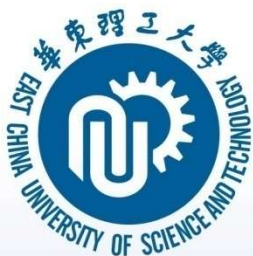


“十二五”工程训练教学改革系列

现代实训教学

数控铣床

工程训练中心
2020/9/13



数控铣床和加工中心的认知

一、数控铣床和加工中心

数控铣床（加工中心）是在一般铣床的基础上发展起来的,两者的加工工艺基本相同,结构也有些相似,但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,其结构与普通铣床有很大区别



a. 数控铣床



b. 加工中心

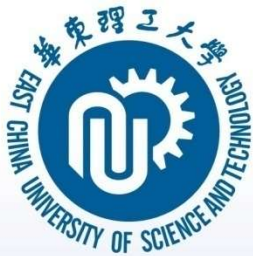


二、数控铣床的结构

数控铣床除铣床基础部件外，还包括其他几个主要部分：主传动系统、进给传动系统、刀架、自动托盘交换装置以及检测装置等。



数控铣床的结构图



三、数控铣床的分类

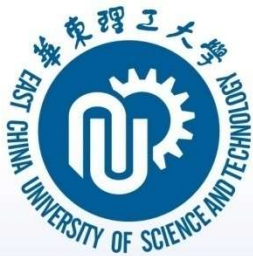
1、数控铣床的分类

数控铣床种类很多，按其体积大小可分为小型、中型和大型数控铣床，其中规格较大的，其功能已向加工中心靠近，进而演变成柔性加工单元。

(1) 按数控系统的功能分类

①经济型数控铣床

经济型数控铣床一般是在普通立式铣床或卧式铣床的基础上改造而来的，采用经济型数控系统，成本低，机床功能较少，主轴转速和进给速度不高，主要用于精度要求不高的简单平面或曲面零件加工。

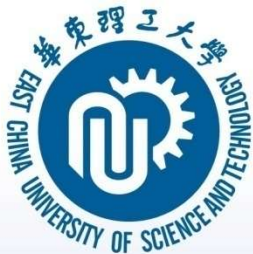


②高速铣削数控铣床

我们一般把主轴转速在 **8000 ~ 40000 r/min** 的数控铣床称为高速铣削数控铣床，其进给速度可达 **10 ~ 30 m/min**。这种数控铣床采用全新的机床结构（主体结构及材料变化）、功能部件（电主轴、直线电机驱动进给）和功能强大的数控系统，并配以加工性能优越的刀具系统，可对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工。

③全功能数控铣床

全功能数控铣床一般采用半闭环或闭环控制，控制系统功能较强，数控系统二、按主轴布置形式分类



(2)按主轴布置形式分类

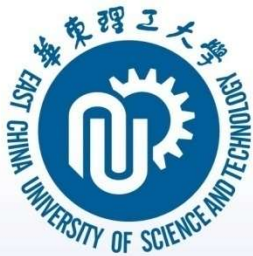
①立式数控铣床

立式数控铣床的主轴轴线与工作台面垂直，是数控铣床中最常见的一种形式。立式数控铣床一般为三坐标（**X**、**Y**、**Z**）联动，其各坐标的控制方式主要有以下两种：

1）工作台纵、横向移动并升降，主轴只完成主运动。目前小型数控铣床一般采用这种方式

2）工作台纵、横向移动，主轴升降。这种方式一般运用在中型数控铣床中。

立式数控铣床结构简单，工件安装方便，加工时便于观察，但不便于排屑。



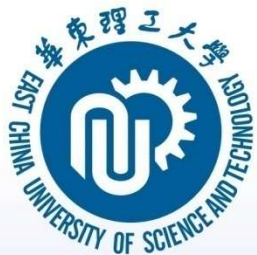
②卧式数控铣床

卧式数控铣床的主轴轴线与工作台面平行，主要用来加工箱体类零件。一般配有数控回转工作台以实现四轴或五轴加工，从而扩大功能和加工范围。

卧式数控铣床相比立式数控铣床，结构复杂，在加工时不便观功能丰富，一般可实现四坐标或以上的联动，加工适应性强，应用最为广泛。

③立卧两用数控铣床

立卧两用数控铣床的主轴轴线可以变换，使一台铣床具备立式数控铣床和卧式数控铣床的功能。这类机床适应性更强，应用范围更广，尤其适合于多品种、小批量又需立卧两种方式加工的情况，但其主轴部分结构较为复杂。



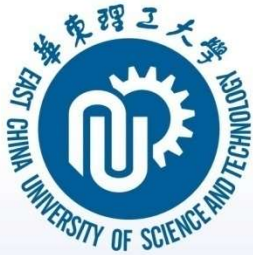
立式数控铣床



卧式数控铣床



立卧两用数控铣床



四、加工中心的特点

加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控加床。与普通数控机床相比，有如下特点：



1.加工中心具有刀库和自动换刀装置

2.加工中心带有自动摆角的主轴

3.加工中心有的带有自动交换工作台



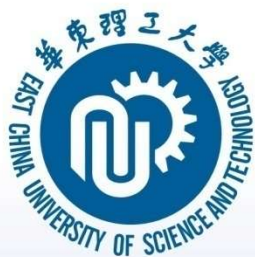
加工中心刀库



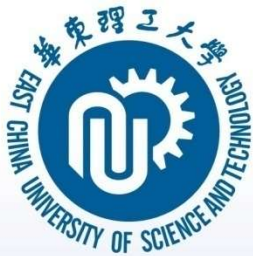
圆盘式刀库



链式刀库



加工中心自动摆角功能的使用



五、加工中心的分类

1.按加工方式分类

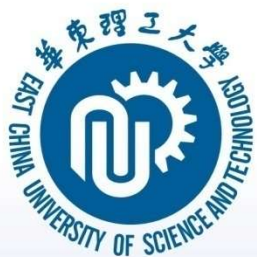
车削中心和铣削中心

2.按机床主轴的布局分类

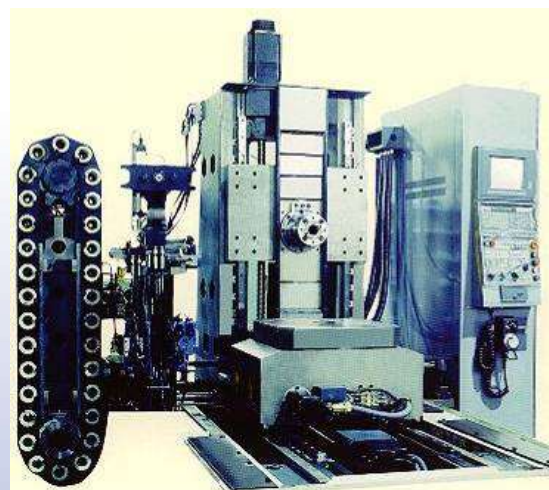
立式加工中心、卧式加工中心、龙门加工中心、复合加工中心

3.按换刀形式分类

转塔刀库加工中心、无机械手的加工中心、带刀库和机械手的加工中心



立式加工中心



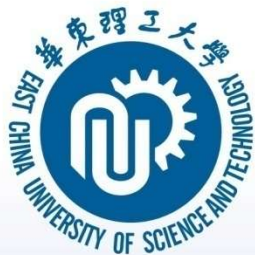
卧式加工中心



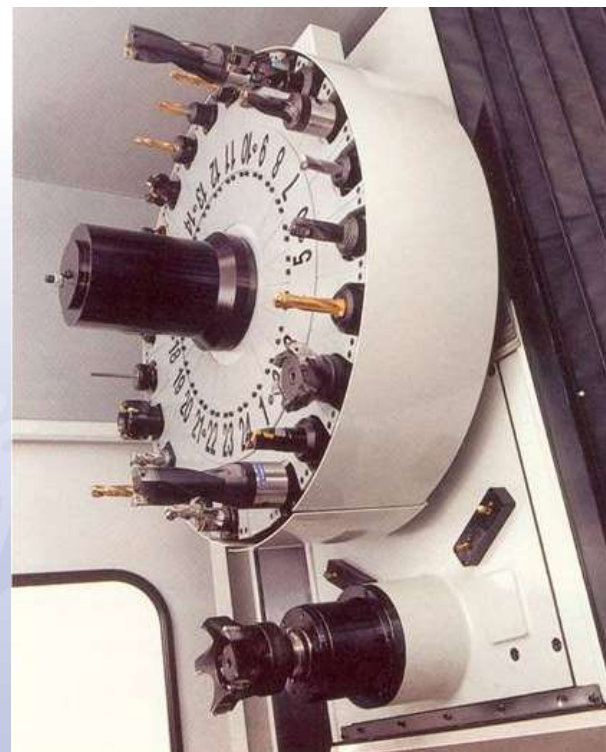
龙门加工中心



复合加工中心



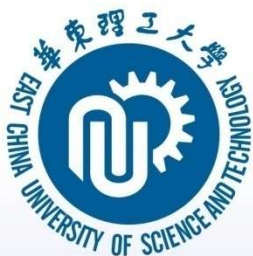
转塔刀库加工中心



无机械手的加工中心



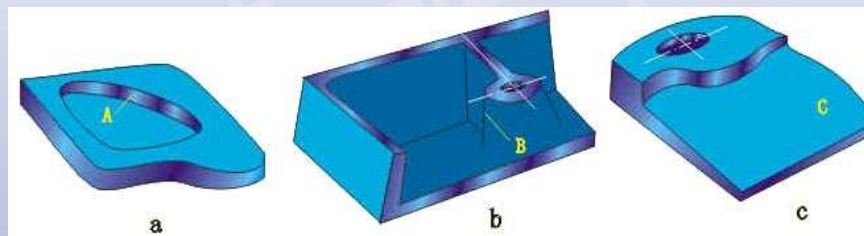
带刀库和机械手的加工中
心



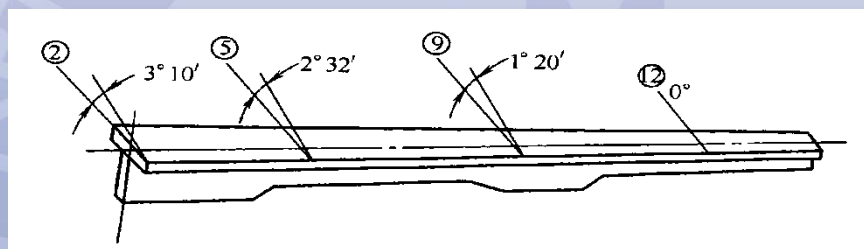
六、数控铣削和加工中心的主要加工对象

(一) 数控铣削加工的主要对象

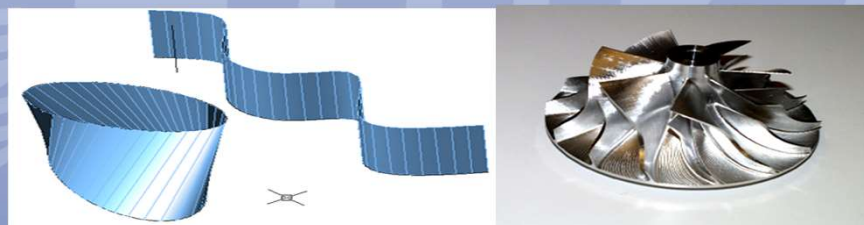
1. 平面类零件

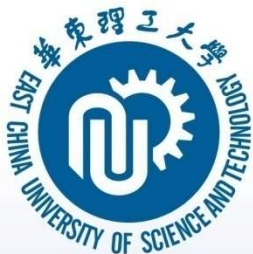


2. 变斜角类零件



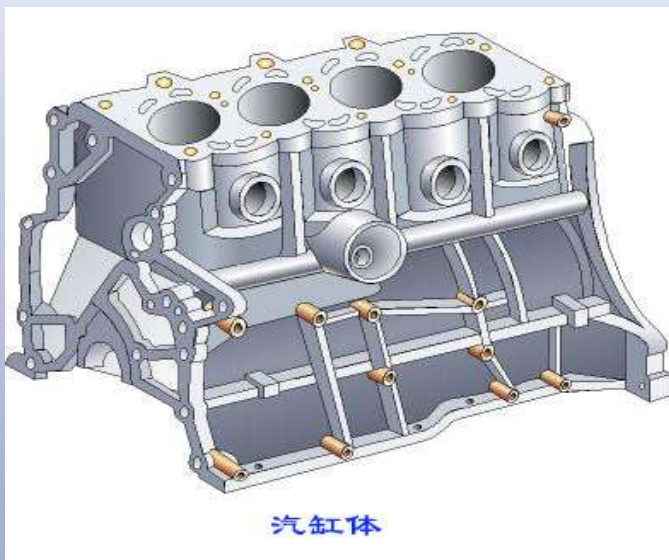
3. 曲面类零件



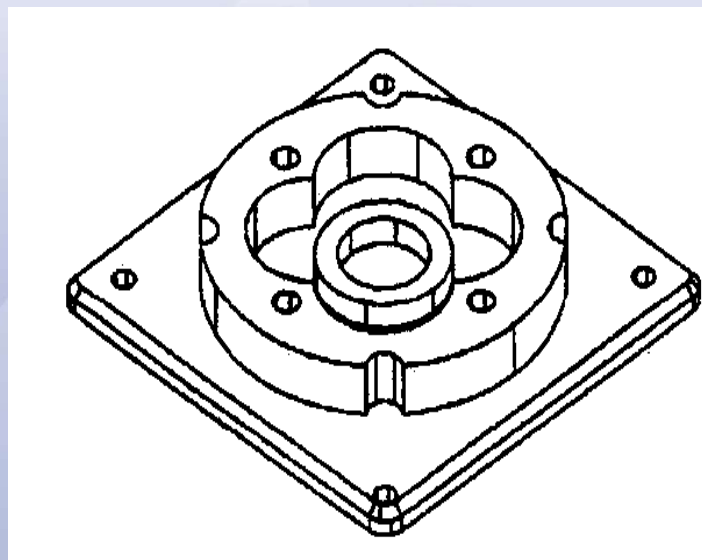


(二) 加工中心加工的主要对象

1. 既有平面又有孔系的零件



(1) 箱体类零件
一般都需进行孔系、轮廓、平面的多工位加工，精度要求较高，工艺复杂，加工周期长，成本高，精度不易保证。



(2) 盘、套、板类零件
带有键槽，端面上有平面曲面和孔系，径向也常分布一些径向孔。



2. 结构形状复杂、普通机床难加工的零件



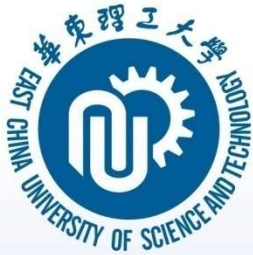
(1) 凸轮类
各种曲线的盘形凸轮、圆柱凸轮、圆锥凸轮和端面凸轮



(2) 整体叶轮类
加工难点，通道狭窄，刀具很容易与加工表面和邻近曲面产生干涉



(3) 模具类
锻压模具、铸造模具、注塑模具及橡胶模具



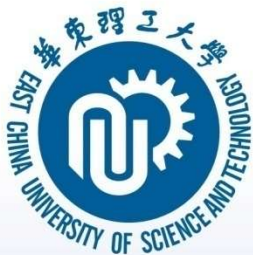
3. 外形不规则的异形零件

大多要点、线、面多工位混合加工，刚性较差，夹紧及切削变形难以控制，加工精度也难以保证，通常采取工序分散的原则加工，需用工装较多，周期较长。



4. 加工精度要求较高的中小批量零件

针对加工中心加工精度高、尺寸稳定的特点，对加工精度要求较高的中小批量零件。



5.盘、套、板类零件

带有键槽、径向孔或端面有分布孔系以及有曲面的盘套或轴类零件（如图1-6所示），还有具有较多孔加工的板类零件，适宜采用加工中心加工。端面有分布孔系、曲面的零件宜选用立式加工中心，有径向孔的可选卧式加工中心。

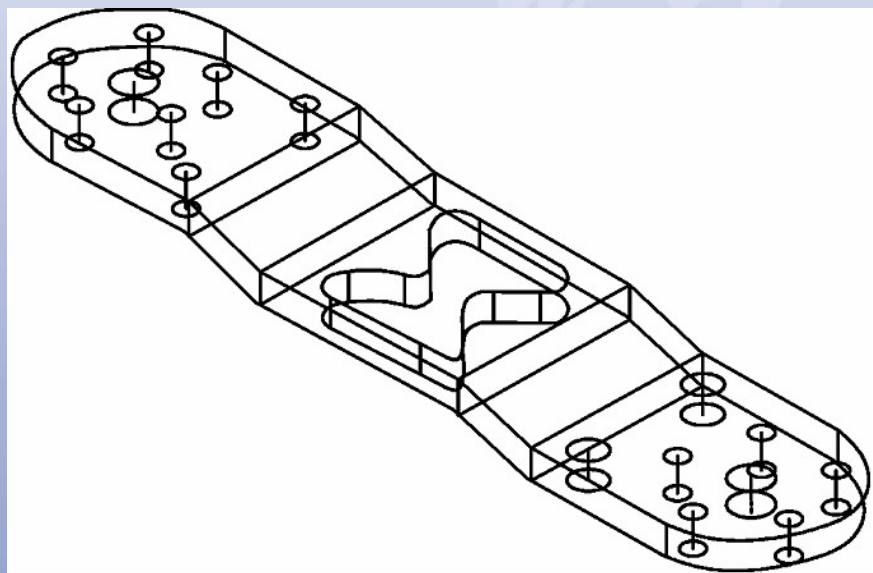
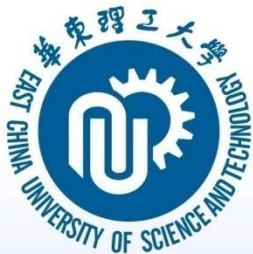


图1-6板类零件



6. 特殊加工

在熟练掌握了加工中心的功能之后，配合一定的工装和专用工具，利用加工中心可完成一些特殊的工艺工作（如图1-7所示），如在金属表面上刻字、刻线、刻图案；在加工中心的主轴上装上高频电火花电源，可对金属表面进行线扫描表面淬火；用加工中心装上高速磨头，可实现小模数渐开线圆锥齿轮磨削及各种曲线、曲面的磨削等。

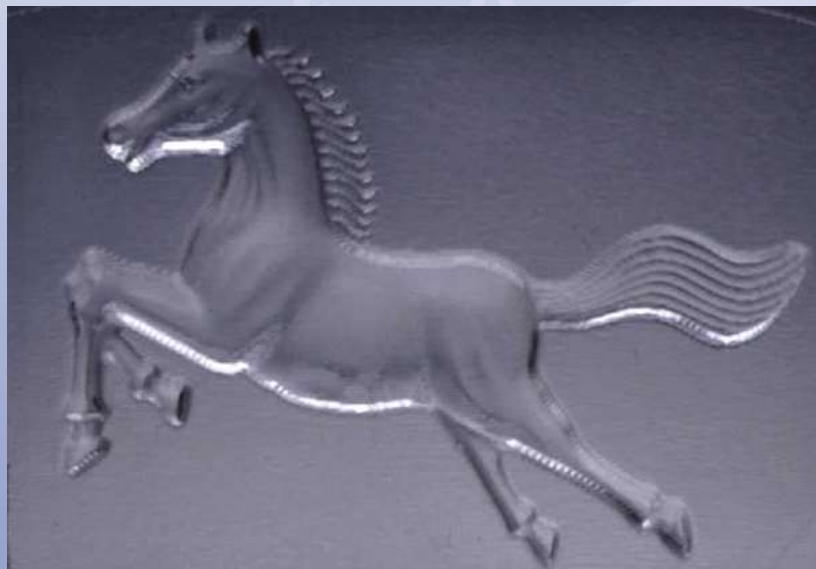
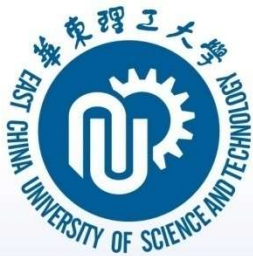


图1-7

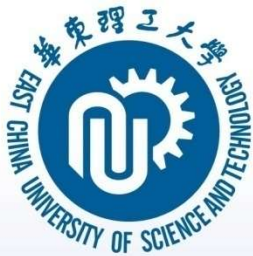


7. 加工周期性重复投产的零件

某些产品的市场需求具有周期性和季节性，采用加工中心首件试切完成后，程序和相关生产信息可保留下来，供以后反复使用，产品下次再投产时只要很少的准备时间就可开始生产，使生产周期大大缩短。

8. 新产品试制中的零件

新产品在定型之前，选择加工中心试制，可省去许多用通用机床加工所需的试制工装。



数控铣床及加工中心编程基础

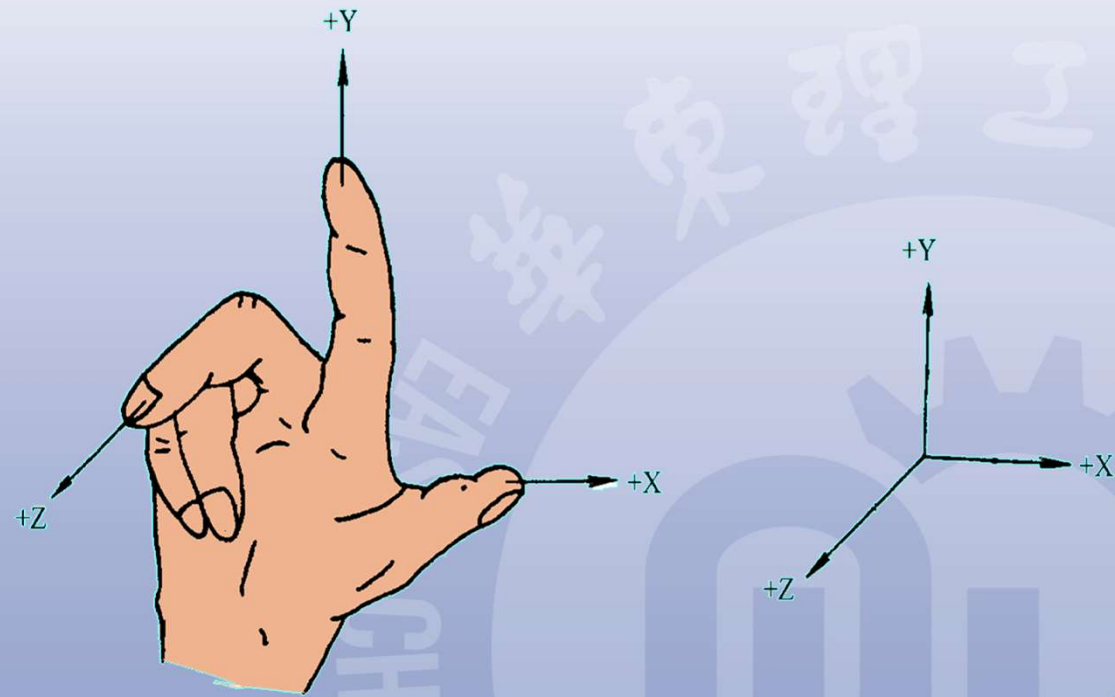
一、数控铣床及加工中心的坐标系

1、坐标系确定原则

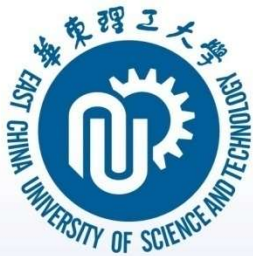
(1) 不论机床的具体结构是工件静止、刀具运动，还是工件运动、刀具静止，数控机床的坐标运动指的是刀具相对于工件的运动，即规定以工件为基准，假定工件不动，刀具运动的原则。即以刀具的运动轨迹来编程。

(2) 标准坐标系是一个右手笛卡尔坐标系，**X、Y、Z**三个坐标系方向与导轨平行，**A、B、C**三个轴，可以根据右手螺旋法则来判定。

(3) 运动的正方向是刀具远离工件的方向。



右手笛卡尔坐标系示意图

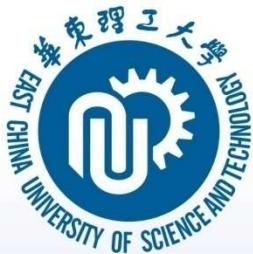


2、坐标原点

在NC机床上可以确定不同的原点和参考点位置，这些参考点的作用：

- 1、用于机床定位**
- 2、对工件尺寸进行编程**

分别是：机床原点、机床参考点（机械零点）、编程原点、工件（加工）原点。



(1) 机床原点(机床坐标系)

机床原点是机床上一个固定的点，其位置是由机床设计和制造单位确定的，通常不允许用户改变。它是制造和调整机床的基础。是机床坐标系的原点。

位置：

数控铣床在三个坐标轴正方向的极限位置。

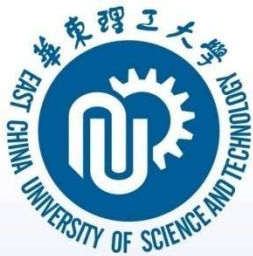


(2) 机床参考点

机床参考点又称为机械零点，是由限位开关准确定位的一个特殊的固定点，机床运动部件到达参考点时显示的坐标表示参考点与机床零点间的距离。

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。

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，CNC 就建立起了机床坐标系。

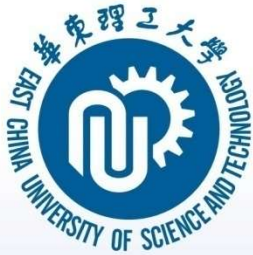


(3) 编程原点 (编程坐标系)

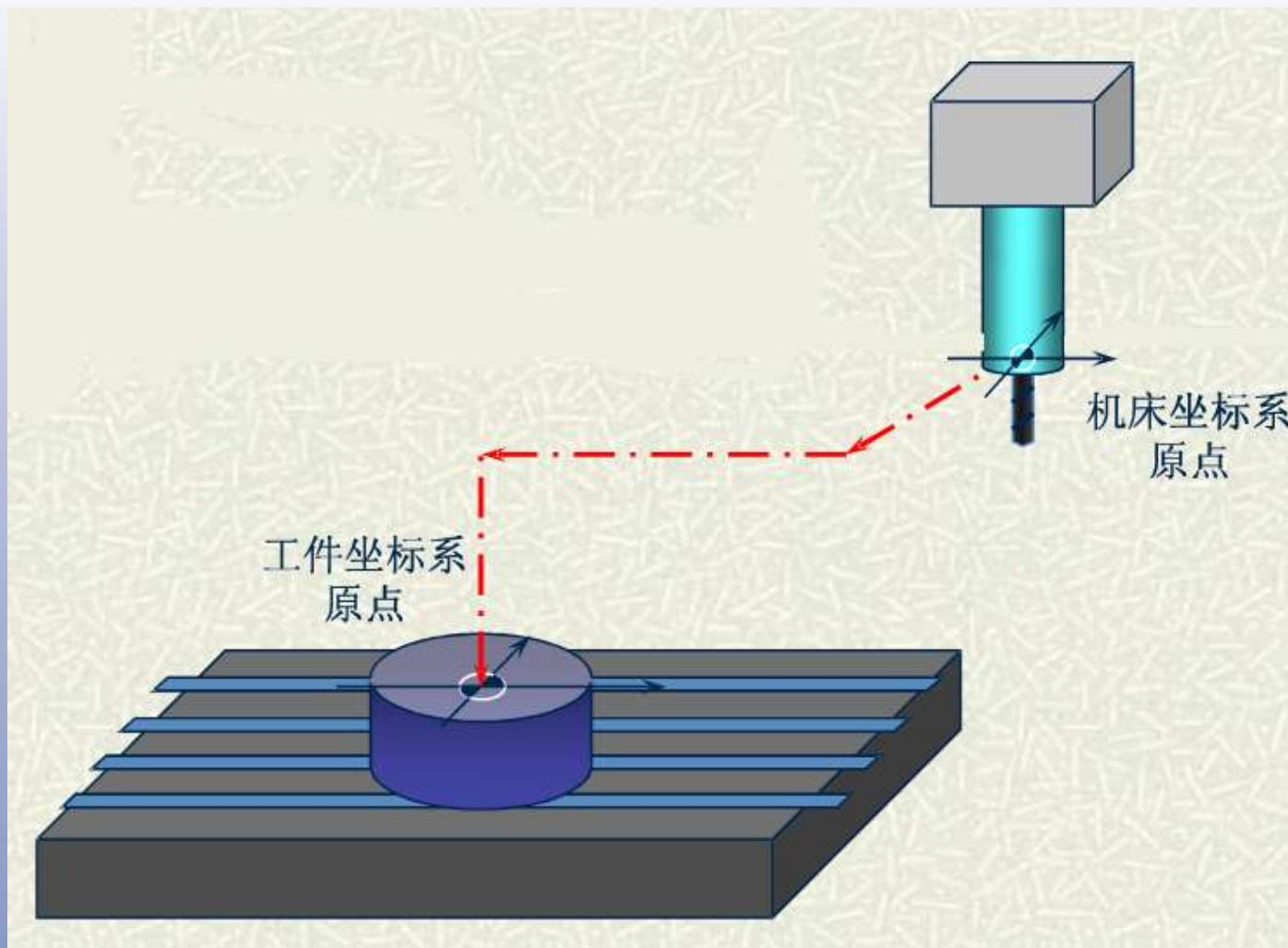
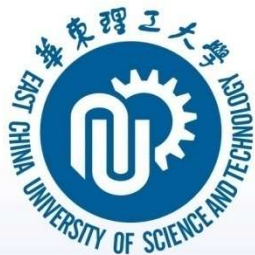
编程坐标系是在对图纸上零件编程计算时就建立的，程序数据便是用的基于该坐标系的坐标值。

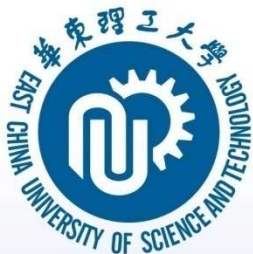
(4) 工件原点 (工件坐标系)

工件原点是人为设定的，从理论上讲，工件原点选在任何位置都是可以的，但实际上为编程方便以及各尺寸较为直观。



原点	坐标系	建立	用途
机床原点	机床坐标系	机床厂家	制造、安装、调试的基准点。
编程原点	编程坐标系	编程人员	为了编程方便，根据图样和工艺确定
加工原点	加工坐标系	机床操作人员	建立编程坐标系和机床坐标系的统一
机床参考点	—	机床厂家	回参考点，CNC就建立了机床坐标系





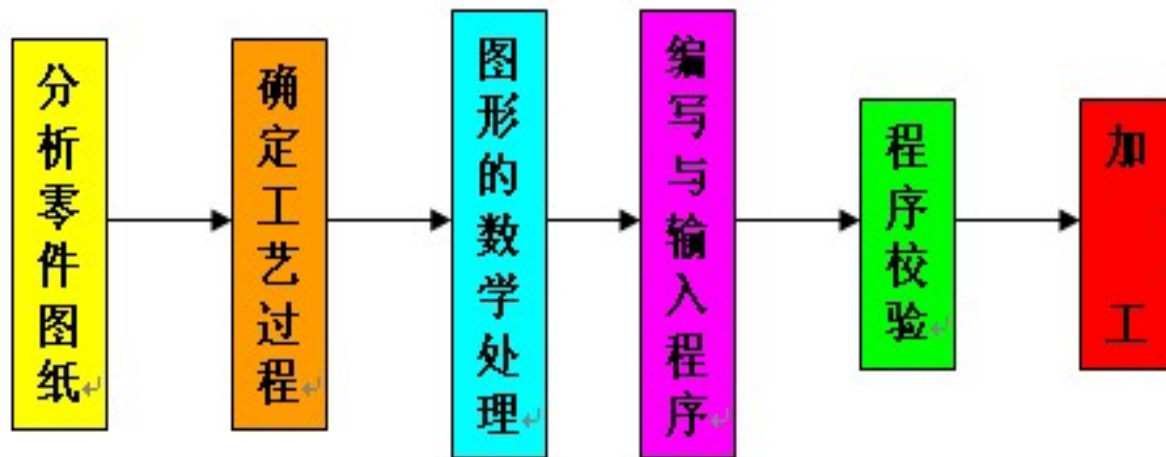
二、数控编程步骤 方法 格式

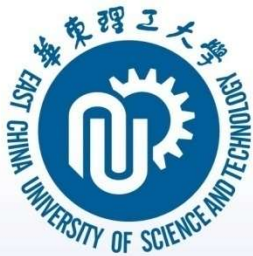
1. 数控编程的种类及步骤

(1) 数控程序编制的方法

- ① 手工编程
- ② 自动编程

2. 数控程序编制的内容及步骤





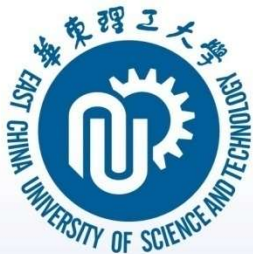
3. 数控加工程序的结构

(1) 数控程序的结构

程序结构：数控程序由程序编号、程序内容和程序结束段组成。

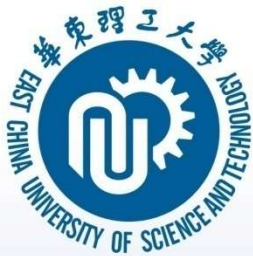
例：

N x.....x G x x X(U)±x...x Z(W)x...x
程序段号 准备功能 坐标运动尺寸
F x.....x S x...x M x x T x x x x ;
工艺性指令 结束代码



4.常用的编程指令

- ① **G**指令（准备功能指令）
- ② **M**指令（辅助功能指令）
- ③ **F**指令
- ④ **S**指令



其他工艺性指令：F、S

1. 进给率 F

格式：F+数字

例：F100

单位：mm/r

2. 主轴转速

格式：S+数字

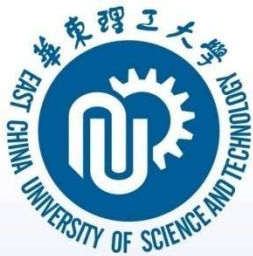
例：S1000

单位：r/min



FANUC系统主要基础G指令

指令	功能	指令	功能
G00	快速定位	G43	刀具长度正补偿
G01	直线插补	G44	刀具长负正补偿
G02	顺时针圆弧插补	G49	刀具长正补偿取消
G03	逆时针圆弧插补	G54	工件坐标系1选择
G17	选择xy平面	G55	工件坐标系2选择
G18	选择xz平面	G56	工件坐标系3选择
G19	选择yz平面	G57	工件坐标系4选择
G28	返回参考点	G58	工件坐标系5选择
G40	刀具半径补偿取消	G59	工件坐标系6选择
G41	刀具半径左补偿	G90	绝对值编程
G42	刀具半径右补偿	G91	增量值编程



工件坐标系建立指令：G54 ~ G59

G54 ~ G59工件坐标系意义

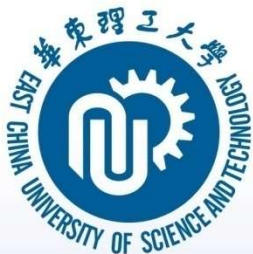
G54 ~ G59是系统预置的六个坐标系，用于确定工件坐标系原点相对于机床坐标系原点的位置，可根据需要选用。

指令格式

G54 (或G55等) G90 G00(G01) X_Y_Z_;

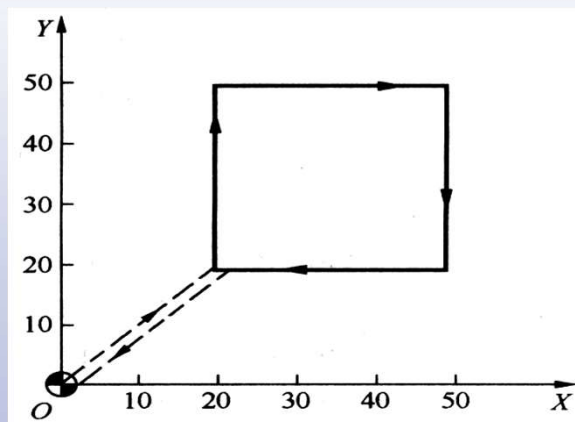
指令意义

- 1) G54 ~ G59建立的工件坐标原点是相对于机床原点而言的，在程序运行前已设定好，在程序运行中无法重置。
- 2) G54 ~ G59预置建立的工件坐标原点在机床坐标系中的坐标值可用MDI方式输入，系统自动记忆。
- 3) 使用该组指令前，必须先回参考点。
- 4) G54 ~ G59为模态指令，可相互注销。
- 5) 使用G54 ~ G59建立工件坐标系时该指令可单独指定，也可以与其他指令同段指定。



绝对坐标指令和相对坐标指令：G90、G91

G90指令规定在编程时按绝对值方式输入坐标；G91指令规定在编程时按增量值方式输入坐标。



绝对坐标编程方式：

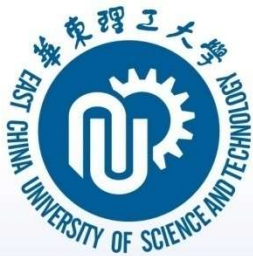
```
G54 G00 X0.0 Y0.0  
G90 G01 X20.0 Y20.0  
F50.0;
```

Y50.0; (G01为模态指令，一旦指定，持续有效，后面程序段中可省略。)

```
X50.0;  
Y20.0;  
X20.0;  
G00 X0.0 Y0.0;
```

增量坐标编程方式：

```
G54 G00 X0.0 Y0.0;  
G91 G01 X20.0 Y20.0 F50.0;  
Y30.0 ;  
X30.0;  
Y-30.0;  
X-30.0;  
G00 X-20.0 Y-20.0;
```



快速定位指令：G00

指令格式：

G00 X_ Y_ Z_;

其中X、Y、Z为目标点坐标

如：

- “G00 X100. Y120. Z100.;; ”
- “G00 X100. Y110.;; ”

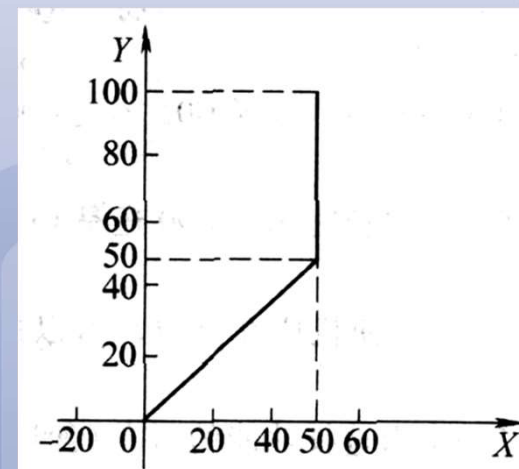
该指令控制刀具从当前所在位置快速移动到指定点的目标位置，一般用于机床的辅助运动（如切入、切出），刀具移动速度不需要指定，由机床参数设定。

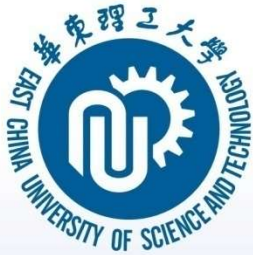
刀具运行轨迹：

G00的运行轨迹一般为折线，如：

G00 X50.0 Y100.0;

其运行轨迹为一条折线。





直线插补指令: G01

指令格式

G01 X_i Y_i Z_i F_i ;

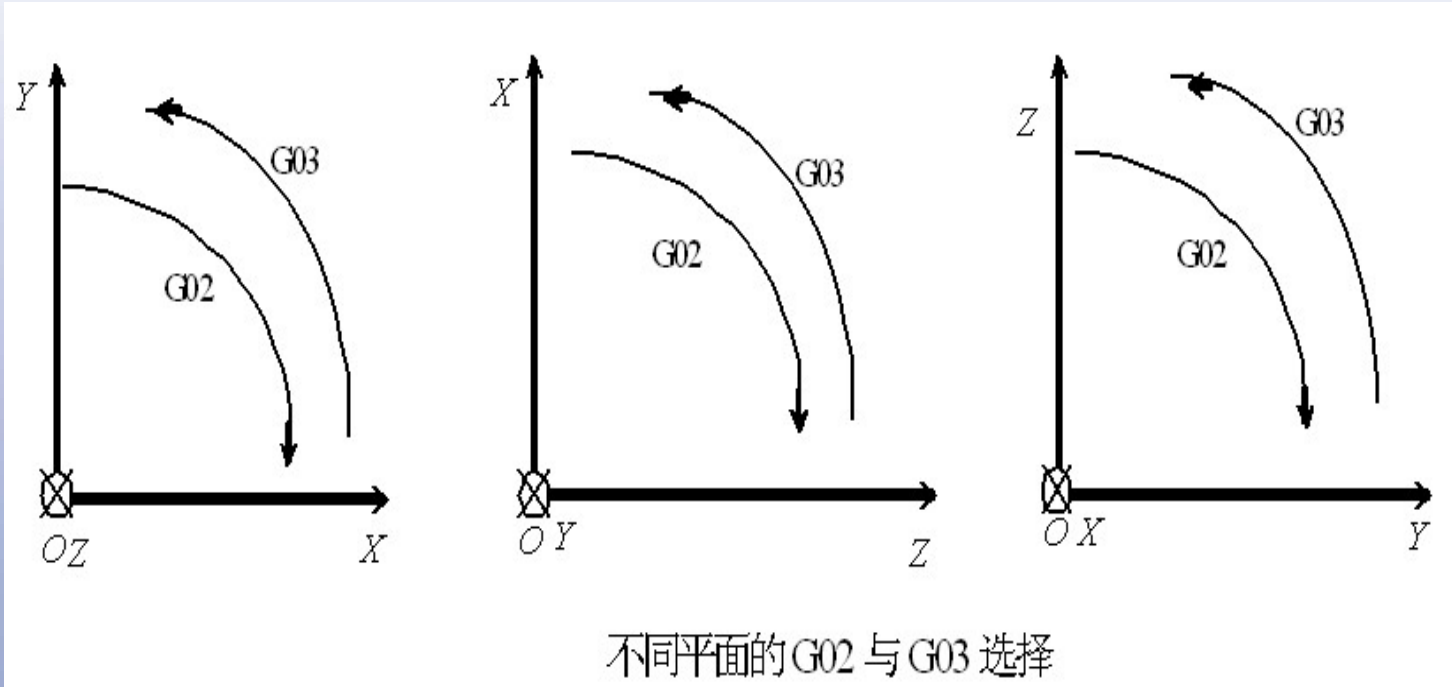
其中 X、Y、Z为目标点坐标，F为进给速度，刀具的运行轨迹为一条直线。

如：

- “G01 X100. Y120. Z100.F100; ”
- “G01 X100. Y110.F100; ” 。



顺时针/逆时针圆弧插补指令：G02/G03 G02/G03方向的判断



指令格式：

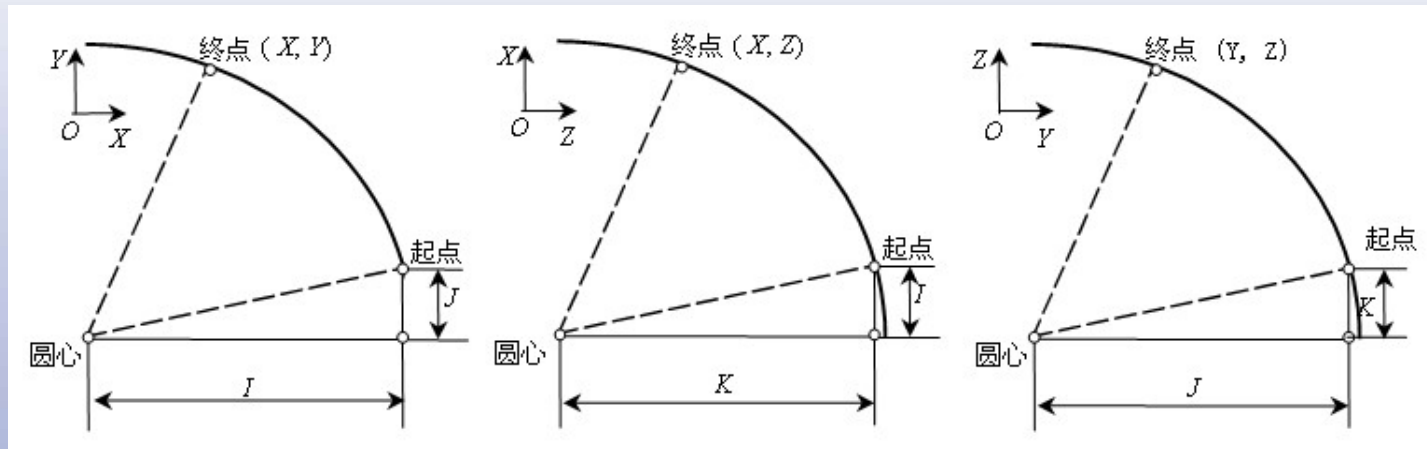
(1) G02/G03 X_i Y_i R_i ;

当圆弧圆心角小于 180° 时，用R，R为正值

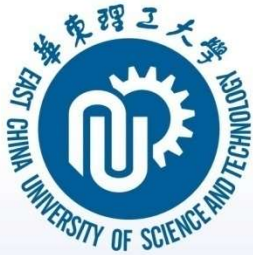


(2)G02/G03 X Y I J ;

I、J、K分别表示 \bar{X} (\bar{U}) , Y (\bar{V}) , Z (\bar{W}) 轴圆心的坐标减去圆弧起点的坐标



当整圆编程时不可以使用R，只能用I、J、K



平面定义指令：G17、G18、G19

$$\begin{Bmatrix} G17 \\ G18 \\ G19 \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} X_Y_ \\ X_Z_ \\ Y_Z_ \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} I_J_ \\ I_K_ \\ J_K_ \\ R_ \end{Bmatrix} \quad F_$$

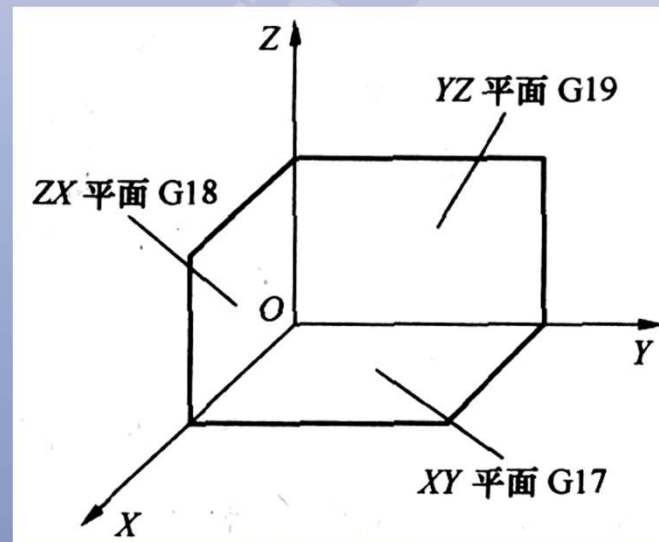
说明

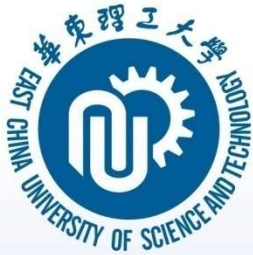
G17是XY平面编程

G18是XZ平面编程

G19是YZ平面编程

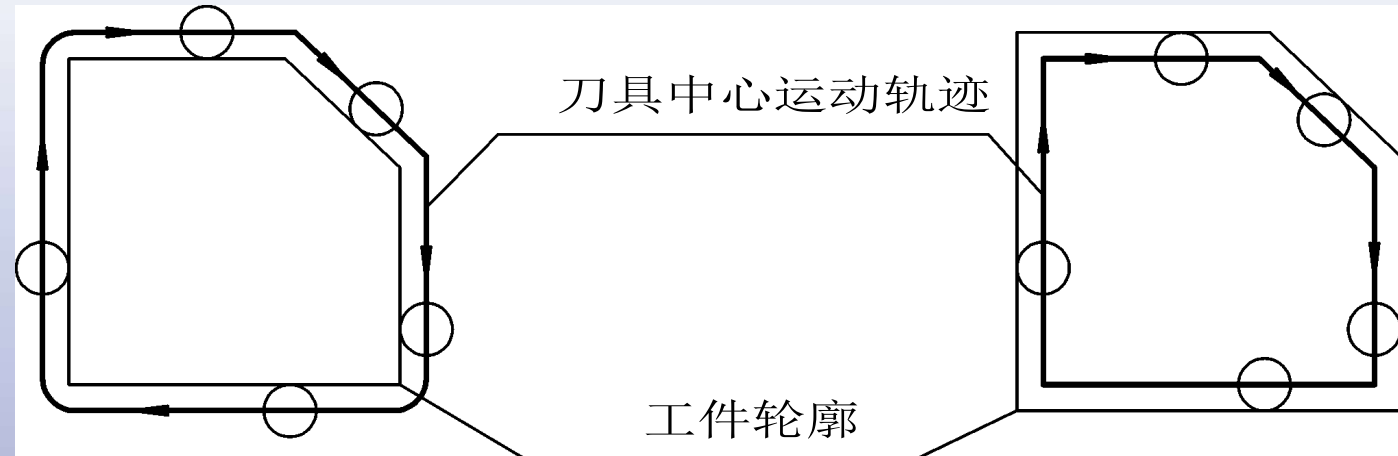
G17是机床的默认平面，编程时可以省去。





刀具补偿指令:G40, G41, G42

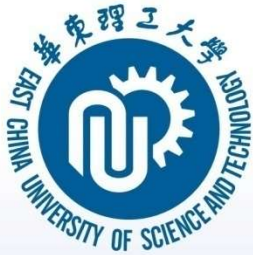
半径补偿 当数控机床具备刀具半径补偿功能时, 编程人员只需根据工件轮廓编程, 数控系统会自动计算出刀具中心轨迹, 加工出所需要的工件轮廓。



外轮廓切削

内轮廓切削

刀具半径补偿原理

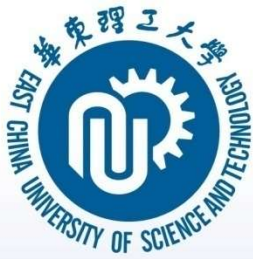


指令格式:

执行刀补 $\left\{ \begin{array}{l} G17 \\ G18 \\ G19 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} X_Y_ \\ X_Z_ \\ Y_Z_ \end{array} \right\} D_$

取消刀补 $G40 \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} X_Y_ \\ X_Z_ \\ Y_Z_ \end{array} \right\} D_$

X、Y、Z 值是建立补偿直线段的终点坐标值;
D 为刀补号地址, 用D00 ~ D99来指定, 它用来调用内存
中刀具半径补偿的数值。



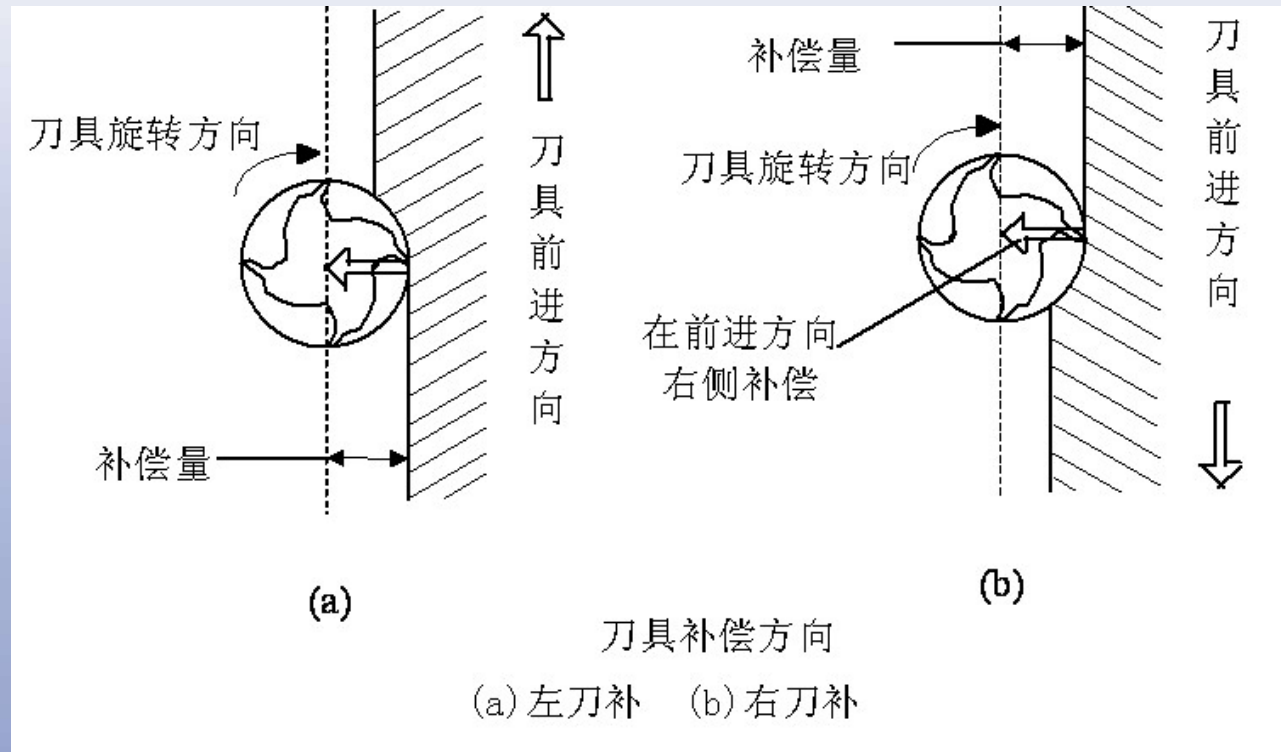
在进行刀具半径补偿前，必须用G17或G18、G19指定补偿是在哪个平面上进行。平面选择的切换必须在补偿取消方式下进行，若在补偿方式进行，则报警。刀具半径补偿用G17、G18、G19指令在被选择的工作平面内进行补偿。比如当G17指令执行后，刀具半径补偿仅影响X、Y轴的移动，而对Z轴不起补偿作用。

G40是取消刀具半径补偿功能。

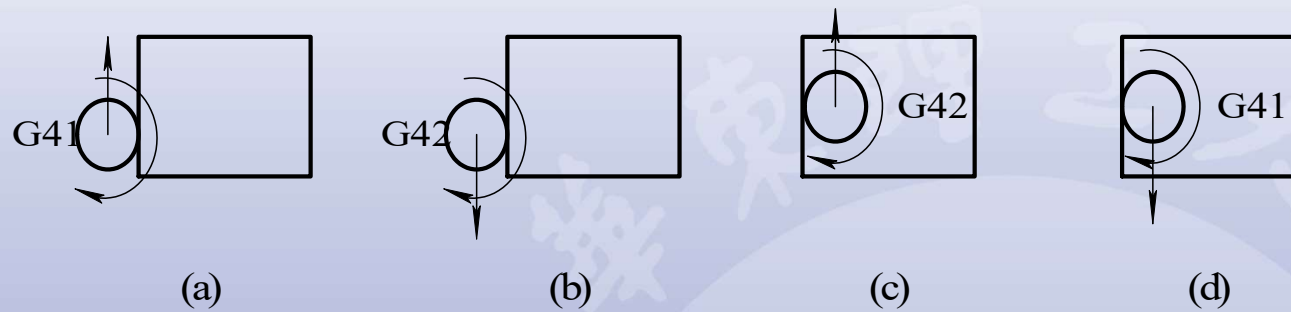
G41是在相对于刀具前进方向左侧进行补偿，即从垂直于加工平面坐标轴的正方向朝负方向看过去，沿着刀具运动方向（假设工件不动）看，刀具位于工件左侧的补偿为刀具半径左补偿。如图（a）所示。

G42是在相对于刀具前进方向右侧进行补偿，即从垂直于加工平面坐标轴的正方向向负方向看过去，沿着刀具运动方向（假设工件不动）看，刀具位于工件右侧的补偿为刀具半径右补偿如图（b）所示。

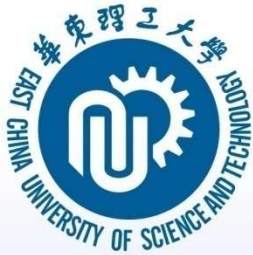
G40、G41、G42都是模态代码，可相互注销



刀具半径补偿原理



图(a)、(b)为外轮廓加工，图(c)、(d)为内轮廓加工。



使用刀具半径补偿的注意事项

使用刀具半径补偿时应避免过切削现象。这又包括以下三种情况：

- ① 使用刀具半径补偿和取消刀具半径补偿时，刀具必须在所补偿的平面内移动，移动距离应大于刀具补偿值。
- ② 加工半径小于刀具半径的内圆弧时，进行半径补偿将产生过切削。只有过渡圆角 $R \geq$ 刀具半径 r + 精加工余量的情况下才能正常切削。
- ③ 被铣削槽底宽小于刀具直径时将产生过切削。

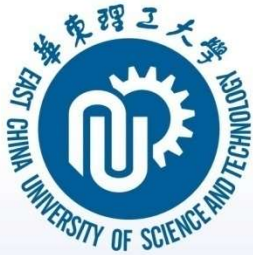


长度补偿指令：G43、G44、G49

正向长度补偿：G43

负向长度补偿：G44

取消刀具长度补偿：G49



M指令（辅助功能指令）

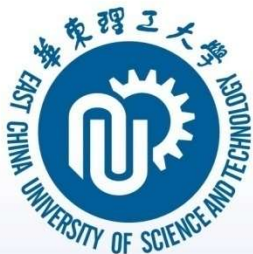
指令	功能	指令	功能	指令	功能
M00	程序停止	M04	主轴反转	M09	切削液关
M01	选择停止	M05	主轴停转	M30	程序结束
M02	程序结束	M07	切削液开	M98	调用子程序
M03	主轴正转	M08	切削液开	M99	返回主程序

常用切削液的种类：

1、水 2、油 3、乳化液

切削液的作用：

1、冷却 2、润滑 3、冲洗废料



调用子程序和结束调用子程序指令：M98、M99
当进行分层切削时，为了简化程序，一般使用调用子程序指令。
指令格式

M98 Pxxxxxxx (前三位数代表子程序的调用次数，后四位数代表子程序的程序名)

例：

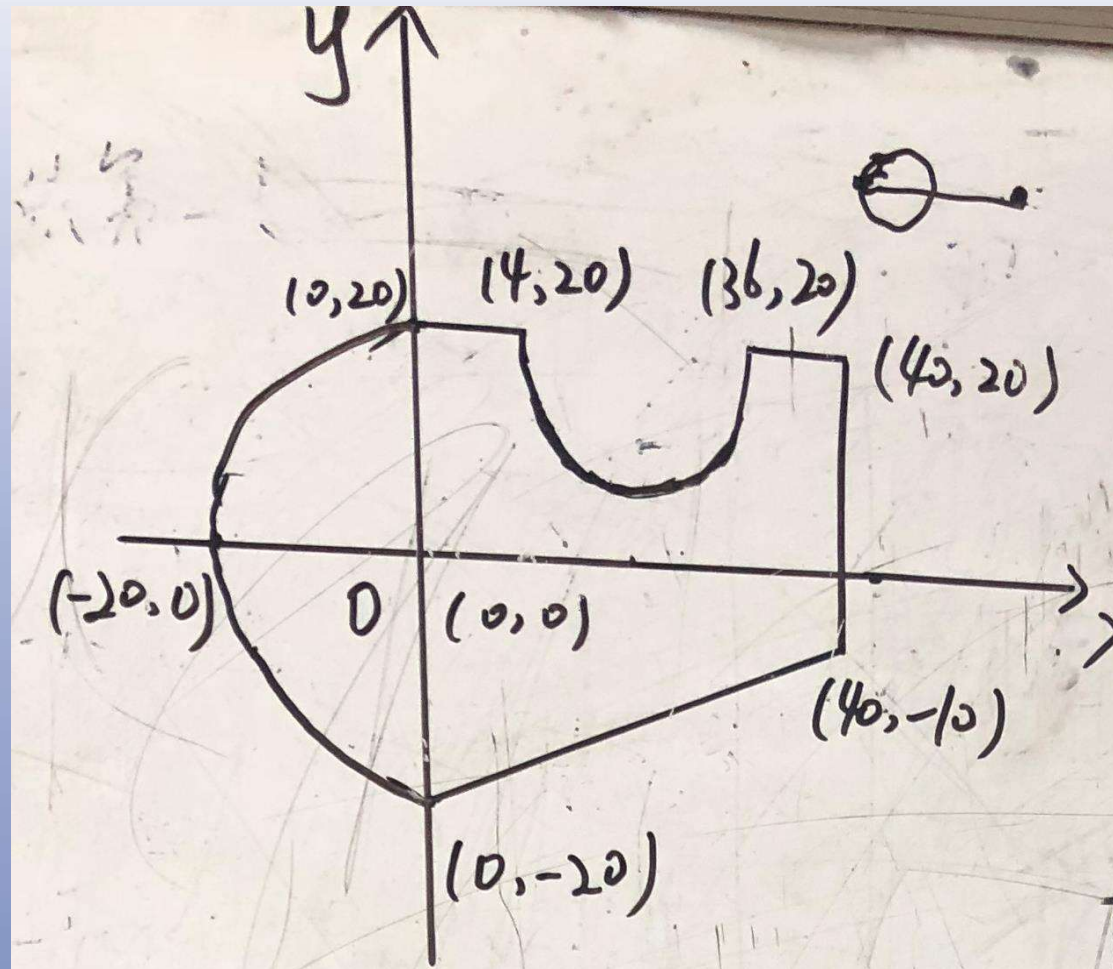
```
主程序： O0001;  
G54.....;  
.....;  
M98 P0100002;  
.....;  
M30;
```

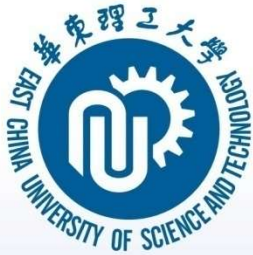
```
子程序： O0002;  
.....;  
M99;
```



例题:

- 1、编制下列图纸程序
- 2、选用道具为直径10mm铣刀
- 3、每次下刀量为0.25mm,调用子程序20次
- 4、下到点为X50.0 Y0





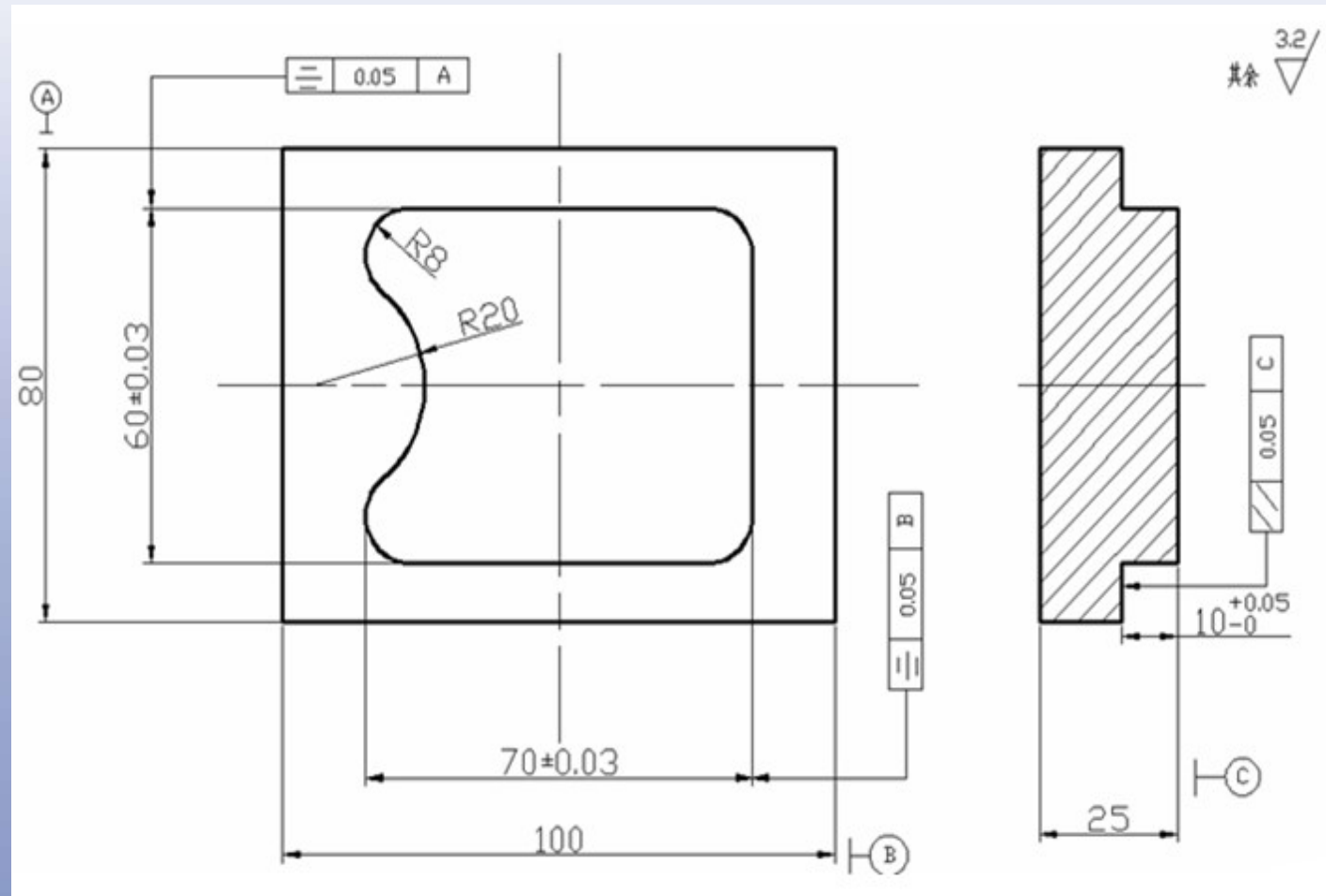
```
主程序： O0001;  
N10 G54 G90 G40;  
N20 G00 X50 Y0;  
N30 M03 S1000;  
N40 Z10;  
N50 G01 Z0 F200;  
N60 M98 P0200002;  
N70 G00 Z30;  
N80 M05;  
N90 M30;
```

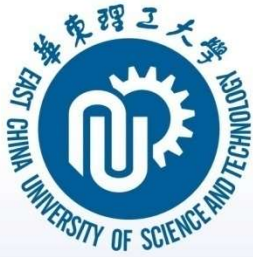
```
子程序： O0002;  
N10 G91 G01 Z-0.25 F200;  
N20 G90 G42 D01 X40;  
N30 Y20;  
N40 X36;  
N50 G02 X4 R16;  
N60 G01 X0;  
N70 G03 Y-20 R20;  
N80 G01 X40 Y-10;  
N90 Y0;  
N100 G40 D01 X50;  
N110 M99;
```



作业1：编写如下图所示轮廓零件的数控加工程序。

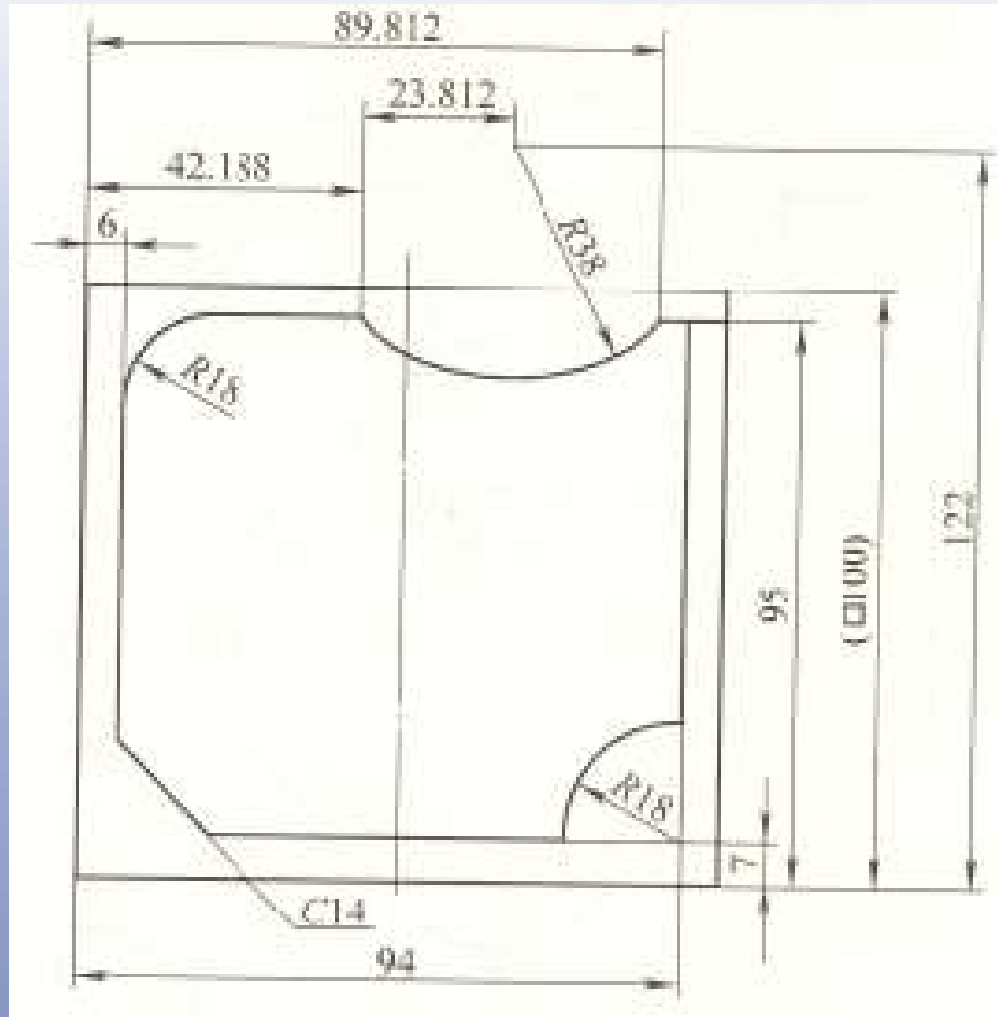
毛坯： $100 \times 80 \times 25$ 的板材





作业2:

毛坯: $100 \times 80 \times 25$ 的板材, 零件如图所示凸台高度
5mm, 毛坯的六个面已经进行加工, 试编写该零件的程序





谢谢!