



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

数控专业学习指南

SHUKONGZHUANYE
XUEXIZHINAN

张超英 编



中央广播电视大学出版社

Central Radio & TV University Press

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

数控专业学习指南

张超英 编

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控专业学习指南 / 张超英编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2006. 8

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

ISBN 7-304-03644-3

I. 数… II. 张… III. 数控机床—电视大学—教学参考资料 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 093803 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

数控专业学习指南

张超英 编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-58840200

总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 申 敏

印刷: 北京集惠印刷有限责任公司

印数: 2501~7500

版本: 2006 年 8 月第 1 版

2006 年 9 月第 2 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 2.75 字数: 63 千字

书号: ISBN 7-304-03644-3/TP·299

定价: 7.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

数控技术专业教学资源建设咨询委员会

顾 问：于云秀 郝广发 严 冰

主 任：李林曙 孙长庆

成 员：(以姓氏笔画为序)

王 军	方院生	刘春佳	任 岩	冯雪飞
任庆国	何阳春	关德章	杜纯梓	吴炳岳
沈炳生	李长江	李 涛	季连海	周延军
陈 昊				

数控技术专业教学资源建设委员会

主 任：陶水龙 刘亚琴

副主任：张超英 杨 琳 郭 鸿 章振周

宁 晨 王兆山 李西平

成 员：(以姓氏笔画为序)

石 亮	田 虢	冯小平	孙海维	齐 宏
谷 良	杨海东	何勇军	冼健生	洪晓锋
高鸿庭	栾振涛	梁柳青	崔虹雯	郭士义
舒大松				

目 录

1	数控技术与数控机床的基本知识	(1)
1.1	数控加工的概念	(1)
1.2	数控机床的组成	(2)
1.3	数控机床的分类	(10)
1.4	数控机床的加工对象	(17)
1.5	数控加工中的关键技术	(21)
2	数控技术的现状与发展趋势	(26)
2.1	数控技术的发展历程	(26)
2.2	中国数控技术的发展现状	(27)
2.3	数控技术的发展趋势	(30)
3	数控技术在国民经济中的地位和作用	(32)
4	数控技术应用型人才需求	(33)
4.1	数控应用型人才类型	(33)
4.2	社会对数控人才的需求	(34)
5	数控技术专业的概况	(35)
5.1	培养目标	(35)
5.2	培养规格	(35)
5.3	适应岗位	(36)
5.4	本专业的特色	(36)
5.5	本专业的课程体系	(36)
5.6	主要课程简介	(37)
6	结 语	(39)
	参考文献	(40)

1 数控技术与数控机床的基本知识

1.1 数控加工的概念

1. 数控加工的过程

数控加工就是利用数控机床对机械零件进行加工。数控加工的过程如图 1-1 所示，主要步骤和内容如下。

(1) 零件的工艺分析。根据零件加工图样进行工艺分析，选择所使用的数控机床，确定加工方案、加工内容、加工顺序、工艺参数和相关数据。

(2) 编写零件的加工程序。用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单；或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作，直接生成零件的加工程序文件。

(3) 程序的输入或传输。由手工编写的程序，可以通过数控机床的操作面板输入程序；由编程软件生成的程序，通过计算机的串行通讯接口直接传输到数控机床的数控单元 (MCU)。

(4) 将输入/传输到数控单元的加工程序，进行试运行、刀具路径模拟等。

(5) 通过对机床的正确操作，运行程序，完成零件的加工。

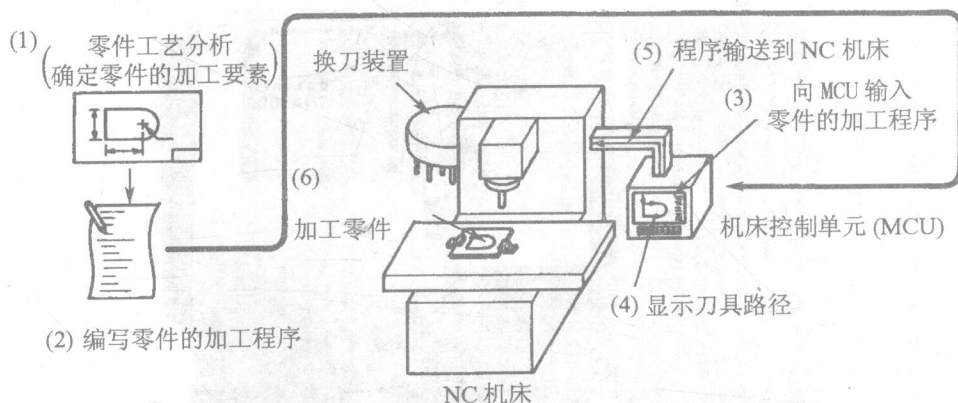


图 1-1 数控加工的过程

2. 数控加工的核心内容

从数控加工的过程不难看出，数控加工主要包括加工准备和操作加工两大部分。加工准

备包含零件的工艺分析与设计、编写零件的加工程序两项工作，即工艺分析与编程技术。加工操作包括零件的装卡、定位、找正与夹紧，操作数控机床，执行加工程序，完成对零件的加工。因此，数控加工是以数控加工工艺分析、编程技术、数控机床的操作为核心内容。工艺分析是数控加工的基础，编程技术是数控加工的纽带，机床操作是技能的体现。

1.2 数控机床的组成

1. 数控机床的基本组成

数控机床是一个精密的机电一体化产品。它是一个由精密机械部件（如滚珠丝杠、高精度导轨、精密轴承、主轴）和复杂电气部件（如数控系统、驱动装置和伺服电机以及精密测量系统）构成的一个完整的产品。系统组成框图如图 1-2 所示。

图 1-3 ~ 图 1-6 为典型的数控机床。

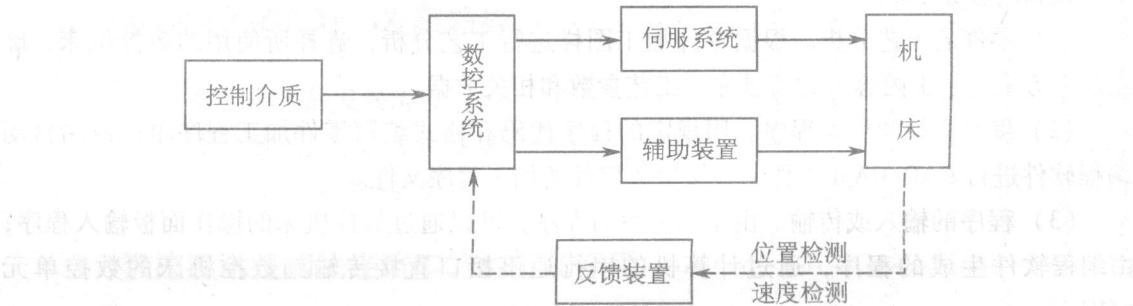


图 1-2 控机床的系统组成框图

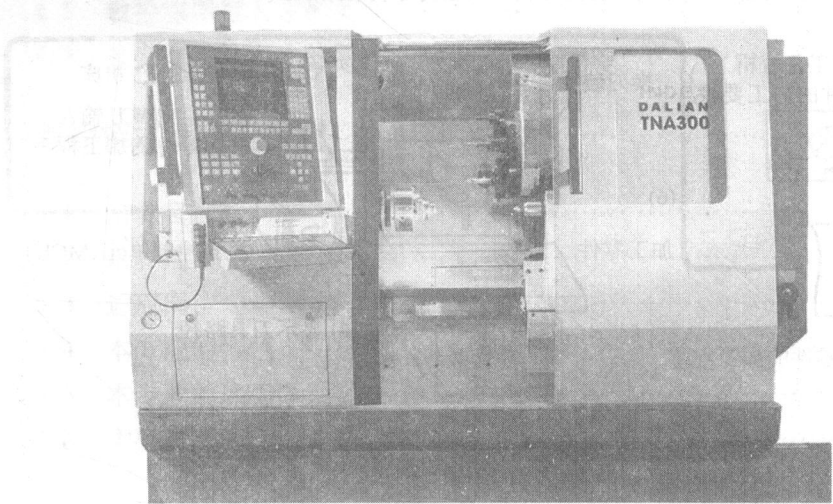


图 1-3 数控车床

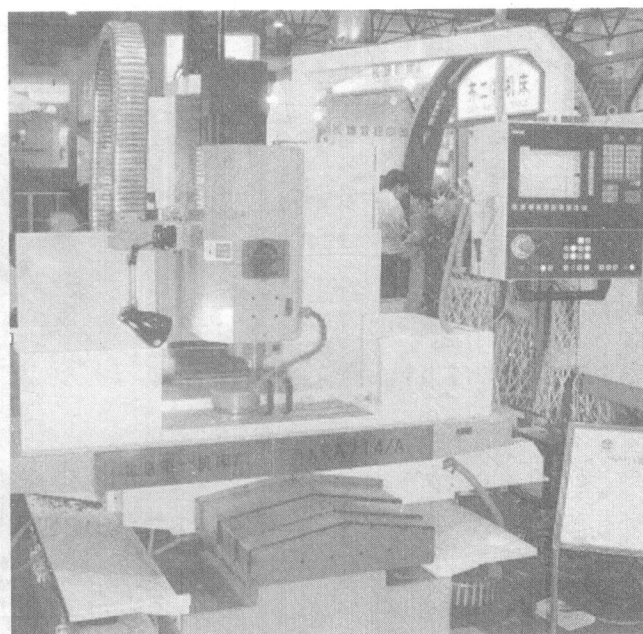


图 1-4 数控铣床



图 1-5 加工中心

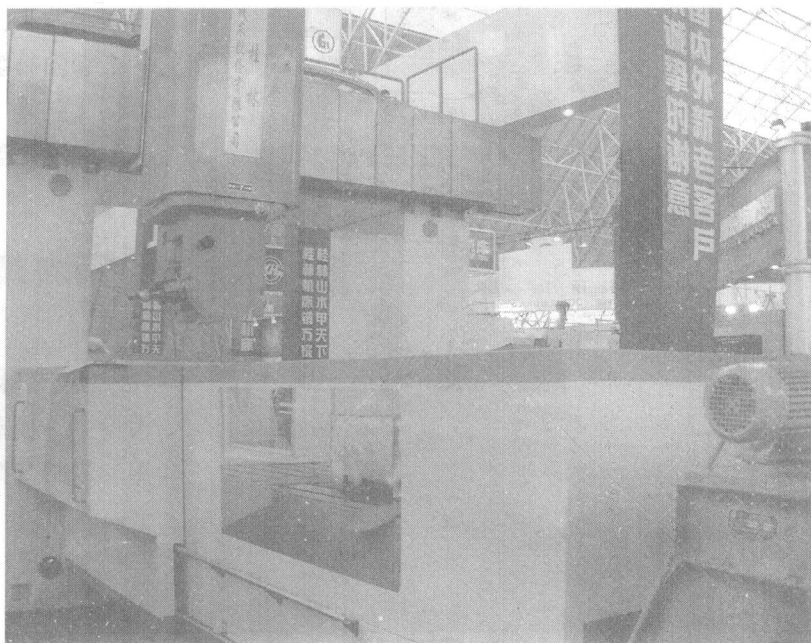


图 1-6 龙门式五轴加工中心

2. 数控机床各部分的功能

(1) 机械结构

为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点,数控机床的机械结构与传统的普通机床相比,具有以下几个方面的变化:①采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗震性好及热变形小等优点。②进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。③具有完善的刀具自动交换和管理系统。④在加工中心上一般具有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。⑤机床本身具有很高的动、静刚度。⑥采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工,故为了操作安全等,一般采用移动门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部件进行全封闭。

1) 主轴

主轴是产生主切削运动的动力源,主轴不仅要在高速旋转的情况下承载切削时传递的主轴电机的动力,而且还要保持非常高的精度。主轴是一台数控机床中最关键的部件,主轴的技术指标也决定了机床的技术水平。主轴在结构上分为机械主轴和电主轴。机械主轴由刀具的装卡机构、轴承、主轴冷却系统以及配套的主轴电机、测量部件及驱动装置等构成。有的主轴还配备了液压或气动的换挡机构。电主轴的特点是主轴电机被集成到主轴的机械部件中,构成一个整体结构的主轴系统。

数控车床主轴的作用是带动工件旋转,而数控铣床与加工中心的主轴用于带动刀具旋转。图 1-7 为主轴电机,图 1-8 为电主轴的结构。

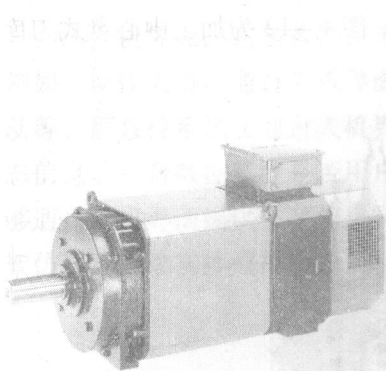


图 1-7 主轴电机

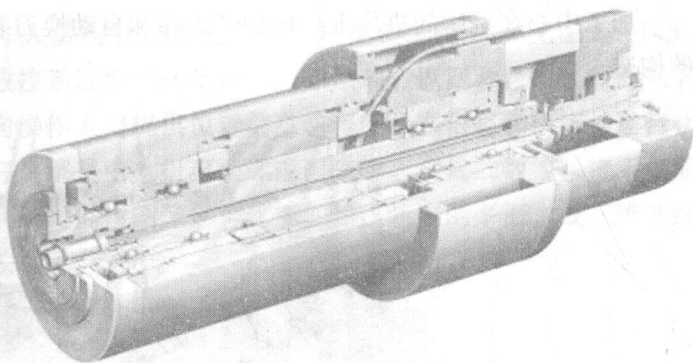


图 1-8 电主轴结构

2) 进给机构

数控车床的进给机构用于驱动刀架运动，而铣床的进给机构用于驱动工作台的运动。数控机床的进给机构中，采用滚珠丝杠螺母副将旋转运动与直线运动相互转换。滚珠丝杠螺母副是一种在丝杠和螺母间装有滚珠作为中间元件的丝杠副，如图 1-9 所示。

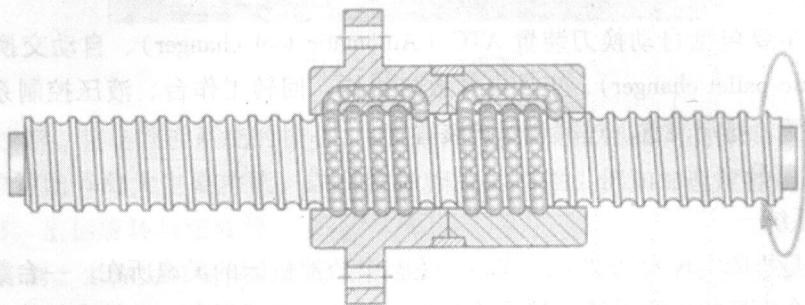


图 1-9 滚珠丝杠的构造

3) 刀架与刀库

刀架是数控车床自动换刀的机构，是车床上的一个重要的部件。刀架有回转式简易刀架、转塔式刀架等形式，如图 1-10 和图 1-11 所示。

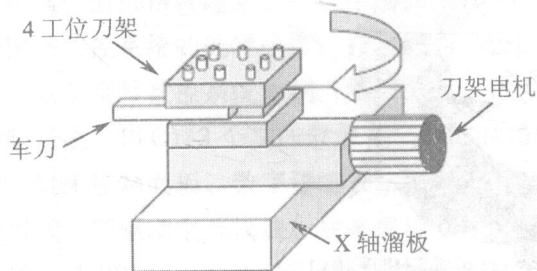


图 1-10 数控车床的简易刀架结构

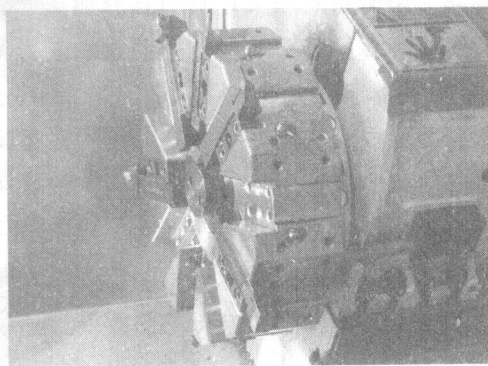


图 1-11 数控车床的转塔式刀架

加工中心在铣床的机床上，增加了刀库和自动换刀装置。图 1-12 为加工中心盘式刀库的构造。

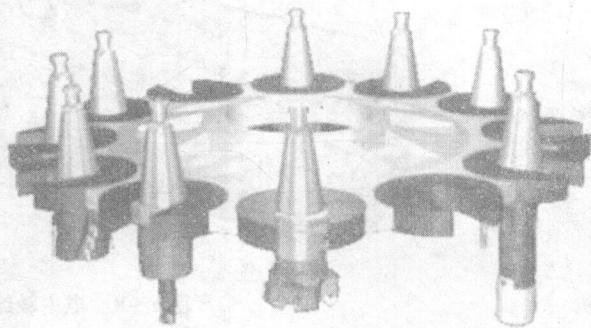


图 1-12 加工中心盘式刀库的构造

4) 导轨

数控机床上的导轨起支承和导向的作用。导轨在很大程度上决定数控机床的刚度、精度与精度保持性。目前，数控机床上的导轨形式主要有滑动导轨、滚动导轨和静压导轨等。

5) 其他辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC (Automatic tool changer)、自动交换工作台机构 APC (Automatic pallet changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

(2) 电气部分

1) 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心，是整个数控机床的灵魂所在。一台数控机床由数控系统控制各个坐标的伺服系统，带动传动系统运动，实现复杂、高精度的轨迹运动，完成零件的加工。今天的数控机床已全部采用了以微处理器为硬件核心的数控系统。

一台数控系统通常由人机界面、数字控制以及机床逻辑控制这 3 个相互依存的功能部件构成，见图 1-13。

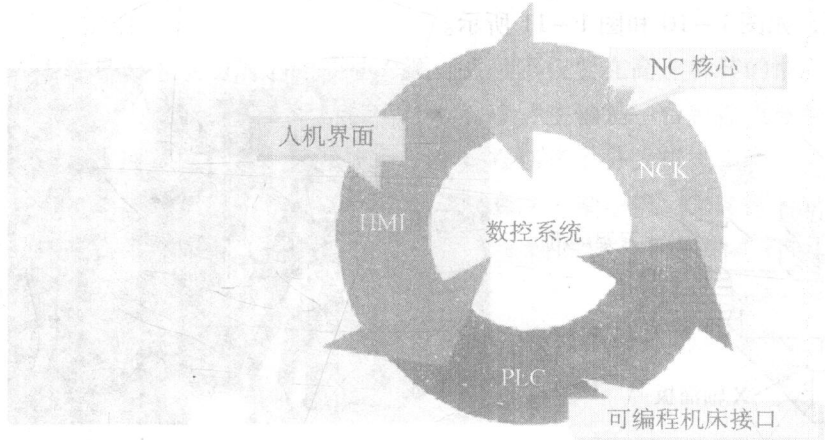


图 1-13 数控系统的基本组成

① 人机界面。它是数控机床操作人员与数控系统进行信息交换的窗口（见图 1-14）。例如，操作人员可通过人机界面向数控系统发出运动指令，如点动、返回参考点、冷却泵启动等，而数控系统又通过人机界面向操作人员提供位置信息、程序状态信息和机床的运行状态信息。一台数控系统是否用户友好，都是由人机界面体现出来的。现代的数控系统不仅能够通过人机界面提供文字信息，而且还可提供图像信息，例如加工轨迹的平面，或三维的线架仿真、三维实体模拟，以及图形编程等。

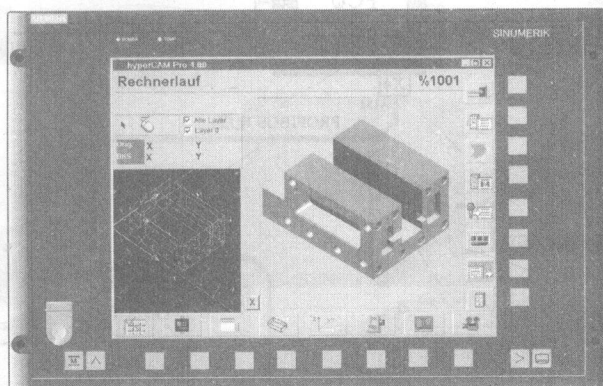


图 1-14 人机界面

② 数字控制。它是数控系统的核心，是一台数控系统控制品质的体现。数字控制包括轨迹运算和位置调节两大主要功能，以及各种相关的控制，例如加速度控制、刀具参数补偿、零点偏移、坐标旋转与缩放等。

③ 逻辑控制。也称为可编程机床接口或 PLC，用来完成机床的逻辑控制，例如主轴换挡控制，液压系统控制，车床的自动刀架、铣床的刀库、换刀机械手的控制等。

数控系统的这 3 个基本构成相互依存、配合默契，共同完成数控机床的控制功能。这 3 个功能部件是数控机床能可靠、准确、高度地加工出高精度、高表面质量的零件的基本保证。

④ 硬件结构。一台数控系统的硬件由数字控制装置和驱动控制装置两部分组成。数字控制部分通常采用一个或多个微处理器来完成上述 3 个基本功能。驱动部分由一个微处理器，或多个微处理器对一个或多个坐标轴的速度环和电流环进行调节，以保证快速、准确地完成由数控装置发出的位置命令。总之，数控系统采用的微处理器越多，其运算和处理能力就越强，但价格就越高。对机床的使用者来说，数控系统采用了多少个微处理器并不重要，关键是数控系统的处理速度、控制能力是否能够满足加工的速度、精度和表面质量的要求。

以某型号数控系统为例。数控单元（PCU）中集成了人机界面、数控运算和可编程逻辑控制系统（PLC）3 个功能软件，采用实时操作系统控制。与之配套的有数控编程键盘、手轮、机床控制面板、数字量输入输出模块以及数字式伺服驱动系统。其中驱动系统又由 3 部分组成，即驱动电源模块、功率模块和速度环控制模块。数控系统与伺服驱动系统之间采用现场总线 PROFIBUS 连接，构成位置的闭环控制。

从数控系统的部件连接图 1-15，可以看出，数控单元是整个系统的核心，相当于人的

大脑。操作人员可以通过键盘、机床控制面板、通讯接口，向数控系统发出控制指令或加工零件程序。数控系统经过复杂的计算和处理，通过作为神经中枢的现场总线，向数字量输入输出模块发出逻辑控制指令，向伺服驱动器发出速度、位置以及轨迹控制指令。伺服驱动器控制伺服电机完成操作人员发出的加工程序和控制指令。

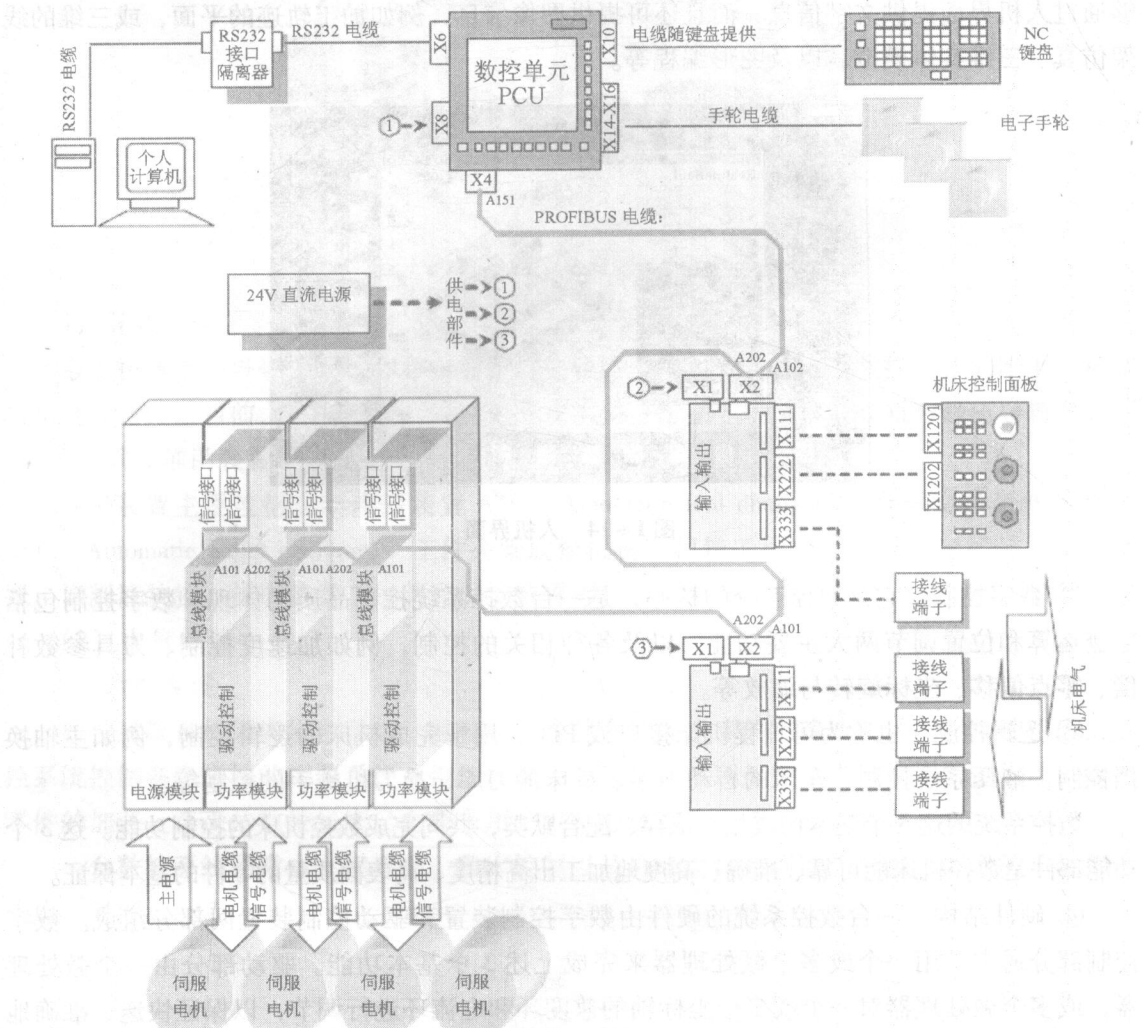


图 1-15 数控系统的硬件构成

2) 伺服机构

伺服电机是数控机床驱动坐标运动的执行部件。伺服驱动系统是控制伺服电机驱动数控机床的传动系统。因此驱动系统也是数控机床性能的保证。伺服电机不仅具有恒定输出转矩的特性，即在额定转速范围内可输出恒定的转矩，而且电机还具有非常强的过载能力。

常见的进给伺服电机有步进电机、直流伺服、交流伺服和直线电机 4 种。

① 步进电机。其特点是结构简单，精度低，主要用于经济型数控机床。

② 直流伺服。由于引入 AC/DC 变换装置、机械换向装置，故其成本高，故障多，维修

困难，主要用于全功能数控机床上。

③ 交流伺服。交流伺服目前已占据机床进给伺服的主导地位。随着矢量控制方法的实用化，交流伺服系统具有良好的特性，具有宽调速范围、高稳速精度、快速动态响应等技术性能。

④ 直线电机。其最大特点是取消了电机到工作台的一切中间传动环节，即进给系统缩短了传动链，实现了“零”传动，并具有低惯量特点，是实现高速度、具有发展前景的伺服电机。

图 1-16 所示为典型的交流伺服电机。图 1-17 所示为直线电机。

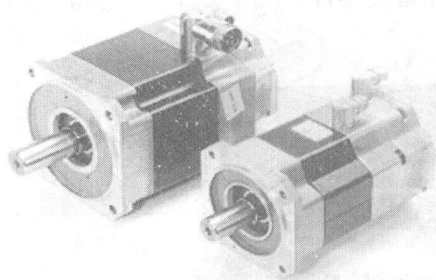


图 1-16 交流伺服电机

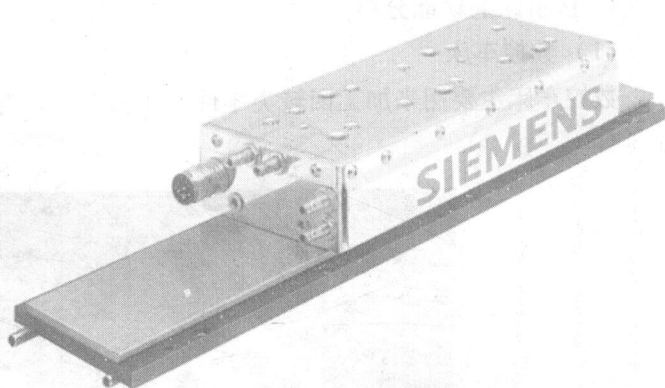


图 1-17 直线电机

高档数控机床还具有测量与反馈装置。用于数控机床的检测装置主要有光栅尺和脉冲编码器两种，如图 1-18 所示。



图 1-18 数控机床的典型检测元件

除此之外，数控机床还有强电控制，主要由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成。它与一般普通机床的电气类似，但为了提高对

弱电控制系统的抗干扰性，要求各类频繁启动或切换的电动机、接触器等电磁感应器件中均必须并接 RC 阻容吸收器，对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

1.3 数控机床的分类

数控机床的品种规格很多，分类方法也各不相同。一般可根据功能和结构，按下面 4 种原则进行分类。

1. 按机床的功能分类

(1) 数控车床

数控车床主要用来加工回转类零件，如轴类、盘类和套类零件。图 1-19 所示为典型车削零件。

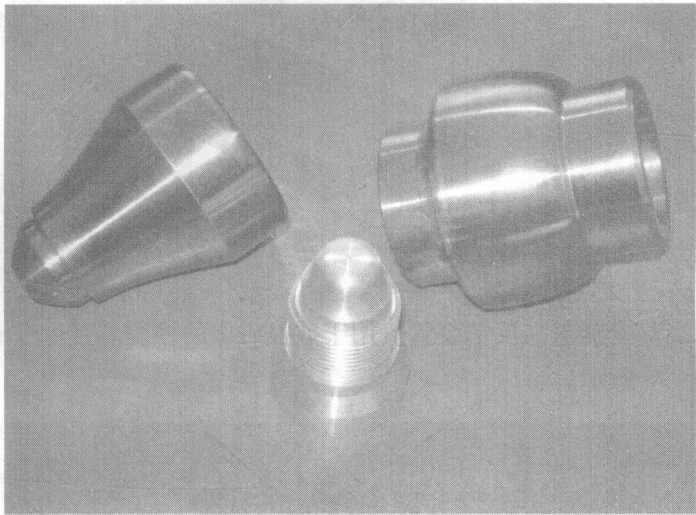


图 1-19 典型的车削加工零件

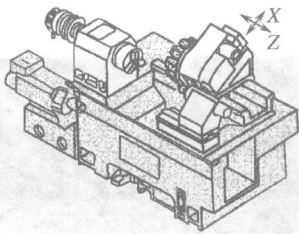
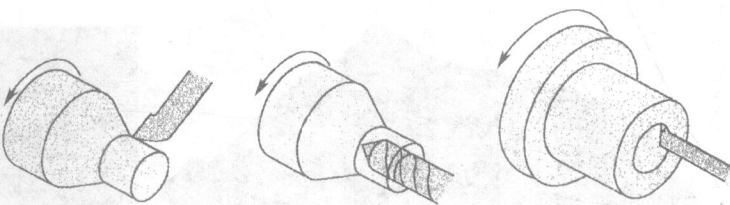
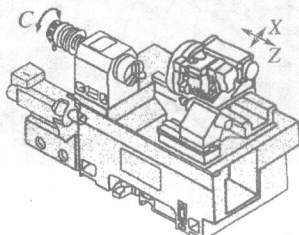
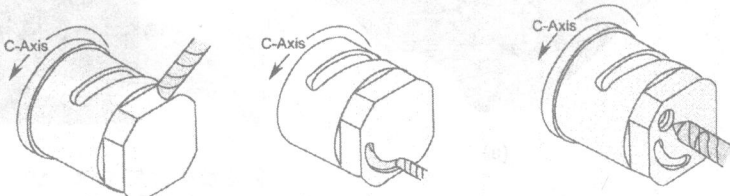
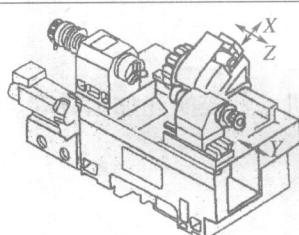
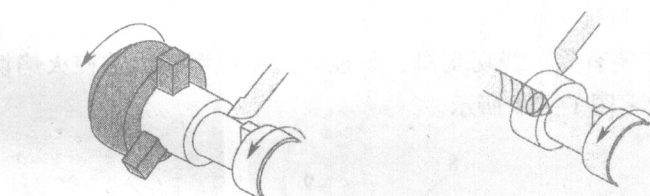
数控车床根据其机型及配置，加工范围与加工能力有一定的差别，可分为简易（经济）型数控车床和全功能型数控车床。经济型数控车床一般为平床身、前置刀架，即刀架在操作者一侧，采用开环伺服系统。全功能型数控车床通常采用斜床身、后置刀架形式。当机床上只有一个回转刀架时，可以实现两坐标轴控制；具有两个回转刀架时，可以实现四坐标轴控制；对于车削中心或柔性制造单元，还增加了其他附加坐标轴，以满足机床的功能。

表 1-1 给出了机型配置与加工能力范围。

(2) 数控铣床

数控铣床主要用于加工具有平面、沟槽、轮廓、孔隙等几何要素的零件。铣削加工的特点是刀具旋转而工件移动。典型的铣削零件如图 1-20 所示。

表 1-1 数控车床的配置与加工能力范围

机型配置	加工能力
 标准 2 轴	
 C 轴 + 动力刀架	
 副主轴	

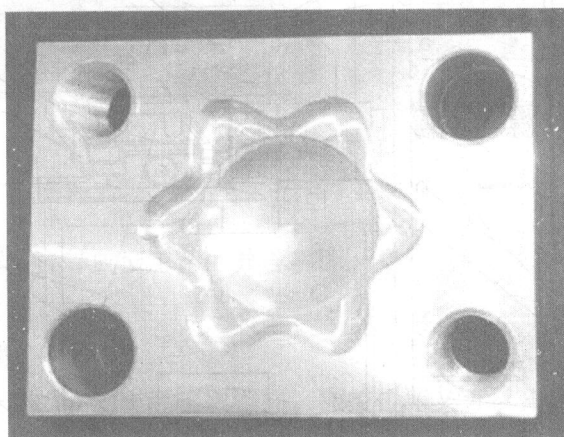


图 1-20 典型的铣削加工零件

(3) 加工中心

其主要特点是具有自动换刀 (ATC) 机构的刀具库。工件经一次装夹后, 通过自动更换

各种刀具，在同一台机床上对工件各加工面连续进行铣（车）镗、铰、钻、攻螺纹等多种工序的加工，如（镗/铣类）加工中心、车削中心、钻削中心等。

图 1-21 为适合加工中心加工的零件。

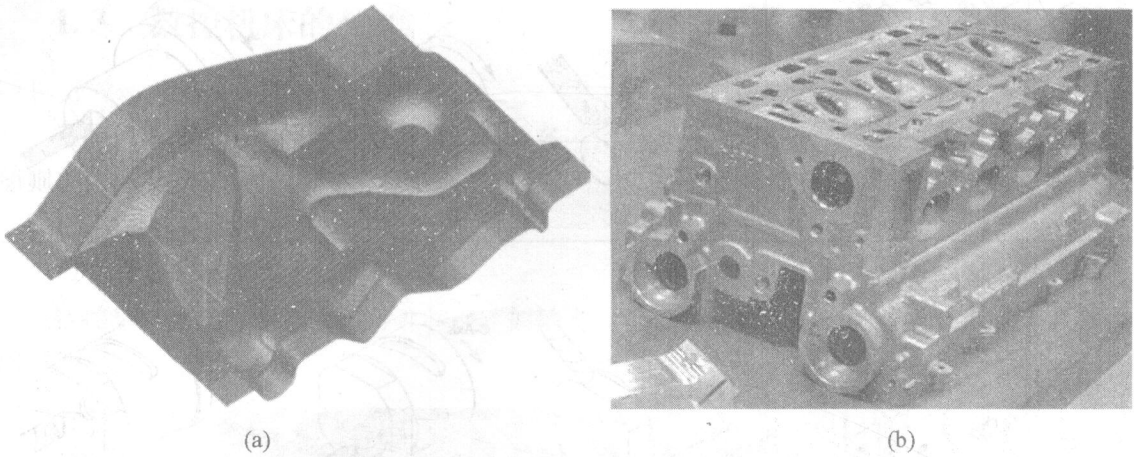


图 1-21 典型复杂零件
(a) 模具零件；(b) 复杂零件

(4) 特种加工类

其主要有数控线切割机、数控电火花成型机、数控火焰切割机、数控激光加工机等。如图 1-22 ~ 图 1-24 所示。

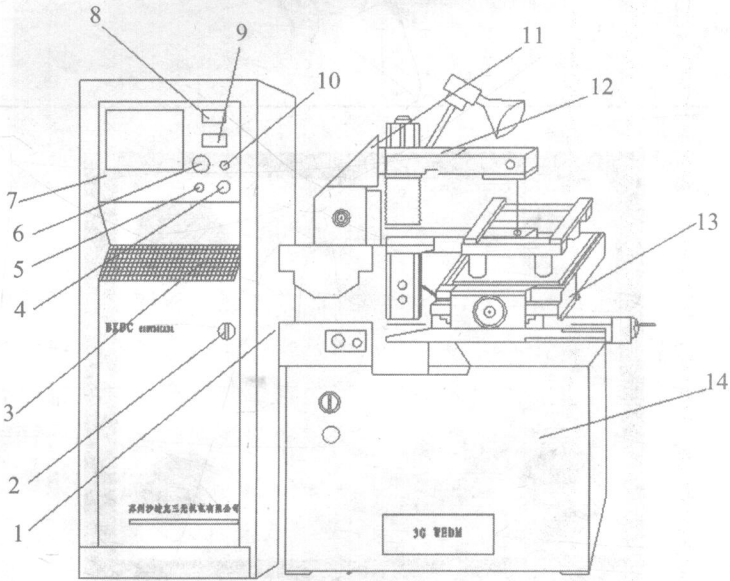


图 1-22 DK7725e 型线切割机床外形图

1—软盘驱动器；2—电源总开关；3—键盘；4—开机按钮；5—关机按钮；6—急停按钮；7—彩色显示器；
8—电压表；9—电流表；10—机床电器按钮；11—运丝机构；12—丝架；13—坐标工作台；14—床身