

新世纪电气自动化系列精品教材

XINSHIJIDIANQIZIDONGHUAXILIEJINGPINJIAOCAI

CAD/CAM YINGYONGJISHU

CAD/CAM (第2版)

应用技术

缪德建 / 主 编
顾雪艳 / 副主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

新世纪电气自动化系列精品教材

CAD/CAM 应用技术

(第 2 版)

主 编 缪德建

副主编 顾雪艳

参 编 马金平 赵建峰 谷育红

东南大学出版社

·南 京·

内 容 提 要

本书从 CAD/CAM 概念开始,介绍其基本原理和 CAM 加工中的工艺知识,详细介绍了 Mastercam 的基本指令,用实例详细介绍 Mastecam 软件的操作。本书既可作为 CAD/CAM 教材,又可作为模具加工人员的参考资料。本书附录中列出了实用切削参数表,有助于初学者快速、合理地制定切削用量。读者通过本书的学习,可以进行复杂几何曲面、实体的造型,生成出合理、实用的加工程序。

本书可作为高等学校数控、机制、模具、机电一体化等专业学生的教材,也可作为职业技术学院的教材、企业数控加工人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 应用技术/缪德建主编.—2 版.—南京:东南大学出版社,2013.6
新世纪电气自动化系列精品教材
ISBN 978-7-5641-4356-5

I. ①C… II. ①缪… III. ①计算机辅助设计 ②计算机辅助制造 IV. ①TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 144341 号

CAD/CAM 应用技术(第 2 版)

出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号(邮编:210096)

经 销	全国各地新华书店
印 刷	南京玉河印刷厂
开 本	787mm×1092 mm 1/16
印 张	22.25
字 数	555 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2013 年 6 月第 2 版
印 次	2013 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5641-4356-5
印 数	1—3000
定 价	45.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

第 2 版前言

我国制造业正面临着市场全球化、经济一体化,处于竞争战略不断升级,相应的制造理念和制造模式不断创新的时期,先后出现了柔性制造、集成制造、敏捷制造、智能制造以及其他各种先进制造理念和模式。企业不得不面对低成本化、高品质化、交货期缩短化、直接成型化的挑战。

另一方面,由于计算机技术日新月异的发展,PC 机的性能已完全赶上甚至超过早期工作站的性能,促进了 CAD/CAM 技术的普及。同时,数控技术、计算机技术的发展,在数控加工、模具加工现场很多都引入了计算机,从过去的劳动密集型向技术、信息密集型产业转化。而数控加工、CAD/CAM 是支撑现代制造业的基础。本书将从 CAD/CAM 的基础知识开始,浅入易懂地介绍 CAD/CAM 技术,首先详细介绍 Mastercam 入门的基本菜单操作,接着通过简单例子和大量实例的列举,介绍操作以及一些操作技巧,在例题之后提供许多练习用题,以便于学生练习,最后介绍 CAD/CAM 在模具制造中的应用。本书是一本内容丰富,从 Mastercam 入门到工厂加工多层次人员都适用的 CAD/CAM 用书。

本书可作为高等学校数控、机制、模具、机电一体化等专业学生的教材或实习用书,也可用作数控加工培训的教材、工厂数控加工人员的参考资料。

为了便于理解,本书的编写着眼于以下几点:在指令和实例的介绍中使用大量插图,一看就懂;顺序地、形象地解说;采用实例来解说软件的操作。

在教材的编排结构上第 1、第 2 章首先介绍 CAD/CAM 必备的基础知识;第 2 章介绍数控切削加工工艺知识;第 4 章从基本图素的绘制开始介绍菜单的用法;

第5、第6章曲面的概念和画法,CAD的图形编辑;第8章实体的画法;第7、第9章操作实例,以便于加深对指令的理解和提高操作熟练程度,用实例把CAD/CAM知识引入到工厂实际应用中。在第7、第12章配有练习题,第13章介绍CAD/CAM在模具制造中的应用,并用实例介绍。

本次修订,将前3章的根据软件的发展进行了更新,并将一些操作实例作了简化,更加直观、易懂。

本书由缪德建任主编,顾雪艳任副主编。具体第1~3、第6、第7、第11章和第12章的第12.1~12.3节和本书的全部习题由缪德建编写;第5、第10章和附录由顾雪艳编写;第4、第13章由马金平编写;第8章和第9章的第9.1~9.5节由赵建峰编写;第9章的第9.6、第9.7节和第12章的第12.4~12.6节由谷育红编写。全书由缪德建统稿和定稿。史翔教授任主审并提出了许多宝贵意见。

由于编者水平有限,加之CAD/CAM技术发展很快,书中难免有错误和不足之处,敬请批评指正。

编 者

2013年5月

目 录

1 CAD/CAM 技术概述	(1)
1.1 CAD/CAM 基本概念	(1)
1.2 CAD/CAM 的硬件系统	(2)
1.2.1 CAD/CAM 系统的硬件种类	(2)
1.2.2 CAD/CAM 系统的硬件与信息流程	(3)
1.2.3 硬件的要求和规格	(5)
1.3 CAD/CAM 的软件系统	(6)
1.3.1 软件系统	(6)
1.3.2 应用软件	(6)
1.3.3 数据库及其建立	(6)
1.3.4 常用 CAD/CAM 软件简介	(7)
1.3.5 CAD/CAM 技术的发展	(9)
2 CAD/CAM 应用基础	(11)
2.1 模型	(11)
2.2 内部模型	(12)
2.3 产品模型	(12)
2.4 模型的表达	(13)
2.5 从设计向制造的信息传递	(16)
3 数控加工工艺知识	(18)
3.1 数控加工工艺内容及特点	(18)
3.1.1 数控加工工艺的主要内容	(18)
3.1.2 数控加工工艺的特点	(18)
3.1.3 数控加工的特点和适应性	(19)
3.1.4 数控机床的选用	(21)
3.1.5 数控加工的工艺文件	(22)
3.2 机械加工工艺基础	(23)
3.2.1 机械加工工艺过程的基本概念	(23)

3.2.2	机械加工工艺规程	(24)
3.2.3	夹具概述	(28)
3.3	数控加工路线设计	(29)
3.3.1	加工阶段的划分	(29)
3.3.2	加工工序的划分	(30)
3.3.3	工序集中与分散	(31)
3.3.4	进给路线的确定	(31)
3.4	数控加工的工序设计	(34)
3.4.1	工件装夹与夹具选择	(34)
3.4.2	刀具与切削用量选择	(38)
	习题	(43)
4	Mastercam CAD 功能基本操作	(45)
4.1	Mastercam 的基本操作	(45)
4.1.1	坐标系	(45)
4.1.2	作图平面、工作深度 Z 与图形视角	(46)
4.1.3	工作层(层别)	(50)
4.1.4	点输入法和通用选择方法	(51)
4.2	图形绘制	(55)
4.2.1	点的绘制	(56)
4.2.2	直线的绘制	(59)
4.2.3	圆弧的绘制	(63)
4.2.4	样条曲线的绘制	(66)
4.2.5	曲面曲线的绘制	(67)
4.2.6	矩形的绘制	(74)
4.2.7	椭圆的绘制	(75)
4.2.8	多边形的绘制	(76)
4.2.9	文字的产生	(76)
4.2.10	插入样板	(77)
5	曲面造型	(79)
5.1	基本概念	(79)
5.2	基本曲面	(80)
5.2.1	举升曲面和直纹曲面	(84)
5.2.2	昆式曲面	(85)
5.2.3	旋转曲面	(88)
5.2.4	扫描曲面	(89)
5.2.5	牵引曲面	(91)

5.3	曲面倒圆角	(92)
5.4	曲面偏移	(94)
5.5	曲面熔接	(95)
5.6	由实体产生曲面	(98)
5.7	修剪/延伸曲面	(99)
6	图形的编辑	(100)
6.1	修整	(100)
6.1.1	倒圆角	(100)
6.1.2	倒直角	(102)
6.1.3	修剪/延伸	(102)
6.1.4	图形打断	(105)
6.1.5	图形连接	(108)
6.1.6	延伸图形	(108)
6.1.7	拖动图形	(109)
6.2	转换	(109)
6.2.1	镜像	(110)
6.2.2	旋转	(111)
6.2.3	缩放	(111)
6.2.4	变扁	(112)
6.2.5	平移	(113)
6.2.6	偏移	(114)
6.2.7	外形偏移	(115)
6.2.8	拉伸	(115)
6.2.9	缠绕	(116)
6.3	删除	(116)
6.3.1	重复图素	(117)
6.3.2	回复删除	(117)
6.4	修剪曲面	(117)
7	线框与曲面造型操作实例	(122)
7.1	喇叭本体截面轮廓	(122)
7.2	两相交半圆柱面线框模型	(122)
7.3	昆式曲面线框模型	(123)
7.4	电吹风本体线框模型	(125)
7.5	屏蔽罩腔体图形的绘制	(126)
7.6	快餐盒模具工作面的绘制	(128)
7.7	鼠标曲面的绘制	(131)
7.8	洗衣机波轮曲面绘制	(134)

7.9	显示器罩壳曲面绘制	(140)
8	实体建模	(143)
8.1	概述	(143)
8.1.1	创建实体的基本方法	(143)
8.2	挤出实体	(144)
8.2.1	挤出选项卡	(145)
8.2.2	薄壁选项卡	(146)
8.3	旋转实体	(148)
8.4	扫掠实体	(150)
8.5	举升实体	(151)
8.6	基本实体	(152)
8.7	实体倒圆角	(153)
8.8	实体倒直角	(156)
8.9	实体布尔运算	(158)
8.10	实体薄壳	(159)
8.11	牵引实体面	(159)
8.12	修剪实体	(161)
8.13	曲面转换为实体	(162)
8.14	薄片实体加厚	(163)
8.15	删除面生成薄片实体	(164)
8.16	实体管理器	(164)
8.17	寻找实体特征	(167)
9	实体建模操作实例	(169)
9.1	万向头	(169)
9.2	充电器支座	(173)
9.3	榔头	(180)
9.4	插卡机壳体	(184)
9.5	喷水壶	(189)
9.6	旋钮	(197)
9.7	手机	(202)
	习题	(208)
10	CAM 基础及二维加工	(215)
10.1	CAM 加工基础	(215)
10.1.1	概述	(215)
10.1.2	刀具参数设定	(216)
10.1.3	工作设置	(222)
10.1.4	操作管理	(226)

10.1.5	DNC 加工	(231)
10.2	外形铣削	(234)
10.2.1	外形铣削参数设定	(234)
10.2.2	切向进/切向出	(238)
10.3	钻削加工	(240)
10.3.1	钻削参数设置	(240)
10.3.2	钻削菜单	(242)
10.4	挖槽加工	(243)
10.4.1	挖槽参数	(243)
10.4.2	粗/精加工参数	(247)
10.5	平面铣削加工	(249)
10.6	MCU 快速仿真功能	(251)
11	三维曲面加工	(255)
11.1	通用选项和参数设置	(256)
11.1.1	Drive、Check、Contain、CAD File 选项设置	(256)
11.1.2	通用加工参数设置	(256)
11.1.3	通用选项和参数的选择与设定	(258)
11.2	曲面粗加工	(264)
11.2.1	平行铣削粗加工	(264)
11.2.2	放射状铣削粗加工	(265)
11.2.3	曲面投影粗加工	(266)
11.2.4	曲面流线粗加工	(267)
11.2.5	等高外形粗加工	(269)
11.2.6	残料清除粗加工	(270)
11.2.7	曲面挖槽粗加工	(272)
11.2.8	曲面插削粗加工	(273)
11.3	曲面精加工	(274)
11.3.1	平行铣削曲面精加工	(274)
11.3.2	放射状曲面精加工	(275)
11.3.3	陡斜面精加工	(276)
11.3.4	曲面投影精加工	(277)
11.3.5	曲面流线精加工	(278)
11.3.6	等高外形精加工	(279)
11.3.7	浅平面精加工	(279)
11.3.8	环绕等距精加工	(281)
11.3.9	交线清角精加工	(281)
11.3.10	残料清除精加工	(282)

12 CAM 综合加工实例	(284)
12.1 快餐盒模具加工	(284)
12.2 鼠标模型加工	(288)
12.3 洗衣机波轮模具工作面加工	(293)
12.4 手机模具加工	(296)
12.5 旋钮模型加工	(302)
12.6 香皂凹模加工	(307)
习题	(313)
13 CAD/CAM 在模具制造中的应用	(315)
13.1 模具制造概述	(315)
13.2 模具制造分析	(316)
13.2.1 模具设计制造的特点	(316)
13.2.2 传统模具生命周期的分析	(317)
13.2.3 CAD/CAM 在模具制造中的应用	(318)
13.3 工业生产中模具的分类	(320)
13.4 模具制造过程	(325)
13.4.1 一般模具生产过程	(325)
13.4.2 通常的模具加工方法	(326)
13.4.3 模具材料和热处理	(326)
13.4.4 Mastercam 加工模具的一般流程	(327)
附 录	(333)
附录 1 常用切削用量表	(333)
附录 2 数控机床用刀柄、刀具示意图	(345)
参考文献	(346)



CAD/CAM 技术概述

1.1 CAD/CAM 基本概念

CAD/CAM 是计算机辅助设计/计算机辅助制造 (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 的简称。其核心是利用计算机快速高效地处理各种信息,进行产品的设计与制造,它彻底改变了传统的设计、制造模式,利用现代计算机的图形处理技术、网络技术,把各种图形数据、工艺信息、加工数据,通过数据库集成在一起,供大家共享。信息处理的高度一体化,支撑着各种现代制造理念,是现代工业制造的基础。

CAD 以计算机图形处理学为基础,帮助设计人员完成数值计算、实验数据处理、计算机辅助绘图,进行图形尺寸、面积、体积、应力、应变等的计算和分析,即高效、优化地进行产品设计。

CAM 是指使用计算机辅助制造系统模拟、优化产品加工过程,并利用数控机床加工以及装配出产品(或监控生产过程)的技术。

把 CAD/CAM 作为一个整体来考虑,从产品设计开始到产品检验结束,贯穿于整个过程,可以取得明显的效果。CAD/CAM 与传统的制造模式相比有以下的优点:

- (1) 能使个人技能、技巧等模拟量信息数字化,实现社会化共享。
- (2) 能使各工序信息共享、数值基准统一,便于推行整个工程的标准化的。
- (3) 能够改变系统的顺序排列作业,进行并行化作业。

在制造业中使用 CAD/CAM 技术能提高产品质量,降低产品成本,缩短生产周期。近年来数控机床的普及以及 CAD/CAM 技术的快速推广,促进了我国制造业设备的更新换代,加强了我国产品在国际市场上的竞争力。在贸易全球化的趋势下,积极推广 CAD/CAM 技术,有利于我国企业加速融入全球的竞争机制。CAD/CAM 技术在机械制造方面的功能可用框图 1.1 表示。

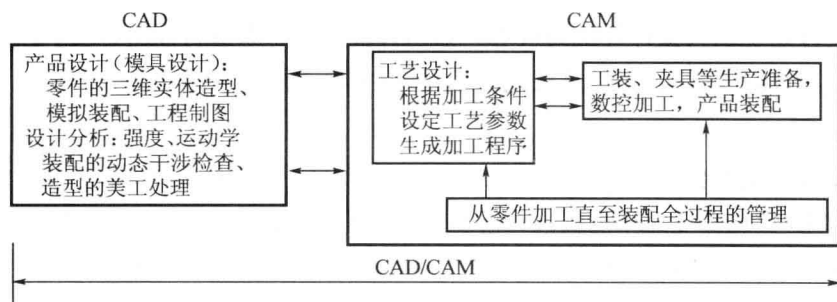


图 1.1 CAD/CAM 功能框图

① 产品设计:是指从产品意图设计开始到三维实体造型,设计装配图和详细的零件图,强度校核、运动学分析,以及动态干涉检查等的过程。

② 工艺设计(虚拟制造):根据所设计的产品类型、特征、外形形状、材料等,选择不同的加工方式,根据加工条件,设定加工路线,确定工艺参数和切削用量,生成刀具路径。仿真实体切削加工过程,根据仿真结果,修改切削用量重新仿真,直至达到最佳效果。最后生成加工程序。

近年来制造企业都已采用 CAD/CAM 技术,但由于采用不同厂家的软件,导致使用不同软件的厂家之间从工程图到三维实体图的重复造型工作,且企业内部网络化普及不够完善,所以单一数据库方式的数据共享有待进一步普及。理想化的 CAD/CAM 一体化模式如图 1.2 所示。

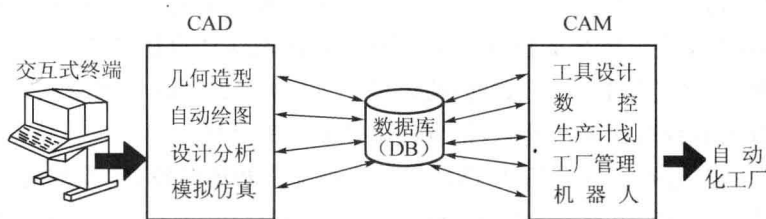


图 1.2 单一数据库系统的理想模式

所有的 CAD/CAM 功能都与一个公共数据库相连,应用程序使用公共数据库的信息,实现产品设计、工艺规程编制、生产过程控制、质量控制、生产管理等产品生产全过程的信息集成。UG 软件就是使用单一数据库最好的软件之一。

1.2 CAD/CAM 的硬件系统

本节介绍 CAD/CAM 系统的硬件种类及构成、信息流程及硬件的要求和规格。

1.2.1 CAD/CAM 系统的硬件种类

下面简单介绍系统的硬件种类,如图 1.3 所示。

1) 终端型

终端型硬件系统以大型计算机为核心。如当大型汽车厂家进行冲击、震动等结构分析时,把条件设计成与实际非常接近,计算量便会很大,就需要采用这种高速的计算机。

2) 网络型

网络型硬件系统充分发挥 EWS(工作站)的网络功能,作业分散化,能把直列作业状态变为并列作业状态,实现作业效率的提高,即同一时刻可以完成多个工作。该类型是主流型式。许多厂家都采用这种型式,以 EWS 为主,带多个终端,用于产品零件及模具的设计和生产。

3) 台式型

EWS 初期为台式型,看上去与 PC 机相同,不但轻巧,而且运算速度相当高。但用的是 RISC

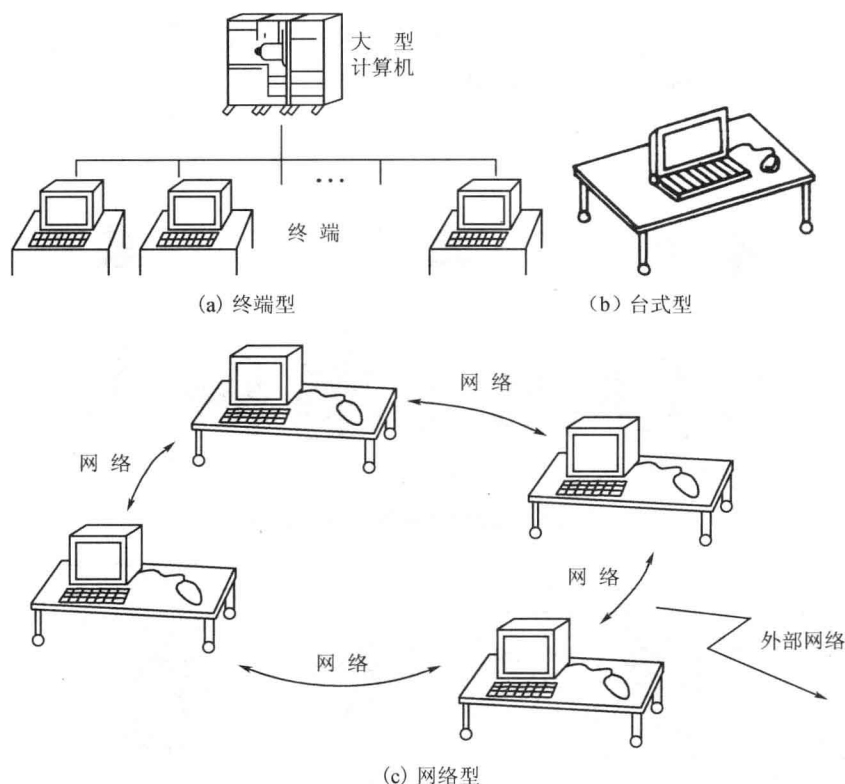


图 1.3 常见的硬件种类

CPU,图形是高分辨率的,有独立的图形用CPU。随着计算机技术的快速发展,计算机的性能,特别是PC机(个人计算机)的性能得到了大幅度提高,已完全达到了早期EWS的性能。

1.2.2 CAD/CAM 系统的硬件与信息流程

1) CAD/CAM 系统的硬件组成

以往一直是以大、中型计算机作为控制系统,并从中枢延伸出许多终端的方式为主流。由于计算机技术性能的大幅提高,网络化、小型化、分散化将成为发展的主流,EWS(或微机)将代替大型计算机,如图1.4所示。系统的核心部分是EWS,把它作为上位机,依靠网络与下位机连接。下位机进行CAM和计算机辅助测量(Computer Aided Testing, CAT),也可进行工艺管理或生产管理及进行DNC(群控)控制。EWS的数值信息通过光缆网络传送给数控机床,加工所需的模具和零件。当有实体模型时,用NC(数控)仿形机床作为CAD输入,把形状数据送入EWS,实现高效率的CAD输入。在检验工序中,把CAD信息与三坐标测量仪测得的数据进行比较,组成了理想的单一数据库数据系统,并通过光缆网络连接在一起。其中作为EWS的计算机台数及机床台数,则根据企业的规模作相应的增减。在图1.4中有两台EWS,一台为管理系统的服务器,另一台为EWS主机,其他计算机作为分机。通常所指的CAD/CAM系统可细分为CAD/CAE/CAM/CAT,如图1.5所示。

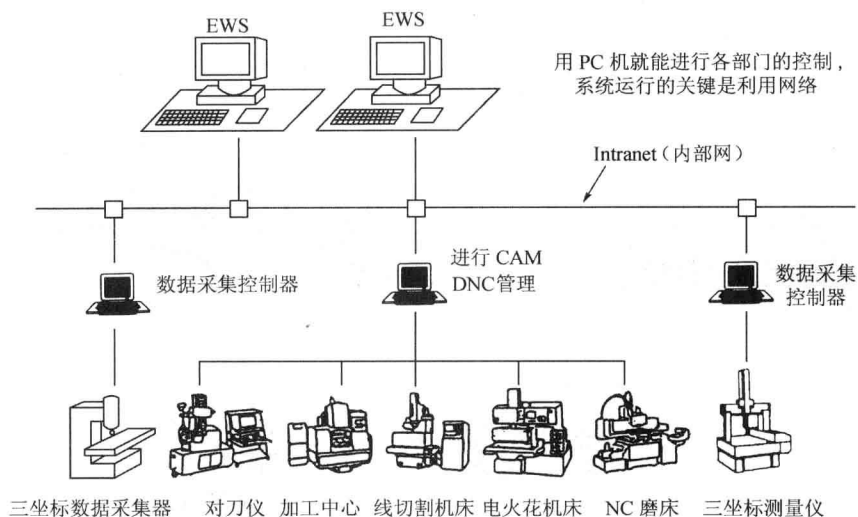


图 1.4 CAD/CAM 硬件组成示例

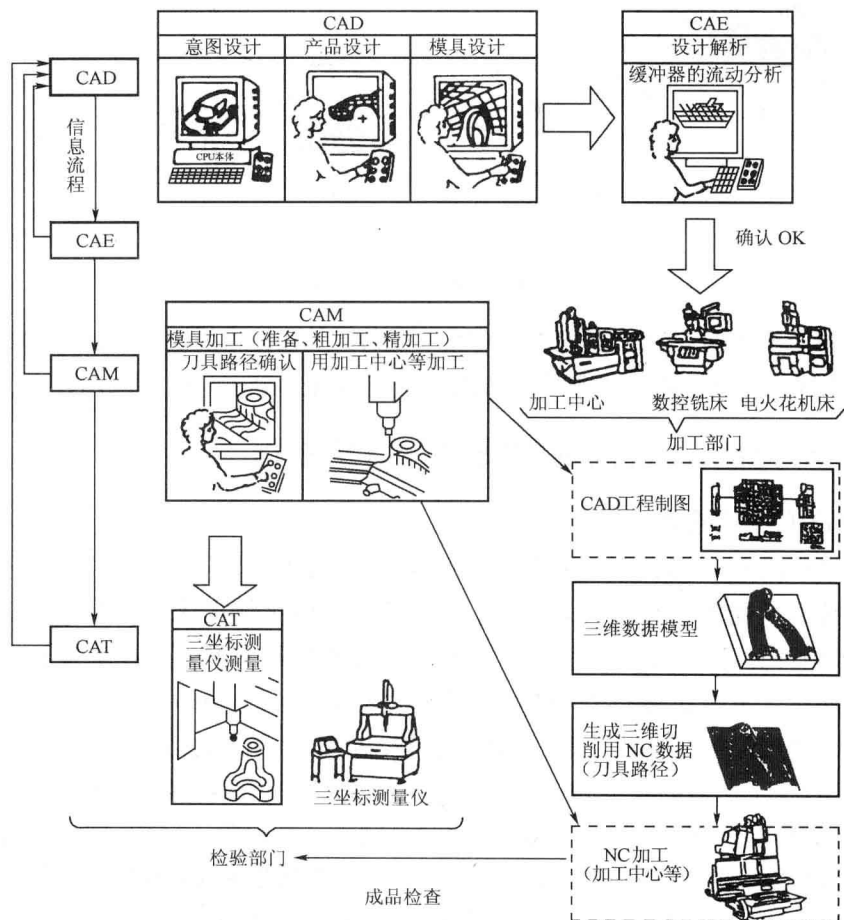


图 1.5 CAD/CAM 系统构成及信息流程

2) 硬件上的信息流程

图 1.5 中的信息流程为:在 EWS 上进行 CAD,利用 CAD 信息进行计算机辅助分析(Computer Aided Engineering, CAE),在 CAM 上生成适合各种 NC 机床的加工信息,然后分别在相应工序所需的 NC 机床上加工,最后由 CAT 检验 CAM 加工出的模具及产品。

对于三维模具的制造,其过程为:先用 CAD 进行产品的意图设计、产品设计、模具设计、三视图制图。有实体模型的用数据采集器读取形状数据。接着对 CAD 绘制的几何图形数据进行 CAE,包括分析尺寸、应力、应变等,验证设计的合理性。之后,以 CAD 中的数据作为基础,确定加工方法,设定加工区域、加工刀具、走刀路径等,即根据加工机床的不同及加工条件的不同生成符合实际情况的粗、精加工用刀具路径,以及确认是否有刀具干涉,残余量大小是否合适等。

将模具或产品制作的信息在 CAM 中数字化,再把它送给数控机床或加工中心进行加工。机外对刀装置把测量出的刀具直径、长度以及磨损情况,通过串行口送给 CAM 的刀具管理系统,在 CAM 的刀具管理中起作用,刀具管理系统的合理使用能减少辅助时间,提高生产效率。

用三坐标测量仪测量已加工的产品、模具,将测得的数据与设计模型的信息进行比较,若有差异,则可返回到 CAD,对模型进行分析,寻找原因。有时可能还要重新审核设计思路,对原有信息进行修改,经过反复的修正、编辑之后,再送入到 CAM 中。

设计人员通过比较实测数据和设计数据,审核已加工好的产品,也能够评价 CAM 中的加工方法。图 1.4 中系统的组成是把 EWS 作为主机,其他计算机作为分机,用网络把它连接在一起。通过网络,依靠 EWS,就能进行高速分散化处理,不仅能实现 CAM 功能,而且容易实现包含工艺管理在内的 FA(Factory Automation)环境。

1.2.3 硬件的要求和规格

如前所述的公共数据库的网络型系统比较理想,其关键硬件必须满足以下条件:

- (1) 建立能容纳大量数据的数据库。
- (2) 有快速响应性,不妨碍设计人员的思考。
- (3) 有良好的操作性。

显示自由曲面装配图的刷新速度须达到 100 万矢量/s,即显示图素点数为 4 万左右时,执行点、线等命令(或装配图的视角转换)的实时响应时间必须在 1 s 以内。若要选择满足以上要求的硬件,则其规格要点如下:

- (1) CPU:主频 3 GHz 以上为好。
- (2) 数据总线:决定运算速度,必须 64 线以上,最好为 128 线。
- (3) 存储器:内存 2 G 以上为好;现在硬盘容量都很大已足够。
- (4) 显示器:17 英寸(1 英寸=2.54 cm)以上,彩色。
- (5) 分辨率:1 024 × 768 以上。
- (6) 显存:1 G 以上为好。

(7) 刷新频率:70 Hz 以上。

(8) 色彩:256 色以上。

(9) 鼠标:真三键。

(10) 带有网卡。

1.3 CAD/CAM 的软件系统

1.3.1 软件系统

CAD/CAM 系统可以采用多种语言设计,应用较多的为 C、C++、PROLOG、FORTRAN 等。以前的工作站硬件占整个系统经济价值的主要部分,而现在软件系统在 CAM 中占有越来越重要的地位。目前 CAM 系统的性能主要由软件决定。

系统软件管理和控制计算机的各部分运行,充分发挥各设备的功能,提高了效率,为用户提供便利的操作环境。为了开发、销售的便利,软件系统被设计成模块化的。它主要包括操作系统、程序设计系统和服务程序三大模块。

(1) 操作系统:常用的有 WIN 视窗操作系统、UNIX 操作系统和 NT 操作系统。

(2) 程序设计系统:主要包括各种程序设计语言的语言处理系统及程序处理系统。如:连接程序、装入程序、错误诊断及程序编辑等。

(3) 服务程序:主要包括数据转换、程序存档和程序管理,还包括监控系统和诊断系统。

1.3.2 应用软件

应用软件是面向某一应用领域而设计的程序包,是由 CAD/CAM 系统生产厂家或 CAD/CAM 软件开发公司提供的。一般包括图形处理软件、几何造型软件、有限元分析软件、优化设计软件、动态仿真软件、数控加工软件以及检测与质量控制软件等,也包括针对某一特定任务而设计的软件包。只有配备了这些应用软件之后,CAD/CAM 系统才能具备相应的功能,所以应用软件是 CAD/CAM 的主干部分。数据库系统既可看作系统软件,也可看作应用软件,这取决于数据库系统的应用环境。

1.3.3 数据库及其建立

数据库系统一般是由数据库和数据库管理系统(Date Base Management System,DBMS)所构成。数据库管理系统可为用户提供管理和操作数据的功能,其中包括建立、输入数据,并对其进行查询、运算、更改和打印。它允许用户直接使用数据,而不必了解数据信息在其内部的存储细节。在数据库管理系统的集中管理下,数据和文件都具有较高的独立性,解决了数据的完整性和安全性的问题,为实现多用户的数据共享建立了良好的环境。

目前,国内外开发了许多通用数据库系统,比较著名的有:Oracal 公司的用于微机的