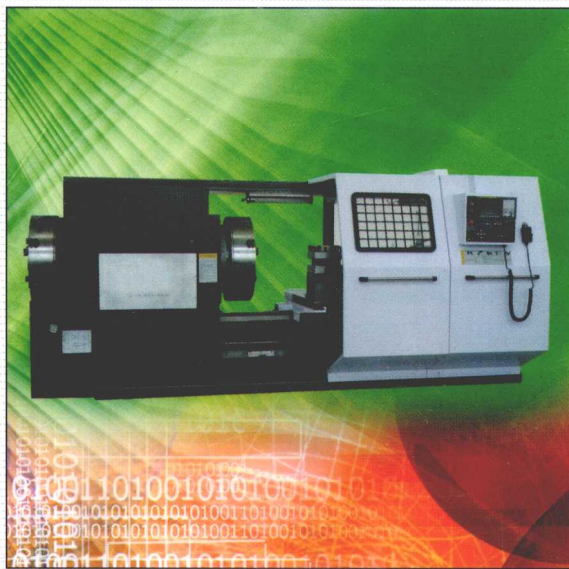


机电类专业“十一五”规划教材

面向应用型人才培养

数控车床加工实训教程

李 洸 祝占科 主编



國防工業出版社

National Defense Industry Press

机电类专业“十一五”规划教材
面向应用型人才培养

数控车床加工实训教程

李 洸 祝占科 主编

国防工业出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书依据数控专业高级技能型人才培养的要求,以华中数控车床系统和FANUC 数控车床系统为基础,介绍了数控车削加工的编程指令、车削加工中的数值计算和图形处理方法以及数控车床的操作使用。本书以突出操作技能为主导,立足于应用,通过对典型数控车削实例的剖析,详细介绍了数控车削工艺的编制方法和数控加工程序的编写内容。此外,本书精选了历年数控车工技能考级试题和各地数控车工技能大赛试题,供读者参考。

本书可作为高职高专院校、中职中专院校机电类专业实训教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床加工实训教程/李泂,祝占科主编. —北京:国防工业出版社,2009.8

机电类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06380-6

I. 数... II. ①李... ②祝... III. 数控机床:车床-加工工艺-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 085773 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 9 1/4 字数 219 千字

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

自 20 世纪数控技术问世以来,尤其是近年来数控机床的大量普及,数控加工技术作为一种新技术,在许多加工企业得到了广泛的应用,使机械制造业发生了巨大的变化。为了适应教学的发展及制造业和学生就业的需要,各职业院校均将数控加工技术作为机电类专业教学的重点之一。目前,高职院校的教学模式多为:先进行理论学习,然后再进行操作训练。从而导致教学中的许多理论知识很难在实际操作中得到应用。此外,职业院校学生的机械加工基础知识较贫乏,在有限的时间内,也很难全面系统地学习所有理论知识和基本技能。因此,本书以职业教育为核心,重点突出实践应用,完善数控专业实训教学体系。

本书共分 4 章,第 1 章数控车床的操作基础,介绍典型数控车床系统操作面板,安全操作、日常维护规程;第 2 章数控车床编程基础,介绍数控车床坐标系的分类及应用,编程的内容及步骤,常用编程指令,数控程序的结构及其格式,数控程序数学处理等;第 3 章数控车床加工工艺,介绍数控车床刀具的类型、材料、结构与刃磨、安装与调整,数控车削加工工艺、加工特点、加工顺序的确定、走刀路线的确定;第 4 章数控车床实训,介绍常用测量工具的使用与维护,阶梯轴零件的加工、工艺分析、加工实例,轴套类零件的数控车加工,盘类零件的加工工艺分析、加工实例,螺纹轴加工工艺分析、加工实例,综合实践训练等。另附历年全国数控大赛(数控车床加工部分)试题,供学习者自我测试使用。

本书以通俗易懂的语言、严谨求实的风格、严格的内容区分,以理论与实际相结合的原则编写。本书适用于高等职业技术学院数控实训教学,也适合作为实习教师的学习参考,具有一定的实用和推广价值。

在本书编写过程中,北京联合大学、武汉工业职业技术学院、陕西工业职业技术学院、陕西航空职业技术学院给予了大力支持与帮助,在此表示衷心感谢!

由于编者经验所限和编写时间仓促,书中难免有疏漏和欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
0.1 数控机床的产生	1
0.2 我国数控机床的发展	1
0.3 数控技术的基本概念	1
0.4 数控车床	2
0.5 数控车床的加工特点	2
0.6 数控车床的发展趋势	3
第 1 章 数控车床的操作基础	4
1.1 数控车床概述	4
1.1.1 结构组成与功能	4
1.1.2 数控车床分类	6
1.1.3 典型数控车床系统操作面板简介	8
1.2 安全操作规程	16
1.2.1 数控车床安全操作规程	16
1.2.2 数控车床的日常维护	17
第 2 章 数控车床编程基础	19
2.1 数控车床坐标系	19
2.1.1 数控车床坐标系的分类及应用	19
2.1.2 数控车床工件坐标的确定	22
2.2 数控车床编程的内容及步骤	24
2.2.1 数控车床常用编程指令	24
2.2.2 数控程序的结构及其格式	46
2.2.3 数控程序数学处理	48
第 3 章 数控车床加工工艺	53
3.1 数控车削刀具	53
3.1.1 刀具材料	53
3.1.2 数控车床刀具结构与刃磨	56
3.1.3 数控车床刀具安装与调整	61
3.2 数控车削加工工艺	63
3.2.1 数控车削加工特点	63
3.2.2 车削加工顺序的确定	66
3.2.3 车削加工路线的确定	68

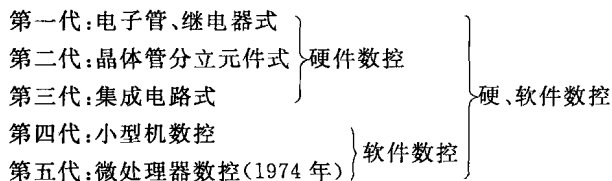
3.2.4 数控车床用夹具系统·····	72
第4章 数控车床实训 ·····	81
4.1 量具与测量方法·····	81
4.1.1 测量的基本方法·····	81
4.1.2 量具的维护保养·····	82
4.1.3 车工常用测量量具·····	82
4.2 阶梯轴零件的数控车削加工·····	90
4.2.1 阶梯轴零件的分析·····	90
4.2.2 阶梯轴加工工艺分析·····	90
4.2.3 阶梯轴加工实例·····	91
4.3 盘类零件的数控车削加工·····	94
4.3.1 盘类零件的特点·····	94
4.3.2 盘类零件加工工艺分析·····	95
4.3.3 盘类零件加工实例·····	95
4.4 螺纹零件的数控车削加工·····	100
4.4.1 螺纹零件加工分析·····	100
4.4.2 螺纹轴加工工艺分析·····	101
4.4.3 螺纹轴加工实例·····	101
4.5 综合加工训练·····	113
4.5.1 加工训练基础·····	113
4.5.2 加工训练一·····	116
4.5.3 加工训练二·····	121
4.5.4 加工训练三·····	125
4.5.5 加工训练四·····	132
附录1 常用数控车床编程指令 ·····	137
附录2 历年全国数控大赛(数控车床加工部分)试题 ·····	139
参考文献 ·····	147

绪 论

0.1 数控机床的产生

1952 年美国 PARSONS 公司在麻省理工学院的协助下,成功试制出世界上第一台数控机床样机。后又经过三年时间的改进和自动程序编制的研究,数控机床进入实用阶段,市场上出现了商品化数控机床,数控机床开始进入机械制造业。

至今数控机床的发展共经历了五代:



0.2 我国数控机床的发展

我国数控机床的研制始于 1958 年,到 60 年代末和 70 年代初,简易的数控机床已在生产中广泛使用。它们以单板机作为控制核心,以数码管作为显示器,步进电机作为执行元件。到 80 年代初,由于国外先进数控技术的引进,使我国的数控机床在质量和性能上都得到了极大的提高。数控机床具备了完整的手动操作面板和友好的人机界面,可配置直流或交流伺服驱动,实现半闭环或闭环的控制,能对 2 轴~4 轴进行联动控制,具有刀库管理功能和丰富的逻辑控制功能。90 年代起,我国向高档数控机床方向发展。一些高档数控机床相继研制成功并在生产中得到应用。例如:航天 I 型、华中-2000 型等高性能数控机床,实现了高速、高精度和高效经济的加工效果,能完成高复杂度的五坐标曲面实时插补控制,可加工出高复杂度的整体叶轮及复杂结构产品。

0.3 数控技术的基本概念

(1) 数字控制(Numerical Control)技术:简称数控(NC)技术,指数字化信息对机床运动及加工过程进行控制的方法。计算机数控技术称为 CNC。

(2) 数控系统:采用数控技术的控制系统。包括数控装置、可编程序控制器、主轴驱动及进给装置等。

(3) 数控设备:用数控技术实施加工控制的设备。例如:数控机床、数控线切割机、数控绘图仪、数控刻字机等。

(4) 数控技术涉及内容:计算机控制技术、自动控制、电气传动、精密测量、机械加工、

伺服驱动、管理信息等。

0.4 数控车床

数控车床是数控机床的一种,由数字程序控制其刀架进行加工。这种机床具有通用性好、加工精度高、加工效率高等特点,在机械制造行业中得到了广泛的应用。

数控车床主要用于加工回转类零件的内外圆柱面、内外圆锥面、复杂回转曲面和细长圆柱面、各类螺纹、沟槽等,此外,数控车床可以完成回转类零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻丝及镗孔等加工项目。

0.5 数控车床的加工特点

数控车床与传统车床相比,数控车床具有以下加工特点。

1. 精度要求高的零件

由于数控车床的刚性好,制造和对刀精度高,以及能方便和精确地进行人工补偿甚至自动补偿,所以它能够加工尺寸精度要求高的零件。在有些场合可以以车代磨。此外,由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的,再加上机床的刚性好和制造精度高,所以它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度要求高的零件。

2. 表面粗糙度好的回转体零件

数控车床能加工出表面粗糙度小的零件,不仅是因为机床的刚性好和制造精度高,还由于它具有恒线速度切削功能。在材质、精车留量和刀具已确定的情况下,利用数控车床恒线速度切削功能可达到工件表面粗糙度加工一致的目的。此外,数控车床通过控制进给速度可实现工件各部分对粗糙度的要求以满足加工要求,而这一点是传统车床做不到的。

3. 轮廓形状复杂的零件

数控车床具有圆弧插补功能,所以可直接使用圆弧指令来加工圆弧轮廓。通过宏程序的编制,数控车床也可以加工由任意平面曲线所组成的轮廓回转零件。如果说车削圆柱零件和圆锥零件既可以选用传统车床也可选用数控车床,那么车削复杂转体零件就只能使用数控车床。

4. 带一些特殊类型螺纹的零件

传统车床所能切削的螺纹相当有限,它只能加工公制或英制直、锥面螺纹,而且一台车床只能限定加工若干种导程和节距,数控车床能加工传统车床所能加工的全部螺纹,螺纹节距可取加工范围内任意数值。数控车床加工螺纹时主轴转向不必像传统车床那样交替变换,它可以不停地循环切削,直至完成。此外,数控车床还配有精密螺纹切削功能和螺距补偿功能,所以螺纹加工效率高,质量好。

5. 超精密、超低表面粗糙度的零件

高性能数控车床具有加工速度快、精度高、性能稳定、零件加工一致性好等特点,因此,对于磁盘、录像机磁头、复印机回转鼓等精度和表面质量要求较高的回转类零件只能选择高性能数控机床进行加工。

0.6 数控车床的发展趋势

目前,数控车床开发主要任务是研制开发软、硬件都具有开发式结构的智能化全功能通用数控系统。数控车床未来的发展必然成为多功能、复合化、高速化、精密化、智能化、网络化的全功能制造机床。

第 1 章 数控车床的操作基础

1.1 数控车床概述

1.1.1 结构组成与功能

1. 数控车床的组成

虽然数控车床种类较多,但一般均由车床主体、数控装置和伺服系统 3 大部分组成。图 1-1 是数控车床的基本组成方框图。

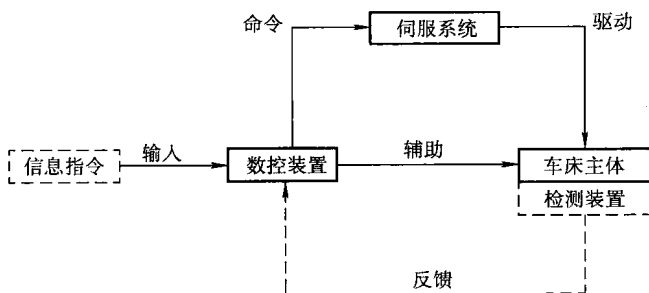


图 1-1 数控车床的基本组成方框图

1) 车床主体

除了基本保持普通车床传统布局形式的部分经济型数控车床外,目前大部分数控车床均已通过专门设计并定型生产。

(1) 主轴与主轴箱。数控车床的主要部件之一,影响机床的整体精度和稳定性。

① 主轴。数控车床主轴的回转精度,直接影响到零件的加工精度;功率较大、调速范围比较广。

② 主轴箱。支撑主轴及主轴传动部件,高性能数控车床主轴通过变频调速电机实现转速的调整,其主轴箱内的机械传动已经简化;经济型数控车床,基本上保留其原有的主轴箱,通过变速齿轮实现主轴转速调节。

(2) 导轨。数控车床的导轨是保证进给运动准确性的重要部件。为了保证数控机床具有较高的加工精度和较大的承载能力,要求其导轨具有较高的导向精度、足够的刚度、良好的耐磨性、良好的低速运动平稳性,同时应尽量使导轨结构简单,便于制造、调整和维护。

(3) 机械传动机构。除了部分主轴箱内的齿轮传动等机构外,数控车床已在原普通车床传动链的基础上,作了大幅度的简化,取消了原有的挂轮箱、进给箱、溜板箱等传动机构,而仅保留了纵、横进给的螺旋传动机构,并在驱动电机至丝杠间增设了(少数车床未增

设)可消除其侧隙的齿轮副。

(4) 自动转动刀架。除了车削中心采用随机换刀(带刀库)的自动换刀装置外,数控车床一般带有固定刀位的自动转位刀架,有的车床还带有各种形式的双刀架。

(5) 检测反馈装置。检测反馈装置是数控车床的重要组成部分,对加工精度、生产效率和自动化程度有很大影响。检测装置包括位移检测装置和工件尺寸检测装置两大类,其中工件尺寸检测装置又分为机内尺寸检测装置和机外尺寸检测装置两种。工件尺寸检测装置仅在少量的高档数控车床上配用。

2) 数控装置和伺服系统

数控车床与普通车床的主要区别就在于是否具有数控装置和伺服系统这两大部分。数控车床的检测装置监控检测机床加工过程,数控装置进行插补运算并向机床伺服系统发出指令,伺服系统接收数控装置发出的指令控制机床运动实现工件加工。由此可见,数控装置和伺服系统两大部分在数控车床中处在的非常重要的位置。

(1) 数控装置。数控装置的核心是计算机及其软件,它在数控车床中起“指挥”作用:数控装置接收由加工程序送来的各种信息,经处理和调配后,向驱动机构发出执行命令;在执行过程中,其驱动、检测等机构同时将有关信息反馈给数控装置,与数控装置中的数据进行对比,当误差超出允许范围,数控装置自动进行补偿并发出新的执行命令驱动机床运行。

(2) 伺服系统。伺服系统准确地执行数控装置发出的命令,通过驱动电路和执行元件(如步进电机等),完成数控装置所要求的各种位移。

2. 数控车床的工作流程

1) 程序的编制

在数控机床上加工零件,首先要根据零件图样,按规定的代码及程序格式将零件加工的全部工艺过程、工艺参数、位移数据和方向以及操作步骤等以数字信息的形式,记录在控制介质上。这种从零件图样到制成控制介质的全部过程就是数控加工的程序编制。

2) 输入

其任务是把零件程序、控制参数和补偿数据输入到数控装置中去。

输入方法有:纸带阅读机输入、键盘输入、磁带和磁盘输入及通信方式输入。

输入工作方式有:边输入边加工、整个加工程序一次性输入到数控装置的内部存储器中两种方式。

3) 译码

将程序段的加工信息和其它辅助信息翻译成计算机能识别的数据形式并存在指定的内存专用区域。译码过程中还要对程序段进行语法检查。

4) 刀具补偿

其作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心的运动轨迹,进而实现所要求的零件轮廓形状。

5) 插补运算

根据给定速度和给定轮廓线型的要求,在轮廓已知点之间,确定一些中间点的方法,即数据密集化的过程。插补运算是刀具运动轨迹的基础。

6) 位置控制和机床加工

在每个采样周期内,将插补计算出的指令位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制伺服电动机,电动机使机床的运动部件带动刀具相对于工件按规定的轨迹和速度进行加工。

3. 数控车床主要功能

不同数控车床其功能也不尽相同,各有特点,但都应具备以下主要功能。

1) 直线插补功能

控制刀具沿直线进行切削,在数控车床中利用该功能可加工圆柱面、圆锥面和倒角。

2) 圆弧插补功能

控制刀具沿圆弧进行切削,在数控车床中利用该功能可加工圆弧面和曲面。

3) 固定循环功能

固化了机床常用的一些功能,如粗加工、切螺纹、切槽、钻孔等,使用该功能简化了编程。

4) 恒线速度车削

通过控制主轴转速保持切削点处的切削速度恒定,可获得一致的加工表面。

5) 刀尖半径自动补偿功能

可对刀具运动轨迹进行半径补偿,具备该功能的机床在编程时可不考虑刀具半径,直接按零件轮廓进行编程,从而使编程变得方便简单。

1.1.2 数控车床分类

现今数控车床品种繁多,规格不一,但大致可按如下方法进行分类。

1. 按功能档次分类

数控机床按照其功能档次分类可分为低档数控车床、中档数控车床和高档数控车床,如表 1-1 所列。

表 1-1 数控机床分类

档次 功能	低档数控车床	中档数控车床	高档数控车床
进给当量和进给速度	进给当量为 10 μ m,进给速度为 8m/min~15m/min	进给当量为 1 μ m,进给速度为 15m/min~24m/min	进给当量为 0.1 μ m,进给速度为 15m/min~100m/min
伺服进给系统	开环、步进电机	半闭环直流伺服系统或交流伺服系统	闭环伺服系统、电机主轴、直线电机
通信功能	无	RS232 或 DNC 接口	RS232、RS432、DNC、MAP 接口
显示功能	数码管显示或简单的 CRT 字符显示	功能较齐全的 CRT 显示或液晶显示	功能齐全的 CRT(三维动态图形显示)
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC;有轴控制的扩展功能
主 CPU	8 位 CPU 或 16 位 CPU	16 位 CPU 向 32 位 CPU 过渡	32 位 CPU 向 64 位 CPU 发展

2. 按伺服系统的控制原理分类

1) 开环控制数控机床

开环控制数控机床不带位置检测装置,也不将位移的实际值反馈回去与指令值进行比较修正,控制信号的流程是单向的。

使用功率步进电动机作为执行元件。数控装置每发出一个指令脉冲,经驱动电路功率放大后,就驱动步进电动机旋转一个角度,再由传动机构带动工作台移动。

该系统精度取决于步进电机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度,难于实现高精度加工。

优点:结构简单、成本较低、调试维修方便。

适用范围:对精度、速度要求不十分高的经济型、中小型数控机床。

2) 闭环控制数控机床

这种系统带有位置检测装置,是将位移的实际值反馈回去与指令值比较,用比较后的差值去控制,直至差值消除时才停止修正动作的系统。

安装在工作台上的位置检测装置把工作台的实际位移量转变为电量,反馈到控制器与指令信号相比较,得到的差值经过放大和变换,最后驱动工作台向减少误差的方向移动,直到差值为零,工作台才静止。

该系统精度理论上仅取决于测量装置的精度,消除了放大和传动部分的误差、间隙误差等的直接影响。

缺点:系统较复杂,调试和维修较困难,对检测元件要求较高,且有一定的保护措施,成本高。

适用范围:大型或比较精密的数控设备。

3) 半闭环控制系统数控机床

半闭环控制系统与闭环系统的不同之处仅在于将检测元件装在传动链的旋转部位,它所检测得到的不是工作台的实际位移量,而是与位移量有关的旋转轴的转角量。

特点:精度比闭环差,但系统结构简单,便于调整、维护检测元件,半闭环数控系统价格低、稳定性能好。

适用范围:广泛应用于中小型数控机床。

3. 按车床主轴位置分类

1) 立式数控车床

立式数控车床简称为数控立车,其车床主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

2) 卧式数控车床

卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排出切屑。

4. 按刀架数量分类

1) 单刀架数控车床

数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如四工位卧动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架。

2) 双刀架数控车床

这类车床的双刀架配置可以是平行分布,也可以是相互垂直分布。

1.1.3 典型数控车床系统操作面板简介

本节以 FANUC 系统和 HNC-21T 系统为例讲解数控车床操作面板上各个按键的功能,使学生掌握数控车床的调整和加工前的准备工作,以及程序输入和修改方法。数控车床的操作面板由数控系统程序控制面板和车床操作面板两部分组成,下面分别介绍。

1. FANUC Oi Mate-TB 系统

FANUC Oi Mate-TB 系统是日本 FANUC 公司研制的一种经济实用型数控系统,其程序控制面板如图 1-2 所示。

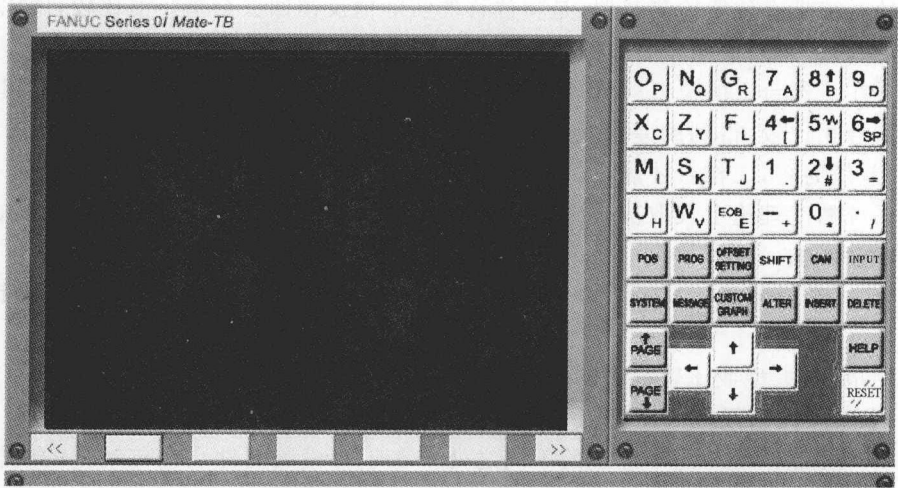


图 1-2 FANUC Oi Mate-TB 数控车床程序控制面板

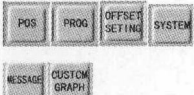
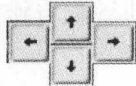
1) 程序控制面板键盘说明

程序控制面板具有程序编辑、参数输入和调整功能,如表 1-2 所列。

表 1-2 程序控制面板键盘说明

名 称	功 能 说 明
复位键 	按下这个键可以使 CNC 复位或者取消报警等
帮助键 	当对 MDI 键的操作不明白时,按下这个键可以获得帮助
软键	根据不同的画面,软键有不同的功能。软键功能显示在屏幕的底端
地址和数字键 	按下这些键可以输入字母、数字或者其它字符
切换键 	在键盘上的某些键具有两个功能。按下“SHIFT”键可以在这两个功能之间进行切换

(续)

名 称	功 能 说 明
输入键 	当按下一个字母键或者数字键时,再按该键,数据被输入到缓冲区,并且显示在屏幕上。要将输入缓冲区的数据复制到偏置寄存器中等,请按下该键。这个键与软键中的“INPUT”键是等效的
取消键 	用于删除最后一个进入输入缓存区的字符或符号
程序功能键 	 : 替换键  : 插入键  : 删除键
功能键 	按下这些键,切换不同功能的显示屏幕
光标移动键 	有 4 种不同的光标移动键  该键用于将光标向右或者向前移动  该键用于将光标向左或者向后移动  该键用于将光标向下或者向前移动  该键用于将光标向上或者向后移动
翻页键 	有 2 个翻页键  该键用于将屏幕显示的页面向前翻页  该键用于将屏幕显示的页面向后翻页

2) 程序功能键和软键

功能键用来选择将要显示的屏幕画面。

按下功能键之后再按下与屏幕文字相对的软键,就可以选择与所选功能相关的屏幕。

(1) 功能键。包含显示位置功能、程序功能、偏置功能、系统功能、显示信息功能、宏屏幕功能。

: 按下该键以显示位置屏幕。

: 按下该键以显示程序屏幕。

: 按下该键以显示偏置/设置(SETTING)屏幕。

: 按下该键以显示系统屏幕。

: 按下该键以显示信息屏幕。



:按下该键以显示用户宏屏幕。

(2) 软键。要显示一个更详细的屏幕,可以在按下功能键后按软键。

最左侧带有向左箭头的软键为菜单返回键,最右侧带有向右箭头的软键为菜单继续键。

(3) 输入缓冲区。当按下下一个地址或数字键时,与该键相应的字符就立即被送入输入缓冲区。输入缓冲区的内容显示在 CRT 屏幕的底部。

为了标明这是键盘输入的数据,在该字符前面会立即显示一个符号“>”。在输入数据的末尾显示一个符号“_”标明下一个输入字符的位置(图 1-3)。

为了输入同一个键上右下方的字符,首先按下  键,然后按下需要输入的键就可以了。

例如,要输入字母 P,首先按下  键,这时 SHIFT 键变为红色,然后按下  键,缓冲区内就可显示字母 P。再按一下  键,SHIFT 键

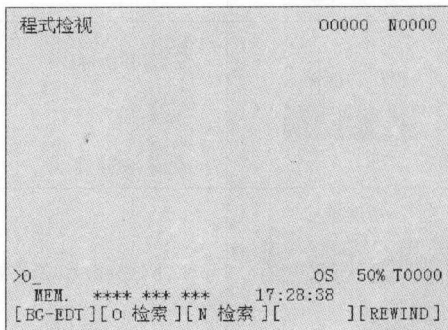


图 1-3 数据输入

恢复成原来颜色,表明此时不能输入右下方字符。按下  键可取消缓冲区最后输入的字符或者符号。

3) FANUC Oi Mate - TB 数控车床操作面板

操作面板用于控制机床运动、倍率调整、机床急停等操作,如图 1-4 所示。

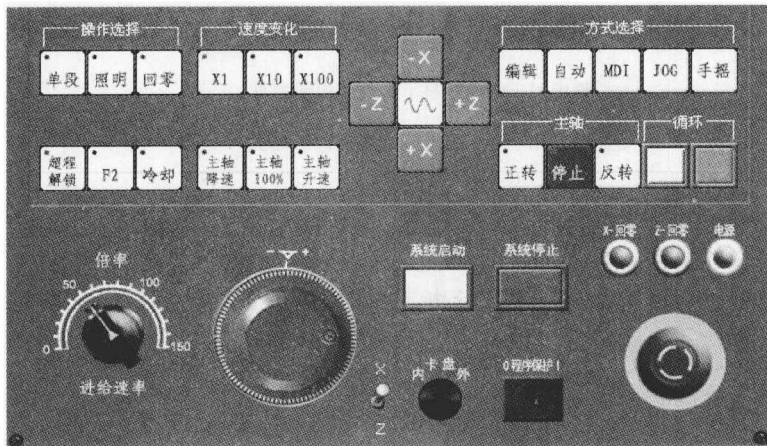


图 1-4 FANUC Oi Mate - TB 数控车床操作面板

FANUC Oi Mate - TB 数控车床操作面板各项功能如表 1-3 所列。

2. 华中世纪星 HUC - 21T 数控系统

1) 华中数控系统

华中数控系统是华中数控股份有限公司研制的一款数控系统,它具有操作简单、性能稳定等优点,图 1-5 为华中世纪星数控系统操作面板。

表 1-3 操作面板各项功能说明

名 称	功 能 说 明
方式选择键 	用来选择系统的运行方式  编辑: 按下该键, 进入编辑运行方式  自动: 按下该键, 进入自动运行方式  MDI: 按下该键, 进入 MDI 运行方式  JOG: 按下该键, 进入 JOG 运行方式  手摇: 按下该键, 进入手轮运行方式
操作选择键 	用来开启单段、回零操作  单段: 按下该键, 进入单段运行方式  回零: 按下该键, 可以进行返回机床参考点操作(即机床回零)
主轴旋转键 	用来开启和关闭主轴  正转: 按下该键, 主轴正转  停止: 按下该键, 主轴停转  反转: 按下该键, 主轴反转
循环启动/停止键 	用来开启和关闭, 在自动加工运行和 MDI 运行时都会用到它们
主轴倍率键 	在自动或 MDI 方式下, 当 S 代码的主轴速度偏高或偏低时, 可用来修调程序中编制的主轴速度 按  主轴 100% (指示灯亮), 主轴修调倍率被置为 100%, 按一下  主轴升速, 主轴修调倍率递增 5% 按一下  主轴降速, 主轴修调倍率递减 5%
超程解除键 	用来解除超程警报