

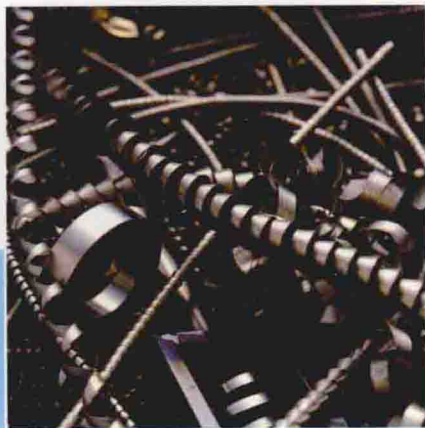
21 世纪全国高职高专数控专业（机电专业）一体化通用教材

数控铣削加工技术 一体化教程

SHUKONG XIXIAO JIAGONG JISHU
YITIHUA JIAOCHENG

21SHIJI QUANGUO GAOZHI GAOZHUAN SHUKONG ZHUANYE (JIDIANZHUANYE) YITIHUA TONGYONG JIAOCAI

主编 虞 俊



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

SHUKONG XIXIAO JIAGONG JISHU YITIHUA JIAOCHENG

数控铣削加工技术 一体化教程

主 编 虞 俊

参 编 宋书善 宋 波

田淑霞 钟 璞

江苏工业学院图书馆
藏书章



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削加工技术一体化教程/虞俊等编著;—济南:
山东科学技术出版社,2009
21 世纪全国高职高专数控专业(机电专业)一体化通用
教材
ISBN 978-7-5331-5465-3

I. 数... II. 虞... III. 数控机床:铣床—金属切削
—加工—高等学校:技术学校—教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 203175 号

21 世纪全国高职高专数控专业(机电专业)一体化通用教材

数控铣削加工技术一体化教程

主编 虞 俊

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:济南商河彩虹路

邮编:251600 电话:(0531)84872167

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:25.25 字数:510 千字

版次:2009 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-5465-3

定价:45.00 元

内 容 提 要

◀ 数控铣削加工技术一体化教程

本教材是根据高职高专数控专业(机电专业)的教学大纲,参考了国家职业标准《数控铣工》与《加工中心操作工》的理论知识要求和技能要求编写而成。

本书以突出高职教育为特色,以培养职业岗位群的综合能力为目标,以能力培养为主线,调整和重构教学内容。

本书共分 FANUC 系统、SIEMENS 系统、MasterCAM MILL 软件应用三大篇。其中:FANUC 系统和 SIEMENS 系统包括数控机床与操作基础、平面的加工、轮廓的加工铣削、空间零件的加工、孔系的加工、箱体与异形件的加工和配合件的加工等十一个模块;MasterCAM 软件应用包括图形绘制和 MILL 加工两个模块。全书在每个模块的讲解过程中,均采用“任务驱动教学法”。在任务描述→任务分析→理论与工艺知识讲授→任务实施→任务评价→任务拓展的过程中,把相关知识点潜移默化地传授给学生,并使学生做到举一反三、触类旁通。

本教材适用于高等职业院校、高等专科学校、成人教育高校及本科院校的二级职业技术学院、技术(技师)学院、高级技工学校、继续教育学院和民办高校的机电专业、数控专业,也可作为其他高职类专业及本科相关专业的师生用书,还可以作为企业中数控机床操作与编程人员的参考书。

随着数控技术的广泛应用,给传统制造业的生产方式、产品结构、产业结构等都带来很大的变化,也给机电类专业人才的培养带来新的挑战。为了适应高等职业教育的改革,推动高职高专机械类教学的发展,培养与我国现代化建设相适应的、在机械制造业中从事技术应用的一体化人才,我们在出版社的组织下编写了该一体化教材。

本书编写贯穿“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的理念,依据国家职业标准,结合企业实际,反映岗位要求,突出新知识、新技术、新工艺、新方法,注重职业能力的培养。

本书共分 FANUC 系统、SIEMENS 系统、MasterCAM MILL 软件应用三大篇,十三个模块、几十个任务。在每个任务的讲解过程中,均做到理论与实践有机的结合,均采用“任务驱动教学法”。在任务描述→任务分析→理论与工艺知识讲授→任务实施→任务评价→任务拓展的过程中,把相关知识点潜移默化地传授给学生,并能使学生做到举一反三、触类旁通。

本书主要用于高等职业院校数控专业的教学,也可作为数控铣床/加工中心编程与操作的培训教材和工程人员的自学用书。

本书由常州轻工职业技术学院虞俊主编并统稿,宋书善、宋波、田淑霞、钟璞参编,山东威海职业学院韩鸿鸾教授主审。其中:虞俊编写模块一、模块三、模块四、模块七、模块八、模块十、模块十二;宋书善编写模块二、模块九;宋波编写模块六、模块十三;田淑霞编写模块十一;钟璞编写模块五及题库。本书在编写过程中借鉴了国内外同行的最新资料与文献,在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中难免有谬误欠妥之处,恳请读者指正并提出宝贵的意见。

编 者

第一篇 FANUC 系统数控铣床与铣削中心

模块 1 数控机床与操作基础	(2)
任务一 认识数控机床	(2)
任务二 数控铣床的手动操作	(15)
任务三 数控程序的输入与编辑操作	(24)
任务四 对刀、刀具补偿及工件坐标系设置	(34)
任务五 数控程序的调试与运行	(39)
任务六 数控铣削加工仿真	(43)
模块 2 平面的加工	(56)
任务一 平面的定位与装夹	(56)
任务二 加工平面的刀具准备	(62)
任务三 平面的加工	(68)
模块 3 轮廓的加工铣削	(81)
任务一 一般轮廓的铣削	(81)
任务二 非圆曲线组成的轮廓加工	(92)
模块 4 空间零件的加工	(99)
任务一 球体的加工	(99)
任务二 椭球体的加工	(107)
模块 5 孔系的加工	(112)
任务一 钻、扩、铰孔、镗孔类零件的加工	(112)
任务二 攻丝及螺纹加工	(129)
任务三 规则孔的加工	(134)
模块 6 型腔的加工	(138)
任务一 矩形型腔的加工	(138)
任务二 圆形型腔的加工	(143)
模块 7 箱体零件与异形件的加工	(149)
任务一 箱体零件的加工	(149)
任务二 一般异形件加工	(156)
任务三 特殊异形件的加工	(164)



模块 8 配合件的加工	(176)
任务一 简单配合件的加工	(176)
任务二 复杂配合件的加工	(183)

第二篇 SIEMENS 系统数控铣床与铣削中心

模块 9 SIEMENS 系统数控铣床的操作基础	(193)
任务一 数控铣床的操作	(193)
任务二 数控铣削加工仿真	(205)
模块 10 轮廓的加工铣削	(214)
任务一 一般轮廓的铣削	(214)
任务二 特殊零件的加工	(226)
任务三 非圆曲线组成的轮廓加工	(239)
模块 11 孔系与型腔的加工	(247)
任务一 钻、扩、铰孔、镗孔类固定循环	(247)
任务二 攻丝及螺纹加工	(266)
任务三 型腔的加工	(274)

第三篇 软件应用

模块 12 MasterCAM MILL 软件应用	(285)
任务一 二维图形的绘制	(285)
任务二 曲面造型	(309)
任务三 实体特征造型	(320)
模块 13 MILL 加工	(332)
任务一 平面铣削的加工	(332)
任务二 轮廓加工	(336)
任务三 型腔加工	(342)

附录

题 库	(348)
-----------	-------

参考文献

第 1 篇

DI YI PIAN



FANUC 系统数控铣床与铣削中心

- 模块一 数控机床与操作基础
- 模块二 平面的加工
- 模块三 轮廓的加工铣削
- 模块四 空间零件的加工
- 模块五 孔系的加工
- 模块六 型腔的加工
- 模块七 箱体零件与异形件的加工
- 模块八 配合件的加工



模块 1 数控机床与操作基础

任务一 认识数控机床

一 任务描述

注解表 1-1 中 FANUC 0i 系统面板上各按钮的功能。

表 1-1 FANUC 系统按钮功能注释

按钮	功能说明	按钮	功能说明
			
			
			
			
			
			
			
			
			

知识点

- ※ 数控铣床/加工中心的分类；
- ※ 数控铣床/加工中心的组成；
- ※ 常用数控铣床/加工中心系统简介；
- ※ 数控铣床/加工中心操作面板上各功能按钮的含义与用途。

技能点

- ※ 注释数控铣床/加工中心中各功能按钮的含义及功能。



二 任务分析

本任务介绍了数控铣床的产生、分类以及组成,并重点介绍 FANUC Oi 系统各按钮的功能和含义,在实施本任务时,应尽可能组织学生进行现场参观教学。

三 理论与工艺知识

1. 数控机床的产生

数控机床(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。

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,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,于是相关设计人员提出采用数字脉冲控制机床动作的设想。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。

2. 数控机床的发展趋势

(1) 高速化 提高生产率是机床技术追求的基本目标之一。以发展高速切削为先导,并重视对空运行过程的提速,力求使高速化做到全面缩短切削工时和辅助工时。数控机床高速化可充分发挥现代刀具材料的性能,不但能大幅度提高加工效率,降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度,对制造业实现高效率、高精度、低成本生产具有广泛的适用性。

(2) 高精度 数控车、铣、磨等机床的工作精度正以平均每年提升 8%~10% 的幅度向纳米级高精度迈进,并不断地拓展新颖的精密加工方法。

数控机床精度的要求现在已经不局限于静态的几何精度,机床的运动精度、热变形以及对振动的监测和补偿越来越得到重视。采用高速插补技术提高 CNC 系统控制精度;采用高分辨率位置检测装置提高位置检测精度;采用误差补偿技术,采用反向间隙补偿、丝杠螺距误差补偿和刀具误差补偿等技术对设备的热变形误差和空间误差进行综合补偿。

(3) 高柔性 柔性即是适应性,采用柔性自动化设备或系统,是提高加工精度和效率,缩短生产周期,适应市场变化需求和提高竞争能力的有效手段。机床及其制造系统的柔性化将在可重组制造技术的支持下,通过对制造系统的快速重组更敏捷地适应不确定市场对产品多变的要求。

数控机床在提高单机柔性化的同时,也朝着单元柔性化和系统柔性化发展。如出现了可编程控制器控制的可调组合机床、数控多轴加工中心、换刀换箱式加工中心、数控三坐标动力单元等具有柔性的高效加工设备、柔性加工单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以及介于传统自动线与柔性制造系统之间的柔性制造线(FML)。

(4) 高度智能化 随着人工智能在计算机领域的不断渗透与发展,为适应制造业生产柔性化、自动化发展需要,智能化正成为数控设备研究及发展的热点,它不仅贯穿在生产加工的全过程,还贯穿在产品的售后服务和维修中。



(5) 复合化 复合化包含工序复合和功能复合。数控机床的发展已模糊了粗、精加工工序的概念。加工中心的出现,又把车、铣、镗等工序集中到一台机床来完成,打破了传统的工序界面和分开加工的工艺规程,可最大限度地提高设备利用率。为了进一步提高工作效率,现代数控机床又采用了多主轴、多面体切削,即同时对一个零件的不同部位进行不同方式的切削加工。如各类五面体切削,即同时对一个零件的不同部位进行不同方式的切削加工,如同时联动轴数已达到 6 轴的设备。有的加工中心一次上料可完成零件正、反面加工,可一次性完成车削、镗孔、钻孔、攻丝、铣削等多道工序。

(6) 高可靠性 数控系统将采用更高集成度的电路芯片,利用大规模或超大规模的专用及混合式集成电路,以减少元器件的数量,提高可靠性。通过硬件功能软件化,以适应各种控制功能的要求,同时采用硬件结构机床本体的模块化、标准化和通用化及系列化,使得既提高硬件生产批量,又便于组织生产和质量把关。还通过自动运行启动诊断、在线诊断、离线诊断等多种诊断程序,实现对系统内硬件、软件和各种外部设备进行故障诊断与报警。利用报警提示,及时排除故障;利用容错技术,对重要部件采用冗余设计,以实现故障自恢复;利用各种测试、监控技术,当发生生产超程、刀损干扰、断电等各种意外时,自动进行相应保护。

(7) 网络化 为适应 FMC、FMS 以及进一步联网组成 CIMS 的要求,先进的 CNC 系统为用户提供了强大的联网能力,除有 RS232 串行接口、RS422 等接口外,还带有远程缓冲功能的 DNC 接口,可以实现几台数控机床之间的数据通信和直接对几台数控机床进行控制。

(8) 开放式体系结构 计算机技术的飞速发展推动数控机床技术更快地更新换代,世界上许多数控系统生产厂家利用 PC 机丰富的软硬件资源开发开放式体系结构的新一代数控系统。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术,如多媒体技术,实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。新一代数控系统的硬件、软件和总线规范都对外开放的,由于有充足的软、硬件资源可供利用,不仅使数控系统制造商和用户进行系统集成得到有力的支持,而且也为用户的二次开发带来极大方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用。

3. 数控机床的分类

数控机床的品种很多,根据其控制原理、加工、功能和组成,可以从以下几个不同的角度进行分类。

(1) 按加工方式和工艺用途分类

① 普通数控机床:如数控铣床(图 1-1)、数控车床、数控钻床、数控磨床与数控齿轮加工机床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,不带刀库,因此加工过程中刀具更换仍需人工完成。

② 加工中心:加工中心(图 1-2)是带有刀库和自动换刀装置的数控机床,它将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能组合在一起,零件在一次装夹后,可进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工。由于加工中心能有效地避免多次安装造

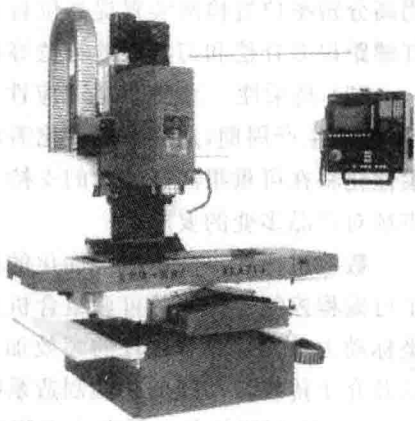


图 1-1 数控铣床



成的定位误差,它适用于产品更换频繁、零件形状复杂、精度要求高、生产批量不大而生产周期短的产品。

③ 特种数控机床:特种数控机床有线切割、电火花、数控折弯机、数控锻压机床、数控等离子切割机、数控雕刻机等。

(2) 按运动方式分类

① 点位控制数控机床:如图 1-3 所示,点位控制是指数控系统只控制刀具或工作台从一点移至另一点的准确定位,但点与点之间的路径不能用于加工。采用这类控制的有数控钻床、数控镗床和数控坐标镗床等。



图 1-3 点位控制

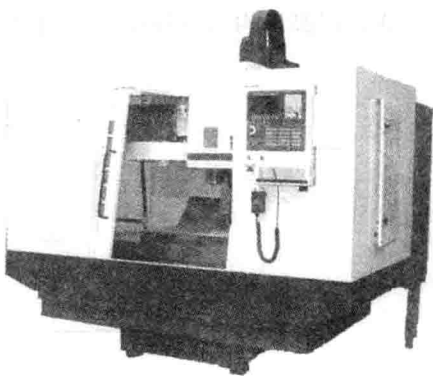


图 1-2 加工中心

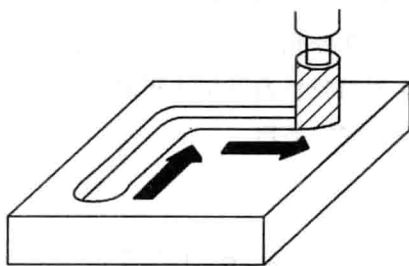


图 1-4 直线控制

② 直线控制数控机床:如图 1-4 所示,直线控制是指数控系统除控制直线轨迹的起点和终点的准确定位外,还能使两点之间以指定的进给速度进行直线切削。采用这类控制的有数控铣床、数控车床和数控磨床等。

③ 轮廓控制数控机床:如图 1-5 所示,能够连续控制两个或两个以上坐标方向的联合运动。为了使刀具按规定的轨迹加工工件的曲线轮廓,数控装置具有插补运算的功能,使刀具的运动轨迹以最小的误差逼近规定的轮廓曲线,并协调各坐标方向的运动速度,以便在切削过程中始终保持规定的进给速度。采用这类控制的机床有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

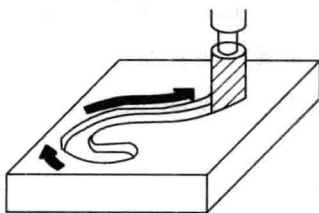


图 1-5 轮廓控制

(3) 按控制方式分类

① 开环控制系统:开环控制系统是指不带反馈装置的控制系统,由步进电机驱动线路和步进电机组成,如图 1-6 所示。数控装置经过控制运算发出脉冲信号,每一脉冲信号



使步进电机转动一定的角度,通过滚珠丝杠推动工作台移动一定的距离。

这种伺服机构比较简单,工作稳定,容易掌握使用,但精度和速度的提高受到限制。

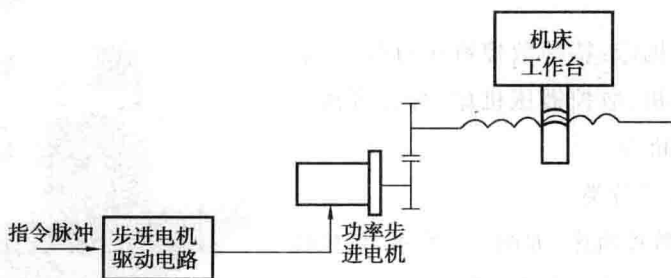


图 1-6 开环控制系统

② 半闭环控制系统:如图 1-7 所示,半闭环控制系统是在开环控制系统的伺服机构中装有角位移检测装置,通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角间接检测移动部件的位移,然后反馈到数控装置的比较器中,与输入原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,使移动部件补充位移,直到差值消除为止的控制系统。

这种伺服机构所能达到的精度、速度和动态特性均优于开环伺服机构,为大多数中小型数控机床所采用。

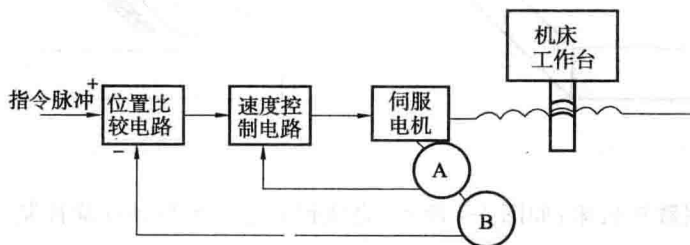


图 1-7 半闭环系统

③ 闭环控制系统:如图 1-8 所示,闭环控制系统是在机床移动部件位置上直接装有直线位置检测装置,将检测到的实际位移反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值控制移动部件做补充位移,直到差值消除时才停止移动。

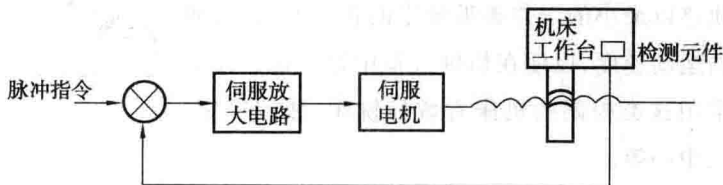


图 1-8 闭环系统

闭环控制系统的定位精度高于半闭环控制,但结构比较复杂,调试维修的难度较大,



常用于高精度和大型数控机床。

4. 数控机床的组成

数控机床一般由如图 1-9 所示的输入/输出装置、数控系统(装置)、伺服系统、检测反馈装置和机床本体组成。

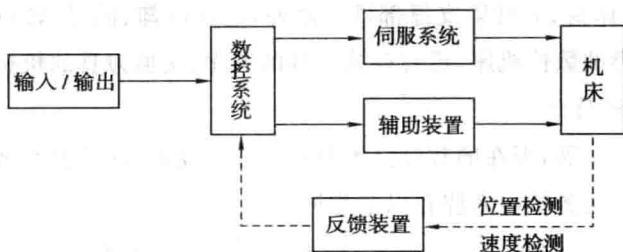


图 1-9 数控机床的组成

(1) 输入/输出装置 数控机床工作时,不需要人参与直接操作,但人的意图又必须参与,所以人和数控机床之间必须建立某种联系,这种联系需通过输入/输出装置来完成。

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内。根据控制存储介质的不同,输入装置可以是串行接口、磁带机或软盘驱动器等。

(2) 数控装置 数控装置又称为数控系统的“大脑”,它是数控机床的中枢,用来接受并处理输入介质的信息,将代码加以识别、存储、运算,输出相应的脉冲信号,并把这些信号传给放大驱动伺服和系统。

(3) 伺服系统 进给伺服驱动系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成。伺服驱动的作用是把来自数控装置的位置控制移动指令转变成机床工作部件的运动,使工作台按规定轨迹移动或精确定位,加工出符合图样要求的零件,即把数控装置送来的微弱指令信号放大成能驱动伺服电动机的大功率信号。

(4) 检测反馈装置 检测反馈装置包含位置检测反馈和速度检测反馈,其作用是检测位移和速度,将反馈信号发送到数控装置。数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,控制驱动装置按照指令设定值运动。

数控机床的加工精度主要是由检测反馈装置的精度决定的。检测反馈装置具体可分为增量式与绝对式、数字式与模拟式。常用的检测反馈装置元件有旋转变压器、感应同步器、光电编码器、光栅、磁栅等。不同的数控机床,根据不同的工作环境和不同的检测要求,应采用不同的检测方式。

(5) 辅助装置 辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运动,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启动停止,工件和机床部件的松开、



夹紧,分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快,性能可靠,易于使用、编程和修改程序并可直接启动机床开关等特点,现已广泛用做数控机床的辅助控制装置。

(6) 机床本体 数控机床的机械部件包括主运动部件,进给运动执行部件如工作台、溜板及其传动部件,床身、立柱等支撑部件。此外,还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。

5. 常用数控系统简介

随着科学技术的发展,现在的数控技术也随之快速发展,同时也发展出多数的数控系统。在我国现阶段所用的数控系统有以下几种。

(1) FANUC 数控系统 FANUC 数控系统是由日本 FANUC 公司推出的。FANUC 公司的数控系统以高质量、高性能、全功能,适用于各种机床和生产机械的特点,在市场的占有率远远超过其他的数控系统。FANUC 公司目前生产的数控装置有 FANUC 0、FANUC 10/FANUC 11/FANUC 12、FANUC 15、FANUC 16、FANUC 18 系列。

(2) SIEMENS 数控系统 SIEMENS 数控系统是由德国 SIEMENS 公司生产,已经形成了一系列的数控型号,主要有 SIEMENS 3、SIEMENS 810/820/850/880、SIEMENS 840 和 SIEMENS 802 等系列产品。它以其高度的模块化、开放性以及规范化的结构,适于操作、编程和监控等特点在我国市场占有一席之地。

(3) 华中数控系统 华中数控系统是由我国自行研制的一款操作方便、性能可靠、配置灵活、功能完善、具有良好的性能价格比的数控系统。目前已研制出华中 HNC-21/22 高性能数控系统。

6. FANUC 数控系统面板上功能按钮介绍

由于数控系统和数控机床生产厂家众多,数控机床的面板各不相同。但由于同一系列的系统功能相同,操作方法也基本相似。现在以大连机床厂生产的铣镗加工中心控制面板为例(图 1-10)进行介绍。

FANUC Oi 面板上的各功能按钮的名称和用途见表 1-2。

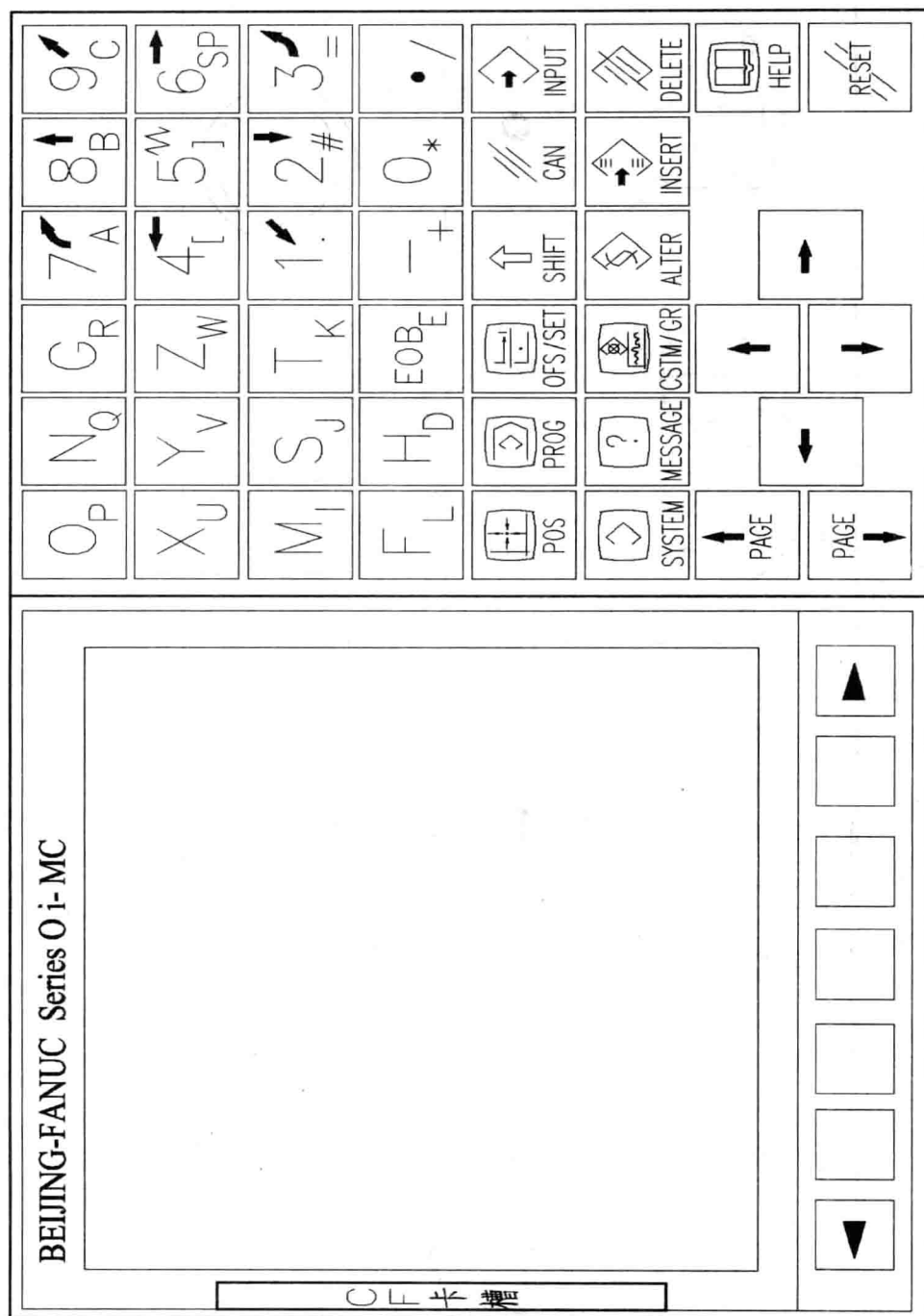


图 1-10 (a) 显示器与 MDI 面板

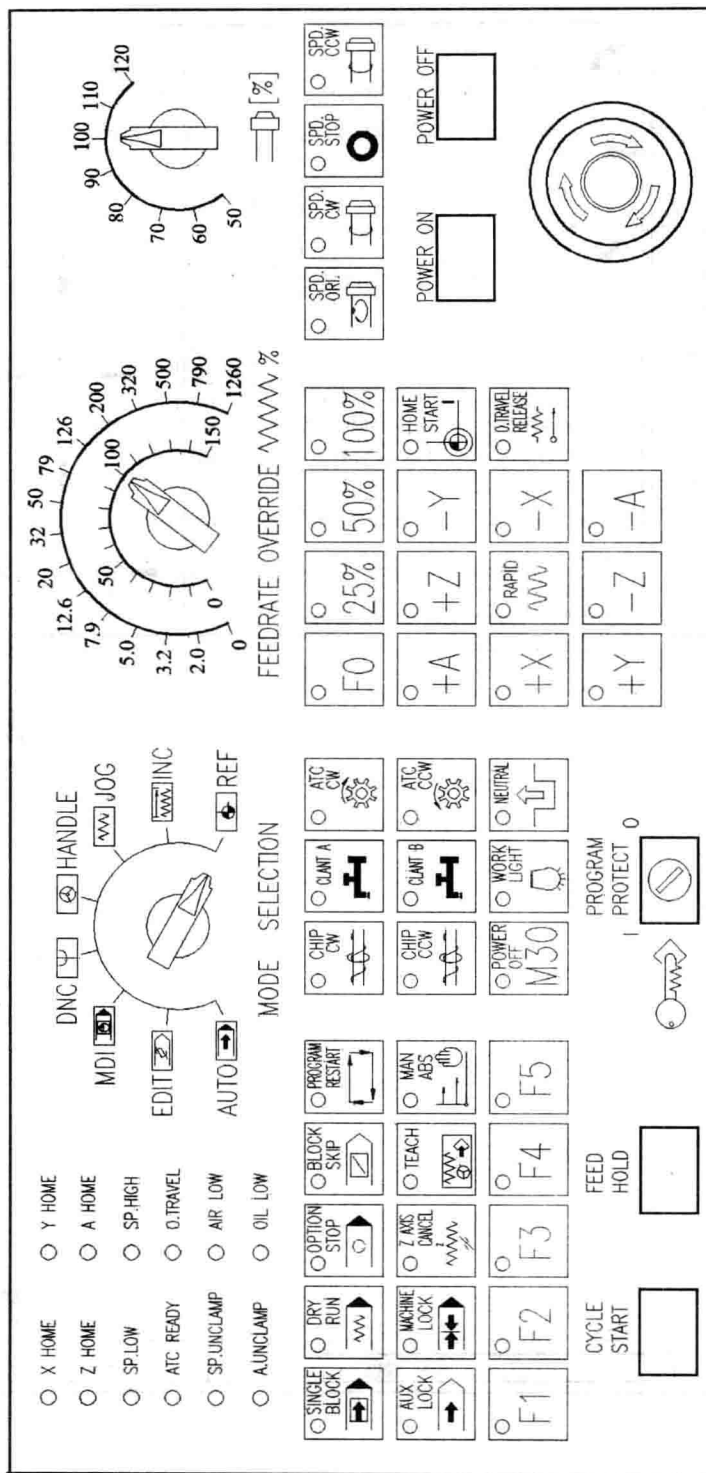


图 1-10 (b) FANUC Oi 系统机床控制面板