



教育部 高职高专规划教材

计算机辅助制造

● 朱彤 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

计算机辅助制造

朱彤 主编

汪红兵 副主编



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

计算机辅助制造 / 朱彤主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.10

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-7731-9

I. 计… II. 朱… III. 计算机辅助制造-高等学校: 技术学院-教材 IV. TP391.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 117802 号

教育部高职高专规划教材

计算机辅助制造

朱彤 主编

汪红兵 副主编

责任编辑: 高钰 韩庆利

责任校对: 郑捷

封面设计: 潘峰

*

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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11¼ 字数 284 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7731-9

定 价: 19.00 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

内 容 提 要

本书主要以 UG 软件为平台,着重讲述了计算机辅助制造的基本方法。内容新颖丰富,注重实际。

全书讲述了 CAM 的基本知识;介绍了数控编程及加工工艺的基本知识,进行了数控加工工艺分析;介绍了计算机辅助设计的方法,讲述了 UG 的几何造型技术;详细介绍了 UG 的加工方法,包括加工应用基础知识、平面铣加工、型腔铣加工、固定轴曲面轮廓铣加工等,通过实例来突出重点,便于理解;介绍了 UG 加工操作中的高级应用,包括了机床控制操作的方法、后置处理技术、装配加工等内容。

本书可作为高职高专院校模具专业、数控专业、机电一体化专业、机械设计制造及自动化专业的教材,也可作为大学本科学生及企业工程技术人员的参考书。

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,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型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型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

机械制造业是国民经济的支柱产业。随着计算机技术、信息技术、微电子技术的发展,制造业也发生了革命性的变化,数控加工设备不断替代传统的加工设备,同时,数控技术正朝着高精度、高速度、高柔性、高可靠性和复合化的方向发展。计算机辅助制造作为先进的数控加工方法,越来越多地得到人们的重视。为此,我们编写了本书,以适应我国高等职业技术教育发展和高级应用型技术人才培养的需要。

编者经过多年的教学实践,结合学生需要掌握的知识和技能,确定了本书的编写内容。本书以UG软件为平台,从应用角度系统地介绍了计算机辅助制造的基本知识、数控加工基础、几何造型技术以及常用加工方法等。本书突出应用性,体现先进性,在编写时力求“实时性和实用性”,将学习方法和技能培养有机结合,重在培养学生应用专业软件进行产品加工制造的能力。

本书读者对象为高职高专院校数控专业、模具专业、机电一体化专业、机械设计制造及自动化专业的学生,也可供大学本科学生及企业工程技术人员参考。

本书由朱彤任主编,汪红兵任副主编。其中第一~四章由朱彤编写,第五~八章由汪红兵编写。全书由朱彤负责统稿和定稿。

由于编者水平有限,书中疏漏和不妥之处在所难免,请读者批评指正。

编者
2005年7月

目 录

第一章 概论	1
第一节 CAM 的基本概念.....	1
第二节 CAD/CAM 软件功能.....	5
第三节 CAD/CAM 的硬件.....	7
第二章 数控编程及加工工艺基础	9
第一节 数控编程基本知识.....	9
第二节 数控加工工艺分析.....	14
第三章 几何造型技术	32
第一节 几何造型技术.....	32
第二节 线框造型.....	34
第三节 实体造型.....	39
第四节 曲面造型.....	56
第五节 装配建模.....	58
第四章 加工应用基础	65
第一节 加工应用简介.....	65
第二节 操作导航器的应用.....	68
第三节 创建几何.....	74
第四节 创建刀具.....	83
第五节 创建加工方法.....	86
第六节 创建程序组.....	89
第七节 创建操作.....	89
第八节 刀具路径管理.....	91
第九节 初步体验创建加工操作的过程.....	98
第五章 平面铣	100
第一节 基础知识.....	100
第二节 平面铣加工的操作参数.....	103
第三节 平面铣实例.....	125
第四节 表面铣操作.....	128
第六章 型腔铣	132
第一节 基础知识.....	132

第二节	型腔铣加工的操作参数	134
第三节	型腔铣实例	139
第四节	等高轮廓铣	141
第七章	固定轴曲面轮廓铣加工	143
第一节	基础知识	143
第二节	常用驱动方法	146
第三节	固定轴曲面轮廓铣加工参数和选项	151
第四节	固定轴铣实例	160
第八章	加工操作中的高级应用	162
第一节	机床控制操作	162
第二节	后置处理技术	167
第三节	装配加工	177
参考文献		179

第一章 概 论

第一节 CAM 的基本概念

一、CAM 的含义

一般来说,计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)是指应用计算机来进行产品制造的统称。有广义 CAM 和狭义 CAM 之分。广义 CAM 是指利用计算机辅助完成从原材料到产品的全部制造过程,其中包括直接制造过程和间接制造过程。它包括很多方面,如计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)、直接控制(Direct Numerical Control, DNC)、柔性制造系统(Flexible Manufacture System, FMS)、机器人(Robots)、计算机辅助编程工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)、计算机辅助测试(Computer Aided Test, CAT)、计算机辅助生成计划编制(Production Planning Simulation, PPS),以及计算机辅助生产管理(Computer Aided Program Management, CAPM)。狭义 CAM 是指制造过程中某个环节应用计算机,在计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)中,通常是指计算机辅助机械加工(Computer Aided Machining),更明确地说,是指数控加工。它的输入信息是零件的工艺路线和工序内容,输出信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)和数控程序。在本书中主要介绍狭义 CAM,即计算机辅助机械加工,也就是数控加工,并以 UG 软件为平台,结合实例从应用角度介绍 CAM 基本知识及软件编程。

二、CAM 系统

1. CAM 系统的概念

计算机辅助制造系统是通过计算机分级结构控制和管理制造过程的多方面工作,它的目标是开发一个集成的信息网络来监测一个广阔的相互关联的制造作业范围,并根据一个总体的管理策略控制每项作业。

从自动化的角度来看,数控机床加工是一个工序自动化的加工过程,加工中心是实现零件部分或全部机械加工过程自动化,计算机直接控制和柔性制造系统是完成一族零件或不同族零件的自动化制造过程,而计算机辅助制造是计算机进入制造过程这样一个总的概念。

2. CAM 系统的结构

一个大规模的计算机辅助制造系统是一个计算机分级结构的网络,它由两级或三级计算机组成,中央计算机控制全局,提供经过处理的信息;主计算机管理某一方面的工作,并对下属的计算机工作站或微型计算机发布指令和进行监控;计算机工作站或微型计算机承担单一的工艺过程控制或管理工作。

一个完整的计算机系统是由硬件和软件两大部分组成。

硬件主要是指计算机及各种配套设备,如各种档次的计算机、打印机、绘图仪等,广义上讲,还包括数控加工的各种机械设备等,是 CAM 系统的物质基础。软件一般包括系统软件、支撑软件和应用软件等,是 CAM 系统的核心。硬件的性能及其 CAM 功能的实现必须通过软件实现。

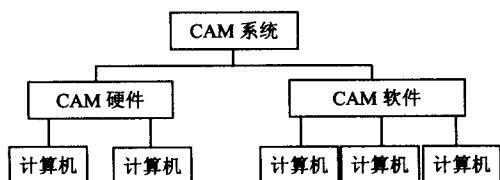


图 1-1 CAM 系统组成简图

图 1-1 为 CAM 系统组成简图。

三、CAM 的基本实现过程

数控编程技术包含了数控加工与编程、金属加工工艺、CAD/CAM 软件操作等多方面的知识 & 经验，其主要任务是计算加工走刀中的刀位点（简称 CL 点）。根据数控加工的类型，数控编程可分为数控铣加工编程、数控车加工编程、数控电加工编程等，而数控铣加工编程又可分为 2.5 轴铣加工编程、3 轴铣加工编程和多轴（如 4 轴、5 轴）铣加工编程等。3 轴铣加工是最常用的一种加工类型，而 3 轴铣加工编程又是目前应用最广泛的数控编程技术。

数控编程经历了手工编程、APT 语言编程和交互式图形编程 3 个阶段。交互式图形编程就是通常所说的 CAM 软件编程。由于 CAM 软件自动编程具有速度快、精度高、直观性好、使用简便、便于检查和修改等优点，已成为目前国内外数控加工中普遍采用的数控编程方法，在后面的章节中，将以 UG 软件为例重点介绍 3 轴铣加工自动编程方法。

交互式图形编程的实现是以 CAD 技术为前提的。数控编程的核心是刀位点计算。对于复杂的产品，其数控加工刀位点的人工计算十分困难，而 CAD 技术的发展为解决这一问题提供了有力的工具。利用 CAD 技术生成的产品三维造型包含了数控编程所需要的完整的产品表面几何信息，而计算机软件可针对这些几何信息进行数控加工刀位点的自动计算。因此，绝大多数的数控编程软件同时具备 CAD 的功能，故称为 CAD/CAM 一体化软件。

CAM 系统基本工作过程包括 5 个方面：建立加工模型；确定合理的加工工艺方案；数控自动编程；加工前准备；DNC 通信。

1. 建立加工模型

利用 CAM 系统提供的图形生成和编辑功能绘制三维被加工零件，作为计算机自动生成刀具轨迹的依据。

加工模型的建立是通过人机交互方式进行的。被加工零件一般用工程图的形式表达在图纸上，用户可根据图纸建立三维加工模型。针对这种需求，CAM 系统应提供强大的几何建模功能，不仅能生成常用的直线和圆弧，还应能提供复杂的样条线、组合曲线、各种规则的和不规则的曲面等的造型方法，并提供各种过渡、裁剪、几何变换等编辑手段。

被加工零件数据也可以由其他 CAD/CAM 系统导入，因此 CAM 系统针对此类需求提供了标准的数据接口，如 DXF、IGES、STEP 等。

另外在进行编程前，还需对 CAD 模型进行完善，即对 CAD 模型进行适合于 CAM 程序编制的处理。由于 CAD 造型人员更多考虑零件设计的方便性和完整性，并不顾及对 CAM 加工的影响，所以要根据加工对象的确定及加工区域规划对模型做一些完善。通常有以下内容。

(1) 坐标系的确定。坐标系是加工的基准，将坐标系定位于适合机床操作人员确定的位置，同时保持坐标系的统一。

(2) 隐藏部分对加工不产生影响的曲面，按曲面的性质进行分色或分层。这样一方面看上去更为直观清楚；另一方面在选择加工对象时，可以通过过滤方式快速地选择所需对象。

(3) 修补部分曲面。对于因有不加工部位存在而造成的曲面空缺部位，应该补充完整。如钻孔的曲面，存在狭小的凹槽的部位等，应该将这些曲面重新做完整，这样获得的刀具路径规范而且安全。

(4) 增加安全曲面。如将边缘曲面进行适当延长。

2. 确定合理的加工工艺方案

在数控程序编制之前, 必须要根据所加工对象的几何特性及毛坯、材料、刀具及设备生产准备条件, 确定合理的、切实可行的工艺方案。只有合理的工艺方案才能保证数控加工的顺利进行, 否则, 可能会发生断刀、表面质量差等问题, 甚至根本无法进行加工。确定了工艺方案, 做到心中有数, 就可以进入实际数控编程阶段。同时, 需要将毛坯、刀具、设备等生产准备工作完成。

加工工艺分析和规划的主要内容包括以下几个方面。

(1) 加工对象的确定 通过对模型的分析, 确定这一工件的哪些部位需要在数控铣床上或者数控加工中心加工。数控铣的工艺适应性也是有一定限制的, 对于尖角、细小的筋条等不适合加工的部位应使用线切割或者电加工来加工; 而另外一些加工内容, 可能使用普通机床有更好的经济性, 如孔的加工、回转体加工, 则可以使用钻床或车床来进行。

(2) 加工区域规划 即对加工对象进行分析, 按其形状特征、功能特征及精度、粗糙度要求将加工对象分成数个加工区域。对加工区域进行合理规划可以达到提高加工效率和加工质量的目的。

(3) 加工工艺路线规划 即从粗加工到精加工再到清根加工的流程及加工余量分配。

(4) 加工工艺和加工方式确定 如刀具选择、加工工艺参数和切削方式(刀轨形式)选择等。

在完成工艺分析后, 应填写一张 CAM 数控加工工序卡, 表中的项目应包括加工区域、加工性质、走刀方式、使用刀具、主轴转速、切削进给等选项。完成了工艺分析及规划可以说是完成了 CAM 编程 80% 的工作量。同时, 工艺分析的水平决定了 NC 程序的质量。

3. 数控自动编程

通常数控自动编程有如下五个基本步骤。

第一步: 读入加工模型(或选定加工对象)。

第二步: 工艺准备。

确定毛坯类型与尺寸、刀具类型与大小; 设定加工参数(下刀速度及走刀速度 F 、主轴速度 S 、下刀方式、切入切出方式等); 确定加工方式与切削量参数(粗加工、精加工、清根加工、残余量加工等); 设定加工精度参数等。

第三步: 自动生成加工刀路(脱机编程)。

自动编程系统根据所选定的加工策略、工艺参数等, 自动生成加工刀路, 并通过图形方式显示在屏幕上。现阶段实际上得到的只是刀具与工件间的相对运动关系, 按照这样的方式走刀, 就能够加工出需要的产品。数控机床就是要根据所生成的特定 NC 指令, 实现所要求的相对运动。无论在什么设备上加工, 只要机床具有要求的运动功能, 刀具与工件间的相对运动关系都是相同的。

第四步: 校验与编辑。

自动编程所生成的加工刀路, 是否满足要求, 需要做充分的验证才能进行实际加工。一般自动编程(CAM)系统都提供方便的校验功能, 包括如下内容。

(1) 动态图形刀路显示功能 在屏幕上再现刀路的几何图形及运动状态, 帮助操作者正确操作并直观检验刀路是否正确, 是否是操作者所希望的刀路。

(2) 动态实体加工仿真功能 高级的 CAM 系统都有内置式实体仿真模块, 用实体仿真方法再现数控加工中材料去除的过程, 如果刀路不正确, 或提刀高度不够, 能够形象地显示出来, 并有报警提示, 如红色或声响提示过切或撞刀等。还可以通过放大、旋转、剖切、透视等功能进一步观察加工细节或内部情况。能够帮助操作者在实际加工之前及早发现问题,

及时更正刀路，避免失误。

(3) 刀柄、刀杆碰撞与干涉检查 实体仿真只是检查了刀具与工件间互动关系，无法检验刀杆、刀柄等部分与工件、夹具等是否会发生碰撞。希望在加工过程中的刀具长度越短越好，以提高刀具的刚性，实现最优切削性能。但夹刀长度越短，越可能发生刀柄、刀杆与工件间的碰撞，操作者非常希望能够知道每个工序，最短的夹刀长度是多少，在给定的刀长情况下是否会发生碰撞。

(4) 机床环境运动仿真 对三轴以上的联动方式，如 5 面体加工，5 轴联动加工等，机床运动方式变得非常复杂，操作者很难通过 NC 程序想像机床的实际运动过程，也很难预测可能发生的碰撞、干涉等问题。一些高级的 CAM 系统或专业的软件系统能够提供机床运动仿真功能，在计算机屏幕上再现整个机床运动部件，接近实际的加工运动过程。

通过以上校验，如果刀路不能满足加工要求，可以重新设定加工方式、加工参数，重新生成新的刀路，或对已经产生的刀路进行编辑修改。

第五步：后置处理。

经过校验后的刀具轨迹，只是反映了刀具与所加工工件之间的相对运动关系。通过自动编程系统的后处理，生成特定数控机床设备的加工指令文件，满足数控机床的代码格式要求，数控机床的控制系统能够识别该代码文件，并正确地执行，走出加工所希望的运动轨迹。

至此，数控自动编程的工作基本结束，将所生成的 NC 文件保存成特定的文件，通过 DNC 通信系统传输给数控设备的控制系统。

4. 加工前准备

加工前的准备工作主要是毛坯找正、对刀，并在数控机床上设定局部坐标、刀长补正、刀径补正等基本参数。

自动编程是脱机编程形式，只是保证了加工的形状正确，并符合加工的工艺要求。实际加工中必须要考虑毛坯的放置位置，确定加工坐标系与毛坯的相对位置，加工前的毛坯找正与对刀操作就是解决该问题的关键。其原理与操作方式简单介绍如下。

自动编程所生成的 NC 指令实际上是在工件坐标系 G54 或 G55~G59 下的程序，工件坐标系的原点就是 CAD 几何模型的原点位置，通过找正与对刀操作，就是要找出在毛坯上该原点的位置，实现工件坐标系与机床机械坐标系间的联系与统一，将加工精确地控制在所需要的位置上。

首先，保证毛坯的放置方向与几何模型的方向相同，放置位置保证数控加工时不超程，并夹紧毛坯。分别测量 X、Y 两个方向的基准，通过简单计算可以知道工件坐标原点在机床机械坐标系下的坐标值，将其输入到数控系统的 G54（局部坐标系）的 X、Y 参数中，即实现了坐标系的统一，完成了找正操作。Z 方向的找正是靠对刀完成的。调整刀具到 Z 方向的某个基准面，通过机床机械坐标计算出 G54 的原点的机械坐标，输入控制系统中，实现了第一把刀具的对刀，能够保证数控加工正好所需的深度。使用同一基准对其他刀具进行对刀操作，各刀具对准基准面时的机械坐标与第一把刀具机械坐标的差值，输入到数控系统中相应刀号的刀长补正 H 中，即可保证每把刀具都能够加工到精确的深度。

5. DNC 通信

当编程与准备工作完成之后，操作者即可以正式开始实际产品的数控加工。但必须要将 NC 指令传输给数控机床的控制系统。需要根据数控机床的接口情况而定，一般有如下几种方式。

(1) 通过网络 对于最新的 CNC 控制系统，有的提供网络接口，直接并入企业 CAD/CAM 网络中。NC 指令文件直接可以通过网络存入控制系统中。

(2) 通过磁盘驱动器 将 NC 文件拷贝到数控系统中。缺点是数控文件不宜超过磁盘容量,有时也受数控系统内存空间的限制。

(3) 通过 RS-232 串口 几乎所有的数控设备都配置有 RS-232 串口,通过串口可以很方便地将 NC 文件输入数控机床。当 NC 指令文件超过内存的容量时,可以通过在线式 DNC 通信,实现边传输边加工,解决海量程序的加工问题。

第二节 CAD/CAM 软件功能

CAD/CAM 软件发展到今天,已经变得相当成熟。各种 CAD/CAM 软件的功能十分繁多,以至于其用户手册的内容往往庞大到无法作为用户的学习用书,而只能作为功能使用的参考资料。

然而,CAD/CAM 软件的 NC 编程功能往往是面向许多种类的加工需求的,如数控车、数控铣(又分 2 轴、3 轴及多轴加工)、线切割等。对于一个具体的使用者而言,一般只需要掌握其中一种类型的数控编程即可满足实际工作的需要。例如对于模具制造企业的数控铣加工 NC 编程人员,一般掌握 2 轴及 3 轴加工的交互式图形编程方法就可以了。而且,大多数软件所提供的核心功能基本相同的,只要掌握了这些基本功能,加上良好的操作习惯和一定的工艺经验,就完全能够编制出优良的数控程序。

一、CAD/CAM 软件功能

对于 2 轴及 3 轴数控铣加工,可将现有 CAD/CAM 软件所提供的基本功能作如下概括的分类。

(1) 三维造型功能 如前所述,加工表面的几何信息是 CAD/CAM 软件进行加工刀轨计算的依据,因此 CAD/CAM 软件至少能够提供基本的曲面造型功能。

(2) 参数管理 参数(如加工对象、刀具参数、加工工艺参数等)的设置是交互式图形编程的主要操作内容,因此也是 CAD/CAM 软件数控编程的主要功能组成部分,它包括参数输入、修改、管理、优化等。

(3) 刀位点计算 根据用户设定的加工参数和加工对象计算出刀位点。由于刀位点计算是数控编程中最重要和最复杂的工作环节,因此它也是利用 CAD/CAM 软件进行交互式图形编程的最明显的优势。

(4) 仿真 以图形化的方式直观、逼真地模拟加工过程,以检验所编制的 NC 程序是否存在问题。

(5) 刀轨的编辑和修改 提供多种编辑手段(如增加、删除、修改刀轨段等),便于用户对编制的数控刀轨进行修改。

(6) 后处理 CAD/CAM 软件计算出的刀轨包含了大量刀位点的坐标值,后处理的作用就是将这些刀位点坐标值按标准的格式“填写”到数控程序中,得到程序主体的内容。它实际上是一个文字处理过程。当然,还需要在程序的开头和结尾处加上一些辅助指令,如在程序开始部分加上主轴旋转、冷却液开等指令,在程序结尾部分加上主轴停止、冷却液关等指令。

(7) 工艺文档生成 将机床操作人员所需要的工艺信息(如程序名称、加工次序、刀具参数等)编写成标准、规范的文档。这一功能虽然简单,但它对保证编程人员与机床操作人员的配合、避免失误有重要的作用。

二、常用 CAD/CAM 软件简介

1. UG (UNIGRAPHICS)

UG 是美国 Mc Donnell 公司开发的集 CAD/CAM/CAE 于一体的计算机辅助设计与制造软

件。其特点是模具设计和数控加工能力强，具有良好的二次开发接口。UG 适用于机械、汽车、造船、航空和模具行业的设计和制造。它的主要模块功能和特点如下。

(1) Computer Aided Design (CAD) 计算机辅助设计模块能实现实体造型、三维转二维、高级装配(逼真的动态装配仿真)、标准零件库调用、几何公差分析与检查等。

(2) Computer Aided Manufacturing (CAM) 计算机辅助制造模块能实现图形化刀具路径编辑、动态地观察刀具切削路径、更改刀具切削路径(如延伸、修剪及边界的设定)、修改切削速度和方向、校验刀具路径、后置处理模块能适应各类数控机床,如 2~5 轴铣床、2~4 轴车床、线切割和电火花机床等。

(3) Computer Aided Engineer (CAE) 计算机辅助工程模块主要用于:

① 有限元分析,将零件的几何模型转化成有限元模型,并以图形化的方式显示结果,如应力分布、温度分布等,从而可以针对性地改进以获得最优化设计;

② 复杂机构运动分析。

(4) Sheet Metal 钣金设计与制造模块主要用于复杂钣金件的设计与制造,它含有丰富的用于创建复杂曲面的平面图样库、相应的材料库和成型操作方案,并能对诸如冲孔、折弯、切割等钣金件特征自动编程。

(5) Web Products 网页产品,通过客户网页浏览器向客户提供网络优质服务,一方面可以将 UG 的新产品零件数据及时发布到网页上,另一方面也允许用户利用 UG 的零件和装配数据来创建自己的网页。

(6) Knowledge Based Engineer (KBE) 基于工程的知识,通过知识驱动和繁衍,对工程问题提供最佳解决方案的计算机集成技术,是专家知识的继承、创新和管理,是计算机辅助技术(CAX)与人工智能(AI)技术的集成。

(7) Routing Applications 线路应用模块能够快速创建管路的装配线路,如油路、气路、水路、电路等管线的布局、走向与长度计算等。

(8) Quality Applications 质量控制方面的应用主要是设计验证、加工检查等。

(9) Data Exchange 数据交换提供了 UG 与其他 CAD/CAM 软件(如 Pro/Engineer、CATIA、IDEAS 和 AutoCAD 等软件)的数据交换接口。

(10) Special Applications 特殊应用主要是 UG 软件其他方面的应用,如快速成型技术和产品数据管理等。

2. Pro / Engineer

Pro / Engineer 是美国 PTC 公司(Parametric Technology Corporation)开发的新一代集计算机辅助设计、制造、工程分析于一体的大型软件。自 1988 年问世以来,十多年间已成为全世界及中国地区最普及的三维 CAD/CAM 系统。Pro / Engineer 是一个全方位的 3D 产品开发软件,它集合了零件设计、产品组合、模具开发、数控加工、钣金件设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构仿真、应力分析、产品数据库管理等功能于一体。其主要的特点是参数化设计,给设计和制造带来很大的灵活性。它提出了基于特征的实体造型技术和行为建模理论,将优化设计理论糅合到多变量参数化设计,实现了产品从概念设计、详细设计到制造的全过程自动化。由于 Pro / Engineer 软件具有强大的功能,因此备受用户的青睐。它发展迅速,版本不断更新,功能也不断完善。

3. CATIA

CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) 是法国达索公司开发的集 CAD/CAM/CAE 于一体的计算机辅助设计制造的系统软件。在汽车、航天、机械等行业也有较广泛应用。

4. IDEAS

IDEAS 是美国 SDRC (Structural Dynamics Research Corporation) 公司开发的集机械产品设计、制造、分析、测试和信息管理于一体的系统软件。具有很强的工程设计分析和测试能力,适用于机械、汽车、仪器、仪表和塑料制品行业的设计和制造。

5. MasterCAM

MasterCAM 是美国 CNC Software 公司开发的集计算机辅助设计和制造于一体的系统软件。它既能在 MasterCAM 的 CAD 模块上绘制二维和三维零件图形,又能在 MasterCAM 的 CAM 模块上,对被加工零件直接编制刀具路径和数控加工程序。它是目前在模具设计和数控加工中使用非常普遍,而且相当成功的软件。它主要应用于加工中心、数控铣床、数控车床、线切割、雕刻机等先进制造设备。由于 MasterCAM 软件的性能价格比较好,而且学习使用比较方便,因此容易被中小企业所接受。鉴于它的普遍性和实用性,目前该软件装机量居世界第一。

第三节 CAD/CAM 的硬件

计算机辅助制造的支撑环境总体上可分为软件和硬件两大方面,前面已对计算机辅助设计与制造软件作了较详细的介绍,下面对计算机辅助设计制造的硬件作一介绍。

计算机辅助设计制造的硬件主要由计算机、外部设备和带有通信接口的数控机床三大部分组成。

一、计算机

计算机按性能指标可分为巨型机、大型机、小型机、工作站、微机五大类。分类的主要性能指标有输入输出能力、信息处理能力(运算速度、字长位数)、硬件配置规模(内、外存储容量)、通信功能、多用户工作能力、运行环境要求等。由于微机发展迅速,价格便宜,现在个人微机的 CPU 芯片也可配到 Pentium IV,硬盘 120G,内存 512Mb,显卡 128Mb(支持高速三维动态图形),基本能够满足大多数计算机辅助制造软件的需求。而且目前大多数 CAD/CAM 软件都面向微机操作系统,一些原先只能在工作站上运行的软件,如今也能在微机上运行了。

二、外部设备

外部设备通常是由输入装置、输出装置、外存储器、计算机网络和其他外围设备组成。

(1) 输入装置 由键盘、鼠标、扫描仪等组成。键盘用于输入命令、文字和参数值,还可用于定位、定值、拾取等。鼠标主要用于定位、拾取,并通过选择菜单命令或对话框按钮来输入命令或其他信息。扫描仪可以将实物、图像、图形或文字的光信号变为电信号,以点阵图像的格式输入到计算机,以便进行各种处理。

(2) 输出装置 由显示器、打印机、绘图仪等组成。目前广泛使用的是光栅扫描式 CRT 显示器和液晶显示器。一般分辨率可配到 1024×768 以上。常用的打印机有针式、喷墨式和激光式等多种,喷墨打印机和激光打印机因其打印质量好、打印速度快而得到广泛应用。绘图仪主要用于绘制大型图纸,有平板式和滚筒式。

(3) 外存储器 常用外存储器有磁盘、磁带和光盘等。在计算机辅助设计和制造中,存储大容量的数据和图形是一个突出的问题。光盘和活动式硬盘磁条(可通过 USB 接口即插即用)因其存储容量大、可擦写、使用携带方便而普遍使用。

(4) 计算机网络 用通信线路和设备把分散在不同地理位置的计算机互相连接,按网络协议(TCP/IP)进行通信、资源共享。计算机网络有广域网或局域网,通过网络可实现远程

通信和异地制造。

(5) 其他外围设备 在计算机辅助设计和制造中,待加工零件来源有两种:一种是从无到有,是由设计师凭意念设计出来的,然后编程加工;另一种是一个现成的实物样品,需要精确测量来建立其几何模型,然后再加工。为了精确测量实物需要三坐标测量机或三维模具扫描机,它能将实物扫描数据转化为不同格式的三维数据文件,供 CAD/CAM 软件包调用处理,生成 CNC 加工程序,实现无纸化精密数控加工。目前市场上比较著名的产品有:英国雷尼绍(Renishaw)公司生产的模具激光扫描系统(Retroscan、Rescan200、Rescan350和高速扫描机 Cyclone)和罗兰(Roland)公司生产的三维模具扫描机(MDX-500/560)等。

三、数控机床

用于制造的数控机床设备很多,常规的有加工中心(具有丰富的刀具库,并能支持 2~5 轴数控加工)、数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床和数控冲床等;功能比较特殊的数控设备有线切割、电火花、雕刻机、激光成型加工机、电子贴装机和快速成型机等。总体来讲,计算机辅助设计和制造设备要满足精密加工和特种加工的需求。现代制造业的特点要求零件的设计与制造更趋于以下几个方面。

(1) 个性化 多品种小批量的变形设计与制造。

(2) 人性化 产品更符合人体工程学舒适、美观的要求,外形由流线型的自由曲线和曲面组成,给设计与制造提出了更难、更高的要求。

(3) 安全性和可靠性 现代制造设备为机电一体化集成产品,自动化程度高,具有高速、高效加工的特点,这对产品的安全性与可靠性提出了更高的要求。因此一般数控设备都带有故障诊断与报警保护模块,某些先进制造设备同时带有在线监测与故障诊断、保护模块。

(4) 人为设计与仿形设计并进 有些零件需要人为设计制造,而另一些则是按实样进行精确测量与仿制(如人工假肢、假牙或器官的制造),即所谓的逆向工程。

现代制造业的特点和趋势要求先进制造设备具有高度的集成化(机械、电气、液压、气动、数控等)、柔性化(模块化结构使加工设备能够一机多用,适应不同加工对象的柔性加工)和信息化(高档数控设备要能够接受和处理多方面的信息,如多种传感器的各类检测信息、控制信息和包含在 NC 程序里的零件几何信息与工艺信息等),集加工、检测、智能化控制于一身。

第二章 数控编程及加工工艺基础

第一节 数控编程基本知识

一、数控编程的方法

与普通机床不同,数控机床加工零件的过程完全自动地进行,加工过程中人工不能干预。因此,首先必须将所要加工零件的全部信息,包括工艺过程、刀具运行轨迹、工艺参数(主轴转速、进给量、切削深度)以及辅助动作(换刀、变速、冷却、夹紧、松开)等按加工顺序用数控代码和规定的程序格式正确地编制出数控程序,输入到数控装置,数控装置按程序要求控制数控机床,对零件进行加工。

在数控技术的发展过程中,研制出了许多编程方法。所谓数控编程,一般指包括零件图样分析、工艺分析与设计、图形数学处理、编写并输入程序清单、程序校验的全部工作。数控编程的方法有两种,即手工编程和自动编程。

1. 手工编程

编制零件加工程序的各个步骤中,从零件图纸分析、工艺处理、数学处理、编写程序单、输入程序到程序检验,均由人工完成,即完全用人工编制程序的过程,称为“手工编程”。

对于点位加工和几何形状不太复杂的零件,程序编制计算较简单,程序段不多,用手工编程即可实现。但对轮廓形状不是由简单的直线、圆弧组成的复杂零件,如由非圆曲线、列表曲线等组成的零件,特别是对于具有空间曲面的零件,以及几何元素虽然并不复杂,但程序量很大的零件,由于编制程序时计算繁琐,工作量大,容易出错,难校对,采用手工编程难以实现。据统计,采用手工编程时,一个复杂零件的编程时间与机床加工时间的比例,平均为 30:1。因此,为了缩短生成周期,提高数控机床的利用率,有效地解决各种模具及复杂零件的加工问题,应采取自动编程的方法。

2. 自动编程

使用计算机进行数控机床程序的编制工作,由计算机自动进行数值计算,编写零件加工程序单,自动输出打印并将加工程序制成控制介质,即数控机床编程的大部分工作或全部工作由计算机完成的过程,称为“自动编程”。自动编程代替程序编制人员完成了大量繁琐的数值计算工作,可将编程效率提高几十倍甚至上百倍,同时解决了手工编程难以解决的复杂零件的编程问题。

典型的自动编程有人机对话自动编程和图形交互自动编程。

在人机对话自动编程中,从工件的图形定义、刀具的选择、起刀点的确定、走刀路线的安排,到各种工艺指令的插入,都由计算机完成,最后得到所需的加工程序。图形交互自动编程通常以计算机辅助设计(CAD)为基础,利用CAD软件的图形编辑功能将零件的几何图形绘制到计算机上,然后调用数控编程和加工仿真模块,采用人机交互的方式在计算机屏幕上指定被加工的部位,输入加工参数,计算机便可自动进行数学处理并编写出数控加工程序,同时在计算机上进行仿真加工。本书将以大型的CAD/CAM软件UG为例,介绍UG软件的自动编程和仿真加工方法。