

## 项目二

# 数控车床的基本操作

项目一

项目二

项目三

项目四

项目五

项目六

项目七

项目八

### 项目目标

#### 【知识目标】

1. 掌握数控车床的基本操作方法。
2. 掌握机床坐标系和工件坐标系的概念与区别。
3. 掌握数控车床操作面板的使用方法。
4. 掌握数控编程的基础知识。
5. 掌握数控车床的对刀方法。

#### 【技能目标】

1. 掌握数控车床控制面板各功能键的名称、位置和功能。
2. 能熟练进行机床的开、关机，回零等操作。
3. 掌握程序的输入和编辑操作方法。
4. 掌握数控车床的对刀操作与刀补参数的设定方法。

## 任务一 FANUC-0i Mate 面板的介绍

#### 【任务要求】

1. 了解数控车床操作面板和控制面板。
2. 掌握控制面板中各个按键的功能使用。
3. 掌握操作面板中各个按键的功能使用。

### 任务描述

带学生到数控车间实地观看数控车床，教师对面板的各个按键进行讲解说明，通过实地观察及简单的操作，学生可以在最短的时间内了解并学会运用各功能键。

## 知识储备

### 一、FANUC-0i Mate 操作面板

FANUC-0i Mate 数控系统的操作面板可分为 LED 显示区、MDI 键盘区（包括字符键和功能键等）、软键开关区和存储卡接口，如图 2-1 所示。



图 2-1 FANUC-0i Mate 操作面板

(1) MDI 键盘区上面四行为字母、数字和字符部分，操作时用于字符的输入；其中“EOB”为分号（；）输入键，其他为功能或编辑键。

(2) POS 键：按下此键显示当前机床的坐标位置画面。

(3) PROG 键：按下此键显示程序画面。

(4) OFFSET/SETTING 键：按下此键显示刀偏 / 设定（SETTING）画面。

(5) SHIFT 键：上挡键，按一下此键，再按字符键，将输入对应右下角的字符。

(6) CAN 键：退格 / 取消键，可删除已输入缓冲器的最后一个字符。

(7) INPUT 键：写入键，当按了地址键或数字键后，数据被输入缓冲器，并在屏幕上显示出来；为了把输入缓冲器的数据复制到寄存器，按此键将字符写入指定的位置。

(8) SYSTEM 键：按此键显示系统画面（包括参数、诊断、PMC 和系统等）。

(9) MESSAGE 键：按此键显示报警信息画面。

(10) CSTM/GR 键：按此键显示用户宏画面（会话式宏画面）或显示图形画面。

(11) ALTER 键：替换键。

(12) INSERT 键：插入键。

(13) DELETE 键：删除键。

(14) PAGE 键：翻页键，包括上、下两个键，分别表示屏幕上页键和屏幕下页键。

(15) HELP 键：帮助键，按此键用来显示如何操作机床。

(16) RESET 键：复位键，按此键可以使 CNC 复位，用以消除报警等。

- (17) 方向键：分别代表光标的上、下、左、右移动。
- (18) 软键开关区：这些键对应各种功能键的各种操作功能，根据操作界面相应变化。
- (19) 下页键 (Next)：此键用以扩展软键菜单，按下此键菜单改变，再次按下此键菜单恢复。
- (20) 返回键：按下对应软键时，菜单顺序改变，用此键将菜单复位到原来的菜单。

## 二、FANUC-0i Mate 控制面板

FANUC-0i Mate 控制面板如图 2-2 所示。



图 2-2 FANUC-0i Mate 控制面板


各按键功能说明如下：


### 1. 方式选择键

- (1) EDIT 键 ：编辑方式键，设定程序编辑方式，其左上角带指示灯。
- (2) 参考点键 ：按此键切换到运行回参考点操作，其左上角指示灯点亮。
- (3) 自动键 ：按此键切换到自动加工方式，其左上角指示灯点亮。
- (4) 手动键 ：按此键切换到手动方式，其左上角指示灯点亮。
- (5) MDI 键 ：按此键切换到 MDI 方式运行，其左上角指示灯点亮。
- (6) DNC 键 ：按此键设定 DNC 运行方式，其左上角指示灯点亮。
- (7) 手轮键 ：在此方式下执行手轮相关动作，其左上角带有指示灯。

### 2. 功能选择键

- (1) 单步键 ：该键用以检查程序，按此键后，系统一段一段执行程序，其左上角带有指示灯。
- (2) 跳步键 ：此键用于程序段跳过。自动操作中若按下此键，会跳过程序段开头带有“/”和用“;”结束的程序段，其左上角带有指示灯。
- (3) 空运行键 ：自动方式下按下此键，各轴是以手动进给速度移动，此键用于无工件装夹时检查刀具的运动，其左上角带有指示灯。
- (4) 选择停止键 ：按下此键后，在自动方式下，当程序段执行到 M01 指令时自动运行停止，其左上角带有指示灯。


(5) 机床锁定键: 自动方式下按下此键, X、Z轴不移动, 只在屏幕上显示坐标值的变化, 其左上角带有指示灯。

(6) 超程释放键: 当 X、Z轴达到硬限位时, 按下此键释放限位。此时, 限位报警无效, 急停信号无效, 其左上角带有指示灯。

### 3. 点动和轴选键

(1) +Z 点动键: 在手动方式下按下此键, Z轴向正方向点动。

(2) -X 点动键: 在手动方式下按下此键, X轴向负方向点动。

(3) 快速叠加键: 在手动方式下, 同时按此键和一个坐标轴点动键, 坐标轴按快速进给倍率设定的速度点动, 其左上角带有指示灯。


(4) +X 点动键: 在手动方式下按下此键, X轴向正方向点动。


(5) -Z 点动键: 在手动方式下按下此键, Z轴向负方向点动。


(6) X 轴选键: 在回零或手轮方式下对 X轴操作时, 需先按下此键以选择 X轴, 选中后其左上角指示灯点亮。


(7) Z 轴选键: 在回零或手轮方式下对 Z轴操作时, 需先按下此键以选择 Z轴, 选中后其左上角指示灯点亮。

### 4. 手轮 / 快速倍率键

(1)  $\times 1/F_0$  键: 手轮方式时, 进给率执行 1 倍动作; 手动方式时, 同时按下快速叠加键和点动键, 进给轴按进给倍率设定的  $F_0$  速度进给; 其左上角带有指示灯。

(2)  $\times 10/25\%$  键: 手轮方式时, 进给率执行 10 倍动作; 手动方式时, 同时按下快速叠加键和点动键, 进给轴按手动快速运行速度值 25% 的速度进给; 其左上角带有指示灯。

(3)  $\times 100/50\%$  键: 手轮方式时, 进给率执行 100 倍动作; 手动方式时, 同时按下快速叠加键和点动键, 进给轴按手动快速运行速度值 50% 的速度进给; 其左上角带有指示灯。


(4) 100% 键: 手动方式时, 同时按下快速叠加键和点动键, 进给轴按手动快速运行速度值 100% 的速度进给; 其左上角带有指示灯。

### 5. 辅助功能键

(1) 润滑键: 按下此键, 润滑功能输出, 其指示灯点亮。

(2) 冷却键: 按下此键, 冷却功能输出, 其指示灯点亮。

(3) 照明键: 按下此键, 机床照明功能输出, 其指示灯点亮。

(4) 刀塔旋转键: 手动方式下按下此键, 执行换刀动作, 每按一次刀架顺时针转动一个刀位, 换刀过程中其指示灯点亮。

### 6. 主轴键

(1) 主轴正转键: 手动方式下按下此键, 主轴正方向旋转, 其左上角指示灯点亮。

(2) 主轴停止键: 手动方式下按下此键, 主轴停止转动, 其左上角指示灯点亮。

(3) 主轴反转键: 手动方式下按下此键, 主轴反方向旋转, 其左上角指示灯点亮。

### 7. 指示灯区

(1) 机床就绪: 机床就绪后灯亮, 表示机床可以正常运行。

(2) 机床故障：当机床出现故障时机床停止动作，此指示灯点亮。

(3) 润滑故障：当润滑系统出现故障时，此指示灯点亮。


(4) X HOME：回零过程和 X 轴回到零点后指示灯点亮。

(5) Z HOME：回零过程和 Z 轴回到零点后指示灯点亮。

### 8. 波段旋钮和手摇脉冲发生器

(1) 进给倍率 (%)：当波段开关旋到相应刻度时，各进给轴将按设定值乘以刻度对应百分数执行进给动作。

(2) 主轴倍率 (%)：当波段开关旋到对应刻度时，主轴将按设定值乘以刻度对应百分数执行动作。

(3) 手轮 ：在手轮方式下，可以对各进给轴进行手轮进给操作，其倍率可以通过 ×1、×10、×100 键选择。

### 9. 其他按钮开关

(1) 循环启动按钮 ：按下此按钮，自动操作开始，其指示灯点亮。

(2) 进给保持按钮 ：按下此按钮，自动运行停止，进入暂停状态，其指示灯点亮。

(3) 急停按钮 ：按下此按钮，机床动作停止，待故障排除后，旋转此按钮，释放机床动作。

(4) 程序保护开关：把钥匙打到红色标记处，程序保护功能开启，不能更改 NC 程序；把钥匙打到绿色标记处，程序保护功能关闭，可以编辑 NC 程序。

(5) NC 电源开按钮 ：用以打开 NC 系统电源，启动数控系统的运行。

(6) NC 电源关按钮 ：用以关闭 NC 系统电源，停止数控系统的运行。

### 拓展训练

通过本次课的讲解，学生分组讨论并各派出一名代表介绍数控车床控制面板、操作面板各键功能。教师根据表现进行打分，评出最佳小组。

## 任务二 程序录入与编辑

#### 【任务要求】

1. 学会建立程序名。
2. 掌握利用 MDI 键盘输入程序的方法。
3. 掌握程序的编辑、修改操作。
4. 掌握程序的调用、删除等操作。

#### 任务描述

数控加工之前必须编辑并输入程序。程序的手动输入要求操作者能正确、熟练地利用 MDI 键盘，会利用编辑键对程序段进行编辑、修改等操作，并能根据要求完成程序的调用、删除等操作。将

表 2-1 中的数控程序输入数控装置，并进行程序编辑和修改操作。

表 2-1 数控程序样例

程序号 O0008
程序内容
G50 X0 Z0;
G1 X100 Z100 F200;
G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%

## 知识储备

### 一、编程概述

在数控机床上加工零件时，首先要进行程序编制，简称编程。

编程就是将加工零件的加工顺序、刀具运动轨迹的尺寸数据、工艺参数（主运动和进给运动速度、切削深度等），以及辅助操纵（换刀、主轴正/反转、冷却液开/关、刀具夹紧/松开等）等加工信息用规定的文字、数字、符号等组成代码，按一定的格式编写成加工程序。

#### 1. 编程的过程

编程的过程主要包括分析零件图纸、工艺处理、数学处理、编写零件程序和程序校验。

理想的加工程序不仅应保证加工出符合图纸要求的合格工件，同时应能使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥，以使数控机床能安全可靠及高效地工作。在数控编程前，编程员应了解所用数控机床的规格、性能，CNC 系统所具备的功能及编程指令格式等。编制程序时，应对图纸规定的技术特性及零件的几何形状、尺寸和工艺要求进行分析，确定使用的刀具、切削用量及加工顺序和走刀路线；然后进行数值计算，获得刀位数据；再按数控机床规定的代码和程序格式，将工件的尺寸、刀具运动轨迹、位移量、切削参数（主轴转速、刀具进给量、切削深度等），以及辅助功能（换刀、主轴正/反转、冷却液开/关等）编制成加工程序，并输入数控系统，由数控系统控制数控机床自动进行加工。

#### 2. 数控编程方法

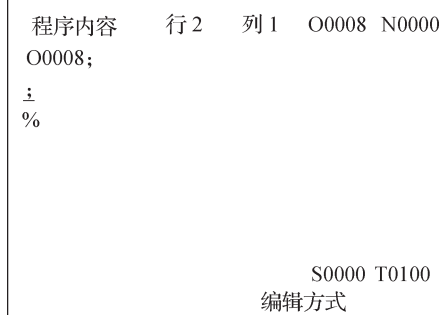
（1）手工编程。整个程序编制过程均由人工完成，仅适用于点位或几何形状不太复杂的零件。其编程计算较简单，程序段不多，手工编程即可实现。

（2）自动编程。用计算机把输入的零件图纸信息改写成数控机床能执行的数控加工程序，即数控编程的大部分工作由计算机完成。目前常用的数控编程工具有 APT（automatically programmed tools，自动编程工具）、图像仪编程系统、图形编程系统等。

### 二、程序内容的输入

（1）创建程序。按 EDIT 键，选择编辑方式→按 PROG 键进入程序页面→按 PROG 键选择程序显示页面→用 MDI 键盘输入“O”与程序号数字（如 O0008）→按 INSERT 键即可创建新程序号。完成

程序的输入，程序号创建结果如图 2-3 所示。



```

程序内容      行 2   列 1   O0008 N0000
O0008;
i
%

S0000 T0100
编辑方式
  
```






图 2-3 程序号创建结果

(2) 输入本任务程序内容。输入程序内容时，先输入地址，再输入数字。输入有多个指令字时按前述方法输入所有指令字。每一个程序段输入完毕，按 INSERT 键结束。

例如，要输入程序段“G50 X0 Z0;”，操作过程如下：使用 MDI 键盘依次输入“G50 X0 Z0;”，显示屏即显示为“G50 X0 Z0;”，每个指令字之间系统会自动生成空格，按 INSERT 键结束本程序段的输入。

(3) 按步骤 (2) 的方法完成程序其他程序段的输入。

(4) 按复位键，可使程序光标定位到行首。

(5) 通过光标移动键  ，使光标下移或上移一个程序段，或按翻页键    使光标向前或向后翻页，操作者仔细检查输入的程序是否正确。

### 三、字符的检索

字符的检索有扫描法和查找法两种方法。

#### 1. 扫描法



按照查看光标行、列的方式检索字符。扫描法操作步骤如下：



(1) 按 EDIT 键进入编辑操作方式，按 PROG 键选择程序内容显示页面。

(2) 按  键，光标上移一行；按  键，光标下移一行。

(3) 按  键，光标右移一列。若光标在行末，则移到下一程序段段首。

(4) 按  键，光标左移一列。若光标在行首，则移到上一程序段段尾。

(5) 按   键，向上翻页，光标移至上一页第一行第一列。若向上翻页到程序内容首页，则光标移至第二行第一列。

(6) 按   键，向下翻页，光标移至下一页第一行第一列。若已是程序内容最后一页，则光标移至程序最后一行的第一列。

#### 2. 查找法

从光标当前位置开始，向上或向下查找指定的字符。查找法操作步骤如下：

(1) 按 EDIT 键选择编辑操作方式。

(2) 按 PROG 键显示程序内容页面。

(3) 按  $\square$   $\square$  键进入查找状态, 并输入欲查找的字符, 最多可以输入 10 位。例如, 查找 G2 (将光标移至 G2 处), 当前显示页面如图 2-4 所示。

(4) 输入 “G2”, 按  $\square$  键 (根据欲查找字符与当前光标所在字符的位置关系确定按键), 显示页面如图 2-5 所示。

```
程序内容 行6 列1 O0008 N0000
O0008; (CNC RPOGRAM. 20051020)
G50 X0 Z0;
G1 X100 Z100 F200;
G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%
```

查找 G2 S 0000 T0100  
编辑方式

图 2-4 输入欲查找的字符

```
程序内容 行4 列1 O0008 N0000
O0008; (CNC RPOGRAM. 20051020)
G50 X0 Z0;
G1 X100 Z100 F200;
G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%
```

查找 G2 S 0000 T0100  
编辑方式

图 2-5 查找结果

## 四、字符的插入

插入字符, 具体步骤如下:

(1) 选择编辑操作方式。

(2) 按 EDIT 键进入编辑状态 (光标为一下划线), 页面如图 2-6 所示。

(3) 输入插入的字符。在图 2-6 所示页面的 G2 前插入 G98 指令, 输入 “G98” 并按 INSERT 键, 显示页面如图 2-7 所示。

插入  
状态

```
程序内容 行4 列1 O0008 N0000
O0008; (CNC RPOGRAM. 20051020)
G50 X0 Z0;
G1 X100 Z100 F200;
G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%
```

S 0000 T0100  
编辑方式

图 2-6 字符插入前的页面状态

```
程序内容 行4 列5 O0008 N0000
O0008; (CNC RPOGRAM. 20051020)
G50 X0 Z0;
G1 X100 Z100 F200;
G98 G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%
```

S 0000 T0100  
编辑方式

图 2-7 字符插入后的显示结果

## 五、字符的删除

删除字符, 具体步骤如下:



- (1) 选择编辑操作方式。
- (2) 按 CAN 键删除光标处的前一字符，按 DELETE 键删除光标所在处的字符。

## 六、字符的修改

修改字符有插入修改法和直接修改法两种方法。

### 1. 插入修改法

插入修改法即先删除欲修改的字符，然后插入要修改的字符。

### 2. 直接修改法

直接修改法具体步骤如下：

- (1) 选择编辑操作方式。
- (2) 按 EDIT 键进入编辑状态，如图 2-8 所示。
- (3) 输入修改后的字符。在图 2-8 所示的页面中，光标定位到 U100 处，输入“U898”，然后按 ALTER 键进行替换修改，显示页面如图 2-9 所示。

修改状态

```

程序内容   行3   列1   O0008 N0000
O0008; (CNC RPROGRAM. 20051020)
G50 X0 Z0;
G1 U100 Z100 F200;
G98 G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%

S 0000 T0100
编辑方式
  
```

图 2-8 字符修改前光标的状态

```

程序内容   行3   列8   O0008 N0000
O0008; (CNC RPROGRAM. 20051020)
G50 X0 Z0;
G1 U898 Z100 F200;
G98 G2 U100 W50 R50;
G0 X0 Z0;
X100 Z100;
M30;
%

S 0000 T0100
编辑方式
  
```

图 2-9 字符修改后的结果

## 七、程序的调用

当 CNC 中已有多个程序时，可以通过以下方法选择程序：

- (1) 选择编辑或自动操作方式。
- (2) 按 PROG 键进入“程序显示”界面。
- (3) 直接输入程序号。
- (4) 按  $\square$  键，在“程序显示”界面上显示检索到的程序。若程序不存在，则 CNC 出现报警。

## 八、程序的删除

删除程序，具体步骤如下：

- (1) 选择编辑操作方式，进入“程序显示”界面。
- (2) 依次输入“O0001”（以 O0001 程序为例）。
- (3) 按 DELETE 键，O0001 程序被删除。

## 任务三 认识数控车削刀具并进行刀具和毛坯的安装

### 【任务要求】

1. 掌握数控车削常用刀具的类型及性能。
2. 了解常见数控车刀刀片的类型和特点。
3. 掌握正确安装数控车刀的方法。
4. 掌握工件的找正操作。
5. 能够在自定心卡盘上正确装夹工件。

### 任务描述

教师向学生介绍一些常用的车刀，演示安装刀具和工件，并讲明注意事项。在自定心卡盘上装夹棒料工件，伸出长度 150 mm，并找正工件；在刀架的一号刀位安装一把外圆车刀，并调整中心高度。工件的装夹与刀具的安装是数控加工前的重要操作。工件要安装牢固、定位准确，这样才能保证工件在切削加工过程中的稳定性。刀具在数控车床加工中起车削成型作用，正确可靠地安装刀具是保证刀具使用效果的一项重要的操作技术。

### 知识储备

#### 一、数控车床加工工艺范围

数控车床加工工艺范围主要包括车外圆、车端面、切槽、车螺纹、车锥面、车成型面、钻孔、镗孔、铰孔、攻螺纹等，如图 2-10 和图 2-11 所示。

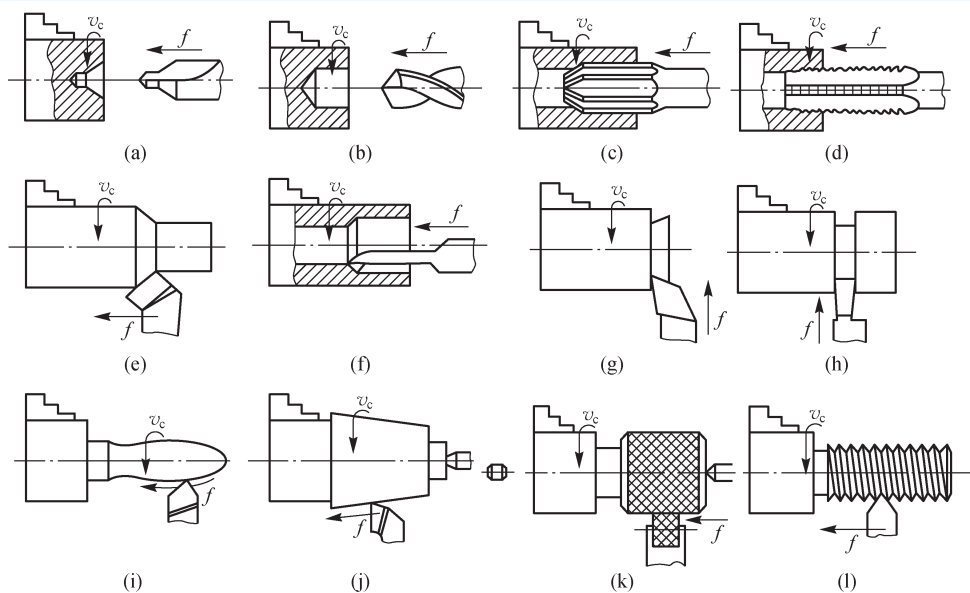


图 2-10 数控车床加工工艺范围

- (a) 钻中心孔 (b) 钻孔 (c) 铰孔 (d) 攻螺纹 (e) 车外圆 (f) 镗孔 (g) 车端面 (h) 切槽  
(i) 车成型面 (j) 车锥面 (k) 滚花 (l) 车螺纹

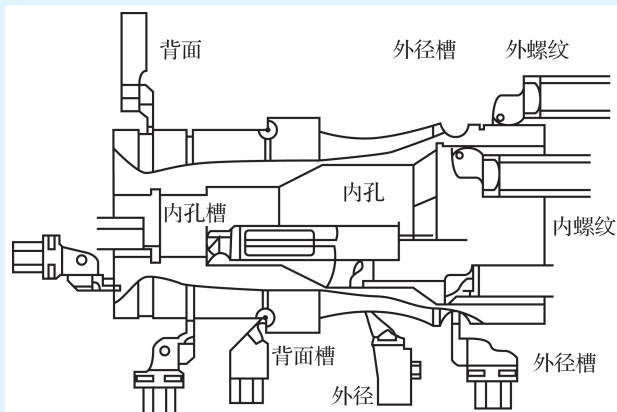


图 2-11 数控机床加工工艺范围综合图示

## 二、常用数控车削刀具及刀片

按加工工艺类型，数控车削刀具分为外圆车刀、镗孔刀、切断刀、螺纹车刀和成型车刀，如图 2-12 所示。

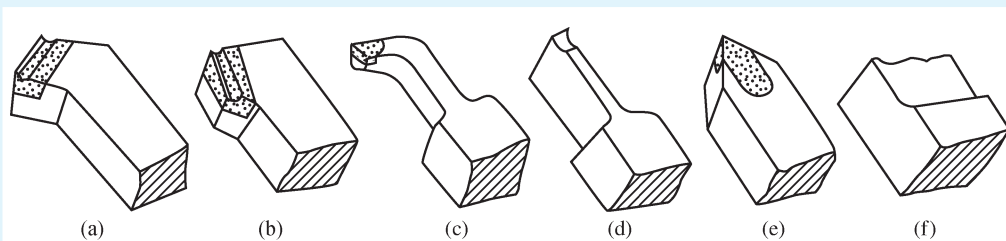


图 2-12 按加工工艺类型分类的车刀类型

(a) 45°外圆车刀 (b) 75°外圆车刀 (c) 镗孔刀 (d) 切断刀 (e) 螺纹车刀 (f) 成型车刀

按加工方向，数控车削刀具分为左偏车刀、中偏车刀和右偏车刀，如图 2-13 所示。

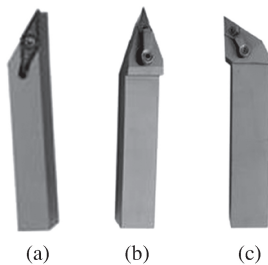


图 2-13 按加工方向分类的车刀类型

(a) 左偏车刀 (b) 中偏车刀 (c) 右偏车刀

按车刀结构,数控车削刀具分为整体式车刀、焊接式车刀、机夹式车刀和机夹可转位车刀,如图 2-14~图 2-17 所示。

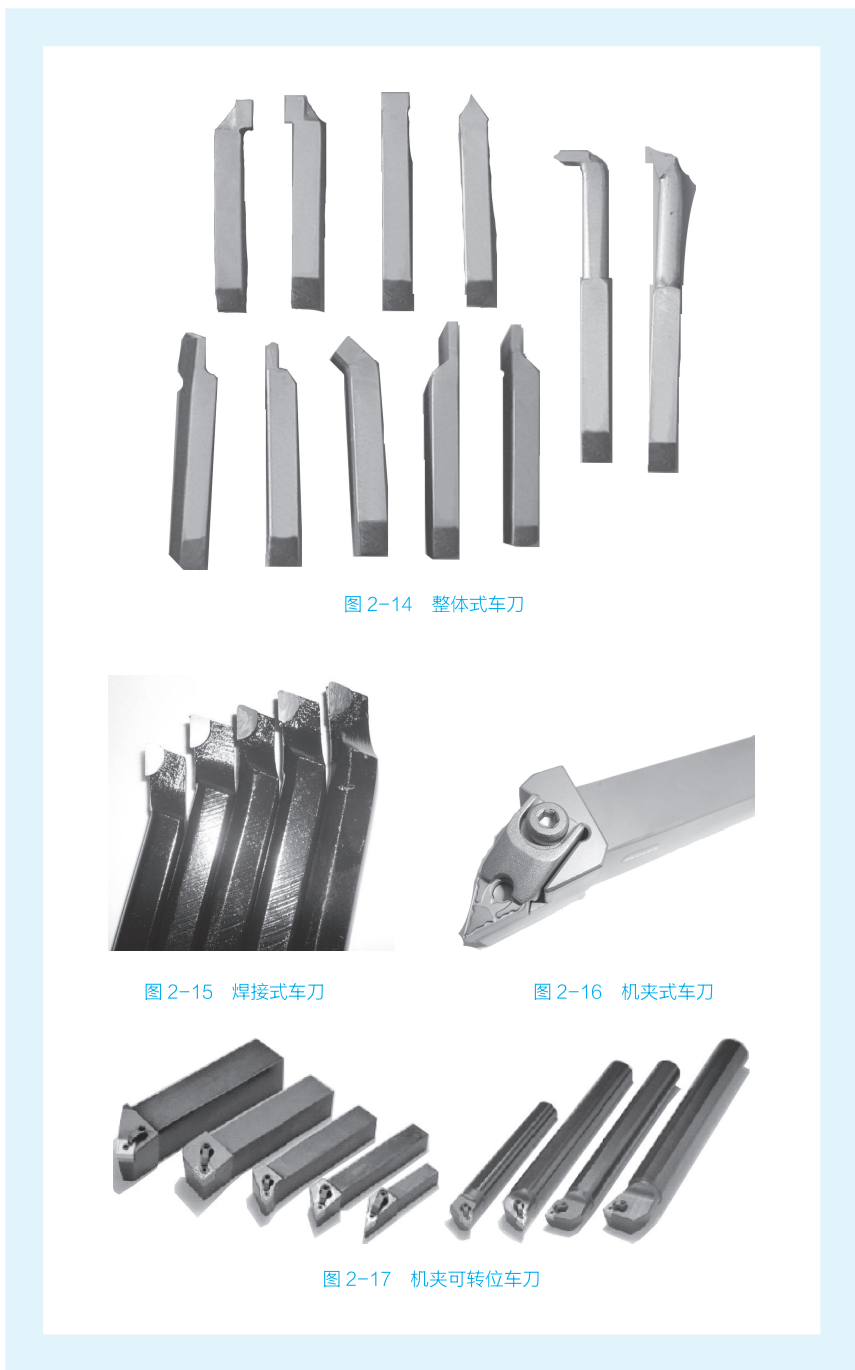


图 2-14 整体式车刀

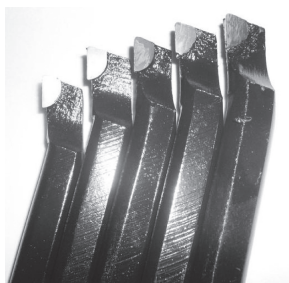


图 2-15 焊接式车刀

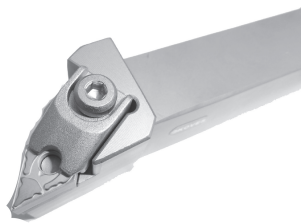


图 2-16 机夹式车刀

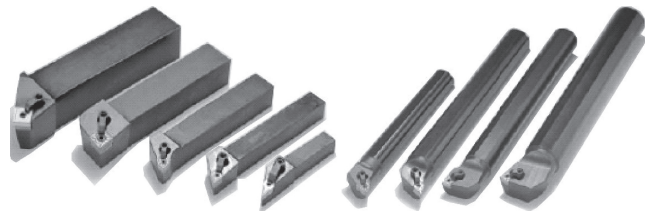


图 2-17 机夹可转位车刀

数控车床的机夹可转位车刀分为刀杆与刀片两部分。在数控车床加工中更换磨损的刀片,只需松开螺钉,将刀片转位,将新的切削刃放于切削位置即可,因此,又称其为可转位刀片。由于可转位刀片的尺寸精度较高,因而刀片转位固定后一般不需要刀具尺寸补偿或仅需要少量刀片尺寸补偿就能正常使用。机夹可转位车刀的结构如图 2-18 所示。

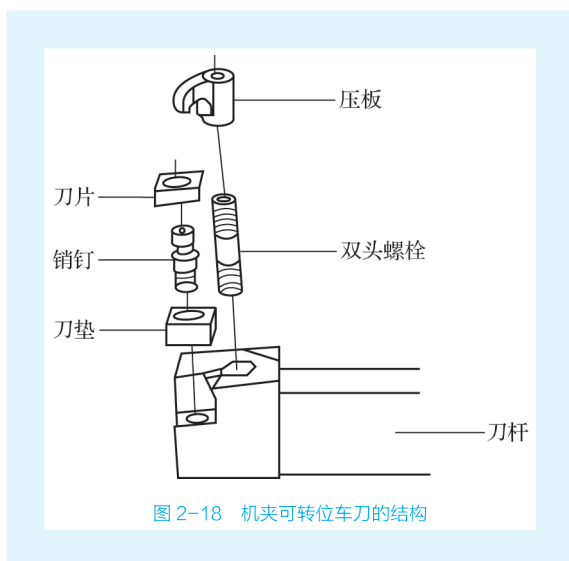



图 2-18 机夹可转位车刀的结构

刀片形状主要依据被加工工件的表面形状、切削方法、刀具寿命和刀片的转位次数等因素选择，常用的硬质合金刀片和使用情况见表 2-2。

表 2-2 常用的硬质合金刀片和使用情况

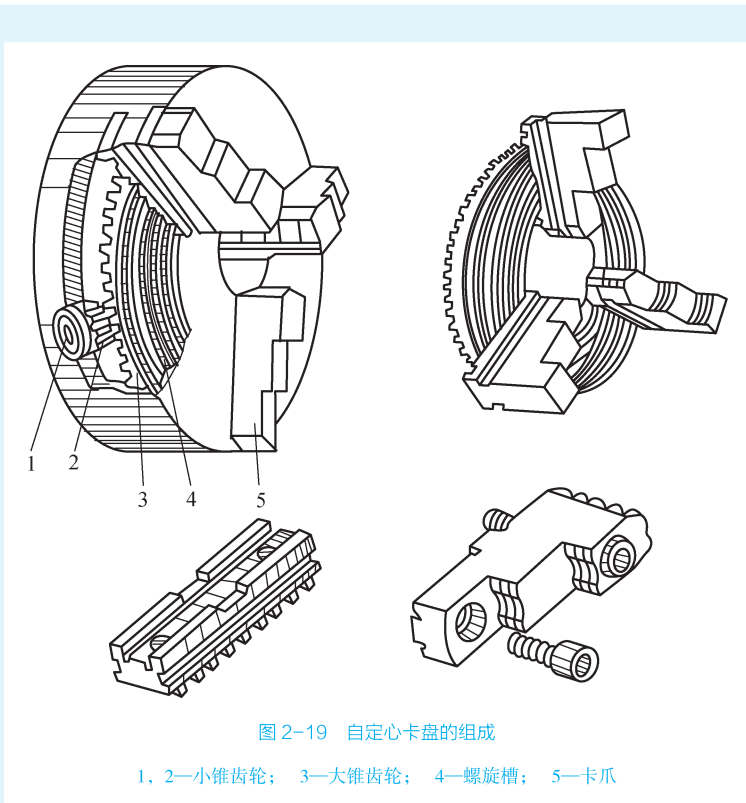
类 型	刀片形状	使用情况
T 型		正三角形刀片可用于主偏角为 $60^\circ$ 或 $90^\circ$ 的外圆车刀、端面车刀和内孔车刀。由于此刀片刀尖角小、强度差、使用寿命短，故只适用于较小的切削用量
S 型		正方形和长方形刀片的刀尖角为 $90^\circ$ ，比正三角形刀片的 $60^\circ$ 要大，因此其强度和散热性能均有所提高。这种刀片通用性较好，主要用于主偏角为 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 等的外圆车刀、端面车刀和镗孔刀
L 型		
W 型		刀片的刀尖角为 $80^\circ$ ，其强度高，使用寿命长，散热面积大。但切削时径向力大，只宜在加工系统刚性较好的情况下使用
C 型		菱形刀片主要用于成型表面和圆弧表面的加工，其形状及尺寸可结合加工对象参照国家标准来确定
D 型		
K 型		
V 型		
R 型		圆形刀片主要用于成型表面和圆弧表面的加工，其形状及尺寸可结合加工对象参照国家标准来确定

### 三、常用数控车床夹具

常用数控车床夹具具有自定心卡盘和单动卡盘两种。

#### 1. 自定心卡盘

自定心卡盘的组成如图 2-19 所示。将扳手插入小锥齿轮 1 的方孔内并转动，小锥齿轮 2 带动大锥齿轮 3 转动，大锥齿轮 3 的背面是平面螺纹，该平面螺纹与卡爪背面的螺纹啮合，当平面螺纹转动时，就带动三个卡爪同时做向心或离心运动。

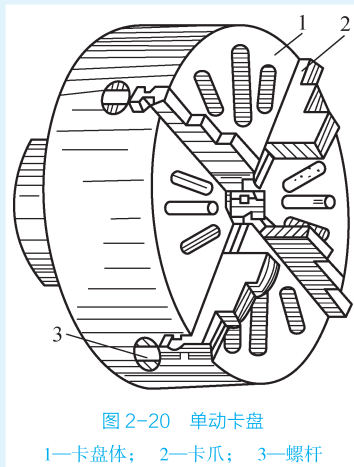


#### 2. 单动卡盘

单动卡盘如图 2-20 所示，它适用于装夹形状不规则或大型的工件，以及对加工精度要求不高、偏心距较小、零件长度较短的工件。它具有夹紧力较大、装夹精度较高、不受卡爪磨损的影响等优点，但装夹不如自定心卡盘方便。单动卡盘的找正烦琐，一般用于单件小批生产。装夹圆棒料时，在单动卡盘内放上一块 V 形架装夹会方便很多。单动卡盘的卡爪有正爪和反爪两种形式。

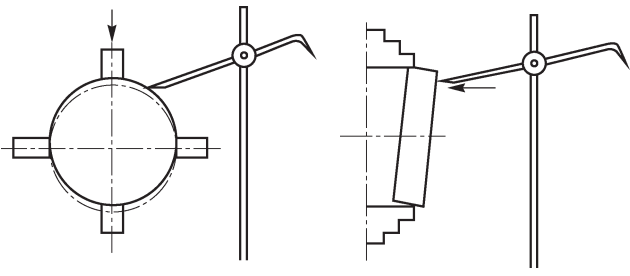
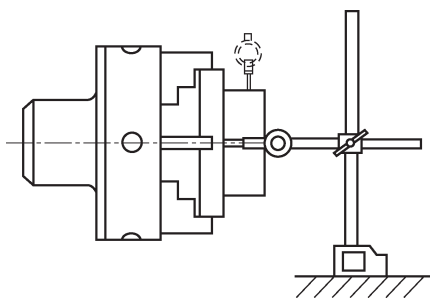
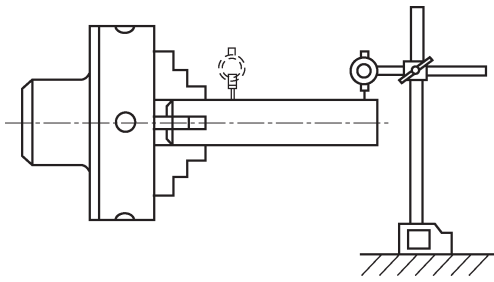
### 四、工件在卡盘上的找正方法

由于自定心卡盘能够进行自动定心，因而当工件轴向长度不大且加工精度要求不高时，可以不进行找正。但当



装夹较长的工件或加工精度要求较高的工件时,因为远离自定心卡盘的工件端有可能与车床的轴心不重合,所以仍需进行工件的找正。工件常用的找正方法见表 2-3。

表 2-3 工件常用的找正方法

操作图	相关知识及操作要点
	用划针找正工件外圆
	用百分表找正工件的外圆和端面
	用百分表找正较长工件的外圆

### 任务实施

#### 1. 工作准备

按表 2-4 做好实训准备工作。要求学生在准备工量刀具过程中始终贯彻 8S 管理规范,正确摆放如图 2-21 所示。

表 2-4 实训物品准备表(一)

名称	型号规格	数量	要求
数控机床	CKA6150 或其他相关机床	1 台/组	工厂准备
自定心卡盘	D200	1 个/机床	工厂准备

续表

名称	型号规格	数量	要求
材料	$\phi 40 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$	1 根 / 组	学生准备
刀具	90° 外圆车刀	1 把 / 组	学生准备
量具	游标卡尺 0 ~ 200 mm	1 把 / 组	学生准备
工具	装夹工具	1 套 / 组	学生准备
	划针盘	1 套 / 组	学生准备
	铜棒	1 根 / 组	学生准备

## 2. 工件装夹

(1) 确定工件的装夹方法。本任务需要安装毛坯尺寸为  $\phi 40 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  的棒料。它属于外形规则的小型工件，可以以工件的轴线为定位基准，采用自定心卡盘装夹。

(2) 装夹要领。装夹时应使被加工表面的轴线与数控车床主轴回转轴线重合，以保证工件处于正确的位置，同时要将工件夹牢，以防在切削力的作用下工件发生移动或脱落。在装夹短轴时应注意如下几点：

① 张开卡爪，张开量应略大于工件直径。  
② 右手持稳工件，将工件放入卡爪内，如图 2-22 所示。

③ 调整工件伸出长度。使用游标卡尺或金属直尺量取工件的伸出长度为 100 mm，并稍微转动，使工件在卡爪内的位置基本合适，如图 2-23 所示。

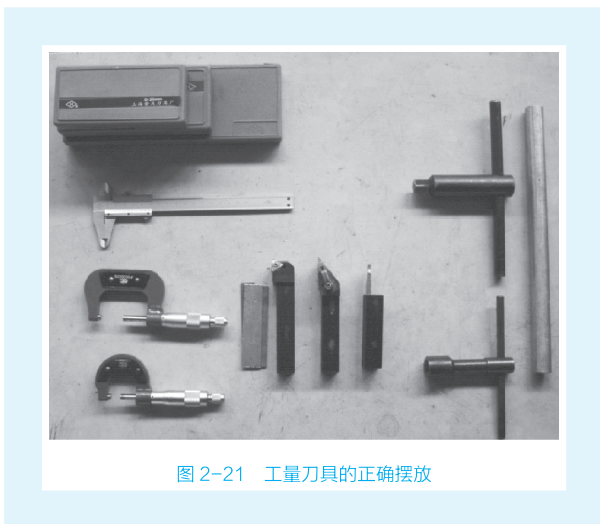


图 2-21 量具刀具的正确摆放

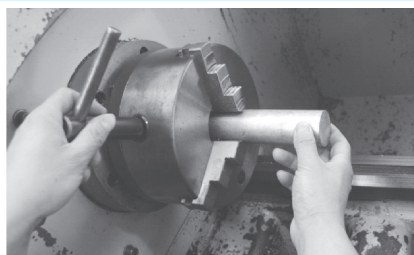


图 2-22 工件放入卡爪的操作

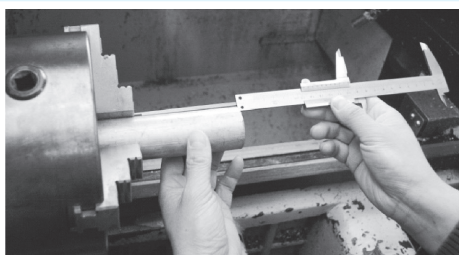


图 2-23 伸出长度的调整

**注意：**在满足加工要求的情况下，应尽量减少工件的伸出长度。

④ 左手转动卡盘扳手，将卡爪拧紧。待工件被初步夹住后，右手方可松开工件。  
⑤ 施加适当夹紧力，将工件夹紧。



**注意：**夹紧硬度较低材料的已加工表面时，为避免夹伤表面，可以用铜皮包裹被夹部位。夹紧薄壁类的工件时，要注意控制夹紧力，以免因夹紧力过大而导致工件发生变形。

### 3. 找正

用自定心卡盘装夹工件时，通常不需要找正。但工件伸出部分特别是离卡爪较远的部分需要敲击找正。找正时旋转工件，利用划针找出工件旋转的最高点并敲正。如图 2-24 所示，将划针固定在工作台面上，划针触碰圆柱外圆轮廓线，用手轻轻扳动卡盘使其旋转，根据划针的痕迹用铜棒轻轻敲击工件进行找正。

### 4. 数控车刀安装

车削外圆、台阶圆、端面及内孔时，各种类型车刀的安装要求是相同的。车刀安装是否正确，将直接影响切削能否顺利进行和工件的加工质量。因此，车刀安装时必须做到以下几点：

(1) 车刀不能伸出刀架太长，因为车刀伸出过长，刀杆刚性相对减弱，切削时在切削力的作用下容易产生振动，使车出的工件表面不光洁。一般车刀伸出的长度不超过刀杆厚度的 2 倍，如图 2-25 所示。内孔车刀刀杆伸出长度以被加工孔的长度为基准，且大于被加工孔的深度。

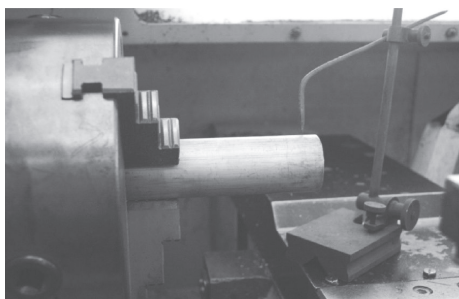


图 2-24 用划针找正工件

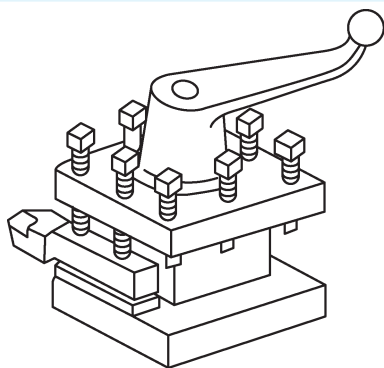


图 2-25 车刀的安装

(2) 车刀刀尖的高低应对准工件的中心。车刀安装得过高或过低都会引起车刀角度的变化而影响切削。刀尖应严格对准工件中心，以保证车刀前角和后角不变，否则车削工件端面时工件中心将会留下凸头并损坏刀具。图 2-26 所示为错误的安装方式，会引起崩刃。

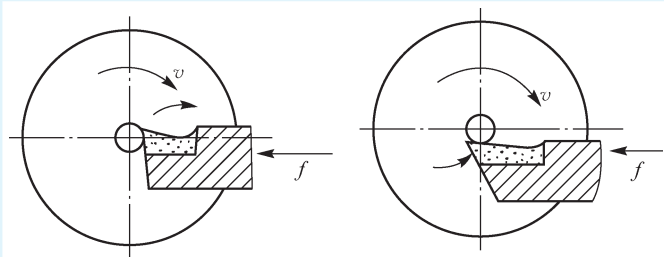


图 2-26 刀尖安装高度错误示例

调整刀尖高度使其对准工件回转中心的方法如下:

① 在尾座上装上顶尖,调整车刀高度,使刀尖与顶尖的尖部等高,如图 2-27 所示。

② 将车刀靠近工件端面,用目测估计车刀的高低,然后夹紧车刀试车端面,再根据所车削端面的回转中心调整到合适的高度。

根据经验,粗车外圆时,可将车刀装得比工件中心稍高一些;精车外圆时,可将车刀装得比工件中心稍低一些。这要根据工件直径的大小来决定,无论装高或装低,一般不能超过工件直径的 1%。

(3) 装车刀用的垫片要平整,尽可能地减少片数,一般只用 2~3 片。垫刀片的片数太多或不平整,会使车刀产生振动,影响切削。

(4) 车刀装上后,要紧固刀架螺钉。紧固时应逐个拧紧,同时注意一定要使用专用扳手,不允许再加套管等,以免螺钉受力过大而损伤。



图 2-27 数控外圆车刀对中心

## 任务四 建立工件坐标系(对刀)

### 【任务要求】

1. 了解数控车床的机床坐标系与工件坐标系。
2. 了解机床零点、机床参考点和工件零点。
3. 掌握返回参考点的方法。
4. 掌握建立工件坐标系的相关指令。
5. 掌握绝对坐标、增量坐标及极坐标的概念及相关指令。
6. 掌握数控车床的试切法对刀操作。
7. 会进行数控车床的对刀参数设定。

### 任务描述

学生熟练掌握工件坐标系的建立方式,并使用试切法完成数控车床的对刀。在加工程序执行前,应确定刀具与工件的相对位置关系,即建立准确的工件坐标系。对刀是设定刀具刀位点相对于工件坐标原点位置关系的过程,通过对刀可以建立起工件坐标系。对刀操作是否准确会直接影响到数控加工的精确性和设备的安全。操作人员需要熟练掌握对刀操作的流程和参数的输入。对刀操作是数控车削加工中的重要操作技能。

## 知识储备

### 一、机床坐标系

机床坐标系是为了确定工件在机床中的位置、机床运动部件的特殊位置（如换刀点、参考点等）及运动范围（如行程范围、保护区）等而建立的几何坐标系。

机床坐标系的原点称为机床零点或机床原点，是机床上的固定点，由制造厂确定，用 M 表示。

#### 1. 机床坐标系建立的基本原则

(1) 采用右手笛卡尔直角坐标系，如图 2-28 所示，3 个基本轴为  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ，还有 6 个辅助轴，分别是平行于基本轴的  $U$ 、 $V$ 、 $W$  轴和围绕基本轴旋转的  $A$ 、 $B$ 、 $C$  轴。

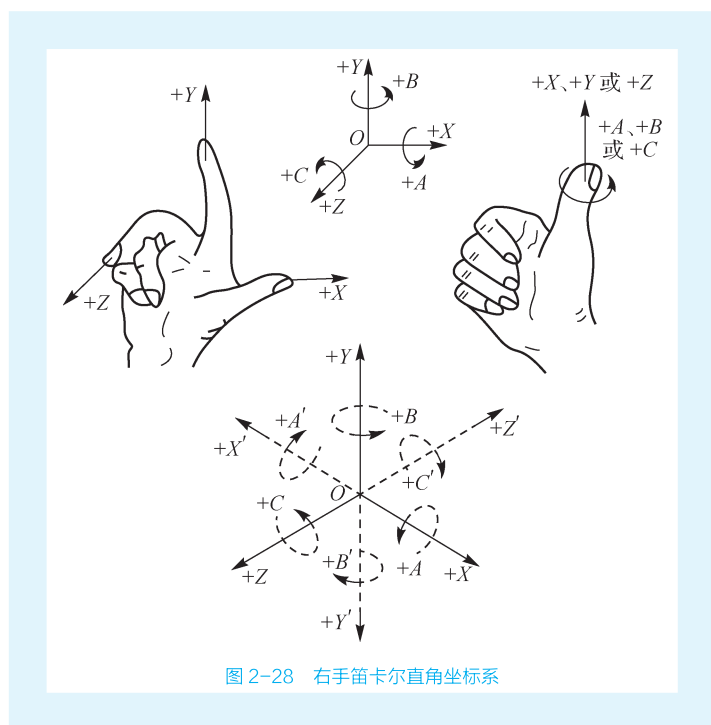


图 2-28 右手笛卡尔直角坐标系

(2) 采用假设工件固定不动，刀具相对工件移动的原则。

(3) 远离工件的方向为坐标轴的正方向。

#### 2. 坐标的确定

(1)  $Z$  轴。标准规定，机床（如铣床、钻床、车床、磨床等）传递切削力的主轴轴线为  $Z$  轴。

(2)  $X$  轴。 $X$  轴一般是水平的，平行于装夹平面。对于工件旋转的机床（如车床）， $X$  轴的方向在工件的径向上。

(3) 其他坐标轴。由右手笛卡尔坐标系来确定  $Y$  轴及  $U$ 、 $V$ 、 $W$  和  $A$ 、 $B$ 、 $C$  轴。

#### 3. 机床坐标系示例

两轴数控车床坐标系示例如图 2-29 和图 2-30 所示。

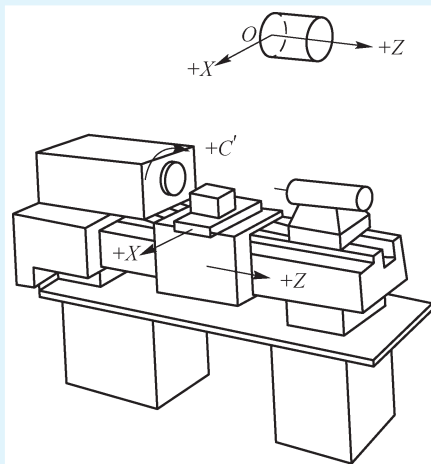


图 2-29 前置刀架数控车床坐标系

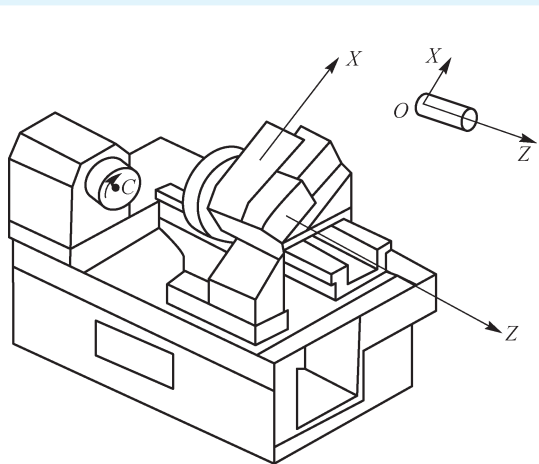


图 2-30 后置刀架数控车床坐标系

#### 4. 机床参考点

机床参考点是由机床制造厂家人为定义的点。机床参考点与机床零点之间的坐标位置关系是固定的，并被存放在数控系统的相应机床数据中，一般是不允许改变的，用 R 表示。

数控系统启动后，所有轴都要回一次机床参考点（也称回零），以便校正行程测量系统，建立机床坐标系。如因断电使数控系统失去现有坐标值，也要在通电后重新返回机床参考点。

## 二、工件坐标系

用于加工工件和程序编制而使用的坐标系称为工件坐标系，也称为程序坐标系。工件坐标系的原点为工件零点，也称编程零点，用 W（或 P）表示。

工件零点可由使用人员根据具体情况确定，但坐标轴的方向应与机床坐标系一致，且与之有确定的关系。

选择工件零点的原则如下：

- (1) 让工件在图中的尺寸容易换算成坐标值，尽量直接用图样尺寸作为坐标值。
- (2) 尽量选择便于对刀的位置。

数控车床通常将工件零点设定在工件右端面的回转中心上。工件坐标系的建立通常通过对刀的过程来完成。

## 三、绝对坐标与增量坐标

绝对坐标的坐标值是相对于坐标系原点给出的。增量坐标的坐标值是相对于前一点给出的，也称相对坐标。

数控车床中用 X、Z 来表示绝对坐标，用 U、W 来表示增量坐标，可以进行混合编程。

图 2-31 中的点用绝对坐标与增量坐标表示如下：

B 点的绝对坐标：X30 Z20

B 点相对于 A 点的增量坐标：U-20 W-10

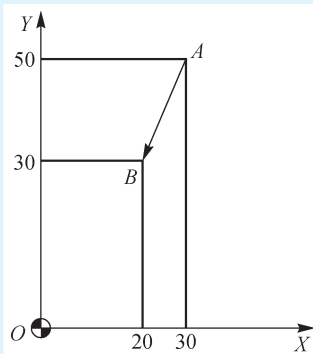


图 2-31 绝对坐标与增量坐标

## 四、直径编程和半径编程

直径编程或半径编程是指编程时工件的  $X$  值用直径或半径给定。两者特点如下:

- (1) 直径编程符合图纸标注习惯, 较方便, 但对其轴线位置一定要理解准确。
- (2) 半径编程尺寸换算较多, 计算切点时较方便。

在数控车床中, 车削零件的径向尺寸和测量均采用直径尺寸表示, 因此通常采用直径编程。

## 五、数控车床中相关点的概念

### 1. 刀位点

刀位点是刀具的基准点, 一般是刀具上的一点。尖形车刀的刀位点为假想刀尖点, 圆形车刀的刀位点为圆弧中心。图 2-32 所示为常见刀具的刀位点。

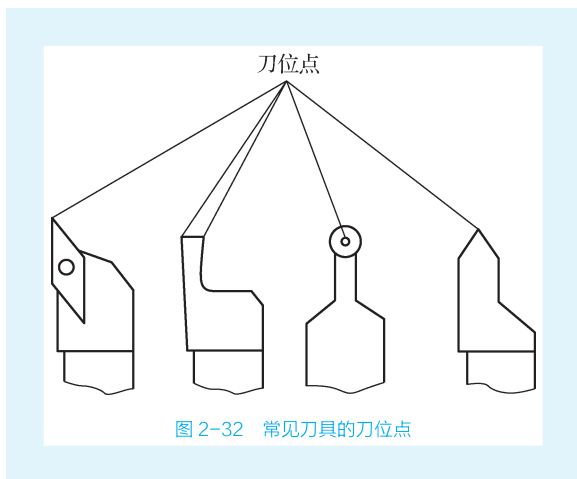


图 2-32 常见刀具的刀位点

### 2. 起刀点

起刀点是刀具相对工件运动的起点, 即加工程序开始时刀具刀尖点的起始位置, 经常也将它作为加工程序运行的终点。

### 3. 对刀点

对刀点是用来确定刀具与工件的相对位置关系的点, 是确定工件坐标系与机床坐标系的关系的点。对刀就是将刀具的刀位点与对刀点重合, 以建立工件坐标系。

### 4. 对刀参考点

对刀参考点是代表刀架、刀台或刀盘在机床坐标系内位置的参考点, 也称为刀架中心或刀具参考点。数控加工中返回参考点的操作就是使刀架中心与机床参考点重合。

### 5. 换刀点

在编制数控车床多刀加工程序时, 需要相对于机床原点设置一个自动换刀的位置, 这个位置称为换刀点。换刀点设定的位置根据工序内容而定。为防止换刀时碰撞被加工工件、夹具或尾座等事故的发生, 换刀点一般设置在被加工工件的外面, 并留有一定的安全距离。

## 六、常用的对刀方法

(1) 定位对刀法。对刀时, 将各刀具的刀位点调整至预先设定的对刀点。定位对刀简单易行, 但对刀精度不高, 是一种粗定位对刀方法。

(2) 光学对刀法。如图 2-33 (a) 所示, 光学显微镜十字刻线的交点为对刀点, 对刀时将各刀具的刀位点调整至光学显微镜上十字刻线的交点。光学对刀法比定位对刀法的精度高, 并且不会损坏刀尖。

(3) 试切对刀法。如图 2-33 (b) 所示, 对刀时通过试切与刀具位置补偿功能, 使刀具位置在 Z、X 轴方向加以补偿。应用试切对刀法可以得到比较精确和可靠的精度, 它是数控车床最常用的对刀方法。

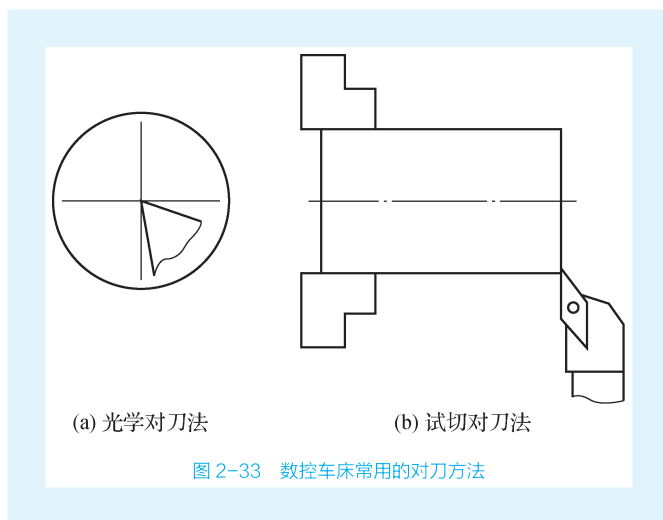


图 2-33 数控车床常用的对刀方法

(4) 机外对刀仪对刀。通过测量刀具刀位点到刀具台基准之间 X 轴及 Z 轴方向的距离来实现对刀。机外对刀能较精确地找正刀具的位置, 但必须连同刀夹一起找正, 因此装卸带刀夹的刀具比较费力。

(5) 自动对刀法。通过刀具自动检测系统实现, 对刀时刀尖以设定的速度向接触式传感器接近, 当刀尖与传感器接触并发出信号时, 数控系统立即记下该瞬间的坐标值, 并自动修正刀位补偿值。

### 任务实施

#### 1. 工作准备

按表 2-5 做好实训准备工作。要求学生在准备工量刀具的过程中始终贯彻 8S 管理规范。

表 2-5 实训物品准备表 (二)

名称	型号规格	数量	要求
数控机床	CKA6150 或其他相关机床	1 台/组	工厂准备
自定心卡盘	D200	1 个/机床	工厂准备
材料	$\phi 40 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$	1 根/组	学生准备
刀具	90° 外圆车刀	1 把/组	学生准备
量具	游标卡尺 0 ~ 200 mm	1 把/组	学生准备
工具	装夹工具	1 套/组	学生准备

## 2. 安装刀具和工作

在自定心卡盘上夹持一棒料，注意定位、找正、夹紧的要求。在 1 号刀位安装一把外圆车刀，注意车刀的悬伸长度及中心高。

## 3. 外圆车刀试切法对刀

(1) Z 轴对刀。用手轮（或手动）方式移动刀架，使刀具沿工件端面切削，如图 2-34 所示。

① 在 Z 轴不动的情况下沿 X 轴退出刀具，并停止主轴旋转。

② 按  $\text{OFFSET/SETTING}$  键进入“偏置”界面，选择“刀具偏置”页面，按  $\text{F5}$  键、 $\text{F6}$  键移动光标选择该刀具对应的偏置号，如指定 1 号外圆车刀的偏置号为“001”。

③ 依次输入地址键  $Z_w$ 、数字键  $0.$ 、软键开关区的“测量”键，如图 2-35 所示。

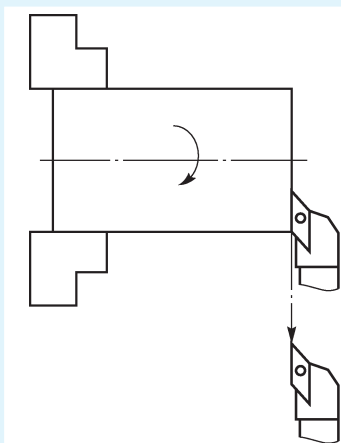


图 2-34 Z 轴对刀示意图

刀具偏置		00008 N000		
序号	X	Z	R	T
000	0.000	0.000	0.000	0
001	0.000	←324.660→	0.000	0
002	0.000	0.000	0.000	0
003	0.000	0.000	0.000	0
004	0.000	0.000	0.000	0
005	0.000	0.000	0.000	0
006	0.000	0.000	0.000	0
007	0.000	0.000	0.000	0
相对坐标				
U	0.000	W	0.000	
序号 001			S0000	T0100
录入方式				

图 2-35 Z 轴刀补输入界面

(2) X 轴对刀。

① 启动主轴，使刀具沿外圆切削，如图 2-36 所示。

② 在 X 轴不动的情况下，沿 Z 轴退出刀具，并停止主轴旋转。

③ 测量直径（假定直径为  $\phi 33.5 \text{ mm}$ ）。

④ 按  $\text{OFFSET/SETTING}$  键进入“偏置”界面，选择“刀具偏置”页面，按  $\text{F5}$  键、 $\text{F6}$  键移动光标选择该刀具对应的偏置号，如刀补号“001”。

⑤ 输入“X33.5”，按软键开关区的“测量”键，X 轴对刀结果如图 2-37 所示。

## 4. 对刀检验

对刀结束后，分别验证 Z 轴方向与 X 轴方向对刀是否正确。验证 X 轴方向对刀时，应使刀具沿 Z 方向离开工件；同理，验证 Z 轴方向对刀时，应使刀具沿 X 轴方向离开工件，以防止刀具在移动过程中撞到工件。

验证 Z 轴方向对刀的步骤如下：

(1) 将机床界面切换至“录入”方式。

(2) 按  $\text{PROG}$  键切换至“程序段”页面。

(3) 输入测试程序段“T0101 G0 Z0 ;”或“T0101 G01 Z0 F500 ;”。

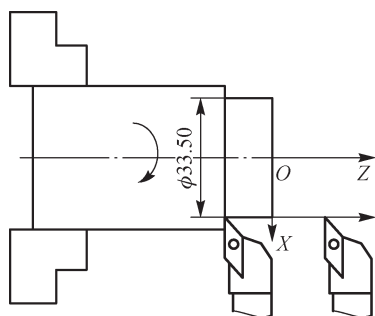


图 2-36 X 轴对刀示意图

刀具偏置				00008 N0000
序号	X	Z	R	T
000	0.000	0.000	0.000	0
001	-73.582	-324.660	0.000	0
002	0.000	0.000	0.000	0
003	0.000	0.000	0.000	0
004	0.000	0.000	0.000	0
005	0.000	0.000	0.000	0
006	0.000	0.000	0.000	0
007	0.000	0.000	0.000	0
相对坐标				
U	0.000	W	0.000	
序号 001				S0000 T0100
				录入方式

图 2-37 X 轴对刀结果

(4) 按循环启动按钮, 运行测试程序。

(5) 程序运行结束, 观察刀具是否与工件右端面处于同一平面。若处于同一平面, 则对刀正确, 若位置偏移较明显, 则对刀操作不正确, 需重新对刀。

### 拓展训练

#### 1. 对刀

各小组成员轮流进行试切法对刀。

#### 2. 验证

对刀完成后, 在 MDI 模式下, 输入程序段“T0101 G00 X0 Z100;”, 将光标移动到开头, 把进给倍率和快速倍率调到最低, 按下自动运行键, 观察刀具移到的位置, 验证对刀数据是否正确。

操作结束后, 对机床进行日常保养, 然后关闭机床。

## 任务五 数控车床编程功能、手动、手轮及MDI操作

### 【任务要求】

1. 了解数控加工程序的组成。
2. 了解程序段的格式与组成。
3. 掌握常用指令的分类与属性。
4. 掌握主轴功能、进给功能、刀具功能的含义、格式及用法。
5. 掌握常用辅助功能的含义、格式及用法。
6. 掌握数控车床的手动连续进给、手轮进给操作。
7. 能利用 MDI、手动连续进给或手轮进给方式试切端面、外圆。



### 任务描述

学生熟练掌握手动连续进给、手轮进给及 MDI 方式，会使用 MDI 方式完成机床基本功能（如主轴正反转、换刀等）的操作。机床的录入操作可以完成各项数据的输入和单一程序段的执行。手动连续进给、手轮进给操作是完成手动试切的基本方法，也是进行试切法对刀操作的基础。在实际数控加工操作中，会经常用到这些操作方法。学生应熟练掌握录入、手动连续进给、手轮进给等操作技能。

### 知识储备

要想使用 MDI 方式对机床进行操作，就必须掌握数控加工程序的基础知识。

## 一、加工程序的组成

某段数控车削加工程序如下：

```

O0001 ; ----- 程序开始
N10 G97 G99 F0.15 ;
N20 T0101 ;
N30 M03 S600 ;
N40 G00 X53 Z2 ;
... ..
N120 M09 ;
N130 M30 ; ----- 程序结束
  
```

### 1. 程序开始

通常用程序名（程序号）作为程序的开始，程序名用字母 O（不同系统不同）加四位数字组成，数字可从 0000 到 9999。

### 2. 程序内容

程序内容是整个加工程序的核心，它由若干程序段组成，用来表示数控机床除程序结束外的全部动作。

### 3. 程序结束

常以程序结束指令 M02 或 M30 构成最后的程序段，表示该程序运行结束。

## 二、程序段的组成与格式

一个程序由若干程序段组成，程序段又由若干代码字（功能字、指令字）组成。代码字由表示地址的英文字母和数字构成。

程序段格式如下：

N\_ G\_ X\_ Y\_ Z\_ F\_ S\_ T\_ M\_ LF

FANUC 系统中的两个重要规定如下：

(1) 尺寸功能字后面的坐标数字中的小数点不能省略，如要输入 X200，正确的输入方式为“X200.”。

(2) LF 通常用“；”（分号）表示，如“N60 G01 X37. Z-22. F0.07；”。

### 三、常用工艺指令的分类与属性

#### 1. 常用工艺指令的分类

常用工艺指令分为准备型工艺指令、辅助型工艺指令及其他工艺指令。

- (1) 准备型工艺指令又称准备功能 G 指令, G00 ~ G99。
- (2) 辅助型工艺指令指辅助功能 M 指令, M00 ~ M99。
- (3) 其他工艺指令如主轴功能 S 指令、进给功能 F 指令、刀具功能 T 指令等。

#### 2. 常用工艺指令的属性

常用工艺指令有模态和非模态两类属性。

- (1) 模态指令。模态指令一经在一个程序段中指定, 在接下来的程序段中一直持续有效, 直到出现同组的另一个指令, 该指令才失效。
- (2) 非模态指令。非模态指令指仅在编入的程序段内才有效的指令, 如 G04、M00 等。

### 四、主轴功能 (S 功能)

用来控制主轴转速的功能称为主轴功能。主轴的转速分为恒转速和恒线速两种。

#### 1. 恒转速

恒转速 ( $n$ ) 的单位是 r/min, 用准备功能 G97 来指定, 如 “G97 S1000” 表示主轴以 1 000 r/min 的速度旋转。

#### 2. 恒线速

恒线速 ( $v_c$ ) 的单位是 m/min, 用准备功能 G96 来指定, 如 “G96 S90” 表示主轴以 90 m/min 的速度来旋转, 即车削时

$$v_c = \pi d_w n / 1000$$

式中,  $d_w$  为工件待加工表面直径, mm;  $n$  为主轴转速, r/min。

### 五、进给功能 (F 功能)

用来指定刀具相对于工件运动速度的功能称为进给功能。进给功能分为每分钟进给和每转进给两种。

#### 1. 每分钟进给

每分钟进给表示为进给速度  $F$ , 单位为 mm/min, 用准备功能 G98 来指定, 如 “G98 F200” 表示刀具的进给速度为 200 mm/min。

#### 2. 每转进给

每转进给表示为进给量  $f$ , 单位为 mm/r, 用准备功能 G99 来指定, 如 “G99 F0.2” 表示刀具的进给量为 0.2 mm/r。

车削时

$$F = fn$$

### 六、刀具功能 (T 功能)

系统用来选刀或换刀的功能称为刀具功能。刀具功能指令通常用 T 加四位数字组成, 即 T××××, 前两位表示刀具号, 后两位表示刀具补偿存储器号 (刀补号), 如 T0101 表示换 1 号刀并选用 1 号刀补。

刀具号和刀补号不一定要相同，也可写为 T0102。但是为了方便且不易出错，常采用相同的刀具号与刀补号。

## 七、准备功能（G 功能）

准备功能指令是数控机床用于做好某些准备动作的指令。具体内容将在后面课程中详细讲解。

## 八、常用辅助功能（M 功能）

辅助功能指令是控制数控机床做辅助动作的指令，常用于控制冷却泵的开停、主轴正反转、程序的结束等。

### 1. M00 和 M01

M00：程序停止。

M01：程序选择停止（计划停止）。

M00 和 M01 都是用于程序中间停止，执行指令后机床所有动作均暂停，以便进行精度的检测等，重新按下循环启动按钮后，再执行该指令后的程序。

M01 是只有按下机床控制面板上的“选择停止”开关后才有效，否则机床继续执行后面的程序。

### 2. M02 和 M30

M02 和 M30 都表示程序结束，但在使用 M02 时，自动运行结束后光标停在程序结束处，而用 M30 时，自动结束后光标自动返回程序开头处，按下循环启动后就可以再一次运行程序。

### 3. M03、M04 和 M05

M03：主轴正转。

M04：主轴反转。

M05：主轴停止。

这三个指令都是用来控制主轴旋转状态的。从主轴箱向尾座看，主轴顺时针旋转为正转，逆时针旋转为反转。

### 4. M07、M08 和 M09

M07 和 M08：冷却液开。

M09：冷却液关。

这三个指令都是用来控制冷却液开关状态的。有些机床有两个冷却泵，用 M07 和 M08 来分别控制开启；有些机床用 M07 来开启气态冷却，用 M08 来开启液态冷却。通常数控车床用 M08 作为冷却液开启指令。

## 九、游标卡尺的使用与读法

游标卡尺是比较精密的量具，如图 2-38 所示，使用时应注意以下事项：

（1）按工件的尺寸及精度的要求选用合适的游标卡尺。不能用游标卡尺测量铸锻件毛坯的尺寸，也不能用游标卡尺测量精度要求过高的工件和旋转的工件。

（2）使用前要检查游标卡尺测量爪和测量刃口是否平直无损，尺身和游标的零线是否对齐。

（3）测量外尺寸时，测量爪应张开到略大于被测尺寸，以固定测量爪贴住工件，用轻微压力把

活动测量爪推向工件，卡尺测量面的连线应垂直于被测量表面，不得偏斜。

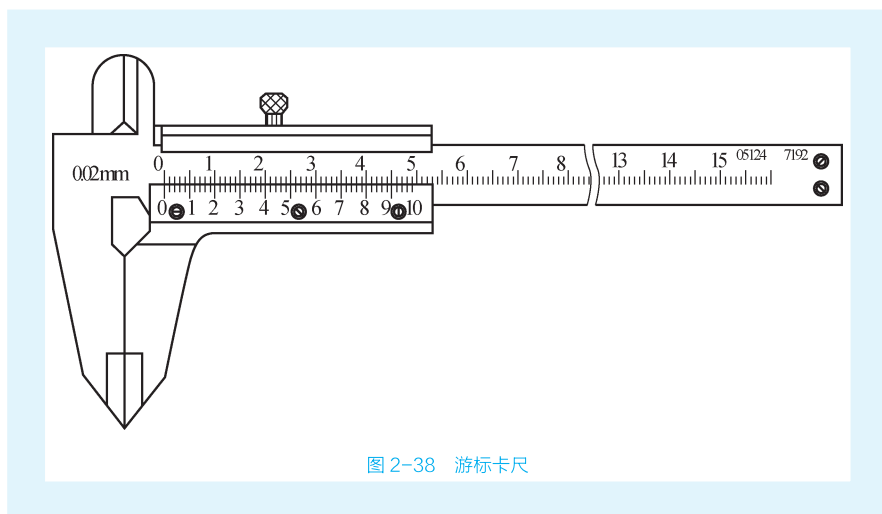


图 2-38 游标卡尺

(4) 测量内尺寸时，测量爪张开度应略小于被测尺寸，测量时两测量爪应在孔的直径上，不得倾斜。

(5) 测量孔深或高度时，应使深度尺的测量面紧贴孔底，游标卡尺的端面与被测表面接触，且深度尺要垂直，不可倾斜。

(6) 读数时，应将游标卡尺置于水平位置，视线垂直于刻线表面，避免视线歪斜造成读数误差。

游标卡尺适于测量外圆、沟槽、内孔、深度的尺寸，测量方法如图 2-39 所示。

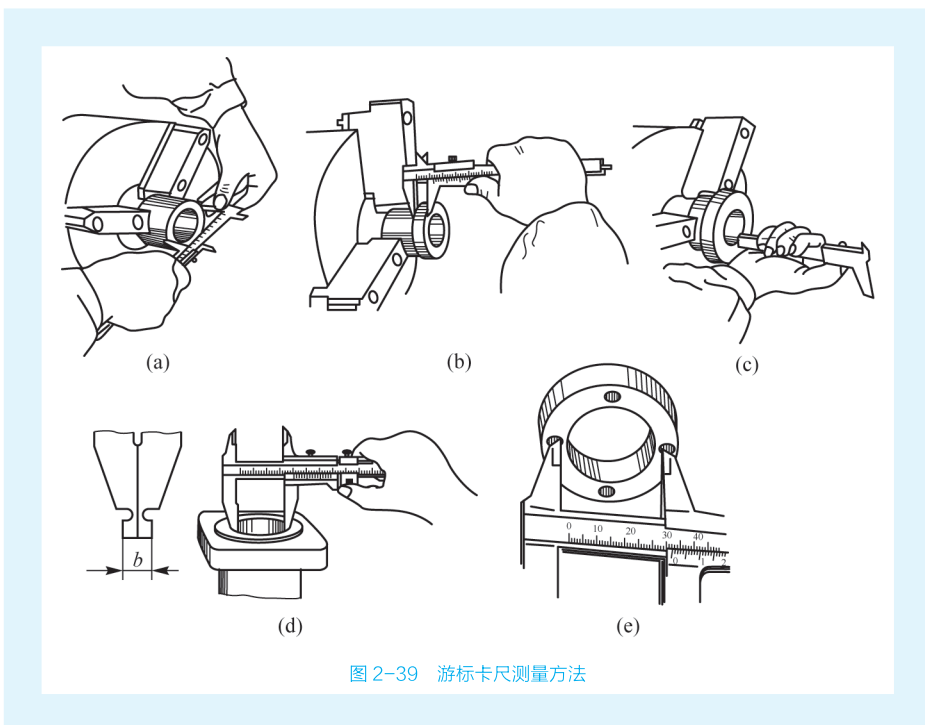


图 2-39 游标卡尺测量方法

## 任务实施

### 1. 工作准备

按表 2-5 做好实训准备工作。要求学生在准备工量刀具的过程中始终贯彻 8S 管理规范。







### 2. 安装刀具和工件

在自定心卡盘上夹持一棒料，注意定位、找正、夹紧的要求。在 1 号刀位安装一把外圆车刀，注意车刀的悬伸长度及中心高。

### 3. 回零

采用增量测量的数控机床开机后都必须做回零操作，即返回参考点操作，通过该操作建立起机床坐标系。采用绝对测量的数控机床开机后不必做回零操作。

首先检查各轴坐标读数，确保各轴离机床原点 100 mm 以上，否则不能进行回零操作，系统出现报警；若距离不够，则需要手动模式下移动机床各轴，使得满足以上要求。回零步骤如下：

- (1) 按下回零按钮 。
- (2) 按下 X 向移动按钮 。
- (3) 按下手动正向进给按钮 。
- (4) 分别按下  和相应的手动正向按钮 。
- (5) 当机床原点指示灯  亮后，表示回零成功。


### 4. 手动连续进给

在手动操作模式  下，持续按下操作面板上的进给轴按钮    及其方向选择按钮  ，使刀具沿着所选方向连续移动。同时按下快速按钮 ，使各轴实现快速移动。

### 5. 手轮进给

在手轮进给方式中，刀具或工作台可以通过旋转手摇脉冲发生器实现微量移动。使用手轮进给轴选择旋钮，选择要移动的轴，手摇脉冲发生器旋转一个刻度时，刀具移动的最小距离与最小输入增量相等。手摇脉冲发生器旋转一个刻度，刀具移动的距离可以放大 1 倍、10 倍、100 倍。


操作步骤如下：


- (1) 按下手轮方式选择按钮 。
- (2) 旋转手摇脉冲发生器上的移动轴旋钮和倍率旋钮，使之处于相应的位置。
- (3) 以手轮转向对应的移动方向来旋转手轮，手轮旋转 360°，刀具移动的距离相当于 100 个刻度的对应值。

### 6. MDI 方式

在 MDI 方式中，通过 MDI 面板可以编制最多 10 行的程序，程序格式和通常程序一样。在 MDI 方式中编制的程序不能被存储，MDI 运行适用于简单的测试操作。

MDI 运行操作步骤如下：

- (1) 按下 MDI 方式按钮，按下 MDI 操作面板上的  功能键。屏幕显示如图 2-40 所示。界面中自动加入程序号 00000。
- (2) 用通常的程序编辑方式编制一个要执行的程序，在程序段的结尾处加上“M 99”，用以在程序执行完毕后将控制返回程序头。

(3) 为了执行程序, 需将光标移到程序头 (从中间点启动也是可以的), 按下循环启动按钮  , 程序启动运行。

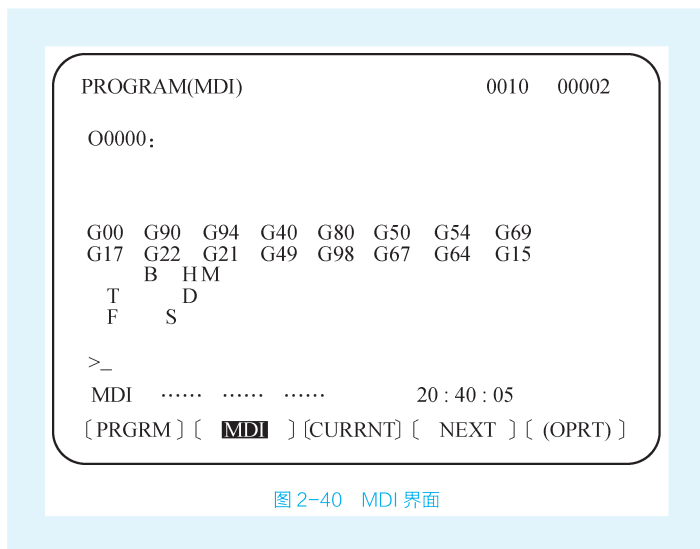




图 2-40 MDI 界面

**注意:** 当执行程序结束语句 (M02 或 M30) 或者执行 % 以后, 程序自动清除并结束运行。通过指令 M30 控制自动回到程序的开头。

在中途停止或结束 MDI 操作的方法如下:

(1) 停止 MDI 操作: 按下操作面板上的进给保持按钮  , 进给保持按钮指示灯亮, 程序暂停。再次按下循环启动按钮  , 机床的运行被重新启动。

(2) 结束 MDI 操作: 按下 MDI 面板上的复位按钮 RESET, 自动运行结束, 并进入复位状态。

### 拓展训练

让每位学生按照以下要求进行 MDI 操作:

- (1) 让主轴以 600 r/min 的速度正转。
- (2) 让主轴停止。
- (3) 换 2 号刀。
- (4) 冷却液开。