

# 华中 8 型数控系统编程说明书

V2.4 系列

# 前言

---

---

本说明书较全面地介绍了 HNC-8 型数控系统调试、编程或应用方法，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-8 型系列数控系统用户说明书中，我们将尽力叙述各种与该系统应用相关的事件。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违法行为，我公司将追究其法律责任。

限于编者水平，书中肯定有很多缺点和不妥之处，望广大用户不吝赐教。



## 注意

-  关于“限制事项”及“可使用的功能”等的说明事项，机床制造商提供的说明书优先于本说明书。请在进行实际加工前进行空运转，进行加工程序、刀具补偿量、工件偏置量等的确认。
-  本说明书未加说明的事情，请解释为“不可行”。
-  本说明书在编写时，假定所有选项功能均已配备。使用时请通过机床制造商提供的规格书进行确认。
-  各机床的相关说明，请参考机床制造商提供的说明书。
-  可使用的画面及功能因各 NC 系统(或版本)而异。使用前请务必确认规格。

# 目录

前言	
目录	ii
1 概要	1
1.1 坐标轴	1
1.1.1 机床坐标轴	1
1.1.2 CNC 控制轴	2
1.2 参考点、机床原点和机床坐标系	3
1.3 工件原点与工件坐标系	4
1.4 坐标系与行程	5
1.5 坐标系间的位置关系	5
1.7 程序编制的一般方法和步骤	6
2 程序格式及结构	7
2.1 程序格式	7
2.1.1 地址及指令字	7
2.1.2 程序段与程序段号	9
2.1.3 程序的一般结构	10
2.1.4 程序的文件属性	10
2.1.5 程序与程序名	11
2.1.6 可选程序段跳转	12
2.2 主程序与子程序	13
2.3 加工前注意事项	14
3 准备功能（G 代码）	15

3.1 G 代码的模态和分组.....	15
3.2 G 代码一览表 (T) .....	16
3.3 G 代码一览表 (M) .....	18
4 辅助功能.....	21
4.1 M 指令.....	21
4.1.1 CNC 内定辅助功能.....	23
4.1.2 PLC 设定的辅助功能.....	26
4.2 M 指令功能及常规状态表.....	27
5 主轴功能.....	29
5.1 主轴旋转速度设定.....	29
5.2 恒线速度切削控制 (G96/G97) (T) .....	30
5.3 主轴钳制速度.....	33
5.4 C/S 轴切换功能 (CTOS/STOC) .....	34
5.5 主轴定向.....	36
5.6 主轴同步控制 (G146/G147) .....	37
6 刀具功能.....	42
6.1 车床 T 指令.....	42
6.2 铣床 T 指令.....	45
7 进给功能.....	47
7.1 进给功能概要.....	47
7.2 进给速度设定.....	49
7.2.1 快速移动速度.....	49
7.2.2 切削进给速度.....	50

7.2.3 第二进给速度.....	53
7.3 进给控制方式.....	54
7.4 进给速度控制.....	57
8 位置指令功能.....	60
8.1 绝对位置与增量位置指令方式 I (G90/G91) .....	60
8.2 绝对位置与增量位置指令方式 II (X、Z/U、W) (T) .....	62
8.3 直径位置与半径位置指令方式 (G36/G37) (T) .....	64
8.3 英制指令/公制指令 (G20/G21) .....	66
9 延时功能.....	67
9.1 延时功能.....	67
10 坐标系.....	69
10.1 坐标系概要.....	69
10.2 机床坐标系.....	70
10.3 工件坐标系.....	71
10.3.1 工件坐标系设定 (G92) .....	71
10.3.2 工件坐标系选择 G54~G59 (G54, X) .....	73
10.3.3 扩展工件坐标系选择 (G54, x) .....	74
10.3.4 改变工件坐标系 (G10) .....	75
10.4 局部坐标系设定 (G52) .....	76
10.5 坐标平面选择 (G17, G18, G19) .....	78
10.6 机床原点与第 2、第 3、第 4、第 5 参考点.....	79
10.7 参考点返回 (G28/G29) .....	80
10.8 返回 2、3、4、5 参考点 (G30) .....	82

11 插补功能.....	84
11.1 定位 (G00) .....	84
11.2 单方向定位 (G60) .....	87
11.3 直线插补 (G01) .....	89
11.4 圆弧插补 (G02/G03) .....	92
11.5 三维圆弧插补 (G02.4/G03.4) .....	97
11.6 螺纹加工指令 (G32) (T) .....	99
11.7 螺旋插补 (G02/G03) .....	102
11.8 虚轴指定及正弦线插补 (G07) .....	104
11.9 极坐标插补指令 (G12/G13) .....	106
11.10 圆柱面插补 (G07.1) .....	111
11.11 极坐标指令 (G15/G16) .....	114
11.12 NURBS 样条插补.....	120
11.13 HSPLINE 样条插补.....	122
12 刀具补偿功能.....	124
12.1 车刀刀具偏置补偿 (T) .....	124
12.2 车刀刀尖圆弧半径补偿 (G40/G41/G42) (T) .....	127
12.3 铣刀刀具长度补偿 (G43/G44/G49) (M) .....	132
12.4 铣刀刀具半径补偿 (G40/G41/G42) (M) .....	140
12.5 刀具半径补偿详解.....	145
12.5.1 刀具半径补偿动作介绍.....	145
12.5.2 刀具半径补偿动作图解.....	147

12.5.3	刀具半径补偿过程中补偿方向的改变.....	152
12.5.4	刀具半径补偿暂时不补偿的情况.....	155
12.5.5	刀具半径补偿中存在不移动的程序段.....	156
12.5.6	刀具半径补偿中的动作插入.....	158
12.5.7	刀具半径补偿中补偿值的变更.....	158
12.5.8	干涉检查.....	161
13	可编程数据输入 (G10/G11) .....	163
13.1	可编程数据输入指令 (G10/G11) .....	163
13.2	工件坐标系原点输入.....	163
13.3	扩展工件坐标系原点数据输入.....	164
13.4	系统参数数据输出.....	166
13.5	铣刀刀具长度补偿值数据输入.....	167
13.6	铣刀刀具半径补偿值数据输入.....	168
13.7	车刀偏置值数据输入.....	169
13.8	获取修改单次切削时间.....	170
14	车床标准固定循环 (T) .....	171
14.1	车床简单循环.....	171
14.1.1	内 (外) 径切削循环 (G80) .....	172
14.1.2	端面切削循环 (G81) .....	175
14.1.3	螺纹切削循环 (G82) .....	178
14.1.4	端面深孔钻加工循环 (G74) .....	181
14.1.5	外径切槽循环 (G75) .....	184

14.2 车床钻孔固定循环.....	186
14.2.1 轴向钻孔循环 (G83) / 径向钻孔循环 (G87) .....	187
14.2.2 轴向刚性攻丝循环 (G84) / 径向刚性攻丝循环 (G88) .....	192
14.3 车床 FANUC 模式.....	195
15 铣床固定循环 (M) .....	197
15.1 铣床标准固定循环.....	197
15.2 高速深孔钻循环 (G73) .....	202
15.3 反向攻丝循环 (G74) .....	205
15.4 精镗循环 (G76) .....	210
15.5 钻孔循环 (中心钻) (G81) .....	213
15.6 带停顿的钻孔循环 (G82) .....	216
15.7 深孔加工循环 (G83) .....	219
15.8 攻丝循环 (G84) .....	222
15.8.1 攻丝循环 (G84) .....	222
15.8.2 啄攻丝循环 (G84) .....	223
15.9 镗孔循环 (G85) .....	227
15.10 镗孔循环 (G86) .....	230
15.11 反镗循环 (G87) .....	233
15.12 镗孔循环 (手镗) (G88) .....	236
15.13 镗孔循环 (G89) .....	239
15.14 钻孔固定循环取消 (G80) .....	242
16 扩展固定循环 (M) .....	243



16.1 扩展固定循环概要 (M) .....	243
16.2 刻字固定循环 (G1025) .....	244
16.3 钻孔样式循环.....	249
16.3.1 圆周钻孔循环 (G70) .....	249
16.3.2 圆弧钻孔循环 (G71) .....	252
16.3.3 角度直线孔循环 (G78) .....	255
16.3.4 棋盘孔循环 (G79) .....	258
16.4 铣削加工循环.....	262
16.4.1 圆弧槽铣削循环 (类型 1) (G181) .....	262
16.4.2 圆弧槽铣削循环 (类型 2) (G182) .....	265
16.4.3 圆周槽铣削循环 (G183) .....	268
16.4.4 矩形凹槽铣削循环 (G184) .....	271
16.4.5 圆形凹槽铣削循环 (G185) .....	275
16.4.6 端面铣削循环 (G186) .....	278
16.4.7 矩形凸台铣削循环 (G188) .....	281
16.4.8 圆形凸台铣削循环 (G189) .....	285
16.4.9 铣削循环报警诊断信息.....	288
17 车床复合循环 (T) .....	292
17.1 内 (外) 径粗车复合循环 (G71) .....	293
17.2 端面粗车复合循环 (G72) .....	300
17.3 闭合车削复合循环 (G73) .....	305
17.4 螺纹切削复合循环 (G76) .....	309

18 简化编程功能 (M) .....	313
18.1 镜像功能 (G24, G25) .....	313
18.2 缩放功能 (G50, G51) .....	318
18.3 旋转变换 (G68, G69) .....	322
19 用户宏及子程序调用.....	325
19.1 用户宏程序.....	325
19.1.1 变量.....	326
19.1.2 运算指令.....	334
19.1.3 宏语句.....	336
19.2 宏程序调用.....	339
19.2.1 自变量指定规则.....	339
19.2.2 非模态调用 (G65) .....	340
19.2.3 G 代码调用宏程序.....	341
19.2.4 M 指令调用宏程序.....	342
19.2.5 子程序的分类.....	345
19.2.6 宏程序用例.....	346
19.3 手动调用子程序.....	348
20 高速高精功能.....	350
20.1 加工优化功能 G125/G126.....	350
20.2 高速高精加工模式选择 (M) (G05.1) .....	358
20.3 高速高精参数设置.....	360

# 1 概要

## 1.1 坐标轴

### 1.1.1 机床坐标轴



#### 功能及目的

为简化编程和保证程序的通用性，对数控机床的坐标轴和方向命名制订了统一的标准，规定直线进给坐标轴用  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  表示，常称基本坐标轴；围绕  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  轴旋转的坐标轴，分别用  $A$ ,  $B$ ,  $C$  表示，常称旋转坐标轴。

#### 1) 基本坐标轴 $X$ , $Y$ , $Z$ :

机床坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局。 $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  坐标轴的相互关系用右手定则决定，如图 1-1 所示，图中大拇指的指向为  $X$  轴的正方向，食指指向为  $Y$  轴的正方向，中指指向为  $Z$  轴的正方向。

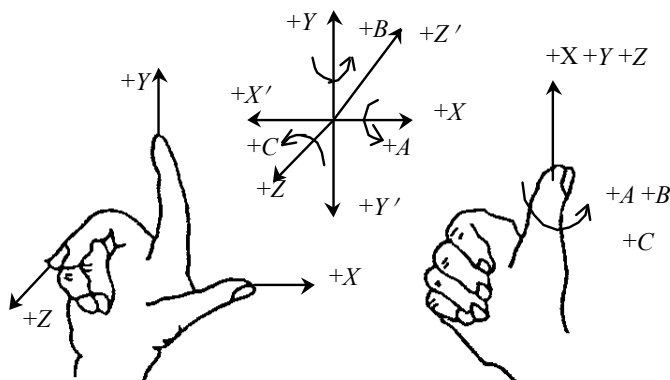


图 1-1 机床坐标轴

#### 2) 旋转坐标轴

围绕  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  轴旋转的圆周进给坐标轴分别用  $A$ ,  $B$ ,  $C$  表示，根据右手螺旋定则，如图 1-1 所示，以大拇指的指向  $+X$ ,  $+Y$ ,  $+Z$  方向，食指和中指的指向是圆周进给运动的  $+A$ ,  $+B$ ,  $+C$  方向。

### 1.1.2 CNC 控制轴



#### 功能及目的

- 1) 华中 HNC-8 型数控装置，其标准规格的 CNC 控制轴数为 3 轴；通过增加辅助轴，最多可控制 5 轴。指定各加工轴及方向时，使用预先设定的坐标字母及设定的方向。

项 目	HNC-8 (标准)
基本控制轴数	3 轴
扩展控制轴数 (总数)	最多 5 轴 (包括 Cs 轴)
基本同时控制轴数	3 轴
扩展同时控制轴数 (总数)	最多 5 轴

- 2) 轴名：CNC 3 个标准的基本轴名称总是 X、Y、Z。附加轴的名称可设为 A、B、C、U、V、W。

注：附加轴名 U、V、W 可在参数中设置，与车床增量编程时的 UVW 指令字无关联性，具体详见车床增量编程说明。

## 1.2 参考点、机床原点和机床坐标系



### 功能及目的

- 1) 参考点：机床参考点是机床上一个固定的机械点（有的机床是通过行程开关和挡块确定，有的机床是直接由光栅零点确定等）。
- 2) 机床零点：机床零点是机床中一个固定的点，数控装置以其为参照进行位置控制。机床零点由参考点及系统参数中“参考点在机床坐标系中的坐标值”确定。
- 3) 机床坐标系：机床坐标系是机床固有的坐标系。其以机床零点为原点，各坐标轴平行于相应机床轴的坐标系，称为机床坐标系。机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点。在机床坐标系下，始终认为工件静止，而刀具是运动的。

如图 1-2 所示为卧式前置刀架车床。由于其为有旋转主轴的机床，先确定 Z 轴方向：主轴轴线方向为 Z 轴方向，刀具离开工件的方向为 Z 轴正方向；然后确定 X 轴方向：机床加工平面内，垂直于 Z 轴的方向为 X 轴方向，刀具离开工件的方向为 X 轴正方向；再确定 Y 轴方向：根据右手笛卡尔定则即可确定 Y 轴正方向。

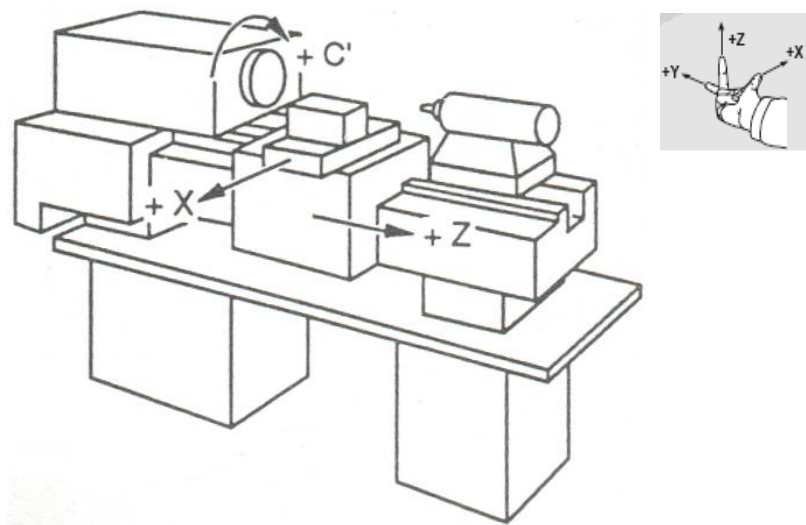


图 1-2 卧式前置刀架车床

如图 1-3 所示为单立柱立式铣床（或加工中心）。由于其为有旋转主轴的机床，先确定 Z 轴方向：主轴轴线方向为 Z 轴方向，刀具离开工件的方向为 Z 轴正方向；然后确定 X 轴方向：操作者面向立柱时，在工作台移动方向中，刀具相对于工件，刀具向右移动的方向为 X 轴正方向；再确定 Y 轴方向：根据右手笛卡尔定则即可确定刀具相对于工件，刀具向立柱移动的方向为 Y 轴正方向。

以机床零点为原点，机床各轴建立的坐标系，为该机床的机床坐标系。

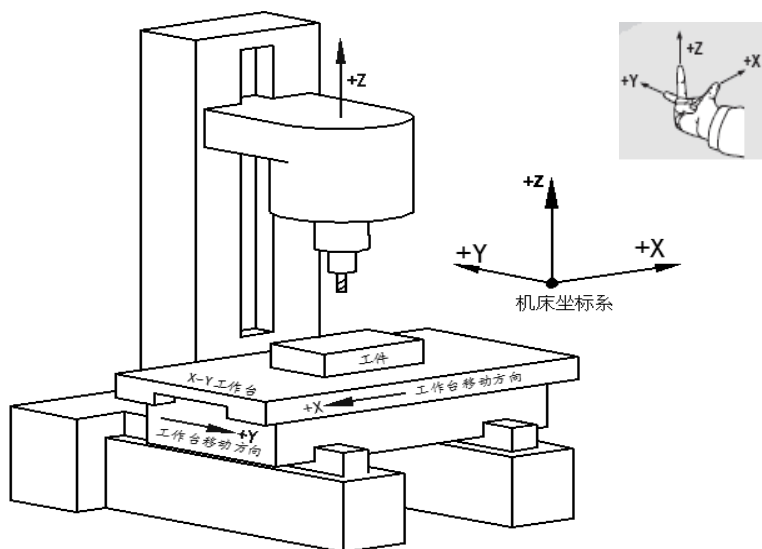


图 1-3 单立柱立式铣床

### 1.3 工件原点与工件坐标系



#### 功能及目的

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，编程人员选择工件上的某一已知点为原点（也称程序原点），建立一个平行于机床各轴方向的坐标系，称为工件坐标系。工件坐标系一旦建立，便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

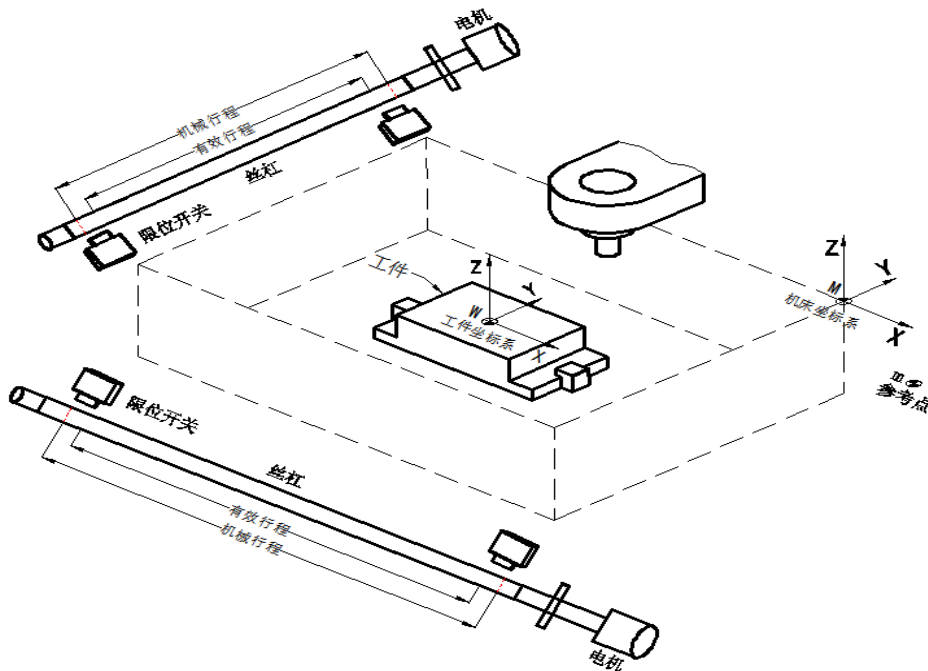
工件坐标系由编程人员确定，一般选择便于加工和计算的位置。

### 1.4 坐标系与行程



#### 功能及目的

机床坐标系行程分为有效行程和机械行程，有效行程即是刀具移动的范围，是由 CNC 参数来设定的；机械行程由行程开关决定，其值由制造商确定。机床零点 (M)、机床参考点 (m)、工件坐标原点 (W)、机床坐标系的有效行程及机械行程的关系如下图所示。

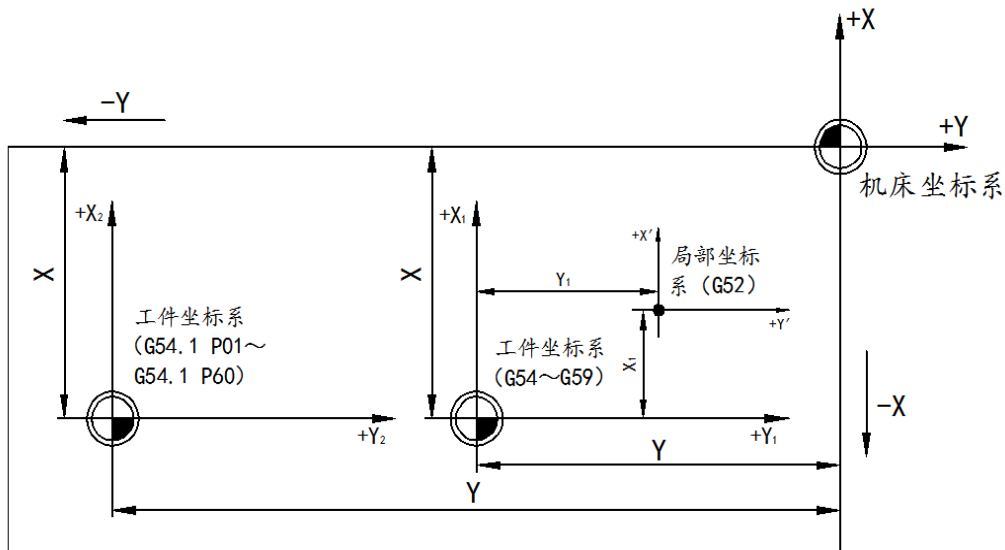


### 1.5 坐标系间的位置关系



#### 功能及目的

用机床零点作为原点设置的坐标系称为机床坐标系，机床制造厂对每台机床设置机床零点。工件坐标系是在工件加工中使用的坐标系。一般它们位置设置关系如下图所示。



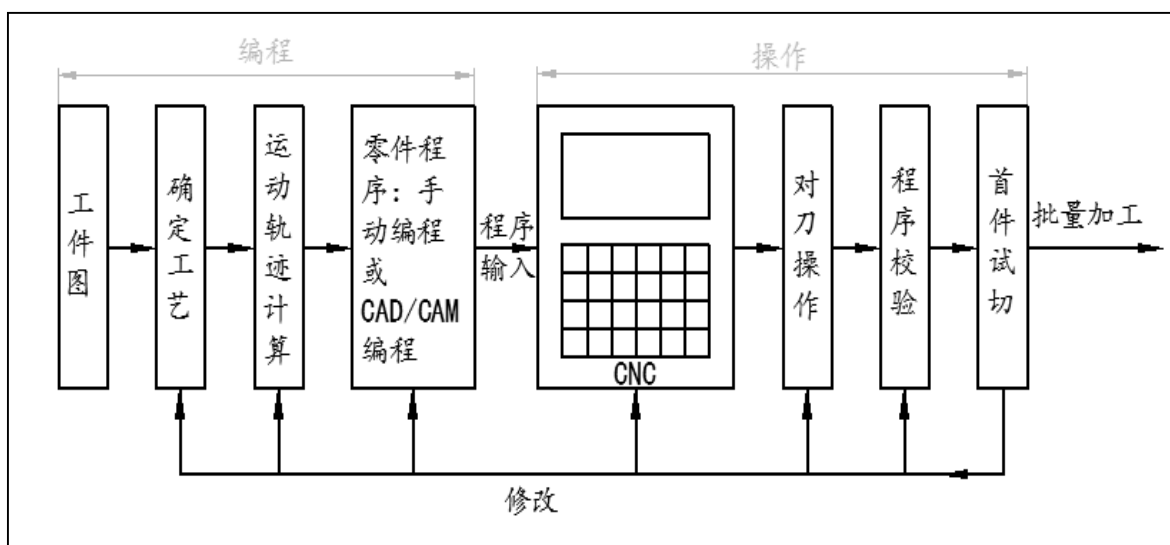
## 1.7 程序编制的一般方法和步骤



### 功能及目的

程序编制，就是程序员根据零件图确定该零件的加工工艺，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，编制成加工程序单。再将程序单中的全部内容输入到数控装置中，从而使 CNC 机床按程序单中内容进行加工。

程序编制及加工的一般方法和步骤，如下图所示：





# 2 程序格式及结构

## 2.1 程序格式



### 功能及目的

向控制装置提供信息时规定的样式，称为程序格式，本控制装置所使用的格式称为字地址格式。

程序是“程序段”单位的集合，用一个“程序段”指定一个机床动作（顺序）。按照实际移动刀具的顺序记叙这些指令（程序段）。程序段是“字”单位的集合，用一个“字”指定对一个操作的命令。字是字符（英文字母、数字、符号）的集合，字符按照某种顺序排列。

### 2.1.1 地址及指令字



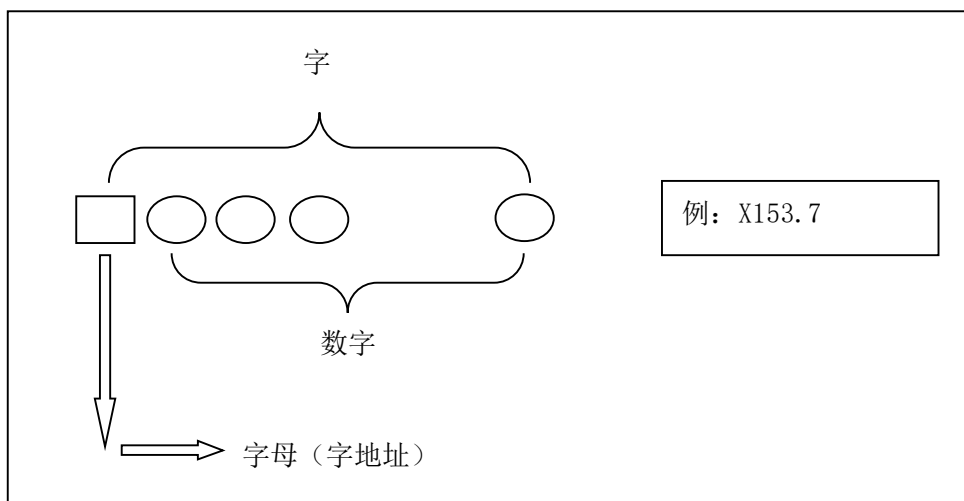
### 功能及目的

本控制装置使用的指令信息，由字母（A、B、C……Z）、数字（0、1、2……9）、符号（+、-、/……）构成，这些字母、数字、符号统称为字符。以这样的形式被表现出的称为代码，本控制装置使用 ISO 代码，编写格式采用记事本格式书写。



### 详细说明

字的开头字母称为地址，它规定了后面数值信息所具有的含义。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。在本控制装置中，字由 1 个字母（字地址）和接在其后的若干位数字构成。（也可以在数字开头添加“-”等符号）。



字的构成

程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。在数控程序段中包含的主要指令字符如表 2.1 所示。

表 2.1 指令字符一览表

机能	地址	意义
零件程序号	字母 O	程序编号: 01~4294967295
程序段号	N	程序段编号: N0~4294967295
准备机能	G	指令动作方式(直线、圆弧等) G00-200
尺寸字	X, Y, Z	直线轴的移动命令 ±21474
	A, B, C	旋转轴的移动命令 ±21474
	U, V, W	车床增量编程指令 ±21474
	R	圆弧的半径, 固定循环的参数
	I, J, K	圆心相对于起点的坐标, 固定循环的参数
进给速度	F	进给速度的指定: F0~50000
主轴机能	S	主轴旋转速度的指定: S0~100000
刀具机能	T	刀具编号的指定: T0~99
辅助机能	M	机床侧开/关控制的指定: M0~99
	A	工作台分度等
补偿号	H, D	刀具补偿号的指定: 00~99
暂停	P, X	暂停时间的指定: 毫秒, 秒
程序号的指定	P	子程序号的指定: P1~4294967295
重复次数	L	子程序的重复次数, 固定循环的重复次数
参数	P, Q, R	固定循环的参数

## 2.1.2 程序段与程序段号



### 功能及目的

程序段的组成：一个程序段是 1 个以上的字组成的，一组单步的顺序指令或者一行若干功能指令称为程序段。

程序段号：用于区分每个程序段的号码，由地址 N 和后面的 5 位数字（1 到 99999）组成程序段号。程序段号放在程序段的开头。程序段号可以按任意顺序指定，并且任何段号都可以跳过，但有特殊意义的代码指令指定的段号除外。可以对全部程序段指定程序段号。也可以仅对程序要求的程序段指定程序段号。但是，为方便起见，一般情况下，是按加工步骤的顺序指定程序段号。



### 详细说明

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。

程序段号和程序段结构如下所示：

1 个程序段（或叫指令行）



程序段结构

例：N100 G01 X24.7 Y59.31 M03 S1000 T0101 ; 下划线为程序段号

一个程序段用识别程序段的顺序号开始（也可以没有程序段号），而以程序段结束代码结束。本说明书以换行表示程序段结束，如记事本一样，换行符表示行结束。预备功能决定了尺寸字的内容。在本说明书中，尺寸字部分用 IP 表示。

### 2.1.3 程序的一般结构



#### 功能及目的

一个零件程序是按程序段的行顺序执行的，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。



#### 详细说明

**程序开始：**第一行第一格不能为：数字和除“%”以外的符号。

**程序结束：**通常在程序的结尾指定程序结束代码，用下列代码之一来表示程序结束代码。

代码	意义
M02	主程序结束
M30	
M99	子程序结束

**注释符：**括号（）内或分号“；”后的内容为注释文字。注释内容为机下编辑而成。

**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。

### 2.1.4 程序的文件属性



#### 功能及目的

对于程序文件，可以设置其访问属性，设置为可写或可读。



#### 详细说明

**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。

## 2.1.5 程序与程序名



### 功能及目的

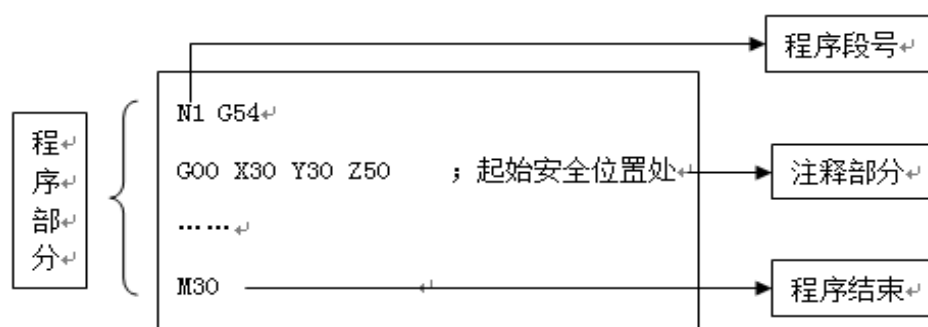
程序：一个零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的，而每个程序段是由若干个指令字组成的。程序名是与各工件对应，或是以子程序为单位，对程序进行分类的编号，是用于区分每个程序的号码。使用地址“O”（大写字母 O）和接在后面的数值或字母进行指定。

在系统上新建的程序名最多可为 7 个数值或字母；系统可以读取程序名大于 7 个字符的外部创建的程序名。



### 详细说明

本系统通过调用程序名来调用程序，从而进行加工或编辑。



程序的结构

如果在程序执行中，执行了程序结束代码，则 CNC 结束程序的执行并置于复位状态。当子程序结束代码被执行时，控制返回到呼调子程序的主程序。



### 注意事项

如果在机床操作面板上的跳过任选程序段开关接通的话，包含跳过任选程序代码的程序段：例如，/M02；

/M30；

/M99；不认为程序的结束。

## 2.1.6 可选程序段跳转



### 功能及目的

此功能是指可选择性地忽略加工程序中“/”（斜杠）代码之后程序段，直到程序段结束。



### 详细说明

选择性加工程序段中，选择此程序段是否执行，以“/”符号开头的特定功能。

详细说明：当“程序跳段”按键开关为 ON 时，程序段开头带有“/”符号的行代码被跳过；“程序跳段”按键开关为 OFF 时，程序段开头带有“/”符号的行代码被执行，即“/”符号不起作用。

例如，当程序中某些程序段，在某种环境下，不需要执行此程序段，而在另一种环境下，又需要执行此程序段，此时可使用可选程序段跳转。使用“/”和“程序跳段”按键，得到两种不同的加工情形。



### 注意事项

该数控装置“程序跳段”按键的 ON 或 OFF 的设定，需在程序运行前执行。

可选程序段跳专用的“/”符号请务必在程序段的开头。（如果插入到程序段的中间，是作为用户宏的除法运算命令加以使用）

例： N30 G1 X15/Y5   ； 错误，报警非法符号

      /N30 G1 X15 Y5   ； 正确

## 2.2 主程序与子程序



### 功能及目的

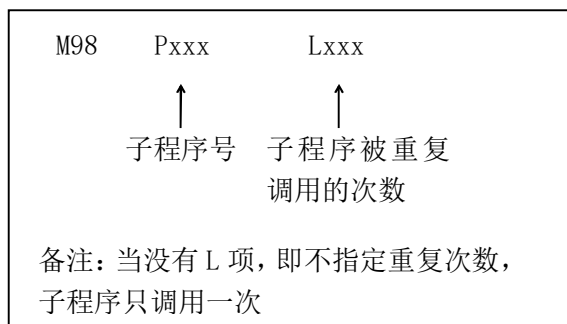
当在程序中多次出现相同的加工模式时，可把这个模式编辑成一个程序，以便重复调用，进而简化程序，该程序称为子程序。原来的程序称为主程序。子程序的呼叫是通过 M98 或 G65 指令进行，从子程序返回则是通过 M99 指令进行。G65 调用子程序具体调用方法见用户宏程序章节。

调用指令可以重复调用子程序，最多 999 次。也可在子程序内进一步呼叫其他子程序，其深度最多可以达到 6 层。

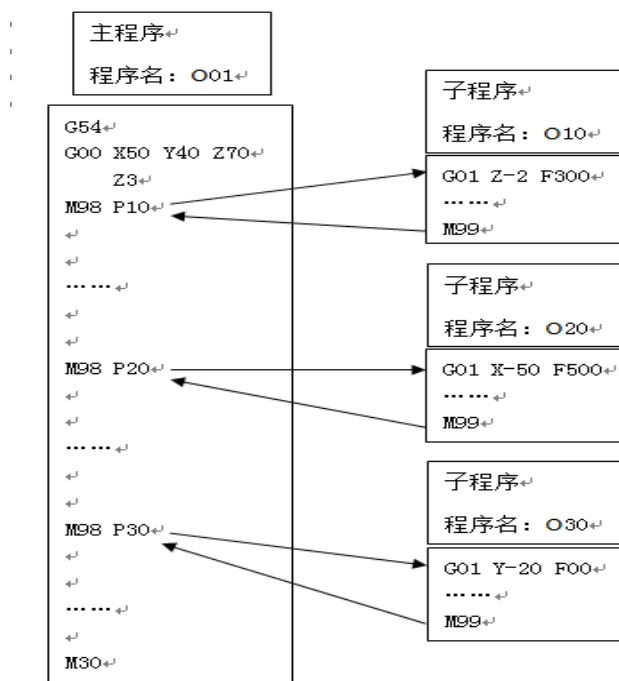


### 详细说明

主程序呼叫子程序的构成：



在主程序执行期间出现呼叫子程序执行指令时，就执行子程序的指令。当子程序执行完时，返回主程序继续执行。



M99 特殊用法：作为主程序结束指令时，返回到主程序头重新执行程序。

子程序调用有两种形式：

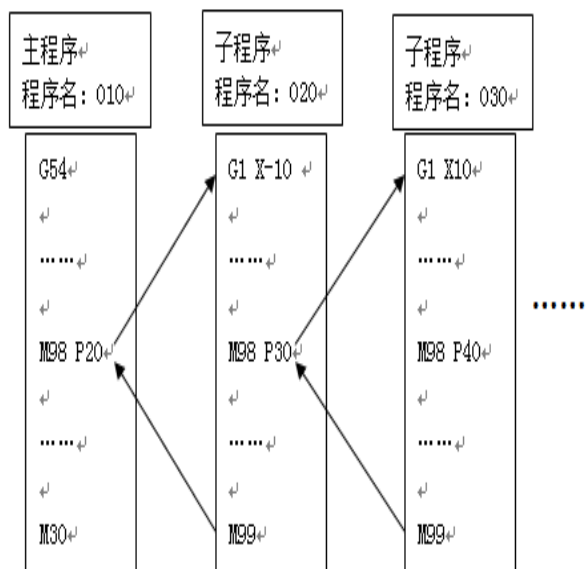
- 1) 子程序放在主程序后面，即程序结束（M30 或 M02）后面，其调用的程序号可用%或 0（字母 O）开头；
- 2) 子程序单独作为程序时，与主程序放在相同盘（系统盘或 U 盘）下。



### 注意事项

- 1) 两种形式下，放在主程序后面的子程序优先，即第一种情况优先于第二种情况。
- 2) 调用子程序时，子程序名不能有后缀，否则报警“文件未加载”。
- 3) MDI 不能执行子程序，否则报警。“MDI 不能调用外部子程序”。

当主程序调用子程序时，它被认为是一级子程序，被调用的子程序也可以调用另一个子程序。其深度最多可达 6 层，如下所示：



子程序结构嵌套

## 2.3 加工前注意事项



### 注意

- ⚠ 在创建加工程序时，请选择适当的加工条件，注意不要超过机械、NC 的性能、容量、限制。本书中所提到的案例并未考虑到上述加工条件。
- ⚠ 请在进行实际加工前进行空运转，进行加工程序、刀具补偿量、工件偏置量等的确认。



# 3 准备功能（G 代码）

## 3.1 G 代码的模态和分组



### 功能及目的

#### G 代码的模态

G 代码按其有效状态可分为两种：非模态 G 代码和模态 G 代码两种。

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，在同组其它代码替换前一直有效。

#### G 代码的分组

G 代码按其功能类分为若干个组，其中 00 组为非模态 G 代码，其他组均为模态 G 代码。



### 详细说明

- 1) 同一程序段中可以指定多个不同组的 G 代码。
- 2) 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。
- 3) 如果固定循环中指定了 01 组的 G 代码，就像指定了 G80 指令一样，可取消固定循环。但指令固定循环的 G 代码，不影响 01 组的代码。

## 3.2 G 代码一览表 (T)

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
<b>【G90】</b>		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
<b>【G94】</b>		每分钟进给
G95		每转进给
<b>【G97】</b>	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
G108 『STOC』		主轴切换为 C 轴
G109 『CTOS』		C 轴切换为主轴
G110		报警
G115		回转轴角度分辨率重定义

## 3.3 G 代码一览表 (M)

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		预读停止
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	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	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	06	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		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	14	反比时间进给
【G94】		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
G110		报警编辑
G115		回转轴角度分辨率重定义
NURBS		NURBS 样条插补
HSPLINE		HSPLINE 样条插补



### 注意事项

- 1) 系统上电后，表中标注“【】”符号的为同组中初始模态，标注“『』”符号为该 G 代码的等效宏名。
- 2) 在运转中，如果指定了 G 代码中所没有的代码，则会发生程序错误（报警代码）。

# 4 辅助功能

## 4.1 M 指令



### 功能及目的

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以及机床各种辅助开关动作等辅助功能。其中 M00、M01、M02、M30、M92、M93、M98、M99 等用于控制零件程序的走向，是 CNC 内定的辅助功能，不由机床制造商设计决定，与 PLC 程序无关；其他 M 代码用于机床各辅助功能的开关动作，其功能不由 CNC 内定，而是由 PLC 程序指定，所以不同机床厂可能有差异，本说明书提供功能为常规定义，具体情况以机床说明为准。



### 详细说明

#### M 指令前后置属性说明

在与移动指令相同的程序段中指定 M 功能时，M 指令的执行顺序可能有前置、后置、同步 3 种状况。

前置功能：在程序段编制的轴运动之前执行 M 功能。

后置功能：在程序段编制的轴运动之后执行 M 功能。

同步功能：与程序段编制的轴运动同时执行 M 功能。

本系统在参数配置中，M 代码表可以设置生效方式有前置、后置或同步三种，具体适用哪种状态取决于机床规格说明。

M指令名称	M指令组号	M指令类型	M指令备注
M03	3	前置	主轴正转
M04	3	前置	主轴反转
M06	6	同步	未指定
M07	7	同步	未指定
M08	7	同步	冷却液开
M09	7	后置	冷却液关
M10	10	同步	未指定
M11	11	同步	未指定
M12	12	同步	未指定
M13	13	同步	未指定
M14	14	同步	未指定
M15	15	同步	未指定

- (注 1) 列表中未显示的 M 代码 M00、M01、M02、M05、M30、M92、M93 生效方式为固定的，因此无法修改。
- (注 2) 设定或默认为后置的 M 代码不要与移动指令同行指定，最好单独指定一行，否则有些 M 代码可能会出现错误。

### 多个 M 指令指定说明

通常一个程序段只有一个 M 代码有效。本系统中在某些情况下一个程序段中最多可以指定 4 个 M 代码。当需要在一个程序段中指定多个 M 代码时请注意以下情况：

- (1) 一个程序段中最多可以指定 4 个 M 代码，多个同组 M 代码则视为 1 个。
- (2) 一个程序段中指定多个同组 M 代码时，程序段中最后一个 M 代码生效。
- (3) 一个程序段中指定多个不同组 M 代码时，程序段中 M 代码均生效。
- (4) M00，M01，M02，M30，M99 等 M 代码不得与其它 M 代码一起指定。
- (5) 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。
- (6) M 代码和功能之间的对应关系，取决于机床制造商的具体设定。详见机床制造商的说明书。



### 注意事项

- 1) 虽然在一个程序段中可以指定多个 M 代码，但是由于各机床规格的不同以及各机床制造商的设定不同，因此建议最好不要在一个程序段中同时指定多个 M 代码，否则可能出现不可预估的错误。



### 4.1.1 CNC 内定辅助功能



#### 功能及目的

##### 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，机床进给保持，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 为当前程序行有效，为后置 M 功能，且不允许修改前、后置属性。

##### 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，机床处于进给保持状态，以方便操作者进行刀具伸出长度和工件的尺寸测量、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”键即可。

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。

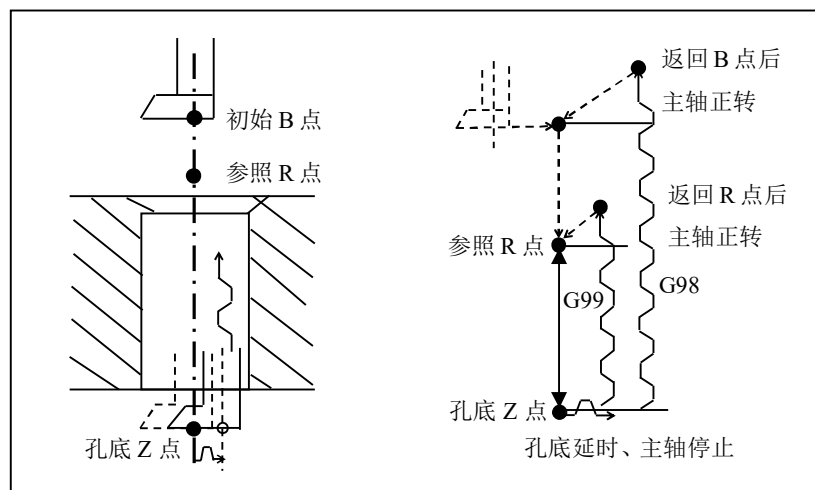
M01 为当前程序行有效，为后置 M 功能，且不允许修改前、后置属性。

##### M92 程序暂停（手动干预）

当 CNC 执行到 M92 时程序暂停，机床进给保持，但与 M00 不同之处在于，此时用户可以手动干预各轴，手动指令其运动，然后切换到“自动”模式按下“循环启动”键，继续运行当前程序。

M92 可用于如下场合：

(1) 手动镗孔时，当镗刀自动加工到孔底后机床停止运行，将工作方式转换为“手动”，通过手动操作，使刀具向刀尖反方向径向移动一段距离后才能退出，避开工件孔壁。用此指令一般铣床就可完成精镗孔，不需主轴准停功能。



(2) 手动测量时，当用户通过对话式界面，手动对刀具或工件进行测量，CNC 内部实际将其处理为手动测量循环，循环中在适当的地方插入 M92，用以引导用户完成整个测量任务，如循环执行到 M92，程序暂停，此时等待用户切换到“手动”模式指令测量轴运行到测量位置，然后再切换到“自动”模式，按下“循环启动”键继续运行测量循环。

### M93 程序暂停（不能手动干预）

M93 指令等同与 M00 指令。与 M92 不同，M93 暂停程序时用户不能进行手动干预。

### 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，然后再按操作面板上的“循环启动”键。

M02 为当前程序行有效，后置 M 功能，不允许修改前、后置属性，且必须单独一行指定。

### M30 程序结束并返回

M30 和 M02 功能基本相同，只是 M30 指令还兼有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“循环启动”键。

（注 1）此指令必须以单独一行形式才能有效

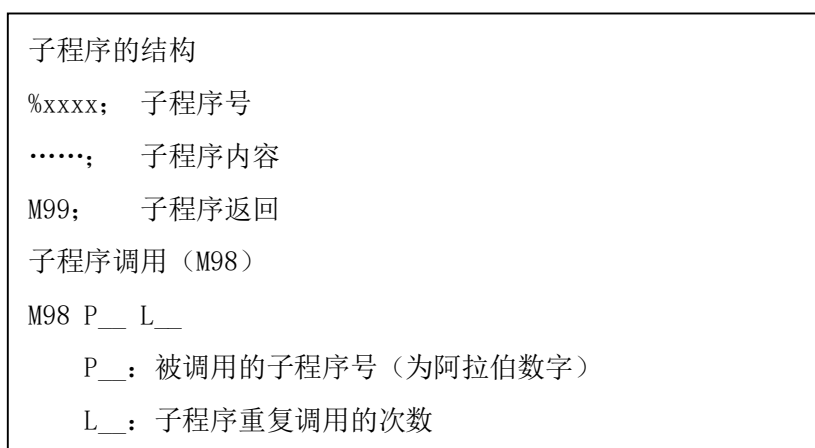
### M98/M99 子程序调用功能

如果程序含有固定的顺序或频繁重复的模式，这样的顺序或模式可以在存储器中存储为一个子程序以简化该程序。

（注 1）子程序被调用次数（L）最大为 10000 次。

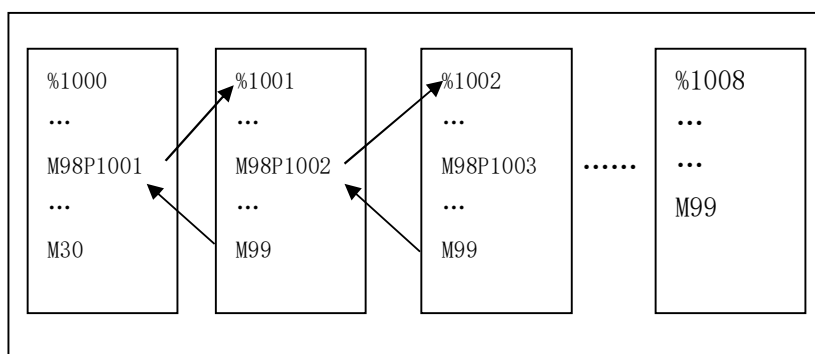
（注 2）可以从主程序调用一个子程序。

(注 3) 一个被调用的子程序也可以再调用另一个子程序。



#### 子程序嵌套调用

当主程序使用 M98 调用子程序, 可视为一级子程序调用。子程序调用最多可嵌套 6 级, 如下所示:



(注 1) 主程序中使用 M98 指令调用子程序时, 为确保程序正常运行需要在子程序中的 M99 前加上 G80。

(注 2) M98/M99 需要单独一行使用 (避免与其它指令同行)。

#### 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, 并从头开始执行主程序, 如此往复循环。

## 4.1.2 PLC 设定的辅助功能



### 功能及目的

#### M03/04/05 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 主轴停止旋转。

（注 1）M03、M04、M05 可相互注销。

（注 2）M03/M04 指令可直接将主轴由位置模式切换到速度模式，不需要用 G109 切换。

#### M06 换刀

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

（注 1）M06 为当前程序行有效 M 功能。

（注 2）M06 需要在单独一行使用（避免与其它 M 指令同行）。

#### M07/08/09 冷却液控制

M07、M08 指令将打开冷却液管道（以机床厂家定义为依据）。

M09 指令将关闭冷却液管道。

#### 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

## 4.2 M 指令功能及常规状态表

代码	功能	前置/后置/同步属性			功能保持到注 销或取消	功能仅在所出现 的程序段执行
		同步	前置	后置		
M00	程序暂停			#		○
M01	选择停			#		○
M02	程序结束			#		○
M03	主轴顺时针方向运行		○		○	
M04	主轴逆时针方向运行		○		○	
M05	主轴停止			#	○	
M06	换刀		○			○
M07	2 号冷却液开		○		○	
M08	1 号冷却液开		○		○	
M09	冷却液关			○	○	
M10~M18	不指定					
M19	主轴定向		○			○
M20	主轴定向取消			○		○
M21	松刀（斗笠刀库）	○				○
M22	紧刀（斗笠刀库）	○				○
M23	刀库进（斗笠刀库）	○				○
M24	刀库退（斗笠刀库）	○				○
M25	选刀（斗笠刀库）	○				○

M26~M29	不指定					
M30	程序结束并返回首行			#		○
M31~M63	不指定					
M64	工件计数	○				○
M65~M91	不指定					
M92	程序暂停(手动干预)			#		○
M93	程序暂停 (不能手动干预)			#		○
M94~M97	不指定					
M98	调用子程序			○		○
M99	子程序返回主程序			○		○
M100~M999	不指定					
<p>“○”：表示指常规定该功能。</p> <p>“#”：表示固定指定该功能状态。</p> <p>“不指定”代码，在将来修订标准时，可能对它规定功能。</p>						

# 5 主轴功能

## 5.1 主轴旋转速度设定



### 功能及目的

可通过在地址 S 后面指定数值控制主轴旋转速度。

主轴除了能以速度模式（以一定转速转动）运行外，还能以位置模式（切换成旋转轴进行插补运算）运行。

通过 PLC 控制的 M 指令，处理 S 指令及结束 S 指令。



### 编程举例

```

%1234

G92X0Y0Z20      : 建立坐标系

G00 X0 Y0 Z2    : 定位到圆孔上方

M03S2000        : 主轴正转

G41 G01 X20 D01 F300 : 建立刀具半径补偿

G03X40R10       : 圆弧切入

G03 I-40 Z-10 L5 : 螺旋线铣圆孔

G03 I-40         : 平整圆孔底面

G03X20R10       : 圆弧切出

G40G01X0        : 取消刀具半径补偿

G0Z20           : 抬刀

M05             : 主轴停止

M30             : 程序结束
  
```

## 5.2 恒线速度切削控制 (G96/G97) (T)

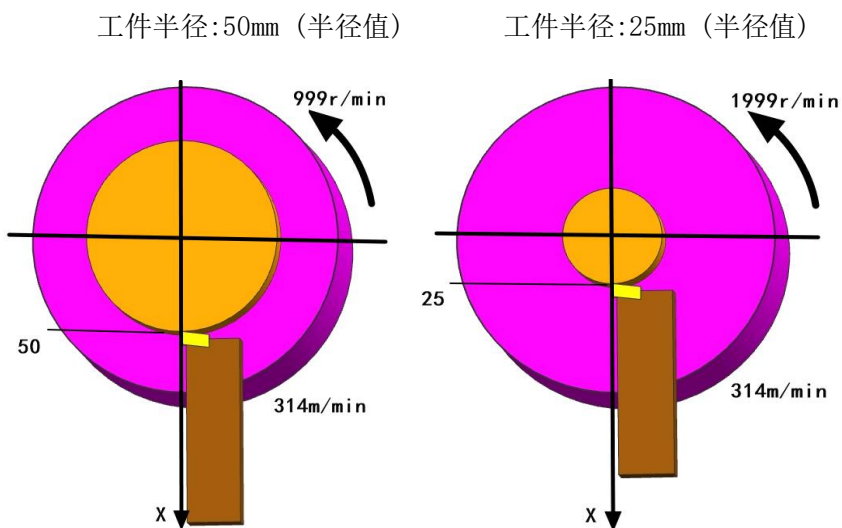


### 功能及目的

本功能仅适用数控车床系统,其配合刀尖位置的移动调整主轴转速(恒线速度切削控制),使切削点的速度始终为恒定速度(固定切削速度),对加工表面质量的均匀有一定改善效果。

由于刀尖位置在向工件原点移动过程中,机床主轴转速越来越高,直至机床规格极限,非常危险。故请务必主轴限制速度设定指令(G46)设定最高限制转速。

恒线速度切削控制指令 G96 S314m/min 时的恒线速度控制



因为线速度恒定,因此,随着刀尖位置的移动计算主轴转速,使其自动变化。

在上述示例中,因为线速度(314(m/min))恒定,因此随着工件半径的变化(50mm → 25mm),转速由 999(r/min)变为 1999(r/min)。

线速度与主轴转速之间的关系式

$$n=1000*V / \pi D$$

n——机床主轴转速 r/min

V——工件圆周的切削线速度 m/min

D——工件的直径 mm





## 指令格式

- G96 P\_ S\_ ; 激活指定轴恒线速度切削控制功能  
 G46 X\_ P\_ ; 极限主轴转速限定  
 G97 S\_ ; 取消主轴恒线速度切削控制功能

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



### 详细说明

- (1) 目前系统仅支持以 X 轴控制主轴转速进行恒线速度切削控制，系统暂未开通以 Y 或 Z 轴控制主轴转速进行恒线速度切削控制的功能；
- (2) G96/G97 为相互注销的一对模态指令；
- (3) G46 指令功能只在恒线速度切削控制功能有效时有效；
- (4) 使用恒线速度切削控制功能，主轴必须能自动变速。（如：伺服主轴、变频主轴）；
- (5) 进行恒线速度切削控制功能时，当主轴的转速大于最高主轴转速时，将被钳制在最高主轴转速。
- (6) 恒线速度切削控制开启指令时，通过 S 指令指定主轴的线速度。
- (7) 始终执行切削进给指令（例如 G01）时的恒线速度计算。
- (8) 恒线速度切削控制取消指令(G97)，仅适用于执行了恒线速度切削控制开启指令的条件，此条件下可取消恒线速度切削控制。



### 注意事项

1) G96 后面必须跟 G46，限制主轴最高及最低转速。恒线速度切削控制的控制对象轴接近主轴中心，主轴转速变大，可能会出现超出工件、卡盘等允许转速的情况，这可能导致刀具、机床的损坏，甚至危害人身安全；而恒线速度切削控制的控制对象轴远离主轴中心，主轴转速会变小，会出现小于实际加工需要转速导致无法加工出合格的零件，因此 G96 后面必须跟 G46，限制主轴最高及最低转速，并且编程指定恒线速切削控制功能时，注意控制对象轴与主轴中心距离。

2) G96 指令时，请勿省略线速度指令“S\_”。省略时，系统会有报警。

### 5.3 主轴钳制速度



#### 功能及目的

通过 G46 指令限制主轴最高和最低转速，根据作为加工对象的工件、安装在主轴上的卡盘、刀具等的规格，在需要限制转速时进行主轴速度限制设定，以便加工出合格的产品。常跟恒线速度控制 G96/G97 配套使用。



#### 指令格式

G46 X\_ P\_ ;极限主轴转速限定

参数	含义
P	指定恒线速切削控制时主轴最高速限定 (r/min)
X	指定恒线速切削控制时主轴最低速限定 (r/min) ;



#### 详细说明

- (1) 仅在恒线速度切削控制模式中进行转速限制。



#### 注意事项

主轴速度钳制 G46 常跟恒线速度切削控制 G96/G97 配套使用。G96 后面必须跟 G46，限制主轴最高及最低转速。恒线速度切削控制的控制对象轴接近主轴中心，主轴转速会变大，会出现超出工件、卡盘等允许转速的情况，而导致会出现刀具损坏或机床损坏，使用者受伤的状况；而恒线速度切削控制的控制对象轴远离主轴中心，主轴转速会变小，会出现小于实际加工需要转速，导致无法加工出合格的零件。因此 G96 后面必须跟 G46，限制主轴最高及最低转速，并且编程指定恒线速度切削控制时，注意控制对象轴与主轴中心距离。

## 5.4 C/S 轴切换功能 (CTOS/STOC)



### 功能及目的

主轴除了能以速度模式（以一定转速转动）运行外，还能以位置模式（切换成旋转轴进行插补运算）运行，此时需要主轴伺服驱动器支持速度模式/位置模式切换功能（即 C/S 轴切换功能）。

在某些应用场合，例如刚性攻丝功能等，需要用到 C/S 轴切换功能。



### 指令格式

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 当 STOC 后不写 IP 时，默认是将 0 号主轴变为 C 轴 当 CTOS 后不写 IP 时，默认是将 C 轴变为 0 号主轴

说明：1) G108 B0 表示把 0 号主轴切换到 B 轴上；G109 B0 表示把 B 轴切换回 0 号主轴。一般五轴系统机床上会用到 G108 B0 功能；三轴系统铣床上一概只会用到 G108（后不写 IP），默认将 0 号主轴变为 C 轴。



### 编程举例

```
%0007 ;刚性攻丝测试程序,R 点为程序零点
G92 G17 Z0.000
G109
M03 S1000.000 ; 主轴正转
M05
G90 G0 Z1
G108 ; 将主轴由速度模式切换到位置模式
G98 G84 Z-20.000 R1 P500 F1.000 ; 执行刚攻动作
G109 ; 将主轴由位置模式切换到速度模式
G01 Z0.000
M30
```

注：现在版本的系统软件 G84 固定循环中已经包含 G108/G109 的 C/S 轴切换功能，使用 G84 时无需再写 G108/G109，写或不写 G108/G109 程序中 G84 都可以正常运行。有较老版本的系统软件，其 G84 固定循环中不包含 G108/G109 的 C/S 轴切换功能，因此在程序中使用 G84 时需要配合 G108/G109 使用。此处为了说明 G108/G109 指令而特地将其列出。

**注意事项**

- 1) 机床需要配置主轴伺服驱动器，以支持速度模式/位置模式切换功能。
- 2) 开机后没有转过主轴，使用 C/S 轴切换功能前，主轴需转动过多圈，否则系统会警告——“C/S 切换需要手动找零”。
- 3) 在同一个 G 代码程序中，最好不频繁使用 STOC/CTOS 这对宏指令。
- 4) 当主轴切换为 C 轴后，C 轴单位是 deg/min。
- 5) 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 之间。

## 5.5 主轴定向



### 功能及目的

主轴定向是使主轴停止在某一特定位置的功能。

数控机床在加工中，为了实现自动换刀，使机械手准确地将刀具装入主轴孔中，刀具的键槽必须与主轴的键位在轴向对准；在镗孔加工中，退刀时，要求刀具向刀尖反方向径向移动一段距离后才能退出，以免划伤工件，所有这些均需主轴具有轴向准确定位功能。



### 指令格式

M19/M20 ；

参数	含义
M19	指令主轴定向
M20	取消主轴定向



### 注意事项

- 1) 主轴定向指令一般不需在加工程序中编辑，其通过镗孔或换刀(M06)等指令，调用系统内部的固定循环程序执行。
- 2) 主轴定向位置在主轴伺服驱动器的参数 PA39 中设置，或者在系统端修改 105539（主轴定向位置脉冲）（主轴通常为逻辑轴 5），以上以 HSV-180US 主轴伺服驱动器为例说明，参数的单位为脉冲。

## 5.6 主轴同步控制 (G146/G147)



### 功能及目的

随着主轴控制技术的提高，数控加工的方式和效率也有新的要求，如多边形车削加工、主轴转速不降到零的乘载攻丝、主轴不停的双主轴工件交换等，均需要主轴同步控制功能。

本系统主轴同步控制也称为“电子齿轮箱”功能，该功能通过编程来控制同步轴的传动比，对主轴进行高精度的运动耦合控制。

通过编程指令和通道参数的配合，最多可对 3 组一共 6 个主轴（主动轴与从动轴）的运动进行控制。



### 指令格式

G146I\_ J\_ R\_ P\_ ; 开启同步

G147P\_ ; 关闭同步

参数	含义
I	设置主动轴传动比
J	设置从动轴传动比
R	设置主从轴相位角偏差值
P	同步组号（系统一共设计了 3 组轴耦合控制，序号为 1、2、3，默认为 1）



### 详细说明

指令对应的系统参数（通道参数，\*代表通道号）

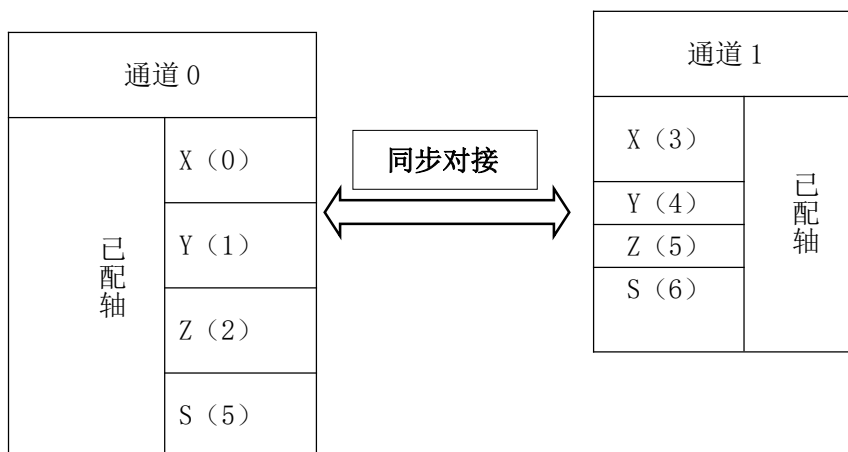
参数号	参数名	说明
04*340	第一组电子齿轮箱主动轴轴号	设置主动轴逻辑轴号
04*341	第一组电子齿轮箱从动轴轴号	设置从动轴逻辑轴号
04*342	第一组电子齿轮箱主动轴比例	【I】设置主动轴传动比值
04*343	第一组电子齿轮箱从动轴比例	【J】设置从动轴传动比值
04*344	第一组电子齿轮箱同步类型	设置主从轴同步类型 (0: 实际位置同步 1: 指令位置同步)
04*345	第一组电子齿轮箱相位开启	设置主从轴旋转时是否同步相位角 (0: 不同步 1: 同步)
04*346	第一组电子齿轮箱相位角度	【R】设置同步相位角的角度(0~360度)
04*347 ~04*353	第二组电子齿轮箱参数	参数说明与第一组一致
04*354 ~ 04*360	第三组电子齿轮箱参数	参数说明与第一组一致



## 编程举例

## 例一

- (1) 系统双通道配置，两通道主轴需要同步对接完成交换工件动作（主轴 5 与主轴 6）



- (2) 参数设置

参数名	通道 0		通道 1		说明
	参数号	设置值	参数号	设置值	
第一组电子齿轮箱主动轴轴号	040340	0	041340	5	设置轴 5 为主动轴
第一组电子齿轮箱从动轴轴号	040341	0	041341	6	设置轴 6 为从动轴
第一组电子齿轮箱主动轴比例	040342	0	041342	1	设置主从轴转动比
第一组电子齿轮箱从动轴比例	040343	0	041343	-1	
第一组电子齿轮箱同步类型	040344	0	041344	0	设置以实际同步
第一组电子齿轮箱相位开启	040345	0	041345	1	开启相位角同步
第一组电子齿轮箱相位角度	040346	0	041346	0	



(3) 示例程序:

通道 0	通道 1
T0101 G99	G104P1
M3 S1000 ; 主动轴启动	M4 S200; 从动轴先转动 (伺服需要先上使能)
G4X2	G146 ; 同步开启 (同步参数以上表设置为主)
G104P1	T2222
G104P2 ; 等待同步完成	G98
G0 Y0.0	G28 Z0.0 X0.0 F5000
G99G0 X30.0 Z15.2	G104P2
G4X0.5	G104P3
G104P3	M21; 自动松卡盘
G104P4	G98
G4 X0.3	G0 Z-182.0
G99G1X-2.0F0.06	G1 Z-204 F5000
M5 ; 主从轴停止	G4 X1.0
G104P5	M22 ; 自动紧卡盘
G104P6	G4 X0.3
M30	G104P4
	G104P5
	G28 Z0.0
	M5
	G104P6
	G147 ; 同步结束
	M30

例二

- (1) 系统单通道，配置一个主轴、一个动力头。  
动力头配合主轴同步完成飞刀盘加工 4、6、8 多边形 (飞刀盘装 2 把刀)。

通道 0	
进给轴	X (0)
	Z (2)
主轴	S (5)
动力头	S1 (3)

## (2) 参数设置

参数名	通道 0		说明
	参数号	设置值	
第一组电子齿轮箱主动轴轴号	040340	5	设置轴 5 为主动轴
第一组电子齿轮箱从动轴轴号	040341	3	设置轴 3 为从动轴
第一组电子齿轮箱主动轴比例	040342	0	设置主从轴转动比 参数中暂不设置
第一组电子齿轮箱从动轴比例	040343	0	
第一组电子齿轮箱同步类型	040344	0	设置以实际同步
第一组电子齿轮箱相位开启	040345	1	开启相位角同步
第一组电子齿轮箱相位角度	040346	0	暂不设置

## (3) 示例程序:

```

%1234
M103S1=0 ; 动力头上使能 (从轴)
M3S200; 主动轴启动
G0Z30
G146 I1 J-2 R0; 同步开启主从轴转动比例为 1: -2 (动力头反转),
                相位角度 R 值为 0, 此时加工出 4 边形

T1
G0Z2
X-23
G01X-12.44F2
Z0
Z-3F1
GOX-23
M3S200
G146I1J-3R0;   同步开启主从轴转动比例为 1: -3 (动力头反转),
                相位角度 R 值为 0, 此时加工出 6 边形

G1X-17.6F1
Z-6
GOX-23
M3S200
G146I1J-4R0;   同步开启主从轴转动比例为 1: -4 (动力头反转),
                相位角度 R 值为 0, 此时加工出 8 边形

G1X-20.32F1
Z-9
GOX-23
Z50
X-50
G147;          同步结束
M30

```

**注意事项**

- 1) 若在 G146 指令中指定 I、J、R 编程，则参数中设置的对应功能项不生效，此时，以程序加工指令中的参数设置为主。若 G146 指令中不指定 I、J、R，那么，两个主轴耦合控制参数，就以通道参数设置（表 1）为主。
- 2) G146 指令中不带 P 参数时，系统默认使用第一组电子齿轮箱参数。
- 3) 若主从轴分别设置在两个通道中，使用电子齿轮箱功能时，G146 指令需要在从轴所属通道中执行，参数设置也应在从轴所在通道中设置。否则，在主动轴通道，运行程序的时候，系统会报警：程序语法错。
- 4) 若程序中不写 G147，系统在面板复位或急停复位时将取消 G146 模式。在编程中，请注意开启使用 G146 同步后，需要使用 G147 取消同步。否则，再次运行程序的时候，系统会报警：主轴未准备好，发送指令报警。

# 6 刀具功能

## 6.1 车床 T 指令



### 功能及目的

车床加工零件过程中，常需使用不同的刀具，另为了简化程序，编程时假定各刀具刀尖位置相同，但由于各刀具形状及安装的不同，各刀尖的实际位置不可能一致。车床 T 指令功能就是用于实现换刀控制，以及各刀具实际位置不一致的偏置补偿处理。

另，本系统在实现位置偏置补偿时，还可实现相同偏置号下的刀尖圆弧半径补偿。

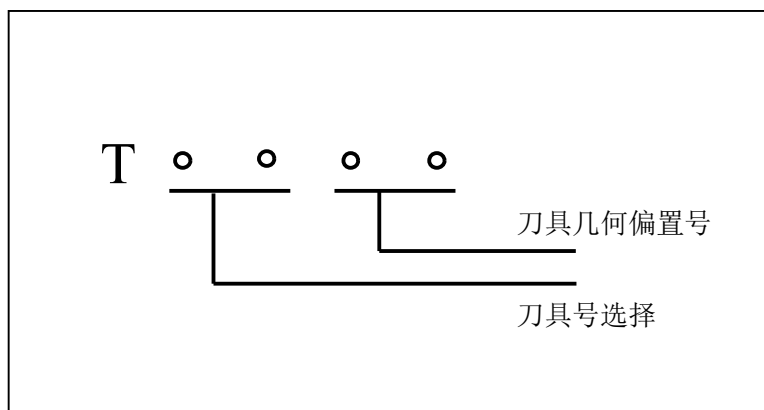


### 指令格式

#### 1. T 指令功能格式

T 及后 4 位数字，见下图。

- 前 2 位数为刀具号（当前选用的刀具编号）
- 后 2 位为刀具补偿号（存储偏置量的寄存器号及存储半径补偿量的寄存器编号）



#### 2. 相对偏差值和绝对偏差值

常用刀具偏差量的取值方式有两种：相对偏差值和绝对偏差值

- 相对偏差值
 

各刀具刀尖相对标准刀刀尖的位置偏差。该方式下，程序中还需有调用标刀与工件零点位置关系的指令（如 G92 指令）。
- 绝对偏差值
 

各刀具在机床零点位置时（机床回零，且刀具在加工刀位上），工件零点相对各刀具刀尖的位置偏差。该方式为本系统采用方式。



## 详细说明

### 1. 刀具偏置设定

T 指令前两位为刀具编号，负责选刀；后两位为刀具偏置编号，负责调用刀偏值。当刀具偏置编号为 00 时，表示偏置量为 0，即取消偏置功能。

刀具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）。

刀具偏置设置在车床的设置界面，如下图，可以通过刀补设置和刀架平移设置 X 轴 Z 轴的刀具偏置，具体操作请参照车床操作说明书。

刀号		X	Z	R	T
1	偏置	64.000000	0.000000	0.000000	0
	磨损	8.000000	0.000000		
2	偏置	16.000000	0.000000	0.000000	0
	磨损	0.000000	3.000000		
3	偏置	0.000000	0.000000	0.000000	0
	磨损	0.000000	0.000000		
4	偏置	0.000000	0.000000	0.000000	0
	磨损	0.000000	0.000000		
5	偏置	0.000000	0.000000	0.000000	0
	磨损	0.000000	0.000000		

	机床实际	相对实际	工件实际	记录坐标
X	0.000000	0.000000	0.000000	-----
Z	0.000000	0.000000	0.000000	-----
C	0.000000	0.000000	0.000000	

这里考虑到刀具的磨损情况，还有一个磨损设置，当刀具由于使用过多而磨损时，偏置值会变大，设置该值系统会将磨损值也计算在偏置值上，修正刀偏量（具体磨损量由加工的工件测量后确定）。

参数 000064 刀具磨损累加使能，可以使每次设置的刀具磨损值都累加到系统的刀具偏置量上。

### 2. 华中坐标系 3 个等级:

- 机床坐标系
- 外部零点偏移，G54-G59 坐标系
- T 指令坐标系

低级的坐标系是在高级的坐标系的基础上完成的，即调用 T 指令的偏移和磨损时是在机床坐标系和外部零点偏移和 G54-G59 的坐标系上完成的。



## 编程举例

例如;

外部零点偏置 X 为 8, Z 为 0

G54 坐标系 X 为 4, Z 为 0

一号刀偏为 X11, 磨损为 0

二号刀偏为 X14, 磨损为 3

三号刀偏为 X9, 磨损为-1

G54

T0101; 换 2 号刀并调用一号刀偏

G01 X5 工件坐标系走到 5, 机床实际 X 为 28 (5+8+4+11+0)

T0202; 换 2 号刀并调用二号刀偏

G01 X5 工件坐标系走到 5, 机床实际 X 为 34 (5+8+4+14+3)

T0303; 换 3 号刀并调用三号刀偏

G01 X5 工件坐标系走到 5, 机床实际 X 为 25 (5+8+4+9-1)

T0301; 换 3 号刀并调用一号刀偏

G01 X5 工件坐标系走到 5, 机床实际 X 为 28 (5+8+4+11+0)



## 注意事项

- 1) 程序换刀时注意换刀位置, 不能触碰到其他设备。
- 2) 每装一把刀具就需要设置好刀具偏置量。
- 3) 磨损值和偏置值均会被计入程序, 如不需要请务必设 0。
- 4) 无论是相对偏置或绝对偏置方式, 刀具偏置值一般均需对刀获得。

## 6.2 铣床 T 指令



### 功能及目的

刀具功能也叫 T 功能，是指定刀具编号。本控制装置由地址 T 后的 4 位数字（0~9999）指定。

通过指定一紧跟在地址 T 之后的数值，给机床输入一个代码信号，由此来控制机床端的刀具选择。

当移动指令和 T 指令在同一程序行中指定时，根据 M 代码类型，有三种执行方法：

M06 设置为同步类型，移动指令与 M 代码同时执行；

M06 设置为前置类型，M 代码执行完成后，执行移动指令

M06 设置为后置类型，移动指令执行完成后，执行 M 代码

选择该三种方式，取决于机床制造厂家的规定。



### 详细说明

在加工中心上执行 T 指令，即给机床输入一个代码信号或脉冲信号，由此来控制刀库转动至所选择的刀具，然后等待，直到 M06 代码作用时自动完成换刀。

#### ● 跟刀具刀库相关的参数

机床用户参数 010089 号参数“T 指令控制方式”，采用二进制方式设置 T 指令换刀方式及刀具加工模式选择。

二进制按位设置		对应功能
第 0 位	0	T 指令只有选刀功能，用于带预选刀功能的刀库，如机械手刀库等
	1	T 指令具有选刀和换刀功能，如钻攻中心刀库
第 1 位	0	关闭刀具加工模式
	1	开启刀具加工模式

NC 参数 000012 号参数“刀具轴选择方式”，该参数用于决定 G43/G44 刀具长度补偿功能应该补偿到哪个轴上。

0：刀具长度补偿总是补偿到 Z 轴上。

1：刀具长度补偿轴根据坐标平面选择模态 G 指令（G17/G18/G19）进行切换，分别对应 Z/Y/X 轴。

通道参数 040127 号参数“起始刀具号”，该参数用于设置当前通道刀库在刀补表中的起始刀具号，与通道参数“刀具数目”配合使用

通道参数 040128 号参数“刀具数目”，该参数用于设置当前通道刀具的数目，与当前通道刀库刀位数一致（或加一位）。如通道 0 的起始刀具号设置为 1，刀具数目设置为 5，通道 1 的起始刀具号设置为 6，刀具数目设置为 10，则刀补表中（车床系统包括刀偏）1-5 号刀保存的数据是通道 0 刀库的，6-15 号刀保存的数据是通道 1 刀库的。

通道参数 040060 号参数“系统保存刀具数据的数目”，用于设定系统保存多少把刀具数据（半径，长度）的参数，该参数必须大于等于所有通道中设定的“刀具数目”的总和。

### ● 跟大小刀功能相关的参数

机床用户 010099 号参数“是否开启大小刀刀库管理界面”。

0: 不开启大小刀属性设置界面。

1: 开启大小刀属性设置界面。

### ● 跟刀具分组功能及寿命管理相关的参数

通道参数 040130 号参数“刀具寿命管理方式”；

0: 刀具寿命功能关闭；

1: 刀具寿命功能开启，不支持分组；

2: 刀具寿命功能开启，支持分组功能，T 指令指定刀具组号；

3: 刀具寿命功能开启，支持分组功能，T 指令指定刀具号（铣床专用）；

通道参数 040133 号参数“T 指令寿命管理忽略号”。

通道参数 040135 号参数“铣床刀具组长度补偿”，开启刀具分组功能后，刀具组长度补偿号。

通道参数 040136 号参数“铣床刀具组半径补偿”，开启刀具分组功能后，刀具组半径补偿号。

### ● 跟多刀沿功能相关的参数

NC 参数 000372 号参数“刀沿个数”，可以开启多刀沿界面，刀沿个数为 0 时，为普通的刀补界面；当刀沿个数为 1-9 时，为多刀沿刀补界面。



### 注意事项

刀库表中的刀具为系统自行管理，一般不得修改。对于斗笠式刀库，要求 M06 代码和 T 指令写在同一程序段中。换刀时要注意刀库表，其中 0 组刀号（如是：15）为主轴上所夹持刀具在刀库中的位置号，若主轴上需安装其它刀具时，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。

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 代码和 T 指令（如：M06 T01），通过主轴将刀具安装到刀库中。



# 7 进给功能

## 7.1 进给功能概要



### 功能及目的

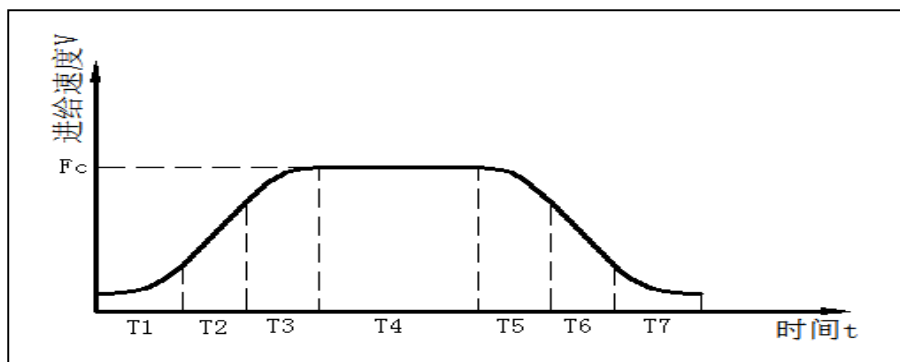
进给功能是数控系统对伺服驱动器发出进给速度指令，伺服驱动器控制电机，进而控制刀具或工作台的移动。

进给功能不仅需要指定进给运动的速度，还需对进给运动的起停等进行速度规划，该数控装置在进给控制方面采用自动加减速控制，即在工作台移动时，线段与线段、线段与圆弧等连接处，存在进给速度方向的改变，引起机床的振荡，进而引起工件的表面质量问题，因而采取自动加减速控制来避免这种现象。



### 详细说明

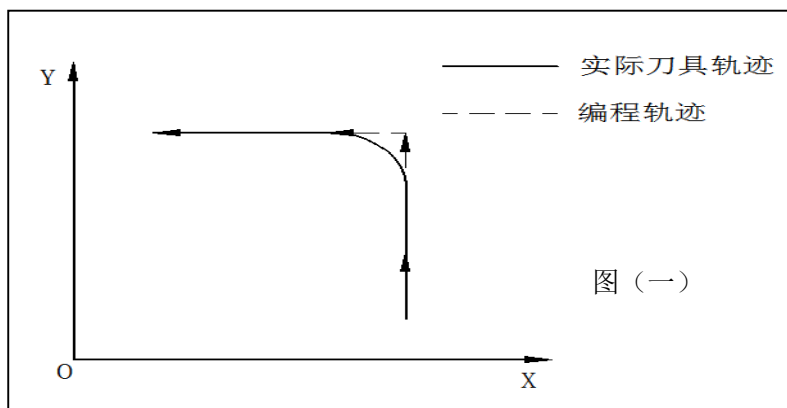
该数控装置的自动加减速控制采用S曲线加减速规划方法，在运动启动阶段和结束阶段加减速，使速度变化柔和，从而适应电动机性能，减少对机床的冲击，如图示是S曲线加减速的实时控制图。



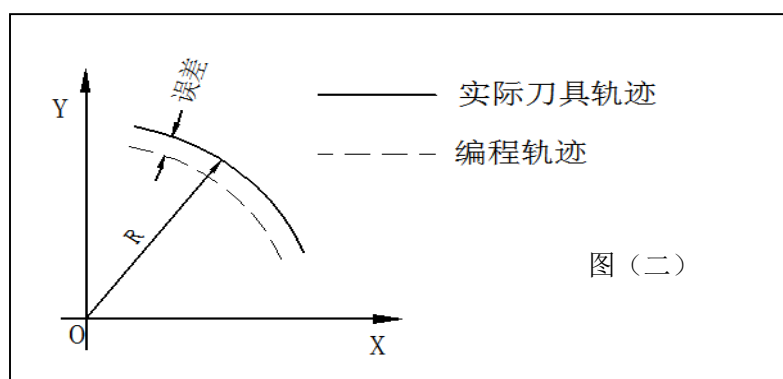
S曲线加减速将传统的3段加减速过程变为7段加减速过程，形成S字形。

其划分分别为：加速度段由加加速度段T1、匀加速度段T2、减加速度段T3组成；T4段以V匀速进给；减速段由加减速段T5、匀减速度段T6、减减速度段T7组成。

切削进给中的刀具轨迹在切削期间，在程序段之间移动方向发生改变就会造成圆角轨迹，如图示：



在圆弧插补中，出现径向误差，如图示：



在图（一）中的圆角轨迹和图（二）中表示的误差取决于进给速度。通常情况下，一般速度越大，则图（一）中圆角越大，图（二）中误差越大。

倍率：使用机床操作面板上的旋钮开关，可以对快速移动速度或切削进给速度大小进行调节。

## 7.2 进给速度设定



### 功能及目的

根据机床规格，可以设定机床可运行的最高速度与刀具切削运行的最高速度。机床运行的最高速度，是机床在非切削移动时的速度，主要取决于机械本身。刀具切削运行的最高速度，是机床在切削时能够到达的最高速度。它们的速度可指定的设定范围为下表：

指令模式	详细说明	备注(单位)
最大快速移动	最大快移速度必须是该轴所有速度设定参数里的最大值，最高快移速度与外部脉冲当量分子和分母的比值密切相关，一定要合理设置此参数，以免超出电机的转速范围。	mm/min
最高切削进给速度	最高切削进给速度与加工要求有关，机械传动情况和负载有关；最高加工速度必须小于最大快移速度。旋转轴受转动轴折算半径影响。	mm/min

进给速度功能有三种形式，即快速移动速度、切削进给速度、第二进给速度。

### 7.2.1 快速移动速度



### 功能及目的

是机床可运行的最高速度，在数控系统中设置各轴快移速度。可通过参数对各轴设定最高快速进给速度。根据机床情况限制上限速度，关于其设定值，请参考机床说明书。



### 详细说明

快速移动时准停检测最大时间（Parm 010166）和定位允差（Parm 100060）。

- a) Parm 010166：设定快移定位到某点后检测坐标轴定位允差的最大时间，该参数仅在坐标轴参数 Parm 100060 “定位允差”不为 0 时生效。
  - b) Parm 100060：用于设定坐标轴快移定位所允许的准停误差。
- 0：当前轴无定位允差限制。大于 0：当达到 Parm 010166 “准停检测最大时间”后，当前轴机床坐标仍然超出定位允差设定值时，数控系统将报警。

从起点到终点路径，是以各轴最高速度移动，快速进给速度对 G00、G28、G29 指令有效。

（注 1）快速进给速度倍率根据 PLC 编辑与参数设置，一般有两种类型：

- 类型 1：设定 0%，25%，50%，100% 的 4 阶段倍率。
- 类型 2：以 10% 为单位设定倍率，范围从 0% 到 100%。

## 7.2.2 切削进给速度



### 功能及目的

数控系统加工零件时，通过地址 F 与数字指定切削进给速度。刀具以程序中编制的切削进给速度移动。切削进给速度对 G01、G02、G03 指令有效。铣床数控系统进给速度单位有三种指令方式：G93、G94、G95 设置。



### 详细说明

#### 1) 每分钟进给

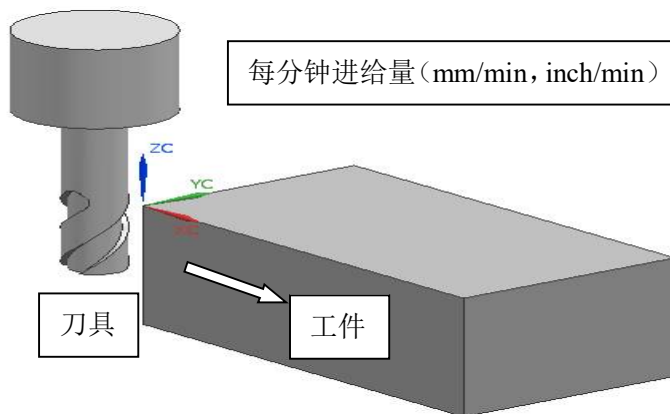
编程格式

G94       ； 每分钟进给的 G 代码（14 组）

F\_        ； 进给速度指令（mm/min 或 inch/min）

在指定 G94(每分钟进给方式)以后，刀具每分钟的进给量由 F 之后的数值直接指定。G94 是模态代码，一旦 G94 被指定，在 G95（每转进给）指定前将一直保持有效。在电源接通时，缺省设置为每分钟进给方式。

用机床操作面板上的开关可以对每分钟进给使用倍率，倍率值可设为 0%到 150%（倍率间隔由系统的 MCP 面板决定）。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 inch/min（G20 方式）。



例：每分钟进给

G01 X-20 Y-10 F300       ； 进给速度 300mm/min

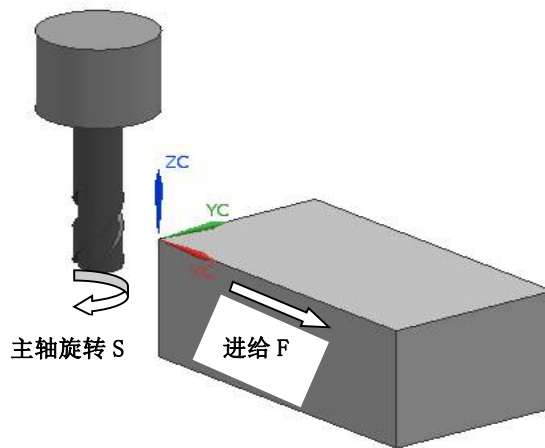
## 2) 每转进给

编程格式

G95 ; 每转进给的 G 代码 (14 组)

F\_ ; 进给速度指令 (mm/rev 或 inch/rev)

在指定 G95 (每转进给) 之后, 在 F 之后的数值直接指定主轴每转 (G95) 刀具的进给量。G95 是模态代码, 一旦指定 G95, 直到 G94 (每分钟进给) 指定之前将一直保持有效。用机床操作面板上的波动开关, 对每转进给可以应用倍率, 倍率值可设为 0% 到 150%。



例: G95

M03 S1000

G01 X-50 Y-20 F0.2 ; 每转进给速度为 0.2mm/rev

每转进给与每分钟进给的对应关系: 当给定主轴转速和转进给 F 时, 如主轴转速 S1000, 进给 F0.2 时。

每分钟进给 (F) = 1000 (主轴转速) × 0.2 (每转进给) = 200mm/min

## 3) 反比时间进给

指令格式:

G93 ; 反比时间进刀命令 (14 组)

F\_ ; 进刀速度命令 (l/min)

通过指定 G93, 即成为反比时间指定方式。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。利用 F 码指定反比时间 FRN。FRN 的指定范围不受英制/米制输入限制, 范围为 0.001~9999.999。

$$FRN = \frac{1}{\text{时间 (min)}} = \frac{\text{速度}}{\text{距离}}$$

速度：mm/min（米制输入）或 inch/min（英制输入）

距离：mm（米制输入）或 inch（英制输入）

线性插补（G01）或圆弧（G02、G03）时

（1）如在 1 分钟（min）内结束 1 个程序行时，

$$\text{FRN} = \frac{1}{\text{时间 (min)}} = \frac{1}{1 (\text{min})} = 1 \quad ; \text{程序中指定“F1”}。$$

（2）如在 20 秒（sec）内结束 1 个程序行时，

$$\text{FRN} = \frac{1}{\text{时间(sec)/60}} = \frac{1}{20/60 (\text{min})} = 3 \quad ; \text{程序中指定“F3”}。$$

（3）指定 F0.5 时的移动时间，则执行一个程序行时，需要的时间为：

$$\text{时间 (min)} = \frac{1}{\text{FRN}} = \frac{1}{0.5} = 2 \quad ; \text{需要 2 分钟 (min)}$$

（4）指定 F5 时的移动时间，则执行一个程序行时，需要的时间

$$\text{时间 (sec)} = \frac{1}{\text{FRN}} = \frac{1}{5} = 0.2 \quad ; \text{需要 0.2 (min) 即 12 秒 (sec)}$$



### 编程举例

G01 X10

G93

G01 X20 F10 ; 经过 0.1 分钟（6 秒）X 轴移动 10mm

反比时间进给与每分钟进给的对应关系：当给定反比时间进给 F 时，如 F10，经过计算  $\text{FRN}=0.1 (\text{min})=6 (\text{sec})$  则得到移动 X 轴 10mm 时，需要 6 秒的时间执行完，每分钟进给速度 (F)  $=10/0.1=100\text{mm/min}$ 。



### 注意事项

- 1) G93、G94、G95 同在相同组（14 组），模态 G 代码，可相互注销，G94 为缺省模态。
- 2) 当 F 在 G93 方式下被指定，计算速度超过最大切削速度时，实际速度被钳制在最大切削进给速度上。
- 3) 当圆弧插补，使用 G93 方式时，是从圆弧半径计算得到的速度，而不是从该程序行的实际移动距离求出。因此，当圆弧半径比圆弧距离长时，实际时间放慢；而圆弧半径比圆弧距离短时，实际时间加快。固定循环中的切削进给也可以使用反比时间进刀。
- 4) 反比时间进给方式 G93 指令要单独指定。

### 7.2.3 第二进给速度



#### 功能及目的

区别与进给速度 F 的第二进给速度 E, 一般用于限制程序段结束时的进给速度, 如在 NURBS 曲线插补中, F 指令指定插补中的进给速度, E 指定插补结束时的进给速度。

进给速度 F 为模态指定, 但第二进给速度 E 为非模态指定, 在需要使用第二进给速度的场合使用, 如果不指定 E 则默认 E=0。

第二进给速度主要用于较为复杂的插补控制中, 目前仅在 NURBS 曲线插补 (G06.3) 中使用。

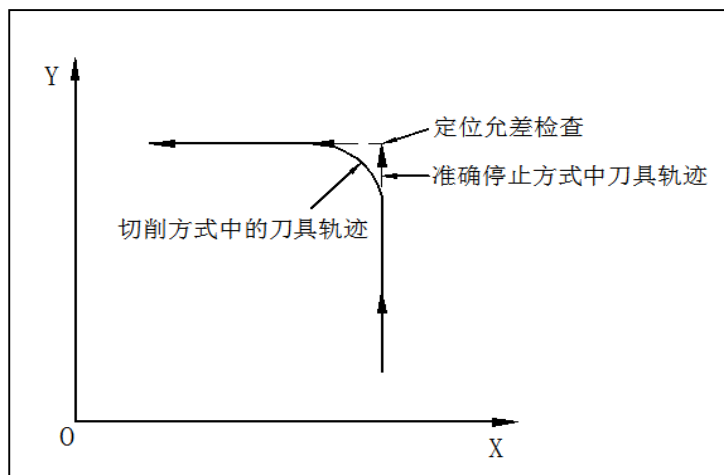
(注 1) 进给速度倍率在参数 010308~010328 已配置, 一般设定范围从 0%到 120%。

### 7.3 进给控制方式



#### 功能及目的

数控机床在切削进给时，采用不同的控制方式，其刀具移动的轨迹是不同的，本数控装置的切削进给控制方式有准确停止和连续切削两种。不同的控制方式，产生不同的刀具移动轨迹，可得到不同的工件形状轮廓，如图示。对于零件要求有尖锐棱角的采用准确停止控制，而零件



棱边倒圆或小线段程序则采用连续切削方式。

两种控制方式的应对关系如下表：

切削方式	G 代码	模态性	组号	说明
准确停止	G09	非模态	00	刀具在程序段的终点减速，执行定位允差检查。然后执行下个程序段
	G61	模态	12	刀具在程序段的终点减速，执行定位允差检查。然后执行下个程序段。
连续切削	G64 (G05.1 Q0)	模态		刀具在程序段的终点不减速地执行下个程序段。





## 详细说明

### 1) 准确停止控制

- (1) 非模态准确停止 G09  
G09 为非模态指令，仅在其被规定的程序段中有效。
- (2) 模态准确停止 G61  
G61 为模态指令（12 组），一旦指定直到指定 G64 之前，该功能一直有效。

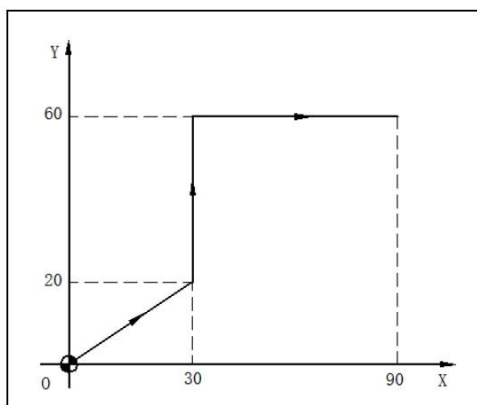
### 2) 连续切削控制 G64

- (1) G64 为模态指令（12 组），一旦指定，直到指定 G61 之前，该功能一直有效。
- (2) 对于连续切削中，线段与线段之间是否进行拐角准停校验，可由参数 G64 Parm 010169（拐角准停校验检查使能）设定。
- (3) G64 拐角准停校验检查使能参数用于设置 G64 指令是否在拐角处准停校验。当该参数设置为 1 时，数控系统在 G64 模态下将开启拐角准停校验检查功能。
- (4) 在 G64 模态下，如果前后两条直线进给长度  $\leq 5\text{mm}$  并且矢量夹角  $\leq 36^\circ$  时数控系统将自动采用圆弧过渡，而不受该参数控制。



## 编程举例

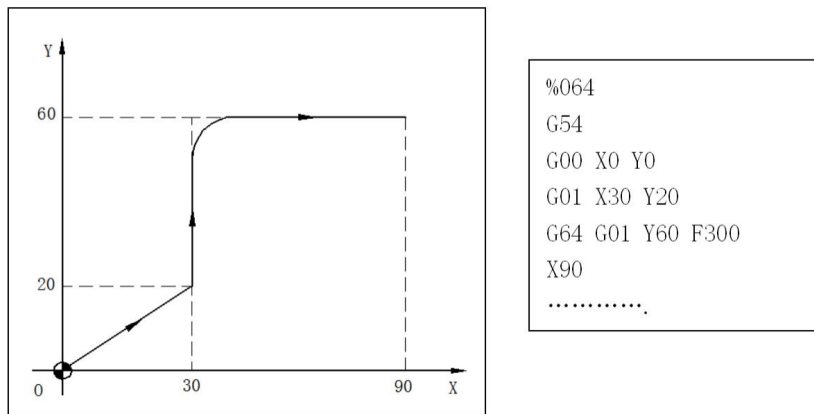
例 1：编制如图所示轮廓的加工程序：要求编程轮廓与实际轮廓相符。



```
%061
G54
G00 X0 Y0
G01 X30 Y20
G61 G01 Y60 F300
X90
.....
```

G61 运行的程序编程轮廓与实际轮廓相同。

例 2：编制如图所示轮廓的加工程序：要求程序段间不停顿。



G64 运行的程序编程轮廓与实际轮廓不同，线段之间有圆弧连接。



### 注意事项

- 1) G61 与 G09 的区别在于 G61 为模态指令，而 G09 为非模态指令。
- 2) 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。G61 方式与 G09 的编程轮廓与实际轮廓相符。
- 3) G64 (G05.1 Q0) 连续切削方式：  
在 G64 (G05.1 Q0) 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。
- 4) G61、G64 (G05.1 Q0) 为模态指令，可相互注销。
- 5) G64 (G05.1 Q0) 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。

## 7.4 进给速度控制



### 功能及目的

数控系统在运行程序进行速度控制时，刀具在执行圆弧加工和拐角加工时需要自动减速，以减小刀具上的负荷，进而减小对机床的冲击，避免在工件上出现刀痕和不必要的刀纹，从而加工出光滑的表面。下面重点说明圆弧速度控制和拐角速度控制的情况。



### 详细说明

#### 1) 圆弧速度控制

- (1) 对于圆弧切削，编程轨迹上的进给速度是由圆弧降速半径（Parm 040042）和圆弧降速速度来控制（Parm 040043）。
  - a) 圆弧降速半径（Parm 040042）：用于设置进行降速的圆弧最大半径值。当编程圆弧半径小于设置值时，按照设定的圆弧降速速度（040043）执行进给切削。当编程圆弧半径大于设置时，不进行降速控制。该参数为 0 时，圆弧降速功能无效。
  - b) 圆弧降速速度控制（Parm 040043）：用于设置圆弧减速的目标速度。当编程圆弧半径小于圆弧减速半径（040042）时，按照设定值执行进给切削。当编程圆弧半径大于圆弧减速半径（040043）时，不进行降速控制。该参数为 0 时，圆弧降速功能无效。
- (2) 对于大的圆弧半径可直接为圆弧插补的方式进行速度控制，也可采用圆弧是否离散为直线（Parm 040149）方式进行速度的控制。

圆弧是否离散为直线（Parm 040149）：开启圆弧离散为直线功能，可以将圆弧离散为微小线段的连接，那么对于直线与圆弧相接或圆弧与圆弧相接的情况就可以等效为直线与直线相接，由此可用拐角降速方式处理二者衔接处的速度。

0：关闭圆弧离散为直线功能。

1：开启圆弧离散为直线功能。

- (3) 当进行半径补偿时，圆弧进给速度控制采用的自动减速的方式是使用参数半径补偿圆弧速度策略（Parm 010044）。

半径补偿圆弧速度策略（Parm 010044）：该参数用于调整半径补偿后的圆弧速度。

0：功能关闭

1：半径补偿后速度=（半径补偿后圆弧半径/半径补偿前圆弧半径）\*编程速度

2：半径补偿后速度=sqrt（半径补偿后圆弧半径/半径补偿前圆弧半径）\*编程速度

11~19：半径补偿后速度=编程速度\*（0.1~0.9）

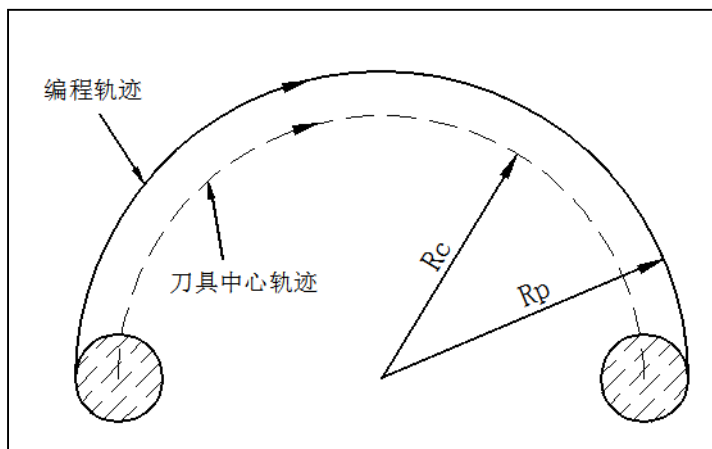
(注 1) 其中 1 和 2 的方式，是编程轨迹上的进给速度，由圆弧切削进给速度的编程值  $F$  和圆弧半径确定，如图示。在刀具半径补偿方式中，该功能有效。

$$1: F \times \frac{Rc}{Rp}$$

$$2: F \times \sqrt{\frac{Rc}{Rp}}$$

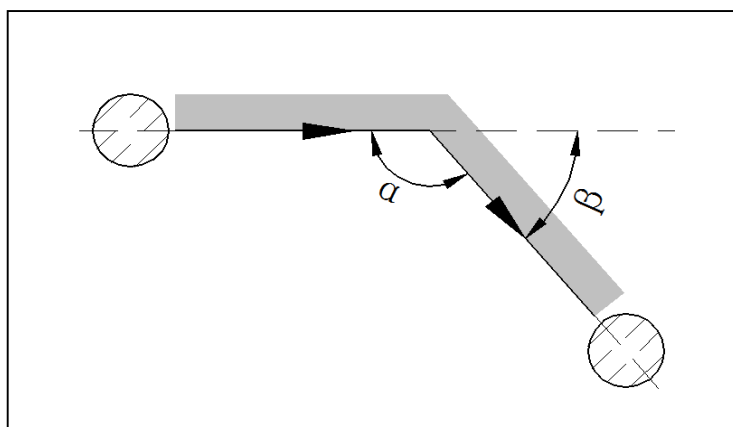
$Rc$ : 刀具中心轨迹半径

$Rp$ : 编程半径



## 2) 拐角速度控制

数控系统在运行程序时，程序段与程序段之间判断是否是拐角或一条直线（或基本为一条直线），采用如图示方式进行判定。



图中  $\alpha$  为拐角最小内角（度），以此判断线段与线段连接是否拐角， $\beta$  角为判断是否是一条直线或基本为一条直线。

(1) 关于拐角（ $\alpha$  角）的参数：

- a) 拐角平滑最小内角（度）（Parm 040141）：连续小线段插补时可以根据编程轨迹的实际情况进行局部降速，对于需要凸显轮廓尖角的锐角的情况时，就要在尖角顶端时将降速到 0。该参数用来设置该角度的值，如果加工的角度小于该角度则作准停处理，如果大于该值则使用其他判断方法来规划该角度处的降速处理。将允许压缩合并的两条小线段间的最大有向夹角设定为  $45^\circ$ ，则该参数应设置为 45。
- b) 拐角降速比例因子（Parm 040144）：对于拐角角度大于平滑最小内角（040141）的折线段，即其在拐角处采用圆弧过渡方式执行进给，可通过拐角降速比例因子来控制拐角减速速度。设定值越小，拐角减速速度越小，拐角圆度越小，理论上轮廓精度越高，但在拐角处铣削时间会变长，效率降低。

(2) 关于共线判定 ( $\beta$  角) 参数:

- a) 共线判定最大角度阈值: 该参数设定相邻两条线段判定为共线的最大外夹角值, 当两条线段的外夹角小于该值 (弧度值), 则判定这两条线段共线, 否则不共线。参数设置为默认值 0.017。

(3) 对于小线段样条拟合的长度与偏差, 是以小线段上限长度 (mm) (Parm 040140)、小线段下限长度 (mm) (Parm 040145)、小线段轨迹允许轮廓误差 (Parm 040143), 作为数控系统的样条拟合处理。

- a) 小线段上限长度 (mm) (Parm 040140): 与小线段下限长度配合使用, 形成对小线段样条拟合的区域范围。
- b) 小线段轨迹允许轮廓误差 (Parm 040143): 连续小线段插补时可以根据编程轨迹的实际情况对小线段进行压缩合并处理, 该参数用于设定被压缩合并的小线段与原始编程轨迹间允许轮廓误差, 当轮廓误差超出该参数设定值时将不会被压缩。
- c) 小线段下限长度 (mm) (Parm 040145): 样条插补时需根据编程轨迹的实际情况对小线段进行样条平滑 (拟合) 处理, 该参数用于设定允许平滑的小线段的最短长度, 如果小线段长度小于设定值则该段不进行平滑处理。

# 8 位置指令功能

## 8.1 绝对位置与增量位置指令方式 I (G90/G91)



### 功能及目的

编程时对目标点进行位置定义的方式主要有：绝对值位置、增量值位置。

为了更简便地编程，位置定义方式应契合工件图纸尺寸，当图纸尺寸中给定一个固定基准点时，采用绝对方式编程较为方便；而当图纸尺寸是以轮廓节点之间的间距给出时，采用增量方式编程较为方便。

华中系统的绝对位置与增量位置指令方式有两种，即方式 I 和方式 II。其中方式 I 华中车床类系统（T 类）和铣床类系统（M 类）均可执行，方式 II 只有车床类系统（T 类）可以执行。



### 指令格式

华中系统的绝对位置与增量位置指令方式 I，其指令方法如下。

G90 IP\_ 绝对值编程

参数	含义
IP	绝对移动指令 G90 始终以工件坐标系为起点运行移动指令

G91 IP\_ 增量值编程

参数	含义
IP	增量移动指令 G91 始终以当前点为起点运行移动指令



### 详细说明

绝对指令 G90：定义目标点的地址，其地址字后的数值是工件坐标系下的坐标值；

增量指令 G91：定义目标点的地址，其地址字后的数值是目标点相对前一个点有向距离值；

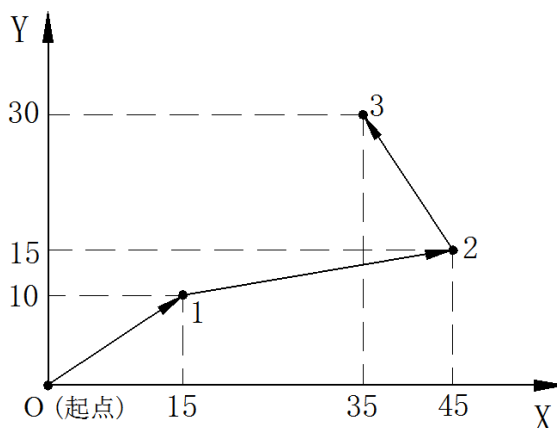
使用 G90、G91 指令时，可以将该指令后的坐标移动值以绝对值或增量值的方式指定，

但是定义圆弧轨迹时，使用的圆弧半径 R 和圆弧中心 I、J、K 值必需是增量值。G90、G91 为模态功能，可相互注销，绝对指令 G90 是本数控装置的缺省值。



### 编程举例

例 1：原点为起点，使用 G90、G91 编程：要求刀具由原点按顺序移动到 1、2、3 点。



G90 编程

```
%
G54
G00 X0 Y0 M3 S1000
G90 G01 X15 Y10 F400
X45 Y15
X35 Y30
M30
```

G91 编程

```
%
G54
G00 X0 Y0 M3 S1000
G91 G01 X15 Y10 F400
X30 Y5
X-10 Y15
M30
```



### 注意事项

- 1) 使用 G90 指令运行程序时，系统处于绝对值模式中，运行移动指令时始终都以工件坐标系为起点可以移动到程序指定的工件坐标系位置，与当前位置无关。
- 2) 使用 G91 指令运行程序时，系统处于增量值模式下，运行移动指令时始终都以当前位置为起点，将程序中指定的值作为相对值进行移动。
- 3) G90、G91 可用于同一程序段中，但要注意其顺序所造成的差异。
- 4) 华中系统车、铣床系统均可执行“绝对位置、增量位置指令方式 I”。

## 8.2 绝对位置与增量位置指令方式 II (X、Z/U、W) (T)



### 功能及目的

华中系统的绝对位置与增量位置指令方式有两种，即方式 I 和方式 II。其中方式 I 华中车床类系统（T 类）和铣床类系统（M 类）均可执行，方式 II 只有车床类系统（T 类）可以执行。

使用方式 II 编程时，绝对位置、增量位置的切换简单，特别适合混合编程，但其占用了辅助轴的轴名定义，故该方式更适用于车床类系统。



### 指令格式

华中车床类系统的绝对位置与增量位置指令方式 II 的应用，需配置通道参数中【UVW 增量编程使能】参数，即 040033 号参数。

当 040033 号参数指定为 1 时，增量值编程可用 U、V、W 分别表示 X、Y、Z 轴的增量值。此时，绝对值仍为 G90 下的 X、Y、Z 指定，其中 G90 为缺省状态，可以不定义。故方式 II 的格式为：U、V、W 为增量编程，X、Y、Z 为绝对编程。当然，如果此时采用方式 I 编程时，也可执行。

当 040033 号参数指定为 0 时，即为方式 I 的定义方式。此时不可执行 U、V、W 对增量位置的定义。

通道参数 040033 的定义见下图：

040030	通道的缺省进给速度(mm/min)	2000.000000	保存
040031	空运行进给速度(mm/min)	2000.000000	保存
040032	直径编程使能	0x0	复位
040033	UVW增量编程使能	1	保存
040034	倒角使能	1	复位
040035	角度编程使能	1	保存



### 详细说明

#### 1. 直线增量编程：

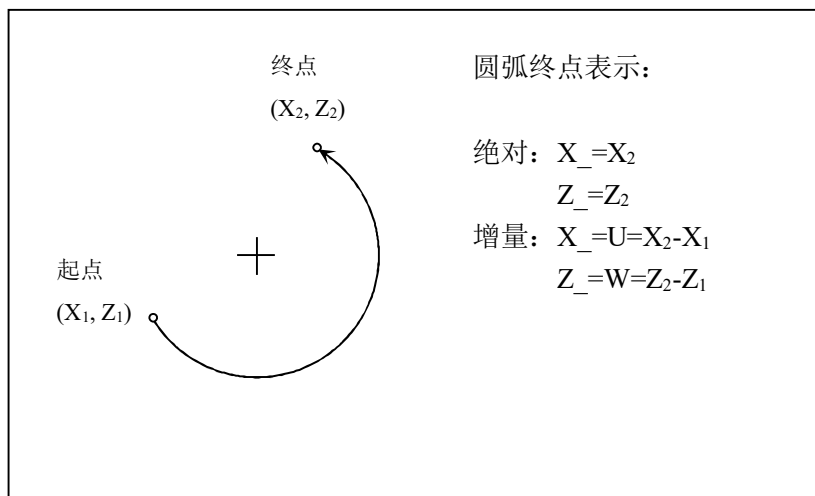
G01 X10 Z5 即是 X 走到工件坐标的 10，Z 走到工件坐标的 5；

G01 U10 W10 即是 X 在现在的坐标上再正向移动 10，Z 在现在的坐标上再正向移动 10。

#### 2. 圆弧增量编程：



圆弧编程除了采用绝对编程指定圆弧终点值外，还可以使用增量编程指定圆弧各方向上的增量值（也是使用UVW），并且还可以用XYZ和UVW混合编程。



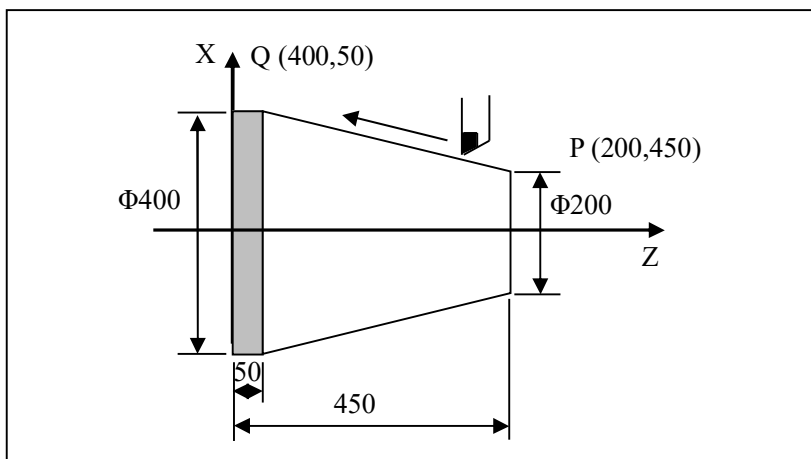
### 编程举例

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：1.G91X200Z-400

2.U200W-400



### 注意事项

- 1) UVW 编程只用于车床；
- 2) G91 是一个模态指令，不会自行取消，用了 G91 后面的行就都是 G91 编程，需要用 G90 取消其模态；

### 8.3 直径位置与半径位置指令方式 (G36/G37) (T)



#### 功能及目的

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。

半径编程：用半径值定义目标点的 X 轴位置，其有绝对半径值和增量半径值两种。绝对半径值是 X 轴的半径坐标值；增量半径值是 X 轴的半径增量值。

直径编程：用直径值定义目标点的 X 轴位置，其也有绝对直径值和增量直径值两种。绝对直径值是 X 轴的直径坐标值；增量直径值是 X 轴的直径增量值。

由于直径编程更符合车加工零件的图纸标注习惯，故车床出厂一般设为直径编程。其中直径编程时的数值是半径编程时数值的 2 倍。

直径编程的设置，常适用于车床的 X 轴，其他垂直于回转轴的轴在需要时，也可设为直径编程轴，如某些车削中心的 Y 轴。



#### 指令格式

**G36;** 直径编程方式

**G37;** 半径编程方式

指令上直接写，G36 或 G37 即可切换直、半径编程方式。



#### 详细说明

通道参数 040032 设置为 0X1 时，机床的 X 轴直径编程使能有效，此时方可使用 G36 或 G37 设置直径编程或半径编程。

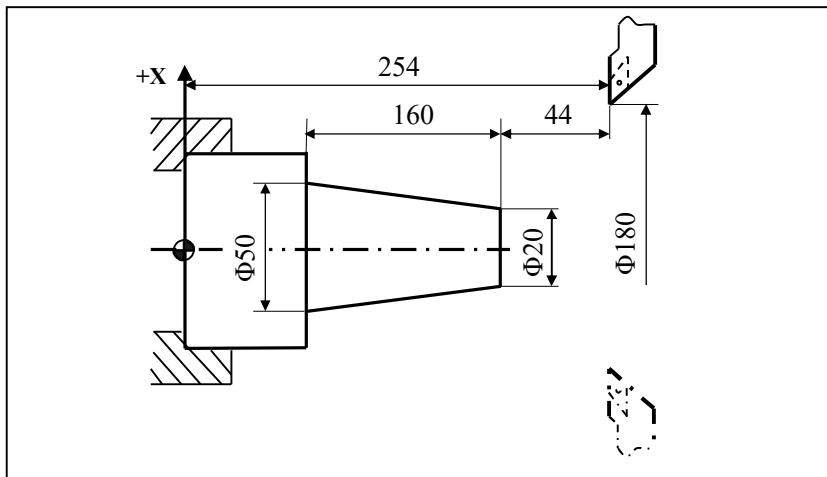
040032	直径编程使能	0x1	复位
<p>说明：两个床加工工件的径向尺寸通常以直径方式标准，因此编程时可以直接使用标注的直径方式编写程序。此时直径上一个编程单位的变化，对应径向进给轴半个单位的移动量。该参数用来选择当前通道的编程方式            0x0 半径编程方式；0x1 X轴直径编程方式开；0x2 Y轴直径编程方式开            0x3 X、Y轴直径编程方式开。            注意：此参数开并且编程模式为G36时，直径编程才生效。</p>			

直径编程使能有效后，缺省为 G36 指令（即直径编程）。当用 G37 指令切换到半径编程后，需用 G36 指令恢复为直径编程模式。

使用直径编程时，建议开启直径显示使能，NC 参数 000065 为直径显示使能设定参数，如将该参数设置为 0X1 时，X 轴直径显示使能开，系统显示界面的 X 位置值为直径值，且刀偏、刀补界面的偏置和磨损也为直径显示。



## 编程举例



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



## 注意事项

- 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。

### 8.3 英制指令/公制指令 (G20/G21)



#### 功能及目的

用户可以通过 G20、G21 选择 G 代码确定尺寸的单位，根据 G20/G21 指令，切换英制指令和公制指令。



#### 指令格式

G20 IP\_ 英制指令

参数	含义
IP	G20 指令后移动距离为英寸单位

G21 IP\_ 公制指令

参数	含义
IP	G21 指令后移动距离为公制单位



#### 详细说明

G20/G21 只切换指令单位，而不切换输入单位。

另外，G20/G21 的切换仅对直线轴有效。对旋转轴无效。



#### 注意事项

- 1) G20 和 G21 指令为模态功能，可以相互注销，系统上电后默认单位为 G21。
- 2) G 代码中输入数据的单位与 HMI 界面显示数据单位没有关联。G20、G21 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。
- 3) NC 参数中 000025 号参数 **【英制/公制显示选择】**用来设置界面显示坐标的数据单位。

# 9 延时功能

## 9.1 延时功能



### 功能及目的

该功能可通过 G04 X\_或 P\_指令暂停机床的移动，以此来延迟下一段程序开始，延时的时间单位分别为 X 为秒、P 为毫秒。



### 指令格式

G04 X\_\_ / P\_\_

参数	含义
X/P	暂停时间
X	单位：秒
P	单位：毫秒



### 编程举例

指令	G04 X5	G04 X2.5	G04 P2000	G04 P1000.5
延时时间（秒）	5	2.5	2	1



### 详细说明

- 1) 通过 X 指定延时时间时，小数点指令有效。
- 2) 通过 P 指定延时时间时，忽略小数点以后的指令。
- 3) 如果前一程序段存在切削指令，则延迟指令将在程序段运行停止后开始计算延时时间。
- 4) 机床处于锁定状态时，延时指令也有效。
- 5) 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。
- 6) 暂停时间的指令值范围：X 最小值为 0，最大值 2000；P 最小值为 0，最大值 2147400。



**注意事项**

- 1) 在使用本功能时，请在 G04 指令之后发出 X 或 P 指令，以明确执行的是 X 或 P。
- 2) X 后跟的数字不能超过 2000，否则系统会报警“语法—非法数字”。

# 10 坐标系

## 10.1 坐标系概要

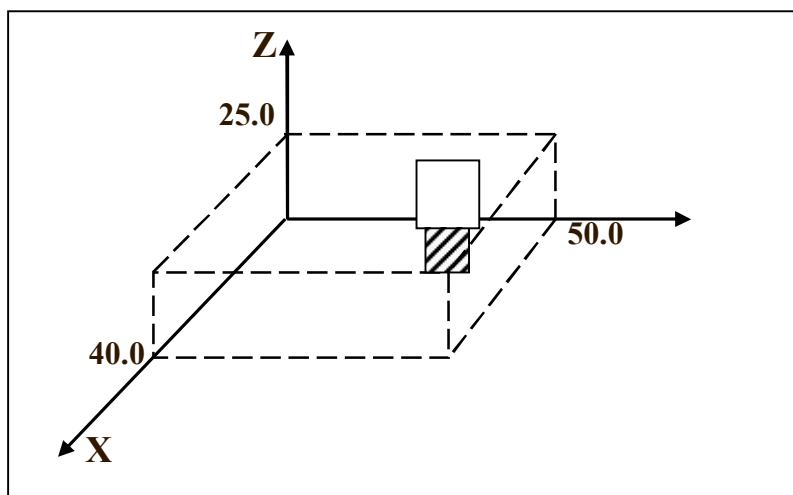


### 功能及目的

在机床加工中，给 CNC 预置一个刀具到达的位置，刀具就能移动到指定位置。而这个位置要用某一个坐标系中的坐标值来给定，坐标值由程序编制的轴指定。这样才能按程序加工出所需的工件。

当3个编程轴为X、Y 和Z 轴时，坐标值指定如下：

X\_Y\_Z\_：该指令称为尺寸字。



X40.0 Y50.0 Z25.0 指定的刀具位置



### 详细说明

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。

机床坐标系为机床固定的坐标系，表示机床固有决定的位置。

工件坐标系是程序员在编程时使用的坐标系，一般以工件上的基准点作为坐标原点。

局部坐标系是为了使部分加工程序的创建简单化，而在工件坐标系上创建的坐标系。



### 注意事项

局部坐标系(G52) 在工件坐标系1 ~ 6 所指定的坐标系上有效。

## 10.2 机床坐标系



### 功能及目的

机床零点是机床上一个固定的机械点，机床制造厂以该点作为原点建立的坐标系称为机床坐标系。

接通电源后，执行手动返回参考点来建立机床坐标系。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。



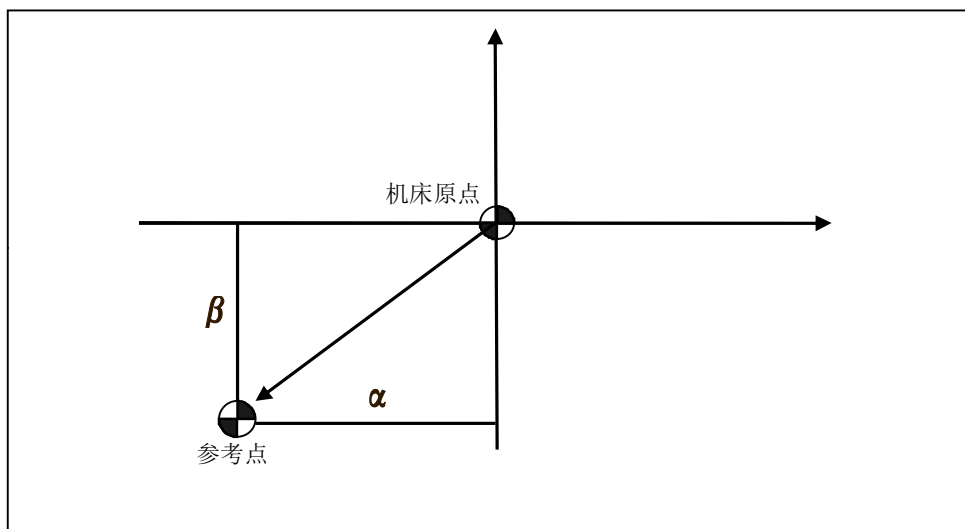
### 指令格式

G53 X\_\_ / Y\_\_ / Z\_\_ / ; 绝对尺寸（机床坐标系的目标位置）



### 详细说明

- 1) G53 为非模态指令，仅在指令机床坐标系的程序段有效。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。当指定增量值指令（G91）时，G53 指令被忽略。
- 3) 当指定 G53 指令，就清除了刀具半径补偿、刀具长度补偿、刀尖半径补偿等功能。
- 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。
- 5) 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。
- 6) 系统参考点与机床坐标系原点并不一定重合，它们之间的关系如下图所示。





## 10.3 工件坐标系



### 功能及目的

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，编程人员选择工件上的某一已知点作为工件坐标系零点位置。工件坐标系的引入是为了简化编程、减少计算。

工件坐标系的建立有三种方法：

- (1) 使用工件坐标系设定指令（G92）建立工件坐标系；
- (2) 使用工件坐标系选择指令（G54~G59）建立工件坐标系；
- (3) 使用扩展工件坐标系选择指令（G54.01~G54.60）建立工件坐标系；

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。

另外，还可通过 G10 指令对上述方式建立的工件坐标系零点予以修改，并形成新的工件坐标系。

### 10.3.1 工件坐标系设定（G92）



#### 功能及目的

G92 指令的意义就是通过刀具刀位点在工件坐标系中的坐标值，确立该工件原点的位置。故此工件坐标系的位置随执行该指令时，刀具刀位点位置变化而变化。满足正确加工的前提是，操作者必须通过对刀操作，将刀具刀位点正确设置在设定的坐标值上。



#### 指令格式

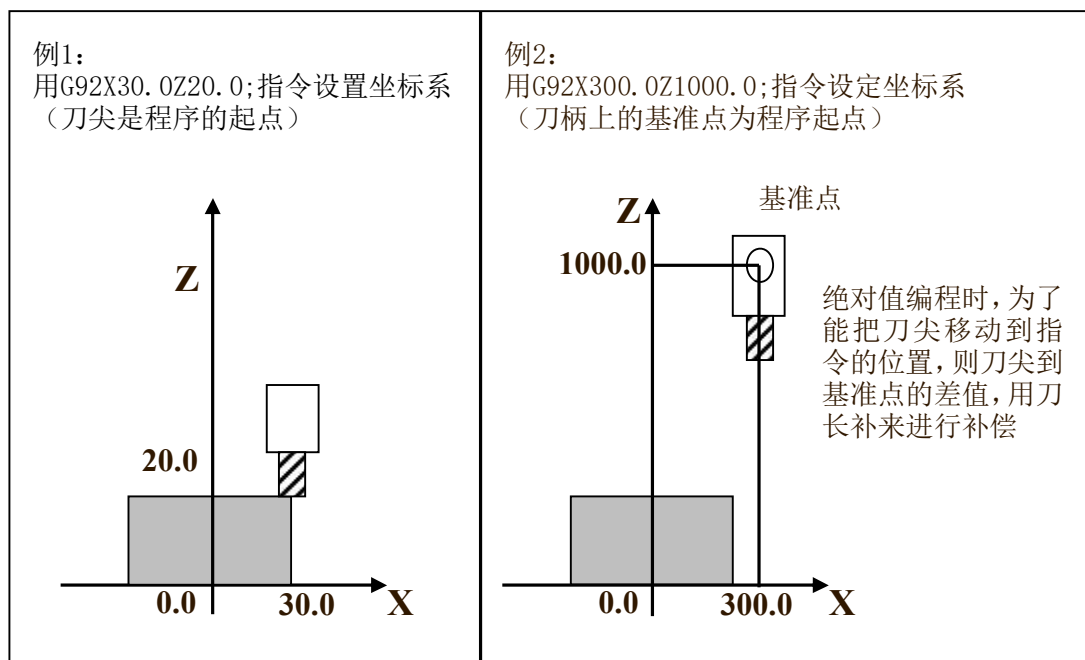
G92 IP(X···Y···Z···) \_;

参数	含义
IP	坐标系原点到刀具起点的有向距离

在执行含 G92 指令的程序前，必须进行对刀操作，确保由 G92 指令建立的工件坐标系原点的位置和编程时设定的程序原点的位置一致。



## 编程举例



## 注意事项

- 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) 在加入长度补偿完成后, 若使用 G92 指令设定坐标系, 其设定的坐标系是没有补偿前的坐标位置。但 G92 指令不得与导致长度补偿矢量变化的 G 指令同行, 例如在如下程序段中就无法运行:
  - 指定了 G43/G44 的程序段;
  - 在 G43/G44 方式中且指定了 H 代码的程序段;
  - 在 G43/G44 方式中且指定了 G49 的程序段;
  - 在 G43/G44 方式中通过 G28, G53 等暂时取消补偿矢量状态下, 且该矢量恢复程序段;

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。

### 10.3.2 工件坐标系选择 G54~G59 (G54.X)



#### 功能及目的

通过 G54~G59 六个指令可分别选择事先设置在系统中的六个标准工件坐标系。标准工件坐标系零点的设置是通过 HMI 界面人工输入完成的。



#### 详细说明

在机床控制系统中，可以用 G54~G59 指令在 6 个预设定的工件坐标系中选择当前工件坐标系。当工件尺寸很多且相对具有多个不同的标注基准时，可将其中几个基准点在机床坐标系中的坐标值通过 MDI 的方式预先输入到系统中，作为 G54~G59 的坐标原点，系统将自动记忆这些点。一旦程序执行到 G54~G59 指令之一时，则该工件坐标系原点即为当前程序原点，后续程序段中的绝对坐标均为相对此程序原点的值。

G54 工件坐标系 1	G55 工件坐标系 2
G56 工件坐标系 3	G57 工件坐标系 4
G58 工件坐标系 5	G59 工件坐标系 6



#### 编程举例

```
G54 G90 G00 X100 Y100 Z5; 定位到 G54 坐标系下 X100 Y100 Z5 位置
G55;                        ; 将 G55 设为当前坐标系
G00X30Y30;                 ; 移动到 G55 中的 X30Y30 的点
G52X45Y15;                 ; 在当前 G55 坐标系中建立局部坐标系 G52
G00G90X35Y20;              ; 移到 G52 中的 X35Y20 的点
G53X35Y35;                 ; 移到 G53 (机床坐标系) 中的 X35Y35 的点
```



#### 注意事项

- 1) 在电源接通并返回参考点之后建立工件坐标系 G54 ~ G59。
- 2) 当电源接通时自动选择 G54 坐标系。
- 3) 即使通过 G54 ~ G59、G54.X 指令进行工件坐标系切换，也不会取消指定轴刀径补偿量。
- 4) G54 ~ G59、G54.X 为模态指令。

### 10.3.3 扩展工件坐标系选择 (G54.x)



#### 功能及目的

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。



#### 指令格式

G54. X; 选择 X 号扩展工件坐标系

参数	含义
X	扩展工件坐标系索引号，范围是 1~60，共 60 个。



#### 编程举例

%1234

G54.18

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



#### 注意事项

工件坐标系一旦选择一直有效直到被另一个工件坐标系选择

在电源接通时选择标准工件坐标系 1 (G54)

G54.1 P1 附加工件坐标系 1

G54.1 P2 附加工件坐标系 2

⋮

G54.1 P60 附加工件坐标系 60

### 10.3.4 改变工件坐标系（G10）



#### 功能及目的

通常操作者可通过 HMI 界面，修改外部工件原点偏置量或工件原点偏置量，从而改变工件坐标系。而该功能可用 G10 指令，在程序中实现上述改变。详细说明参见“第 13 章可编程数据输入”



#### 指令格式

G10 L2 Pp IP\_;

参数	含义
P=0	外部工件零点偏移值
P=1 到 6	工件坐标系 1 到 6 的工件零点偏移
IP	对于绝对值指令（G90），为每个轴的工件零点移置； 对于增量值指令 G91，为每轴增加到原设定的工件零点的偏移量，两者相加的结果为新的工件零点偏移量；



#### 注意事项

当外部工件零点偏移值设定后，用 G92 设定坐标系时，该坐标系不受外部工件零点偏置值影响。例如，当指令“G92X100.0Y80.0”时，刀具当前位置为 X=100.0,Y=80.0 的坐标系被指定。

## 10.4 局部坐标系设定 (G52)



### 功能及目的

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。



### 指令格式

G52 IP\_ ; 设定局部坐标系

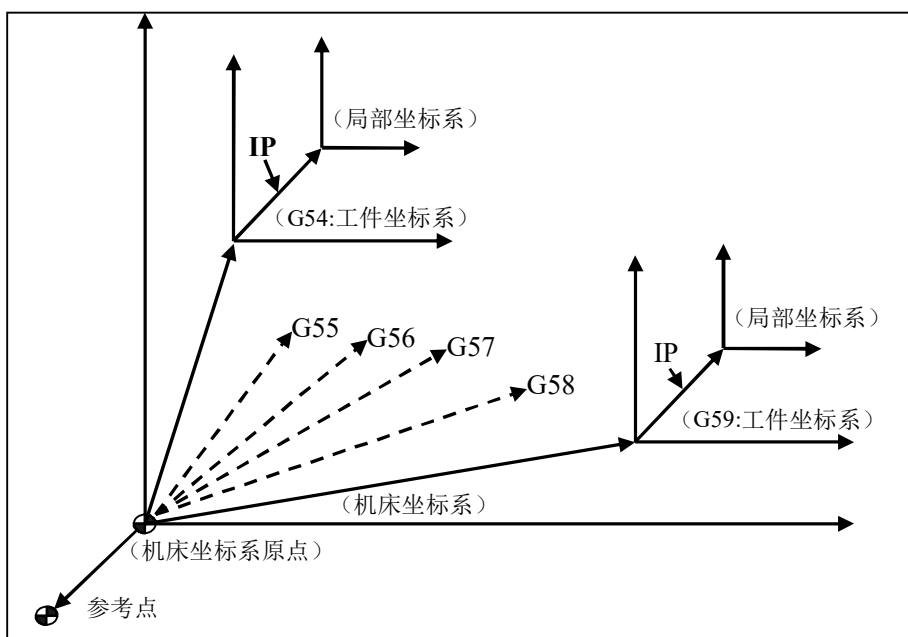
G52 IP 0 ; 取消局部坐标系

参数	含义
IP	指定局部坐标系的原点



### 详细说明

- 1) 使用 G52 IP\_ ; 指令，可在所有的工件坐标系内设定局部坐标系。其中 IP 值为工件坐标系的坐标位置，且工件坐标系中该位置为局部坐标系的原点位置。
- 2) 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；
- 3) 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。



局部坐标系图

**编程举例**

%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 ; 在所有工件坐标基础上建立局部坐标系, 局部坐标系原点为 (30, 30)

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

G52 XOYO ; 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

**注意事项**

- 1) 当轴用手动返回参考点功能返回参考点时, 该轴的局部坐标系零点与工件坐标系的零点一致。与发出下面指令的结果是一样的 G52 a 0。 (a: 返回参考点的轴)
- 2) 局部坐标系设定不改变工件坐标系和机床坐标系。
- 3) 当用 G92 指令设定工件坐标系时, 如果不是指令所有轴的坐标值话, 未指定坐标值的轴的局部坐标系不取消, 而保持不变。
- 4) G52 暂时清除刀具半径补偿中的偏置。
- 5) 在 G52 程序段以后, 立即以绝对值方式指定运动指令。

## 10.5 坐标平面选择 (G17, G18, G19)



### 功能及目的

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) 等操作中加工平面的选择。



### 详细说明

G 代码	平面	X	Y	Z
G17	XY 平面	X 轴或它的 平行轴	Y 轴或它的 平行轴	Z 轴或它的 平行轴
G18	ZX 平面			
G19	YZ 平面			

- 由 G17, G18 或 G19 指令的程序段中出现的轴地址, 决定 X、Y、Z;
- 当在 G17, G18 或 G19 程序段中省略轴地址时认为是基本 3 轴地址被省略;
- 在 G17, G18, G19 不指定在程序段中时, 平面维持不变;
- 移动指令与平面选择无关;
- 参数 No:000012 用于设定刀具长度补偿轴;



### 编程举例

G17 X\_Y\_ ; XY 平面

G18 X\_Z\_ ; XZ 平面

G19 Y\_Z\_ ; YZ 平面

X\_Y\_ ; 不改变 YZ 平面

G17 ; XY 平面

G18 ; XZ 平面

G18 Y\_ ; XZ 平面 Y 轴移动与平面没有任何关系



### 注意事项

G17、G18、G19 为模态功能, 可相互注销, 上电缺省模态为 G17。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。



## 10.6 机床原点与第 2、第 3、第 4、第 5 参考点



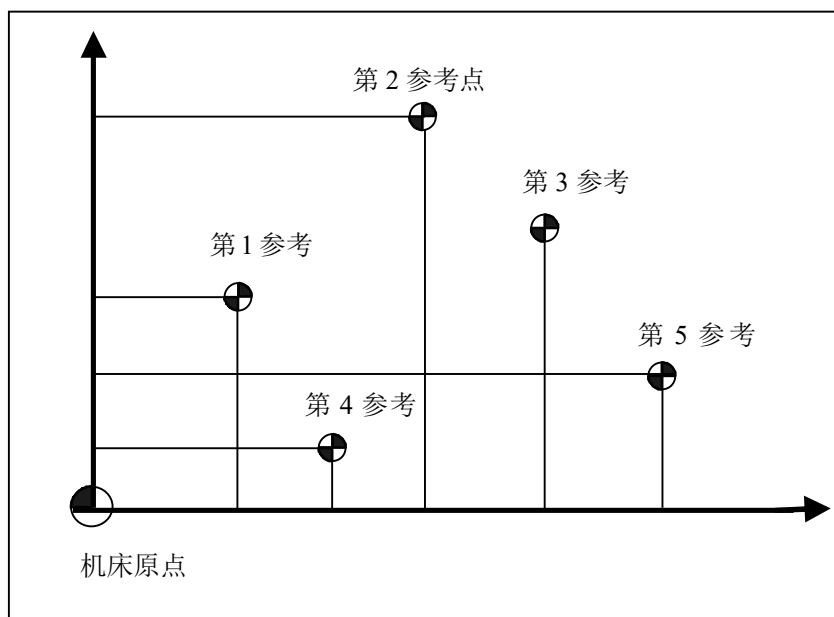
### 功能及目的

机床上有一个固定的机械点，可作为该机床的基准点，该点称为机床原点，它的位置由回零档块或光栅零点决定。机床原点是基本机械坐标系的基准点，是参考点返回确定的机械固有的点，利用返回参考点功能能准确将刀具移动到设定的固定位置。第 1、第 2、第 3、第 4、第 5 参考点，是根据基本机械坐标系的原点，用参数中的坐标值预先设定的位置点。

本系统中第 1 参考点通常设置为 0。第 2、第 3、第 4、第 5 参考点通常被用于换刀动作的各个缓冲点及换刀点，从而实现正确的换刀动作等。因此当参数中第 2、3、4、5 参考点参数值设定好之后请勿随意修改，否则可能出现无法换刀、换刀动作错误或发生危险的情况。

第 2、3、4、5 参考点参数值通过参数设定，该值根据各机床所配刀库样式或机床厂家需求来设定，通常情况下机床出厂前就已设定完成。

以轴 0 为例，通过在坐标轴参数（100017、100021 到 100024）中设定的坐标值，最多可以指定机床坐标系的 5 个参考点。



## 10.7 参考点返回 (G28/G29)



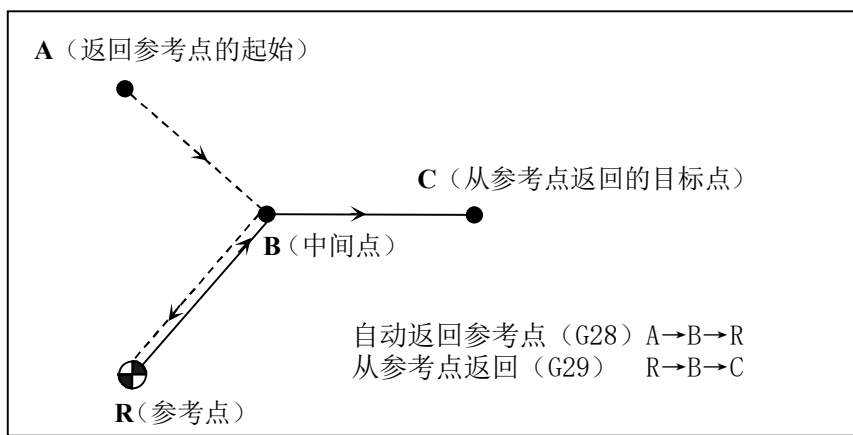
## 功能及目的

自动返回参考点，可校正机床位置，使加工或换刀等操作位置一致。

自动返回参考点 (G28) 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。

从参考点返回 (G29) 时，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：



(注 1) 从参考点返回 (G29) 的移动，只在 M 系列上有效。



## 指令格式

G28 IP<sub>n</sub>; 返回第 n 参考点 (自动返回参考点)

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。

(注 1) 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，只有指定了中间点的轴才移动，未指定中间点的轴不移动。

G29 IP<sub>n</sub>; 从参考点返回

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。

(注 1) 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。



## 详细说明

参数配置：

G29 相关参数如下（仅列出通道 0 参数）

参数号	参数说明
040112	G28 中间点单次有效

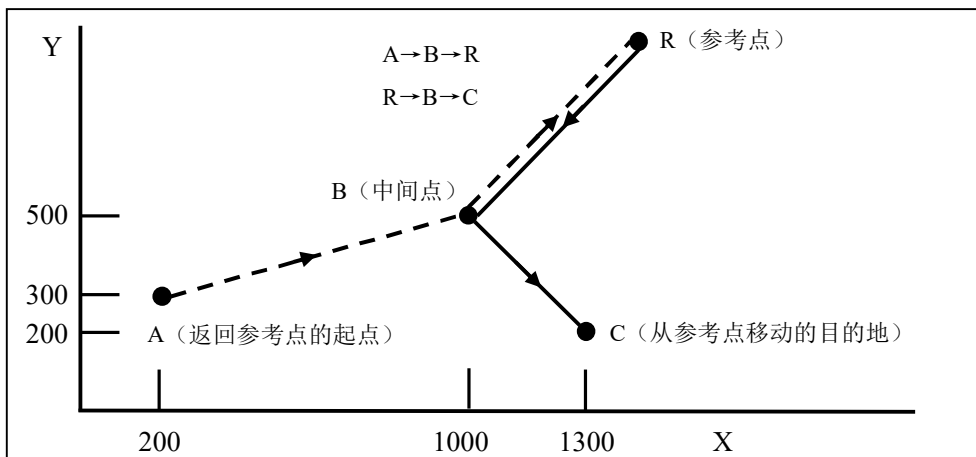
040112：该参数用于设置 G28 指令中间点在之后的加工代码中是多次有效还是只能单次有效，如果设置为多次有效则 G29 可以多次返回 G28 指令设置的中间点，如果设置为单次有效则只对 G28 指令之后出现的第一个 G29 生效。

0：G28 中间点多次有效。

1：G28 中间点单次有效。



## 编程举例



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

T6M06 ; 在参考点换刀

G29 X1300.0 Y200.0 ; 从参考点 R 经过中间点 B，移动到由 G29 指定的 C

M30 ; 程序结束

## 10.8 返回 2、3、4、5 参考点 (G30)



## 功能及目的

通过发出 G30 P2 (P3 P4 P5) 指令, 可返回至第 2, 第 3, 第 4 或第 5 参考点 (原点) 位置。



## 指令格式

返回第 2、第 3、第 4、第 5 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。



## 详细说明

参数配置:

精确返回参考点使能

对于 G28、G30 返回参考点, 通过参数可以设置其返回参考点方式为精确返回, 在此模式下, G28、G30 返回参考点时均需要找零脉冲位置。默认 G28、G30 返回参考点采取普通返回方式, 不需要找零脉冲, 相关的参数为 0。当需要回参考点精度很高时, 请采取精确返回参考点方式, 设置相应的参数值为 1。

精确返回参考点使能相关参数如下 (仅列出通道 0 参数):

参数号	参数说明
040110	G28 搜索 Z 脉冲使能
040111	G28/G30 定位快移选择

**040110:** 该参数用于设置 G28 指令回参考点时是否搜索 Z 脉冲, G28 搜索 Z 脉冲使能仅针对增量式电机, 绝对式电机此参数必须设置为 0, 增量式电机设 0, 1 皆可。

0: 不搜索 Z 脉冲。

1: 搜索 Z 脉冲。

**040111:** 该参数用于设置 G28/G30 以 G01 的速度移动到机床参考点后是否以 G00 快移速度回到机床零点。

0: 以 G01 的速度回到机床零点。

1: 以 G00 的速度回到机床零点。



### 注意事项

- 1) G28/G29/G30 不能取消刀具长度补偿和刀具半径补偿。
- 2) 执行 G28/G30 指令时，刀具在从起始点到达中间点的过程段中，完成刀具半径补偿的取消；从中间点到达参考点的过程中，无刀具半径补偿。执行 G29 指令时，刀具在从参考点到达中间点的过程中，无刀具半径补偿；从中间点到达目标点的过程段中，完成刀具半径补偿的恢复。
- 3) 刀具长度补偿中 G28/G30 指定的中间点会与长度补偿累加计算，最后要返回的参考点则不会与长度补偿累加。当执行 G28/G30 指令后是否会恢复刀具长度补偿则由 NC 参数 000014 决定。

NC 参数 000014 参数说明如下：

参数号	参数说明
000014	G53/G28 后是否恢复刀长补

该参数用于设定执行 G53 指令后是否自动恢复刀具长度补偿功能。

0: 执行 G53 指令后不会自动恢复刀具长度补偿功能。

1: 执行 G53 指令后自动恢复刀具长度补偿功能。

注：G30 与 G28 相同。

- 4) 刀具长度补偿中 G29 指定的目标点和之前 G28 或 G30 储存的中间点是否会与长度补偿累加计算则与 NC 参数 000014 和 G28/G30 指令在 G43 之前还是之后有关。

参数为 0，G28 指令在 G43 之前时，G29 运行的中间点和目标点会与刀长补累加；

参数为 1，G28 指令无论是在 G43 之前还是之后时，G29 运行的中间点和目标点都会与刀长补累加；

- 5) G28、G30、G29 执行时以各轴的 G00 快速移动速度或 G01 的速度进行参考点或中间点的位置，且可用快移修调开关或进给修调开关控制。
- 6) G28/G30 返回参考点时先以 G01 的速度运行到中间点，再以 G0 的速度回到参考点。回参考点的速度可以由通道参数 040111 来设置（以通道 0 为例）。
- 7) G29 从参考点返回时先以 G0 的速度运行到中间点，再以 G01 的速度运行到目标点。
- 8) 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。

# 11 插补功能

## 11.1 定位 (G00)



### 功能及目的

通过本指令机床可快速、精确移动到目标点位置，其移动轨迹可由参数设定为直线或非直线两种路径。



### 指令格式

G00 X\_\_Y\_\_Z\_\_α\_\_ ; (α 为辅助轴)

参数	含义
X, Y, Z, α	表示坐标值，此时随着 G90/G91 的状态表现为绝对位置或是增量位置

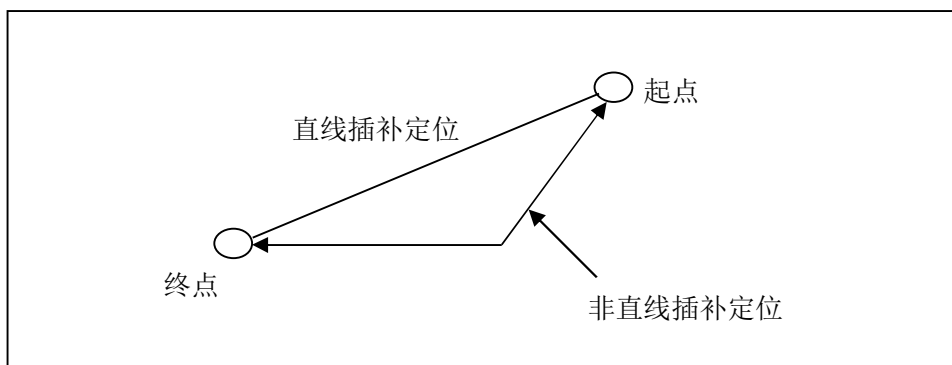


### 详细说明

- (1) G00 为模态指令，是 G 指令代码中的 01 组指令，G00 指令编程中可缩写为 G0。
- (2) G00 被指定后，在被同组 G 代码（即 01 组的 G01、G02、G03、G32）替换前，一直保持有效，此后只需指令坐标地址即可。
- (3) 用参数【G00 插补使能】（参数 000013），可以指定两种刀具轨迹：
  - a) 非直线插补快速移动定位：
 

当参数设为 0 时，刀具分别以每轴的快移速度移动，从当前位置快速移动到程序段指令的定位目标。
  - b) 直线插补快速移动定位：
 

当参数设为 1 时，刀具轨迹与直线插补 G01 相同。刀具移动路径为连接起点与终点的最短的路径，在指定的各轴速度不超过其快移进给速度的范围内，自动计算定位速度，以确保分配时间最短。

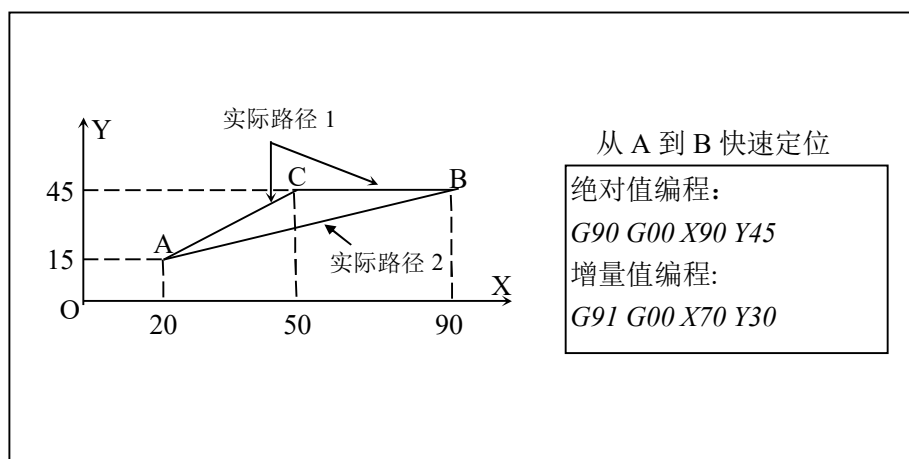


- (4) G00 指令中的最大快移速度由轴参数【最大快移速度】（100034 轴 0）/（101034 轴 1）/（102034 轴 2）等，分别对应各轴设定，不能用 F 指定。  
（注 1）最大快移速度参数值不能大于电机最大转速\*丝杆螺距。
- (5) 程序运行中，G00 的快移速度，受系统操作面板上的快移速度倍率控制。
- (6) G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。在由 G00 启动的定位方式中，刀具在程序段起点加速至事先确定的速度，并在接近目标位置的地方减速，在确定到位之后，执行下一程序段。
- (7) G00 快速定位允许误差，由系统参数（100060 轴 0）/（101060 轴 1）/（102060 轴 2）等分别设定（系统 010166 号参数“准停检测最大时间”设定快速定位（G00）到某点后检测坐标轴定位允差的最大时间）



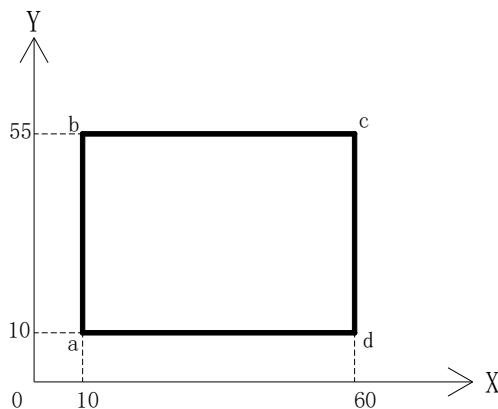
### 编程举例

例 1：如下图所示，使用 G00 编程：要求刀具从 A 点快速定位到 B 点。



- (1) 在采用非直线插补方式下，当 X 轴和 Y 轴的快进速度相同时，从 A 点到 B 点的快速定位路线为 A—C—B；
- (2) 在采用直线插补方式下，当 X 轴和 Y 轴的快进速度相同时，从 A 点到 B 点的快速定位路线为 A—B；

例 2：如下图所示，使用 G00 指令编程， $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ （起点在原点  $X0, Y0$ ）。



加工路径	绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
快速定位到 a 点	G90G00X10Y10	G91G00X10Y10	(X10、Y10)
a→b	Y55	Y45	(X10、Y55)
b→c	X60	X50	(X60、Y55)
c→d	Y10	Y-45	(X60、Y10)



#### 注意事项

- 1) 快移速度可由面板上的快移修调旋钮修正。
- 2) G 指令后面没有数值，系统报警“语法——非法符号”。



## 11.2 单方向定位 (G60)



### 功能及目的

该功能使机床的每一次定位运动都沿一个方向实现，可达到消除机床反向间隙，实现精准定位的要求。



### 指令格式

G60 X\_\_Y\_\_Z\_\_α\_\_ ; (α 为辅助轴)

参数	含义
X, Y, Z, α	表示坐标值，此时随着 G90/G91 的状态表现为绝对位置或增量位置

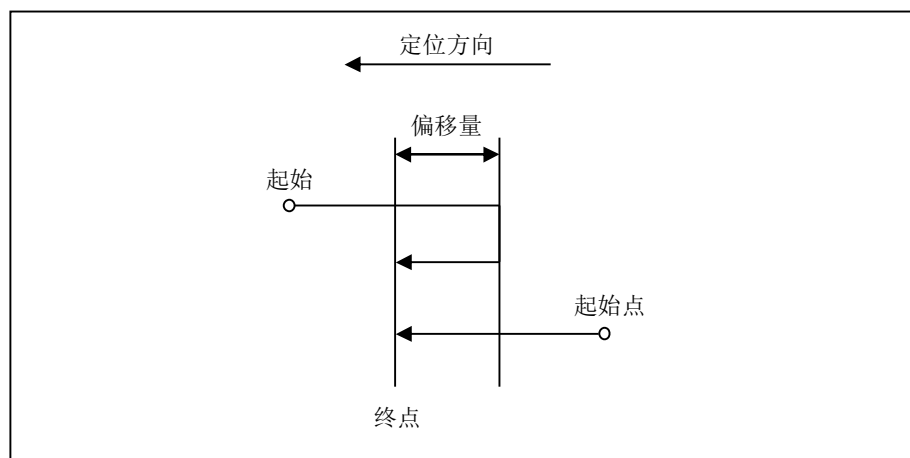


### 详细说明

- 1) G60 为非模态指令，是 G 指令代码中的 00 组指令，仅当前行使用有效。
- 2) 系统运行 G60 指令时，是以 G00 快移指令速度执行的。
- 3) 运行 G60 指令时，通过下述参数设定偏置量和偏移方向。其中正负确定偏移方向

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

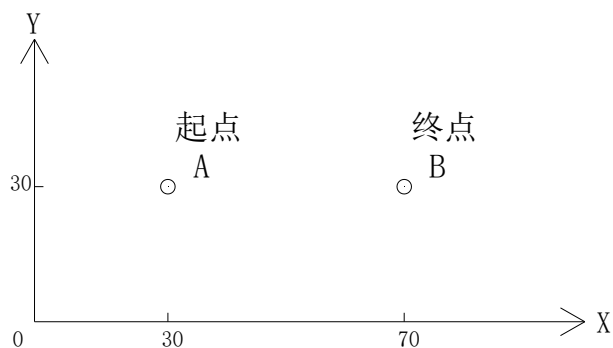
- 4) 为了消除反向间隙的影响，可以指令轴沿一个方向实现定位。如下图所示，当运动方向与定位方向一致时，按常规的方式定位；当运动方向与定位方向不一致时，先沿运动方向多移动一个偏移量，再沿定位方向移动一个偏移距离，到达定位终点。





## 编程举例

使用单向定位从 A→B (参数 100030 值为-10)



编程指令	指令坐标
N1 G54	
N2 GOX30Y30	N2 (X30、Y30)
N3 G60X70	N3 (X80、Y30) → (X70、Y30)
N4 M30	



## 注意事项

- 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。

### 11.3 直线插补 (G01)



#### 功能及目的

该指令通过坐标与进给速度指令的组合，以地址 F 中所指定的速度，将刀具从当前点直线移动（插补）到坐标地址所指定的目标点。此时，地址 F 所指定的进给速度始终为刀具中心运动方向的线速度。



#### 指令格式

G01 X\_\_Y\_\_Z\_\_α\_\_F\_\_；（α 为辅助轴）

参数	含义
X, Y, Z, α	表示坐标值，此时随着 G90/G91 的状态表现为绝对位置或是增量位置
F	进给速度。（mm/min 或是° /min）



#### 详细说明

- (1) G01 为模态指令，是 G 指令代码中的 01 组指令，可由 G00、G02、G03 或 G32 功能指令注销，G01 指令编程中可缩写为 G1。
- (2) G01 指令中刀具以联动的方式，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。
- (3) F 指定的进给速度，直到新的值被指定之前，一直有效。因此，不需要每程序段都指定。
- (4) G01 最大加工速度由系统轴参数【最高加工速度】（100035 轴 0）/（101035 轴 1）/（102035 轴 2）等，分别对应各轴设定，当编程指定 F 进给速度大于轴参数设定的最大加工速度时，系统以轴参数设定的最大加工速度执行。  
（注 1）最高加工速度参数值不能大于电机最大转速\*丝杆螺距
- (5) 程序运行中，G01 加工速度受系统操作面上的速度倍率修调控制
- (6) G01 指令后未指定 F 进给速度时，当以 G94 每分钟进给编程时，系统以 040030 号参数“通道缺省进给速度（mm/min）”设定的进给速度执行。当以 G95 每转进给编程时，系统以 040044 号参数“通道缺省转进给速度（mm/r）”设定进给速度执行。

(7) 沿各轴各方向的速度如下:

G91 G01 X $\alpha$  Y $\beta$  Z $\gamma$  F $f$ ;

X 轴向的速度  $F\alpha = \alpha \times f/L$ ;

Y 轴向的速度  $F\beta = \beta \times f/L$ ;

Z 轴向的速度  $F\gamma = \gamma \times f/L$ ;

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

对于旋转轴来说, 其进给速度由线速度来指定。

(8) 直线插补直线轴  $\alpha$  (如 X, 单位 mm) 和旋转轴  $\beta$  (如 C, 单位 deg) 时,  $\alpha$ 、 $\beta$  笛卡尔坐标系中的切线速度为  $F$  (mm/min) 所指令的速度。 $\beta$  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。

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。

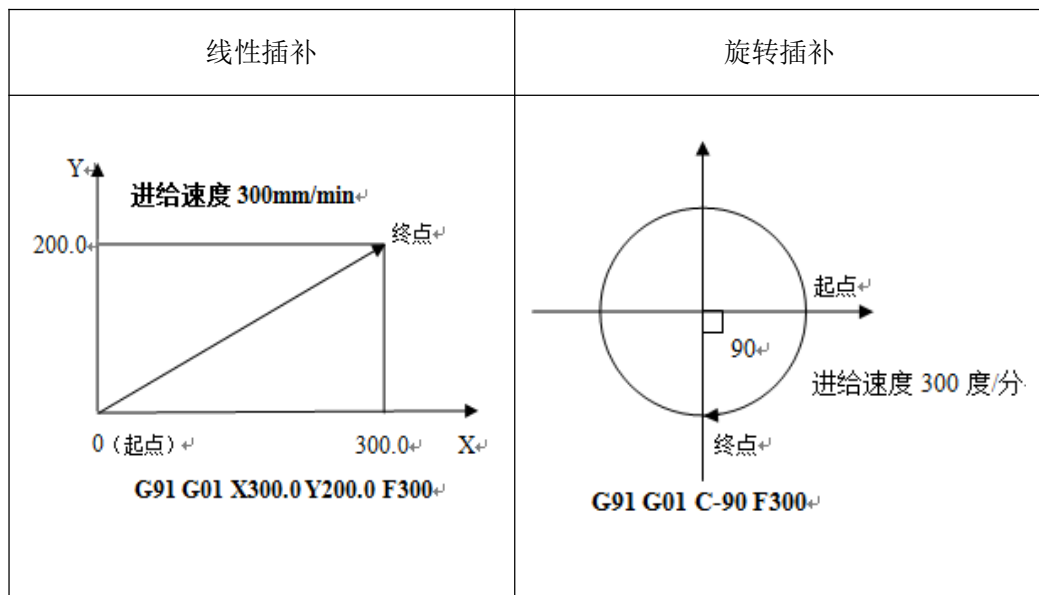
分配所需时间为:

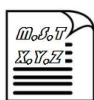
$$\frac{\sqrt{20^2 + 40^2}}{300} \approx 0.14907\text{min}$$

C 轴的速度为:

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

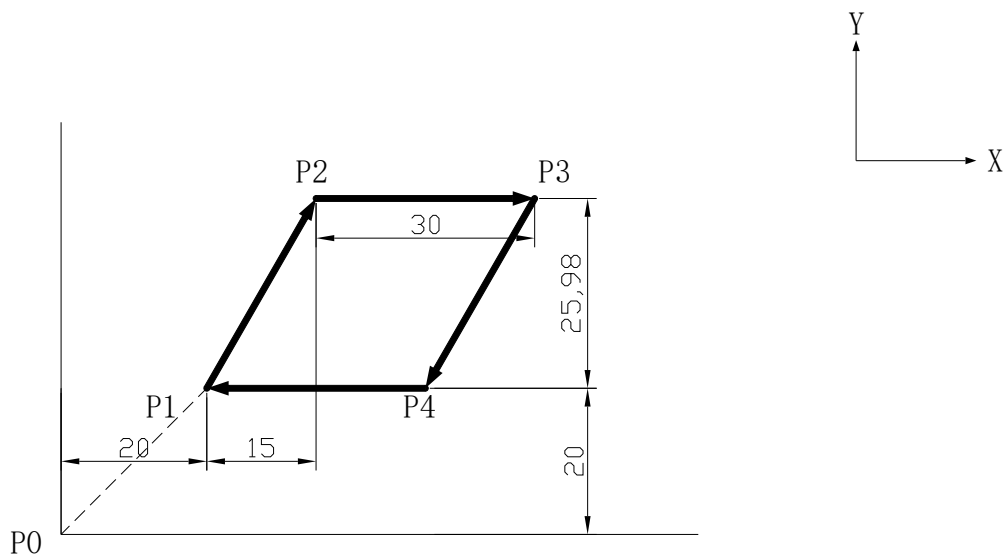
(9) 线性插补及旋转插补的运行轨迹如下:





## 编程举例

如下图编辑以进给速度 600mm/min 切削 P1→P2→P3→P4；P0→P1 为刀具快速定位



加工路径	绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
定位	G54G0X0Y0	G54G0X0Y0	(X0、Y0)
P0→P1	X20Y20	G91X20Y20	(X20、Y20)
P1→P2	G1X35Y45.98F600	G1X15Y25.8F600	(X35、Y45.98)
P2→P3	X65	X30	(X65、Y45.98)
P3→P4	X50Y20	X-15Y-25.98	(X50、Y20)
P4→P1	X20	X-30	(X20、Y20)
程序结束	M30	M30	

## 11.4 圆弧插补 (G02/G03)



## 功能及目的

通过该指令，刀具在指定平面（G17、G18、G19）内，沿指定圆弧方向运行到终点。



## 指令格式

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X - Y \left\{ \begin{matrix} I - J - \\ R - \end{matrix} \right\} F - \quad \text{XY 平面圆弧插补}$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X - Z \left\{ \begin{matrix} I - K - \\ R - \end{matrix} \right\} F - \quad \text{ZX 平面圆弧插补}$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} Y - Z \left\{ \begin{matrix} J - K - \\ R - \end{matrix} \right\} F - \quad \text{YZ 平面圆弧插补}$$

参数	含义
G02	顺时针圆弧插补
G03	逆时针圆弧插补
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
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



## 详细说明

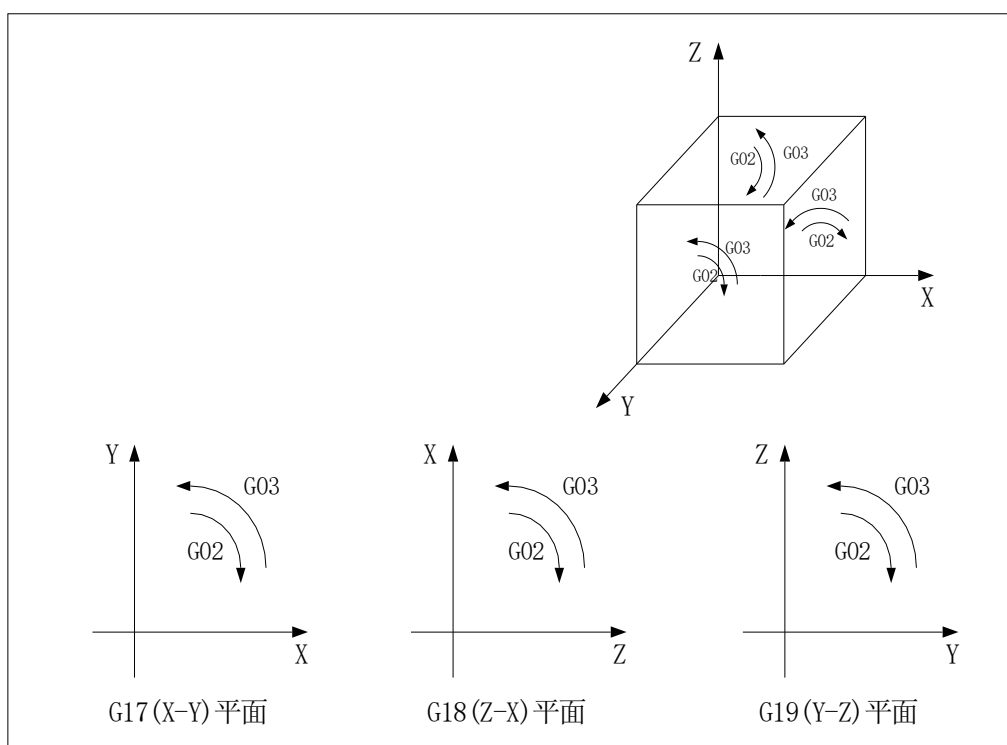
### 1) 圆弧指令说明

G02/G03 为模态指令，是 G 代码中的 01 组指令，G02/G03 指令编程时可缩写为 G2/G3。

### 2) 圆弧插补方向

各平面中圆弧插补方向的定义：在直角坐标系中，从第 3 轴的正向往负向看，圆弧运动方向与顺时针方向一致时为顺圆插补方向，圆弧运动方向与逆时针方向一致时为逆圆插补方向。

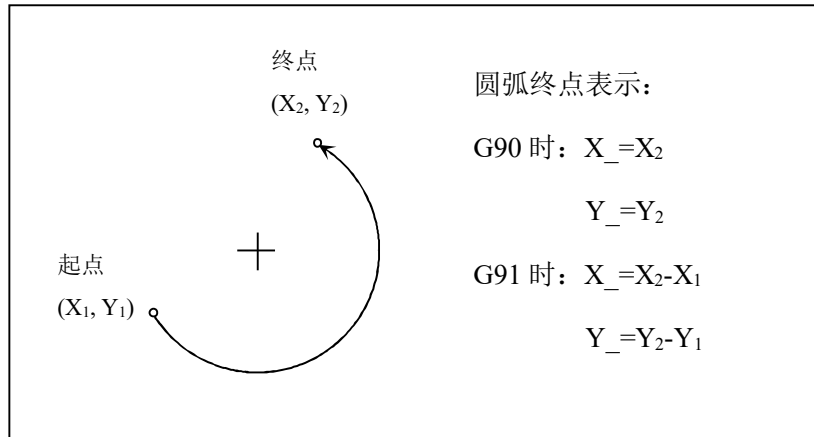
XY 平面第 3 轴为 Z 轴，ZX 平面第 3 轴为 Y 轴，YZ 平面第 3 轴为 X 轴，顺时针与逆时针方向的定义如下图所示：



### 3) 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：



#### 4) UVW 增量编程

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。(使用前提是 UVW 轴没有被指定为运行轴)

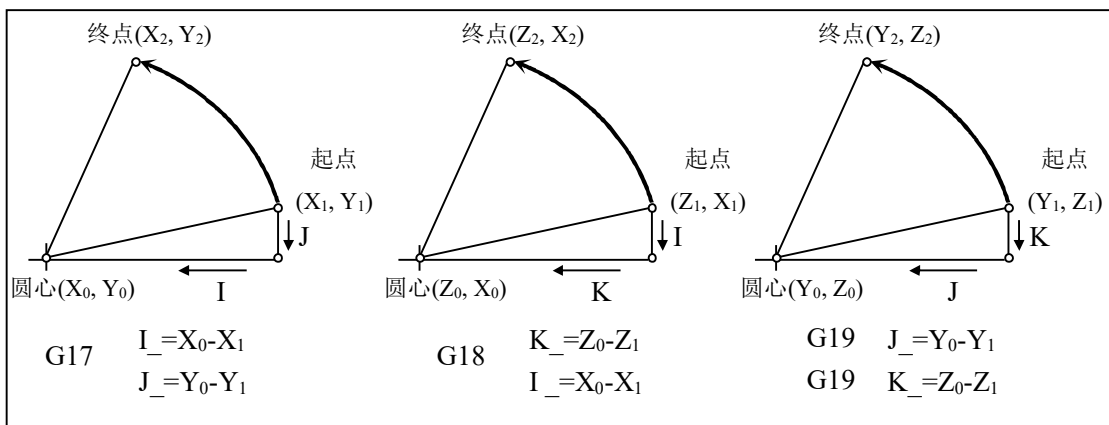
#### 5) 圆弧中心 IJK 定义

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



#### 6) 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。



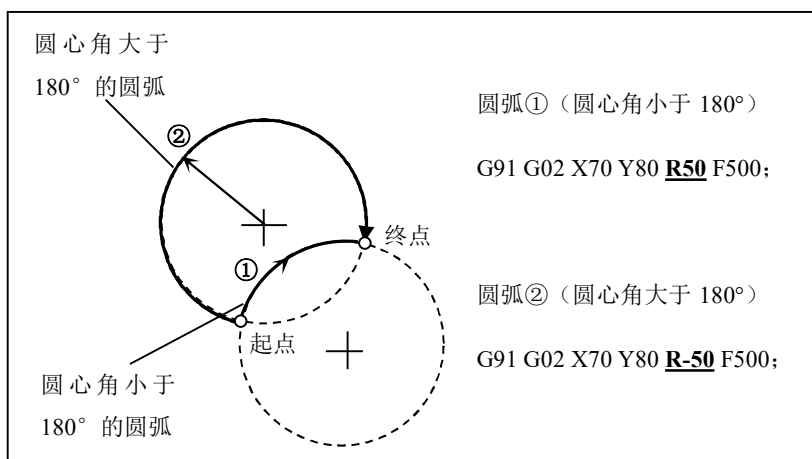
## 7) 半圆编程

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。

a) 中心角小于 $180^\circ$  的圆弧;

b) 中心角大于 $180^\circ$  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



### 参数设定

#### (1) 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。

参数 010098 号【G02/G03 缺省参数时是否转换 G01】设为 1 时, 程序 G02/G03 指令中未指定圆弧半径时, 该程序段以 G01 指令执行。

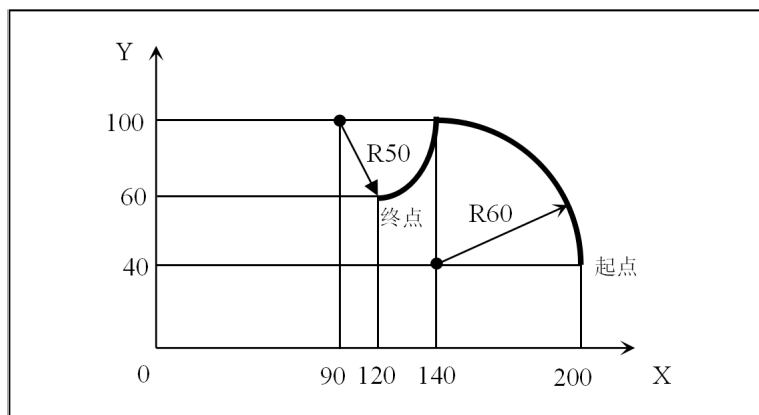


### 注意事项

- 1) 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。
- 2) 如果指定不在平面内的轴就会产生报警。
- 3) 当圆弧为半圆或中心角接近 $180^\circ$ 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圆弧中心点计算误差。对于半圆或中心角接近 $180^\circ$ 度的圆弧, 应该用 I, J, K 来指定圆弧中心。



**编程举例**



如上图所示的刀具轨迹编程如下：

使用 R 编程方式		
绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
G54 G0 X200.0 Y40.0 ;	G54 G0 X200.0 Y40.0;	(X200、Y40)
G90 G03 X140.0 Y100.0 R60.0 F3000 ;	G91 G03 X-60.0 Y60.0 R60.0 F3000 ;	(X140、Y100)
G02 X120.0 Y60.0 R50.0;	G02 X-20.0 Y-40.0 R50.0;	(X120、Y60)
使用 I、J、K 编程方式		
绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
G54 G0 X200.0 Y40.0;	G54 G0 X200.0 Y40.0;	(X200、Y40)
G90 G03 X140.0 Y100.0 I-60.0 F3000;	G91 G03 X-60.0 Y60.0 I-60.0 F3000;	(X140、Y100)
G02 X120.0 Y60.0 I-50.0;	G02 X-20 Y-40 I-50.0	(X120、Y60)

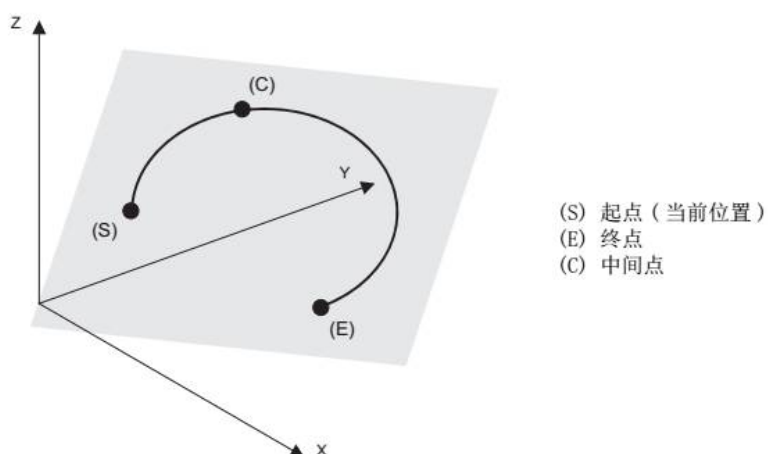
## 11.5 三维圆弧插补 (G02.4/G03.4)



## 功能及目的

要在三维空间上进行圆弧指令，除需要指定除起点（当前位置）及终点以外，还需指定圆弧上任意一点（中间点），根据三维空间上指定的 3 点（起点、中间点、终点），可以加工定义的圆弧形状。

目前该系统暂未开通此指令。



## 指令格式

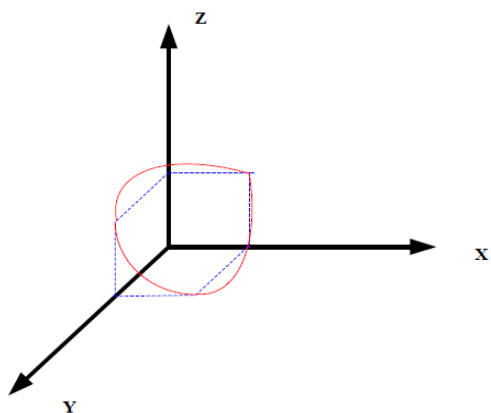
G02.4/G03.4 X\_\_Y\_\_Z\_\_I\_\_J\_\_K\_\_F\_\_；（ $\alpha$  为辅助轴）

参数	含义
X, Y, Z, $\alpha$	表示坐标值，此时随着 G90/G91 的状态表现为绝对位置或是增量位置
I, J, K	指定空间圆弧中间点坐标
F	进给速度。（mm/min）



## 编程举例

加工如下所示三段空间圆弧



```
%877
G90 X80 Y0 Z80
F2000
G64
G03.4 X80 Y-80 Z0 I88 J0 K0
      X0 Y-80 Z80 I32 J-74 K32
      X80 Y0 Z80 I0 J0 K88
M30
```



## 注意事项

- 1) IJK 指定中间点坐标，无论是 G90 还是 G91 方式，均指定从起点到终点的有向距离。
- 2) G02.4 和 G03.4 指令相同，无法指定旋转方向。
- 3) 当圆弧起点，中间点及终点其中任意两点重合或三点处于同一直线，系统将产生报警。
- 4) 使用三维圆弧补偿时，请取消刀具半径补偿等补偿功能。
- 5) 三维圆弧插补指令不能指定整圆（起点和终点一致），若要指定整圆，可将整圆分为几段，然后分段指令。

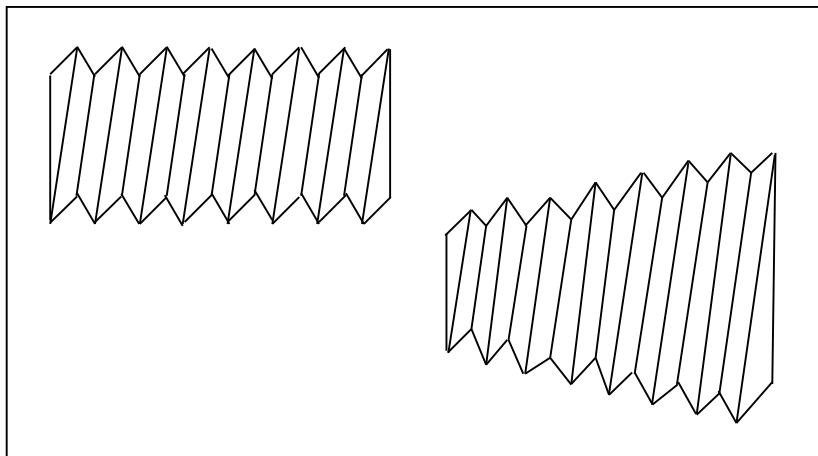
## 11.6 螺纹加工指令 (G32) (T)



### 功能及目的

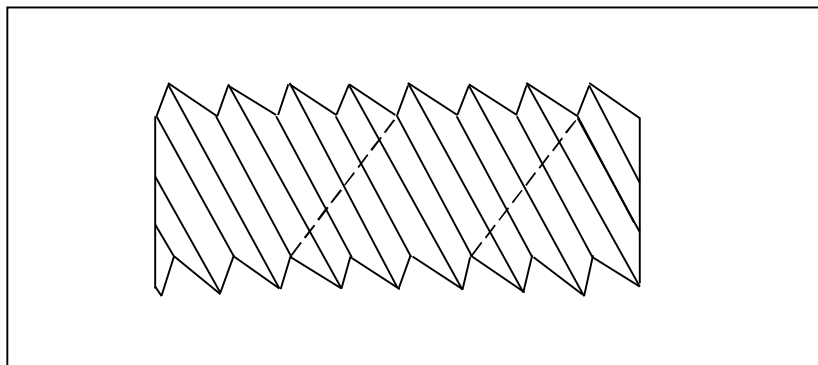
主轴旋转的同时刀具进给运行，这样可以加工出不同种类的螺纹，如变螺距螺纹、多头螺纹等。如下图所示：

#### 1. 等螺距单头螺纹：



#### 2. 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。





## 指令格式

G32 X(U)\_Z(W)\_F\_P\_R\_E\_

参数	含义
X Z	螺纹终点坐标 (G90) 螺纹切削终点相对螺纹切削起点的增量值 (G91)
UW	螺纹切削终点相对螺纹切削起点的增量值
F	螺纹导程, 单头螺纹时为螺纹螺距 (长轴方向上投影距离)
P	螺纹起始点角度
R	Z 方向螺纹退尾量, 增量指定, 可省略
E	X 方向螺纹退尾量, 增量半径值指定, 可省略



## 详细说明

螺纹退尾量为螺纹不完整牙型部分的尺寸, 普通螺纹退尾长度 (轴向尺寸) 一般为 1~2 倍螺距, 径向长度应为螺纹牙高尺寸。

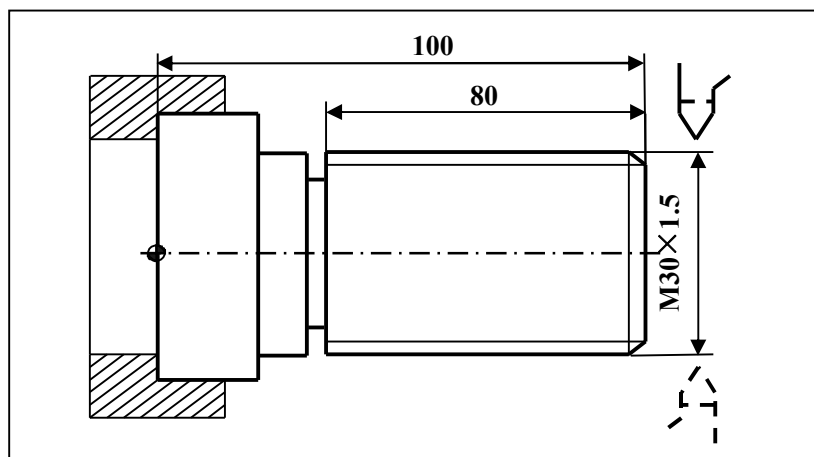
加工螺纹退尾时, R 指令 Z 轴方向退尾加工移动距离, E 指令 X 轴方向退尾加工移动距离 (半径)。两者的比例关系确定退尾的角度。

R、E 值的正负, 影响螺纹退尾的加工方向。螺纹退尾加工方向, 应与螺纹 (完整牙型) 加工方向一致, 否则会损伤完整螺纹牙型。



## 编程举例

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



### 注意事项

- 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, 执行第一个非螺纹切削后刀具停止。
- 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;

## 11.7 螺旋插补 (G02/G03)



## 功能及目的

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。可以用该功能实现螺纹的铣削加工、型腔类零件的破孔加工等。



## 指令格式

$$G17 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X\_Y\_Z\_ \begin{cases} I\_J\_ \\ R\_ \end{cases} L\_F\_ \quad \text{XY 平面圆弧插补}$$

$$G18 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X\_Z\_Y\_ \begin{cases} I\_K\_ \\ R\_ \end{cases} L\_F\_ \quad \text{ZX 平面圆弧插补}$$

$$G19 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} Y\_Z\_X\_ \begin{cases} J\_K\_ \\ R\_ \end{cases} L\_F\_ \quad \text{YZ 平面圆弧插补}$$

参数	含义
G02	顺时针圆弧插补
G03	逆时针圆弧插补
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
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 平面时为螺旋旋转一周的高度增减量
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）





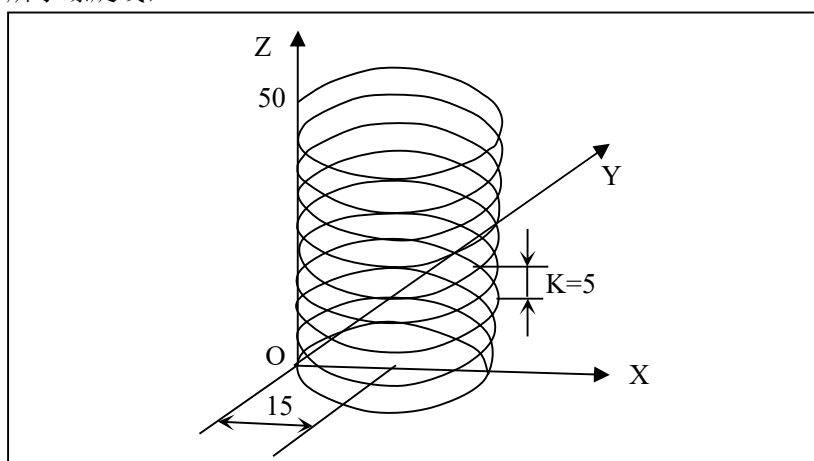
### 详细说明

- 1) 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。
- 2) 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 度的圆弧，此时系统报警。



### 编程举例

加工如下所示螺旋线，



使用 R 编程方式		
绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
G54 G0 X30 Y0 Z0;	G54 G0 X30 Y0 Z0;	(X30、Y0、Z0)
G90 G03 X0 Y0 Z50 R15 L10 F3500	G91 G03 X-30 Y0 Z50 R15 L10 F3500	(X0、Y0、Z50)
M30	M30	
使用 I、J、K 编程方式		
绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
G54 G0 X30 Y0 Z0;	G54 G0 X30 Y0 Z0;	(X30、Y0、Z0)
G90 G03 X0 Y0 Z50 I-15 J0 K0 L10 F3500	G91 G03 X-30 Y0 Z50 I-15 J0 K0 L10 F3500	(X0、Y0、Z50)
M30	M30	

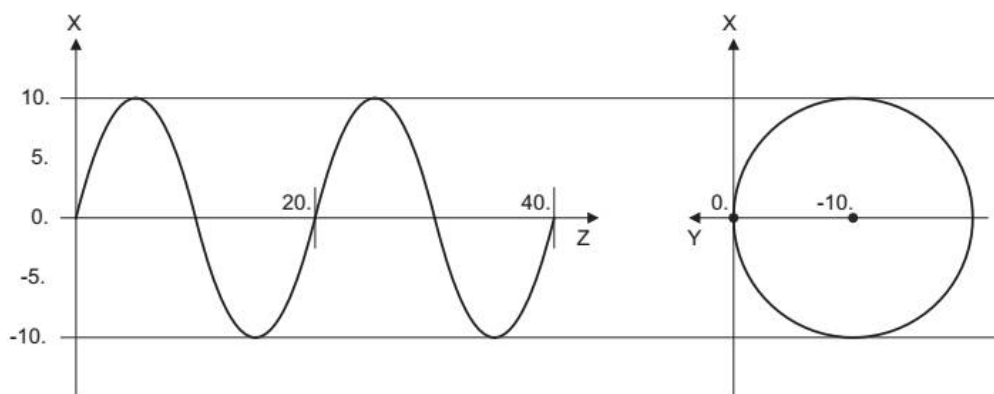
## 11.8 虚轴指定及正弦线插补 (G07)



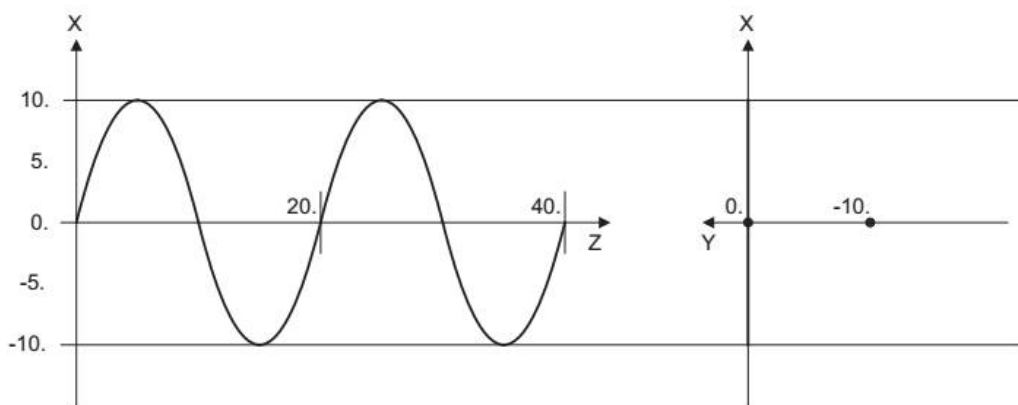
## 功能及目的

若指令中某轴被指定为虚轴，则该轴只参与插补运算，但不运动。如指定螺旋插补中某 1 轴作为虚轴（无实际移动的轴），其运行轨迹为：垂直与虚轴平面上螺旋线插补的投影轨迹。该运行轨迹对应的即为正弦线或余弦线（SIN 插补或 COS 插补）。

## 通常的螺旋插补



## 虚拟轴中的螺旋插补 (Y 轴为虚轴)



## 指令格式

G07 a0 (a1) ;

参数	含义
a 0	虚拟轴插补模式开启
a 1	虚拟轴插补模式关闭
a	为虚拟轴的轴名称



### 详细说明

- 1) 在“G07 α 0 ;” — “G07 α 1 ;” 间，α 轴为虚拟轴。
- 2) 进行虚拟轴设定的轴指定可适用于 NC 轴的所有轴。
- 3) 也可设定多个虚拟轴。
- 4) 如果进行除了虚拟轴插补模式开启 (0) /取消 (1) 以外的其它指令，则将视为取消 (1)。但是，指定虚拟轴，不指定数值时，视为开启模式 (0)。



### 编程举例

N01 G07 Y0 ;	将 Y 轴作为虚拟轴。
N02 G17 G02 X0 Y0 Z40 I0 J-10 L2 F50	在 XZ 平面中进行 SIN 插补。
N03 G07 Y1 ;	将 Y 轴恢复为实际轴。



### 注意事项

- 1) 可以在虚拟轴插补中使用的插补功能有螺旋插补和涡旋插补。
- 2) 在高速高精控制 (G05.1Q1/G05.1Q2/G05.1Q3) 指令时，需取消虚拟轴插补。
- 3) 自动运行时虚拟轴插补有效，手动运行时无效。手轮插补时虚拟轴插补也有效。
- 4) 虽虚拟轴的移动指令被忽略。但分配进给速度时，对虚拟轴的分配与实际轴相同。
- 5) 虚拟轴插补过程中再次进行虚拟轴设定，也不会发生错误，虚拟轴的效果继续保持。
- 6) 虚拟轴的取消时，不影响非虚拟轴的轴的使用状态。
- 7) 如果进行复位，则虚拟轴被取消。

## 11.9 极坐标插补指令 (G12/G13)

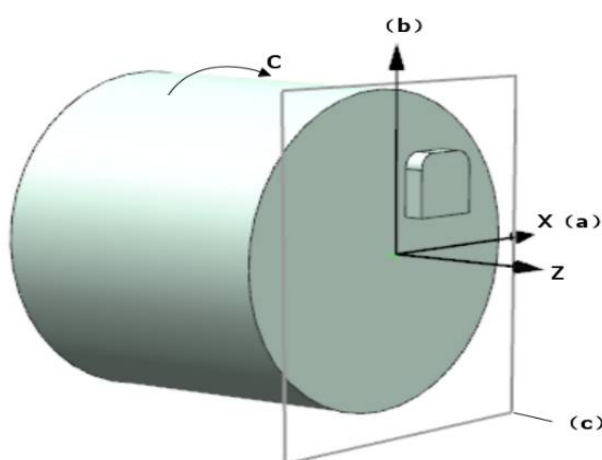


### 功能及目的

极坐标插补是一种轮廓控制功能，其将直角坐标系内的编程指令位置，转换为直线轴移动（刀具移动）和旋转轴的移动（工件的旋转）。可实现在选择平面上（极坐标插补平面）编程，而完成旋转工件端面轮廓的铣削或磨削加工。

极坐标插补模式下，可指令直线插补、圆弧插补，可使用绝对指令、增量指令，直径编程、半径编程，刀具半径和长度补偿（其按补偿后的轨迹进行极坐标插补）。

该功能常用于有动力头刀具的车削中心。



(a)直线轴

(b)旋转轴(假想轴)

(c)极坐标插补平面(G17 平面)



### 指令格式

G12 ;

G13 ;

参数	含义
G12	开启极坐标插补功能
G13	取消极坐标插补功能



## 详细说明

### 1) 极坐标插补平面

极坐标插补平面是以直线轴作为平面第一直角轴,与直线轴正交的的假想轴作为平面第二轴,2 个正交轴组成的平面为极坐标插补平面,极坐标插补在此平面上执行。且在极坐标插补中,将工件坐标系原点作为坐标系原点。

### 2) 极坐标插补参数设定

极坐标插补的直线轴、旋转轴和假想轴需要事先在参数中设定,相关参数如下:

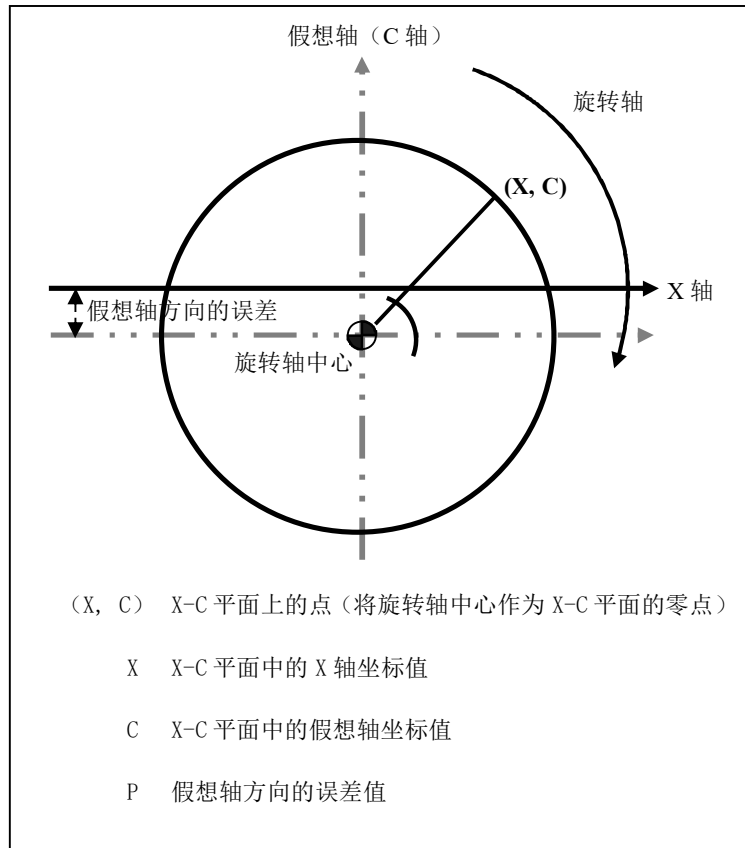
参数名	参数号	参数说明	默认值
通道 参数 CH0	Parm040095	极坐标插补直线轴轴号	0 (X 轴)
	Parm040096	极坐标插补旋转轴轴号	5 (C 轴)
	Parm040097	极坐标插补假想轴轴号	1 (Y 轴)

通过上述参数确定了极坐标插补坐标系的直线轴和假想轴,其中直线轴作为极坐标插补坐标系的横轴,假想轴作为纵轴。在直线轴和假想轴构成的执行平面中,对应的圆弧插补地址字见下表:

Parm040095 参数设定值	极坐标插补直线轴轴名	执行平面	定义圆弧地址字
0	X	G17	I、J、R
1	Y	G18	J、K、R
2	Z	G19	I、K、R

### 3) 假想轴偏心补偿

平面第 1 轴自旋转轴中心在假想轴方向上存在误差时,即旋转轴中心不在 X 轴上,可通过该功能进行补偿,系统在计算误差后再进行极坐标插补。开通该功能将通道参数中的 Parm040099 参数设定为测量误差值即可。

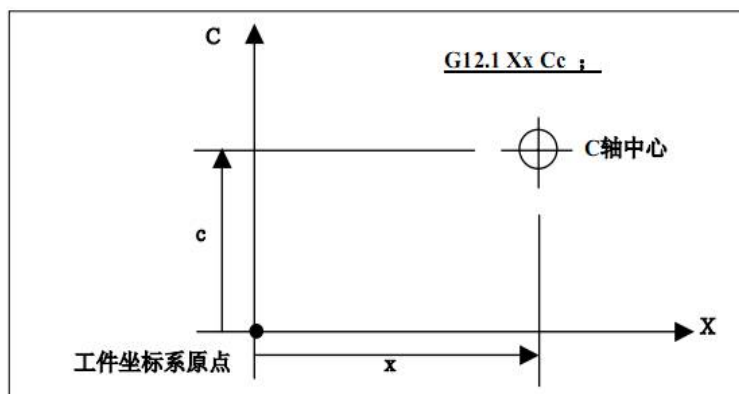


#### 4) 极坐标插补中的坐标系偏移

在极坐标插补方式中，可以采用下面格式将工件坐标系平移。

G12 X\_C\_; (用于 X 轴和 C 轴的极坐标插补)  
 G12 Y\_A\_; (用于 Y 轴和 A 轴的极坐标插补)  
 G12 Z\_B\_; (用于 Z 轴和 B 轴的极坐标插补)

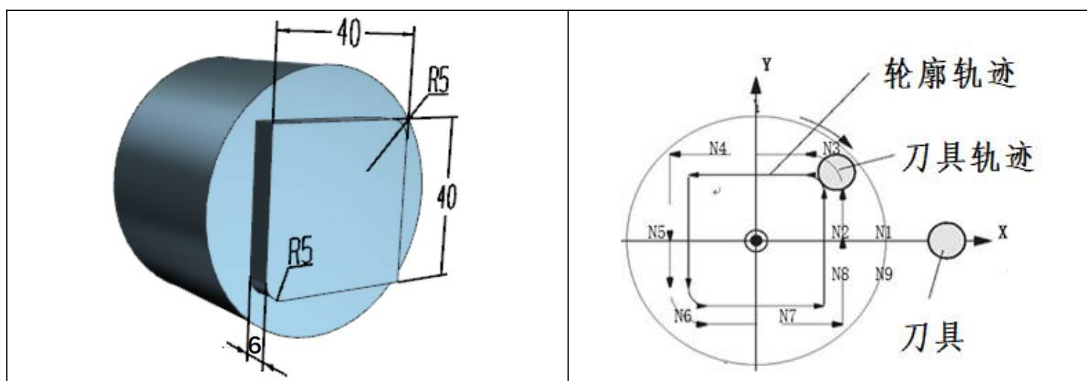
其中 X-C(Y-A, Z-B) 来指定各轴坐标插补平面内旋转轴 C (A、B) 中心位置距离工件坐标系原点的坐标值 (见下图)





编程举例

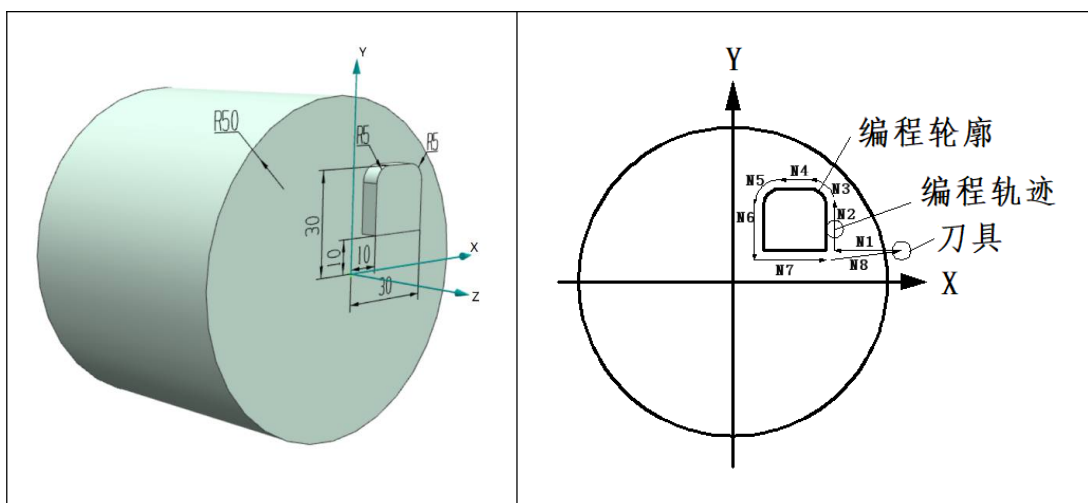
例 1：端面轮廓铣削



```

%1234
G54
T0101 ; 工件坐标系建在毛坯右端面回转中心，端面铣刀 φ10
G108 ; 主轴速度模式切换为位置模式
M103 S1=2000 ; 刀具正转
G37 ; 半径编程
G0X45Z50C0
G0Z-5
G12X0C0
G42D1G01X40F500 (D1=5)
N1 G1X20
N2 C10
N3 G3X10 C20 R10
N4 G1X-20
N5 C-10
N6 G3X-10 C-20 I10 J0
N7 G1X20
N8 C0
N9 G40X40
G13
G0Z10
G109
G0X120
M105
M30
    
```

例 2：端面轮廓铣削



```

%1234
G54
T0101          ; 工件坐标系建在毛坯右端面回转中心，端面铣刀 φ6
G108          ; 主轴速度模式切换为位置模式
M103 S1=2000  ; 刀具正转
G37          ; 半径编程
G0X52Z50C0
G0 Z-5
G12X0C0
G1X50C10F500
N1 G42D1G01X30C10 (D1=3)
N2 G1C25
N3 G03X25C30R5
N4 G1X15
N5 G03X10C25R5
N6 C10
N7 X30
N8 G40X50
G13
G0Z10
G109          ; 主轴位置模式切换为速度模式
G0X52
M105          ; 刀具停转
M30
    
```



注意事项

应该在进入极坐标插补方式前，取消刀具半径补偿和刀具长度补偿，并在极坐标插补方式内指定刀具补偿。

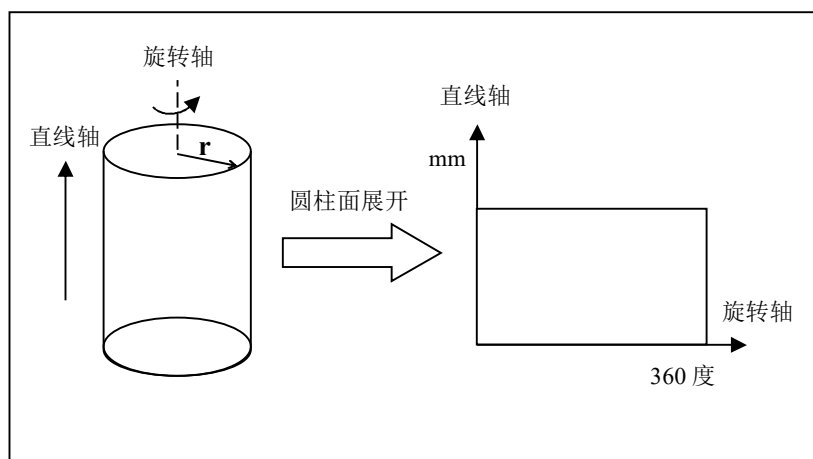


## 11.10 圆柱面插补 (G07.1)



## 功能及目的

本功能将圆筒侧面的形状（圆筒坐标系上的形状）展开为平面，以展开后的形状作为平面坐标发出程序指令，然后在执行机械加工时，转换为圆筒坐标的直线轴与旋转轴的移动，执行轮廓控制。



## 指令格式

G07.1 RC=r ; 圆柱面插补开始 (r:圆柱体半径)

.....

G07.1 RC=0 ; 圆柱面插补结束



## 详细说明

## 圆弧插补

在圆柱面插补平面内进行圆弧插补 (G02, G03), 根据圆柱插补平行轴确定坐标系平面。

Parm040092 = 0	将 X 轴设置为圆柱面插补平面的横轴	X-C 平面 (G17) 指定 G02、G03, 使用 I、J、R 编程
Parm040092 = 1	将 Y 轴设置为圆柱面插补平面的横轴	Y-C 平面 (G19) 指定 G02、G03, 使用 J、K、R 编程
Parm040092 = 2	将 Z 轴设置为圆柱面插补平面的横轴	Z-C 平面 (G18) 指定 G02、G03, 使用 I、K、R 编程

## 补偿

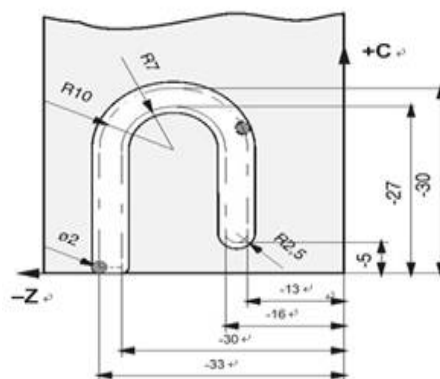
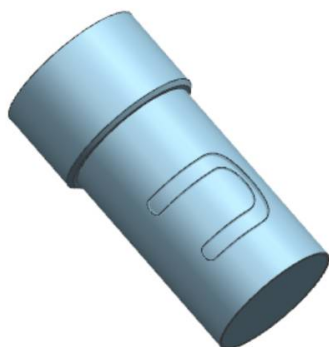
应该在进入圆柱面插补方式前取消刀具半径补偿和刀具长度补偿，并在圆柱面插补方式内指定刀具补偿。

## 相关参数

参数名	参数号	默认值	参数说明
通道 参数 (CH0)	Parm040090	5 (C 轴)	圆柱插补旋转轴轴号
	Parm040091	2 (Z 轴)	圆柱插补直线轴轴号
	Parm040092	1 (Y 轴)	圆柱插补平行轴轴号



## 编程举例



例 1: 轮廓铣削

G54

T0101 ; 径向端面铣刀 $\phi 2$ , 工件  $\phi 30$

G108

G19 ; 选择平面

M103 S1=1000 ; 第二主轴正转, 刀具旋转方向与刀架有关

G0X50C0

G0 Z-31.5

G07.1RC=15

G95 G1 X29 F0.08

G42D1 G1 C1.5 Z-33

G1C20

G2C20Z-13R10

G1 C6.5

G2 C6.5Z-16R1.5

G1 C20

G3 C20Z-30R7

G1 C0 Z-33

G40 C1.5 Z-31.5

G0 X32

G0 Z10

G07.1 RC=0;取消

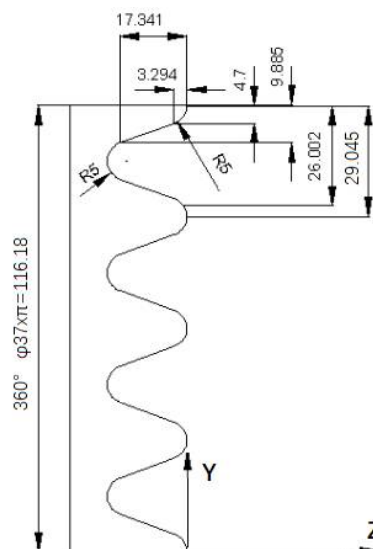
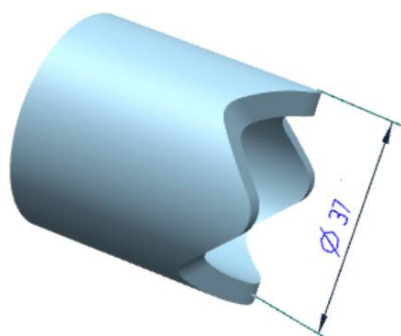
G109 G18

G0X150 Z150

M105

M30

例 2： 铣削轮廓



```

%1234
G54
T0101 ;径向端面铣刀φ4,工件 φ37
G108
G94
G19 ;选择平面
M103 S1=1000
G0X50C0
G0 Z50
G07.1 RC=18.5
G0Z5
M98P1L4
G90
G07.1 RC=0;取消
G109
G18
GOX100 Z100
M105
M30
    
```

```

%1
G91
G42 D1G1Z-5COF100
G3 C-14.564Z-3.294 R5
G1 C-16.006Z-14.047
G2 C-29.128 R5
G1 C-16.006 Z14.047
G3 C-14.564 Z3.294 R5
G40G1 Z5
M99
    
```

## 11.11 极坐标指令 (G15/G16)



### 功能及目的

当加工零件的图纸使用角度和半径标注时，采用极坐标的“极径”和“极角”对程序各终点位置进行定义，可极大简化编程计算。

在极坐标系指定平面内，极轴沿逆时针方向运动为极角的正方向，沿顺时针方向运动为极角的负方向。

在绝对指令/增量指令 (G90、G91) 下都可以指定“极径”和“极角”。



### 指令格式

G17 (或 G18/G19)；

G16 ；

G90 X- Y- (或 G91 X- Y-)；

G15；

指定极坐标系所在平面	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
指定极坐标系的原点	G90	指定工件坐标系零点 (或局部坐标系零点) 为极坐标系原点 (极点)
	G91	指定当前位置作为极坐标系原点 (极点)
G16		极坐标编程指令开始
G15		极坐标编程指令结束
指定极径	X	绝对编程时：从工件坐标系零点 (或局部坐标系零点) 测量的极径
		增量编程时：从当前点测量的极径
指定极角	Y	绝对编程时：以工件零点为极点，测量的极角
		增量编程时：以当前点为极点，测量的极角



### 详细说明

#### 1) 极坐标系原点设置

极坐标系原点设置有两种方式：

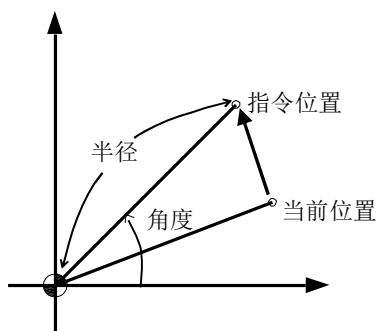
- (1) 当极坐标指令编程时，程序段中以绝对方式 (G90) 定义极径，则此时极坐标原点为工件原点或局部坐标系原点。
- (2) 当极坐标指令编程时，程序段中以增量方式 (G91) 定义极径，则此时极坐标原点为当前点。

## 2) 极坐标指令位置

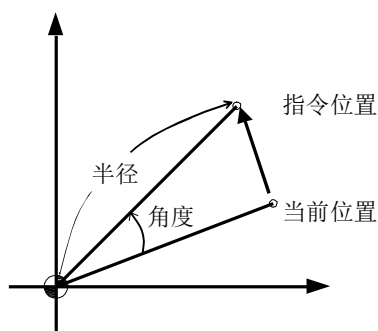
### (1) 工件坐标系原点为极坐标中心时

通过绝对值指令半径，工件坐标系的原点为极坐标中心。

只是在使用局部坐标系（G52）时，局部坐标系的原点为极坐标的中心。



角度为绝对值指令时

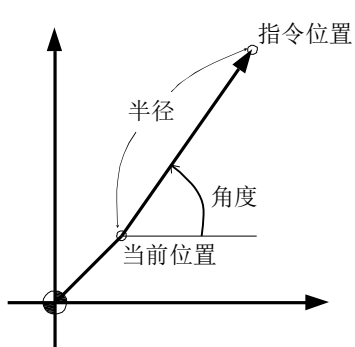


角度为增量值指令时

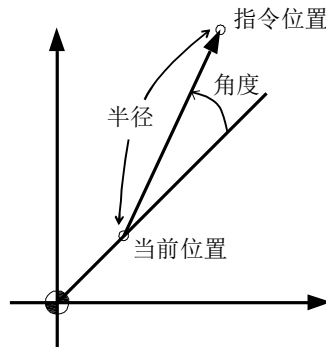
工件坐标系原点为极坐标中心时的指令位置

### (2) 当前位置为极坐标系中心时

通过增量值指令半径，当前位置作为极坐标中心。



角度为绝对值指令时

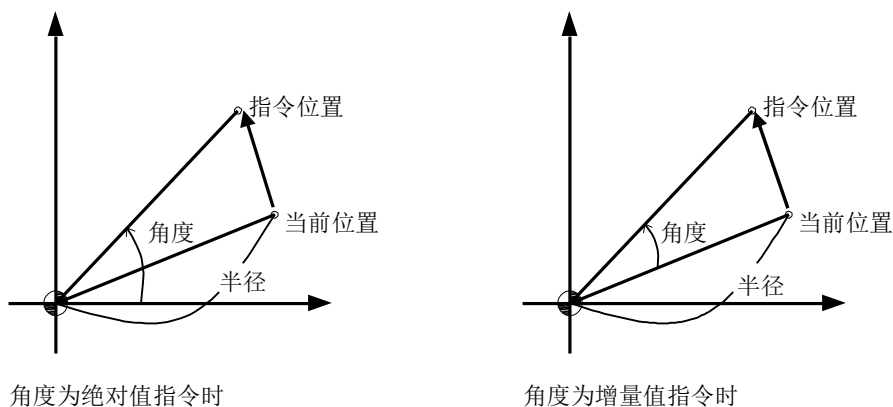


角度为增量值指令时

当前位置为极坐标中心时的指令位置

### (3) 忽略半径指令时

忽略半径指令，工件坐标系原点为极坐标中心，从极坐标中心到当前位置的距离为半径，只作为局部坐标系（G52）使用时，局部坐标原点为极坐标中心。



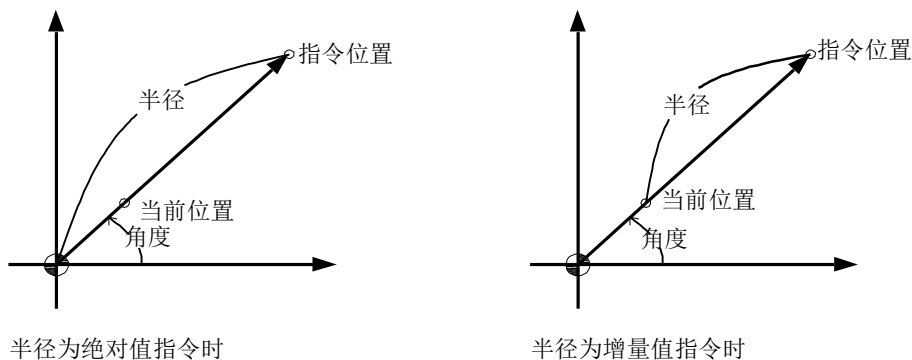
忽略半径指令时的指令位置

(4) 忽略角度指令时

忽略角度指令，工件坐标系当前位置的角度为角度指令。

通过绝对值指令半径时，工件坐标系原点为极坐标中心。只是在使用局部坐标系 (G52) 时，局部坐标系原点为极坐标中心。

并且，通过增量值指定半径时，当前位置为极坐标中心。

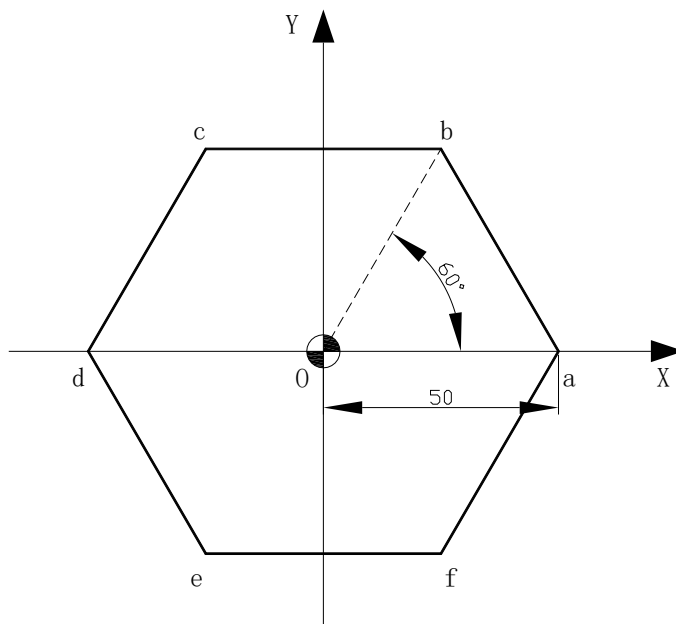


忽略角度指令时的指令位置



## 编程举例

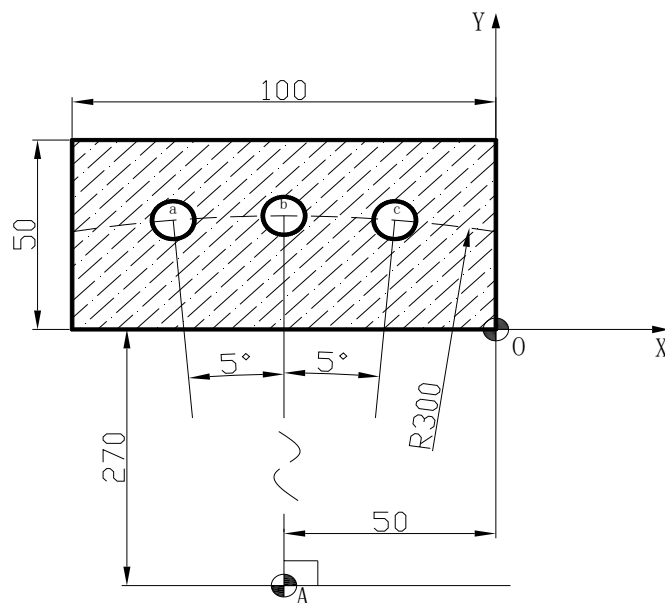
例 1: 用极坐标编程, 铣削一个六边形, 工件原点设在六边形的中心 (如下图), 加工路径为  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$ 。



加工路径	绝对值编程	增量值编程	程序指令位置
定位到 a 点	G54G0X50Y0	G54G0X50Y0	(X50、Y0)
极坐标指令开始	G17G90G16	G17G90G16	(X50、Y0)
a→b	G1X50Y60F120	G1X50Y60F600	(X25、Y43.3)
b→c	Y120	G91Y60	(X-25、Y43.3)
c→d	Y180	Y60	(X-50、Y0)
d→e	Y240	Y60	(X-25、Y-43.3)
e→f	Y300	Y60	(X25、Y-43.3)
f→a	Y360	Y60	(X50、Y0)
极坐标指令关闭	G15	G15	(X50、Y0)
程序结束	M30	M30	

例 2：如下图，使用极坐标编程在工件上钻 3 个直径为 10mm 的孔。

（工件坐标系零点为 0，极坐标旋转极点 A 在机床工作平台外）



加工路径	绝对值编程	增量值编程	程序指令位置(X、Y、Z)
定位到零点上方	G54G0X50Y0Z30	G54G0X50Y0Z30	(50、0、30)
建立 G52 局部坐标系	G52X-50Y-270	G52X-50Y-270	(50、270、Z30)
极坐标指令开始	G17G90G16	G17G90G16	(50、270、Z30)
在平面 c 点处钻孔	G82X300Y85Z-10R5 F100	G82X300Y85Z-10R5 F100	(26.147, 298.858, -10)
在平面 b 点处钻孔	Y90	G91Y5	(0, 300, -10)
在平面 a 点处钻孔	Y95	Y5	(-26.147, 298.858, -10)
极坐标指令关闭	G15	G15	(-26.147, 298.858, 30)
取消局部坐标系	G52X0Y0	G52X0Y0	(-76.147, 28.858, 30)
程序结束	M30	M30	



**注意事项**

- 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和半径 R；
- 3) 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中心；用增量方式指定半径，设置当前位置为极坐标中心。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中心。

## 11.12 NURBS 样条插补



### 功能及目的

本功能只需指定在曲线/曲面加工中所使用的 NURBS (non-uniform rational B-spline) 曲线 (阶数/权重/节点/控制点)，即可实现 NURBS 曲线加工，而不替换微小线段。

NURBS 插补时是以指令速度进行插补，但在曲率大的位置，将限制为不超过机床容许加速度的速度。



### 指令格式

NURBS P\_ K\_ X\_ Y\_ Z\_ W\_ F\_ E\_ ;

参数	含义
P	NURBS 曲线的阶数，只支持 3 次样条，P 为 4
K	节点
X, Y, Z	控制点坐标值。
W	加权
F	进给速度
E	第二进给进给速度



### 详细说明

#### 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

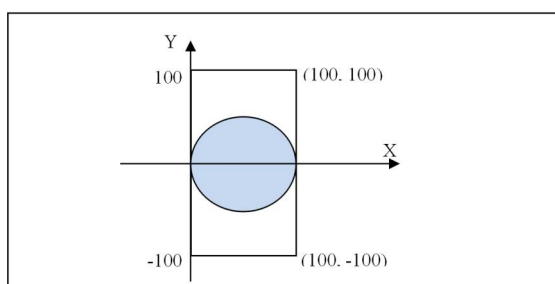
### 说明

- 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。



### 编程举例

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
```

### 11.13 HSPLINE 样条插补



#### 功能及目的

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



#### 指令格式

HSPLINE P\_X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_W\_F\_ ;

参数	含义
P	HSPLINE 样条曲线的次数
X, Y, Z	控制点坐标值
I, J, K	控制点矢量
W	加权
F	Hermite 曲线阶数



#### 详细说明

##### 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

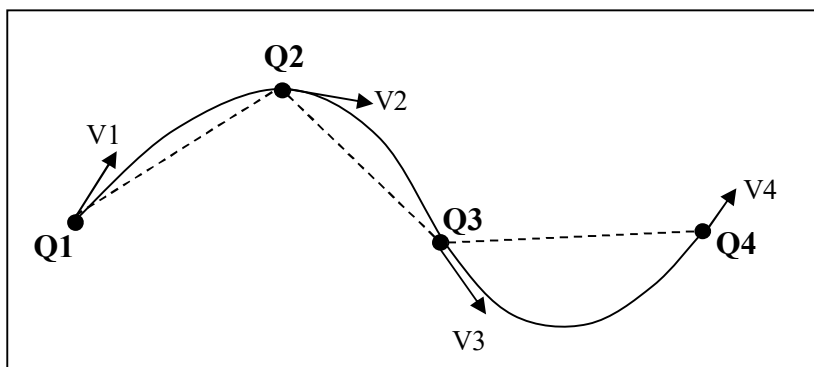
##### 补偿

在 HSPLINE 曲线插补方式中不能使用刀具半径补偿



## 编程举例

例 1: 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
```

例 2: 使用 Hermite 样条插补方式在 G17 平面, 编程 R50 整圆 (起始点 X0Y0)

```
%1234
G54G01 X0 Y0 Z0 F2000
HSPLINE P3 X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 (0° )
X6.698729 Y25 Z0 J0.866025 I0.5 K0; (30° )
X14.644661 Y35.355339 Z0 I0.707107 J0.707107 K0(45° )
X25 Y43.301270 Z0 J0.5 I0.866025 K0 ; (60° )
X50 Y50 Z0 I1 J0 K0; (90° )
X75 Y43.301270 Z0 J-0.5 I0.866025 K0 ; (120° )
X85.355339 Y35.355339 Z0 I0.707107 J-0.707107 K0 ; (135° )
X93.301270 Y25 Z0 J-0.866025 I0.5 K0; (150° )
X100 Y0 Z0 I0 J-1 K0 ; (180° )
X93.301270 Y-25 Z0 J-0.866025 I-0.5 K0; (210° )
X85.355339 Y-35.355339 Z0 I-0.707107 J-0.707107 K0 (225° )
X75 Y-43.301270 Z0 J-0.5 I-0.866025 K0; (240° )
X50 Y-50 Z0 I-1 J0 K0 (270° )
X25 Y-43.301270 Z0 J0.5 I-0.866025 K0; (300° )
X14.644661 Y-35.355339 Z0 I-0.707107 J0.707107 K0 (315° )
X6.698729 Y-25 Z0 K0 J0.866025 I-0.5 K0; (345° )
X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 (360° )
M30
```

# 12 刀具补偿功能

## 12.1 车刀刀具偏置补偿 (T)



### 功能及目的

程序编辑时，一般假定各刀具刀尖位置相同，但由于刀具形状及安装的不同，各刀尖的实际位置不可能一致。这种编程假定与实际刀具的位置偏差，车床采用刀具偏置补偿处理。

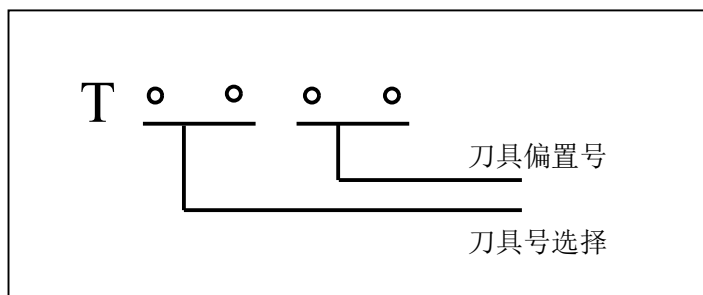


### 指令格式

车床 T 指令的前两位为刀号，后两位为刀偏号，即刀具偏置值存储的寄存器的编号。车床刀具偏置补偿的调用，由车床编程指令 T 的后两位实施。

T 指令功能格式为：T 及后 4 位数字，见下图。

- 前 2 位数为刀号（当前选用的刀具编号）
- 后 2 位为刀偏号（存储偏置量的寄存器号及存储半径补偿量的寄存器编号）



### 详细说明

#### 1. 刀具偏置补偿的设置

一个刀具需使用一个刀具号，一个刀尖位置需使用一个刀偏号，当刀具只有一个刀尖位置时，为方便记忆，一般刀号和刀偏号取相同编号，如 T0101。当一个刀具有多个刀尖位置需要使用时，一个刀号需对应多个偏置号，为方便记忆，常保持刀号和刀偏号的个位数值的一致，如 T0202、T0212、T0222。

#### 2. 刀具偏置补偿的取消

当偏置号设为 00 时，表示取消刀具偏置功能，即偏置量为 0。

#### 3. 相对偏差值补偿和绝对偏差值补偿

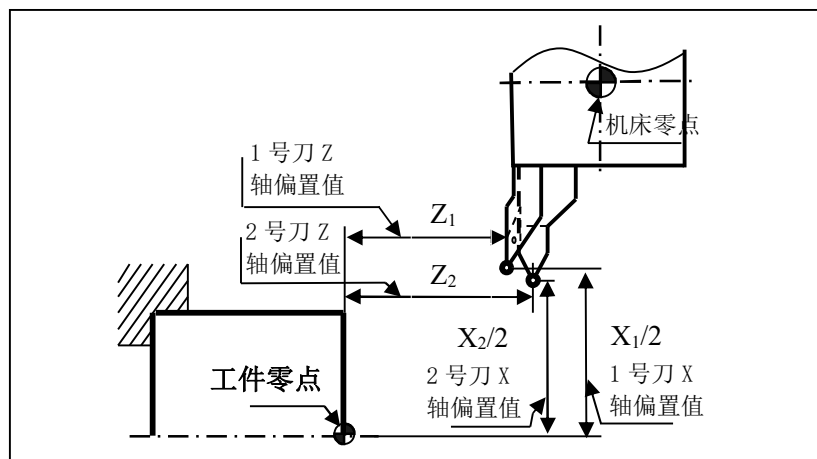
常用刀具偏差量的取值方式有两种：相对偏差值和绝对偏差值

➤ 相对偏差值

各刀具刀尖相对标准刀刀尖的位置偏差。该方式下，程序中还需有调用标刀与工件零点位置关系的指令（如 G92 指令）。

➤ 绝对偏差值

各刀具在机床零点位置时（机床回零，且刀具在加工刀位上），工件零点相对各刀具刀尖的位置偏差。见下图：



华中 HNC-8 系统采用的是绝对偏差值补偿方式。上图中 1 号刀的绝对偏差值为：X 轴  $X_1$ （直径值），Z 轴  $Z_1$ ；2 号刀的绝对偏差值为：X 轴  $X_2$ （直径值），Z 轴  $Z_2$ 。

编程时为了方便记忆，一般将各刀的刀号和偏置号取为一致，如上图一般用 T0101、T0202 指令执行换刀和偏置补偿，此时必须将 1 号刀的偏置值  $X_1$ 、 $Z_1$  存入 1 号偏置补偿寄存器中，将 2 号刀的偏置值  $X_2$ 、 $Z_2$  存入 2 号偏置补偿寄存器中。

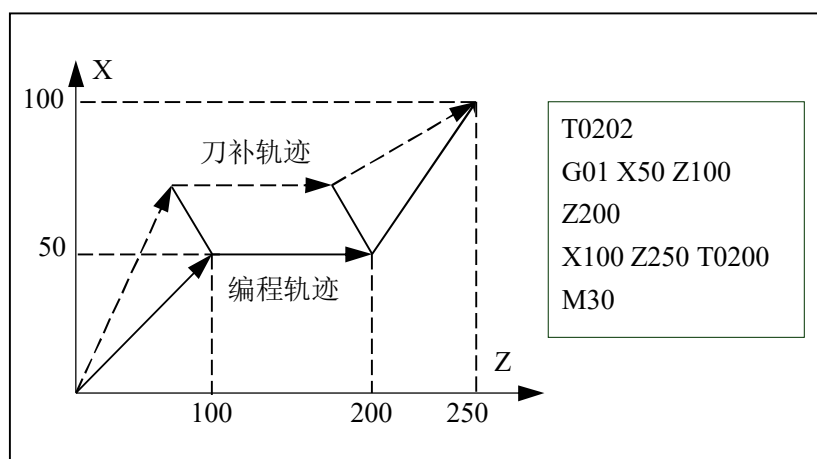
当华中系统执行刀偏补偿时，1、2 刀分别以  $(X_1, Z_1)$  和  $(X_2, Z_2)$  设定 1、2 号刀的加工坐标系。故此，虽刀架在机床零点时，1、2 刀几何尺寸不一致。1、2 号刀刀尖点相对工件零点的距离不同，但各自建立的坐标系均与工件坐标系（编程）重合。

#### 4. 刀具磨损补偿

刀具磨损产生的误差，采用磨损补偿处理，本系统将磨损补偿量与偏置补偿量存放在同一个寄存器的地址号中。故当程序中使用 T 指令进行偏置补偿时，将调用寄存器中存放的位置偏置值和磨损值予以补偿。

#### 5. 刀具偏置及磨损补偿加入或取消轨迹

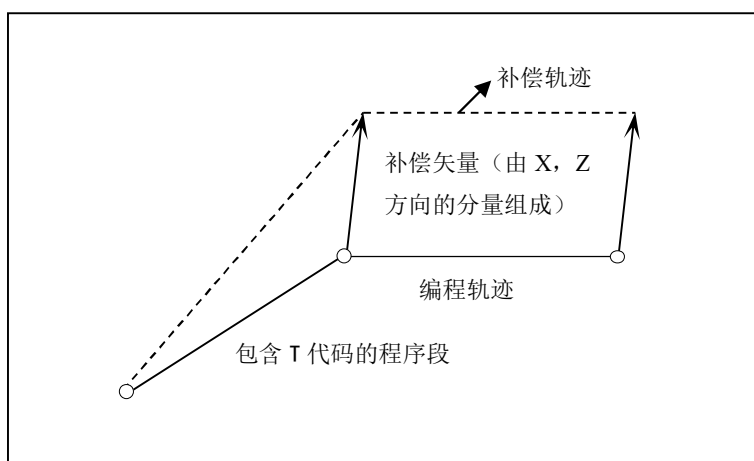
下图为先建立刀具偏置、磨损补偿，后取消刀具偏置、磨损补偿的刀位点运行轨迹。



**编程举例**

```
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。



**注意事项**

- 1) 刀具偏置补偿值，本系统可通过对刀操作自动生成，也可对刀并计算后，手动输入偏置补偿寄存器中，具体操作请参照操作说明书。
- 2) 磨损值和偏置值均会被计入程序，如不需要请务必设 0。

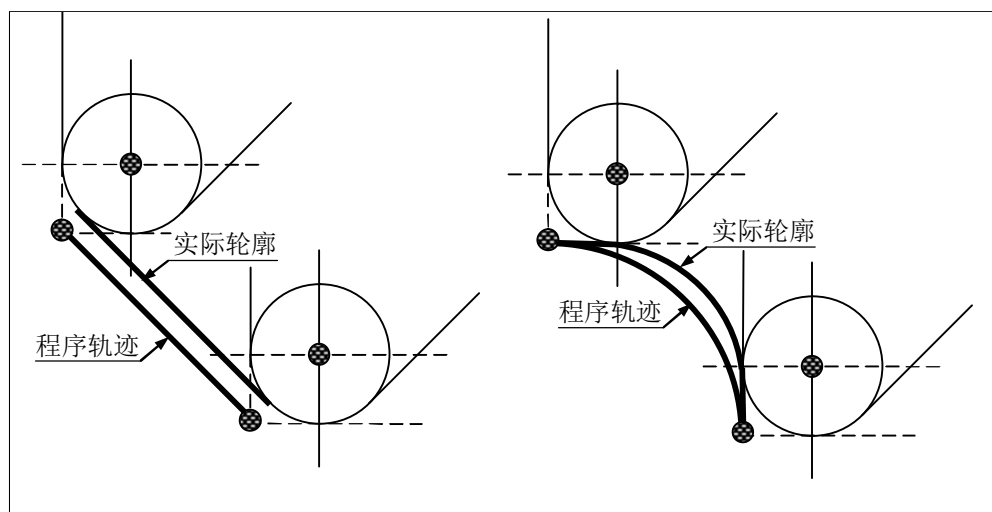


## 12.2 车刀刀尖圆弧半径补偿 (G40/G41/G42) (T)



### 功能及目的

数控程序一般是针对刀具上的某一点即刀位点，编制刀具的运行轨迹。车刀的刀位点为理想状态下的假想刀尖点，该点足够小、足够强韧，工件轮廓最终由该点加工形成。但实际加工中的车刀，由于工艺或其他因素，刀尖往往不是一个的理想点，而是一段圆弧，故切削加工时刀具实际切削点（刀具与工件的最终接触点）会在刀尖圆弧上变动，这种实际切削点与刀位点之间的位置偏差，必然造成工件的过切或欠切，见下图。



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。



### 指令格式

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加或取消半径补偿。

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

注意：半径补偿不支持中断格式的程序，例如 G31 系列。



## 详细说明

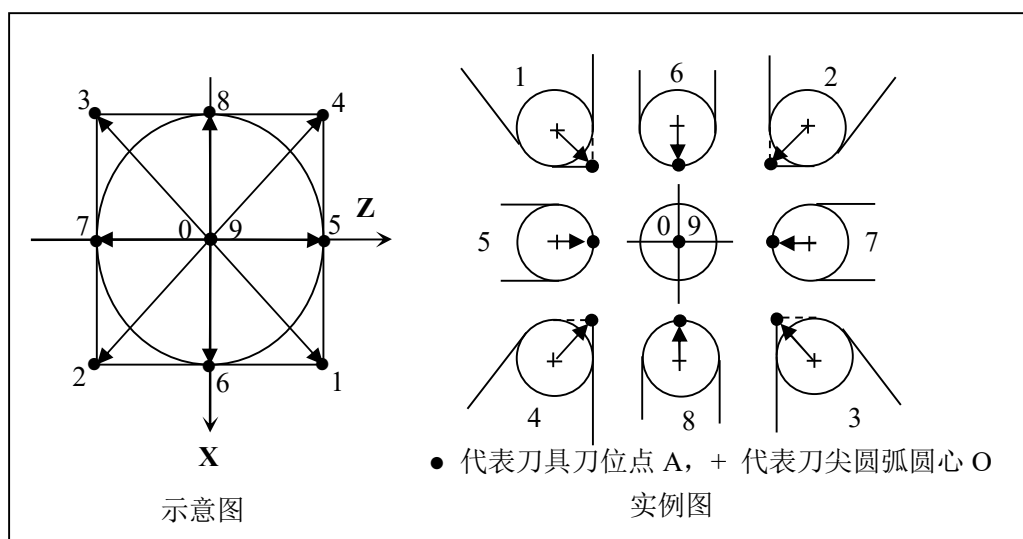
### 1. 假想刀尖点

- 编程时假想的理想刀尖点；
- 该点在编程时假定足够小、足够强韧，不存在干涉和切削点位置变换；
- 工件轮廓由该点最终轨迹加工形成；
- 该点为编程轨迹描述点；

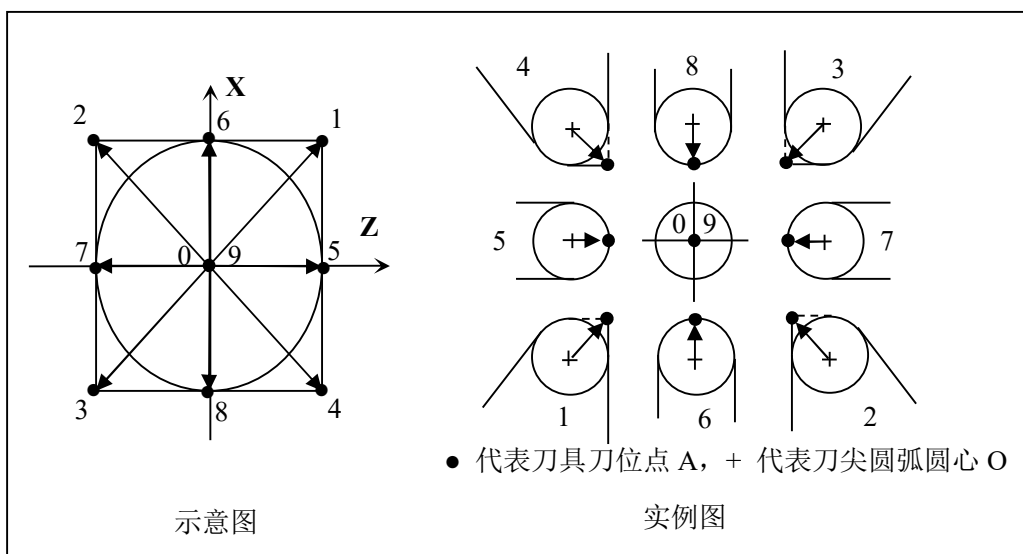
### 2. 刀位点

- 规范的假想刀尖点；
- 该点为编程轨迹描述点；
- 该点为对刀点；
- 每个刀尖有 9 个点位可作为刀位点，刀位点共 10 个编号；
- 0、9 号刀位点均为刀具圆弧圆心，其他 1~8 号刀位点各自对应 1 个点位；
- 刀位点选择的主要原则为操作方便性；
- 根据刀位点编号规则，前、后置刀架机床的刀位点直观表达有一定差异。

### 3. 前置刀架机床的刀位点



#### 4. 后置刀架机床的刀位点

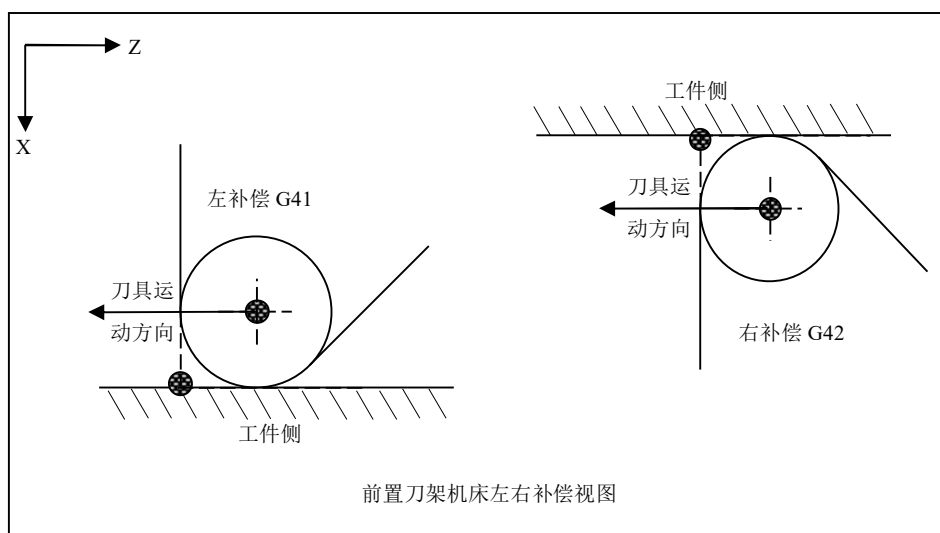


#### 5. 刀尖圆弧半径左、右补偿 (G41\G42)

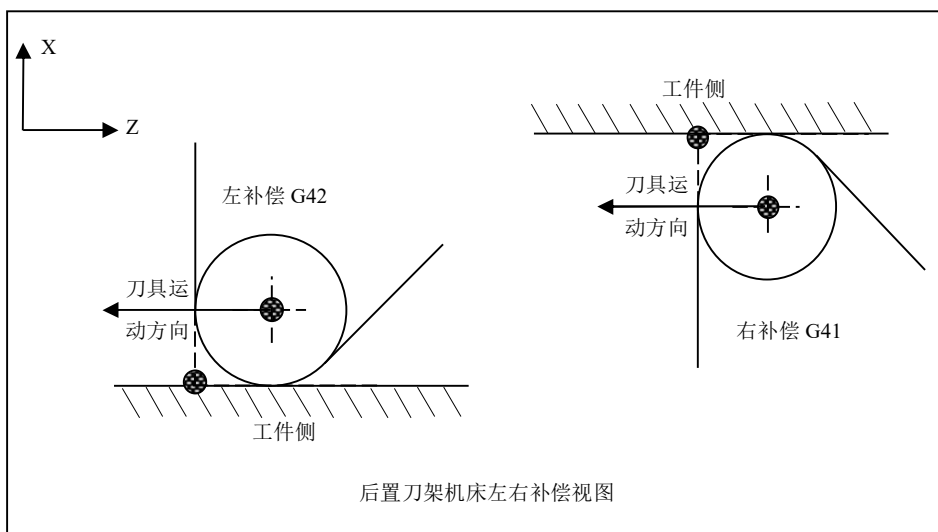
- 车刀刀尖圆弧半径补偿左、右补偿的判断方法
  - ✧ G41 (左补偿): 在第三轴正向侧, 沿着刀具运动的方向观察, 当刀具在运行轨迹左侧时。
  - ✧ G42 (右补偿): 在第三轴正向侧, 沿着刀具运动的方向观察, 当刀具在运行轨迹右侧时。
  
- 前、后置刀架机床的刀尖圆弧半径左、右补偿
 

由于前、后置刀架机床的第三轴方向不同, 故导致刀尖圆弧半径左、右补偿的方向不同。后置刀架机床第三轴指向, 与习惯方向一致; 前置刀架机床则与习惯方向相反。详见下图

##### ✧ 前置刀架机床的左、右补偿示意图

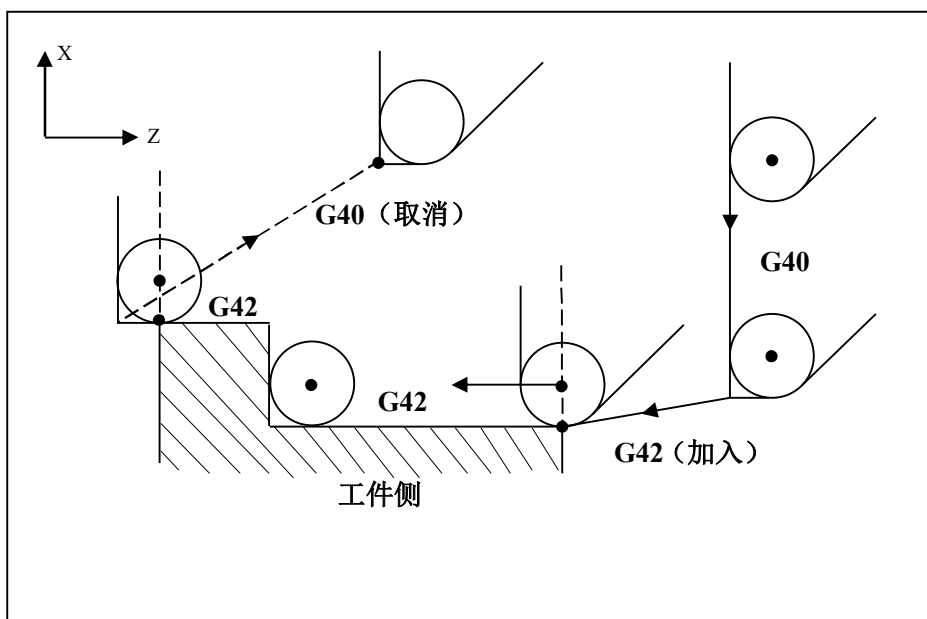


◇ 后置刀架机床的左、右补偿示意图



● 刀尖圆弧半径补偿的加入及取消

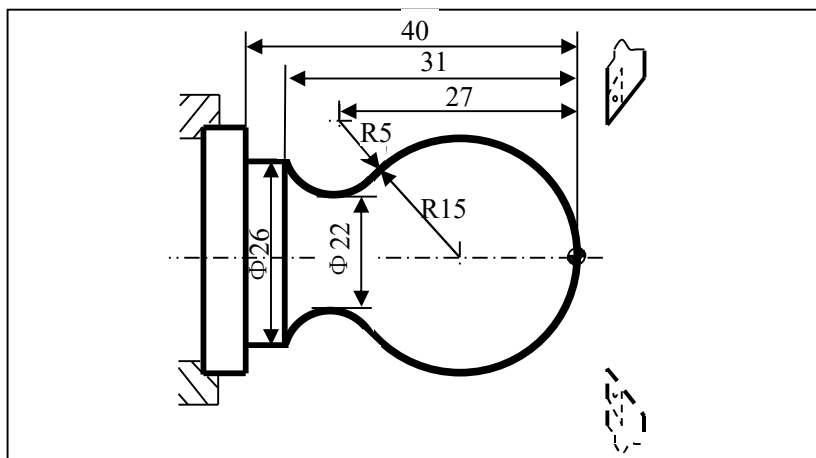
- 只可在 G00 或 G01 指令段中，加入或取消半径补偿，在 G02 或 G03 指令段加入或取消时，系统会报警；
- 加入或取消半径补偿时，必须在移动指令段，且有足够移动距离，否则会过切；
- 加入半径补偿时，需指定对应的刀尖半径补偿值，本系统存储半径补偿值的寄存器与偏置补偿寄存器编号相同，故需通过 T 指令指定刀具偏置号。
- 加入刀具圆弧半径补偿（G41/G42）的程序段执行完成后，刀具圆弧的圆心停在下段轨迹起点的法向正上方。
- 执行取消刀具圆弧半径补偿（G40）的程序段前，刀具圆弧的圆心停在上段轨迹终点的法向正上方。





## 编程举例

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)
```



## 注意事项

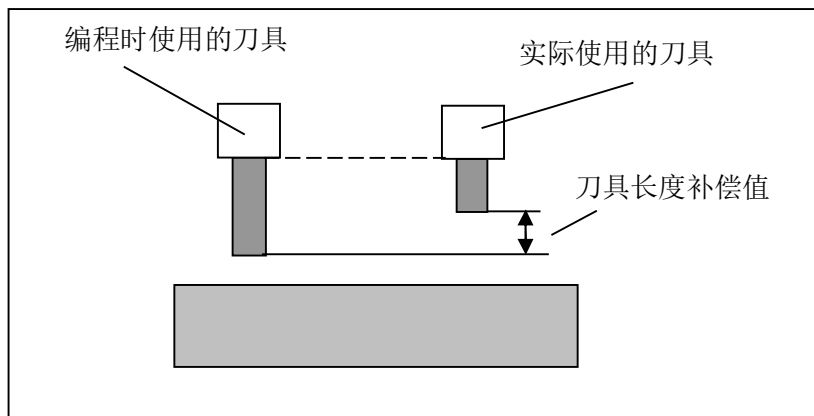
- 1) G40、G41、G42 都是模态代码，可相互注销。
- 2) 刀尖半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01 指令，不得是 G02 或 G03。
- 3) 使用 G41 或 G42 指令加入半径补偿时，必须指定对应的、有半径补偿值的半径补偿寄存器，半径补偿寄存器编号与刀具偏置补偿寄存器编号相同。
- 4) 加入刀具圆弧半径补偿（G41/G42）或取消刀具半径圆弧补偿（G40）的程序段中必须要有移动指令和移动距离。

### 12.3 铣刀刀具长度补偿 (G43/G44/G49) (M)



#### 功能及目的

将编程时的刀具长度与实际使用的刀具长度差设定于刀具长度补偿寄存器中，调用该功能可在不修改程序的基础上，使刀具移动到程序指令的终点位置，从而使程序具有通用性。



#### 指令格式

G43/G44 H\_ Z\_

.....

G49

刀具长度补偿由 G43 和 G44 指令指定：

参数	含义
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）
H	刀具长度补偿量在刀补表中的编号
G49	取消刀具长度补偿



#### 详细说明

##### 1) 刀具长度补偿类型

(1) 根据刀具长度的补偿轴可以使用下面两种刀具长度补偿类型

类型	说明	格式
A	沿基本 Z 轴方向的刀具长度补偿	G43/G44 Z_H_

B	沿所选平面的垂直方向的刀具长度补偿 G17: XY 平面选择; G18: ZX 平面选择; G19: YZ 平面选择;	G17 G43/G44 Z_H_ G18 G43/G44 Y_H_ G19 G43/G44 X_H_
---	---	--

(2) 长度补偿类型 A 和 B 是通过参数来设定的, 相关参数如下:

参数号	参数说明
000012	刀具轴选择方式

000012: 该参数用于决定 G43/G44 刀具长度补偿功能应该补偿到哪个轴上。

0: 刀具长度补偿总是补偿到 Z 轴上。

1: 刀具长度补偿轴根据坐标平面选择模态 G 指令 (G17/G18/G19) 进行切换, 分别对应 Z/Y/X 轴。

## 2) 刀具长度补偿移动量

(1) 刀具长度补偿的移动量: 执行 G43 或 G44 的刀具长度补偿指令时, 根据以下公式计算移动量

G43 Z\_ H\_; Z\_ + H\_ (长度补偿) 刀具补偿量仅在+方向补偿

G44 Z\_ H\_; Z\_ - H\_ (长度补偿) 刀具补偿量仅在-方向补偿

如上述的运算所示, 不论使用的是绝对值指令或增量值指令, 实际的终点为编程的移动指令的终点坐标进行指定补偿量补偿后的坐标值。

(2) 当刀补表中存在长度磨损: 执行 G43 或 G44 的刀具长度补偿指令时, 根据以下公式计算移动量

G43 Z\_ H\_; Z\_ + H\_ (长度补偿) + H\_ (长度磨损)

G44 Z\_ H\_; Z\_ - H\_ (长度补偿) - H\_ (长度磨损)

(3) 当工件坐标系中存在坐标值: 执行 G43 或 G44 的刀具长度补偿指令时, 根据以下公式计算移动量

G43 Z\_ H\_; Z (工件坐标系) + Z\_ + H\_ (长度补偿)

G44 Z\_ H\_; Z (工件坐标系) + Z\_ - H\_ (长度补偿)

(4) 当工件坐标系中存在坐标值及刀补表中存在长度磨损: 执行 G43 或 G44 的刀具长度补偿指令时, 根据以下公式计算移动量

G43 Z\_ H\_; Z (工件坐标系) + Z\_ + H\_ (长度补偿) + H\_ (长度磨损)

G44 Z\_ H\_; Z (工件坐标系) + Z\_ - H\_ (长度补偿) - H\_ (长度磨损)

(5) 当工件坐标系中存在坐标值及外部零点偏移存在坐标值: 执行 G43 或 G44 的刀具长度补偿指令时, 根据以下公式计算移动量

G43 Z\_ H\_; Z (工件坐标系) + Z (外部零点偏移) + Z\_ + H\_ (长度补偿)

G44 Z\_ H\_; Z (工件坐标系) + Z (外部零点偏移) + Z\_ - H\_ (长度补偿)

- (6) 当工件坐标系、外部零点偏移存在坐标值及刀补表中存在长度磨损：执行 G43 或 G44 的刀具长度补偿指令时，根据以下公式计算移动量

G43 Z<sub>H</sub>; Z (工件坐标系) + Z (外部零点偏移) + Z<sub>H</sub> (长度补偿) + H<sub>H</sub> (长度磨损)

G44 Z<sub>H</sub>; Z (工件坐标系) + Z (外部零点偏移) + Z<sub>H</sub> (长度补偿) - H<sub>H</sub> (长度磨损)

### 3) 刀具长度补偿编号

- (1) 补偿编号的有效范围，取决于参数的设定，相关参数如下：

参数号	参数说明
000060	系统保存刀具数据的数目

NC000060: 该参数用于设定刀补表中保存刀具数据（刀偏，磨损，半径，刀尖方位长度等）的刀具把数，该值要大于等于各个通道内的刀具总和。

最大值：1000 默认值：100 最小值：0

- (2) 当指令的补偿编号超过规格范围时，系统会出现“非法刀具补偿号”的报警。
- (3) 与 G43 或 G44 在同一程序段中指定的补偿编号取消后，不能成为之后调用的模态而生效。

比如：下列程序 N1 行中 H1 模态不能在 N4 行生效

N1 G43 Z0 H1; 通过 H1 进行刀具长度补偿

N2 G0 X0 Y0;

N3 G49 Z0; 刀具长度补偿被取消

N4 G43 Z0; 不会再次通过 H1 进行刀具长度补偿，必须重新给定补偿编号

- (4) 当在 G43/G44 的模态中，再次指令 G43/G44 时，按照新的补偿编号进行补偿，也就是偏置号改变时新的偏置值并不累加到旧偏置值上。

比如：下列程序 N2 行按照新的补偿编号 H2 进行补偿

N1 G43 Z0 H1; 通过 H1 进行刀具长度补偿

N2 G43 Z0 H2; 按照新的补偿编号 H2 进行长度补偿

### 4) 刀具长度补偿的取消

- (1) 系统重启及执行 M02、M30、G49 之后，刀具长度补偿取消。



- (2) 指定 H0，刀具长度补偿取消。
- (3) 刀具长度补偿模态中点击复位或拍急停也可取消刀具长度补偿。
- (4) 当使用刀具长度补偿类型 B 时，用 G49 指令取消刀具长度补偿必须注意以下几点：

- a) 使用 G49 取消长度补偿时只会取消 G49 指令前最后选择的平面下的长度补偿；

比如：下列程序 N6 行 G49 指令只取消 G19 平面下长度补偿，G17、G18 平面不变

```
N1 G28 X0 Y0 Z0;
N2 G92 X0 Y0 Z0;
N3 G17 G43 Z0 H1;   XY 平面通过 H1 进行刀具长度补偿
N4 G18 G43 Y0 H2;   ZX 平面通过 H2 进行刀具长度补偿
N5 G19 G43 X0 H3;   YZ 平面通过 H3 进行刀具长度补偿
N6 G49;             只会取消 G19 平面下的长度补偿
N7 G0 X0 Y0 Z0;
```

- b) 使用 G49 取消所有平面下的长度补偿时，必须在 G49 指令后指定选择平面指令（G17/G18/G19），并且必须单独一行指定；

比如上述程序正确的编程方法如下：

```
N1 .....           或者           N1 .....
.....
N6 G49 G17;         N6 G49 G17;
N7 G49 G18;         N7 G18;
N8 G49 G19;         N8 G19;
N9 .....           N9 .....
```

错误写法：G49 G17 G18 G19，这样编写也只会取消 G49 指令前最后选择的平面下的长度补偿。

## 5) 刀具长度补偿模态中执行其它指令时的动作

- (1) 刀长补模态中执行 G53 或 G28 指令后是否会恢复刀长补则取决于参数的设定，相关参数如下：

参数号	参数说明
000014	G53/G28 后是否恢复刀长补

000014: 该参数用于设定执行 G53/G28 指令后是否自动恢复刀具长度补偿功能。

0: 执行 G53/G28 指令后不会自动恢复刀具长度补偿功能。

1: 执行 G53/G28 指令后自动恢复刀具长度补偿功能。

(2) 刀长补模态中执行 G30 指令后是否会恢复刀长补与 G28 指令一样取决于 000014 号参数的设定。

(3) 刀长补模态中执行 G29 指令时, 不会取消刀长补, 也不受 000014 号参数控制, 并且其终点坐标会与刀长补累加计算。

比如: 下列程序 H1=50 时运行 N4 行后的机床坐标为 Z55.0

N1 G28 Z10;

N2 G90 G92 Z0;

N3 G43 Z0 H1;           通过 H1 进行刀具长度补偿

N4 G29 Z5;           机床坐标为 Z55.0, 当使用 G44 时机床坐标为 Z-45.0

N5 G49;           取消长度补偿

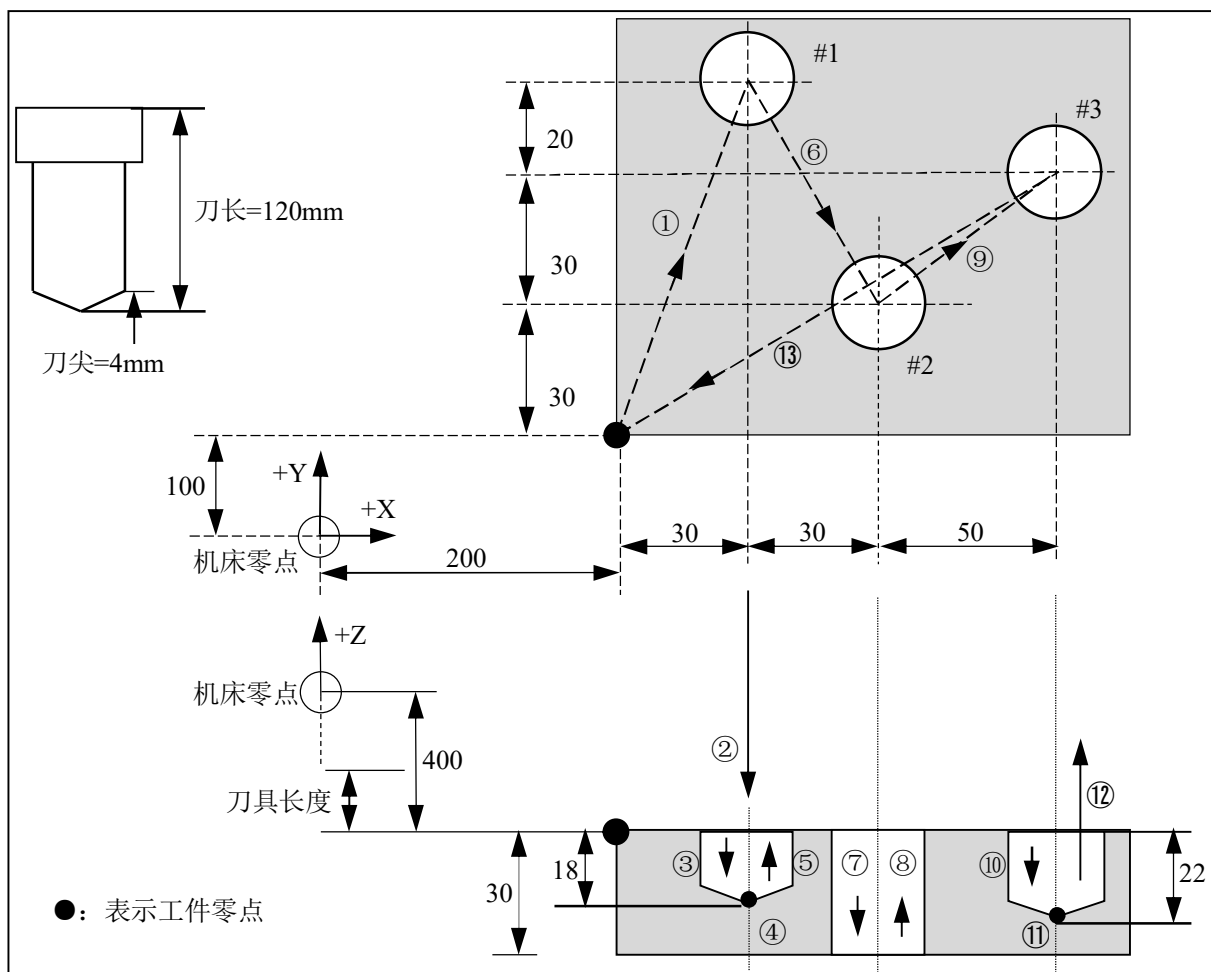
(4) 刀长补模态中执行 G54~G59 指令改变工件坐标系时, 刀长补不会取消, 并且补偿轴的终点坐标会根据给定的坐标系重新计算。



### 编程举例

根据下图给出的信息考虑刀具长度补偿, 编制如下图所示零件的加工程序。要求如下:

- 1) 根据如图所示的工件零点在 G54 坐标系中设定工件坐标系
- 2) 按箭头所指示的路径 1~13 进行加工
- 3) 编制程序前写出工件坐标系坐标值及刀具补偿表补偿值
- 4) 写出各行程序的注释及机床坐标
- 5) 程序必须安全可靠



工件坐标系: G54 (X200, Y100, Z-280)    补偿值: H01=-120  
 %1234  
 G54 G90 M03 S600 ;    选择工件坐标系 G54, 使用绝对指令 G90 编程, 主轴正转  
 G00 Z50 ;    快速移动到 Z50, (Z-230)  
 X0 Y0 ;    快速移动到 X0 Y0, (X200, Y100)  
 X30 Y80 ;    ①, 快速移动到 X30 Y80 (X230, Y180)  
 G43 Z5 H01 ;    ②, 建立刀长补, 并快速移动到 Z5, (Z-395)  
 G01 Z-18 F300 ;    ③, 加工#1 孔到 Z-18, (Z-418)  
 G04 P2000 ;    ④, 孔底暂停两秒  
 G00 Z5 ;    ⑤, 快速移动到 Z5, (Z-395)  
 X60 Y30 ;    ⑥, 快速移动到 X60 Y30, (X260, Y130)  
 G01 Z-40 ;    ⑦, 加工#2 孔到 Z-40, (Z-440)  
 G00 Z5 ;    ⑧, 快速移动到 Z5, (Z-395)  
 X110 Y60 ;    ⑨, 快速移动到 X110 Y60, (X310, Y160)  
 G01 Z-22 ;    ⑩, 加工#3 孔到 Z-22, (Z-422)  
 G04 P2000 ;    ⑪, 孔底暂停两秒  
 G49 G0 Z50 ;    ⑫, 取消刀长补, 并快速移动到 Z50, (Z-230)  
 X0Y0 ;    ⑬, 快速移动到 X0 Y0, (X200, Y100)  
 M05 ;    主轴停止  
 M30 ;    程序结束



### 注意事项

- 1) 刀具长度补偿方向总是垂直于 G17/G18/G19 所选平面。
- 2) G43/G44 指令后必须给定补偿编号 H<sub>i</sub>，否则系统会出现“未指定补偿号”的报警。
- 3) G43/G44 指令后必须给定补偿轴 (X/Y/Z)，或者在下一个 G43/G44 指令前给定补偿轴的移动指令，否则长度补偿将无效。
- 4) G43/G44/G49 都是模态代码，可相互注销，但是只有在非同行指定时才能相互注销。当 G43 与 G44 同行指定时系统会出现报警，当 G49 与 G43/G44 同行指定 G49 不生效。
- 5) G43/G44/G49 开机、急停、复位后缺省状态为 G49 状态。
- 6) 当用 G43/G44 指定 H0 时刀具长度补偿会被取消，但模态显示区域依然还是 G43/G44，而不会变更为 G49，因此当此时单独再给定 H<sub>i</sub> 时刀长补就会再次生效。
- 7) 不使用 G49 的情况下，用 H0 取消刀长补，然后再用 H<sub>i</sub> 加入刀长补：当使用 H0 取消刀长补后直到再用 H<sub>i</sub> 加入之前是没有刀长补的，当运行 H<sub>i</sub> 后会再次加入刀长补。

比如：下列程序标注所示

```

N1 G43 Z0 H1      ; 通过 H1 进行刀具长度补偿
N2 G43 Z0 H0      ; 通过 H0 取消刀具长度补偿
N3 G0 Z5          ; 没有刀具长度补偿
N4 H2             ; 通过 H2 再次进行刀具长度补偿
N5 G0 Z0          ; 有刀具长度补偿
N6 G49            ; 取消长度补偿

```

- 8) 利用 MDI 功能设定刀长补后，会对后续的 MDI 程序一直有效，只有使用复位、急停、MDI 指定 H0 以及 MDI 界面运行 G49 指令后才会取消刀长补。
- 9) 利用 MDI 功能设定刀长补后，不会对程序文件中的程序有效。因为当从 MDI 界面切换到程序界面后，模态则变为 G49 模态，因此不会有效。
- 10) 运行 G43/G44 刀长补的程序中途遇到复位或急停终止后，刀具长度补偿将会被取消。当使用暂停和切换模式使程序停下来时是不会取消刀长补的。

- 11) 使用 G43/G44 设定刀长补后,改变不同的 H 编号则刀长补会根据相应的 H 编号来进行补偿。
- 12) 自动模式运行程序,在刀长补指令后使用断点保存、恢复断点功能,当程序恢复运行后系统能够正确的建立刀长补。如果程序中存在多个 G43/G44 设定刀长补指令,恢复断点后系统也能够通过相对应的 G43/G44 指令正确的建立刀长补。。
- 13) 在刀长补指令后用任意行功能指定行运行时,系统能够正确的建立刀长补;如果程序中存在多个 G43/G44 设定刀长补指令,系统也能够通过相对应的 G43/G44 指令正确的建立刀长补。

比如: 下列程序用任意行功能从 N3 行开始运行时,系统能正确的建立刀长补

```
N1 G43 Z0 H1  
N2 G0 Z5  
N3 G0 Z10; 用任意行功能从该行开始运行  
N4 G0 Z15  
N5 G0 Z20  
N6 G49;
```

## 12.4 铣刀刀具半径补偿 (G40/G41/G42) (M)

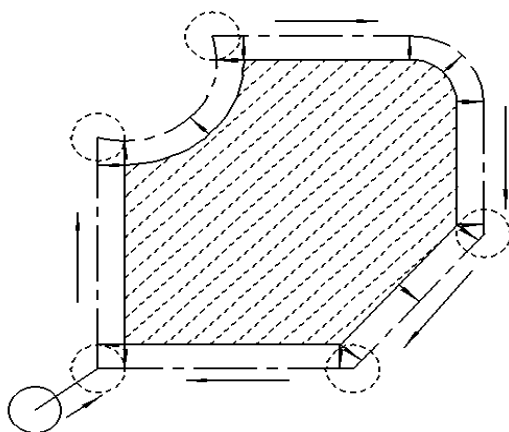


## 功能及目的

数控机床铣削工件轮廓时,为了使编程人员编程方便,通常以刀具中心进行轨迹编程,并且编程时不用考虑刀具半径,只需按照工件的轮廓尺寸进行刀具轨迹编程。但是实际的刀具运动轨迹与工件轮廓会有一个偏移量(刀具半径),因此在编程时需要对刀具中心轨迹进行一定的偏置,使刀具运动轨迹与工件轮廓一致的功能,称为刀具半径补偿功能。

另因更换刀具或刀具磨损也可引起的刀具半径发生变化,该功能可实现不修改编程,直接修改刀补表中相应的半径补偿值或磨损值即可。

使用刀具半径补偿功能后的刀具移动轨迹如下图虚线所示:



## 指令格式

$$G17 \ G41/G42 \ \begin{cases} G00 \ X\_ Y\_ D\_ \\ G01 \ X\_ Y\_ D\_ \end{cases}$$

$$G18 \ G41/G42 \ \begin{cases} G00 \ X\_ Z\_ D\_ \\ G01 \ X\_ Z\_ D\_ \end{cases}$$

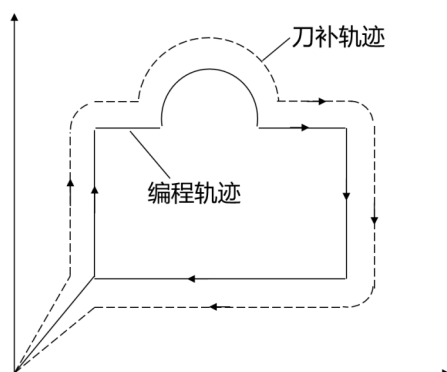
$$G19 \ G41/G42 \ \begin{cases} G00 \ Y\_ Z\_ D\_ \\ G01 \ Y\_ Z\_ D\_ \end{cases}$$

参数	含义
G17/G18/G19	指定补偿平面,分别为XY、XZ、ZY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



## 详细说明

### 1) 刀具半径补偿方向



a) 左刀补

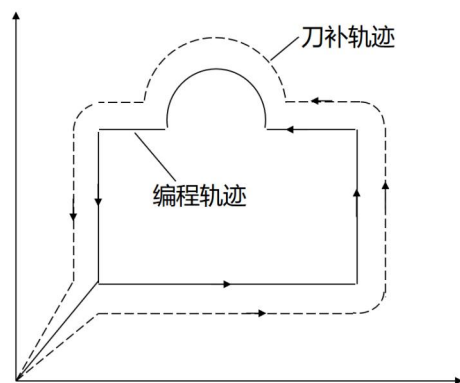
说明:

G41 左刀补

沿不在加工平面的第三轴的正向往负向看，相对刀具运动方向，刀具在工件左侧

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)。



b) 右刀补

说明:

G42 右刀补

沿不在加工平面的第三轴的正向往负向看，相对刀具运动方向，刀具在工件右侧

### 2) 刀具半径补偿号

本系统刀具补偿编号的有效范围默认为 99 组，并且补偿编号的有效范围可通过 NC 参数 000060 (系统保存刀具数据的数目) 来设定。

### 3) 刀具半径补偿平面选择

偏置平面	平面指令选择	IP
XY	G17	X_Y_
ZX	G18	X_Z_
YZ	G19	Y_Z_

半径补偿计算在 G17/G18/G19 指令确定的平面上进行。进行补偿计算的平面称为补偿平面。不在补偿平面内的轴坐标值不执行补偿。在 3 轴联动控制时对刀具轨迹在各平面上的投影

进行补偿。

必须在半径补偿取消的情况下切换补偿平面。如果在补偿过程中切换平面,则会出现“刀具半径补偿中不可以切换坐标平面”的报警,并且机床停止。

#### 4) 刀具半径补偿量的设定

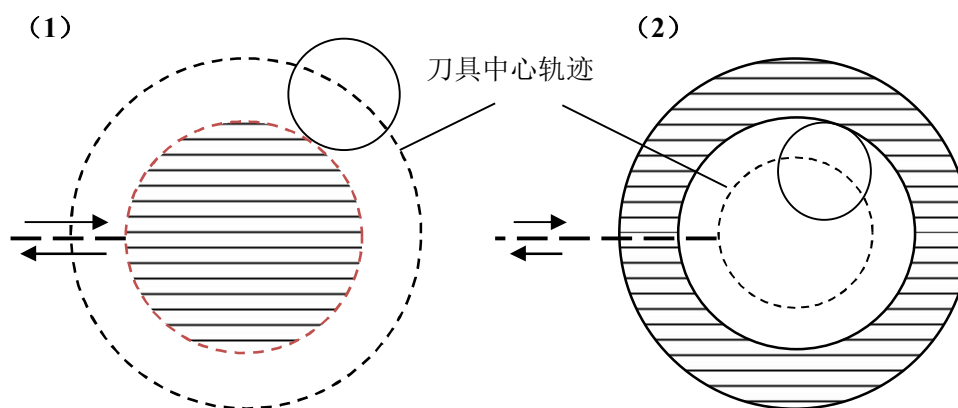
利用 D 代码,通过指定刀具半径补偿量的编号,调用刀具补偿表中设置的补偿量。

在另一 D 代码被指定之前, D 代码一直有效。

刀具半径补偿量的改变通常在 G40 指令取消方式下、复位重新运行或换刀时进行。

一般情况下,补偿量为正值(+)。如果补偿量是负值(-),则 G41 和 G42 互换。即如果补偿量为正值时刀具中心围绕工件的外轮廓移动,那么此时如果补偿量为负值时它将绕着内侧移动,如下图所示。

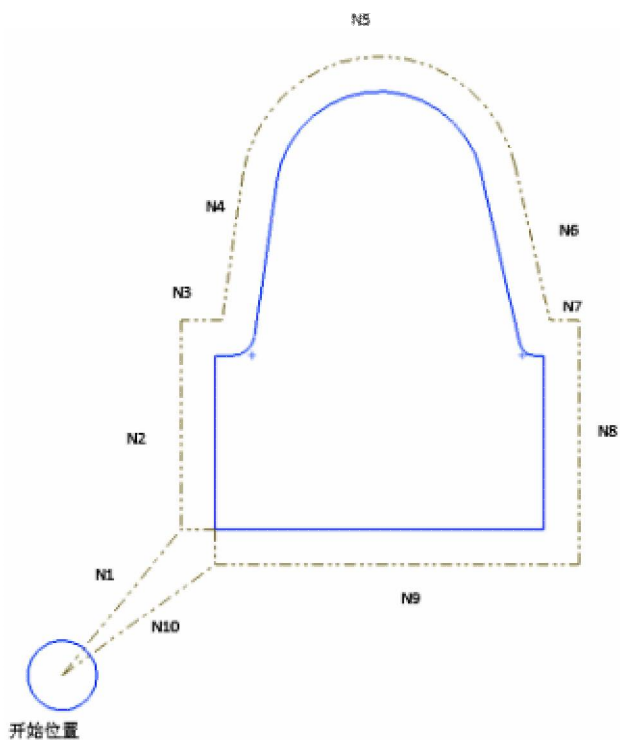
当补偿量为正值时刀具轨迹如图(1)所示,如果补偿量改为负值(-)后则刀具轨迹如图(2)所示。因此,同样的程序允许通过修改补偿量的正负来加工公和母两种形状,并且它们之间的间隙也可以用补偿量来调整。







## 编程举例



G92 X0 Y0 Z0	: 指定绝对坐标值, 刀具定位在开始位置
N1 G90 G17 G00 G41 D01 X25 Y25	: 开始刀具半径补偿 (起刀)
N2 G01 Y50 F150	: 从 N2 加工
N3 X30	: 从 N3 加工
N4 G03 X40 Y60 R10.0	: 从 N3 到 N4 加工
N5 G01 X50 Y90	: 从 N4 加工
N6 G02 X90 Y90 R20	: 从 N5 加工
N7 G01 X100 Y60	: 从 N6 加工
N8 G03 X110 Y50 R10	: 从 N6-N7 加工
N9 G1 X120	: 从 N7 加工
N10 X120 Y25	: 从 N8 加工
N11 X25 Y25	: 从 N9 加工
N12 G00 G40 X0 Y0	: 取消半径补偿, 刀具返回到开始位置 (X0, Y0, Z0)



**注意事项**

- 1) 在刀具半径补偿中忽略长度补偿 H 指令，仅 D 指令有效。
- 2) 刀具半径补偿的平面选择通过 G 指令 (G17/G18/G19) 进行指定，并且仅对指定的平面内的轴进行补偿，不在平面内的轴不进行任何补偿。

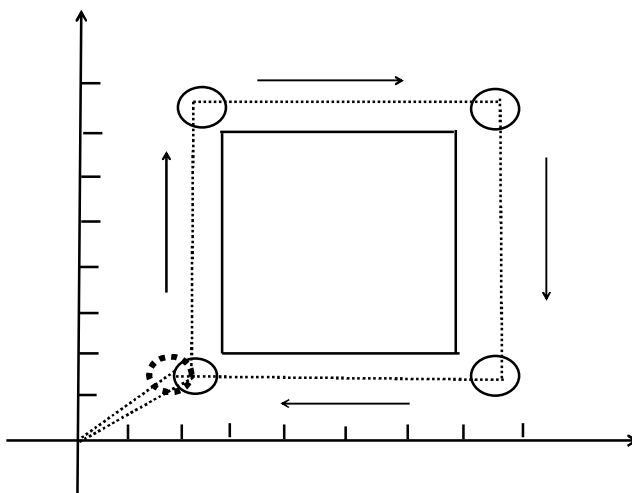
## 12.5 刀具半径补偿详解

### 12.5.1 刀具半径补偿动作介绍



#### 功能及目的

刀具半径补偿的过程分为三步，刀补建立、刀补进行与刀补取消三种状态。如下图所示：



#### 详细说明

##### 1) 刀具半径补偿建立与开始

在补偿取消的状态下，使用半径补偿指令建立刀具半径补偿时，如不满足下述补偿建立条件，系统可能会出现补偿过切、欠切或报警等情况。

- (1) 刀具半径补偿模式的建立，只能在 G00/G01 移动指令模式下才有效；
- (2) 刀具半径建立，必须是在补偿平面内移动距离不为 0 的轴上建立，仅第三轴的移动不能建立补偿；不过在特殊情况下，系统也支持移动量为 0 的刀补建立，但为了防止出错，建议在建立刀补时最好给出大于刀具半径值的移动量。
- (3) 为了保障建立刀补时刀具与工件的安全，通常采用 G01 指令方式建立。
- (4) 在补偿值正负号改变时，G41/G42 的补偿方向也会发生改变，即 G41 补偿值为正值时，补偿方向在左，补偿值为负值时，补偿方向在右，G42 也是如此。
- (5) 采用切向切入方式或法向切入方式来建立刀补时，如果不满足建立条件，可以在切入工件时增加辅助线段来建立刀补。
- (6) 刀具半径补偿的补偿编号为  $0 < D \leq \text{最大补偿编号}$ 。

- (7) 在圆弧指令 (G02/G03) 上建立刀补无效, 并且会出现报警和机床停止移动。
- (8) 在半径补偿过程中, 由 G00 (快速定位)、G01 (直线插补) 或 G02/G03 (圆弧插补) 来实现补偿。如果在半径补偿中, 处理 2 个或更多刀具不移动的程序段 (如: 辅助功能、暂停等), 刀具将产生过切或欠切现象。

## 2) 刀具半径补偿进行过程中

- (1) 在开始半径补偿时, 无论是自动运行还是单段运行, 都必须读入 3 段移动指令, 如果没有 3 段移动指令, 则往后连续读入最多 5 段后, 开始执行。
- (2) 半径补偿有效时, 不得切换补偿平面, 否则报警并停止运动。
- (3) 在半径补偿状态下, 铣刀的直线移动量及内侧圆弧切削的半径值要大于等于铣刀半径, 否则可能产生干涉及发生过切。

## 3) 刀具半径补偿取消状态

刀具半径补偿的取消需在 G00 或 G01 指令段中执行, 当满足下面的任何一个条件时, 系统进入半径补偿取消状态。

- (1) 机床开机时, 系统会初始化, 恢复默认刀补取消状态。
- (2) 机床复位后。
- (3) 执行了取消刀补指令 G40 。
- (4) 执行了带复位功能的 M02 与 M30 指令。
- (5) 当执行了刀具半径补偿偏置号为 0 的程序段后。



### 编程举例

```

%0001
G54G90G17G0Z50
X0Y0
M3S10000
G41G01X30Y20D01    ; 建立刀补阶段, 调用 1 号刀补寄存器值
Y70
X70
Y20
X30
G40G01X0Y0         ; 取消刀补阶段
M30

```



### 注意事项

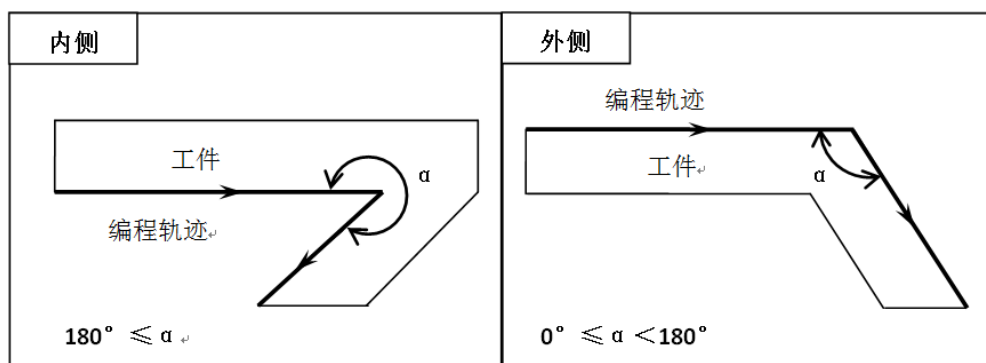
通过圆弧指令 (G02/G03) 来取消半径补偿时无效。如果指定圆弧指令来取消则产生报警, 并且机床停止移动。

## 12.5.2 刀具半径补偿动作图解



### 功能及目的

内侧和外侧: 当两段程序指令建立的刀具轨迹的夹角超过  $180^\circ$  时, 称该轨迹为“内侧”。当夹角在  $0^\circ$  和  $180^\circ$  之间时, 称为“外侧”。



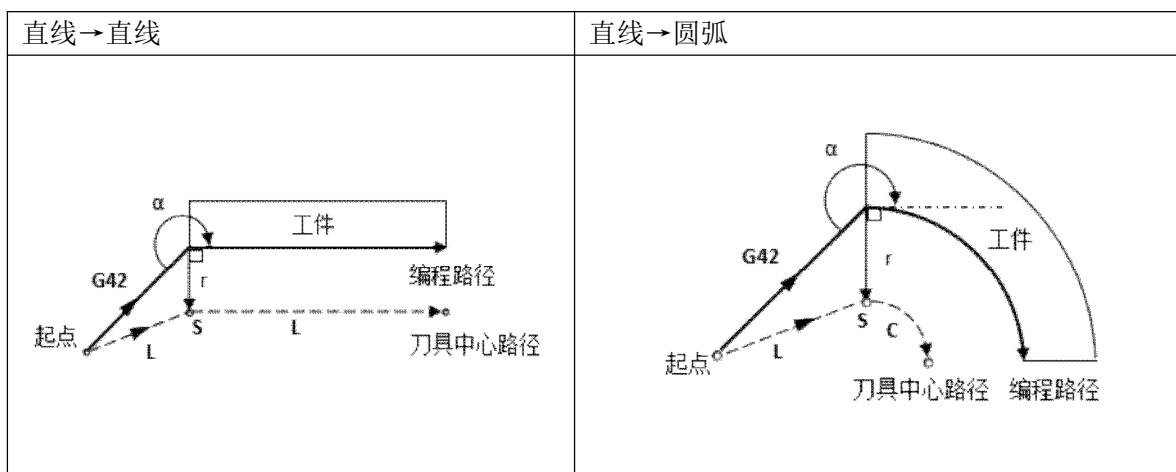
### 详细说明

#### 1) 刀具半径补偿建立与开始时的动作图解

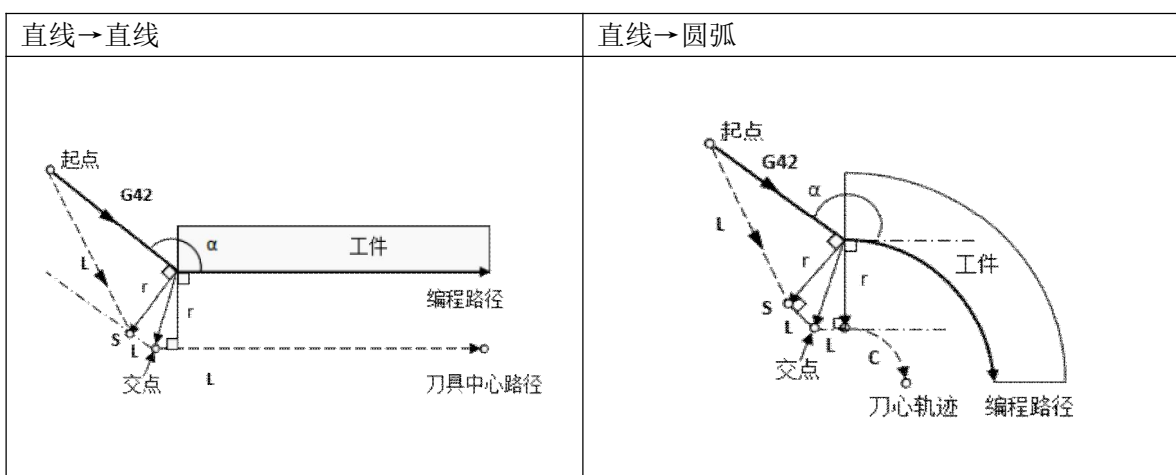
##### 符号的意义

- S 表示在这个位置为切入起点。
- L 表示刀具沿直线移动。
- C 表示刀具沿圆弧移动。
- r 表示刀具半径补偿值。

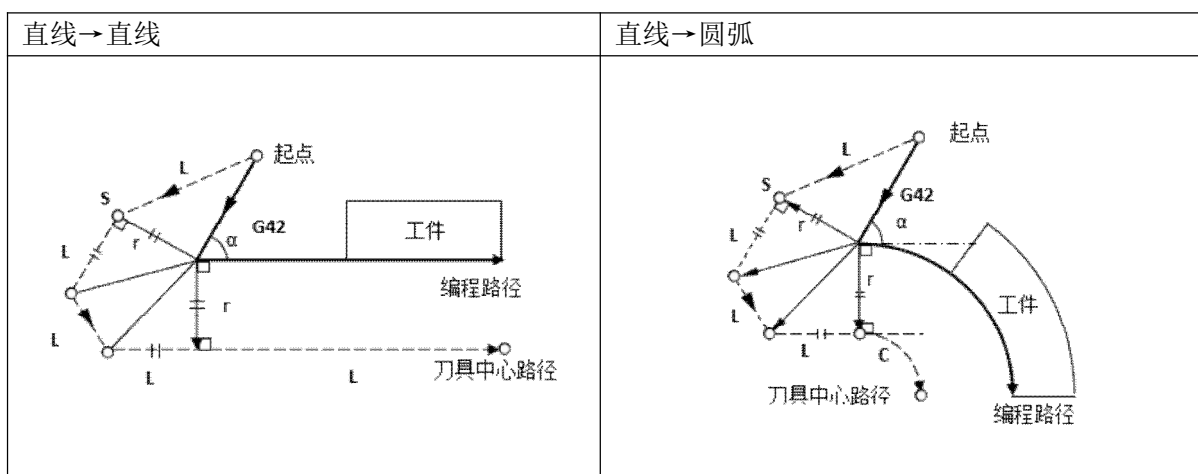
(1) 刀具绕拐角内侧移动 ( $\alpha \geq 180^\circ$ )



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

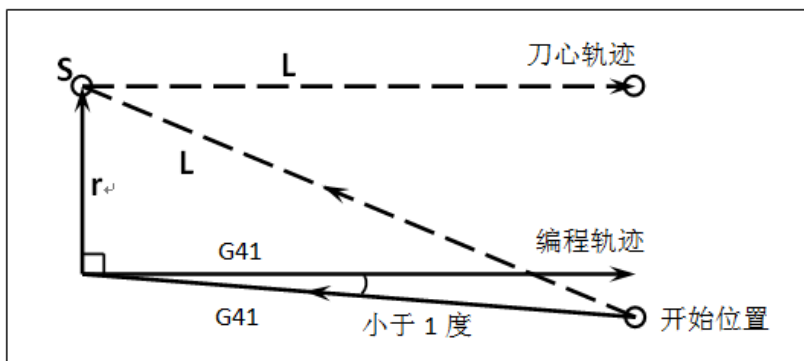


(3) 刀具绕拐角外侧移动 ( $\alpha < 90^\circ$ )



(4) 围绕小于  $1^\circ$  锐角拐角外侧的刀具移动 ( $\alpha < 1^\circ$ )

直线→直线



(5) 起刀程序段没有刀具的移动指令

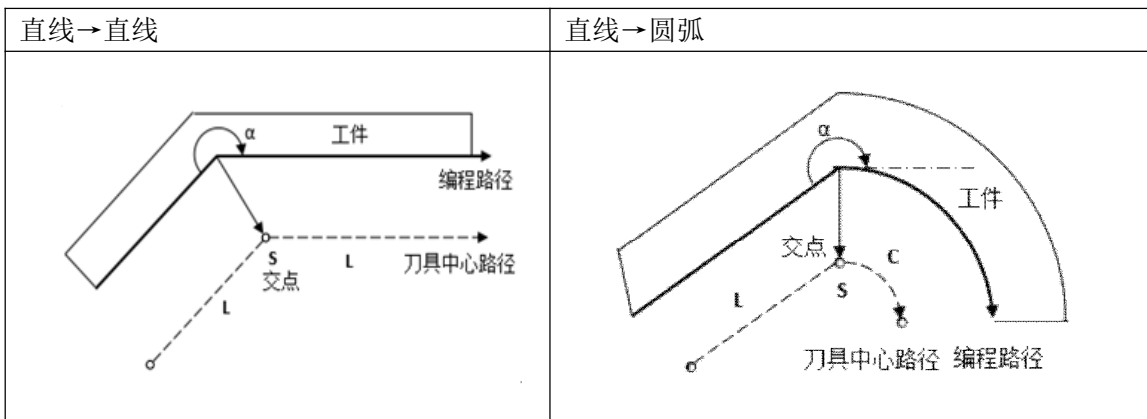
如果在起刀的程序段未包含刀具移动指令，则不建立偏量。

<pre>G91 G40 ..... ..... ..... N6 X100 Y100 N7 G41 X0 N8 Y-100 N9 Y-100 X100</pre>	
--	--

2) 刀具半径补偿进行中的动作图解

- 对于程序路径 (G00、G01、G02、G03)，从直线/圆弧计算刀具路径，进行刀具半径补偿。
- 在补偿进行过程中，如果又指定了相同的补偿指令 (G41/G42)，则后补偿的指令被忽略。
- 如果在补偿进行中，连续指定了 5 个不伴随移动的程序段时，会发生过切或欠切的情况。
- 在刀具半径补偿中，当指定了 M00 时，变为预读禁止。

(1) 刀具绕拐角内侧移动 ( $\alpha \geq 180^\circ$ )



圆弧→直线	圆弧→圆弧

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

直线→直线	直线→圆弧
圆弧→直线	圆弧→圆弧

(3) 刀具绕拐角外侧移动 ( $\alpha < 90^\circ$ )



<p>直线→直线</p>	<p>直线→圆弧</p>
<p>圆弧→直线</p>	<p>圆弧→圆弧</p>

### 3) 刀具半径补偿取消时的动作图解

刀具半径补偿模式取消，必须存在圆弧指令以外的移动指令，若在圆弧指令中取消半径补偿，系统会出现报警。

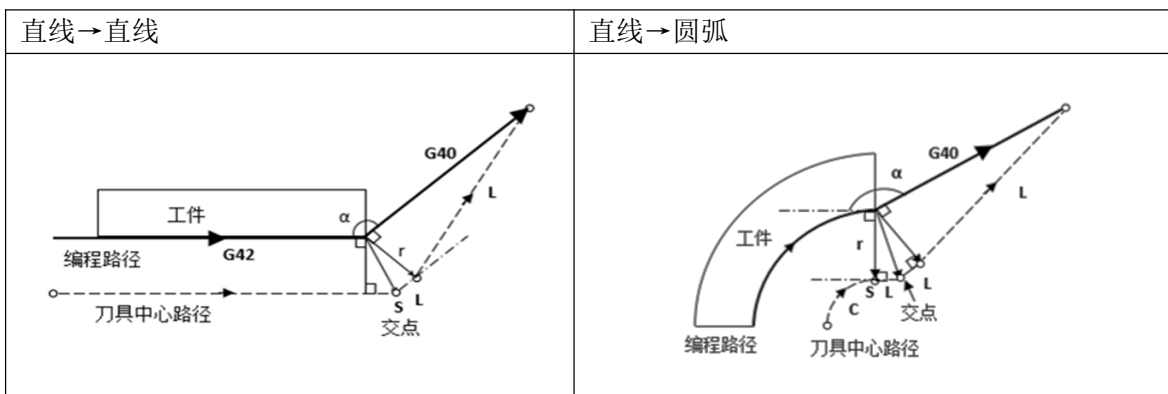
满足下列任一条件时，刀具半径补偿被取消。

- a) 执行了 G40 指令
- b) 执行补偿编号 D00

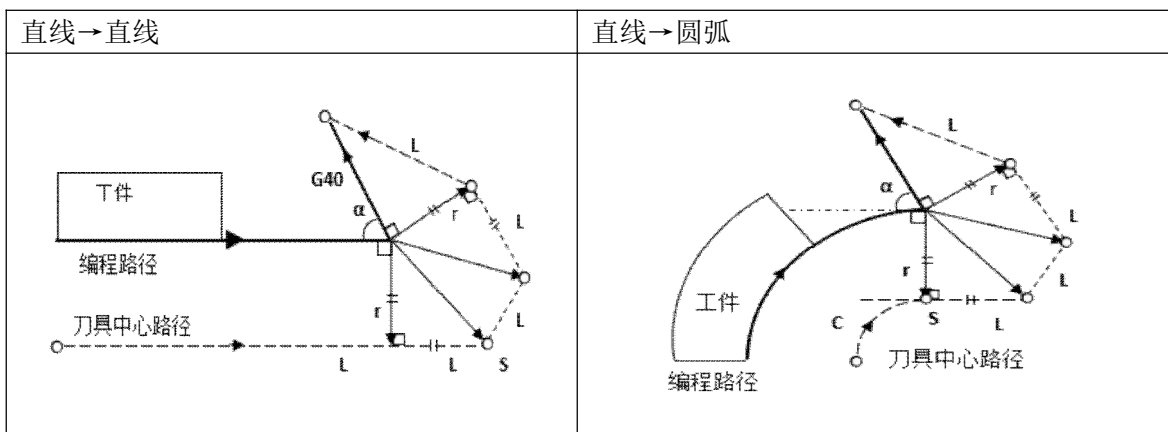
(1) 在具有移动取消的程序段中，刀具绕拐角内侧移动时 ( $\alpha \geq 180^\circ$ )

<p>直线→直线</p>	<p>直线→圆弧</p>
--------------	--------------

(2) 在具有移动取消的程序段中，刀具绕钝角外侧移动时 ( $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ )



(3) 在具有移动取消的程序段中，刀具绕锐角外侧移动时 ( $\alpha < 90^\circ$ )



### 12.5.3 刀具半径补偿过程中补偿方向的改变



#### 功能及目的

半径补偿方向是由刀径补偿指令 (G41/G42) 和补偿量的符号决定。

刀补指令	补偿量符号+	补偿量符号-
G41	左侧补偿	右侧补偿
G42	右侧补偿	左侧补偿

系统暂不在支持通过 G41 与 G42 连用来改变补偿方向，使用中会出现报警“半径补偿过程中不允许改变刀补方向”。通过补偿过程中改变补偿量符号来改变补偿方向，不同的编程补偿方法及使用环境，效果不同，不建议使用。



#### 编程举例

说明：以下通过补偿过程中改变补偿量符号来改变补偿方向，程序的编程使用举例，会出现如下几种运行轨迹。（不建议使用刀具方向变更）。

#### 1) 直线与直线方式变更补偿方向

- 变更补偿方向时有轨迹交点

	<pre>%1234 G90G54G0X-50Y50 G41G01X-50Y20D1 (补偿值 5) X-30Y0 X30 X50Y20D2 (补偿值-5) Y50 M30</pre>
--	--

●变更补偿方向时无轨迹交点

	<pre>%1234 G90 G54 G0 X-60 Y-30 G41 G01 X-50 Y-20 D1 (补偿值 5) X-30 Y0 X30 Y0 X50 Y-20 D2 (补偿值-5) Y-50 M30</pre>
--	--

## 2) 直线与圆弧方式变更补偿方向

●变更补偿方向时有轨迹交点

	<pre>%1234 G90 G54 G0 X-50 Y30 G41 G01 X-50 Y0 D1 (补偿值 5) X-30 Y0 G2 X30 Y0 I30 J0 D2 (补偿值-5) G1 X50 Y0 D1 (补偿值 5) G40 M30</pre>
--	--

●变更补偿方向时无轨迹交点

	<pre>%1234 G90 G54 G0 X-50 Y30 G41 G01 X-50 Y0 D1 D1 (补偿值 5) X-30 Y0 G3 X30 Y0 I30 J0 D2 (补偿值-5) G1 X50 Y0 D1 (补偿值 5) M30</pre>
--	---

## 3) 圆弧与圆弧方式变更补偿方向

说明：针对圆弧接圆弧方式的变更方向编程，如以下两种编程方式，系统不支持。

●变更补偿方向时有轨迹交点

	<pre>%I234 G90 G54 G0 X-50 Y0 G41 G01 X0 Y0 D1 (补偿值 5) G2X53.64Y18.47I30J0 X140.66Y0I41.55 J-18.47D2 (补偿值-5) G1X150 M30 (不支持此种编程补偿方式变更)</pre>
--	---

●变更补偿方向时无轨迹交点

	<pre>%I234 G90 G54 G0 X-50 Y0 G41 G01 X0 Y0 D1 (补偿值 5) G3X18.02Y-4.04I9.03J1.7 X37.26Y-2.18I9.26 J3.7 G2X53.12Y10.61I13.99J-1.11D2 (补偿值-5) G1X50 M30 (不支持此种编程补偿方式变更)</pre>
--	--

4) 直线往返运动改变刀补矢量方向

	<pre>%I234 G90G54G0X-30Y0 G41G1X0Y0D1 (补偿值 5) X80 G01X0D2 (补偿值-5) G40 G01 X-30 M30</pre>
--	--

## 12.5.4 刀具半径补偿暂时不补偿的情况



### 功能及目的

在半径补偿模式中，执行以下指令（G28、G53）时，补偿矢量会暂时失效，该类指令执行完成后，会自动恢复到补偿模式，此时不需进行补偿取消或加入的动作。取消补偿矢量完成的点即为程序的指令点，当恢复补偿模式时，直接前往指令点处，并完成补偿矢量的恢复。



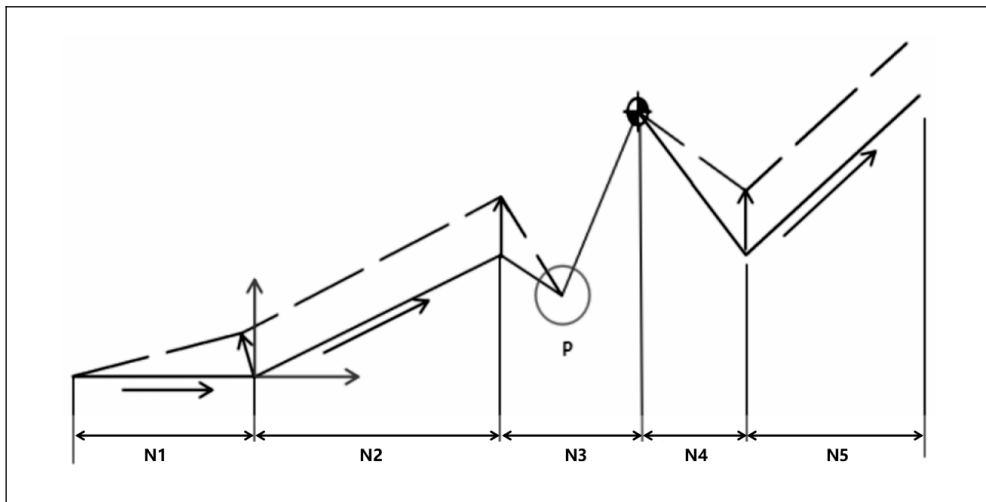
### 详细说明

#### (1) 半径补偿模式中的返回参考点指令 G28。

在中间点（G91 使用时无中间点，直接为参考点）暂时补偿矢量变为 0

例：%1234

```
G90G54G0X-30Y0
N1G41G1X0Y0D1
N2X40Y15
N3G28X50Y20
N4X80 Y30
N5X120 Y20
M30
```



说明：

..... 补偿后刀具中心路径      —— 未补偿刀具路径

P 点处为返回参考点时的中间点位置，无中间点时，直接返回参考点位置。

#### (2) 半径补偿模式中的直接机床坐标系编程指令 G53

在 G53 指令（基本机械坐标系选择）中，将暂时变为取消补偿矢量的状态。

### 12.5.5 刀具半径补偿中存在不移动的程序段



#### 功能及目的

在刀补建立与执行过程中，会预读后面的 5 个程序段来建立刀补路径，那么在程序中连续出现无移动程序段时，系统的处理情况如下。

以下程序段被视为不移动的程序段。

不移动的程序段类型	代码举例
M 类辅助代码	M03/M04/M05/M06/M08
S 转速指令	S300
T 刀具号指令	T6/分组 T101
G04 暂停指令	G04 X5/G04 P5000
可编程数据输入程序段	G10 L10 P_
坐标系设定	G92 X0 Y0
补偿平面的第三轴移动指令	G17 Z10
G 代码	G90/G94/G95/G08/G09/G64/G65
移动量为 0	G91 X0

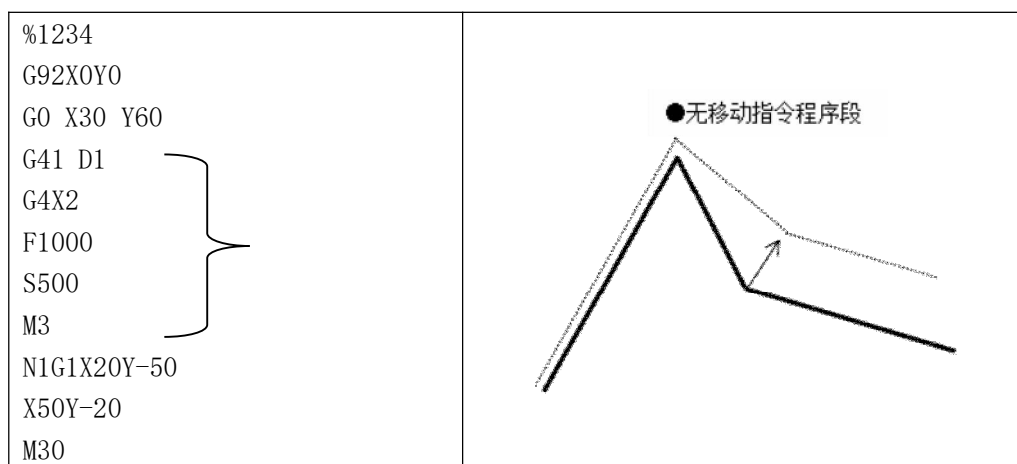
M00、M01、M02、M30 作为预读禁止 M 代码处理。



#### 详细说明

##### 1) 在开始建立补偿时

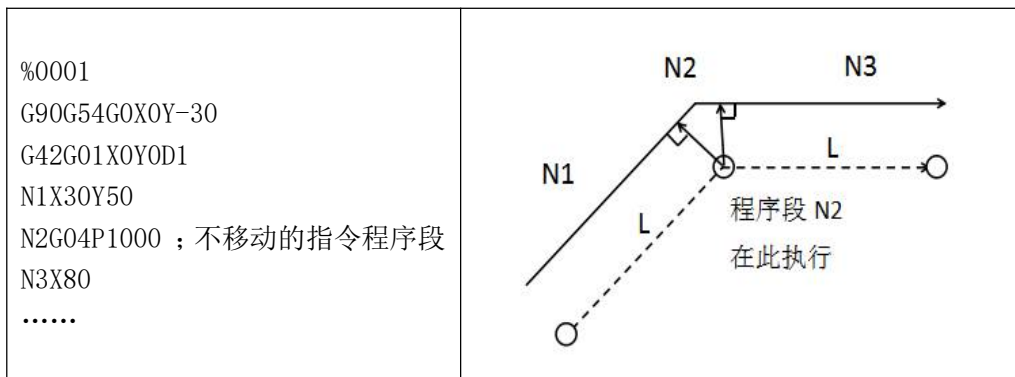
在开始建立补偿时存在连续 5 个以上不移动的程序段，以及预读禁止 M 指令时，不影响补偿的建立。



(注 1) 在使用 G41 建立刀补时没有发生移动量，并且在建立刀补时连续 5 个程序段没有移动量，在程序段 N1 行时开始执行刀补路径，此时整个程序在建立刀补路径时补偿路径不受影响。

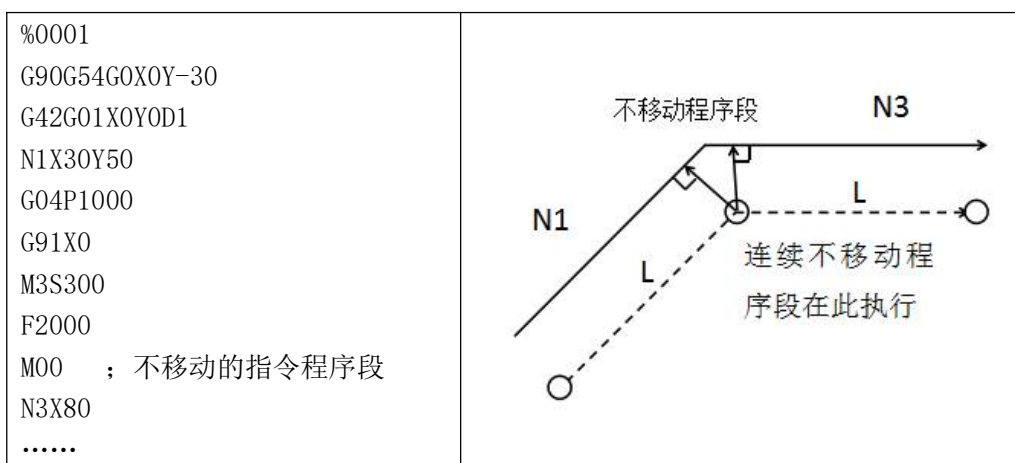
## 2) 在补偿模式进行中

- (1) 在补偿模式进行中不存在连续 4 个以上不移动的程序段，以及不存在预读禁止 M 指令时，将在前后程序段的移动方向的垂直方向产生长度等于补偿值的矢量，不移动程序段在补偿后的矢量停止点执行。



- (2) 几个没有刀具移动的程序段不应该连续指令。

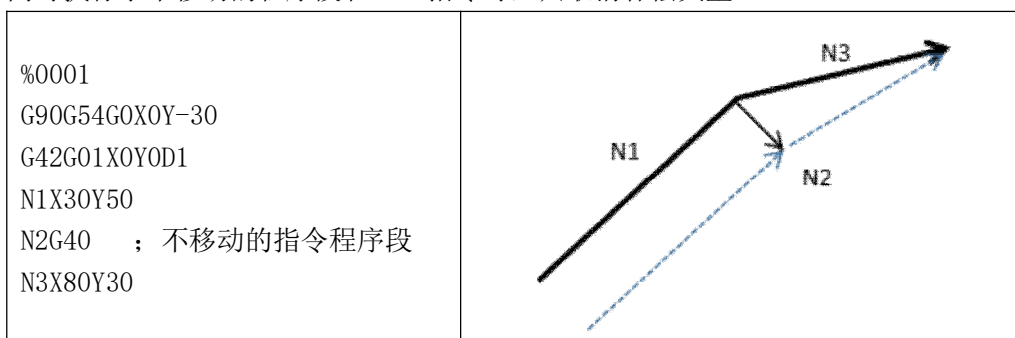
如果存在连续 4 个以上不移动的程序段，以及预读禁止 M 指令时，同样会在前后程序段的移动方向的垂直方向产生长度等于补偿值的矢量，不移动程序段在补偿后的矢量停止点执行。



注：图中不移动程序段表示：执行 N1 与 N3 之间程序。

## 3) 在补偿取消的同时执行不移动指令

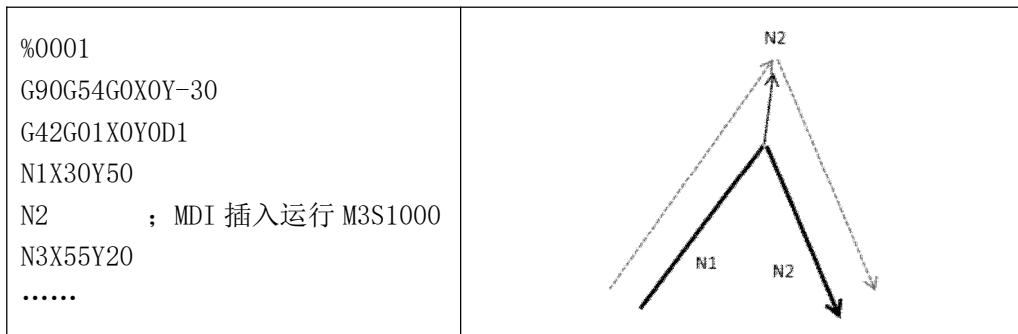
同时执行了不移动的程序段和 G40 指令时，只取消补偿矢量。



## 12.5.6 刀具半径补偿中的动作插入

### 1) MDI 插入指令

(1) 在 MDI 中插入无移动的指令（刀具轨迹不会发生变化）



只有在进给保持的情况下才可以切换到 MDI 模式，所以运行至 N1 程序段时，切换至单段运行模式，等进入进给保持后，切换至 MDI 模式插入非移动指令。

(2) 在 MDI 中插入有移动的指令

系统在自动模式下运行半径补偿中的程序，如果在 MDI 中输入了移动指令，并且改变了机床程序暂停时的位置，再次回到程序中运行时，系统会报警不在断点位置。恢复断点位置方可继续运行，并且补偿正常加入。

### 2) 手动插入动作

系统在自动模式下运行半径补偿中的程序，如果切换手动模式移动了机床各轴，并且改变了机床程序暂停时的位置，再次回到程序中运行时，系统会报警不在断点位置。恢复断点位置方可继续运行，并且补偿正常加入。

## 12.5.7 刀具半径补偿中补偿值的变更



### 功能及目的

原则上在半径补偿模式中不要随意变更补偿编号，不同的补偿编号对应的补偿值可能不同，程序运行的轨迹也会发生变化。如果变更了补偿编号，则执行如下动作。

改变补偿编号的程序代码格式如下：

```
G41G01.....D(r1)
G0/G01/G02/G03 X_ Y_
G0/G01/G02/G03 X_ Y_
G0/G01/G02/G03 X_ Y_ D(r2) ; 补偿编号由 r1 变为 r2
G0/G01/G02/G03 X_ Y_
.....
```

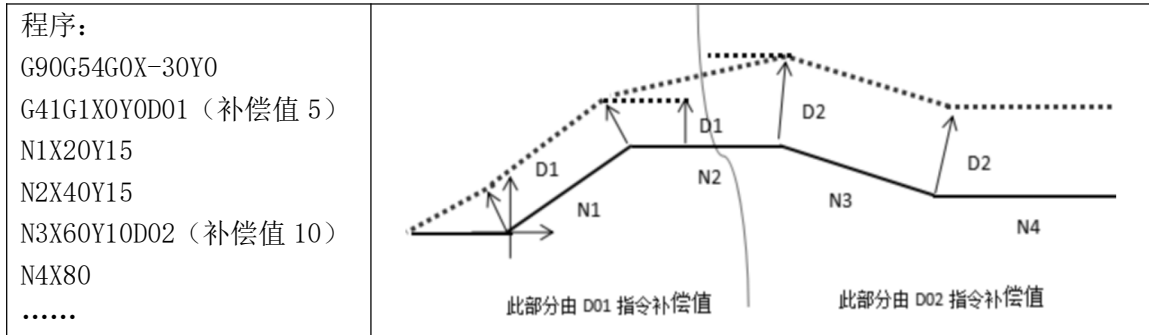




详细说明

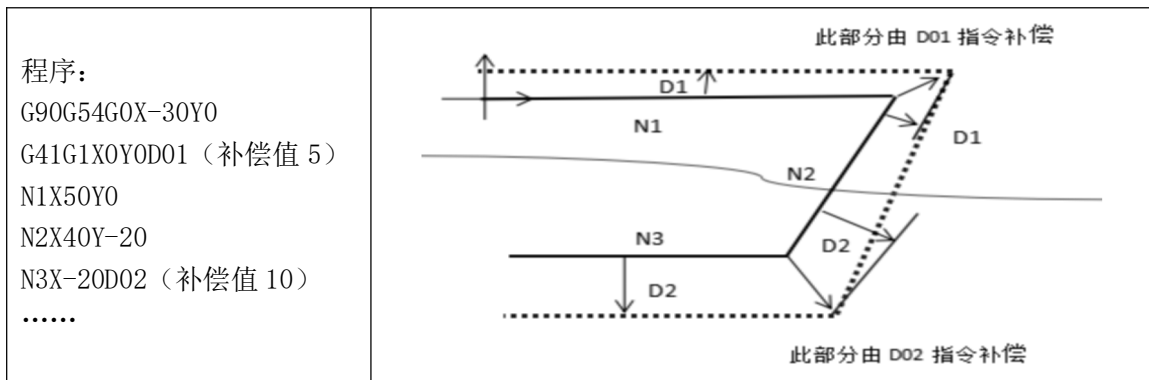
1) 直线→直线轨迹时

程序轨迹为锐角



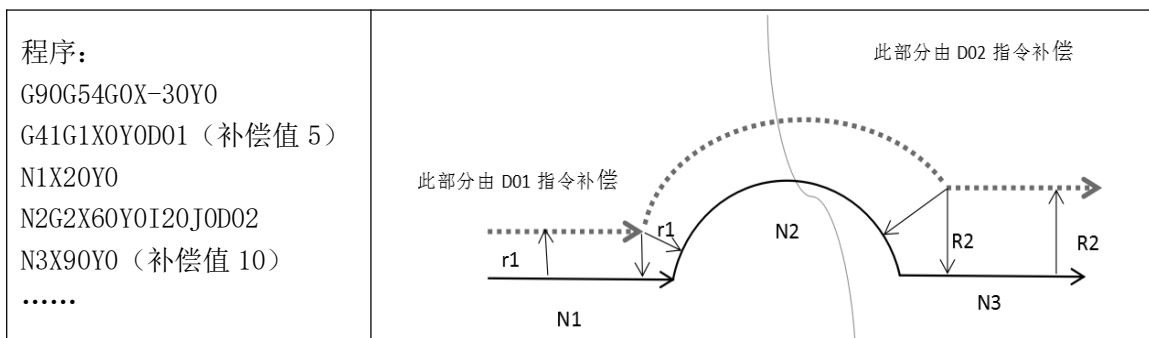
..... 补偿后刀具中心路径      ——— 未补偿刀具路径

程序轨迹为钝角

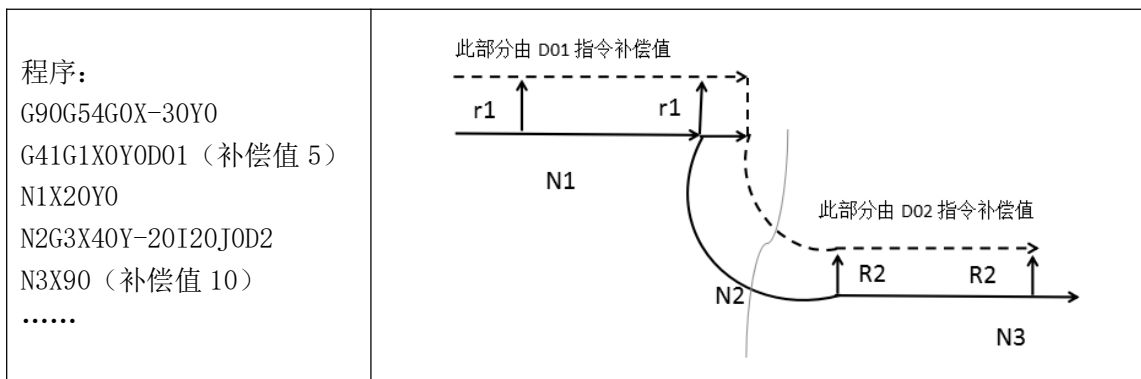


2) 直线→圆弧轨迹时

尖角内补偿量变化



尖角外补偿量变化



## 12.5.8 干涉检查



### 功能及目的

通常在程序预读及用刀具半径补偿后的刀具，有时会发生过切现象，此种现象称为干涉。干涉检查功能可预先对刀具过切进行检查（即使不出现过切，也执行干涉检查）。但是，该功能不能检查出来所有的干涉现象。



### 详细说明

干涉检查有如下两种模式，可通过参数进行选择

功能	参数	动作
干涉检查报警功能	干涉报警控制开	在补偿过程中发生过切干涉前，系统给出报警提示，停止运行
干涉检查回避功能	自动修正干涉开	变更路径以避免发生过切

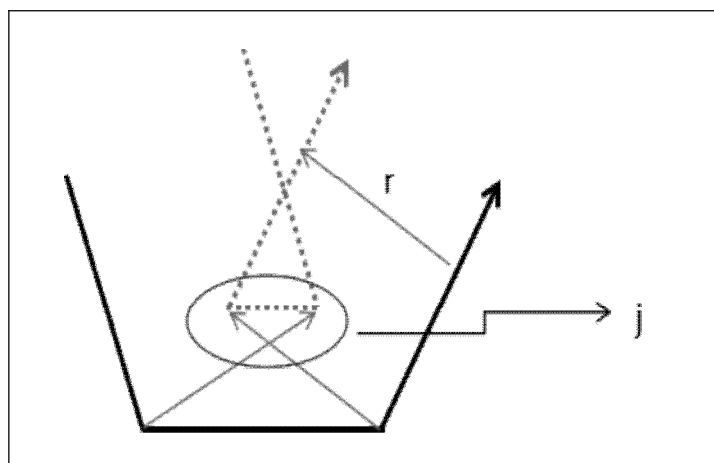
注释：参数号：010046 参数值填 0 干涉报警功能开启

参数号：010046 参数值填 1 干涉自动修正功能开启

参数号：010047 半径补偿干涉检查段数，例如参数填 4，预读 3 段程序检查干涉。

### 作为补偿干涉条件

在预读 4 个程序段中，3 个程序段存在移动指令时，各移动指令接点上的补偿运算矢量发生补偿路径交叉时，即作为发生干涉。



- $r$  补偿量  
 $j$  交叉矢量发生处  
 ..... 补偿后刀具中心路径  
 ———— 未补偿刀具路径

分别设置两种模式运行带干涉的程序，具体现象如下：

### 举例 1：使用直径较大的刀具加工包含线段尖角的程序例子

<p>左补偿轨迹轮廓切入 程序： G90G54G0X-30Y0 N1G01G41X0Y0F1000 N2G01G41X20Y-30F1000 N3X30 N4X50Y0 .....</p>	
--	--

#### 1) 干涉报警

参数 010046 填 0 干涉报警功能开启，参数 010047 半径补偿干涉检查段数参数值默认值设为 4；运行以上程序，执行 N1 程序段之前出现报警，系统停止运行。

#### 2) 干涉回避

执行 N2 与 N4 程序段的交点运算，创建干涉回避矢量，自动修正补偿路径，修正路径为运行 a—e 路径。

### 举例 2：使用直径较大的刀具加工包含半径较小圆弧的程序例子

<p>左补偿轨迹轮廓由圆起点 处偏移半径值后切入 程序： G90G54G0X_Y_ N1G01G41X_Y_F1000 N2G01X_Y_F1000 N3G2X_Y_I_J_ N4X_Y_ .....</p>	
--	--

#### 1) 干涉报警

参数 010046 参数值填 0 干涉报警功能开启，参数 010047 半径补偿干涉检查段数参数值默认值设为 4；运行以上程序，执行 N1 程序段之前出现报警，系统停止运行。

#### 2) 干涉回避

通过干涉检查处理，由于 c 和 f 点处发生路径交叉，执行 N1 与 N3 程序段补偿后的路径交点运算，创建干涉回避矢量，自动修正补偿路径，修正路径为运行 a—b 路径。

# 13 可编程数据输入 (G10/G11)

## 13.1 可编程数据输入指令 (G10/G11)



### 功能及目的

通过 G10/G11 指令，用户可以在程序中动态修改系统数据。G10 为模态指令，当指定 G10 可进入编程数据输入方式，更改的系统数据及时生效。当调用 G11 指令，则取消该方式。

其功能列表如下：

功能	G 代码
输入 G54~G59 工件坐标系原点	G10 L2 Pp IP_
输入 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（长度补偿）H 输入	G10 L10 PpRr
铣削刀具几何补偿值（半径补偿）D 输入	G10 L12 PpRr
车刀偏置值数据输入	G10 L14 Pp X_ Z_ R_ Q_ Y_ J_ K_
单次切削时间输入	G10 L78 Pp

## 13.2 工件坐标系原点输入



### 功能及目的

根据 G10 指令可以由程序开始设定/变更工件零点（G54~G59）偏置。在绝对值（G90）模式中，指定的补偿量变为新的补偿量；在增量值（G91）模式中，当前设定补偿量的基础上加上指定的补偿量，则变为新的补偿量。



### 指令格式

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： <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1 对应 G54 工件坐标系</li> <li>➤ 2 对应 G55 工件坐标系</li> <li>➤ 3 对应 G56 工件坐标系</li> <li>➤ 4 对应 G57 工件坐标系</li> <li>➤ 5 对应 G58 工件坐标系</li> </ul>

	➤ 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 若是增量指令，累加到每个轴原设置的工件原点偏置值上



### 编程举例

```

%1002
G54                ; G54 初始值
G01X0Y0Z0
G90G10L2P1X100Y100Z100 ; 绝对指令，更改 G54 工件坐标系零点为(100, 100, 100)
G11
G01X20Y20Z20      ; 机床坐标系指令值为(120, 120, 120)
G91G10L2P1X50Y50Z50 ; 增量指令，更改 G54 工件坐标系零点为(150, 150, 150)
G11
G90G01X20Y20Z20   ; 机床坐标系指令值为(170, 170, 170)
M30

```

### 13.3 扩展工件坐标系原点数据输入



#### 功能及目的

根据 G10 指令可以由程序开始设定/变更扩展工件坐标系 (G54.1~G54.60) 偏置。在绝对值 (G90) 模式中，指定的补偿量变为新的补偿量；在增量值 (G91) 模式中，当前设定补偿量的基础上加上指定的补偿量，则变为新的补偿量。



#### 指令格式

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；



## 编程举例

```
%1003
G54                : G54 初始值
G01X0Y0Z0
G90G10L20P1X50Y50Z50 ; 绝对指令, 更改 G54.1 工件坐标系零点为 (50, 50, 50)
G11
G01X20Y20Z20      : 机床坐标系指令值为 (70, 70, 70)
G91G10L20P1X50Y50Z50 ; 增量指令, 更改 G54.1 工件坐标系零点为 (100, 100, 100)
G11
G90G01X20Y20Z20   : 机床坐标系指令值为 (120, 120, 120)
M30
```

## 13.4 系统参数数据输出



## 功能及目的

将系统参数输出到 Rr 指定的当前通道变量中，#0~#49



## 指令格式

G10 L53 Pp\_Rr\_

参数	含义
Pp	参数 ID 索引号
Rr	变量地址（#0~#49）



## 编程举例

```
%1004
G54
G01X0Y0Z0
G10L53P010340R1 ; 读取机床用户参数 010340 号参数值，赋值给变量#1
G10L53P010341R2 ; 读取机床用户参数 010341 号参数值，赋值给变量#2
G11
M30
```



### 13.5 铣刀刀具长度补偿值数据输入



#### 功能及目的

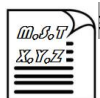
通过 G10 指令，可以在程序中设定或变更铣床刀具长度补偿。在绝对值（G90）模式中，指定的补偿量变为新的补偿量；在增量值（G91）模式中，当前设定补偿量的基础上加上指定的补偿量，则变为新的补偿量。



#### 指令格式

G10 L10 Pp\_ Rr\_

参数	含义
Pp	刀具偏置号
Rr	刀具补偿数据



#### 编程举例

```
%0005
G54
G01X100Y100Z100
G90G10L10P1R2 ; 绝对指令，更改 1 号刀具长度补偿值为 2
G11
G43Z50H1 ; H1=2
G49Z0
G91G10L10P1R8 ; 增量指令，更改 1 号刀具长度补偿值为 (8+2=10)
G11
G90G43Z50H1 ; H1=10
G49Z0
M30
```



#### 注意事项

通过 G10 修改刀具长度刀补值，需要用 G43 或 G44 重新调用刀具长度补偿才能生效。

## 13.6 铣刀刀具半径补偿值数据输入



### 功能及目的

通过 G10 指令，可以在程序中设定或变更铣床刀具半径补偿值。在绝对值（G90）模式中，指定的补偿量变为新的补偿量；在增量值（G91）模式中，当前设定补偿量的基础上加上指定的补偿量，则变为新的补偿量。



### 指令格式

G10 L12 Pp Rr

参数	含义
Pp	刀具偏置号
Rr	刀具补偿数据



### 编程举例

```
%0006
G54
G01X100Y100Z100
G10L12P2R1      ; 绝对指令，更改 2 号刀具半径补偿为 1
G11
G41X20Y20D2     ; D2=1
X30
G40XOYO
G91G10L12P2R1   ; 增量指令，更改 2 号刀具半径补偿为 (1+1=2)
G11
G90G41X20Y20D2 ; D2=2
X30
G40XOYO
M30
```



### 注意事项

通过 G10 修改刀具半径补偿值，需要用 G41 或 G42 重新调用刀具半径补偿才能生效。

## 13.7 车刀偏置值数据输入



### 功能及目的

通过 G10 指令，可以在程序中设定或变更车刀刀具补偿、磨损、刀尖方偏置等数据。在绝对值（G90）模式中，指定的补偿量变为新的补偿量；在增量值（G91）模式中，当前设定补偿量的基础上加上指定的补偿量，则变为新的补偿量。



### 指令格式

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



### 编程举例

修改刀偏表中，1 号刀偏数据（如 X 轴偏置为-100、Z 轴偏置为-50、刀尖半径为 0.2、刀尖方位号为 3）并调用此刀偏，程序编辑如下：

```
%1007
G10L14P1X-100Z-50R0.2Q3
G11
T0101
.....
M30
```

## 13.8 获取修改单次切削时间



### 功能及目的

用户可通过 G10L78 指令，修改加工主界面的单次切削时间。



### 详细说明

- (1) P 参数指定修改的单次加工时间，单位：秒
- (2) 修改“单次切削”时间后，“本次切削时间”、“累计切削时间”同步进行数据的更新。



### 编程举例

```
%0008  
G54  
G01X100Y100Z100  
G10L78P60; 修改单次切削时间为 60S  
G10L78P1000; 修改单次切削时间为 1000S  
G11  
M30
```



### 注意事项

#1471：可以读取当前的“单次切削”时间，但是最好前面加 G08 指令进行暂停预读，否则读取的时间可能不准确；

# 14 车床标准固定循环 (T)

## 14.1 车床简单循环

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) 指令格式与 FANUC 不能通用。

### 14.1.1 内（外）径切削循环（G80）

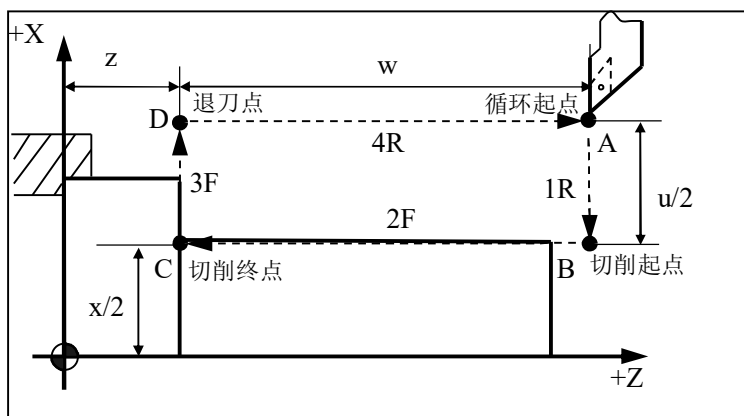


#### 功能及目的

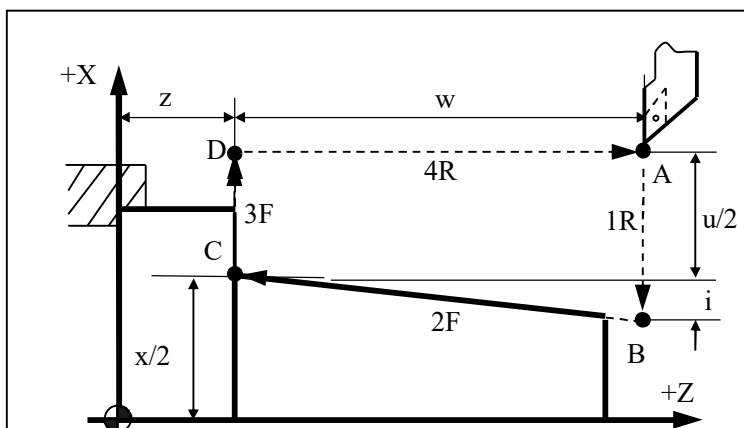
该功能可通过 1 个程序段，实现 4 段直线轨迹的运行控制。其轨迹从起点 A 开始，经 A→B→C→D→A 回到起点 A，最终完成 1 次简单循环加工，其中 1、4 段轨迹为快速移动，2、3 段轨迹为加工速度移动。运行轨迹详见下图。

该功能适用于简单的内径或外径切削循环加工。

#### 1. 圆柱面内/外径切削循环



#### 2. 圆锥面内/外径切削循环





## 指令格式

## 1. 圆柱面内/外径切削循环

G80 X\_  /U\_  /Z\_  /W\_  /F\_  

参数	含义
X/U Z/W	绝对值编程时，为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标； 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)

## 2. 圆锥面内/外径切削循环

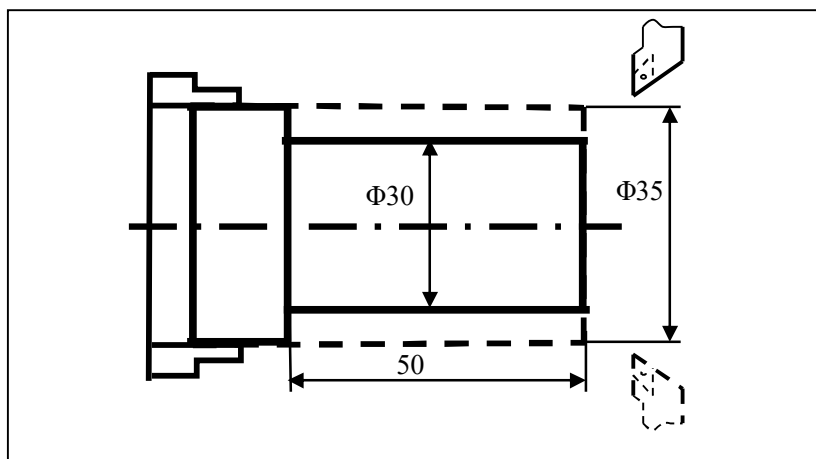
G80 X\_  /U\_  /Z\_  /W\_  /I\_  /F\_  

参数	含义
X/U Z/W	绝对值编程时，为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标； 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	切削起点 B 相对切削终点 C 的半径差（I 的正负决定倒锥或顺锥）。
F	进给速度（表示以指定速度 F 移动）(mm/min)



## 编程举例

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

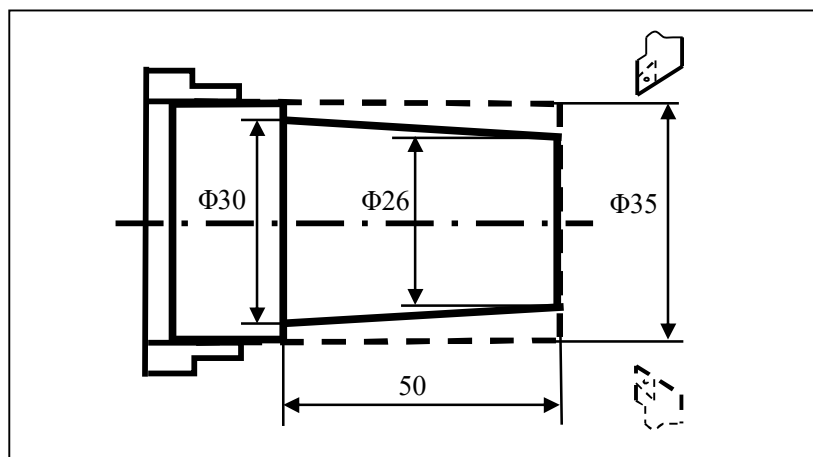


```

%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

```

**例 2:** 加工如下图所示工件，用 G80 指令，分粗、精加工简单园锥零件



```

%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

```



### 14.1.2 端面切削循环 (G81)



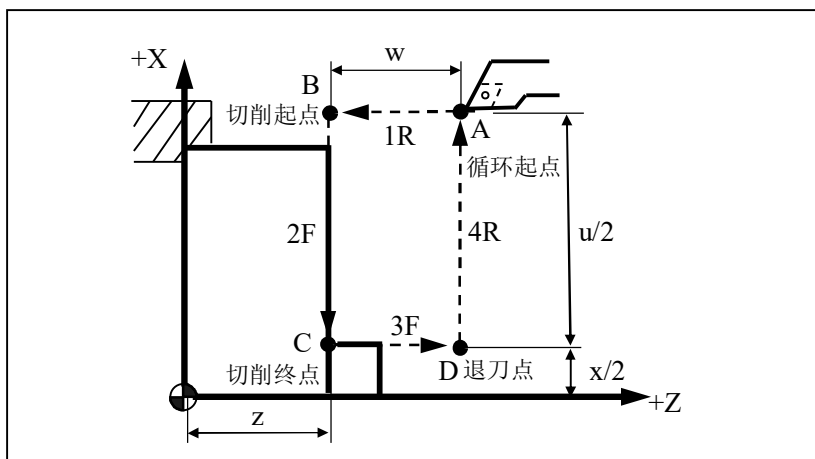
#### 功能及目的

该功能可通过 1 个程序段，实现 4 段直线轨迹的运行控制。其轨迹从起点 A 开始，经 A→B→C→D→A 回到起点 A，最终完成 1 次简单循环加工，其中 1、4 段轨迹为快速移动，2、3 段轨迹为加工速度移动。运行轨迹详见下图。

本循环可进行平端面切削和锥端面切削。

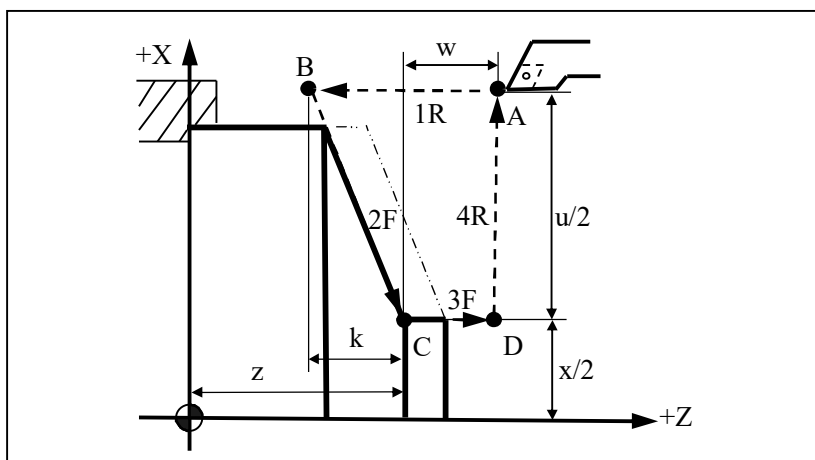
#### 1. 平端面切削

切削过程如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作：



#### 2. 锥端面切削

切削过程如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作：





## 指令格式

## 1. 平端面切削

G81 X\_/U\_Z\_/W\_F\_

参数	含义
X /U Z/W	绝对值编程时,为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标; 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)

## 2. 锥端面切削

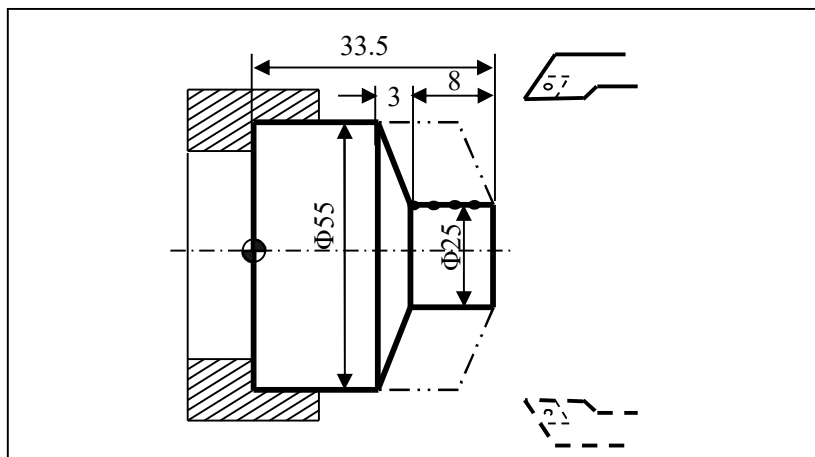
G81 X\_/U\_Z\_/W\_K\_F\_

参数	含义
X /U Z/W	绝对值编程时,为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标; 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)



## 编程举例

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 3mm，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
```



## 注意事项

- 1) 若不指定 F 值则以默认速度切削
- 2) 端面切削需要使用端面切削的专用刀具
- 3) 本固定循环自行识别直径编程和增量编程，不需要特意切换模式
- 4) 运行本程序前，必须旋转主轴
- 5) 可以带刀补执行该程序

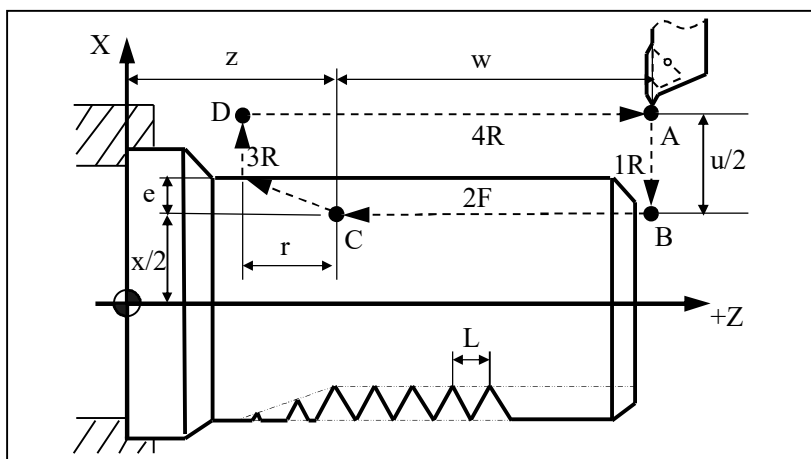
### 14.1.3 螺纹切削循环 (G82)



#### 功能及目的

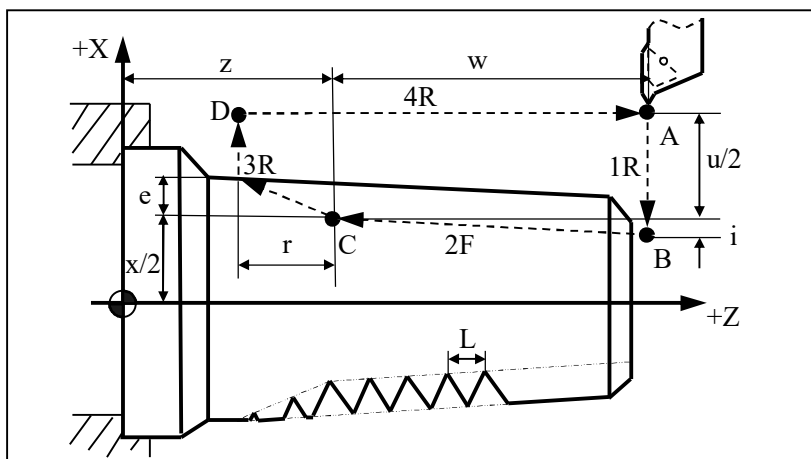
#### 1. 直螺纹加工循环

该循环执行如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作：



#### 2. 锥螺纹加工循环

该循环执行如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作。





## 指令格式

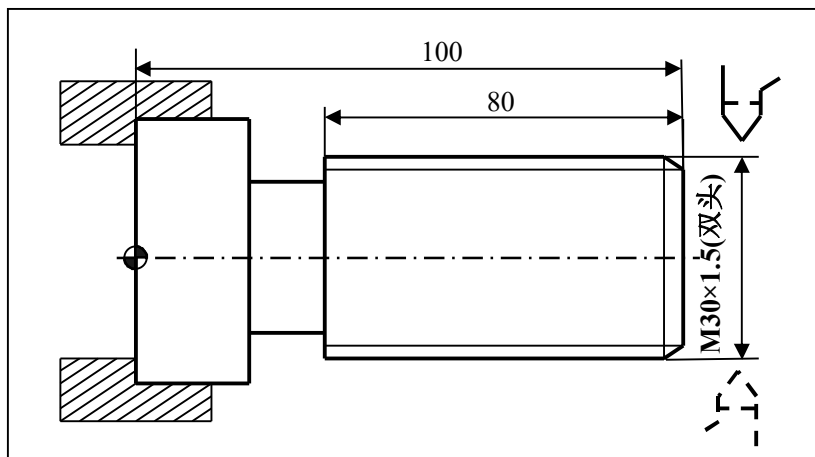
G82 X\_/U\_Z\_/W\_I\_R\_E\_C\_P\_F\_

参数	含义
X/U Z/W	绝对值编程时，为螺纹终点 C 在工件坐标系下的坐标；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），直螺纹此参数可以不写。
R E	螺纹切削的退尾量，R、E 均为向量，R 为 Z 向回退量；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	螺纹导程；(mm/r)



## 编程举例

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 0.6mm
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
```



## 注意事项

- 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，R、E 为零时退尾量强制为  $F \times 0.68$ ；
- 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；
- 3) 车螺纹时不允许修改倍率；
- 4) F 值可以继承，如果没有值可以继承则会报警；
- 5) 90 度退尾在用户自定义宏变量的 #54019；

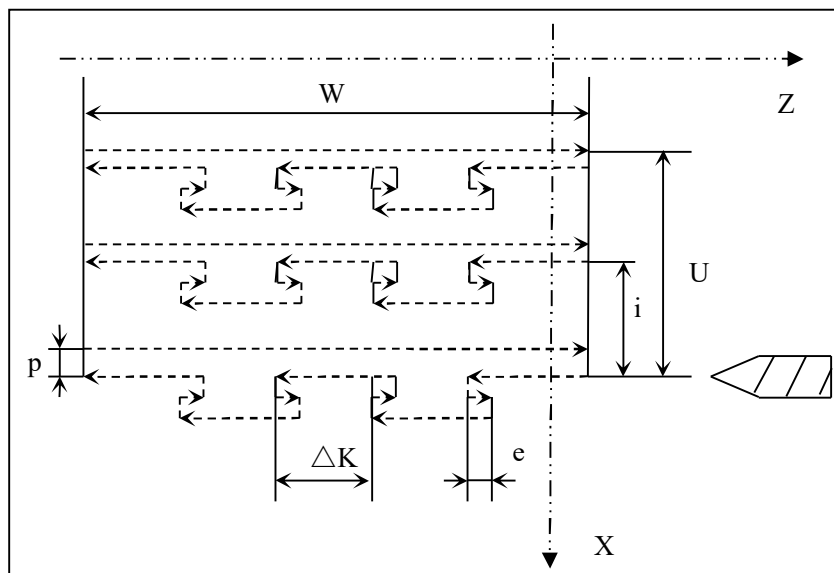
## 14.1.4 端面深孔钻加工循环 (G74)



## 功能及目的

本循环可对端面进行深孔钻削加工。如下图所。

该指令执行如下图所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作：



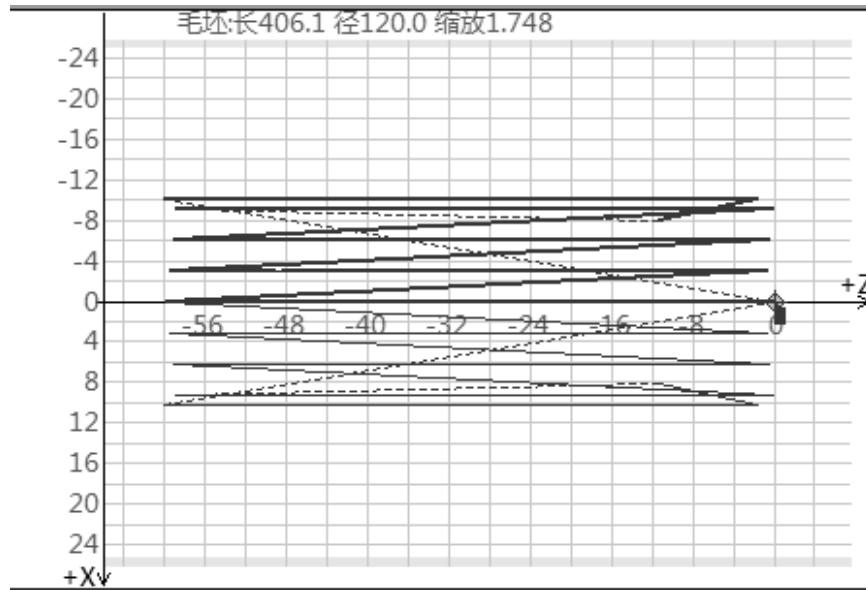
## 指令格式

G74 X<sub>U</sub> /Z<sub>W</sub> /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。



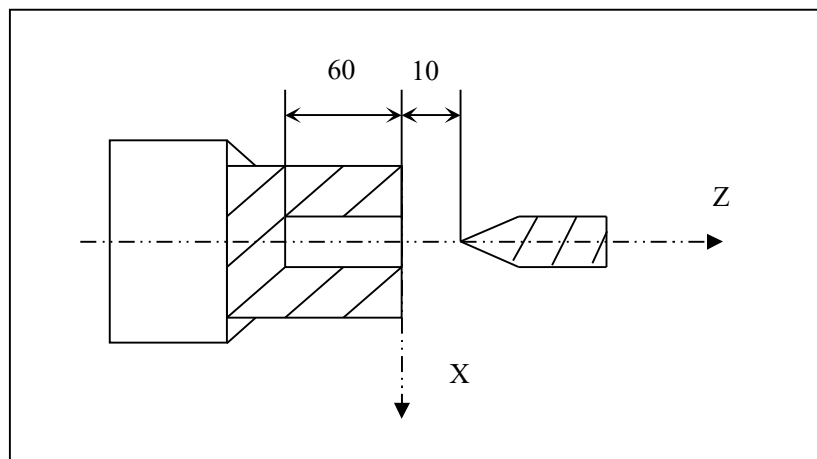
详细说明



如上图，是 G74 的钻孔轨迹，每次钻入孔底后回退时 X 方向移动 Q 距离然后再次钻孔，直到 X 方向剩余宽度小于 Q，然后将 X 轴移动量走完，最后钻一次孔，从而达到钻出固定宽度的孔的功能。



编程举例



```

%1234

T0101

M03S500

G01 X0 Z10F200

G74 X-10Z-60R1Q5I3P1

M30
    
```



**注意事项**

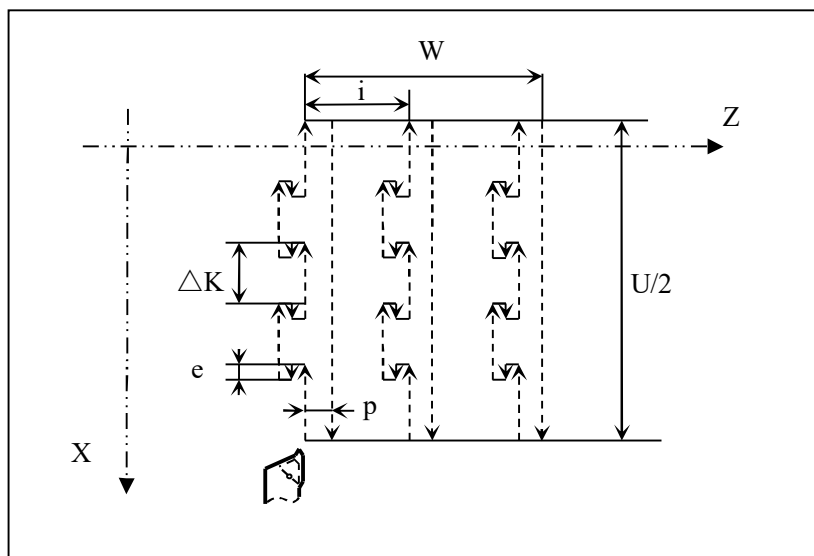
- 1) 不支持模态继承，即 G74 那一行后面几行如果是 XZ 坐标，那么程序并不会继续钻孔，而是按 G01 运行该坐标。
- 2) 如果需要连续钻孔则需要连续写多行 G74，而且 RQIP 等指令也不会继承。
- 3) 支持正向钻孔和反向钻孔两个方向。
- 4) 注意选用适当的速度值（包括空跑），华中系统即使是空跑的虚拟图案在速度过快时也会显示实际刀具路径，当空跑将速度调很高时，钻孔图案会失真。
- 5) 走宽槽时需要注意刀的宽度。

## 14.1.5 外径切槽循环 (G75)



## 功能及目的

本循环用于对工件外径进行切槽加工  
该指令执行轨迹如下图所示：



## 指令格式

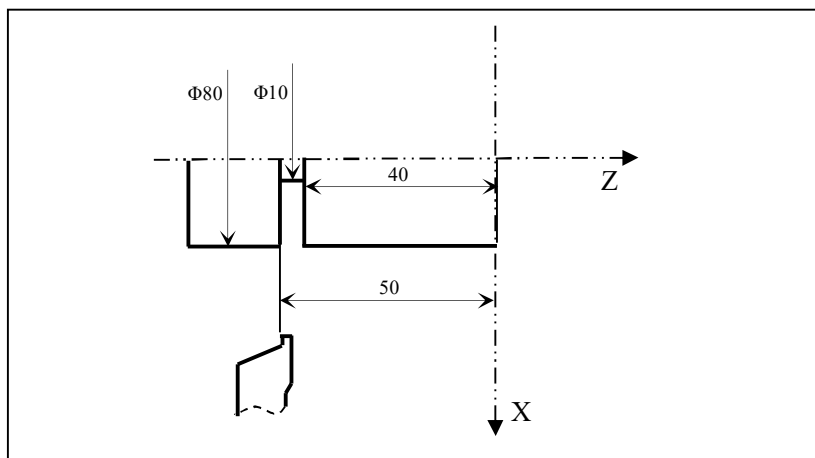
G75X\_/U\_Z\_/W\_Q( $\Delta$ K)\_R(e)\_I(i)\_P(p)\_

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。



## 编程举例

例 1: G75 外径切槽循环编程实例:



```
%1234
T0101
M03 S500
G01 X50 Z-50 F200
G75 X10 Z-40 R1 Q5 I3 P2
M30
```



## 注意事项

- 1) 如果没有定义 K, 则需要将用户宏#54005 设置为退刀量
- 2) 如果没有定义 Q 则继承上行的 Q, 若第一行没定义 Q 则 Q 为 0
- 3) 如果没有定义 R 则默认 R 为 0
- 4) 与 G74 同样不支持模态继承, 即 G75 后一行跟 XZ 坐标, 那么程序并不会继续钻孔, 而是按 G01 运行该坐标。
- 5) 如果需要连续钻孔则需要连续写多行 G75, 而且 RQIP 等指令也不会继承, 需要每行都添加。

## 14.2 车床钻孔固定循环

车床系统有四种钻孔循环供用户使用，分别是：

G 指令	功能
G83	轴向钻孔循环
G87	径向钻孔循环
G84	轴向刚性攻丝循环
G88	径向刚性攻丝循环

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。



### 注意事项

- 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。

## 14.2.1 轴向钻孔循环（G83）/径向钻孔循环（G87）



### 功能及目的

带动力刀头的车削中心，常需进行轴向或径向的孔加工。本系统 G83 指令可进行轴向孔的钻削加工；G87 可实现径向孔的钻削加工。两种加工方式只是进给轴不同，钻头运行轨迹完全一样，其中轴向钻孔沿 Z 轴进给，径向钻孔沿 X 轴进给。

另，轴向钻孔也适用于常规车床，此时可将工件或钻头安装到车床主轴上，并形成主切削运动，钻头或工件则安装在刀架上执行 Z 轴进给运动，进而实现轴向钻孔。



### 指令格式

#### 1. 轴向钻孔循环

G83Z(W)\_R\_Q\_K\_P\_F\_H\_

#### 2. 径向钻孔循环

G87X(U)\_R\_Q\_K\_P\_F\_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
H1	高速深孔钻。以指定的回退距离 K 回退
H2	深孔钻。回退到 R 点
H3	点孔钻。直接钻孔到孔底



### 详细说明

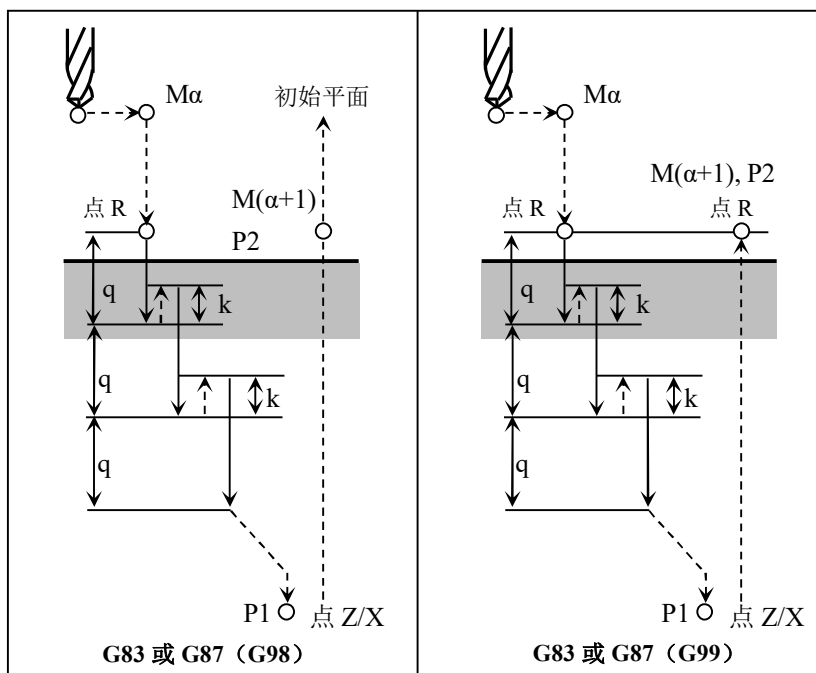
根据钻孔加工的不同工艺要求，本功能设定了三种钻孔循环轨迹，即常规点孔钻、高速深孔钻、深孔钻。三种轨迹方式分别由 H1~3 设定。

H1 设定为高速深孔钻，重点考虑断屑，排屑效果一般；

H2 设定为深孔钻，考虑断屑和排屑；

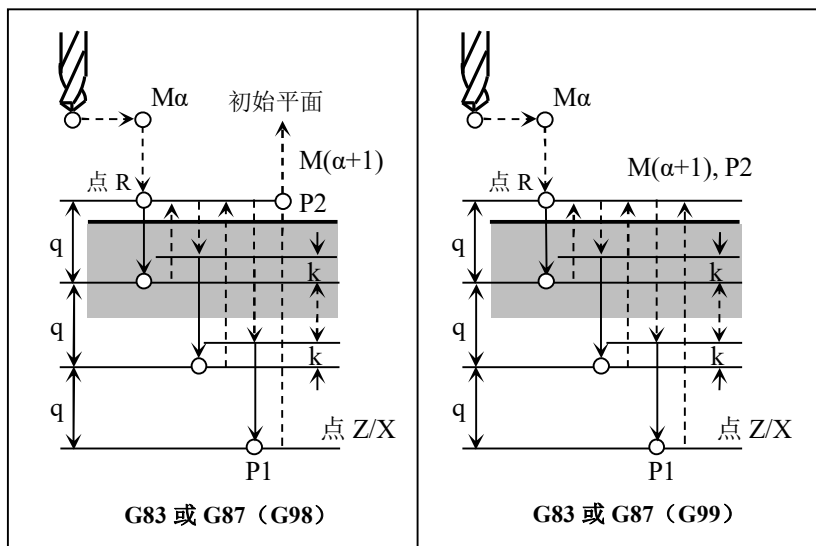
H3 设定为点孔钻，主要适用浅孔加工，不考虑排屑、断屑处理。

● 高速深孔钻--H1 方式



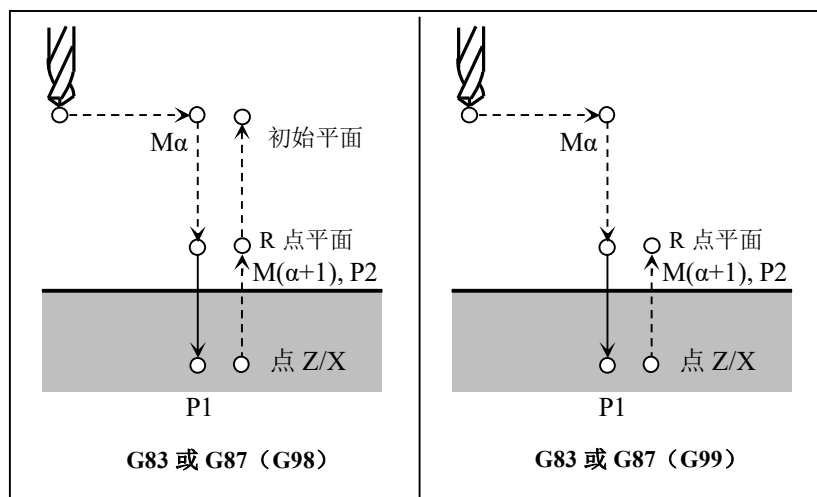
- 通过反复进退的蠕动方式实现深孔加工；
- 每次钻孔后的退刀量  $k$  较小，可断屑，排屑效果一般。

● 深孔钻--H2 方式



- 通过反复进退的蠕动方式实现深孔加工；
- 每次钻孔后均退出工件到安全平面 R 点，可断屑，排屑效果好。

● 点孔钻--H3 方式



- 每次直接钻到孔底，然后快速退出；
- 针对浅孔钻设计，无断屑、排屑处理。



## 编程举例

例：加工如功能目的图所示工件，代码格式如下：

```
%1111  
G54 X0 Z50  
G98 G83 Z-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H1  
G99 G83 Z-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H1  
G0 X0 Z50  
G98 G83 Z-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H2  
G99 G83 Z-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H2  
G0 X0 Z50  
G98 G83 Z-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H3  
G99 G83 Z-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H3  
M30
```

```
%1111  
G54 Z0 X50  
G98 G87 X-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H1  
G99 G87 X-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H1  
G0 Z0 X50  
G98 G87 X-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H2  
G99 G87 X-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H2  
G0 Z0 X50  
G98 G87 X-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H3  
G99 G87 X-10 R10 Q5 K2 P1000 F200 H3  
M30
```



**注意事项**

- 1) 当 H=1 时，以指定的回退距离 K 回退。固定循环内规定当用 H1 和 H2 方式钻孔时，必须指定进刀量 Q 和退刀量 k。
- 2) 即使不写 P、Q、K，如果前边的 G83 写有 P、Q、K，则该变量仍然会继承，即正常的写完一行 G83，后面的 G83 只需要写坐标即可，但是 G01、G00 会终止这个 G83 的模态，G01、G00、G02、G03 指令后的 G83 必须把参数写全。
- 3) 进刀量和退刀量必须大于 0。
- 4) 如果是变频器主轴则不可以跟 C 指令。

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



### 功能及目的

带动力刀头的车削中心，常需进行轴向或径向的螺纹加工。本系统 G84 指令可进行轴向螺纹的攻丝加工；G87 可实现径向螺纹的攻丝加工。两种加工方式只是进给轴不同，丝锥运行轨迹完全一样，其中轴向攻丝沿 Z 轴进给，径向攻丝沿 X 轴进给。

另，轴向攻丝也适用于常规车床，此时可将工件或丝锥安装到车床主轴上，并形成主切削运动，丝锥或工件则安装在刀架上执行 Z 轴进给运动，进而实现轴向攻丝。



### 指令格式

#### 1. 轴向刚性攻丝循环

G84 Z(W)\_R\_P\_Q\_E\_J\_K\_F\_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	进给速度
Q	进刀量
K	退刀量
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
H1	以指定的回退距离 K 回退
H2	回退到 R 点
H3	直接到孔底

#### 2. 径向刚性攻丝循环

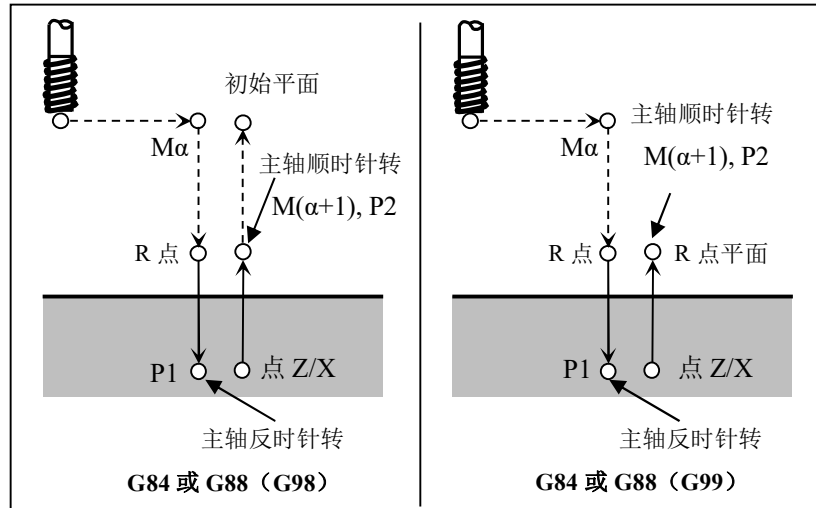
G88X(U)\_R\_E\_Q\_K\_H\_P\_F\_ (只能以第二主轴 A 轴攻丝)

参数	含义
E1	正攻丝
E2	反攻丝
Q	进刀量
K	退刀量
H1	以指定的回退距离 K 回退
H2	回退到 R 点
H3	直接到孔底



### 详细说明

执行该循环时，沿刀具轴线方向，主轴正转攻丝到孔底，然后主轴反转退出，根据 G98 或 G99 指令，丝锥退回到初始平面（G98）或 R 点平面（G99）。具体轨迹见下图。



### 编程举例

```

%1111

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
  
```

**注意事项**

- 1) 如果第一行没有写加工方式 H，则默认 H3 方式，直接钻到孔底。
- 2) 没有定义攻丝主轴默认 C 轴攻丝。
- 3) G84、G88 刚攻时不允许进给保持和修改进给修调。
- 4) G84 刚攻，P 参数 37 填 0，选择伺服主轴攻丝，P 参数 37 填 1，则选择变频器刚攻。
- 5) G84 攻丝时主轴要先旋转。
- 6) G88 径向钻孔不支持移动 Y 轴。
- 7) G88 不支持变频器主轴。

### 14.3 车床 FANUC 模式



#### 功能及目的

华中车床系统可兼容 FANUC 规范的程序格式, 实现了程序的通用, 便于用户的程序管理。

当将参数“010164FANUC 指令支持”设置为 0X2, 车床数控系统编程格式切换为 FANUC 程序格式。此时不得再使用华中系统编程格式。

由于两种系统的本质差别, 华中系统主要兼容 FANUC 的规范编程格式, 对于 FANUC 说明书中没有规定的不规范的格式, 华中系统不能实现完全的兼容。

本节着重介绍华中中的 FANUC 模式的使用注意事项。



#### 详细说明

##### 1. FANUC 模式固定循环注意事项:

- G83 和 G84 组合使用时, G84 中的 R 值不允许省略。跨固定循环 R 值的模态不继承;
- G74, G75 中 P, Q 可以支持小数 (单位为 um), 而发那科只支持整数, 为小数时会报警;

- G76 中 P, Q 可以支持小数（单位为 um），而发那科只支持整数，为小数时会报警；
- G74, G75 不支持每执行一个进刀量 P 为一个单段，而是整个执行完为一个单段；
- 单段运行 G92 螺纹时，螺纹走完一刀以后在循环起点进给保持。不支持在螺纹过程中分步运行。并且，在切螺纹过程中进给保持按键无效，不支持发那科那种按下进给保持后回退到循环起点；
- 在发那科模式下禁止使用华中格式 G76 指令；
- 所有的固定循环，如果只写固定循环 G 代码，后面不跟任何指令，直接跳过固定循环。

## 2. FANUC 模式复合循环注意事项:

- G71 退刀方式是以固定循环的所有点中最高点退一个进刀量；
- G71, G72 只允许在 ns 和 nf 段建立和取消刀补。而发那科是在进 G71, G72 之前建立刀补；
- G71 指令粗车循环中向车削起点的移动循环动作为 G00，而发那科可以选择 G00 和 G01 运行方式。
- G71 带凹槽在谷底的退刀方式为，在谷底最后一刀切完后，直接沿轮廓走刀，然后进行下一个凹槽切削。
- G72 带凹槽程序即使程序中指定 X 轴的精切量，X 轴方向不留精切量。
- G71 带凹槽程序即使程序中指定 Z 轴的精切量，Z 轴方向不留精切量。

## 3. FANUC 模式参数设置注意事项:

- NC 参数 000023 F 进给速度显示方式只能设 0 和 1。设 0 为实际速度，设 1 为指令速度。设置为 1 时，G84 攻丝时 F 值一直显示指令值不变。
- 将机床用户参数中 010164 号参数 发那科指令支持设为 2。设 1 为华中指令格式。
- 将通道参数 040179 号参数 共线判定最大角度阈值取默认值为 0.017。
- 机床用户参数 010160 转进给 F 速度显示取默认值设为 0。
- 机床用户参数 010161 复合循环误差范围为 G 代码编写模式为 FANUC 模式时的专用参数，作用为复合循环 Z 向非单调的报警允差，取默认值设为 1。
- G50 前必须跟 T 指令指定刀偏。

# 15 铣床固定循环 (M)

## 15.1 铣床标准固定循环



### 功能及目的

孔类零件的加工有较固定的作业顺序, 该功能可通过单个的程序段, 调用固定循环子程序, 完成固定的加工动作。因此, 可以简化编程, 从而有效使用存储器。表 15.1(a) 是本数控装置的固定循环指令列表。

G 指令	钻孔(-Z 方向)	孔底动作	回退(+Z 方向)	用途
G73	间歇切削进给	暂停	快速回退	高速钻深孔循环
G74	切削进给	暂停—主轴正转	切削回退	反向攻丝
G76	切削进给	主轴定向	快速回退	精密镗孔
G80	——	——	——	取消循环
G81	切削进给	——	快速回退	点孔, 定点镗孔
G82	切削进给	暂停	快速回退	钻孔、镗阶梯孔
G83	切削进给	暂停	快速回退	深孔加工循环
G84	切削进给	暂停—主轴反转	切削回退	攻丝循环
G85	切削进给	——	切削回退	镗孔
G86	切削进给	暂停—主轴停止	快速回退	镗孔
G87	切削进给	主轴正转	快速回退	反向镗孔
G88	切削进给	暂停—主轴停止	手动	镗孔
G89	切削进给	暂停	切削回退	镗孔

表 15.1 (a) 钻孔固定循环列表



### 详细说明

一般来说, 孔加工循环有以下六个动作顺序:

顺序动作 1: X、Y 轴定位 (不同的平面其定位轴可能不同)

顺序动作 2: 快速移动到加工平面平面 R 点

顺序动作 3: 执行钻孔动作

顺序动作 4: 在孔底动作 (孔底平面 Z 点)

顺序动作 5: 退刀到 R 平面

顺序动作 6: 快速回退到初始平面 B 点

详细分解如图 1.1 (a)

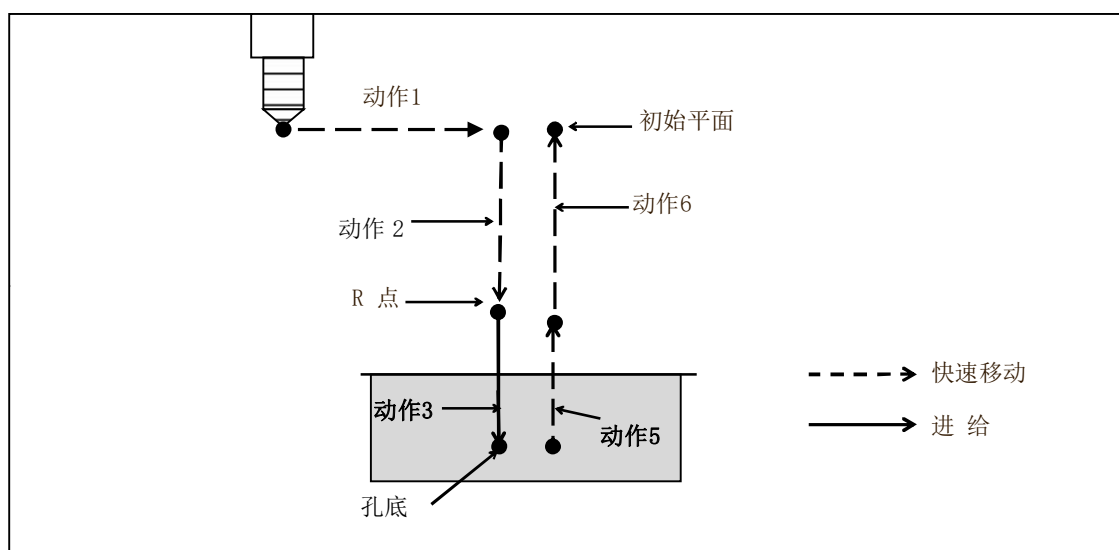


图 1.1 (a)

### ● 定位平面

定位平面由 G17、G18、G19 的平面选择方式决定。

定位轴是钻孔轴以外的轴。

定位平面	定位轴
G17	X 轴 Y 轴
G18	X 轴 Z 轴
G19	Y 轴 Z 轴

### ● 钻孔轴

孔加工固定循环包含钻孔循环、攻丝循环、镗孔循环等，但为了简化说明，本节将各种固定循环统称为钻孔循环，各钻孔轴、攻丝轴、镗孔轴统称为钻孔轴。

钻孔轴是不构成定位平面的基准轴 (X、Y、Z) 或者与其平行的轴。

用来作为钻孔轴的基准轴或平行轴是由钻孔定位平面决定的 (G17、G18 与 G19 平面)。

如果没有指定钻孔轴的轴地址，基准轴被假定为钻孔轴

定位平面	钻孔轴
G17	Z 轴
G18	Y 轴
G19	X 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删除。



### ● 长度补偿 G43/G44/G49

G73、G74、G76 和 G81 至 G89 钻孔固定循环均可使用刀具长度补偿，使用补偿点在初始平面建立补偿，G43 正补偿，G44 负补偿，补偿的使用需配合刀具补偿表进行建立，可以调用不同的刀具补偿寄存器，从而达到不同的补偿数据。

注释：通过 NC 参数 000012，刀具轴选择方式，可以将 Z 轴始终设为钻孔轴。当参数值设为 0 时，刀具长度补偿总是补偿在 Z 轴上。当参数值设为 1 时，补偿轴根据加工坐标选择平面而进行切换。参见钻孔轴定位平面。

### ● 钻孔轴移动量 G90/G91

钻孔轴方向的移动量，可用定位点的坐标值或相对移动量表示，这通过程序中的 G90 或 G91 指令设定，如图 1.1(b) 所示：

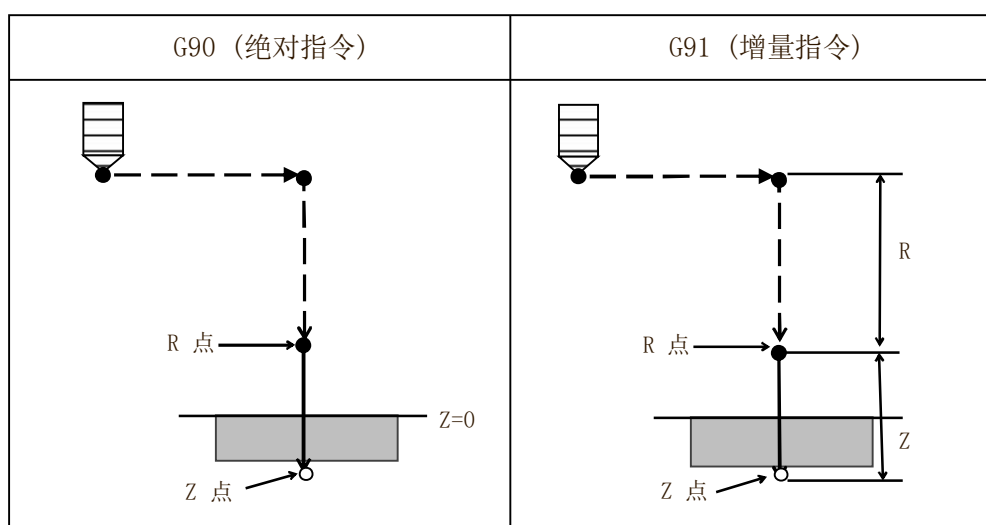


图 1.1(b)

### ● 返回平面 G98/G99

使刀具从孔底返回到加工平面 (R 点)，还是返回到初始平面 (B 点)，由 G98、G99 来指定。图 1.1(c) 示出指定 G98 或 G99 时的动作。通常，最初的钻孔使用 G99，最后的钻孔使用 G98。即使在 G99 方式进行钻孔动作，初始平面也不会改变。

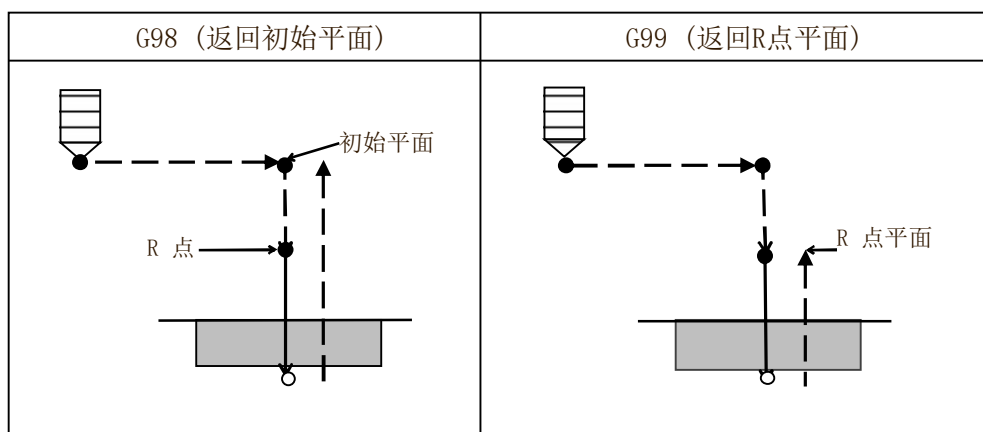


图 1.1(c)

### ● 重复

想要重复等距离的钻孔时，配合 G91 相对坐标指令，用 L\_ 指定重复次数。

L 只在它被指定的程序段中有效。

以增量方式 (G91) 指定第一个孔的位置。

如果以绝对方式 (G90) 来指定它，钻孔在同一个孔位置重复。

重复次数 L 最大指令值=9999

应为 L 指定 0 或 1~9999 的整数值。

### ● 单程序段

在单程序段进行孔加工循环时，控制装置在图 1.1(a) 动作的 1、2、6 处终点分别停止。因此，为了钻一个孔而需要启动 3 次。在动作 1、2 的终点，进给暂停的指示灯点亮并停止。在动作 6 的终点，还留下重复次数时，通过进给暂停停止，没有留下重复次数时，在单程序段停止状态下停止。另外，G87 的 R 点不会停止。G88 在 Z 点暂停后也停止。

### ● 取消

用 G80 或 01 组 G 代码，可取消固定循环。

01 组的 G 代码包含：

G00：定位（快速移动）

G01：直线插补

G02：圆弧插补或螺旋插补（顺时针方向）

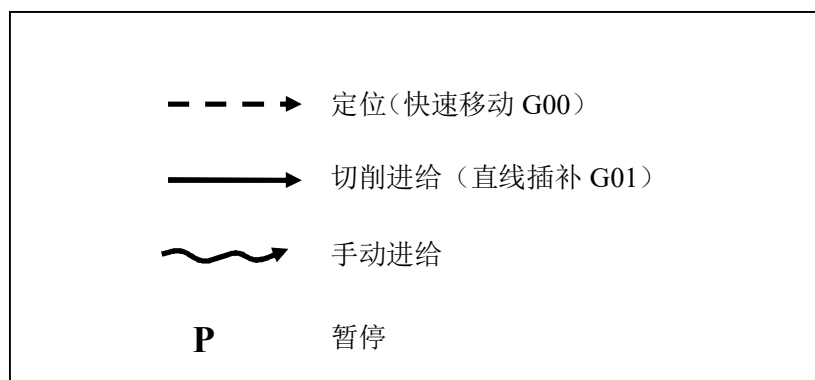
G03：圆弧插补或螺旋插补（逆时针方向）

G60：单向定位

### ● 图中符号说明

下面说明各固定循环。

在这些说明中所使用的图像用下列符号来表示。



**注意事项**

- 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 01 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；
- 5) 在切换钻孔轴进行钻孔时，请取消钻孔固定循环；
- 6) 使用本固定循环功能，需将机床用户参数 010083 钻孔固定循环类型设为 0，即调用华中固定循环，方可使用。

## 15.2 高速深孔钻循环 (G73)



### 功能及目的

该循环为高速深孔钻加工。执行该指令时，刀具间歇切削进给直到孔的底部。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。



### 指令格式

(G98/G99) G73 X\_ Y\_ Z\_ R\_ Q\_ P\_ K\_ F\_ L\_;

参数	含义
X 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；
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，以毫秒为单位；
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)；
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>G73 (G98)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>G73 (G99)</b></p> </div> </div>	



## 详细说明

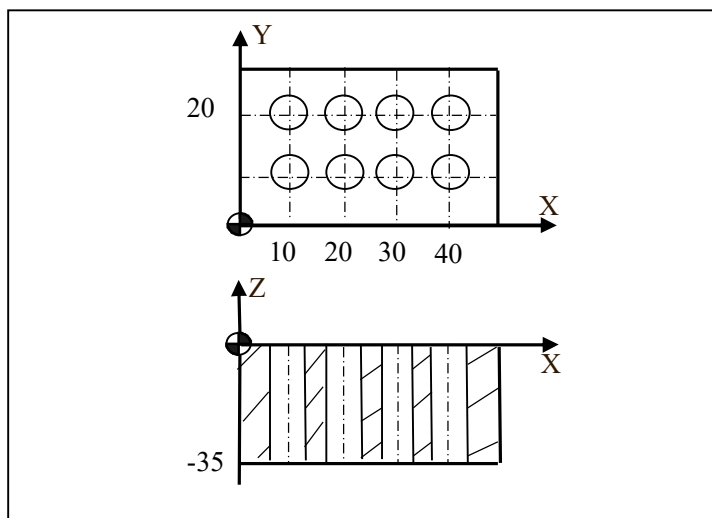
### ● 钻孔动作

- (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）。
- 高速深孔钻循环沿着 Z 轴执行间歇进给, 当使用这个循环时, 切屑可以容易从孔中排出, 并且能够设定较小的回退值, 这允许有效地执行钻孔。
  - 在指定 G73 之前用辅助功能旋转主轴(M 代码)
  - 当 G73 代码和 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钻孔动作
  - 当指定重复次数 L 时只在第一个孔执行 M 代码对第二个和以后的孔, 不执行 M 代码
  - 当在固定循环中指定刀具长度偏置 (G43, G44 或 G49) 时在定位到 R 点的同时加偏置
  - 如果 Z、K、Q 移动量为零时, 该指令不执行；
  - $|Q| > |K|$ ；



## 编程举例

加工如下图所示孔：



**例 1（绝对坐标式编程，返回 R 平面）：**

```

N10 G54 G0 X0 Y0 Z80           ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M03 S500                   ; 主轴正转
N30 G0 Z20                     ; 定位到初始平面
N40 G99 G73 X10 Y10 Z-35 R5 Q-3 K1 F200; 定位后，钻孔 1，然后返回到 R 点平面
N50 X20                         ; 定位后，完成所有钻孔，然后返回 R 点平面
N60 X30
N70 X40
N80 Y20
N90 X30
N100 X20
N110 X10
N120 G80                       ; 取消 G73 固定循环
N130 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;      ; 返回到参考点
N140 M30                       ; 程序结束

```

**例 2（绝对、增量混合式编程，返回初始平面）：**

```

N10 G54 G90 G0 X0 Y0 Z80       ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M03 S500                   ; 主轴正转
N30 G0 Z20                     ; 定位到初始平面
N40 G98 G73 X10 Y10 Z-35 R5 Q-3 K1 F200 ; 定位钻孔 1，然后返回到初始平面
N50 G91 X10 L3                 ; 依次递增 X10 完成所有钻孔，然后返回初始平面
N60 Y10
N70 X-10 L3
N80 G80                       ; 取消 G73 固定循环
N90 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;      ; 返回到参考点
N100 M30                      ; 程序结束

```

**注意事项**

- 1) 轴的切换: 在切换钻孔轴之前，必须取消固定循环。
- 2) 模态性: G73 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略。
- 3) 钻孔: 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔。如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行。
- 4) Q/R: 在执行钻孔的程序段中指定 Q/R，如果在执行不钻孔的程序段中指定它们，它们不能作为模态数据被存储。
- 5) 取消: 请勿在包含 G73 的程序段中指定 01 组的 G 代码 (G00~G03 等)。否则，G73 将被取消。
- 6) 刀具位置偏置: 在钻孔固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略。

### 15.3 反向攻丝循环 (G74)



#### 功能及目的

该循环可以进行反转攻丝加工。本数控装置的反向攻丝有两种形式。一种为反向攻丝循环，即攻丝轨迹从 R 点直接到孔底 Z 点；一种为反向啄攻丝循环，即在攻丝过程中是反复间断进给。

在反向攻丝循环中，当到达孔底时，主轴正转退出。攻丝或退出过程中，主轴每旋转一转沿攻丝轴进给一个螺距的距离，即使在加减速期间这种进给关系也不变化。



#### 指令格式

##### 15.3.1 反向攻丝循环

(G98/G99)G74 X\_ Y\_ Z\_ R\_ P\_ F\_ L\_ J\_； (直攻)

参数	含义
X Y	绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置； 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； 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； 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；
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；
<b>G74 (G98)</b>	
<p style="text-align: center;"><b>G74 (G98)</b></p>	
<b>G74 (G99)</b>	
<p style="text-align: center;"><b>G74 (G99)</b></p>	

● 反攻丝循环动作（直攻）：

- (1) 通过辅助功能使主轴旋转，刀位点快移到孔中心上方 B 点；
- (2) 主轴反转同时快移接近工件表面, 到 R 点；
- (3) 系统以螺距转速算出进给速度，向下以进给速度攻丝，深度为 Z 量；
- (4) 攻丝至孔底主轴暂停；
- (5) 指定了暂停时间 (P) 的情况下，进行孔底暂停；
- (6) 主轴正转，向上快速攻丝回退到 R 点；
- (7) 主轴停转；
- (8) 向上快速退到 R 点 (G99) 或 B 点(G98)；

14.3.2 反向啄攻丝循环

(G98/G99)G74 X\_ Y\_ Z\_ Q\_ K\_ R\_ P\_ F\_ L\_E\_J\_；（啄攻）

参数	含义
X Y	绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置； 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； 增量值方式 (G91) 时，指定孔底到 R 点的距离；
Q	啄式攻丝每次的进刀量；
K	啄式攻丝每次的退刀量；
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；
L	重复次数 (L=1 时可省略)；
E	E1: 啄式攻丝，每次进 Q，回退 K； E2: 啄式攻丝，每次进 Q，回退到 R 平面；
J	J1 A 轴攻丝；J2 B 轴攻丝；J3 C 轴攻丝；



### ● 反向攻丝循环动作（啄攻）：

- (1) 通过辅助功能使主轴旋转，刀位点快移到孔中心上方 B 点；
- (2) 主轴反转同时快移接近工件表面，到 R 点；
- (3) 系统以螺距转速算出进给速度，向下以进给速度攻丝，深度为 Q 量；
- (4) 主轴停转；
- (5) 指定了暂停时间 (P) 的情况下，进行暂停；
- (6) 主轴正转，向上快速攻丝回退到 R 点；
- (7) 主轴停转；
- (8) 主轴反转，向下以进给速度攻丝，深度为 (次数\*Q) 量；
- (9) 重复步骤 4、5、6、7、8 到达孔底 Z 点；
- (10) 孔底延时 P 毫秒；
- (11) 主轴正转，向上快速退到 R 点 (G99) 或 B 点 (G98)；



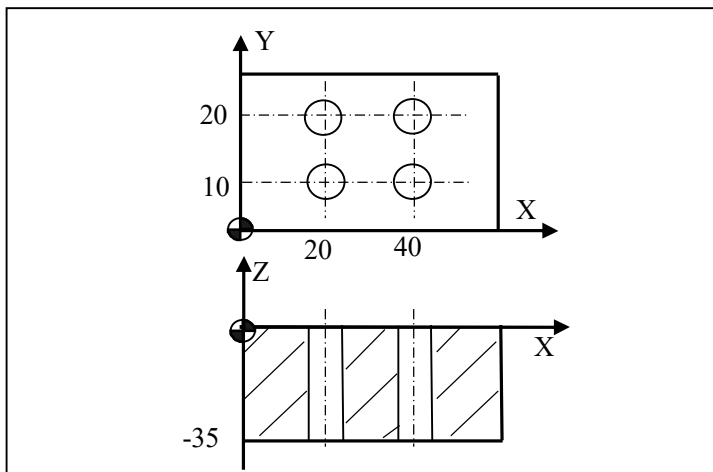
### 详细说明

- 用主轴逆时针旋转执行攻丝，当到达孔底时，为了退回，主轴顺时针旋转。该循环加工一个反螺纹。
- 在反向攻丝期间，进给倍率被忽略。进给暂停不停止机床，直到回退动作完成。
- 在指定 G74 之前，使用辅助功能 (M 代码) 使主轴逆时针旋转。
- 当 G74 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钻孔动作。
- 当指定重复次数 L 时只对第一个孔执行 M 代码对第二和以后的孔不执行 M 代码。
- 当在固定循环中指定刀具长度偏置 G43 G44 或 G49 时在定位到 R 点的同时加偏置。



### 编程举例

加工如下图所示孔：



**例 1（绝对坐标式编程，直攻，返回 R 平面）：**

```
%3343
N10 G54 G0 X0 Y0 Z80           ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M04 S500                   ; 主轴反转启动
N30 G0 Z20                     ; 定位到初始平面
N40 G99 G74 X20 Y10 Z-35 R5 P500 F1 ; 定位后完成攻丝孔 1，然后返回到 R 点平面
N50 X40                         ; 定位后完成所有攻丝孔，然后返回到 R 点平面
N60 Y20
N70 X20
N80 G80                         ; 取消 G74 攻丝循环
N90 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;       ; 返回到参考点
N100 M30                       ; 程序结束
```

**例 2（绝对、增量混合式编程，啄攻，返回初始平面）：**

```
%3343
N10 G54 G90 G0 X0 Y0 Z80       ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M04 S500                   ; 主轴启动
N30 G0 Z20                     ; 定位到初始平面
N40 G98 G74 X20 Y10 Z-35 R5 Q-3 K2 E1 F1; 定位后啄攻丝孔 1，然后返回初始平面
N50 G91 X20                     ; 增量模式进行啄攻剩余 3 个孔，然后返回初始平面
N60 Y10
N70 X-20
N80 G80                         ; 取消 G74 固定循环
N90 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;       ; 返回到参考点
N100 M30                       ; 程序结束
```

**注意事项**

- 1) 攻丝中的 F 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：进给速度=主轴转速×螺纹导程。
- 2) 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。
- 3) 轴的切换：在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环。
- 4) 模态性：G74 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略。
- 5) 反攻丝：在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔，如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行；Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警。
- 6) 位置模式 G108 或 ST0C：在攻丝指令 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 ST0C 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) 取消：请勿在包含 G74 的程序段中指定 01 组的 G 代码（G00~G03 等）。否则，G74 将被取消。
- 8) 刀具位置偏置：在钻孔固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略。
- 9) R：在执行钻孔的程序段中指定 R，如果在执行不钻孔的程序段中指定，它不能作为模态数据存储。
- 10) P：请在进行钻孔动作的程序段中指定 P。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中，则不能被当作模态数据存储。
- 11) Q：请在进行钻孔动作的程序段中指定 Q。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中，则不能被当作模态数据存储。
- 12) 复位：在刚性攻丝中执行复位操作时，不能解除刚性攻丝方式，机床无法停止攻丝动作。急停可生效。
- 13) 进给保持、单程序段：在 G74(G84)方式下，进给保持将在每完成一个攻丝动作后执行进给保持，按循环启动键后继续完成后续攻丝。单程序段将在每完成一个攻丝动作后执行进给保持，按循环启动键后完成下一个攻丝动作。
- 14) 机床锁住：机床锁住对 G74(G84)也有效。即使在机床锁住状态执行 G74(G84)，钻孔轴也不会移动。因此，主轴也不会动作。

### 15.4 精镗循环 (G76)



#### 功能及目的

该循环可以进行镗削精密孔加工。

在精镗循环中, 当到达孔底时, 主轴停止切削, 刀尖离开工件的加工表面并返回。



#### 指令格式

(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);
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>G76 (G98)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>G76 (G99)</b></p> </div> </div>	



## 详细说明

### ● 精镗循环动作：

- (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) 主轴定向, 停止旋转；
- (6) 镗刀向刀尖反方向快速移动 I 或 J 量；
- (7) 向上快速退到 R 点高度 (G99) 或 B 点高度 (G98)；
- (8) 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；
- (9) 主轴恢复正转；

### ● 钻孔轴必须为 Z 轴；

### ● Z 点必须低于 R 点平面, 否则程序报警；

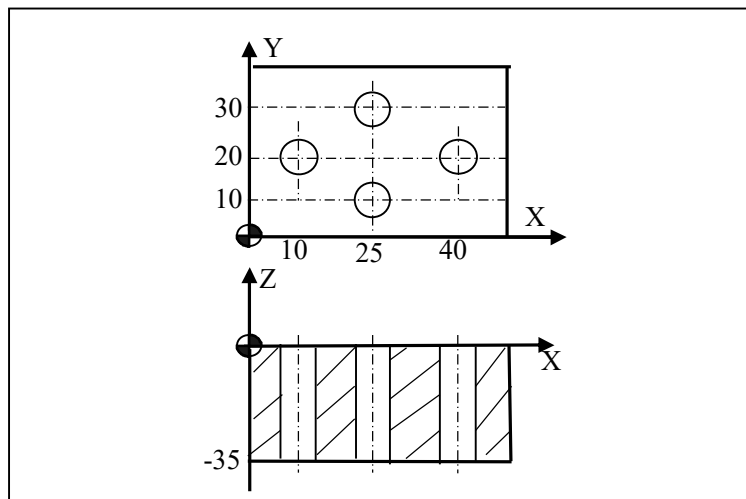
### ● G76 指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略；

### ● 使用指令 G76 前, 请使用相应的 M 代码使主轴旋转。



## 编程举例

加工如下图所示孔：



**例 1（绝对坐标式编程，返回 R 平面）：**

```

%3341
N10 G54 G90 G0 X0 Y0 Z80 ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M03 S600 ; 主轴正转启动
N30 G00 Z20 ; 定位到初始平面
N40 G99 G76 X10 Y20 Z-35 R5 I1 P2000 F100 ; 定位后完成镗孔 1，返回到 R 点平面
N50 X25 Y30 ; 定位后，完成剩余孔的镗孔，返回到 R 点平面
N60 X40 Y20
N70 X25 Y10
N80 G80 ; 取消 G76 镗孔循环
N90 G91G28 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点
N100 M30 ; 程序结束

```

**例 2（绝对、增量混合式编程，返回初始平面）：**

```

%3343
N10 G54 G90 G0 X0 Y0 Z80 ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M03 S500 ; 主轴反转启动
N30 G0 Z20 ; 定位到初始平面
N40 G98 G76 X10 Y20 Z-35 R5 I5 P500 F100 ; 定位完成镗孔 1，然后返回到初始平面
N50 G91 X15 Y10 ; 增量方式完成剩余孔的镗孔，然后返回初始平面
N60 X15 Y-10
N70 X-15 Y-10
N80 G80 ; 取消 G76 镗孔循环
N90 G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点
N100 M30 ; 程序结束

```

**注意事项**

- 1) 轴的切换：在切换镗孔轴之前，请暂时取消固定循环。
- 2) 模态性：G76 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 3) 镗孔加工：在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔。如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行；
- 4) I J R：在执行镗孔的程序段中指定 I J R，I 或 J 只能为正值，如果 I 或 J 指定为负值，符号被忽略。 如果在不执行镗孔的程序段中指定它们，它们不能作为模态数据被贮存
- 5) 取消：请勿在包含 G76 的程序段中指定 01 组的 G 代码（G00~G03 等）。否则，G76 将被取消。
- 6) 刀具位置偏置：在镗孔固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略。

## 15.5 钻孔循环（中心钻）（G81）



## 功能及目的

该循环用于通常的钻孔加工。

切削进给进行到孔底，刀具以快速移动的方式从孔底退出。



## 指令格式

(G98/G99) G81 X\_ Y\_ Z\_ R\_ 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；				
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；				
F	切削进给速度；				
L	重复次数（L=1 时可省略，一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）；				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">G81 (G98)</th> <th style="width: 50%;">G81 (G99)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table>		G81 (G98)	G81 (G99)		
G81 (G98)	G81 (G99)				



## 详细说明

## ● 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，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）；

### ● 主轴的旋转

在指定 G81 之前，利用辅助功能（M 代码）使主轴旋转。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G81 指令和 M 代码时，在最初的定位时执行 M 代码。

当指定了重复次数 L 时，仅在第 1 次执行，上述动作，第 2 次以后不再执行 M 代码。

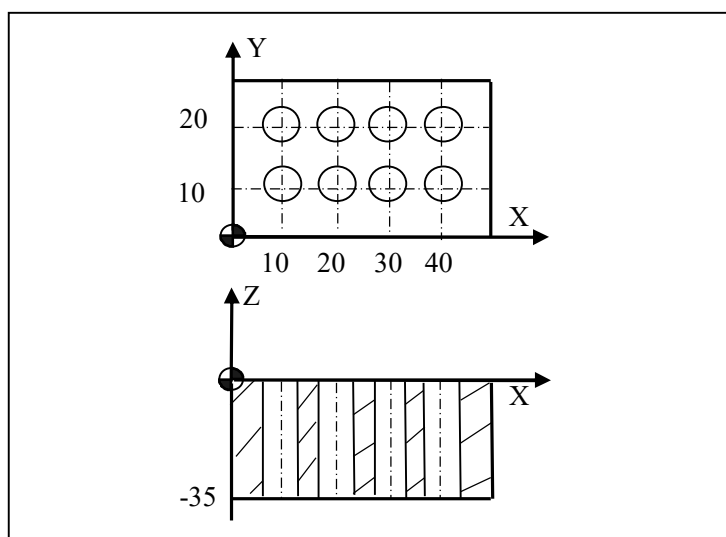
### ● 刀具长度补偿

当在钻孔固定循环中指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向 R 点定位时应用该补偿。



## 编程举例

加工如下图所示孔：



### 例 1：编程加工程序

%3343	
G54G0 X0 Y0 Z30	；回工件零点安全高度
M03 S600	；主轴正转
G0 Z10	；定位到初始平面
G90G99 G81 X10 Y10 R5 Z-35 F200	；定位到孔（10 10），钻孔至深度返回至 R 平面
G91X10L3	；钻横轴处后 3 孔，钻孔至深度返回至 R 平面
Y10	；定位到孔（40 20），钻孔至深度返回至 R 平面
X-10L3	；钻横轴处前 3 孔，钻孔至深度返回至 R 平面
G80	；取消钻孔固定循环
G28 G91 Z0	；返回机床 Z 轴零点
G28 G91 X0 Y0	；返回机床 X 轴 Y 轴零点
M30	；程序结束



**注意事项**

- 1) 轴的切换：在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环。
- 2) 模态性：G81 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 3) 钻孔：在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔。如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行；
- 4) 取消：请勿在包含 G81 的程序段中指定 01 组的 G 代码（G00~G03 等）。否则，G81 将被取消。
- 5) 刀具位置偏置：在钻孔固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略。

## 15.6 带停顿的钻孔循环 (G82)



## 功能及目的

该循环用于通常的钻孔加工、沉孔加工、盲孔。

切削进给进行到孔底，在孔底暂停，然后刀具以快速移动的方式从孔底收回。

该循环可以提高孔深的精度。

该指令除了要在孔底暂停外，其他动作与 G81 相同。



## 指令格式

(G98/G99) G82 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； 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； 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； 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)；				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">G82 (G98)</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">G82 (G99)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table>		G82 (G98)	G82 (G99)		
G82 (G98)	G82 (G99)				



## 详细说明

### ● 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, 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)。

### ● 主轴的旋转

在指定 G82 之前, 利用辅助功能 (M 代码) 使主轴旋转。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G82 指令和 M 代码时, 在最初的定位时执行 M 代码。

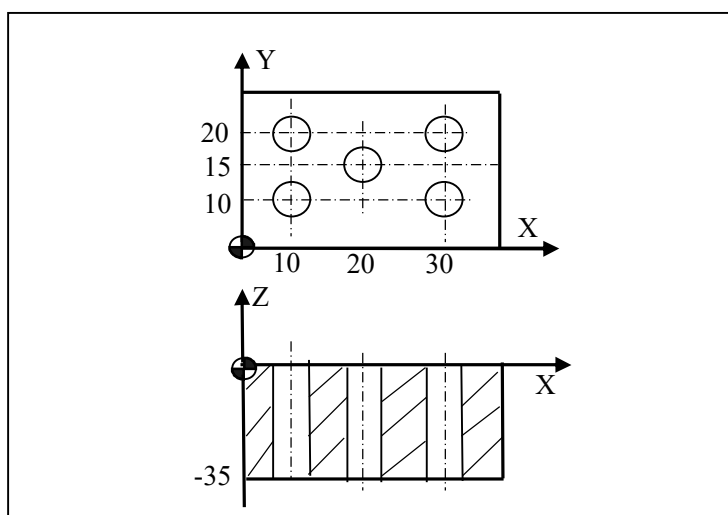
当指定了重复次数 L 时, 仅在第 1 次执行上述动作, 第 2 次以后不再执行 M 代码。

### ● 刀具长度补偿

当在钻孔固定循环中指定了刀具长度补偿时 (G43、G44、G49) 时, 在向 R 点定位时应用该补偿。



## 编程举例



**例 1: 加工程序**

```

%3343
G54G0 X0 Y0 Z30          ; 回工件零点安全高度
M03 S600                 ; 主轴正转
G0 Z10                   ; 定位到初始平面
G99 G82 X10 Y10 R5 Z-35 P1000 F200 ; 定位到孔 (10 10), 钻孔至深度返回至 R 平
面
X10Y20                   ; 定位到孔 (10 20), 钻孔至深度返回至 R 平
面
Y20Y15                   ; 定位到孔 (20 15), 钻孔至深度返回至 R 平
面
X30Y10                   ; 定位到孔 (30 10), 钻孔至深度返回至 R 平面
X30Y20                   ; 定位到孔 (30 20), 钻孔至深度返回至 R 平
面
G80                       ; 取消钻孔固定循环
G28 G91 Z0                ; 返回机床 Z 轴零点
G28 G91 X0 Y0            ; 返回机床 X 轴 Y 轴零点
M30

```

**注意事项**

- 1) 轴的切换: 在切换钻孔轴之前, 请暂时取消固定循环。
- 2) 模态性: G82 指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略。
- 3) 钻孔: 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔, 如果 Z 的移动位置为零, 该指令不执行;
- 4) 取消: 请勿在包含 G82 的程序段中指定 01 组的 G 代码 (G00~G03 等)。否则 G82 将被取消。
- 5) 刀具位置偏置: 在钻孔固定循环方式下, 刀具位置偏置被忽略。
- 6) P: 请在进行钻孔动作的程序段中指定 P。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中, 则不能被当作模态数据存储。

## 15.7 深孔加工循环 (G83)



## 功能及目的

该循环加工深孔。

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。



## 指令格式

(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； 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； 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； 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)。 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)；
<b>G83 (G98)</b>	
<b>G83 (G99)</b>	



## 详细说明

### ● 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）。

### ● 主轴的旋转

在指定 G83 之前, 利用辅助功能 (M 代码) 使主轴旋转。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G83 指令和 M 代码时, 在最初的定位时执行 M 代码。当指定了重复次数 L 时, 仅在第 1 次执行

上述动作, 第 2 次以后不再执行 M 代码。

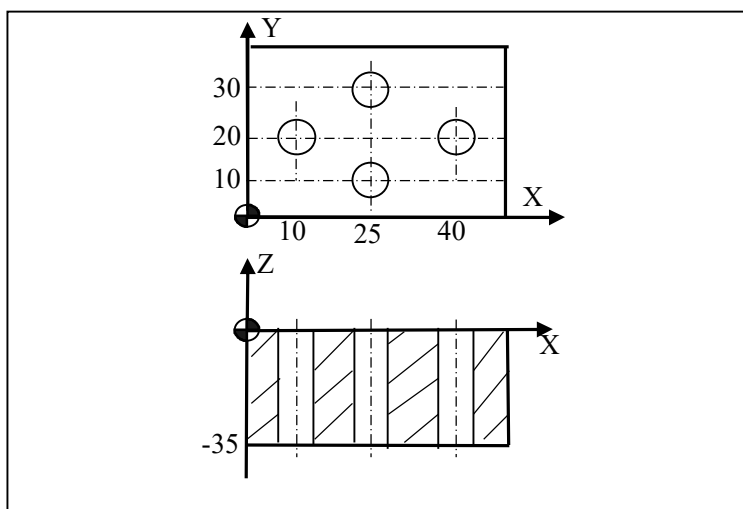
### ● 刀具长度补偿

当在钻孔固定循环中指定了刀具长度补偿时(G43、G44、G49)时, 在向 R 点定位时应应用该补偿。



## 编程举例

加工如下图所示孔：



**例 1：加工程序**

```

%3343
G54G0 X0 Y0 Z30          ; 回工件零点安全高度
M03 S800                 ; 主轴正转
G0 Z10                   ; 定位到初始平面
G99 G83 X10 Y20 R5 Z-35 Q-1 K0.2 F200; 定位孔（10 20），钻孔至深度返回至 R 平
面
X25Y30                   ; 定位到孔（25 30），钻孔至深度返回至 R 平面
X40Y20                   ; 定位到孔（40 20），钻孔至深度返回至 R 平面
X25Y10                   ; 定位到孔（25 10），钻孔至深度返回至 R 平面
G80                       ; 取消钻孔固定循环
G28 G91 Z0               ; 返回机床 Z 轴零点
G28 G91 X0 Y0            ; 返回机床 X 轴 Y 轴零点
M30                       ; 程序结束

```

**注意事项**

- 1) 轴的切换：在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环。
- 2) 模态性：G83 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 3) 钻孔：在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔。如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行；
- 4) 取消：请勿在包含 G83 的程序段中指定 01 组的 G 代码（G00~G03 等）。否则，G83 将被取消。
- 5) 刀具位置偏置：在钻孔固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略。
- 6) P：请在进行钻孔动作的程序段中指定 P。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中，则不能被当作模态数据存储。
- 7) Q：请在进行钻孔动作的程序段中指定 Q。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中，则不能被当作模态数据存储。

### 15.8 攻丝循环 (G84)



#### 功能及目的

该功能可实现主轴正转攻丝。本数控装置的反向攻丝有两种形式。一种为攻丝循环，即攻丝轨迹从 R 点直接到孔底 Z 点；一种为啄攻丝循环，即在攻丝过程中是反复间歇进给。

在攻丝循环中，当主轴正转攻丝到达孔底后，主轴反转退出。攻丝或退出过程中，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。

当主轴采用变频主轴时，攻丝轴跟随主轴同步运动，称为随动攻丝；当主轴采用伺服主轴时，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，此时称为同步攻丝。无论是随动攻丝还是同步攻丝，编程指令相同。

注意攻丝用丝锥螺距应与编程一致。



#### 指令格式

#### 15.8.1 攻丝循环 (G84)

(G98/G99)G84 X\_ Y\_ Z\_ R\_ P\_ F\_ L\_ J\_； (直攻)

参数	含义				
X Y	绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置； 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； 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； 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；				
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；				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">G84 (G98)</th> <th style="width: 50%;">G84 (G99)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table>		G84 (G98)	G84 (G99)		
G84 (G98)	G84 (G99)				



### ● 攻丝循环动作（直攻）

- (1) 通过辅助功能使主轴旋转，刀位点快移到孔中心上方B点；
- (2) 主轴正转同时快移接近工件表面，到R点；
- (3) 系统以螺距转速算出进给速度，向下以进给速度攻丝，深度为Z量；
- (4) 攻丝至孔底主轴暂停；
- (5) 指定了暂停时间（P）的情况下，进行孔底暂停；
- (6) 主轴反转，向上快速攻丝回退到R点；
- (7) 主轴停转；
- (8) 向上快速退到R点（G99）或B点（G98）。

### 15.8.2 啄攻丝循环（G84）

(G98/G99)G84 X\_ Y\_ Z\_ Q\_ K\_ R\_ P\_ F\_ L\_ E\_ J\_；（啄攻）

参数	含义
X Y	绝对值方式（G90）时，指定孔的绝对位置； 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； 增量值方式（G91）时，指定孔底到 R 点的距离；
Q	啄式攻丝每次的进刀量；
K	啄式攻丝每次的退刀量；
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；
L	重复次数（L=1 时可省略）；
E	E1：啄式攻丝，每次进 Q，回退 K； E2：啄式攻丝，每次进 Q，回退到 R 平面；
J	J1 A 轴攻丝；J2 B 轴攻丝；J3 C 轴攻丝；

### ● 啄攻丝循环动作（啄攻）

- (1) 通过辅助功能使主轴旋转，刀位点快移到孔中心上方B点；
- (2) 主轴正转同时快移接近工件表面，到R点；
- (3) 系统以螺距转速算出进给速度，向下以进给速度攻丝，深度为Q量；
- (4) 主轴停转
- (5) 指定了暂停时间（P）的情况下，进行暂停。
- (6) 主轴反转，向上快速攻丝回退到R点；
- (7) 主轴停转
- (8) 主轴正转，向下以进给速度攻丝，深度为（次数\*Q）量；
- (9) 重复步骤4、5、6、7、8。到达孔底Z点；
- (10) 孔底延时P毫秒（主轴维持原旋转状态）；
- (11) 向上快速退到R点（G99）或B点（G98）。



### 详细说明

#### ● 主轴的旋转

在指定 G84 之前，利用辅助功能（M 代码）使主轴旋转，主轴的转数会影响攻丝速度，攻丝之前请确定攻丝参数。

#### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G84 指令和 M 代码时，在最初的定位时执行 M 代码。当指定了重复次数 L 时，仅在第 1 次执行，上述动作，第 2 次以后不再执行 M 代码。

#### ● 刀具长度补偿

当在钻孔固定循环中指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向 R 点定位时应应用该补偿。

#### ● 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：

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

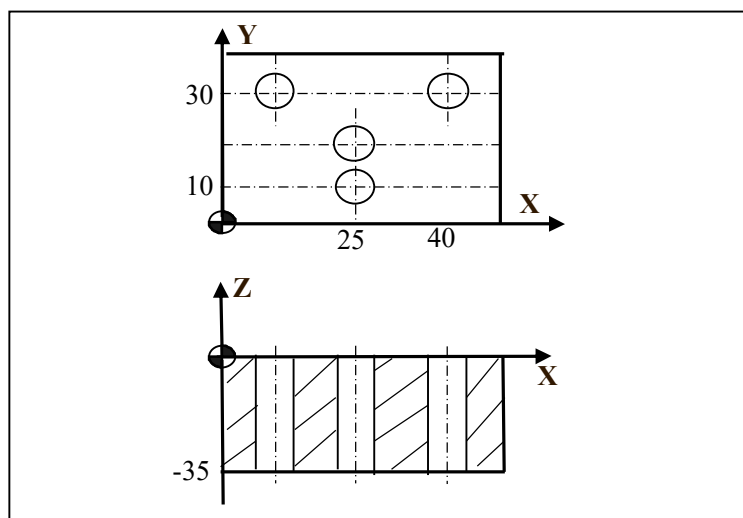
#### ● 攻丝方式

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；



## 编程举例

加工如下图所示孔：



## 例 1：加工程序

```

%3343
G54G0 X0 Y0 Z30          ; 回工件零点安全高度
M03 S3000                ; 主轴正转
G0 Z10                    ; 定位到初始平面
G90G99 G84 X25 Y10 R5 Z-35P1000 F1 ; 定位孔（25 10）攻丝至深度返回至 R 平面
X25Y20                    ; 定位孔（25 20）攻丝至深度返回至 R 平面
X10Y30                    ; 定位孔（10 30）攻丝至深度返回至 R 平面
X40Y30                    ; 定位孔（40 30）攻丝至深度返回至 R 平面
G80                        ; 取消固定循环
G28 G91 Z0                ; Z 轴返回参考点
G28 G91 X0 Y0             ; X、Y 轴返回参考点
M30                       ; 程序结束

```



## 注意事项

- 1) 轴的切换: 在切换钻孔轴之前, 请暂时取消固定循环。
- 2) 模态性: G84指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略;
- 3) 钻孔: 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔。如果Z的移动位置为零, 该指令不执行; Z点必须低于R点平面, 否则程序报警;
- 4) 位置模式G108或STOC: 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。
- 5) 关于缩放旋转: 刚性攻丝过程中不支持旋转或者缩放指令。
- 6) 取消: 请勿在包含 G84 的程序段中指定 01 组的G代码 (G00~G03 等)。否则, G84 将被取消。
- 7) 刀具位置偏置: 在钻孔固定循环方式下, 刀具位置偏置被忽略。
- 8) P: 请在进行钻孔动作的程序段中指定 P。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中, 则不能被当作模态数据存储。
- 9) Q: 请在进行钻孔动作的程序段中指定 Q。如果被指定在不进行钻孔动作的程序段中, 则不能被当作模态数据存储。
- 10) 复位: 在刚性攻丝中执行复位操作时, 不能解除刚性攻丝方式, 机床无法停止攻丝动作。
- 11) 急停可生效。
- 12) 进给保持、单程序段: 在 G84 (G74) 方式下, 进给保持将在每完成一个攻丝动作后执行进给保持, 按循环启动键后继续完成后续攻丝。
- 13) 单程序段将在每完成一个攻丝动作后执行进给保持, 按循环启动键后完成下一个攻丝动作。
- 14) 机床锁住: 机床锁住对 G84 (G74) 也有效。
- 15) 即使在机床锁住状态执行 G84 (G74), 钻孔轴也不会移动。因此, 主轴也不会动作。

## 15.9 镗孔循环 (G85)



## 功能及目的

该循环可以进行镗削孔。

在镗孔循环中，当到达孔底时，执行切削进给直到返回到 R 点。若为 G98 方式，则到 R 点之后快速返回到初始平面。



## 指令格式

(G98/G99) G85 X\_ Y\_ Z\_ R\_ 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；
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；
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)；
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>G85 (G98)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>G85 (G99)</b></p> </div> </div>	



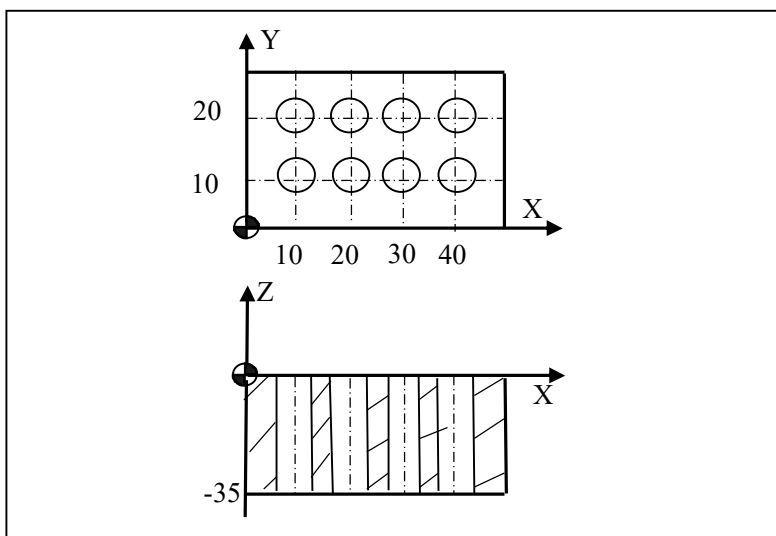
## 详细说明

- 镗孔循环动作：
  - (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。
- 钻孔轴必须为 Z 轴；
- Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；
- 如果 Z、Q、K 的移动量为零，该指令不执行；
- G85 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 使用指令 G85 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；
- 当 G85 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，只对第一个孔执行 M 代码，对第二或以后的孔不执行 M 代码；
- 当固定循环中指定刀具长度偏置（G43、G44 或 G49）时，在定位到 R 点的同时加偏置；



## 编程举例

加工如下图所示孔：



**例 1（绝对坐标式编程，返回 R 平面）：**

```

%3341
N10 G54 G90 G0 X0 Y0 Z80           ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M03 S600                         ; 主轴正转启动
N30 G00 Z20                           ; 定位到初始平面
N40 G99 G85 X10 Y10Z-35 R5 P500 F100 ; 定位后，完成镗孔 1，然后返回到 R 点平面
N50 X20                               ; 定位后，完成所有镗孔，然后返回 R 点平面
N60 X30
N70 X40
N80 Y20
N90 X30
N100 X20
N110 X10
N120 G80                               ; 取消 G85 镗孔循环
N130 G91G28 X0 Y0 Z0                 ; 返回到参考点
N140 M30                              ; 程序结束

```

**例 2（绝对、增量混合式编程，返回初始平面）：**

```

%3343
N10 G54 G90 G0 X0 Y0 Z80           ; 建立坐标系，到安全起始点
N20 M03 S500                         ; 主轴正转启动
N30 G0 Z20                           ; 定位到初始平面
N40 G98 G85 X10 Y10 Z-35 R5 P500 F100 ; 定位完成镗孔 1，然后返回到初始平面
N50 G91 X10 L3                       ; 依次递增 X10 完成镗 3 个孔，然后返回初始平面
    Y10
    X-10 L3
N60 G80                               ; 取消 G85 镗孔循环
N70 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;                 ; 返回到参考点
N80 M30                              ; 程序结束

```

**注意事项**

- 1) 轴的切换：在切换镗孔轴之前，请务必取消固定循环。
- 2) 模态性：G85 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略。
- 3) 镗孔加工：在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段中不钻孔。如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行。
- 4) 取消：请勿在包含 G85 的程序段中指定 01 组的 G 代码（G00~G03 等）。否则，G85 将被取消。
- 5) 刀具位置偏置：在镗孔固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略。

### 15.10 镗孔循环 (G86)



#### 功能及目的

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



#### 指令格式

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

参数	含义
X Y	孔位数据； 绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置； 增量值方式 (G91) 时，指定刀具从当前位置到孔位的距离；
Z	指定孔底位置； 绝对值方式 (G90) 时，指定孔底的绝对位置； 增量值方式 (G91) 时，指定孔底到 R 点的距离；
R	指定 R 点的位置； 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	切削进给速度；
L	重复次数 (L=1 时可省略)；
<b>G86 (G98)</b>	
<b>G86 (G99)</b>	





## 详细说明

### ● 动作步骤

- (1) 沿X轴和Y轴定位之后，刀位快速移到孔中心上方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。

### ● 主轴的旋转

在利用G86之前，利用辅助功能（M代码）使主轴旋转。

连续执行从孔位置和初始平面到R点平面的距离较短的钻孔动作时，在进入孔的切削动作之前，主轴有可能不能进行正常旋转，在这种情况下，请勿指定重复次数L，而需要将基于G04的暂停插入到每个钻孔动作之前以腾出时间。

有的机床不必考虑上述情况，详情请参阅机床制造商提供的说明书。

### ● 刀具长度补偿

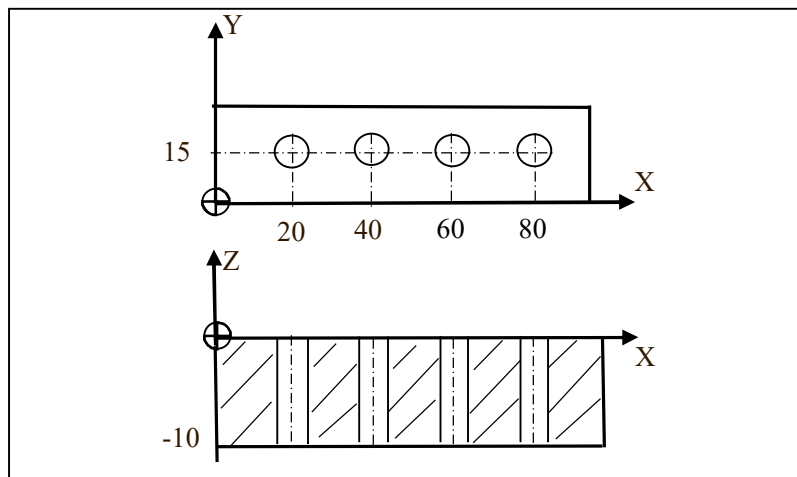
当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向R点定位时应应用该补偿。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定G86指令和M代码时，在最初的定位时执行M代码。当指定了重复次数L时，仅在第1次执行上述动作，第2次以后不再执行M代码。



## 编程举例



**例 1:**

```
%3353          ; 用铰刀铰孔  
G54G00X0Y0Z50 ; 建立坐标系, 到达安全起始点  
M3 S2000      ; 主轴启动  
G99 G86 G90 X20 Y15 R20 Z-10 F120; 定位后, 钻孔 1, 然后返回到 R 点平面  
G91 X20 L3     ; 依次铰孔 2, 3, 4, 且每个孔铣削完成后均返回到 R 点平面  
G80 G91 G28 X0 Y0 Z0 ; 取消 G86 镗孔循环, 返回到参考点  
M30           ; 程序结束
```

**注意事项**

- 1) 在切换钻孔轴之前, 请暂时取消固定循环
- 2) 在 G17 平面, 钻孔轴必须为 Z 轴
- 3) 如果 Z 的移动位置为零, 该指令不执行;
- 4) G86 指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略;
- 5) Z 点必须低于 R 点平面, 否则程序报警。
- 6) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔;
- 7) 在钻孔用固定循环方式下, 刀具位置偏置被忽略;
- 8) 请勿在含 G86 的程序段中指令 01 组的 G 代码 (G00-G03 等)。否则, G86 将被取消;

### 15.11 反镗循环 (G87)



#### 功能及目的

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。



#### 指令格式

(G98/G99) G87X\_ 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；	
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；	
J	Y 轴方向偏移量；	
P	孔底暂停时间 (单位: ms)；	
F	切削进给速度；	
L	重复次数 (L=1 时可省略)；	
	<b>G87 (G98)</b>	<b>G87 (G99)</b>
	<p>初始点 偏移 (I, J)</p> <p>Z 点</p> <p>定位 R 点</p> <p>R</p> <p>反向偏移 (I, J)</p>	不使用



## 详细说明

### ● 动作步骤

- (1) 沿 X 轴和 Y 轴定位之后，刀位点快速移到孔中心上方 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。

### ● 主轴的旋转

在利用 G87 之前，利用辅助功能（M 代码）使主轴旋转。

### ● 刀具长度补偿

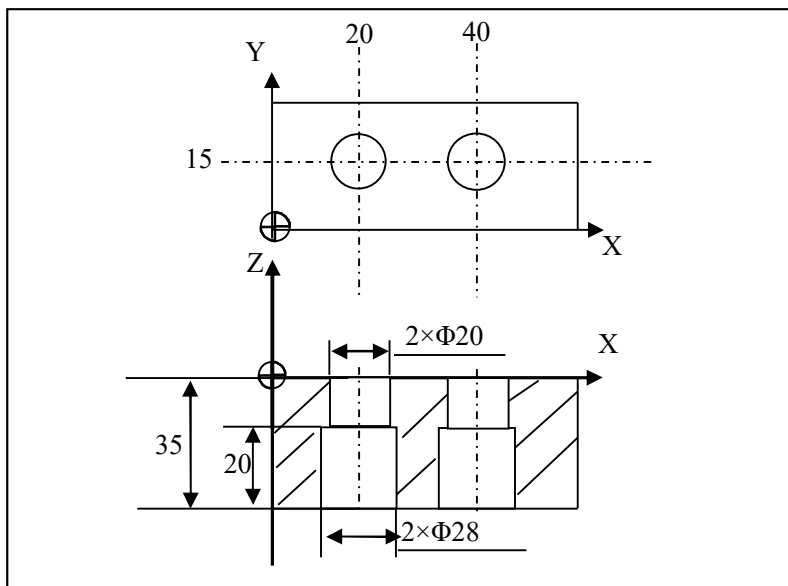
当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向 R 点定位时应用该补偿。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G87 指令和 M 代码时，在最初的定位时执行 M 代码。当指定了重复次数 L 时，仅在第 1 次执行上述动作，第 2 次以后不再执行 M 代码。



## 编程举例



```
%3355
```

```
G54G0X0Y0Z50 ; 建立坐标系，到达安全起始点
```

```
M03 S600 ; 主轴启动
```

```
G54G0Y15
```

```
G98 G87 G90 X20 I5 R-40 P2000 Z-15 F120 ; 定位后，镗孔 1
```

```
G91 X20 ; 定位后，镗孔 2
```

```
G80 G91 G28 X0 Y0 Z0 ; 取消 G87 反镗循环，返回参考点
```

```
M30 ; 程序结束
```



## 注意事项

- 1) 在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环
- 2) 在 G17 平面，钻孔轴必须为 Z 轴
- 3) 如果 Z 的移动量为零，该指令不执行；
- 4) Z 点必须高于 R 点平面，否则程序报警；
- 5) G87 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 6) G87 指令只能使用 G98；
- 7) 使用指令 G87 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；
- 8) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔；
- 9) 在钻孔用固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略；
- 10) 请勿在含 G87 的程序段中指令 01 组的 G 代码（G00-G03 等）。否则，G87 将被取消；

## 15.12 镗孔循环（手镗）（G88）



## 功能及目的

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向刀尖反方向径向移动一段距离后，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。



## 指令格式

G98 (G99) G88 X\_ Y\_ Z\_ R\_ 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；
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；
P	孔底暂停时间（单位：ms）；
F	镗孔进给速度；
L	循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）；
<b>G88 (G98)</b>	
<b>G88 (G99)</b>	
<p>初始 B 点 参照 R 点 孔底 Z 点</p>	<p>返回 B 点 后主轴正 返回 R 点 后主轴正 参照 R G99 G98 孔底 Z 点 孔底延时、主轴停</p>



## 详细说明

### ● 动作步骤

- (1) 沿 X 轴和 Y 轴定位之后，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) 手动操作使刀具向刀尖反方向径向移动一段距离后，抬刀到 B 点或 R 点高度上方，并避开工件；
- (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；

### ● 主轴的旋转

在利用G88之前，利用辅助功能（M代码）使主轴旋转。

### ● 刀具长度补偿

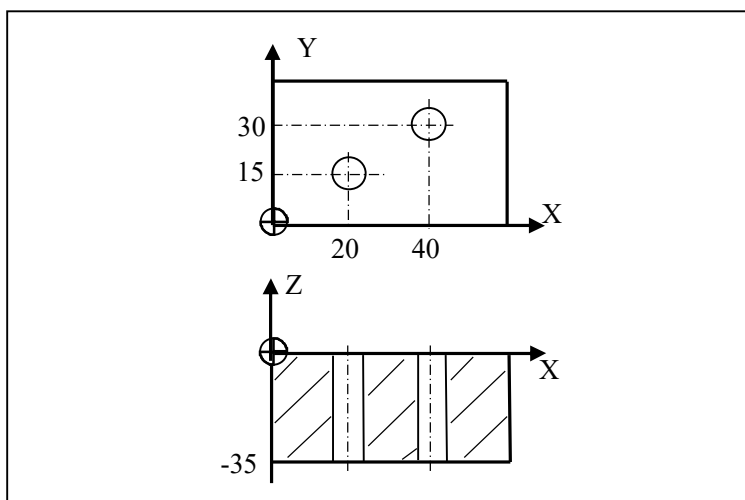
当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向R点定位时应用该补偿。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定G87指令和M代码时，在最初的定位时执行M代码。当指定了重复次数L时，仅在第1次执行上述动作，第2次以后不再执行M代码。



## 编程举例



```
%3357
```

```
G54G01X0Y0Z50          ; 用单刃镗刀镗孔
```

```
M03 S600                ; 主轴启动
```

```
G98 G88 G90 X20 Y15 R5 P2000 Z-40 F100; 定位后钻孔 1, 返回到 R 点平面, 孔底停 2 秒钟
```

```
G99 G91 X20 Y15          ; 定位后, 钻孔 2, 然后返回到初始平面
```

```
G80 G28 G91 X0 Y0 Z0     ; 取消 G88 手镗循环, 返回参考点
```

```
M30                      ; 程序结束
```



## 注意事项

- 1) 在切换钻孔轴之前, 请暂时取消固定循环;
- 2) 在 G17 平面, 钻孔轴必须为 Z 轴;
- 3) 如果 Z 的移动量为零, 该指令不执行;
- 4) Z 点必须低于 R 点平面, 否则程序报警;
- 5) G88 指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略;
- 6) 如果程序中使用 G99, 手动移动刀具必须高于 R 点;
- 7) 如果程序中使用 G98, 手动移动刀具必须高于 B 点;
- 8) 使用指令 G88 前, 请使用相应的 M 代码使主轴旋转。
- 9) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔;
- 10) 在钻孔用固定循环方式下, 刀具位置偏置被忽略;
- 11) 请勿在包含 G88 的程序段中指令 01 组的 G 代码 (G00-G03 等)。否则, G88 将被取消;



## 15.13 镗孔循环 (G89)



## 功能及目的

该循环用于镗孔加工。



## 指令格式

(G98/G99) G89 X\_ Y\_ Z\_ R\_ P\_ F\_ L\_;

参数	含义
X Y	孔位数据； 绝对值方式 (G90) 时，指定孔的绝对位置； 增量值方式 (G91) 时，指定刀具从当前位置到孔位的距离；
Z	指定孔底位置； 绝对值方式 (G90) 时，指定孔底的绝对位置； 增量值方式 (G91) 时，指定孔底到 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；
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)；
G89 (G98)	
G89 (G99)	



## 详细说明

### ● 动作步骤

这一循环与 G86 相同，但是在孔底执行暂停操作

### ● 主轴的旋转

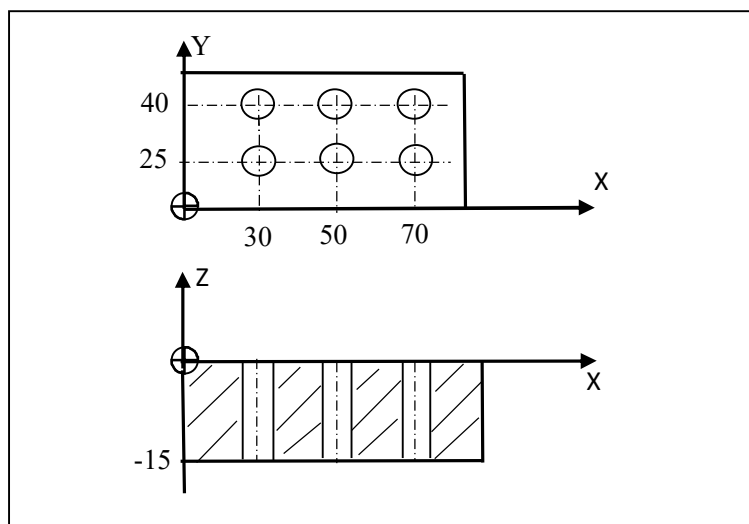
在利用 G89 之前，利用辅助功能（M 代码）使主轴旋转。

### ● 辅助功能

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。



## 编程举例



```
G54G01X0Y0Z50      ; 安全起点
M3 S1000            ; 主轴开始旋转
G90 G99 G89 X30 Y25 Z-15 R10 P1000 F120; 定位镗 1 孔，在孔底暂停 1 秒后返回 R 点
X50Y25;             ; 定位镗 2 孔，在孔底暂停 1 秒然后返回到 R 点
X70Y25;             ; 定位镗 3 孔，在孔底暂停 1 秒然后返回到 R 点
X70Y40              ; 定位镗 4 孔，在孔底暂停 1 秒然后返回到 R 点
X50Y40;             ; 定位镗 5 孔，在孔底暂停 1 秒然后返回到 R 点
G98 X30Y40;        ; 定位镗 6 孔，在孔底暂停 1 秒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
M30;                ; 程序结束
```

**注意事项**

- 1) 在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环
- 2) 在 G17 平面，钻孔轴必须为 Z 轴
- 3) Z 点必须低于 R 点平面，否则程序报警；
- 4) G89 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 5) G89 指令与 G86 指令相同，但在孔底有暂停；
- 6) 如果 Z 的移动量为零，G89 指令不执行；
- 7) 使用指令 G89 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转
- 8) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔；
- 9) 在钻孔用固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略；
- 10) 请勿在包含 G89 的程序段中指令 01 组的 G 代码（G00-G03 等）。否则，G89 将被取消；

## 15.14 钻孔固定循环取消 (G80)



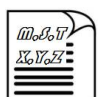
## 功能及目的

该指令用于取消钻孔固定循环。



## 指令格式

G80;



## 编程举例

```

N0 M3 S1000 ; 主轴开始旋转
N10 G0 Z20 ; 定位到初始平面
N20 G90 G99 G81 X30. Y25. Z-2. R5. F120. ; 定位 1 孔, 然后返回到 R 点
N30 Y50. ; 定位 2 孔, 然后返回到 R 点
N40 Y70. ; 定位 3 孔, 然后返回到 R 点
N50 X100. ; 定位 4 孔, 然后返回到 R 点
N60 Y80. ; 定位 5 孔, 然后返回到 R 点
N70 G98 Y100. ; 定位 6 孔, 然后返回初始位置平面
N70 G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 取消固定循环, 并返回参考点
N80 M5; ; 主轴停止旋转
N90 M30 ; 程序结束

```



## 注意事项

- 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;

# 16 扩展固定循环 (M)

---

---

## 16.1 扩展固定循环概要 (M)



### 功能及目的

对一些简单规律轮廓或规律分布的孔类零件加工，本数控装置可采用扩展固定循环简化编程。扩展固定循环包括：刻字固定循环、钻孔扩展循环、圆弧槽循环、圆周槽铣削循环、矩形凹槽循环、圆形凹槽循环、端面铣削循环、矩形凸台循环、圆形凸台循环等。

## 16.2 刻字固定循环 (G1025)



## 功能及目的

在实际加工中, 工件加工完成之后, 需在工件表面刻入相关信息, 包括工件型号、机床编号、加工时间日期等。

该刻字循环可以在指定位置雕刻指定的字符信息, 字符大小及方向可调整。



## 指令格式

G1025 C\_ F\_ E\_ H\_ V\_ B\_ Q\_ U\_ W\_ A\_ R\_ O\_ S\_ P= “\_” ;

参数	含义
C	相对于刻字平面的抬刀高度, 若该参数没有定义则默认为 10, 该参数没有正负之分, 一般填正值
F	指定刻字时合成进给速度。若该参数没有定义则分别默认为 1000
X_ Y_	绝对值方式 (G90), 指定首字符的中心点 XY 方向绝对位置 增量值方式 (G91), 指定首字符的中心点到起始点 XY 方向的距离
B	绝对值方式 (G90), 指定刻字平面 B 点的绝对位置 增量值方式 (G91), 指定刻字平面 B 点到初始平面的 Z 方向距离
Q	相对于刻字平面的下刀深度, 该参数没有正负之分, 一般填正值
U	指定字符大小, 即字体高度, 若该参数没有定义则默认为 5 (mm), 该参数没有正负之分, 一般为正值
W	指定字符间距, 表示两字之间的距离, 若该参数没有定义则默认为 0.8 (mm), 参数范围为 0.4~2.0 之间, 超过该范围将报警。
A	指定字符旋转角度。1: 0° 2: 90° 3: 180° 4: 270°, 与 R 不能同时使用, 若 A 和 R 都未定义, 则旋转角度默认为 0°。
R	指定字符任意旋转角度。范围: $-360^{\circ} \leq \text{设定值} \leq 360^{\circ}$ , 与 A 不能同时使用, 若 A 和 R 都未定义, 则旋转角度默认为 0°。
O	指定日期时间类型。1: 月日-时分 (例 1214-1328) 2: 月日 (例 1215) 3: 年月日 (例 151214) 4: 年月日-时分 (例 151214-1328), 若该参数没有定义则默认为 1, 即月日-时分。
P= “ ”	引号中指定刻字字符, 最多不超过 60 个字符, 目前可指定的字符为 0~9, A~Z、-、.、# (#表示时间日期)。例 P= “AB-123” 则刻字 AB-123; P= “N-#-18” 则刻字 N-1214-1328-18。
S	指定主轴转速, 若未定义, 则以模态转速值为效



## 详细说明

### ● 动作

沿 X 轴和 Y 轴定位后，刀具以 G00 速度快速移动到首字符中心点坐标（坐标 HV），同时快移定位到初始平面。

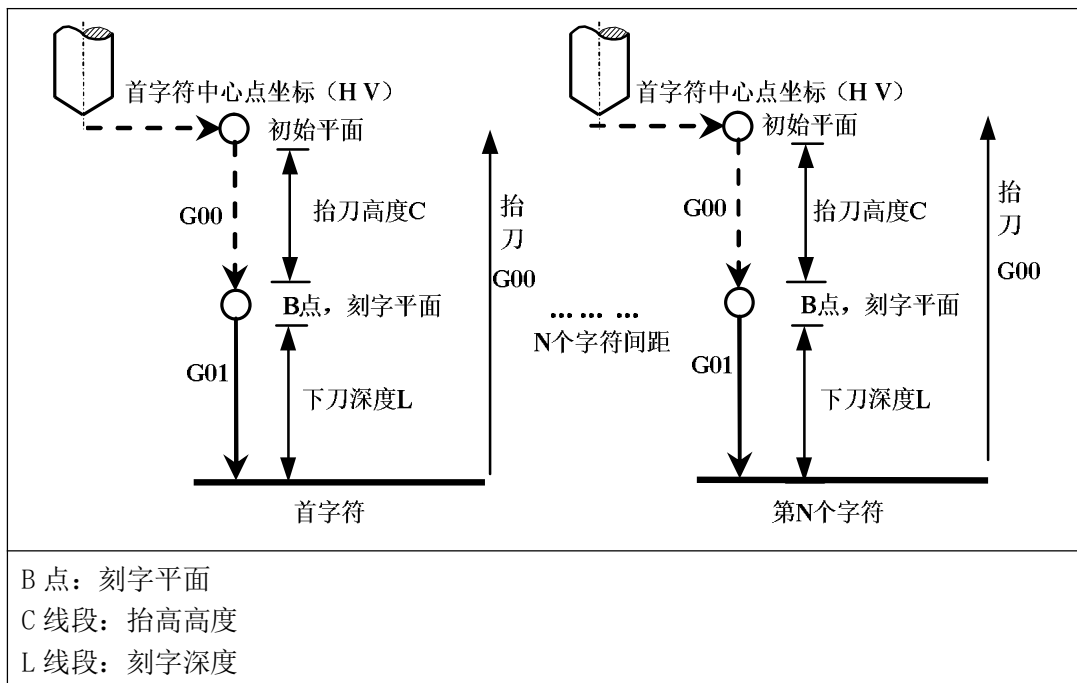
Z 轴快移下降（C 高度）定位到刻字平面 B；

再 G01 下刀（L 深度）进行相应字符刻制；

刻字完成后，Z 轴快移退回到初始平面；

移动一个字符间距，按以上动作进行第二个字符的刻制，直到所有指定字符刻制完成；

### ● 动作图例



### ● 刀具长度补偿

当在刻字固定循环中指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向 B 点定位时应用该补偿。

### ● 主轴的旋转

在指定 G1025 之前，利用辅助功能（M 代码）使主轴旋转，循环指定主轴转速，若未定义，则以模态转速值为效。

## ● 指令使用说明

### 刻字循环程序导入方法

对于已有的系统需升级到 V1.25.00 及以上版本，通过数据管理方式导出 USERDEF.CYC 用户自定义固定循环，将提供的 G1025 循环程序复制到 USERDEF.CYC 中，再重新载入 USERDEF.CYC 到系统中，断电重启后即可使用。

### 刻字循环使用参数注明报警

刻字循环中的各参数都属于非模态，连续多次调用时，都需对各参数进行定义。

### 必须要定义的参数值

首字符中心位置坐标参数 X、Y 必须定义、刻字平面参数 B 必须定义、刻字深度参数 Q 必须定义：

X 参数值若未定义，则报警提示“刻字循环-X 轴定位坐标 X 未设定”

Y 参数值若未定义，则报警提示“刻字循环-Y 轴定位坐标 Y 未设定”。

B 参数值若未定义，则报警提示“刻字循环-没有定义刻字 B 平面”。

Q 参数值若未定义，则报警提示“刻字循环-没有定义刻字深度 Q”。

### W 参数缺省值

字符间距参数 W 若为定义，则字符之间取默认间距 0.8mm，且 W 的取值范围为  $0.4 \sim 2.0$ ，若输入数不在范围内，则报警提示“刻字循环-字符间距超出设定范围”。

### A 参数值

旋转角度设置参数 A 需设定为 1、2、3、4，若设定为其它值，则会报警提示“刻字循环-旋转角度设定错误”。

说明：旋转角度参数 A 和 M 不能同时设置，若 A 和 M 同时设置，则会报警提示“刻字循环-不能同时使用 A 和 M 设置旋转角度”

### M 参数值

任意旋转角度设置参数 M 值设值必须在小于 360 大于 -360 以内，若设定为小大于 360 小于 -360，则会报警提示“刻字循环-旋转角度设定错误”。

说明：旋转角度参数 A 和 M 不能同时设置，若 A 和 M 同时设置，则会报警提示“刻字循环-不能同时使用 A 和 M 设置旋转角度”

### O 参数值

日期时间类型设置参数 O 需设定为 1、2、3、4，设定为其它值，则会报警提示“刻字循环-日期时间类型 O 设置错误”。

### P 参数值

P=“\_”中的刻字字符只能为提供的字符， $0 \sim 9$ ， $A \sim Z$ 、-、.、#（#表示时间日期），若指定为其它字符，如\*，则会报警提示“刻字循环-指定字符中有字符不识别”。





## 编程举例

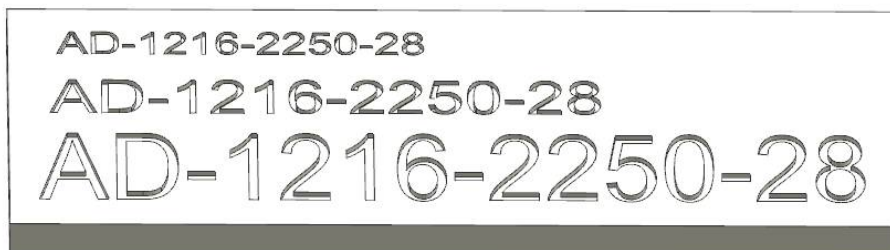
## 使用示例 1

```

%1234
G54G01X20Y20
G0Z30
G1025 A1 C10 F200 E800 H25.0 V50.0 B2.0 Q3.0 U2 01 S1000 P="AD-#-28"
G90G0Z30
G1025 A1 C10 F200 E800 H25.0 V45.0 B2.0 Q3.0 U5 S1000 P="AD-#-28"
G90G0Z30
G1025 A1 C10 F200 E800 H25.0 V35.0 B2.0 Q3.0 U10 S1000 P="AD-#-28"
M30

```

其插补轨迹如下图所示



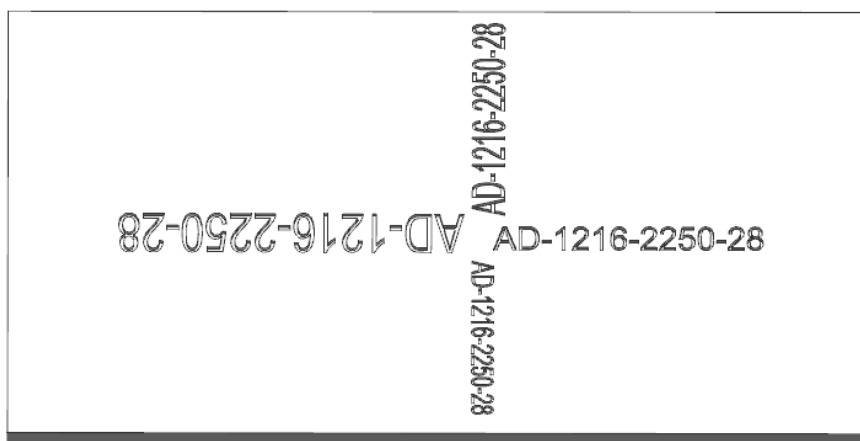
## 使用示例 2

```

%1234
G54G01X20Y20
G0Z30
G1025 A1 C10 F800 E800 H25.0 V45.0 B2.0 Q3.0 U5 01 S1000 P="AD-#-28"
G90G0Z30
G1025 A2 C10 F800 E800 H20.0 V55.0 B2.0 Q3.0 U5 01S1000 P="AD-#-28"
G90G0Z30
G1025 A3 C10 F800 E800 H15.0 V45.0 B2.0 Q3.0 U10 01S1000 P="AD-#-28"
G90G0Z30
G1025 A4 C10 F800 E800 H20.0 V35.0 B2.0 Q3.0 U3 01 S1000 P="AD-#-28"
M30

```

其插补轨迹如下图所示



#### 注意事项

目前该刻字循环可以实现 0~9, A~Z、-、. 和时间日期 (#表示) 字符的刻制。字符字体格式为 Arial 型, 字体默认高度为 5mm, 字符宽度 3.09mm (字高\*0.618), 默认字符间距 0.4mm, 单次总刻字字符数不超过 60 个。

## 16.3 钻孔样式循环

### 16.3.1 圆周钻孔循环 (G70)



#### 功能及目的

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。



#### 指令格式

(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；
F	指定切削进给速度。
L	循环次数 (L 不指定 L=1)。

初始 B 点  
参照 R 点  
G98  
Q  
k  
Q  
k  
Q  
孔底 Z 点  
孔底延时 P 毫秒

初始 B 点  
参照 R 点  
G99  
Q  
k  
Q  
k  
Q  
孔底 Z 点



## 详细说明

### ● 动作步骤

- (1) 沿X轴、Y轴和钻孔角度定位之后，刀位快速移到孔中心上方B点；
- (2) 快移接近工件表面，到R点；
- (3) 向下以F速度钻孔；
- (4) 到达孔底Z点；
- (5) 孔底延时 P 毫秒（主轴维持旋转状态）；
- (6) 向上快速退到R点（G99）或B点(G98)；
- (7) 主轴依然处于旋转状态；
- (8) 程序运行到M30结束

### ● 主轴的旋转

在利用G70之前，利用辅助功能（M代码）使主轴旋转。

连续执行从孔位置和初始平面到R点平面的距离较短的钻孔动作时，在进入孔的切削动作之前，主轴有可能不能进行正常旋转，在这种情况下，请勿指定重复次数N，而需要将基于G04的暂停插入到每个钻孔动作之前以腾出时间。

有的机床不必考虑上述情况，详情请参阅机床制造商提供的说明书。

### ● 刀具长度补偿

当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向R点定位时应用该补偿。

### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定G70指令和M代码时，在最初的定位时执行M代码。当指定了重复次数N时，仅在第1次执行上述动作，第2次以后不再执行M代码。



## 编程举例

例 1：表示在 X、Y 平面四个轴方向上钻四个逆圆孔，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
```

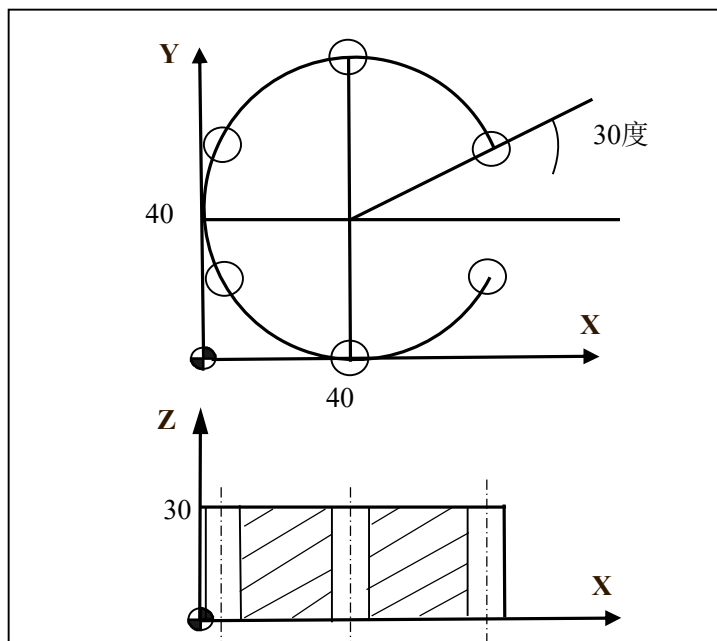
```
G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 K0 F200
```

```
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
```

举例: 用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔:



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

```
N20 G98G70G90X40Y40R35Z0I40J30N6P2000-10K5F100
```

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

```
N40 M30
```



### 注意事项

- 1) 在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环
- 2) 在 G17 平面，钻孔轴必须为 Z 轴
- 3) 如果 Z 的移动量为零，该指令不执行；
- 4) Z 点必须高于 R 点平面，否则程序报警；
- 5) I 值不能省略，否则程序报警；
- 6) G70 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 7) 使用指令 G70 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；
- 8) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔；
- 9) 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；
- 10) 在钻孔用固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略；
- 11) 请勿在包含 G70 的程序段中指令 01 组 G 代码（G00–G03 等）。否则，G70 将被取消；
- 12) 角度缺省时，角度值=360/n；

## 16.3.2 圆弧钻孔循环（G71）



### 功能及目的

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。



## 指令格式

(G98/G99) G71 X\_ Y\_ Z\_ R\_ I\_ J\_ N\_ O\_ [Q\_ K\_ P\_] F\_ L\_;

参数	含义
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;
X, Y	圆弧的中心坐标;
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。
F	指定切削进给速度。
L	循环次数 (L 不指定 L=1)。



## 详细说明

### ● 动作步骤

- (1) 沿X轴、Y轴和钻孔角度定位之后, 刀位快速移到孔中心上方B点;
- (2) 快移接近工件表面, 到R点;
- (3) 向下以F速度钻孔;
- (4) 到达孔底Z点;
- (5) 孔底延时 P 毫秒 (主轴维持旋转状态);
- (6) 向上快速退到R点 (G99) 或B点 (G98);
- (7) 主轴依然处于旋转状态;
- (8) 程序运行到M30结束

### ● 主轴的旋转

在利用G71之前, 利用辅助功能 (M代码) 使主轴旋转。

连续执行从孔位置和初始平面到R点平面的距离较短的钻孔动作时, 在进入孔的切削动作之前, 主轴有可能不能进行正常旋转, 在这种情况下, 请勿指定重复次数N, 而需要将基于G04的暂停插入到每个钻孔动作之前以腾出时间。

有的机床不必考虑上述情况，详情请参阅机床制造商提供的说明书。

### ● 刀具长度补偿

当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向R点定位时应用该补偿。

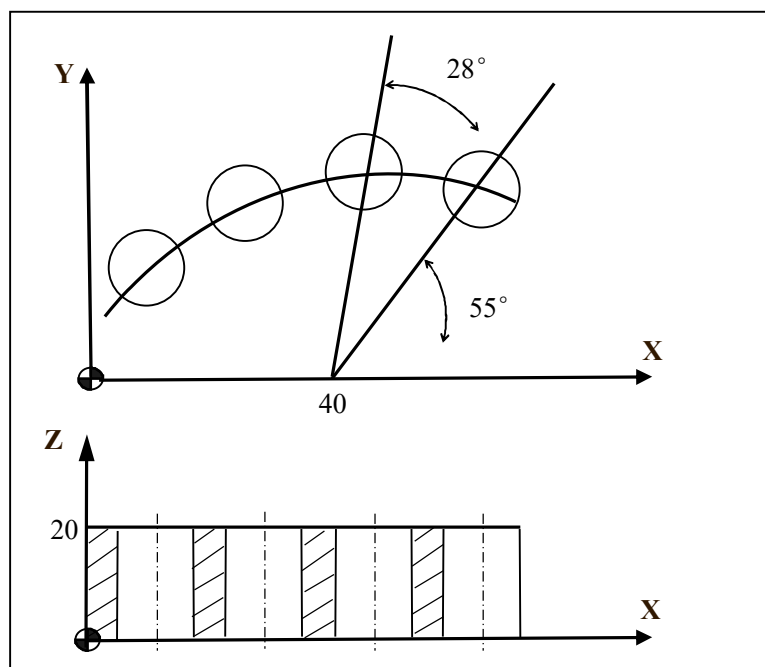
### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定G71指令和M代码时，在最初的定位时执行M代码。当指定了重复次数N时，仅在第1次执行上述动作，第2次以后不再执行M代码。



### 编程举例

用 $\Phi 10$ 钻头，加工图示孔



```
%3359
```

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

```
N20 G98G71G90X40Y0G90R25Z0I40J55028N4P2000-10K5F100
```

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

```
N40 M30
```



**注意事项**

- 1) 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；
- 2) 圆弧总角度  $N \times \theta$  不能大于或等于 360 度，否则不予执行；
- 3) 在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环；
- 4) 在 G17 平面，钻孔轴必须为 Z 轴；
- 5) 如果 Z 的移动量为零，该指令不执行；
- 6) Z 点必须高于 R 点平面，否则程序报警；
- 7) I、O 值不能省略，否则程序报警；
- 8) G71 指令数据被作为模态数据存储，相同的数据可省略；
- 9) 使用指令 G71 前，请使用相应的 M 代码使主轴旋转；
- 10) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔；
- 11) 在钻孔用固定循环方式下，刀具位置偏置被忽略；
- 12) 请勿在包含 G71 的程序段中指令 01 组的 G 代码（G00-G03 等）。否则，G71 将被取消；

**16.3.3 角度直线孔循环（G78）****功能及目的**

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。

**指令格式**

(G98/G99)G78 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_N\_[Q\_K\_P]\_F\_L\_;

参数	含义
X Y	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。



### 详细说明

#### ● 动作步骤

- (1) 沿X轴、Y轴和钻孔角度定位之后, 刀位快速移到孔中心上方B点;
- (2) 快移接近工件表面, 到R点;
- (3) 向下以F速度钻孔;
- (4) 到达孔底Z点;
- (5) 孔底延时 P 毫秒 (主轴维持旋转状态);
- (6) 向上快速退到R点 (G99) 或B点 (G98);
- (7) 主轴依然处于旋转状态;
- (8) 程序运行到M30结束

#### ● 主轴的旋转

在利用G78之前, 利用辅助功能 (M代码) 使主轴旋转。

连续执行从孔位置和初始平面到R点平面的距离较短的钻孔动作时, 在进入孔的切削动作之前, 主轴有可能不能进行正常旋转, 在这种情况下, 请勿指定重复次数N, 而需要将基于G04的暂停插入到每个钻孔动作之前以腾出时间。

有的机床不必考虑上述情况, 详情请参阅机床制造商提供的说明书。

#### ● 刀具长度补偿

当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时 (G43、G44、G49) 时, 在向R点定位时应用

该补偿。

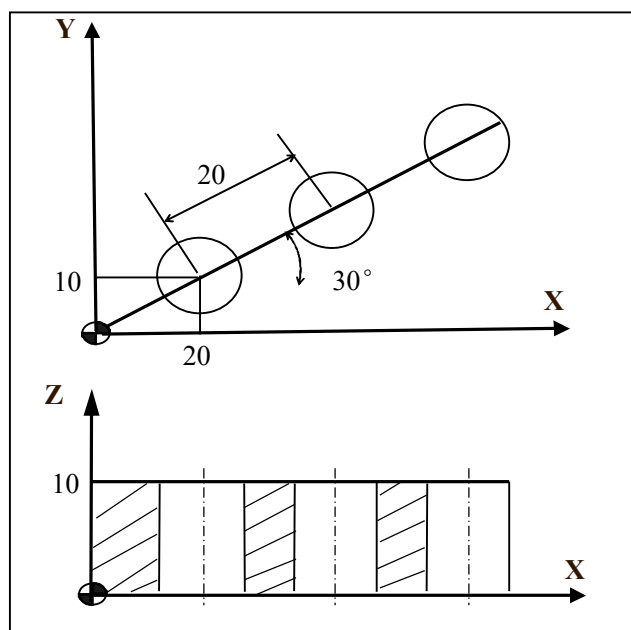
### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G78 指令和 M 代码时，在最初的定位时执行 M 代码。当指定了重复次数 N 时，仅在第 1 次执行上述动作，第 2 次以后不再执行 M 代码。



### 编程举例

举例：用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔



```
%3360
N10 G55 G00 X0 Y0 Z80
N20 G98G78G90X20Y10G90R15Z0I20J30N3P2000-10K5F100
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
N40 M30
```



### 注意事项

- 1) 在切换钻孔轴之前, 请暂时取消固定循环;
- 2) 在 G17 平面, 钻孔轴必须为 Z 轴;
- 3) 如果 Z 的移动量为零, 该指令不执行;
- 4) Z 点必须高于 R 点平面, 否则程序报警;
- 5) I 值不能省略, 否则程序报警;
- 6) G78 指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略;
- 7) 使用指令 G78 前, 请使用相应的 M 代码使主轴旋转;
- 8) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔;
- 9) 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;
- 10) 在钻孔用固定循环方式下, 刀具位置偏置被忽略;
- 11) 请勿在包含 G78 的程序段中指令 01 组的 G 代码 (G00-G03 等)。否则, G78 将被取消;

#### 16.3.4 棋盘孔循环 (G79)



## 功能及目的

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。G79 为模态，其后的指令字为非模态。



## 指令格式

(G98/G99)G79 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_N\_[Q\_K\_P]\_F\_L\_

参数	含义
X, Y	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。



## 详细说明

### ● 动作步骤

- (1) 沿 X 轴、Y 轴和钻孔角度定位之后，刀位快速移到孔中心上方 B 点；
- (2) 快移接近工件表面，到 R 点；
- (3) 向下以 F 速度钻孔；
- (4) 到达孔底 Z 点；
- (5) 孔底延时 P 毫秒（主轴维持旋转状态）；
- (6) 向上快速退到 R 点（G99）或 B 点（G98）；
- (7) 主轴依然处于旋转状态；
- (8) 程序运行到 M30 结束；

### ● 主轴的旋转

在利用G79之前，利用辅助功能（M代码）使主轴旋转。

连续执行从孔位置和初始平面到R点平面的距离较短的钻孔动作时，在进入孔的切削动作之前，主轴有可能不能进行正常旋转，在这种情况下，请勿指定重复次数N，而需要将基于G04的暂停插入到每个钻孔动作之前以腾出时间。

有的机床不必考虑上述情况，详情请参阅机床制造商提供的说明书。

### ● 刀具长度补偿

当在钻孔用固定循环指定了刀具长度补偿时（G43、G44、G49）时，在向R点定位时应用该补偿。

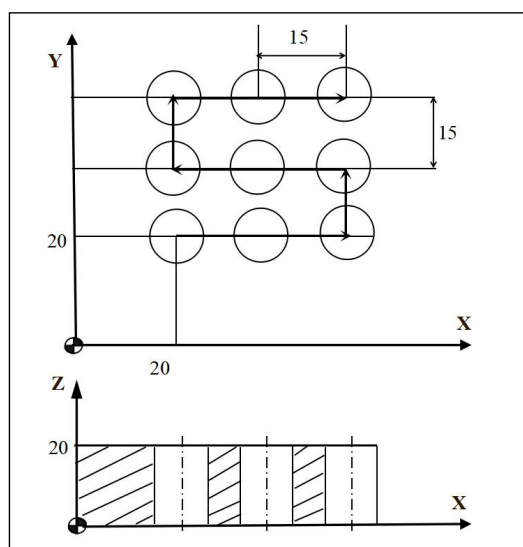
### ● 辅助功能

当在相同程序段中指定 G79 指令和 M 代码时，在最初的定位时执行 M 代码。当指定了重复次数 N 时，仅在第 1 次执行上述动作，第 2 次以后不再执行 M 代码。



### 编程举例

举例：用  $\Phi 10$  钻头，加工图示孔



```
%3361
N10 G55 G00 X0 Y0 Z80
N20 G98G79G90X20Y20G90R25Z0I15N3J1503P2000-10K5F100
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
N40 M30
```



### 注意事项

- 1) 在切换钻孔轴之前，请暂时取消固定循环；

- 2) 在 G17 平面, 钻孔轴必须为 Z 轴;
- 3) 如果 Z 的移动量为零, 该指令不执行;
- 4) Z 点必须高于 R 点平面, 否则程序报警;
- 5) I、O、J 值不能省略, 否则程序报警;
- 6) G79 指令数据被作为模态数据存储, 相同的数据可省略;
- 7) 使用指令 G79 前, 请使用相应的 M 代码使主轴旋转;
- 8) 在没有包含 X、Y、Z、R 或任何其他附加轴程序段不钻孔;
- 9) 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。
- 10) 在钻孔用固定循环方式下, 刀具位置偏置被忽略;
- 11) 请勿在包含 G79 的程序段中指令 01 组的 G 代码 (G00-G03 等)。否则, G79 将被取消;

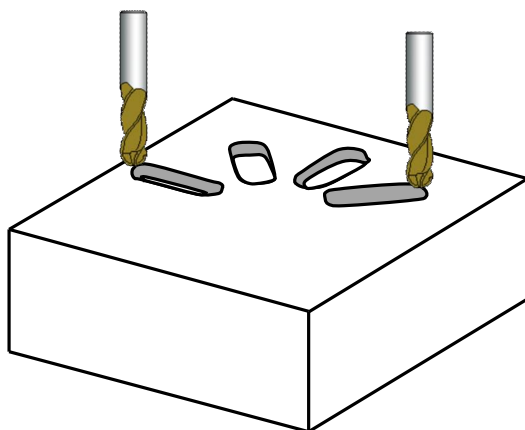
## 16.4 铣削加工循环

### 16.4.1 圆弧槽铣削循环（类型 1）（G181）



#### 功能及目的

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。



#### 指令格式

(G98/G99) G181 R\_ Z\_ N\_ K\_ X\_ Y\_ I\_ A\_ B\_ F\_ Q\_ V\_;

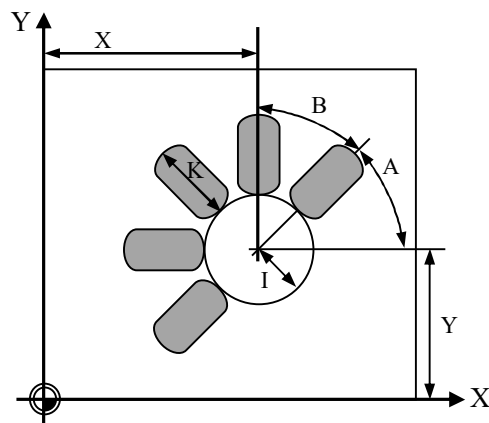
参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。
Z	绝对编程时是槽底坐标值； 增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。
N	键槽的数量（可省略，N=1）。
K	键槽长度。
X	键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
Y	键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
I	键槽组成圆弧的半径。
A	起始角度（-180~180 度，逆时针为正，顺时针为负，可省略，A=0）。
B	增量角度（可省略，B=360/N；B 符号为正则逆时针方向铣削各槽，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。





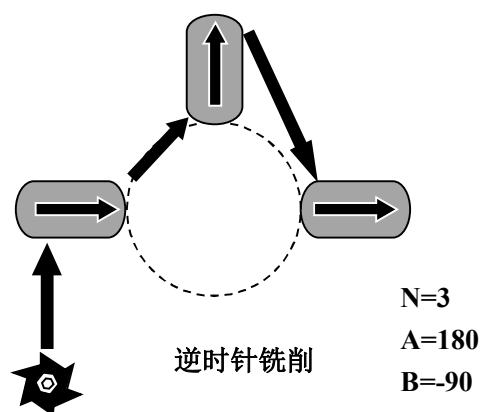
## 详细说明

### 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。





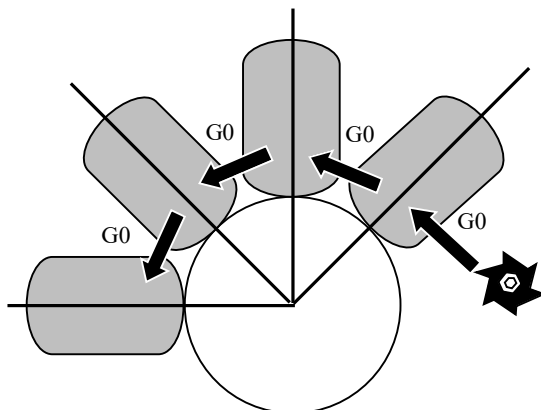
## 16.4.2 圆弧槽铣削循环（类型 2）（G182）



## 功能及目的

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。



## 指令格式

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

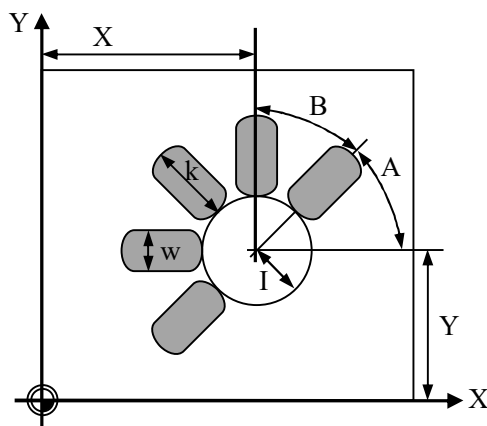
参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。
Z	绝对编程时是槽底坐标值； 增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。
N	键槽的数量（可省略，N=1）。
K	键槽长度。
W	键槽宽度（可省略，W=刀具直径）。
X	键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
Y	键槽组成的圆弧圆心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
I	键槽组成圆弧的半径。
A	起始角度（-180~180 度，逆时针为正，顺时针为负，可省略，A=0）。
B	增量角度（可省略，B=360/N；B 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） 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） 1：粗加工 2：精加工
V	刀具半径值。



### 详细说明

#### 参数图示



#### 铣削方向

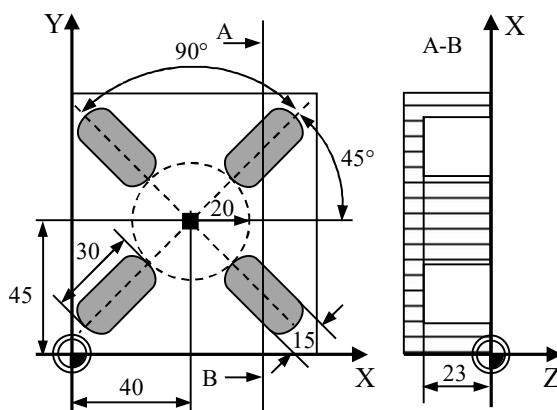
进入循环之前必须指令主轴旋转，循环根据进入前主轴旋转方向 M3/M4 和用户设置之铣削方向计算出合理的铣削方向，铣削方向选择如下表所示：

铣削方向 (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



## 编程举例

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 G182 R5 Z-23 N4 K30 X40 Y45 W15 I20 A45 B90 F100 Q6 E0.5 O0.5 C2 V5
```

```
N60 M30
```



## 注意事项

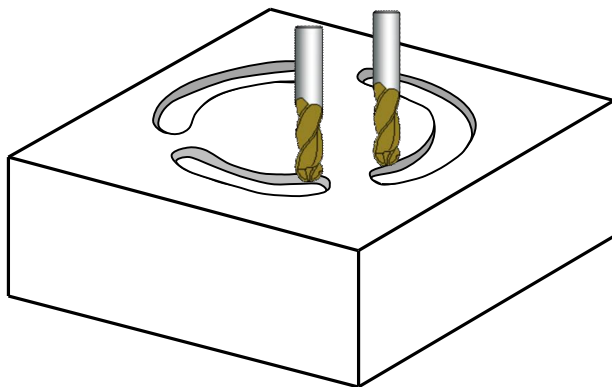
- 1) 刀具半径不能超过指定槽宽度 W，否则将产生报警；
- 2) 键槽数量 N 输入为非负整数，循环将忽略负号，并且对非整数进行四舍五入处理；
- 3) Q 或 H 均是指的每次最大进给深度，注意当槽深度不能被每次进给深度 Q 或 H 整除时，最后一刀将会小于 Q 或 H；
- 4) 铣削方向 C 参数指定单个槽的铣削方向，角度增量 B 参数指定各槽之间的铣削方向，B 为正则从第一键槽开始依逆时针加工直至最后一个键槽，B 为负则依顺时针加工键槽，如不指定 B，则循环内部处理  $B=360/N$ ，沿逆时针铣削键槽；
- 5) 参数 K、W、I、E、O、Q、H 输入为非负数，如输入为负值则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 16.4.9 章节。

## 16.4.3 圆周槽铣削循环 (G183)



## 功能及目的

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。



## 指令格式

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

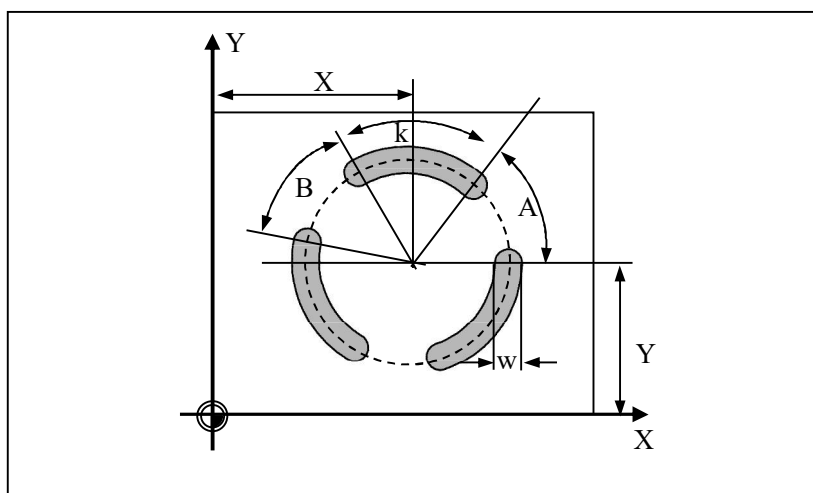
参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。
Z	绝对编程时是槽底坐标值； 增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。
N	槽的数量（可省略，N=1）。
K	槽长的角度（0~360 度，单位：度）。
W	圆周槽宽度（可省略，W=刀具直径）。
X	键槽组成的圆周圆心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
Y	键槽组成的圆周圆心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
I	键槽组成圆周的半径。
A	起始角度（-180~180 度，逆时针为正，顺时针为负，可省略，A=0）。
B	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） 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） 1：粗加工 2：精加工
V	刀具半径值。



### 详细说明

#### 参数图示



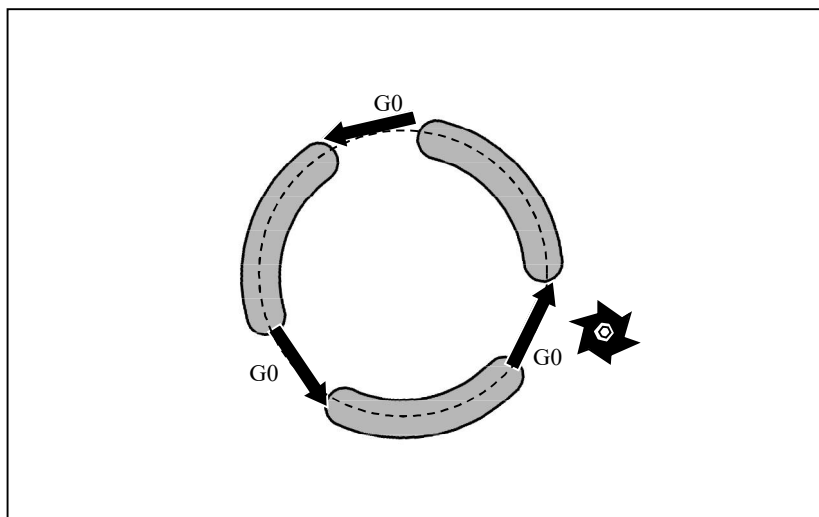
#### 铣削方向

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 (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

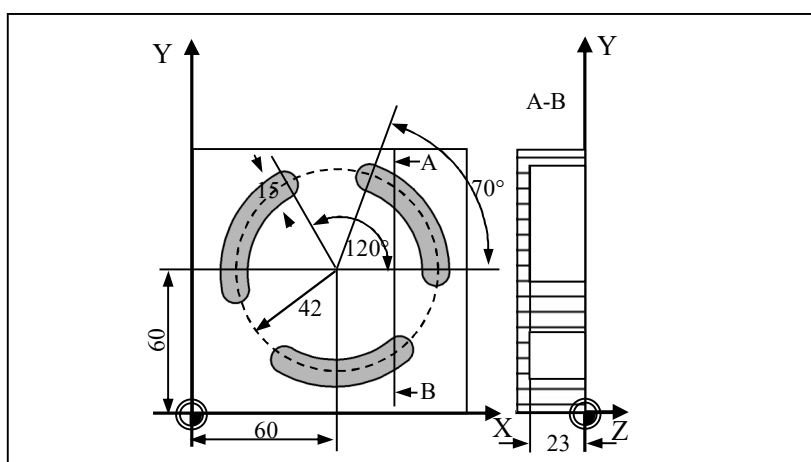
#### 加工步骤

- (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。



### 编程举例

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-23N3K70W15X60Y60I42A70B120F100Q6E0.500.5V5

N70 M30

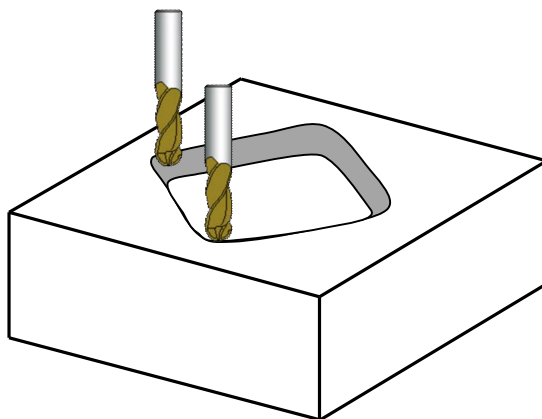


## 16.4.4 矩形凹槽铣削循环 (G184)



## 功能及目的

本循环用于带圆弧拐角的矩形凹槽粗加工和精加工。



## 指令格式

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

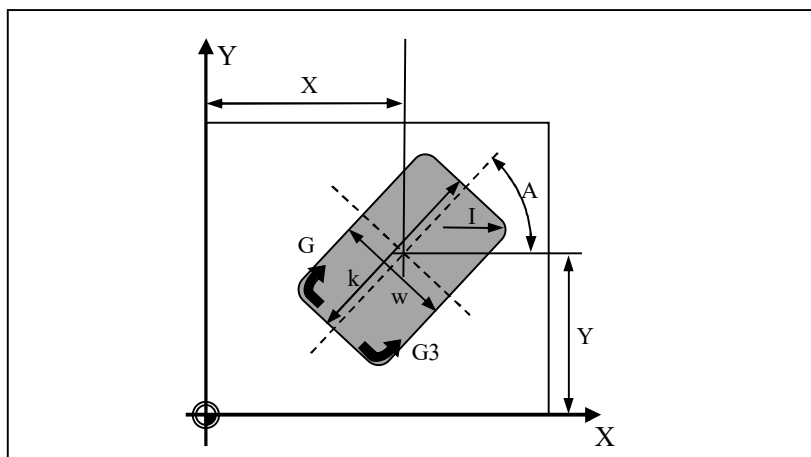
参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。
Z	绝对编程时是槽底坐标值； 增量编程时是槽底相对参考点 R 的增量值。
K	槽长
W	槽宽
X	槽中心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
Y	槽中心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
I	矩形槽拐角圆弧半径（可省略或指定为 0， $I=W/2$ ）
A	矩形槽长边与平面内第一轴正方向夹角（可省略， $A=0$ ）
F	粗加工时铣削速度。
Q	粗加工时每次最大进给深度（可省略， $Q=槽深度-槽底精加工余量$ ）
E	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， $C=3$ ）

	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) 1: 粗加工 2: 精加工
V	刀具半径值。



## 详细说明

### 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 (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。

(3) 精加工 (D=2) :

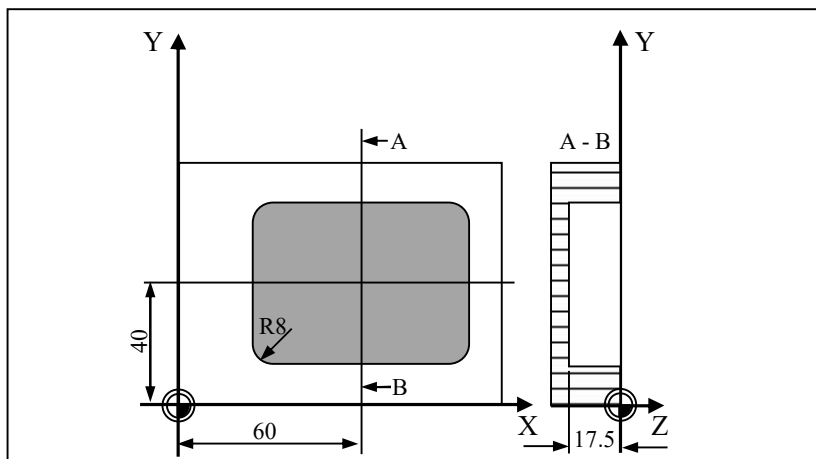
G00 定位到槽宽边边缘中点位置 (留槽边缘精加工余量), 深度进刀一个进给量 H, 根据参数 C 定义的铣削方向从内到外铣削槽表面直至槽边缘轮廓, 回到同一下刀点再次深度进给铣削槽表面直至槽底部精加工余量。然后再进行槽底部精加工, 按照 C 定义铣削方向从外到内铣削直至槽底部轮廓。

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



### 编程举例

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-17.5K60W40X60Y40I8F120Q4E0.7500.2D1V5
N70 M30
  
```

**注意事项**

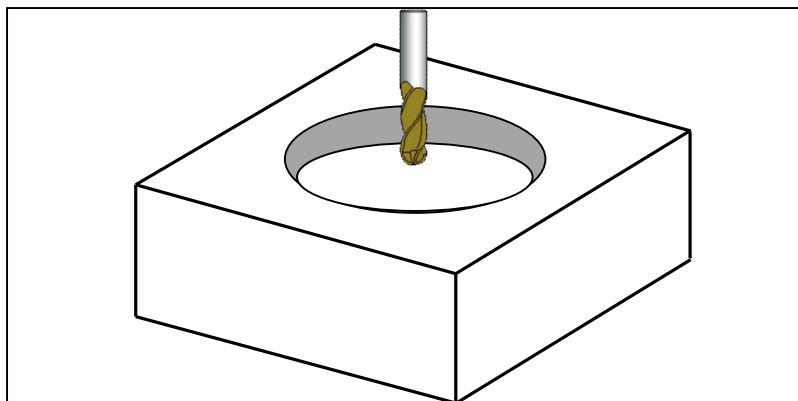
- 1) 本循环要求使用端铣刀；
- 2) Q、H 分别定义粗、精加工时的最大进给深度，注意当加工余量不能被 Q 或 H 整除时，最后一刀将会小于 Q、H；
- 3) 循环参数 N、K、W、I、E、O、Q、H 指定为非负数，如输入负数循环内部将忽略负号；
- 4) 本循环所产生报警提示可参见 16.4.9 小节；
- 5) 对于槽宽和槽长，如输入槽宽大于槽长，循环内部将自动将其对调并旋转至期望位置；
- 6) 参数 C 指定铣削方向如 G182；
- 7) 进入循环之前必须指令主轴旋转。

## 16.4.5 圆形凹槽铣削循环（G185）



## 功能及目的

本循环用于加工圆形凹槽，可选择粗加工、精加工。



## 指令格式

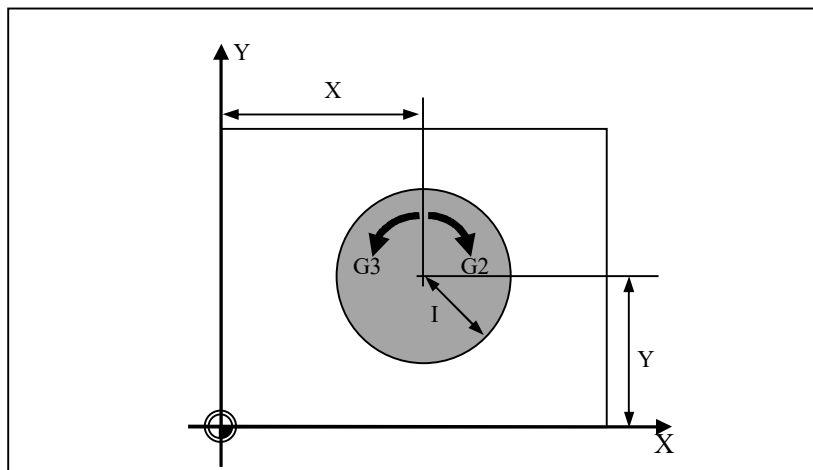
(G98/G99)G185R\_Z\_X\_Y\_I\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_;

参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 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； 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） 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） 1：粗加工 2：精加工
V	刀具半径值。



## 详细说明

### 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 (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。

- (3) 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。

- (4) 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。



### 编程举例

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
```



### 注意事项

- 1) 本循环所产生的报警提示请参见 16.4.9 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。

## 16.4.6 端面铣削循环（G186）



### 功能及目的

本循环可铣削任意矩形端面，循环在粗加工（以多步扩充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。



### 指令格式

(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； 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； 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。 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） 0：所选平面内第一轴双向加工 1：所选平面内第二轴双向加工 2：所选平面内第一轴单向加工 3：所选平面内第二轴单向加工
D	加工类型（可省略，D=1） 1：粗加工 2：精加工
V	刀具半径值。

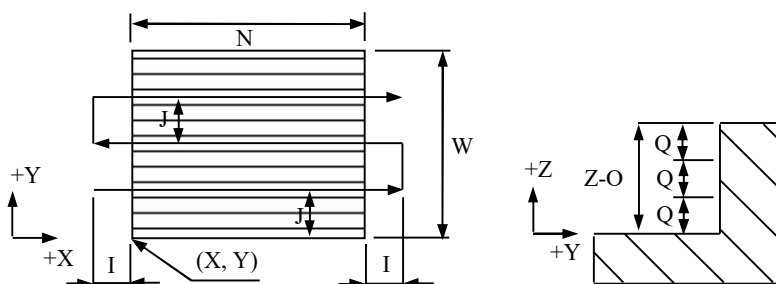




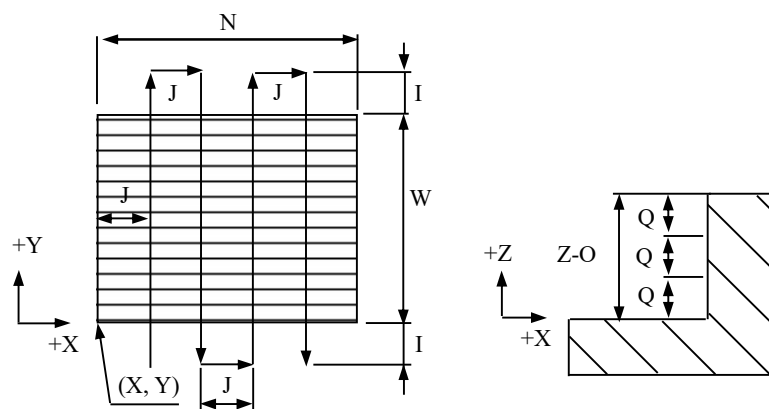
详细说明

基本说明

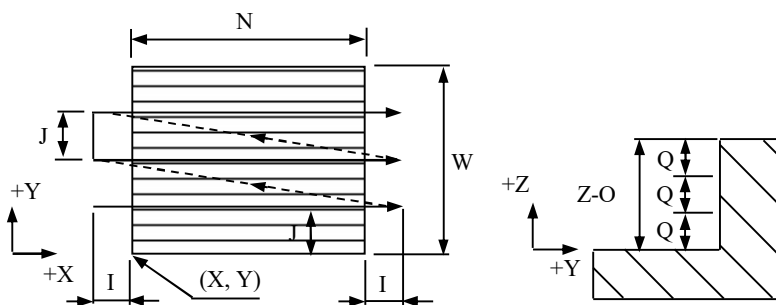
C=0, D=1, X 轴双向加工



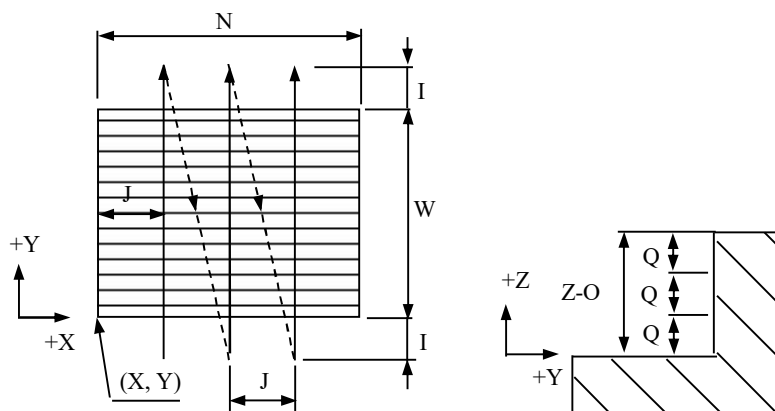
C=1, D=1, Y 轴双向加工



C=2, D=1, X 轴单向加工



## C=3, D=1, Y 轴单向加工



(注 1) 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。



## 编程举例

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。

```

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

```



## 注意事项

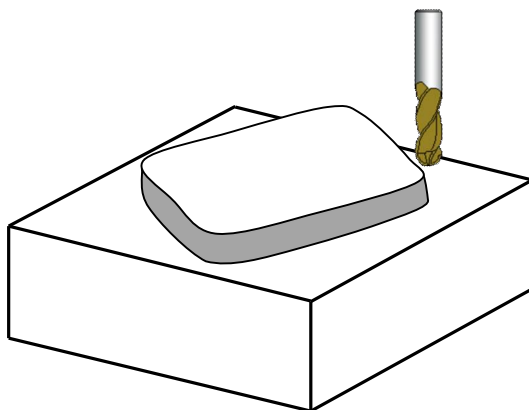
- 1) 循环参数 N、W、I、O、Q、J、H、K 指定为非负数, 如输入负数循环内部将忽略负号;
- 2) 对于进刀宽度(J、K)和进刀深度(Q、H), 当进刀量不能被其整除时, 最后一刀将小于进刀宽度或进刀深度;
- 3) 进入循环之前必须指令主轴旋转;
- 4) 本循环所产生报警提示请参见 16.4.9 小节。

## 16.4.7 矩形凸台铣削循环 (G188)



## 功能及目的

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。



## 指令格式

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

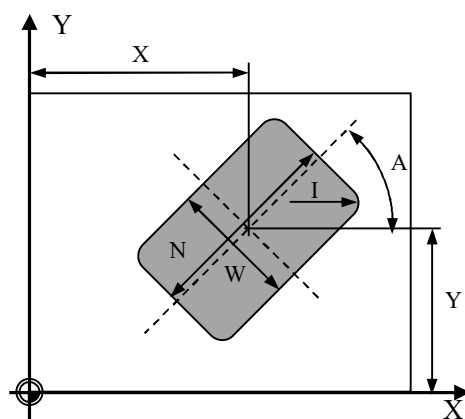
参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 增量编程时是参考点 R 相对初始平面的增量值。
Z	绝对编程时是凸台底部坐标值； 增量编程时是凸台底不相对参考点 R 的增量值。
N	矩形凸台的长度
W	矩形凸台的宽度
X	凸台中心位置，绝对编程时是当前平面第一轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
Y	凸台中心位置，绝对编程时是当前平面第二轴的坐标；相对编程时是相对于起点的增量值的。
J	矩形凸台毛坯的长度
K	矩形凸台毛坯的宽度
I	矩形凸台拐角半径（可省略， $I=W/2$ ）
A	矩形凸台长边与平面内第一轴正方向夹角（可省略， $A=0$ ）
F	粗加工时铣削速度。
Q	粗加工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） 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） 1：粗加工 2：精加工

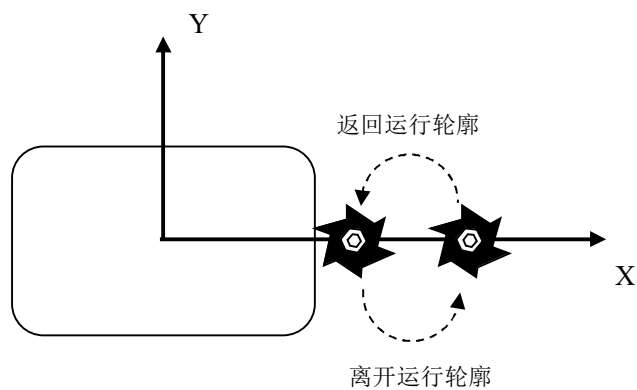


### 详细说明

#### 参数图解

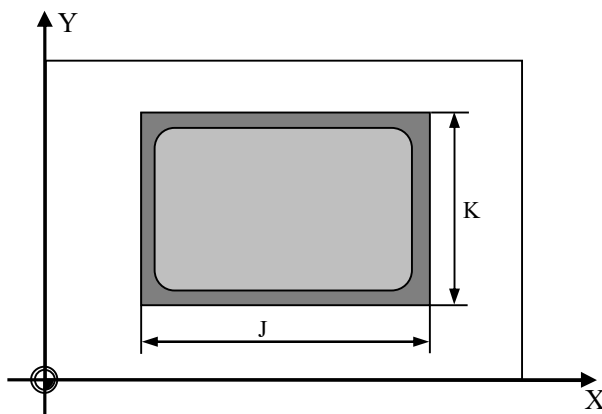


#### 进入轮廓、退出轮廓



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/M4 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 (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 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。

(3) 精加工 (D=2)：

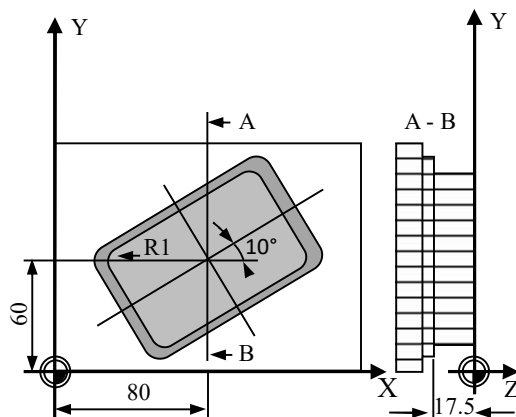
G00 定位到凸台宽边一侧上方参考平面处，深度进给一个进刀量，根据铣削方向插入半圆进入工件轮廓铣削边缘精加工余量，表面加工完成后循环自动插入反方向半圆退出工件轮廓，G00 快移至下刀点，再次深度下刀加工边缘余量直至凸台底部精加工余量；然后铣削凸台底部精加工余量。

(4) 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。



## 编程举例

加工如下图所示矩形凸台，凸台尺寸  $60\text{mm} \times 40\text{mm}$ ，毛坯尺寸  $80\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，刀具半径  $3\text{mm}$ 。



```
%1019
G17 G54 G90
T10
M06
M03 S650
G98 G188 R2Z-17.5N60W40X80Y60J80K50I15A10F200Q11E201V3
M30
```



## 注意事项

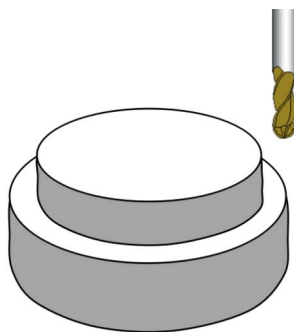
- 1) 本循环所产生报警提示请参见 16.4.9 小节。
- 2) 循环参数 W、J、K、I、E、O、Q、H 指定为非负数，如指定负数循环内部将忽略负号；
- 3) Q、H 分别指定粗、精加工每次最大进给深度，注意当进给量不能被其整除时，最后一刀将小于 Q、H；
- 4) 进入循环之前必须指令主轴旋转；
- 5) 如指定宽边大于长边，则循环内部自动将宽边与长边对调，并作相应旋转符合期望凸台位置。

## 16.4.8 圆形凸台铣削循环 (G189)



## 功能及目的

圆形凸台铣削循环，加工平面上任意尺寸的圆形凸台。



## 指令格式

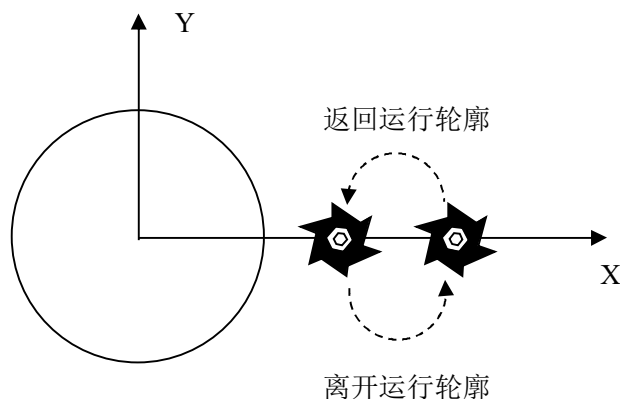
(G98/G99)G189R\_Z\_X\_Y\_I\_J\_F\_Q\_E\_O\_H\_U\_P\_C\_D\_V\_;

参数	含义
R	绝对编程时是参考点 R 的坐标值； 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； 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；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；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） 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）1：粗加工 2：精加工
V	刀具半径值。



## 详细说明

### 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 (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。

(3) 精加工 (D=2)：



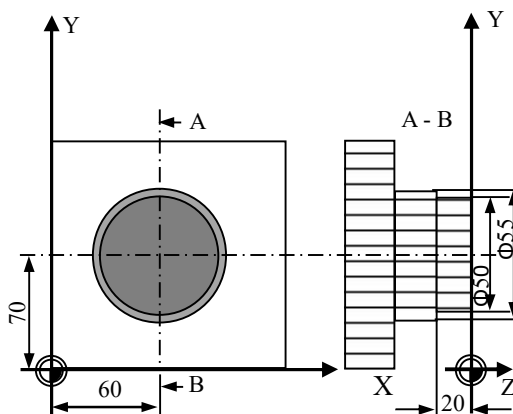
G00 定位到凸台宽边一侧上方参考平面处，深度进给一个进刀量，根据铣削方向插入半圆进入工件轮廓铣削边缘精加工余量，表面加工完成后循环自动插入反方向半圆退出工件轮廓，G00 快移至下刀点，再次深度下刀加工边缘余量直至凸台底部精加工余量；然后铣削凸台底部精加工余量。

(4) 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。



### 编程举例

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-20X60Y70I25J27.5F200Q10E10I1V5
M30
```



### 注意事项

- 1) 本循环所产生报警提示请参见章节 16.4.9 小节；
- 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；

## 16.4.9 铣削循环报警诊断信息



### 功能及目的

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。



### 详细说明

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 G182 G183 G184 G185 G186 G188 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 G182 G183 G184 G185 G186 G188 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	“槽底部位置未定义”	G181 G182 G183 G184 G185 G186 G188 G189	槽底部位置需要指定，否则循环无法确定槽深。
803	“槽数量定义为零”	G181 G182 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 G182 G183 G184 G185 G186 G188 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 G182 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 G182 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 G182 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 G182 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 G182 G183 G184 G185 G186 G188 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 G182 G183 G184 G185 G186 G188 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 G185 G188 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 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 G183 G184 G185 G188 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 G183 G184 G185 G186 G188 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 G183 G184 G185 G186 G188 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。
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 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 G182 G183 G184 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 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 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 G182 G183 G184 G185 G186 G188 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	“精加工时未指定精加工余量”	G182 G183 G184 G185 G186 G188 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。
817	“铣削方向定义错误”	G182 G183 G184 G185 G186 G188 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 G183 G184 G185 G186 G188 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。

# 17 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：

1. 本章节描述之循环仅能用于车床系统。

2. 对于 G71、G72、G73 复合循环需要注意以下：

- 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；
- 在 MDI 方式下，不能运行复合循环指令；
- 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；
- 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；

### 17.1 内（外）径粗车复合循环（G71）

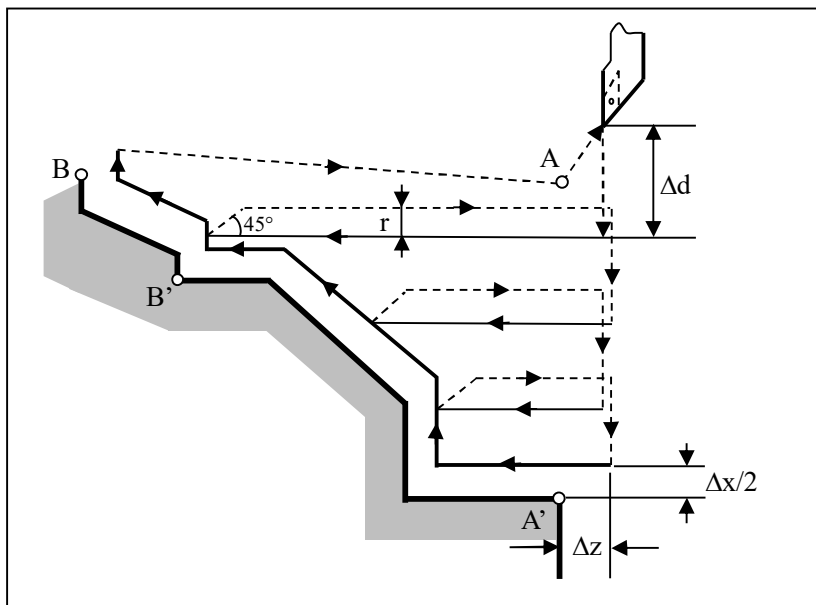


#### 功能及目的

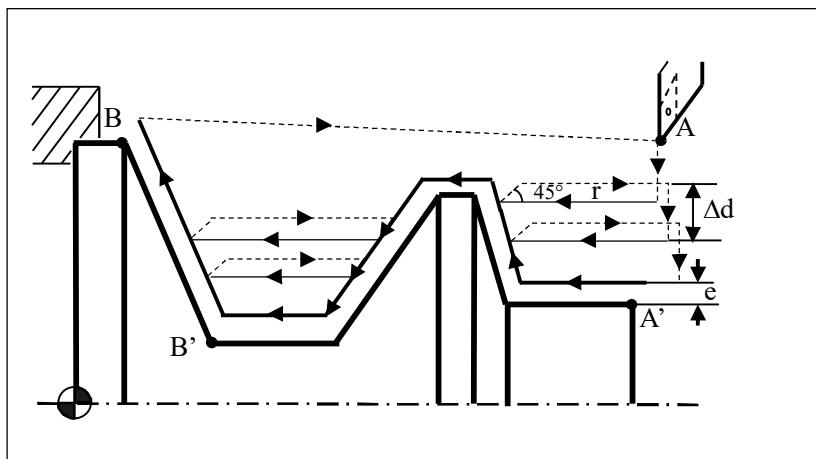
本循环可分为无凹槽和有凹槽内（外）径粗车复合循环。

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。

#### 1. 无凹槽内/外径粗车复合循环路径图



#### 2. 有凹槽内/外径粗车复合循环路径图





## 指令格式

## 1. 无凹槽内/外径粗车复合循环格

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

## 2. 有凹槽内（外）径粗车复合循

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。





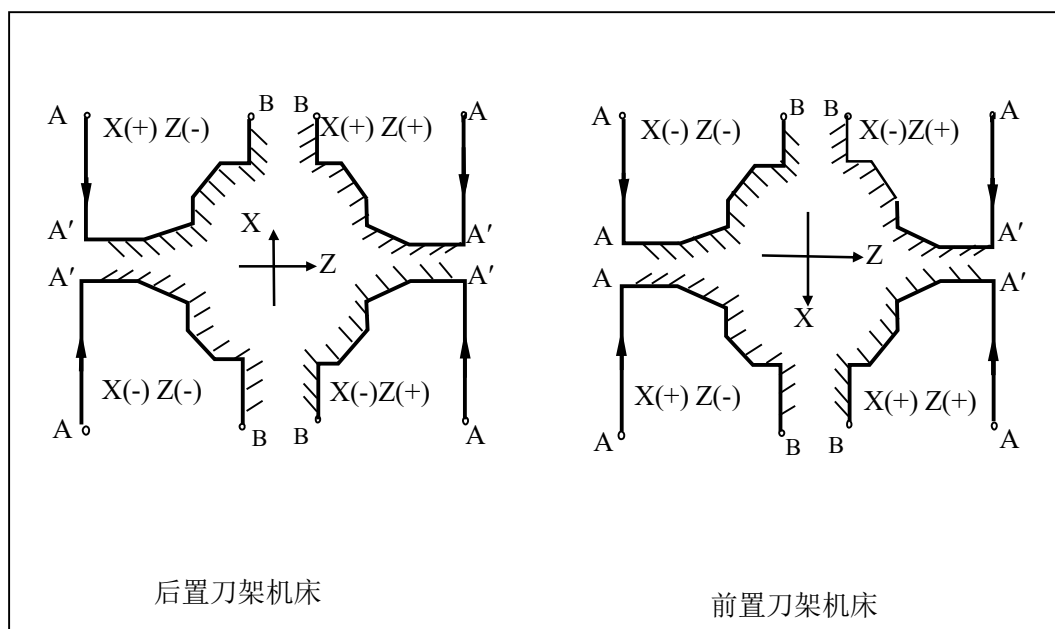
## 详细说明

G71 切削循环下，切削进给方向平行于 Z 轴，因此适用于沿轴向切削的内、外径切削。

该循环为粗加工循环，需为后续的精加工保留适当的余量，其在 XZ 轴方向保留的精加工余量为  $X(\Delta x)$  和  $Z(\Delta z)$ ， $\Delta x$  为 X 轴方向的余量大小及方向， $\Delta z$  为 Z 轴方向的余量大小及方向。

由于余量保留的方向是程序员根据加工工艺确定的，故本系统根据编辑程序设定的精加工余量的方向，确定进刀的方向。故精加工余量的保留方向（即正负设定）必须正确，否则会引起刀具的进给方向的错误。

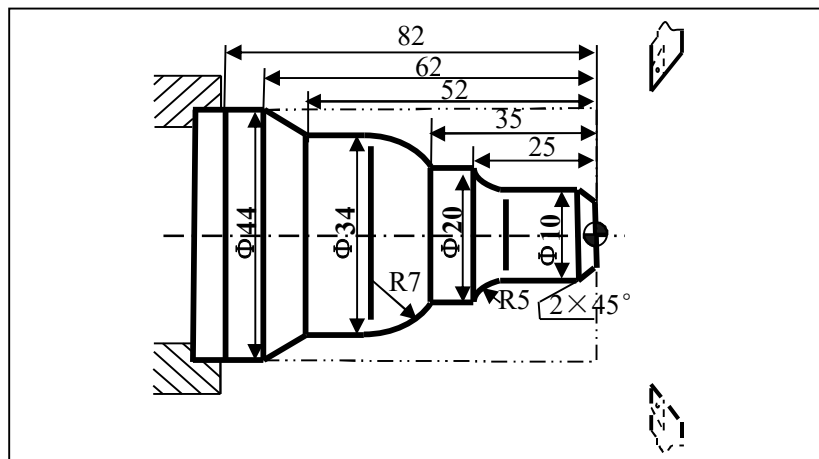
精加工余量的正负与进给方向的关系如下图所示。其中（+）表示轮廓余量保留在轴的正向，（-）表示轮廓余量保留在轴的负向。





## 编程举例

**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 2×45° 倒角

N7 Z-20              ;精加工 Φ10 外圆

N8 G02 U10 W-5 R5    ;精加工 R5 圆弧

N9 G01 W-10          ;精加工 Φ20 外圆

N10 G03 U14 W-7 R7   ;精加工 R7 圆弧

N11 G01 Z-52         ;精加工 Φ34 外圆

N12 U10 W-10         ;精加工外圆锥

N13 W-20             ;精加工 Φ44 外圆

N14 U1               ;精加工轮廓结束行

N15 X50              ;退出已加工面

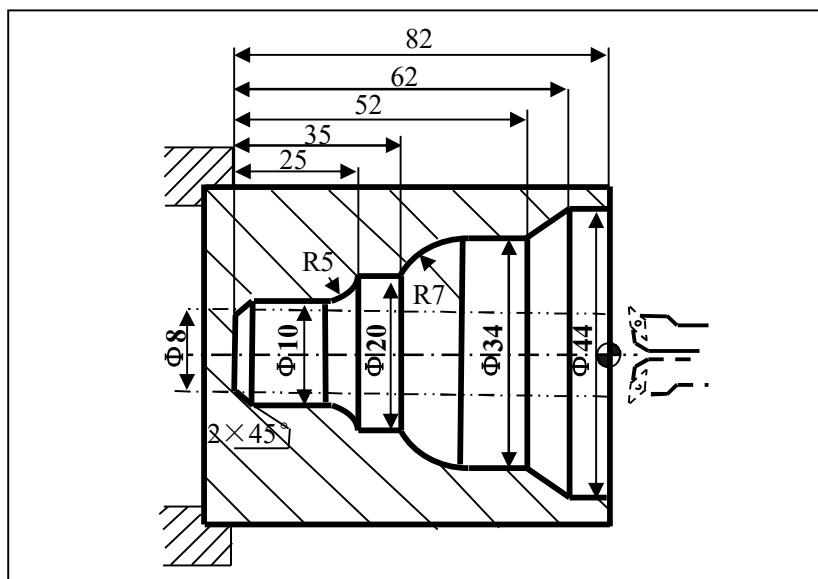
N16G00 X80 Z80      ;回对刀点

N17 M05              ;主轴停

N18 M30              ;主程序结束并复位

```

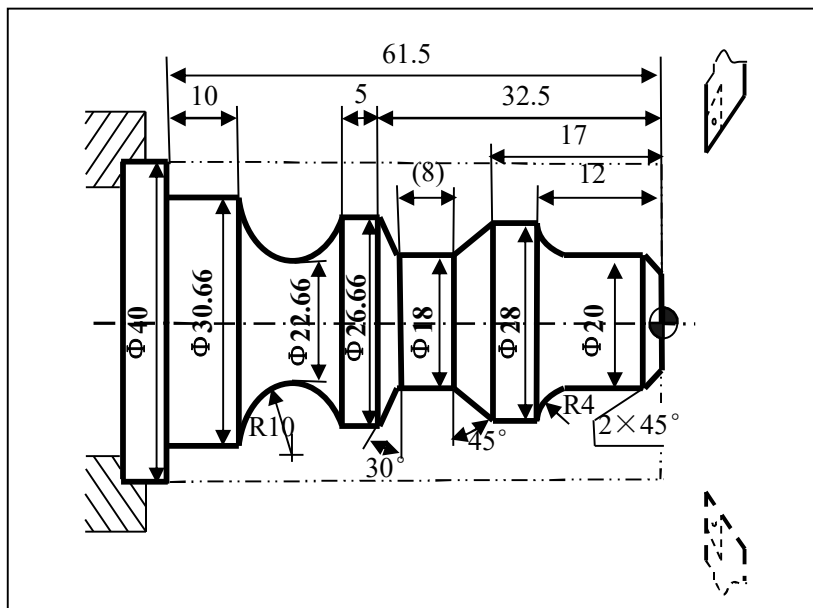
**例 2:** 用内径粗加工复合循环编制下图所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A(6, 5)，切削深度为 1.5mm（半径量）。退刀量为 1mm，X 方向精加工余量为 0.4mm，Z 方向精加工余量为 0.1mm，其中点划线部分为工件毛坯。



%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

**例 3:** 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
N4 G71 U1 R1 P8 Q19 E0.3 F100	;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 Φ26.66 外圆
N17 G02 X30.66 W-14 R10	;精加工 R10 下切圆弧
N18 G01 W-10	;精加工 Φ30.66 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



## 注意事项

- 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) 在无凹槽的情况下, G71ns 的程序段必须是单调递增或单调递减的;
- 5) 粗车加工循环由带地址 P 和 Q 的 G71 指令实现。中间的运动指令中指定的 F S 和 T 功能无效。但是在 G71 程序段或前面程序段中指定的 F S 和 T 功能有效
- 6) 当用恒限速进行切削速度控制时, 在“ns”和“nf”间移动指令中指定的 G96 或 G97 无效。而在 G71 程序段或以前的程序段中指定 G96 或 G97 有效
- 7) 若需要加工带有 Z 向非单调递增或递减的轮廓时, 需要在 G71 的指令行加上“H1”“ns”和“nf”之间的加工轨迹, 若 X、Z 轴均是单调性递增或递减, 此时的加工余量用“XZ”表示, 若加工的轮廓轨迹有 X 向的凹槽, 此时的加工余量用“E”表示
- 8) 原则上车外圆时, 循环起点的建立必须高于轮廓的最高点; 车内孔时, 则需低于轮廓的最低点。(通过“机床用户参数 010161”可以控制循环起点可以低于或高于轮廓最高点 0~1mm)
- 9) 加工带有凹槽的轮廓时, 目前支持最多 10 个凹槽
- 10) G71 指令行暂不能与 M 代码同行
- 11) 使用任意行带扫描模式功能时, 任意行指定行不能指“ns”到“nf”之间的程序段

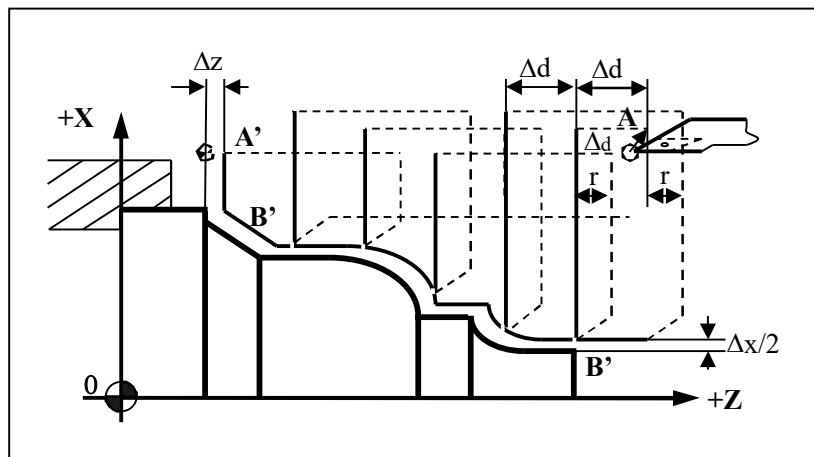
## 17.2 端面粗车复合循环 (G72)



## 功能及目的

本循环与 G71 类似，只是切削是由平行 X 轴的操作。

G72 车削方式如下图所示，其中精加工路径为 A→A'→B'→B 的轨迹



## 指令格式

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。



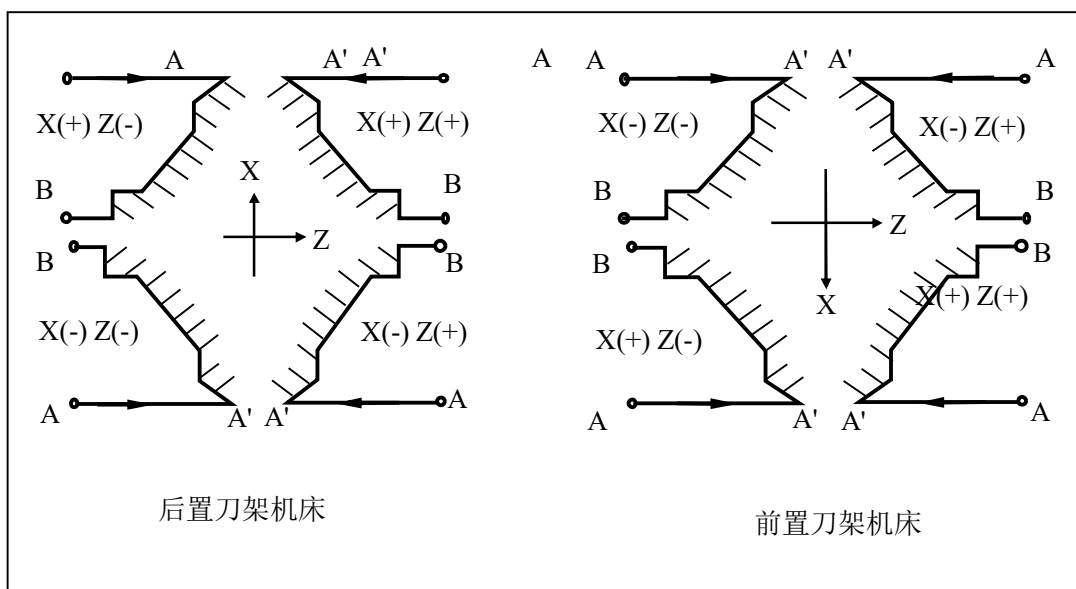
详细说明

G72 切削循环下，切削进给方向平行于 X 轴，因此适用于沿 X 轴向切削的端面切削。

该循环为粗加工循环，需为后续的精加工保留适当的余量，其在 XZ 轴方向保留的精加工余量为  $X(\Delta x)$  和  $Z(\Delta z)$ ， $\Delta x$  为 X 轴方向的余量大小及方向， $\Delta z$  为 Z 轴方向的余量大小及方向。

由于余量保留的方向是程序员根据加工工艺确定的，故本系统根据编辑程序设定的精加工余量的方向，确定进刀的方向。故精加工余量的保留方向（即正负设定）必须正确，否则会引入刀具的进给方向的错误。

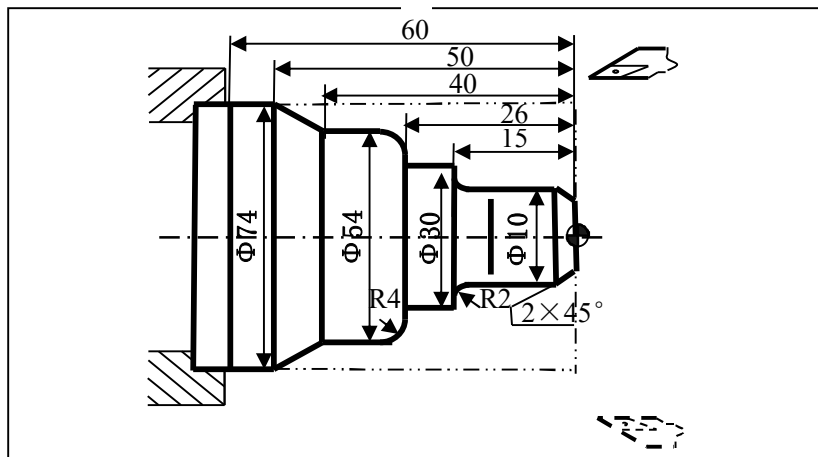
精加工余量的正负与进给方向的关系如下图所示。其中（+）表示轮廓余量保留在轴的正向，（-）表示轮廓余量保留在轴的负向。





## 编程举例

**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



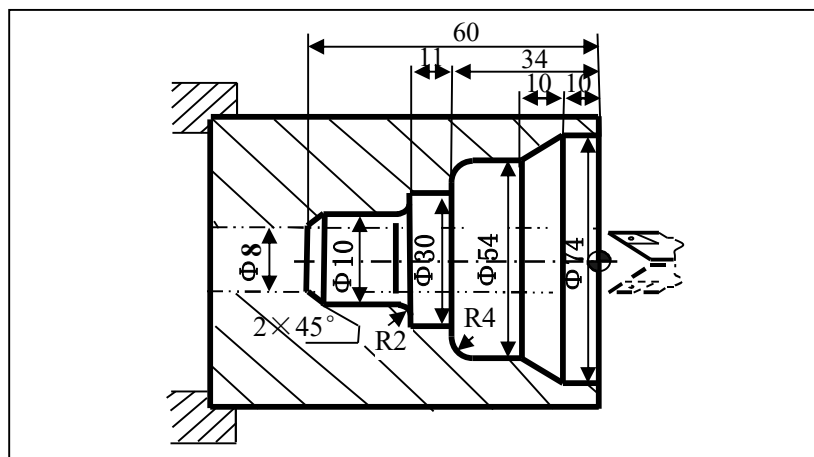
```

%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 Φ54 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 Φ30 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 Φ10 外圆
N17 U-6 W3             ;精加工倒 2×45° 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

```



**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

**注意事项**

- 1) 粗车加工循环由带地址P和Q的G72指令实现。在间的运动指令中指定的F S 和T 功能无效。但是在G72程序段或前面程序段中指定的F S 和T 功能有效。
- 2) 当用恒限速进行切削速度控制时，在“ns”和“nf”间移动指令中指定的G96或G97无效。而在G72 程序段或以前的程序段中指定G96或G97有效。
- 3) 顺序号“ns”和“nf”之间的程序段不能调用子程序。
- 4) “ns”和“nf”之间的程序段轨迹X方向必须逐渐增加或减少,暂不支持非单调递增或递减的轮廓形状加工。
- 5) 原则上循环起点的建立Z轴位置需高于轮廓的最高Z点；（通过“机床用户参数010161”可以控制循环起点Z值可以低于轮廓最高点0~1mm）。
- 6) G72指令行暂不能与M代码同行。
- 7) 使用任意行带扫描模式功能时，任意行指定行不能指“ns”到“nf”之间的程序段。

### 17.3 闭合车削复合循环 (G73)



#### 功能及目的

该循环功能适用毛坯已有大致轮廓的零件加工，如毛坯为锻造、铸造类零件的加工。加工该类毛坯零件时，使用该功能可有效减少空切，并实现余量的相对均衡。



#### 指令格式

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
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')的序号
Q	精加工路径最后程序段(即下图中的 B'B)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 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。



### 详细说明

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  $A \rightarrow A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 。

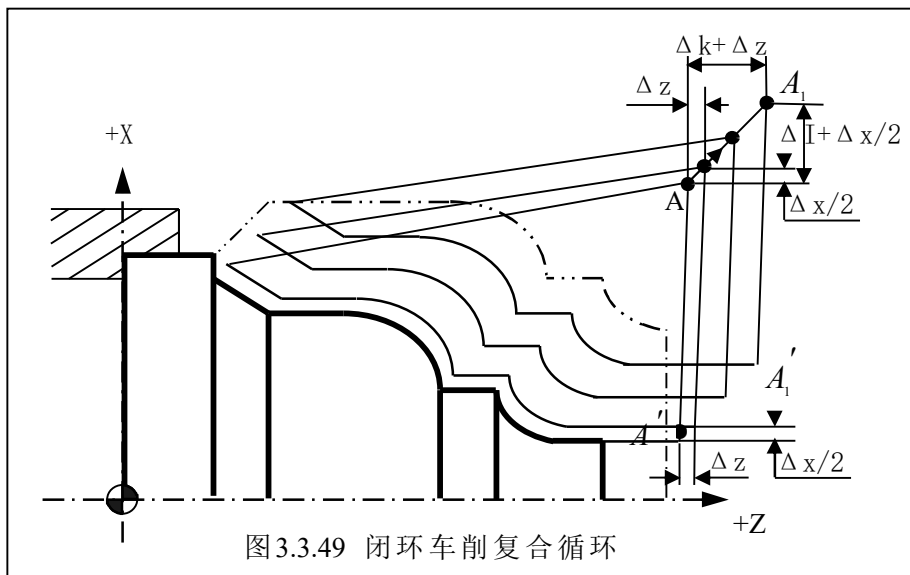


图3.3.49 闭环车削复合循环

$\Delta I$ : X 轴方向的粗加工总余量;

$\Delta k$ : Z 轴方向的粗加工总余量;

r: 粗切削次数;

ns: 精加工路径第一程序段(即图中的  $AA'$ )的序号;

nf: 精加工路径最后程序段(即图中的  $B'B$ )的序号;

$\Delta x$ : X 方向精加工余量;

$\Delta z$ : Z 方向精加工余量;

f, s, t: 粗加工时 G73 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。

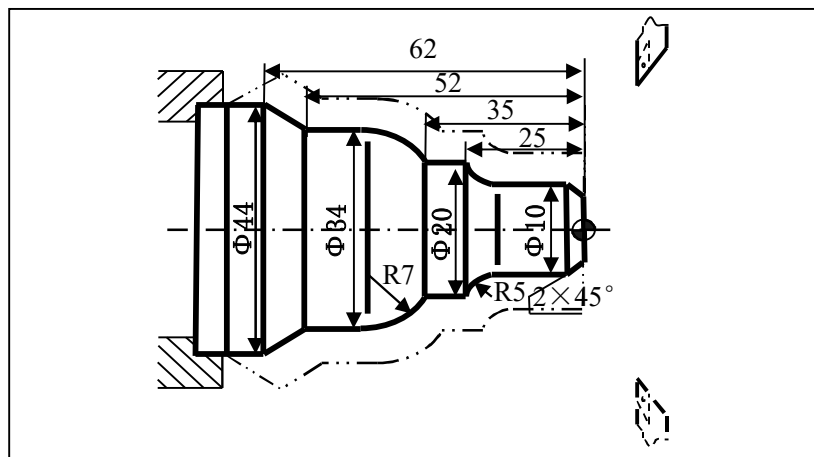
#### 注:

- 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。



## 编程举例

**例 1:** 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。



```

%0330

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

```

**注意事项**

- 1) 粗车加工循环由带地址P和Q的G73指令实现。在间的运动指令中指定的F S 和T 功能无效。但是在G73程序段或前面程序段中指定的F S 和T 功能有效
- 2) 当用恒限速进行切削速度控制时，在“ns”和“nf”间移动指令中指定的G96或G97无效。而在G73 程序段或以前的程序段中指定G96或G97有效
- 3) 顺序号“ns”和“nf”之间的程序段不能调用子程序
- 4) G72指令行暂不能与M代码同行
- 5) 使用任意行带扫描模式功能时，任意行指定行不能指“ns”到“nf”之间的程序段
- 6) 分割次数R只能以整数值给定，若指定的该值是小数，则按四舍五入取整处理。

## 17.4 螺纹切削复合循环 (G76)



### 功能及目的

螺纹加工为成型加工，每刀切削量不可太大，故加工一个螺纹零件，常需求多次往复加工方可完成。

该指令可用 1 个循环指令，实现多次螺纹往复运动，最终完成螺纹零件的加工。其轨迹包括多次粗加工和至少一次精加工。



### 指令格式

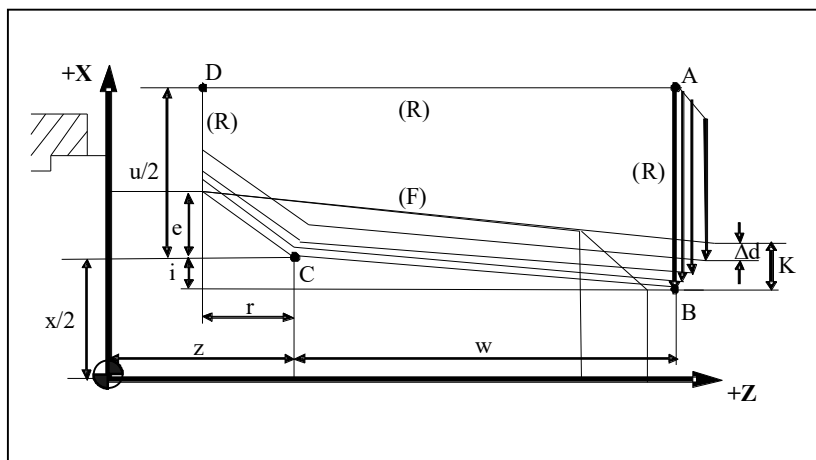
G76 C(c) R(r) E(e) A(a) X(x) Z(z) I(i) K(k) U(d) V( $\Delta$ dmin) Q( $\Delta$ d) P(p) F

参数	含义
C	精整次数 (c=1~99)，为模态值
R	螺纹Z向退尾长度(r值的正负，确定Z轴退尾方向)，为模态值
E	螺纹X向退尾长度 (e值的正负，确定X轴退尾方向)，为模态值
A	刀尖角度 (a值为二位整数)，为模态值；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 (G90 定义为绝对编程)； 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； (G91 定义为增量编程)
I	螺纹切削起点相对切削终点的半径差 (i 值为半径值，其正负，确定锥度方向)；直螺纹时 i=0，常规锥螺纹 i 为负。
K	螺纹切削高度。(k 值为半径值，一般取螺纹牙型高度)
U	精加工余量 (d 值为半径值)
V	最小切削深度 ( $\Delta$ dmin 值为半径值)；当第 n 次切削深度 ( $\Delta d\sqrt{n} - \Delta d\sqrt{n-1}$ ) 小于 $\Delta$ dmin 时，则切削深度设定为 $\Delta$ dmin
Q	第一次切削深度 ( $\Delta$ d 值为半径值)
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



详细说明

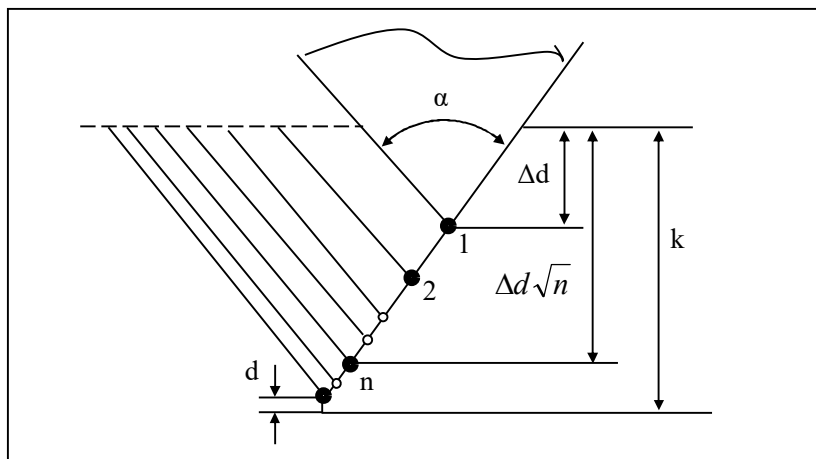
- G76 螺纹复合循环加工轨迹，见下图



每次往复有 4 段轨迹：

- 第一段轨迹 A→B，R 快速进给；
- 第二段轨迹 B→C，F 速螺纹进给；
- 第三段轨迹 C→D，R 快速进给（含 E、R 退尾轨迹）；
- 第四段轨迹 D→A，R 快速进给。

- 螺纹复合循环切削深度设定，见下图所示。

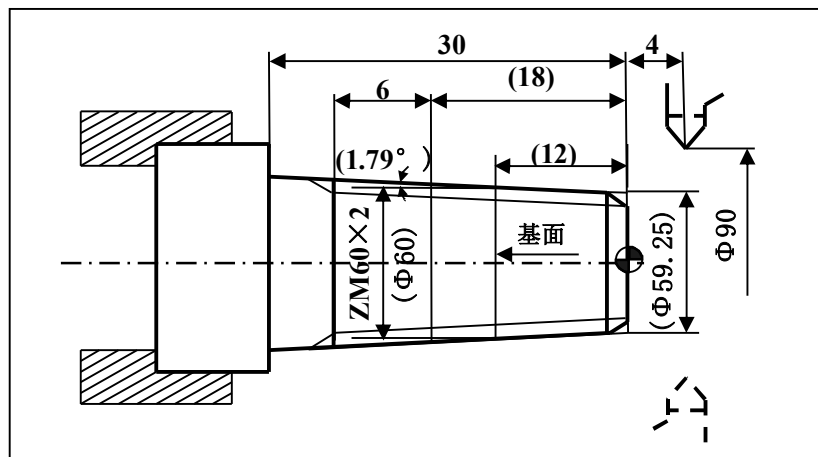






## 编程举例

例 1: 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。(tan1.79=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



## 注意事项

- 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；
- 4) 螺纹切削过程中，进给保持和复位按键此时处于无效状态；
- 5) 螺纹切削过程中，进给修调处于无效状态；
- 6) 为避免刀具干涉，螺纹切削循环的起点需设定在螺纹牙距的顶点以上的位置；
- 7) 执行车锥螺纹功能时，螺纹螺距是以轴线的方式计算，而实际加工速度则是以母线的方式计算。

# 18 简化编程功能 (M)

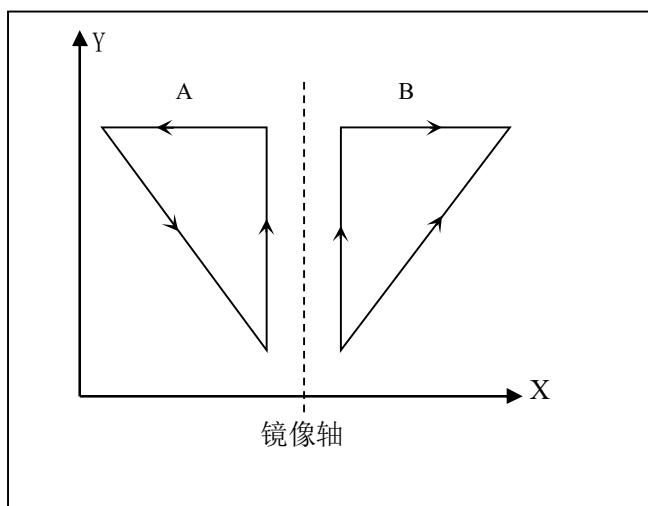
## 18.1 镜像功能 (G24, G25)



### 功能及目的

当编辑对称形状的加工程序时，仅需对其中任意一侧形状进行编程，就可以加工另外一侧的形状，借此可以节约编程所需时间。此时，最为有效的功能就是镜像功能。

例如，如下图所示，当存在对左侧形状 A 进行加工的程序时，通过对该程序执行镜像，就可以在右侧完成与左侧对称的形状 B。



### 指令格式

- G24 IP<sub>n</sub>;     建立镜像  
 .....        刀具轨迹编程指令  
 G25 IP0;     取消镜像

参数	含义
IP	镜像轴位置



## 详细说明

(1) 在 G24 中，用绝对位置或增量位置指定镜像指令轴及镜像中心坐标。

(2) 在 G24 中，可以指定轴对称镜像和点对称镜像。

a) 轴对称镜像

b) (G17/G18/G19) G24  $\alpha$  \_ /  $\beta$  \_ ;

c) ..... ;

d) G25;

参数	含义
G17/G18/G19:	选择镜像的平面，该平面应包含刀具编程轨迹。
G24 $\alpha$ _ / $\beta$ _ :	指定镜像的对称轴。 $\alpha$ _ 和 $\beta$ _ 中只能且必须指定一个。 $\alpha$ 代表所选平面的第一轴， $\beta$ 代表所选平面的第二轴。若指定了非选定平面的轴，则系统报警。
.....:	刀具轨迹编程指令。
G25 $\alpha$ 0 / $\beta$ 0:	镜像功能取消。运行程序时只写 G25 或 G25 后 $\alpha$ 与 $\beta$ 给任意值，可取消镜像功能。

点对称镜像

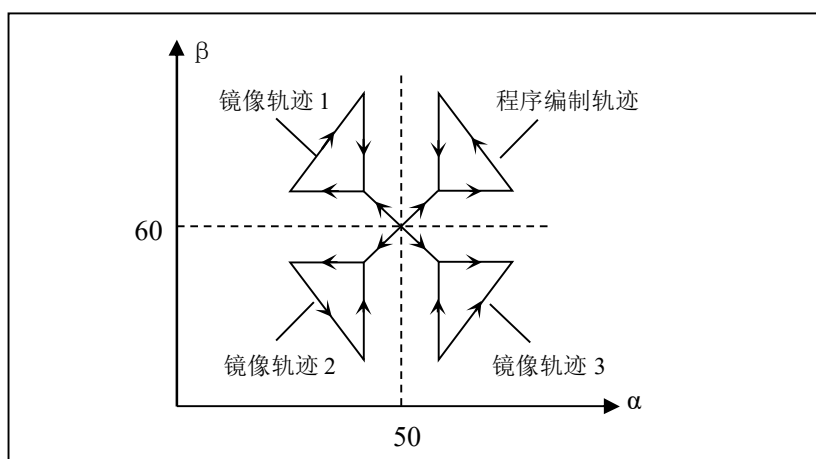
(G17/G18/G19) G24  $\alpha$  \_  $\beta$  \_ ;

..... ;

G25;

参数	含义
G17/G18/G19:	选择镜像的平面，该平面应包含刀具编程轨迹。
G24 $\alpha$ _ $\beta$ _ :	指定镜像的对称点。 $\alpha$ _ 或 $\beta$ _ 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 $\alpha$ 0 $\beta$ 0:	镜像功能取消。运行程序时只写 G25 或 G25 后 $\alpha$ 与 $\beta$ 给任意值，可取消镜像功能。

轴对称与点对称镜像综合图示如下图：



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

B 镜像轨迹 2 与编程轨迹为点对称，对称点为  $(50, 60)$ ；

C 镜像轨迹 3 与编程轨迹为轴对称，对称轴为  $\beta = 60$ ；

(3) 通过指定 G24  $\alpha$  可以建立  $\beta$  轴对称镜像。

在已经建立了  $\beta$  轴镜像的前提下，指定 G25  $\alpha 0$  取消  $\beta$  轴镜像。如指定 G24 X0 Y0 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。

(4) 仅在指定平面的第一轴上指定执行镜像时，在圆弧、刀径补偿、坐标旋转中的旋转方向及补偿方向均反转。

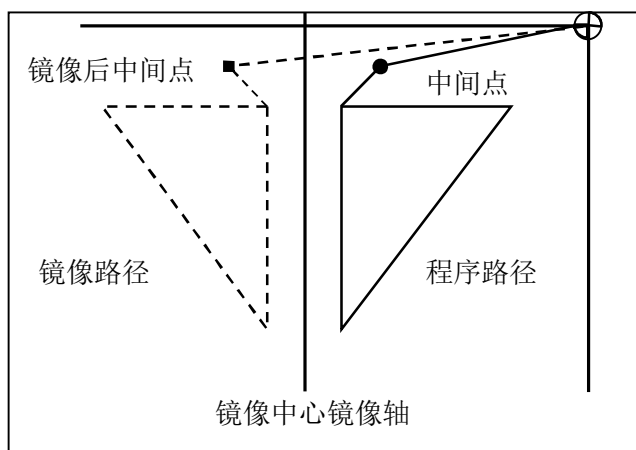
(5) 局部坐标系镜像中心会因坐标系预设及工件坐标变更而发生移动。

(6) 必须单独指令 G24、G25 的程序段。

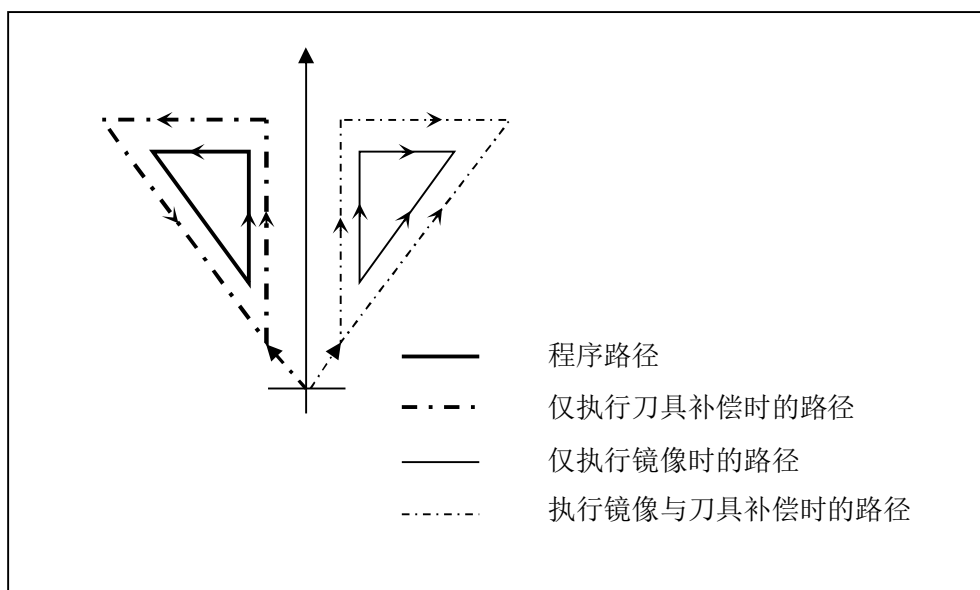
(7) G24 为模态功能，在镜像功能结束后需用 G25 予以取消。

(8) G25 后不带轴则取消所有镜像。

- (9) 镜像中的参考点返回在镜像中执行参考点返回指令(G28, G30) 时, 在到达中间点之前的动作中, 镜像有效, 因此在从中间点到参考点的动作中不执行镜像。



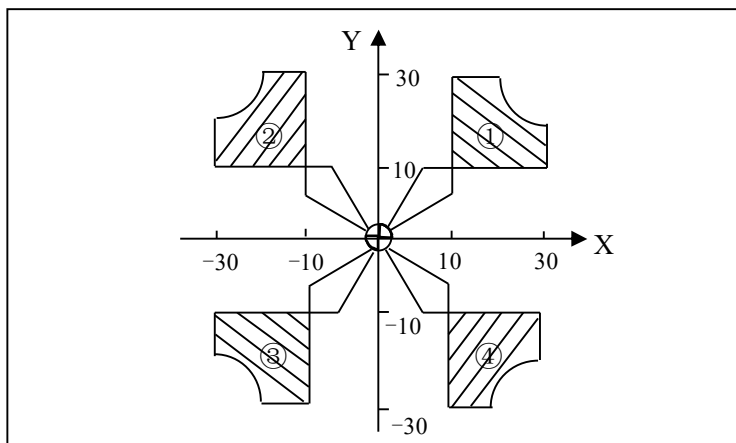
- (10) 镜像中的原点返回在镜像中从原点发出返回指令(G29) 时, 对中间点执行镜像。
- (11) 不对 G53 指令执行镜像。
- (12) 在执行刀径补偿(G41, G42) 后再处理镜像, 因此进行如下图所示的的切削路径。





## 编程举例

使用镜像功能编制如图所示轮廓的程序：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（图形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
  
```

## 18.2 缩放功能 (G50, G51)



### 功能及目的

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。



### 指令格式

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



### 详细说明

#### (1) 比例缩放轴与比例缩放中心及其倍率的指定

发出 G51 指令后，将进入比例缩放模式。G51 指令只是指定比例缩放轴及其中心和倍率，并不产生移动。

尽管执行 G51 指令将进入比例缩放模式，但实际上比例缩放有效的轴仅限设定了比例缩放中心的轴。

##### a) 比例缩放中心

比例缩放的中心根据此时的绝对/增量模式(G90/91)进行指定。在 G51 程序段中，无论是增量方式还是绝对方式下，比例缩放的中心坐标是指在工件坐标系中的绝对位置。

即使以当前位置为中心，也必须进行指定。

比例缩放有效的轴仅限已指定缩放中心的轴。

##### b) 比例缩放倍率

比例缩放的倍率通过地址 P 进行指定。

比例缩放的倍率只可以在 G51 指令后指定。



比例缩放的倍率指令范围：0.000001~9999999999

程序未指定缩放倍率时，视为 1 倍进行计算。

c) 以下情形将发生程序错误。

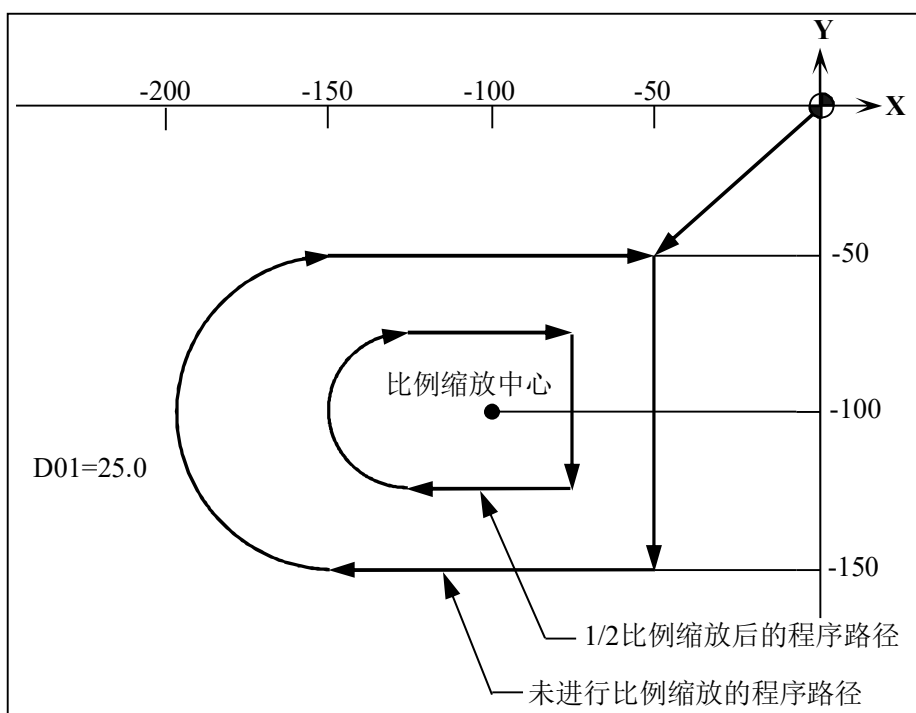
比例缩放的倍率超过了倍率指令范围的上限。

(2) 比例缩放取消，指定 G50 后，比例缩放将被取消。



### 编程举例

例 1：使用比例缩放功能编制出下图中的 1/2 比例缩放和未进行比例缩放的程序。



```
%1234
```

```
G92 X0 Y0 Z0;
```

```
G90 G51 X-100. Y-100. P0.5;
```

```
G00 G43 Z-200. H02;
```

```
G41 X-50. Y-50. D01;
```

```
G01 Z-250. F1000;
```

```
Y-150. F200;
```

```
X-150.;
```

```
G02 Y-50. J50.;
```

```
G01 X-50.;
```

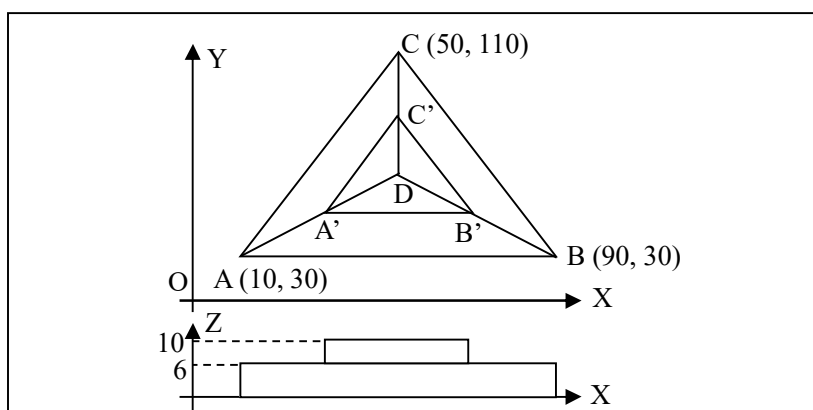
```
G00 G49 Z0;
```

```

G40 G50 X0 Y0;
G90 G51 X-100. Y-100. P1;
G00 G43 Z-200. H02;
G41 X-50. Y-50. D01;
G01 Z-250. F1000;
Y-150. F200;
X-150.;
G02 Y-50. J50.;
G01 X-50.;
G00 G49 Z0;
G40 G50 X0 Y0;
M30;

```

例 2：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
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

```



#### 注意事项

- 1) 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
- 2) 比例缩放只对自动运转的移动指令有效。对手动引起的移动无效，当手动引起移动后需返回断点才能继续运行。
- 3) 比例缩放只对已指定 X、Y、Z 的轴有效，无指令的轴不进行比例缩放。
- 4) 必须单独指令 G51 的程序段；
- 5) 比例缩放模式中发出 M02、M30 指令，或执行 NC 复位，将进入取消缩放模式。
- 6) 比例缩放状态下对坐标系进行偏移（G92, G52 指令）或切换工件坐标系，则比例缩放中心也将按照坐标系偏置量差值进行偏移。
- 7) 比例缩放状态下发出 G28、G30、G29 指令时，不会取消比例缩放。
- 8) 比例缩放模式中发出 G51 指令，新指定中心的轴也成为比例缩放有效轴。倍率则是由最新的 G51 指令决定的倍率生效。
- 9) 比例缩放状态下发出 G60（单向定位）指令，对最终定位点和爬行量均不进行比例缩放。
- 10) 比例缩放状态下指定图形旋转，则图形旋转中心以及旋转半径都将进行比例缩放。
- 11) 在图形旋转的子程序内发出比例缩放指令，可以不对图形旋转的旋转半径进行比例缩放，而只对子程序决定的形状进行比例缩放。

## 18.3 旋转变换 (G68, G69)



## 功能及目的

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，则可将图形单元编为子程序，然后用主程序的旋转变换指令调用。



## 指令格式

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），逆时针旋转为正值，顺时针旋转为负值

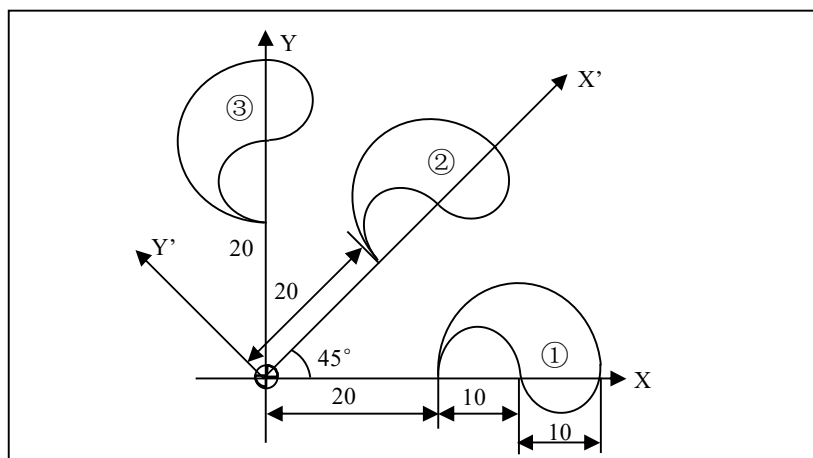


## 详细说明

- (1) 旋转中心坐标始终以绝对值进行指定。即使以增量地址指定，也不作为增量值处理。旋转角度无论 G90 或 G91 指定，P 始终是参考指定平面内第一轴正方向角度绝对值。
- (2) 如省略旋转中心坐标，则 G68 指令所在位置将成为旋转中心。
- (3) 旋转角度 P 的取值范围是-360~360，逆时针为正，顺时针为负，当角度指令超过 360 度时，系统会报参数不合法。
- (4) 旋转角度 P 为模态值，在下次指定新角度之前不改变。可省略旋转角度的指令。首次发出 G68 指令时如省略旋转角度，则 P 将视为“0”。非首次发出 G68 指令时如省略旋转角度，则 P 将继承上一次的旋转角度。
- (5) 在旋转变换结束后用 G69 指令予以取消，坐标旋转模式中发出 M02、M30 指令或点击复位按键，坐标旋转将被取消。
- (6) 坐标旋转模式中，模态信息画面上不显示 G68，模式取消后也不显示 G69。
- (7) 程序坐标旋转功能在自动和单段运转模式中均有效。



## 编程举例



使用旋转功能编制如图所示轮廓的程序：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（图形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
  
```

**注意事项**

- 1) G68 指令、G69 指令之后紧跟的移动指令必须为绝对值指令。
- 2) 坐标旋转方式下，不能指定与参考点相关的 G 代码（G28、G29、G30 等）和用来改变坐标系的指令（G52、G54~G59、G54X、G92 等）。否则请先取消坐标旋转指令。
- 3) 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。
- 4) 无坐标旋转规格而发出坐标旋转指令时将按照详细说明（2）和（3）来执行。
- 5) 必须单独指令 G68 的程序段。
- 6) 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。在需要既旋转又缩放时，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”。

# 19 用户宏及子程序调用

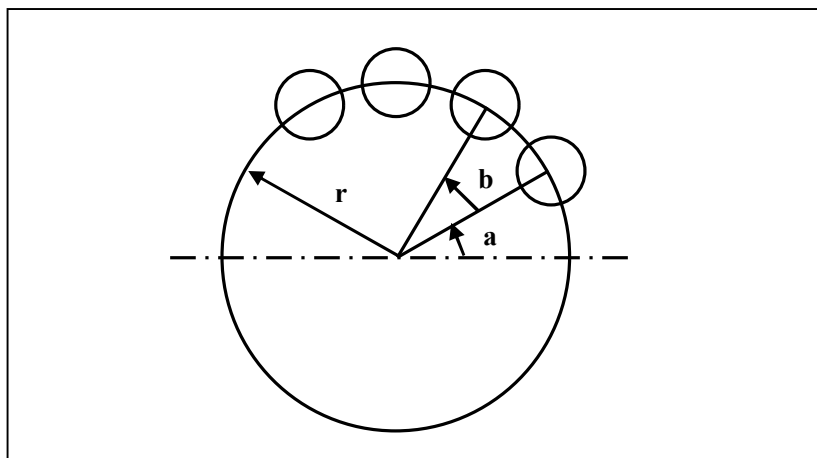
## 19.1 用户宏程序



### 功能及目的

用户宏程序是使用变量、逻辑运算、控制命令编制的具有特定作用的控制功能的程序。

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、逻辑运算和条件转移等控制命令，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。



将上图中用宏程序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。

## 19.1.1 变量



### 功能及目的

程序中某个地址不是直接以数值指定，而是使用变量指定，在程序运行时，根据预定某一情况给变量赋值，以提高程序的通用性。

宏程序中用户可以在轴移动距离的参数中使用变量，如 G01 X[#54]F1000，此时#54 即是变量，用户在调用之前可以对其进行赋值等操作。



### 指令格式

#○○○=□□□□

#○○○=[表达式]

变量表示方式	说明	例子
#A	A 为包含 0~9 的数字组成	#21
#B (表达式)	#B 为以下表达式	
	数值 A	#23
	表达式 运算命令 表达式	#1+#2
	函数 [表达式]	COS[#3]

### 注意

用户宏程序中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。



### 详细说明

#### 变量种类

根据变量的用途，可以将变量分为局部变量、全局变量、系统变量。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，有些变量属于可读可写变量。

#### 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,其在当前状态下调用宏程序 A 中使用的局部变量 #i (i 为数值, 如#10), 与其他状态下调用宏程序 A 中使用的#i 不同。因此当多层调用宏时, 如从宏 A 中调用宏 B 时, 若在宏 B 中错误使用了宏 A 中正在使用的局部变量, 会导致破坏该值。

系统提供#0~#49 为当前局部变量, 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  
G90G01 X10Y10F1000  
X[#1]Y40 ;工件坐标系坐标值为 (0, 40)  
M30
```

## 用户自定义变量

用户自定义变量：500~999 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。并且需要配置 “USERMACCFG.XML”（根据使用需求适当配置，配置过多数量的变量会过多占用系统存储空间），并在 “数据管理-用户宏变量名称” 界面把配置好的文件正确导入系统。

### USERMACCFG.XML（此文件数控系统出厂自带）说明：

```
<?xml version="1.0" encoding="GB2312"?><USERMACCFG version="1.0">
  <item no="500" name="用户宏变量 1" type="FLOAT" />
  <item no="501" name="用户宏变量 2" type="FLOAT" />
  <item no="502" name="用户宏变量 3" type="FLOAT" />
  <item no="503" name="用户宏变量 4" type="FLOAT" />
  <item no="504" name="用户宏变量 5" type="FLOAT" />
  <item no="505" name="用户宏变量 6" type="FLOAT" />
  ...
  <item no="999" name="用户宏变量 500" type="FLOAT" />

  <!--相关用户宏-->
  <item no = "50000" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
  <item no = "50001" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
  <item no = "50002" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
  <item no = "50003" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
  <item no = "50004" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
  <item no = "50005" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
  ...
  <item no = "50100" name = "用户宏变量" type= "INT"></item>
</USERMACCFG>
```

### 注意

type 中的数值格式需要正确配置（其中 FLOAT 表示浮点型的数据类型，INT 表示整型的数据类型），否则导致宏程序无法正常运行。

## 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		保留
#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) 机床位置
#1009	R	车床直径编程
#1010~#1018	R	当前通道轴 (9 轴) 程编机床位置
#1019		保留
#1020~#1028	R	当前通道轴 (9 轴) 程编工件位置
#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
#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	G94 F 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
#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

**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。

**与刀具相关的变量**

刀具数据: #70000~#89999		
每把刀具占用 200 个号, 共 100 把刀具, 共占用 20000 个号		
第 0 号刀相对编码范围: 000~199		
第 1 号刀相对编码范围: 200~399		
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。

**(F) A 类指令 (T)**

#50000	刀具量仪校准 X 坐标	#50003	刀具量仪校准 Z 坐标
#[50006+N]	N 号刀刀具测量 Z 向平均值	#[51006+N]	N 号刀刀具测量 X 向平均值
#54005	退刀量	#54006	刀尖角度 A
#54007	精整次数	#54008	(FUNAC) Q 值
#54009	(F) R 值	#54010	退尾角度
#54011	螺纹倒角量	#54012	G83 轴向钻孔循环 H1/H2 回退模式
#54013	G83 退刀量	#54014	G84 攻丝轴选择
#54015	G84 H1/H2 回退模式	#54016	G84 退刀量
#54017	G88 攻丝轴选择	#54990	量仪中心位置 X
#54992	量仪中心位置 Z		

**注意：**

数控系统中 (F) A 类指令 (T) 功能占用了上述用户自定义宏变量，请用户不要使用上述用户自定义宏变量。

**工件测量 F**

变量号	描述	变量号	描述
#600	实际中心与 X 正方向触发点距离	#630	X 平面或 X 方向中心位置值
#601	实际中心与 X 负方向触发点距离	#631	Y 平面或 Y 方向中心位置值
#602	实际中心与 Y 负方向触发点距离	#632	Z 平面位置值
#603	实际中心与 Y 负方向触发点距离	#633	X 方向位置偏差值
#604	测头长度值	#634	Y 方向位置偏差值
#605	测头 X 方向偏心值	#635	Z 方向位置偏差值
#606	测头 Y 方向偏心值	#636	尺寸值：宽度/直径
#607	测头 X 方向触发半径	#637	尺寸偏差值
#608	测头 Y 方向触发半径	#638	角度值（单位：角度）
#609	测头二次测量速度		

**注意**

数控系统中工件测量功能占用了上述用户自定义宏变量，如果调试人员调试工件测量功能时，使用了其它的用户自定义宏变量，而非上表中所列用户自定义宏变量，请调试人员替换或增加到表中，并告知和提供给用户，请用户不要使用上述用户自定义宏变量。

**刀具测量**

变量号	描述	变量号	描述
#642	对刀仪激光光束宽度	#649	对刀第二次测量速度
#643	对刀仪激光沿 X 方向	#650	对刀仪 X 方向中心位置
#644	对刀仪激光沿 Y 方向	#651	对刀仪 Y 方向中心位置
#645	高度差 1（激光高度-底座高度）	#652	对刀仪绝对安全高度

#646	高度差 2 (底座高度-工件高度)	#653	断刀检测最大允许值
#647	对刀快移速度	#654	标刀刀号
#648	对刀第一次测量速度	#660	标刀刀长--相对对刀仪表面
		#661~#676	1~16 号刀, 刀长相对对刀仪表面

### 注意

数控系统中刀具测量功能占用了上述用户自定义宏变量, 如果调试人员调试刀具测量功能时, 使用了其它的用户自定义宏变量, 而非上表中所列用户自定义宏变量, 请调试人员替换或增加到表中, 并告知和提供给用户, 请用户不要使用上述用户自定义宏变量。

## 19.1.2 运算指令



### 功能及目的

在宏程序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 EQ #j	等于判断 (=)
	#i NE #j	不等于判断 (≠)
	#i GT #j	大于判断 (>)
	#i GE #j	大于等于判断 (≥)
	#i LT #j	小于判断 (<)
	#i LE #j	小于等于判断 (≤)
逻辑运算	#i = #i & #j	与逻辑运算
	#i = #i   #j	或逻辑运算
	#i = ~#i	非逻辑运算
函数	#i= SIN[#i]	正弦 (单位: 弧度)
	#i=ASIN[#i]	反正弦
	#i=COS[#i]	余弦 (单位: 弧度)
	#i=ACOS[#i]	反余弦
	#i=TAN[#i]	正切 (单位: 弧度)
	#i=ATAN[#i]	反正切
	#i=ABS[#i]	绝对值
	#i=INT[#i]	取整 (向下取整)
	#i=SIGN[#i]	取符号
#i=SQRT[#i]	开方	



#i=#A POW[#i]	#A 的#i 次方;
#i=LOG[#i]	对数
#i=PTM[#i]	脉冲转 mm
#i=PTD[#i]	脉冲转度
#i=RECIP[#i]	倒数
#i=EXP[#i]	指数, 以 e (2.718) 为底数的指数
#i=ROUND[#i]	四舍五入
#i=FIX[#i]	向下取整
#i=FUP[#i]	向上取整

### 注意

使用三角函数时, 注意查看数控系统中的“000349 三角函数选择, 0: 弧度, 1: 角度”, 根据参数调整编程时计算方式。



### 编程举例

#### 例 1

下面的程序例求出 1~100 之和。

O1234

#1=0; ..... 解的初始值

#2=1; ..... 加数的初始值

N1 WHILE[#2 LE 100] ; 加数不能超过 100, 否则跳转到 ENDW 后的 N2

#1 =#1 + #2; ..... 计算解

#2 =#2 +1; ..... 下一个加数

ENDW; ..... 转移到 N1

N2 M30; ..... 程序的结尾

### 19.1.3 宏语句



#### 功能及目的

以下程序段为宏语句：

- 1) 包含变量、各种运算指令的程序段；
- 2) 包含条件判断语句或者循环语句的程序段；
- 3) 包含宏程序调用指令的程序段。



#### 详细说明

##### 表达式

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

1. -#4
2. SIN[#4+#5]\*COS[[#4+#5]/#6]

##### 注意

[ ]内优先级高于+\*/，例如[[#4+#5]/#6]，先计算[#4+#5]，再计算 /#6。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[-#5]。不推荐-[#5]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：

```
#5 = 145 / SQRT[3] * COS[40*PI/180]
#6 = 123
```

##### 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#4 和#5 相等时，将 1 赋值给#6。

```
IF [#4 EQ #5]
#6 = 1
ENDIF
```

当#4 和#5 相等，并且#6 和#7 相等时，将 2 赋值给#6。

```
IF [#4 EQ #5] AND [#6 EQ #7]
#6 = 2
ENDIF
```

当#4 和#5 相等，或#6 和#7 相等时，将 1 赋值给#6，否则将 2 赋值给#6。

```
IF [#4 EQ #5] OR [#6 EQ #7]
#6 =1
ELSE
#6 = 2
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，循环执行直至条件表达式不满足为止。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 5 将跳转到 N5 程序段（该程序段头必须写 N5）。

## 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；

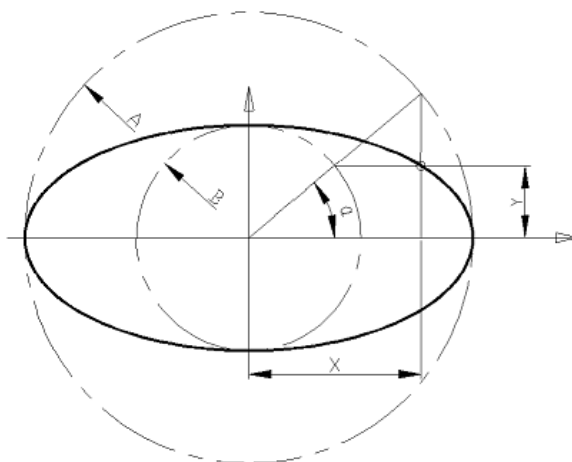
WHILE 语句最多支持 6 层嵌套调用，大于 6 层系统将报错；

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。



## 编程举例

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
G92 X0 Y0 Z10
M3S1000
G00 X[2*#0+#1] Y[2*#0+#2]
G01 Z0
G41 X[#1] D01F200
WHILE #3 GE [-360]
G01 X[#1*COS[#3*PI/180]] Y[#2*SIN[#3*PI/180]]
#3=#3-5
ENDW
G01X[#1]Y0
G01 G91 Y[-2*#0]
G90 G00 Z10
G40 X0 Y0
M30
```

## 19.2 宏程序调用



### 功能及目的

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 代码调用宏程序
- (3) M 指令调用宏程序

### 19.2.1 自变量指定规则



#### 功能及目的

##### 自变量指定规则

在用户宏程序中，需要将自变量作为局部变量传送时，需在地址后面指定实际自变量的数值。

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



## 编程举例

## 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；

## 示例

%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

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

## 19.2.2 非模态调用 (G65)



## 功能及目的

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。



## 指令格式

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；

**编程举例****示例**

```
%0032
G54G0X0Y0Z100
M3S1000
G65P100L5X50Y50Z-30R5F200
G00X50Z10
M30
%100
G01X[#23]Y[#25]F[#5]
G81Z[#25]R[#17]F[#5]
G0Z50
M30
```

**19.2.3 G 代码调用宏程序****功能及目的**

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、铣削章节和本章节 17.2.3 的 G 指令调用用户固定循环中的自定义子程序详细介绍。

**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。

**指令格式**

G:

参数	含义
G	USERDEF.CYC 中被调用的子程序号（为阿拉伯数字）

说明：

- 1) 系统提供 G1000~G1999 用以 G 指令的方式调用用户固定循环中的自定义子程序。
- 2) G1000~G1999 分别对应 USERDEF.CYC 中被调用的子程序号（为阿拉伯数字）%1000~%1999，例如 G1010 分别对应 USERDEF.CYC 中被调用的子程序号%1010。



## 编程举例

```

举例：在 USERDEF.CYC 新增用户固定循环%1010
%1010;
G01 X30 Y0 F3000
#0 = 0.0
#1 = 30.0
#2 = 2.1
#3 = 3.4
WHILE [#0 LE 360]
G1 X[ #1 * COS[#0*PI/180]]Y[ #1 * SIN[#0*PI/180]]F3000
#0 = #0 + 0.1
ENDW
G01X30Y0F3000
G80
M99

%1244 主程序
G92X0Y0Z50
G01X30Y-20F3000
M3S3000
Z0F1000
G1010（调用用户自定义固定循环）
G01Y20F3000
G00Z50
M30

```

## 19.2.4 M 指令调用宏程序



## 功能及目的

M 指令调用宏程序是通过一个 M 代码调用一个自定义子程序方式实现的。

分别有下文“指令格式”所述的两种形式。M98 指令调用宏程序参见辅助功能章节 M98 部分和本章节本章节 19.2.4 部分，其中 M98 执行时先调用内部子程序的子程序号，如果无此子程序号，就查找外部子程序的子程序号，若都无此子程序，则报错；另外一种 M 指令调用宏程序只能调用固定循环中用户自定义子程序。

固定循环用户自定义子程序对应 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。





## 指令格式

M98 P\_;

参数	含义
P	本程序中需要调用的程序号

说明：当指定 M98 时，跟随参数 P 所指定的用户宏程序被调用，同时可以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。（调用方法可参考 19.2.2 非模态调用（G65）部分）。

M\_;

参数	含义
M	用户自定义参数的输入值



## 编程举例

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
G59
G64G01 X30 Y0 F3000
#0 = 0.0
#1 = 30.0
WHILE [#0 LE 360]
G1 X[ #1 * COS[#0*PI/180]]Y[ #1 * SIN[#0*PI/180]]F3000
#0 = #0 + 0.1
ENDW
G01X30Y0F3000
G80
M99
```

```
%1234;主程序
G54
G1X0Y0Z50
G01X30Y-20F3000
M3S3000
Z0F1000
M13;通过 M13 指令调用与之相匹配的 1007 子程序
G01Y20F3000
G00Z50
M30
```

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



#### 注意事项

- 1) 暂不支持上述固定循环与旋转/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。

## 19.2.5 子程序的分类



### 功能及目的

#### 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。

#### 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。



### 编程举例

#### 内部子程序举例

G 代码文件名为 OTEST，%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
```

#### 外部子程序举例

G 代码文件名为 OTEST，子程序文件名为 O123。

主程序	子程序 O123
%1001 G92 X0 Y0 Z50 G91 G01 Z10 F400 M98 P123;调用子程序 O123 G4X1 M30	%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使用相应 G 指令（G 指令与用户固定循环子程序号对应关系见第 14 章和第 15 章。

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：

```
%1010
G01X10Y10F1000
Z50
M99
```

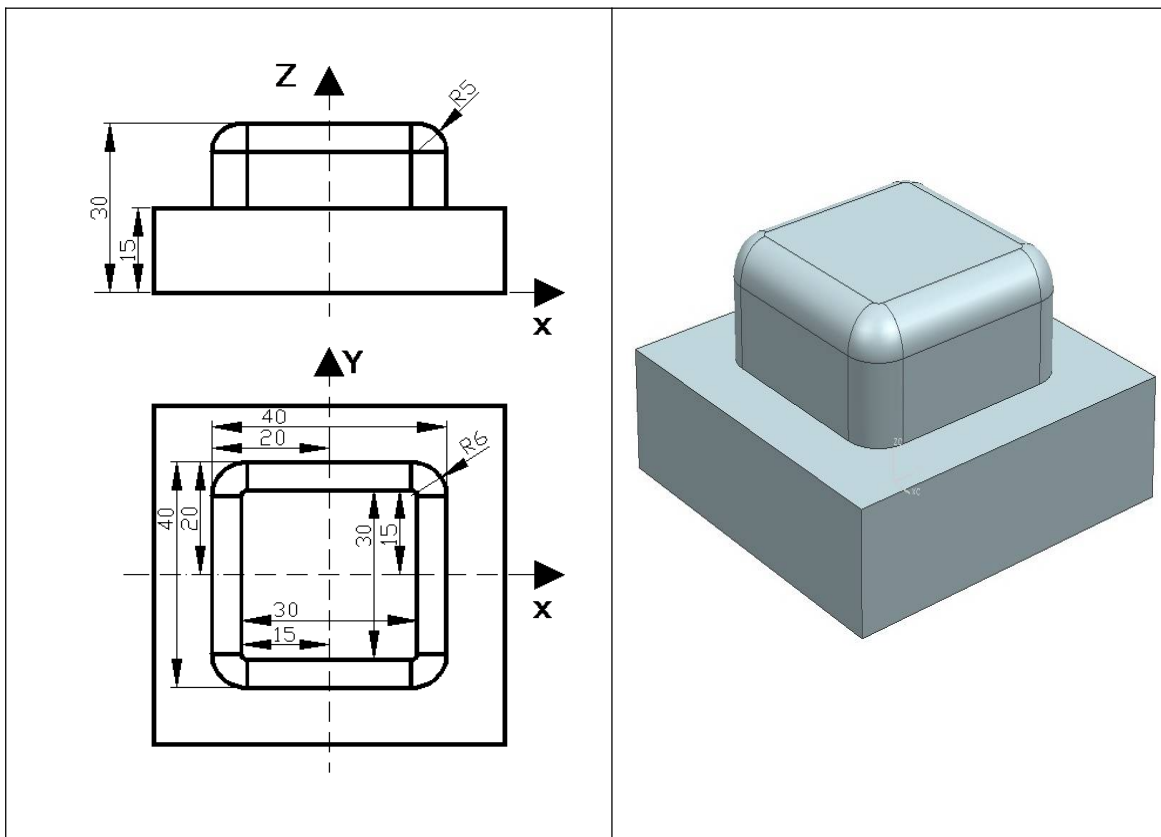
主程序使用指令 G1010 调用上述程序。

### 19.2.6 宏程序用例



#### 应用举例

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  $\gamma$  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)
#3=ABS[[#0+#1]*COS[#2*PI/180]]-#0 (计算半径偏移量)
G10 L12 P3 R[#3]
G01 G41 X-20 D3
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
G01Y30
G01 X-30
G40 Y-30
#2=#2-10
ENDW
M30
```

## 19.3 手动调用子程序



## 功能及目的

在手动模式下，用户可以自定义 MCP 面板上的按键，通过该按键将 G 寄存器置 1，调用相关子程序，从而实现一些比较复杂的功能，例如换刀、主轴的 C/S 切换等。

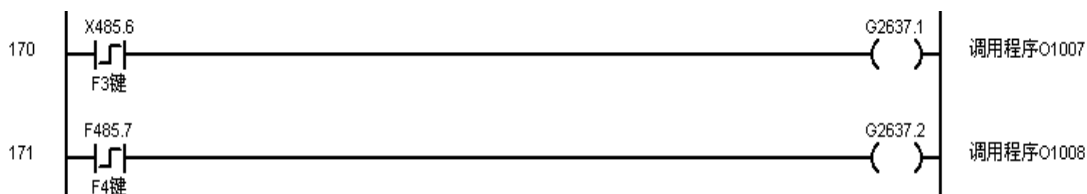
G 寄存器点位与子程序对应说明如下表所示

G 寄存器点位	固定循环子程序
G2637.1	调用固定循环子程序 01007
G2637.2	调用固定循环子程序 01008
G2637.3	调用固定循环子程序 01009
G2637.4	调用固定循环子程序 01010
G2637.5	调用固定循环子程序 01011
G2637.6	调用固定循环子程序 01012
G2637.7	调用固定循环子程序 01013
G2637.8	调用固定循环子程序 01014
G2637.9	调用固定循环子程序 01015
G2637.10	调用固定循环子程序 01016
G2637.11	调用固定循环子程序 01017
G2637.12	调用固定循环子程序 01018
G2637.13	调用固定循环子程序 01019
G2637.14	调用固定循环子程序 01020
G2637.15	调用固定循环子程序 01021
F2637.0	状态位：表示手动子程序运行中



## 详细说明

- (1) 在 PLC 中可通过如下图方式编程（可根据实际情况自定义按键），输出 G 指令信号，调用相应子程序。



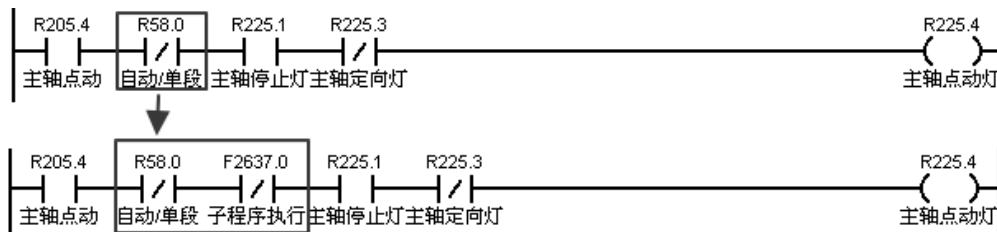
- (2) 在手动模式下，通过点击按键调用相应的子程序。如上图所示点击 F3 键将调用 01007 子程序。



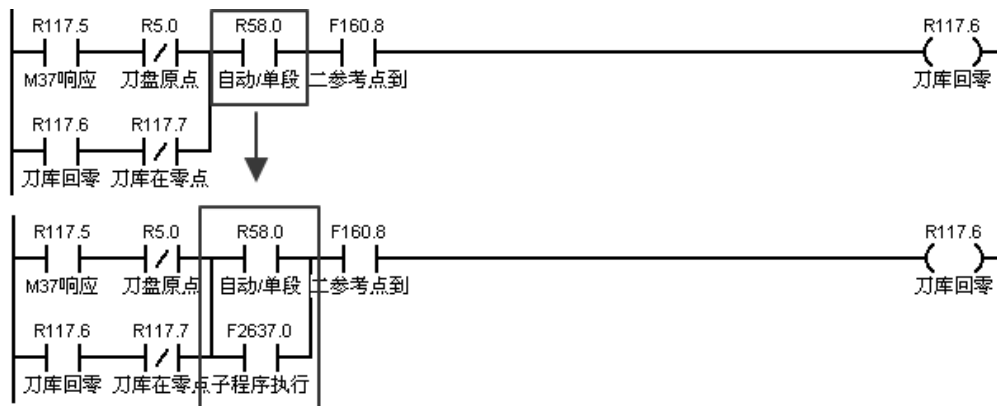
**注意事项**

- 1) 在程序执行过程中时，F2637.0 一直为 1，且面板除复位及急停按键有效外，其它按键都处于屏蔽状态，点击无效；当相应的 G 寄存器信号（如 G2637.1）为 0，且子程序执行完成后，F2637.0 为 0。
- 2) 目前，子程序 01007~01021 必须放在文件 USERDEF.CYC 中。01007 程序对应的子程序以%1007 开头，01008 对应%1008，依次类推，在每一个子程序结束 M99 的前一行，一定要加入 G80 清除固定循环模态。
- 3) 在手动调用子程序运行时，MCP 面板上的按键除急停外，其他按键应该处于屏蔽状态，但对于 PLC 输出控制按键（如主轴正转、主轴反转、冷却等）需更改 PLC，屏蔽此类按键。

如：屏蔽主轴正转功能键：



对于只有在自动/单段方式下执行的 M 指令，要在程序中并联 F2637.0 的常开点，如下图所示，保证手动调用子程序在执行过程中 M 指令能正常执行。



# 20 高速高精功能

## 20.1 加工优化功能 G125/G126



### 功能及目的

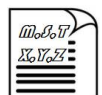
若程序中通过 G 指令（G125）开启加工优化功能，本数控装置可将相关加工程序（G 代码程序）进行速度优化，进而实现零件表面质量的改善。该功能多用于曲面或模具类零件的精加工。



### 指令格式

G125 ; 调用加工优化功能

G126 ; 取消加工优化功能



### 编程举例

应用加工优化功能优化标准曲面零件加工程序

```
%0001
```

```
G40 G17 G49 G80 G90
```

```
G54
```

```
N0010 (ROUGH_MILL)
```

```
G0 X46.694 Y-51.205 S6000 M03
```

```
G125 ; 调用加工优化功能
```

```
Z5.
```

```
Z2.521
```

```
.....
```

```
G2 X-40.694 Y-53.651 I13.015 J58.936
```

```
G1 X-46.694 Y-51.382
```

```
G1 Z2.521
```

```
G0 Z5.
```



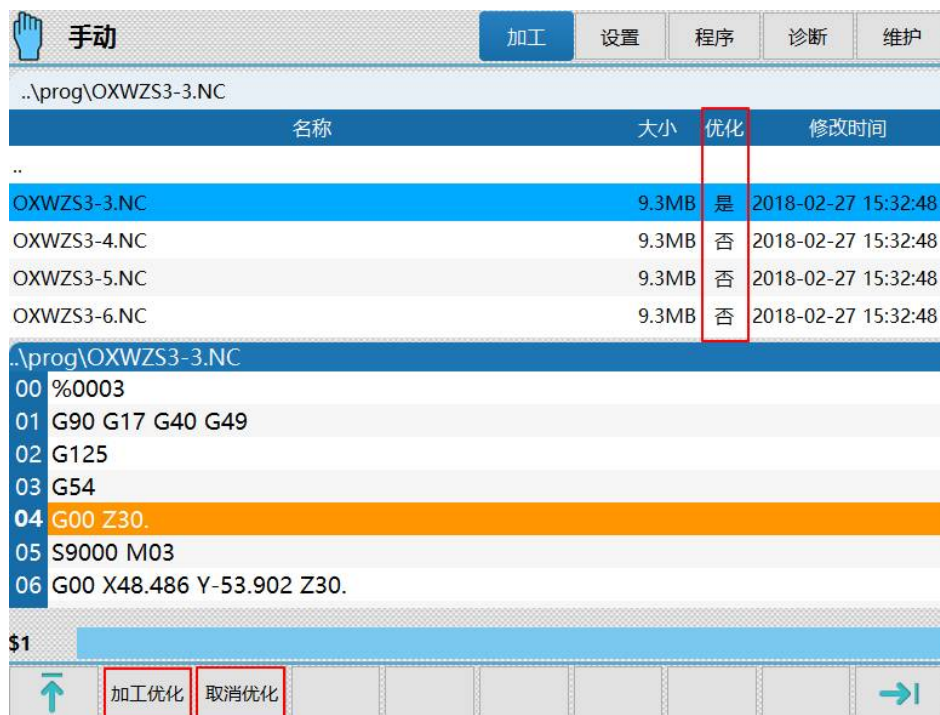
X46.694 Y-44.44  
 Z2.521  
 G1 Z-0.479  
 G1 X40.694 Y-47.014  
 G2 X16.255 Y-51.349 I-21.491 J50.099  
 G1 X-17.851 Y-51.371  
 .....  
 G126 ; 取消加工优化功能  
 M30



详细说明

界面按钮及标识介绍

如下图为程序选择界面

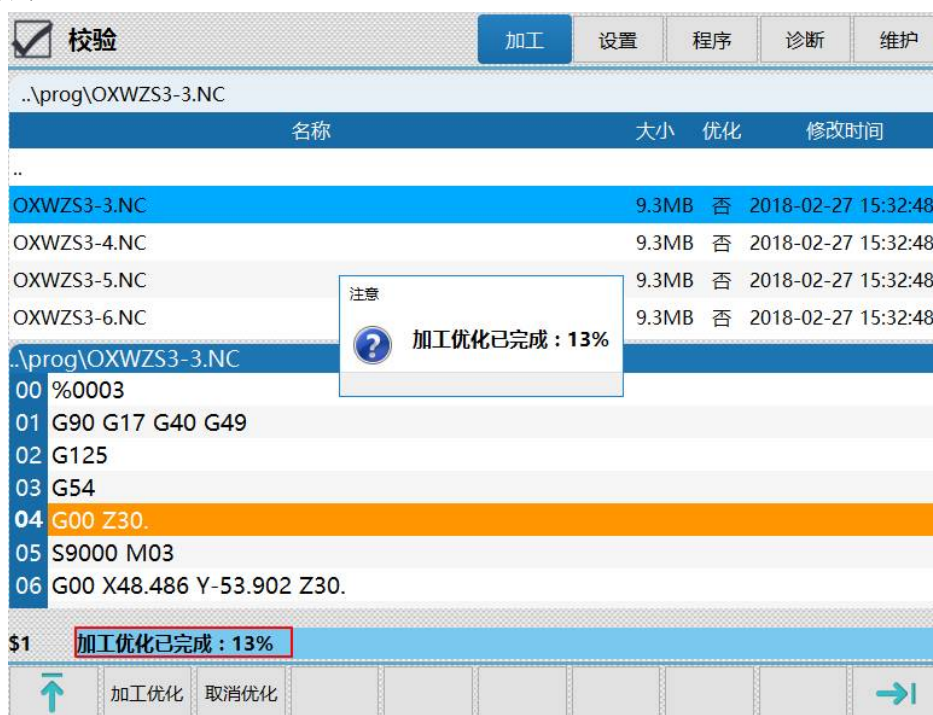


加工优化

优化加工程序（G 代码），生成相应优化文件。

## 操作

选择相应程序，点击该按钮，程序将进行优化，界面提示栏及弹框显示加工优化进度，如下图所示：



程序优化完成后，其优化栏会显示“是”，如下图所示。”

名称	大小	优化	修改时间
OXWZS3-3.NC	9.3MB	是	2018-02-27 15:32:48

## 取消优化

终止程序优化进程，优化栏显示“否”。

## 操作

选择相应程序，点击该按钮，程序优化取消，其优化栏显示“否”，如下图所示：

名称	大小	优化	修改时间
OXWZS3-3.NC	9.3MB	否	2018-02-27 15:32:48

## “优化栏”

“是”表示 G 代码程序已完成加工优化操作，“否”表示 G 代码程序没有进行加工优化。

## 加工程序优化操作说明

## G 代码优化操作

所有 G 代码可以通过加工优化按钮进行优化。其界面操作及对应处理情况如下表所示。

对象	操作	结果
未优化 G 代码		G 代码正常优化, 优化完成后, 优化栏标示“是”。
已优化 G 代码		G 代码取消优化, 删除优化栏标示“否”。

### 注意

- 不同的程序其加工优化程序的时间不同, 一般程序越大其优化时间越长, 甚至长达几分钟, 且程序界面会显示“加工优化已完成 ..%”, 请耐心等待。
- 加工优化过程中, 其会锁定加工优化界面, 无法切换到其它界面, 直到优化完成后, 方可进行其它操作。
- 对于普通程序 (<20M), 其优化过程中, 提示栏优化完成进度以百分比 (%) 显示, 对于超大程序 (>20M), 其优化过程中, 提示栏优化进度已优化完成的程序行数显示。
- 系统存在报警情况下或优化过程中出现报警, 优化会失败, 需复位取消优化, 并给出如下提示: 系统存在的报警, 导致加工优化失败, “复位键”取消加工优化。

## 已优化的 G 代码编辑操作及对应的优化处理

对于已优化的 G 代码, 对其进行相关编辑、修改等操作, 程序需自动重新优化。其具体操作及处理过程如下表所示:

操作	处理结果
同名程序替换已优化的程序	其 G 代码优化取消, 优化标识栏为“否”
删除已优化程序	其 G 代码优化取消, 优化标识栏为“否”
已优化程序进行另存为或复制操作时	原程序仍然处于优化状态, 优化标识栏为“是” 另存为或复制后的程序未优化状态, 优化标识栏为“否”
已优化的程序进行重命名操作	重命名后的程序依然处于优化状态, 优化标识栏为“是”
已优化程序进行修改操作, 并执行保存动作后	其 G 代码优化取消, 优化标识栏为“否”。
对于已优化的程序, 点击“优化取消”按钮	优化取消, 优化标识栏为“否”

## 主程序中调用子程序加工优化处理

主/子程序调用模式下, 可通过在主程序中增加 G125 调用优化加工模式, 使子程序都采用优化加工方式。也可单独优化某一子程序实现该子程序的优化加工。

操作特点如下:

操作	处理结果
优化主程序	主程序调用的所有子程序可同步优化，每个程序优化属性显示“是”。
单独优化子程序	对应子程序优化属性显示“是”。
修改已优化的主程序	主程序优化取消，优化标识栏为“否”。
修改已优化的子程序	其 G 代码优化取消，优化标识栏为“否”。

### 注意

- 主程序与外部子程序联合使用时，若某个子程序需要使用优化加工方式时，则在该子程序头增加 G125 指令，且程序尾 M99 前增加 G126 指令，并优化相应子程序即可。
- 目前不支持调用内部子程序加工优化功能。
- 目前不支持 M98 P\_L\_方式的加工优化功能

### 加工优化方式生效使用说明

已优化的程序只有通过 G 指令调用方式才能调用模具优化加工模式用以加工，一般在程序头添加 G125 指令。

### 相关 G 指令说明

G125：表示开启优化加工功能。

G126：表示关闭优化加工功能。

### 注意

- 未优化的 G 代码，在程序头添加 G125，运行程序时，将进行报警，并提示“指定加工优化代码不存在”。
- 已优化 G 代码程序中未添加 G125 指令，则按原始模式运行，选择原始速度规划算法运行程序。
- 已优化 G 代码程序中添加 G125 指令，则按优化模式运行，选择新速度规划算法运行程序。

## 参数配置

### 1) 算法内部参数说明

以下参数为算法内部使用，正常情况下按下述说明设置即可；若修改，须在开发人员指导下修改。

040045 标准领域半径 1.35

说明：该参数用于设置基于邻域速度规划处理邻域半径长度，默认值为 1.35。

040046 单点降速角度比例因子 1.000

说明：沿刀路轨迹方向，相邻两个程序段之间的切矢角度数值大于一定阈值（默认为  $10^\circ$ ）时，程序段端点作为端点降速点。该参数用于调整该角度速度阈值。

实际阈值 =  $10 * \text{单点降速角度比例因子}$

040047 转角比判依据最小转角比 3.000

说明：该参数用于设置端点转角比判据中程序段的前后端点转角比的判定阈值。

040048 相对长线段判据最小转角比 0

说明：该参数用于设置在相对长线段判据中程序段的前后端点转角比的判定阈值

040049 判据组合模式 0X0

说明：该参数用于设置判据组合方式和曲率计算优化方式。

第 0 位：

0：转角判据，相对长线段判据，拐点判据都生效

1：相对长线段判据、拐点判据生效

2：相对长线段判据、转角判据生效

第 1 位

0：曲率半径计算模式 1，默认模式。

1：曲率半径计算模式 2。

040068 第二加工代码样条合并使能 0

说明：该参数用于开启第二加工代码样条合并功能。

0：关闭第二加工代码样条类型合并

1：开启第二加工代码样条类型合并

040069 速度规划模式 0

说明：在 HNC-8 数控系统中对于小线段插补存在运动规划方式。目前设置为 0。

## 2) 小线段推荐参数

基本小线段参数（040069-040087）可以此为准，如下表所示

小线段上限长度 (mm)	最小平滑内角 ( $^\circ$ )	轮廓允差 (mm)	前瞻段数	指令平滑 周期
1.5	0	0.015	800	20
加速时 间比例系数	加速捷度时间 比例系数	向心加速度 (mm/s <sup>2</sup> )	预处理平滑关 闭	共线角度阈 值（弧度）
1	1	200~2000	1	0.017

G05.1Q1、G05.1Q2、G05.1Q3 可自行设定。

## 3) 轴参数

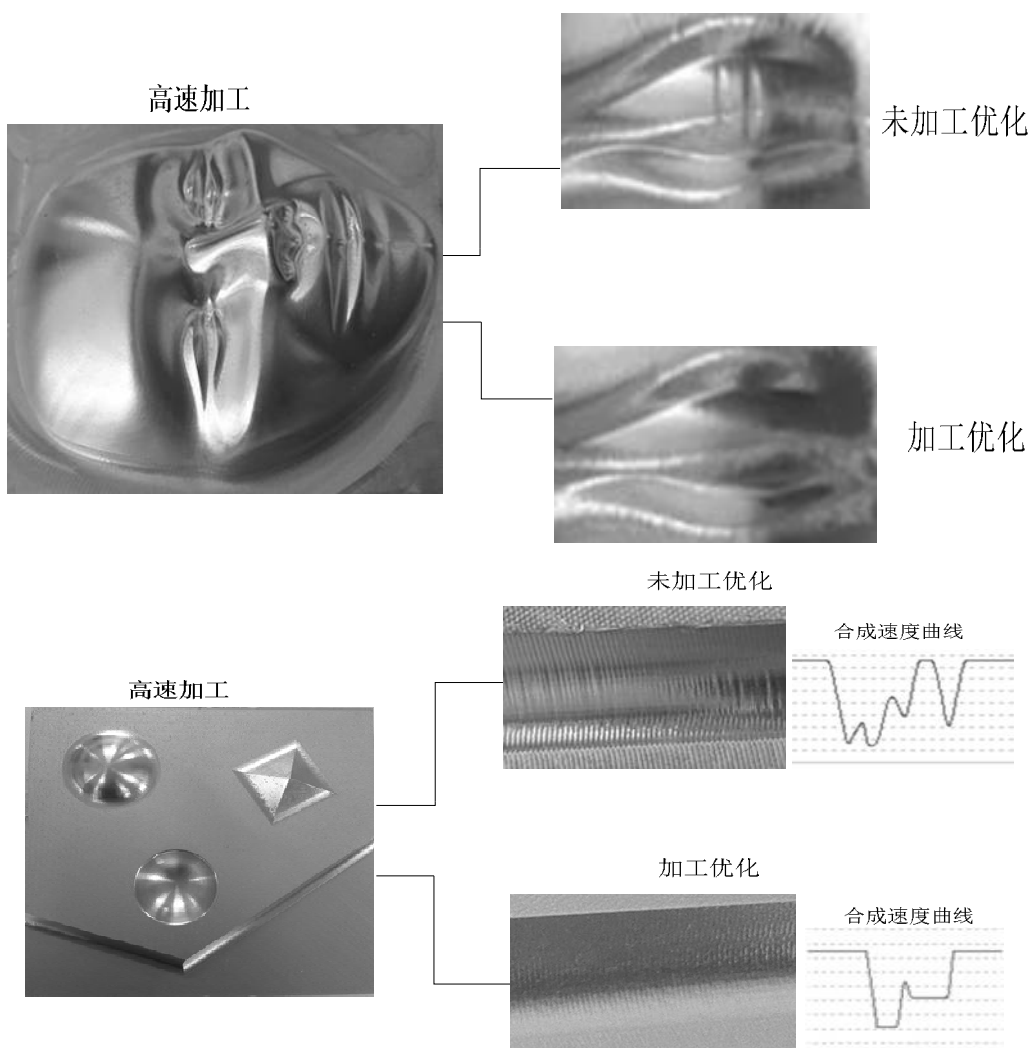
加减速时间常数 (ms)	加减速捷度时间常数 (ms)
16	8

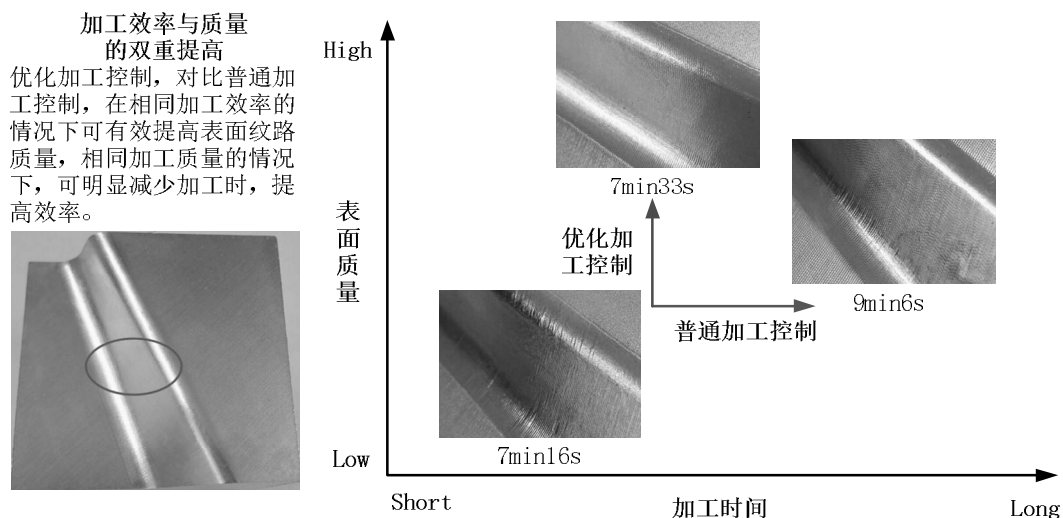


应用举例

模具优化加工模式使用效果

模具优化加工模式提高加工速度规划，减小加工过程中的速度波动频率及大小，提高加工速度的平顺性，同时保证三维曲面加工相邻刀路轨迹速度的一致性，提高加工表面质量，有效解决负责曲面加工明显过切痕问题。在加工效果相同的情况下，可以提高加工效率。





#### 注意事项

- 1) 程序中使用 G125 可开启优化加工模式，若没有采样 G125 开启优化加工模式，其加工与普通版本一致。
- 2) 优化加工模式一般针对三维曲面精加工使用，主要解决复杂零件加工中存在的明显过切问题，同时可在保证加工质量的情况下提高加工效率。
- 3) G125 指令必须放在程序头的移动指令前。
- 4) 主程序与外部子程序联合使用时，若某个子程序需要使用优化加工方式时，则在该子程序头增加 G125 指令，且程序尾 M99 前增加 G126 指令，并优化相应子程序即可。
- 5) 目前不支持调用内部子程序加工优化功能。
- 6) 目前不支持 M98 P\_L\_方式的加工优化功能

## 20.2 高速高精加工模式选择 (M) (G05.1)



### 功能及目的

现代数控系统中,在进行轮廓加工时,为了保证加工质量,除了数控装备具有良好的机械精度外,还需要具有高速加工程序处理能力和高速高精功能的数控系统。

对于实际轮廓加工,按其零件加工工序一般可分为粗加工、半精加工、精加工。但不论是哪种加工方式,针对其实际加工过程及成品质量要求可做如下需求分解:

加工要求	特点
高效率	注重加工时间,提高自由曲线的加工速度,工件尺寸精度要求不高,一般为粗加工或中间加工工序要求。
效率和精度平衡	对加工时间和精度没有高质量的要求,但二者都需控制在一定范围之内。
高精度	注重工件尺寸精度,表面质量要求高,不考虑加工效率,一般为精加工。

如上表所示,在实际的加工过程中,效率和精度不可能都达到最优,只能根据不同工艺特点及要求而有所侧重或保持效率和精度的平衡。在系统中存在一系列对加工效率和加工精度起主要作用的控制参数,通过这些控制参数的组合应用以满足不同的加工要求。

通过该指令可实现不同加工模式的切换,以满足不同工艺特点的加工要求。



### 指令格式

G05.1 Q<sub>n</sub>; 指定加工模式

G05.1 Q0; 默认模式

参数	含义
Q <sub>n</sub>	选择加工模式,取值 0、1、2、3。四组加工模式可通过 G05.1Q <sub>n</sub> 相互切换。

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。

通过 G05.1Q1、G05.1Q2、G05.1Q3 选择使用不同的高速高精加工模式,配置不同的参数(速度平滑、样条平滑等),实现加工的高效率、高精度或效率精度平衡。





## 编程举例

应用高速高精选择模式，编辑小线段程序：

- 1) **G05.1Q0** ; 默认模式, 注重效率与精度平衡

编程举例

G54

G0 X48.689 Y-51.225 S6000 M03

G05.1Q0 ; 默认模式, 注重效率与精度平衡

X46.694 Y-37.445

.....

Z2.521

M30

- 2) **G05.1Q1** ; 高精模式, 注重加工表面和尺寸精度

编程举例

G54

G0 X48.689 Y-51.225 S6000 M03

G05.1Q1 ; 默认模式, 注重效率与精度平衡

X46.694 Y-37.445

.....

Z2.521

M30

- 3) **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

编程举例

G54

G0 X48.689 Y-51.225 S6000 M03

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

X46.694 Y-37.445

.....

Z2.521

M30

- 4) **G05.1Q3** ; 高速模式; 注重加工效率, 提高自由曲线加工速度

编程举例

G54

G0 X48.689 Y-51.225 S6000 M03

G05.1Q3 ; 高速模式; 注重加工效率, 提高自由曲线加工速度

X46.694 Y-37.445

.....

Z2.521

M30



## 注意事项

- 1) G05.1Q\_只能单行调用，不能与其它指令同行调用。

## 20.3 高速高精参数设置



### 功能及目的

在实际数控加工过程当中，同一机床加工的不同工件或同一工件的不同加工部分和工序，都有其各自的工艺特点和加工要求。利用一套控制参数显然是不能取得良好的加工效果，必须针对不同的加工部分和工艺采用不同的控制参数组合，进行整体的协调控制，从而达到最优的加工效果。



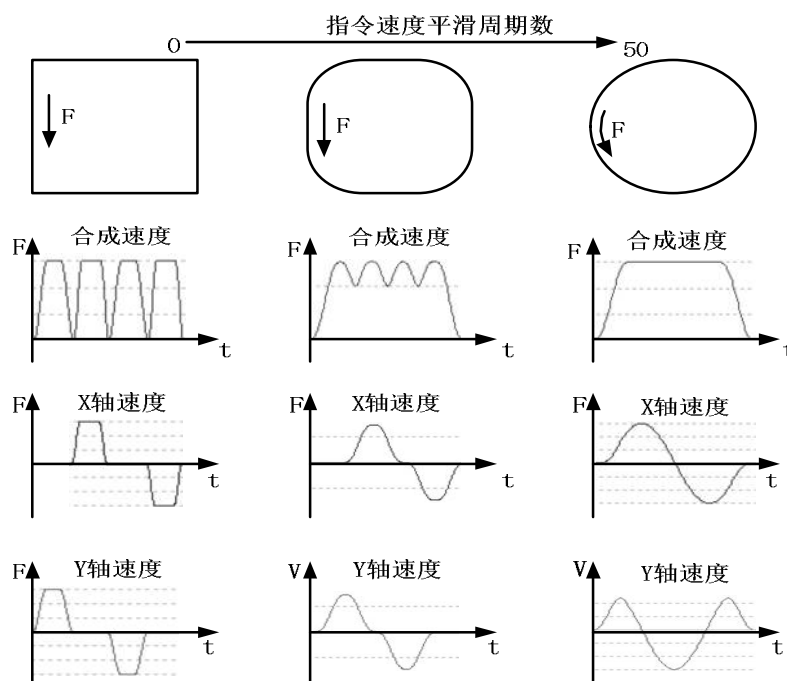
### 详细说明

#### 控制参数作用原理说明

#### 指令速度平滑周期数

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
通道参数	040082	ms	0~50	0

通过指令速度平滑窗口，实现指令速度的平滑过渡，减小速度波动，保证高速控制中的速度平稳性，减小机床振动，提高加工效率。其作用原理如下图所示，对于很小的正方形（边长 $<0.5\text{mm}$ ），随着平滑周期数的增大，正方形的 $90^\circ$  边角会逐渐变为圆弧过渡，直至变为一个整圆；其合成速度变化量逐渐减小，直至变为恒速段，单轴速度亦逐渐变为平滑过渡。



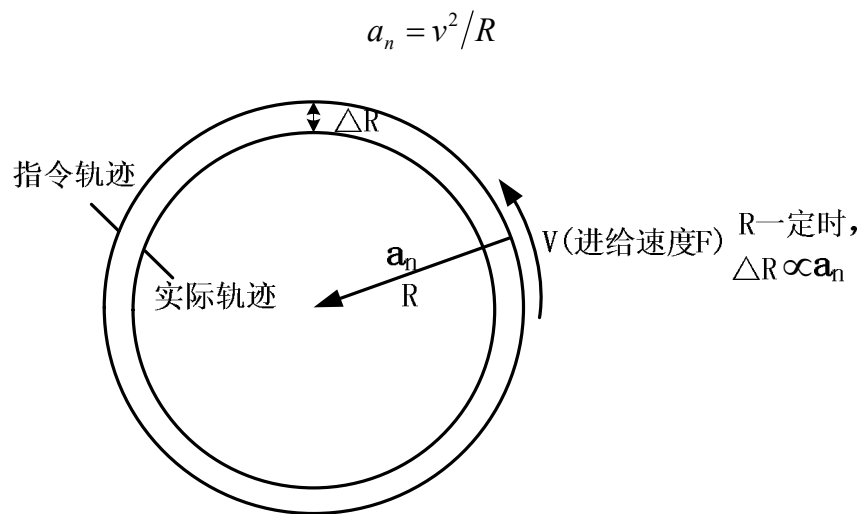
由上述原理可知，指令速度平滑周期数有助于提高加工速度平稳性，减少机床振动提高效率的同时会对加工精度产生影响，指令平滑周期数越大，精度越低。即在精度优先时，其值要越小越好；在效率优先时，其值要越大越好；在考虑光顺性（效率和精度有所兼顾）时，其值在 $10\sim 30$  之间。

## 向心加速度

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
通道参数	040084	mm/s <sup>2</sup>	1.0~100000.0	1000.0

由牛顿第二定律，力的作用会使物体产生一个加速度。向心力产生的加速度就是向心加速度。向心加速度是反映圆周运动速度方向变化快慢的物理量。向心加速度只改变速度的方向，不改变速度的大小。最大向心加速度用于设定向心加速度的最大值的限制。

如下图所示，向心加速度（ $a_n$ ）与线速度（ $v$ ）及半径  $R$ ，满足如下关系：



可通过向心加速度限制圆弧的进给切削速度，其一定半径（ $R$ ）圆的最大进给速度与向心加速度的对照组表如下：

向心加速度 (mm/s <sup>2</sup> )	500	1000	2000	3000	5000	6000
R5mm 圆弧减速速度 (mm/min)	3000	4242.64	6000	7348.47	9486.83	10392.3
R1mm 圆弧减速速度 (mm/min)	1341.64	1897.36	2683.28	3286.33	4242.64	4647.58

当给定进给速度  $F$  大于当前半径下的圆弧减速速度时，速度将降至该半径下的圆弧减速速度；当给定进给速度  $F$  小于当前半径下的圆弧减速速度时，以给定速度  $F$  执行圆弧进给切削。

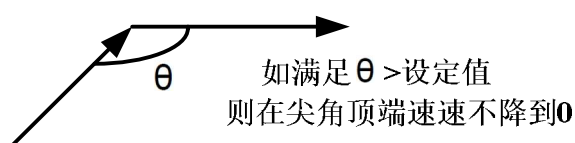
由加速度原理图可知，对于半径（ $R$ ）一定的圆弧，其半径误差（ $\Delta R$ ）与向心加速成正比关系。因此，在精度优先情况下，可通过降低加速度来限制圆弧进给速度；在效率优先模式下，通过增大加速度来提高圆弧进给速度，但需根据实际情况调整向心加速度满足效率和精度要求。

例：向心加速度设定为  $1000 \text{ mm/s}^2$ ，给定进给速度为  $3000 \text{ mm/min}$  时，对于半径为  $5 \text{ mm}$  的圆弧，以  $3000 \text{ mm/min}$  执行圆弧进给切削；对于半径为  $1 \text{ mm}$  的圆弧，以  $1897.36 \text{ mm/min}$  执行圆弧进给切削。

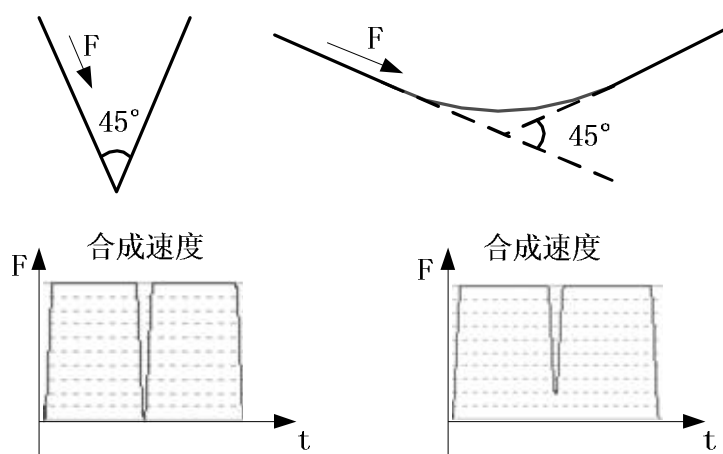
### 拐角平滑最小内角

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
通道参数	040071	度	$0 \sim 180$	100

连续小线段插补时可以根据编程轨迹的实际情况进行局部降速，对于需要凸显轮廓尖角的情况时，就要在尖角顶端时将降速到 0。该参数用来设置该角度的值，如果加工的角度小于该角度则作准停处理，如果大于该值则使用其他判定方法来规划该角度处的降速处理，如下图所示：



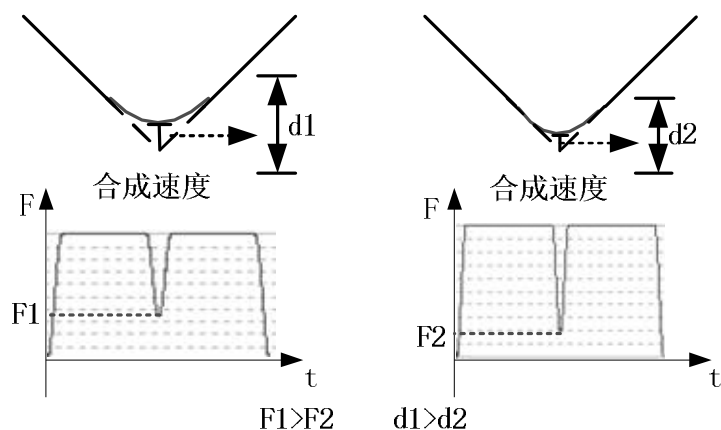
例：当拐角平滑最小内角设置为  $90^\circ$  时，其  $45^\circ$  ( $< 90^\circ$ ) 和  $135^\circ$  ( $> 90^\circ$ ) 拐角路径及速度曲线如下图所示：



### 拐角降速比例因子

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
通道参数	040074	%	$0 \sim 150$	100

对于拐角角度大于拐角平滑最小内角的折线段，即其在拐角处采用圆弧过渡方式执行进给，可通过拐角降速比例因子来控制拐角减速速度。设定值越小，拐角减速速度越小，拐角圆度越小，理论上精度误差越小，但在拐角处铣削时间会变长，效率降低。

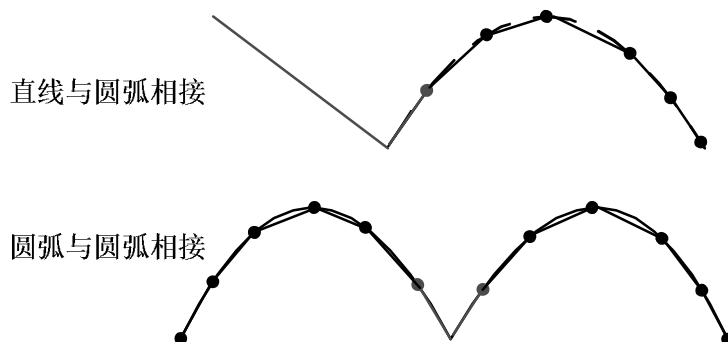


可以根据具体加工要求调整拐角降速比例因子，在精度优先的情况下，其值越小越好；在效率优先的情况下，其值越大越好；对于效率与精度兼顾的情况下，其值在 90~99 之间。

### 圆弧是否离散为直线

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
通道参数	040079	-	0~1	0

开启圆弧离散为直线功能，可以将圆弧离散为微小线段的连接，那么对于直线与圆弧相接或圆弧与圆弧相接的情况就可以等效为直线与直线相接，如下图所示，对此，可用拐角降速方式处理二者衔接处的速度。



### 样条平滑功能

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
轴参数（伺服参数）	100209	-	-32767~32767	0

样条曲线是指给定一组控制点而得到一条曲线，可以用于描述自由曲线和曲面，被国际标准化组织规定为 CAD/CAM 的数据交换标准，样条曲线插补时通常利用弦线来逼近圆弧，其精度取决于逼近弦线段的段数。如下图所示；系统插补周期为 1ms，规定系统 8ms 走一个整圆，则其将圆近似逼近为一个正 8 边形，而伺服位置控制周期为 0.2ms，开启样条平滑功能（设定为 100）后，则可将整圆样条逼近为一个正 40 边形。

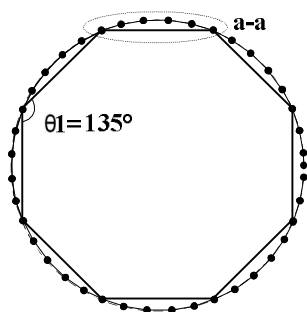


图 (a)

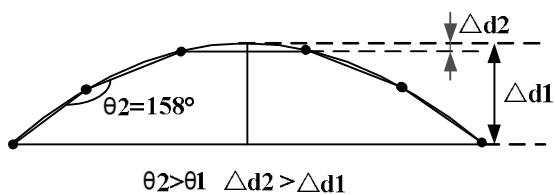


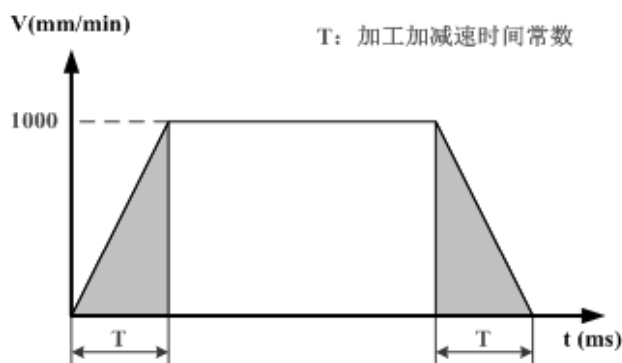
图 (a-a)

经过样条平滑后，其样条线段夹角变大，有利于减小速度波动，提高加工表面光洁度；轮廓误差较之前大幅减小，减小了精度损失，提高加工精度。

### 加工加减速时间常数

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
轴参数	100038	ms	0~2000.0	32

“加工加减速时间常数”指直线轴加工运动（G01、G02 等）时从 0 加速到 1000mm/min 或从 1000mm/min 减速到 0 的时间，如下图所示，该参数决定了轴的加工加速度大小，加工加减速时间常数越大，加减速就越慢。该参数根据电机转动惯量、负载转动惯量、驱动器加速能力确定。



常用加工加减速时间常数与加速度对照表如下：

加工加减速时间常数	2ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms
加速度	1g	0.2g	0.1g	0.05g	0.02g

例：加工加减速时间常数设定为 6ms，则加工加速度计算方法如下：

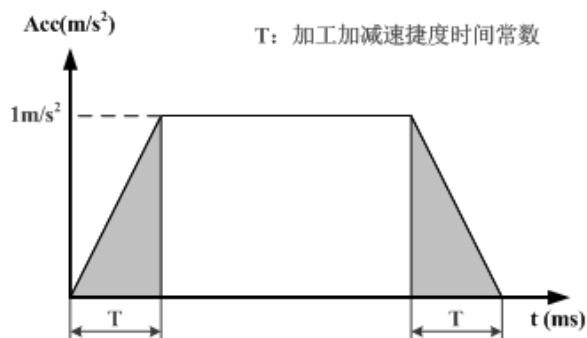
$$1000\text{mm}/60\text{s} \approx 16.667\text{mm/s}$$

$$16.667/0.006 \approx 2778\text{mm/s}^2 \approx 0.283\text{g} \quad (1\text{g}=9.8\text{m/s}^2)$$

## 加工加减速捷度时间常数

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
轴参数	100039	ms	0~2000.0	128

“加工加减速捷度时间常数”指轴加工运动（G01、G02 等）时加速度从 0 增加到  $1\text{m/s}^2$  或从  $1\text{m/s}^2$  减小到 0 的时间，如下图所示。该参数决定了轴的加工加加速度（捷度）大小，时间常数越大，加速度变化越平缓。该参数根据电机大小、驱动器性能及负载大小决定，一般设定在 8~150 之间。



例：假设加工加速度为  $0.05g$ （即  $0.49\text{m/s}^2$ ），加工加减速捷度时间常数设定为  $128\text{ms}$ ，则加加速度（捷度）为  $0.49/0.128 \approx 3.8\text{m/s}^3$ 。

## 加工加速度时间系数

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
轴参数	040156/040176/040196	-	0.01~100.0	1

以轴参数“加工加减速时间常数”为基准值，通过“加工加速度时间系数”对加工加减速时间进行折算，进而改变加速度，换算公式如下：

$$\text{加工加减速时间折算值} = \text{加工加减速时间常数} * \text{加工加速度时间系数}$$

可以根据加工程序特点及加工实际情况，通过该参数实现加速度的灵活切换，对加工效率或加工精度进行优化调整。在效率优先时，可适当减小该参数；在精度优先时可适当增大该参数。

例：轴参数中加工加减速时间常数设定为  $8\text{ms}$ ，其相应的加速度为  $0.2g$ ，当加工加速度时间系数为  $0.25$  时，其加工加减速时间折算值为  $2\text{ms}$ ，对应的加速度变为  $1g$ 。

### 加工捷度时间系数

参数类型	参数编号	数据单位	取值范围	缺省数值
轴参数	040157/040177/040197	-	0.01~100.0	1

以轴参数“加工加减速捷度时间常数”为基准值，通过“加工捷度时间系数”对加工加减速捷度时间进行折算，进而改变加速度上升时间，换算公式如下：

加工捷度时间折算值 = 加工加减速捷度时间常数 \* 加工加速度时间系数

通过该参数实现加速度捷度灵活切换，合理控制加速的变化量，保证加工过程的稳定性。

例：假定当前加工加速度为 0.05g（即 0.49m/s<sup>2</sup>），轴参数“加工加减速捷度时间常数”设定为 64ms，则加加速度（捷度）为 0.49/0.64≈7.6m/s<sup>3</sup>。当加工加速度时间系数为 2 时，其加工加减速时间折算值为 128ms，对应的加加速度（捷度）为变为 3.8 m/s<sup>3</sup>。



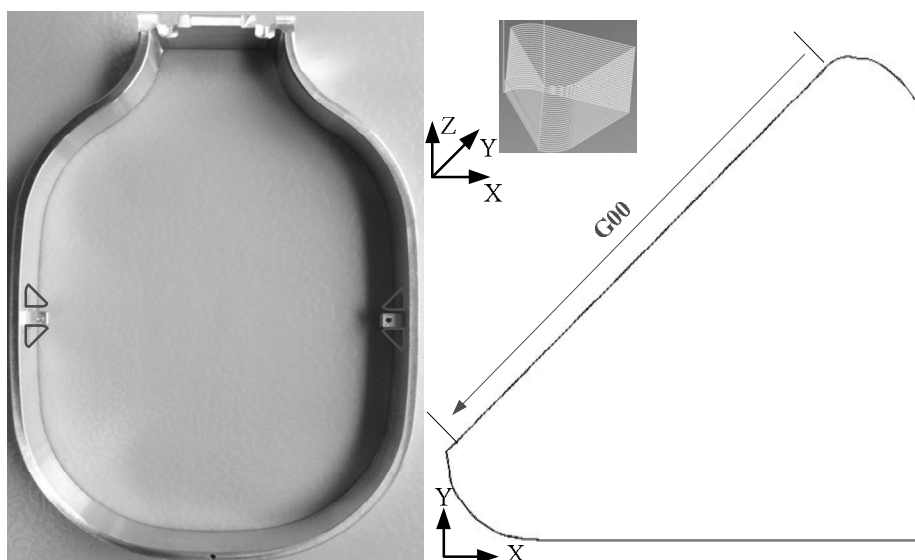
### 应用举例

在实际数控加工过程中，不同的加工工艺及零件轮廓会产生具有各自特点的零件加工程序，不同的加工需求也会带来不同控制方式。效率和精度是数控加工的天平的两端，要么倾向一方，要么各有取舍而保持平衡。因此，只有根据具体的加工对象及客户需求进行上述参数的组合调整，使其效率和精度有所偏重或到达一个合适的平衡点，从而使整体加工效果达到最优。以下通过实际应用示例讲解参数的组合调整。

#### 清根加工参数组合应用

清根加工在 3C 行业加工中很普遍，如手机外壳、电路板夹具都有清根工序。

轮廓轨迹如下图所示：



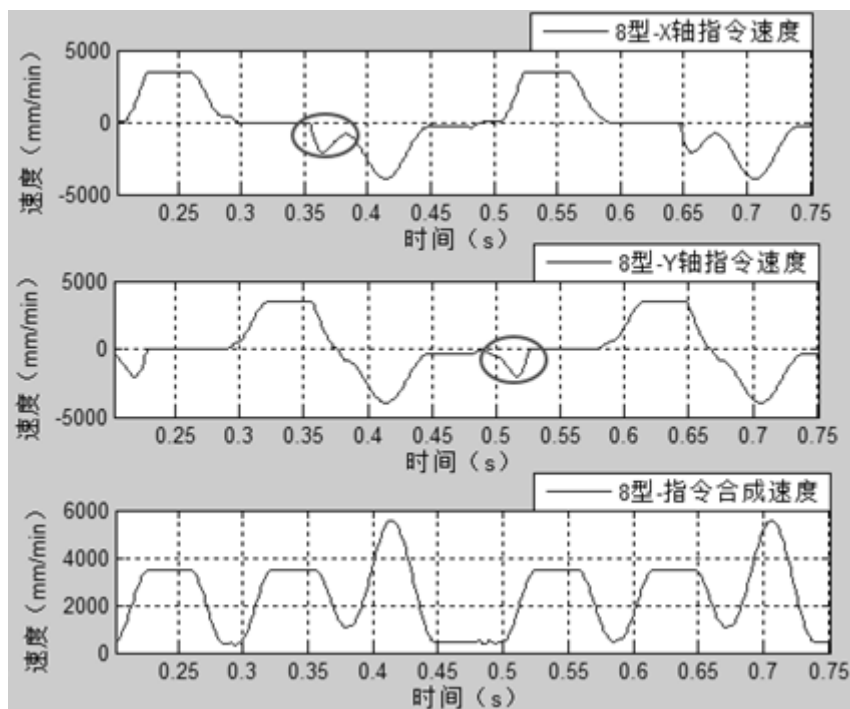


加工要求及特点分析：

① 在实际加工过程中，对于此清根加工效率要求高，即加工时间尽可能短。

② 从加工工艺及加工轮廓可以看出，其加工对于 90 度拐角处的精度要求较高，其圆弧段都没有进行实际有效的切削，故不需要考虑其轮廓精度。

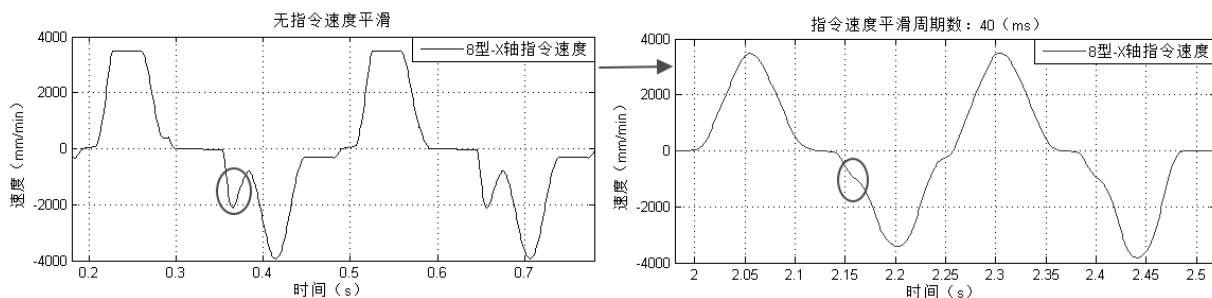
③ 其整体加工轮廓小，有直线圆弧相接、拐角，G00 与 G01 衔接等情况，速度变化快，速度波动大，如下图所示，单轴速度曲线出现速度突变，实际加工过程中，这种速度突变是造成机床振动剧烈的主要原因。



参数组合应用

① 针对加工的高效率要求，提高系统加速能力，即减小加工加减速时间常数及加工加减速捷度时间常数到合适值，但其值不能过小导致其加速度过大而使机床振动加剧。如实际调试中加速度时间常数和捷度时间常数分别为 4 和 1, 2 和 2 时，其加工时间相同，但由于加速度时间常数为 2 时，其加速度过大，导致机床振动剧烈，故取合适加速度时间常数为 4。

② 针对单轴速度突变，增大指令速度平滑系数，使其速度能够平滑过渡。如下图所示，在实际加工过程中，指令速度平滑系数为 40 时，机床振动基本消失。



③ 由于此加工圆弧精度要求不高，可增大向心加速度，提高圆弧切削进给速度；同时为提高加工效率，对于拐角，降低拐角平滑最小内角值及提高拐角降速比例因子来提高拐角处的进给速度。

#### 参数设定参考值

参数名称	参考设定值
加工加速度时间常数 (ms)	4
加工加速度捷度时间常数 (ms)	1
指令速度平滑周期数 (ms)	40
拐角平滑最小内角 (°)	80
拐角降速比例因子 (%)	90
向心加速度 (mm/s <sup>2</sup> )	6000

#### 激光加工参数组合应用

激光切割在外形轮廓加工中应用广泛，此以“马”的外形轮廓为例：

轮廓轨迹如下图所示：



#### 加工要求及特点分析：

- ① 从马的外形轮廓可以看出其在马头和马尾都有毛须外形加工，此为大量的尖角加工，其速度波动大。
- ② 根据马外形激光切割加工要求，在保证一定加工时间的前提下，其加工轮廓中的毛须尖角部分必须锐利，不能出现圆角。
- ③ 加工速度高，F10000 以上，同时其加速度要求接近 1g，但是同时又要保证机床振动小。

### 参数组合应用

① 针对其速度波动大，机床振动强烈等问题，且其尖角加工为大量小线段加工，开启样条平滑功能，平滑高速段的速度阶跃变化。

② 虽然指令速度平滑功能可以有效减小速度波动，但其值过大会把尖角变成圆角，所以此处指令平滑速度不宜过大，实际调试发现其值为 5 时，可以减小机床振动，提高效率，且不对刀的毛须外形产生影响。

③ 对于其加速度达到 1g 的要求，必须减小加工加速度时间常数，其合适值为 2，但由于加速度变化过大会造成机床振动增强，故降低加速度捷度时间常数来减小加速度的变化量，提高轴在加速段和减速段平稳性，减小机床振动。

④ 由于加工零件在对精度要求较高的同时也对加工时间有一定要求。适当降低向心加速度，使其只在小圆弧处作减速处理；增大拐角平滑最小内角提高拐角轮廓精度；调整合适拐角降速比例因子，其值为 70 左右，保持精度和效率的平衡。

### 参数设定参考值

参数名称	参考设定值
加工加速度时间常数 (ms)	2
加工加速度捷度时间常数 (ms)	10
指令速度平滑周期数 (ms)	5
拐角平滑最小内角 (°)	130
拐角降速比例因子 (%)	70
向心加速度 (mm/s <sup>2</sup> )	2500
样条平滑系数	100

**注意事项**

- 1) 在 8 型系统中, 采用通过多组小线段控制参数来实现不同的参数组合控制, 其包括前面讲述的对加工精度和效率起主要作用的各种控制参数。
- 2) 如上述参数组合示例所示, 根据具体的加工工艺和加工要求, 总结出不同的参数组合, 并以此对不同的组的小线段控制参数进行设定。在实际加工中, 只需要通过调用相应的小线段组合参数指令即可完成控制参数的变更, 这样不仅可以实现多套控制参数的组合使用, 也可完成不同控制参数组合的快捷切换。其控制参数组合调用方式如下所示:

**G05.1 Q1** (第 1 组小线段控制参数组合)

... .. (加工程序 1)

**G05.1 Q2** (第 2 组小线段控制参数组合)

... .. (加工程序 2)

**G05.1 Q3** (第 3 组小线段控制参数组合)

... .. (加工程序 3)