

前言

本系列说明书全面地介绍了 HNC-818 数控系统的特性、系统组成、各部分的系统命令及其使用、操作步骤、用户编程方法及示例等，是用户快速学习和使用本系统的基本说明书。本说明书的更新和升级事宜，由武汉华中数控股份有限公司授权并组织实施。未经本公司授权或书面许可，任何单位或个人无权对本说明书内容进行修改或更正，本公司概不负责由此而造成的客户损失。

HNC-818 数控系统用户说明书中，我们将尽力叙述各种与该系统操作相关的事件。由于篇幅限制及产品开发定位等原因，不能也不可能对系统中所有不必做或不能做的事件进行详细的叙述。因此，本说明书中没有特别描述的事件均可视为“不可能”或“不允许”的事件。

此说明书的版权归武汉华中数控股份有限公司，任何单位与个人进行出版或复印均属于非法行为，我公司将追究其法律责任。

目录

前言	i
目录	ii
I 概述	1
1 概述	2
2 规格表	3
II NC 功能	4
1 概述	5
1.1 数控机床的程序编制	6
1.2 机床坐标系	7
1.3 机床零点	9
1.4 机床参考点	10
1.5 工件坐标系与工件原点	11
1.6 编程零点	12
1.7 绝对坐标系与相对坐标系	13
2 准备功能 (G 代码)	14
2.1 G 代码一览表 (T)	15
2.2 G 代码一览表 (M)	17
3 程序构成	20
3.1 指令字的格式	21
3.2 程序段的格式	22
3.3 程序的一般结构	23
3.4 程序的文件名	24
3.5 程序文件属性	25
3.6 子程序	26
4 辅助功能	27
4.1 M 指令	28
4.2 S 指令	33
4.3 T 指令	34
5 插补功能	36
5.1 线性进给 (G01)	37
5.2 圆弧进给 (G02, G03)	40
5.3 圆柱螺旋线插补 (G02, G03)	45
5.4 虚轴指定及正弦线插补 (G07)	47
5.5 NURBS 样条插补 (NURBS)	48
5.6 螺纹切削 (G32)	50
5.7 HSPLINE 样条插补 (HSPLINE)	53
5.8 跳转功能 (G31)	55
6 进给功能	57
6.1 快速进给 (G00)	58

6.2	单方向定位 (G60)	59
6.3	进给速度单位的设定 (G93, G94, G95)	61
6.4	准停检验 (G09)	63
6.5	切削模式 (G61, G64)	64
6.6	进给暂停 (G04)	66
6.8	高速高精加工模式选择 (M) (G05.1)	67
7	参考点	68
7.1	返回参考点 (G28, G29, G30)	69
8	坐标系	72
8.1	机床坐标系编程 (G53)	74
8.2	工件坐标系	75
8.3	局部坐标系设定 (G52)	79
8.4	坐标平面选择 (G17, G18, G19)	81
9	坐标值与尺寸单位	82
9.1	绝对指令和增量指令 (G90, G91)	83
9.2	尺寸单位选择 (G20, G21)	85
9.3	极坐标编程 (M) (G16, G15)	86
9.4	直径与半径编程 (T) (G36, G37)	89
10	刀具补偿功能	90
10.1	刀具偏置 (T)	91
10.2	刀尖半径补偿 (T) (G40, G41, G42)	94
10.3	刀具半径补偿 (M) (G40, G41, G42) 概要说明	102
10.4	刀具半径补偿 (M) (G40, G41, G42) 详细说明	105
10.5	刀具长度补偿 (M) (G43, G44, G49)	114
11	简化编程功能	118
11.1	镜像功能 (M) (G24, G25)	119
11.2	缩放功能 (M) (G50, G51)	123
11.3	旋转变换 (M) (G68, G69)	126
11.4	直接图纸尺寸编程 (T)	128
12	固定循环	131
12.1	铣床钻孔固定循环 (M)	132
12.2	车床简单循环 (T)	215
12.3	车床钻孔固定循环 (T)	228
12.4	车床复合循环 (T)	234
12.5	固定循环中的特殊情况	257
13	用户宏程序	258
13.1	变量	259
13.2	运算指令	266
13.3	宏语句	268
13.4	宏程序调用	272
14	主轴功能	281
14.1	恒线速度切削控制 (T) (G96, G97)	282
14.2	C/S 轴切换功能 (CTOS, STOC)	284
14.3	主轴同步 (G116, G117)	285

15	可编程数据输入	286
15.1	可编程数据输入 (G10, G11)	287
16	轴控制功能	291
16.1	旋转轴的循环功能	292
16.2	带距离编码的光栅尺回零	293
17	其他功能	295
17.1	停止预读 (G08)	296
17.2	回转轴角度分辨率重定义 (G115)	297
17.3	轴释放 (G101) 及轴获取 (G102)	298
17.4	指令通道加载程序 (G103) 及运行 (G103.1)	300
17.5	通道同步 (G104)	301
17.6	测量数据记录及导出 (G106)	302
17.7	报警 (G110)	303

I 概述

1 概述

本说明书叙述如下型号的数控系统：

类型名		缩略词
HNC-818	HNC-818A 车削数控单元（带手摇）	HNC-818A-TU-H
	HNC-818A 车削数控单元（无手摇）	HNC-818A-TU-X
	HNC-818B 车削数控单元	HNC-818B-TU
	HNC-818A 铣削数控单元	HNC-818A-MU
	HNC-818B 铣削数控单元	HNC-818B-MU

2 规格表

本书中使用下列符号，其含义如下：

M: 表示只有在铣削系列中有效的说明；

T: 表示只有在车削系列中有效的说明；

IP_i: 表示任意轴的组合，诸如 X_i Y_i Z_i …。紧跟地址之后的底划线处，将输入坐标值等数值。

INC 功能

1 概述

本章包含以下内容：

1.1 数控机床的程序编制

1.2 机床坐标系

1.3 机床零点

1.4 机床参考点

1.5 工件坐标系与工件原点

1.6 编程零点

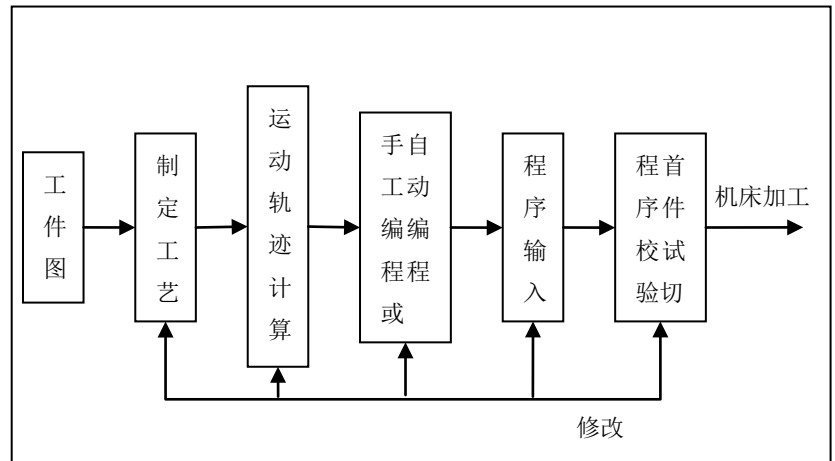
1.7 绝对坐标系与相对坐标系

1.1 数控机床的程序编制

CNC 机床是按事先编好的加工程序进行零件加工的。程序编制的好坏直接影响零件加工质量、生产率和刀具寿命等。一个好的编程员应该是一个好的工艺员、设备员和能熟练掌握、灵活运用 CNC 机床编程功能的操作员。

所谓程序编制，就是编程员根据加工零件的图样和加工工艺，将零件加工的工艺过程、工艺参数、加工路线以及加工中需要的辅助动作，如换刀、冷却、夹紧、主轴正反转等，按照加工顺序和所用 CNC 机床规定的指令代码及程序格式变成加工程序单。再将程序单中的全部内容输入到数控装置中，从而指挥 CNC 机床加工。这种根据零件图样和加工工艺转换成数控语言并输入到数控装置的过程称为数控加工的程序编制。

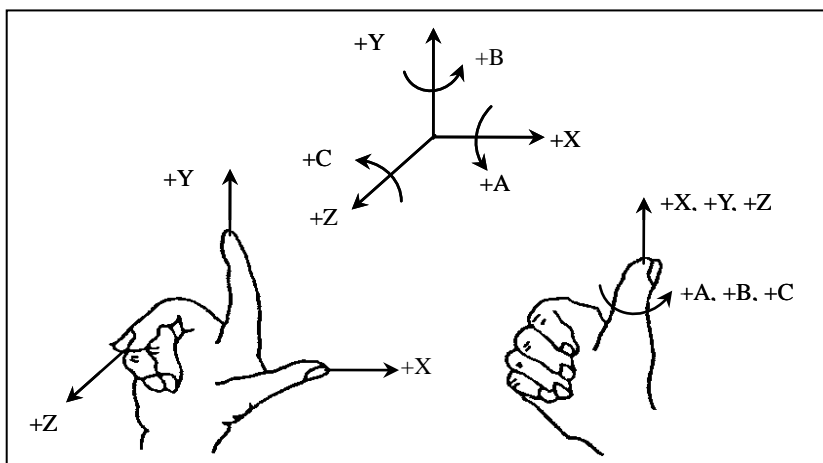
程序编制的一般方法和步骤，如下图所示：



1.2 机床坐标系

机床坐标系是为了确定工件在机床上的位置、机床运动部件的特殊位置以及运动范围等而建立的几何坐标系，是机床上固有的坐标系。在机床坐标系下，始终认为工件静止，而刀具是运动的。这就使编程人员在不考虑机床上工件与刀具具体运动的情况下，依据零件图样，确定机床的加工过程。

标准机床坐标系采用右手直角笛卡尔坐标系，其坐标命名为 X、Y、Z，常称为基本坐标系，如下图所示。其规定遵循右手定则，伸出右手的大拇指、食指和中指，并互相垂直，则大拇指的指向为 X 坐标的正方向，食指的指向为 Y 坐标的正方向，中指的指向为 Z 坐标的正方向。



围绕 X、Y、Z 坐标轴或与 X、Y、Z 坐标轴平行的坐标轴线旋转的圆周进给坐标分别用 A、B、C 表示，根据右手螺旋定则，大拇指的指向为 X、Y、Z 坐标中任意一轴的正向，则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A、B、C 的正向。

➤ Z 坐标的确定

规定平行于主轴轴线的坐标为 Z 坐标，对于没有主轴的机床，则规定垂直于工件装夹表面的方向作为 Z 坐标轴的方向。Z 轴的正方向是使刀具离开工件的方向。

➤ X 坐标的确定

在刀具旋转的机床上，如铣床、钻床、镗床等，若 Z 轴是水平的，则从刀具（主轴）向工件看时，X 轴的正方向指向右边；如果 Z 轴是垂直的，则主轴向立柱看时，X 轴的正方向指向右边。上述方向都是刀具相对工件运动而言的。

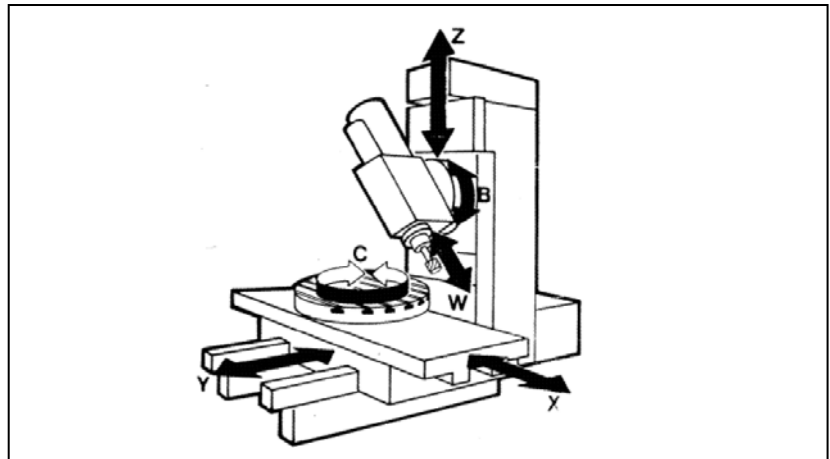
在工件旋转的机床上，如车床、磨床等，X 轴的运动方向是工件的径向并平行于横向拖板，刀具离开工件旋转中心的方向是 X

轴的正方向。

➤ Y 坐标的确定

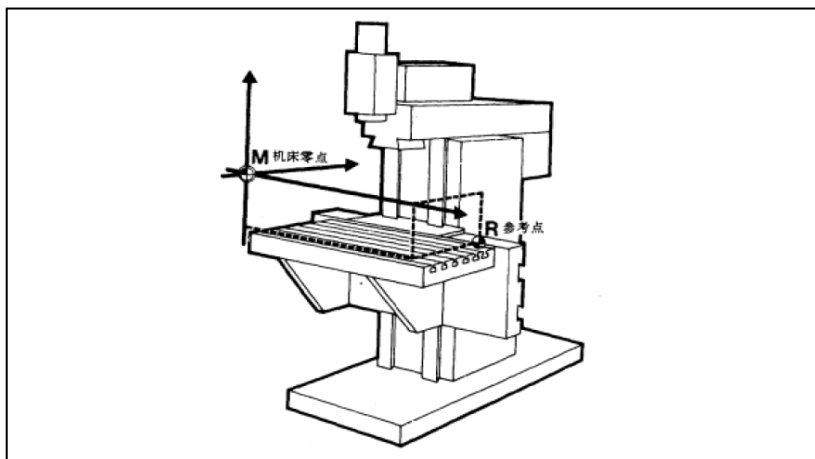
在确定了 X、Z 轴的正方向后，可按右手直角笛卡尔坐标系，用右手螺旋法则来确定 Y 坐标的正方向，即在 ZX 平面内，从+Z 转到+X 时，右螺旋应沿+Y 方向前进。

不同的机床类型可能会完全不同。例如六轴加工中心坐标系，如下图所示。



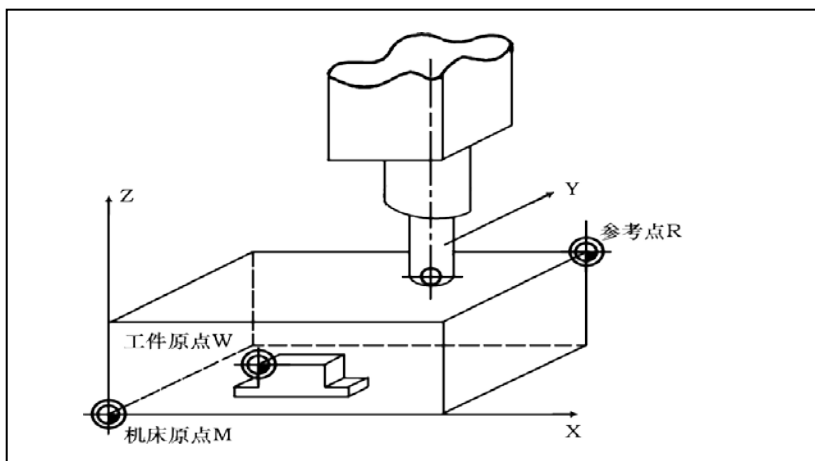
1.3 机床零点

机床坐标系的原点称为机床零点 ($X=0, Y=0, Z=0$)。机床零点是机床上的一个固定点，由制造厂确定。它是其它所有坐标系，如工件坐标系、编程坐标系，以及机床参考点的基准点 CNC 铣床的零点位置，各生产厂家不一致。有的设置在机床工作台中心，有的设置在进给行程范围的终点。



1.4 机床参考点

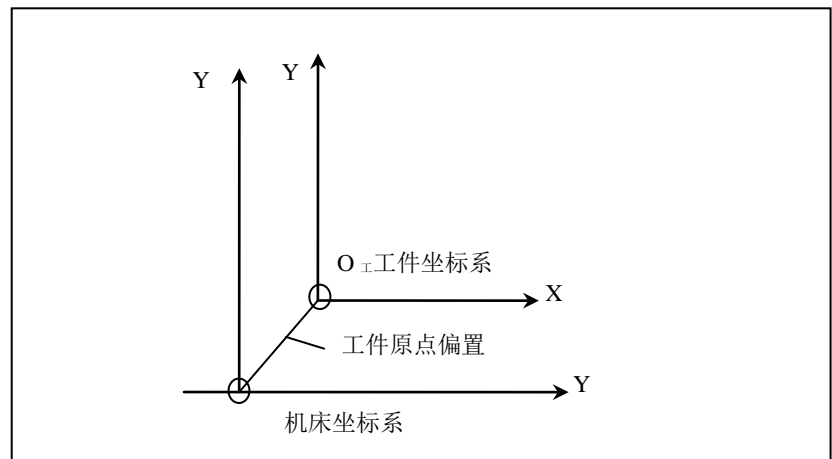
机床参考点是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的，坐标值已输入数控系统中，其固定位置由各轴向的机械挡块来确定。一般数控机床开机后，用控制面板上的“手动返回参考点”按钮使刀具或工作台退离到该点。通常在数控铣床和加工中心上，机床参考点与机床原点是重合的，如下图所示。



1.5 工件坐标系与工件原点

工件坐标系是用于确定工件几何要素（点、直线、圆弧）的位置而建立的坐标系。工件坐标系的原点即是工件零点。选择工件零点时，最好把工件零点放在工件图的尺寸能够方便地转换成坐标值的地方。铣床工件零点，一般设在工件外轮廓的某一个角上，进刀深度方向的零点，大多取在工件表面。

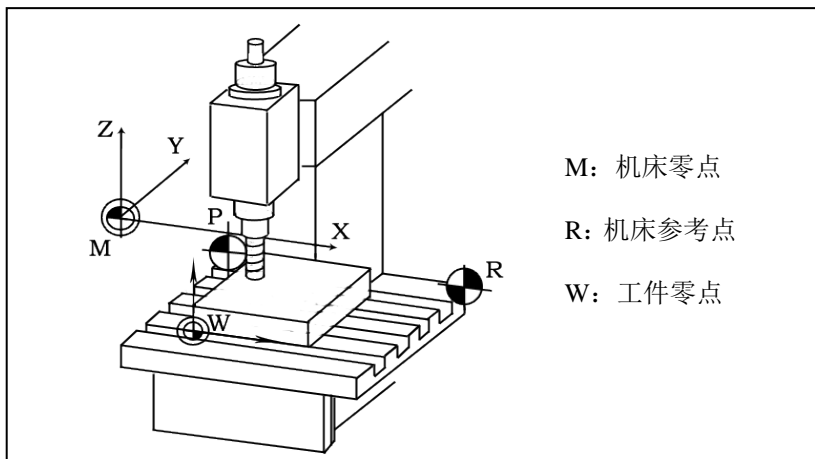
在加工时，工件随夹具在机床上安装后，测量工件原点与机床原点间的距离（通过测量某些基准面、线之间的距离来确定），这个距离称为工件原点偏置（是机床原点在工件坐标系中的绝对坐标值），如下图所示。在零件加工之前，将该偏置值预存到数控系统中，加工时，工件原点偏置值会自动附加到工件坐标系上，使数控机床实现准确的坐标移动。因此，编程人员可以不考虑工件在机床上的安装位置，直接按图纸尺寸编程。



1.6 编程零点

编程零点即是程序零点，一般对于简单零件，工件零点就是编程零点。而对形状复杂的零件，需要编制几个程序或子程序。为了编程方便和减少许多坐标值的计算，编程零点就不一定设在工件零点上，而设在便于程序编制的位置。

机床上的坐标系及相关点，如下图所示。

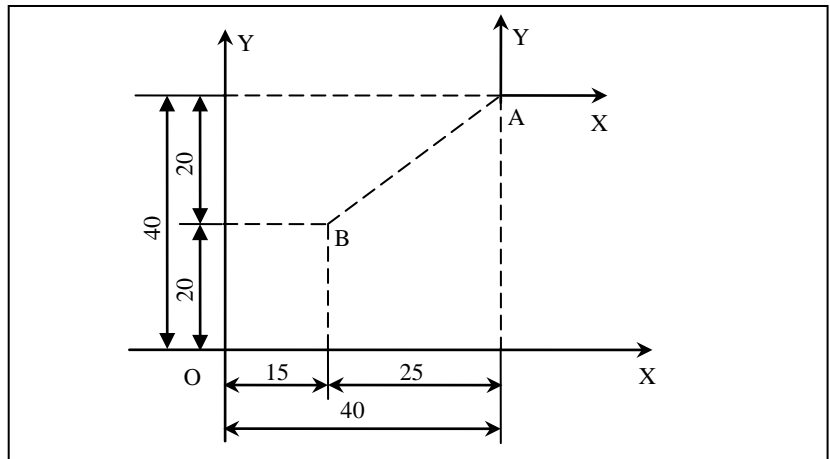


1.7 绝对坐标系与相对坐标系

数控系统中描述运动轨迹移动量的方式有两种：绝对坐标系与相对坐标系：

- 绝对坐标系是指所有坐标点均以某一固定原点计量的坐标系；
- 相对坐标系是指运动轨迹的终点坐标相对于起点来计量的坐标系。

如下图所示，A、B 为坐标中的两点，在绝对坐标系中，A、B 两点的坐标分别为 $(x_A, y_A) = (40, 40)$ ， $(x_B, y_B) = (15, 20)$ ；如果在以 A 点为原点建立的相对坐标系中，则 B 点的相对坐标为 $(x_B, y_B) = (-25, -20)$ 。



2 准备功能（G 代码）

模态

G 代码按其有效期可分为两种：

- 非模态 G 代码：只有指定该 G 代码时才有效，未指定时无效；
- 模态 G 代码：该类 G 代码执行一次后由 CNC 系统存储，在同组其它代码执行之前一直有效。

分组

G 代码按其功能类别分为若干个组，其中 00 组为非模态 G 代码，其它组均为模态 G 代码。同一程序段中可以指定多个不同组的 G 代码，若在同一程序段中指定了多个同组代码，只有最后指定的代码有效。

2.1 G 代码一览表 (T)

注意

系统上电后，表中标注“【】”符号的为同组中初始模态，标注“[]”符号的为该 G 代码的等效宏名。

G 代码	组号	功能
G00	01	快速定位
【G01】		线性插补
G02		顺时针圆弧插补/顺时针圆柱螺旋插补
G03		逆时针圆弧插补/逆时针圆柱螺旋插补
G04	00	暂停
G07	00	虚轴指定
G08		关闭前瞻功能
G09		准停校验
G10	07	可编程数据输入
【G11】		可编程数据输入取消
G17	02	XY 平面选择
G18		ZX 平面选择
【G19】		YZ 平面选择
G20	08	英制输入
【G21】		公制输入
G28	00	返回参考点
G29		从参考点返回
G30		返回第 2、3、4、5 参考点
G32	01	螺纹切削
【G36】	17	直径编程
G37		半径编程
【G40】	09	刀具半径补偿取消
G41		左刀补
G42		右刀补
G52	00	局部坐标系设定
G53		直接机床坐标系编程
G54.x	11	扩展工件坐标系选择
【G54】		工件坐标系 1 选择
G55		工件坐标系 2 选择
G56		工件坐标系 3 选择
G57		工件坐标系 4 选择
G58		工件坐标系 5 选择
G59		工件坐标系 6 选择
G60		00

【G61】	12	精确停止方式
G64		切削方式
G65	00	宏非模态调用
G71	06	内（外）径粗车复合循环
G72		端面粗车复合循环
G73		闭合车削复合循环
G76		螺纹切削复合循环
G80		内（外）径切削循环
G81		端面切削循环
G82		螺纹切削循环
G74		端面深孔钻加工循环
G75		外径切槽循环
G83		轴向钻循环
G87		径向钻循环
G84		轴向刚性攻丝循环
G88		径向刚性攻丝循环
【G90】		13
G91	增量编程方式	
G92	00	工件坐标系设定
G93	14	反比时间进给
【G94】		每分钟进给
G95		每转进给
【G97】	19	圆周恒线速度控制关
G96		圆周恒线速度控制开
G101	00	轴释放
G102		轴获取
G103		指令通道加载程序
G103.1		指令通道加载程序运行
G104		通道同步
G106		测量数据记录及导出
G108 『STOC』		主轴切换为 C 轴
G109 『CTOS』		C 轴切换为主轴
G106		测量数据记录及导出
G110		报警
G115		回转轴角度分辨率重定义

2.2 G 代码一览表 (M)

注意

系统上电后，表中标注“【】”符号的为同组中初始模态，标注“[]”符号的为该 G 代码的等效宏名。

G 代码	组号	功能
G00	01	快速定位
【G01】		线性插补
G02		顺时针圆弧插补/顺时针圆柱螺旋插补
G03		逆时针圆弧插补/逆时针圆柱螺旋插补
G04	00	暂停
G05.1	27	高速高精模式
G07	00	虚轴指定
G07.1		圆柱面插补
G08		关闭前瞻功能
G09		准停校验
G10	07	可编程数据输入
【G11】		可编程数据输入取消
G12	18	极坐标插补方式开启
【G13】		极坐标插补方式取消
【G15】	16	极坐标编程取消
G16		极坐标编程开启
【G17】	02	XY 平面选择
G18		ZX 平面选择
G19		YZ 平面选择
G20	08	英制输入
【G21】		公制输入
G24	03	镜像功能开启
【G25】		镜像功能关闭
G28	00	返回参考点
G29		从参考点返回
G30		返回第 2、3、4、5 参考点
【G40】	09	刀具半径补偿取消
G41		左刀补
G42		右刀补
G43	10	刀具长度正向补偿
G44		刀具长度负向补偿
【G49】		刀具长度补偿取消
【G50】	04	缩放功能关闭
G51		缩放功能开启
G52	00	局部坐标系设定
G53		直接机床坐标系编程

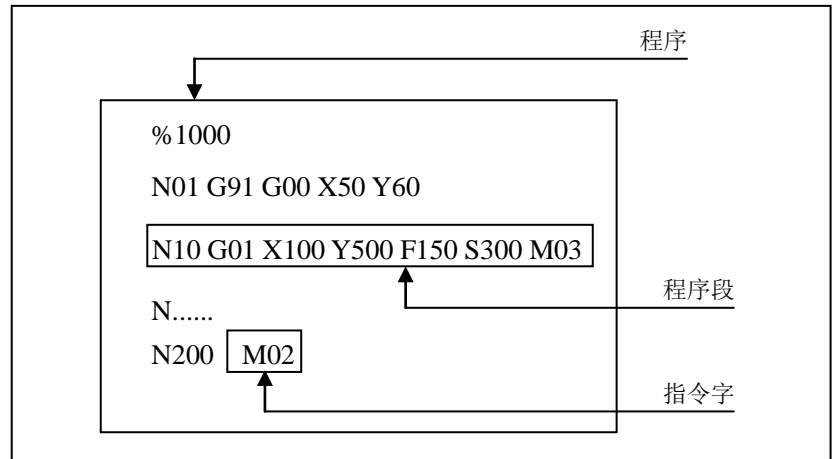
G54.x		扩展工件坐标系选择
【G54】		工件坐标系 1 选择
G55		工件坐标系 2 选择
G56	11	工件坐标系 3 选择
G57		工件坐标系 4 选择
G58		工件坐标系 5 选择
G59		工件坐标系 6 选择
G60	00	单方向定位
【G61】	12	精确停止方式
G64		切削方式
G65	00	宏非模态调用
G68	05	旋转变换开始
【G69】		旋转变换取消
G73		深孔钻削循环
G74		反攻丝循环
G76		精镗循环
【G80】		固定循环取消
G81		中心钻循环
G82		带停顿钻孔循环
G83		深孔钻循环
G84		攻丝循环
G85		镗孔循环
G86		镗孔循环
G87	06	反镗循环
G88		镗孔循环（手镗）
G89		镗孔循环
G181		圆弧槽循环（类型 1）
G182		圆弧槽循环（类型 2）
G183		圆周槽铣削循环
G184		矩形凹槽循环
G185		圆形凹槽循环
G186		端面铣削循环
G188		矩形凸台循环
G189		圆形凸台循环
【G90】	13	绝对编程方式
G91		增量编程方式
G92	00	工件坐标系设定
G93		反比时间进给
【G94】	14	每分钟进给
G95		每转进给
【G98】	15	固定循环返回起始点
G99		固定循环返回参考点

G101	00	轴释放
G102		轴获取
G103		指令通道加载程序
G103.1		指令通道加载程序运行
G104		通道同步
G106		测量数据记录及导出
G108 『STOC』		主轴切换为 C 轴
G109 『CTOS』		C 轴切换为主轴
G115		回转轴角度分辨率重定义
NURBS		NURBS 样条插补
HSPLINE		HSPLINE 样条插补

3 程序构成

一个零件程序是一组被传送到数控装置中去的指令和数据。

一个零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的，而每个程序段是由若干个指令字组成的。如下图所示。



3.1 指令字的格式

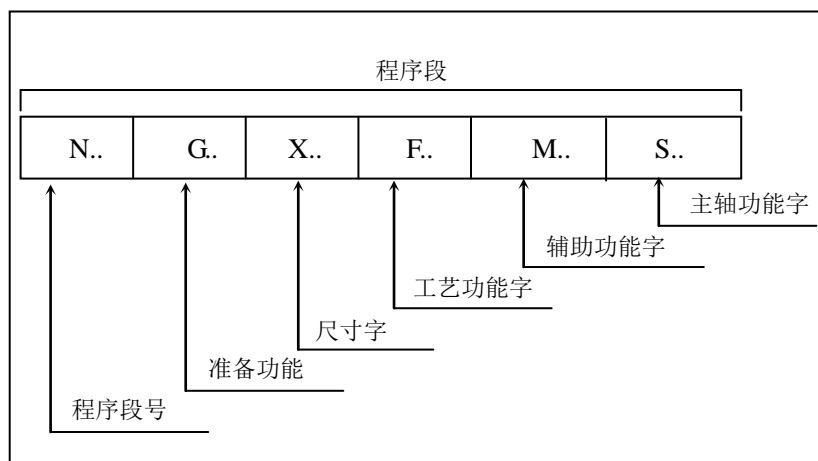
一个指令字是由地址符（指令字符）和带符号（如定义尺寸的字）或不带符号（如准备功能字 G 代码）的数字数据组成的，如：G01 X100 Z-90。

程序段中不同的指令字符在不同的环境下有不同的含义，详细可以参看各功能指令章节描述。

3.2 程序段的格式

一个程序段定义一个将由数控装置执行的指令行。

程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法，如下图所示。



3.3 程序的一般结构

一个零件程序必须包括起始符和结束符。

一个零件程序是按程序段的输入顺序执行的，而不是按程序段号的顺序执行的，但书写程序时，建议按升序书写程序段号。

起始符

%（或 O）后跟数字，如：%3256。程序起始符应单独一行，并从程序的第一行、第一格开始。

程序结束

M02: 程序结束；

M30: 程序结束并返回程序头

注释符

括号（）内或分号；后的内容为注释文字。注意区分；和；。

单行指令

在编写加工 G 代码程序时，有些指令必须是单独一行编写。如：M30、M02、M99、M6T、CTOS、STOC、G16、G15、G05.1、G04 等指令。

3.4 程序的文件名

CNC 装置可以装入许多程序文件，以磁盘文件的方式读写。

文件名

Oxxxxx; xxxxx 代表文件名

本系统通过调用文件名来调用程序，进行加工或编辑。

命名规则

可以使用如下字符组成文件名：

- 26 个字母，大小写均可；
- 数字；

在系统上新建的程序名最多为 7 个字符；

系统可以读取程序名大于 7 个字符的文件（外部创建的程序）；

另外 CNC 保留如下文件名，这些不能被指定为用户程序名：
USERDEF.CYC、MILLING.CYC、TURNING.CYC。

3.5 程序文件属性

对于程序文件，可以设置其访问属性。

禁止编辑

通过界面操作可将当前加载程序设置为只读属性，此时文件将不能被改写，直到通过界面操作将它设置为可写属性为止。

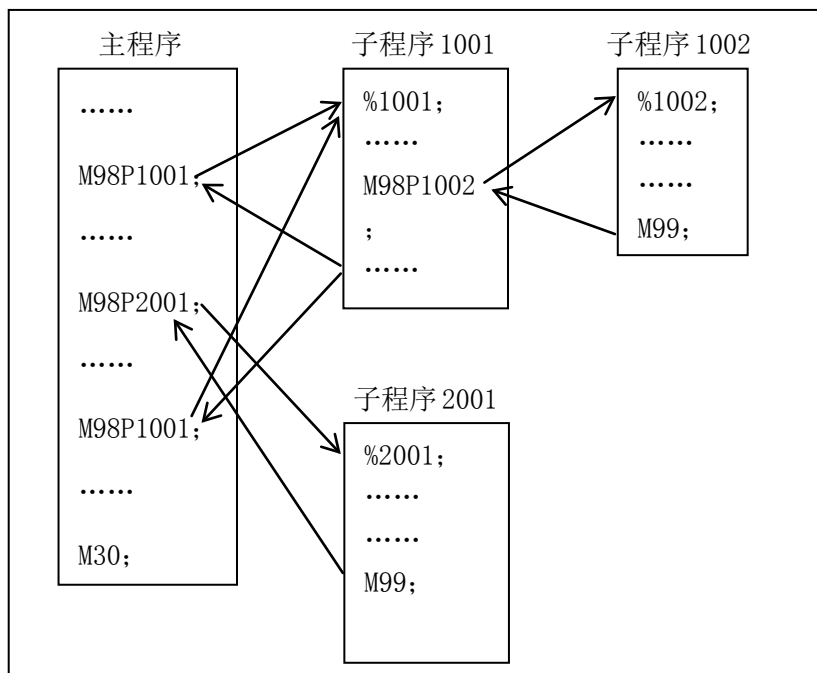
另外，也可以通过工程面板的钥匙开关也可以控制程序的访问属性，只不过此钥匙开关是对程序管理器中的所有程序起作用，即是当开关关闭时，所有程序将变为只读状态，直到开关打开为止。

关于程序文件属性控制的详细描述请参见本说明书的第三章的 5.2.5 节。

3.6 子程序

当一个程序中有固定加工操作重复出现时，可通过将这部分操作作为子程序事先输入到程序中，以简化编程。

执行过程



子程序调用

通过 M98 和 G65 调用子程序。M98 调用子程序方法请见第四章辅助功能中 M98 指令说明，G65 调用子程序具体调用方法见用户宏程序章节。

4 辅助功能

本章包含以下内容：

4.1 M 指令

4.2 S 指令

4.3 T 指令

4.1 M 指令

辅助功能代码由地址字 M 及其后的数字组成，主要用于控制零件程序的走向、机床各种辅助开关动作以及指定主轴启动、主轴停止、程序结束等辅助功能。

通常，一个程序段只有一个 M 代码有效。本系统中，一个程序段中最多可以指定 4 个 M 代码(同组的 M 代码不要在一行中同时指定)。

M00, M01, M02, M30, M99 等 M 代码要求单行指定，即含上述 M 代码的程序行，不仅只能有一个 M 代码，且不能有 G 指令，T 指令等其它执行指令。

M 代码和功能之间的对应关系，依赖于机床制造商的具体设定。

模态

M 功能有非模态 M 功能和模态 M 功能两种形式：

- 非模态 M 功能（只当前段有效）；
- 模态 M 功能（续效代码）；

模态分组

模态 M 指令是根据功能不同进行分组的，指定的 M 模态指令一旦被执行，就一直有效，直到被同一组的 M 模态指令注销位置。

模态 M 功能组中包含一个缺省功能，系统上电时将被初始化为该功能。

前后属性

M 功能还可分为前作用 M 功能和后作用 M 功能二类：

- 前作用 M 功能
在程序段编制的轴运动之前执行；
- 后作用 M 功能
在程序段编制的轴运动之后执行。

4.1.1 CNC 内定的辅助功能

M00

程序暂停

当 CNC 执行到 M00 指令时，将暂停执行当前程序，以方便操作者进行刀具和工件的尺寸测量、工件调头、手动变速等操作。

暂停时，机床进给停止，而全部现存的模态信息保持不变，欲继续执行后续程序，重按操作面板上的“循环启动”键。

M00 为非模态后作用 M 功能。

M01

选择停

如果用户按亮操作面板上的“选择停”键。当 CNC 执行到 M01 指令时，将暂停执行当前程序，以方便操作者进行刀具和工件的尺寸测量、工件掉头、手动变速等操作。暂停时，机床的进给停止，而全部现存的模态信息保持不变，欲继续执行后续程序，重按操作面板上的“循环启动”键。

如果用户没有激活操作面板上的“选择停”键。当 CNC 执行到 M01 指令时，程序就不会暂停而继续往下执行。

M01 为非模态后作用 M 功能。

M02

程序结束

M02 编在主程序的最后一个程序段中。

当 CNC 执行到 M02 指令时，机床的主轴、进给、冷却液全部停止，加工结束。

使用 M02 的程序结束后，若要重新执行该程序，就得重新调用该程序，或在自动加工子菜单下，按“重运行”键（请参考本说明书的操作部分），然后再按操作面板上的“循环启动”键。

M02 为非模态后作用 M 功能。

M30

程序结束并返回（注意：此指令必须以单独一行形式才能有效）

M30 和 M02 功能基本相同，只是 M30 指令还兼有控制返回到零件程序头（%）的作用。

使用 M30 的程序结束后，若要重新执行该程序，只需再次按操作面板上的“循环启动”键。

M98/M99

子程序调用功能

如果程序含有固定的顺序或频繁重复的模式，这样的—个顺序或模式可以在存储器中存储为—个子程序以简化该程序。

子程序被调用次数（L）最大为 10000 次。

可以从主程序调用—个子程序。

另外，—个被调用的子程序也可以再调用另—个子程序。

子程序的结构

 %xxxx; 子程序号

 ; 子程序内容

 M99; 子程序返回

子程序调用（M98）

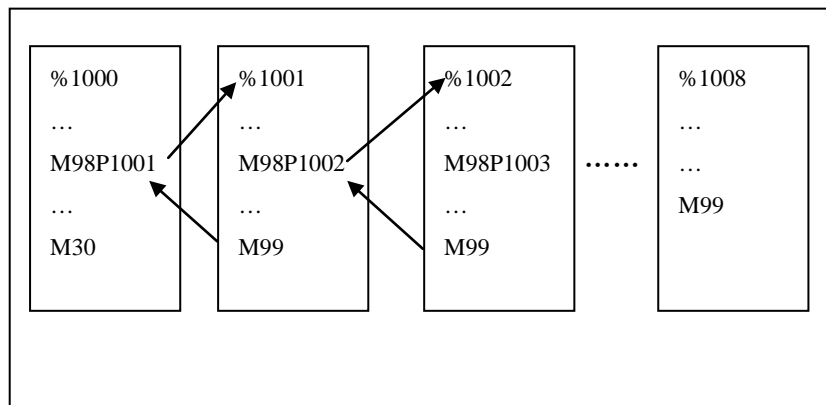
M98 P□□□□ L△△△

 □□□□: 被调用的子程序号（为阿拉伯数字）

 △△△: 子程序重复调用的次数

子程序嵌套调用

当主程序调用子程序时，被当做—级子程序调用。子程序调用最多可嵌套 6 级，如下所示：



在主程序中使用 M99

如果在主程序中执行 M99，则控制返回到主程序的开始处，从头开始执行主程序。

使用 M 指令调用子程序

使用 M 指令调用子程序导致程序乱走，确保程序正常运行需要在 M99 前加上 G80。（在 12.5 固定循环中的特殊情况中增加该内容）

4.1.2 PLC 设定的辅助功能

M3/4/5

主轴控制

M03 启动主轴以程序中编制的主轴速度顺时针方向（从 Z 轴正向朝 Z 轴负向看）旋转。

M04 启动主轴以程序中编制的主轴速度逆时针方向旋转。

M05 使主轴停止旋转。

M03、M04 为**模态前作用 M 功能**；M05 为**模态后作用 M 功能**，M05 为缺省功能。

M03、M04、M05 可相互注销。

M06 换刀

M06 用于在加工中心上调用一个欲安装在主轴上的刀具。当执行该指令刀具将被自动地安装在主轴上。如：M06 T01；则 01 号刀将被安装到主轴上。

M06 为**非模态后作用 M 功能**。

对于斗笠式刀库机床，其换刀过程如下（如将主轴上的 15 号刀换程 01 号刀，即执行 M06 T01 指令）：

- (1) 主轴快移到固定的换刀位置（该位置已由调试人员设置完成）；
- (2) 主轴旋转定向；
- (3) 刀库旋转到该刀位置（即刀库表中的，0 组刀号位置 15）；
- (4) 气缸推动刀库，卡住主轴上刀具；
- (5) 主轴上气缸松开刀具，吹气清理主轴；
- (6) 主轴上移，并完全离开刀具；
- (7) 刀库旋转到将更换刀具的位置（即 01 号位置，此时刀库表中的，0 组刀号位置变为 01）；
- (8) 主轴向下移动，接住刀具；
- (9) 主轴上气缸夹紧刀具；
- (10) 刀库退回原位；
- (11) 主轴解除定向。

注意

M06 需要在单独一行使用（避免与其它指令同行）。

举例（不加入说明书）：

G01X10Y10M06T2;（只执行 M6T2 指令，没有执行 G1 指令）

M06T1G01X10Y10;（执行选刀以及 G1 指令，没有执行换刀指令）

M7/8/9**冷却液控制**

M07、M08 指令将打开冷却液管道。

M09 指令将关闭冷却液管道。

M07、M08 为**模态前作用 M 功能**；M09 为**模态后作用 M 功能**，M09 为缺省功能。

M64**计件**

M64 指令将使系统加工统计中的工件完成数目累加。

M19/M20**主轴定向**

M19 指令主轴定向

M20 指令取消主轴定向

M03/M04

通过 M03/M04 指令可直接将主轴由位置模式切换到速度模式，不需要使用 G109 切换。

4.2 S 指令

直接指定主轴转速的方法

主轴功能 S 控制主轴转速，其后的数值表示主轴速度，单位为转/分钟(r/min)。

S 是模态指令，S 功能只有在主轴速度可调节时有效。

用代码指定主轴转速的方法

在有些机械变档的车床中，通过在 S 后指定一个数值，则给机床输入一个代码信号，由此来控制机床端的主轴转速。

这种方式需要在梯形图中进行处理。

4.3 T 指令

T 代码用于选刀，其后的数值表示选择的刀具号，T 代码与刀具的关系是由机床制造厂规定的。

铣削系统（M 系列）

在加工中心上执行 T 指令，即给机床输入一个代码信号或选通脉冲信号，由此来控制刀库转动至所选择的刀具，然后等待，直到 M06 指令作用时自动完成换刀。对于斗笠式刀库，要求 M06 指令和 T 指令写在同一程序段中。换刀时要注意刀库表中，0 组刀号（如是：15）为主轴上所夹持刀具在刀库中的位置号，该刀具在换其它刀具时，要将该刀具还给刀库中该位置（即 15 号位），此时刀库中该位置不得有刀具，否则将发生碰撞。刀库表中的刀具为系统自行管理，一般不得修改，开机时刀库中正对主轴的刀位（如是：15），应与刀库表中 0 组刀号相同（应为：15），且刀库上该位不得有刀具。

因此刀库上刀时，建议先将刀具安装在主轴上，然后在 MDI 模式下，运行 M 和 T 指令（如：M06 T01），通过主轴将刀具安装到刀库中。

车削系统（T 系列）

T 代码用于选刀和换刀，其后的 4/6/8 位数字表示选择的刀具号和刀具补偿号。

TXX XX（4 位数字），前两位数字指刀具号，后两位数字是刀具补偿号

TXXX XXX（6 位数字），前三位数字指刀具号，后三位数字是刀具补偿号

TXXXX XXXX（8 位数字），前四位数字指刀具号，后四位数字是刀具补偿号

T 代码与刀具的关系是由机床制造厂规定的，请参考机床厂家的说明书。

可以通过设置参数来确定 T 代码后带数字位数，通常默认为 4 位。

- 当参数 P000061 为 2 时，T 代码后带 4 位数字。
- 当参数 P000061 为 3 时，T 代码后带 6 位数字。

同一把刀可以对应多个刀具补偿，比如说 T0101、T0102、T0103。也可以多把刀对应一个刀具补偿，比如说 T0101、T0201、T0301。

执行 T 指令，转动转塔刀架，选用指定的刀具。同时调入刀补寄存器中的补偿值（刀具的几何补偿值即偏置补偿与磨损补偿之和）。执行 T 指令时并不立即产生刀具移动动作，而是当后面有移动指令时一并执行。

当一个程序段同时包含 T 代码与刀具移动指令时：先执行 T 代码指令，而后执行刀具移动指令。

```
%0012
```

```
N01 T0101
```

```
N02 M03 S460
```

```
N03 G00 X45 Z0
```

```
N04 G01 X10 F100
```

```
N05 G00 X80 Z30
```

```
N06 T0202
```

```
N07 G00 X40 Z5
```

```
N08 G01 Z-20 F100
```

```
N09 G00 X80 Z30
```

```
M10 M30
```

刀具补偿功能详细参见刀具补偿功能章节。

5 插补功能

本章包含以下内容：

5.1 线性进给

5.2 圆弧进给

5.3 圆柱螺旋线插补

5.4 虚轴指定

5.5 NURBS 样条插补

5.6 螺纹切削

5.7 HSPLINE 样条插补

5.8 跳转功能

5.1 线性进给 (G01)

G01 可以使刀具从起始点沿线性轨迹进给到终点。

格式

G01 IP_ F_

参数	含义
IP	在 G90 时为终点在工件坐标系中的坐标； 在 G91 时为终点相对于起点的位移量；
F	进给速度

说明

G01 指令刀具以联动的方式，按 F 规定的合成进给速度，从当前位置按线性路线移动到程序段指令的终点。

G01 是模态代码，可由 G00、G02、G03 或 G34 功能注销。

进给速度 F 一直有效，不需要每程序段都指定。

沿各轴各方向的速度如下：

G91 G01 X α Y β Z γ Ff;

X 轴向的速度 F α = α ×f/L;

Y 轴向的速度 F β = β ×f/L;

Z 轴向的速度 F γ = γ ×f/L;

$$L = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}$$

旋转轴的速度

对于旋转轴来说，其进给速度由线速度来指定。

直线插补直线轴 α （如 X）和旋转轴 β （如 C）时，C 以 deg 为单位，X 以 mm 为单位的 α 、 β 笛卡尔坐标系中的切线速度为由 F（mm/min）所指令的速度。 β 轴的速度是通过上式求出所需时间后再将其换算为 deg/min 而求得的。

例如，G91 G01 X20.0 C40.0 F300.0;

假定以公制输入时的 C 轴的 40.0deg 为 40mm。

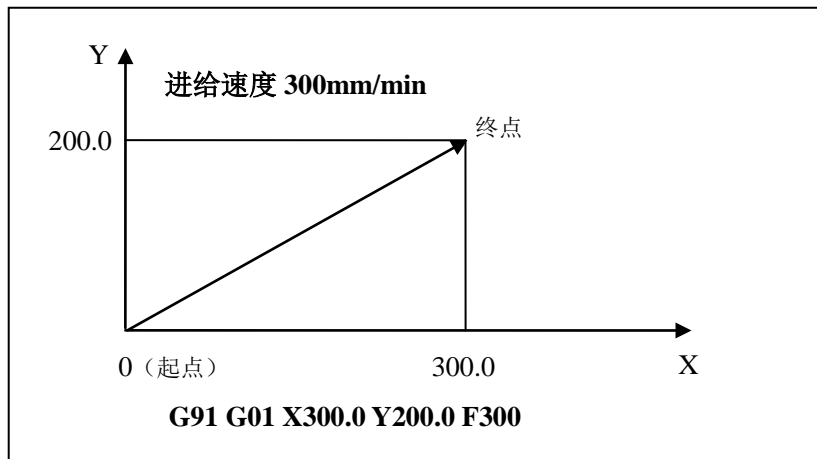
分配所需时间为：

$$\frac{\sqrt{20^2 + 40^2}}{300} \approx 0.14907\text{min}$$

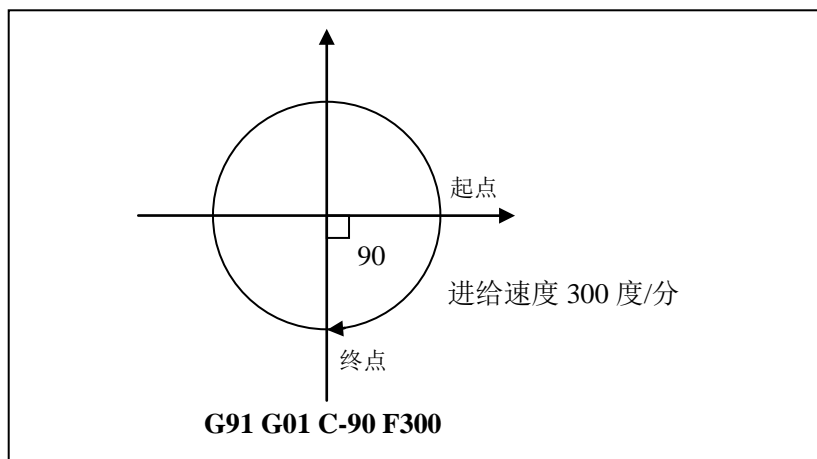
C 轴的速度为:

$$\frac{40 \text{ deg}}{0.14907 \text{ min}} \approx 268.3 \text{ deg/min}$$

线性插补



旋转插补

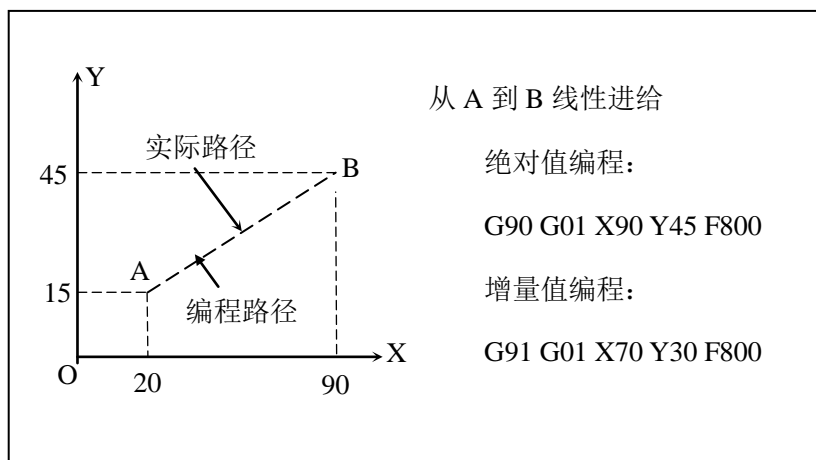


注意

五轴 RTCP 功能开启后，程序中 F 指定的是工件坐标系下的刀具中心点移动的速度。在五轴加工中，由于旋转轴的加入，导致刀具中心点移动的速度可能和实际机床运动的速度不一致，因此有时候会造成分轴的速度超过了设定的最大的速度限制。此情况下，CNC 系统会降低加工速度，从而保证分轴速度在设定范围之内。

举例

如图所示，使用 G01 编程：要求从 A 点线性进给到 B 点（此时的进给路线是从 A→B 的直线）。



5.2 圆弧进给（G02，G03）

刀具在指定平面（G17、G18、G19）沿指定圆弧方向运行到终点。

格式

$G17 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X - Y \begin{cases} I - J - \\ R - \end{cases} F -$	XY 平面圆弧插补
$G18 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X - Z \begin{cases} I - K - \\ R - \end{cases} F -$	ZX 平面圆弧插补
$G19 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} Y - Z \begin{cases} J - K - \\ R - \end{cases} F -$	YZ 平面圆弧插补

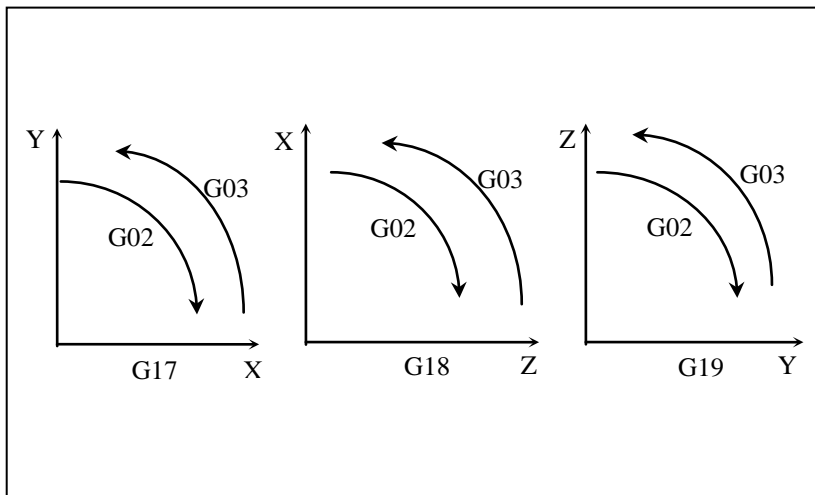
参数说明

参数	说明
G17	指定 XY 平面上进行圆弧插补
G18	指定 ZX 平面上进行圆弧插补
G19	指定 YZ 平面上进行圆弧插补
G02	顺时针圆弧插补
G03	逆时针圆弧插补
X	圆弧插补 X 轴的移动量或圆弧终点 X 轴坐标
Y	圆弧插补 Y 轴的移动量或圆弧终点 Y 轴坐标
Z	圆弧插补 Z 轴的移动量或圆弧终点 Z 轴坐标
R	圆弧半径（带符号，“+”劣弧，“-”优弧）
I	圆弧起始点 X 轴距离圆弧圆心的距离（带符号）
J	圆弧起始点 Y 轴距离圆弧圆心的距离（带符号）
K	圆弧起始点 Z 轴距离圆弧圆心的距离（带符号）
F	进给速度，模态有效

圆弧插补方向

各平面中顺时针与逆时针方向的定义为：在直角坐标系中从Z轴由正到负的方向看XY平面决定该平面的顺时针和逆时针。同理，从Y轴由正到负的方向看ZX平面决定该平面的顺时针和逆时针，从X轴由正到负的方向看YZ平面决定该平面的顺时针和逆时针。

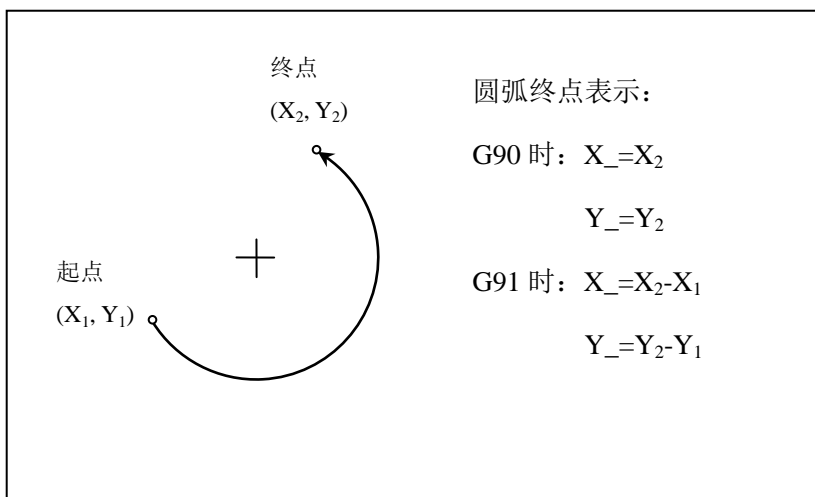
顺时针与逆时针方向的定义如下图所示。



圆弧终点

用位置指令 (X, Y, Z) 指定圆弧的终点。

若为绝对值 (G90) 方式, (X, Y, Z) 指定的是圆弧终点的绝对位置, 若为增量值 (G91) 方式, 则 (X, Y, Z) 指定的是从圆弧起点到终点的距离。如下图所示。



UVW 编程

除了使用 XYZ 指定圆弧终点外, 还可以使用 UVW 指定。

对于车削系统 (T 系列) 而言, 当通道参数【UVW 增量编程使能】(040033) 置 1 时, 可以用 UVW 代替 XYZ 表示 G02/G03 在 XYZ 轴上的移动量 (增量), 并且还可以用 XYZ 与 UVW 混合编程。

注意, 使用前提是 UVW 轴没有被指定为运行轴。

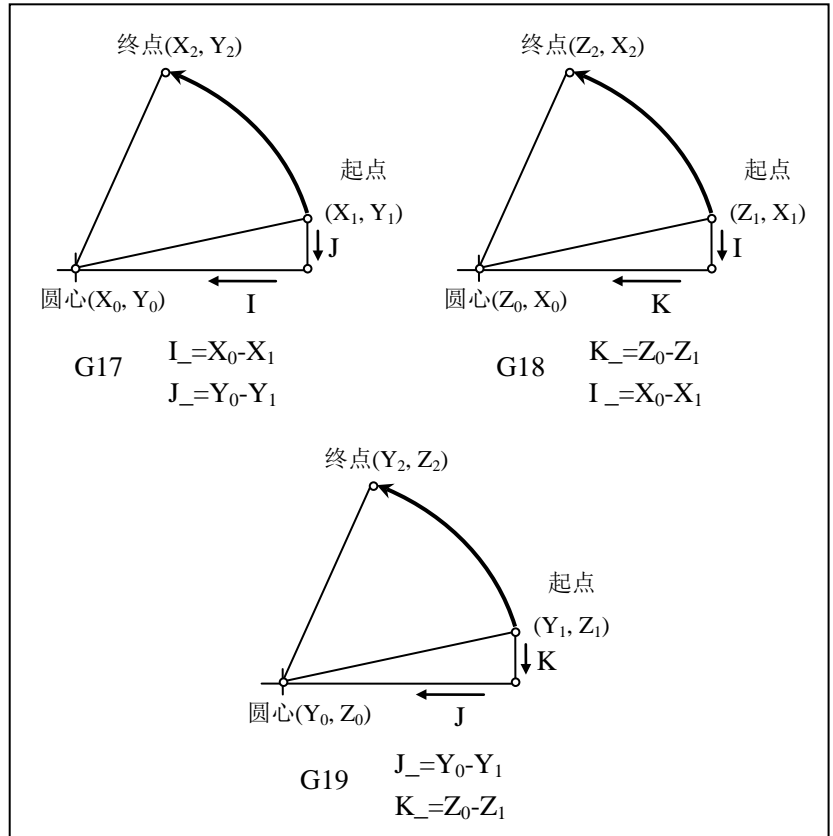
起点到圆弧中心的距离

用指令 (I, J, K) 指定圆弧中心的位置。

(I, J, K) 指令的参数是从起点向圆弧中心看的矢量分量，并且不管是 G90 还是 G91 总是增量值。

(I, J, K) 的指令参数必须根据方向指定其符号正或负。

圆弧中心的表示如下图所示。



整圆编程

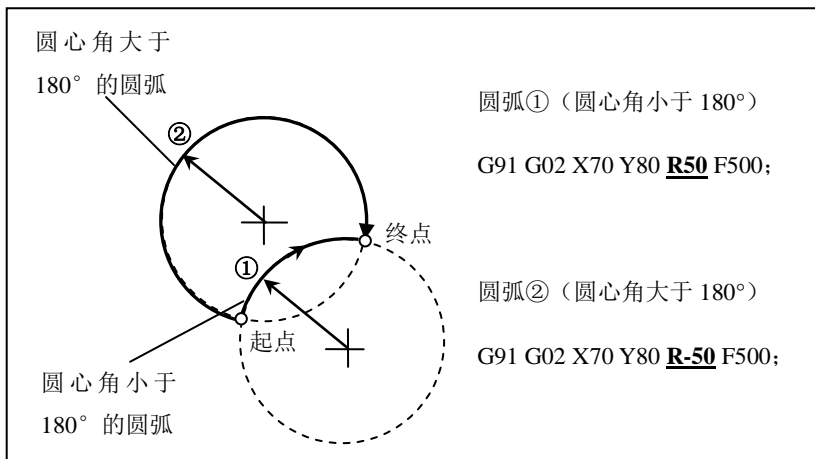
若编程时位置指令 (X, Y, Z) 全部省略，则表示起点和终点重合，此时用 (I, J, K) 编程指定的是一个整圆。如用 R 指定，则成为 0 度的弧，此时系统报警。

圆弧半径

圆弧中心除了可以由上面所说的 (I, J, K) 指定外，还可以用圆弧的半径指定。当用圆弧半径指定圆心时，包括两种情况：

- (1) 中心角小于 180° 的圆弧；
- (2) 中心角大于 180° 的圆弧。

因此，在编程时应明确指定的是哪一个圆弧。这由圆弧半径 R 的正负号来确定。如下图所示。



注意事项

➤ 圆弧插补相关参数

如圆弧的起点和终点半径差值大于【圆弧插补轮廓误差】(000010)中的设定值, 或者(圆弧起始半径和终点半径之差值) / (实际半径)的比值超过【圆弧编程端点半径允许偏差】(000011)中的设定值时, 系统将产生报警。

➤ 同时指定 I/J/K 和 R

如果在非整圆圆弧插补指令中同时指定 I、J、K 和 R, 则以 R 指定的圆弧有效。

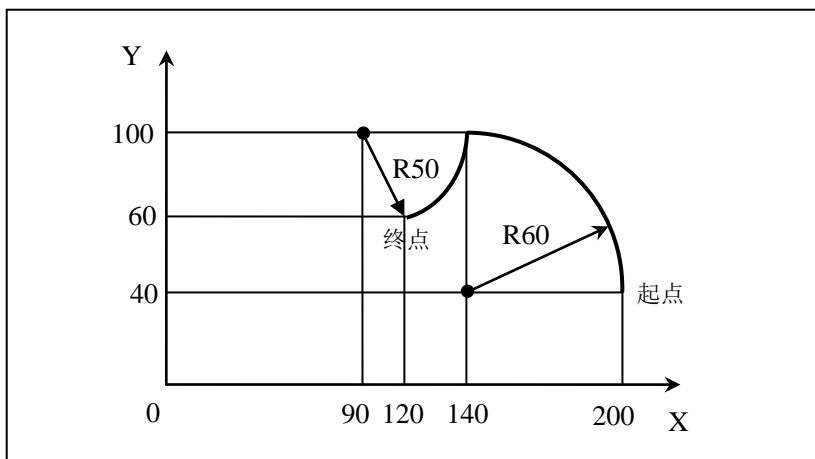
➤ 指定在非指定平面内的轴

如果指定不在平面内的轴就会产生报警。

➤ 半圆编程

当圆弧为半圆或中心角接近 180° 度时, 用R指定中心位置会因编程点位置上的舍入误差产生产生圆弧中心点计算误差。对于半圆或中心角接近 180° 度的圆弧, 应该用I, J, K来指定圆弧中心。

举例



如上图所示的刀具轨迹编程如下：

(1) 绝对值编程

G92 X200.0 Y40.0 Z0;

G90 G03 X140.0 Y100.0 R60.0 F300.;

G02 X120.0 Y60.0 R50.0;

或

G92 X200.0 Y40.0Z0;

G90 G03 X140.0 Y100.0 I-60.0 F300.;

G02 X120.0 Y60.0 I-50.0;

(2) 增量值编程

G91 G03 X-60.0 Y60.0 R60.0 F3000.;

G02 X-20.0 Y-40.0 R50.0;

或

G91 G03 X-60.0 Y60.0 I-60.0 F300.;

G02 X-20.0 Y-40.0 I-50.0;

5.3 圆柱螺旋线插补 (G02, G03)

G02、G03 除了可以指定圆弧插补外，通过指定第三轴的移动距离还可以实现螺旋线插补。

格式

$G17 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X_Y_Z \begin{cases} I_J_ \\ L_ \end{cases} F_$	XY 平面圆弧插补
$G18 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X_Z_Y \begin{cases} I_K_ \\ L_ \end{cases} F_$	ZX 平面圆弧插补
$G19 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} Y_Z_X \begin{cases} J_K_ \\ L_ \end{cases} F_$	YZ 平面圆弧插补

参数说明

参数	说明
G17	指定 XY 平面上进行圆弧插补
G18	指定 ZX 平面上进行圆弧插补
G19	指定 YZ 平面上进行圆弧插补
G02	顺时针圆弧插补
G03	逆时针圆弧插补
X	圆弧插补 X 轴的移动量或圆弧终点 X 轴坐标
Y	圆弧插补 Y 轴的移动量或圆弧终点 Y 轴坐标
Z	绝对编程时是 Z 轴终点坐标，增量编程时是 Z 轴相对起点的增量（即使有 L 也是如此）
R	圆弧半径（带符号，“+”劣弧，“-”优弧）
I	圆弧起始点 X 轴距离圆弧圆心的距离（带符号） 圆锥线插补选择 YZ 平面时为螺旋一周的高度增减量
J	圆弧起始点 Y 轴距离圆弧圆心的距离（带符号）
K	圆弧起始点 Z 轴距离圆弧圆心的距离（带符号）
F	进给速度，模态有效
L	螺旋线旋转圈数（不带小数点的正数）

旋转方向

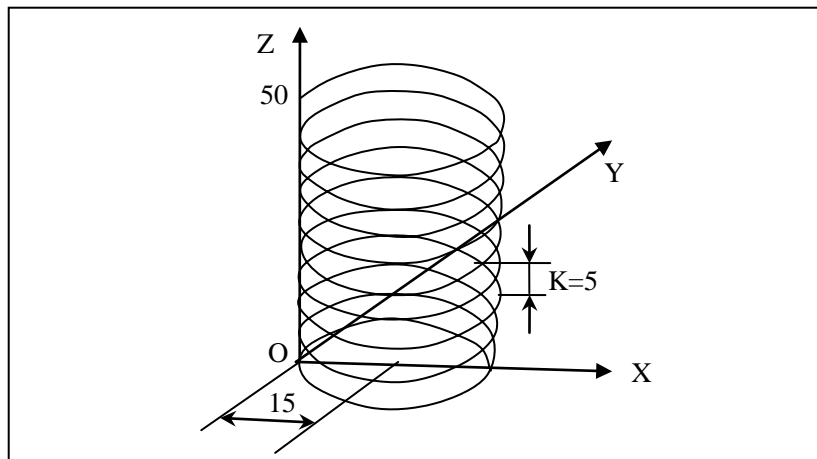
螺旋线插补的旋转方向参考其投影到二维平面的圆弧方向。

整圆编程

若编程时位置指令 (X, Y, Z) 全部省略, 则表示起点和终点重合, 此时用 (I, J, K) 编程指定的是一个整圆。如用 R 指定, 则成为 0 度的弧, 此时系统报警。

举例

加工如下所示螺旋线:

**(1) 绝对值编程**

X30 Y0 Z0

G90 G03 X0 Y0 Z50 I-15 J0 K0 L10 F3500

M30

(2) 增量编程

X30 Y0 Z0

G91 G03 X-30 Y0 Z50 I-15 J0 K0 L10 F3500

M30

5.4 虚轴指定及正弦线插补 (G07)

格式

G07 IP_

参数	含义
IP	虚轴指定标志 > 0: 虚轴 > 1: 实轴

说明

若轴被指定为虚轴，则此轴只参与插补计算，但不运动。如 G07 X0 指令指定 X 轴为虚轴，在直到指令 G07 X1 之前，X 轴都不会运动。

正弦曲线插补

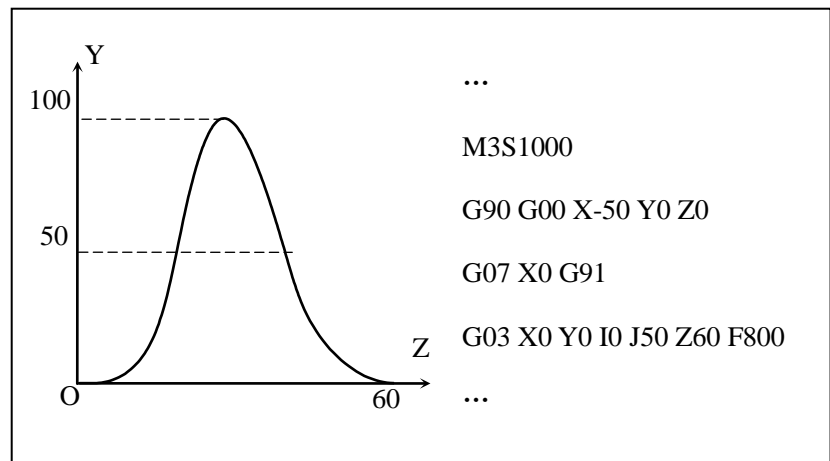
用 G07 可进行正弦曲线插补，即在螺旋线插补前，将参加圆弧插补的某一轴指定为虚轴，则螺旋线插补变为正弦线插补。

注意

如需要取消虚轴指定，只需将虚轴指定为实轴即可，如 G07 X1。

举例

使用 G03 对下图所示的正弦线编程。



5.5 NURBS 样条插补 (NURBS)

通过指定 NURBS 曲线的 3 个参数(控制点、加权、节点)进行 NURBS 样条插补。

单样条 NURBS 格式

NURBS P_ K_ IP_ W_ F_;

参数	含义
P	NURBS 曲线的阶数，只支持 3 次样条，P 为 4
K	节点
IP	控制点坐标
W	加权
F	进给速度

取消插补

NURBS 属于 01 组模态，通过指定 G01 或 G00 等可以解除 NURBS 插补模态。

曲线阶数

P 指定 NURBS 曲线的阶数：

P=4 表示 3 次 NURBS 曲线；

P 为模态地址字，P 将一直保持有效直至被改变或指定了 01 组模态其他指令。

节点

在 NURBS 插补中，必须指定将第一控制点作为起点，将最终控制点作为终点。

此外，指定首段程序的节点时，请使用如下格式：

➤ 单样条：

NURBS P4 K:0,0,0,0,1: X1 Y0 Z0

➤ 双样条：

NURBSB P4 K:0,0,0,0,0.5: Q:10,0,0,38.28,0,28.28: W1F60

加权

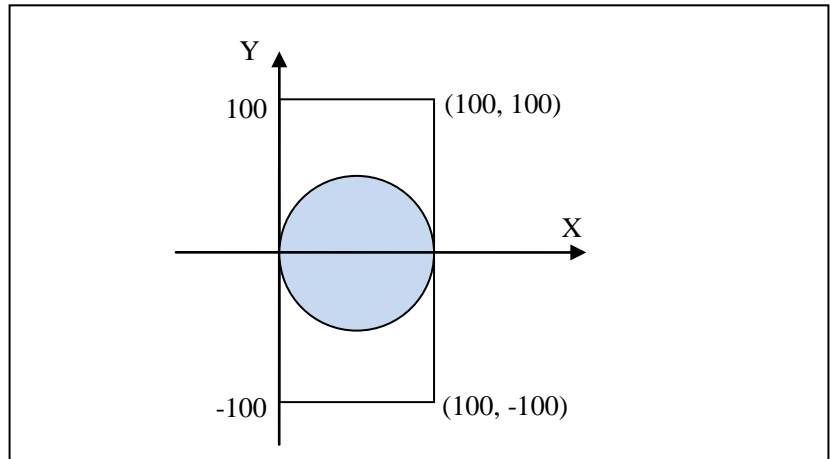
加权即为相同程序段内中所指定的控制点的权重。当省略时，默认值为 1.0。

补偿 在 NURBS 曲线插补方式中不能使用刀具半径补偿。

说明 单样条 NURBS 一般用于三轴小线段插补。

双样条 NURBS 一般用于五轴小线段插补。

单样条示例 使用单样条 NURBS 样条插补如下整圆，R=50mm。



```
%0001
```

```
G54
```

```
G90G17F500G64
```

```
G01x0y0z0
```

```
NURBS P4 K:0.0,0.0,0.0,0.0,0.5: X0.0Y0.0Z0.0 W1.0
```

```
K0.5 X0.0000 Y100.0 W0.3333
```

```
K0.5 X100.0 Y100.0 W0.3333
```

```
K1.0 X100.0 Y0.0 W1.0
```

```
K1.0 X100 Y-100.0 W0.3333
```

```
K1.0 X0.0 Y-100 W0.3333
```

```
K1.0 X0.0 Y0.0 W1.0
```

```
M30
```

5.6 螺纹切削 (G32)

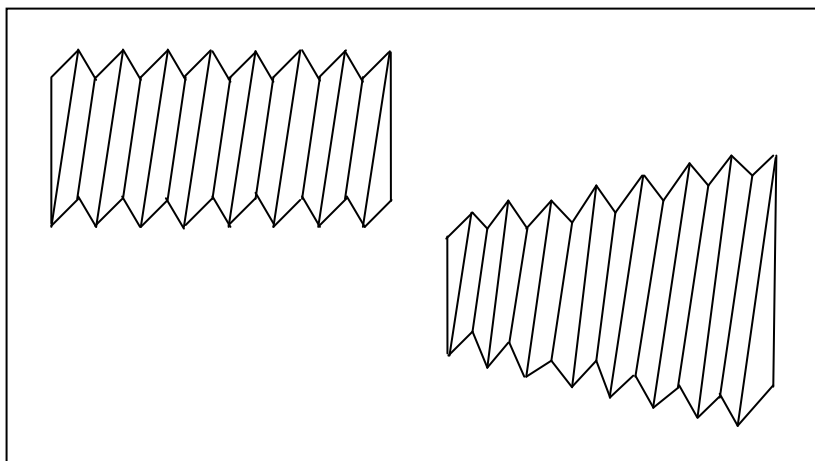
主轴旋转的同时刀具进给运行，这样可以加工出不同种类的螺纹，如变螺距螺纹、多头螺纹等。

格式

G32 X_ Z_ F_ P_ R_ E_

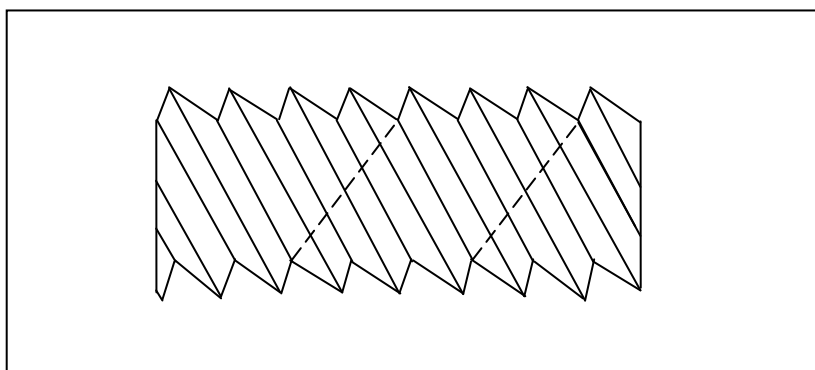
参数	含义
X Z	螺纹终点坐标 (G90) 螺纹终点相对起点距离 (G91)
F	公制螺纹螺距 (长轴方向上)
P	螺纹起始点角度
R	Z 方向退尾量, 增量指定, 如需免退刀槽, 参数可省略
E	X 方向退尾量, 增量指定, 如需免退刀槽, 参数可省略

等螺距



多头螺纹

指定螺纹起始角度 P 可以加工多头螺纹，如 P=180 度可以加工双头螺纹。



退尾量

通过 R、E 参数可指定螺纹切削的退尾量，R（Z 方向退尾量）、E（X 方向退尾量）在绝对或增量编程时都是以增量方式指定，其为正表示沿 Z、X 正方向回退，为负表示沿 Z、X 负向回退。R、E 可以省略，表示不用回退功能。

根据螺纹标准 R 一般取 2 倍的螺距，E 取螺纹牙型高。

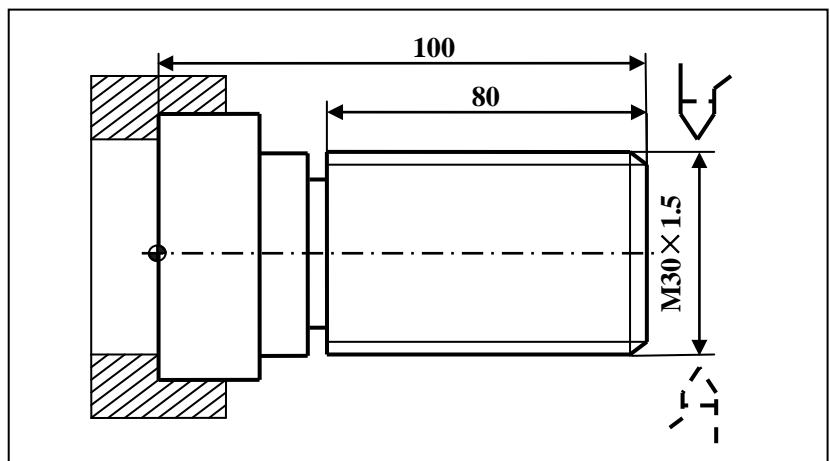
注意：如果使用退尾量，为了避免损伤螺纹，螺纹切削方向与 R、E 方向必须相互协调，如朝 Z 负方向切削螺纹，此时 R 就只能取负值，否则有可能对已加工好的螺纹产生损伤。

注意

- (1) 在螺纹切削期间请勿修改进给修调和主轴修调；
- (2) 不停主轴而停止螺纹切削刀具进给是非常危险的这将会突然增加切削深度因此在螺纹切削时进给暂停功能无效。如果在螺纹切削期间按了进给保持按钮，进给保持无效。进给保持只在非螺纹加工段有效；
- (3) 当在单程序段状态执行螺纹切削时在第一个没有指定螺纹切削的程序段开始处刀具停止；
- (4) 在螺纹切削期间，工作方式不允许由自动方式变为手动、增量或回零方式。

举例

对下图所示的圆柱螺纹编程。螺纹导程为 1.5mm，每次吃刀量（直径）分别为 0.8mm、0.6mm、0.4mm、0.16mm。



%3316	
N1 T0101	(设立坐标系, 选一号刀)
N2 G00 X50 Z120	(移到起始点的位置)
N3 M03 S300	(主轴以300r/min旋转)
N4 G00 X29.2 Z101.5	(到螺纹起点, 升速段1.5mm, 吃刀深0.8mm)
N5 G32 Z19 F1.5	(切削螺纹到螺纹切削终点, 降速段1mm)
N6 G00 X40	(X轴方向快退)
N7 Z101.5	(Z轴方向快退到螺纹起点处)
N8 X28.6	(X轴方向快进到螺纹起点处, 吃刀深0.6mm)
N9 G32 Z19 F1.5	(切削螺纹到螺纹切削终点)
N10 G00 X40	(X轴方向快退)
N11 Z101.5	(Z轴方向快退到螺纹起点处)
N12 X28.2	(X轴方向快进到螺纹起点处, 吃刀深0.4mm)
N13 G32 Z19 F1.5	(切削螺纹到螺纹切削终点)
N14 G00 X40	(X轴方向快退)
N15 Z101.5	(Z轴方向快退到螺纹起点处)
N16 U-11.96	(X轴方向快进到螺纹起点处, 吃刀深0.16mm)
N17 G32 W-82.5 F1.5	(切削螺纹到螺纹切削终点)
N18 G00 X40	(X轴方向快退)
N19 X50 Z120	(回对刀点)
N20 M05	(主轴停)
N21 M30	(主程序结束并复位)

5.7 HSPLINE 样条插补 (HSPLINE)

HSPLINE 是 Hermite SPLINE 的缩写。Hermite 插补功能同样能够提高小线段加工效果,使加工表面光滑。与 NURBS 曲线不同的是,Hermite 曲线通过控制点,而 Nurbs 曲线不通过控制点。系统通过指定 Hermite 曲线的控制点以及矢量进行样条插补。

格式

HSPLINE P_ X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ F_

参数	含义
X Y Z	控制点坐标 注意：坐标位置必须与上一行的终点位置相同
I J K	控制点矢量
F	Hermite 曲线阶数

取消插补

HSPLINE 属于 01 组模态,通过指定 G01 或 G00 等可以解除 HSPLINE 插补模态。

曲线次数

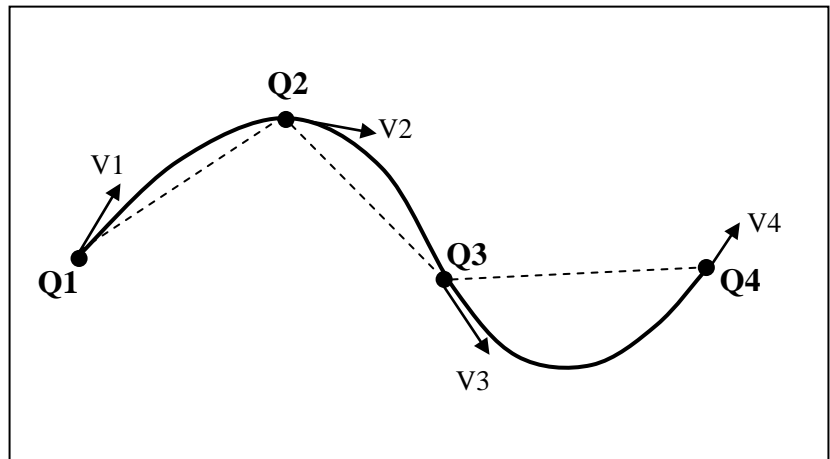
P 指定 HSPLINE 样条曲线的次数,目前这个值必须为 3。

补偿

在 HSPLINE 曲线插补方式中不能使用刀具半径补偿。

示例

使用 3 次 Hermite 样条插补如下空间曲线。



```
%0001
```

```
G54G0X0Y0Z0
```

```
G90G17 F1000G64
```

```
X0.005y-0.987z0.04
```

```
HSPLINE P3 X0.005 Y-0.987 Z0.040 I1.000 J-0.026 K-0.002 ;Q1
```

```
X0.748 Y-0.727 Z0.027 I0.756 J0.655 K-0.016 ;Q2
```

```
X1.049 Y-1.097 Z0.023 I0.967 J0.256 K-0.011 ;Q3
```

```
X1.249 Y-0.727 Z0.053 I0.497 J0.866 K0.050 ;Q4
```

```
M30
```

5.8 跳转功能 (G31)

在 G31 指令之后指定轴移动，就象 G01 一样指令了直线插补。在该指令执行期间，如果输入一个外部跳转信号，则中断指令的执行，转而执行下个程序段。

当程序中没有指定加工终点，而是用来自机床的信号指定加工终点时，使用跳转功能。例如：磨削加工。跳转功能还可用于测量工件的尺寸。

格式

G31 L_IP_; L 后数字为触发点编号，与 PLC 中的触发点一致

G31:非模态 G 代码

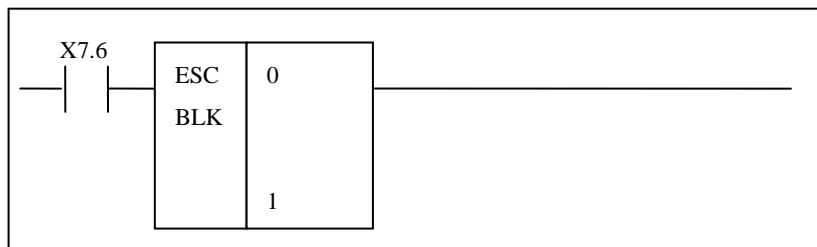
说明

跳转信号接通时的坐标值可以在用户宏程序中使用，因为它们被储存在用户宏程序轴宏变量中。轴宏变量起始序号为 60000，每个轴使用 100 个宏变量。例如 X 轴是 0 号轴时，X 轴宏变量从 60000~60099；Y 轴是 1 号轴时，Y 轴宏变量从 60100~60199，依此类推，每个轴的宏变量往后推 100，如 Z 轴宏变量从 60200~60299。测量数据相关的宏变量定义如下：

#60010~60011	收到测量信号时 0 号轴的机床指令位置
#60012~60013	收到测量信号时 0 号轴的机床实际位置
#60014~60015	收到测量信号时 0 号轴上 2 号编码器的位置
#60016	收到测量信号时 0 号轴的速度
#60017	收到测量信号时 0 号轴的电流

举例

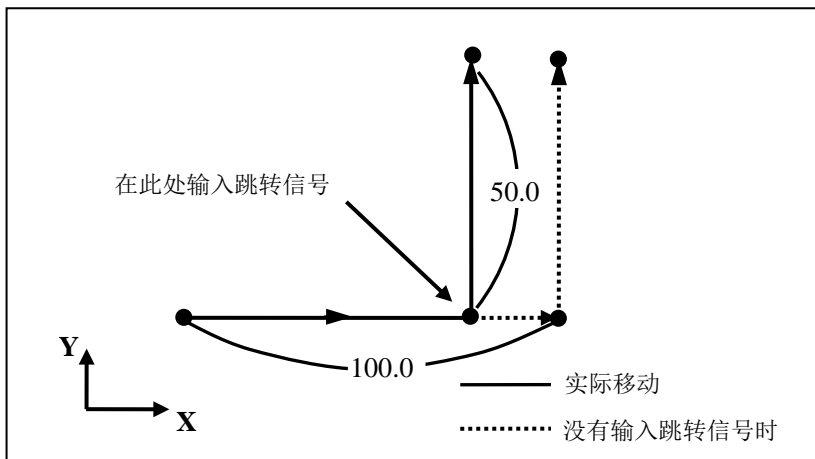
如果 X7.6 信号产生，则立刻跳转到下一行继续执行



(1) G31 后的程序段是增量指令

G31L1G91X100.0F100;

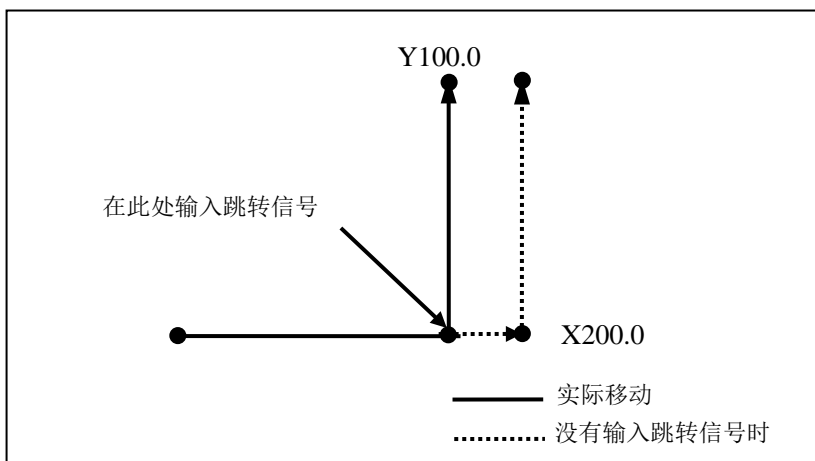
Y50.0;



(2) G31 后的程序段对 1 个轴是绝对指令

G31L1G90X200.0F100;

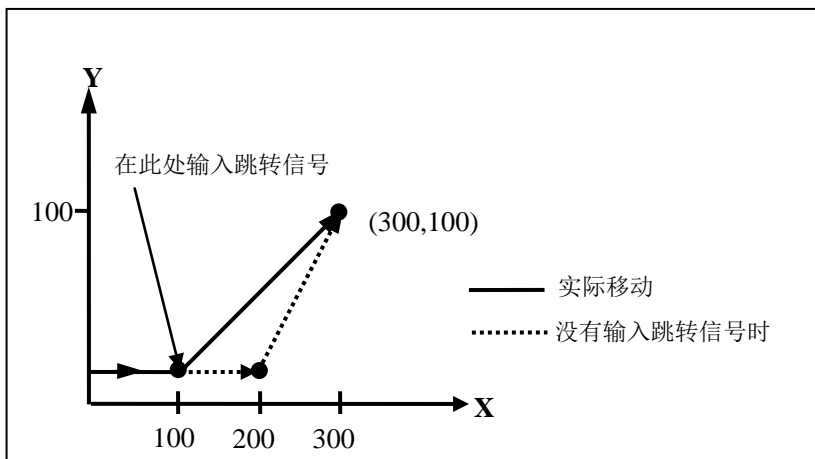
Y100.0;



(3) G31 后的程序段对 2 个轴是绝对指令

G31L1G90X200.0F100;

X300.0Y100.0;



6 进给功能

本章包含以下内容：

- 6.1 快速进给
- 6.2 第二进给速度
- 6.3 单方向定位
- 6.4 进给速度单位的设定
- 6.5 准停检验
- 6.6 切削模式
- 6.7 进给暂停
- 6.8 高速高精加工模式选择

6.1 快速进给 (G00)

在 G00 方式下，轴以快移速度进给到指定位置。

格式

G00 IP_

参数	含义
IP	绝对指令 G90 时为终点在工件坐标系中的坐标； 相对指令 G91 时为终点相对于起点的位移量；

说明

G00 指令中的快移速度由轴参数【快移进给速度】(100034 轴 0) 对各轴分别设定，不能用 F 指定。

G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。在由 G00 启动的定位方式中，刀具在程序段起点加速至事先确定的速度，并在接近目标位置的地方减速，在被确定到位之后，执行下一程序段。

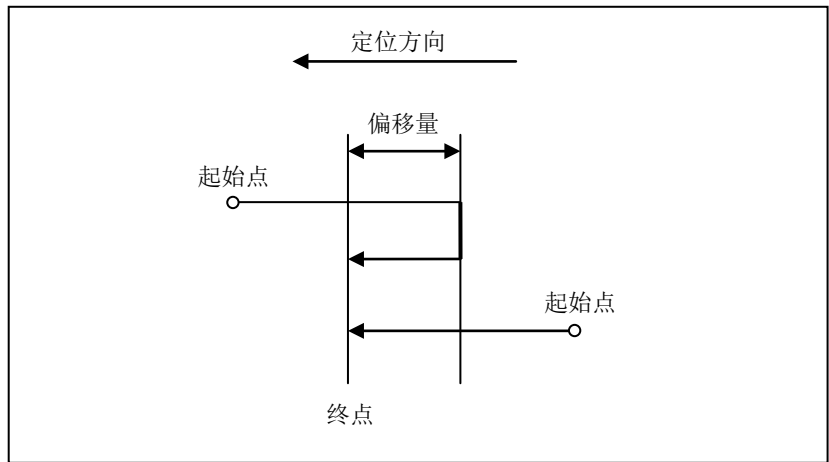
快移速度可由面板上的快速修调旋钮修正。

G00 为模态功能，可由 G01、G02、G03 等功能注销。

注意

G00 插补使能时，不能通过 G00 修调控制定位。

6.2 单方向定位 (G60)



格式

G60 IP_

参数	含义
IP	绝对值方式 (G90) 时, 为单方向定位的终点位置; 增量值方式 (G91) 时为刀具当前位置到终点位置的距离;

说明

为了消除反向间隙的影响, 可以指令轴沿一个方向实现定位。

如图所示, 当运动方向与定位方向一致时, 按常规的方式定位; 当运动方向与定位方向不一致时, 先沿运动方向多移动一个偏移量, 再沿定位方向移动一个偏移距离, 到达定位终点。

偏移值

运行 G60 指令, 还需要指定偏置值和偏移方向。以下参数正负分别表示 G60 偏移方向。

坐标轴	参数索引号	参数说明
第一轴	Parm100030	第一轴 G60 偏移值矢量
第二轴	Parm101030	第二轴 G60 偏移值矢量
第三轴	Parm102030	第三轴 G60 偏移值矢量

注意

- (1) 即使刀具移动距离为零, 也执行单方向定位;
- (2) 单方向定位的过冲量设定值应大于对应轴的反向间隙, 否则单方向定位时无法完全消除反向间隙。

举例

(设 100030 值为 10, G60 终点-参数 10X030 的值=G60 中间点)

%0008

G54

G00X20

G60X0;先走到 X-10 处, 再走到 0

M30

6.3 进给速度单位的设定（G93，G94，G95）

CNC 加工零件时，直线插补（G01）、圆弧插补（G02、G03）等的进给速度由紧跟 F 后的数值来决定。进给速度单位由 G93、G94、G95 设置。

➤ **M：有三种指令方法：**

(1) 每分钟进给（G94）

在紧跟 F 后，指定每分钟进给刀具的量。

(2) 每转进给（G95）

在紧跟 F 后，指定每绕主轴一圈进给刀具的量。

(3) 反比时间进给（G93）

紧跟 F 后，指定反比时间（FRN）。

➤ **T：有两种指令方法：**

(1) 每分钟进给（G94）

在紧跟 F 后，指定每分钟进给刀具的量。

(2) 每转进给（G95）

在紧跟 F 后，指定每绕主轴一圈进给刀具的量。

格式

G93; 反比时间进给方式指定

G94; 每分钟进给方式指定

G95; 每转进给方式指定

G94

每分钟进给

当指定 G94，即每分钟进给方式时，移动指令的进给速度 F 指定刀具每分钟的移动量，单位为 mm/min（G21 方式）或 in/min（G20 方式）。

G95**每转进给**

G95 将刀具每绕主轴移动一圈的移动量作为移动指令的进给速度 F，单位为 mm/r（G21 方式）或 in/r（G20 方式）。

只有当主轴配备编码器时才能指定 G95 方式。

G93**反比时间进给**

反比时间进给功能是通过指定速度的倒数，也就是执行当前程序段所用的时间来实现的。

注意

- (1) G93、G94、G95 为模态功能，可相互注销，G94 为缺省模态。
- (2) 反比时间进给方式时，计算速度超过最大切削速度时，实际速度被限制在最大切削进给速度上。
- (3) 反比时间进给方式 G93 指令要单独一行。

举例

%0008

G54X0Y0Z0;以下每种模式的 F 都是 1000

G94

G01X50F1000

M3S500

G95

G01Y50F2

G93

G01Z50F20;移动距离乘 F = 最终进给速度

M30

6.4 准停检验 (G09)

控制刀具在程序段终点准确停止。

格式

G09; 单行指定

说明

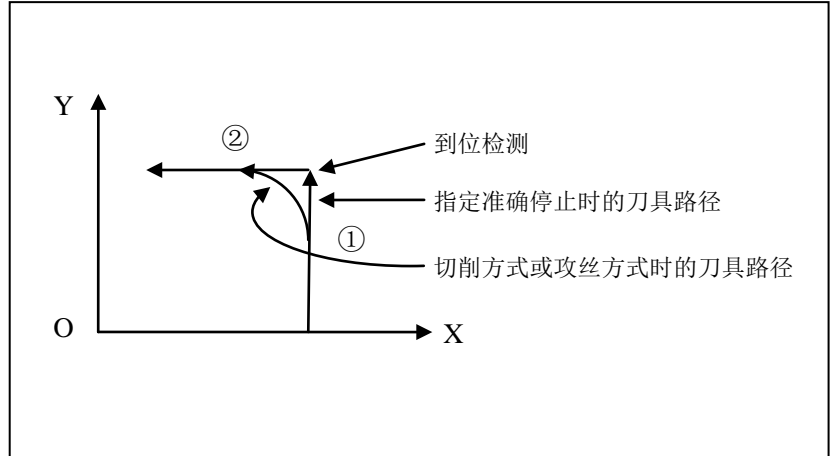
一个包括 G09 的程序段在继续执行下个程序段前，准确停止在本程序段的终点。该功能用于加工尖锐的棱角。

G09 为非模态指令，仅在其被规定的程序段中有效。

G09 与 G61 的区别在于，前者在程序段中有效，后者是模态有效。

6.5 切削模式 (G61, G64)

切削模式用于控制进给速度。



说明

(1) G61: 准确停止方式

在 G61 后的各程序段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。

(2) G64: 连续切削方式

在 G64 之后的各程序段编程轴刚开始减速时（未到达所编程的终点）就开始执行下一程序段。但在定位指令（G00, G60）或有准停校验（G09）的程序段中，以及在不含运动指令的程序段中，进给速度仍减速到 0 才执行定位校验。

注意

(1) G61 方式的编程轮廓与实际轮廓相符。

(2) G61 与 G09 的区别在于 G61 为模态指令。

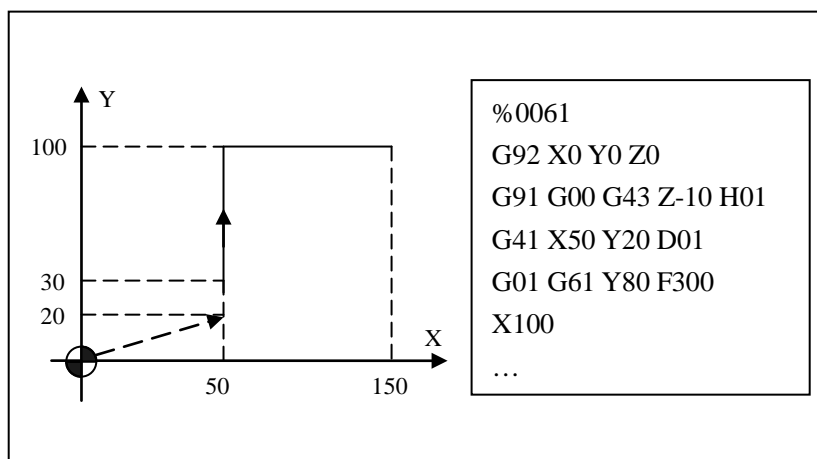
(3) G64 方式的编程轮廓与实际轮廓不同。其不同程度取决于 F 值的大小及两路径间的夹角，F 越大，其区别越大。

(4) G61、G64 为模态指令，可相互注销。

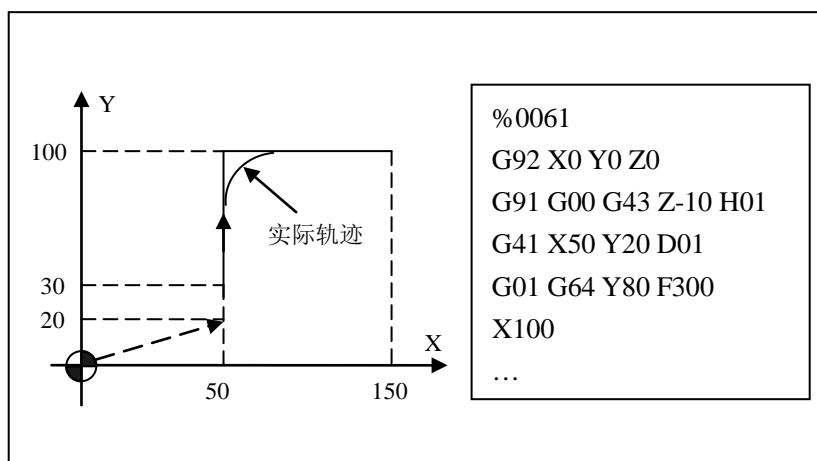
(5) G64 方式在小线段程序运行之后，从自动切到单段，会将前瞻缓冲中拼接好的样条执行完之后，才会接着按编程的程序段单段执行。因此会出现，一个单段会连续执行若干个程序段的情况。小线段程序既包括 CAM 生成的程序，也包括宏运算生成的程序。

举例

例 1: 编制如图所示轮廓的加工程序：要求编程轮廓与实际轮廓相符。



例 2: 编制如图所示轮廓的加工程序：要求程序段间不停顿。



6.6 进给暂停 (G04)

在系统自动运行过程中，可以指定 G04 暂停刀具进给，暂停时间到达后自动执行后续的程序段。

格式

G04 P_; 暂停

G04 X_;

X: 单位：秒

P: 单位：毫秒

注意

- (1) 最小指定暂停时间为 1 个插补周期 (Parm000001)，如指定暂停时间不足 1 个插补周期的按照 1 个插补周期指定。
- (2) X 后跟的数字不可超过 2000，否则系统不会执行该行程序。

6.8 高速高精加工模式选择 (M) (G05.1)

通过该指令实现不同加工模式的切换，以满足不同工艺特点及加工要求。

格式

G05.1 Q_; 指定加工模式

.....

G05.1 Q0; 默认模式

参数	含义
Q_	选择加工模式，取值 0、1、2、3。四组加工模式可通过 G05.1Q_ 相互切换。

加工模式说明

模式指令	说明
G05.1Q0	默认模式；注重效率与精度平衡。
G05.1Q1	高精模式；注重加工表面和尺寸精度。
G05.1Q2	高速高精模式；注重加工平顺性，讲究加工效率和精度的平衡
G05.1Q3	高速模式；注重加工效率，提高自由曲线加工速度。

注意

(1) G05.1Q_ 只能单行调用，不能与其它指令同行调用。

7 参考点

参考点为数控机床上某一固定位置，系统可以建立基于此点的工件坐标系，或在这点进行换刀等其他固定动作。

本章包含以下内容：

7.1 返回参考点

7.1 返回参考点 (G28, G29, G30)

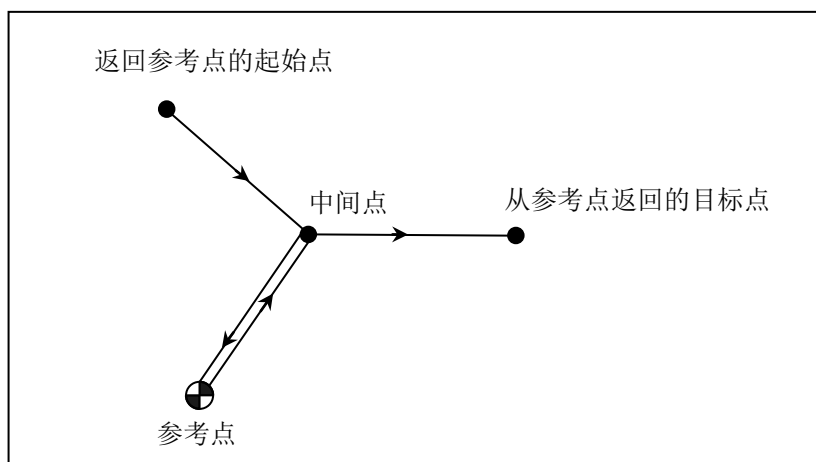
参考点是指机床上的固定点，共有五个参考点：第一参考点、第二参考点、第三参考点、第四参考点和第五参考点。用返回参考点指令很容易使刀具移动到这些参考点的位置。参考点可用作刀具交换的位置。

以轴 0 为例，在轴参数中用参考点位置参数（100017、100021 到 100024）可在机床坐标系中设定 5 个参考点。

执行过程

返回参考点时，刀具经过中间点自动地快速移动到参考点的位置，同时，指定的中间点被 CNC 存储，刀具从参考点经过中间点沿着指定轴自动地移动到指定点。

返回参考点和参考点返回过程如下图所示：



自动返回参考点

G28 IP_ ;返回第 1 参考点

G30 P2 IP_ ;返回第 2 参考点 (可省略 P2)

G30 P3 IP_ ;返回第 3 参考点

G30 P4 IP_ ;返回第 4 参考点

G30 P5 IP_ ;返回第 5 参考点

参数	含义
IP	绝对值方式 (G90) 时指定中间点的绝对位置，相对值方式 (G91) 时指定中间点距起始点的距离。不需要计算中间点和参考点之间的具体的移动量。

IP 指令的坐标为工件坐标系下的值。自动返回参考点指令执行时，只有指令了中间点的轴才移动，未指令中间点的轴不移动。

从参考点返回

G29 IP_;

参数	含义
IP	绝对值方式 (G90) 时指定返回目标点的位置, 相对值方式 (G91) 时 G29 的中间点一定是上一次 G28 设定的中间点, G29 后的坐标值在 G28 中间点基础上执行 G91。

IP 指令的坐标为工件坐标系下的值。

中间点为之前指定的 G28、G30 的中间点。

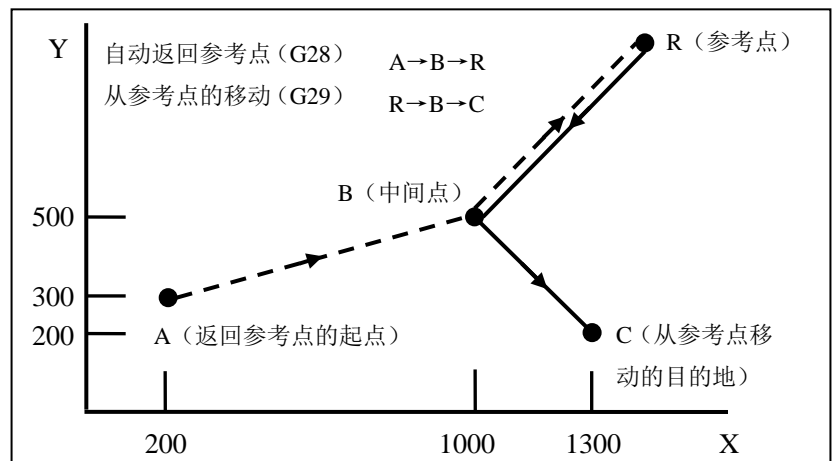
相对值 (G91) 的运行方式如下表示例所示:

执行程序	工件坐标 x,y,z
G54X0Y0Z0	0,0,0
G91G28X10Y10Z10	10,10,10----->0,0,0
X100	100,0,0
Y100	100,100,0
Z100	100,100,100
G29X10Y10Z10	10,10,10----->20,20,20 先到 G28 中间点 再执行 G91

注意

G29 应该在 G28、G30 执行后才可执行, 否则没有存储中间点可能会执行异常;

举例



%1234

G54

G00 X200Y300

G28 G90 X1000.0 Y500.0 ;编写从 A 到 B 的程序。经过中间点 B, 移动到参考点 R

T6 ;

M06 ;在参考点换刀

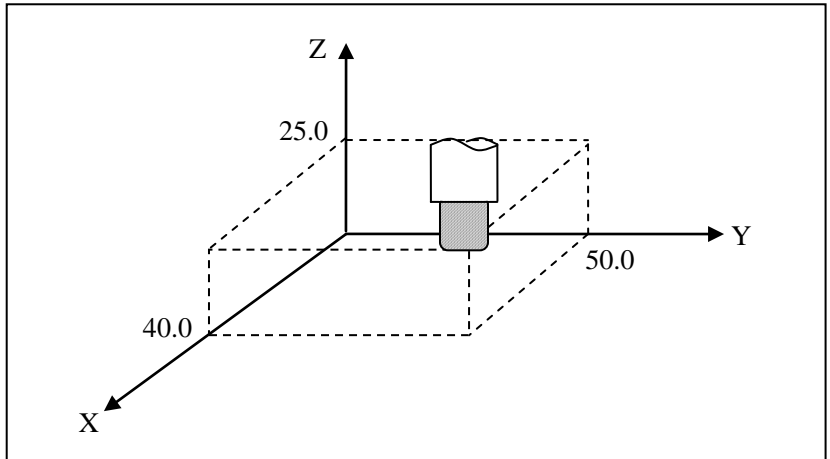
G29 X1300.0 Y200.0 ;编写从 B 到 C 的程序。从参考点 R 经过中间点 B，移动到由 G29 指定的 C

M30

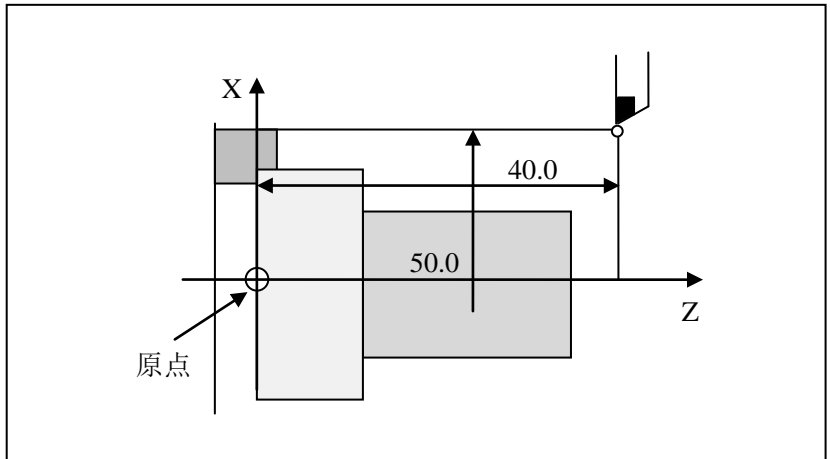
8 坐标系

在机床加工中，给 CNC 预置一个刀具到达的位置，刀具就能移动到该位置。而这个位置要用某一个坐标系中的坐标值来给定。坐标值由程序轴的分量来指定，这样才能按程序加工出所需的工件。

- 铣削加工时（用 X40.0 Y50.0 Z25.0 指定的刀具位置）



- 车削加工时（用 X50.0 Z40.0 指定的刀具位置）



本系统支持以下三种坐标系供用户选择使用：

- (1) 机床坐标系
- (2) 工件坐标系
- (3) 局部坐标系

本章包含以下内容：

8.1 机床坐标系编程

8.2 工件坐标系设定

8.3 局部坐标系设定

8.4 坐标系平面选择

8.1 机床坐标系编程 (G53)

机床上有一个固定的机械点，可作为该机床得基准点，该点称为机床原点，它的位置由回零档块或光栅零点决定。通过这点作为原点建立的坐标系称为机床坐标系。

接通电源后，通过手动参考点返回来建立机械坐标系。机械坐标系一旦被建立之后，在切断电源之前，一直保持不变。

格式

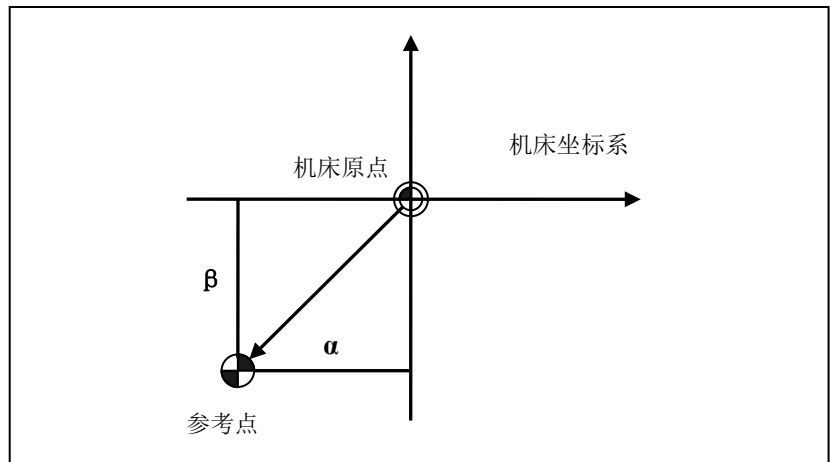
G53 IP_;

参数	含义
IP	机床坐标系的目标位置

机床坐标系设定

在调用 G53 之前，系统必须通过参考点返回操作建立机床坐标系。

系统参考点与机床坐标系原点并不重合，它们之间的关系如下图所示。



注意

- (1) G53 为非模态指令，在需要执行直接机床坐标系编程时，必须在当前行指定 G53;
- (2) G53 所指定的目标位置不能是相对编程，只能使用绝对指令编程;
- (3) 当指定 G53 指令时，就清除了刀具半径补偿、刀具长度补偿、刀尖半径补偿等补偿功能;
- (4) 在指定 G53 指令之前，必须设置机床坐标系，因此通电后必须进行手动返回参考点或由 G28 指令自动返回参考点。当采用绝对位置编码器时，就不需要该操作。

8.2 工件坐标系

为加工一个工件所使用的坐标系称为工件坐标系。

工件坐标系事先设定在 CNC 中（设定工件坐标系）。

在所设定的工件坐标系中编制程序并加工工件（选择工件坐标系）。

移动所设定的工件坐标系的原点，可以改变工件坐标系（改变工件坐标系）。

8.2.1 设定工件坐标系（G92）

有三种方法可以设定工件坐标系

- (1) 通过 G92 指令来设定工件坐标系；
- (2) 使用工件坐标系选择 G 代码的方法来设定工件坐标系；

事先用 HMI 界面的工件坐标系设置来设定 6 个标准工件坐标系（G54~G59）和 60 个扩展工件坐标系（G54.X）（对铣床加工中心），并通过相应的程序指令来设定工件坐标系；

- (3) 对于车床来说，在绝对刀偏补偿方式下，可以通过 T 指令来设定工件坐标零点（参见 10.1 节刀具偏置部分内容）；

当使用绝对指令时，工件坐标系必须用上述方法之一来建立。

格式

G92 IP_;

参数	含义
IP	坐标系原点到刀具起点的有向距离。

建立坐标系

G92 指令通过设定刀具起点（对刀点）与坐标系原点的相对位置建立工件坐标系。工件坐标系一旦建立，绝对值编程时的指令值就是在此坐标系中的坐标值。

注意

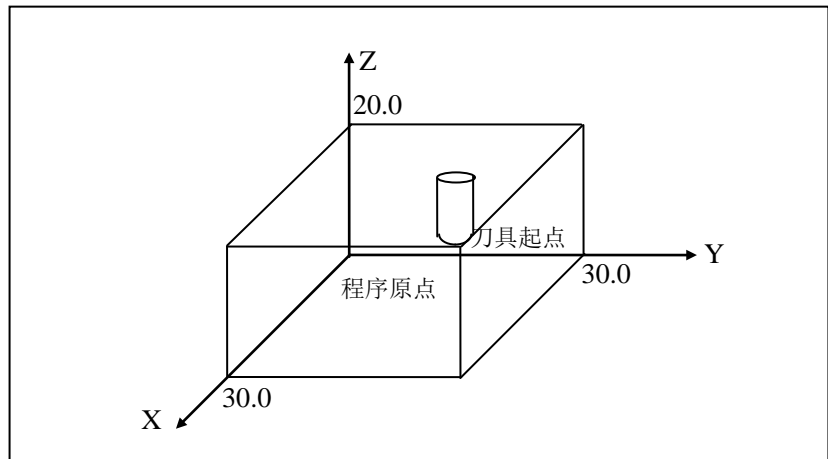
- (1) 执行此程序段只建立工件坐标系，刀具并不产生运动；
- (2) G92 指令为非模态指令；
- (3) 在铣床刀具长度补偿方式中用 G92 设定工件坐标系，设定成为应用补偿前的位置所指定的位置的坐标系。但是，无法与刀具长度补偿矢量发生变化的程序段同时指令本 G 代码。例如在如下程序段中就无法运行；
 - 指令了 G43/G44 的程序段；
 - 在 G43/G44 方式中且指令了 H 代码的程序段；
 - 在 G43/G44 方式中且指令了 G49 的程序段；
 - 在 G43/G44 方式中通过 G28，G53 等暂时取消补偿矢量的状态下，且该矢量恢复的程序段；

此外，通过 G92 指令设定工件坐标系时，在其之前的程序段停止，不可改变通过 MDI 等选择的刀具长度补偿量。

举例

使用 G92 编程，建立如下图所示的工件坐标系。

```
G92 X30.0 Y30.0 Z20.0
```



8.2.2 工件坐标系选择 (G54~G59)

操作者可以选用下面已设定的工件坐标系：

- (1) 用 G92 指令设定的工件坐标系，建立好工件坐标系后，指定的绝对指令，就成为该坐标系中的位置；
- (2) 选择 G54~G59 这几个标准工件坐标系；
- (3) 对铣床和加工中心来说，选择 G54.X 这 60 个扩展工件坐标系；
- (4) 对车床来说，在绝对刀偏方式下，可以通过 T 指令来选择工件坐标系，具体方法请参见 10.1 节刀具偏置部分内容。

举例

```
%1234
```

```
G54
```

```
G90 G00 X100 Y100 Z50 ;定位到 G54 坐标系下 X=100 Y=100 Z=50 的位置
```

```
M30
```

8.2.3 改变工件坐标系 (G10)

通过改变一个外部工件原点偏置量或工件原点偏置量，可以改变以下工件坐标系设定的工件坐标系

- (1) G54~G59 设定的工件坐标系
 - 利用 HMI 界面坐标系设置的方法（请参见操作部分相关章节）；
 - 用工件坐标系选择 G 代码指令直接设定工件坐标系；
 - 使用可编程数据输入 G10 指令更改坐标系原点值（具体细节请参见第 15 章可编程数据输入）；
- (2) 铣床扩展坐标系 G54.X 设定的工件坐标系
 - 利用 HMI 界面坐标系设置的方法（请参见操作部分相关章节）；
 - 用工件坐标系选择 G 代码指令直接设定工件坐标系；
 - 使用可编程数据输入 G10 指令更改坐标系原点值（具体细节请参见第 15 章可编程数据输入）；

(3) 车床绝对刀偏设定的工件坐标系

- 利用 HMI 界面坐标系设置的方法（请参见操作部分相关章节）；
- 用工件坐标系选择 G 代码指令直接设定工件坐标系。

8.2.4 扩展工件坐标系选择（G54.x）

除了 G54~G59 指定的六个工件坐标系供用户选择外，铣床系统还提供扩展工件坐标系供用户选择。

系统提供 60 个扩展工件坐标系供用户选择。

格式

G54.n、G54.1Pn、G54Pn 选择 n 号扩展工件坐标系

参数	含义
n	指定扩展工件坐标系编号，范围是 1~60，共 60 个。

举例

%1234

G54.18 ;或者 G54.1P18、G54P18

G90 G00 X100 Y100 Z50 ; 定位到第 18 个扩展坐标系下 X=100 Y=100 Z=50 的位置

M30

8.3 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。

格式

G52 IP_n; 设定局部坐标系

.....

G52 IP 0; 取消局部坐标系

参数	含义
IP	指定局部坐标系的原点

说明

使用 **G52 IP_n;** 指令，可在所有的工件坐标系内设定局部坐标系。各自的局部坐标系的原点，成为各自的工件坐标系中的 IP_n 的位置。

一旦设定了局部坐标系，之后指定的轴的移动指令为局部坐标系下的坐标；

如果要取消局部坐标系或在工件坐标系中指定坐标值时，将局部坐标系原点和工件坐标系原点重合。

举例

%1234

G55 ;选择 G55，假设 G55 在机床坐标系中的坐标为 (10, 20)

G1 X10Y10F1000 ;移至机床坐标系 (20, 30)

G52 X30Y30 ;在所在工件坐标系 G55 的基础上建立局部坐标系，局部坐标系原点为 (30, 30)

G1 X0Y0 ;移至局部坐标系原点，(当前机床坐标系位置为(40, 50))

G52 X0Y0 ;取消局部坐标系设定，系统恢复到 G55 坐标系

G1 X10Y10 ;移至机床坐标系 (20, 30)

M30

注意

如果局部坐标系未取消，工件坐标系变化，局部坐标系仍然有效。

举例

%1234

G54 ;选择 G54, 假设 G54 在机床坐标系中的坐标为 (10,10,10)

G0X0Y0Z0 ;移至机床坐标系 (10,10,10)

G52X20Y20Z20 ;在所在工件坐标系 G54 的基础上建立局部坐标系,
局部坐标系原点为 (20,20,20)

G0X0Y0Z0 ; 移至机床坐标系 (30,30,30)

G55 ;选择 G55, 假设 G55 在机床坐标系中的坐标为(12,12,12)

G0X0Y0Z0 ;移至机床坐标系 (32,32,32) , 局部坐标系仍然有效

G52X0Y0Z0 ;取消局部坐标系设定, 系统恢复到 G55 坐标系

G0X0Y0Z0 ;移至机床坐标系 (12,12,12) , 局部坐标系仍然有效

M30

8.4 坐标平面选择 (G17, G18, G19)

坐标平面选择 G17/18/19 指令用于圆弧插补、刀具半径补偿 (M)、旋转变换 (M) 等操作中加工平面选择。

说明

G 代码	平面
G17	XY 平面
G18	ZX 平面
G19	YZ 平面

注意

G17、G18、G19 为模态功能，可相互注销。

移动指令与平面选择无关。例如指令 G17 G01 Z10 时，Z 轴仍然会移动。

9 坐标值与尺寸单位

本章包含以下内容：

9.1 绝对指令和增量指令

9.2 尺寸单位选择

9.3 极坐标编程 (M)

9.4 直径与半径编程 (T)

9.1 绝对指令和增量指令（G90，G91）

指定刀具移动有两种方法：绝对指令和增量指令。

- 绝对指令是对刀具移动的终点位置的坐标值进行编程的方法。
- 增量指令是对刀具的移动量进行编程的方法。

格式

- M 系列：

绝对指令 G90 IP_n；

增量指令 G91 IP_n；

- T 系列（两种格式）：

第一种：绝对指令 G90 IP_n；

增量指令 G91 IP_n；

第二种：UVW 指令增量编程

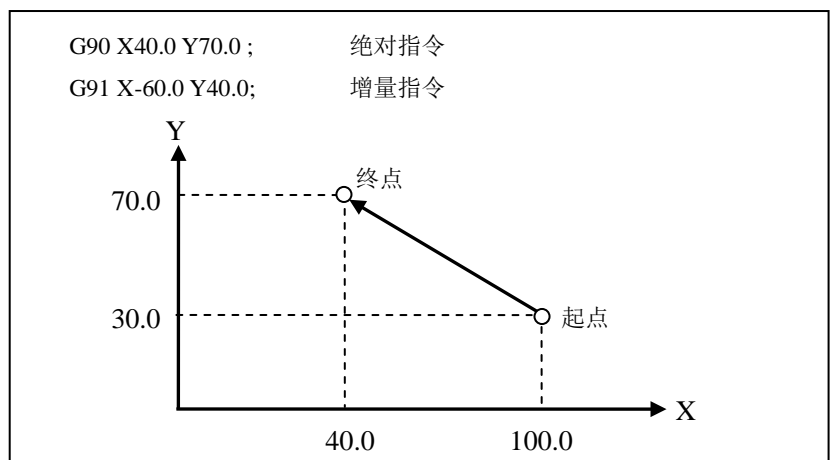
当 UVW 没有被配置为坐标轴，通道参数【UVW 增量编程使能】(040033) 使能指定为 1 时，UVW 分别表示 XYZ 的增量值

说明

选择合适的编程方式可使编程简化。当图纸尺寸由一个固定基准点给定时，采用绝对方式编程较为方便；而当图纸尺寸是以轮廓顶点之间的间距给出时，采用增量方式编程较为方便。

举例

- M 系列

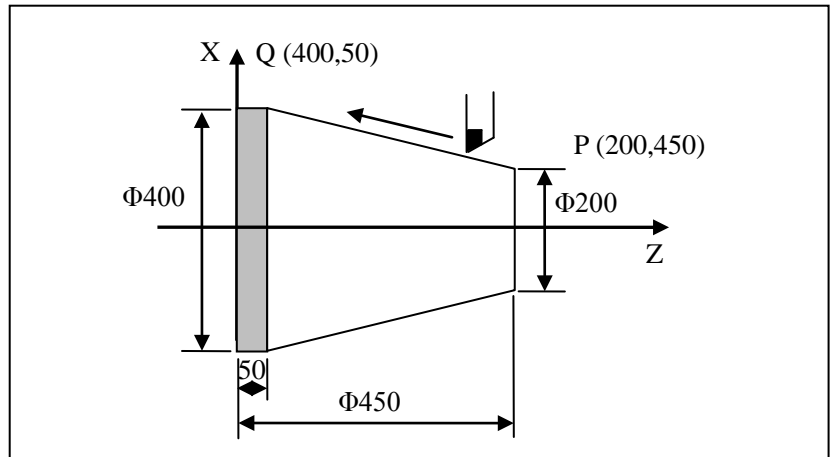


➤ T 系列

刀具从 P 移动到 Q (X 轴为直径值的指令)

绝对指令: G90X400Z50

增量指令: G91X200Z-400 或 U200W-400



9.2 尺寸单位选择（G20，G21）

用户可以通过 G20、G21 选择 G 代码中输入尺寸的单位。

格式

G20	英制输入模式
G21	公制输入模式

说明

G 代码	线性轴	旋转轴
英制输入（G20）	inch（英寸）	deg（度）
公制输入（G21）	mm（毫米）	deg（度）

注意

- (1) G20、G21 为模态功能，可相互注销，G21 为上电缺省值；
- (2) G 代码中输入数据的单位与 HMI 界面显示数据单位没有任何关联。G20/21 只是用来选择加工 G 代码中输入数据的单位，而不能改变 HMI 界面上显示的数据单位。NC 参数中【英制/公制显示选择】(000025) 用来设置界面显示坐标的数据单位。

举例

%0007

G54

G01 x10y10z10

G20

x2y2z2

M30

9.3 极坐标编程 (M) (G16, G15)

编制加工零件 G 代码中, 在某些场合下采用在半径和角度的极坐标上输入终点坐标值的编程方法更加方便和快捷。

从指定极坐标指令的平面的第一轴的正方向, 沿逆时针方向的角度为正, 沿顺时针方向的角度为负。

在绝对指令/增量指令 (G90、G91) 下都可以指定半径和角度。

格式

指定极坐标所在平面	G17	XY 平面: X 轴指定极半径, Y 轴指定极角度
	G18	ZX 平面: Z 轴指定极半径, X 轴指定极角度
	G19	YZ 平面: Y 轴指定极半径, Z 轴指定极角度
指定极坐标系原点	G90	指定工件坐标系零点为极坐标系原点, 从该点测量半径
	G91	指定当前位置作为极坐标系原点, 从该点测量半径
G16	极坐标编程指令开始	
G15	极坐标编程指令结束	

极坐标系原点设置

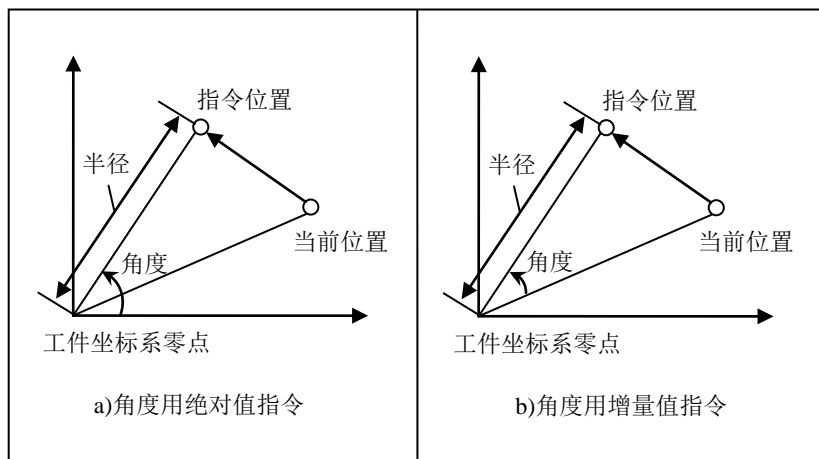
设置极坐标系原点有两种方法:

- (1) 设定当前工件坐标系零点作为极坐标系原点;

以绝对值指定半径值。

工件坐标系的原点为极坐标的原点。

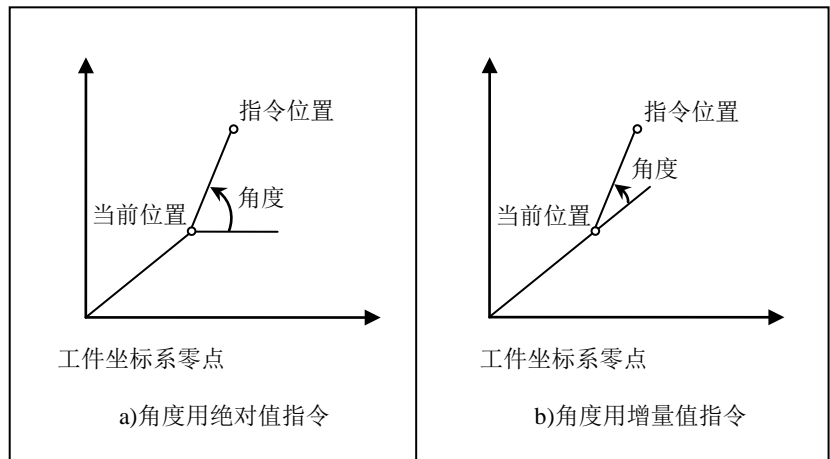
在使用局部坐标系 (G52) 时, 局部坐标系的原点为极坐标的原点



(2) 设定当前位置作为极坐标系原点。

以增量值指定半径值。

当前位置被设为极坐标的原点。



注意

(1) 有关伴有如下指令的轴指令，不会被视为极坐标指令：

- 暂停 G04
- 可编程数据输入 G10
- 局部坐标系 G52
- 工件坐标系变更 G92
- 机械坐标系选择 G53
- 坐标旋转 G68
- 比例缩放 G51

(2) 在极坐标方式下，不能指定任意角度的角度/拐角 R；

(3) 在极坐标方式下，不能使用固定循环 G 代码指令；

(4) 对于极坐标编程，用绝对方式指定半径，设置工件原点为极坐标原点；用增量方式指定半径，设置当前位置为极坐标原点。但是指令中只指定角度时，无论是绝对方式还是增量方式，都将工件原点设为极坐标原点。

举例

(1) 半径值和角度为绝对指令时

%1000;

G54

G00 X0Y0Z0

G17 G90 G16;

G01 X100.0 Y30.0F1500

Y150.0;

Y270.0;

G15

M30

(2) 半径值为绝对指令而角度为增量指令时

%1000

G54

G00 X0Y0Z0

G17 G90 G16;

G01 X100.0 Y30.0F1500

G91Y120.0;

Y120.0;

G15

M30

9.4 直径与半径编程 (T) (G36, G37)

格式

G36; 直径编程方式

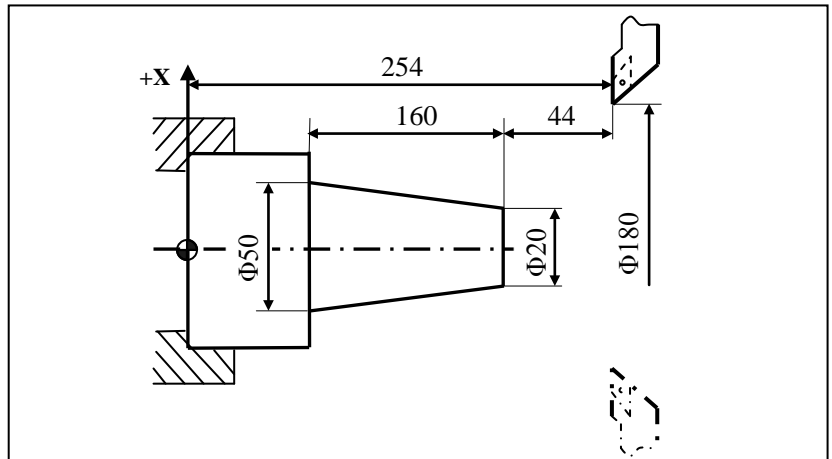
G37; 半径编程方式

说明

数控车床的工件外形通常是旋转体，其 X 轴尺寸可以用两种方式加以指定：直径方式和半径方式。G36 为缺省值，机床出厂一般设为直径编程。

- 注意**
- (1) Z 轴指令输入与直、半径编程无关；
 - (2) 当指定 G02、G03 时参数 R、I、K 为半径值指定；
 - (3) 单一固定循环中使用的 X 轴的进刀量等的参数 R 为半径值指定；
 - (4) 对于车床或车削中心系统默认是 G36，即是直径编程；
 - (5) 轴向进给速度以半径的变化指定；

举例



直径编程方式:	半径编程方式:
%3341	%3342
N1 G92 X180 Z254	N1 G92 X90 Z254
N2 G36 G01 X20 W-44	N2 G37 G01 X10 W-44
N3 U30 Z50	N3 U15 Z50
N4 G00 X180 Z254	N4 G00 X90 Z254
N5 M30	N5 M30

10 刀具补偿功能

本章包含以下内容：

10.1 刀具偏置 (T)

10.2 刀尖半径补偿 (T)

10.3 刀具半径补偿 (M) 概要说明

10.4 刀具半径补偿 (M) 详细说明

10.5 刀具长度补偿 (M)

10.1 刀具偏置 (T)

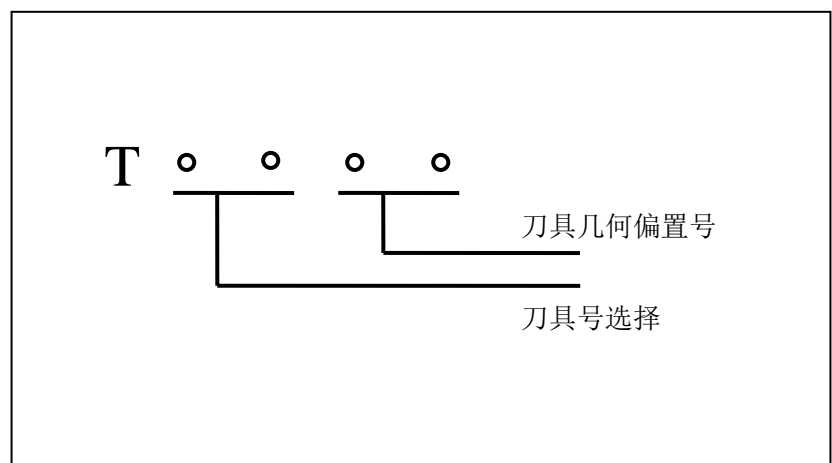
车床编程轨迹实际上是刀尖的运动轨迹，但实际中不同的刀具的几何尺寸、安装位置各不相同，其刀尖点相对于刀架中心的位置也就不同。因此需要将各刀具刀尖点的位置值进行测量设定，以便系统在加工时对刀具偏值进行补偿。从而在编程时不用考虑因刀具的形状和安装的位置差异，而导致的刀尖位置不一致，以简化编程的工作量。

刀具使用一段时间后磨损，也会使产品尺寸产生误差，因此需要对其进行补偿。该补偿与刀具偏置补偿存放在同一个寄存器的地址号中。各刀的磨损补偿只对该刀有效（包括标刀）。

10.1.1 刀具偏置的 T 代码

刀具的补偿功能由 T 代码指定，其后的 4 位数字分别表示选择的刀具号和刀具偏置补偿号（详细说明请参见本书 4.3 节）。

T 代码的说明如下：



刀具偏置号是刀具偏置补偿寄存器的地址号，该寄存器存放刀具的 X 轴和 Z 轴偏置补偿值、刀具的 X 轴和 Z 轴磨损补偿值。

T 加补偿号表示开始偏置功能。偏置号为 00 表示偏置量为 0，即取消偏置功能。

刀具几何偏置号可以和刀具号相同，也可以不同，即一把刀具可以对应多个偏置号（值）。

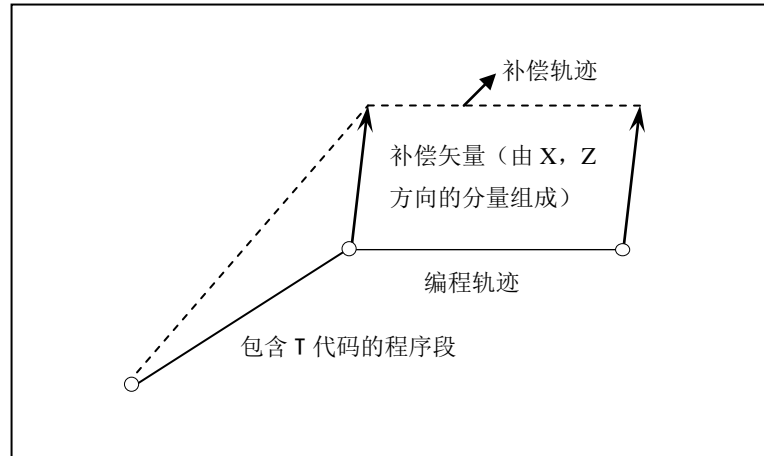
举例

N1 G00X100Z140

N2T0313(选择 3 号刀和 13 号刀偏值)

N3X200Z150

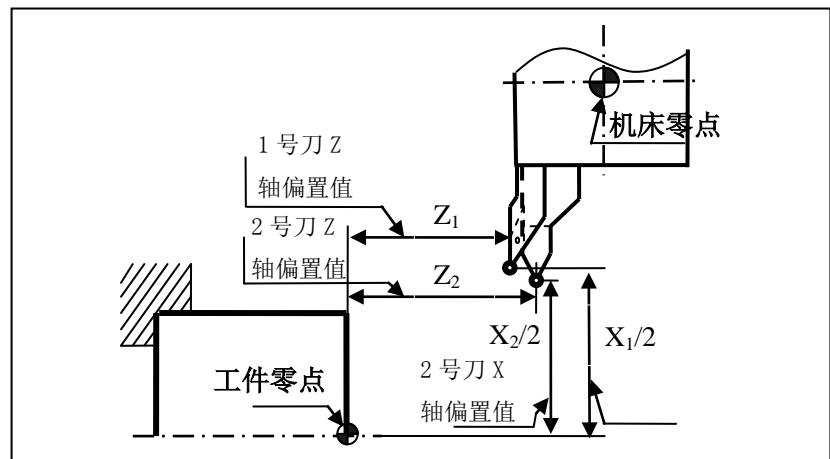
如下图所示,如果刀具轨迹相对编程轨迹具有 X、Z 方向上补偿值(由 X, Z 方向上的补偿分量构成的矢量称为补偿矢量),那么程序段中的终点位置加或减去由 T 代码指定的补偿量(补偿矢量)即为刀具轨迹段终点位置。



10.1.2 刀具偏置补偿和刀具磨损补偿

车床编程轨迹实际上是刀尖的运动轨迹,但实际中不同的刀具的几何尺寸、安装位置各不相同,其刀尖点相对于刀架中心的位置也就不同。因此需要将各刀具刀尖点的位置值进行测量设定,以便系统在加工时对刀具偏置值进行补偿。从而在编程是不用考虑因刀具的形状和安装的位置差异,而导致的刀尖位置不一致,以简化编程的工作量。

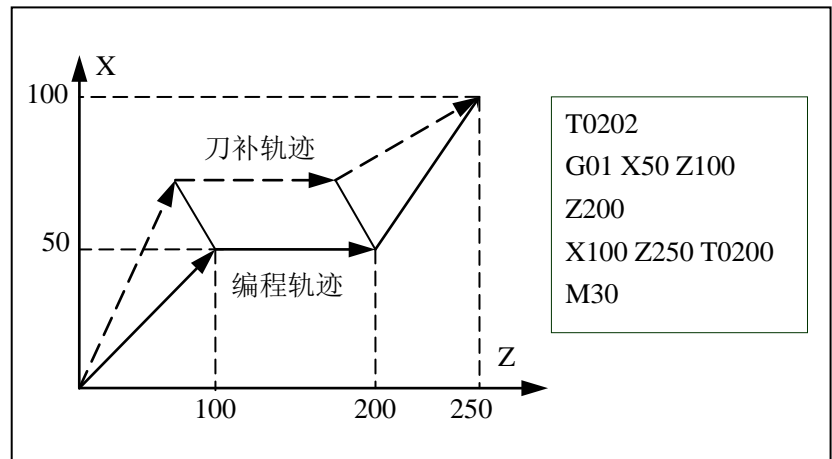
绝对补偿方式



绝对刀偏即机床回到机床零点时，工件零点相对于刀架工作位上各刀刀尖位置的有向距离。当执行刀偏补偿时，各刀以此值设定各自的加工坐标系。故此，虽刀架在机床零点时，各刀由于几何尺寸不一致。各刀刀位点相对工件零点的距离不同，但各自建立的坐标系均与工件坐标系（编程）重合。

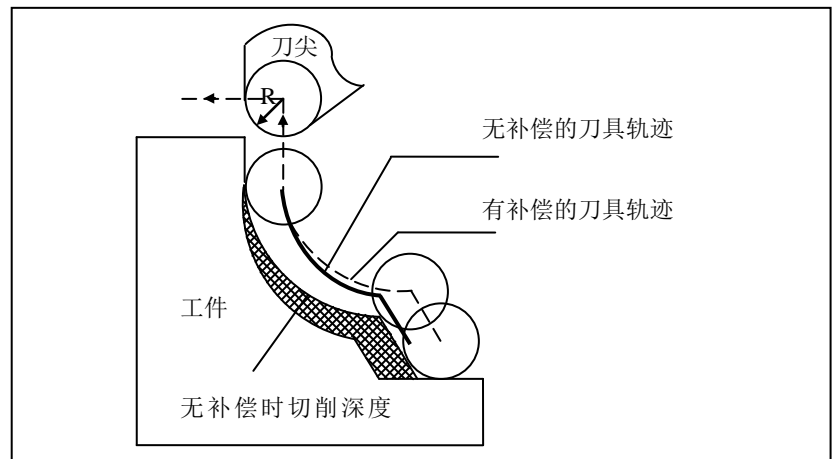
举例

如下图，先建立刀具偏置磨损补偿，后取消刀具偏置磨损补偿。



10.2 刀尖半径补偿 (T) (G40, G41, G42)

数控程序一般是针对刀具上的某一点即刀位点，按工件轮廓尺寸编制的。车刀的刀位点一般为理想状态下的假想刀尖 A 点或刀尖圆弧圆心 O 点。但实际加工中的车刀，由于工艺或其他要求，刀尖往往不是一理想点，而是一段圆弧。当切削加工时刀具切削点在刀尖圆弧上变动；造成实际切削点与刀位点之间的位置有偏差，故造成过切或少切。这种由于刀尖不是一个理想点而是一段圆弧，造成的加工误差，可用刀尖圆弧半径补偿功能来消除。



注意

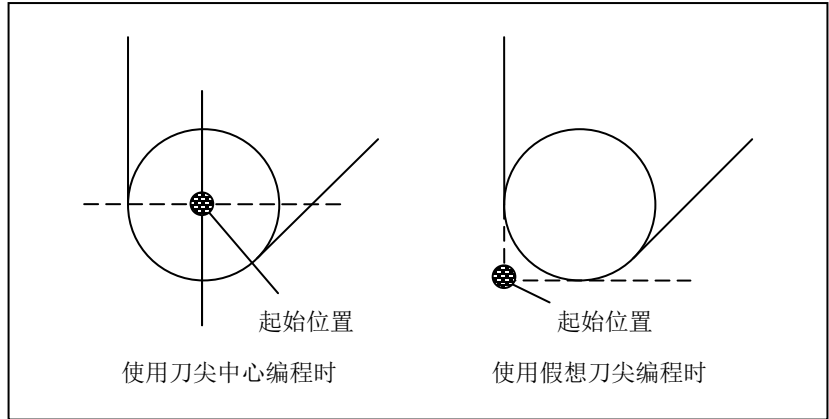
半径补偿不支持中断式指令如 G31。

10.2.1 假想刀尖

在下图中，在位置 A 的刀尖实际上并不存在。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得多，因而需要假想刀尖（注）。

当使用假想刀尖时，程编中不需要考虑刀尖半径。

当刀具设定在起始位置时，位置关系如下图所示。



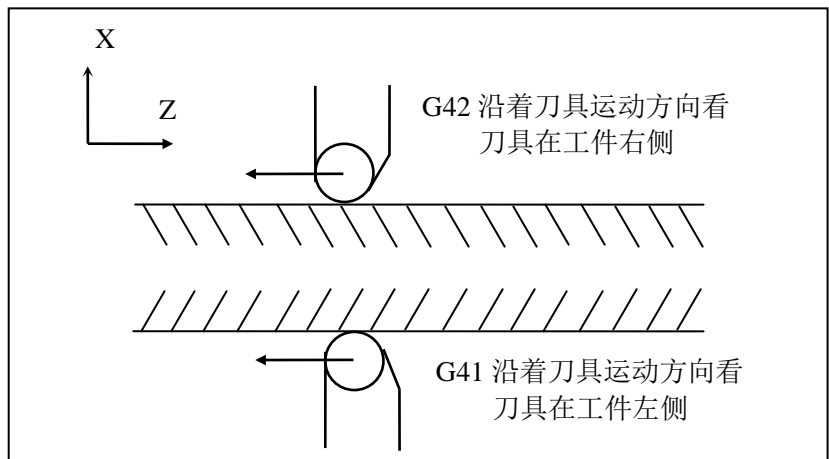
说明

刀尖圆弧半径补偿是通过 G41、G42、G40 代码及 T 代码指定的刀尖圆弧半径补偿号，加入或取消半径补偿。

格式

G 代码	工件位置	刀具轨迹
G40	取消刀尖半径补偿	沿刀具轨迹移动
G41	左刀补	在刀具前进方向左侧补偿
G42	右刀补	在刀具前进方向右侧补偿

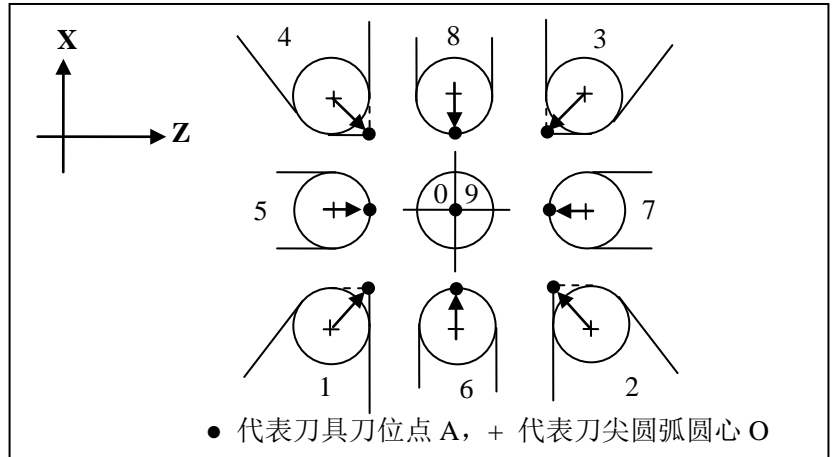
如下图：



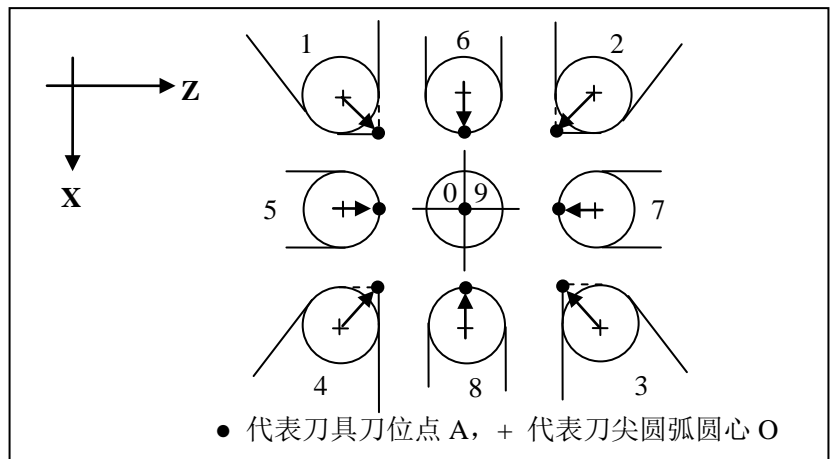
10.2.2 刀尖方位定义

车刀刀尖的方向号定义了刀具刀位点与刀尖圆弧中心的位置关系，其从 0~9 有十个方向，如下图所示。

后刀架



前刀架



注意

- (1) G40、G41、G42 都是模态代码，可相互注销；
- (2) G41/G42 不带参数，其补偿号（代表所用刀具对应的刀尖半径补偿值）由 T 代码指定。其刀尖圆弧补偿号与刀具偏置补偿号对应；
- (3) 刀尖半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01 指令，不得是 G02 或 G03。

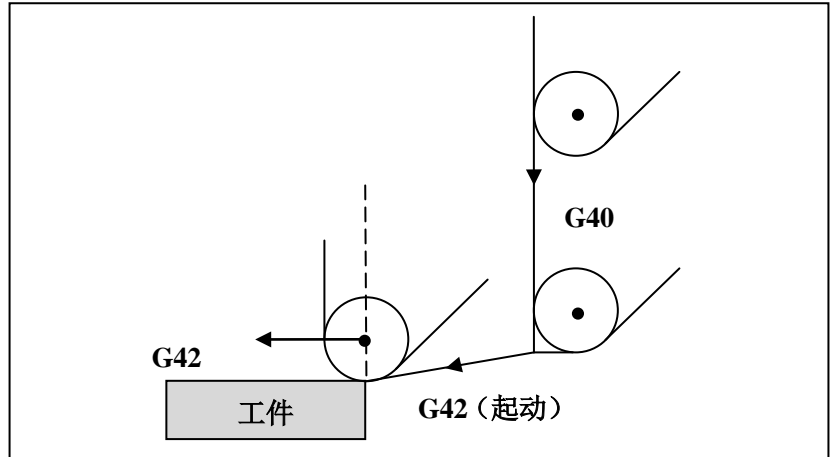
起刀

从G40方式变为G41或G42方式的程序段叫做起刀程序段。

G40_;

G41_; (起刀程序段)

在起刀程序段中执行刀具偏置过渡运动。在起刀段的下一个程序段的起点位置，刀尖中心定位于程编轨迹的垂线上。



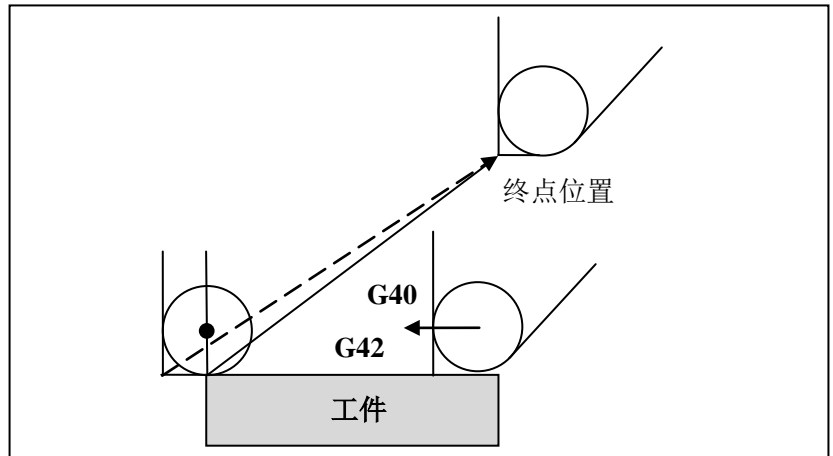
偏置取消

由G41或G42方式变为G40方式的那个程序段叫做偏置取消程序段。

G41_;

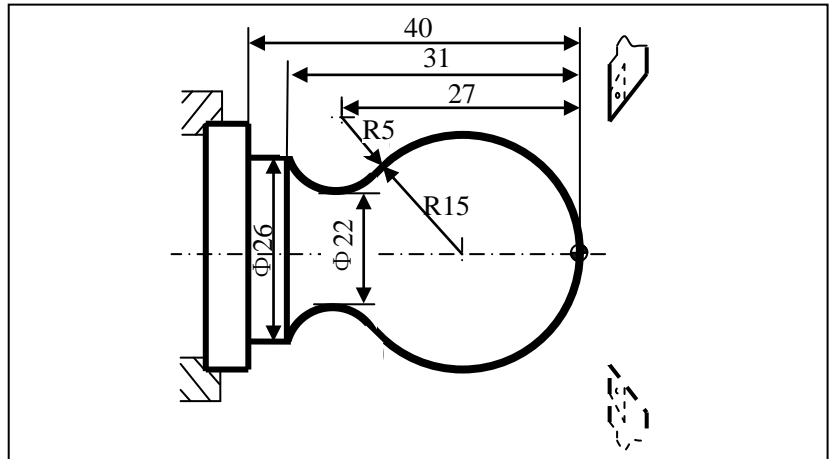
G40_; (偏置取消程序段)

在取消程序段之前的程序段中刀尖中心运动到垂直于程编轨迹的位置。刀具定位于偏置取消程序段(G40)的终点位置如下图所示。



举例

考虑刀尖半径补偿，编制如下图所示零件的加工程序。



```
%3323
```

```

N1 T0101          (换一号刀，确定其坐标系)
N2 M03 S400      (主轴以 400r/min 正转)
N3 G00 X40 Z5    (到程序起点位置)
N4 G00 X0        (刀具移到工件中心)
N5 G01 G42 Z0 F60 (加入刀具圆弧半径补偿，工进接触工件)
N6 G03 U24 W-24 R15 (加工 R15 圆弧段)
N7 G02 X26 Z-31 R5 (加工 R5 圆弧段)
N8 G01 Z-40      (加工 Φ26 外圆)
N9 G00 X30       (退出已加工表面)
N10 G40 X40 Z5   (取消半径补偿，返回程序起点位置)
N11 M30          (主轴停、主程序结束并复位)

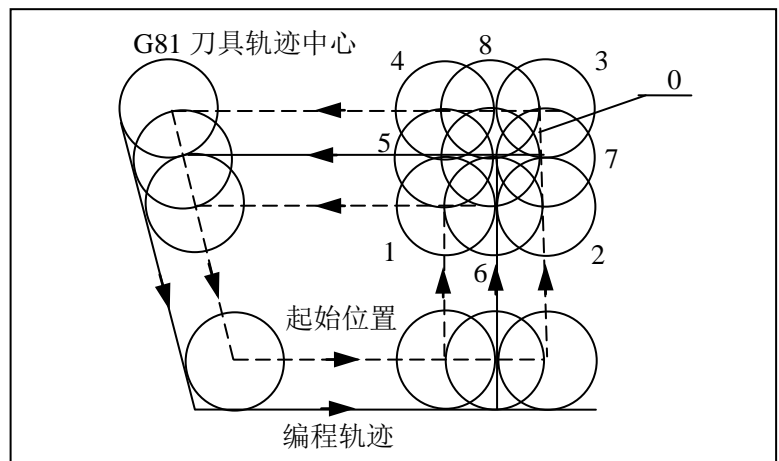
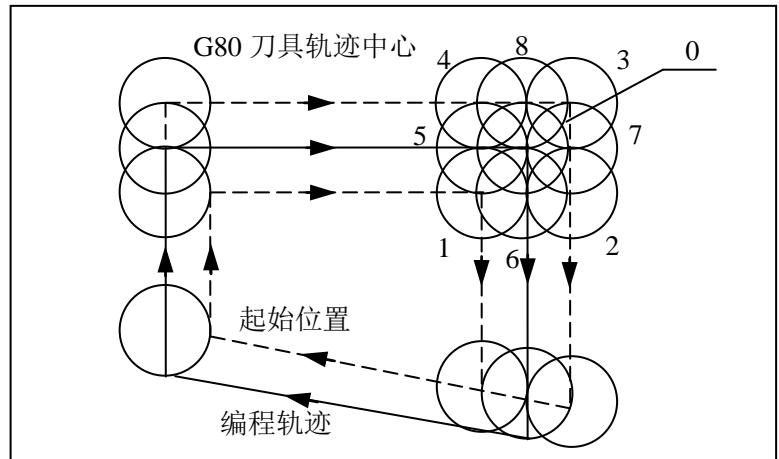
```

10.2.3 刀尖半径补偿的使用

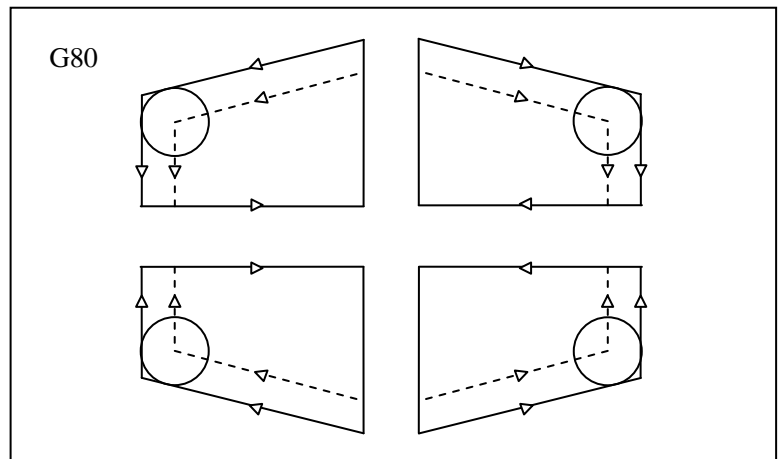
内径/外径切削循环（G80）或端面切削循环（G81）的刀尖半径补偿

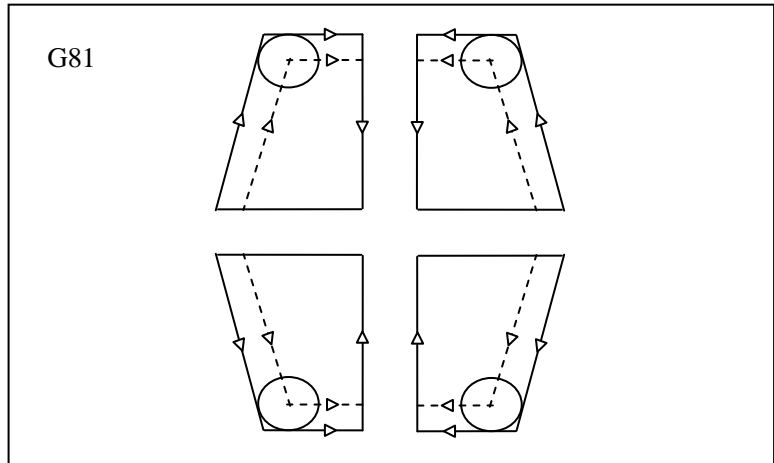
(1) 假想刀具方向上运动轨迹

刀具轨迹方向通常是平行与编程轨迹的。图中标示了 9 种刀尖方向情况下使用刀尖半径补偿的刀具轨迹与编程轨迹。



(2) 偏置的方向





切削循环的刀尖半径补偿

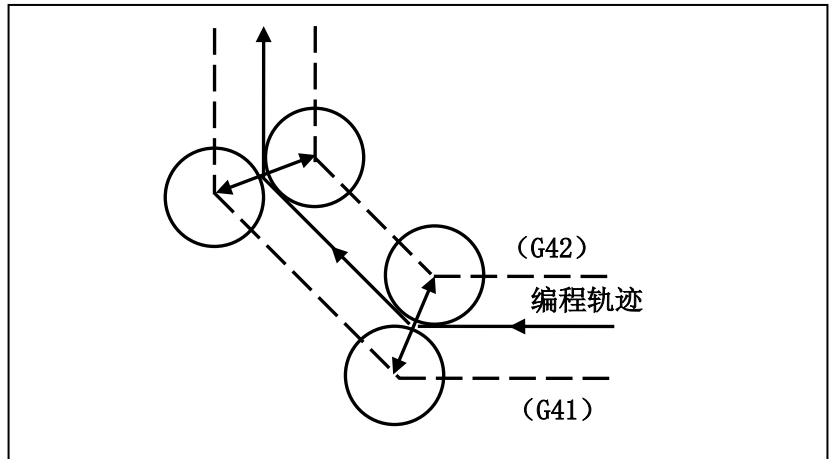
当指定以下循环切削时，刀具将偏移一个刀尖半径补偿矢量，在循环过程中不进行交点计算。

注意：半径补偿的建立和取消必须在复合循环的 P/Q 段之间。

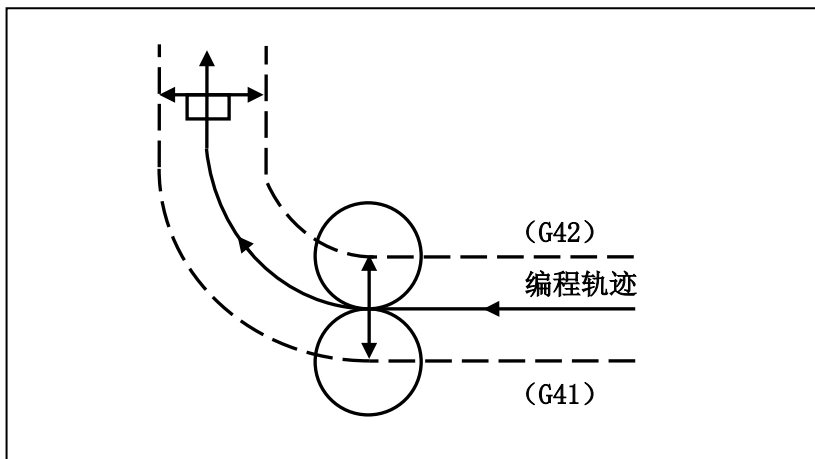
- G71 内（外）径粗车复合循环
- G72 端面粗车复合循环
- G73 闭环车削复合循环

倒角时的刀尖半径补偿

补偿运动如下：



拐角圆弧时的刀尖半径补偿



10.3 刀具半径补偿 (M) (G40, G41, G42) 概要说明

注意

半径补偿不支持中断式指令如 G31。

在 G41/G42 到 G40 中间的程序段中，G0 自动转为 G01。

10.3.1 铣床刀具半径补偿

通常在编程时只是对刀具中心轨迹进行编程（即将刀具半径假设为 0），而进行实际加工时，由于刀具半径不为 0 的影响，需要将刀心轨迹进行一定的偏置（偏置距离等于刀具半径，偏置方向可为左偏置或右偏置，视具体工件编程而定），此时需要用到刀具半径补偿功能。

格式

G17 (或 G18/G19) G41 (或 G42) G00 (或 G01) IP_ D_;

注意

- (1) 刀具半径补偿不支持变半径；
- (2) 刀具半径补偿中不支持改变 G41/G42 状态；

建立刀补

G17/G18/G19: 指定补偿平面，分别为 XY、YZ、ZX 平面。

G41/G42: 刀具半径补偿有效。G41: 左刀补；G42: 右刀补。

D: 指定刀具半径的补偿号

刀具半径补偿取消

G40 IP_;

G40: 刀具半径补偿取消（G40、G41、G42 都是模态代码，可相互注销）；

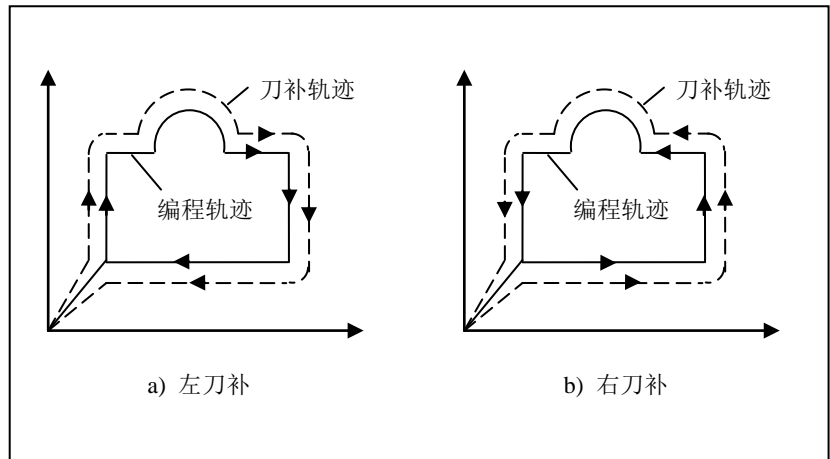
IP_: 轴移动的指令值；

偏置方向

刀具半径补偿功能由 G41 或 G42 指定：

G41: 向刀具移动方向的左侧进行偏置（如下图 a 所示）。

G42: 向刀具移动方向的右侧进行偏置（如下图 b 所示）。



10.3.2 刀补建立与取消

通过 G00 或 G01 指令来建立或取消半径补偿。

如果指定圆弧插补 (G02、G03) 来建立或取消刀补，将发生报警。

10.3.3 刀具半径补偿量的指定

利用 D 代码，通过指定刀具半径补偿量的编号，指定刀具半径补偿量。

在另一 D 代码被指定之前，D 代码一直有效。

注意

刀具半径补偿量的改变通常在取消方式下换刀时进行。

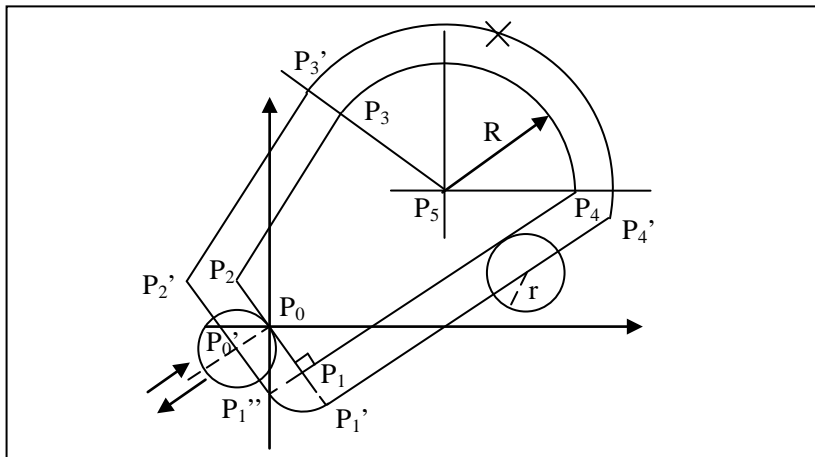
10.3.4 平面选择和矢量

偏置计算在 G17、G18、G19 确定的平面上进行。进行偏置计算的平面成为偏置平面。

偏置平面外的轴上的坐标值，不受偏置的影响，变成指令值按原样使用。在同时 3 轴控制中，刀具以投射在偏置平面上的形状被偏置的方式移动。

在偏置取消方式下切换偏置平面。如果在偏置方式中切换平面，则会有报警（刀具半径补偿中不可以切换坐标平面）发出，刀具停止。

举例



%0504

N01 G92 X0 Y0

N02 G0 X-40 Y-26.66

N03 G90 G41 G0 X0 Y0 D3

N04 G1 X-20 Y30 F2000

N05 G1 X43.135529 Y156.271057

N06 G2 X175.554 Y73.70 R80

N07 G1 X20 Y-30

N08 G1 X0 Y0

N09 G40 G0 X-40 Y-26.66

N10 M30

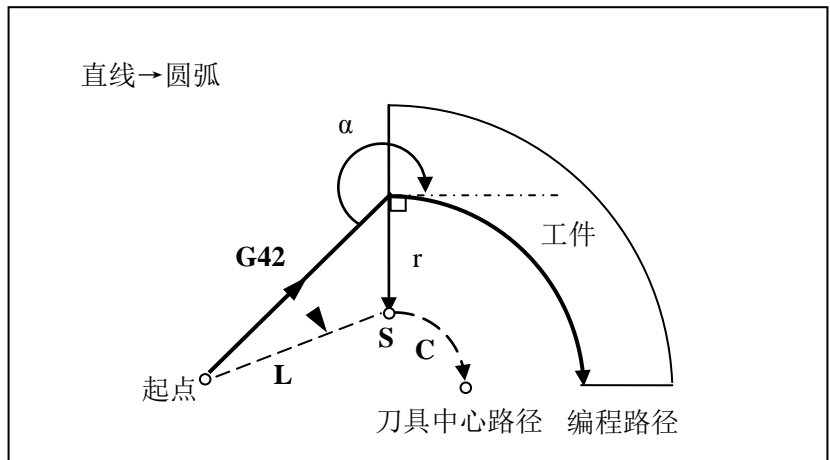
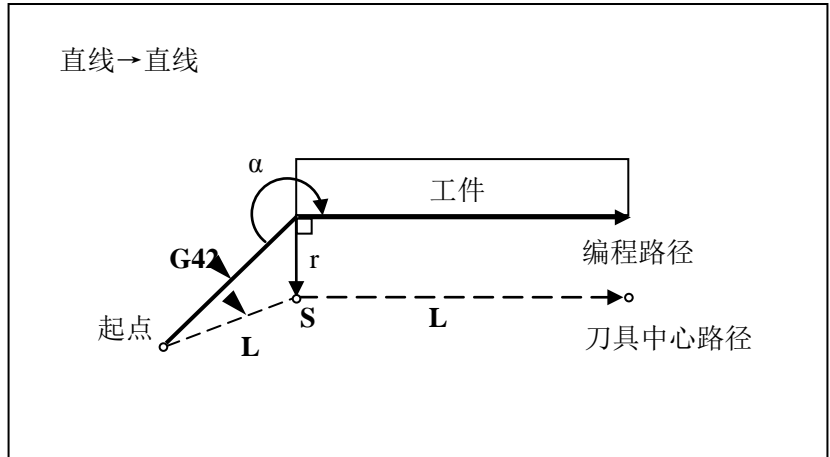
10.4 刀具半径补偿 (M) (G40, G41, G42) 详细说明

10.4.1 起刀时的刀具移动

下面说明从偏置取消方式进入偏置方式时的刀具移动。

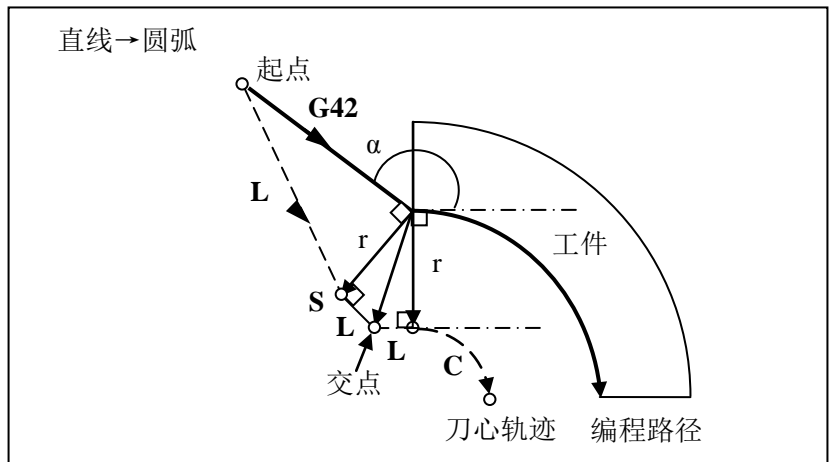
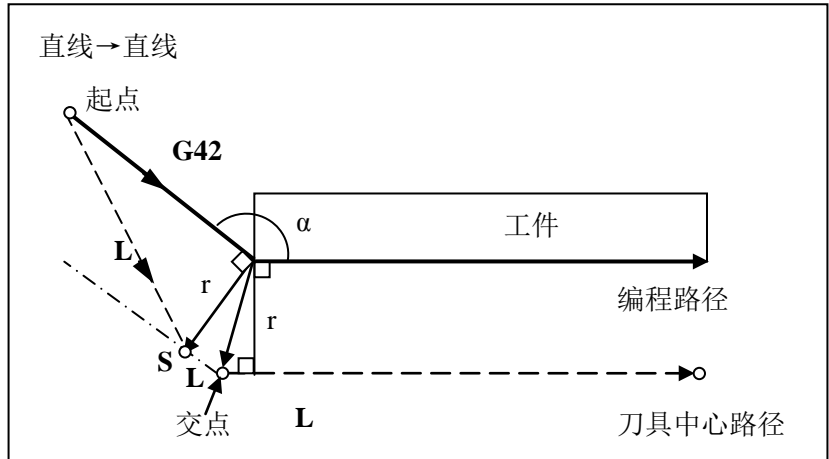
刀具绕拐角内侧移动

($\alpha \geq 180^\circ$)



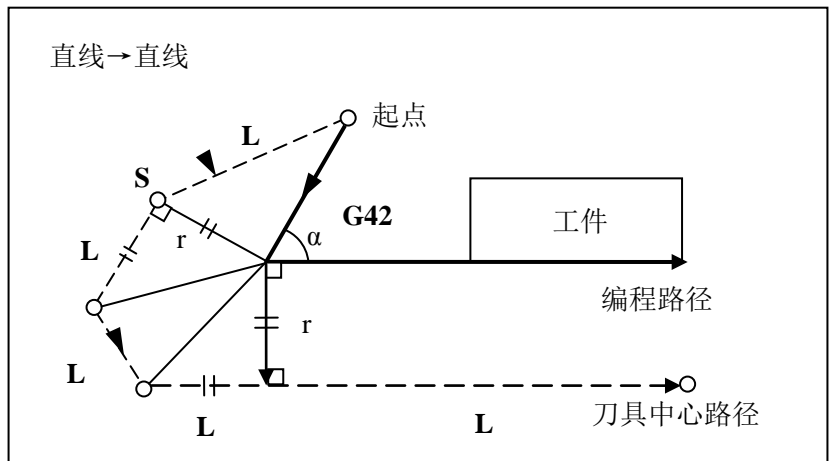
刀具绕拐角外侧移动

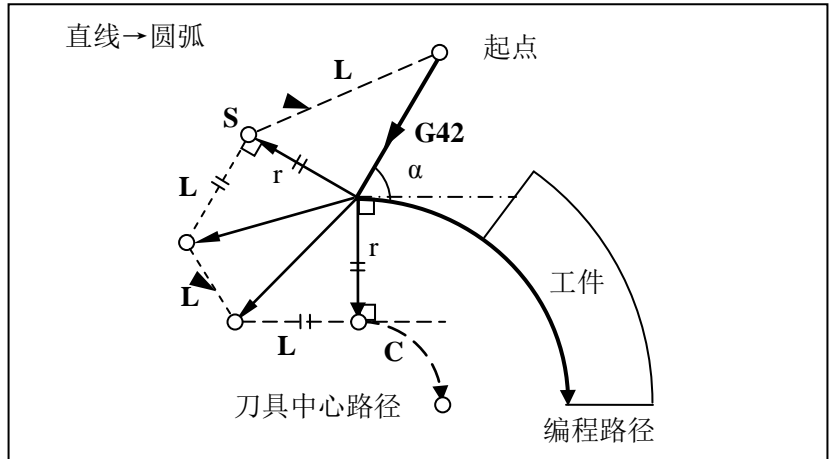
($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$)



刀具绕拐角外侧移动

($\alpha < 90^\circ$)

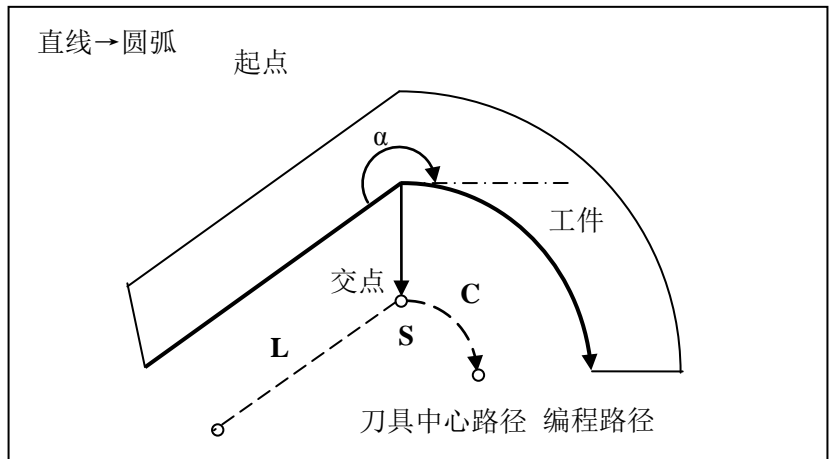
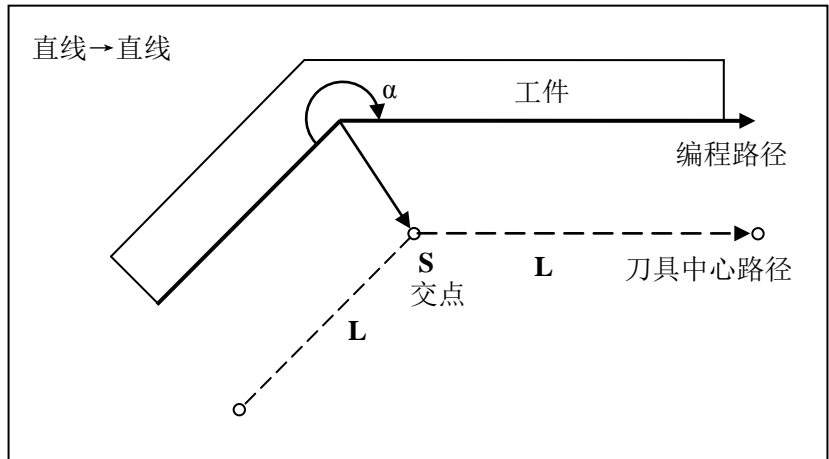


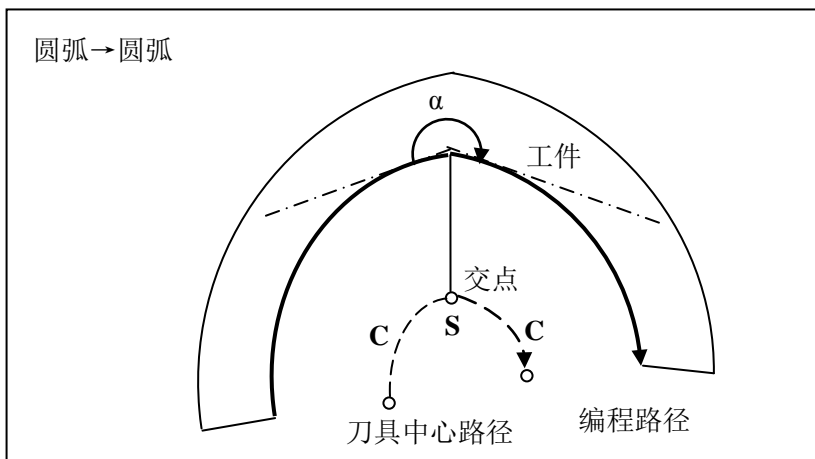
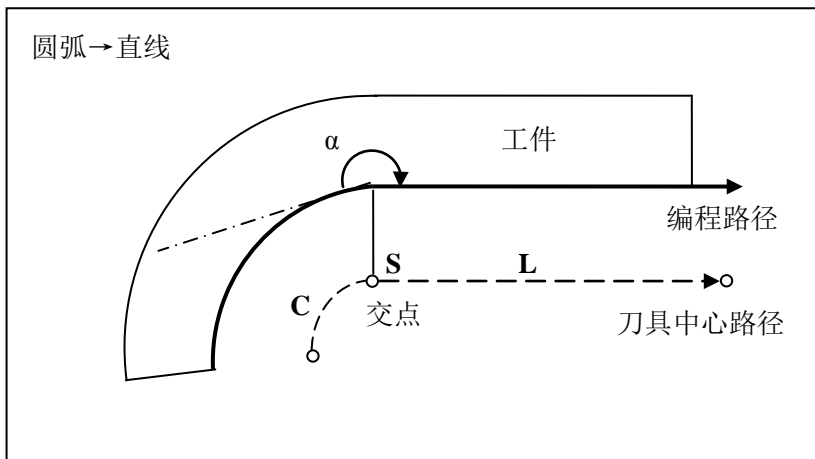


10.4.2 偏置方式下的刀具移动

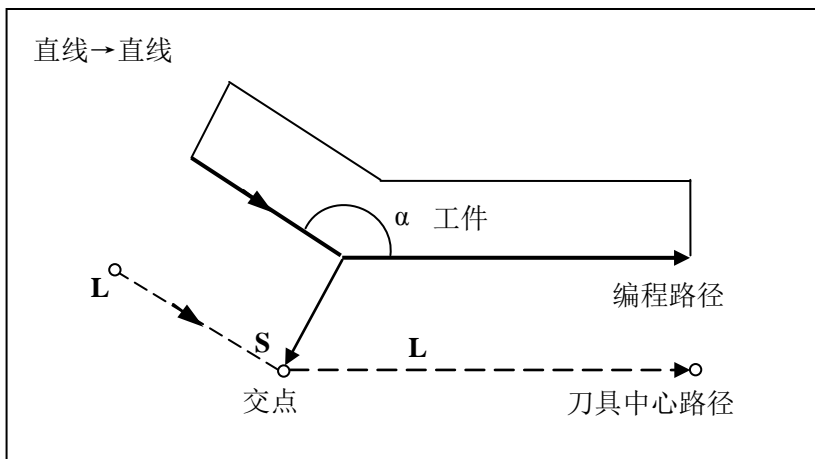
刀具绕拐角内侧移动

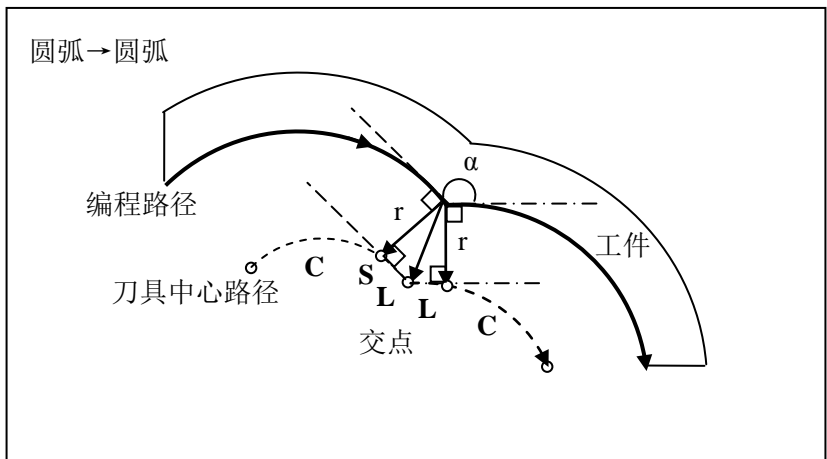
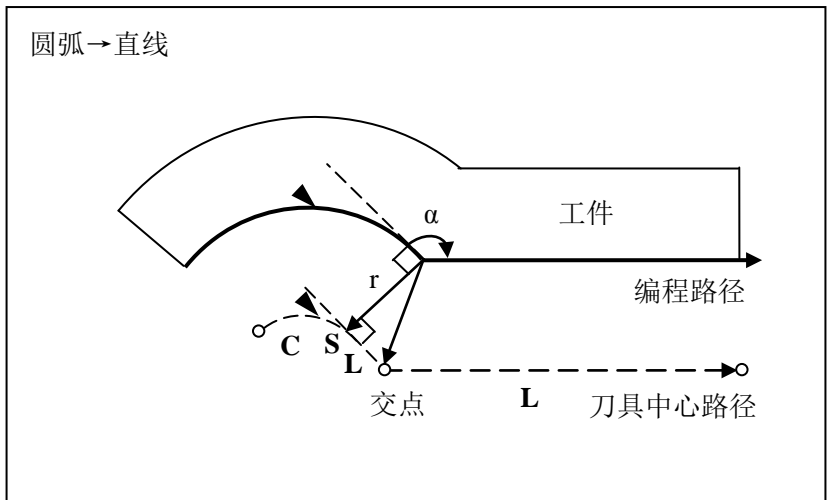
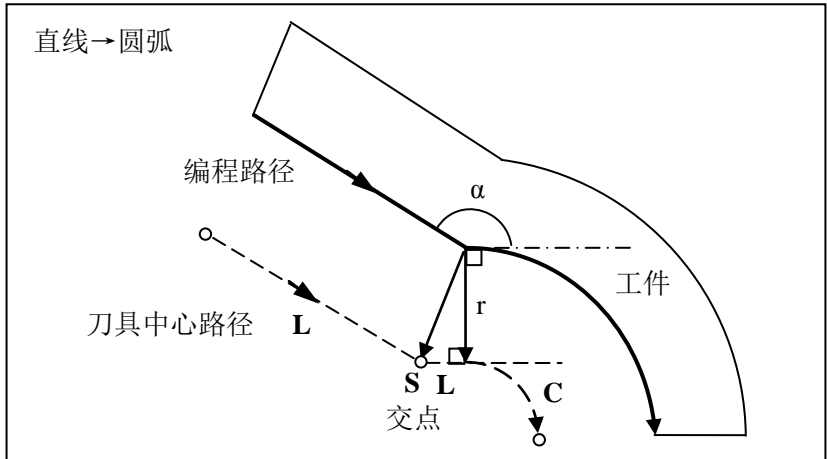
($\alpha \geq 180^\circ$)





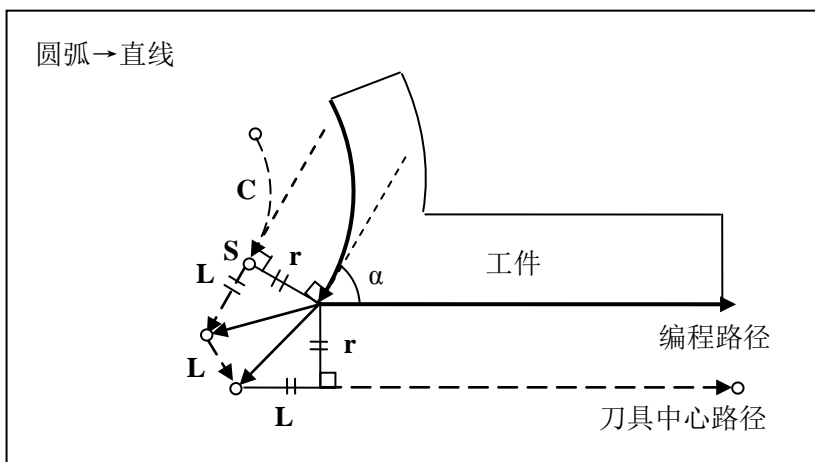
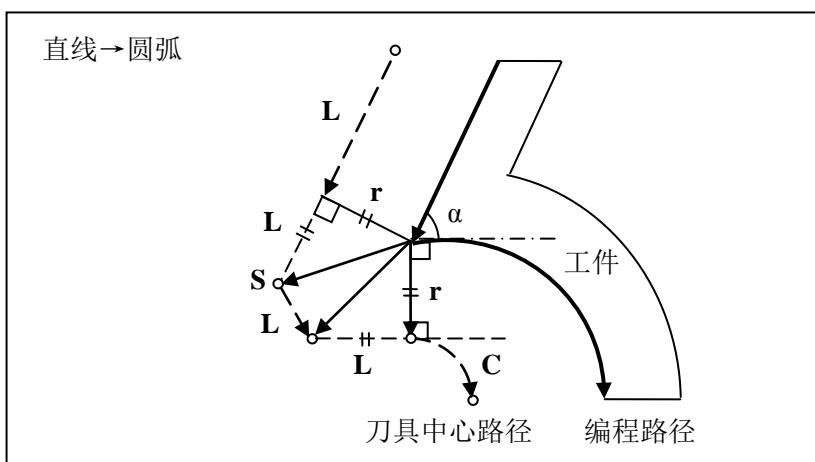
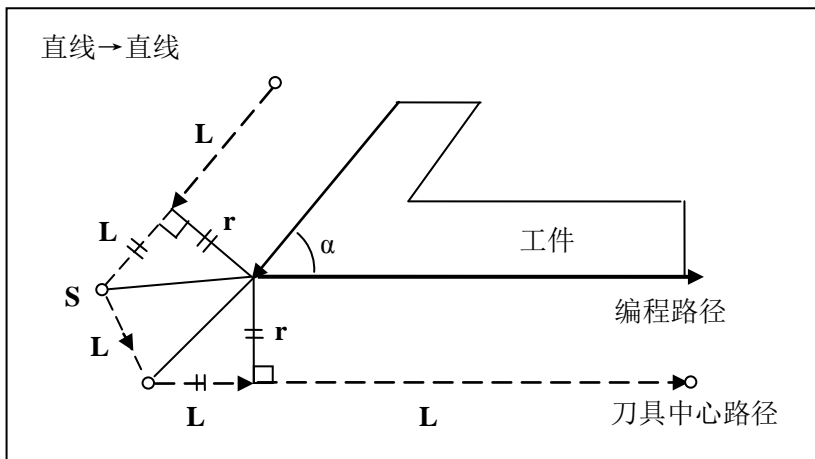
刀具绕拐角外侧移动
($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$)

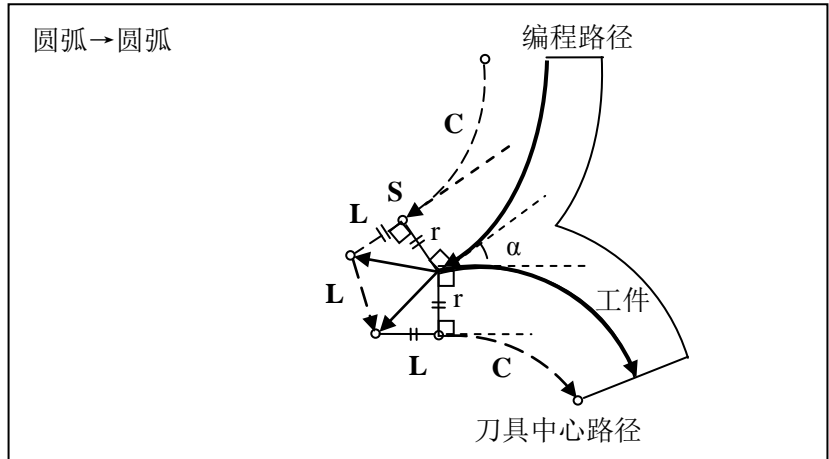




刀具绕拐角外侧移动

($\alpha < 90^\circ$)

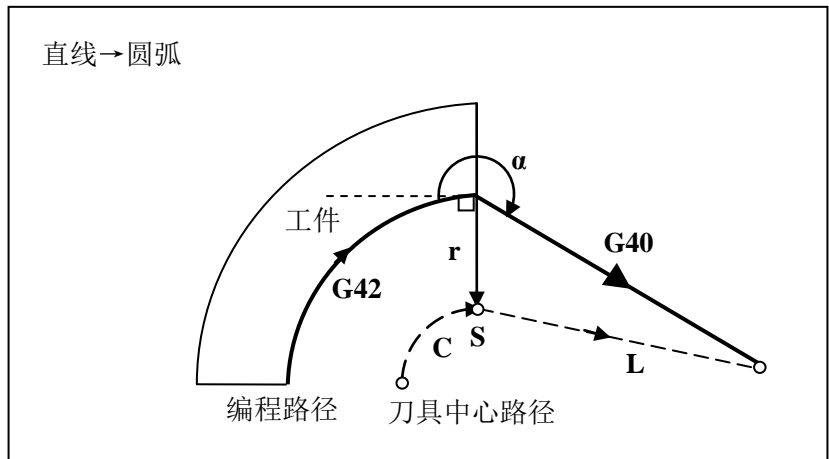
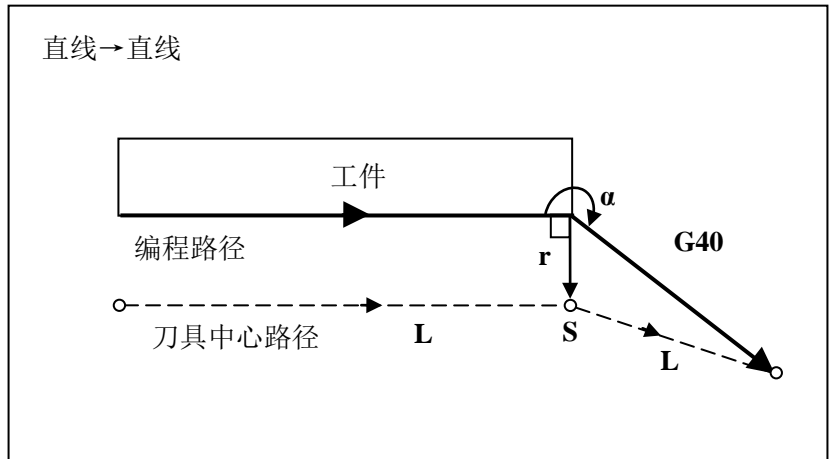




10.4.3 偏置方式取消时的刀具移动

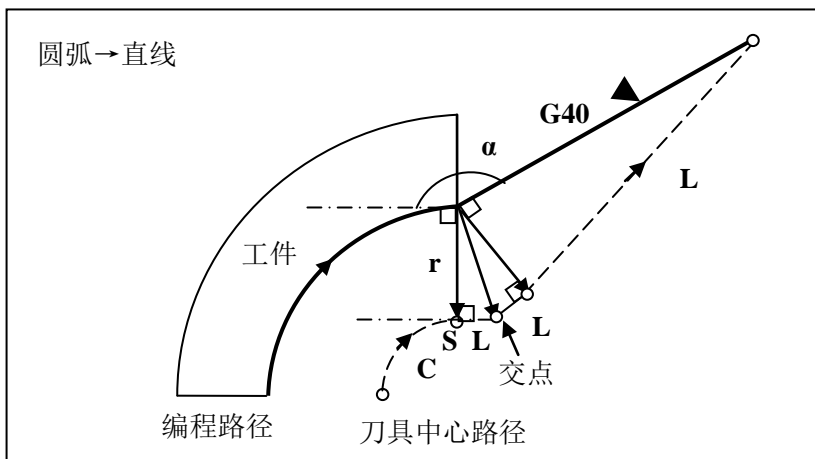
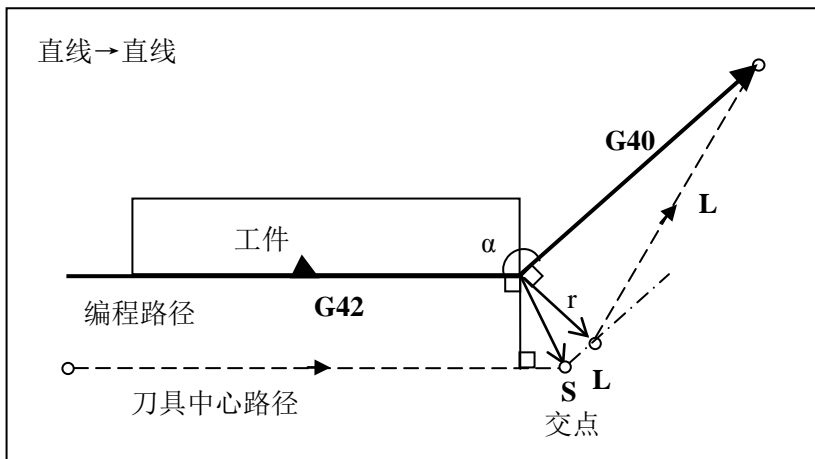
在具有移动的取消程序段中，刀具绕拐角内侧移动时

($\alpha \geq 180^\circ$)



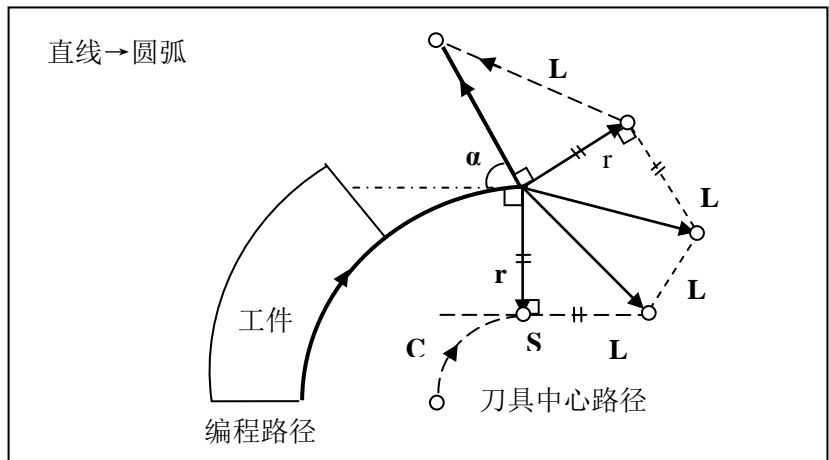
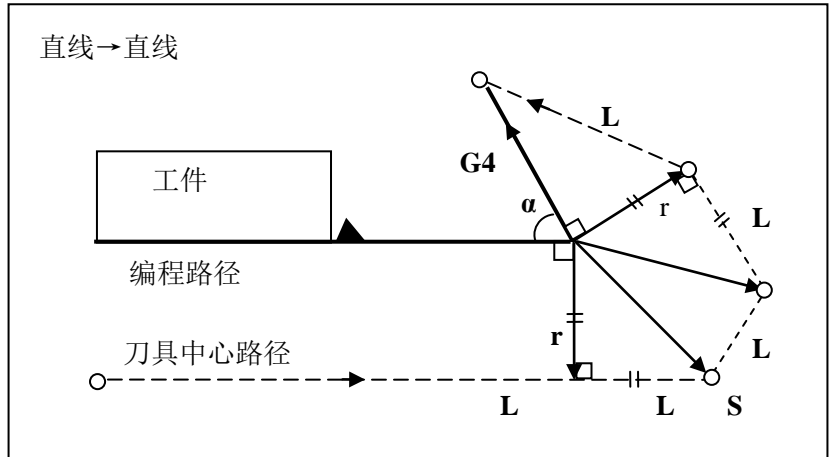
在具有移动的取消程序段中，刀具
绕钝角外侧移动时

($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$)



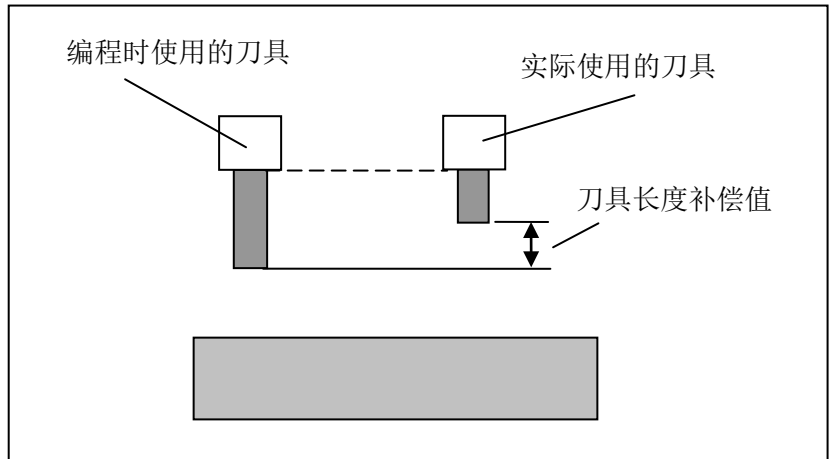
在具有移动的取消程序段中，刀具
绕锐角外侧移动时

($\alpha < 90^\circ$)



10.5 刀具长度补偿 (M) (G43, G44, G49)

通常，编程时指定的刀具长度与实际使用的刀具的长度不一定相等，它们之间有一个差值。为了操作及编程方便，可以将该差值存储于 CNC 的刀具偏置存储器中，然后用刀具长度补偿代码补偿该差值。这样，即使使用不同长度的刀具进行加工，只要知道该刀具与编程使用的刀具长度之间的差值，就可以在不修改加工程序的前提下进行正常加工。



注意

长度补偿不支持中断式指令，如 G31。

概要

根据可以进行刀具长度补偿的轴的种类，使用如下三种刀具长度补偿的方法：

(1) 刀具长度补偿 A

补偿沿基本 Z 轴方向的刀具长度值；

(2) 刀具长度补偿 B

补偿所选平面的垂直方向的刀具长度值；

(3) 刀具长度补偿 C

补偿沿指定轴方向的刀具长度值；

格式

类型	格式
刀具长度补偿 A	G43/G44 Z_H_
刀具长度补偿 B	G17 G43/G44 Z_H_ G18 G43/G44 Y_H_ G19 G43/G44 X_H_
刀具长度补偿 C	G43/G44 X_H_ G43/G44 Y_H_ G43/G44 Z_H_
刀具长度补偿取消	G49 IP_

说明

刀具长度补偿由 G43 和 G44 指令指定：

G43: 刀具长度正向补偿（将刀具长度补偿值加到刀轴方向的理论位置上）。

G44: 刀具长度负向补偿（在刀轴方向的理论位置上减去刀具长度补偿值）。

G17: XY 平面选择；

G18: ZX 平面选择；

G19: YZ 平面选择；

H : 刀具长度补偿量在刀补表中的编号；

注意

(1) 刀具长度补偿方向总是垂直于 G17/G18/G19 所选平面；

(2) 偏置号改变时，新的偏置值并不加到旧偏置值上，例如：

H1: 刀具长度补偿量 20.0 H2: 刀具长度补偿量 30.0

G90 G43 Z100 H01 ; Z 将达到 120

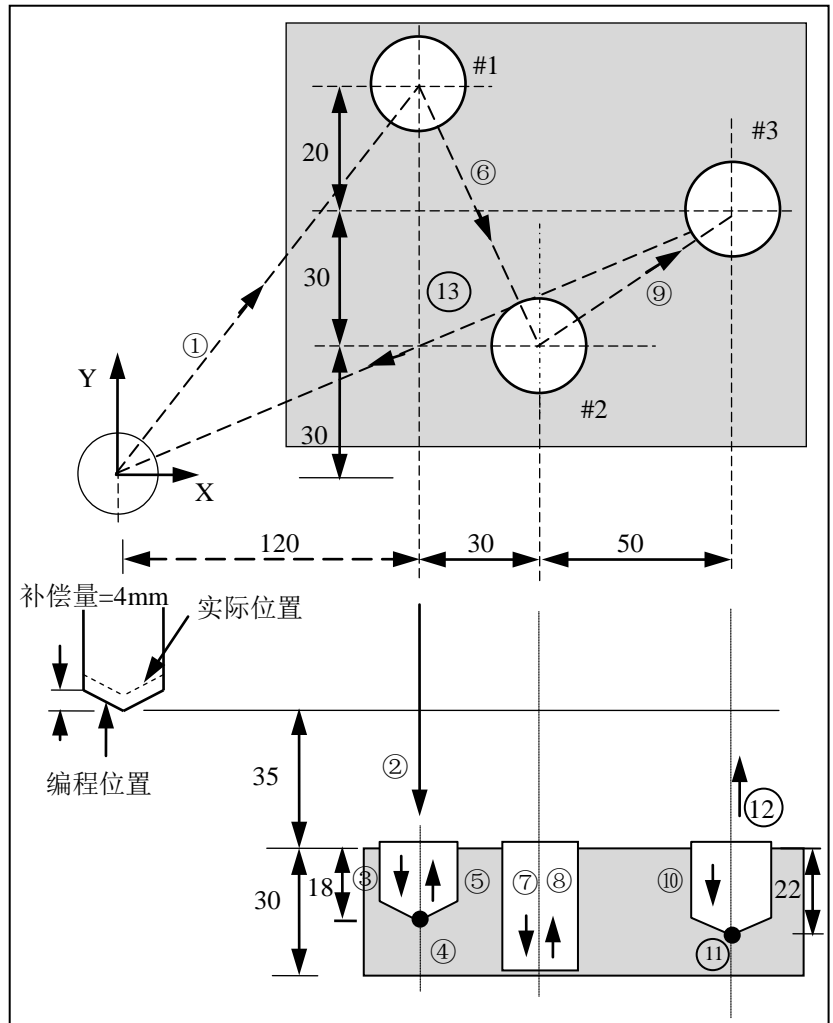
G90 G43 Z100 H02 ; Z 将达到 130

(3) G43、G44、G49 都是模态代码，可相互注销；

(4) G49 后不跟刀补轴移动是非法的。

例 1

考虑刀具长度补偿，编制如下图所示零件的加工程序：要求建立如图所示的工件坐标系，按箭头所指示的路径进行加工。



H1 = -4.0 (刀具长度补偿量)

%3325

G92 X0 Y0 Z0

G91 G00 X120 Y80 M03 S600

①

G43 Z-32 H01

②

G01 Z-21 F300

③

G04 P2000

④

G00 Z21

⑤

X30 Y-50

⑥

G01 Z-41

⑦

G00 Z41

⑧

X50 Y30	⑨
G01 Z-25	⑩
G04 P2000	⑪
G00 G49 Z57	⑫
X-200Y-60	⑬
M05	
M30	

11 简化编程功能

本章包含以下内容：

11.1 镜像功能 (M) (G24, G25)

11.2 缩放功能 (M) (G50, G51)

11.3 旋转变换 (M) (G68, G69)

11.4 直接图纸尺寸编程 (T)

11.1 镜像功能 (M) (G24, G25)

当工件相对于某一轴具有对称形状时，可以利用镜像功能和子程序功能，只对工件的一部分进行编程，而能加工出工件的对称部分，这就是镜像功能。

格式

G24 IP_α; 建立镜像

.....

G25 IP₀; 取消镜像

参数	含义
IP	镜像轴位置

注意

(1) 通过指定 G24 α 可以建立 β 轴对称镜像；

在已经建立了 β 轴镜像的前提下，指定 G25 $\alpha 0$ 取消 β 轴镜像。如指定 G24 X0Y0 建立点对称镜像，通过指定 G25 X0 可以取消 Y 轴对称镜像，仅仅指定 X 轴对称镜像。

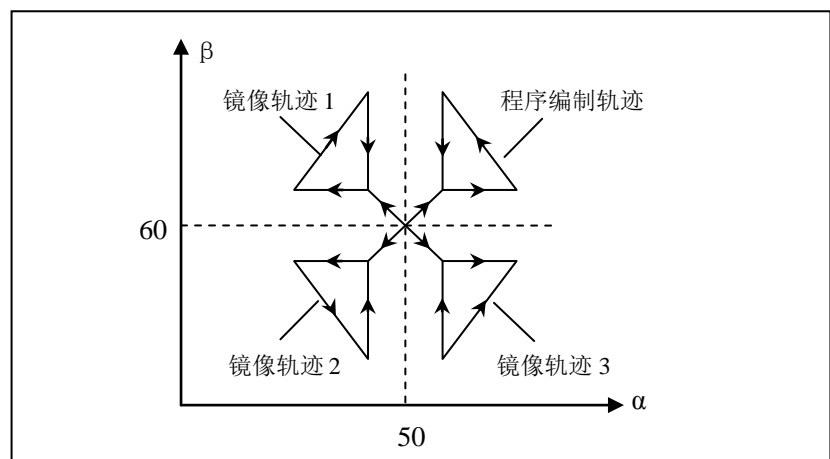
α 代表所选平面的第一轴， β 代表所选平面的第二轴。

(2) 单独指令 G24、G25 的程序段；

(3) G24 为模态功能，在镜像功能结束后用 G25 予以取消；

(4) G25 后不带轴则取消所有镜像。

说明



(1) 镜像轨迹 1 与编程轨迹为轴对称，对称轴为 $\alpha=50$ ；

(2) 镜像轨迹 2 与编程轨迹为点对称，对称点为 (50, 60)；

(3) 镜像轨迹 3 与编程轨迹为轴对称，对称轴为 $\beta=60$ 。

轴对称镜像**(G17/G18/G19) G24 α _/ β _;**

.....;

G25;

G17/G18/G19: 选择镜像的平面, 该平面应包含刀具编程轨迹。

G24 α _/ β _: 指定镜像的对称轴。 α _和 β _中只能且必须指定一个。 α 代表所选平面的第一轴, β 代表所选平面的第二轴。若指定了非选定平面的轴, 则程序报警。

.....: 刀具轨迹编程指令。

G25 α 0/ β 0: 镜像功能取消。运行程序时只写 G25 或 G25 后 a 与 b 给任意值, 可取消镜像功能。**点对称镜像****(G17/G18/G19) G24 α _ β _;**

.....;

G25;

G17/G18/G19: 选择镜像的平面, 该平面应包含刀具编程轨迹。

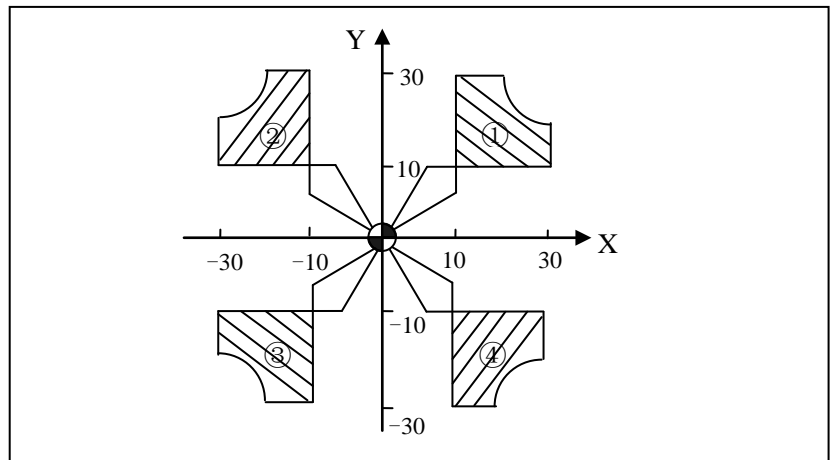
G24 α _ β _: 指定镜像的对称点。 α _或 β _省略时, 默认为刀具当前位置。若指定了非选定平面的轴, 则程序报警。

.....: 刀具轨迹编程指令。

G25 α 0 β 0: 镜像功能取消。运行程序时只写 G25 或 G25 后 a 与 b 给任意值, 可取消镜像功能。

举例

使用镜像功能编制如下图所示轮廓的加工程序：设刀具起点距工件上表面 100mm，切削深度 5mm。



%3331 主程序

G92 X0 Y0 Z100

G91 G17 M03 S600

M98 P100 ; 加工①

G24 X0 ; Y 轴镜像，镜像位置为 X=0

M98 P100 ; 加工②

G24 Y0 ; X、Y 轴镜像，镜像位置为 (0, 0)

M98 P100 ; 加工③

G25 X0 ; X 轴镜像继续有效，取消 Y 轴镜像

M98 P100 ; 加工④

G25 x0 Y0 ; 取消镜像

M30

%100 ; 子程序(①的加工程序):

N100 G41 G00 X10 Y4 D01

N120 G43 Z10 H01

N130 G01 G90 Z-3 F300

N140 G91 Y26

N150 X10

N160 G03 X10 Y-10 I10 J0

N170 G01 Y-10

N180 X-25

N185 G00 Z10

N190 G90 G49 G00 Z100

N200 G40 X0 Y0

N210 M99

11.2 缩放功能 (M) (G50, G51)

执行比例缩放功能时程序编制的程序轨迹按给定的比例系数放大或缩小。

等比缩放

G51 IP_P_; 缩放开始

.....

G50; 缩放取消

参数	含义
IP	指定缩放中心点坐标, 不指定则指定当前点为缩放中心点。本指令始终指定缩放中心在工件坐标系中的绝对位置。
P	指定各轴缩放系数。 所有轴均按照此系数缩放

刀具补偿

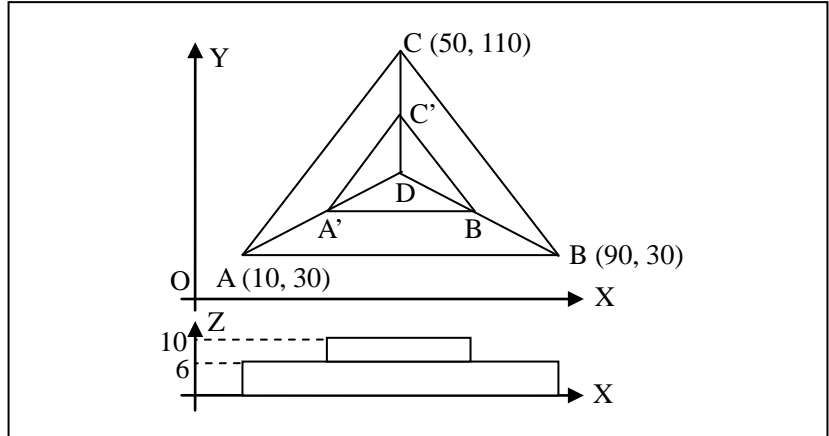
在有刀具补偿的情况下, 先进行缩放, 然后才进行刀具半径补偿、刀具长度补偿。比例缩放不会改变刀具半径补偿值和刀具长度补偿值。

注意

- (1) 单独指令 G51 的程序段;
- (2) 在比例缩放结束后用 G50 予以取消;
- (3) 在 G51 程序段, 无论是增量方式(G91)还是绝对方式(G90)下, 比例缩放的中心坐标 IP_是指在工件坐标系中的绝对位置。

举例

使用缩放功能编制如下图所示轮廓的加工程序：已知三角形 ABC 的顶点为 A (10, 30), B (90, 30), C (50, 110)，三角形 A'B'C' 是缩放后的图形，其中缩放中心为 D (50, 50)，缩放系数为 0.5 倍，设刀具起点距工件上表面 50mm。



```

%3332                ;主程序

G92 X0 Y0 Z60

G17 M03 S600 F300

G43 G00 Z14 H01

X110 Y0

#51=0

M98 P100             ;加工三角形 ABC

#51=6

G51 X50 Y50 P0.5    ;缩放中心 (50, 50), 缩放系数 0.5

M98 P100             ;加工三角形 A'B'C'

G50                  ;取消缩放

G49 Z60

G00 X0 Y0

M05 M30

```



```
%100 ;子程序（三角形 ABC 的加工程序）  
N100 G41 G00 Y30 D01  
N120 Z[#51]  
N150 G01 X10  
N160 X50 Y110  
N170 G91 X40 Y-80  
N180 G90 Z[#51]  
N200 G40 G00 X110 Y0  
N210 M99
```

11.3 旋转变换 (M) (G68, G69)

使用旋转变换功能，可以将程序编制的加工轨迹绕旋转中心旋转指定角度。如工件的形状由许多相同的图形组成，则可将图形单元编程序子程序，然后用主程序的旋转变换指令调用。

这样可以简化编程，既节省时间也节省存储空间。

格式

G17/G18/G19; 选择旋转平面

G68 IP_P_; 建立旋转变换

.....

G69; 取消旋转变换

参数	含义
IP	指定旋转中心坐标点。若不指定则为刀具当前点。 无论是绝对方式或相对方式均指定工件坐标系中的绝对位置
P	旋转角度（单位：度）

旋转角度

旋转角度 P 的取值范围是-360~360，逆时针为正，顺时针为负，无论 G90 或 G91 指定，P 始终是参考指定平面内第一轴正方向的角度绝对值。

刀具补偿

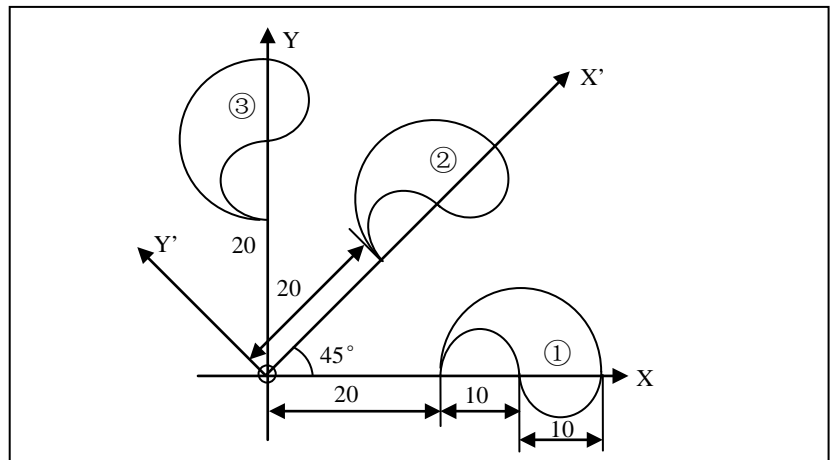
在坐标系旋转之后执行刀具半径补偿刀具长度补偿刀具偏置和其它补偿操作。在需要即旋转又缩放时，应先编写开启旋转功能后编写缩放功能，否则将提示“变换嵌套次序错”。

注意

- (1) 在坐标旋转方式下，不能指定与参考相关的 G 代码（G28、G29、G30 等）和用来改变坐标系的指令（G52、G54~G59、G54.X、G92 等）。否则请先取消坐标旋转指令；
- (2) 在刀具半径补偿方式下指定 G68 和 G69，旋转平面必须与刀具半径补偿平面一致；
- (3) 在旋转变换结束后用 G69 指令予以取消；
- (4) 单独指令 G68 的程序段。

举例

使用旋转功能编制如下图所示轮廓的加工程序：设刀具起点距工件上表面 50mm，切削深度 5mm。



```

%3333                ;主程序

N10 G92 X0 Y0 Z50

N15 G90 G17 M03 S600

N20 G43 Z-5 H02

N25 M98 P200         ;加工①

N30 G68 X0 Y0 P45   ;旋转 45°

N40 M98 P200         ;加工②

N60 G68 X0 Y0 P90   ;旋转 90°

N70 M98 P200         ;加工③

N20 G49 Z50

N80 G69 M05 M30     ;取消旋转

%200                ;子程序①的加工程序

G41 G01 X20 Y-5 D02 F300

N105 Y0

N110 G02 X40 I10

N120 X30 I-5

N130 G03 X20 I-5

N140 G00 Y-6

N145 G40 X0 Y0

N150 M99

```

11.4 直接图纸尺寸编程 (T)

直线的角度、倒角值、拐角圆弧过渡值以及加工图纸上的其他尺寸值，可以直接输入这些值来进行编程。此外，任意倾角的直线间可以插入倒角或过渡圆弧。这种编程方式称为直接图纸尺寸编程。

本编程方式仅限于车床系统 G01 使用。

指令格式

此种编程方式共有 8 种指令方式。其中各地址字含义如下：

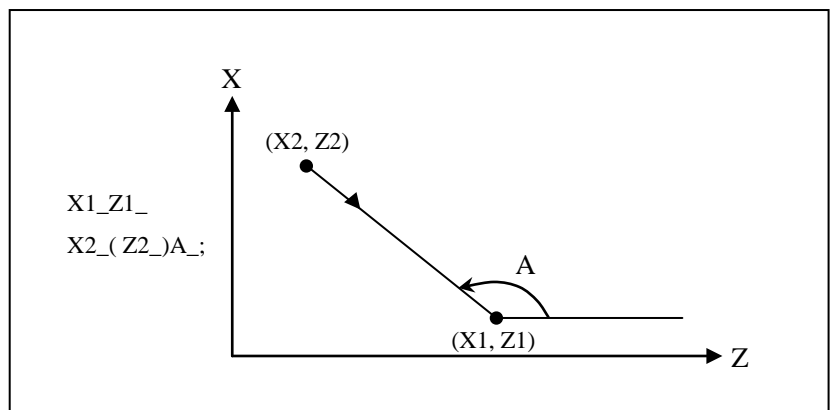
X_/Z_: 直线目标位置地址字；

A_: 直线运动方向与 Z 轴正方向的夹角，顺时针为负，逆时针为正，单位：度。

C_: 倒角边长；

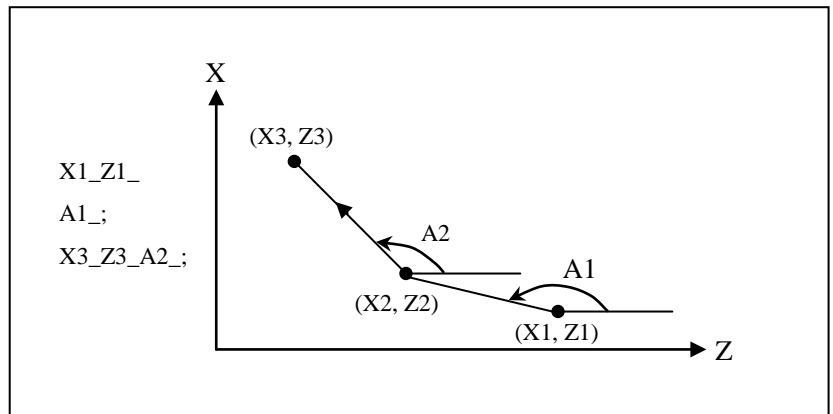
R_: 倒圆半径；

(1) 指令一条直线

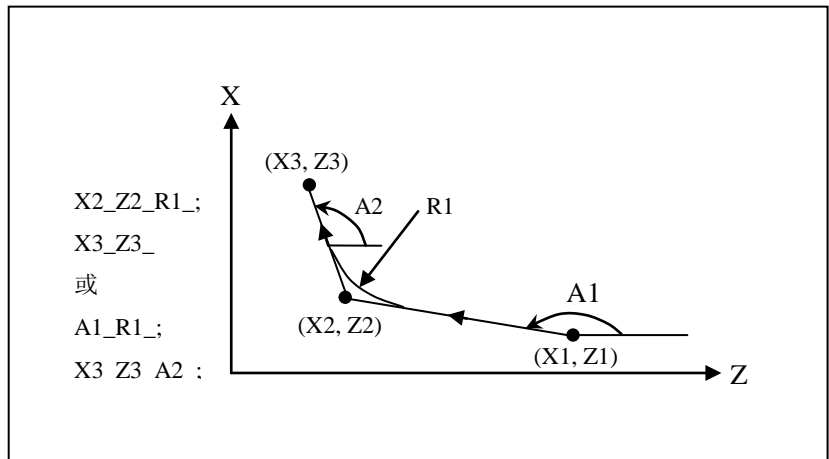


需要注意：目标位置只需要指定一个方向的位移量。例如：Z50a45 或 X100a45。

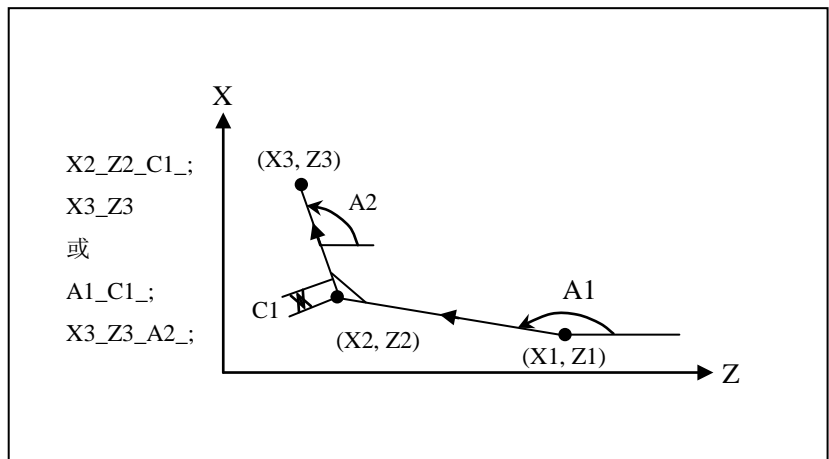
(2) 连续指令直线



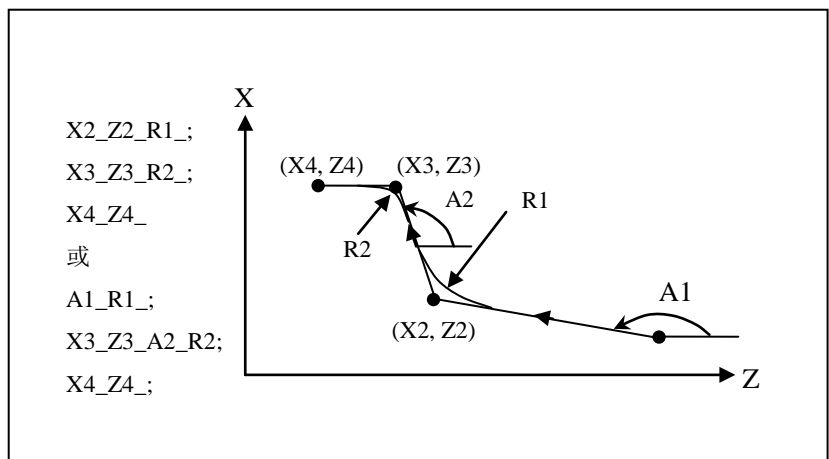
(3) 倒圆



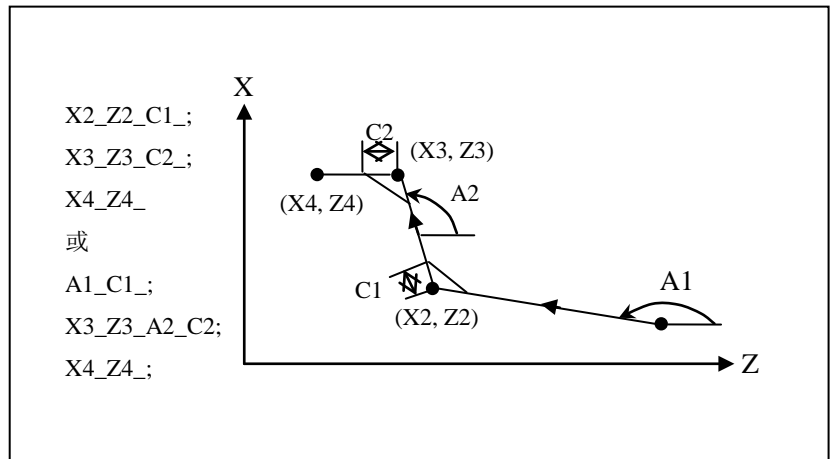
(4) 倒角



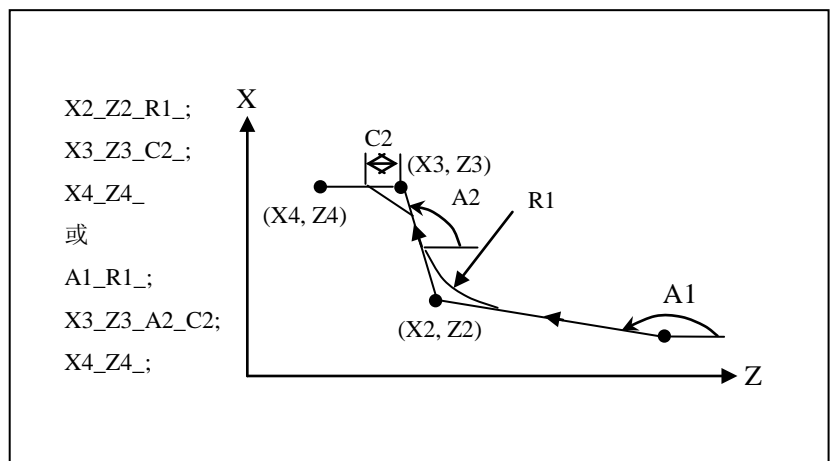
(5) 连续倒圆



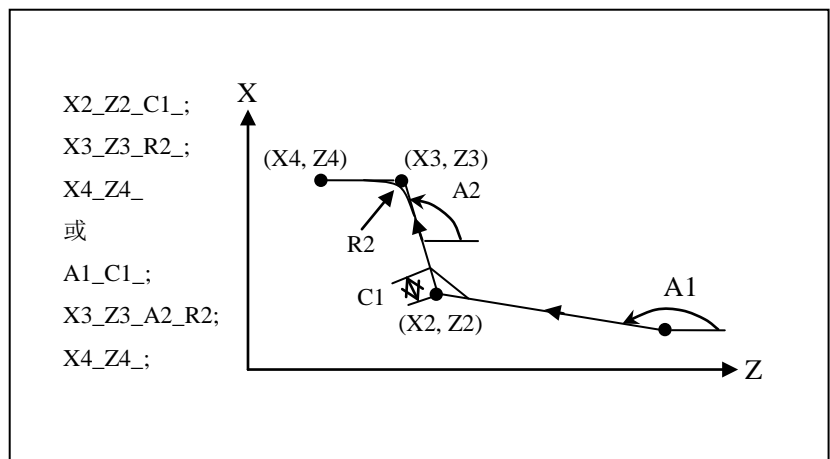
(6) 连续倒角



(7) 先倒圆再倒角



(8) 先倒角再倒圆



注意

为了避免本功能所使用的地址字与轴名冲突，因此使用本功能时务必设置通道参数的Parm040035【角度编程使能】（通道0）。

12 固定循环

数控加工中，某些加工动作循环已经典型化。例如，钻孔、镗孔、铣削、车削等，这样一系列典型的加工动作已经预先用宏程序编制好，存储在系统中，可用 G 代码形式调用，从而简化编程工作。本章包括以下内容：

12.1 铣床钻孔固定循环

12.2 车床简单循环

12.3 车床钻孔固定循环

12.4 车床复合循环

12.5 固定循环中的特殊情况

12.1 铣床钻孔固定循环 (M)

铣床钻孔固定循环指令表

G 指令	钻孔(-Z 方向)	孔底动作	回退(+Z 方向)
G70	切削进给	暂停	快速回退
G71	切削进给	暂停	快速回退
G73	间歇切削进给	暂停	快速回退
G74	切削进给	暂停—主轴正转	切削回退
G76	切削进给	主轴定向	快速回退
G78	切削进给	暂停	快速回退
G79	切削进给	暂停	快速回退
G81	切削进给	——	快速回退
G82	切削进给	暂停	快速回退
G83	切削进给	暂停	快速回退
G84	切削进给	暂停—主轴反转	切削回退
G85	切削进给	——	切削回退
G86	切削进给	暂停—主轴停止	快速回退
G87	切削进给	主轴正转	快速回退
G88	切削进给	暂停—主轴停止	手动
G89	切削进给	暂停	切削回退
G80	——	——	——

钻孔动作分解

一般来说，钻孔循环有以下六个动作顺序：

顺序动作 1：X、Y 轴定位

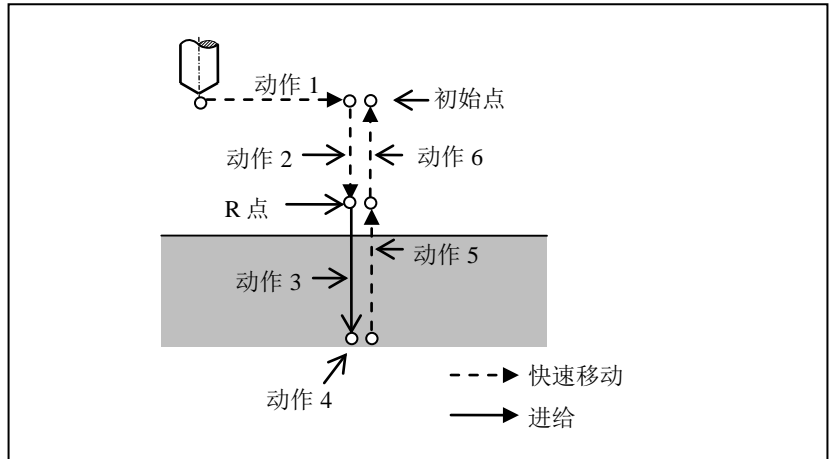
顺序动作 2：快速移动到 R 平面

顺序动作 3：执行钻孔动作

顺序动作 4：在孔底动作

顺序动作 5：退刀到 R 平面

顺序动作 6：快速回退到初始 Z 平面



定位平面

G17 平面 (X、Y 轴)

钻孔轴

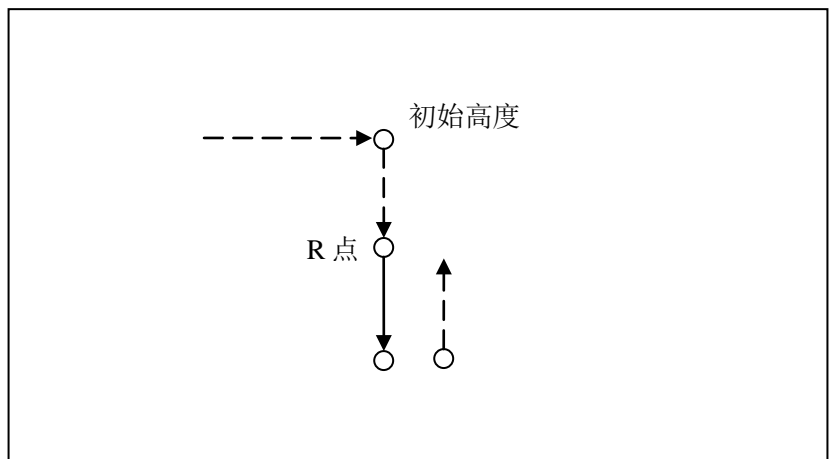
Z 轴

钻孔数据

G73、G74、G76 和 G81 至 G89 都是模态 G 代码指令，在其被取消之前一直都有效。在这些钻孔循环指令中指定的参数也是模态数据，也就是这些参数被保持直到被修改或清除。

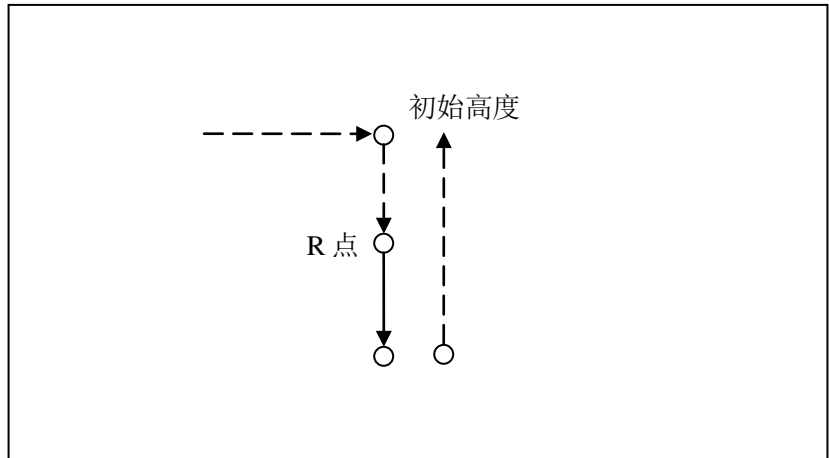
返回到参考平面 G99

通过 G99 指令，固定循环结束时返回到由 R 参数设定的参考点平面。



返回到起始平面 G98

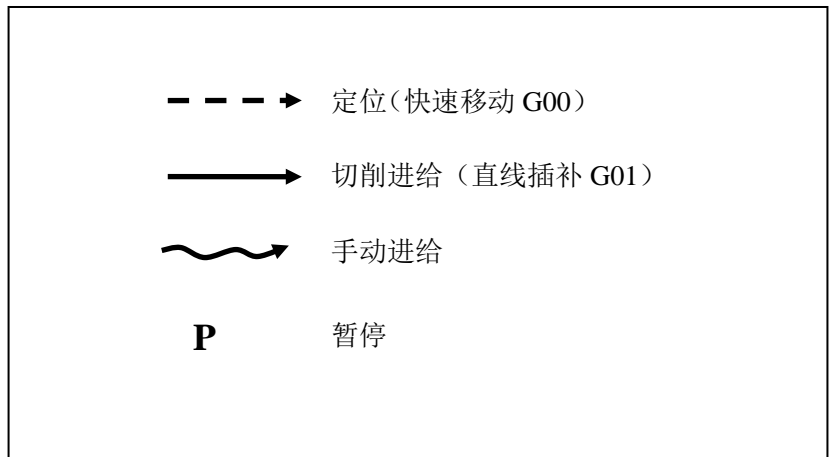
通过 G98 指令，固定循环结束时返回到指令固定循环的起始平面。G98 为第 15 组 G 代码的初始模态。



取消固定循环

使用 G80 或 01 组 G 代码可以取消固定循环

符号解释

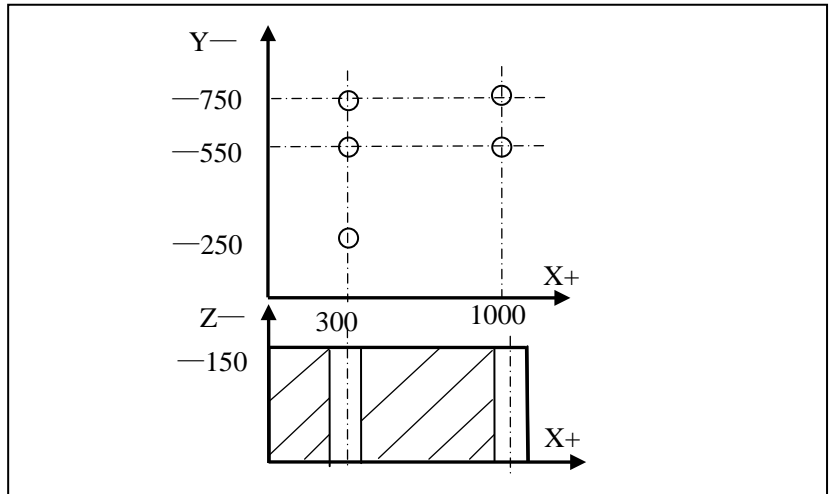


注意

- (1) 在执行不包含 X、Y、Z 移动轴指令的固定循环程序段时，本行将不产生刀具移动，但是当前行的循环参数模态值将被保存；
- (2) 指定第 1 组 G 代码或指定 G80 时将取消当前固定循环 G 代码模态，同时也将清除循环参数模态值；
- (3) 如需通过指定 L 重复执行固定循环，当 L 指定为 0 时，将会出现报警信息。
- (4) 在固定循环程序段中使用 G53 指令时，其定位数据 X、Y 还是原来工件坐标系数据，而不是 G53 指定坐标系数据。

示例:

用 $\Phi 10$ 钻头，加工图示孔



示例程序:

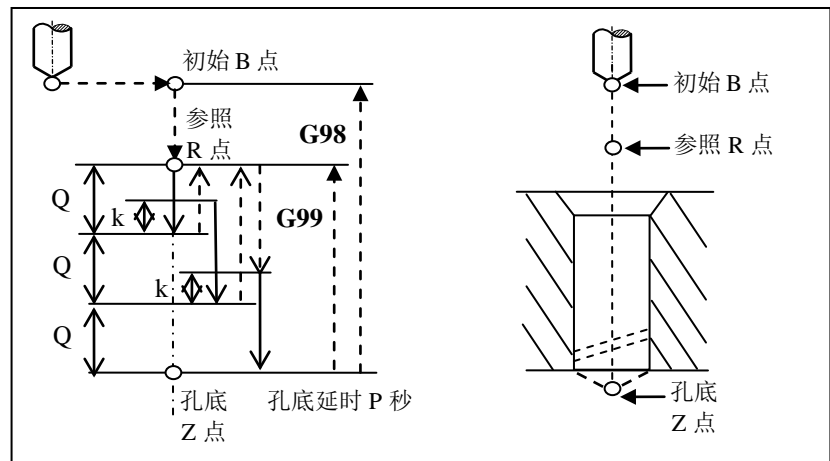
```

%5647
G54
G90 X0 Y0 Z80
M3 S1000;
G90 G99 G81 X300 Y-250 Z-150 R-120 F120 ;定位, 钻1孔, 返回R点
Y-550 ;定位, 钻2孔, 返回R点
Y-750 ;定位, 钻3孔, 返回R点
X1000 ;定位, 钻4孔, 返回R点
Y-550 ;定位, 钻5孔, 返回R点
G98 Y-750 ;定位, 钻6孔, 返回初始位置平面
G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;取消固定循环, 返回参考点
M5;
M30
    
```

12.1.1 圆周钻孔循环 (G70)

说明

在 X、Y 指定的坐标为中心所形成半径为 I 的圆周上，以 X 轴和角度 J 形成的点开始将圆周做 N 等分，做 N 个孔的钻孔动作，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G70 为模态，其后的指令字为非模态。



格式

(G98 / G99) G70 X_Y_Z_R_I_J_N 【Q_K_P】_F_L_

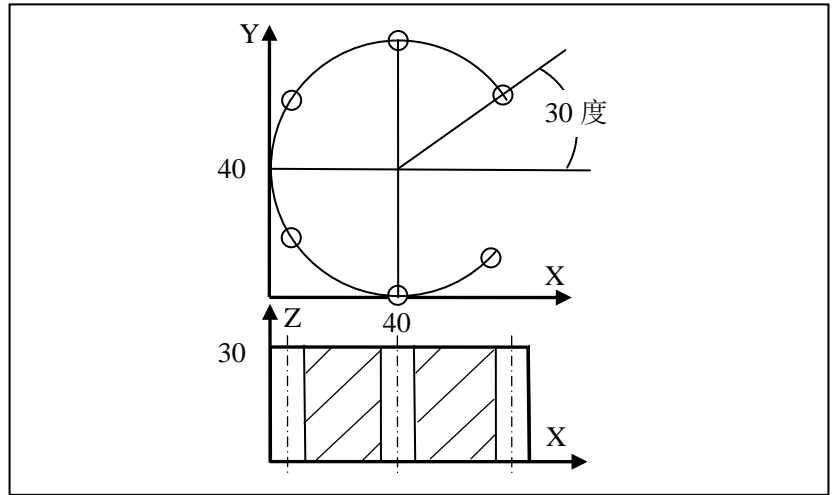
参数	含义
X Y	圆周孔循环的圆心坐标
Z	孔底坐标
R	绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。
I	圆半径
J	最初钻孔点的角度，逆时针方向为正
N	孔的个数，正值表示逆时针方向钻孔，负值表示顺时针方向钻孔。
Q	每次进给深度，为有向距离。
K	每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离。
P	刀具在孔底暂停时间，单位为毫秒。 当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。
F	指定切削进给速度。
L	重复次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值，L=1 时可省略）。

- 例 1** 表示在 X、Y 平面四个轴方向上钻四个逆圆的孔，此循环执行两次，孔底执行 G81 钻孔动作。
- ```
G98 G70 X10 Y10 Z0 R20 I10 J0 N4 F200 L2
```
- 例 2** 表示在 X、Y 平面 45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，孔底执行 G81 钻孔动作。
- ```
G99 G70 X10 Y10 Z10 R50 I10 J45 N-4 F200
```
- 例 3** 表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，孔底执行 G81 钻孔动作。
- ```
G99 G70 X10 Y10 Z10 R50 I10 J-45 N-4 F200
```
- 例 4** 表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，Q 值无效，孔底执行 G81 钻孔动作
- ```
G99 G70 X10 Y10 Z10 R50 I10 J-45 N-4 Q-10 F200
```
- 例 5** 表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，孔底执行 G81 钻孔动作。
- ```
G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 Q0 F200
```
- ```
G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 K0 F200
```
- ```
G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 Q0K0 F200
```

## 例 6

表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，执行 G83 深孔循环。

G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 Q-10 K5 F200



用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔

%3358

N10 G55 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G70G90X40Y40R35Z0I40J30N6P2000Q-10K5F100

N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

## 12.1.2 圆弧钻孔循环 (G71)

### 说明

在 X、Y 指定的坐标为中心所形成半径为 I 的圆弧上，以 X 轴和角度 J 形成的点开始，间隔 O 角度做 N 个点的钻孔，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G71 为模态，其后的指令字为非模态。

### 格式

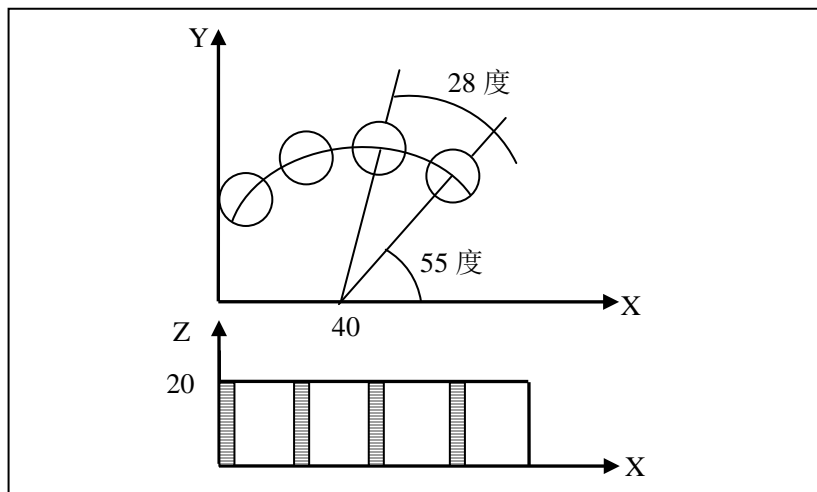
**(G98/G99) G71 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_O\_N【Q\_K\_P】\_F\_L\_**

| 参数  | 含义                                                                                                                                                |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| X Y | 圆弧的中心坐标                                                                                                                                           |
| Z   | 孔底坐标                                                                                                                                              |
| R   | 绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。                                                                                                       |
| I   | 圆弧半径                                                                                                                                              |
| J   | 最初钻孔点的角度，逆时针方向为正                                                                                                                                  |
| O   | 孔间角度间隔，正值表示逆时针方向钻孔，负值表示顺时针方向钻孔。                                                                                                                   |
| N   | 包括起点在内的孔的个数                                                                                                                                       |
| Q   | 每次进给深度，为有向距离。                                                                                                                                     |
| K   | 每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离。                                                                                                               |
| P   | 刀具在孔底暂停时间，单位为毫秒。<br>当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。 |
| F   | 指定切削进给速度。                                                                                                                                         |
| L   | 重复次数（一般用于多孔加工的简化编程，L=1 时可省略）。                                                                                                                     |

### 注意

圆弧总角度  $N \times O$  不能大于或等于 360 度，否则不予执行。

## 举例

用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔

```
%3359
```

```
N10 G55 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N20 G98G71G90X40Y0G90R25Z0I40J55O28N4P2000Q-10K5F100
```

```
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

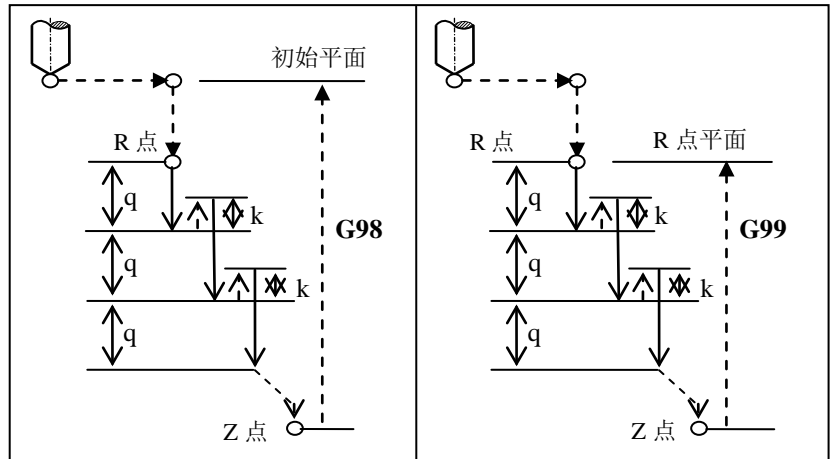


### 12.1.3 高速深孔加工循环 (G73)

#### 说明

该固定循环用于 Z 轴的间歇进给，使深孔加工时容易断屑、排屑、加入冷却液、且退刀量不大，可以进行深孔的高速加工。

G73 的动作序列如下图所示。图中虚线表示快速定位，q 表示每次进给深度，k 表示每次的回退值。



## 格式

(G98/G99) G17 (G18/G19) G73 X\_Y\_Z\_R\_Q\_P\_K\_F\_L\_;

| 参数  |    | 含义                                                            |
|-----|----|---------------------------------------------------------------|
| G17 | XY | 绝对编程(G90)时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z  | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。     |
| G18 | ZX | 绝对编程(G90)时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y  | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。     |
| G19 | YZ | 绝对编程(G90)时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X  | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。     |
| R   |    | 绝对编程 (G90) 时是参照 R 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。     |
| Q   |    | 为每次向下的钻孔深度 (增量值, 取负)。                                         |
| P   |    | 刀具在孔底的暂停时间, 以 ms 为单位。                                         |
| K   |    | 为每次向上的退刀量 (增量值, 取正)。                                          |
| F   |    | 钻孔进给速度。                                                       |
| L   |    | 循环次数 (需要重复钻孔时)                                                |

## 钻孔动作

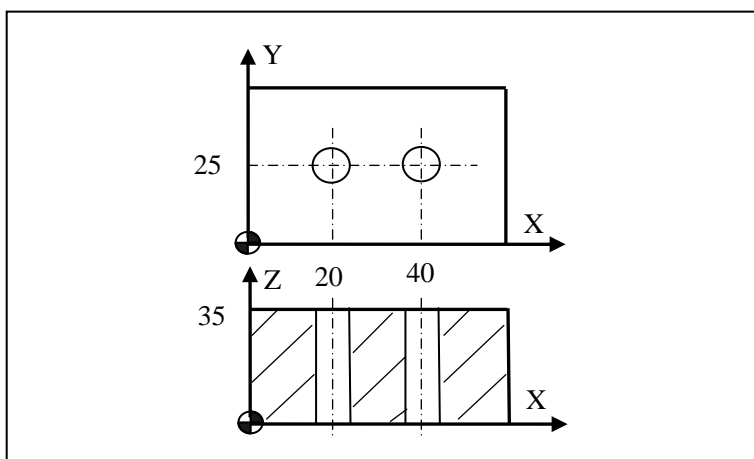
- (1) 刀位点快移到孔中心上方 B 点；
- (2) 快移接近工件表面, 到 R 点；
- (3) 向下以 F 速度钻孔, 深度为 q 量；
- (4) 向上快速抬刀, 距离为 k 量；
- (5) 步骤 3、4 往复多次；
- (6) 钻孔到达孔底 Z 点；
- (7) 孔底延时 P 秒 (主轴维持旋转状态)；
- (8) 向上快速退到 R 点 (G99) 或 B 点 (G98)。

## 注意

- (1) 如果 Z、K、Q 移动量为零时, 该指令不执行；
- (2)  $|Q| > |K|$ ；

## 示例

加工如下图示孔：



%3337

N10 G92 X0 Y0 Z80

N15 M03 S700

N20 G00 Y25

N30 G98 G73 G91 X20 G90 R40 P2000 Q-10 K2 Z-3 L2 F80

N40 G00 X0 Y0 Z80

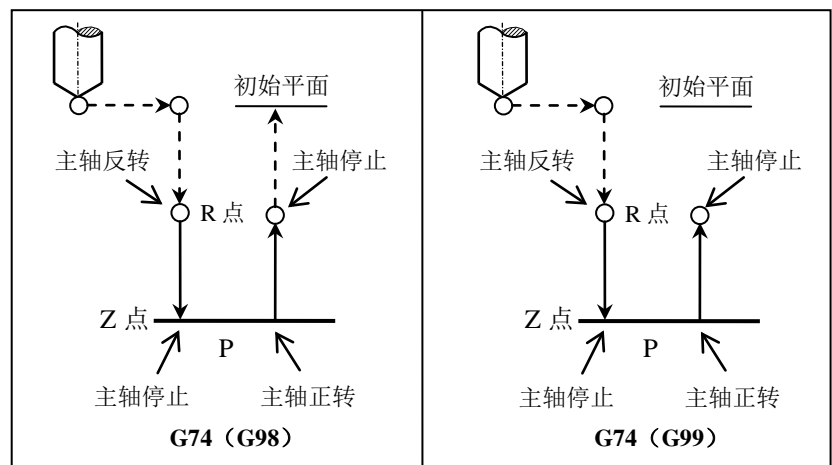
N45 M30

### 12.1.4 反向攻丝循环 (G74)

#### 说明

刚性攻丝方式中用伺服主轴电机控制攻丝过程。此时主轴电机的工作方式和伺服电机一样都是在位置控制方式下工作，由攻丝轴和主轴之间的插补来执行攻丝，这时主轴每旋转一转沿攻丝轴进给一个螺纹导程的距离，即使在加减速期间这种进给关系也不变化。

G74的动作如下图所示。沿X和Y轴定位后快速移动到R点，然后主轴反转，从R点到Z点执行攻丝。当攻丝完成后主轴停止并执行暂停，然后主轴正转，刀具退回到R点，主轴停止，如果是G98方式，还将快速移动到初始位置。



## 格式

(G98/G99)G17(G18/G19)G74 X\_Y\_Z\_Q\_R\_P\_F\_L\_E\_J;

| 参数  | 含义                                                      |                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                  | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z                                                       | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G18 | Z<br>X                                                  | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y                                                       | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G19 | Y<br>Z                                                  | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X                                                       | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| Q   | 分段攻丝每次的进刀量。H2 时不必指定                                     |                                                                 |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时，指定 R 点的绝对位置；增量值方式 (G91) 时，指定 R 点到初始平面的距离。 |                                                                 |
| P   | 指定攻丝到孔底时的暂停时间，以 ms 为单位。                                 |                                                                 |
| F   | 指定螺纹导程。                                                 |                                                                 |
| E   | E1 啄式攻丝，每次回退 K；E2 每次回退到 R 平面<br>E3 直接钻到孔底               |                                                                 |
| L   | 重复次数 (L=1 时可省略)。                                        |                                                                 |
| J   | J1 A 轴攻丝；J2 B 轴攻丝；J3 C 轴攻丝                              |                                                                 |

## 攻丝中的 F 进给速度

C 轴攻丝：将伺服主轴当作 C 轴，采用插补的方法攻丝，可以实现高速高精度攻丝。

## 攻丝方式

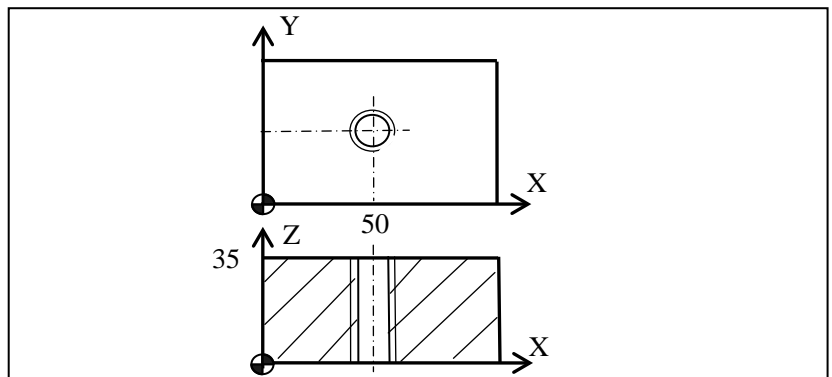
性攻丝时程序中指定的 F (进给速度) 无效，沿攻丝轴的进给速度由下式计算：进给速度 = 主轴转速 × 螺纹导程。

## 注意

- (1) G17 平面钻孔时，Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；
- (2) G74 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (3) Z 的移动量为零时候，本循环不执行；
- (4) 在反向攻丝过程中，进给速度倍率修调，主轴转速倍率修调和进给保持等操作将被忽略，这些操作在攻丝过程中，将不再生效。
- (5) 在反攻丝指令 G74 使用前，请注意将主轴伺服电机的控制方式由速度方式切换为位置方式，使用 STOC 指令切换。攻丝完成后，可以使用 CTOS 指令将主轴伺服电机的控制方式由位置方式切换为速度方式，将伺服主轴当作普通主轴使用。
- (6) 使用反攻丝指令 G74 前，请使用相应的 M 代码使主轴反转。
- (7) 调用 G74 刚性攻丝后必须由编程者恢复原进给速度，否则进给速度会为刚性攻丝速度即  $s \cdot \text{螺距}$ 。

## 举例

用 M10×1 反丝锥攻丝。



```
%3339
```

```
G92 X0 Y0 Z80 F200
```

```
M04 S300
```

```
STOC
```

```
G98G74X50Y40R40P10000G90Z-5F1
```

```
CTOS
```

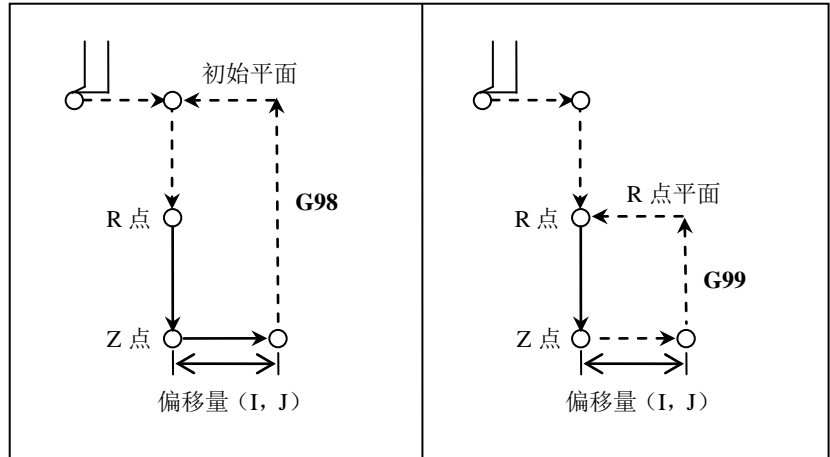
```
G0 X0 Y0 Z80
```

```
M30
```

### 12.1.5 精镗循环 (G76)

**说明**

精镗时，主轴在孔底定向停止后，向刀尖反方向移动，然后快速退刀。刀尖反向位移量用地址 I、J 指定，其值只能为正值。I、J 值是模态的，位移方向由装刀时确定。



**格式**

**(G98/G99) G76 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_P\_F\_L\_;**

| 参数  | 含义                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| X Y | 孔位数据，绝对值方式 (G90) 时为孔位绝对位置，增量值方式 (G91) 时为刀具从当前位置到孔位的距离。不支持 UW 编程。  |
| Z   | 指定孔底位置。绝对值方式 (G90) 时为孔底的 Z 向绝对位置，增量值方式 (G91) 时为孔底到 R 点的距离。        |
| R   | 指定 R 点的位置。绝对值方式 (G90) 时为 R 点的 Z 向绝对位置，增量值方式 (G91) 时为 R 点到初始平面的距离。 |
| I   | X 轴方向偏移量，只能为正值。                                                   |
| J   | Y 轴方向偏移量，只能为正值。                                                   |
| P   | 孔底暂停时间 (单位：毫秒)。                                                   |
| F   | 切削进给速度。                                                           |
| L   | 重复次数 (L=1 时可省略)。                                                  |

## 格式

(G98/G99)G17G76 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_P\_F\_L\_;

(G98/G99)G18G76 X\_Y\_Z\_R\_I\_O\_P\_F\_L\_;

(G98/G99)G19G76 X\_Y\_Z\_R\_J\_O\_P\_F\_L\_;

| 参数  | 含义                                                                 |                                                                  |
|-----|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                             | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置; 增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z                                                                  | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值; 增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G18 | Z<br>X                                                             | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置; 增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y                                                                  | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值; 增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G19 | Y<br>Z                                                             | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置; 增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X                                                                  | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值; 增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| R   | 指定 R 点的位置。绝对值方式 (G90) 时为 R 点的 Z 向绝对位置, 增量值方式 (G91) 时为 R 点到初始平面的距离。 |                                                                  |
| I   | X 轴方向偏移量, 只能为正值。                                                   |                                                                  |
| J   | Y 轴方向偏移量, 只能为正值。                                                   |                                                                  |
| O   | Z 轴方向偏移量, 只能为正值。                                                   |                                                                  |
| P   | 孔底暂停时间 (单位: 毫秒)。                                                   |                                                                  |
| F   | 切削进给速度。                                                            |                                                                  |
| L   | 重复次数 (L=1 时可省略)。                                                   |                                                                  |

## 工作步骤

- (1) 刀位点快移到孔中心上方B点;
- (2) 快移接近工件表面, 到R点;
- (3) 向下以F速度镗孔, 到达孔底Z点;
- (4) 向下以F速度镗孔, 到达孔底Z点;
- (5) 孔底延时P毫秒 (主轴维持旋转状态);
- (6) 主轴定向, 停止旋转;
- (7) 镗刀向刀尖反方向快速移动I或J量;
- (8) 向上快速退到R点高度 (G99) 或B点高度 (G98);



(9) 向刀尖正方向快移I或J量，刀位点回到孔中心上方R点或B点；

(10) 主轴恢复正转。

### 注意

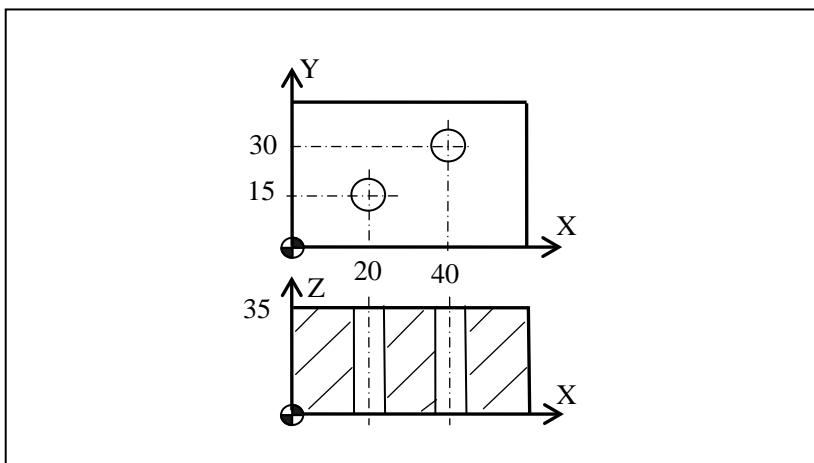
(1) 钻孔轴必须为 Z 轴；

(2) Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；

(3) G76 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；

(4) 使用指令 G76 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转。

### 举例



用单刃镗刀镗孔。

```
%3341
```

```
N10 G54
```

```
N12 M03 S600
```

```
N15 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N20 G98G76X20Y15R40P2000I5Z-4F100
```

```
N25 X40Y30
```

```
N30 G00 G90 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

### 12.1.6 角度直线孔循环（G78）

#### 说明

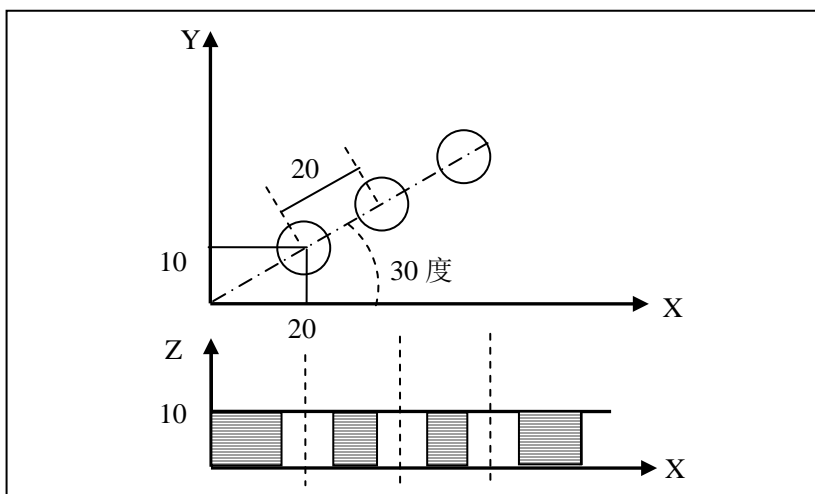
以 X、Y 指定的坐标为起点，在 X 轴和角度 J 所形成的方向用间隔 I 区分成 N 个孔做钻孔循环，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G78 为模态，其后的指令字为非模态。

#### 格式

**(G98/G99) G78 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_N\_【Q\_K\_P】\_F\_L\_**

| 参数 | 含义                                                                                                                                                |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XY | 第一个孔的坐标                                                                                                                                           |
| Z  | 孔底坐标                                                                                                                                              |
| R  | 绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。                                                                                                       |
| I  | 孔间距                                                                                                                                               |
| J  | 斜线与 X 轴正方向形成的起始角度，逆时针方向为正                                                                                                                         |
| N  | 包括起点在内的孔的个数                                                                                                                                       |
| Q  | 每次进给深度，为有向距离。                                                                                                                                     |
| K  | 每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离。                                                                                                               |
| P  | 刀具在孔底暂停时间，单位为毫秒。<br>当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。 |
| F  | 指定切削进给速度。                                                                                                                                         |
| L  | 重复次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值，L=1 时可省略）。                                                                                                            |

## 举例

用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔

```
%3360
```

```
N10 G55 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N20 G98G78G90X20Y10G90R15Z0I20J30N3P2000Q-10K5F100
```

```
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

### 12.1.7 棋盘孔循环（先进行 X 方向钻孔）（G79）

#### 说明

以 X、Y 指定的坐标为起点，在 X 轴平行方向以间隔 I 做 N 个孔做钻孔循环，再以 Y 轴方向间隔 J，做 X 轴方向钻孔，共循环 O 次，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G78 为模态，其后的指令字为非模态。

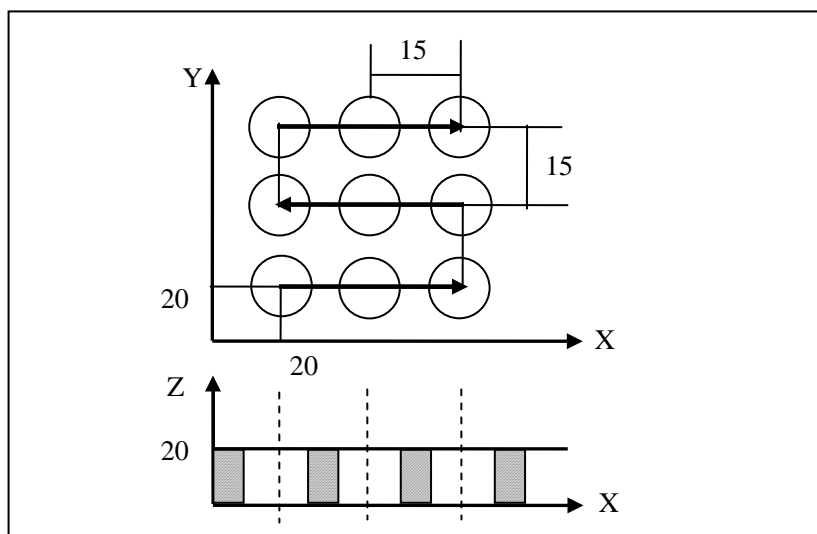
#### 格式

**(G98/G99) G79 X\_Y\_Z\_R\_I\_N\_J\_O 【Q\_K\_P】\_F\_L\_**

| 参数 | 含义                                                                                                                                                |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XY | 第一个孔的坐标                                                                                                                                           |
| Z  | 孔底坐标                                                                                                                                              |
| R  | 绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。                                                                                                       |
| I  | X 方向孔间距，正表示向 X 轴正方向钻孔，负表示向 X 轴负方向钻孔。                                                                                                              |
| N  | X 方向包括起点在内的孔的个数                                                                                                                                   |
| J  | Y 方向孔间距，正表示向 Y 轴正方向钻孔，负表示向 Y 轴负方向钻孔。                                                                                                              |
| O  | Y 方向包括起点在内的孔的个数                                                                                                                                   |
| Q  | 每次进给深度，为有向距离。                                                                                                                                     |
| K  | 每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离。                                                                                                               |
| P  | 刀具在孔底暂停时间，单位为毫秒。<br>当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。 |
| F  | 指定切削进给速度。                                                                                                                                         |
| L  | 重复次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值，L=1 时可省略）。                                                                                                            |

举例

用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔



%3361

N10 G55 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G79G90X20Y20G90R25Z0I15N3J15O3P2000Q-10K5F100

N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

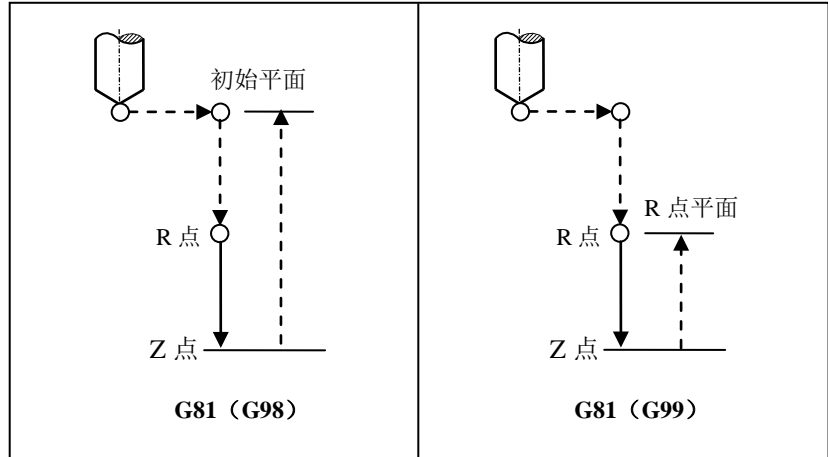
N40 M30

### 12.1.8 钻孔循环（中心钻）（G81）

**说明**

该循环用作正常钻孔。切削进给执行到孔底，然后刀具从孔底快速移动退回。

G81 的动作序列如下图所示。图中虚线表示快速定位。



**格式**

**(G98/G99)G17(G18/G19)G81 X\_Y\_Z\_R\_F\_L\_;**

| 参数  |    | 含义                                                            |
|-----|----|---------------------------------------------------------------|
| G17 | XY | 绝对编程（G90）时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；增量编程（G91）时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。   |
|     | Z  | 绝对编程（G90）时是孔底 Z 点的坐标值；增量编程（G91）时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。         |
| G18 | ZX | 绝对编程（G90）时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置；增量编程（G91）时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。   |
|     | Y  | 绝对编程（G90）时是孔底 Y 点的坐标值；增量编程（G91）时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。         |
| G19 | YZ | 绝对编程（G90）时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置；增量编程（G91）时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。   |
|     | X  | 绝对编程（G90）时是孔底 X 点的坐标值；增量编程（G91）时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。         |
| R   |    | 指定 R 点的位置。绝对值方式（G90）时为 R 点的 Z 向绝对位置，增量值方式（G91）时为 R 点到初始平面的距离。 |
| F   |    | 切削进给速度。                                                       |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| L | 重复次数（一般用于多孔加工的简化编程，L=1 时可省略）。 |
|---|-------------------------------|

**工作步骤**

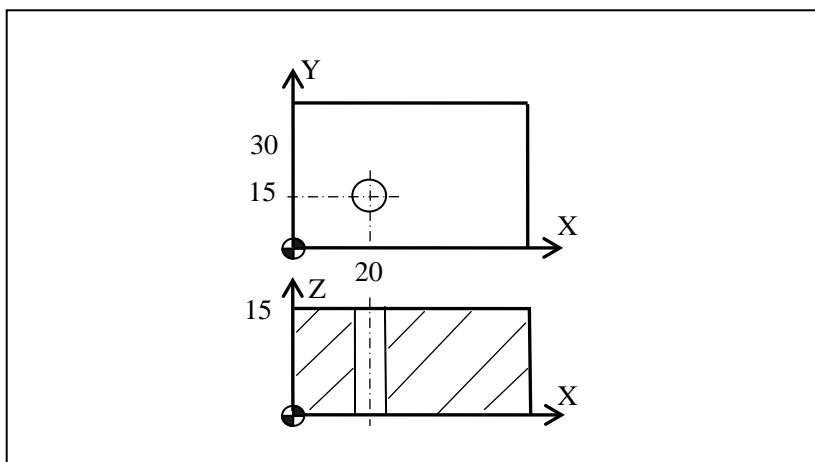
- (1) 刀位点快移到孔中心上方B点；
- (2) 快移接近工件表面, 到R点；
- (3) 向下以F速度钻孔，到达孔底Z点；
- (4) 主轴维持旋转状态，向上快速退到R点（G99）或B点(G98)；

**注意**

- (1) 如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行；
- (2) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (3) G81 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (4) 使用指令 G81 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转。

**举例**

加工如下图示孔：



```
%3343
```

```
N10 G92 X0 Y0 Z80
```

```
N15 M03 S600
```

```
N20 G98 G81 G91 X20 Y15 G90 R20 Z-3 L2 F200
```

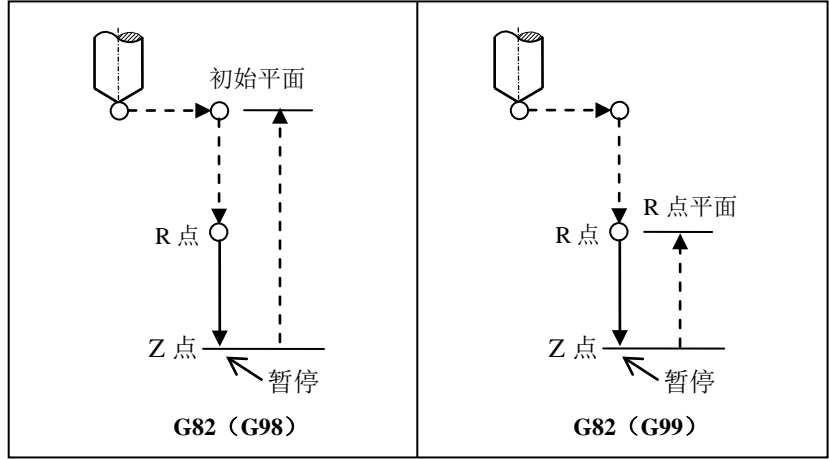
```
N30 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

### 12.1.9 带停顿的钻孔循环（G82）

#### 说明

此指令主要用于加工沉孔、盲孔，以提高孔深精度。该指令除了要在孔底暂停外，其他动作与 G81 相同。G82 的动作序列如下图所示。





## 格式

(G98/G99) G17(G18/G19)G82 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_L;

| 参数  | 含义                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| G17 | XY<br>绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Z<br>绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。    |
| G18 | ZX<br>绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Y<br>绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。    |
| G19 | YZ<br>绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | X<br>绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。    |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时, 指定 R 点的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定 R 点到初始平面的距离。     |
| P   | 指定在孔底的暂停时间 (单位: ms)。                                              |
| F   | 指定切削进给速度。                                                         |
| L   | 循环次数 (一般用于多孔加工的简化编程, L=1 时可省略)。                                   |

## 工作步骤

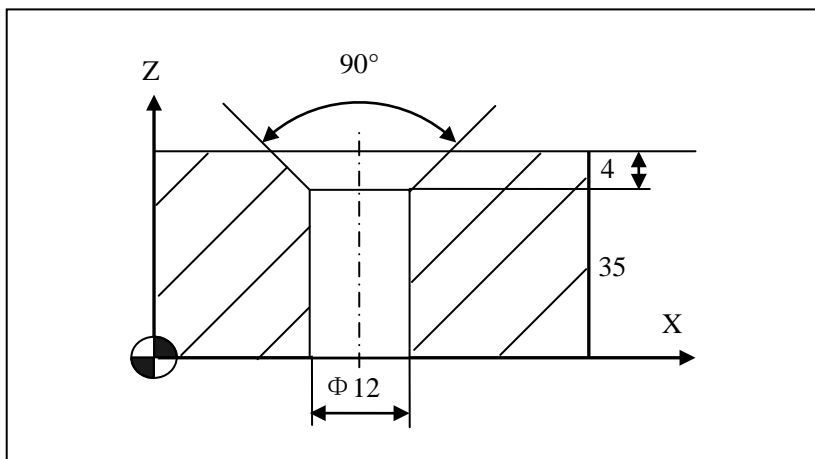
- (1) 刀位点快移到孔中心上方B点;
- (2) 快移接近工件表面, 到R点;
- (3) 向下以F速度钻孔, 到达孔底Z点;
- (4) 主轴维持原旋转状态, 延时P毫秒;
- (5) 向上快速退到R点 (G99) 或B点 (G98)。

**注意**

- (1) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (2) 如果 Z 的移动量为零，该指令不执行；
- (3) G82 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (4) 使用指令 G82 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转。

**举例**

加工如下图所示孔：



```
%3345
```

```
N10 G92 X0 Y0 Z80
```

```
N15 M03 S600
```

```
N20 G98 G82 G90 X25 Y30 R40 P2000 Z25 F200
```

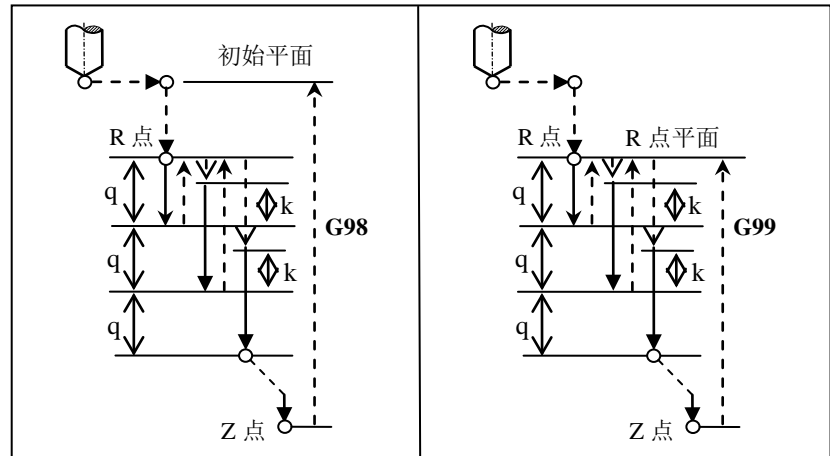
```
N30 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

### 12.1.10 深孔加工循环 (G83)

**说明**

该固定循环用于 Z 轴的间歇进给，每向下钻一次孔后，快速退到参照 R 点，退刀量较大、更便于排屑好、方便加冷却液。G83 的动作序列如下图所示。



**格式**

**(G98/G99) G83 X\_Y\_Z\_R\_Q\_K\_F\_L\_P\_;**

| 参数  | 含义                                                          |
|-----|-------------------------------------------------------------|
| X Y | 绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时，指定刀具从当前位置到孔位的距离。   |
| Z   | 绝对值方式 (G90) 时，指定孔底的绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时，指定孔底到 R 点的距离。     |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时，指定 R 点的绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时，指定 R 点到初始平面的距离。 |
| Q   | 为每次向下的钻孔深度 (增量值，取负)                                         |
| K   | 距已加工孔深上方的距离 (增量值，取正)。<br>注意：K 不能大于 Q                        |
| F   | 指定切削进给速度。                                                   |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工的简化编程，L=1 时可省略)。                              |
| P   | 指定在孔底的暂停时间 (单位：ms)。                                         |

## 格式

(G98/G99)G17(G18/G19)G83 X\_Y\_Z\_R\_Q\_K\_F\_L\_P\_;

| 参数  | 含义                                                            |                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| G17 | XY                                                            | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Z                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| G18 | ZX                                                            | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Y                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| G19 | YZ                                                            | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | X                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时, 指定 R 点的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定 R 点到初始平面的距离。 |                                                             |
| Q   | 为每次向下的钻孔深度 (增量值, 取负)                                          |                                                             |
| K   | 距已加工孔深上方的距离 (增量值, 取正)。<br>注意: K 不能大于 Q                        |                                                             |
| F   | 指定切削进给速度。                                                     |                                                             |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工的简化编程, L=1 时可省略)。                               |                                                             |
| P   | 指定在孔底的暂停时间 (单位: ms)。                                          |                                                             |

## 工作步骤

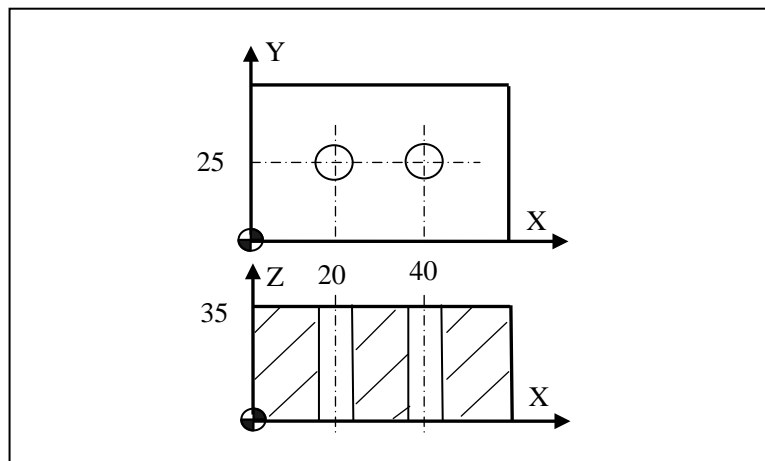
- (1) 刀位点快移到孔中心上方B点;
- (2) 快移接近工件表面, 到R点;
- (3) 向下以F速度钻孔, 深度为q量;
- (4) 向上快速抬刀到R点;
- (5) 向下快移到已加工孔深的上方, k距离处;
- (6) 向下以F速度钻孔, 深度为 (q+k) 量;
- (7) 重复步骤4、5、6。到达孔底Z点;
- (8) 孔底延时P毫秒 (主轴维持原旋转状态);
- (9) 向上快速退到R点 (G99) 或B点 (G98)。

## 注意

- (1) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (2) 如果 Z、Q、K 的移动量为零，该指令不执行；
- (3) G83 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (4) 使用指令 G83 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；

## 举例

加工如下图所示孔：



```
%3347
```

```
N10 G55 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N15 Y25
```

```
N20 G98G83G91X20G90R40P2Q-10K5G91Z-43F100L2
```

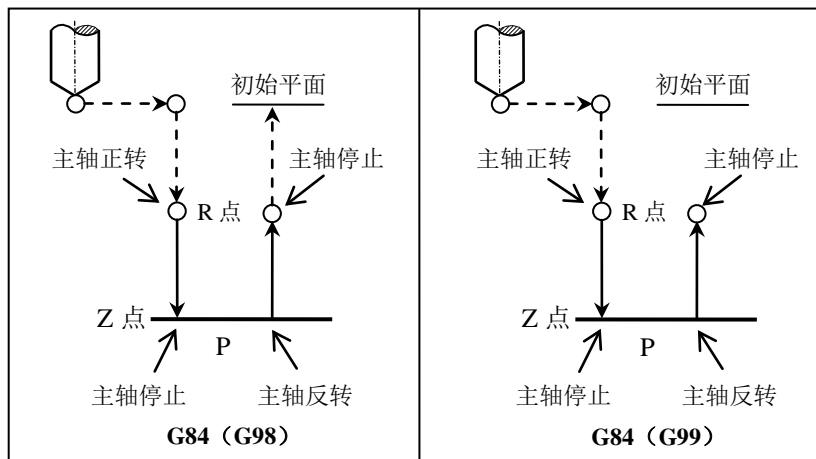
```
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

### 12.1.11 攻丝循环 (G84)

#### 说明

G84指令与G74指令攻丝原理相同。G84是主轴正转攻丝到孔底后反转回退。其动作如下图所示。



## 格式

## G17(G18/G19)G84 X\_Y\_Z\_R\_Q\_P\_F\_L\_E\_J;

| 参数  | 含义                                                            |                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                        | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Z                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| G18 | Z<br>X                                                        | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Y                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| G19 | Y<br>Z                                                        | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | X                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时, 指定 R 点的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定 R 点到初始平面的距离。 |                                                             |
| Q   | 分段攻丝每次的进刀量。                                                   |                                                             |
| P   | 指定在孔底的暂停时间 (单位: ms)                                           |                                                             |
| F   | 指定螺纹导程。                                                       |                                                             |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工, 故 X 或 Y 应为增量值, L=1 时可省略)。                     |                                                             |
| E   | E1 啄式攻丝, 每次回退 K; E2 每次回退到 R 平面<br>E3 直接钻到孔底                   |                                                             |
| J   | J1 A 轴攻丝; J2 B 轴攻丝; J3 C 轴攻丝                                  |                                                             |

## 攻丝中的进给速度

刚性攻丝时程序中指定的 F (进给速度) 无效, 沿攻丝轴的进给速度由下式计算:

$$\text{进给速度} = \text{主轴转速} \times \text{螺纹导程}$$

**攻丝方式**

C 轴攻丝：将伺服主轴当作 C 轴，采用插补的方法攻丝，可以实现高速高精度攻丝；

**注意**

- (1) 攻丝轴必须为 Z 轴；
- (2) Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；
- (3) G84 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (4) Z 的移动量为零时候，本循环不执行；
- (5) 在正向攻丝过程中，忽略进给速度倍率，主轴修调和进给保持。
- (6) 在攻丝指令 G84 使用前，请注意将主轴伺服电机的控制方式由速度方式切换为位置方式，使用 STOC 指令切换。攻丝完成后，可以使用 CTOS 指令将主轴伺服电机的控制方式由位置方式切换为速度方式，将伺服主轴当作普通主轴使用。
- (7) 使用攻丝指令 G84 前，请使用相应的 M 代码使主轴正转。
- (8) 调用 G84 刚性攻丝后必须由编程者恢复原进给速度，否则进给速度会为刚性攻丝速度即  $s \cdot \text{螺距}$ 。
- (9) 刚性攻丝过程中不支持旋转或者缩放指令。（所有固定循环都有此限定要求）

**举例**

```
%3349

N10 G92 X0 Y0 Z80

N15 M03 S300

G108

N20 G98G84X0Y0Z-15R10P2000F1

G109

N30 G90 G0 X0 Y0 Z80

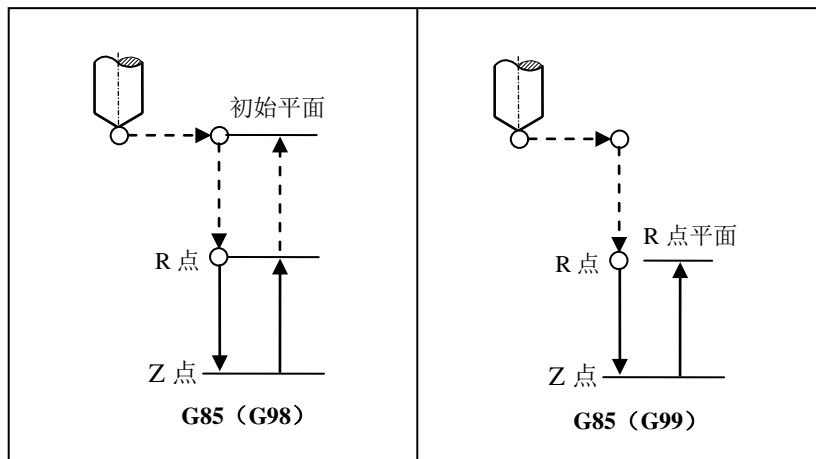
N40 M30
```



### 12.1.12 镗孔循环 (G85)

#### 说明

该指令主要用于精度要求不太高的镗孔加工。G85 的动作序列如下图所示所示。



#### 格式

(G98/G99) G85 X\_Y\_Z\_R\_F\_L\_;

| 参数  | 含义                                                            |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| X Y | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。   |
| Z   | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。     |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时, 指定 R 点的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定 R 点到初始平面的距离。 |
| F   | 指定切削进给速度。                                                     |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工的简化编程, L=1 时可省略)。                               |

## 格式

(G98/G99)G17(G18/G19)G85 X\_Y\_Z\_R\_F\_L\_;

| 参数  | 含义                                                            |                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                        | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Z                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| G18 | Z<br>X                                                        | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | Y                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| G19 | Y<br>Z                                                        | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定刀具从当前位置到孔位的距离。 |
|     | X                                                             | 绝对值方式 (G90) 时, 指定孔底的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定孔底到 R 点的距离。   |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时, 指定 R 点的绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时, 指定 R 点到初始平面的距离。 |                                                             |
| F   | 指定切削进给速度。                                                     |                                                             |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工的简化编程, L=1 时可省略)。                               |                                                             |

## 工作步骤

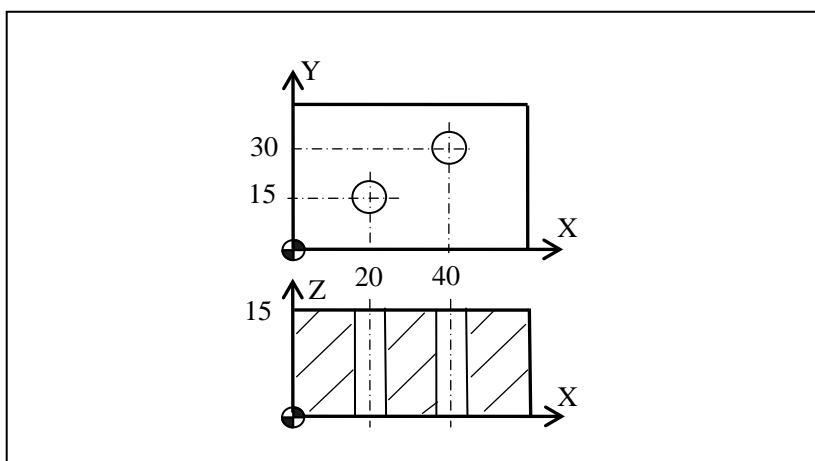
- (1) 刀位点快移到孔中心上方B点;
- (2) 快移接近工件表面, 到R点;
- (3) 向下以F速度镗孔;
- (4) 到达孔底Z点;
- (5) 向上以F速度退到R点 (主轴维持旋转状态);
- (6) 如是G98状态, 则还要向上快速退到B点。

## 注意

- (1) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (2) Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；
- (3) 如果 Z、Q、K 的移动量为零，该指令不执行；
- (4) G85 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (5) 使用指令 G85 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；

## 举例

加工如下图所示孔：



```
%3351
```

```
N10 G92 X0 Y0 Z80
```

```
N15 M03 S600
```

```
N20 G98 G85 G91 X20 Y15 G90 R20 Z-3 L2 F100
```

```
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
```

```
N40 M30
```

### 12.1.13 镗孔循环 (G86)

#### 说明

G86 执行的动作与 G81 相同，但在孔底主轴停止，然后快速退回，主要用于精度要求不太高的镗孔加工。

#### 格式

(G98/G99)G17(G18/G19) G86 X\_ Y\_ Z\_ R\_ F\_ L\_;

| 参数  |        | 含义                                                              |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z      | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G18 | ZX     | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y      | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G19 | YZ     | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X      | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| R   |        | 绝对值方式 (G90) 时，指定 R 点的绝对位置；增量值方式 (G91) 时，指定 R 点到初始平面的距离。         |
| F   |        | 指定切削进给速度。                                                       |
| L   |        | 循环次数 (一般用于多孔加工的简化编程, L=1 时可省略)。                                 |

#### 工作步骤

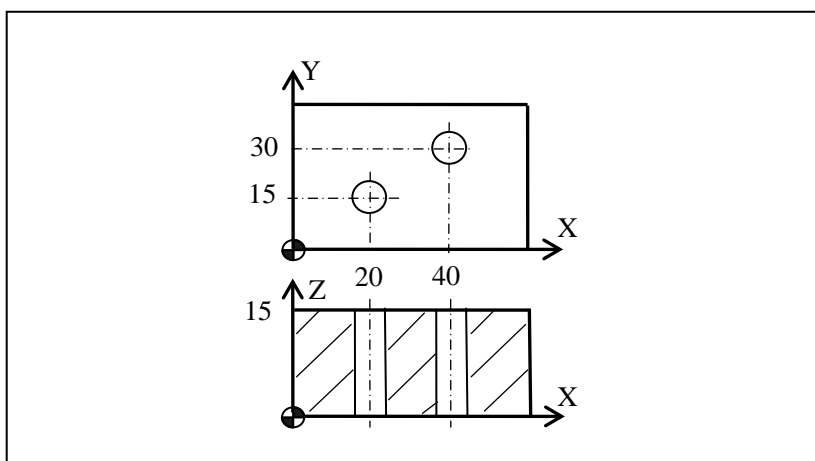
- (1) 刀位点快移到孔中心上方B点；
- (2) 快移接近工件表面, 到R点；
- (3) 向下以F速度镗孔；
- (4) 到达孔底Z点；
- (5) 主轴停止旋转；
- (6) 向上快速退到R点 (G99) 或B点 (G98)；
- (7) 主轴恢复正转。

**注意**

- (1) 如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行；
- (2) G86 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (3) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (4) Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警。

**举例**

加工如下图所示孔：



%3353;用铰刀铰孔。

N10 G92 X0 Y0 Z80

N15 G98 G86 G90 X20 Y15 R20 Z-2 F200

N20 X40 Y30

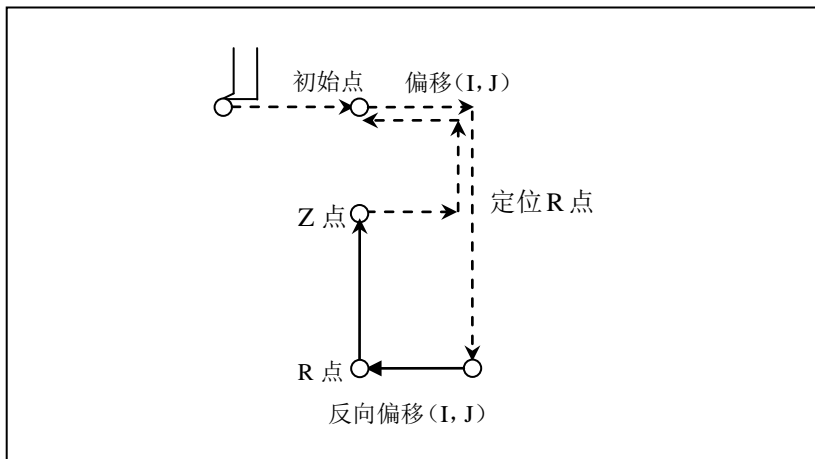
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

### 12.1.14 反镗循环 (G87)

#### 说明

该指令一般用于镗削上小下大的孔，其孔底 Z 点一般在参照点 R 的上方，与其它指令不同。



格式

**(G98/G99)G17 G87X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_P\_F\_L;**

**(G98/G99)G18 G87X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_P\_F\_L;**

**(G98/G99)G17 G87X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_P\_F\_L;**

| 参数  | 含义                                                                        |                                                                  |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置; 增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值; 增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G18 | Z<br>X                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置; 增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值; 增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G19 | Y<br>Z                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置; 增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值; 增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| R   | 指定 R 点的位置。<br>绝对值方式 (G90) 时为 R 点的 Z 向绝对位置;<br>增量值方式 (G91) 时为 R 点到初始平面的距离。 |                                                                  |
| I   | X 轴方向偏移量。                                                                 |                                                                  |
| J   | Y 轴方向偏移量。                                                                 |                                                                  |
| P   | 孔底暂停时间 (单位: ms)。                                                          |                                                                  |
| F   | 指定切削进给速度。                                                                 |                                                                  |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工, 故 X 或 Y 应为增量值, L=1 时可省略)。                                 |                                                                  |

**工作步骤**

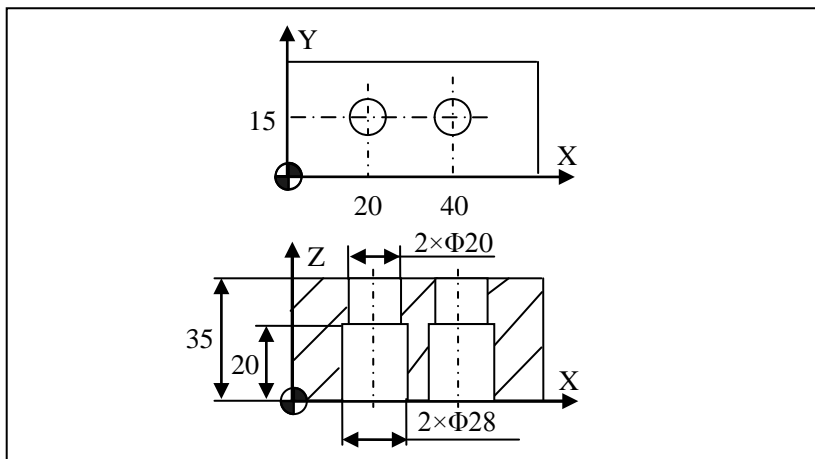
- (1) 刀位点快移到孔中心上方 B 点；
- (2) 主轴定向，停止旋转；
- (3) 镗刀向刀尖反方向快速移动 I 或 J 量；
- (4) 快速移到 R 点；
- (5) 镗刀向刀尖正方向快移 I 或 J，刀位点回到孔中心 X、Y 坐标处；
- (6) 主轴正转；
- (7) 向上以 F 速度镗孔，到达孔底 Z 点；
- (8) 孔底延时 P 毫秒（主轴维持旋转状态）；
- (9) 主轴定向，停止旋转；
- (10) 刀尖反方向快速移动 I 或 J 量；
- (11) 向上快速退到 B 点高度 (G98)；
- (12) 向刀尖正方向快移 I 或 J，刀位点回到孔中心上方 B 点处；
- (13) 主轴恢复正转。

**注意**

- (1) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (2) 如果 Z 的移动量为零，该指令不执行；
- (3) Z 点必须高于 R 点平面，否则程序报警；
- (4) G87 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (5) G87 指令只能使用 G98；
- (6) 使用指令 G87 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；



举例



```

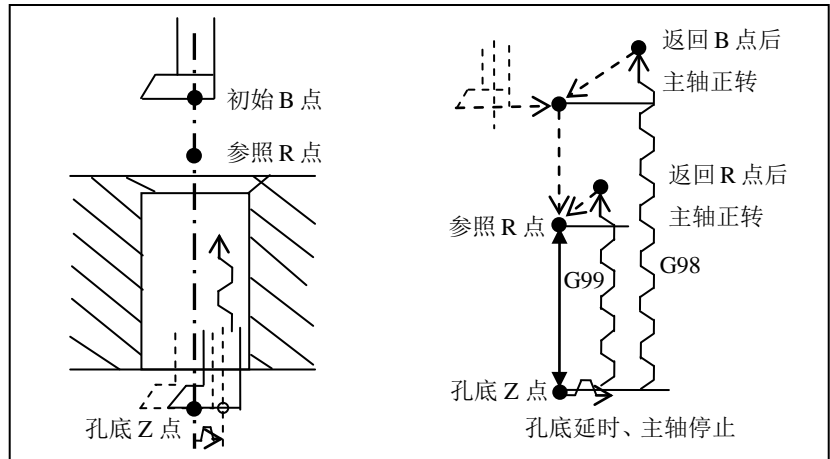
%3355
N10 G92 X0 Y0 Z80
N15 M03 S600
N20 G00 Y15 F200
N25 G98
G87 G91
X20 I5 R-83 P2000 Z23 L2
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80 M05
N40 M30

```

### 12.1.15 镗孔循环（手镗）（G88）

#### 说明

该指令在镗孔前记忆了初始 B 点或参照 R 点的位置，当镗刀自动加工到孔底后机床停止运行，手动将工作方式转换为“手动”，通过手动操作使刀具抬刀到 B 点或 R 点高度上方，并避开工件。然后工作方式恢复为自动，再循环启动程序，刀位点回到 B 点或 R 点。用此指令一般铣床就可完成精镗孔，不需主轴准停功能。



## 格式

**G98 (G99) G17(G18/G19)G88 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_L\_**

| 参数  | 含义                                                                        |                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G18 | Z<br>X                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G19 | Y<br>Z                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| R   | 指定 R 点的位置。<br>绝对值方式 (G90) 时为 R 点的 Z 向绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时为 R 点到初始平面的距离。 |                                                                 |
| P   | 孔底暂停时间 (单位: ms)。                                                          |                                                                 |
| F   | 镗孔进给速度。                                                                   |                                                                 |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工, 故 X 或 Y 应为增量值, L=1 时可省略)。                                 |                                                                 |

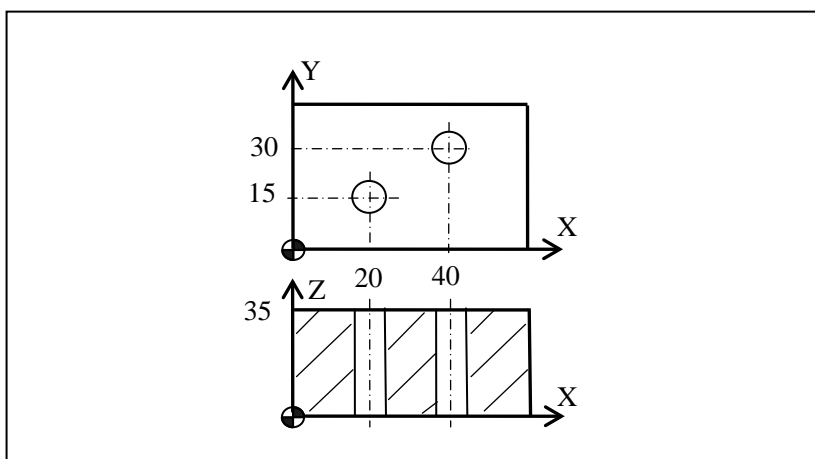
**工作步骤**

- (1) 刀位点快移到孔中心上方 **B** 点；
- (2) 快移接近工件表面，到 **R** 点；
- (3) 向下以 **F** 速度镗孔，到达孔底 **Z** 点；
- (4) 孔底延时 **P** 毫秒（主轴维持旋转状态）；
- (5) 主轴停止旋转；
- (6) 手动移动刀具，直到高于 **R** 点（**G99**）或 **B** 点（**G98**）高度；
- (7) 自动方式下按循环启动，刀具快速到 **R** 点（**G99**）或 **B** 点（**G98**）位置；
- (8) 主轴自动恢复正转；

**注意**

- (1) 钻孔轴必须为 **Z** 轴；
- (2) 如果 **Z** 的移动量为零，该指令不执行；
- (3) **Z** 点必须低于 **R** 点平面，否则程序报警；
- (4) **G88** 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (5) 如果程序中使用 **G99**，手动移动刀具必须高于 **R** 点；
- (6) 如果程序中使用 **G98**，手动移动刀具必须高于 **B** 点；
- (7) 使用指令 **G88** 前，请使用相应的 **M** 代码使主轴旋转。

## 举例



%3357; 用单刃镗刀镗孔。

N10 G54

N12 M03 S600

N15 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G88G91X20Y15R-42P2000Z-40L2F100

N30 G00 G90 X0 Y0 Z80

N40 M30

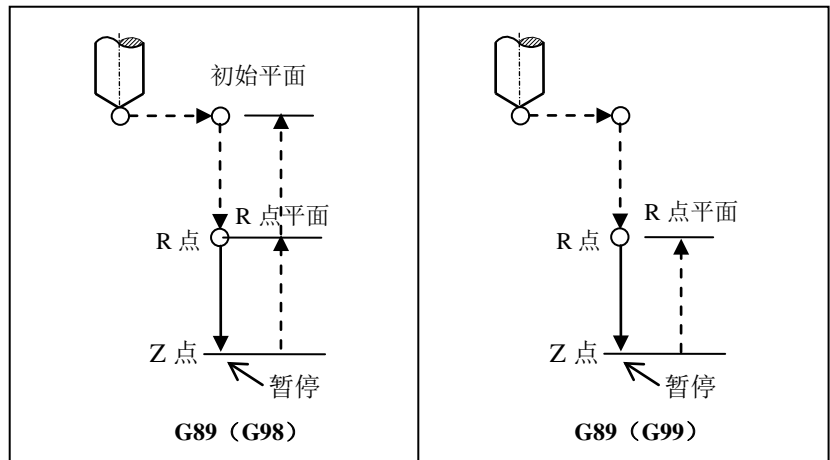
### 12.1.16 镗孔循环 (G89)

**说明**

该循环用于镗孔。

该循环几乎与 G86 相同，不同的是该循环在孔底执行暂停。在指定 G89 之前用辅助功能 M 代码旋转主轴。当 G89 指令和 M 代码在同一程序段中指定时，在第一个定位动作的同时执行 M 代码，然后系统处理下一个镗孔动作。当指定重复次数 L 时只在镗第一个孔时执行 M 代码，对后续的孔不再执行 M 代码。

G89 的动作序列如下图所示。



**格式**

(G98/G99) G89 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_L;

| 参数  | 含义                                                          |
|-----|-------------------------------------------------------------|
| X Y | 绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时，指定刀具从当前位置到孔位的距离。   |
| Z   | 绝对值方式 (G90) 时，指定孔底的绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时，指定孔底到 R 点的距离。     |
| R   | 绝对值方式 (G90) 时，指定 R 点的绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时，指定 R 点到初始平面的距离。 |
| P   | 孔底暂停时间 (单位: ms)。                                            |
| F   | 指定切削进给速度。                                                   |
| L   | 循环次数 (一般用于多孔加工, 故 X 或 Y 应为增量值)。                             |

## 格式

(G98/G99)G17(G18/G19)G89 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_L;

| 参数  | 含义                                                                        |                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| G17 | X<br>Y                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 XY 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Z                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Z 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G18 | Z<br>X                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 ZX 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 ZX 平面内相对于起点增量值。 |
|     | Y                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 Y 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Y 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| G19 | Y<br>Z                                                                    | 绝对编程 (G90) 时是孔中心在 YZ 平面内的坐标位置；增量编程 (G91) 时是孔中心在 YZ 平面内相对于起点增量值。 |
|     | X                                                                         | 绝对编程 (G90) 时是孔底 X 点的坐标值；增量编程 (G91) 时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。       |
| R   | 指定 R 点的位置。<br>绝对值方式 (G90) 时为 R 点的 Z 向绝对位置；<br>增量值方式 (G91) 时为 R 点到初始平面的距离。 |                                                                 |
| P   | 孔底暂停时间 (单位: ms)。                                                          |                                                                 |
| F   | 镗孔进给速度。                                                                   |                                                                 |
| L   | 重复次数 (一般用于多孔加工, 故 X 或 Y 应为增量值, L=1 时可省略)。                                 |                                                                 |

**注意**

- (1) 钻孔轴必须为 Z 轴；
- (2) Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；
- (3) G89 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- (4) G89 指令与 G86 指令相同，但在孔底有暂停；
- (5) 如果 Z 的移动量为零，G89 指令不执行；
- (6) 使用指令 G89 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；

**举例**

|                                                |                              |
|------------------------------------------------|------------------------------|
| M3 S1000;                                      | “主轴开始旋转                      |
| G90 G99 G89 X300 Y-250 Z-150 R-120 P1000 F120; |                              |
|                                                | “定位,镗 1 孔,然后返回到 R 点在孔底暂停 1 秒 |
| Y-550;                                         | “定位,镗 2 孔,然后返回到 R 点          |
| Y-750;                                         | “定位,镗 3 孔,然后返回到 R 点          |
| X1000;                                         | “定位,镗 4 孔,然后返回到 R 点          |
| Y-550;                                         | “定位,镗 5 孔,然后返回到 R 点          |
| G98 Y-750;                                     | “定位,镗 6 孔,然后返回初始位置平面         |
| G80 G28 G91 X0 Y0 Z0;                          | “取消镗孔, 返回到参考点                |
| M5;                                            | “主轴停止旋转                      |



### 12.1.17 钻孔固定循环取消 (G80)

#### 说明

该指令用于取消钻孔固定循环。

#### 格式

**G80**

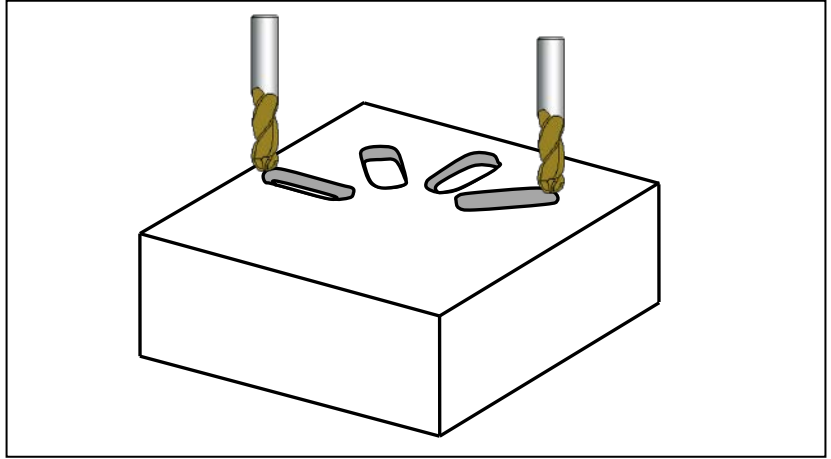
#### 注意

- (1) 取消所有钻孔固定循环，之后恢复正常操作；
- (2) R 平面和 Z 平面取消；
- (3) 其它钻孔参数数据也被取消；

### 12.1.18 圆弧槽循环（类型 1）（G181）

#### 说明

使用本循环可以用来加工按圆弧排列的槽，槽宽由刀具直径确定。

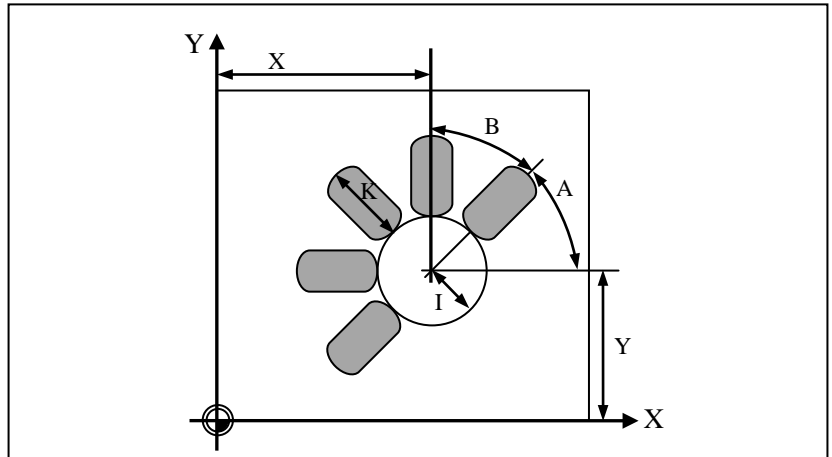


#### 格式

(G98/G99) G181 R\_Z\_N\_K\_X\_Y\_I\_A\_B\_F\_Q\_V\_

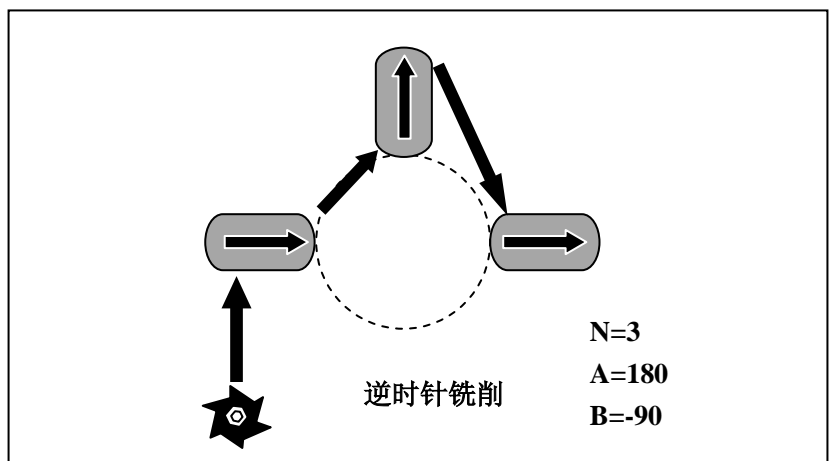
| 参数 | 含义                                             |
|----|------------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。   |
| Z  | 绝对编程时是槽底坐标值；<br>增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。          |
| N  | 键槽的数量（可省略，N=1）。                                |
| K  | 键槽长度。                                          |
| X  | 键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| Y  | 键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| I  | 键槽组成圆弧的半径。                                     |
| A  | 起始角度（-180~180 度，逆时针为正，顺时针为负，可省略，A=0）。          |
| B  | 增量角度（可省略，B=360/N；B 符号为正则逆时针方向铣削各槽，负则顺时针铣削）。    |
| F  | 铣削速度。                                          |
| Q  | 每次进给时的最大进给深度（可省略，Q=槽深，一次性切削到底）。                |
| V  | 刀具半径值。                                         |

参数图示



铣削步骤

- (1) 选择进入循环的初始位置，这点可以是任意位置，但必须保证在不发生轮廓碰撞的前提下从该点可以运行到每一个键槽；
- (2) 从初始位置定位到第一键槽近端上方参考位置 **R**，近端即是指靠近圆弧槽圆心一端，远端则相反，起始角度 **A** 参数指定的槽为第一个加工槽；
- (3) 以铣削速度向下进给指定深度，然后来回摆动铣削键槽直至槽底。每次深度进给均在键槽端点进行；
- (4) 应用轴（一般为 **Z** 轴）退刀至参考位置 **R**，选择最短路径快移至下一键槽端点处，然后再来回摆动切削至底部；
- (5) 加工完成最后一个键槽后，根据当前 **G98** 或 **G99** 模态分别退刀至循环初始位置 **B** 或参考位置 **R**，循环结束。



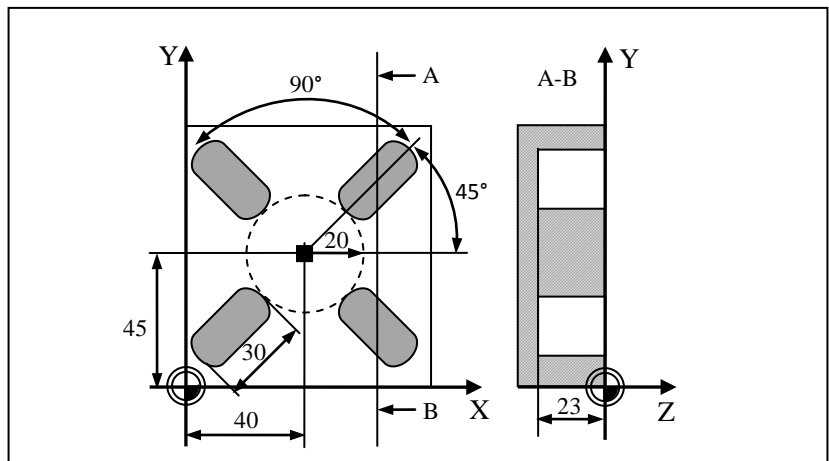
注意

- (1) 键槽数量 **N** 输入为非负整数，循环将忽略负号，并且对非整数进行四舍五入处理；
- (2) 每次最大进给深度由参数 **Q** 指定，如果槽深不能被 **Q** 整除，则最后一刀进给深度将会小于 **Q**；

- (3) 各槽之间的铣削方向与参数 **B** 的符号有关, **B** 为正则从第一键槽开始依逆时针加工直至最后一个键槽, **B** 为负则依顺时针加工键槽, 如不指定 **B**, 则循环内部处理  $B=360/N$ , 沿逆时针铣削键槽;
- (4) 参数 **K**、**I**、**Q** 输入为非负数, 如输入为负值则循环内部将忽略负号;
- (5) 进入循环之前必须先旋转主轴。报警提示信息可以参考章节 12.1.26。

### 举例

加工如下图所示 4 个长方形槽, 槽长 30mm, 槽深 23mm, 进刀深度为 6mm。



%0526

N10 G54 X0 Y0 Z5

N20 G17 G90

N30 T10

N40 M06

N50 M03 S600

N60 G181 R0 Z-23 N4 K30 X40 Y45 I20 A45 B90 F100 Q6 V5

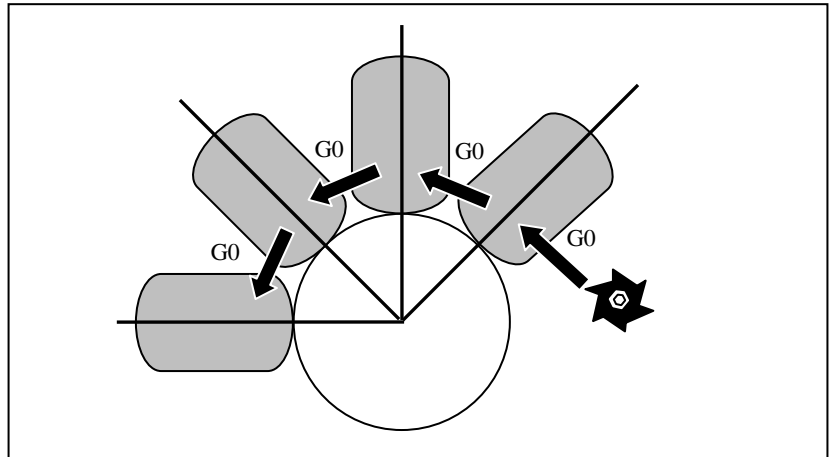
N70 M30

### 12.1.19 圆弧槽循环（类型 2）（G182）

**说明**

本循环可加工环形排列槽，这些槽纵向轴按放射状排列，本循环与 G181 不同，槽宽可由参数指定，而不是由刀具直径决定。

同时本循环可以指定粗加工或精加工。



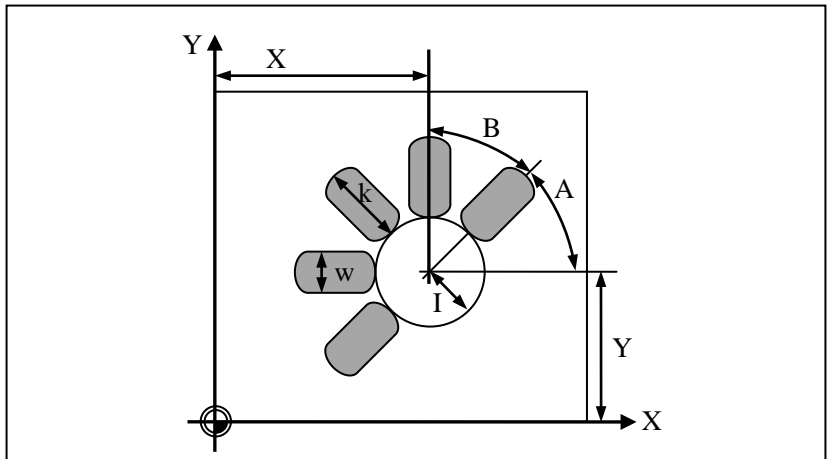
**格式**

**(G98/G99)G182 R\_Z\_N\_K\_W\_X\_Y\_I\_A\_B\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_**

| 参数 | 含义                                             |
|----|------------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。   |
| Z  | 绝对编程时是槽底坐标值；<br>增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。          |
| N  | 键槽的数量（可省略，N=1）。                                |
| K  | 键槽长度。                                          |
| W  | 键槽宽度（可省略，W=刀具直径）。                              |
| X  | 键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| Y  | 键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| I  | 键槽组成圆弧的半径。                                     |
| A  | 起始角度（-180~180 度，逆时针为正，顺时针为负，可省略，A=0）。          |
| B  | 增量角度（可省略，B=360/N；B 符号为正则逆时针方向铣削各槽，负则顺时针铣削）     |
| F  | 粗加工时铣削速度。                                      |
| Q  | 粗加工时每次最大进给深度（可省略，Q=槽深度-槽底精加工余量）                |
| E  | 槽边缘的精加工余量（可省略，E=0）                             |

|   |                                                                 |
|---|-----------------------------------------------------------------|
| O | 槽底部精加工余量（可省略，O=0）                                               |
| H | 精加工时的最大进给深度（可省略，H=Q）                                            |
| U | 精加工进给速度（可省略，U取F）                                                |
| P | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默认转速）                                   |
| C | 加工槽的铣削方向（可省略，C=3）<br>0: 同向铣削； 1: 逆向铣削； 2: G02 方向铣削； 3: G03 方向铣削 |
| D | 加工类型（可省略，D=1）<br>1: 粗加工 2: 精加工                                  |
| V | 刀具半径值。                                                          |

参数图示



铣削方向

进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

| 铣削方向<br>(循环参数 C) | 进入循环前指定 M03/M04 |          |
|------------------|-----------------|----------|
|                  | M03 主轴正转        | M04 主轴反转 |
| 0: 同向铣削          | G03             | G02      |
| 1: 逆向铣削          | G02             | G03      |
| 2: G02 方向        | G02             | G02      |
| 3: G03 方向        | G03             | G03      |
| 省略               | G03             | G03      |

**铣削步骤**

- (1) 指定进入循环的初始位置，本位置可以指定为任意位置，但要保证从该点能定位到每个键槽，没有轮廓碰撞发生；
- (2) 以 G0 定位到第一个槽上方参考点 R 位置，起始角度 A 参数指定的槽为第一个槽；

**(3) 粗加工 (D=1):**

从槽近端深度进给一个下刀量，按照铣削方向 C 参数指定方向从内到外铣削该槽表面直至槽边缘精加工余量，每次均在槽近端点同一位置进刀直至槽底部精加工余量；

**精加工 (D=2):**

先进行槽壁精加工再进行槽底部精加工，铣削槽壁时由内到外直至槽边缘指定轮廓，铣削方向由 C 参数指定；铣削槽底时由内到外直至边缘轮廓，然后再同一点下刀直至槽底部轮廓；

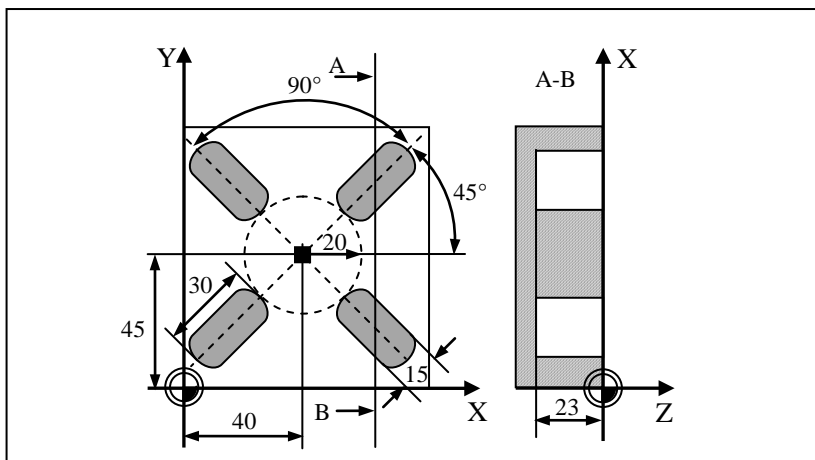
- (4) 加工完成一个键槽，抬刀至参考平面 R，快移至下一加工槽近端处，重复步骤 3 直至加工完成最后一个键槽；
- (5) 根据当前 G98 或 G99 模态分别退刀至循环初始位置 B 或参考位置 R，循环结束。

**注意**

- (1) 刀具半径不能超过指定槽宽度 W，否则将产生报警；
- (2) 键槽数量 N 输入为非负整数，循环将忽略负号，并且对非整数进行四舍五入处理；
- (3) Q 或 H 均是指的每次最大进给深度，注意当槽深度不能被每次进给深度 Q 或 H 整除时，最后一刀将会小于 Q 或 H；
- (4) 铣削方向 C 参数指定单个槽的铣削方向，角度增量 B 参数指定各槽之间的铣削方向，B 为正则从第一键槽开始依逆时针加工直至最后一个键槽，B 为负则依顺时针加工键槽，如不指定 B，则循环内部处理  $B=360/N$ ，沿逆时针铣削键槽；
- (5) 参数 K、W、I、E、O、Q、H 输入为非负数，如输入为负值则循环内部将忽略负号；
- (6) 进入循环之前必须先旋转主轴。另外，指定槽边缘精加工余量 E 不能超过槽宽  $W/2$ ，槽底精加工余量 O 不能超过槽深，否则都将有报警产生，其他报警提示信息可以参考 12.1.26 章节。

## 举例

加工 4 个键槽，槽长 30mm，槽宽 15mm，槽深 23mm，精加工余量 0.5mm，铣削方向 G02，粗加工进给深度为 6mm，刀具半径 5mm。



%0527

N10 G54 G17 G90

N20 T10

N30 M06

N40 M03 S600

N50 G182R5Z-23N4K30X40Y45W15I20A45B90F100Q6E0.5O0.5C2 V5

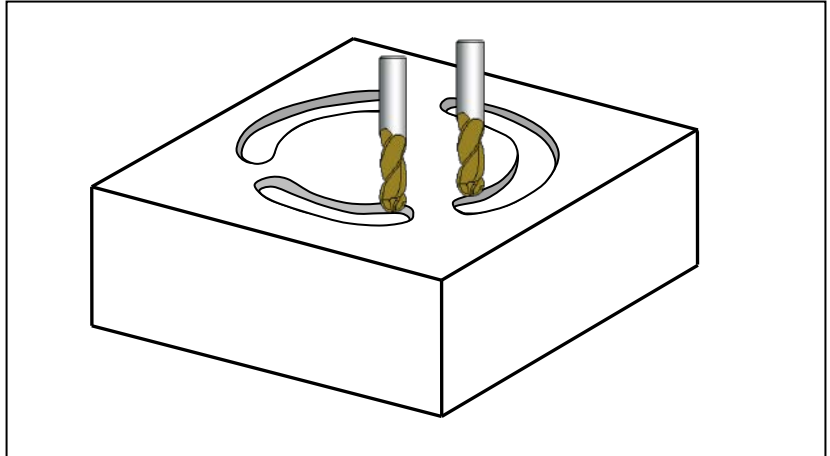
N60 M30



### 12.1.20 圆周槽铣削循环 (G183)

#### 说明

本循环可加工分布在圆上的圆周槽，可指定粗加工、精加工或综合加工。



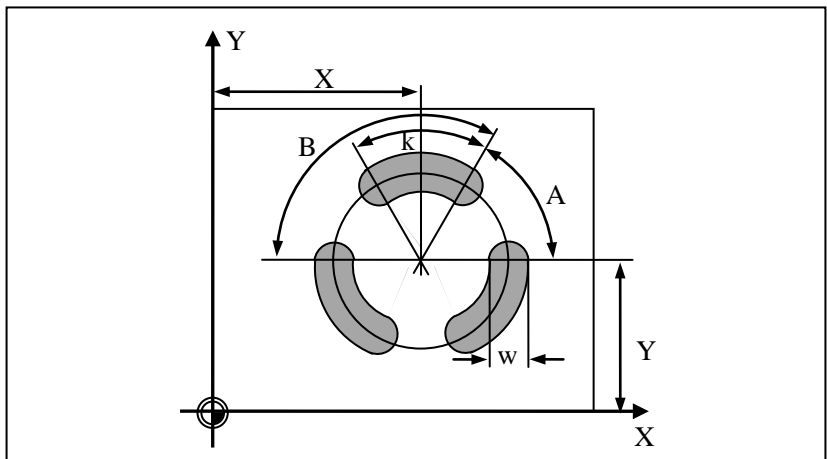
#### 格式

**(G98/G99)G183R\_Z\_N\_K\_W\_X\_Y\_I\_A\_B\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_**

| 参数 | 含义                                             |
|----|------------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。   |
| Z  | 绝对编程时是槽底坐标值；<br>增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。          |
| N  | 槽的数量（可省略，N=1）。                                 |
| K  | 槽长的角度（0~360 度，单位：度）。                           |
| W  | 圆周槽宽度（可省略，W=刀具直径）。                             |
| X  | 键槽组成的圆周圆心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| Y  | 键槽组成的圆周圆心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| I  | 键槽组成圆周的半径。                                     |
| A  | 起始角度（-180~180 度，逆时针为正，顺时针为负，可省略，A=0）。          |
| B  | 增量角度（可省略，B=360/N；B 符号为正则逆时针方向铣削各槽，负则顺时针铣削）     |
| F  | 粗加工时铣削速度。                                      |
| Q  | 粗加工时每次最大进给深度（可省略，Q=槽深度-槽底精加工余量）                |
| E  | 槽边缘的精加工余量（可省略，E=0）                             |
| O  | 槽底部精加工余量（可省略，O=0）                              |

|   |                                                                 |
|---|-----------------------------------------------------------------|
| U | 精加工进给速度（可省略，U 取 F）                                              |
| P | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默认转速）                                   |
| C | 加工槽的铣削方向（可省略，C=3）<br>0: 同向铣削； 1: 逆向铣削； 2: G02 方向铣削； 3: G03 方向铣削 |
| D | 加工类型（可省略，D=1）<br>1: 粗加工 2: 精加工                                  |
| V | 刀具半径值。                                                          |

参数图示



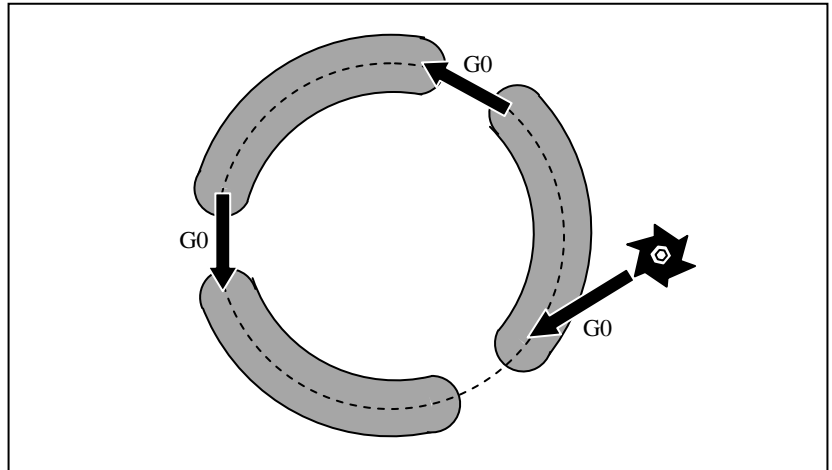
铣削方向

进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

| 铣削方向<br>(循环参数 C) | 进入循环前指定 M03/M04 |          |
|------------------|-----------------|----------|
|                  | M03 主轴正转        | M04 主轴反转 |
| 0: 同向铣削          | G03             | G02      |
| 1: 逆向铣削          | G02             | G03      |
| 2: G02 方向        | G02             | G02      |
| 3: G03 方向        | G03             | G03      |
| 省略               | G03             | G03      |

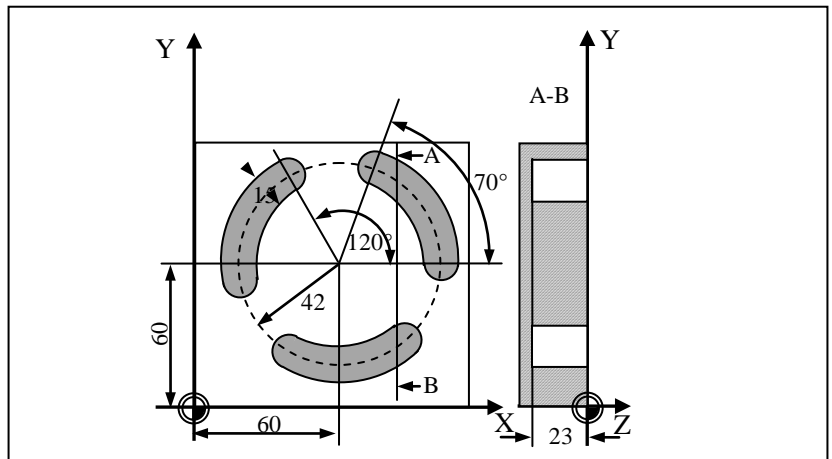
加工步骤

- (1) 循环运行时，使用 G00 到达参考平面 R 位置；
- (2) 从内到外来回铣削当前槽，铣削步骤与 G182 类似；
- (3) 完成一个圆周槽加工后，退刀至参考平面并移到下一圆周槽；
- (4) 加工完所有圆周槽后根据 G98/G99 退刀完成循环任务。



举例

加工三个位于圆心为 (X60, Y60), XY 平面中的半径为 42mm 的圆弧上的环形槽。环形槽尺寸: 宽度为 15mm, 槽长度角为 70 度, 槽深 23mm, 起始角 0 度, 增量角为 120 度, 在槽轮廓上的精加工余量为 0.5mm, 每次进刀深度为 6mm, 精加工使用粗加工相同的转速和进给速度, 精加工一刀完成, 刀具半径 5mm。



%0528

N10 G54 G17 G90

N20 T10

N30 M06

N40 M03 S600

N50 G00 X60 Y60 Z5

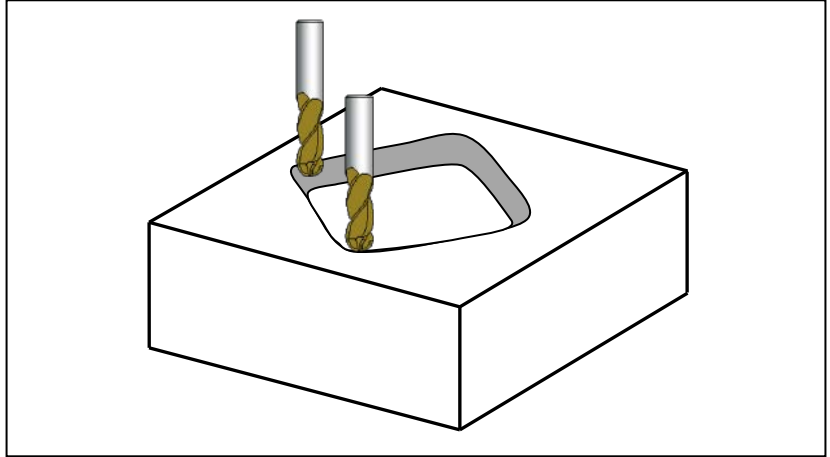
N60 G183R2Z-23N3K70W15X60Y60I42A70B120F100Q6E0.5O0.5V5

N70 M30

### 12.1.21 矩形凹槽循环 (G184)

说明

本循环用于带圆弧拐角的矩形凹槽粗加工和精加工。



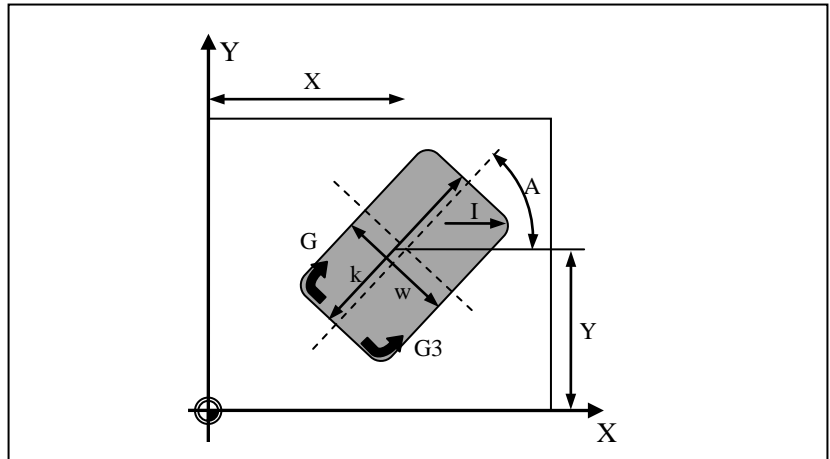
格式

(G98/G99)G184R\_Z\_K\_W\_X\_Y\_I\_A\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_

| 参数 | 含义                                           |
|----|----------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。 |
| Z  | 绝对编程时是槽底坐标值；<br>增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。        |
| K  | 槽长                                           |
| W  | 槽宽                                           |
| X  | 槽中心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；<br>相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| Y  | 槽中心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；<br>相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| I  | 矩形槽拐角圆弧半径（可省略或指定为 0， $I=W/2$ ）               |
| A  | 矩形槽长边与平面内第一轴正方向夹角（可省略， $A=0$ ）               |
| F  | 粗加工时铣削速度。                                    |
| Q  | 粗加工时每次最大进给深度（可省略， $Q=$ 槽深度-槽底<br>精加工余量）      |
| E  | 槽边缘的精加工余量（可省略， $E=0$ ）                       |
| O  | 槽底部精加工余量（可省略， $O=0$ ）                        |
| H  | 精加工时的最大进给深度（可省略， $H=Q$ ）                     |
| U  | 精加工进给速度（可省略，U 取 F）                           |
| P  | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默<br>认转速）            |

|   |                                                             |
|---|-------------------------------------------------------------|
| C | 加工槽的铣削方向（可省略，C=3）<br>0：同向铣削； 1：逆向铣削； 2：G02 方向铣削； 3：G03 方向铣削 |
| D | 加工类型（可省略，D=1）<br>1：粗加工 2：精加工                                |
| V | 刀具半径值。                                                      |

参数图解



铣削方向

进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

| 铣削方向<br>(循环参数 C) | 进入循环前指定 M03/M04 |          |
|------------------|-----------------|----------|
|                  | M03 主轴正转        | M04 主轴反转 |
| 0: 同向铣削          | G03             | G02      |
| 1: 逆向铣削          | G02             | G03      |
| 2: G02 方向        | G02             | G02      |
| 3: G03 方向        | G03             | G03      |
| 省略               | G03             | G03      |

**铣削步骤**

(1) 定位进入循环的起始位置，该点可以是任意位置，但必须保证从该点可以无碰撞定位到待加工工件；

**(2) 粗加工 (D=1):**

G00 定位到槽宽边边缘中点位置（留槽边缘精加工余量），深度进刀一个进给量 Q，根据参数 C 定义的铣削方向从外到内铣削槽表面，回到同一下刀点再次深度进给铣削槽表面直至槽底部精加工余量。

**精加工 (D=2):**

G00 定位到槽宽边边缘中点位置（留槽边缘精加工余量），深度进刀一个进给量 H，根据参数 C 定义的铣削方向从内到外铣削槽表面直至槽边缘轮廓，回到同一下刀点再次深度进给铣削槽表面直至槽底部精加工余量。然后再进行槽底部精加工，按照 C 定义铣削方向从外到内铣削直至槽底部轮廓。

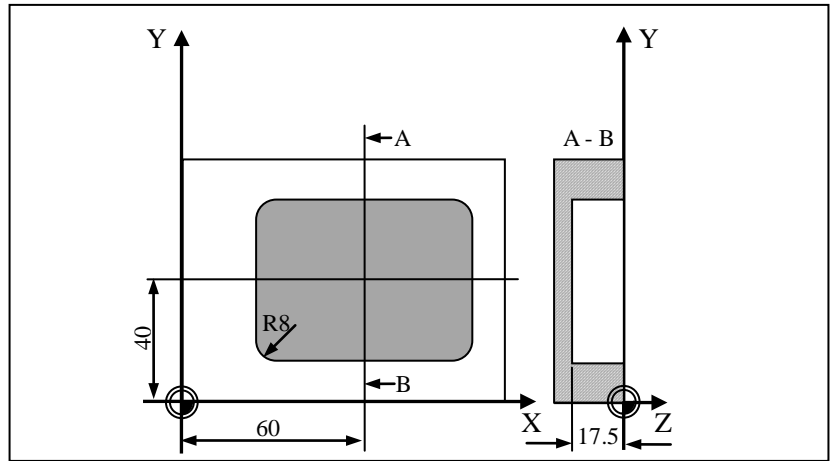
(3) 加工完成根据 G98/G99 抬刀至初始平面或参考平面，循环完成。

**注意**

- (1) 本循环要求使用带端面齿的铣刀；
- (2) Q、H 分别定义粗、精加工时的最大进给深度，注意当加工余量不能被 Q 或 H 整除时，最后一刀将会小于 Q、H；
- (3) 循环参数 N、K、W、I、E、O、Q、H 指定为非负数，如输入负数循环内部将忽略负号；
- (4) 本循环所产生报警提示可参见 12.1.26 小节；
- (5) 对于槽宽和槽长，如输入槽宽大于槽长，循环内部将自动将其对调并旋转至期望位置；
- (6) 参数 C 指定铣削方向如 G182；
- (7) 进入循环之前必须指令主轴旋转。

## 举例

加工 G17 平面中一个凹槽，其长度为 60mm，宽度为 40mm，拐角半径为 8mm，深度 17.5mm，凹槽与 X 轴成 0 度角度，凹槽边缘精加工余量为 0.75mm，凹槽底部精加工余量为 0.2mm，凹槽中心点为 X60Y40，进给深度为 4mm，刀具半径 5mm。仅进行粗加工，图示如下所示。



```
%0526
```

```
N10 G54 G90 G17
```

```
N20 T20
```

```
N30 M06
```

```
N40 M04 S600
```

```
N50 G00 X60 Y40 Z5
```

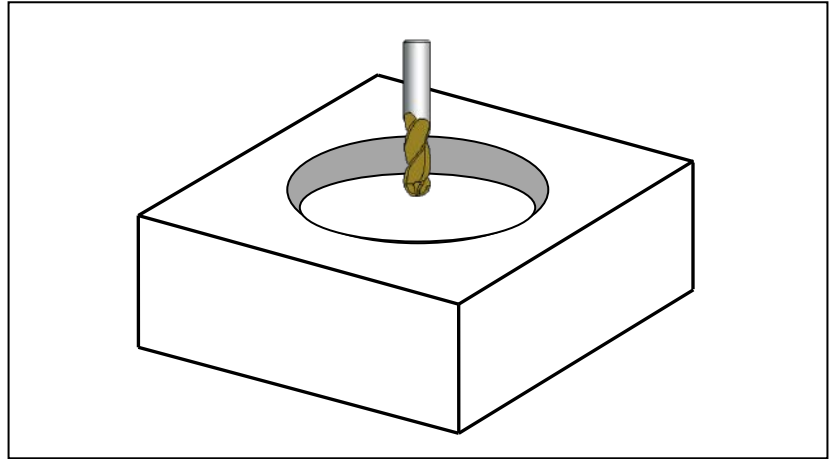
```
N60 G98G184R5Z-17.5K60W40X60Y40I8F120Q4E0.75O0.2D1V5
```

```
N70 M30
```

### 12.1.22 圆形凹槽循环 (G185)

说明

本循环用于加工圆形凹槽，可选择粗加工、精加工。



格式

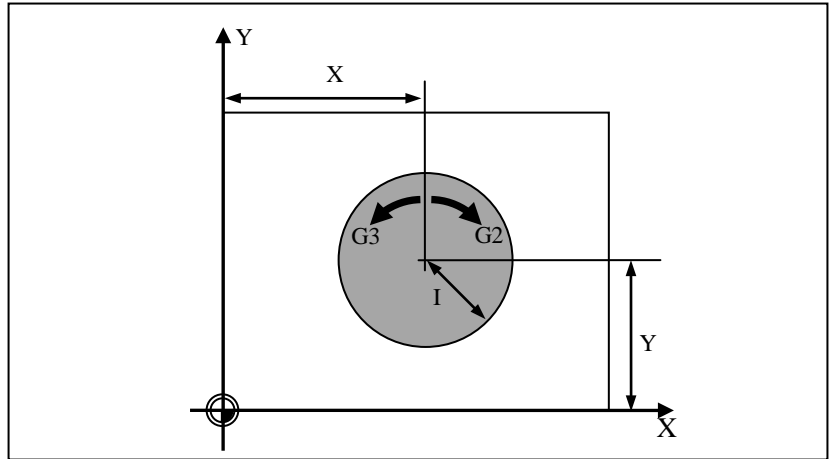
(G98/G99)G185R\_Z\_X\_Y\_I\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_

| 参数 | 含义                                                              |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。                    |
| Z  | 绝对编程时是槽底坐标值；<br>增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。                           |
| X  | 槽中心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。                        |
| Y  | 槽中心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。                        |
| I  | 圆形槽半径                                                           |
| F  | 粗加工时铣削速度。                                                       |
| Q  | 粗加工时每次最大进给深度（可省略，Q=槽深度-槽底精加工余量）                                 |
| E  | 槽边缘的精加工余量（可省略，E=0）                                              |
| O  | 槽底部精加工余量（可省略，O=0）                                               |
| H  | 精加工时的最大进给深度（可省略，H=Q）                                            |
| U  | 精加工进给速度（可省略，U取F）                                                |
| P  | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默认转速）                                   |
| C  | 加工槽的铣削方向（可省略，C=3）<br>0: 同向铣削； 1: 逆向铣削； 2: G02 方向铣削； 3: G03 方向铣削 |



|   |                              |
|---|------------------------------|
| D | 加工类型（可省略，D=1）<br>1：粗加工 2：精加工 |
| V | 刀具半径值。                       |

参数图解



铣削方向

进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

| 铣削方向<br>(循环参数 C) | 进入循环前指定 M03/M04 |          |
|------------------|-----------------|----------|
|                  | M03 主轴正转        | M04 主轴反转 |
| 0: 同向铣削          | G03             | G02      |
| 1: 逆向铣削          | G02             | G03      |
| 2: G02 方向        | G02             | G02      |
| 3: G03 方向        | G03             | G03      |
| 省略               | G03             | G03      |

铣削步骤

- (1) 选择进入循环的起始位置，该点可以为任意位置，但必须可以从该点无碰撞定位到工件；
- (2) **粗加工 (D=1):**

G00 定位到圆槽边缘（留边缘精加工余量）上方参考平面处，深度进给一个进刀量 Q，按照参数 C 指定的铣削方向从外到内铣削槽表面，返回同一下刀点再次深度下刀铣削槽表面轮廓直至槽底部精加工余量。

**精加工 (D=2):**

G00 定位到圆槽边缘 (留边缘精加工余量) 上方参考平面处, 深度进给一个进刀量 H, 按照参数 C 指定的铣削方向从内到外铣削槽壁精加工余量, 返回同一下刀点再次深度下刀铣削槽表面轮廓直至槽底部精加工余量; 再进行槽底部精加工, 按照参数 C 指定的铣削方向从外到内铣削槽底部精加工余量。

(3) 加工完成槽后, 根据 G98/G99 抬刀至初始平面或参考平面, 循环完成。

**注意**

- (1) 本循环所产生的报警提示请参见 12.1.26 小节;
- (2) Q、H 为分别为粗、精加工的最大进给深度, 注意当进刀余量不能被 Q 或 H 整除时, 最后一刀将会小于 Q 或 H;
- (3) 循环参数 I、E、O、Q、H 指定为非负数, 如指定负数则循环内部将忽略负号;
- (4) 参数 C 指定铣削方向如 G182;
- (5) 进入循环之前必须指令主轴旋转。

**举例**

铣削一个圆形凹槽, 圆心坐标为 X50 Y50, 半径为 100mm, 槽深为 50mm, 槽底和槽边缘精加工余量分别为 2mm 和 1.5mm, 粗加工每次进刀深度 4mm, 刀具半径 5mm。

```
%1022
```

```
G54 X0 Y0 Z40
```

```
G17 G90
```

```
T10
```

```
M06
```

```
M03 S650
```

```
G99 G185 R0 Z-50 X50 Y50 I100 F300 Q4 E1.5 O2 V5D1; 粗加工
```

```
X50 Y50 I100 P800 H1.5 D2; 精加工
```

```
M30
```

### 12.1.23 端面铣削循环 (G186)

#### 说明

本循环可铣削任意矩形端面，循环在粗加工（以多步扩孔表面直到精加工余量）和精加工（对端面进行精加工）之间加以区别。

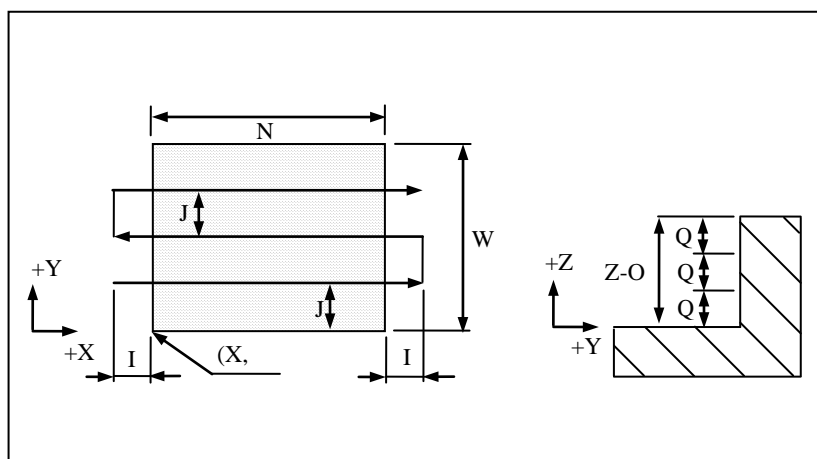
#### 格式

(G98/G99)G186R\_Z\_N\_W\_X\_Y\_I\_A\_F\_Q\_J\_O\_H\_K\_U\_P\_C\_D\_V\_

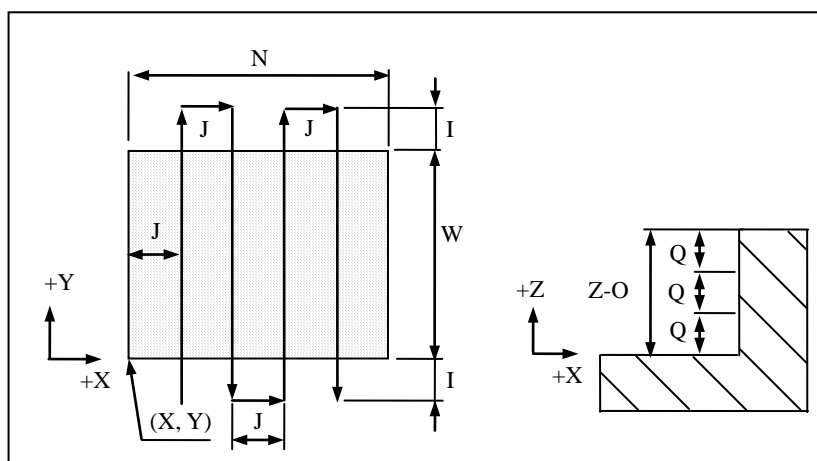
| 参数  | 含义                                                                                           |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| R   | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。                                                 |
| Z   | 绝对编程时是底部坐标值；<br>增量编程时是底部相对参考点 R 的增量值。                                                        |
| N   | 工件第一轴的长度                                                                                     |
| W   | 工件第二轴的长度                                                                                     |
| X、Y | 加工起点位置。<br>绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；<br>相对编程时是相对于当前点的增量值的。                                           |
| I   | 铣削方向上的安全边距（可省略，I=刀具半径）                                                                       |
| A   | 端面长边与平面内第一轴正方向夹角（可省略，A=0）                                                                    |
| F   | 粗加工时铣削速度。                                                                                    |
| Q   | 粗加工时每次最大进给深度（可省略，Q=铣削深度-底部精加工余量）                                                             |
| J   | 粗加工每次铣削宽度（可省略，J=刀具直径×80%）                                                                    |
| O   | 工件底部精加工余量（可省略，O=0）                                                                           |
| H   | 精加工时的最大进给深度（可省略，H=Q）                                                                         |
| K   | 精加工每次切削宽度（可省略，K=刀具直径×80%）                                                                    |
| U   | 精加工铣削速度（可省略，U取F值）                                                                            |
| P   | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默认转速）                                                                |
| C   | 加工的铣削方向（可省略，C=0）<br>0: 所选平面内第一轴双向加工<br>1: 所选平面内第二轴双向加工<br>2: 所选平面内第一轴单向加工<br>3: 所选平面内第二轴单向加工 |
| D   | 加工类型（可省略，D=1）<br>1: 粗加工 2: 精加工                                                               |
| V   | 刀具半径值。                                                                                       |

基本说明

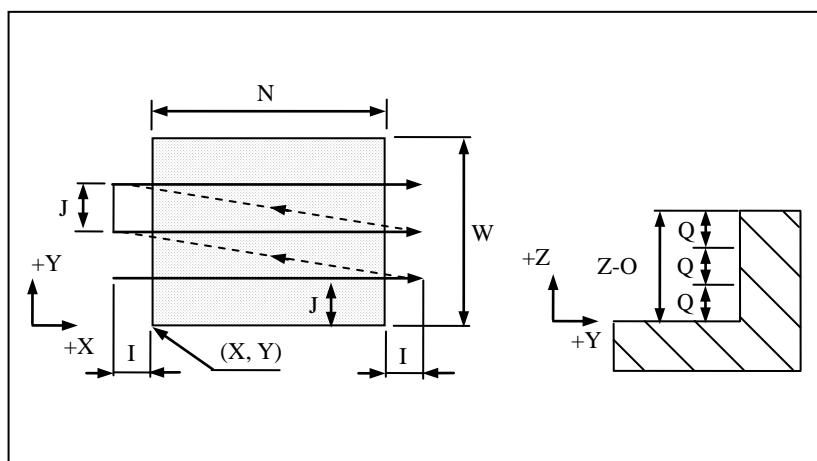
➤ C=0, D=1, X 轴双向加工



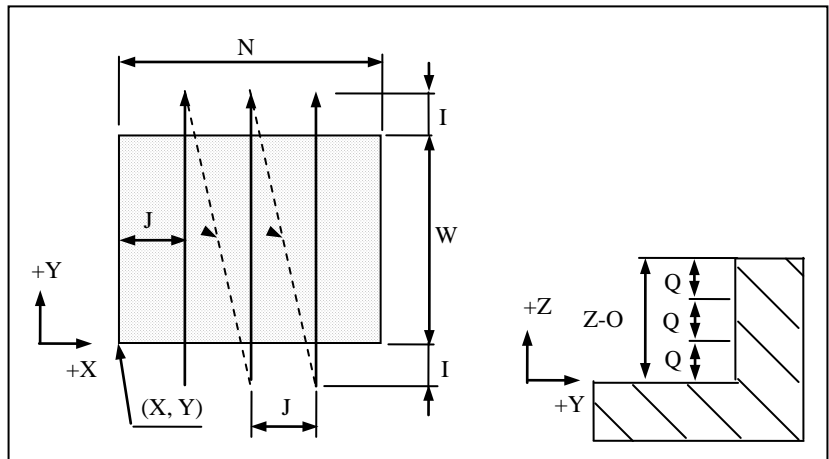
➤ C=1, D=1, Y 轴双向加工



➤ C=2, D=1, X 轴单向加工



➤ C=3, D=1, Y 轴单向加工



**注：**上表仅列出 G17 平面端面铣削循环（粗加工），对于 G18/G19 平面依此类推，精加工和综合加工（D=2）也类似。

**注意**

- (1) 循环参数 N、W、I、O、Q、J、H、K 指定为非负数，如输入负数循环内部将忽略负号；
- (2) 对于进刀宽度（J、K）和进刀深度（Q、H），当进刀量不能被其整除时，最后一刀将小于进刀宽度或进刀深度；
- (3) 进入循环之前必须指令主轴旋转；
- (4) 本循环所产生报警提示请参见 12.1.26 小节。

**举例**

铣削矩形端面，端面尺寸和相关工艺参数如下所示：

起始平面 10mm；参考平面 2mm，仅进行粗加工，每次铣削宽度 10mm，每次进给深度 6mm，铣削总深度 11mm，铣削起始点（100，100），端面尺寸 60mm×40mm，铣削方向上安全边距 5mm，方向为 X 轴双向铣削，表面加工进给速度 500mm/min，铣削刀具半径 5mm。

%1018

N10 G54 X0 Y0 Z20

N20 G17 G90

N30 T10

N40 M06

N50 M03 S650

N60 G00 X0 Y0 Z20

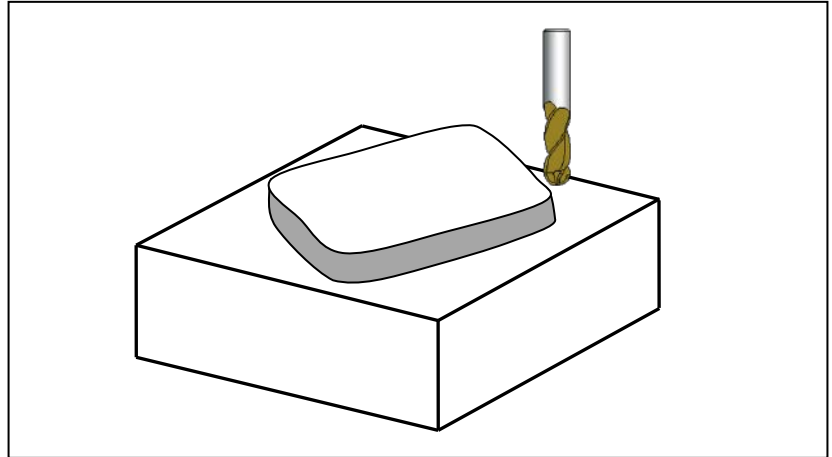
N70 G99G186 Z-11 R0 N60 W40 X100 Y100 I5 F500 Q6 J10 V5

N80 M30

### 12.1.24 矩形凸台循环 (G188)

#### 说明

矩形凸台铣削循环，加工平面上任意尺寸的矩形凸台，此矩形的可以带拐角圆弧。可以选择加工类型，精加工还是粗加工或者综合加工。



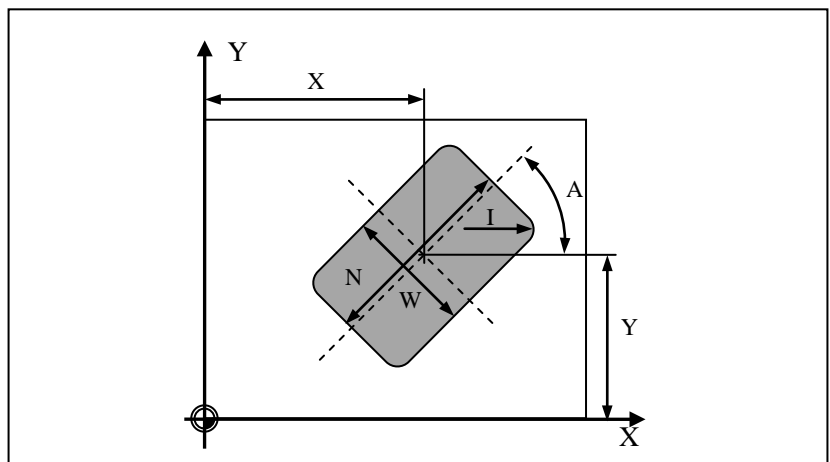
#### 格式

(G98/G99)G188R\_Z\_N\_W\_X\_Y\_J\_K\_I\_A\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_

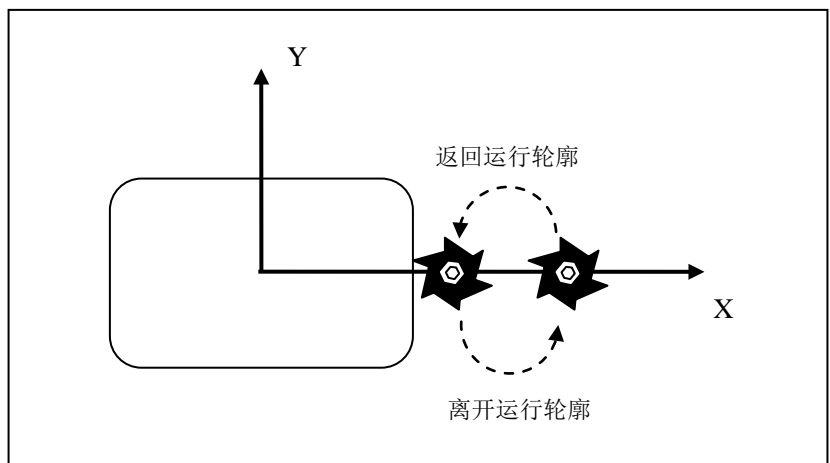
| 参数 | 含义                                            |
|----|-----------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。  |
| Z  | 绝对编程时是凸台底部坐标值；<br>增量编程时是凸台底不相对参考点 R 的增量值。     |
| N  | 矩形凸台的长度                                       |
| W  | 矩形凸台的宽度                                       |
| X  | 凸台中心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；<br>相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| Y  | 凸台中心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；<br>相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| J  | 矩形凸台毛坯的长度                                     |
| K  | 矩形凸台毛坯的宽度                                     |
| I  | 矩形凸台拐角半径（可省略， $I=W/2$ ）                       |
| A  | 矩形凸台长边与平面内第一轴正方向夹角（可省略， $A=0$ ）               |
| F  | 粗加工时铣削速度。                                     |
| Q  | 粗加工时每次最大进给深度（可省略， $Q=槽深度-槽底精加工余量$ ）           |
| E  | 凸台边缘的精加工余量（可省略， $E=0$ ）                       |
| O  | 凸台底部精加工余量（可省略， $O=0$ ）                        |

|   |                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------------|
| H | 精加工时的最大进给深度（可省略，H=Q）                                             |
| U | 精加工进给速度（可省略，U取F）                                                 |
| P | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默认转速）                                    |
| C | 加工凸台的铣削方向（可省略，C=3）<br>0: 同向铣削； 1: 逆向铣削； 2: G02 方向铣削； 3: G03 方向铣削 |
| D | 加工类型（可省略，D=1）<br>1: 粗加工 2: 精加工                                   |
| V | 刀具半径值。                                                           |

参数图解

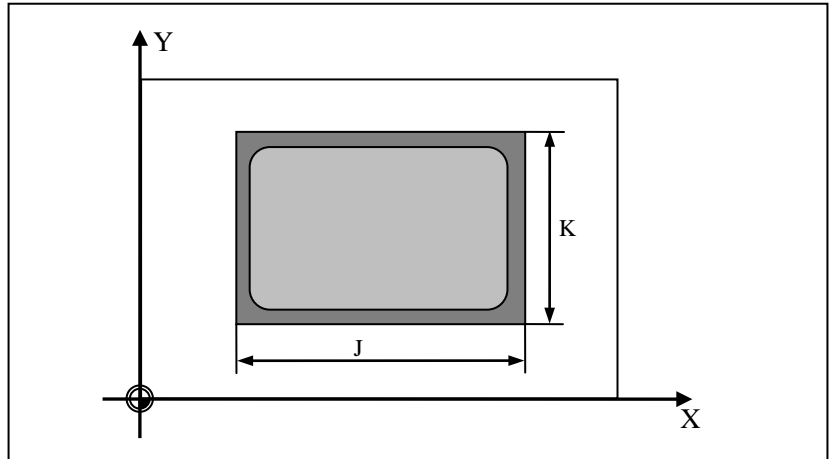


进入轮廓、退出轮廓



为了保证刀具进入工件时的光滑度，循环在执行过程中自动在进入和退出工件时加入半圆轨迹，圆弧半径由循环参数决定，同时圆弧方向与铣削方向相反，如指定 G2 方向铣削，则本处插入半圆为 G3 方向。

## 凸台毛坯尺寸



对于事先浇注的工件加工，本循环还可以考虑矩形凸台的毛坯尺寸，此尺寸对称与凸台尺寸，中心点也是 (X, Y)。

## 铣削方向

进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

| 铣削方向<br>(循环参数 C) | 进入循环前指定 M03/M04 |          |
|------------------|-----------------|----------|
|                  | M03 主轴正转        | M04 主轴反转 |
| 0: 同向铣削          | G03             | G02      |
| 1: 逆向铣削          | G02             | G03      |
| 2: G02 方向        | G02             | G02      |
| 3: G03 方向        | G03             | G03      |
| 省略               | G03             | G03      |

## 铣削步骤

(1) 选择进入循环起始点，该点需定位在平面内第一轴正方向凸台的右侧，注意该点需要考虑到循环自动添加的半圆；

(2) **粗加工 (D=1):**

G00 定位到凸台宽边一侧上方参考平面处，深度进给一个进刀量，根据铣削方向插入半圆进入工件轮廓铣削工件表面直至凸台边缘精加工余量，循环自动插入反方向半圆退出工件轮廓，G00 快移至下刀点，再次深度下刀加工凸台表面轮廓直至凸台底部精加工余量。

**精加工 (D=2):**

G00 定位到凸台宽边一侧上方参考平面处，深度进给一个进刀量，根据铣削方向插入半圆进入工件轮廓铣削边缘精加工余量，表面加工完成后循环自动插入反方向半圆退出工件轮廓，G00 快移至下刀点，再次深度下刀加工边缘余量直至凸台底部精加



工余量；然后铣削凸台底部精加工余量。

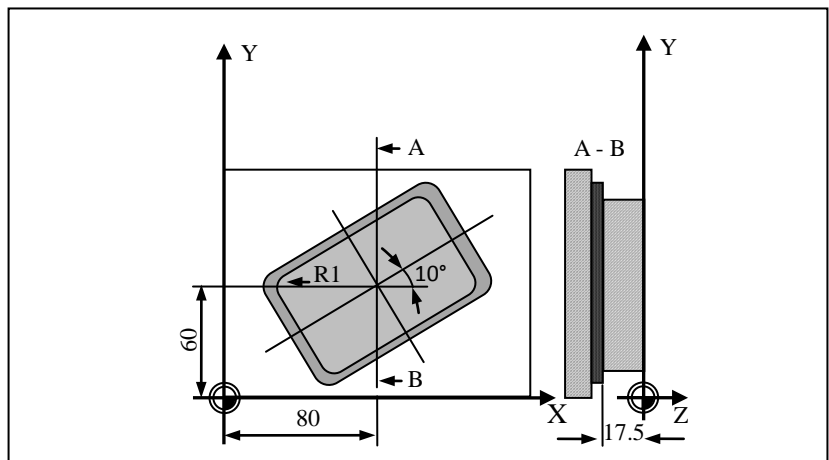
- (3) 凸台加工完成后，根据 G98/G99 抬刀至初始平面或参考平面，循环完成。

### 注意

- (1) 本循环所产生报警提示请参见 12.1.26 小节。
- (2) 循环参数 W、J、K、I、E、O、Q、H 指定为非负数，如指定负数循环内部将忽略负号；
- (3) Q、H 分别指定粗、精加工每次最大进给深度，注意当进给量不能被其整除时，最后一刀将小于 Q、H；
- (4) 进入循环之前必须指令主轴旋转；
- (5) 如指定宽边大于长边，则循环内部自动将宽边与长边对调，并作相应旋转符合期望凸台位置。

### 举例

加工如下图所示矩形凸台，凸台尺寸 60mm×40mm，毛坯尺寸 80mm×50mm，刀具半径 3mm。



```
%1019
```

```
G17 G54 G90
```

```
T10
```

```
M06
```

```
M03 S650
```

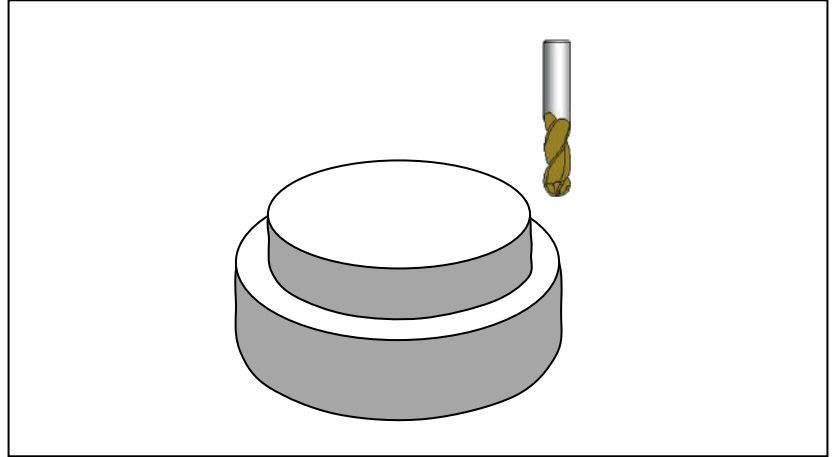
```
G98 G188 R2Z-17.5N60W40X80Y60J80K50I15A10F200Q11E2O1V3
```

```
M30
```

### 12.1.25 圆形凸台循环 (G189)

说明

圆形凸台铣削循环，加工平面上任意尺寸的圆形凸台。



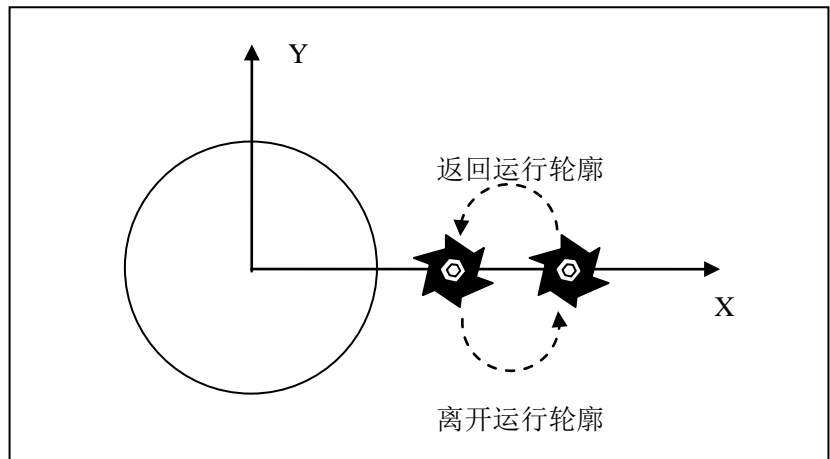
格式

(G98/G99)G189R\_Z\_X\_Y\_I\_J\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_

| 参数 | 含义                                            |
|----|-----------------------------------------------|
| R  | 绝对编程时是参考点 R 的坐标值；<br>增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。  |
| Z  | 绝对编程时是凸台底部坐标值；<br>增量编程时是凸台底不相对参考点 R 的增量值。     |
| X  | 凸台中心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；<br>相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| Y  | 凸台中心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；<br>相对编程时是相对于起点的增量值的。 |
| I  | 圆形凸台的半径                                       |
| J  | 圆形凸台毛坯的半径                                     |
| F  | 粗加工时铣削速度。                                     |
| Q  | 粗加工时每次最大进给深度（可省略，Q=槽深度-槽底精加工余量）               |
| E  | 凸台边缘的精加工余量（可省略，E=0）                           |
| O  | 凸台底部精加工余量（可省略，O=0）                            |
| H  | 精加工时的最大进给深度（可省略，H=Q）                          |
| U  | 精加工进给速度（可省略，U 取 F）                            |
| P  | 精加工主轴转速（可省略，P=进入循环前主轴转速或默认转速）                 |

|   |                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------------|
| C | 加工凸台的铣削方向（可省略，C=3）<br>0：同向铣削； 1：逆向铣削； 2：G02 方向铣削； 3：<br>G03 方向铣削 |
| D | 加工类型（可省略，D=1）<br>1：粗加工 2：精加工                                     |
| V | 刀具半径值。                                                           |

进入轮廓、退出轮廓



与 G188 循环一样，本循环也为了保证凸台边缘进入毛坯工件过渡平滑，每次从边缘横向进刀或从边缘退出时都添加一段半圆，圆半径由循环自动计算。

凸台毛坯尺寸

与 G188 循环一样，本循环也可以设置圆形凸台毛坯尺寸，中心点也是 (X, Y)。

铣削方向

进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

| 铣削方向<br>(循环参数 C) | 进入循环前指定 M03/M04 |          |
|------------------|-----------------|----------|
|                  | M03 主轴正转        | M04 主轴反转 |
| 0: 同向铣削          | G03             | G02      |
| 1: 逆向铣削          | G02             | G03      |
| 2: G02 方向        | G02             | G02      |
| 3: G03 方向        | G03             | G03      |
| 省略               | G03             | G03      |

**铣削步骤**

(1) 选择进入循环起始点，该点需定位在平面内第一轴正方向凸台的右侧，注意该点需要考虑到循环自动添加的半圆；

(2) **粗加工 (D=1):**

G00 定位到凸台宽边一侧上方参考平面处，深度进给一个进刀量，根据铣削方向插入半圆进入工件轮廓铣削工件表面直至凸台边缘精加工余量，循环自动插入反方向半圆退出工件轮廓，G00 快移至下刀点，再次深度下刀加工凸台表面轮廓直至凸台底部精加工余量。

**精加工 (D=2):**

G00 定位到凸台宽边一侧上方参考平面处，深度进给一个进刀量，根据铣削方向插入半圆进入工件轮廓铣削边缘精加工余量，表面加工完成后循环自动插入反方向半圆退出工件轮廓，G00 快移至下刀点，再次深度下刀加工边缘余量直至凸台底部精加工余量；然后铣削凸台底部精加工余量。

(3) 凸台加工完成后，根据 G98/G99 抬刀至初始平面或参考平面，循环完成。

**注意**

(1) 本循环所产生报警提示请参见章节 12.1.26；

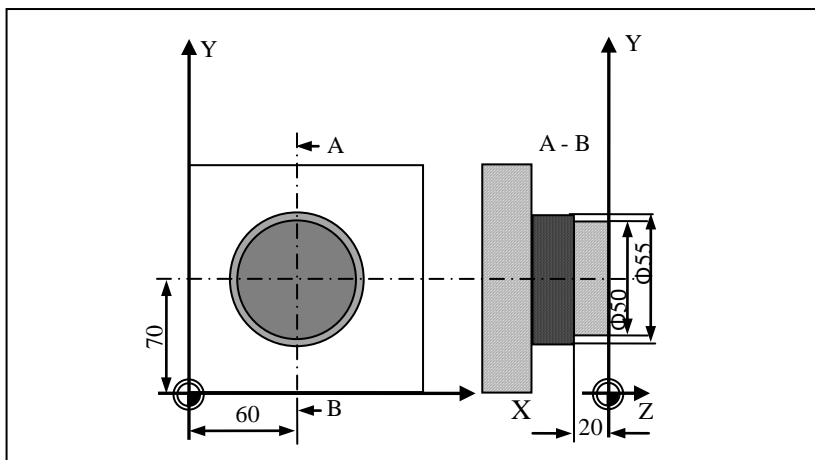
(2) 循环参数 J、K、I、E、O、Q、H 指定为非负数，如指定负数循环内部将忽略负号；

(3) Q、H 分别指定粗、精加工每次最大进给深度，注意当进给量不能被其整除时，最后一刀将小于 Q、H；

(4) 进入循环之前必须指令主轴旋转。

## 举例

加工如下图所示圆形凸台，凸台毛坯半径为 55mm，每次切削的进给深度为 10mm，刀具半径 5mm。



```
%1020
```

```
G17 G54 G90
```

```
T10
```

```
M06
```

```
M03 S650
```

```
G98G189 R2Z-20X60Y70I25J27.5F200Q10E1O1V5
```

```
M30
```

### 12.1.26 铣削循环报警诊断信息

在执行铣削固定循环时，如果系统识别出错误信息，则将产生一个报警，并且中断当前循环加工的执行，等待用户修改程序之后继续运行。

本小结中罗列出系统在执行铣削循环过程中有可能产生的报警提示，并分析报警原因给出指导意见或建议，用户可以据此修改程序后再继续执行循环。

| 报警号 | 报警文本        | 来源                                                           | 出错原因以及修改意见                                                                |
|-----|-------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 800 | “刀具半径值未定义”  | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 在进入循环之前没有指定刀具半径 V。                                                        |
| 801 | “参考平面未定义”   | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 如本程序行未指定 R，并且循环也检测不到 R 模态值将产生本报警，由于增量指定槽深或循环结束返回 R 平面时均需要用到本参数，因此应该定义本参数。 |
| 802 | “槽底部位位置未定义” | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 槽底部位需要指定，否则循环无法确定槽深。                                                      |
| 803 | “槽数量定义为零”   | G181<br>G182<br>G183                                         | 槽数量如果指定为 0 则将产生此报警，槽数需指定为大于 0 的整数。                                        |
| 804 | “槽长度定义过小”   | G182                                                         | 对于可指定宽度键槽加工而言，槽长必须大于槽宽，否则将产生本报警。                                          |

|     |                  |                                                              |                                                            |
|-----|------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 805 | “刀具半径过大”         | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 铣刀直径超过循环所定义的槽长将产生此报警，可以选用半径较小的铣刀完成铣削。                      |
| 806 | “槽组成的圆弧圆心位置未定义”  | G181<br>G182<br>G183                                         | 如本程序行中未对圆弧中心位置进行说明，并且循环也未能检测到他们的模态位置则将产生本报警。               |
| 807 | “槽组成圆弧的半径未定义”    | G181<br>G182<br>G183                                         | 在没有圆弧半径模态值的情况下必须在本行中指定半径值，否则将产生本报警。                        |
| 808 | “槽之间发生干涉”        | G181<br>G182<br>G183                                         | 考虑到铣削刀具半径和槽间夹角，加工出的槽之间有可能发生干涉，影响槽轮廓形状，循环进行前将进行干涉检测，及时提示用户。 |
| 809 | “槽数量与角度增量定义冲突”   | G181<br>G182<br>G183                                         | 由于槽数和槽间夹角定义不当，如槽数 $\times$ 槽间夹角 $>360$ 度则产生本报警。            |
| 810 | “每次进给最大进给深度定义过大” | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 当每次进给最大深度 Q 参数定义大于槽深度时将产生本报警，如产生本报警可以减小 Q 参数。              |
| 811 | “进入循环前请先指令主轴旋转”  | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 循环在执行前将检测当前主轴状态，如主轴未转动则产生本报警。                              |
| 812 | “圆槽或凸台中心位置未定义”   | G184<br>G185<br>G188<br>G189                                 | 未定义圆槽或凸台中心位置坐标会产生本报警。                                      |

|     |                 |                                                      |                                                     |
|-----|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 813 | “圆槽或凸台半径未定义”    | G185<br>G189                                         | 对于圆槽或圆形凸台必须定义其半径，否则将产生本报警。                          |
| 814 | “边缘精加工余量过大”     | G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G188<br>G189         | 预留边缘精加工余量过大，不能完成加工，请减小余量。                           |
| 815 | “底部精加工余量过大”     | G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 预留底部精加工余量过大，不能完成加工，请减小余量。                           |
| 816 | “精加工最大进给深度定义过大” | G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 对于精加工，当每次进给最大深度 H 参数定义大于槽深度时将产生本报警，如产生本报警可以减小 H 参数。 |
| 817 | “铣削方向定义错误”      | G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 参数 C 设置了除 0、1、2、3 以外的值，定义了系统不支持的铣削方向将产生本错误报警。       |
| 818 | “加工类型定义错误”      | G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 参数 D 设置除 1、2 以外的值，定义了系统不支持的加工类型将产生本报警。              |
| 819 | “待铣削工件尺寸未定义”    | G186                                                 | 对于端面铣削循环 G186 而言必须指定待铣削工件端面尺寸，如长度和宽度，否则将产生本报警。      |



|     |                    |                                                              |                                                       |
|-----|--------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 820 | “铣削起点位置未定义”        | G186                                                         | 对于端面铣削循环 G186 而言，需指定铣削起点位置，一般为加工平面内工件的左下角，不指定将会产生本报警。 |
| 821 | “安全边界定义过小”         | G186                                                         | 对于端面铣削循环 G186 而言，为了能够得到好的铣削效果，需要指定安全边界，此值不小于铣削刀具半径。   |
| 822 | “粗加工铣削宽度定义过大”      | G186                                                         | 对于端面铣削循环 G186 而言，粗加工铣削宽度不大于刀具直径。                      |
| 823 | “精加工铣削宽度定义过大”      | G186                                                         | 对于端面铣削循环 G186 而言，精加工铣削宽度不大于刀具直径。                      |
| 824 | “凸台加工毛坯尺寸未定义”      | G188<br>G189                                                 | 对于圆凸台 G189 或矩形凸台 G188 而言，需定义毛坯尺寸，否则将产生本报警。            |
| 826 | “槽或凸台的长度或宽度未定义”    | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G188                         | 如本程序行未指定槽长或槽宽，并且循环也检测不到槽长的模态值，将产生本报警。                 |
| 829 | “矩形槽或凸台拐角半径定义过大”   | G184<br>G188                                                 | 对于矩形槽或矩形凸台循环可以定义圆弧拐角，但是圆弧半径不能大于宽边/2，否则将产生本报警。         |
| 830 | “凸台加工毛坯尺寸定义小于加工尺寸” | G188<br>G189                                                 | 对于圆凸台 G189 或矩形凸台 G188 而言，毛坯尺寸需大于轮廓尺寸，否则将产生本报警。        |
| 873 | “刀具半径值不能为零”        | G181<br>G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 参数 V 所代表的为刀补表中的补偿号，在补偿号里填入的值即为刀具半径值，该数值不能为零，否则将产生本报警。 |

|     |                        |                                                      |                                                 |
|-----|------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 874 | “精加工时<br>未指定精加<br>工余量” | G182<br>G183<br>G184<br>G185<br>G186<br>G188<br>G189 | 在进行精加工时槽壁精加工余量与槽底精加工余量不能同时未指定或同时指定为 0，否则将产生本报警。 |
|-----|------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|

## 12.2 车床简单循环（T）

对于车床系统而言，有五种简单循环供用户使用，分别是：

| G 指令 | 功能        |
|------|-----------|
| G80  | 内（外）径切削循环 |
| G81  | 端面切削循环    |
| G82  | 螺纹切削循环    |
| G74  | 端面深孔钻加工循环 |
| G75  | 外径切槽循环    |

本章节循环是用一个含 G 代码的程序段完成用多个程序段指令的加工操作，使程序得以简化。

### 注意

- (1) 本章节所描述之循环只能用于车床系统。
- (2) 指令 G83、G87、G84、G88 均不带定位功能，定位需在固定循环外使用 G01、G00 等。

### 12.2.1 内（外）径切削循环（G80）

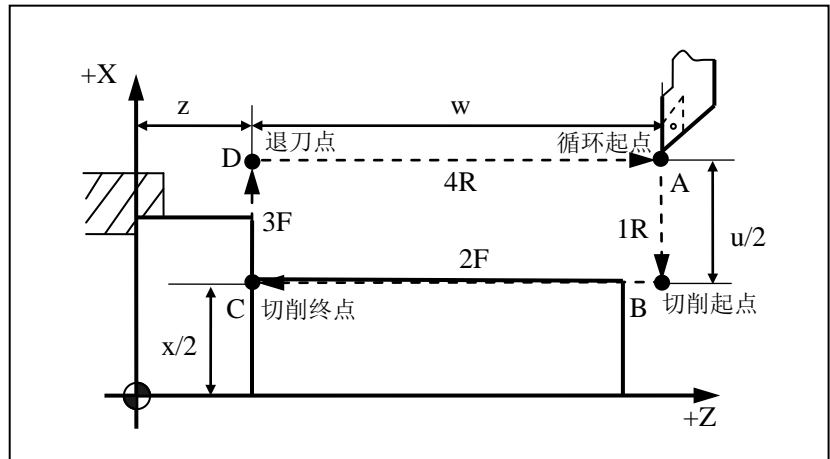
本循环可用于圆柱面内（外）径切削或圆锥面内（外）径切削。

#### 圆柱面切削

#### G80 X\_/U\_ Z\_/W\_ F\_

| 参数         | 含义                                                                                          |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| X/U<br>Z/W | 绝对值编程时，为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标；<br>增量值编程时，为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离，图形中用 U、W 表示，其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定 |
| F          | 进给速度（表示以指定速度 F 移动）(mm/min)                                                                  |

切削过程如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作：

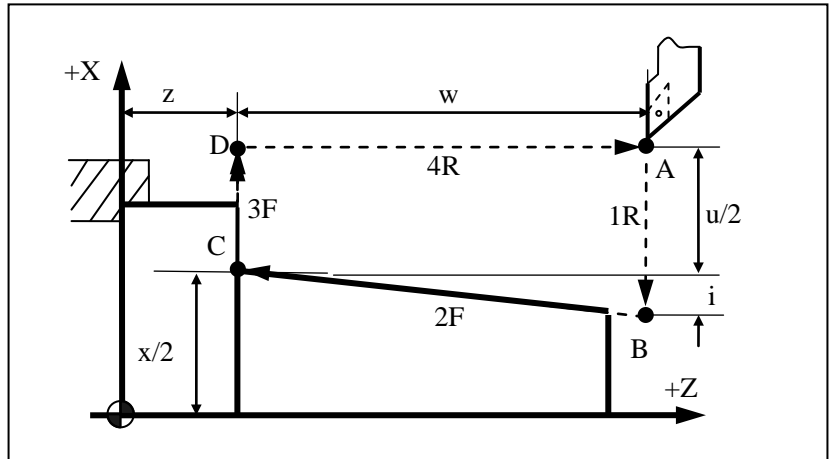


#### 圆锥面切削

#### G80 X\_/U\_ Z\_/W\_ I\_ F\_

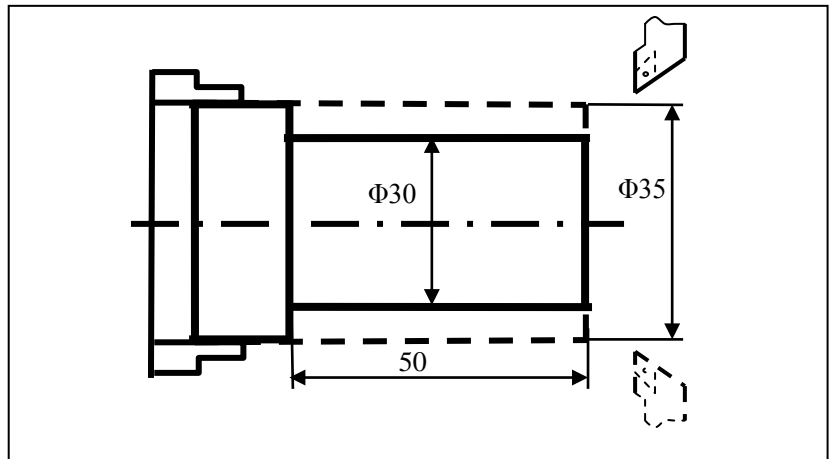
| 参数          | 含义                                                                                          |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| X /U<br>Z/W | 绝对值编程时，为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标；<br>增量值编程时，为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离，图形中用 U、W 表示，其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定 |
| I           | 为切削起点 B 与切削终点 C 的半径差。其符号为差的符号（无论是绝对值编程还是增量值编程）                                              |
| F           | 进给速度（表示以指定速度 F 移动）(mm/min)                                                                  |

切削过程如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作：



**举例 1**

加工如下图所示工件，用 G80 指令，分粗、精加工简单圆锥零件。



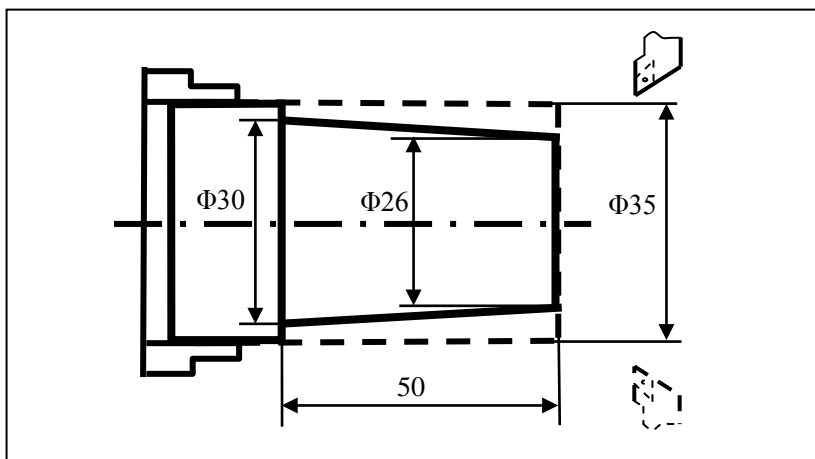
```

%3320
N1 T0101
N2 M03 S460
N3 G00 X90Z20
N4 X40 Z3
N5 G80 X31 Z-50 F100
N6 G80 X30 Z-50 F80
N7 G00X90 Z20
N8 M30

```

**举例 2:**

加工如下图所示工件，用 G80 指令，分粗、精加工简单圆锥零件。



```
%3321
```

```
N1 T0101
```

```
N2 G00 X100Z40 M03 S460
```

```
N3 G00 X40 Z5
```

```
N4 G80 X31 Z-50 I-2.2 F100
```

```
N5 G00 X100 Z40
```

```
N6 T0202
```

```
N7 G00 X40 Z5
```

```
N8 G80 X30 Z-50 I-2.2 F80
```

```
N9 G00 X100 Z40
```

```
N10 M05
```

```
N11 M30
```

### 12.2.2 端面切削循环（G81）

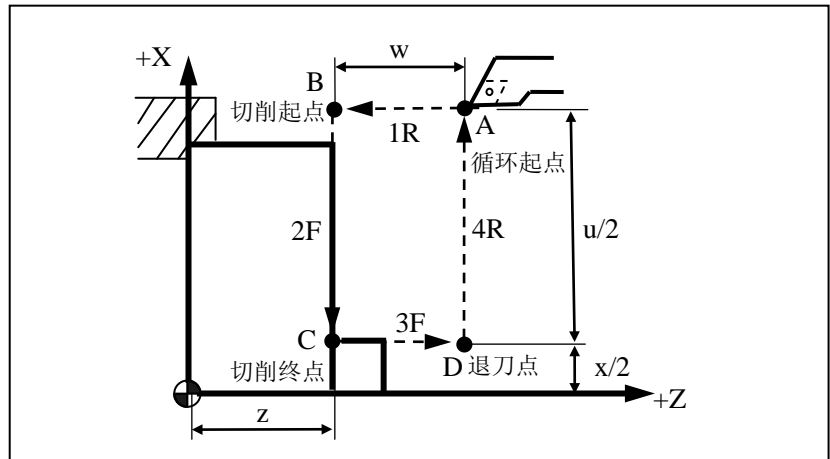
本循环可进行端平面切削和圆锥端面切削。

#### 端平面切削

#### G81 X\_/U\_ Z\_/W\_ F\_

| 参数          | 含义                                                                                          |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| X /U<br>Z/W | 绝对值编程时,为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标;<br>增量值编程时,为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离,图形中用 U、W 表示,其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定 |
| F           | 进给速度(表示以指定速度 F 移动)(mm/min)                                                                  |

切削过程如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作:

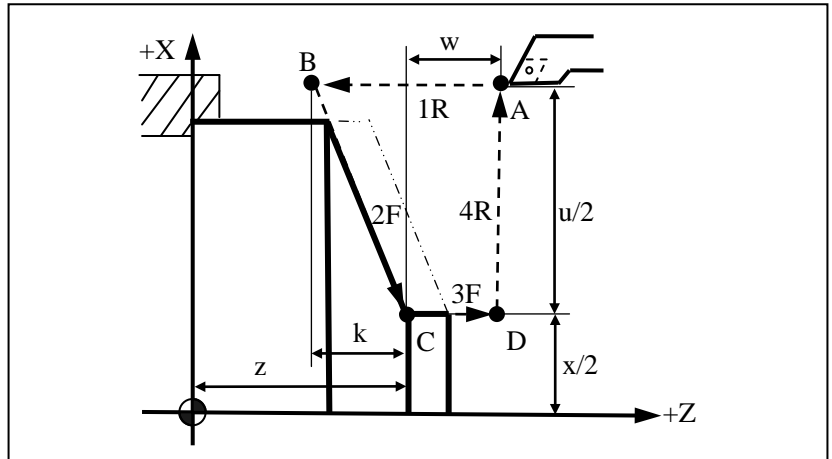


#### 圆锥端面切削

#### G81 X\_/U\_ Z\_/W\_ K\_ F\_

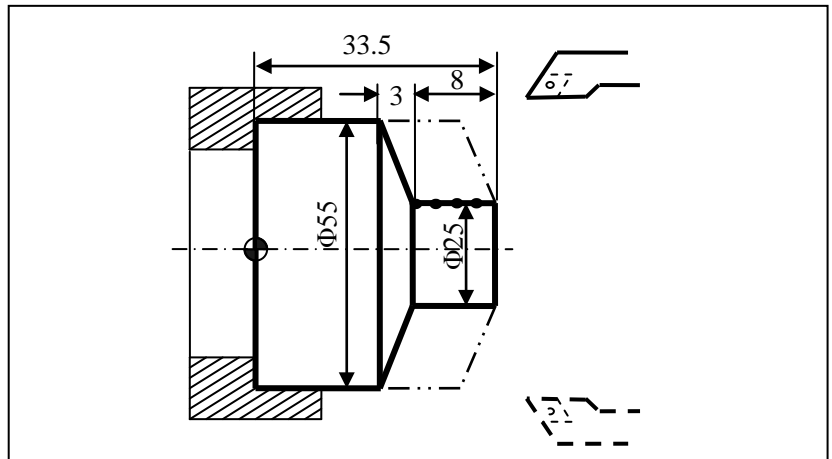
| 参数          | 含义                                                                                          |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| X /U<br>Z/W | 绝对值编程时,为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标;<br>增量值编程时,为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离,图形中用 U、W 表示,其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定 |
| K           | 为切削起点 B 相对于切削终点 C 的 Z 向有向距离                                                                 |
| F           | 进给速度(表示以指定速度 F 移动)(mm/min)                                                                  |

切削过程如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作:



举例

加工如下图所示工件，用 G81 指令编程，点画线代表毛坯。



%3323

N1 T0101 ;设立坐标系,选一号刀

N2 G00 X60 Z45 ;移到循环起点的位置

N3 M03 S460 ;主轴正转

N4 G81 X25 Z31.5 K-3.5 F100 ;加工第一次循环,吃刀深 2mm

N5 X25 Z29.5 K-3.5 ;每次吃刀均为 2mm,

N6 X25 Z27.5 K-3.5

;每次切削起点位,距工件外圆面 5mm,故 K 值为-3.5

N7 X25 Z25.5 K-3.5 ;加工第四次循环,吃刀深 2mm

N8 M05 ;主轴停

N9 M30 ;主程序结束并复位



### 12.2.3 螺纹切削循环 (G82)

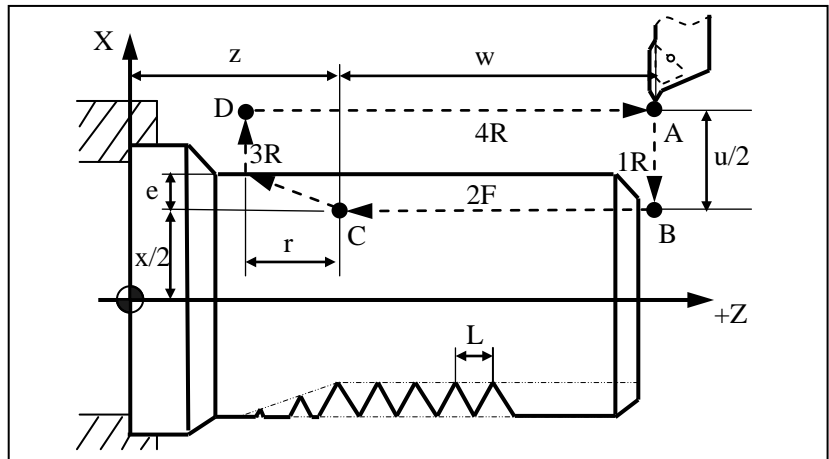
本循环可用于加工直螺纹或锥螺纹。

#### 直螺纹切削循环

G82 X\_/U\_Z\_/W\_R\_E\_C\_P\_F\_

| 参数          | 含义                                                                                            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| X /U<br>Z/W | 绝对值编程时，为螺纹终点 C 在工件坐标系下的坐标；<br>增量值编程时，为螺纹终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离，图形中用 U、W 表示，其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定   |
| R E         | 螺纹切削的退尾量，R、E 均为向量，R 为 Z 向回退量；<br>E 为 X 向回退量，正值表示朝 X、Z 正方向退尾，负值表示朝 X、Z 负方向退尾。R、E 可以省略，表示不用回退功能 |
| C           | 螺纹头数，为 0 或 1 时切削单头螺纹                                                                          |
| P           | 单头螺纹切削时，为主轴基准脉冲处距离切削起始点的主轴转角(缺省值为 0)；多头螺纹切削时，为相邻螺纹头的切削起始点之间对应的主轴转角                            |
| F           | 公制螺纹导程；(mm/r)                                                                                 |

该指令执行如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作。

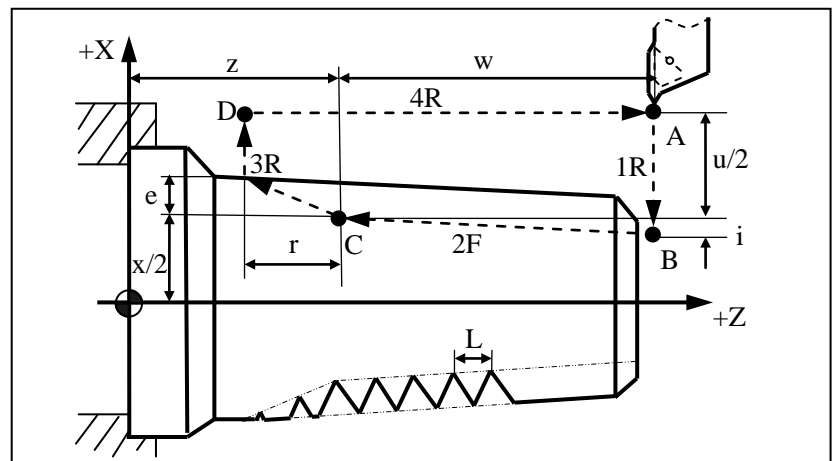


锥螺纹切削循环

G82 X/\_U\_Z/\_W\_I\_R\_E\_C\_P\_F\_

| 参数         | 含义                                                                       |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|
| X/U<br>Z/W | 绝对值编程时，为螺纹终点 C 在工件坐标系下的坐标；<br>增量值编程时，为螺纹终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离，图形中用 U、W 表示 |
| I          | 为螺纹起点 B 与螺纹终点 C 的半径差。其符号为差的符号（无论是绝对值编程还是增量值编程）                           |
| R E        | 螺纹切削的退尾量，R、E 均为向量，R 为 Z 向回退量；<br>E 为 X 向回退量，R、E 可以省略，表示不用回退功能            |
| C          | 螺纹头数，为 0 或 1 时切削单头螺纹                                                     |
| P          | 单头螺纹切削时，为主轴基准脉冲处距离切削起始点的主轴转角(缺省值为 0)；多头螺纹切削时，为相邻螺纹头的切削起始点之间对应的主轴转角       |
| F          | 公制螺纹导程；(mm/r)                                                            |

该指令执行如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作。

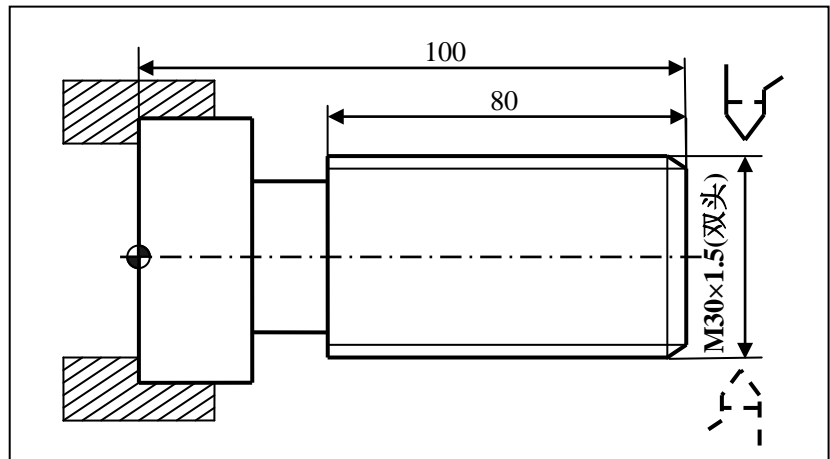


注意

- (1) 若需要回退功能，注意 R、E 值的正负号要与螺纹切削方向协调，朝螺纹加工反方向退尾有可能损伤螺纹。同时可以只指定 R 而不指定 E，但是若指定了 E 则必须指定 R；
- (2) 螺纹切削循环同 G32 螺纹切削一样，在进给保持状态下，该循环在完成全部动作之后才停止运动。

## 举例

加工如下图所示工件，用 G82 指令编程，毛坯外形已加工完成。

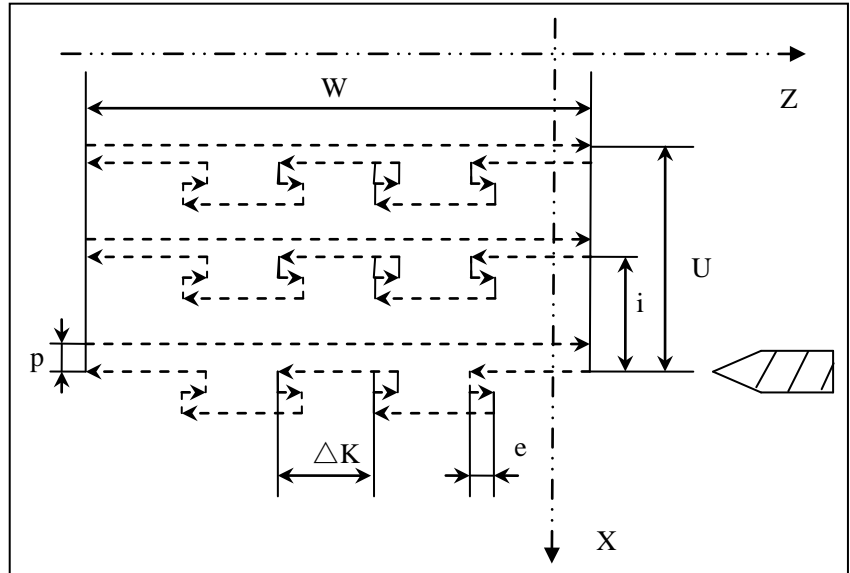


```
%3324
```

```
N1 G54 G00 X35 Z104 ;选定坐标系 G54，到循环起点
N2 M03 S300 ;主轴以 300r/min 正转
N3 G82 X29.2 Z18.5 C2 P180 F3 ;第一次循环切螺纹，切深 0.8mm
N4 X28.6 Z18.5 C2 P180 F3 ;第二次循环切螺纹，切深 0.4mm
N5 X28.2 Z18.5 C2 P180 F3 ;第三次循环切螺纹，切深 0.4mm
N6 X28.04 Z18.5 C2 P180 F3 ;第四次循环切螺纹，切深 0.16mm
N7 M30 ;主轴停、主程序结束并复位
```

### 12.2.4 端面深孔钻加工循环 (G74)

本循环可对端面进行深孔钻削加工。如下图所示。



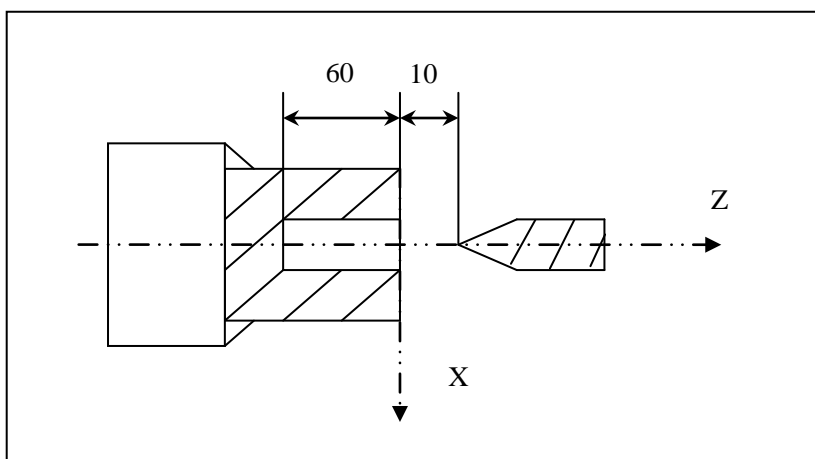
格式

G74 X\_/U\_Z\_/W\_ Q(ΔK)\_R(e)\_I(i)\_P(p)\_

| 参数  | 含义                                                                     |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| X/U | 绝对值编程时，为孔底终点在工件坐标系下 X 方向的坐标；增量值编程时，为孔底终点相对于循环起点的有向距离，图形中用 U 表示。此值可以不填。 |
| Z/W | 绝对值编程时，为孔底终点在工件坐标系下 Z 方向的坐标；增量值编程时，为孔底终点相对于循环起点的有向距离，图形中用 W 表示。        |
| R   | Z 方向的退刀量，只能为正值，可以不填。                                                   |
| Q   | 每次进刀的深度，只能为正值                                                          |
| I   | 钻宽孔时每刀的宽度，只能为正值，可以不填。                                                  |
| P   | X 方向的退刀量，当 I 有值时，P 只能为正值；I 没给定时，P 值可以为正负。可以不填。                         |

## 示例

## G74 端面深孔钻加工循环编程实例



```
%1234
```

```
T0101
```

```
M03S500
```

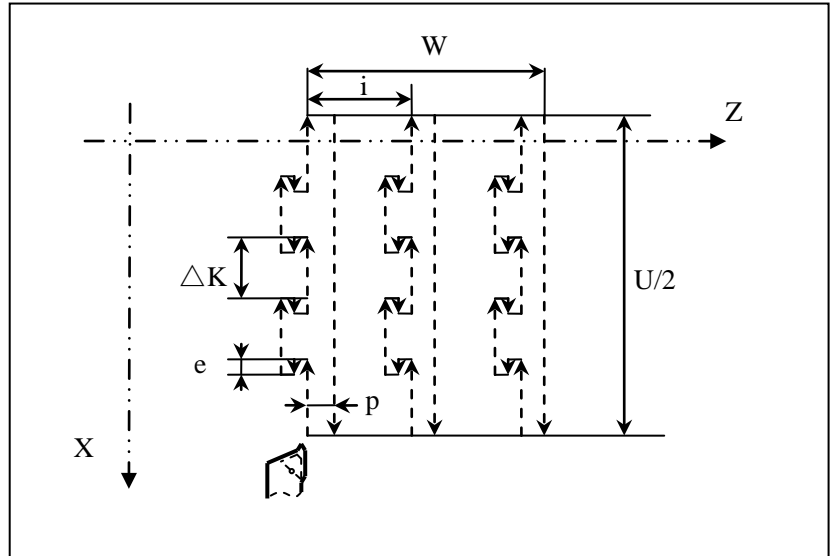
```
G01 X0 Z10F2000
```

```
G74 X-10Z-60R1Q5I3P1
```

```
M30
```

### 12.2.5 外径切槽循环 (G75)

本循环用于对工件外径进行切槽加工，如下图所示。



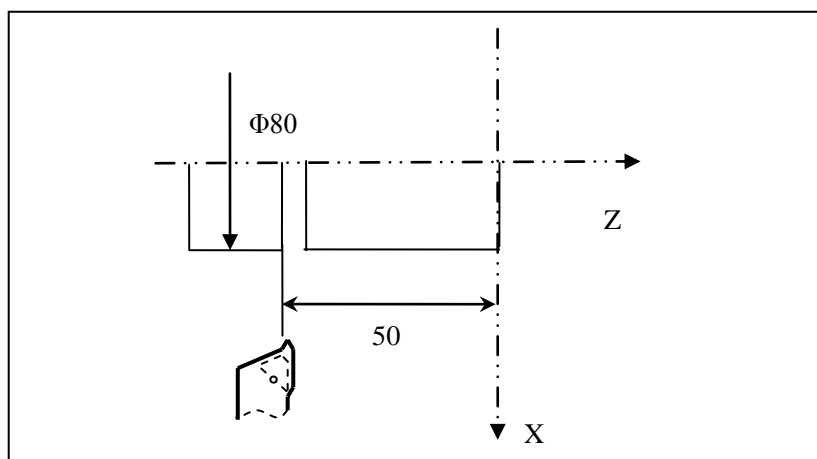
格式

G75X\_/U\_Z\_/W\_ Q(ΔK)\_R(e)\_I(i)\_P(p)\_

| 参数  | 含义                                                                     |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| X/U | 绝对值编程时，为孔底终点在工件坐标系下 X 方向的坐标；增量值编程时，为孔底终点相对于循环起点的有向距离，图形中用 U 表示。        |
| Z/W | 绝对值编程时，为孔底终点在工件坐标系下 Z 方向的坐标；增量值编程时，为孔底终点相对于循环起点的有向距离，图形中用 W 表示。此值可以不填。 |
| R   | X 方向的退刀量，只能为正值，可以不填。                                                   |
| Q   | 每次进刀的深度，只能为正值                                                          |
| I   | 槽宽，只能为正值，可以不填                                                          |
| P   | Z 方向的退刀量，当 I 有值时，P 只能为正值；I 没给定时，P 值可以为正负。可以不填。                         |

## 示例

## G75 外径切槽循环编程实例：



```
%1234
```

```
T0101
```

```
M03S500
```

```
G01 X50 Z50F2000
```

```
G75 X10Z60R1Q5I3P2
```

```
M30
```

## 12.3 车床钻孔固定循环 (T)

车床钻孔固定循环指令表

| G 指令 | 功能       |
|------|----------|
| G83  | 轴向钻循环    |
| G87  | 径向钻循环    |
| G84  | 轴向刚性攻丝循环 |
| G88  | 径向刚性攻丝循环 |

### 注意

以下指令均不带定位功能，定位需在固定循环外使用 G01、G00 等。



### 12.3.1 轴向钻循环 (G83) / 径向钻循环 (G87)

此循环执行高速深孔钻循环。以切削进给速度钻孔，以指定的回退距离回退，周期性地重复进行这样的循环直至孔底。在回退时把切屑排出孔外。

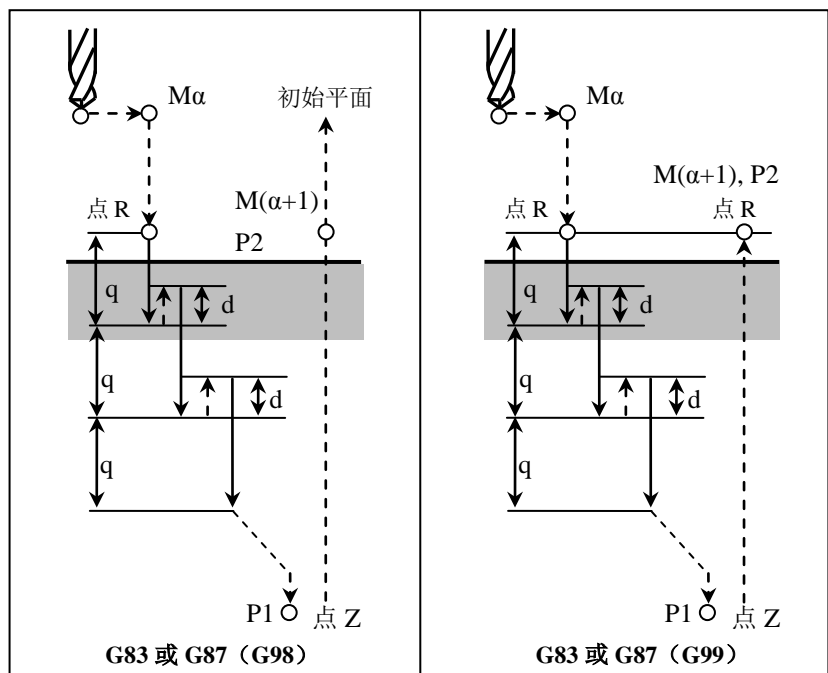
格式

**G83Z(W) \_R\_Q\_K\_P\_F\_ C\_I\_O\_H\_**

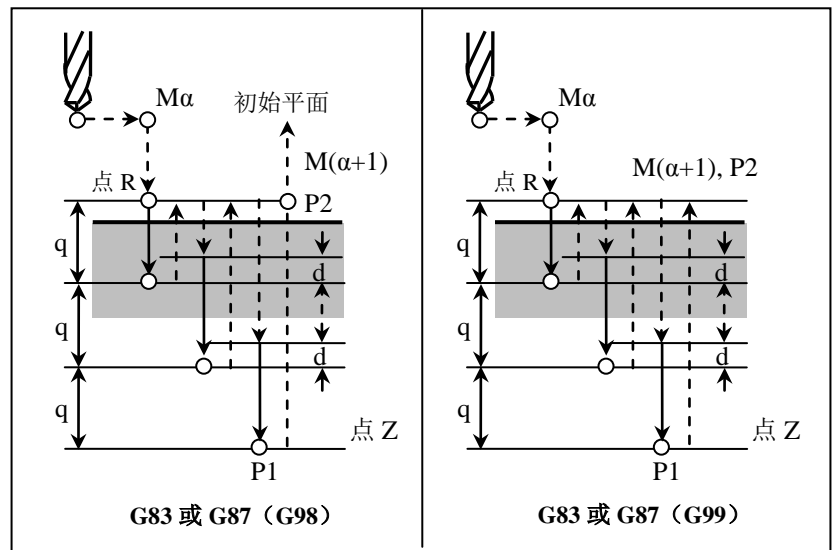
**G87X(U) \_R\_Q\_K\_P\_F\_ C\_I\_O\_H\_**

| 参数  | 含义                                    |
|-----|---------------------------------------|
| X/Z | 孔底坐标                                  |
| R   | 初始平面到 R 平面的距离                         |
| Q   | 每次切削的切深                               |
| P   | 孔底暂停时间                                |
| F   | 进给速度                                  |
| K   | 回退距离                                  |
| C   | C 轴增量移动角度                             |
| I1  | M40/M41 自动夹紧/松开功能无效<br>(不指定 I 时，默认无效) |
| I2  | M40/M41 自动夹紧/松开功能有效                   |
| O   | 钻孔次数                                  |
| H1  | 以指定的回退距离 K 回退                         |
| H2  | 回退到 R 点                               |
| H3  | 直接钻孔到孔底                               |

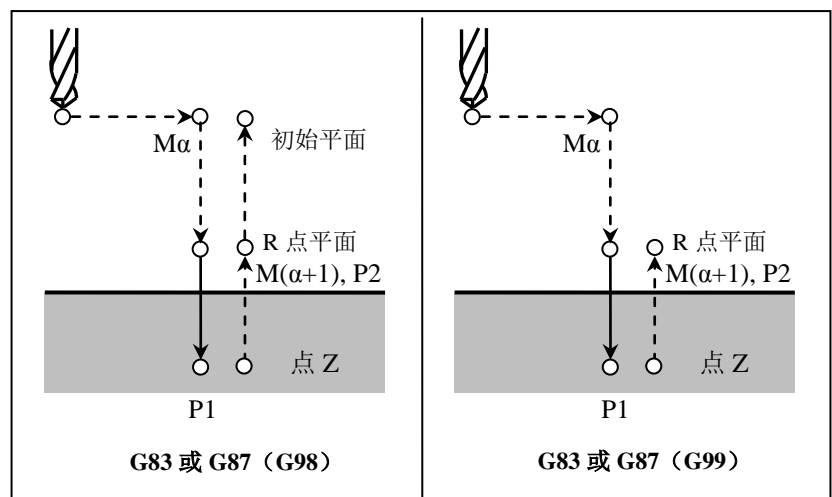
➤ **H1 方式**



➤ H2 方式



➤ H3 方式



## 举例

```
% 1111
g54x0z50
g98g83z-10r10q5k2p1000f200h1
g99g83z-10r10q5k2p1000f200h1
g0x0z50
g98g83z-10r10q5k2p1000f200h2
g99g83z-10r10q5k2p1000f200h2
g0x0z50
g98g83z-10r10q5k2p1000f200h3
g99g83z-10r10q5k2p1000f200h3
m30

% 1111
g54z0x50
g98g87x-10r10q5k2p1000f200h1
g99g87x-10r10q5k2p1000f200h1
g0z0x50
g98g87x-10r10q5k2p1000f200h2
g99g87x-10r10q5k2p1000f200h2
g0z0x50
g98g87x-10r10q5k2p1000f200h3
g99g87x-10r10q5k2p1000f200h3
m30
```

## 注意

当 H=1 时，以指定的回退距离 K 回退。固定循环内规定当以 H1 和 H2 的攻丝工艺攻丝时必须指定进刀量 Q 和退刀量 k。

### 12.3.2 轴向刚性攻丝循环（G84） / 径向刚性攻丝循环（G88）

该循环执行攻丝。该循环中，当到达孔底时，主轴反转。

#### 格式 1

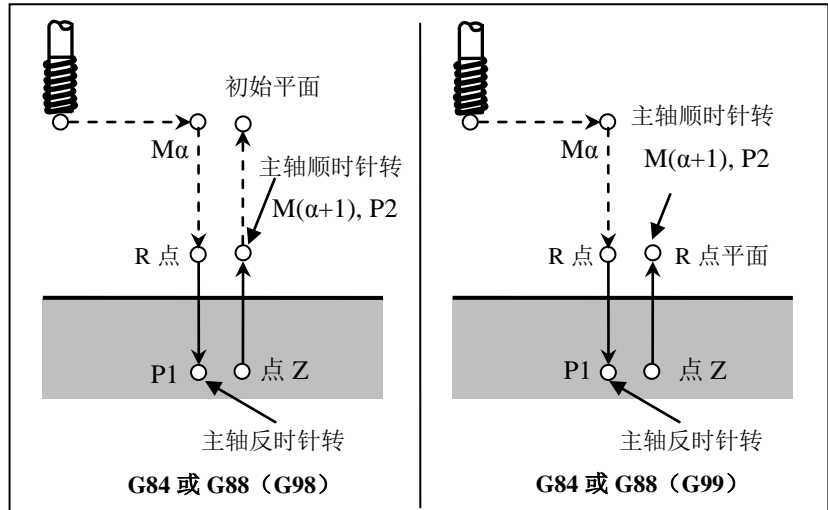
**G84 Z(W) \_R\_P\_Q\_E\_J\_K\_F\_C\_I\_O\_H\_**

| 参数 | 含义                          |
|----|-----------------------------|
| Z  | 孔底坐标                        |
| R  | 初始平面到 R 平面的距离               |
| P  | 孔底暂停时间                      |
| F  | 指定螺纹导程                      |
| Q  | 进刀量                         |
| K  | 退刀量                         |
| C  | C 轴增量移动角度                   |
| I1 | M40/M41 自动夹紧/松开功能无效(默认 I=1) |
| I2 | M40/M41 自动夹紧/松开功能有效         |
| O  | 钻孔次数                        |
| E1 | 正攻丝                         |
| E2 | 反攻丝                         |
| J1 | 以第一主轴 C 轴攻丝                 |
| J2 | 以第二主轴 A 轴攻丝                 |
| J3 | 以第三主轴 B 轴攻丝                 |
| H1 | 以指定的回退距离 K 回退               |
| H2 | 回退到 R 点                     |
| H3 | 直接到孔底                       |

#### 格式 2

**G88X(U) \_R\_E\_Q\_K\_H\_P\_F\_C\_I\_O\_（只能以第二主轴 A 轴攻丝）**

| 参数 | 含义                          |
|----|-----------------------------|
| E1 | 正攻丝                         |
| E2 | 反攻丝                         |
| Q  | 进刀量                         |
| K  | 退刀量                         |
| C  | C 轴增量移动角度                   |
| I1 | M40/M41 自动夹紧/松开功能无效(默认 I=1) |
| I2 | M40/M41 自动夹紧/松开功能有效         |
| O  | 钻孔次数                        |
| H1 | 以指定的回退距离 K 回退               |
| H2 | 回退到 R 点                     |
| H3 | 直接到孔底                       |



举例

```

M3 S1=1000;转动 1 号主轴
G0X50Z50
M5
G84Z-10R20P1000F1000H1
M33 S2=1000;转动 2 号主轴
G4P1000
M55
G84Z-10R20P1000F1H2
G88X-10R20P1000F1
M30

```

## 12.4 车床复合循环 (T)

这种固定循环可简化编程，用精加工的形状数据描述粗加工的刀具轨迹。系统提供四种复合循环供用户使用：

G71: 内（外）径粗车复合循环；

G72: 端面粗车复合循环；

G73: 封闭轮廓复合循环；

G76: 螺纹切削复合循环；

运用复合循环指令，只需指定精加工路线和粗加工的吃刀量，系统会自动计算粗加工路线和走刀次数。

### 注意

本章节描述之循环仅能用于车床系统。

对于 G71、G72、G73 复合循环需要注意以下：

- (1) 地址 P 指定的程序段，应有准备机能 01 组的 G00 或 G01 指令，否则产生报警；
- (2) 在 MDI 方式下，不能运行复合循环指令；
- (3) 在复合循环 G71, G72, G73 中由 P, Q 指定顺序号的程序段之间，不应包含 M98 子程序调用及 M99 子程序返回指令；
- (4) 在复合循环 G71, G72, G73 中由 P, Q 指定顺序号的程序段之间才能进行刀具补偿。

### 12.4.1 精加工复合循环（G70）

复合循环加工程序由 G71、G72、G73 执行粗加工段，由 G70 来执行精加工程序段。

格式

**G71U(d)R(r)P(ns)Q(nf)X(x)Z(z);**

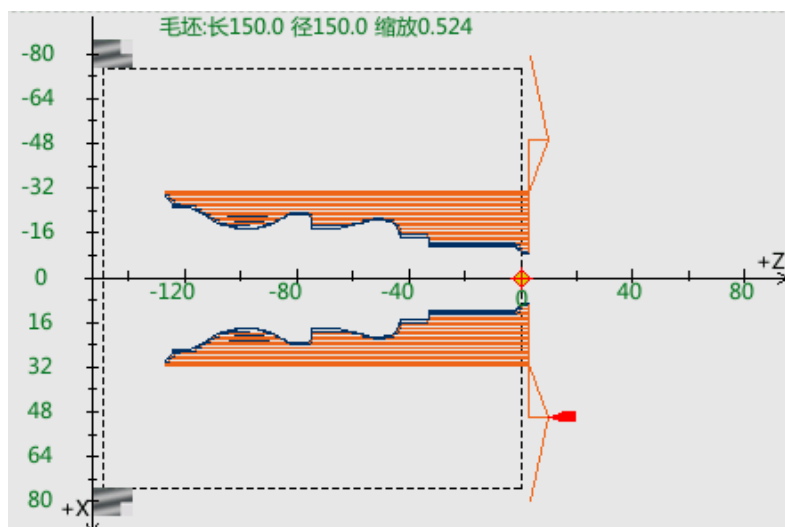
**ns**

**nf**

**G70P(ns)Q(nf)**

举例

用外径粗加工复合循环编制下图所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A（18，1），切削深度为 1mm（半径量），退刀量为 1mm，其中点划线部分为工件毛坯。



%3331

N1 T0101

N2 G64

N3 M4S500

N4 G0X100Z10

N5 X62Z3

N6 G71U1R1P7Q25E0.15F500; (粗加工程序段)

N7 G42G0X18

N8 G1Z1F100

N9 X24Z-2

N10 Z-33

N11 X30R1

N12 Z-43

N13 G3X42Z-49R6

N14 G1Z-53

N15 X36Z-65

N16 Z-75

N17 X46C1

N18 Z-83



N19 G2X46Z-113R25

N20 G3X52Z-122R15

N21 G1Z-124

N22 X54

N23 X59Z-126.5

N24 X60

N25 G40X62

N26 G70P7Q25; (精加工程序段)

N27 G0X100

N28 Z10

N29 M30

### 注意

使用G70指令，NC参数68号设置为0X2。如果此参数不打开而执行G70指令，系统报警。

### 12.4.2 径向凹槽内径粗车复合循环 (G71)

本循环可分为无凹槽、有凹槽轴向和有凹槽径向粗车复合循环。

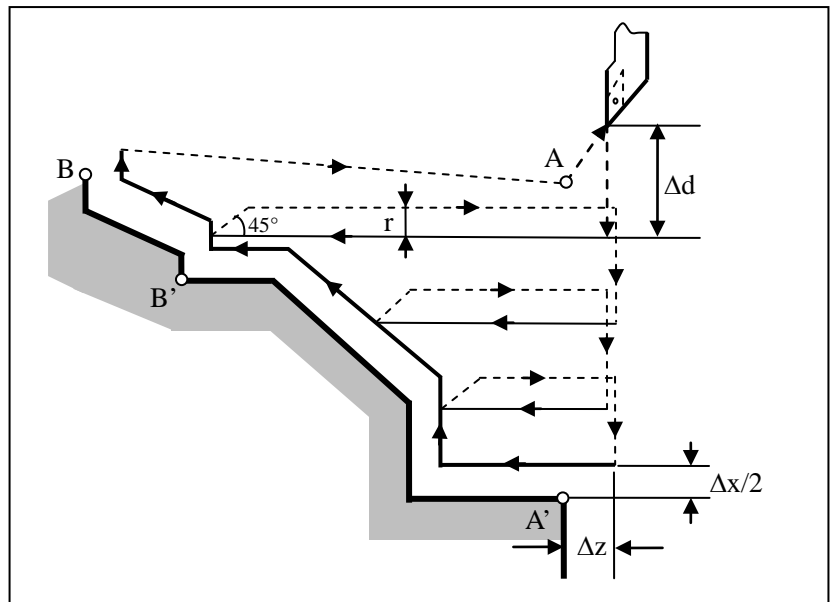
无凹槽内/外径粗车复合循环格式

**G71 U( $\Delta d$ ) R( $r$ ) P( $ns$ ) Q( $nf$ ) X( $\Delta x$ ) Z( $\Delta z$ ) F( $f$ ) S( $s$ ) T( $t$ );**

| 参数    | 含义                                                      |
|-------|---------------------------------------------------------|
| U     | 切削深度 (每次切削量), 指定时不加符号, 方向由矢量 AA' 决定                     |
| R     | 每次退刀量                                                   |
| P     | 精加工路径第一程序段 (即下图中的 AA') 的顺序号                             |
| Q     | 精加工路径最后程序段 (即下图中的 B'B) 的顺序号。                            |
| X     | X 方向精加工余量                                               |
| Z     | Z 方向精加工余量                                               |
| F S T | 粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效, 而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效 |

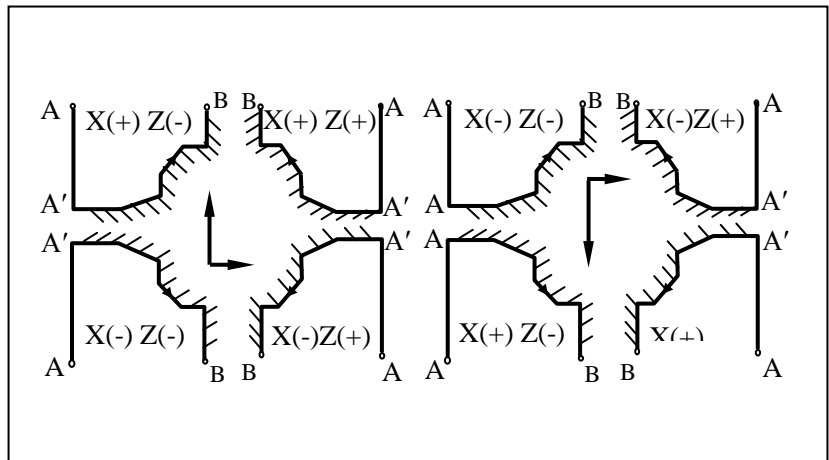
说明

该指令执行如下图所示的粗加工, 并且刀具回到循环起点。精加工路径 A→A'→B'→B 的轨迹按后面的指令循序执行。



**XZ符号**

G71切削循环下，切削进给方向平行于Z轴，X( $\Delta U$ )和Z( $\Delta W$ ) 的符号如下图所示。其中（+）表示沿轴正方向移动，（-）表示沿轴负方向移动。

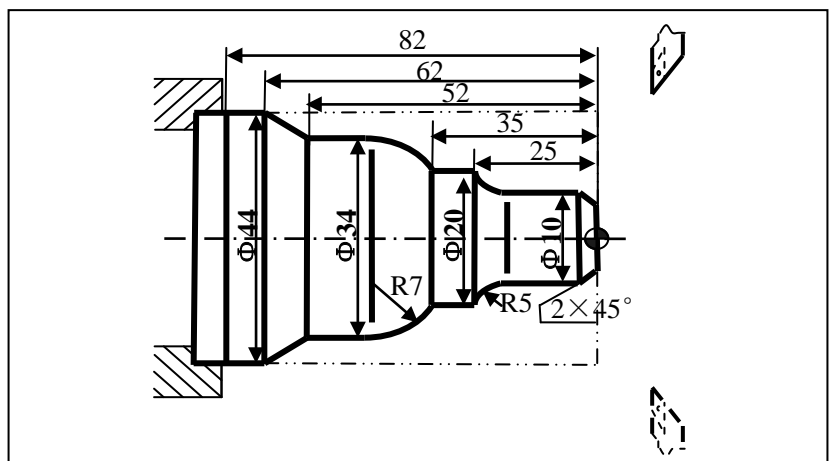


**注意**

- 1) 在Q所对应的精加工路径最后程序段落中要有X向（径向）移动。
- 2) 在G71外径粗车复合循环中，循环起点必须是最高点，内径粗车复合循环中必须是最低点。

**示例 1**

用外径粗加工复合循环编制下图所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A（46，3），切削深度为 1.5mm（半径量）。退刀量为 1mm，X 方向精加工余量为 0.4mm，Z 方向精加工余量为 0.1mm，其中点划线部分为工件毛坯。



%3325

T0101 ;设立坐标系,选一号刀

N1 G00 X80 Z80 ;到程序起点位置

N2 M03 S400 ;主轴以 400r/min 正转

N3 G01 X46 Z3 F100 ;刀具到循环起点位置

N4 G71U1.5R1P5Q14X0.4 Z0.1

;粗切量: 1.5mm 精切量: X0.4mm Z0.1mm

N5 G00 X0 ;精加轮廓起始行到倒角延长线

N6 G01 X10 Z-2 ;精加工  $2 \times 45^\circ$  倒角

N7 Z-20 ;精加工  $\Phi 10$  外圆

N8 G02 U10 W-5 R5 ;精加工 R5 圆弧

N9 G01 W-10 ;精加工  $\Phi 20$  外圆

N10 G03 U14 W-7 R7 ;精加工 R7 圆弧

N11 G01 Z-52 ;精加工  $\Phi 34$  外圆

N12 U10 W-10 ;精加工外圆锥

N13 W-20 ;精加工  $\Phi 44$  外圆

N14 U1 ;精加工轮廓结束行

N15 X50 ;退出已加工面

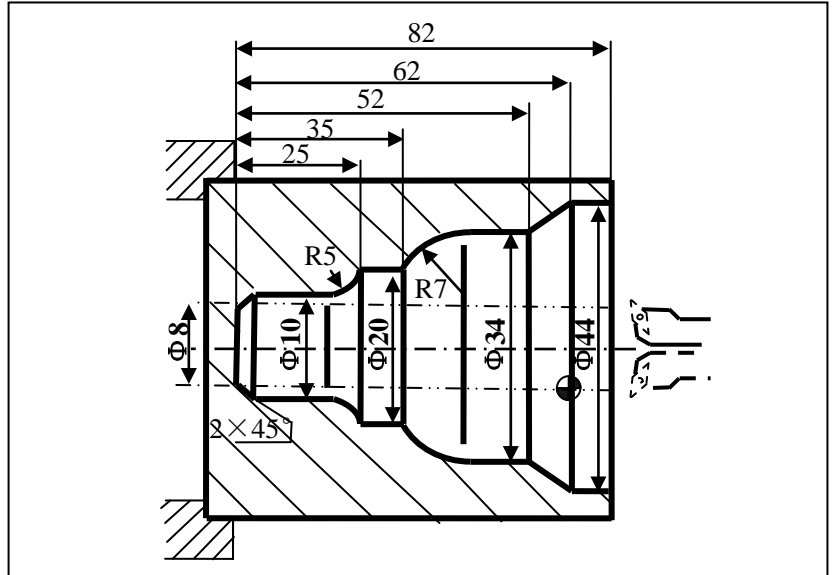
N16G00 X80 Z80 ;回对刀点

N17 M05 ;主轴停

N18 M30 ;主程序结束并复位

**示例 2**

用内径粗加工复合循环编制下图所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A(6, 5)，切削深度为 1.5mm（半径量）。退刀量为 1mm，X 方向精加工余量为 0.4mm，Z 方向精加工余量为 0.1mm，其中点划线部分为工件毛坯。



|                            |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|
| %3326                      |                                      |
| N1 T0101                   | ;换一号刀, 确定其坐标系                        |
| N2 G00 X80 Z80             | ;到程序起点或换刀点位置                         |
| N3 M03 S400                | ;主轴以 400r/min 正转                     |
| N4 X6 Z5                   | ;到循环起点位置                             |
| G71U1R1P8Q16X-0.4Z0.1 F100 | ;内径粗切循环加工                            |
| N5 G00 X80 Z80             | ;粗切后, 到换刀点位置                         |
| N6 T0202                   | ;换二号刀, 确定其坐标系                        |
| N7 G00 G41X6 Z5            | ;二号刀加入刀尖圆弧半径补偿                       |
| N8 G00 X44                 | ;精加工轮廓开始, 到 $\Phi 44$ 外圆处            |
| N9 G01 Z-20 F80            | ;精加工 $\Phi 44$ 外圆                    |
| N10 U-10 W-10              | ;精加工外圆锥                              |
| N11 W-10                   | ;精加工 $\Phi 34$ 外圆                    |
| N12 G03 U-14 W-7 R7        | ;精加工 R7 圆弧                           |
| N13 G01 W-10               | ;精加工 $\Phi 20$ 外圆                    |
| N14 G02 U-10 W-5 R5        | ;精加工 R5 圆弧                           |
| N15 G01 Z-80               | ;精加工 $\Phi 10$ 外圆                    |
| N16 U-4 W-2                | ;精加工倒 $2 \times 45^\circ$ 角, 精加工轮廓结束 |
| N17 G40 X4                 | ;退出已加工表面, 取消刀尖圆弧半径补偿                 |
| N18 G00 Z80                | ;退出工件内孔                              |
| N19 X80                    | ;回程序起点或换刀点位置                         |
| N20 M30                    | ;主轴停、主程序结束并复位                        |

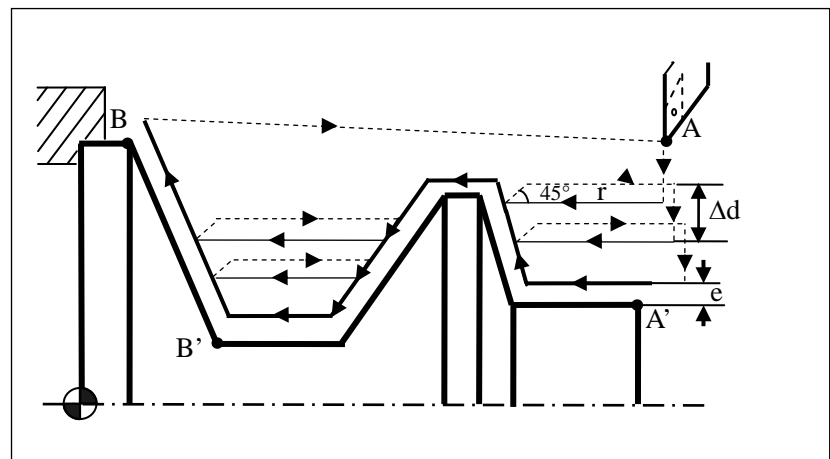
有凹槽内（外）径粗车复合循环

**G71 U( $\Delta d$ ) R(r) P(ns) Q(nf) E(e) F(f) S(s) T(t);**

| 参数    | 含义                                                       |
|-------|----------------------------------------------------------|
| U     | 切削深度(每次切削量), 指定时不加符号, 方向由矢量 AA' 决定                       |
| R     | 每次退刀量                                                    |
| P     | 精加工路径第一程序段(即下图中的 AA')的顺序号                                |
| Q     | 精加工路径最后程序段(即下图中的 B'B)的顺序号                                |
| E     | 精加工余量, 其为 X 方向的等高距离; 外径切削时为正, 内径切削时为负                    |
| F S T | 粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效, 而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。 |

说明

该指令执行如下图所示的粗加工和精加工，其中精加工路径为 A→A'→B'→B 的轨迹。

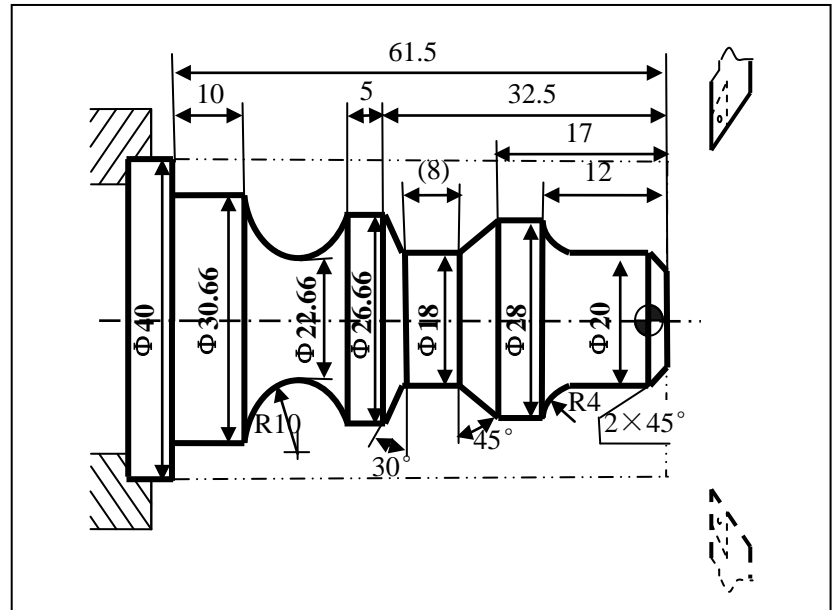


注意

- (1) G71 指令必须带有 P, Q 地址 ns、nf, 且与精加工路径起、止顺序号对应, 否则不能进行该循环加工。
- (2) ns 的程序段必须为 G00/G01 指令, 即从 A 到 A' 的动作必须是直线或点定位运动。
- (3) 在顺序号为 ns 到顺序号为 nf 的程序段中, 不应包含子程序 (4.03)。

举例

用有凹槽的外径粗加工复合循环编制下图所示零件的加工程序，其中点划线部分为工件毛坯。



%3327

- N1 T0101 ;换一号刀，确定其坐标系
- N2 G00 X80 Z100 ;到程序起点或换刀点位置
- M03 S400 ;主轴以 400r/min 正转
- N3 G00 X42 Z3 ;到循环起点位置
- N4G71U1R1P8Q19E0.3F100 ;有凹槽粗切循环加工
- N5 G00 X80 Z100 ;粗加工后，到换刀点位置
- N6 T0202 ;换二号刀，确定其坐标系
- N7 G00 G42 X42 Z3 ;二号刀加入刀尖圆弧半径补偿
- N8 G00 X10 ;精加工轮廓开始，到倒角延长线处
- N9 G01 X20 Z-2 F80 ;精加工倒 2×45° 角
- N10 Z-8 ;精加工 Φ20 外圆
- N11 G02 X28 Z-12 R4 ;精加工 R4 圆弧
- N12 G01 Z-17 ;精加工 Φ28 外圆
- N13 U-10 W-5 ;精加工下切锥
- N14 W-8 ;精加工 Φ18 外圆槽
- N15 U8.66 W-2.5 ;精加工上切锥



- N16 Z-37.5 ;精加工  $\Phi 26.66$  外圆
- N17 G02 X30.66 W-14 R10 ;精加工 R10 下切圆弧
- N18 G01 W-10 ;精加工  $\Phi 30.66$  外圆
- N19 X40 ;退出已加工表面，精加工轮廓结束
- N20 G00 G40 X80 Z100 ;取消半径补偿，返回换刀点位置
- N21 M30 ;主轴停、主程序结束并复位

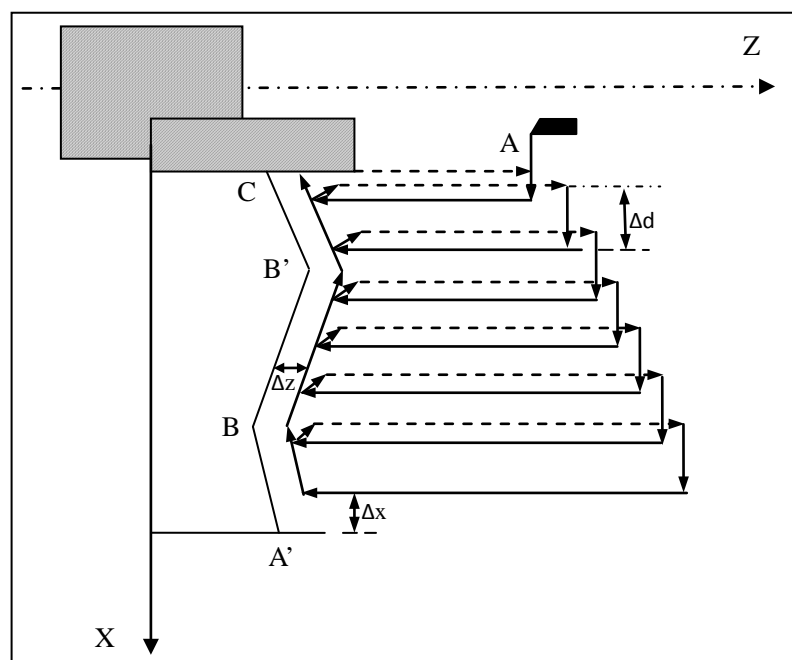
径向凹槽内径粗车复合循环

**G71 U( $\Delta d$ ) R(r) P(ns) Q(nf) X( $\Delta x$ ) Z( $\Delta z$ ) F(f) S(s) T(t) H(h)**

| 参数   | 含义                                                     |
|------|--------------------------------------------------------|
| U    | 切削深度（每次切削量），指定时不加符号，方向由矢量 AA' 决定                       |
| R    | 每次退刀量                                                  |
| P    | 精加工路径第一程序段（即下图中的 AA'）的顺序号                              |
| Q    | 精加工路径最后程序段（即下图中的 B'C）的顺序号。                             |
| X    | X 方向精加工余量                                              |
| Z    | Z 方向精加工余量                                              |
| FS T | 粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效，而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效 |
| H    | 为 1 时表示此时为径向凹槽加工                                       |

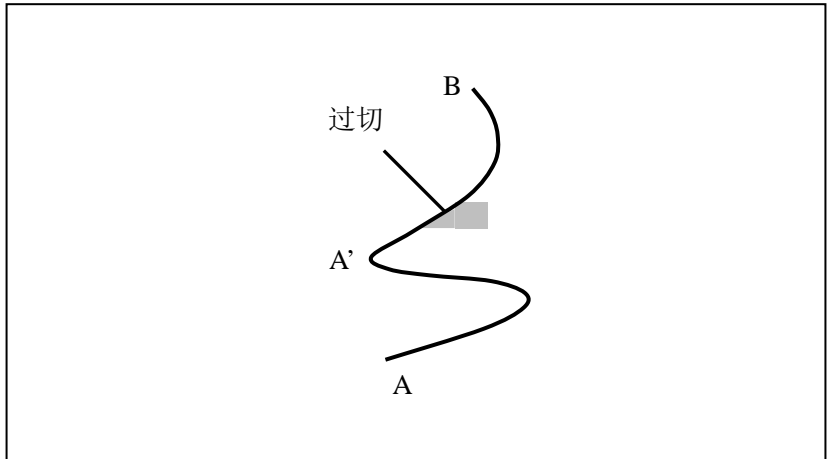
说明

该指令执行如下图所示的粗加工和精加工，其中精加工路径为 A→A'→B→B'→C 的轨迹。



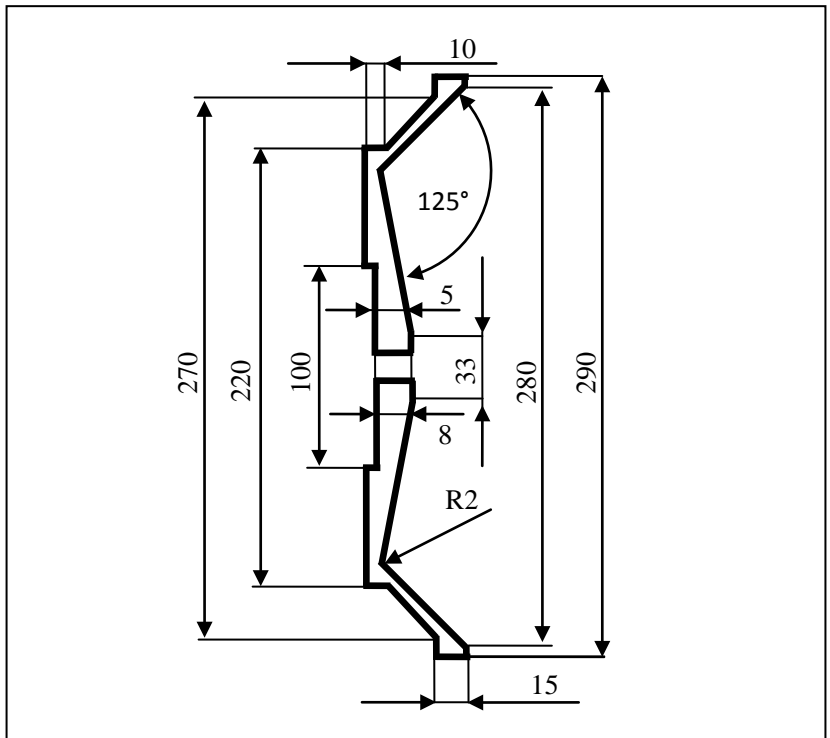
**注意**

- (1) H 为 1 时才能做径向凹槽加工，否则程序会报警。
- (2) 凹槽内壁的夹角如果小于或等于 45 度时，回退角度会从 45 度变为 0 度。
- (3) 加工内圆弧凹槽时，可能由于刀具或退刀距离等原因，导致过切现象，如下图所示。为了避免出现该现象，请选择刀角角度小于 45 度的刀具或将退刀距离 r 改小。



**示例**

用有凹槽的内径粗加工复合循环编制下图所示零件的加工程序。



%0001

M3S400; 主轴以 400r/min 正转

T0303; 设立坐标系,选三号刀

G0X33Z5; 刀具到循环起点位置

G71 U2 R1 P1 Q2 X-0.3 Z0.15 F1200 H1; 粗切量: 2mm 精切量:  
X0.3mm Z0.15mm

M3S600; 主轴以 600r/min 正转

N1G1X284; 精加工到 280 斜面安全处

G1 Z2 F40 ; 精加工到 280 斜面延长线

G1 X198.542 Z-40.729; 精加工斜面

G3 X195.019 Z-41.284 R2.; 精加工 R2 圆弧

G1 X33. Z-27.; 刀具切出工件

N2 G01 X32.5; 精加工轮廓结束

X10.5; 刀具 X 方向退出工件

G0 Z2.; 刀具 Z 方向退出工件

Z150.; 刀具退到 Z 向安全位置

X150; 刀具退到 X 向安全位置

M98 P0009; 调用 09 号子程序

M30; 程序结束返回

%0009

T0101; 换一号刀, 确定其坐标系

M3S400; 主轴以 400r/min 正转

G0X288Z5; 刀具快速移至切刀点附近

G01Z0F32; 刀具走到工件 Z0 的位置

G01X290Z-1F32; 加工  $1 \times 45^\circ$  倒角

Z-16; 加工  $\Phi 290$  的外圆

G0X295; 刀具退出工件表面

Z150; Z 轴退到安全位置

X100; X 轴退到安全位置

M99; 子程序返回

### 12.4.3 端面粗车复合循环 (G72)

本循环与 G71 类似，只是切削是由平行 X 轴的操作。

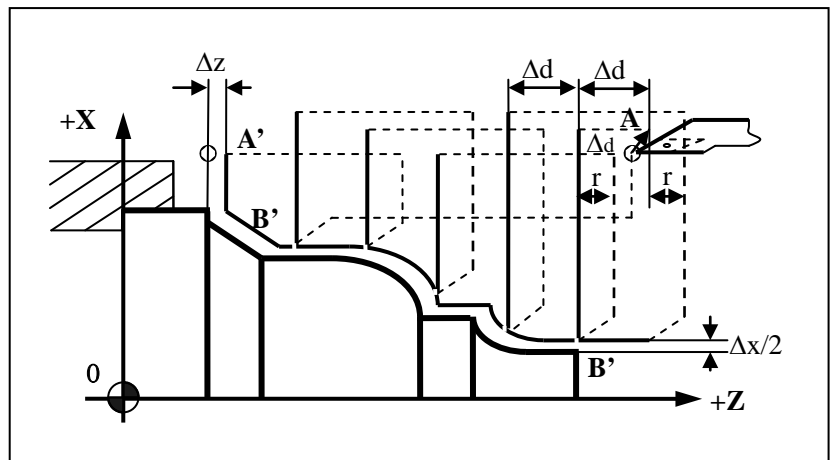
#### 格式

**G72 W( $\Delta d$ ) R(r) P(ns) Q(nf) X( $\Delta x$ ) Z( $\Delta z$ ) F(f) S(s) T(t);**

| 参数    | 含义                                                       |
|-------|----------------------------------------------------------|
| W     | 切削深度(每次切削量), 指定时不加符号, 方向由矢量 AA'决定                        |
| R     | 每次退刀量                                                    |
| P     | 精加工路径第一程序段(即下图中的 AA')的顺序号                                |
| Q     | 精加工路径最后程序段(即下图中的 B'B)的顺序号                                |
| X     | X 方向精加工余量                                                |
| Z     | Z 方向精加工余量                                                |
| F S T | 粗加工时 G72 中编程的 F、S、T 有效, 而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。 |

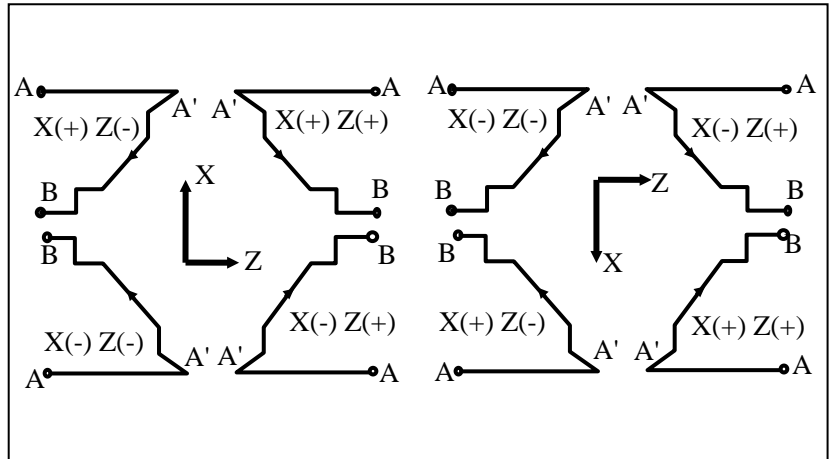
#### 说明

该指令执行如下图所示的粗加工和精加工，其中精加工路径为 A→A'→B'→B 的轨迹。



#### XZ 值符号

G72 切削循环下，切削进给方向平行于 X 轴，X( $\Delta U$ )和 Z( $\Delta W$ ) 的符号如下图所示。其中 (+) 表示沿轴的正方向移动，(-) 表示沿轴负方向移动。

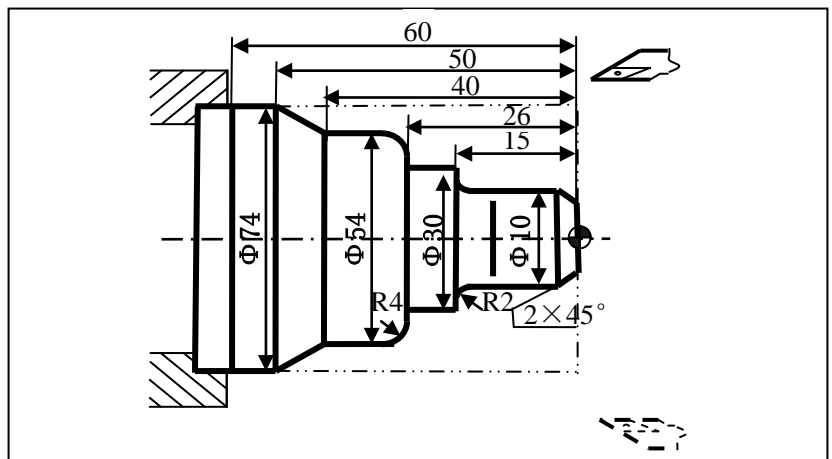


**注意**

- (1) G72 指令必须带有 P, Q 地址, 否则不能进行该循环加工;
- (2) 在 ns 的程序段中应包含 G00/G01 指令, 进行由 A 到 A' 的动作, 且该程序段中不应编有 X 向移动指令;
- (3) 在顺序号为 ns 到顺序号为 nf 的程序段中, 可以有 G02/G03 指令, 不应包含子程序。

**示例 1**

编制如下图所示零件的加工程序: 要求循环起始点在 A (80, 1), 切削深度为 1.2mm。退刀量为 1mm, X 方向精加工余量为 0.2mm, Z 方向精加工余量为 0.5mm, 其中点划线部分为工件毛坯。



%3328

N1 T0101 ;换一号刀, 确定其坐标系

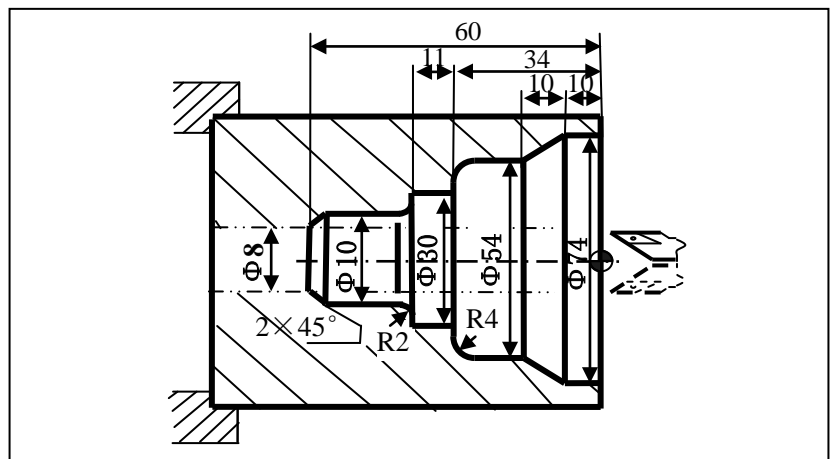
N2 G00 X80 Z80 ;到程序起点位置

N3 M03 S400 ;主轴以 400r/min 正转

|                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| N4 X80 Z1                     | :到循环起点位置                             |
| N5 G72W1.2R1P8Q17X0.2Z0.5F100 | :外端面粗切循环加工                           |
| N6 G00 X100 Z80               | :粗加工后, 到换刀点位置                        |
| N7 G42 X80 Z1                 | :加入刀尖圆弧半径补偿                          |
| N8 G00 Z-53                   | :精加轮廓开始到锥面延长线                        |
| N9 G01 X54 Z-40 F80           | :精加工锥面                               |
| N10 Z-30                      | :精加工 $\Phi 54$ 外圆                    |
| N11 G02 U-8 W4 R4             | :精加工 R4 圆弧                           |
| N12 G01 X30                   | :精加工 Z26 处端面                         |
| N13 Z-15                      | :精加工 $\Phi 30$ 外圆                    |
| N14 U-16                      | :精加工 Z15 处端面                         |
| N15 G03 U-4 W2 R2             | :精加工 R2 圆弧                           |
| N16 G01 Z-2                   | :精加工 $\Phi 10$ 外圆                    |
| N17 U-6 W3                    | :精加工倒 $2 \times 45^\circ$ 角, 精加工轮廓结束 |
| N18 G00 X50                   | :退出已加工表面                             |
| N19 G40 X100 Z80              | :取消半径补偿, 返回程序起点位置                    |
| N20 M30                       | :主轴停、主程序结束并复位                        |

### 示例 2

编制如下图所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A (6, 3)，切削深度为 1.2mm。退刀量为 1mm，X 方向精加工余量为 0.2mm，Z 方向精加工余量为 0.5mm，其中点划线部分为工件毛坯。



%3329

N1 T0101 ;设立坐标系

N2 G00 X100 Z80 ;移到起始点的位置

N3 M03 S400 ;主轴以 400r/min 正转

N4 G00 X6 Z3 ;到循环起点位置

N5 G72W1.2R1P6Q16X-0.2Z0.5F100 ;内端面粗切循环加工

N6 G00 Z-61 ;精加工轮廓开始，到倒角延长线处

N7 G01 U6 W3 F80 ;精加工倒  $2 \times 45^\circ$  角

N8 W10 ;精加工  $\Phi 10$  外圆

N9 G03 U4 W2 R2 ;精加工 R2 圆弧

N10 G01 X30 ;精加工 Z45 处端面

N11 Z-34 ;精加工  $\Phi 30$  外圆

N12 X46 ;精加工 Z34 处端面

N13 G02 U8 W4 R4 ;精加工 R4 圆弧

N14 G01 Z-20 ;精加工  $\Phi 54$  外圆

N15 U20 W10 ;精加工锥面

N16 Z3 ;精加工  $\Phi 74$  外圆，精加工轮廓结束

N17 G00 X100 Z80 ;返回对刀点位置

N18 M30 ;主轴停、主程序结束并复位

### 12.4.4 闭合车削复合循环 (G73)

本循环可以车削固定的图形。这种切削循环可以有效地切削铸造成型、锻造成型或已粗车成型的工件。

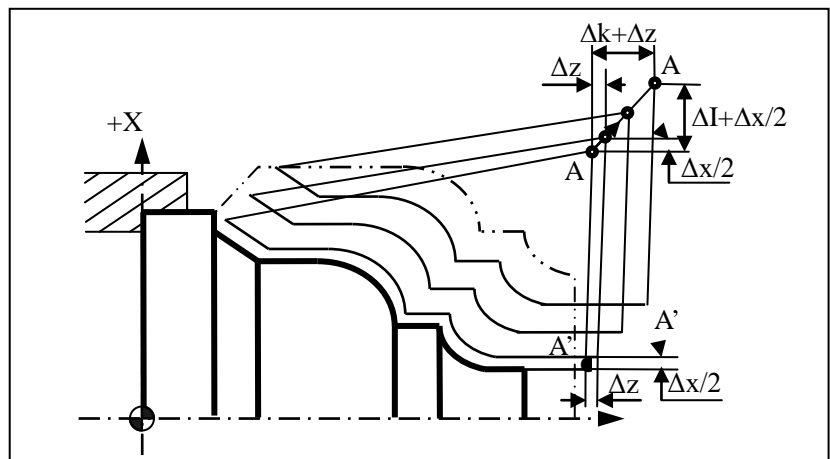
无凹槽

**G73 U( $\Delta I$ ) W( $\Delta K$ ) R(r) P(ns) Q(nf) X( $\Delta X$ ) Z( $\Delta Z$ ) F(f) S(s) T(t)**

| 参数    | 含义                                                      |
|-------|---------------------------------------------------------|
| U     | X 轴方向的粗加工总余量                                            |
| W     | Z 轴方向的粗加工总余量                                            |
| R     | 粗切削次数                                                   |
| P     | 精加工路径第一程序段 (即下图中的 AA') 的序号                              |
| Q     | 精加工路径最后程序段 (即下图中的 BB') 的序号                              |
| X     | X 方向精加工余量                                               |
| Z     | Z 方向精加工余量                                               |
| F S T | 粗加工时 G73 编程的 F、S、T 有效, 而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。 |

说明

该功能在切削工件时刀具轨迹为如下图所示的封闭回路, 刀具逐渐进给, 使封闭切削回路逐渐向零件最终形状靠近, 最终切削成工件的形状, 其精加工路径为 A→A'→B'→B。



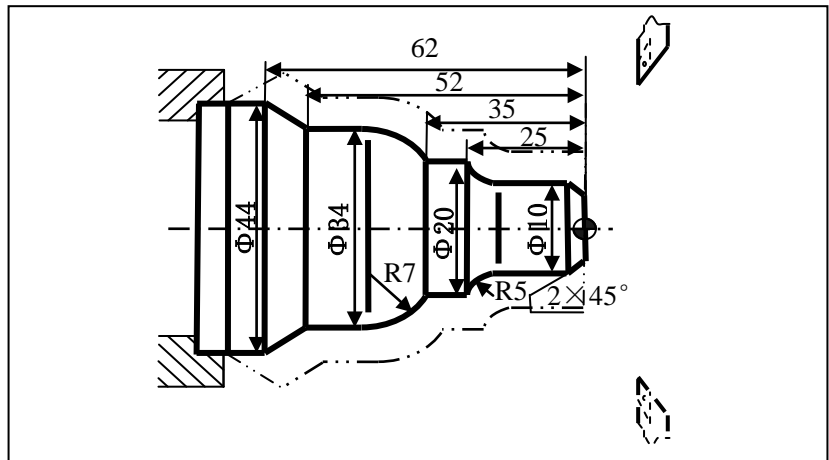
注意

- (1)  $\Delta I$  和  $\Delta K$  表示粗加工时总的切削量, 粗加工次数为  $r$ , 则每次 X, Z 方向的切削量为  $\Delta I/r$ ,  $\Delta K/r$ ;
- (2) 按 G73 段中的 P 和 Q 指令值实现循环加工, 要注意  $\Delta x$  和  $\Delta z$ ,  $\Delta I$  和  $\Delta K$  的正负号。



## 举例

编制如下图所示零件的加工程序：设切削起始点在 A（60，5）；X、Z 方向粗加工余量分别为 3mm、0.9mm；粗加工次数为 3；X、Z 方向精加工余量分别为 0.6mm、0.1mm。其中点划线部分为工件毛坯。



```
%3330
```

```

N1 T0101 ;设立坐标系,选一号刀
N2 G00 X80 Z80 ;到程序起点位置
N3 M03 S400 ;主轴以400r/min正转
N4 G00 X60 Z5 ;到循环起点位置
N5 G73U3W0.9R3P6Q13X0.6Z0.1F120 ;闭环粗切循环加工
N6 G00 X0 Z3 ;精加工轮廓开始, 到倒角延长线处
N7 G01 U10 Z-2 F80 ;精加工倒2×45°角
N8 Z-20 ;精加工Φ10外圆
N9 G02 U10 W-5 R5 ;精加工R5圆弧
N10 G01 Z-35 ;精加工Φ20外圆
N11 G03 U14 W-7 R7 ;精加工R7圆弧
N12 G01 Z-52 ;精加工Φ34外圆
N13 U10 W-10 ;精加工锥面
N14 U10 ;退出已加工表面, 精加工轮廓结束
N15 G00 X80 Z80 ;返回程序起点位置
N16 M30 ;主轴停、主程序结束并复位

```

### 12.4.5 螺纹切削复合循环 (G76)

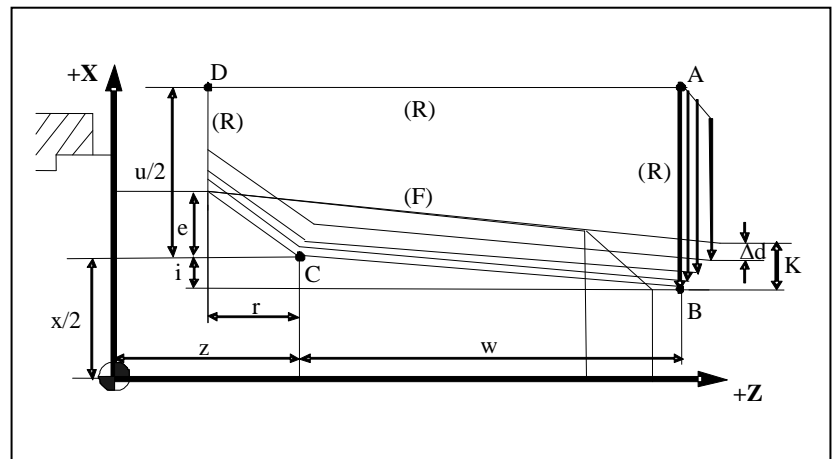
格式

**G76 C(c) R(r) E(e) A(a) X(x) Z(z) I(i)  
K(k) U(d) V(Δdmin) Q(Δd) P(p) F**

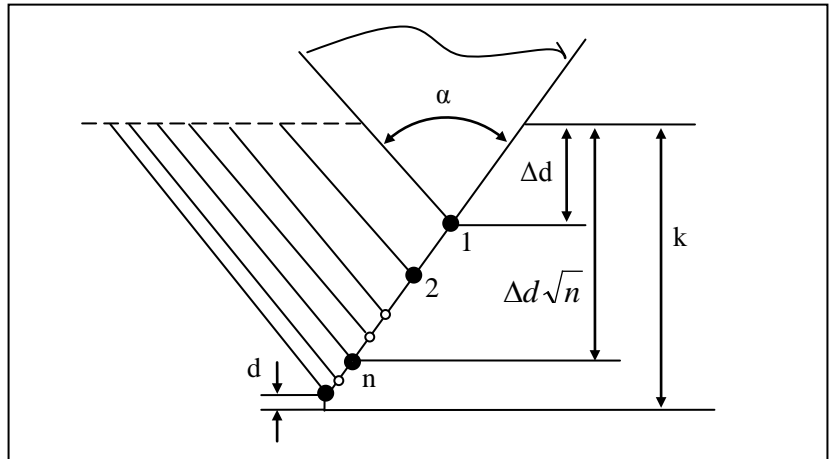
| 参数  | 含义                                                                                                                    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C   | 精整次数 (1~99), 为模态值                                                                                                     |
| R   | 螺纹Z向退尾长度, 为模态值                                                                                                        |
| E   | 螺纹X向退尾长度, 为模态值                                                                                                        |
| A   | 刀尖角度 (二位数字), 为模态值;<br>取值要大于10°, 小于80°                                                                                 |
| X Z | 绝对值编程时, 为有效螺纹终点 C 的坐标; 增量值编程时, 为有效螺纹终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离;<br>(用 G91 指令定义为增量编程, 使用后用 G90 定义为绝对编程)                      |
| I   | 螺纹两端的半径差, 如 i=0, 为直螺纹 (圆柱螺纹) 切削方式                                                                                     |
| K   | 螺纹高度。该值由x轴方向上的半径值指定                                                                                                   |
| U   | 精加工余量 (半径值)                                                                                                           |
| V   | 最小切削深度 (半径值); 当第 n 次切削深度 $(\Delta d\sqrt{n} - \Delta d\sqrt{n-1})$ , 小于 $\Delta d_{min}$ 时, 则切削深度设定为 $\Delta d_{min}$ |
| Q   | 第一次切削深度 (半径值)                                                                                                         |
| P   | 主轴基准脉冲处距离切削起始点的主轴转角                                                                                                   |
| F   | 螺纹导程 (同G32), F代表公制                                                                                                    |

说明

螺纹切削固定循环 G76 执行如下图所示的加工轨迹。



其单边切削及参数如下图所示。

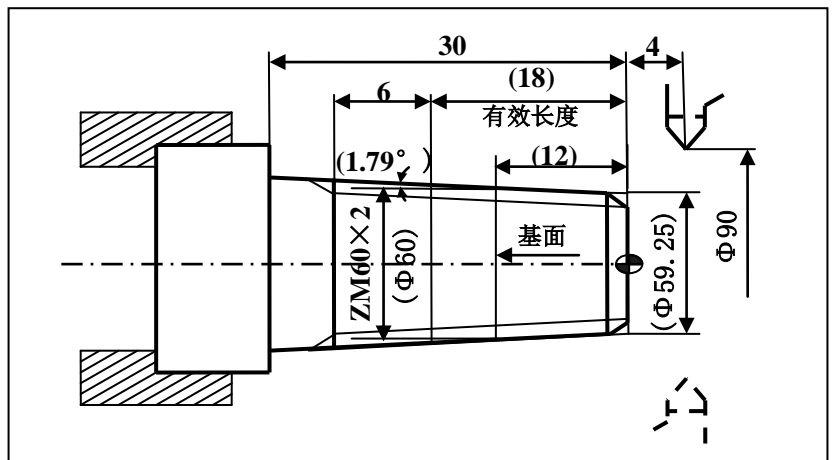


**注意**

- (1) 按 G76 段中的 X(x)和 Z(z)指令实现循环加工，增量编程时，要注意 u 和 w 的正负号（由刀具轨迹 AC 和 CD 段的方向决定）。
- (2) G76 循环进行单边切削，减小了刀尖的受力。第一次切削时切削深度为  $\Delta d$ ，第 n 次的切削总深度为  $\Delta d\sqrt{n}$ ，每次循环的背吃刀量为  $\Delta d(\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$ 。
- (3) 在单边切削图中，B 到 C 点的切削速度由螺纹切削速度指定，而其它轨迹均为快速进给。

**举例**

用螺纹切削复合循环 G76 指令编程，加工螺纹为 ZM60×2，工件尺寸见下图，其中括弧内尺寸根据标准得到。（ $\tan 1.79^\circ = 0.03125$ ）



%3331

N1 T0101 ;换一号刀，确定其坐标系

N2 G00 X100 Z100 ;到程序起点或换刀点位置

N3 M03 S400 ;主轴以 400r/min 正转

N4 G00 X90 Z4 ;到简单循环起点位置

N5 G80 X61.125 Z-30 I-1.063 F80 ;加工锥螺纹外表面

N6 G00 X100 Z100 M05 ;到程序起点或换刀点位置

N7 T0202 ;换二号刀，确定其坐标系

N8 M03 S300 ;主轴以 300r/min 正转

N9 G00 X90 Z4 ;到螺纹循环起点位置

N10 G76C2R-3E1.3A60X58.15Z-24I-0.875K1.299U0.1V0.1Q0.45F2

N11 G00 X100 Z100 ;返回程序起点位置或换刀点位置

N12 M05 ;主轴停

N13 M30 ;主程序结束并复位

## 12.5 固定循环中的特殊情况

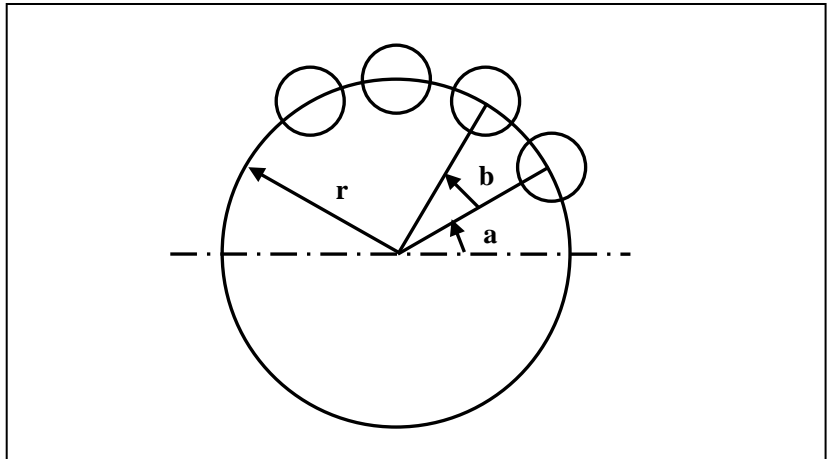
铣床使用 G80 取消固定循环，车床使用 G00/G01/G02 等取消固定循环。在固定循环语句后，固定循环未取消前，所有的语句都被系统识别为固定循环语句。

| 错误编程               | 正确编程              |
|--------------------|-------------------|
| %1111              | %1111             |
| T0101              | T0101             |
| G0X50Z20           | G0X50Z20          |
| X32Z0              | X32Z0             |
| G80X30Z-30         | G80X30Z-30        |
| M98P12;调用固定循环中的%12 | G01               |
| M30                | M98P12;调用本程序中的%12 |
| %12                | M30               |
| G0X10Z10           | %12               |
| X30Z30             | G0X10Z10          |
| M99                | X30Z30            |
|                    | M99               |

暂不支持固定循环与旋转/镜像/缩放和 G91 同时使用。

## 13 用户宏程序

用户宏程序是一种类似于高级语言的编程方法，它允许用户使用变量、算术和逻辑运算及条件转移，这使得编制相同的加工程序比传统方式更加方便。同时也可将某些相同加工操作用宏程序编制成通用程序，供用户循环调用，如下图中所示螺栓孔圆加工。



在上图中用宏编制一个螺栓孔圆的加工程序，存储到 CNC 中，之后用户可以随时调用本程序加工螺栓孔圆，只需调用时填入孔数、偏差角等螺栓孔属性即可，这样就好比是用户在 CNC 中加入了螺栓孔圆功能一样。

### 13.1 变量

### 13.2 运算指令

### 13.3 宏语句

### 13.4 宏程序调用

### 13.5 用户子程序

## 13.1 变量

宏程序中用户可以在准备功能指令和轴移动距离的参数中使用变量，如 G00 X[#43]，此时#34 即是变量，用户在调用之前可以对其进行赋值等操作。

### 注意

用户宏程序不允许直接使用变量名。变量用变量符号(#)和后面的变量号指定。

### 变量种类

根据变量号，可以将变量分为局部变量、全局变量、系统变量，各类变量的用途各不相同。另外，对不同的变量的访问属性也有所不同，有些变量属于只读变量。

### 常量

系统内部定义了一些值不变的常量供用户使用，这些常量的属性为只读。

PI: 圆周率  $\Pi$

TRUE: 真，用于条件判断，表示条件成立

FALSE: 假，用于条件判断，表示条件不成立

### 注意

常量 PI 在使用时，由于其有计算误差，编程时在结束条件时需做处理，否则会出现异常情况。

### 局部变量

局部变量是指在宏程序内部使用的变量，即是在当前时刻下调用宏程序 A 中使用的局部变量#i 与另一时刻下调用宏程序 A 中使用的#i 不同。因此，在如多层调用一样从宏 A 中调用宏 B 时，有可能在宏 B 中错误使用在宏 A 中正在使用的局部变量，导致破坏该值。

系统提供#0~#49 为局部变量，它们的访问属性为可读可写。

系统提供 6 层嵌套，相应的每层局部变量如下，这些局部变量的访问属性为可读：

- #200~#249 0 层局部变量
- #250~#299 1 层局部变量
- #300~#349 2 层局部变量

- #350~#399 3 层局部变量
- #400~#449 4 层局部变量
- #450~#499 5 层局部变量

### 全局变量

与局部变量不同，全局变量在主程序调用各子程序以及各子程序、各宏程序之间通用，其值不变。即，在某一宏中使用的 #i 与在其他宏中使用的 #i 是相同的。此外，由某一宏运算出来的公共变量 #i，可以在别的宏中使用。

系统提供 #50~#199 为全局变量，它们的访问属性为可读可写。

### 系统变量

系统变量是在系统中其用途被固定的变量。其属性共有 3 类：只读、只写、可读/写，根据各系统变量而属性不同。

### 未定义变量

系统中未定义的变量，其值默认为 0

例：%1234

G54

G01 X10Y10

X[#1]Y30 ;工件坐标系坐标值为 (0, 30)

M30



## 与通道相关的变量

| 变量号                  | 属性  | 描述                   |
|----------------------|-----|----------------------|
| 通道变量                 |     |                      |
| 通道 00: (00000~03999) |     |                      |
| #0~#49               | R/W | 当前局部变量               |
| #50~#199             |     | 系统全局变量, 基本通道及轴的信号量定义 |
| #200~#249            | R   | 0 层局部变量              |
| #250~#299            | R   | 1 层局部变量              |
| #300~#349            | R   | 2 层局部变量              |
| #350~#399            | R   | 3 层局部变量              |
| #400~#449            | R   | 4 层局部变量              |
| #450~#499            | R   | 5 层局部变量              |
| #1000~#1008          | R   | 当前通道轴 (9 轴) 机床实际位置   |
| #1009                | R   | 车床直径编程               |
| #1010~#1018          | R   | 当前通道轴 (9 轴) 机床指令位置   |
| #1019                |     | 保留                   |
| #1020~#1028          | R   | 当前通道轴 (9 轴) 工件指令位置   |
| #1029                |     | 保留                   |
| #1030~#1038          | R   | 当前通道轴 (9 轴) 的工件原点    |
| #1039                | R   | 坐标系                  |
| #1040~#1048          | R/W | 当前通道轴 (9 轴) 的 G54 原点 |
| #1049                | R   | G54 轴掩码              |
| #1050~#1058          | R/W | 当前通道轴 (9 轴) 的 G55 原点 |
| #1059                | R   | G55 轴掩码              |
| #1060~#1068          | R/W | 当前通道轴 (9 轴) 的 G56 原点 |
| #1069                | R   | G56 轴掩码              |
| #1070~#1078          | R/W | 当前通道轴 (9 轴) 的 G57 原点 |
| #1079                | R   | G57 轴掩码              |
| #1080~#1088          | R/W | 当前通道轴 (9 轴) 的 G58 原点 |
| #1089                | R   | G58 轴掩码              |
| #1090~#1098          | R/W | 当前通道轴 (9 轴) 的 G59 原点 |
| #1099                | R   | G59 轴掩码              |
| #1100~#1108          | R   | 当前通道轴 (9 轴) 的 G92 原点 |
| #1109                | R   | G92 轴掩码              |
| #1110~#1118          | R   | 当前通道轴 (9 轴) 的中断位置    |
| #1119                | R   | 断点轴标记                |
| #1120~#1149          | R/W | 固定循环模态变量, 自变量 (A~Z)  |
| #1150~#1189          | R   | G 代码 0~39 组模态        |
| #1190                | R   | 用户自定义输入              |
| #1191                | R   | 用户自定义输出              |
| #1192~#1199          |     | 保留                   |

|             |     |                   |
|-------------|-----|-------------------|
| #1200~#1209 | R   | AD 输入             |
| #1210~#1219 | R   | DA 输出             |
| #1220       | R   | M3/4/5            |
| #1221       | R   | G94F 值            |
| #1222       | R   | 攻丝 F 值            |
| #1223~#1226 | R   | 攻丝主轴转速            |
| #1227       | R   | 生效的半径补偿 D 号       |
| #1228       | R   | 生效的长度补偿 H 号       |
| #1229       | R   | cmd_feed          |
| #1300~#1308 | R   | 当前通道轴(9 轴)的相对零点   |
| #1309       |     | 保留                |
| #1310~#1318 | R   | 当前通道轴(9 轴)的编程机床位置 |
| #1319       |     | 保留                |
| #1320~#1328 | R   | G28 中间点           |
| #1329       | R   | G28 轴掩码           |
| #1330~#1338 | R   | G52 原点            |
| #1339       |     | 保留                |
| #1340~#1349 | R   | G31 测量机床指令        |
| #1350~#1359 |     | 保留                |
| #1360~#1369 | R   | G31 测量机床实际        |
| #1370~#1399 |     | 保留                |
| #1380~#1388 | R/W | 外部零点偏移            |
| #1389       |     | 保留                |
| #1400~#1408 | R/W | G54 偏置            |
| #1409       |     | 保留                |
| #1410~#1418 | R/W | G55 偏置            |
| #1419       |     | 保留                |
| #1420~#1428 | R/W | G56 偏置            |
| #1429       |     | 保留                |
| #1430~#1438 | R/W | G57 偏置            |
| #1439       |     | 保留                |
| #1440~#1448 | R/W | G58 偏置            |
| #1449       |     | 保留                |
| #1450~#1458 | R/W | G59 偏置            |
| #1459~#3999 |     | 保留                |

**注意**

当前通道的工件坐标系 G54~G59 原点和偏置对应的变量都可读可写，并且系统断电保存。

## 与扩展坐标系相关的变量

| 变量号                  | 属性  | 描述       |
|----------------------|-----|----------|
| 通道变量                 |     |          |
| 通道 00: (40100~40639) |     |          |
| #40100~#40108        | R/W | G54.1P1  |
| #40109~#40117        | R/W | G54.1P2  |
| #40118~#40126        | R/W | G54.1P3  |
| #40127~#40135        | R/W | G54.1P4  |
| #40136~#40144        | R/W | G54.1P5  |
| #40145~#40153        | R/W | G54.1P6  |
| #40154~#40162        | R/W | G54.1P7  |
| #40163~#40151        | R/W | G54.1P8  |
| #40172~#40180        | R/W | G54.1P9  |
| #40181~#40189        | R/W | G54.1P10 |
| #40190~#40198        | R/W | G54.1P11 |
| #40199~#40207        | R/W | G54.1P12 |
| #40208~#40216        | R/W | G54.1P13 |
| #40217~#40225        | R/W | G54.1P14 |
| #40226~#40234        | R/W | G54.1P15 |
| #40235~#40243        | R/W | G54.1P16 |
| #40244~#40252        | R/W | G54.1P17 |
| #40253~#40251        | R/W | G54.1P18 |
| #40262~#40270        | R/W | G54.1P19 |
| #40271~#40279        | R/W | G54.1P20 |
| #40280~#40288        | R/W | G54.1P21 |
| #40289~#40297        | R/W | G54.1P22 |
| #40298~#40306        | R/W | G54.1P23 |
| #40307~#40315        | R/W | G54.1P24 |
| #40316~#40324        | R/W | G54.1P25 |
| #40325~#40333        | R/W | G54.1P26 |
| #40334~#40342        | R/W | G54.1P27 |
| #40343~#40351        | R/W | G54.1P28 |
| #40352~#40360        | R/W | G54.1P29 |
| #40361~#40369        | R/W | G54.1P30 |
| #40370~#40378        | R/W | G54.1P31 |
| #40379~#40387        | R/W | G54.1P32 |
| #40388~#40396        | R/W | G54.1P33 |
| #40397~#40405        | R/W | G54.1P34 |
| #40406~#40414        | R/W | G54.1P35 |
| #40415~#40423        | R/W | G54.1P36 |

|               |     |          |
|---------------|-----|----------|
| #40424~#40432 | R/W | G54.1P37 |
| #40433~#40441 | R/W | G54.1P38 |
| #40442~#40450 | R/W | G54.1P39 |
| #40451~#40459 | R/W | G54.1P40 |
| #40460~#40468 | R/W | G54.1P41 |
| #40469~#40477 | R/W | G54.1P42 |
| #40478~#40486 | R/W | G54.1P43 |
| #40487~#40495 | R/W | G54.1P44 |
| #40496~#40504 | R/W | G54.1P45 |
| #40505~#40513 | R/W | G54.1P46 |
| #40514~#40522 | R/W | G54.1P47 |
| #40523~#40531 | R/W | G54.1P48 |
| #40532~#40540 | R/W | G54.1P49 |
| #40541~#40549 | R/W | G54.1P50 |
| #40550~#40558 | R/W | G54.1P51 |
| #40559~#40567 | R/W | G54.1P52 |
| #40568~#40576 | R/W | G54.1P53 |
| #40577~#40585 | R/W | G54.1P54 |
| #40586~#40594 | R/W | G54.1P55 |
| #40595~#40603 | R/W | G54.1P56 |
| #40604~#40612 | R/W | G54.1P57 |
| #40613~#40621 | R/W | G54.1P58 |
| #40622~#40630 | R/W | G54.1P59 |
| #40631~#40639 | R/W | G54.1P60 |

## 用户自定义变量

|                                |     |      |
|--------------------------------|-----|------|
| 用户自定义变量：500~999<br>50000~54999 |     |      |
| #500~#999                      | R/W | 全局变量 |
| #50000~#54999                  | R/W | 全局变量 |

## 注意

机床用户参数 010091 “#500~#999 为用户宏变量使能”为 1 时，#500~#999 为用户自定义变量有效。用户自定义变量断电保存。

## 与刀具相关的变量

|                                                                                                                                         |     |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------|
| 刀具数据：#70000～#89999<br>每把刀具占用 200 个号，共 100 把刀具，共占用 20000 个号<br>第 0 号刀相对编码范围：000～199<br>第 1 号刀相对编码范围：200～399<br>第 99 号刀相对编码范围：18000～19999 |     |                  |
| #70005                                                                                                                                  | R   | 车刀刀尖方向           |
| #70006                                                                                                                                  | R/W | 铣刀刀具长度或车刀 X 偏置值  |
| #70007                                                                                                                                  | R   | 车刀 Y 偏置          |
| #70008                                                                                                                                  | R   | 车刀 Z 偏置值         |
| #70009                                                                                                                                  |     | 保留               |
| #70010                                                                                                                                  |     | 保留               |
| #70011                                                                                                                                  | R/W | 铣刀刀具半径或车刀刀尖半径    |
| #70012~#70028                                                                                                                           |     | 保留               |
| #70029                                                                                                                                  | R/W | 铣刀长度磨损或车刀 Z 偏置磨损 |
| #70030                                                                                                                                  |     | 车刀 Y 偏置磨损        |
| #70034                                                                                                                                  | R/W | 铣刀半径磨损或车刀 X 偏置磨损 |
| #70035~#70100                                                                                                                           |     | 保留               |
| #70101                                                                                                                                  | R   | 刀具寿命监控类型         |
| #70104                                                                                                                                  | R   | 最大切削时间寿命         |
| #70105                                                                                                                                  | R   | 预警切削时间寿命         |
| #70106                                                                                                                                  | R   | 当前切削时间寿命         |
| #70107                                                                                                                                  | R   | 最大切削次数寿命         |
| #70108                                                                                                                                  | R   | 预警切削次数寿命         |
| #70109                                                                                                                                  | R   | 实际切削次数寿命         |

## 注意

刀具半径补偿值、长度补偿值、磨损值对应的变量，支持可读可写，并且系统断电保存。

## 13.2 运算指令

在宏语句中可灵活运用算术运算符、函数等操作，很方便实现复杂的编程需求。如下表所示。

| 运算种类                    | 运算指令                      | 含义                     |
|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| 算术运算                    | $\#i = \#i + \#j$         | 加法运算， $\#i$ 加 $\#j$    |
|                         | $\#i = \#i - \#j$         | 减法运算， $\#i$ 减 $\#j$    |
|                         | $\#i = \#i * \#j$         | 乘法运算， $\#i$ 乘 $\#j$    |
|                         | $\#i = \#i / \#j$         | 除法运算， $\#i$ 除 $\#j$    |
| 条件运算                    | $\#i \text{ EQ } \#j$     | 等于判断 (=)               |
|                         | $\#i \text{ NE } \#j$     | 不等于判断 ( $\neq$ )       |
|                         | $\#i \text{ GT } \#j$     | 大于判断 (>)               |
|                         | $\#i \text{ GE } \#j$     | 大于等于判断 ( $\geq$ )      |
|                         | $\#i \text{ LT } \#j$     | 小于判断 (<)               |
|                         | $\#i \text{ LE } \#j$     | 小于等于判断 ( $\leq$ )      |
| 逻辑运算                    | $\#i = \#i \& \#j$        | 与逻辑运算                  |
|                         | $\#i = \#i   \#j$         | 或逻辑运算                  |
|                         | $\#i = \sim\#i$           | 非逻辑运算                  |
| 函数                      | $\#i = \text{SIN}[\#i]$   | 正弦 (单位: 弧度)            |
|                         | $\#i = \text{ASIN}[\#i]$  | 反正弦                    |
|                         | $\#i = \text{COS}[\#i]$   | 余弦 (单位: 弧度)            |
|                         | $\#i = \text{ACOS}[\#i]$  | 反余弦                    |
|                         | $\#i = \text{TAN}[\#i]$   | 正切 (单位: 弧度)            |
|                         | $\#i = \text{ATAN}[\#i]$  | 反正切                    |
|                         | $\#i = \text{ABS}[\#i]$   | 绝对值                    |
|                         | $\#i = \text{INT}[\#i]$   | 取整 (向下取整)              |
|                         | $\#i = \text{SIGN}[\#i]$  | 取符号                    |
|                         | $\#i = \text{SQRT}[\#i]$  | 开方                     |
|                         | $\#i = \text{POW}[\#i]$   | 平方                     |
|                         | $\#i = \text{LOG}[\#i]$   | 对数                     |
|                         | $\#i = \text{PTM}[\#i]$   | 脉冲转 mm                 |
|                         | $\#i = \text{PTD}[\#i]$   | 脉冲转度                   |
|                         | $\#i = \text{RECIP}[\#i]$ | 倒数                     |
|                         | $\#i = \text{EXP}[\#i]$   | 指数, 以 e (2.718) 为底数的指数 |
|                         | $\#i = \text{ROUND}[\#i]$ | 四舍五入                   |
|                         | $\#i = \text{FIX}[\#i]$   | 向下取整                   |
| $\#i = \text{FUP}[\#i]$ | 向上取整                      |                        |

**例 1**

下面的程序例求出 1~10 之和。

O9500

#1=0; ..... 解的初始值

#2=1; ..... 加数的初始值

N1 IF[#2 LE 10] ; 加数不能超过 10, 否则跳转到 ENDIF 后的 N2

#1=#1 + #2; ..... 计算解

#2=#2 +1; ..... 下一个加数

ENDIF; ..... 转移到 N1

N2 M30; ..... 程序的结尾

**例 2**

#1=[12.34 POW 3]; .....表示#1=12.34\*12.34\*12.34

**【注】** POW 计算式必须用[ ]包起来。

## 13.3 宏语句

### 表达式

凡是出现了“+”、“-”、“\*”、“/”、“[”、“]”、SIN 等符号的计算式，均称为表达式。如下

1.  $-#1$
2.  $\text{SIN}[\#1+\#2]*\text{COS}[[\#1+\#2]/\#3]$

注意：

1. [ ]内优先级高于+、-、\*、/，例如 $[[\#1+\#2]/\#3]$ ，先计算 $[\#1+\#2]$ ，再计算 $/\#3$
2. 对于表达式，为了保证计算正确性，建议使用[ ]将表达式包含在内，例如 $[-\#2]$ 。不推荐 $-\#2$ 这种用法

### 赋值语句

把常数或表达式的值传送给一个宏变量称为赋值，这条语句称为赋值语句，如下：

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

```
#3 = 124.0
```

### 条件判断语句

系统支持两种条件判断语句：

```
IF [条件表达式]; 类型 1
```

```
.....
```

```
ENDIF
```

```
IF [条件表达式]; 类型 2
```

```
.....
```

```
ELSE
```

```
.....
```

```
ENDIF
```

对于 IF 语句中的条件表达式，可以使用简单条件表达式，也可以使用复合条件表达式，如下例所示：



当#1 和#2 相等时，将 0 赋值给#3。

```
IF [#1 EQ #2]
```

```
#3 = 0
```

```
ENDIF
```

当#1 和#2 相等，并且#3 和#4 相等时，将 0 赋值给#3。

```
IF [#1 EQ #2] AND [#3 EQ #4]
```

```
#3 = 0
```

```
ENDIF
```

当#1 和#2 相等，或#3 和#4 相等时，将 0 赋值给#3，否则将 1 赋值给#3。

```
IF [#1 EQ #2] OR [#3 EQ #4]
```

```
#3 = 0
```

```
ELSE
```

```
#3 = 1
```

```
ENDIF
```

## 循环语句

在 WHILE 后指定条件表达式，当指定的条件表达式满足时，执行从 WHILE 到 ENDW 之间的程序。当指定条件表达式不满足时，退出 WHILE 循环，执行 ENDW 之后的程序行。

调用格式如下：

```
WHILE [条件表达式]
```

```
.....
```

```
ENDW
```

## 无限循环

当把 WHILE 中的条件表达式永远写成真即可实现无限循环，如：

```
WHILE [TRUE];或者 WHILE [1]
```

```
.....
```

```
ENDW
```

## 跳转语句

```
GOTO _
```

使用 GOTO 可以跳转到指定标号处

GOTO 后跟数字，例如 GOTO 4 将跳转到 N4 程序段（该程序段头必须写 N4）。

## 嵌套

对于 IF 语句或者 WHILE 语句而言，系统允许嵌套语句，但有一定的限制规则，具体如下：

IF 语句最多支持 6 层嵌套调用，大于 6 层系统将报错；

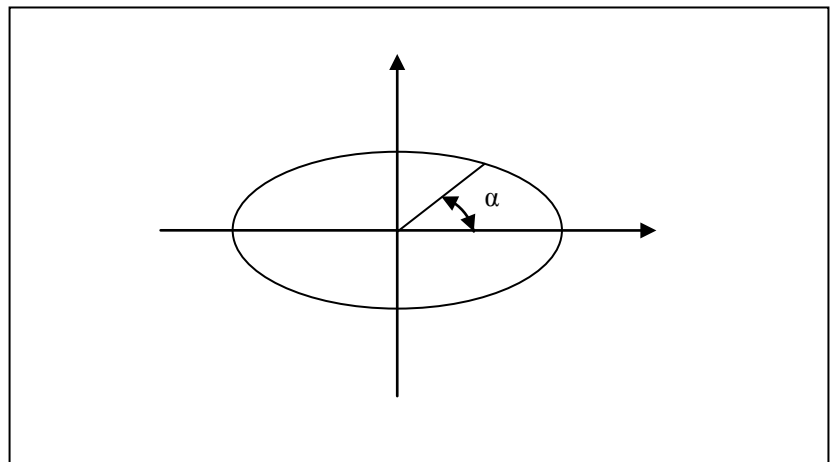
WHILE 语句最多支持 6 层嵌套调用，大于 6 层将报错；

系统支持 IF 语句与 WHILE 语句混合使用，但是必须满足 IF-ENDIF 与 WHILE-ENDW 的匹配关系。如下面这种调用方式，系统将报错。

```
IF [条件表达式 1]
 WHILE [条件表达式 2]
 ENDIF
 ENDW
```

## 举例

编辑椭圆加工程序（椭圆表达式： $X=a \times \cos\alpha$ ； $Y=b \times \sin\alpha$ ）。



```
%0001
#0=5 ;定义刀具半径 R 值
#1=20 ;定义 a 值
#2=10;定义 b 值
#3=0 ;定义步距角 α 的初值，单位：度
N1 G92 X0 Y0 Z10
N2 G00 X[2*#0+#1] Y[2*#0+#2]
```

```
N3 G01 Z0
N4 G41 X[#1] D01
N5 WHILE #3 GE [-360]
N6 G01 X[#1*COS[#3*PI/180]] Y[#2*SIN[#3*PI/180]]
N7 #3=#3-5
ENDW
G01 G91 Y[-2*#0]
G90 G00 Z10
G40 X0 Y0
M30
```

## 13.4 宏程序调用

系统支持一下三种方式调用宏程序：

- (1) 非模态调用：G65
- (2) 用 G 代码调用：固定循环
- (3) M 指令调用子程序

### 13.4.1 自变量指定规则

#### 自变量指定规则

当用户调用宏程序时，系统会将当前程序段中的自变量（A~Z）的内容拷贝到相应的用户宏程序当前层的局部变量#0~#25 中去，同时也拷贝当前通道九个轴（XYZABCUVW）的工件坐标系的绝对位置到当前通道局部变量#30~#38 中去。

| 宏变量 | 自变量名  | 宏变量 | 自变量名  | 宏变量 | 自变量名  |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| #0  | A     | #1  | B     | #2  | C     |
| #3  | D     | #4  | E     | #5  | F     |
| #6  | G     | #7  | H     | #8  | I     |
| #9  | J     | #10 | K     | #11 | L     |
| #12 | M     | #13 | N     | #14 | O     |
| #15 | P     | #16 | Q     | #17 | R     |
| #18 | S     | #19 | 空     | #20 | U     |
| #21 | V     | #22 | W     | #23 | X     |
| #24 | Y     | #25 | Z     | #26 | 预留    |
| #27 | 预留    | #28 | 预留    | #29 | 预留    |
| #30 | X 轴位置 | #31 | Y 轴位置 | #32 | Z 轴位置 |
| #33 | A 轴位置 | #34 | B 轴位置 | #35 | C 轴位置 |
| #36 | U 轴位置 | #37 | V 轴位置 | #38 | W 轴位置 |

#### 用例

```
%1234 ;主程序
G92 X0 Y0 Z50
G91 G01 Z10 F400
M98 P111
G4X1
```

```
%111
G01x10y10z10
...
M99
```

### 宏变量被定义判断

格式： **AR[#变量号]**

返回值： 0： 表示该变量没有被定义；

90： 表示该变量被定义为绝对方式 G90；

91： 表示该变量被定义为相对方式 G91

说明：用系统宏 AR[]来判别宏变量是否被定义以及被定义为增量或绝对方式；

### 用例

```
%1234
G92X0Y0Z0
M98P9990X20Y30Z40
M30
%9990
IF [AR[#23] EQ 0] OR [AR[#24] EQ 0] OR [AR[#25] EQ 0] ;如果没有定义 X 或 Y 或 Z 值，则返回
M99
ENDIF
G91 ;用增量方式编写宏程序
IF AR[#23] EQ 90 ;如果 X 值是绝对方式 G90
#23=#23-#30 ;将 X 值转换为增量方式，#30 为 X 的绝对坐标
ENDIF
.....
M99
```

### 13.4.2 非模态调用（G65）

当指定 G65 时，跟随参数 P 所指定的用户宏程序被调用，同时将自变量与用户宏程序需要用到的变量传递到用户宏程序中去。

#### 格式

**G65 P\_L\_[自变量地址字]**

| 参数     | 含义              |
|--------|-----------------|
| P      | 需要调用的程序号        |
| L      | 重复调用次数          |
| 自变量地址字 | 用户需要传递到宏程序中去的数据 |

#### 注意

- (1) G65 是非模态指令，每次调用宏程序都需要在本行中指定 G65；
- (2) 子程序要在同一个文件中。

#### 示例

```
%0032

G54G0X100Z100

G65P100L5X50Z-30F1000

G00X50Z10

M30

%100

G01X[#23]Z[#25]F[#5]

G81X[#23]Z[#25]

G0X100Z50

M30
```

### 13.4.3 G 代码调用宏程序

除了非模态（G65）调用宏程序外，用户还可以通过 G 代码的形式调用宏程序，目前暂时只支持固定循环的 G 代码形式宏程序调用，具体代码见钻孔、铣削章节详细介绍。

#### 功能

以 G 指令的方式调用用户固定循环中的自定义子程序。

## 格式

G\_

| 参数 | 含义                            |
|----|-------------------------------|
| G  | USERDEF.CYC 中被调用的子程序号（为阿拉伯数字） |

## 举例

在 USERDEF.CYC 新增用户固定循环 1001

```
%1001;
```

```
G01 X10 Y10 Z10
```

```
G80
```

```
M99
```

```
主程序
```

```
%1244
```

```
G92X0Y0Z50
```

```
G91G01X10F400
```

```
G1001（调用用户自定义固定循环）
```

```
G4X1
```

```
M30
```

## 13.4.4 M 指令调用子程序

## 格式

M98 P\_

| 参数 | 含义           |
|----|--------------|
| P  | 本程序中需要调用的程序号 |

## 说明

M 指令调用宏程序参见辅助功能章节 M98 部分，M98 执行时先在程序段中查找要调用的子程序号，如果程序段中无此子程序号，则报错。

## 格式

M\_

| 参数 | 含义          |
|----|-------------|
| M  | 用户自定义参数的输入值 |

## 说明

通过一个 M 代码调用一个自定义子程序。

子程序对应 M 代码参数设置如下图所示，用户自定义参数 010360~010373，分别对应 USERDEF.CYC 中 %1007~%1020 子程序。

| 参数列表   | 参数号    | 参数名                  | 参数值 | 生效方式 |
|--------|--------|----------------------|-----|------|
| 机床用户参数 | 010360 | 用户固定循环 G1007 对应 M 代码 | 13  | 保存   |
|        | 010361 | 用户固定循环 G1008 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010362 | 用户固定循环 G1009 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010363 | 用户固定循环 G1010 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010364 | 用户固定循环 G1011 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010365 | 用户固定循环 G1012 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010366 | 用户固定循环 G1013 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010367 | 用户固定循环 G1014 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010368 | 用户固定循环 G1015 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010369 | 用户固定循环 G1016 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010370 | 用户固定循环 G1017 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010371 | 用户固定循环 G1018 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010372 | 用户固定循环 G1019 对应 M 代码 | 0   | 保存   |
|        | 010373 | 用户固定循环 G1020 对应 M 代码 | 0   | 保存   |

## 举例

用户固定循环 G1007 对应 M 代码 (010360) 参数设置为 13，即在加工程序中可使用 M13 指令调用 USERDEF.CYC 中的 %1007 程序。

%1007;在 USERDEF.CYC 文件中新增用户自定义子程序 1007

G0Z5

Z-50

G80

M99

%1234;主程序

G54

G1X0Y0Z0

M13;通过 M13 指令调用与之相匹配的 1007 子程序

X10Y10

X20Y30

Y0

X0

M30



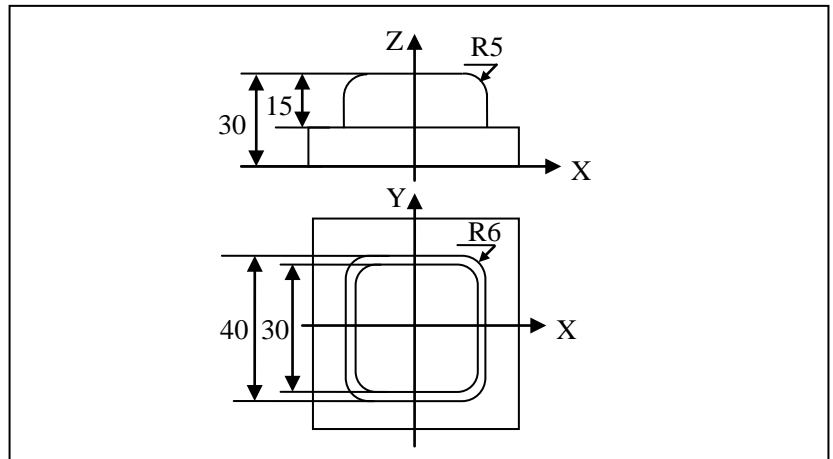
注意事项

1. 暂不支持固定循环与旋转/镜像/缩放和 G91 同时使用。
2. 使用 M 指令调用子程序时,程序结束时需要在 M99 前加上 G80。

### 13.4.5 宏程序用例

举例 1 (铣削)

如图用球头铣刀加工 R5 倒圆曲面。



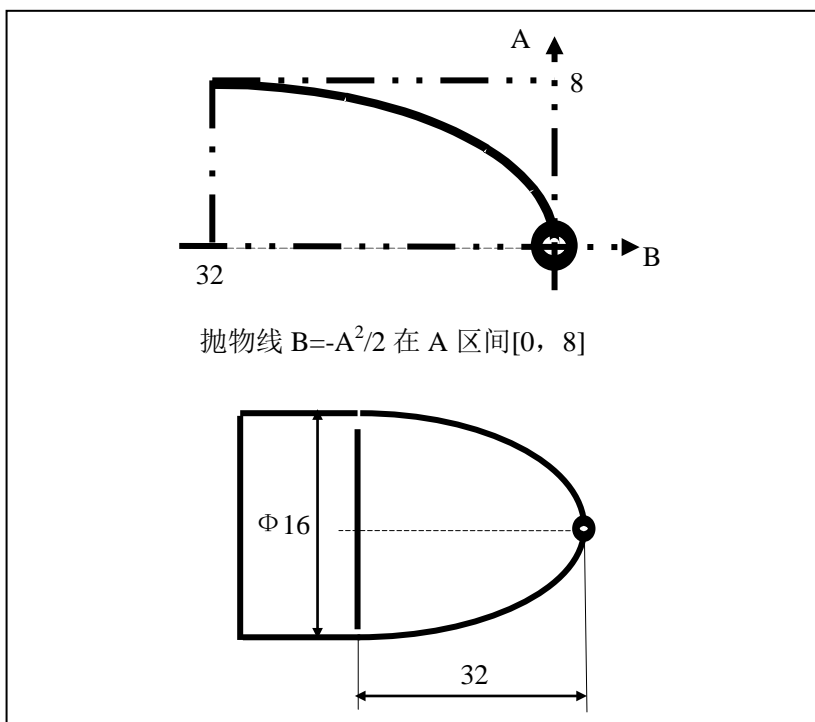
```

%0001 (刀位点为球心)
G92 X-30 Y-30 Z25
#0=5 (倒圆半径)
#1=4 (球刀半径)
#2=180 (步距角 γ 的初值。单位：度)
WHILE #2 GT 90
G01 Z[25+[#0+#1]*SIN[#2*PI/180]] (计算 Z 轴高度)
#101=ABS[[#0+#1]*COS[#2*PI/180]]-#0 (计算半径偏移量)
G01 G41 X-20 D01
Y14
G02 X-14 Y20 R6
G01 X14
G02 X20 Y14 R6
G01 Y-14
G02 X14 Y-20 R6
G01 X-14
G02 X-20 Y-14 R6
G01 X-30
G40 Y-30
#2=#2-10
ENDW
M30

```

## 用例 2 (车削)

用宏程序编制如图所示抛物线在 A 区间[0,8]内的程序。



```

%3401

N1 T0101

N2 G37

N3 #10=0; A 坐标

N4 M03 S600

N5 WHILE #10 LE 8

N6 #11=#10*#10/2

N7 G90 G01 X[#10] Z[-#11] F500

N8 #10=#10+0.08

N9 ENDW

N10 G00 Z0 M05

N11 G00 X0

N12 M30

```

### 13.4.6 子程序的分类

#### 内部子程序

被调用程序与主程序在同一文件中，称之为内部子程序。

#### 举例

G 代码文件名为 O\_test，%111 为内部子程序，与主程序%1001 在同一文件中，被主程序中的 M98 调用。

```
%1001;主程序
```

```
G92 X0 Y0 Z50
```

```
G91 G01 Z10 F400
```

```
M98 P111;调用子程序 111
```

```
G4X1
```

```
M30
```

```
%111;子程序
```

```
G01x10y10z10
```

```
...
```

```
G80
```

```
M99
```

#### 外部子程序

被调用程序单独存放在另一个文件中，称之为外部子程序。

外部子程序的文件名，必须以字母 O 开头。

#### 举例

G 代码文件名为 O\_test，子程序文件名为 O123。

**主程序**

```
%1001
```

```
G92 X0 Y0 Z50
```

```
G91 G01 Z10 F400
```

```
M98 P123;调用子程序 O123
```

```
G4X1
```

```
M30
```

**子程序 O123**

```

%1234;

G01x10y10z10

...

G80

M99

```

**固定循环**

固定循环分两种，一种是通用固定循环，主要用于车、铣、钻等加工中，另一种是用户固定循环，根据用户的特殊需求自己编写。

通用固定循环的具体使用方法参见第 12 章。

用户固定循环（USERDEF.CYC），用户可根据需要自行添加子程序到该文件中，使用时可在主程序中直接调用。

打开用户自定义循环文件 USERDEF.CYC，索引到如下内容，在后面依次添加，如，添加用户子程序 1010:

以下固定循环是用户自定义固定循环:

用户自定义固定循环从 G1000~Gxxxx by tp 2010.12.27

用户自定义固定循环 G1090

```

%1010

G01X10Y10

M99

```

## 14 主轴功能

---

---

本章包含以下内容：

**14.1 恒线速度切削控制**

**14.2 C/S 轴切换功能**

## 14.1 恒线速度切削控制 (T) (G96, G97)

在 S 之后指定圆周速度（在刀具和工件之间的相对速度）。相对于刀具位置的变化，使主轴时刻以指定的圆周速度旋转。

### 格式

**G96 P\_ S\_;** 激活指定轴恒线速度控制功能

**G46 X\_ P\_;** 极限主轴转速限定

**G97 S\_;** 取消主轴恒线速度控制功能

| 参数 | 含义                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|
| P  | 在 G96 指令中指定的恒线速度控制轴，0 指定的轴由系统轴参数决定，1~3 分别表示 X、Y、Z 轴；<br>在 G46 指令指定恒线速时主轴最高速限定 (r/min)； |
| S  | 在 G96 指令中指定恒线速度 (mm/min 或 inch/min)；<br>在 G97 指令中取消恒线速度后，指定的主轴转速 (r/min)；              |
| X  | 恒线速时主轴最低速限定 (r/min)；                                                                   |

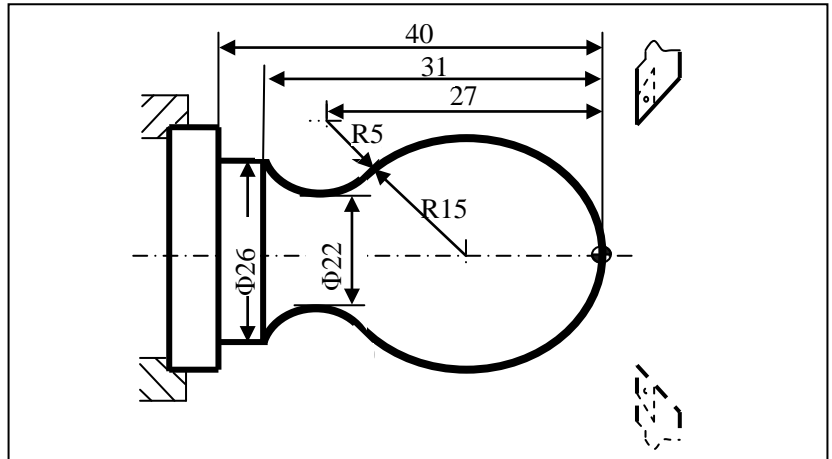
### 说明

- (1) G96/G97 为相互注销的一对模态指令；
- (2) G46 指令功能只在恒线速度功能有效时有效；
- (3) 使用恒线速度功能，主轴必须能自动变速。（如：伺服主轴、变频主轴）；
- (4) 进行恒速控制时，当主轴的转速大于最大主轴转速时，被钳制在最大转速。

### 注意

G96 后面必须跟 G46，限制主轴最高及最低转速。

## 举例



%3318

N1 T0101;                   (设立坐标系,选一号刀)

N2 G00 X40 Z5;           (移到起始点的位置)

N3 M03 S460;             (主轴以 460r/min 旋转)

N4 G96 P0 S80 ;         (恒线速度有效, 线速度为 80m/min)

N5 G46 X400 P900;       (限定主轴转速范围: 400~900 r/min)

N6 G00 X0 ;           (刀到中心, 转速升高, 直到主轴到最大限速 900r/min)

N7 G01 Z0 F60;         (工进接触工件)

N8 G03 U24 W-24 R15;   (加工 R15 圆弧段)

N9 G02 X26 Z-31 R5;     (加工 R5 圆弧段)

N10 G01 Z-40;           (加工 Φ26 外圆)

N11 X40 Z5;             (回对刀点)

N12 G97 S300;          (取消恒线速度功能, 设定主轴按 300r/min 旋转)

N13 M30;                (主轴停、主程序结束并复位)

## 14.2 C/S 轴切换功能（CTOS，STOC）

在复杂应用场合，例如刚性攻丝功能等，主轴除了当做通常主轴使用外，还需要当做旋转使用。这就需要用到 C/S 轴切换功能。

### 格式

**STOC/G108 IP;**

**CTOS/G109 IP;**

| 参数 | 含义                                                                                                            |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IP | IP 可以取 A/B/C，后面的数字表示通道中的主轴号，取值范围为 0~3<br>当 STOC 后不写 IP 时，默认是将 0 号主轴变为 C 轴<br>当 CTOS 后不写 IP 时，默认是将 C 轴变为 0 号主轴 |

### 注意

- (1) 在同一个 G 代码程序中，最好不频繁使用 STOC/CTOS 这对宏指令；
- (2) 当主轴切换为 C 轴后，C 轴单位是 deg/min；
- (3) STOC 和 CTOS 间不允许使用任意行功能进行跳转，也不允许使用任意行从别处跳转到 STOC 和 CTOS 间；
- (4) 任意行不支持 STOC 的 C 轴。

### 举例

```
%900 程序名
G54
M03S600
STOC ;将主轴切换到 C 轴
G28 C0 ;C 轴回零
G1 C45 F2000
...
CTOS ;将 C 轴切换回主轴
M03S600
M30
```

### 注意

M30 不能恢复 C/S 轴的状态。



## 14.3 主轴同步 (G116, G117)

双主轴同步中，其中一个轴为主控轴，另外一个轴为从控轴。成为同步标准的轴称作主控轴，与主控轴同步移动的轴称为从控轴。在多边形加工中，刀具轴成为主控轴，工件轴成为从控轴。

### 格式

**G116 J\_/K\_ P\_/Q\_ R\_;** 建立同步

**G117;** 解除同步

| 参数 | 含义                                                                           |
|----|------------------------------------------------------------------------------|
| J  | 主控轴逻辑轴号                                                                      |
| K  | 从控轴逻辑轴号                                                                      |
| P  | 主控轴转速比，范围（1~1000）                                                            |
| Q  | 从控轴转速比，范围（-1000~1000，且不能为0）。Q 为正时，从控轴旋转方向与主控轴旋转方向相同；Q 为负时，从控轴旋转方向与主控轴旋转方向相反。 |
| R  | 相位角（0~360）                                                                   |

### 举例

T0101

G0 X100 Z20

M3 S1000

G116 J5 K1 P1 Q2 R0 ;建立同步，逻辑轴 5 为主控主轴，逻辑轴 1 为从控主轴

G01 X20 F100 ;进刀切削

G04 X2

G0 X100 ;退刀

G117 ;解除同步

M5

M30

### 注意

- (1) 主轴同步控制指令（G116/G117）不要与其他指令同行。
- (2) 同步过程中，不能指定公英制变换的指令（G20, G21）；
- (3) 急停、复位操作系统自动解除同步控制。
- (4) 同步过程中，不可对从控轴进行指令控制，此时只能指令主控轴的旋转速度与旋转方向。但可以通过程序对其他轴指定移动指令。

## 15 可编程数据输入

---

---

通过可编程数据输入的方式可以在程序中动态修改系统数据。如下：

- (1) 改变工件坐标系原点；
- (2) 改变扩展工件坐标系原点；

## 15.1 可编程数据输入 (G10, G11)

用户可以在程序中动态修改系统数据，通过 G10/G11 指定。更改的系统数据及时生效，其功能列表如下：

格式

| 功能              | G 代码                            |
|-----------------|---------------------------------|
| G54~G59 工件坐标系原点 | G10 L2 Pp IP_                   |
| G54.X 扩展工件坐标系原点 | G10 L20 Pp IP_                  |
| 系统参数输出          | G10 L53 PpRr                    |
| 取消用户自定义输入       | G11                             |
| 铣削刀具几何补偿值 H 输入  | G10 L10 PpRr                    |
| 铣削刀具几何补偿值 D 输入  | G10 L12 PpRr                    |
| 车削刀具补偿值输入       | G10 L14 Pp X_ Z_ R_ Q_ Y_ J_ K_ |

说明

G10 为模态指令，当指定 G10 进入可编程数据输入方式直到调用 G11 取消该方式为止。

G54~G59 工件坐标系原点

G10 L2 Pp IP\_

| 参数 | 含义                                                                                                                                              |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pp | 指定相对工件坐标系 1-6 的工件原点偏置值：<br>> 1 对应 G54 工件坐标系<br>> 2 对应 G55 工件坐标系<br>> 3 对应 G56 工件坐标系<br>> 4 对应 G57 工件坐标系<br>> 5 对应 G58 工件坐标系<br>> 6 对应 G59 工件坐标系 |
| IP | 若是绝对指令，是每个轴的工件原点偏置值<br>若是增量指令，累加到每个轴原设置的工件原点偏置值上                                                                                                |

举例 1

%0002

G54 ; G54 初始值

G01X100Y100Z100

G10L2P1X100Y100Z50 ; 更改 G54 工件坐标系零点为(100,100,50)

G11

G01X20Y20Z20 ; 机床坐标系指令值为(120,120,70)

M30

**G54.X 扩展工件坐标系原点****G10 L20 Pp IP\_**

| 参数 | 含义                                                |
|----|---------------------------------------------------|
| Pp | 设定工件原点偏置值的工件坐标系的指定代码 p: 1~60, 对应 G54.X 坐标系中 X 值;  |
| IP | 若是绝对指令, 是每个轴的工件原点偏置值; 若是增量指令, 累加到每个轴原设置的工件原点偏置值上; |

**举例 2**

```
%0002
```

```
G54.1
```

```
G01X100Y100Z100
```

```
G10L20P1X100Y100Z50; 更改 G54.1 工件坐标系零点为(100,100,50)
```

```
G11
```

```
G01X20Y20Z20
```

```
M30
```

**注意**

在车削系统中, 在直径编程方式下, G10 指令定义中的 X 值为半径值。

**系统参数输出**

将系统参数输出到 Rr 指定的当前通道变量中, #0~#49

**G10 L53 Pp Rr**

| 参数 | 含义          |
|----|-------------|
| Pp | 参数 ID 索引号   |
| Rr | 变量地址 (0~49) |

**取消用户自定义输入**

```
G11
```

**举例 3**

比如使用机床用户参数中的从 P40~P48 九个参数

参数编号 010340~010348

由于 P 参数的设置范围是 500000~-500000，如果误差范围比较大的话可以使用

G54

G01X0Y0Z0

G10L53P010340R1

G10L53P010341R2

G10L53P010342R3

G10L53P010343R4

G10L53P010344R5

G10L53P010345R6

G10L53P010346R7

G10L53P010347R8

G10L53P010348R9

G11

G01X[#1/1000]Y[#2/1000]Z[#3/1000]

G01X[#4/1000]Y[#5/1000]Z[#6/1000]

G01X[#7/1000]Y[#8/1000]Z[#9/1000]

M30

**铣削刀具几何补偿值 H 输入**

**G10 L10 Pp Rr;**

| 参数 | 含义     |
|----|--------|
| Pp | 刀具偏置号  |
| Rr | 刀具补偿数据 |

**铣削刀具几何补偿值 D 输入**

**G10 L12 Pp Rr;**

| 参数 | 含义     |
|----|--------|
| Pp | 刀具偏置号  |
| Rr | 刀具补偿数据 |

## 车削刀具补偿值输入

**G10 L14 Pp X\_Z\_R\_Q\_Y\_J\_K\_;**

| 参数 | 含义        |
|----|-----------|
| Pp | 刀具偏置号     |
| X  | 刀具补偿数据 X  |
| Z  | 刀具补偿数据 Z  |
| R  | 刀尖半径补偿值 R |
| Q  | 假想刀尖方向    |
| Y  | 刀具补偿数据 Y  |
| J  | 刀具径向磨损 J  |
| K  | 刀具轴向磨损 K  |

## 16 轴控制功能

---

---

本章包括以下内容：

**16.1 旋转轴的循环功能**

**16.2 带距离编码的光栅尺回零**

## 16.1 旋转轴的循环功能

### 概述

如果使用旋转轴循环功能，可以防止旋转轴坐标值的溢出。

旋转轴的循环功能，可以通过设定设置相应的参数来使之有效。

以 C 轴为例，需将坐标轴参数中轴 4 的【轴类型】参数（104001）设为 3，设备接口参数中相应设备中的【反馈位置循环使能】数（505014）设为 1。

### 说明

增量指令时，移动量就是指令值。

绝对指令时，可以通过设置坐标轴参数中相应的轴的【旋转轴短路径选择使能】参数（104082）为 1，可以把旋转轴旋转方向设定为起点到终点的移动量短的方向。

### 用例

| G90 C0         | 顺序号 | 实际移动量 | 完成移动后的绝对坐标值 |
|----------------|-----|-------|-------------|
| N1 G90 C-150.0 |     |       |             |
| N2 G90 C540.0  | N1  | -150  | 210         |
| N3 G90 C-620.0 | N2  | -30   | 180         |
| N4 G91 C380.0  | N3  | -80   | 100         |
| N5 G91 C-840.0 | N4  | 380   | 120         |
|                | N5  | -840  | 0           |

### 注意

在有些机床带旋转轴的情况下（如工作台），由于机械结构的原因，旋转轴在运动过程中只能朝一个方向旋转。这时旋转轴就尽量不使用绝对指令，而采用增量指令编程，否则有可能出现由于编程考虑不周导致旋转轴朝相反的方向运动的情况。



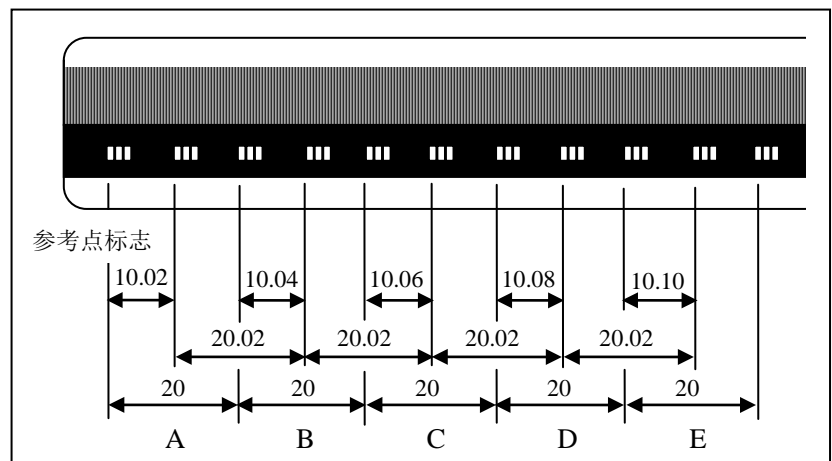
## 16.2 带距离编码的光栅尺回零

### 概述

使用带距离编码参考点标志的线性测量系统，可以不必为返回参考点而在机床安装减速开关，并返回一个固定的机床参考点，这样在实际使用中可以带来了许多方便。

### 原理

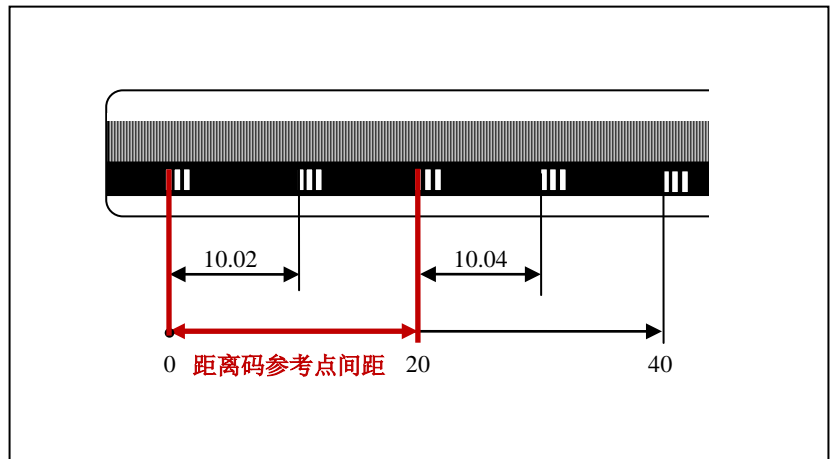
带距离编码参考点标志的线性测量系统的原理是采用包括一个标准线性的栅格标志和一个与此相平行运行的另一个带距离编码参考点标志通道，每组两个参考点标志的距离是相同的，但两组之间两个相邻参考点标志的距离是可变的，每一段的距离加上一个固定的值，因此数控轴可以根据距离来确定其所处的绝对位置，如图下所示：（LS486C 为例）。



例如从 A 点移动到 C，中间经过 B 点，系统检测到 10.02 就知道轴现在在是哪一个参考点位置，同样从 B 点移动到 D，中间经过 C 点，系统从 C 点到 D 点的距离是 10.04 就知道轴现在在是哪一个参考点位置，所以只要轴任意移动超过两个参考点距离（20mm）就能得到机床的绝对位置。

## 参数设置

以 X 轴为例来说明带距离码线性光栅尺的参数设置：



## (1) 回参考点模式设置

设置坐标轴参数轴 0 中的【回参考点模式】参数 (100010)，当距离码回零反馈量与回零方向一致时设置为 4，否则设置为 5。

## (2) 距离码参考点间距设置

设置坐标轴参数轴 0 中的【距离码参考点间距】参数 (100018)，此参数表示带距离编码参考点的增量式测量系统相邻参考点标记间隔距离，如上图所示，距离码参考点间距设置为 20。

## (3) 距离码偏差设置

设置坐标轴参数轴 0 中的【间距编码偏差】参数 (100019)，此参数表示带距离编码参考点的增量式测量系统参考点标记变化间隔，如上图中的 10.02 与 10.04 之间的增量值 0.02，距离码偏差设置为 0.02。

## (4) 参考点零位设定

当距离码回零成功后，在认定的某处完成一次回零，如将此点设为机床零点。则当前回零完成后的坐标值设置到坐标轴参数轴 0 中的【参考点坐标值】参数 (100017)，下次再在某处回零时将以此点为机床原点确定坐标系。

## 17 其他功能

---

---

本章节包括以下内容

**17.1 停止预读 (G08)**

**17.2 回转轴角度分辨率重定义 (G115)**

**17.3 轴释放(G101)**

**17.4 指令通道加载程序(G103)及运行(G103.1)**

**17.5 通道同步(G104)**

**17.6 测量数据记录及导出(G106)**

**17.7 报警 (G110)**

## 17.1 停止预读 (G08)

---

程序执行时遇到本指令后，系统停止后续行的解释，只到前面已解释的指令执行完毕，系统才继续接着解释运行。在进行实时坐标读取、状态判断时经常使用该指令。

格式

**G08** ;单独程序行指定本代码

举例

```
%0003
G54
G01 X10 Y10 Z10
G08 ;停止预读
G01 X100Y100Z100
G01 X30
M30
```

## 17.2 回转轴角度分辨率重定义 (G115)

### 格式

G115 IP\_

| 参数 | 含义                                           |
|----|----------------------------------------------|
| IP | 设置旋转轴分辨率的倒数值，设置为 0 时恢复系统缺省的角度分辨率,该设置值不能小于 0; |

### 说明

修改回转轴的分辨率，系统缺省的角度分辨倍数为度 1/100000。在刚性攻丝时需要在一条指令中产生较大的角度增量，此时需要将角度分辨率适当降低，以避免当量长度超过限制。

### 注意

- (1) 必须单行使用；
- (2) 一条指令只能修改一个回转轴的指令；
- (3) 指定的轴必须是回转的轴；
- (4) 指定的新倍率必须能被标准倍率整除。

### 举例

%1234

STOC

G54

G90 C0

G115 C 1000 ;将 C 轴分辨率改为 1/1000 度。

G01 C3000

G115 C0 ;将 C 轴分辨率恢复为系统缺省的角度分辨率 1/100000 度

CTOS

## 17.3 轴释放（G101）及轴获取（G102）

### 格式

#### G101 IP\_

| 参数 | 含义                                           |
|----|----------------------------------------------|
| IP | 设置释放的轴，可选值为<br>X/Y/Z/A/B/C/U/V/W/S0/S1/S2/S3 |

#### G102 IP\_

| 参数 | 含义                                           |
|----|----------------------------------------------|
| IP | 设置获取的轴，可选值为<br>X/Y/Z/A/B/C/U/V/W/S0/S1/S2/S3 |

### 说明

G101 是通道释放此轴的控制权，G101 指令后的地址字可以跟任何数字，但建议使用数字 0。

G102 是通道获取此轴的控制权，G102 指令后的地址字跟的数字是逻辑轴号。

### 注意

- (1) 一般情况下，同一个逻辑轴同时只能属于一个通道；
- (2) 当一个通道获取了轴后，需要设置此轴的 G5X 零点。如果设置界面下不能设置此轴的 G5X 零点，则可以考虑使用 G10 指令设置；
- (3) 轴在移动过程中不可获取与释放。

**举例**

铣床如何在 X/Y 轴方向上钻孔？下例中，假设通道配置里，X 轴逻辑轴号为 0，Y 轴逻辑轴号为 1，Z 轴逻辑轴号为 2

```
%1111
```

```
G54
```

```
G101 Y0 Z0;释放 Y 轴及 Z 轴
```

```
G102 Y2 Z1;互换 Y 轴和 Z 轴的逻辑轴号
```

```
;以下开始钻孔
```

```
G0X0Y0Z60
```

```
M3S700
```

```
G99G73X20Y25R5P2Q-3K2Z-32F80
```

```
G0X0Y0Z60
```

```
M30
```

## 17.4 指令通道加载程序（G103）及运行（G103.1）

### 格式

**G103 P="程序名" Q={通道号,...}**

| 参数 | 含义                     |
|----|------------------------|
| P  | 要装载的程序名                |
| Q  | 要装载程序的通道号，如果有多个通道，以，分隔 |

**G103.1 Q={通道号,...}**

| 参数 | 含义                     |
|----|------------------------|
| Q  | 要运行程序的通道号，如果有多个通道，以，分隔 |

### 说明

执行 G103.1 时，必须保证要装载程序的通道为自动模式

执行 G103 时，必须保证要装载程序的通道没有选择程序

这两条指令一般用于多通道的情况

### 举例

假设有一个双通道机床，通道 1 要让通道 2 加载并执行程序 O01。

%1

N1G54

N2G103 P="O01" Q={2}

N3G103.1 Q={2}

.....;

M30

当通道 1 执行完 N3 行后，通道 2 开始运行程序 O01



## 17.5 通道同步 (G104)

### 格式

**G104 P\_ Q={通道号, }**

| 参数 | 含义                      |
|----|-------------------------|
| Q  | 要同步的通道号, 如果有多个通道, 以, 分隔 |
| P  | 信号值, 取值范围为 0~40         |

### 说明

G104 指令主要用于多个通道间工序的同步。

### 举例

假设一个双通道铣床, X 轴是公用轴, 配置如下

|     | 通道 0 逻辑轴号 | 通道 1 逻辑轴号 |
|-----|-----------|-----------|
| X 轴 | 0         | ---       |
| Y 轴 | 1         | 3         |
| Z 轴 | 2         | 4         |

| 通道 1 程序                                                                                                                                                         | 通道 2 程序                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| %1<br>N1G54X0Y0Z0<br>N2G02X10Y10R20<br>N3G1X0Y0Z0<br>N4G101 X0;释放 X 轴<br>N5G104 P1 Q={1,2};同步语句 1<br>N6G104 P2 Q={1,2};同步语句 2<br>N7G102 X0<br>N8G0X100<br>N9M30 | %2<br>N1G104 P1 Q={1,2};同步语句 1<br>N2G102 X0;获取 X 轴<br>N3G54X0Y0Z0<br>N4G02X10Y10R20<br>N5G0X0Y0Z0<br>N6G101 X0;释放 X 轴<br>N7G104 P2 Q={1,2};同步语句 2<br>N8M30 |

如上表所列, 通道 1 和通道 2 装载了各自的程序后循环启动。

- (1) 通道 1 执行 N1 到 N4, 通道 2 在 N1 处循环等待
- (2) 通道 1 执行到 N5, 通道 2 可以向下执行
- (3) 通道 1 在 N6 处循环等待, 通道 2 执行 N2 到 N6
- (4) 通道 2 执行 N7, 通道 1 可以向下执行
- (5) 通道 2 执行到 N8 完成, 通道 1 继续执行 N7~N9

## 17.6 测量数据记录及导出 (G106)

在进行机床测量数据过程中，需要将测量的数据记录下来，进行数据对比的需求。

### 格式

#### G106 P\_K\_Q\_L\_

| 参数 | 含义           |
|----|--------------|
| P  | 程序名          |
| K  | 数据类型(1 代表变量) |
| Q  | 记录数据的起始号     |
| L  | 记录数据的长度      |

### 例子

G106 P="pw" K=1 Q=51210 L=9

;记录从#51210 开始的连续 9 个变量到 pw 命名的文件中。

### 注意

1. 一个文件最多可记录 2000 个数据包(每一个 G106 记录的多个数据为一个数据包)，每个数据包最多可记录 9 个变量的数据；
2. 文件名以第一次 G106 指定的文件名为准；
3. 最终生成的文件名为：指定的文件名+ “.TXT”；
4. G106 指令不能连续写，如果连续写的话，最后一个指令生效，因为界面处理 G106 的数据需要时间；

## 17.7 报警 (G110)

### 格式

G110 P\_

| 参数 | 含义         |
|----|------------|
| P  | 报警号，必须是个负数 |

### 注意

用户自定义报警号，为-8000 ~ -9999

用户可以自己编写报警信息，保存在 USR\_SYNTAX.TXT（名字全部是大写）中，编写格式如下例所示：

-8000 铣削循环：刀具未定义

-8001 铣削循环：参考平面未定义

.....

.....

然后用户在 G 代码中编写如下语句

G110 P-8000;当系统执行到此行时，就会产生报警：铣削循环：刀具未定义