

机电类中、高等职业技术学院实习通用教材



数控加工基本技能 实训教程

(车·铣)

王灿 张改新 董锸 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



参考文献

机电类中、高等职业技术学院实习通用教材

数控加工基本技能 实训教程（车、铣）

王 灿 张改新 董 镔 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本教程是机电类中、高等职业技术学院数控加工操作的实习教材，主要内容有：数控车床基本知识、数控铣床基本知识、数控车床基本操作技能、数控铣床基本操作技能以及综合技能训练等。本教程也可作为技术工人的自学用书，还可供有关的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工基本技能实训教程 (车、铣) / 王灿, 张改新, 董鐸主编. —北京: 机械工业出版社, 2007. 7

机电类中、高等职业技术学院实习通用教材

ISBN 978-7-111-22047-3

I. 数… II. ①王…②张…③董… III. ①数控机床: 车床-职业学校-教材②数控机床: 铣床-职业学校-教材
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 117473 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 华 王英杰

责任编辑: 朱 华 版式设计: 冉晓华 责任校对: 吴美英

封面设计: 马精明 责任印制: 邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·10.5 印张·254 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-22047-3

定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

前

言

随着我国制造业的飞速发展,技能型人才越来越得到重视,快速培养技能型人才已经迫在眉睫。目前,全国各职业技术学院在实习教学中,还存在有关教材不配套和所用的教材不实用的现状。为了满足中、高等职业技术教育发展的需要,在教学实践中尽快培养学生具有较强的动手能力,我们参考日本丰田教学模式编写了本教程,其目的是为了使学生在理论学习的基础上,进一步提高技能训练和实际操作方面的能力。

1. 本教程的使用对象

本教程是在学生学习完相关专业基础理论课程(机械基础、机械加工工艺、机械设计)的基础上,根据中、高等职业技术学院的培养目标、实训大纲及相关的教学目的要求和特点编写的。本教程的主要特点是:在以实习操作为重点的前提下,穿插一点相关的基础理论知识。操作过程及步骤以工序的形式体现,根据参考示意图,结合说明及相关的知识点,易于加深理解。本教程突出重点、化解难点,形象生动真实,体现了一个“新”字。

2. 本教程的编写特点

在学生训练过程中,为了使图例与实物对照清晰明了,我们对一些图例的说明采用了照片的形式,改变了以往的全部用简图形式说明的方式。选择的课题由简到繁,由浅入深,难度适中,围绕课题内容及教学要求,提出相关知识点和要点,有助于学生的自学和教师指导。教师可在教学中,根据各自的教学习惯,以教程为主线提出其他要求。

3. 本教程的编写组成员

本教程由王灿、张改新、董锸任主编;由王建、胡刚、朱跃峰、刘勇任副主编;周全胜、陈艳红、王洪波、李玉斌和杜津明等参加了编写。朱丽军任主审,吴长有任参审。

本教程主要以基本技能操作为重点,适用于机电类中、高等职业技术学院的实习教学。对教程中的课题,各学校可根据自己的教学实习计划及学时参考选作。本教程还可用于企业技术工人的培训和自学。由于时间仓促,作者水平有限,书中难免有缺点和错误,敬请使用本教程的广大师生和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论

第一单元 数控车床加工

- 课题一 数控车床的基本知识 2
- 课题二 数控车床的基本操作 7
- 课题三 数控车床的润滑和维护保养 23
- 课题四 通用量具与测量 24
- 课题五 数控车床常用夹具与工件的
安装 27
- 课题六 数控车削用刀具及刃磨 30
- 课题七 对刀及车削端面、外圆和台阶 39
- 课题八 孔加工 45
- 课题九 倒角、车削锥面和切断 55
- 课题十 车削圆弧面、台阶轴和复杂
外圆面 60

- 课题十一 车削螺纹 72

- 课题十二 综合练习 78

第二单元 数控铣床加工

- 课题一 数控铣床的基本知识 85
- 课题二 数控铣床的基本操作 89
- 课题三 数控铣削用刀具 100
- 课题四 常用夹具及工件的安装 108
- 课题五 铣削平面与测量 114
- 课题六 铣削沟槽与外轮廓 122

第三单元 实训工件图

- 课题一 数控车床加工实训工件图 134
- 课题二 数控铣床加工实训工件图 141
- 课题三 强化实训工件图 151

参考文献

绪 论

一、数控机床的产生

为了满足多品种、小批量的自动化生产,尤其是在宇航、造船、重型机械等领域所需的机械零件,精度要求高,形状复杂,批量小。加工这类产品,普通机床或专用机床已很难达到要求,数控机床就是在这样的背景下诞生和发展起来的。

数控机床就是将加工过程所需的各种操作(如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开与停机、选择刀具、供给切削液等)和步骤,以及刀具与工件之间的相对位移量,都用数字化的代码表示。通过信息介质送入数控装置,经运算处理后,发出各种指令来指挥和控制机床,使之自动加工出所需要的零件。

二、数控机床的发展

自1952年美国制造出第一台数控机床,随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量等相关技术的发展,数控系统先后经历了两个阶段和六代的发展。六代是指电子管、晶体管、集成电路、小型计算机、微处理器和基于工控PC机的通用CNC系统。前三代称为NC(Numerical Control)系统、后三代称为CNC(Computer Numerical Control)系统。

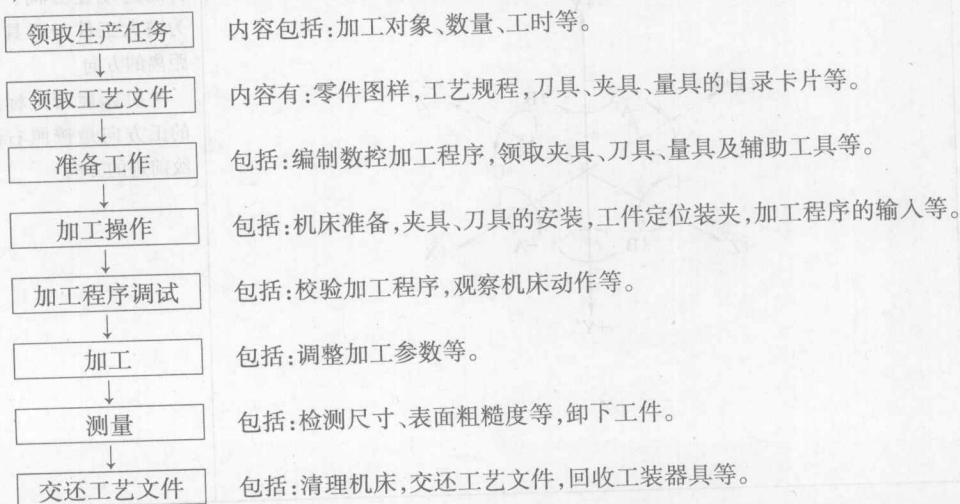
近年来,随着微电子、计算机等技术的日益成熟,先后出现了以数控机床为基础的高级自动化生产系统。包括:计算机直接数控系统(DNC),柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)。

三、目的及要求

为了满足数控加工技术的发展需要,不仅要求掌握有关的理论知识,而且要经过实际的操作训练,认识数控加工的生产过程,掌握数控机床的操作技能,提高专业技术的应用能力。

在实训过程中,要学会运用已学过的理论知识指导实践活动。同时要注意下列事项:

- 1) 必须保证人身安全,必须保证现场设备和工艺装备完好。
- 2) 注意总结规律,加强练习,逐步熟练和提高技能。一般数控机床的操作按以下步骤进行:



第一单元 数控车床加工

课题一 数控车床的基本知识

训练内容：数控车床的坐标系

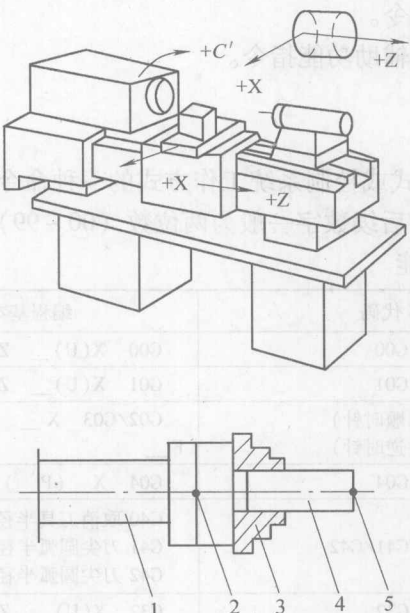
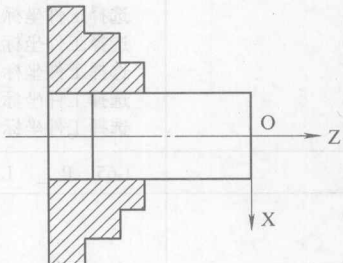
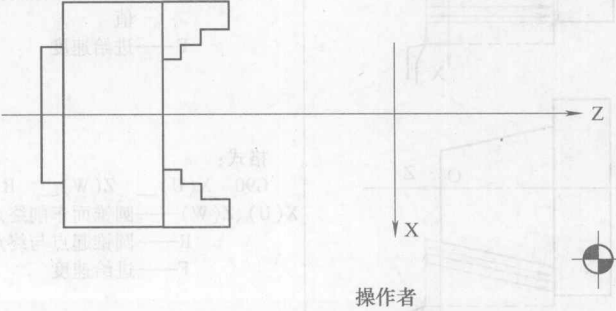
教学要求：

1. 掌握数控车床的坐标系。
2. 掌握数控车床的坐标系原点，工件坐标系原点及机床参考点。

教学步骤：

内容	示意图	相关知识及要点
数控机床的标准坐标系		● 标准机床坐标系为右手直角笛卡儿坐标系 ● 刀具相对于静止的工件运动 ● 机床的某一运动部件的运动正方向，规定为增大工件与刀具之间距离的方向 ● 机床旋转坐标运动的正方向是按照右旋螺旋纹前进的方向

(续)

内容	示意图	相关知识及要点
数控卧式车床坐标系	 1—机床主轴 2—机床坐标系原点 3—卡盘 4—工件 5—工件坐标系原点	- 传递切削动力的主轴为Z轴 - 在有回转工件的机床上, X轴运动方向是径向的, 且平行于横向滑座 - Y坐标是根据Z和X坐标轴, 按照右手直角笛卡儿坐标系确定, 在数控卧式车床上没有Y方向的运动, 因此不需要判断 - 一般数控车床坐标系原点定义在装夹卡盘的法兰盘端面与主轴旋转中心的交点上
数控卧式车床工件坐标系		- 通过对刀建立工件坐标系, 程序中的坐标值均以此坐标系为依据 - 工件原点人为设定, 一般设在水轴中心线与工件左端面或右端面的交点处
数控卧式车床机床参考点	 操作者	- 机床参考点是指刀架中心退离距机床原点最远的一个固定点 - 数控车床开机时, 必须先确定机床参考点, 也称为刀架返回机床参考点的操作 - 只有机床参考点确定以后, 车刀移动才有了依据, 否则, 不仅编程无基准, 还会发生碰撞事故

训练内容：数控车床的编程基础

教学要求：

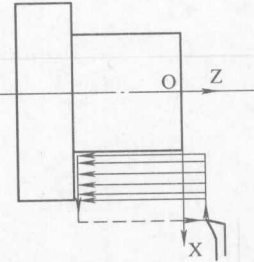
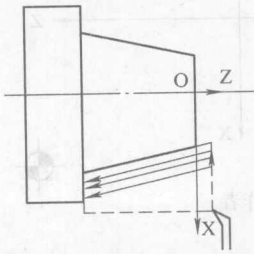
1. 掌握数控车床常用的功能指令。
2. 掌握数控车床常用的准备和辅助功能指令。

教学步骤：

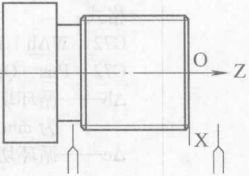
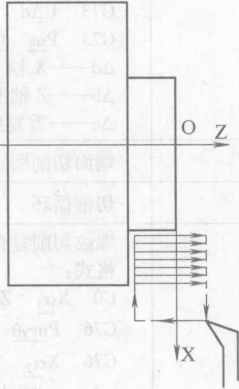
一、准备功能字

准备功能字是设立机床工作方式或控制系统工作方式的一种命令。地址符规定为 G，故又称为 G 功能指令或 G 指令，它的后续数字一般为两位数（00~99）。

FANUC0i-TC 系统的常用 G 功能

功 能	G 代码	编程基本格式及简要说明
快速点定位	G00	G00 X(U)___ Z(W)___
直线插补	G01	G01 X(U)___ Z(W)___ F___
圆弧插补	G02(顺时针) G03(逆时针)	G02/G03 X___ Z___ R___(I___ K___) F___
暂停	G04	G04 X___(P___)(F___)
刀尖半径补偿	G40/G41/G42	G40 取消刀具半径补偿 G41 刀尖圆弧半径左补偿 G42 刀尖圆弧半径右补偿
车削螺纹	G32	G32 X(U)___ Z(W)___ F___
1. 设定工件坐标系 2. 限制主轴最高转速	G50	1. G50 X___ Z___ 2. G50 S3000(主轴最高转速不能超过 3000r/min)
选择工件坐标系	G54 G55 G56 G57 G58 G59	选择工件坐标系 1 选择工件坐标系 2 选择工件坐标系 3 选择工件坐标系 4 选择工件坐标系 5 选择工件坐标系 6
调用宏程序	G65	G65 P___ L___
单一固定循环	G90	 外径、内径及锥面粗加工循环 格式： G90 X(U)___ Z(W)___ F___ (X, Z)——圆柱面车削终点坐标 (U, W)——圆柱面车削终点相对起点的增量值 F——进给速度  格式： G90 X(U)___ Z(W)___ R___ F___ X(U)、Z(W)——圆锥面车削终点坐标 R——圆锥起点与终点半径之差 F——进给速度

(续)

功 能	G 代码	编程基本格式及简要说明
	G92 	螺纹车削循环(执行循环车削螺纹) 格式: G92 X(U)___ Z(W)___ R___ F___ 加工圆柱螺纹时 R 为零 X(U)、Z(W)——螺纹终点坐标 R——锥螺纹起点与终点半径之差 F——螺距
单一固定循环	G94 	端面车削循环 格式: G94 X(U)___ Z(W)___ F___ X(U)、Z(W)——圆柱面车削终点坐标 F——进给速度
	G70	精加工循环(完成 G71/G72/G73 循环后的精加工) 格式: G70 P(ns)Q(nf) ns——轮廓循环开始程序段的段号 nf——轮廓循环结束程序段的段号
复合固定循环	G71	外径、内径粗加工复合循环(将工件加工至精加工之前,沿 Z 轴方向循环) 格式: G71 UΔd RΔe G71 Pns Qnf UΔu WΔw F___ Δd——循环切削过程中径向的背吃刀量,半径值,单位为 mm Δe——循环切削过程中径向的退刀量,半径值,单位为 mm ns——轮廓循环开始程序段的段号 nf——轮廓循环结束程序段的段号 Δu——X 方向的精加工余量,直径值,单位为 mm Δw——Z 方向的精加工余量,单位为 mm F——进给速度

(续)

功 能	G 代码	编程基本格式及简要说明
复合固定循环	G72	端面加工复合循环(同 G71 但 G72 沿 X 轴方向循环切削) 格式: G72 <u>W</u>Δb <u>R</u>Δc G72 <u>P</u>n_s <u>Q</u>n_f <u>U</u>Δu <u>W</u>Δw <u>F</u>__ Δb——循环切削过程中轴向的背吃刀量,单位为 mm Δc——循环切削过程中轴向的退刀量,单位为 mm 其他含义同 G71
	G73	闭合切削固定循环(沿工件精加工相同的刀具路径粗加工循环) 格式: G73 <u>U</u>Δd <u>W</u>Δb <u>R</u>Δe G73 <u>P</u>n_s <u>Q</u>n_f <u>U</u>Δu <u>W</u>Δw <u>F</u>__ Δd——X 轴上的总退刀量(半径值) Δb——Z 轴上的总退刀量 Δe——重复加工次数
	G74	端面切削固定循环
	G75	切槽循环
	G76	螺纹切削复合循环 格式: G0 <u>X</u>α_1 <u>Z</u>β_1 G76 <u>P</u>$m\gamma\theta$ <u>Q</u>$\Delta d_{\min}$ <u>R</u>Δc G76 <u>X</u>α_2 <u>Z</u>β_2 <u>R</u>I__ <u>P</u>h__ <u>Q</u>Δd <u>F</u>I__ α_1, β_1——螺纹切削循环起始点坐标 m——精加工重复次数,可以 1~99 次 γ——螺纹尾部倒角量(斜向推刀)。00~99 个单位,取 01 则退 0.11X 导程(单位: mm) θ——螺纹刀尖的角度(螺纹牙型角)。可选择 80°、60°、55°、30°、29°、0°六个种类 $\Delta d_{\min}$——切削时的最小背吃刀量 Δc——精加工余量,半径值,单位为 μm α_2——螺纹底径值(外螺纹小径值,内螺纹大径值),直径值,单位为 mm β_2——螺纹 Z 向终点位置坐标,必须考虑空刀导出量 I——螺纹部分的半径差, I 为零时,是直螺纹切削 h——螺纹的牙高。按 $h = 0.6495P$ 进行选择,半径值,单位为 μm Δd——第一次背吃刀量,半径值,单位为 μm P_h——螺纹导程,单位为 mm
主轴恒线速度控制	G96	模态指令
取消主轴恒线速度控制	G97	G96 S100 代表主轴恒定线速 100m/min G97 S300 代表主轴转速 300r/min
每分钟进给速度	G98	G98 F100 代表进给速度 100mm/min
每转进给量	G99	G99 F0.2 代表进给量为 0.2mm/r

二、辅助功能字

辅助功能字用作指令数控机床中辅助装置的开关动作或状态。地址符规定为 M，故又称为 M 功能指令或 M 指令，它的后续数字可以为 00 ~ 99 两位数代码。

FANUC0i-TC 系统常用的辅助功能

功 能	代 码	作 用
程序停止	M00	停止程序运行及机床相关动作
选择性停止	M01	与选择开关一起使用，用于停止程序运行
主轴指令	M03/M04/M05	M03：机床主轴正转 M04：机床主轴反转 M05：主轴停止
切削液指令	M08/M09	M08：切削液开 M09：切削液关
程序结束	M30	加工程序执行完并结束运行，返回到初始状态
子程序指令	M98/M99	M98：调用子程序 M99：子程序结束，返回主程序

三、进给功能字

进给功能字主要用于指令进给速度（进给量）的地址字。地址符规定为 F，故又称为 F 功能指令或 F 指令，它的后续数字可以为 00 ~ 99 两位数代码，也可为（0 ~ 9999）四位数字代码。

四、主轴转速功能字

主轴转速功能字主要用于指令机床主轴转速的地址字。其地址符规定为 S，故又称为 S 功能指令或 S 指令，其后续数字可以为一位至四位。

五、刀具功能字

刀具功能字用于指令加工中所用刀具号及自动补偿编组号的地址字，地址符规定为 T。T 后续数字有两位数字形式，如 T11；T 后续数字有四位数字形式，如 T0101。

六、坐标尺寸字

坐标尺寸字主要用在程序段中指定刀具运动后应到达的坐标位置。规定用地址符 X、Y、Z 分别指令其 X、Y、Z 坐标轴方向的绝对坐标尺寸，用 U、V、W 分别指令其增量坐标尺寸。

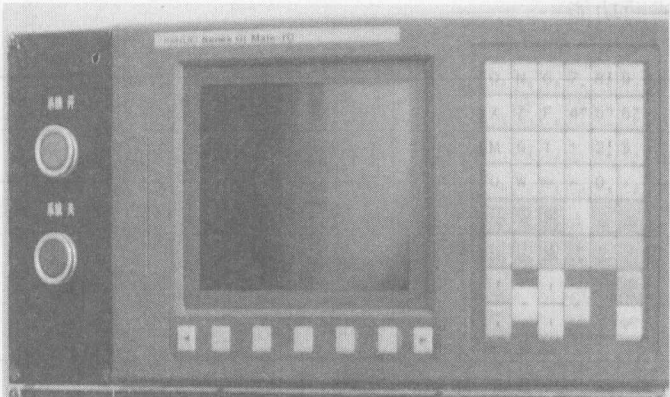
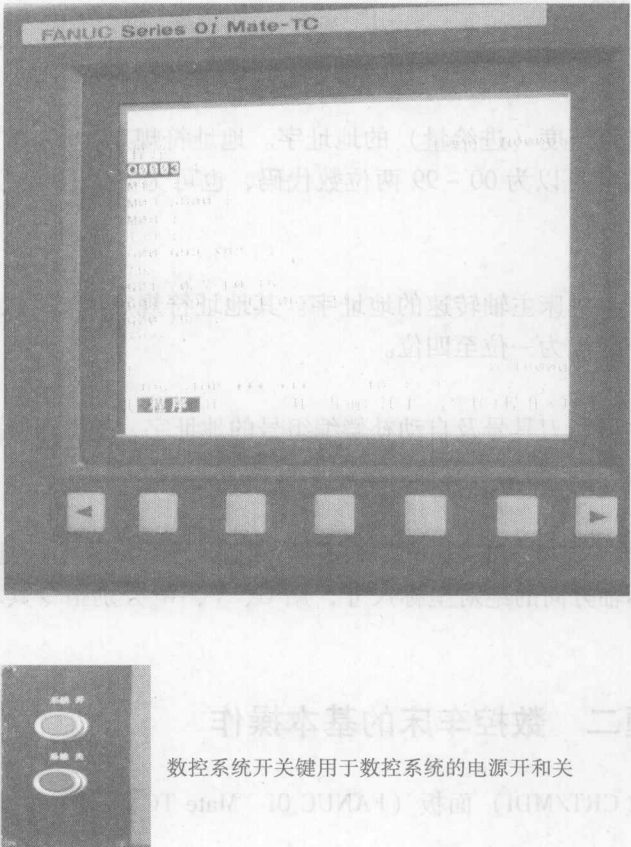
课题二 数控车床的基本操作

训练内容：数控系统操作（CRT/MDI）面板（FANUC 0i Mate TC）。

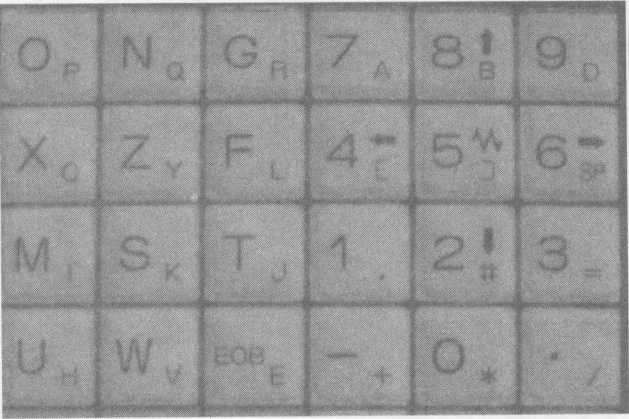
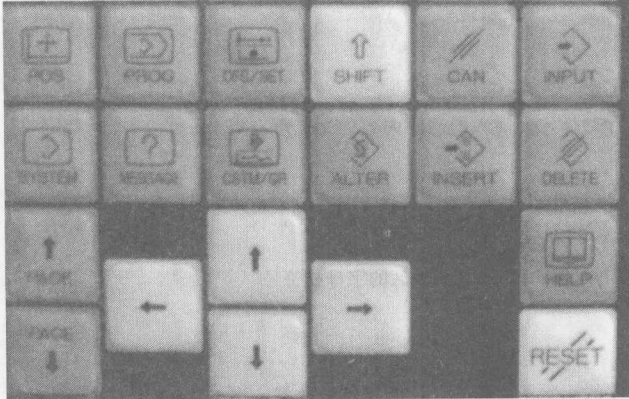
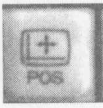
教学要求：

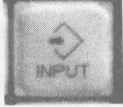
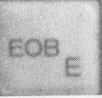
1. 掌握 CRT 显示器操作方法。
2. 掌握 MDI 键盘操作方法。

操作步骤:

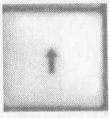
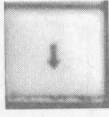
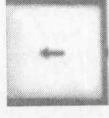
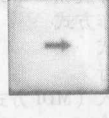
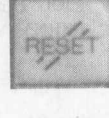
内容	操作示意图	相关知识及要点
数控系统操作面板。		● 数控系统操作面板也称 CRT/MDI 操作面板, 由 CRT 显示器与 MDI 键盘两部分组成
CRT 显示器	 数控系统开关键用于数控系统的电源开和关	● CRT 显示器用于显示机床的各种参数和状态 ● 七个软键用于 CRT 各种界面的选择 ● 左端软键为返回键, 返回最初界面状态 ● 中间五个软键, 功能由显示器上响应位置所显示内容而定 ● 右端软键为扩展键, 用于显示当前操作功能界面未显示完的内容

(续)

内容	操作示意图	相关知识及要点
MDI 键盘		● 地址/数字键区 共 24 个键，同一个键可用于输入地址字，也可输入数值及符号，系统自动判别取字母还是取数字
		● 功能键和程序编辑键
	 位置键：用于在 CRT 显示当前机床坐标位置，位置显示有三种方式，用 PACE 按键切换  程序键：用于程序的显示和编辑 ● 编辑方式：编辑、显示存储器里的程序 ● MDI 方式：输入、显示手动输入数据 ● 自动运行方式：显示程序指令值  偏置量键：用于设定和显示刀具的偏置量  系统参数键：用于系统参数的设定和显示，自诊断数据的显示	● 功能键区 用于选择 CRT 的屏幕显示方式

内容	操作示意图	相关知识及要点
	 报警操作键：用于报警号显示  图形显示键：用于模拟运行刀具轨迹的显示	
MDI 键盘	 上挡键：用于选择角位字母或符号输入  修改键：用于程序的修改，用输入的数据替代光标所在处的数据  插入键：用于程序的插入，插入的程序内容到光标所在点的后面  取消键：按此键删除最后一个进入缓存区的字母或符号  删除键：用于程序的删除，可删除光标所在处的数据，也可删除一个程序或删除全部程序  输入键：可输入参数和刀具补偿值，也可在 MDI 方式下输入命令数据  程序段结束换行键：用于程序段结束号“;”的输入并切换行  翻页键：用于屏幕显示的页面整幅更换，向前翻页  翻页键：用于屏幕显示的页面整幅更换，向后翻页	● 程序编辑键区 用于数控加工程序编辑

(续)

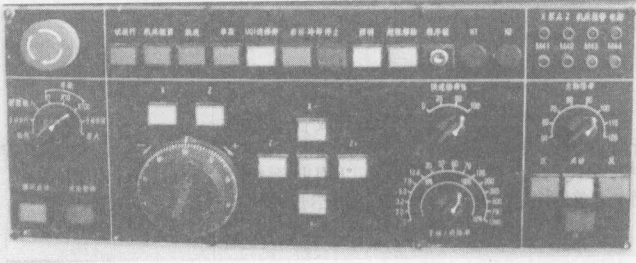
内容	操作示意图	相关知识及要点
MDI 键盘	 光标移动键：使 CRT 屏幕上的光标向上移动  光标移动键：使 CRT 屏幕上的光标向下移动  光标移动键：使 CRT 屏幕上的光标向左移动  光标移动键：使 CRT 屏幕上的光标向右移动  复位键：用于解除报警，使数控系统复位。当机床自动运行时，按此键则机床的所有运动都停止  系统帮助页面：用于帮助菜单显示	● 程序编辑键区 - 用于数控加工程序编辑

训练内容：数控车床操作面板

教学内容：

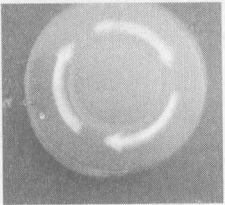
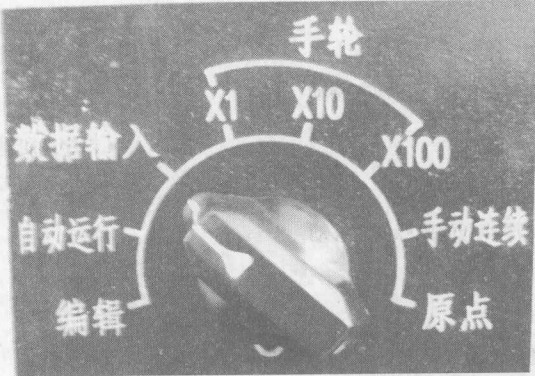
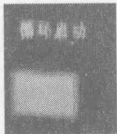
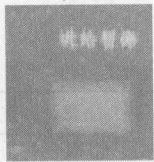
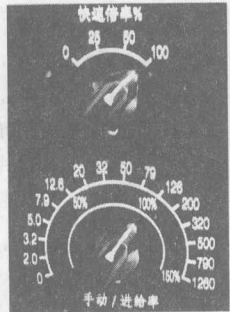
1. 熟悉数控车床操作面板各按键与旋钮的功能。
2. 掌握数控车床操作面板的操作方法。

操作方法：

内容	操作示意图	相关知识及要点
数控车床操作面板		● 不同数控机床生产厂家的机床操作面板不同，可参考厂家的说明书，一般都有下面几部分

(续)

(续)

内容	操作示意图	相关知识及要点
数控车床操作面板	 急停按钮：用于机床紧急停止	● 急停按钮
	 编辑方式：用于程序的输入和编辑状态 自动运行：存储程序自动加工模式 数据输入：用于手动数据输入和机床运行 手轮进给：手摇脉冲发生器移动，共三挡，0.1mm、0.01mm 和 0.001mm 手动连续：即 JOG 方式，手动操作机床滑板沿 X 方向和 Z 方向进给 原点方式：用于回机床原点（机床参考点）	● 方式选择旋钮（MODE）图 示共 6 种操作方式 ① 编辑方式 ② 自动运行 ③ 数据输入（MDI 方式） ④ 手轮进给 ⑤ 手动连续（JOG 方式） ⑥ 原点方式（ZRN）
	 循环启动键：用于机床启动运行  进给暂停键：用于暂停进给轴  进给倍率修调旋钮：用于手动或自动运行时进给速度的选择。自动运行时，程序中的 F 代码指定的进给速度可以用此旋钮调整。车削螺纹时，不允许调整进给倍率	● 循环启动键 ● 进给控制键区 ● 进给倍率修调旋钮（FEED RATE OVERRIDE）