

普通高等教育“十一五”规划教材

CAD/CAM软件应用

(MasterCAM版)

唐立山 许文斌 主编



随书附光盘一张



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”规划教材

CAD/CAM 软件应用

(MasterCAM 版)

唐立山 许文斌 主编



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共9章:第1章介绍了CAD/CAM基本知识、CAD/CAM软件及其应用,第2章~第7章介绍了MasterCAM 9.1软件的操作方法、二维建模、三维建模、工程图、二维加工编程、三维加工编程,第8章介绍了MasterCAM 9.1软件的后处理和线架加工编程、多轴加工编程,第9章介绍了两个来自企业的二维和三维加工编程实例。

本书最大的特点是内容全面系统,由浅入深,循序渐进,图文并茂,通俗易懂。书中所举实例针对性强,所附思考与练习题设计合理。本书既适合于教学,又适合于自学。随书附赠光盘可供教学和自学时使用。

本书可作为普通高等学校机电类专业和高等职业院校数控技术、机电一体化、模具等专业的“CAD/CAM 软件应用”课程教材,也可作为 MasterCAM 培训教材、教师和相关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 软件应用(MasterCAM 版)唐立山,许文斌

主编. —北京:国防工业出版社,2009.1

ISBN 978-7-118-06015-7

I. C... II. ①唐...②许... III. ①模具—计算机辅助设计—应用软件, MasterCAM②模具—计算机辅助制造—应用软件, MasterCAM IV. TG76—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 166070 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26 $\frac{3}{4}$ 字数 615 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 49.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

《CAD/CAM 软件应用(MasterCAM 版)》

编 委 会

主 编 唐立山 许文斌

副主编 廖璘志 吴 兵

编 委 (按姓氏笔画排列)

万国银 甘润霖 肖善华 佛新岗

罗 鹏 周 民 胡建波

主 审 沈 斌

前言

数控加工技术是典型的机电一体化技术, CAD/CAM 软件为数控加工提供了全新的思维模式和解决方案, 国内外制造企业、特别是模具制造企业纷纷采用 CAD/CAM 软件来进行数控加工编程。为了给企业培养一大批掌握 CAD/CAM 技术的高技能人才, 我们组织了全国部分高等职业院校、高等学校的教师和工程技术人员, 根据多年的 CAD/CAM 软件教学 and 实际应用经验编写了本书。

“CAD/CAM 软件应用”是一门实践性很强的课程, 要学好它就要“精讲多练”, 就要有一本好的教材。在多年的教学中我们感觉没有一本好用的教材, 只有自己辛苦准备的讲义。教科书要有别于一般的计算机类图书, 不能厚厚一本书, 就只有几个范例, 应该要有概念、有分析、有例题、有小结、有思考与练习题, 且例题要有很强的针对性; 内容要精练, 既注重系统性, 又注重实效性, 要让学生在“边学边做”中能很快地掌握 CAD/CAM 技术。本书在这些方面都考虑到了。

教材编写遵循“基础→小综合→大综合→实际应用”这一指导思想, 注重学生能力的培养。“工程图”一章是其他书和教材上没有的, 但 MasterCAM 有这个功能, 且转到 AutoCAD 中可打印, 这一章在学生做毕业设计图时很需要, 大家知道用 AutoCAD 画模具图有的曲线画不出来, 都是用其他软件画好再转到 AutoCAD 中打印的, 本书对图形转换也作了介绍。线架加工是 MasterCAM 的传统加工刀路, 程序比曲面加工刀路短, 特别适合曲面精加工编程, 所以 MasterCAM 每一版都保留了, 最新版 X2 版还留着, 本书也作了一些介绍。多轴加工是现在发展的趋势(很多厂家买了五轴数控机床), 本书也作了介绍。最后一章是加工实例, 学生做毕业设计时可参考。本书配有教学光盘一张, 光盘中的例题和习题(教材中难画和讲解时画起来占时间的例题和习题)按章节分开存放, 题号与教材中的图号相对应, 使用非常方便。

“CAD/CAM 软件应用”是数控、机电、模具、机制等专业的必修课, 当代大学生必须对 CAD/CAM 技术有足够的了解; 而不同的专业对 CAD/CAM 知识的掌握要求略有差别, 可以根据专业需要, 从教材中选学不同的章节, 本书也能满足这个特点。

全书共 9 章, 主要包括: CAD/CAM 概述、MasterCAM 软件基本操作、二维 CAD、三维 CAD、工程图、二维 CAM、三维 CAM、后置处理、线架加工、多轴加工、加工实例等内容。

本书由唐立山、许文斌任主编, 廖磷志、吴兵任副主编, 沈斌教授任主审。具体编写分工: 第 1 章由许文斌编写、第 2 章由甘润霖编写、第 3 章由廖磷志编写、第 4 章由吴兵编写、第 5 章由唐立山编写、第 6 章由肖善华编写、第 7 章由佛新岗编写、第 8 章由胡建波和周民编写、第 9 章由罗鹏和万国银编写。

本书在编写过程中, 得到了同济大学、长沙航空职业技术学院、宜宾职业技术学院、陕西工业职业技术学院、西安航空职业技术学院、湖南科技工业职业技术学院、江南机器(集团)有限公司、甘肃白银公司技工学校的大力支持与帮助, 在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限, 书中的不妥之处, 恳请读者批评指正。

编者

V

目 录

第 1 章 CAD/CAM 概述	1
1.1 CAD/CAM 基础知识	1
1.1.1 CAD/CAM 基本概念	1
1.1.2 CAD/CAM 技术产生与发展	1
1.1.3 CAD/CAM 系统的基本组成	3
1.1.4 CAD/CAM 系统的主要任务	5
1.2 CAD/CAM 系统的数据模型	6
1.2.1 几何建模	7
1.2.2 特征建模	7
1.2.3 参数化设计	7
1.3 数控加工编程简介	9
1.3.1 数控加工基础	9
1.3.2 数控加工编程的内容与步骤	10
1.3.3 数控编程技术的发展与程序编制方法	11
1.4 数控加工自动编程	11
1.4.1 CAD/CAM 一般的工作过程	11
1.4.2 数控加工软件的功能要求	12
1.4.3 常用 CAD/CAM 软件及应用	12
1.4.4 MasterCAM 软件应用于 CAD/CAM 的一般过程	13
1.5 本章小结	14
思考与练习题	15
第 2 章 MasterCAM 软件基础	16
2.1 MasterCAM 9.1 软件功能	16
2.1.1 MasterCAM 9.1 软件结构	16
2.1.2 MasterCAM 9.1 软件主要功能	17
2.2 MasterCAM 9.1 软件安装及启动和退出	18
2.2.1 MasterCAM 9.1 软件安装	18
2.2.2 系统的启动和退出	24
2.3 MasterCAM 9.1 软件工作界面	26
2.4 几个基本概念和常用操作方法	28

2.4.1	几个基本概念	28
2.4.2	选择图素的常用方法	29
2.4.3	两种命令输入方法	30
2.4.4	三种退出正在执行命令的方法	30
2.4.5	窗口中的图形位置改变	31
2.4.6	窗口中的图形大小改变	31
2.4.7	当前颜色设置	31
2.4.8	图层设置	32
2.4.9	MasterCAM 9.1 的坐标系建立方法	33
2.4.10	MasterCAM 9.1 的快捷键	34
2.4.11	MasterCAM 9.1 的在线帮助	34
2.5	文件管理	35
2.5.1	开启新档(新建文件)	35
2.5.2	编辑	36
2.5.3	取档	36
2.5.4	存档	36
2.5.5	档案转换	37
2.5.6	DNC 传输	39
2.5.7	行号重编	40
2.5.8	离开系统	41
2.5.9	其他文件管理命令	41
2.6	屏幕菜单简介	43
2.6.1	系统规划	43
2.6.2	清除颜色	44
2.6.3	改变颜色	44
2.6.4	改变图层	44
2.6.5	改变属性	44
2.6.6	隐藏图素	44
2.6.7	其他屏幕菜单命令	46
2.7	本章小结	47
	思考与练习题	47
第3章	二维 CAD	48
3.1	基本绘图命令	48
3.1.1	点的绘制	48
3.1.2	直线的绘制	51
3.1.3	圆/圆弧的绘制	54
3.1.4	倒圆角	57
3.1.5	样条曲线的绘制	59

3.1.6	矩形的绘制	60
3.1.7	倒角	61
3.1.8	文字	62
3.1.9	椭圆的绘制	63
3.1.10	正多边形的绘制	64
3.1.11	其他绘图命令	64
3.1.12	尺寸标注	68
3.2	编辑命令	73
3.2.1	倒圆角	74
3.2.2	修剪/延伸	74
3.2.3	打断	75
3.2.4	连接	76
3.2.5	其他编辑命令	76
3.3	图形转换	77
3.3.1	镜射	78
3.3.2	旋转	79
3.3.3	比例缩放	79
3.3.4	平移	81
3.3.5	单体补正	81
3.3.6	串连补正	82
3.3.7	其他图形转换命令	83
3.4	删除	84
3.5	二维绘图综合实例	85
3.6	本章小结	93
	思考与练习题	93
第4章	三维 CAD	100
4.1	三维线框建模	100
4.1.1	三维空间坐标系	100
4.1.2	构图面	100
4.1.3	图形视角的设置	101
4.1.4	构图深度	102
4.1.5	图形在三维空间中的转换	104
4.2	曲面建模	104
4.2.1	直纹曲面	105
4.2.2	举升曲面	106
4.2.3	昆氏曲面	107
4.2.4	旋转曲面	111
4.2.5	扫描曲面	111

4.2.6	牵引曲面	113
4.2.7	实体曲面(基本几何体参数化曲面)	114
4.2.8	由实体产生曲面	115
4.3	曲面编辑	115
4.3.1	曲面倒圆角	115
4.3.2	曲面修整和延伸	118
4.3.3	曲面补正	126
4.3.4	两曲面熔接	126
4.3.5	三曲面熔接	128
4.3.6	圆角熔接	129
4.4	曲面曲线	129
4.4.1	指定位置(常参数)	129
4.4.2	缀面边线	130
4.4.3	曲面流线	131
4.4.4	动态绘线	131
4.4.5	剖切线	132
4.4.6	交线	133
4.4.7	投影线	133
4.4.8	分模线	134
4.4.9	单一边界	135
4.4.10	所有边界	135
4.5	曲面建模综合实例	135
4.6	实体建模	140
4.6.1	挤出	141
4.6.2	旋转	145
4.6.3	扫掠	146
4.6.4	举升	146
4.6.5	基本实体	148
4.6.6	其他实体建模方法	148
4.7	实体编辑	150
4.7.1	倒圆角	150
4.7.2	倒角	154
4.7.3	薄壳	155
4.7.4	布林运算	156
4.7.5	实体管理	157
4.7.6	牵引面	159
4.7.7	修整	160
4.7.8	其他实体编辑命令	161
4.8	实体建模综合举例	162

4.9 本章小结	167
思考与练习题	168
第5章 工程图	179
5.1 MasterCAM 软件出工程图的流程	179
5.2 实体出三视图方法	179
5.3 菜单命令解释	183
5.3.1 选择实体	183
5.3.2 隐藏线	184
5.3.3 纸张大小	185
5.3.4 比例	186
5.3.5 更改视图	187
5.3.6 偏移	187
5.3.7 旋转	188
5.3.8 排列	189
5.3.9 加/减	189
5.3.10 重设	192
5.4 视图标注及其他	194
5.4.1 剖面线添加	194
5.4.2 尺寸及公差的添加	195
5.4.3 技术要求等文字添加	195
5.4.4 边框和标题栏的添加或制作	195
5.5 工程图综合实例	196
5.6 本章小结	200
思考与练习题	201
第6章 二维 CAM	203
6.1 CAM 概述	203
6.1.1 CAM 流程	203
6.1.2 MasterCAM 软件的二维铣削加工	205
6.1.3 工作设定	205
6.1.4 刀具参数设置	207
6.1.5 操作管理	209
6.1.6 后处理	211
6.1.7 程序传输	211
6.2 二维加工刀具路径	213
6.2.1 外形铣削	213
6.2.2 钻孔	226
6.2.3 挖槽加工	230

6.2.4	平面铣削	238
6.2.5	文字加工	239
6.2.6	全圆路径	240
6.2.7	刀具路径编辑	242
6.2.8	二维加工综合实例	244
6.3	本章小结	252
	思考与练习题	252
第7章	三维铣削 CAM	256
7.1	概述	256
7.2	三维曲面粗加工刀路	256
7.2.1	平行铣削粗加工刀路	256
7.2.2	放射状加工粗加工刀路	260
7.2.3	投影加工粗加工刀路	263
7.2.4	流线加工粗加工刀路	265
7.2.5	等高外形粗加工刀路	267
7.2.6	残料粗加工刀路	269
7.2.7	挖槽粗加工刀路	271
7.2.8	钻削(插削)式加工粗加工刀路	274
7.3	三维曲面精加工刀路	276
7.3.1	平行铣削精加工刀路	276
7.3.2	陡斜面精加工刀路	277
7.3.3	放射状加工精加工刀路	279
7.3.4	投影加工精加工刀路	280
7.3.5	流线加工精加工刀路	281
7.3.6	等高外形精加工刀路	282
7.3.7	浅平面精加工刀路	282
7.3.8	交线清角精加工刀路	283
7.3.9	残料清角精加工刀路	285
7.3.10	3D等距加工精加工刀路	287
7.4	三维零件综合加工实例	288
7.4.1	曲面模型综合加工实例	288
7.4.2	实体模型综合加工实例	303
7.5	本章小结	318
	思考与练习题	319
第8章	后置处理及其他加工刀路	323
8.1	后置处理的基础知识	323
8.1.1	后置处理的知识	323

8.1.2	后处理修改实例	329
8.2	线架加工	333
8.2.1	直纹加工	333
8.2.2	旋转加工	336
8.2.3	2D 扫描加工	338
8.2.4	3D 扫描加工	340
8.2.5	昆氏加工	342
8.2.6	举升加工	344
8.3	多轴加工	345
8.3.1	曲线五轴加工	347
8.3.2	钻孔五轴加工	349
8.3.3	沿边五轴加工	351
8.3.4	曲面五轴加工	353
8.3.5	沿面五轴加工	356
8.3.6	旋转四轴加工	358
8.4	本章小结	360
	思考与练习题	361
第 9 章	加工实例	364
9.1	二维加工实例	364
9.1.1	零件工艺分析	364
9.1.2	零件的加工工艺	365
9.1.3	CAD/CAM 自动编程	368
9.2	三维加工实例	400
9.2.1	零件工艺分析	400
9.2.2	零件的加工工艺	401
9.2.3	CAD/CAM 自动编程	403
	参考文献	415

第1章 CAD/CAM 概述

1.1 CAD/CAM 基础知识

1.1.1 CAD/CAM 基本概念

CAD/CAM 技术即计算机辅助设计与计算机辅助制造(Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing)技术。它是一项利用计算机技术作为主要手段,通过生成和运用各种数字信息和图形信息,帮助人们完成产品设计与制造的技术。CAD 技术主要指使用计算机和信息技术来辅助完成产品的全部设计过程(指从接受产品的功能定义到设计完成产品的材料信息、结构形状和技术要求等,并最终通过图形信息的形式表达出来的过程)。CAM 技术则有广义和狭义两种解释:广义的 CAM 技术包括利用计算机进行生产的规划、管理和控制产品制造的全过程;狭义的 CAM 技术仅包括计算机辅助编制数控加工程序。本书所说的 CAM 技术是指狭义的 CAM 技术。

CAD/CAM 技术的发展和水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业化水平的重要标志之一。CAD/CAM 技术应用的实际结果是:提高了产品设计质量,缩短了产品设计制造周期,由此产生了显著的社会经济效益。目前,CAD/CAM 技术广泛应用于机械、汽车、航空航天、电子、建筑工程、轻工、纺织、家电等领域。

1.1.2 CAD/CAM 技术产生与发展

CAD/CAM 技术从产生到现在已经有 50 多年了,无论是硬件技术、软件技术还是应用领域都发生了巨大变化。CAD/CAM 技术的发展大致经历了以下三个阶段。

1. 单元技术的发展和应⤵用阶段

在这个阶段,分别针对某些特殊的应用领域,开展了计算机辅助设计、分析、工艺、制造等单一功能系统的发展及应用。这些系统的通用性差,系统之间数据结构不统一,系统之间难以进行数据交换,因此应用受到了极大的限制。

数控(Numerical Control, NC)技术的发明首先应提到美籍瑞士人 Parson,他为了制造直升机螺旋桨叶片的样板,1949 年以前就研制出了一种坐标镗床,这种机床能按一系列坐标值确定刀具的位置,刀具中心位置分别由一系列坐标点确定,机床在一次定位中加工出波纹形轮廓,再经人工修锉,最后制成轮廓形状精确的样板。Parson 不是 NC 机床的发明人,他自己也并没有认识到这种方法就是 NC 加工的思想。直到 1952 年,美国麻省理工学院才研制出第一台 NC 机床。

NC 加工发展初期,控制程序都由手工编制,效率很低。1955 年,美国麻省理工学院的 D.T.Ross 发明了 APT(Automatically Programmed Tools)NC 语言系统,应用这种语言,通过对刀具轨迹的描述,就可以自动实现计算机辅助编制 NC 加工程序。在发展这一程

序系统的同时，人们提出了一种设想：能否不描述刀具轨迹，而是直接描述被加工工件的轮廓形状和尺寸，由此产生了人机协同设计产品零件的设想，开始了计算机图形学(Computer Graphics)的研究。

1963 年，年仅 24 岁的美国麻省理工学院研究生 I.E.Sutherland 在美国春季联合计算机会议(SJCC)上宣读了他的题为《人机对话图形通信系统》的博士论文。他开发了人机对话式的二维图形系统 SKETCHPAD，第一次证实了人机对话工作方式的可能性。这一研究成果具有划时代的意义，为发展 CAD/CAM 技术做出了巨大贡献。

CAD 技术的发展，引起了工业界的重视。也是在 1963 年，第一个正式的 CAD 系统 DAC(Design Augmented by Computers)在美国通用汽车公司问世，IBM 公司也发展了 2250 系统图形显示终端。这些产品在今天看来尽管还是粗糙和不完善的，但在当时却大大推动了人们对 CAD 的关注和兴趣。首先做出响应的是美国的汽车工业，随后日本、意大利等国的汽车公司也开始了实际应用，并逐渐扩展到其他部门。

CAD 技术是在 20 世纪 60 年代初期发展起来的。当时的 CAD 技术特点主要是交互式二维绘图和三维线框模型绘图。利用解析几何的方法定义有关图素(如点、线、圆等)来绘制和显示直线、圆弧组成的图形。这种初期的线框模型系统只能表达图形的基本信息，不能有效地表达几何数据间的拓扑关系和表面信息。因此，无法实现计算机辅助工程分析(Computer Aided Engineering, CAE)和 CAM。

计算机辅助制造工艺(Computer Aided Process Planning, CAPP)是对计算机给定一些规则，以便产生出工艺规程。工艺规程是根据一个产品的设计信息和企业的生产能力，确定产品生产加工的具体过程和加工指令，以便于制造产品。一个理想的工艺文件应保证工厂以最低的成本、最有效地制造出已设计好的产品。它是在 20 世纪 50 年代中期发展起来的。

CAE 技术是从 20 世纪 80 年代发展起来的。CAE 技术的确切定义尚无统一的论述，但目前多数 CAE 是 CAD/CAM 向纵深发展的必然结果。它是有关产品设计、制造、工程分析、仿真、实验等信息处理，以及包括相应数据管理系统在内的计算机辅助设计和生产的综合系统。CAE 技术的主要功能指产品几何形状的模式化和工程分析与仿真，如图 1-1 所示。

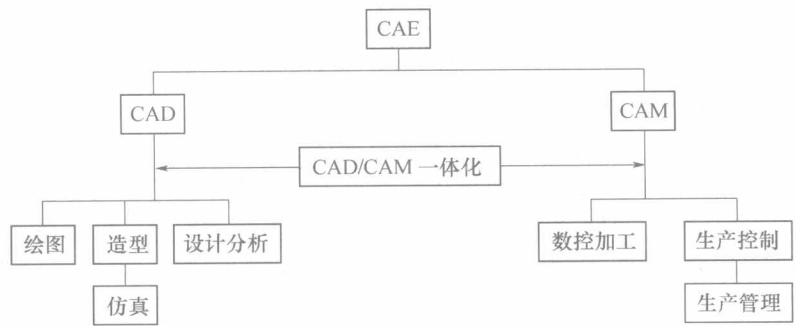


图 1-1 CAE 技术的主要功能

作为 CAE 技术的核心内容——工程优化设计是在 20 世纪 50 年代末期发展起来的，在 70 年代已得到普及和广泛应用。

2. CAD/CAM 集成阶段

随着一些专业系统的应用和普及,出现了通用的 CAD、CAM 系统,而且系统的功能迅速增强。另外, CAD 系统从二维绘图和三维线框模型迅速发展为曲面造型、实体造型、参数化技术和变量化技术, CAD、CAE、CAPP、CAM 系统实现集成化或数据交换标准化, CAD/CAM 的应用进入了普及和应用阶段。

3. CIMS 技术推广应用阶段

计算机除了在设计、制造等领域得到深入应用外,几乎在企业生产、管理、经营的各个领域都得到了广泛的应用。由于企业的产品开发、制造活动与企业的其他经营活动是密切相关的,因此,要求 CAD/CAM 等计算机辅助系统与计算所管理信息系统交流,在正确的时刻,把正确的信息,送到正确的地方。这是更高层次上企业内的信息集成,也就是所谓的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。

从 20 世纪 50 年代以来,随着计算机的迅速发展,计算机应用的许多新技术被应用到制造业,以解决制造业所面临的一系列难题,这些新技术主要有数控(NC)、分布式数控(DNC)、计算机数控(CNC)、原材料需求计划(MRP)、制造资源计划(MRP-II)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助工艺过程(CAPP)和机械制造中的成组技术(GT)及机器人等。但这些新技术的实施并没有带来人们曾经预测的巨大效益,原因是它们离散地分布在制造业的各个子系统中,只能局部达到自动控制和最优化,不能使整个生产过程长期在最优化状态下运行。为了解决这个问题,人们逐步发展了计算机集成制造(CIM)这一技术思想。

从 20 世纪 80 年代中期以来,以 CIMS 为标志的综合生产自动化成为制造业的热点。

在我国, CAD/CAM 技术的发展经历了由引进到开发的过程,很多大中型企业、工程设计部门、大专院校、科研部门等纷纷通过引进或自行开发,建立起适合自己行业特点和工作需要的 CAD/CAM 系统,取得了良好的社会经济效益。CAD/CAM 技术的应用也由一般到高级、由少数用户到全面普及。

CAD/CAM 技术的发展方向多样化,如集成化、智能化、柔性化、网络化等;而 CIMS 则是基于计算机技术和信息技术,将设计、制造和生产管理、经营决策等方面有机地结合成一个整体,形成物流和信息流的综合,对产品设计、零件加工、整机装配和检测检验的全过程实施计算机辅助控制,从而达到进一步提高效率、提高柔性、提高质量和降低成本的目的。

为赶超世界先进水平,为成功地引进、研制和正确使用 CAD/CAM 系统,需要对 CAD/CAM 的现状和发展有一个正确的认识。CAD/CAM 技术是一门方兴未艾的科学,现有的系统不一定是最好的系统,在这一学科内很多问题还有待于深入研究和探索。

1.1.3 CAD/CAM 系统的基本组成

CAD/CAM 系统由硬件系统、软件系统和人才系统组成。

硬件主要包括计算机主机及其外围设备、网络通信设备和生产加工设备。硬件设备是 CAD/CAM 系统运行的基础。软件一般是指由系统软件、支持软件和应用软件组成的程序、数据及有关文档。软件是 CAD/CAM 的核心。近年来,由于计算机技术的不断进步,大大缩短了软件升级和硬件更新周期。二者之中,尤以软件升级更为活跃,只有

及时进行升级完善，才能不断满足生产加工需要。软件的发展，需要更快的计算机硬件系统，而硬件的更新为开发更好的 CAD/CAM 软件提供了必要的物质条件。

配置最佳的软、硬件系统，离不开高素质的操作和维护人员，人才是 CAD/CAM 系统运行的关键。从使用角度来看，各类 CAD/CAM 系统都通过人机对话完成各种交互任务，而大部分交互工作是人与计算机之间进行的，这就要求操作人员与计算机密切合作，各自发挥自身特长。操作人员在设计策略、逻辑控制、信息组织、经验和创造性方面占有主导地位。计算机在信息存储与检索、分析与计算、图形与文字处理等方面有着特有的优势。只有把硬件、软件和操作人员的工作有机结合起来，并加以正确维护，才能有效地发挥 CAD/CAM 系统的作用。CAD/CAM 系统的组成如图 1-2 所示。

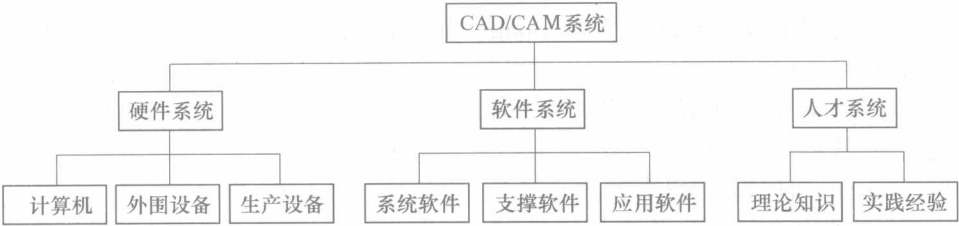


图 1-2 CAD/CAM 系统的组成

CAD/CAM 系统是一个有机的统一体，但 CAD 和 CAM 又各有其侧重面。接下来先简单地认识一下 CAD 系统软件的功能。

由于 CAD/CAM 系统所处理的对象不同，硬件的配置、选型不同，所选择的支撑软件不同，因此，系统的功能也会有所不同。系统总体与外界进行信息传递与交换的基本功能是靠硬件提供的，而系统所解决的问题是由软件来保证的。

1. 图形显示功能

CAD/CAM 系统是一个人机交互的过程，从产品的造型和构思、方案的确定、结构分析到加工过程仿真，系统随时保证用户能观察、修改中间结果，实时编辑处理。用户每一次操作都能从显示器上及时得到反馈，直到取得最佳的设计、制造结果。图形显示功能不仅能够对二维平面进行显示控制，还包含三维体处理。

2. 存储功能

在 CAD/CAM 系统运行中，数据量很大，往往有很多算法生成大量的中间数据，尤其是对图形的操作以及交互式的设计、结构分析中的网格划分等。为了保证正常运行，CAD/CAM 系统必须配置较大的存储设备，支持数据在各模块运行时的正确流通。另外，工程数据库的运行必须有存储空间保障。

3. 输入、输出功能

在 CAD/CAM 系统运行中，用户需要不断将有关设计要求、各步骤的具体数据等输入计算机，通过计算机处理后，输出处理结果。输入、输出信息可以是数值的，也可以是非数值的，如图形数据、文本、字符等。

4. 交互功能

在 CAD/CAM 系统中，人机接口是用户与系统连接的桥梁，友好的用户界面是保证用户直接而有效完成复杂设计任务的必要条件。除软件中的界面设计外，还必须有交互

设备实现人与计算机之间的通信。

1.1.4 CAD/CAM 系统的主要任务

CAD/CAM 系统需要对产品设计、制造全过程的信息进行处理,包括设计、制造过程中的数值计算、设计分析、绘图、工程数据库、工艺设计及加工仿真等各个方面。

1. 工程绘图

采用计算机进行平面图形的绘制,以取代传统的手工绘图,CAD/CAM 系统中某些中间结果也是通过图样来表达的。CAD/CAM 系统一方面应具备从几何造型的三维图形直接向二维图形转换的功能,另一方面还需具有处理二维图形的能力,保证生成合乎生产要求、也符合国家标准机械图样。

2. 几何造型

通过二维图形表达三维的产品是一种间接的设计方法,理论上应该直接设计具有三维形状的产品。但是,依靠人工去绘制三维产品,并对三维产品直接进行分析是非常困难的。因此,计算机辅助设计的基本任务就是利用计算机构造三维产品的几何建模功能,记录产品的三维模型数据,并在计算机屏幕上显示出真实的三维图形结果。利用几何建模功能,用户不仅能构造各种产品的几何模型,还可以随时观察、修改模型或检验零部件装配的结果。产品几何建模包括:零件建模,即在计算机中构造每个零件的三维几何结构模型;装配建模,即在计算机中构造部件的三维几何结构模型。常用的方法有:线框模型,即用零件边框线来表示零件的三维结构;曲面模型,即用零件的表面来表示零件的三维结构;实体造型,即全面记录零件边框、表面及曲面所组成的体的信息,并记录材料属性及其他加工属性。

3. 计算分析

CAD/CAM 系统构造了产品的形状模型之后,能够根据产品的几何形状,计算出相应的体积、表面积、质量、重心位置及转动惯量等几何特征和物理特性,为系统进行工程分析和数值计算提供必要的基本参数。另一方面,CAD/CAM 系统中的结构分析需进行的应力、温度、位移等计算,图形处理中变换矩阵的运算,体素之间的交、并、差计算,以及工艺规程设计中的工艺参数计算都要求 CAD/CAM 系统对各类分析算法正确、全面,而且适应数据计算量大、有较高的计算精度等要求。

4. 结构分析

CAD/CAM 系统结构分析常用的方法为有限元法,这是一种数值近似求解方法,用来解决形状比较复杂的零件的静态(动态)特性、强度、振动、热变形、磁场、温度场、应力分布状态等计算分析。在进行静态、动态特性分析之前,系统根据产品结构特点,划分网格,标出单元号、节点号,并将划分的结果显示在屏幕上。进行分析计算之后,将计算结果以图形、文件的形式输出,如应力分布图、位移变形图等,使用户方便、直观地看到分析的结果。

5. 优化设计

CAD/CAM 系统应具有优化求解的功能,也就是在某些条件的限制下使产品或工程设计中的预指标达到最优。优化包括总体方案的优化、产品零件结构的优化、工艺参数的优化等。优化设计是现代设计方法学中的一个重要组成部分。