

青工数控典型零件加工方案图解系列

CAD/CAM

典型零件造型 与加工 方案图解



主编 韩 刚 庞恩泉



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

青工数控典型零件加工方案图解系列

CAD/CAM

典型零件造型与加工方案图解

主 编 韩 刚
庞恩泉



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 典型零件造型与加工方案图解/王栋臣等编著.
—济南:山东科学技术出版社,2009
ISBN 978-7-5331-5244-4

I. C... II. 王... III. 机械元件—计算机辅助设计—应用软件, CAXA—图解 IV. TH13-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 179009 号

青工数控典型零件加工方案图解系列

CAD/CAM

典型零件造型与加工方案图解

主 编 韩 刚 庞恩泉

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:济南华东彩印有限公司

地址:济南市商河经济开发区

邮编:251600 电话:(0531)84872167

开本:850mm×1168mm 1/32

印张:18.5

版次:2009 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-5244-4

定价:36.00 元

PREFACE 前言

为贯彻落实全国高技能人才工作会议精神,满足高职院校教学改革和高技能人才培养的需要,我们编写了这本适用于高职高专层次的教材。本教材特别对模具设计与制造及数控技术等专业具有较强的适用性,作者中既有学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,也有来自数控及模具企业的一线工程技术人员,书中所选的实例具有较强的代表性、针对性、可操作性和指导性。

本书通过分析典型实例的造型、分模和加工轨迹生成过程,了解 UG NX 5.0、CAXA 制造工程师等软件的使用方法和技巧,学生不但可以学会软件功能,更能提高解决实际问题的能力。

本书实例由易到难、由浅入深、内容详细、步骤完整,解决方案思路清晰,知识点明确,重要知识嵌入到具体实例中。在学习的过程中,读者可以按照书中的步骤,循序渐进,边学边用,通过操作达到熟练掌握运用的目的,充分体现了高职高专案例教学的特点,突出培养机械类应用型人才解决实际问题的能力,具有融高质量与实用性为一体的鲜明特色。

本书共 4 章,第一章为 CAD/CAM 应用技术概述,第二章为 CAXA 制造工程师应用实例,第三章为 UG NX 5.0 应用实例,第四章为数控加工仿真软件的应用。

本书由山东劳动职业技术学院韩刚、庞恩泉任主编,李新华、李灿军任副主编。其中,王栋臣、李灿军编写第一章,韩刚、卢胜磊、刘海鹏、庄友斌编写第二章,李新华、刘东平、董明华、庞继伟编写第三章,庞恩泉、曹洪君、陈晓晖编写第四章。

本书在编写过程中,还咨询了部分技术精湛、理论扎实的专业技术人员,同时得到了很多技术院校资深教师的帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有疏漏之处,在此恳请各位专家、同仁和广大读者批评指正。

编者

CONTENTS
目 录

第一章 CAD/CAM 应用技术概述	1
第一节 CAD/CAM 的基本概念	1
第二节 CAD/CAM 系统组成	7
第三节 CAD/CAM 技术的现状与发展趋势	17
第二章 CAXA 制造工程师应用实例	20
实例一 拉伸件的造型与加工实例	20
实例二 曲面型腔的造型与加工实例	41
实例三 偏心凹模的造型与加工实例	69
实例四 可乐瓶底凹型腔的造型和加工实例	105
实例五 模具型腔的造型和加工实例	135
实例六 摩擦楔块锻模的造型与加工实例	180
实例七 叶轮多轴加工实例	233
实例八 伞板的建模实例	245
第三章 UG NX 5.0 应用实例	271
实例九 斜支架零件实体造型实例	271
实例十 灯罩的建模、分模及模具加工实例	289
实例十一 典型模具加工实例	426
第四章 数控加工仿真软件的应用	536
第一节 安装与进入	536
第二节 机床、工件和刀具操作	540
第三节 FANUC 0i MDI 键盘操作	548
第四节 FANUC 0i 铣床面板操作	557
第五节 FANUC 0i Mate 立式加工中心面板操作	568

第一章 CAD/CAM 应用技术概述

第一节 CAD/CAM 的基本概念

制造业是国民经济的支柱性产业。制造业水平的高低是衡量一个国家经济能力的重要标准。随着市场的不断国际化,一个企业要能在激烈的市场竞争冲击下生存下来,就必须使自己的产品能够占领市场。为了企业的生存,必须不断地开发符合市场需求的产品,而且要低成本、高效率和在最短时间内完成产品的更新换代。

对于制造业的企业来说,产品的开发与制造是一个重要的环节。而这一环节随着电子计算机为代表的信息时代的到来,正从传统的开发与制造模式向现代的开发与制造模式转变。

一、传统产品开发过程

传统的机械制造业已经有 100 多年的历史了,经过这么多年的设计与生产实践,已经形成了一套完善的开发与生产模式。一个新产品的开发过程如下(见图 1-1):

(1) 市场调查与需求分析 通过对需求的分析,决定一个产品是否有开发的必要。这是产品开发的动力来源。

(2) 功能设计与评价 这一过程是确定产品开发的目标,是对新产品的定位。评价其设计目标是否符合市场需求。

(3) 方案设计与评价 这一过程是确定新产品的原理设计、总体布局及外观设计等。这也是非常重要的一个环节。

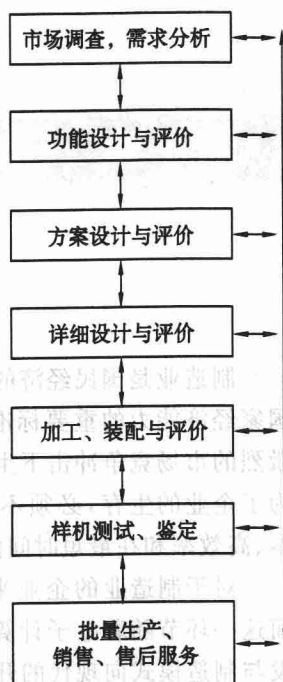
(4) 详细设计与评价 这是整个新产品开发过程中最重要的活动。通过详细的设计来具体实现产品的功能和性能要求。它主要包括运动设计与实验、零件设计与计算、部件设计与分析、零部件的装配设计与分析以及出图等。

(5) 加工、装配与评价 根据详细设计的图样进行产品的制造加工。如工艺设计, 包括加工方法、工艺路线的确定, 加工装备、工装、刀具、量具的配置等; 再如装配工作就是根据图样要求进行产品的装配与调整。

(6) 样机测试、鉴定 对最终产品进行整机测试。它包括功能测试、性能测试、操作测试、与原设计的符合程度测试等。

(7) 批量生产、销售、售后服务 当以上环节都较理想地完成, 根据企业经营计划, 部署并实施批量生产。在销售与售后服务工作中不断接受用户的反馈信息, 以备下一次改进产品设计时借鉴。

传统产品开发的特点是每一项活动都不能单独进行, 相互之间有复杂的关系。产品市场预见性差, 可修改性差, 精确性不高。由于它在众多方面的缺陷, 使得产品开发的周期长, 产品质量差, 开发费用高, 不适应日益激烈的市场竞争的需求。



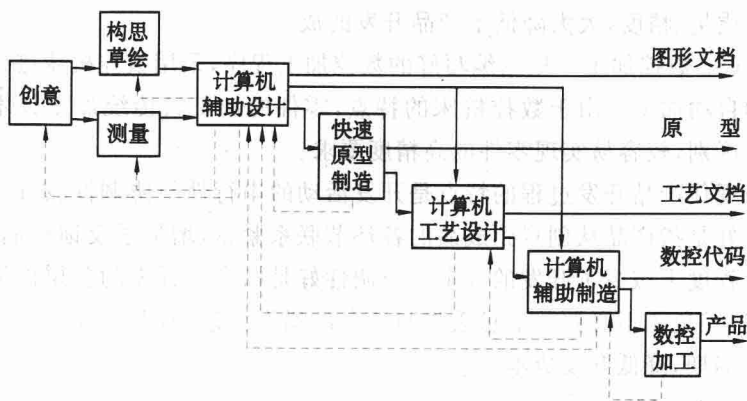
二、现代产品开发过程

现代产品开发过程大体要经过创意、构思与草绘、测量与采样、计算机辅助设计、计算机辅助工艺设计、计算机辅助制造及数控加工等过程(见图 1-2)。

(1) 创意 根据市场需求而进行功能设计, 主要由人完成。必要时也可以采用人工智能或专家系统辅助完成。

(2) 构思与草绘 即开展总体方案的设计、原理设计和工业设计, 可由专家系统辅助完成。

(3) 测量、采样 测量产品样件或创作的实物原形, 获取数据, 以便后续设计时用。这部分工作可充分利用各种先进的坐标测量设备来完成, 典型的坐标测量设备有接触式三坐标测量仪、激光测量仪等。



(4) 计算机辅助设计 利用计算机进行具体的设计与计算、分析。它包括零件设计、零件计算与分析、部件装配、模拟实物零件等,都在计算机上完成。

(5) 快速原型制造 在传统的产品开发活动中,由于其串行特点,产品只能在开发活动接近完成时才能成为看得见摸得着的产品,如果在这时候发现产品有问题将非常被动,因为,无论是对设计的修改,还是对工艺或工装的修改都将非常困难。因此,如果在产品真正制造之前,就能以一种廉价和快速的方式提供一个接近于真实的产品,将肯定备受欢迎,因为越靠近开发的上游,越能快速和低价地解决问题。有资料统计,设计对产品性能的影响通常占 80%,对开发费用的影响程度达 60%。因此,人们开发出一种快速成型设备,这种设备能以一种非金属材料,以非切削加工的办法,直接根据计算机设计的产品数据,快速而廉价地生成与设计的产品形状、尺寸一致的产品模型,供人们分析和评价。这时,如果发现问题,或想做多个设计进行比较,只需要修改设计数据,并重新生成产品原型。

(6) 计算机辅助工艺设计 应用计算机辅助工艺人员进行零件加工工艺设计、编写程序以及进行装配工艺设计等。这样,有效地提高了质量和效率。

(7) 计算机辅助制造 现代产品开发与传统产品开发的最大区别就在于现代产品大量采用数控机床进行零件的加工,能有效地保证零

件的质量、精度,大大降低了产品开发的成本。

(8) 数控加工 根据编写好的数控加工程序,采用数控机床进行零件的自动加工。由于数控机床的特点,零件的加工较传统加工技术有很大区别,较容易实现零件的高精度要求。

现代产品开发过程的特点是开发活动的串行性与协调性较好。串行性好是指产品从创意到成品的各环节联系紧密,增加了反馈机制,在一定程度上减少了开发的成本。协调性好是指产品开发的各层面沟通良好,避免了不必要的信息丢失与信息的错误传递,有利于缩短产品开发的周期,降低开发成本。

三、现代 CAD/CAM 技术的主要功能

1. 计算机辅助设计技术

计算机辅助设计,简称 CAD(Computer Aided Design),是采用计算机开展机械产品设计的技术。计算机辅助设计技术已经渗透到机械设计领域的各个方面,根据该技术的应用领域可以把 CAD 技术分为以下三类。

(1) 计算机辅助绘图(Computer Aided Drafting) 采用计算机进行平面图样的绘制,以取代传统的手工绘图。在传统手工设计中,需要画大量的二维图样,这是一件非常繁琐的工作,而且容易出错,效率很低。计算机技术在设计中的应用是从取代手工绘图开始的。

(2) 计算机辅助设计(Computer Aided Design) 计算机辅助设计的范围和内容很广泛,根据设计内容和目标的不同,主要包括以下几个方面:

① 产品的计算机辅助几何建模。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非常困难,因此,计算机辅助设计的基本任务就是利用计算机构造产品的三维几何模型,利用计算机来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形状效果。几何建模是 CAD/CAM 系统的核心功能,它提供有关产品设计的各种信息,是后续作业的基础。产品的几何建模包括两部分内容:一是零件建模,即在计算机中构造每个零件的三维

几何结构模型;二是装配建模,即在计算机中构造部件的三维几何结构模型。常用的建模方法包括三种:一是线框模型,即用零件的边框线来表示零件的三维结构;二是曲面模型,即用零件的表面来表示零件的三维结构;三是实体模型,即全面记录零件的边框、表面以及由面所组成的体的信息,并记录材料属性以及其他加工属性。

② 装配及干涉分析 DFA(Design For Assemble)。在零部件设计时,在计算机中分析和评价产品的装配性,避免真实装配中的种种问题;对运动机构,也要分析运动中机构内部零部件之间,以及机构与周围环境之间是否有干涉碰撞现象,要及时发现并纠正各种可能存在的干涉碰撞问题。

③ 可制造性分析(Design For Manufacturing)。在零部件设计时,在计算机中分析和评价产品的可制造性能,应该避免一切不合理的设计,这些设计将导致后续制造的困难,或制造成本的增加。

(3) 产品模型的计算机辅助分析 CAE(Computer Aided Engineering) 在设计中要开展各种分析计算活动,由于采用了计算机,在产品几何模型的基础上,可以对产品开展深入准确的分析,这种分析的深度和广度是手工设计方法所不可比拟的,并且,在分析之后,可以采用各种丰富多彩的手段把结果表示出来,非常形象直观。目前,常用的分析内容包括:

① 运动学、动力学分析与仿真(Kinematics & Dynamics)。对机构的位移、速度、加速度以及关节的受力进行自动分析,并以形象直观的方式在计算机中进行运动仿真,从而全面了解机构的设计性能和运动情况,及时发现设计问题,进行修改以后,再进行分析。这种方法可以取代大量的模型实验,不仅节省了时间和费用,还可以获得更多更全面的实验结果。

② 有限元分析与仿真 FEA(Finite Element Analysis)。对重要的零部件进行应力、应变分析,根据分析结果评价结构设计的合理性,对不合理的地方及时进行修改。

③ 优化设计 OPT(OPTimization)。为了追求产品的性能,不仅希望设计的产品是可行的,而且希望设计的产品是最优的,比如,体积最小、重量最轻、寿命最合理等等,要实现这些苛刻的设计目标,就要借助

优化设计技术。

2. 计算机辅助制造技术

计算机辅助制造,简称 CAM(Computer Aided Manufacturing),根据其覆盖的应用领域不同,也可以分为两大类:

(1) 狭义的 CAM 即计算机辅助编程,具体包括:

① 代码生成。根据零件的设计模型,利用计算机自动生成该零件的数控加工代码。

② 代码仿真。在使用代码之前,在计算机中运行该数控代码,进行虚拟的数控加工,观察加工中的机床运动情况和零件的切除情况,确保在切削中没有碰撞现象,确保零件加工的正确性。

(2) 广义的 CAM 指应用计算机进行制造信息处理的全过程,主要包括:

① 计算机辅助工艺规程编制 CAPP(Computer Aided Program Planing)。利用计算机编写零件加工的工艺路线,选择合理的加工设备和切削参数,制定合理的检验方法。

② 计算机辅助质量控制 CAQ(Computer Aided Quality)。对产品质量进行及时的检查,并提出分析报告,对生产的组织、进度和其他的管理问题及时跟踪、反馈,并辅助做出决策。

3. CAD/CAM 集成制造技术

自 20 世纪 70 年代以来,计算机的应用几乎深入到产品开发过程的所有领域,形成了很多计算机辅助的分散系统,这些独立的分散系统,分别在产品设计自动化、工艺过程设计自动化和数控编程自动化等方面起到重要作用。但是,采用这些各自独立的分散系统不能实现系统之间信息的自动传递和交换,例如,CAD 系统设计的结果不能直接为 CAPP 系统接受,当进行工艺过程设计时,还需要人工将 CAD 输出的图样文件等信息转换成 CAPP 系统所需要的输入数据,这不但影响了效率的提高,而且在人工转换中难免发生错误。所以,随着计算机应用的日益广泛深入,人们很快认识到,只有当 CAD 系统一次性输入的信息能为后续活动(如 CAPP、CAM)继续应用时才是最经济的,为此提出了 CAD/CAPP/CAM 集成的概念,致力于 CAD、CAPP 和 CAM 系

统之间数据自动传递和转换的研究,以便将业已存在的 CAD/CAPP/CAM 系统集成起来。

CAD/CAM 技术已经是一个相当成熟的技术。波音公司新一代大型客机以 4 年半的周期研制成功,采用的新结构、新发动机、新的电传操纵等都是步到位,立刻投入批量生产,飞机出厂后直接交付客户使用,故障返修率几乎为零,媒介宣传中称之为“无纸设计”,而波音公司本身认为,这主要应归功于 CAD/CAM 设计制造一体化。

第二节 CAD/CAM 系统组成

一、CAD/CAM 系统的运行环境

CAD/CAM 的运行环境由软件、硬件和人三大部分组成,如图 1-3 所示。硬件设备是 CAD/CAM 运行环境的基础,软件系统是核心,人是关键。硬件系统的性能和 CAD/CAM 的功能必须通过软件系统实现;CAD/CAM 属于高科技,是在人的操纵下,以人机交互对话的方式工作的,只有高素质的技术人才才能把 CAD/CAM 系统用好、用活,把这一高技术的先进性能充分发挥出来,为企业创造效益。

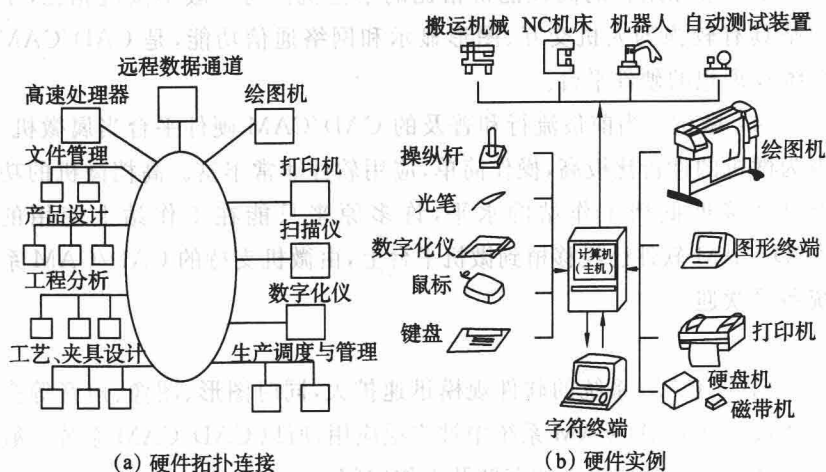


图 1-3 CAD/CAM 系统的硬件组成

二、CAD/CAM 的硬件

CAD/CAM 系统的硬件主要包括:计算机、存储设备、输入设备、输出设备以及通信设备等。

CAD/CAM 系统对硬件的主要要求有:

1. 高性能的计算机

计算机是硬件系统的核心,CAD/CAM 的所有计算、分析和控制都是由主机完成的,主机的类型和性能在很大程度上决定 CAD/CAM 系统的使用性能,CAD/CAM 系统对主机的要求是要有高的运算速度和大容量的内存。CAD/CAM 系统常用的主机类型有:

(1) 大中型计算机 大中型计算机功能强大,通常一个主机连接多个终端,支持多个用户同时工作。目前,大中型计算机主要用于大型复杂的设计计算、图形仿真以及大型数据库的集中管理。

(2) 小型机 在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初,由于小型机的性能价格比较好,被用作 CAD/CAM 的主机,但是,随着图形工作站的出现,小型机在 CAD/CAM 系统中已经逐渐被淘汰。

(3) 图形工作站 所谓图形工作站,是指将个人计算机环境和分布式网络环境相结合的高性能价格比的小型机。与一般小型机相比,工作站具有较强的人机交互、图形显示和网络通信功能,是 CAD/CAM 系统较理想的硬件平台。

(4) 微机 当前最流行和普及的 CAD/CAM 硬件平台当属微机,因为微机的性价比极高,操作简单,应用软件非常丰富。高档微机的功能已经接近低档工作站的水平,许多原来只能在工作站上使用的 CAD/CAM 软件已经移植到微机平台上,由微机支持的 CAD/CAM 系统备受欢迎。

2. 大容量的存储器

CAD/CAM 系统的软件规模迅速扩大,同时图形、图像、声音等多媒体数据在 CAD/CAM 系统中被广泛应用,所以 CAD/CAM 系统一般需要几十到几百兆以上的存储及工作空间。

(1) 内存 内存储器用于存储 CPU 的工作程序、指令和数据,根据

存储信息的功能,内存储器分为读写存储器(RAM)、只读存储器(ROM)以及高速缓冲存储器(Cache)。RAM 是 CPU 用于存取信息的随机存储器,可以随意、不按顺序地存取信息。但是如果断电,在 RAM 中的数据将丢失,所以停机前,应将当前处理过的有用信息存入外存储器,以备后用。ROM 主要用于存储启动引导程序和基本输入输出程序等,CPU 只能从中读出信息,不能写入信息,ROM 中的信息是事先固化好的,即使断电也不会丢失。随着高速处理器的出现,处理的速度大大提高,而 RAM 的存取速度却跟不上,两者之间出现了“等待”现象。为了弥补这种存取速度的不匹配,可在处理器或主板上分别加入小容量的高速存储器(如高速缓冲存储器 Cache),在处理时,CPU 先在 Cache 中读写数据,提高了读写速度,从而克服了内存读写速度比微处理器速度慢的缺陷。

(2) 外存 内存的容量有限,造价高,内存中的信息断电后即消失,无法永久保存信息,因此要采用外存储器;而且,采用虚拟内存管理技术,外存储器可用于扩大逻辑工作内存容量。最常用的外存储器是硬盘、软盘、光盘和磁带存储器。

① 硬盘。一个完整的硬盘存储器由驱动器(磁盘机)、控制器和盘片三部分组成,通过控制器和驱动器对盘片进行读写操作,实现数据的存取。硬盘含有多个盘片,其驱动器有多个读写磁头。反映磁盘工作性能的主要参数是硬盘存储容量、读写速度以及传输数据的速度。存取速度是指主机从硬盘读写数据的平均存取时间,它受多个因素影响,包括硬盘转速、寻道时间、外部传输速率以及硬盘驱动器内部机械结构的影响等。

② 软盘。软盘存储器(简称软盘)与硬盘存储器的存储原理相同,但是在结构上存在一定差别。硬盘转速高,存取速度快,而软盘转速低,存取速度慢;硬盘是固定磁头、固定盘及盘组结构,软盘是活动磁头、可换盘片结构;硬盘磁头不接触盘片,软盘磁头是接触式读写;硬盘对环境要求苛刻,软盘对环境要求不高。软盘存储器也是由驱动器、控制器和软盘片三部分组成,目前常用的软盘是 3.5 英寸盘,容量大于 100 MB 的大容量软盘也开始进入应用。

③ 光盘。光盘存储器(简称光驱)是计算机系统中一种先进的外存储设备,根据性能和用途不同,光盘存储器可分为三类:只读型光盘、只写一次性光盘和可擦写光盘。目前,计算机上流行配置的是只读光盘,其主要作用是向硬盘安装软件及多媒体应用。光盘的特点是容量大(每片光盘容量在 650 MB 以上)、可靠性高、信息存储成本低以及随机存储速度快(与磁带机相比)。

④ 磁带。磁带存储原理与录音带和录像带相似,只是在规格和材料上有所不同,磁带存储的容量比较大,记录单位信息的价格比磁盘低,磁带的格式统一、互换性好,与各种类型机器连接方便,常用于系统备份,是主要的后备存储器。磁带存储器与磁盘存储器相比,磁盘存储器属于直接存取设备,只要给出信息所在的位置(即盘面、磁道、扇区),磁头就能直接找到相应的位置并存取信息;而磁带存储器是顺序存取设备,磁带上的文件按顺序存放,只能顺序查找,信息存取时间比磁盘长。

3. 灵活的人机交互能力

CAD/CAM 系统是一个人机交互系统,人机交互设备是 CAD/CAM 系统的重要硬件资源,人机交互设备主要由输入设备和图形显示设备组成。

(1) 键盘 键盘是计算机最常用的输入设备,用户通过键盘将字符型数据输入到计算机中,从而向计算机发出命令或输入精确数据。CAD/CAM 系统工作时,设计数据、各种命令以及各种字符等主要是通过键盘输入计算机的。

(2) 鼠标 鼠标是 CAD/CAM 系统中另一类主要的手动输入装备,它通过光标在屏幕上以一定的方式工作,以便在该位置上输入图形、字符,或激活菜单,非常适合窗口环境下的工作。鼠标器有机械式和光电式两种,同时又分为三键鼠标和双键鼠标。鼠标的工作过程分为定位、拾取两步,即通过移动鼠标用光标在屏幕上定位,然后通过击打鼠标按键完成一定的操作。

(3) 扫描仪 扫描仪可以快速地将整张图样信息转化为数字信息输入计算机,是 CAD/CAM 系统中非常有前途的图形输入设备。通过

扫描仪和图形识别技术的综合应用,并结合光盘存储技术,可以方便地实现图样的无纸化管理,改变目前仍然采用的图样管理模式,从而节约大量空间和人力。扫描仪一般有大型和小型两种,大型的通常为单色扫描输入,主要用于工厂图样信息的录入;小型的通常为彩色扫描输入,主要用于彩色图形和图像的录入。扫描仪的主要性能指标是幅面、光学分辨率和扫描速度。

(4) 其他图形输入设备 在 CAD/CAM 系统中可能用到的其他图像输入设备还包括:数字化仪、数码相机、触摸屏等。

4. 逼真的图形输出能力

由于 CAD/CAM 系统的应用主要表现为图形图像的处理、显示和输出,因此对输出设备的图形处理能力的要求较高。目前 CAD/CAM 系统中普遍采用的输出设备主要包括显示器和打印机。

(1) 显示器和显示卡 显示器用于文字、图形等信息的显示。显示器的主要部分是阴极射线管、显示处理单元以及显示用帧缓存内存储器(简称显存)。其中,显示处理单元和显存通常做成一个插卡,称之为图像显示卡。早期的图像显示器,图形与字符的生成都由主机完成,计算机硬件的负担较重,图像显示质量受到限制。随着硬件技术的发展,显示系统增加了高性能的图形协处理器,能够自行处理图形,大大减轻了主 CPU 的负担,提高了图形生成速度和质量。显示器的主要性能参数是分辨率和扫描频率,分辨率用“水平像素值 $\times$ 垂直像素值”的形式表示,例如分辨率“1 024 $\times$ 768”表示屏幕可以划分成水平方向 1 024 个显示点,垂直方向 768 个显示点,一个显示点即为一个像素。显示器与主机之间的联系是通过图形适配器(又称显示卡)实现的,它通过总线与 CPU 和显示器相连。显示卡的重要指标是图形分辨率、色度和速度,显示卡的性能主要取决于显示处理芯片的性能和显示内存容量的大小。高级显示卡的价格非常贵。

(2) 绘图机、打印机 打印机和绘图机(包括单色和彩色)是 CAD/CAM 系统把计算机内的字符和图形信息转化输出为图样信息的主要设备。对打印输出设备的主要要求是:打印幅面的大小、打印速度大小和分辨率的高低。目前使用的主要有:针式打印机、激光打印机、平板

式和滚筒式喷墨绘图机、笔式绘图机。

5. 良好的网络通信功能

为了达到系统集成,使位于不同地点的不同部门之间能够进行信息交换及协同工作,需要用计算机网络将其连接,形成网络化的 CAD/CAM 系统。

构成 CAD/CAM 系统网络的硬件设备主要包括:网络适配器(网卡)、传输介质(双绞线、同轴电缆和光缆)以及调制解调器(MODEM)。从应用上说,借助网卡、调制解调器以及传输介质就可以组建 CAD/CAM 系统的局域网,但为了提高网络性能,保证在局域网内、局域网之间或不同网络之间能够有效地传输信息,在组建 CAD/CAM 系统的计算机网络时,一般还要根据具体情况选用中继器、集线器(HUB)、网关(Gateway)等互连设备。CAD/CAM 系统硬件之间的连接关系和具体实例如前面的图 1-3 所示。

三、CAD/CAM 的软件环境

1. 系统软件

系统软件主要负责管理硬件资源以及各种软件资源,是应用和开发 CAD/CAM 系统的软件平台,一般包括操作系统、网络系统、窗口系统,如目前微机上流行的窗口系统 Windows95、Windows98、Windows2000 和 WindowsNT,工作站上流行的 UNIX 操作系统,苹果机上运行的 Mac 操作系统等。

2. 支撑软件

CAD/CAM 系统的支撑软件是指那些直接支持用户进行 CAD/CAM 工作的通用性功能软件,按功能主要分为:二维绘图支撑软件,三维造型软件,分析及优化设计软件。按软件功能的多少,一般又可分为功能集成型软件和功能独立型软件。集成型支撑软件一般提供设计、分析、造型、数控编程及加工控制等多种模块,功能比较齐全,是开展 CAD/CAM 的主要软件。本书将通过具体实例介绍主要软件的部分典型功能。目前市面上流行的 CAD/CAM 系统支撑软件主要有:

(1) Pro/ENGINEER Pro/ENGINEER 是美国 PTC(参数技术)