



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

数控编程与加工仿真

主 编 齐洪方 张胜利

副主编 桂 伟 包显龙

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

主 编	齐洪方	张胜利
副主编	桂 伟	包显龙
参 编	吴 娇	常 虹



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以 FANUC 系统为例,全面系统地介绍数控机床的编程及其操作,内容包括数控车床、数控铣床、加工中心及数控电火花线切割四部分内容。并对南京“斯沃仿真软件”、南京“宇航仿真软件”和上海宇龙“数控加工仿真系统”的使用进行了全面的介绍。全书以 15 个典型项目贯穿于教学的始终,用项目和任务进行新知识的引入。以项目为纽带,以任务为载体,将知识的系统性、完整性与实际需要相结合,把相关工艺知识、编程知识与实践相结合。让学生通过数控加工仿真系统在计算机屏幕上完成数控加工程序的输入输出、数控机床操作、工件加工、虚拟测量等数控加工的全过程,浅显易懂,深入浅出。

本书可作为本科、高职高专院校相关课程的教材,也可供工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工仿真/齐洪方,张胜利主编. —北京:北京理工大学出版社,2010.7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3515 - 0

I. ①数… II. ①齐… ②张… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 ②数控机床—加工—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 148076 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 18.25

字 数 / 422 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1~2000 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 36.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

近年来,我国高等教育的改革和发展实现了历史性的跨越,培养了大量人才,为我国经济的发展作出了巨大的贡献,但从 IMD 国际竞争力指标体系中的分析数据来看,我国企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才严重不足,这也热切地呼唤着高等院校培养出更多具备全面的知识、能力和综合素质,面向生产、建设、管理、服务第一线的高级应用型专门人才。教育部在 2003 年启动了本科教学评估工作,并在 2007 年提出了本科教育、教学“质量工程”,鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新,形成有利于多样化人才成长的培养体系,满足国家对社会紧缺的创新型人才和应用型人才的需要。

北京理工大学出版社组织知名专家、学者,以培养应用型人才为主题进行深入的研讨,规划出版了这套“面向‘十二五’高等教育课程改革项目研究成果”系列教材。着力于培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。

本套教材在规划过程中体现了如下基本原则和特点:

- 学科体系完整,课程间相互衔接紧密。

本套教材根据工程实践需要,按教学体系要求进行整合编排。包括了机电类专业的基础课、专业基础课和部分专业课。除了考虑单门课程自身体系的完整,兼顾不同课程间的衔接。

- 强调实用性和工程概念。

工程的概念体现在整套教材中,以工程实践要求为核心编写教材。

- 减少了部分理论推导方面的内容。

强调概念和应用,减少了部分理论推导。在实验环节强调创新型的实验,减少验证型的实验。

- 结合新技术和新工艺。

充分吸收新技术和新工艺的内容,反映国内外机械学科最新发展。

- 注重培养学生职业能力。加强学生对 Autocad、UG、Pro/E、Mastercam 等

软件进行设计和仿真的能力。

■ 提供教学包，可在北京理工大学出版社网站 www.bitpress.com.cn 下载。

本套教材既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律，又针对本科人才培养目标及与之相适应的教学特点，精心设计写作体例，科学安排知识内容，表达了一批教育工作者和出版人“精心打造精品，教材服务教育”的理念。

本套教材可作为高等教育应用型本科院校机电类相关专业的课程教学用书，也可以作为机电类技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

随着数控加工技术的飞速发展，社会对数控应用型人才的需求日益增长。许多大学、高职高专都开始开设数控相关专业课程和相关的实训课程。如何培养学生的编程能力和实际动手能力成为数控相关课程需要解决的问题。

本书着重介绍 FANUC 系统数控编程及其操作，内容包括数控车床、数控铣床、加工中心及数控电火花线切割的编程与操作四部分内容。以 15 个典型项目贯穿于教学的始终，用项目和任务进行新知识的引入。以项目为纽带，以任务为载体，将知识的系统性、完整性与实际需要相结合，将把相关工艺知识、编程知识与实践相结合。

本书还主要介绍了目前国内市场占有率较高的南京斯沃软件技术有限公司的“斯沃仿真软件”、南京宇航自动化技术研究所的“南京宇航仿真软件”和上海宇龙软件工程有限公司的“数控加工仿真系统”的安装和使用。并在机床使用上，对目前市场上的主流数控系统（FANUC 系统与华中数控系统）的车、铣床操作全过程进行了详细的介绍，让学生通过数控加工仿真系统在计算机屏幕上完成数控加工程序的输入输出、数控机床操作、工件加工、虚拟测量等数控加工的全过程，让学生学有所用、学以致用。

本书由武汉理工大学华夏学院齐洪方、湖北工业大学商贸学院张胜利担任主编。由湖北工业大学商贸学院桂伟、武汉理工大学华夏学院包显龙担任副主编。武汉理工大学华夏学院吴娇、武汉工业学院工商学院常虹参与编写。

本书虽然经反复推敲和校对，但因编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 数控机床简介	(1)
1.1 数控机床的基本知识	(1)
1.2 数控机床的基本组成	(3)
1.3 数控机床的分类及选用	(7)
1.4 数控技术和数控机床的发展	(12)
思考与练习	(14)
第2章 数控编程基础和工艺基础	(15)
2.1 数控加工程序的基本知识	(15)
2.2 数控机床的坐标轴和坐标系	(22)
2.3 数控编程中的数值计算	(27)
2.4 数控加工的工艺基础	(28)
思考与练习	(39)
第3章 数控车床操作与编程	(40)
3.1 数控车床概述	(40)
3.2 外圆柱/圆锥面数控加工程序的编制	(59)
3.3 外圆弧面的加工	(77)
3.4 螺纹加工	(86)
3.5 孔的加工	(95)
3.6 综合车削加工实例	(103)
思考与练习	(110)
第4章 数控铣床操作与编程	(113)
4.1 数控铣床概述	(113)
4.2 平面铣削	(132)
4.3 轮廓铣削	(138)
4.4 型腔铣削	(145)
4.5 孔加工	(153)
4.6 综合铣削加工实例	(173)
思考与练习	(177)

第5章 数控加工中心操作与编程	(180)
5.1 数控加工中心概述	(180)
5.2 数控加工中心加工工艺基础	(182)
5.3 数控加工中心编程指令	(184)
5.4 数控加工中心编程举例	(186)
思考与练习	(189)
第6章 数控电火花机床操作与编程	(191)
6.1 数控电火花加工机床知识	(191)
6.2 数控电火花成型机床操作与编程	(197)
6.3 数控电火花线切割机床操作与编程	(202)
思考与练习	(222)
第7章 常用数控系统与仿真软件的介绍	(224)
7.1 FANUC Oi 数控系统简介与基本操作	(224)
7.2 HNC-21 数控系统简介	(234)
7.3 斯沃数控仿真软件的使用介绍	(245)
7.4 宇航数控仿真软件的使用介绍	(254)
7.5 宇龙数控仿真软件的使用介绍	(263)
7.6 FANUC Oi 数控系统的对刀	(268)
7.7 HNC-21 数控系统对刀	(282)

第1章

数控机床简介

1.1 数控机床的基本知识

1.1.1 数控机床的基本概念

在人们的日常生活中以及工农业生产部门、科研单位和国防部门,使用着大量的各种各样的机器、仪器和工具。这些机器、仪器和工具大部分由一定形状和尺寸的金属零件所组成,金属零件从毛坯到合格的产品一般都需要经过机械加工,而在机械加工中要用到各种各样的机床,常用的是金属切削机床。

金属切削机床是用切削的方法将金属毛坯加工成机器零件的一种机器,它是制造机器的机器,称为“工作母机”或“工具机”,人们习惯上称为机床(Machine Tools)。常见的机床有车床、铣床、插床、刨床、磨床、钻床、镗床、拉床、切断机床、齿轮加工机床、螺纹加工机床和电加工机床等。随着科学技术的发展,美国人于1952年又发明了数字控制(Numerical Control)及数控机床(Numerical Control Machine Tools)。

数字控制是用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法,也是一种自动控制技术,简称数控(NC)。用计算机控制加工功能,实现数字控制,称为计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)。

数控机床是一个装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用代码或其他符号编码指令规定的程序。它是一种灵活、通用、能够适应产品频繁变化的柔性自动化的机床。数控机床是信息技术与机械制造技术相结合的产物,它代表了现代基础机械的技术水平与发展趋势。数控机床也是制造业实现生产现代化的重要手段,它的广泛应用将对产品质量、生产效率的提高,进而对社会生产力的提高起着巨大的推动作用。

1.1.2 数控机床的工作过程

数控机床在加工工艺与表面成形方法上与普通机床基本相同,但在实现自动控制的原理和方法上有很大的区别。数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。因此要先将与加工工件有关的信息,即工件与刀具相对运动轨迹的尺寸参数、切削用量以及各种辅助操作等加工信息,用规定的文字、数字和符号组成代码,按一定的格式编写成加工程序,然后将加工程序输入到数控装置。经过数控装置的处理、运算,按各坐标轴的移动分量送到各轴的驱动电路,经过转换、放大,用于伺服电动机的驱动,带动各轴运动,并进行反馈控制,使刀

具、工件以及其他辅助装置严格按程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地动作，从而加工出所需要的零件。

数控机床的工作过程如图 1-1 所示：

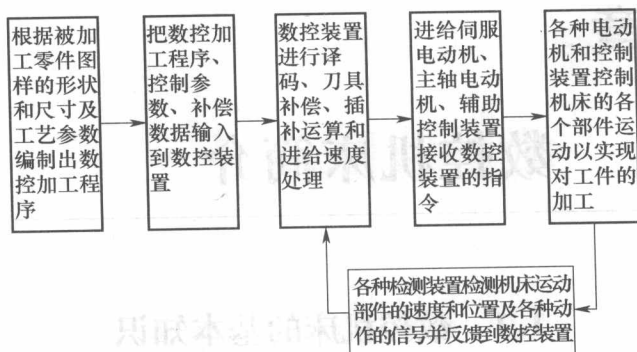


图 1-1 数控机床的工作过程

1.1.3 数控机床的特点

与普通机床相比，数控机床具有以下特点。

(1) 适应性强，适合加工单件或小批量复杂工件。数控机床能够加工很多普通机床难以加工、或者根本不可能加工的复杂型面的零件，例如螺旋桨。这是由于数控机床具有多坐标联动功能，刀具能够按空间曲线轨迹运动。因此，数控机床首先在航空航天等领域获得应用，在复杂曲面的模具、螺旋桨及涡轮叶片的加工中，也得到了广泛的应用。在数控机床上改变加工零件时，只需要改变相应的加工程序，就可以实现对新零件的加工，而不需要制造或更换许多工具和夹具，也不需要重新调整机床等。所以，数控机床特别适合单件、小批量及试制新产品的零件加工。

(2) 加工精度高，产品质量稳定。数控机床的传动件，特别是滚珠丝杆，制造精度很高，装配时消除了传动间隙，并采用了提高刚度的措施，因而传动精度很高。数控机床导轨采用滚动导轨或粘贴有摩擦系数很小且动、静摩擦系数很接近的以聚四氟乙烯为基体的合成材料，因而减小了摩擦阻力，消除了低速爬行。在闭环、半闭环伺服系统中，装有精度很高的位置检测元件，并随时把位置误差反馈给计算机，使之能够及时地进行误差校正，因而使数控机床获得很高的加工精度。另外，数控机床的加工过程完全是自动进行的，这就消除了操作者人为产生的误差，使同一批零件的尺寸一致性好，加工质量十分稳定。

(3) 生产率高。零件加工所需时间包括机动时间和辅助时间。数控机床能有效地减少这两部分时间。数控机床主轴转速和刀具进给速度的调速范围都比普通机床的范围大，机床刚性好，快速移动和停止采用了加速、减速措施，因而既能提高空行程运动速度，又能保证定位精度，有效地降低了机动时间。又由于数控机床定位精度高，停机检测次数减少，加工准备时间也因采用通用工夹具而缩短，因而降低了辅助时间。据统计，数控机床的生产率比普通机床高 2~3 倍，在加工某些复杂零件时，数控机床的生产率可提高十几倍或几十倍。

(4) 减轻劳动强度，改善劳动条件。数控机床主要是自动加工，能自动换刀、开/关切

削液、自动变速等,其大部分操作不需人工完成,因而改善了劳动条件。由于操作失误减少,也降低了废品率和次品率。

(5) 生产管理水平提高。在数控机床上加工,能准确地计算零件加工时间,加强了零件的计时性,便于实现生产计划调度,简化和减少了检验、工夹具准备、半成品调度等管理工作。数控机床具有的通信接口,可实现计算机之间的连接,组成工业局部网络(Local Area Network, LAN),采用制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol, MAP)规范,实现生产过程的计算机管理与控制。

任何事物都有二重性,数控机床也有缺点,主要有以下两方面。

(1) 价格昂贵。由于数控机床装备有高性能的数控系统、伺服系统和非常复杂的辅助控制装置,数控机床的价格一般比普通机床高一倍以上,因而制约了数控机床的大量使用。

(2) 对操作人员和维修人员的要求较高。数控机床操作人员不仅应具有一定的工艺知识,还应在数控机床的结构、工作原理以及程序编制方面进行过专门的技术理论培训 and 操作训练,掌握操作和编程技能,并能对数控加工中出现的各种应急情况做出正确的判断和处理。数控机床维修人员应有较丰富的理论知识和精湛的维修技术,并掌握相应的机、电、液专业知识,才能综合分析数控机床故障,判断故障点,实现高效维修,尽可能缩短故障停机时间。高级数控机床维修人员还应该掌握数控机床系统参数的输入和调整、机床精度的检测和补偿、可编程序控制器(Programmable Logic Controller, PLC)程序的编写和调试等知识。

数控机床适用于多品种中小批量生产和对形状比较复杂、精度要求较高的零件加工,也适用于对产品更新频繁、生产周期要求较短的零件加工。用数控机床可以组成自动化车间和自动化工厂(Factory Automation, FA),目前应用较多的是组成柔性自动生产线(Flexible Manufacturing Line, FML)、柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。

1.2 数控机床的基本组成

1.2.1 数控系统的组成简介

由于数控机床是运用数字控制技术控制的机床,它是随着电子元器件、电子计算机、传感技术、信息技术和自动控制技术的发展而发展起来的,是涉及到电子、机械、电气、液压、气动、光学等多种学科的综合技术产物。所以数控机床的结构非常复杂,各种类型的数控机床的结构也不相同。一般来说,数控机床是由计算机数控系统(CNC系统)、伺服系统、主传动系统、强电控制装置、辅助装置和机床本体等组成。下面结合国产的TH6363卧式加工中心简单介绍数控机床的组成部分。

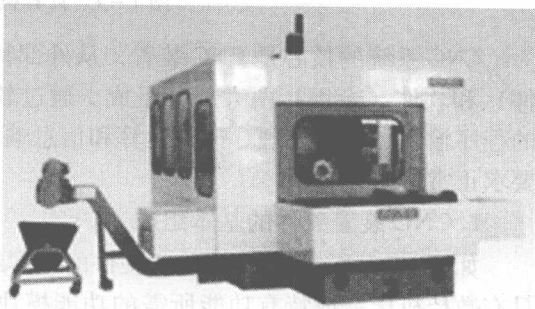


图1-2 TH6363 卧式加工中心

图 1-3 所示为 TH6363 卧式加工中心的组成框图。

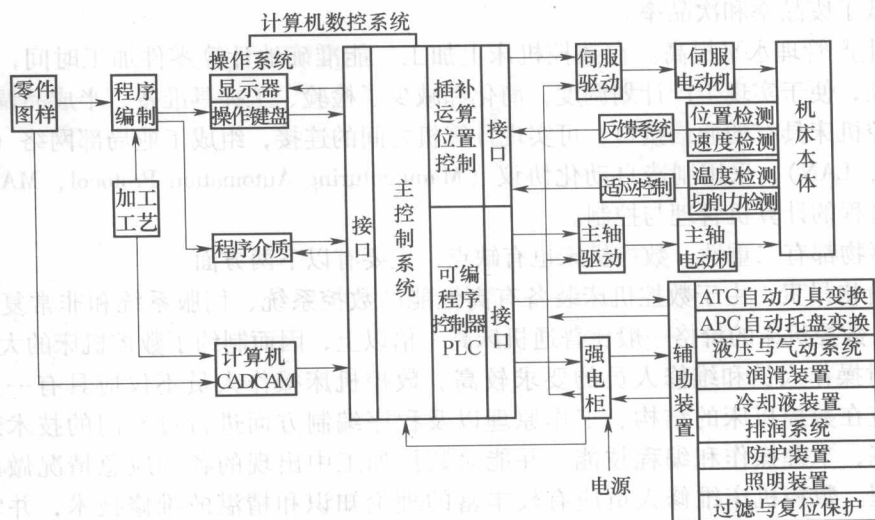


图 1-3 TH6363 卧式加工中心的组成框图

1.2.2 计算机数控系统的基本组成及功能

计算机数控系统（CNC 系统）是机床实现自动加工的核心。它主要由计算机数控装置、数控加工程序输入/输出装置、主轴驱动系统、伺服单元及驱动装置、可编程序控制器（PLC）及电气逻辑控制装置、辅助装置、测量装置等组成。图 1-4 是计算机数控系统的组成框图。

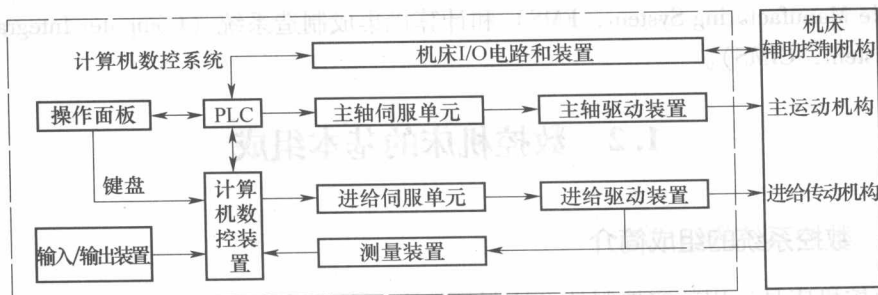


图 1-4 计算机数控系统的组成框图

CNC 系统的核心是 CNC 装置，从外部特征看，CNC 装置是由硬件（通用硬件和专用硬件）和软件（专用）两大部分组成。通过软件和硬件的配合，合理地组合、管理数控系统的程序输入、数据处理、插补运算和信息输出，控制执行部件，使数控机床按照操作人员的要求正常地工作。

1. CNC 装置硬件的基本组成

如图 1-5 所示为 CNC 装置硬件的基本组成。它既具有一般微型计算机的基本结构，又具有数控机床完成特有功能所需的功能模块和接口单元。从图中可以看出，CNC 装置主要由中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口、键盘/显示器接口、位置控制接口及其他

接口电路等组成。

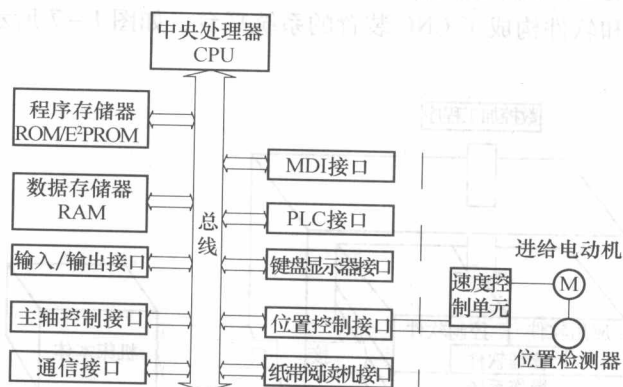


图 1-5 CNC 装置硬件的基本组成

中央处理器（CPU）实施对数控装置的运算和管理；存储器用于存储系统软件（控制软件）和零件加工程序，并存储运算的中间结果以及处理后的结果，它一般包括存放系统程序的 ROM（只读存储器）或 E²PROM（电子式可清除程序化只读存储器）和存放用户程序、中间数据的 RAM（随机存储器）两部分；输入/输出接口用来在数控装置和外部对象之间交换信息；键盘/显示器接口完成手动数据输入并将信息显示在显示器上；位置控制接口是 CNC 装置的一个重要组成部分，它包括对主轴驱动的控制和对进给坐标轴的控制，用于完成速度控制和位置控制。

2. CNC 装置软件的基本功能

在上述硬件基础上，必须为 CNC 装置编写相应的系统软件，用于指挥和协调硬件的工作。从本质特征来看，CNC 装置系统软件是具有实时性和多任务性的专用操作系统；从功能特征来看，该操作系统由 CNC 管理软件和 CNC 控制软件两部分组成，如图 1-6 所示。管理软件主要为某个系统建立一个软件环境，协调各软件模块之间的关系，并处理一些实时性不太强的事件，如 I/O（输入/输出）处理程序、显示程序和诊断程序等。控制软件主要完成系统中一些实时性要求较高的关键控制功能，包括译码程序、刀具补偿计算程序、速度控制程序、插补运算程序、位置控制程序和主轴控制程序等。

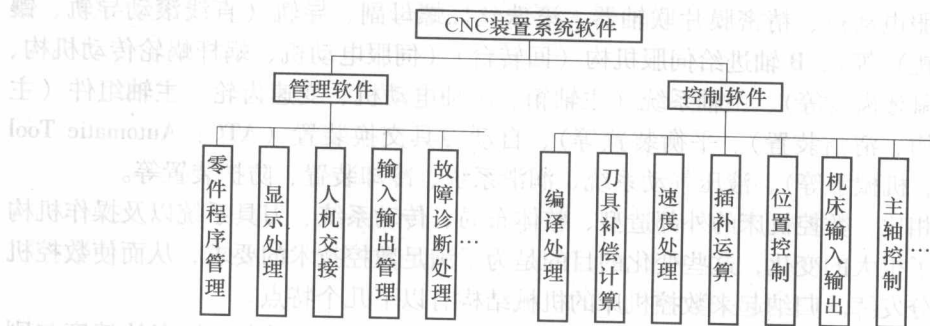


图 1-6 CNC 装置系统软件的组成

3. CNC 装置硬件、软件的相互关系

CNC 装置的系统软件在系统硬件的支持下，合理地组织、管理整个系统的各项工作，

实现各种数控功能,使数控机床按照操作人员的要求,有条不紊地进行加工。

CNC 装置的硬件和软件构成了 CNC 装置的系统平台,如图 1-7 所示。该平台有以下方面的作用:

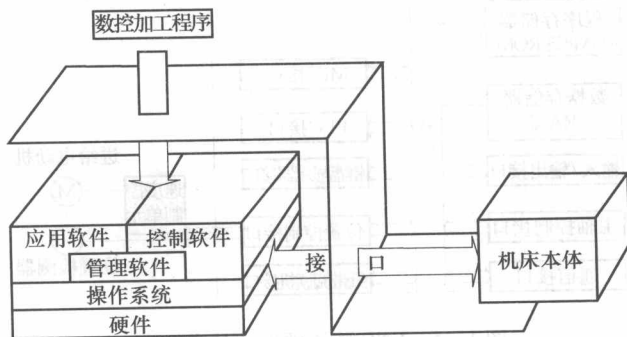


图 1-7 CNC 装置的系统平台

- (1) 该平台提供 CNC 装置的必备功能;
- (2) 在该平台上可以根据用户的要求进行功能设计和开发。

CNC 装置系统平台的构筑方式就是 CNC 装置的体系结构。体系结构为系统的分析、设计和建构提供框架。

4. CNC 装置的功能

CNC 装置的功能是指满足用户操作和机床控制要求的方法和手段,包括基本功能和选择功能。基本功能是数控系统必备的功能,选择功能是用户根据实际要求选择的功能。CNC 装置的主要功能有:控制功能、准备功能、固定循环加工功能、插补功能、进给功能、主轴功能、辅助功能、刀具管理功能、补偿功能、人机对话及显示功能、自诊断功能、通信功能等。

1.2.3 数控机床的机械结构及特点

TH6363 卧式加工中心的机械部分包括:自动托盘交换装置 (Automatic Pallet Changer, APC) (交换台部件) (托盘、拖链等)、支撑部件 (前床身、后床身、立柱等)、XYZ 轴进给伺服机构 (伺服电动机、精密膜片联轴器、滚珠丝杠螺母副、导轨 (直线滚动导轨、镶钢导轨、贴塑导轨) 等)、B 轴进给伺服机构 (回转台) (伺服电动机、蜗杆蜗轮传动机构、升降机构、定位鼠牙齿盘等)、主轴系统 (主轴箱、主轴电动机、变速齿轮、主轴组件 (主轴、拉刀松刀机构、清洁装置)、平衡装置等)、自动刀具交换装置 (ATC: Automatic Tool Changer) (刀库、机械手等)、液压气动系统、润滑系统、冷却装置、防护装置等。

与普通机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统、刀具系统以及操作机构等方面都已发生了很大的变化,这些变化的目的是为了满足不同数控技术的要求,从而使数控机床的特点得以充分发挥。归纳起来数控机床的机械结构有以下几个特点。

- (1) 采用高性能主动传动及主轴部件,具有传递功率大、调速范围宽、较高的精度与刚度、传动平稳、噪音低、抗振性好及热稳定好等优点。
- (2) 进给传动采用高效传动件,具有传递链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨副等。

(3) 有较完善的刀具自动交换和管理系统。工件在加工中心类机床上一次装夹后,能自动地完成或者接近完成工件各面的加工工序。

(4) 有工件自动交换、工件夹紧与放松机构。如在加工中心类机床上采用工作台自动交换机构。

(5) 床身机架具有很高的动、静刚度。

(6) 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工的,为了操作安全等,一般采用移门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部位进行全封闭。

1.3 数控机床的分类及选用

1.3.1 按工艺用途分类

数控机床发展至今,几乎所有的机床种类都向着数控化的方向发展。

1. 机械加工类数控机床

为了不同的工艺需要,与传统的通用机床一样,数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。而且每一类又有很多品种,例如,数控铣床就有立铣、卧铣、工具铣及龙门铣等。这类机床的工艺性能与通用机床相似,所不同的是它能自动加工精度更高、形状更复杂的零件。

2. 塑性加工类数控机床

常见的塑性加工类数控机床有数控冲床、数控压力机、数控弯管机、数控裁剪机等。

3. 特种加工类数控机床

特种加工类数控机床包括数控电火花成形机床、数控电火花线切割机床、数控等离子弧切割机床、数控激光加工机床、数控火焰切割机床、数控电焊机等。

4. 非加工设备中的数控设备

近年来在非加工设备中也大量采用数控技术,如自动绘图机、装配机、多坐标测量机、工业机器人等。

5. 数控加工中心

数控机床中还有一种非常重要的类型——加工中心 (Machining Center, MC)。它突破了传统机床只能进行一种工艺加工的概念,带有刀库、自动换刀装置及回转工作台。零件在一次装夹后,便可进行铣、镗、钻、扩、铰、攻螺纹等多种工艺及多道工序加工。这不仅提高了加工生产率和自动化程度,而且还避免了多次装夹造成的定位误差,提高了零件的加工质量。

1.3.2 按控制的运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

这类机床主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床、三坐标测量机等。点位控制的数控机床用于加工平面内的孔系,它控制在加工平面内的两个坐标轴(一个坐标轴就是一个方向的进给运动)带动刀具与工件作相对运动,从一个坐标位置(坐标点)快速移动到下一个坐标位置,然后控制第三个坐标轴进行钻、镗切削加工。这类机床要求坐标位置有较高的定

位精度。为了提高生产效率,先用机床设定的最高进给速度进行定位运动,在接近定位点前分级或连续降速,最后以低速趋近终点,这种运动方式能减少运动部件的惯性过冲和由此引起的定位误差。在定位移动过程中不进行切削加工,因此,对运动轨迹没有任何要求。图1-8是点位控制加工示意图。

2. 点位直线控制数控机床

这类机床的特点是除了要求控制点与点之间的位置准确外,还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹,但其轨迹是与机床坐标轴平行的直线。在移动过程中,刀具能以指定的进给速度进行切削,一般只能加工矩形、台阶形零件。这类机床主要有简易数控车床、数控磨床等,其数控装置的控制功能比点位控制系统复杂,不仅要控制直线运动轨迹,还要控制进给速度及自动循环加工等功能。一般情况下,这类机床有2~3个可控轴,但同一时间只能控制一个坐标轴。图1-9是点位直线控制加工示意图。

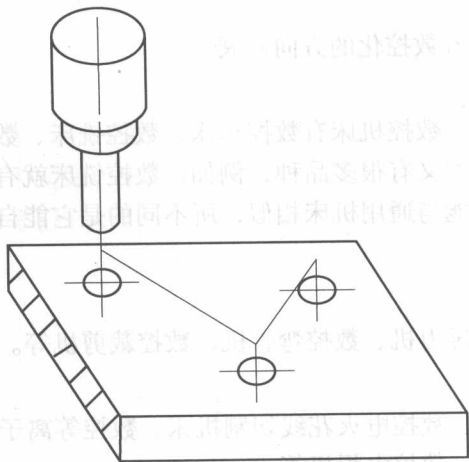


图1-8 点位控制加工示意图

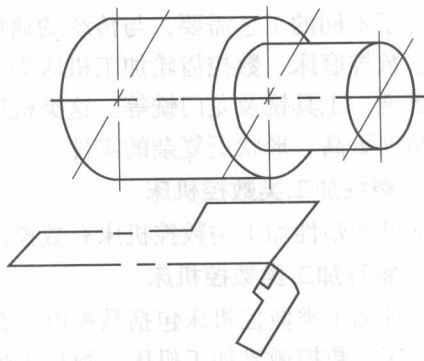


图1-9 点位直线控制加工示意图

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制的特点是能够对两个或两个以上坐标轴的位移和速度同时进行连续控制,以加工出任意斜率的直线、平面圆弧或任意平面的曲线(如抛物线、阿基米德螺旋线等)或曲面。为了满足刀具沿工件轮廓的相对运动轨迹符合工件加工轮廓的表面要求,必须将各坐标运动的位移控制和速度控制按照规定的比例关系精确地协调起来。因此,在这类控制方式中,就要求数控装置具有插补运算的功能,即根据程序输入的基本数据(如直线的终点坐标、圆弧的终点坐标和圆心坐标或半径),通过数控装置内插补运算器的数学处理,把直线或曲线的形状描述出来,并一边运算,一边根据计算结果向各坐标轴控制器分配脉冲,从而控制各坐标轴的联动位移量与所要求的轮廓相符合。这类机床主要有数控车床、数控铣床、数控电火花线切割机床、加工中心等。按所控制的联动坐标轴数,轮廓控制数控机床又可分为以下几种形式。

(1) 两轴联动。两轴联动主要用于数控车床加工曲线螺旋面或数控铣床等加工曲线柱面,如图1-10所示为X、Y轴联动加工等深的凹槽。

(2) 两轴半联动。两轴半联动即以X、Y、Z三轴中任意两轴作插补运动,第三轴作周期性进给,采用球头铣刀用“行切法”进行加工。如图1-11所示,在Y轴方向分为若干

段,球头铣刀沿 XOZ 平面的曲线进行插补加工,当一段加工完后进给 ΔY ,再加工另一相邻曲线,如此依次用平面曲线来逼近整个曲面。

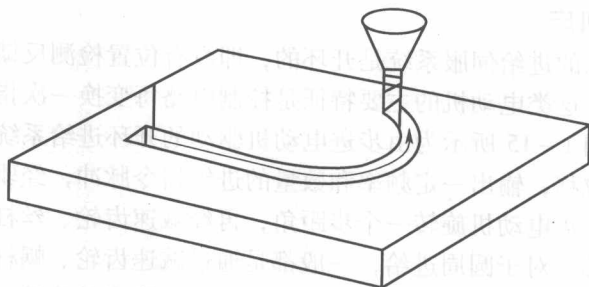


图 1-10 两轴联动加工等深的凹槽

(3) 三轴联动。图 1-12 所示为 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动,用球头铣刀铣切三维空间曲面。

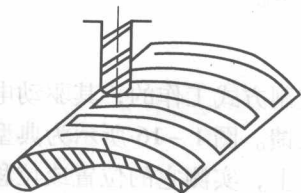


图 1-11 两轴半联动用平面曲线逼近曲面的加工

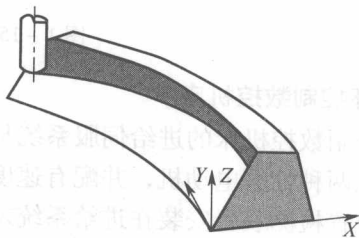


图 1-12 三轴联动加工三维空间曲面

(4) 四轴联动。四轴联动的数控机床同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动。图 1-13 所示为同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与一个工作台回转轴(A 轴)联动的数控机床,用圆柱铣刀周边铣削方式加工飞机大梁的直纹扭曲面。

(5) 五轴联动。五轴联动的数控机床除了控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动外,还同时控制围绕 X 、 Z 坐标轴旋转的 A 、 C 坐标轴,即形成同时控制五个轴的联动。如图 1-14 所示为用铣刀加工叶片。五轴联动的数控机床是功能最全、控制最复杂的一种数控机床。

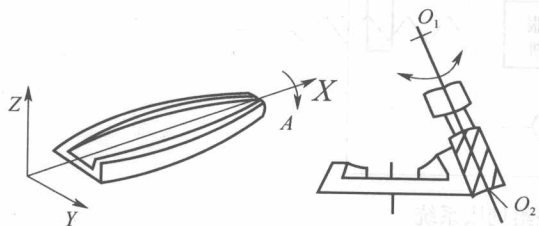


图 1-13 飞机大梁直纹扭曲面的加工

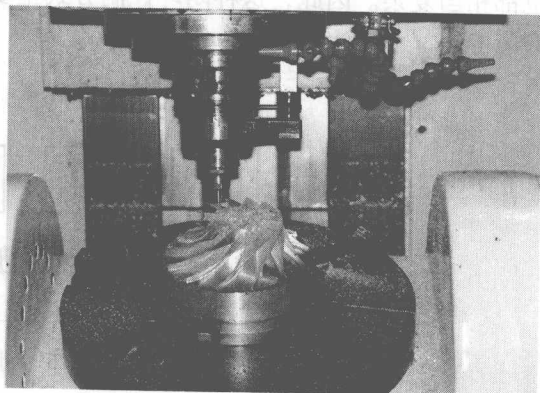


图 1-14 五轴联动加工叶片