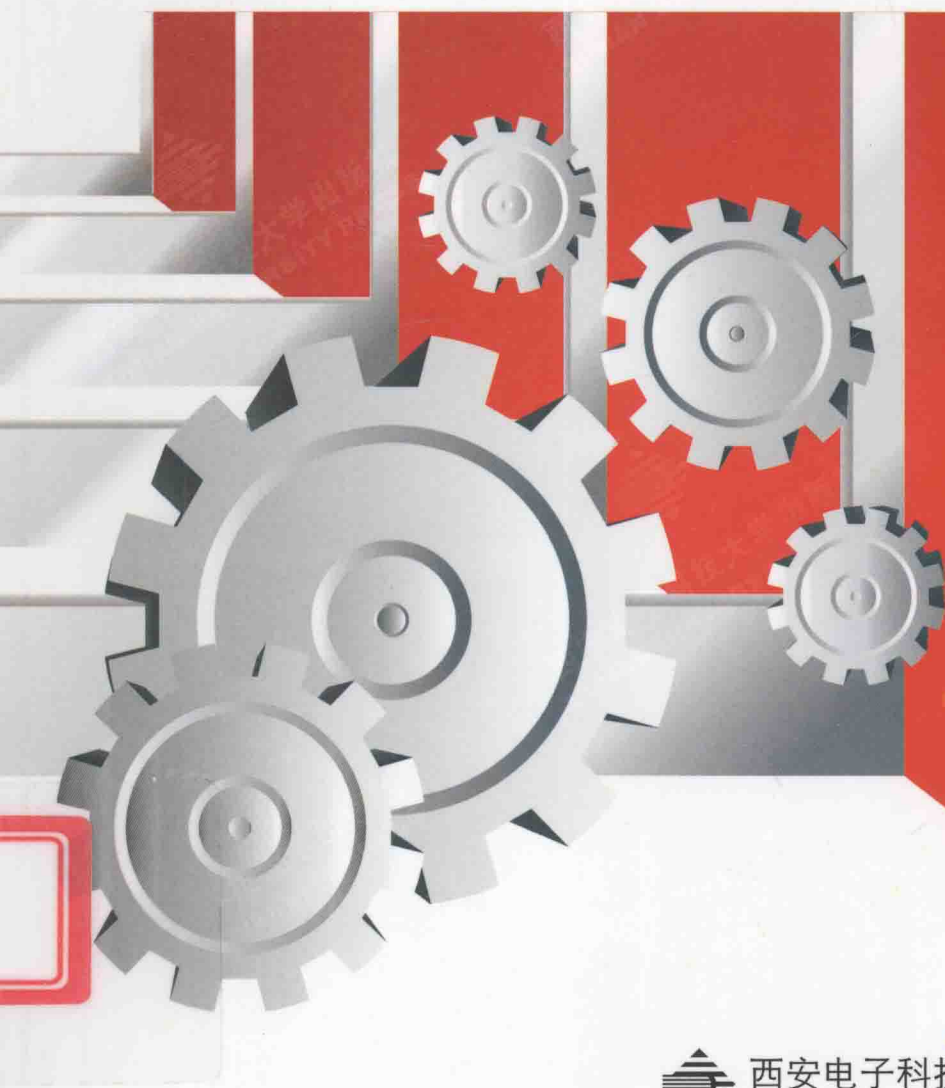


高职高专机电类专业“十二五”规划教材

计算机辅助设计与制造

张远平 主编
吴勤保 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专机电类专业“十二五”规划教材

计算机辅助设计与制造

张远平 主编

吴勤保 主审

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书分为基础理论篇和实训操作篇。其中,基础理论篇较综合地介绍了计算机技术在机械设计与制造领域的应用,如计算机辅助工艺设计、计算机集成制造系统、计算机辅助工业设计、计算机辅助装配工艺及计算机辅助数控加工等,并介绍了 CAD/CAE/CAM 系统对计算机的硬件与软件的基本要求及构成。此外,对计算机建模及图形处理技术也作了简单的介绍,旨在使读者对计算机在机械设计与制造领域的应用有一个较全面的了解。

本书的实训操作篇是基于 Pro/E 软件的应用展开的。通过具体的实例操作,使读者能对机械零件进行有限元分析、灵敏度分析与结构优化,同时能创建装配体,构建运动机构并进行运动分析,掌握机械零件的数控加工等内容。该部分内容侧重于工程应用,同时兼顾到趣味性,以调动读者的学习兴趣。由于本书是 Pro/E 软件应用的提高版,故对软件的三维模型创建、基本曲面造型、工程图等内容未作阐述。

★ 本书配有电子教案,有需要的老师可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造 / 张远平主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2011.9

高职高专机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2647-5

I. ① 计… II. ① 张… III. ① 机械设计: 计算机辅助设计—高等教育—教材 ② 机械制造: 计算机辅助制造—高等教育—教材 IV. ① TH122 ② TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 155037 号

策 划 马晓娟

责任编辑 南 景 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西正达彩色印务有限公司

版 次 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 16

字 数 373 千字

印 数 1~3000 册

定 价 30.00 元(含光盘)

ISBN 978-7-5606-2647-5/TH·0118

XDUP 2939001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

计算机技术在机械设计与制造领域的应用很广，如运用计算机技术进行机械设计、工程分析、装配与制造等。系统地将计算机技术在机械设计与制造领域的应用做一介绍，使读者对计算机技术在机械设计与制造领域的应用有一个大致的了解，也使读者对计算机辅助机械设计技术的发展历程、建模技术、图形技术等有所了解是本书编写的初衷。

本书分为基础理论篇和实训操作篇。

基础理论篇介绍了计算机辅助设计(CAD)的基本原理、软硬件的构成；计算机技术在机械辅助工程(CAE)方面的应用，如有限元方法、零件结构及参数的优化；计算机技术在机械制造方面的应用，如计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、计算机集成制造系统(CIMS)等。此外，对计算机辅助工业设计(CAID)、计算机辅助装配设计(CAAPP)也作了介绍。由于篇幅所限，以上理论仅限于基本概念的介绍，未作深入的阐述。

实训操作篇通过 Pro/E 软件的使用，使读者对诸如有限元分析的运用、机械零件的结构、参数灵敏度分析与优化、装配体的创建、运动机构的构建、运动仿真与分析、数控加工等内容做进一步的掌握。这部分所选的内容多数来自工程实际，所以工程意义明显。通过实际的训练，可使读者将理论知识与实际应用结合起来，并培养动手能力。在随书附带的的光盘内，有一个“学习视频”文件夹，内有相关实训章节的操作视频，读者可以在学习过程中观看，以便掌握所学知识。

鉴于目前各学校在开设“机械 CAD/CAM”课程之前，学生已接触过 Pro/E 软件中的三维建模、曲面造型及工程图的创建，所以本书作为 Pro/E 软件应用的提高版，不再介绍 Pro/E 软件中的基础功能，建议读者在掌握了 Pro/E 软件的三维建模、曲面造型及工程图的创建后再学习本书的相关内容。

本书由西安理工大学高等技术学院张远平任主编，陕西工业职业技术学院吴勤保任主审，西安理工大学高等技术学院王荪馨、史卫朝、淮文博、杜杰参编，贾明宏参与了本书图表的制作。本书编写的具体分工为第 5 章由王荪馨编写；第 11 章由史卫朝编写；第 10 章由杜杰编写；第 6 章及第 17 章由淮文博编写；其余内容由张远平编写，并由其负责全书的统稿。

计算机辅助设计与制造技术发展迅速，新技术、新概念、新方法层出不穷，本书无法全部涉及，加之编者的水平有限，书中难免存在错误及不足，欢迎读者提出宝贵意见及建议。

编者

2011 年 4 月于西安

目 录

基础理论篇

第1章 CAD/CAM 基本知识	3
1.1 概述	3
1.1.1 CAD 技术的发展历程	3
1.1.2 CAD/CAM 系统体系结构	4
1.2 CAD/CAM 系统硬件配置	5
1.2.1 CAD/CAM 系统的硬件构成	5
1.2.2 CAD/CAM 硬件系统分类	6
1.2.3 CAD/CAM 硬件系统集成技术	7
1.2.4 CAD/CAM 系统的类型	8
1.3 CAD 技术的现状及发展趋势	9
1.3.1 CAD/CAM 领域的技术现状	9
1.3.2 CAD 技术的发展趋势	10
1.3.3 CAD 技术研究开发热点	11
思考题	13
第2章 CAD/CAM 软件	14
2.1 概述	14
2.1.1 CAD/CAM 软件的功能与基本要求	14
2.1.2 CAD/CAM 软件系统的结构与功能	14
2.1.3 CAD/CAM 软件集成方法	15
2.1.4 CAD/CAM 数据接口	16
2.2 CAD/CAM 工程数据库	18
2.2.1 工程数据库的概念	18
2.2.2 数据库技术的发展	19
2.2.3 工程数据库的特点	19
2.3 常用的 CAD/CAM 软件	22
2.3.1 国外主要 CAD/CAM 软件简介	22
2.3.2 国内开发的 CAD/CAM 软件简介	23
思考题	24
第3章 计算机辅助图形处理技术	25
3.1 计算机辅助图形处理的基本知识	25
3.1.1 图形处理的基本概念	25

3.1.2 图形软件	26
3.1.3 图形处理技术及算法的发展	29
3.1.4 图形生成方法	31
3.2 交互式绘图	33
3.2.1 交互技术	33
3.2.2 交互技术的原则	35
3.2.3 用户界面的设计	36
3.3 参数化、变量化绘图	39
3.3.1 参数化、变量化绘图的基本概念	40
3.3.2 参数化绘图的实现	40
3.3.3 变量化绘图的实现	42
思考题	43
第4章 计算机辅助工艺设计	44
4.1 CAPP 概述	44
4.1.1 CAPP 产生的背景	44
4.1.2 CAPP 的基本组成	44
4.1.3 CAPP 的基本类型	45
4.1.4 CAPP 的基础技术	45
4.1.5 CAPP 在 CAD/CAM 集成系统中的作用	46
4.1.6 CAPP 的发展趋势	46
4.2 成组技术	47
4.2.1 成组技术概述	47
4.2.2 零件的分类编码及编码系统	47
4.2.3 成组技术在工艺规程设计中的应用	50
4.3 零件信息的描述与输入	52
4.3.1 CAPP 系统对零件信息描述技术的要求	52
4.3.2 零件信息描述的基本方法	52
4.3.3 回转体类零件信息的描述与输入	54
4.3.4 非回转体类零件信息的描述与输入	54
4.3.5 CAPP 系统的输出	56
4.4 CAPP 系统设计简介	57
思考题	58
第5章 计算机集成制造系统	59
5.1 CIMS 简介	59
5.2 CIMS 的构成	60
5.3 CIMS 的应用状况及先进制造模式	63
5.3.1 CIMS 的优势	63
5.3.2 CIMS 的实施要点	63
5.3.3 国内外 CIMS 的应用研究状况	63

5.3.4 先进制造模式	64
5.4 CIMS 应用研究中应注意的问题	66
5.5 我国现代集成制造系统的发展策略	67
5.6 现代集成制造技术的发展趋势	68
思考题	71
第 6 章 计算机辅助工业设计	72
6.1 计算机辅助工业设计概述	72
6.1.1 工业设计史简介	72
6.1.2 工业设计的定义	72
6.1.3 计算机辅助工业设计(CAID)系统	73
6.1.4 CAID 的工程实现	73
6.1.5 计算机辅助工业设计与 CAD/CAM 技术的联系	74
6.2 计算机辅助工业设计的技术问题和发展趋势	75
6.2.1 现代工业设计的发展方向	75
6.2.2 CAID 有待解决的关键技术问题	75
6.2.3 CAID 的发展趋势	76
思考题	76
第 7 章 计算机建模技术	77
7.1 计算机建模技术概述	77
7.1.1 计算机内部表示及建模技术	77
7.1.2 建模的方法及其发展	78
7.2 几何建模技术	79
7.2.1 几何建模系统的分类	79
7.2.2 三维几何建模技术	80
7.3 特征建模技术	81
7.3.1 产品建模技术的发展概况	81
7.3.2 特征建模方法概述	81
7.3.3 特征的概念与分类	82
7.3.4 特征联系	83
7.3.5 特征的表达方法	84
7.3.6 特征库的建立	85
思考题	86
第 8 章 有限元分析及方法	87
8.1 有限元概述	87
8.1.1 有限元方法的历史	87
8.1.2 有限元分析的基本原理	87
8.1.3 有限元分析的基本流程	88
8.1.4 有限元分析的特点	89
8.1.5 有限元分析与 CAD 技术的软件连接和集成	89

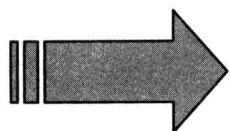
8.2 有限元分析的工程应用	91
8.2.1 有限元分析的应用范围	91
8.2.2 有限元分析在产品开发中的应用	92
8.3 有限元分析软件简介	92
8.3.1 有限元分析软件的组成	92
8.3.2 有限元分析数据前处理	93
8.3.3 有限元分析数据后处理	93
8.4 有限元分析的发展趋势	94
思考题	96
第9章 机械优化设计	97
9.1 优化设计的发展和应用	97
9.1.1 优化设计概述	97
9.1.2 优化问题的分类	98
9.1.3 优化设计的发展	98
9.1.4 优化技术在工程中的应用	99
9.2 优化设计的基本概念	100
9.2.1 设计变量	100
9.2.2 目标函数	100
9.2.3 约束条件	101
9.2.4 全局最优解和局部最优解	101
9.3 机械优化设计方法	101
9.4 优化设计中相关问题的确定	104
9.4.1 设计变量的选取	104
9.4.2 目标函数的建立	105
9.4.3 约束条件的确定	105
9.5 最优化方法的选择和评价	106
9.6 计算结果的分析与处理	106
9.7 最优化方法在机械设计中的应用	107
思考题	108
第10章 计算机辅助装配工艺	109
10.1 概述	109
10.1.1 计算机辅助装配工艺(CAAPP)的意义	109
10.1.2 人工设计装配工艺的主要工作	110
10.1.3 计算机辅助装配工艺设计的发展历程及其研究中的问题	110
10.1.4 计算机辅助装配工艺系统的体系结构和实现方法	113
10.2 装配工艺的自动生成	115
10.2.1 装配顺序决策	115
10.2.2 装配工序图的自动生成	118
10.3 装配过程仿真	120

10.3.1 装配过程仿真概述	120
10.3.2 装配过程仿真原理	120
10.3.3 可视化虚拟装配技术	121
思考题	123
第 11 章 计算机辅助数控加工	124
11.1 计算机辅助数控编程	124
11.1.1 数控加工的特点	124
11.1.2 数控语言自动编程	125
11.1.3 图形交互自动编程	127
11.1.4 CAD/CAM 集成数控编程	130
11.2 加工过程仿真	133
11.2.1 加工过程仿真概述	133
11.2.2 加工过程动态仿真举例	135
11.3 数控加工中的群控(DNC)技术	136
11.3.1 DNC 概述	136
11.3.2 DNC 软件技术	137
思考题	138

实训操作篇

第 12 章 夹紧力对零件加工精度的影响——有限元分析应用	141
12.1 技术背景介绍	141
12.2 实例操作	143
12.2.1 前期准备	143
12.2.2 施加力载荷	146
12.2.3 施加约束	147
12.2.4 零件材质的设定	148
12.2.5 观察零件有限元网格的划分	149
12.2.6 运行静态分析	150
12.2.7 考虑切削力时的零件变形情况	155
第 13 章 零件结构尺寸的灵敏度分析与优化	157
13.1 简支梁挠度最小化问题分析	158
13.1.1 技术背景介绍	158
13.1.2 实例操作	158
13.2 机床夹具零件的结构优化设计	167
13.2.1 技术背景介绍	167
13.2.2 实例操作	168
第 14 章 机械零件的装配与运动机构的仿真	179
14.1 装配体的创建	179

14.1.1 技术背景介绍	179
14.1.2 实例操作	179
14.2 四连杆机构的构建及其运动分析	185
14.2.1 技术背景介绍	185
14.2.2 实例操作	185
14.3 凸轮机构的构建及其运动仿真	193
14.3.1 技术背景介绍	193
14.3.2 实例操作一	193
14.3.3 实例操作二	200
14.4 齿轮机构和轮系机构的构建及其运动仿真	205
14.4.1 技术背景介绍	205
14.4.2 齿轮机构的创建及其运动仿真	205
14.4.3 轮系机构的创建及其运动仿真	207
第 15 章 数控铣削加工操作	212
15.1 体积块铣削加工	212
15.1.1 数控加工界面的进入与相关设置	212
15.1.2 体积块的加工及仿真	217
15.1.3 体积块加工的后置处理	222
15.2 局部铣削加工	223
15.2.1 局部铣削界面的进入	223
15.2.2 局部铣削的加工及仿真	223
15.2.3 局部铣削的后置处理	225
第 16 章 数控车削加工操作	226
16.1 区域车削加工	226
16.1.1 区域车削界面的进入与相关设置	226
16.1.2 区域车削的仿真	231
16.1.3 区域车削的后置处理	232
16.2 轮廓车削	232
16.2.1 轮廓车削的设置	232
16.2.2 轮廓车削的加工仿真	234
16.2.3 轮廓车削的后置处理	235
第 17 章 数控线切割加工操作	237
17.1 线切割界面的进入与相关设置	237
17.1.1 参照模型的装入与工件的创建	237
17.1.2 退刀面及穿丝孔位置的创建	239
17.1.3 加工设置	239
17.2 后置处理	244
参考文献	245



基础理论篇



第1章

CAD/CAM 基本知识

1.1 概 述

1.1.1 CAD 技术的发展历程

计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)技术的发展历程可用图 1-1 表示。

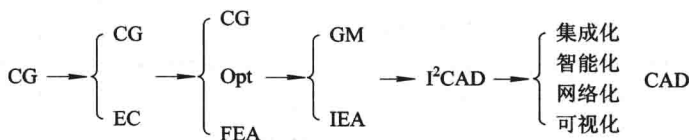


图 1-1 CAD 技术的发展历程

图 1-1 中：

- CG(Computer Graphics)，计算机绘图。
- EC(Engineering Computation)，工程计算。
- Opt(Optimization)，最优化，即对机电产品结构进行最优结构设计。
- FEA (Finite Element Analysis)，有限元分析，即对机电产品的静力学、动力学及热特性进行分析和计算机仿真，找出机电产品结构上的薄弱环节。
- GM(Geometry Modelling)，几何建模。
- IEA(Integrated Engineering Analysis)，集成工程分析，把有限元分析和优化设计有机地结合起来用于产品结构的最佳决策。
- I²CAD(Integrated and Intelligent CAD)，集成化、智能化 CAD。

CAD 系统具有多种特点，包括集成化、智能化、网络化、可视化等，其中集成化是指以信息集成为基础的多集成。实现多集成的目的，是在 TQCSE(T—time, Q—quality, C—cost, S—service, E—environment)目标下，寻求全局最优决策。多集成的内容包含信息集成、智能集成、过程集成、工作机制集成、资源集成、技术集成和人机集成。智能化是指把以逻辑思维为特征的专家系统技术和以形象思维为特征的人工神经网络技术有机地结合起来。网络化是指为分布式并行协同处理提供软、硬件环境，包括分布式计算机网络系统及协同求解系统，协同决策的产品设计质量评价体系、规范及方法。可视化是指计算结果数据及



图形的动态显示和产品及其零部件的几何仿真, 包括产品装配过程仿真、产品性能的物理及力学仿真、产品工作过程仿真, 并使其具有临境感及可驾驭感。

另外, 需注意 CAD 中的 D 是指 Design(设计), 而不是 Drawing(绘图)。

此外, CAD 系统还应具有产品方案决策、总体结构决策、结构分析计算的功能。

计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing)技术的发展过程大致如图 1-2 所示。

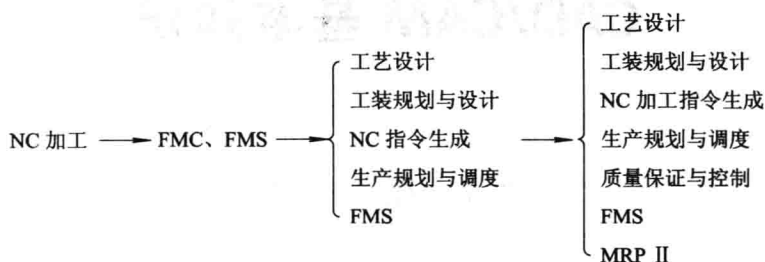


图 1-2 CAM 技术的发展历程

从图 1-2 所示的 CAM 发展过程可以看出, CAM 的狭义理解就是 NC 加工、FMS 等工作, 而广义的 CAM 则包含下列内容:

(1) 计算机辅助工艺设计(CAPP)。CAPP 系统与 CAD 及 PPS(Production Planning Schedule)协同决策, 在满足资源动态变化的情况下, 寻求资源合理配置和工艺设计的最优(见图 1-3)。这时的“PP”不只是 Process Planning 的含义, 而且具有“Production Planning”的含义。

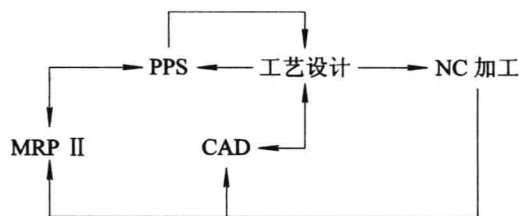


图 1-3 CAM 的内涵

(2) 工装规划与设计。

(3) 生产规划与调度。

(4) 制造过程、装配过程的控制及计算机仿真。

(5) 质量检测、控制及管理。

(6) MRP II(资源制造计划)。

CAD 与 CAM 的结合部、交叉点是计算机辅助工艺设计, 即 CAPP 是 CAD 与 CAM 的纽带。所谓广义 CAD/CAM 系统, 应是从产品的概念设计、方案决策一直到产品售后服务的全过程, 即 CAD/CAM 技术应用于整个产品生命周期。

1.1.2 CAD/CAM 系统体系结构

要构建 CAD/CAM 系统, 首先必须选择核心支撑环境; 其次要根据产品在开发过程中的需求和企业的发展规划、技术基础及资源情况, 确定二次开发的内容。

图 1-4 是 CAD/CAM 系统的结构示意图。

CAD/CAM 系统的体系结构取决于下列几方面:

(1) 系统所要完成的任务;



- (2) 实现这个系统可以利用的资源;
- (3) 系统设计时所确定的要求;
- (4) 在企业内部或更大范围内的规章制度;
- (5) CAD/CAM 系统设计师的经验;
- (6) 系统设计时的约束条件。

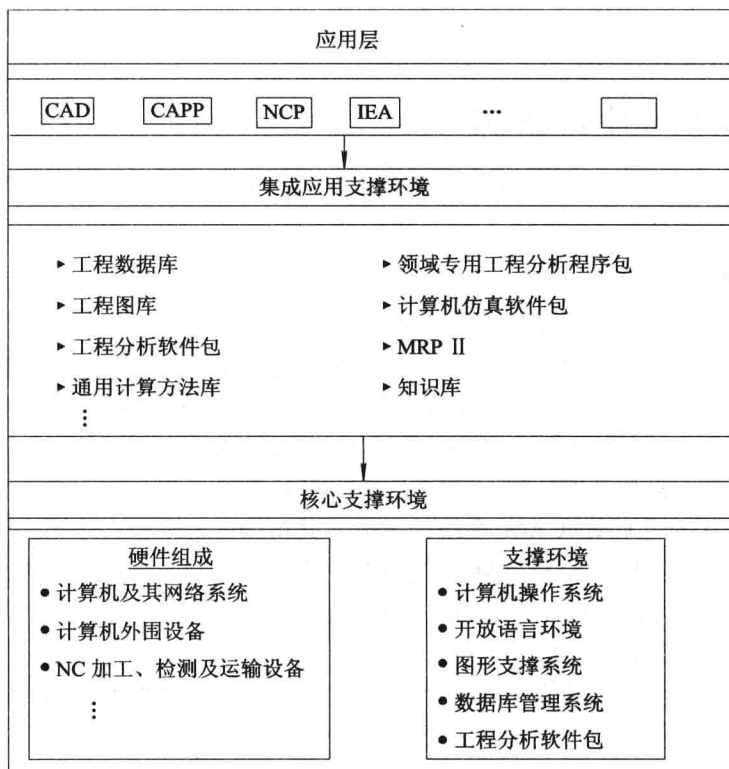


图 1-4 CAD/CAM 系统结构

此外,在确定 CAD/CAM 系统软、硬件配置时应该考虑系统的特点,特别是产品设计、制造的工作性质、技术基础和工作量,还应充分考虑计算机技术的发展动向以及计算机系统硬件、软件的兼容性和现有软、硬件的利用率。同时,也要对投资强度进行考虑。

集成化、智能化、网络化、分布式并行协同求解技术,综合可视化技术以及人一机—环境系统技术等都是 CAD/CAM 的关键技术。需将人、机器和环境作为一个系统来研究,发挥系统的最佳效益。

1.2 CAD/CAM 系统硬件配置

1.2.1 CAD/CAM 系统的硬件构成

CAD/CAM 硬件系统主要包括主机、外存储器和输入/输出设备。



(1) 主机是计算机的主体, 它由中央处理器(CPU)、内存储器及主板构成。主机是计算机硬件的核心。主机的性能由其运算速度、处理字长的大小所决定。

(2) 外存储器现在常用的有 U 盘、光盘、外挂硬盘, 此前还有软盘。

(3) 输入设备目前主要有键盘、鼠标、扫描仪、数码相机、摄像头及数字化仪等。此外, 触摸屏及语音输入系统也可以对计算机输入所需的信息及资料; 输出设备主要有显示器、显示卡、绘图机与打印机等。

此外, CAD/CAM 硬件系统还应有通信接口。

1.2.2 CAD/CAM 硬件系统分类

根据 CAD/CAM 硬件系统总体配置及组织方式的不同, 可将其归纳为单机系统、主机系统和分布式网络系统。

1. 单机系统

单机系统一般采用一台工作站或个人微机。

工作站是具有高速科学计算能力、丰富的图形处理及灵活的窗口与网络管理功能的交互式计算机系统, 一般采用 32 位或 64 位字长的中央处理器(CPU), 广泛采用精简指令集计算机(RISC), 超标量、超流水线及超长指令技术, 具有 UNIX 操作系统和 X 窗口管理系统。专用图形工作站采用多处理器结构, 即采用多个 CPU 并行工作。随着系统日趋开放, 专用图形工作站将成为高档 CAD/CAM 系统的主流, 其市场占有率也会不断上升。专用图形工作站是我国许多企业构建 CAD/CAM 系统时的主要选择方案。目前, 国外图形工作站的主要生产厂商有 HP 公司、SGI 公司及 IBM 公司等, 国产工程工作站主要有华胜公司(4075 系列)和华奇公司(INDIGO)两大系列。

随着微机硬件性能的不断提高以及一些大型 CAD/CAM 软件向微机系统的移植, 微机平台上的 CAD/CAM 将得到广泛的普及和应用。

2. 主机系统

主机系统以一个主机为中心, 连接多个终端显示器, 系统共享一个 CPU。这种系统采用小型机或超级小型机为主机, 利用分时处理原理, 即计算机通过操作系统的控制把相继的时间分成若干时间片, 使各用户轮流占用 CPU 去执行自己的程序。这种类型的 CAD/CAM 系统可以由一台主机连接几个至几十个图形终端。它的优点是资源共享; 缺点是投资大, 若主机坏了, 则整个系统就处于瘫痪状态。主机系统一般适用于大、中型设计部门。主机系统在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初发展较快, 现在市场占有率不断减少。生产这类产品的公司主要有 HP、CV 及 IBM 等公司。

3. 分布式网络系统

计算机局域网技术使得组织新型的计算机网络系统成为可能, 它既具有良好的交互性和快速响应的性能, 又能使多用户共享硬件资源和数据资源。这就是 20 世纪 80 年代出现的把多个独立工作的工作站组织在高速局域网中的分布式计算机网络。这种局域网系统通过网关(Gateway)还可以和其他局域网或大型主机相联, 构成远程计算机网络。



分布式系统是利用计算机技术及通信技术将分布于不同地点的计算机以网络的形式连接起来构成的系统。网络上各个结点上的计算机可以是个人微机,也可以是工作站。通常采用基于客户机(Client)/服务器(Server)的体系结构。分布式系统的特点是系统的软、硬件资源分布在各个结点上,每个结点都有自己的 CPU 和外围设备,使用速度不受网络上其他结点的影响。通过网络软件提供的通信功能,每个结点上的用户可以享用其他结点上的资源,如大型绘图仪、激光打印机等硬件设备,也能共享网络应用软件及公共数据库中的数据。

1.2.3 CAD/CAM 硬件系统集成技术

实施应用系统集成应包括两个方面,即计算机平台体系建设(硬件集成)和应用体系建设(应用集成)。硬件集成的主要特点是具有大量数据,对网络带宽要求较高,也就是要解决分布式 CAD/CAM 系统中海量数据的交换问题。在网络平台基础上实施应用体系的集成分为三个阶段:信息集成、过程集成(如并行工程)和企业集成(如敏捷制造)。

1. 应用体系的信息集成

(1) 松散集成方式。松散集成方式也称接口集成方式,是指各系统建立的产品模型各不相同,相互间进行数据交换时需要在每两个系统间建立专用的一对一接口进行数据格式转换。

(2) 中性文件集成方式。中性文件集成方式是指存在一个与各系统无关的中性文件格式(如 IGES、STEP 等规范文件格式),各系统的数据均需转变成标准格式的中性文件,每个系统只与标准格式文件有关,而与其他系统的细节无关。

(3) 共享数据库方式。共享数据库方式是指各个系统在一个统一的产品数据模型指导下,通过数据库存取接口在集成的产品数据库内存取各种产品数据,同一对象的数据在数据库中只存在一份,各系统对它操作的一致性由数据库保证。

2. 应用体系的过程集成

过程集成是指利用计算机集成来支持软件工具高效、实时地实现企业信息系统应用间的数据、资源共享和协同工作,将一个个孤立的应用集成起来形成一个协调的企业运行系统。实现过程集成后,就可以方便地协调各种企业功能,将人和资源、资金及应用合理地组织在一起,获得最佳的运行效益。CAD/CAPP/PDM(产品数据管理)技术、ERP(企业资源计划管理)、SCM(供应链管理)、CRM(客户关系管理)的应用和集成,将由内而外地集成企业的管理。

3. 应用体系的企业集成

敏捷制造的组织形式是企业之间针对某一特定产品,建立企业动态联盟(虚拟企业)。企业这种不断结盟的能力正是企业敏捷性的标志之一。

虚拟工厂及虚拟制造是 CAD 技术在电子商务时代继续发展的一个重要方向。现在,全世界制造业生产能力过剩,虚拟企业通过专业化的协作实现世界级的制造和供应网络。例如通用汽车公司,大量的零部件生产、装配采用“虚拟工厂”、“动态企业联盟”方式,企业只负责产品的总体设计和少数部件的生产。