

目录

| | |
|----------------------------------|----------|
| 第一章 概述 | 1 |
| 1.1 G 代码列表..... | 1 |
| 1.2 M 代码列表..... | 2 |
| 第二章 G 代码说明 | 3 |
| 2.1 快速移动 G00..... | 3 |
| 2.2 直线插补 G01..... | 3 |
| 2.3 圆弧插补 G02、G03..... | 4 |
| 2.4 椭圆插补 G02.1、G03.1..... | 6 |
| 2.5 抛物线插补 G02.2、G03.2..... | 7 |
| 2.6 暂停代码 G04..... | 8 |
| 2.7 极坐标插补 G12.1、G13.1..... | 8 |
| 2.8 多边形切削指令 G50.2、G51.2..... | 10 |
| 2.9 公英制转换 G20、G21..... | 12 |
| 2.10 存储行程检查 G22、G23..... | 13 |
| 2.11 参考点功能..... | 14 |
| 2.11.1 返回参考点 G28..... | 14 |
| 2.11.2 返回第 1、2、3、4 号参考点 G30..... | 14 |
| 2.12 坐标系相关功能..... | 15 |
| 2.12.1 工件坐标系设定 G50..... | 15 |
| 2.12.2 工件坐标系选择 G54~G59..... | 15 |
| 2.12.3 局部坐标系设定 G52..... | 17 |
| 2.13 平面选择 G17~G19..... | 18 |
| 2.14 准确停止方式 G61/光滑转接方式 G64..... | 19 |
| 2.15 固定循环..... | 20 |
| 2.15.1 轴向切削循环 G90..... | 20 |
| 2.15.2 径向切削循环 G94..... | 22 |
| 2.16 多重循环..... | 24 |
| 2.16.1 轴向粗车循环 G71..... | 24 |
| 2.16.2 径向粗车循环 G72..... | 29 |
| 2.16.3 封闭切削循环 G73..... | 31 |
| 2.16.4 精加工循环 G70..... | 34 |
| 2.16.5 轴向切槽多重循环 G74..... | 35 |
| 2.16.6 径向切槽多重循环 G75..... | 37 |
| 2.16.7 多重循环注意的事项..... | 39 |
| 2.17 螺纹切削..... | 40 |
| 2.17.1 等螺距螺纹切削 G32..... | 40 |
| 2.17.2 变螺距螺纹切削 G34..... | 42 |
| 2.17.3 螺纹切削循环 G92..... | 44 |
| 2.17.4 多重螺纹切削循环 G76..... | 46 |
| 2.18 刀具半径补偿 G40、G41、G42..... | 50 |
| 2.18.1 刀具半径补偿概述..... | 50 |
| 2.18.2 补偿方向..... | 52 |
| 2.18.3 刀具半径补偿动作流程..... | 53 |
| 2.18.4 刀具干涉..... | 57 |

| | | |
|------------|---------------------------------------|-----------|
| 2.19 | 恒线速控制 G96、恒转速控制 G97 | 59 |
| 2.20 | 每分钟进给 G98、每转进给 G99 | 61 |
| 2.21 | 钻/镗孔固定循环 | 62 |
| 2.21.1 | 端面钻孔循环 G83 / 侧面钻孔循环 G87 | 62 |
| 2.21.2 | 端面镗孔循环 G85 / 侧面镗孔循环 G89 | 64 |
| 2.21.3 | 钻/镗孔用固定循环取消 G80 | 65 |
| 2.21.4 | 钻/镗孔循环注意事项 | 65 |
| 2.22 | 攻丝循环 | 65 |
| 2.22.1 | 确定攻丝方式 | 66 |
| 2.22.2 | 端面刚性攻丝循环 (G84) / 侧面刚性攻丝循环 (G88) | 66 |
| 2.22.3 | 端面普通攻丝循环 (G84) / 侧面普通攻丝循环 (G88) | 70 |
| 2.23 | 自动倒角功能 | 73 |
| 2.24 | 宏指令 | 74 |
| 2.24.1 | 变量 | 74 |
| 2.24.2 | 算术代码及转移代码 | 76 |
| 第三章 | MST 代码说明 | 80 |
| 3.1 | M 代码(辅助功能) | 80 |
| 3.1.1 | 程序停止 M00 | 80 |
| 3.1.2 | 选择停止 M01 | 80 |
| 3.1.3 | 程序结束 M02 | 80 |
| 3.1.4 | 程序运行结束 M30 | 80 |
| 3.1.5 | 跳转指令 M91/M92 | 80 |
| 3.1.6 | 子程序调用 M98 | 81 |
| 3.1.7 | 从子程序返回 M99 | 82 |
| 3.1.8 | 其它 M 代码 | 83 |

第一章 概述

1.1 G 代码列表

使用本系统时,需采用Type A类G代码进行编程加工。

| 序号 | 功能名称 | G 码种类 | | | 备注 |
|----|--------------------|---------|---------|---------|----|
| | | Type A | Type B | Type C | |
| 1 | 直线快速定位 | G00 | G00 | G00 | |
| 2 | 直线插补 | G01 | G01 | G01 | |
| 3 | 圆弧插补(顺时针) | G02 | G02 | G02 | |
| 4 | 圆弧插补(逆时针) | G03 | G03 | G03 | |
| 5 | 椭圆插补(顺时针) | G02.1 | G02.1 | G02.1 | |
| 6 | 椭圆插补(逆时针) | G03.1 | G03.1 | G03.1 | |
| 7 | 抛物线插补(顺时针) | G02.2 | G02.2 | G02.2 | |
| 8 | 抛物线插补(逆时针) | G03.2 | G03.2 | G03.2 | |
| 9 | 暂停指令 | G04 | G04 | G04 | |
| 10 | 确实停止检测 | G09 | G09 | G09 | |
| 11 | 极坐标插补 | G12.1 | G12.1 | G12.1 | |
| 12 | 极坐标插补取消 | G13.1 | G13.1 | G13.1 | |
| 13 | 设定 X-Y 工作平面 | G17 | G17 | G17 | |
| 14 | 设定 Z-X 工作平面 | G18 | G18 | G18 | |
| 15 | 设定 Y-Z 工作平面 | G19 | G19 | G19 | |
| 16 | 外/内径车削加工循环 | G90 | G77 | G20 | |
| 18 | 螺纹车削循环 | G92 | G78 | G21 | |
| 19 | 端面车削循环 | G94 | G79 | G24 | |
| 20 | 返回参考点 | G28 | G28 | G28 | |
| 21 | 返回任意参考点 | G30 | G30 | G30 | |
| 22 | 螺纹切削 | G32 | G33 | G33 | |
| 23 | 刀具半径补偿消除 | G40 | G40 | G40 | |
| 24 | 刀具半径左补偿 | G41 | G41 | G41 | |
| 25 | 刀具半径右补偿 | G42 | G42 | G42 | |
| 26 | 多边形切削启动 | G51.2 | G51.2 | G51.2 | |
| 27 | 多边形切削取消 | G50.2 | G50.2 | G50.2 | |
| 28 | 局部坐标系设定 | G52 | G52 | G52 | |
| 29 | 机械坐标定位 | G53 | G53 | G53 | |
| 30 | 工作坐标系选择 | G54~G59 | G54~G59 | G54~G59 | |
| 31 | 英制单位加工 | G20 | G20 | G70 | |
| 32 | 公制单位加工 | G21 | G21 | G71 | |
| 33 | 精车循环 | G70 | G70 | G72 | |
| 34 | 轴向粗车循环 | G71 | G71 | G73 | |
| 35 | 径向粗车循环 | G72 | G72 | G74 | |
| 36 | 成形粗车循环 | G73 | G73 | G75 | |

| | | | | | |
|----|------------------|-----|-----|-----|--|
| 37 | 轴向切槽多重循环 | G74 | G74 | G76 | |
| 38 | 径向切槽多重循环 | G75 | G75 | G77 | |
| 39 | 复合型螺纹切削循环 | G76 | G76 | G78 | |
| 40 | 钻/镗孔固定循环取消 | G80 | G80 | G80 | |
| 41 | 端面钻孔循环 | G83 | G83 | G83 | |
| 42 | 端面攻牙循环 | G84 | G84 | G84 | |
| 43 | 端面镗孔循环 | G85 | G85 | G85 | |
| 44 | 侧面钻孔循环 | G87 | G87 | G87 | |
| 45 | 侧面攻牙循环 | G88 | G88 | G88 | |
| 46 | 侧面镗孔循环 | G89 | G89 | G89 | |
| 47 | 工件坐标系设定/主轴最高转速限制 | G50 | G92 | G92 | |
| 48 | 每分钟进给量(mm/min) | G98 | G94 | G94 | |
| 49 | 每转进给量(mm/rev) | G99 | G95 | G95 | |
| 50 | 等表面切削速度控制开 | G96 | G96 | G96 | |
| 51 | 等表面切削速度控制关 | G97 | G97 | G97 | |
| 52 | 开启第二软件行程极限 | G22 | G22 | G22 | |
| 53 | 关闭第二软件行程极限 | G23 | G23 | G23 | |

表 1.1 G 代码列表

1.2 M 代码列表

| 序号 | M 码 | 功能名称 |
|----|-----------------|-------------------------|
| 1 | M00 | 程序暂停 |
| 2 | M01 | 选择暂停 |
| 3 | M02 | 程序終了 |
| 4 | M03/M04/M05 | 第一主轴正转/反转/停止 |
| 5 | M08 | 冷却液开 |
| 6 | M09 | 冷却液关 |
| 7 | M10 | 卡盘夹紧 |
| 8 | M11 | 卡盘松开 |
| 9 | M19 | 主轴定位 |
| 10 | M20 | 取消主轴定位 |
| 11 | M29 | 刚性攻丝 |
| 12 | M30 | 程序结束 |
| 13 | M31 | 液压制动 |
| 14 | M32 | 解除液压制动 |
| 15 | M41/M42/M43/M44 | 第一主轴档位(第一档/第二档/第三档/第四档) |
| 16 | M45/M46/M47/M48 | 第二主轴档位(第一档/第二档/第三档/第四档) |
| 17 | M63/M64/M65 | 第二主轴正转/反转/停止 |
| 18 | M91/M92 | 跳转指令 |
| 19 | M98 | 子程序调用 |
| 20 | M99 | 子程序结束 |

表 1.2 M 代码列表

第二章 G 代码说明

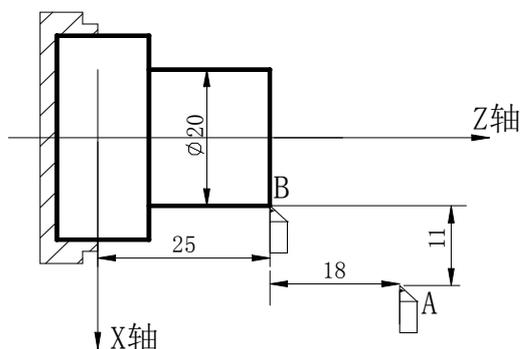
2.1 快速移动 G00

代码功能: 在绝对代码下将刀具快速移动到工件坐标系指定的位置; 在增量代码下, 将刀具快速移动到仅偏离当前位置指定值的位置。

代码格式: G00 IP_;

代码说明: IP: 对绝对代码为刀具移动的终点坐标值; 对增量代码为刀具的移动量。

执行过程:



程序:

```
G0 X20.0 Z25.0;      (绝对坐标编程)
G0 U-22.0 W-18.0;   (相对坐标编程)
G0 X20.0 W-18.0;    (混合坐标编程)
G0 U-22.0 Z25.0;    (混合坐标编程)
```

图2.1 快速移动实例

注 1: G00 代码的快速移动速度是在参数 NO. 6032~6035 中设定的, 与在程序段中指令的进给速度 F 值无关。

注 2: 上电时运动组的初态是 G00 还是 G01 由参数 NO. 5153 决定。

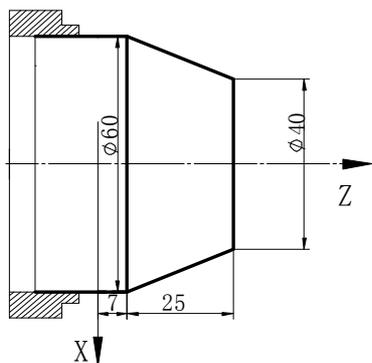
2.2 直线插补 G01

代码功能: 可以使刀具沿着直线移动。

代码格式: G01 IP_ F_;

代码说明: IP_: 对绝对代码为刀具移动的终点坐标值; 对增量代码为刀具的移动量。
F_: 刀具的进给速度。

执行过程:



程序:

```
G01 X60 Z7 F500;    (绝对值编程)
G01 U20 W-25;       (相对值编程)
G01 X60 W-25;       (混合编程)
G01 U20 Z7;         (混合编程)
```

图 2.2 直线插补实例

注 1: 以 F 指定的速度, 刀具沿直线移动到所指定的位置。指定新值前, F 指定的进给速度一直有效, 它不需对每个程序段进行指定。

注 2: 实际的切削进给速度为进给倍率与 F 指令值的乘积。

注 3: 实际的切削进给速度受到参数 NO. 6023, NO. 6040~6043 最大切削进给速度的限制。

2.3 圆弧插补 G02、G03

代码功能: 可以在已被指定的平面上使刀具沿一圆弧移动。

代码格式:

$$G17 \left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} X_p - Y_p - \left\{ \begin{array}{l} R - \\ I - J - \end{array} \right\} F -$$

$$G18 \left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} X_p - Z_p - \left\{ \begin{array}{l} R - \\ I - K - \end{array} \right\} F -$$

$$G19 \left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} Y_p - Z_p - \left\{ \begin{array}{l} R - \\ J - K - \end{array} \right\} F -$$

代码说明:

| 指令 | 描述 |
|-----|--------------------------------|
| G17 | XpYp 平面选择 |
| G18 | ZpXp 平面选择 |
| G19 | YpZp 平面选择 |
| G02 | 圆弧插补 顺时针方向(CW) |
| G03 | 圆弧插补 逆时针方向(CCW) |
| Xp_ | 终点X 轴坐标值 |
| Yp_ | 终点Y 轴坐标值 |
| Zp_ | 终点Z 轴坐标值 |
| I_ | 从 Xp 轴的起点至圆弧中心的距离(带有符号) |
| J_ | 从 Yp 轴的起点至圆弧中心的距离(带有符号) |
| K_ | 从 Zp 轴的起点至圆弧中心的距离(带有符号) |
| R_ | 圆弧半径(带有符号, 在加工中为半径值) |
| F_ | 沿圆弧的进给速度(取值范围同G01中的描述) |

I、J、K根据方向带有符号, I、J、K方向与Xp、Yp、Zp轴方向相同, 则取正值; 否则取负值。

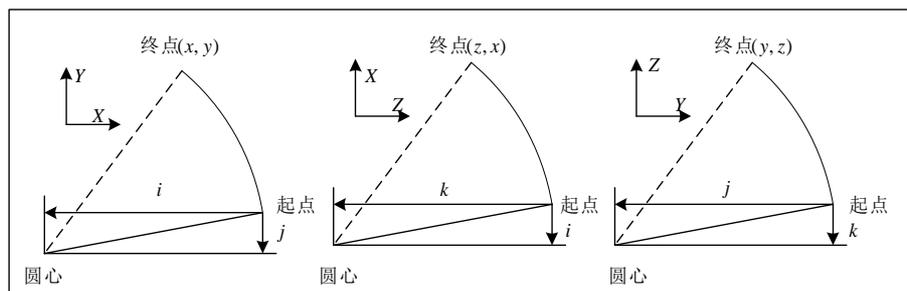


图 2.3 IJK 与各坐标轴对应关系

轨迹图示(圆弧方向):

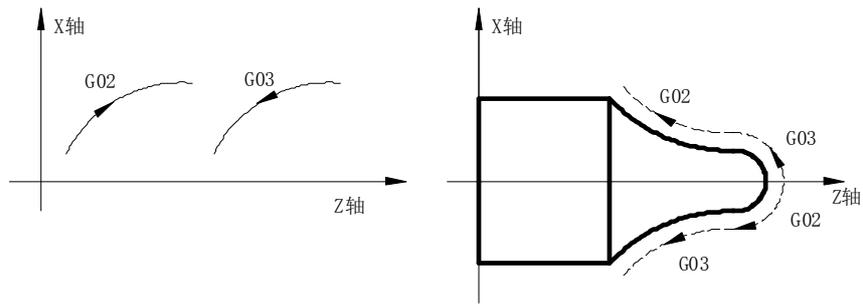


图2.4 圆弧插补轨迹

执行过程: (以 G02 为例)

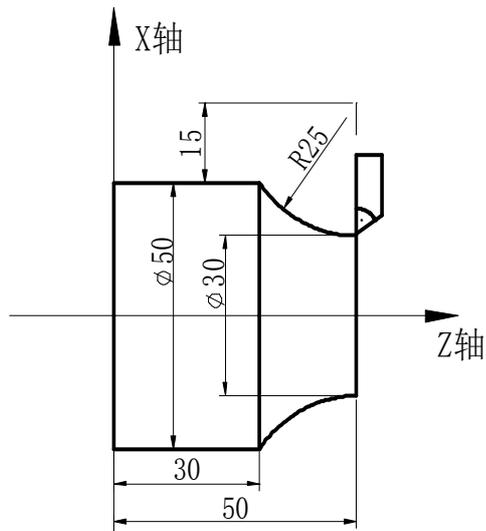


图 2.5 G02 圆弧插补

程序: (直径编程)

G02 X50.0 Z30.0 R25.0 F30 ; 或
 G02 U20.0 W-20.0 R25.0 F30 ; 或
 G02 X50.0 Z30.0 I25.0 F30(K=0); 或
 G02 U20.0 W-20.0 I25.0 F30(K=0);

注1: X_p 、 Y_p 、 Z_p 可省略一个或全部,当省略一个时,表示该轴的起点和终点坐标值一致;同时省略表示终点和起点是同一位置。

注2: 当 I、J、K 都被省略时,执行该指令时依照参数 NO. 3403 的设定值按直线移动到终点或报警停止移动。

注3: 当 $I = 0$ 、 $J = 0$ 、 $K = 0$ 时,执行该指令时按直线移动到终点。

注4: I 和 J、J 和 K、I 和 K 与 R 同时输入时,R 有效,I、J、K 无效。

注5: 若起点和终点是同一点,用 I、K 指定圆心时,执行 G02/G03 代码的轨迹为全圆(360°);用 R 指定时,表示 0 度的圆。

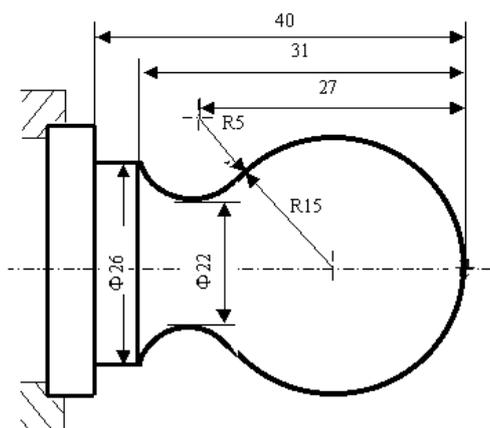
注6: 当使用 R 指令圆弧时, $R < 0$ 为大于 180 度的圆弧, $R > 0$ 为小于或等于 180 度的圆弧。

注7: 在 G02/G03 模式下,当指令了当前平面以外的轴时,系统产生报警。

注8: 沿圆弧的进给速度除了与 F 值和倍率有关之外,还与加工精度以及加工半径有关。例如,当圆弧半径较小时,为了保证加工精度,不能到达设定的进给速度。

注9: 实际的切削进给速度还受到参数 NO. 6023, NO. 6040~6043 最大切削进给速度的限制。

G02/G03指令综合编程实例：



程序：

```

N001 G0 X40 Z5           (快速定位)
N002 M03 S200           (主轴开)
N003 G01 X0 Z0 F900     (靠近工件)
N005 G03 U24 W-24 R15   (切削 R15 圆弧段)
N006 G02 X26 Z-31 R5    (切削 R5 圆弧段)
N007 G01 Z-40;         (切削 φ26)
N008 X40 Z5;           (返回起点)
N009 M30;              (程序结束)
    
```

图 2.6 圆弧插补实例

2.4 椭圆插补 G02.1、G03.1

代码功能：可以在已被指定的平面上使刀具沿一椭圆移动。

代码格式： G02.1 X(U)_ Z(W)_ A_ B_ Q_

 G03.1 X(U)_ Z(W)_ A_ B_ Q_

代码说明： G02.1: 顺时针椭圆插补；G03.1: 逆时针椭圆插补；

X、Z: 终点绝对坐标；U、W: 从起点到终点的增量值；

A: 椭圆长半轴长；

B: 椭圆短半轴长；

Q: 是指在右手直角笛卡尔坐标系中, 从Y 轴的正方向俯视XZ平面；

Z: 轴正方向顺时针方向旋转到与椭圆长轴重合时所经过的角度；

单位: 0.001 度。

轨迹图示：

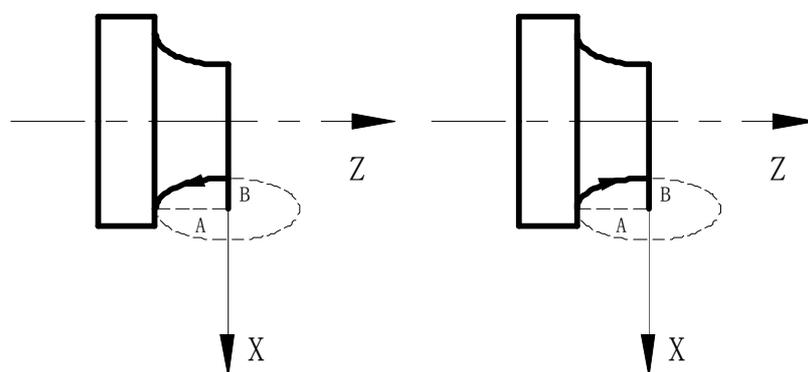


图2.7 椭圆插补轨迹示意图

示例：从直径 $\Phi 43.14$ 切削到 $\Phi 63.82$ 的椭圆

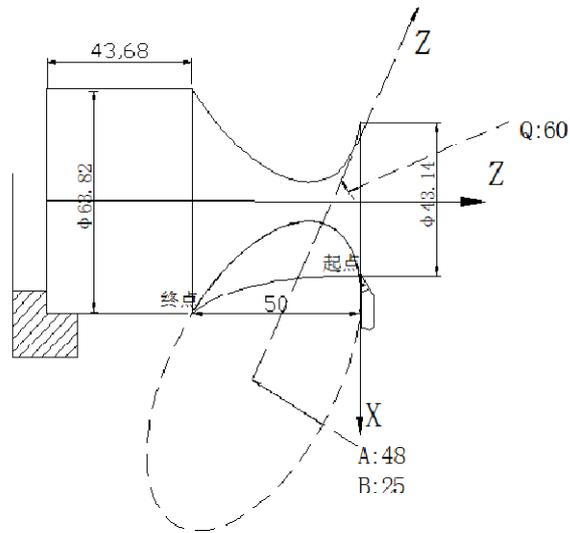


图 2.8 椭圆加工示意图

程序：

G02.1 X63.82 Z-50.0 A48 B25 Q60000 ; 或 G02.1 U20.68 W-50.0 A48 B25 Q60000 ;

2.5 抛物线插补 G02.2、G03.2

代码功能： 可以在X-Z平面上使刀具沿抛物线移动。

代码格式： G02.2 X(U)_ Z(W)_ P_ Q_

G03.2 X(U)_ Z(W)_ P_ Q_

代码说明： G02.2: 顺时针方向； G03.2: 逆时针方向

X、Z: 终点绝对坐标, U、W: 从起点到终点的增量值；

P: 为抛物线标准方程 $Y^2=2PX$ 中的P值；

Q: 是指在右手直角笛卡尔坐标系中, 从Y 轴的正方向俯视XZ平面；

Z: 轴正方向顺时针方向旋转到与椭圆长轴重合时所经过的角度。

轨迹图示：

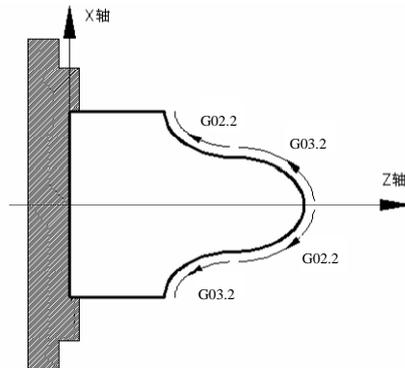
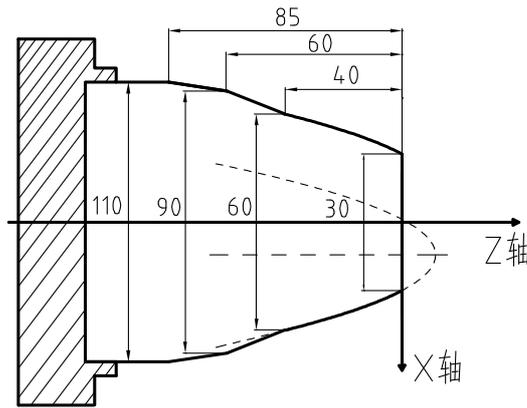


图 2.9 抛物线插补轨迹示意图

示例：假如抛物线的 $P=10\text{mm}$ (系统的最小增量为 0.0001mm) , 其对称轴与Z轴平行, 零件的

加工尺寸示意图如下图所示, 则其精加工程序可编制如下:



```

程序:
G00 X120 Z100 T0101 M03 S800;
G00 X0 Z0 M08;
G01 X30 F200;
G3.2 X60 Z-40 P10;
G01 X90 Z-60;
X110 Z-85;
X120;
G00 X120 Z100;
M30;
    
```

图2.10 抛物线加工示意图

2.6 暂停代码 G04

代码功能: 利用暂停指令, 可以使下一程序段推迟所指定的一段时间执行。

代码格式: G04 P__ ; 或

G04 X(U)__ ;

G04;

代码说明: G04为非模态G代码;

P__ : 暂停时间, 单位: 毫秒(ms); 不允许小数点编程;

X(U)__ : 暂停时间, 单位: 秒(s); 允许小数点编程;

注 1: 当 P、X、U 未输入或者指令了零值时, 表示程序段间准确停止。

注 2: G04 代码执行中, 进行进给保持的操作, 当前延时的时间要执行完毕后方可暂停。

2.7 极坐标插补 G12.1、G13.1

代码功能: 将轮廓控制由直角坐标系中的编程代码转换成一个直线轴的运动(刀具运动) 和一个回转轴的运动(工件回转运动), 该功能主要用于端面切削。

代码格式: G12.1; 启动极坐标插补方式

-----;

G13.1; 取消极坐标插补方式

代码说明: G12.1, G13.1, 由单程序段指定。

极坐标方式启动后, 可以指令直角坐标系中的直线或圆弧插补, 该直角坐标系由直线轴和回转轴组成。

G12.1 启动极坐标插补方式并选择一个极坐标插补平面, 极坐标插补在该平面上完成。

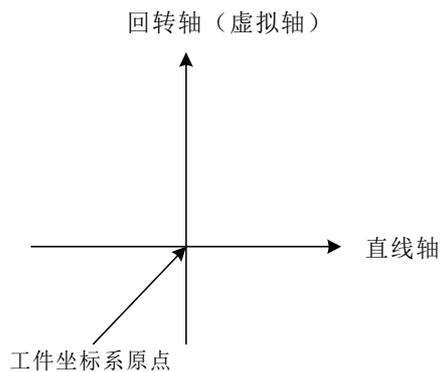
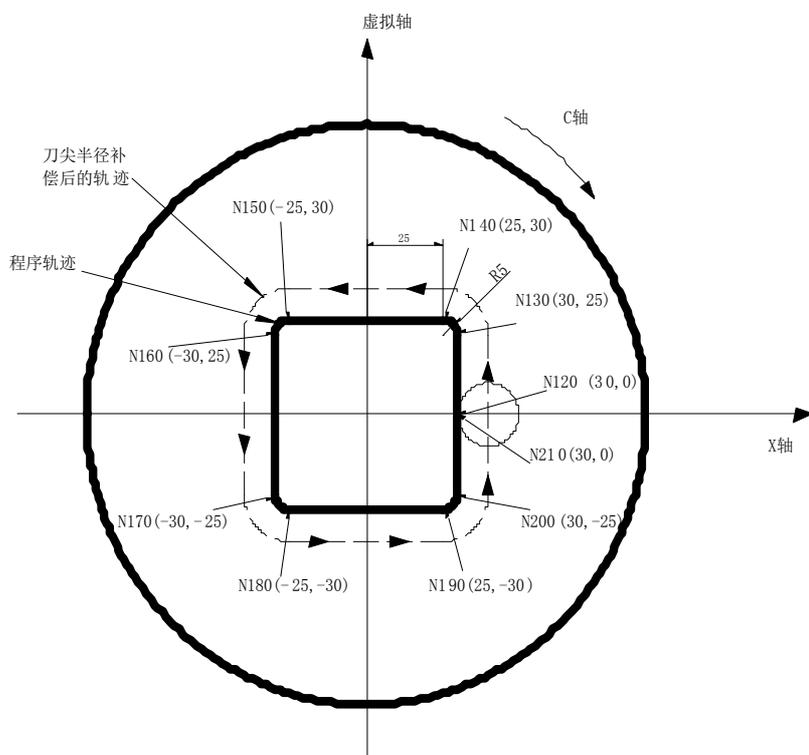


图 2.11 极坐标插补平面

执行过程: 基于 X 轴(直线轴) 和 C 轴(回转轴) 的极坐标插补程序
X 轴用直径编程, C 轴用半径编程(编程单位为 mm, 显示单位为度)。

举例:



```

程序:
...
N100 G00 X150 C0 Z0
N110 G12.1
N120 G42 G01 X60 F200
N130 C25
N140 G03 X50 C30 R5
N150 G01 X-50
N160 G03 X-60 C25 R5
N170 G01 C-25
N180 G03 X-50 C-30 R5
N190 G01 X50
N200 G03 X60 C-25 R5
N210 C0
N220 G40 X150
N230 G13.1
N240 Z100
N250 M30

```

图 2.12 极坐标插补实例

- 注 1: 系统上电或系统复位时, 极坐标插补被取消(G13.1); G12.1 和 G13.1 是模态代码;
- 注 2: 在 G12.1 代码之前使用的平面(由 G17、G18 或 G19 选择的平面) 被取消; 当代码 G13.1 取消极坐标插补之后, 该平面恢复; 系统复位时, 极坐标插补被取消, 并使用由 G17、G18 或 G19 代码的平面;
- 注 3: 在极坐标插补方式下, 程序代码是在极坐标平面上用直角坐标指令的。
- 注 4: 在极坐标插补方式下可以指令的 G 代码有:

G01: 直线插补;

G02、G03: 圆弧插补;

G04: 暂停;

G40、G41、G42: 刀尖半径补偿;

G98、G99: 每转进给, 每分进给;

如果在极坐标插补方式下指令了其他的 G 代码, 系统出现报警;

注 5: 在极坐标插补方式下 F 代码的进给速度是与极坐标插补平面(直角坐标系)相切的速度;

注 6: 在极坐标插补平面中, 圆弧插补指令的圆弧半径只能使用 R 指定。

注 7: 在指令 G12.1 之前, 必须设定一个工件坐标系, 回转轴的中心是该坐标系的原点。在 G12.1 方式中, 坐标系绝对不能改变;

注 8: 在刀尖半径补偿方式(G41 或 G42) 不能启动或取消极坐标插补方式; 必须在 G40 状态下才能指令代码 G12.1 或 G13.1; 否则系统出现报警;

注 9: 在极坐标插补方式下, 当刀具移动到快接近工件中心时, 进给速度的 C 轴分量会变大, 超过 C 轴的最大切削速度, 这时系统出现报警;

注 10: 在极坐标插补方式下, 程序代码是在极坐标平面上用直角坐标代码。回转轴的轴地址作为平面中第二轴(虚拟轴)的地址。当指令了代码 G12.1 时, 极坐标插补的刀具位置是从角度 0 开始的。因此, 极坐标插补之前, 必须对主轴进行定位;

注 11: 在极坐标插补方式中的当前位置显示实际坐标值。然而, 程序段中剩余要走的距离则根据极坐标插补平面(直角坐标)中的坐标显示;

注 12: 在极坐标插补过程中, 不要切换主轴档位。当需要切换档位时, 首先将系统置于主轴速度控制方式。

2.8 多边形切削指令 G50.2、G51.2

代码功能: 多边形加工是指通过使工件和刀具按一定的比率旋转, 将工件的形状加工成多边形。可以把工件加工成四边形、六边形或八边形, 也可以加工三角形, 五边形等。

代码格式: G51.2 P_ Q_ R_ S_; 启动多边形切削方式
-----;
G50.2; 取消多边形切削方式

代码说明: G50.2、G51.2, 由单程序段指定。

P: 基础主轴(工件轴)转速比率或是刀刃数, 使用内定值 P=1(整数, 范围: 1~999)。

Q: 同步主轴(刀具轴)转速比率或是边形数, 使用内定值 Q=1(整数, 范围: 1~999)。

R: 同步相位差(范围: $0^{\circ} \sim 359.999^{\circ}$)。

S_: 工件主轴转速值(整数, 范围: 1~9999, 单位为 r/min)。

常用多边形切削, 所需刀具数和P/Q值设置推荐值:

| 正多边形 | 刀具数 | 刀具间隔角度 | Q / P | 备注 |
|------|-----|---------|-------|---|
| 三边形 | 1 | 360 deg | 3 / 1 | 只用1把刀, 但刀具轴转速高 |
| | 3 | 120 deg | 1 / 1 | 要用3把刀, 刀具轴转速不高 |
| 四边形 | 2 | 180 deg | 2 / 1 | 若只有一把刀, 一次加工2条边; 第2次刀具轴转动180deg后则进行多边形 切削加工剩余2条边 |
| 五边形 | 1 | 360 deg | 5 / 1 | 只用1把刀, 但刀具轴转速很高 |
| | 5 | 72deg | 1/1 | 要用5把刀, 刀具轴转速不高 |
| 六边形 | 3 | 120 deg | 2 / 1 | 若只有一把刀, 一次加工2条边; 共要加工3次, 每次多边形切削前, 刀具轴 与之前间隔120deg。 |
| 八边形 | 4 | 90 deg | 2 / 1 | 若只有一把刀, 一次加工2条边; 共要加工4次, 每次多边形切削前, 刀具轴 与之前间隔90deg。 |

范例

EX1:

使用 3 刃刀切削 6 边形, 使用 G51.2 P3 Q6 指令(或是可以简易 G51.2 P1Q2)。

EX2:

若使用 2 刃刀切削 5 边形, 使用 G51.2 P2 Q5 指令。

EX3:

T0101 G98;

M19; //第一主轴切位置模式

M21; //第二主轴切位置模式

G51.2 P1 Q2 R60 S1000; // 刀具轴(同步主轴)会同步到转速 2000 RPM,
// 相位差 30 度, 使用两刃刀进行四边形切削。

G0 X50 Z2; // 定位

G01 W-10 F200; // 进刀

G01 U2;

G0 Z2; // 退刀

G50.2; // 取消多边形切削

G51.2 P1 Q3 R180 S1000; // 刀具轴(同步主轴)会同步到转速 3000 RPM,
// 相位差 60 度, 使用两刃刀进行六边形切削。

G01 X50 Z2; // 定位

G01 W-10 F200; // 进刀

G01 U2;

G0 Z2; // 退刀

G50.2; // 取消多边形切削

M30; // 程序结束

注1: 以上指令请单独指定, 不能与其它程序指令共段执行;

注2: 工件主轴为可控轴, 刀具旋转轴为多边形同步轴从控轴;

- 注3: 工件轴主控轴转速设定为S时, 多边形加工的刀具旋转轴的从控轴转速为 $S \times Q / P$;
超过参数(No. 721)中所设定的钳制速度时, 实际执行时主轴转速被钳制到参数值;
- 注4: 在G51.2模式下 可以执行G51.2 P_ Q_ S_;可改变转速值S, 但主控轴和从控轴的旋转方向不会改变;
- 注5: 若需要进行多次重复加工, 则多边形加工指令执行前, 主控轴和同步轴必须在伺服主轴位置控制方式已经回零或建立参考点后, 并移动到相同位置。若其中一个轴的定位位置不同, 再次加工将出现与上次不同的相位差;
- 注6: 多边形加工指令执行时, 主控轴和同步轴必须为伺服主轴位置控制方式, 否则报警;
- 注7: 在‘进给保持’状态, 主控轴和同步轴转速保持不变, 不会突然变为0;
- 注8: 主轴倍率功能有效, 在多边形加工指令执行过程中, 主控轴和同步轴转速随主轴倍率值变化可以同步改变转速。进给倍率不影响主控轴和同步轴转速。显示实际主从2个主轴转速, 并且切削进给可以采用转进给方式或分进给方式;
- 注9: 在多边形切削过程中, 与螺纹加工类似, 为了保障转速同步性能, 不允许切换工作方式。复位或急停后取消多边形切削模式才可以切换工作方式, 如复位后可切换到手动对工件轴或刀具轴进行单独转动;
- 注10: G51.2 P_ Q_ R_ S_中 $P:Q = 1:1$, 可以用于旋转主轴的转速同步控制。其转速由S值指定, 可以在G51.2模式中修改转速, 与速度方式下M3 S_ 改变转速效果类似;
- 注11: 多边形加工中的工件轴和刀具轴不包含在同时控制轴数中, 也不能指令工件轴和刀具轴移动量;
- 注12: 非多边形加工中的工件轴和刀具轴包含在同时控制轴数中, 可以如其他的控制轴那样执行移动指令;
- 注13: 为了提高多边形切削加工精度, 对于同一个工件, 请在进入最后加工之前用同样的主轴速度加工;
- 注 14: 执行同步相位差的时候, R 值写法等于刀具跟工件需求的角度差乘上 Q 除以 P(参考范例)。

2.9 公英制转换 G20、G21

代码功能: 由 G 代码选择公制输入或英制输入。

代码格式: G20 ; 英制输入

G21 ; 公制输入

代码说明: 在公/英制转换的 G 代码指定后, 输入数据的单位就变换为最小英制或公制输入增量; 角度单位不变。

下列值的单位在公英制转换之后要随之改变。

- F代码的进给速度;
- 位置代码;
- 工件零点偏移量;
- 刀具补偿值;
- 手摇脉冲发生器的刻度单位;
- 增量进给中的移动距离;
- 某些参数。

注 1: G20/G21 为模态 G 代码, 可以通过参数 NO. 10 设定初始模态;

注 2: 当使用 G20/G21 代码切换当前的输入方式时, 必须在程序的开始设定, 并且在一个单独的程序段中指定, 否则产生报警;

注 3: 代码中执行 G20/G21 时, 同时会对参数 NO. 10 进行相应修改。同理当改变参数 NO. 10 时, 系统显示的模态也会相应的进行变化;

注 4: 绝对坐标和相对坐标的显示位数及方式根据参数 NO. 10 设定。

2.10 存储行程检查 G22、G23

代码功能: 建立存储行程限位检查 2 的禁区, 并将刀具的移动范围限制在一个区域里。

代码格式: G22 IP_ ; //存储行程 2 检查接通

-----;

G23 ; //存储行程 2 检查断开

代码说明: G22 : 存储行程 2 检查接通;

IP_ : 限定区域机械坐标, X-I、Y-J、Z-K 分别对应 XYZ 轴的正负极限值, IP_可省略不写; 当省略不写时, 使用系统参数 NO. 1360~ NO. 1375 设定的边界值。

G23 : 存储行程 2 检查断开;

限定区域图: 以X、Y、Z三轴为例的限定区域如下图, 其中(X、Y、Z)为正方向坐标点, (I、J、K)为负方向坐标点

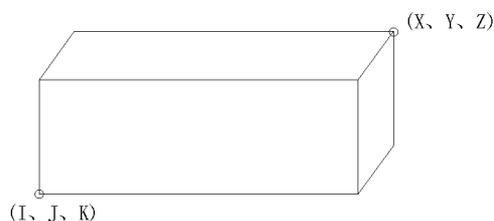


图 2.13 限定区域示意图

注 1: G22 方式存储行程检查只限于存储型行程限位检查 2;

注 2: 通过参数设定禁区顶点时, 数据将由离参考点的距离(以最小代码增量为单位)设定;

注 3: 限制范围在区域内侧还是外侧由参数 NO. 1002 设定: 设置为 0 则为内侧, 设置为 1 则为外侧;

注 4: 执行回参考点后限位生效; 在 G22 模态下, 如果参考点在限位区域之内也会立即发生报警。

注 5: 如果发生了行程报警, 刀具可以反方向移动;

注 6: G22/G23 所在段中只有 G22/G23 有效, 与其它 G 代码共段时产生报警。

注 7: 当在禁区中从 G23 切换到 G22 时, 会产生以下两种情况: 当禁区是内侧时, 在下一个移动段产生报警;
当禁区是外侧时, 立即产生报警;

注 8: 当设定的禁止区域以错误的顺序设定时(如: 参数 NO. 1370 > NO. 1360), 行程检测 2 无效。

2.11 参考点功能

2.11.1 返回参考点 G28

代码功能: 从当前程序起点, 以快速移动速度到达IP_指定的中间点位置后再返回参考点(机械零点)。

代码格式: G28 IP__ ;

代码说明: IP_: 指定中间点的代码(绝对值/增量值代码)。各轴的代码地址可省略一个; 省略哪个轴, 即表示该轴不返回参考点。

执行过程:

- (1) 快速从当前位置定位到代码轴的中间点位置(A 点→B 点);
- (2) 快速从中间点定位到参考点(B 点→R 点);

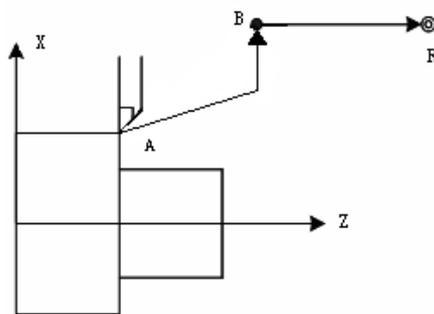


图 2.14 G28 执行过程

注 1: 从当前程序起点到中间点及中间点到参考点过程中, 各个轴是以各自独立的快移速度移动的;

注 2: 在刀具半径补偿方式中指令 G28, 自动取消刀具半径补偿, 在下个移动代码期间自动恢复刀具半径补偿方式。

2.11.2 返回第 1、2、3、4 号参考点 G30

代码功能: 从当前程序起点, 以快速移动速度到达 IP_指定的中间点位置后再返回第 1/2/3/4 号参考点。

代码格式: G30 P1 IP__ ; 返回第一参考点

G30 P2 IP__ ; 返回第二参考点(省略 P 指令时, 默认返回第二参考点)

G30 P3 IP__ ; 返回第三参考点

G30 P4 IP__ ; 返回第四参考点

代码说明: G30 为非模态 G 代码;

IP_: 指定中间点的指令(绝对值/增量值代码)。各轴的代码地址可省略一个; 省略哪个轴, 即表示该轴不返回参考点。

注 1: 参考点的位置在参数 NO.1290~NO.1328 中设置;

注 2: 对于选配了增量式编码器的用户, 上电后, 执行 G30 之前需要先返回一次参考点; 对于选配了绝对式

编码器的用户, 上电后, 执行 G30 之前则不需要先返回一次参考点;

注 3: 当代码中省略 P 时, 系统按 P2 处理, 即默认返回到第二参考点;

注 4: 从当前程序起点到中间点及中间点到参考点过程中, 各个轴是以各自独立的快移速度移动的。

2.12 坐标系相关功能

2.12.1 工件坐标系设定 G50

用于工件加工的坐标系叫做工件坐标系, 已经设定的工件坐标系可以通过变更其原点位置来重新设定工件坐标系的位置。

代码功能: 设置当前位置的绝对坐标, 通过设置当前位置的绝对坐标在系统中建立工件坐标系(也称浮动坐标系)。工件坐标系建立后, 绝对坐标编程按这个坐标系输入坐标值, 直至再次执行 G50 建立新的工件坐标系。

代码格式: G50 IP__ ; (A 套 G 代码)

代码说明: G50 为非模态 G 代码;

IP_ : 当使用绝对代码时, 指定当前点在坐标系中新的绝对坐标的位置; 使用增量代码时, 执行 G50 后当前点的绝对坐标值等于代码执行前的绝对坐标值与坐标增量值的和。

注 1: G50 改变了当前工件坐标系后, 其它的工件坐标系也进行相同的偏移;

注 2: G50 代码中, 各轴的代码地址可省略一个。当省略轴的代码地址时, 未输入的坐标轴保持原来坐标值不变;

注 3: 如果系统不需要设置 G50 偏移值, 可以设置参数 NO. 5152 来禁用 G50 代码。

注 4: G50 设置坐标系后, 对系统进行下电重启, 下电前 G50 设置的坐标系均不被保持。

2.12.2 工件坐标系选择 G54~G59

代码功能: 在程序中指定G54~G59中的一个G代码, 可以从工件坐标系1~6中选择一个。指定了工件坐标系之后, 程序段中指定的点就处在指定的工件坐标系中, 直到设定新的工件坐标系, 如下图所示。在此例中, 刀具定位到工件坐标系3的 X60.0, Z20.0点。

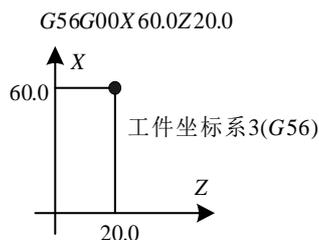


图 2.15 工件坐标系示意图

代码格式： G54/G55/G56/G57/G58/G59 X_ Y_ Z_;

代码说明： G54~G59代码是模态代码；

X_ Y_ Z_ : 移动到设定的工作坐标系统的指定位置

注 1： 工件坐标系是在上电后执行了返回参考点操作之后建立的。系统上电时，自动选择 G54 作为当前的工件坐标系；

注 2： 由 G54 到 G59 规定的 6 个工件坐标系可以通过外部工件零点偏移值或工件零点偏移值改变其位置，对应关系如下图所示；

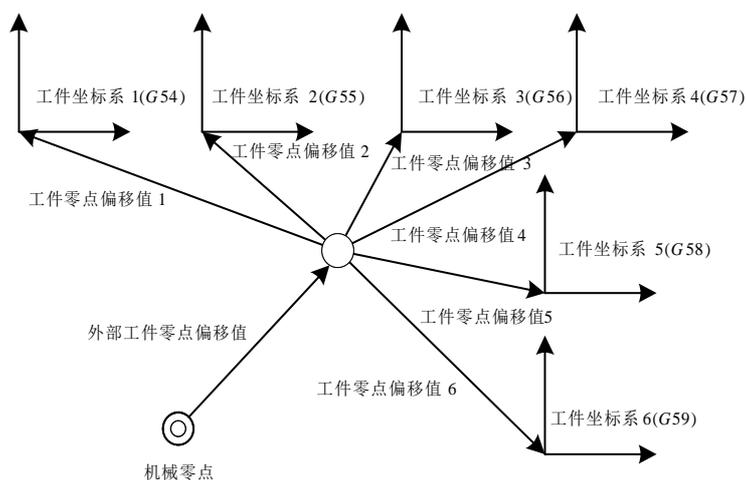


图 2.16 各工件坐标系偏移示意图

注 3： 可用以下的方法改变：

1) 通过 MDI 输入改变工件坐标系零点；

2) 通过 G50 移动工件坐标系；

指定 G50 IP_ , 使工件坐标系 (G54~G59) 移动而设定新的工件坐标系, 在这个新的工件坐标系中, 当前的刀具位置与指定的坐标一致。G50 指定的是相对值, 该值与原来的刀具位置坐标值相加, 建立新的坐标系, 但是刀具的位置不变, 只是坐标系进行偏移。如下图所示：

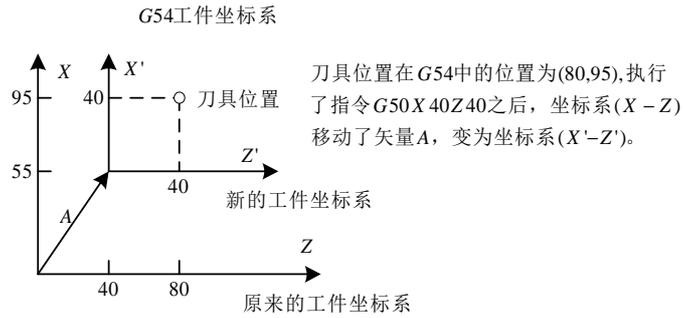


图 2.17 G50 坐标系偏移

注 4: G50 产生的坐标系偏移值加上所有工件零点的偏移值,使得所有的工件坐标系都偏移相同的量,如下图所示:

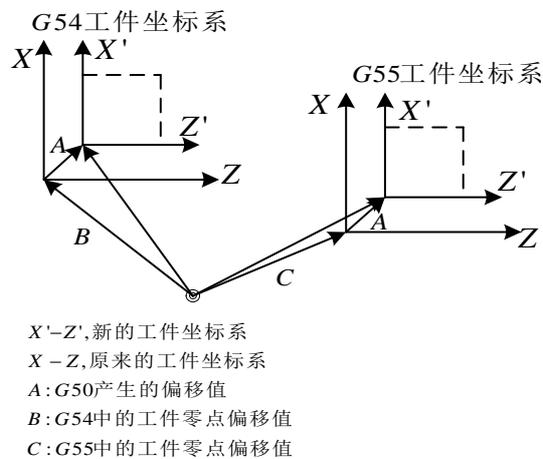


图 2.18 坐标系偏移量叠加示意图

注 5: G54~G59 工件坐标系的工件零点偏移值可在参数中设置,也可在坐标设置页面输入。

2.12.3 局部坐标系设定 G52

在工件坐标系上编程时,为了方便起见,可以在工件坐标系中再创建一个子工件坐标系。这样的子坐标系称为局部坐标系。

代码功能: 使用G52 IP_; 指令,可在所有的工件坐标系内(G54~G59)设定局部坐标系。各自的局部坐标系的原点,成为各自的工件坐标系中的IP_的位置。对应关系如下图所示。

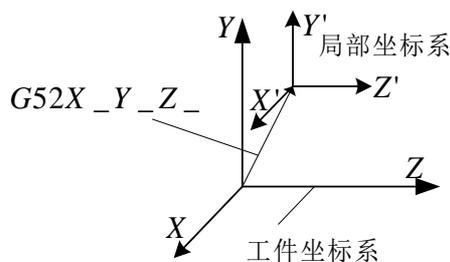


图 2.19 局部坐标系设定

代码格式: G52 IP_; 设定局部坐标系

.....

G52 IP0; 取消局部坐标系

代码说明: G52 为非模态G代码;

IP_ :当IP_为绝对代码时,则指定局部坐标系原点在工件坐标系中的绝对坐标值;当IP_为增量代码时,指定局部坐标系原点在工件坐标系中的偏移量;一个局部坐标系一旦被设定,在之后指定的轴移动指令就成为局部坐标系中的坐标值。希望改变局部坐标系时,可用G52重新设定局部坐标系。要取消局部坐标系,或在工件坐标系中指定坐标值时,应使局部坐标系的原点与工件坐标系的原点相重合。即指令G52 X0 Z0或G52 U0 W0。

注 1: 局部坐标系的设定不改变工件坐标系和机床坐标系;

注 2: 指令了 G52, 就暂时取消了刀尖半径补偿中的偏移;

注 3: 在局部坐标系中,指令 G50 设定工件坐标系时,如果没有对局部坐标系中的所有轴指定坐标值,那么局部坐标系中未在 G50 中指定的轴就保持不变,G50 指令的轴对应的局部坐标系被取消;例如:

.....

G52 X50 Z50;

.....

G50 X100; 此时局部坐标系中 Z 轴坐标值不变,而 X 轴对应的局部坐标系被取消

.....

注 4: 如果在局部坐标系中指令了选择工件坐标系指令(G54~G59)变更工件坐标系时,局部坐标系也要移到新的工件坐标系中去;

注 5: 复位时是否取消局部坐标系由参数 NO. 5160 决定,当该参数设置为 1 时,复位时将取消局部坐标系;

2.13 平面选择 G17~G19

代码功能: 通过G代码来选择进行圆弧插补、刀具半径补偿的平面。

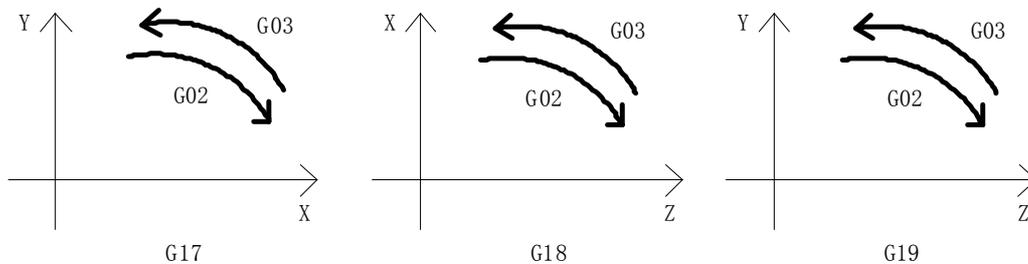


图 2.20 平面选择示意图

代码格式: G17 //选择 XpYp 平面;

G18 //选择 ZpXp 平面;

G19 //选择 YpZp 平面;

代码说明: G17、G18、G19 为模态G代码。

Xp: X轴或其平行轴

Yp: Y轴或其平行轴

Zp: Z轴或其平行轴

注 1: Xp、Yp、Zp 由含有 G17、G18 或 G19 的程序段中的轴地址决定。如果在 G17、G18 或 G19 程序段中省去一个轴的地址,则认为省去的地址是基准轴;

注 2: 在没有指定 G17、G18 或 G19 程序段中,平面保持不变;

注 3: 系统上电时,初始默认为 G18 状态,即 ZX 平面;

注 4: 多重复合循环代码(G70~G76)以及固定循环代码(G90、G92 和 G94)只能用于 ZX 基本轴平面,如果在其他平面指定这些功能系统出现报警;

注 5: 运动代码与平面选择无关,除了圆弧插补和刀尖半径补偿代码之外,如果指令了指定平面以外的轴,系统不出现报警,该轴可以移动;如果在圆弧插补代码中选定平面外的轴运动,系统出现报警。例如:

.....;

G17;

G01 X100 Y50 Z20 F100; 系统不出现报警,Z 轴发生移动

.....;

G02 X20 Z50 R100; 系统出现报警

.....;

示例: 平面选择,当 X 轴与 A 轴是平行轴时

G17 X_ Y_ ; 选择 XY 平面

G18 X_ Z_ ; 选择 ZX 平面

G17; 选择 XY 平面

G18 Y_ ; 选择 ZX 平面,Y 轴运动与平面无关

2.14 准确停止方式 G61/光滑转接方式 G64

G61指令功能: 程序段的所有编程轴都要准确停止在程序段的终点,然后再继续执行下一程序段;

G64指令功能: 在G64之后的各程序段编程轴刚开始减速时(未达到所编程的终点)就开始执行下一程序段,G64方式的编程轮廓与实际轮廓不同,其不同程度取决于F值的大小及两路径间的夹角,F值越大其区别越大。

指令格式: G61; (准确停止方式)

G64; (光滑转接方式)

- 指令说明:**
1. 一个包括G61的程序段继续执行下个程序段前,准确停止在本程序的终点,该功能用于加工尖锐的棱角。G61为模态指令,在指令G64前有效。编程轮廓与实际轮廓相同。
 2. G64为模态指令,在指令G61前有效,为默认缺省值。其轨迹与G61区别,如下图所示;
 3. G61、G64属于第15组的代码,与其它G代码组的关系可参考第五组。
 4. 当执行G0指令时,由于G0为非切削指令,所以在切削方式下仍然是准停处理。
 5. G61/G64指令被指定时,生效于下一指令段。

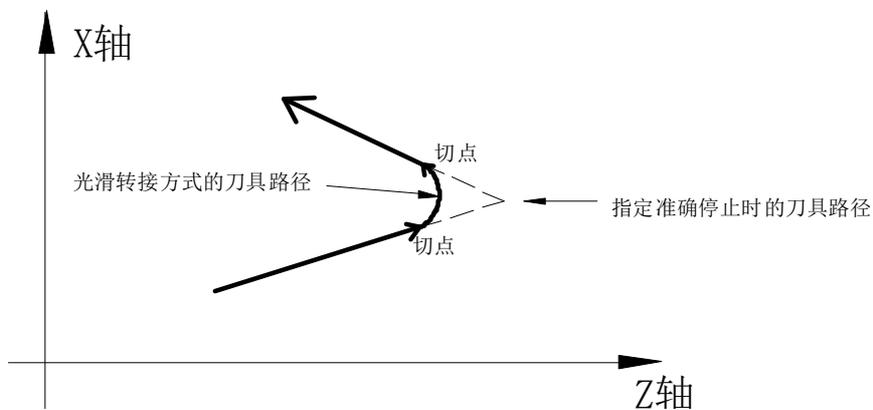


图 2.21 光滑转接示意图

注:系统上电默认为 G64 切削方式。

2.15 固定循环

2.15.1 轴向切削循环 G90

代码功能: 从起点开始,进行径向(X轴)进刀、轴向(Z轴或X、Z轴同时)切削,实现柱面或锥面切削循环。

G代码格式: G90 X(U) __ Z(W) __ F__ ; (直线切削循环)

G90 X(U) __ Z(W) __ R__ F__ ; (锥度切削循环)

代码说明: G90 为模态代码;

| | |
|--------|---------------------|
| X_, Z_ | 纵向切削终点(下图 B 点)的坐标值 |
| U_, W_ | 至纵向切削终点(下图 B 点)的移动量 |
| F_ | 切削进给速度 |
| R_ | 锥度量(半径值,带方向) |

- 执行过程：**
- ① X 轴从起点 A 快速移动到切削起点 B；
 - ② 从切削起点 B 直线插补(切削进给) 到切削终点 C；
 - ③ X 轴以切削进给速度退刀, 返回到 X 轴绝对坐标与起点相同处 D；
 - ④ Z 轴快速移动返回到起点 A, 循环结束。

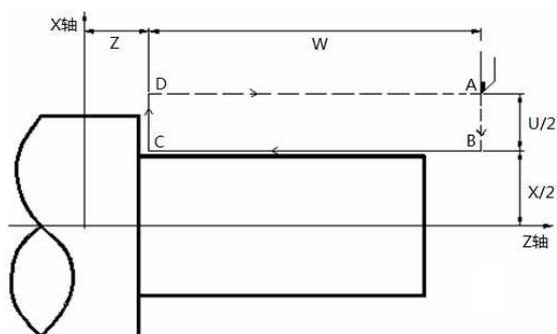


图 2.22 柱面切削

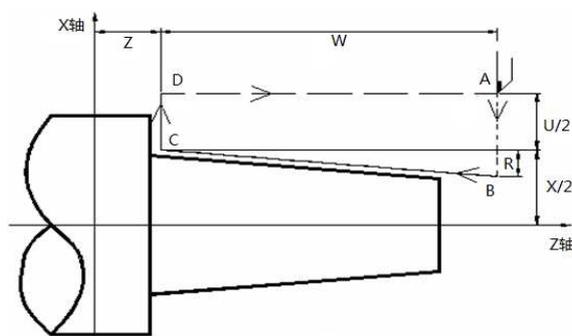
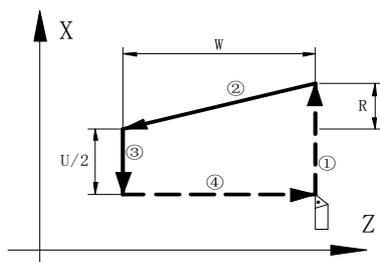


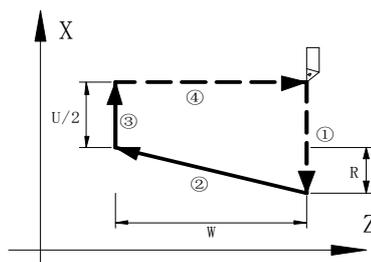
图 2.23 锥面切削

代码轨迹： U、W、R 反映切削终点与起点的相对位置, U、W、R 在符号不同时组合的刀具轨迹, 如下图:

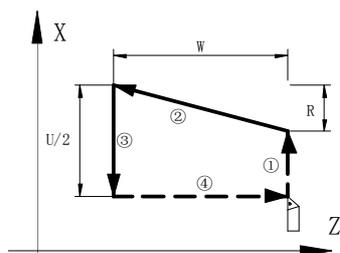
1) $U > 0, W < 0, R > 0$



2) $U < 0, W < 0, R < 0$



3) $U > 0, W < 0, R < 0, |R| \leq |U/2|$



4) $U < 0, W < 0, R > 0, |R| \leq |U/2|$

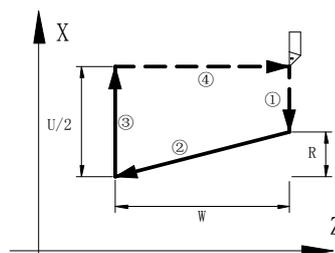


图 2.24 刀具轨迹

示例：毛坯 $\Phi 125 \times 110$

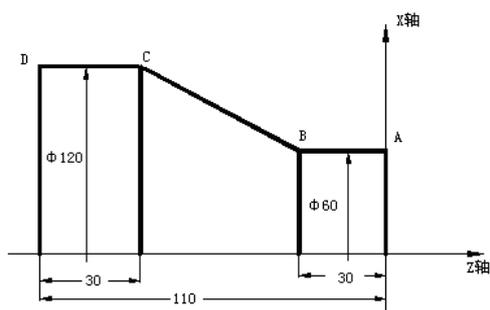


图 2.25 毛坯切削

程序：

```

M03 S300
G00 X130 Z3
X120 Z-110 F200 (A→D,Φ120切削)
X110 Z-30 X100
X90
X80
X70
X60
G00 X120 Z-30
X120 Z-44 R-7.5 F150 (B→C,锥度切削,分6次进刀)
Z-56 R-15 (循环切削)
Z-68 R-22.5
Z-80 R-30
M30
    
```

2.15.2 径向切削循环 G94

代码功能：从起点开始，轴向(Z轴)进刀、径向(X轴或X、Z轴同时)切削，实现端面或锥面切削循环。

G代码格式：G94 X(U) __ Z(W) __ F__； (端面切削)
 G94 X(U) __ Z(W) __ R__ F__； (锥度端面切削)

代码说明：G94 为模态代码；

| | |
|--------|-----------------------|
| X_, Z_ | 底侧方向切削终点(下图 B 点)的坐标值 |
| U_, W_ | 至底侧方向切削终点(下图 B 点)的移动量 |
| F_ | 切削进给速度 |
| R_ | 锥度量(半径值,带方向) |

- 执行过程：**
- ① Z轴从起点 A 快速移动到切削起点 B；
 - ② 从切削起点 B 直线插补(切削进给)到切削终点 C；
 - ③ Z轴以切削进给速度退刀，返回到 Z轴绝对坐标与起点相同处 D；
 - ④ X轴快速移动返回到起点 A，循环结束。

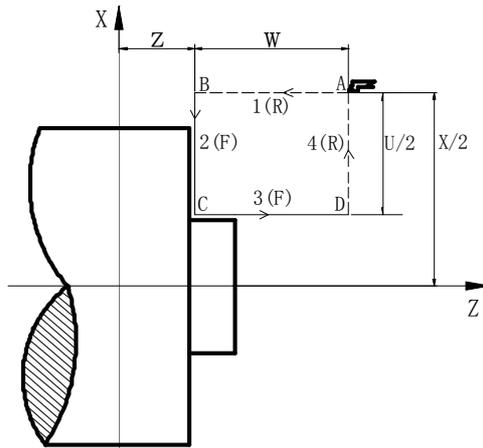


图 2.26 端面切削

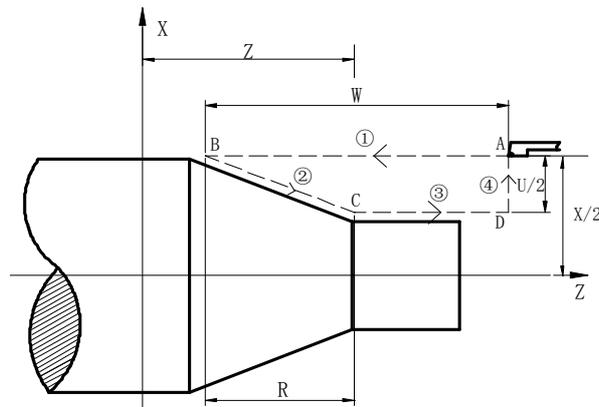
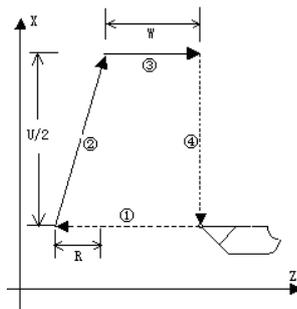


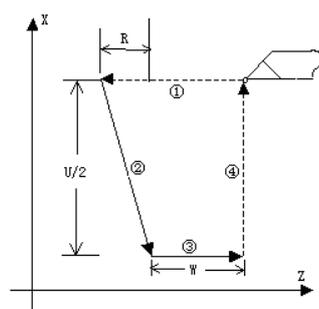
图 2.27 锥面切削

代码轨迹: U、W、R 反应切削终点与起点的相对位置, U、W、R 在符号不同时组合的刀具轨迹, 如下图:

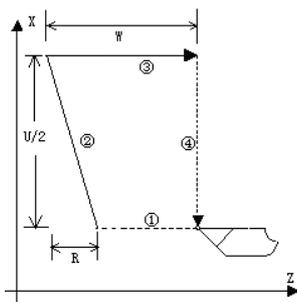
1) $U > 0$ $W < 0$ $R < 0$



2) $U < 0$ $W < 0$ $R < 0$



(3) $U > 0$ $W < 0$ $R > 0$ ($|R| \leq |W|$)



4) $U < 0$ $W < 0$ $R > 0$ ($|R| \leq |W|$)

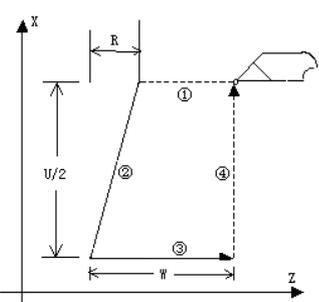


图 2.28 刀具轨迹

示例：如下图, 毛坯 $\Phi 125 \times 112$

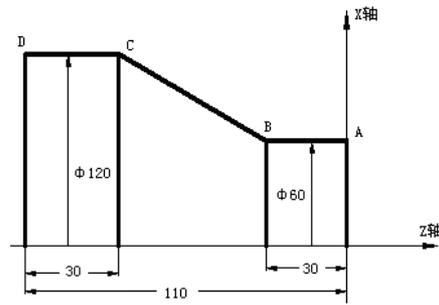


图 2.29 毛坯切削

程序:

```
G00 X130 Z5 M3 S500;  
G94 X0 Z0 F200;  
X120 Z-110 F300; 端面切削(外圆  $\Phi 120$  切削)  
G00 X120 Z0;  
G94 X108 Z-30 R-10;  
X96 R-20;  
X84 R-30; (C→B→A,  $\Phi 60$  切削)  
X72 R-40;  
X60 R-50;  
M30;
```

注 1: 固定循环代码只能用于 ZX 平面, 如果在固定循环代码的程序段中指令了其他轴的运动, 系统产生报警;

注 2: 在固定循环代码中, X(U)、Z(W)、R 一经执行, 在没有执行新的固定循环代码重新给 X(U)、Z(W)、R 时, X(U)、Z(W)、R 的代码值保持有效。如果执行了除 G04 以外的非模态 (00 组) G 代码或 01 组其它 G 代码时, X(U)、Z(W)、R 保持的代码值被清除;

注 3: 在 MDI 方式下执行固定循环代码, 运行结束后, 不必重新输入代码也可以进行和前面同样的固定循环。

2.16 多重循环

2.16.1 轴向粗车循环 G71

代码功能: G71 代码分为三个部分:

- (1) 给定粗车时的切削量、退刀量和切削速度、主轴转速、刀具功能的程序段;
- (2) 给定定义精车轨迹的程序段区间、精车余量的程序段;
- (3) 定义精车轨迹的若干连续的程序段, 执行 G71 时, 这些程序段仅用于计算粗车的轨迹, 实际并未被执行。

系统根据精车轨迹、精车余量、进刀量、退刀量等数据自动计算粗加工路线, 沿与 Z 轴平行的方向切削, 通过多次进刀→切削→退刀的切削循环完成工件

的粗加工。G71的起点和终点相同。本代码适用于非成型毛坯(棒料)的成型粗车。

代码格式:

G71 U(Δd) R(e) F_ S_ T_ ; (1)

G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw); (2)

N(ns).....;
F;
S; (3)
 N(nf)

相关定义:

| | |
|------------------------------|--|
| 精车轨迹 | 如下图所示,由代码的第(3)部分(ns~nf 程序段)给出的工件精加工轨迹,精加工轨迹的起点(即 ns 程序段的起点)与 G71 的起点、终点相同,简称 A 点;精加工轨迹的第一段(ns 程序段)只能是 X 轴的快速移动或切削进给,ns 程序段的终点简称 B 点;精加工轨迹的终点(nf 程序段的终点)简称 C 点。精车轨迹为 A 点→B 点→C 点。 |
| 粗车轮廓 | 精车轨迹按精车余量(Δu 、 Δw) 偏移后的轨迹,是执行 G71 形成的轨迹轮廓。精加工轨迹的 A、B、C 点经过偏移后对应粗车轮廓的 A'、B'、C' 点, G71 代码最终的连续切削轨迹为 B' 点→C' 点。 |
| Δd | 粗车时 X 轴的切削量(半径值),无符号,进刀方向由 ns 程序段的移动方向决定。U(Δd) 执行后,代码值 Δd 保持,并修改数据参数 NO. 5147 的值。未输入 U(Δd) 时,以数据参数 NO. 5147 的值作为进刀量。 |
| e | 粗车时 X 轴的退刀量(半径值),无符号,退刀方向与进刀方向相反,R(e) 执行后,代码值 e 保持,并修改数据参数 NO. 5148 的值。未输入 R(e) 时,以数据参数 NO. 5148 的值作为退刀量。 |
| ns | 精车轨迹的第一个程序段的程序段号 |
| nf | 精车轨迹的最后一个程序段的程序段号 |
| Δu | X 轴的精加工余量(直径),有符号,粗车轮廓相对于精车轨迹的 X 轴坐标偏移,即: A' 点与 A 点 X 轴绝对坐标的差值。U(Δu) 未输入时,系统按 $\Delta u=0$ 处理,即:粗车循环 X 轴不留精加工余量。 |
| Δw | Z 轴的精加工余量,有符号,粗车轮廓相对于精车轨迹的 Z 轴坐标偏移,即: A' 点与 A 点 Z 轴绝对坐标的差值。W(Δw) 未输入时,系统按 $\Delta w=0$ 处理,即:粗车循环 Z 轴不留精加工余量。 |
| F | 切削进给速度; S: 主轴转速; T: 刀具号、刀具偏置号。 |
| M、S、T、F | 可在第一个 G71 代码或第二个 G71 代码中,也可在 ns~nf 程序中指定。在 G71 循环中, ns~nf 间程序段号的 M、S、T、F 功能都无效,仅在在有 G70 精车循环的程序段中才有效。 |

执行过程:

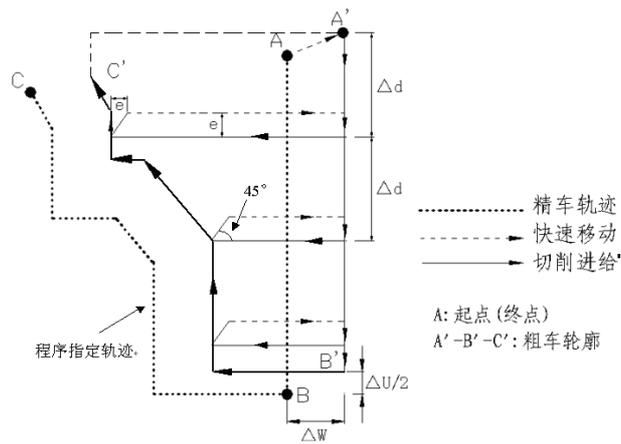


图 2.30 G71 代码循环轨迹

留精车余量时坐标偏移方向:

Δu 、 Δw 反应了精车时坐标偏移和切入方向, 按 Δu 、 Δw 的符号有四种不同组合, 见下图, 图中: $B \rightarrow C$ 为精车轨迹, $B' \rightarrow C'$ 为粗车轮廓, A 为起刀点。

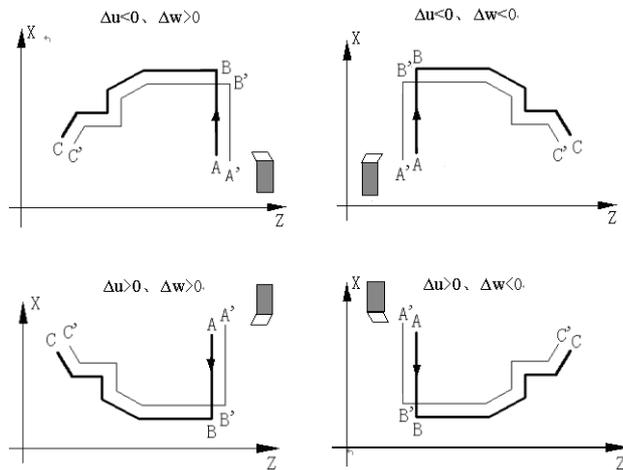


图2.31 坐标偏移和切入方向

示例:

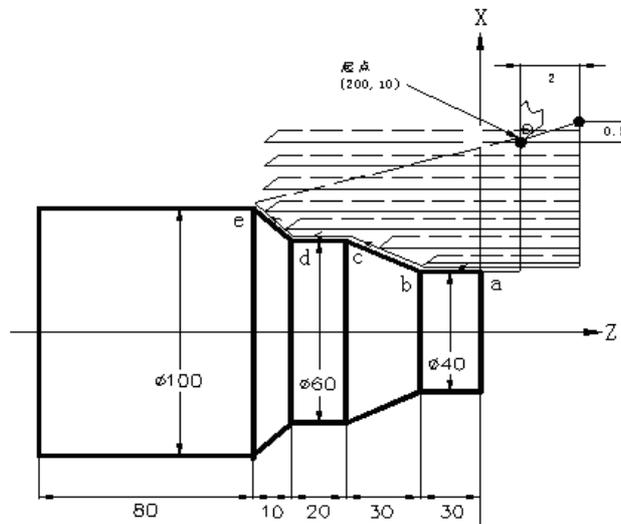


图2.32 粗车示例

程序:

| | |
|-------------------------|--|
| G00 X200 Z10 M03 S800; | (主轴逆时针转, 转速 800r/min) |
| G71 U2 R1 F200; | (每次切深 4mm, 退刀 2mm, [直径]) |
| G71 P80 Q120 U0.5 W2.0; | (对 a→→e 粗车加工, 余量 X 轴方向 0.5mm, Z 轴方向 2.0mm) |
| N80 G00 X40 S1200; | (定位) |
| G01 Z-30 F100; | (a→b) |
| X60 W-30; | (b→c) 精加工路线 a→b→c→d→e 程序段 |
| W-20; | (c→d) |
| N120 X100 W-10; | (d→e) |
| G70 P80 Q120; | (对 a→→e 精车加工) |
| M30; | (程序结束) |

ELESY-E3TA系统的G71指令支持连续凹槽加工:

形状在平面第2轴(ZX 平面时为 X 轴) 方向不必是单调增加或单调减少, 并且最多可以有 10 个凹槽, 示意如下:

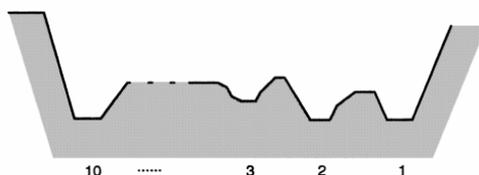


图2.33 凹槽示意图1

但是, 沿Z轴的外形轮廓必须单调递增或递减, 下面的轮廓不能加工:

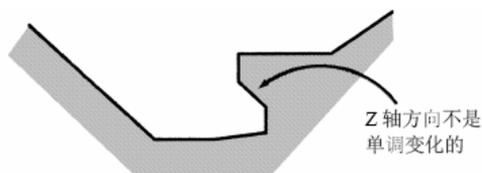


图2.34 凹槽示意图2

第一刀不必垂直: 如果沿Z 轴为单调变化的形状就可进行加工, 示意图如下:

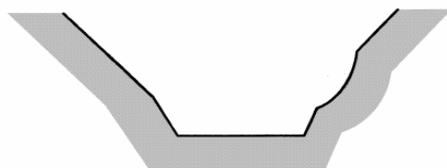


图2.35 凹槽示意图3

车削后, 应该退刀, 退刀量由 R(e) 参数指定或者以参数NO. 5148设定值指定。当某一凹槽加工完成后则进行反向45° 退刀(需注意退刀距离以免撞刀), 退刀距离也由NO. 5148设定. 示意图如下:

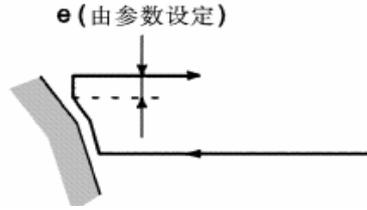


图2.36 退刀量示意图

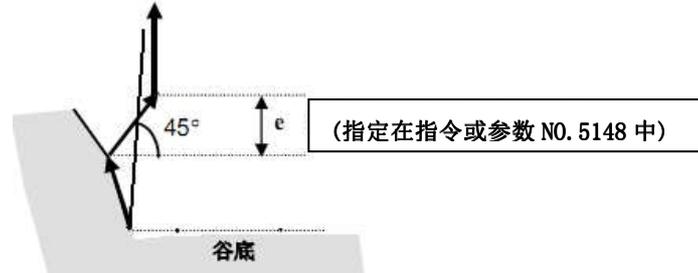


图2.37 (凹槽切削完成时)

代码执行过程示意图:

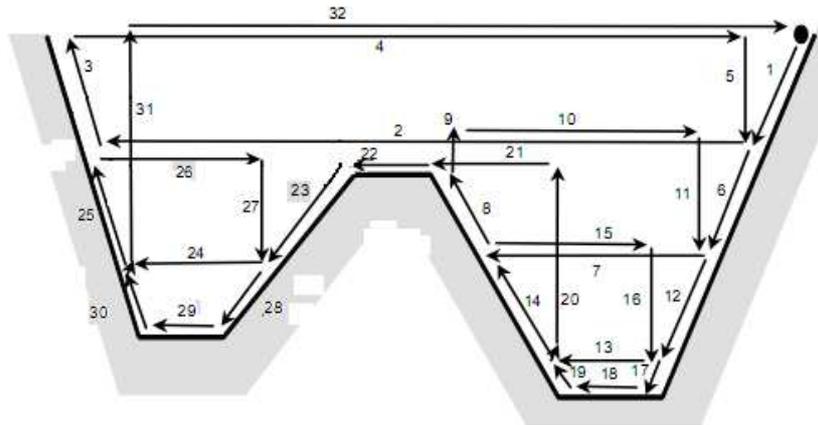


图2.38 代码执行过程

注 1: 对于凹槽加工, 必须指定 X(U) 和 Z(W) 两个轴, 当 Z 轴不移动时 也必须指定 W0。

注 2: 对于凹槽加工, 精车余量只能指定 X 方向, 而在 Z 方向上指定的精车余量则无效。

注 3: 对于凹槽加工, 当前槽切削完成要切削下个凹槽的时, 留下退刀量的距离让刀以 G1 的速度靠向工件 (标号 25 和 26), 如果退刀量为 0 或者剩余距离小于退刀量, 系统以 G1 靠向工件。

注 4: 对于凹槽加工, 精车轨迹 (ns~nf 程序段), Z 轴尺寸必须是单调变化 (一直增大或一直减小),

注 5: G71 指令 II 型, 当精车轨迹 (ns~nf 程序段) 中存在圆弧时, 参数 NO. 3410 (圆弧半径允许误差) 不可为零数, 即不可使用圆弧半径误差允许功能。

注 6: 半径误差与切削余量无关, 半径误差允许并可检查报警。

注 7: 对于凹槽加工, 切削后先快速退刀回起点位置加余量再加进刀量所在的高度上, 再平移至起点上方, 最后快速移动回起点。

2.16.2 径向粗车循环 G72

代码功能： G72代码分为三个部分：

- (1) 给定粗车时的切削量、退刀量和切削速度、主轴转速、刀具功能的程序段；
- (2) 给定定义精车轨迹的程序段区间、精车余量的程序段；
- (3) 定义精车轨迹的若干连续的程序段, 执行G72时, 这些程序段仅用于计算粗车的轨迹, 实际并未被执行。

系统根据精车轨迹、精车余量、进刀量、退刀量等数据自动计算粗加工路线, 沿与X轴平行的方向切削, 通过多次进刀→切削→退刀的切削循环完成工件的粗加工, G72的起点和终点相同。本代码适用于非成型毛坯(棒料)的成型粗车。

代码格式：

G72 W(Δd) R(e) F_ S_ T_ (1)

G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) (2)

N (ns).....;

.....;

.....F;

.....S;

(3)

.....;

N (nf);

| | |
|------------------------------|--|
| 精车轨迹 | 由代码的第(3)部分 (ns~nf 程序段) 给出的工件精加工轨迹, 精加工轨迹的起点(即 ns 程序段的起点) 与 G72 的起点、终点相同, 简称 A 点; 精加工轨迹的第一段(ns 程序段) 只能是 Z 轴的快速移动或切削进给, ns 程序段的终点简称 B 点; 精加工轨迹的终点(nf 程序段的终点) 简称 C 点。精车轨迹为 A 点→B 点→C 点。 |
| 粗车轮廓 | 精车轨迹按精车余量 (Δu 、 Δw) 偏移后的轨迹, 是执行G72形成的轨迹轮廓。精加工轨迹的A、B、C点经过偏移后对应粗车轮廓的A'、B'、C' 点, G72代码最终的连续切削轨迹为B' 点→C' 点。 |
| Δd | 粗车时Z轴的切削量, 无符号, 进刀方向由ns程序段的移动方向决定。W(Δd) 执行后, 代码值 Δd 保持, 并修改数据参数NO. 5147的值。未输入W(Δd) 时, 以数据参数NO. 5147的值作为进刀量。 |
| e | 粗车时 Z 轴的退刀量, 无符号, 退刀方向与进刀方向相反, R(e) 执行后, 代码值 e 保持, 并修改数据参数 NO. 5148 的值。未输入 R(e) 时, 以数据参数 NO. 5148 的值作为退刀量。 |
| ns | 精车轨迹的第一个程序段的程序段号。 |
| nf | 精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。 |

| | |
|------------|---|
| Δu | 粗车时 X 轴留出的精加工余量(粗车轮廓相对于精车轨迹的 X 轴坐标偏移, 即: A' 点与 A 点 X 轴绝对坐标的差值, 直径, 有符号)。 |
| Δw | 粗车时 Z 轴留出的精加工余量(粗车轮廓相对于精车轨迹的 Z 轴坐标偏移, 即: A' 点与 A 点 Z 轴绝对坐标的差值, 有符号)。 |
| M、S、T、F | 可在第一个 G72 代码或第二个 G72 代码中, 也可在 ns~nf 程序中指定。 在 G72 循环中, ns~nf 间程序段号的 M、S、T、F 功能都无效, 仅在 G70 精车循环的程序段中才有效。 |

执行过程:

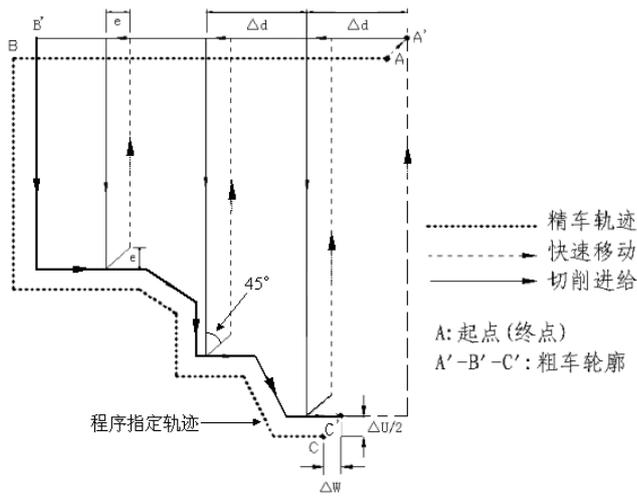


图2.39 留精车余量时坐标偏移方向

Δu 、 Δw 反应了精车时坐标偏移和切入方向, 按 Δu 、 Δw 的符号有四种不同组合, 见下图所示, 图中: B→C 为精车轨迹, B'→C' 为粗车轮廓, A 为起刀点。

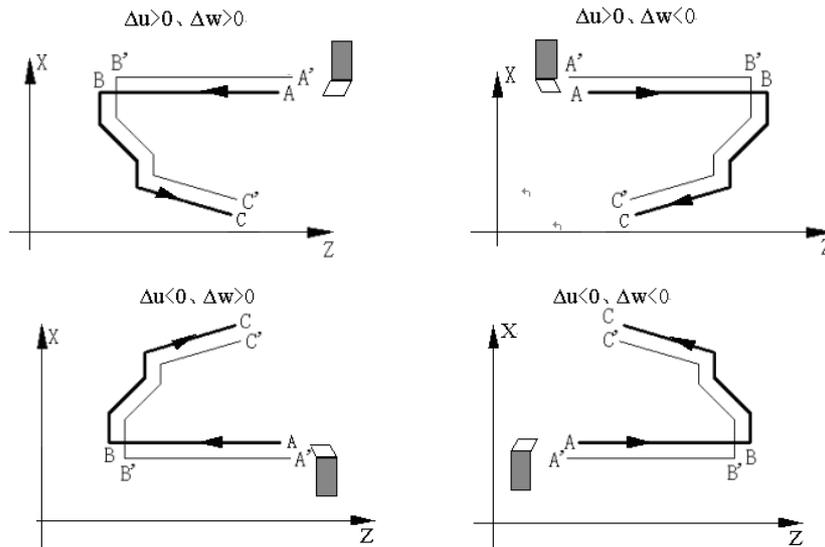


图2.40 坐标偏移和切入方向

示例：

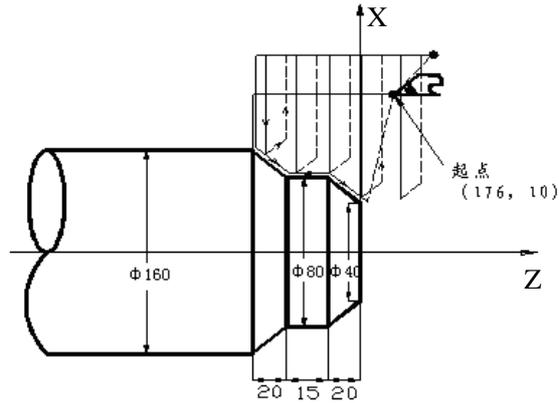


图2.41 加工示例

程序：

```
G00 X176 Z10 M3 S500 T0202; (换2号刀, 执行2号刀偏, 主轴逆时针转, 转速500r/min)
G72 W2.0 R0.5 F300; (进刀量2mm, 退刀量0.5mm)
G72 P10 Q20 U0.2 W0.1; (对a→d粗车, X轴留0.2mm, Z轴流0.1mm余量)
N10 G00 Z-55 S800; (快速移动)
G01 X160 F120; (进刀至a点)
X80 W20; (加工a→b) 精加工路线程序段
W15; (加工b→c)
N20 X40 W20; (加工c→d)
G70 P10 Q20; (精加工a→d)
```

2.16.3 封闭切削循环 G73

代码功能： G73代码分为三个部分：

- (1) 给定退刀量、切削次数和切削速度、主轴转速、刀具功能的程序段；
- (2) 给定定义精车轨迹的程序段区间、精车余量的程序段；
- (3) 定义精车轨迹的若干连续的程序段, 执行G73时, 这些程序段仅用于计算粗车的轨迹, 实际并未被执行。

系统根据精车余量、退刀量、切削次数等数据自动计算粗车偏移量、粗车的单次进刀量和粗车轨迹, 每次切削的轨迹都是精车轨迹的偏移, 切削轨迹逐步靠近精车轨迹, 最后一次切削轨迹为按精车余量偏移的精车轨迹。G73 的起点和终点相同, 本代码适用于成型毛坯的粗车。G73 代码为非模态代码, 代码轨迹如下所示。

代码格式: G73 U(Δi) W(Δk) R(d) F_ S_ T_ (1)

G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) (2)

N (ns).....;

.....;

.....F;

.....S;

(3)

.....;

N (nf)

相关定义：

| | |
|------------------------------|--|
| 精车轨迹 | 由代码的第(3)部分(ns~nf程序段)给出的工件精加工轨迹,精加工轨迹的起点(即ns程序段的起点)与G73的起点、终点相同,简称A点;精加工轨迹的第一段(ns程序段)的终点简称B点;精加工轨迹的终点(nf程序段的终点)简称C点。精车轨迹为A点→B点→C点。 |
| 粗车轨迹 | 为精车轨迹的一组偏移轨迹,粗车轨迹数量与切削次数相同。坐标偏移后精车轨迹的A、B、C点分别对应粗车轨迹的A _n 、B _n 、C _n 点(n为切削的次数,第一次切削表示为A ₁ 、B ₁ 、C ₁ 点,最后一次表示为A _d 、B _d 、C _d 点)。第一次切削相对于精车轨迹的坐标偏移量为($\Delta i \times 2 + \Delta u$, $\Delta w + \Delta k$) (按直径编程表示),最后一次切削相对于精车轨迹的坐标偏移量为(Δu , Δw),每一次切削相对于上一次切削轨迹的坐标偏移量为($\Delta i \times 2 / (d-1)$, $\Delta k / (d-1)$)。 |
| Δi | X轴粗车退刀量(半径值,有符号), Δi 等于A ₁ 点相对于A _d 点的X轴坐标偏移量(半径值),粗车时X轴的总切削量(半径值)等于 $ \Delta i $,X轴的切削方向与 Δi 的符号相反: $\Delta i > 0$,粗车时向X轴的负方向切削。 Δi 代码值执行后保持,并修改系统数据参数NO.5144的值。未输入U(Δi)时,以数据参数NO.5144的值作为X轴粗车退刀量。 |
| Δk | Z轴粗车退刀量(有符号), Δk 等于A ₁ 点相对于A _d 点的Z轴坐标偏移量,粗车时Z轴的总切削量等于 $ \Delta k $,Z轴的切削方向与 Δk 的符号相反: $\Delta k > 0$,粗车时向Z轴的负方向切削。 Δk 代码值执行后保持,并修改数据参数NO.5145的值。未输入W(Δk)时,以数据参数NO.5145的值作为Z轴粗车退刀量。 |
| d | 切削的次数,R5表示5次切削完成封闭切削循环。R(d)代码值执行后保持,并将数据参数NO.5146的值修改为d。未输入R(d)时,以数据参数NO.5146的值作为切削次数。 |
| ns | 精车轨迹的第一个程序段的程序段号 |
| nf | 精车轨迹的最后一个程序段的程序段号 |
| Δu | X轴的精加工余量,(直径,有符号),最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹的X轴坐标偏移,即:A _d 点相对于A点X轴绝对坐标的差值。 $\Delta u > 0$,最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹向X轴的正方向偏移。未输入U(Δu)时,系统按 $\Delta u=0$ 处理,即:粗车循环X轴不留精加工余量。 |
| Δw | Z轴的精加工余量(有符号),最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹的Z轴坐标偏移,即:A _d 点相对于A点Z轴绝对坐标的差值。 $\Delta w > 0$,最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹向Z轴的正方向偏移。未输入W(Δw)时,系统按 $\Delta w=0$ 处理,即:粗车循环Z轴不留精加工余量。 |
| M、S、T、F | 代码字可在第一个G73代码或第二个G73代码中,也可在ns~nf程序中指定。在G73循环中,ns~nf间程序段号的M、S、T、F功能都无效,仅在G70精车循环的程序段中才有效。 |

执行过程:

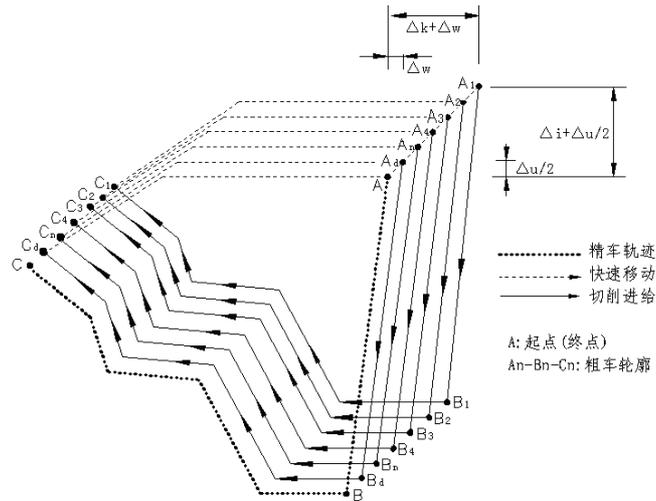


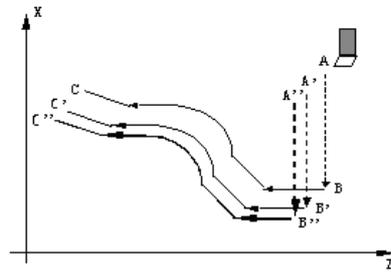
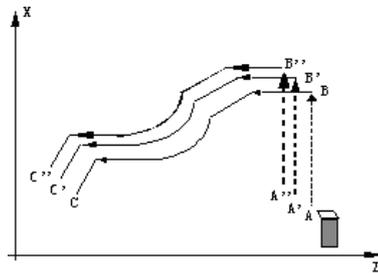
图 2.42 G73 代码运行轨迹

留精车余量时坐标偏移方向:

Δi 、 Δk 反应了粗车时坐标偏移和切入方向, Δu 、 Δw 反应了精车时坐标偏移和切入方向; Δi 、 Δk 、 Δu 、 Δw 可以有多种组合, 在一般情况下, 通常 Δi 与 Δu 的符号一致, Δk 与 Δw 的符号一致, 常用有四种组合, 见下图所示, 图中: A为起刀点, B→C为工件轮廓, B'→C'为粗车轮廓, B''→C''为精车轨迹。

1) $\Delta i < 0$ $\Delta k > 0$, $\Delta u < 0$ $\Delta w > 0$;

2) $\Delta i > 0$ $\Delta k > 0$, $\Delta u > 0$ $\Delta w > 0$;



3) $\Delta i < 0$ $\Delta k < 0$, $\Delta u < 0$ $\Delta w < 0$;

4) $\Delta i > 0$ $\Delta k < 0$, $\Delta u > 0$ $\Delta w < 0$;

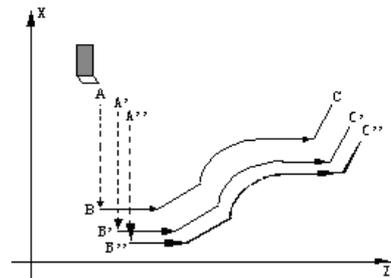
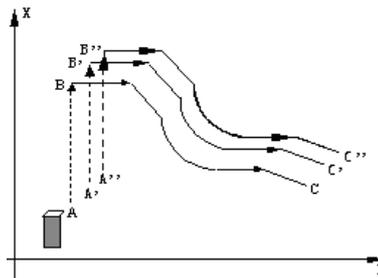


图 2.43 坐标偏移和切入方向

示例:

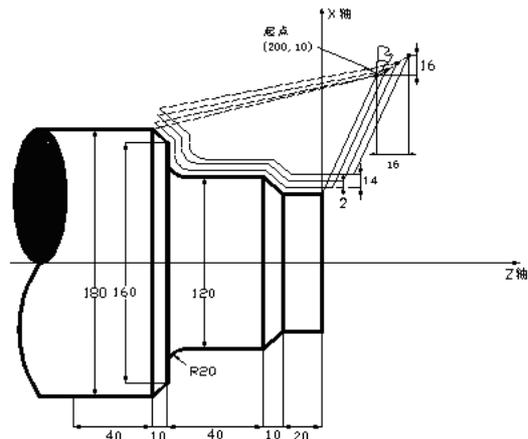


图 2.44 加工示例

程序:

```
G99 G00 X200 Z10 M3 S500; (指定每转进给, 定位起点, 启动主轴)
G73 U15 W15 R3; (X 轴退刀 15mm, Z 轴退刀 15mm)
G73 P1 Q2 U2 W1 F0.3; (粗车, X 轴留 2mm, Z 轴留 1mm 精车余量)
N1 G0 X80 Z0;
G01 W-20 F0.15 S600;
X120 W-10;
W-20;
G02 X160 W-20 R20;
N2 G01 X180 W-10;
G70 P1 Q2;
M30;
```

2.16.4 精加工循环 G70

代码功能: 刀具从起点位置沿着ns~nf程序段给出的工件精加工轨迹进行精加工。在G71、G72或G73进行粗加工后,用G70代码进行精车,单次完成精加工余量的切削。G70循环结束时,刀具返回到起点并执行G70程序段后的下一个程序段。

代码格式: G70 P(ns) Q(nf);

代码说明:

- ns: 精车轨迹的第一个程序段的程序段号,取值范围为1~99999;
 - nf: 精车轨迹的最后一个程序段的程序段号,取值范围为1~99999;
- G70 代码轨迹由 ns~nf 之间程序段的编程轨迹决定。ns、nf 在 G70~G73 程序段中的相对位置关系如下:

```
.....
G71/G72/G73 .....;
N (ns).....;
.....;
.....F;
.....S;
.....;
```

N (nf) ;

 G70 P(ns) Q(nf) ;

2.16.5 轴向切槽多重循环 G74

代码功能：径向(X轴)进刀循环复合轴向断续切削循环：从起点轴向(Z轴)进给、回退、再进给……直至切削到与切削终点Z轴坐标相同的位置，然后径向退刀、轴向回退至与起点Z轴坐标相同的位置，完成一次轴向切削循环；径向再次进刀后，进行下一次轴向切削循环；切削到切削终点后，返回起点(G74的起点和终点相同)，轴向切槽复合循环完成。G74的径向进刀和轴向进刀方向由切削终点X(U)、Z(W)与起点的相对位置决定，此代码用于在工件端面加工环形槽或中心深孔，轴向断续切削起到断屑、及时排屑的作用。

代码格式：G74 R(e)；

G74 X(U) _ Z(W) _ P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F_；

相关定义：

| | |
|-----------------|---|
| 轴向切削循环起点 | 每次轴向切削循环开始轴向进刀的位置，表示为 A_n ($n=1, 2, 3, \dots$)， A_n 的Z轴坐标与起点A相同， A_n 与 A_{n-1} 的X轴坐标的差值为 Δi 。第一次轴向切削循环起点 A_1 与起点A为同一点，最后一次轴向切削循环起点(表示为 A_f)的X轴坐标与切削终点相同。 |
| 轴向进刀终点 | 每次轴向切削循环轴向进刀的终点位置，表示为 B_n ($n=1, 2, 3, \dots$)， B_n 的Z轴坐标与切削终点相同， B_n 的X轴坐标与 A_n 相同，最后一次轴向进刀终点(表示为 B_f)与切削终点为同一点。 |
| 径向退刀终点 | 每次轴向切削循环到达轴向进刀终点后，径向退刀(退刀量为 Δd)的终点位置，表示为 C_n ($n=1, 2, 3, \dots$)， C_n 的Z轴坐标与切削终点相同， C_n 与 A_n X轴坐标的差值为 Δd 。 |
| 轴向切削循环终点 | 从径向退刀终点轴向退刀的终点位置，表示为 D_n ($n=1, 2, 3, \dots$)， D_n 的Z轴坐标与起点相同， D_n 的X轴坐标与 C_n 相同(与 A_n X轴坐标的差值为 Δd)。 |
| 切削终点 | X(U) _ Z(W) _ 指定的位置，最后一次轴向进刀终点 B_f 。 |
| R(e) | 每次轴向(Z轴)进刀后的轴向退刀量，无符号。R(e)执行后代码值保持有效，并修改数据参数NO. 5139的值。未输入R(e)时，以数据参数NO. 5139的值作为轴向退刀量。 |
| X | 切削终点 B_f 的X轴绝对坐标值。 |
| U | 切削终点 B_f 与起点A的X轴绝对坐标的差值。 |
| Z | 切削终点 B_f 的Z轴的绝对坐标值。 |

| | |
|---------------------------------|--|
| W | 切削终点 B_f 与起点 A 的 Z 轴绝对坐标的差值。 |
| P(Δi) | 单次轴向切削循环的径向(X 轴)切削量(半径值),无符号。 |
| Q(Δk) | 轴向(Z 轴)切削时, Z 轴断续进刀的进刀量,无符号。 |
| R(Δd) | 切削至轴向切削终点后,径向(X 轴)的退刀量(半径值),无符号。省略 $R(\Delta d)$ 时,系统默认轴向切削终点后,径向(X 轴)的退刀量为 0。省略 $P(\Delta i)$ 代码字时,默认径向(X 轴)的退刀量为 0。 |

执行过程(如下图所示):

① 从轴向切削循环起点 A_n 轴向(Z 轴)切削进给 Δk , 切削终点 Z 轴坐标小于起点 Z 轴坐标时, 向 Z 轴负向进给, 反之则向 Z 轴正向进给;

② 轴向(Z 轴)快速移动退刀 e , 退刀方向与①进给方向相反;

③ 如果 Z 轴再次切削进给 ($\Delta k+e$), 进给终点仍在轴向切削循环起点 A_n 与轴向进刀终点 B_n 之间, Z 轴再次切削进给 ($\Delta k+e$), 然后执行②; 如果 Z 轴再次切削进给 ($\Delta k+e$) 后, 进给终点到达 B_n 点或不在 A_n 与 B_n 之间, Z 轴切削进给至 B_n 点, 然后执行④;

④ 径向(X 轴)快速移动退刀 Δd (半径值)至 C_n 点, B_f 点(切削终点)的 X 轴坐标小于 A 点(起点) X 轴坐标时, 向 X 轴正向退刀, 反之则向 X 轴负向退刀;

⑤ 轴向(Z 轴)快速移动退刀至 D_n 点, 第 n 次轴向切削循环结束。如果当前不是最后一次轴向切削循环, 执行⑥; 如果当前是最后一次轴向切削循环, 执行⑦;

⑥ 径向(X 轴)快速移动进刀, 进刀方向与④退刀方向相反。如果 X 轴进刀 ($\Delta d+\Delta i$) (半径值)后, 进刀终点仍在 A 点与 A_f 点(最后一次轴向切削循环起点)之间, X 轴快速移动进刀 ($\Delta d+\Delta i$) (半径值), 即: $D_n \rightarrow A_{n+1}$, 然后执行①(开始下一次轴向切削循环); 如果 X 轴进刀 ($\Delta d+\Delta i$) (半径值)后, 进刀终点到达 A_f 点或不在 D_n 与 A_f 点之间, X 轴快速移动至 A_f 点, 然后执行①, 开始最后一次轴向切削循环;

⑦ X 轴快速移动返回到起点 A , $G74$ 代码执行结束。

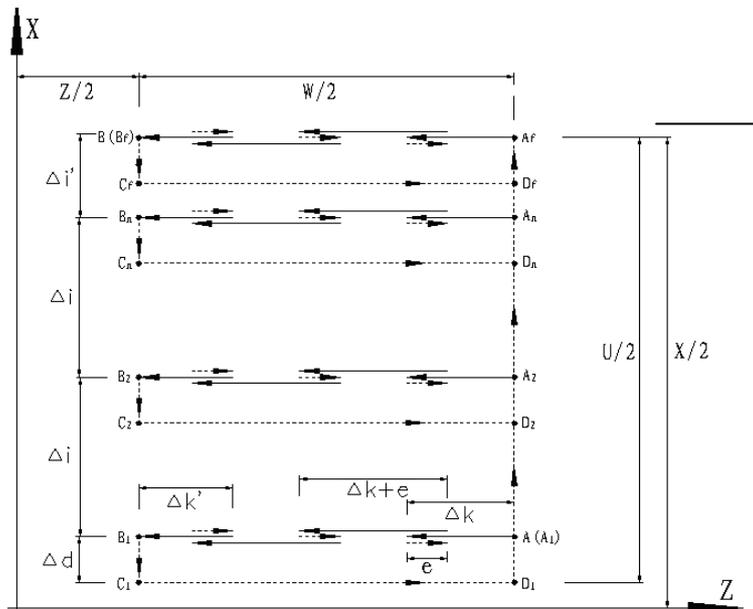


图2.45 G74轨迹图

示例:

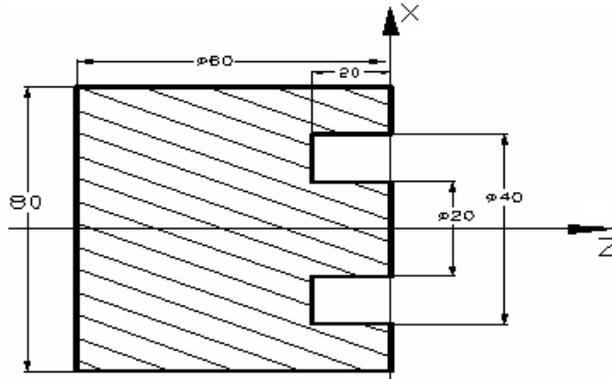


图2.46 加工示例

程序:

G0 X40 Z5 M3 S500; (启动主轴, 定位到加工起点)
 G74 R0.5; (加工循环)
 G74 X20 Z-20 P3 Q5 F50; (Z轴每次进刀5mm, 退刀0.5mm, 进给到终点(Z-20)后, 快速返回到起点(Z5), X轴进刀3mm, 循环以上步骤继续运行)
 M30; (程序结束)

2.16.6 径向切槽多重循环 G75

代码功能: 轴向(Z轴)进刀循环复合径向断续切削循环: 从起点径向(X轴)进给、回退、再进给……直至切削到与切削终点X轴坐标相同的位置, 然后轴向退刀、径向回退至与起点X轴坐标相同的位置, 完成一次径向切削循环; 轴向再次进刀后, 进行下一次径向切削循环; 切削到切削终点后, 返回起点(G75的起点和终点相同), 径向切槽复合循环完成。G75的轴向进刀和径向进刀方向由切削终点X(U)Z(W)与起点的相对位置决定, 此代码用于加工径向环形槽或圆柱面, 径向断续切削起到断屑、及时排屑的作用。

代码格式: G75 R(e);

G75 X(U)_ Z(W)_ P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F_;

相关定义:

| | |
|-----------------|--|
| 径向切削循环起点 | 每次径向切削循环开始径向进刀的位置, 表示为 A_n ($n=1, 2, 3, \dots$), A_n 的 X 轴坐标与起点 A 相同, A_n 与 A_{n-1} 的 Z 轴坐标的差值为 Δk 。第一次径向切削循环起点 A_1 与起点 A 为同一点, 最后一次径向切削循环起点(表示为 A_f) 的 Z 轴坐标与切削终点相同。 |
| 径向进刀终点 | 每次径向切削循环径向进刀的终点位置, 表示为 B_n ($n=1, 2, 3, \dots$), B_n 的 X 轴坐标与切削终点相同, B_n 的 Z 轴坐标与 A_n 相同, 最后一次径向进刀终点(表示为 B_f) 与切削终点为同一点。 |
| 轴向退刀终点 | 每次径向切削循环到达径向进刀终点后, 轴向退刀(退刀量为 Δd) 的终点位置, 表示为 C_n ($n=1, 2, 3, \dots$), C_n 的 X 轴坐标与切削终点相同, C_n 与 A_n Z 轴坐标的差值为 Δd 。 |
| 径向切削 | 从轴向退刀终点径向退刀的终点位置, 表示为 D_n ($n=1, 2, 3, \dots$), D_n 的 X 轴坐标与 |

| | |
|---------------------------------|--|
| 循环终点 | 起点相同, D_n 的 Z 轴坐标与 C_n 相同(与 A_n Z 轴坐标的差值为 Δd)。 |
| 切削终点 | X(U)_ Z(W)_ 指定的位置, 最后一次径向进刀终点 B_f 。 |
| R(e) | 每次径向(X 轴) 进刀后的径向退刀量, 无符号。R(e) 执行后代码值保持有效, 并修改系统参数 NO. 5139 的值。未输入 R(e) 时, 以系统参数 NO. 5139 的值作为径向退刀量。 |
| X | 切削终点 B_f 的 X 轴绝对坐标值。 |
| U | 切削终点 B_f 与起点 A 的 X 轴绝对坐标的差值。 |
| Z | 切削终点 B_f 的 Z 轴的绝对坐标值。 |
| W | 切削终点 B_f 与起点 A 的 Z 轴绝对坐标的差值 |
| P(Δi) | 径向(X 轴) 进刀时, X 轴断续进刀的进刀量(半径值), 无符号。 |
| Q(Δk) | 单次径向切削循环的轴向(Z 轴) 进刀量, 无符号。 |
| R(Δd) | 切削至径向切削终点后, 轴向(Z 轴) 的退刀量, 无符号。 省略 R(Δd) 和 Q(Δk) 时, 系统默认轴向(Z 轴) 的退刀量为 0。 省略 Z(W), 默认往负方向退刀。 |

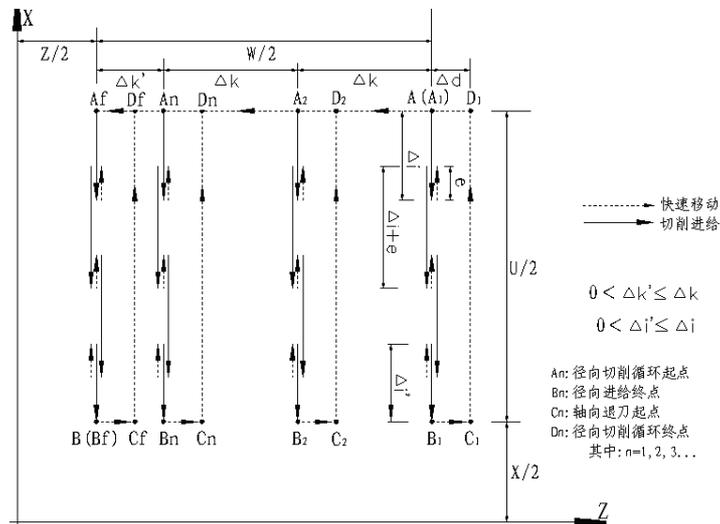


图2.47 G75轨迹图

执行过程:

- ① 从径向切削循环起点 A_n 径向(X 轴) 切削进给 Δi , 切削终点 X 轴坐标小于起点 X 轴坐标时, 向 X 轴负向进给, 反之则向 X 轴正向进给;
- ② 径向(X 轴) 快速移动退刀 e , 退刀方向与①进给方向相反;
- ③ 如果 X 轴再次切削进给 ($\Delta i+e$), 进给终点仍在径向切削循环起点 A_n 与径向进刀终点 B_n 之间, X 轴再次切削进给 ($\Delta i+e$), 然后执行②; 如果 X 轴再次切削进给 ($\Delta i+e$) 后, 进给终点到达 B_n 点或不在 A_n 与 B_n 之间, X 轴切削进给至 B_n 点, 然后执行④;
- ④ 轴向(Z 轴) 快速移动退刀 Δd 至 C_n 点, B_f 点(切削终点) 的 Z 轴坐标小于 A 点(起点) Z 轴坐标时, 向 Z 轴正向退刀, 反之则向 Z 轴负向退刀;
- ⑤ 径向(X 轴) 快速移动退刀至 D_n 点, 第 n 次径向切削循环结束。如果当前不是最后一次径向切削循环, 执行⑥; 如果当前是最后一次径向切削循环, 执行⑦;
- ⑥ 轴向(Z 轴) 快速移动进刀, 进刀方向与④退刀方向相反。如果 Z 轴进刀 ($\Delta d+\Delta k$) 后, 进刀终点仍在 A 点与 A_f 点(最后一次径向切削循环起点) 之间, Z 轴快速移动进刀 ($\Delta d+\Delta k$), 即: $D_n \rightarrow A_{n+1}$, 然后执行①(开始下一次径向切削循环); 如果 Z 轴进刀 ($\Delta d+\Delta k$) 后, 进刀终点到达 A_f 点或不在 D_n 与 A_f 点之间, Z 轴快速移动至 A_f 点, 然后执行①, 开始最后一次径向切

削循环;

⑦ Z 轴快速移动返回到起点 A, G75 代码执行结束。

示例:

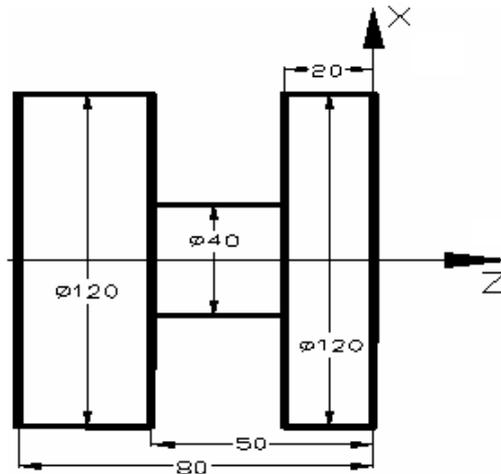


图2.48 G75指令切削

程序:

```
G00 X150 Z50 M3 S500;    (启动主轴, 置转速500r/min)
G0 X125 Z-20;            (定位到加工起点)
G75 R0.5 F150;          (加工循环)
G75 X40 Z-50 P6000 Q3000; (X轴每次进刀6mm, 退刀0.5mm, 进给到终点(X40)后, 快速返回
                          到起点(X125), Z轴进刀3mm, 循环以上步骤继续运行)
G0 X150 Z50;            (返回到加工起点)
M30;                    (程序结束)
```

2.16.7 多重循环注意的事项

注 1: 在指令多重循环的程序段中, 应当正确的为每个程序段指定地址 P、Q、X、Z、U、W 和 R;

注 2: G71, G72 或 G73 由地址 P 指定的程序段中, 应当指令 G00 或 G01。如果没有指令, 系统产生报警;

注 3: G71, G72 或 G73 代码在 P 和 Q 指定的顺序号之间的程序段中, 不能指定下列代码:

- (1) 除 G04 以外的 00 组非模态 G 代码;
- (2) 除 G00、G01、G02 和 G03 外的所有 01 组 G 代码;
- (3) G20 和 G21;
- (4) M98 和 M99;

注 4: 应避免在 P 和 Q 指定的顺序号之间的程序段中使用了跳段功能, 如果在 P 和 Q 指定的顺序号之间的程序段中使用了跳段功能, 则跳段处理的信号为系统读取程序段缓冲时的状态;

注 5: G71~G76 中刀尖半径补偿无效;

注 6: 参数 No. 5156 设定粗车循环单调轨迹切削终点;

2.17 螺纹切削

2.17.1 等螺距螺纹切削 G32

代码功能： G32代码可以加工公制或英制等螺距的直螺纹、锥螺纹、端面螺纹和连续的多段螺纹加工。

代码格式： G32 IP_ F(E)_ Q_

代码说明： G32为模态G代码；

| | |
|-----|--|
| IP_ | 终点坐标值, 可用绝对代码值或增量代码值指定, 指令不同的 IP_值可进行直螺纹切削、端面螺纹切削和锥螺纹切削。 |
| F | 螺纹螺距, 为主轴转一圈长轴的移动量; 单位: G20: inch/牙, G21: mm/牙。 连续螺纹加工时, F 代码值执行后保持有效, 直至再次执行给定的螺纹螺距的 F 代码字。 螺距 F 的取值精度为小数点后两位。该值为半径值指定。 |
| E | 螺纹螺距, 为主轴转一圈长轴的移动量; 单位: 牙数/inch |
| Q | 起始角, 指主轴一转信号与螺纹切削起点的偏移角度。Q 值是非模态参数, 每次使用都必须指定, 如果不指定就认为是 0 度, 指定 Q 的不同值可以切削出多头螺纹。取值范围为[0, 360]。 |

Q使用规则:

- 1、如果不指定Q, 即默认为起始角0度;
- 2、对于连续螺纹切削, 除第一段的Q有效外, 后面螺纹切削段指定的Q无效, 即使定义了Q也被忽略;
- 3、若与主轴一转信号偏移180度, 程序中需输入Q180。如果指定了大于360或小于0的值, 系统会报警。

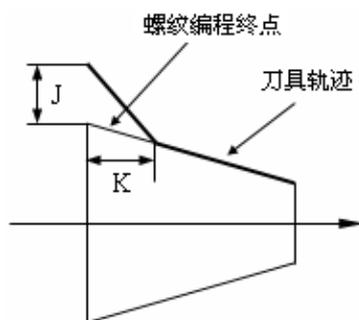


图 2.49 螺纹退尾

代码轨迹:

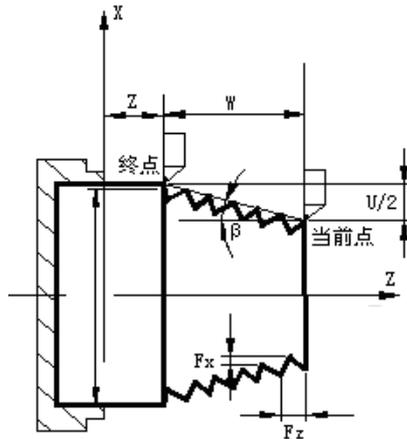


图 2.50 G32 轨迹图

长轴、短轴的判断方法:

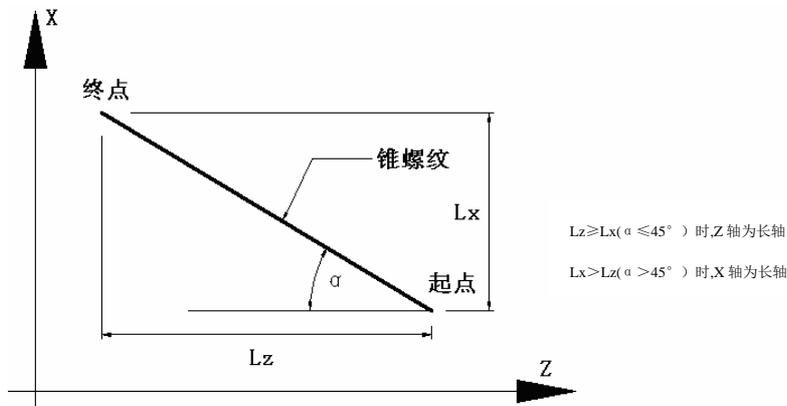


图 2.51 长轴、短轴

注 1: 在螺纹运行的过程中,以螺纹进给速度切削至螺纹终点后,方沿短轴垂直退出;为了防止环槽出现建议, #6053 拔刀加减速时间常数适当减小;

注 2: 当前程序段为螺纹切削,下一程序段也为螺纹切削,在下一程序段切削开始时不检测主轴位置编码器的一转信号,直接开始螺纹加工,此功能可实现连续螺纹加工;

注 3: 执行进给保持操作后,系统显示“运行”、螺纹切削不停止,直到当前程序段执行完才停止运动;如为连续螺纹加工则执行完螺纹切削程序段才停止运动,程序运行暂停;

注 4: 在单段运行,执行完当前程序段停止运动,如为连续螺纹加工则执行完螺纹切削程序段才停止运动;

注 5: 系统复位、急停或驱动报警时,螺纹切削减速停止;

注 6: 当螺纹退尾长度大于长轴的螺纹加工长度时,系统产生报警;

注 7: 在 G32 模式下,基本轴代码与其平行轴代码不能共段,否则,产生报警。

注 8: 以牙/英寸为单位在公制机床上加工螺纹时,可以使用表达式计算值来编程 F 指令。例如需要加工每英寸 10 个牙时,使用 F[25.4/10]来编程。

示例：螺纹螺距为2mm， $\delta_1 = 3\text{mm}$ ， $\delta_2 = 2\text{mm}$ ，总切深2mm，分两次切入。

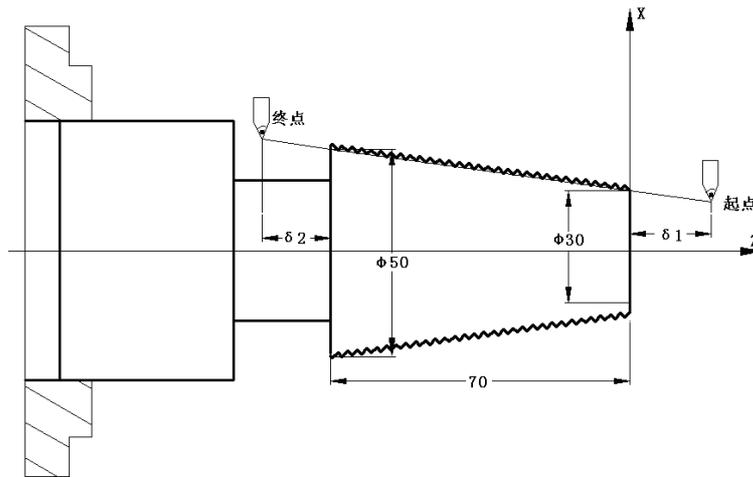


图 2.52 加工示例

程序：

```
G00 X28 Z3;      (第一次切入 1mm)
G32 X51 W-75 F2.0; (锥螺纹第一次切削)
G00 X55;        (刀具退出)
W75;           (Z 轴回起点)
X27;           (第二次再进刀 0.5mm)
G32 X50 W-75 F2.0; (锥螺纹第二次切削)
G00 X55;        (刀具退出)
W75;
M30;
```

2.17.2 变螺距螺纹切削 G34

代码功能： G34代码可以加工公制或英制变螺距的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹。

代码格式： G34 IP__ F__ K__ Q__;

代码说明： G34 为模态 G 代码；

| | |
|--------|---|
| IP_、Q_ | 意义、取值范围与 G32 一致 |
| F | 从起点坐标值开始的第一个螺纹螺距，取值范围同 G32 |
| K | 主轴每转螺距的增量值或减量值， $K=F_2-F_1$ ，K 带有方向； $F_1>F_2$ 时，K 为负值时螺距递减； $F_1<F_2$ 时，K 为正值时螺距递增； K 值的范围： ± 0.01 毫米/螺距 $\sim \pm 499.99$ 毫米/螺距（公制螺纹）； ± 0.01 英寸/螺距 $\sim \pm 9.98$ 英寸/螺距（英制螺纹）； 当 K 值超过上述范围值和因 K 的增加/减小使螺距超过允许值或螺距出现负值时产生报警。 |

代码轨迹:

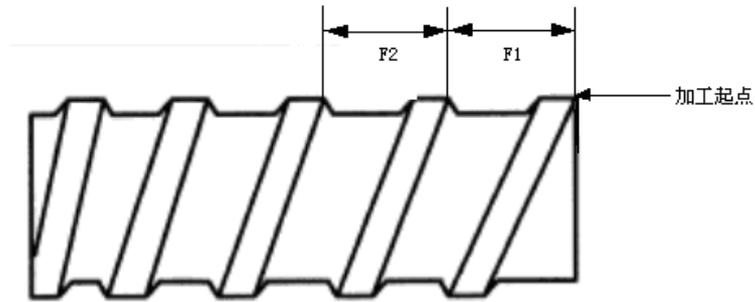


图 2.53 G34 轨迹图

注意事项: 与G32螺纹切削相同。

示例: 起始点的第一个螺距4mm, 主轴每转螺距的增量值0.2mm。

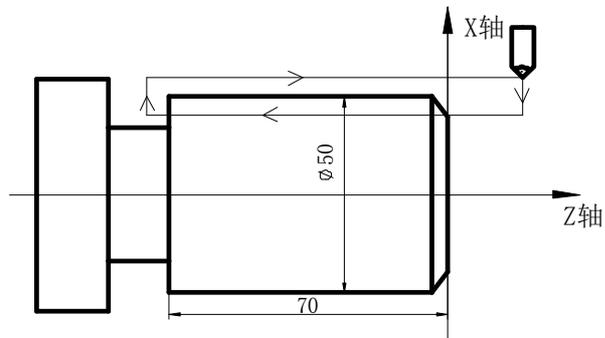


图2.54 变螺距螺纹加工

取值: $\delta 1 = 4\text{mm}$, $\delta 2 = 4\text{mm}$, 总切削深度1mm, 总切削循环2次; 第一次进刀0.7mm。

程序:

| | |
|----------------------|----------------|
| G00 X60 Z4 M03 S500; | |
| G00 U-10; | 进刀至 $\Phi 50$ |
| G00 U-0.7; | 进刀 |
| G34 W-78 F4 K0.2; | 变螺距螺纹切削 |
| G00 U10; | 退刀 |
| Z4; | Z 轴返回始点 |
| G00 X50; | 再次进刀 $\Phi 50$ |
| G00 U-1.0; | 进刀 |
| G34 W-78 F4 K0.2; | 变螺距螺纹切削 |
| G00 U10; | 退刀 |
| Z4; | Z 轴返回始点 |
| M30; | |

2.17.3 螺纹切削循环 G92

代码功能：从起点开始,进行径向(X轴)进刀、轴向(Z轴或X、Z轴同时)切削,实现等螺距的直螺纹、锥螺纹切削循环。执行G92代码,在螺纹加工末端有螺纹退尾过程:在距离螺纹切削终点固定长度(称为螺纹的退尾长度)处,在Z轴继续进行螺纹插补的同时,X轴沿退刀方向加速退出,Z轴到达切削终点后,X轴再以快速移动速度退刀。

G代码格式： G92 X(U)_ Z(W)_ F(E)_ H_; (直螺纹切削循环)

G92 X(U)_ Z(W)_ R_ F(E)_ H_; (锥螺纹切削循环)

代码说明： G92为模态G代码;

| | |
|---|--|
| X | 切削终点 X 轴绝对坐标 |
| U | 切削终点与起点 X 轴绝对坐标的差值 |
| Z | 切削终点 Z 轴绝对坐标 |
| W | 切削终点与起点 Z 轴绝对坐标的差值 |
| R | 切削起点与切削终点 X 轴绝对坐标的差值(半径值)当 R 与 U 的符号不一致时,要求 $ R \leq U/2 $ |
| F | 螺纹螺距, F 代码值执行后保持,可省略输入 |
| E | 螺纹螺距,为主轴转一圈长轴的移动量;单位:牙数/inch |
| H | 多牙嘴个数(ex: H3 表示车削 3 线螺纹,有下 H 指令时, F: 指的是相邻螺牙的螺距) |

G92 代码可以分多次进刀完成一个螺纹的加工,但不能实现 2 个连续螺纹的加工。G92 代码螺纹螺距的定义与 G32 一致,螺距是指主轴转一圈长轴的位移量(X轴位移量按半径值)。

锥螺纹的螺距是指主轴转一圈长轴的位移量(X轴位移量按半径值),B点与C点Z轴坐标差的绝对值大于X轴(半径值)坐标差的绝对值时,Z轴为长轴;反之,X轴为长轴。

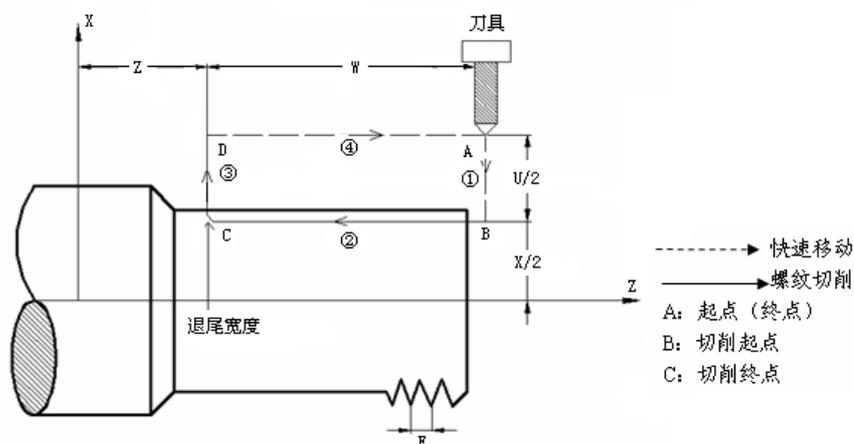


图2.55 直螺纹

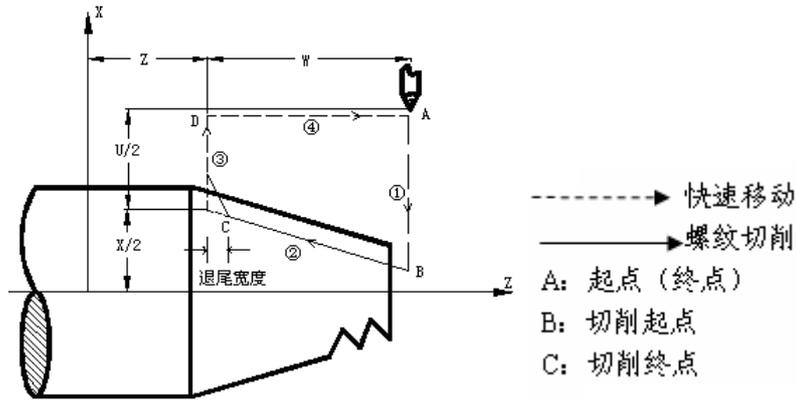


图2.56 锥螺纹

执行过程：直螺纹如图 2.55, 锥螺纹如图 2.56:

- ①X 轴从起点 A 快速移动到切削起点 B;
- ②从切削起点 B 螺纹插补到切削终点 C;
- ③X 轴以快速移动速度退刀(与①方向相反), 返回到 X 轴绝对坐标与起点相同处 D;
- ④Z 轴快速移动返回到起点 A, 循环结束。

注 1: 参数 NO. 5130(倒角量) 以及参数 NO. 5131(退尾角度) 确定退尾, 长轴退尾值=参数 NO. 5130 设定值 $\times 0.1 \times F$, F 为螺纹螺距, 当参数 NO. 5131(退尾角度) 设置为零时, 长轴和短轴以 45° 角退尾; 当设置为正整数时, 按长轴退尾值和退尾角度(CNC 内部自动计算得到短轴退尾值) 退尾;

注 2: 螺纹切削过程中执行进给保持操作后, 系统仍进行螺纹切削, 在返回起点后(一次螺纹切削循环动作完成), 显示“停止”, 程序运行暂停;

注 3: 螺纹切削过程中执行单程序段操作后, 在返回起点后(一次螺纹切削循环动作完成) 运行停止;

注 4: 系统复位、急停或驱动报警时, 螺纹切削减速停止;

注 5: 当螺纹长轴方向退尾长度大于长轴的螺纹加工长度时, 系统产生报警;

注 6: 当螺纹短轴方向退尾长度大于无退尾时的退刀距离时, 系统默认短轴方向退尾长度为无退尾时的退刀距离。

示例:

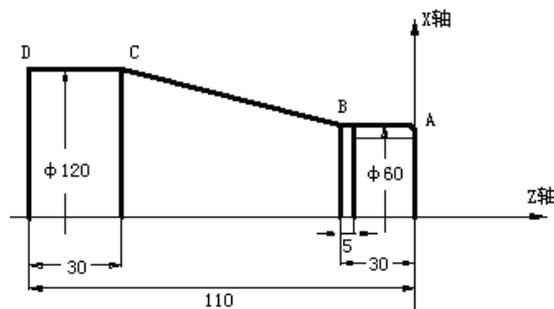


图 2.57 螺纹加工示例

程序:

M3 S300 G0 X150 Z50 T0101; (螺纹刀)
 G0 X65 Z5; (快速定位)
 G92 X58.7 Z-28 F3; (加工螺纹,分4刀切削,第一次进刀1.3mm)
 X57.7; (第二次进刀1mm)
 X57; (第三次进刀0.7mm)
 X56.9; (第四次进刀0.1mm)
 M30;

2.17.4 多重螺纹切削循环 G76

代码功能: 通过多次螺纹粗车、螺纹精车完成规定牙高(总切深)的螺纹加工,如果定义的螺纹角度不为 0° ,螺纹粗车的切入点由螺纹牙顶逐步移至螺纹牙底,使得相邻两牙螺纹的夹角为规定的螺纹角度。G76 代码可加工带螺纹退尾的直螺纹和锥螺纹,可实现单侧刀刃螺纹切削,吃刀量逐渐减少,有利于保护刀具、提高螺纹精度。G76 代码不能加工端面螺纹。加工轨迹如图 2.58 所示。

代码格式: G76 P(m) (r) (a) Q(Δ dmin) R(d);

G76 X(U) _ Z(W) _ R(i) P(k) Q(Δ d) F_;

代码说明:

| | |
|---------|--|
| 起点(终点) | 程序段运行前和运行结束时的位置,表示为 A 点。 |
| 螺纹终点 | 由 X(U) _ Z(W) _ 定义的螺纹切削终点,表示为 D 点。如果有螺纹退尾,切削终点长轴方向为螺纹切削终点,短轴方向退尾后的位置。 |
| 螺纹起点 | Z 轴绝对坐标与 A 点相同、X 轴绝对坐标与 D 点 X 轴绝对坐标的差值为 i (螺纹锥度、半径值),表示为 C 点。如果定义的螺纹角度不为 0° ,切削时并不能到达 C 点。 |
| 螺纹切深参考点 | Z 轴绝对坐标与 A 点相同、X 轴绝对坐标与 C 点 X 轴绝对坐标的差值为 k (螺纹的总切削深度、半径值),表示为 B 点。B 点的螺纹切深为 0,是系统计算每一次螺纹切削深度的参考点。 |
| 螺纹切深 | 每一次螺纹切削循环的切削深度。每一次螺纹切削轨迹的反向延伸线与直线 BC 的交点,该点与 B 点 X 轴绝对坐标的差值(无符号、半径值)为螺纹切深。每一次粗车的螺纹切深为 $\sqrt{n} \times \Delta d$, n 为当前的粗车循环次数, Δd 为第一次粗车的螺纹切深。 |
| 螺纹切削量 | 本次螺纹切深与上一次螺纹切深的差值: $(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \times \Delta d$ 。 |
| 退刀终点 | 每一次螺纹粗车循环、精车循环中螺纹切削结束后,径向(X 轴)退刀的终点位置,表示为 E 点。 |

| | |
|---------------------------------------|---|
| 螺纹切入点 | <p>每一次螺纹粗车循环、精车循环中实际开始螺纹切削的点,表示为 B_n 点 (n 为切削循环次数), B_1 为第一次螺纹粗车切入点, B_f 为最后一次螺纹粗车切入点, B_e 为螺纹精车切入点。 B_n 点相对于 B 点 X 轴和 Z 轴的位移符合公式:</p> $tg \frac{a}{2} = \frac{ Z\text{轴位移} }{ X\text{轴位移} } \quad a: \text{螺纹角度}$ |
| X | 螺纹终点 X 轴绝对坐标 |
| U | 螺纹终点与起点 X 轴绝对坐标的差值 |
| Z | 螺纹终点 Z 轴的绝对坐标值 |
| W | 螺纹终点与起点 Z 轴绝对坐标的差值 |
| P(m) | <p>螺纹精车次数 01~99 (单位: 次), m 代码值执行后保持有效, 并把系统数据参数 NO. 5142 的值修改为 m。未输入 m 时, 以系统数据参数 NO. 5142 的值作为精车次数。在螺纹精车时, 沿编程轨迹切削, 第一次精车切削量为 d, 其后的精车切削量为 0, 用于消除切削时机械应力造成的欠切, 提高螺纹精度和表面质量。</p> |
| P(r) | <p>螺纹退尾长度 00~99(单位: $0.1 \times L$, L 为螺纹螺距), r 代码值执行后保持有效, 并把系统数据参数 NO. 5130 的值修改为 r。未输入 r 时, 以系统数据参数 NO. 5130 的值作为螺纹退尾宽度。螺纹退尾功能可实现无退刀槽的螺纹加工, 系统参数 NO. 5130 定义的螺纹退尾宽度对 G92、G76 代码有效。</p> |
| P(a) | <p>相邻两牙螺纹的夹角, 取值范围为 $0 \sim 99$, 单位: 度($^\circ$), a 代码值执行后保持有效, 并把系统数据参数 NO. 5131 的值修改为 a。未输入 a 时, 以系统数据参数 NO. 5131 的值作为螺纹牙的角度。实际螺纹的角度由刀具角度决定, 因此 a 应与刀具角度相同。</p> |
| Q(Δd_{min}) | <p>螺纹粗车时的最小切削量, (无符号, 半径值)。当 $(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \times \Delta d < \Delta d_{min}$ 时, 以 Δd_{min} 作为本次粗车的切削量, 即: 本次螺纹切深为 $(\sqrt{n-1} \times \Delta d + \Delta d_{min})$。设置 Δd_{min} 是为了避免由于螺纹粗车切削量递减造成粗车切削量过小、粗车次数过多。 $Q(\Delta d_{min})$ 执行后, 代码值 Δd_{min} 保持有效, 并修改系统数据参数 NO. 5140 的值。未输入 $Q(\Delta d_{min})$ 时, 以系统数据参数 NO. 5140 的值作为最小切削量。</p> |
| R(d) | <p>螺纹精车的切削量, (无符号, 半径值), 半径值等于螺纹精车切入点 B_e 与最后一次螺纹粗车切入点 B_f 的 X 轴绝对坐标的差值。 $R(d)$ 执行后, 代码值 d 保持有效, 并修改系统数据参数 NO. 5141 的值。未输入 $R(d)$ 时, 以系统数据参数 NO. 5141 的值作为螺纹精车切削量。</p> |
| R(i) | <p>螺纹锥度, 螺纹起点与螺纹终点 X 轴绝对坐标的差值, (半径值)。未输入 $R(i)$ 时, 系统按 $R(i)=0$ (直螺纹) 处理。</p> |
| P(k) | <p>螺纹牙高, 螺纹总切削深度, (半径值、无符号)。未输入 $P(k)$ 时, 系统报警。</p> |
| Q(Δd) | <p>第一次螺纹切削深度, (半径值、无符号)。未输入 Δd 时, 系统报警。</p> |
| F | <p>螺纹螺距, 螺纹螺距指主轴转一圈长轴的位移量 (X 轴位移量按半径值), C 点与 D 点 Z 轴坐标差的绝对值大于 X 轴坐标差的绝对值 (半径值, 等于 i 的绝对值) 时, Z 轴为长轴; 反之, X 轴为长轴。</p> |

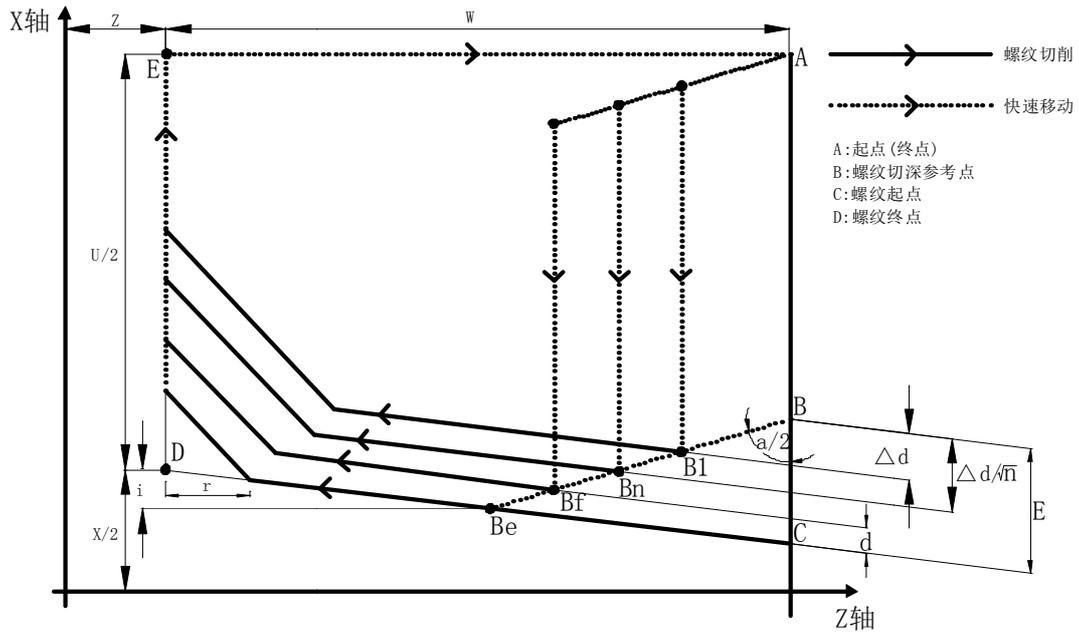


图 2.58 G76 轨迹图

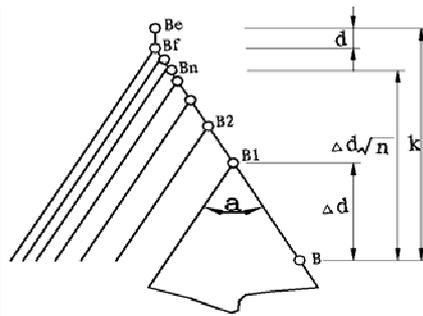


图 2.59 切入方法

执行过程:

- ① 从起点快速移动到 B_1 , 螺纹切深为 Δd 。如果 $a=0$, 仅移动 X 轴; 如果 $a \neq 0$, X 轴和 Z 轴同时移动, 移动方向与 $A \rightarrow D$ 的方向相同;
- ② 沿平行于 $C \rightarrow D$ 的方向螺纹切削到与 $D \rightarrow E$ 相交处 ($r \neq 0$ 时有退尾过程);
- ③ X 轴快速移动到 E 点;
- ④ Z 轴快速移动到 A 点, 单次粗车循环完成;
- ⑤ 再次快速移动进刀到 B_n (n 为粗车次数), 切深取 $(\sqrt{n} \times \Delta d)$ 、 $(\sqrt{n-1} \times \Delta d + \Delta d_{min})$ 中的较大值, 如果切深小于 $(k-d)$, 转②执行; 如果切深大于或等于 $(k-d)$, 按切深 $(k-d)$ 进刀到 B_f 点, 转⑥执行最后一次螺纹粗车;
- ⑥ 沿平行于 $C \rightarrow D$ 的方向螺纹切削到与 $D \rightarrow E$ 相交处 ($r \neq 0$ 时有退尾过程);
- ⑦ X 轴快速移动到 E 点;
- ⑧ Z 轴快速移动到 A 点, 螺纹粗车循环完成, 开始螺纹精车;
- ⑨ 快速移动到 B。点 (螺纹切深为 k 、切削量为 d) 后, 进行螺纹精车, 最后返回 A 点, 完成一次螺纹精车循环;
- ⑩ 如果精车循环次数小于 m , 转⑨进行下一次精车循环, 螺纹切深仍为 k , 切削量为 0; 如果精车循环次数等于 m , G76 复合螺纹加工循环结束。

- 注 1: 螺纹切削过程中执行单程序段操作, 在返回起点后(一次螺纹切削循环动作完成) 运行停止;
- 注 2: 系统复位、急停或驱动报警时, 螺纹切削减速停止;
- 注 3: G76 P(m) (r) (a) Q(Δ dmin) R(d) 可全部省略或省略部分代码地址, 省略的地址按参数设定值运行;
- 注 4: m、r、a 用同一个代码地址 P 一次输入, m、r、a 全部省略时, 按参数 NO. 5142、5130、5143 号设定值运行; 当地址 P 输入非规则数值时, 系统先取 P 值的最后两位作为 a 值, 再取倒数的三、四位作为 r 的值, 余下的数值作为 m 值;
- 注 5: U、W 的符号决定了 A→C→D→E 的方向, R(i) 的符号决定了 C→D 的方向。U、W 的符号有四种组合方式, 对应四种加工轨迹;
- 注 6: 当设定第一次螺纹切削深度大于螺纹总切削深度时, 只进行一次粗车, 其切削深度等于粗车总切削深度;
- 注 7: 螺纹粗车时的最小切削量或者精切余量大于螺纹牙高时, 系统产生报警;
- 注 8: 当螺纹退尾长度大于长轴的螺纹加工长度时, 系统产生报警。

示例: 图 2. 60, 螺纹为 M68×6。

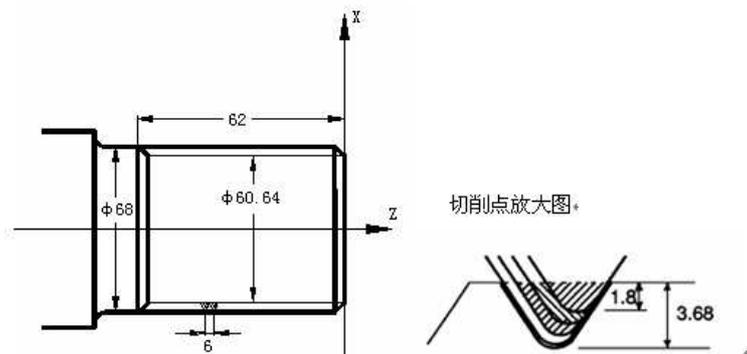


图 2. 60 加工示例

程序:

| | |
|--------------------------------|--|
| G50 X100 Z50 M3 S300; | (设置工件坐标系启动主轴, 指定转速) |
| G00 X80 Z10; | (快速移动到加工起点) |
| G76 P020560 Q0.15 R0.1; | (精加工重复次数 2, 倒角宽度 3mm, 刀具角度 60°, 最小切入深度 0.15, 精车余量 0.1) |
| G76 X60.64 Z-62 P3.68 Q1.8 F6; | (螺纹牙高 3.68, 第一螺纹切削深度 1.8) |
| G00 X100 Z50; | (返回程序起点) |
| M30; | (程序结束) |

2.18 刀具半径补偿 G40、G41、G42

2.18.1 刀具半径补偿概述

在轮廓加工过程中,由于刀具总有一定的半径(如铣刀半径等),刀具中心的运动轨迹并不等于所需加工零件的实际轮廓。如下图所示,在进行内轮廓加工时,是刀具中心偏置零件的内轮廓表面一个刀具半径值。在进行外轮廓加工时,使刀具中心又偏移零件的外轮廓表面一个刀具半径值。这种偏移,习惯上称为刀具半径补偿。

刀具沿着程序路径左边,偏移一定值运动,称为“左刀补”(G41)。刀具沿着程序路径右边,偏移一定值运动,成为“右刀补”(G42)。而 G40 表示刀具半径取消,刀具按照程序路径运动。

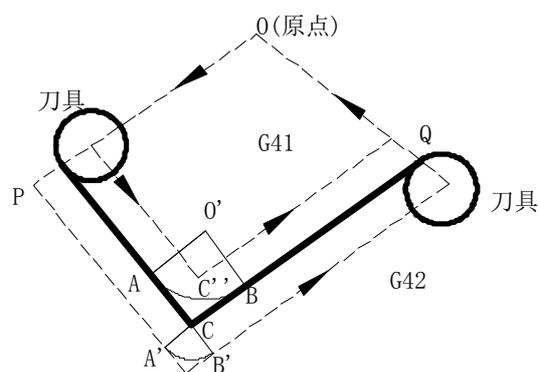


图 2.61 刀补类型说明

指令格式:

```
G41 X(U)_ Z(W); //左刀补  
G42 X(U)_ Z(W); //右刀补  
G40; //取消刀补
```

代码说明:

X、Z: 指定点位置坐标值(绝对值方式)
U、W: 指定点位置坐标值(增量值方式)

假想刀尖

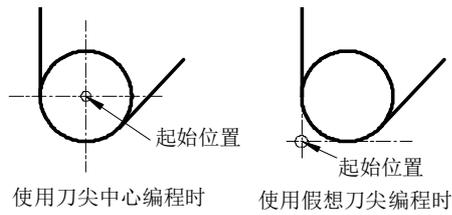


图 2.62 假象刀尖

在上图中, 在位置 A 的刀尖实际并不存在。把实际的刀尖半径中心设在起始位置, 要比把假想刀尖设在起始位置困难的多。因而, 需要假想刀尖。

当使用假想刀尖时, 编程中不需要考虑刀尖半径。

当刀具设定在起始位置时, 位置关系如上图所示。

假想刀尖方位:

从刀尖中心观察的假想刀尖方位, 由切削时刀具的方向决定, 它必须同偏移值一起提前设定。假想刀尖的方位可以从下图所示的 10 种方式中选择, 同相应的 T 代码一起选择。

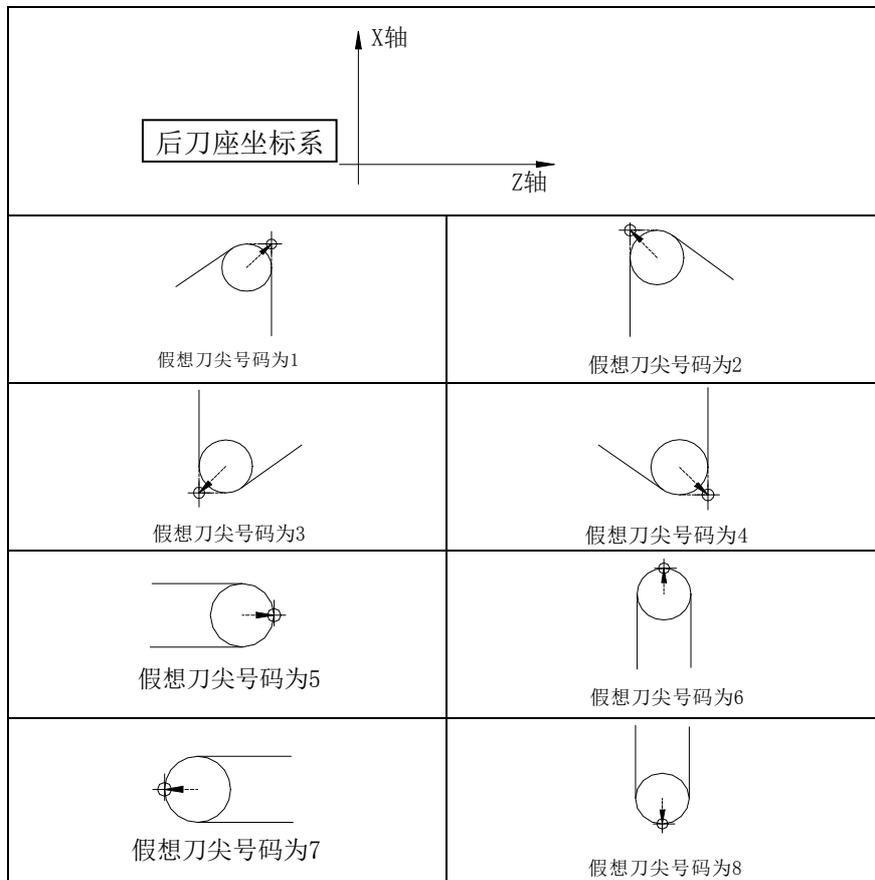


图 2.63 后刀座坐标系中假想刀尖号码

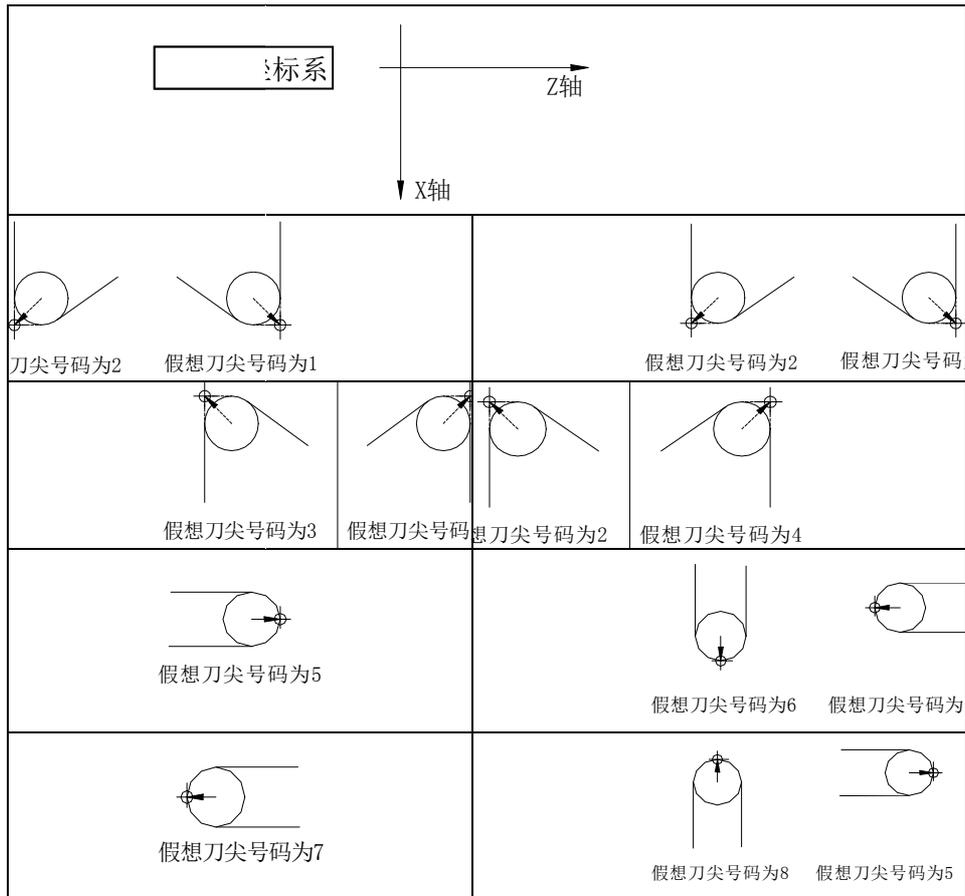


图 2.64 前刀座坐标系中假想刀尖号码

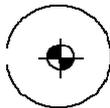


图 2.65 刀尖中心与起点一致

注：一般假想刀尖方向 1~8 用于 G18(Z-X) 平面中，假想刀尖 0 或 9 用于 G17 和 G19 两个平面中。如果假想刀尖 0 或 9 用于 G18 平面，则有效，但是假想刀尖方向 1~8 用于 G17 和 G19 两个平面中时，则使用 0 号代替进行补偿。

2.18.2 补偿方向

应用刀尖半径补偿，必须根据刀尖与工件的相对位置来确定补偿的方向，如下两图所示。

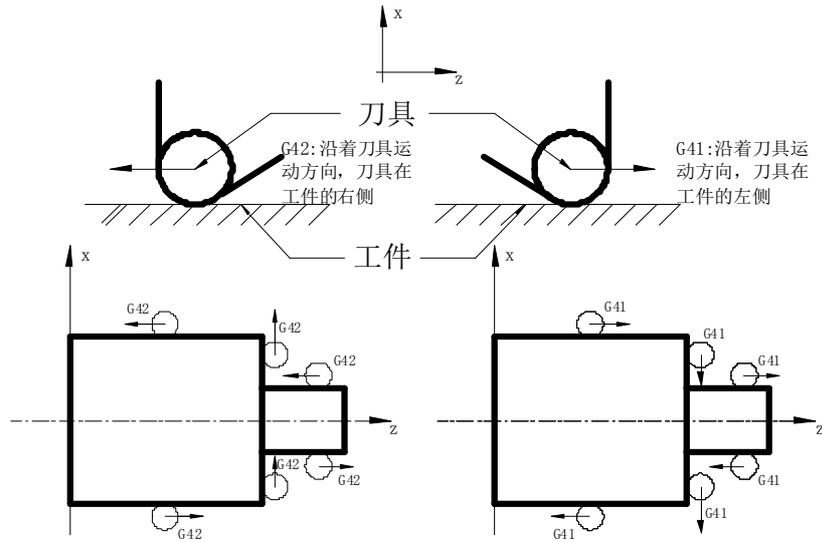


图2.66 后刀座坐标系补偿方向

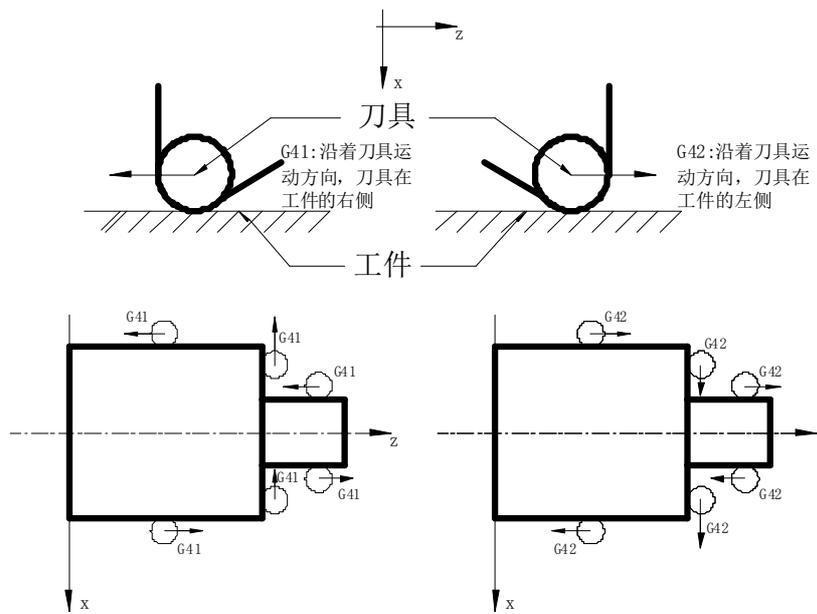


图2.67 前刀座坐标系补偿方向

修改假想刀尖方向：进入“偏置”→“刀尖设置”页面, 修改对应补偿号的刀尖方向即可。

2.18.3 刀具半径补偿动作流程

根据执行的先后顺序来划分, 刀补流程, 可以划分为三个阶段:

- (1) 刀补建立：从 G40 方式到建立 G41 或者 G42 代码的开始执行过程。
- (2) 刀补进行：刀补建立后到刀补撤销之间的过程。

(3) 刀补撤销：从 G41 或者 G42 切换到 G40 方式的过程。

一般来说, CNC 系统中能控制加工的轨迹仅限于直线和圆弧, 前后两段编程轨迹间共有四种连接方式, 即:

- (1) 直线与直线相接;
- (2) 直线与圆弧相接;
- (3) 圆弧与直线相接;
- (4) 圆弧与圆弧相接。

根据两段程序轨迹夹角处在工件侧的角度 α 的不同, 直线过渡的刀具半径补偿分为以下三种转接过渡方式:

- (1) $180^\circ \leq \alpha < 360^\circ$, 缩短形;
- (2) $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$, 伸长形;
- (3) $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, 插入形。

角度 α 称为转接角, 其变化范围为 $0^\circ \leq \alpha < 360^\circ$, α 角的约定图如下图所示, α 角为工件侧转接处两个运动方向的夹角。

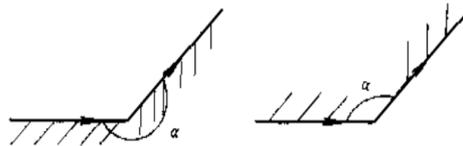


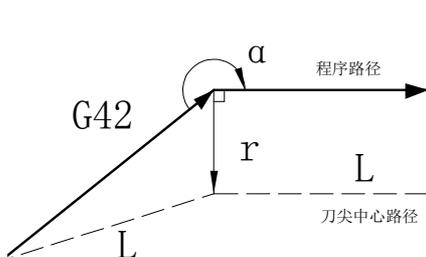
图 2.68 转接角

刀补建立

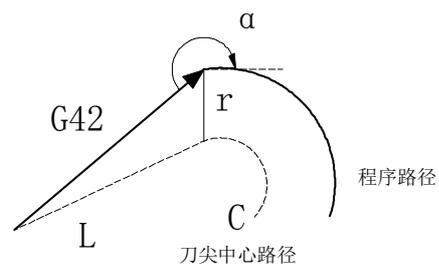
刀补建立, 分别为缩短型、伸长型和插入型三种情况。第一段轨迹为圆弧时, 不允许进行刀补建立操作。

缩短型 ($180^\circ \leq \alpha < 360^\circ$):

1. 直线-直线

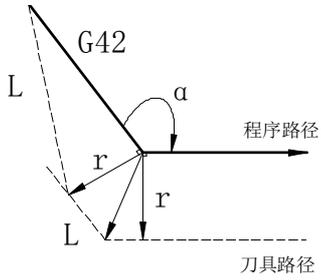


2. 直线-圆弧

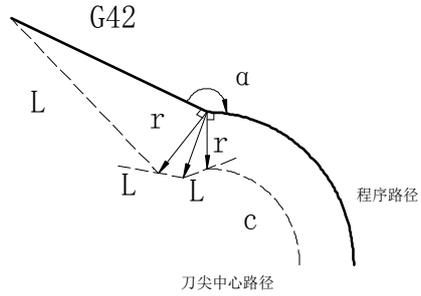


伸长型 ($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$):

1. 直线-直线

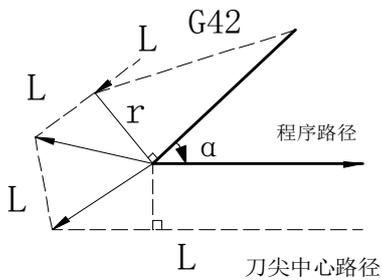


2. 直线-圆弧

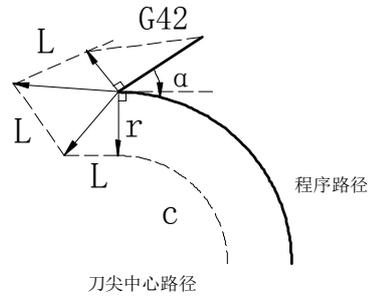


插入型 ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$):

1. 直线-直线



2. 直线-圆弧

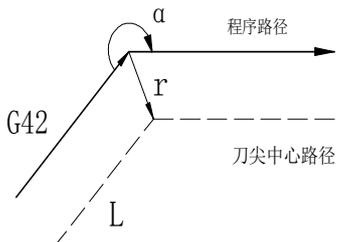


刀补进行

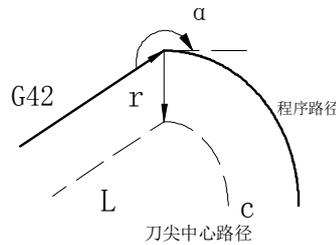
刀补进行, 分别为缩短型、伸长型和插入型三种情况。

缩短型 ($180^\circ \leq \alpha < 360^\circ$):

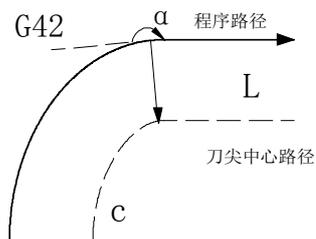
1. 直线-直线



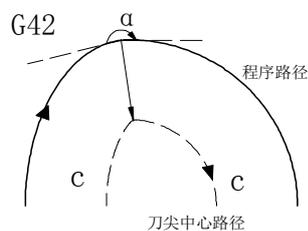
2. 直线-圆弧



3. 圆弧-直线 缩短型

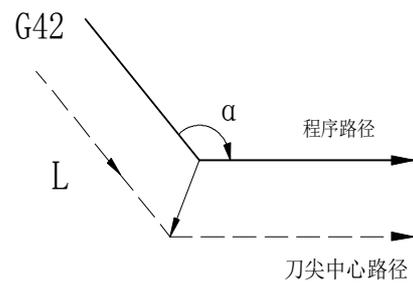


4. 圆弧-圆弧 缩短型

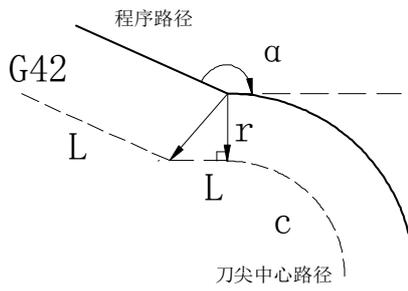


伸长型 ($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$):

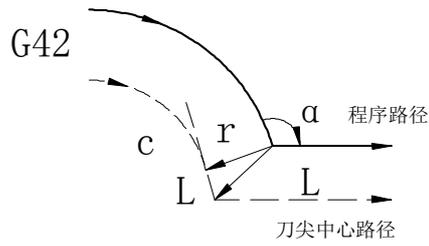
1. 直线-直线



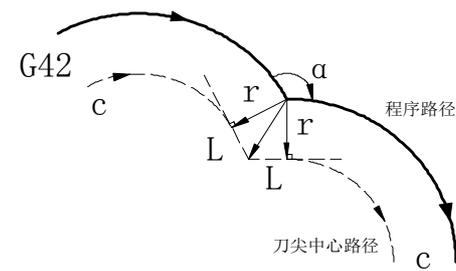
2. 直线-圆弧



3. 圆弧-直线

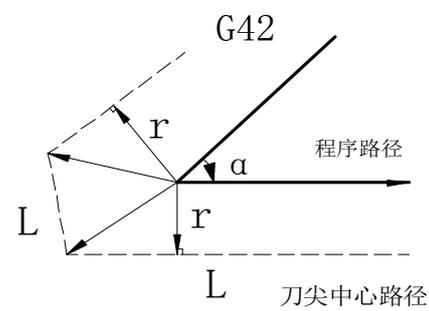


4. 圆弧-圆弧

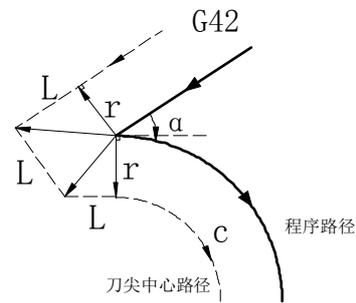


插入型 ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$):

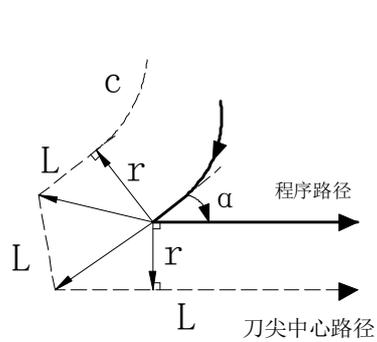
1. 直线-直线



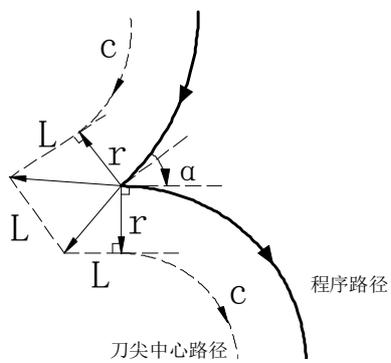
2. 直线-圆弧



3. 圆弧-直线



4. 圆弧-圆弧

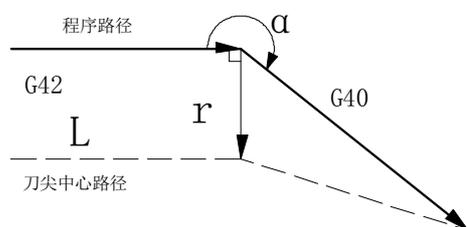


刀补撤销

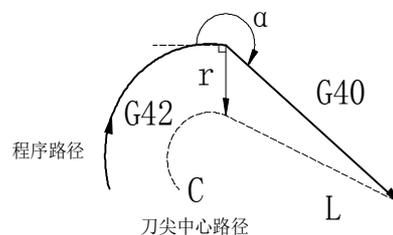
刀补进行, 分别为缩短型、伸长型和插入型三种情况。第二段轨迹为圆弧时, 不允许刀补撤销。

缩短型 ($180^\circ \leq \alpha < 360^\circ$):

1. 直线-直线

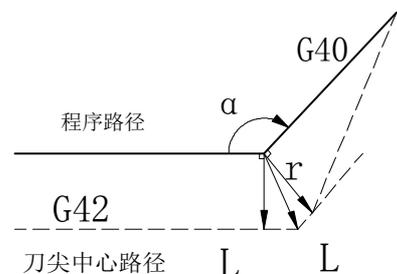


2. 圆弧-直线

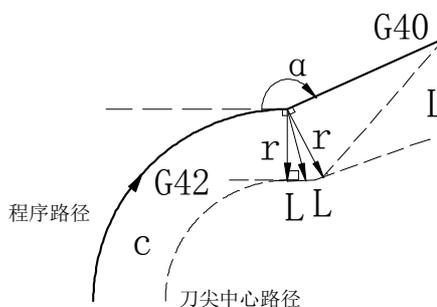


伸长型 ($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$):

1. 直线-直线

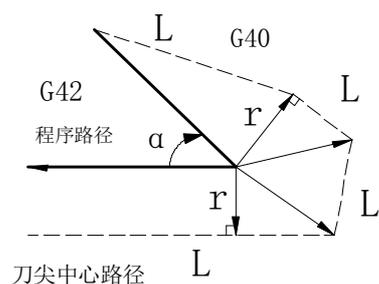


2. 圆弧-直线

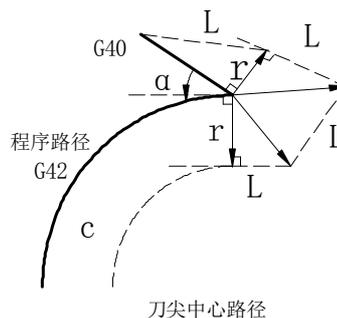


插入型 ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$):

1. 直线-直线



2. 圆弧-直线



2.18.4 刀具干涉

刀具过切称为干涉。干涉检查功能提前检查刀具过切, 但不能检查出所有的干涉。即使不产生过切也进行干涉检查。发现刀具干涉时, 系统发出第 3605 号报警: 刀补过切错误。

检测干涉的准则:

1. 刀尖半径轨迹方向与编程轨迹方向不同(在 90 度至 270 度之间)。

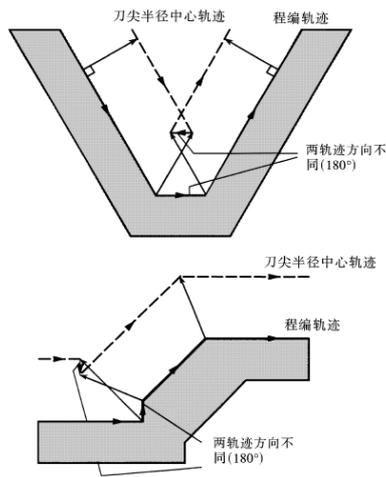


图 2.69 刀尖干涉示例

2. 实际上没有干涉, 也作为干涉处理。

(1) 凹槽部分小于刀尖半径补偿值

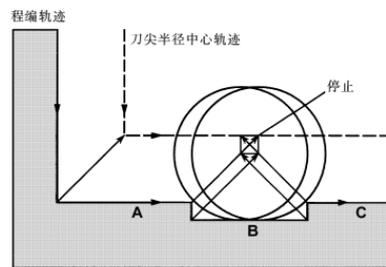


图 2.70 刀尖干涉示例

(2) 沟槽小于刀尖半径补偿值

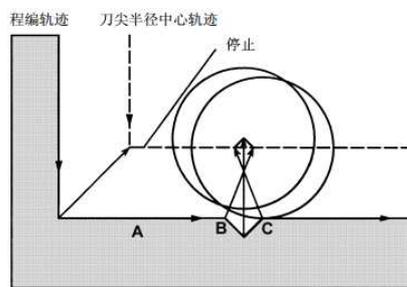


图 2.71 刀尖干涉示例

注意:

刀具半径补偿指令使用过程中, 需要注意如下几点:

1. 当前后两段轨迹的夹角小于 0.1° 时, 系统发出 3607 号报警“刀补转接角小于极限角度”。
2. 刀补进行过程中, 不允许直接反方向执行刀补, 例如从 G41 方式直接切换到 G42 方式, 或者从 G42 方式切换到 G41 方式。否则, 系统发出 3576 号报警。
3. 刀补过程中, 不能执行 T 指令换刀, 否则系统发出 3577 号报警。

2.19 恒线速控制 G96、恒转速控制 G97

G96 代码功能: 恒线速控制有效, 给定切削线速度(m/min), 取消恒转速控制。

代码格式: G96 Sxxxxx;

代码说明: G96为模态G代码, 如果当前为G96模态, 可以不输入G96;
Sxxxxx 恒线速控制下的切削线速度。

G97代码功能: 取消恒线速控制, 恒转速控制有效, 给定主轴转速(r/min)。

代码格式: G97 Sxxxxx;

代码说明: G97为模态G代码, 如果当前为G97模态, 可以不输入G97;
Sxxxxx 恒转速控制下的主轴转速(r/min)。

相关代码: G50

代码功能: 设置恒线速控制时的主轴最高转速限制值(r/min)。

代码格式: G50 Sxxxxx;

代码说明: 当系统上电后, 若没有指定过主轴最高转速, 则为不限制主轴转速的状态。主轴最高转速的限制只是对G96状态有效, 对G97状态无效;
G50设定的S值是模态值, 在设定新的最高转速之前, 该S值一直有效;
对于G50需要特别注意的是: 如果执行G50 S0, 恒线速控制时主轴转速将被限制在0转/分(主轴不会旋转);
G50 设置恒线速控制时, 并不会设置当前工件坐标系。

车床车削工件时, 工件通常以主轴轴线为中心线进行旋转, 刀具切削工件的切削点可以看成围绕主轴轴线作圆周运动, 圆周切线方向的瞬时速率称为**切削线速度**(通常简称**线速度**)。不同材料的工件、不同材料的刀具要求的线速度不同。

主轴转速模拟电压控制功能有效时, 恒线速控制功能才有效。在恒线速控制时, 主轴转速随着编程轨迹(忽略刀具长度补偿)的 X 轴绝对坐标值的绝对值的变化而变化, X 轴绝对坐标值的绝对值增大, 主轴转速降低, X 轴绝对坐标值的绝对值减小, 主轴转速提高, 使得切削线速度保持为 S 代码值。使用恒线速控制功能切削工件, 可以使得直径变化的工件表面光洁度保持一致。

线速度计算公式:

$$\text{线速度} = \text{主轴转速} \times |X| \times \pi \div 1000 \text{ (m/min)}$$

其中: 主轴转速: r/min; $|X|$: X 轴绝对坐标值的绝对值(直径值); $\pi \approx 3.14$;

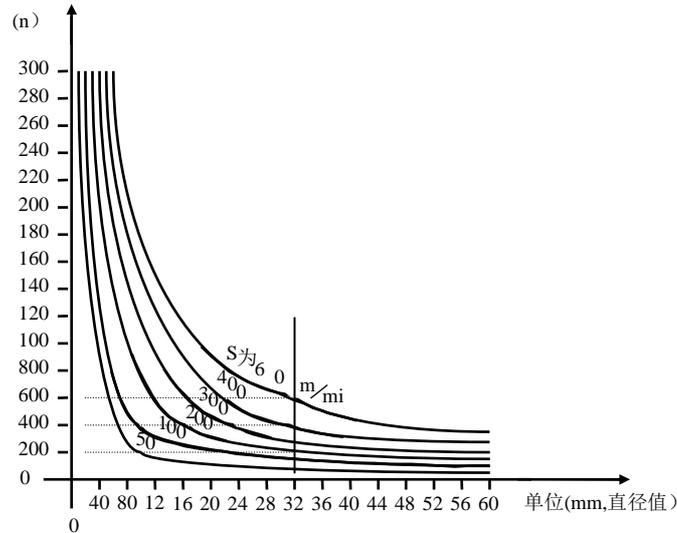


图 2.72 线速度与转速关系

恒线速控制时,只在切削进给(插补)过程中随着编程轨迹 X 轴绝对坐标值的绝对值的变化改变主轴转速,对于 G00 快速移动,由于不进行实际切削,G00 执行过程中主轴转速保持不变,此时的主轴转速按程序段终点位置的线速度计算。

恒线速控制时,工件坐标系的 Z 坐标轴必须与主轴轴线(工件旋转轴)重合,否则实际线速度将与给定的线速度不一致。

恒线速控制有效时,G50 Sxxxxx 可限制主轴最高转速(r/min),当按线速度和 X 轴坐标值计算出的主轴转速高于 G50 Sxxxxx 的设置值时,实际主轴转速为主轴最高转速限制值(即 G50 Sxxxxx 的设置值)。G50 Sxxxxx 定义的最高转速限制值在重新指定前是保持的,最高转速限制功能在 G96 状态下有效,在 G97 状态下 G50xxxxx 设置的主轴最高转速不起限制作用,但主轴最高转速限制值仍然被保存。

注 1: G96、G97 为同组的模态代码字,同一时刻只能一个有效。G97 是初态代码字,系统上电时 G97 有效。

注 2: 在 G96 状态中,被指令的 S 值,即使在 G97 状态中也被保存着。当返回到 G96 状态时,若未指令新的 S 值,则上次 G96 代码的 S 值被恢复为当前有效的线速度,如果没有保存值,则按 G96 下的最低转速输出。

注 3: 从 G96 状态变为 G97 状态时,G97 程序段如果没有指令 S 代码(r/min),那么 G96 状态的最后转速作为 G97 状态的 S 代码使用,即此时主轴转速不变;

注 4: 机床锁住(执行 X、Z 轴运动代码时 X、Z 轴不移动)时,恒线速控制功能仍然有效;

注 5: 恒线速控制时,当由切削线速度计算出的主轴转速高于当前主轴档位的最高转速时,此时的主轴转速限制为当前主轴档位的最高转速;

注 6: 螺纹切削时,恒线速控制功能虽然也能有效,但为了保证螺纹加工精度,螺纹切削时不要采用恒线速控制,应在 G97 状态下进行螺纹切削;

注 7: 当 X=0 时,理论速度为无穷大,不过因为发出的模拟电压最大为 10V,所以实际速度为对应于 10V 电压时的速度值。

示例：

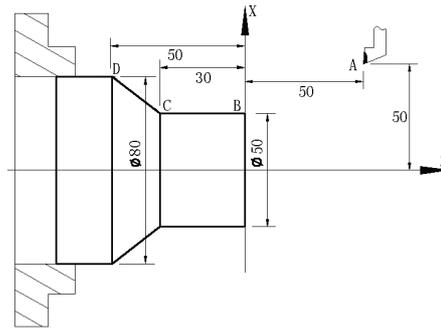


图 2.73 加工示例

程序：

```
M3 G96 S300;      (主轴逆时针转、恒线速控制有效、线速度为 300m/min)
G0 X100 Z100;    (快速移动至 A 点, 移动过程中主轴转速为 955r/min)
G0 X50 Z0;       (快速移动至 B 点, 移动过程中主轴转速为 1910r/min)
G1 W-30 F200;    (从 B 点切削至 C 点, 切削中主轴转速恒为 1910r/min)
X80 W-20 F150;   (从 C 点切削至 D 点, 主轴转速从 1910 r/min 线性变化为 1194 r/min)
G0 X100 Z100;    (快速退回 A 点, 移动过程中主轴转速为 955 r/min)
M30;             (程序结束, 关主轴、冷却液)
```

2.20 每分钟进给 G98、每转进给 G99

每分钟进给：通过 G98 来指定切削进给速度为每分进给, G98 为模态 G 代码。如果当前为 G98 模态, 可以不输入 G98。

G 代码格式：G98 F_{XXXX};

每转进给：通过 G99 来指定切削进给速度为每转进给, G99 为模态 G 代码。如果当前为 G99 模态, 可以不输入 G99。

G 代码格式：G99 F_{XXXX};

代码说明：系统执行 G99 F_{XXXX} 时, 把 F 代码值与当前主轴转速的乘积作为代码进给速度控制实际的切削进给速度, 主轴转速变化时, 实际的切削进给速度随着改变。使用 G99 F_{XXXX} 给定主轴每转的切削进给量, 可以在工件表面形成均匀的切削纹路。在 G99 模态进行加工, 机床必须安装主轴编码器。

每转进给量与每分钟进给量的换算公式：

$$F_m = F_r \times S$$

其中：F_m：每分钟的进给量；

F_r：每转进给量；

S：主轴转速。

系统执行 F 代码后, F 值保持不变。

注 1: G98、G99 为同组的模态 G 代码, 同一时刻仅能一个有效。系统上电时的默认模态可以通过参数 NO. 5154

设定。

注 2: 在 G99 模式, 当主轴转速低于 1r/min 时, 切削进给速度会出现不均匀的现象; 主轴转速出现波动时, 实际的切削进给速度会存在跟随误差。为了保证加工质量, 建议加工时选择的主轴转速不能低于主轴伺服或变频器输出有效力矩的最低转速;

注 3: 参数 NO. 6023 和 NO. 6040~NO. 6043 可以设定切削进给速度的上限, 如果实际切削进给速度(乘过倍率后的值) 超过指定的上限, 就被箝制到上限速度值。

注 4: 当在 G98 模式下指令 G99 但未指令 F 指令时, F 值为上一次执行 G99 的模式值。同理, 当在 G99 模式下指令 G98 但未指令 F 指令时, F 值为上一次执行 G98 的模式值。

注 5: 当初态为 G98/G99, 上电后单独执行 G99/G98 时, 系统均按参数 NO. 405 设置速度值执行。

2.21 钻/镗孔固定循环

2.21.1 端面钻孔循环 G83 / 侧面钻孔循环 G87

代码格式: G83 X(U)_ C(H)_ Z(W)_ R_ P_ Q_ F_ K_ M_; 或
G87 Z(W)_ C(H)_ X(U)_ R_ P_ Q_ F_ K_ M_;

代码定义:

| | |
|-------------|---|
| X_ C_或Z_ C_ | 孔位置数据, 只在指定的程序段中有效。 |
| Z(W)_或X(U)_ | 用绝对值指定孔底的坐标值, 或用增量值指定从R平面到孔底的距离, 只在指定的程序段中有效。 |
| R_ | 从初始平面到R点的距离, 半径值, 带方向。 |
| P_ | 孔底暂停时间, 系统单位为秒 |
| Q_ | 每次的切削量, 半径值。 |
| F_ | 切削进给速度。 |
| K_ | 程序执行次数(当需要时)。 |
| M_ | C轴夹紧的M代码(当需要时)。 |

在G83/G87代码中, 通过Q值(每次的切削量)和可选择二种加工方式, 高速深孔钻削循环、深孔钻削循环。

| | |
|----------|---------------------------------|
| 高速深孔钻削循环 | 指定Q值(Q值不为零) 且参数(NO. 5101) = “0” |
| 深孔钻削循环 | 指定Q值(Q值不为零) 且参数(NO. 5101) = “1” |

G83、G87 为模态 G 代码, 一旦指令直到固定循环取消前一直保持有效。

- **高速深孔钻削循环**(指定Q值(不为零) 且参数(NO. 5101) = “0”)

此循环进行高速深孔切削操作, 在进入孔底前, 间歇的进行切削进给并以指定的退刀量进行退刀排屑, 循环往复, 直至进刀至孔底, 然后退刀, 结束加工。

代执行过程:

- ① 刀具从起点快速定位至孔位置
(即初始平面上由孔位置数据确定的点);
- ② 快速定位至 R 点;
- ③ 切削进给由 Q 指定的切削量 q;
- ④ 快速退刀由参数 NO. 5113 指定的高速深孔钻削循环的返回量 d;
- ⑤ 重复步骤③④直至到达孔底平面;
- ⑥ 暂停由 P 指定的暂停时间;
- ⑦ 快速返回到 R 点平面;
- ⑧ 快速返回到初始平面;
- ⑨ 钻孔循环结束。

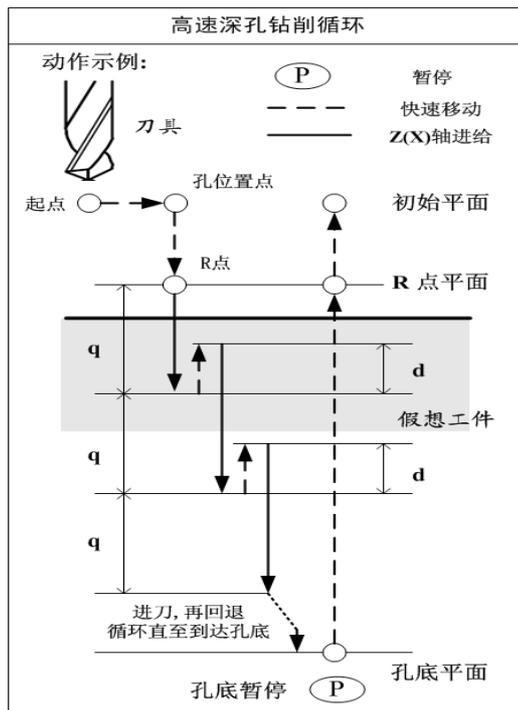


图 2.74 高速深孔钻削循环

● **深孔钻削循环** (指定Q值且参数(NO. 5101) = “1”)

代码格式及代码定义参见前述。

代码执行过程:

- ① 刀具从起点快速定位至孔位置
(即初始平面上由孔位置数据确定的点);
- ② 快速定位至 R 点;
- ③ 切削进给由 Q 指定的切削量 q;
- ④ 快速退刀至 R 点平面;
- ⑤ 快速进刀至到距离上一次加工平面 d 处 (参数 NO. 5113 指定的深孔钻削循环的空程量 d);
- ⑥ 切削进给 q+d 距离;
- ⑦ 重复④⑤⑥步聚直至到达孔底平面;
- ⑧ 暂停由 P 指定的暂停时间;
- ⑨ 快速返回到 R 点平面;
- ⑩ 快速返回到初始平面;
- ⑪ 钻孔循环结束。

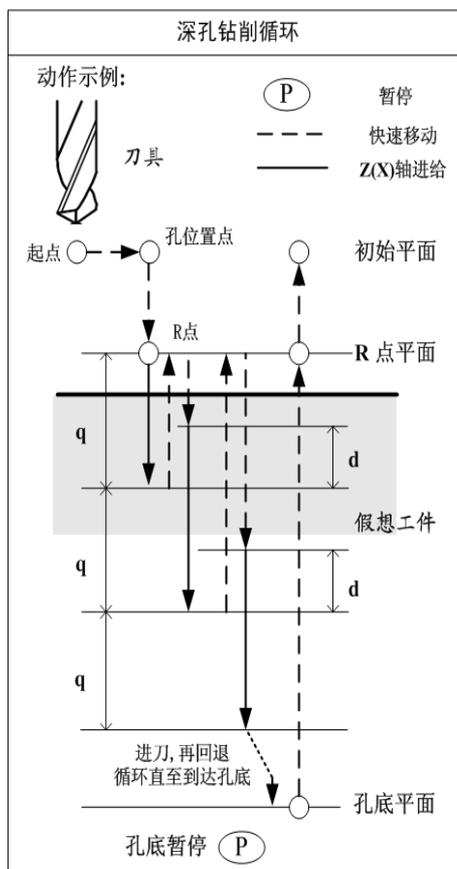


图 2.75 深孔钻削循环

程序：

```

//参数NO. 5101设为1;
G98                ; 每分进给方式
M19                ; C轴分度开启
M3 S1500           ; 动力刀具开始旋转
G0 X50 C0 Z-4      ; X轴和C轴定位到起点
G83 X100 Z-50 R4 Q5 P3 F200 ; 起点为X50 C0, 孔位置点为X100 C0,
                    ; R点为X100 Z-4, 孔底位置为X100 Z-50,
                    ; 每次的切削量为5mm, 暂停时间为3秒。
                    ; 根据Q值及参数NO. 5101, 可知此程序段为深
                    孔钻削循环
C120               ; 定位到C120处钻第二个点
C240               ; 定位到C240处钻第三个点
G80 M05            ; 固定循环取消, 动力刀具停止转动
M20                ; C轴分度关闭
M30                ; 程序结束

```

2.21.2 端面镗孔循环 G85 / 侧面镗孔循环 G89

该循环用来执行镗孔操作。

代码格式： G85 X(U)_ C(H)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ ; 或
G89 Z(W)_ C(H)_ X(U)_ R_ P_ F_ K_ M_ ;

代码定义：

| | |
|-------------|---|
| X_ C_或Z_ C_ | 孔位置数据, 只在指定的程序段中有效。 |
| Z(W)_或X(U)_ | 用绝对值指定孔底的坐标值, 或用增量值指定从R平面到孔底的距离, 只在指定的程序段中有效。 |
| R_ | 从初始平面到R点的距离, 半径值, 带方向。 单位及范围如下。 |
| P_ | 孔底暂停时间, 系统单位为秒 |
| F_ | 切削进给速度。 |
| K_ | 程序执行次数(当需要时)。 |
| M_ | C轴夹紧的M代码(当需要时)。 |

相关代码说明见G83/G87中所述。

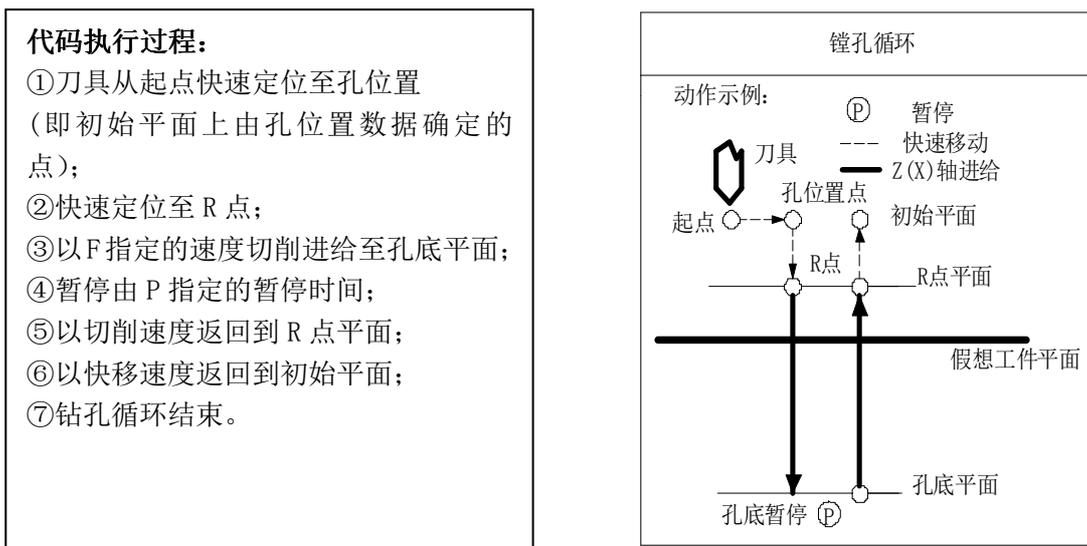


图 2.76 镗孔循环

2.21.3 钻/镗孔用固定循环取消 G80

该代码用于取消钻孔固定循环。

代码格式: G80;

执行 G80 后, 孔位置数据, R 等钻孔数据被取消。 钻孔循环的模式也被取消。

2.21.4 钻/镗孔循环注意事项

注 1: 复位, 急停时, 钻孔循环的模式是否保持由参数#5155 决定, 在重新启动程序时需要特别注意。

注 2: 执行单程序段时, 系统单段停在动作 1、动作 2、动作 6 的终点。

注 3: 当钻/镗孔循环时, 执行建立或取消刀补指令, 该指令会在循环结束后生效。

2.22 攻丝循环

E3TA 车床系统使用端面攻丝循环(G84) 和侧面攻丝循环(G88) 实现攻丝功能。攻丝分为普通攻丝(柔性) 和刚性攻丝两种方式。在普通攻丝方式中, 主轴旋转和攻丝轴的进给量是分别控制的, 两者的同步关系并不能够很好的满足。在刚性攻丝方式中, 主轴电机的控制方式与伺服电机相同, 主轴转一转对应于沿主轴轴向一定的进给量, 主轴加减速时也维持这一关系。刚性攻丝主轴不用浮动卡头或者可变丝锥(在普通攻丝方式下要求使用), 可进行更快、更精确的攻丝操作。

编程时由M29指定采用刚性攻丝循环。

如果要使用刚性攻丝, 机床必须具备相应的条件, 即主轴使用位置控制且被应用为Cs轴, 否则系统不予支持。本功能适用于较高配置的机床。

攻丝期间C刀补会暂时取消, 执行完该代码后, 会自动恢复补偿。

2.22.1 确定攻丝方式

攻丝循环分为普通方式和刚性攻丝方式,如程序中不指定M29则作普通攻丝处理,指定M29则作刚性攻丝处理。可以使用下列方法指定刚性攻丝和普通攻丝方式:

- 1) 在G84(G88)攻丝程序段前指令M29 S****,指定刚性攻丝方式;

```
M29 S_ ;
G84 X_ C_ Z_ R_ P_ F_ K_ (M_);
X_ C_ ;
G80;
```

- 2) 在G84(G88)攻丝程序段前指令M03 S****,指定普通攻丝方式;

```
M03 S_
G84 X_ Z_ R_ P_ F_ K_ ;
X_ ;
G80;
```

在M29和G84/G88程序段之间指定S指令或轴移动指令产生报警;在攻丝循环时重复指定M29产生报警(不可重复指令M29)。

M29 Sxxxx指令了刚性攻丝方式,PLC收到M29后作相应切换,主轴停止转动。在M29段主轴输出等效于输出S0。

2.22.2 端面刚性攻丝循环 (G84) / 侧面刚性攻丝循环 (G88)

代码功能:当主轴电机被控制在刚性方式(把它看成伺服电机)时,可进行刚性攻丝循环。

代码格式: G84 X (U) _ C (H) _ Z (W) _ R _ Q _ P _ F _ K _ M _ ; 或
G88 Z (W) _ C (H) _ X (U) _ R _ Q _ P _ F _ K _ M _ ;

代码说明:

| | |
|-------------|---|
| X_ C_或Z_ C_ | 孔位置数据,只在指定的程序段中有效;孔位置数据处还可以指定非X、Z、C轴的有效轴。 |
| Z(W)_或X(U)_ | 用绝对值指定孔底的坐标值,或用增量值指定从R平面到孔底的距离,只在指定的程序段中有效。 |
| R_ | 从初始平面到R点的距离,半径值,带方向。 |
| P_ | 孔底暂停时间,系统单位为秒 |
| Q_ | 每次的切削量,半径值。 如果代码中指定Q值,则G84/G84可以通过参数(NO. 5102)选择是高速深孔刚性攻丝循环还是深孔刚性攻丝循环。 |
| F_ | 切削进给速度, |
| K_ | 程序执行次数(当需要时)。 |
| M_ | C轴夹紧的M代码(当需要时)。 |

攻丝进给轴根据 G84/G88 来指定是 X 轴还 Z 轴, G84 指定的攻丝轴为 Z 轴, G88 指定的攻丝轴为 X 轴。

通过切削进给速度 F(即攻丝轴的进给速度) 和主轴转速 S 来确定螺纹的导程。

每分进给方式下, 螺纹的导程 = 切削进给速度 F / 主轴转速 S;

每转进给方式下, 螺纹的导程 = 切削进给速度 F。

为刚性攻丝方式时, 在 G84/G88 代码中, 通过 Q 值(每次的切削量), 可选择两种加工方式高速深孔刚性攻丝循环、深孔刚性攻丝循环。

| | |
|------------|-------------------------------|
| 高速深孔刚性攻丝循环 | 指定Q值(不为零) 且参数(NO. 5102) = “0” |
| 深孔刚性攻丝循环 | 指定Q值(不为零) 且参数(NO. 5102) = “1” |

● **高速深孔刚性攻丝循环**(指定Q值(不为零) 且参数(NO. 5102) = “0”)

此循环进行高速深孔刚性攻丝循环操作, 在进入孔底前, 间歇的进行切削攻丝并以指定的退刀量进行退刀排屑, 循环往复, 直至进刀至孔底, 然后退刀, 结束加工。

G84 或 G88(G98 方式)

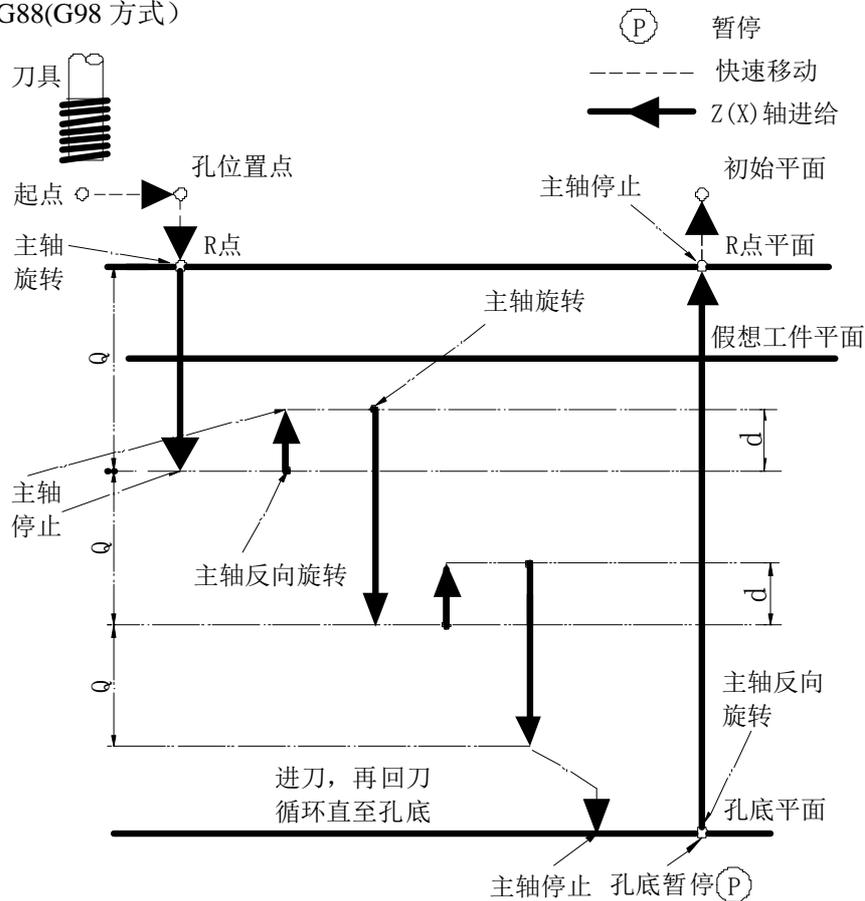


图 2.77 高速深孔刚性攻丝循环

代码执行过程:

- ① 刀具从起点快速定位至孔位置点;
- ② 快速定位至R点(若R点位于初始平面, 则无此步骤);
- ③ 从R点到孔底包含多次进刀退刀:

攻丝轴以切削进给速度F进给由Q指定的切削量Q;同时主轴转动一定的角度 θ_1 (经切削量 Q、进给速度F和主轴转速S计算得出);

攻丝轴以进给速度退刀,退刀量d由参数No. 5114决定;同时主轴反方向转动一定的角度 θ_1 ;

攻丝轴再以进给速度进给Q+d;同时主轴转动一定的角度 θ_2 ;

攻丝轴以进给速度退刀,同时主轴反方向转动一定的角度 θ_2 ;

如此反复,直至孔底;

④在孔底暂停由P指令指定的时间;

⑤攻丝轴以F指定的速度退刀至R平面,同时主轴反方向转动一定的角度 θ_3 (由孔底位置到R平面的距离、进给速度F和主轴转速S计算得出);

⑥在R平面暂停,暂停时间由参数No. 7013决定(默认为0ms);

⑦恢复攻丝前主轴的转动状态(默认为正转M03);

⑧攻丝轴以快移速度返回初始平面。

● **深孔刚性攻丝循环**(指定Q值(不为零)且参数(NO. 5102) = “1”)

此循环进行深孔刚性攻丝循环操作。

G84 或 G88(G98 方式)

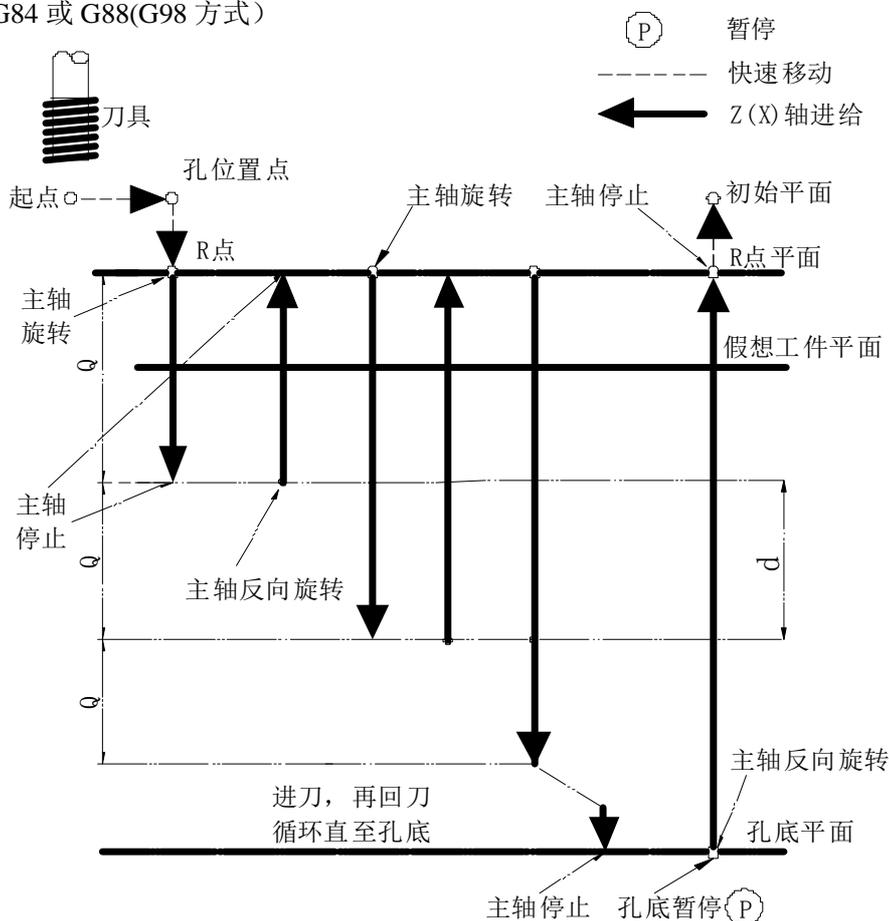


图 2.78 深孔刚性攻丝循环

代码执行过程:

①刀具从起点快速定位至孔底位置;

②快速定位至R点(若R点位于初始平面,则无此步骤);

③从R点到孔底包含多次进刀退刀:

攻丝轴以切削进给速度F进给由Q指定的切削量Q;同时主轴转动一定的角度 θ_1 (经切削量 Q、

- 进给速度F和主轴转速S计算得出)；
 攻丝轴以进给速度退刀,退刀量d由Q指令决定；同时主轴反方向转动一定的角度 θ_1 ；
 攻丝轴再以进给速度进给Q+d;同时主轴转动一定的角度 θ_2 ；
 攻丝轴以进给速度退刀,同时主轴反方向转动一定的角度 θ_2 ；
 如此反复,直至孔底；
 ④在孔底暂停由P指令指定的时间；
 ⑤攻丝轴以F指定的速度退刀至R平面,同时主轴反方向转动一定的角度 θ_3 (由孔底位置到R平面的距离、进给速度F和主轴转速S计算得出)；
 ⑥在R平面暂停,暂停时间由参数No. 7013决定(默认为0ms)；
 ⑦恢复攻丝前主轴的转动状态(默认为正转M03)；
 ⑧攻丝轴以快移速度返回初始平面。

注 1: 刚性攻丝循环中, 刀具的回退速度以及切入到上一加工平面的速度是由进给速度 F(对于攻丝轴而言, 进给速度即是代码中指定的 F, 区分 G98 和 G99;对于主轴而言, 进给速度就是指定的主轴转速)和拉拔倍率确定的。

注 2: 当 Q0 被指定时, 则不进行深孔刚性攻丝操作。

注 3: R指令为初始平面到R点的距离, 总是为半径值, 可以省略, 省略后认为初始平面即为R平面。

注 4: 对于进给暂停、单段, 当 G84/G88 固定循环处于动作 1、动作 2 和动作 6 时, 按下“进给暂停”则减速停; 当处于动作 3、动作 4 和动作 5(攻丝中)时, 则移动不会立即停止, 待刀具返回至 R 点平面时, 进给停止。当 G84/G88 固定循环工作于单段方式或在循环中打开单段方式, 则可单段停在动作 1, 动作 2, 动作 6 的终点(动作 3, 动作 4、动作 5 和动作 6 合为一个单段)。

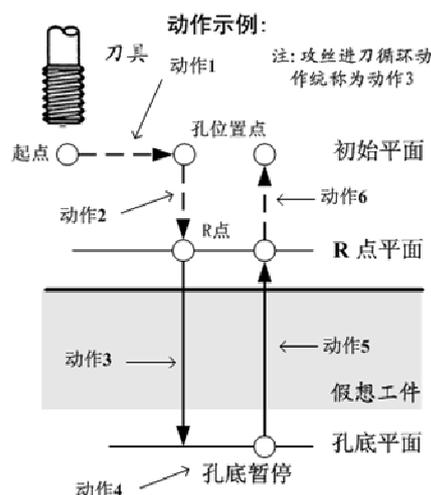


图 2.79 攻丝动作示例

注 5: 攻丝循环暂时取消刀尖半径补偿, 固定循环取消时恢复。

注 6: 攻丝轴通过“平面选择 G 代码”进行选择, G84 中分别指定 G17、G18、G19 时, 攻丝轴分别为基本轴 X、Z、Y;G88 中分别指定 G17、G18、G19 时, 钻孔轴分别为基本轴 Y、X、Z。

注 7: 反螺纹刚性攻丝的实现。缺省情况下, ELESY-E3TA G84/G88 刚性攻丝进刀时, 主轴正转; 刚性攻丝

退刀时，主轴反转。在某些特定的应用中，可能需要攻丝进刀时，主轴反转，而攻丝退刀时，主轴为正转。当有这种需求（反螺纹攻丝）时，ELESY-E3TA 使用刚性攻丝主轴旋向选择参数 No. 5170 来实现反螺纹攻丝。

G84/G88 刚性攻丝代码执行前，CNC 通过刚性攻丝主轴旋向选择参数来确定攻丝轴的旋向。No. 5170 为 0 时，G84/G88 刚性攻丝进刀时，主轴正转；刚性攻丝退刀时，主轴反转，为正常的螺纹攻丝；No. 5170 为 1 时，攻丝进刀时，主轴反转，而攻丝退刀时，主轴为正转，为反螺纹攻丝。

程序：

```
G98;           每分进给方式
G0 X50 Z0;    X轴和Z轴定位到起点
M29 S1000;    切换至刚性攻丝方式(非常重要)，同时指令主轴的转速为1000
               转/分，该程序段执行后，主轴并不开始旋转。
G84 Z-50 P3000 F2000; 起点为X50 Z0，孔位置点和起点相同，孔底位置为X50 Z-50；暂停
               时间为3秒；通过指令的F值和S值可知螺纹的导程为2。未指令Q
               值，为标准刚性攻丝循环。
G80;           固定循环取消，动力刀具停止转动
M30;           程序结束
```

2.2.2.3 端面普通攻丝循环 (G84) / 侧面普通攻丝循环 (G88)

当G84/G88为普通攻丝方式时，使用辅助功能控制主轴的启停：M03(主轴正转)、M04(主轴反转)和M05(主轴停止)；CNC通过主轴编码器对主轴的转动进行检测，攻丝轴则跟随于主轴的转动。在机床无法使用刚性攻丝功能时，普通攻丝方式则提供了一种较为经济的攻丝实现方法。

使用普通方式进行攻丝时，主轴必须使用弹性夹头或者刀具使用可变丝锥。

代码功能：运动过程中主轴每转一圈Z轴移动一个螺距，与丝锥的螺距始终保持一致，在工件内孔形成一条螺旋切槽，可一次切削完成内孔的螺纹加工。注意与主轴刚性攻丝相区别。

代码格式： G84 X (U) _ C (H) _ Z (W) _ R _ P _ F _ K _ M _ ; 或
G88 Z (W) _ C (H) _ X (U) _ R _ P _ F _ K _ M _ ;

代码说明：

| | |
|-------------|--|
| X_ C_或Z_ C_ | 孔位置数据，只在指定的程序段中有效；孔位置数据处还可以指定非X、Z、C轴的有效轴。 |
| Z(W)_或X(U)_ | 用绝对值指定孔底的坐标值，或用增量值指定从R平面到孔底距离，只在指定的程序段中有效。 |
| R_ | 从初始平面到R点的距离，半径值，带方向。 |
| P_ | 孔底暂停时间，系统单位为秒 |
| F_ | 切削进给速度， |
| K_ | 程序执行次数(当需要时)。 |
| M_ | C轴夹紧的M代码(当需要时)。 |

攻丝进给轴根据G84/G88来指定是X轴还Z轴, G84指定的攻丝轴为Z轴, G88指定的攻丝轴为X轴。通过切削进给速度F(即攻丝轴的进给速度)和主轴转速S来确定螺纹的导程。

每分进给方式下, 螺纹的导程式 = 切削进给速度F / 主轴转速S; 每转进给方式下, 螺纹的导程式 = 切削进给速度F。

注意, 主轴转速S指普通攻丝前, CNC记忆的主轴转速S模态值。CNC根据S的模态值和代码中指定的F值来计算螺纹导程。

与G84/G88刚性攻丝循环不同的是, G84/G88普通攻丝循环指令前可先指定主轴旋转(操作者根据所使用的丝锥来确定主轴是正转还是反转), CNC根据G84/G88之前的主轴旋转方向确定主轴反方向旋转的M代码; 如果未指定, 则在G84/G88普通攻丝循环中攻丝进时, 主轴默认输出主轴正转M03。

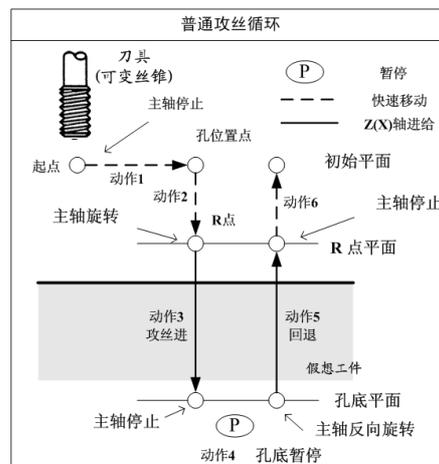


图 2.80 普通攻丝循环

代码执行过程：

- ①刀具从起点快速定位至孔位置点(即初始平面上由孔位置数据确定的点);
- ②快速定位至R点;
- ③主轴旋转的M代码输出使主轴转动(如攻丝循环前已指令主轴旋转, 则此处M代码不输出),
- ④攻丝轴跟随主轴的转动以F指定的速度切削进给至孔底平面;(在即将到达编程指定孔底坐标位置时, 主轴停止M05代码输出, 主轴开始减速停止, 攻丝轴保持进给直至主轴完全停止转动)
- ⑤暂停由P指定的暂停时间;
- ⑥主轴反方向旋转的M代码输出(主轴旋转的方向与进刀时相反);
- ⑦攻丝轴以F指定的速度退刀至R点平面;
- ⑧主轴停止M05代码输出, 主轴停转;
- ⑨快速返回到初始平面;
- ⑩普通攻丝循环结束。

注 1: 此代码是柔性攻丝, 攻丝轴进给跟随于主轴的转动。在孔底主轴停止信号 M05 有效后, 主轴还将有一定的减速时间才停止旋转, 此时 Z 轴将仍然跟随主轴的转动而进给, 直到主轴完全停止, 因此实际加工时螺纹的孔底位置应比实际的编程位置稍深或略浅一些, 具体误差的长度根据攻牙时主轴转速高低和主轴刹车装置而决定。

因此,为了安全起见,在 G84/G88 进行攻丝前,操作者可以把拖板移动至安全位置,在未切削工件的情况下空跑 G84/G88(请注意,不是空运行),实际观测 G84/G88 加工中孔底主轴停止时的位置距离 G84/G88 起点的坐标差值,据此,重新修改程序,在 G84/G88 加工前预留出足够的孔深,以便 G84/G88 加工。

注 2: 在进入攻丝循环前,可以根据丝锥的旋向事先指定主轴旋转方向(即在普通攻丝前先指令主轴正转或者主轴反转),则到达 R 点开始攻丝时,CNC 此时不输出主轴旋转的 M 代码,在到达孔底后,CNC 自动计算反转时应输出的主轴旋转的 M 代码。攻丝结束后主轴将停止转动。如下一个程序段中仍使用 G84/G88,则在下个程序段执行时,在到达 R 点后,CNC 重新输出的主轴旋转的 M 代码使主轴转动,此时主轴的转动方向与进入攻丝循环前事先指定的主轴旋转方向一致。

如攻丝前未指定主轴旋转,则 CNC 默认攻丝进时输出主轴正转 M03。

注 3: 攻丝切削时攻丝轴的移动速度由主轴转速与螺距决定,与切削进给速度倍率无关;切削时主轴倍率受 PLC 参数 K011.6 影响。

注 4: 在单程式段运行或执行进给保持操作,系统显示“暂停”,攻丝循环不停止,直到攻丝完成后回到起始点才停止运动。

注 5: 系统复位、急停或驱动报警时,攻丝切削减速停止。在此过程中,主轴有一定的停止转动过程而 Z 轴已停止进给,因此,工件和丝锥可能报废。所以加工中,尽量不要对 G84/G88 进行强制中断。

注 6: 攻丝中,钻孔轴通过平面选择进行选择。G84 中分别指定 G17、G18、G19 时,钻孔轴分别为基本轴 X、Z、Y;G88 中分别指定 G17、G18、G19 时钻孔轴分别为基本轴 Y、X、Z。

程序示例: 图中,螺纹 M10×2

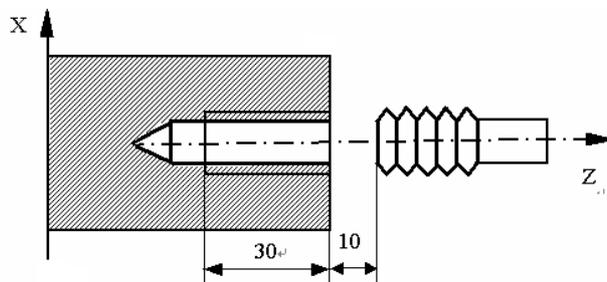


图 2.81 加工示例

| | |
|-------------------|--|
| G98 | : 每分进给方式 |
| G0 X0 Z200 | : X轴和Z轴定位到起点 |
| M3 S800 | : 主轴正转, 主轴转速为800转/分, 该程序段执行后, 主轴开始旋转。 |
| G84 Z160 P1 F1600 | : 起点为X0 Z200, 孔位置点和起点相同, : 孔底位置为X0 Z160, 暂停时间为1秒, : 通过指令的F值和S值可知螺纹的导程为2。 : 未事先指定刚性攻丝模式, G84为普通攻丝循环。 |
| G80 | : 固定循环取消 |
| M30 | : 程序结束 |

2.23 自动倒角功能

指令功能：自动倒角功能是指在加工程序段和段之间,能够自动插入倒角程序段或拐角R程序段。可以插入自动倒角的程序段包括以下四种:

- ◆ 在直线插补与直线插补之间
- ◆ 在直线插补与圆弧插补之间
- ◆ 在圆弧插补与直线插补之间
- ◆ 在圆弧插补与圆弧插补之间

指令格式： ,C_ ; (倒角)

,R_ ; (拐角R)

指令说明：当在指定直线插补(G01)或圆弧插补(G02、G03)程序段的末尾指定上述格式时,则插入一个倒角程序段或拐角R程序段。

注：可以连续指定两个以上的倒角程序段和拐角R程序段。

倒角：紧跟C的数值指定从假想拐角交点起的倒角起点到终点的距离,所谓假想拐角就是不进行倒角时假设存在的拐角。

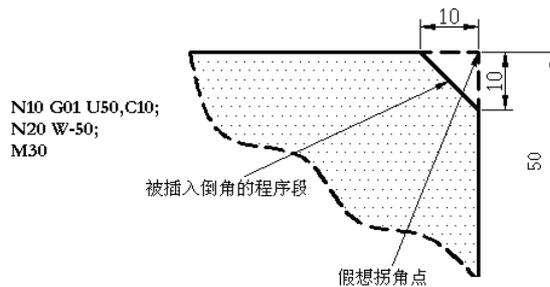


图 2.82 45° 倒角

拐角 R：紧跟在 R 后的数值指定拐角 R 的半径。

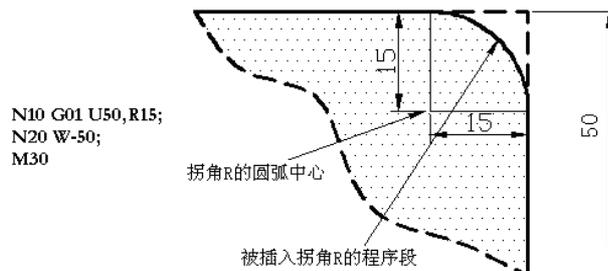


图 2.83 圆弧倒角

注 1：在直线插补(G01)和圆弧插补(G02、G03)(除 G32、G34)以外的程序段中即使指定倒角(C)或者拐角R(R)将被忽略。

注 2：指定倒角操作或拐角 R 操作的程序段后面,必须是直线插补(G01)或(G02、G03)的移动指令的程序段。如果是除此之外的指令,会有报警“倒角/拐角 R 后无移动”发出。

但是,在这些程序段之间,可以仅插入一个 G04(暂停)程序段。在执行已被插入的倒角/拐角 R 的程序段后进入暂停状态。

注 3：如果插入倒角程序段或拐角 R 程序段而导致超出原先的插补移动范围,则会有报警“倒角/拐角 R 后

的程序段中指令的移动量过小”发出。

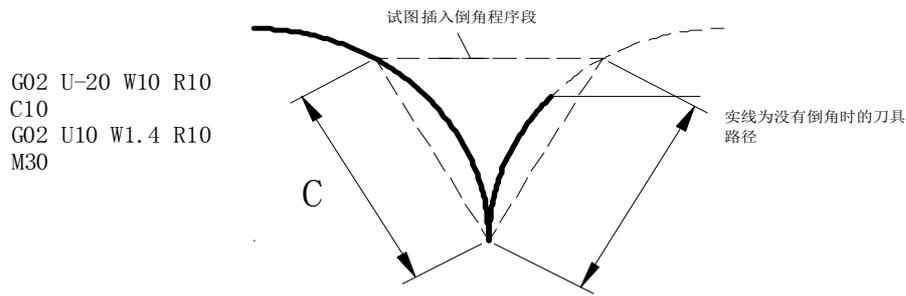


图 2.84 倒角插入示意图

注 4: 只有对相同平面内的移动指令才插入倒角程序段或拐角 R 程序段。

在指定了倒角或者拐角 R 的下一个程序段中指定了平面选择(G17、G18、G19)时,会有报警“倒角或拐角 R 后指定了平面选择指令”发出。

注 5: 当进行两个直线插补操作时,如果两条直线之间的角度差在 $\pm 1^\circ$ 以内,则认为倒角或拐角 R 程序段的移动量为 0(零)。当进行直线插补和圆弧插补操作时,如果直线和圆弧在交点处切线之间的角度差在 $\pm 1^\circ$ 以内,则认为拐角 R 程序段的移动量为 0(零)。当进行两个圆弧插补时,如果交点处两个圆弧切线之间的角度差在 $\pm 1^\circ$ 以内,则认为拐角 R 程序段的移动量为 0(零)。

注 6: 在单程序段中运行指定倒角及拐角 R 的程序段时,操作一直持续到新插入的倒角或拐角 R 的程序段的终点,机床在该终点以进给保持方式停止。

注 7: 下列 G 代码不能在与倒角/拐角 R 指令相同的程序段中使用,也不能在定义连续图形的倒角/拐角 R 输入的程序段之间使用。

00 组的 G 代码(G04 除外)

注 8: 在螺纹切削的指令程序段中指令“C”或“R”时,会有报警“当前程序段中不能指令倒角或拐角 R”发出。

注 9: 在相同程序段中指定了多个“C”和“R”时,则最后指定的那个有效。

2.24 宏指令

ELESY-E3TA 提供了类似于高级语言的宏指令,用户通过宏指令可以实现变量赋值、算术运算、逻辑判断及条件转移,有利于编制特殊零件的加工程序,减少手工编程时进行繁琐的数值计算,可有效精简用户程序。

2.24.1 变量

(1) 变量的使用方法

变量可以指令程序中的地址值。变量值可以由程序指令赋值或直接用键盘设定。一个程

序中可使用多个变量, 这些变量用变量号来区别。

● **变量的表示**

用“#”+变量号来表示;

格式: # i (i=200, 202, 203, ……);

示例: #205, #209, #225。

此外, 表达式可以用于指定变量号。此时, 表达式必须括在括号中。

示例: #[#20+#30/4]

● **变量的引用**

1、用变量置换地址后数值。

格式: <地址>+“# i”或<地址>+“-# i”, 表示把变量的值或把变量的值的负值作为地址值。

示例: F#203… 当#203=15 时, 与 F15 代码功能相同;

Z-#210… 当#210=250 时, 与 Z-250 代码功能相同;

G#230… 当#230=3 时, 与 G3 代码功能相同。

当在程序中使用变量值时, 小数点可以省略。例如#1=123, 则#1 的实际值为 123. 000。

轴代码地址后面跟随的变量值如果含有小数, 则小于最小设定单位的数据就四舍五入, 例如 #1=1. 23456; 该轴最小设定单位为 0. 001, 则执行 G00 X#1 刀具就定位到 1. 235 的位置。

2、用变量置换变量号。

格式: “#”+[变量号]

示例: 在# 5 中的 5 用 # 30 来代替时, 写成了#[#30]。

3、引用未定义的变量。

变量值未定义时, 这样的变量成为“空”变量。变量#0 总是空变量, 它只能读, 不能写。

当引用未定义的变量时, 变量及地址字都被忽略。

示例: 当变量#10 的值是 0, 而变量#11 的值是空, 则当执行程序 G00 X#10 Y#11 时, 执行的结果为 G00 X0, Y#11 被忽略。

在运算过程中, 除了用空变量赋值以外, 其余情况下空变量的值与 0 相同。

当#2=<空>时, #1=#2, #1=<空>;

#1=#2*3, #1=0;

#1=#2+#2, #1=0;

在条件表达式中<空>不同于 0。

当#2=<空>时, #2 EQ #0, #2 GE #0, #2 LE #0 条件成立, 其它不成立。

当#2=0 时, #2 NE #0 , 条件成立, 其它都不成立。

(2) 变量的种类

根据变量号的不同, 变量分为不同类型的变量形式, 它们的用途和性质都不同。

| 变量范围 | 变量类型 | 功 能 |
|------|------|-----|
|------|------|-----|

| | | |
|--------------------------|------|---|
| #0 | 空变量 | 该变量总是空,没有变量能赋给该变量。 |
| #1 -- #400 #601--#999 | 局部变量 | 局部变量只能用在宏程序中,用于传递参数、存储数据(例如运算结果);当断电时,局部变量被初始化为空。 |
| #401 -- #600 | 公共变量 | 数据会自动保存,即使断电也不丢失。 |

2.24.2 算术代码及转移代码

(1) 算术代码

变量之间可进行各种运算,运算代码格式如下。

#i=<表达式>

一个运算代码其右边的<表达式>是个常数、变量、函数和运算符的组合。

ELESY-E3TA 定义了如下算术和逻辑代码:

| 功能 | 格式 | 使用说明 |
|------|-------------------|---|
| 赋值 | #i=#j; | 赋值语句,将#j的值给#i; 当#j为空时#i也为空 |
| 加法 | #i=#j+#k; | 加操作。当#j的值为空时,被当作0.0值,以下函数相同 |
| 减法 | #i=#j-#k; | 减操作 |
| 乘法 | #i=#j*#k; | 乘操作 |
| 除法 | #i=#j/#k; | 除操作; |
| 正弦 | #i=SIN[#j]; | 取正弦操作; 角度单位是度 |
| 反正弦 | #i=ASIN[#j]; | 取反正弦操作; #j的值需要在-1~1之间 |
| 余弦 | #i=COS[#j]; | 取余弦操作; 角度单位是度 |
| 反余弦 | #i=ACOS[#j]; | 取反余弦操作; #j的值需要在-1~1之间 函数的结果范围: 0° ~180° 。 |
| 正切 | #i=TAN[#j]; | 取正切操作; 角度单位是度 #j的值不能是0, 90, 270 |
| 反正切 | #i=ATAN[#j]/[#k]; | 指定了两个边的长度,取反正切操作,其中#j为对边,并使用“/”分割; |
| 平方根 | #i=SQRT[#j]; | 取平方根操作; #j不能小于零 |
| 绝对值 | #i=ABS[#j]; | 取绝对值的操作; |
| 四舍五入 | #i=ROUND[#j]; | 对数据#j四舍五入的操作,在宏程序中对第一位小数四舍五入,在NC语句中,对最小增量的下一位小数四舍五入 |
| 取模 | #i=#jMOD#k | #i为#j除以#K之后的余数 #k不能为0 |

| | | |
|------|-------------|----------------------------|
| 取大 | MAX[#i, #j] | 取#i和#j中的较大者 |
| 取小 | MIN[#i, #j] | 取#i和#j中的较小者 |
| 指数函数 | #i=EXP[#j] | 取#j的指数 #j的值不能大于80或小于-80 |

代码说明:

(1) 运算先后顺序为:

| 优先级 | 运算符及函数 |
|-----|--|
| 5 | " [" , "] " |
| 4 | " # " |
| 3 | " SIN ", " SI ", " ASIN ", " AS ", " COS ", " CO ", " ACOS ", " AC ", " TAN ", " TA ", " ATAN ", " AT ", " SQRT ", " SQ ", " ABS ", " AB ", " ROUND ", " RO ", " FIX ", " FI " |
| 2 | " AND ", " AN ", " * ", " / ", |
| 1 | " + ", " - ", |

(2) 在<表达式>中间出现的 "/" 符号(在赋值 "=" 号的右边, 或者封闭在括号 [] 中) 被认为是除法运算符, 不作为任选程序段跳段跳过代码;

(3) 三角函数 SIN、COS、ASIN、ACOS、TAN 和 ATAN 的角度单位是度;

(4) #i=ASIN[#j]

当#j 超出一 1 到 1 的范围时, 系统产生报警, #j 可以为常数。

(5) #i=ACOS[#j]

当#j 超出一 1 到 1 的范围时, 系统产生报警, #j 可以为常数;

(6) #i= ATAN[#j]/[#k]中, ATAN 的#j 和#k 为两直角边的分量长度, 取值范围如下:

示例: 当指定#1=ATAN[-1]/[-1]时, #1=45°

#j, #K 可以为常数。

当在除法或 TAN[90]中指定为 0 的除数时出现 P/S 报警;

(7) 函数 ROUND 用于 NC 代码或在宏语句中, 对原始的具有小数点的数据四舍五入。

当用于 NC 语句中, 则根据最小设定单位四舍五入; 如果用于宏语句中, 则对第一位小数四舍五入;

当执行#2=ROUND[#3]; 时, 此处若#3=1. 2345, 变量#2 的值是 1。

假定在 ISB 增量下的公制输入, 变量#2=1. 2345, 变量#3=2. 5456, 则

G00 X#2; 刀具移动到 1. 235mm

G00 X#3; 刀具移动到 2. 546mm

(2) 转移及循环代码

在程序中使用转移及循环代码可以改变控制的流向, 有三种转移和循环操作可供使用: 无条件转移 GOTO, 有条件转移 IF...GOTO, IF... THEN 及 WHILE DO 循环。

代码格式:

GOTO n;

代码功能:

无条件跳转到行号 n;

代码格式:

IF <逻辑表达式> THEN <表达式>;

代码功能:

如果逻辑表达式为真, 则执行 THEN 后的表达式, 否则直接执行下一个程序段;

代码格式:

IF <逻辑表达式> GOTOn;

代码功能:

如果逻辑表达式为真, 则跳转到标有行号 n 的程序段去执行, 否则, 执行下一个程序段;

代码格式:

WHILE <逻辑表达式> DO n;

.....;

ENDn

代码功能:

如果逻辑表达式为真, 则执行 Do 和 END 之间的程序段, 否则执行 END 后的程序段。DO 和 END 后的数值 n 为指定程序执行范围的标号, n 的取值为 1, 2, 3。若用 1, 2, 3 以外的值系统产生报警;

IF, WHILE 的逻辑运算符规定如下:

| 运算符 | 替代符 | 含义 |
|-----|-----|---------|
| EQ | == | 等于(=) |
| NE | <> | 不等于(≠) |
| GT | > | 大于(>) |
| GE | >= | 大于等于(≥) |
| LT | < | 小于(<) |
| LE | <= | 小于等于(≤) |

注 1: 转移到标有顺序号 n 的程序段, 当指定 n 从 1 到 99999 整数以外的顺序号时出现 P/S 报警, 也可用表达式指定顺序号;

注 2: 条件表达式必须包括运算符, 运算符插在两个变量中间或变量和常数中间, 并且用括号 [] 封闭。表达式可以替代变量;

注 3: DO 后的号和 END 后的号是指定程序执行范围的标号, 标号值为 1、 2、 3, 若用 1、 2、 3 以外的值会产生 P/S 报警;

注 4: 在 DO—END 循环中的标号(1 到 3)可根据需要多次使用, 但是当程序有交叉重复循环(DO 范围的重叠)时出现 P/S 报警;

注 5: 当指定 DO 而没有指定 WHILE 语句时, 产生从 DO 到 END 的无限循环;

注 6: 在使用 EQ、NE 等逻辑运算的条件表达式中, <空>和零有不同的效果。在+、-、*等其它形式的条件表达式中<空>被当作零;

注 7：宏程序语句不能和 NC 语句在同一行使用, 宏程序语句的定义如下：

包含算术或逻辑运算(=)的程序段；

包含控制语句(例如 GOTO 、D0、 END)的程序段；

包含宏程序调用指令(例如用 G65、G66 、G67 或其它 G 代码。M 代码调用宏程序)的程序段；

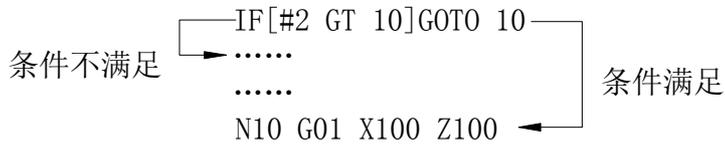
注 8：除了宏程序语句以外的任何程序段都为 NC 语句；

注 9：系统可以使用容易理解的替代符代替运算符。如果系统的 MDI 键盘不能输入 ‘>’ 、 ‘<’ , 则可以在 PC 机上编辑, 然后上传到系统中；

注 10：如果宏语句中需要写行号, 则需要写在语句的最前面；

应用举例：

(1) GOTO 举例

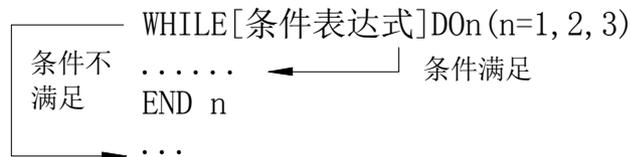


(2) IF <逻辑表达式> THEN <表达式> 举例

IF[#2 EQ #3] THEN #4=0;

当#2 和#3 值相等时, #4 的值为 0。

(3) WHILE <逻辑表达式> D0n; …; ENDn 举例



第三章 MST 代码说明

3.1 M 代码(辅助功能)

3.1.1 程序停止 M00

代码格式: M00或M0

代码功能: 当执行了M00的程序段后,系统停止自动运转,与单程序段暂停同样,把其前面的模态信息全部保存起来,也即其等同于程序暂停的功能。欲继续执行后续程序段须重按操作面板上循环启动键,CNC继续自动运转。

3.1.2 选择停止 M01

代码格式: M01或M1

代码功能: 在包含M01的程序段执行以后,自动运行停止,单段停止信号灯点亮。在下次自动启动中,关断单段停止信号灯。只有在机床操作面板上的选择停开关按下时,M01代码才有效。

3.1.3 程序结束 M02

代码格式: M02或M2

代码功能: 在自动方式下,执行M02 代码,当前程序段的其它代码执行完成后,自动运行结束。光标是否返回程序开头由参数设定。若要再次执行程序,必须让光标返回程序开头。

3.1.4 程序运行结束 M30

代码格式: M30

代码功能: 在自动方式下,执行M30 代码,当前程序段的其它代码执行完成后,自动运行结束。加工件数加1,取消刀尖半径补偿,光标是否返回程序开头由参数设定,若要再次执行程序,必须让光标返回程序开头。

3.1.5 跳转指令 M91/M92

代码格式: M91 P□□□□

M92 P□□□□

代码功能: 系统运行这些代码时,会根据外部输入信号的状态进行程序跳转。

示例:

```
N50 M92 P100  
N60 G0 X10 Z10  
N70 ...  
N100 G0 X20 Z30
```

当程序执行到N50时,如果输入信号为1,则跳转到N100执行;若输入信号为0,则顺序执行N60。

注1: P指令后接的数字为要跳转到的程序段号,必须大于0。

注2: M91,当输信号为0时跳转;当输入信号为1时,顺序执行下一程序段;

M92,当输入信号为1时跳转;当输入信号为0时,顺序执行下一程序段。

3.1.6 子程序调用 M98

代码格式: M98 P□□□□

代码功能: 在自动方式下,执行 M98 代码时,当前程序段的其它代码执行完成后,CNC 去调用执行 P 指定的子程序。

输入: M98 P12; 其代表的功能就是调用一次子程序 00012;

M98 中调用的子程序名必须为小于 9999 的且已经存在于系统中的程序,子程序名必须输入;

M98 中调用的子程序编写格式如下所示。除了子程序的最后必须为 M99 而不是 M30 结束以外,其程序编写格式与主程序的编写格式一样。

```
子程序: 0□□□□; (子程序名)  
...;  
...;  
M99; (从子程序返回)
```

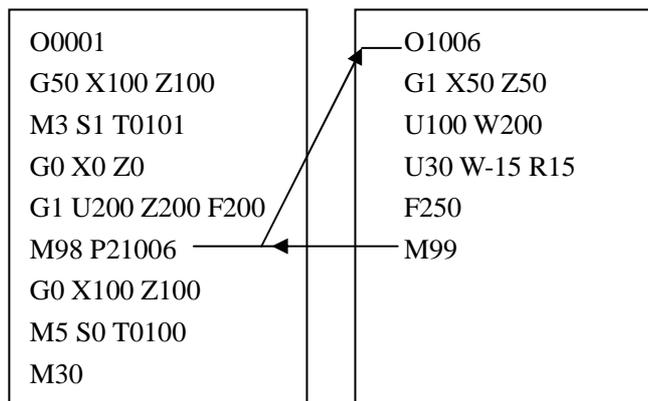


图3.1 子程序调用

在被调用的子程序中又可调用其他子程序。被主程序调用的子程序为一重子程序,被一重子程序调用的称为二重子程序,依次类推,有三重子程序、四重子程序等。一个主程序总共可调用 12 重子程序(包含宏程序调用),下图为四重子程序嵌套的示意图:

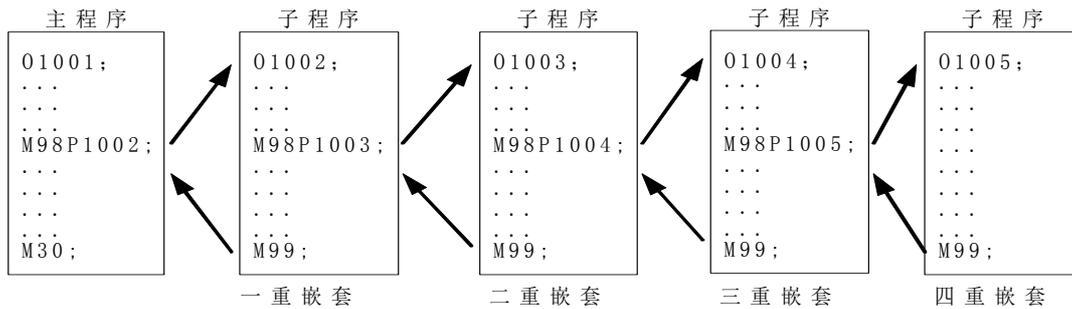


图 3.2 子程序嵌套调用

注 1: 当检索不到用 P 指定的子程序时, 系统产生报警;

注 2: 在 MDI 方式下输入 M98 P_ 时, 不能实现子程序的调用, 系统出现报警;

注 3: 用 M98 P_ 调用自身时, 系统出现报警;

注 4: 如果 M98 代码后, 没有用 P 指令调用的子程序, 系统出现报警。

3.1.7 从子程序返回 M99

代码格式: M99 P○○○○○

(P○○○○○ 为返回主程序时将被执行的程序段号, 范围为00000~99999, 前导0可以省略)

代码功能: (子程序中) 当前程序段的其它代码执行完成后, 返回主程序中由P指定的程序段继续执行, 当未输入P时, 返回主程序中调用当前子程序的M98代码的后一程序段继续执行。在自动方式下, 如果M99用于主程序结束(即当前程序不是由其它程序调用执行), 当前程序将反复执行。

示例: 图3.3表示调用子程序(M99中有P代码字)的执行路径; 图3.4表示调用子程序(M99中无P代码字)的执行路径。

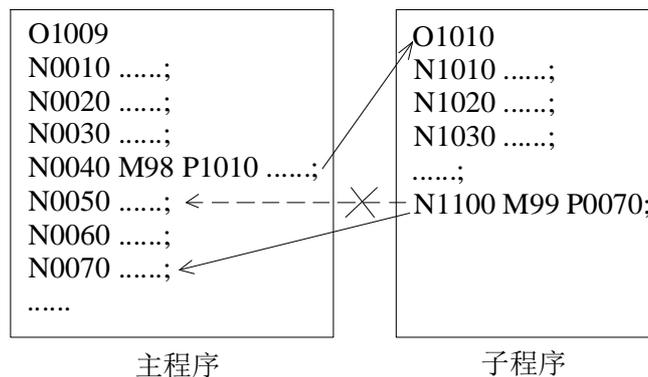


图3.3 子程序执行路径(M99中有P代码字)

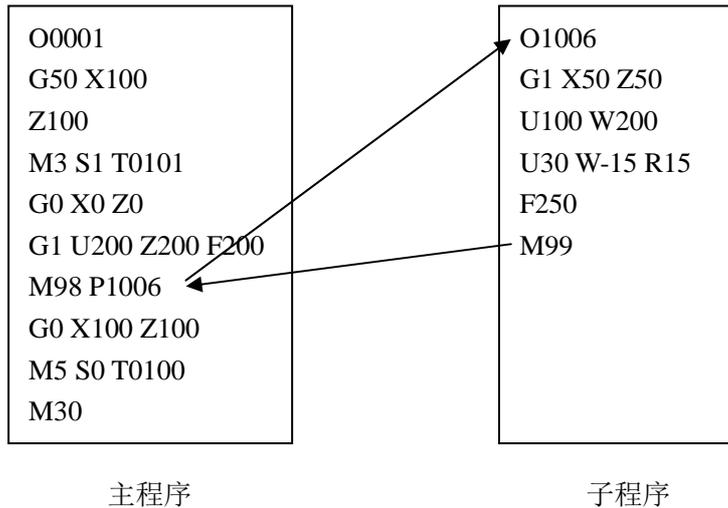


图3.4 子程序执行路径 (M99中无P代码字)

注 1: M99 代码必须在单独的程序段中指定;

注 2: 如果 M99 指令了不存在的程序段号, 系统出现报警;

注 3: 在自动方式下, 如果在 M99 后指定的程序段号在程序中有重复, 程序返回到排列在前面的程序段;

注 4: 在自动方式下, 如果主程序以 M99 结束, 并且指定了 P 后的行号, 则系统忽略该行号, 返回到文件头重复执行。

3.1.8 其它 M 代码

以下M代码以标准梯形图为准(部分功能可由K参数进行修改):

- | | | |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| M03: 第一主轴顺时针转 | M04: 第一主轴逆时针转 | M05: 第一主轴停止 |
| M07: 吹起开 | M08: 冷却液开 | M09: 冷却/吹气关 |
| M10: 卡盘夹紧 | M11: 卡盘松开 | |
| M12: 尾座进 | M13: 尾座退 | |
| M19: 主轴位置模式 | M20: 主轴速度模式 | |
| M29: 刚性攻牙切换 | | |
| M32: 润滑开 | M33: 润滑关 | |
| M41-M44: 第一主轴自动换挡时进行指定档位变换。 | | |
| M45-M48: 第二主轴自动换挡时进行指定档位变换。 | | |
| M63: 第二主轴顺时针转 | M64: 第二主轴逆时针转 | M65: 第二主轴停止 |