



教育部高职高专规划教材

机械CAD/CAM

● 明兴祖 姚建民 主编
● 张导成 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

机械 CAD/CAM

明兴祖 姚建民 主编

张导成 主审

化学工业出版社

教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机械 CAD/CAM/明兴祖, 姚建民主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 6

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-4084-9

I. 机… II. ①明…②姚… III. ①机械设计: 计算机辅助设计②机械制造: 计算机辅助制造 IV. TH122②TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 042193 号

教育部高职高专规划教材

机械 CAD/CAM

明兴祖 姚建民 主编

张导成 主审

责任编辑: 高 钰

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17½ 字数 429 千字

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4084-9/G·1176

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前言

计算机辅助设计与制造（简称 CAD/CAM）技术的迅猛发展，正推动着制造领域从产品设计制造到技术管理一系列深刻的变革，广泛应用于机械、电子、航空、船舶、建筑和纺织等行业。据统计，1989 年美国国家工程科学院对人类 25 年间 10 项最杰出工程技术成就进行评比的结果显示，CAD/CAM 技术的开发和应用排在第四位。现在我国发展 CAD/CAM 技术已成为政府、企业和研究机构的普遍共识，2000 年主要行业应用 CAD 技术的普及率和覆盖率均达到 70% 以上。CAD/CAM 技术以其高智力、高效益、知识密集、更新速度快、综合性强等特点，大大缩短了产品的设计和制造周期，提高了产品的质量，增强了企业在市场竞争中的应变能力，并从根本上提高企业人员的技术素质，促进企业生产技术管理的全面革新。作为 CIMS 核心技术基础的 CAD/CAM 技术，其应用和发展水平已是衡量一个国家科技和工业现代化水平的重要标志之一。为适应这种形势，全国高职高专专门课开发指导委员会组织全国高职高专院校，于 2001~2002 年先后召开多次会议，成立了各专业专门课开发小组，确定了各专业的教材体系和课程结构框架。本书正是根据专门课开发指导委员会确定的《机械 CAD/CAM》课程基本要求，从该课程的高职高专教育目标及知识、能力和素质结构要求出发，按照该课程的教材编写大纲而编写的。

应用 CAD/CAM 技术，首先必须熟悉其技术基础部分，包括 CAD/CAM 的基本概念和知识、CAD/CAM 应用软件设计基础、数据结构与数据库技术、CAD/CAM 建模技术、图形几何变换和 CAM 技术原理等内容，然后重点掌握 CAD/CAM 技术应用部分，包括 2D 几何绘图与编辑、2D 刀具路径的生成、相关性应用及 3D 图形构造、3D 刀具路径的生成、车削自动编程等内容，能熟练运用一个自动编程系统，综合应用 CAD/CAM 技术。

本书内容重点突出，层次分明，强调理论与实践相结合，文字简练，图文并茂。各章均附有小结和习题，以便于归纳总结，及时巩固所学知识。

本书由明兴祖、姚建民任主编，其中第一章、第八章、第十章由明兴祖编写，第二章、第十一章由姚建民编写，第三章由毛卫秀编写，第四章、第九章由周奎和王建涵编写，第五章由夏超文编写，第六章由刘燕明编写，第七章由管文华和张柱银编写。全书由明兴祖副教授负责统稿，并对第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第九章进行了改稿工作。

本书由张导成副教授主审。

限于编者的水平和经验，书中出现疏漏或错误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2003 年 3 月

内 容 提 要

本书是根据全国高职高专专门课开发指导委员会制订的《机械 CAD/CAM》课程的基本要求和教材编写大纲,遵循“拓宽基础、强化能力、立足应用、激发创新”的原则而编写的,着重培养学生 CAD/CAM 技术的工程素质,以适应现代设计与制造技术的需要。

该书由上、下两篇组成,共 11 章。上篇为技术基础部分,分六章讲述,先介绍 CAD/CAM 的基本概念、组成及基本类型、基本功能、软硬件配置和 CAD/CAM 技术的发展,然后分章介绍了 CAD/CAM 应用软件设计基础、数据结构与数据库技术、CAD/CAM 建模技术、图形几何变换和 CAM 技术原理等内容。下篇为技术应用部分,结合实例分章详细介绍了 2D 几何绘图与编辑、2D 刀具路径的生成、相关性应用及 3D 图形构造、3D 刀具路径的生成、车削自动编程等内容。

本书内容层次分明、培养目标明确。上篇技术基础部分,主要使读者掌握机械 CAD/CAM 方面“必需、够用”的基本理论知识、基本技术原理和基本技能,适当拓宽了技术平台;下篇技术应用部分,结合具体的 CAD/CAM 软件系统,使读者具备应用机械 CAD/CAM 技术的基本技能,突出了应用性能力的培养。该书内容简明扼要、图文并茂,各章后均配有小结和习题,以便于读者自学和巩固所学知识。

本书是高职高专院校机械类专业教材,也可作为职工大学、电视大学和其他院校机电类专业的教材或教学参考书,并可供 CAD/CAM 技术人员参考。

目 录

上篇 技术基础

第一章 CAD/CAM 技术概述 1	三、DXF 32
第一节 CAD/CAM 的基本概念 1	第四节 用户接口与交互技术 32
一、CAD 技术 1	一、用户接口常用形式 32
二、CAM 技术 1	二、交互技术 33
三、CAD/CAM 技术 1	第五节 软件工程基础 33
四、CAD/CAPP/CAM 集成 2	一、软件工程规范 34
第二节 CAD/CAM 系统的组成和基本类型..... 3	二、软件工程时间和阶段的划分 35
一、CAD/CAM 系统的组成 3	三、CAD/CAM 软件工程的特点 37
二、CAD/CAM 系统的基本类型 5	本章小结 37
第三节 CAD/CAM 作业过程及系统应具备的基本功能..... 6	习题二 38
一、CAD/CAM 作业过程 6	第三章 数据结构与数据库技术 39
二、CAD/CAM 系统应具备的基本功能 6	第一节 数据结构 39
第四节 CAD/CAM 系统的硬件 8	一、基本概念 39
一、CAD/CAM 系统硬件的选择原则 8	二、线性表 40
二、硬件系统的配置..... 8	(一) 线性表的逻辑结构 40
第五节 CAD/CAM 系统的软件 12	(二) 线性表的物理结构 40
一、系统软件 12	三、栈与队列 42
二、应用软件 14	(一) 栈 42
第六节 CAD/CAM 技术的发展 16	(二) 队列 43
本章小结 17	四、数组 43
习题一 18	五、树 44
第二章 CAD/CAM 应用软件设计基础 19	(一) 基本概念和术语 44
第一节 CAD/CAM 应用软件设计和程序设计语言 19	(二) 二叉树 46
一、CAD/CAM 应用软件总体设计 19	六、查找与排序 49
二、常用程序设计语言及选用 21	(一) 查找 49
三、CAD/CAM 系统中的应用软件设计 23	(二) 排序 51
第二节 计算机辅助软件工程技术 25	第二节 数据库技术 53
一、辅助软件设计工具系统的组成 25	一、数据库的基本原理 53
二、计算机辅助软件开发工具的分类 26	(一) 数据管理技术的发展 53
第三节 产品数据交换技术 27	(二) 数据库的数据模型 54
一、IGES 标准 28	(三) 数据库系统的基本组成 55
二、STEP 标准 29	二、工程数据库概述 57
	三、典型数据库管理系统简介 58
	本章小结 60
	习题三 60
	第四章 CAD/CAM 建模技术 62

第一节 CAD/CAM 几何建模	62	二、二维组合变换	93
一、自由曲线	62	第三节 三维图形变换	95
(一) 自由曲线概述	62	一、三维基本变换	96
(二) 常用自由曲线	63	二、三维投影和透视变换	98
二、线框建模	66	(一) 投影变换	99
三、曲面建模	67	(二) 透视变换	100
(一) 基本概念	67	第四节 图形的剪取	102
(二) 曲面的种类与特征	67	一、点的剪取	103
(三) 曲面的数学化	68	二、直线段的剪取	103
(四) 曲面的性质	70	三、多边形的剪取	104
四、实体建模	70	四、三维图形的剪取	104
(一) 边界表示法	71	本章小结	104
(二) 构造实体几何法	71	习题五	105
(三) 扫描表示法	72	第六章 CAM 技术原理	106
第二节 特征建模与参数化设计	73	第一节 计算机辅助工艺设计	106
一、特征建模	73	一、概述	106
(一) 特征的概念与分类	73	二、CAPP 系统的零件信息描述与输入	108
(二) 特征的表达方法	74	三、派生式 CAPP 系统	109
(三) 特征建模的过程	75	四、创成式 CAPP 系统	114
(四) 特征建模的特点	75	第二节 数控加工及程序编制	116
二、参数化设计	76	一、概述	116
第三节 装配建模技术	79	(一) 数控设备的产生与发展	116
一、装配建模技术概述	79	(二) 数控设备的工作原理、组成与 分类	116
(一) 装配约束技术	79	(三) 数控机床的坐标系统	119
(二) 装配树	80	二、数控加工基础	120
二、装配模型的管理、分析及使用	80	三、数控程序编制	123
(一) 装配模型的管理	80	(一) 程序编制的内容与步骤	123
(二) 装配模型的分析及使用	80	(二) 程序编制过程中的工艺处理	123
三、装配建模的一般方法	81	(三) 程序编制的代码标准	124
四、装配建模技术的应用	82	(四) NC 程序的结构	125
(一) SolidWorks 的装配环境	82	(五) NC 程序的常用功能字	126
(二) SolidWorks 中的装配实例	84	(六) 程序编制中的误差	128
本章小结	87	四、数控自动编程	128
习题四	88	(一) 实现自动编程的环境要求	128
第五章 图形几何变换	89	(二) 自动编程的分类	129
第一节 图形几何变换的基础知识	89	(三) 图形交互式自动编程系统	130
一、坐标系	89	(四) 自动编程的发展	130
二、齐次坐标	90	本章小结	131
第二节 二维图形变换	90	习题六	132
一、二维基本变换	90		

下篇 技术应用

第七章 2D 几何绘图与编辑	133	一、MasterCAM 的主要特点与功能	133
第一节 MasterCAM 软件系统概述	133	二、MasterCAM 产生 NC 的工作程序	134

三、MasterCAM 工作环境	134	二、文字布局形式	179
第二节 二维几何绘图	137	三、刻文字实例	180
一、点子功能表	137	本章小结	183
二、直线子功能表	138	习题八	183
三、圆弧子功能表	139	第九章 相关性应用及 3D 图形构造	185
四、倒圆角子功能表	139	第一节 相关性应用	185
五、曲线子功能表	140	一、操作管理	185
六、曲面曲线子功能表	141	二、路径转换	188
七、矩形子功能表	142	三、刀具路径合并	190
八、倒角子功能表	142	四、后置处理	190
九、文字子功能表	143	第二节 3D 构图基础	191
十、二维绘图实例	144	一、3D 造型模型	191
第三节 二维图形编辑	148	二、构图平面	191
一、修整功能	148	三、Z 深度的控制	193
二、转换功能	149	四、3D 线框模型的构造实例	193
三、删除功能	150	第三节 3D 曲面构造与编辑	201
四、二维图形编辑实例	150	一、3D 曲面概述	201
本章小结	152	二、常见曲面构造	202
习题七	153	三、曲面的编辑	208
第八章 2D 刀具路径的生成	156	(一) 曲面倒圆角	208
第一节 2D 刀具路径模组及其共同参数	156	(二) 曲面补正	209
一、刀具补正	156	(三) 曲面修整	210
二、刀具数据	157	(四) 熔接曲面	212
三、切削加工参数	158	四、3D 图形构造综合实例	214
四、坐标设定	159	本章小结	218
五、刀具显示与进/退刀向量	160	习题九	219
六、外形定义	160	第十章 3D 刀具路径的生成	221
第二节 外形铣削模组	161	第一节 产生 3D 刀具路径的两种方法	221
一、进/退刀向量	161	第二节 用线框法产生刀具路径	221
二、刀具路径参数	161	一、3D 刀具路径的共同参数	221
三、外形铣削实例	162	二、刀具路径模组	223
第三节 挖槽模组	168	第三节 曲面模型产生 3D 刀具路径	225
一、挖槽参数	168	一、面铣加工	225
二、切削方式	170	二、曲面粗加工	225
三、岛屿与区域	170	(一) 平行铣削	226
四、加工顺序	170	(二) 放射状加工	230
五、深度 (Z 值) 控制	170	(三) 投影加工	231
六、挖槽实例	171	(四) 曲面流线	232
第四节 钻孔模组	172	(五) 等高外形	233
一、钻孔参数	173	(六) 挖槽粗加工	234
二、注意方面	174	(七) 钻削式加工	235
三、钻孔实例	174	三、曲面精加工	236
第五节 刻文字	179	第四节 多轴加工	242
一、文字尺寸和间距	179	第五节 投影加工与路径修剪	244

一、投影加工	244	第二节 零件 CAD	252
二、路径修剪	246	第三节 零件车削 CAM	254
第六节 自动编程系统综合应用	246	第四节 车削后置处理	265
本章小结	249	本章小结	267
习题十	250	习题十一	267
第十一章 数控车削自动编程	251	参考书目	268
第一节 零件车削加工工艺分析	251		

上篇 技术基础

第一章 CAD/CAM 技术概述

第一节 CAD/CAM 的基本概念

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 缩写为 CAD) 和计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, 缩写为 CAM), 简称 CAD/CAM, 是一项利用计算机协助人们完成产品设计与制造的技术。

制造技术是工业发展的基础, CAD/CAM 技术则是现代制造技术的核心技术, 于 1989 年被美国工程科学院评为自 1964 年以来当代最杰出贡献的十大工程技术成就之一, 实现了设计和制造过程的自动化和信息的集成化。

一、CAD 技术

CAD 是利用计算机完成产品设计的过程。它的功能可归为建立几何模型、工程分析、动态模拟和自动绘图等四类。因而, 一个完整的 CAD 系统, 应由科学计算、图形系统和工程数据库等组成。

科学计算包括有限元分析、可靠性分析、动态分析、产品的常规设计和优化设计等; 图形系统包括几何 (特征) 造型、自动绘图 (含 2D 工程图、3D 实体图等)、动态仿真等; 工程数据库是对设计过程中需要使用和产生的数据、图形、文档等进行输入输出和管理。

如在 CAD 中, 加入专家系统和人工智能技术, 则可大大提高设计的自动化水平, 对产品进行总体方案设计。

二、CAM 技术

CAM 目前没有统一的定义, 一般是指利用计算机在产品制造方面的总称, 有狭义和广义之分。狭义 CAM 通常仅指数控程序的编制, 包括刀具路径的规划、刀位文件的生成、刀具轨迹的仿真和 NC (Numerical Control) 代码的生成等。广义 CAM 是指利用计算机进行与制造过程直接或间接有关的活动, 包括工艺准备 [如计算机辅助工艺设计 CAPP (Computer Aided Process Planning)、计算机辅助工艺设计与制造、NC 编程、工时定额和材料定额编制等]、生产作业计划、物料作业计划 (加工、装配、检测、输送、存储等) 的运行控制、生产过程控制和质量控制等。

三、CAD/CAM 技术

CAD/CAM 是指以计算机为工具来生成和运用各种数字信息与图形信息, 以进行产品设计与制造的全过程, 包括方案设计、总体设计和零部件设计以及加工和装配等。

CAD/CAM 技术是一项综合性的、技术复杂的系统工程, 涉及许多学科领域, 如计算

机科学与工程、计算数学、几何造型、计算机图形显示、数据结构和数据库，仿真、数控、机器人和人工智能学科和技术以及与产品设计和制造有关的专业知识等，它广泛用于宇航、电子、机械制造、服装、装饰、家具和制鞋等领域。另外，该技术是柔性制造系统（Flexible Manufacturing System，缩写为 FMS）和计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System，缩写为 CIMS）的技术基础之一，是现代制造技术的基础核心技术。

四、CAD/CAPP/CAM 集成

产品生产过程如图 1-1 所示，产品从市场需求分析开始，经过设计过程和制造过程，使之从抽象的概念变成具体的最终产品。这一过程具体包括产品设计、工艺过程设计、数控编程、加工、检测和装配等阶段。所谓 CAD/CAPP/CAM 集成，就是将计算机辅助产品设计（CAD）、计算机辅助工艺过程设计（CAPP）、计算机辅助数控编程（狭义 CAM）以及零件加工等有关信息实现自动传递和转换的技术，如图 1-2 所示。

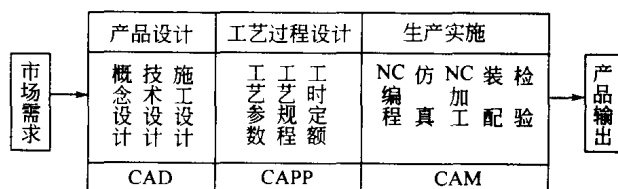


图 1-1 产品生产过程

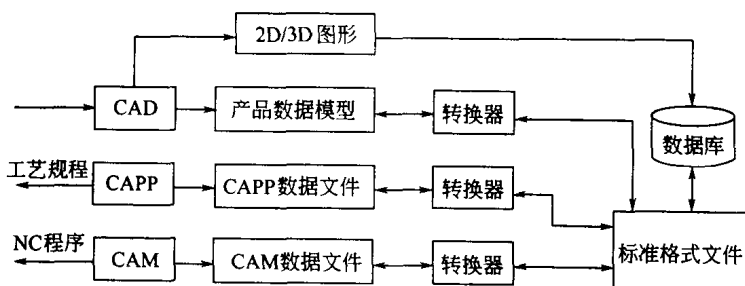


图 1-2 CAD/CAPP/CAM 系统间的信息集成

集成化的 CAD/CAPP/CAM 系统，其基本工作步骤是：①CAD 过程设计产品结构，绘制产品图形，并为 CAPP、CAM 过程准备设计数据；②生成标准化的数据结构（如生成 STEP 文件），并经过接口进行数据转换；③CAPP 系统直接读入 CAD 系统生成的并经过转换的数据，生成零件加工工艺规程，并按一定的标准，将数控编程所需的数据转换成相应的中性文件；④CAM 系统读入 CAPP 系统生成的中性文件，并将其转换为本系统所需的形式，自动生成加工零件的数控程序。

自 20 世纪 90 年代后，出现了包括市场预测、生产决策、产品设计与制造和销售等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统 CIMS，它将一个制造工厂的生产活动进行有机的集成，以实现更高效益、更高柔性的智能化生产。图 1-3 所示是一个企业的计算机集成制造系统 CIMS 的略图，其中 CAD/CAPP/CAM 集成系统是 CIMS 的一个核心子系统。另外，管理信息系统 MIS（Management Information System）和制造自动化系统 MAS（Manufacturing Automation System）也是 CIMS 的子系统。

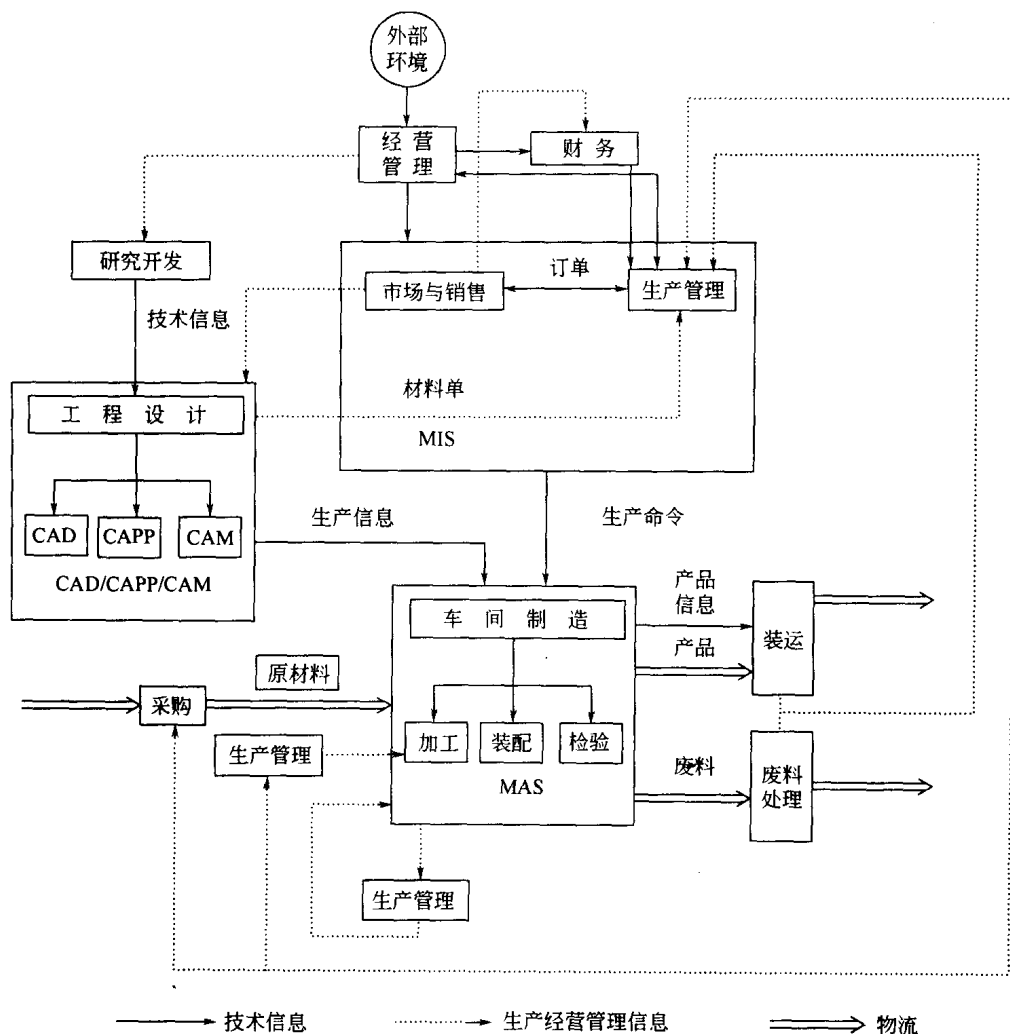


图 1-3 计算机集成制造系统 (CIMS)

第二节 CAD/CAM 系统的组成和基本类型

一、CAD/CAM 系统的组成

一般来说，CAD/CAM 系统由硬件系统和软件系统组成，如图 1-4 所示。由于使用要求的不同，其硬件和软件的配置也有所不同，但其基本的组成模块都大同小异。

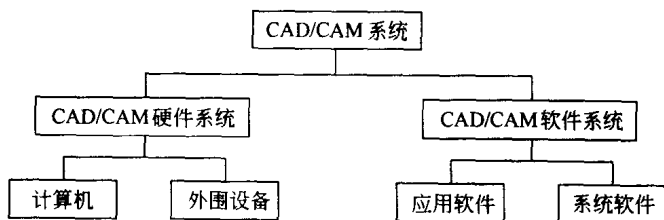


图 1-4 CAD/CAM 系统的基本结构

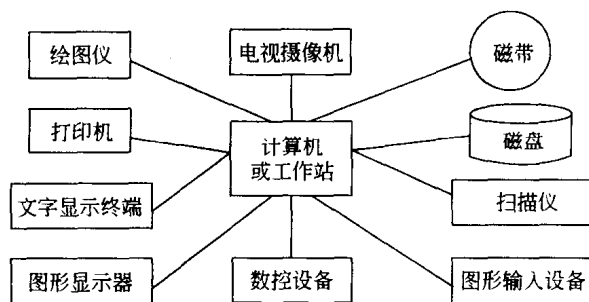


图 1-5 CAD/CAM 系统的硬件组成

CAD/CAM 系统的硬件系统由计算机（或工作站）及其外围设备组成，如图 1-5 所示。其中外围设备主要包括输入/输出设备和数控设备等。图中扫描仪和电视摄像机可以输入二维结构和图像，而且通过采用纹理映射技术，系统可以模拟待设计形体的各种曲面外形。数控设备直接与主机相连，通过数控加工模块或数控加工文件产生刀具轨迹信息，进行数控加工。

CAD/CAM 的软件系统由系统软件和应用软件组成。系统软件是直接计算机硬件发生关系的软件，起到管理系统和减轻应用软件负担的作用，它一般包括操作系统、高级语言编译系统等。常见的操作系统有 DOS、UNIX 和 Windows 等。对于工程工作站的主流操作系统主要是 UNIX，微型计算机的操作系统 MS-DOS 已被 Windows 所代替，20 世纪 90 年代中期以后推出的微机 CAD/CAM 系统一般均在 Windows 95、Windows 98 和 NT 等平台上运行。

系统软件中除了提供常见的高级语言 FORTRAN、C、C++ 等编译系统外，还提供了各种支撑软件，如图形支撑软件 Graphics Library (GL)，它是三维图形系统的开发工具，已成为国际上公认的标准 OPEN GL。微型计算机上的系统软件也由功能型高级语言（如 BASIC、FORTRAN、C 等）向面向对象的开发工具（如 C++ 等）语言和编译系统发展。

应用软件需要通过系统软件才能与计算机硬件发生关系，用户可根据本企业的产品特点进行自行开发。通常 CAD/CAM 系统的二次开发，还需要基于 CAD/CAM 软件系统提供的用户编程语言 (UPL)，如 UG II 的 GRIP、AutoCAD 的 LISP 语言和 ADS 环境等。基于 UPL 开发的应用软件可与 CAD/CAM 支撑软件系统集成一体，具有良好的用户界面，这样增强和扩充了 CAD/CAM 软件系统的功能。应用软件可以是自动编程软件，包括识别处理、由数控语言编写的源程序的软件（如 APT 语言软件）和各类 CAD/CAM 软件；其他工具软件和用于控制数控机床的零件数控加工程序也属于应用软件。

CAD/CAM 软件系统的配置，根据用户要求的不同，其差异较大，基本的模块组成如图 1-6 所示，包括如下模块。

① 三维交互造型模块，包括实体造型和曲面造型。

② 工程绘图模块，绘图并自动标注尺寸。

③ 数控加工模块，使机床按用户给定的条件和要求加工零件。

④ 设计仿真模块，使产品可视化。

⑤ 浓淡处理模块，在绘图过程中，应用 Lexidata 图形终端指令，系统能自动生成一个具有浓淡处理效果的图像。

⑥ 动态仿真模块，用于检查干涉及碰撞。

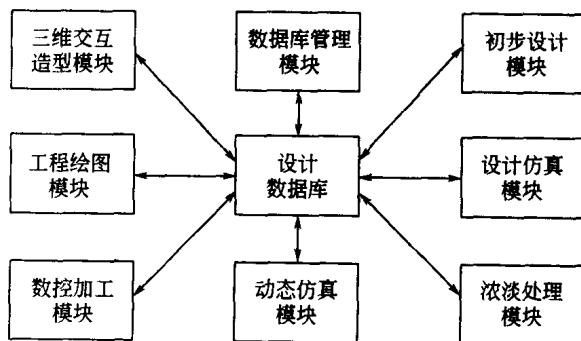


图 1-6 CAD/CAM 系统的软件配置

二、CAD/CAM 系统的基本类型

CAD/CAM 系统的类型可按系统的功能和系统的硬件配置进行分类。按系统的功能,一般可分为通用型 CAD/CAM 系统和专用型 CAD/CAM 系统。通用型 CAD/CAM 系统的功能适应范围广,其硬件和软件配置也较丰富。而专用型 CAD/CAM 系统是为了实现某种特殊功能的系统,其硬、软件配置相对简单,但要符合特殊功能的要求。

按系统的主要配置硬件——计算机的类型不同,一般可分为以下四类。

1. 大型机 CAD/CAM 系统 (Main Frame System)

该系统一般是采用具有大容量的存储器和极强计算功能的大型通用计算机为主机,一台计算机可以连接几十至几百个图形终端和字符终端及其他图形输入输出设备。大型机 CAD/CAM 系统的主要优点是:系统具有一个大型的数据库,可以对整个系统的数据库实行综合管理和维护;计算速度极快。其主要缺点是:如果 CPU 失效,则整个用户都不能工作;由于计算机数据库处于中央位置,计算机数据容易被破坏;终端距离不能太远;随着计算机的总负荷增加,系统的响应速度将降低,这种现象在三维造型和复杂有限元分析时尤为突出。

这种系统的主机通常为大型计算机,曾经出现的如 IBM 公司的 IBM43 $\times\times$ 、30 $\times\times$ 和 3090E 系列,DEC 公司的 VAX8800、9000 系列等大型机,软件系统主要有美国洛克希德公司的 CADAM 和麦道公司的 UG II 及法国达索公司的 CATIA 等,一般用于院校、研究机构 and 大型企业。

2. 小型机和微型机 CAD/CAM 系统

生产和制造小型机 CAD/CAM 系统 (Turn Key System) 的厂商很多,曾经出现的,如美国的 CV, Intergraph, Calma, Applicon, Autotrol, Unigraphics, DEC 等公司,它们大致可分为两种类型。CV 公司生产的是属于全封闭的系统,典型的产品有 CADD5 4 系统。另外一些厂商,如 Intergraph, Calma, Applicon 等公司,则采用了与 CV 公司完全不同的策略,即选择通用的计算机(如 VAX 计算机)作为系统的硬件环境,自己根据需要研制和生产一些专用的图形处理设备和高性能的图形显示器等,重点把精力放在软件的研制上,使软件的移植性较好。后来 CV 公司也逐渐改变了原来的策略,向具有兼容性的硬件环境方向发展。

中国在“七五”期间使用较多的 DEC 公司的 VAX 计算机属于超小型机计算机,现在大都已经落后。随着微机性能的不断提高、价格低廉、使用方便,故小型机 CAD/CAM 系统将越来越少,逐步被微型机 CAD/CAM 系统 (PC CAD/CAM System) 和 workstation 组成的 CAD/CAM 系统所代替。

3. workstation 组成的 CAD/CAM 系统 (Work Station System)

workstation 是具有计算、图形交互处理功能的计算机系统,其硬件(包括外围设备)和软件全部配套供应。一台 workstation 只能一人使用,具有联网功能,其处理速度很快,曾经出现的,如 Sun Sparc 系列 workstation 的 CPU 处理速度已达到 28.5MIPS (Million of Instructions per Second, 百万指令每秒)。当前某些高档 workstation 一般都采用 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机)技术和开放系统的设计原则,用 UNIX 作为其操作系统,其处理速度更高,甚至超过小巨机的水平。

这种系统特别适用中小型企业。在大型企业中,合理使用这种系统,可以减轻计算机主机的负担,降低 CAD/CAM 费用。国内外应用较多的 workstation 型号有美国的 Apollo、SUN、

HP、VAX 和 SGI。高档型的工作站都有 3D 图形加速器（如 TurboGX、SX、ZX 等），可支持实时动态显示。

第三节 CAD/CAM 作业过程及系统应具备的基本功能

一、CAD/CAM 作业过程

CAD/CAM 技术是计算机在工程产品设计和制造中的应用。设计过程中的需求分析、可行性分析、方案论证、总体设计、分析计算和评价以及设计定型后产品信息传递等,都可以由 CAD/CAM 系统完成。在设计过程中,利用交互设计技术,在完成某一设计阶段后,可以把中间结果以图形方式显示在图形终端的屏幕上,以供设计者直观地分析和判断。如判断后认为需要进行某些方面的修改,可以立即把要修改的参数输入计算机以进行处理,再输出结果,再判断,再修改,反复进行这一过程,直至取得理想的结果为止,最后通过输出设备供制造过程应用。CAD/CAM 应用于整个设计与制造过程的流程如图 1-7 所示。

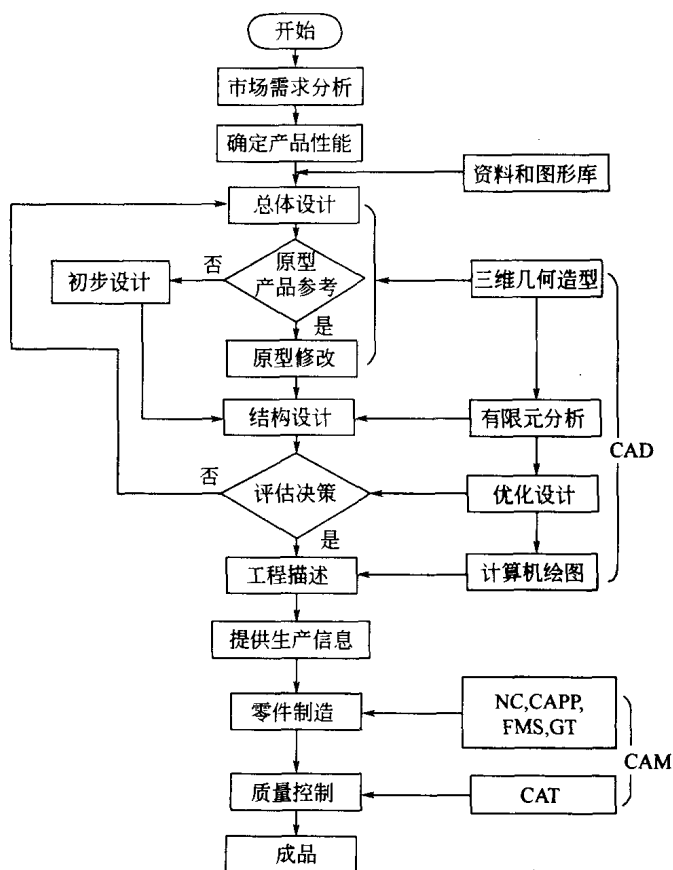


图 1-7 CAD/CAM 应用于设计与制造过程的流程

二、CAD/CAM 系统应具备的基本功能

不同的 CAD/CAM 系统一般有不同的功能要求,但对于机械 CAD/CAM 系统,应具备如下方面的基本功能。

1. 几何造型功能

几何造型是 CAD/CAM 系统图形处理的核心, 通常包括曲线与曲面造型和实体造型等。

(1) 曲线与曲面造型 (Curve-Surface Modeling) 根据给定的离散点和工程问题的边界条件, 构造所需的曲线和曲面, 如 Spline 曲线、昆式曲面 (Coons surface)、贝赛尔曲面 (Bezier surface)、B 样条曲面 (B-Spline surface)、非制式曲面 (Non-Uniform Rational B-Spline surface, 简称 NURBS surface) 等。

(2) 实体造型 (Solid Modeling) 具有定义和生成体素的能力, 以及用构造实体几何法 CSG (Construction Solid Geometry)、边界表示法 B-rep (Boundary representation) 等构造实体模型的能力, 并且各种表示方法之间能相互转换。集合运算是实体造型的核心, 其运算能力和可靠性及效率对系统的性能影响较大。另外, 为实时地观察、检查设计对象是否正确, 并真实地表示出设计对象的形态, 造型系统必须具有真实感显示功能, 如消除隐线 (面)、色彩明暗处理 (Shading) 的能力。另外, 为了防止有关零部件发生干涉, 系统需具有空间布局和干涉检查功能。

2. 2D 与 3D 图形的相互转换

设计过程是一个反复修改、逐步逼近的过程。在产品总体设计或结构设计时, 有时为了便于观察和修改, 一般采用 3D 图形表示。而设计结束后, 为了加工制造和图纸管理, 往往要求输出 2D 的工程图纸。这就要求系统具有 2D 与 3D 图形的相互转换功能。

3. 参数化设计

具有参数化设计功能的 CAD/CAM 系统, 能使产品的 3D (包括 2D) 模型参数化, 设计师在任何阶段修改尺寸, 系统会自动完成相应实体形状的改变; 能真正将初次设计从生产过程中分离出来, 通过标准化减少零件的数量, 增加设计成果的储备, 以最快的速度适应市场变化, 满足用户的需求。

4. 有限元分析

系统能对整个产品 (工程) 及其重要零部件进行静、动力 (应力、应变和系统固有频率) 的分析计算; 对高温工作的产品, 还要进行热变形 (热应力、应变) 分析计算; 在电子工程设计中, 有时还要进行电磁场的分析计算; 在飞行器或水利工程设计中, 还要对流场及其流动特性进行分析计算。特别是对一些复杂构件, 用有限元分析计算不仅简单, 而且精度较高。一个较完善的有限元分析系统应包括前处理、分析计算和后处理三个部分。前处理是对被分析的对象进行有限元网格自动划分, 分析计算是计算应力、应变、固有频率等数值, 后处理是对计算的结果用图形 (等应力线、等温度线等) 或用深浅不同的颜色来表示应力、应变、温度值等。

5. 优化设计

优化设计是现代设计方法的一个组成部分。一个产品 (工程) 的设计实际上就是寻优的过程, 即在某些条件的限制下使产品 (工程) 的设计指标达到最佳。

6. 物体几何特性计算功能

根据几何模型计算相应物体的体积、质量、表面积、重心、转动惯量、回转半径等几何特性, 为工程分析提供必要的基本参数和数据。

7. 图形处理和二次开发功能

包括画图、编辑功能, 图形输出, 标准件参数化图素, 各类特征符号库; 为了满足各行各业、各种情况的需要, CAD/CAM 系统须提供先进、实用的二次开发工具。