

HNC华中数控

数控车床编程基础

智能制造学院
工程训练中心

- ▶ **数控车床概述**
- ▶ 1-1 **数控车床编程基本知识**
- ▶ 1-2 **数控车床编程基本指令**
- ▶ 1-3 **数控车床编程实例**
- ▶ 1-4 **用户宏程序**
- ▶ 1-5 **数控车床操作基础**

第一章 数控车床概述

1-1 概述

- ▶ 本节主要介绍CJK6032数控车床。该车床为两坐标连续控制的数控车床，系统是HNC-21T系统，其人机界面、操作面板、操作步骤及编程方法与当前国际主流基本一致

▶ 1-2 数控车编程基本知识

- 1、机床坐标轴
- 2、机床原点、参考点、机床坐标系
- 3、工件原点和工件坐标
- 4、绝对编程、增量编程
- 5、直径编程、半径编程

1、机床坐标轴

1) 基本坐标轴

数控机床的坐标轴和方向的命名制订了统一的标准，规定直线进给运动的坐标轴用X, Y, Z表示，常称基本坐标轴。

X, Y, Z坐标轴的相互关系用右手定则决定，如图1所示，图中大姆指的指向为X轴的正方向，食指指向为Y轴的正方向，中指指向为Z轴的正方向。

2) 旋转轴

围绕X, Y, Z轴旋转的圆周进给坐标轴分别用A, B, C表示, 根据右手螺旋定则, 如图1所示, 以大拇指指向+X, +Y, +Z方向, 则食指、中指等的指向是圆周进给运动的+A, +B, +C方向。

上述坐标轴正方向，是假定工件不动，刀具相对于工件做进给运动的方向。如果是工件移动则用加“'”的字母表示，按相对运动的关系，工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反，即有：

$$+X = -X', +Y = -Y', +Z = -Z',$$

$$+A = -A', +B = -B', +C = -C'$$

同样两者运动的负方向也彼此相反。

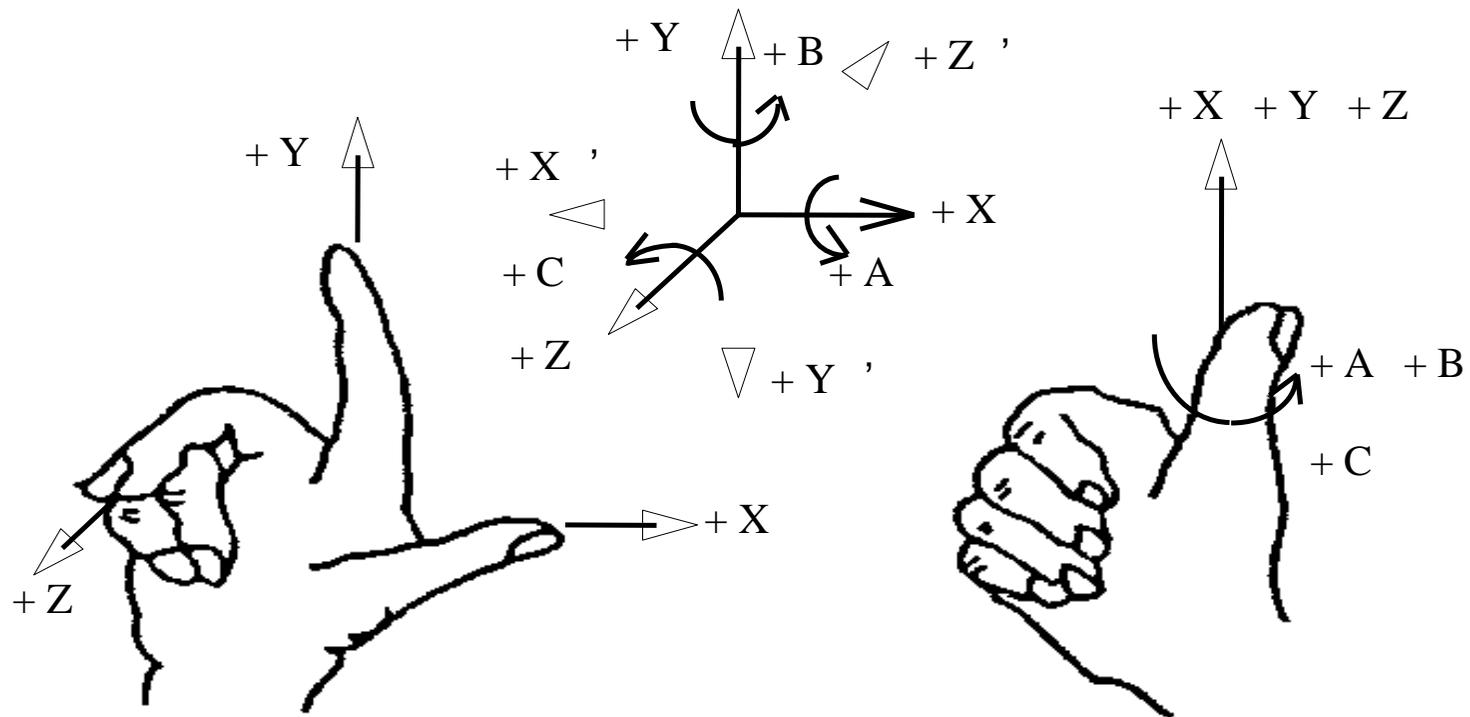


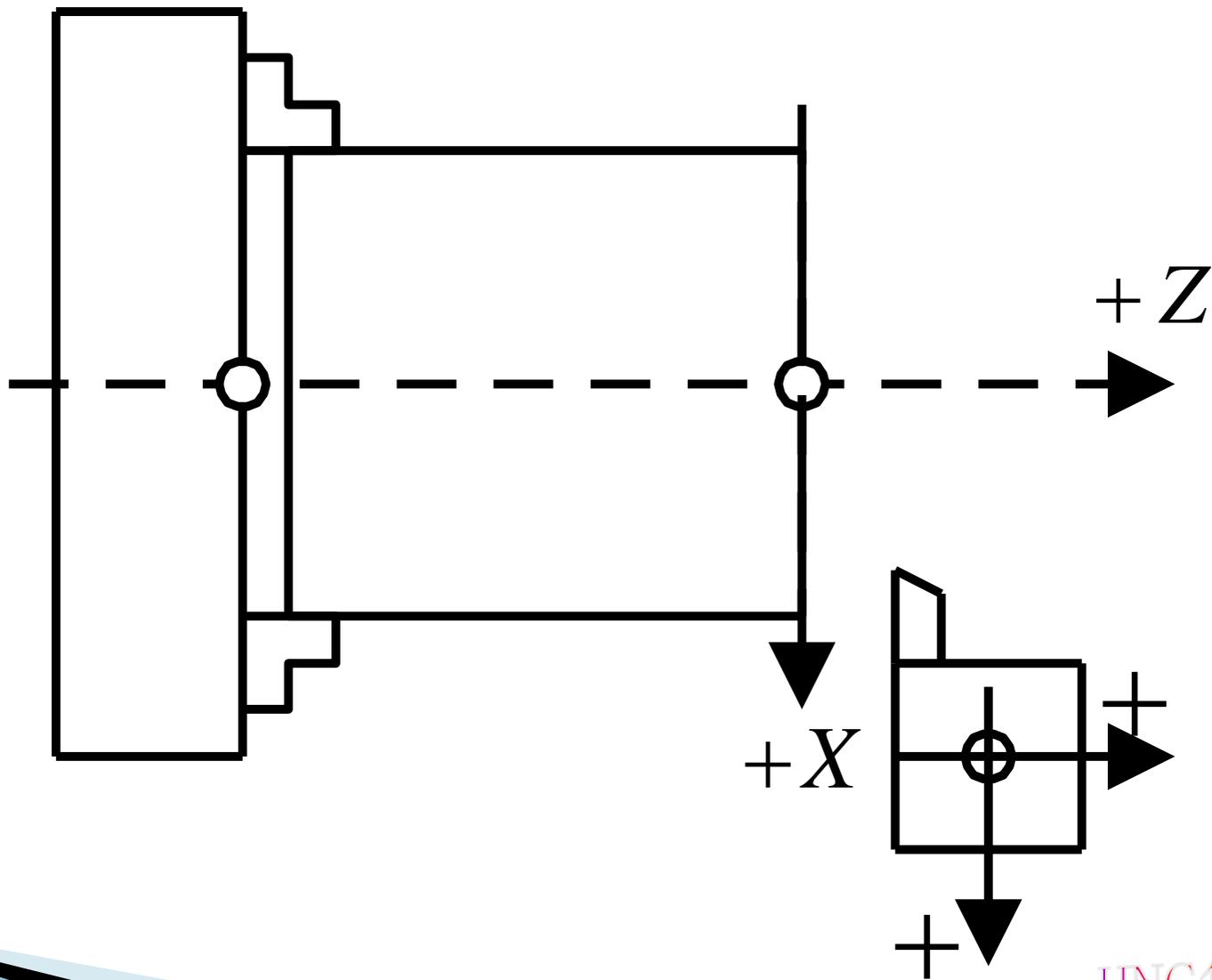
图 1 机床坐标轴

3) 附加坐标轴:

在基本的线性坐标轴 X , Y , Z 之外的附加线性坐标轴指定为 U , V , W 和 P , Q , R 。

这些附加坐标轴的运动方向, 可按决定基本坐标轴运动方向的方法来决定。

CJK6032坐标轴



ZJK7532坐标轴

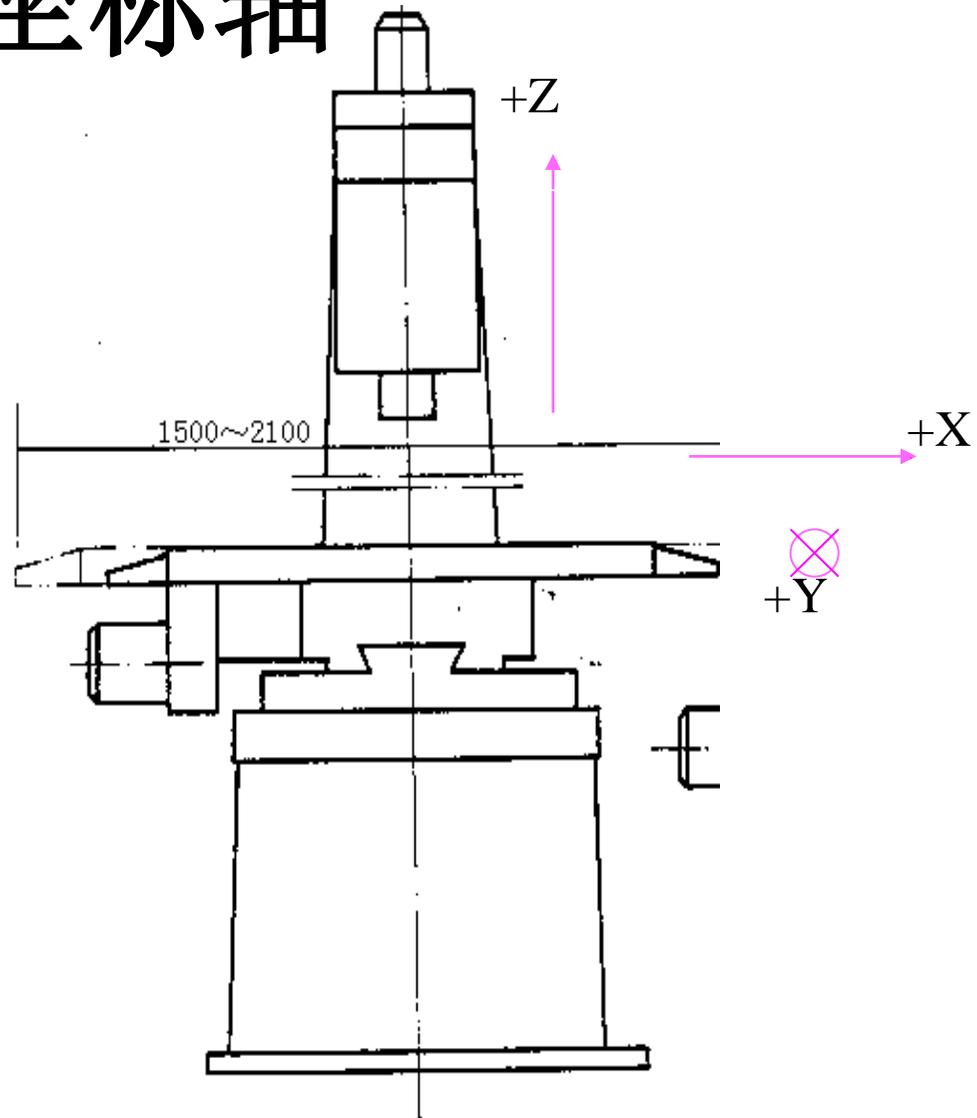
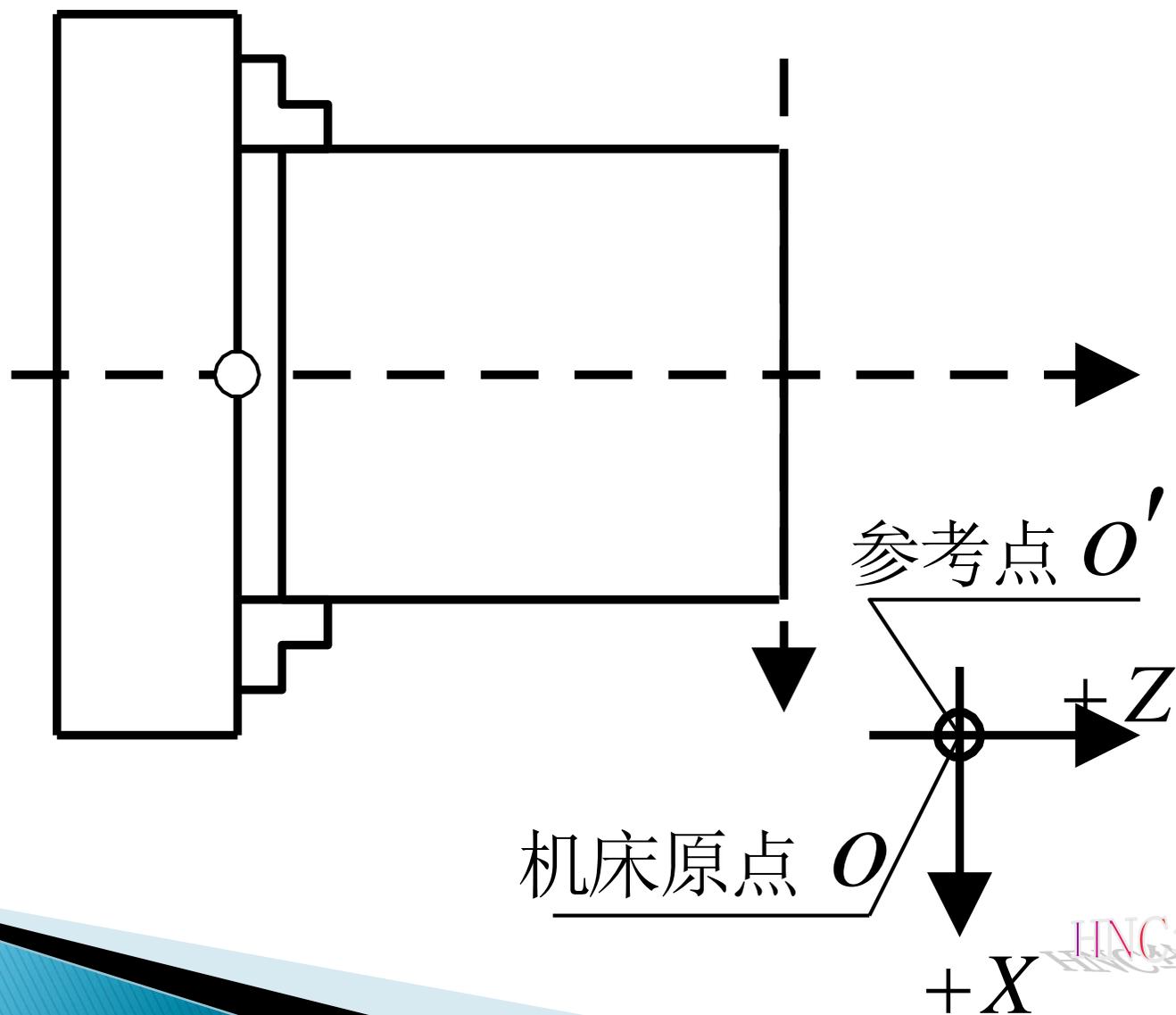
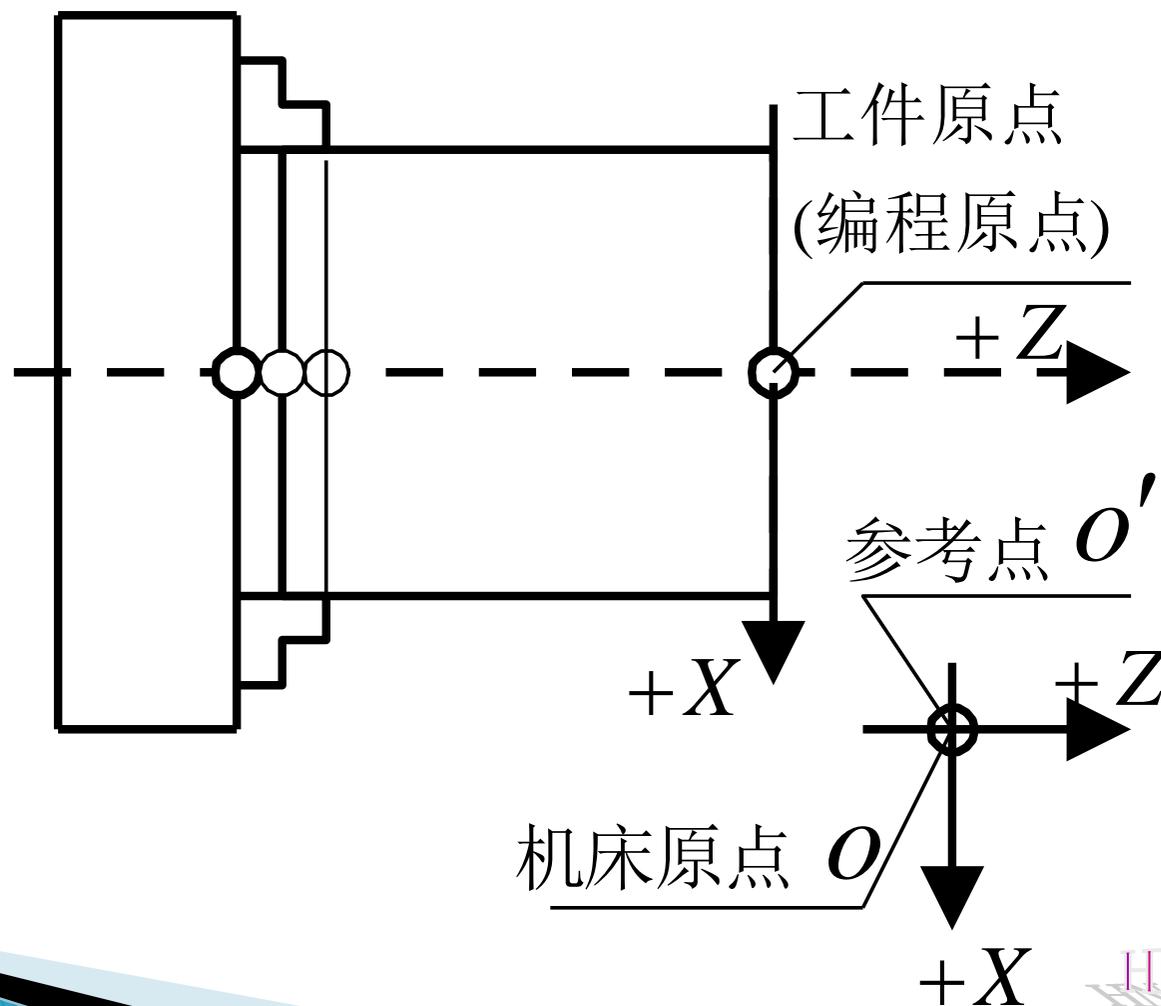


图2 华中I型ZJK7532铣床坐标系统  华中数控

2、机床原点、参考点、机床坐标系



3、工件原点和工件坐标系

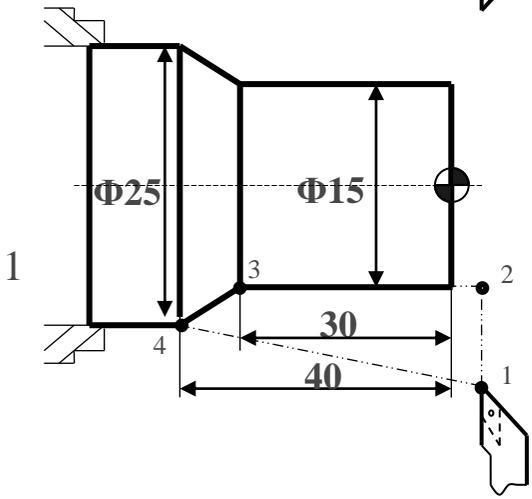


4、绝对编程与增量编程

绝对编程

增量编程

混合编程



```

%0001
N 1 T0101
N 2 G00 X25 Z2
N 3 G01 X7.5 (Z2)
N 4 (X7.5) Z-30
N 5 X12.5 Z-40
N 6 X25 Z2
N 7 M30
    
```

```

%0001
N 1 G91
N 2 G01 X-17.5 (Z0)
N 3 (X0) Z-32
N 4 X5 Z-10
N 5 X12.5 Z42
N 6 M30
    
```

```

%0001
N 1 T0101
N 2 G00 X25 Z2
N 3 G01 X7.5 (Z2)
N 4 Z-30
N 5 U5 Z-40
N 6 X25 W42
N 7 M30
    
```

绝对编程时：用G90指令后面的X、Z表示X轴、Z轴的坐标值；
 增量编程时：用U、W或G91指令后面的X、Z表示X轴、Z轴的
 增量值；

注：1：车床的默认状态为G90

5、直径、半径编程

绝对编程

增量编程

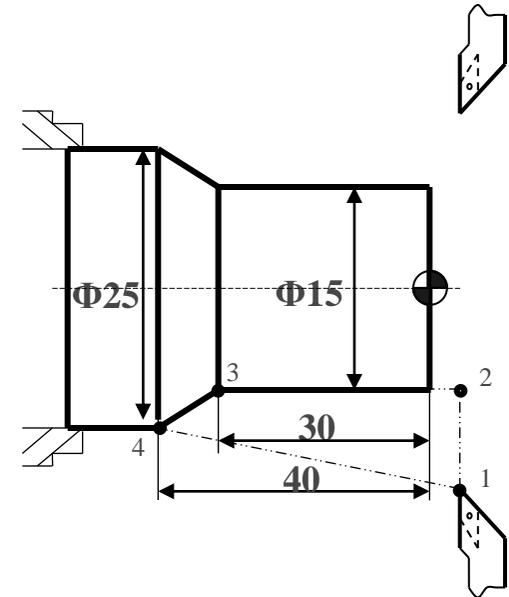
混合编程

半径编程

<pre>%0001 N1 G37 N2 T0101 N3 G00 X25 Z2 N4 G01 X7.5 (Z2) N5 (X7.5) Z-30 N6 X12.5 Z-40 N7 X25 Z2 N8 M30</pre>	<pre>%0001 N1 G37 N2 G91 N3 G01 X-17.5 (Z0) N4 (X0) Z-32 N5 X5 Z-10 N6 X12.5 Z42 N7 M30</pre>	<pre>%0001 N1 G37 N2 T0101 N3 G00 X25 Z2 N4 G01 X7.5 (Z2) N5 Z-30 N6 U5 Z-40 N7 X25 W42 N8 M30</pre>
---	---	--

直径编程

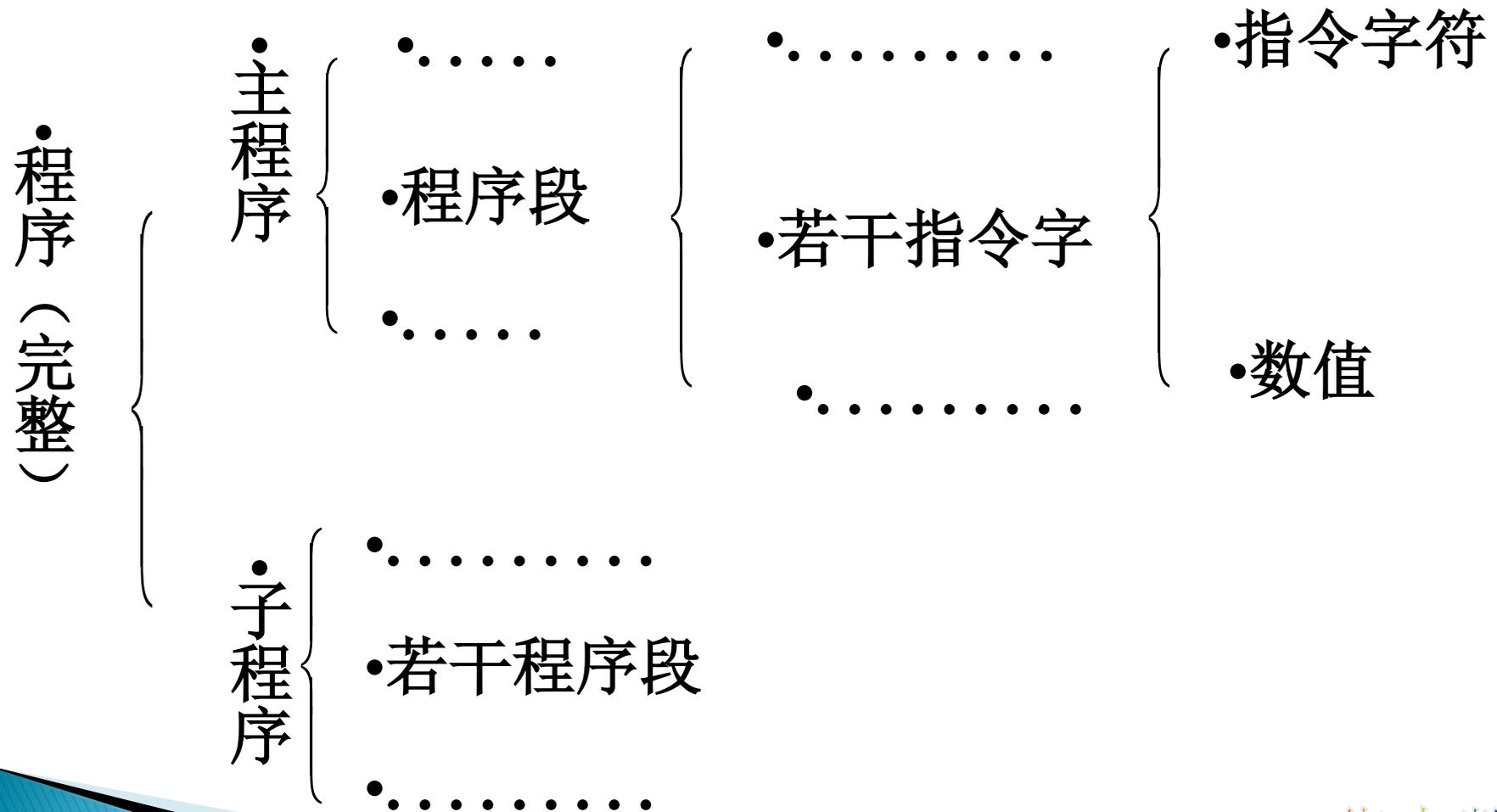
<pre>%0001 N1 G36 N2 T0101 N3 G00 X50 Z2 N4 G01 X15 (Z2) N5 (X15) Z-30 N6 X25 Z-40 N7 X50 Z2 N8 M30</pre>	<pre>%0001 N1 G36 N2 G91 N3 G01 X-35 (Z0) N4 (X0) Z-32 N5 X10 Z-10 N6 X25 Z42 N7 M30</pre>	<pre>%0001 N1 G36 N2 T0101 N3 G00 X50 Z2 N4 G01 X15 (Z2) N5 Z-30 N6 U10 Z-40 N7 X50 W42 N8 M30</pre>
---	--	--



注意：1、使用直径、半径编程时，系统参数设置要求与之对应

第二章 程序的结构

2-1 程序的构成



%8001

N01 G37

F100

N02 G92 X16 Z1

4.923 R8

N03 G90 G00 Z0

R60

N04 M03

28.636 R40

N05 M98 P0003 L6

N06 G90 G00 X16 Z1

N07 M05

N08 M30

%0003

N01 G91 G01 X-12

N02 G03 X7.385 Z-

N03 X2.215 Z-39.877

N04 G02 X2.4 Z-

N05 G00 X4

N06 Z73.436

N07 X-4.8

N08 M99

第三章 数控车床编程指令体系

3-1 M指令(或辅助功能)

3-2 S . F. T指令

3-3 G指令(准备功能)

1、坐标系相关G指令

2、运动相关G指令

3、单一循环G指令

4、复合循环G指令

3-1 M指令(或辅助功能)

表 3-2

指令	功能	说明	备注
M00	程序暂停	执行 M00 后，机床所有动作均被切断，重新按程序启动按键后，再继续执行后面的程序段。	
M01	任选暂停	执行过程和 M00 相同，只是在机床控制面板上的“任选停止”开关置于接通位置时，该指令才有效。	*
M03	主轴正转		
M04	主轴反转		
M05	主轴停		
M07	切削液开		*
M09	切削液关		*
M30	主程序结束	切断机床所有动作，并使程序复位。	
M98	调用子程序	其后 P 地址指定子程序号，L 地址指定调运次数。	
M99	子程序结束	子程序结束，并返回到主程序中 M98 所在程序行的下一行	

* 暂无此功能。

3-2 S . F. T 指令

1、 S指令(主轴功能)

- 1) 转/每分钟 (M03后)
- 2) 米/每分钟 (G96恒线速有效)
- 3) 转/每分钟 (G97取消恒线速)

2、 F指令(进给功能):

- 1) 每分钟进给(G94)
- 2) 每转进给(G95)

T指令(刀具功能)

%0012

N01 T0101

(此时换刀，设立坐标系，刀具不移动)

N02 G00 X45 Z0

(当有移动性指令时，加入刀偏)

N03 G01 X10 F100

N04 G00 X80 Z30

N05 T0202

(此时换刀，设立坐标系，刀具不移动)

N06 G00 X40 Z5

(当有移动性指令时，执行刀偏)

N07 G01 Z-20 F100

N08 G00 X80 Z30

N09 M30

3-3 G 指令 (准备功能)

表 3-3

代码	组号	意义	代码	组号	意义
G00	0 1	快速定位	G57	1 1	零点偏置
G01		直线插补	G58		
G02		圆弧插补 (顺时针)	G59		
G03		圆弧插补 (逆时针)	G65	0 0	宏指令简单调用
G04	0 0	暂停延时	G66	1 2	宏指令模态调用 宏指令模态调用取消
G20	0 8	英制输入	G67		
G21		公制输入	G90	1 3	绝对值编程 增量值编程
G27	0 0	参考点返回检查	G91		
G28		返回到参考点	G92	0 0	坐标系设定
G29		由参考点返回	G80	0 1	内、外径车削单一固定循环 端面车削单一固定循环 螺纹车削单一固定循环
G32	0 1	螺纹切削			
G40	0 9	刀具半径补偿取消	G81		
G41		刀具半径左补偿	G82		
G42		刀具半径右补偿	G94	1 4	每分进给 每转进给
G52	0 0	局部坐标系设定	G95		
G54	1 1	零点偏置	G71	0 6	内、外径车削复合固定循环 端面车削复合固定循环 封闭轮廓车削复合固定循环 螺纹车削复合固定循环
G55			G72		
G56			G73		
			G76		

3-3-1 有关单位设定G功能

1、英制输入G20(单位in)和公制输入G21(单位mm)指令

2、进给量的设定G94和G95指令

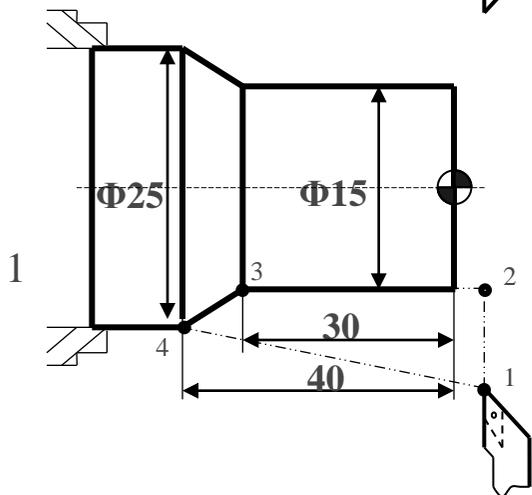
3-3-2 坐标系相关的G指令

1) 绝对编程与增量编程

绝对编程

增量编程

混合编程



```
%0001  
N 1 T0101  
N 2 G00 X50 Z2  
N 3 G01 X15 (Z2)  
N 4 (X15) Z-30  
N 5 X25 Z-40  
N 6 X50 Z2  
N 7 M30
```

```
%0001  
N 1 G91  
N 2 G01 X-35 (Z0)  
N 3 (X0) Z-32  
N 4 X10 Z-10  
N 5 X25 Z42  
N 6 M30
```

```
%0001  
N 1 T0101  
N 2 G00 X50 Z2  
N 3 G01 X15 (Z2)  
N 4 Z-30  
N 5 U10 Z-40  
N 6 X50 W42  
N 7 M30
```

绝对编程时：用G90指令后面的X、Z表示X轴、Z轴的坐标值；
增量编程时：用U、W或G91指令后面的X、Z表示X轴、Z轴的
增量值；

注：1：车床的默认状态为G90

2：表示增量的字符U、W不能用于循环指令G80、G81、
G82、G71、G72、G73、G76程序段中，但可用于定义
精加工轮廓的程序中

2) 坐标系设定G92指令

G92 X___ Z___ ;

X、Z取值原则：

- 1、方便数学计算和简化编程；**
- 2、容易找正对刀；**
- 3、便于加工检查；**
- 4、引起的加工误差小；**
- 5、不要与机床、工件发生碰撞；**
- 6、方便拆卸工件；**
- 7、空行程不要太长；**

3) 零点偏置G54~G59指令

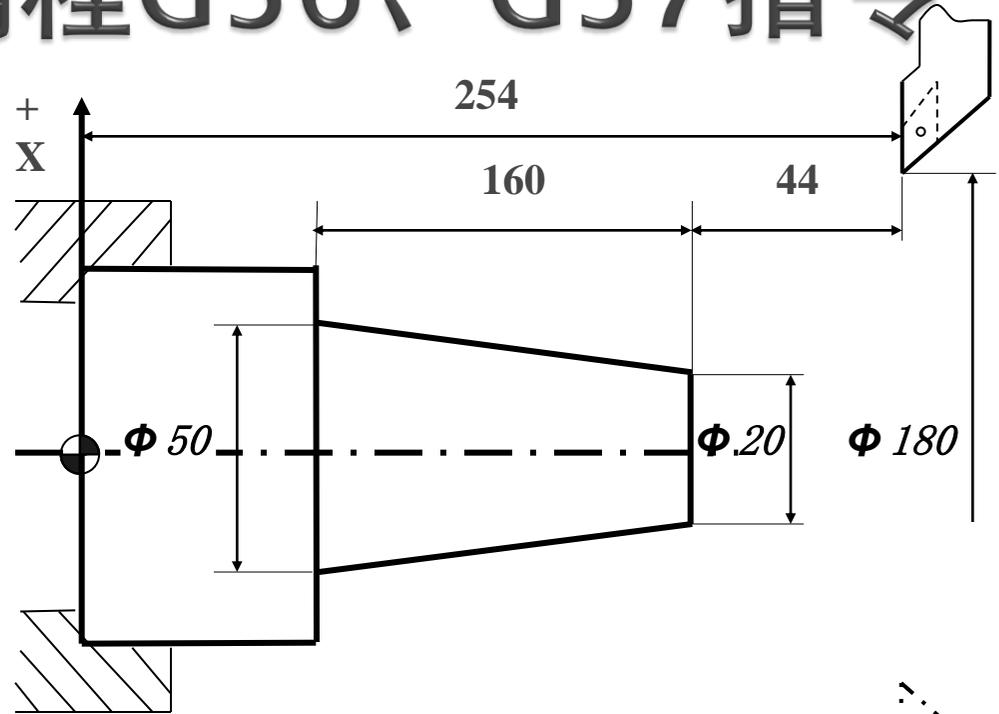
4) 直接机床坐标系编程G53指令

注:

使用该类指令前须回过一次参考点。

5) 直径、半径编程G36、G37指令

格式: G36 直径编程
G37 半径编程



一、半径编程

```
%3352  
N1 G37  
N2 G92 X90 Z254  
N3 G01 X10 W-44  
N4 U15 Z50  
N5 G00 X90 Z254  
N6 M30
```

二、直径编程

```
%3351  
N1 G92 X180 Z254  
N2 G36 G01 X20 W-44  
N3 U30 Z50  
N4 G00 X180 Z254  
N5 M30
```

注意: 1、使用直径、半径编程时, 系统参数设置要求与之对应

-3-3 进给控制指令

1) 快速点定位G00指令

G00 X (U) _ Z (W) _

```
1008  
0202  
000 X90Z253  
000 X30Z173  
90 Z253  
105  
130
```

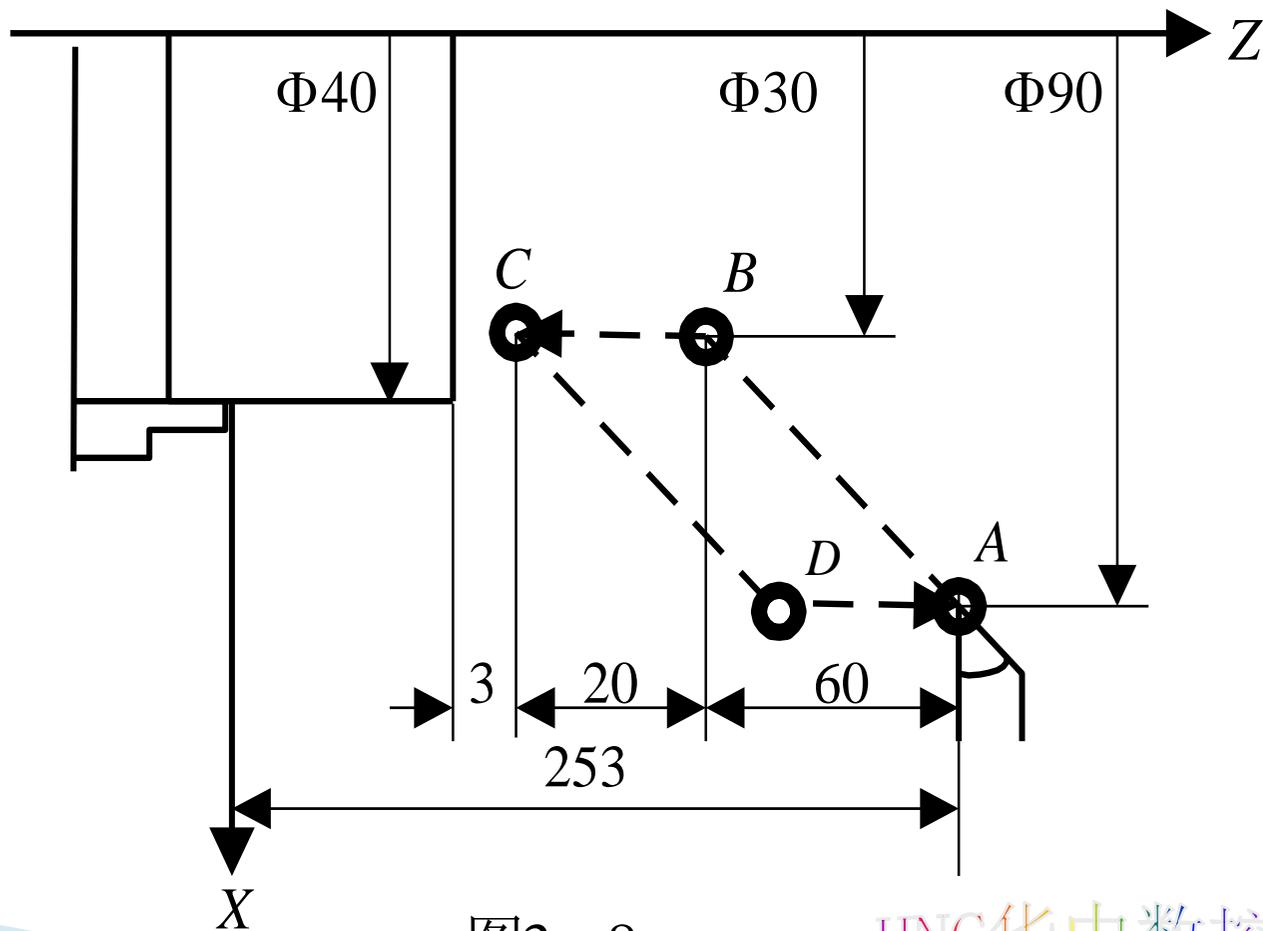


图3-8

2、直线插补G01指令

G01 X (U) __ Z (W) __ F__

%1008

T0303

G00 X90 Z253

G90 G01 X30 Z173

G00 X90 Z253

M05

M30

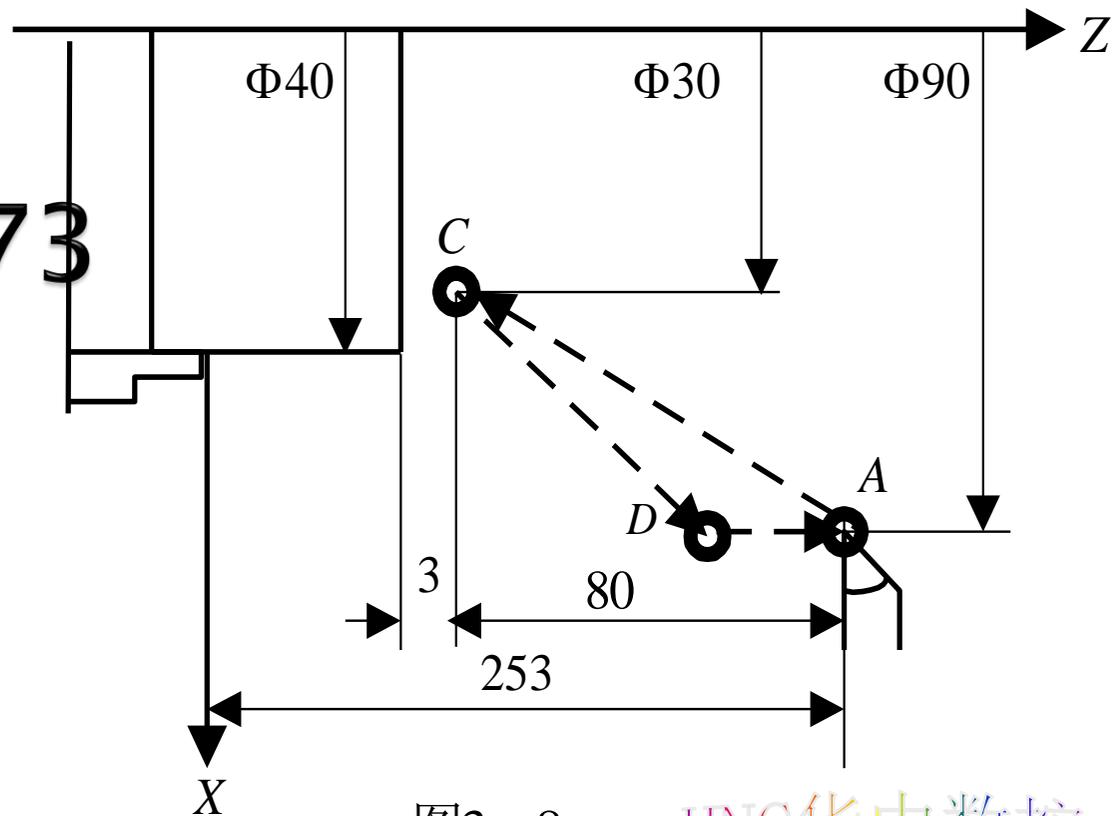
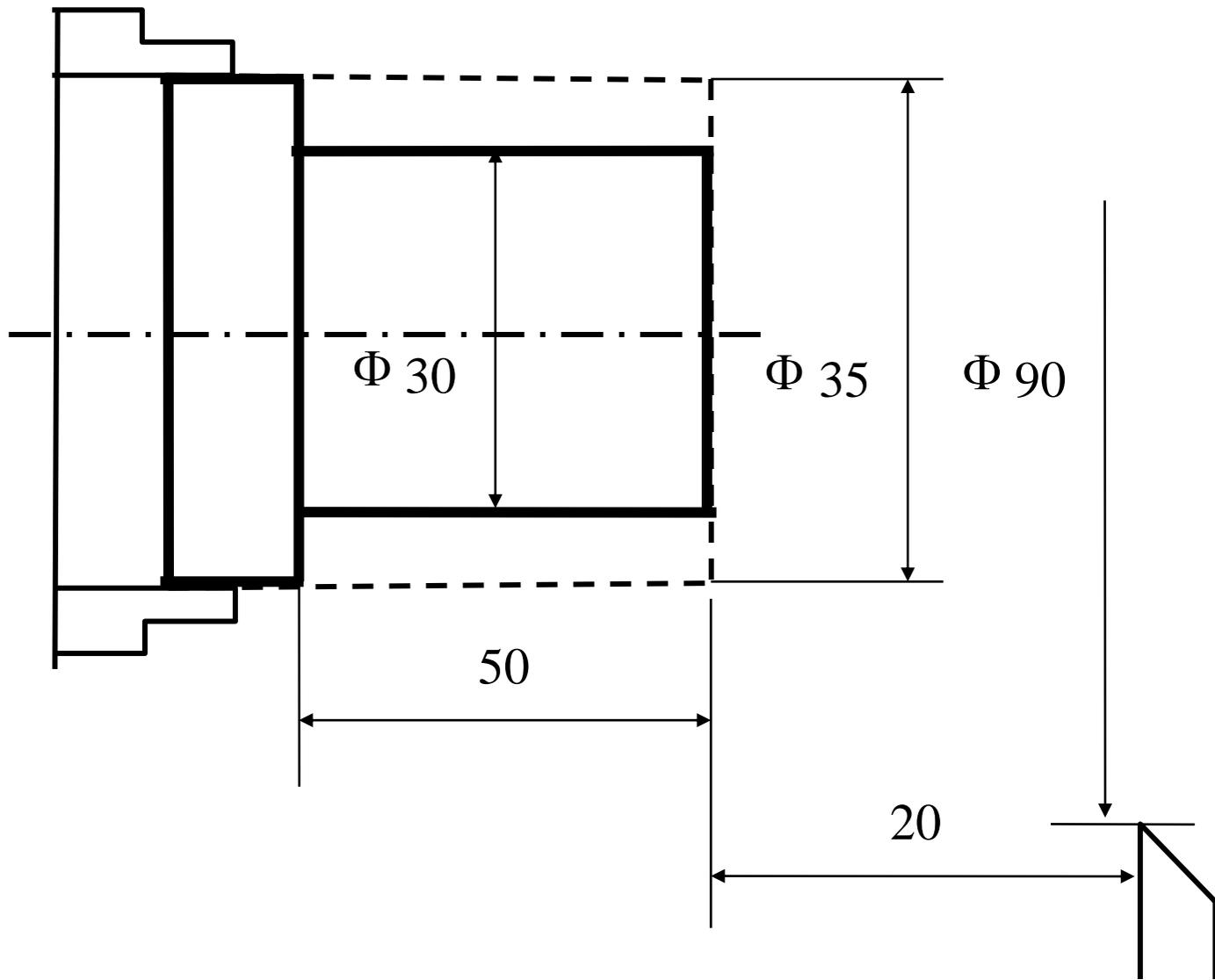


图3-8



%1008 (绝对)

N1 T0101

N2 G00 X90Z20

N3 G00 X31Z3

N4 G01 Z-50

F100

N5 G00 X36

N6 Z3

N7 X30

N8 G01 Z-50

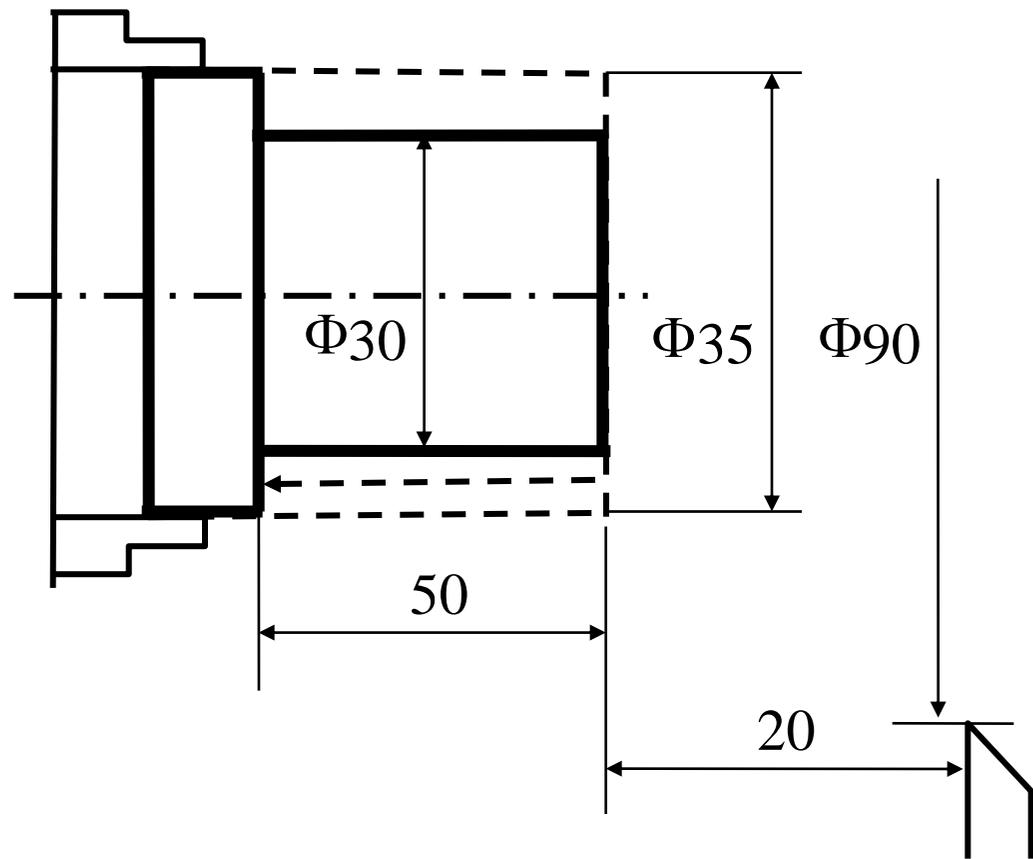
F80

N9 G00 X36

N10 X90 Z20

N11 M05

N12 M30



%1008 (增量)

N1 T0101

N2 G00 X90Z20

N3 G00 X31Z3

N4 G01 W-53

F100

N5 G00 U5

N6 W53

N7 U-6

N8 G01 Z-50

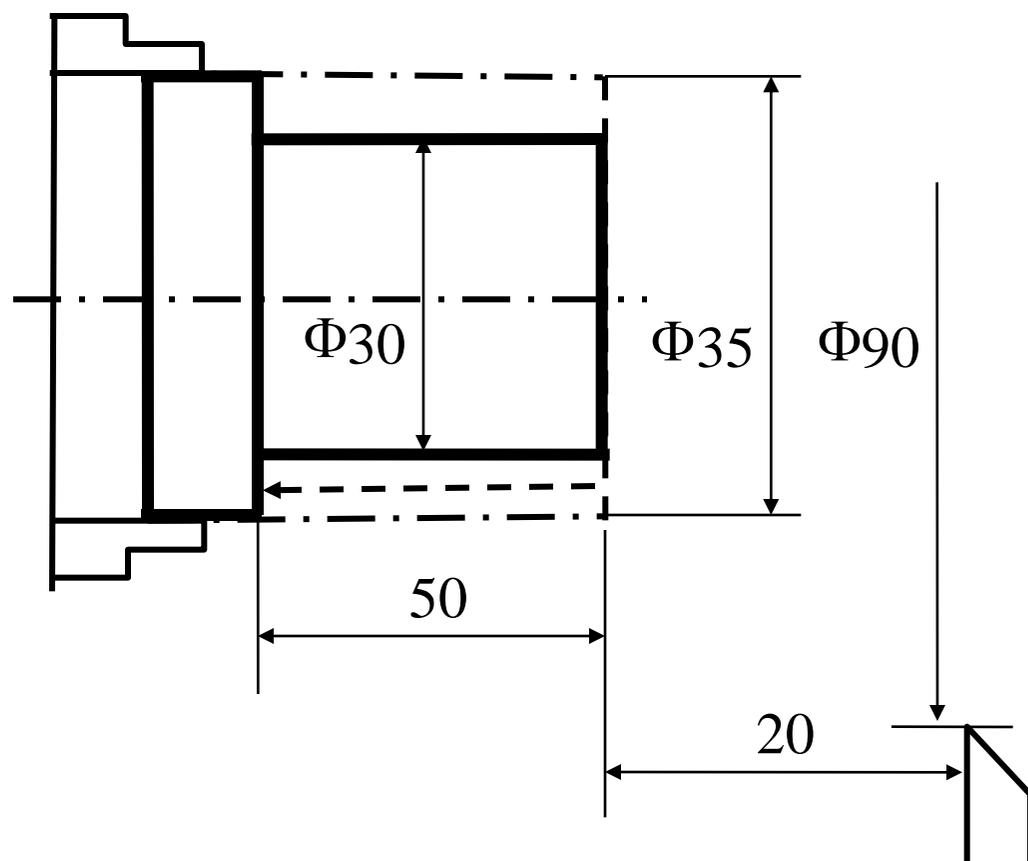
F80

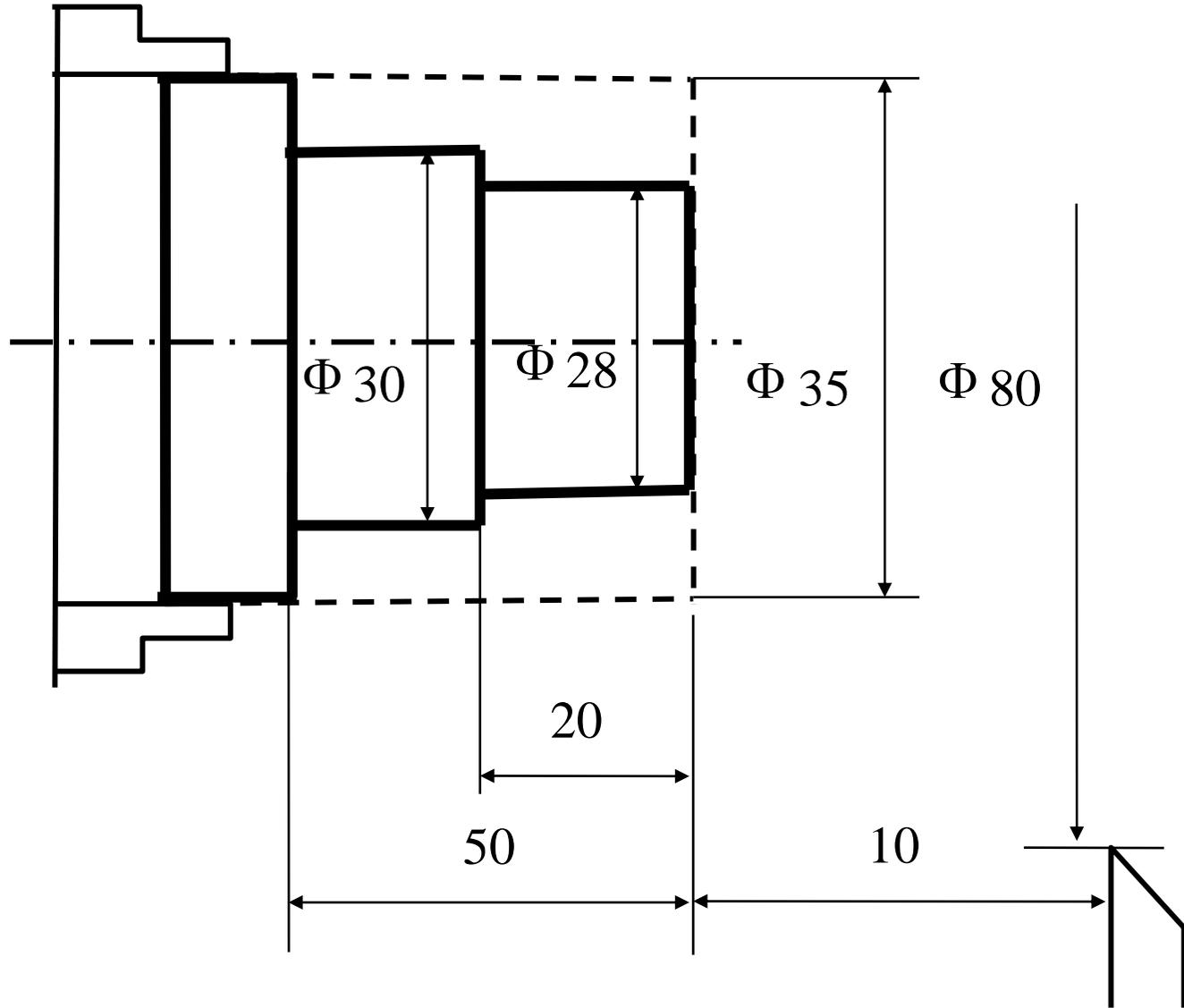
N9 G00 X36

N10 X90 Z20

N11 M05

N12 M30





例2

%1008

N1 T0101

N2 G00 X80Z10

N3 G00 X31Z3

N4 G01 Z-50 F100

N5 G00 X36

N6 Z3

N7 X29

N8 G01 Z-20 F100

N9 G00 X36

N10 Z3

N11 X28

N12 G01 Z-20 F80

N13 X30

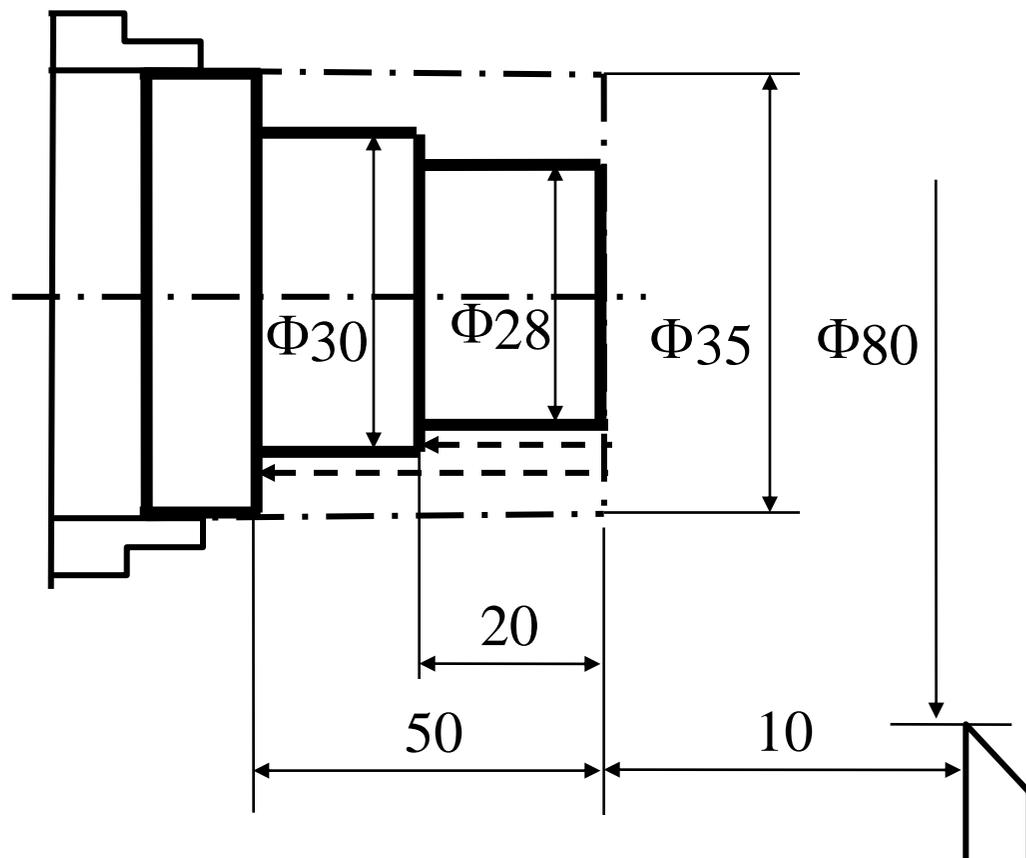
N14 Z-50

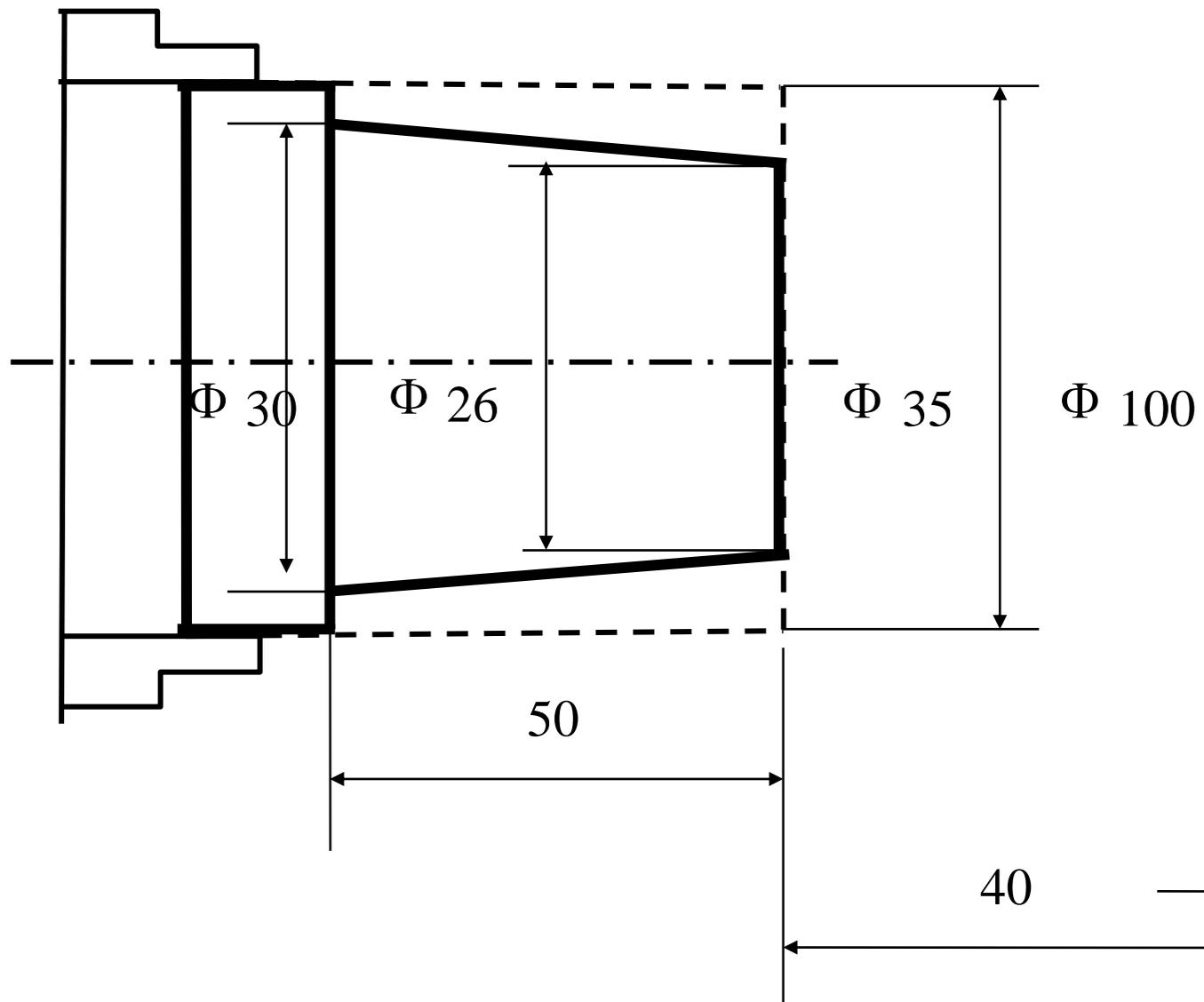
N15 G00 X36

N16 X80 Z10

N17 M05

N18 M30





例3

%1008

N1 T0101

N2 G00 X100Z40

N3 G00 X26.6 Z5

N4 G01 X31 Z-50 F100

N5 G00 X36

N6 X100 Z40

N7 T0202

N8 G00 X25.6 Z5

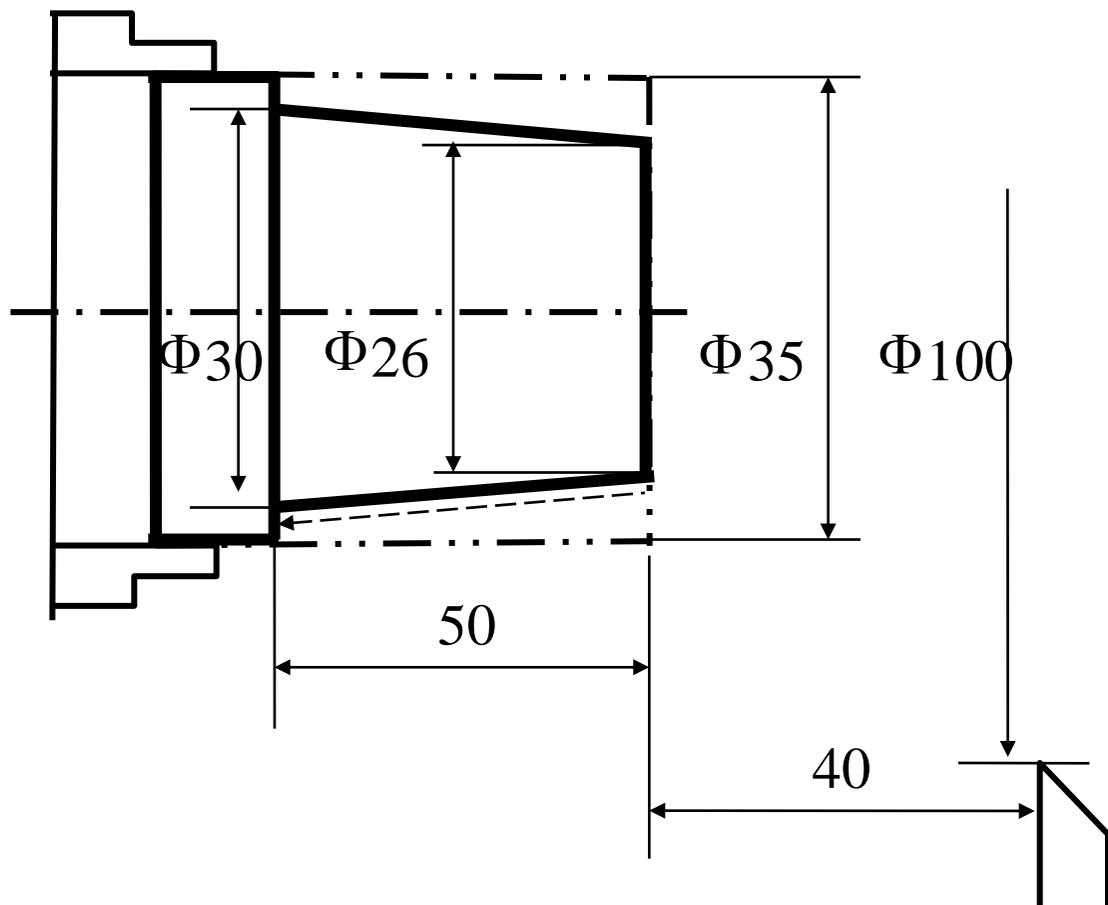
N9 G01 X30 Z-50 F80

N10 G00 X36

N11 X100 Z40

N12 M05

N13 M30



圆弧插补G02、G03指令

1) 插补方向的判断

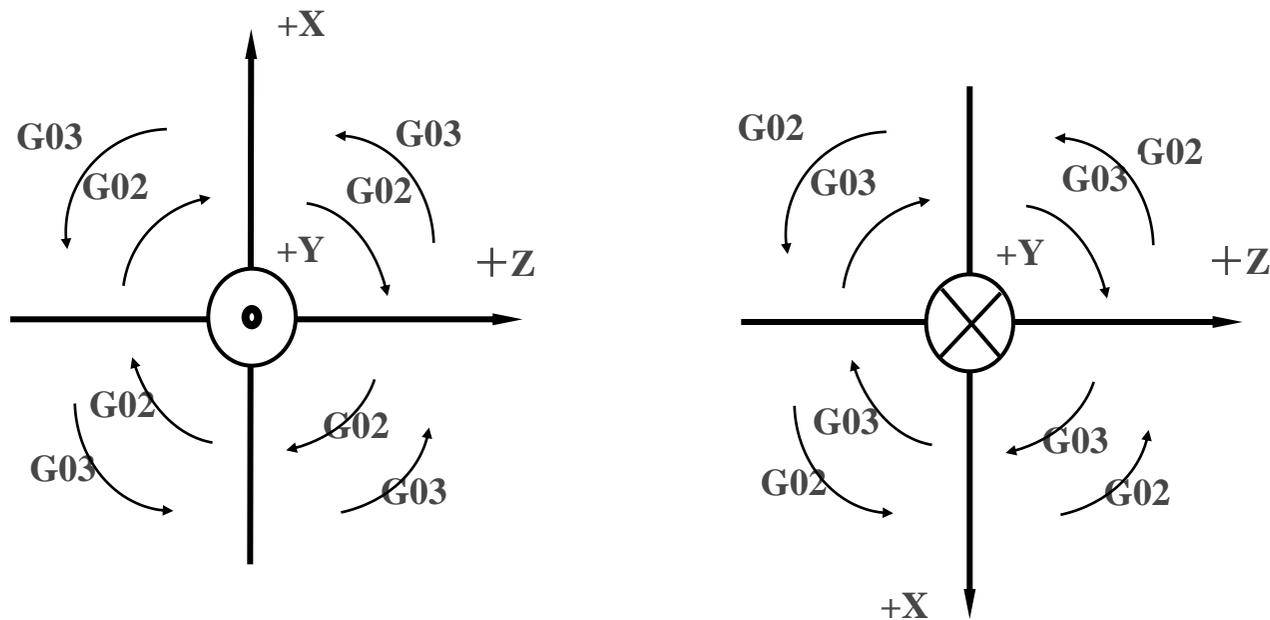
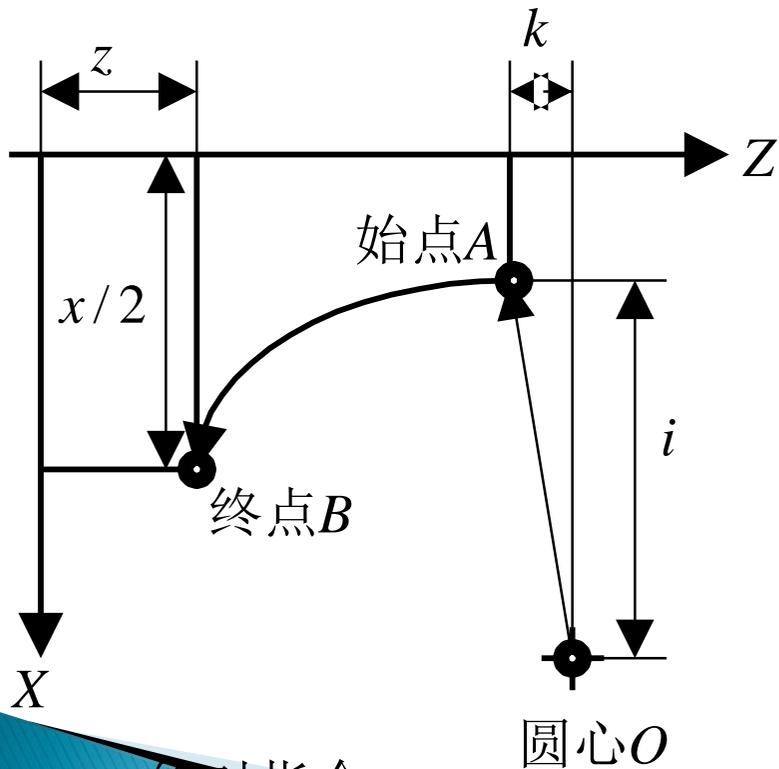


图1-13

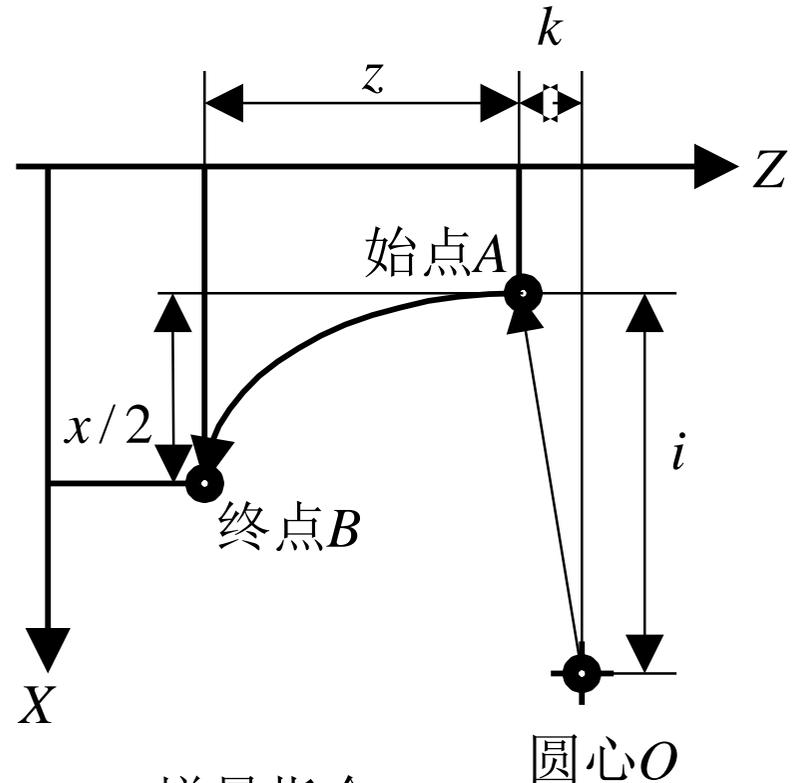
2) 圆弧插补格式

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



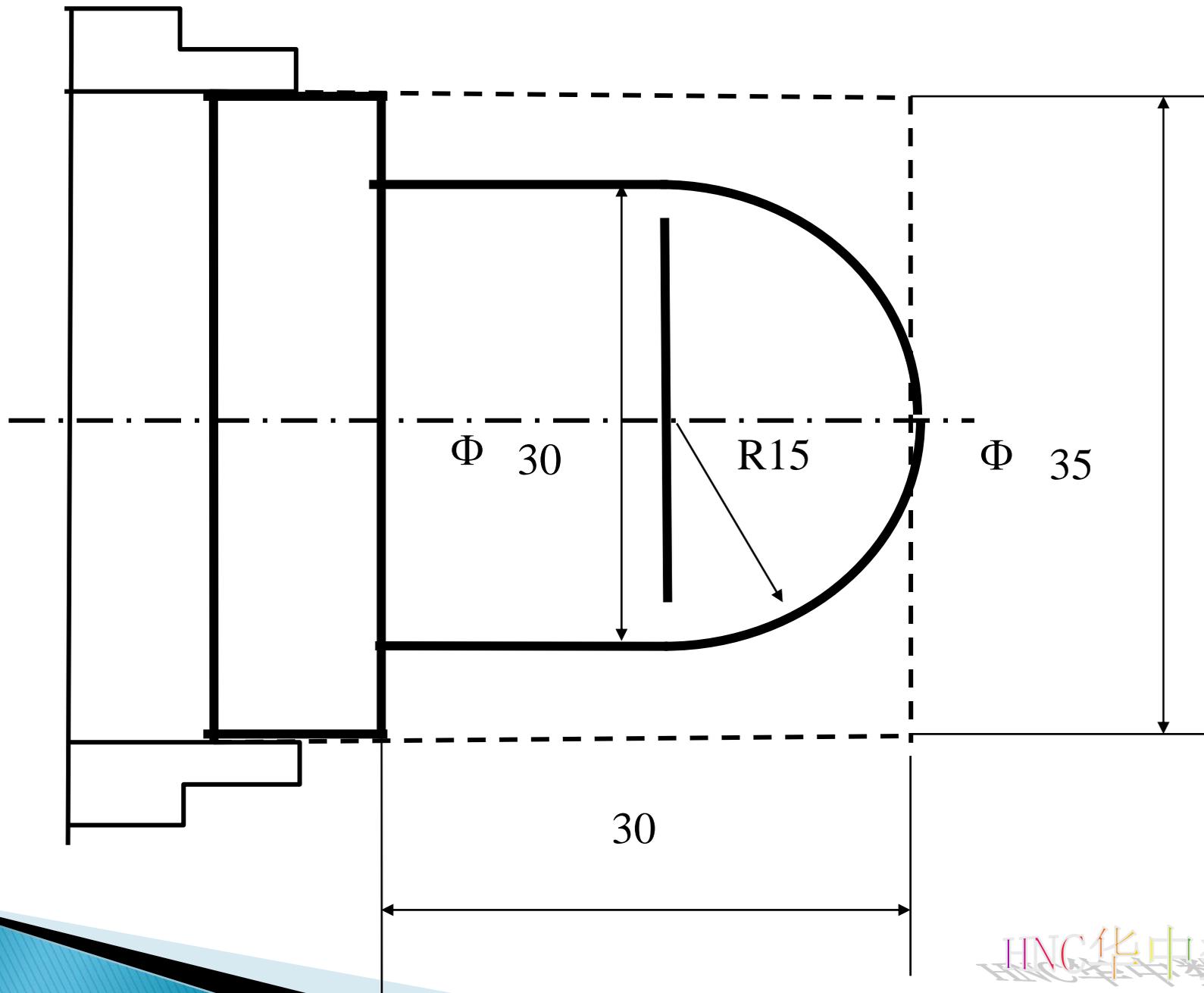
绝对指令

图3-14-1



增量指令

图3-14-2



例1 (绝对)

%1008

N1 T0101

N2 M03 S460

N3 G00 X90Z20

N4 G00 X0 Z3

N5 G01 Z0 F100

N6 G03 X30 Z-15 R15

(N6 G03 X30 Z-15 I0 K-15)

N7 G01 Z-30

N8 X36

N9 G00 X90 Z20

N10 M05

N11 M30

例1 (增量)

%1008

N1 T0101

N2 M03 S460

N3 G00 X90Z20

N4 G00 U-90 W-17

N5 G01 W-3 F100

N6 G03 U30 W-15 R15

(N6 G03 U30 W-15 I0 K-15)

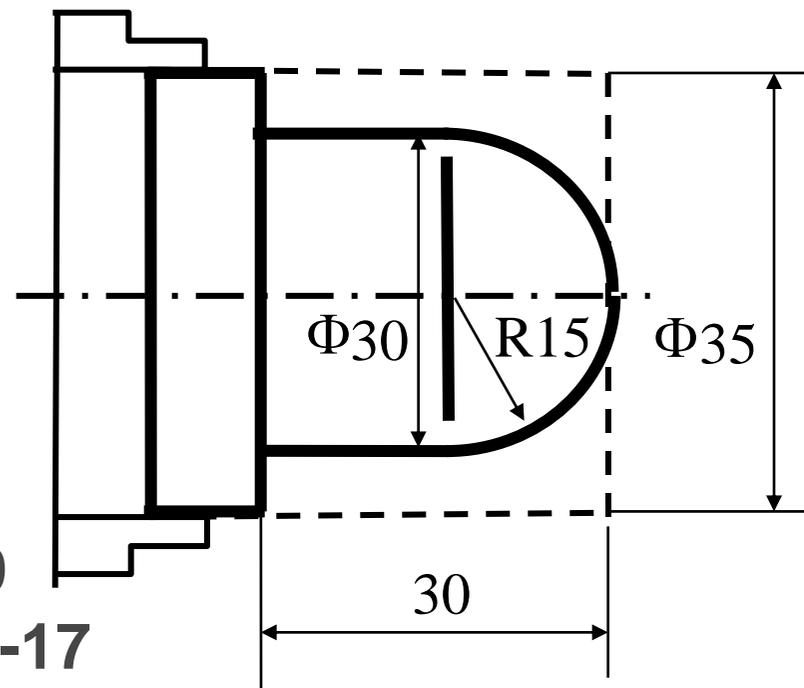
N7 G01 W-15

N8 X36

N9 G00 X90 Z20

N10 M05

N11 M30

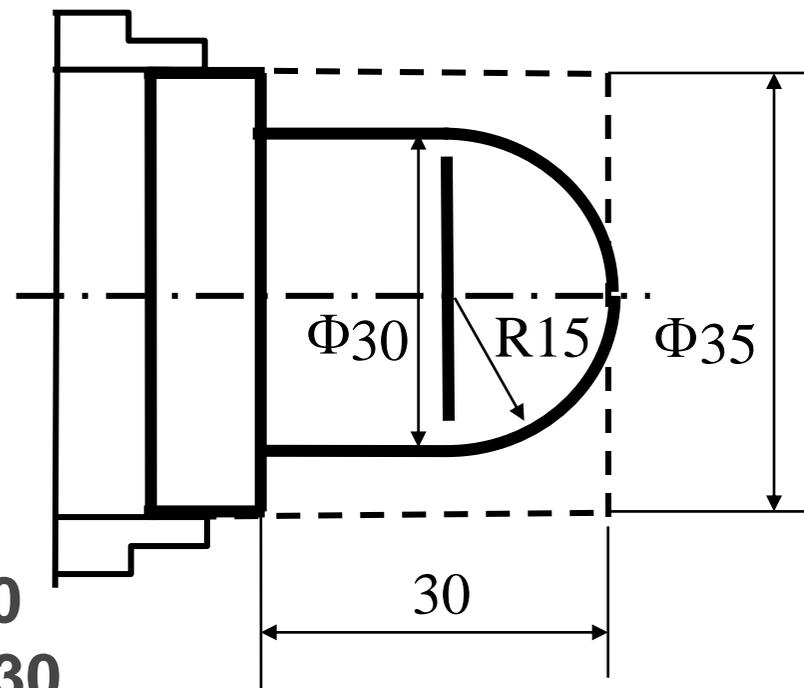


例1

```
%1008  
N1 T0101  
N2 M03 S460  
N3 G00 X90Z20  
N4 G00 X0 Z3  
N5 G01 Z0 F100  
N6 G03 X30 Z-15 R15  
  (N6 G03 X30 Z-15 I0 K-15)  
N7 G01Z-30  
N8 X36  
N9 G00 X90 Z20  
N10 M05  
N11 M30
```

例1 (反轨迹)

```
%1008  
N1 T0101  
N2 M03 S460  
N3 G00 X90Z20  
N4 G00 X38 Z-30  
N5 G01 X30 F80  
N6 Z-15  
N7 G02 X0 Z0 R15  
  (N7 G02 X0 Z0 I-15 K0)  
N8 G00X36  
N9 X90 Z20  
N10 M05  
N11 M30
```



例2

%1008

N1 T0101

N2 M03 S460

N3 G00 X80Z10

N4 G00 X30Z3

N5 G01 Z-20 F100

N6 G02 X26 Z-22 R2

(N6 G02 X26 Z-22 K-2)

N7 G01 Z-40

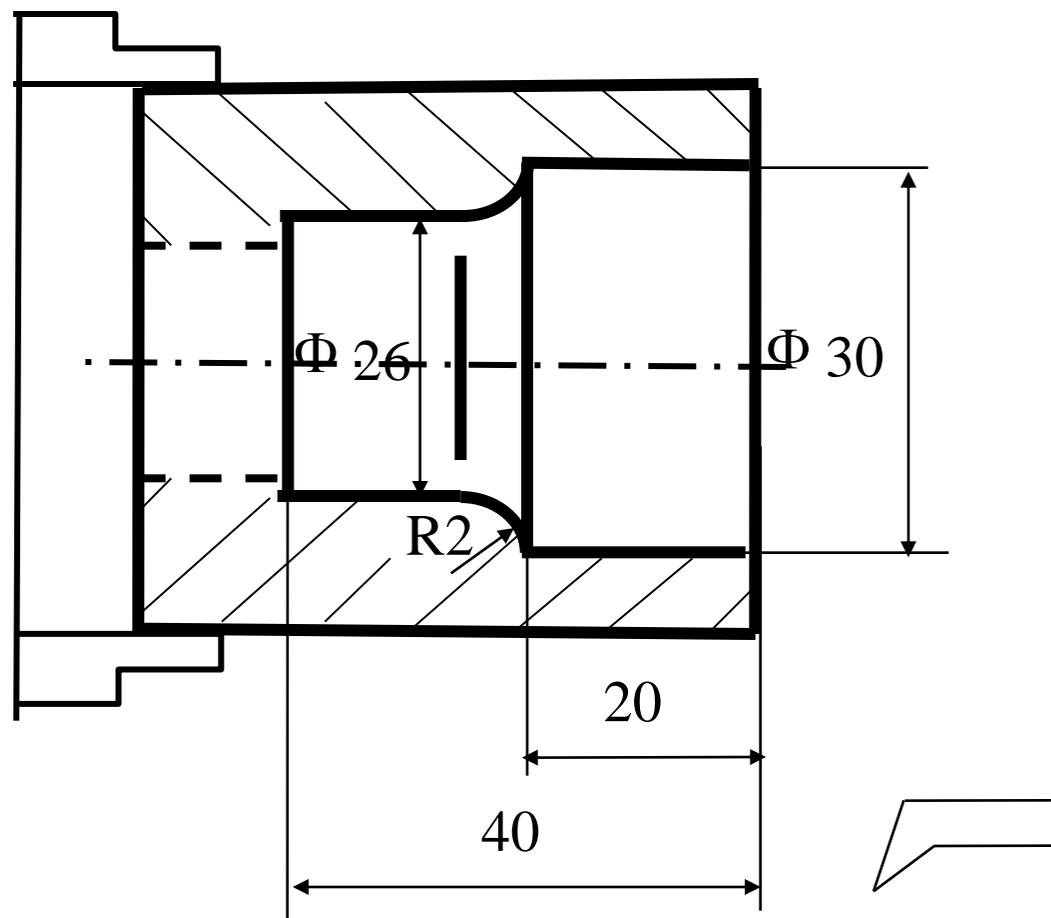
N8 G00 X24

N9 Z3

N10 X80 Z10

N11 M05

N12 M30



%3309

N1 T0404

N2 G00 X40 Z5

N3 M03 S400

N4 G00 X0

N5 G01 Z0 F60

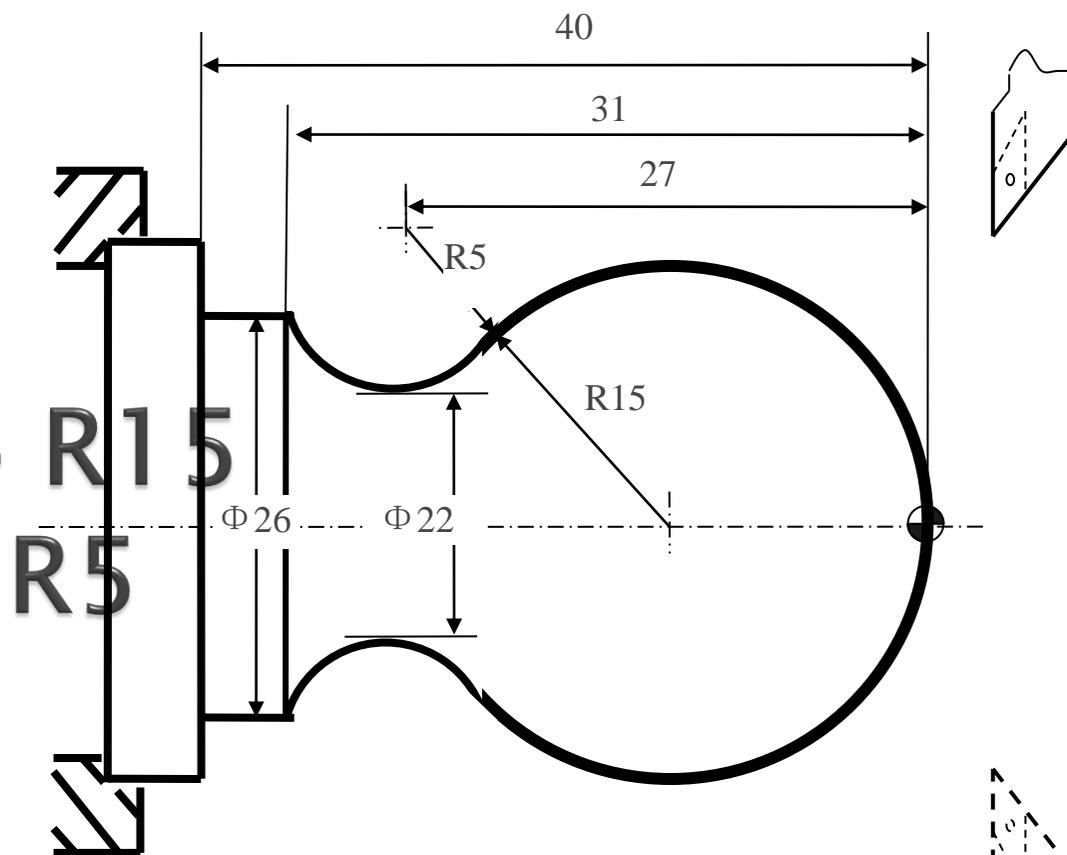
N6 G03 U24 W-24 R15

N7 G02 X26 Z-31 R5

N8 G01 Z-40

N9 X40 Z5

N10 M30



4、倒角指令

单元一) 直线后倒直角G01指令

G01 X (U) __ Z (W) __ C__

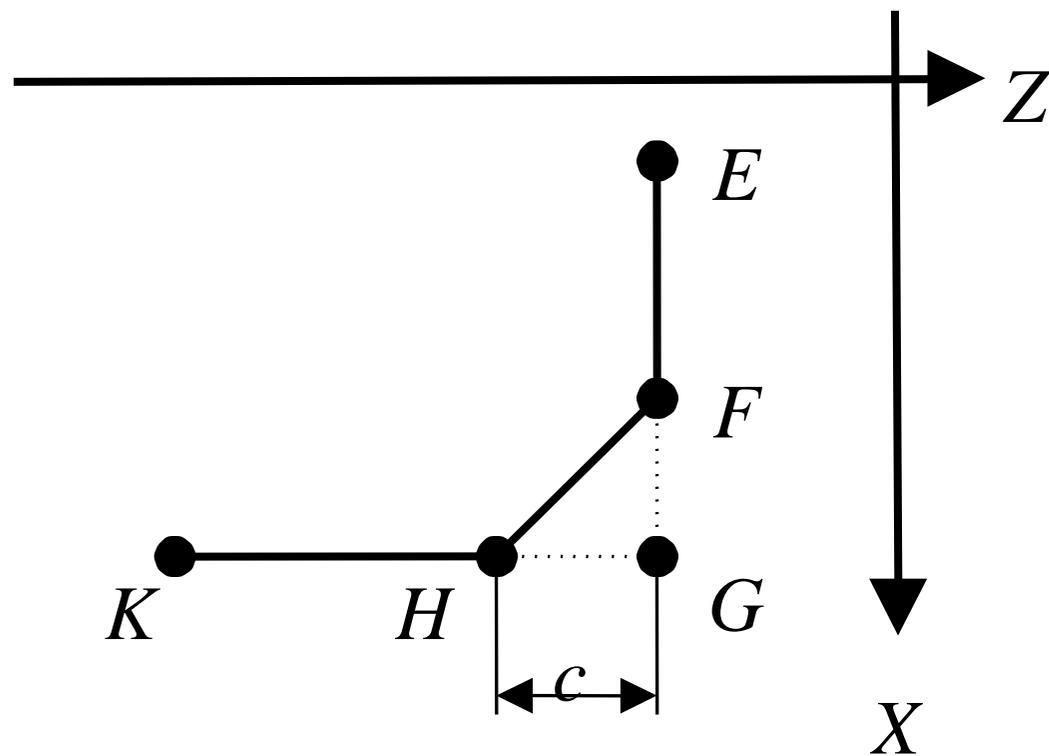


图3-10

单元二) 直线后倒圆角G01指令

G01 X (U) __ Z (W) __ R__

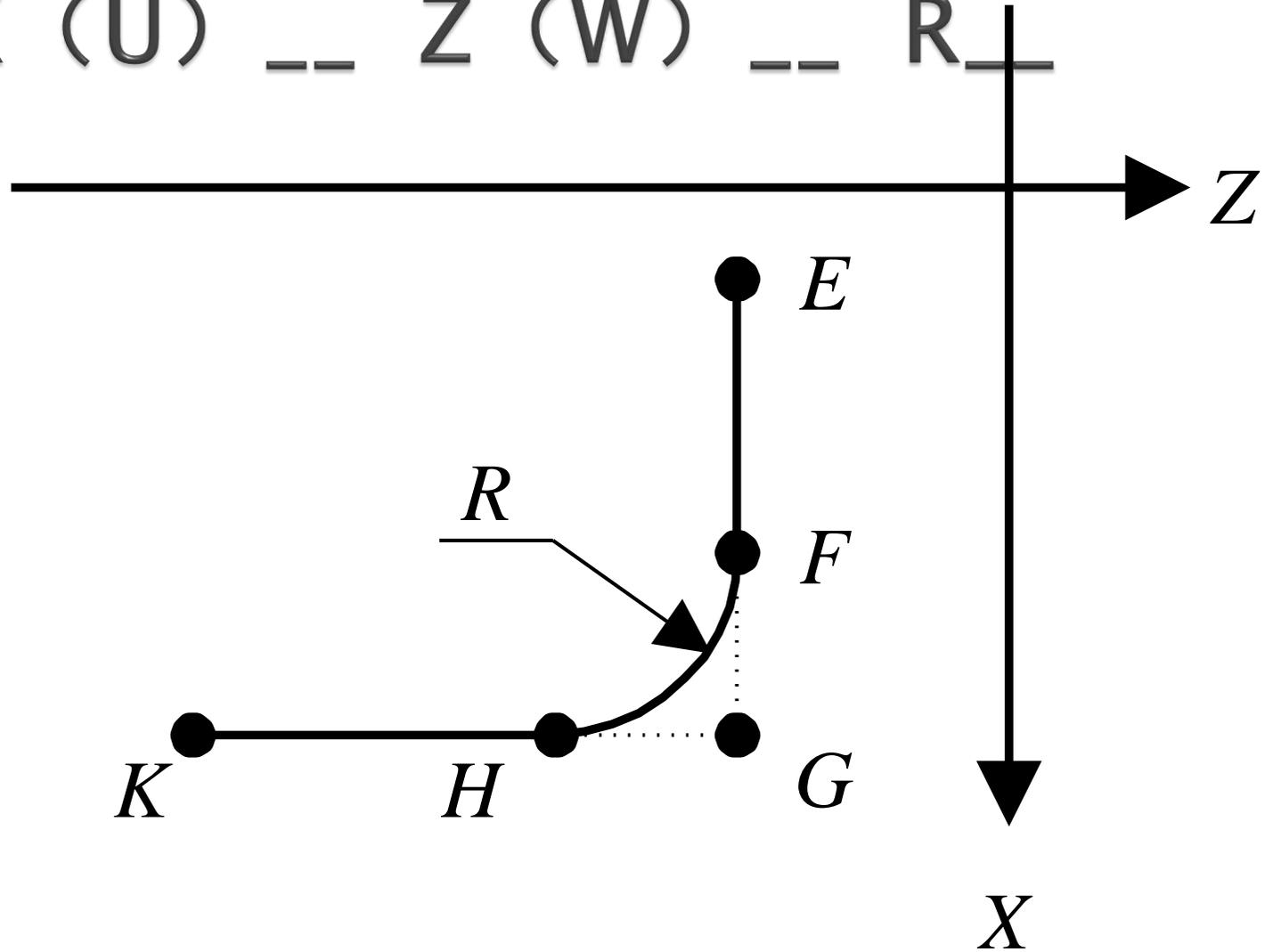


图3-11

%3312

N1 G00 U-70 W-
10

N2 G01 U26 C3

F100

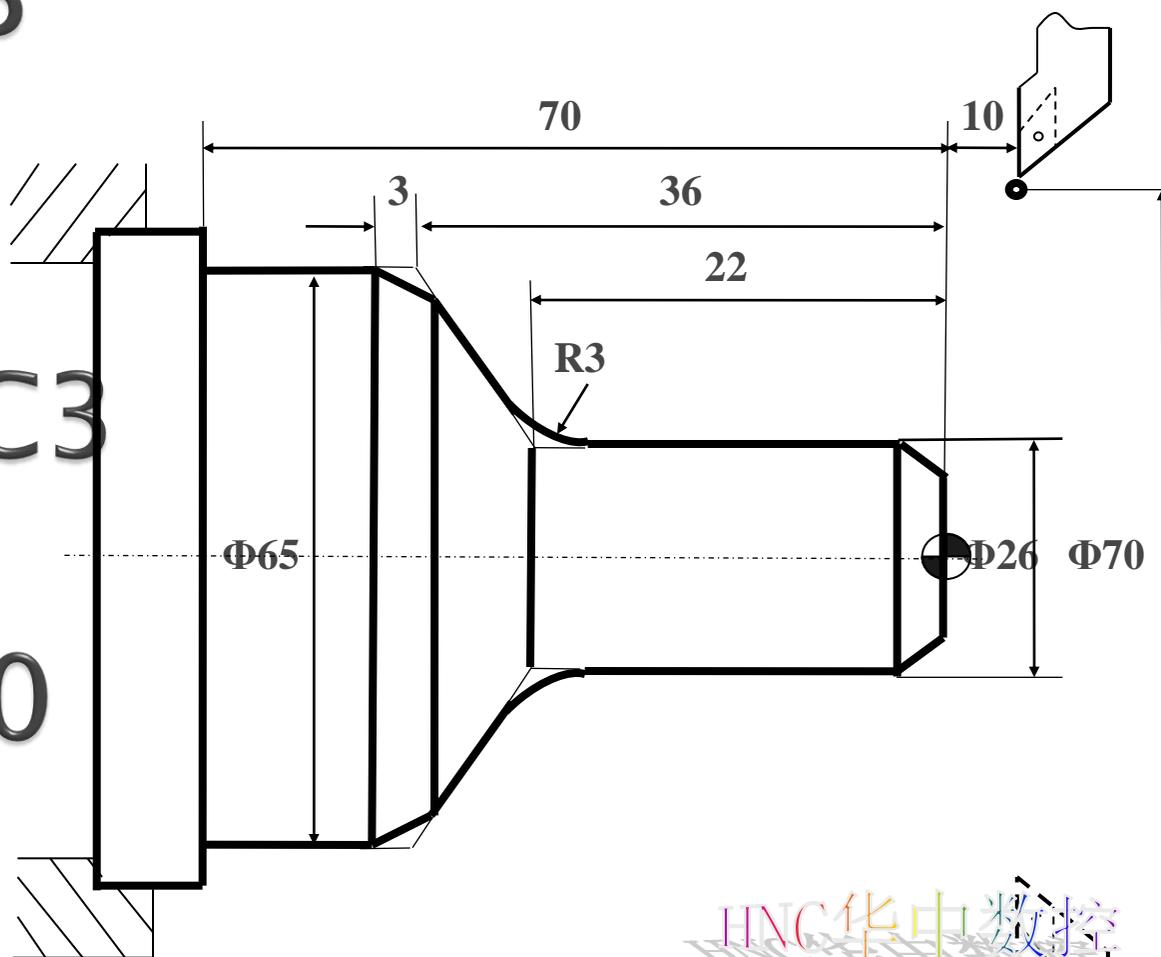
N3 W-22 R3

N4 U39 W-14 C3

N5 W-34

N6 G00 U5 W80

N7 M30



单元三) 圆弧后倒直角

G02 (G03) X (U) __ Z (W) __ R __ RL = __

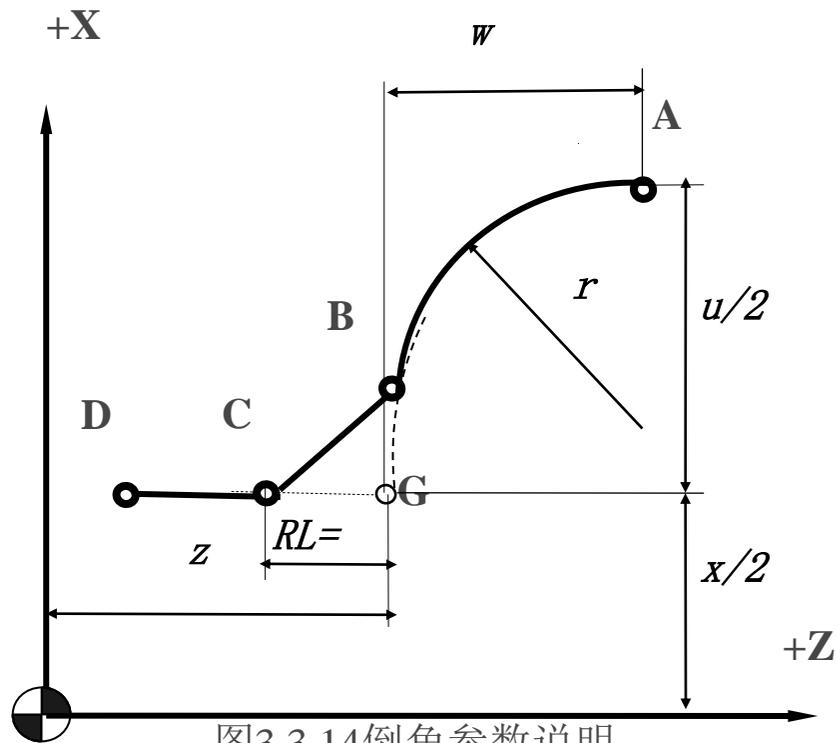


图3.3.14倒角参数说明

单元四) 圆弧后倒圆角

G02 (G03) X (U) _Z (W) _R _ RC= _

注意:

- (1) 在螺纹切削程序段中不得出现倒角控制指令;
- (2) 见图3.3.10、图3.3.9.11, X, Z轴指定的移动量比指定的R或C小时, 系统将报警, 即GA长度必须大于GB长度。
- (3) 见图3.3.13、图3.3.14,

RL=、RC=, 必须大写。

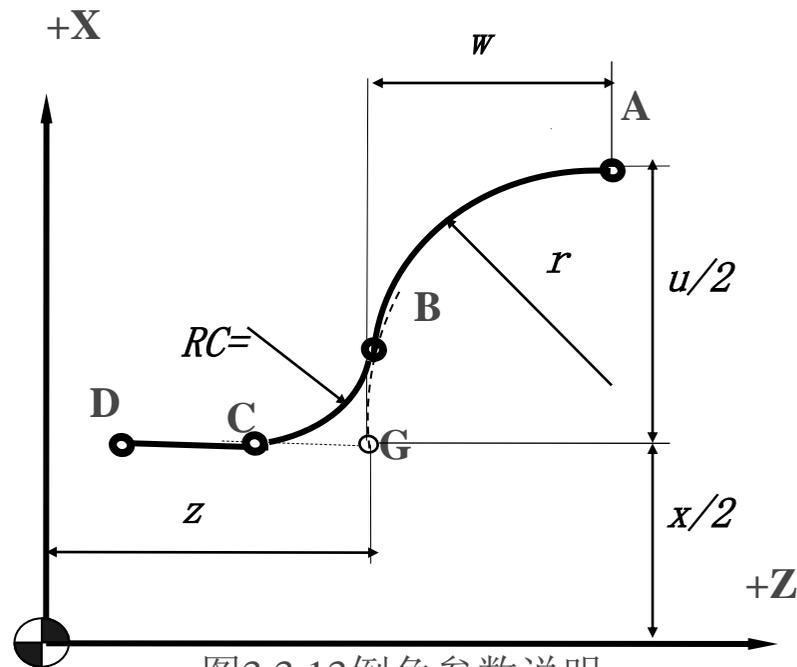


图3.3.13倒角参数说明

%3315

T0101

N1 G00 X70 Z10

N2 G00 X0 Z4

N3 G01 W-4 F100

N4 X26 C3

N5 Z-21

N6 G02 U30 W-15 R15

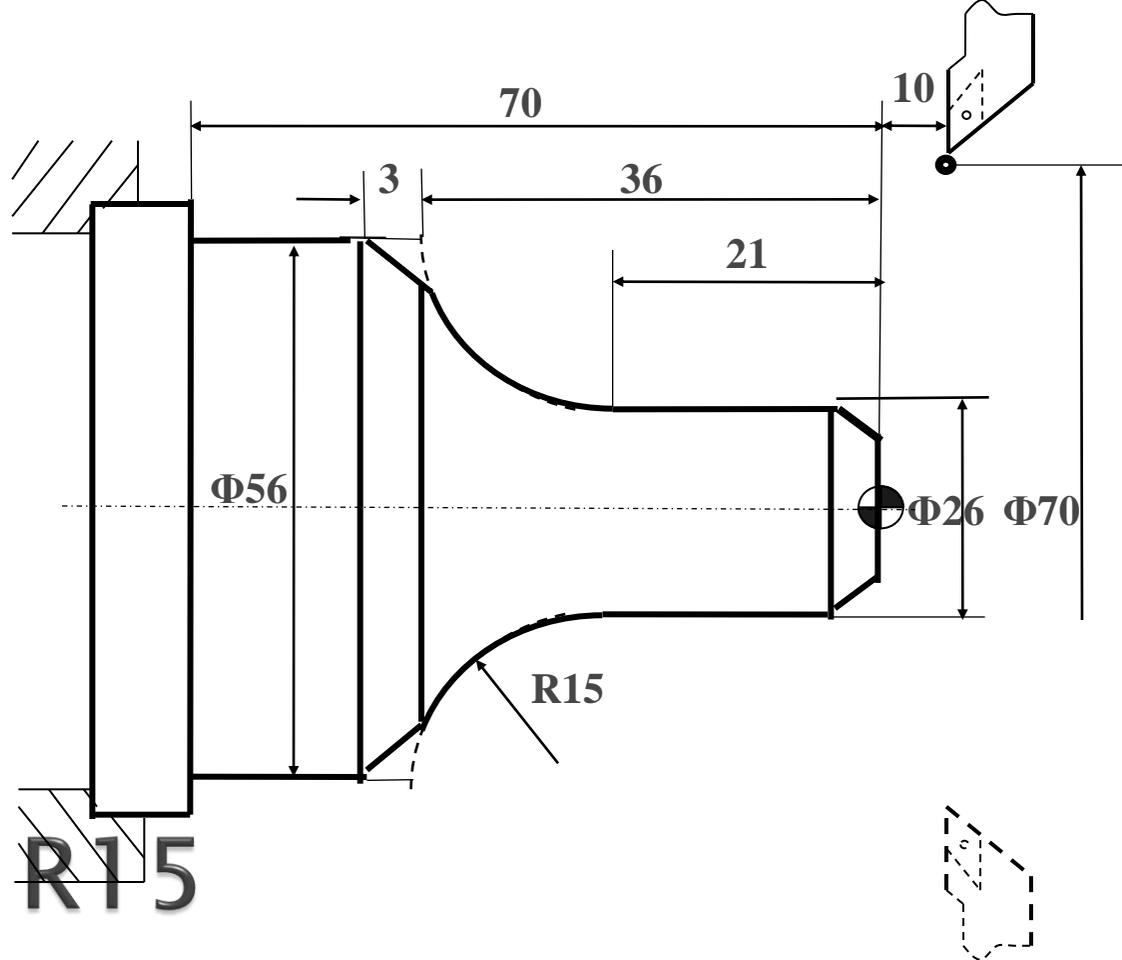
RL=3

N7 G01 Z-70

N8 G00 U10

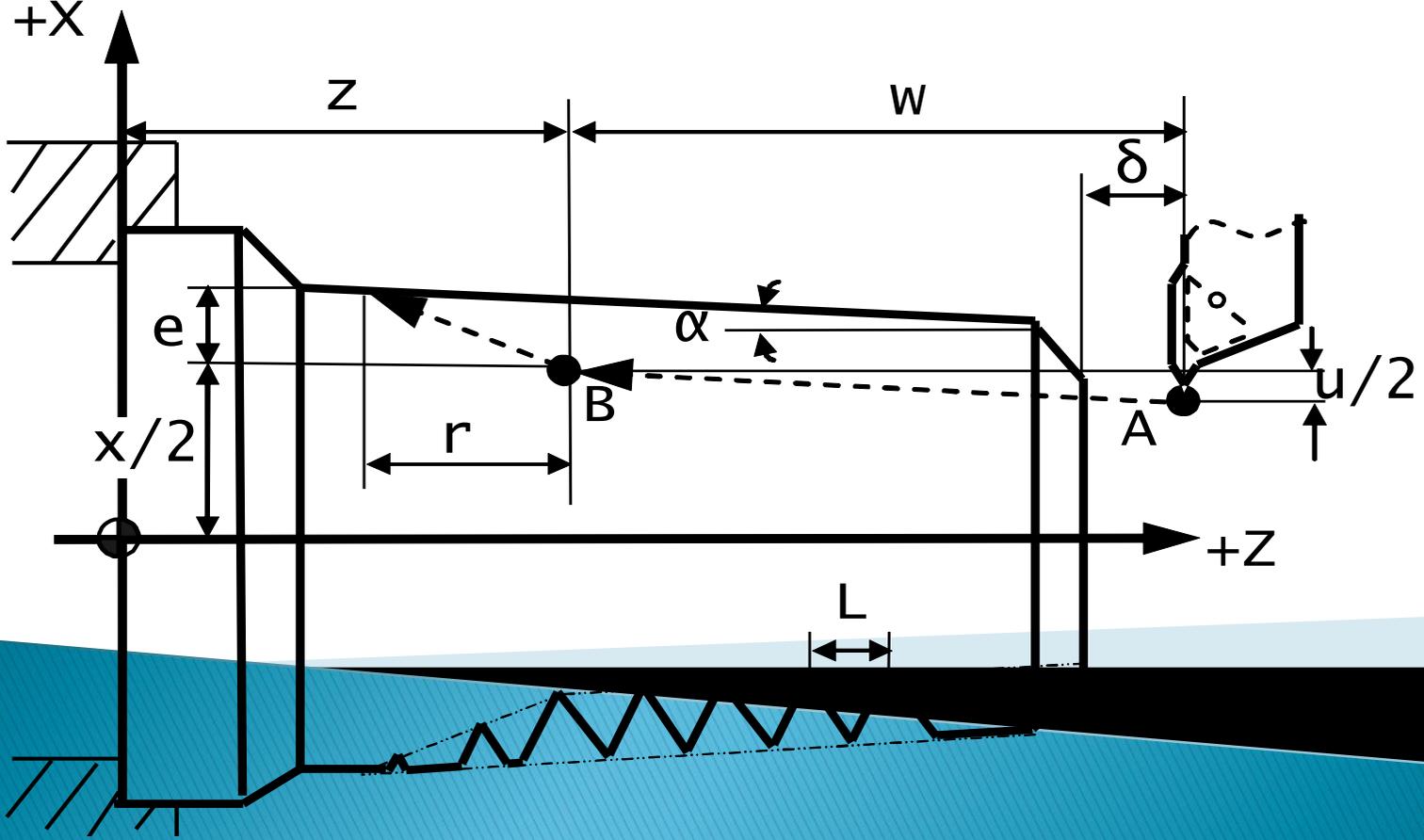
N9 X70 Z10

M30



5、G32 螺纹加工指令

1) 格式 G32X (U) —Z (W) —R—E —P—F—



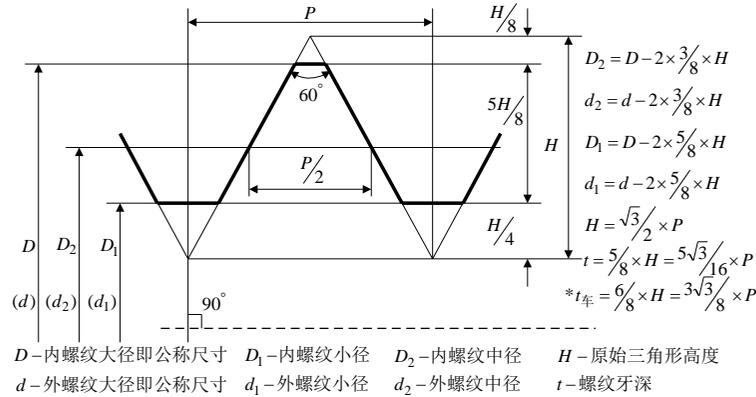
5、G32 螺纹加工指令

1) 格式 G32X (U) —Z (W) —R—E —P—F—

注：

- 在螺纹加工轨迹中应设置足够的升速段和降速退刀段，以消除伺服滞后造成的螺距误差；
- 在螺纹切削过程中进给修调无效；
- 螺纹加工时主轴必须旋转。从粗加工到精加工，主轴的转速必须保持一常数；
- 在没有停止主轴的情况下，停止螺纹的切削将非常危险；
- 在螺纹加工中不得使用恒定线速度控制功能；
- R为2倍的螺距,E为牙型高。

2、普通螺纹一般标准



3) 常用螺纹切削的进给次数与吃刀量

米制螺纹								
螺距		1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4
牙深(半径量)		0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598
切削次数及吃刀量 (直径量)	1次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.5
	2次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
	3次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	4次		0.16	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	5次			0.1	0.4	0.4	0.4	0.4
	6次				0.15	0.4	0.4	0.4
	7次					0.2	0.2	0.4
	8次						0.15	0.3
	9次							0.2
英制螺纹								
牙/in		24	18	16	14	12	10	8
牙深(半径量)		0.678	0.904	1.016	1.162	1.355	1.626	2.033
切削次数及吃刀量 (直径量)	1次	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2
	2次	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
	3次	0.16	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	4次		0.11	0.14	0.3	0.4	0.4	0.5
	5次				0.13	0.21	0.4	0.5
	6次						0.16	0.4
	7次							0.17

例加工M30 1-6h螺纹,其牙深0.974mm(半径值)三次背吃刀量(直径值)为0.7、0.4、0.2 (mm) 升降速段为1.5、1 (mm)。

%3019

N1 T0101

N2 M03 S460

N3 G00 X50 Z120

N4 X29.3 Z101.5

N5 G32 Z19 F1

N6 G00 X40

N7 Z101.5

N8 X28.9

N9 G32 Z19 F1

N10 G00 X40

N11 Z101.5

N12 X28.7

N13 G32 Z19 F1

N14 G00 X40

N15 X50 Z120

N16 M05

N17 M30

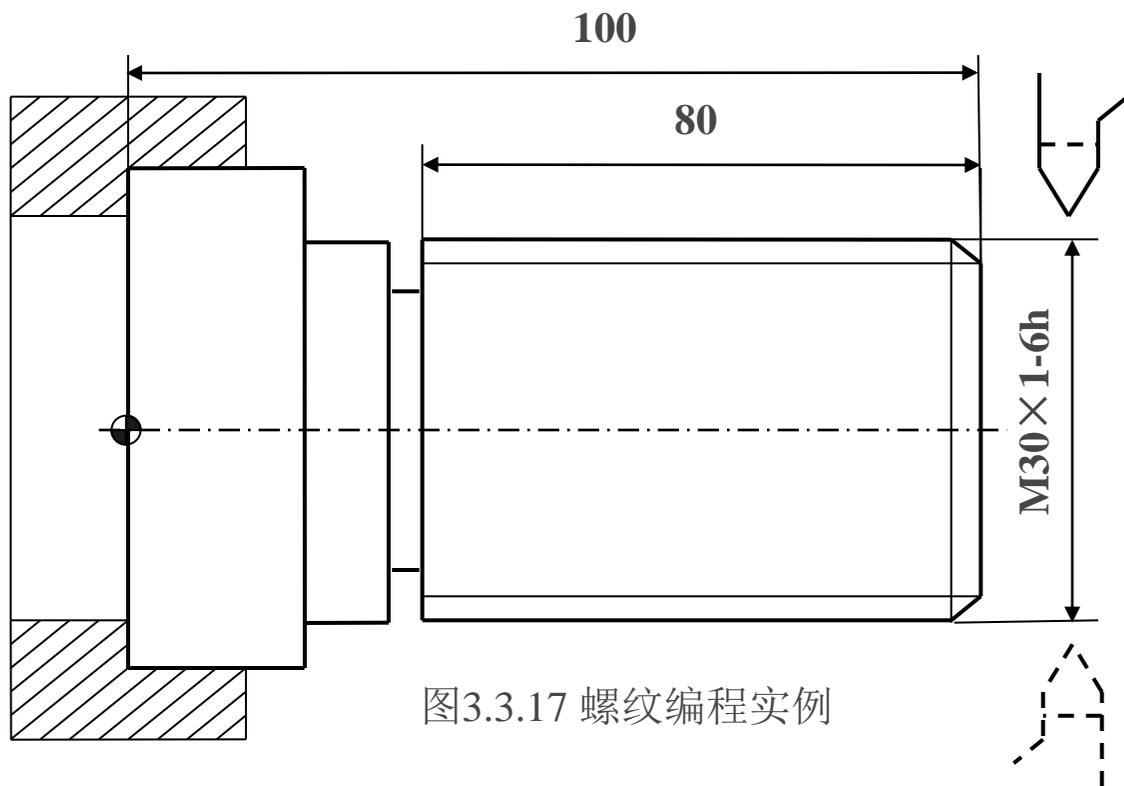


图3.3.17 螺纹编程实例

3.3.4 回参考点控制指令

1) 自动返回参考点G28指令

G28 X (U) __ Z (W) __

2) 从参考点返回G29指令

G29 X (U) __ Z (W) __

%3318

```
N1 T0101  
N2 G00 X50 Z100  
N3 G28 X80 Z200  
N4 G29 X40 Z250  
N5 G00 X50Z100  
N6 M30
```

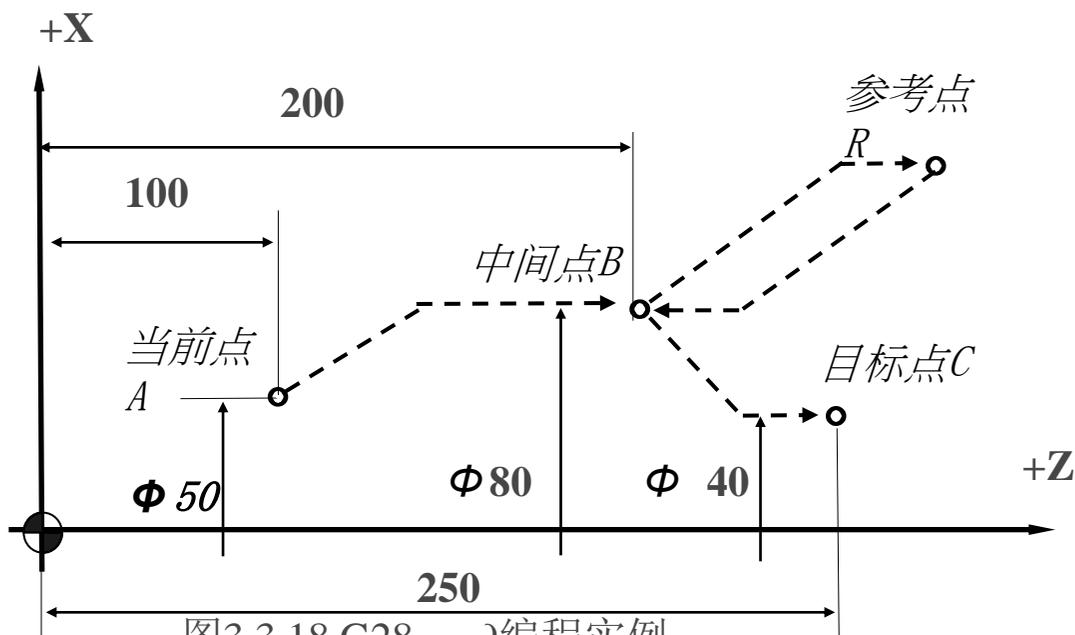


图3.3.18 G28、G29编程实例

注：1、使用该两指令应回过一次参考点
2、回参考点时应取消刀偏、刀补

3.3.5 延时指令G04

G04 X ___

其中X值是暂停时间，单位为秒，最大指令时间是9999.999秒。

3.3.6 恒线速度G96、G97指令 极限主轴转速限定G46指令

格式： G96 S 恒线速度有效
 G46 X _P _ 极限转速限定
 G97 S 取消恒线速度功能

说明：

S： G96后面的S值为切削的恒定线速度（m/min）；
 G97后面的S值为取消恒线速度后，指定的主轴
 转速（r/min）；如缺省，则为执行G96指令
 前的主轴转速度。

X：恒线速时主轴最低速限定（r/min）。

P：恒线速时主轴最高速限定（r/min）。

注意：

- 1、使用恒线速度功能，主轴必须能自动变速。（如：
 伺服主轴、变频主轴）
- 2、在系统参数中设定主轴最高限速。
- 3、G46指令功能只在恒线速度功能有效时有效。

%3309

N1 T0101

N2 G00 X40 Z5

N3 M03 S400

N4 G96 S80

N5 G46 X300 P700

N6 G00 X0

N7 G01 Z0 F60

N8 G03 U24 W-24 R15

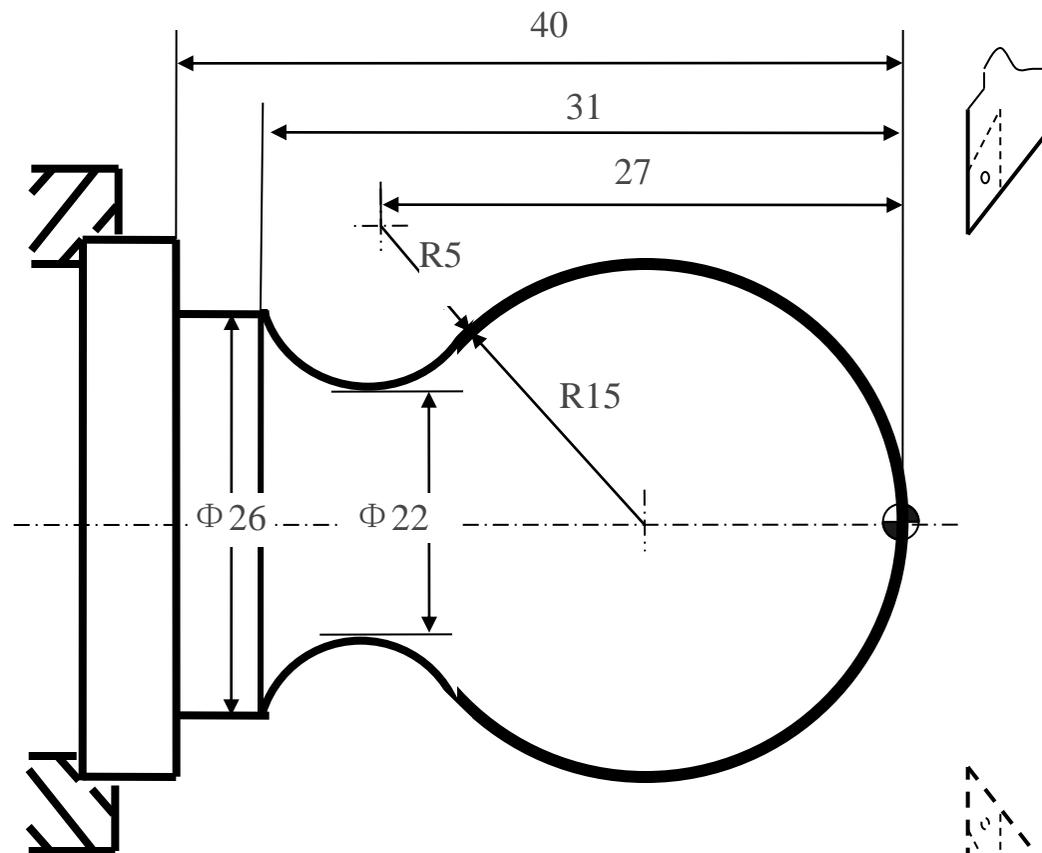
N9 G02 X26 Z-31 R5

N10 G01 Z-40

N11 X40 Z5

N12 G97 S300

N13 M30

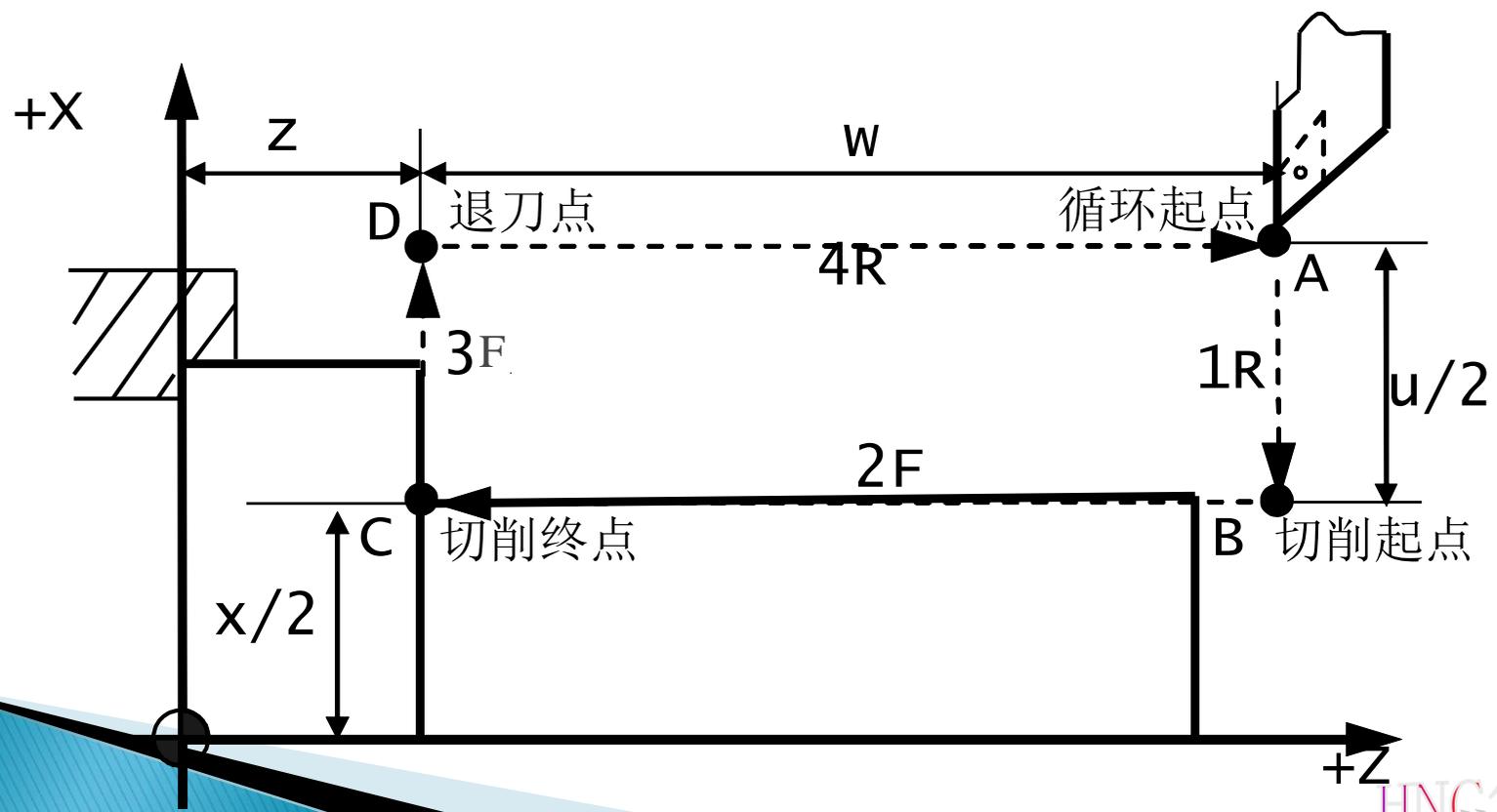


3.3.7 单一切削循环指令 (G80、G81、G82)

1、 内、外径切削循G80指令

1) 圆柱面的内、外径切削循

G80 X (U) __ Z (W) __ F__



%3322

T0101

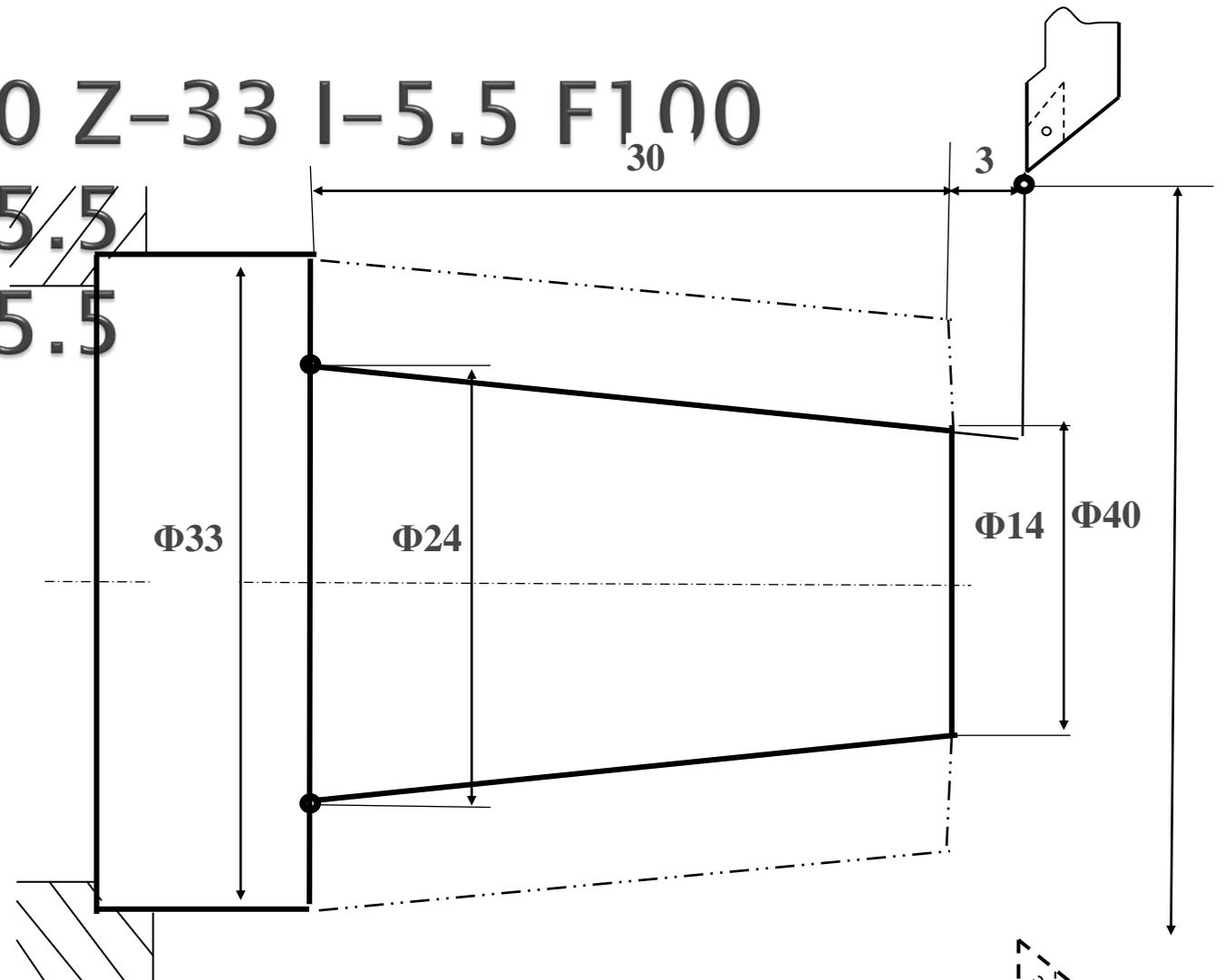
M03 S400

G91 G80 X-10 Z-33 I-5.5 F100

X-13 Z-33 I-5.5

X-16 Z-33 I-5.5

M30



例 (G01绝对)

%1008

N1 T0101

N2 G00 X90Z20

N3 G00 X31Z3

N4 G01 Z-50 F100

N5 G00 X36

N6 Z3

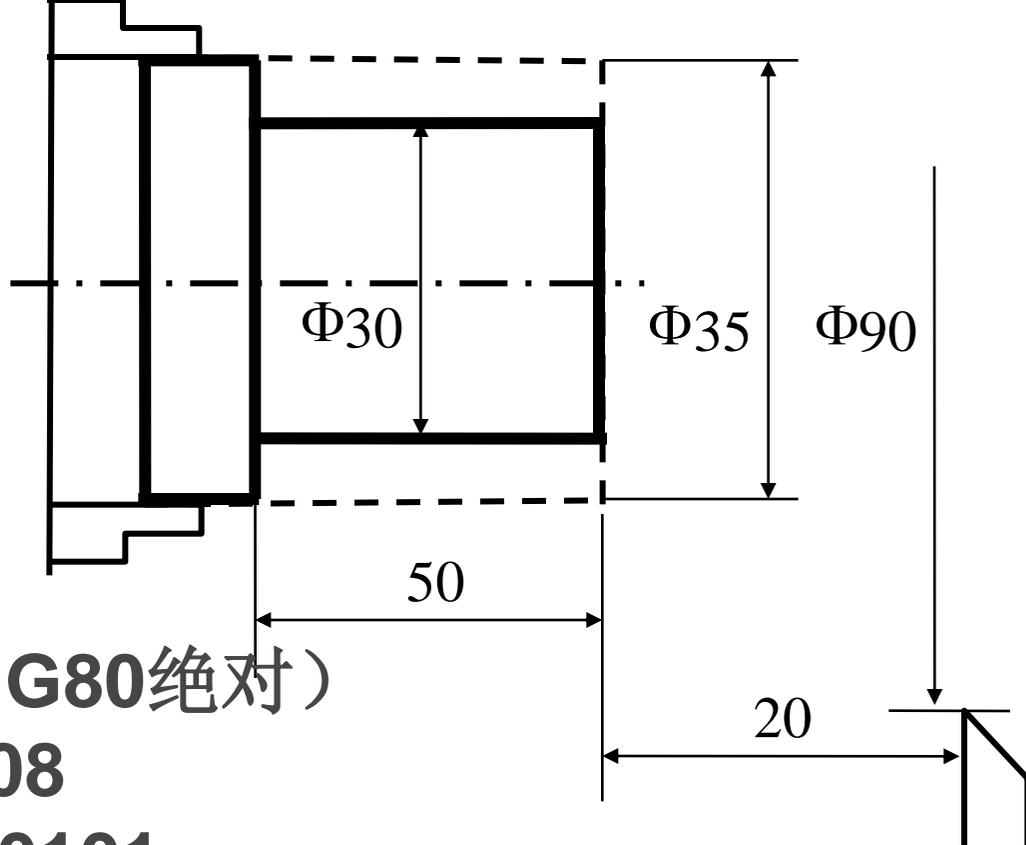
N7 X30

N8 G01 Z-50 F80

N9 G00 X36

N10 X90 Z20

N11 M30



例 (G80绝对)

%1008

N1 T0101

N2 G00 X90Z20

N3 X40 Z3

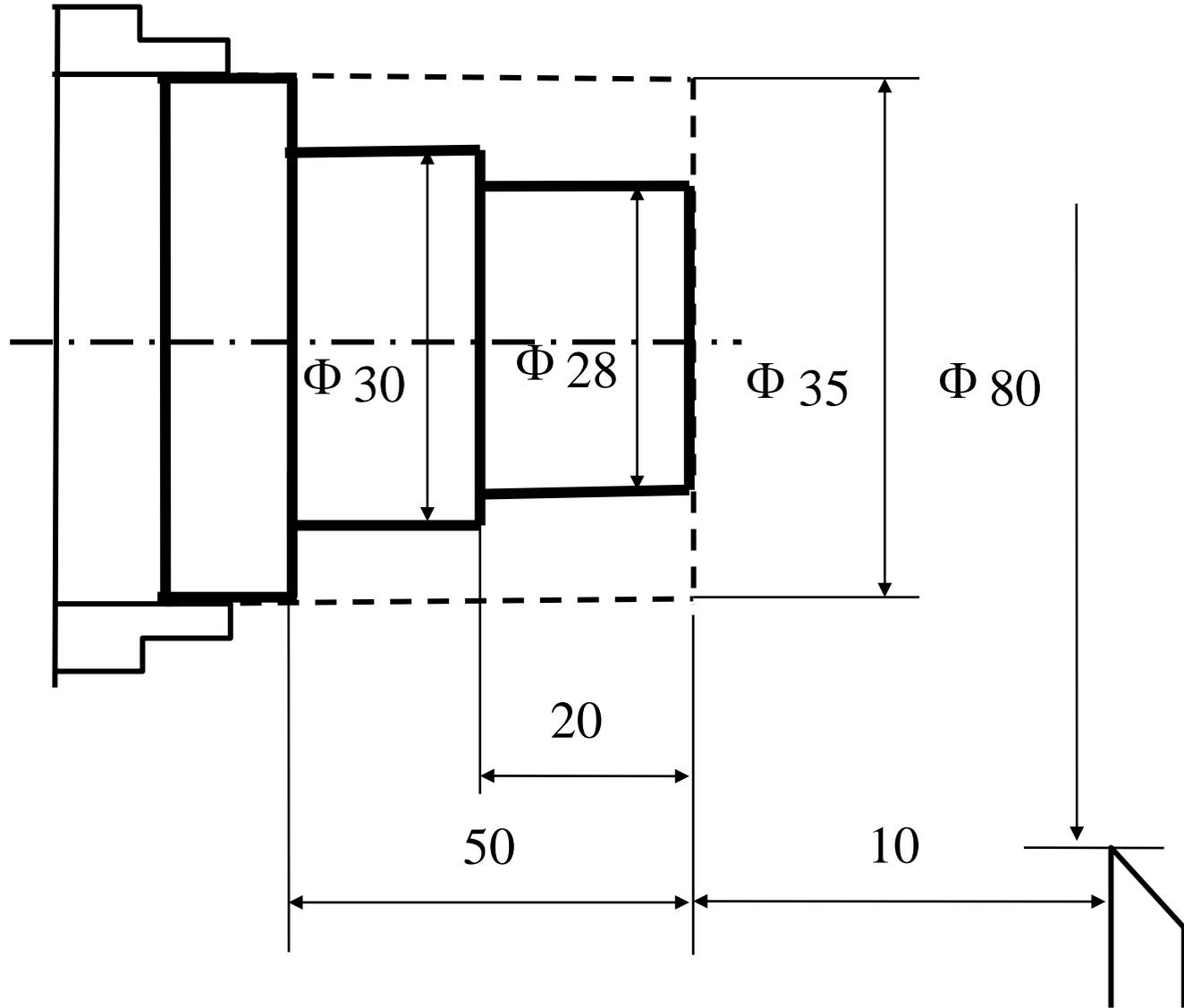
N4 G80 X31 Z-50

F100

N5 G80 X30 Z-50 F80

N6 X90 Z20

N7 M30



%1008

T0101

G00 X80Z10

G00 X31Z3

G01 Z-50

F100

G00 X36

Z3

X29

G01 Z-20

F100

G00 X36

Z3

X28

G01 Z-20 F80

X30

Z-50

G00 X36

X80 Z10

M05

例2 (G80)

%1008

T0101

G00 X80Z10

G00 X40 Z3

G80 X31 Z-50

F100

G80 X30 Z-20

Z3

X28

G01 Z-20 F80

X30

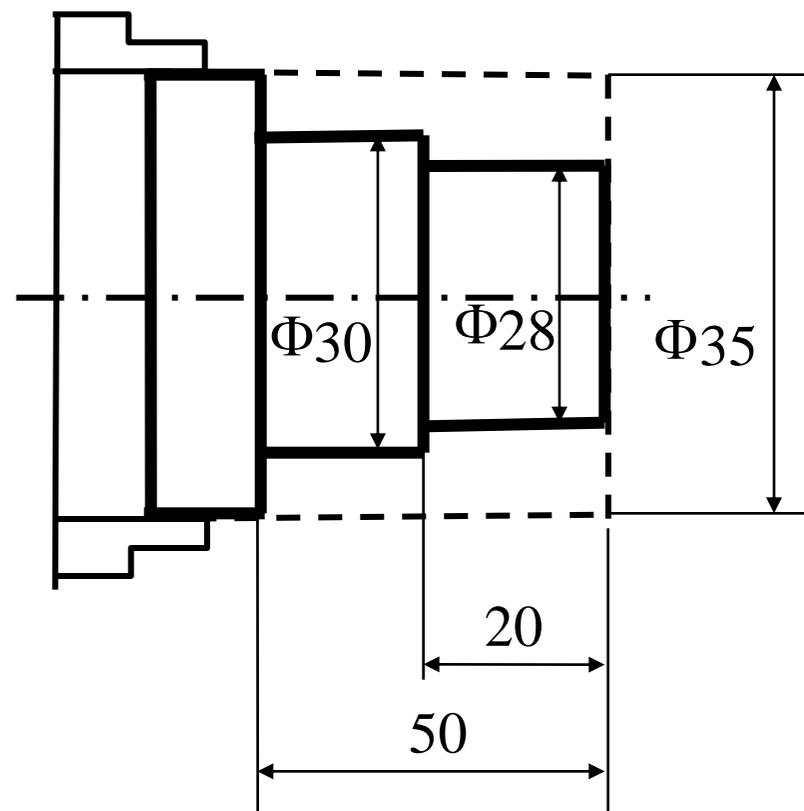
Z-50

G00 X36

X80 Z10

M05

M30



```

例2
%1008
T0101
G00 X100Z40
G00 X26.6 Z5
G01 X31 Z-50
F100
G00 X36
X100 Z40
T0202
G00 X25.6 Z5
G01 X30 Z-50
F80
G00 X36
X100 Z40
M05
M30

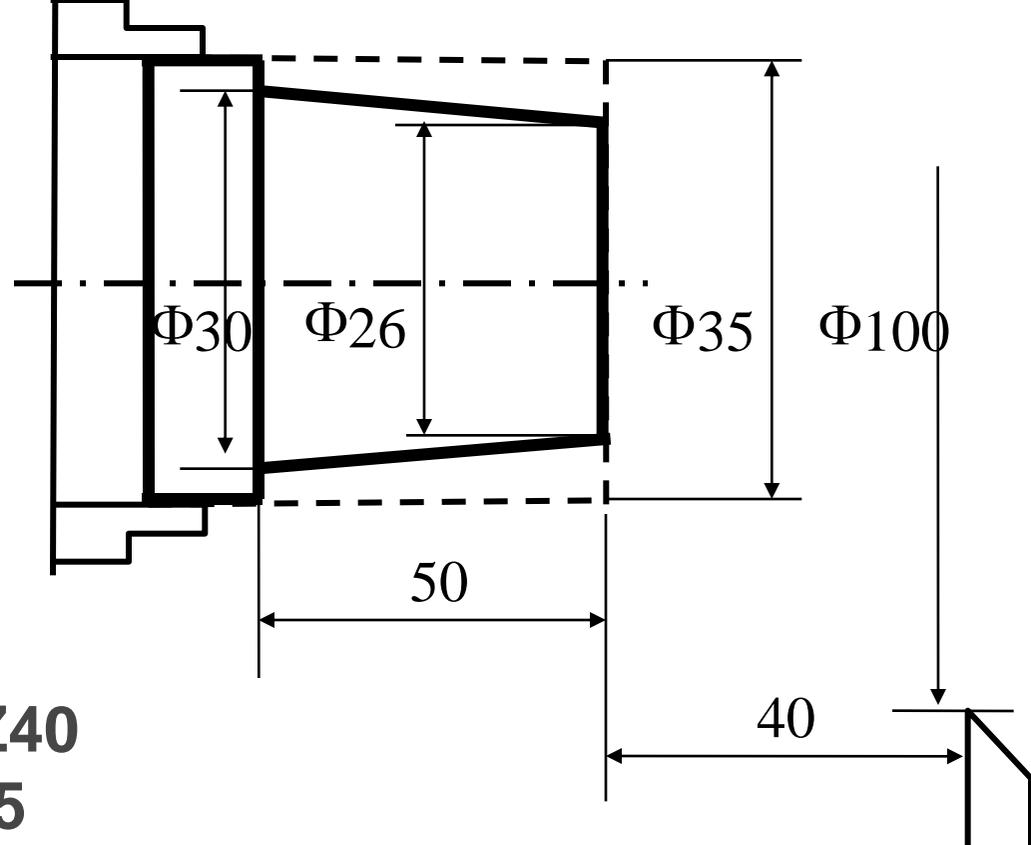
```

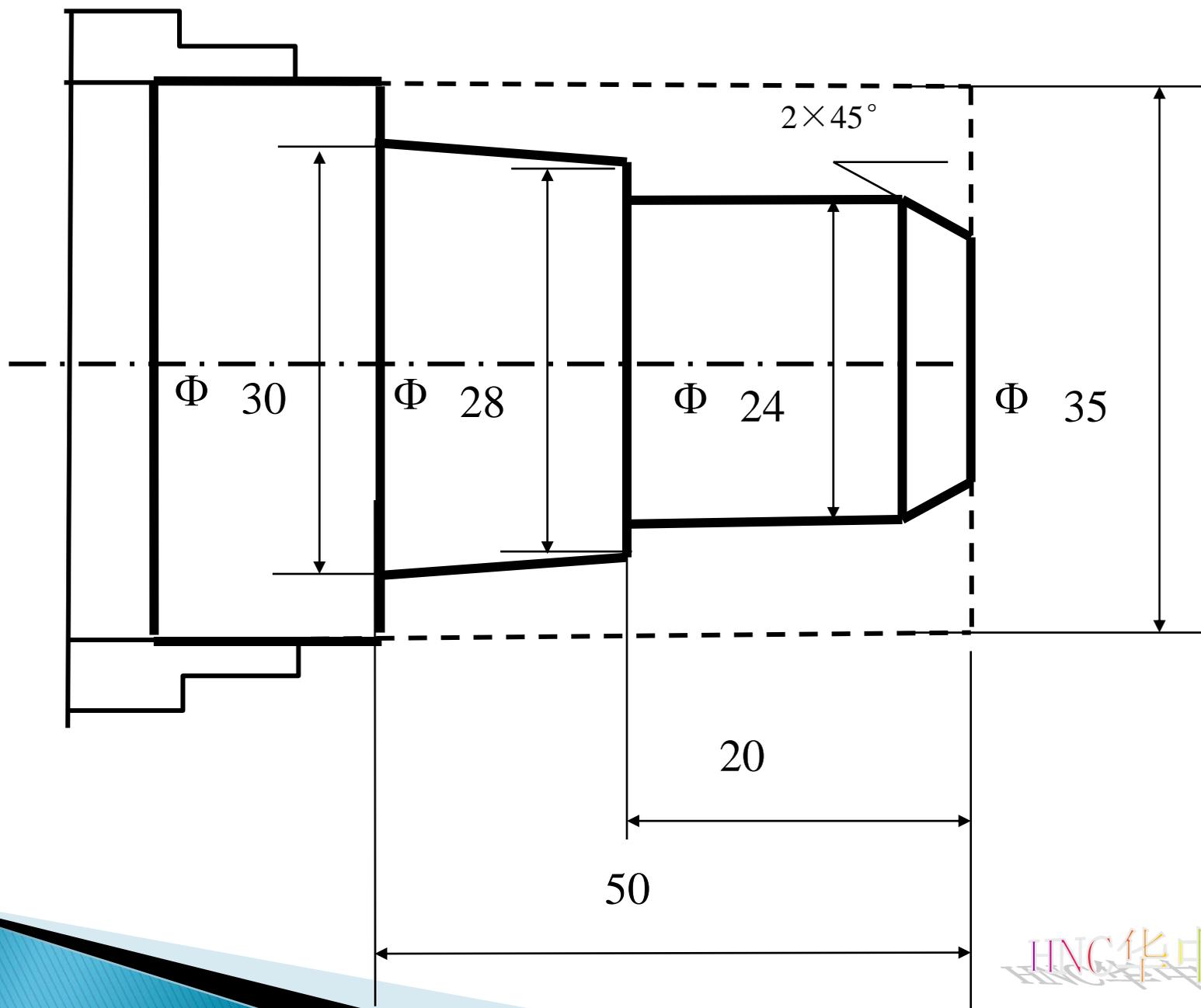
例3

```

%1008
T0101
G00 X100Z40
G00 X40 Z5
G80 X31 Z-50 I-2.2 F100
G00 X100 Z40
T0202
G00 X40 Z5
G80 X30 Z-50 I-2.2 F80
G00 X100 Z40
M05
M30

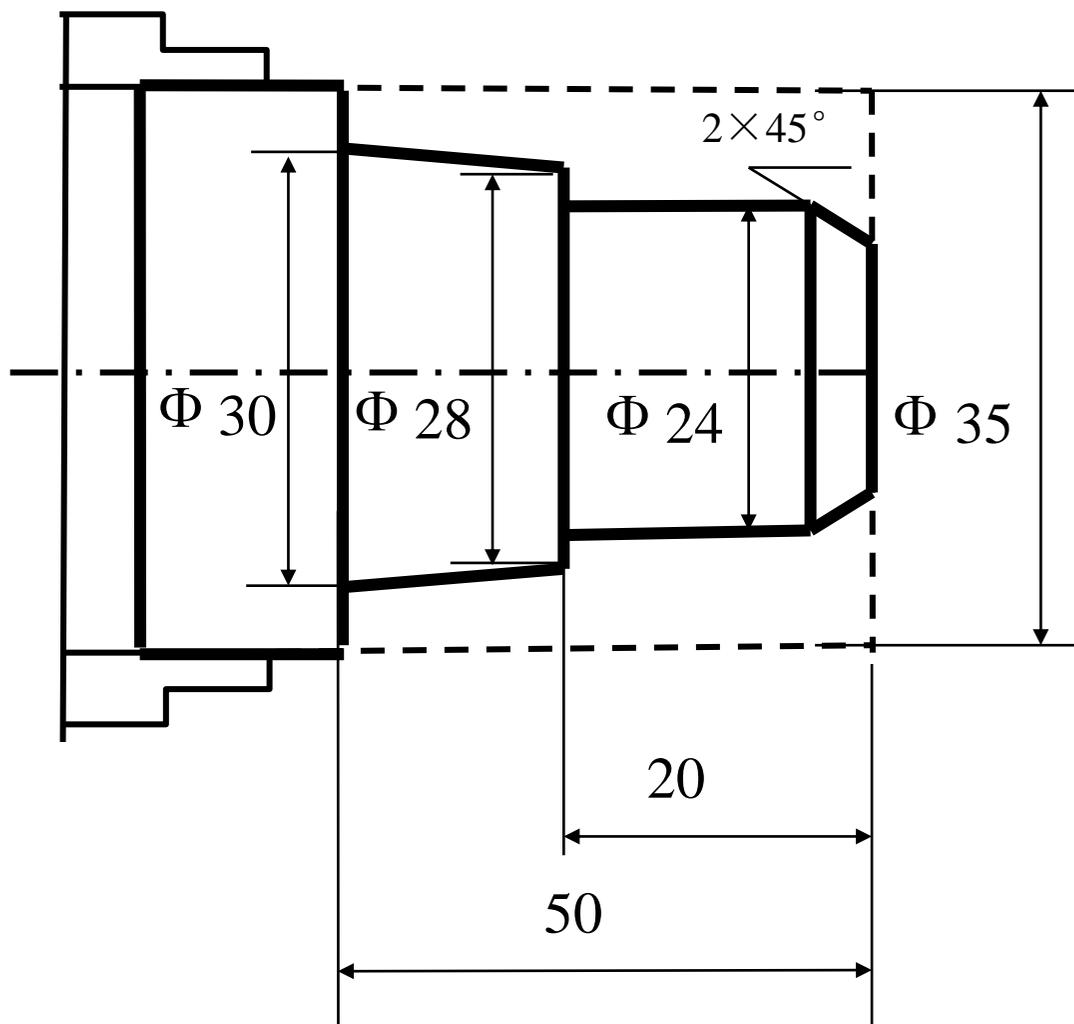
```





例4

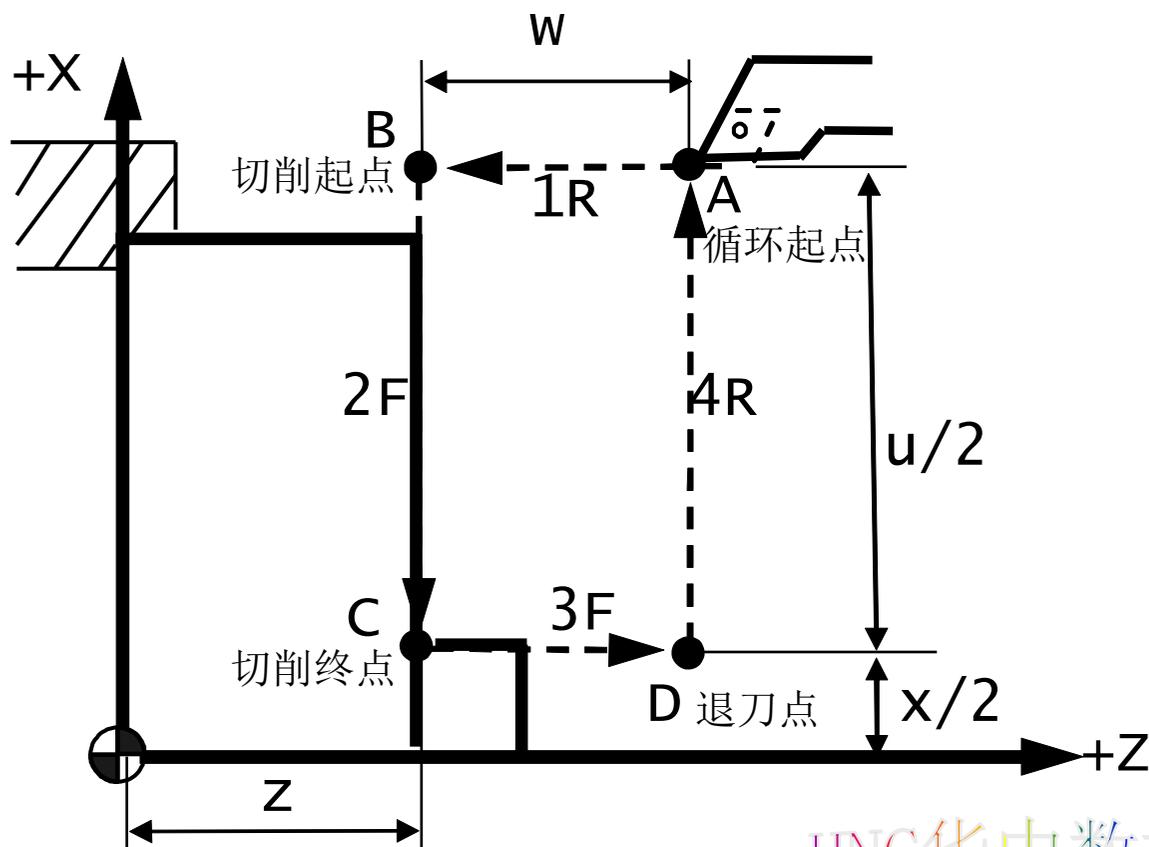
```
%1008  
T0101  
M03 S450  
G00 X100 Z40  
X40 Z3  
G80 X31 Z-50 F100  
G80 X25 Z-20  
G80 X29 Z-4 I-7 F100  
G00 X100 Z40  
T0202  
G00 X100Z40  
G00 X14 Z3  
G01 X24 Z-2 F80  
Z-20  
X28  
X30 Z-50  
G00 X36  
X80 Z10  
M05  
M30
```



2、端面切削循环G81指令

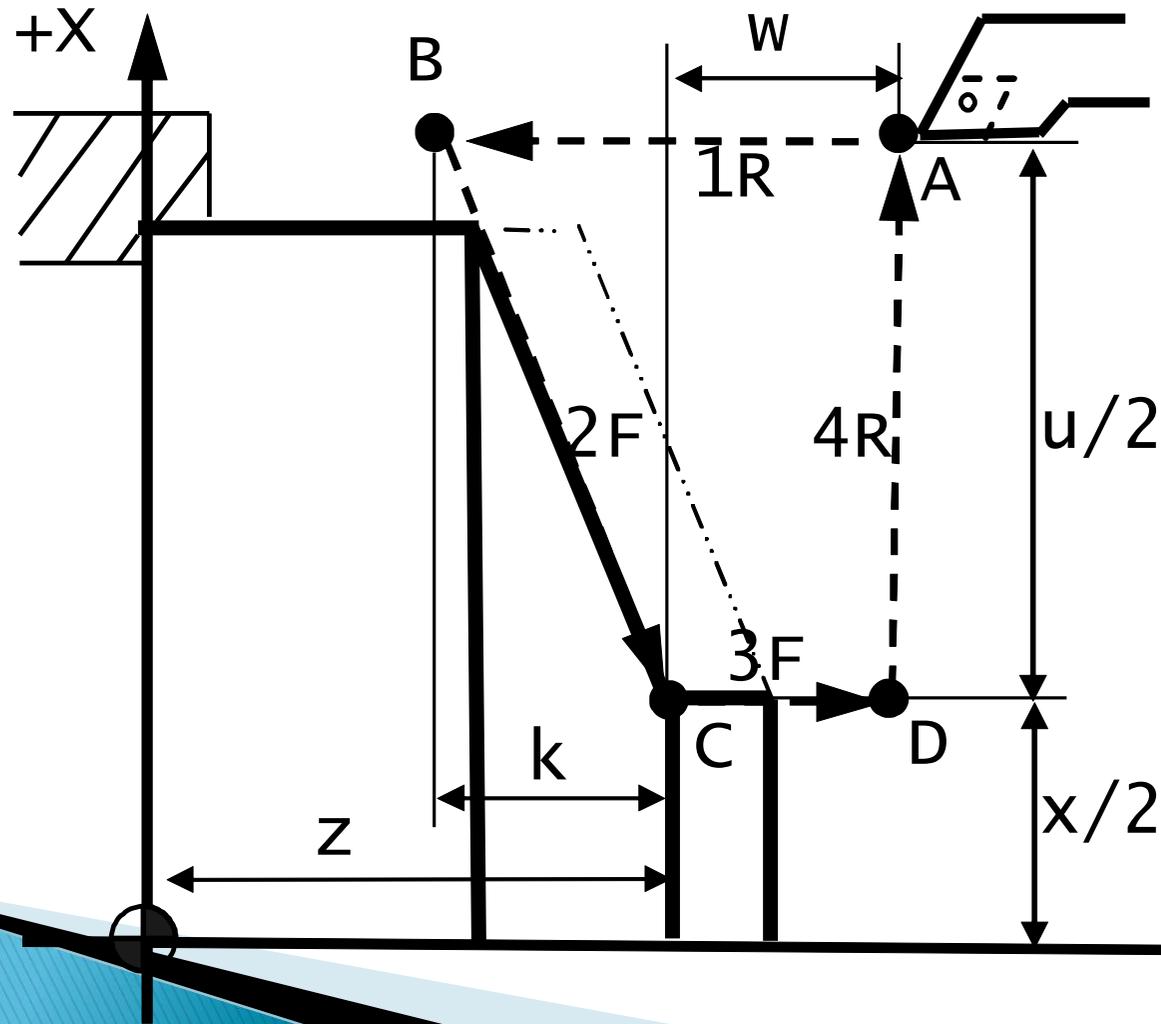
1) 端面切削循环

G81 X (U) ___ Z (W) ___ F ___



2) 端面切削循环

G81 X (U) ___ Z (W ___ K ___ F ___



%3325

N1 G54 G90 G00 X60 Z45 M03

N2 G81 X25 Z31.5 K-3.5 F100

N3 X25 Z29.5 K-3.5

N4 X25 Z27.5 K-3.5

N5 X25 Z25.5 K-3.5

N6 M05

N7 M30

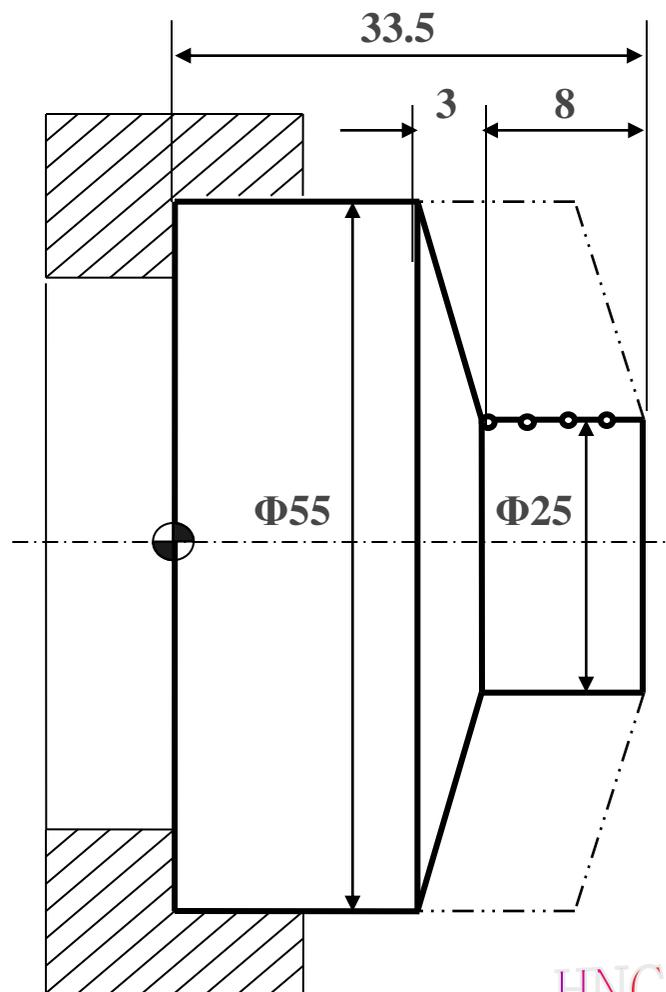


图3.3.25 G81切削循环编程实例

3、 螺纹切削循环G82指令

1) 直螺纹切削循环

G82 X (U) _ Z (W) _ R_ E_ C_ P_ F_

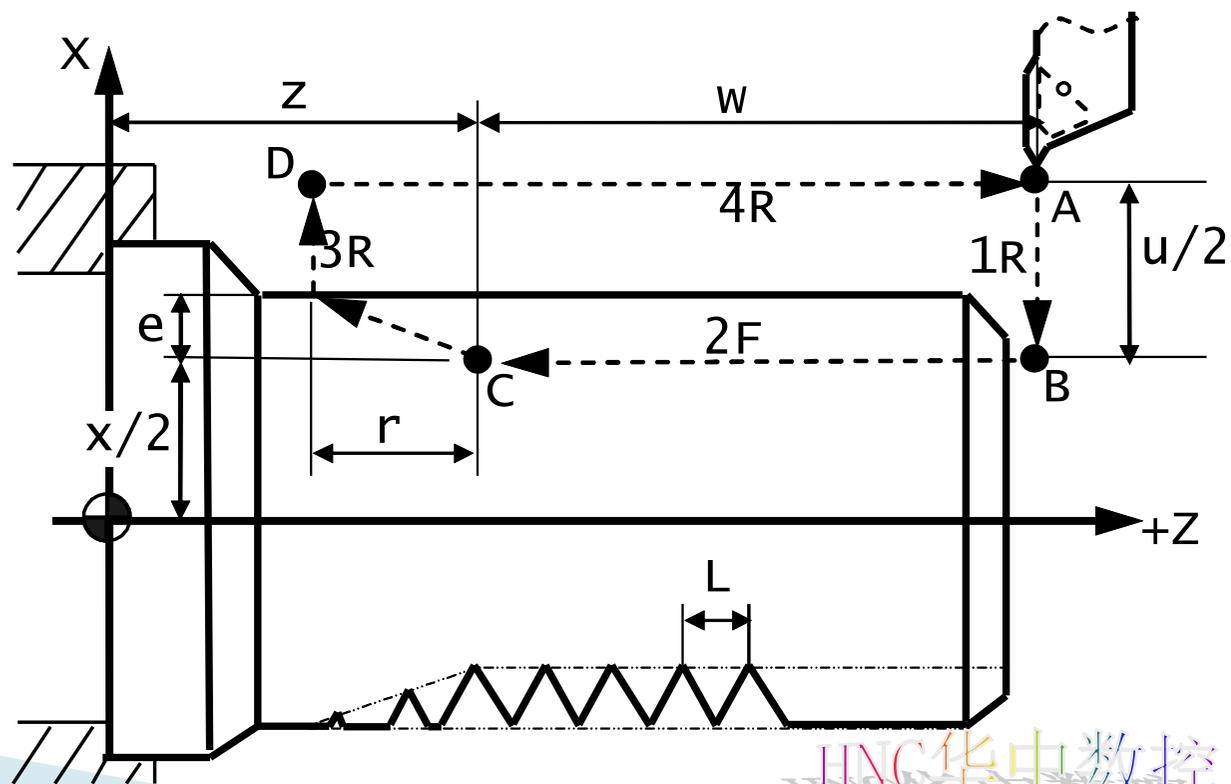
X、Z: C点的坐标值，或C点相对A点的增量值。

R、E: Z、X轴向螺纹收尾量，为增量值。

P : 相邻螺纹头的切削起点之间对应的主轴转角

F : 螺纹导程

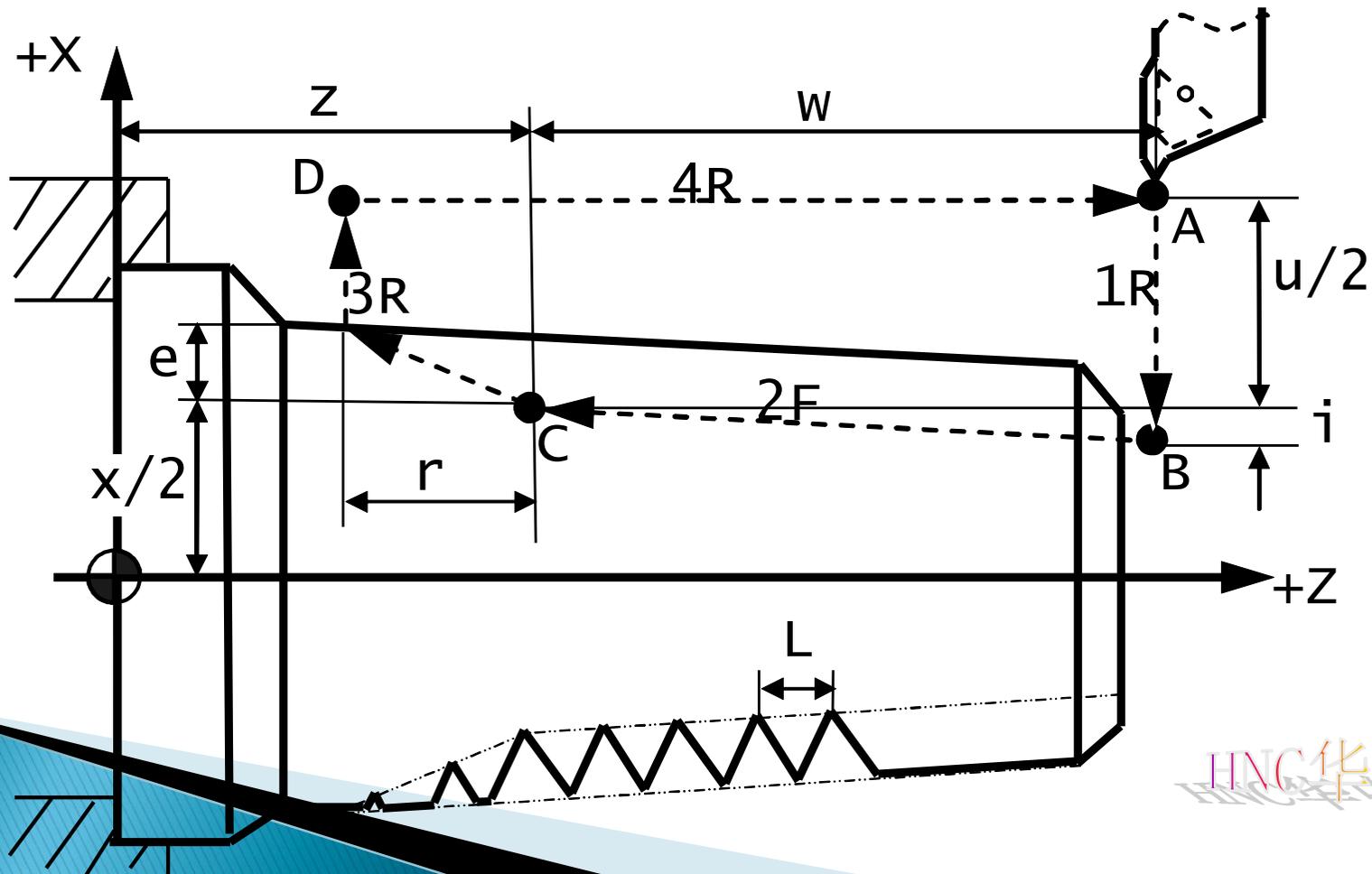
C : 螺纹头数

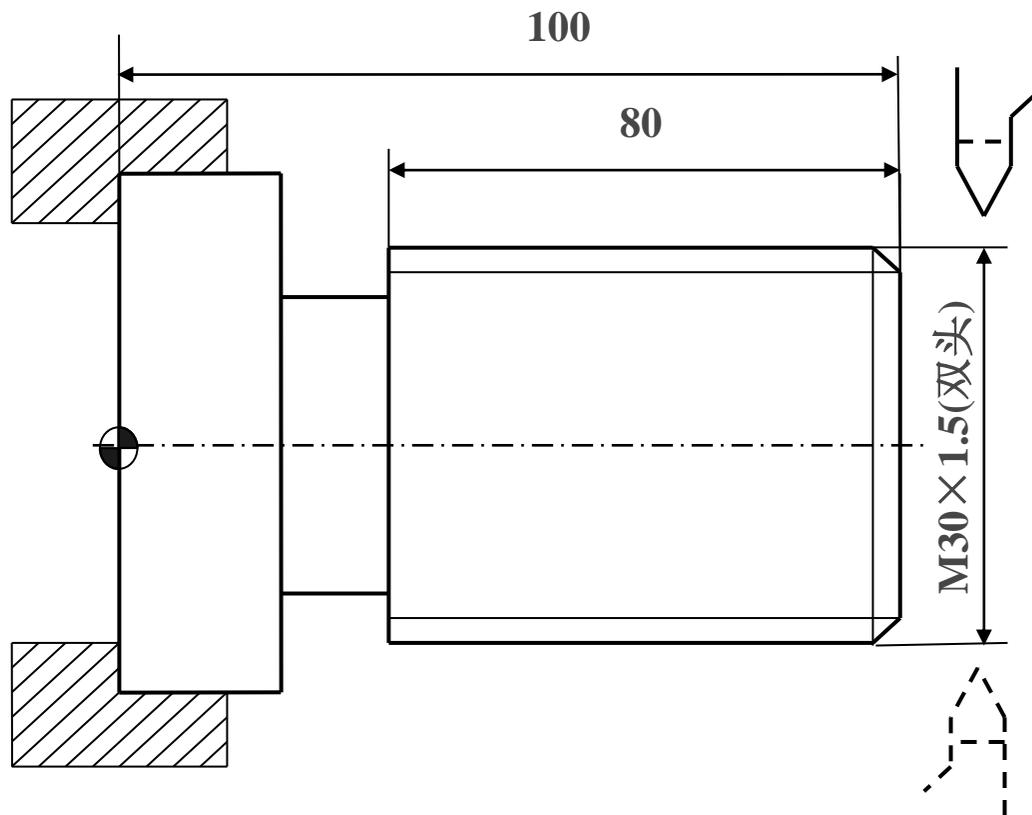


2) 锥螺纹切削循环

G82 X__ Z__ I__ R__ E__ C__ P__ F__

其中X、Z同上述一致，I为锥螺纹始点与锥螺纹终点的半径差，即 $r_b - r_c$ ，I为模态值。





%3328

N1 T0101

N2 G00 X35 Z104

N3 M03 S300

N4 G82 X29.2 Z18.5 C2 P180 F3

N5 X28.6 Z18.5 C2 P180 F3

N6 X28.2 Z18.5 C2 P180 F3

N7 X28.04 Z18.5 C2 P180 F3

N8 M30

1-2-3-4 复合循环切削指令 (G71、G72、G73、 G76)

运用这组G代码，只需指定精加工路线和粗加工的背吃刀量，系统会自动计算粗加工路线和加工次数。

- ▶ 1、外径粗加工循环G71指令
- ▶ 无凹槽内（外）径粗车复合循环

$G71U(\Delta d)R(r)P(ns)Q(nf)X(\Delta x)Z(\Delta z)F(f)T(t)S(s)$

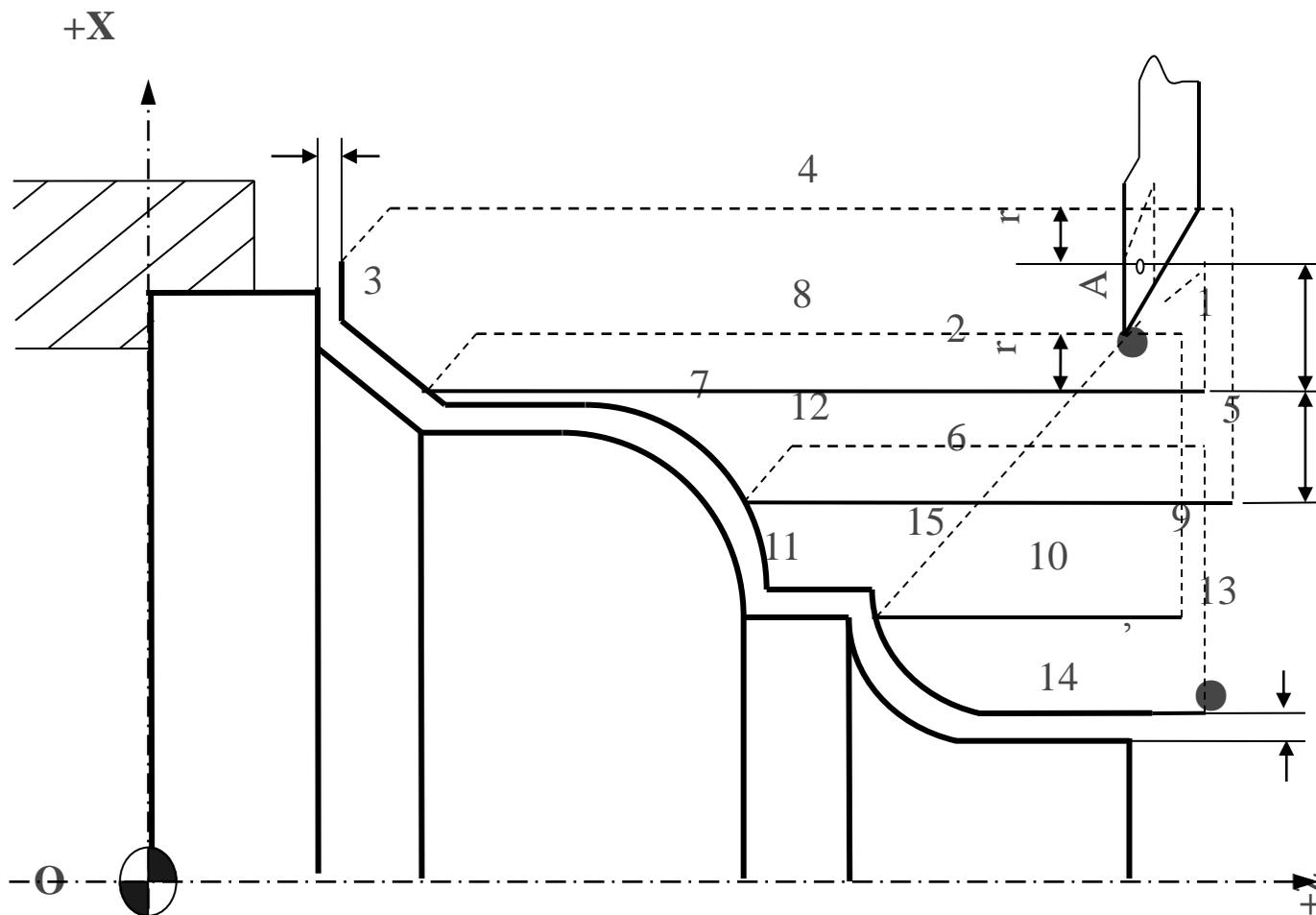


图3.3.29 内、外径粗切复合循环

- ▶ 1、外径粗加工循环G71指令
- ▶ 无凹槽内（外）径粗车复合循环

$G71U(\Delta d)R(r)P(ns)Q(nf)X(\Delta x)Z(\Delta z)F(f)T(t)S(s)$

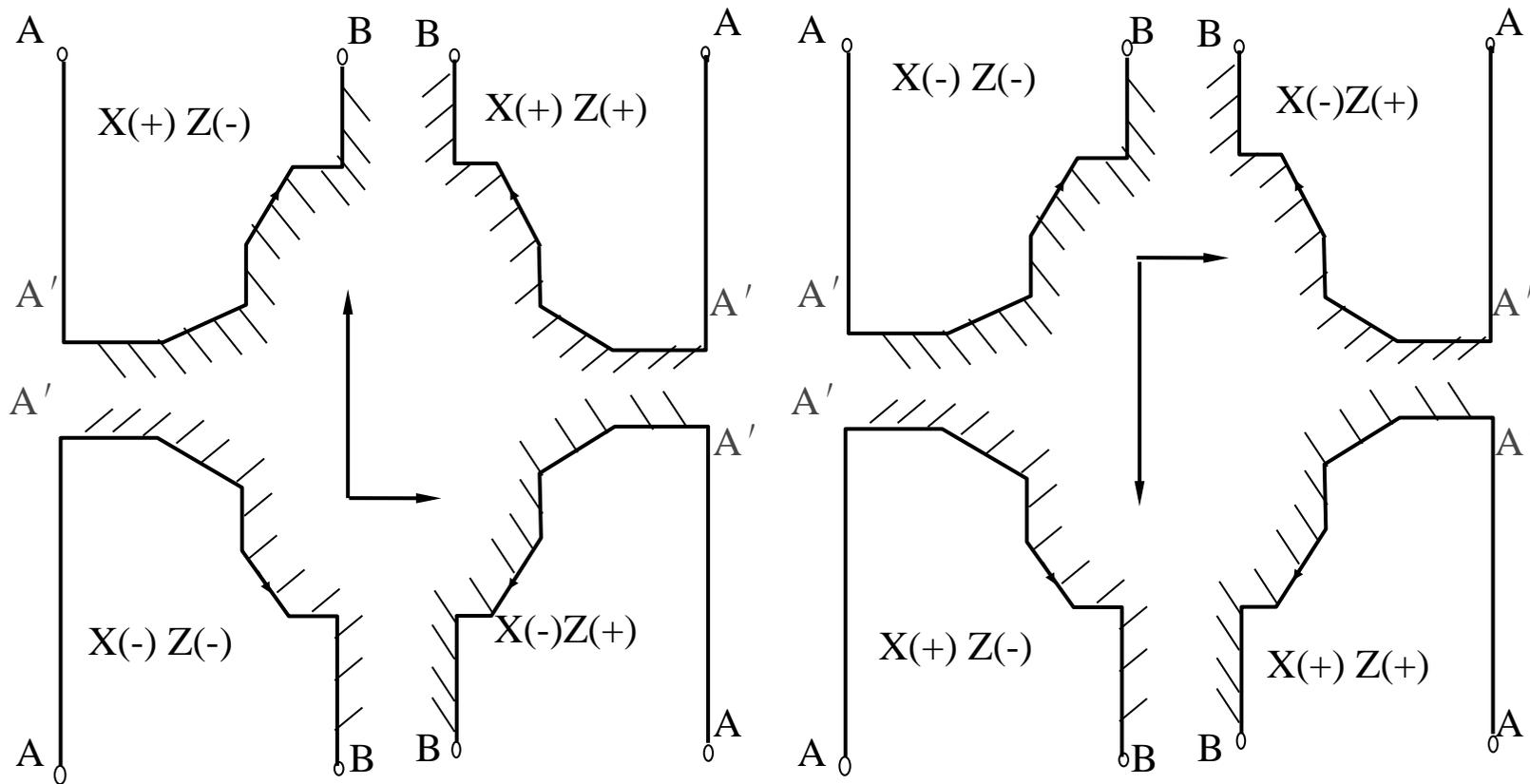


图3.3.30 G71复合循环下X(ΔU)和Z(ΔW)的符号

%3331 (见图3.3.31)

T0101

N1 G00 X80 Z80

N2 M03

N3 G01 X46 Z3 F100

N4 G71 U1.5 R1 P5 Q13 X0.4 Z0

.1

N5 G00 X0

N6 G01 X10 Z-2

N7 Z-20

N8 G02 U10 W-5 R5

N9 G01 W-10

N10 G03 U14 W-7 R7

N11 G01 Z-52

N12 U10 W-10

N13 W-20

N14 X50

N15 G00 X80 Z80

N16 M05

N17 M30

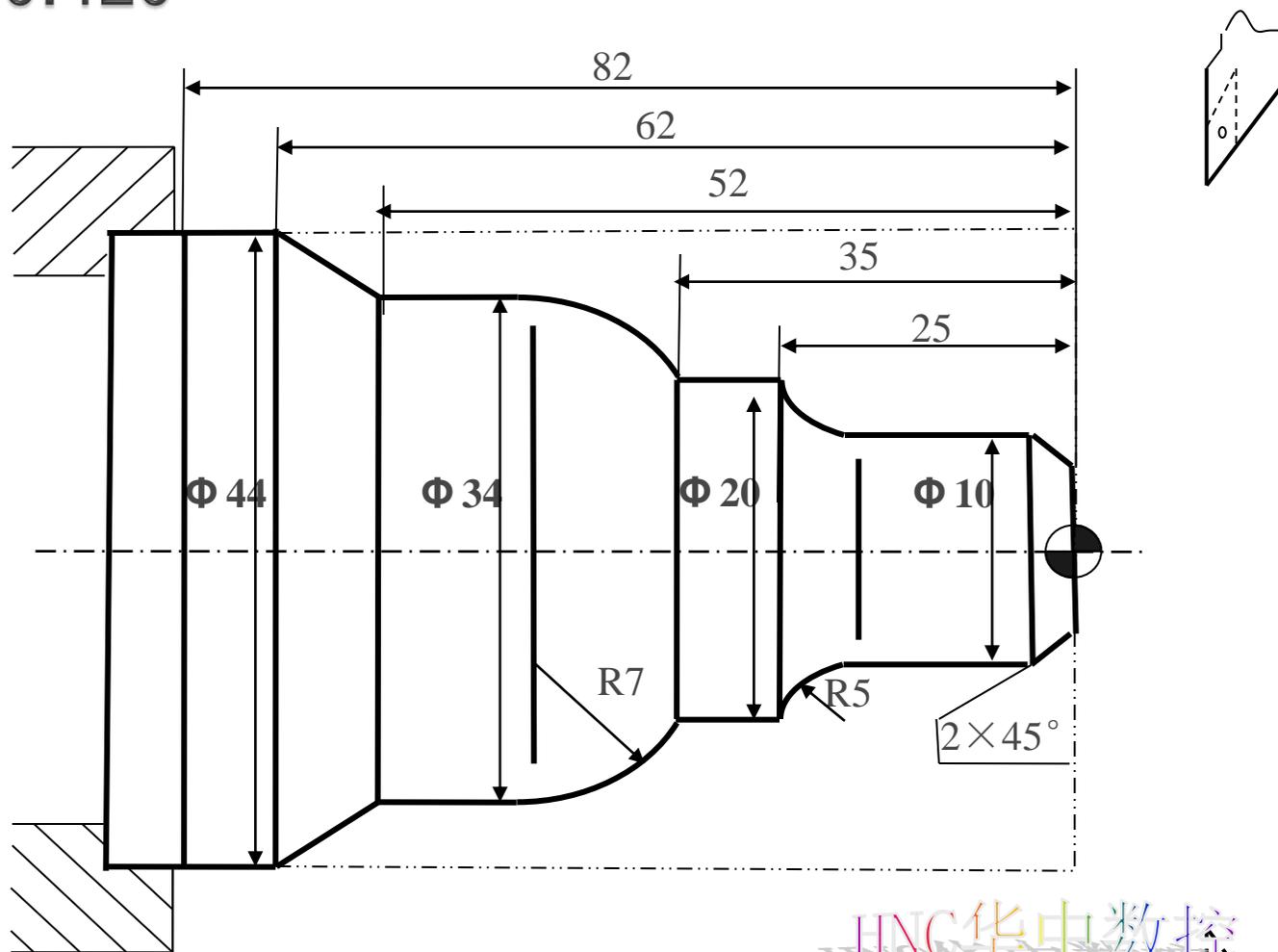


图3.3.31 G71外径复合循环编程实例

%3332 (见图3.3.32)

N1 T0101

N2 G00 X80 Z80

N3 M03 S400

N4 X6 Z5

G71U1R1P8Q16X-0.4Z0.1 F100

N5 G00 X80 Z80

N6 T0202

N7 G00 G42 X6 Z5

N8 G00 X44

N9 G01 W-20 F80

N10 U-10 W-10

N11 W-10

N12 G03 U-14 W-7 R7

N13 G01 W-10

N14 G02 U-10 W-5 R5

N15 G01 Z-80

N16 U-4 W-2

N17 G40 X4

N18 G00 Z80

N19 X80

N20 M30

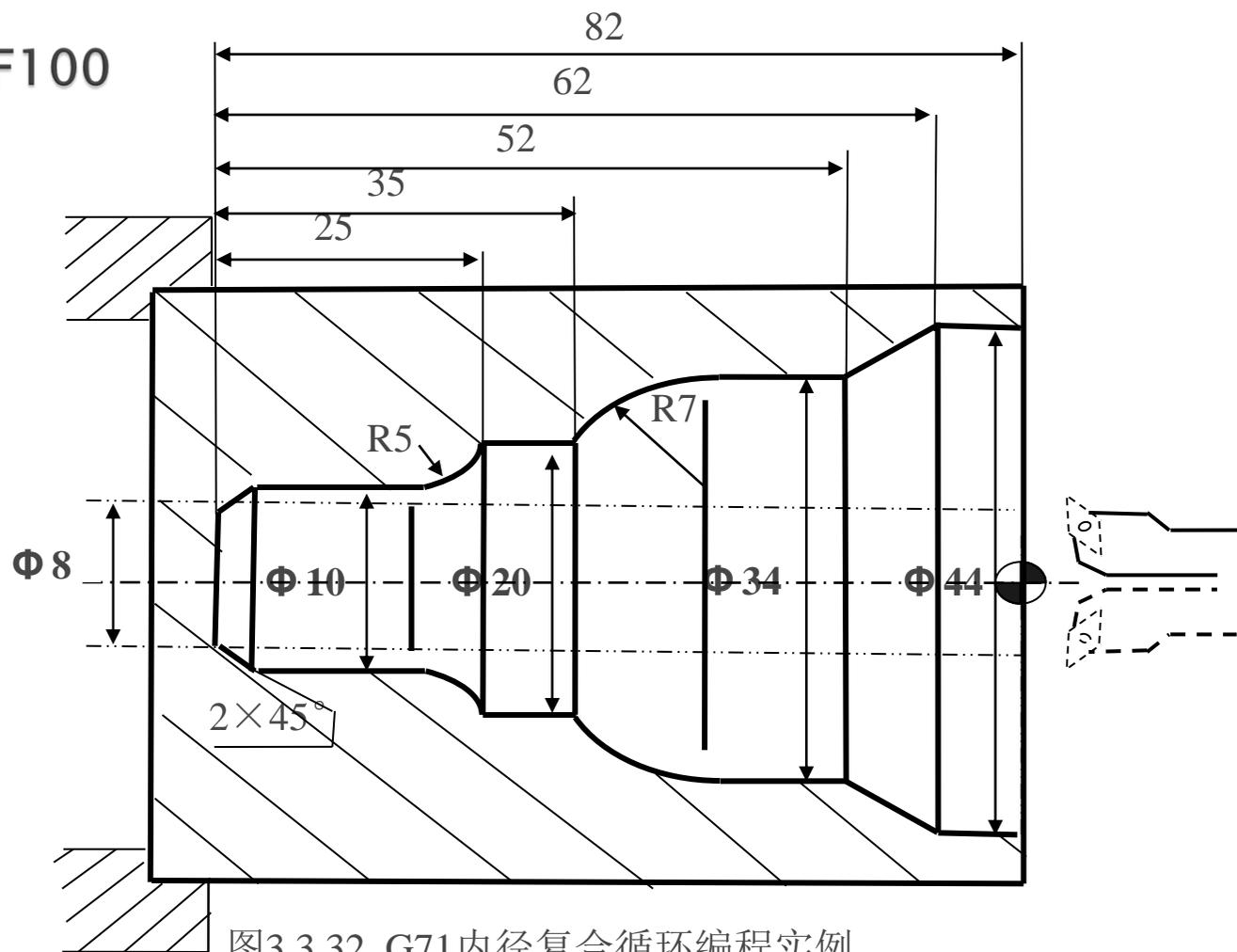


图3.3.32 G71内径复合循环编程实例

%3334 (见图3.3.34)

N1 T0101

N2 G00 X80 Z100

M03 S400

N3 G00 X42 Z3

N4 G71 U1 R1 P8 Q19 E0.3 F100

N5 G00 X80 Z100

N6 T0202

N7 G00 G42 X42 Z3

N8 G00 X10

N9 G01 X20 Z-2 F80

N10 Z-8

N11 G02 X28 Z-12 R4

N12 G01 Z-17

N13 U-10 W-5

N14 W-8

N15 U8.66 W-2.5

N16 Z-37.5

N17 G02 X30.66 W-14 R10

N18 G01 W-10

N19 X40

N20 G00 G40 X80 Z100

N21 M30

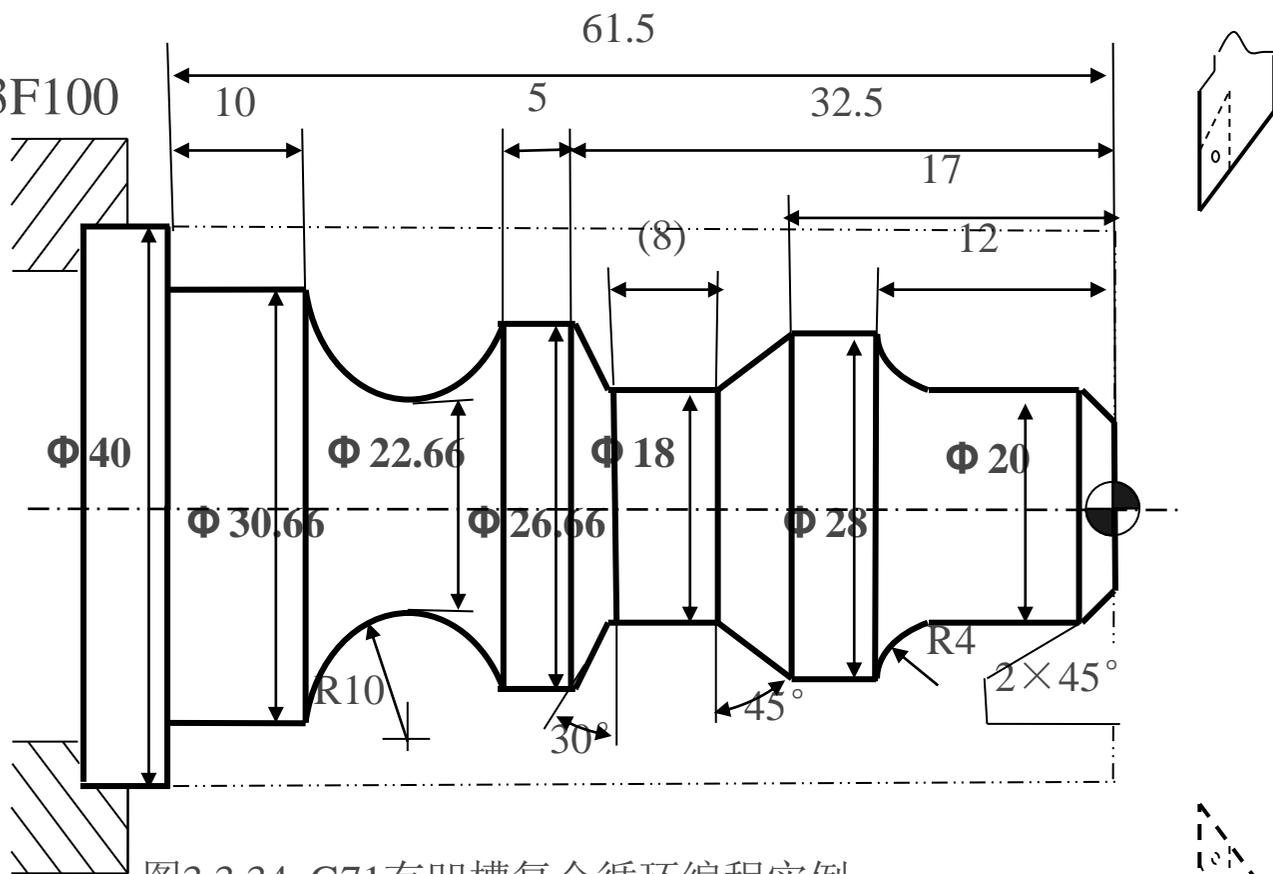
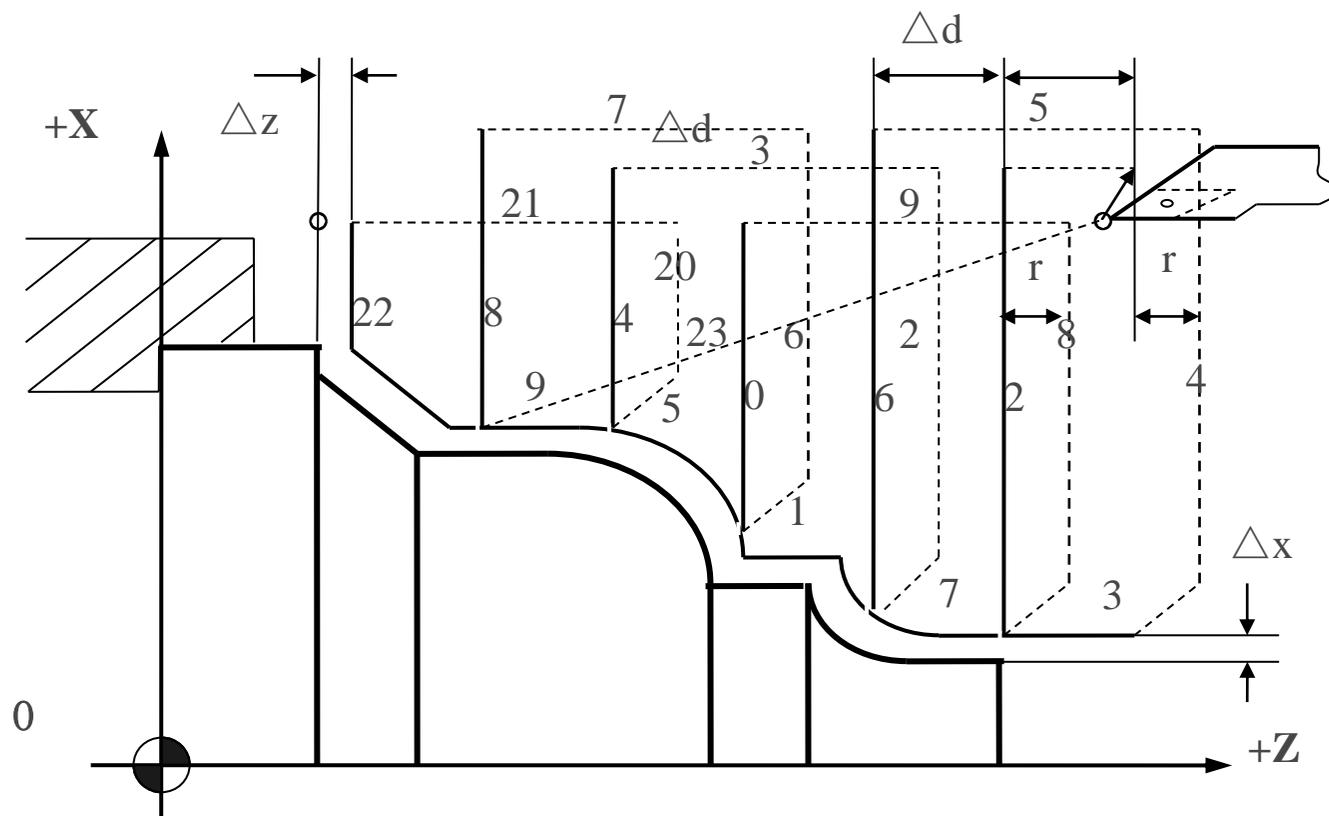


图3.3.34 G71有凹槽复合循环编程实例

2、端面粗车复合循环G72指令

$G72W(\Delta d)R(r)P(ns)Q(nf)X(\Delta x)Z(\Delta z)F(f)T(t)S(s)$



2、端面粗车复合循环G72指令

$G72W(\Delta d)R(r)P(ns)Q(nf)X(\Delta x)Z(\Delta z)F(f)T(t)S(s)$

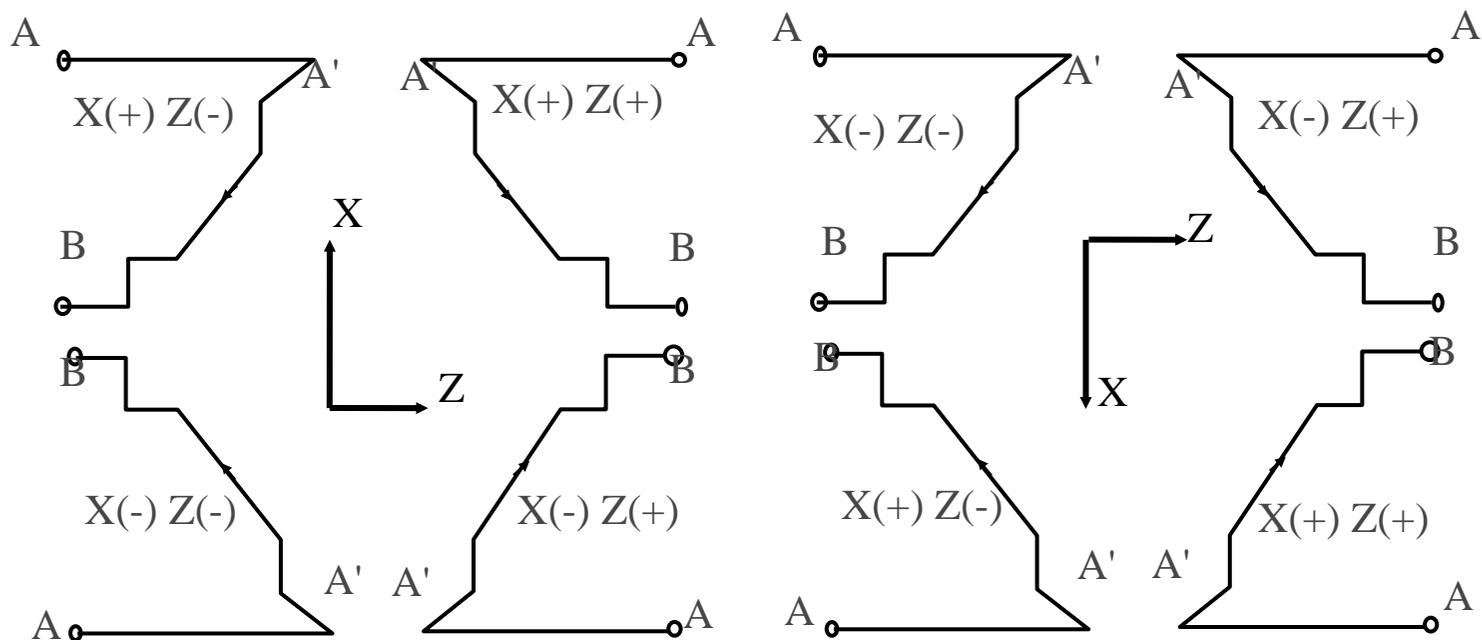


图3.3.36 G72复合循环下X(ΔU)和Z(ΔW)的符号

%3337 (见图3.3.37)

N1 T0101

N2 G00 X100 Z80

N3 M03 S400

N4 X80 Z1

N5 G72W1.2R1P8Q17X0.2Z0.5F100

N6 G00 X100 Z80

N7 G42 X80 Z1

N8 G00 Z-56

N9 G01 X54 Z-40 F80

N10 Z-30

N11 G02 U-8 W4 R4

N12 G01 X30

N13 Z-15

N14 U-16

N15 G03 U-4 W2 R2

N16 Z-2

N17 U-6 W3

N18 G00 X50

N19 G40 X100 Z80

N20 M30

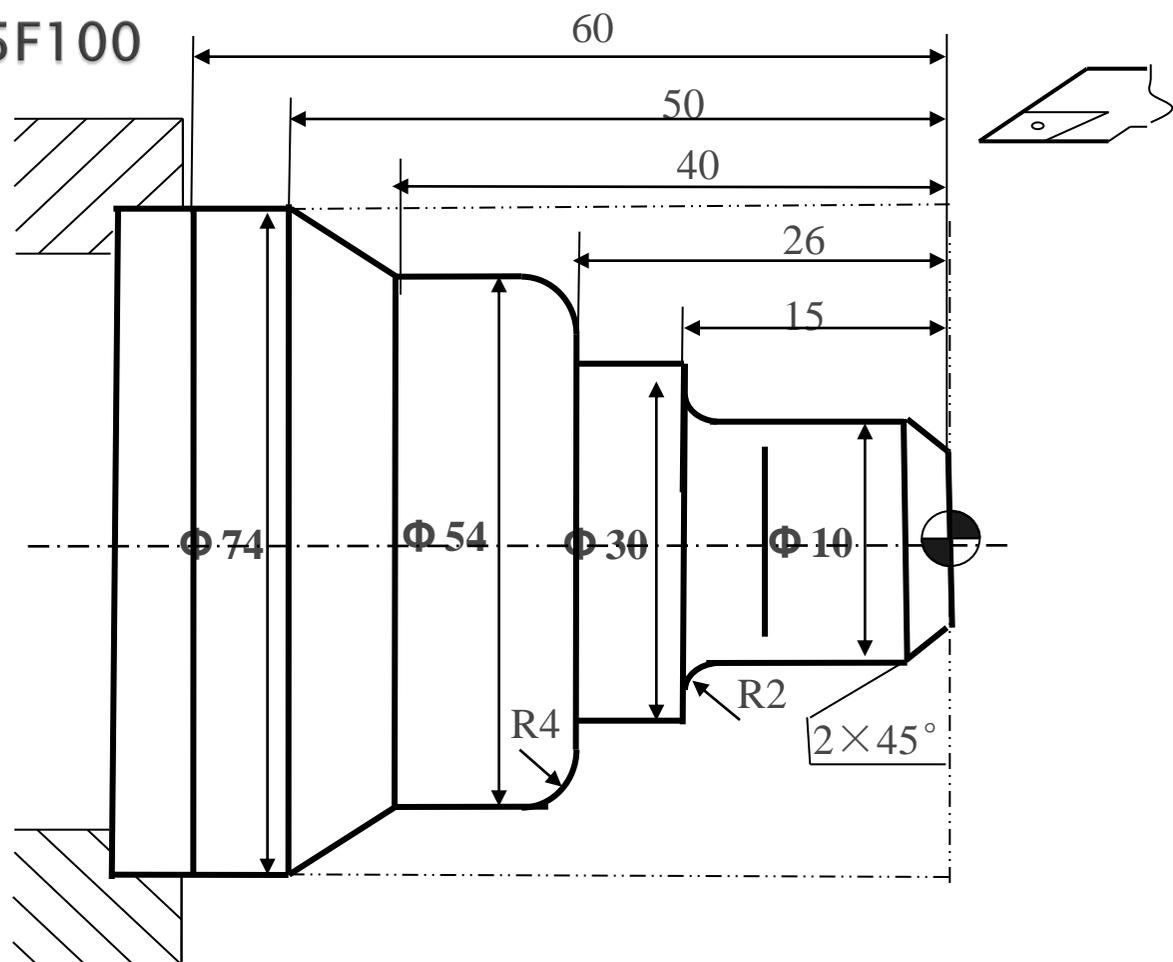


图3.3.37 G72外径粗切复合循环编程实例

G71、G72指令应用注意事项

- 带有P、Q地址的G71或G72指令，才能进行该循环加工。
- 粗加工循环时，处于ns到nf程序段之间的F、S、T机能的指令均无效，G71或G72格式中含有的F、S、T有效。
- 在顺序号为ns的顺序段中，必须使用G00或G01指令。
- 处于ns到nf程序段之间的精加工程序不应包含有子程序。

3、封闭轮廓循环G73指令

$G73U(\Delta I)W(\Delta k)R(d)P(ns)Q(nf)X(\Delta u)Z(\Delta W)$

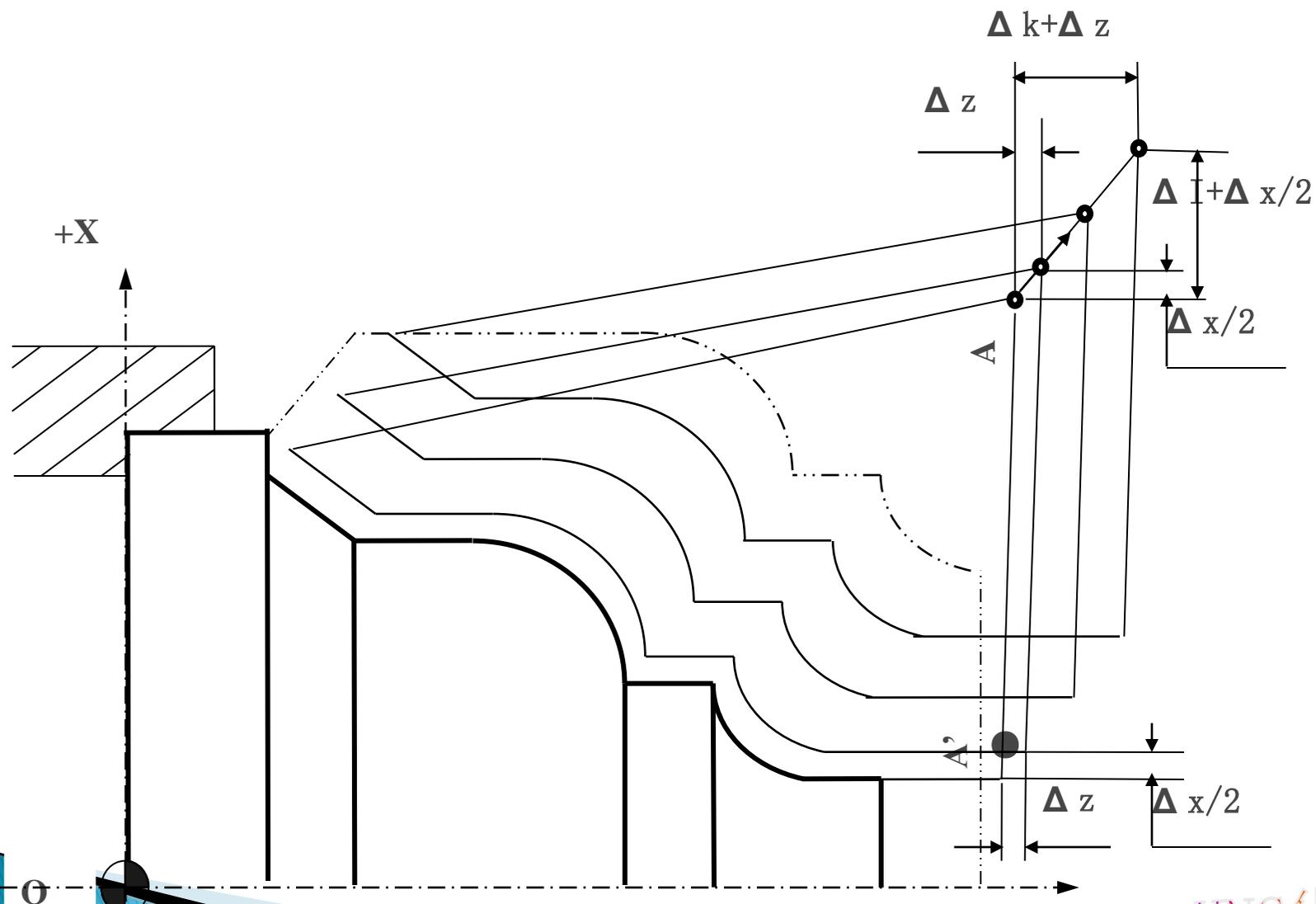


图3.3.39 闭环车削复合循环G73

%3340

T0101

N1 G00 X80 Z80

N2 M03 S400

N3 G00 X60 Z5

N4 G73U3W0.9R3P5Q13X0.6Z0.1F120

N5 G00 X0 Z3

N6 G01 U10 Z-2 F80

N7 Z-20

N8 G02 U10 W-5 R5

N9 G01 Z-35

N10 G03 U14 W-7 R7

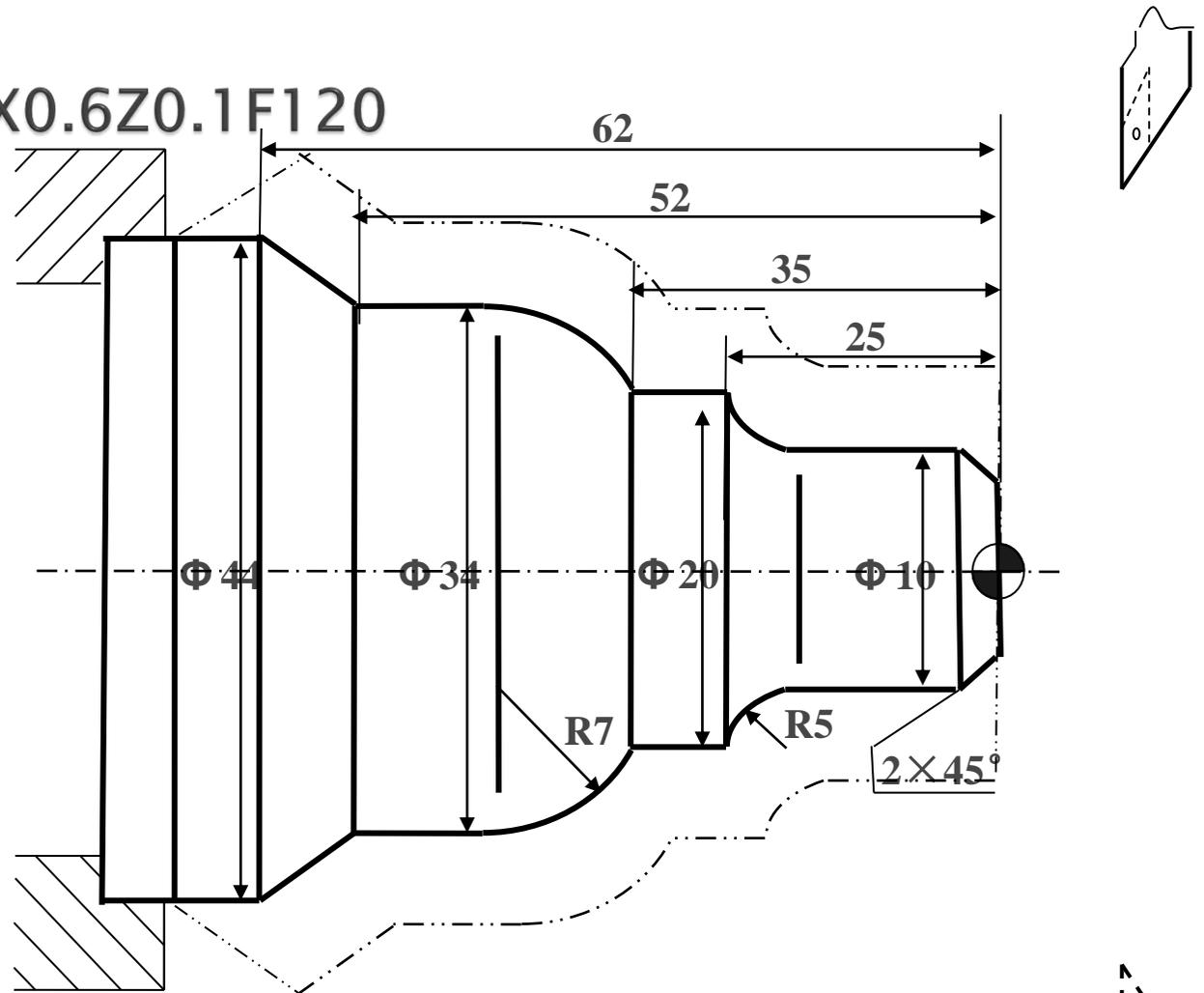
N11 G01 Z-52

N12 U10 W-10

N13 U10

N14 G00 X80 Z80

N15 M30



▶ 螺纹切削复合循环(G76)

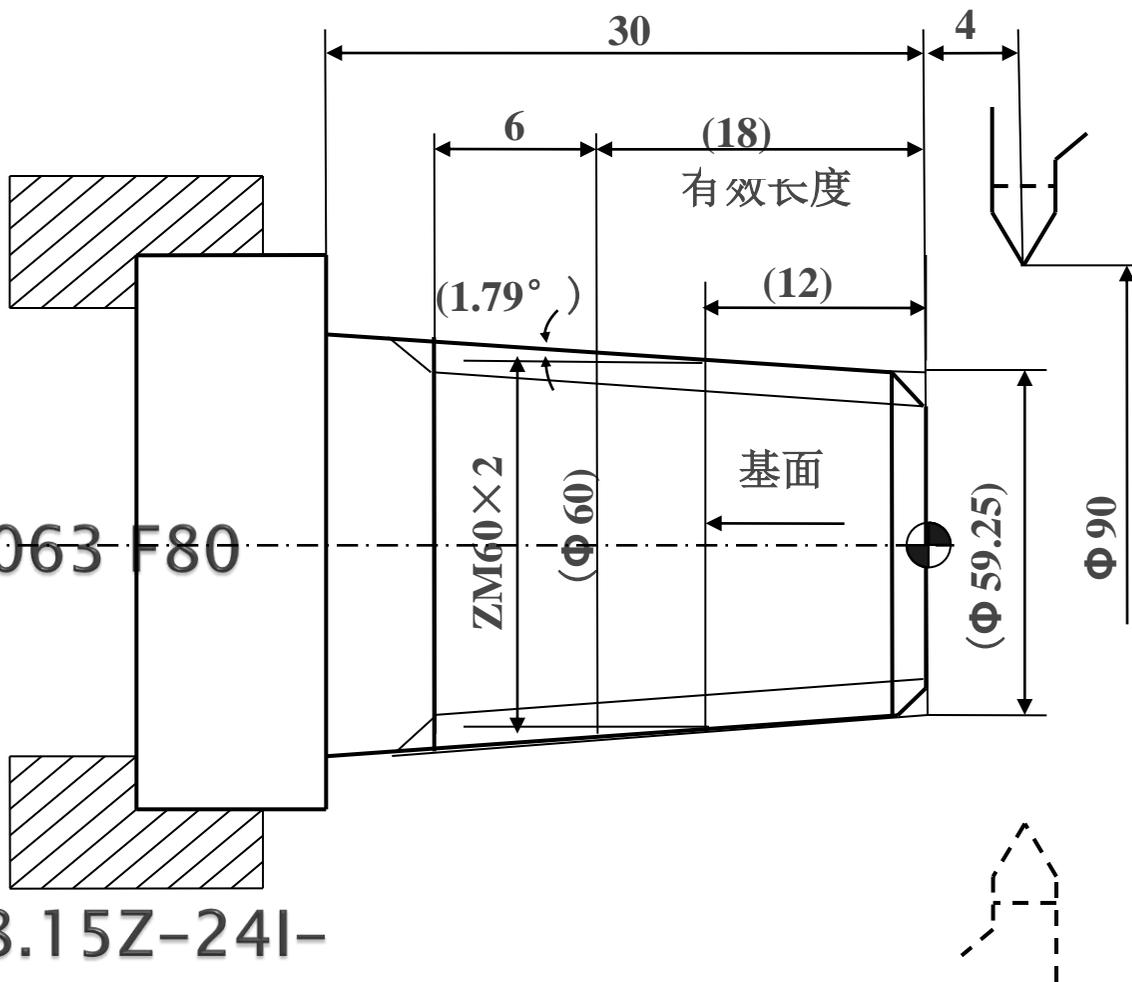
$G76C(m)R(r)E(e)A(a)X(u)Z(w)I(i)K(k)U(d)V(\Delta d_{\min})Q(\Delta d)P(p)F(l)$

- ▶ **m**: 为精整车削次数(1-----99)
- *r**: 为Z轴方向螺纹收尾长度(为增量值、模态值)
- e**: 为X轴方向螺纹收尾长度(为增量值、模态值)
- α** : 为螺纹牙型角, 即刀尖角度, 可在80、60、55、30、29、0六个角度中选择; (为模态值)
- U**: 绝对指令时为螺纹终点C的X轴坐标值; 增量指令时为螺纹终点C 相对循环起点A在X轴向的距离;
- W**: 绝对指令时为螺纹终点C的Z轴坐标值; 增量指令时螺纹终点C 相对循环起点在Z轴向的距离; Δd
- ▶ **I** : 为螺纹起点C与终点D的半径差;
- K**: 为螺纹牙型高度(半径值);
- d**: 为精加工余量;
- Δd_{\min}** : 为最小切削深度。 即当第几次切削, 深度 $\Delta d(\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$ 小于此值时, 以该值进行切削。
- Δd** : 为第一次切削深度(半径值)
- p**: 主轴基准脉冲处距离切削起点的主轴转角
- L**: 为螺纹导程(同G32)

```

3344
1 T0101
2 G00 X100 Z100
3 M03 S400
4 G00 X90 Z4
5 G80 X61.125 Z-30 I-1.063 F80
6 G00 X100 Z100 M05
7 T0202
8 M03 S300
9 G00 X90 Z4
10 G76C2R-3E1.3A60X58.15Z-24I-
.875K1.299U0.1V0.1Q0.9F2
11 G00 X100 Z100
12 M05
13 M30

```



3-2-3-3 刀具补偿功能

1、刀具的几何、磨损补偿

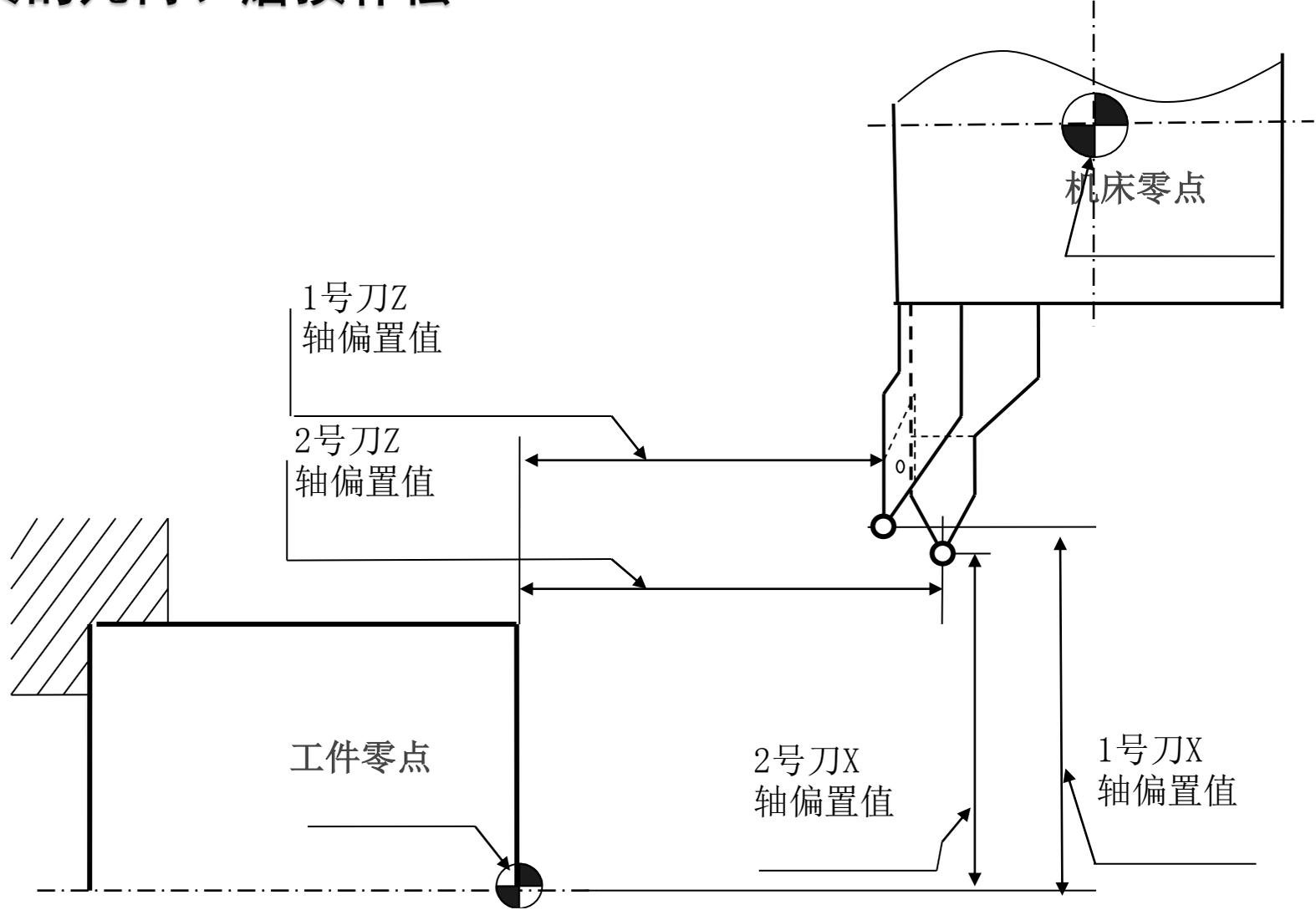
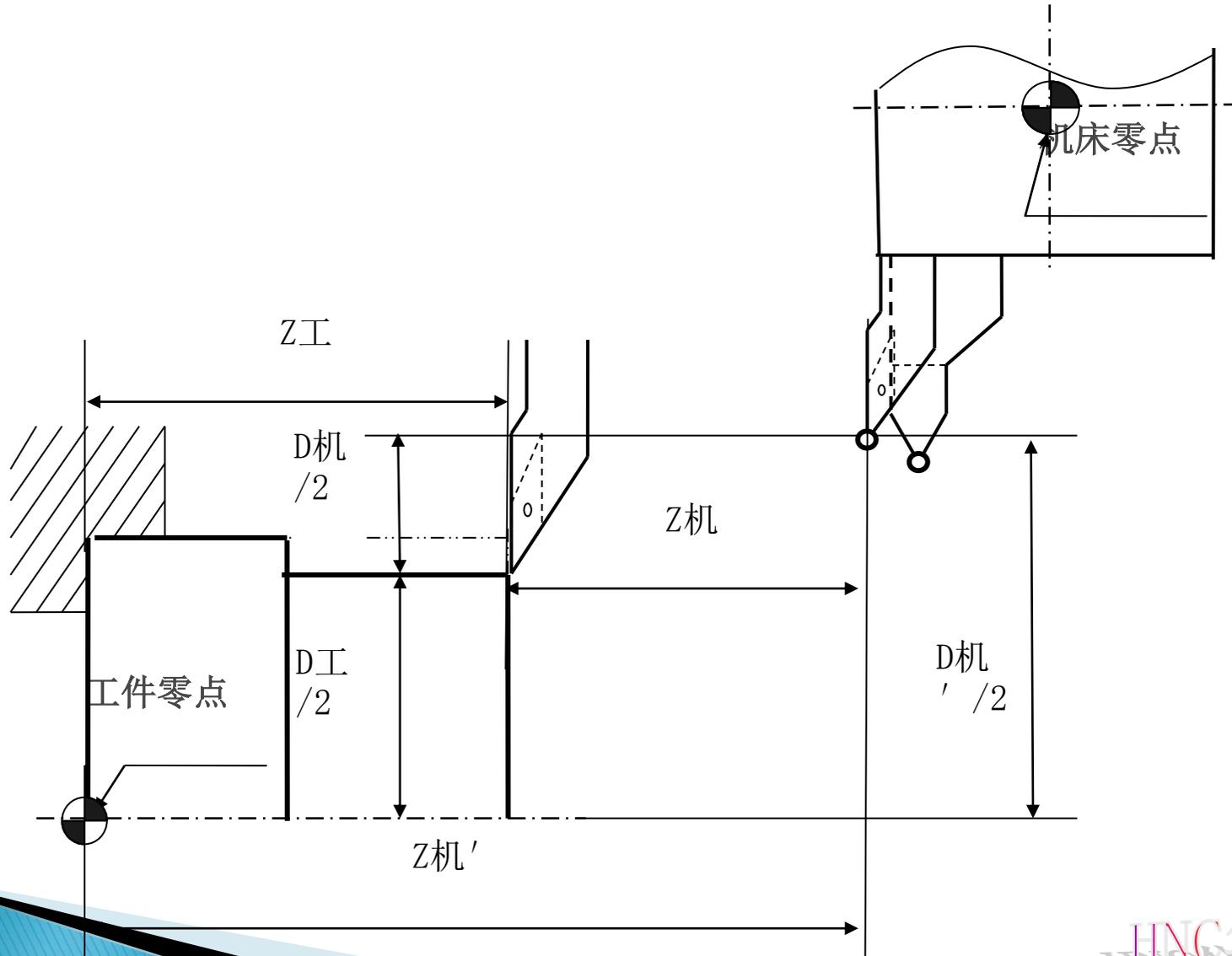


图3.3.45 刀具偏置的绝对补偿形式

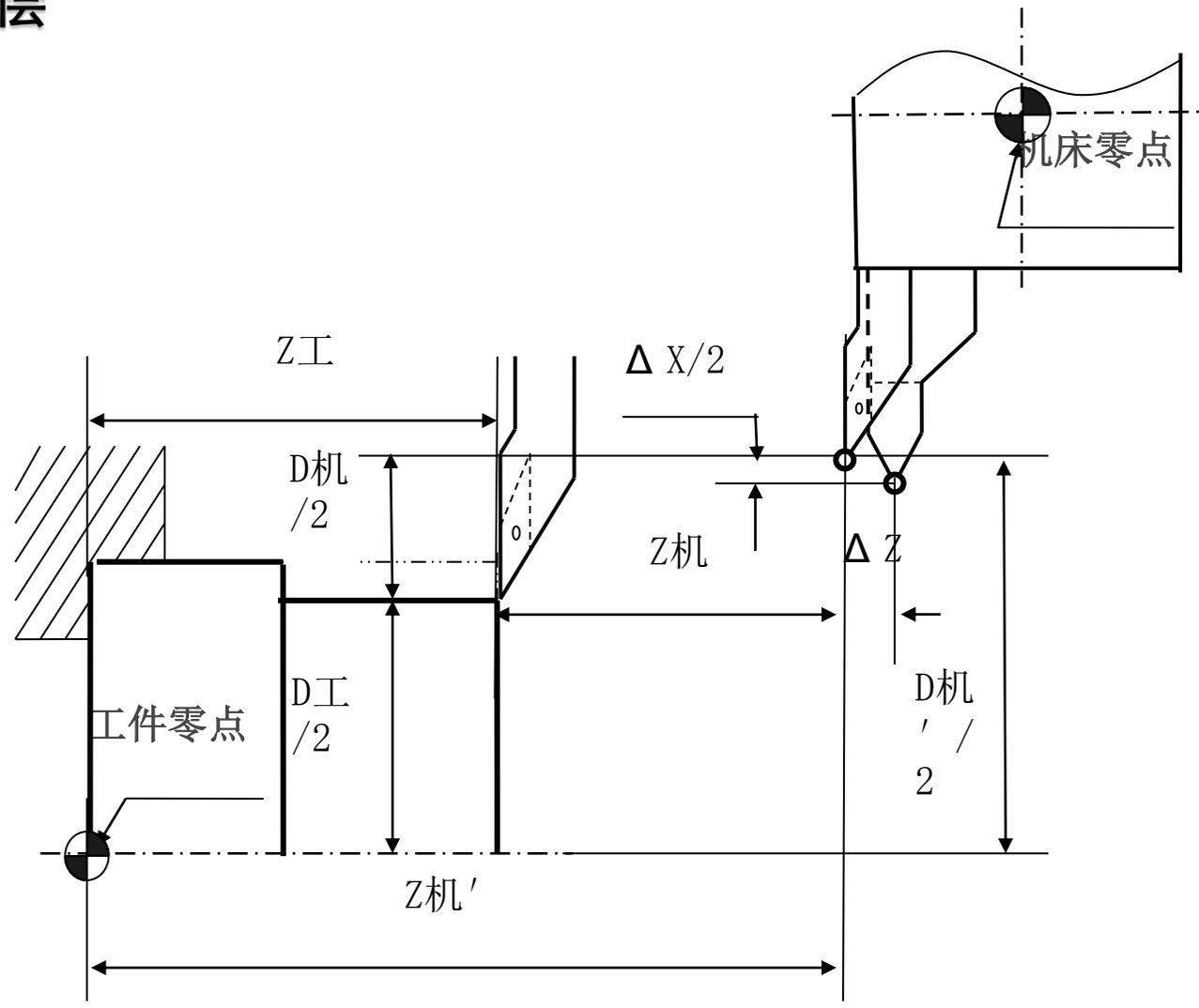
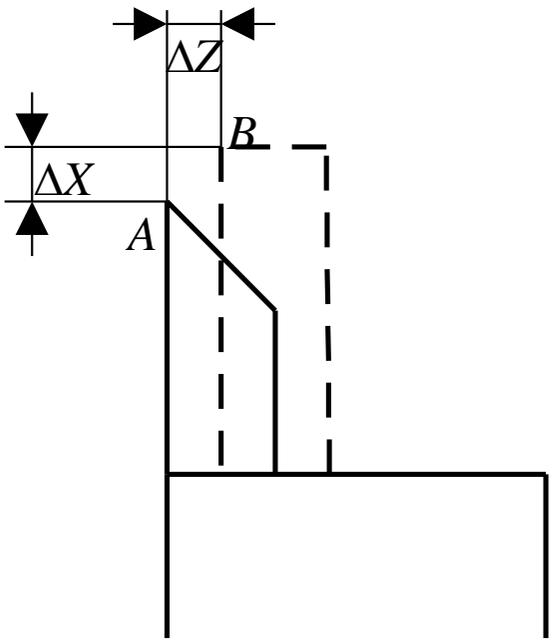
3-2-3-3 刀具补偿功能

1、刀具的几何、磨损补偿

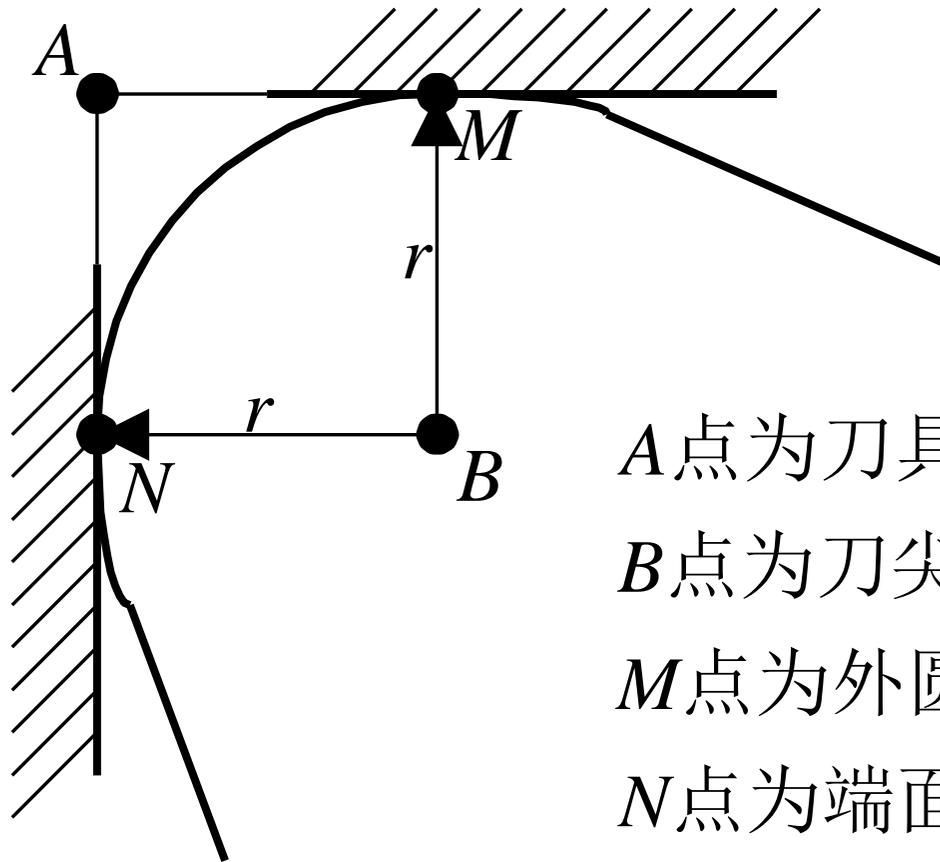


3-2-3-3 刀具补偿功能

1、刀具的几何、磨损补偿



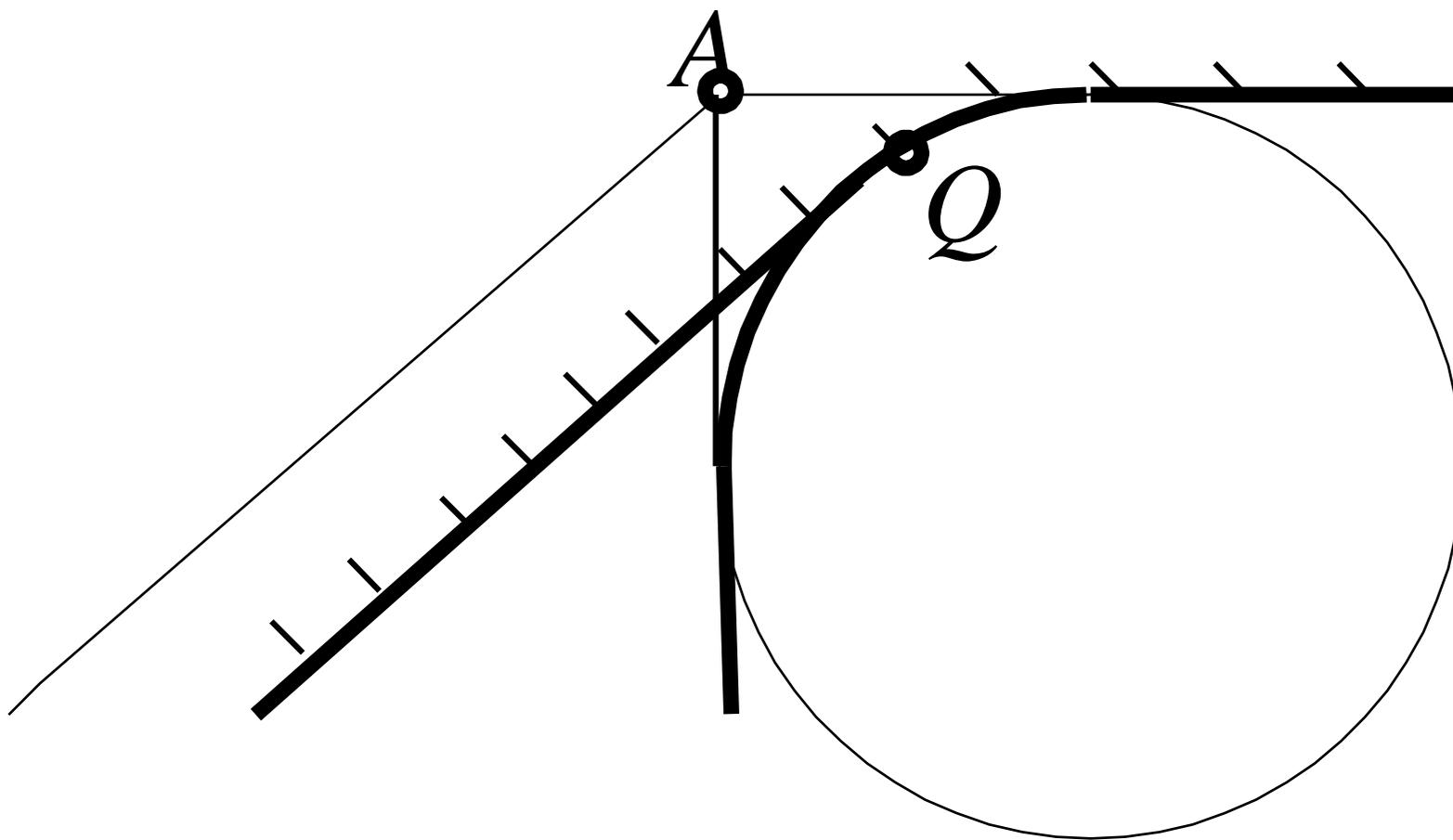
2、刀具刀尖圆弧半径补偿G40、G41、G42指令

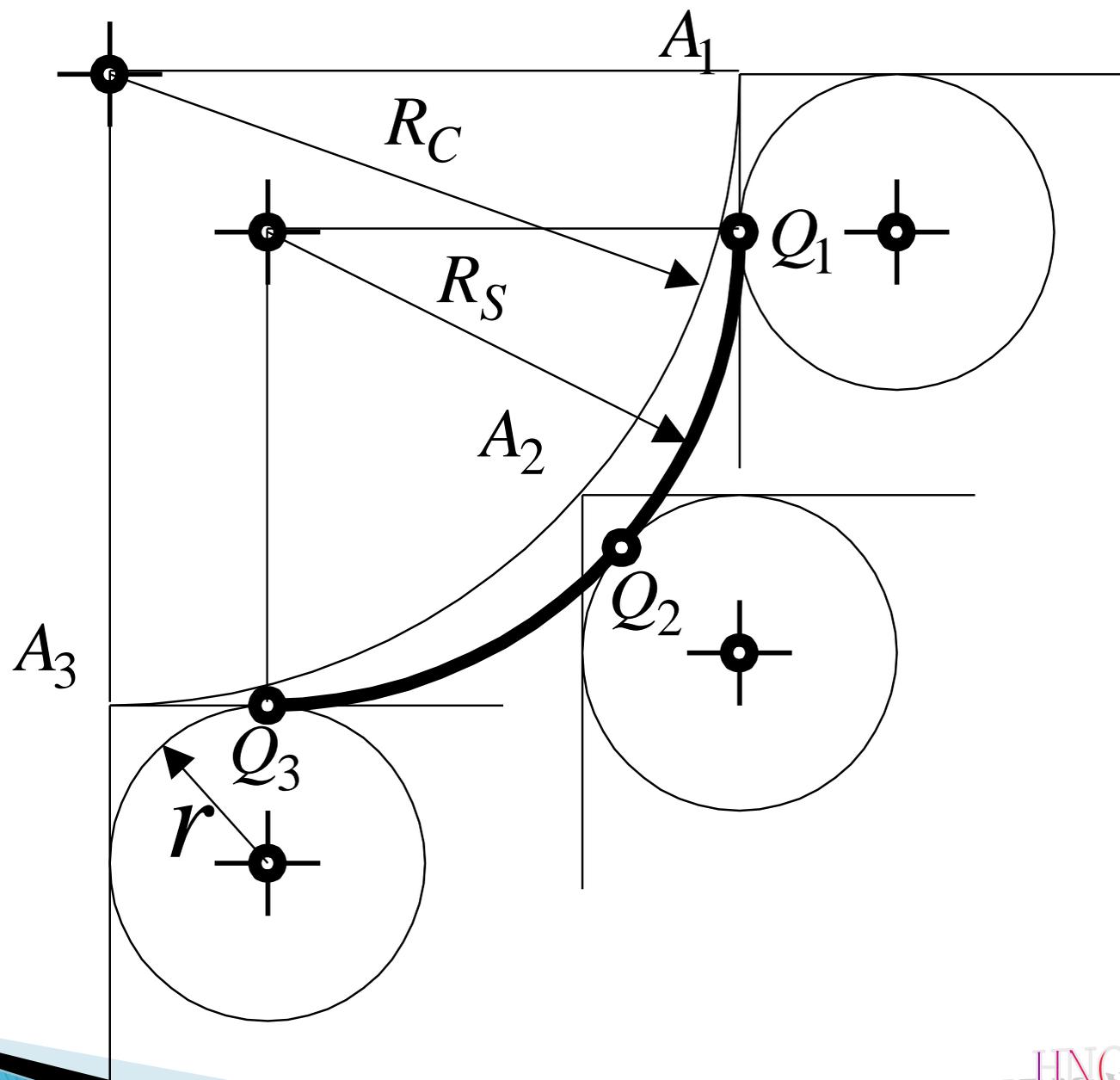


A点为刀具理想尖锐点
B点为刀尖圆弧圆心
M点为外圆加工切削点
N点为端面加工切削点

图3-43

刀具圆弧半径误差实例





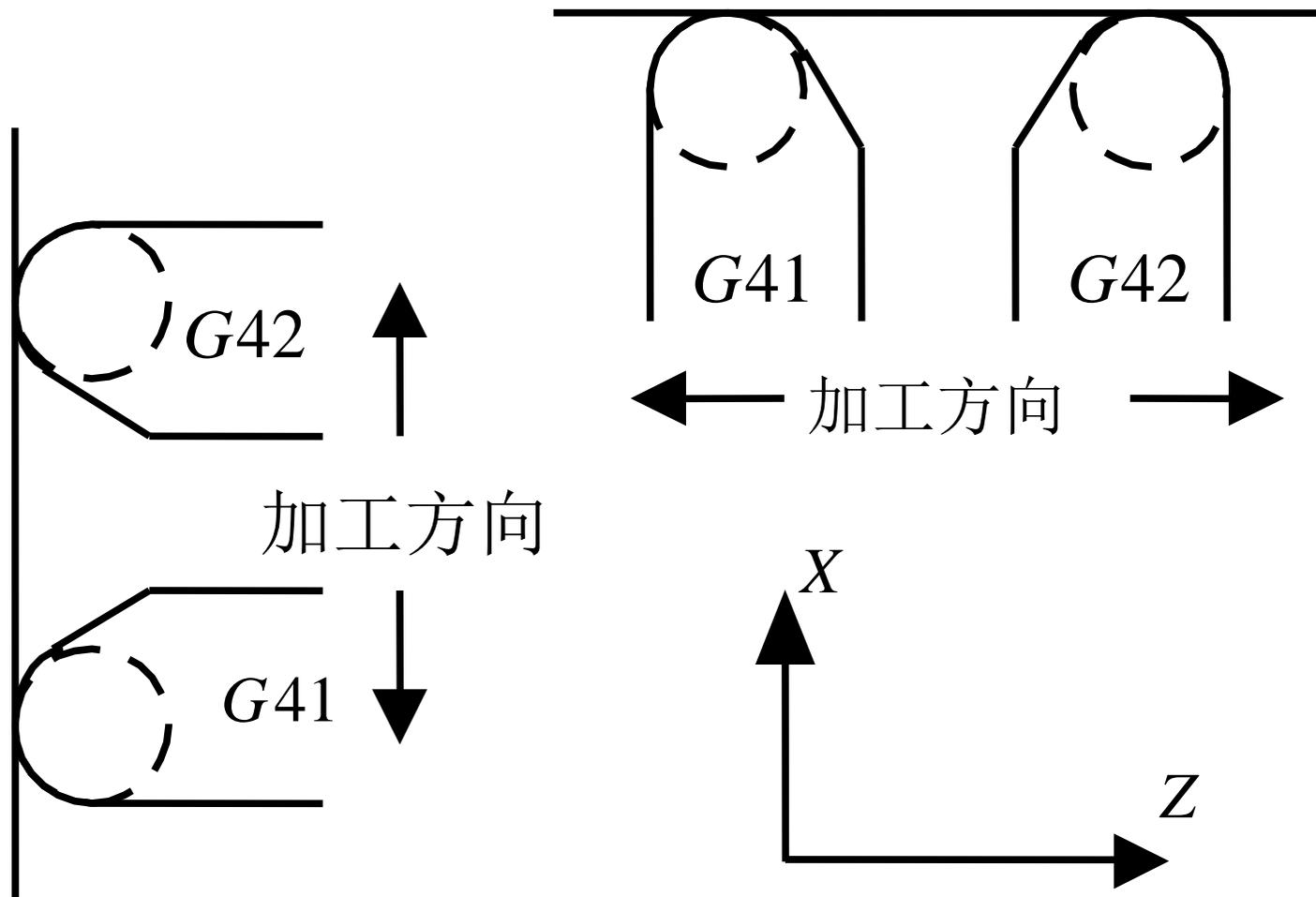


图3-45

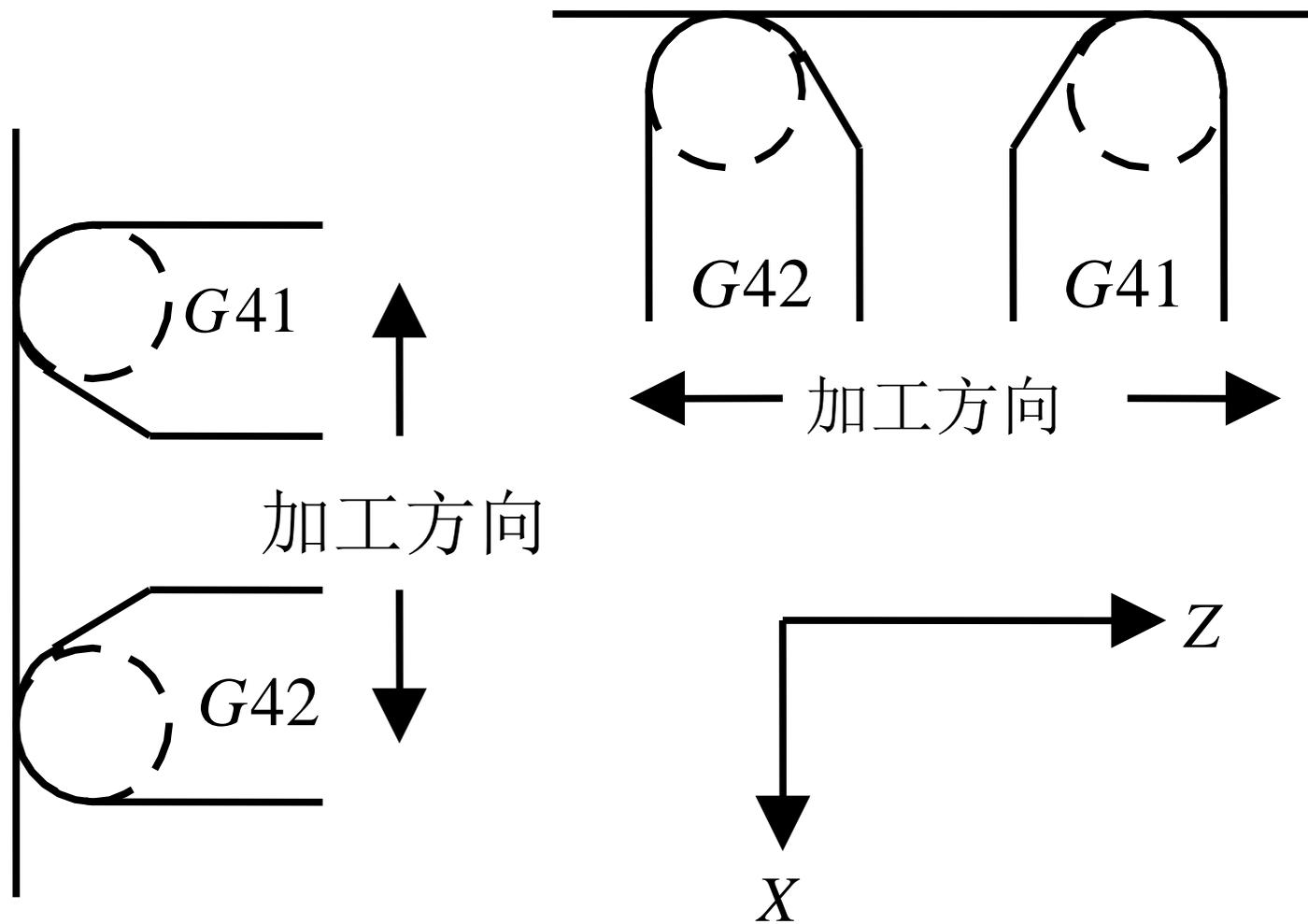


图3-45

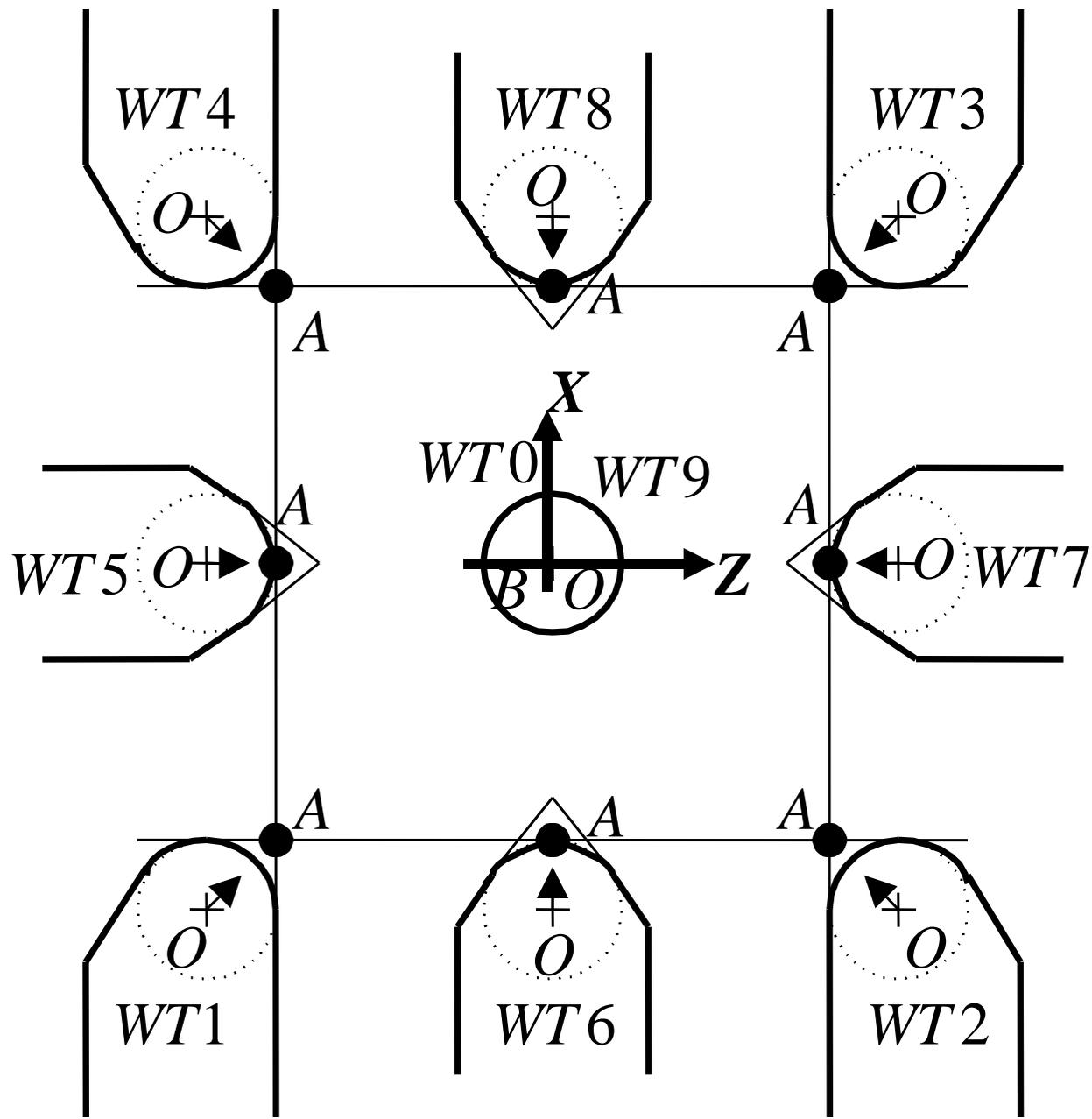


图3-46

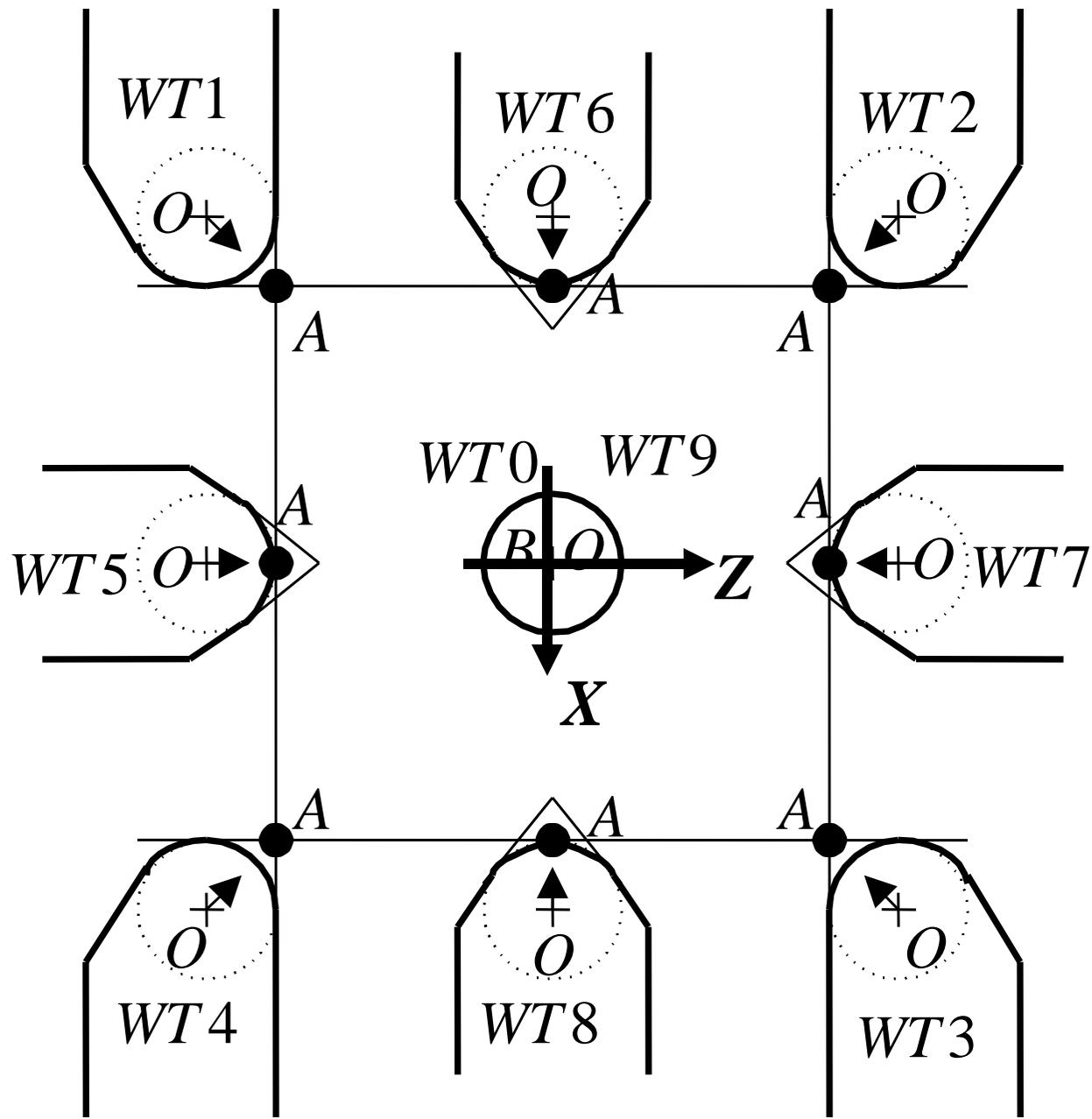


图3-46

注：

- 1) 当前面有G41、G42指令时，如要转换为G42、G41或结束半径补偿时，应先指定G40指令取消前面的刀尖半径补偿。
- 2) 程序结束时，必须清除刀补。
- 3) G41、G42、G40指令应在G00或G01程序段中加入。
- 4) 在补偿状态下，没有移动的程序段（M指令、延时指令等）不能在连续2个以上的程序段中指定，否则会过切或欠切。
- 5) 在补偿启动段或补偿状态下不得指定移动距离为0的G00、G01等指令。

%3353

N1 T0101

N2 M03 S400

N3 G00 X40 Z5

N4 G00 X0

N5 G01 G42 Z0 F60

N6 G03 U24 W-24 R15

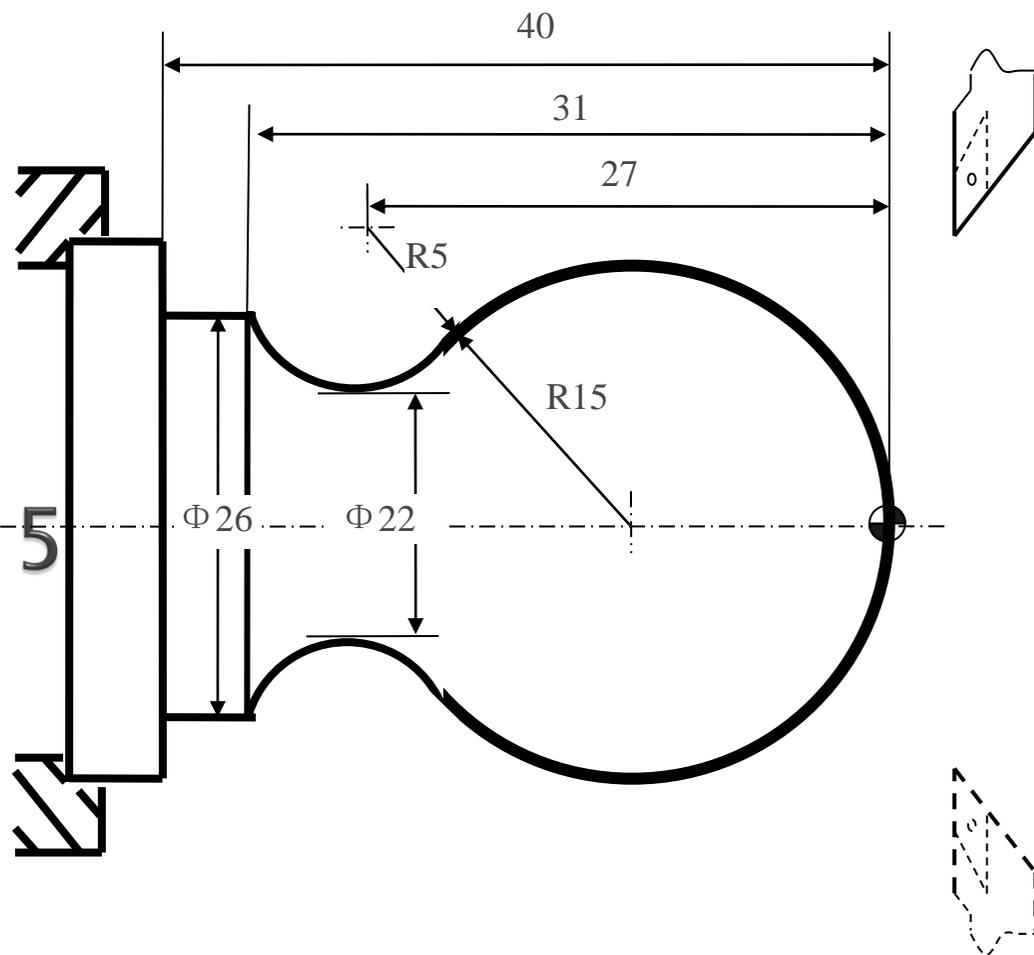
N7 G02 X26 Z-31 R5

N8 G01 Z-40

N9 G00 X30

N10 G40 X40 Z5

N11 M30



1-3 数控车床编程实例

1-3-1 编程步骤

1-3-2 编程实例

1-3 数控车床编程实例

1-3-1 编程步骤：

1、产品图样分析。主要内容如下：

1) 尺寸是否完整？

2) 产品精度、粗糙度等要求。

3) 产品材质、硬度等。

2、工艺处理。主要内容如下：

- 1) 加工方式及设备确定。
- 2) 毛坯尺寸及材料确定。
- 3) 装夹定位的确定。
- 4) 加工路径及起刀点、换刀点的确定。
- 5) 刀具数量、材料、几何参数的确定。
- 5) 切削参数的确定。

a、粗、精车工。
艺、刀、具、强。
b、度、机、床、性。
c、能、工、件、材。
d、料

(2) 进给量: 进给量影响表面粗糙度。

影响进给量的因素有:

- a、粗、精车工艺。粗车进给量应较大，以缩短切削时间；精车进给量应较小以降低表面粗糙度。一般情况下，精车进给量小于 0.2mm/r 为宜，但要考
考
虑刀尖圆弧半径的影响；粗车进给量大与
 0.25mm/r
- b、机床性能。如功率、刚性。
- c、工件的装夹方式。
- d、刀具材料及几何形状。
- e、背吃刀量。
- f、工件材料。(工件材料较软时，可选择较大进给量；反之可选较小进给量)

(3) 切 削 速 度 :

切削速度的大小可影响切削效率、
切削温度、刀具耐用度
等。

影响切削速度的因素有：

a 刀具材料。

b 工件材料。

c 刀具耐用度。

d 背吃刀量与进给量。

e 刀具形状。

f 切削液。

g | 机床性能。

3、数学处理。

1) 编程零点及工件坐标系的确定。

2) 各节点数值计算。

4、其它主要内容。

1) 按规定格式编写程序单。

2) 按“程序编辑步骤”输入程序，并查。

检

程序。

3) 修改程序。

注：

1、用G92指令建立的坐标系与起刀点位置有关，故程序中起点与终点位置最好

一致，既坐标X、Z值相同。

2、用G54指令建立的坐标系只与机床零点有关，与起刀点位置无关，故每次开

机后起点与终点位置最好一致应回参考点。

1-3-2 编程实例

例图2-48所示，技术条件：该工件毛坯为 $\Phi 26$ 尼龙要求六次循环加工完成，其中后五次的吃刀量为 0.8mm (半径编程)。

%1048

G37

N1 G92 X16 Z1

N2 G00 G90 Z0

N2 M98 P0003 L6

N3 G90 G00 X16 Z73.436

N4 M05

N5 M30

%0003

N1 G01 G91 X-12 F100

N2 G03 X7.385 Z-4.923 R8

N3 X3.215 Z-39.877 R60

N4 G02 X1.4 Z-28.636 R40

N5 G00 X2

N6 Z73.436

N7 X-2.8N8 M99

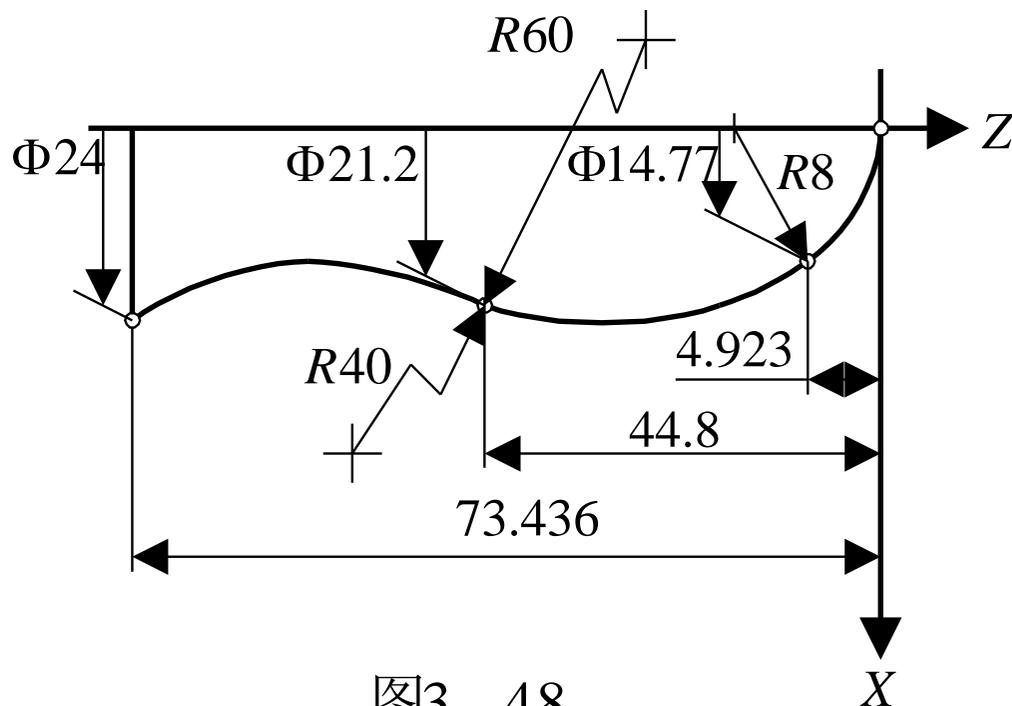
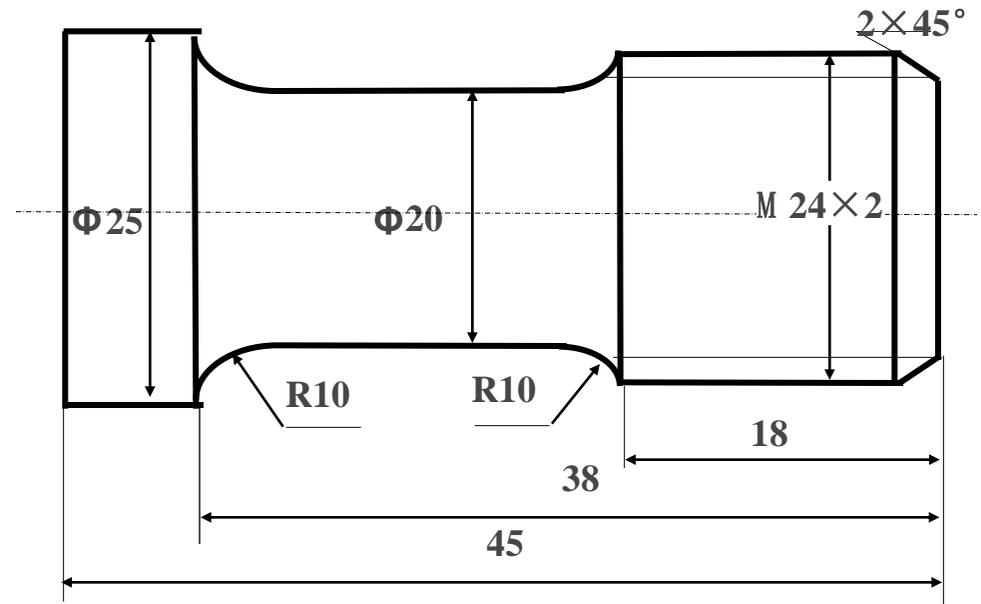


图3-48

例4

```
%1008  
N1 T0101  
N2 M03 S600  
N3 G00 X100 Z30  
N4 G00 X27 Z3  
N5 G71 U1 R1 P9 Q E0.2  
F100  
N6 G00 X100 Z30  
N7 T0101  
N8 G00 G42 X27 Z3  
N9 G00 X14 Z3  
N10 G01 X24 Z-2 F80  
N11 Z-18  
N12 G02 X20 Z-24 R10  
N13 G01 Z-31.39  
N14 G02 X25 W-6.61 R10  
N15 G01 Z-45  
N16 G00 X30  
N17 G40 X100 Z30  
N18 T0202  
N19 G00 X27 Z3
```



```
N20 G82 X23.1 Z-22 F2  
N21 G82 X22.5 Z-22 F2  
N22 G82 X21.9 Z-22 F2  
N23 G82 X21.5 Z-22 F2  
N24 G82 X21.4 Z-22 F2  
N25 G82 X21.4 Z-22 F2  
N26 G00 X100 Z30  
N27 T0303  
N28 G00 X30 Z-45  
N29 G01 X3 F50  
N30 G00 X100  
N31 Z30  
N13 M30
```

3.4 宏程序编程概述

华中 I 型数控系统为用户配备了强大的类似于高级语言的宏程序功能，用户可以使用变量进行算术运算、逻辑运算和函数的混合运算，此外宏程序还提供了循环语句、分支语句和子程序调用语句，利于编制各种复杂的零件加工程序，减少乃至免除手工编程时进行繁琐的数值计算，以及精简程序量。

3.4 宏指令编程概述

宏程序指令适合抛物线、椭圆、双曲线等没有插补指令的曲线编程；适合图形一样，只是尺寸不同的系列零件的编程；适合工艺路径一样，只是位置参数不同的系列零件的编程。较大地简化编程；扩展应用范围。

3.4宏程序编程概述

3.4.1 宏变量及常量

3.4.2 运算符与表达式

1) 算术运算符

2) 条件运算符

3) 逻辑运算符

4) 函数

5) 表达式

3.4.3 赋值语句

3.4.4 条件判断语句

3.4.5 循环语句

3.4 宏指令编程

3.4.1 宏变量及常数

3.4.1.1 宏变量

#0~#49	当前局部变量	#50~#199	全局局部变量
#200~#249	0层局部变量	#250~#299	1层局部变量
#300~#349	2层局部变量	#350~#399	3层局部变量
#400~#449	4层局部变量	#450~#499	5层局部变量
#500~#549	6层局部变量	#550~#599	7层局部变量
#600~#699	刀具长度寄存器H0~H99		
#700~#799	刀具半径寄存器D0~D99		
#800~#899	刀具寿命寄存器		
#1000~#1194	系统内状态变量（只可调用，不可赋值）		

3.4 宏指令编程

当前局部变量#0~#38对应的宏调用量传递的字段参数名

宏当前局部变量	宏调用时传递的字段名或系统变量	宏当前局部变量	宏调用时传递的字段名或系统变量
#0	A	#20	U
#1	B	#21	V
#2	C	#22	W
#3	D	#23	X
#4	E	#24	Y
#5	F	#25	Z
#6	G	#26	固定循环指令初始平面Z模态值
#7	H	#27	不用
#8	I	#28	不用
#9	J	#29	不用
#10	K	#30	调用子程序时轴0的绝对坐标
#11	L	#31	调用子程序时轴1的绝对坐标
#12	M	#32	调用子程序时轴2的绝对坐标
#13	N	#33	调用子程序时轴3的绝对坐标
#14	O	#34	调用子程序时轴4的绝对坐标
#15	P	#35	调用子程序时轴5的绝对坐标
#16	Q	#36	调用子程序时轴6的绝对坐标
#17	R	#37	调用子程序时轴7的绝对坐标
#18	S	#38	调用子程序时轴N的绝对坐标
#19	T		

3.4 宏指令编程

3.4.1.2 参数传递规则

程序段（执行后）	当前变量	一级变量	二级变量	三级变量
G92 x0 y0 z0	空	空	空	空
N1 #10=18(#210=18)	#10=18	#210=18	空	空
G01 X-5 Z-10 F200	同上	同上	空	空
X10	同上	同上	空	空
A2 B1M98 P100 [M30]	#0=2 #1=1 #12=98 #15=100 #30=5 #32=-10 (刷新)	同上	#250=2 #251=1 #262=98 #265=100 #280=5 #282=-10	空
%100 N2 #10=28(#260=28)	#10=28 及 上栏变量	同上	#260=28 及 上栏变量	空
G01 X[11+#0] Z[12+#1]	同上	同上	同上	空
M98 P110 [M99(2)]	#12=98, #15=110, #30=5.5, #32=12 (刷新)	同上	同上	#312=98, #315=110 #330=5.5, #332=12
%110 N3 #10=38(#310=38)	#10=38 及 上栏变量	同上	同上	#310=38 及 上栏变量
M99(3)	#10=28, #12=98, #15=100, #30=5, #32=-10	同上	同上	同上
M99(2)	#10=18	同上	同上	同上
M30	空	空	空	空

3.4 宏指令编程

3.4.1.3、宏常量

PI: 圆周率 π
TURE: 条件成立（真）
FALSE: 条件不成立（假）

3.4.2 运算符与表达式

1、算术运算符 +、-、*、/

2、条件运算符

EQ (=)、NE (≠)、GT (>)、GE (=>)、LT (<)、LE (= <)

AR[]判断参数合法性的宏 (判断是否定义, 是增量还是绝对)

3、逻辑运算符

AND (与)、OR (或)、NOT (非)

4、函数

SIN (正弦)、COS (余弦)、TAN (正切)、
ATAN (反正切 $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$)、ATAN2 (反正切 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$)、
ABS (绝对值)、INT (取整)、SIGN (取符号)、
SQRT (开方)、EXP (指数)

5、表达式

用运算符连接起来的常数或宏变量构成表达式。

3.4.3 赋值语句

格式：宏变量=常数或表达式

```
#2 = 175/SQRT[2] * COS[55 * PI/180 ];  
#3 = 124.0;
```

3.4.4 条件判别语句IF, ELSE, ENDIF

格式 (i): IF 条件表达式

```
...  
ELSE
```

```
...  
ENDIF
```

格式(ii) : IF 条件表达式

```
...  
ENDIF
```

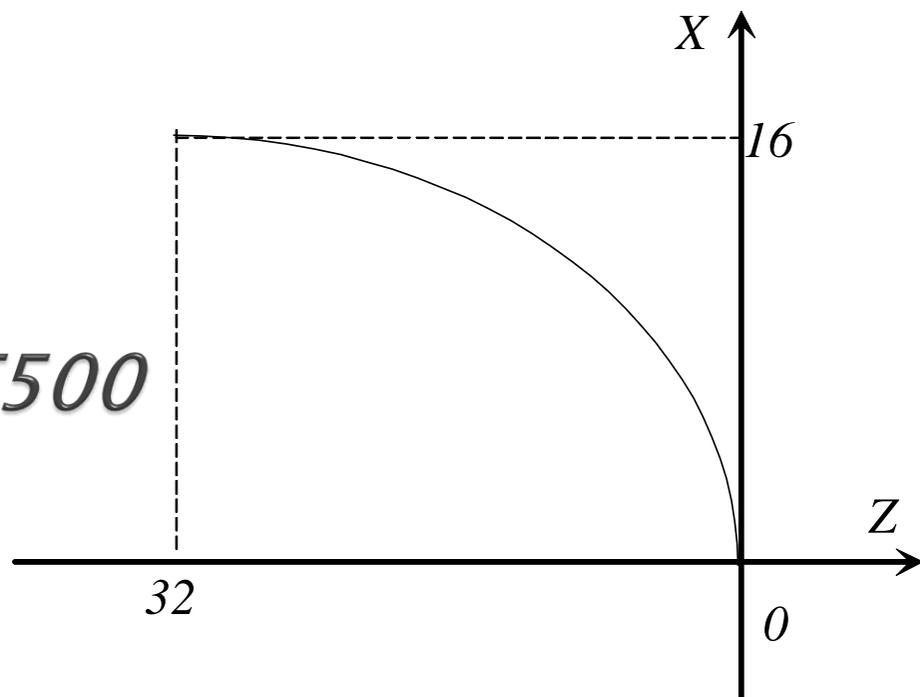
3.4.5 循环语句WHILE, ENDW

格式: WHILE 条件表达式

```
...  
ENDW
```

例1：用宏程序编制下图所示抛物线 $Z=-X^2/8$ ，在区间
[0, 16]内的程序。

```
%8002  
#10=0  
#11=0  
N10 G92 X0.0 Z0.0  
M03 S600  
WHILE #10 LE 16  
G90 G01 X[#10] Z[-[#11]] F500  
#10=#10+0.08  
#11=#10*#10/8  
ENDW  
G00 Z0 M05  
G00 X0
```



例2、用宏程序编制下图所示抛物线程序。

```
%3401  
N1 T0101  
N2 G37  
N3 #10=0 ; A坐标初值  
N4 #11=0 ; B坐标初值  
N5 M03 S600  
N6 WHILE #10 LE 8  
N7 G90 G01 X[#10] Z[-#11] F500  
N8 #10=#10+0.08  
N9 #11=#10*#10/2  
N10 ENDW  
N11 G00 Z0 M05  
N12 G00 X0  
N13 M30
```

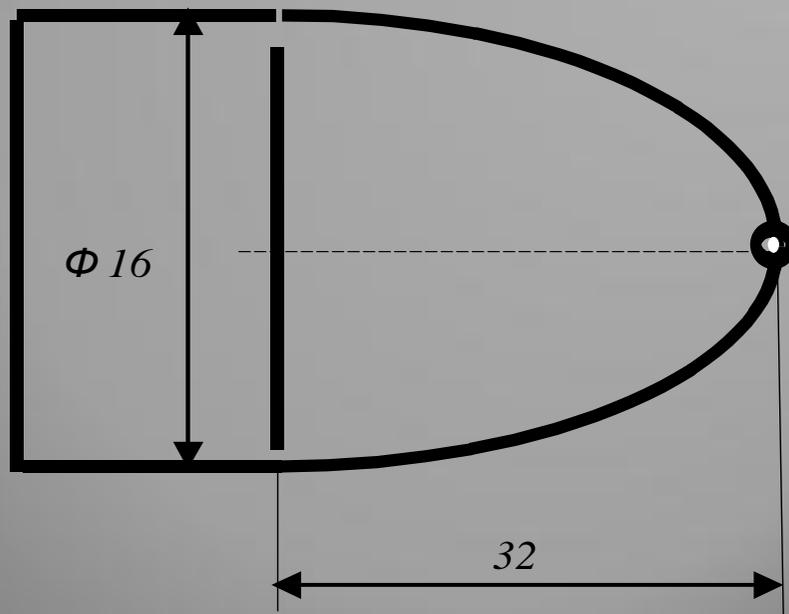
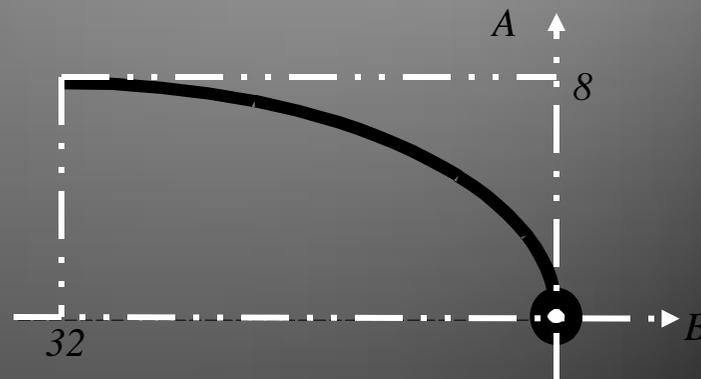


图 3.4.1 宏程序编制例图



抛物线 $B = -A^2 / 2$ 华中数控

例3：用宏程序编制下图所示零件加工程序。

```

%3401
T0101
G00 X21 Z3
M03 S600
#10=7.5; A坐标初值（粗加工）
WHILE #10 GE 0
#11=#10*#10/2 ; B坐标
G90G01X[2*#10+0.8] F500
Z[-#11+0.05]
U2
Z3
#10=#10-0.6
ENDW
#10=0 ; A坐标初值（精加工）
WHILE #10 LE 8
#11=#10*#10/2 ; B坐标
G90G01X[2*#10]Z[-#11]F500

```

```

#10=#10+0.08
ENDW
G01 X16 Z-32
Z-40
G00 X21 Z3 M05
M30

```

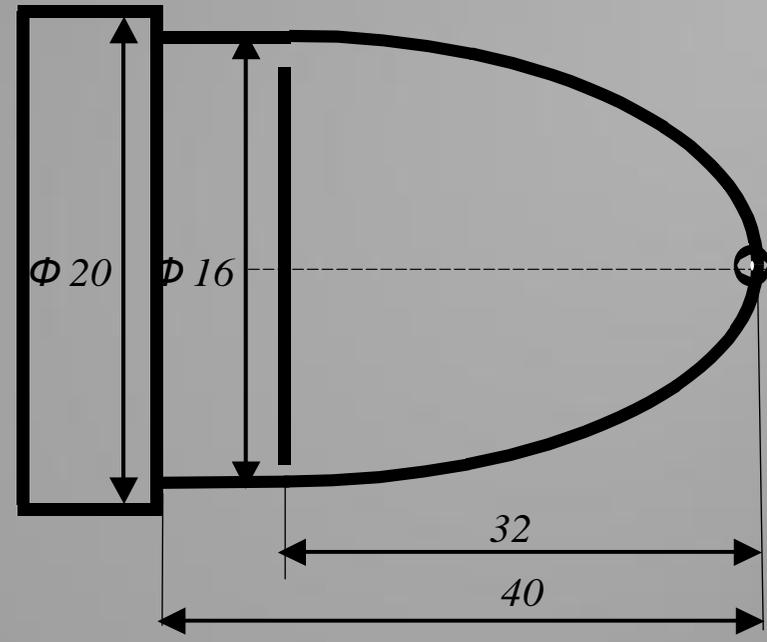
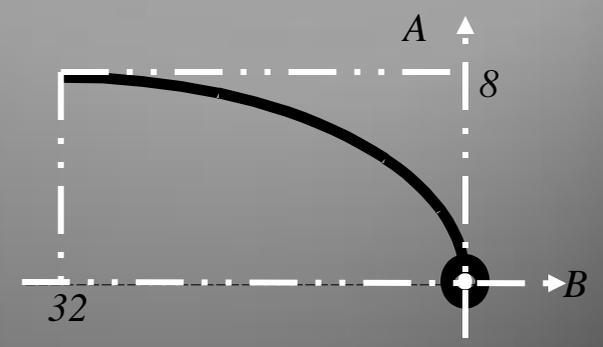


图 3.4.1 宏程序编制例图



抛物线 $B=-A^2/2$ 在A区间 $[0, 8]$

例4：用宏程序编制如图3.4.3所示零件加工程序

```

%0342
N1 T0101
N2 G00 X20.5 Z3
N3 #11=12           ; B坐标初值
N4 #10=SQRT[2*[#11]] ; A坐标初值
N5 M03 S600
N6 WHILE #10 LE 8
N7 G90G01X[2*#10]Z[-[#11-12]]F500
N8 #10=#10+0.08
N9 #11=#10*#10/2
N10 ENDW
N11 G01 X16 Z-32
N12 Z-40
N13 G00 X20.5 Z3 M05
N14 M30
    
```

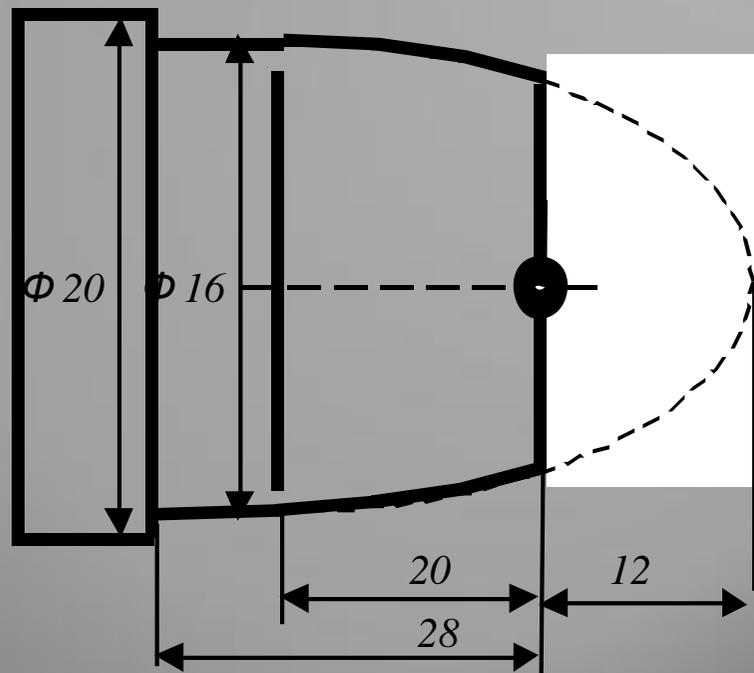
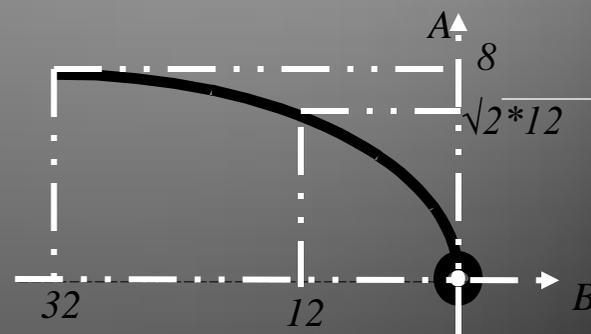


图 3.4.2 宏程序编制例图



抛物线 $B=-A^2/2$ 在B区间 $[12, 32]$

例5：用宏程序编制如图3.4.3所示零件加工程序

```

%0342
N1 T0101
N2 M03 S600
N3 G00 X35 Z3
N4 G01 X18 F100
N5 Z-8
N6 #11=12          ; Z坐标初值
N7 #10=SQRT[2*[#11]]
N8 G01 X[2*[#10+3]]
N9 WHILE #11 LE 32
N10 #10=SQRT[2*[#11]]
N11 G90 G01 X[2*[#10+3]] Z[-[#11-4]] F500
N12 #11=#11+0.06
N13 ENDW
N14 G01 X22 Z-28
N15 Z-30
N16 X30
N17 Z-35
N18 G00 X35 Z3
N19 M05
N20 M30
    
```

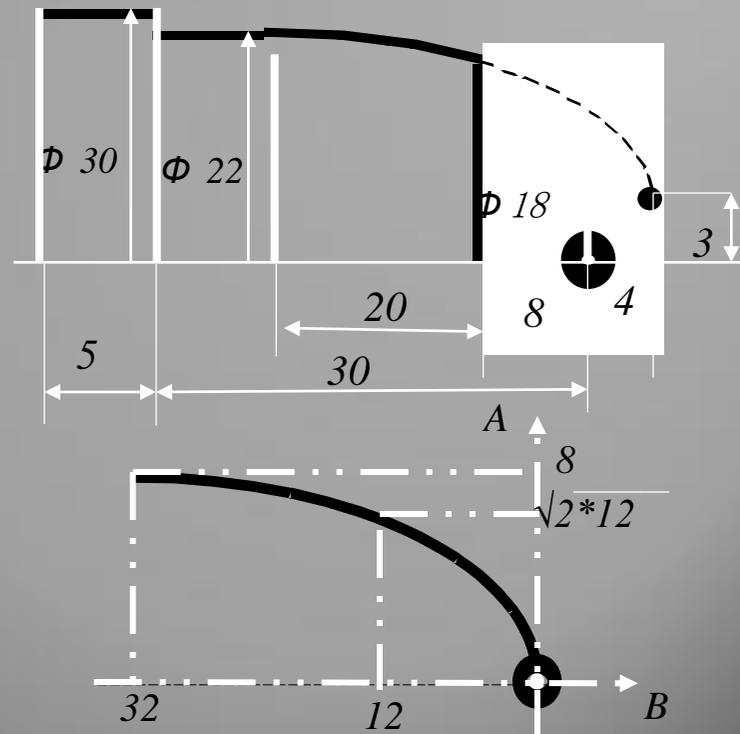


图 3.4.2 宏程序编制例图

例6 抛物线与椭圆的混合运用。

```

%8002          (程序名)
G92 X50 Z0    (起点坐标)
U32 V40 W55 A8 B5 C4 M98 P8001 (定义#20=32、#21=40、#22=55、#0=8、#1=5、#2=4)
G36 G90 X50 Z0 (到起点位置)
M30
%8001          (子程序名)
#10=0 #11=0 (抛物线起点X、Z轴坐标值)
#12=0 #13=0 (椭圆起点在X、Z轴方向增量值)
G64 G37      (小线段连续加工、半径编程)
WHILE #11 LE #20 (抛物线方程: Z=-X*X/C)
G01 X[2*#10] Z[-#11] F1500
#10=#10+0.08 (计算各段抛物线X轴坐标)
#11=#10*#10/#2 (计算各段抛物线Z轴坐标)
ENDW
G01 X[2*[SQRT[#20*#2]]] Z[-#20] (到达抛物线终点)
G01 Z[-#21] (到达直线终点)
WHILE #13 LE #1 (椭圆方程: X*X/A*A+Z*Z/B*B=1)
#16=#1*#1-#13*#13
#15=SQRT[#16]
#12=#15*[#0/#1] (计算椭圆X轴方向的增量)
G01 X[2*[SQRT[#20*#2]+#0-#12]] Z[-#21-#13]
#13=#13+0.08 (确定椭圆Z轴方向的增量)
ENDW
G01 X[2*[SQRT[#20*#2]+#0]] Z[-#21-#1] (到达椭圆终点)
G01 Z[-#22]
U12
G00 Z0
m99
    
```

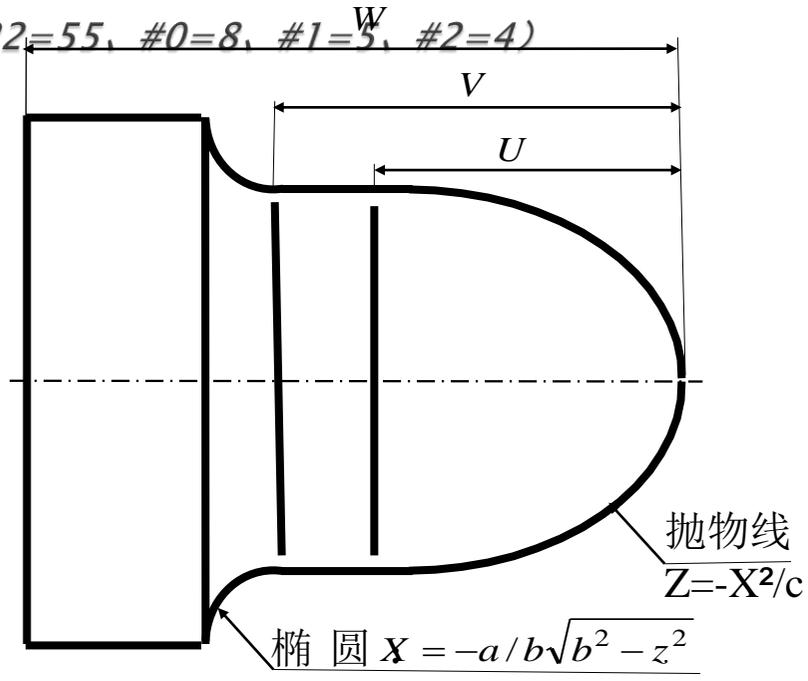
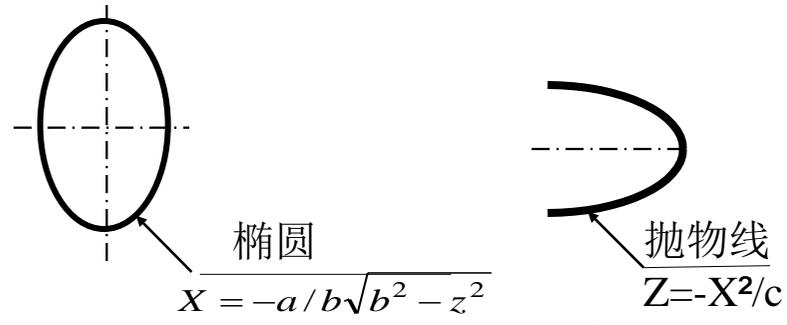


图4



```

%8002      (程序名)
G92 X90 Z30      (起点坐标)
U10 V50 W80 A20 B40 C3 M98 P8001 (定义#20=10、#21=50、#22=80、#0=20、#1=40、#2=3)
G00 X90
Z30 (到起点位置)
M30

```

```

%8001      (子程序名)
G00 Z[-#22+#21+#20]
X[#1+5]
#10=#2
WHILE #10 LE #21
G00 Z[-#22+#21+#20-#10]
G01 X[#0]
G00 X[#1+5]
#10=#10+#2-1
ENDW
G00 Z[-#22+#20]
G01 X[#0]
G00 X[#1+5]
G00 X90 Z30
M99

```

