



目 录

第一章 数控车床基本操作.....	1
第一节 数控车床.....	2
第二节 数控车床面板.....	15
第三节 数控车床手动操作与试切削.....	22
思考题.....	34
第二章 常用量具与刀具.....	35
第一节 常用量具认知训练.....	36
第二节 常用刀具的认知训练.....	43
思考题.....	50
第三章 轴类零件加工.....	51
第一节 简单阶梯轴加工.....	52
第二节 槽加工及切断.....	63
第三节 外圆锥面加工.....	70
第四节 多阶梯轴零件加工.....	80
思考题.....	85
第四章 套类零件加工.....	86
第一节 通孔类零件加工.....	87
第二节 阶梯孔、盲孔类零件加工.....	93
思考题.....	97



第五章 三角形螺纹类零件加工	98
第一节 三角形圆柱外螺纹加工	99
第二节 三角形圆柱内螺纹加工	110
思考题	114
第六章 槽类及非圆曲线的编程与加工	115
第一节 规则的外圆槽及较宽的径向槽类零件的编程与加工	116
第二节 V 型槽类及内孔槽类零件的编程与加工	123
第三节 端面槽类零件的编程与加工	133
第四节 椭圆曲线及抛物线的编程与加工	139
第五节 变螺距螺纹的编程与加工	151
思考题	158
第七章 数控机床加工技术应用	159
第一节 典型数控车床结构组成及其加工特点	160
第二节 数控车削加工工艺及其工装	162
第三节 典型数控铣床结构组成及其加工特点	168
第四节 数控铣削基本功能指令	172
思考题	177
第八章 数控机床机械故障诊断与排除方法	178
第一节 机械故障类型及诊断方法	179
第二节 主传动系统机械故障及排除方法	184
第三节 进给传动系统机械故障及排除方法	192
第四节 辅助机械部件故障诊断及排除方法	200
第五节 液压与气压系统故障诊断及排除方法	206
思考题	210
参考文献	211



第一章

数控车床基本操作



导 读

数控车床是使用较为广泛的数控机床之一。它主要用于轴类零件或盘类零件的内外圆柱面、任意锥角的内外圆锥面、复杂回转内外曲面和圆柱、圆锥螺纹等切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔及镗孔等。



学习目标

1. 了解各种型号的数控机床。
2. 掌握数控车床安全操作规程。
3. 熟悉常用数控车刀的种类与用途。



第一节 数控车床



知识学习

一、数控车床的型号、种类

（一）数控车床概述

数控车床是用计算机数字信号控制的机床。操作时将编制好的加工程序输入到机床专用的计算机中，再由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电动机去控制车床各部件运动的先后顺序、速度和移动量，并与选定的主轴转速相配合，车削出形状不同的工件。

数字控制机床（Numerical Control Machine Tools）是用数字代码形式的信息（程序指令），控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床，简称数控机床。数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上发展起来的，其过程大致如下：

1948年，美国帕森斯公司接受美国空军委托，研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样，精度要求高，一般加工设备难以适应，于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。

1949年，该公司与美国麻省理工学院（MIT）开始共同研究，并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床，当时的数控装置采用电子管元件。

1959年，数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板，出现带自动换刀装置的数控机床，称为加工中心（MC Machining Center），使数控装置进入了第二代。

1965年，出现了第三代的集成电路数控装置，不仅体积小，功率消耗少，且可靠性提高，价格进一步下降，促进了数控机床品种和产量的发展。

20 世纪60年代末，先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统（简称DNC），又称群控系统；采用小型计算机控制的计算机数控系统（简称CNC），使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974年，成功研制使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置（简称MNC），这是第五代数控系统。



20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编程序的数控装置;数控装置趋向小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC机为控制系统的硬件部分,在PC机上安装NC软件系统,此种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。

(二) 数控车床的型号标记

数控车床的型号标记采用与卧式车床相类似的表示方法,由字母及一组数字组成。例如,数控车床CKA6140型号含义如下:

C——车床;

K——数控;

A——改型;

6——落地及卧式车床组;

1——卧式车床系;

40——床身最大工件回转直径的1/10,即此机床床身最大回转直径为400mm。

(三) 数控车床种类

数控车床按不同的分类方式分为不同的种类。现按所配置的数控系统、数控车床功能、车床主轴配置形式、控制方式及控制运动轨迹分别介绍。

1. 按数控系统分类

目前工厂常用的数控系统有FANUC(法那克)数控系统、SIEMENS(西门子)数控系统、华中数控系统、广州数控系统、三菱数控系统等。每一种数控系统又有多种型号,如FANUC数控系统的型号从0i到23i;SIEMENS(西门子)系统的型号从SINUMERIK802S、802C到802D、810D、840D等。每种数控系统使用的指令各不相同,即使是同一系统但型号不同,其数控指令也略有差异,使用时应以数控系统说明书中的指令为准。

2. 按数控车床功能分类

按数控车床的功能分,数控车床可分为经济型数控车床、普通数控车床、全功能型数控车床、精密型数控机床和车削加工中心五大类。

(1) 经济型数控车床

经济型数控车床是在卧式车床基础上进行改进设计的,一般采用步进电动机驱动的开环伺服系统,其控制部分通常采用单板机或单片机。经济型数控车床成本较低,自动化程序和功能都比较差,车削加工精度也不高,适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

（2）普通数控车床

根据车削加工要求，在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床。其数控系统功能强，自动化程度和加工精度比较高，可同时控制两个坐标轴，即X轴和Z轴，应用较广，适用于一般回转类零件的车削加工。

（3）全功能型数控机床

在计算机中采用2~4个微处理器进行控制，其中一个为主控微处理器，其余为从属微处理器。主控微处理器完成用户程序的数据处理、粗插补运算、文本和图形显示等；从属微处理器在主控微处理器的管理下，完成对外部设备，主要是伺服控制系统的控制和管理，从而实现同时对各坐标轴的连续控制。

全功能型数控机床允许的最大速度一般为8~24m/min，脉冲当量为0.01~0.001mm/P（毫米脉冲），采用交、直流伺服电动机，广泛用于加工形状复杂或精度要求较高的工件。

（4）精密型数控机床

精密型数控机床采用闭环控制，它不仅具有全功能型数控机床的全部功能，而且机械系统的动态响应较快。其脉冲当量一般小于0.001mm/P，适用于精密和超精密加工。

（5）车削加工中心

在普通数控车床的基础上，增加了C轴和铣削动力头，更高级的数控车床带有刀库，可控制X、Z和C三个坐标轴，联动控制轴可以是（X、Z）、（X、C）或（Z、C）。由于增加了C轴和铣削动力头，这种数控车床的加工功能大大增强，除可进行一般车削外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削加工。如图1-1所示。

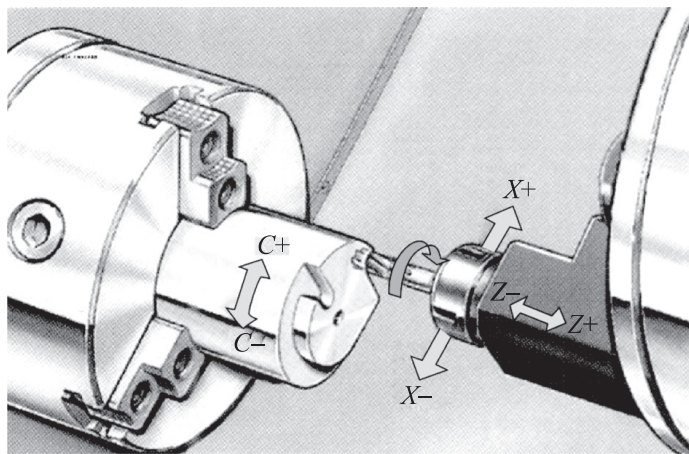


图1-1 C轴加工

3.按车床主轴配置形式分类

按车床主轴配置形式分，数控车床有立式数控车床和卧式数控车床两种。

（1）立式数控车床

立式数控车床主轴轴线处于垂直位置，有一个直径很大的圆形工作台供装夹工件。立式数控车床主要用于加工径向尺寸及轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

（2）卧式数控车床

卧式数控车床主轴轴线处于水平位置，生产中使用较多，常用于加工径向尺寸较小的轴类、盘类和套类等复杂零件。它的导轨有水平导轨和倾斜导轨两种。水平导轨结构用于普通数控车床和经济型数控车床。倾斜导轨结构可以使车床具有较大刚性，且易于排除切屑，用于档次较高的数控车床及车铣加工中心。

4.按控制方式分类

（1）开环控制数控机床

这类数控机床其控制系统没有位置检测元件，伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令，经驱动电路功率放大后，驱动步进电动机旋转一个角度，再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转，通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量是由输入脉冲的频率与脉冲数所决定的。此类数控机床的信息流是单向的，即进给脉冲发出去后，实际移动量不再反馈回来，所以称为开环控制数控机床。

开环控制系统的数控机床结构简单且成本较低。但是，系统对移动部件的实际位移量不进行监测，也不能进行误差校正。因此，步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控制系统仅适用于加工精度要求不太高的中小型数控机床，特别是简易经济型数控机床。如图1-2所示。

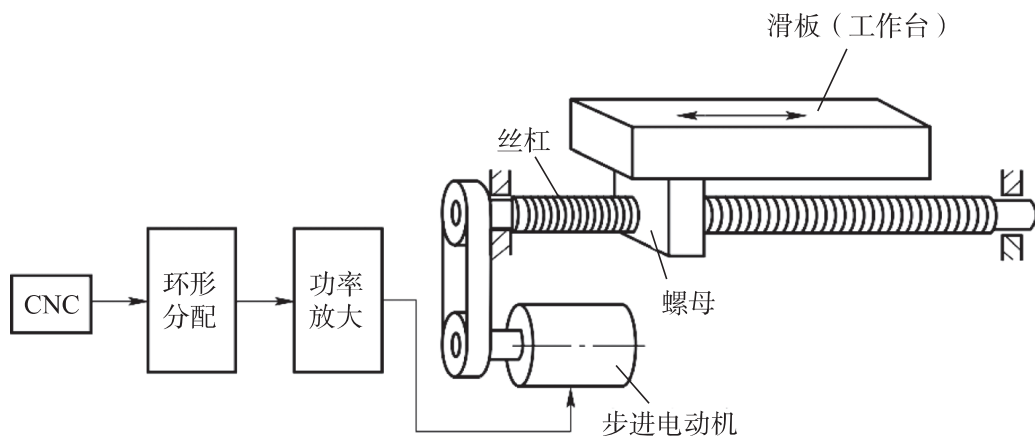


图1-2 开环伺服系统

（2）闭环控制数控机床

闭环控制数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移检测装置，直接对工作台的实际位移进行检测，将测量的实际位移值反馈到数控装置中，与输入的指令位移值进行比

较，用差值对机床进行控制，使移动部件按照实际需要的位移量运动，最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲，闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度，且与传动链的误差无关，因此其控制精度高。这类数控机床因把机床工作台纳入了控制环节，故称为闭环控制数控机床。闭环控制数控机床的定位精度高，但调试和维修都较困难，系统复杂且成本高。如图1-3所示。

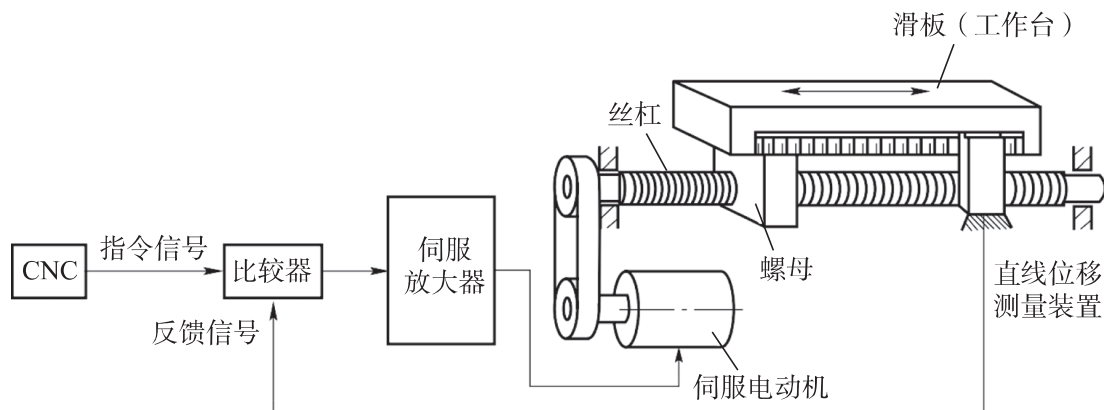


图1-3 闭环伺服系统

（3）半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床是在伺服电动机的轴或数控机床的传动丝杠上装有角位移检测装置（如光电编码器等），通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的实际位移，然后反馈到数控装置中去，并对误差进行修正。由于工作台没有包括在控制回路中，因而称为半闭环控制数控机床。

半闭环控制数控系统的调试比较方便，并且具有很好的稳定性。目前大多将角度检测装置和伺服电动机设计成一体，这样能使结构更加紧凑。如图1-4所示。

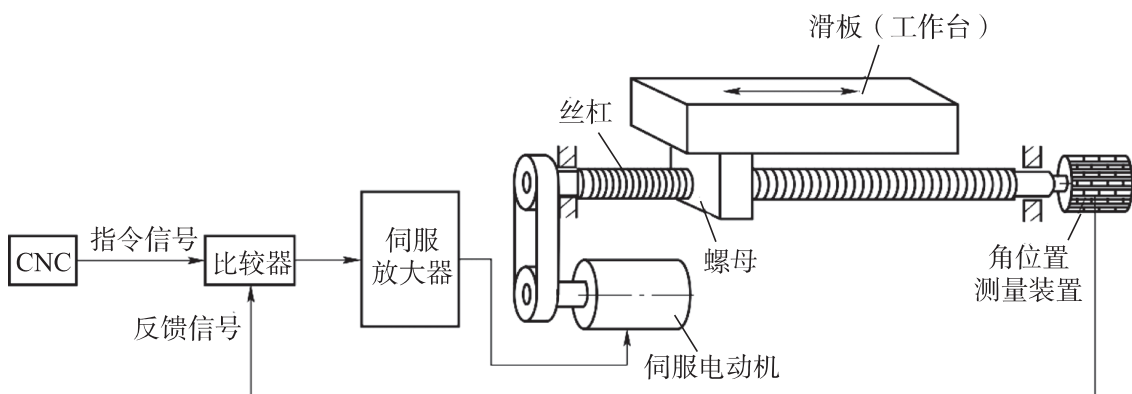


图1-4 半闭环伺服系统

（4）混合控制数控机床

将以上三类数控机床的特点结合起来，就形成了混合控制数控机床。混合控制数控机



床特别适用于大型或重型数控机床，因为大型或重型数控机床需要较高的进给速度与相当高的精度，其传动链惯量与力矩大，如果只采用全闭环控制，机床传动链和工作台全部置于闭环控制中，闭环调试比较复杂。

混合控制系统又分为两种形式：

①开环补偿型。它的基本控制选用步进电动机的开环伺服机构，另外附加一个校正电路，用装在工作台的直线位移测量元件的反馈信号校正机械系统的误差。

②半闭环补偿型。它是用半闭环控制方式取得高精度控制，再用装在工作台上的直线位移测量元件实现全闭环修正，以获得高速度与高精度的统一。

5.按控制运动轨迹分类

按控制运动轨迹可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床以及轮廓控制数控机床。

（1）点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位，在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值，不控制点与点之间的运动轨迹，因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。可以几个坐标同时向目标点运动，也可以各个坐标单独依次运动。

这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床和数控点焊机等。点位控制数控机床的数控装置称为点位数控装置。

（2）直线控制数控机床

直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度，沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工，进给速度根据切削条件可在一定范围内变化。

直线控制的简易数控车床，只有两个坐标轴，可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床，有三个坐标轴，可用于平面的铣削加工。

数控镗铣床、加工中心等机床，它的各个坐标方向的进给运动的速度能在一定范围内进行调整，兼有点位和直线控制加工的功能，这类机床称为点位/直线控制的数控机床。

（3）轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制，使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标，而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移，将工件加工成要求的轮廓形状。

常用的数控车床、数控铣床及数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂，在加工过程中需要不断进行插补运算，然后进行相应的

速度与位移控制。现代计算机数控装置的控制功能均由软件实现，增加轮廓控制功能不会带来成本的增加。因此，除少数专用控制系统外，现代计算机数控装置都具有轮廓控制功能。

二、数控车床的组成

数控车床由车床主体、控制部分和驱动部分组成。

（一）车床主体

车床主体主要包括主轴箱、床身、导轨、刀架、尾座、进给机构等。卡盘、尾座、床身及进给机构的实物图如图1-5至图1-8所示。

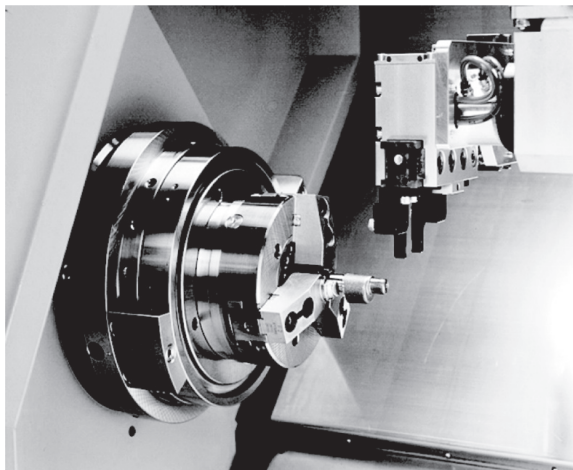


图1-5 卡盘

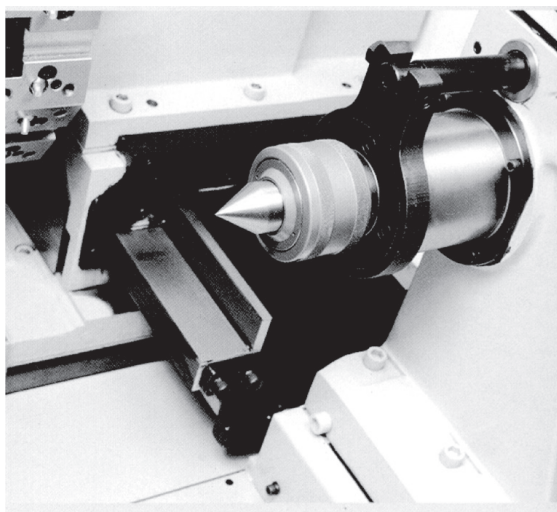


图1-6 尾座

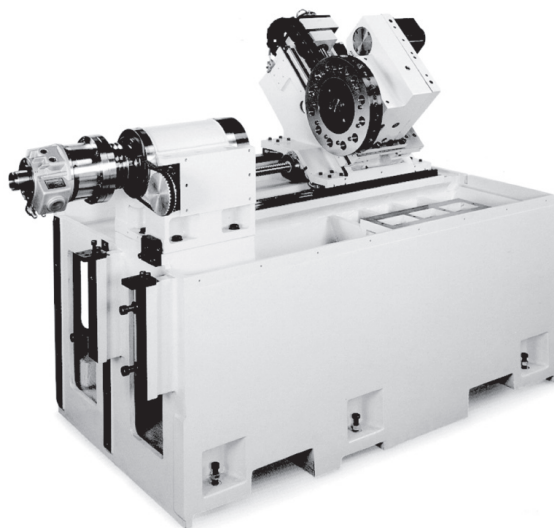
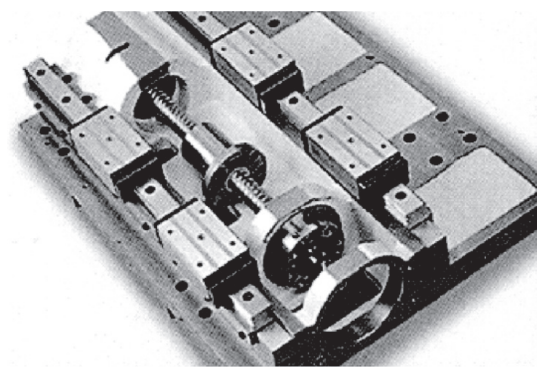
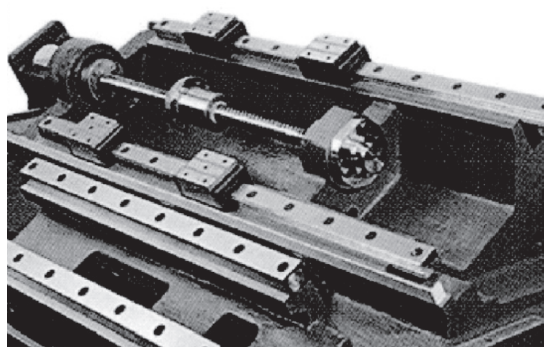


图1-7 床身



(a)



(b)

图1-8 进给机构
(a) X轴; (b) Z轴

(二) 控制部分

控制部分是数控车床的控制中心，由各种数控系统完成对数控车床的控制。如图1-9所示。

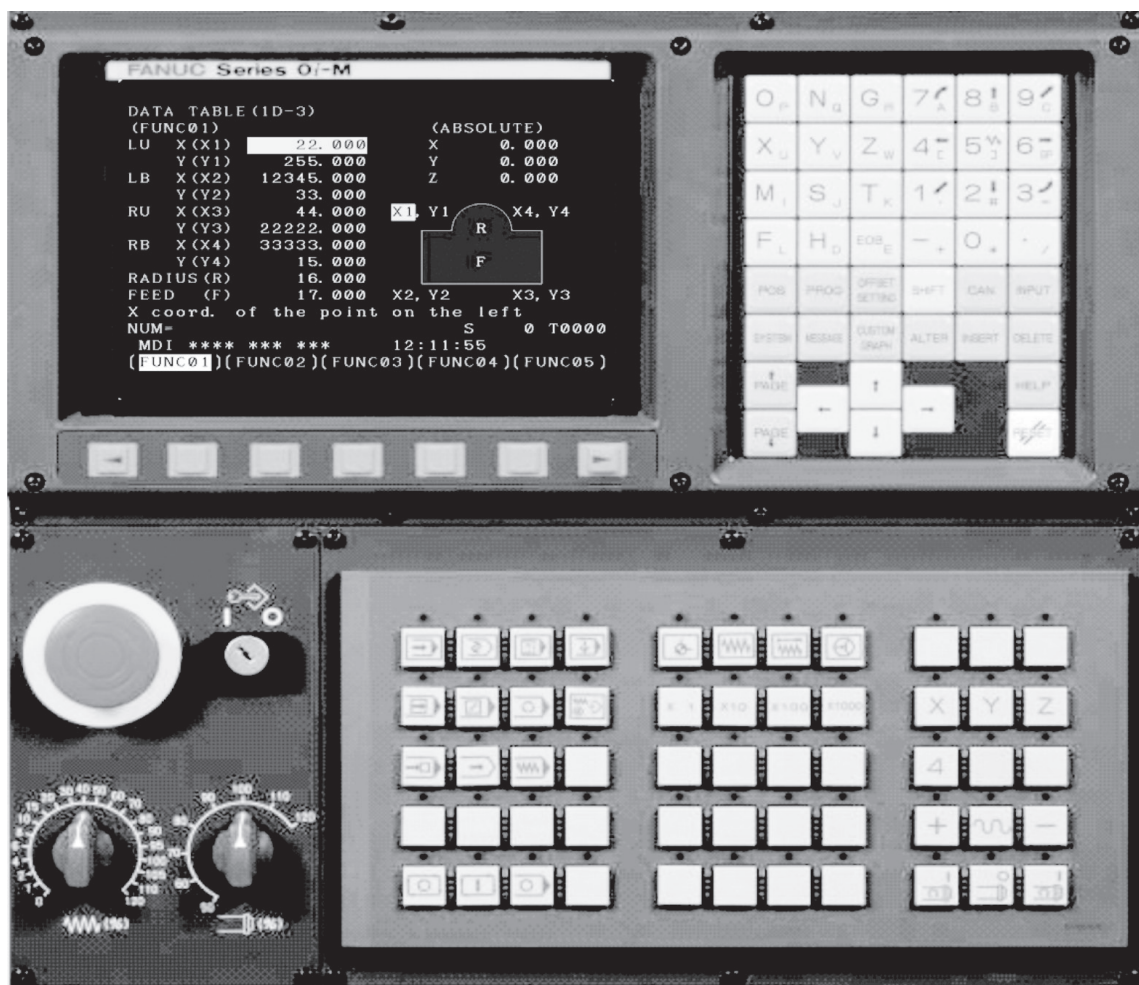


图1-9 数控系统操作面板

(三) 驱动部分

驱动部分是数控车床执行机构的驱动部分，包括主轴电动机和伺服电动机。如图1-10和图1-11所示。

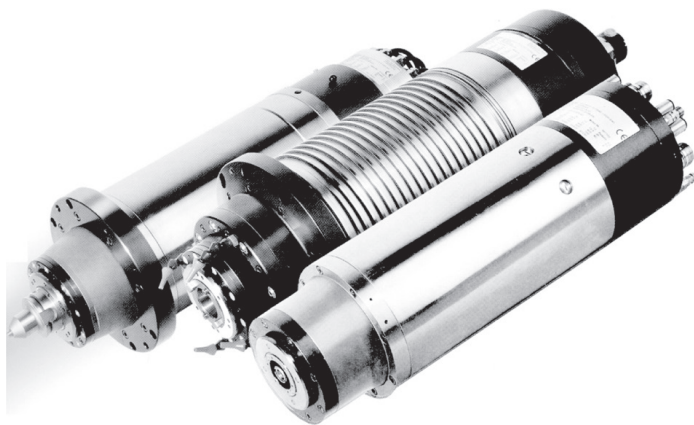


图1-10 主轴电动机