

# 项目一

## 数控车技术

### 【知识目标】

- (1) 了解数控车床的概念、型号及种类。
- (2) 了解数控车床的组成。
- (3) 了解数控车床与普通车床的差别。
- (4) 掌握数控车床回机床参考点的方法、手动操作方法和 MDI 运行方法。

### 【能力目标】

- (1) 能熟练操作华中世纪星数控车床。
- (2) 能编辑数控程序，能运用显示方式观察运行情况。
- (3) 能熟练运用试切法设置刀具偏置补偿数据。

### 项目概要

数控车床是数控加工的主要工具。通过本项目的学习，让学生了解数控车床的概念、型号及组成等基本知识，掌握数控车床回机床参考点的方法、手动操作方法和 MDI 运行方法，并学会操作华中世纪星数控车床，为后面的学习奠定基础。

## 任务一 认识数控车床

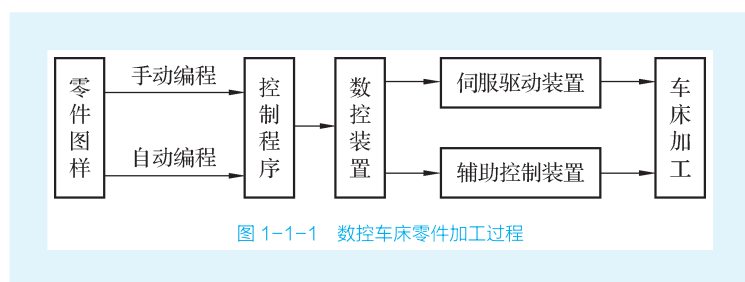
### 任务描述

教师带领数控专业学生参观数控技术实训室。要求结合本次参观情况拟写一份 800 字左右的学习心得，内容包括数控车床的用途、型号、作用、种类、特点等。

## 知识储备

### 一、数控车床概述

数控车床（CNC lathe 或 CNC turn）是用计算机数字控制（computerized numerical control, CNC）的车床。普通车床要靠手工操作车床来完成各种切削加工，而数控车床在操作时可先将编制好的加工程序输入数控车床，由数控车床的数控装置指挥各坐标轴的驱动电动机，控制车床各运动部件动作的先后顺序、速度和移动量，并与选定的主轴转速相配合，加工各种形状的回转类零件。当更换加工对象时，只需要重新编写程序代码，输入数控车床即可。数控车床零件加工过程如图 1-1-1 所示。



### 二、数控车床的发展史

1955 年，第一台工业用数控车床由美国 Bendix 公司生产出来。从 1955 年至今，NC 车床按 NC 系统的发展经历了五代。其中，前三代 NC 系统，由于其数控功能均由硬件实现，故又称为硬线 NC。

第一代：1955 年，NC 系统由电子管组成，其特点是体积大、功耗大。

第二代：1959 年，NC 系统由晶体管组成，广泛采用印制电路板。

第三代：1965 年，NC 系统采用小规模集成电路作为硬件，其特点是体积小、功耗小，可靠性得以进一步提高。

第四代：1970 年，NC 系统采用小型计算机取代专用计算机，其部分功能由软件实现，它具有价格低、可靠性高和功能多等特点。

第五代：1974 年，NC 系统以微处理器为核心，不仅价格进一步降低，体积进一步缩小，而且使真正意义上的机电一体化成为可能。

### 三、数控车床种类

#### （一）按车床主轴位置分类

按车床主轴位置，数控车床可分为卧式数控车床和立式数控车床。

##### 1. 卧式数控车床

卧式数控车床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，并易于排除切屑。卧式数控车床如图 1-1-2 所示。



图 1-1-2 卧式数控车床

## 2. 立式数控车床

立式数控车床简称数控立车，其车床主轴垂直于水平面，有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。立式数控车床如图 1-1-3 所示。

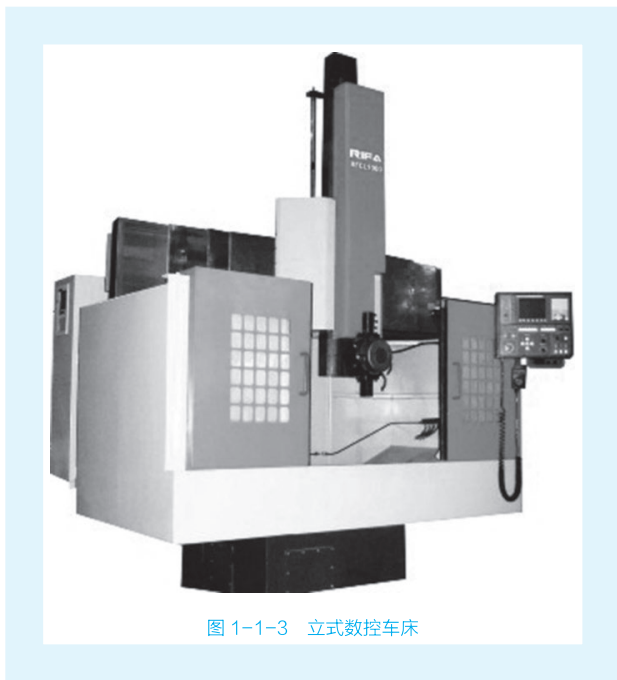


图 1-1-3 立式数控车床

### (二) 按功能分类

按功能，数控车床可分为经济型数控车床、普通数控车床和车削加工中心。

#### 1. 经济型数控车床

采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床称为经济型数控车床。其成本较低，自动化程度和功能都比较差，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。经济型数控车床如图 1-1-4 所示。



图 1-1-4 经济型数控车床

## 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称为普通数控车床。其数控系统功能强，自动化程度和加工精度也比较高，适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴，即  $X$  轴和  $Z$  轴。

## 3. 车削加工中心

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，可同时控制  $X$  轴、 $Z$  轴和  $C$  轴 3 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，除可以进行一般车削外，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等加工。车削加工中心如图 1-1-5 所示。



图 1-1-5 车削加工中心

## 四、数控车床的组成

数控车床一般由输入/输出设备、CNC 装置（CNC 单元）、伺服单元、驱动装置（执行机构）、

可编程控制器 (PLC)、电气控制装置、辅助装置、车床本体及测量反馈装置组成,如图 1-1-6 所示。

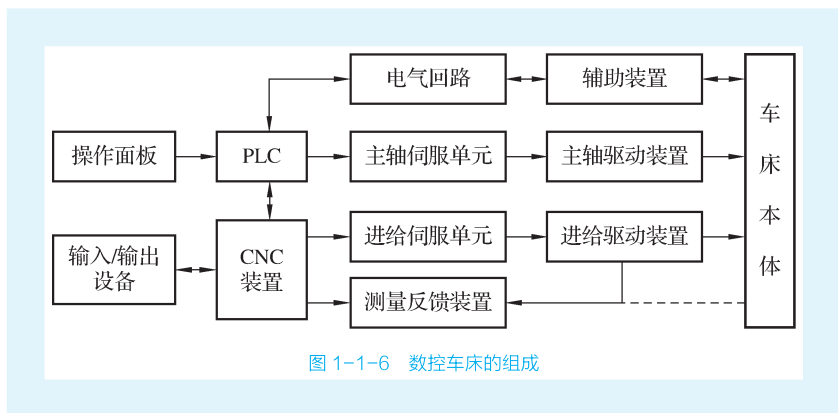


图 1-1-6 数控车床的组成

## 五、数控车床的特点

与普通车床相比,数控车床具有以下特点。

### (一) 适应性强

数控车床能实现多个坐标的联动,因此能加工形状复杂的零件,特别是对于可用数学方程式和坐标点表示的零件,加工非常方便。更换加工零件时,数控车床只需更换零件加工的 NC 程序。

### (二) 加工质量稳定

对于同一批零件,由于使用同一车床和刀具及同一加工程序,刀具的运动轨迹完全相同,这就保证了零件加工的一致性,且质量稳定。

### (三) 效率高

数控车床的主轴转速及进给范围比普通车床大。目前,数控车床的进给速度可达到 100 m/min 以上,最小分辨率可达 0.01  $\mu\text{m}$ 。一般来说,数控车床的生产能力约为普通车床的 3 倍,甚至更高。数控车床的时间利用率高达 90%,而普通车床仅为 30% ~ 50%。

### (四) 精度高

数控车床有较高的加工精度,一般为 0.005 ~ 0.1 mm。数控车床的加工精度不受零件复杂程度的影响,机床传动链的反向齿轮间隙和丝杠的螺距误差等都可以通过数控装置自动进行补偿。因此,数控车床的定位精度比较高。

### (五) 降低劳动强度

输入程序并启动后,数控车床就自动地连续加工,直至完毕。这样就简化了工人的操作,使劳动强度大大降低。

此外,数控车床还具有能实现复杂的运动、产生良好的经济效益、利于生产管理现代化等优点。

## 六、数控车床的加工范围

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过数控加工程序的运行,可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工,并能进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。车削中心可在一次装夹中完成更多的加工工序,提高加工精度和生产效率,特别适合于复杂形状回转类零件的加工。

### 任务实施

#### 一、安全须知

- (1) 进入车间实习时,要穿好工作服,大袖口要扎紧,衬衫要系入裤内。长发者要戴安全帽,并将发辫纳入帽内。不得穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、背心、裙子和戴围巾进入车间。
- (2) 注意不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。
- (3) 严禁私自打开数控系统控制柜进行观看和触摸。

#### 二、实施步骤

- (1) 将班级学生分成五人一个小组,明确组长及各组员的分工。
- (2) 由教师带领学生参观数控技术实训室。
- (3) 各小组成员根据参观情况总结自己所学到的知识,由组长进行汇总,完成学习任务。

### 任务评价

任务评价见表 1-1-1。

表 1-1-1 任务一 认识数控车床的考核评价表

班级		姓名		学号		
任务一		认识数控车床				
考核项目	序号	评价内容	配分	评价标准	学生自评	教师评分
学习准备	1	参与资料收集、整理,自主学习	5	资料准备		
	2	能初步制订计划	5	计划制订		
	3	分工合理、协调有序	5	小组分工		
学习过程	4	操作技术	10	行业标准		
	5	能在实践中发现问题,并用理论知识解决实践中的问题	10	问题探究		
	6	服从管理,遵守工厂制度	10	文明安全		

续表

学习拓展	7	能实现前后知识的迁移	5	知识迁移		
	8	能举一反三, 提出改进建议或方案	10	应变能力		
	9	有创新建议提出	10	创新程度		
学习态度	10	主动性强	10	主动程度		
	11	有合作意识	10	合作意识		
	12	认真仔细, 不出错误	10	严谨细致		
综合得分			100			

### 任务小结

通过本任务学习, 着重让学生了解数控车床的型号、基本组成及加工特点等, 提高了学生学习的兴趣, 为后面的学习打下坚实的基础。

### 拓展提升

#### 1. 理论提升

- (1) 简述数控车床的组成。
- (2) 数控车床按车床主轴位置可分为哪几类?
- (3) 与普通车床相比, 数控车床有哪些特点?

#### 2. 技能提升

以小组为单位, 通过课后自己查询资料, 了解数控车床的发展历史、种类等更多知识, 为后面的学习打下基础。

## 任务二 认识数控车床操作面板

### 任务描述

教师组织数控专业学生到数控技术实训室现场操作数控车床, 要求大家通过操作了解华中世纪星 HNC—21T 车床的面板功能。

### 知识储备

#### 一、华中世纪星车床数控系统操作面板

华中世纪星 HNC—21T 是一款适合于数控车床的华中数控系统, 它的操作面板由 CNC 控制面板、机床操作面板及手持单元等组成, 如图 1-2-1 所示。





图 1-2-1 华中世纪星车床数控系统操作面板


## (一) CNC 控制面板

CNC 控制面板由 CRT 单元和 MDI 键盘组成。单击操作面板上的“打开键盘”按钮，就会显示 MDI 键盘。再次单击“打开键盘”按钮，即可隐藏 MDI 键盘。MDI 按键主要包括地址 / 数字键、光标移动键及各类功能键，其中地址 / 数字键用于手动输入程序，系统各功能键用于实现对机床的各种操作。MDI 键盘部分按键功能如下。


### 1. 地址和数字键

 ：按下这些键，可以输入字母、数字和运算符等；配合上挡键，可以输入右上角的字母和符号。

### 2. 上挡键

：按下此键，输入字母 / 数字键右上角的字母和符号。

### 3. 确认键

：按下此键，系统接受数据输入。



#### 4. 替换键

 : 用于程序中字段的替换。

#### 5. 删除键

 : 按下此键, 删除光标后面的一个字符。


#### 6. 翻页键

  : 编辑程序时, 向前/后滚动一屏, 光标位置不变。

#### 7. 空格键

 : 按下此键, 可以在光标所在处插入空格。

#### 8. 取消键

 : 按下此键, 可以取消某些操作。

#### 9. 退格键

 : 按下此键, 光标向前移动并删除前面的一个字符。


#### 10. 光标移动键

 : 使光标在操作区上、下、左、右移动。


### (二) 机床操作面板

机床操作面板位于控制面板下方, 用于控制机床的各种加工运行方式和速度修调等。其中各控制键、按钮和旋钮的功能如下。


#### 1. 急停键

 : 紧急情况下按此按钮后数控系统进入急停状态, 控制柜内的进给驱动电源被切断, 此时机床的伺服进给及主轴运转停止工作。

#### 2. 循环启动键

 : 按下此键, 启动程序段运行。

#### 3. 进给保持键

 : 按下此键, 程序执行暂停, 机床运动轴减速停止。

#### 4. 方式选择键

 **自动**：按下该键，机床进入自动运行方式。

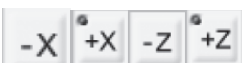
 **单段**：按下该键，机床进入单段运行方式。

 **手动**：按下该键，机床进入手动连续进给运行方式。

 **增量**：按下该键，机床进入增量运行方式。

 **回参**  
**考点**：按下该键，进入返回机床参考点运行方式。

#### 5. X、Z 移动键

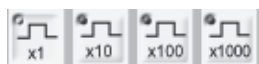
 **-X +X -Z +Z**：选择移动的坐标轴及方向。

#### 6. 修调键



：共有主轴修调、快速修调和进给修调三种。

#### 7. 增量倍率键



：控制增量进给的增量值。

#### 8. 主轴控制键




：分别按下这些键，主轴正转、停止、反转；手动方式时有效。


#### 9. 刀位转换键

 **刀位转换**：按下此键，刀具将按照刀位选择所确定的刀位号转换到加工位置。

#### 10. 超程解除键

 **超程解除**：出现超程时，按下此键，同时按下超程反方向键，解除超程。


#### 11. 空运行键

 **空运行**：按下此键，机床执行空运行。

#### 12. 机床锁住键

 **机床锁住**：按下此键，锁住机床各坐标轴；手动方式时有效。

### 13. 冷却开 / 停键

：按下此键，切削液开；再按此键，切削液关。手动方式时有效。


#### (三) 手持单元

手持单元（MPG）由手摇脉冲发生器（简称“手摇”）和坐标轴选择开关等组成，用于手摇方式增量进给坐标轴。手持单元的结构如图 1-2-2 所示。该面板上各按钮功能如下。




图 1-2-2 (数控车床) 手持单元的结构


#### 1. 坐标轴选择按钮

：每旋动一下，旋钮向相应的方向移动一个挡位，选择对应的坐标。

#### 2. 轮进给放大倍数开关

：每旋动一下，旋钮向相应的方向移动一个挡位，选择对应的倍数。

#### 3. 手轮

：摇动手轮，则所选择的轴将向正向或负向发生连续移动。

## 二、华中世纪星软件操作界面

#### (一) 软件操作界面

华中世纪星数控系统通电后，将在液晶显示器上显示 HNC-21T 的软件界面，如图 1-2-3 所示。

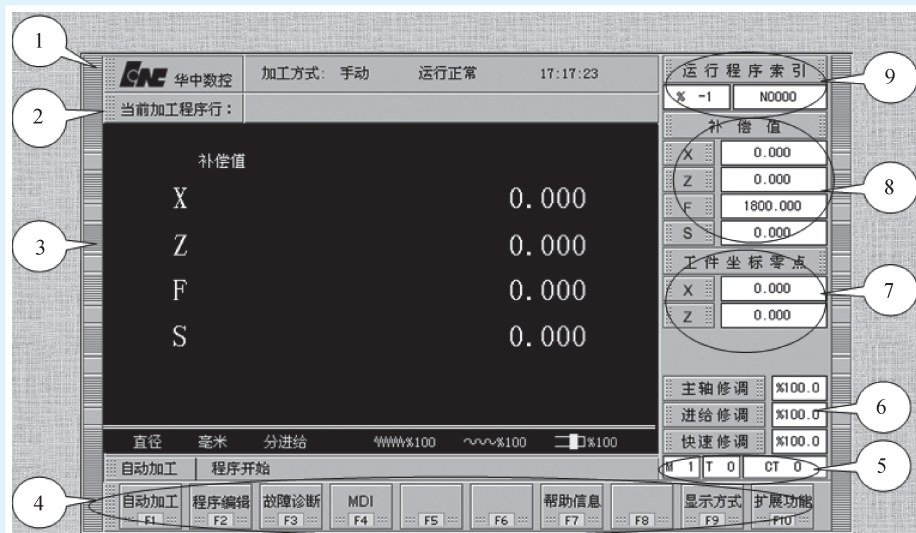


图 1-2-3 HNC-21T 软件操作界面

### 1. 当前加工方式、系统运行状态及当前时间

- (1) 加工方式：系统工作方式根据机床控制面板上相应按键的状态可在自动（运行）、单段（运行）、手动、增量、回零、急停、复位等之间进行切换。
- (2) 系统运行状态：系统工作状态在“运行正常”和“出错”之间切换。
- (3) 当前时间：显示当前系统时间。

### 2. 当前加工程序行

显示当前正在或将要加工的程序段。

### 3. 图形显示窗口

在显示方式菜单下，可以设置显示模式、显示值、显示坐标系、图形放大倍数、夹具中心绝对位置、内孔直径、毛坯大小等。

### 4. 菜单命令条

通过菜单命令条中的功能键 F1 ~ F10 来完成自动加工、程序编辑、参数设定、故障诊断等系统功能。

### 5. 辅助机能

显示自动加工中的 M、S、T 代码。

### 6. 修调倍率

显示当前主轴修调倍率、进给修调倍率和快速修调倍率。

### 7. 工件坐标零点

显示工件坐标系零点在机床坐标系中的坐标。

## 8. 选定坐标系下的坐标值

坐标系可在机床坐标系、工件坐标系、相对坐标系之间进行切换。

显示值可在指令位置、实际位置、剩余进给、跟踪误差、负载电流、补偿值之间进行切换。

## 9. 运行程序索引

显示自动加工中的程序名和当前程序段行号。

### (二) 功能菜单结构

操作界面中最重要的一块是菜单命令条。系统功能的操作主要通过菜单命令条中的功能键 F1 ~ F10 来完成。每个功能包括不同的操作，菜单采用层次结构，即在主菜单下选择一个菜单项后，数控装置会显示该功能下的子菜单，用户可根据该子菜单的内容来选择所需的操作，如图 1-2-4 所示。当要返回主菜单时，按子菜单下的 F10 键即可。

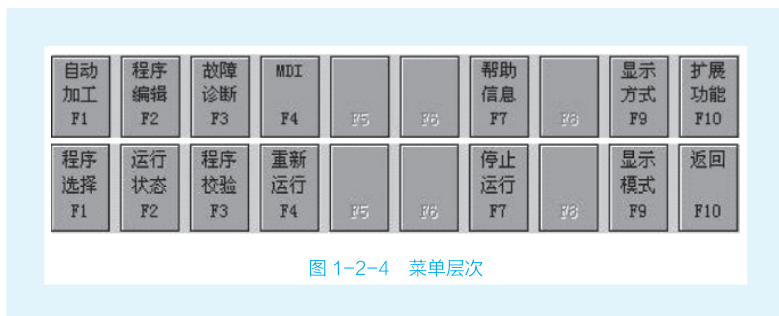


图 1-2-4 菜单层次

## 任务实施

### 一、安全须知

- (1) 进入车间实习时，要穿好工作服，大袖口要扎紧，衬衫要系入裤内。长发者要戴安全帽，并将发辫纳入帽内。不得穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、背心、裙子和戴围巾进入车间。
- (2) 注意不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。
- (3) 严禁私自打开数控系统控制柜进行观看和触摸。
- (4) 使用手轮或快速移动方式移动各轴位置时，一定要看清机床 X 轴、Z 轴各方向“+”“-”号标牌后再移动。移动时先慢转手轮观察机床移动方向无误后方可加快移动速度。

### 二、实施步骤

- (1) 将班级学生分成五人一个小组，每人一台数控车床，明确组长及各组员的位置。
- (2) 每位学生根据教师的指导进行数控车床操作面板的实际操作。
- (3) 各小组成员通过讨论、操作，根据教师的指导完成学习任务。

## 任务评价

任务评价见表 1-2-1。

表 1-2-1 任务二 认识数控车床操作面板的考核评价表

班级		姓名		学号		
任务二		认识数控车床操作面板				
考核项目	序号	评价内容	配分	评价标准	学生自评	教师评分
学习准备	1	参与资料收集、整理, 自主学习	5	资料准备		
	2	能初步制订计划	5	计划制订		
	3	分工合理、协调有序	5	小组分工		
学习过程	4	操作技术	10	行业标准		
	5	能在实践中发现问题, 并用理论知识解决实践中的问题	10	问题探究		
	6	服从管理, 遵守工厂制度	10	文明安全		
学习拓展	7	能实现前后知识的迁移	5	知识迁移		
	8	能举一反三, 提出改进建议或方案	10	应变能力		
	9	有创新建议提出	10	创新程度		
学习态度	10	主动性强	10	主动程度		
	11	有合作意识	10	合作意识		
	12	认真仔细, 不出错误	10	严谨细致		
综合得分			100			

### 任务小结

通过完成本任务, 使学生能够明确掌握华中世纪星数控车床操作面板上各按键的功能和操作方法, 掌握软件操作界面。

### 拓展提升

#### 1. 理论提升

简述手持单元各按钮的功能及操作方法。

#### 2. 技能提升

在数控技术实训室里反复练习数控车床操作面板相关操作, 为后面完成生产任务奠定基础。

## 任务三 操作数控车床

### 任务描述

教师组织数控专业学生到数控技术实训室，每组一台数控车床，通过自己动手操作，了解华中世纪星 HNC-21T 数控车床刀具、工件的装夹方法，开机、关机流程以及对刀方法，程序输入和管理等相关知识。

### 知识储备

#### 一、数控车床刀具

数控车床刀具种类繁多，功能各不相同。根据不同的加工条件正确选择刀具是编制程序的重要环节，因此必须对车刀的种类及特点有一个基本的了解。在数控车床上使用的工具有外圆车刀、钻头、镗刀、切断刀、螺纹加工刀具等，其中以外圆车刀、镗刀、钻头最为常用。

数控车床使用的车刀、镗刀、切断刀、螺纹加工刀具均有整体式和机夹式之分，除经济型数控车床外，目前已广泛使用可转位车刀。

可转位车刀的结构形式（图 1-3-1）有以下三种。

##### （一）杠杆式

杠杆式可转位车刀的结构如图 1-3-1（a）所示，由杠杆、螺钉、刀垫、刀垫销、刀片等组成。它依靠螺钉旋紧压靠杠杆，由杠杆的力压紧刀片以达到紧固的目的。其特点是适合各种正、负前角的刀片，有效前角的变化范围为  $-60^{\circ} \sim +180^{\circ}$ ；切屑可无阻碍地流过，切削热不影响螺孔和杠杆；两面槽壁给刀片有力的支承，并确保转位精度。

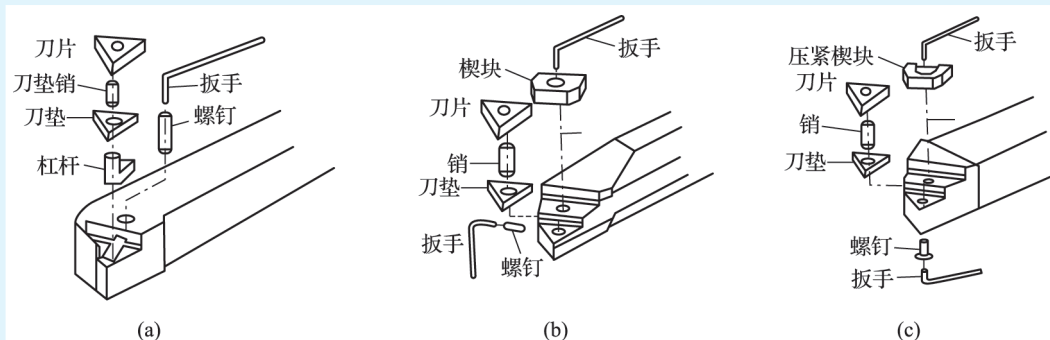


图 1-3-1 可转位车刀的结构形式

(a) 杠杆式 (b) 楔块式 (c) 楔块夹紧式

##### （二）楔块式

楔块式可转位车刀的结构如图 1-3-1（b）所示，由螺钉、刀垫、销、楔块、刀片等组成。

它依靠销与楔块的挤压力将刀片紧固。其特点还适合各种负前角刀片，有效前角的变化范围为  $-60^{\circ} \sim +180^{\circ}$ ；两面无槽壁，便于仿形切削或倒转操作时留有间隙。

### （三）楔块夹紧式

楔块夹紧式可转位车刀的结构如图 1-3-1 (c) 所示，由螺钉、刀垫、销、压紧楔块、刀片等组成。它依靠销与楔块的压入力将刀片夹紧。其特点同楔块式，但切屑流畅不如楔块式。

此外，可转位车刀还有螺栓上压式、压孔式等形式。

## 二、数控车床夹具与刀架

### （一）数控车床夹具的分类和结构特点

数控车床夹具主要有三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、花盘等。

#### 1. 三爪自定心卡盘

三爪自定心卡盘如图 1-3-2 所示。其可自动定心，装夹方便，应用较广，但夹紧力较小，不便于夹持外形不规则的工件。

#### 2. 四爪单动卡盘

四爪单动卡盘如图 1-3-3 所示。其 4 个爪都可单独移动，安装工件时需找正，夹紧力大，适用于装夹毛坯及截面形状不规则和不对称的较重、较大的工件。

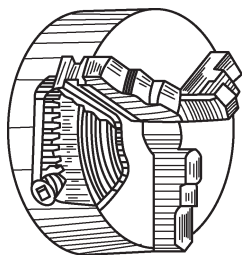


图 1-3-2 三爪自定心卡盘

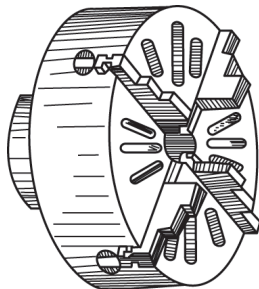


图 1-3-3 四爪单动卡盘

#### 3. 花盘

通常花盘用于装夹不对称和形状复杂的工件，装夹工件时需反复校正和平衡。

### （二）数控车床的刀架种类

刀架是数控车床非常重要的部件。数控车床根据其功能，刀架上可安装的刀具数量一般为 4 把、8 把、12 把或 16 把，有些数控车床可以安装更多的刀具。

刀架的结构形式一般为回转式，刀具沿圆周方向安装在刀架上，可以安装径向车刀、轴向车刀、钻头、镗刀。车削加工中心还可以安装轴向铣刀、径向铣刀。少数数控车床的刀架为直排式，刀具沿一条直线安装。

数控车床可以配备以下两种刀架。

（1）专用刀架：由车床生产厂商自己开发，所使用的刀柄也是专用的。这种刀架的优点是制造



成本低，但缺乏通用性。

(2) 通用刀架：根据一定的通用标准而生产的刀架，如图 1-3-4 所示，数控车床生产厂商可以根据数控车床的功能要求进行选择配置。

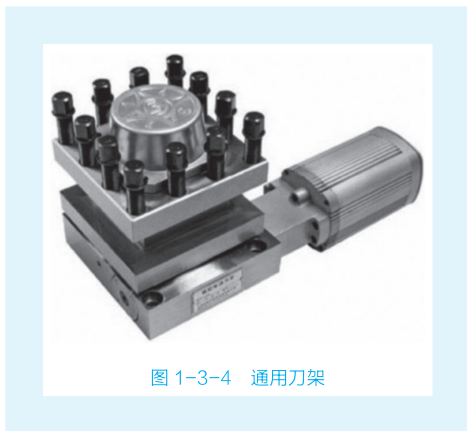


图 1-3-4 通用刀架

### 三、数控车床机床坐标系和坐标运动

#### (一) 坐标和运动方向命名的原则

(1) 在数控车床中，统一规定采用右手直角笛卡儿坐标轴命名，如图 1-3-5 (a) 所示。图中拇指的指向为  $X$  轴的正方向，食指的指向为  $Y$  轴的正方向，中指的指向为  $Z$  的正方向。

(2) 坐标系中的各个坐标轴与车床的主要导轨相平行。

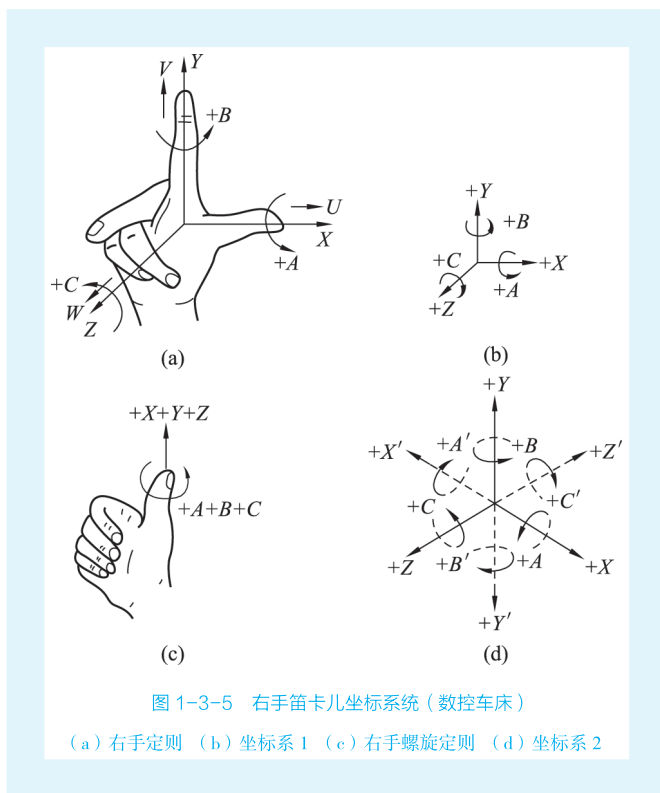


图 1-3-5 右手笛卡儿坐标系（数控车床）

(a) 右手定则 (b) 坐标系 1 (c) 右手螺旋定则 (d) 坐标系 2

(3) 车床在加工过程中, 不论是刀具移动还是被加工工件移动, 都一律假定被加工工件相对静止不动而刀具在移动, 并规定刀具远离工件的运动方向为坐标轴的正方向。

(4) 旋转运动方向的规定。在图 1-3-5 中, 围绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  轴旋转的圆周进给坐标轴分别用  $A$ 、 $B$ 、 $C$  表示, 其正方向用右手螺旋定则确定, 以拇指指向  $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$  方向, 则食指、中指等的指向是圆周进给运动的  $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$  方向, 如图 1-3-5 (c) 所示。

## (二) 坐标运动的规定

### 1. $Z$ 坐标的运动

$Z$  坐标的运动由传递切削动力的主轴所决定。

(1) 与机床 (如数控车床、数控立式镗铣床等) 主轴平行的标准坐标轴即为  $Z$  坐标。

(2) 若机床 (如数控刨床等) 没有主轴, 则  $Z$  坐标垂直于工件主要装夹面。

(3) 若机床有几个主轴, 可选择一垂直于工件装夹面的主要轴作为主轴, 并以它确定  $Z$  坐标, 如数控龙门铣床。

(4)  $Z$  坐标的正方向是增加刀具和工件之间距离的方向, 如在钻镗加工中, 钻入或镗入工件的方向是  $Z$  的负方向。

### 2. $X$ 坐标的运动

$X$  坐标的运动是水平的, 它平行于工件装夹面, 是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。

(1) 在没有回转刀具和没有回转工件的机床上 (如牛头刨床)  $X$  坐标平行于主要切削方向, 并且以该方向为正方向。

(2) 在有回转工件的机床上, 如车床、磨床等,  $X$  坐标方向在工件径向, 而且平行于横向滑座, 对于安装在横向滑座的主要刀架上的刀具, 离开工件回转中心的方向是  $X$  的正方向。

(3) 在有刀具回转的机床上 (如铣床), 若  $Z$  坐标是水平的 (主轴是卧式的), 当由主要刀具主轴向工件看时,  $X$  运动的正方向指向右方。若  $Z$  坐标是垂直的 (主轴是立式的), 当由主要刀具主轴向立柱看时,  $X$  运动的正方向指向右方。

### 3. $Y$ 坐标的运动

正向  $Y$  坐标的运动根据  $X$  和  $Z$  的运动按照右手笛卡儿坐标系来确定。

### 4. 机床坐标系的原点

机床坐标系的原点位置是任意选择的, 由生产厂家调定。 $A$ 、 $B$ 、 $C$  的运动原点 ( $0^\circ$  的位置) 也是任意的, 但  $A$ 、 $B$ 、 $C$  原点的位置最好选择为与  $Y$ 、 $Z$ 、 $X$  坐标平行。

### 5. 附加坐标

如果在  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  主要直线运动之外另有第二组平行于它们的坐标运动, 就称为附加坐标。它们分别被规定为  $U$ 、 $V$  和  $W$ , 如图 1-3-5 (a) 所示。

如果在第一组回转运动  $A$ 、 $B$ 、 $C$  之外还有平行或不平行于  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的第二组回转运动, 可指定为  $D$ 、 $E$  或  $F$ 。

### 6. 工件的运动

对于移动部分是工件而不是刀具的机床, 必须将前面所介绍的移动部分是刀具的各项规定, 在理论上做相反的安排。若用  $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$  表示刀具相对于工件正向运动的指令, 则工件移动用加 “' ” 的字母表示。按相对运动的关系, 工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反, 即

$$\begin{aligned} +X &= -X' \quad , \quad +Y = -Y' \quad , \quad +Z = -Z' \\ +A &= -A' \quad , \quad +B = -B' \quad , \quad +C = -C' \end{aligned}$$

同样,两者运动的负方向也彼此相反,如图 1-3-5 (d) 所示。

### (三) 机床坐标系、机床原点和机床参考点

#### 1. 机床坐标系与机床原点

机床坐标系是机床上固定有的坐标系,并设有固定的坐标原点,就是机床原点,又称机械原点、机床零点,即  $X=0$ 、 $Y=0$ 、 $Z=0$  的点。对某一具体机床来说,在经过设计、制造和调整,这个原点便被确定下来,它是机床上固定的点。

#### 2. 机床参考点

为了正确地建立机床坐标系,通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点作为测量起点,它是机床坐标系中一个固定不变的极限点,其固定位置由各轴向的机械挡块来确定。机床参考点可以与机床零点重合也可以不重合,通过参数指定机床参考点到机床零点的距离。

一般数控机床开机后,通常要进行机动或手动回参考点以建立机床坐标系。机床回到了参考点位置也就知道了该坐标轴的零点位置,找到所有坐标轴的参考点,这样机床坐标系就建立起来了。

机床参考点在数控机床出厂时就已经调好并记录在机床使用说明书中供用户编程使用,一般情况下不允许随意变动。

### (四) 工件坐标系与工件原点

工件坐标系是编程人员在编程时使用的。编程人员选择工件上的某一已知点为原点(工件原点、程序原点),建立一个新的坐标系,称为工件坐标系。工件坐标系一旦建立便一直有效,直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的原点是人为设定的,设定的依据是要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件。一般情况下,程序原点应选在尺寸标注的基准或定位基准上。对称零件或以同心圆为主的零件,程序原点应选在对称中心线或圆心上; $Z$  轴的程序原点通常选在工件的表面。

### (五) 数控车床机床坐标系、工件坐标系及起刀点、换刀点的确定

#### 1. 数控车床机床坐标系

以数控卧式车床为例,其机床坐标系如图 1-3-6 所示, $Z$  轴与车床导轨平行(取卡盘中心线),正方向是远离车床卡盘的方向, $X$  轴与  $Z$  轴垂直,平行于横向滑座,正方向是刀具远离主轴轴线的方向,坐标原点  $O$  定在卡盘后端面与中心线交点处。该数控卧式车床机床坐标系的表示形式如图 1-3-7 所示,机床原点为主轴轴线与卡盘后端面的交点,即图 1-3-7 中的  $O$  点。机床参考点为刀具退离到的一个固定不变的极限点,即图 1-3-7 中的  $O'$  点,其位置由机械挡铁或行程开关确定。

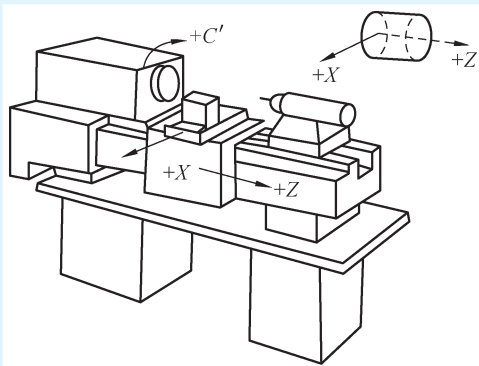


图 1-3-6 数控卧式车床机床坐标系

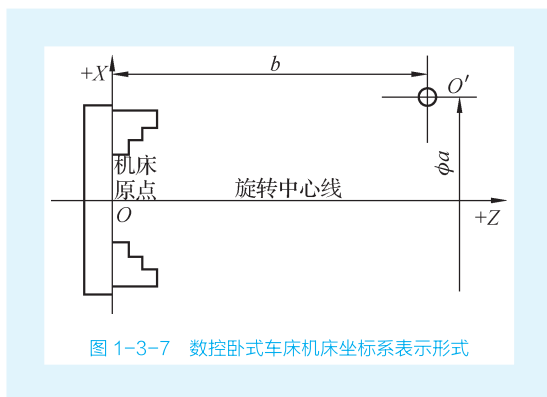


图 1-3-7 数控卧式车床机床坐标系表示形式

## 2. 数控车床工件坐标系

数控车床工件坐标系原点可选在工件轴线与工件的前端面、后端面、卡爪前端面的交点上。为方便编程，数控车床的工件原点一般建立在工件设计基准上，工件直径方向为  $X$  轴方向，工件轴线方向为  $Z$  轴方向，如图 1-3-8 所示。

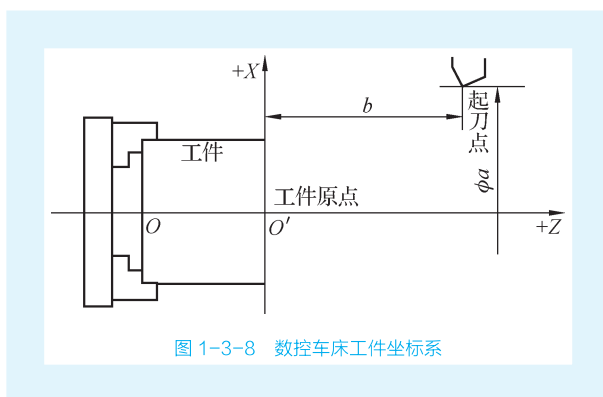


图 1-3-8 数控车床工件坐标系

## 3. 起刀点和换刀点的确定

起刀点是指在数控机床上加工工件时刀具相对于工件运动的起始点。起刀点应选择不妨碍工件装夹、不会与夹具相碰及编程简单的地方。对于数控车床一般选在靠近参考点附近。

数控车床在加工时常需换刀，故编程时还要设置一个换刀点。换刀点应设在工件的外部，避免换刀时碰伤工件。一般换刀点选择在第一个程序的起刀点或机床参考点上。

### 任务实施

#### 一、安全须知

- (1) 进入车间实习时，要穿好工作服，大袖口要扎紧，衬衫要系入裤内。长发者要戴安全帽，并将发辫纳入帽内。不得穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、背心、裙子和戴围巾进入车间。
- (2) 注意不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。
- (3) 严禁私自打开数控系统控制柜进行观看和触摸。
- (4) 禁止多人同时操作机床，必须强调机床单人操作。

(5) 学生必须在完全清楚操作步骤后进行操作, 遇到问题应立即向指导教师询问, 禁止在不知道操作规程的情况下进行尝试性操作。

## 二、开机、回参考点

机床系统通电之前, 需要将“急停”按钮按下。接通数控装置电源后, HNC-21T 自动运行系统软件。此时, 液晶显示器显示初始加工方式为急停。

检查机床通电正常后, 为使控制系统运行, 需左旋并拨起操作台上的“急停”按钮使系统复位, 并接通伺服电源。系统默认进入回参考点方式, 软件操作界面的加工方式变为回零。

控制机床运动的前提是建立机床坐标系, 为此系统接通电源复位后首先应进行机床各轴回参考点操作。方法如下:

(1) 如果系统显示的当前工作方式不是回零方式, 就按一下控制面板上面的“回零”(即“回参考点”)按键, 确保系统处于“回零”方式。

(2) 根据 X 轴机床参数“回参考点方向”, 按一下“+X”(“回参考点方向”为“+”)或“-X”(“回参考点方向”为“-”)按键, X 轴回到参考点后“+X”或“-X”按键内的指示灯亮。

(3) 用同样的方法使用“+Z”或“-Z”按键使 Z 轴回参考点。所有轴回参考点后, 即建立了机床坐标系。

注意:

① 在每次电源接通后, 必须先完成各轴的返回参考点操作, 再进入其他运行方式, 以确保各轴坐标的正确性。

② 同时按下 X、Z 轴向选择按键可使 X、Z 轴同时返回参考点。

③ 在回参考点前, 应确保回零轴位于参考点的“回参考点方向”相反侧(若 X 轴的回参考点方向为负, 则回参考点前应保证 X 轴当前位置在参考点的正向侧); 否则, 应手动移动该轴直到满足此条件。

④ 在回参考点过程中, 若出现超程, 则按住控制面板上的“超程解除”按键, 向相反方向手动移动该轴使其退出超程状态。

## 三、急停、超程解除和关机

### (一) 急停

机床运行过程中, 在危险或紧急情况下, 按下“急停”按钮, CNC 进入急停状态, 伺服进给及主轴运转立即停止工作(控制柜内的进给驱动电源被切断); 松开“急停”按钮(左旋此按钮, 自动跳起), CNC 进入复位状态。

解除急停前, 应先确认故障是否已经排除, 而解除急停后应重新执行回参考点操作, 以确保坐标位置的正确性。

注意: 在上电和关机之前应按下“急停”按钮以减少设备电冲击。

### (二) 超程解除

在伺服轴行程的两端各有一个极限开关, 作用是防止伺服机构碰撞而损坏。每当伺服机构碰到行程极限开关时, 就会出现超程。当某轴出现超程(“超程解除”按键内的指示灯亮)时, 系统视其状况紧急停止。当要退出超程状态时, 可进行如下操作:

- (1) 置工作方式为“手动”或“手摇”方式。
- (2) 一直按压着“超程解除”按键（控制器会暂时忽略超程的紧急情况）。
- (3) 在手动（手摇）方式下，使该轴向相反方向退出超程状态。
- (4) 松开“超程解除”按键。若显示屏上运行状态栏“运行正常”取代了“出错”，则表示恢复正常，可以继续操作。

注意：在操作机床退出超程状态时，务必注意移动方向及移动速率，以免发生撞机。

### （三）关机

- (1) 按下控制面板上的“急停”按钮断开伺服电源。
- (2) 断开数控电源。
- (3) 断开机床电源。

## 四、手动操作与试切削

### （一）手动进给

按下“手动”按键（指示灯亮），系统处于手动运行方式，可点动移动机床坐标轴。下面以点动移动  $X$  轴为例说明。

- (1) 按压“+ $X$ ”或“- $X$ ”按键（指示灯亮）， $X$  轴将产生正向或负向连续移动。
- (2) 松开“+ $X$ ”或“- $X$ ”按键（指示灯灭）， $X$  轴即减速停止。用同样的操作方法，使用“+ $Z$ ”或“- $Z$ ”按键可使  $Z$  轴产生正向或负向连续移动。
- (3) 在手动运行方式下，同时按压  $X$ 、 $Z$  方向的轴手动按键，能同时手动控制  $X$ 、 $Z$  坐标轴连续移动。

### （二）增量进给

当手持单元的坐标轴选择波段开关置于“Off”挡时，按一下控制面板上的“增量”按键（指示灯亮），系统处于增量进给方式，可增量移动机床坐标轴。下面以增量进给  $X$  轴为例说明。

- (1) 按一下“+ $X$ ”或“- $X$ ”按键（指示灯亮）， $X$  轴将向正向或负向移动一个增量值。
  - (2) 再按一下“+ $X$ ”或“- $X$ ”按键， $X$  轴将向正向或负向继续移动一个增量值。
- 用同样的操作方法，使用“+ $Z$ ”或“- $Z$ ”按键可使  $Z$  轴向正向或负向移动一个增量值。同时，按一下  $X$ 、 $Z$  方向的轴手动按键能同时增量进给  $X$ 、 $Z$  坐标轴。
- (3) 增量值选择。增量进给的增量值由“ $\times 1$ ”“ $\times 10$ ”“ $\times 100$ ”“ $\times 1000$ ”四个增量倍率按键控制。增量倍率按键和增量值的对应关系见表 1-3-1。

表 1-3-1 增量倍率按键和增量值的对应关系

增量倍率按键	$\times 1$	$\times 10$	$\times 100$	$\times 1000$
增量值 /mm	0.001	0.01	0.1	1

### （三）手摇进给

当手持单元的坐标轴选择波段开关置于“ $X$ ”“ $Y$ ”“ $Z$ ”“4TH”挡（对车床而言，只有“ $X$ ”“ $Z$ ”有效）时，按一下控制面板上的“增量”按键，指示灯亮，系统处于手摇进给方式，可手摇进给机床坐标轴。以  $X$  轴手摇进给为例说明。

(1) 手持单元的坐标轴选择波段开关置于“X”挡。

(2) 顺时针/逆时针旋转手摇脉冲发生器一格,可控制X轴向正向或负向移动一个增量值。用同样的操作方法使用手持单元,可以控制Z轴向正向或负向移动一个增量值。手摇进给方式每次只能增量进给一个坐标轴。

(3) 手摇倍率选择。手摇进给的增量值(手摇脉冲发生器每转一格的移动量)由手持单元的增量倍率波段开关“×1”“×10”“×100”控制。增量倍率波段开关的位置和增量值的对应关系见表1-3-2。

表 1-3-2 增量倍率波段开关的位置和增量值的对应关系

位 置	×1	×10	×100
增量值/mm	0.001	0.01	0.1

#### (四) 试切削训练

##### 1. 试切外径

X轴方向对刀的操作步骤如下:

- (1) 按下操作面板中的“增量”键,使用手摇脉冲发生器将刀具快速移动到毛坯附近。
- (2) 点击操作面板上的“主轴正转”键,使主轴转动;试车削工件一段外圆之后,使刀具沿Z轴方向退后;点击“主轴停止”键,使主轴停止转动。
- (3) 用千分尺测量试车削的外圆直径,如试车直径为 $\phi 23.314$  mm。
- (4) 在子菜单中按F2键,进入刀偏设置页面。
- (5) 在键盘上用▲、▼键将光标移动到#0002的试切直径栏,按Enter键,输入试切外圆的直径值“23.314”,再按Enter键确认。机床根据刀偏表中输入的试切直径,经计算自动确认2号刀的X轴方向偏置值(图1-3-9),X轴方向对刀结束。

刀偏表:						
刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0002	318.541	0.000	0.000	0.000	23.314	0.000
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
直径	毫米	分进给	100%	100%	100%	

图 1-3-9 X轴方向偏置值

##### 2. 试切长度

Z轴方向对刀的操作步骤如下:

(1) 点击操作面板上的“主轴正转”键,使主轴转动;试切工件端面,然后将刀具沿 X 轴方向退出;点击“主轴停止”键,使主轴停止转动。

(2) 在刀偏表 #0002 中的试切长度栏输入“0.000”,机床根据刀偏表中输入的试切长度,经过计算自动确定 2 号刀的 Z 轴方向偏置值(图 1-3-10),Z 轴方向对刀结束。

刀偏表:						
刀偏号	X 偏置	Z 偏置	X 磨损	Z 磨损	试切直径	试切长度
#0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0002	318.541	457.596	0.000	0.000	23.314	0.000
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
直径	毫米	分进给	100%	100%	100%	

图 1-3-10 Z 轴方向偏置值

注意:

- ① 对刀前,机床必须先回参考点。
- ② 试切工件端面到该刀具要建立的工件坐标系的零点位置的有向距离,也就是试切工件端面在要建立的工件坐标系中的 Z 轴坐标值。
- ③ 设置的工件坐标系 X 轴零点偏置值 = 机床坐标系 X 坐标值 - 试切直径,因此试切工件外径后不得移动 X 轴。
- ④ 设置的工件坐标系 Z 轴零点偏置值 = 机床坐标系 Z 坐标值 - 试切长度,因此试切工件端面后不得移动 Z 轴。

## 五、MDI 运行方法

在主操作界面下按 F4 键进入 MDI 功能子菜单,命令行与菜单条的显示如图 1-3-11 所示。

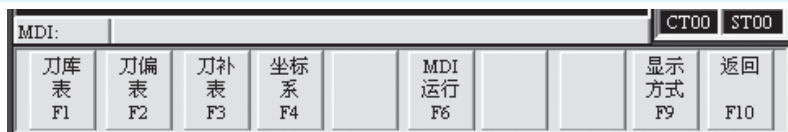


图 1-3-11 MDI 功能子菜单

进入 MDI 菜单后,命令行的底色变成了白色,并且有光标在闪烁,如图 1-3-12 所示。这时可以从 NC 键盘输入并执行一个 G 代码指令段,即“MDI 运行”。





图 1-3-12 MDI 运行

注意：自动运行过程中，不能进入 MDI 运行方式，可在进给保持后进入。

### （一）输入 MDI 指令段

MDI 输入的最小单位是一个有效指令字。因此，输入一个 MDI 运行指令段可以有下述两种方法：

- （1）一次输入，即一次输入多个指令字的信息。
- （2）多次输入，即每次输入一个指令字信息。

例如，输入“G00 X100 Z1000” MDI 运行指令段的方法如下：

（1）直接输入。直接输入“G00 X100 Z1000”并按 Enter 键，显示窗口内关键字 G、X、Z 的值将分别变为 00、100、1000。

（2）多次输入。先输入“G00”并按 Enter 键，显示窗口内将显示大字符“G00”，再输入“X100”并按 Enter 键，然后输入“Z1000”并按 Enter 键，显示窗口内将依次显示大字符“X100”“Z1000”。

在输入命令时，可以在命令行看见输入的内容。在按 Enter 键之前，如发现输入错误，可用 BS、▶、◀键进行编辑；按 Enter 键后，系统如发现输入错误，会提示相应的错误信息，此时可按 F2 键将输入的数据清除。

### （二）运行 MDI 指令段

在输入完一个 MDI 指令段后按一下操作面板上的“循环启动”键，系统即开始运行所输入的 MDI 指令。如果输入的 MDI 指令信息不完整或存在语法错误，系统就会提示相应的错误信息，此时不能运行 MDI 指令。

### （三）修改某一字段的值

在运行 MDI 指令段之前，如果要修改输入的某一指令字，可直接在命令行上输入相应的指令字符及数值。

例如，在输入“X100”并按 Enter 键后希望 X 值变为 109，可在命令行上输入“X109”并按 Enter 键。

### （四）清除当前输入的所有尺寸字数据

在输入 MDI 数据后，按 F2 键可清除当前输入的所有尺寸字数据（其他指令字依然有效），显示

窗口内 X、Z、I、K、R 等字符后面的数据全部消失。此时可重新输入新的数据。

## 六、程序输入与文件管理

在系统主操作界面下，按 F2 键进入程序功能子菜单，命令行与菜单条显示如图 1-3-13 所示。

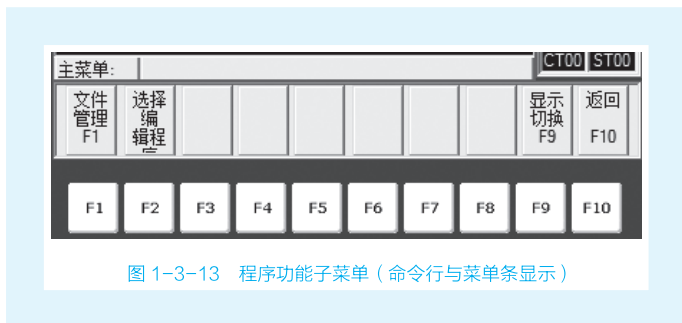


图 1-3-13 程序功能子菜单（命令行与菜单条显示）

### （一）选择程序

在程序功能子菜单下（图 1-3-13）按 F1 键，将弹出图 1-3-14 所示的“文件管理”菜单。

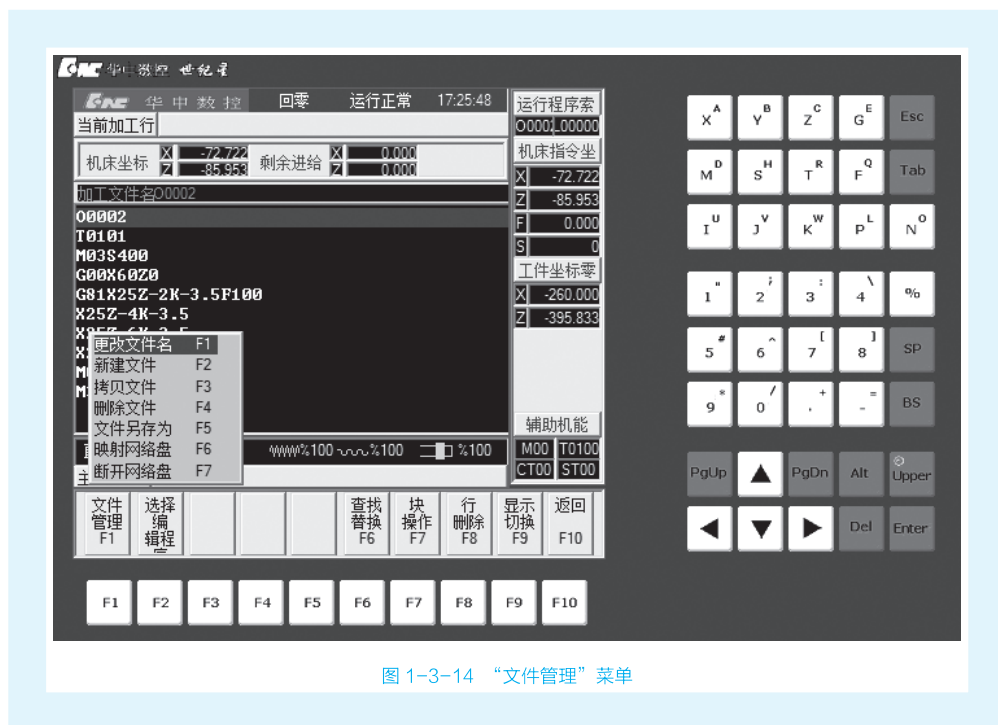


图 1-3-14 “文件管理”菜单

注意：如不选择，那么系统指向上次存放在加工缓冲区的一个加工程序。

选择程序的操作方法如下：

- (1) 在图 1-3-14 所示界面，用▶、◀选中当前存储器。
- (2) 用▲、▼选中存储器上的一个程序文件。
- (3) 按 Enter 键，即可将该程序文件选中并调入加工缓冲区，如图 1-3-15 所示。
- (4) 若被选程序文件是只读 G 代码文件，则该程序文件编辑后只能另存为其他名字的程序文件。



图 1-3-15 调入文件到加工缓冲区

## (二) 删除程序文件

删除程序文件的操作步骤如下：

- (1) 在选择程序菜单中用▲、▼键移动光标条选中要删除的程序文件。
- (2) 按 Del 键，将选中的程序文件从当前存储器上删除。

注意：删除的程序文件不可恢复，删除操作前应确认。

## (三) 编辑程序

在程序功能子菜单下（图 1-3-13）按 F1 键，将弹出图 1-3-14 所示的“文件管理”菜单。当选择一个零件程序后，系统会弹出图 1-3-16 所示的编辑程序界面，在此可以编辑当前程序。



图 1-3-16 编辑程序界面

## (四) 新建程序

在指定磁盘或目录下建立一个新文件，但新文件不能和已存在的文件同名。

在程序功能子菜单下（图 1-3-13）按 F2 键，将进入图 1-3-17 所示的“新建程序”菜单，系统提示“输入新文件名”，光标在“输入新文件名”栏闪烁，输入文件名，按 Enter 键确认后就可进入图 1-3-18 所示界面编辑新建程序了。

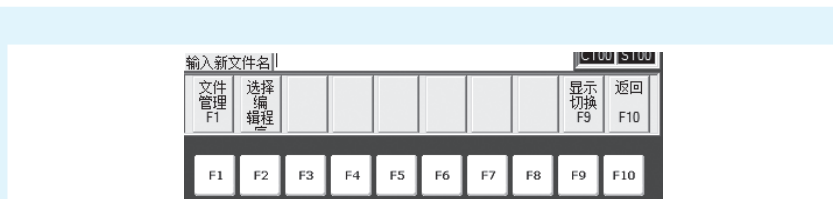


图 1-3-17 “新建程序”菜单

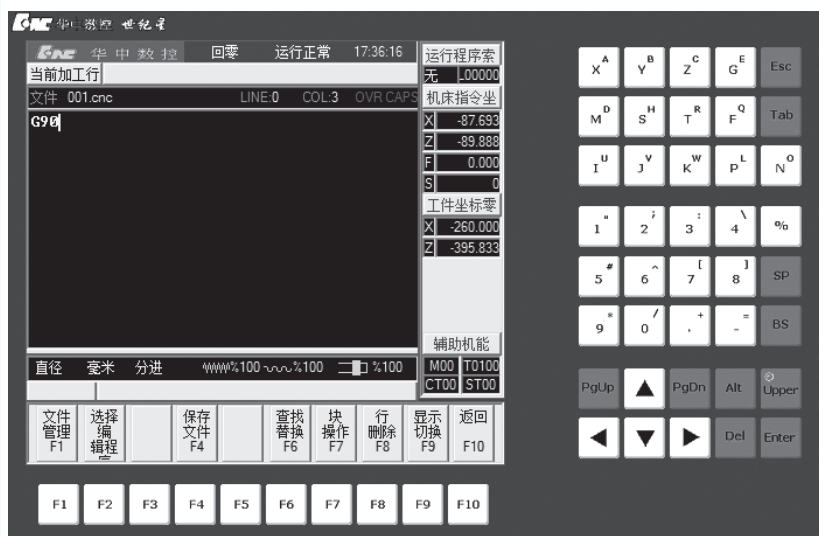


图 1-3-18 编辑新建程序界面

### （五）保存程序

在编辑状态下（图 1-3-18）按 F4 键，将会对编好的程序进行保存。

#### 任务评价

任务评价见表 1-3-3。

表 1-3-3 任务三 操作数控车床的考核评价表

考核项目	序号	评价内容	配分	评价标准	学生自评	教师评分
学习准备	1	参与资料收集、整理，自主学习	5	资料准备		
	2	能初步制订计划	5	计划制订		
	3	分工合理、协调有序	5	小组分工		

续表

学习过程	4	操作技术	10	行业标准		
	5	能在实践中发现问题,并用理论知识解决实践中的问题	10	问题探究		
	6	服从管理,遵守工厂制度	10	文明安全		
学习拓展	7	能实现前后知识的迁移	5	知识迁移		
	8	能举一反三,提出改进建议或方案	10	应变能力		
	9	有创新建议提出	10	创新程度		
学习态度	10	主动性强	10	主动程度		
	11	有合作意识	10	合作意识		
	12	认真仔细,不出错误	10	严谨细致		
综合得分			100			

### 任务小结

通过本任务的实施,学生能够熟练掌握华中世纪星数控车床的各项基本操作技能,为后面的学习奠定基础。

### 拓展提升

#### 1. 理论提升

- (1) 可转位车刀的结构形式分为哪几种?
- (2) 简述手动对刀的方法和步骤。

#### 2. 技能提升

如图 1-3-19 所示,对刀点设在毛坯右端面的中心点即  $O$  点。要求:分别写出 1~4 点  $X$  轴、 $Z$  轴的坐标值。

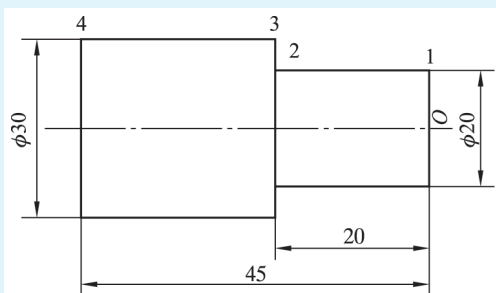


图 1-3-19 技能提升零件图