

## 增强型多重螺纹切削循环（G78）

### 指令功能

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。G78 有螺纹旋进和退尾功能，可选择单侧刀刃螺纹切削或两侧刀刃轮流切削，吃刀量逐渐减少，有利于保护刀具、提高螺纹精度。G78 代码可加工直螺纹和锥螺纹不能加工端面螺纹。

### 指令格式

G78 P (m) (r) (a) Q ( $\Delta d_{min}$ ) R (d) D\_L\_E\_ ;  
G78X (U) Z (W) R (i) P (k) Q ( $\Delta d$ ) J\_K\_F (I) ;

### 指令说明

#### 指令字说明

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)	螺纹精车次数 01~99 （单位：次）。 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 (r)	切入方式（取值范围为：0~4） 0：刀刃沿螺纹牙型中线切入； 1：刀刃沿螺纹牙型左边切入； 2：刀刃沿螺纹牙型右边切入； 3：刀刃沿螺纹牙型右中轮流切入； 4：刀刃沿螺纹牙型左右轮流切入； 未输入时，以系统数据参数 NO.5144 的值作为切入方式选择。

P (a)	<p>相邻两牙螺纹的夹角 0~99（单位：度（°））。</p> <p>未输入 a 时，以系统数据参数 NO.5143 的值作为螺纹牙的角度。</p> <p>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 (△dmin)	<p>螺纹粗车时的最小切削量（无符号，半径值）。</p> <p>当<math>(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \times \Delta d &lt; \Delta d_{min}</math>时，以<math>\Delta d_{min}</math>作为本次粗车的切削量，即：本次螺纹切深为<math>\sqrt{n-1} \times \Delta d + \Delta d_{min}</math>。（n 为当前分刀次数）</p> <p>设置<math>\Delta d_{min}</math>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。</p> <p>未输入 Q (△dmin) 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）</p> <p>半径值等于螺纹精车切入点 Be 与最后一次螺纹粗车切入点 Bf 的 X 轴绝对坐标的差值。</p> <p>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）。</p> <p>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，取值范围见下表（半径值、无符号）。</p> <p>未输入 P (k) 时，系统报警。</p>
Q (△d)	<p>第一次螺纹切削深度（半径值、无符号）。</p> <p>未输入△d 时，系统报警。</p>
D	<p>切深选择（取值范围为：0~1）</p> <p>0：等距离进刀；（每次切削量为△d）</p> <p>1：递减式进刀（递减式进刀与G76 进刀方式相同）</p> <p>未输入时，以系统数据参数 NO.5145 的值作为切深方式选择。</p>
E	X 向旋进距离值（半径值、无符号）
F (I)	<p>F：螺纹螺距，为主轴转一圈长轴的移动量（半径值），模态指令；</p> <p>I：指定每英寸螺纹的牙数，模态指令。</p>
J	<p>螺纹退尾时在短轴方向的移动量（半径值，不带方向），模态指令；</p> <p>根据程序起点位置自动确定退尾方向</p>
K	螺纹退尾时在长轴方向的长度（半径值，不带方向），模态指令。

地址	增量系统	公制输入 (mm)	英制输入 (inch)
Q (△dmin)、R (d)、E、J、K	ISB	0~999999.999	0~99999.9999
	ISC	0~99999.9999	0~9999.99999
P (k)、Q (△d)	ISB	0.001~999999.999	0.0001~99999.9999
	ISC	0.0001~99999.9999	0.00001~9999.99999

R (i)	ISB	-999999.999~999999.999	-99999.9999~99999.9999
	ISC	-99999.9999~99999.9999	-9999.99999~9999.99999
F	ISB、ISC	0.0001~9999	0.00001~9.99
I	ISB、ISC	0.0001~254	0.0001~100

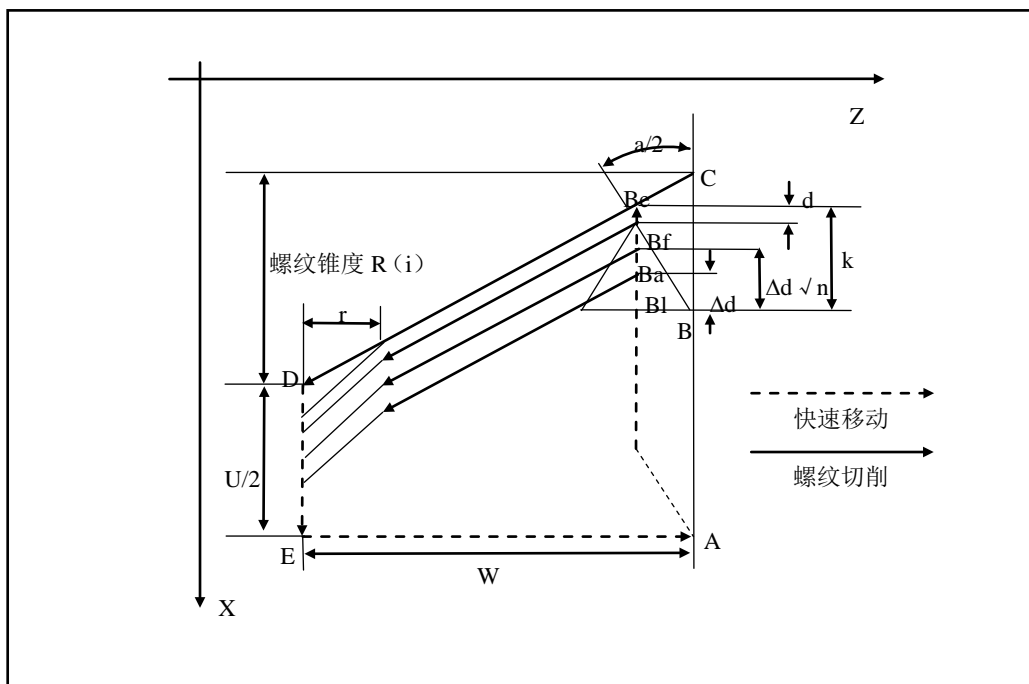
## 参数说明

5129	螺纹切削循环 G92, G76, G78 的模式 0: 普通模式; 1: 高速模式
5130	螺纹切削循环 (G76, G78, G92) 的倒角量 (THD)
5131	螺纹切削循环 (G76, G78, G92) 的倒角角度 (THA)
5140	复合固定循环 G76, G78 的最小切入量 (G78MID)
5141	复合固定循环 G76, G78 的精加工余量 (G78FA)
5142	复合固定循环 G76, G78 精加工循环次数 (G78FC)
5143	复合固定循环 G76, G78 刀尖角度 (G78TNA)
5144	复合固定循环G78刀刃的切入方式 (G78TCI) 0: 刀刃沿螺纹牙型中线切入; 1: 刀刃沿螺纹牙型左边切入; 2: 刀刃沿螺纹牙型右边切入; 3: 刀刃沿螺纹牙型右中轮流切入; 4: 刀刃沿螺纹牙型左右轮流切入;
5145	复合固定循环G78进刀的切深方式 (G78TCD) 0: 等距离进刀; 1: 递减式进刀 (递减式进刀与G76 进刀方式相同)

## 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），如下图所示。

未输入 R (i) 时，系统按 R (i) =0（直螺纹）处理。



## 切深计算

X 轴切深:  $\sqrt{n} \times Q(\Delta d)$

Z 轴起切点 = X 轴切深  $\times \tan(P(a) \div 2)$

X 轴切削量（两次进刀的差值）:  $\sqrt{n} \times Q(\Delta d) - \sqrt{n-1} \times Q(\Delta d)$

（n 为当前分刀次数）

注意:

(1) 如果 X 轴切削量小于最小切削量，即:  $(\sqrt{n} \times Q(\Delta d) - \sqrt{n-1} \times Q(\Delta d)) < Q(\Delta d_{min})$

X 轴切削量 = 最小切削量  $Q(\Delta d_{min})$

X 轴切深 = 最小切削量  $Q(\Delta d_{min}) + \sqrt{n-1} \times Q(\Delta d)$

下一刀的 X 轴切深:

X 轴的切深=最小切削量  $Q(\Delta d_{min})$  + 前一刀的切深

如果 X 轴切深  $\geq$  牙高 P (k) — 精车切削量 R (d) 则

$X \text{ 轴切深} = \text{牙高 } P(k) - \text{精车切削量 } R(d)$

$X \text{ 轴切削量} = X \text{ 轴切深} - \text{前一刀的切深}$

(2) 精车 Z 轴起切点与最后一刀粗车一致。

进刀点实际坐标位置计算

X 轴：

正向进刀： $X \text{ 终点坐标} + \text{锥度 } R(i) - \text{牙高 } P(k) + X \text{ 轴切深}$

负向进刀： $X \text{ 终点坐标} + \text{锥度 } R(i) + \text{牙高 } P(k) - X \text{ 轴切深}$

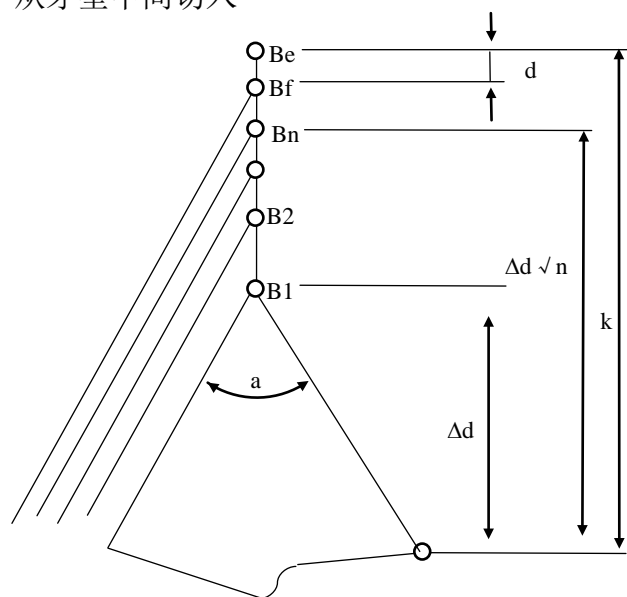
Z 轴：

正向进刀： $Z \text{ 起点坐标} + Z \text{ 轴切深}$ （即： $X \text{ 轴切深} \times \tan(P(a) \div 2)$ ）

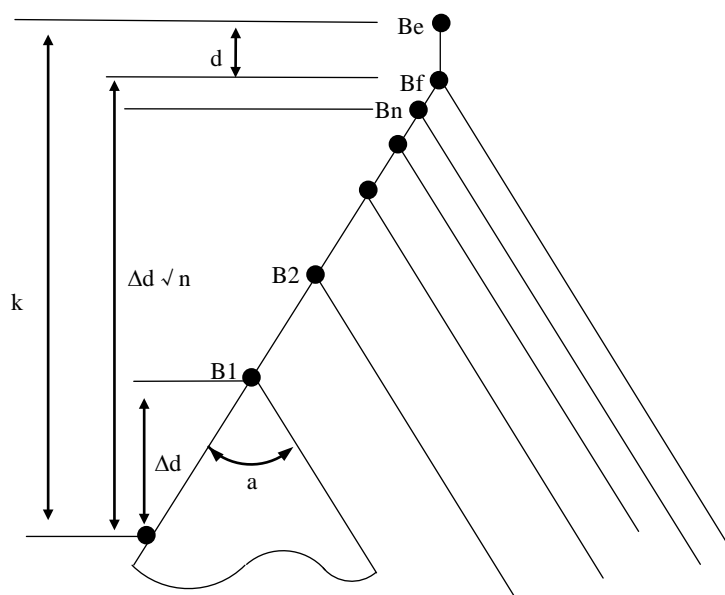
负向进刀： $Z \text{ 起点坐标} - Z \text{ 轴切深}$ （即： $X \text{ 轴切深} \times \tan(P(a) \div 2)$ ）

## 切入方式选择

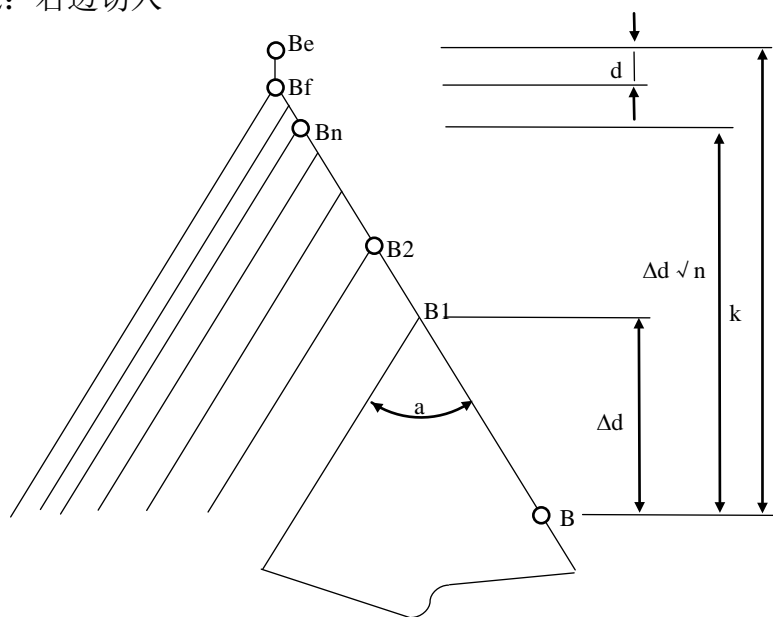
$P(r)=0$ : 从牙型中间切入



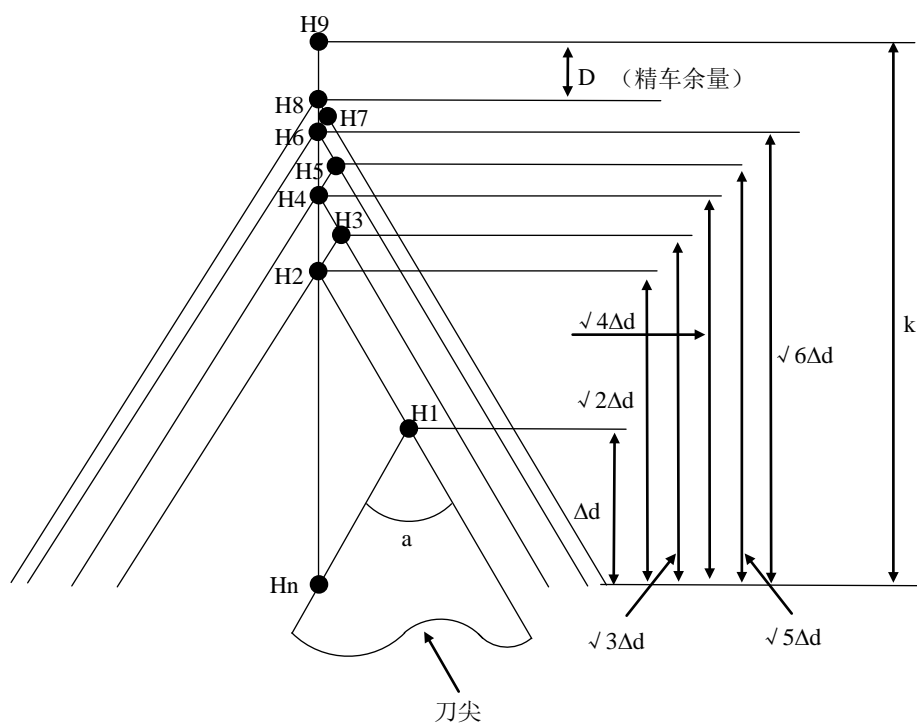
$P(r)=1$ : 左边切入



P (r) =2: 右边切入



P (r) =3: 右中轮流切入

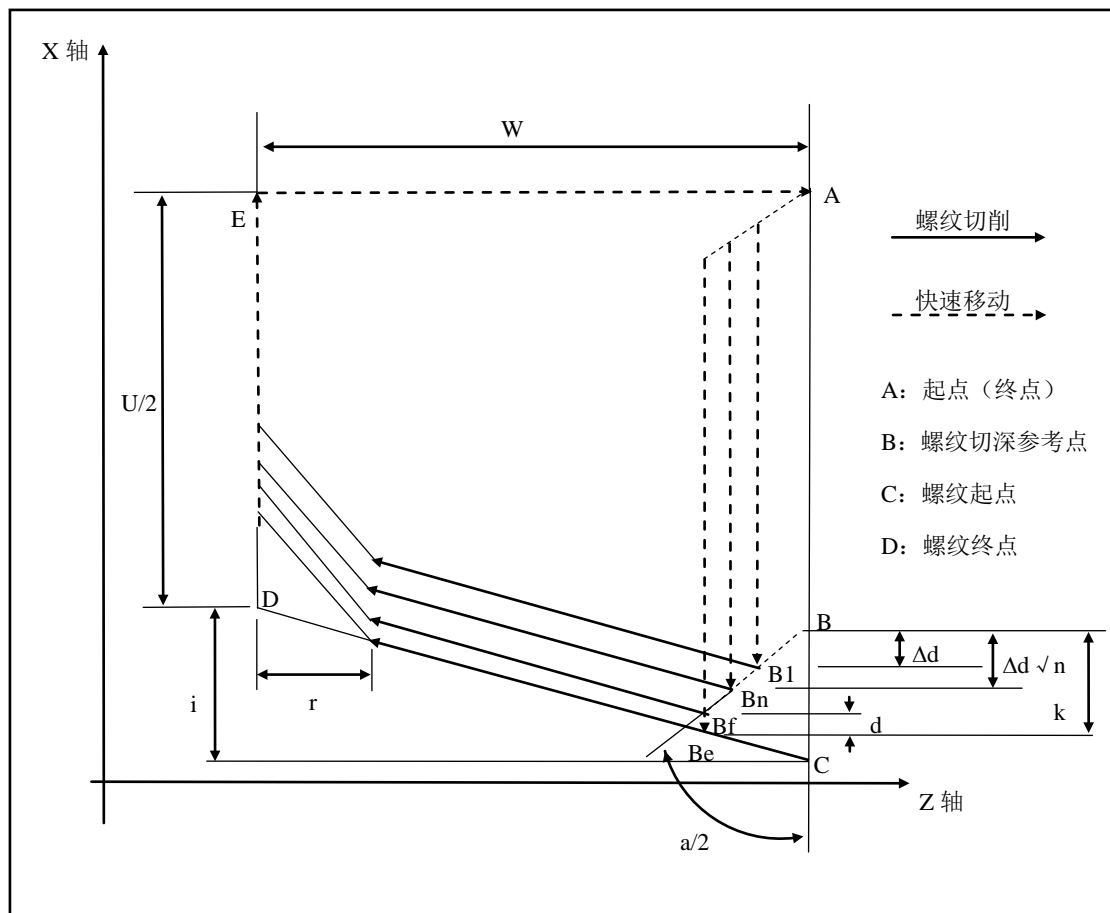






## 执行过程

- (1) 进入 G78 螺纹插补之前的位置为定位点
- (2) 从定位点快速移动到起点
- (3) 从起点快速移动至螺纹切入点（下图中的 Bf 为粗车的最后一刀）
- (4) 从螺纹切入点向本轮切削终点移动，本轮切削终点与螺纹切入点在 Z 轴方向的移动量为 W，X 轴方向的移动量为 i。在长轴方向距离本轮切削终点 K，短轴距离 J 的位置执行退尾，省略 J、K 时，则以倒角量 r 或参数 5130、5131 设定值退尾
- (5) 退尾后，先沿 X 轴方向快速移动，后沿 Z 轴方向快速移动回到起点。
- (6) 根据计算出的螺纹切削量重复（4）的动作，预留精车深度
- (7) 精车切深 d 所设置值。
- (8) 与动作（5）轨迹一致，快速移动至终点。



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， $\Delta d$ 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 Bn 点（n 为切削循环次数），B1 为第一次螺纹粗车切入点，Bf 为最后一次螺纹粗车切入点，Be 为螺纹精车切入点。Bn 点相对于 B 点 X 轴和 Z 轴的位移符合公式：</p> <p>a: 螺纹角度 <math>\text{tg} \frac{a}{2} = \frac{ Z \text{ 轴位移} }{ X \text{ 轴位移} }</math></p>

### 编程示例

示例简介：（直螺纹示例）

G00 X80 Z10	（快速定位至加工起点）
G78 P020545 Q0.15 R0.5	（精加工重复次数 2，刀具角度 45° 最小切入深度 0.15，精车余量 0.5）
G78 X60 Z-60 P3 Q1.8 F300 J1.5 K2	（螺纹牙高 3mm（总切深），第一次螺纹切削深度 1.8mm，长轴方向退尾 2mm，短轴方向退尾 1.5mm）
G00 X80 Z10	

