

# 孔类加工循环

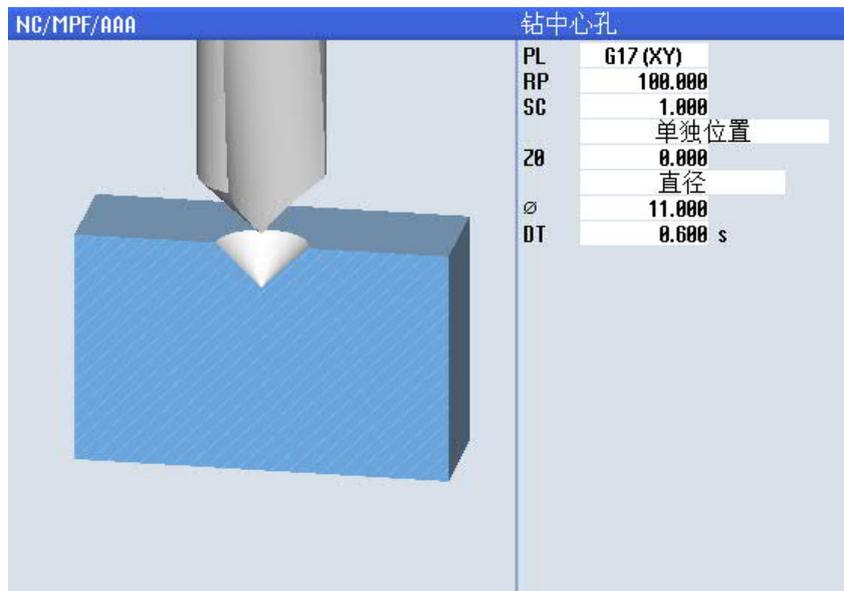
SINUMERIK 828D 铣削编程简明教程 5

## Contents

1. 钻削循环 .....	3
1.1 钻中心孔 (CYCLE81) .....	3
1.2 浅孔钻削 (CYCLE82) .....	5
1.3 铰孔 (CYCLE85) .....	6
1.4 深孔钻削 (CYCLE83) .....	7
1.5 精镗孔 (CYCLE86) .....	10
1.6 攻丝 (CYCLE84 和 CYCLE840) .....	11
2. 作者信息 .....	13

# 1. 钻削循环

## 1.1 钻中心孔 (CYCLE81)



钻中心孔是在钻削加工中比较常见的加工工序。为了保证在钻孔过程中孔的位置精度比较高，通常需要在钻孔之前安排一个钻削预定位孔的工序。尤其在深孔钻削之前，为了防止钻头引偏尤为重要。钻中心孔所用的刀具一般是钻尖角为 90 度的定心钻。

**PL:** 选择加工平面。通常这里都选择为 G17 (XY)。在一般的立式或者卧式铣床上进行钻削加工都要选择 G17 平面。即使是在车床的端面上进行钻孔，只要钻削加工的刀具轴线与机床的 Z 轴平行，就必须选择 G17 平面。

**RP:** 钻孔完成之后刀具轴的定位高度。

**SC:** 安全间隙。相对于钻孔平面的距离。

**Z0:** 孔上表面的绝对坐标。

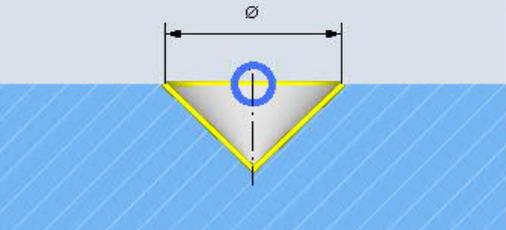
钻中心孔	
PL	G17 (XY)
RP	100.000
SC	1.000
	单独位置
Z0	0.000
	刀尖
Z1	25.000 inc
DT	0.600 s

这里的“单独位置”意味着当前的钻孔循环为非模态调用，即钻孔动作只在当前平面的当前位置上有效。生成的代码形式为：`CYCLE81(100,0,1,,25,0.6,0,1,11)`。

钻中心孔	
PL	G17 (XY)
RP	100.000
SC	1.000
	位置模式(MCALL)
Z0	0.000
	刀尖
Z1	25.000 inc
DT	0.600 s

如果将“单独位置”切换为“位置模式”，则在当前的位置上并不执行钻孔的动作，而是当刀具定位到后面——包含运动坐标的位置上，才会执行钻孔的动作。同时，生成的代码格式为：MCALL CYCLE81(100,0,1,,25,0.6,0,1,11)，在 CYCLE81 之前多出一个 MCALL 指令，这个“MCALL”代码表示钻孔循环进入模态调用的方式。因此，只有在进入模态之后的坐标位置才可以成为钻孔的位置。此时，如果没有在单独的程序行里写入不带任何参数的“MCALL”指令取消当前的模态，只要在后续的程序段中编写了坐标位置，那么机床运动到该位置后，仍然会继续执行当模式的钻孔动作。

对于钻孔的深度，在这个加工循环中可以用两种方式进行定义。一种是用钻头的直径间接地表示钻孔的深度，另一种则是直接给出钻孔的深度。

NC/MPF/TTT	钻中心孔	
	PL	G17 (XY)
	RP	100.000
	SC	1.000
		位置模式(MCALL)
	Z0	0.000
		直径
	∅	11.000
	DT	0.600 s

当选择“直径”方式来表示钻削深度时，实际上钻削的深度会由控制系统根据钻头的钻尖角度自动进行换算。编程人员只需在“直径”的下面一行给出所需的钻削直径即可。

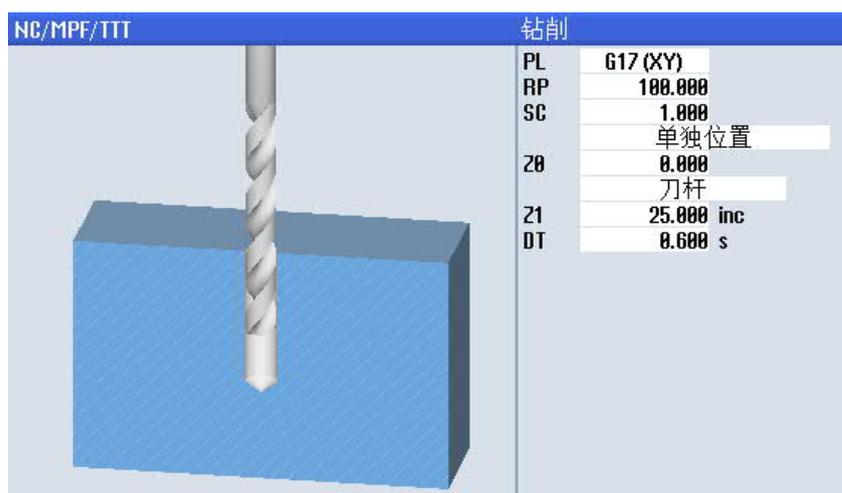
当然，也可以选择“刀尖”的方式表示钻削深度。直接在下一行 Z1 的后面写入钻削深度即可。需要注意的是钻削深度 Z1 可以使用增量坐标 (inc) 也可以使用绝对坐标 (abs)。

**DT:** 在钻孔最深处的暂停时间，单位是秒。在钻头到达孔底的深度时，做短暂的停留主要是为了让钻出的中心孔形状更准确并且尽量减少毛刺。

当结束一系列的模态钻孔动作之后，必须及时地在一个单独的程序段中，写入一个不带任何参数的“MCALL”指令，以结束当前的模态钻孔模式。如果没有及时使用“MCALL”指令结束模态钻孔循环，那么系统也许会在你不需要的位置仍然进行钻孔的动作。

这种方法不仅对当前讲述的钻孔循环适用，而且对后面讲述的所有加工循环的模态调用方式同样有效。

## 1.2 浅孔钻削 (CYCLE82)



与上述钻中心孔的加工刀具不同，浅孔钻削的主要切削刀具为钻尖角 118 度的麻花钻。加工参数与钻中心孔基本相同。

PL: 加工平面的选择

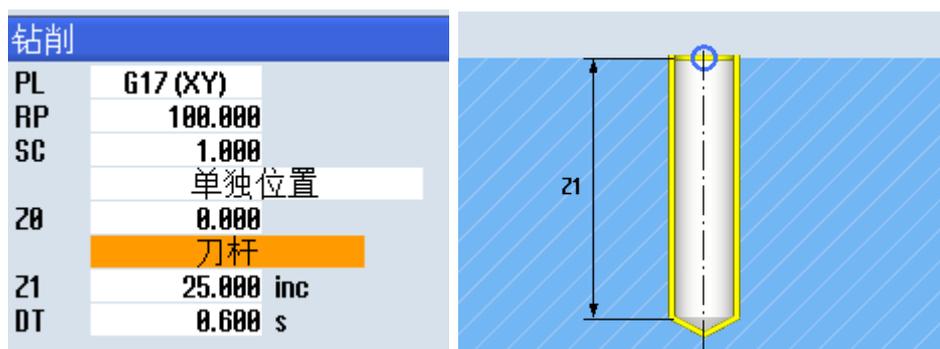
RP: 返回高度

SC: 安全间隙

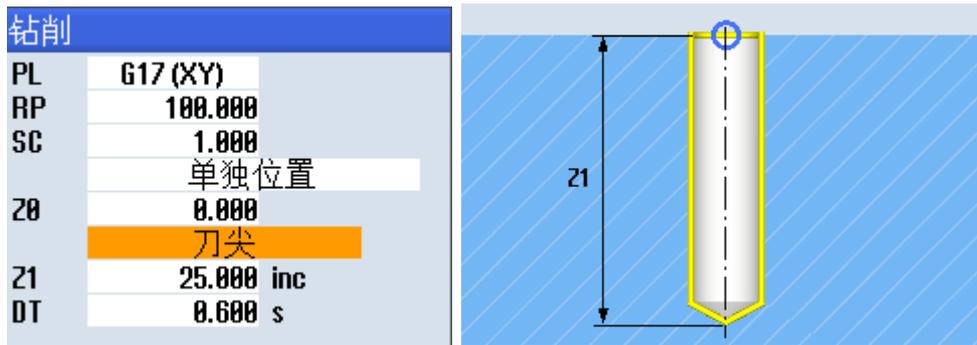
单独位置/位置模式: 非模态钻孔/模态钻孔

Z0: 孔上表面的绝对坐标

钻孔深度的表示方法有两种形式: 刀杆或刀尖



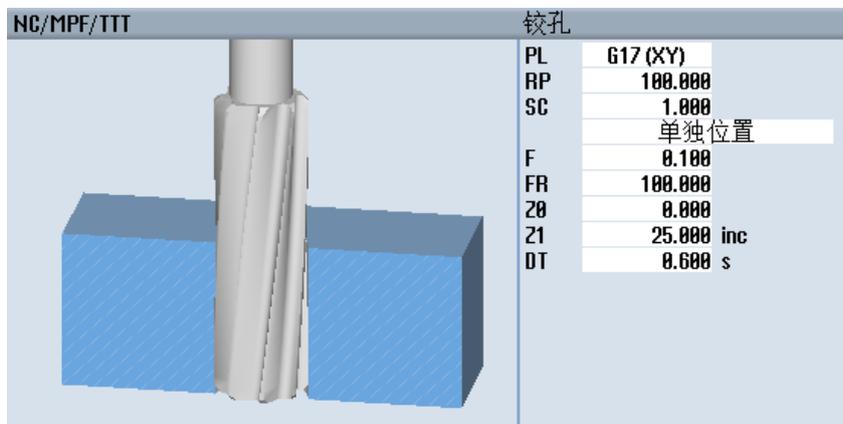
当选择“刀杆”的方式表示切削深度时，Z1 尺寸表示除去钻尖部份的钻杆切入的净深度。钻尖部份的长度在加工时由控制系统根据钻头钻尖角的实际角度自动计算出来，并补偿在钻削深度中。这对于指定透孔的钻削深度非常方便。



当然，这里也可以选择传统的钻孔深度定义方法——刀尖。Z1 的尺寸就包括了包含钻尖在内的钻头所有长度。

DT: 孔底暂停时间，单位：秒。这个参数对于通孔的钻削可以忽略，而对于使用铰钻加工沉头孔则一般都要设置为 1~2 秒，以便沉头孔的底面加工得更加平滑。

### 1.3 铰孔 (CYCLE85)



铰孔属于精密加工的方法，所使用的加工刀具为铰刀。铰刀不同于钻头，底部没有切削刃，只在侧面有可以切削的刃口。虽然，铰刀的刃口很浅，但是直径尺寸都很精确，所以只能对成形的孔进行尺寸精整和修光。

这里面最独特的加工参数是 F 和 FR。F 表示铰刀切入孔里时的进给速度，而 FR 表示铰刀回退时的进给速度。

其他的加工参数，PL、RP、SC、非模态/模态加工、Z0、Z1 以及 DT 都与前面加工循环中同名参数的含义完全相同。

这个加工循环虽然被命名为铰孔循环，但是也可以在粗镗孔加工时使用。粗镗孔由于一般不是最终加工手段，所以对孔壁表面的粗糙度要求不是非常高，因此可以进行往复镗削。其实，往复镗削在镗削量较大的粗加工中还有一个好处，那就是可以消除由于镗杆弹性变形引起的“让刀”，减小单向镗削中容易产生的孔两端直径不一样的“喇叭口”现象。

PL: 加工平面选择

RP: 返回高度

SC: 安全间隙

加工模态: 单独位置/位置模式

F: 铰入或镗入时的进给速度

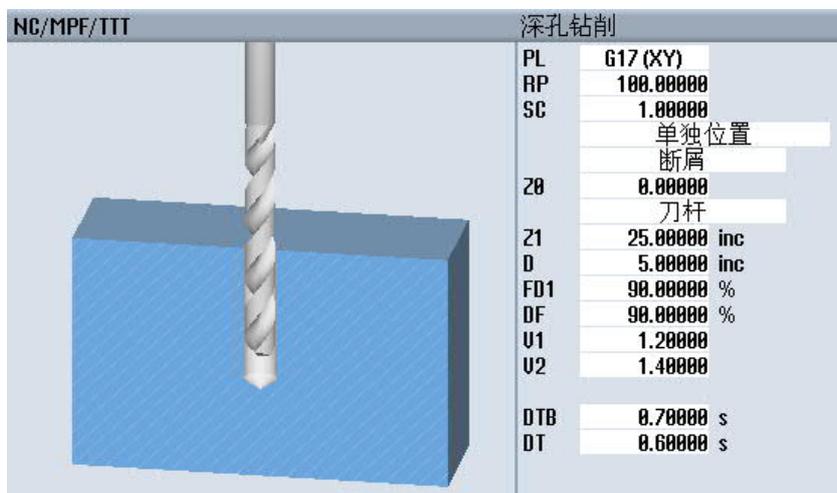
FR: 铰出或镗出时的进给速度

Z0: 孔的上面绝对坐标

Z1: 孔深的增量值 (inc) 或者孔深的绝对坐标 (abs)

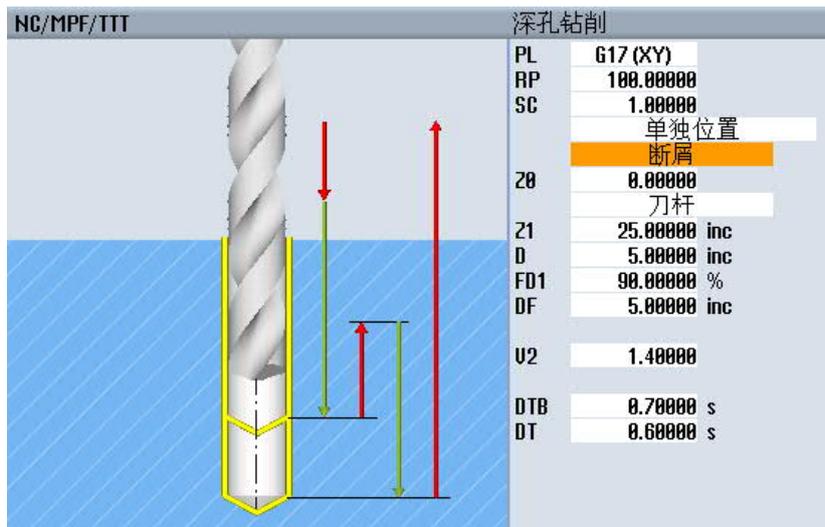
DT: 孔底处暂停时间, 单位: 秒

## 1.4 深孔钻削 (CYCLE83)



在传统的机械加工中, 深孔的定义一般是指孔的深度与孔的直径的比值大于等于 10 的孔, 深孔加工的工艺特点在于对切屑的特别处理。在普通的浅孔钻削中, 由于麻花钻在钻削过程中的切削过程始终是连续的, 因而加工所产生的切屑也是连续的。对于相对比较浅的孔或者直径比较大的孔而言, 由于排出的切屑体积较少或者麻花钻的容屑槽空间较大, 对于加工并没有任何影响。而对于长径比较大的深孔或者直径比较小的麻花钻而言, 如果切屑不能顺利排出, 轻则影响孔壁的加工质量, 重则可能会导致钻头折断。所以, 在深孔钻削循环中, 系统特别采用了孔内断屑或者孔外排屑的处理方法。

1) 孔内断屑方式及相关加工参数:



孔内断屑是一种加工效率比较高的处理切屑的方法。其特点是钻头每次钻削一定的深度，就沿着刀具轴线方向做一次短距离的退刀动作，并且做一次短暂的进给保持，然后再继续钻削一定的深度，再退刀并短时间进给保持……如此往复钻削，直至达到最终的钻孔深度。

每一次的钻削深度由加工参数 **DF** 指定，建议采用增量坐标值 (**inc**) 的方式进行定义。

每次钻削一定深度后的退刀距离由加工参数 **V2** 指定。为了提高加工效率，这个退刀距离通常都设置得比较小，只要保证切屑能够被断开即可。

每次钻削的暂停的时间由加工参数 **DTB**（每次钻削的停留时间）指定，单位：秒。

**Z0**：孔上表面的绝对坐标值。

刀杆/刀尖：选择钻削深度的定义方法。

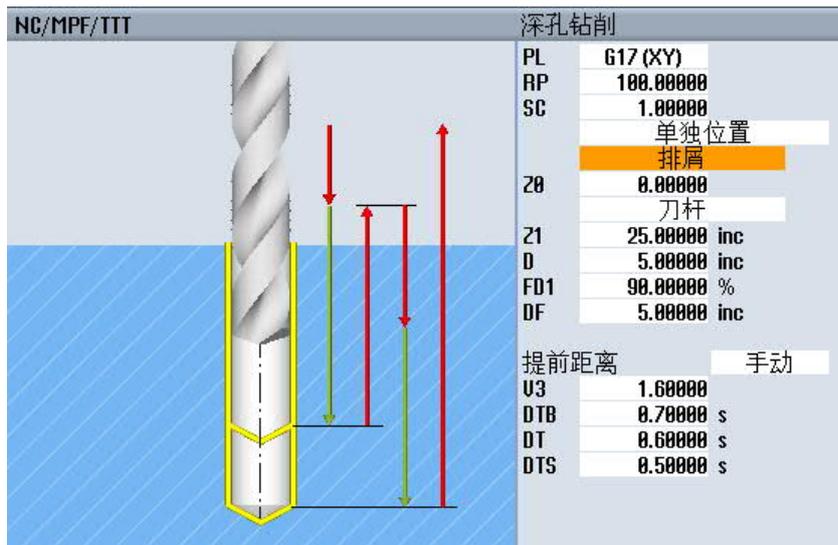
**Z1**：钻削深度。可以选择增量坐标值 (**inc**) 或者绝对坐标值 (**abs**)。

**D**：首次钻削深度。可以选择增量坐标值 (**inc**) 或者绝对坐标值 (**abs**)。第一次钻削时由于排屑条件较好，所以首次钻削的深度参照普通的浅孔钻削深度进行选择即可。

**FD1**：首次钻削进给速度的倍率。

**DT**：在最终钻孔深度的暂停时间，单位：秒。

2) 孔外排屑方式及相关加工参数：



孔外排屑的处理方式与前一种孔内断屑的处理方式相比，虽然钻削的效率有所降低，但是排屑的方法显然要更好些。其特点是钻头每次钻削一定的深度，就沿着刀具轴线方向将钻头完全退出孔外进行排屑，并且做一次短暂的进给保持，然后再快速返回到距离刚才钻削深度的提前距离位置继续进行下一段的钻削，再完全退刀、排屑……如此往复钻削，直至达到最终的钻孔深度。

**Z0:** 孔上表面的绝对坐标值。

刀杆/刀尖：选择钻削深度的定义方法。

**Z1:** 钻削深度。可以选择增量坐标值（inc）或者绝对坐标值（abs）。

**D:** 首次钻削深度。可以选择增量坐标值（inc）或者绝对坐标值（abs）。第一次钻削时由于排屑条件较好，所以首次钻削的深度参照普通的浅孔钻削深度进行选择即可。

**FD1:** 首次钻削进给速度的倍率。

**DF:** 每次钻削的深度。建议使用增量值（inc）。

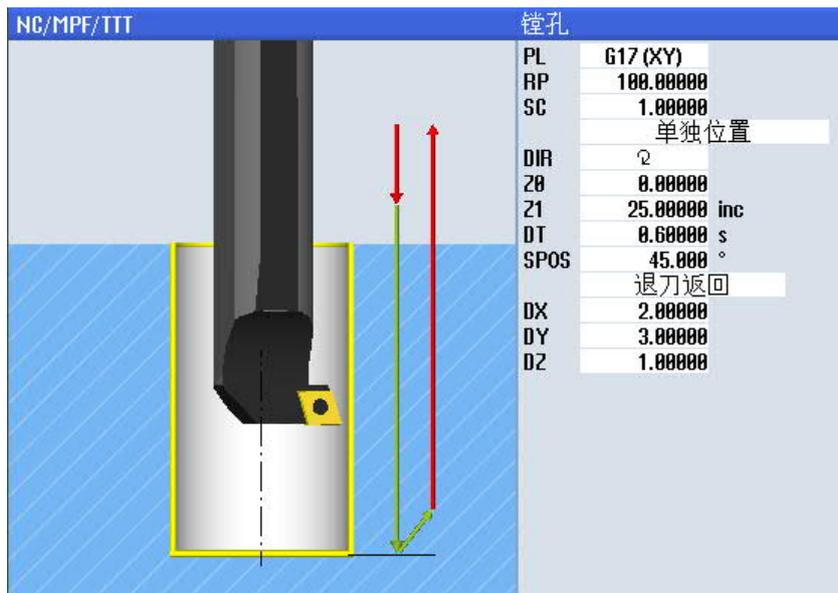
提前距离：当钻头完成退刀排屑动作之后，需要快速定位到距离上一次钻削深度一定距离的地方再次转入进给模式。这段距离的长度可以选择“手动”选项，在下面的加工参数V3中指定；也可以选择“自动”选项，由系统指定为默认的1毫米。

**DTB:** 每次钻削的暂停时间。

**DT:** 在最终钻孔深度的暂停时间，单位：秒。

**DTS:** 刀具退到孔外排屑时的进给暂停时间。

## 1.5 精镗孔 (CYCLE86)



精镗加工循环的使用对刀具和机床都有特殊的要求。首先刀具必须是单刀头的精镗刀，其次机床需要具备伺服主轴，也就是要保证机床的主轴能够在任意角度进行定向。

切削方向也与粗镗和铰孔不同，必须是从孔口到孔底进行单向切削。

PL: 加工平面选择

RP: 返回高度

SC: 安全间隙

加工模态: 单独位置/位置模式

DIR: 主轴的旋转方向。这个选项需要根据所用的精镗刀结构而定，如果是正手镗刀就应该选择主轴正转，如果是反手镗刀就要选择主轴反转。

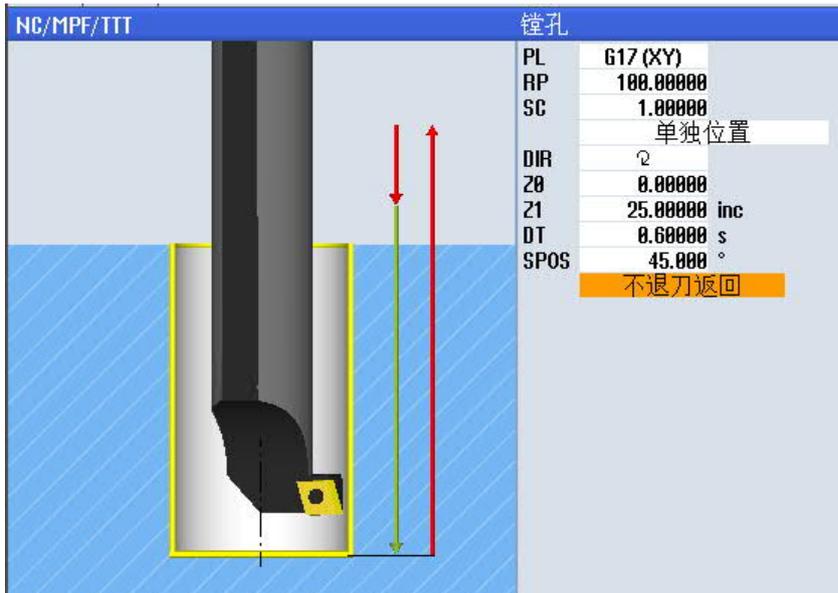
Z0: 孔上表面的绝对坐标

Z1: 孔深的增量值 (inc) 或者孔深的绝对坐标 (abs)

DT: 镗刀在孔底处的暂停时间，单位: 秒

SPOS: 主轴的定向角度。当镗刀进给至孔的底部时，需要主轴停止旋转并且将主轴定位到某一固定的角度，以便向镗刀刀尖相反的方向进行退刀。

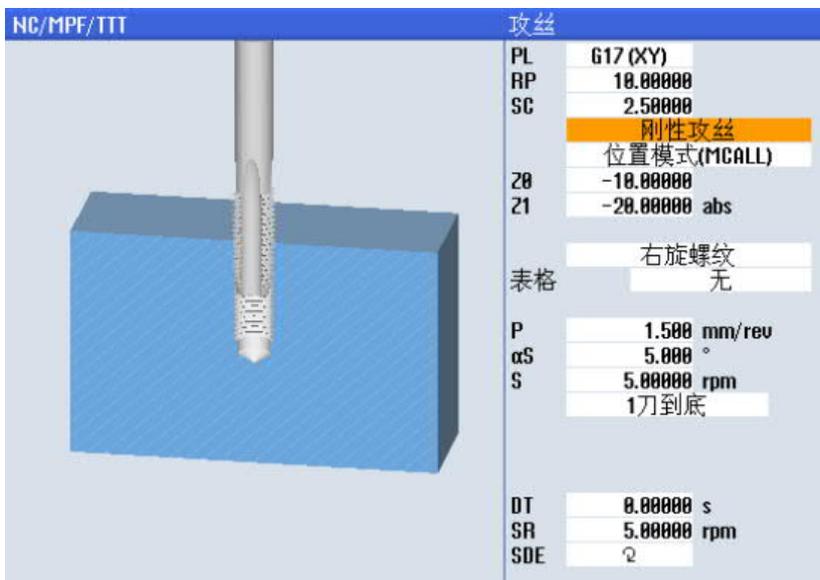
退刀方式: 可以选择“不退刀返回”，如下图所示。在此方式下，主轴定位到加工参数 SPOS 所指定的角度以后，直接快速抬刀到返回平面 RP 的高度，加工结束。采用这样的方式好处是可以避免反向退刀时机床轴产生的反向间隙，使镗孔时的定位更加精准，但是在抬刀的过程中，镗刀的刀尖会由于刀杆的微小弹性变形而在孔壁上擦出一道细微的痕迹。



如果在这里选择“退刀返回”的方式。系统可以让镗刀在抬刀之前先进行 X、Y、Z 三个方向上的插补定位。也就是说可以先让刀尖脱离工件表面，然后再快速回退到返回平面。DX、DY、DZ 分别是 X、Y、Z 三个方向上的退刀距离，注意这几个数值都是有方向的增量。退刀的方向一定要确保当主轴定向停止以后，刀尖能够远离加工表面。

## 1.6 攻丝 (CYCLE84 和 CYCLE840)

### 1) 刚性攻丝



刚性攻丝对机床的主轴要求较高，必须使用带编码器的伺服主轴，同时，加工刀具——丝锥与主轴之间必须是刚性连接，而且在攻丝过程中，主轴旋转的位置与丝锥沿轴向进给的位移之间，必须保持严格的同步，因此刚性攻丝可以在较高的主轴转速下进行攻丝。

PL: 加工平面选择

RP: 返回高度

**SC:** 安全间隙

攻丝模式: 刚性攻丝

加工模态: 单独位置/位置模式

**Z0:** 孔上表面的绝对坐标

**Z1:** 孔深的增量值 (**inc**) 或者孔深的绝对坐标 (**abs**)

**螺纹旋向:** 可以选择“右旋螺纹”或者“左旋螺纹”。加工右旋螺纹时需要选用右旋丝锥, 攻丝时主轴正向旋转, 退刀时主轴会自动反向旋转; 加工左旋螺纹时需要选用左旋丝锥, 攻丝时主轴反向旋转, 退刀时主轴会自动正向旋转。

**表格:** 如果加工的是公制粗牙螺纹, 可以选择“公制螺纹”, 并且继续在下一行的“选择”选项中选择螺纹的公称尺寸, 系统会在下一行自动显示出相应的螺距值 **P**。如果被加工螺纹是其他标准的螺纹, 那么就要在这里选择“无”, 然后在下一行选项“**P**”的后面手工填入待加工螺纹的螺距值。

**aS:** 丝锥切入工件时主轴方向的角度值。如果对于螺纹的旋转位置没有特殊要求, 这里一律填 **0** 即可。

**S:** 丝锥攻入时的主轴的旋转速度。

**攻丝过程:** 1 刀到底 / 断屑 / 排屑。通常情况下选择 1 刀到底即可。如果螺纹孔的直径较小或深度较大, 为了避免丝锥折断可以参照前面深孔钻削的情况, 适当考虑选择断屑或排屑的方式进行深孔攻丝。

**D:** 在排屑和断屑方式下, 每一次攻丝的深度。

**回退:** 在断屑方式下可以选择手动或自动。如果选择自动, 回退距离默认为 1 毫米。如果选择手动, 则要在下一行加工参数 **V2** 中填写退刀距离。

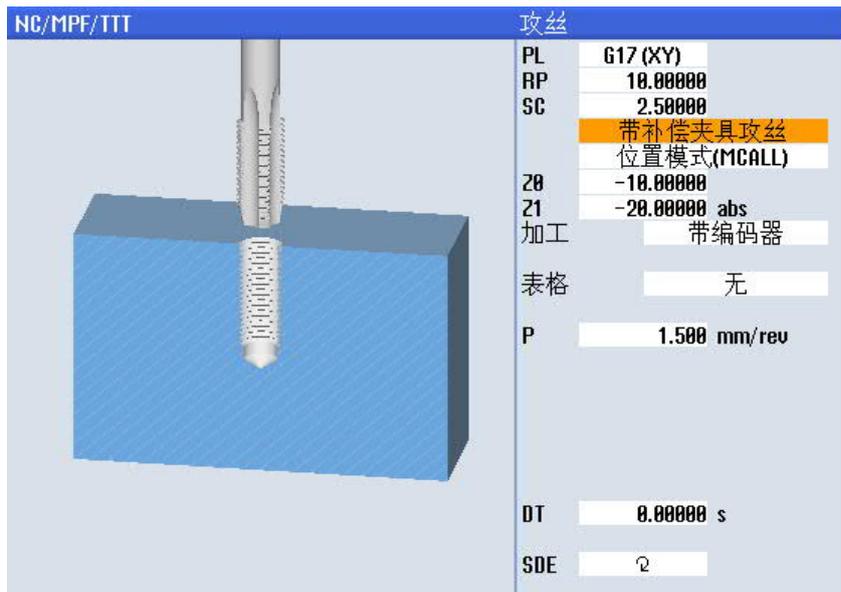
**V2:** 丝锥的回退距离。

**DT:** 丝锥到达孔底时的暂停时间

**SR:** 丝锥回退时的主轴旋转速度

**SDE:** 丝锥退回到返回平面高度以后, 主轴的旋转状态: 正转、反转或者停转, 任选其一。

2) 带补偿夹具攻丝



带补偿夹具攻丝又称为浮动攻丝，因为丝锥是通过攻丝夹头刀柄与机床的主轴进行连接的，而攻丝夹头内夹持丝锥的浮动夹头具有一定的弹性，可以弥补主轴转速与丝锥进给轴之间位置同步的匹配误差，所以这种攻丝方式可以适用于采用变频器主轴的机床。

当选择带补偿夹具攻丝方式的时候，以下参数需要根据机床的硬件条件进行相应的设置：

加工：可以选择“带编码器”或“不带编码器”。当选择带编码器时，螺纹的螺距参数与刚性攻丝设置相同。当选择不带编码器时，螺距的设定可以有两种方式：第一种——“用户输入”，螺距参数设置方式与刚性攻丝相同；第二种——有效进给率，螺距由加工循环之前的程序段中的主轴转速与进给速度决定。

## 2.作者信息

教程作者：李晓晖