

主要内容

Ø概述

Ø手工编程方法

数控车床编程方法

数控铣床编程方法

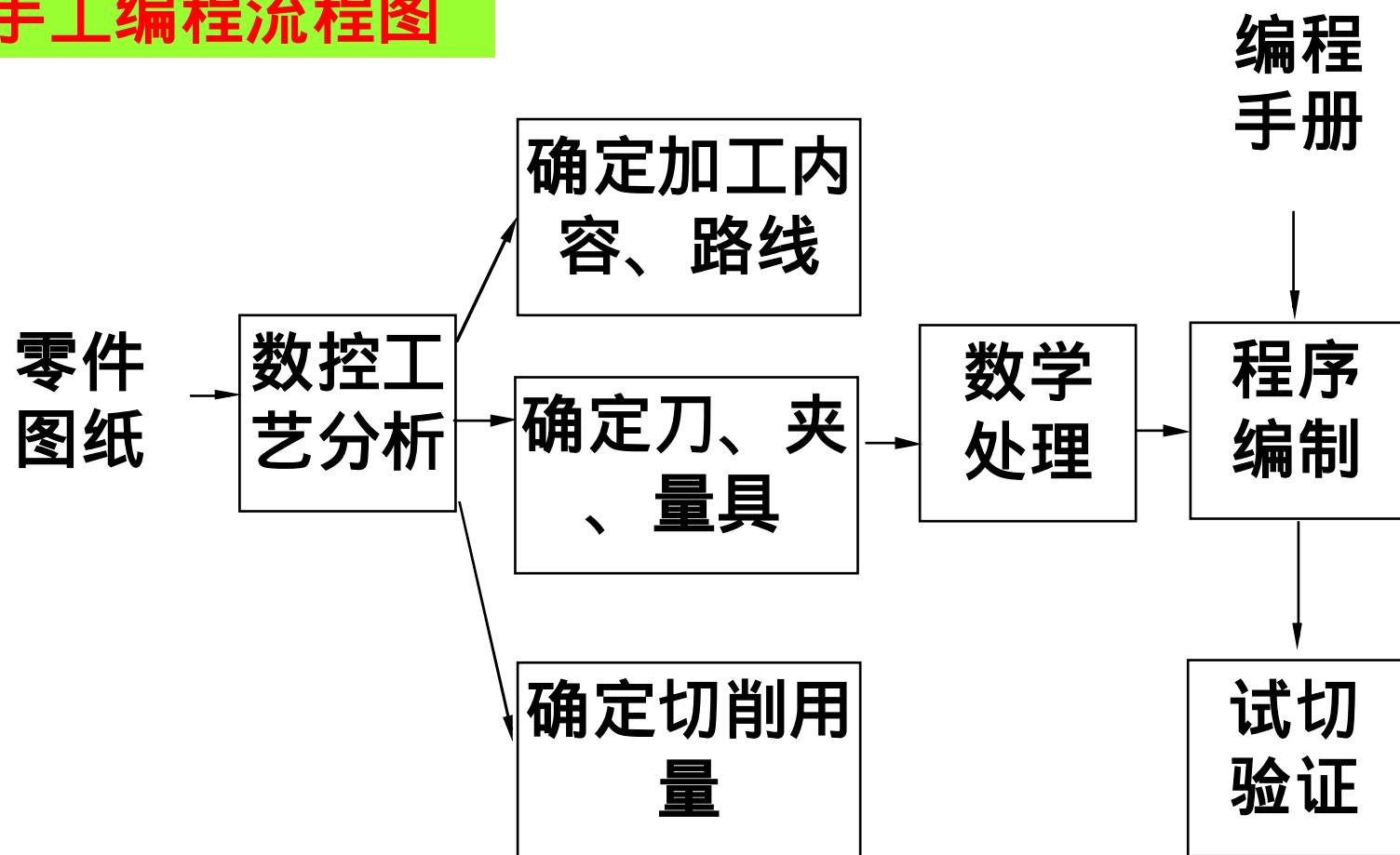
数控线切割编程方法

加工中心编程方法

Ø自动编程方法

3.1 概述

手工编程流程图

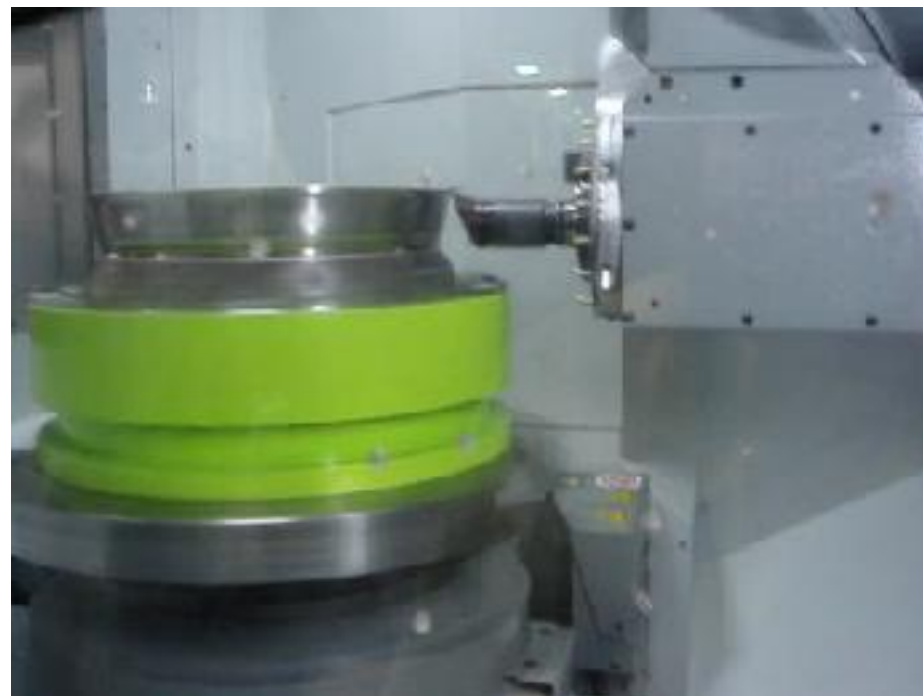


3.2 数控车床编程方法

数控车床 (主轴位置分) :

立式数控车床 (回转直径较大的盘类零件)

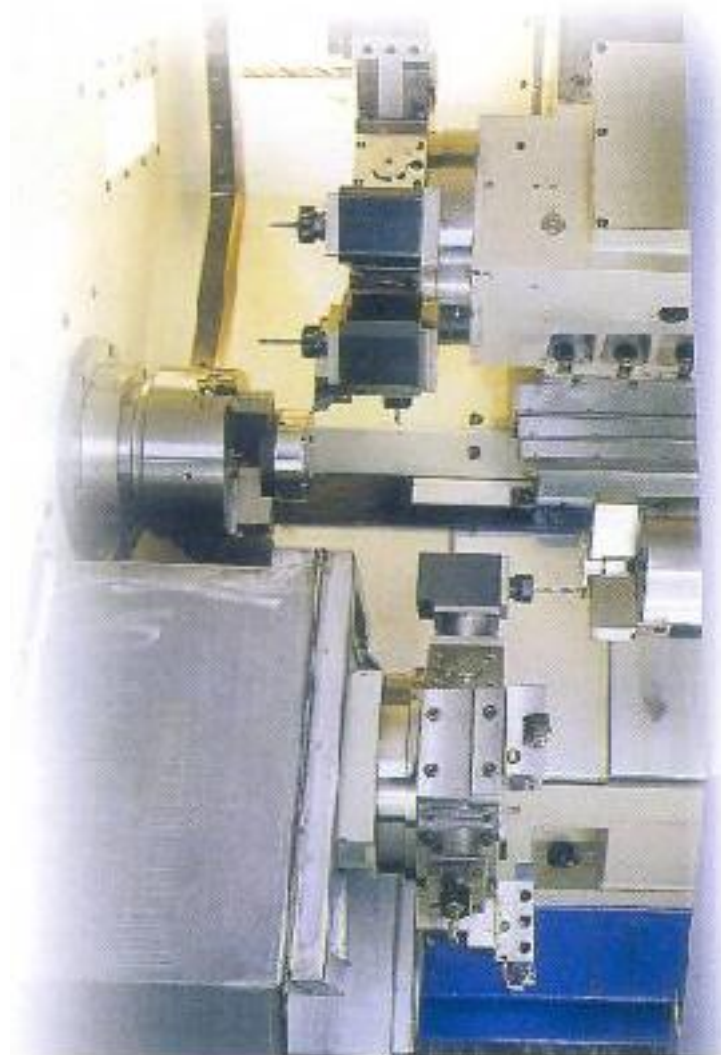
卧式数控车床 (轴向尺寸较长或小型盘类零件)



3.2 数控车床编程方法

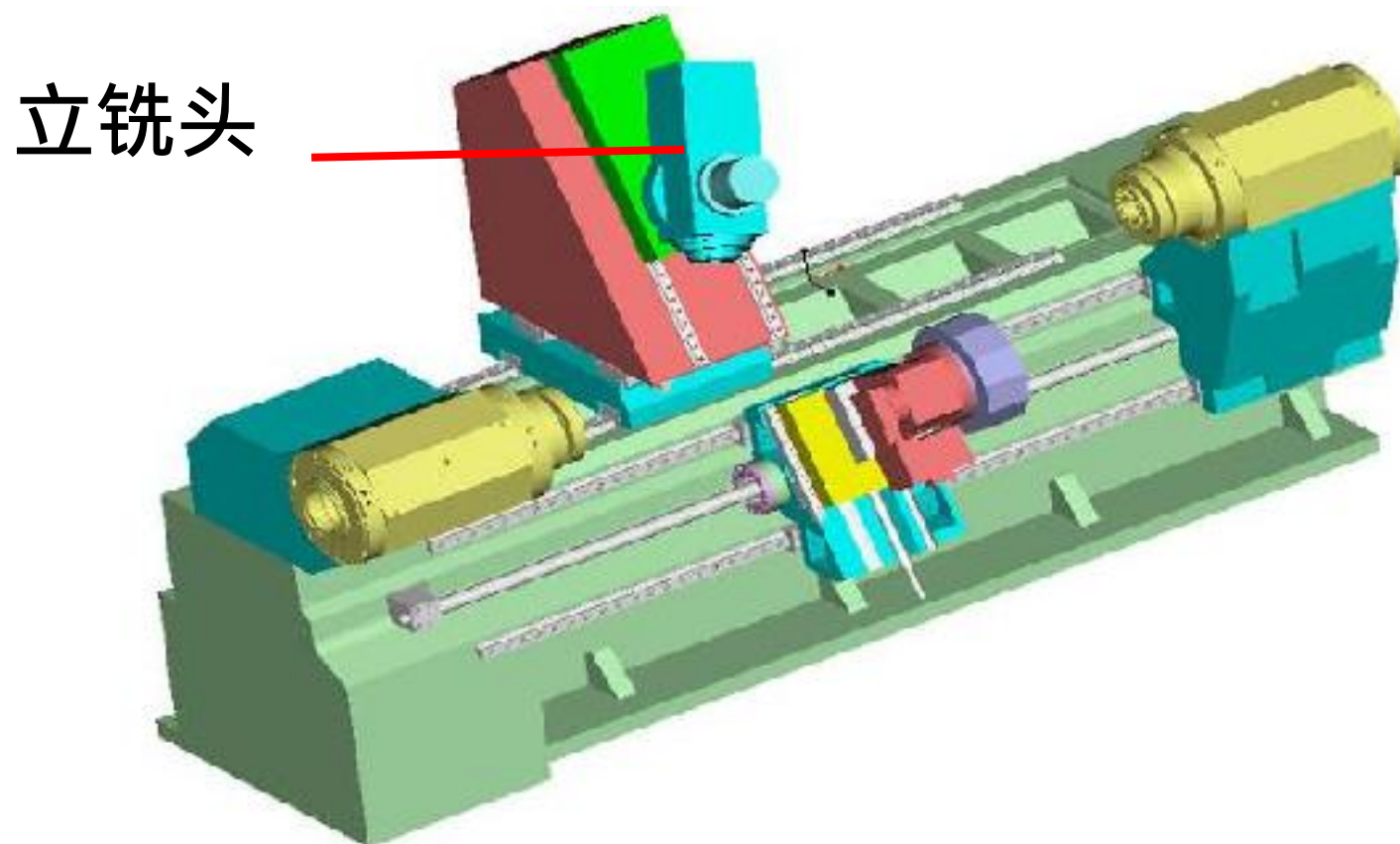


单主轴单刀架



双主轴双刀架

3.2 数控车床编程方法



3.2 数控车床编程方法

数控车床 (按功能分) :

经济型数控车床属低档型，一般采用步进电动机和单片机控制，成本较低，车削精度也不高；

普通数控车床数控系统功能强，具有刀具半径补偿、固定循环等功能，可同时控制两个坐标轴，即 X轴和 Z轴，普遍应用于企业的实际生产中。

车削加工中心是在普通数控车床的基础上，增加了 C轴和铣削动力头，有的还配备了刀库和机械手，车削中心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。

3.2 数控车床编程方法



经济型数控车床

3.2 数控车床编程方法



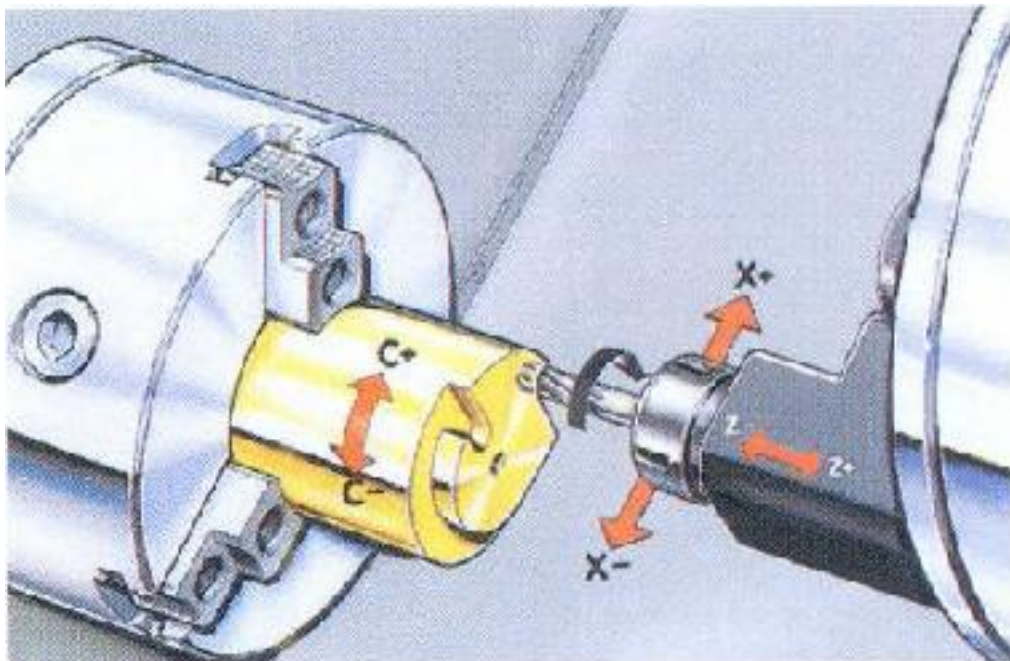
普通数控车床

3.2 数控车床编程方法

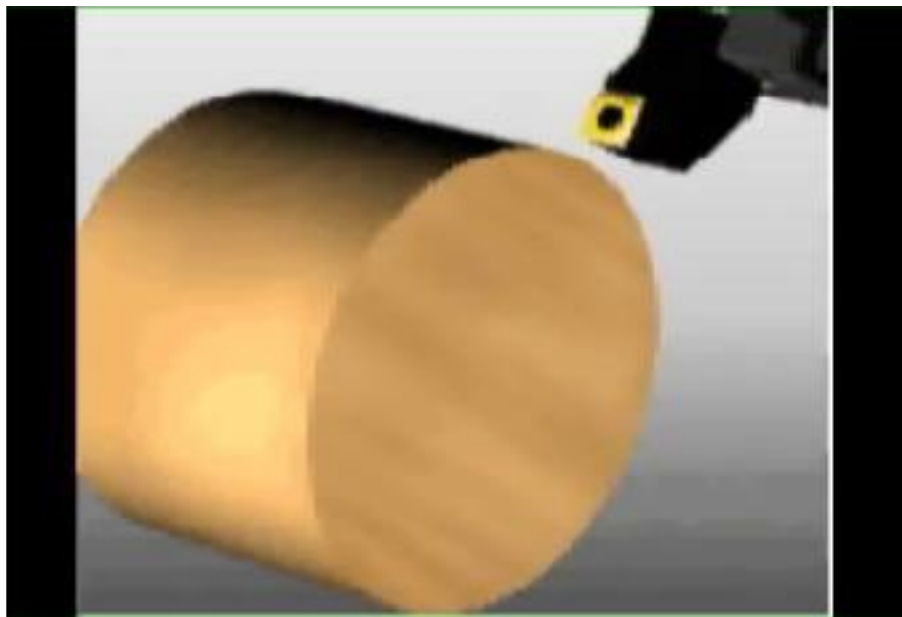


车削中心

3.2 数控车床编程方法

**C轴控制****C轴控制加工**

3.2 数控车床编程方法



3.2 数控车床编程方法

数控车削主要适合对象：

1. 高精度回转零件
2. 零件廓形复杂或难于控制尺寸的回转体零件
3. 表面形状复杂的回转体零件
4. 带特殊螺纹的回转零件 (导程不一样)

3.2 数控车床编程方法

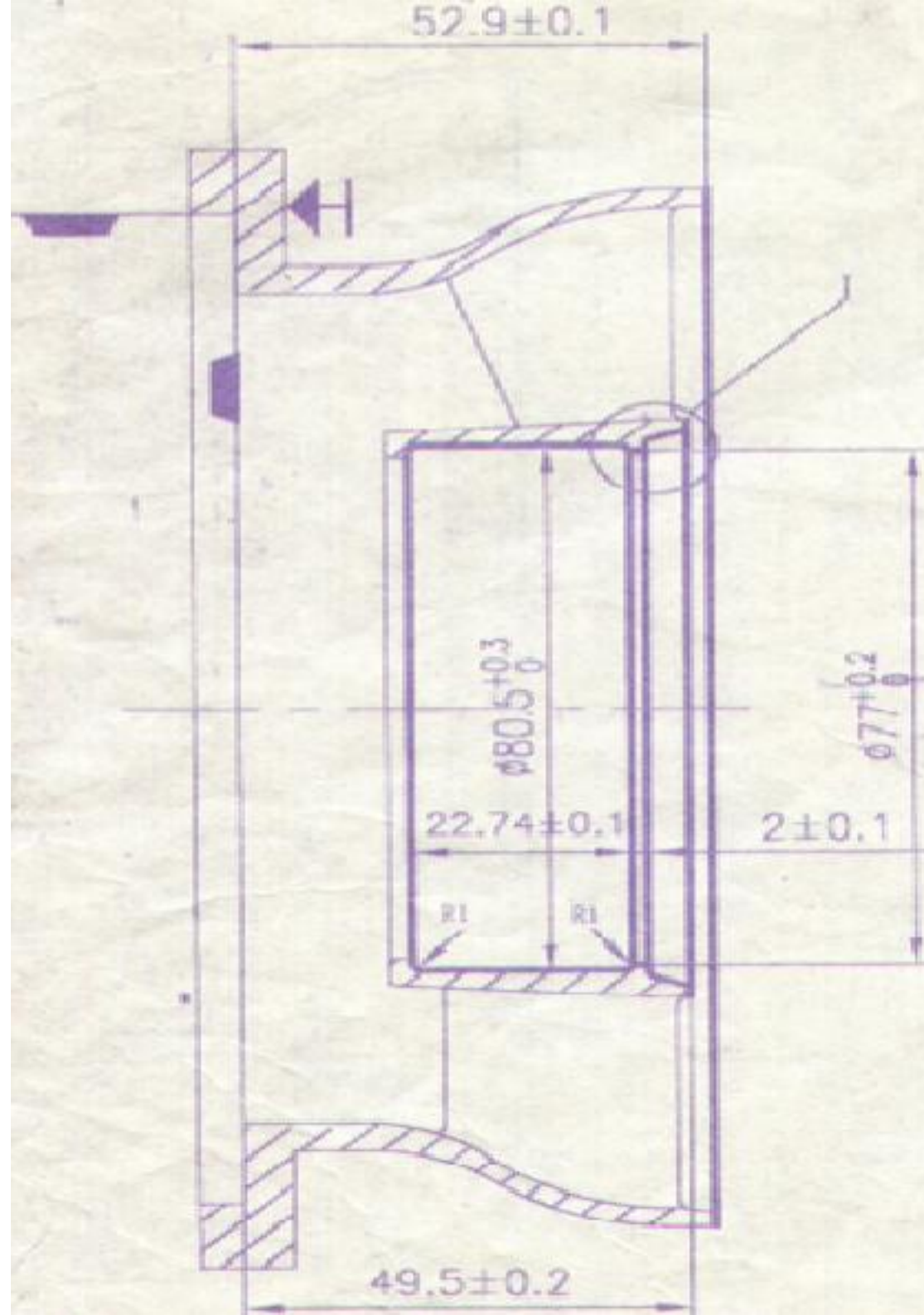
高精度回转零件



高精度的机床主轴



高速电机主轴



难于控制尺寸的回转体零件

3.2 数控车床编程方法



表面形状复杂的回转体零件



3.2 数控车床编程方法

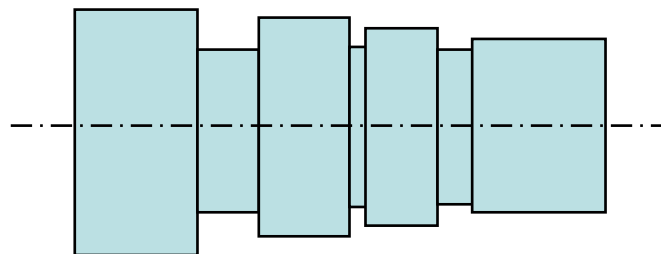


非标丝杠

3.2 数控车床编程方法

数控车削工艺处理：

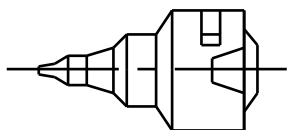
- 1) 选择零件或加工内容
- 2) 数控工艺可行性分析 ,明确加工要求
- 3) 确定工艺路线
- 4) 工序详细设计
- 5) 数控程序设计与调整



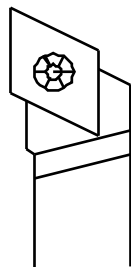
工艺性分析

3.2 数控车床编程方法

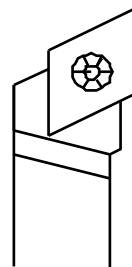
对刀具、刀座的要求：



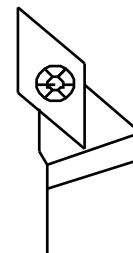
中心钻



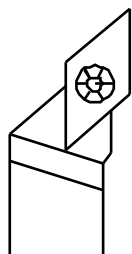
外圆左偏粗车刀



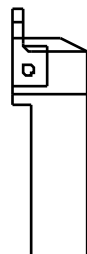
外圆右偏粗车刀



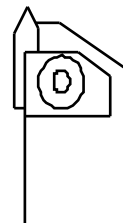
外圆左偏精车刀



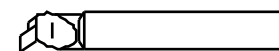
外圆右偏精车刀



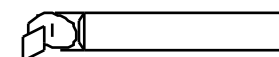
外圆切槽刀



外圆螺纹刀



精镗孔刀



粗镗孔刀



麻花钻



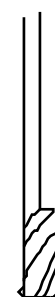
Z向铣刀



45°端面刀



X向铣刀



球头铣刀

3.2 数控车床编程方法

外圆车刀



内孔车刀



螺纹车刀

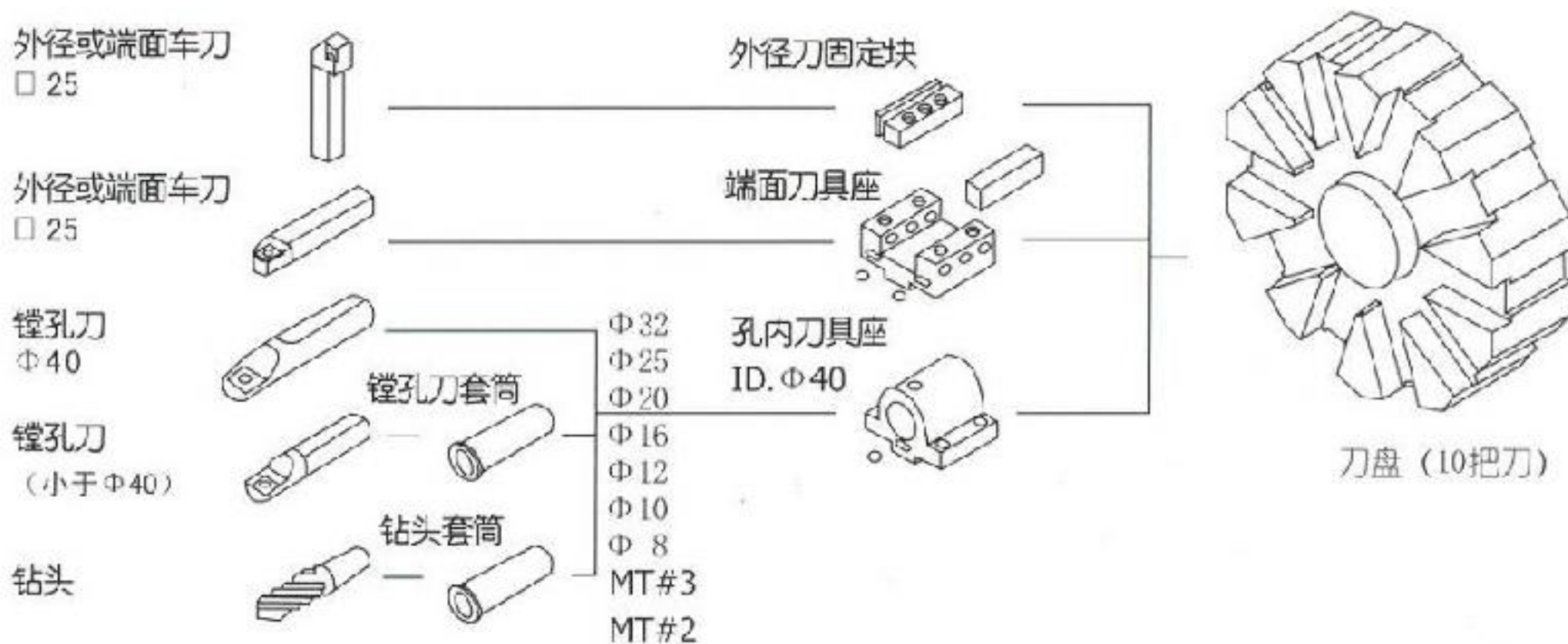


切断（槽）车刀



3.2 数控车床编程方法

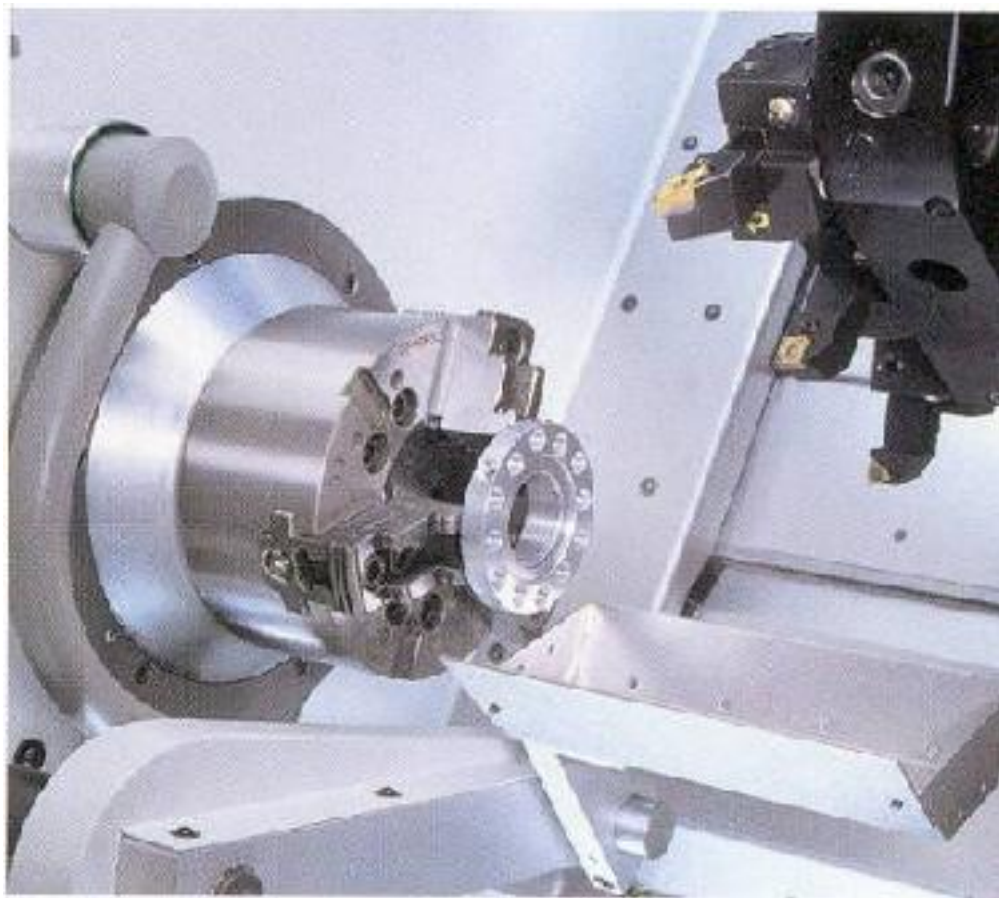
尽可能使用机夹刀和机夹刀片，以减少换刀时间和对刀时间；数控刀具通过刀座作过渡安装在刀架上等。



3.2 数控车床编程方法

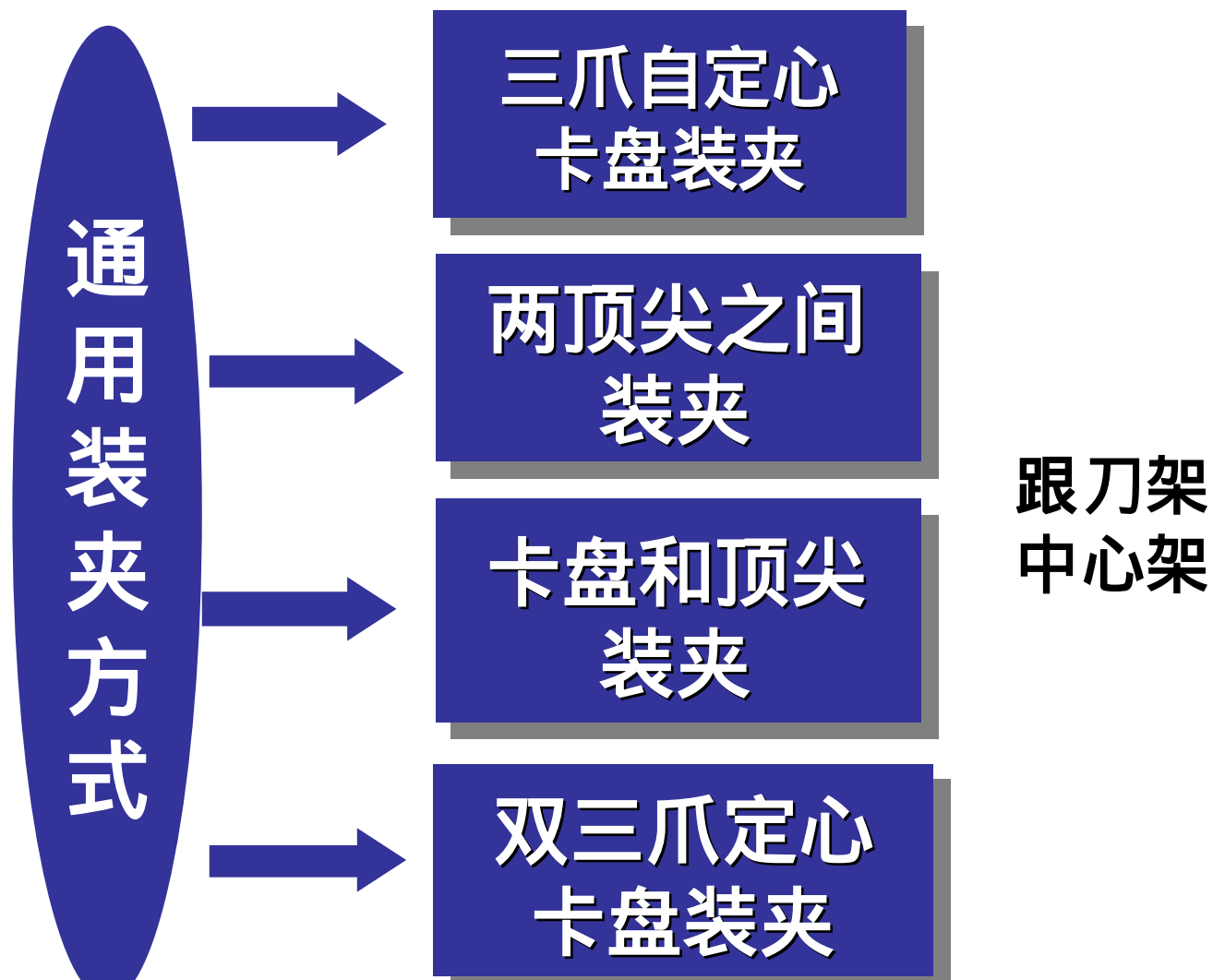


3.2 数控车床编程方法



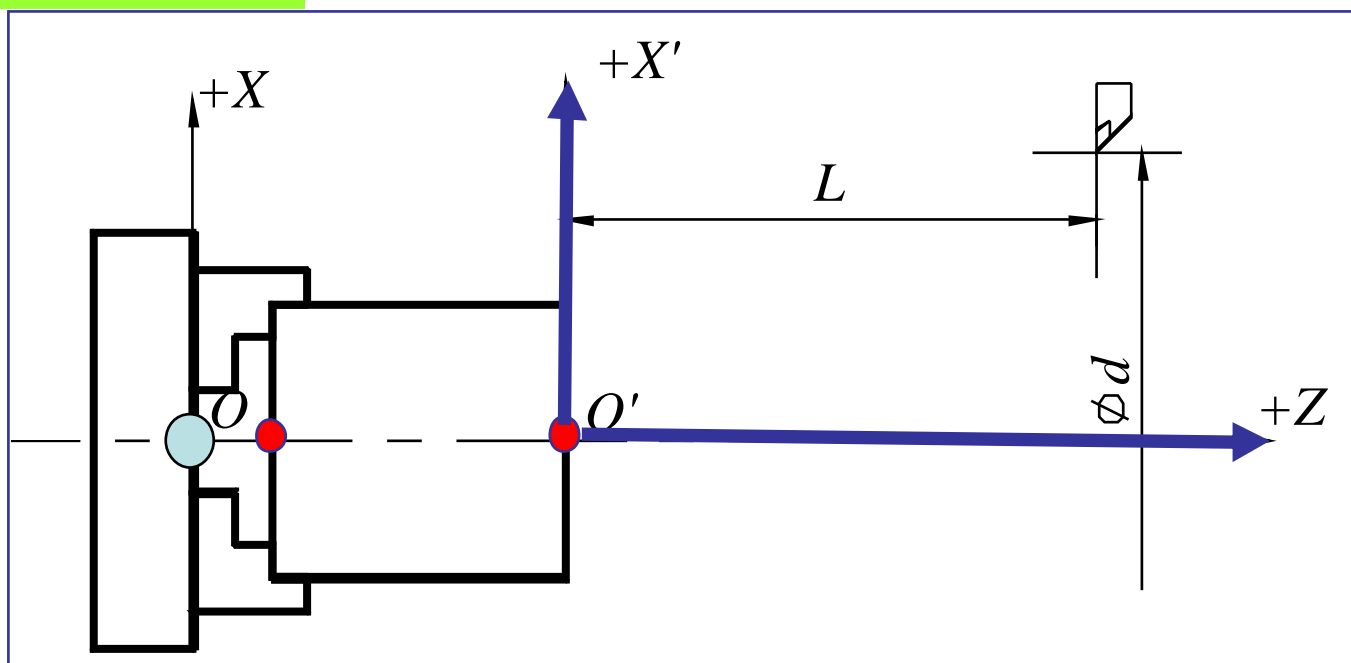
3.2 数控车床编程方法

对夹具的要求：



3.2 数控车床编程方法

坐标系统：



数控车床的**机床原点**定义为主轴旋转中心线与车床端面的交点；

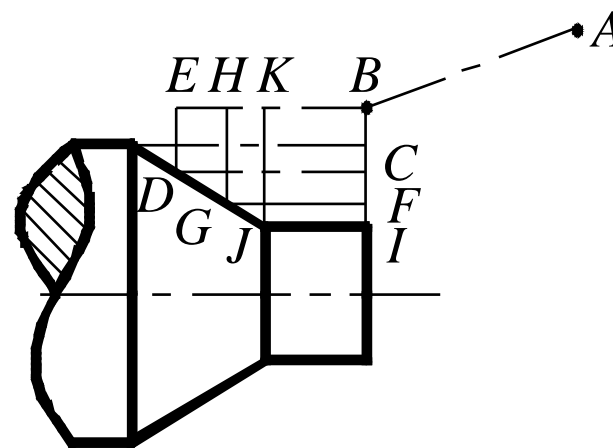
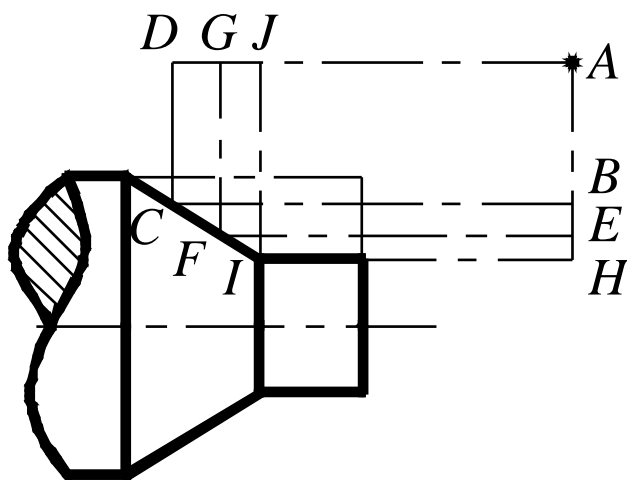
数控车床的**工件坐标系原点**一般选在工件的回转中心与工件右端面或左端面的交点上。

3.2 数控车床编程方法

切入、切出方式及走刀路线的确定：

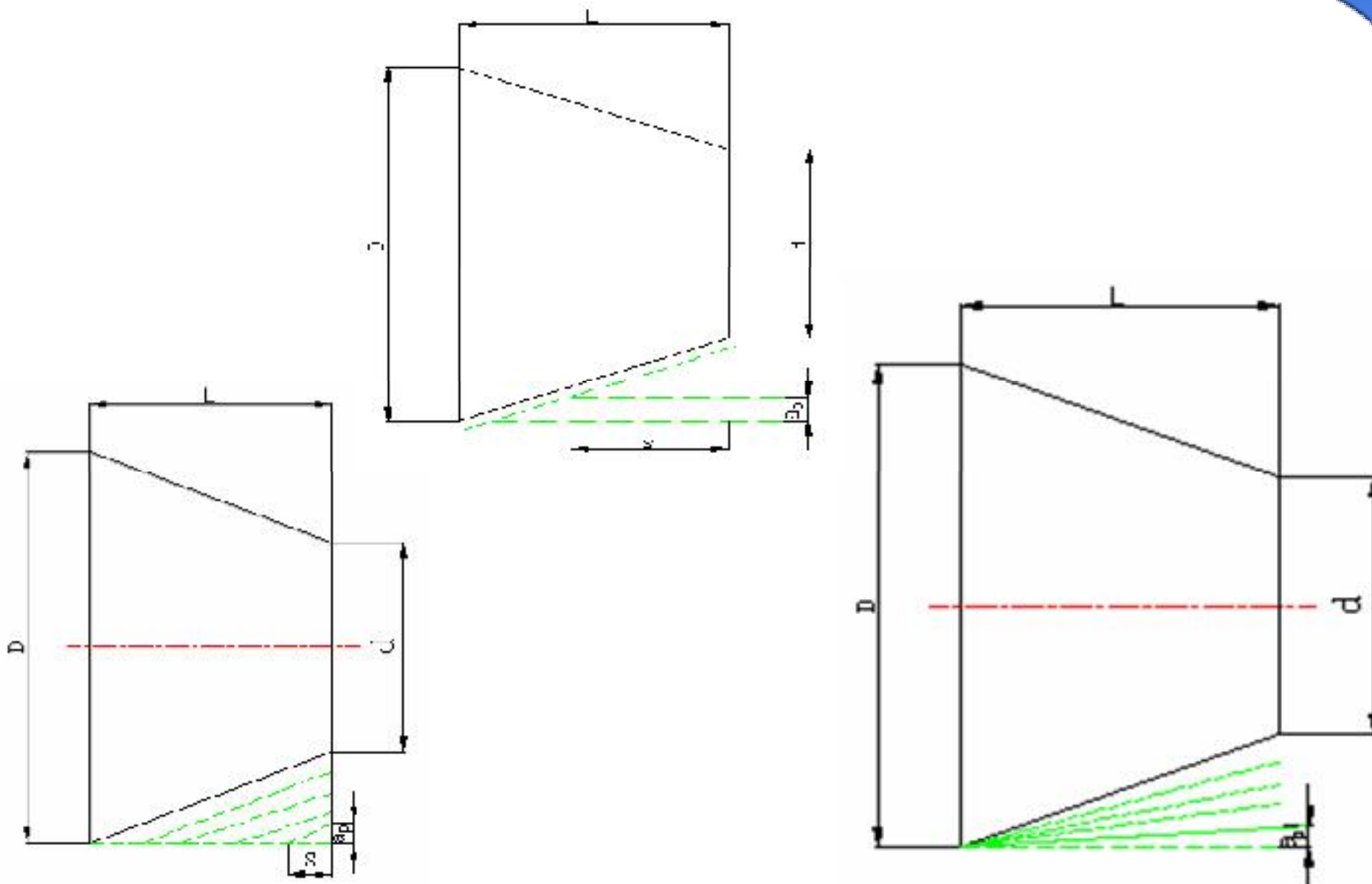
切入零件时采用快速走刀接近工件切削起始点附近的某个点，再改用切削进给，以减少空行程时间，提高加工效率。

合理设置起刀点：



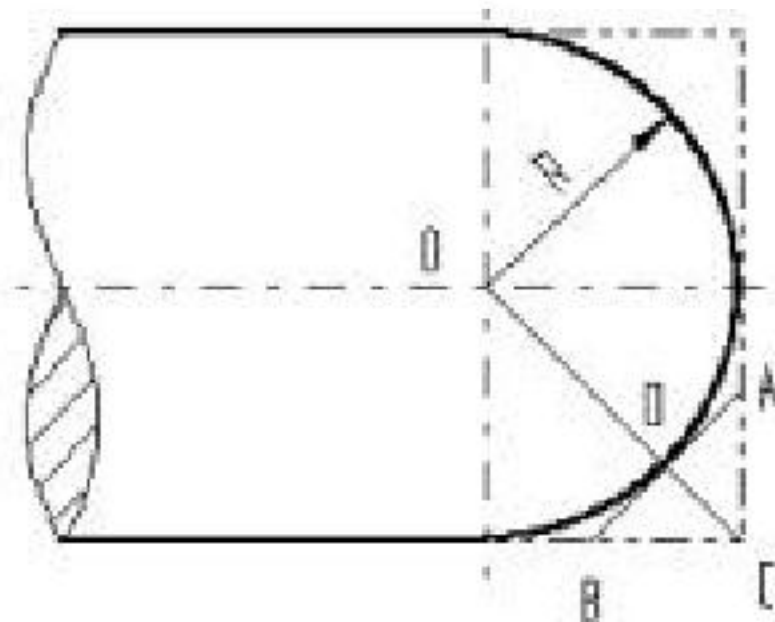
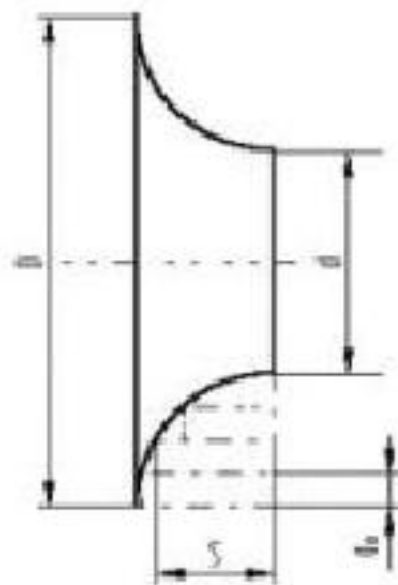
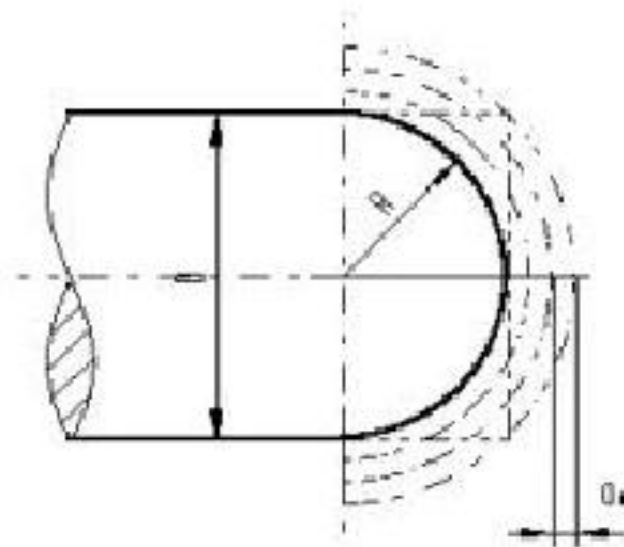
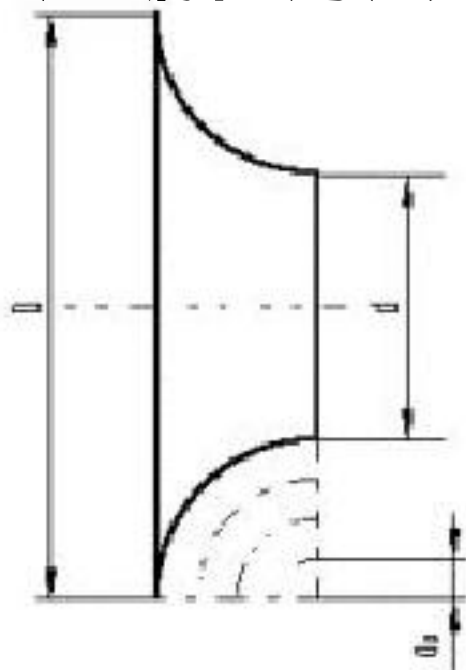
3.2 数控车床编程方法

锥面走刀路线



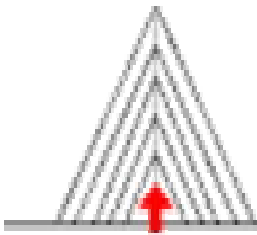
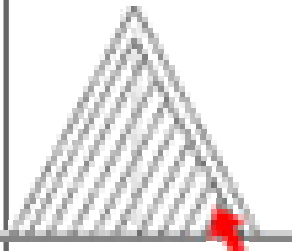
3.2 数控车床编程方法

圆弧面走刀路线



3.2 数控车床编程方法

螺纹切削方式

径向切入法		侧向切入法	
	<p>两侧刃同时工作</p> <ul style="list-style-type: none"> 一般的螺纹切削； 小螺距螺纹加工； 精度高。		<ul style="list-style-type: none"> 用于工件刚性低易振动的场合； 用于切削不锈钢等难加工材料； 大螺距螺纹加工； 精度低。

3.2 数控车床编程方法

数控车床的编程特点

(1) 绝对坐标编程时常用代码 X 和 Z 表示；增量坐标编程时则用代码 U 和 W 表示，可按绝对坐标编程、增量坐标编程或两者混合编程。一般不用 G90 G91 指令。

(2) 由于车削常用的毛坯为棒料或锻件，加工余量较大，可充分利用各种固定循环功能，达到多次循环切削的目的。

(3) 直径方向按绝对坐标编程时常以直径值表示，按增量坐标编程时，以径向实际位移量的 2 倍值表示。

3.2 数控车床编程方法

数控车床常用指令介绍

G00 G01 G02 G03

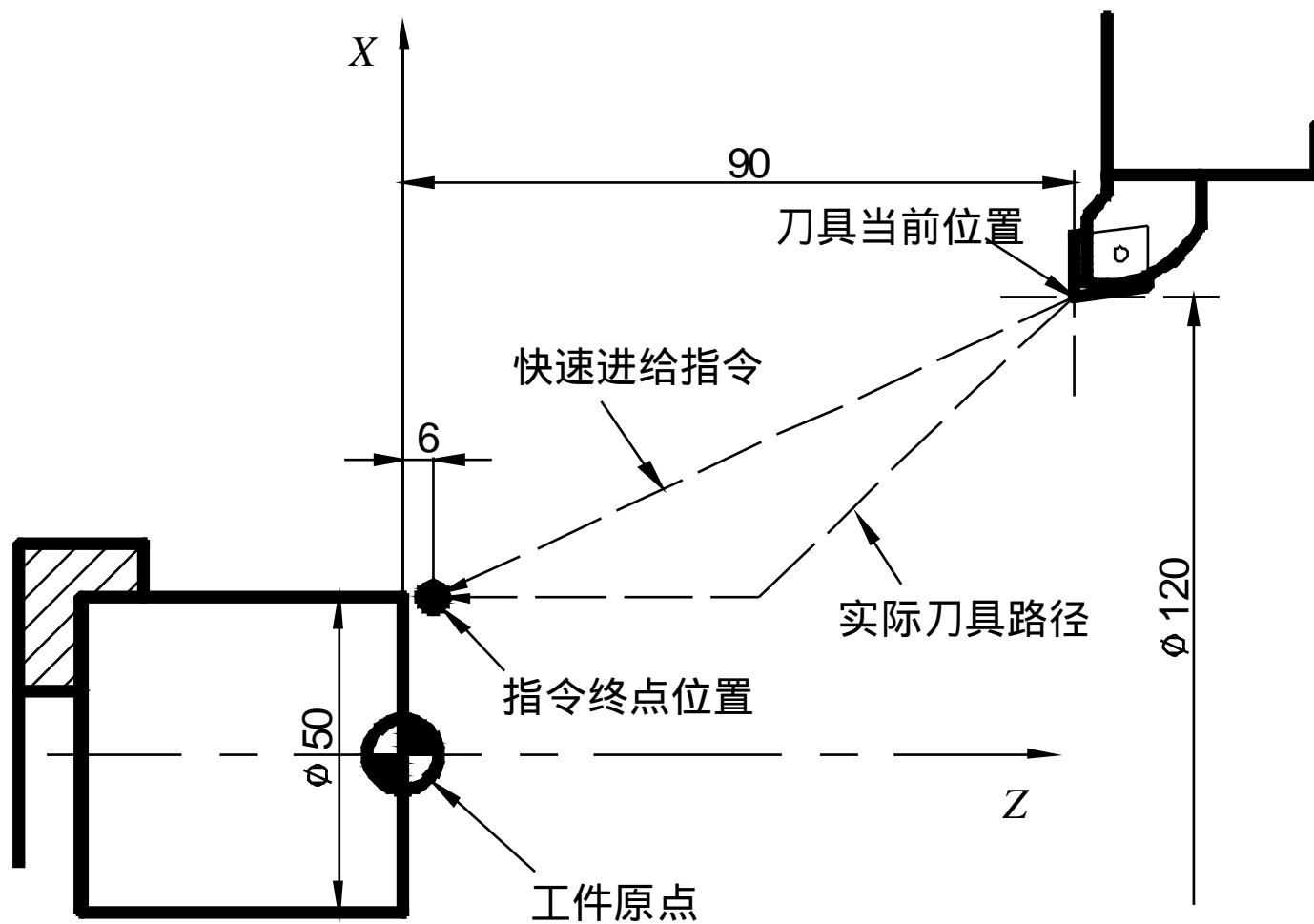
快速点定位：G00 X(U) _ Z(W) _ ；

直线插补：G01 X(U) _ Z(W) _ F_ ；

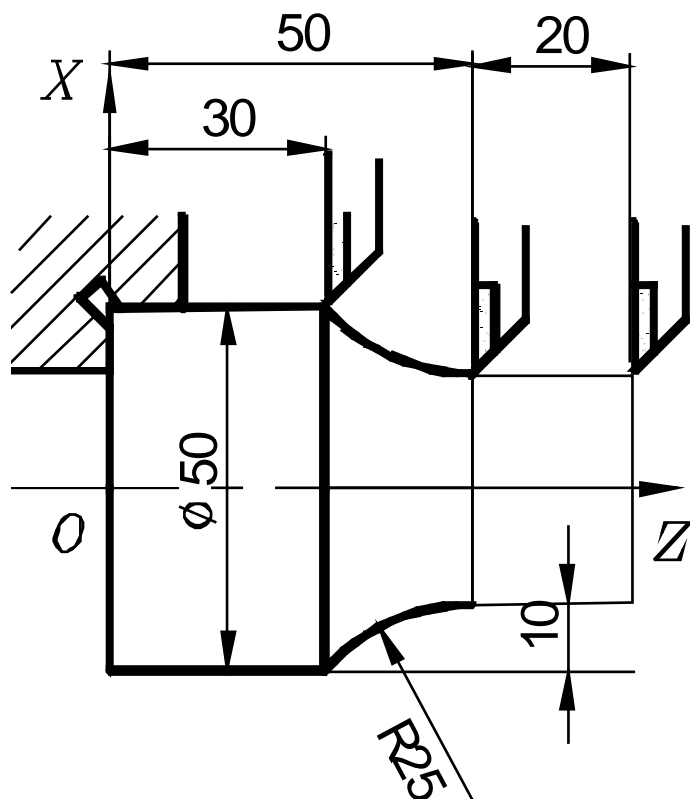
圆弧插补：

$$\left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} X (U) _ Z (W) _ I _ K _ F _ ；$$
$$\left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} X (U) _ Z (W) _ R _ F _$$

3.2 数控车床编程方法



3.2 数控车床编程方法



按增量坐标编程时程序段为

```
G01 U0.0 W-20.0 F50 ;
```

```
G02 U20.0 W-20.0 R25.0;
```

按绝对坐标编程时程序段为

```
G01 X30.0 Z50.0 F50;
```

```
G02 X50.0 Z30.0 R25.0;
```


3.2 数控车床编程方法

F、S指令设置

G99 F_ ; (每转进给模式)

G98 F_ ; (每分钟进给模式)

恒切削速度的设置方法为

G96 S_ ; (S的单位为m/min)

也可设置成

G97 S_ ; (S的单位为 r/min)

恒切削速度设置时，为主轴转速过高，预先设置主轴最高转速。指令格式为

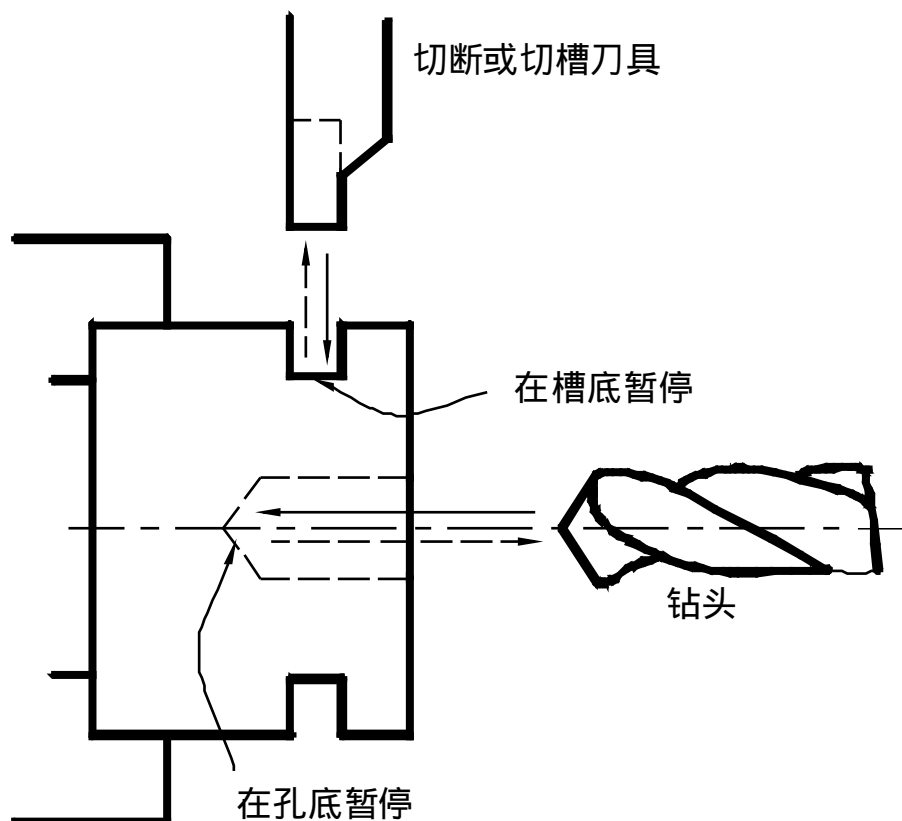
G50 S_ ; (S的单位为 r/min)



3.2 数控车床编程方法

暂停指令 G04

在车削加工中，该指令可用于车削环槽、不通孔以及加工螺纹等场合；



3.2 数控车床编程方法

G04 U_ (或P_) ;

在 G98进给模式下，指令中输入的时间即为停止进给的时间；

在 G99进给模式下，则为暂停进刀的主轴回转数。

3.2 数控车床编程方法

车削常用固定循环指令

1) 单一形状圆柱或圆锥切削循环

圆柱切削循环程序段格式为

```
G90 X( U) _ Z( W) _ F_ ;
```

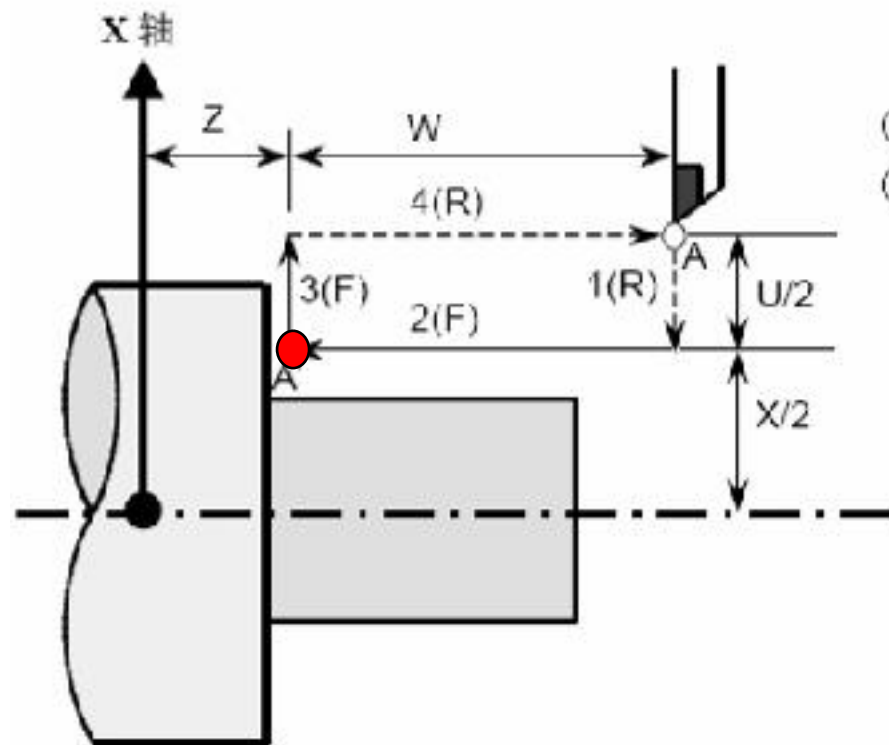
圆锥切削循环程序段格式为

```
G90 X( U) _ Z( W) _ I_ F_ ;
```

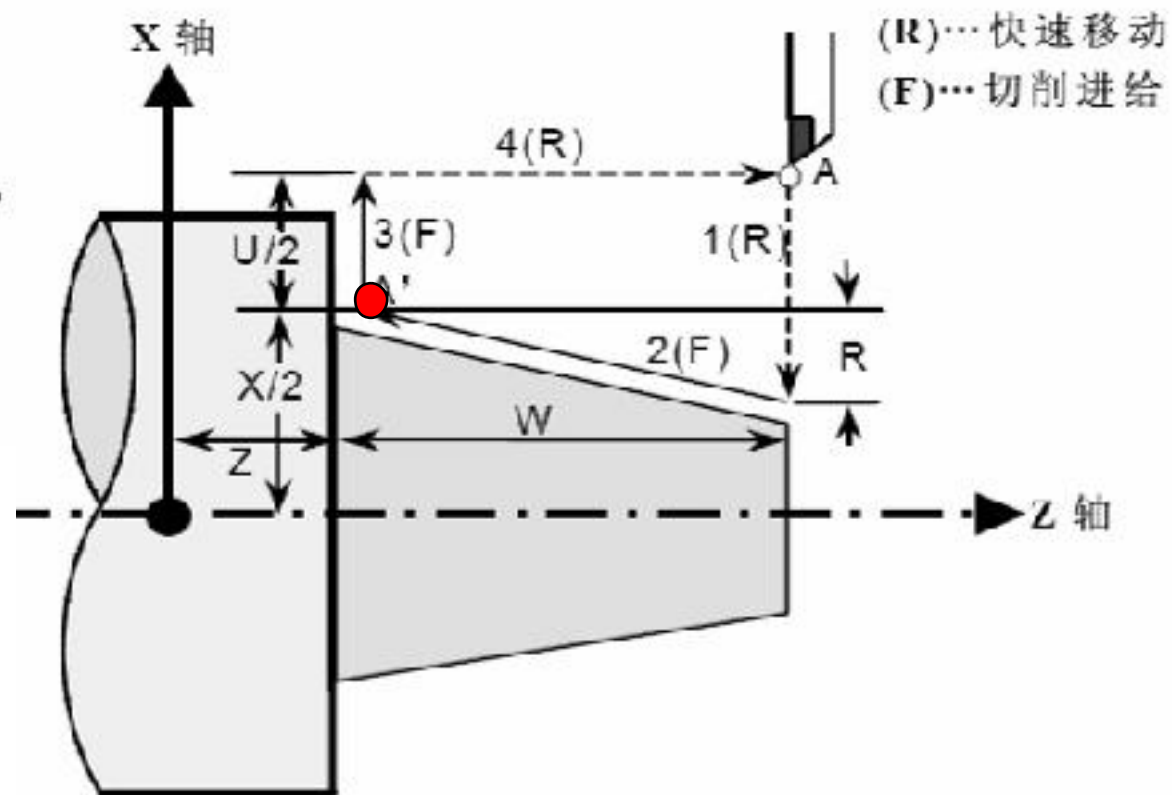


锥体切削始点与切削终点的半径差

3.2 数控车床编程方法

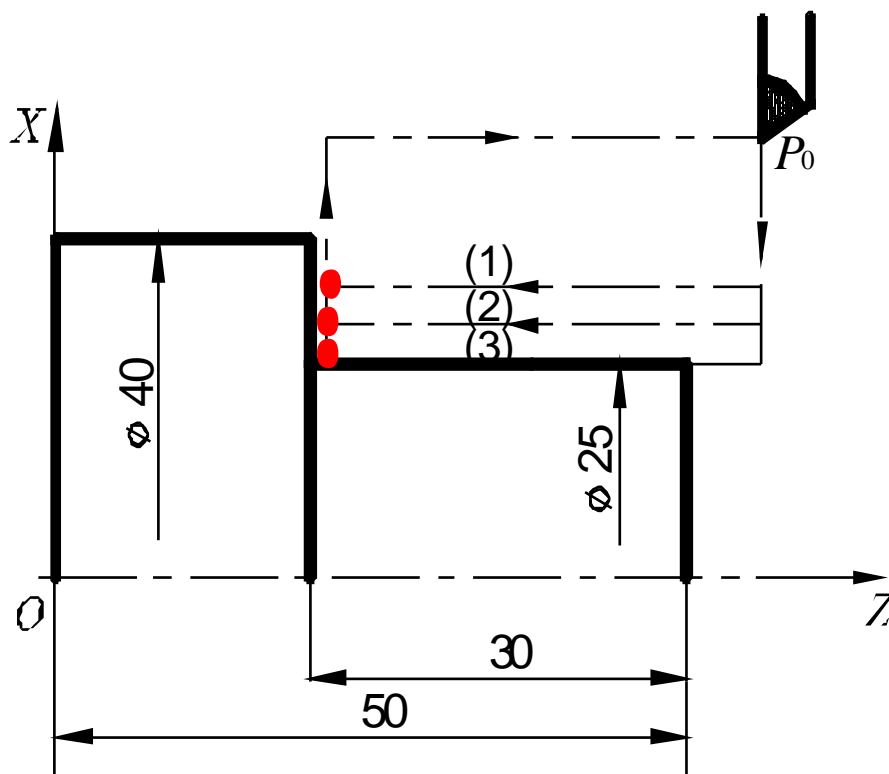


(R)…快速移动
(F)…切削进给



(R)…快速移动
(F)…切削进给

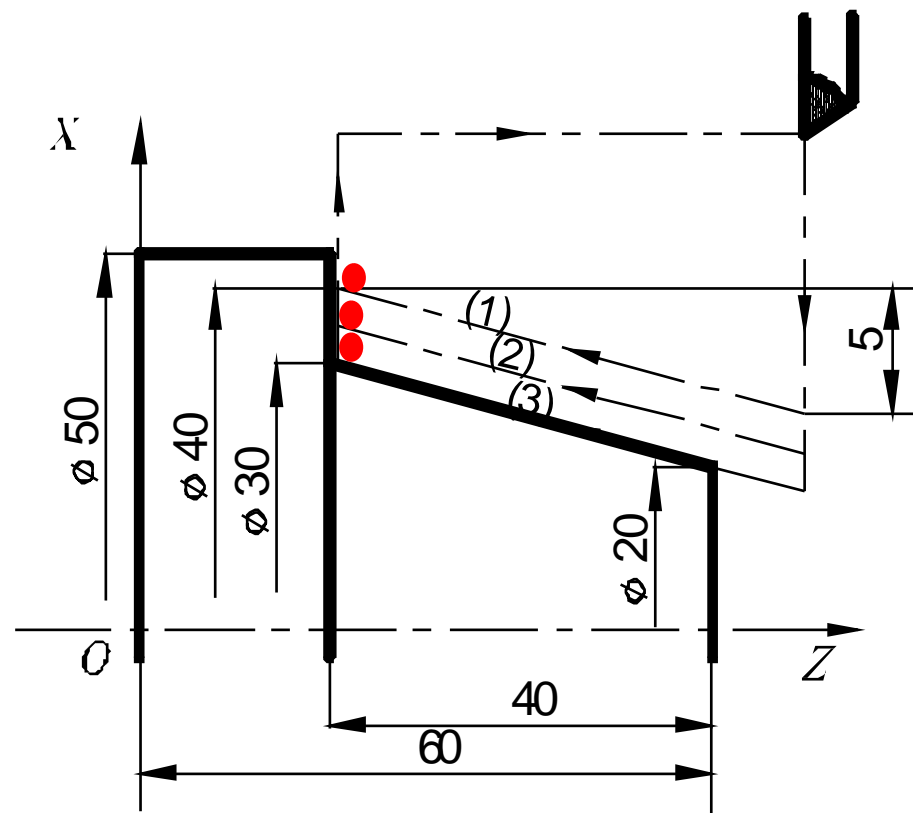
3.2 数控车床编程方法



N10 G90 X35.0 Z20.0 F50;

N20 X30.0;

N30 X25.0;



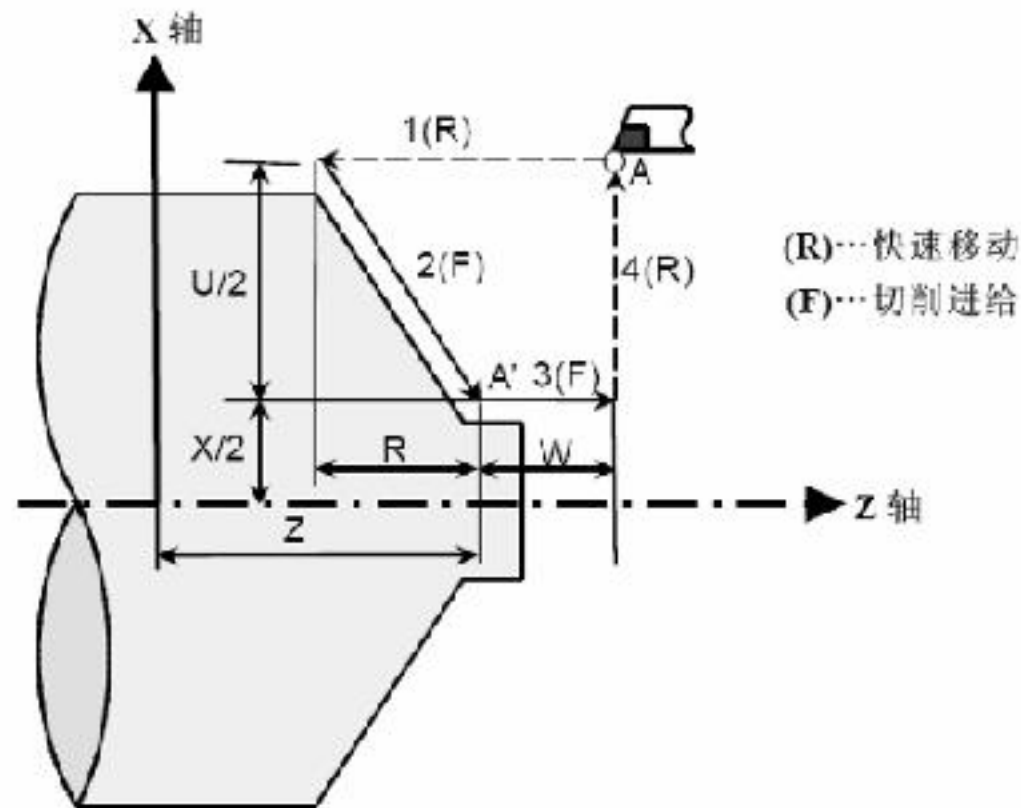
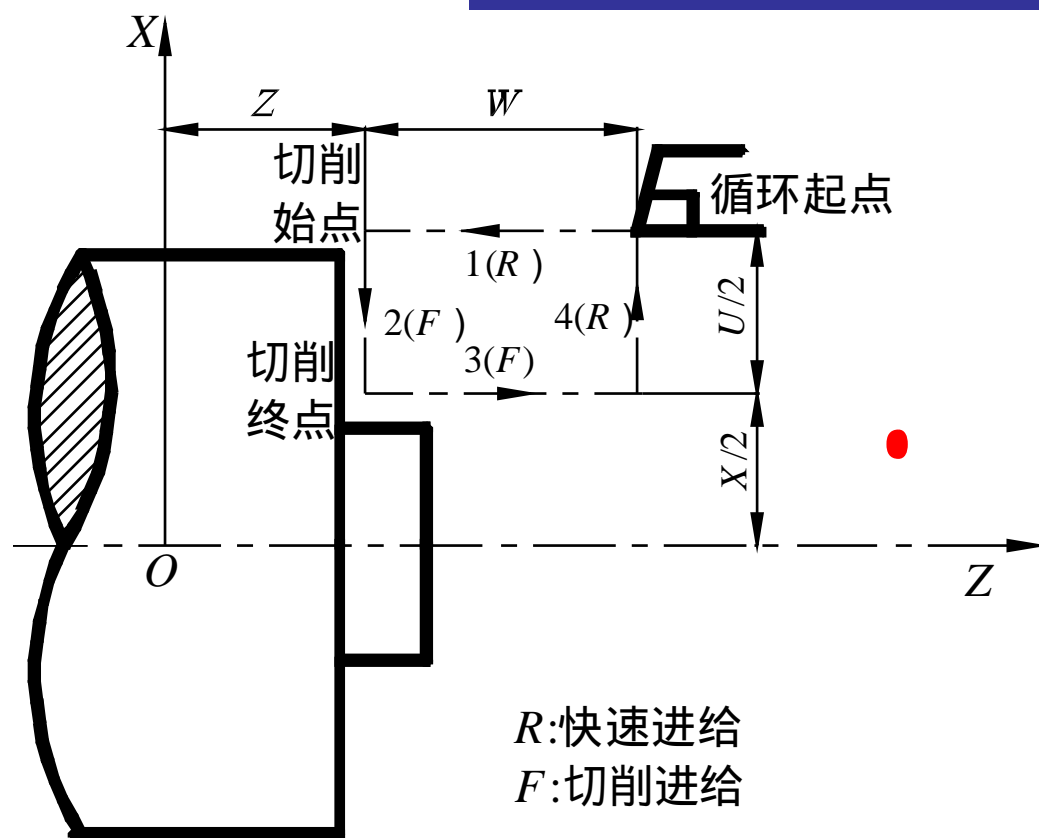
N10 G90 X40.0 Z20.0 I-5.0 F50;

N20 X35.0;

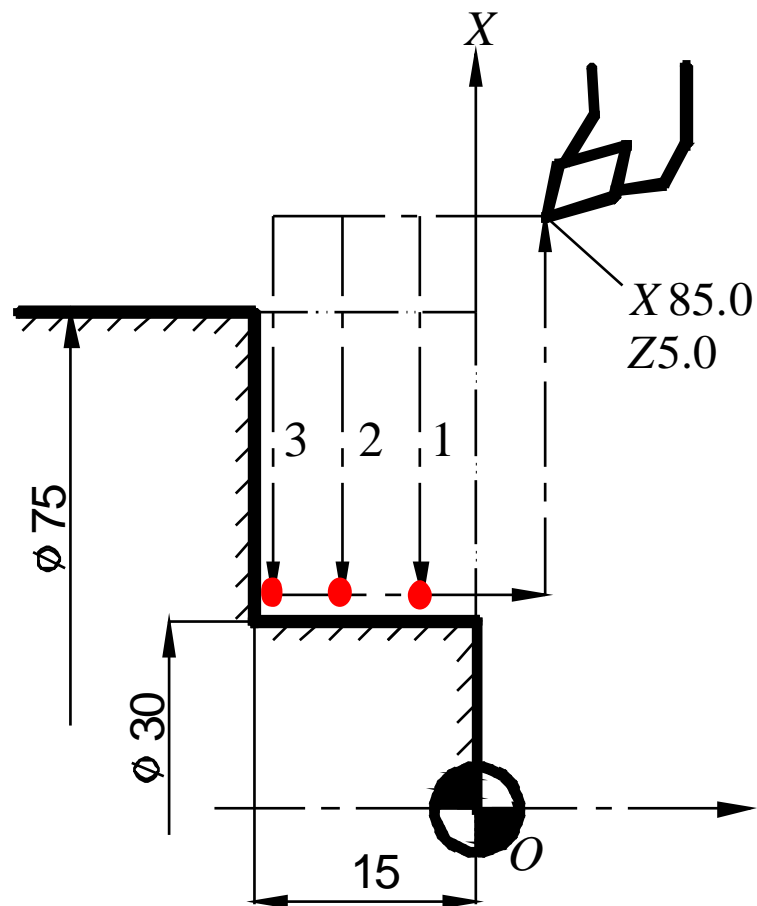
N30 X30.0;

3.2 数控车床编程方法

2) 端面切削循环

$$G94 \text{ X(U) } _ \text{ Z(W) } _ \text{ I } _ \text{ F } _ ;$$


3.2 数控车床编程方法



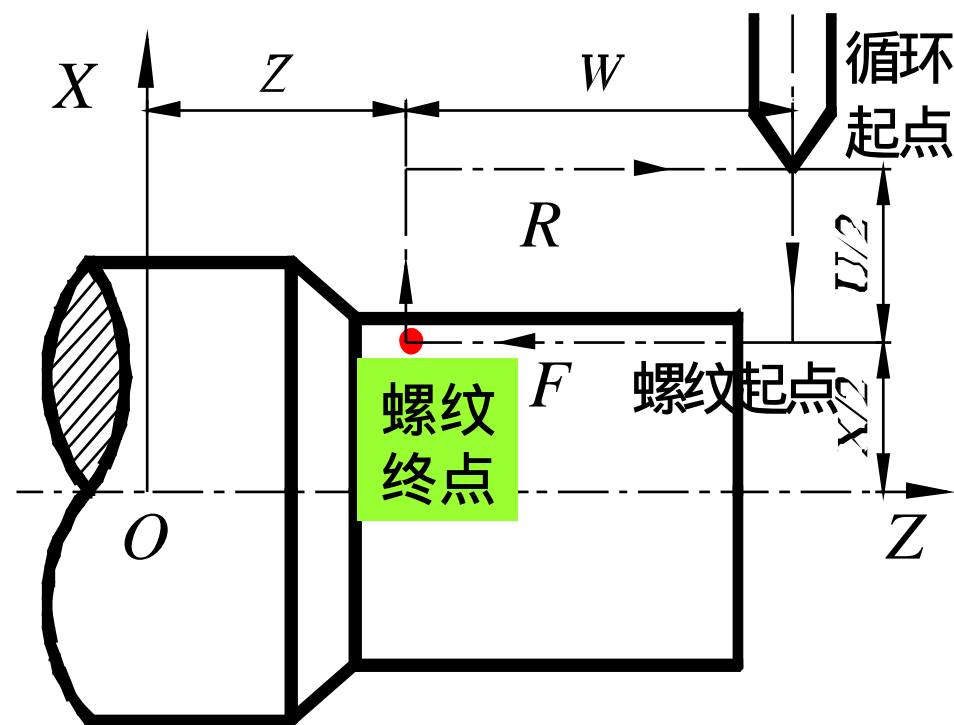
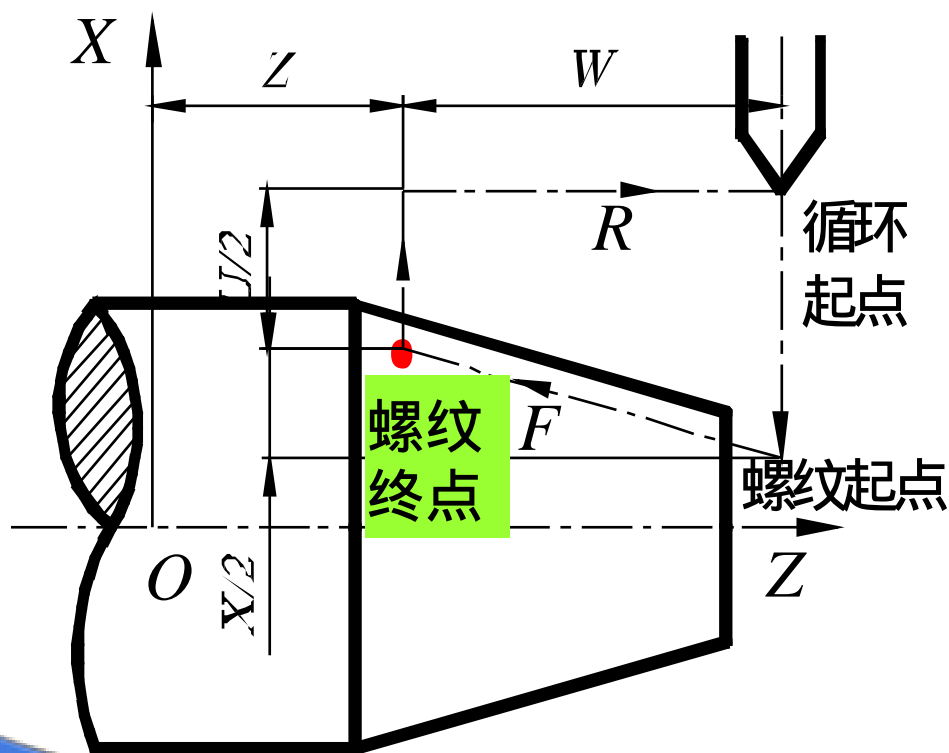
N10 ~~G94~~ X30.0 Z-5.0 F50;

N20 Z-8.0;

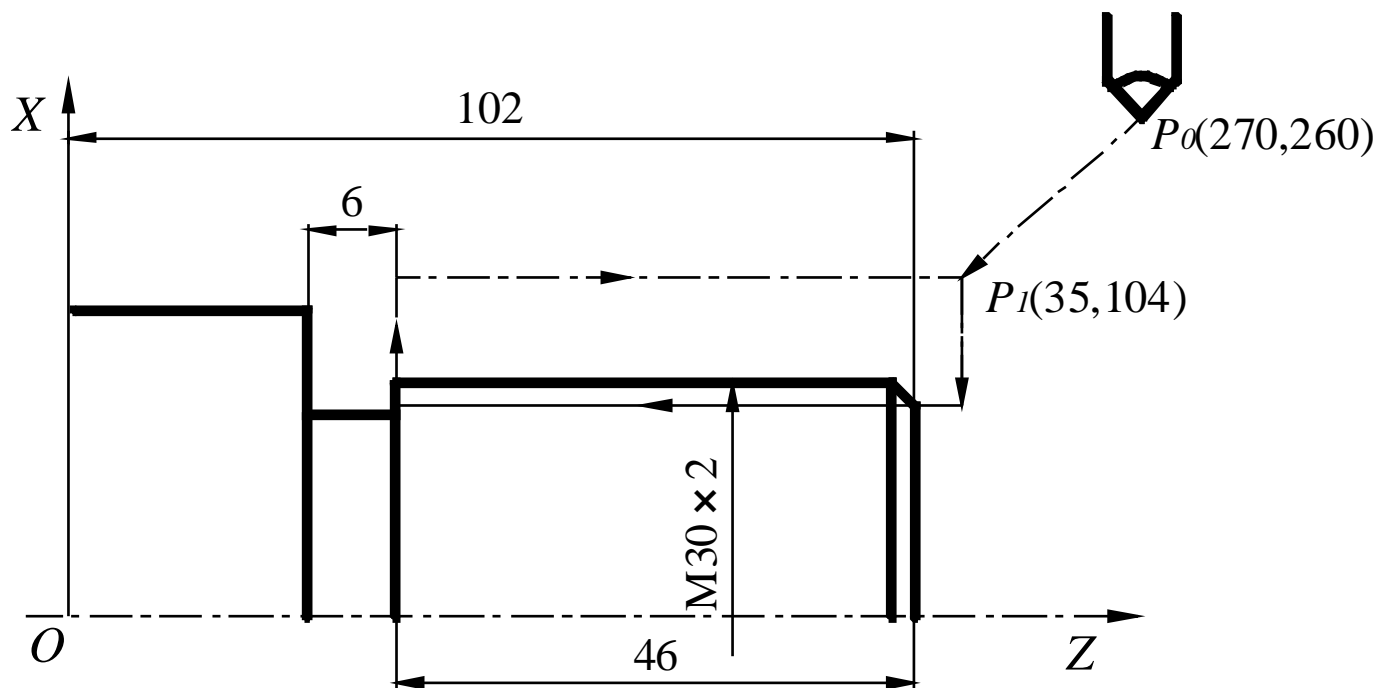
N30 Z-15.0;

3.2 数控车床编程方法

3) 螺纹切削循环

$$G92 \ X(U) \ _ \ Z(W) \ _ \ I _ \ F _ ;$$


3.2 数控车床编程方法



N50 G92 X28.9 Z56.0 F2 ;

N60 X28.2 ;

N60 X27.7 ;

N60 X27.3 ;

3.2 数控车床编程方法

螺纹加工进刀次数及进刀量的选择

应根据螺距
来选择走刀
次数及进给
量，以保证
螺纹的精度
及质量

外螺纹 尺寸 ¹⁾		公制 60° (MM)					UN 60°				
		螺距, mm					螺距, t.p.i.				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	20	18	16	14	12
△ 16-22 mm	x =	1,82	1,42	1,91	1,97	2,76	1,97	2,12	1,53	1,77	1,92
	z =	2,5	2,2	2,9	3,75	4,40	3,10	3,45	2,40	2,70	3,10
进刀数		每刀径向进给, mm									
1		0,35	0,36	0,48	0,46	0,55	0,44	0,49	0,39	0,44	0,52
2		0,32	0,32	0,47	0,44	0,53	0,39	0,44	0,35	0,41	0,48
3		0,67	0,28	0,33	0,40	0,47	0,83	0,93	0,29	0,32	0,36
4			0,94	1,28	0,29	0,24			1,03	1,17	1,36
					1,58	1,89					
内螺纹		螺距, mm					螺距, t.p.i.				
尺寸 ¹⁾		1,0	1,5	2,0			16	12			
△ 16-22 mm	x =	1,59	1,4	1,79			1,50	1,88			
	z =	2,4	2,25	2,85			2,30	2,95			
进刀数		每刀径向进给, mm									
1		0,33	0,34	0,45			0,36	0,48			
2		0,30	0,31	0,42			0,33	0,44			
3		0,63	0,25	0,32			0,26	0,34			
4			0,90	1,20			0,95	1,26			

3.2 数控车床编程方法

4) 多重复合循环 G70-G76

在多重循环中，只须指定精加工路线和粗加工的背吃刀量等，系统就会自动计算出粗加工路线和走刀次数。

(a)外圆粗车循环 G71

```
G71 U( $\Delta d$ ) R( $e$ ) ;
```

```
G71 P(  $ns$ ) Q(  $nf$ ) U( $\Delta u$ ) W( $\Delta w$ ) F_ S_ T_ ;
```

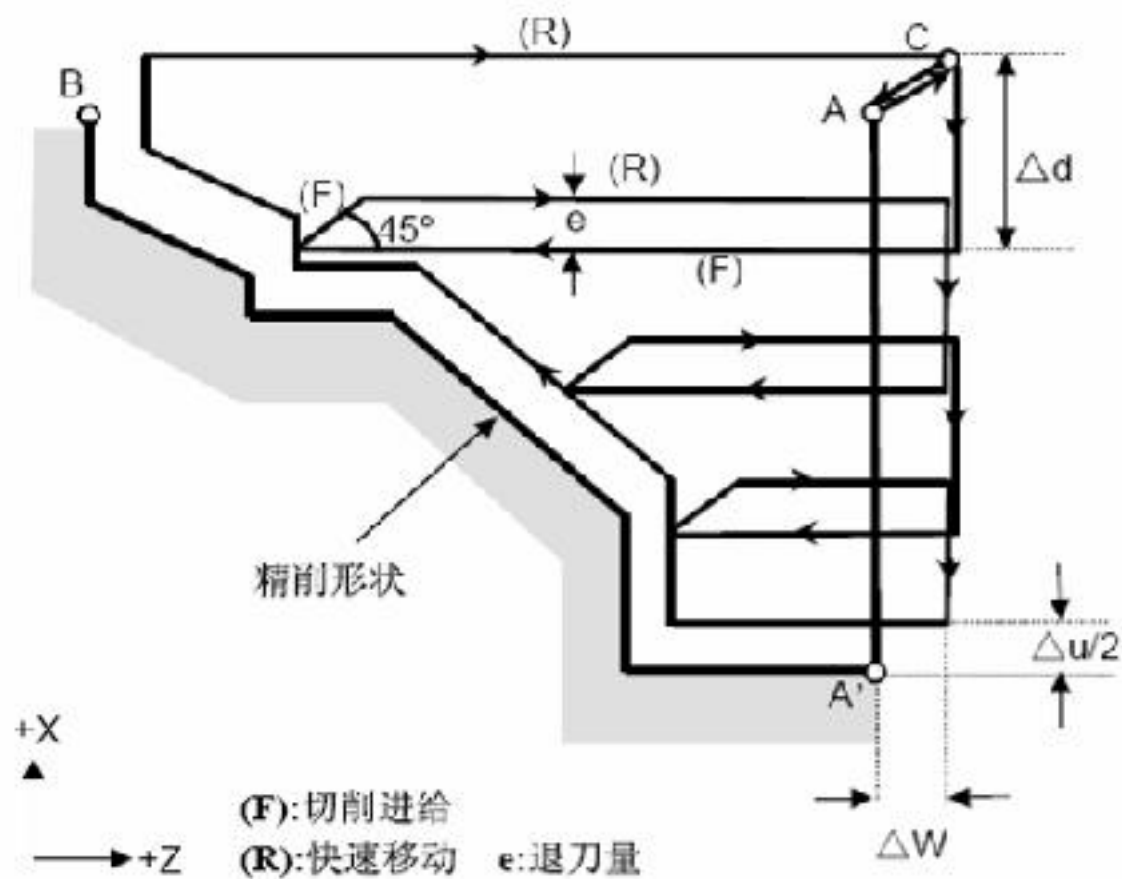
```
N(  $ns$ ) .....
```

```
.....
```

```
N(  $nf$ ) .....
```

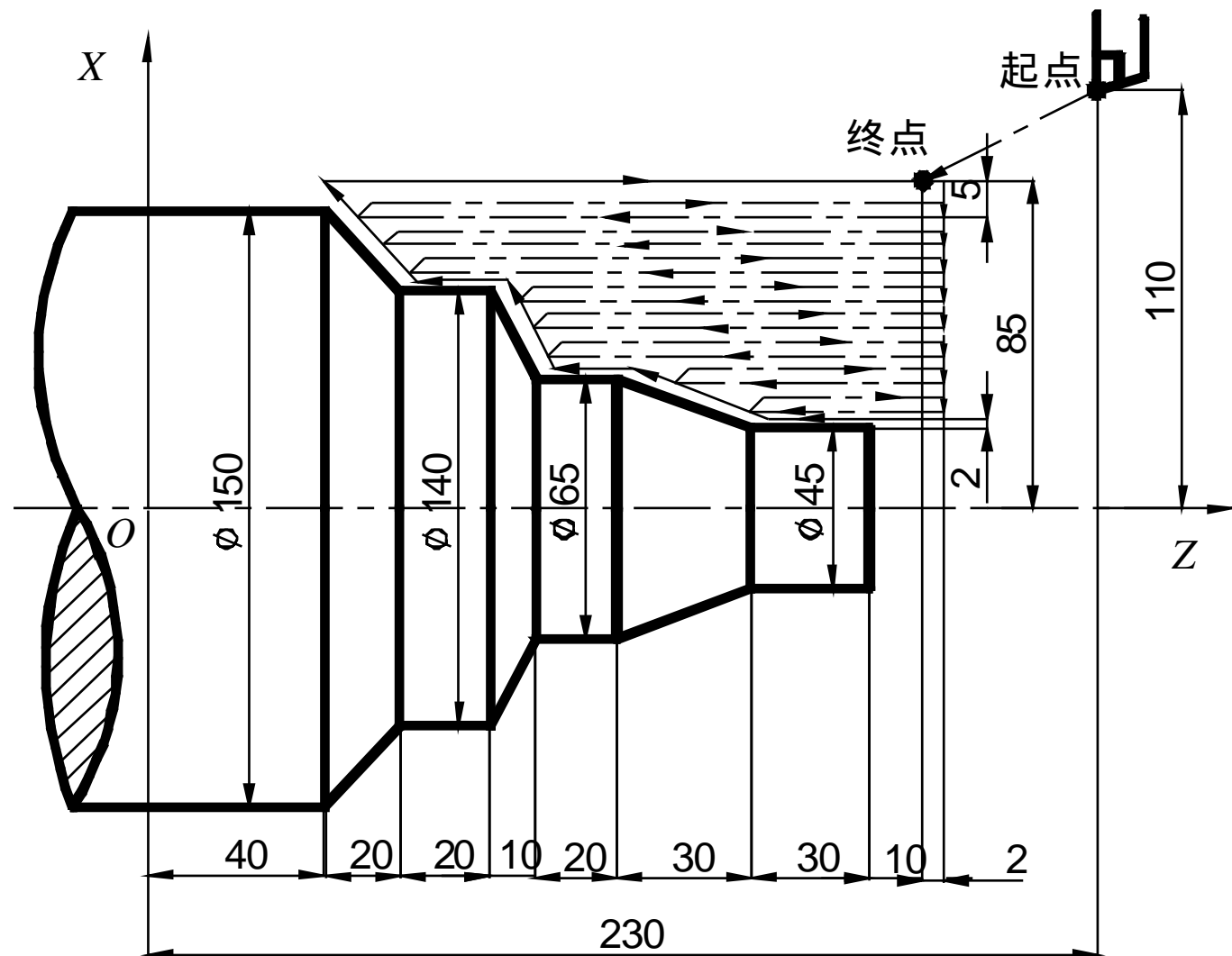

3.2 数控车床编程方法

C为粗车循环的起点，A是毛坯外径与轮廓端面的交点



3.2 数控车床编程方法

切削深度为 5mm, 退刀量为 1mm, X向精车余量为 2mm, Z向精车余量为 2mm



3.2 数控车床编程方法

N20 G00 X170.0 Z180.0 S750 T0202 M03 ;

N30 G71 U5.0 R1.0 ;

N35 G71 P40 Q100 U4.0 W2.0 F0.3 S500 ;

N40 G00 X45.0 S750 ;

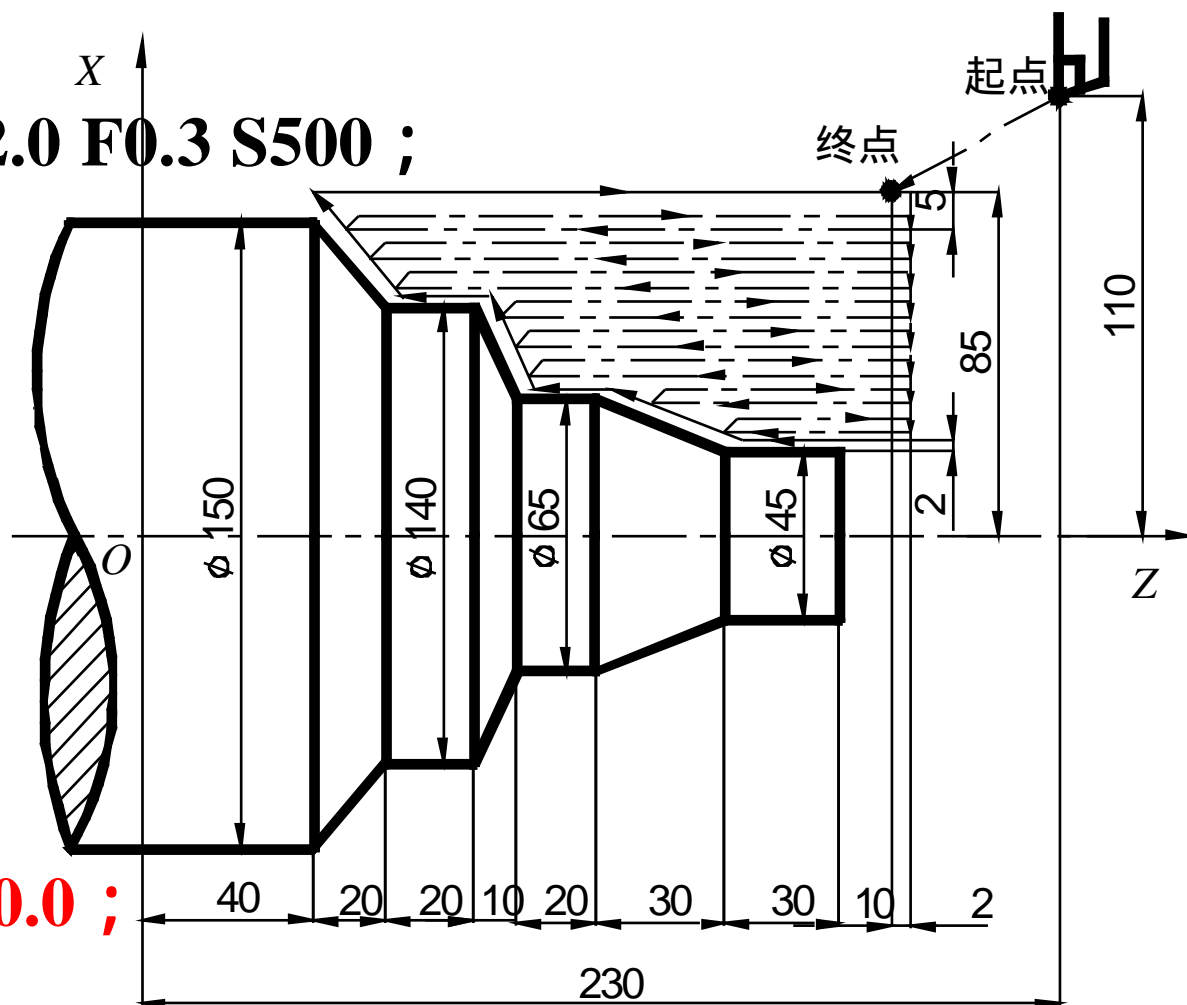
N50 G01 Z140.0 F0.1 ;

N60 X65.0 Z110 ;

N70 Z90.0 ;

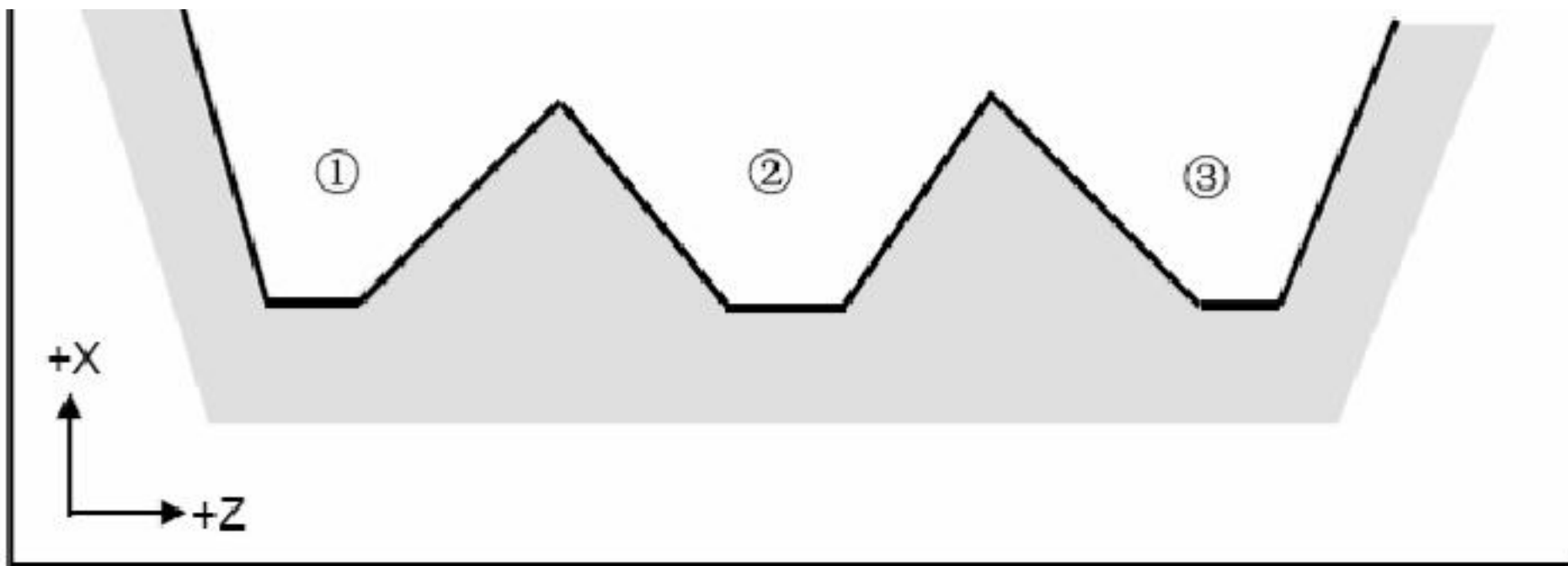
N80 X140.0 Z80.0 ;

N90 Z60.0 ; N100 X150.0 Z40.0 ;



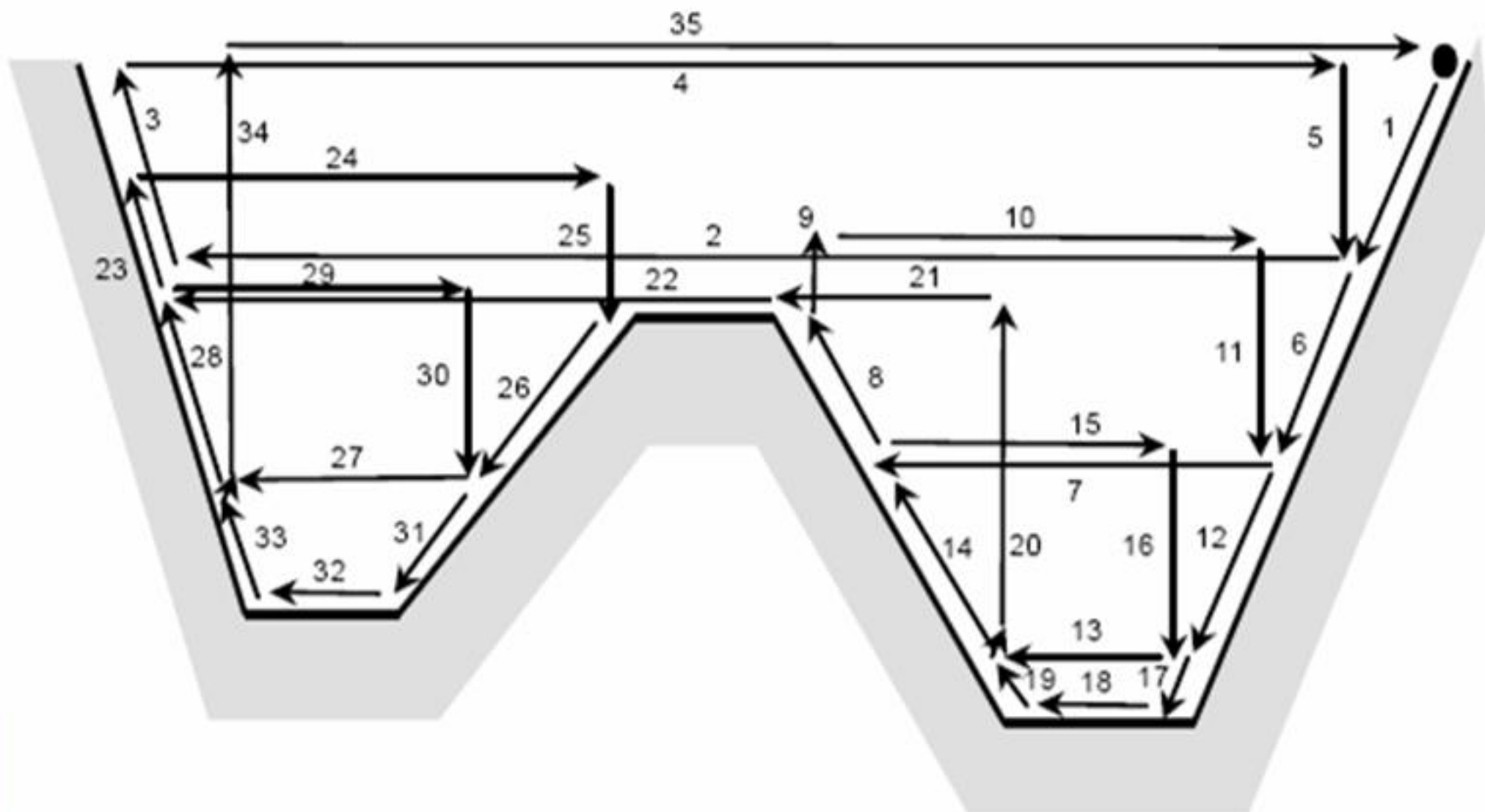
3.2 数控车床编程方法

思考:



3.2 数控车床编程方法

思考:



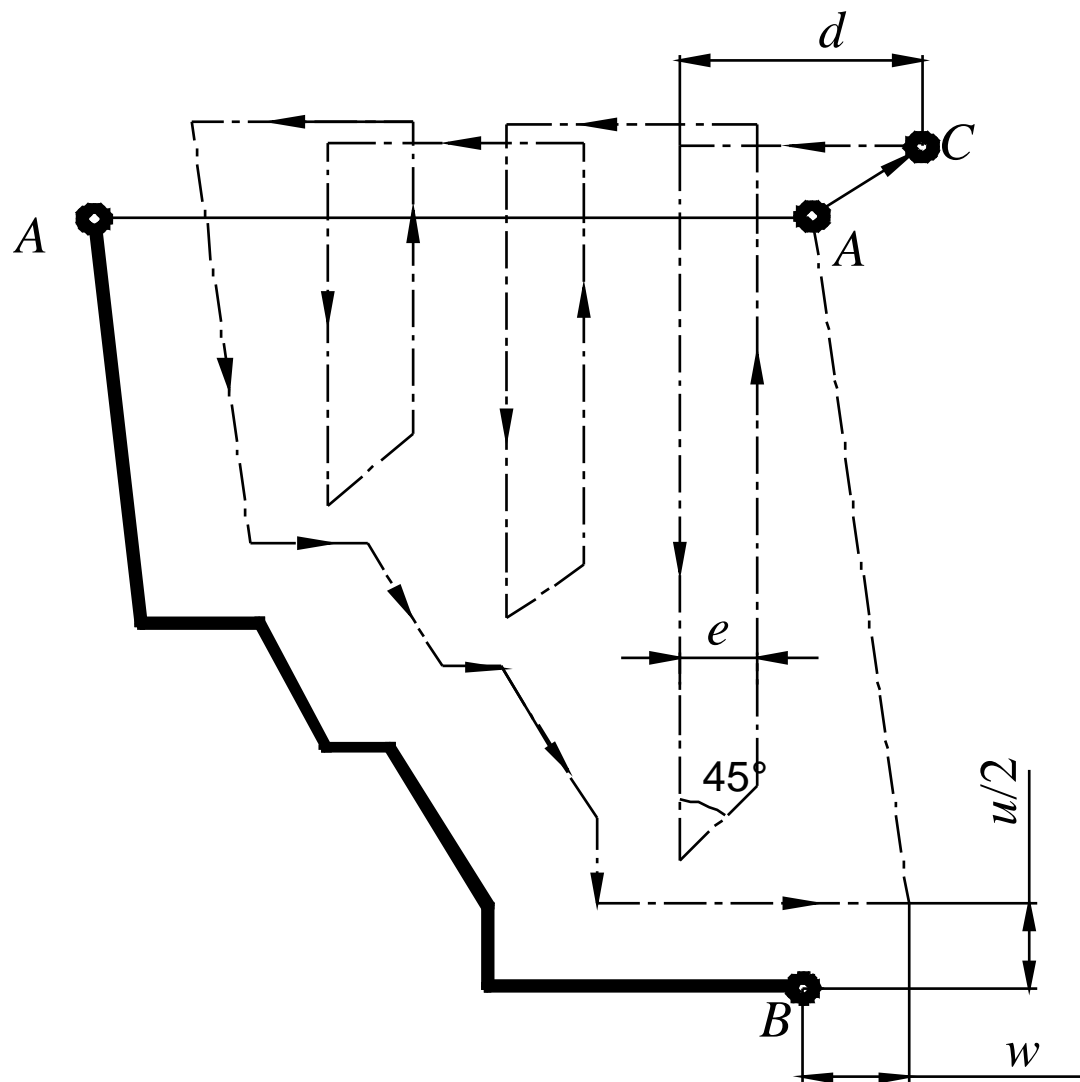
3.2 数控车床编程方法

(b) 端面车加工循环 G72

```
G72 U( $\Delta d$ ) R( $e$ ) ;  
G72 P(  $ns$ ) Q(  $nf$ ) U( $\Delta u$ ) W( $\Delta w$ ) F_S_T_;  
N(  $ns$ ) .....  
.....  
N(  $nf$ ) .....
```

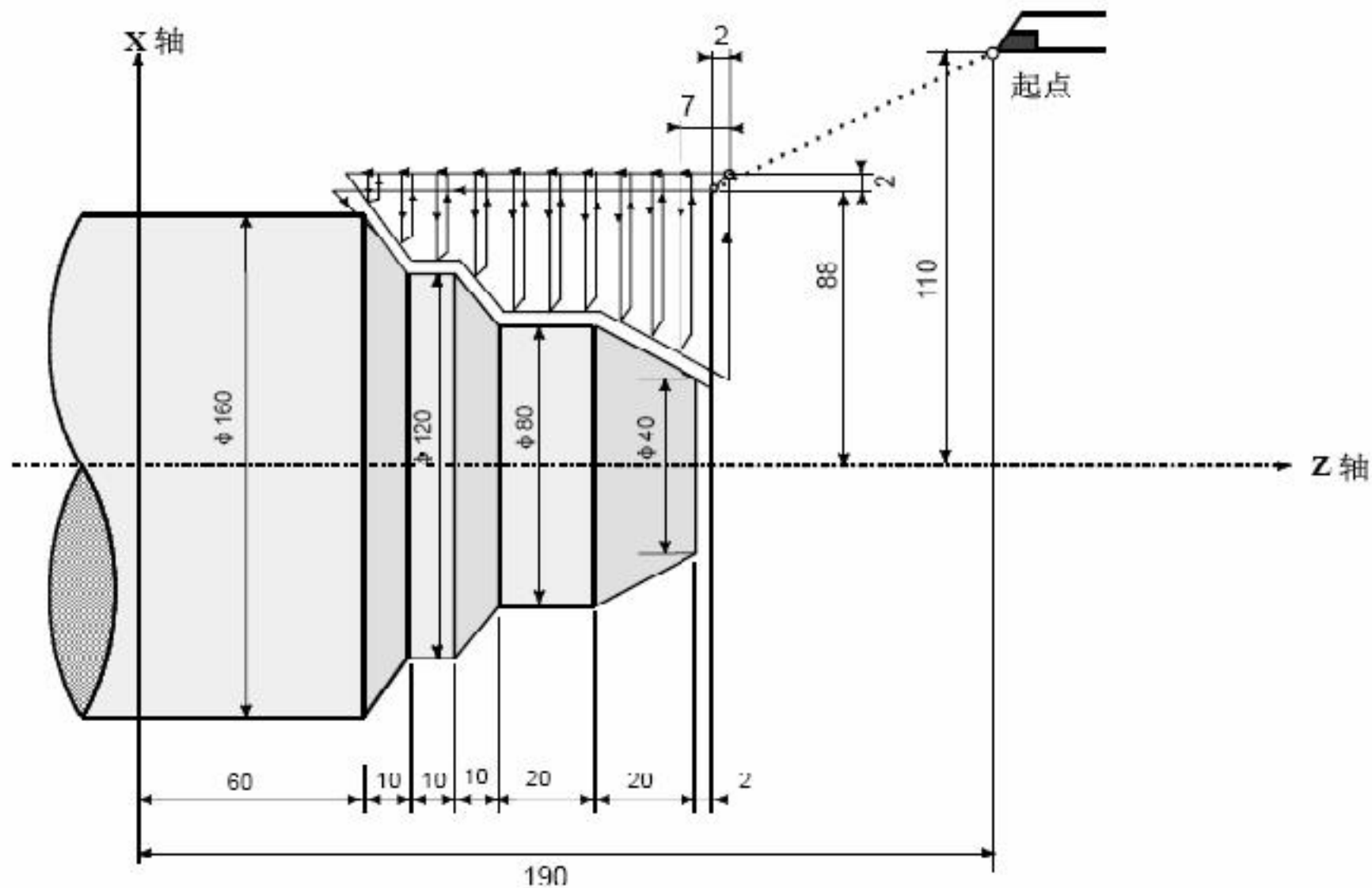

3.2 数控车床编程方法

端面车加工循环

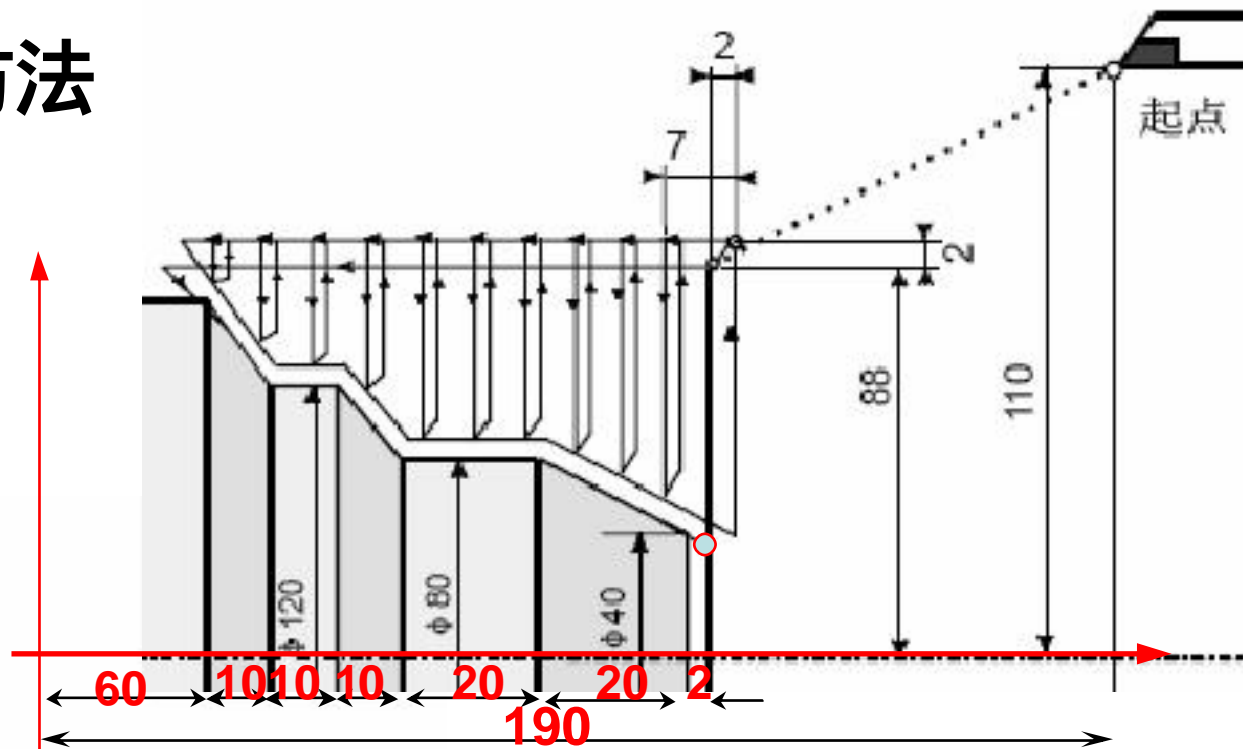


3.2 数控车床编程方法

假设粗车深度为 7mm, 退刀量为 1mm, X向精车余量为 4mm, Z向精车余量为 2mm



3.2 数控车床编程方法



N010	G50 X220.0 Z190.0 ;	
N011	G00 X176.0 Z132.0 ;	
N012	G72 W7.0 R1.0 ;	
N013	G72 P014 Q019 U4.0 W2.0 F0.3 S550 ;	
N014	G00 Z56.0 S700 ;	
N015	G01 X120.0 W14.0 F0.15 ;	
N016	W10.0 ;	
N017	X80.0 W10.0 ;	
N018	W20.0 ;	
N019	X36.0 W22.0 ;	
N020	G70 P014 Q019 ;	

3.2 数控车床编程方法

(c) 成形车削循环 G73

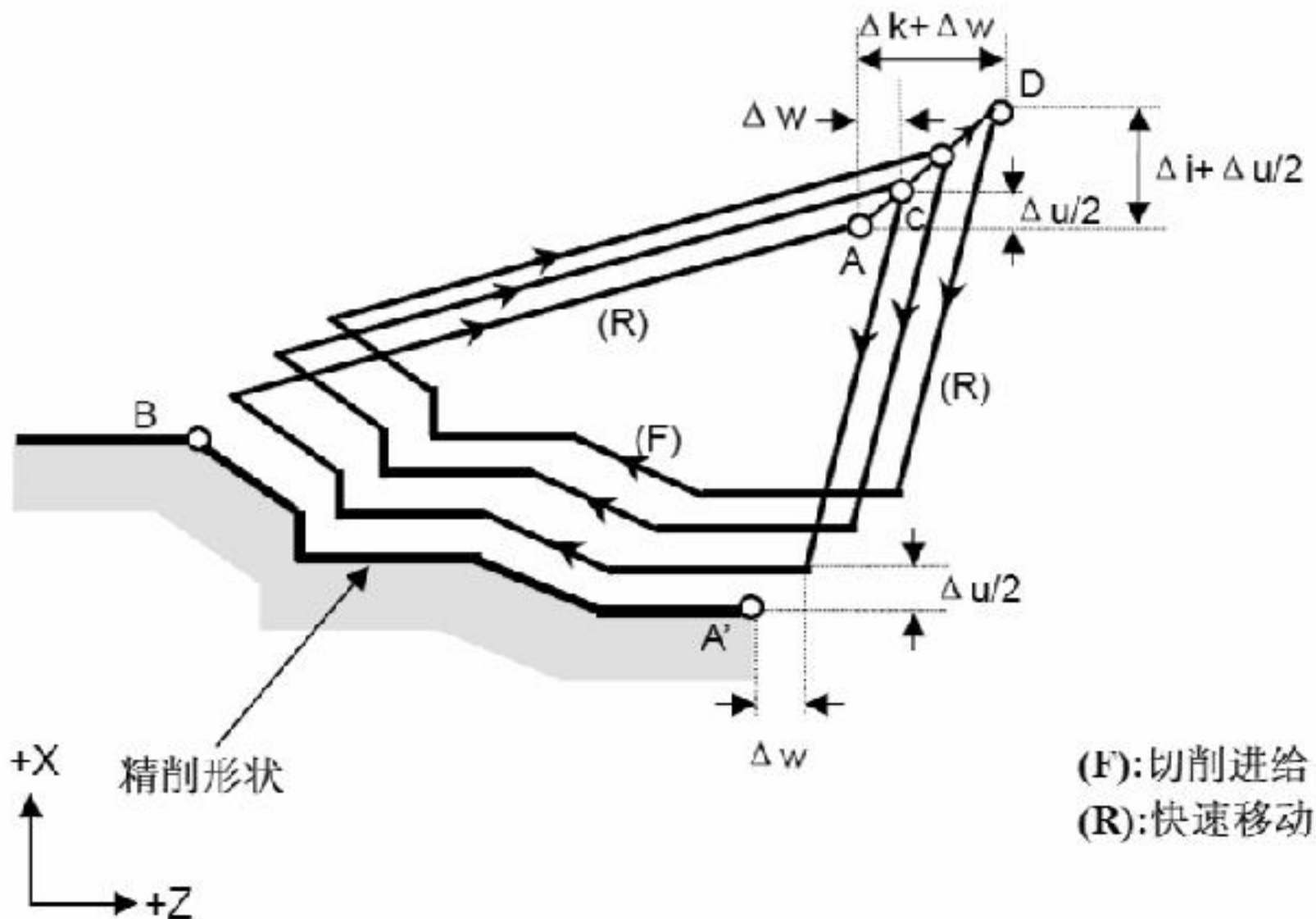
```
G73 U( $\Delta i$ ) W( $\Delta k$ ) R( $\Delta d$ ) ;  
G73 P( ns) Q( nf) U( $\Delta u$ ) W( $\Delta w$ ) F_S_T_ ;  
N( ns) .....  
.....  
N( nf) .....
```

Δd 为重复加工次数

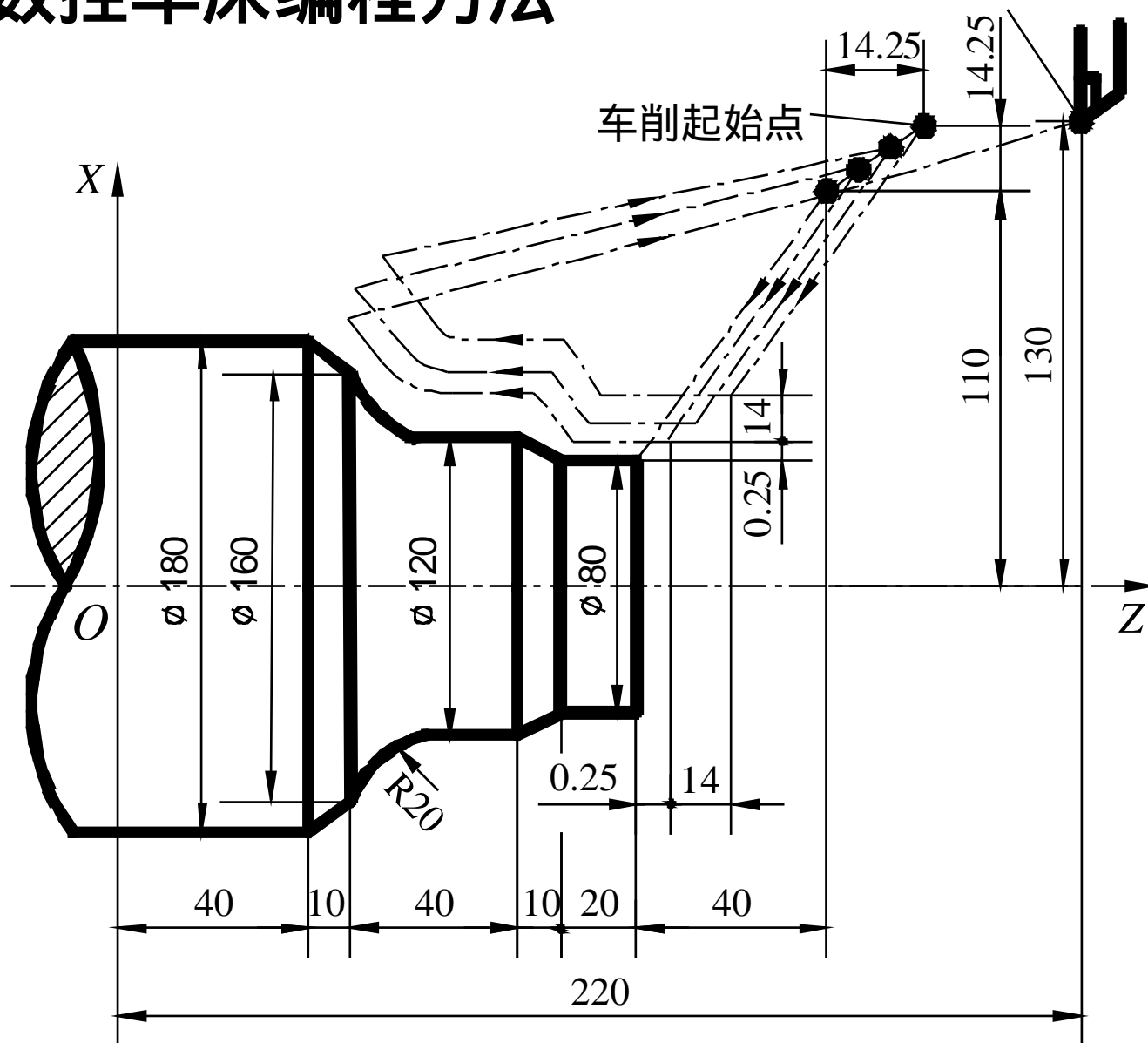
Δk 为沿 Z 轴方向的总退刀量；

Δi 为沿 X 轴方向的总退刀量（半径编程）

3.2 数控车床编程方法



3.2 数控车床编程方法



N30 G73 U14.0W14.0R3 ;

N010

G50 X260.0 Z220.0 ;

N011

G00 X220.0 Z160.0 ;

N40 G73 P50 Q100 U0.5W0.25 F0.3 S180 ;

N50 G00 X80.0W-40.0 ;

N60 G01 W-20.0 F0.15 S600 ;

N70 X120.0 W-10.0 ;

N80 W-20.0 S400 ;

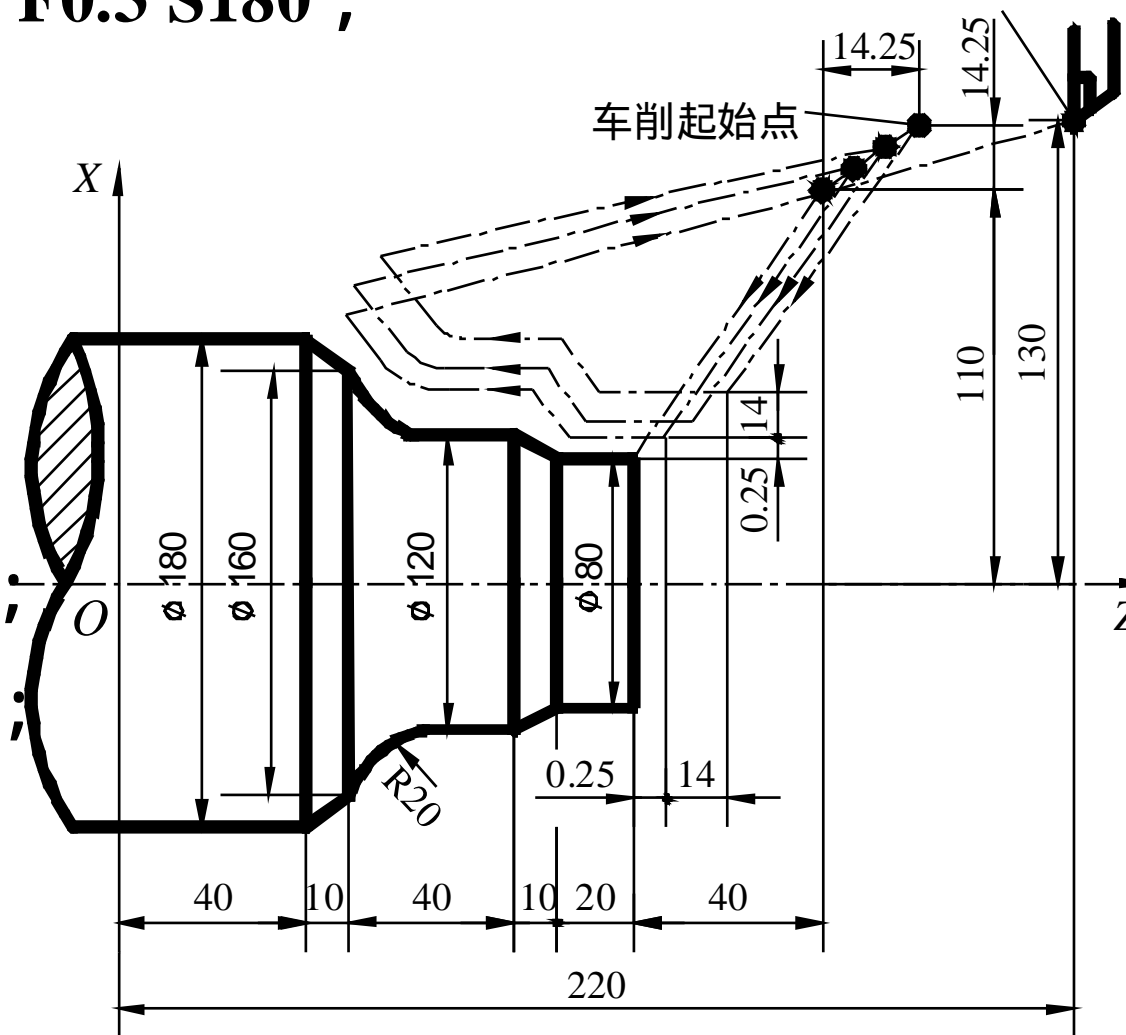
N90 G02 X160.0W-20.0 R20.0 ;

N100 G01 X180.0W-10.0 S280 ;

N110 G70 P50 Q100 ;

N120 G00 X260.0 Z220.0 ;

N130 M30 ;



3.2 数控车床编程方法

(d) 精车循环 G70

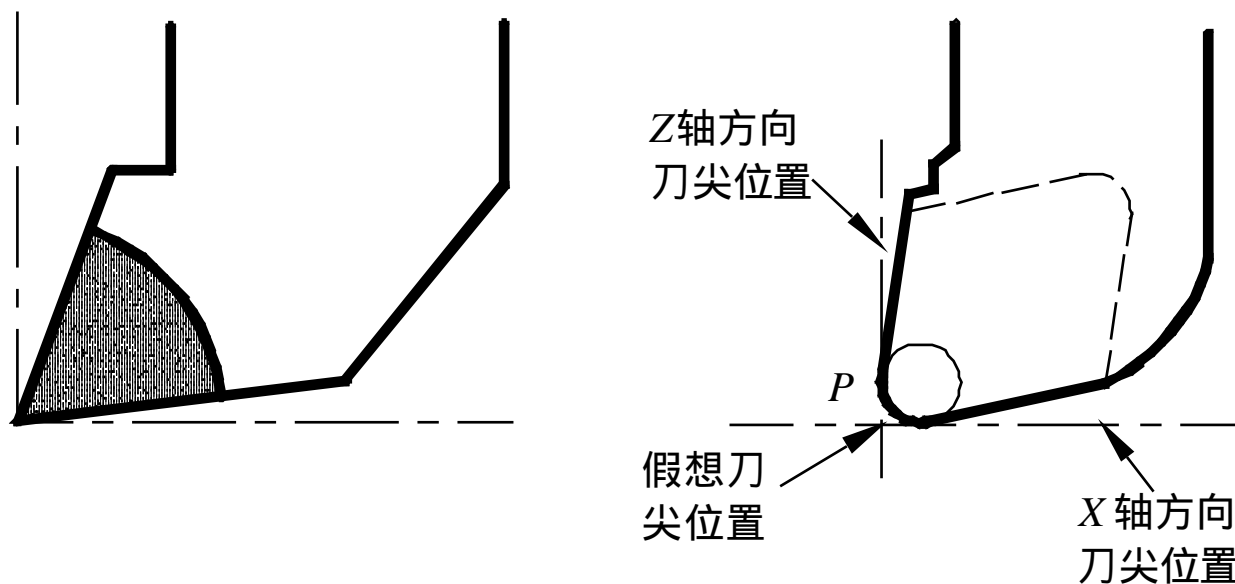
在采用 G71、G72、G73 指令进行粗车后，用 G70 指令可以作精加工循环切削，程序段格式为

```
G70 P_ Q_ ;
```


3.2 数控车床编程方法

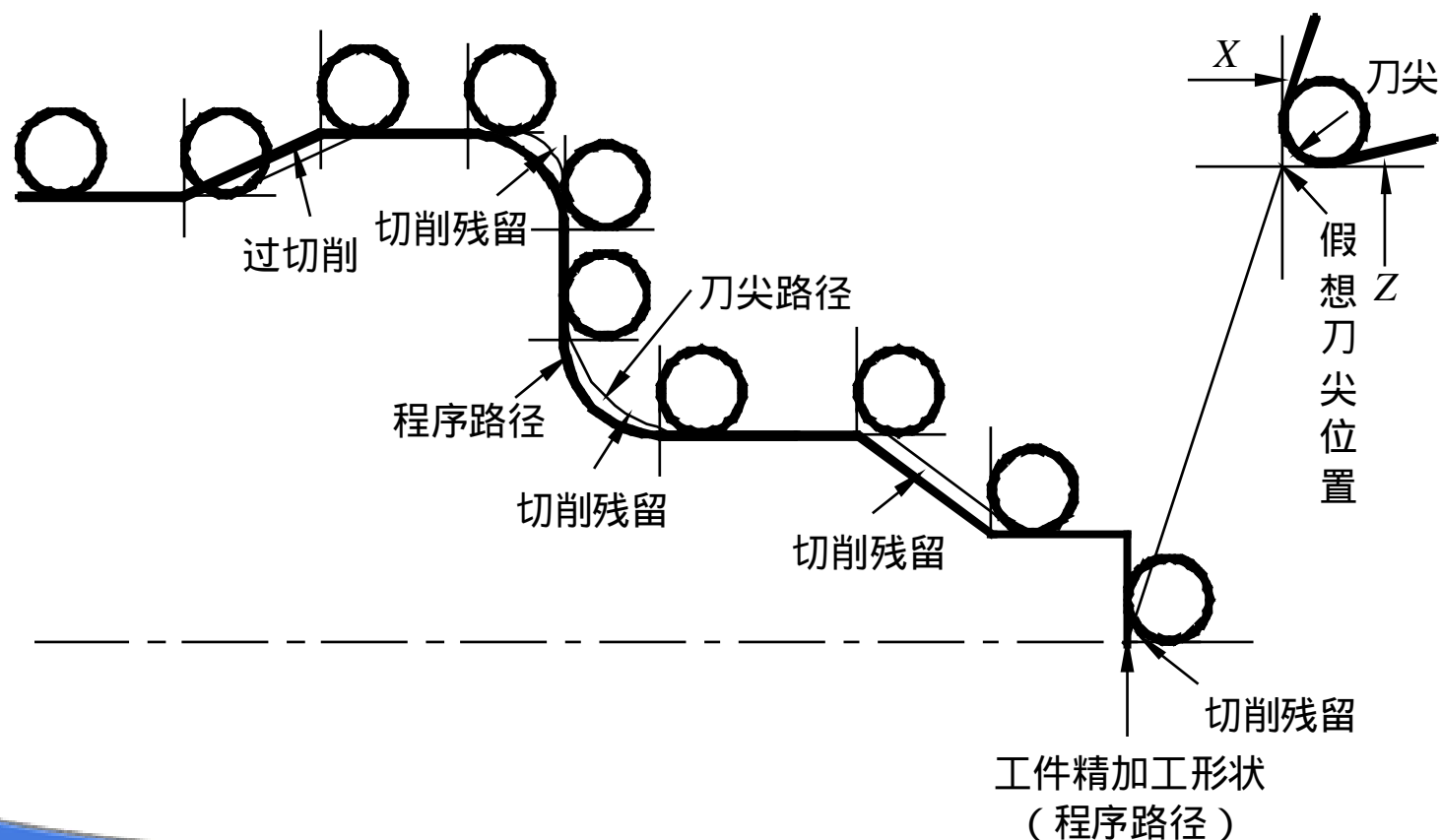
刀具半径补偿建立与取消指令 G41 G42 G40

一般车刀均有刀尖半径，即在车刀刀尖部分有一圆弧构成假想圆的半径值。



3.2 数控车床编程方法

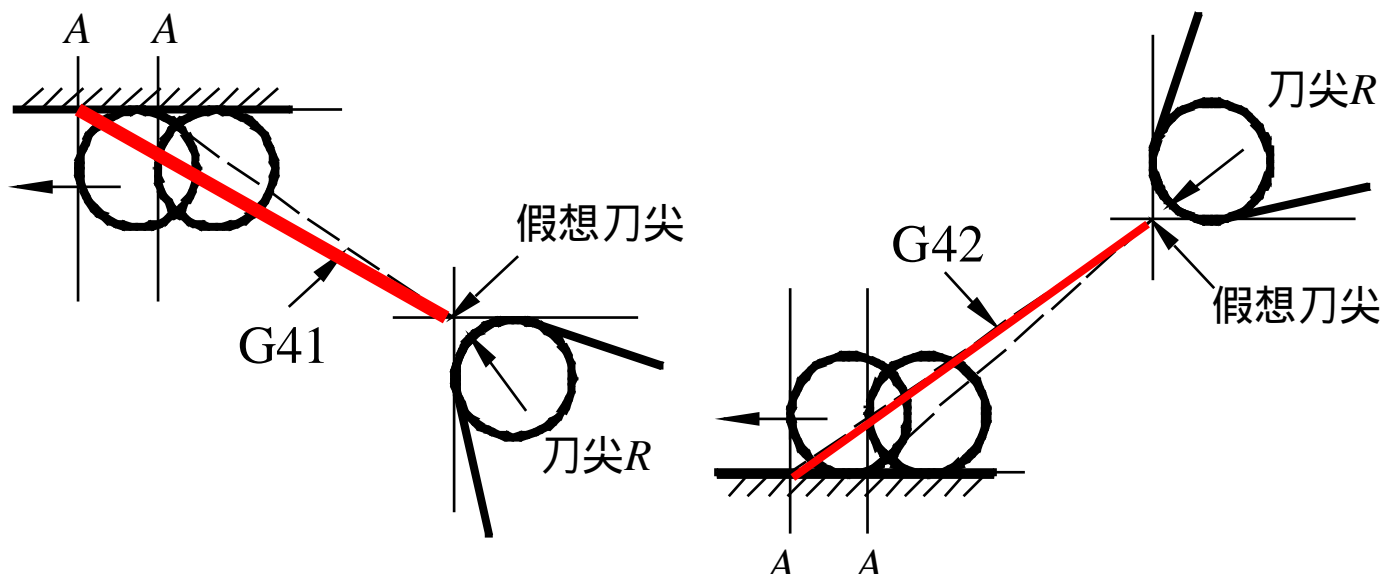
用假想刀尖（实际不存在）编程时，当车外径或端面时，刀尖圆弧大小并不起作用，当车削倒角、锥面或圆弧时，则会引起过切或欠切



3.2 数控车床编程方法

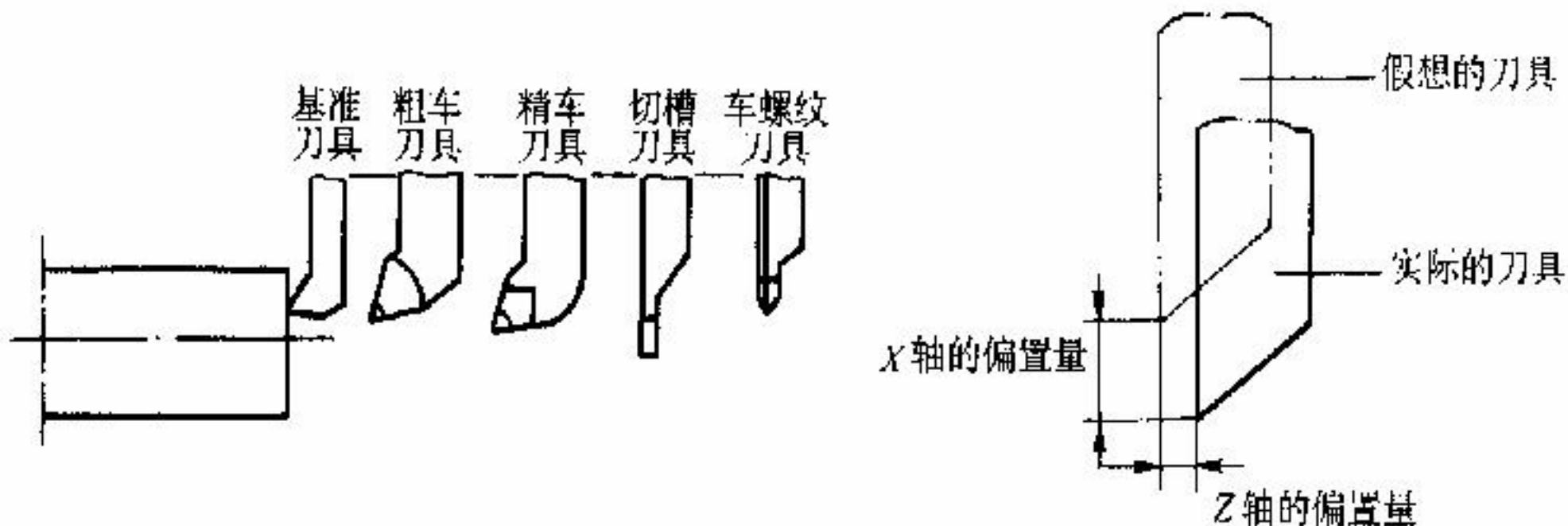
刀尖半径补偿指令程序段格式为

G41/G42 X(U) _ Z(W) _ ;



3.2 数控车床编程方法

刀具位置偏置：是对编程时所用刀具（基准刀具）与实际使用的刀具的位置偏差进行自动补偿的功能。



3.2 数控车床编程方法

刀具功能 刀具编号

刀具补偿编号

T 03 03

TOOL OFFSET

No.	X AXIS	Z AXIS	RADIUS	TIP
01	12.500	3.400	0.800	3
02	-----	-----	-----	---
03	24.3	5.234	0.400	2

刀具补偿编号

假想刀尖位置号

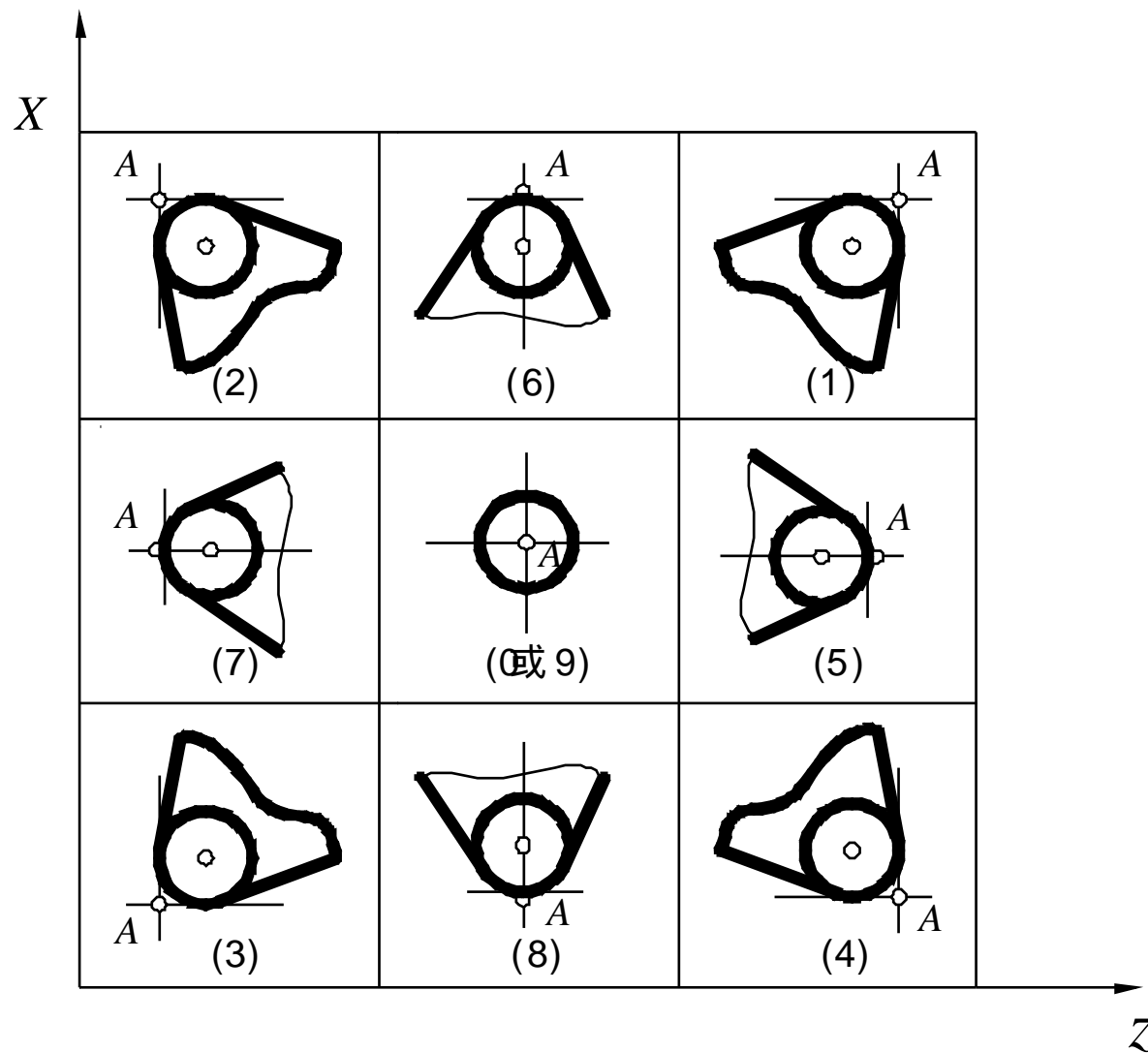
X 轴刀具补偿量

刀尖半径补偿

Z轴刀具补偿量



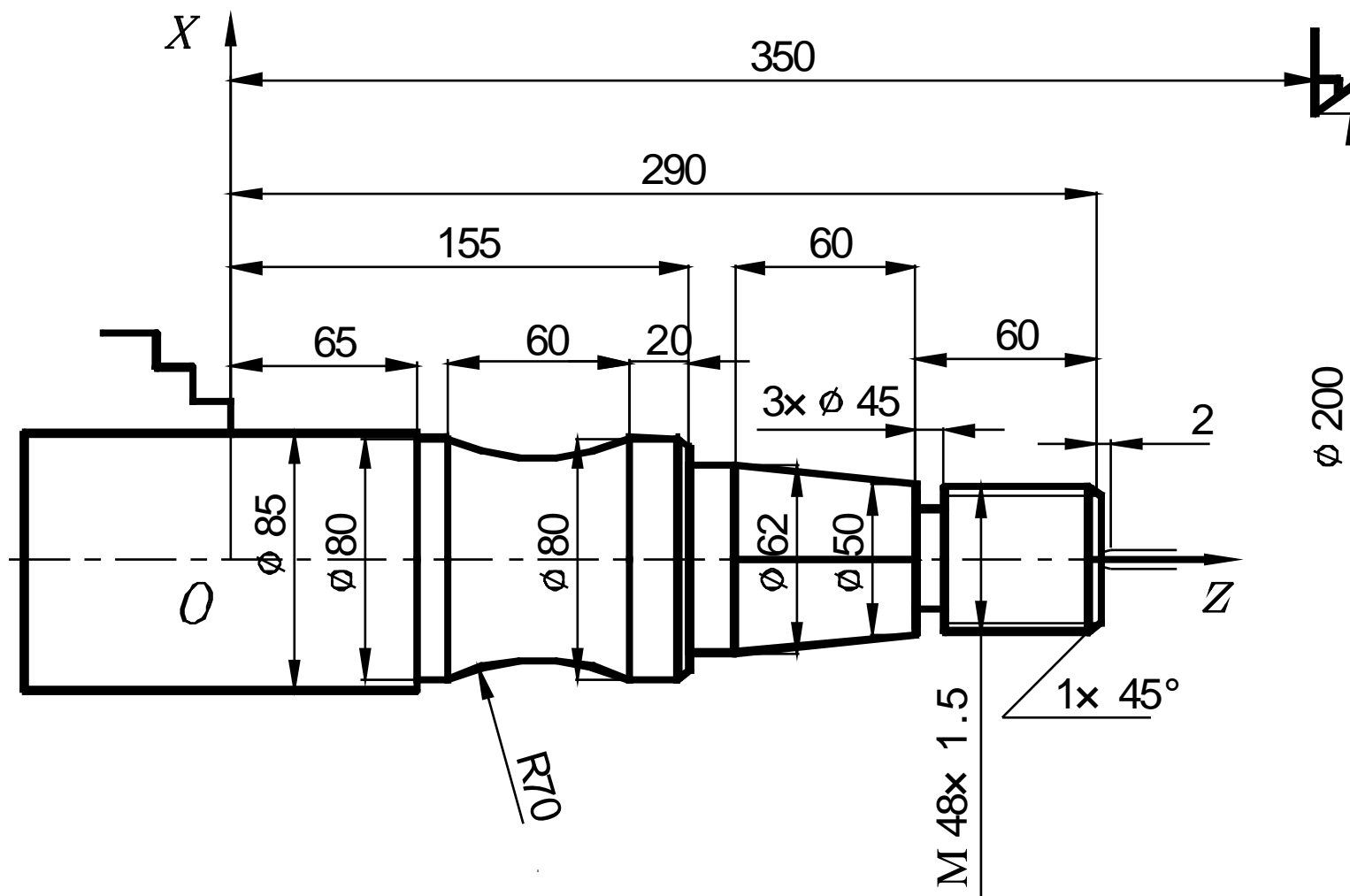
3.2 数控车床编程方法



3.2 数控车床编程方法

如图所示工件，需要进行**精加工**，其中 85mm外圆不加工。毛坯为 85mm× 340mm棒材，材料为 45钢。

数控车削编程实例



O0003;

N10 G50X200.0 Z350.0;

N20 G30 U0 W0 T0101;

N20 S630 M03;

工件坐标系设定

换 1号刀

N30G00X41.8 Z292.0M08; ①

N40G01X47.8Z289.0F0.15; ②

N50 Z230.0; ③

N60 X50.0; ④

N70 X62.0 W-60.0; ⑤

N80 Z155.0; ⑥

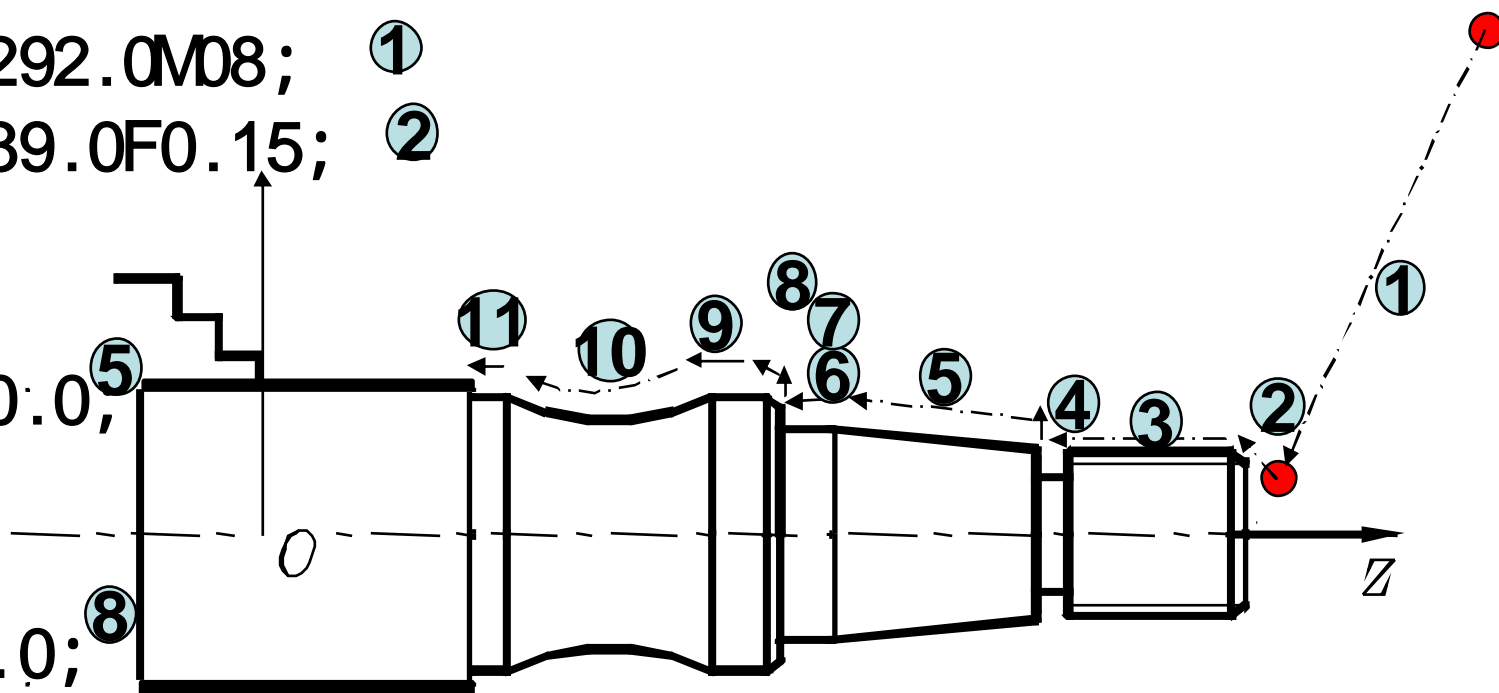
N90 X78.0; ⑦

N100X80.0W-10.0; ⑧

N110 W-19.0; ⑨

N120 G02 W-60.0 I3.25 K-30.0; ⑩

N130 G01 Z65.0; ⑪



3.2 数控车床编程方法

N140 X90. 0;

⑫

N150 G00 X200.0 Z350.0 T0100 M09;

N160 G30 U0 W0 T0202;

N170 S315 M03;

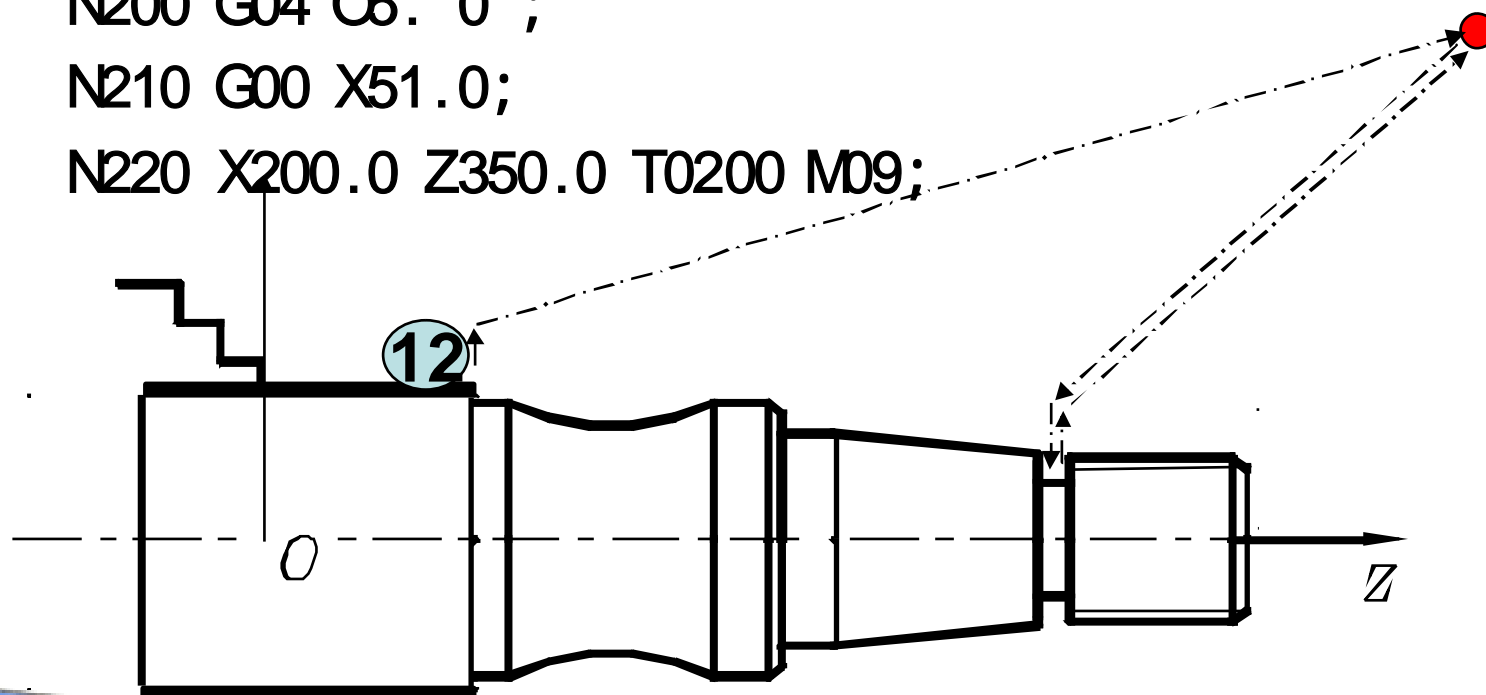
N180 G00 X51.0 Z230. M08;

N190 G01 X45. 0 F0.16;

N200 G04 C5. 0 ;

N210 G00 X51.0;

N220 X200.0 Z350.0 T0200 M09;



N230 G30 U0 W0 T0303;

换 3号刀

N240 S200 M03;

N250 G00 X62.0 Z296.0 M08; 快速接近车螺纹进给刀起点

N260 G92X47.54 Z231.5F1.5; 螺纹切削循环，螺距为 1.5mm

N270 X46.94; 螺纹切削循环，螺距为 1.5mm

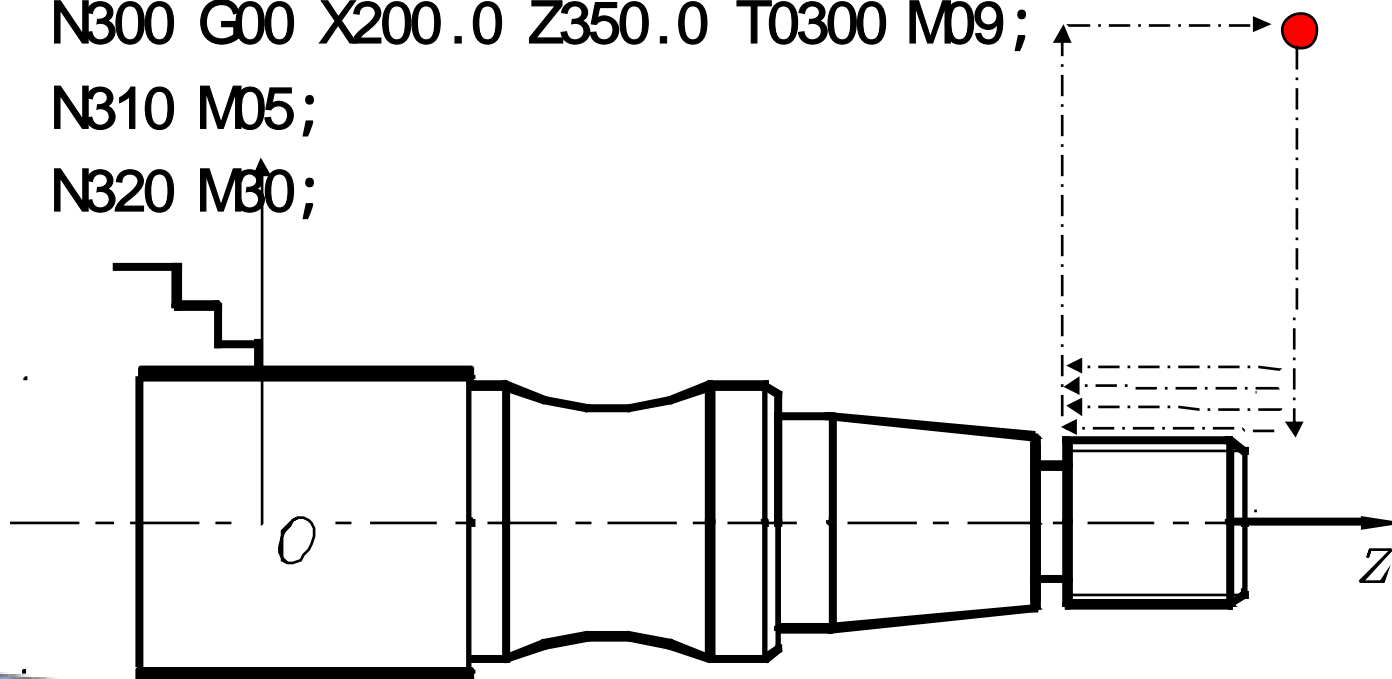
N280 X46.54; 螺纹切削循环，螺距为 1.5mm

N290 X46.38; 螺纹切削循环，螺距为 1.5mm

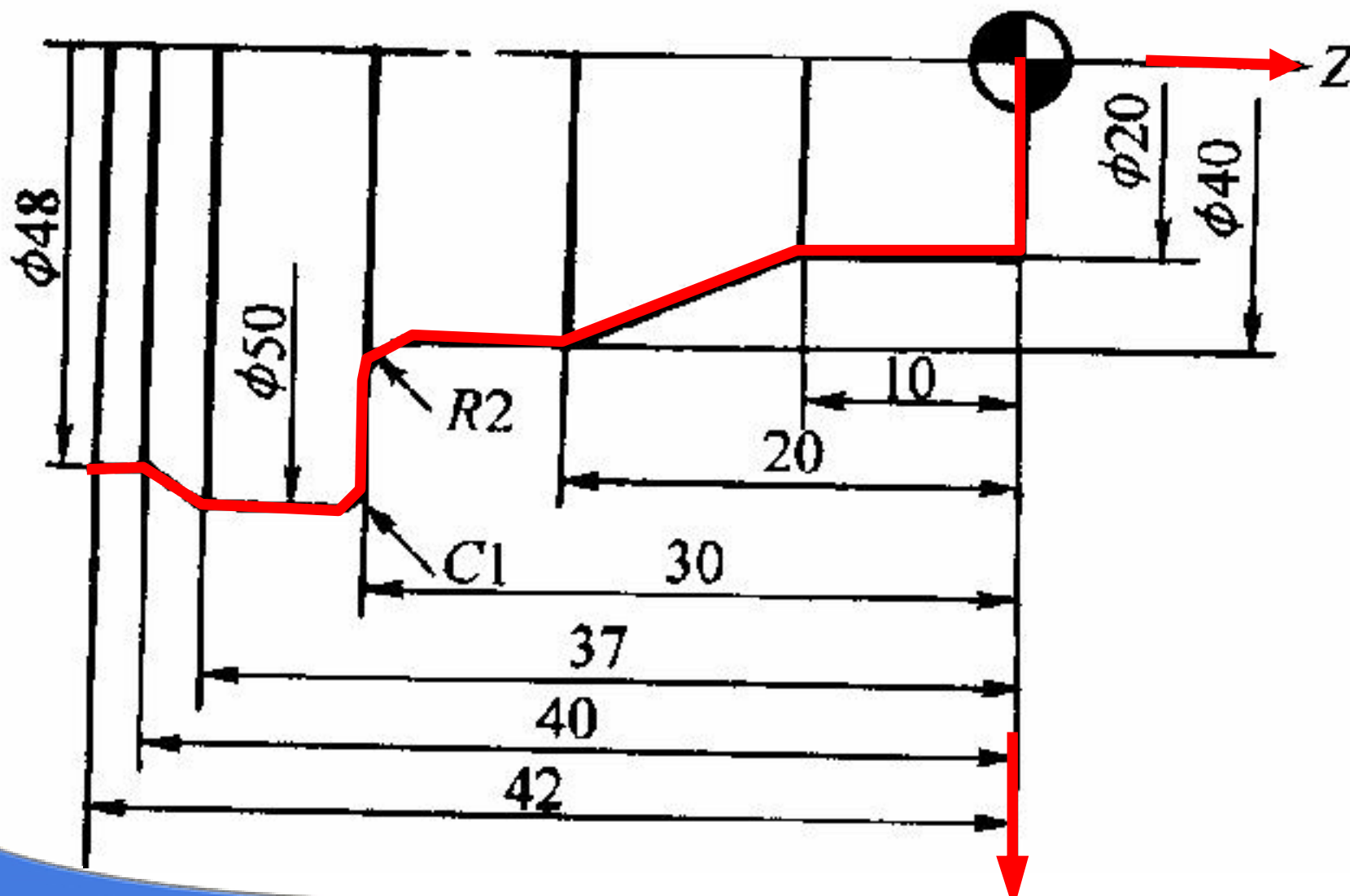
N300 G00 X200.0 Z350.0 T0300 M09;

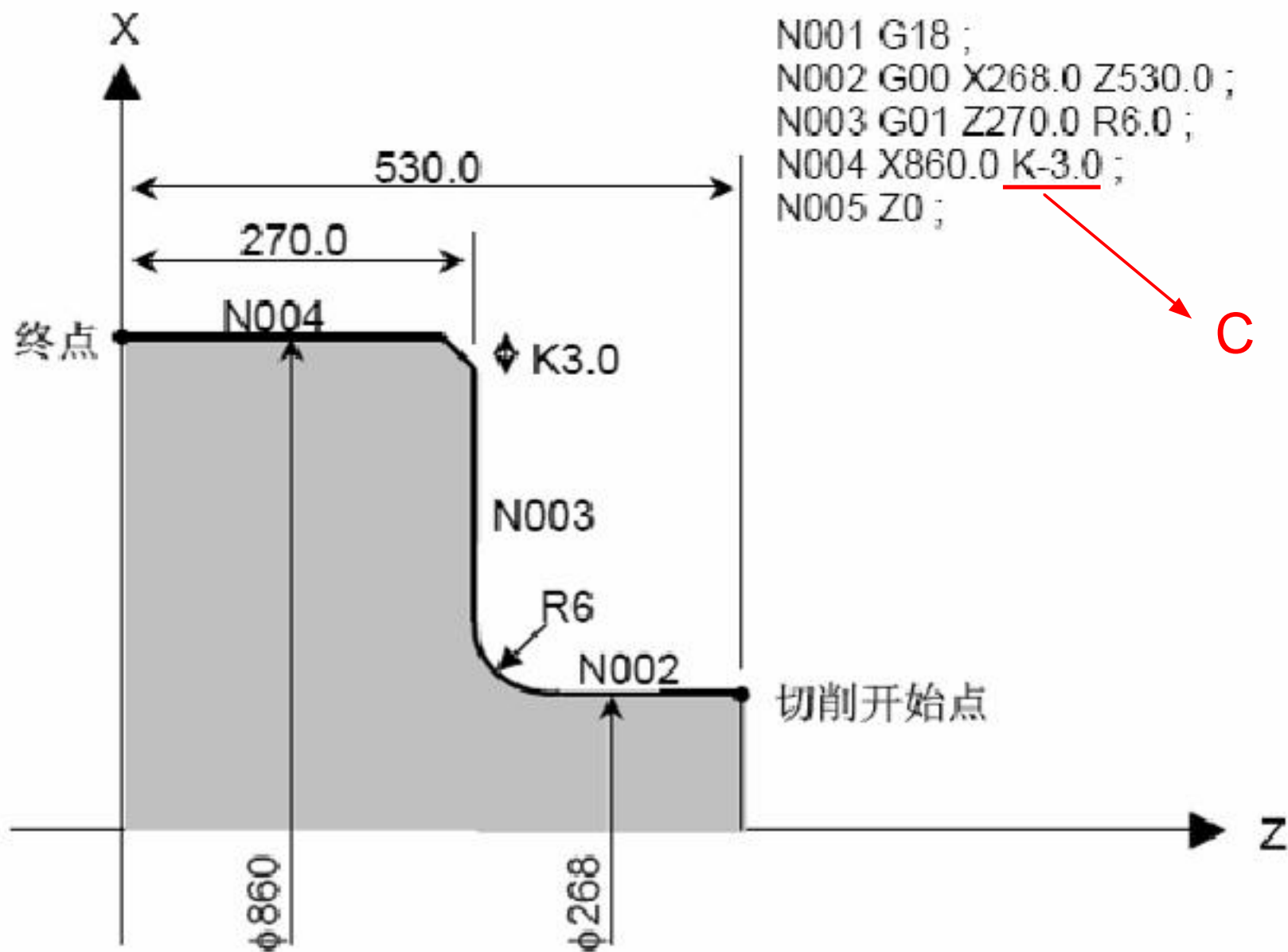
N310 M05;

N320 M30;



课堂练习题:



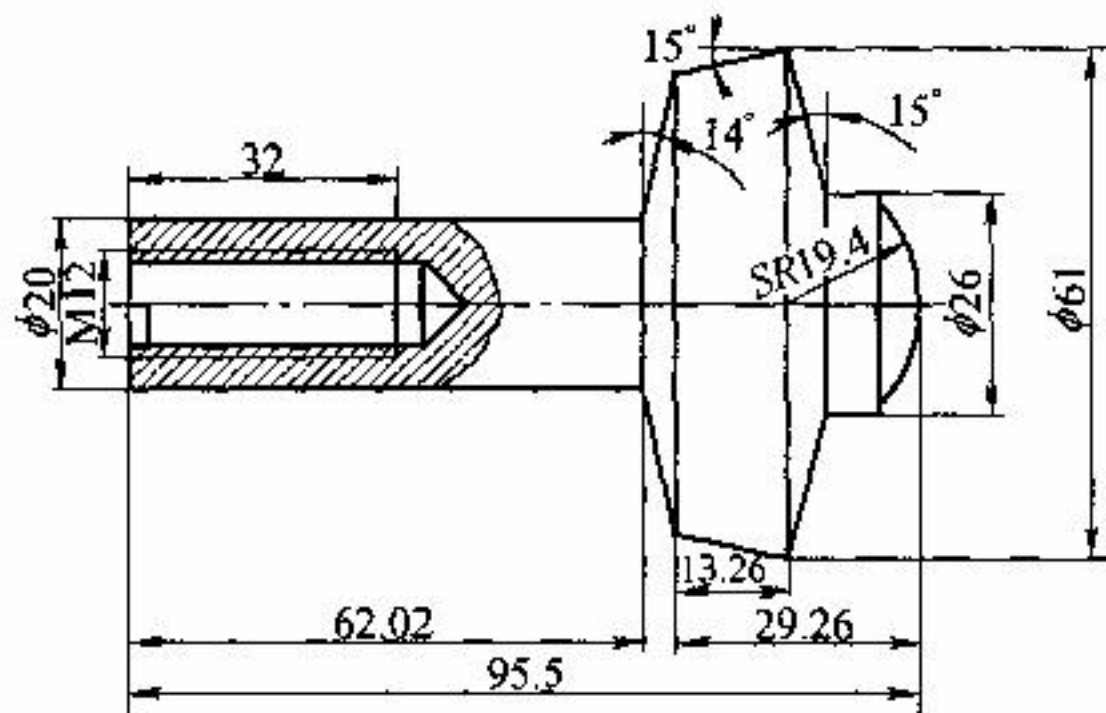
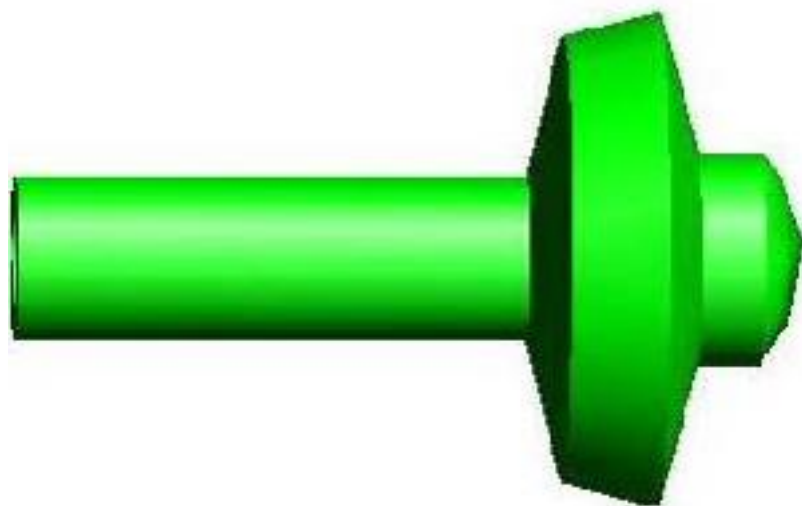


参考答案

```
O0008;  
T0101 S1000 M03;  
G00 X20 Z5;  
G41 G01 X20 Z0;  
G01 Z-10;  
X40 Z-20;  
G01 X40 Z-30 R2;  
G01 X50 C-1;  
G01 Z-37;  
X48 Z-40;  
Z-43;  
G40 G01 X55 Z-50;    取消刀补  
M05M30;
```


3.2 数控车床编程方法

数控车削编程思考题



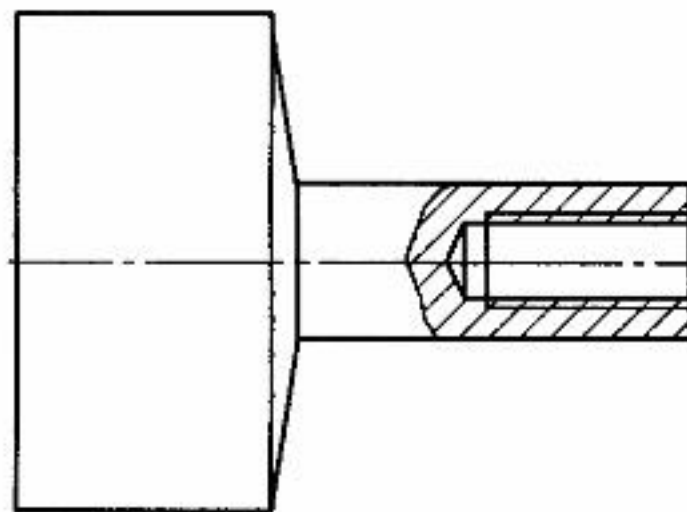
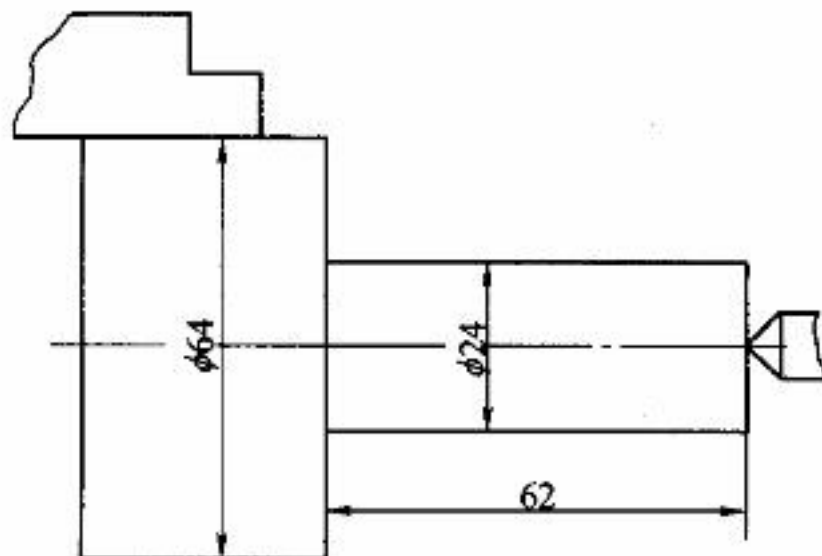
图示是模具芯轴的零件简图。零件的径向尺寸公差为 $\pm 0.01\text{mm}$ ，角度公差为 $\pm 0.1^\circ$ ，材料为 45 钢。毛坯尺寸为 $66\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，批量 30 件。

经过分析可制定加工方案如下：

工序 1： 用三爪卡盘夹紧工件一端，加工 64×38 柱面并调头打中心孔。

工序 2： 用三爪卡盘夹紧工件 64 一端，另一端用顶尖顶住。加工 24×62 柱面。

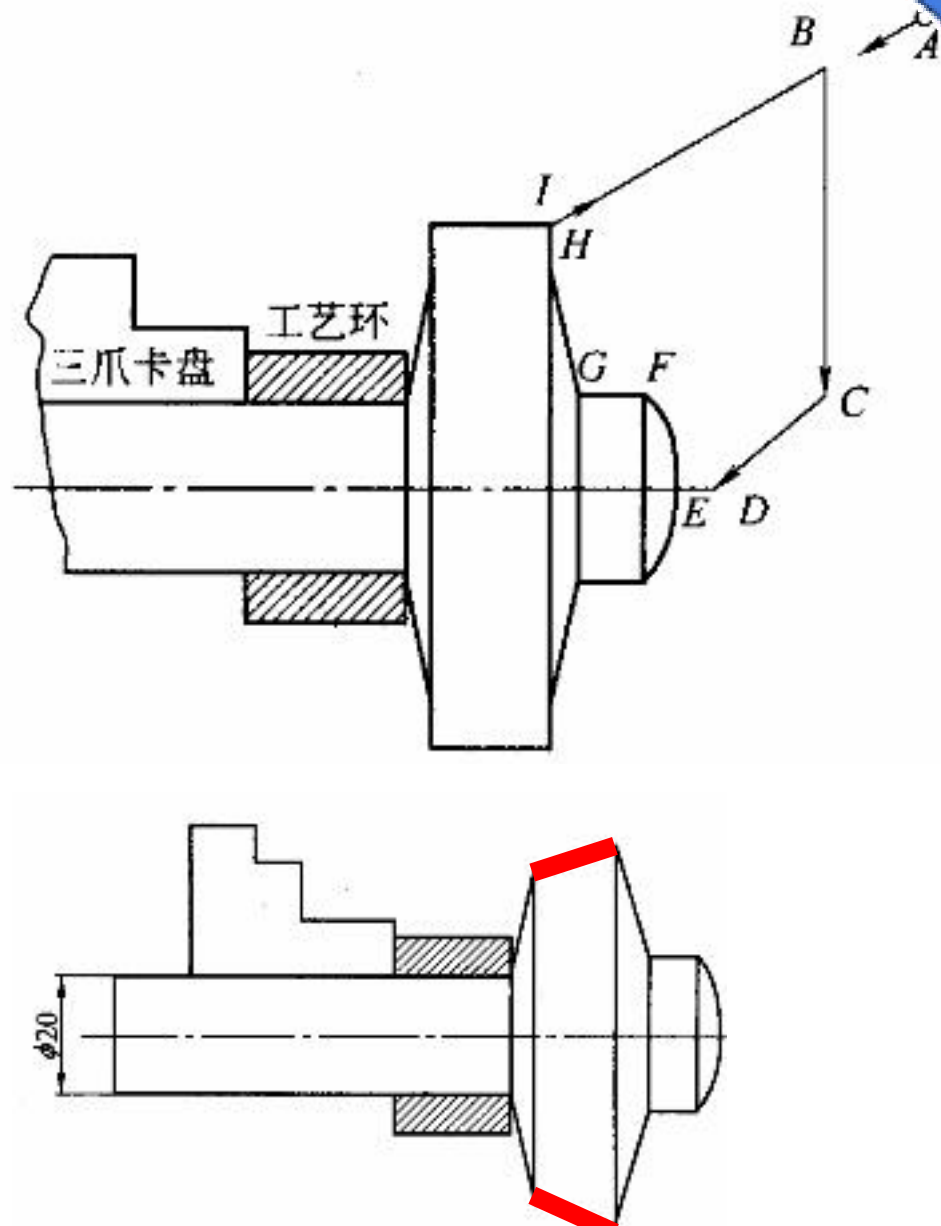
工序 3： 钻螺纹底孔；
精车 20 表面，加工 14° 锥面及背端面； 攻螺纹。



工序 4 加工 SR19.4 圆弧面、 26 圆柱面、角 15° 锥面和角 15° 倒锥面 加工过程如下：

1) 先用**复合循环**若干次一层层加工，逐渐靠近由 E—F—G—H—I 等基点组成的回转面。后两次循环的走刀路线都与 B—C—D—E—F—G—H—I—B 相似。完成粗加工后，精加工的走刀路线是 B—C—D—E—F—G—H—I—B，如图所示。

2) 再加工出最后一个 15° 的倒锥面。



3.3 数控铣床编程方法及实例

数控铣削加工是实际生产中最常用和最主要的数控加工方法之一，它的特点是能同时控制多个坐标轴运动，并使多个坐标方向的运动之间保持预先确定的关系，从而把工件加工成某一特定形状的零件。

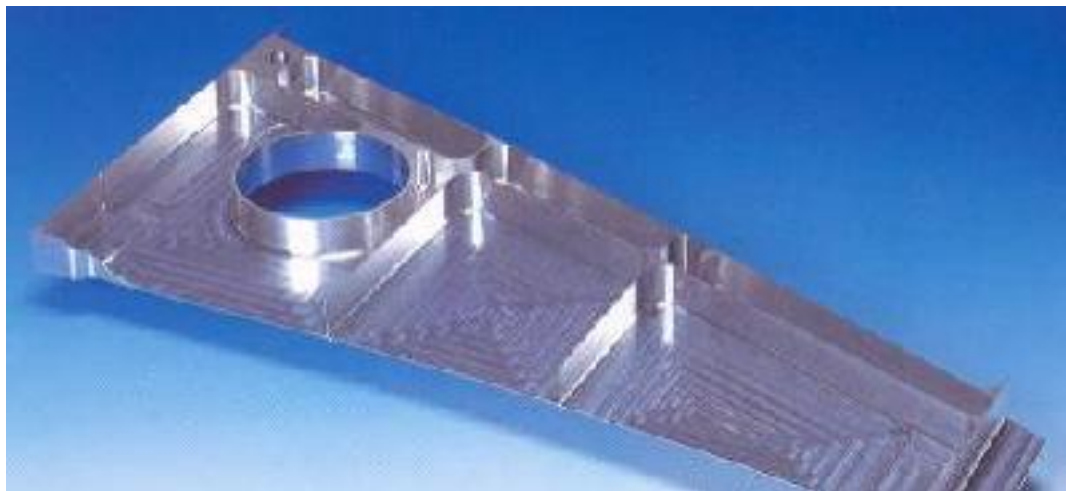
数控铣床除了能铣削普通铣床所能铣削的各种零件表面、槽腔外，还能铣削普通铣床不能铣削的，需2~5坐标联动的各种平面轮廓、立体轮廓和曲面零件。

3.3 数控铣床编程方法及实例

加工零件或加工内容的确定

- u 非圆曲线和列表曲线等曲线轮廓；
- u 已给出数学模型的空间曲面；
- u 形状复杂、尺寸繁多，划线与检测困难的部位；
- u 用通用铣床加工难以观察、测量和控制进给的内外凹槽；
- u 需尺寸协调的高精度表面；
- u 在一次安装中能顺带铣出来的简单表面；
- u 采用数控铣削能成倍提高生产率，大大减轻体力劳动强度的一般加工内容。

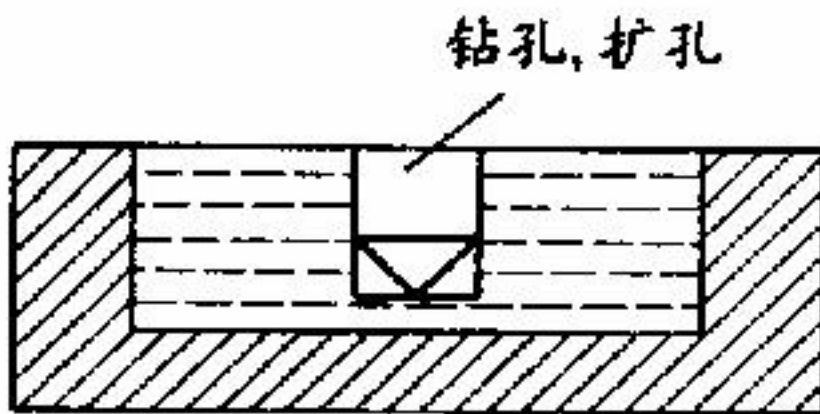
3.3 数控铣床编程方法及实例



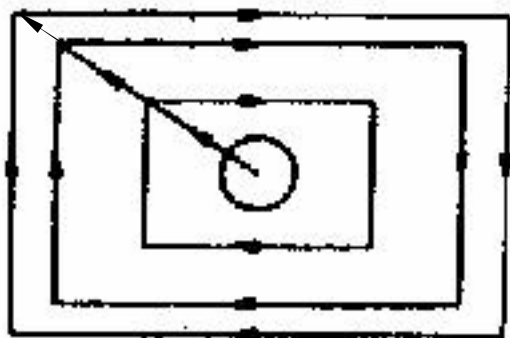
3.3 数控铣床编程方法及实例

加工路线的确定：

型腔的粗铣加工



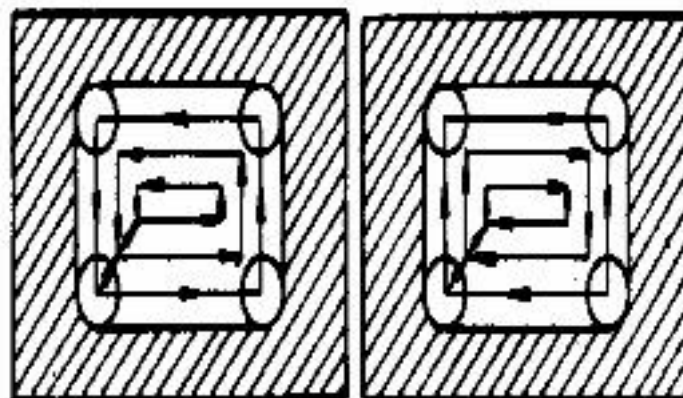
分层粗加工



从中心向四周扩槽

3.3 数控铣床编程方法及实例

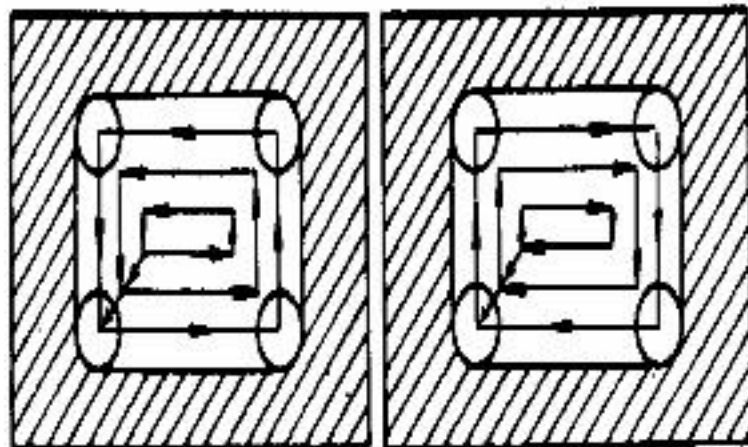
由外至内环切加工



顺铣

逆铣

由内至外环切加工

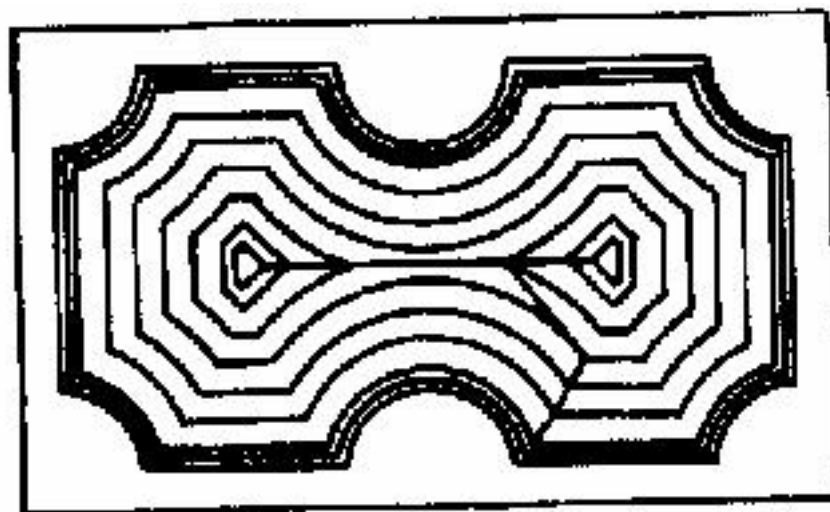
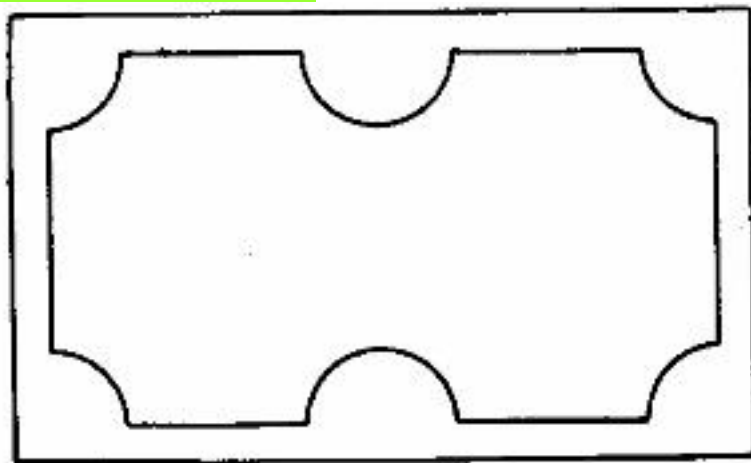


顺铣

逆铣

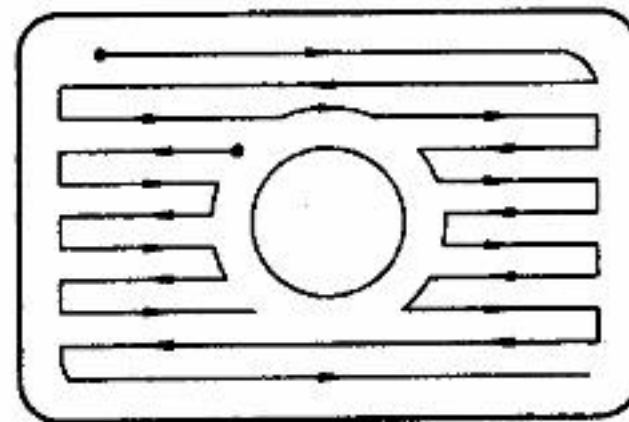
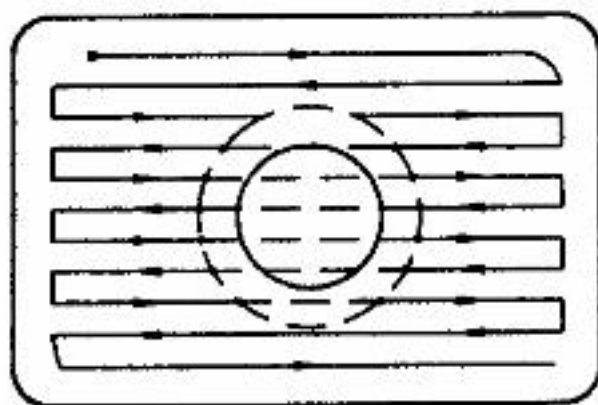
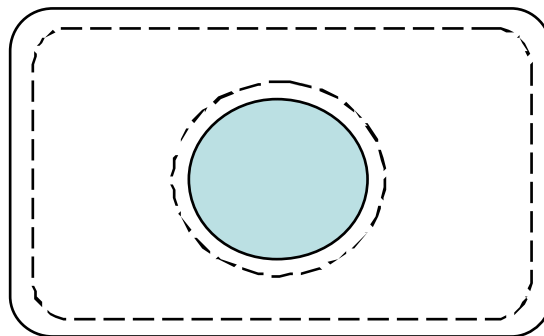
3.3 数控铣床编程方法及实例

复杂型腔环切加工

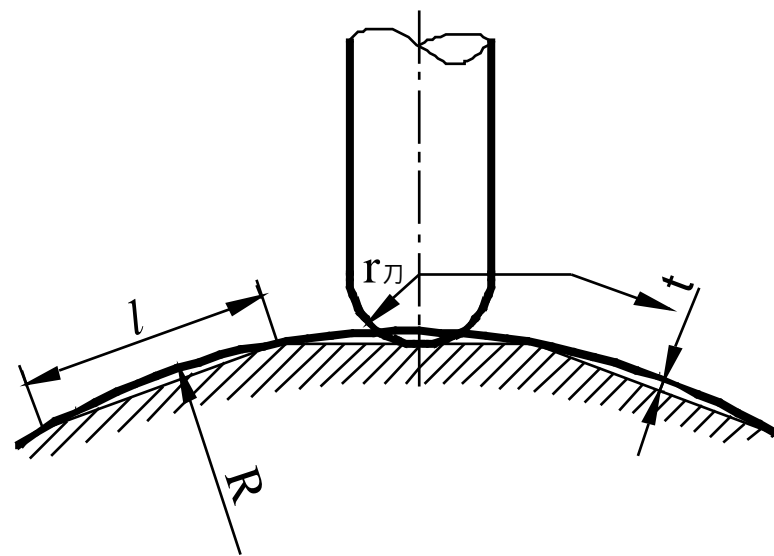
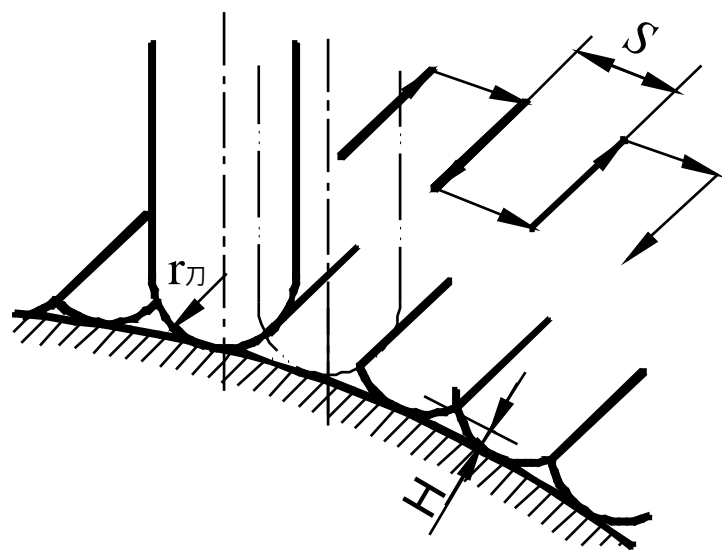


3.3 数控铣床编程方法及实例

带岛屿的型腔加工



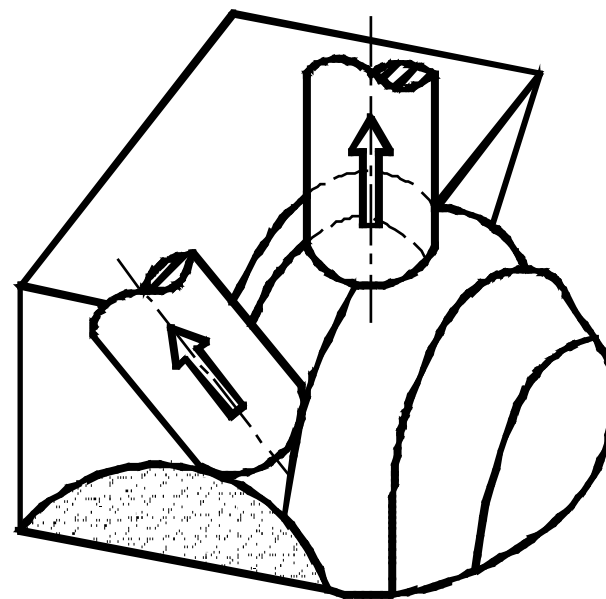
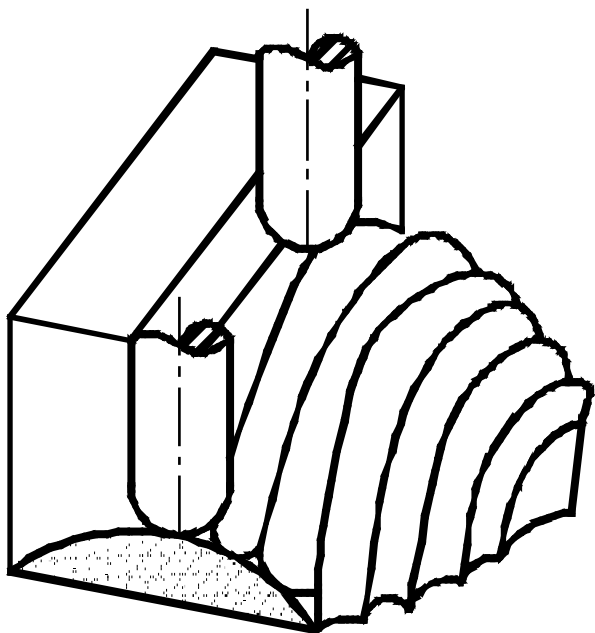
3.3 数控铣床编程方法及实例



“行切法”加工

3.3 数控铣床编程方法及实例

曲面的三坐标和五坐标加工



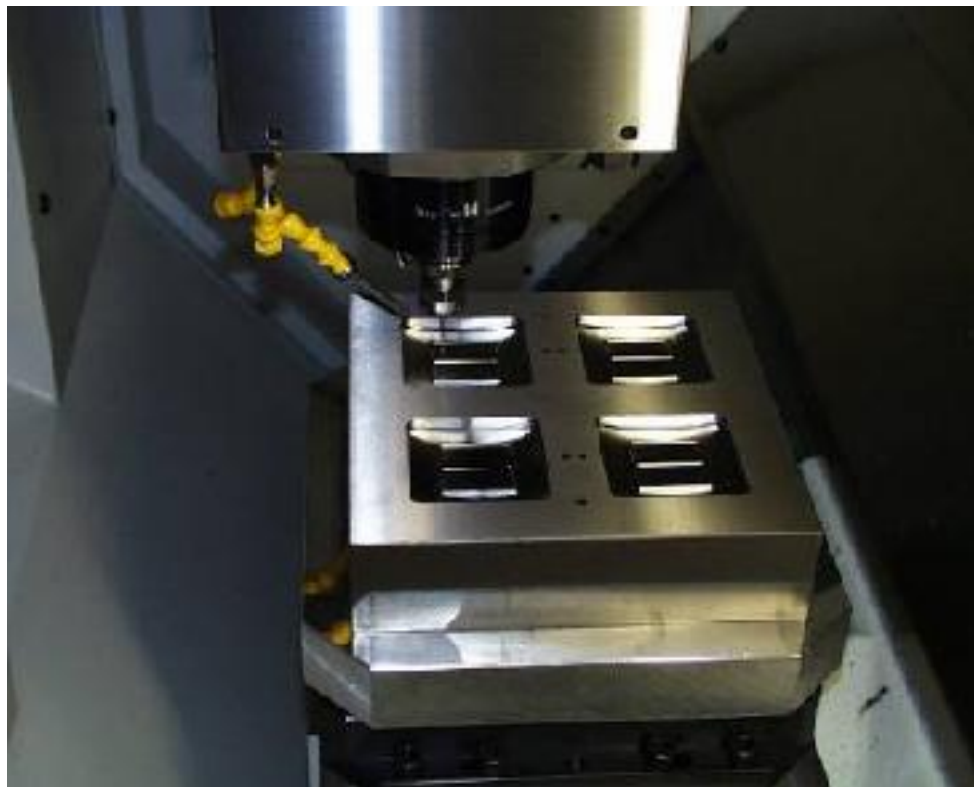
3.3 数控铣床编程方法及实例

插补功能

直线插补、圆弧插补、极坐标插补、抛物线插补、螺旋线插补、渐开线插补、正弦线插补、样条曲线插补和球面螺旋线插补等。

数控铣床编程特点

子程序



3.3 数控铣床编程方法及实例

利用比例缩放实现镜像功能

O9000 ; (图形 1)

.....

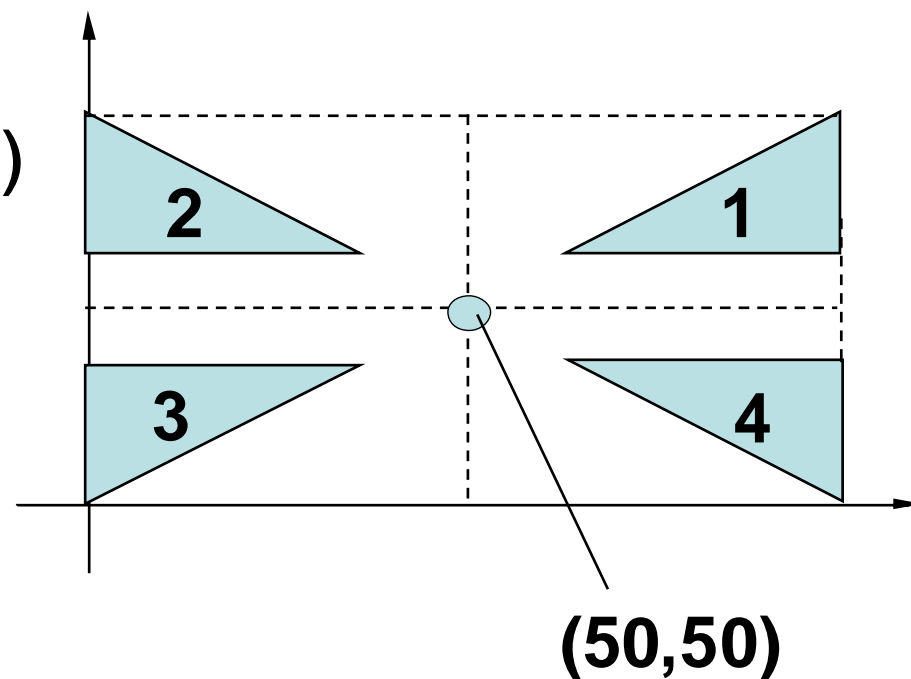
M99;

M98P9000;

G51X50.0Y50.0I-1000J1000;

M98P9000;

.....



比例缩放指令 :G50/G51

G51X-Y-Z-P- ;

G51X-Y-Z-I-J-K- ;

镜像功能

M95/M94

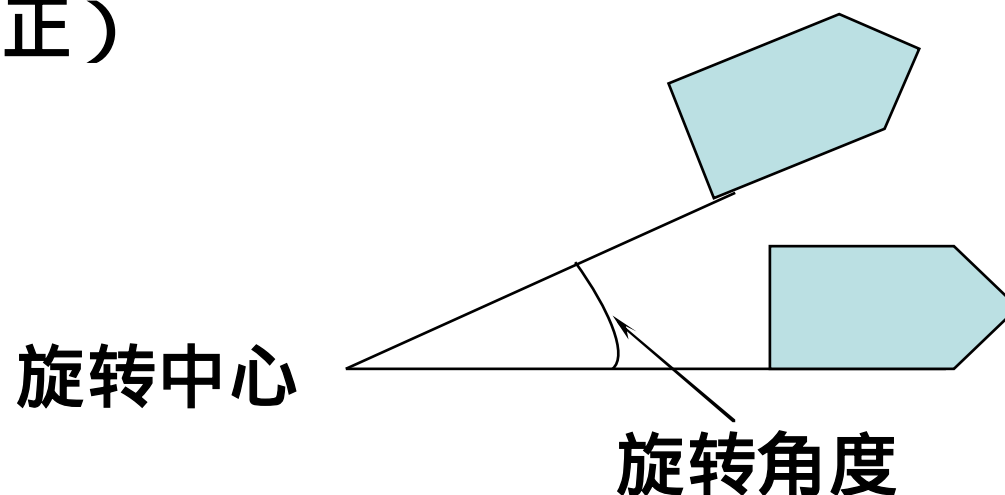


3.3 数控铣床编程方法及实例

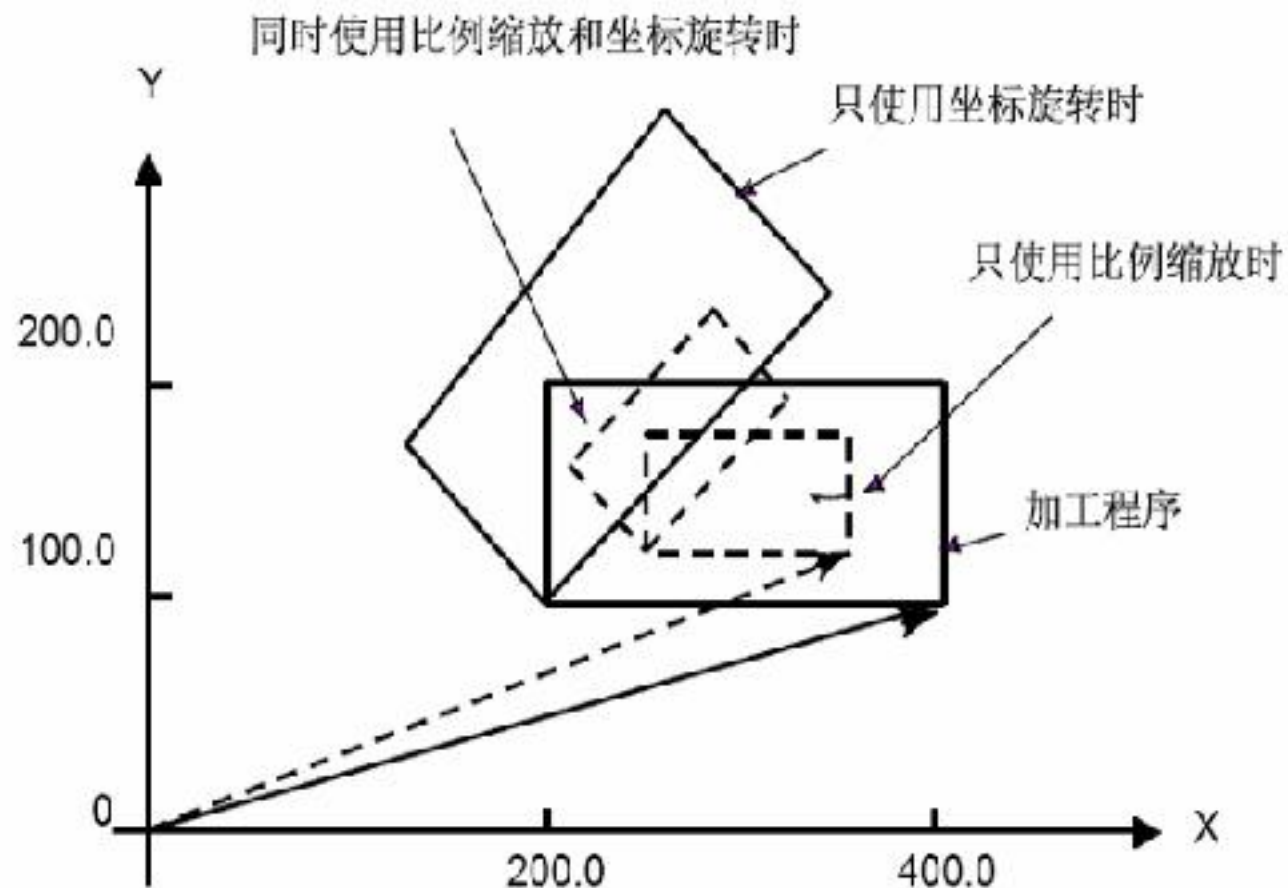
坐标旋转指令 (G68, G69)

G17/G18/G19 G68 X-Y-Z- R-; 旋转中心 (X Y Z) ,R
旋转角度, 逆 (正)

G69 取消

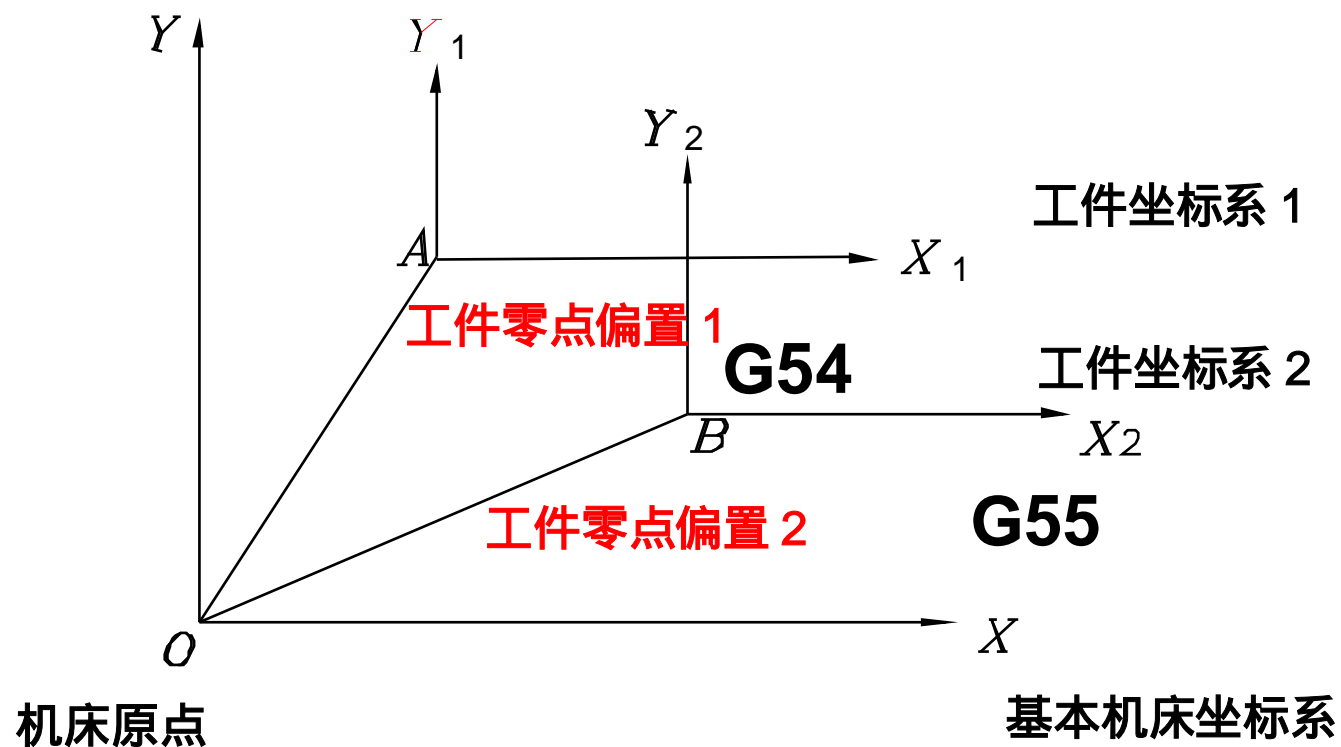


3.3 数控铣床编程方法及实例

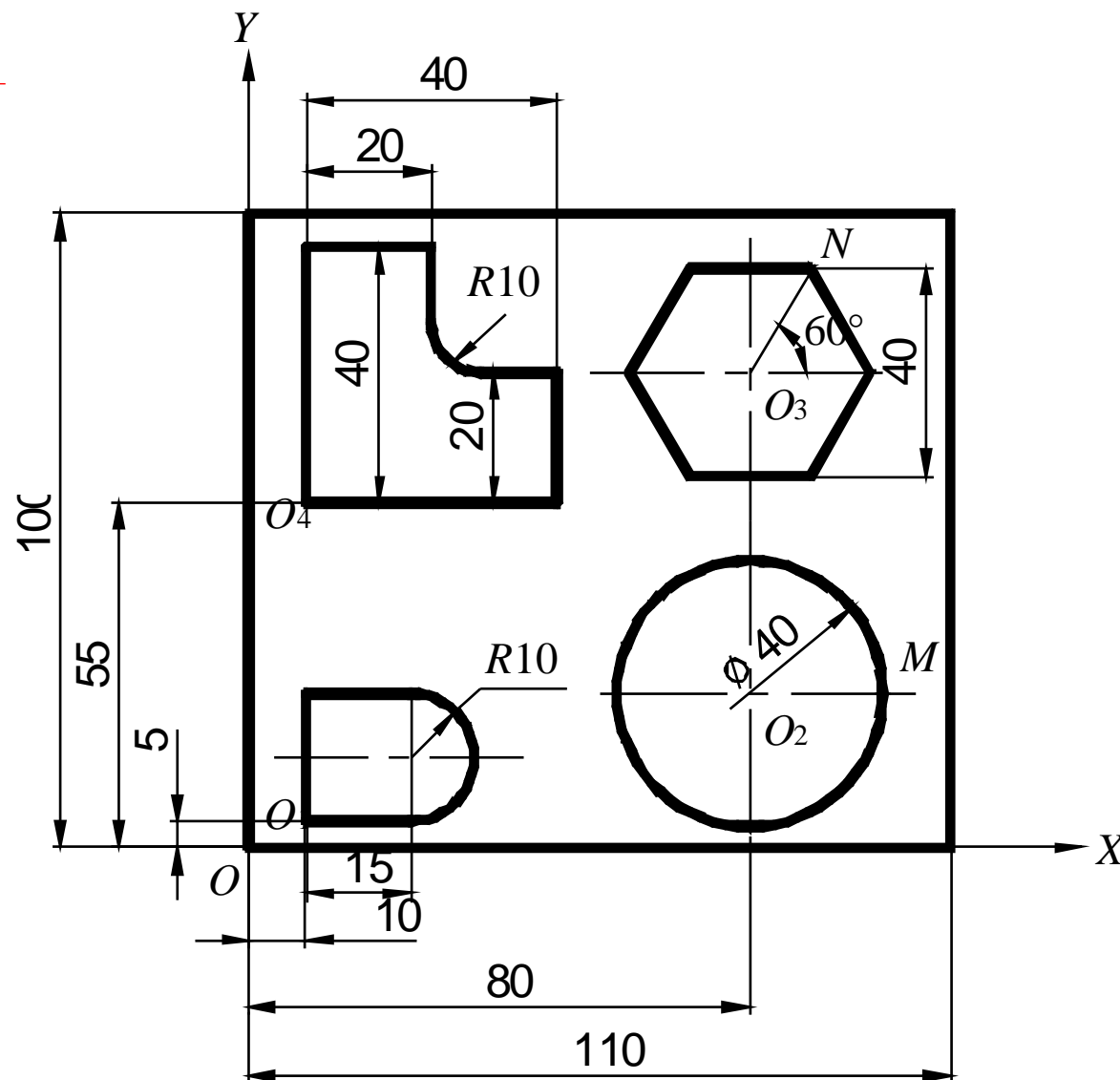


```
G92 X0 Y0 ;  
G51 X300.0 Y150.0 P500 ;  
G68 X200.0 Y100.0 R45.0 ;  
G01 X400.0 Y100.0 ;  
Y100.0 ;  
X-200.0 ;  
Y-100.0 ;  
X200.0 ;
```


3.3 数控铣床编程方法及实例

G54~G59指令

3.3 数控铣床编程方法及实例

G54~G59使用

3.3 数控铣床编程方法及实例

G00 G01 G02 G03指令

G00 X_ Y_ Z_ ; 快速点定位指令

G01X_ Y_ Z_ F_ ;

G02/G03 X_ Y_ I_ J_ F_ ;

G02/G03 X_ Y_ R_ F_ ;

3.3 数控铣床编程方法及实例

G41/G42、G40指令

G00/G01 G41/G42 X_ Y_ D_ (F_) ;

G00/G01 G40 X_ Y_ (F_) ;

G43/G44、G49

G00/G01 G43/G44 Z_ D_ / H_ (F_) ;

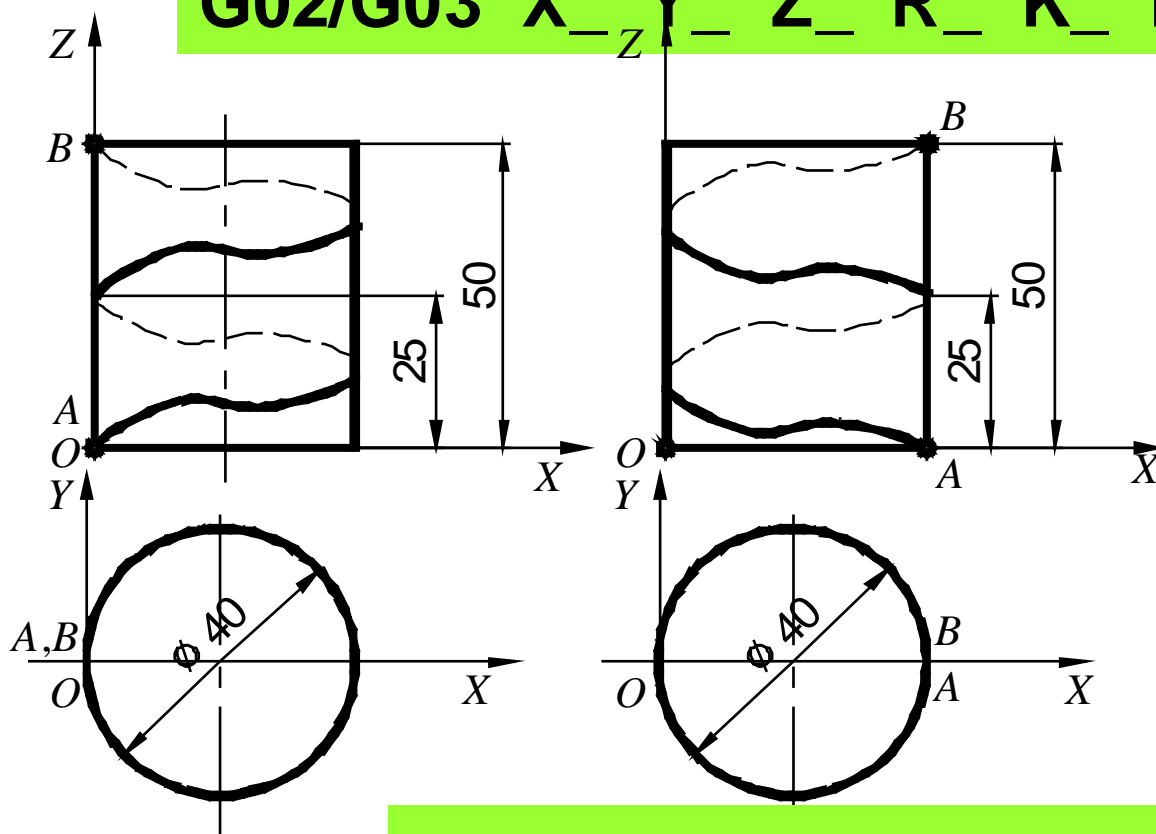
G00/G01 G49 Z_ (F_) ;

3.3 数控铣床编程方法及实例

螺旋线插补指令

G02/G03 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ F_ ;

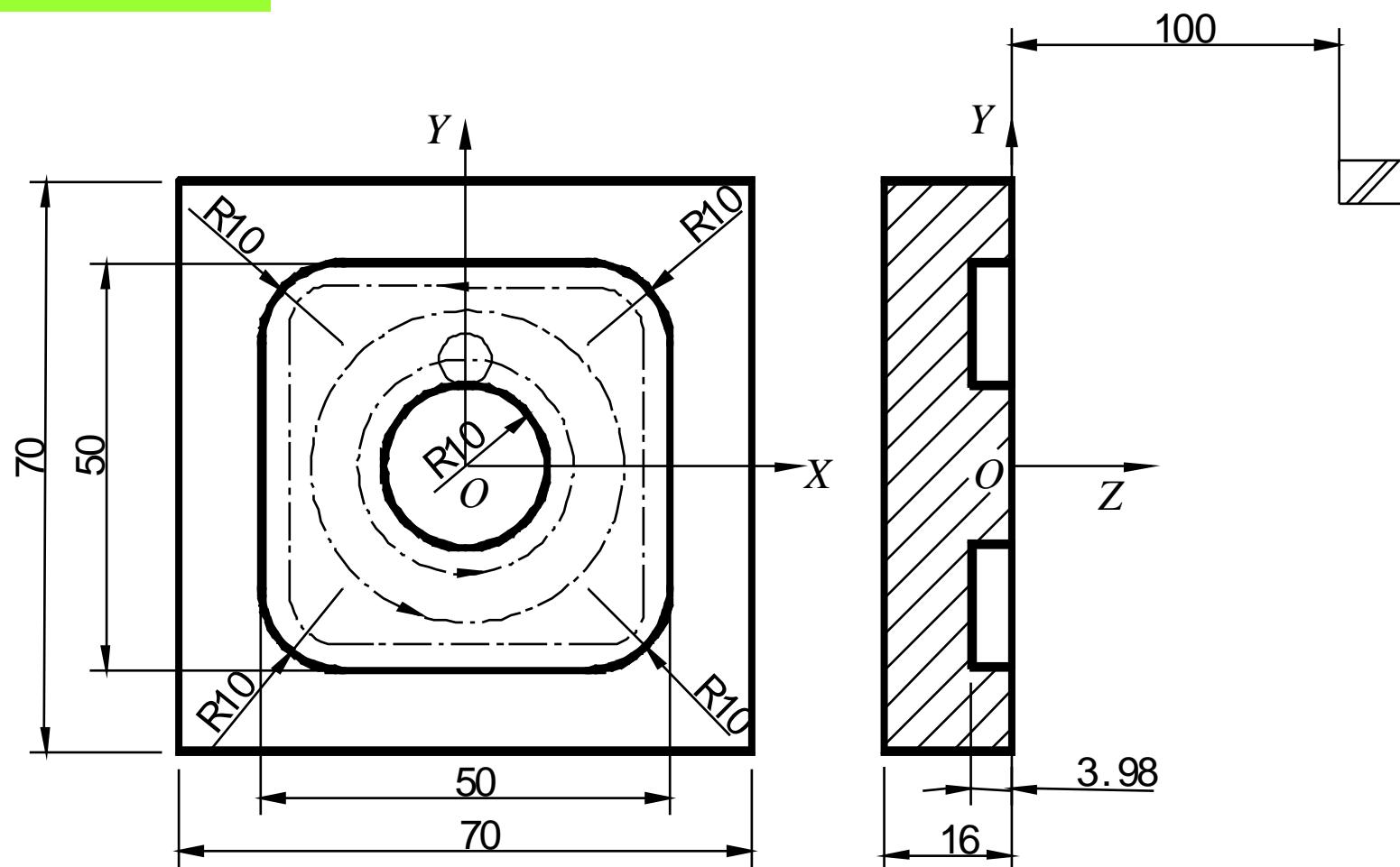
G02/G03 X_ Y_ Z_ R_ K_ F_ ;



G03 X0.0 Y0.0 Z50.0 I20.0 J0.0 K25.0 ;
G02 X40.0 Y0.0 Z50.0 I-20.0 J0.0 K25.0 ;

3.3 数控铣床编程方法及实例

铣削编程实例



3.3 数控铣床编程方法及实例

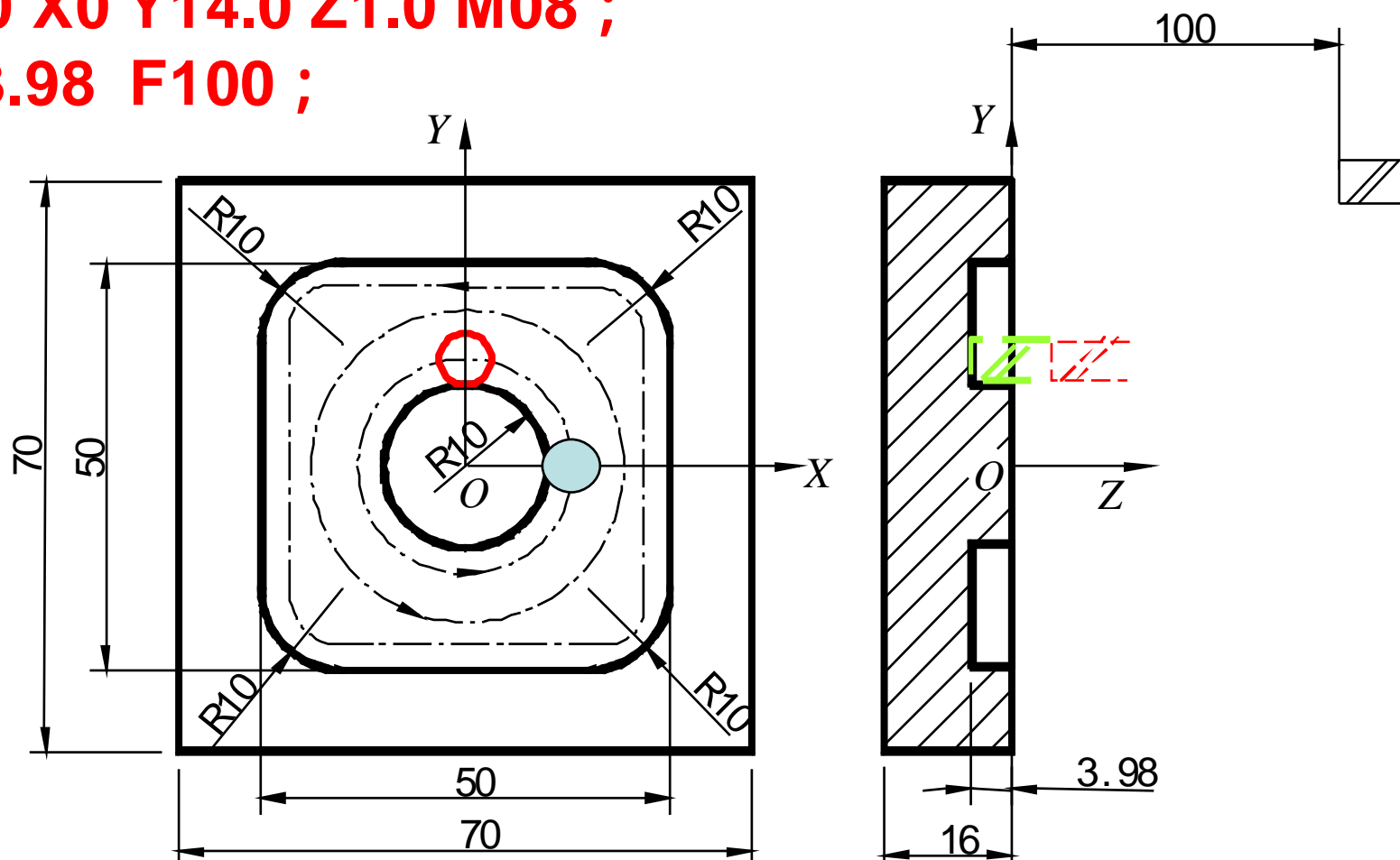
O1000 ;

N10 G92 X35.0 Y35.0 Z150.0 ;

N15 S500 M03 ;

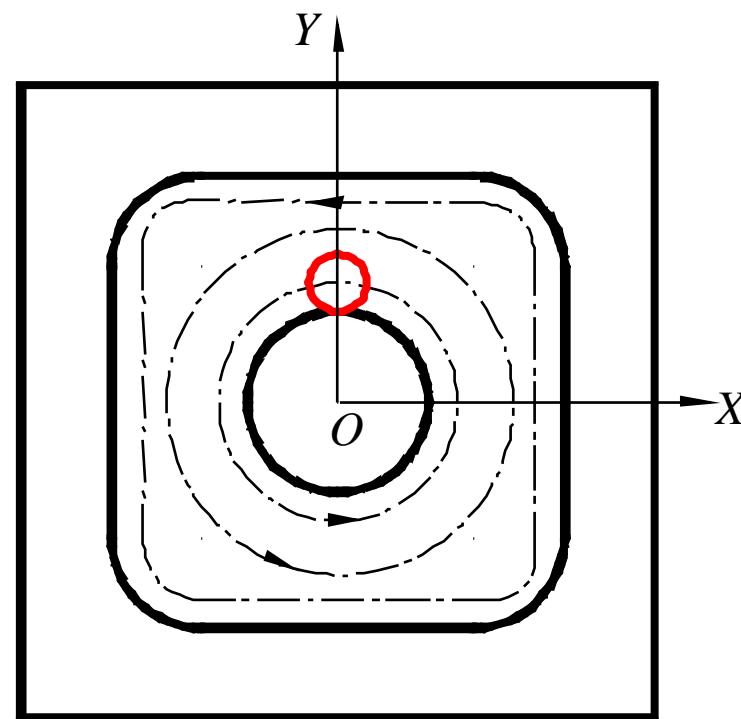
N17 G90 G00 X0 Y14.0 Z1.0 M08 ;

N20 G01 Z-3.98 F100 ;



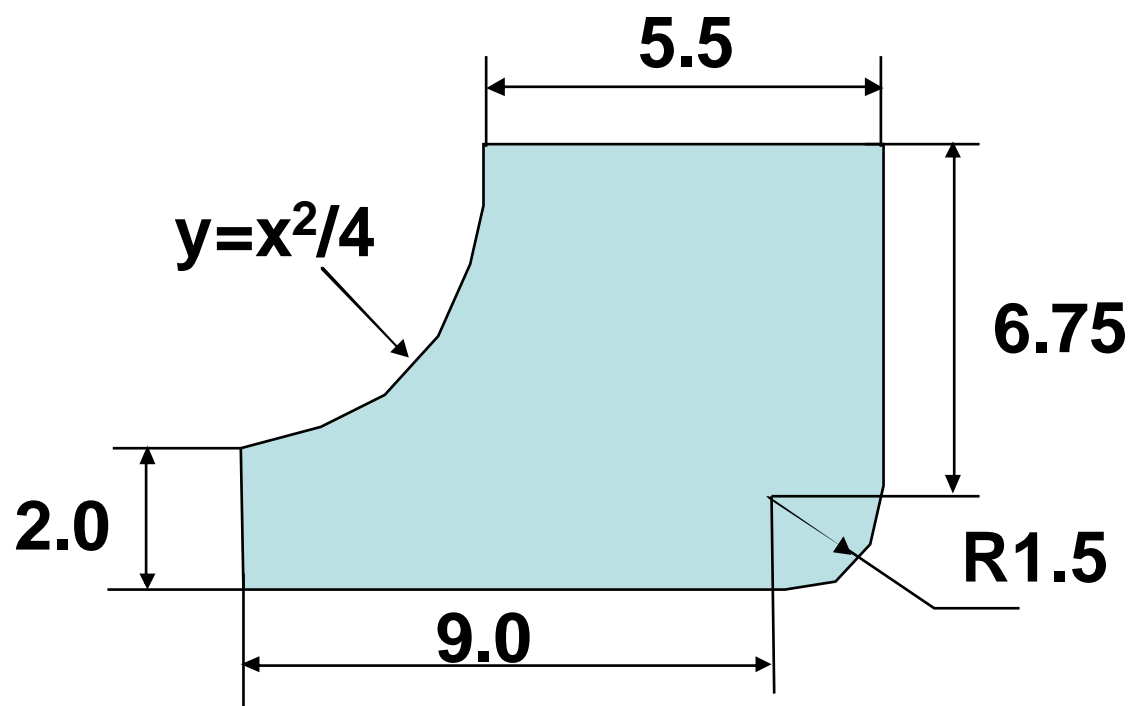
3.3 数控铣床编程方法及实例

```
N30 G03 X0 Y14.0 I0.0 J-14.0 ;  
N40 G01 Y20.0 ;  
N50 G03 X0.0 Y20.0 I0 J-20.0 ;  
N60 G41 G01 X0 Y25.0 D01 ;  
N65 G01 X-15.0 ;  
N90 G03 X-25.0 Y15.0 I0 J-10.0 ;  
N100 G01 Y-15.0 ;  
N110 G03 X-15.0 Y-25.0 I10.0 J0 ;  
N120 G01 X15.0 ;  
N130 G03 X25.0 Y-15.0 I0 J10.0 ;  
N140 G01 Y15.0 ;  
N142 G03 X15.0 Y25.0 I-10.0 J0 ;  
N143 G01 X0 ;  
N150 G00 Z150.0 ;  
N160 G40 X35.0 Y35.0 M09 ;  
N160 M30 ;
```

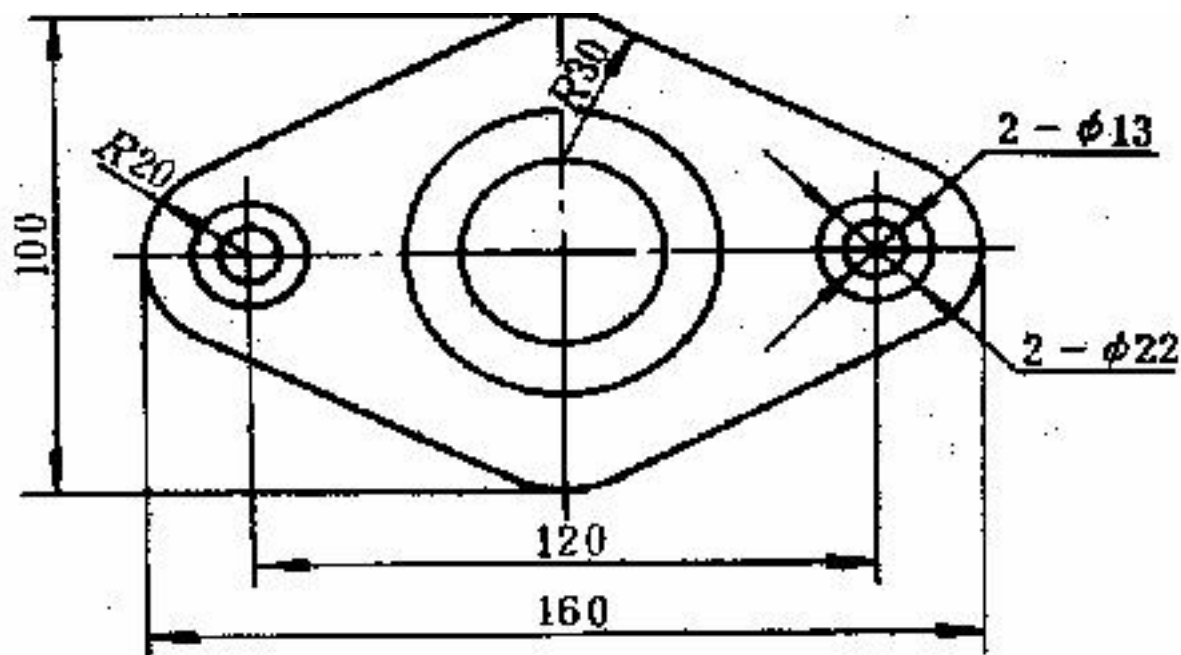
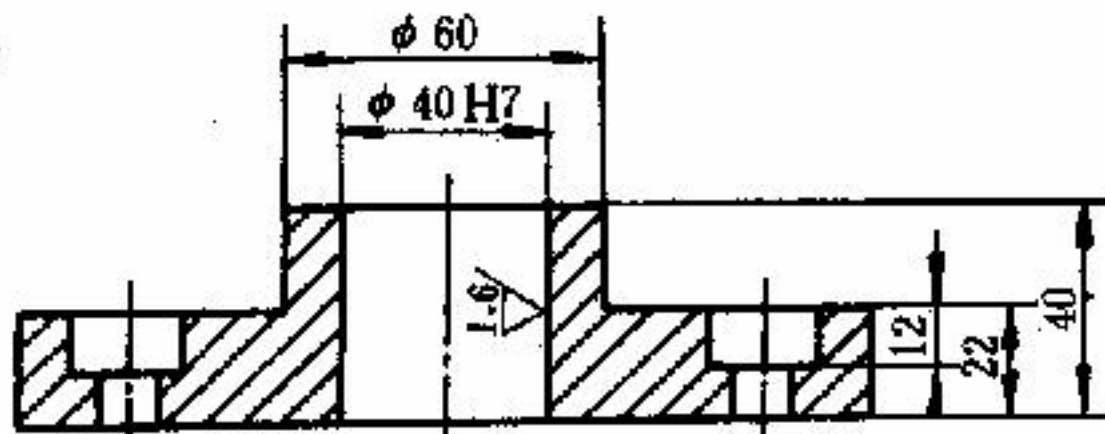


3.3 数控铣床编程方法及实例

板厚 10mm,求最大铣刀直径,编写外轮廓加工程序



3.3 数控铣床编程方法及实例



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

数控线切割机床加工是利用作为负极的电极丝和作为正极的金属材料—工件之间**脉冲放电**的电腐蚀作用，对工件加工的一种工艺方法。



3.4 线切割数控机床编程方法及实例



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

1 按电极丝运动速度分

- 快走丝 (高速往复) $6-10\text{m/s}$
- 慢走丝 (低速单向) $0.001-0.25\text{m/s}$

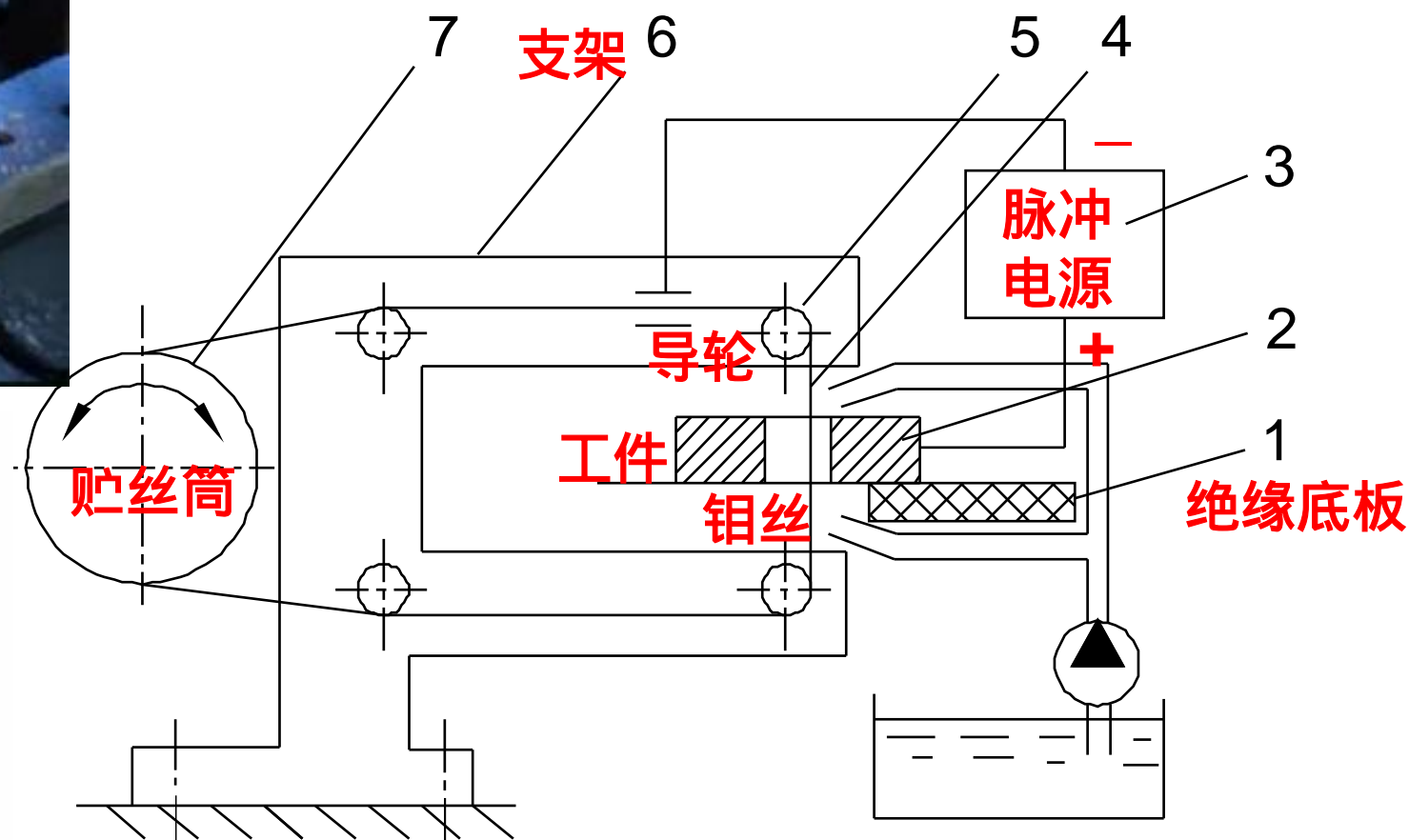
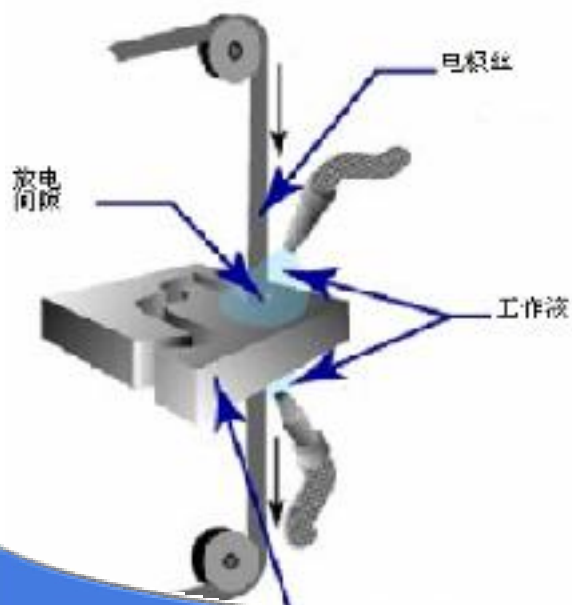
2 按电极丝位置分

- 立式
- 卧式

3 按工作液供给方式分

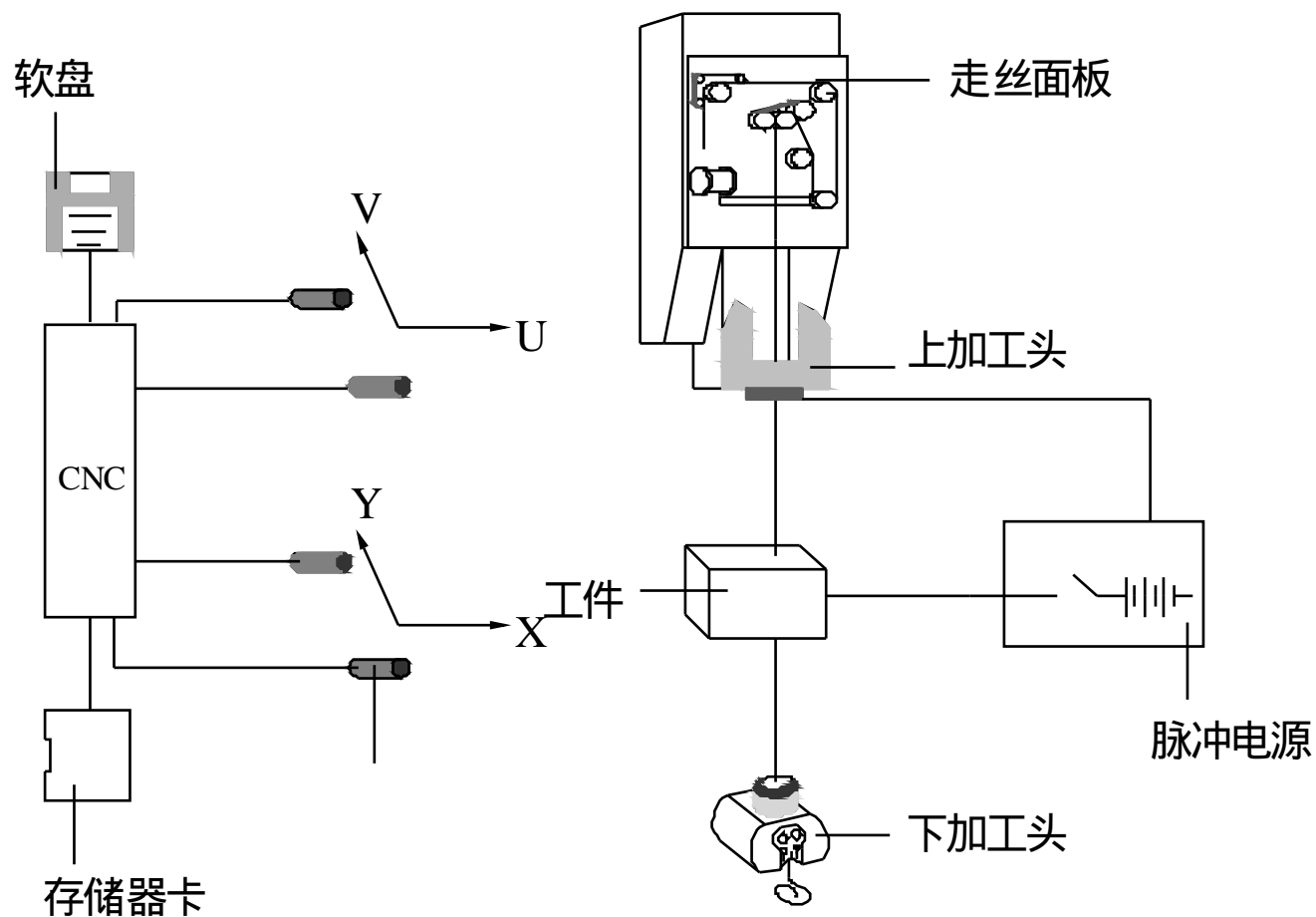
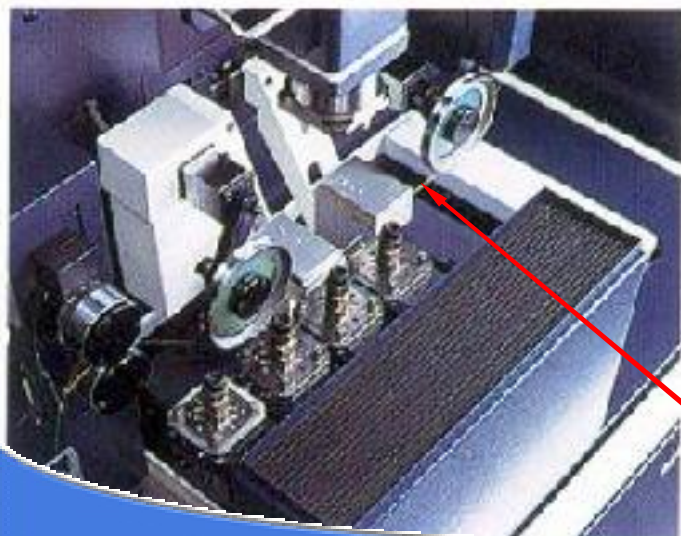
- 冲液式
- 浸液式

3.4 线切割数控机床编程方法及实例



快走丝线切割加工原理图

3.4 线切割数控机床编程方法及实例



电极丝

慢走丝线切割加工原理图

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

线切割加工特点：

- u 材料的去除是靠放电时的电热作用实现的；
- u 工具电极和工件不直接接触，几乎没有切削力；
- u 切缝可窄达仅 0.005mm，材料利用率高；
- u 可加工高硬度材料；
- u 一般采用水基工作液，安全可靠；
- u 电极丝沿轴向运动，并相对工件作进给运动。
 - n 被加工材料必须导电。
 - n 不能加工盲孔。

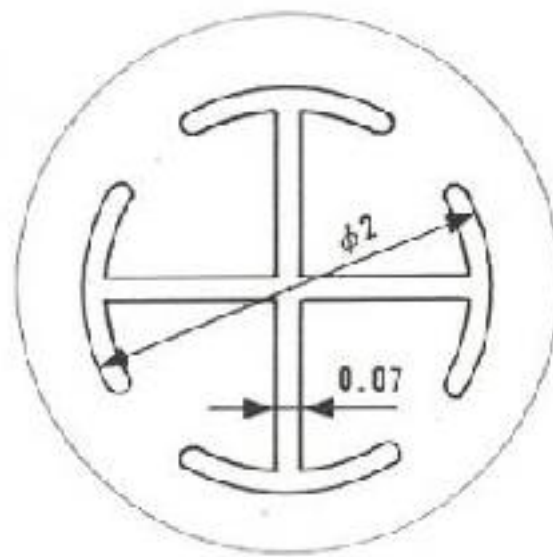
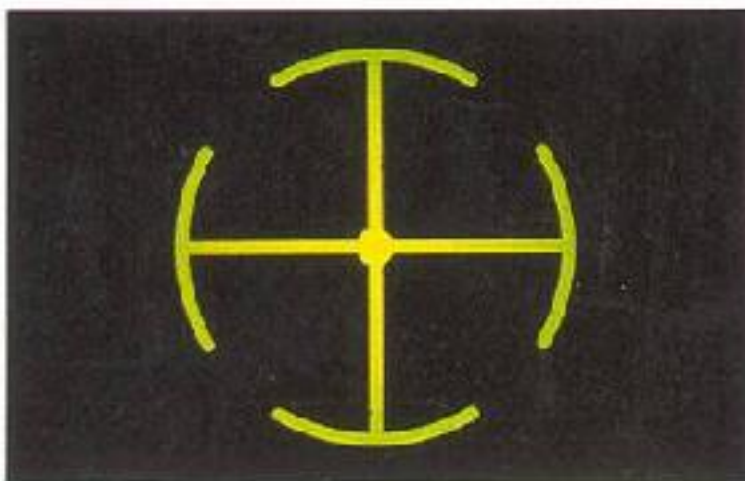
3.4 线切割数控机床编程方法及实例

线切割加工工艺范围

- u 高硬材料
- u 微细结构
- u 复杂形状
- u 高精度尺寸零件
- u 高表面质量零件

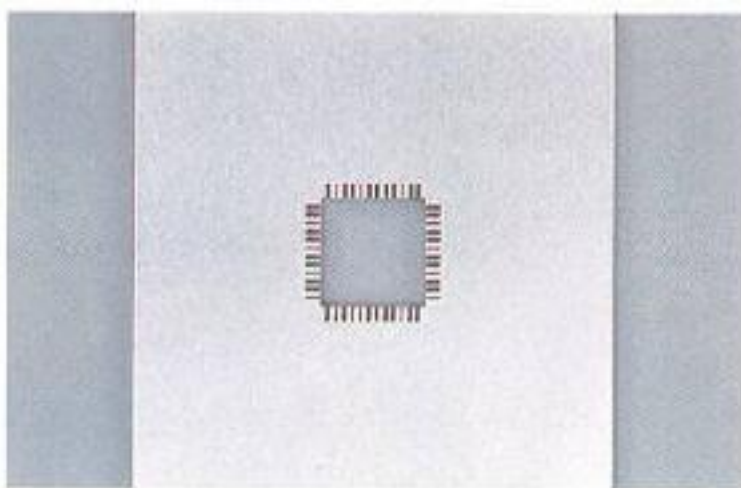
3.4 线切割数控机床编程方法及实例

● Chemical fiber nozzle



微细结构零件

3.4 线切割数控机床编程方法及实例



微细结构零件

3.4 线切割数控机床编程方法及实例



精密冷冲模具



复杂型腔零件



多孔窄缝加工



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

线切割加工工艺指标

切割速度



即单位时间内电极丝中心线在工件上切过的面积总和，快走丝线为 $40-80\text{mm}^2/\text{min}$ ，慢走丝可达 $350\text{mm}^2/\text{min}$ 。

切割精度



快走丝线切割精度可达一般为 $\pm 0.015-0.02\text{mm}$ ；慢走丝线切割精度可达 $\pm 0.001\text{mm}$ 左右。

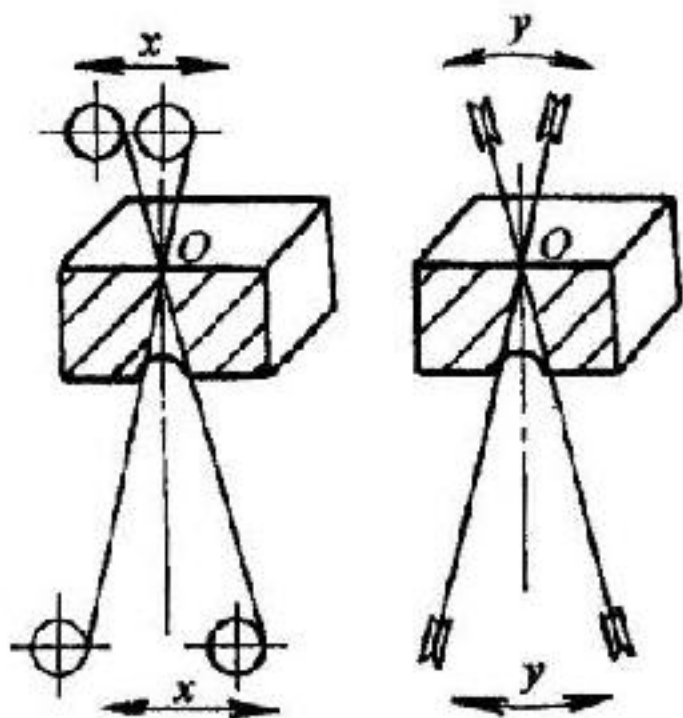
表面粗糙度



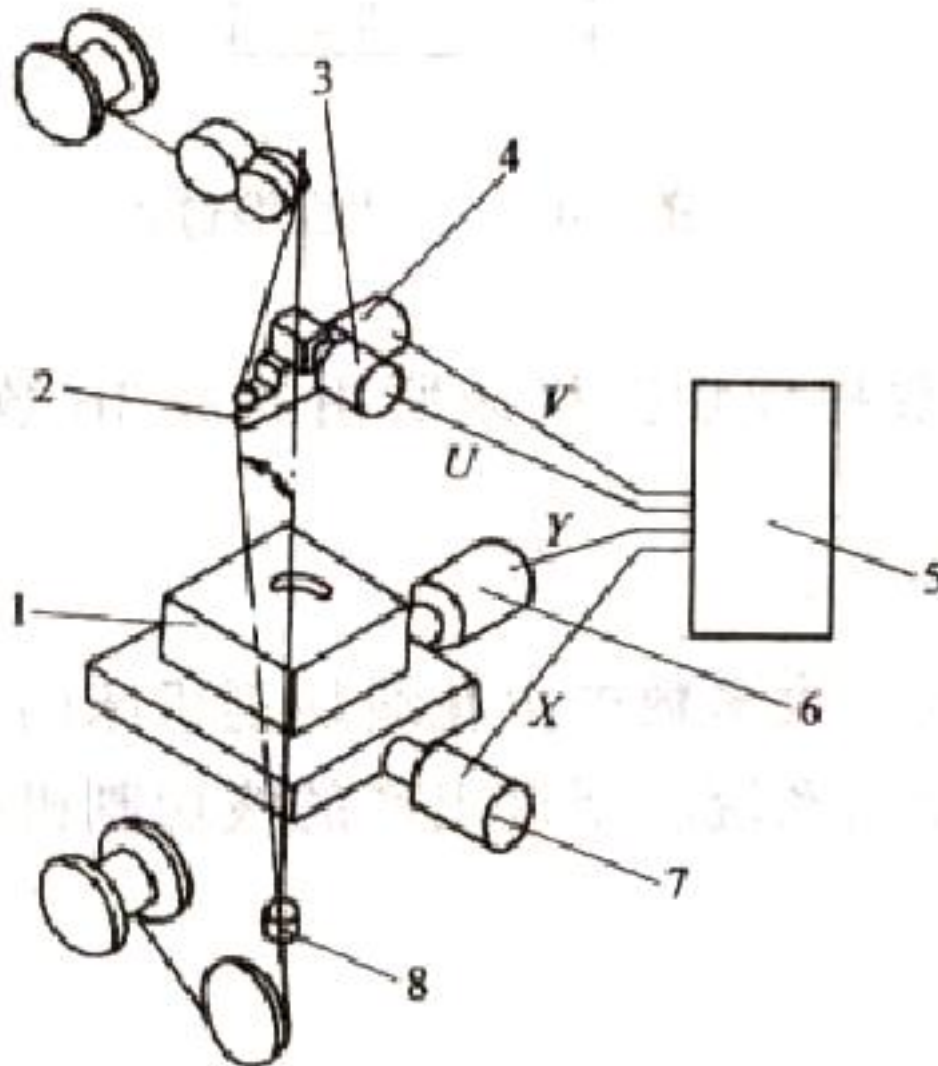
快走丝线切割加工的 R_a 值一般为 $1.25-2.5\mu\text{m}$ ，慢走丝线切割的 R_a 值可达 $0.3\mu\text{m}$ 。

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

锥度切割



上下导轮偏移方式



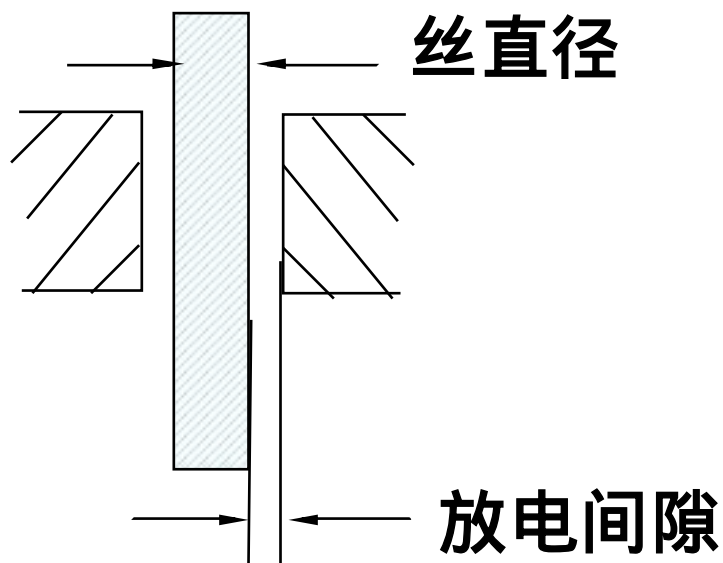
X Y U V四轴联动方式

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

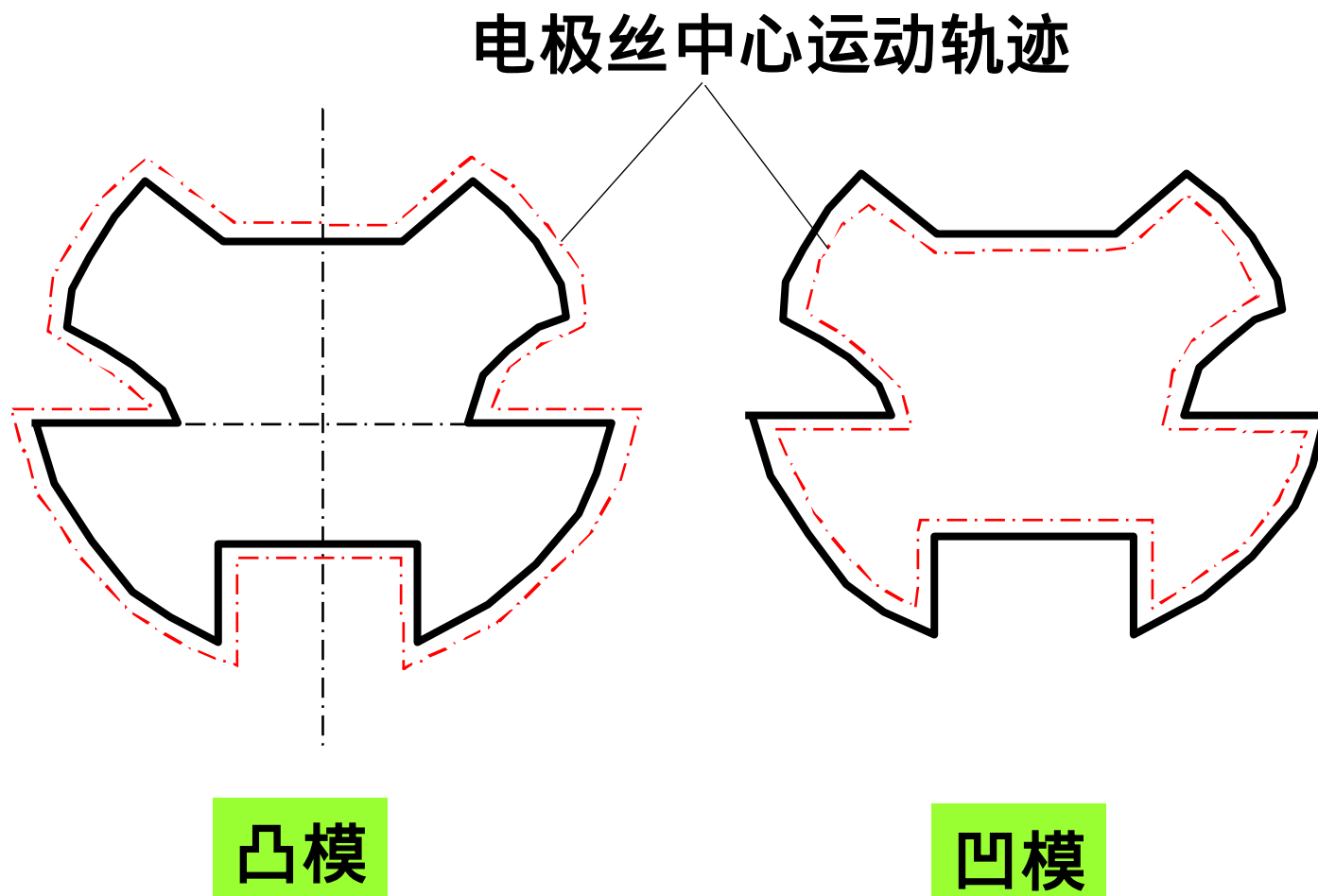
STEP1:图纸审核与分析

数控线切割加工步骤

(1) 凹角和尖角的尺寸要符合线切割加工的特点



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

STEP1: 图纸审核与分析

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

STEP1: 图纸审核与分析

(2) 合理选择表面粗糙度和加工精度 (6级左右)

腐蚀加工 ,无切削力

(3) 材料选用与热处理

加工导体 ,不怕硬

钢的加工路线 :下料—锻造—退火—机械粗加工—
淬火与回火—磨削—线切割—钳工修整

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

STEP2:加工前的工艺准备、加工与检验

- ü 程序编制

- ü 机床检查与调整

- ü 选配工作液与检验工作液循环系统

- ü 电极丝的选择、盘绕和调整

- ü 校正基准、加工基准的准备

- ü 加工穿丝孔（工艺孔）

- ü 加工

调整电极丝垂直度、电参数、进给速度；
正式切割加工，先加工固定板、卸料板，
然后凸板，最后凹模。

- ü 检验

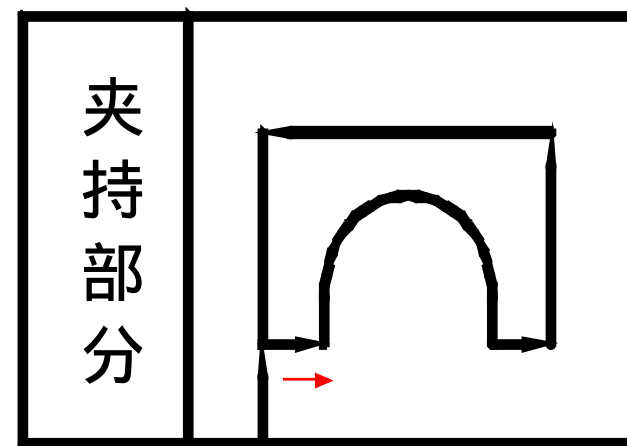
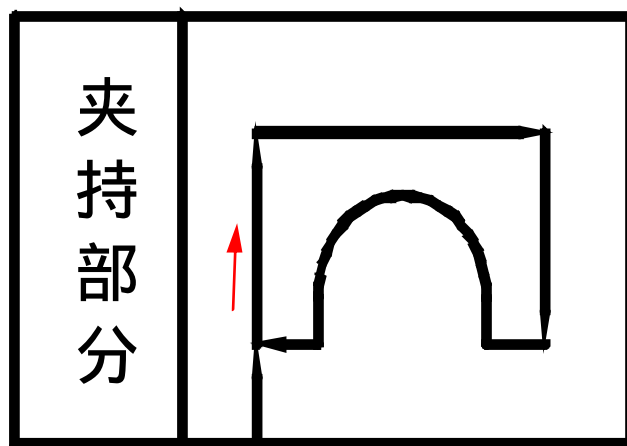
3.4 线切割数控机床编程方法及实例

(1) 线切割加工的工艺参数

脉冲宽度、脉冲间隙、脉冲频率、峰值电流等电参数（与工件厚度、走丝速度、加工精度等有关），以及进给速度和走丝速度等机械参数。

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

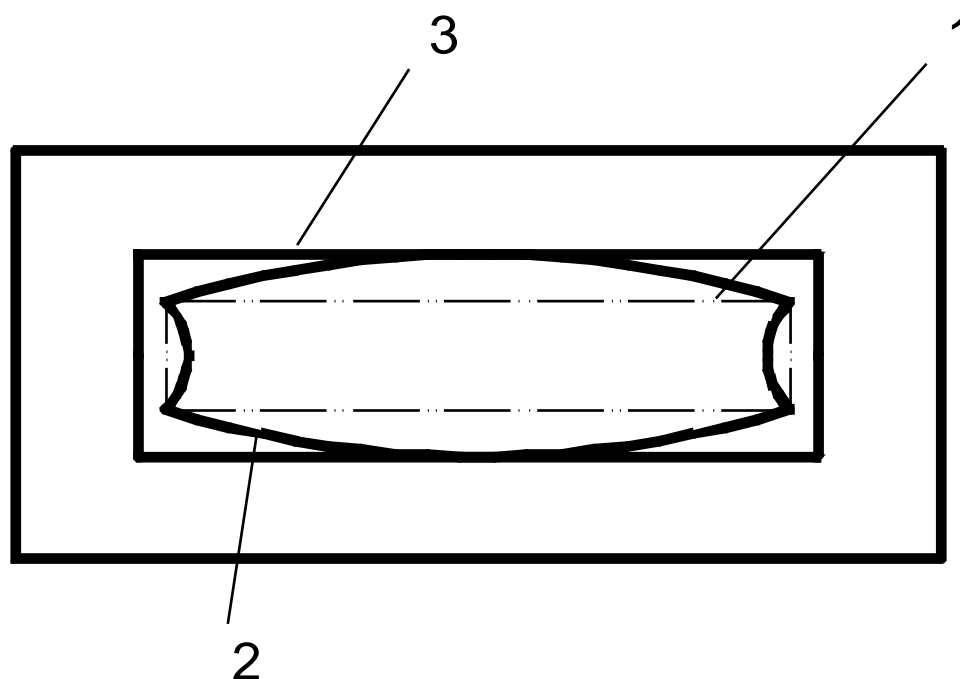
(2) 线切割加工工艺设计



线切割路线对比

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

多次切割法



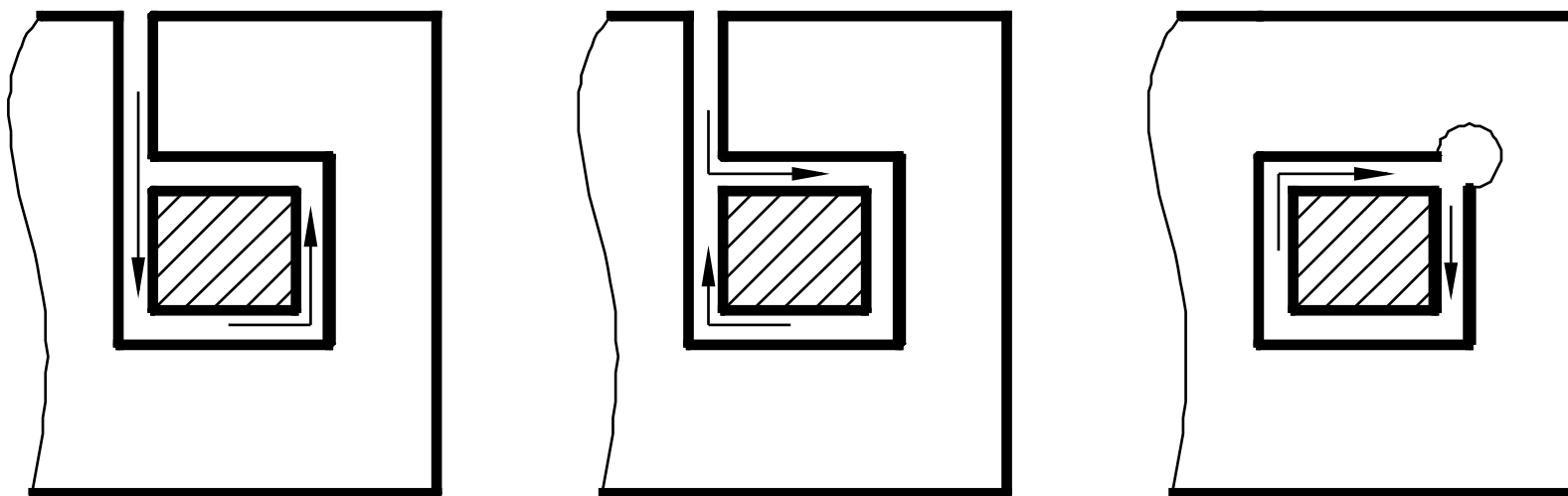
1—第一次切割路线；2—第一次切割后的实际图形；3—第二次切割的图形

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

正确选择穿丝孔 ($\phi 3 \sim 10\text{mm}$)

切割凸模类零件，可由外向里，可没有穿丝孔

切割孔类零件：穿丝孔位置，穿丝孔大小



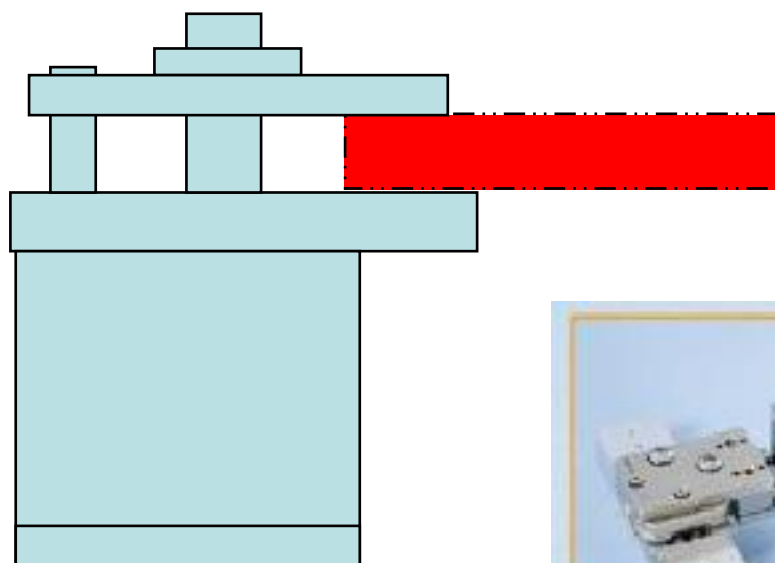
连接部分很小，加工变形

好

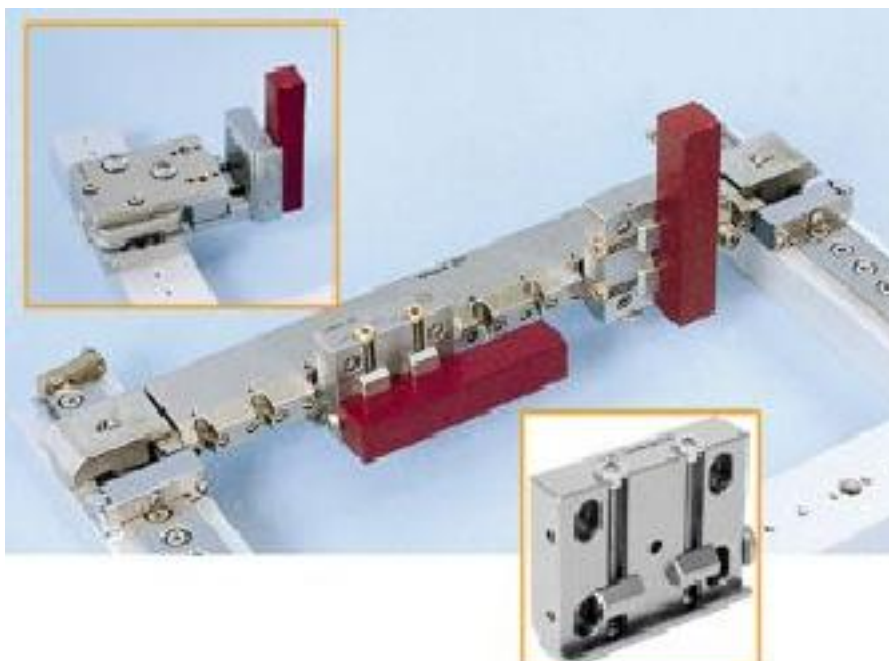
3.4 线切割数控机床编程方法及实例

工件的装夹方法

1) 悬臂支撑方式

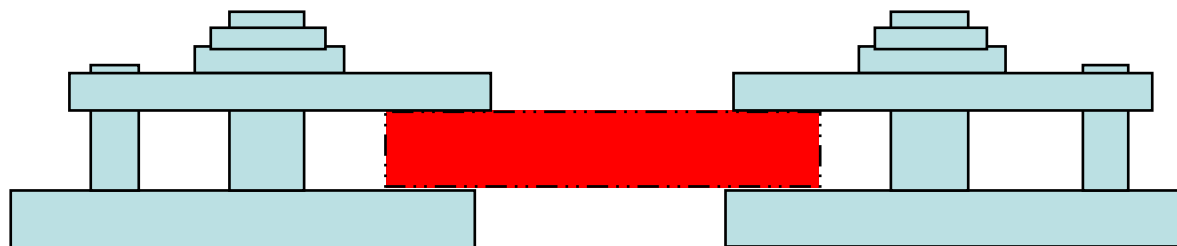


加工精度不高



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

2) 两端支撑方式



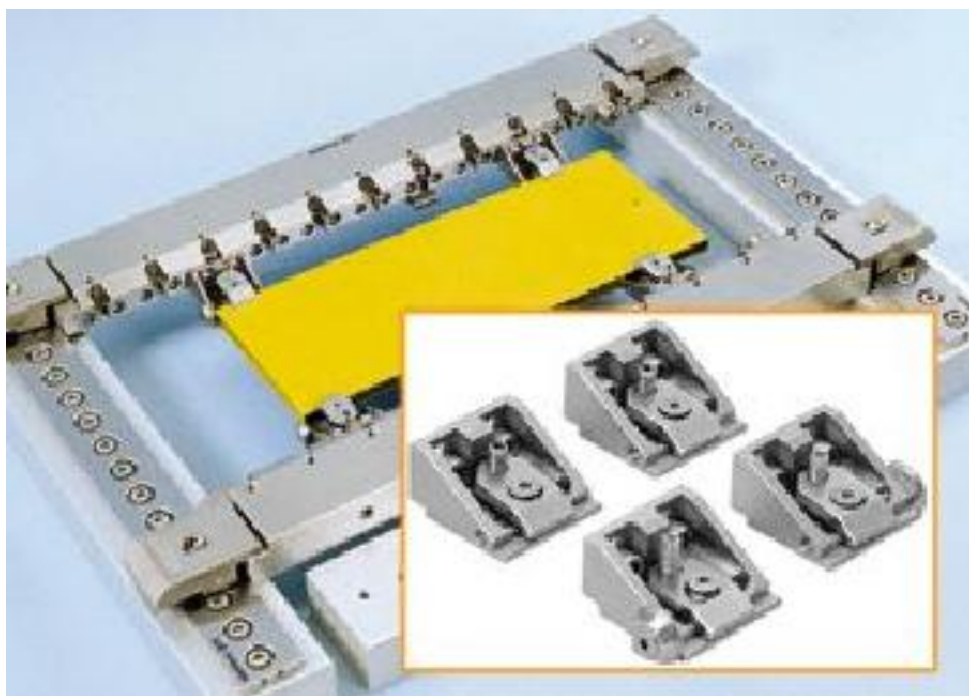
零件不能太小



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

3) 桥式支撑方式

两端夹具体下垫上两个支撑铁架
通用性强、装夹方便

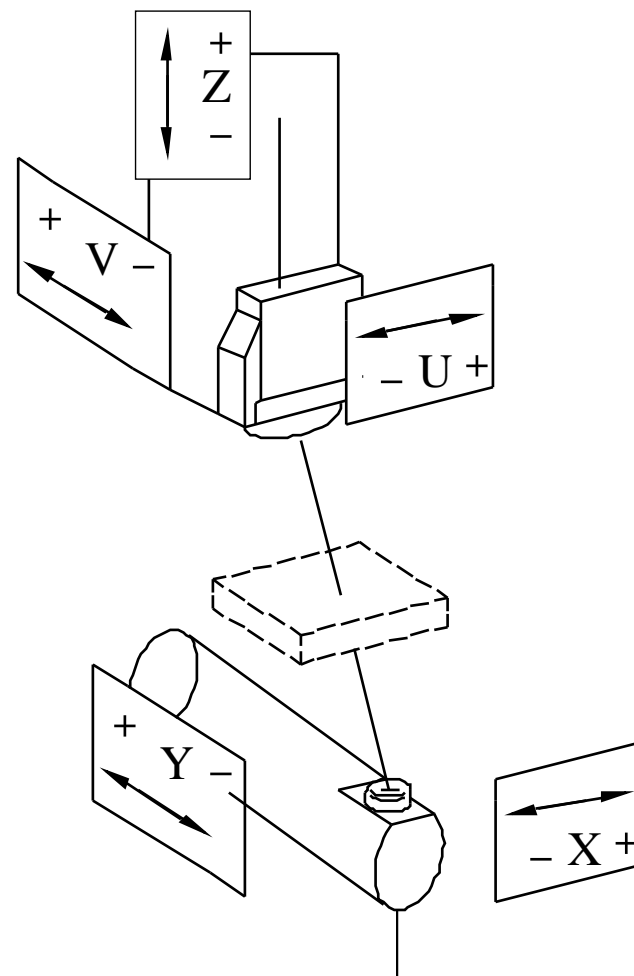


桥式夹具

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

(1) 坐标系设定指令 G92

G92是设定当前电极丝位置的指令，程序段格式为
G92 X_ Y_ (W_ H_ R_) ；



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

(2) 绝对坐标和增量坐标指令 G90 G91

程序格式为 G90/G91 X_ Y_ ;

(3) 快速点定位指令 G00

快速点定位指令 G00 的程序段格式为

G00 X_ Y_ Z_ U_ V_ ; 常规方式

G00 X_ Y_ Z_ A_ ; 锥度方式

U V 指定第二平面上的运动坐标，A 指定斜度。

在常规方式下，G00 命令 X Y U V 作四联动快速移动，但不加工，最后再移动 Z 轴。在锥度方式下，U V 轴的位移由斜度参数决定。

3.4 线切割数控机床编程方法及实例

(4) 直线插补指令 G01

G01 X_ Y_ U_ V_ ; 常规方式

G01 X_ Y_ A_ ; 锥度方式

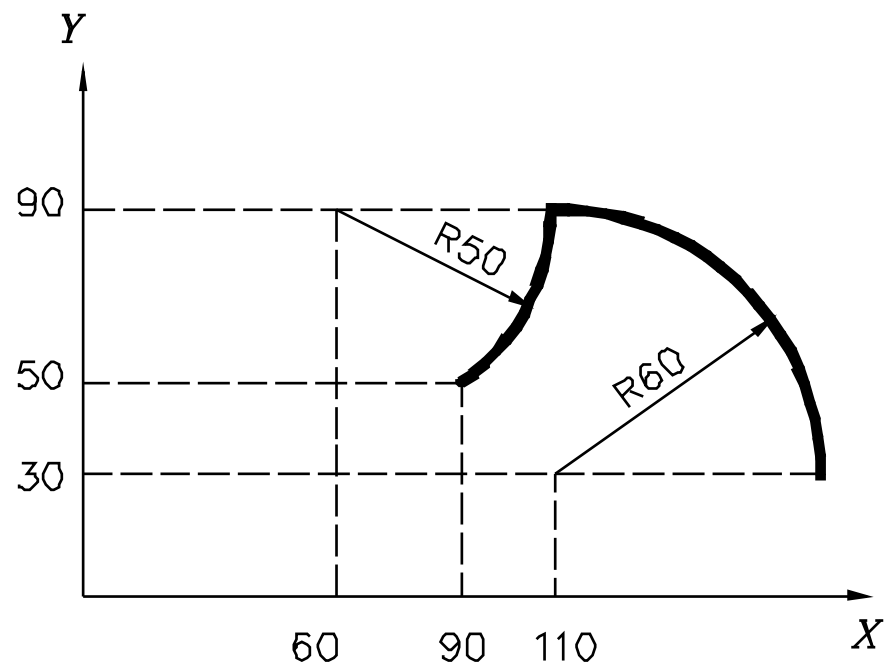
(5) 圆弧插补指令 G02 G03

G02/G03 X_ Y_ I_ J_ ; 常规方式

G02/G03 X_ Y_ I_ J_ A_ ; 锥度方式

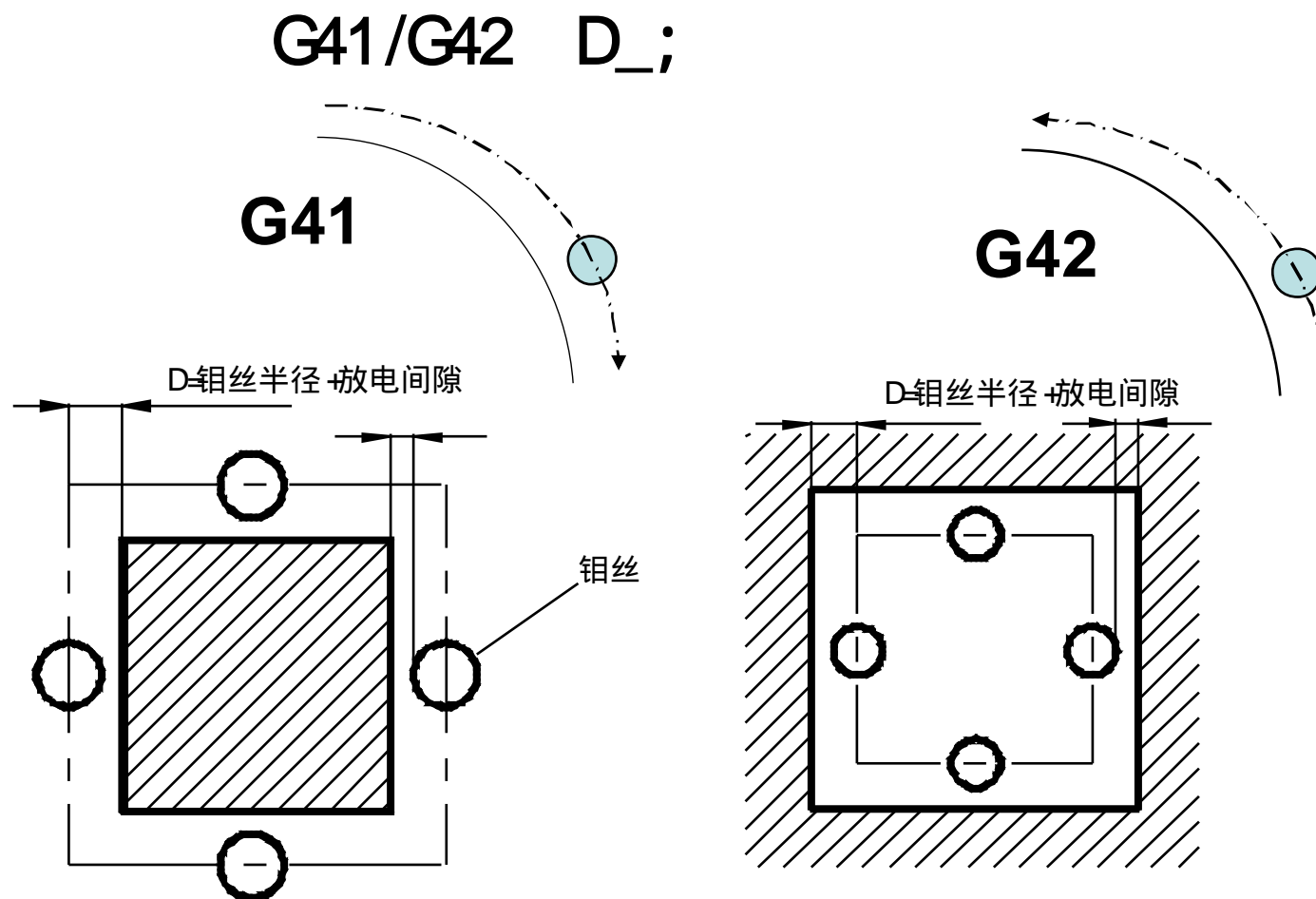
和 J 指定圆弧的圆心坐标，A 指定斜度，U V 的运动情况由斜度的参数决定。

3.4 线切割数控机床编程方法及实例



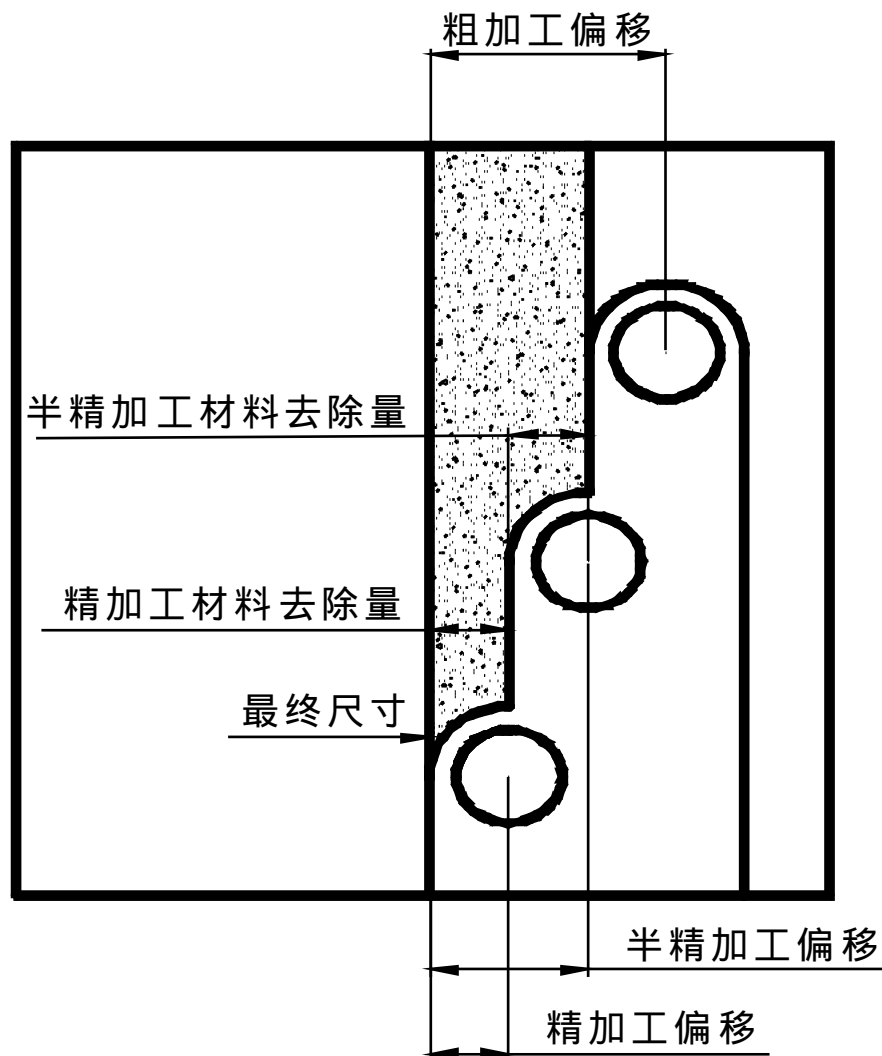
```
G90 G03 X110.0 Y90.0 I110.0 J30.0;  
G02 X90.0 Y50.0 I60.0 J90.0;
```


3.4 线切割数控机床编程方法及实例

(6) 丝半径补偿建立、取消指令 G41/G42 G40

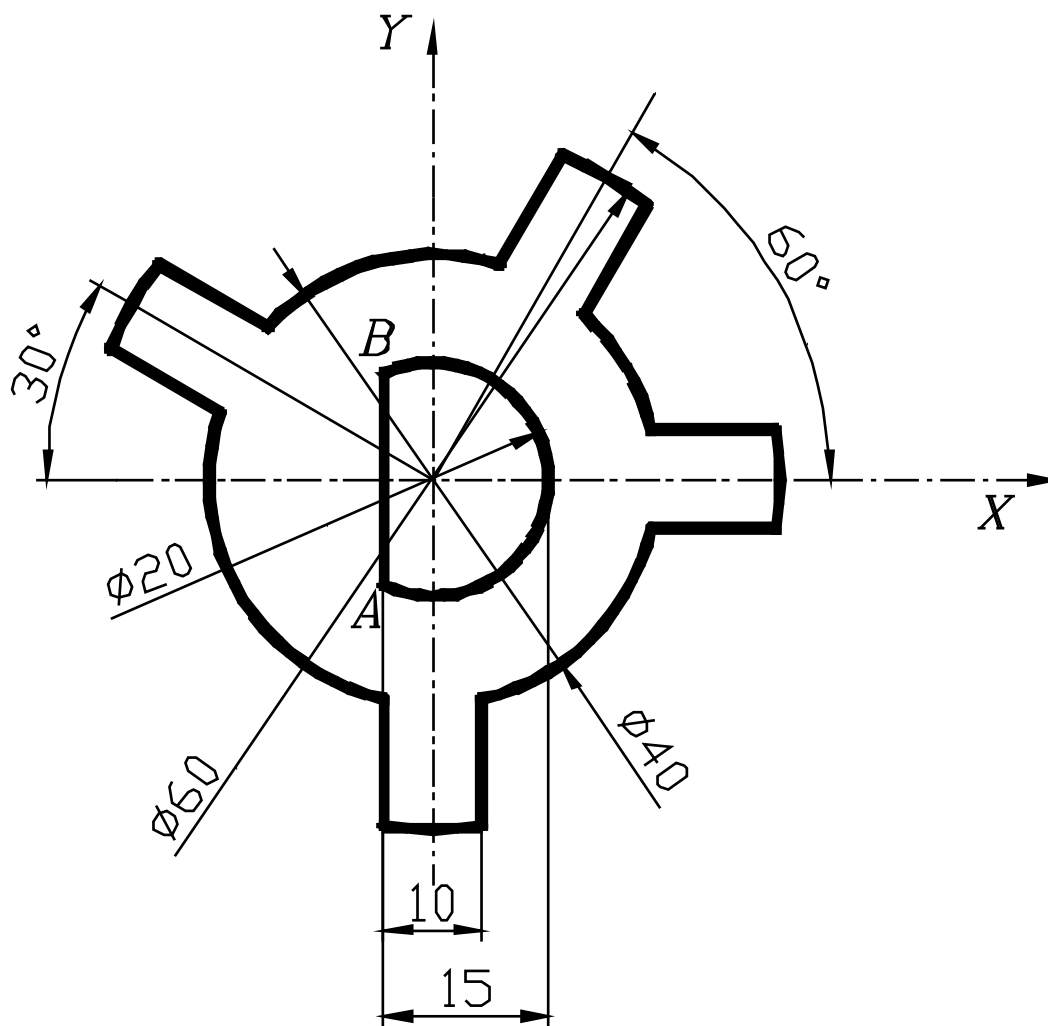
3.4 线切割数控机床编程方法及实例

$D = \text{丝半径} + \delta$ (δ 为放电间隙)



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

线切割编程举例

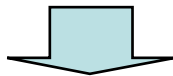


3.4 线切割数控机床编程方法及实例

线切割编程举例

公差尺寸的编程计算方法:

$$20^{+0.02}_0$$



中差尺寸:

基本尺寸 + (上偏差 + 下偏差) / 2

20.01

G92X30.0Y15.0H20.0R20.0W20.0 ;

M06;

M20;

G38E501;

G61; 拐角保护无效

G01X17.889Y8.944

G42D0;

G60; 拐角保护有效

G03X14.013Y14.271I0.J0.;

G01X19.12Y23.117;

G03X10.46Y28.117I0.J0.;

G01X5.352Y19.271;

G03X-14.271Y14.013I0.J0.;

G01X-23.117Y19.12;

G03X-28.117Y10.46I0.J0.;

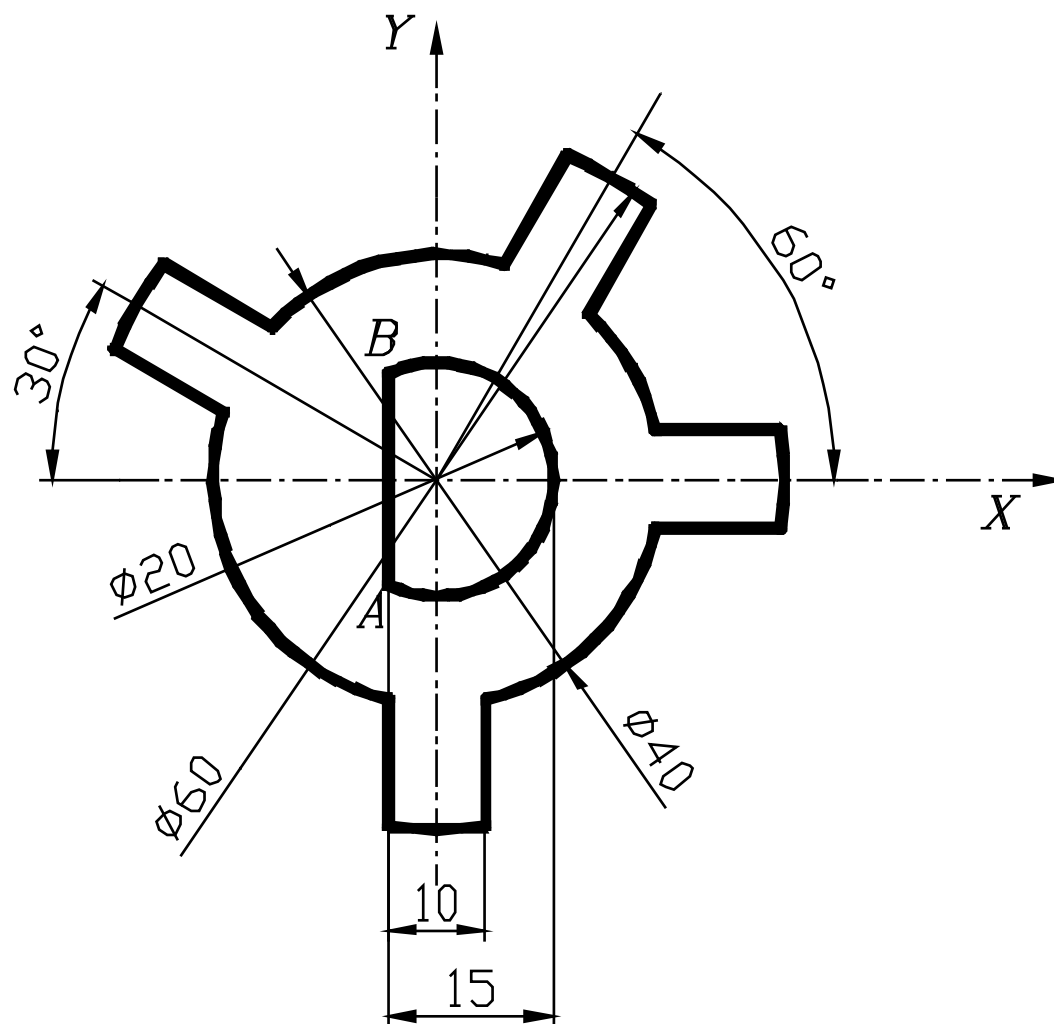
G01X-19.271Y5.352;

G03X-5.Y-19.365I0.J0.;

自动穿丝

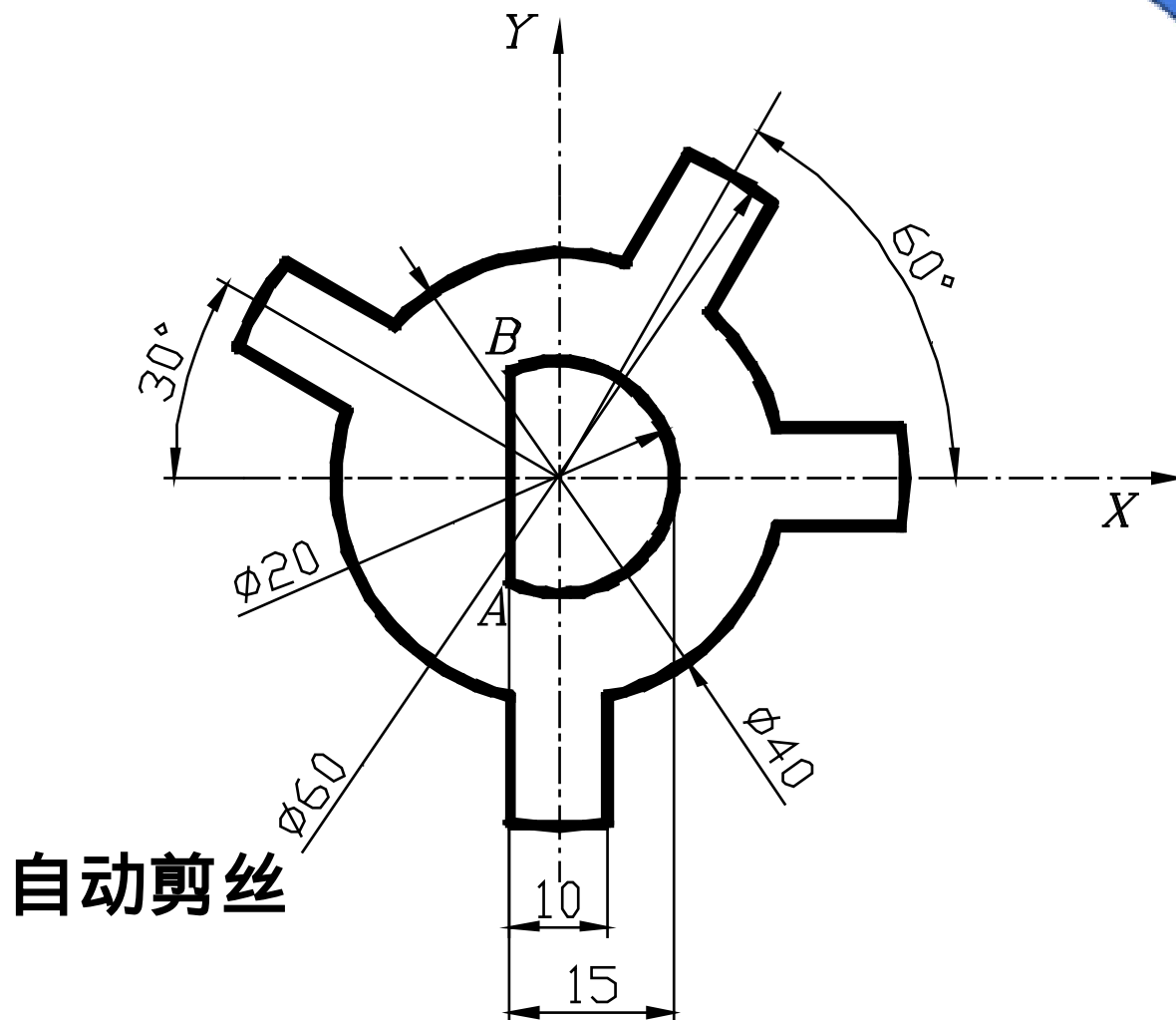
加工有效

E表示加工方式选择



3.4 线切割数控机床编程方法及实例

```
G01X-5.Y-29.58;  
G03X5.Y-29.58I0.J0.;  
G01X5.Y-19.365;  
G03X19.365Y-5.I0.J0.;  
G01X29.58Y-5.;  
G03X29.58Y5.I0.J0.;  
G01X19.365Y5.;  
G03X17.9Y8.922I0.J0.;  
G40G01X18.258Y9.1;  
M12;  
G00X30.Y15.;  
M02;
```



G92X0.0Y0.0H20.0R20.0W20.0; 内孔加工程序

M06;

M20;

G38E501;

G61;

G01X-5.Y0.;

G42D0;

G60;

G01X-5.Y8.66;

G02X-5.Y-8.66I0.J0.;

G01X-5.Y-0.625;

M00;

停止

G01X-5.Y-0.025;

M21;

加工无效

G40G00X-4.6Y-0.025;

M12;

G00X0.Y0.;

M02;

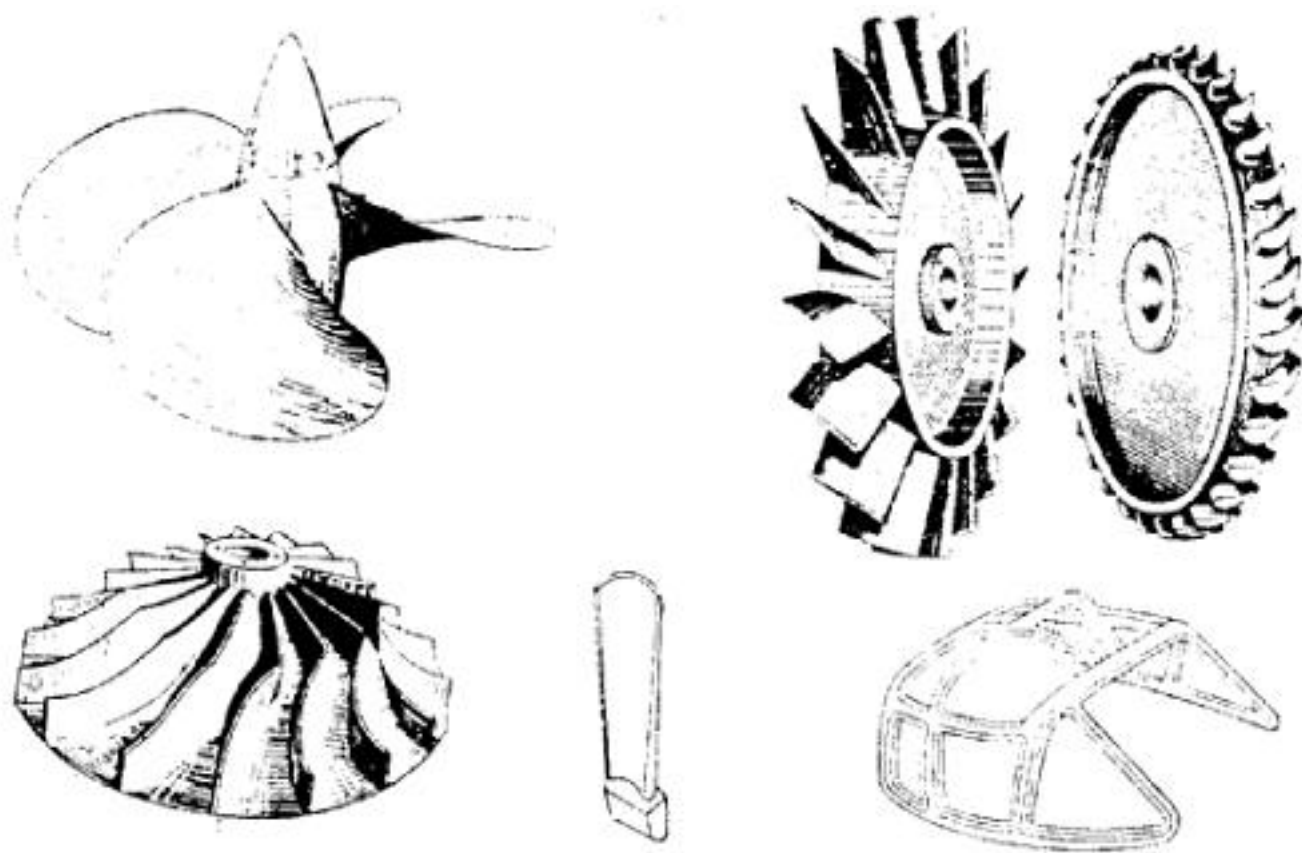
程序结束

3.5 加工中心编程方法及实例

特点：

带有刀库和换刀装置，一次装夹能进行铣、镗、钻、攻螺纹等多种工序的加工，工序集中，主要用于箱体、复杂曲面的加工。

3.5 加工中心编程方法及实例



3.5 加工中心编程方法及实例



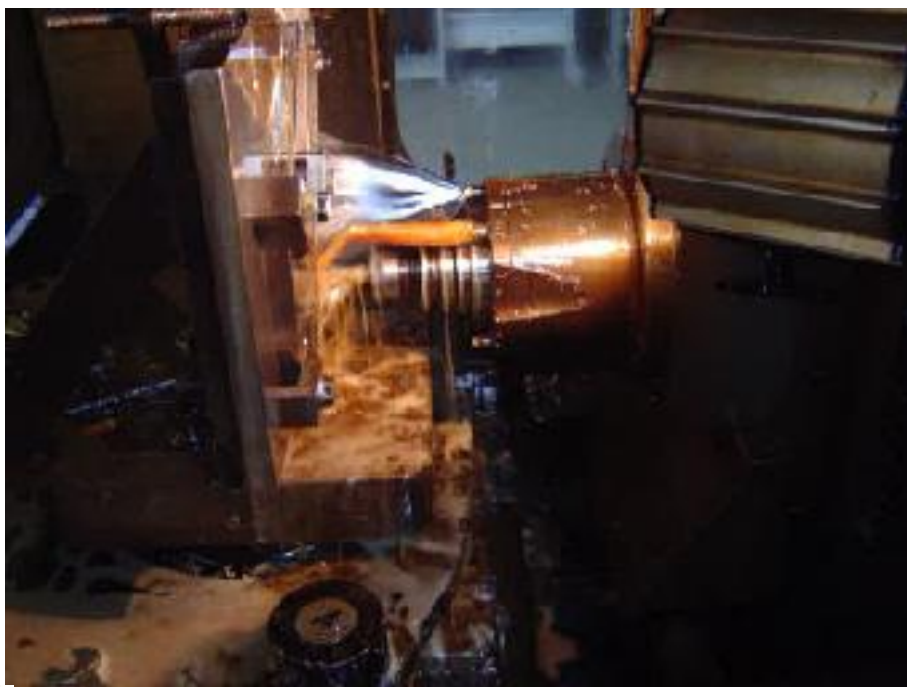
3.5 加工中心编程方法及实例

分类：

卧式加工中心

立式加工中心

立卧加工中心



3.5 加工中心编程方法及实例

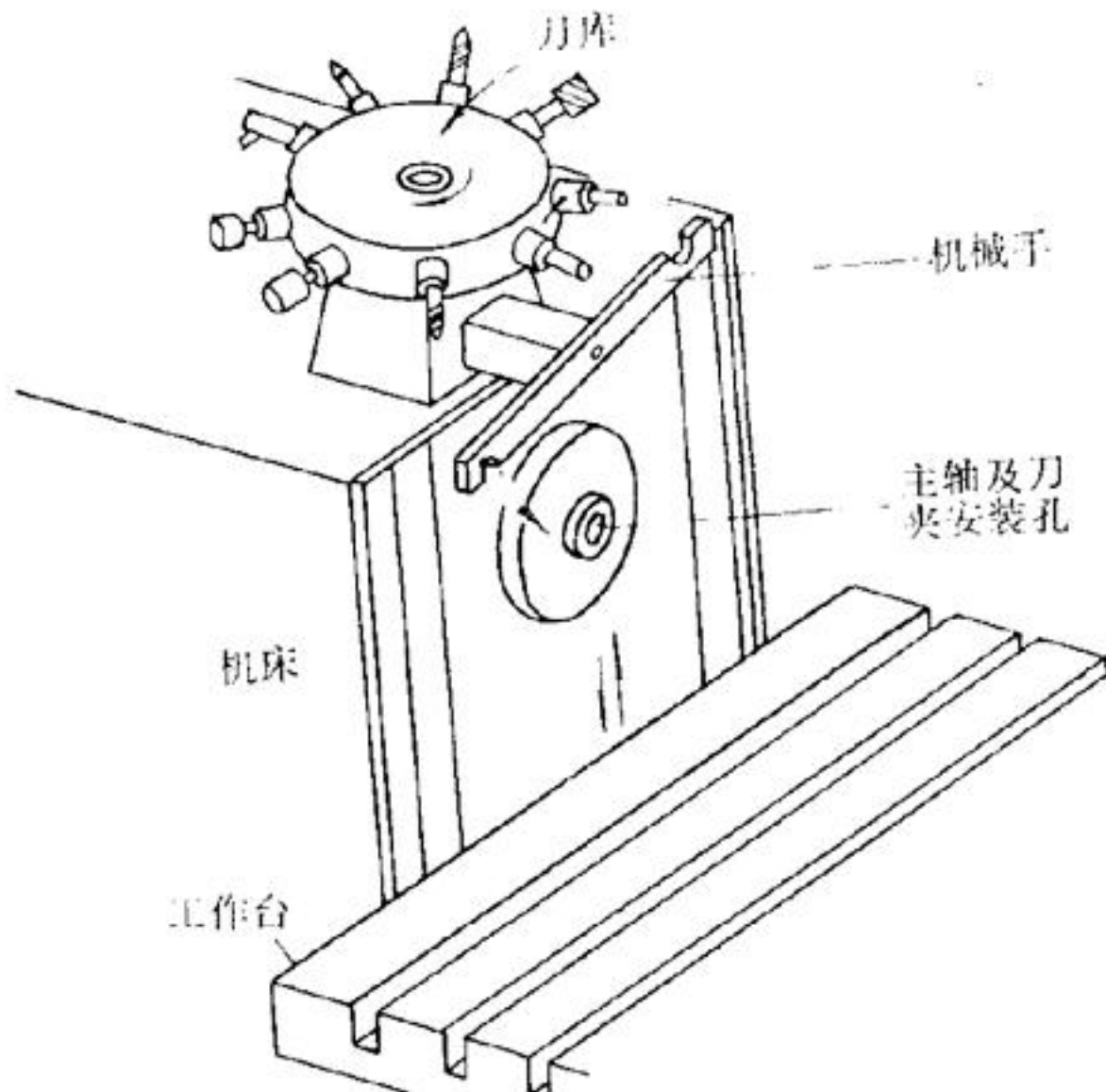
加工中心的主轴数：单主轴、双主轴或三主轴；

工作台形式：单工作台、双工作台托盘交换系统或多工作台托盘交换系统；

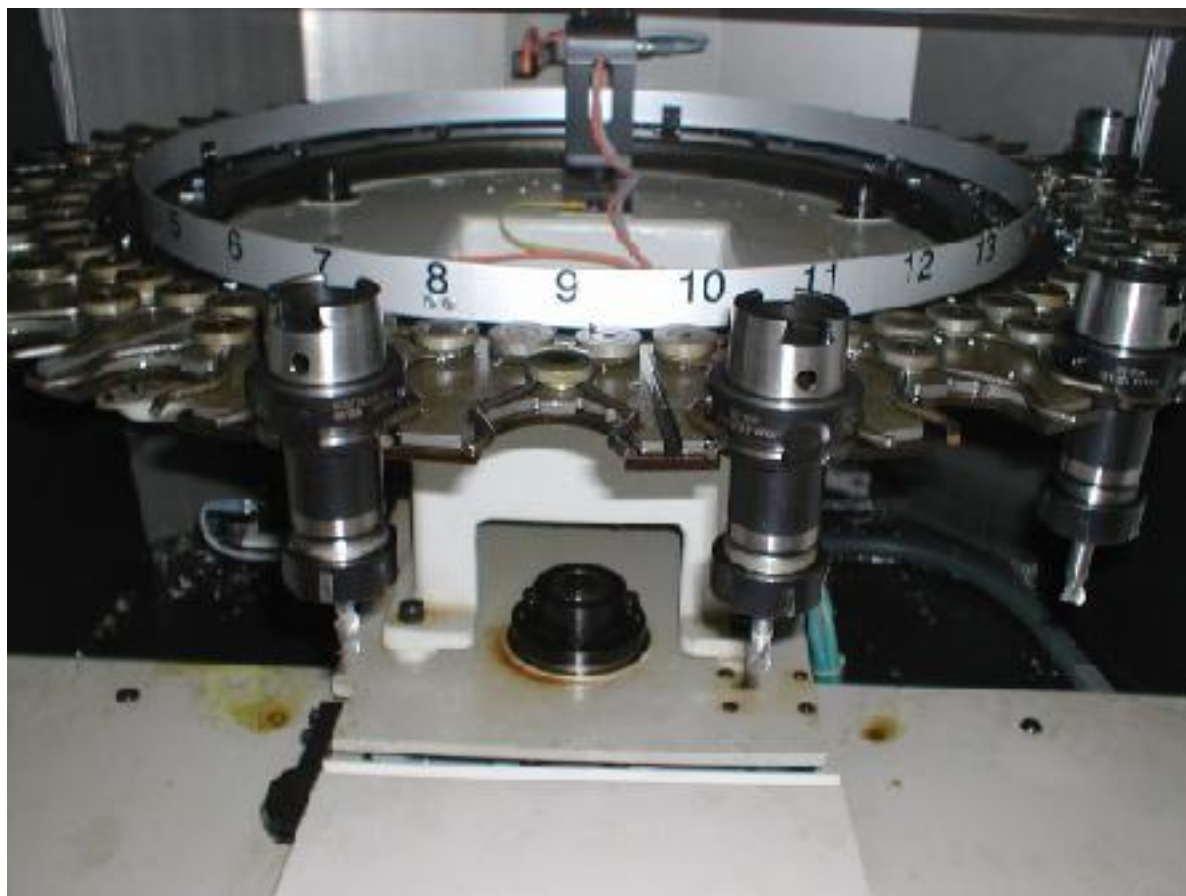
刀库形式：回转式刀库、链式刀库等。

加工中心联动轴数：三轴联动、四轴联动、五轴联动等。

3.5 加工中心编程方法及实例



3.5 加工中心编程方法及实例



盘式刀库

3.5 加工中心编程方法及实例

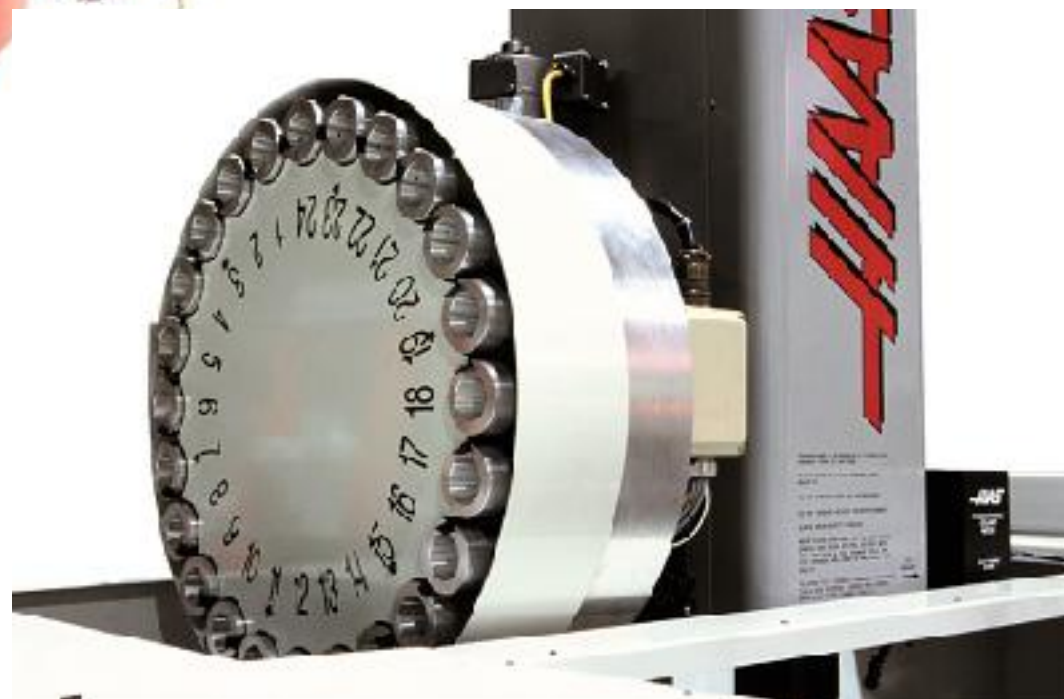


链式刀库

3.5 加工中心编程方法及实例

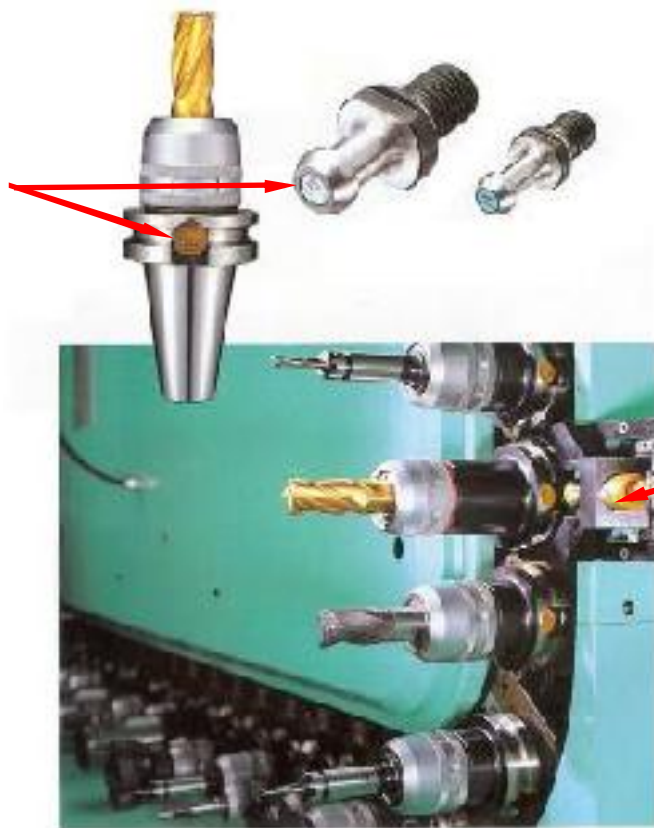


刀座编码



3.5 加工中心编程方法及实例

识别
码块



识别传感器

刀柄编码

3.5 加工中心编程方法及实例

交换工作台过程



3.5 加工中心编程方法及实例

换刀过程



3.5 加工中心编程方法及实例

加工中心编程中的工艺处理

(1) 加工内容选择 尺寸精度、位置精度要求较高的表面，不便于用普通机床加工的复杂曲线和曲面，能够集中加工的表面。

(2) 工艺路线制定

减少换刀次数，减少刀具的空行程

(3) 刀具预调

3.5 加工中心编程方法及实例

刀具预调

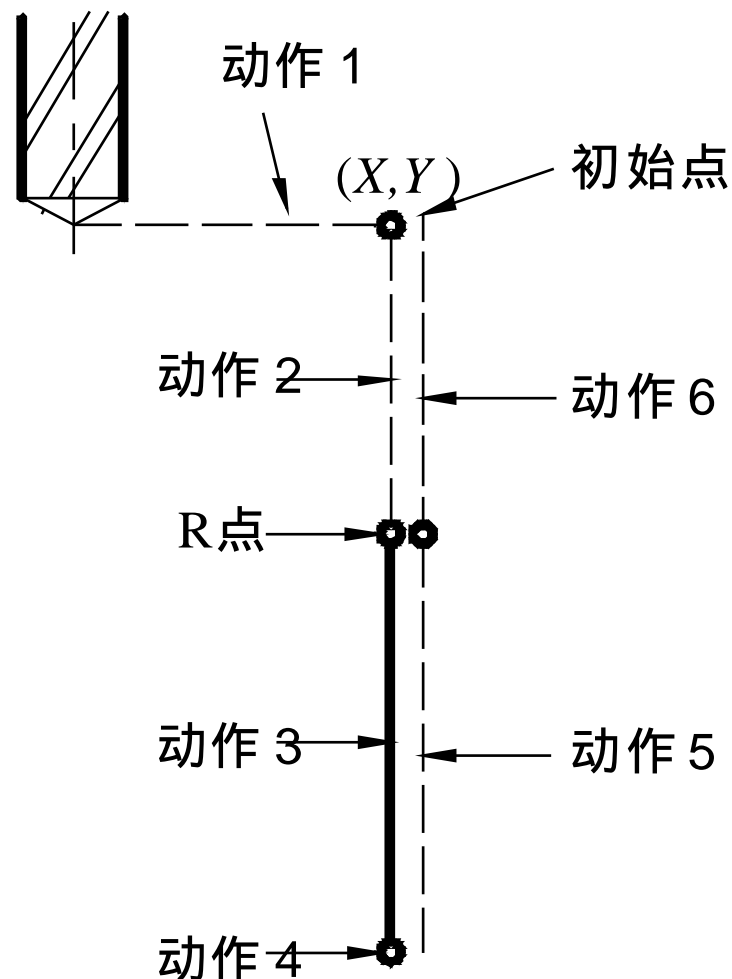
- u 机械式对刀仪预调；
- u 光学投影式对刀仪预调；
- u 直接对刀法（刀具端面直接与工件接触、专用对刀块）



3.5 加工中心编程方法及实例

(1) 孔加工固定循环指令

加工中心编程指令



- ü X和Y轴定位；
- ü 快速运行到R点；
- ü 孔加工；
- ü 在孔底的动作，包括暂停、主轴反转等；
- ü 返回到R点；
- ü 快速退回到初始

孔加工固定循环程序段的一般格式为：

G90/G91 G98/G99 G81-G89 X_Y_ Z_R_ Q_P_ F_ L_;

G代码（含义）	孔加工动作	孔底动作	返回动作	程序段格式
G81(钻孔、中心孔)	切削进给	—	快速	G81 X_Y_Z_R _F_;
G82(钻孔、铰孔)	切削进给	暂停	快速	G82 X_Y_Z_R_ P_F_;
G83(深孔钻)	间隙进给	—	快速	G83 X_Y_Z_R_Q _F_;
G84(攻螺纹)	切削进给	暂停 - 主轴反 转	切削进 给	G84 X_Y_Z_R _F_;

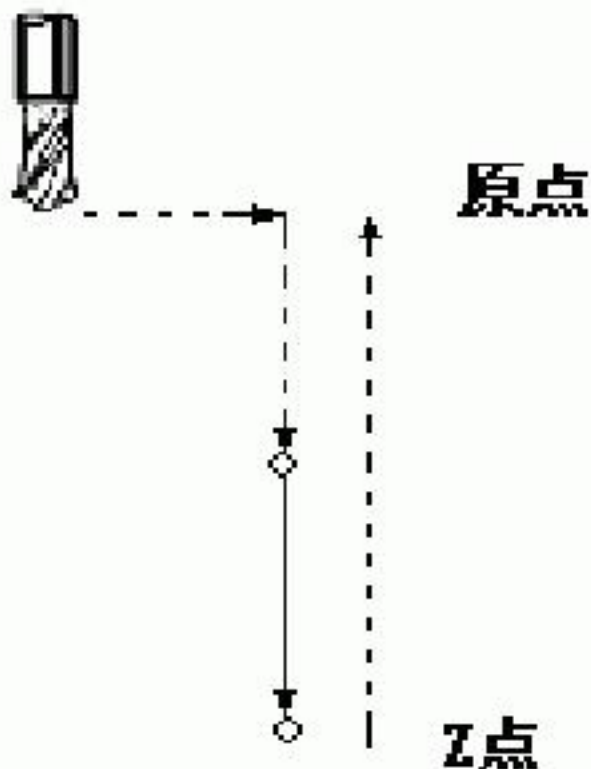
孔加工固定循环程序段的一般格式为：

G90/G91 G98/G99 G81-G89 X_Y_ Z_R_ Q_P_ F_ L_;

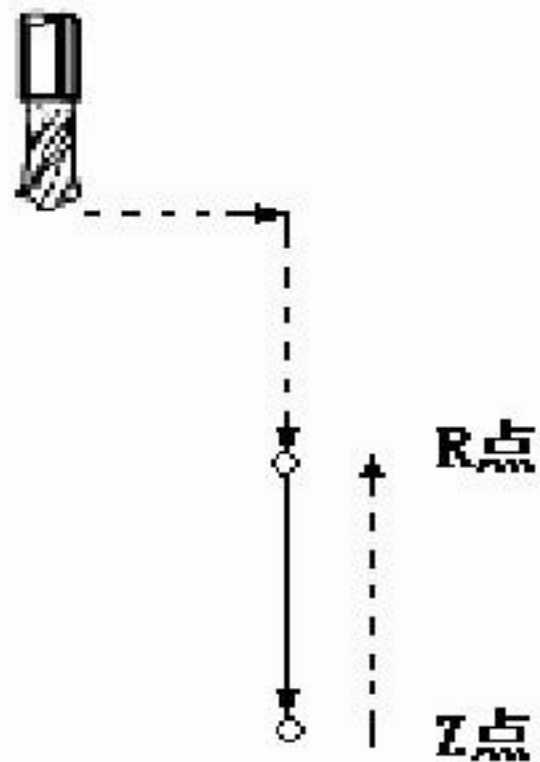
G代码（含义）	孔加工动作	孔底动作	返回动作	程序段格式
G85(镗孔)	切削进给	—	切削进给	G85 X_Y_Z_R _F_;
G86(镗孔)	切削进给	主轴停止	快速	G86 X_Y_Z_R _F_;
G87(反镗孔)	切削进给	主轴正转	快速	G87 X_Y_Z_R_Q _F_;
G88(镗孔)	切削进给	暂停 主轴停止	手动操作	G88 X_Y_Z_R P_F_;
G89(镗孔)	切削进给	暂停	切削进给	G85 X_Y_Z_R P_F_;

3.5 加工中心编程方法及实例

G81 (G98 G99)

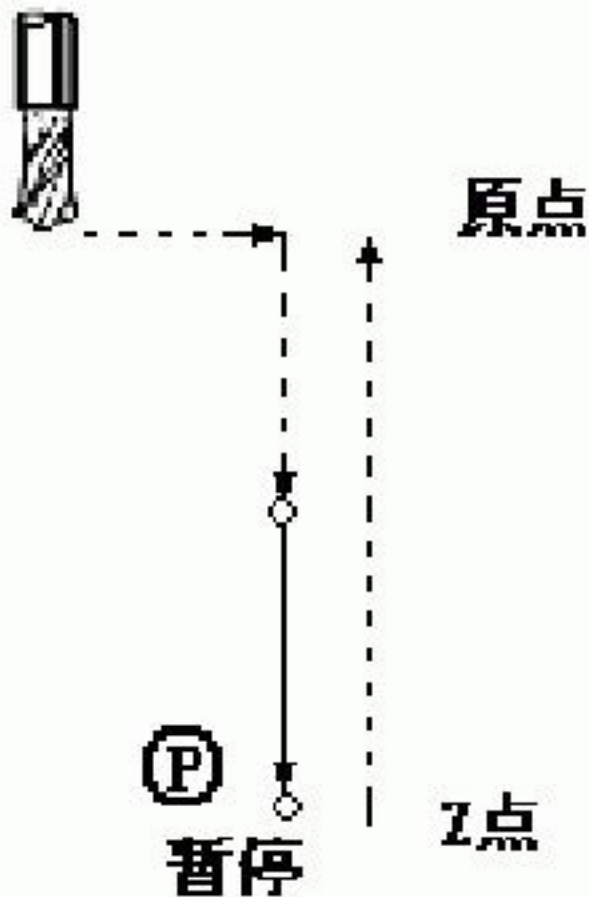


G81 (用G99)

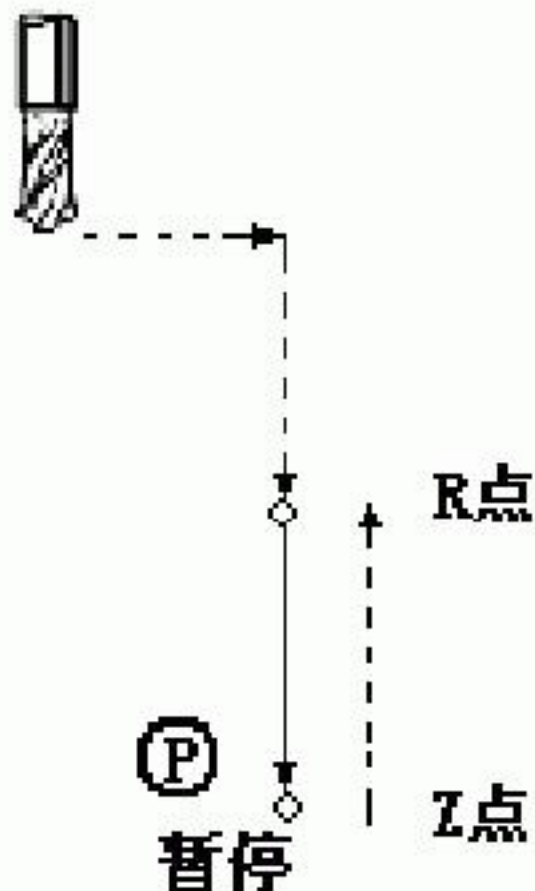


3.5 加工中心编程方法及实例

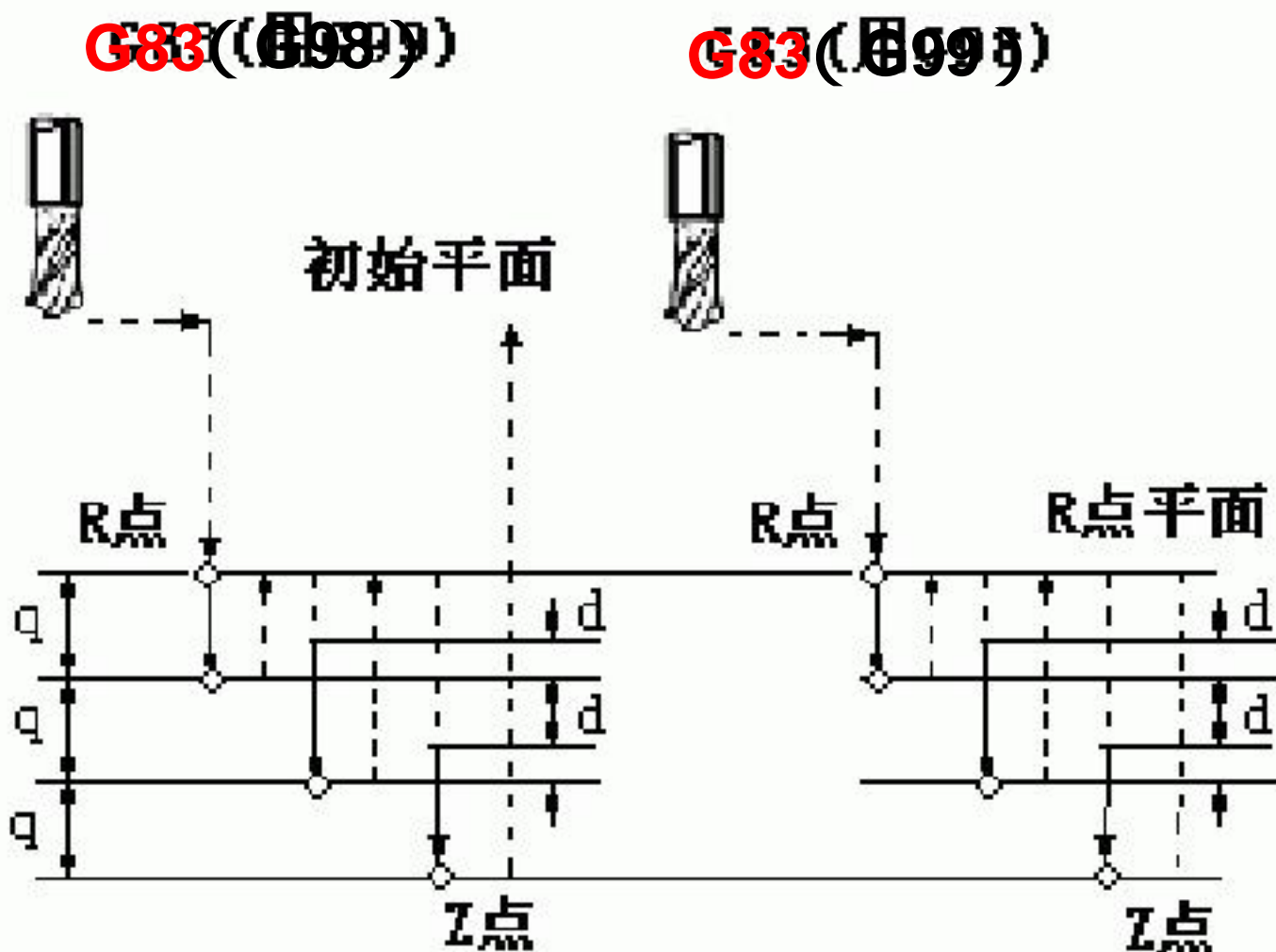
G82 (G98)
G82 (用G99)



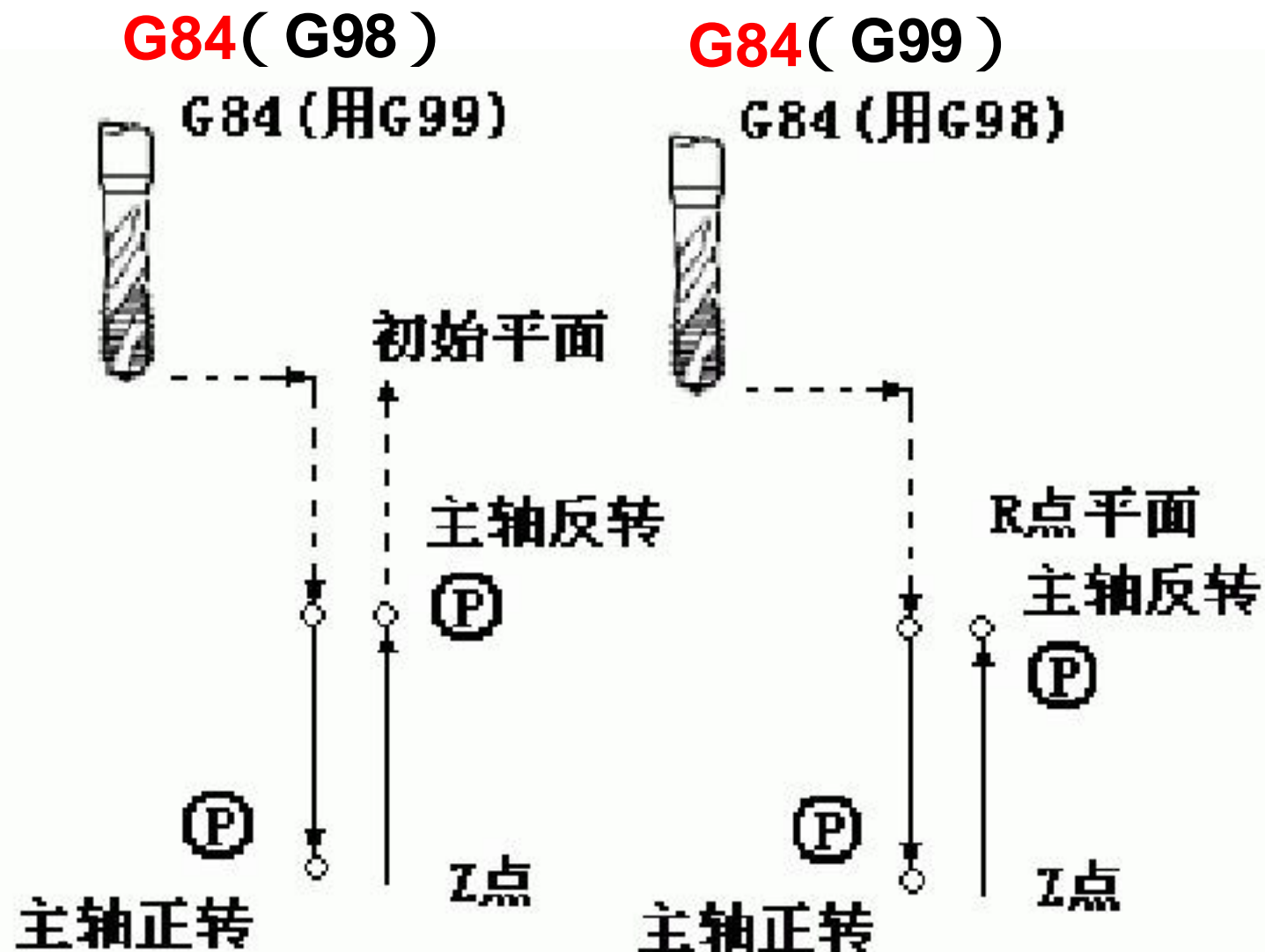
G82 (G99)
G82 (用G98)



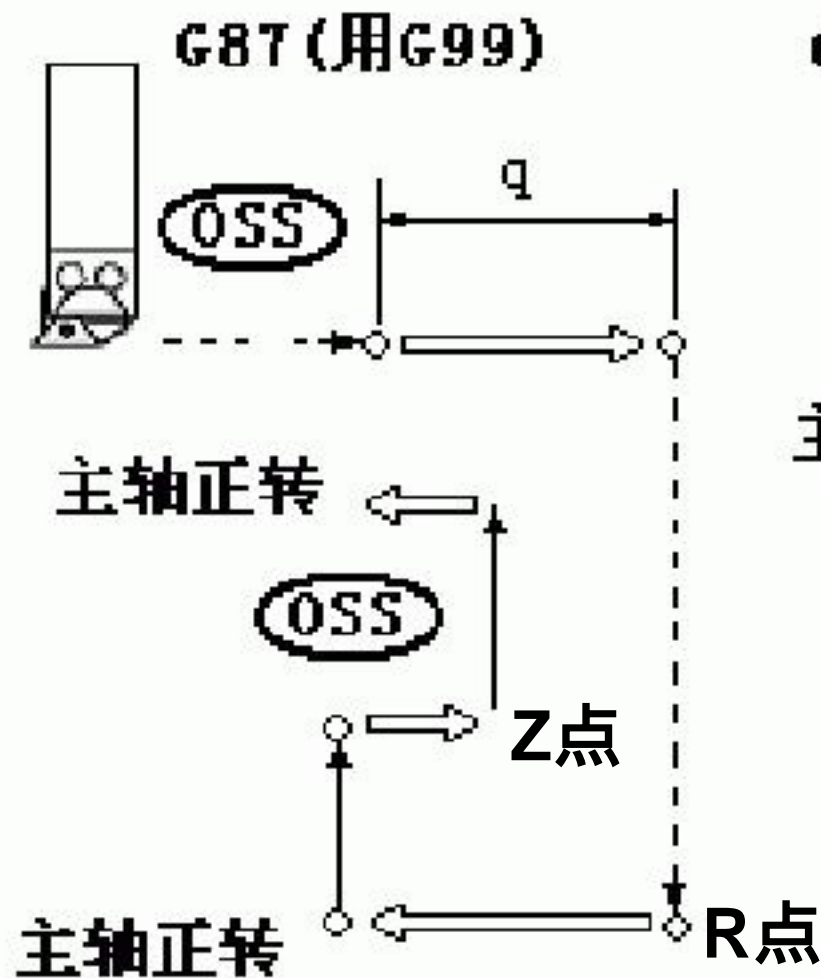
3.5 加工中心编程方法及实例



3.5 加工中心编程方法及实例

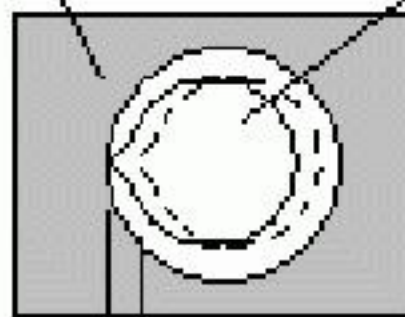


3.5 加工中心编程方法及实例

G87**G87 (用G98)****G99**

不用

主轴定向停止 刀具



偏移量 q

3.5 加工中心编程方法及实例

(2) 选刀与换刀指令

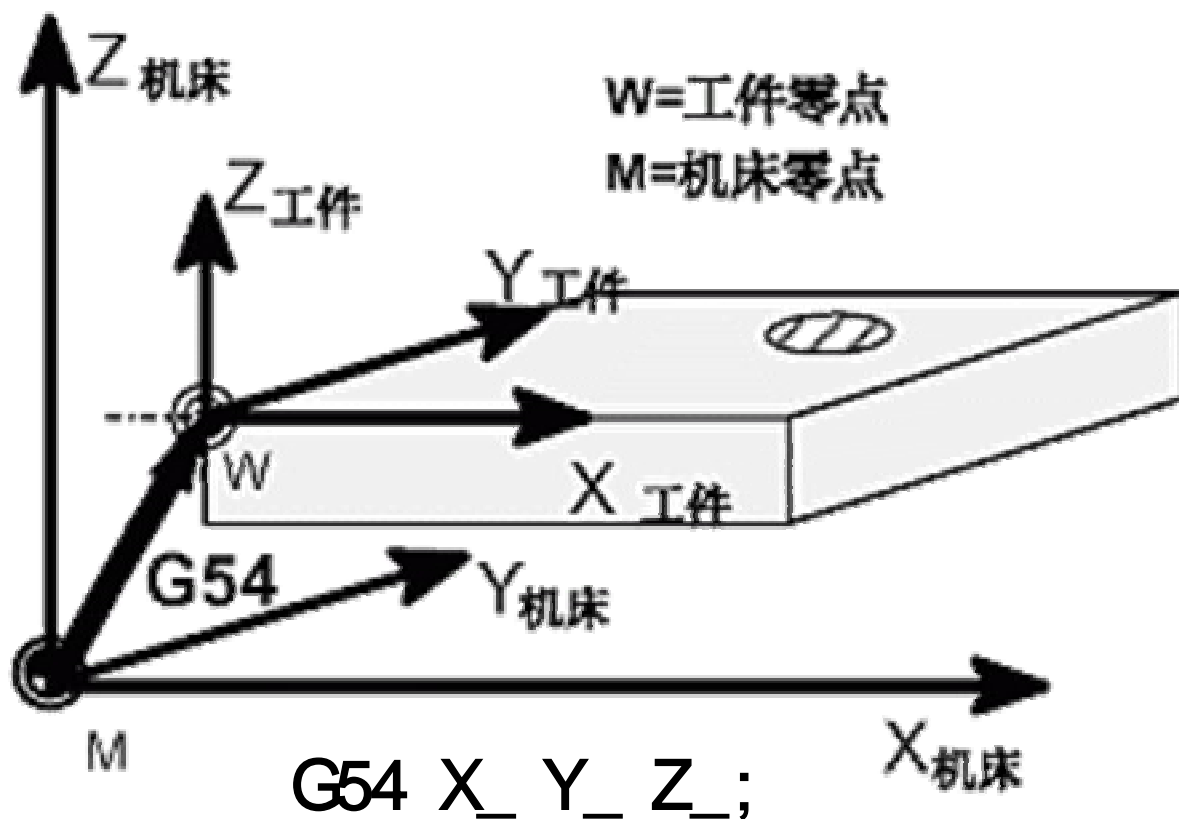


N10 T02; 选 T02

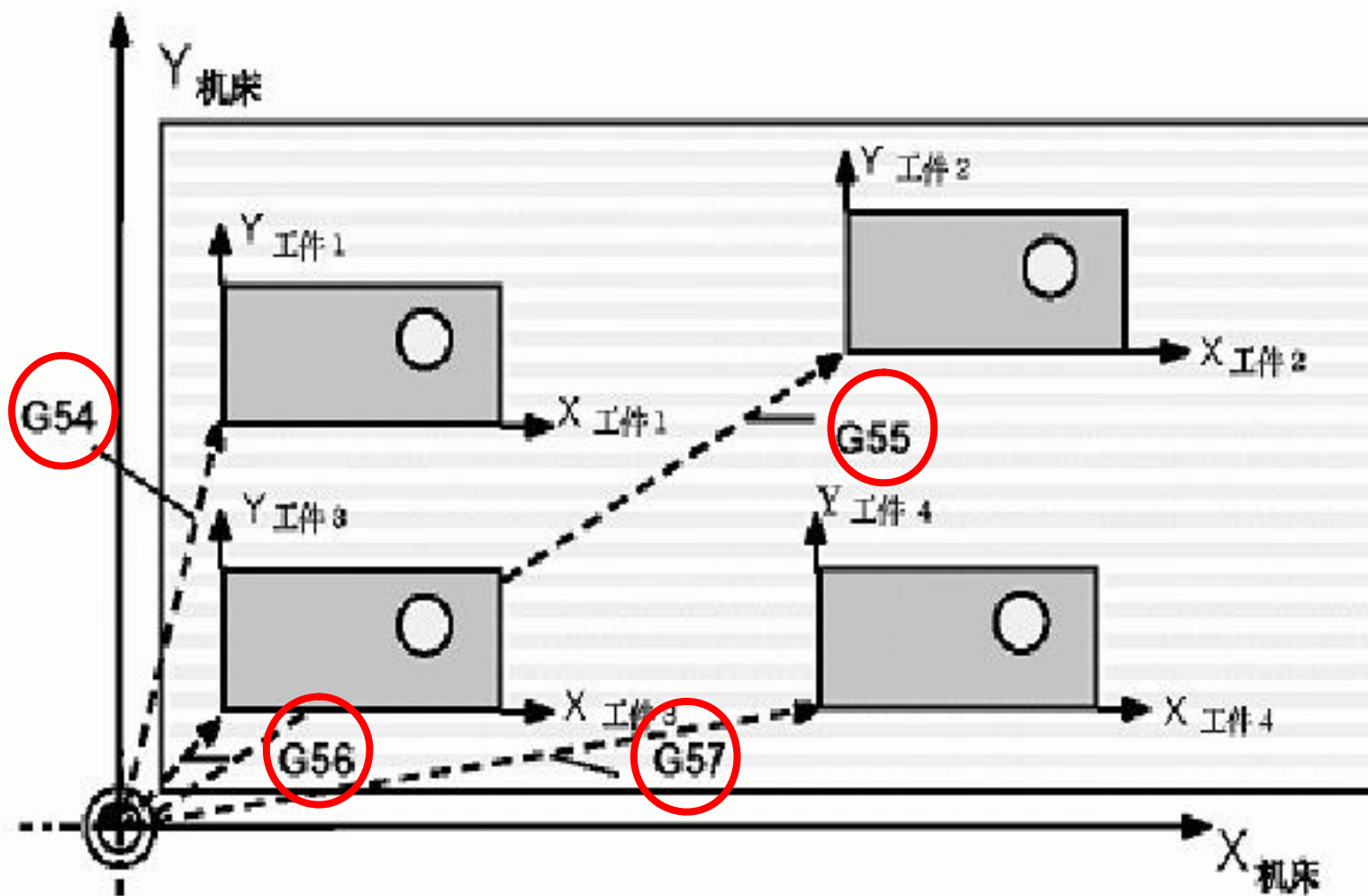
N60 M06; 主轴换上 T02号刀

3.5 加工中心编程方法及实例

(3) 工件坐标系选择 (G54-G59)



3.5 加工中心编程方法及实例

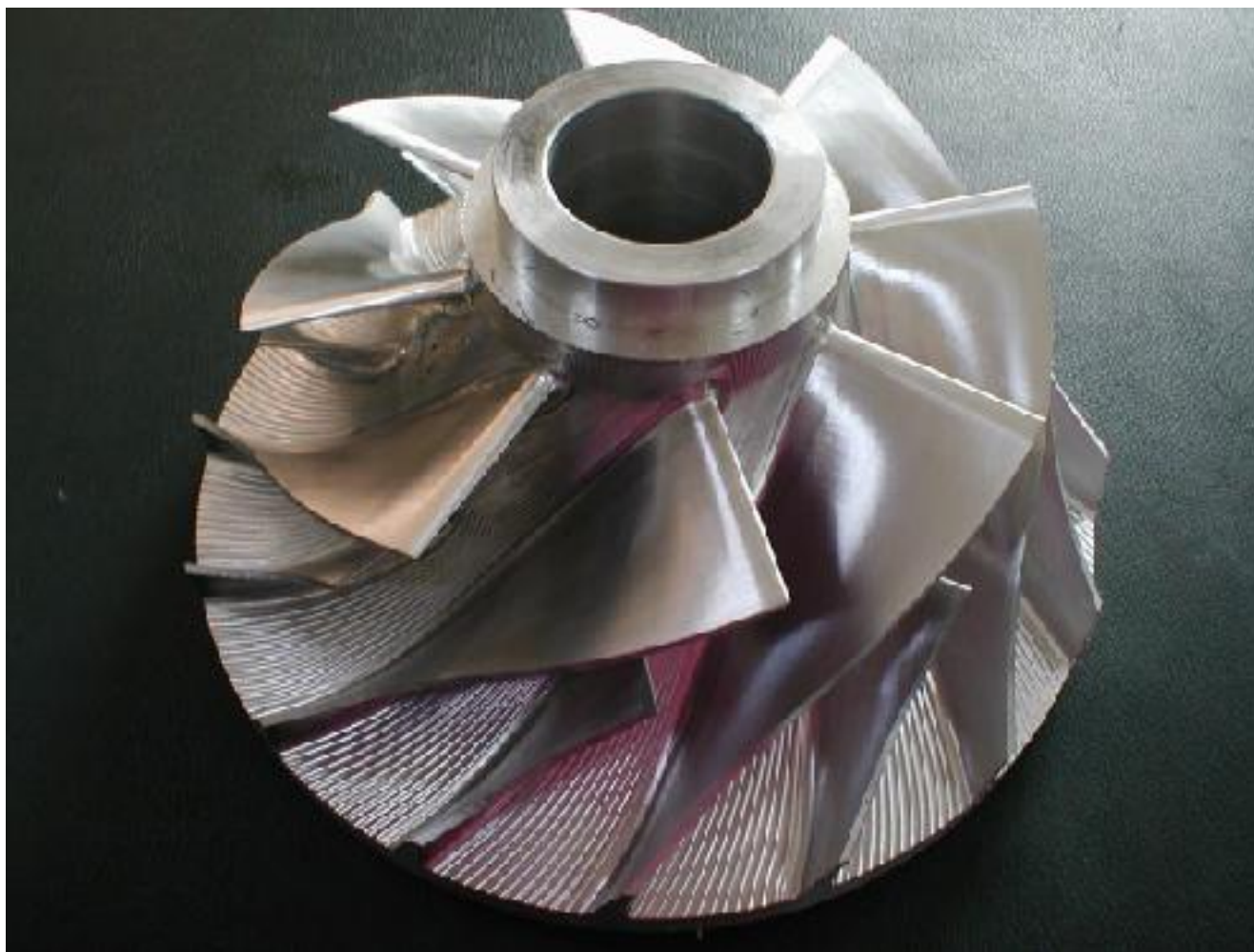


3.5 加工中心编程方法及实例

毛坯



3.5 加工中心编程方法及实例



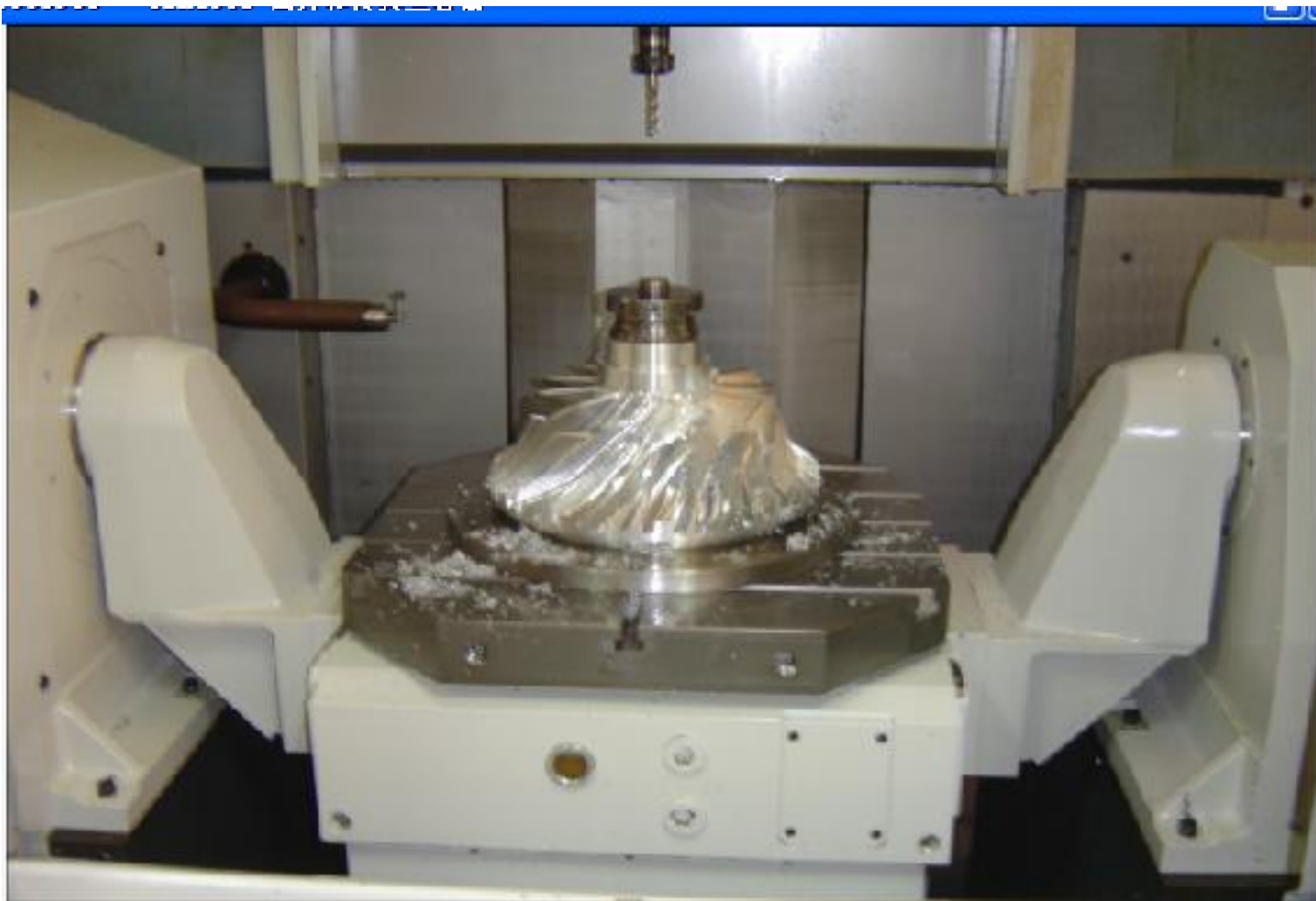
3.5 加工中心编程方法及实例



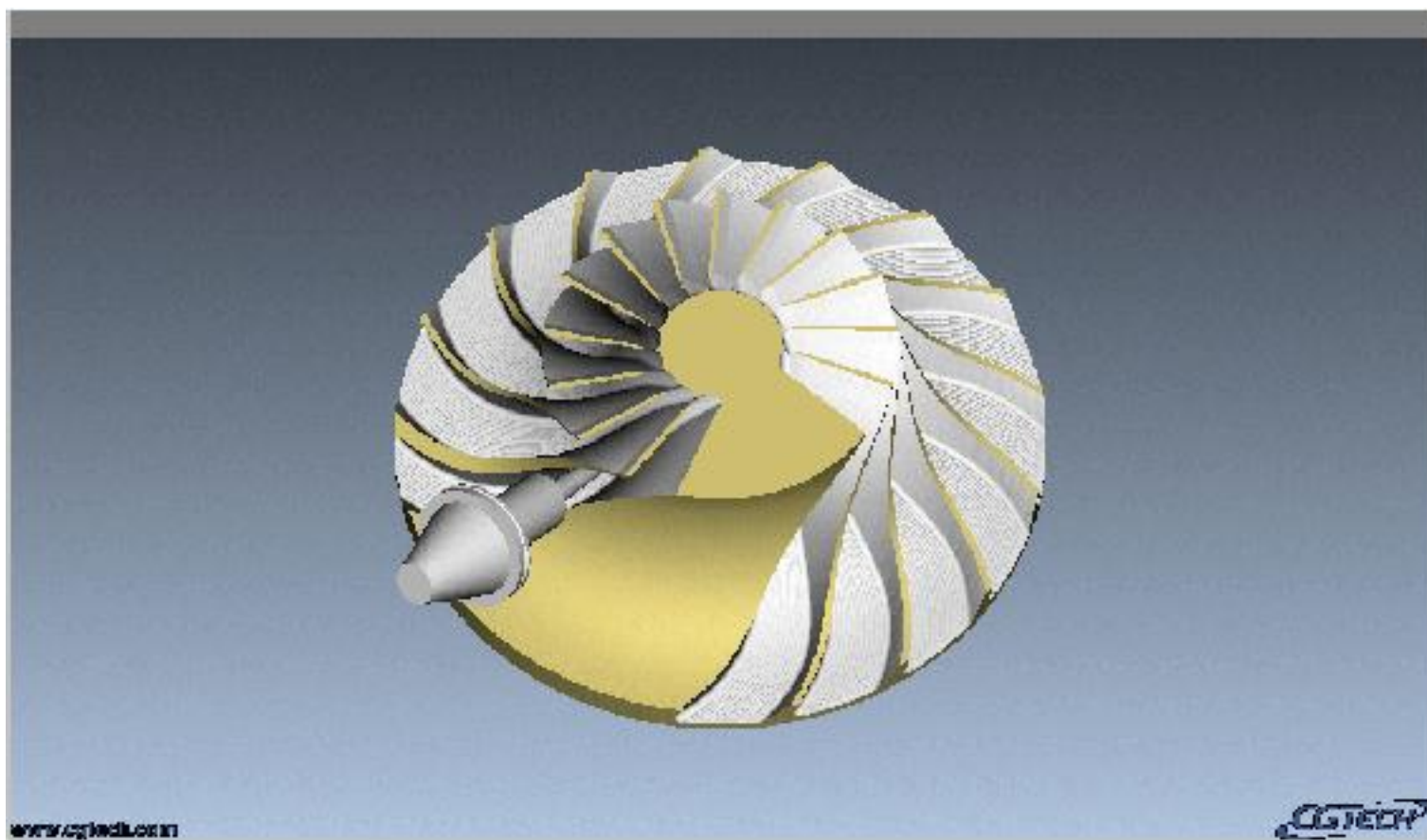
3.5 加工中心编程方法及实例



3.5 加工中心编程方法及实例

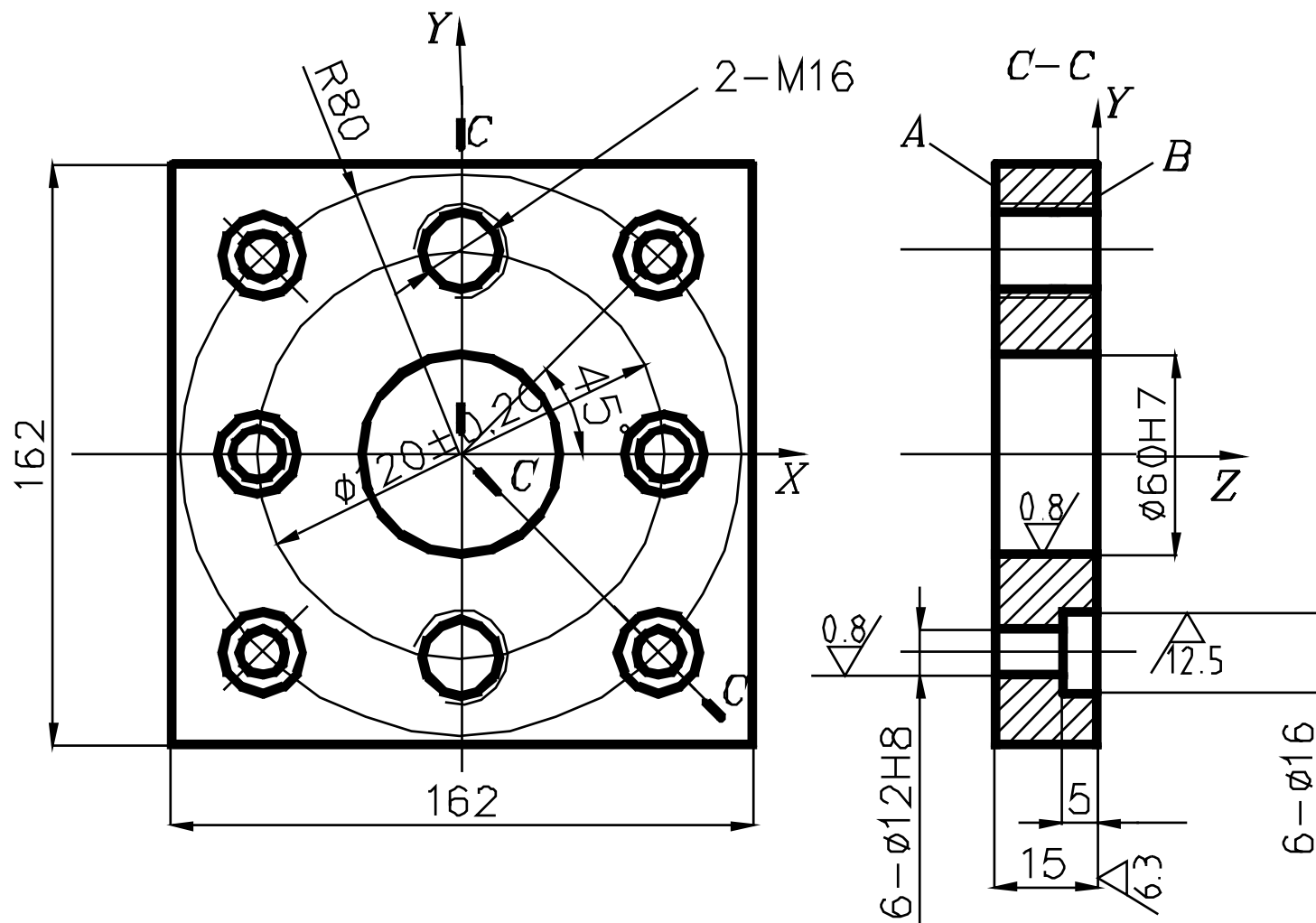


3.5 加工中心编程方法及实例



3.5 加工中心编程方法及实例

加工中心编程举例



3.5 加工中心编程方法及实例

走刀路线：

∅粗铣和精铣 B面

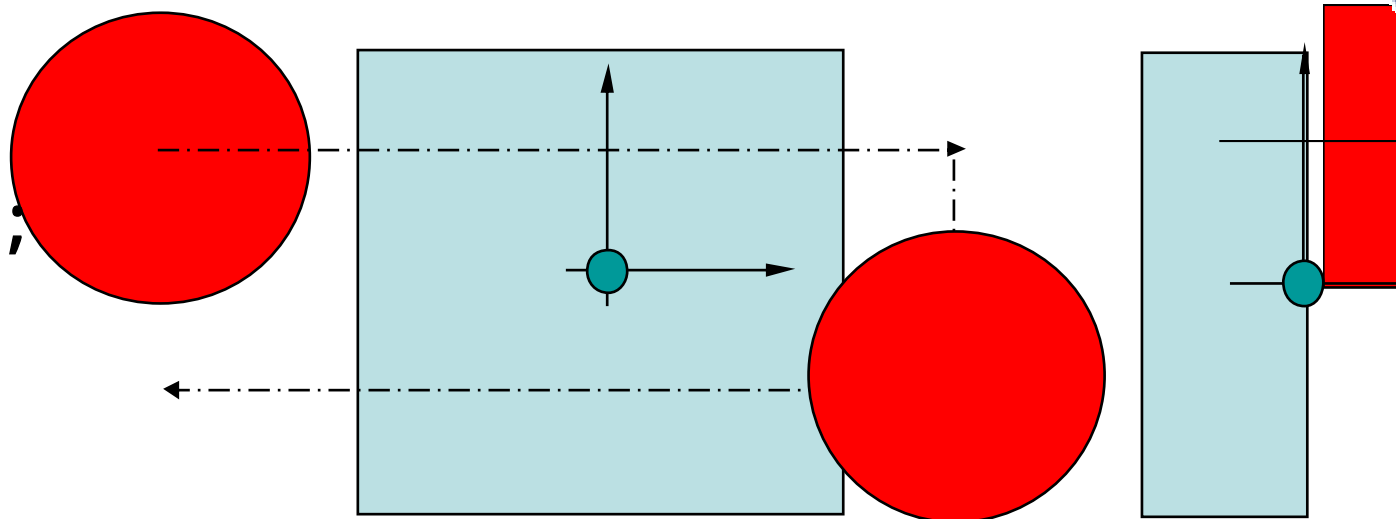
∅粗镗、半精镗和精镗 60H7孔

∅钻、扩、铰 12H8孔

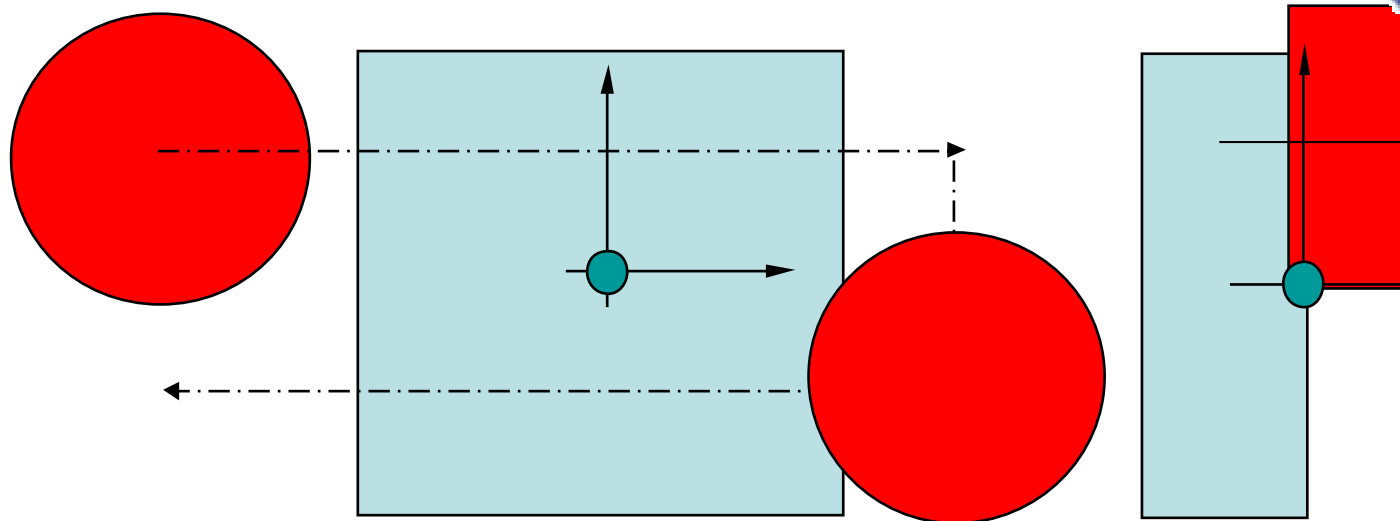
∅M16螺纹钻孔、攻丝

3.5 加工中心编程方法及实例

```
N1 G92 X0 Y0 Z50.0 ;  
N2 T01 M06 ;  
N3 G90 G00 Z10.0 ;  
N4 X-135.0 Y45.0 ;  
N5 S300 M03 ;  
N6 G43Z0.5 H01 M08 ;  
N7 G01X75. 0 F70 ;  
N8 Y-45.0 ;  
N9 X-135.0 M09 ;  
N10 G00 G49 Z10. 0 M05 ;  
N11 X0 Y0 ;
```



3.5 加工中心编程方法及实例



```
N12 T13 M06 ;  
N13 X-135.0 Y45.0 ;  
N14 G43 Z0 H13 S500 M03 ;  
N15 G01 X75.0 F50 M08 ;  
N16 Y-45.0 ;  
N17 X-135.0 M09 ;  
N18 G00 G49 Z10.0 M05 ;  
N19 X0 Y0 ;
```


3.5 加工中心编程方法及实例

N20 T02 M06 ;

N21 G43 Z4.0 H02 S400 M03 ;

N22 **G98G85 Z-17.0 R2.0 F40 ;**

N23 G00 G49 Z10.0 M05 ;

N24 T03 M06 ;

N25 X0 Y0 ;

N26 G43 Z4.0 H03 S450 M03 ;

N27 G98 G85 Z-17.0 R2.0 F50 ;

N28 G00 G49 Z10.0 M05 ;

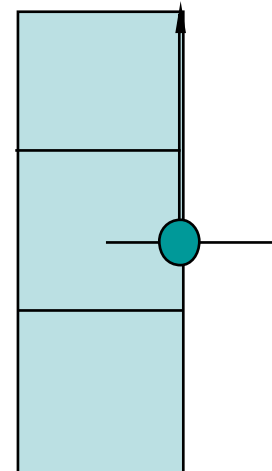
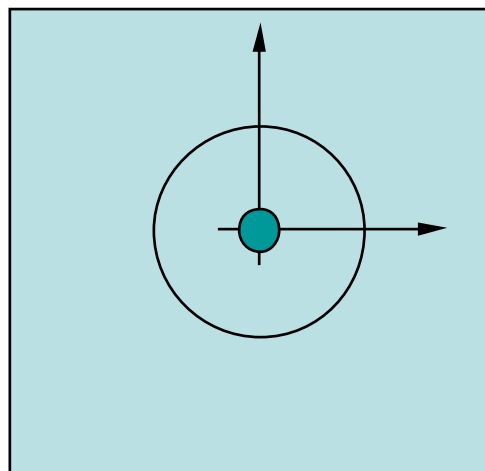
N29 T04 M06 ;

N30 X0 Y0 ;

N31 G43 Z2.0 H04 S450 M03 ;

N32 G98 G85 Z-17.0 R1.0 F40 ;

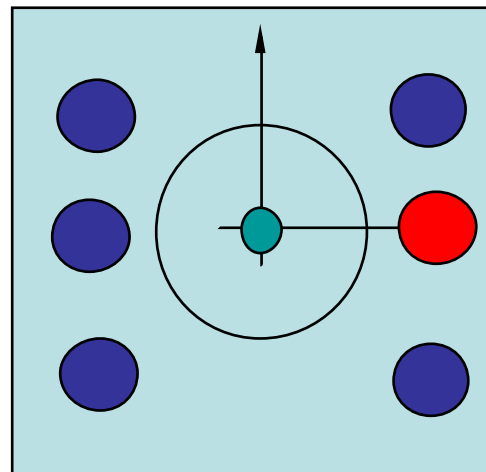
N33 G00 G49 Z10.0 M05 ;



3.5 加工中心编程方法及实例

钻中心孔

```
N34 T05 M06 ;  
N35 X60 Y0.0 ;  
N36 G43 Z4.0 H05 S1000 M03 ;  
N37 G98 G90 G81 Z-5.0 R2.0 F50 ;  
N38 M98P0005 ;  
N39 G00 G49 Z10.0 M05 ;
```



钻孔

```
N41 T06 M06 ;  
N42 X60.0 Y0 ;  
N43 G43 Z4.0 H06 S600 M03 ;  
N44 G99 G81 Z-17.0 R2.0 F60 ;  
N45 M98P0005 ;  
N46 G00 G49 Z10.0 M05 ;
```

扩孔

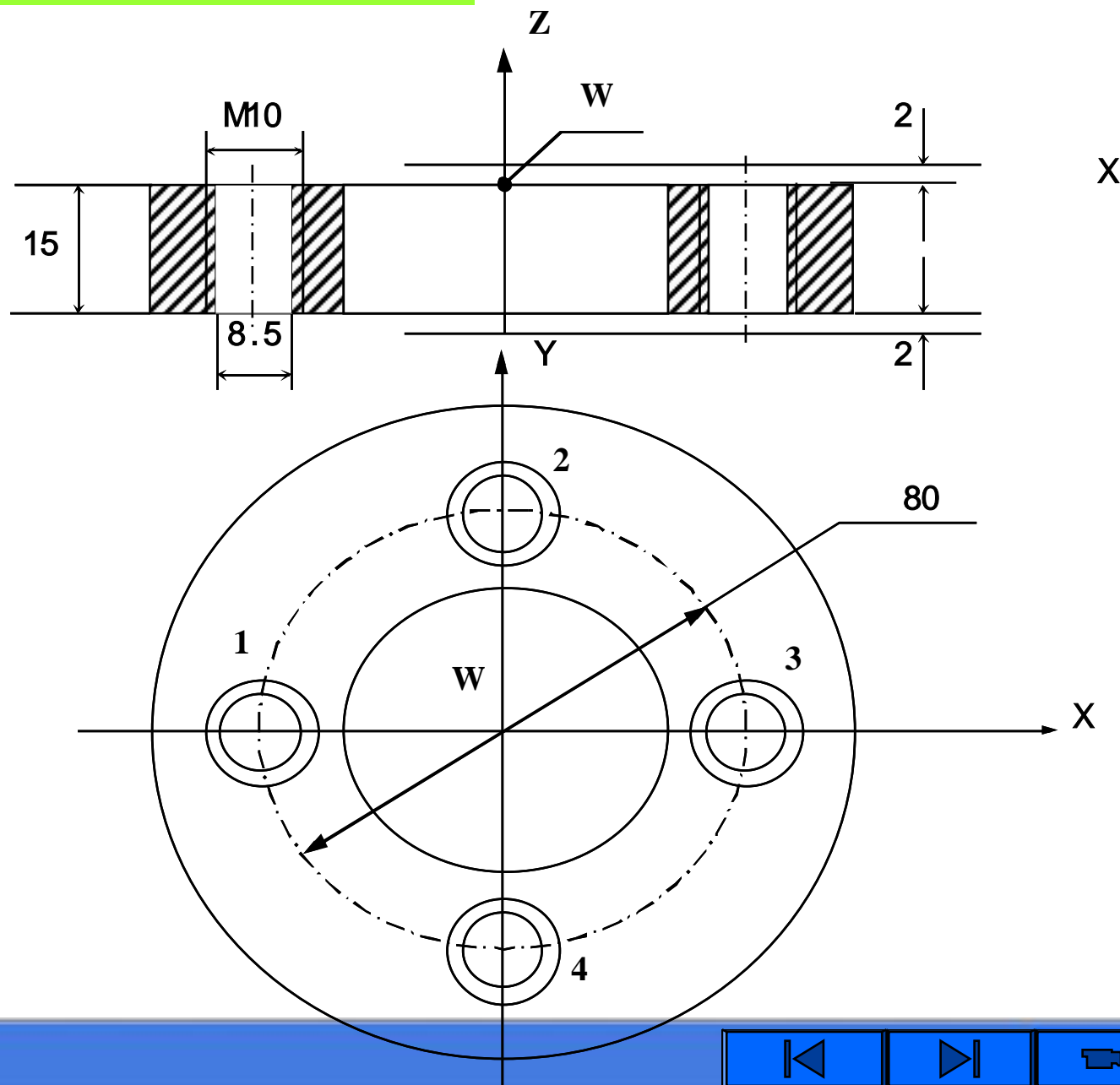
```
N47 T07 M06 ;  
N48 X60.0 Y0 ;  
N49 G43 Z4.0 H07 S300 M03 ;  
N50 G99 G82 Z-5.0 R2.0 P2000 F40 ;  
N51 M98P0005 ;  
N52 G49 G00 Z10.0 M05 ;
```


思考 1 打中心孔、钻孔、攻螺纹等加工

刀具 : T01 (中心钻)

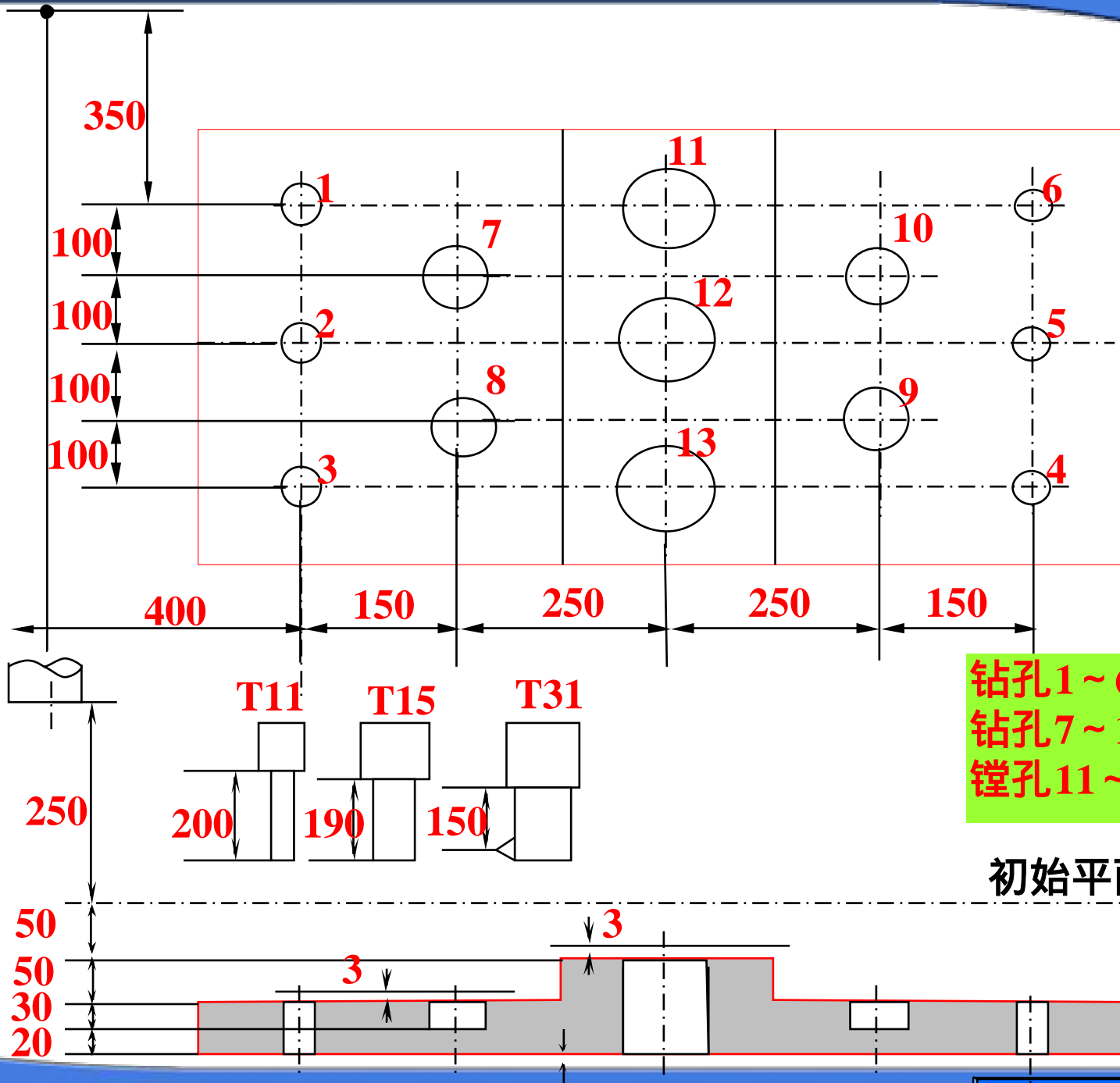
T02 (8.5 钻头)

T03 (M10 丝锥)



参考点

返回位置

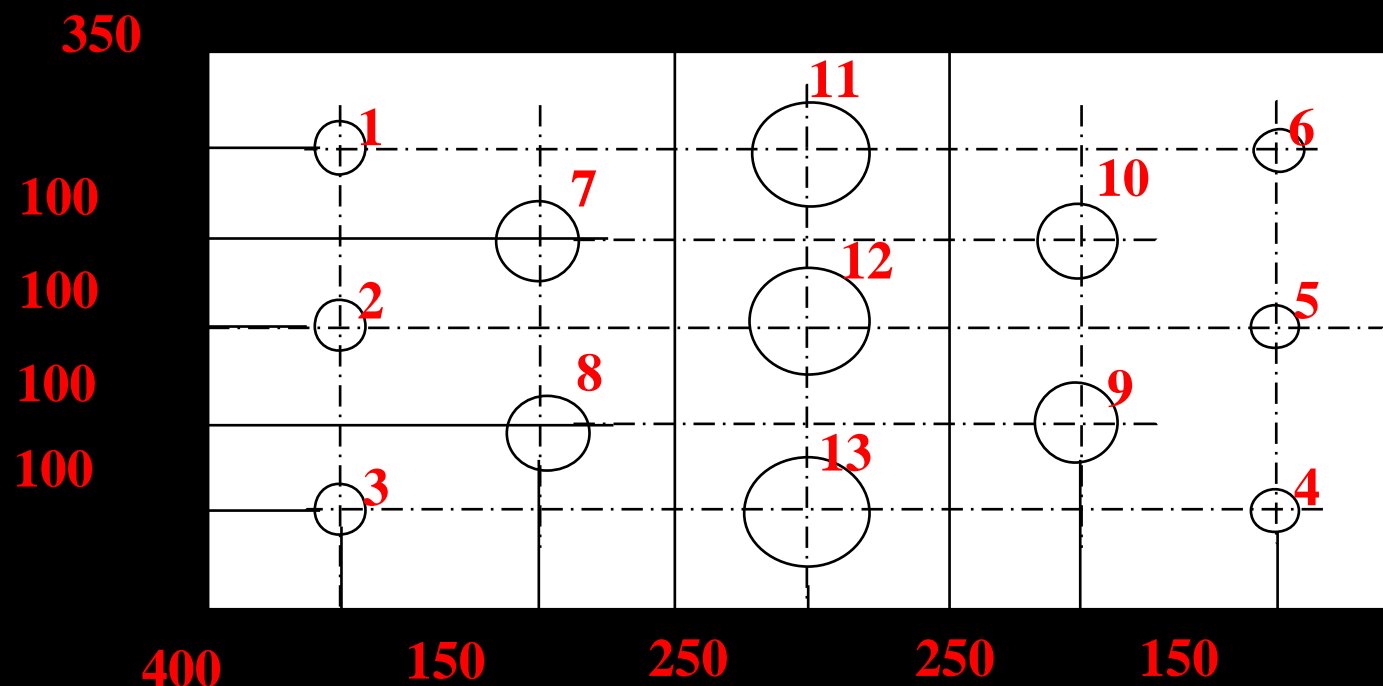


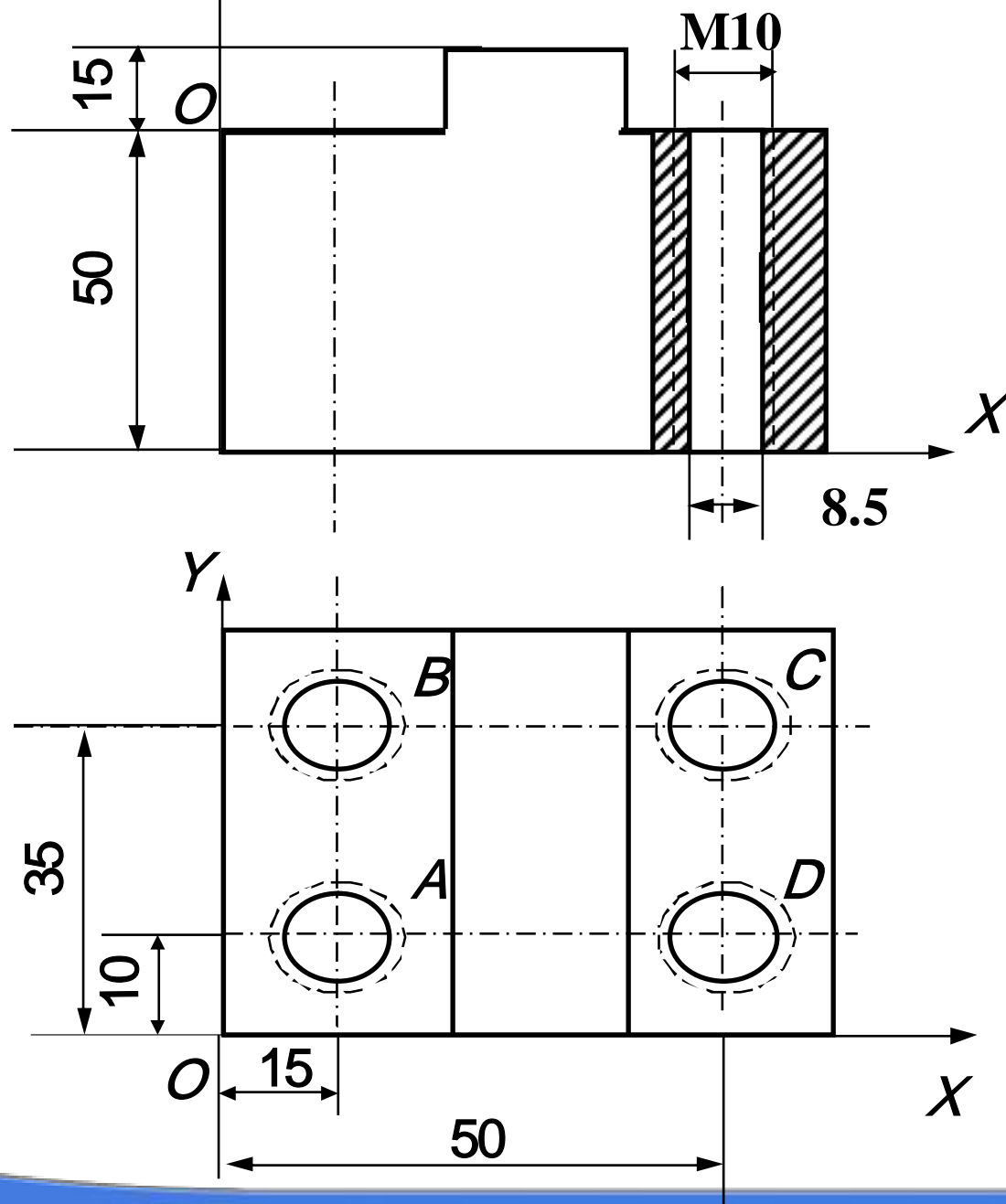
钻孔1~6: 10mm
钻孔7~10: 20mm
镗孔11~13: 95mm

初始平面

3.5 加工中心编程方法及实例

钻孔仿真动画



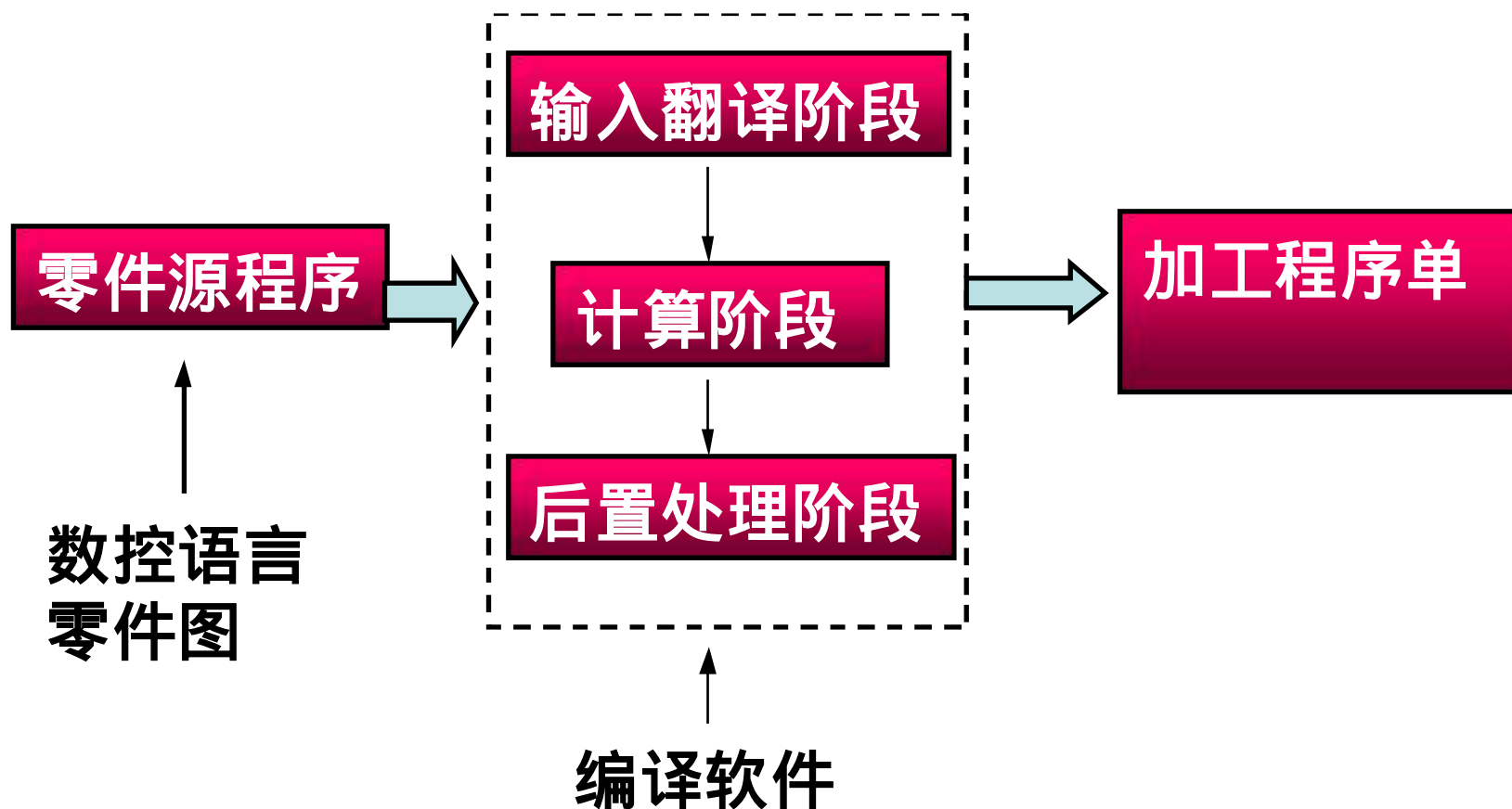



```
N10 G92 X0 Y0 Z250.0;  
N15 T01 M06;  
N20 G90 G00 Z150.0;  
N25 G99G83X15.0Y10.0Z-3.0Q5.0R53.0F50;  
N30 G98 Y35.0;  
N35 G99 X50.0;  
N40 G98 X10.0;  
N45 G00 X0 Y0 Z250.0 T02 M06;  
N50 Z150.0 S150 M03;  
N55 G99G84X15.0Y10.0Z-3.0R53.0F150;  
N60 G98 Y35.0;  
N65 G99 X50.0;  
N70 G98 Y10.0;  
N75 G80 G00 X0 Y0 Z250.0 ;  
N80 M30;
```


3.6 自动编程方法

自动编程方法有:数控语言编程系统
图形交互编程系统

数控语言编程系统组成



3.6 自动编程方法

PARTNO/TEST PART

MACHIN/2

CLPRNT

INTOL/0.01

OUTTOL/0.01

CUTTER/12

C1=CIRCLE/-235,20,0,40

L1=LINE/0,0,0,-100,0,0

L2=LINE/0,0,0,0,100,0

P1=POINT/0,100,0

L3=LINE/P1 , RIGHT,TANTO,C1

SETPT=POINT/125,-75,-17.5

PT=POINT/0,-75,0

FEDRAT/50

SPINDL/900,CLW

FROM/SETPT

GODLAT/O,O,17.5

INDIRP/PT

GO/TO,L2

COOLNT/FLOOD

TLRGT,GORGT/L2 , PAST , L3

GOLFT/L3 , TANTO , C1

GOFWD/C1 , PAST , L1

GOLFT/L1 , PAST , L2

COOLNT/OFF

FEDRAT/200

GOTO/125,-75,0

GOTO/SETPT

SPINDL/OFF

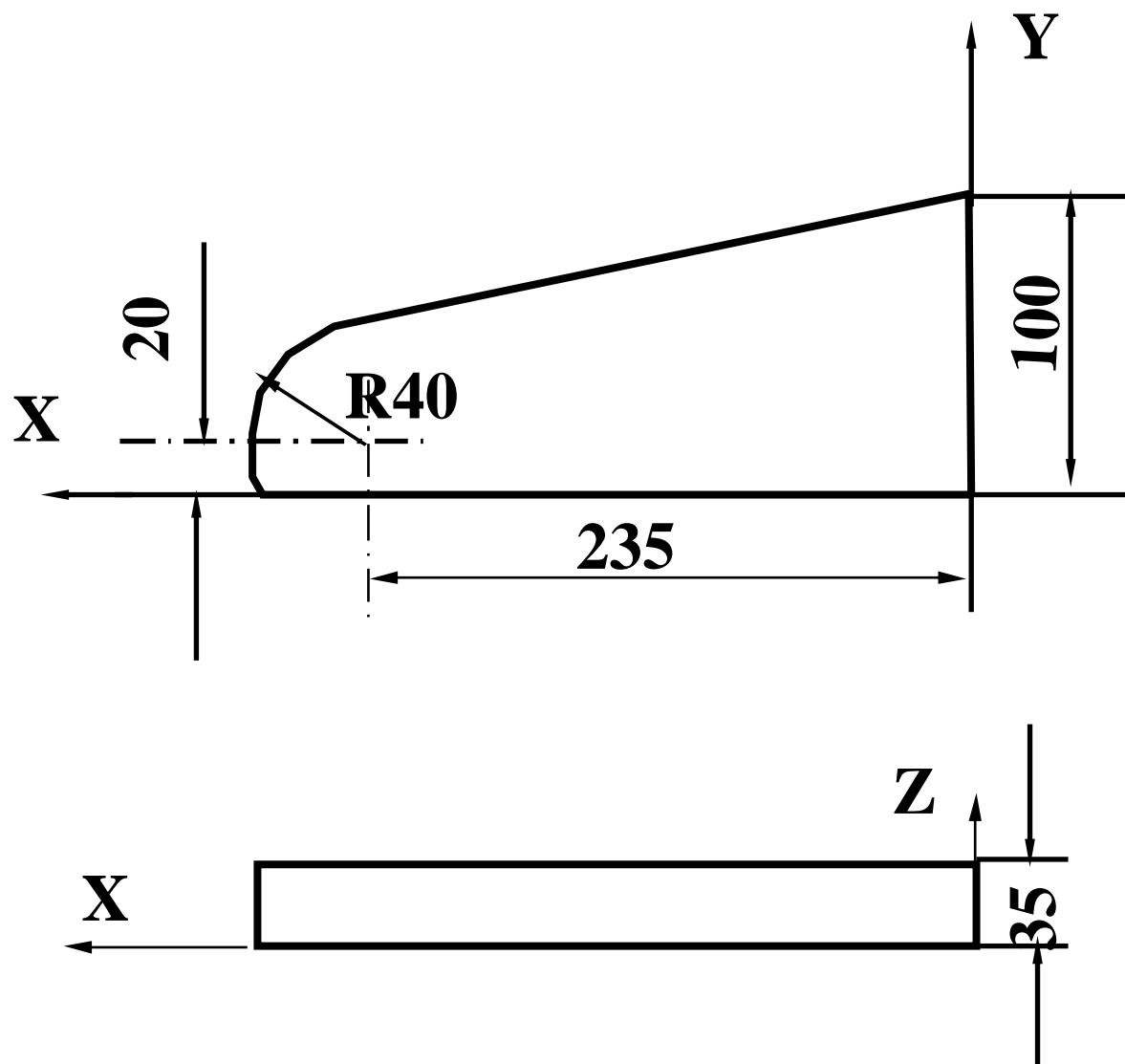
STOP

FINI

语言编程实例：源程序



3.6 自动编程方法



3.6 自动编程方法

图形交互编程系统：

- Pro/Engineer软件
- UG软件
- MasterCAM软件
- CAXA
-

3.6 自动编程方法

UG 是美国Unigraphics Solution公司开发的一套集CAD、CAM、CAE 功能于一体的三维参数化软件，是当今最先进的计算机辅助设计、分析和制造的高端软件，用于**航空、航天、汽车、轮船、通用机械和电子**等工业领域。

UG软件在**CAM领域处于领先的地位**，产生于美国麦道飞机公司，是飞机零件数控加工首选编程工具。

3.6 自动编程方法

CATIA是法国达索（Dassault）公司推出的产品，法制幻影系列战斗机、波音737、777的开发设计均采用CATIA。

CATIA 据有强大的曲面造型功能，在所有的CAD三维软件位居前列，广泛应用于国内的**航空航天**企业、研究所，以逐步取代UG成为复杂型面设计的首选。

CATIA具有较强的编程能力，可满足复杂零件的数控加工要求。目前一些领域采取CATIA设计建模，UG编程加工，二者结合，搭配使用。

3.6 自动编程方法

Pro/E 是美国 PTC（参数技术有限公司）开发的软件，是全世界最普及的三维 CAD/CAM（计算机辅助设计与制造）系统。广泛用于**电子、机械、模具、工业设计和玩具**等民用行业，具有零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、造型设计等多种功能。

Pro/E在我国南方地区企业中被大量使用，设计建模采用Pro/E，编程加工采用MasterCAM和Cimatron是目前通行的做法。

3.6 自动编程方法

CimatronCAD/CAM系统是以色列Cimatron公司的CAD/CAM/PDM产品，是较早在微机平台上实现三维CAD/CAM全功能的系统。该系统提供了比较灵活的用户界面，优良的三维造型、工程绘图，全面的数控加工，各种通用、专用数据接口以及集成化的产品数据管理。

CimatronCAD/CAM系统在国际上的模具制造业备受欢迎，国内模具制造行业也在广泛使用。

3.6 自动编程方法

MasterCAM是美国CNC公司开发的基于PC平台的CAD/CAM软件，它具有方便直观的几何造型 MasterCAM提供了设计零件外形所需的理想环境，其强大稳定的造型功能可设计出复杂的曲线、曲面零件。

MasterCAM具有较强的曲面粗加工及的曲面精加工的功能，曲面精加工有多种选择方式，可以满足复杂零件的曲面加工要求，同时具备多轴加工功能。由于价格低廉，性能优越，成为国内民用行业数控编程软件的首选。

3.6 自动编程方法

FeatureCAM是美国DELCAM公司开发的基于特征的全功能CAM软件，全新的特征概念，超强的特征识别，基于工艺知识库的材料库，刀具库，图标导航的基于工艺卡片的编程模式。全模块的软件，从2~5轴铣削，到车铣复合加工，从曲面加工到线切割加工，为车间编程提供全面解决方案。DELCAM软件后编辑功能相对来说是比较好的。

近年来国内一些制造企业正在逐步引进，以满足行业发展的需求，属新兴产品。

3.6 自动编程方法

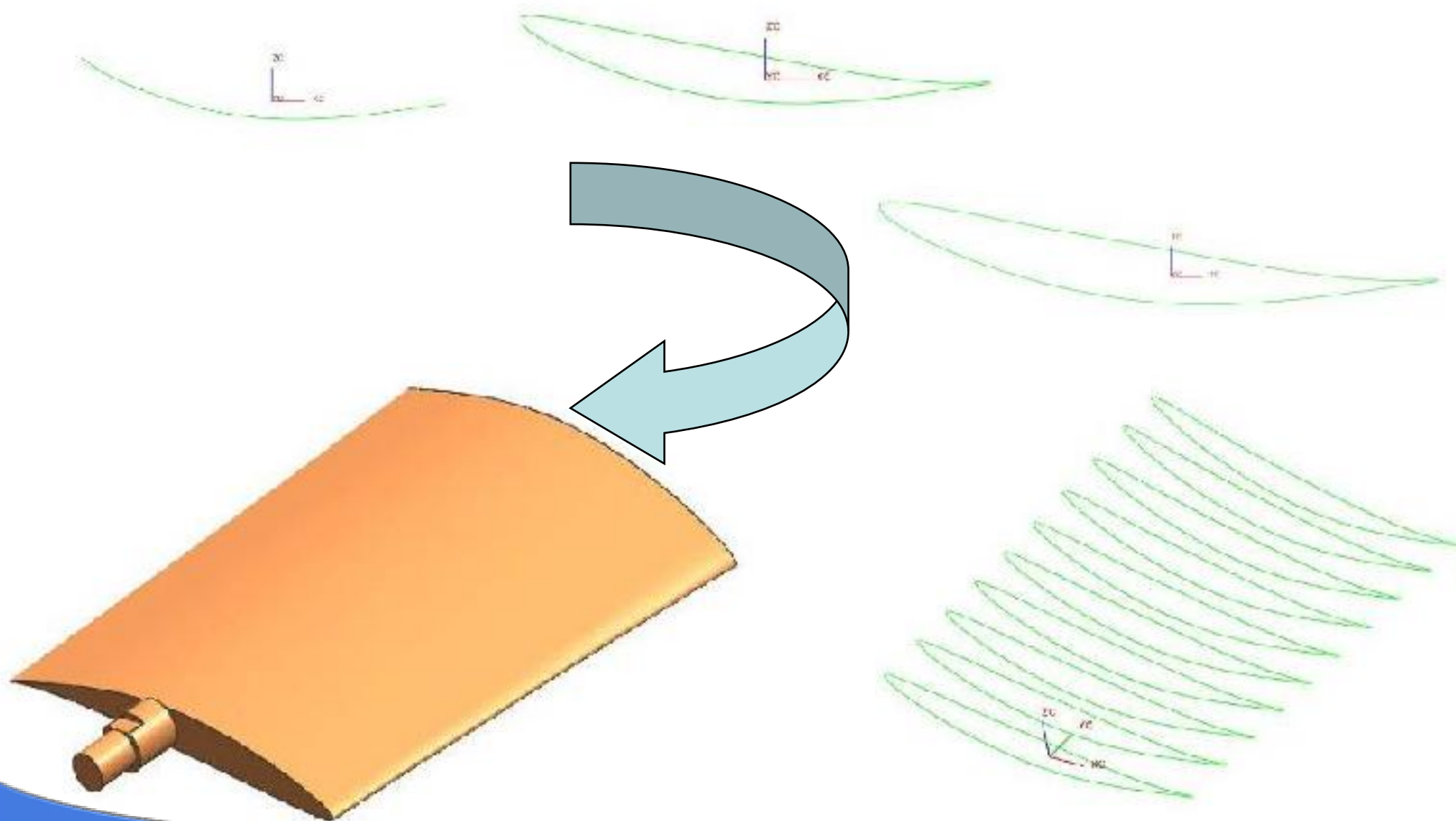
CAXA制造工程师是北京北航海尔软件有限公司推出一款全国产化的CAM产品，为国产CAM软件在国内CAM市场中占据了一席之地。CAXA制造工程师是一款面向二至五轴数控铣床与加工中心、具有良好工艺性能的铣削/钻削数控加工编程软件。该软件性能优越，价格适中，在国内市场颇受欢迎。

3.6 自动编程方法

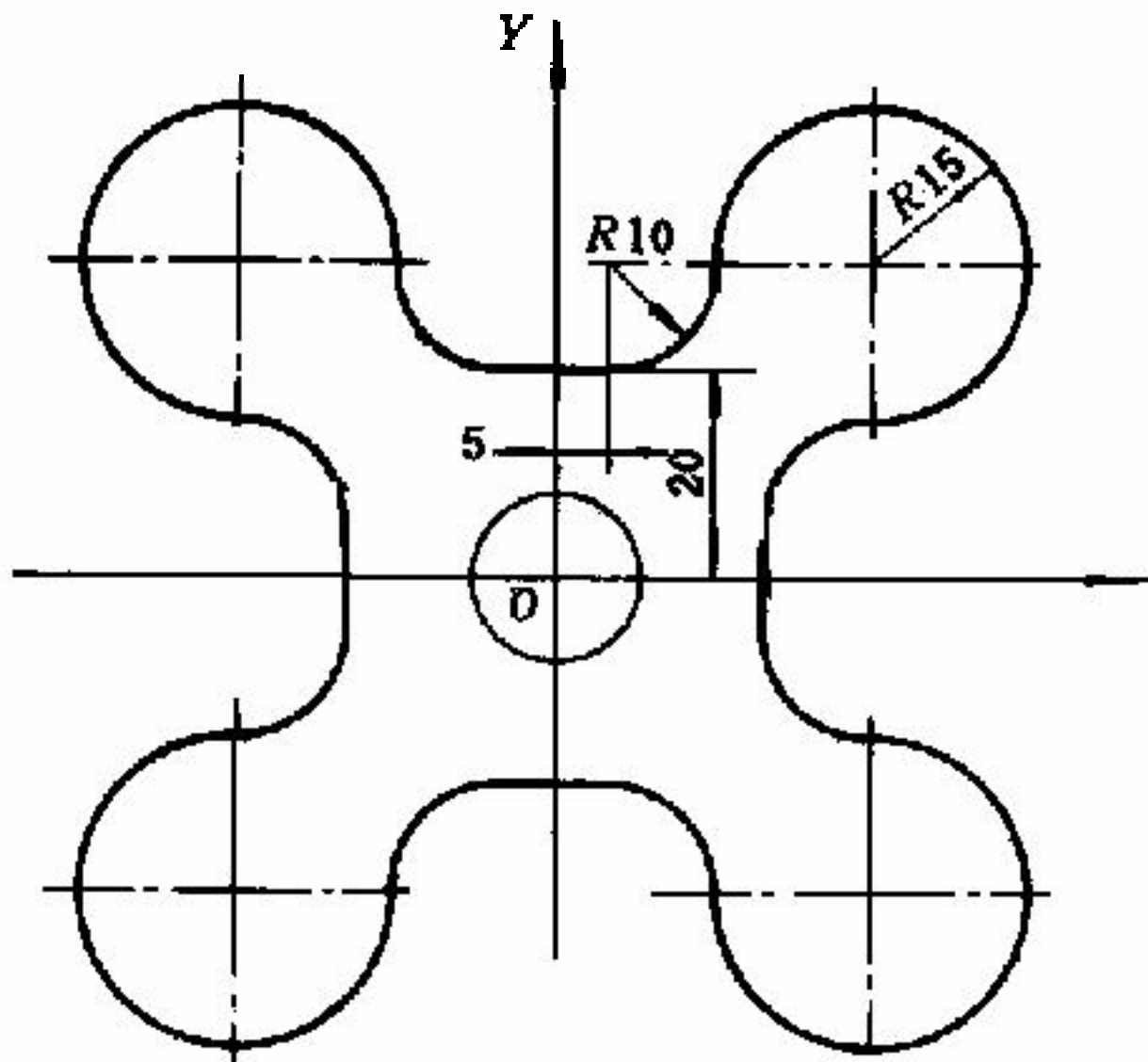
EdgeCAM是英国Pathtrace公司出品的具有智能化的专业数控编程软件，可应用于车、铣、线切割等数控机床的编程。目前流行于欧美制造业。英国路径公司正在进行中国市场的开发和运作，为国内的制造业的客户提供更多的选择。

VERICUT是美国CGTECH公司出品的一种先进的专用数控加工仿真软件。对数控加工过程的模拟极其逼真。

3.6 自动编程方法

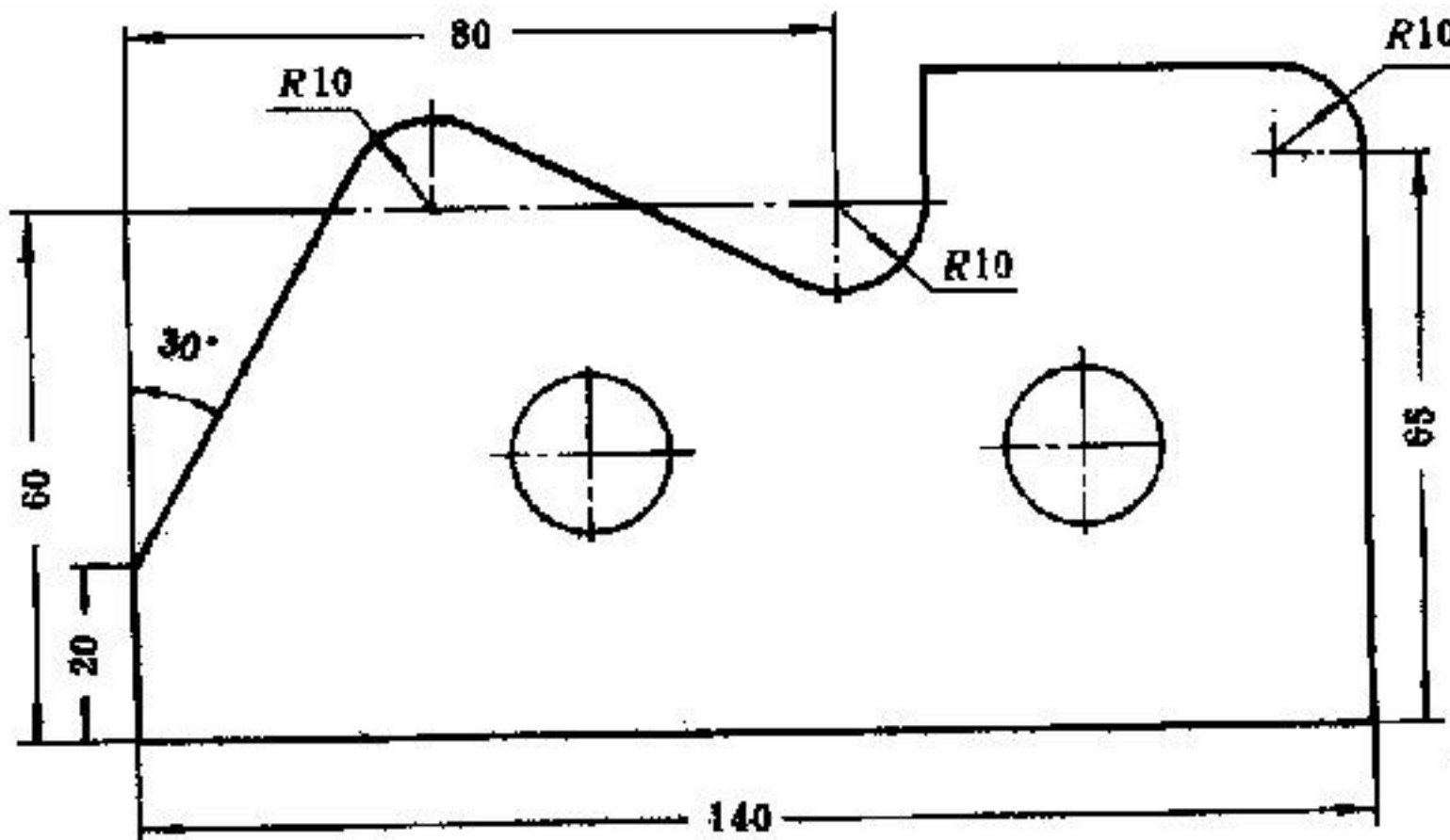


手工编程作业题



外轮廓铣削，厚度 15mm

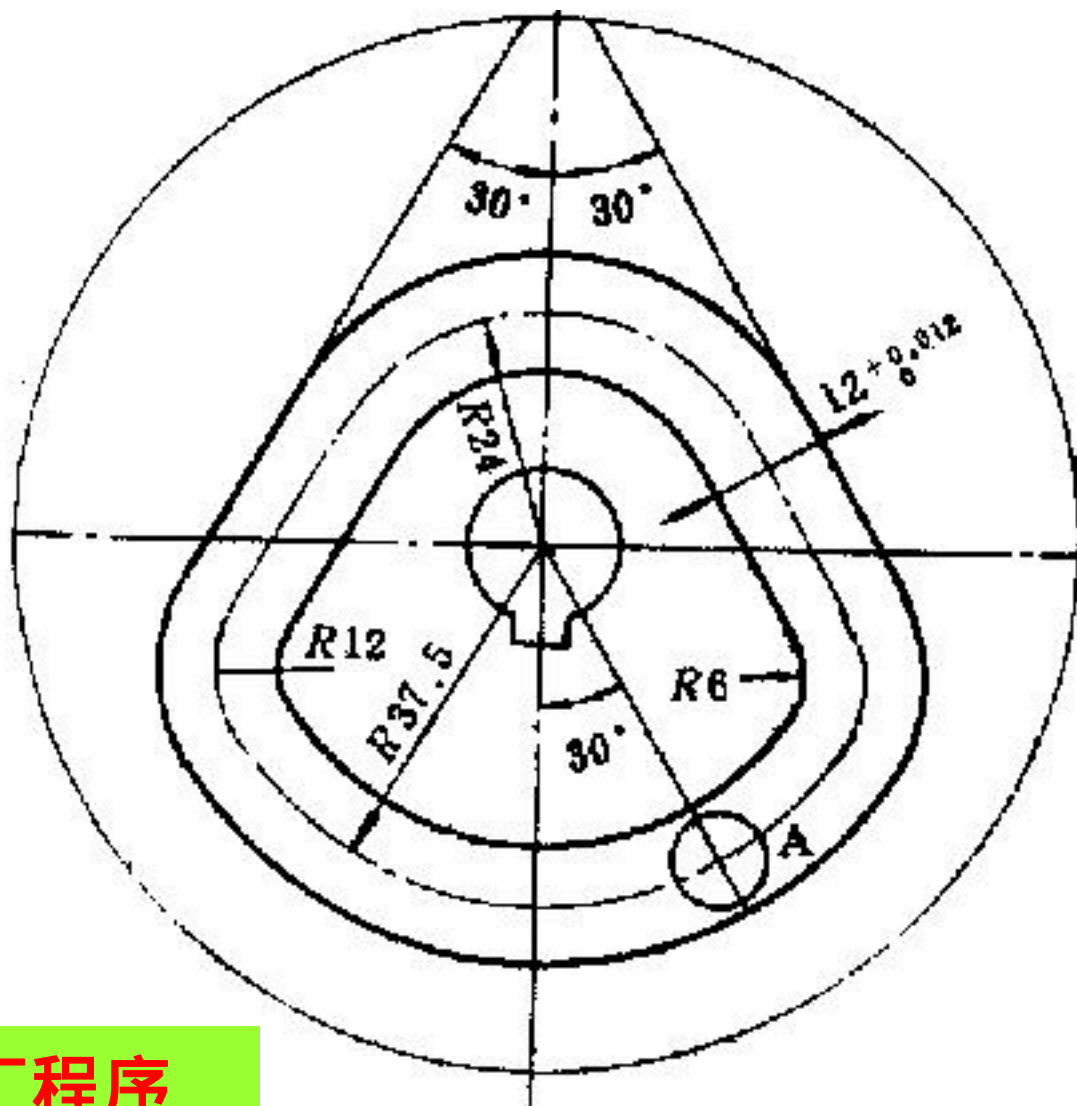




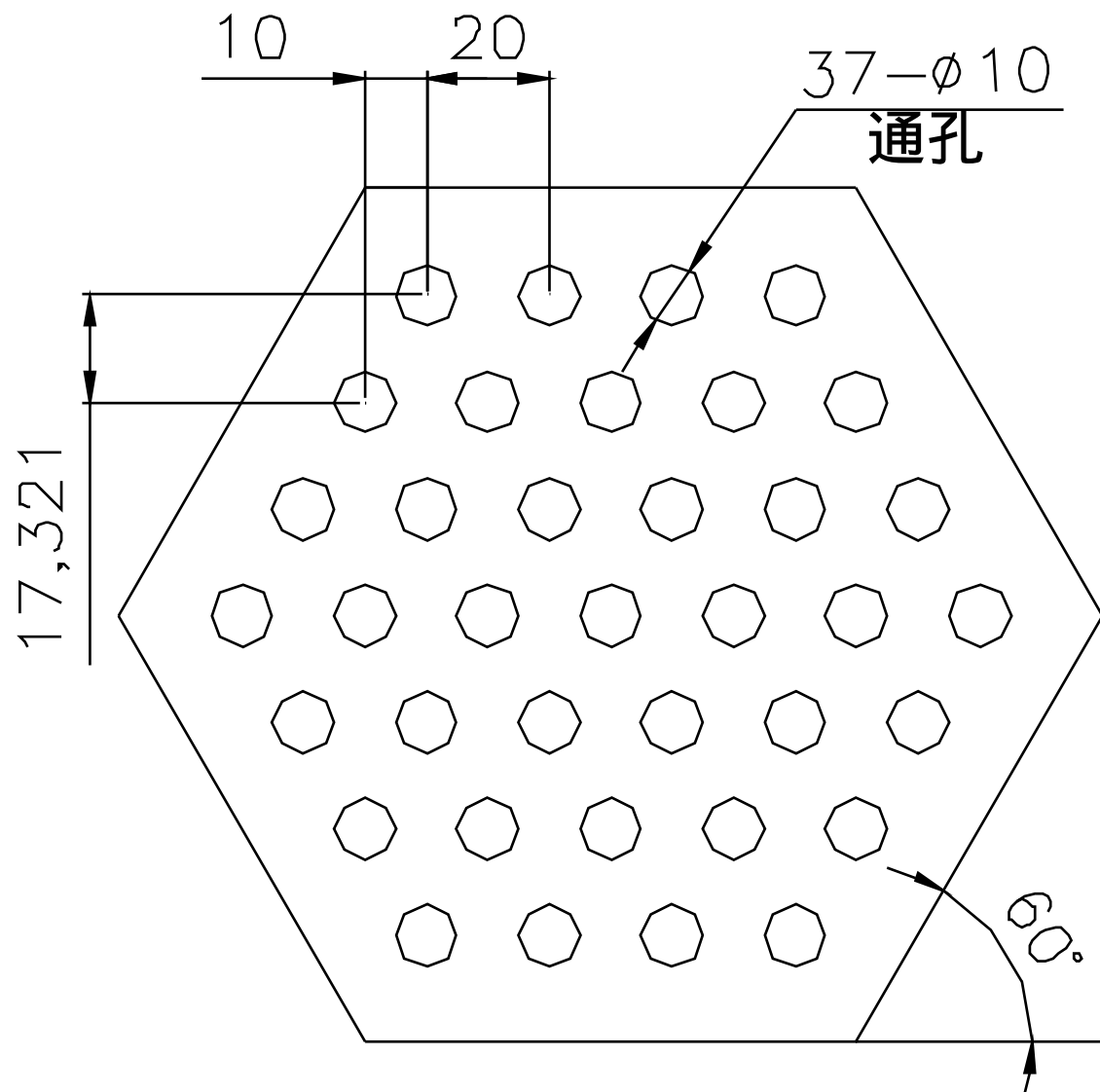
外轮廓铣削，厚度 15mm

已知槽深 $5.5^{+0.3}_0$

A为进刀孔

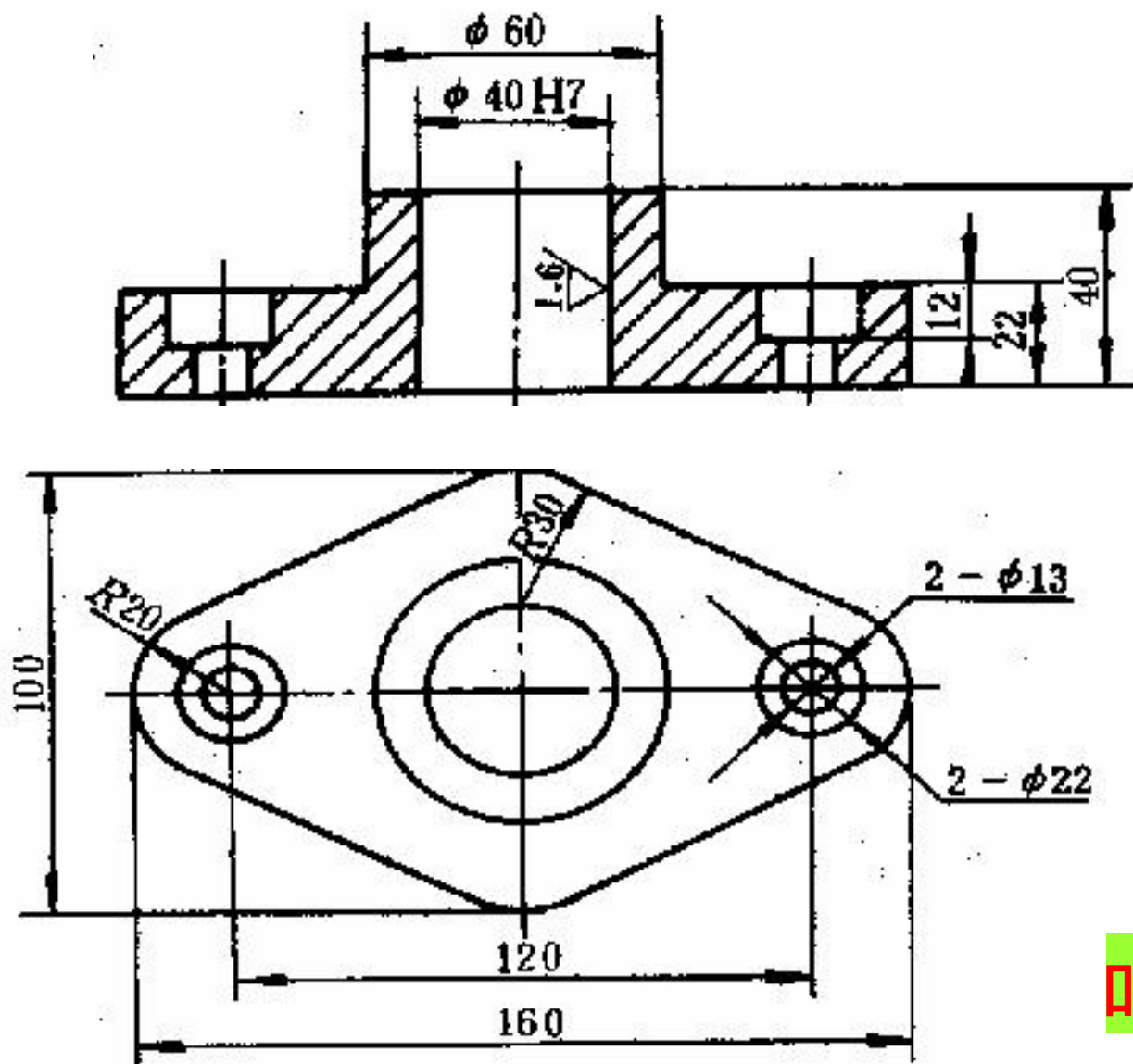


编制铣槽加工程序



加工中心,厚度20mm

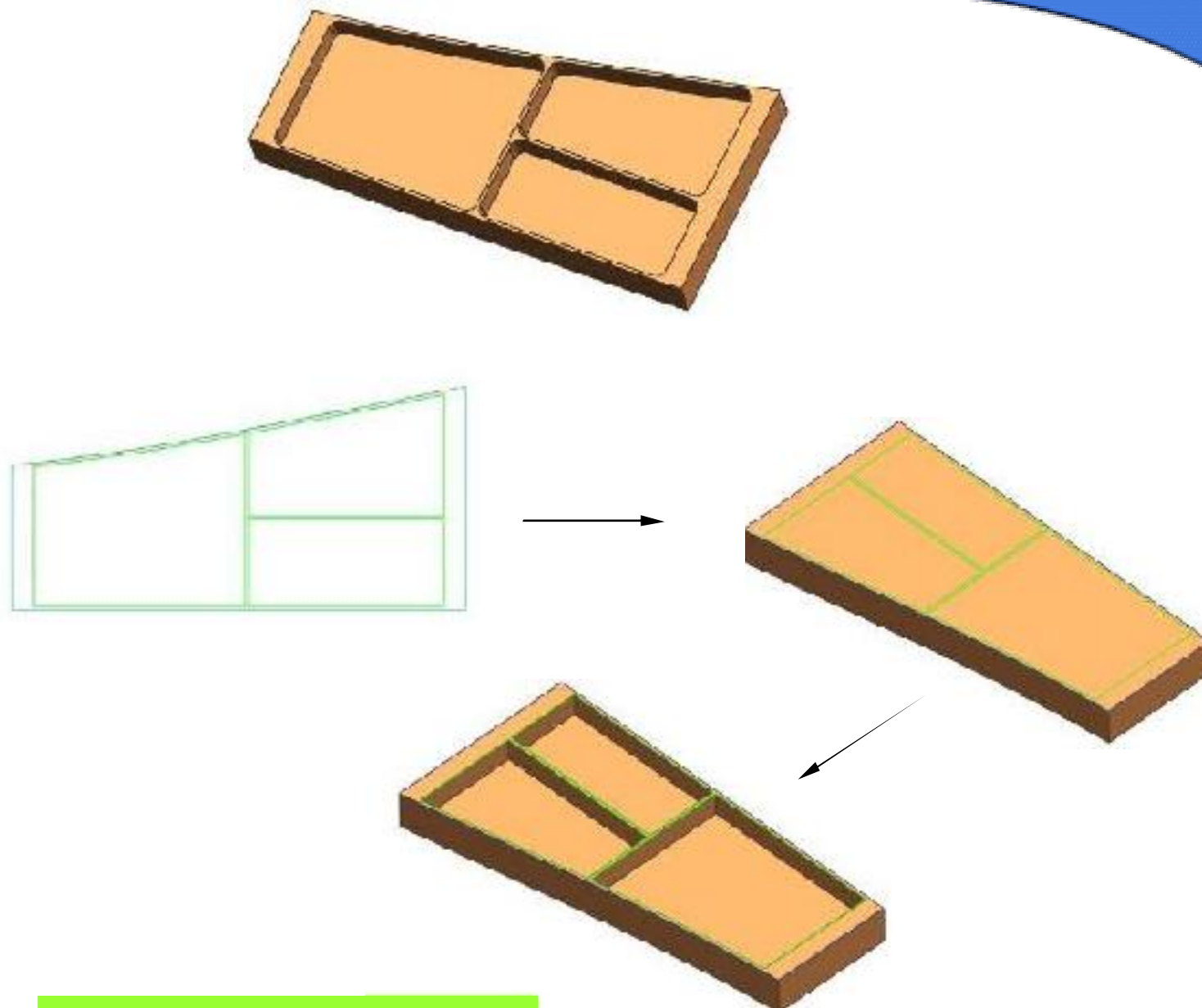




加工中心



自动
编程
作业
题



飞机上框一小部分