计算机辅助工艺过程规划)、NC 编程、工时定额的计算、生产计划的制订、资源需求计划的制订等。到今天, CAM 的狭义概念甚至进一步缩小为 NC 编程的同义词。CAPP 已被作为一个专门的子系统, 而工时定额的计算、生产计划的制订、资源需求计划的制订则划分给 MRP II/ERP 系统来完成。除 CAM 的狭义定义外, 国际计算机辅助制造组织关于计算机辅助制造有一个广义的定义: “通过直接的或间接的计算机与企业的物质资源或人力资源的连接界面, 把计算机技术有效地应用于企业的管理、控制和加工操作。” 按照这一定义, 计算机辅助制造包括企业生产信息管理、计算机辅助设计和计算机辅助生产制造三部分。计算机辅助生产制造又包括连续生产过程控制和离散零件自动制造两种计算机控制方式。采用计算机辅助制造技术, 可改善对产品设计和品种多变的适应能力, 提高加工速度和生产自动化水平, 缩短加工准备时间, 降低生产成本, 提高产品质量和批量生产的劳动生产率。

随着 CAD 和 CAM 技术的研发与应用水平的不断提高, 它们的一些弊端也逐渐显现出来, 例如 CAD 与 CAM 的衔接问题。由于两者在各自的发展过程中所关心的方向不同, 因而它们内部表达同一产品的模型亦不相同, 结果导致经过 CAD 设计出来的产品数据无法被 CAM 直接接受, 造成信息中断, 需要通过人的参与使两者联系起来。这样一方面影响了计算机优势的发挥, 另一方面由于人的介入还容易造成错误。因此, 进一步发展 CAD/CAM 就成为必然。

CAD/CAM 的最原始阶段是在计算机辅助下完成零件设计, 并在此基础上生成零件的数控加

工程序。至今许多含有复杂型面的零件仍沿用这种方法。经过几十年的发展, CAD/CAM 的概念不断扩大, 不仅上升到生产管理层面, 而且渗透到计算机网络领域。实际应用中, CAD/CAM 是以系统方式出现的, 包括商品化 CAD/CAM 系统和企业根据应用目标构建的 CAD/CAM 系统。系统中包括了设计与制造过程的三个主要环节, 即 CAD、CAPP 和 NCP (Numerical Control Programming, 数控编程)。其中 CAPP 和 NCP 属于 CAM 范畴。完整的 CAD/CAM 系统一般包括产品设计、工程分析、工艺过程规划、数控编程、工程数据库以及系统接口几个部分。这些部分以不同的形式组合集成就构成各种类型的 CAD/CAM 系统。

1.2 材料加工 CAD/CAM 的发展

CAD/CAM 技术是随着计算机技术的发展而发展起来的。虽然这项技术兴起的时间不长, 但发展速度很快。目前它已经成为新一代生产技术的核心, 被认为是提高制造业生产率和产品竞争力的关键。在形成和发展过程中, CAD/CAM 系统针对不同的应用领域、用户需求和技术环境, 表现出不同的发展水平和构造模式。CAD 和 CAM 两项技术虽然几乎是同时诞生的, 但在相当长的时间里却是按照各自轨迹独立地发展起来的。

CAD 诞生于 20 世纪 60 年代美国麻省理工学院提出的交互式图形学的研究计划。1950 年, 麻省理工学院采用阴极射线管 (CRT) 研制成功图形显示终端, 实现了图形的屏幕显示, 并在此基础上孕育出一门新兴学科——计算机图形学。50 年代后期出现了光笔, 从此开始了交互式绘图的历史。由于当时硬件设施昂贵, 只有美国通用汽车公司和波音公司使用自行开发的交互式绘图系统。60 年代初, 屏幕菜单指点、功能键操作、光笔定位、图形动态修改等交互绘图技术和 CAD 的曲面片技术相继出现。1962 年, 美国人 Ivan Sutherland 开发出第一个交互式图形系统 Sketchpad。此后, 相继出现了一大批商品化 CAD 软件系统。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, 完整的 CAD 系统开始形成。80 年代, 随着强有力的超大规模集成电路制成的微处理器和存储器件的出现, 工程工作站问世, CAD 技术在中小型企业逐步普及。又由于 PC 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。比如当时的 Autodesk 公司是一个仅有数名员工的小公司, 其开发的 CAD 系统虽然功能有限, 但因其可免费复制, 故得以广泛应用。同时, 由于系统的开放性, 该 CAD 软件升级迅速。80 年代中期以来, CAD 技术向标准化、集成化、智能化方向发展, 一些标准的图形接口软件和图形功能相继推出, 为 CAD 技术的推广、软件的移植和数据共享起了重要的促进作用; 系统构造由过去的单一功能变成综合功能, 出现了计算机辅助设计与辅助制造联成一体的计算机集成制造系统; 固化技术、网络技术、多处理机和并行处理技术在 CAD 中的应用, 极大地提高了 CAD 系统的性能; 人工智能和专家系统技术引入 CAD, 出现了智能 CAD 技术, 使 CAD 系统的问题求解能力大为增强, 设计过程更趋自动化。

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 最初主要被用于产生和手绘图样相仿的图样。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。随着计算机技术的日益发展, CAD 经历了二维平面图形设计、三维线框模型设计、三维实体造型设计、自由曲面造型设计、参数化设计、特征造型设计等发展过程。现在, CAD 已在电子和电气、科学研究、机械设计、软件开发、机器人、服装业、出版业、工厂自动化、土木建筑、地质、计算机艺术等各个领域得到广泛应用。

CAM 中的核心技术是数控技术,编制零件加工程序是数控技术应用的重要环节,其技术的发展主要是在数控编程和计算机辅助工艺过程规划两个方面,其中的数控编程主要是发展自动编程技术。麻省理工学院于 1950 年研究开发了数控机床的加工零件编程语言 APT,它是类似 FORTRAN 的高级语言,增强了几何定义、刀具运动等语句,使编写程序变得简单,以此形成了早期的 CAM 系统。在此基础上,又发展成 APT III、APT IV。20 世纪 60 年代初,西欧开始引入数控技术。在自动编程方面,除了引进美国的系统外,各国还发展了自己的自动编程系统,如英国国家工程研究所的 ZCL、德国的 EXAPT 等。目前,CAM 技术已经成为 CAX (CAD、CAE、CAM 等)体系的重要组成部分,可以直接在 CAD 系统上建立起来的参数化、全相关的三维几何模型(实体+曲面)上进行加工编程,生成正确的加工轨迹。典型的 CAM 系统有 UG、Pro/E、Cimatron、MasterCAM 等。

1990 年以后,CAD/CAM 技术由过去的单一功能、单一领域、单一内容的运行模式,向集成化、智能化、标准化和网络化的方向发展。同时,面向对象技术、并行工程思想、人工智能技术、计算机集成制造系统、快速成型技术等研究,也极大地推动了 CAD/CAM 技术更快、更好地发展。

1.3 材料加工 CAD/CAM 系统的特点与关键技术

1.3.1 CAD/CAM 系统的特点

CAD/CAM 技术可以大大增加设计方案的可靠性,提高设计、制造的一次成功率。因此,采用 CAD/CAM 技术,可以缩短生产准备时间,加快产品更新换代,大大增强了企业的市场竞争能力。

CAD/CAM 具有以下特点:

1. 具有较强的产品构型(亦称产品建模)的功能

一般产品设计是来源于市场需求。设计人员根据这种要求,确定产品性能,建立产品总体设计方案,因此首先必须输入产品零件的几何图形及相关信息(如材料性能、尺寸精度、表面粗糙度等),建立图形的数学模型和存储数据结构,再通过有关运算,把图形储存在计算机中或显示在计算机屏幕上,这就是产品造型。产品几何模型是 CAD/CAM 的原始依据,为了应对工业产品越来越复杂的几何形状,必须具备较强的产品构型功能。

2. 必须具有修改及再设计的功能

因为目前产品的成形工艺及结构设计主要凭人的经验,对于复杂形状零件往往需要经过反复修改和试样后才能生产出合格产品,而且往往只修改局部模具零件形状,不希望重新开始设计。另外,有些企业生产系列产品,产品更新时产品形状基本相同,只是尺寸或局部形状不同,为提高效率和节省成本,只要修改局部形状及相关尺寸即可,所以 CAD/CAM 系统具有修改及再设计的功能是十分必要的。

3. 较强的数据管理功能

由于产品结构的复杂性,导致设计与制造周期很长。为缩短其设计与制造周期,便于交流和提高工作效率,产品结构标准化程度越来越高,同时多年来人们总结出了不少设计准则、工艺数据和经验数据,而且均以图表形式存在。为便于设计产品时调用,在建立 CAD/CAM 系统时均需将这些标准和数据存入计算机中,为此需要开发利用工程数据库系统。

4. 实用的程序源

在产品的设计过程中,技术人员需要查阅大量的数表和线图,使用许多相关公式。为了提高工作效率,CAD/CAM系统必须能对这些数表、线图和公式进行程序化处理,因此必须拥有一个实用的程序库。

1.3.2 CAD/CAM 系统的关键技术

CAD/CAM系统的关键技术主要包括以下几种:

1. 特征造型

特征一般可认为是具有属性及工程语义的几何实体或信息的集合,也可以将特征理解为形状与功能的组合。常用特征信息主要包括:形状特征、精度特征、技术特征、材料特征、装配特征等。特征模型一方面包括了实体模型的全部信息,另一方面又能识别和处理所设计零件的特征。特征模型与实体模型的内部数据表示上是不同的。特征模型能够完整、全面地描述产品的信息,使后续的成形工艺设计与模具结构设计可直接从产品模型中抽取所需信息。

2. 参数化设计

传统的CAD绘图技术都是用固定的尺寸值定义几何元素,输入的每一个几何元素都有确定的位置,要想修改图形只有删除原有元素后重画。这种方法每次修改必导致整个图形的重画,设计效率很低,也达不到实用化的要求,因此在CAD/CAM系统中采用参数化设计方法。参数化设计是用几何约束、工程方程与关系来定义产品模型的形状特征,即对零件上各种特征施加各种约束形式,从而达到设计在形状或功能上具有相似性的设计方案。目前能处理的几何约束类型基本上是组成产品形体的几何实体公称尺寸关系和尺寸之间的工程关系,故参数化技术又叫尺寸驱动几何技术。

3. 变量化设计

参数化设计是一种全尺寸约束,即设计者在设计初期及全过程中,必须将形状和尺寸联系起来考虑,并且通过尺寸约束来控制形状,通过尺寸的改变来驱动形状的改变。当所设计的零件形状过于复杂时,就容易造成系统数据混乱。为解决这一问题,产生了一种比参数化设计更为先进的实体造型技术,即变量化技术。

变量化设计是通过求解一组约束方程组来确定产品的尺寸和形状。约束方程驱动包括几何关系和工程计算条件。约束结果的修改受到约束方程驱动。变量化技术既保持了参数化技术的原有优点,又克服了它的不足之处。

4. 变量装配设计技术

变量装配设计是实现动态装配设计的关键技术。所谓动态装配设计,是指在设计变量、设计变量约束、装配约束驱动下的一种可变的装配设计。其中设计变量是定义产品功能要求和设计者意图的最基本的功能参数和形状参数。设计变量和设计变量约束控制装配体中的零部件的形状。装配约束是通过三维几何约束自动确定装配体内各个零部件的配合关系,它确定了零部件的位置。这些设计变量、设计变量约束、几何约束都是可变化和控制的,是动态的。修改装配设计产生的某些设计变量和约束,原装配设计将在所有约束的驱动下自动更新和维护,从而得到一个原设计没有概念变化的新的装配设计。动态设计过程是正向设计与反向设计相结合的过程。正向设计是从概念设计到详细设计的自顶向下的设计过程,而反向设计是指对产品设计方案中的一些不满意的地方提出要求或限制条件,通过约束求解对原方案进行设计修改的过程。

5. 工程数据库

工程数据库是指能满足人们在对数据处理要求的数据库。工程数据库是随着CAD/CAM/CAE/CAPP集成化软件的发展而发展的,这种集成化系统的所有功能模块的信息都在一个统一的工程数据库下进行管理。工程数据库系统与传统的数据系统有很大差别,主要表现在支持复杂数据类型和复杂数据结构,具有丰富的语义关联、数据模式动态定义与修改、版本管理能力及完善的用户接口等。它不但要能够处理常规的表格数据、曲线数据等,还必须能够处理图形数据。

工程数据库管理系统一般要具有动态处理模式变化、描述和处理复杂的数据类型、支持工程事务处理和恢复、支持多库操作和多版本管理、支持工程数据的长记录存储和文件兼容处理、支持分布环境、权限控制和用户管理等功能。

1.4 材料加工 CAD/CAM 系统的组成结构

CAD/CAM系统由硬件系统和软件系统两部分构成。硬件系统由计算机及其外围设备、生产设备组成,包括主机、外部存储器、输入输出设备、网络通信设备及生产加工设备;软件系统包括系统软件、支撑软件和应用软件。CAD/CAM系统的组成如图1-1所示。

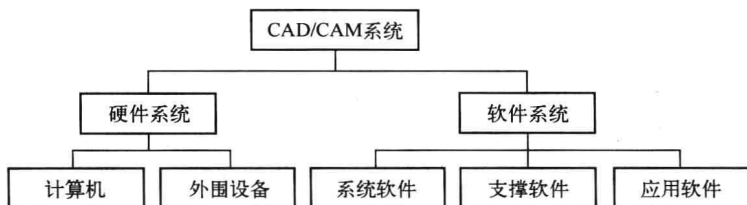


图 1-1 CAD/CAM 系统的组成

1.4.1 CAD/CAM 系统的硬件组成

1. 主机

主机是整个CAD/CAM系统的中枢,执行运算和逻辑分析任务,并控制和指挥系统的所有活动。这些活动包括内存和外存之间的信息交换、终端设备的管理和在绘图机上输出图样等。主机主要由中央处理器(CPU)和内部存储器组成,其中中央处理器包括运算器和控制器。

2. 外部存储器

外部存储器主要用于存储程序、图形文件、NC代码和其他软件,可以扩大存储能力,弥补内存的不足。常用的外部存储器有磁盘和光盘等。磁盘具有即时存取的特点,实用方便。光盘一般作为磁盘的后配品,用于保存永久性的文件。

3. 输入、输出设备

CAD/CAM系统常用的输入设备主要包括键盘、鼠标、图形输入板、激光扫描仪和三坐标测量仪等。其中键盘是一种最基本的输入设备,其主要功能是输入命令或数据,键盘上设有功能键和数字字符键,分别可以调用相应的子程序或者输入数字和字符。鼠标是最常用的光标控制设备,用来控制屏幕上光标的位置。图形输入板是一个与显示器分离的平板,用触笔或鼠标在图形输入板上绘图时,屏幕显示的光标反映了触笔或鼠标在图形输入板上的坐标位置。激光扫描仪是

利用扫描技术来测量工件的尺寸及形状等的一种仪器,采用空间对应法测量原理,利用激光刀对物体表面进行扫描,摄像机采集被测表面的光刀曲线后,通过计算机处理,得到物体表面的三维几何数据。三坐标测量仪是在空间范围内,能够测量物体几何形状、长度及圆周分度等的仪器,又称为三坐标测量机或三坐标量床,是一种高精度的数据采集工具。

1.4.2 CAD/CAM 系统的软件组成

CAD/CAM 系统的软件可分为系统软件、支撑软件和应用软件三个层次。

1. 系统软件

系统软件是使用、管理、控制计算机运行的程序的集合,是用户与计算机硬件的连接纽带,包括操作系统、语言编译系统、诊断修复系统、日常事物管理系统以及数据库管理系统。操作系统是系统软件的核心,是对计算机进行自动管理的机构和控制中心,是管理计算机软、硬件资源的程序集合。它具有五大管理功能,即处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理。操作系统密切依赖计算机系统的硬件,用户通过操作系统使用计算机,任何程序需经操作系统分配必要的资源后才能执行。若从其功能去定义,可以说是一个计算机的资源管理系统。目前 CAD 系统中比较流行的操作系统为:工作站是 UNIX,微型计算机是 Windows 和 Linux 等。语言编译系统用于将高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器指令,包括语言及其编译程序、解释程序以及汇编程序。

2. 支撑软件

支撑软件是 CAD/CAM 系统的核心。它不针对具体的设计对象,而是为用户提供工具或开发环境。不同的支撑软件依赖一定的操作系统,又是各类应用软件的基础,包括图形处理软件(含几何构型与绘图软件)、数据库管理系统(DBMS)、网络服务软件、系统运动学/动力学模拟仿真软件和有限元分析软件等。

(1) 图形处理软件 图形处理软件是通用的 CAD/CAM 系统,可用于二维和三维图形的产品构型及设计图样的绘制,如早期主要致力于实现交互式绘图的 CADAM、AutoCAD、MEDUSA 等。现在的 CAD/CAM 系统采用实体造型技术定义产品零件的几何模型并进行分析、数控加工、输出工程图等,也有软件可以利用上述三种造型方法产生三种模型,即实体模型、线框模型、表面模型,并可使之相互转换。目前较为流行的通用 CAD/CAM 集成系统有 Pro/Engineer、UG、IDEAS、CATIA、SolidWorks、SolidEdge、Inventor 等,国产的三维几何建模软件有 CAXA-3D、金银花 MDA、浙江大天电子信息工程有限公司开发的基于特征的参数化造型系统 GS-CAD98 等。

(2) 数据库管理系统(DBMS) 数据库在 CAD/CAM 系统中具有重要地位,是有效地存储、管理、使用数据的一种软件,用于管理庞大的数据信息,提供数据的增删、查询、共享、安全维护等操作,是用户与数据之间的接口。数据库管理系统使用 3 种数据模型,即层次模型、网状模型、关系模型。目前流行的系统有 FoxBASE+、Oracle、Ingres、SQL Server 等。

(3) 网络服务软件 随着网络的普及,网络服务即通过计算机网络进行信息咨询服务的市场正在迅速扩大。网络技术的不断快速发展,也使采用微型计算机和工作站局域网形式的 CAD/CAM 系统成为现在 CAD/CAM 软硬件配置的首选方案。网络服务软件为这些系统在网络上传输和共享文件提供了条件。

(4) 系统运动学/动力学模拟仿真软件 仿真技术是一种建立真实系统的计算机模型技术。利用模型分析系统的行为而不用建立实际系统,在产品的设计时,实时模拟产品生产或各部分运行的全过程,以预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性。运动学模拟可根据系统的机

械运动关系来仿真计算系统的运动特性；动力学模拟可以仿真、分析计算机械系统在质量特性和力学特性作用下系统的运动和力的动态特性。这类软件在 CAD/CAM/CAE 技术领域得到了广泛的应用，例如 ADAMS 机械系统动力学自动分析软件、MSC 公司的 Visual Nastran Desktop 和 Working Model。

(5) 有限元分析软件 有限元分析软件是利用有限元法进行结构分析的软件，可以进行静态、动态、热特性和优化分析，通常包括前置处理（定义材料属性、定义边界条件、划分有限元网格等）、计算分析及后置处理（将计算分析结果形象化为变形图、应力应变云纹图及应力曲线等）三个部分。目前世界上已投入使用且比较著名的商品化有限元分析软件有 SAP、Nastran、ANSYS、ABAQUS 等。

3. 应用软件

应用软件是在系统软件、支撑软件的基础上，用高级语言进行编写的针对某一专门应用领域的软件。这类软件由于针对性特别强，因此商品化的软件不多，而且价格特别昂贵，通常是由用户根据自身的设计工作需要自行开发的，也称二次开发。如模具 CAD/CAM 软件中的冲裁模设计软件、冲压模设计软件、注塑模设计软件等就属应用软件。应用软件与支撑软件之间并没有本质的区别，当某一行业的应用软件逐步商品化形成通用软件产品时，它也可以称为一种支撑软件。

1.5 常用材料加工 CAD/CAM 系统

经过几十年的不断发展，目前国内外成熟的 CAD/CAM 软件非常多，比如应用比较广泛的 CATIA、UG、Pro/Engineer、SolidWorks 等。下面对几种常用的软件作简要介绍。

1.5.1 CATIA

CATIA (Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application) 是法国达索系统公司 (Dassault System) 开发的 CAD/CAE/CAM 一体化软件，居世界 CAD/CAE/CAM 领域的主流地位。作为 PLM (Product Lifecycle Management, 产品生命周期管理) 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，广泛应用于航空航天、汽车制造、造船、机械制造、电子电气、消费品等行业。它的集成解决方案覆盖所有的产品设计与制造领域，其特有的 DMU (Digital Mock-Up, 电子样机) 模块功能及混合建模技术更是推动着企业竞争力和生产力的提高。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，几乎涵盖了所有的制造业产品。

CATIA V5 版本是达索系统公司长期以来在为数字化企业服务过程中不断探索的结晶，是其划时代产品。围绕数字化产品和电子商务集成概念进行系统结构设计的 CATIA V5 版本，可为数字化企业建立一个针对产品整个开发过程的工作环境。产品整个开发过程包括概念设计、详细设计、工程分析、成品定义和制造乃至成品在整个生命周期中的使用和维护。CATIA V5 版本具有如下特点：

1. 重新构造的新一代体系结构

为确保 CATIA 产品系列的发展，CATIA V5 新的体系结构突破了传统的设计技术，采用了新一代的技术和标准，可快速地适应企业的业务发展需求，使客户具有更大的竞争优势。

2. 支持不同应用层次的可扩充性

CATIA V5 对于开发过程、功能和硬件平台可以进行灵活的搭配组合,可为产品开发链中的每个专业成员配置最合理的解决方案。允许任意配置的解决方案可满足从最小的供货商到最大的跨国公司的需要。

3. 与 NT 和 UNIX 硬件平台的独立性

CATIA V5 是在 Windows NT 平台和 UNIX 平台上开发完成的,并在所有支持的硬件平台上具有统一的数据、功能、版本发放日期、操作环境和应用支持。CATIA V5 在 Windows 平台的应用可使设计师更加简便地同办公应用系统共享数据;而 UNIX 平台上 NT 风格的用户界面,可使用户在 UNIX 平台上高效地处理复杂的工作。

4. 专用知识的捕捉和重复使用

CATIA V5 结合了显式知识规则的优点,可在设计过程中交互式捕捉设计意图,定义产品的性能和变化。隐式的经验知识变成了显式的专用知识,提高了设计的自动化程度,降低了设计错误的风险。

5. 给现存客户平稳升级

CATIA V4 和 V5 具有兼容性,两个系统可并行使用。对于现有的 CATIA V4 用户,V5 将引领他们迈向 NT 世界。对于新的 CATIA V5 客户,可充分利用 CATIA V4 成熟的后续应用产品,组成一个完整的产品开发环境。

1.5.2 UniGraphics NX

UniGraphics NX 简称 UG NX,是 Siemens PLM Software 公司出品的一个产品工程解决方案,它为用户的产品设计及加工过程提供了数字化造型和验证手段,是目前国内外应用最为广泛的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件之一。它功能强大,可以轻松实现各种复杂实体及造型的建构,经过 30 多年的发展,已成为世界一流的集成化机械 CAD/CAM/CAE 软件,广泛应用于航空航天、汽车、通用机械、模具和家用电器等领域。

UG NX 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,目前已经成为许多行业三维设计的一个主流应用。UG 的开发始于 1990 年 7 月,是基于 C 语言开发实现的。UG NX 是一个在二维和三维空间无结构网格上使用自适应多重网格方法开发的一个灵活的数值求解偏微分方程的软件工具,其设计思想足够灵活地支持多种离散方案。UG NX 作为企业计算机辅助设计、制造和分析的标准,被广泛应用于美国通用汽车公司、波音公司、贝尔直升机公司、英国宇航公司等。

UG NX 是一个针对企业范围,从设计到制造技术领先的 CAD/CAM/CAE 软件解决方案,具有如下的特点:

1. 集成的产品开发

UG NX 是一个完全集成的 CAD/CAM/CAE 软件集,它致力于从概念设计到工程分析再到制造的整个产品开发过程。

2. 相关性

通过应用主模型方法,使从设计到制造的所有应用相关联。主模型变化时,其他应用也自动更改。

3. 并行协同设计

通过使用主模型、产品数据管理(PDM)、产品可视化(PV)以及运用互联网技术,支持扩

展企业范围的并行协作。

4. 基于知识的工程

UG NX 解决了知识获取、再使用和运用累积在制造产品的人和过程中的知识问题,实现了用知识驱动的自动化。

5. 客户化

UG NX 提供 CAD/CAM/CAE 业界最先进的编程工具集,可定制 UG NX 并扩展它,以满足企业的需求。

UG NX 由大量功能模块组成,比如自由曲面建模、装配建模、模具设计模块等,功能强大,其主要功能主要有工业设计和风格造型、产品设计、仿真、确认和优化、NC 加工、模具设计和开发解决方案等。

1.5.3 Pro/Engineer

Pro/Engineer 是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, 简称 PTC) 的重要产品,以参数化著称,是参数化技术的最早应用者。20 多年来,经历 20 余次的改版,已成为全世界最普及的 3D CAD/CAM 系统软件,广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽车、航天、家电、玩具等行业。Pro/E 是全方位的 3D 产品开发软件包,集合了零件设计、产品装配、模具开发、加工制造、钣金件设计、铸造件设计、工业设计、逆向工程、自动测量、机构分析、有限元分析、产品数据库管理等功能,用户可以根据自身的需要进行选择,而不必安装所有模块,从而使用户缩短了产品开发的时间并简化了开发流程。其独树一帜的软件功能直接影响了工作中的设计、制造方法,在目前的三维造型软件领域中占有重要地位。

Pro/E 软件的特点:

1. 全相关性

Pro/E 的所有模块都是全相关的。在产品开发过程中某一处进行的修改,能够自动更新到包括装配体、设计图样以及制造数据在内的所有工程文档。这样在开发周期的任一部分都可以进行修改,而没有任何损失,使并行工程成为可能,提高了整个开发周期的效率。

2. 基于特征的参数化造型

Pro/E 使用用户熟悉的特征作为产品几何模型的构造要素,并且可以按预先设置很容易地进行修改。通过给这些特征设置参数 (包括几何尺寸和非几何属性),很容易实现设计修改,进行多次设计迭代,实现产品开发。

3. 数据管理

由于使用了全相关性功能,Pro/E 的数据管理模块可以允许多学科的工程师同时对同一产品进行开发,管理并行工程中同时进行的各项工作,实现在较短的时间内开发更多的产品,大大提高了效率。

4. 装配管理

Pro/E 的基本结构能够利用一些直观的命令很方便地把零件装配起来,同时保持设计意图。高级的功能支持大型复杂装配体的构造和管理,在这些装配体中零件的数量不受限制。

1.5.4 SolidWorks

SolidWorks 软件是 SolidWorks 公司推出的世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统,包括结构分析、运动分析、工程数据管理和数控加工等,可以十分方便地实现复杂的三维零件实