

1-1、固定车削圆柱面或圆锥面切削循环

功能：当零件的内、外圆柱面（圆锥面）上毛坯余量较大时，用 G80 可以去除大部分毛坯余量。

(1) 直线切削循环

格式：G80 X__Z__F

其轨迹如图 5-1 所示，由 4 个步骤组成。图中 1 (R) 表示第一步快速运动。2 (F) 表示第二步按进给速度切削，其余 3 (F)、4 (R) 的意义相同。

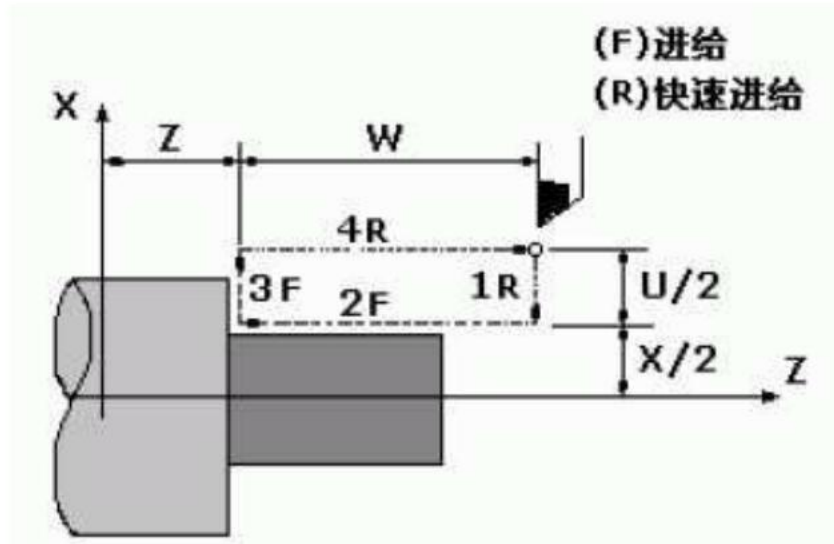


图 5-1

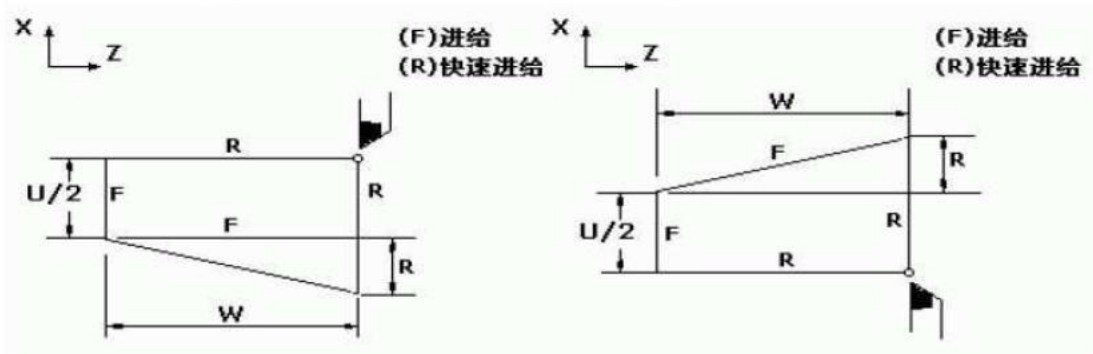
(2) 锥体车削循环

格式：G80X__Z__I__F

其轨迹如图 5-2 所示，I 值的正负与刀具轨迹有关。

1. $U < 0, W < 0, R < 0$

2. $U > 0, W < 0, R > 0$



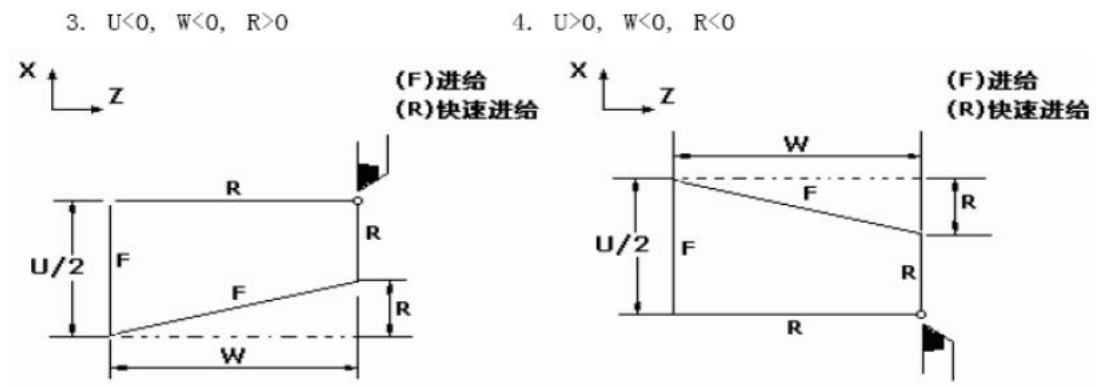


图 5-2

加工程序

G80 车削循环举例

%1234

N1 M03 S600 G95 T0101

N2 G0 X40 Z50

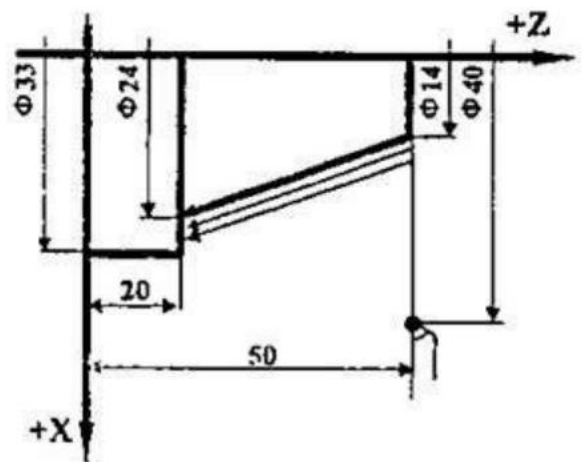
N3 G91 G80 X-10 Z-30 I-5 F0.1

N4 X-13 Z-30 I-5

N5 X-16 Z-30 I-5

N6 X100 Z100

N7 M30



1-2、固定车削端面车削循环

(1) 平端面车削循环

格式: G81 X__Z__F

其轨迹如图 5-3 所示, 由 4 个步骤组成。图中 1 (R) 表示第一步快速运动。2 (F)

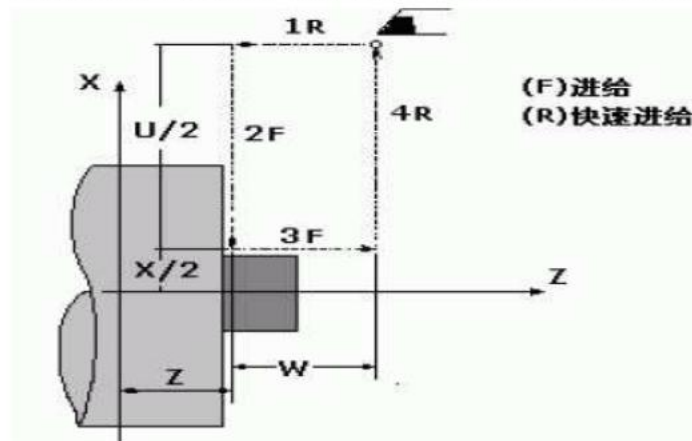


图 5-3

表示第二步按进给速度切削，其余 3 (F)、4 (R) 的意义相同。

(2) 锥面车削循环

格式: G81X__Z__K__F

其轨迹如图 5-4 所示，由 4 个步骤组成。

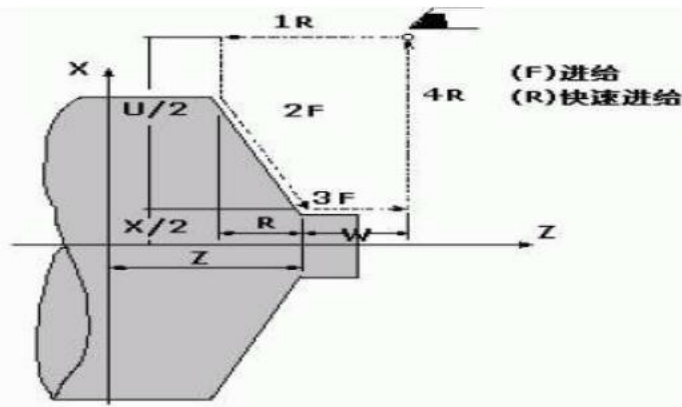


图 5-4

1-3、G81 车削循环举例

加工程序

%123

N1 M03 S600 G95 T0202

N2 G0 X65 Z24

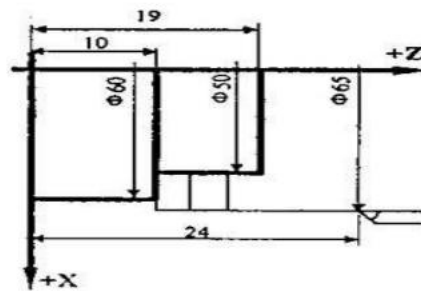
N3 G91 G81 X-15 Z-8 F0.1

N4 X-15 Z-11

N5 X-15 Z-14

N6 G0 X100 Z100

N7 M30



加工程序

%1234

N1 M03 S700 G95 T0101 G90

N2 G00 X60 Z45

N3 G81 X25 Z31.5 K-3.5 F0.15

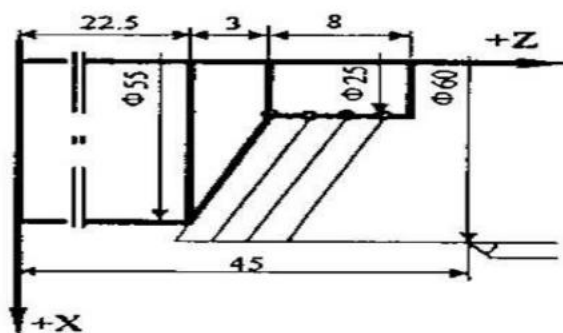
N4 X25 Z29.5 K-3.5

N5 X25 Z27.5 K-3.5

N6 X25 Z25.5 K-3.5

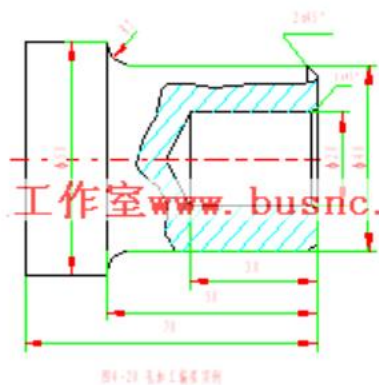
N7 G0 X100 Z100 N8 M30

G81 车削循环举例之二



1-4、数控车床的孔加工编程方法举例

对于孔加工，不同的数控机床有不同的指令。本机床孔加工所使用的指令为直线插补指令 G01，下面以下图为例说明孔加工的编程方法。



设一号刀为外圆刀，二号刀为 $\phi 3\text{mm}$ 钻头，三号刀为切断刀，四号刀为 $\phi 16\text{mm}$ 钻头，六号刀为镗刀。毛坯为 $\phi 53\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的棒料。选取工件轴线与工件右端面的交点 O 为坐标原点，其加工设一号刀为外圆刀，二号刀为 $\phi 3\text{mm}$ 钻头，三号刀为切断刀，四号刀为 $\phi 16\text{mm}$ 钻头，六号刀为镗刀。毛坯为 $\phi 53\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的棒料。选取工件轴线与工件右端面的交点 O 为坐标原点，其加工

程序为：

```
N01 G50 X150. Z200. ;  
  
N02 M03 S800 T0101;  
  
N03 G00 X55. Z0;  
  
N04 G01 X0 F0.4;  
  
N05 G00 Z2.0;  
  
N06 X50. ;  
  
N07 G01 Z-73. F0.4;  
  
N08 G00 X52. Z2. ,  
  
N09 X40. ;  
  
N10 G01 2-45. F0.3;  
  
N11 G02 X50. Z-50. R5. ;
```

N12 G00 X55. Z1. ;
N13 X34. ;
N14 G01 X40. Z-2. F0. 4;
N15 G00 X150. Z200. T0100;
N16 M03 S1500 T0202;
N16 M03 S1500 T02;
N17 G00 X0 Z2. ;
N18 G01 Z-4. F0. 12;
N19 G00 Z2. ;
N20 X150. Z200. T0200;
N21 M03 S500 T0404 M08;
N22 G00 X0 Z2. ;
N23 G01 W-15. F0. 12;
N24 G00 W5. ;
N25 G01 W-15. F0. 12;
N26 G00 W5. ;
N27 G01 W-15. F0. 12;
N28 G00 W5. ;
N29 G01 W-10. F0. 12;
N30 G00 W40. ;
N31 M09;
N32 G00 X150. Z200. T0400;
N33 X18. Z2. T0606 M08;
N34 G01 Z-30. S1000 F0. 1;

N35 G00 X16. ;

N36 Z2. ;

N37 X20. ;

N38 G01 Z-30. F0.1;

N39 G00 X18. ;

N40 Z2. ;

N41 X22. ;

N42 G01 Z0 F0.3;

N43 X20. Z-1. ;

N44 G00 Z2. ;

N45 X150. Z200. T0600;

N46 G00 X52. Z-70. S500 T0303;

N47 G01 X0 F0.15;

N48 G00 X55. ;

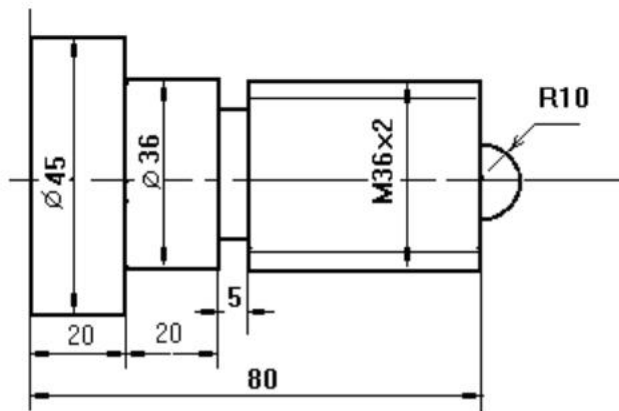
N49 X150. Z200. ;

N50 M09;

N51 M30;

1-5、数控车床轴类零件加工编程举例

编制如下图所示零件的数控车削加工程序



设工件原点在毛坯中心线上，且在左端面

来源于数控工作室 Busnc.com

```
%1000
T0101（外圆粗车刀）
S500M03
G00X52Z92M08
G71U1R1P100Q200X0.2Z0.1F150
G00Z200
T0404（外圆精车刀）
G00 X52Z92
N100G00X0
G01Z80F100
G03X20Z70R10
G01X36
Z20
X45
N200Z0
M09
G00X52
Z200
T0202（切槽刀）
G00Z40
X38
G01X34F100M08
X32
M09
G00X52
Z200
```

T0303 (螺纹刀)

M05

M00

S160M03

G00X38Z82M08

G82X35.1Z43F2

G82X34.5 Z43F2

G82X33.9 Z43F2

G82X33.5 Z43F2

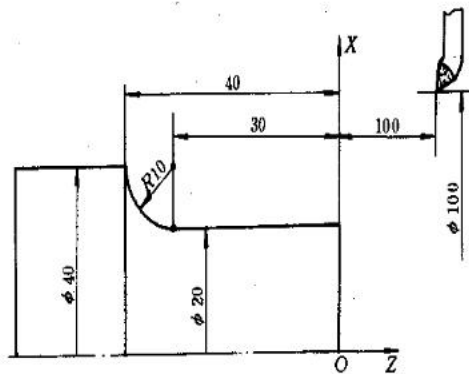
G82X33.4 Z43F2

M09

M05

M02

1-6、数控车顺圆弧编程的几种形式举例



用 I、K 表示圆心位置，绝对值编程：

N03 G00 X20.0 Z2.0;

N04 G01 Z-30.0 F80;

N05 G02 X40.0 Z-40.0 I0.0 K0 F60;

用 I、K 表示圆心位置，增量值编程：

N03 G00 U-80.0 W-98.0;

N04 G01 U0 W-32.0 F80;

N05 G02 U20.0 W-10.0 I0.0 K0 F60;

用 R 表示圆心位置

N04 G01 Z-30.0 F80;

N05 G02 X40.0 Z-40.0 R10 F60

1-7 数控车圆弧插补指令 G02、G03 详解

指令格式: G02/G03 X(U)___Z(W)___I___K___F___;
G02/G03 X(U)___Z(W)___R___F___;

1. 圆弧顺逆的判断

圆弧插补指令分为顺时针圆弧插补指令 G02 和逆时针圆弧插补指令 G03。圆弧插补的顺逆可按图 2-1 给出的方向判断:沿圆弧所在平面(如 XZ 平面)的垂直坐标轴的负方向(—Y)看去,顺时针方向为 G02,逆时针方向为 G03。

数控车床是两坐标的机床,只有 X 轴和 Z 轴,按右手定则的方法将 Y 轴也加上去来考虑。观察者让 Y 轴的正向指向自己(即沿 Y 轴的负方向看去),站在这样的位置上就可正确判断 X-Z 平面上圆弧的顺逆时针了。

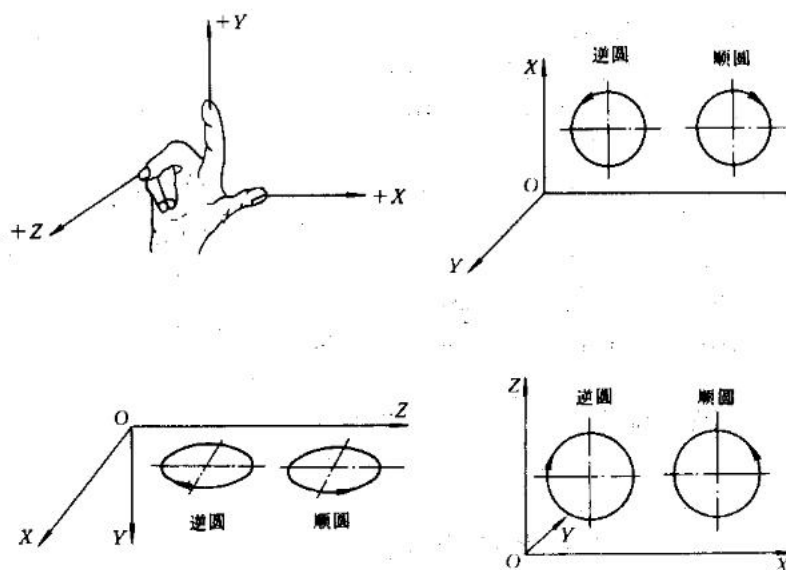


图 2-1 圆弧顺逆的判断

2. 说明:

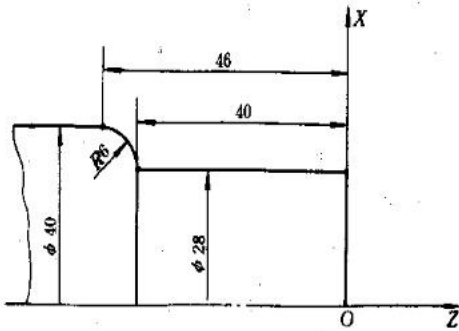
①采用绝对值编程时,圆弧终点坐标为圆弧终点在工件坐标系中的坐标值,用 X、Z 表示。当采用增量值编程时;圆弧终点坐标为圆弧终点相对于圆弧起点的增量值,用 U、W 表示。

②圆心坐标 I、K 为圆弧起点到圆弧中心所作矢量分别在 X、Z 坐标轴方向上的分矢量(矢量方向指向圆心)。本系统 I、K 为增量值,并带有“±”号,当分矢量的方向与坐标轴的方向不一致时取“-”号。

③当用半径只指定圆心位置时,由于在同一半径只的情况下,从圆弧的起点到终点有两个圆弧的可能性,为区别二者,规定圆心角 $\leq 180^\circ$ 时,用“+R”表示。若圆弧圆心角 $> 180^\circ$ 时,用“-R”表示。

④用半径只指定圆心位置时,不能描述整圆。

1-8、数控车逆圆弧编程的几种形式举例



用 I、K 表示圆心位置，采用绝对值编程。

```
N04 G00 X28.0 Z2.0;
N05 G01 Z-40.0 F80;
N06 G03 K40.0 Z-46.0 I0 K-6.0 F60;
```

采用增量值编程

```
N04 G00 U-150.0 W-98.0;
N05 G01 W-42.0 F80;
N06 G03 U12.0 W-6.0 I0 K-6.0 F60;
```

用 R 表示圆心位置，采用绝对值编程。

```
N04 G00 X28.0 Z2.0;
N05 G01 Z-40.0 F80
```

1-9、G02/G03 车圆弧的几种方法

应用 G02（或 G03）指令车圆弧，若用一刀就把圆弧加工出来，这样吃刀量太大，容易打刀。所以，实际车圆弧时，需要多刀加工，先将大多余量切除，最后才车得所需圆弧。下面介绍车圆弧常用加工路线。

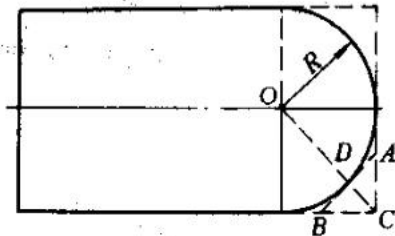


图 2-4 车锥法

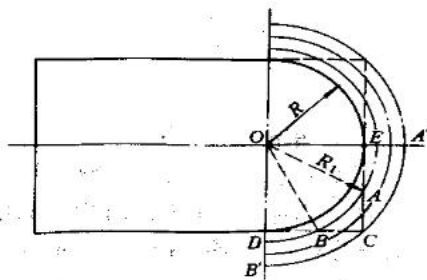


图 2-5 车圆法

图 2-4 为车圆弧的车锥法切削路线。即先车一个圆锥，再车圆弧。但要注意，车锥时的起点和终点的确定，若确定不好，则可能损坏圆锥表面，也可能将余量留得过大。确定方法如图 2-4 所示，连接 OC 交圆弧于 D，过 D 点作圆弧的切线 AB。

图 2-5 为车圆弧的同心圆弧切削路线。即用不同的半径圆来车削，最后将所需圆弧加工

出
算

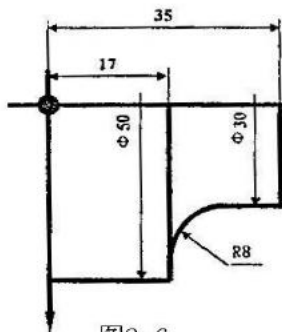


图2-6

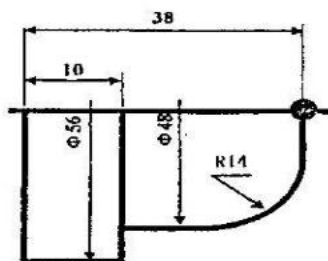


图2-7

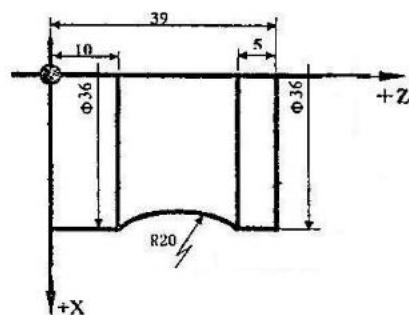


图2-8

图 2-6 所示加工程序

图 2-7 所示加工程序

图 2-8 所示加工程序

%123	%1	
%2		
M3S800G95T0101	M3S600G95T0101	M3S700T0101G95
G0X30Z37	G0X20Z2	G0X36Z4
2		
G1Z27F0.15	G1Z0F0.2	G1Z34F0
.1		
G02X46W-8R8	G03X48Z-14I0K-14F0.08	G02X36W-24R20
G1X50	G1Z-28	G
01W-10		
W-17	X56	
G0X100Z100		
G0X150Z150	W-10	M30
M30	G0X100Z100	
	M30	

1-10、数控车床 C 倒角指令编程

格式: G01X__Z__ C

功能: 直线倒角 G01, 指令刀具从 A 点到 B 点, 然后到 C 点(见图 2-9)。

说明: X、Z: 在 G90 时, 是两相邻直线的交点, 即 G 点的坐标值;

在 G91 时, 是 G 点相对于起始直线轨迹的始点 A 点的移动距离。

C : 是相邻两直线的交点 C, 相对于倒角始点 A 的距离。

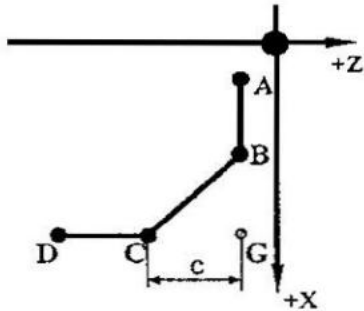


图 2-9

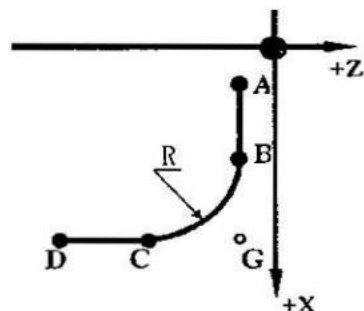


图 2-10

1-11、数控车床 R 倒角指令编程

格式: G01X__Z__R__:

功能: 圆弧倒角 G01, 指令刀具从 A 点到 B 点, 然后到 c 点(见图 2-10)。

说明: X、Z: 在 G90 时, 是两相邻直线的交点, 即 G 点的坐标值;

在 091 时, 是 G 点相对于起始直线轨迹的始点 A 点的移动距离。

R: 是倒角圆弧的半径值。

注:

1、使用增量指令编程进行倒角控制时, 其指令必须分别从点 DD、G 开始计算距离, 而不是从点 E、H 开始。

2、单段工作方式下, 刀具将在点 D、G 处停止前进, 而非停于 E、H 点。

3、在螺纹切削程序段中不得出现倒角控制指令。

4、如 X、Z 轴指定的移动量比指定的 R 或 C 小时, 系统将报警。

5、在 G01 状态下, C、R 指令均出现时, 以后出现的为准。

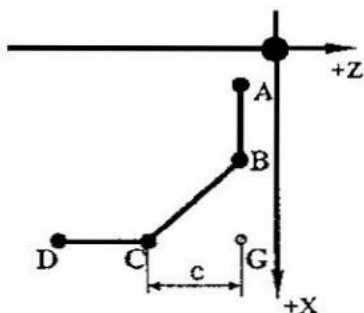


图 2-9

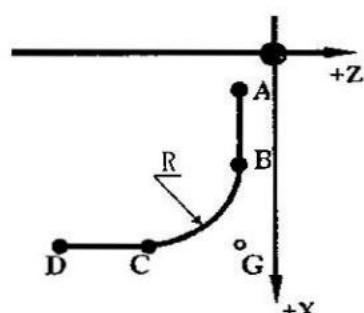


图 2-10

1-12、数控车床子程序 M98、M99 编程

把程序中某些固定顺序和重复出现的程序单独抽出来，按一定格式编成一个程序供调用，这个程序就是常说的子程序，这样可以简化主程序的编制。子程序可以被主程序调用，同时子程序也可以调用另一个子程序。这样可以简化程序的编制和节省 CNC 系统的内存空间。

子程序必须有一程序号码，且以 M99 作为子程序的结束指令。主过程调用子程序的指令格式如下：

M98 P___L___;

其中 P 为被调用的子程序号

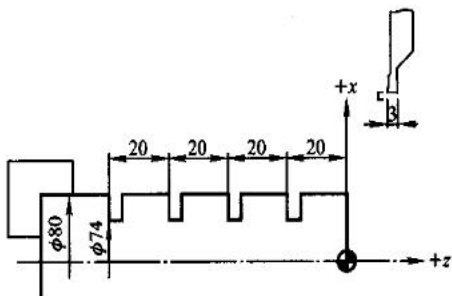
L 为重复调用的次数

例如：M98 P1234L4

主程序调用同一子程序执行加工，最多可执行 999 次，且子程序亦可再调用另一子程序执行加工，最多可调用 4 层子程序(不同的系统其执行的次数及层次可能不同)。

例：以 HNC-21T 系统子程序指令，加工图 2-11 工件上的四个槽。

分别编制主程序和子程序如下：



主程序

```
%123;  
M3 S600 G95 T0101;  
G00 X82.0 Z0;  
M98 P1234 L4; (调用于程序 1234 执行四次，切削四个凹槽)  
X150.0 Z200.0;  
M30;
```

子程序

```
%1234;  
W-20.0;  
G01 X74.0 F0.08;  
G00 X82.0;  
M99;
```

M99 指令也可用于主程序最后程序段，此时程序执行指针会跳回主程序的第一程序段继续执行此程序，所以此程序将一直重复执行，除非按下 RESET 键才能中断执行。

1-13、G00 和 G01 的指令格式及区别

车削加工编程一般包含 X 和 Z 坐标运动及绕 Z 轴旋转的转角坐标 C。

(1)快速定位(G00 或 G0) 刀具以点位控制方式从当前所在位置快速移动到指令给出的目标位置。

指令格式: G00 X(U)_Z(W)_;

(2)直线插补(G01 或 G1) 刀具以一定的进给速度从当前所在位置沿直线移动到指令给出的目标位置。

指令格式: G01 X(U)_Z(W)_F_;

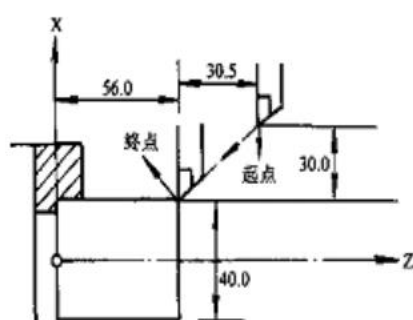


图 3.10 快速定位
G00 X40.0 Z56.0;
/绝对坐标, 直径编程;

削进给率 0.2mm/r

G00 U-60.0 W-30
/增量坐标, 直径编程

削进给率 0.2mm / r

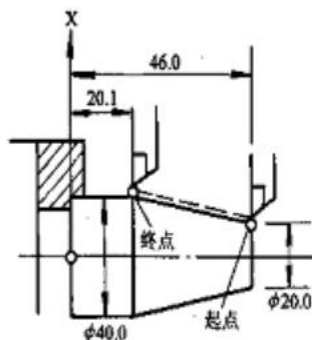


图 3.11 直线插补
G01 X40.0 Z20.1 F0.2;
/绝对坐标, 直径编程, 切

G01 U20.0 W-25.9 F0.2;
/增量坐标, 直径编程, 切

1-14、圆弧插补(G02 或 G2, G03 或 G3)

1)指令格式: G02 X(U)_Z(W)_I_K_F_;

G02 X(U)_Z(W)_R_F_;

G03 X(U)_Z(W)_I_K_F_;

G03 X(U)_Z(W)_R_F_;

2)指令功能: G02、G03 指令表示刀具以 F 进给速度从圆弧起点向圆弧终点进行圆弧插补。

3)指令说明:

①G02 为顺时针圆弧插补指令, G03 为逆时针圆弧插补指令。圆弧的顺、逆方向判断见图 3.12 左图, 朝着与圆弧所在平面相垂直的坐标轴的负方向看, 顺时针为 G02, 逆时针为 G03, 图 3.12 右图分别表示了车床前置刀架和后置刀架对圆弧顺与逆方向的判断;



图 3.13 圆弧绝对坐标, 相对坐标

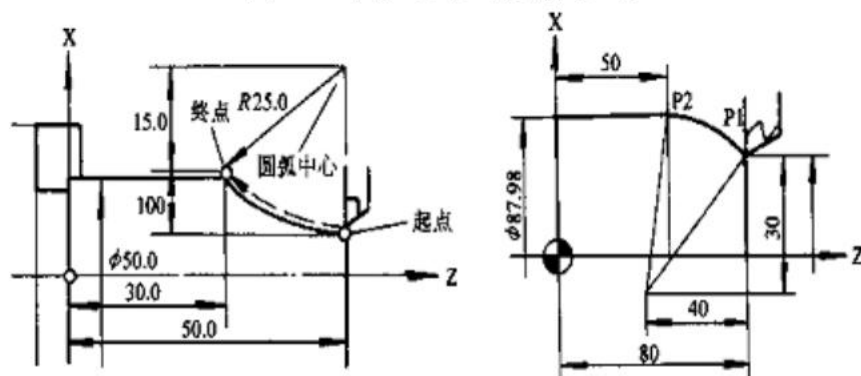


图 3.14 圆弧插补

G02 X50.0 Z30.0 I25.0 F0.3;	G03 X87.98 Z50.0 I-30.0 K-40.0 F0.3;
G02 U20.0 W-20.0 I25.0 F0.3;	/绝对坐标, 直径编程
G02 X50.0 Z30.0 R25.0 F0.3;	G03 U37.98 W-30.0 I-30.0 K-40.0
F0.3;	
G02 U20.0 W-20.0 R25.0 F0.3;	/相对坐标, 直径编程

1-15、主轴转速设置(S)指令及其计算公式

车床主轴的转速(r/min)为:

$$n = \frac{1000 \ v}{\pi D}$$

式中 v 为圆周切削速度，单位缺省为 m/min 、 D 为工件的外径，单位为 mm 。
例如，工件的外径为 200mm ，要求的切削速度为 300m/min ，经计算可得

$$n = \frac{1000 \times 300}{200\pi} = 478$$

因此主轴转速应为 478r/min ，表示为 $S478$ 。

1-16 数控车床主轴速度控制指令及编程举例

数控车削加工时，按需要可以设置恒切削速度(例如，为保证车削后工件的表面粗糙度一致，应设置恒切削速度)，车削过程中数控系统根据车削时工件不同位置处的直径计算主轴的转速。

恒切削速度设置方法如下： $G96 S_;$ 其中 S 后面数字的单位为 r/min 。

设置恒切削速度后，如果不需要时可以取消，其方式如下： $G97 S_;$ 其中 S 后面数字的单位为 r/min 。

在设置恒切削速度后，由于主轴的转速在工件不同截面上是变化的，为防止主轴转速过高而发生危险，在设置恒切削速度前，可以将主轴最高转速设置在某一个最高值。切削过程中当执行恒切削速度时，主轴最高转速将被限制在这个最高值。

设置方法如下： $G50 S_;$ 其中 S 的单位为 r/min 。

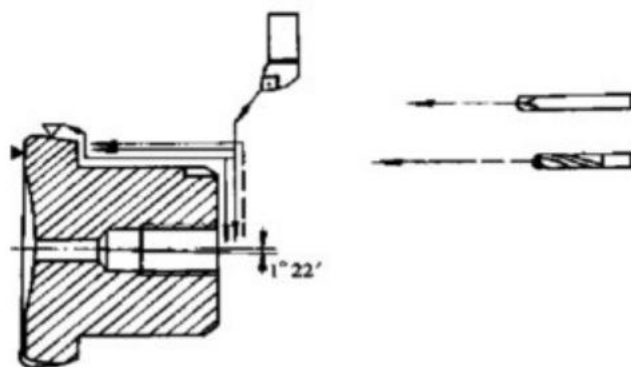


图 3.15 主轴速度控制

例如：在刀具 $T01$ 切削外形时用 $G96$ 设置恒切削速度为 200m/min ，而在钻头 $T02$ 钻中心孔时用 $G97$ 取消恒切削速度，并设置主轴转速为 1100r/min 。

这两部分的程序头如下：

```
G50 S2500 T0101 M08; /G50 限定最高主轴转速为 2500r/min;
G96 S200 M03; / G96 设置恒切削速度为 200m/min, 主轴顺时针转动
G00 X48.0 Z3.0; / 快速走到点(48.0, 3.0)
G01 Z-27.1 F0.3; /车削外形
G00 U1.0 Z3.0; /快速退回
...
T0202; /调 02 号刀具
G97 S1100 M03; /G97 取消恒切削速度, 设置主轴转速为 1100r/min
G00 X0.0 Z5.0 M08; /快速走到点(0, 5.0), 冷却液打开
G01 Z-5.0 F0.12; /钻中心孔
...
```

1-17、数控车床进给率和进给速度设置指令及编程举例

在数控车削中有两种切削进给模式设置方法，即进给率(每转进给模式)和进给速度(每分钟进给模式)。

1) 进给率，单位为 mm/r ，其指令为：

G99; / 进给率转换指令,
 G01 X_Z_F_; / F 的单位为 mm / r
 2) 进给速度, 单位为 mm / min, 其指令为:
 G98; / 进给速度转换指令
 G01 X_Z_F_; / F 的单位为 mm / min

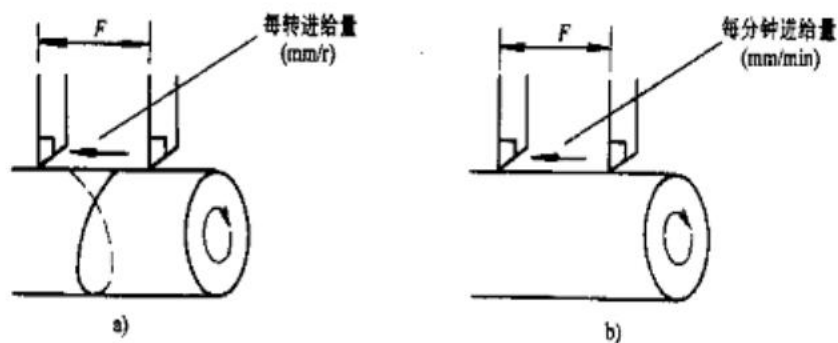


图 3.16 进给率和进给速度

图 a: G99 G01 Z-27.1 F0.3;

图 b: G98 G01 Z-10.0 F80;

表示进给率为 0.3mm / r

表示进给速度为

80mm / min

CNC 系统缺省进给模式是进给率, 即每转进给模式。

1-18、数控车床工件原点设置编程举例

工件坐标系的原点有两种设置方法。

1) 用 G50 指令进行工件原点设置, 分以下两种设置情况:

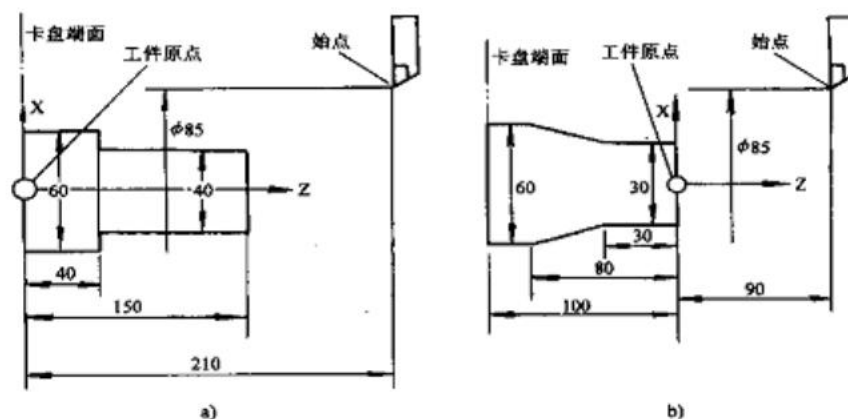


图 3.17 工件原点设置

①坐标原点设置在卡盘端面

如图 a 所示, 这种情况下 z 坐标是正值。

工件原点设置在卡盘端面:

G50 X85. Z210.; /* 将刀尖当前位置的坐标值定为工件坐标系中的一点(85., 210.)。

②坐标原点设置在零件右端面

如图 b 所示, 这种情况下 Z 坐标值是负值。

工件原点设置在工件右端面: G50 X85.0 Z90.0;

在这种情况下, 如果设置指令写成: G50 X0 Z0;

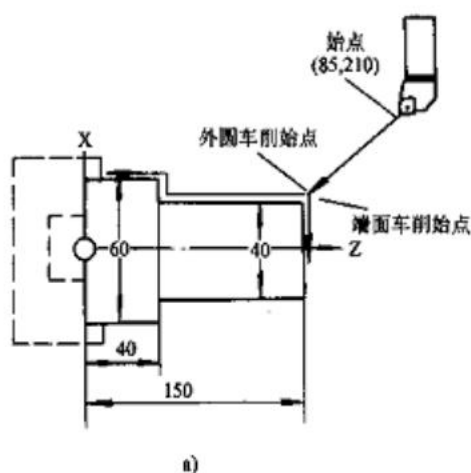
则刀尖当前位置即为工件坐标系原点。

1-19、端面及外圆车削加工(工件原点在左端面)编程详细介绍

端面及外圆的车削加工要用到插补指令 G01。

为正确地编写数控程序,应在编写程序前根据工件的情况选择工件原点。确定好工件原点后,还必须确定刀具的起始点。

编程时还应考虑车削外圆的始点和端面车削的始点,这两点的确定应结合考虑工件的毛坯情况。如果毛坯余量较大,应进行多次粗车,最后进行一次精车,因而每次的车削始点都不相同。



工件原点在左端面时

工件原点在左端面

o0001 /* 程序编号 o0001

N0 G50 X85.0 Z210.0; /* 设置工件原点在左端面

N1 G30 U0 W0; /* 返回第二参考点

N2 G50 S1500 T0101 M08; /* 限制最高主轴转速为
1500r/min, 调 01 号刀具, M08 为打开冷却液

N3 G96 S200 M03; /* 指定恒切削速度为 200m/min

N4 G00 X40.4 Z153.0; /* 快速走到外圆粗车始点

N5 G01 Z40.2 F0.3; /* 以进给率 0.3mm/r 车削外圆

N6 X60.4; /* 台阶车削

N7 Z20.0; /* $\phi 60.4$ mm 处长度为 20.0mm 的一段外圆

N8 G00 X62.0 Z150.2; /* 刀具快速退到点 (62.0, 150.2)

N9 X41.0; /* 刀具快速走到点 (41.0, 150.2)

N10 G01 X-1.6; /* 车削右端面

N11 G00 Z152.0; /* 刀具快速退到点 (-1.6, 152.0)

N12 G30 U0 W0; /* 直接回第二参考点进行换刀

N13 (Finishing); /* 精车开始, 括号为程序说明

N14 G50 S1500 T0202; /* 限制最高主轴转速为 1500r/min, 调 02 号刀具

```

N15 G96 S250; /* 指定恒切削速度为 250m/min
N16 G00 X40.0 Z153.0 ; /*快速走到外圆精车始点(40.0, 153)
N17 G42 G01 Z151.0 F0.15; /*调刀尖半径补偿, 右偏
N18 Z40.0; /* $\phi 40.4\text{mm}$ 一段外圆的精车
N19 X60.0; /*台阶精车
N20 Z20.0; /* $\phi 60.0\text{mm}$ 处长度为 20.0mm 外圆的精车
N21 G40 G00 X62.0 Z150.0; /*取消刀补
N22 X41.0; /*刀具快速走到点(41.0, 150.0)
N23 G41 G01 X40.0; /*调刀尖半径补偿, 左偏
N24 G01 X-1.6; /*精车右端面
N25 G40 G00 Z152.0 M09; /*取消刀补, 切削液关
N26 G30 U0 W0 M05; /*返回第二参考点, 主轴停止
N27 M30; /*程序结束

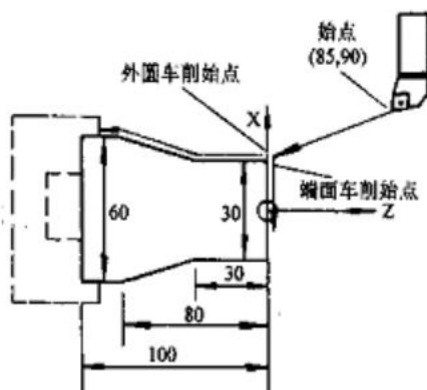
```

1-20、端面及外圆车削加工(工件原点在右端面)编程详解

端面及外圆的车削加工要用到插补指令 G01。

为正确地编写数控程序, 应在编写程序前根据工件的情况选择工件原点。确定好工件原点后, 还必须确定刀具的起始点。

编程时还应考虑车削外圆的始点和端面车削的始点, 这两点的确定应结合考虑工件的毛坯情况。如果毛坯余量较大, 应进行多次粗车, 最后进行一次精车, 因而每次的车削始点都不相同。



工件原点在右端面: 工件原点设置在右端面与设置在左端面的区别仅在于 Z 坐标为负值, 程序编写过程完全相同。

```

O0002 ; /* 程序编号
N0 G50 X85.0 Z90.0 /* 设置工件原点在右端面
N2 G30 U0 W0; /* 返回第二参考点
N4 G50 S1500 T0101 M08; /* 限制最高主轴转速
为 1500r/min, 调 1 号刀具, M08 为打开冷却液
N6 G96 S200 M03; /* 指定恒切削速度为
200m/min, 主轴逆时针旋转
N8 G00 X30.4 Z3.0; /*快速走到点(30.4, 3.0)
N10 G01 W-33.0 F0.3; /*以进给率 0.3mm/r 粗车  $\phi 30.4$  处外圆
N12 U30.0 W-50.0; /*粗车锥面
N14 W-10.0; /*粗车  $\phi 60.4\text{mm}$  处长度为 10 的一段外圆
N16 G00 U1.6 W90.2; /*刀具快速走到点(62.0, 0.2)
N18 U-31.0; /*刀具快速走到点(31, 0.2)
N20 G01 U-32.6; /*粗车端面
N22 G00 W2.0; /*刀具快速走到点(-1.6, 2)

```

```

N24 G30 U0 W0; /*返回第二参考点
N26 (Finishing); /*精车开始
N28 G50 S1500 T0202; /*设置主轴最高转速 1500r/min, 调 2 号刀具
N30 G96 S250; /* 指定恒切削速度为 250m/min
N32 G00 X30.0 Z3.0; /*刀具快速走到精车始点(30.0, 3.0)
N34 G42 G01 W-2.0 F0.15; /*调刀尖半径补偿, 右偏
N36 W-31.0; /*精车  $\phi$  30.4mm 处外圆
N38 U30.0 W-50.0; /*精车锥面
N40 W-10.0; /*精车  $\phi$  60.0mm 处外圆
N42 G40 G00 U2.0 W90.0; /*取消刀补, 刀具快速走到点(62, 0.0)
N44 U-31.0; /*刀具快速走到点(31, 0.0)
N46 G41 G01 U-1.0; /*调刀尖半径补偿, 左偏
N48 G01 U-32.6; /*精车端面
N50 G40 G00 W2.0 M09; /*取消刀补, 刀具快速走到点(1.6, 2.0)
N52 G30 U0 W0 M30; /*返回参考点, 程序结束

```

1-21、数控车床编程的 F 功能及其两种使用方法

F 功能指令用于控制切削进给量。在程序中, 有两种使用方法。

(1) 每转进给量

编程格式 G95 F~

F 后面的数字表示的是主轴每转进给量, 单位为 mm/r。

例: G95 F0.2 表示进给量为 0.2 mm/r。

(2) 每分钟进给量

编程格式 G94 F~

F 后面的数字表示的是每分钟进给量, 单位为 mm/min。

例: G94 F100 表示进给量为 100mm/min。

1-22、数控车床编程的 S 功能及其两种使用方法

S 功能指令用于控制主轴转速。

编程格式 S~

S 后面的数字表示主轴转速, 单位为 r/min。在具有恒线速功能的机床上, S 功能指令还有如下作用。

(1) 最高转速限制

编程格式 G50 S~

S 后面的数字表示的是最高转速: r/min。

例: G50 S3000 表示最高转速限制为 3000r/min。

(2) 恒线速控制

编程格式 G96 S~

S 后面的数字表示的是恒定的线速度: m/min。

例: G96 S150 表示切削点线速度控制在 150 m/min。

(3) 恒线速取消

编程格式 G97 S~

S 后面的数字表示恒线速度控制取消后的主轴转速, 如 S 未指定, 将保留 G96 的最终值。

例: G97 S3000 表示恒线速控制取消后主轴转速 3000 r/min。

1-23、数控车床编程的 T 功能及其使用方法

T 功能指令用于选择加工所用刀具。

编程格式 T~

T 后面通常有两位数表示所选择的刀具号码。但也有 T 后面用四位数字，前两位是刀具号，后两位是刀具长度补偿号，又是刀尖圆弧半径补偿号。

例：T0303 表示选用 3 号刀及 3 号刀具长度补偿值和刀尖圆弧半径补偿值。

T0300 表示取消刀具补偿。

1-24、数控车床编程常用 M 功能及其含义

M00： 程序暂停，可用 NC 启动命令（CYCLE START）使程序继续运行；

M01： 计划暂停，与 M00 作用相似，但 M01 可以用机床“任选停止按钮”选择是否有效；

M03： 主轴顺时针旋转；

M04： 主轴逆时针旋转；

M05： 主轴旋转停止；

M08： 冷却液开；

M09： 冷却液关；

M30： 程序停止，程序复位到起始位置。

2-1、刀尖圆弧自动补偿功能 FANUC-OT 数控车床编程

编程时，通常都将车刀刀尖作为一点来考虑，但实际上刀尖处存在圆角，如图 3.24 所示。当用按理论刀尖点编出的程序进行端面、外径、内径等与轴线平行或垂直的表面加工时，是不会产生误差的。但在进行倒角、锥面及圆弧切削时，则会产生少切或过切现象，如图 3.25 所示。具有刀尖圆弧自动补偿功能的数控系统能根据刀尖圆弧半径计算出补偿量，避免少切或过切现象的产生。



图 3.24 刀尖圆角 R

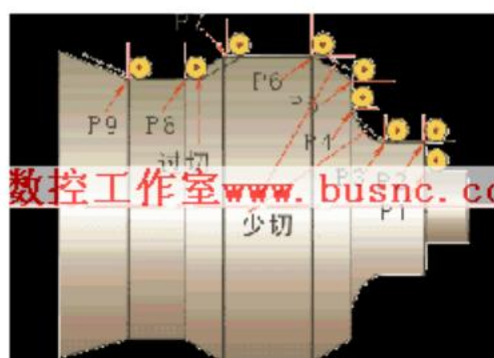


图 3.25 刀尖圆角 R 造成的少切与过切

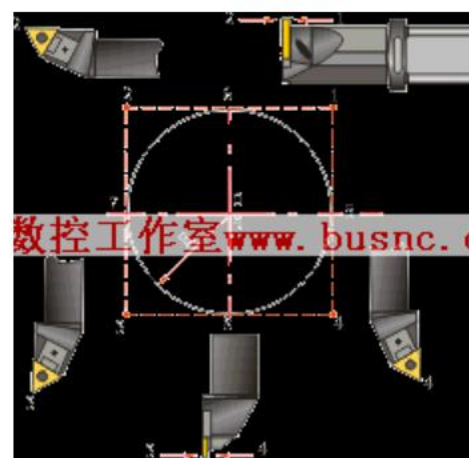


图 3.26 刀尖圆角 R 的确定方法

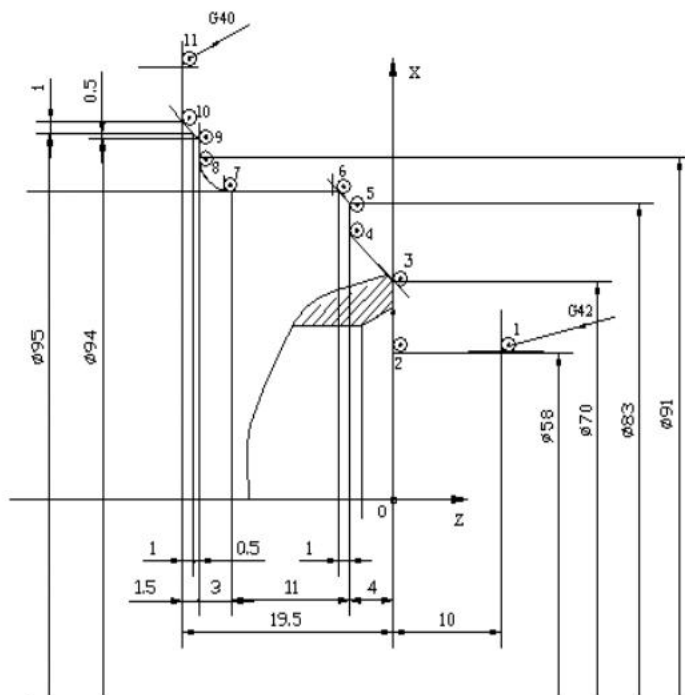


图 3.27 刀具补偿编程

G40--取消刀具半径补偿，按程序路径进给。
G41--左偏刀具半径补偿，按程序路径前进方向刀具偏在零件左侧进给。
G42--右偏刀具半径补偿，按程序路径前进方向刀具偏在零件右侧进给。
在设置刀尖圆弧自动补偿值时，还要设置刀尖圆弧位置编码，指定编码值的方法参考图 3.26。

例：应用刀尖圆弧自动补偿功能加工图 3.27 所示零件：

刀尖位置编码：3

N10 G50 X200 Z175 T0101

N20 M03 S1500

N30 G00 G42 X58 Z10 M08

N40 G96 S200

N50 G01 Z0 F1.5

N60 X70 F0.2

N70 X78 Z-4

N80 X83

N90 X85 Z-5

N100 G02 X91 Z-18 R3 F0.15

N110 G01 X94

N120 X97 Z-19.5

N130 X100

N140 G00 G40 G97 X200 Z175 S1000

N150 M30

2-2、圆柱面或圆锥面切削循环 FANUC-OT 数控车床编程

圆柱面或圆锥面切削循环是一种单一固定循环，圆柱面单一固定循环如图 3.28 所示，圆锥面单一固定循环如图 3.30 所示。

(1) 圆柱面切削循环

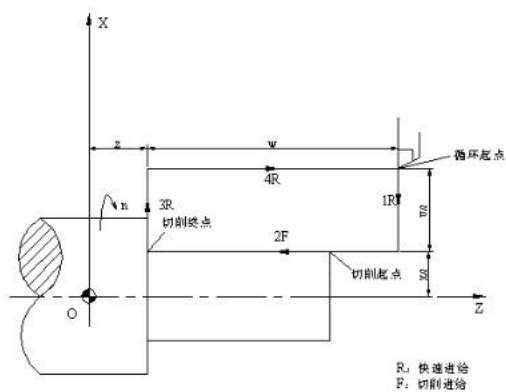


图 3.28 圆柱面切削循环

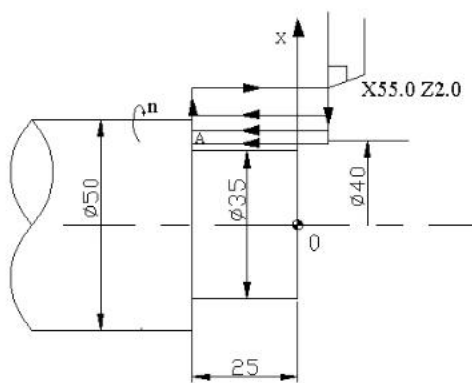


图 3.29 G90 的用法（圆柱面）

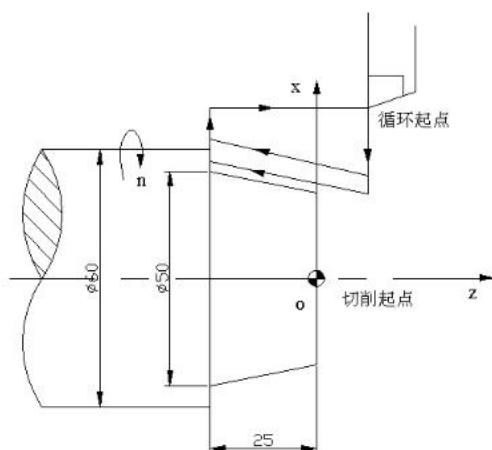


图 3.30 圆锥面切削循环

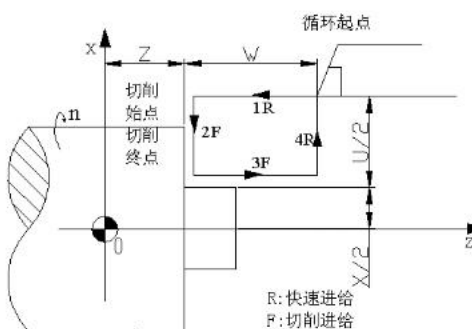


图 3.31 端面切削循环

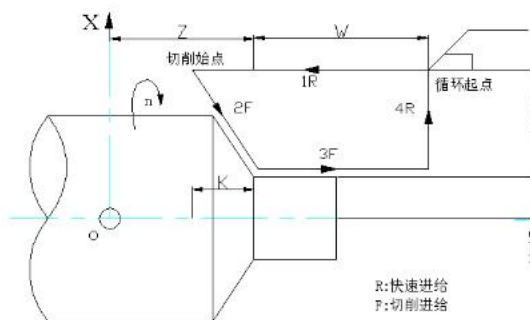


图 3.32 锥面端面切削循环

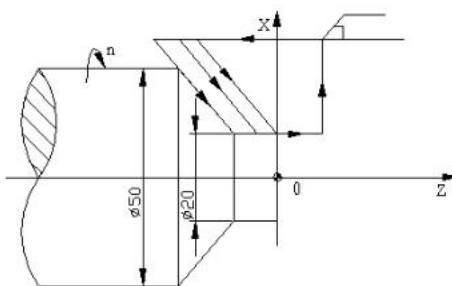


图 3.33 G94 的用法（锥面）

编程格式 G90 X(U) ~ Z(W) ~ F~

式中：X、Z—圆柱面切削的终点坐标值；

U、W—圆柱面切削的终点相对于循环起点坐标分量。

例：应用圆柱面切削循环功能加工图 3.29 所示零件。

N10 G50 X200 Z200 T0101

N20 M03 S1000

N30 G00 X55 Z4 M08

N40 G01 G96 Z2 F2.5 S150

N50 G90 X45 Z-25 F0.2

N60 X40

```

N70 X35
N80 G00 X200 Z200
N90 M30

```

（2）圆锥面切削循环

编程格式 G90 X(U)～ Z(W)～ I～ F～

式中：X、Z- 圆锥面切削的终点坐标值；

U、W-圆柱面切削的终点相对于循环起点的坐标；

I- 圆锥面切削的起点相对于终点的半径差。如果切削起点的 X 向坐标小于终点的 X 向坐标，I 值为负，反之为正。如图 3. 30 所示。

例：应用圆锥面切削循环功能加工图 3. 30 所示零件。

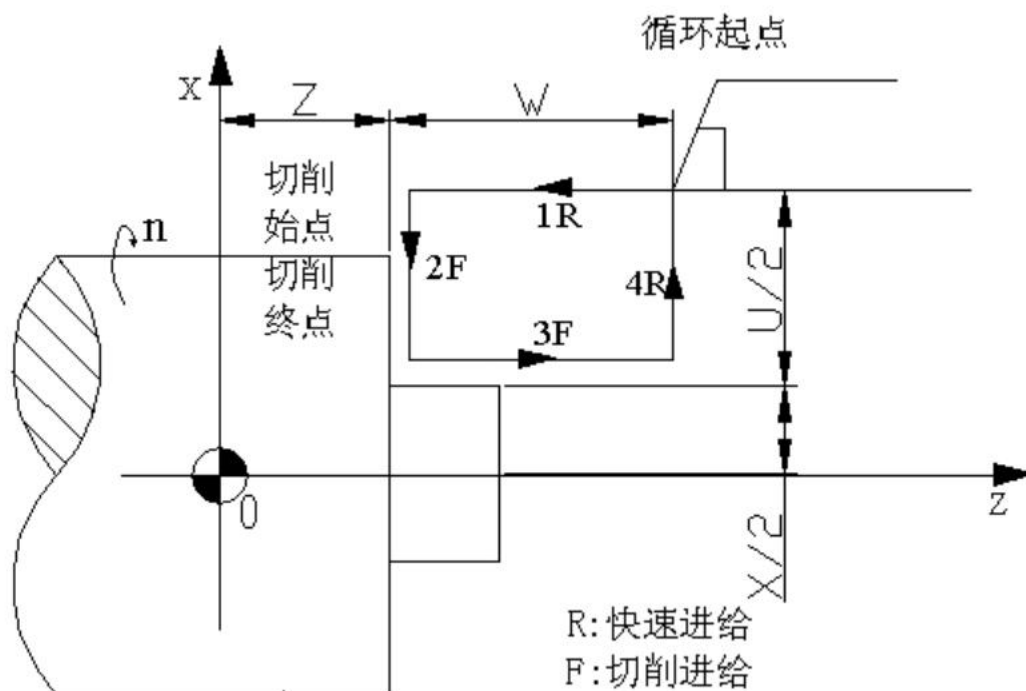
```

.....
G01 X65 Z2
G90 X60 Z-35 I-5 F0.2
X50
G00 X100 Z200
.....

```

2-3、端面切削循环 FANUC-0T 数控车床编程

端面切削循环是一种单一固定循环。适用于端面切削加工，如图所示。



（1）平面端面切削循环

编程格式 G94 X(U)～ Z(W)～ F～

式中：X、Z- 端面切削的终点坐标值；

U、W-端面切削的终点相对于循环起点的坐标。

例：应用端面切削循环功能加工图 3.31 所示零件。

.....

G00 X85 Z5

G94 X30 Z-5 F0.2

Z-10

Z-15

.....

(2) 锥面端面切削循环

编程格式 G94 X(U)~ Z(W)~ K~ F~

式中：X、Z- 端面切削的终点坐标值；

U、W-端面切削的终点相对于循环起点的坐标；

K- 端面切削的起点相对于终点在 Z 轴方向的坐标分量。当起点 Z 向坐标小于终点 Z 向坐标时 K 为负，反之为正。如图 3.32 所示。

例：应用端面切削循环功能加工图 3.33 所示零件。

.....

G94 X20 Z0 K-5 F0.2

Z-5

Z-10

.....

2-4、外圆粗切循环 复合固定循环

在复合固定循环中，对零件的轮廓定义之后，即可完成从粗加工到精加工的全过程，使程序得到进一步简化。

外圆粗切循环是一种复合固定循环。适用于外圆柱面需多次走刀才能完成的粗加工，如图 3.34 所示。

编程格式：

G71 U(Δd) R(e)

G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f)
S(s) T(t)

式中：

Δd —背吃刀量；

e—退刀量；

ns—精加工轮廓程序段中开始程序段的段号；

nf—精加工轮廓程序段中结束程序段的段号； Δu —X 轴向精加工余量； Δw —Z 轴向精加工余量；f、s、t—F、S、T 代码。

注意：

1、ns→nf 程序段中的 F、S、T 功能，即使被指定也对粗车循环无效。

2、零件轮廓必须符合 X 轴、Z 轴方向同时单调增大或单调减少；X 轴、Z 轴方向非单调时，ns→nf 程序段中第一条指令必须在 X、Z 向同时有运动。

例：按图 3.35 所示尺寸编写外圆粗切循环加工程序。

```

N10 G50 X200 Z140 T0101
N20 G00 G42 X120 Z10 M08
N30 G96 S120
N40 G71 U2 R0.5
N50 G71 P60 Q120 U2 W2 F0.25
N60 G00 X40 //ns
N70 G01 Z-30 F0.15
N80 X60 Z-60
N90 Z-80
N100 X100 Z-90
N110 Z-110
N120 X120 Z-130 //nf
N130 G00 X125
N140 X200 Z140
N150 M02

```

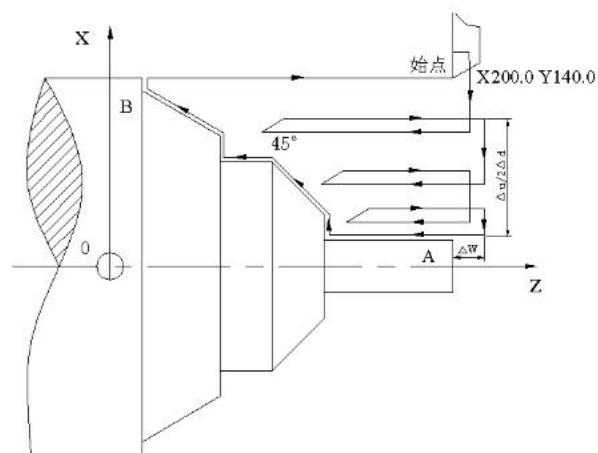


图 3.34 外圆粗切循环

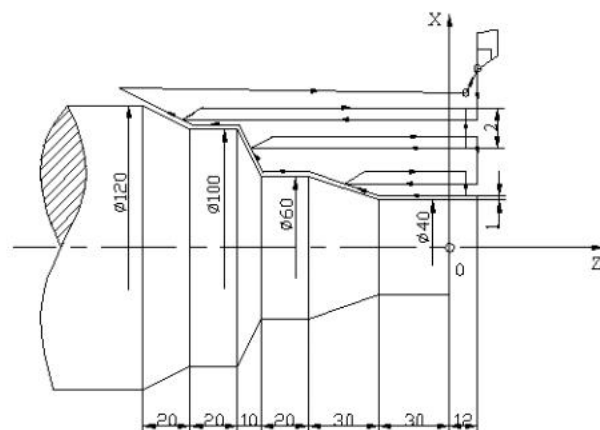


图 3.35 G71 程序例图

2-5、端面粗切循环 复合固定循环

端面粗切循环是一种复合固定循环。端面粗切循环适于 Z 向余量小，X 向余量大的棒料粗加工，如图 3.36 所示。

编程格式

G72 U(Δd) R(e)

G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t)

式中：

Δd -背吃刀量；

e-退刀量；

ns-精加工轮廓程序段中开始程序段的段号；

nf-精加工轮廓程序段中结束程序段的段号；

Δu -X 轴向精加工余量；

Δw -Z 轴向精加工余量；

f、s、t-F、S、T 代码。

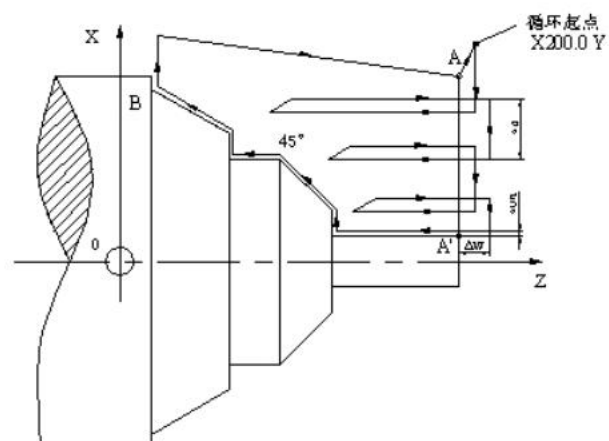
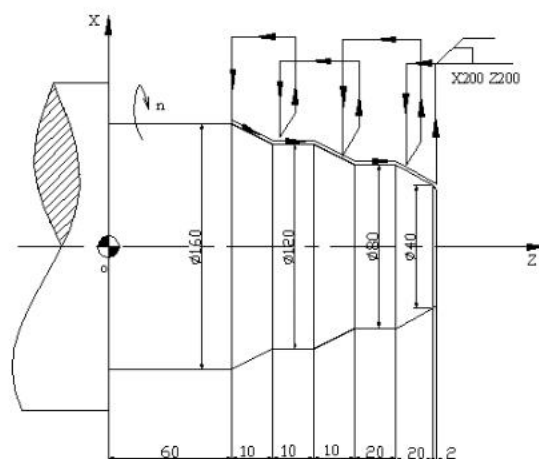


图 3.36 端面粗加工切削循环



注意：

图 3. 37 G72 程序例图

(1) ns→nf 程序段中的 F、S、T 功能，即使被指定对粗车循环无效。

(2) 零件轮廓必须符合 X 轴、Z 轴方

向同时单调增大或单调减少。

例：按图 3. 37 所示尺寸编写端面粗切循环加工程序。

```
N10 G50 X200 Z200 T0101
N20 M03 S800
N30 G90 G00 G41 X176 Z2 M08
N40 G96 S120
N50 G72 U3 R0.5
N60 G72 P70 Q120 U2 W0.5 F0.2
N70 G00 X160 Z60 //ns
N80 G01 X120 Z70 F0.15
N90 Z80
N100 X80 Z90
N110 Z110
N120 X36 Z132 //nf
N130 G00 G40 X200 Z200
N140 M30
```

2-6、封闭切削循环 复合固定循环

封闭切削循环是一种复合固定循环，如图 3. 38 所示。封闭切削循环适于对铸、锻毛坯切削，对零件轮廓的单调性则没有要求。

编程格式 G73 U(i) W(k) R(d)

G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t)

式中：i—X 轴向总退刀量；

k—Z 轴向总退刀量（半径值）；

d—重复加工次数；

ns—精加工轮廓程序段中开始程序段的段号；

nf—精加工轮廓程序段中结束程序段的段号；

Δu —X 轴向精加工余量；
 Δw —Z 轴向精加工余量；
 f、s、t—F、S、T 代码。

例：按图 3.39 所示尺寸编写封闭切削循环程序。

```

N01 G50 X200 Z200 T0101
N20 M03 S2000
N30 G00 G42 X140 Z40 M08
N40 G96 S150
N50 G73 U9.5 W9.5 R3
N60 G73 P70 Q130 U1 W0.5 F0.3
N70 G00 X20 Z0 //ns
N80 G01 Z-20 F0.15
N90 X40 Z-30
N100 Z-50
N110 G02 X80 Z-70 R20
N120 G01 X100 Z-80
N130 X105 //nf
N140 G00 X200 Z200 G40
N150 M30
  
```

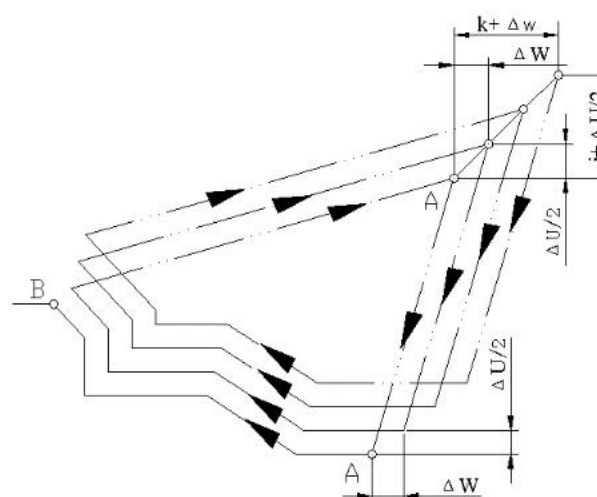


图 3.38 封闭切削循环

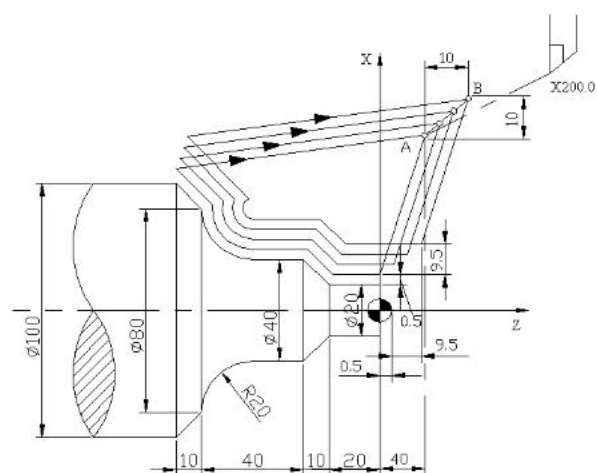


图 3.39 G73 程序例图

2-7、精加工循环 复合固定循环

由 G71、G72、G73 完成粗加工后，可以用 G70 进行精加工。精加工时，G71、G72、G73 程序段中的 F、S、T 指令无效，只有在 ns——nf 程序段中的 F、S、T 才有效。

编程格式 G70 P(ns) Q(nf)

式中：ns—精加工轮廓程序段中开始程序段的段号；

nf—精加工轮廓程序段中结束程序段的段号。

例：在 G71、G72、G73 程序应用例中的 nf 程序段后再加上“G70 Pns Qnf”程序段，并在 ns——nf 程序段中加上精加工适用的 F、S、T，就可以完成从粗加工到精加工的全过程。

3.2.10 深孔钻循环

深孔钻循环功能适用于深孔钻削加工，如图 3.40 所示。

编程格式 G74 R(e)

G74 Z(W) Q(Δk) F

式中：e ——退刀量；

Z(W) —— 钻削深度；

Δk —— 每次钻削长度（不加符号）。

例：采用深孔钻削循环功能加工图 3.40 所示深孔，试编写加工程序。

其中：e=1, $\Delta k=20$, F=0.1。

N10 G50 X200 Z100 T0202

N20 M03 S600

N30 G00 X0 Z1

N40 G74 R1

N50 G74 Z-80 Q20 F0.1

N60 G00 X200 Z100

N70 M30

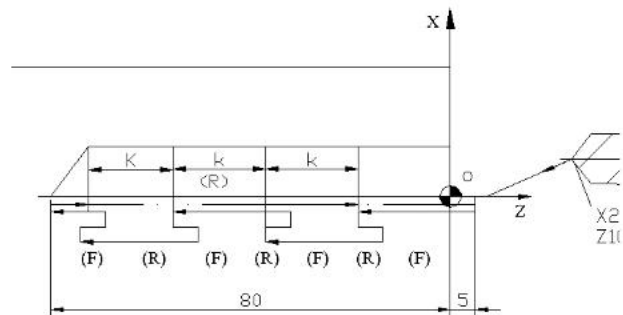


图 3.40 深孔钻削循环

2-8、基本螺纹切削指令

基本螺纹切削方法见图 3.42 所示。

编程格式 G32 X(U)~ Z(W)~ F~

式中：

X(U)、Z(W) —— 螺纹切削的终点坐标值；X 省略时为圆柱螺纹切削，Z 省略时为端面螺纹切削；X、Z 均不省略时为锥螺纹切削；(X 坐标值依据《机械设计手册》查表确定)

F —— 螺纹导程。

螺纹切削应注意在两端设置足够的升速进刀段 δ_1 和降速退刀段 δ_2 。

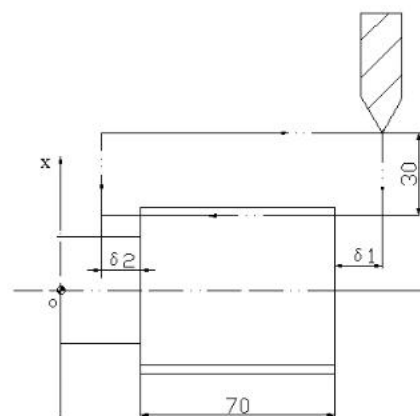


图 3.42 圆柱螺纹切削

例：试编写图 3.42 所示螺纹的加工程序。（螺纹导程 4mm，升速进刀段 $\delta_1=3\text{mm}$ ，降速退刀段 $\delta_2=1.5\text{mm}$ ，螺纹深度 2.165 mm）。

.....

G00 U-62

G32 W-74.5 F4

G00 U62

W74.5

U-64

G32 W-74.5

G00 U64

W74.5

.....

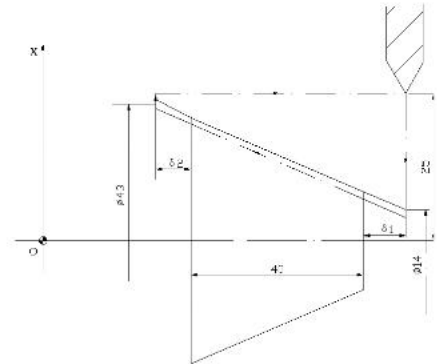


图 3.43 圆锥螺纹切削

例：试编写图 3.43 所示圆锥螺纹的加工程序。（螺纹导程 3.5mm，升速进刀段 $\delta_1=2\text{mm}$ ，降速退刀段 $\delta_2=1\text{mm}$ ，螺纹深度 1.0825 mm）。

G00 X12

G32 X41 W-43 F3.5

G00 X50

W43

X10

G32 X39 W-43

G00 X50

W43

2-10、螺纹切削循环指令

螺纹切削循环指令把“切入-螺纹切削-退刀-返回”四个动作作为一个循环（如图 3.44 所示），用一个程序段来指令。

编程格式 G92 X(U)~ Z(W)~ I~ F~

式中：X(U)、Z(W) - 螺纹切削的终点坐标值；

I - 螺纹部分半径之差,即螺纹切削起始点与切削终点的半径差。加工圆柱螺纹时, I=0。加工圆锥螺纹时,当 X 向切削起始点坐标小于切削终点坐标时, I 为负,反之为正。

例: 试编写图 3.45 所示圆柱螺纹的加工程序。

图 3.44 螺纹切削循环

3.45 圆柱螺纹切削循环

图 3.46 圆锥螺纹切削循环应用

.....

G00 X35 Z104

G92 X29.2 Z53 F1.5

X28.6

X28.2

X28.04

G00 X200 Z200

.....

例: 试编写图 3.46 所示圆锥螺纹的加工程序。

.....

G00 X80 Z62

G92 X49.6 Z12 I-5 F2

X48.7

X48.1

X47.5

X47

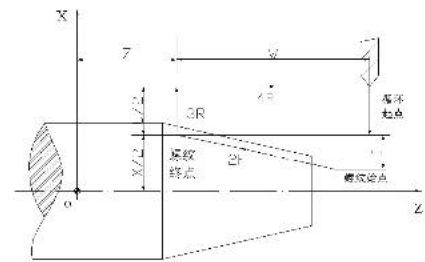


图 3.44 螺纹切削循环

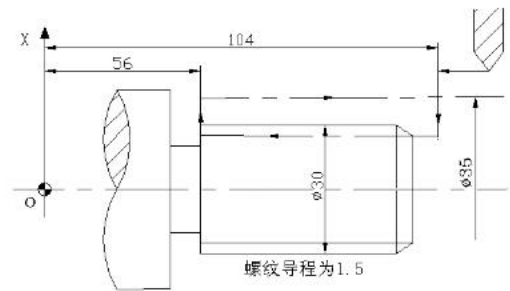


图 3.45 圆柱螺纹切削循环

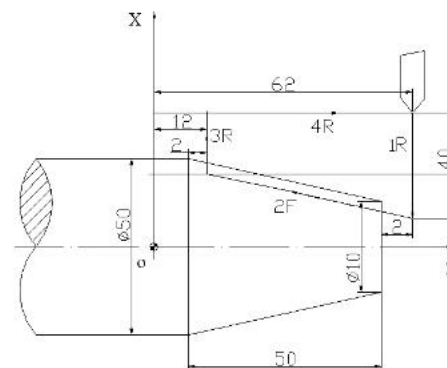


图 3.46 圆锥螺纹切削循环应用

G00 X200 Z200

.....

2-11、复合螺纹切削循环指令

复合螺纹切削循环指令可以完成一个螺纹段的全部加工任务。它的进刀方法有利于改善刀具的切削条件，在编程中应优先考虑应用该指令，如图 3.47 所示。

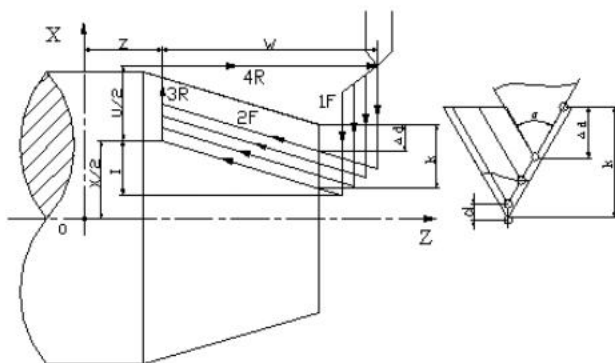


图 3.47 复合螺纹切削循环与进刀法

编程格式 G76 P (m) (r) (α) Q (Δdmin) R(d)
G76 X(U) Z(W) R(I) F(f) P(k) Q(Δd)

式中： m - 精加工重复次数；
r - 倒角量；
α - 刀尖角；
Δ dmin--最小切入量；
d-精加工余量；
X(U) Z(W) - 终点坐标；
I - 螺纹部分半径之差，即螺纹切削起始点与切削终点的半径差。加工圆柱螺纹时，i=0。
加工圆锥螺纹时，当 X 向切削起始点坐标小于切削终点坐标时，I 为负，反之为正。
k - 螺牙的高度（X 轴方向的半径值）；
Δ d - 第一次切入量（X 轴方向的半径值）；
f - 螺纹导程。

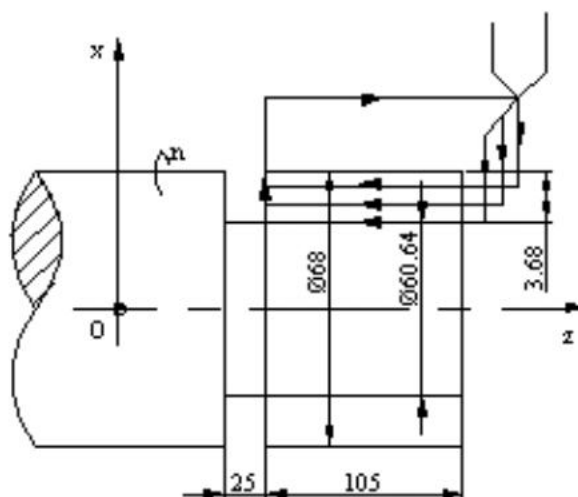


图 3.48 复合螺纹切削循环应用

例：试编写图 3.48 所示圆柱螺纹的加工程序，螺距为 6mm。

G76 P 02 12 60 Q0.1 R0.1

G76 X60.64 Z23 R0 F6 P3.68 Q1.8

2-12、数控车床单一形状固定循环 G90 (FANUC-6T)

该循环主要用于圆柱面和圆锥面的循环切削。

1. 外圆切削循环

1) 指令格式：G90X(U)---Z(W)---F---;

如图 4—29 所示，刀具从循环起点开始按矩形循环，最后又回到循环起点。图中虚线表示按 R 快速运动，实线表示按 F 指定的工作进给速度运动。x、z 为圆柱面切削终点坐标值；U、W 为圆柱面切削终点相对循环起点的增量值。其加工顺序按 1、2、3、4 进行。

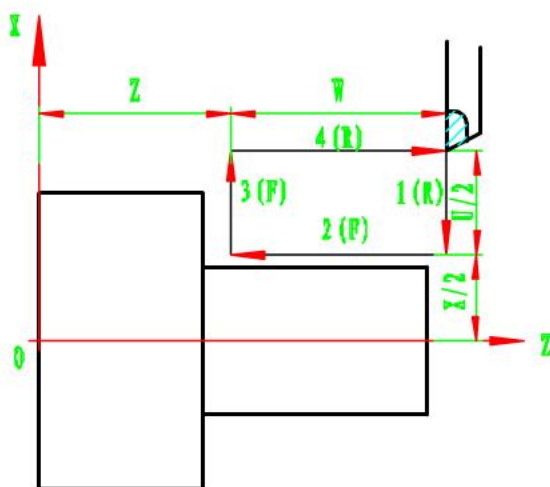
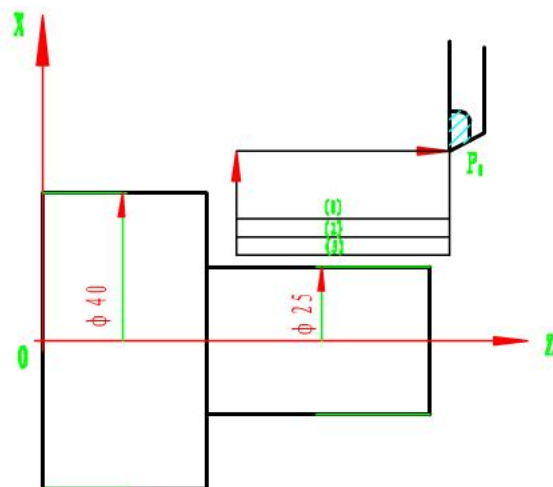


图4-29 外圆切削循环



4-30 外圆切削循环加工实例

2) 编程举例：加工如图 4—30 所示的工件，其有关程序如下：

```

.....
N05 G90 X35. 0 Z30. 0 F60. 0;
N06   X30. 0 ;
N07   X25. 0 ;
.....

```

2. 锥面切削循环 1) 指令格式：G90 X(U)—Z(W)—I—F—；

如图 4—31 所示，I 为锥体大小端的半径差。采用编程时，应注意 I 的符号，确定的方法是：锥面起点坐标大于终点坐标时为正，反之为负。

2) 编程举例：加工如图 4—32 所示的工件，其有关程序如下：

```

.....
N05 G90 X40. Z—40. I5. F40. ;
N06   X35. ;
N07   X30. ;
.....

```

数控车床复合固定循环外径粗车循环 G71 (FANUC-6T)

它应用于切除非一次加工即能加工到规定尺寸的场所。主要在粗车和多次加工切螺纹的情况下使用。如用棒料毛坯车削阶梯相差较大的轴，或切削铸、锻件的毛坯余量时，都有一些多次重复进行的动作。每次加工的轨迹相差不大。利用复合固定循环功能，只要编出最终加工路线，给出每次切除的余量深度或循环次数，机床即可自动地重复切削直到工件加工完为止。

外径粗车循环 G71 它适用于圆柱毛坯料粗车外径和圆筒毛坯料粗车内径。图 4—33 所示为用 G71 粗车外径的粗车循环的编程指令格式为(以直径编程)：

```

G71 P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)D(Δd)F—S—T—
N(ns)  —;
——;

```

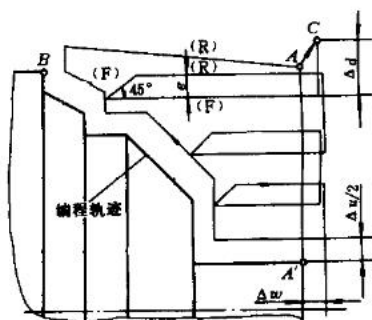


图 4-33 外径粗车循环 G71

F—

S—

T—

N(nf)

程序段中各地址的定义为

ns—循环程序中第一个程序段的顺序号；

nf—循环程序中最后一个程序段的顺序号；

Δu—径向(X轴方向)的精车余量(直径值)；

Δw—轴向(Z轴方向)的精车余量；

Δd —每次吃刀深度(沿垂直轴线方向即 AA' 方向);

当上述程序指令的是工件内径轮廓时, G71 就自动成为内径粗车循环, 此时径向精车留量 u 应指定为负值。G71 只能完成外径或内径粗车。

2-13、数控车床复合固定循环端面粗车循环 G72 (FANUC-6T)

它应用于切除非一次加工即能加工到规定尺寸的场合。主要在粗车和多次加工切螺纹的情况下使用。如用棒料毛坯车削阶梯相差较大的轴, 或切削铸、锻件的毛坯余量时, 都有一些多次重复进行的动作。每次加工的轨迹相差不大。利用复合固定循环功能, 只要编出最终加工路线, 给出每次切除的余量深度或循环次数, 机床即可自动地重复切削直到工件加工完为止。

端面粗车循环 G72

它适用于圆柱棒料毛坯端面方向粗车, 图 4—34 所示为从外径方向往轴心方向车削端面循环。

端面粗车循环指令格式为:

G72 P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)D(Δd)F—S—T—

G72 程序段中的地址含义与 G71 的相同, 但它只完成端面方向粗车。

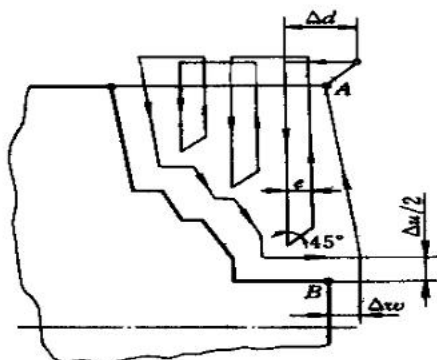


图 4-34 端面粗车循环 G72

2-14、数控车床复合固定循环固定形状粗车循环 G73 (FANUC-6T)

它应用于切除非一次加工即能加工到规定尺寸的场合。主要在粗车和多次加工切螺纹的情况下使用。如用棒料毛坯车削阶梯相差较大的轴, 或切削铸、锻件的毛坯余量时, 都有一些多次重复进行的动作。每次加工的轨迹相差不大。利用复合固定循环功能, 只要编出最终加工路线, 给出每次切除的余量深度或循环次数, 机床即可自动地重复切削直到工件加工完为止。

固定形状粗车循环 G73, 它适用于毛坯轮廓形状与零件轮廓形状基本接近时的粗车。例如, 一些锻件、铸件的粗车, 这种循环方式的走刀路线如图 4—35 所示。

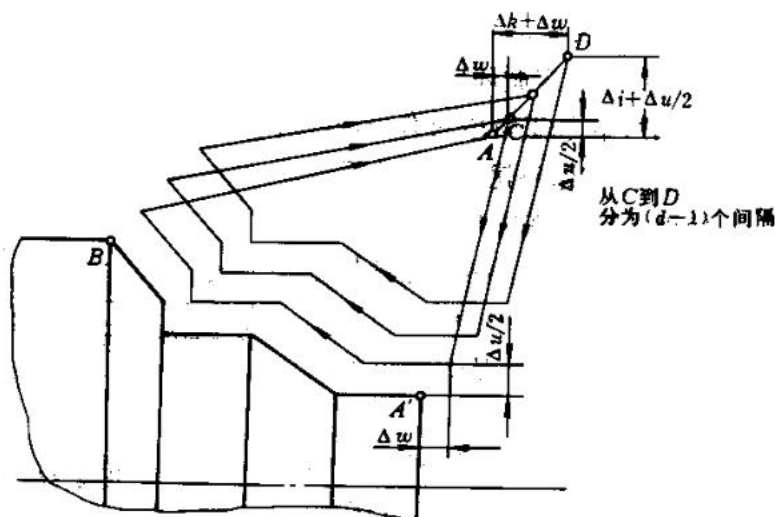


图 4-35 固定形状粗车循环 G73

G73 的指令格式为

G73 P(ns)Q(nf)I(Δi)K(Δk)U(Δu)W(Δw)D(Δd)F—S—T—;

程序段中的地址除 I、K、D 外，其余与 G71 相同；

Δi——粗切时，径向切除的余量(半径值)；

Δk——粗切时，轴向切除的余量；

Δd——粗切循环次数；

2-15、数控车床复合固定循环精车循环 G70 (FANUC-6T)

它应用于切除非一次加工即能加工到规定尺寸的情况。主要在粗车和多次加工切螺纹的情况下使用。如用棒料毛坯车削阶梯相差较大的轴，或切削铸、锻件的毛坯余量时，都有一些多次重复进行的动作。每次加工的轨迹相差不大。利用复合固定循环功能，只要编出最终加工路线，给出每次切除的余量深度或循环次数，机床即可自动地重复切削直到工件加工完为止。

精车循环 G70

当用 G71、G72、G73 粗车工件后，用 G70 来指定精车循环，切除粗加工中留下的余量。其指令格式为

G70P(ns)Q(nf)

式中 ns 指定精车循环的第一个程序段的顺序号；nf 指定精车循环的最后一个程序段的顺序号。

在精车循环 G70 状态下，(ns)至(nf)程序中指定的 F、S、T 有效；当(ns)至(nf)程序中不指定的 F、S、T 时，粗车循环中指定的 F、S、T 有效。

2-17、数控车床复合固定循环应用举例：G71 与 G70（FANUC-6T）

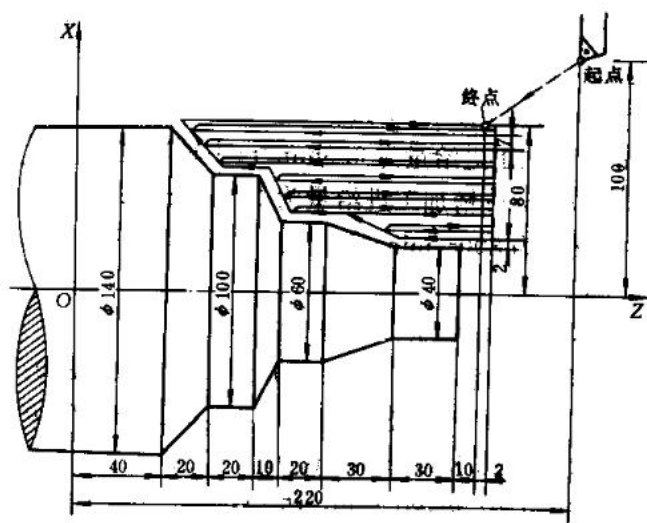


图 4-36 用 G71、G70 加工实例

图 4—36 为采用 G71 外圆粗车循环与 G70 精车循环的例子。毛坯为棒料，粗加工切削深度为 7mm，进给量 0.3mm/r，主轴转速为 500r/min，精加工余量 X 向 4mm(直径上)，Z 向 2mm，进给量为 0.15mm/r，主轴转速为 800r/min，程序起点见图。

用 G70，G71 加工举例：(采用混合编程)

```

N01 G50X200. Z220.; 坐标系设定
N02 G00 X160. Z180. M03 S800;
N03 G71 P04 Q10 U4. W2. D7. F0.3 S500; (粗车循环)
N04 G00 X40. S800;
N05 G01 W-40. F0.15;
N06 X60. W-30.;
N07 W-20.;
N08 X100. W-10.;
N09 W-20.;
N10 X140. W-20.;
N11 G70 P04 Q10;
N12 G00 X200. Z220.;
N13 M05;
N14 M30;
    
```

执行上述程序加工路线时，刀具从起始点(X200., Z220.)出发，执行到 N02 走刀到 (X160., Z180.)这一点。从 N03 开始，进入 G71 固定循环，该程序段中的内容，并没有直接给出刀具下一步的运动路线，而是“通知”控制系统如何计算循环过程中的运动路线。G71 表示开始执行本循环；U4.0 和 W2.0 表示粗加工的最后一刀应留出的精加工余量，D7.0 表示粗加工切削深度。每一刀都完成一个矩形循环，直到按工件小头尺寸已不能再进行完整的循环为止。接着执行 N11 程使用 G70 精车循环时，要注意其快速退刀的路线，防止刀具与工件碰撞。如图 4-37 所示从 A 点开始执行 G70 是安全的，从 B 点开始执行 G70 将发生碰撞。

2-18、数控车床复合固定循环应用举例：G73 与 G70（FANUC-6T）

当工件毛坯为锻件或铸件时，往可以使用 G73 和 G70 循环功能。G73 是粗加工循环和 GTI 功能一样，也是一种具有自动加工分配的固定循环，但分配的方式不同。执行 G73 功能时，每一刀的加工路线的轨迹形状是相同的，只是位置不同。每走完一刀，就把加工轨迹向工件方向移动一个位置，这样就可以将锻件待加工表面上分布较均匀的加工余量分层切去。

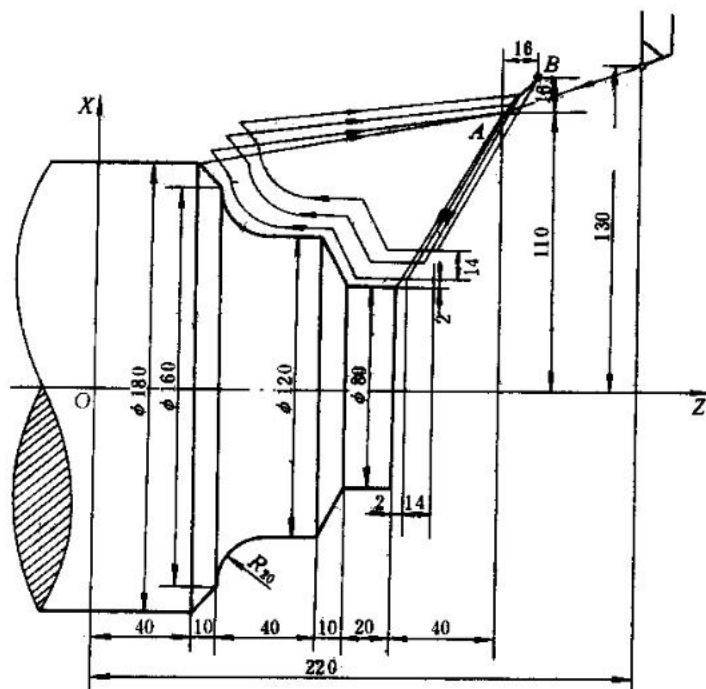


图 4-38 G73、G70 加工实例

如图 4—38 所示为用 G73 粗车循环和 G70 精车循环的例子。设粗加工分三刀进行，第一刀后留给剩下两刀的总余量 X 向和 Z 向均为单边 14mm；三刀完毕，留给精加工的余量 X 方向(直径上)为 4. mm；Z 向为 2. mm；粗加工进给量为 0.3mm / r 主轴转速为 500r / min 精加工进给量为 0.15mm / r 主轴转速为 800r/min；完成上述加工的程序如下：

```

N01 G50 X260. Z220. ;
N02 G00 X220. Z160. M03 S800;
N03 G73 P04 Q09 I14. K14. U4. W2. D3. F0.3 S500;
N04 G00 X80. W-40. ;
N05 G01 W-20. F0.15 S800;
N06 X120. W-10. ;
N07 W-20. ;
N08 G02 X160. W-20. I20. ;
N09 G01 X180. W-10. ;
N10 G70 P04 Q09;
N11 G00 X260. Z220. ;
N12 M05;
N13 M30;
    
```

2-19、数控车外圆切削循环指令（G90）

指令格式：G90 X(U) _ Z(W) _ R_F _

指令功能：实现外圆切削循环和锥面切削循环。

刀具从循环起点按图 3.19 与图 3.20 所示走刀路线，最后返回到循环起点，图中虚线表示按 R 快速移动，实线表示按 F 指定的工件进给速度移动。

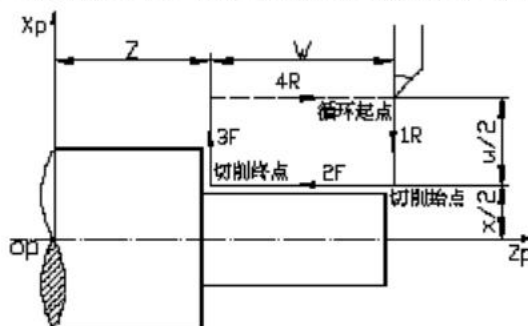


图 3.19 外圆切削循环

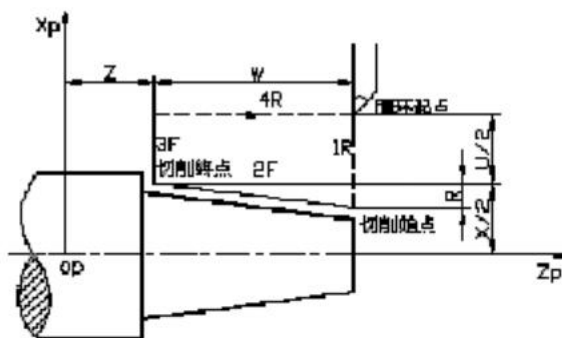


图 3.20 锥面切削循环

指令说明：

- ① X、Z 表示切削终点坐标值；
- ② U、W 表示切削终点相对循环起点的坐标分量；
- ③ R 表示切削始点与切削终点在 X 轴方向的坐标增量（半径值），外圆切削循环时 R 为零，可省略；
- ④ F 表示进给速度。

例题 如图 3.21 所示，运用外圆切削循环指令编程。

G90 X40 Z20 F30 A-B-C-D-A

X30 A-E-F-D-A

X20 A-G-H-D-A

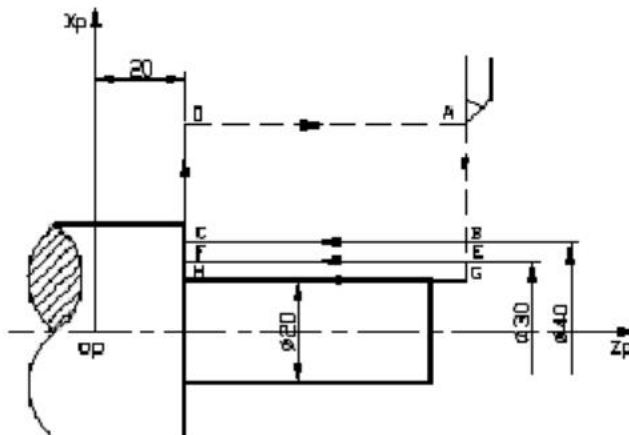


图 3.21 外圆切削循环例题

例题 如图 3.22 所示，运用锥面切削循环指令编程。

G90 X40 Z20 R-5 F30 A-B-C-D-A
X30 A-E-F-D-A
X20 A-G-H-D-A

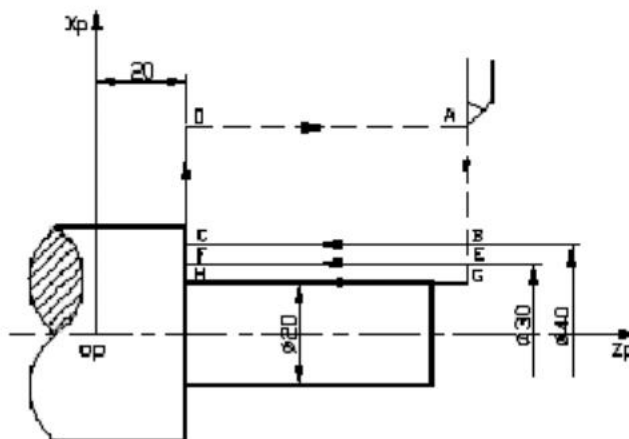


图 3.22 锥面切削循环例题

2-20、数控车端面切削循环指令 (G94)

指令格式: G94 X (U) _ Z (W) _ R _ F _

指令功能: 实现端面切削循环和带锥度的端面切削循环。

刀具从循环起点，按图 3.23 与图 3.24 所示走刀路线，最后返回到循环起点，图中虚线表示按 R 快速移动，实线按 F 指定的进给速度移动。

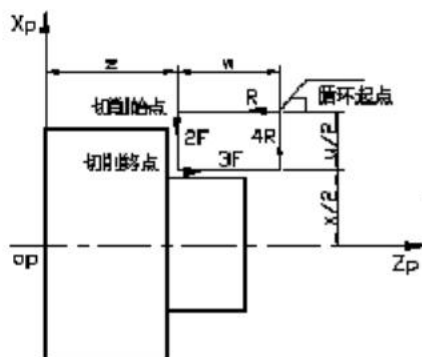


图 3.23 端面切削循环

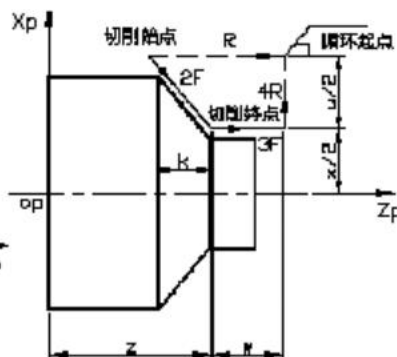


图 3.24 带锥度的端面切削循环

指令说明:

- ① X、Z 表示端平面切削终点坐标值；
- ② U、W 表示端面切削终点相对循环起点的坐标分量；
- ③ R 表示端面切削始点至切削终点位移在 Z 轴方向的坐标增量，端面切削循环时 R 为零，可省略；
- ④ F 表示进给速度。

例题: 如图 3.25 所示，运用端面切削循环指令编程。

G94 X20 Z16 F30 A-B-C-D-A
Z13 A-E-F-D-A
Z10 A-G-H-D-A

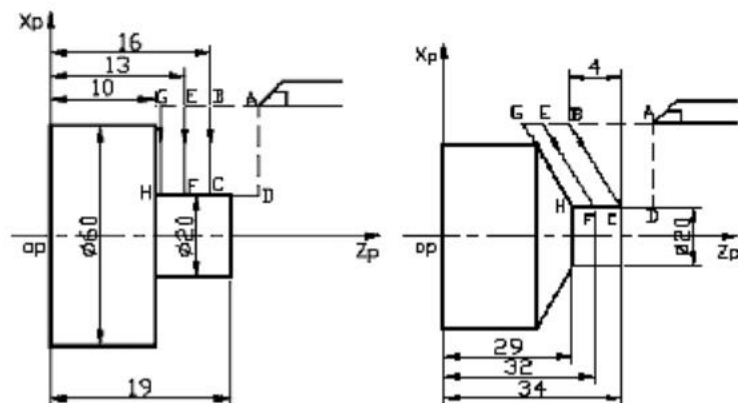


图 3.25 端面切削循环例题 图 3.26 带锥度的端面切削循环例题

例题: 如图 3.26 所示, 运用带锥度端面切削循环指令编程。

G94 X20 Z34 R-4 F30 A-B-C-D-A
Z32 A-E-F-D-A
Z29 A-G-H-D-A

2-21、数控车外圆粗加工复合循环 (G71)

指令格式: G71 U Δd Re

G71 Pns Qnf U Δu W Δw Ff Ss Tt

指令功能: 切除棒料毛坯大部分加工余量, 切削是沿平行 Z 轴方向进行, 如图 3.27 所示。

A 为循环起点, A-A'-B 为精加工路线。

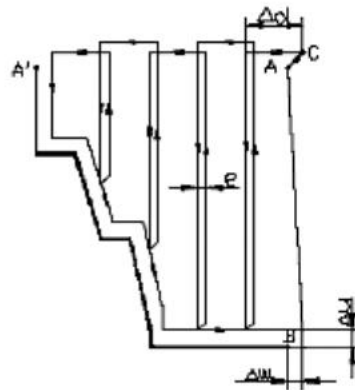
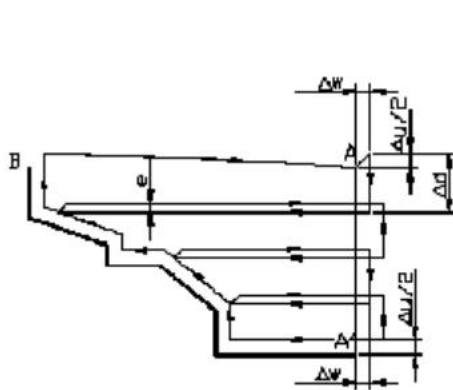


图 3.27 外圆粗加工复合循环

图 3.28 端面粗加工复合循环

指令说明:

- ① Δd 表示每次切削深度 (半径值), 无正负号;
- ② e 表示退刀量 (半径值), 无正负号;
- ③ ns 表示精加工路线第一个程序段的顺序号;
- ④ nf 表示精加工路线最后一个程序段的顺序号;
- ⑤ Δu 表示 X 方向的精加工余量, 直径值;
- ⑥ Δw 表示 Z 方向的精加工余量。

例题 :如图 3.29 所示, 运用外圆粗加工循环指令编程。

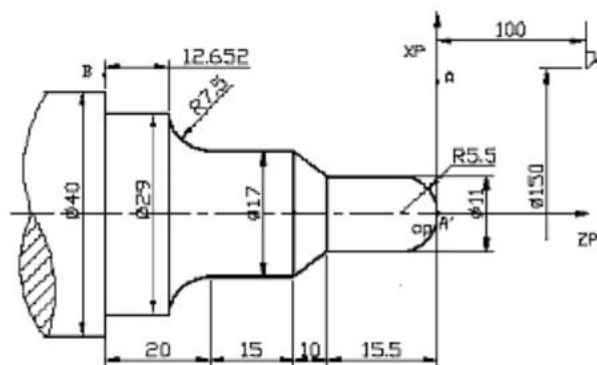


图 3.29 外圆粗加工复合循环例题

```

N010 G50 X150 Z100
N020 G00 X41 Z0
N030 G71 U2 R1
N040 G71 P50 Q120 U0.5 W0.2 F100
N050 G01 X0 Z0
N060 G03 X11 W-5.5 R5.5
N070 G01 W-10
N080 X17 W-10
N090 W-15
N100 G02 X29 W-7.348 R7.5
N110 G01 W-12.652
N120 X41
N130 G70 P50 Q120 F30
    
```

2-22、数控车端面粗加工复合循环（G72）

指令格式: $G72 \text{ W} \Delta d \text{ Re}$

$G72 \text{ Pns Qnf U} \Delta u \text{ W} \Delta w \text{ Ff Ss Tt}$

指令功能: 除切削是沿平行 X 轴方向进行外, 该指令功能与 G71 相同, 如图 3.28 所示。

指令说明:

Δd 、 e 、 ns 、 nf 、 Δu 、 Δw 的含义与 G71 相同。

例题: 如下图, 运用端面粗加工循环指令编程。

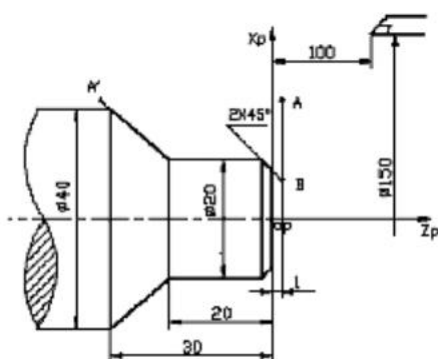


图 3.30 端面粗加工复合循环例题

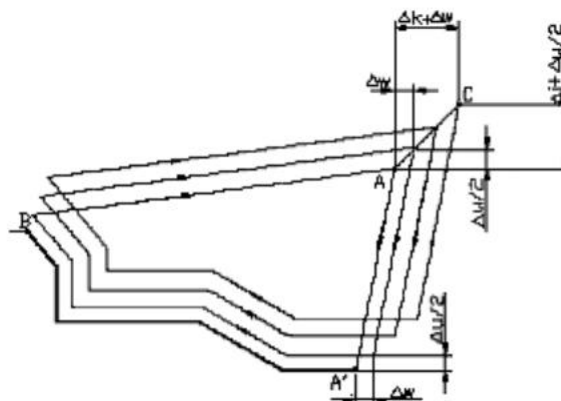


图 3.31 固定形状切削复合循环

```

N010 G50 X150 Z100
N020 G00 X41 Z1
N030 G72 W1 R1
N040 G72 P50 Q80
    
```

U0.1 W0.2 F100
 N050 G00 X41 Z-31
 N060 G01 X20 Z-20
 N070 Z-2
 N080 X14 Z1
 N090 G70 P50 Q80 F30

2-23、数控车固定形状切削复合循环（G73）

指令格式: G73 U Δi W Δk Rd

G73 P ns Q nf U Δu W Δw F f S s T t

指令功能:适合加工铸造、锻造成形的一类工件, 见图 3.31 所示。

指令说明:

Δi 表示 X 轴向总退刀量 (半径值);

ΔK 表示 Z 轴向总退刀量;

d 表示循环次数;

ns 表示精加工路线第一个程序段的顺序号;

nf 表示精加工路线最后一个程序段的顺序号;

Δu 表示 X 方向的精加工余量 (直径值);

Δw 表示 Z 方向的精加工余量。

①固定形状切削复合循环指令的特点:

a.刀具轨迹平行于工件的轮廓, 故适合加工铸造和锻造成形的坯料;

b.背吃刀量分别通过 X 轴方向总退刀量 Δi 和 Z 轴方向总退刀量 ΔK 除以循环次数 d 求得;

c.总退刀量 Δi 与 ΔK 值的设定与工件的切削深度有关。

②使用固定形状切削复合循环指令, 首先要确定换刀点、循环点 A、切削始点 A' 和切削终点 B 的坐标位置。分析上图, A 点为循环点, A'→B 是工件的轮廓线, A→A'→B 为刀具的精加工路线, 粗加工时刀具从 A 点后退至 C 点, 后退距离分别为 $\Delta i + \Delta u/2$ 、 $\Delta k + \Delta w$, 这样粗加工循环之后自动留出精加工余量 $\Delta u/2$ 、 Δw 。

③顺序号 ns 至 nf 之间的程序段描述刀具切削加工的路线。

例题: 如图 3.32 所示, 运用固定形状切削复合循环指令编程。

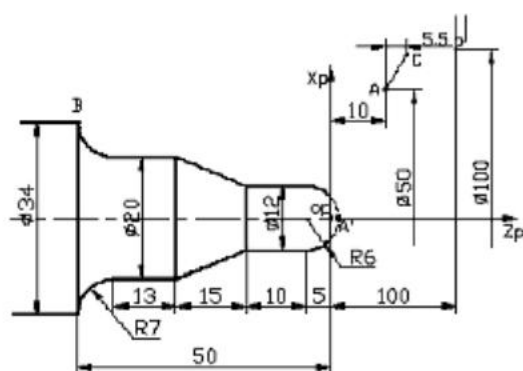


图 3.32 固定形状切削复合循环例题

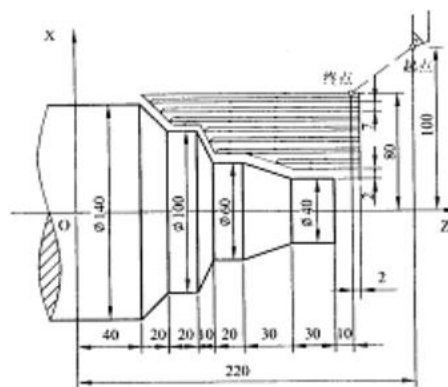


图 3.33 复合固定循环举例

N010 G50 X100 Z100
 N020 G00 X50 Z10
 N030 G73 U18 W5 R10
 N040 G73 P50 Q100 U0.5 W0.5 F100
 N050 G01 X0 Z1
 N060 G03 X12 W-6 R6
 N070 G01 W-10

N080 X20 W-15
 N090 W-13
 N100 G02 X34 W-7 R7
 N110 G70 P50 Q100 F30

2-24、数控车精车复合循环（G70）

指令格式： G70 P_{ns} Q_{nf}

指令功能：用 G71、G72、G73 指令粗加工完毕后，可用精加工循环指令，使刀具进行 A-A' -B 的精加工，(如以上例图)

指令说明：

ns 表示指定精加工路线第一个程序段的顺序号；

nf 表示指定精加工路线最后一个程序段的顺序号；

G70~G73 循环指令调用 N(ns)至 N(nf)之间程序段，其中程序段中不能调用子程序。

2-25、数控车复合固定循环举例（G71 与 G70 编程）

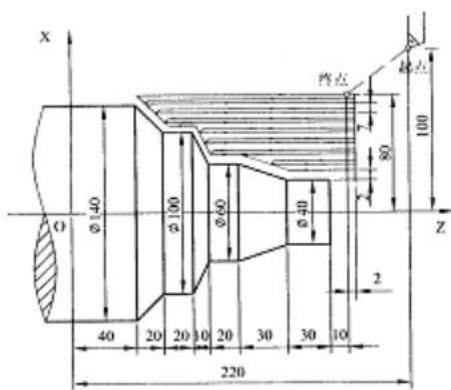


图3.33 复合固定循环举例

加工图 3.33 所示零件，其毛坯为棒料。工艺设计参数为：粗加工时切深为 7mm，进给速度 0.3mm/r，主轴转速 500r/min；X 向（直径上）精加工余量为 4 mm，z 向精加工余量为 2mm，进给速度为 0.15mm/r,主轴转速 800mm/min。程序设计如下：

```
N01 G50 X200.0 Z220.0;
N02 G00 X160.0 Z180.0 M03 S800;
N03 G71 P04 Q10 U4.0 W2.0 D7.0 F0.3 S500;
N04 G00 X40.0 S800;
N05 G01 W-40.0 F0.15;
N06 X60.0 W-30.0;
N07 W-20.0;
N08 X100.0 W-10.0;
N09 W-20.0;
N10 X140.0 W-20.0;
N11 G70 P04 Q10;
N12 G00 X200.0 Z220.0;
N13 M05;
N14 M30;
```

2-26、数控车单行程螺纹切削指令 G32（G33, G34）

指令格式： G32 X(U) _ Z(W) _ F_

指令功能：切削加工圆柱螺纹、圆锥螺纹和平面螺纹。

指令说明：

格式中的 X (U)、Z (W) 为螺纹中点坐标, F 为以螺纹长度 L 给出的每转进给率。L 表示螺纹导程, 对于圆锥螺纹 (图 3.34), 其斜角 α 在 45° 以下时, 螺纹导程以 Z 轴方向指定; 斜角 α 在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 时, 以 X 轴方向指定。

①圆柱螺纹切削加工时, X、U 值可以省略, 格式为: G32 Z (W) _F_ ;

②端面螺纹切削加工时, Z、W 值可以省略, 格式为: G32 X (U) _F_ ;

③螺纹切削应注意在两端设置足够的升速进刀段 δ_1 和降速退刀段 δ_2 , 即在程序设计时, 应将车刀的切入、切出、返回均应编入程序中。

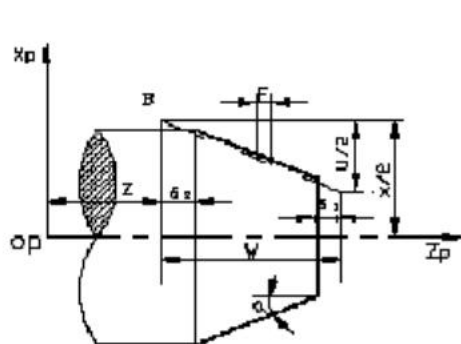


图 3.34 螺纹切削

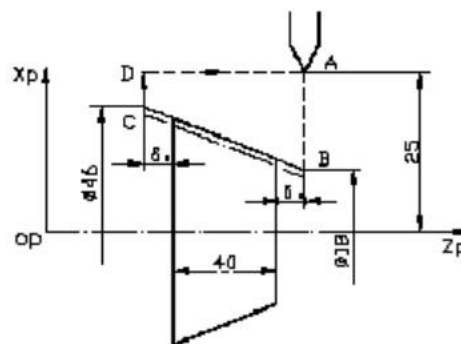


图 3.35 螺纹切削应用

螺纹切削例题:

如图 3.35 所示, 走刀路线为 A-B-C-D-A, 切削圆锥螺纹, 螺纹导程为 4mm, $\delta_1 = 3\text{mm}$, $\delta_2 = 2\text{mm}$, 每次背吃刀量为 1 mm, 切削深度为 2mm。

G00 X16

G32 X44 W-45 F4

G00 X50 W45 X14

G32 X42 W-45 F4

G00 X50 W45

2-27、数控车螺纹切削循环指令 (G92)

指令格式: G92 X (U) _Z (W) _R_ F_

指令功能: 切削圆柱螺纹和锥螺纹, 刀具从循环起点, 按图 3.36 与图 3.37 所示走刀路线, 最后返回到循环起点, 图中虚线表示按 R 快速移动, 实线按 F 指定的进给速度移动。

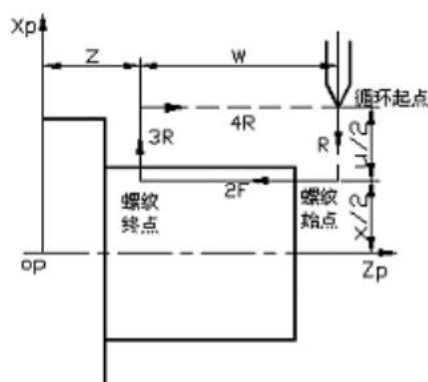


图 3.36 切削圆柱螺纹

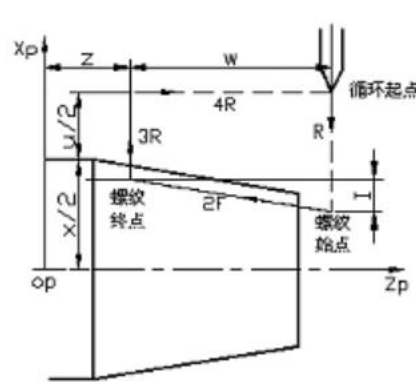


图 3.37 切削锥螺纹

指令说明:

①X、Z 表示螺纹终点坐标值;

②U、W 表示螺纹终点相对循环起点的坐标分量;

③R 表示锥螺纹始点与终点在 X 轴方向的坐标增量 (半径值), 圆柱螺纹切削循环时 R 为零, 可省略;

④F 表示螺纹导程。

例题：如图 3.38 所示，运用圆柱螺纹切削循环指令编程。

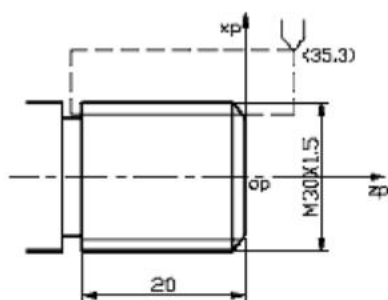


图 3.38 切削圆柱螺纹例题

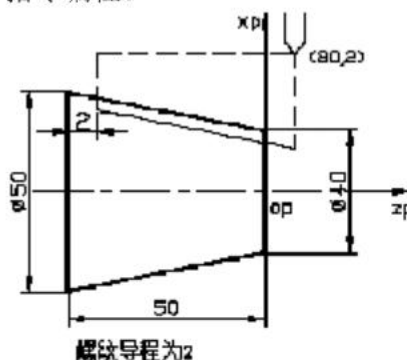


图 3.39 切削锥螺纹例题

```
G50 X100 Z50
G97 S300 T0101 M03
G00 X35 Z3
G92 X29.2 Z-21 F1.5
X28.6
X28.2
X28.04
```

```
G00 X100 Z50 T0000 M05
M02
```

例题：如图 3.39 所示，运用锥螺纹切削循环指令编程。

```
G50 X100 Z50
G97 S300 T0101 M03
G00 X80 Z2
G92 X49.6 Z-48 R-5 F2
X48.7
X48.1
X47.5
X47.1
X47
```

```
G00 X100 Z50 T0000 M05
M02
```

2-28、数控车螺纹切削复合循环（G76）

指令格式：G76 Pm r a Q Δdmin Rd

G76 X (U) _ Z (W) _ Ri Pk Q Δd Ff

指令功能：该螺纹切削循环的工艺性比较合理，编程效率较高，螺纹切削循环路线及进刀方法如图 3.40 所示。

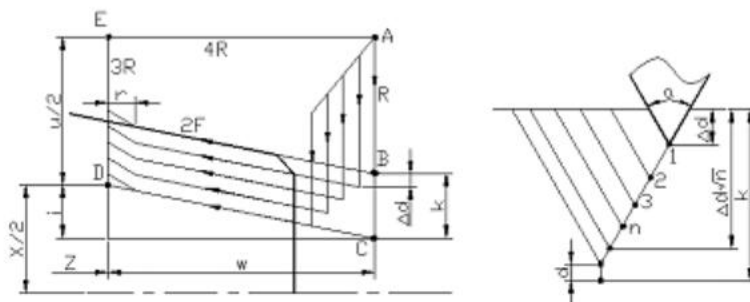


图 3.40 螺纹切削复合循环路线及进刀法

指令说明:

- ①m 表示精车重复次数, 从 1—99;
- ②r 表示斜向退刀量单位数, 或螺纹尾端倒角值, 在 0.0f—9.9f 之间, 以 0.1f 为一单位, (即为 0.1 的整数倍), 用 00—99 两位数字指定, (其中 f 为螺纹导程);
- ③a 表示刀尖角度; 从 80°、60°、55°、30°、29°、0°六个角度选择;
- ④ Δd_{min} : 表示最小切削深度, 当计算深度小于 Δd_{min} , 则取 Δd_{min} 作为切削深度;
- ⑤d: 表示精加工余量, 用半径编程指定; Δd : 表示第一次粗切深 (半径值);
- ⑥X、Z: 表示螺纹终点的坐标值;
- ⑦U: 表示增量坐标值;
- ⑧W: 表示增量坐标值;
- ⑨I: 表示锥螺纹的半径差, 若 I=0, 则为直螺纹;
- ⑩k: 表示螺纹高度 (X 方向半径值);

G76 螺纹车削实例

图 3.41 所示为零件轴上的一段直螺纹, 螺纹高度为 3.68, 螺距为 6, 螺纹尾端倒角为 1.1L, 刀尖角为 60°, 第一次车削深度 1.8, 最小车削深度 0.1, 精车余量 0.2, 精车次数 1 次, 螺纹车削前先精车削外圆柱面, 其数控程序如下:

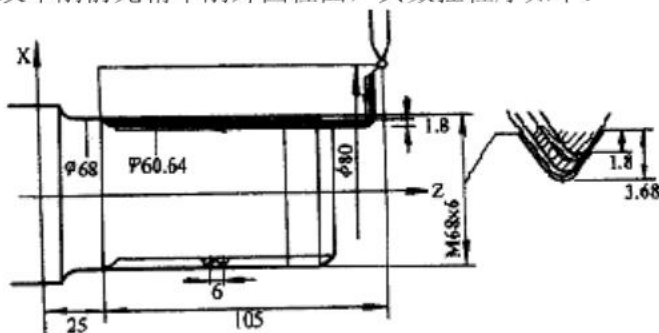


图 3.41 螺纹切削多次循环 G76 指令编程实例

O0028 /程序编号

N0 G50 X80.0 Z130.0; /设置工件原点在左端面

N2 G30 U0 W0; /返回第二参考点

N4 G96 S200 T0101 M08 M03; /指定切削速度为 200m/min, 调外圆车刀

N6 G00 X68.0 Z132.0; /快速走到外圆车削起点 (68.0, 132.0)

N7 G42 G01 Z130.0 F0.2;

N8 Z29.0 F0.2; /外圆车削

N9 G40 G00 U10.0;

N10 G30 U0 W0;

N12 G97 S800 T0202 M08 M03; /取消恒切削速度, 指定主轴转速 800r/min, 调螺纹车刀

N14 G00 X80.0 Z130.0; /快速走到螺纹车削循环始点 (80.0, 130.0)

N16 G76 P011160 Q0.1 R0.2; /循环车削螺纹

N18 G76 X60.64 Z25.0 P3.68 Q1.8 F6.0;

N20 G30 U0 W0 M09;

N22 M30;

2-29、外圆车削固定循环指令 G90 及举例

1) 外圆切削循环指令格式:

G90 X(U)___Z(W)___F___;

如图所示, 该循环主要用于轴类零件的外圆、锥面的加工。X(U)、Z(W)为车削循环中车削进给路径的终点坐标, 在使用增量值指令时, U、W 数值符号由刀具路径方向来决定。在循环加工过程中, 除切削加

工时，刀具按 F 指令速度运动外，刀具在切入、退出工件和返回起始点都是快速进给速度(G00 指令的速度)进行的。

2) 锥面切削循环指令格式:

G90 X(U) ____ Z(W) ____ R ____ F ____;

如图 3-15b 所示，R 为锥度部分大端与小端的半径差。以增量值表示，其正负符号取决于锥端面位置，当刀具起于锥端大头时，R 为正值；起于锥端小头时，R 为负值。即起始点坐标大于终点坐标时 R 为正，反之为负。如图中 Z、R 均为负值。

G90 指令及指令中各参数均为模态值，每指定一次，车削循环一次，指令中的参数，包括坐标值，在指定另一个 G 指令(G04 指令除外)前保持不变。用 G90 进行粗车时，每次车削一层余量，再次循环时只需按车削深度依次改变 X 的坐标值，则循环过程依次重复执行。

(3) 编程实例

① 圆柱面粗车

如图 a 所示，零件右端外径为 $\Phi 20$ ，左端外径为 $\Phi 32$ ，直径相差很大，加工余量较大，因此，在精车前，必须将大部分余量去除，为此，可使用 G90 车削循环指令编写粗车程序，每次车削深度沿 X 向为 1mm，留 0.2mm 精车余量，则粗车程序为：

.....

N30 G90 X31.0 Z 10.5 F0.4; 粗车开始程序段，第 1 次车削深度 0.5mm，进给率 0.4mm/r

N32 X29.0; 第 2 次粗车，车削深度 1mm，其余参数不变

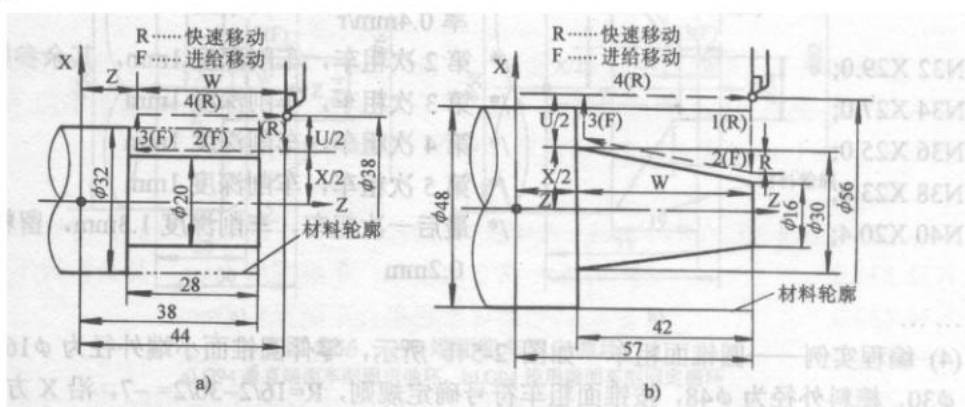
N34 X27.0; 第 3 次粗车，车削深度 1mm

N36 X25.0; 第 4 次粗车，车削深度 1mm

N38 X23.0; 第 5 次粗车，车削深度 1mm

N40 X20.4; 最后一次粗车，车削深度 1.3mm，留 0.2mm 精车余量。

.....



② 圆锥面粗车

如图 b 所示，零件圆锥面小端外径为 $\Phi 16$ ，大端外径为 $\Phi 30$ ，棒料外径为 $\Phi 48$ ，按锥面粗车符号确定规则， $R=16/2-30/2=-7$ ，沿 X 方向车削深度 1mm，留 0.2mm 用于精车，粗车程序如下：

.....

N30 G90 X47.0 Z14.5 R-7.0 F0.4; 定义粗车开始程序段，第 1 次车削深度 0.5mm，进给率 0.4mm/r

第 2 次粗车，车削深度 1mm，其余参数不变

第 3 次粗车，车削深度 1mm

第 4 次粗车，车削深度 1mm

第 5 次粗车，车削深度 1mm

第 6 次粗车，车削深度 1mm

第 7 次粗车，车削深度 1mm

第 8 次粗车，车削深度 1mm

第 9 次粗车，车削深度 1mm

第 10 次粗车，车削深度 1mm

第 11 次粗车，车削深度 1mm

第 12 次粗车，车削深度 1mm

最后一次粗车，车削深度 1mm，留 0.2mm 精车余量

.....

端面车削固定循环指令 G94

G94 指令用于在零件的垂直端面或锥形端面上毛坯余量较大或直接从棒料车削零件时进行精车前的粗车，以去除大部分毛坯余量。车削循环过程如图所示。

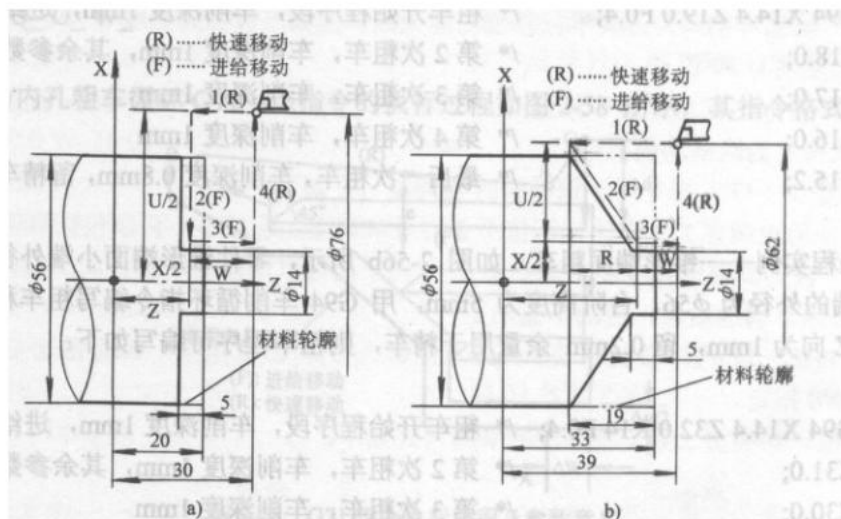
(1) 垂直端面车削固定循环 指令格式为：

G94 X(U)___Z(W)___F___；

(2) 锥形端面车削固定循环 指令格式为：

G94 X(U)___Z(W)___R___F___；

端面车削固定循环指令各参数的意义同外圆车削固定循环指令 G90，再此不作更多的解释。



(3) 编程实例

= 1 * GB3 ①垂直端面粗车

如图 a 所示，零件右端小端面外径为 $\Phi 14$ ，左端大端面的外径为 $\Phi 56$ ，台阶高度为 5mm，用 G94 车削循环指令编写粗车程序，每次车削深度为 1mm，留 0.2mm 精车余量，则粗车削程序为：

```
N30 G94 X14.4 Z 19.0 F0.4; 粗车开始程序段，车削深度 1mm，进给率 0.4mm/r
N32 Z 18.0; 第 2 次粗车，车削深度 1mm，其余参数不变
N34 Z 17.0; 第 3 次粗车，车削深度 1mm
N36 Z 16.0; 第 4 次粗车，车削深度 1mm
N38 Z 15.2; 最后一次粗车，车削深度 0.8mm，留精车余量 0.2mm
.....
```

= 2 * GB3 ②锥形端面粗车

如图 b 所示，零件锥形端面小端外径为 $\Phi 14$ ，锥形端面大端的外径为 $\Phi 56$ ，台阶高度为 5mm，用 G94 车削循环指令编写粗车程序，每次车削深度沿 Z 向为 1mm，留 0.2mm 精车余量，则粗车程序可编写如下：

```
N30 G94 X14.4 Z 32.0 R14 F0.4; 粗车开始程序段，车削深度 1mm，进给率 0.4mm/r
N32 Z 31.0; 第 2 次粗车，车削深度 1mm，其余参数不变
N34 Z 30.0; 第 3 次粗车，车削深度 1mm
N36 Z 29.0; 第 4 次粗车，车削深度 1mm
N38 Z 28.1; 最后一次粗车，车削深度 0.9mm，留精车余量 0.2mm
.....
```

多次固定循环 G70、G71、G72、G73、G74、G75

G70~G76 是 CNC 车床多次固定循环指令，与单次固定循环指令一样，可以用于必须重复多次加工才能加工到规定尺寸的典型工序。主要用于铸、锻毛坯的粗车和棒料车阶梯较大的轴及螺纹加工。利用多次固定循环功能，只要给出最终精加工路径、循环次数和每次加工余量，机床能自动决定粗加工时的刀具路径。在这一组多次固定循环指令中，G70 是 G71、G72、G73 粗加工后的精加工指令，G74 是深孔钻削固定循环指令，G75 切槽固定循环指令，G76 螺纹加工固定循环。

(1) 精车循环 G70

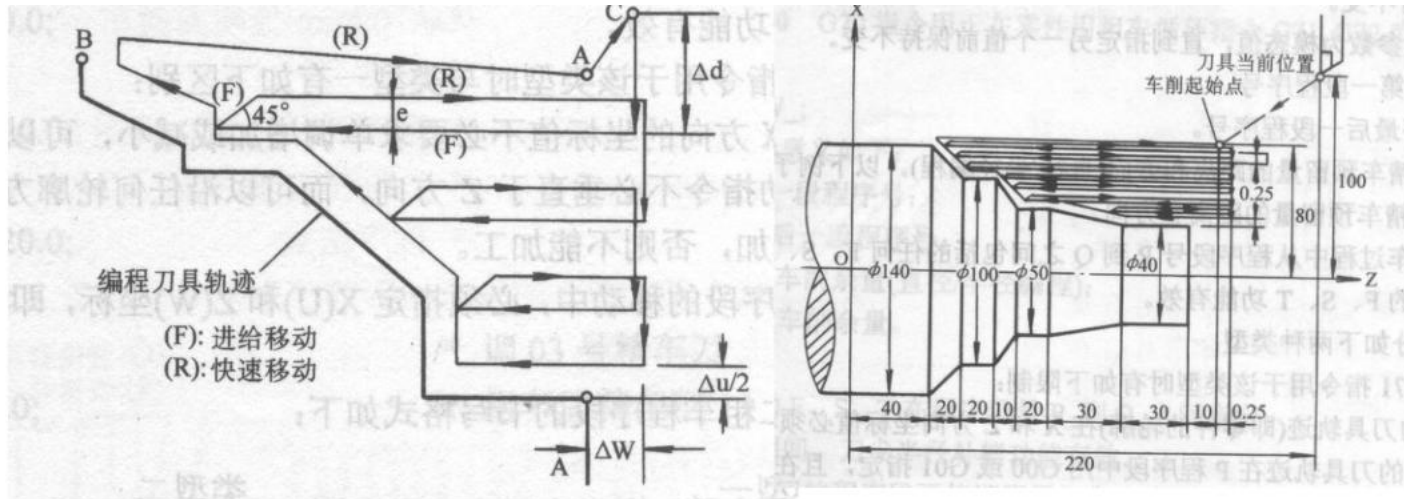
该指令用于在零件用粗车循环指令 G71、G72 或 G73 车削后进行精车，指令格式为：

G70 P___Q___U___W___；

指令中各参数的意义如下：

P：精车程序第一段程序号；

Q：精车程序最后一段程序号；



U: 沿 X 方向的精车余量;

W: 沿 Z 方向的精车余量。

编程注意事项:

(1) 精车过程中的 F、S、T 在程序段号 P 到 Q 之间指定。

(2) 在车削循环期间, 刀尖半径补偿功能有效。

(3) 在 P 和 Q 之间的程序段不能调用子程序。

(4) 指定车削余量 U 和 W 可分几次进行精车。

图 a

图 b

(2) 外圆/内孔粗车循环 G71

该指令适用于毛坯料的粗车外径与粗车内径。如图 a 所示为粗车外径的加工路径, 图中 C 是粗加工循环的起点, A 是毛坯外径与端面的交点, B 是加工终点。该指令的执行过程如图 a 所示, 其指令格式为:

G71 U(Δd) R(e);

G71 P____ Q____ U(Δu) W(Δw) F____ S____ T____;

N(P)

..... 用程序段号 P 到 Q 之间的程序段定义 A→A'→B 之间的移动轨迹

N(Q)

指令中各参数的意义如下:

Δd: 车削深度, 无符号。车削方向取决于方向 AA'。该参数为模态值。

E: 退刀量, 该参数为模态值。

P: 精车削程序第一段程序号。

Q: 精车削程序最后一段程序号。

Δu: X 方向精车预留量的距离和方向。

Δw: Z 方向精车预留量的距离和方向。

F、S、T: 粗车过程中从程序段号 P 到 Q 之间包括的任何 F、S、T 功能都被忽略, 只有 G71 指令中指定的 F、S、T 功能有效

编程实例 如图 b 所示为要进行外圆粗车的短轴, 粗车深度定为 1mm, 退刀量为 1mm, 精车削预留量 X 方向为 0.5mm, Z 方向为 0.25mm, 粗车进给率为 0.3mm/r, 主轴转速为 550r/min, 数控程序编写如下:

N6 G50 X200.0 Z220.0; 定义程序原点

N8 G30 U0 W0;

N10 T0100 M08; 调 01 号粗车刀

N12 G00 X160.0 Z180.0; 刀具快速走到粗车循环起始点

N14 G71 U1.0 R1.0; 定义 G71 粗车循环, 切削深度 1mm, 退刀量 1mm

N16 G71 P18 Q30 U0.5 W0.25 F0.3 S550; 粗车主轴转速 550r/min, 进给率 0.3mm/r

N18 G00 X40.0; 程序段号 N18 到 N30 定义精车削刀具轨迹

N20 G01 W-40.0 F0.15;

N22 X60.0 W-30.0;

N24 W-20.0;

N26 X100.0 W-10.0;

N28 W-20.0;

N30 X140.0 W-20.0;

N32 G30 U0 W0;

N34 T0303; 调 03 号精车刀

N36 G70 P18 Q30; 粗车后精车削

(2) 端面粗车循环 G72

如图 a 所示, G72 指令的含义与 G71 相同, 不同之处是刀具平行于 X 轴方向切削, 它是从外径方向往轴心方向切削端面的粗车循环, 该循环方式适于圆柱棒料毛坯端面方向粗车。G72 端面粗车循环编程指令格式为:

G72 U(Δd) R(e);

G72 P____ Q____ U(Δu) W(Δw) F____ S____ T____;

N(P)

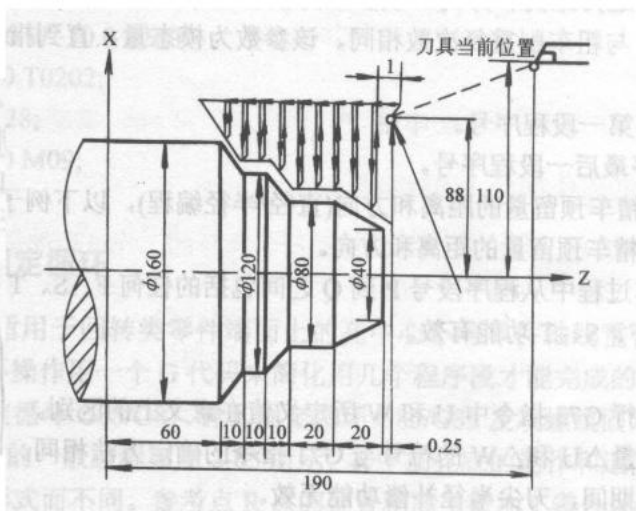
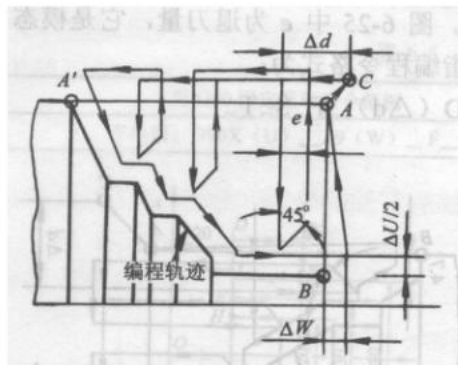
..... 用程序段号 P 到 Q 之间的程序段定义 A→A'→B 之间的移动轨迹

N(Q)

G72 指令中各参数的意义与 G71 相同

图 a

图 b



编程实例：如图 b 所示为要进行端面粗车的短轴，粗车深度定为 1mm，退刀量为 1mm，精车削预留量 X 方向为 0.5mm，Z 方向为 0.25mm，粗车进给率为 0.3mm/r，主轴转速为 550r/min，数控程序编写如下：

```
N6 G50 X220.0 Z 190.0;    定义程序原点
N8 G30 U0 W0;
N10 T0100 M03;           调 01 号粗车刀
N12 G00 X176.0 Z 130.25;  刀具快速走到粗车循环起始点
N14 G72 U1.0 R1.0;       定义 G72 粗车循环
N16 G72 P18 Q28 U0.5 W0.25 F0.3 S550; 调用程序段 N18 到 N28 进行粗车
N18 G00 Z56.0;           快速走到精车起始点
N20 G01 X120.0 W12.0;     程序段 N20 到 N28 定义精车刀具轨迹
N22 W10.0;
N24 X80.0 W10.0;
N26 W20.0;
N28 X36.0 W22.0;
N32 G30 U0 W0;
N34 T0303;               调 03 号精车刀
N36 G70 P18 Q28;         粗车后精车削
N38 G30 U0 W0 M09;
N40 M30;
```

(4) 固定形状粗车循环 G73

如图 a 所示，固定形状粗车循环适用于铸、锻件毛坯零件的一种循环切削方式。由于铸、锻件毛坯的形状与零件的形状基本接近，只是外径、长度较成品大一些，形状较为固定，故称之为固定形状粗车循环。

G73 指令格式：

G73 U (Δi) W(Δk) R____

G73 P____ Q____ U(Δu) W(Δw) F____ S____ T____

N(P)

..... 程序段号 P 到 Q 之间的程序段定义 A→A'→B 之间的移动轨迹

N(Q)

指令中各参数的意义如下：

Δi ：沿 X 轴的退刀距离和方向。该参数为模态量，直到指定另一个值前保持不变。

Δk ：沿 Z 轴的退刀距离和方向。该参数为模态量，直到指定另一个值前保持不变。

R：分割次数，与粗车削重复次数相同。该参数为模态量。

P：精车削程序第一段程序号。

Q：精车削程序最后一段程序号。

ΔU ：X 方向精车预留量的距离和方向。

ΔW ：Z 方向精车预留量的距离和方向。

F、S、T：粗车过程中从程序段号 P 到 Q 之间包括的任何 F、S、T 功能被忽略，只有 G73 指令中指定的 F、S、T 功能有效。

N10 G50 X260.0 Z220.0;
N12 G30 U0 W0 T0100 M03 M08;
N14 G00 X220.0 Z160.0; 快速走到车削循环起始点
N16 G73 U14.0 W14.0 R3; 定义 G73 粗车循环, 分割次数 3
N18 G73 P18 Q28 U0.5 W0.2 5F0.3 S180; G73 循环起始段 N18 到 N28
N20 G00 X80.0 W-40; 快速走到车削起始点
N22 G01 W-20.0 F0.15; N20 到 N28 定义精车程序段
N24 X120.0 W-10.0;
N26 W-20.0;
N28 G02 X160.0 W-20.0 R20.0;
N30 G01 X180.0 W-10.0;
N32 G30 U0 W0 T0202;
N34 G70 P18 Q28; 精车
N36 G30 U0W0 M09;
N38 M30;

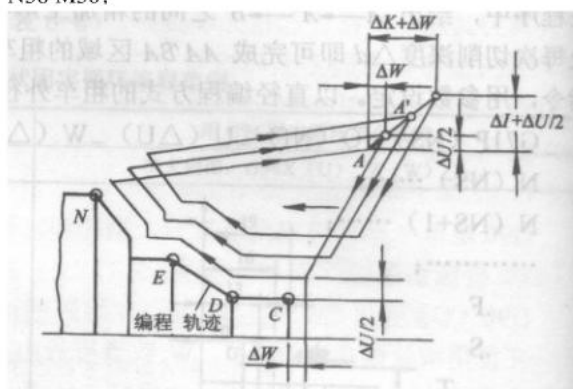


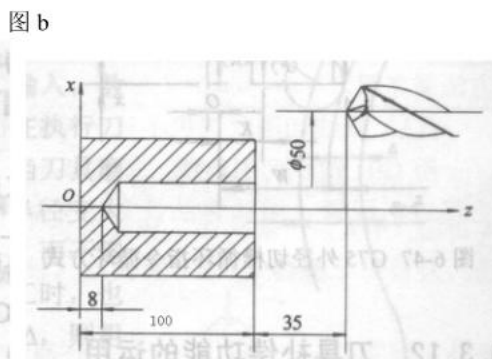
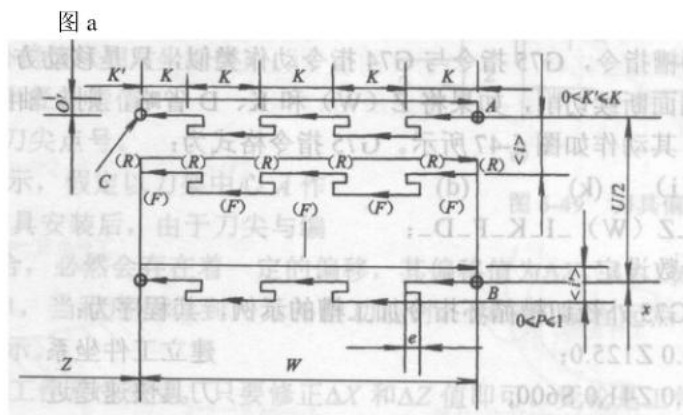
Figure 10-10 is a technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows the shaft's profile with various diameters and axial dimensions. The coordinate system (X, Z) is established with the origin at the left end of the shaft. The shaft has a total length of 220 units. The diameters of the steps are $\phi 180$, $\phi 160$, $\phi 120$, $\phi 80$, and $\phi 14$. The axial dimensions are 40, 10, 40, 10, 20, and 40. The drawing also shows the tool's current position and the starting point of the turning operation. Key dimensions include 14.25, 110, 130, 14, 0.25, and R20.

图 B

纵向切削固定循环原本用于端面纵向断续切削, 但实际多用于深孔钻削加工, 故也称之为深孔钻削循环。其指令动作见图 a 所示, 指令格式为:

X: B点X坐标;
U: A→B增量值;
Z: C点的z坐标;
W: A→C的增量值;
I: x方向的移动量(无符号指定);
K: z方向的切削量(无符号指定);
D: 切削到终点时的退刀量;
F: 进给速度。

如果程序段中 X(U)、I、D 为 0, 则为深孔钻加工。



编程实例：如图 b 所示，要在车床上钻削直径为 10mm，深为 100mm 的深孔，其程序为：

```
N01 G50 X50.0 Z100.0;      建立工件坐标系
N02 G00 X0 Z68.0;          钻头快速趋近
N03 G74 Z 8.0 K5.0 F0.1 S800; 用 G74 指令钻削循环
N04 G00 X50.0 Z 100.0;     刀具快速退至参考点
```

(6) 外径切槽固定循环 G75

G75 是外径切槽循环指令，G75 指令与 G74 指令动作类似，只是切削方向旋转 90°，这种循环可用于端面断续切削，如果将 Z(W) 和 K、D 省略，则 X 轴的动作可用于外径沟槽的断续切削。其动作如图 a 所示。G75 指令格式为：

G75 X(U) ____ Z(W) ____ I ____ K ____ D ____ F ____;

各参数的意义同 G74

编程实例：图 b 是用 G75 外径切槽循环指令加工槽的实例，刀具宽度为 4mm，X 方向分四次加工，Z 方向分两次加工，其程序为：

```
N01 G50 X90.0 Z125.0;      建立工件坐标系
N02 G00 X41.0 Z41.0 S600; 刀具快速趋近
N03 G75 X20.0 Z25.0 I2.5 K10 F2.5; 用 G75 指令切槽
N04 X90.0 Z125.0;          刀具快速退至参考点
```

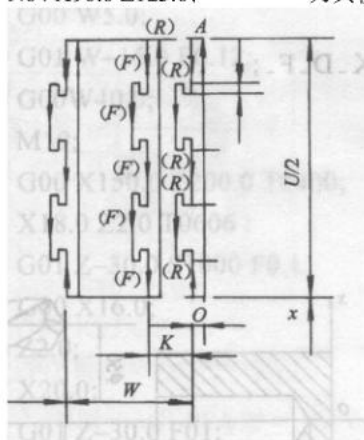


图 a

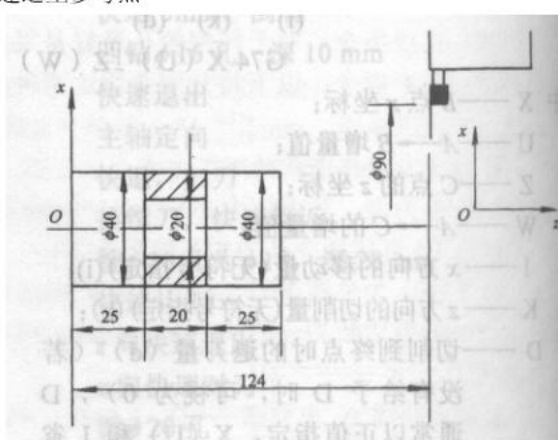


图 b

孔加工固定循环 G83/G87、G85/G89、G84/G88

孔加工固定循环适用于回转类零件端面上的孔中心不与零件轴线重合的孔或外表面上的孔的加工，钻削径向孔或中心不在工件回转轴线上的轴向孔时，数控车床必须带有轴向的和径向的动力刀具，而且必须具备 C 轴定位/夹紧/松开功能，即必须在车削中心上加工。

孔加工固定循环的一般过程如图 a 所示，其中在孔底的动作和退回参考点 R 点的移动速度视具体的钻孔形式而不同。参考点 R 点的位置稍高于被加工零件的平面，是为保证钻孔过程的安全可靠而设置的。根据加工需要，可以在零件端面上或侧面上进行钻孔加工。孔加工循环可分为钻孔固定循环 G83/G87、镗孔固定循环 G85/G89、攻丝固定循环 G84/G88。钻孔固定循环又分为一般钻孔固定循环和高速啄式钻孔固定循环，两者的区别在于是否有退刀及一个孔加工完毕的退刀位置，一般钻孔固定循环一个孔加工完毕退刀到初始点，而高速啄式钻孔固定循环一个孔加工完毕退刀到 R 点，见图 b 所示。

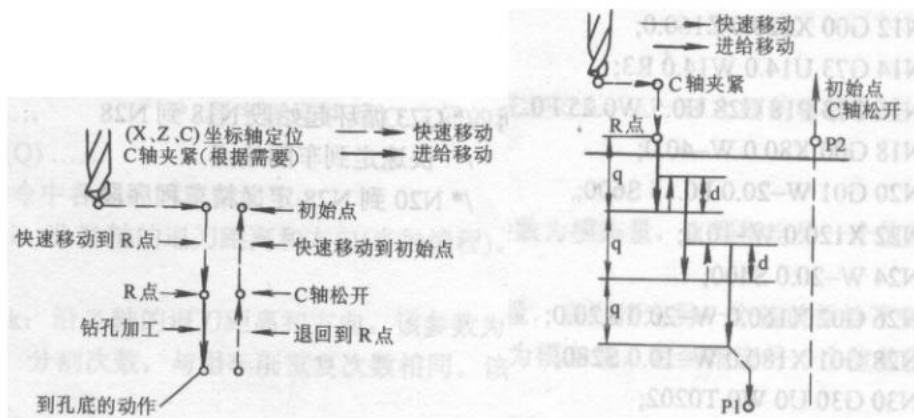


图 a

图 b

孔加工固定循环是普通钻孔固定循环 G83/G87、镗孔固定循环 G85/G89 及攻螺纹固定循环 G84/G88 等的简称。指令格式为

G83 X(U)___ C(H)___ Z(W)___ R___ Q___ P___ K___ F___ M___; 端面钻孔循环

G87 Z(W)___ C(H)___ X(U)___ R___ Q___ P___ K___ F___ M___; 侧面钻孔循环

G85 X(U)___ C(H)___ Z(W)___ R___ P___ K___ F___ M___; 端面镗孔循环

G89 Z(W)___ C(H)___ X(U)___ R___ P___ K___ F___ M___; 侧面镗孔循环

G84 X(U)___ C(H)___ Z(W)___ R___ P___ K___ F___ M___; 端面攻丝循环

G88 Z(W)___ C(H)___ X(U)___ R___ P___ K___ F___ M___; 侧面攻丝循环

各参数的意义:

当用于端面循环时 X(U)、C(H)为孔的位置坐标, Z(W)为孔的底部坐标;

当用于侧面循环时 Z(W)、C(H)为孔的位置坐标, X(U)为孔的底部坐标;

R: 初始点到 R 点的距离, 带正负号。

Q: 钻孔深度

P: 刀具在孔底停留的延迟时间。

F: 钻孔进给速度, 以 mm/min 表示。

K: 钻孔重复次数(根据需要指定)。

M: C 轴夹紧 M 代码(根据需要)。

以上孔加工固定循环指令均为模态量。

编程实例: 如图所示的零件在周向有四个孔, 孔间夹角均为 90° , 可先采用 $\phi 18$ 的钻头用 G83 指令来钻削, 然后采用 G85 指令来镗孔, 每次加工时保持其余参数不变, 只改变 C 轴旋转角度, 则已指定的指令可重复执行, 数控程序如下:

N30 M98 M18; 采用 mm/min 进给率, 主切削运动转换到动力头

N32 M03 S2000;

N34 T0404; 换 $\phi 18$ 的钻头

N36 G00 Z30.0; 快速走到钻孔初始平面, 该平面距离零件端面 30mm

N38 G83 X100.0 C0.0 Z-65.0 R-10.0 Q5000 F5.0 M89; 定位并钻第一个孔, R 平面距离初始平面为 10mm, 每次钻削深度为 5.0mm, 钻孔进给速度为 5mm/min, 车床主轴夹紧代码为 M89

N40 C90.0 M89; 主轴旋转 90 度钻第二个孔

N42 C180.0 M89; 主轴旋转 90 度钻第三个孔

N44 C270.0 M89; 主轴旋转 90 度钻第四个孔

N46 G80 M05; 钻孔完毕, 取消钻孔循环

N48 G30 U0 W0

N50 T0505; 换镗刀

N52 G00 Z30.0; 快速走到镗孔初始平面, 该平面距离零件端面 30mm

N54 G85 X100.0 C0.0 Z-65.0 R-10.0 P500 F5.0 M89; 定位并镗第一个孔, R 平面距离初始平面为 10mm, 镗孔进给速度为 5mm/min, 孔底延时 500ms, 车床主轴夹紧代码为 M89

N56 C90.0 M89; 主轴旋转 90 度镗第二个孔

N58 C180.0 M89; 主轴旋转 90 度镗第三个孔

N60 C270.0 M89; 主轴旋转 90 度镗第四个孔

N62 G80 M05; 镗孔完毕, 取消镗孔循环

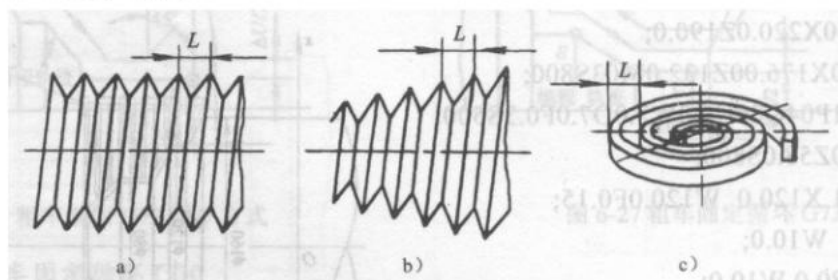
N64 G99 M17; 转换到 mm/r 进给方式, 主切削运动转换到车床主轴

N66 G30 U0 W0;

N68 M30;

螺纹加工指令 G32、G92、G76

数控车床可以加工直螺纹、锥螺纹、端面螺纹, 见图所示。加工方法上分为单行程螺纹切削、简单螺纹切削循环和螺纹切削复合循环。



(1) 单行程螺纹切削 G32

指令格式: G32 X(U)___ Z(W)___ F___

指令中的 X(U)、Z(W) 为螺纹终点坐标, F 为螺纹导程。使用 G32 指令前需确定的参数如图 a 所示, 各参数意义如下:

L: 螺纹导程, 当加工锥螺纹时, 取 X 方向和 Z 方向中螺纹导程较大者;

α : 锥螺纹锥角, 如果 α 为零, 则为直螺纹;

δ_1 、 δ_2 : 为切入量与切除量。一般 $\delta_1=2\sim5\text{mm}$ 、 $\delta_2=(1/4\sim1/2)\delta_1$ 。

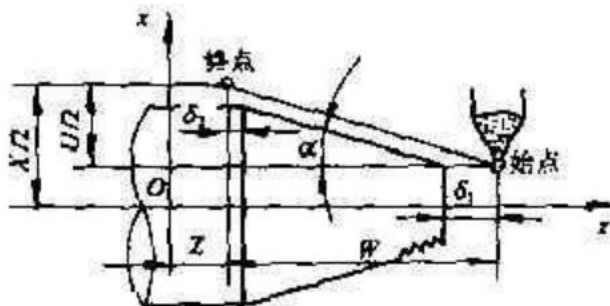


图 a

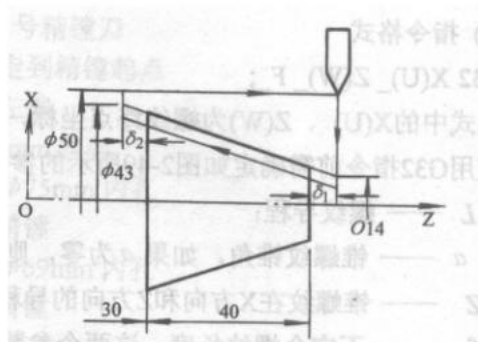


图 b

螺纹加工实例：如图 b 所示，螺距 $L=3.5\text{mm}$ ，螺纹高度 $=2\text{mm}$ ，主轴转速 $N=514\text{r/min}$ ， $\delta_1=2\text{mm}$ 、 $\delta_2=1\text{mm}$ ，分两次车削，每次车削深度为 1mm 。加工程序为：

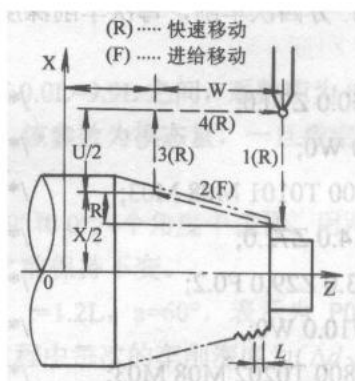
```

N0 G50 X50.0 Z70.0    设置工件原点在左端面
N2 S514 T0202 M08 M03  指定主轴转速 514r/min、调螺纹车刀
N4 G00 X12.0 Z72.0;    快速走到螺纹车削始点(12.0, 72.0)
N6 G32 X41.0 Z29.0 F3.5;  螺纹车削
N8 G00 X50.0;          沿 X 轴方向快速退回
N10 Z72.0;             沿 Z 轴方向快速退回
N12 X10.0;             快速走到第二次螺纹车削起始点
N14 G32 X39.0 Z29.0;    第二次螺纹车削
N16 G00 X50.0;          沿 X 轴方向快速退回
N18 G30 U0 W0 M09;      回参考点
N20 M30;               程序结束
  
```

(2) 螺纹切削循环指令 G92

螺纹切削循环 G92 为简单螺纹循环，该指令可以切削锥螺纹和圆柱螺纹，其循环路线与前述的单一形状固定循环基本相同，只是 F 后续进给量改为螺距值。其指令格式为：

G92 X(U)___Z(W)___R___F___;



如图为螺纹切削循环图。刀具从循环起点 A 开始，按 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 路径进行自动循环。图中虚线表示刀具快速移动，实线表示按 F 指定的工作速度移动。X、Z 为螺纹终点的 (C 点) 的坐标值；U、W 起点坐标到终点坐标的增量值；R 为锥螺纹终点半径与起点半径的差值，R 值正负判断方法与 G90 相同，圆柱螺纹 $R=0$ 时，可以省略；F 为螺距值。螺纹切削退刀角度为 45° 。

螺纹加工实例：加工如上图 b 所示的螺纹。程序为：

```

N0 G50 X50.0 Z70.0;    设置工件原点在左端面
N2 S514 T0202 M08 M03;  指定主轴转速 514r/min、
  
```

调螺纹车刀

N4 G00 X12.0 Z72.0; 快速走到螺纹车削始点

(12.0, 72.0)

N6 G92 X41.0 Z29.0 R29.0 F3.5; 螺纹车削

N8 X39

N10 G30 U20 W20 M09; 回参考点

N12 M30; 程序结束

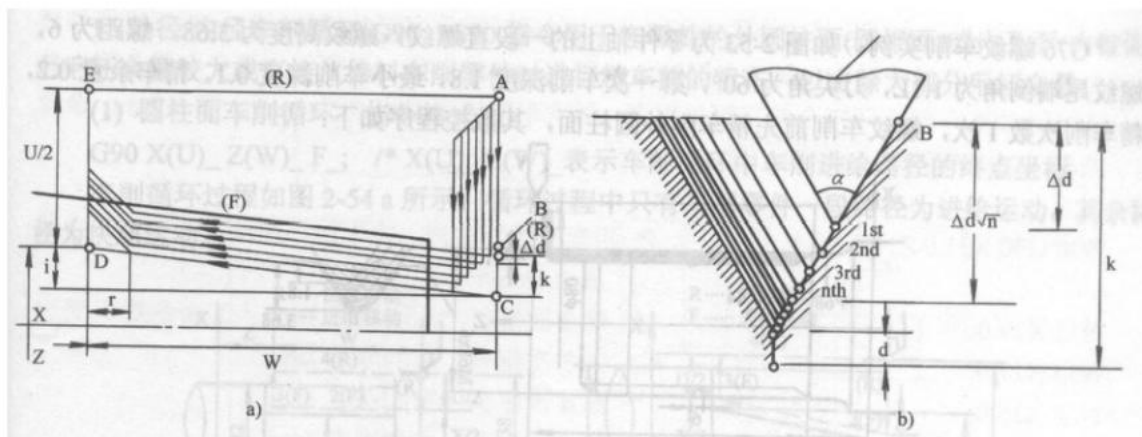
(3)螺纹切削多次循环指令 G76

G76 螺纹切削多次循环指令较 G32、G92 指令简洁，在程序中只需指定一次有关参数，则螺纹加工过程自动进行。指令执行过程见下图所示，指令格式如下：

G76 螺纹切削指令的格式需要同时用两条指令来定义，其格式为：

G76 P(m)(r)(a) Q___ R___;

G76 X(U) Z(W) R(i) P(k) Q(Δd) F(L);



式中有关几何参数的意义如图所示，各参数的定义如下：

m: 精车重复次数，从 1-99，该参数为模态量。

r: 螺纹尾端倒角值，该值的大小可设置在 0.0L~9.9L 之间，系数应为 0.1 的整数倍，用 00~99 之间的两位整数来表示，其中 L 为螺距。该参数为模态量。

a: 刀具角度，可从 80°、60°、55°、30°、29° 和 0° 六个角度中选择，用两位整数来表示。该参数为模态量。

m、r 和 a 用地址 P 同时指定，例如：m=2，r=1.2L，a=60°，表示为 P021260。

Q: 最小车削深度，用半径编程指定。车削过程中每次的车削深度为 $(\Delta d \sqrt{n} - \Delta d \sqrt{n-1})$ ，当计算深度小于这个极限值时，车削深度锁定在这个值。该参数为模态量。

R: 精车余量，用半径编程指定。该参数为模态量，

X(U)、Z(W): 螺纹终点坐标

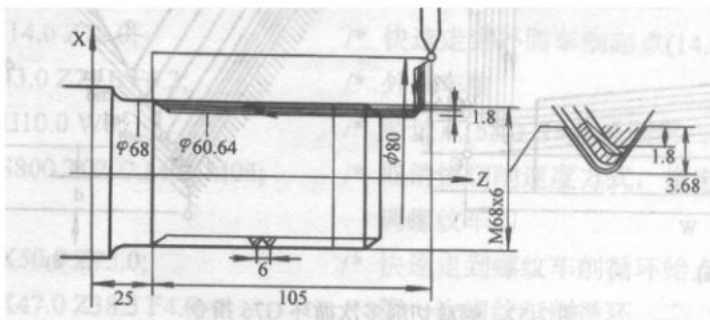
i: 螺纹锥度值，用半径编程指定。如果 R=0 则为直螺纹。

k: 螺纹高度，用半径编程指定。

Δd : 第一次车削深度，用半径编程指定。

L: 螺距。

在上述两个指令中，Q、R、P 地址后的数值应以无小数点形式表示。



G76 螺纹车削实例：上图为零件轴上的一段直螺纹，螺纹高度为 3.68mm，螺距为 6mm，螺纹尾端倒角为 1.1L，刀尖角为 60° ，第一次车削深度 1.8mm，最小车削深度 0.1mm。程序为：

.....

N16 G76 P011160 Q100 R200;

N18 G76 X60.64 Z25.0 P3680 Q1800 F6.0;

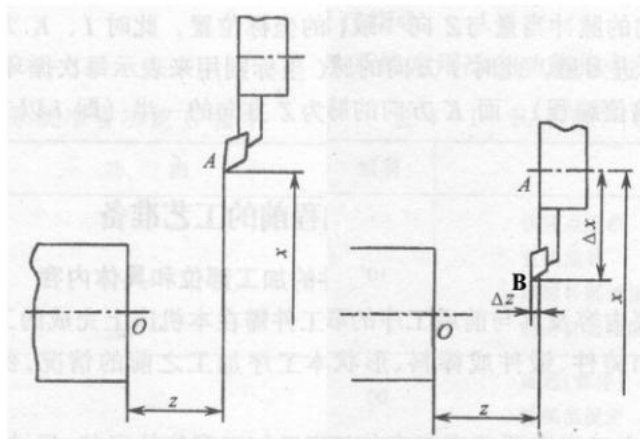
.....

刀具补偿及实例

数控车床一般均有刀具补偿功能，这是因为车床通常进行连续切削加工，刀架在换刀时的前一刀具刀尖位置和更换的新刀具刀尖位置之间会产生差异，以及由于刀具的安装误差、刀具磨损和刀尖圆弧半径的存在等，因此在数控加工中必须利用刀具补偿功能予以补偿，才能加工出符合图纸形状要求的零件。此外合理地利用刀具补偿还可以简化编程。

数控车床的刀具补偿可分为两类，即刀具长度补偿和刀具半径补偿，其中刀具长度补偿亦称为刀具几何位置及磨损补偿。

(1) 刀具长度补偿



如图 3-36 所示，在编程时，一般以其中一把刀具为其准，并以该刀具的刀尖位置为依据来建立工件坐标系。这样，当其它刀具转到加工位置时，刀尖的位置会有偏差，原设定的工件坐标系对这些刀具就不适用。此外，每把刀具在加工过程中都有不同的磨损。因此，应对偏移量 Δx 、 Δz 进行补偿，使刀尖由位置 B 移至位置 A。

当刀具磨损后或工件尺寸有误差时，只要修改每把刀具相应存储器中的数值即可，例如某工件加工后外圆直径比要求的尺寸大(或小)了 0.1mm，则可以用 U-0.1(U0.1) 修改相应存储器中的数值。当长度方向尺寸有偏差时，修改方法类同。

刀具的长度补偿功能是由程序中提供的 T 代码实现的。T 代码由字母 T 和其后的数字所组成，其中前两位数字为刀具号，其中后两位数字为刀具补偿号。如 G01 X50 Z100 T0103 表示调用 1 号刀具，选用 3

号刀具补偿。刀具补偿号实际上是刀具补偿寄存器的地址号，可以是 00-32 中任意一个数，刀具补偿号为 00 时，表示不进行补偿或取消刀具补偿。

刀具长度补偿功能必须在一个程序段的执行过程中完成，而且程序段内必须有 G00、G01 指令才能生效。

有些数控车床设有对刀显微镜或红外线对刀仪，可以实现自动对刀而不需要试件。对刀显微镜分划板十字中心的坐标在机床坐标系中是一个固定值，对刀时只要刀具的刀尖对准对刀显微镜分划板中心，则该刀具刀尖的偏置值自动确定，并由系统自动存入该刀位补偿号寄存器中。

(2) 刀尖半径补偿

在通常的编程中，将刀尖看作是一个点，然而实际上刀尖是有圆弧的，在切削内孔、外圆及端面时，刀尖圆弧不影响加工尺寸和形状，但在切削锥面和圆弧时，则会造成过切或少切现象(见图 a)。此时可以用刀尖半径补偿功能来消除误差。

为使编程简单方便，数控车床一般都设置了刀具半径补偿功能。对于具有刀具半径补偿功能的数控系统，在编程时，只要按零件的实际轮廓编程即可，而不必按照刀具运动轨迹编程。使用刀具半径补偿指令，并在控制面板上手工输入刀具半径，数控装置便能自动地计算出刀具中心轨迹，并按刀具中心轨迹运动。即执行刀具半径补偿后，刀具自动偏离工件轮廓一个刀具半径值，从而加工出所要求的工件轮廓。

当刀具磨损或刀具重磨后刀具半径变小，这时只需手工输入改变后的刀具半径，而不需修改已编好的程序或纸带。

刀具半径是否需要补偿以及采用何种方式补偿，可使用 G40、G41、G42 设定。

G40：刀具半径补偿取消，即使用该指令后，使 G41、G42 指令无效。

G41：刀具半径左补偿，即沿刀具运动方向看，刀具位于工件左侧的刀具半径补偿。

G42：刀具半径右补偿，即沿刀具运动方向看，刀具位于工件右侧的刀具半径补偿。

使用 G40、G41、G42 时应注意：G41、G42 不能重复使用，在程序中前面有了 G41 指令后，不能再直接使用 G42。若想使用，则必须先用 G40 指令解除原补偿状态后，再使用 G42。

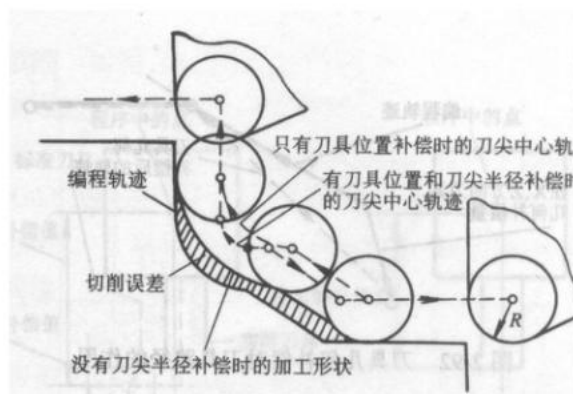


图 a

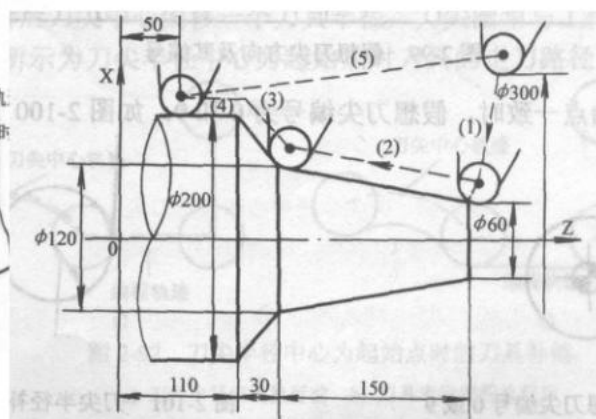


图 b

编程实例：加工如图 b 所示的零件的圆锥部分，数控程序为：

```
N10 G42 G00 X60.0 Z290.0;    刀补引入
N12 G01 X120.0 W-150.0 F0.3    圆锥外圆面车削
N14 X200.0 W-30.0;            锥形台阶车削
N16 Z50.0;                    车削 φ 200mm 外圆
N18 G40 G00 X300.0;          刀补取消
```

粗车复合循环 G71 及实例

格式：G71U (△d) R (e) P(ns)Q (nf) x (△u) Z (△W) F (f) T (t)
S(s)

见图 7-1 所示, 循环始点为 A。假定在某段程序中指定了由 $A \rightarrow A' \rightarrow B$ 的精加工路线, 只要用此指令, 就可实现切削深度 Δd (该量为半径值, 无正负, 方向由从, 决定), 退刀量为 e 的粗加工循环, x 、 Z 轴方向保留的精加工余量为 Δu 和 Δw , ns 为精加工路线的第一个程序段的顺序号, 即图中从 1 段的顺序号; nf 为精加工路线的最后一个程序段的顺序号, 即图中 $B'B$ 段程序的顺序号。

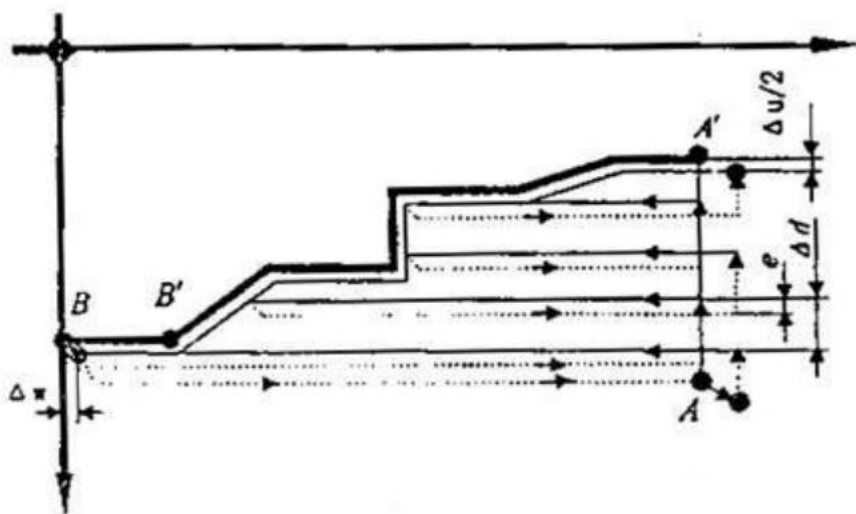


图 7-1

编程实例：

外径粗加工复合循环编制图 7-2 所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A(46, 1)，切削深度为 1.5mm（半径量）。退刀量为 1mm，X 方向精加工余量为 0.4mm，Z 方向精加工余量为 0.1mm，其中点划线部分为工件毛坯。

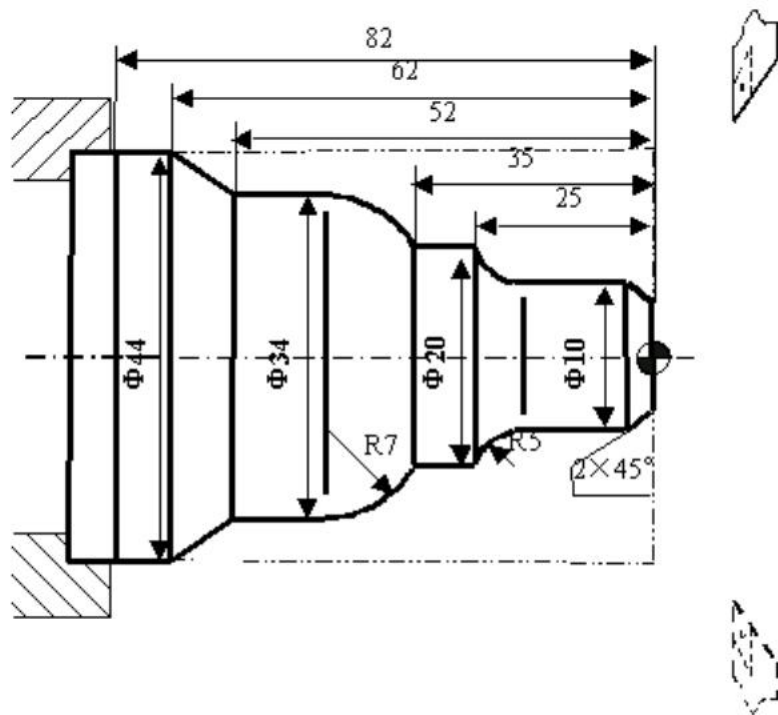


图 7-2

```

%3327 (见图 7-2)
N1 T0101 G00 X100 Z100 G95    (选定刀具，到程序起点位置)
N2 M03 S800                    (主轴以 800r/min 正转)
N3 G00 X46 Z1                  (刀具到循环起点位置)
N4 G71 U1.5 R1 P5 Q13 X0.4 Z0.1 F0.25 (粗切量: 1.5mm 精切量: X0.4mm
Z0.1mm)
N5 G00 X4 Z1                    (精加工轮廓起始行，到倒角延长线)
N6 G01 X10 Z-2 F0.13           (精加工 2×45° 倒角)
N7 Z-20                         (精加工 Φ10 外圆)
N8 G02 U10 W-5 R5              (精加工 R5 圆弧)
N9 W-10                         (精加工 Φ20 外圆)
N10 G03 U14 W-7 R7             (精加工 R7 圆弧)
N11 G01 Z-52                   (精加工 Φ34 外圆)
N12 U10 W-10                   (精加工外圆锥)
N13 W-20                       (精加工 Φ44 外圆，精加工轮廓结束行)
N14 X50                        (退出已加工面)
N15 G00 X100 Z100             (回对刀点)
N16 M05                        (主轴停)
N17 M30                        (主程序结束并复位)

```

数控车床加工零件精度的控制步骤

精度控制步骤

1.对刀

→

2.尺寸放大

→

3.一次加工

→

4.精确测量

→

5.修调磨损量

→

6.二次加工

→

7.合格

数控车床的日常维护

为了使数控机床保持良好状态，除了发生故障应及时修理外，坚持经常的维护保养是十分重要的。坚持定期检查，经常维护保养，可以把许多故障隐患消灭在萌芽之中，防止或减少事故的发生。不同型号的数控车床日常保养内容和要求不完全一样，对于具体的机床，应按说明书中的规定执行。

以下列出几个带有普通性的日常维护内容。

1.每天做好各导轨面的清洁润滑，有自动润滑系统的机床要定期检查、清洗自动润滑系统，检查油量，及时添加润滑油，检查油泵是否定时启动打油及停止。

2.每天检查主轴箱自动润滑系统工作是否正常，定期更换主轴箱润滑油。

3.注意检查电器柜中冷却风扇是否工作正常，风道过滤网有无堵塞，清洗沾附的尘土。

4.注意检查冷却系统，检查液面高度，及时添加油或水，油、水脏时要更换清洗。

5.注意检查主轴驱动皮带，调整松紧程度。

6.注意检查导轨镶条松紧程度，调节间隙。

7.注意检查机床液压系统油箱油泵有无异常噪声，工作油面高度是否合适，压力表指示是否正常，管路及各接头有无泄露。

8.注意检查导轨、机床防护罩是否齐全有效。

9.注意检查各运动部件的机械精度，减少形状和位置偏差。

10.每天下班做好机床清扫卫生，清扫铁屑，擦静导轨部位的冷却液，防止导轨生锈。

数控车床暂停指令 G04

G04 指令用于暂停进给，其指令格式是：

G04 P ____

或 G04 X(U) ____

暂停时间的长短可以通过地址 X(U)或 P 来指定。其中 P 后面的数字为整数，单位是 ms；X(U)后面的数字为带小数点的数，单位为 s。有些机床，X(U)后面的数字表示刀具或工件空转的圈数。

该指令可以使刀具作短时间的无进给光整加工，在车槽、钻镗孔时使用，也可用于拐角轨迹控制。例如，在车削环槽时，若进给结束立即退刀，其环槽外形为螺旋面，用暂停指令 G04 可以使工件空转几秒钟，即能将环形槽外形光整圆，例如欲空转 2.5s 时其程序段为：

G04 X2.5 或 G04 U2.5 或 G04 P2500；

G04 为非模态指令，只在本程序段中才有效。

数控车床英制和米制输入指令 G20、G21

G20 表示英制输入，G21 表示米制输入。G20 和 G21 是两个可以互相取代的代码。机床出厂前一般设定为 G21 状态，机床的各项参数均以米制单位设定，所以数控车床一般适用于米制尺寸工件加工，如果一个程序开始用 G20 指令，则表示程序中相关的一些数据均为英制(单位为英寸)；如果程序用 G21 指令，则表示程序中相关的一些数据均为米制(单位为 mm)。在一个程序内，不能同时使用 G20 或 G21 指令，且必须在坐标系确定前指定。G20 或 G21 指令断电前后一致，即停电前使用 G20 或 G21 指令，在下次后仍有效，除非重新设定。

数控车床进给速度量纲控制指令 G98、G99

在数控车削中有两种切削进给模式设置方法，即进给率(每转进给模式)和进给速度(每分钟进给模式)。

(1) 进给率，单位为 mm/r，其指令为：

G99； 进给率转换指令

G01X ____ Z ____ F ____； F 的单位为 mm/r

(2) 进给速度，单位为 mm/min，其指令为： .

G98； 进给速度转换指令

G01X ____ Z ____ F ____； F 的单位为 mm/min

G98 和 G99 都是模态指令，一旦指定就一直有效，直到指定另一方式为止。车削 CNC 系统缺省的进给模式是进给率，即每转进给模式，只有在用动力刀具铣削时才采用每分钟进给模式。

参考点返回指令 G27、G28、G30

参考点是 CNC 机床上的固定点，可以利用参考点返回指令将刀架移动到该点。可以设置最多四个参考点，各参考点的位置利用参数事先设置。接通电源后必须先进行第一参考点返回，否则不能进行其它操作。参考点返回有两种方法：

(1) 手动参考点返回。

(2) 自动参考点返回。该功能是由于接通电源已进行手动参考点返回后，在程序中需要返回参考点进行换刀时使用的自动参考点返回功能。

自动参考点返回时需要用到如下指令：

(1) 返回参考点检查 G27

G27 用于检验 X 轴与 Z 轴是否正确返回参考点。指令格式为：

G27 X(U) ____ Z(W) ____

X(U)、Z(W)为参考点的坐标。执行 G27 指令的前提是机床通电后必须手动返回一次参考点。

执行该指令时，各轴按指令中给定的坐标值快速定位，且系统内部检查检验参考点的行程开关信号。如果定位结束后检测到开关信号发令正确，则参考点的指示灯亮，说明滑板正确回到了参考点位置；如果检测到的信号不正确，系统报警，说明程序中指令的参考点坐标值不对或机床定位误差过大。

(2) 参考点返回指令 G28、G30

G28 X(U) ____ Z(W) ____； 第一参考点返回，其中 X(U)、Z(W)为参考点返回时的中间点，X、Z 为绝对坐标，U、W 为相对坐标。参考点返回过程如图 3-14 所示。

G30 P2 X(U) ____ Z(W) ____； 第二参考点返回，P2 可省略

G30 P3 X(U) ____ Z(W) ____； 第三参考点返回

G30 P4 X(U) ____ Z(W) ____； 第四参考点返回

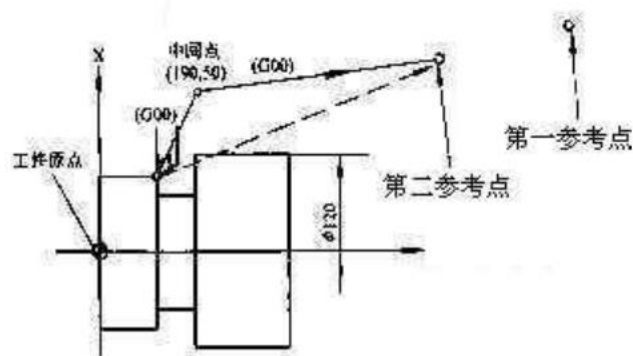
第二、第三和第四参考点返回中的 X(U)、Z(W)的含义与 G28 中的相同。

如图 3-14 所示为刀具返回参考点的过程，刀具从当前位置经过中间点(190, 50)返回参考点，其指令为：

G30 X190 Z50;

G30 U100 W30;

如图 3-14 中的虚线路径所示，如果参考点返回时不经过中间点，则刀具会与工件发碰撞，引起事故。



FANUC-0 数控系统编程举例

如图 1 所示的零件，其材料为 45 钢，零件的外形轮廓有直线、圆弧和螺纹。欲在某数控车床上进行精加工，编制精加工程序。

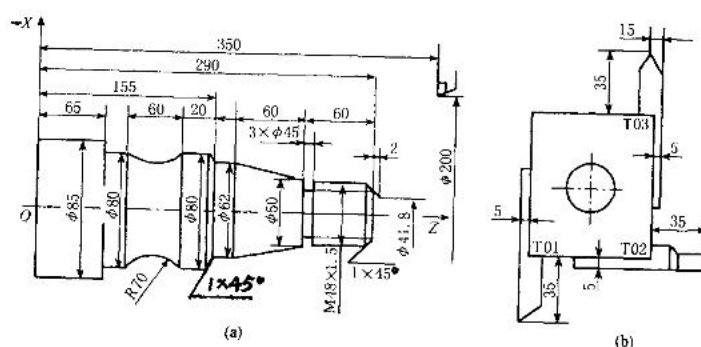


图 1 车削零件示例

1) 依据图样要求，确定工艺方案及走刀路线

按先主后次的加工原则，确定其走刀路线。首先切削零件的外轮廓，方向为自右向左加工，具体路线为：先倒角（1×45°）→切削螺纹的实际路径 φ47.8→切削锥度部分→切削 φ62→倒角（1×45°）→切削 φ80→切削圆弧部分→切削 φ80，再切槽，最后车削螺纹。

2) 选用刀具并画出刀具布置图

根据加工要求需选用三把刀具。1 号刀为外圆车刀，2 号刀为 3 mm 的切槽刀，3 号刀为螺纹车刀。刀具布置图见图 2-41 (b)。对刀时采用对刀仪，以 1 号为基准。3 号刀刀尖相对于 1 号刀刀尖在 Z 向偏量 15 mm，由 3 号刀的程序进行补偿，其补偿值通过控制面板手工输入，以保持刀尖位置的一致。

3) 工件坐标系确定

由工件图样尺寸分布情况确定工件坐标系原点 O 取在工件内端面 (如图示) 处，刀具零点坐标为 (200, 350)

4) 确定切削用量

切削用量应根据工件材料、硬度、刀具材料及机床等因素来综合考虑，一般由经验确定。本例各刀具切削用量情况如表 2-5 所示

表 2-5 切削用量表

切 削 用 量	主 轴 转 速 $S/(r \cdot \min^{-1})$	进 给 速 度 $f/(mm \cdot r^{-1})$
车外圆	630	0.15
切 槽	315	0.16
车螺纹	200	1.50

5) 编制精加工编程

该系统可以采用绝对值和增量值混合编程，绝对值用 X、Z 地址，增量值用 U、W 地址，采用小数点编程。

```
O0020
N01 G50 X200.0 Z350.0; （工件坐标系设定）
N02 S630 T0101 M03; （用 1 号刀，主轴正转）
N03 G00 X41.8 Z292.0 M08;
N04 G01 X47.8 Z289.0 F0.15; （倒 1×45° 角）
N05 W-59.0; （车 φ 47.8 mm 外圆）
N06 X50.0; （退刀）
N07 X62.0 W-60.0; （车削锥度部分）
N08 Z155.0; （车 φ 62mm 外圆）
N09 X78.0; （退刀）
N10 X80.0 W-1.0; （倒角）
N11 W-19.0; （车 φ 80mm 外圆）
N12 G02 U0.0 W-60.0 I63.25 K-30.0; （车削圆弧）
N13 G01 Z65.0; （车 φ 80mm 外圆）
N14 X90.0 M09;
N15 G00 X200.0 Z350.0 M05 T0100; （退刀）
N16 X51.0 Z230.0 S315 T0202 M03; （换 2 号刀，快速趋近切槽起点）
N17 G01 X45.0 F0.16 M08; （切槽）
N18 G04 X5.0; （延时）
N19 G00 X51.0 M09; （退刀）
N20 X200.0 Z350.0 M05 T0200; （退刀）
N21 G00 X52.0 Z296.0 S200 T0303 M03; （换 3 号刀，快速趋近车螺纹起点）
N22 G92 X47.2 Z231.5 F1.5 M08; （车螺纹循环，循环 4 次）
N23 X46.6;
```

N24 X46.2;
 N25 X45.8;
 N26 G00 X200.0 Z350.0 T0300; (退至起点)
 N27 M30; (程序停止并返回)

数控车床固定循环功能指令编程介绍与举例

在数控车床上对外圆柱、内圆柱、端面、螺纹等表面进行粗加工时，刀具往往要多次反复地执行相同的动作，直至将工件切削到所要求的尺寸。于是在一个程序中可能会出现很多基本相同的程序段，造成程序冗长。为了简化编程工件，数控系统可以用一个程序段来设置刀具作反复切削，这就是循环功能。

固定循环功能包括单一固定循环和复合固定循环功能。

1. 单一固定循环指令

常用有以下几种指令：

(1) 外径、内径切削循环指令 G90 可完成外径、内径及锥面粗加工的固定循环。

① 切削圆柱面 指令格式为：

G90 X(U)___Z(W)___(F___)

如图 3-23 所示。

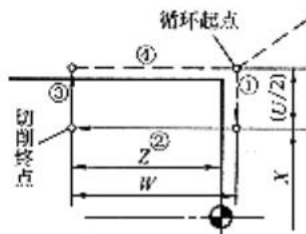


图 3-23 G90 指令切削圆柱面循环动作

【例题 1】用 G90 指令编程，工件和加工过程如图 3-24 所示，程序如下：

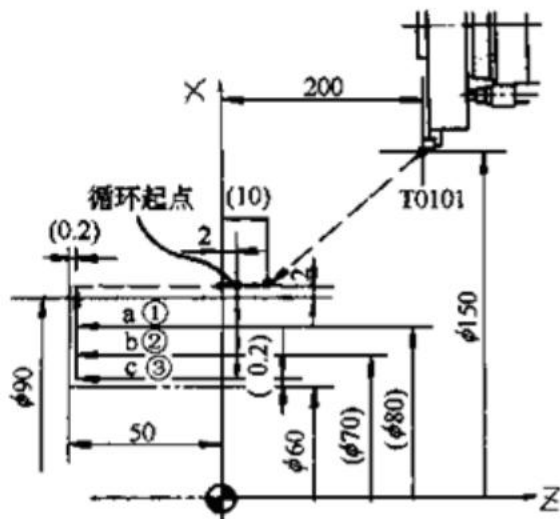


图 3-24 G90 指令编程

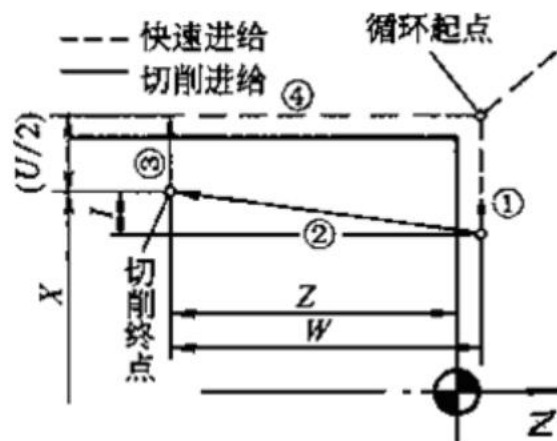


图 3-25 G90 切削锥面

② 切削锥面 指令格式：

G90 X(U)___Z(W)___I___(F___)

如图 3-25 所示, X(U)、Z(W) 的意义同前。I 值为锥面大、小径的半径差, 其符号的确定方法是: 锥面起点坐标大于终点坐标时为正, 反之为负。

2. 复合固定循环指令

它应用在切除非一次加工即能加工到规定尺寸的场合, 主要在粗车和多次切螺纹的情况下使用, 它主要有以下几种:

(1) 外径、内径粗车循环指令 G71 该指令将工件切削到精加工之前的尺寸, 精加工前工件形状及粗加工的刀具路径由系统根据精加工尺寸自动设定。

指令格式: G71 P_{ns} Q_{nf} U Δu W Δw D Δd (F_—S_—T_—)

如图 3-26 所示为 G71 粗车外径的加工路线。图中 C 粗车循环的起点, A 是毛坯外径与端面轮廓的交点。当此指令用于工件内径轮廓时, G71 就自动成为内径粗车循环, 此时径向精车余量 Δu 应指定为负值。

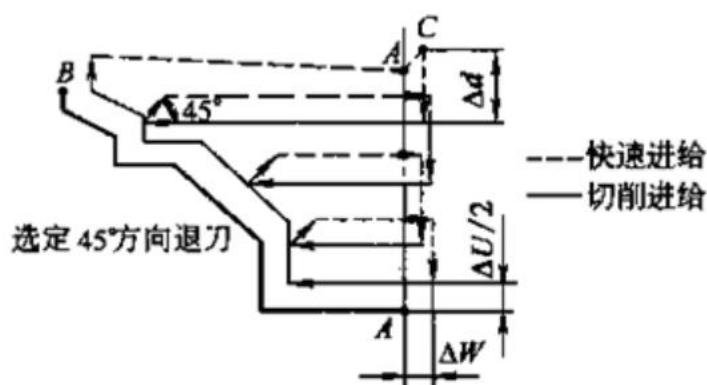


图 3-26 G71 指令运用

(2) 端面粗车循环指令 G72 它适用于圆柱棒料毛坯端面方向粗车, 其功能与 G71 基本相同, 不同之处是 G72 只完成端面方向粗车, 刀具路径按径向方向循环, 其刀具循环路径如图 3-27 所示, 指令格式和其地址含义与 G71 的相同。

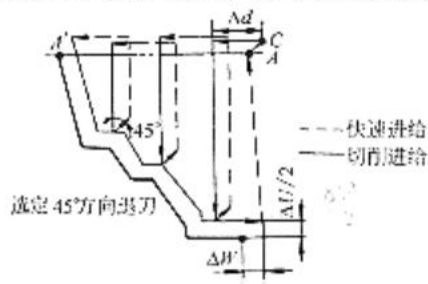


图 3-27 G72 指令运用

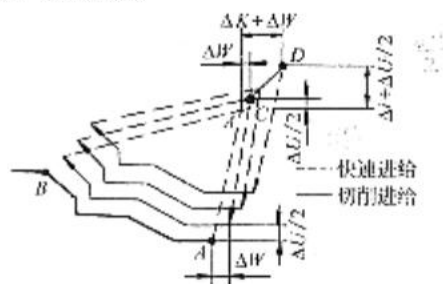


图 3-28 G73 指令运用

(3) 闭合车削循环指令 G73 它适用于毛坯轮廓形状与零件轮廓形状基本接近时的粗车。例如, 一些锻件、铸件的粗车, 此时采用 G73 指令进行粗加工将大大节省工时, 提高切削效率。其功能与 G71、G72 基本相同, 所不同的是刀具路径按工件精加工轮廓进行循环, 其走刀路线如图 3-28 所示。

指令格式: G73 P_{ns} Q_{nf} I Δi K Δk U Δu W Δw D Δd (F_—S_—T_—)

(4) 精加工循环指令 G70 用于执行 G71、G72、G73 粗加工循环指令后的精加工循环。

指令格式: G70 P_{ns} Q_{nf}

指令中的 ns、nf 与前几个指令的含义相同。在 G70 状态下, ns 至 nf 程序中指定的 F、S、T 有效; 当 ns 至 nf 程序中不指定 F、S、T 时, 则粗车循环中指定的 F、S、T 有效。