

SIEMENS

SINUMERIK

SINUMERIK 808D

铣削 第三部分： 编程（ISO 语言）

编程基础知识

1

G 代码表

2

驱动指令

3

运行指令

4

其它功能

5

编程和操作手册

适用于：
SINUMERIK 808D 铣削 （软件版本： V4.4.2）

目标使用人群：
最终用户及服务工程师




12/2012

6FC5398-4DP10-0RA0

法律资讯

警告提示系统

为了您的人身安全以及避免财产损失，必须注意本手册中的提示。人身安全的提示用一个警告三角表示，仅与财产损失有关的提示不带警告三角。警告提示根据危险等级由高到低如下表示。

 危险
表示如果不采取相应的小心措施， 将会 导致死亡或者严重的人身伤害。
 警告
表示如果不采取相应的小心措施， 可能 导致死亡或者严重的人身伤害。
 小心
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致轻微的人身伤害。
注意
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致财产损失。


当出现多个危险等级的情况下，每次总是使用最高等级的警告提示。如果在某个警告提示中带有警告可能导致人身伤害的警告三角，则可能在该警告提示中另外还附带有可能导致财产损失的警告。

合格的专业人员

本文件所属的产品/系统只允许由符合各项工作要求的**合格人员**进行操作。其操作必须遵照各自附带的文件说明，特别是其中的安全及警告提示。由于具备相关培训及经验，合格人员可以察觉本产品/系统的风险，并避免可能的危险。

按规定使用 Siemens 产品

请注意下列说明：

 警告
Siemens 产品只允许用于目录和相关技术文件中规定的使用情况。如果要使用其他公司的产品和组件，必须得到 Siemens 推荐和允许。正确的运输、储存、组装、装配、安装、调试、操作和维护是产品安全、正常运行的前提。必须保证允许的环境条件。必须注意相关文件中的提示。

商标

所有带有标记符号 ® 的都是西门子股份有限公司的注册商标。本印刷品中的其他符号可能是一些其他商标。若第三方出于自身目的使用这些商标，将侵害其所有者的权利。

责任免除

我们已对印刷品中所述内容与硬件和软件的一致性作过检查。然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证印刷品中所述内容与硬件和软件完全一致。印刷品中的数据都按规定经过检测，必要的修正值包含在下一版本中。

目录

1	编程基础知识	7
1.1	引言	7
1.1.1	西门子模式	7
1.1.2	ISO 编程指令模式	7
1.1.3	切换运行方式	8
1.1.4	显示 G 代码	9
1.1.5	最大轴/轴标识符数量	9
1.1.6	小数点编程	9
1.1.7	注释	11
1.1.8	跳过程序段	11
1.2	进给率的前提条件	12
1.2.1	快速移动	12
1.2.2	轨迹进给率 (F 功能)	12
1.2.3	线性进给率(G94)	14
1.2.4	反比时间进给率 (G93)	14
1.2.5	旋转进给率(G95)	14
2	G 代码表	15
3	驱动指令	19
3.1	插补指令	19
3.1.1	快速运行(G00)	19
3.1.2	线性插补 (G01)	21
3.1.3	圆弧插补(G02, G03)	22
3.1.4	轮廓段编程和插入倒角或倒圆	25
3.1.5	螺旋线插补(G02, G03)	27
3.2	使用 G 功能回参考点	28
3.2.1	通过中间点回参考点(G28)	28
3.2.2	参考位置点检查(G27)	30
3.2.3	通过参考点选择回参考点(G30)	30
4	运行指令	31
4.1	坐标系	31
4.1.1	机床坐标系(G53)	32
4.1.2	工件坐标系(G92)	32
4.1.3	复位刀具坐标系(G92.1)	33
4.1.4	选择工件坐标系	33
4.1.5	写入零点偏移/刀具补偿(G10)	34
4.1.6	局部坐标系(G52)	35

4.1.7	选择平面(G17, G18, G19)	36
4.1.8	平行轴(G17, G18, G19)	37
4.1.9	坐标系旋转(G68, G69)	38
4.1.10	3D 旋转 G68/G69	39
4.2	确定坐标值的输入方式	40
4.2.1	绝对/增量尺寸(G90, G91)	40
4.2.2	英制/公制尺寸输入(G20, G21)	41
4.2.3	缩放 (G50, G51)	42
4.2.4	可编程镜像(G50.1,G51.1)	45
4.3	控制时间的指令	47
4.4	刀具补偿功能	48
4.4.1	刀具补偿数据存储器	48
4.4.2	刀具长度补偿(G43, G44, G49)	49
4.4.3	铣刀半径补偿(G40, G41, G42)	51
4.4.4	防撞监控	55
4.5	S 功能, T 功能, M 功能和 B 功能	58
4.5.1	主轴功能 (S 功能)	58
4.5.2	刀具功能	59
4.5.3	附加功能 (M 功能)	59
4.5.4	用于控制主轴的 M 功能	60
4.5.5	用于调用子程序的 M 功能	60
4.5.6	通过 M 功能调用宏	61
4.5.7	M 功能	62
4.6	进给率的控制	63
4.6.1	ISO 编程指令模式中的压缩程序	63
4.6.2	准停(G09, G61)、连续路径加工(G64)、攻丝(G63)	64
5	其它功能	65
5.1	程序支持功能	65
5.1.1	固定钻削循环	65
5.1.2	高速深孔钻削循环, 断屑 (G73)	70
5.1.3	精镗循环(G76)	73
5.1.4	钻孔循环, 定点钻 (G81)	76
5.1.5	钻孔循环, 铰孔 (G82)	78
5.1.6	深孔钻削循环, 排屑(G83)	80
5.1.7	镗孔循环(G85)	82
5.1.8	镗孔循环(G86)	84
5.1.9	反镗循环(G87)	86
5.1.10	镗孔循环(G89)	89
5.1.11	攻丝循环, 右旋螺纹 (G84)	91
5.1.12	攻丝循环, 左旋螺纹 (G74)	94
5.1.13	攻丝循环, 左旋螺纹/右旋螺纹 (G84/G74)	96

5.1.14	取消固定循环(G80).....	99
5.1.15	编程示例：刀具长度补偿和固定循环	99
5.2	可编程的输入数据(G10)	101
5.2.1	修改刀具补偿值	101
5.2.2	用于调用子程序的 M 功能(M98, M99)	101
5.3	八位数的程序号	102
5.4	极坐标(G15, G16).....	104
5.5	测量功能.....	105
5.5.1	通过 G10.6 快速退刀	105
5.5.2	删除带剩余行程的测量(G31)	106
5.5.3	通过 G31, P1 - P4 测量	108
5.5.4	通过 M96, M97 写入中断程序.....	109
5.5.5	功能“刀具寿命监控”	111
5.6	宏程序	111
5.6.1	与子程序的区别	111
5.6.2	调用宏程序(G65, G66, G67).....	111
5.6.3	通过 G 功能调用宏	119
5.7	附加功能.....	122
5.7.1	轮廓重复(G72.1, G72.2)	122
5.7.2	DryRun 和跳转级的切换模式	125
索引		127

编程基础知识

1.1 引言

1.1.1 西门子模式

在生效的西门子模式中以下条件有效：

- 在每个通道中都可以通过机床数据 20150 \$MC_GCODE_RESET_VALUES 定义 G 指令的缺省设置。
- 西门子编程指令模式下不可写入任何 ISO 编程指令。

1.1.2 ISO 编程指令模式

在生效的 ISO 编程指令模式中以下条件生效：

- 可以通过机床数据将 ISO 编程指令模式设为数控系统的缺省设置。缺省情况下数控系统随后在 ISO 编程指令模式中启动。
- 在 ISO 模式下只能写入由 ISO 编程指令组成的 G 功能，而不能写入西门子 G 功能。
- 在同一个 NC 程序段中不允许混用 ISO 编程指令和西门子编程指令。
- 也无法借助一个 G 指令切换“ISO 编程指令 M”和“ISO 编程指令 T”。
- 但在该模式下可以调用西门子模式下编写的子程序。
- 如果需要使用西门子功能，必须首先切换到西门子模式。

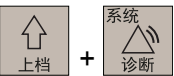
1.1.3 切换运行方式

SINUMERIK 808D 支持以下两种编程指令模式：

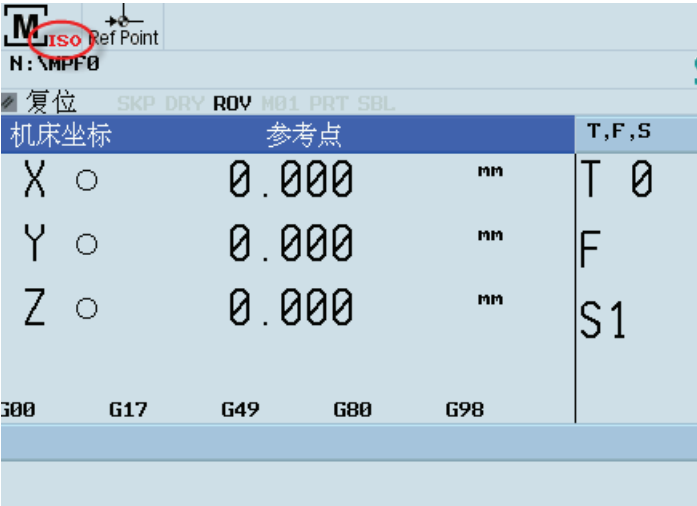
- 西门子指令模式
- ISO 编程指令模式

运行方式的切换不会影响生效的刀具、刀具补偿和零点偏移。

步骤



1. 选择相关操作区域并进入其主画面。



2. 在垂直软键栏中按下该软键。数控系统自动开始从西门子模式切换至 ISO 编程指令模式。ISO 编程指令模式生效后，“ISO”图标显示在画面左上角。

如需从 ISO 模式切回西门子模式，可再次按下该软键。

1.1.4 显示 G 代码

显示 G 代码的编程指令和当前程序段的编程指令相同，即西门子编程指令或 ISO 编程指令。如果通过 **DISPLOF** 取消程序段的显示，则继续以之前显示生效程序段的编程指令显示 G 代码。

示例

使用 ISO 编程指令模式的 G 功能调用西门子标准循环。为此，在相应循环的开头写入 **DISPLOF**，从而可以在显示中保留 ISO 编程指令中写入的 G 功能。

```
PROC CYCLE328 SAVE DISPLOF
N10 ...
...
N99 RET
```

步骤

通过主程序调用西门子 **shell** 循环。调用该循环后自动选择西门子模式。

使用 **DISPLOF** 抑制调用循环时的程序段显示，而继续在 ISO 模式中显示 G 代码。

在循环结束时，通过属性“**SAVE**”将 **shell** 循环中修改的 G 代码恢复为初始状态。

1.1.5 最大轴/轴标识符数量

ISO 编程指令模式下可以最多写入 9 个轴。前三个轴的标识符固定为 X、Y、Z。而所有其它轴可以用字母 A、B、C、U、V、W 命名。

1.1.6 小数点编程

对于编程不带小数点的值，ISO 编程指令模式中提供两种记数法：

- 计算器记数法

不带小数点的数值会视为毫米、英寸或度。

- 标准记数法

不带小数点的数值和一个换算系数相乘。

通过 MD10884 \$MN_EXTERN_FLOATINGPOINT_PROG 进行设置。

存在两种不同的换算系数：**IS-B** 和 **IS-C**。权重以地址 X Y Z U V W A B C I J K Q R 和 F 为基准。

通过 MD10886 EXTERN_INCREMENT_SYSTEM 进行设置。

示例：

线性轴，毫米：

- X 100.5
相当于带小数点的数值： 100.5 mm
- X 1000
 - 计算器记数法： 1,000 mm
 - 标准记数法：
 - IS-B: $1000 * 0.001 = 1 \text{ mm}$
 - IS-C: $1000 * 0.0001 = 0.1 \text{ mm}$

ISO 编程指令铣削

表格 1-1 不同的换算系数：IS-B 和 IS-C

地址	单位	IS-B	IS-C
线性轴	毫米 英制	0,001 0,0001	0,0001 0,00001
回转轴	度	0,001	0,0001
F 进给率 G94（毫米每分钟/英寸每分钟）	毫米 英制	1 0,01	1 0,01
F 进给率 G95（毫米每转/英寸每转）	毫米 英制	0,01 0,0001	0,01 0,0001
F 螺距	毫米 英制	0,01 0,0001	0,01 0,0001
C 倒角	毫米 英制	0,001 0,0001	0,0001 0,00001
R 半径 G10 toolcorr	毫米 英制	0,001 0,0001	0,0001 0,00001
Q	毫米 英制	0,001 0,0001	0,0001 0,00001
I、J、K IPO 参数	毫米 英制	0,001 0,0001	0,0001 0,00001
G04 X 或者 U	s	0,001	0,001
A 轮廓段角度	度	0,001	0,0001
G74,G84 攻丝循环 \$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK 位 8 = 0 F 作为进给率，同 G94、G95 位 8 = 1 F 作为螺距			

1.1.7 注释

在 ISO 编程指令模式中，圆括号被视为注释符。而在西门子模式中，“;”被视为注释符。为简化编程，在 ISO 编程指令模式中“;”同样被视为注释符。

如果在一个注释中再次出现左括号“（”，则再次闭合所有括号后，注释才结束。

示例：

```
N5 (注释) X100 Y100  
N10 (注释(注释)) X100 Y100  
N15 (注释(注释) X100) Y100
```

在程序段 N5 和 N10 中执行 X100 Y100；在程序段 N15 中只执行 Y100，因为在 X100 后才闭合第一个括号。在它之前的指令都视为注释。

1.1.8 跳过程序段

跳转或抑制程序段的符号“/”可以出现在程序段的任意位置，也就是说可以位于程序段中段。如果在编译时写入的程序段跳转级生效，则从该位置起停止编译，直至程序段结束。因此，一个生效的程序段跳转级也就相当于一个程序段结尾。

示例：

```
N5 G00 X100. /3 YY100 --> 报警 12080“句法错误”  
N5 G00 X100. /3 YY100 --> 没有报警，因为程序跳转级 3 生效
```

注释内的程序段跳转符不视为程序段跳转符

示例：

```
N5 G00 X100. (/3 工件 1)Y100  
；即使程序段跳转级 3 生效时也运行 Y 轴
```

可以激活程序段跳转级 /1 到 /9。<1 和 >9 的程序段跳转级会导致报警 14060“非法跳转级，程序段跳转出错”。

该功能相当于当前的西门子跳转级。和 ISO 原始编程指令相反，必须单独激活“/”和“/1”分隔的跳转级。

说明

“/0”时可以省略值“0”。

1.2 进给率的前提条件

下文为您介绍用于确定切削刀具进给速度（每分钟或每转的位移）的进给功能。

1.2.1 快速移动

快速移动不仅可以用于定位(G00)，而且可以用于快速手动运行(JOG)。在快速移动中，每个轴按照各自设定的快速移动速度运行。机床制造商可通过机床数据确定各个轴的快速移动速度。轴独立运行，所以每个轴在不同时间到达目标位置。因此，形成的刀具轨迹一般不是直线。

1.2.2 轨迹进给率（F 功能）

说明
如果没有特殊说明，本资料中给出的切削刀具进给速度始终为“毫米/分钟”。

地址符“F”表示线性插补(G01)或圆弧插补(G02, G03)时刀具的进给率。

地址符“F”后输入切削刀具的进给率，单位“毫米/分钟”。

F 的取值范围参见机床制造商的说明资料。

最大进给率可能受伺服系统和机械构造的限制。通过机床数据设定最大进给率，当前进给率始终限制在该值范围内。

通常情况下，轨迹进给率由所有参与运动的几何轴的各个速度分量组成；并且以铣刀中心点为参照（参见下图）。

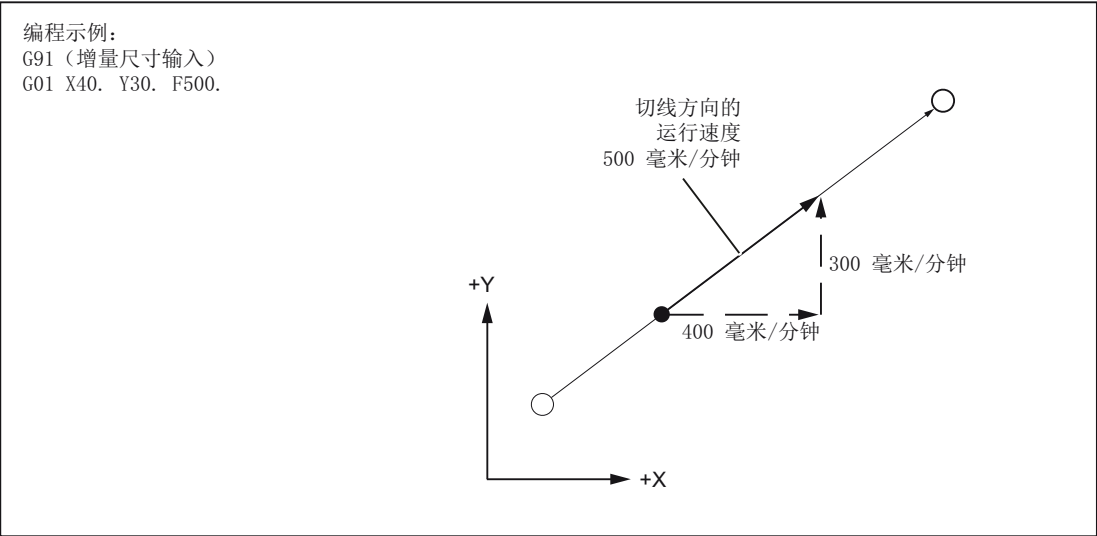


图 1-1 2 个轴的线性插补

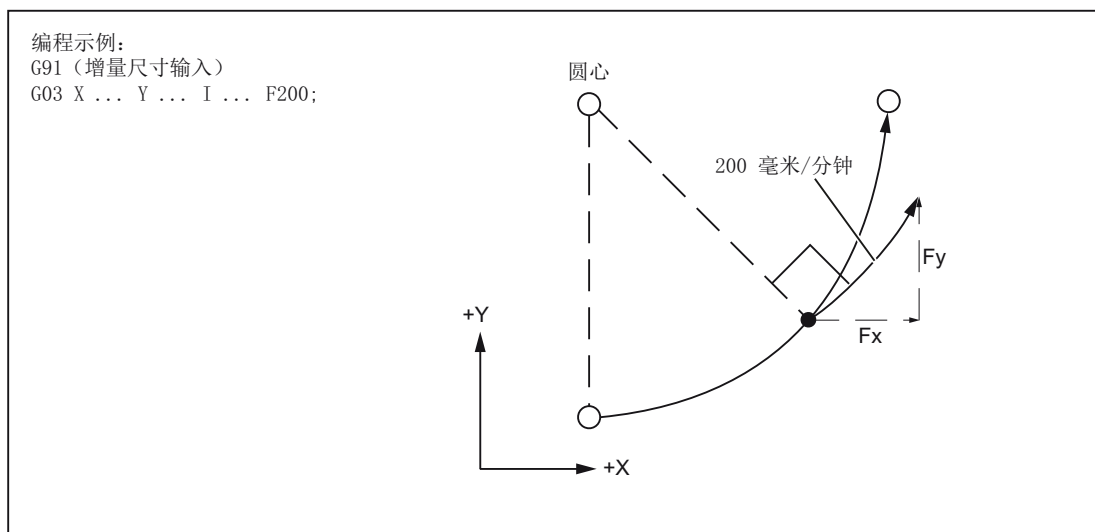


图 1-2 2 个轴的圆弧插补

在 3D 插补中，形成的直线保持写入的 F 进给率。

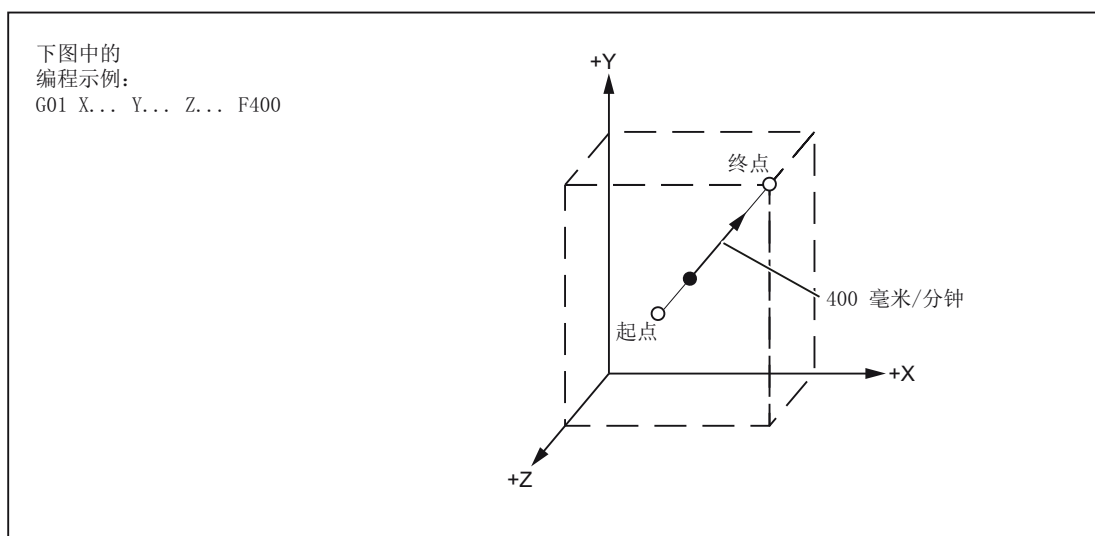


图 1-3 3D 插补时的进给率

说明

如果写入了“F0”并且功能“固定进给率”没有激活，则输出报警 14800“编程的轨迹速度小于或等于零”。

1.2 进给率的前提条件

1.2.3 线性进给率(G94)

给定 G94 后，执行地址符 F 后给出的进给率，单位：毫米/分钟、英寸/分钟或度/分钟。

1.2.4 反比时间进给率（G93）

写入 G93 后执行地址符 F 后给出的进给率，单位：转/分钟。G93 是一个模态生效的 G 功能。

示例

```
N10 G93 G1 X100 F2 ;
```

即：在半分钟内运行写入的位移。

1.2.5 旋转进给率(G95)

写入 G95 后执行适用于主主轴的进给率，单位：毫米/转或英寸/转。

说明

所有的指令模态有效。如果需要在 G93、G94 或 G95 之间切换 G 指令进给率，则应重新写入轨迹进给值。在用回转轴加工时，进给率也可以用度/转来表示。

G 代码表

表格 2- 1 G 代码表 - 铣削

G 代码		说明
组 1		
G00 ¹⁾	1	快速移动
G01	2	直线运行
G02	3	顺时针圆弧/螺线
G03	4	逆时针圆弧/螺线
组 2		
G17 ¹⁾	1	XY 平面
G18	2	ZX 平面
G19	3	YZ 平面
组 3		
G90 ¹⁾	1	绝对编程
G91	2	增量编程
组 5		
G93	3	反比时间进给率（转/分钟）
G94 ¹⁾	1	进给率[毫米/分钟，英寸/分钟]
G95	2	旋转进给率，[毫米/转，英寸/转]
组 6		
G20 ¹⁾	1	英制输入系统
G21	2	公制输入系统
组 7		
G40 ¹⁾	1	取消铣刀半径补偿
G41	2	轮廓左侧补偿
G42	3	轮廓右侧补偿
组 8		

G 代码		说明
G43	1	启用正向刀具长度补偿
G44	2	启用负向刀具长度补偿
G49 ¹⁾	3	关闭刀具长度补偿
组 9		
G73	1	高速深孔钻削循环，断屑
G74	2	攻丝循环，左旋螺纹
G76	3	精镗循环
G80 ¹⁾	4	关闭循环
G81	5	钻孔循环 定点钻
G82	6	钻孔循环 铰孔
G83	7	深孔钻削循环，排屑
G84	8	攻丝循环 右旋螺纹
G85	9	镗孔循环，Z 轴到达终点后 G01 退刀，主轴不停止
G86	10	镗孔循环，Z 轴到达终点后，主轴先停止，再 G00 退刀
G87	11	反镗循环
G89	12	镗孔循环，Z 轴到达终点后稍作停留，G01 退刀，主轴转向不变
组 10		
G98 ¹⁾	1	固定循环中返回出发点
G99	2	固定循环中返回点 R
组 11		
G50 ¹⁾²⁾	1	缩放关闭
G51 ²⁾	2	缩放开启
组 12		
G66 ²⁾	1	宏模态调用
G67 ¹⁾²⁾	2	删除宏模态调用
组 13		
G96	1	启用恒定切削速度
G97 ¹⁾	2	取消恒定切削速度

G 代码		说明
组 14		
G54 ¹⁾	1	选择零点偏移
G55	2	选择零点偏移
G56	3	选择零点偏移
G57	4	选择零点偏移
G58	5	选择零点偏移
G59	6	选择零点偏移
G54 P0	1	外部零点偏移
组 15		
G61	1	模态准停
G63	2	攻丝模式
G64 ¹⁾	3	连续路径运行
组 16		
G68	1	启用旋转，2D/3D
G69 ¹⁾	2	取消旋转
组 17		
G15 ¹⁾	1	取消极坐标
G16	2	启用极坐标
组 18（程序段方式有效）		
G04	1	暂停 [s] 或主轴旋转
G05	18	高速循环切削
G05.1 ²⁾	22	高速循环（High-speed cycle）-> 调用 CYCLE305
G08	12	启用/取消预控制
G09	2	准停
G10 ²⁾	3	写入零点偏移/刀具补偿
G10.6	17	离开轮廓(POLF)
G11	4	结束参数输入
G27	13	参考位置点检查
G28	5	1. 返回参考点

G 代码		说明
G30	6	2./3./4. 返回参考点
G30.1	19	参考点位置
G31		“删除剩余行程”的测量
G52	8	可编程的零点偏移
G53	9	返回机床坐标系中的位置
G60	22	定向定位
G65 ²⁾	10	宏调用
G72.1 ²⁾	14	通过旋转重复轮廓
G72.2 ²⁾	15	线性重复轮廓
G92	11	设置实际值
G92.1	21	删除实际值，复位 WCS
组 22		
G50.1	1	取消写入轴的镜像
G51.1	2	启用写入轴的镜像
组 31		
G290 ¹⁾	1	选择西门子模式
G291	2	选择 ISO 编程指令模式

说明

一般标记了 ¹⁾的 G 功能都由数控系统在接通数控系统或复位时来确定。实际设置的信息参见机床制造商的资料。

²⁾中列举的 G 功能是可选功能。数控系统上提供的相应功能参见机床制造商的资料。

驱动指令

3.1 插补指令

下文为您介绍定位指令和插补指令，使用这些指令可以根据编写的轮廓（如直线或圆弧）控制刀具轨迹。

3.1.1 快速运行(G00)

快速运行可以用于刀具的快速定位、工件的绕行或者移动到换刀位置。

下列 G 功能可以用于调用定位（参见下表）：

表格 3-1 定位的 G 功能

G 功能	功能	G 功能组
G00	快速移动	01
G01	直线运行	01
G02	顺时针圆弧/螺线	01
G03	逆时针圆弧/螺线	01

定位(G00)

格式

G00 X... Y... Z... ;

说明

写入 **G00** 的刀具运行将以可能的最大速度（快速运行）执行。在每个机床数据中，每个轴的快速运行速度都是单独定义的。如果同时在多个轴上执行快速移动，则快速移动速度由参与轨迹运行时间最长的轴决定。

G00 程序段中没有写入的轴也不会运行。定位时每个轴以各自预设的快速移动速度单独运行。机床的精确速度请参见机床制造商的说明资料。

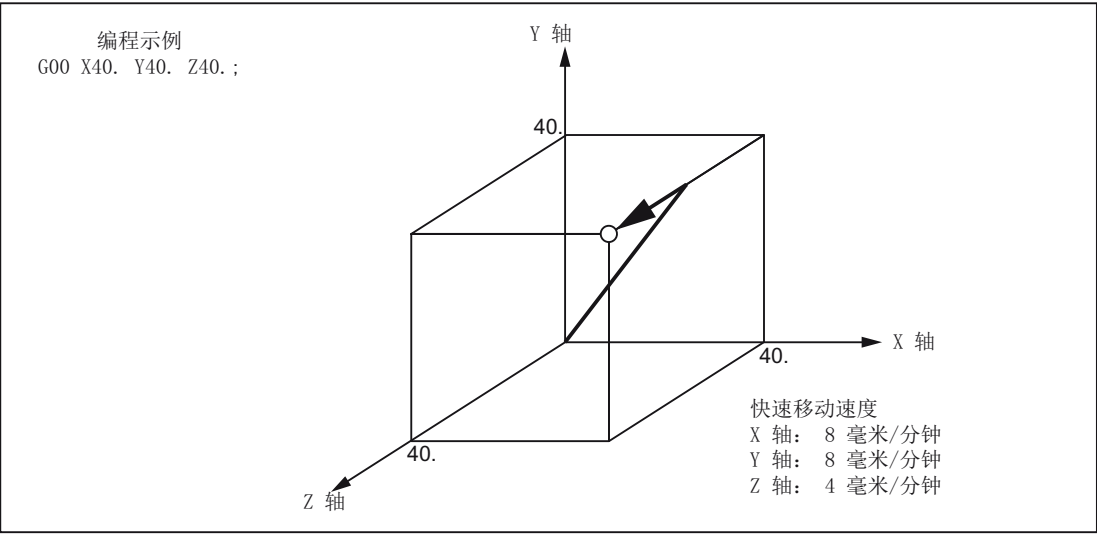


图 3-1 3 个同步可控轴的定位运行

说明

由于在 **G00** 定位时轴单独运行（没有插补），因而每个轴在不同时间到达终点。因此，在多轴定位时要特别仔细谨慎，防止定位时刀具和工件或设备相撞。

线性插补(G00)

通过置位机床数据 20732 \$MC_EXTERN_GO_LINEAR_MODE 可以设置 **G00** 线性插补。此时，所有写入的轴以带线性插补的快速移动运行，并同时到达目标位置。

3.1.2 线性插补 (G01)

借助 G01 刀具以平行于轴的、倾斜或空间内的任意直线运行。可以用线性插补功能加工 3D 平面、槽等。

格式

G01 X... Y... Z... F... ;

G01 执行带轨迹进给率的线性插补。G01 程序段中没有写入的轴也不会运行。按照上文列举的示例编程线性插补。

轨迹轴进给率 F

进给速度由地址 F 指定。取决于机床数据中的默认设置，G 指令确定的尺寸单位(G93, G94, G95)为毫米或英寸。

允许为每个 NC 程序段编程一个 F 值。通过其中一个 G 指令确定进给速度的单位。进给率 F 只对于轨迹轴有效，并且直到编程新的进给值之前一直有效。地址 F 后允许出现分隔符。

说明

如果在 G01 程序段中或之前的程序段中没有写入任何进给率，在执行 G01 程序段时会触发报警。

可以通过绝对值或增量值给定终点。更多信息参见章节 "绝对/增量尺寸(G90, G91) (页 40)"。

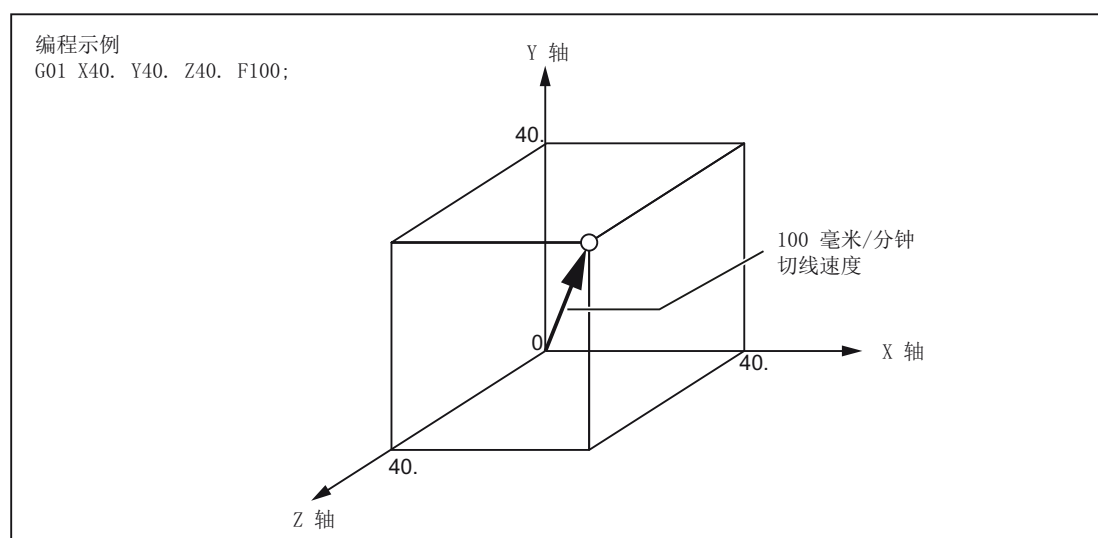


图 3-2 线性插补

3.1.3 圆弧插补(G02, G03)

格式

执行下表列出的指令，启动圆弧插补。

表格 3- 2 执行圆弧插补的指令

按键或开关	指令	说明
平面名称	G17	X-Y 平面中的圆弧
	G18	Z-X 平面中的圆弧
	G19	Y-Z 平面中的圆弧
旋转方向	G02	顺时针方向
	G03	逆时针方向
终点位置	X、Y 或 Z 中的两个轴	终点位置，工件坐标系
	X、Y 或 Z 中的两个轴	起点到终点的距离，带正负号
起点到中间点的距离	I、J 或 K 中的两个轴	起点到圆心的距离，带正负号
圆弧半径	R	圆弧半径
进给	F	沿着圆弧的速度

平面名称

通过下文给出的指令，刀具在平面 X-Y、Z-X 或 Y-Z 中沿着给定的圆弧运行，以保持“F”定义的圆弧上的进给率。

- X-Y 平面中：
G17 G02 (或 G03) X... Y... R... (或 I... J...) F... ；
- Z-X 平面中：
G18 G02 (或 G03) Z... X... R... (或 K... I...) F... ；
- Y-Z 平面中：
G19 G02 (或 G03) Y... Z... R... (或 J... K...) F... ；

在写入圆弧（G02, G03）前，必须首先通过 G17、G18 或 G19 选择所需的插补平面。只有当第 4 轴和第 5 轴是线性轴时，才可以进行圆弧插补。

通过平面选择也可以选择执行刀具半径补偿(G41/G42)的平面。接通数控系统后自动设置为平面 X-Y(G17)。

G17	X-Y 平面
G18	Z-X 平面
G19	Y-Z 平面

推荐给定一个普遍适用的加工平面。

也可以创建所选加工平面之外的圆弧。此时，轴地址（圆弧终点的位置）定义圆弧平面。

如果选择了第 5 线性轴，除了平面 X-Y、Y-Z 和 Z-X 第 5 轴还可进行平面 Xβ、Zβ 或 Yβ 内的圆弧插补(β=U、V 或 W)。

- 平面 Xβ 内的圆弧插补
G17 G02 (或 G03) X... β... R... (或 I... J...) F... ;
- 平面 Zβ 内的圆弧插补
G18 G02 (或 G03) Z... β... R... (或 K... I...) F... ;
- 平面 Yβ 内的圆弧插补
G19 G02 (或 G03) Y... β... R... (或 J... K...) F... ;
- 如果省略了第 4 轴或第 5 轴 的地址符 - 正如指令“G17 G02 X... R... (或 I... J...) F... ;”，则自动选择平面 X-Y 作为插补平面。当第 4 轴和第 5 轴这两个附加轴为旋转轴时，不可以进行圆弧插补。

旋转方向

按照下图给出的方式定义圆弧旋转方向。

G02	顺时针方向
G03	逆时针方向

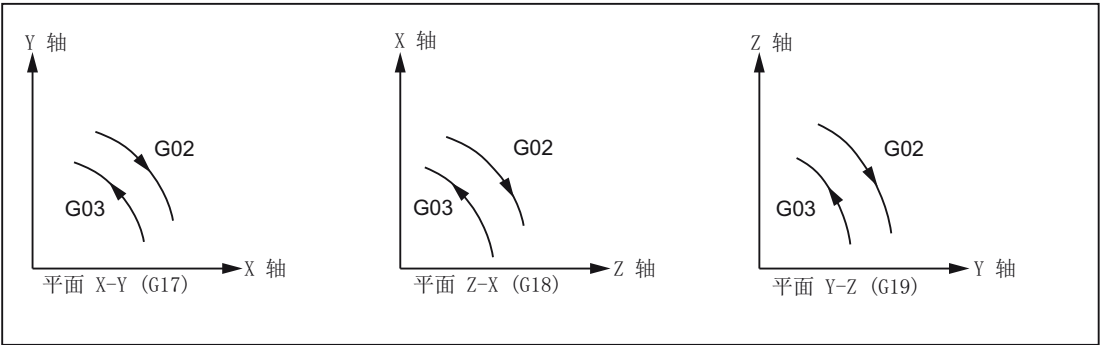


图 3-3 圆弧的旋转方向

终点

可以按照 G90 或 G91 的定义、以绝对值或增量值定义终点。
如果定义的终点不在圆弧上，则输出报警 14040“圆弧终点错误”。

写入圆弧运行的方法

数控系统提供两种写入圆弧运行的方法。
圆弧运行通过以下几点来描述：

- 圆弧中心和终点，绝对值或增量值（缺省设置）
- 以直角坐标表示的半径和终点

对于张角 $\leq 180^\circ$ 的圆弧插补，应写入“R > 0”（正值）。
对于张角 $> 180^\circ$ 的圆弧插补，应写入“R < 0”（负值）。

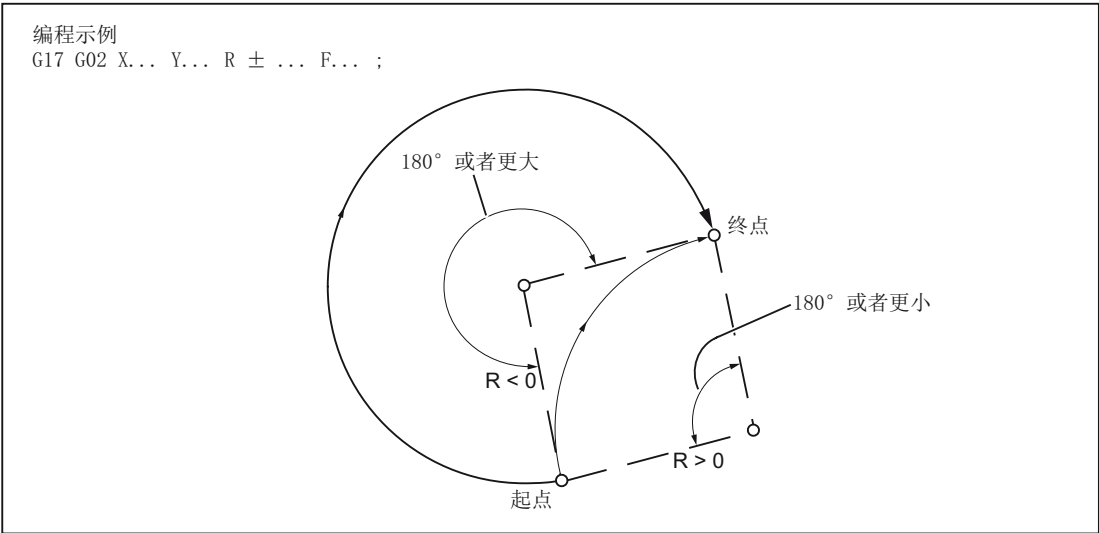


图 3-4 带半径 R 的圆弧插补

进给

可以完全按照线性插补中给定进给率的方式来定义圆弧插补中的进给率（参见章节“线性插补(G01)”）。

3.1.4 轮廓段编程和插入倒角或倒圆

在每个位移程序段后、线性轮廓和圆弧轮廓之间可以插入倒角或倒圆。例如：用于倒去工件边缘锋利的毛刺。

可以在以下轮廓组合中插入倒角或倒圆：

- 两条直线之间
- 两段圆弧之间
- 一段圆弧和一条直线之间
- 一条直线和一段圆弧之间

格式

, C...; 倒角

, R...; 倒圆

示例

```
N10 G1 X10.Y100.F1000 G17
N20, A140, C7.5
N30 X80. Y70., A95.824, R10
```

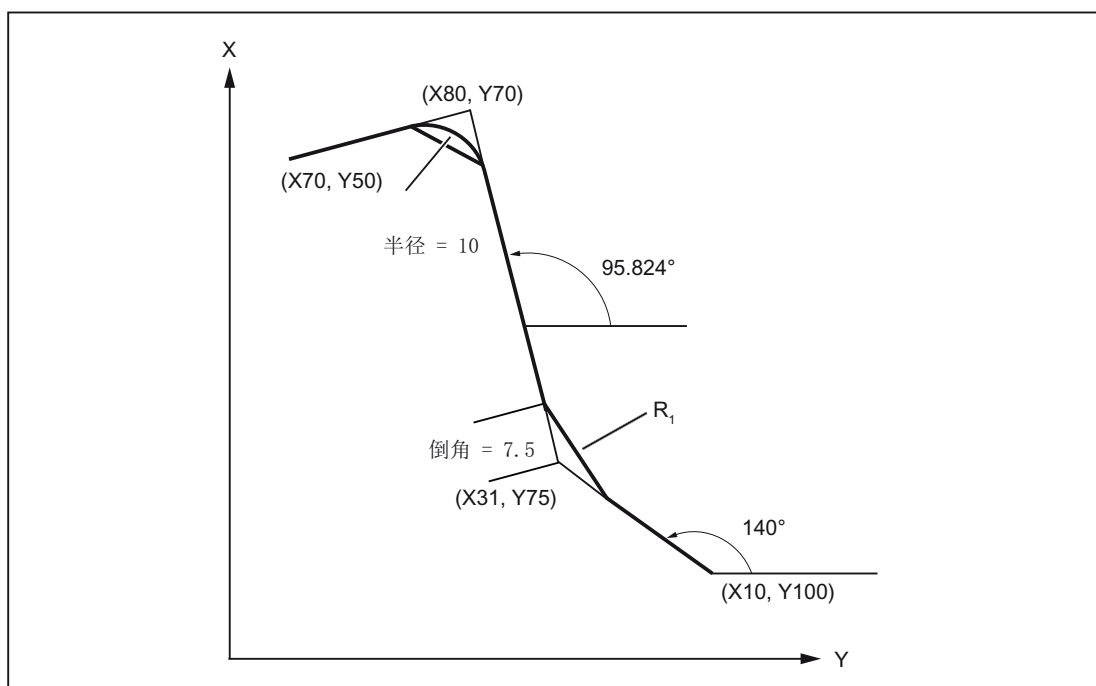


图 3-5 3 条直线

ISO 编程指令模式

在 ISO 原始编程指令中，地址 C 不仅可以用作轴名称，也可以用作轮廓倒角的名称。

地址 R 不仅可以是一个循环参数，也可能是轮廓半径的标识符。

地址 A 为轮廓段编程中的角度。

为加以区分，写入轮廓段时必须在地址“R”或“C”前加上逗号“，”。

西门子模式

在西门子模式下可通过机床数据确定倒角和倒圆的标识符。从而可以避免标识符的混淆。在倒圆或倒角的标识符前不允许有逗号。

选择平面

只有在由平面选择(G17, G18 或 G19)给定的平面中才可以进行倒角或倒圆。该功能不能用于平行轴。

说明

不插入倒角/倒圆，如果：

- 平面中没有直线或圆弧，
 - 轴的运动超出平面，
 - 切换平面或超出机床数据中确定的、不包含运动指令的程序段数量（例如，仅有指令输出）。
-

坐标系

包含修改坐标系指令(G92 或 G52 至 G59)或回参考点指令(G28 至 G30)的程序段之后的程序段不允许包含倒圆或倒角的指令。

螺纹切削

在攻丝程序段中不允许写入倒圆。

3.1.5 螺旋线插补(G02, G03)

在螺旋线插补中，两个运动是叠加的并且同时执行。

- 水平圆弧运动，
- 叠加在一条垂直直线运动上。

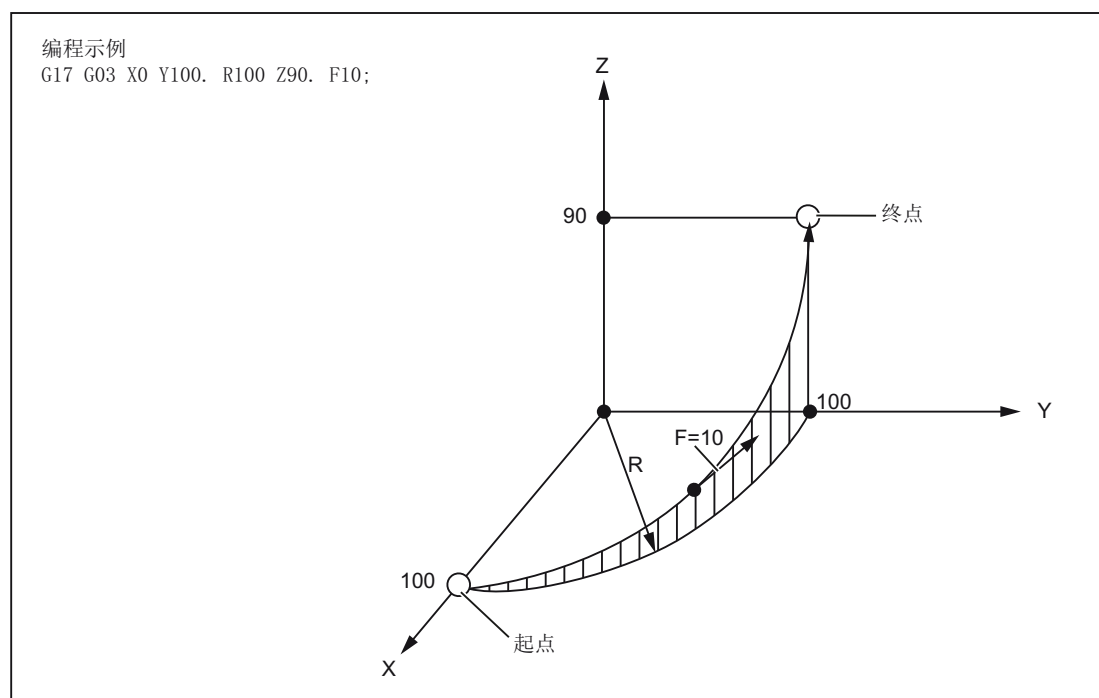


图 3-6 螺旋线插补

说明

G02 和 G03 模态有效。圆弧运动在工作平面确定的轴上进行。

3.2 使用 G 功能回参考点

3.2.1 通过中间点回参考点(G28)

格式

```
G28 X... Y... Z... ;
```

通过指令“G28 X... Y... Z... ;”可以使编写的轴回到参考点。其中，轴首先以快速移动方式运行到给定位置，然后从该位置自动运行到参考点。G28 程序段中没有写入的轴不会运行到参考点。

参考点位置

在机床开机后，如果使用的是增量式位移测量系统，则所有轴必须回到参考点标记。在此之后，才可以编程运行位移。用 G28 可以在 NC 程序中执行回参考点运行。参考点坐标由机床数据 34100 \$ _MA_REFP_SET_POS[0] 至 [3])确定。一共可以确定四个参考点位置。

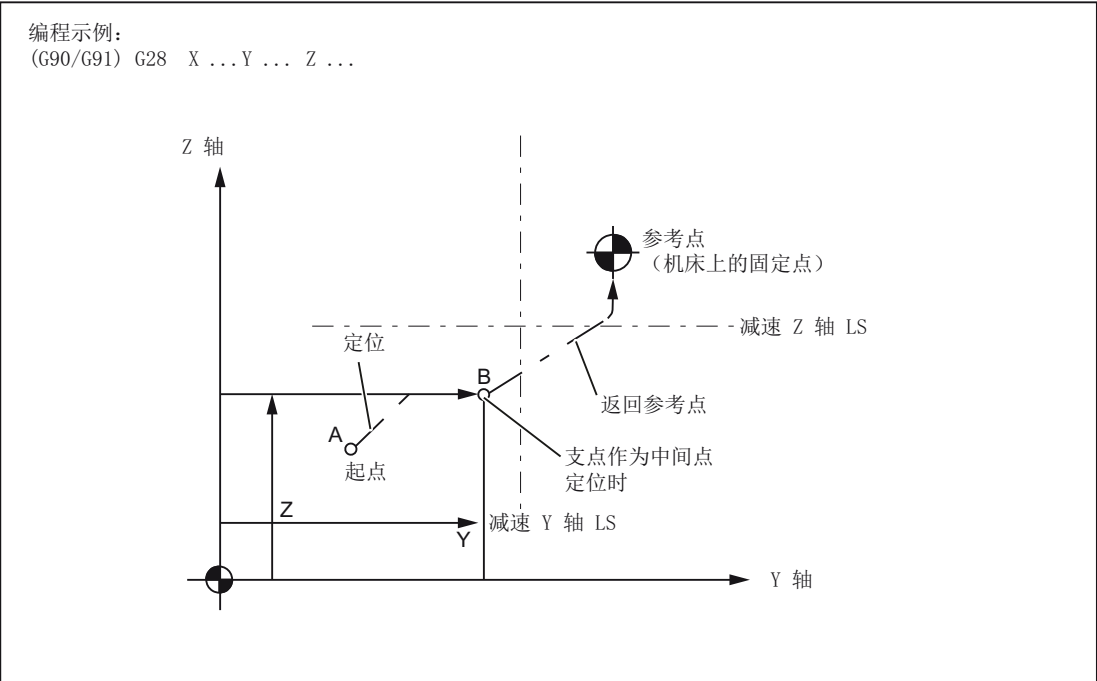


图 3-7 自动回参考点

返回参考点

说明

功能 G28 由 shell 循环 `cycle328.spf` 实现。如果需要通过 G28 使轴运行到参考标记，在回参考点运行之前不允许编写该轴的转换。通过 `cycle328.spf` 的指令 TRAFOOF 取消转换。

旋转轴的自动回参考点

旋转轴可以完全和线性轴一样执行自动回参考点。参考点的逼近方向由机床数据 34010 MD_\$MA_REFP_CAM_DIR_IS_MINUS 确定。

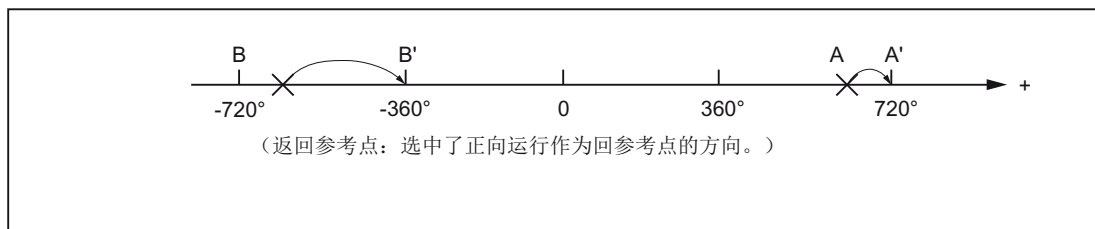


图 3-8 自动回参考点 - 旋转轴

关于自动回参考点指令的补充说明:

刀具半径补偿和确定的循环

不允许在刀具半径补偿(G41, G42)或定义的循环中使用 G28!



警告

在带轴回参考点运行的刀具半径补偿(G40)中，G28 会中断刀具半径补偿。因此在输出 G28 前应取消刀具半径补偿。

G28 时的刀具补偿

G28 时运行到带当前刀具补偿的支点。接着运行到参考点，取消刀具补偿。

3.2.2 参考位置点检查(G27)

格式

G27 X... Y... Z... ;
通过该功能可以检查轴是否在参考点上。

检查过程

如果通过 G27 成功执行检查，则继续处理下一个零件程序段。如果一个 G27 编写的轴没有位于参考点上，则输出报警 61816“轴不在参考点上”，并中断自动运行。

说明
和 G28 一样，功能 G27 由 shell 循环 cycle328.spf 实现。
在执行 G27 前应该取消选择功能“镜像”，以避免定位错误。

3.2.3 通过参考点选择回参考点(G30)

格式

G30 Pn X... Y... Z... ;
在执行指令“G30 Pn X... Y... Z;”时轴以连续路径加工定位到给定的中间点，然后运行到 P2 - P4 选中的参考点。“G30 P3 X30. Y50. ;”时 X 轴和 Y 轴返回第三参考点。如果省略了“P”，则第二参考点被选中。G30 程序段中没有写入的轴也不会运行。

参考点位置

所有参考点的位置始终以第一个参考点为基准。第一个参考点和其他所有参考点的间距显示在下列机床数据中：

表格 3-3 参考点

按键或开关	MD
2. 参考点	\$_MA_REFP_SET_POS[1]
3. 参考点	\$_MA_REFP_SET_POS[2]
4. 参考点	\$_MA_REFP_SET_POS[3]

说明
写入 G30 时需注意的细节请参见章节“通过中间点回参考点(G28)”。和 G28 一样，功能 G30 由 shell 循环 cycle328.spf 实现。

运行指令

4.1 坐标系

刀具的位置由它在坐标系中的坐标明确定义。该坐标由轴的位置定义。例如：如果三个参与运动的轴为 X、Y 和 Z 轴，则以如下方式给出坐标：

X... Y... Z...

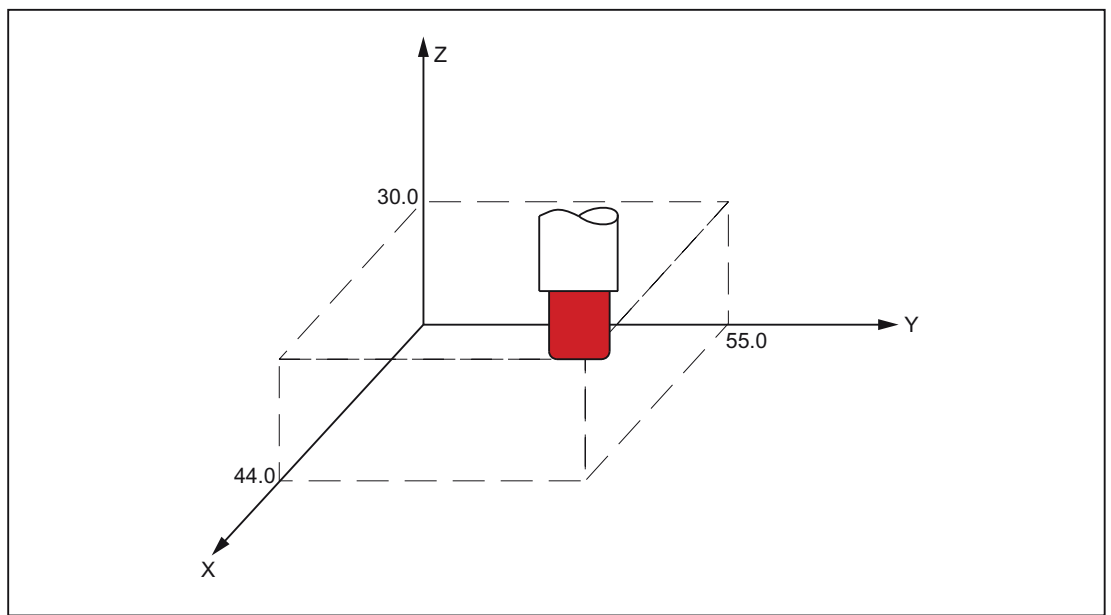


图 4-1 通过“X... Y... Z...”给出的刀具位置

可以使用以下坐标系设定坐标：

1. 机床坐标系(G53)
2. 工件坐标系(G92)
3. 局部坐标系(G52)

4.1 坐标系

4.1.1 机床坐标系(G53)

确定机床坐标系

使用机床零点可以确定机床坐标系。所有其他参考点都以机床零点为基准。

机床零点是机床上的固定点，所有（衍生）测量系统都以此点为出发点。

格式

(G90) G53 X... Y... Z... ;

X, Y, Z: 绝对值指令

选择机床坐标系(G53)

G53 以程序段方式抑制可编程和可设定的零点偏移。如果需要使刀具运行到某个机床特定位置，则始终以 G53 为基础在机床坐标系中写入轴运行。

取消补偿

如果 MD10760 \$MN_G53_TOOLCORR = 0，G53 程序段中有效的刀具长度补偿和刀具半径补偿保持生效。

如果 MD10760 \$MN_G53_TOOLCORR = 1，G53 程序段中有效的刀具长度补偿和刀具半径补偿被抑制。

4.1.2 工件坐标系(G92)

在开始加工前应为工件创建坐标系，即工件坐标系。在本段落中将为您介绍各种设置、取消和修改工件坐标系的方法。

设置工件坐标系

您可以通过以下两种方法设置工件坐标系：

1. 通过零件程序中的 G92
2. 通过 HMI 操作界面手动选择

格式

(G90) G92 X... Y... Z... ;

输出绝对值指令时，基本点运行到给定的位置。刀尖和基准点之间的差值由刀具长度补偿功能补偿；通过这种方式刀尖仍能运行到目标位置。

4.1.3 复位刀具坐标系(G92.1)

通过 **G92.1**，可以将已经偏移的坐标系复位到偏移前的状态。从而可以使工件坐标系恢复为有效可设定零点偏移(**G54-G59**)定义的坐标系。如果没有有效的可设定零点偏移，则工件坐标系被设为参考位置。**G92.1** 使由 **G92** 或 **G52** 执行的偏移复位。但只有编写该功能的轴才被复位。

示例 1:

N10 G0 X100 Y100	; 显示: WCS: X100 Y100	MCS: X100 Y100
N20 G92 X10 Y10	; 显示: WCS: X10 Y10	MCS: X100 Y100
N30 G0 X50 Y50	; 显示: WCS: X50 Y50	MCS: X140 Y140
N40 G92.1 X0 Y0	; 显示: WCS: X140 Y140	MCS: X140 Y140

示例 2:

N10 G10 L2 P1 X10 Y10		
N20 G0 X100 Y100	; 显示: WCS: X100 Y100	MCS: X100 Y100
N30 G54 X100 Y100	; 显示: WCS: X100 Y100	MCS: X110 Y110
N40 G92 X50 Y50	; 显示: WCS: X50 Y50	MCS: X110 Y110
N50 G0 X100 Y100	; 显示: WCS: X100 Y100	MCS: X160 Y160
N60 G92.1 X0 Y0	; 显示: WCS: X150 Y150	MCS: X160 Y160

4.1.4 选择工件坐标系

如上所述，用户可以从已经设置的工件坐标系中选出一个坐标系。

1. G92

只有当此前选择了一个工件坐标系时，工件坐标系中的绝对值指令才生效。

2. 通过 HMI 操作界面从给定的工件坐标系中选择一个工件坐标系

输入 **G54** 到 **G59** 范围内的 **G** 功能可以选择一个工件坐标系。

开机回参考点后工件坐标系建立。在 **MD20154[13]**中设置坐标系的闭合位置。

4.1.5 写入零点偏移/刀具补偿(G10)

可以通过两种方法修改由 G54 到 G59 或 G54 P{1 ... 93}定义的工件坐标系。

1. 通过 HMI 操作面板输入数据
2. 通过程序指令 G10 或 G92（设置实际值）

格式

通过 G10 修改：

G10 L2 Pp X... Y... Z... ;

p=0: 外部工件零点偏移

p=1 到 6: 工件零点偏移值和工件坐标系 G54 到 G59 对应（1 = G54 到 6 = G59）

X, Y, Z: 绝对值指令中每个轴的工件零点偏移（G90）该值必须在增量指令（G91）中和每个轴预定义的工件零点偏移相加。

G10 L20 Pp X... Y... Z... ;

p=1 到 93: 工件零点偏移值和工件坐标系 G54 P1 ... P93 对应。可以通过 MD18601 \$MN_MM_NUM_GLOBAL_USER_FRAMES 或 MD28080 \$MC_MM_NUM_USER_FRAMES 设定零点偏移的数量（1 到 93）。

X, Y, Z: 绝对值指令中每个轴的工件零点偏移（G90）该值必须在增量指令（G91）中和每个轴预定义的工件零点偏移相加。

通过 G92 修改：

G92 X... Y... Z... ;

说明

通过 G10 修改：

通过 G10 可以单独修改每个工件坐标系。如果首次通过 G10 写入零点偏移，在机床上执行 G10 程序段（主运行程序段）时，必须置位 MD20734

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 13。然后通过 G10 执行内部 STOPRE。通过该机床数据位可以控制 ISO 编程指令 T 和 ISO 编程指令 M 的所有 G10 指令。

通过 G92 修改：

通过给定 G92 X... Y... Z... 可以移动之前由 G 指令（G54 至 G59 或 G54 P{1 ...93}）选择的工件坐标系，并可设置一个新的工件坐标系。如果以增量值写入 X、Y 和 Z，则必须定义恰当的坐标系；其中，当前刀具位置和给定增量值之和应该等于前一刀具位置的坐标值（坐标系偏移）。接着坐标系的偏移值和每个工件零点偏移值相加。也就是说：整个工件坐标系按照相同的值移动。

示例

刀具以 G54 定位到(190, 150)，每次 G92X90Y90 时工件坐标系 1 (X' - Y')产生偏移矢量 A。

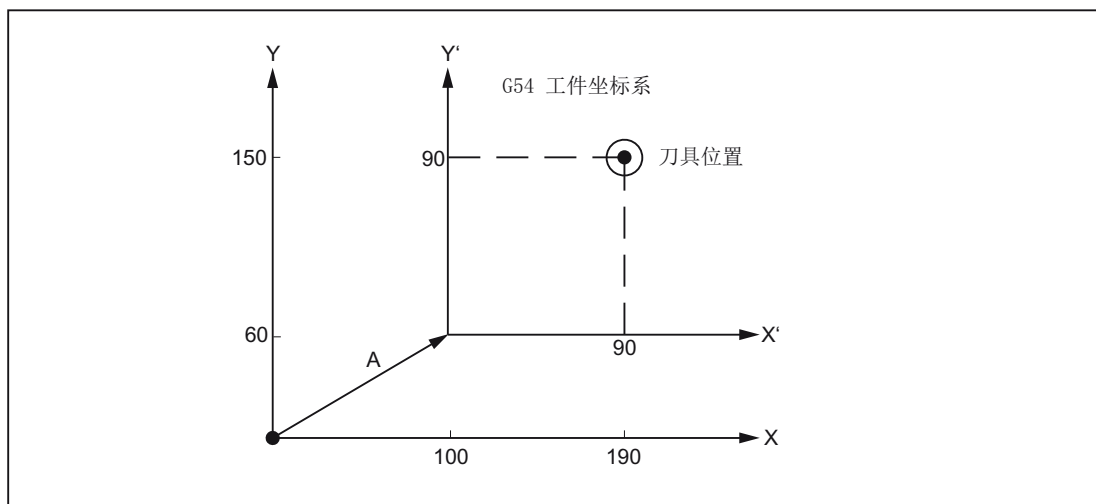


图 4-2 示例：设置坐标

4.1.6 局部坐标系(G52)

为简化在工件坐标系中的程序创建，可以建立一个工件子坐标系。子坐标系也称为局部坐标系。

格式

G52 X... Y... Z... ; 设定局部坐标系

G52 X0 Y0 Z0 ; 取消选择局部坐标系

X, Y, Z: 局部坐标系原点

说明

使用 G52 可以给定所有轨迹轴和定位轴在各个定义方向的零点偏移。通过该功能可以使用不断变换的零点进行加工，如：可用于不同工件位置上的重复加工过程。

G52 X... Y... Z... 是给定轴方向上写入的零点偏移值。最后给出的可设定零点偏移(G54 至 G59, G54 P1 - P93)作为基准生效。

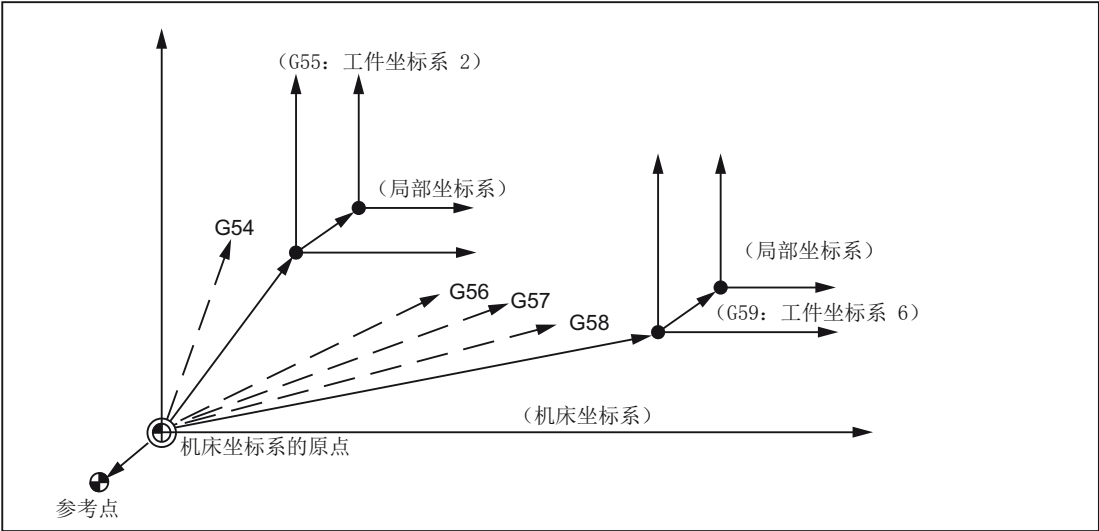


图 4-3 设定局部坐标系

4.1.7 选择平面(G17, G18, G19)

通过给定下列 G 功能可以选择平面，在该平面内可进行圆弧插补、工具半径补偿和坐标系旋转。

表格 4-1 用于选择平面的 G 功能

G 功能	功能	G 功能组
G17	X-Y 平面	02
G18	Z-X 平面	02
G19	Y-Z 平面	02

平面如下定义（可借助平面 X-Y 的示例）：

第一象限的水平轴为 +X；垂直轴为 Y+。

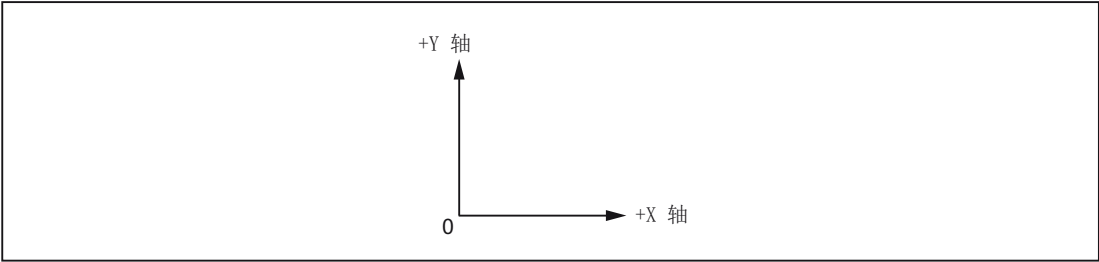


图 4-4 选择平面

- 接通数控系统后预先选择平面 X-Y(G17)。
- 各轴运行指令的给定不受由 G17、G18 或 G19 选择的平面的影响。因此，例如可以通过给定“G17 Z ...”运行 Z 轴。
- 通过给定 G17、G18 或 G19 可以定义执行刀具半径补偿 G41 或 G42 的平面。

4.1.8 平行轴(G17, G18, G19)

通过功能 G17(G18, G19)<轴名称>可以激活和坐标系中某个主要轴（三个轴中的一个）平行的轴。

三个主要轴为 X、Y 和 Z。

示例

G17 U0 Y0

替代平面 G17 中的 X 轴，可以激活平行轴 U。

说明

- 可以通过机床数据 \$MC_EXTERN_PARALLEL_GEOAX[] 为每个几何轴定义相应的平行轴。
- 只能替代由 G17、G18、G19 定义的某个平面中的几何轴。
- 替换几何轴时，通常会删除所有偏移（框架），除了手轮偏移、外部偏移、工作区域限制和保护区。应设置以下机床数据，避免上述值被删除：

偏移（框架）

\$MN_FRAME_GEOAX_CHANGE_MODE

- 详细信息请参见机床数据说明。
- 如果使用一个选择平面的指令写入一个主要轴和相应的平行轴，则输出报警 12726“平行轴选择平面错误”。

4.1.9 坐标系旋转(G68, G69)

G68 和 G69 的属性

可以采用以下 G 功能旋转坐标系。

表格 4-2 用于旋转坐标系的 G 功能

G 功能	功能	G 功能组
G68	坐标系旋转	16
G69	取消旋转坐标系	16

G68 和 G69 是 G 功能组 16 中模态生效的 G 功能。启动数控系统并进行 NC 复位后，G69 自动置位。

在 G68 和 G69 程序段中不允许包含其它 G 功能。

G68 用于调用坐标系的旋转，而 G69 用于取消坐标系的旋转。

格式

G68 X_ Y_ R_ ;

X_, Y_ :

旋转中心的绝对坐标值。 如果省略该值，则采用实际位置作为旋转中心。

R_ :

旋转角是由 G90/G91 决定的绝对值或增量值。 如果没有给定 R，则采用设定数据 42150 \$SC_DEFAULT_ROT_FACTOR_R 中的通道专用设定，将它用作旋转角。

- 给定“G17(或 G18, G19)G68 X... Y... R... ;”后，后续程序段中给定的指令围绕点(X, Y) 旋转 R 定义的角度。 可以给定单位为 0.001 度的旋转角。

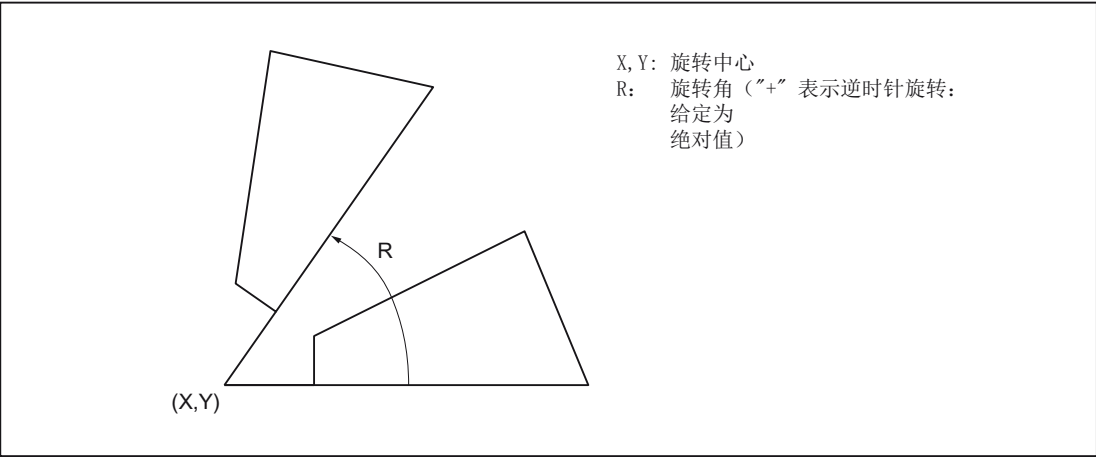


图 4-5 旋转坐标系

- 通过 G69 取消坐标系的旋转。
- 在由 G68 选择的平面中执行 G68。第 4 轴和第 5 轴必须为线性轴。

G17: X-Y 平面

G18: Z-X 平面

G19: Y-Z 平面

关于坐标系旋转指令的补充说明

- 如果省略了“X”和“Y”，则采用当前位置作为坐标系旋转的中心。
- 在已发生旋转的坐标系中预设适用于坐标系旋转的位置。
- 如果在编程了旋转之后编程了平面更换（G17 至 G19），则写入的相应轴的旋转角保持生效，并且也适用于新的加工平面。因此建议在平面更换之前取消旋转。

4.1.10 3D 旋转 G68/G69

G 代码 G68 可扩展用于 3D 旋转。

G68 必须在单独程序段中编程且在 G68 和 G69 程序段中不允许包含其它 G 功能。

格式

G68 X... Y.. Z.. I.. J.. K.. R..

X.. Y.. Z..: 旋转点的坐标，参考当前工件零点。如果没有写入任何坐标，则旋转点为工件零点。该值始终被视为绝对值。旋转点的坐标功能如同零点偏移。程序段中的 G90/G91 不会影响 G68 指令。

I.. J.. K..: 旋转点的矢量。坐标系围绕该矢量旋转角度 R。

R..: 旋转角。旋转角始终为绝对值。

只有通过矢量 I、J、K 的编程才可以区分 2D 旋转或 3D 旋转。如果程序段中没有矢量，则选择 G68 2DRot。如果程序段中有矢量，则选择 G68 3DRot。2D 和 3D 旋转时，如果没有写入任何角度，则设定数据 42150 \$SC_DEFAULT_ROT_FACTOR_R 中的角度生效。

如果写入了长度为 0(I0, Y0, K0)的一个矢量，则输出报警 12560“写入的值超出允许极限”。

通过 G68 可以依次激活两次旋转。如果在包含 G68 的程序段中 G68 还未生效，则旋转被写入第二 ISO 系统框架。如果 G68 已经生效，则旋转被写入第三 ISO 系统框架。因此，两个旋转可依次生效。

通过 G69 可结束 3D 旋转。如果两个旋转都生效，G69 会同时取消这两个旋转。G69 无须位于单独的程序段中。

4.2 确定坐标值的输入方式

4.2.1 绝对/增量尺寸(G90, G91)

通过该 G 指令可以给定轴地址后生效的尺寸单位：绝对或相对（增量）。

G90、G91 的属性

表格 4-3 用于确定绝对/增量尺寸的 G 指令

G 指令	功能	G 功能组
G90	绝对尺寸标注	03
G91	增量尺寸标注	03

- G90 和 G91 是 G 功能组 03 中模态生效的 G 功能。如果在同一个程序段中写入了 G90 和 G91，则程序段中较靠后的 G 功能生效。
- G90 或 G91 的启用设置由机床数据 MD20154 \$MC_EXTERN_GCODE_RESET_VALUES[2] 定义。

格式

- 所有 G90 后写入的轴位置值（如 X、Y、Z）都视为绝对轴位置。
- 所有 G91 后写入的轴位置值（如 X、Y、Z）都视为增量轴位置。

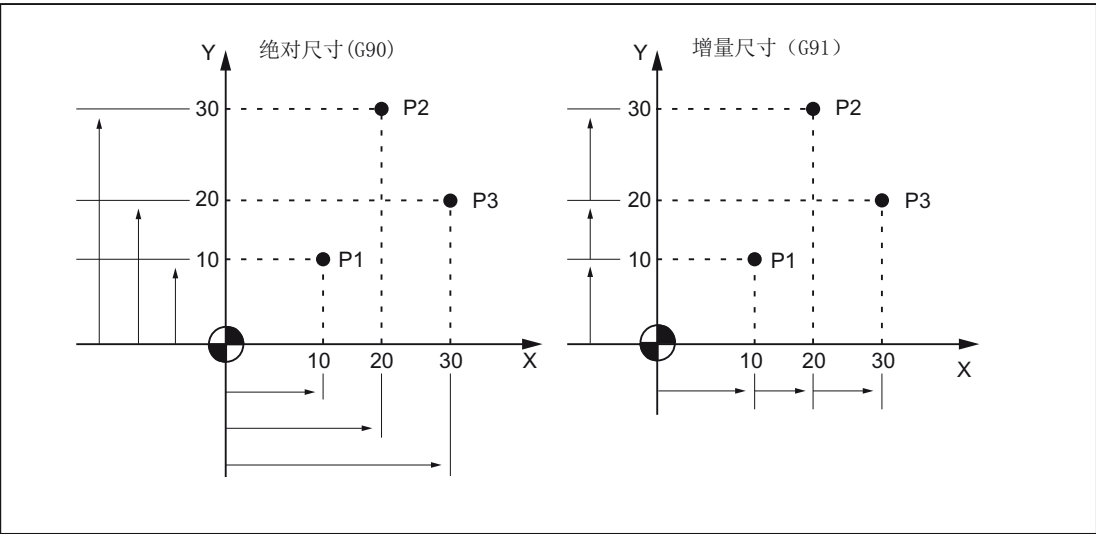


图 4-6 绝对/增量尺寸(G90, G91)

4.2.2 英制/公制尺寸输入(G20, G21)

取决于生产图纸的尺寸标注方式，编程时可以为和工件相关的轴选择公制或英制尺寸。通过以下 G 功能可以选择输入单位。

表格 4-4 用于选择测量单位的 G 功能

G 指令	功能	G 功能组
G20	“英寸”输入	06
G21	“毫米”输入	06

格式

必须始终在程序段开头处写入 G20 和 G21，并且该程序段中不允许出现其它指令。执行选择尺寸单位的 G 功能时，以下值会转换为所选的尺寸单位：指令之后的所有程序、补偿值、定义的参数或定义的手动操作值和显示值。

<pre> G291; G20; . . . </pre>	<p>确定“英制”输入格式</p>
-------------------------------	-------------------

图 4-7 编程示例

关于确定尺寸单位指令的补充说明

- 启用设置由机床数据 MD20154 \$MC_EXTERN_GCODE_RESET_VALUES[5] 确定。
- 切换尺寸单位时会换算所有零点偏移值。
- 如果在执行程序时切换尺寸单位，必须在切换前执行以下操作：
 - 从工件坐标系（G54 至 G59）返回到基本坐标系。
 - 取消激活所有刀具补偿（G41 至 G44 和 G49）。
- 在切换 G20 和 G21 尺寸单位后应注意：
 - 在给定轴的运行指令前执行 G92（建立坐标系）。
- G20 和 G21 不用于切换手轮权重和增量权重。该切换由 PLC 程序执行。相应的机床数据为 \$MA_JOG_INCR_WEIGHT。

4.2.3 缩放（G50，G51）

G50、G51 的属性

可以根据所需比例放大或缩小由零件程序定义的形状。使用下列功能选择或取消所需缩放。

表格 4- 5 用于选择缩放的 G 功能

G 指令	功能	G 功能组
G50	缩放关闭	11
G51	缩放开启	11

通过 G51 选择缩放和镜像。提供两种缩放方法：

- 借助参数 I、J、K 的轴向缩放
如果在 G51 程序段中没有写入 I、J、K，设定数据 43120 \$A_DEFAULT_SCALE_FACTOR_AXIS 中的相应缺省值生效。
此外，负的轴向缩放系数还会启用镜像。
- 借助缩放系数 P 缩放所有轴
如果在 G51 程序段中没有写入 P，设定数据中的缺省值会生效。
不允许写入负的 P 值。

格式

存在两种不同的缩放方式。

通过同一个缩放系数缩放所有轴

```
GG51 X... Y... Z... P... ; 启用缩放
G50; 取消缩放
X, Y, Z: 缩放的坐标中心点（绝对值指令）
P: 缩放系数
```

通过不同的缩放系数缩放每个轴

G51 X... Y... Z... I... J... K... ; 启用缩放

G50; 取消缩放

X, Y, Z: 缩放的基准点（绝对值指令）

I, J, K: X、Y、Z 轴的缩放系数

缩放系数的类型由 MD22914 \$MC_AXES_SCALE_ENABLE 决定。

\$MC_AXES_SCALE_ENABLE = 0:

缩放系数由“P”给定。如果在该设置下写入了“I、J、K”，会采用设定数据 42140

\$SC_DEFAULT_SCALE_FACTOR_P 作为缩放系数。

\$MC_AXES_SCALE_ENABLE = 1:

缩放系数由“I、J、K”给定。如果在该 MD 设置下只写入了“P”，会采用设定数据 43120

\$SA_DEFAULT_SCALE_FACTOR_AXIS 作为缩放系数。

缩放系数的权重

缩放系数和 0.001 或 0.00001 相乘。通过“MD22910

\$MC_WEIGHTING_FACTOR_FOR_SCALE=0，比例系数 0.001；

\$MC_WEIGHTING_FACTOR_FOR_SCALE=1，比例系数 0.00001”可以选择系数。

缩放的基准点始终是工件零点。不允许写入基准点。

可编程镜像（负向缩放）

给定负的轴向缩放系数值可以生成镜像图。

为此必须激活 MD22914 \$MC_AXES_SCALE_ENABLE = 1。如果在 G51 程序段中省略了 I、J 或 K，会激活设定数据 43120 \$SA_DEFAULT_SCALE_FACTOR_AXIS 中的缺省值。

示例

_N_0512_MPF	; (零件程序)
N10 G17 G90 G00 X0 Y0	; 返回运行的起点
N30 G90 G01 G94 F6000	
N32 M98 P0513	; 1) 编写轮廓，同子程序
N34 G51 X0. Y0. I-1000 J1000	; 2) 以 X 轴为对称、映射出的轮廓
N36 M98 P0513	
N38 G51 X0. Y0. I-1000 J-1000	; 3) 以 X 和 Y 轴为对称、映射出的轮廓
N40 M98 P0513	
N42 G51 X0. Y0. I1000 J-1000	; 4) 以 Y 轴为对称、映射出的轮廓

4.2 确定坐标值的输入方式

```
N44 M98 P0513
N46 G50 ; 取消缩放和镜像
N50 G00 X0 Y0
N60 M30

_N_0513_MPF ; (00512 的子程序)
N10 G90 X10. Y10.
N20 X50
N30 Y50
N40 X10. Y10.
N50 M99
```

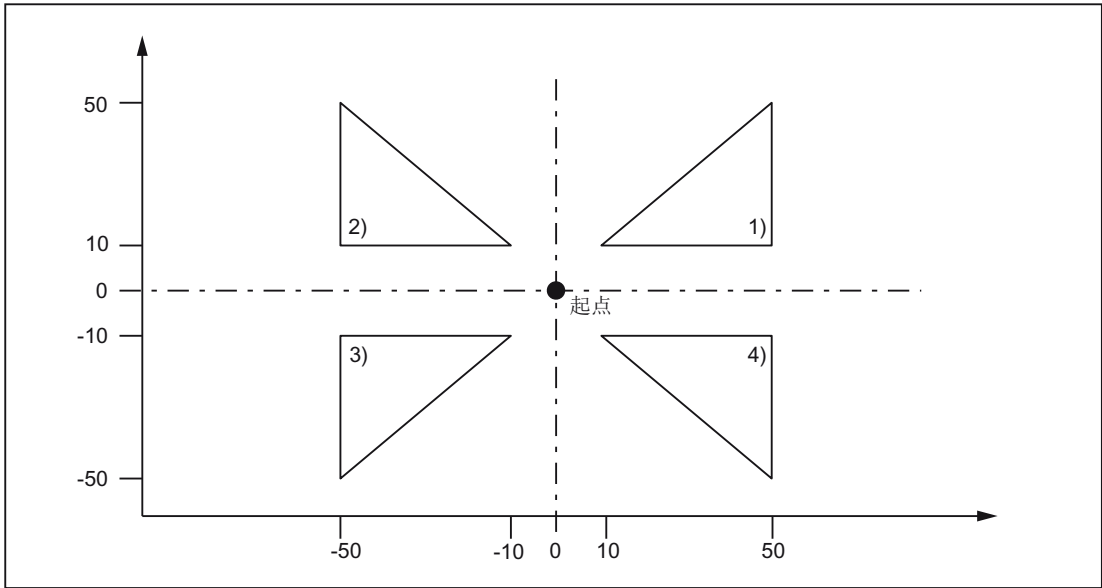


图 4-8 适用于每个轴的缩放和可编程镜像

刀具补偿

该缩放不适用于铣刀半径补偿、刀具长度补偿和刀具补偿值。

回参考点和修改坐标系的指令

在缩放生效时不允许使用功能 G27、G28 和 G30 以及影响坐标系的指令 (G52 至 G59,G92)。

4.2.4 可编程镜像(G50.1,G51.1)

通过 G51.1 可以以坐标轴为对称轴映射工件形状。随后执行所有写入、经过映射的的运行。

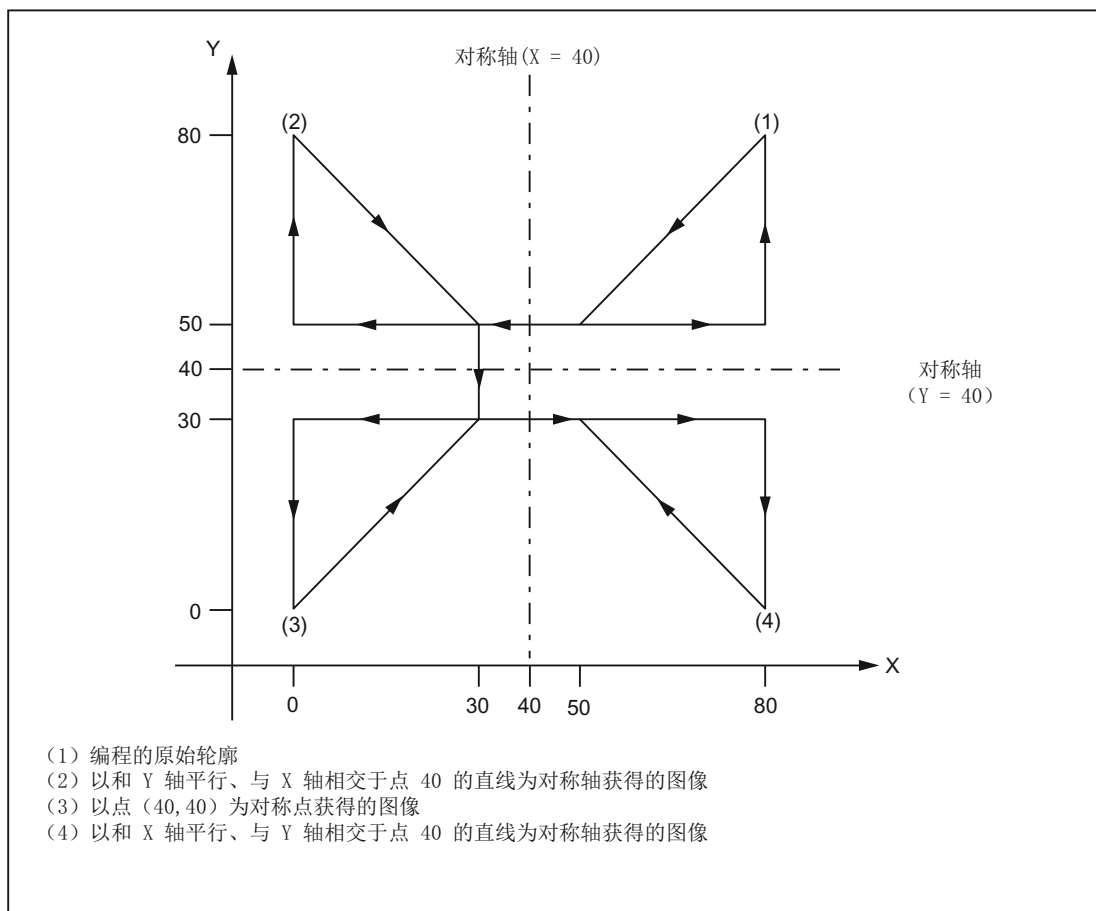


图 4-9 可编程镜像

4.2 确定坐标值的输入方式

格式

X, Y, Z: 定位和镜像轴

G51.1: 启用镜像的指令

镜像以平行于 X、Y、Z 并且写入了 X、Y、Z 位置的轴为对称。写入 G51.1 X0 时镜像以 X 轴为对称轴；写入 G51.1 X10 时镜像以平行于 X 轴、相距 10 毫米的轴为对称轴。

示例

```
N1000 G51.1 X... Y... Z...      ; 激活镜像
...                               ; 下列程序段中写入的所有轴位置以 N1000 写入的镜像轴为对称轴进行
...                               ;
...                               ;
...                               ;
G50.1 X... Y... Z...           ; 取消可编程镜像
N32 M98 P0513                  ; 1) 编写轮廓，同子程序
```

给定平面内单个轴的镜像

如果以给定平面内的单个轴为对称轴执行镜像，则下列指令发生改变：

表格 4- 6 给定平面内的单个轴

指令	说明
圆弧插补	G02 和 G03 相互混淆
铣刀半径补偿	G41 和 G42 相互混淆
坐标旋转	旋转方向“顺时针”(CW)和“逆时针”(CCW)相互混淆。

回参考点和修改坐标系的指令

在镜像生效时不允许使用功能 G27、G28 和 G30 以及影响坐标系的指令 (G52 至 G59、G92 等)。

4.3 控制时间的指令

通过 G04 可以在两个 NC 程序段间写入工件加工的中断时间或主轴转数，从而可以进行自由切削。

通过 MD20734 \$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK，位 2 可以设定暂停以时间（秒或毫秒）为单位还是以主轴转数为单位。如果设置了 \$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 2=1，G94 生效时暂停时间以秒为单位；如果选择了 G95，暂停以主轴转数[转]为单位。

格式

G04 X_; 或 G04 P_;

X_: 时间值（允许小数位）

P_: 时间值（不允许小数位）

- 必须在一个单独的程序段中写入暂停(G04 ..)。

如果以标准记数法（没有小数点）写入 X 和 U 的值，该值会根据 IS B、IS C（输入精度，参见章节“小数点编程”）换算为内部单位。P 始终被换算为内部单位。

N5 G95 G04 X1000

标准记数法： $1000 * 0.001 = 1$ 主轴转数

计算器记数法：1000 主轴转数

4.4 刀具补偿功能

4.4.1 刀具补偿数据存储器

由于数控系统上运行的程序必须在西门子模式和 ISO 编程指令模式间来回切换，因此在执行时必须使用西门子刀具数据存储器。每个刀具补偿数据存储器应包含长度、几何数据和磨损。在西门子模式中，补偿数据存储器通过“T”（刀具号）和“D”（刀沿号）编址，简称 T/D 号。

在以 ISO 编程指令写入的程序中，刀具补偿号通过“D”（半径）或“H”（长度）编址，下文称为 D/H 号。

为了明确分配 D/H 号或 T/D 号，应在刀具数据补偿存储器中插入单元 \$TC_DPH[t,d]。在该单元中以 ISO 编程指令输入 D/H 号。

表格 4- 7 示例： 设定的刀具补偿数据

T	D（刀沿）	ISO_H \$TC_DPH	半径	长度
1	1	10		
1	2	11		
1	3	12		
2	1	13		
2	2	14		
2	3	15		

设定数据 \$SSC_TOOL_LENGTH_CONST 中必须包含数值 17，才可以独立于选择的加工平面将刀具长度补偿分配给几何轴。此时，长度 1 分配给 Z 轴。

4.4.2 刀具长度补偿(G43, G44, G49)

在执行刀具长度补偿时，刀具补偿数据存储器中保存的数值和程序中给定的 Z 轴值相加或相减，从而可以根据切削刀具的长度补偿写入的轨迹。

指令

在执行刀具长度补偿时，由使用的 G 功能确定刀具补偿数据的加减；由 H 功能确定补偿的方向。

用于刀具长度补偿的 G 功能

刀具长度补偿通过以下 G 功能调用。

表格 4-8 用于刀具长度补偿的 G 功能

G 功能	功能	G 功能组
G43	加法	08
G44	减法	08
G49	取消选择	08

- G43 和 G44 是模态生效的指令，直至被 G49 取消。G49 可取消刀具长度补偿。H00 同样可用于取消刀具长度补偿。
- 通过给定“G43 (或 G44) Z... H... ;”，H 功能定义的刀具补偿值和给定的 Z 轴位置值相加或相减，Z 轴随后运行到经过补偿的目标位置，即：程序中给定的 Z 轴目标位置发生偏移，偏移量为刀具补偿值。
- 通过给定“(G01) Z... ; G43 (或 G44) H... ;”，Z 轴的位移量等于 H 功能给定的刀具补偿值。
- 通过给定“G43 (或 G44) Z... H... H... ;”，Z 轴的位移量等于前一刀具补偿值和新的刀具补偿值之间的差值。

用于给定刀具补偿方向的 H 功能

刀具补偿方向由 H 功能激活的刀具长度补偿正负号和写入的 G 功能确定。

表格 4-9 刀具补偿值前的正负号和刀具补偿方向

	刀具补偿值的正负号 (H 功能)	
	正向：	负向：
G43	正向刀具补偿	负小向刀具补偿
G44	负小向刀具补偿	正向刀具补偿

4.4 刀具补偿功能

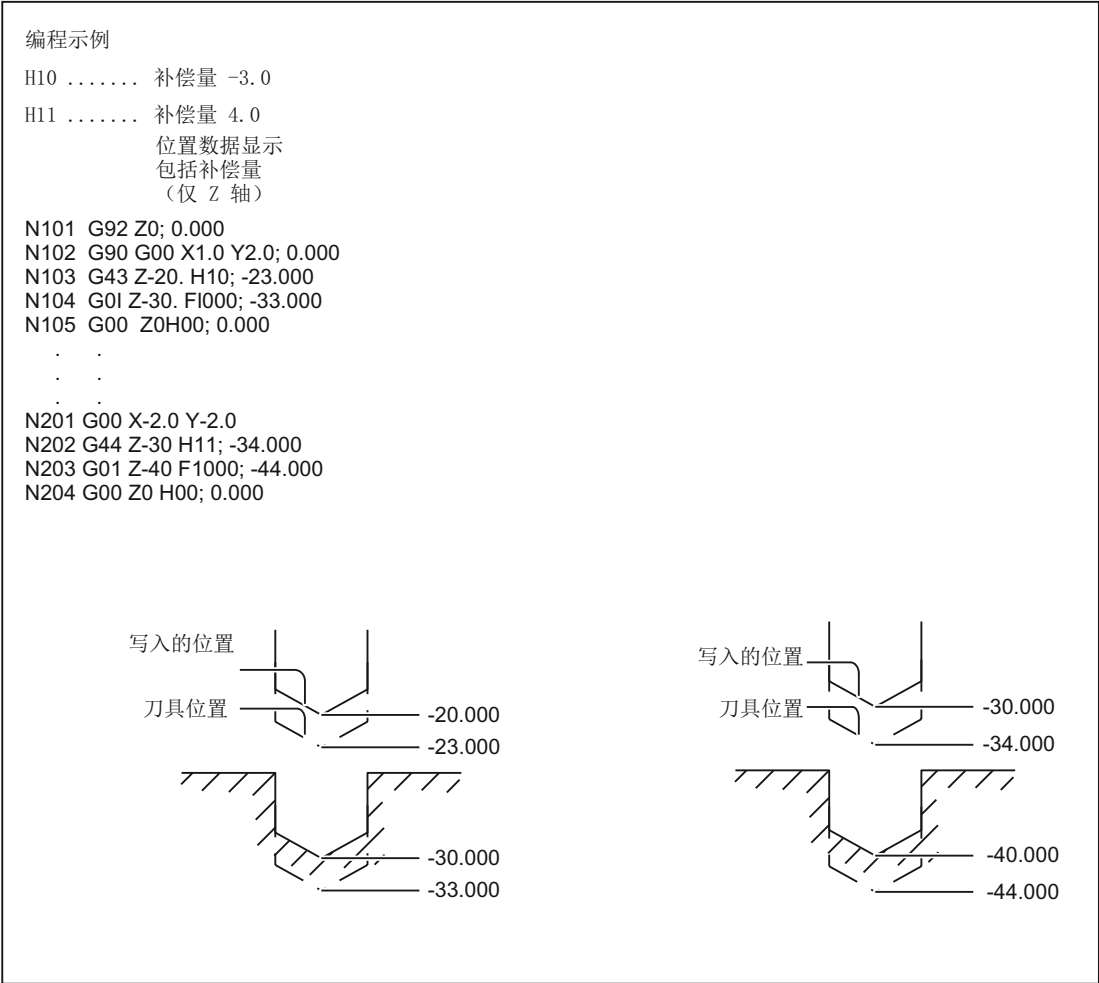


图 4-10 刀具位置补偿

设置

- 通过机床数据 **\$MC_TOOL_CORR_MOVE_MODE** 可以确定运行刀具长度补偿的时间：在选择了刀具补偿时还是直到编写轴运动时。
\$MC_CUTTING_EDGE_DEFAULT = 0 确定在换刀一开始时没有刀具长度补偿生效。
通过 **\$MC_AUXFU_T_SYNC_TYPE** 可以确定是在运行期间还是在运行结束后将 **T** 功能传送给 PLC。
通过 **\$MC_RESET_MODE_MASK**，位 **6** 可以确定当前生效的刀具长度补偿在复位后仍保持生效。
- 对于带刀具长度补偿的操作,还可调用铣刀半径补偿。

多轴上的刀具长度补偿

也可以激活多轴的刀具长度补偿。但不能再显示得出的刀具长度补偿。

4.4.3 铣刀半径补偿(G40, G41, G42)

在铣刀半径补偿中写入的刀具轨迹自动发生偏移，偏移量为所用切削刀具的半径。借助 NC 操作界面可以将待补偿的位移（切削刀具半径）保存在刀具补偿数据存储器中。也可借助零件程序的 G10 指令覆写刀具补偿；但 G10 不能用于创建新的刀具。

通过 D 功能定义刀具补偿数据存储器的编号，从而可调用程序中的刀具补偿数据。

指令

通过以下 G 功能可以调用铣刀半径补偿。

表格 4- 10 用于调用铣刀半径补偿的 G 功能

G 功能	功能	G 功能组
G40	取消刀具半径补偿	07
G41	刀具半径补偿（刀具在轮廓的左侧沿加工方向加工）	07
G42	刀具半径补偿（刀具在轮廓的右侧沿加工方向加工）	07

刀具半径补偿由 G41 或 G42 调用并由 G40 取消。补偿方向由定义的 G 功能 (G41, G42) 确定，而补偿量由 D 功能确定。

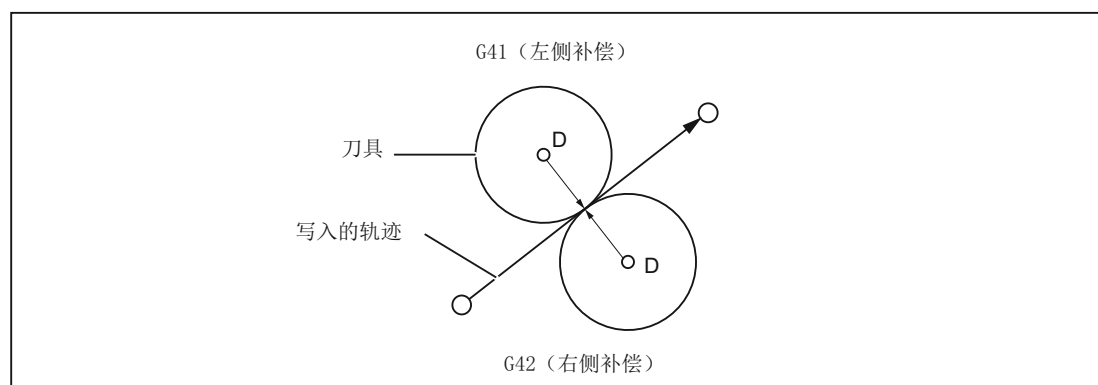


图 4-11 铣刀半径补偿

- 刀具半径补偿值为负时表示切换补偿面(G41, G42)。必须在 G41 或 G42 程序段中或它前面的一个程序段中写入 D 功能。D00 表示刀具半径 = “0”。
- 通过 G17、G18 或 G19 选择刀具半径生效的平面。必须在 G41 或 G42 程序段中或 G41/G42 前面的一个程序段中写入用于选择平面的 G 功能。

4.4 刀具补偿功能

表格 4- 11 用于选择平面的 G 功能

G 功能	功能	G 功能组
G17	选择 X-Y 平面	02
G18	选择 Z-X 平面	02
G19	选择 Y-Z 平面	02

- 选中刀具补偿后不应再修改所选平面，否则输出故障信息。

启用/取消刀具半径补偿

在 G40、G41 或者 G42 程序段中必须写入一个 G0 或者 G1 运行指令。在此运行指令中必须至少给定所选平面中的一个轴运行。

说明

补偿方式

补偿运行仅允许由 M 指令中断；或由补偿平面不包含运行指令或位移量的若干连续程序段中断。标准 3。

说明

机床制造商

通过机床数据 20250 CUTCOM_MAXNUM_DUMMY_BLOCKS 可以设定这些连续程序段的数量或 M 指令（参见机床制造商资料）。

说明

轨迹位移为零的程序段同样视为中断!

在铣刀半径补偿运行中切换 G41 和 G42

无需退出补偿运行就可以直接切换补偿方向（左侧或右侧）。

在下一个带轴运行指令的程序段中，新的补偿方向生效。

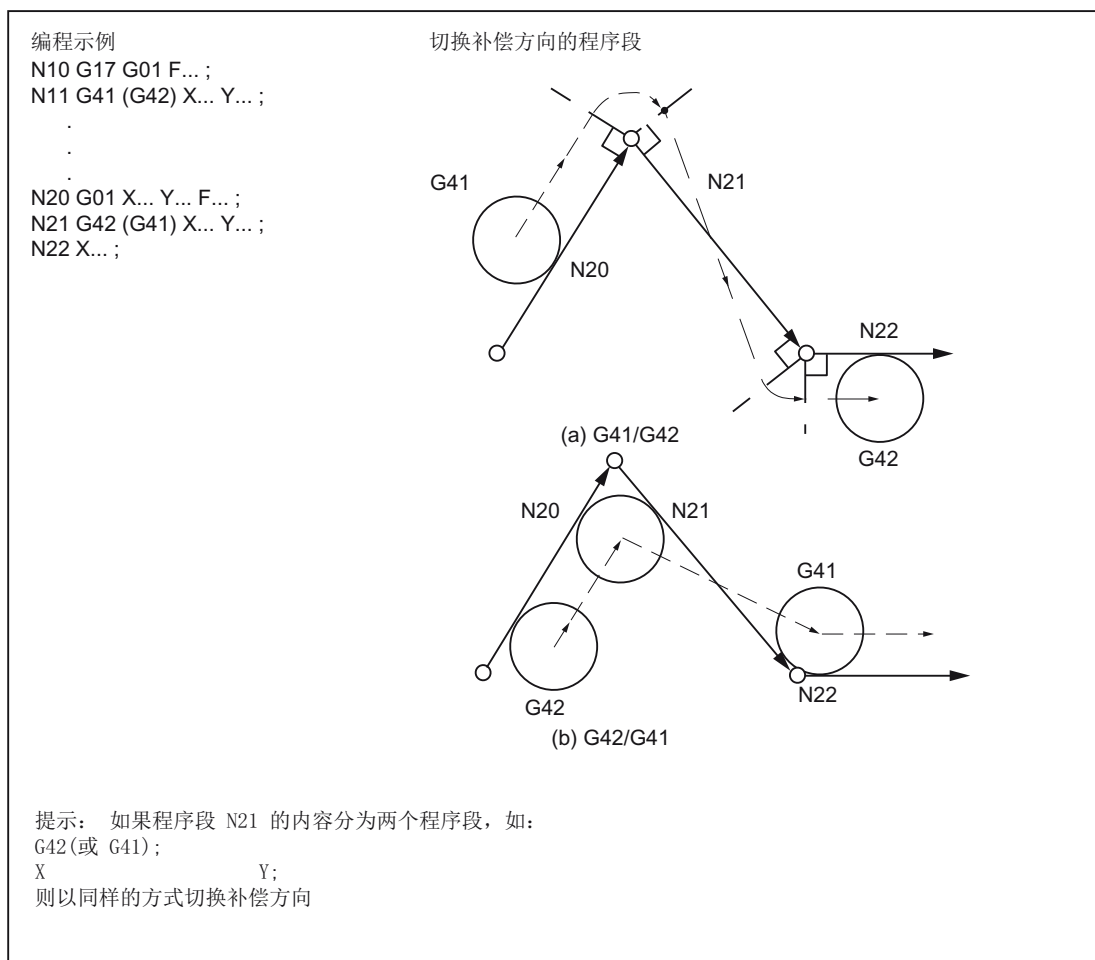


图 4-12 切换程序段段首和段尾的刀具补偿方向

取消刀具补偿

存在两种取消刀具补偿的方法，通过设定数据 **42494**
\$SC_CUTCOM_ACT_DEACT_CTRL 可以对此进行设置。

1. 方法 A:

如果在一个不包含轴运行指令的程序段中写入 **G40**，只有从下一个包含轴运行的程序段开始刀具半径补偿才失效。

2. 方法 B:

如果在一个不包含轴运行指令的程序段中写入 **G40**，刀具半径补偿立即失效。也就是说，必须激活程序段中的线性插补 (**G00** 或 **G01**)，因为只有线性运行才可以使刀具半径补偿失效。如果在取消刀具半径补偿时没有线性插补生效，则输出相应报警。

4.4 刀具补偿功能

取消内角上的补偿方式（内角小于 180°）：

直线 - 直线

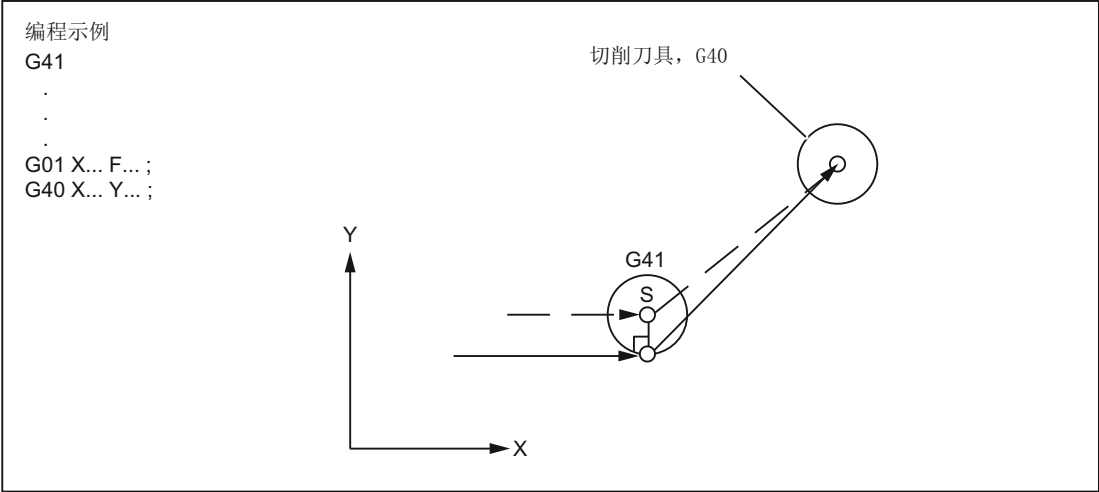


图 4-13 取消内角上的补偿方式（直线 - 直线）：

圆弧 - 直线

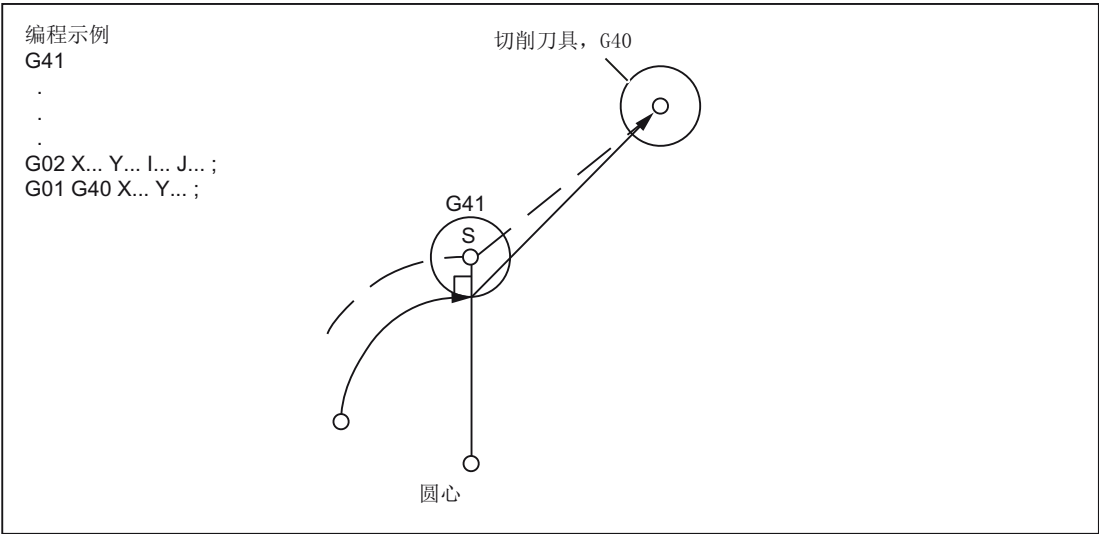


图 4-14 取消内角上的补偿方式（圆弧 - 直线）：

4.4.4 防撞监控

通过 NC 程序激活监控

虽然只在西门子模式中提供功能“防撞监控”，但在 ISO 编程指令模式中也可以使用该功能。但必须在西门子模式中激活或取消该功能。

G290	； 激活西门子模式
CDON	； 激活狭窄位置的识别
G291	； 激活 ISO 编程指令模式
...	
...	
G290	； 激活西门子模式
CDOF	； 取消狭窄位置的识别
G291	； 激活 ISO 编程指令模式

通过设置机床数据激活该功能

MD20150 \$MC_GCODE_RESET_VALUES[22] = 2: CDON（模态生效）
MD20150 \$MC_GCODE_RESET_VALUES[22] = 1: CDON（不是模态生效）

功能

CDON（碰撞检测开）激活并且刀具半径补偿生效时，数控系统通过轮廓预计算监控刀具行程。由此可以及时地识别出潜在的轮廓碰撞，并通过数控系统避免碰撞。

如果瓶颈识别（CDOF）关闭，系统将从前面的运行程序段（内角）中寻找一个用于当前程序段的共同交点，必要时也会在后面的程序段中寻找。如果用这种方法找不着交点，则输出一条故障信息。

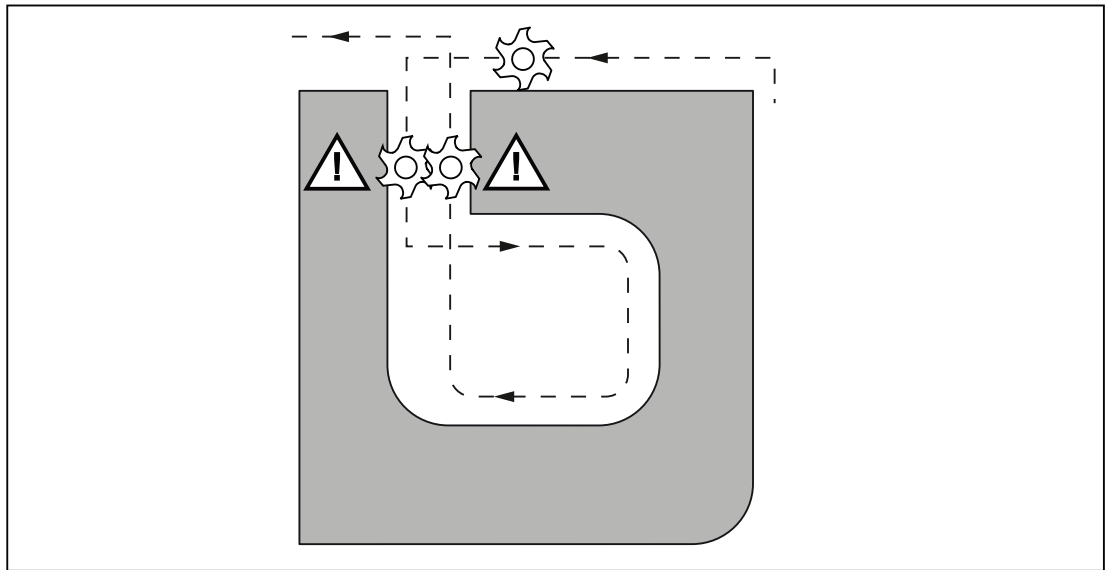


图 4-15 防撞监控

使用 CDOF 可以避免识别狭窄位置时发生错误，比如由于 NC 程序中不提供某些信息而导致识别错误。

说明

机床制造商

所监控的 NC 程序段的数量可以通过机床数据设定（参见机床制造商资料）。

举例

下面为您列举了几个危险加工的示例，数控系统识别出此类加工情况并通过修改刀具轨迹改善加工。

为避免程序中断，请在测试程序时始终选择所有刀具中半径最大的刀具。

下面的每个示例中都选用半径最大的刀具加工轮廓。

识别狭窄位置

由于加工这一内角的刀具半径太大，刀具绕过该狭窄位置。并输出一条报警信息。

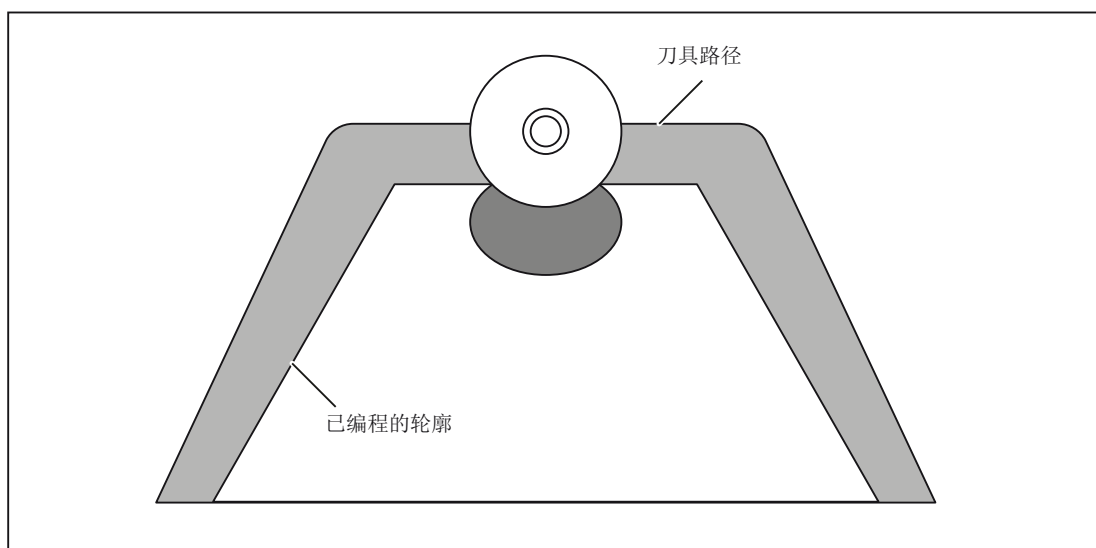


图 4-16 识别狭窄位置

轮廓段比刀具半径短

刀具在一个过渡圆弧上绕行刀具角一圈，然后继续沿着写入的轮廓运行。

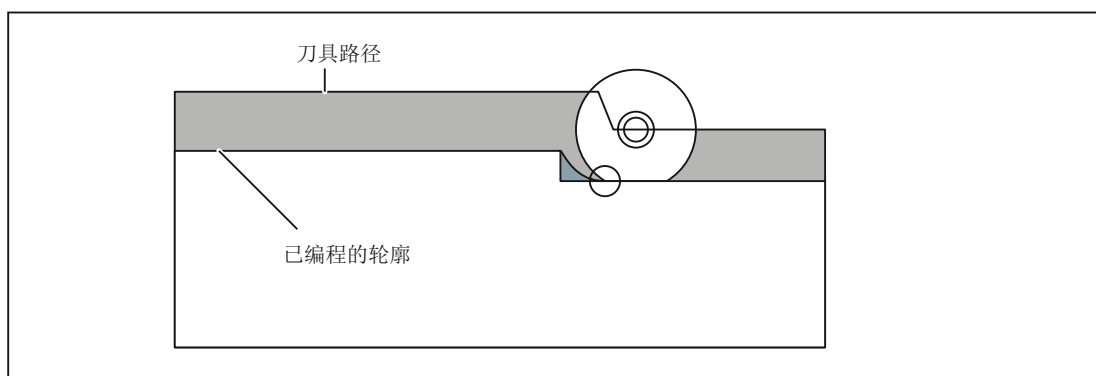


图 4-17 轮廓段比刀具半径短

内角加工时刀具半径过大

此时尽量在不损坏轮廓的前提下加工轮廓。

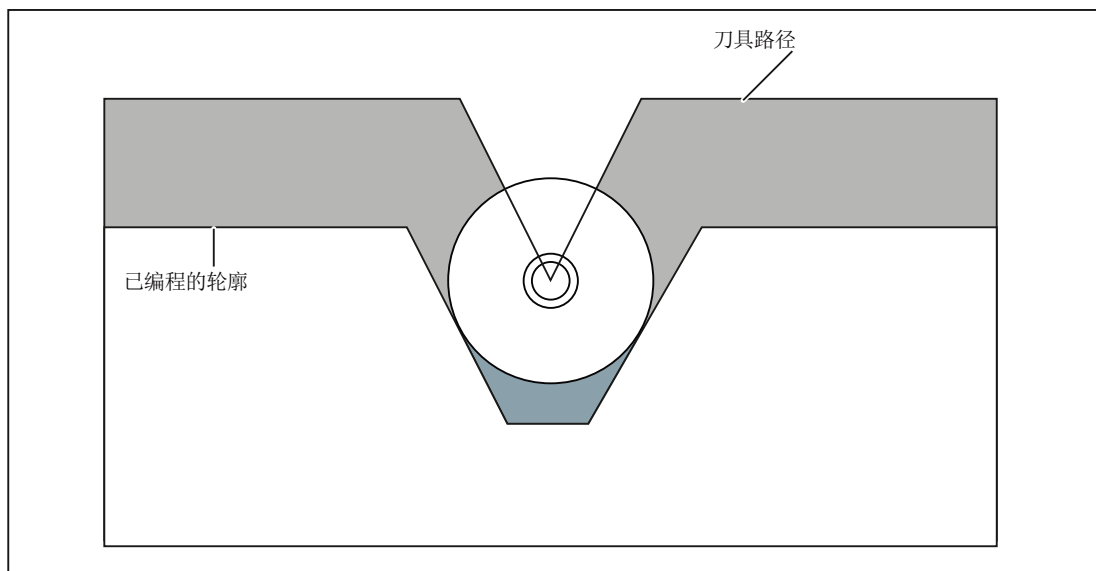


图 4-18 内角加工时刀具半径过大

4.5 S 功能, T 功能, M 功能和 B 功能

4.5.1 主轴功能 (S 功能)

通过地址 S 可以给定主轴转速, 单位转每分钟。通过 M3 和 M4 可以选择主轴旋转方向。M3 = 主轴右旋, M4 = 主轴左旋。M5 = 主轴停止。详细信息请参见机床制造商的说明资料。

- S 指令模态生效, 即: 写入该指令后指令保持生效, 直至下一个 S 指令。如果通过 M05 停止主轴, S 指令仍保留。如果随后写入 M03 或 M04 而没有给定 S 指令, 则主轴以初始写入的转速启动。
- 如果修改了主轴转速, 请注意主轴当前设定的变速级。详细信息请参见机床制造商的说明资料。
- S 指令的下限 (S0 或接近 S0 的 S 指令) 受驱动电机和主轴的驱动系统的影响; 不同的机床上转速下限也不同。不允许给定 S 负值! 详细信息请参见机床制造商的说明资料。

4.5.2 刀具功能

刀具功能具备多种指令给定方式。详细信息请参见机床制造商的说明资料。

4.5.3 附加功能 (M 功能)

使用 M 功能可以在机床上控制一些开关操作, 比如“冷却液开/关”和其它的机床功能。一些 M 功能已经由数控系统制造商作为固定功能占用 (参见下文)。

编程

M... 允许值: 0 到 9999 9999 (最大整数值), 整数

所有空的 M 功能编号都可以由机床制造商预设, 例如用于控制夹紧装置或用来启用/关闭其他机床功能的开关功能。参见机床制造商的说明。

下面对 NC 专用的 M 功能进行说明。

用于停止操作的 M 功能(M00, M01, M02, M30)

借助该 M 功能可以释放程序停止, 中断或结束加工。此时主轴是否也停止取决于机床制造商的设置。详细信息请参见机床制造商的说明资料。

M00 (程序停止)

程序段中带 M00 时加工停止。现在可以进行排屑、再次测量等。并向 PLC 传送一个信号。通过<循环启动>键可以继续程序。

M01 (可选停止)

M01 可以通过下面的方法设定

- HMI/对话框“程序控制”或者
- VDI 接口

只有当 VDI 接口相应的信号置位或者在 HMI/对话框中选择了“程序控制”时, NC 程序处理才被 M01 停止。

M30 或 M02 (程序结束)

通过 M30 或 M02 结束程序。

说明

通过 M00、M01、M02 或 M30 向 PLC 发送信号。

说明

关于是否通过指令 M00、M01、M02 或 M30 停止主轴或中断冷却液流入的说明请参见机床制造商的资料。

4.5 S 功能, T 功能, M 功能和 B 功能

4.5.4 用于控制主轴的 M 功能

表格 4- 12 用于控制主轴的 M 功能

M 功能	功能
M19	定位主轴
M29	切换轴/控制运行中的主轴

借助 M19 主轴运行到设定数据 43240 \$SA_M19_SPOS[主轴号]定义的主轴位置上。定位模式保存在 \$SA_M19_SPOS 中。

切换主轴运行(M29)的 M 功能号也可以通过机床数据设定。使用 MD20095 \$MC_EXTERN_RIGID_TAPPING_N_NR 预设 M 功能号。但只能预设非标准 M 功能的 M 功能号。如不允许预设 M0、M5、M30、M98、M99 等。

4.5.5 用于调用子程序的 M 功能

表格 4- 13 用于调用子程序的 M 功能

M 功能	功能
M98	子程序调用
M99	子程序结束

在 ISO 模式下，使用 M29 将主轴切换到进给轴模式。

4.5.6 通过 M 功能调用宏

通过 M 号调用子程序（宏）的方式和 G65 类似。

通过机床数据 10814 \$MN_EXTERN_M_NO_MAC_CYCLE 和机床数据 10815 \$MN_EXTERN_M_NO_MAC_CYCLE_NAME 可以最多设计 10 个 M 功能替换。

编程方式和 G65 相同。通过地址 L 可以写入重复。

限制

每个零件程序行只可以执行一个 M 功能替换（或只一个子程序调用）。和其他子程序调用发生冲突时，输出报警 12722。在一个已经被替代的子程序中不再执行其它 M 功能替代。

此外，G65 中的限制同样生效。

和预定义的 M 号或和其它定义的 M 号发生冲突时，输出报警，不执行操作。

设计示例

通过 M 功能 M101 调用子程序 M101_MAKRO:

```
$MN_EXTERN_M_NO_MAC_CYCLE[0] = 101
```

```
$MN_EXTERN_M_NO_MAC_CYCLE_NAME[0] = "M101_MAKRO"
```

通过 M 功能 M6 调用子程序 M6_MAKRO:

```
$MN_EXTERN_M_NO_MAC_CYCLE[1] = 6
```

```
$MN_EXTERN_M_NO_MAC_CYCLE_NAME[1] = "M6_MAKRO"
```

使用 M 功能换刀的编程示例

```

PROC MAIN
...
N10          M6 X10 V20          ; 调用程序 M6_MAKRO
...
N90          M30
PROC M6_MAKRO
...
N0010        R10 = R10 + 11.11
N0020        IF $C_X_PROG == 1 GOTO N40 ; ($C_X_PROG)
N0030        SETAL(61000)              ; 没有正确
                                           ; 传送写入的变量
N0040        IF $C_V == 20 GTO N60    ; ($C_V)
N0050        SETAL(61001)
N0060        M17

```

4.5.7 M 功能

通用 M 功能

非专用的 M 功能由机床制造商确定。下面为您列举了使用通用 M 功能的典型示例。详细信息请参见机床制造商的说明资料。如果在同一个程序段中同时写入 M 指令和轴运行指令，视机床制造商的机床数据设置而定，M 功能会在程序段段首执行或在段尾达到轴位置后执行。详细信息请参见机床制造商的说明资料。

表格 4- 14 其它通用 M 功能

M 功能	功能	备注
M08	冷却液 开	该 M 功能由机床制造商确定。
M09	冷却液 关	

在一个程序段中给定多个 M 功能

在一个程序段中可以最多写入五个 M 功能。M 功能的组合和限制请参见机床制造商的资料。

附加辅助功能（B 功能）

B 不用作轴标识符时可用作附加的辅助功能。B 功能作为辅助功能传送给 PLC（H 功能的地址扩展为 H1=）。

示例：B1234 作为 H1=1234 输出。

4.6 进给率的控制

4.6.1 ISO 编程指令模式中的压缩程序

指令 **COMPON**、**COMPCURV** 和 **COMPCAD** 是西门子编程指令中的指令，它们可以激活压缩功能，将多个线性程序段综合成一个加工程序段。如果在西门子模式下激活了该功能，也可以在 ISO 编程指令模式下使用它来压缩线性程序段。

程序段最多由下列指令组成：

- 程序段号码
- **G01**, 模态或程序段方式生效
- 轴分配
- 进给率
- 注释

如果程序段中包含其它指令，例如，辅助功能或其它 **G** 代码等，不执行压缩功能。

允许通过 **\$x** 对 **G**、轴和进给率进行赋值，同样也适用于功能 **Skip**。

示例：压缩这些程序段

```
N5      G290
N10     COMPON
N15     G291
N20     G01 X100.Y100.F1000
N25     X100 Y100 F$3
N30     X$3 /1 Y100
N35     X100 (轴 1)
```

不压缩这些程序段

```
N5      G290
N10     COMPON
N20     G291
N25     G01 X100 G17           ; G17
N30     X100 M22               ; 程序段中的辅助功能
N35     X100 S200              ; 程序段中的主轴转速
```

4.6 进给率的控制

4.6.2 准停(G09, G61)、连续路径加工(G64)、攻丝(G63)

下表列出了轨迹进给率的控制方法。

表格 4- 15 轨迹进给率的控制方法

名称	G 功能	G 功能的作用	说明
准停	G09	只在写入了相应 G 功能的程序段中生效	过渡到下一程序段前在程序段段尾停止运行和定位控制
准停	G61	模态生效的 G 功能；保持生效，直至被 G63 或 G64 取消。	过渡到下一程序段前在程序段段尾停止运行和定位控制
连续路径运行	G64	模态生效的 G 功能；保持生效，直至被 G61 或 G63 取消。	过渡到下一程序段前不在程序段段尾停止运行
攻丝	G63	模态生效的 G 功能；保持生效，直至被 G61 或 G64 取消。	过渡到下一程序段前不在程序段段尾停止运行，进给倍率失效

格式

G09 X... Y... Z...	； 准停，非模态
G61	； ； 准停，模态
G64	； 连续路径运行
G63	； 攻丝

其它功能

5.1 程序支持功能

5.1.1 固定钻削循环

固定钻削循环可以简化编程人员新建程序的过程。可以使用 G 功能执行频繁出现的加工步骤；没有固定循环时，必须对多个 NC 程序段进行编程。因此，通过固定钻削循环可以缩短加工程序并节省存储空间。

在 ISO 编程指令中调用使用西门子标准循环功能的 shell 循环。其中，NC 程序段中写入的地址通过系统变量传送给 shell 循环。该循环对数据进行匹配并调用西门子标准循环。

固定循环仅可以通过 G80 或 G 代码组 1 的 G 代码取消，而且需在继续以程序段循环方式运行程序之前。

通过以下 G 功能可以调用固定钻削循环。

表格 5-1 钻削循环概述

G 功能	钻削 (-Z 方向)	钻孔底面加工	退刀 (+Z 方向)	应用
G73	被中断的加工进给 (可以在每次进刀时停止)	—	快速移动	高速深孔钻削
G74	切削进给率	主轴停止 → 暂停 后主轴在相反方向旋转	切削进给 → 暂停 → 主轴在相反方向旋转	左旋攻丝（反方向）
G76	切削进给率	主轴定位 → 按照 退刀行程运行	快速移动 → 按照 退刀行程再次返回，主轴启动	精钻 镗孔
G80	—	—	—	取消选择
G81	切削进给率	—	快速移动	钻削，定心
G82	切削进给率	暂停	快速移动	钻削，沉孔
G83	中断的加工进给	—	快速移动	深孔钻削

G 功能	钻削 (-Z 方向)	钻孔底面加工	退刀 (+Z 方向)	应用
G84	切削进给率	主轴停止 → 暂停 后主轴在相反方 向启动	切削进给 → 暂停 → 主轴在相反方 向旋转	攻丝
G85	切削进给率	—	切削进给率	钻孔
G86	切削进给率	主轴停止	快速移动 → 主轴 启动	钻孔
G87	主轴定位 → 按照 退刀行程运行 → 快速移动 → 按照 退刀行程返回 → 主轴右旋 → 切削 进给	暂停后主轴定位 → 按照退刀行程 运行	快速移动 → 按照 退刀行程再次返 回 → 主轴启动	钻孔
G89	切削进给率	暂停	切削进给率	钻孔

说明

使用固定循环时通常应遵循下面说明的操作顺序：

- 1. 工序
在平面 X-Y 内以切削进给或快速移动速度定位主轴
- 2. 工序
快速运行至平面 R
- 3. 工序
加工到钻削面 Z
- 4. 工序
钻孔底面加工
- 5. 工序
以切削进给或快速移动速度退回平面 R
- 6. 工序
以快速移动速度迅速退回到定位面 X-Y

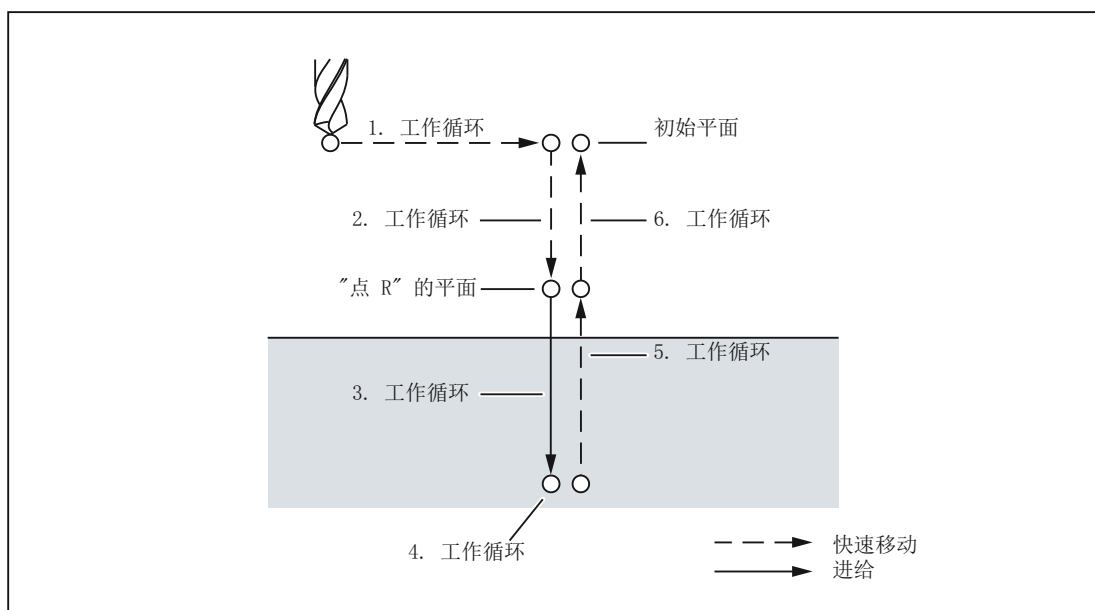


图 5-1 钻削循环时的加工步骤

在本章中使用的定义“钻削”仅指通过固定循环执行的加工步骤；当然固定循环中也包含攻丝、镗孔或钻削循环。

确定当前平面

在钻削循环中，执行加工的当前坐标系通常由平面选择 **G17**、**G18** 或 **G19** 以及激活的可编程零点偏移确定。钻削轴始终是该坐标系中的应用轴。

在调用该循环前必须选择刀具长度补偿。该补偿始终垂直于所选平面生效，并且循环结束后仍保持生效。

表格 5-2 定位平面和钻孔轴

G 功能	定位平面	钻削轴
G17	平面 Xp-Yp	Zp
G18	平面 Zp-Xp	Yp
G19	平面 Yp-Zp	Xp

Xp: X 轴或平行于 X 轴的某个轴

Yp: Y 轴或平行于 Y 轴的某个轴

Zp: Z 轴或平行于 Z 轴的某个轴

说明

通过 **USER DATA, _ZSFI[0]** 可以确定是否始终将 Z 轴用作钻削轴。**_ZSFI[0]** 等于 1 时，Z 轴始终是钻削轴。

执行固定循环

执行固定循环时需要使用以下指令：

1. 循环调用

G73, 74, 76, 81 至 87, 89

取决于加工要求

2. 数据格式 G90/G91

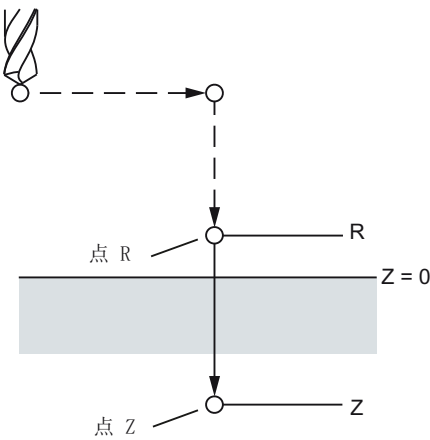
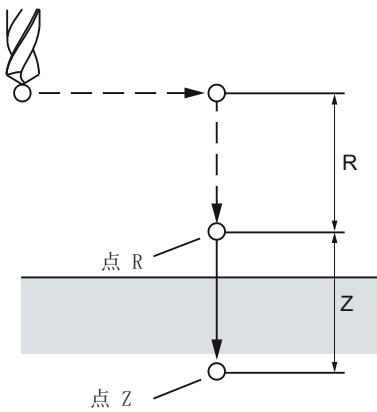
G90（绝对指令）	G91（增量指令）
	

图 5-2 绝对值/增量值指令 G90/G91

3. 钻孔模式

G73、G74、G76、G81 至 G87 和 G89 是模态生效的 G 功能，在被取消前持续生效。在每个程序段中调用所选钻削循环。只有在选择某个钻削循环（如 G81）时，才可以写入完整的参数。之后的程序段中只需写入需要修改的参数。

4. 定位面/基准面(G98/G99)

使用固定循环时应通过 G98/99 确定 Z 轴的退回面。G98/G99 是模态生效的 G 功能。通常 G98 是激活该功能的启用设置。

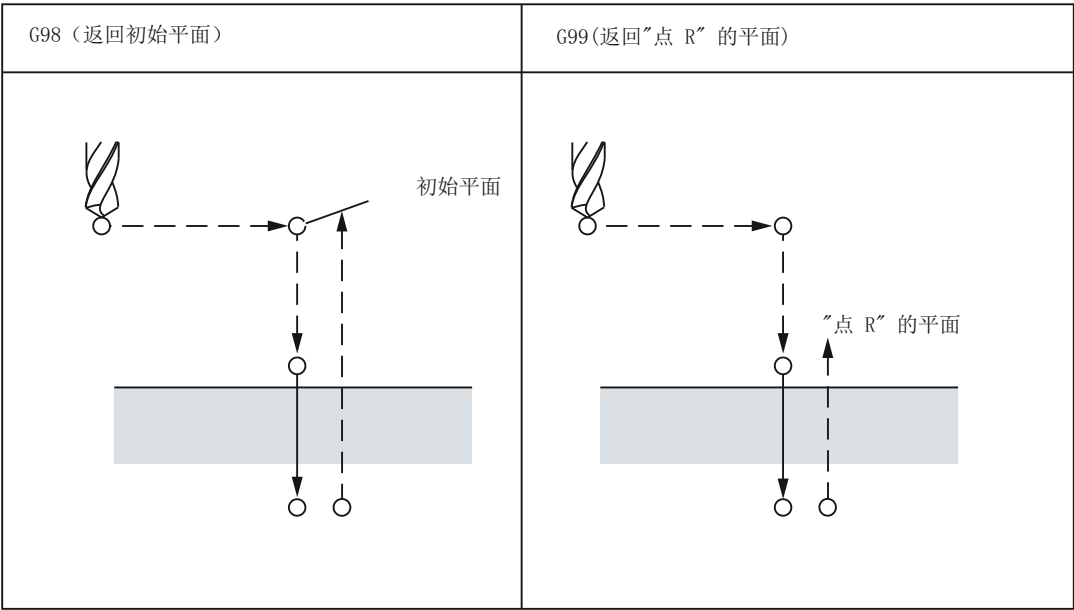


图 5-3 退回点的平面(G98/G99)

重复

如果需要加工多个等距的钻孔，可通过“K”给定重复加工的数量。只有在写入“K”的程序段中，它才生效。如果写入的钻孔位置是绝对值(G90)，会在同一个位置重复加工。因此应给定增量值(G91)的钻孔位置。

注释

循环调用会持续生效，直至被 G 功能 G80、G00、G01、G02、G03 或其它循环调用取消。

符号和数字

在下面的章节中分别说明各个固定循环。在循环说明中出现的数字中使用以下符号：

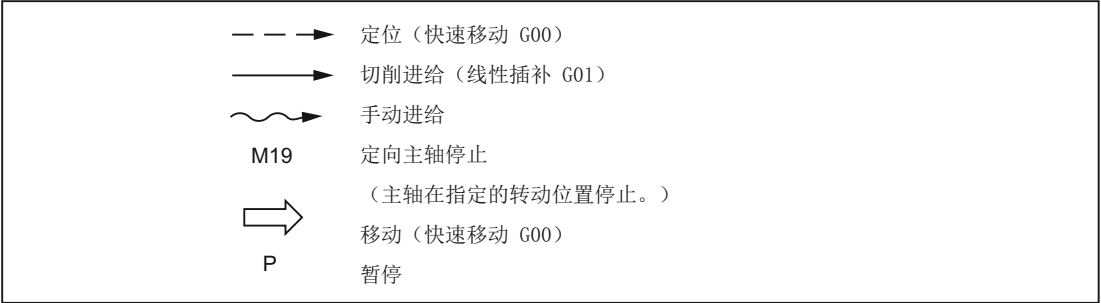


图 5-4 数字中的符号

5.1 程序支持功能

5.1.2 高速深孔钻削循环，断屑（G73）

刀具以编程的主轴转速和进给速度钻削，直至输入的最终钻削深度。深孔钻削在预定的最大进刀量范围内多次、分步骤地进行，直至达到最终钻削深度。在达到每个钻深后，钻头可以退回到“基准面+安全距离”的位置，进行排屑；也可以按照写入的退回量退回，进行断屑。

格式

G73 X... Y... R... Q... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底面的距离

R: 初始平面到平面 R 的距离

Q: 单个钻深

F: 进给率

K: 重复次数

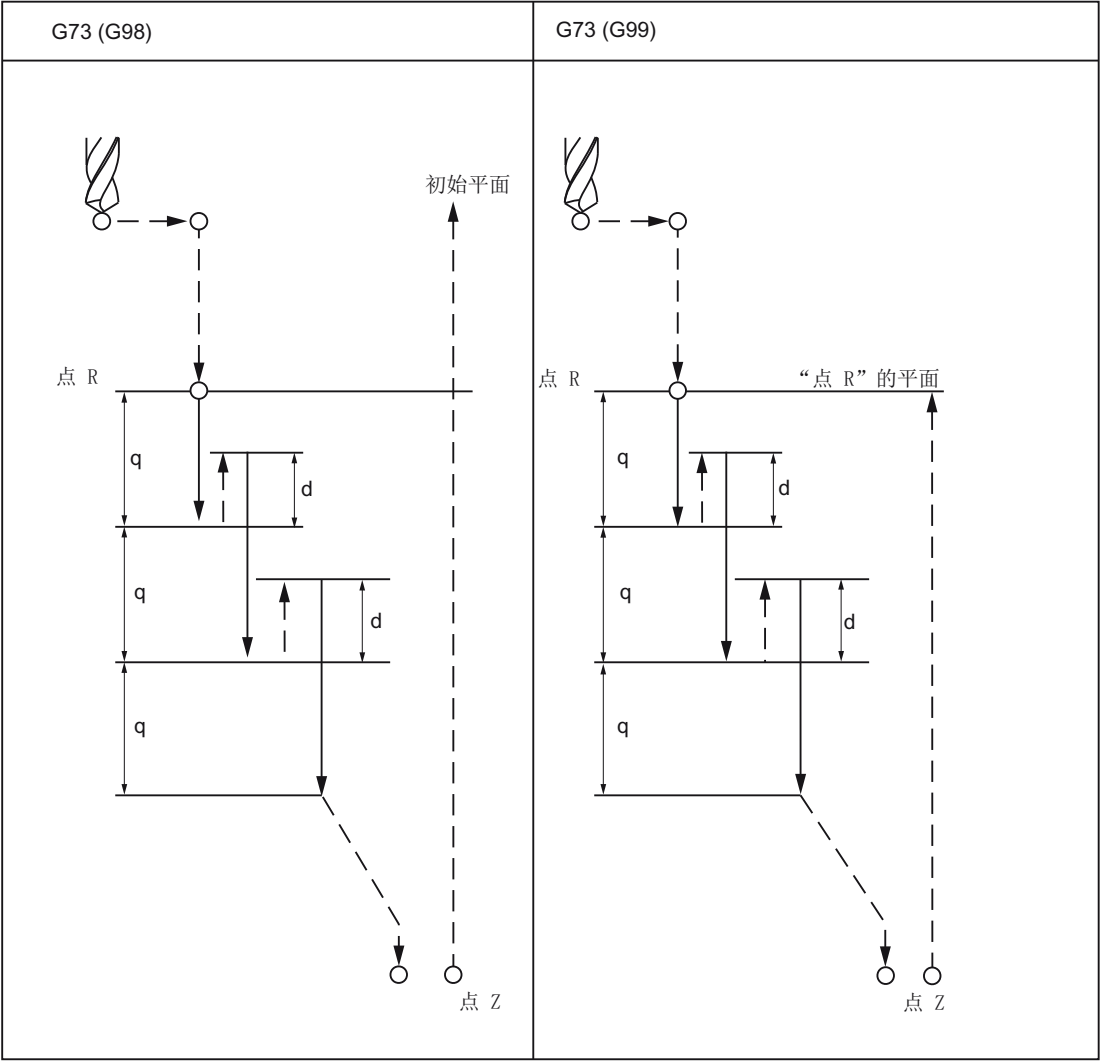


图 5-5 高速深孔钻削循环，断屑（G73）

说明

在使用循环 G73 时，钻头结束钻削后以快速移动进行退回。安全距离由 GUD_ZSFR[0] 给定。用于断屑的退刀量(d)由 GUD_ZSFR[1] 给定：

_ZSFR[1] > 0: 退刀量为输入值

_ZSFR[1] = 0:断屑时的退刀量始终为 1 毫米

首个进刀深度为切削深度 Q，而第二次的进刀量为上个切削深度加上退刀量得出的值，依次类推。

通过该钻削循环实现了快速钻孔进刀。而断屑由退刀运行实现。

5.1 程序支持功能

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

深孔钻削

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

Q/R

请始终只在包含轴运行指令的程序段中写入 Q 和 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G73，否则将取消 G73。

示例

```
M3 S1500                                ; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.
G90 G99 G73 X200. Y-150. Z-100.         ; 定位，加工钻孔 1，
R50. Q10. F150.                         ; 然后返回到点 R
Y-500.                                  ; 定位，加工钻孔 2，
                                           ; 然后返回到点 R
Y-700.                                  ; 定位，加工钻孔 3，
                                           ; 然后返回到点 R
X950.                                    ; 定位，加工钻孔 4，
                                           ; 然后返回到点 R
Y-500.                                  ; 定位，加工钻孔 5，
                                           ; 然后返回到点 R
G98 Y-700.                              ; 定位，加工钻孔 6，
                                           ; 然后返回到初始面
G80                                      ; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0                        ; 返回参考点
M5                                       ; 主轴停止
```


5.1.3 精镗循环(G76)

精密钻削由精镗循环实现。

格式

G76 X... Y... R... Q... P... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z_: 点 R 到钻孔底的距离

R_: 初始平面到“点 R”的距离

Q_: 孔底的补偿量

P_: 孔底的暂停时间

F_: 进给率

K_: 重复次数

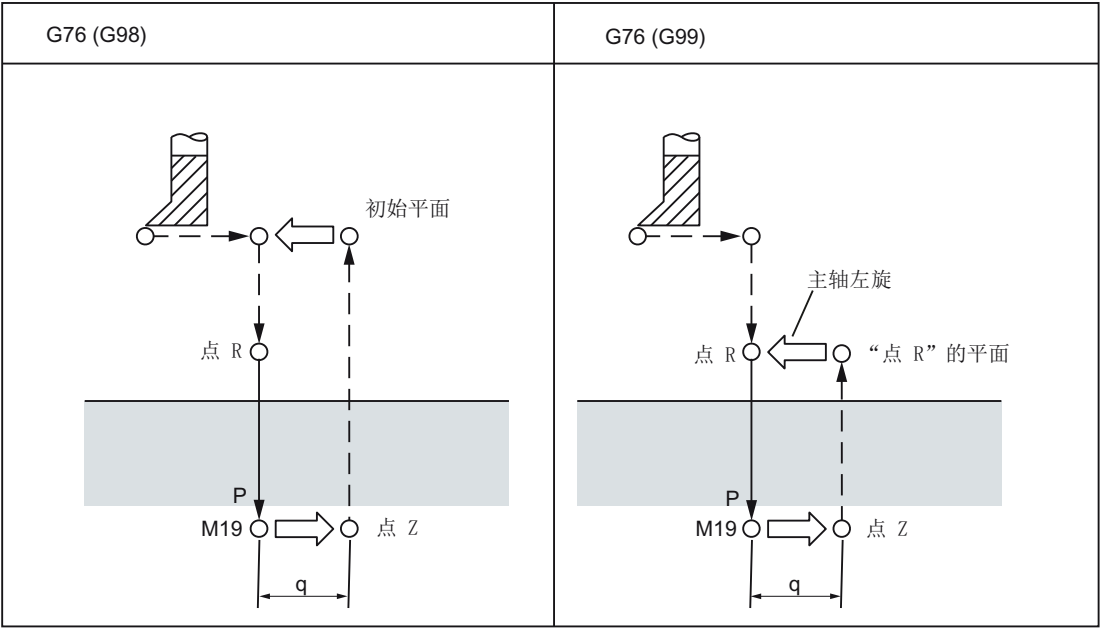
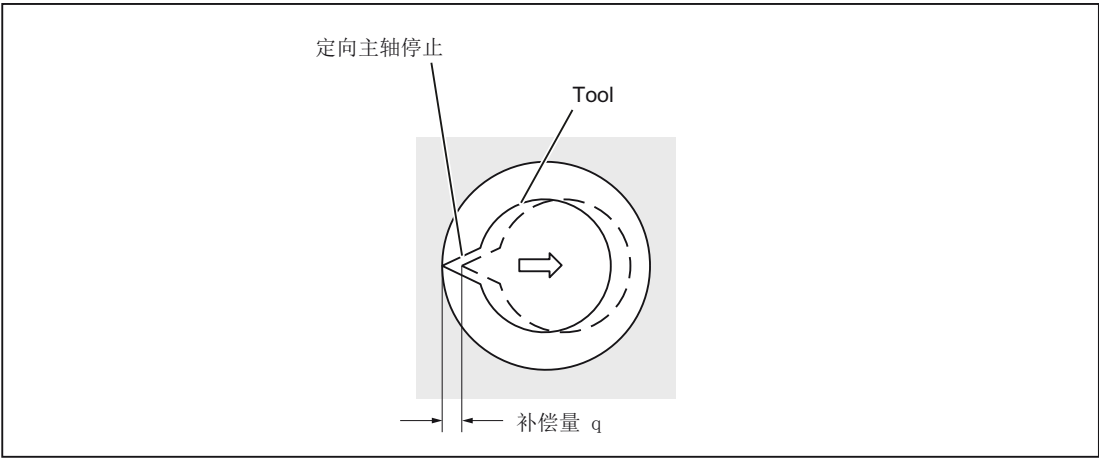



图 5-6 精镗循环(G76)



警告

地址 Q 是一个保存在固定循环中、模态生效的值。 请注意，该地址也用作循环 G73 和 G83 的切削深度！

说明

达到钻孔深度后，主轴停止在一个固定位置上。 在和刀尖方向相反的方向上刀具退回。
安全距离由 GUD_ZSFR[0] 给定。 退刀行程由_ZSFI[5] 给定。

	G17	G18	G19
_ZSFI[5] = 1	+X	+Z	+Y
_ZSFI[5] = 0 或 2	-X	-Z	-Y
_ZSFI[5] = 3	+Y	+X	+Z
_ZSFI[5] = 4	-Y	-X	-Z

因此必须在 GUD7_ZSFR[2] 中输入合适的角度，使得主轴停止后刀尖位于退刀的反方向上。

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

Q/R

请始终在包含退刀运行指令的程序段中写入 Q 和 R，否则写入的数值不能模态生效。

应始终为地址 Q 给定一个正值。给定负的 Q 值时，负号会忽略不计。没有写入任何退刀行程时，Q 等于“0”。此时，执行的循环不包含退刀。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G76，否则将取消 G76。

示例

```
| M3 S300                                ; 主轴旋转运动
| G90 G0 Z100.
| G90 G99 G76 X200. Y-150. Z-100.      ; 定位，钻削孔 1，
| R50. Q10. P1000 F150.                ; 然后返回到点 R 并
|                                       ; 在孔底暂停 1 秒
| Y-500.                                ; 定位，加工钻孔 2，
|                                       ; 然后返回到点 R
| Y-700.                                ; 定位，加工钻孔 3，
|                                       ; 然后返回到点 R
| X950.                                 ; 定位，加工钻孔 4，
|                                       ; 然后返回到点 R
| Y-500.                                ; 定位，加工钻孔 5，
|                                       ; 然后返回到点 R
| G98 Y-700.                            ; 定位，加工钻孔 6，
|                                       ; 然后返回到初始面
| G80                                    ; 取消固定循环
| G28 G91 X0 Y0 Z0                      ; 返回参考点
| M5                                     ; 主轴停止
```

5.1.4 钻孔循环，定点钻（G81）

借助该循环可以进行中心钻孔和定心。达到钻深 Z 后刀具直接以快速移动速度退回。

格式

```
G81 X... Y... R... F... K... ;
```

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到平面 R 的距离

F: 切削进给率

K: 重复次数

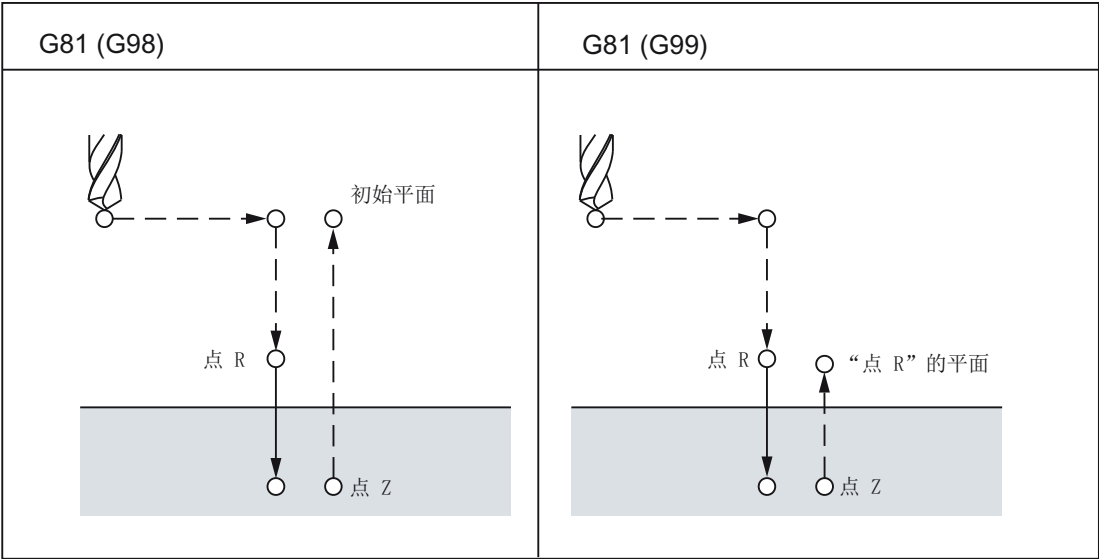


图 5-7 钻孔循环，定点钻（G81）

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G76，否则将取消 G76。

示例

M3 S1500	; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.	
G90 G99 G81 X200. Y-150. Z-100. R50. F150.	; 定位, 钻削孔 1, ; 然后返回到点 R 并 ; 在孔底暂停 1 秒
Y-500.	; 定位, 加工钻孔 2, ; 然后返回到点 R
Y-700.	; 定位, 加工钻孔 3, ; 然后返回到点 R
X950.	; 定位, 加工钻孔 4, ; 然后返回到点 R
Y-500.	; 定位, 加工钻孔 5, ; 然后返回到点 R
G98 Y-700.	; 定位, 加工钻孔 6, ; 然后返回到初始面
G80	; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0	; 返回参考点
M5	; 主轴停止

5.1.5 钻孔循环，镗孔（G82）

借助该循环可以进行普通钻孔。达到钻深 Z 后，写入的暂停时间生效；然后刀具以快速移动退回。

格式

G82 X... Y... R... P... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到平面 R 的距离

P: 孔底的暂停时间

F: 进给率

K: 重复次数

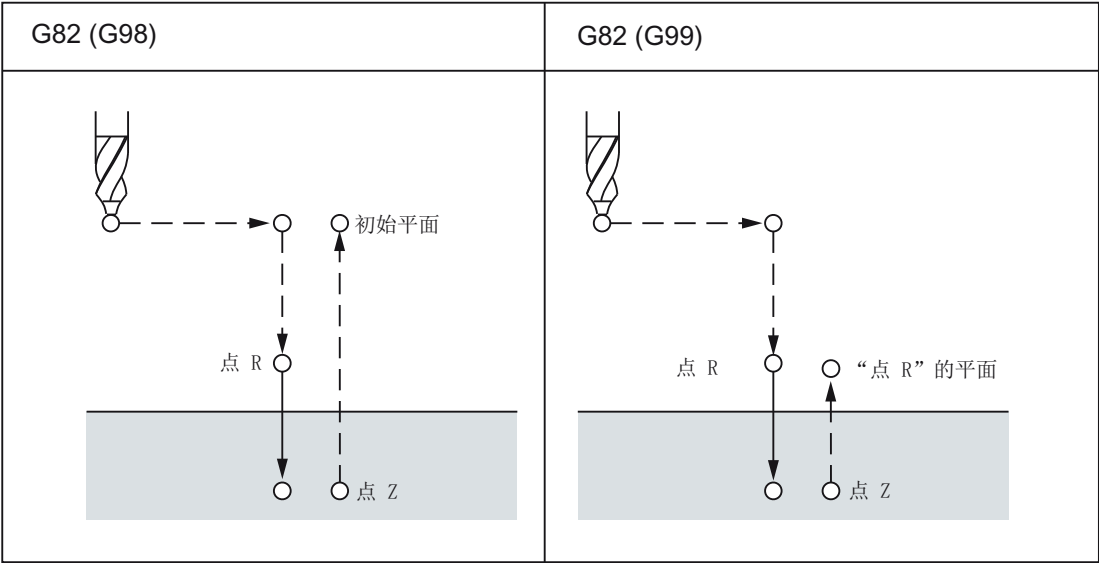


图 5-8 钻孔循环，镗孔（G82）

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G82，否则将取消 G82。

示例

```
M3 S2000                                ; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.
G90 G99 G82 X200. Y-150. Z-100.         ; 定位，钻削孔 1，
R50. P1000 F150.                        ; 在孔底暂停 1 秒
                                           ; 然后返回到点 R
Y-500.                                  ; 定位，加工钻孔 2，
                                           ; 然后返回到点 R
Y-700.                                  ; 定位，加工钻孔 3，
                                           ; 然后返回到点 R
X950.                                    ; 定位，加工钻孔 4，
                                           ; 然后返回到点 R
Y-500.                                  ; 定位，加工钻孔 5，
                                           ; 然后返回到点 R
G98 Y-700.                              ; 定位，加工钻孔 6，
                                           ; 然后返回到初始面
G80                                      ; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0                        ; 返回参考点
M5                                       ; 主轴停止
```

5.1.6 深孔钻削循环，排屑(G83)

循环“深孔钻削，排屑”可以用于带修边的深孔加工。

格式

G83 X... Y... R... Q... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到平面 R 的距离

Q: 每次切削进给的切削深度

F: 进给率

K: 重复次数

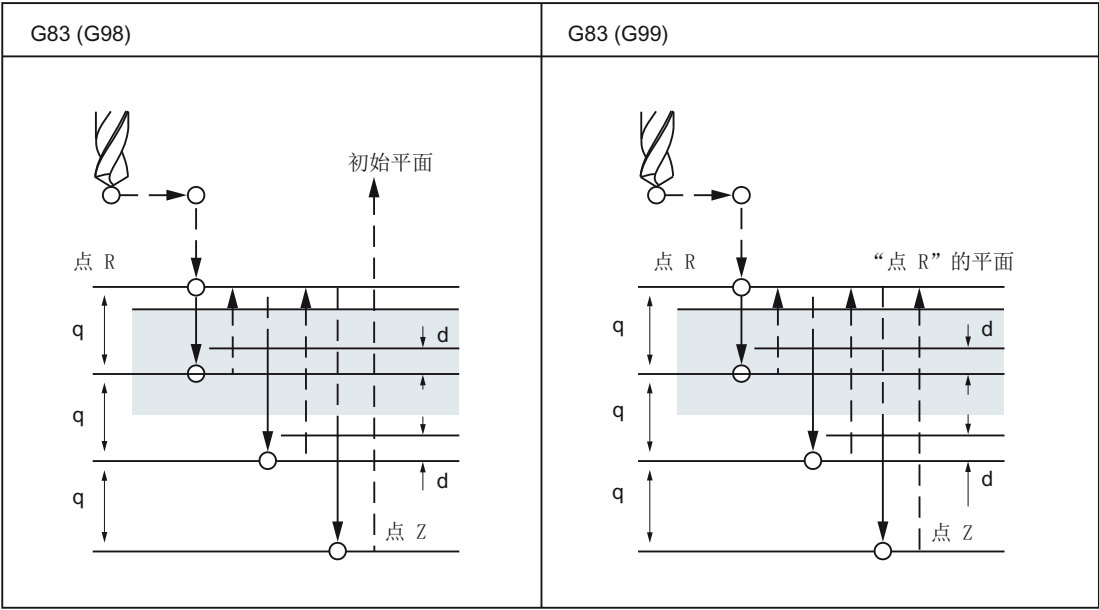


图 5-9 深孔钻削循环，排屑(G83)

限制

说明

每次切削进给 Q 达到写入的切削深度后，刀具以快速移动返回到基准面 R。同样再次以快速移动进行下一次的切削进给，位移量(d)可以通过 USER DATA, _ZSFR[10] 给定。每次切削进给 Q 的位移和切削深度都按照切削进给率执行。给定的 Q 值应为没有正负号的增量值。

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

Q/R

请始终只在包含轴运行指令的程序段中写入 Q 和 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G83，否则将取消 G83。

示例

```
M3 S2000 ; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.
G90 G99 G83 X200. Y-150. Z-100. ; 定位，加工钻孔 1，
R50.Q10. F150. ; 然后返回到点 R
Y-500. ; 定位，加工钻孔 2，
; 然后返回到点 R
Y-700. ; 定位，加工钻孔 3，
; 然后返回到点 R
X950. ; 定位，加工钻孔 4，
; 然后返回到点 R
Y-500. ; 定位，加工钻孔 5，
; 然后返回到点 R
G98 Y-700. ; 定位，加工钻孔 6，
; 然后返回到初始面
G80 ; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回参考点
M5 ; 主轴停止
```

说明

如果_ZSFR[10]

- > 0: 使用间隔位移“d”（最小位移 0.001）
- = 0: 间隔位移为 30 毫米，间隔位移值始终为 0.6 毫米。更大的钻深可使用公式“钻深 /50”（最大值为 7 毫米）。

5.1.7 镗孔循环(G85)

格式

G85 X... Y... R... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到平面 R 的距离

F: 进给率

K: 重复次数

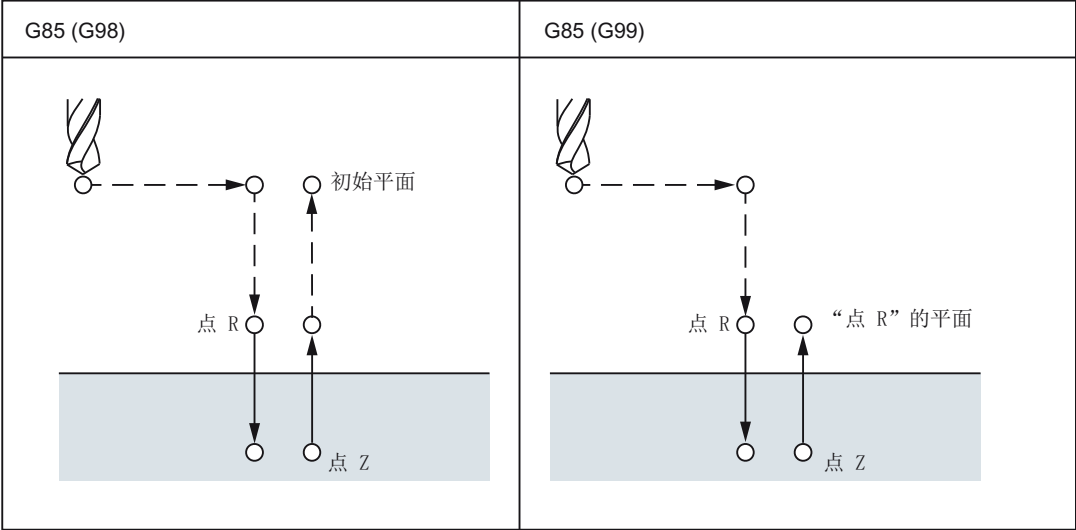


图 5-10 镗孔循环(G85)

说明

沿着 X 轴和 Y 轴完成定位后，刀具以快速移动方式运行到点 R，然后从点 R 钻削到点 Z。达到点 Z 后，刀具以切削进给返回到点 R。

限制

轴转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G85，否则将取消 G85。

示例

M3 S150	； 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.	
G90 G99 G85 X200. Y-150. Z-100.	； 定位，加工钻孔 1，
R50. F150.	； 然后返回到点 R
Y-500.	； 定位，加工钻孔 2，
	； 然后返回到点 R
Y-700.	； 定位，加工钻孔 3，
	； 然后返回到点 R
X950.	； 定位，加工钻孔 4，
	； 然后返回到点 R
Y-500.	； 定位，加工钻孔 5，
	； 然后返回到点 R
G98 Y-700.	； 定位，加工钻孔 6，
	； 然后返回到初始面
G80	； 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0	； 返回参考点
M5	； 主轴停止

5.1.8 镗孔循环(G86)

格式

G86 X... Y... R... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到点 R 的距离

F: 进给率

K: 重复次数

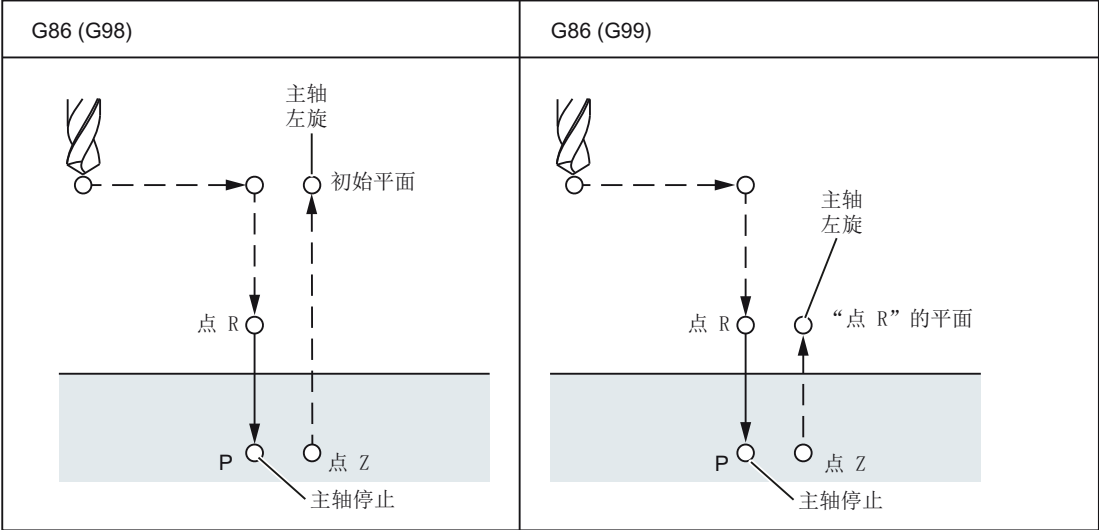


图 5-11 镗孔循环(G86)

说明

完成 X 轴和 Y 轴的定位后，刀具以快速移动方式运行到点 R。然后从点 R 钻到点 Z。主轴在该钻深处停止后，刀具以快速移动方式退回。

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G86，否则将取消 G86。

示例

```
M3 S150 ; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.
G90 G99 G86 X200. Y-150. Z-100. ; 定位，加工钻孔 1，
R50.F150. ; 然后返回到点 R
Y-500. ; 定位，加工钻孔 2，
; 然后返回到点 R
Y-700. ; 定位，加工钻孔 3，
; 然后返回到点 R
X950. ; 定位，加工钻孔 4，
; 然后返回到点 R
Y-500. ; 定位，加工钻孔 5，
; 然后返回到点 R
G98 Y-700. ; 定位，加工钻孔 6，
; 然后返回到初始面
G80 ; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回参考点
M5 ; 主轴停止
```

5.1.9 反镗循环(G87)

借助该循环可以进行精密钻孔。

格式

- G87 X... Y... R... Q... P... F... K... ;
- X,Y:** 钻孔位置
- Z:** 孔底到点 Z 的距离
- R:** 初始平面到平面 R（孔底）的距离
- Q:** 刀具补偿量
- P:** 暂停时间
- F:** 进给率
- K:** 重复次数

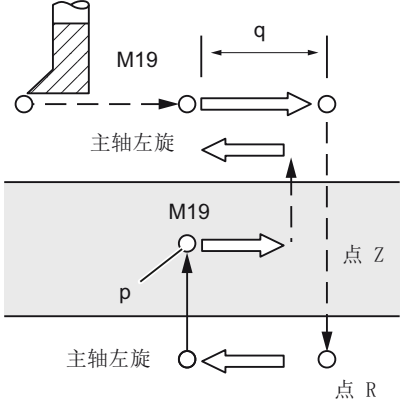
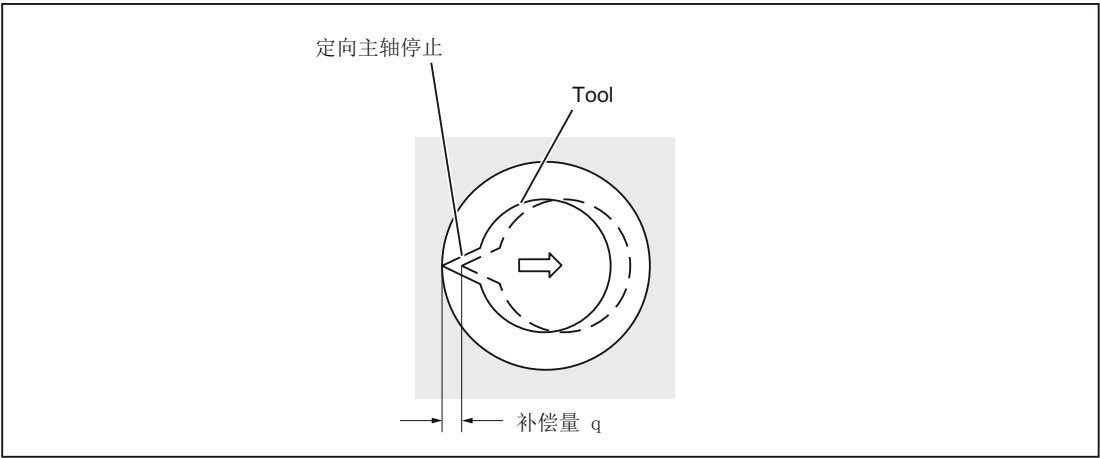

G87 (G98)	G87 (G99)
 <p>The diagram illustrates the G87 (G98) cycle. It shows a tool moving horizontally to the right at a distance 'q' from the hole axis, then down to point 'R' (the hole bottom), then horizontally to the left, and finally up to point 'Z' (the initial plane). The tool is shown in two positions: one at the start of the cycle and one at the end. The label 'M19' is shown in two locations, indicating a spindle stop. The label 'p' is shown near the tool's vertical movement. The label '主轴左旋' (spindle left rotation) is shown in two locations, indicating the spindle direction. The label '点 Z' (point Z) is shown near the initial plane, and '点 R' (point R) is shown near the hole bottom.</p>	未使用

图 5-12 镗孔循环，反向沉孔(G87)



 **警告**

地址 **Q**（位于孔底时的变速器切换）是一个保存在固定循环中、模态生效的值。请注意，该地址也用作循环 **G73** 和 **G83** 的切削深度！

说明

沿着 **X** 轴和 **Y** 轴定位后，主轴停止在一个固定的旋转位置上。刀具在和刀尖方向相反的方向上运行。然后以快速移动方式定位在孔底（点 **R**）上。

接着刀具顺着刀尖方向移动，顺时针旋转。然后沿着 **Z** 轴的正方向进行镗孔，直至点 **Z**。

达到钻孔深度后，主轴停止在一个固定位置上。在和刀尖方向相反的方向上刀具退回。

安全距离由 **GUD_ZSFR[0]** 给定。

退刀行程由 **_ZSFI[5]** 给定。

	G17	G18	G19
_ZSFR[5] = 1	+X	+Z	+Y
_ZSFI[5] = 0 或 2	-X	-Z	-Y
_ZSFI[5] = 3	+Y	+X	+Z
_ZSFI[5] = 4	-Y	-X	-Z

因此必须在 **USER DATA, _ZSFR[2]** 中输入合适的角度，使得主轴停止后刀尖位于退刀的反方向上。

5.1 程序支持功能

示例：
平面 G17 激活时，刀尖必须在 +X 方向上。

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

Q/R

请始终只在包含轴运行指令的程序段中写入 Q 和 R，否则写入的数值不能模态生效。
应始终为地址 Q 给定一个正值。给定负的 Q 值时，负号会忽略不计。没有写入任何退刀行程时，Q 等于“0”。此时，执行的循环不包含退刀。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G87，否则将取消 G87。

示例

```
M3 S400                                ; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.
G90 G87 X200. Y-150. Z-100.            ; 定位，加工钻孔 1
R50.Q3. P1000 F150.                   ; 定位到初始面
                                         ; 然后移动 3 毫米
                                         ; 在点 Z 上暂停 1 秒
Y-500.                                ; 定位，加工钻孔 2
Y-700.                                ; 定位，加工钻孔 3
X950.                                  ; 定位，加工钻孔 4
Y-500.                                ; 定位，加工钻孔 5
G98 Y-700.                             ; 定位，加工钻孔 6
G80                                    ; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0                       ; 返回参考点
M5                                      ; 主轴停止
```


5.1.10 镗孔循环(G89)

格式

G89 X... Y... R... P... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到点 R 的距离

P: 孔底的暂停时间

F: 进给率

K: 重复次数

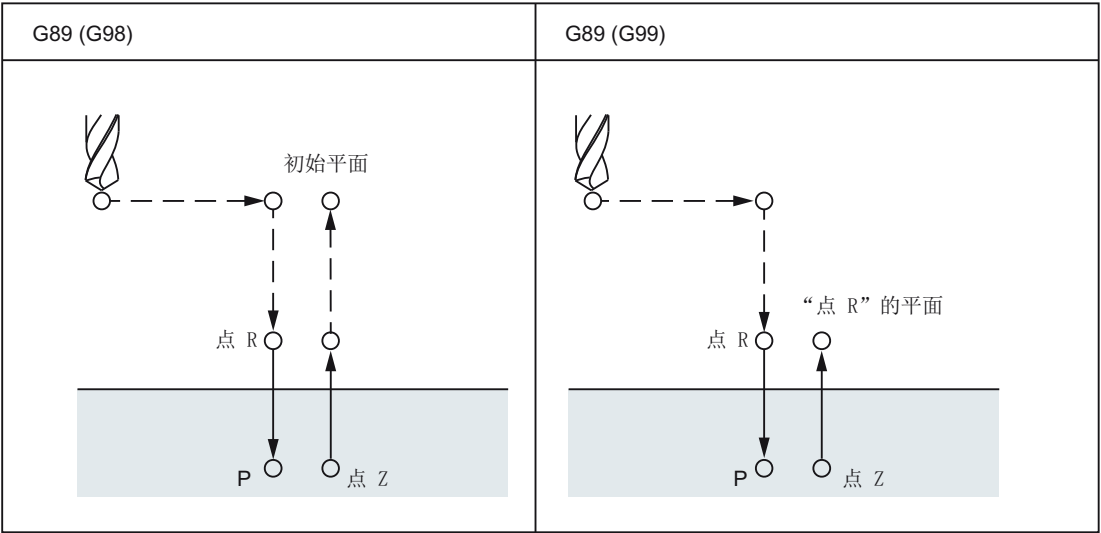


图 5-13 镗孔循环(G89)

说明

该循环和 G86 类似，唯一的区别在于该循环中还存在一个孔底的暂停时间。

在写入 G89 前应通过 M 功能启动主轴。

5.1 程序支持功能

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。

钻孔

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G89，否则将取消 G89。

示例

```
M3 S150                                ; 主轴旋转运动
G90 G0 Z100.
G90 G99 G89 X200. Y-150. Z-100.        ; 定位，加工钻孔 1，
R50. P1000 F150.                        ; 然后在孔底暂停 1 秒
Y-500.                                  ; 定位，加工钻孔 2，
                                           ; 然后返回到点 R
Y-700.                                  ; 定位，加工钻孔 3，
                                           ; 然后返回到点 R
X950.                                   ; 定位，加工钻孔 4，
                                           ; 然后返回到点 R
Y-500.                                  ; 定位，加工钻孔 5，
                                           ; 然后返回到点 R
G98 Y-700.                              ; 定位，加工钻孔 6，
                                           ; 然后返回到初始面
G80                                     ; 取消固定循环
G28 G91 X0 Y0 Z0                        ; 返回参考点
M5                                       ; 主轴停止
```

5.1.11 攻丝循环，右旋螺纹（G84）

刀具以编程的主轴转速和进给速度钻削，直至输入的螺纹深度。 使用 G84 可以进行刚性攻丝。

说明

如果用于钻削的主轴能够达到位置控制的运行状态，则可以使用循环 G84。

格式

G84 X... Y... Z... R... P... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到平面 R 的距离

P: 停留在孔底到返回到点 R 的暂停时间

F: 切削进给率

K: 重复加工的次数（需要使用时）

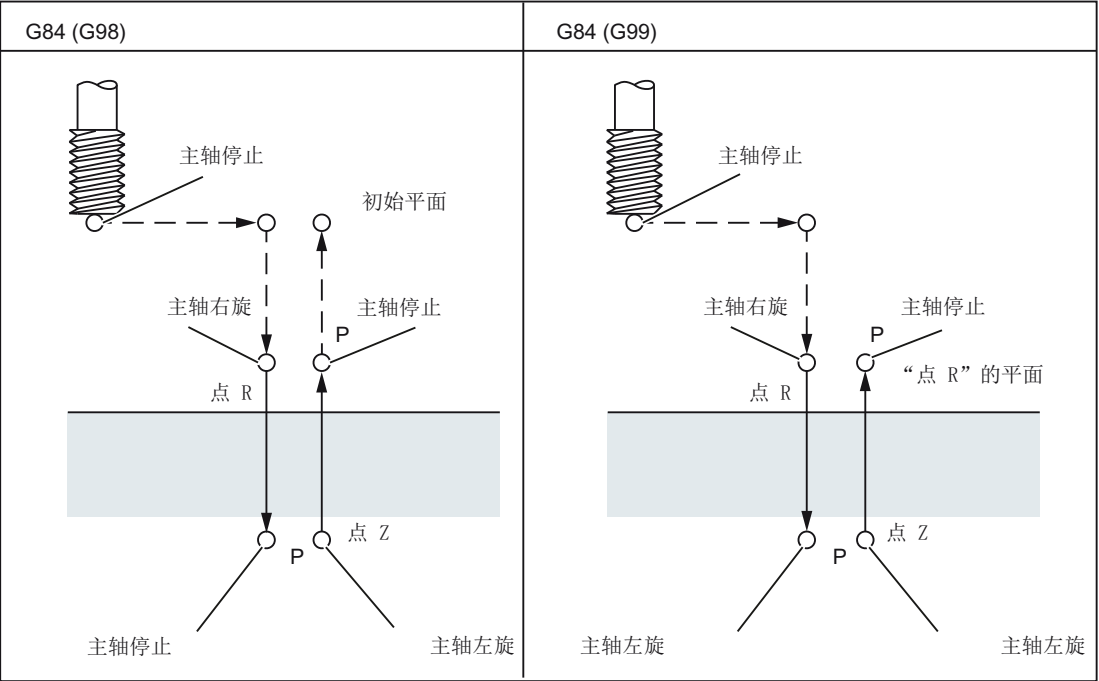


图 5-14 攻丝循环，右旋螺纹（G84）

5.1 程序支持功能

说明

该循环产生以下的运动过程：

- 以 G0 返回到相隔安全距离的基准面
- 主轴定向停止并过渡到轴运行
- 攻丝直到最终钻深。
- 在一定螺纹深度上暂停。
- 返回到相隔安全距离的基准面并转换旋转方向。
- 使用 G0 返回到退回平面。

攻丝过程中，快速移动倍率和主轴倍率假设为 100%。

退刀时可通过 GUD _ZSFI[2] 控制转速。 示例： _ZSFI[2]=120；退刀速度为攻丝速度的 120%。

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。 在“不带补偿夹具的钻削”中切换钻削轴时，会输出一条报警信息。

攻丝

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G84，否则将取消 G84。

S 指令

给定的变速级大于允许的最大值时，会输出一条故障信息。

F 功能

给定的切削进给速度大于允许的最大值时，会输出一条故障信息。

F 指令的单位

	公制单位	英制单位	备注
G94	1 毫米/分钟	0.01 英寸/分钟	允许输入小数点
G95	0.01 毫米/转	0.0001 英寸/转	允许输入小数点

示例

Z 轴的进给速度 1000 毫米/分钟

主轴转速 1000 转/分钟

螺距 1.0 毫米

<每分钟的进给编程>	
S100 M03S1000	
G94	; 每分钟的进给
G00 X100.0 Y100.0	; 定位
G84 Z-50.0 R-10.0 F1000	; 不带补偿夹具的攻丝
<旋转进给编程>	
G95	; 旋转进给率
G00 X100.0 Y100.0	; 定位
G84 Z-50.0 R-10.0 F1.0	; 不带补偿夹具的攻丝

5.1.12 攻丝循环，左旋螺纹（G74）

刀具以编程的主轴转速和进给速度钻削，直至输入的螺纹深度。使用 G74 可以进行左旋螺纹的刚性攻丝。

说明
如果用于钻削的主轴能够达到位置控制的运行状态，则可以使用循环 G74。

格式

- G74 X... Y... Z... R... P... F... K... ;
- X,Y:** 钻孔位置
- Z:** 点 R 到钻孔底的距离
- R:** 初始平面到点 R 的距离
- P:** 停留在孔底到返回到点 R 的暂停时间
- F:** 切削进给率
- K:** 重复加工的次数（需要使用时）

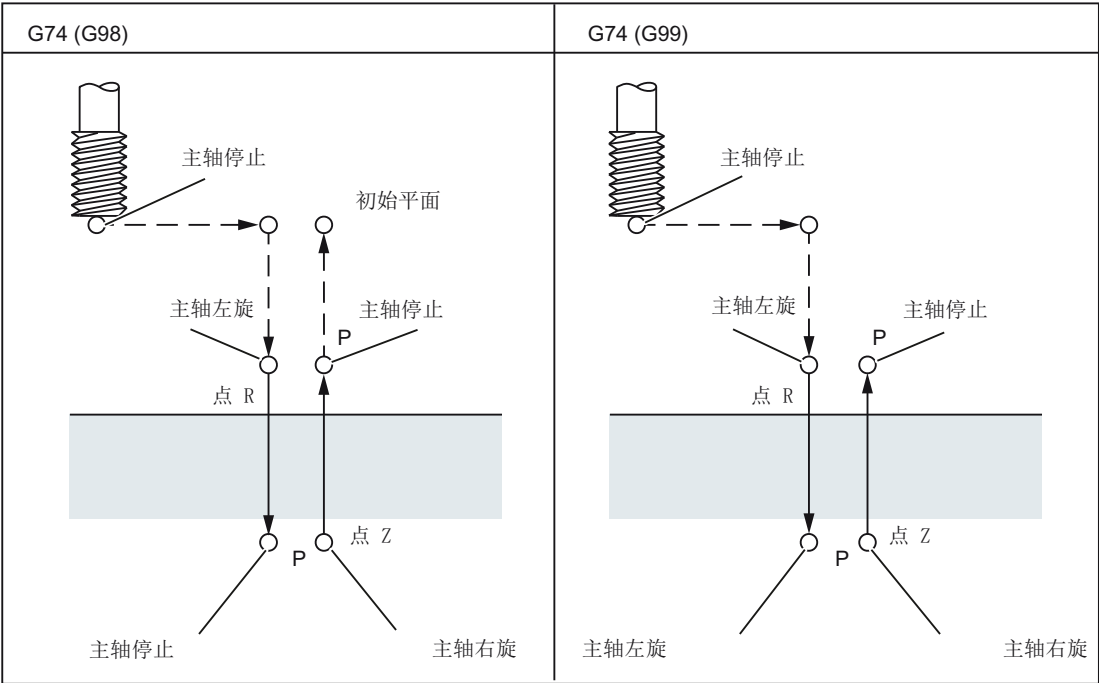


图 5-15 攻丝循环，左旋螺纹（G74）

说明

该循环产生以下的运动过程：

- 以 G0 返回到相隔安全距离的基准面
- 主轴定向停止并过渡到轴运行
- 攻丝直到最终钻深。
- 在一定螺纹深度上暂停。
- 返回到相隔安全距离的基准面并转换旋转方向。
- 使用 G0 返回到退回平面。

攻丝过程中，快速移动倍率和主轴倍率假设为 100%。

退刀时可通过 GUD_ZSFI[2] 控制转速。示例：_ZSFI[2]=120；退刀速度为攻丝速度的 120%。

限制

轴的转换

在转换钻削轴前必须首先取消固定循环。在“不带补偿夹具的钻削”中切换钻削轴时，会输出一条报警信息。

攻丝

只有写入了 X、Y、Z 或 R 的轴运行指令时，才执行钻削循环。

R

请始终在包含轴运行指令的程序段中写入 R，否则写入的数值不能模态生效。

取消选择

不允许在同一个程序段中同时使用功能组 01 中的 G 功能（G00 至 G03）和 G74，否则将取消 G74。

S 指令

给定的变速级大于允许的最大值时，会输出一条故障信息。

F 功能

给定的切削进给速度大于允许的最大值时，会输出一条故障信息。

F 指令的单位

	公制单位	英制单位	备注
G94	1 毫米/分钟	0.01 英寸/分钟	允许输入小数点
G95	0.01 毫米/转	0.0001 英寸/转	允许输入小数点

示例

Z 轴的进给速度 1000 毫米/分钟

主轴转速 1000 转/分钟

螺距 1.0 毫米

```
<每分钟的进给编程>
S100 M03S1000
G94                                ; 每分钟的进给
G00 X100.0 Y100.0                 ; 定位
G74 Z-50.0 R-10.0 F1000           ; 不带补偿夹具的攻丝

<旋转进给编程>
G95                                ; 旋转进给率
G00 X100.0 Y100.0                 ; 定位
G74 Z-50.0 R-10.0 F1.0            ; 不带补偿夹具的攻丝
```

5.1.13 攻丝循环，左旋螺纹/右旋螺纹（G84/G74）

刀具上附着的切屑会提高加工时的阻力，因此很难进行深孔的刚性攻丝。此时，带断屑/排屑的攻丝循环能提供很大的帮助。

在该循环中，刀具切削在达到螺纹底部后结束。为此一共提供两个攻丝循环：带断屑的深孔攻丝和带排屑的深孔攻丝。

按照如下方式通过 GUD _ZSFI[1] 选择循环 G84 和 G74：

_ZSFI[1] = 2: 带断屑的深孔攻丝

_ZSFI[1] = 3: 带排屑的深孔攻丝

格式

G84 (或 G74) X... Y... Z... R... P... Q... F... K... ;

X,Y: 钻孔位置

Z: 点 R 到钻孔底的距离

R: 初始平面到“点 R”的距离

P: 停留在孔底到返回到点 R 的暂停时间

Q: 每次切削进给的切削深度

F: 进给率

K: 重复次数

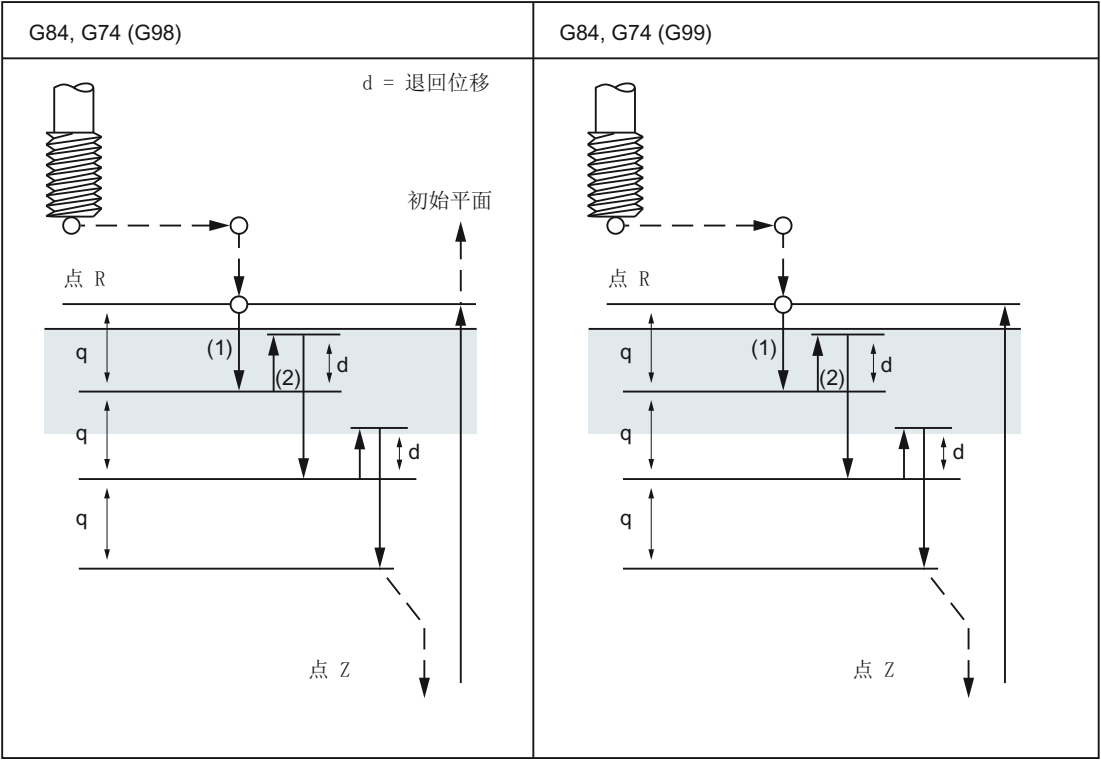


图 5-16 带断屑的深孔攻丝(USER DATA, _ZSFI[1] = 2)

1. 刀具按照写入的进给速度运行。

2. 退刀速度可由 USER DATA, _ZSFI[2] 给定。

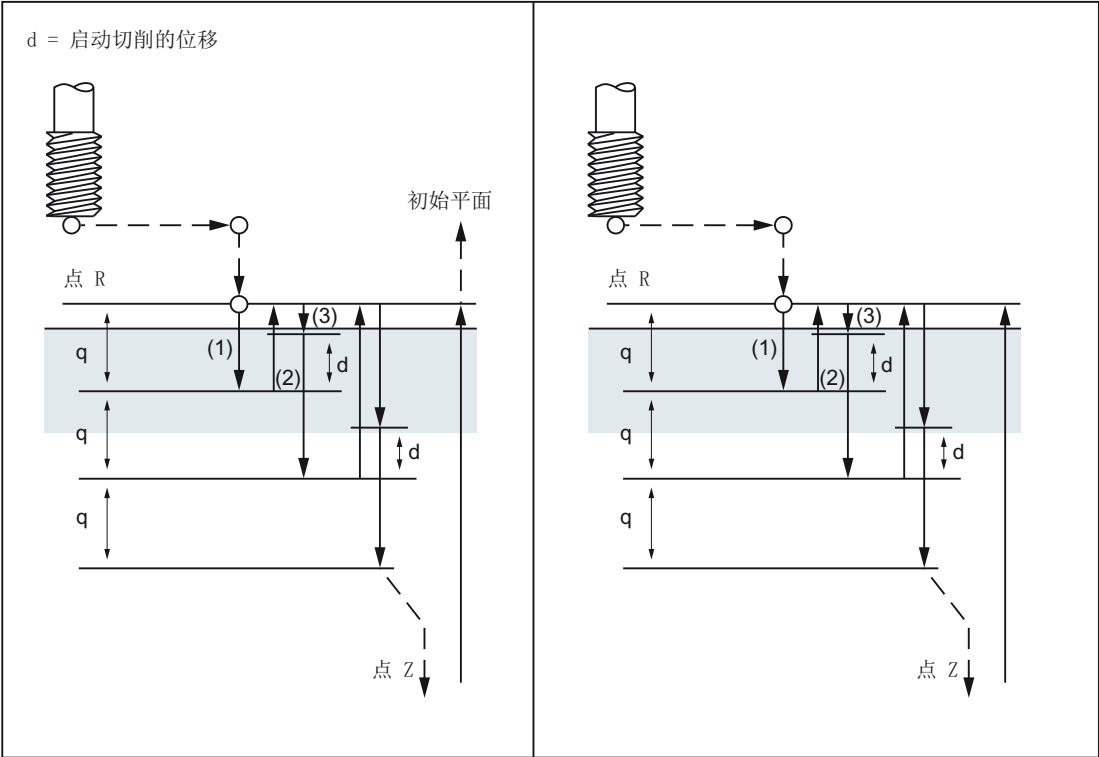


图 5-17 带断屑的深孔攻丝(USER DATA, _ZSFI[1] = 3)

带断屑/排屑的深孔攻丝

刀具沿着 X 轴和 Y 轴定位后，以快速移动方式运行到点 R。然后从该点出发加工切削深度 Q（每次切削进给的切削深度）。接着刀具退回，位移量为 d。在 USER DATA, _ZSFI[2] 中输入不等于 100% 的值时，可以给定是否覆盖该退刀量。一旦达到点 Z，主轴立即停止并反转方向，执行退刀。在 USER DATA, _ZSFR[1] 中设定退回位移。

说明

_ZSFR[1] 给定为“0”时，用于退回位移的缺省设置 1 毫米或 1 英寸生效。
如果必须给定 0 毫米或 0 英寸的位移量，应输入一个小于运行精度的数值。

5.1.14 取消固定循环(G80)

通过 G80 可以取消固定循环。

格式

G80;

说明

ISO 模式中的 G80 或第 1 功能组的 G 功能(G00, G03, ...)会取消所有模态生效的循环。

5.1.15 编程示例：刀具长度补偿和固定循环

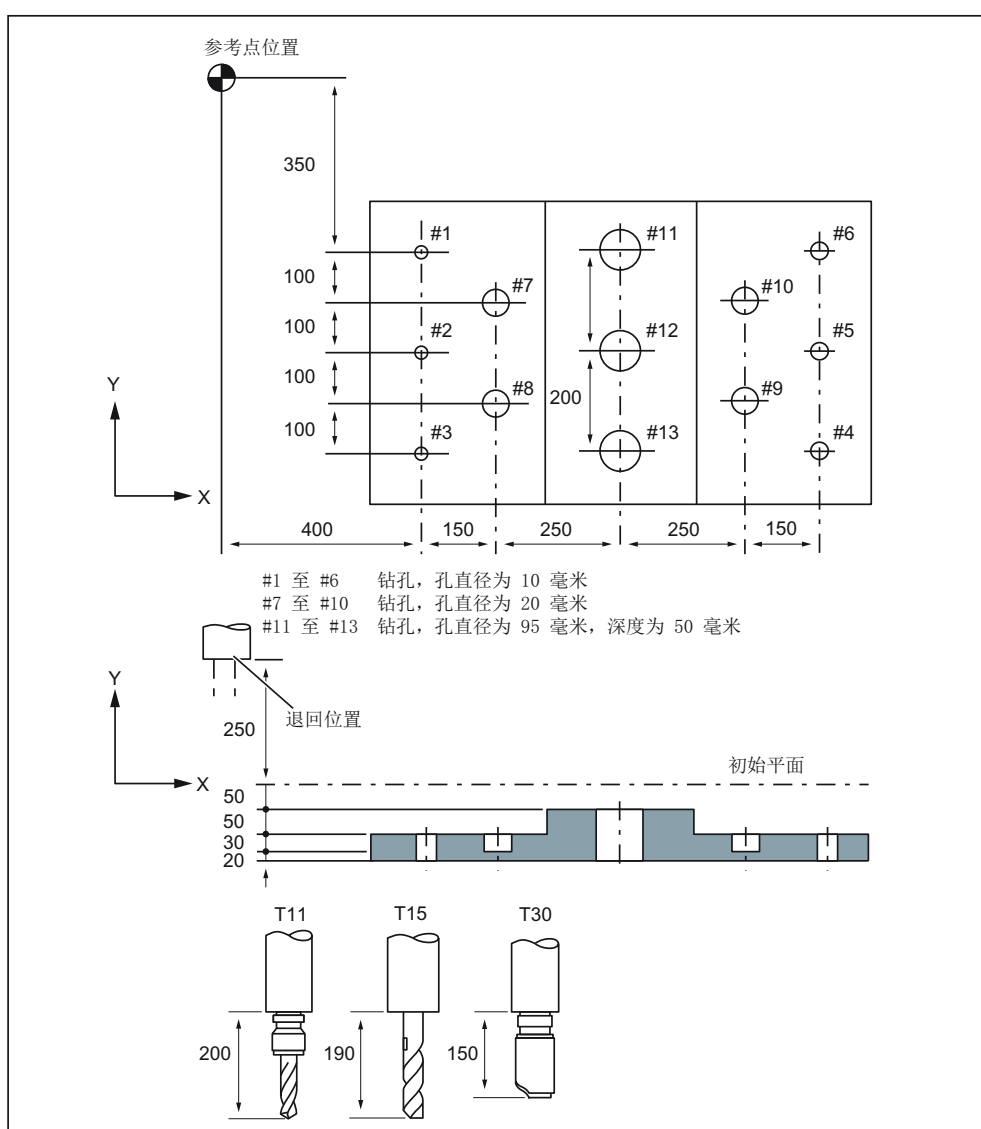


图 5-18 编程示例（钻削循环）

在 TO No. 11 中设置补偿值 +200.0; 在 TO No. 15 中设置 +190.0; 在刀具补偿号 No. 30 中设置 +150.0。

程序示例

```

;
N001 G49 ; ; 取消刀具长度补偿
N002 G10 L10 P11 R200. ; ; 设置刀具补偿 11 为 +200。
N003 G10 L10 P15 R190. ; ; 设置刀具补偿 15 为 +190。
N004 G10 L10 P30 R150. ; ; 设置刀具补偿 30 为 +150。
N005 G92 X0 Y0 Z0 ; ; 设置参考点上的坐标
;
N006 G90 G00 Z250.0 T11 M6 ; 换刀
N007 G43 Z0 H11 ; 初始面，刀具长度补偿
N008 S30 M3 ; 主轴启动
N009 G99 G81 X400.0 Y-350.0 Z-153.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #1
R-97.0 F1200
N010 Y-550.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #2 并返回到点 R 的平面
;
N011 G98 Y-750.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #3 并返回到初始面
;
N012 G99 X1200.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #4 并返回到点 R 的平面
;
N013 Y-550.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #5 并返回到点 R 的平面
;
N014 G98 Y-350.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #6 并返回到初始面
;
N015 G00 X0 Y0 M5 ; 返回参考点
; 主轴停止
N016 G49 Z250.0 T15 M6 ; 取消刀具长度补偿，换刀
;
N017 G43 Z0 H15 ; 初始面，刀具长度补偿
N018 S20 M3 ; 主轴启动
N019 G99 G82 X550.0 Y-450.0 Z-130.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #7 并返回到点 R 的平面
R-97.0 P300 F700
;
N020 G98 Y-650.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #8 并返回到初始面
;
N021 G99 X1050.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #9 并返回到点 R 的平面
;
N022 G98 Y-450.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #10 并返回到初始面
;
N023 G00 X0 Y0 M5 ; 返回参考点
; 主轴停止
N024 G49 Z250.0 T30 M6 ; 取消刀具长度补偿，换刀
;
N025 G43 Z0 H30 ; 初始面，刀具长度补偿
N026 S10 M3 ; 主轴启动
N027 G85 G99 X800.0 Y-350.0 Z-153.0 ; ; 定位，然后加工钻孔 #11 并返回到点 R 的平面
R47.0 F500
;
N028 G91 Y-200.0 K2 ; 定位，然后加工钻孔 #12 和 13 并返回到点 R 的平面
;
G80 ; 取消固定循环
N029 G28 X0 Y0 M5 ; 返回参考点
; 主轴停止
N030 G49 Z0 ; ; 取消刀具长度补偿
N031 M30 ; 程序结束

```

5.2 可编程的输入数据(G10)

5.2.1 修改刀具补偿值

通过 G10 可以覆盖当前的刀具补偿值。但借助该指令不能创建新的刀具补偿。

格式

G10 L10 P... R... ; 刀具长度补偿, 几何数据

G10 L11 P... R... ; 刀具长度补偿, 磨损

G10 L12 P... R... ; 刀具半径补偿, 几何数据

G10 L13 P... R... ; 刀具半径补偿, 磨损

P: 刀具补偿存储器数量

R: 数值输入

也可以不写入 L11, 而是写入 L1。

5.2.2 用于调用子程序的 M 功能(M98, M99)

零件程序存储器中保存了子程序时, 可以使用该功能。可以任意调用并执行存储器中保存的、属于相应程序号的子程序。

指令

下列 M 功能用于调用子程序。

表格 5-3 用于调用子程序的 M 功能

M 功能	功能
M98	子程序调用
M99	结束子程序

调用子程序(M98)

- M98 Pnnnnmmmm

m: 程序号 (最多 4 位)

n: 重复执行的次数 (最多 4 位)

使用程序 M98 Pnnnnmmmm 调用程序前, 需正确给程序命名, 即, 通常借用 0 将程序号补充为 4 位。

- 例如, 如果写入了 M98 P21, 则在零件程序存储器中查找程序名为 21.mpf 的程序, 随后执行该子程序一次。如需执行该子程序三次, 必须写入 M98 P30021。查找不到给定的程序号时, 会输出一条报警信息。
- 允许子程序相互嵌套; 最多可出现 16 个子程序级。设置的子程序级超出允许的最大值时, 会输出一条报警信息。

结束子程序(M99)

指令 **M99 Pxxxx** 将结束子程序，并在已调用的程序中从程序段号 **Nxxxx** 继续处理。数控系统首先向前（从调用子程序开始到结束程序）查找程序段号。如果没有查找到一致的程序段号，系统接着向后（零件程序开始的方向）查找零件程序。

如果主程序中的 **M99** 不带程序段号(**Pxxxx**)，将从程序头跳转到主程序并重新开始主程序。主程序中的 **M99** 带程序段号跳转时(**M99 Pxxxx**)，系统始终从程序头开始查找程序段号。

5.3 八位数的程序号

通过机床数据 **20734 \$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK**,位 **6=1** 激活八位数的程序号选择。该功能作用于 **M98** 和 **G65/66**。

y: 程序运行次数

x: 程序号

子程序调用

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 **6 = 0**

M98 Pyyyyxxxx 或者

M98 Pxxxx Lyyyy

程序号最多为四位

通常借用 **0** 将程序号补充为 **4** 位

示例:

M98 P20012: 调用 **0012.mpf**, 运行 **2** 次

M98 P123 L2: 调用 **0123.mpf**, 运行 **2** 次

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 **6 = 1**

M98 Pxxxxxxxx Lyyyy

即使程序号的位数少于 **4** 位时，也不通过 **0** 进行补位。

不能在 **P(Pyxxxxxxx)**中写入运行次数和程序号，运行次数必须通过 **L** 写入！

示例:

M98 P123: 调用 **123.mpf**, 运行 **1** 次

M98 P20012: 调用 **20012.mpf**, 运行 **1** 次

注意: 它和 **ISO** 原始编程指令不再匹配

M98 P12345 L2: 调用 **12345.mpf**, 运行 **2** 次

模态生效和程序段方式生效的宏 G65/G66

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 6 = 0

G65 Pxxxx Lyyyy

即使程序号的位数少于 4 位时，也不通过 0 进行补位。程序号位数大于 4 位时输出报警。

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 6 = 1

G65 Pxxxx Lyyyy

即使程序号的位数少于 4 位时，也不通过 0 进行补位。程序号位数大于 8 位时输出报警。

中断 M96

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 6 = 0

M96 Pxxxx

通常借用 0 将程序号补充为 4 位

\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 6 = 1

M96 Pxxxx

即使程序号的位数少于 4 位时，也不通过 0 进行补位。程序号位数大于 8 位时输出报警。

5.4 极坐标(G15, G16)

在极坐标中编程时，坐标系中的位置由半径和/或角度确定。通过 G16 选择极坐标编程。G15 再次取消极坐标。平面中的第一个轴视为极半径，第二个轴视为极角。

格式

G17 (G18, G19) G90 (G91) G16 ; 启用极坐标指令
G90 (G91) X... Y... Z... ; 极坐标指令
...
...
G15 ; 禁用极坐标指令

G16: ; 极坐标指令
G15: 取消极坐标指令
G17, G18, G19: 选择平面
G90: 极点为工件零点。
G91: 极点为当前位置。
X, Y, Z: 第一个轴: 极坐标的半径, 第二轴: 极坐标的角度

说明
如果将极点从当前位置移至工件零点，则半径视为当前位置到工件零点的距离。

示例

```
N5 G17 G90 X0 Y0
N10 G16 X100. Y45. ; 启用极坐标,
; 极点为工件零点,
; 位置 X 70,711 Y 70,711
; 直角坐标系中
N15 G91 X100 Y0 ; 极点为当前位置,
; 即位置 X 141.421 Y 141.421
N20 G90 Y90. ; 程序段中没有 X 轴
; 极点为工件零点,
; 半径 = SORT (X*X +Y*Y) = 184.776
G15
```

极半径始终视为绝对值，而极角既可视作绝对值也可视为增量值。

5.5 测量功能

5.5.1 通过 G10.6 快速退刀

概述

通过 G10.6<轴位置>可以激活刀具快速退刀时（如出现断刀时）的退回位置。而退回运行由数字信号启动。数控系统的第二快速输入用作启动信号。

也可通过机床数据 10820 \$MN_EXTERN_INTERRUPT_NUM_RETRAC (1 - 3)选择其它快速输入(1 - 3)。

通过 G10.6 进行退刀时必须存在中断程序(ASUP) CYCLE3106.spf。如果在零件程序存储器中不存在程序 CYCLE3106.spf，G10.6 零件程序段会输出报警 14011“不存在程序 CYCLE3106 或没有释放处理”。

在 SUP CYCLE3106.spf 中可定义快速退刀后数控系统的特性。如果需要在快速退刀后停止轴和主轴，必须在 CYCLE3106.spf 中写入 M0 和 M5。如果 CYCLE3106.spf 是只包含 M17 的哑元程序，退刀后零件程序继续，并不中断。

如果通过写入 G10.6<轴位置> 激活了快速退刀，第 2 快速 NC 输入的输入信号从 0 变为 1 后当前运行被中断，以快速移动方式返回到 G10.6 写入的位置。此时，可按照绝对值方式或增量值方式运行到 G10.6 程序段中写入的位置。

通过 G10.6（无位置信息）可以取消该功能。通过第 2 快速 NC 输入的输入信号禁用快速退刀。

限制

只可以写入一个轴的快速退刀。

5.5.2 删除带剩余行程的测量(G31)

通过给定“G31 X... Y... Z... F... ;”可以激活“允许删除剩余行程”的测量。如果在线性插补时存在第 1 测量头的测量输入，线性插补被中断并且轴的剩余行程被删除。从下一个程序段开始继续程序。

格式

G31 X... Y... Z... F... ;
G31: 非模态生效 G 功能（只在编程了该功能的程序段中生效）

PLC 信号“测量输入 = 1”

通过测量输入 1 的上升沿，将当前轴位置存储到轴系统参数或 \$AA_MM[<Axis>] 和 \$AA_MW[<Axis>]。可在西门子模式中读取该参数。

\$AA_MW[X]	保存工件坐标系中 X 轴的坐标值
\$AA_MW[Y]	保存工件坐标系中 Y 轴的坐标值
\$AA_MW[Z]	保存工件坐标系中 Z 轴的坐标值
\$AA_MM[X]	保存机床坐标系中 X 轴的坐标值
\$AA_MM[Y]	保存机床坐标系中 Y 轴的坐标值
\$AA_MM[Z]	保存机床坐标系中 Z 轴的坐标值

说明
G31 激活并且测量信号还生效时，会输出报警 21700。

测量信号后的继续执行程序

如果下一程序段中写入是增量轴位置，则该位置是相对于测量点的位置，即：测量信号执行“删除剩余行程”所在的轴位置是增量位置的参考点。
如果下一程序段中写入的是绝对轴位置，则轴移动到该写入位置。

说明
在 G31 程序段中不允许激活铣刀半径补偿。因此应在写入 G31 前通过 G40 取消铣刀半径补偿。

示例

G31, 增量位置值

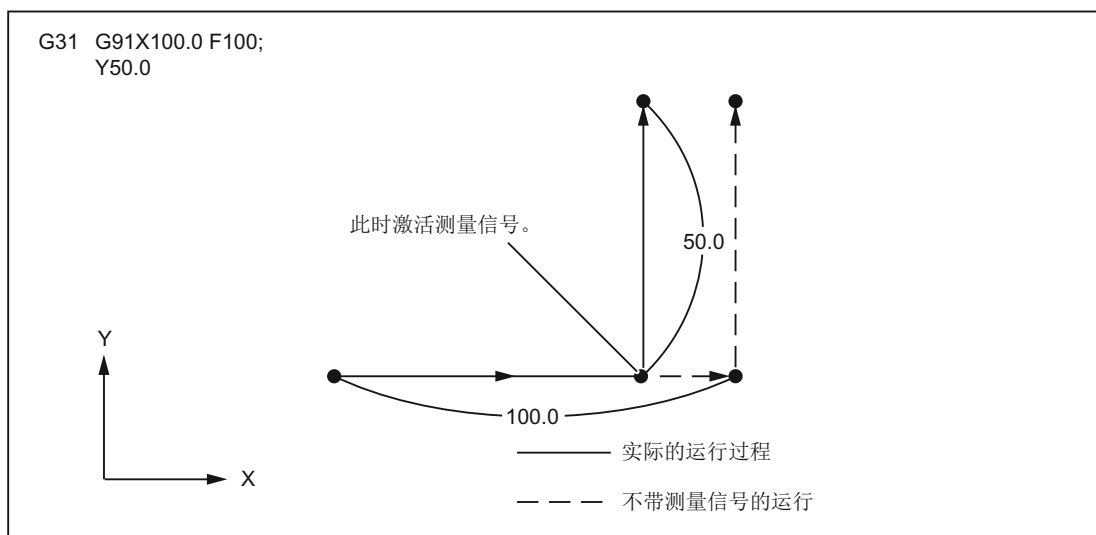


图 5-19 G31, 一个轴的增量位置值

G31, 绝对位置值

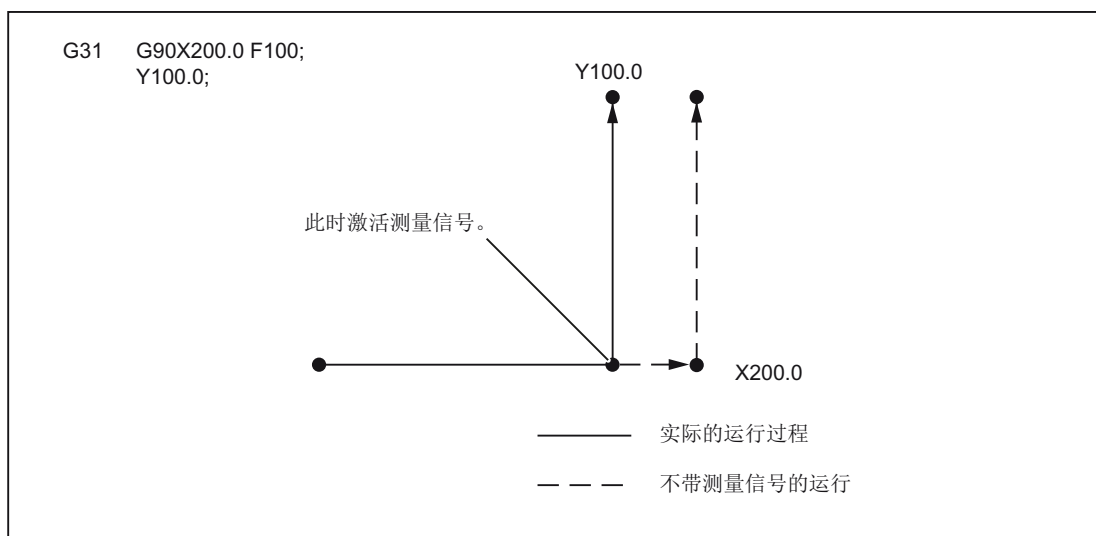


图 5-20 G31, 一个轴的绝对位置值

G31, 2 个轴的绝对值指令

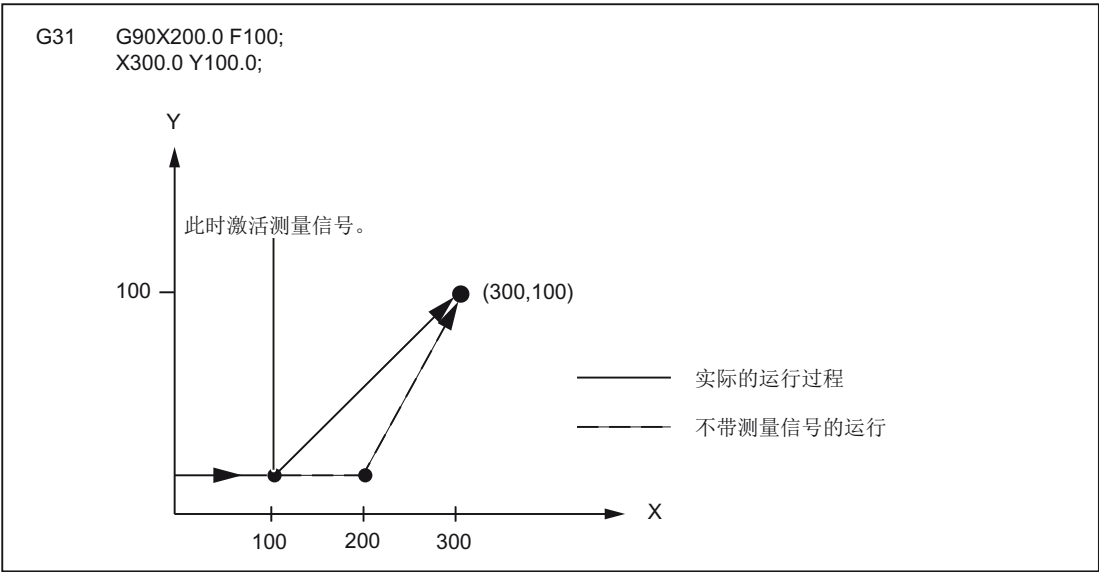


图 5-21 G31，2 个轴的绝对值指令

5.5.3 通过 G31, P1 - P4 测量

功能 G31 P1 (.. P4) 和 G31 唯一区别在于，它可以通过 P1 至 P4 选择测量信号的不同输入。其中也可以同时监控多个输入上的测量信号上升沿。输入和地址 P1 - P4 的之间的分配由机床数据确定。

格式

G31 X... Y... Z... F... P... ;

X, Y, Z: 终点

F...: 进给率

P...: P1 - P4

说明

通过机床数据将数字输入分配给地址 P1 至 P4，如下：

P1: \$MN_EXTERN_MEAS_G31_P_SIGNAL[0]

P2: \$MN_EXTERN_MEAS_G31_P_SIGNAL[1]

P3: \$MN_EXTERN_MEAS_G31_P_SIGNAL[2]

P4: \$MN_EXTERN_MEAS_G31_P_SIGNAL[3]

该选择的详细说明（P1、P2、P3 或 P4）参见机床制造商的资料。

5.5.4 通过 M96, M97 写入中断程序

M96

通过 M96 P<程序号>可以将一个子程序定义为一个中断程序。

通过外部信号启动该程序。在西门子模式中提供的八个输入中，中断程序始终使用第 1 个快速 NC 输入启动。通过 MD10818 \$MN_EXTER_INTERRUPT_NUM_ASUP 也可以选择其它的快速输入（1 至 3）。

格式

M96 Pxxxx	； 激活程序中断
M97	； 取消程序中断

M97 和 M96 P_ 必须位于单独的程序段中。

从而可以在释放中断时首先调用 shell 循环 CYCLE396，而该循环随后调用 ISO 模式中写入的中断程序。Shell 循环结束后分析机床数据 10808 \$MN_EXTERN_INTERRUPT_BITS_M96,位 1；以 REPOS 定位到中断点或继续下一个程序段。

结束中断(M97)

通过 M97 可以取消中断程序。只有再次由 M96 激活中断程序后中断程序才可由外部信号启动。

如果需要略去 CYCLE396 的中间步骤而直接用中断信号调用 M96 Pxx 写入的中断程序，机床数据 20734 \$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 10 必须为零。在西门子模式中，当信号从 0 -> 1 时调用 Pxx 写入的子程序。

中断功能的 M 功能号由机床数据设定。通过机床数据 10804 \$MN_EXTERN_M_NO_SET_INT 确定激活中断程序的 M 号；通过机床数据 10806 \$MN_EXTERN_M_NO_DISABLE_INT 确定抑制中断程序的 M 号。

只允许使用不是预留用于标准 M 功能的 M 号。M96 和 M97 是 M 功能的缺省设置。如需激活功能，必须置位机床数据 10808 \$MN_EXTERN_INTERRUPT_BITS_M96 的位 0。M 功能随后不传送给 PLC。如果位 0 没有置位，M 功能被视为普通的辅助功能。

中断程序结束后，标准情况下轴会运行到中断程序段之后的零件程序段的终点。如果需要从中断点开始继续处理零件程序，必须在中断程序结束处写入一个 REPOS 指令，例如：REPOSA。为此必须在西门子模式中写入中断程序。

激活和取消中断程序的 M 功能必须位于单独的程序段中。如果除了 M 和 P 程序段中还写入了其它地址，会输出报警 12080（句法出错）。

机床数据

通过以下机床数据可以确定中断程序功能的属性：

MD10808 \$MN_EXTERN_INTERRUPT_BITS_M96:

位 0 = 0

I 不允许中断程序，M96/M97 是普通的 M 功能。

位 0 = 1

允许通过 M96/M97 激活中断程序。

位 1 = 0

零件程序从中断程序段后(REPOSL RME)的下一程序段终点继续执行。

位 1 = 1

零件程序从中断位置继续执行(REPOSL RMI)。

位 2 = 0

中断信号立即停止当前程序段并启动中断程序。

位 2 = 1

在程序段结束时才启动中断程序。

位 3 = 0

出现中断信号时立即停止加工循环。

位 3 = 1

在加工循环结束时才启动中断程序（在 shell 循环中分析）。

在 shell 循环中会分析位 3，并相应地匹配循环运行过程。

在 shell 循环 CYCLE396 中分析位 1。

如果中断程序不是由 shell 循环 CYCLE396 调用(\$MC_EXTERN_FUNCTION_MASK,位 10 = 1)，必须分析位 1。位 1 = TRUE 时，必须通过 REPOSL RMI 定位到中断点，否则应通过 REPOSL RME 定位到程序段终点。

示例：

N100 M96 P1234	； 激活 ASUP 1234.spf。第 1 快速输入 ； 出现上升沿时， ； 启动程序 1234.spf
....	
....	
N300 M97	； 取消 ASUP

限制

如同普通子程序一样处理中断程序。也就是说，必须至少有一个可用的子程序级，才可以执行中断程序。（提供 16 个程序级以及两个预留用于 ASUP 中断程序的程序级。）

只有当中断信号从 0 变为 1 时，才启动中断程序。如果中断信号始终保持为 1，不再重新启动中断程序。

5.5.5 功能“刀具寿命监控”

通过西门子刀具管理程序可以执行刀具寿命监控和件数监控。

5.6 宏程序

宏可以由多个零件程序段组成，并通过 M99 完成执行。通常宏是零件程序段中通过 G65 Pxx 或 G66 Pxx 调用的子程序。

由 G65 调用的宏是程序段方式生效的功能。由 G66 调用的宏是模态生效的功能，由 G67 取消。

5.6.1 与子程序的区别

通过宏程序(G65, G66)可以给定并分析参数。与此相反，在调用子程序(M98)时不能给定参数。

5.6.2 调用宏程序(G65, G66, G67)

通常在调用宏程序后立即执行该程序。

调用宏程序的步骤参见下表。

表格 5- 4 调用宏程序的格式

调用方法	指令代码	备注
单次调用	G65	
模态调用(a)	G66	由 G67 取消

单次调用(G65): 格式

G65 P_ L_ ;

通过给定“G65 P ... L... <依据>,”调用具备“P”程序号的宏程序，并执行“L”次。

必须在 G65 程序段中写入所需参数。

说明

在 G65 或 G66 零件程序段中，地址 Pxx 视为写入宏功能的子程序的程序号。通过地址 Lxx 可以定义宏调用的次数。该零件程序段的所有其它地址都视为过渡参数，其参数值保存在系统变量 \$C_A 至 \$C_Z 中。在子程序中可以读取这些系统参数并分析宏功能。如果在一个宏程序（子程序）中借助过渡参数调用了其它宏程序，则必须在调用新的宏程序前将子程序中的过渡参数保存在内部变量中。

调用宏时必须自动切换回西门子模式，从而可以使用内部的变量定义。在宏程序的第一行插入指令 PROC<程序名称>可以实现该要求。如果在子程序中写入了另一个宏调用，必须在此之前再次选择 ISO 编程指令模式。

表格 5-5 指令 P 和 L

地址	说明	数字的位数
P	程序号	4 位或者 8 位
L	重复次数	

地址 I、J、K 的系统参数

因为在一个包含宏调用的程序段中可以最多写入 10 次地址 I、J 和 K，因此必须借助数组索引查找到这些地址的系统变量。这三个系统变量的句法为 \$C_I[..]、\$C_J[..] 和 \$C_K[..]。这些值在数组中按已编程的顺序排列。程序段中写入的地址 I、J 和 K 的数量分别保存在变量 \$C_I_NUM、\$C_J_NUM 和 \$C_K_NUM 中。

即使没有写入某个地址，用于调用宏的过渡参数 I、J、K 也被作为关联程序段处理。如果重新写入一个参数，或按照 I、J、K 的顺序写入下一个参数，则它属于下一个程序段。

为识别 ISO 模式中的程序顺序，应设置系统变量 \$C_I_ORDER、\$C_J_ORDER 和 \$C_K_ORDER。它们是和 \$C_I、\$C_K 相同的数组，并包含相应的参数号。

说明

只有在西门子模式的子程序中才可以读取过渡参数。

示例:

```
N5 I10 J10 K30 J22 K55 I44 K33
```

```
Block1 Block2 Block3
```

```
$C_I[0]=10
```

```
$C_I[1]=44
```

```
$C_I_ORDER[0]=1
```

```
$C_I_ORDER[1]=3
```

```
$C_J[0]=10
```

```
$C_J[1]=22
```

```
$C_J_ORDER[0]=1
```

```
$C_J_ORDER[1]=2
```

```
$C_K[0]=30
```

```
$C_K[1]=55
```

```
$C_K[2]=33
```

```
$C_K_ORDER[0]=1
```

```
$C_K_ORDER[1]=2
```

```
$C_K_ORDER[2]=3
```

循环参数 \$C_x_PROG

在 ISO 编程指令 0 模式中，取决于编程方式（整数或实数）可以按照不同方式计算写入的数值。通过机床数据激活不同的计算方法。

如果该 MD 置位，则数控系统的属性如下：

X100 ; X 轴运行 100 毫米（100 带小数点） => 实数

Y200 ; Y 轴运行 0.2 毫米（200 不带小数点） => 整数

如果程序段中写入的地址用作循环的过渡参数，则写入的值始终作为实数保存在 \$C_x 变量中。输入整数时不再可以推断循环中的编程方式（实数或整数），因此也不会通过换算系数计算写入的数值。

系统变量 \$C_TYP_PROG 可提供 REAL 或 INTEGER 编程方式的信息。

\$C_TYP_PROG 的结构完全和 \$C_ALL_PROG 以及 \$C_INC_PROG 一样。如果写入的值为 INTEGER，则该位变为 0。如果为 REAL，则变为 1。如果通过变量 \$<编号>对数值进行编程，则相应位也变为 1。

示例：

P1234 A100. X100 -> \$C_TYP_PROG == 1。

由于只写入了 A 的 REAL 值，因此只有位 0。

P1234 A100. C20. X100 -> \$C_TYP_PROG == 5。

位 1 和位 3（A 和 C）

限制：

在每个程序段中最多允许写入十个 I、J、K 参数。在变量 \$C_TYP_PROG 中，只为 I、J、K 分别配备一个位。因此，应在 \$C_TYP_PROG 中将 I、J、K 相应的位设置为 0。从而不推导 I、J 或 K 是 REAL 或 INTEGER。

模态调用(G66, G67)

通过 G66 可以调用一个模态生效的宏程序。只有满足规定的条件时，随后才执行给出的宏程序。

- 通过给定“G66 P... L... <参数>;”可以激活模态生效的宏程序。过渡参数的处理和 G65 相同。
- G66 由 G67 取消。

表格 5- 6 模态调用的条件

调用条件	选择该运行的功能	取消该运行的功能
执行运行指令后	G66	G67

给定参数

写入地址 A - Z 可以确定过渡参数。

地址和系统变量之间的对应关系

表格 5- 7 地址、变量、调用指令的地址间的对应关系

地址和变量之间的对应关系	
地址	系统变量
A	\$C_A
B	\$C_B
C	\$C_C
D	\$C_D
E	\$C_E
F	\$C_F
H	\$C_H
I	\$C_I[0]
J	\$C_J[0]
K	\$C_K[0]
M	\$C_M
Q	\$C_Q
R	\$C_R
S	\$C_S
T	\$C_T
U	\$C_U
V	\$C_V
W	\$C_W
X	\$C_X
Y	\$C_Y
Z	\$C_Z

地址和系统变量之间的对应关系

必须按照 I、J、K 的顺序才能使用 I、J 和 K。

由于在一个包含宏调用的程序段中可以最多给定 10 次地址 I、J 和 K，因此必须借助索引查找到宏程序内该地址的系统变量。这三个系统变量的句法为 \$C_I[..]、\$C_J[..] 和 \$C_K[..]。相应的数值按照写入顺序保存到表格中。程序段中写入的地址 I、J 和 K 的数量分别保存在变量 \$C_I_NUM、\$C_J_NUM 和 \$C_K_NUM 中。

和其它变量不同，在读取这三个变量时必须给出索引。循环调用（如 G81）通常使用索引 0。例如：N100 R10 = \$C_I[0]

表格 5-8 地址、变量、调用指令的地址间的对应关系

地址和变量之间的对应关系	
地址	系统变量
A	\$C_A
B	\$C_B
C	\$C_C
I1	\$C_I[0]
J1	\$C_J[0]
K1	\$C_K[0]
I2	\$C_I[1]
J2	\$C_J[1]
K2	\$C_K[1]
I3	\$C_I[2]
J3	\$C_J[2]
K3	\$C_K[2]
I4	\$C_I[3]
J4	\$C_J[3]
K4	\$C_K[3]
I5	\$C_I[4]
J5	\$C_J[4]
K5	\$C_K[4]
I6	\$C_I[5]
J6	\$C_J[5]

地址和变量之间的对应关系	
K6	\$C_K[5]
I7	\$C_I[6]
J7	\$C_J[6]
K7	\$C_K[6]
I8	\$C_I[7]
J8	\$C_J[7]
K8	\$C_K[7]
I9	\$C_I[8]
J9	\$C_J[8]
K9	\$C_K[8]
I10	\$C_I[9]
J10	\$C_J[9]
K10	\$C_K[9]

说明
如果在多个程序段中写入地址 I、J、K，则每个程序段中 I/J/K 的顺序应使得变量号和该顺序相符。

给定参数示例

不管何种地址，参数值也可以包含正负号和小数点。
参数值始终保存为实数值。

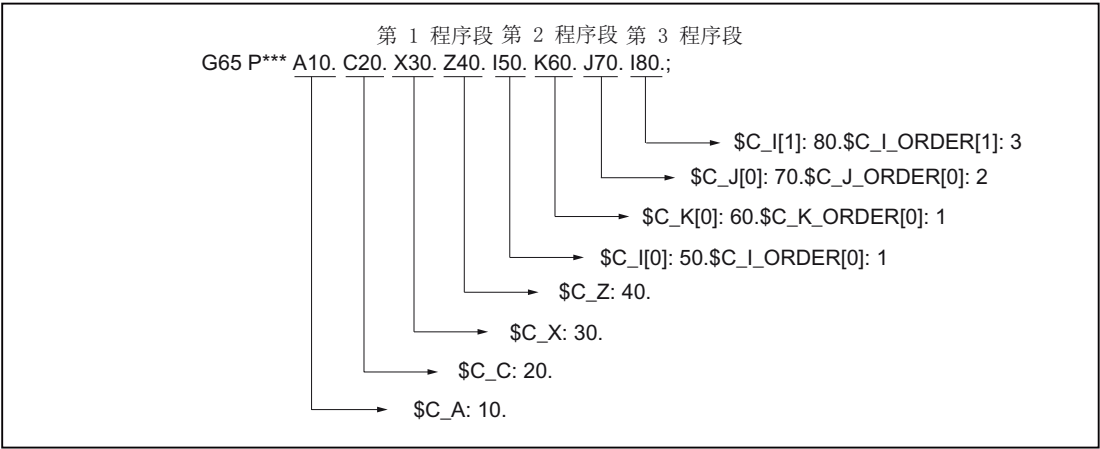


图 5-22 给定依据示例

在西门子模式和 ISO 模式中执行宏程序

可以在西门子模式或 ISO 模式中调用已经被调用的宏程序。在宏程序的第一个程序段中确定执行程序的编程指令模式。

如果在宏程序的第一个程序段中包含指令 **PROC <程序名称>**，会自动切换入西门子模式。如果没有该指令，加工在 ISO 模式中进行。

在西门子模式中执行程序可以将过渡参数备份在本地变量中。而在 ISO 模式中却不可以将过渡参数保存在本地变量中。

如需读取在 ISO 模式中执行的宏程序的过渡参数，必须借助指令 **G290** 切换入西门子模式。

举例

带有宏调用的主程序：

```
_N_M10_MPF:
N10 M3 S1000 F1000
N20 X100 Y50 Z33
N30 G65 P10 F55 X150 Y100 S2000
N40 X50
N50 ....
N200 M30
```

西门子模式中的宏程序：

```
_N_0010_SPF:
PROC 0010 ; 切换入西门子模式
N10 DEF REAL X_AXIS ,Y_AXIS, S_SPEED, FEED
N15 X_AXIS = $C_X Y_AXIS = $C_Y S_SPEED = $C_S FEED = $C_F
N20 G01 F=FEED G95 S=S_SPEED
...
N80 M17
```

ISO 模式中的宏程序：

```
_N_0010_SPF:
G290; 切换入西门子模式
; 读取过渡参数
N15 X_AXIS = $C_X Y_AXIS = $C_Y S_SPEED = $C_S FEED = $C_F
N20 G01 F=$C_F G95 S=$C_S
```

```
N10 G1 X=$C_X Y=$C_Y  
G291; 切换入 ISO 模式  
N15 M3 G54 T1  
N20  
...  
N80 M99
```

5.6.3 通过 G 功能调用宏

宏调用

通过 G 号调用宏的方式和 G65 类似。

通过机床数据可以配置 50 个 G 功能的替代功能。

10816 \$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE 以及

10817 \$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE_NAME。

程序中写入的参数保存在 \$C_ 变量中。通过地址 L 可以确定重复执行宏的次数。在变量 \$C_G 中保存了写入的 G 宏指令的编号。程序段中写入的所有其它 G 功能都作为普通 G 功能处理。程序段中的地址和 G 功能写入顺序是任意的，对功能没有影响。

该程序段中写入的参数的详细信息请参见章节“调用宏程序(G65, G66, G67)”。

限制

- 只有在 ISO 模式中才能通过一个 G 功能调用宏指令(G290)。
- 每个零件程序行只可以替换一个 G 功能（或通常只有一个子程序调用）。和其它子程序调用出现冲突时，例如：子程序模态生效，则输出报警 12722“程序段中存在多个 ISO_M/T 宏或多个循环调用”。
- 一个 G 宏指令生效时，不能调用其它 G 宏指令或 M 宏指令或 M 子程序。此时，M 宏指令或 M 子程序的执行和 M 功能一样。存在相应 G 功能时，G 宏指令的执行方式和 G 功能一样；若不存在相应 G 功能，会输出报警 12470“未知 G 功能”。
- 此外，G65 的限制同样生效。

组态实例

通过 G 功能 G21 调用子程序 G21_MAKRO:

\$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE[0] = 21

\$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE_NAME[0] = "G21_MAKRO"

\$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE[1] = 123

\$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE_NAME[1] = "G123_MAKRO"

\$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE[2] = 421

\$MN_EXTERN_G_NO_MAC_CYCLE_NAME[2] = "G123_MAKRO"

编程示例

```

PROC MAIN
. . .
N0090 G291                                ; ISO 模式
N0100 G1 G21 X10 Y20 F1000 G90           ; 调用 G21_MAKRO.spf,
                                           ; G1 和 G90 在
                                           ; 调用
                                           ; G21_MAKRO.spf 前激活
. . .
N0500 G90 X20 Y30 G123 G1 G54            ; 调用 G123_MAKRO.spf,
                                           ; G1、G54 和 G90 在
                                           ; 调用
                                           ; G123_MAKRO.spf 前激活
. . .
N0800 G90 X20 Y30 G421 G1 G54            ; 调用 G123_MAKRO.spf,
                                           ; G1、G54 和 G90 在
                                           ; 调用
                                           ; G123_MAKRO.spf 前激活
. . .
N0900 M30
PROC G21_MAKRO
. . .
N0010 R10 = R10 + 11.11
N0020 IF $C_X_PROG == 0
N0030 SETAL(61000)                        ; 没有正确传送写入的变量
                                           ;
N0040 ENDIF
N0050 IF $C_Y_PROG == 0
N0060 SETAL(61001)
N0070 ENDIF
N0080 IF $C_F_PROG == 0

```



```

N0090 SETAL(61002)
N0100 ENDIF
N0110 G90 X=$C_X Y=$C_Y
N0120 G291
N0130 G21 M6 X100 ; G21->激活公制尺寸系统（没有调用宏）
;
N0140 G290
. . .
N0150 M17
PROC G123_MAKRO
. . .
N0010 R10 = R10 + 11.11
N0020 IF $C_G == 421 GOTO label_G421 ; G123 的宏功能
N0040 G91 X=$C_X Y=$C_Y F500
. . .
. . .
N1990 GOTO label_end
N2000 label_G421: ; G421 的宏功能
N2010 G90 X=$C_X
Y=$C_Y F100
N2020
. . .
. . .
N3000 G291
N3010 G123 ; 输出报警 12470，因为 G123 不是
; G 功能，宏生效时
; 不能调用
;
; 宏。 例外：该宏指令作为子程序
; 由 CALL
; G123_MAKRO 调用。

N4000 label_end:G290
N4010 M17

```

5.7 附加功能

5.7.1 轮廓重复(G72.1, G72.2)

通过 G72.1 和 G72.2 可以重复加工已经写入的轮廓。借助该功能可以创建线性复制件(G72.2)或回转复制件(G72.1)。

格式

G72.1 X... Y... (Z...) P... L... R...

X, Y, Z: 旋转坐标的参考点

P: 子程序号

L: 子程序运行次数

R: 旋转角度

通过 G72.1 可以多次调用包含待复制轮廓的子程序。在调用每个子程序前，坐标系统特定角度旋转。坐标系沿着垂直于所选平面的轴旋转。

G72.2 I... J... K... P... L...

I, J, K: 调用子程序前 X、Y、Z 轴应到达的位置。

P: 子程序号

L: 子程序运行次数

通过 G72.2 可以多次调用包含待重复轮廓的子程序。调用每个子程序前必须以增量方式运行 I、J 和 K 写入的轴。借助循环(CYCLE3721)按照地址“L”下写入的重复次数多次调用子程序。调用每个子程序前，轴运行 I、J 和 K 写入的、由起点计算得出的一段增量行程。

举例

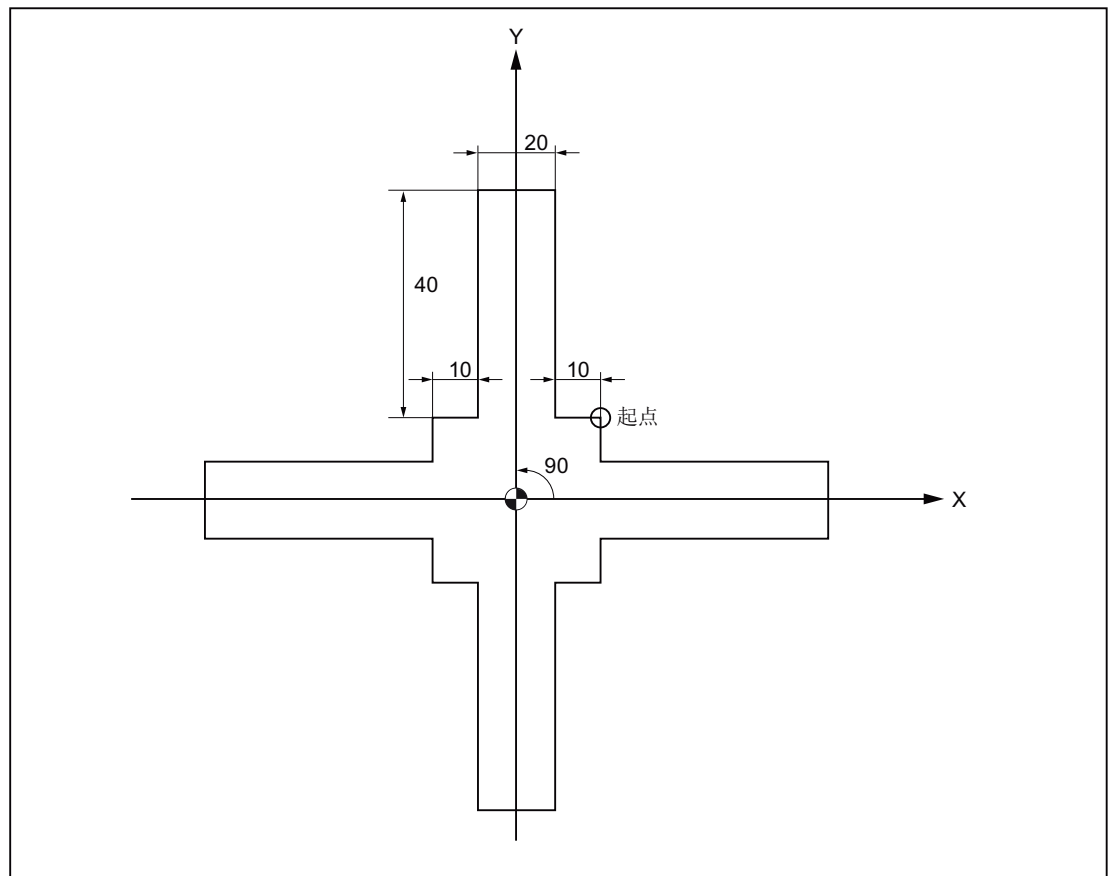


图 5-23 通过 G72.1 重复轮廓

主程序

```
N10 G92 X40.0 Y50.0
N20 G01 G90 G17 G41 Z0 Y20 G43H99 F1000
N30 G72.1 P123 L4 X0 Y0 R90.0
N40 G40 G01 X100 Y50 Z0
N50 G00 X40.0 Y50.0 ;
N60 M30 ;
```

子程序 1234.spf

```
N100 G01 X10.
N200 Y50.
N300 X-10.
N400 Y10.
N500 X-20.
N600 M99
```

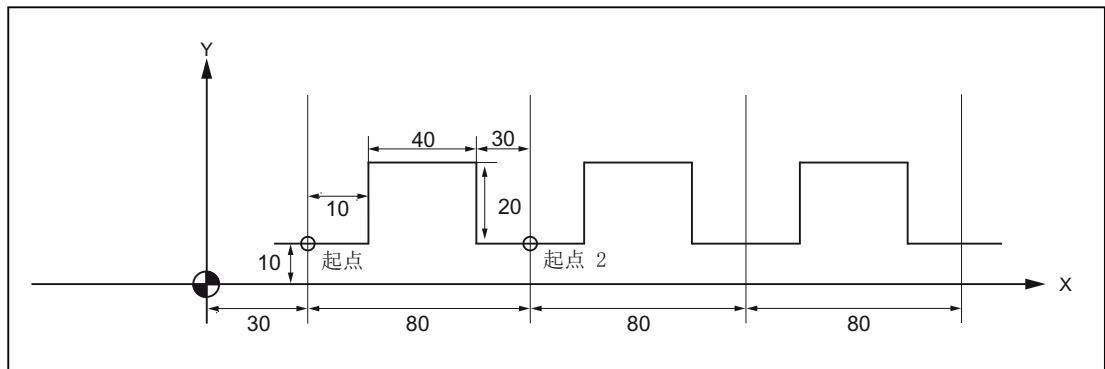


图 5-24 通过 G72.2 重复轮廓

主程序

```
N10 G00 G90 X0 Y0
N20 G01 G17 G41 X30. Y0 G43H99 F1000
N30 Y10.
N40 X30.
N50 G72.2 P2000 L3 I80. J0
```

子程序 2000.mpf

G90 G01 X40.
N100 Y30.
N200 G01 X80.
N300 G01 Y10.
N400 X110.
500 M99

5.7.2 DryRun 和跳转级的切换模式

跳转级的切换(DB3200.DBB2)总是会影响程序运行，它会引起轨迹上短时间速度骤降。同样 DryRun (DryRun = 空运行进给 DB3200.DBX0.6)的切换，即 DryRunOff 和 DryRunOn 之间的切换也会引起速度骤降。

现在使用一个具备有限功能的新切换模式可以避免出现该现象。

跳转级切换时，即 PLC 中的新值 -> NCK-Chan 接口信号 DB3200.DBB2，借助机床数据设置 10706 \$MN_SLASH_MASK==2 不再需要速度骤降。

说明

NCK 分两个阶段处理程序段：预处理和主处理（也称为预运行和主运行）。预处理的结果进入预存处理存储器。主处理读取预处理存储器中最早的程序段并按照几何数据运行。

说明

借助机床数据设置 \$MN_SLASH_MASK==2 可以在跳转级切换时切换预处理！按照旧的跳转级运行所有位于预处理存储器中的程序段。通常用户不能控制预处理存储器的数据容量。因此，用户会发现：**切换结束后新的跳转级不知何时生效！**

说明

零件程序指令 STOPRE 可清空预处理存储器。如果在 STOPRE 前切换跳转级，STOPRE 的所有程序段肯定会被切换。隐含指令 STOPRE 也是如此。

借助机床数据 10704 \$MN_DRYRUN_MASK==2，切换 DryRun 模式时不需要速度骤降。但是此时也只切换预处理，并产生上文所提及的限制条件。因此同样：**注！DryRun 模式切换后新的模式不知何时生效！**

索引

C

CDOF, 55

CDON, 55

D

DryRun 模式, 125

F

F 功能, 12

G

G00, 12, 15, 19, 20

线性插补, 20

G01, 15, 21

G02, 15, 23

G02, G03, 22, 27

G03, 15, 23

G04, 17, 47

G05, 17

G05.1, 17

G08, 17

G09, 17

G09, G61, 64

G10, 17, 101

G10.6, 17, 105

G11, 17

G15, 17

G15,G16, 104

G16, 17

G17, 15

G17, G18, G19

平行轴, 37

选择平面, 36

G18, 15

G19, 15

G20, 15

G20, G21, 41

G21, 15

G27, 17, 30

G28, 17, 28

G290, 18

G291, 18

G30, 18, 30

G30.1, 18

G31, 106

G31, P1 - P4, 108

G40, 15

G40, G41, G42, 51

G41, 15

G42, 15

G43, 16

G43, G44, G49, 49

G44, 16

G49, 16

G50, 16

G50, G51, 42

G50.1, 18

G50.1,G51.1, 45

G51, 16
G51.1, 18
G52, 18, 35
G53, 18, 32
G54, 17
G54 P0, 17
G55, 17
G56, 17
G57, 17
G58, 17
G59, 17
G60, 18
G61, 17
G63, 17, 64
G64, 17, 64
G65, 18
G65, G66, G67, 111
G66, 16
G67, 16
G68, 17
G69, 17
G72.1, 18
G72.2, 18
G73, 16, 70
G74, 16, 94
G76, 16, 73
G80, 16, 99
G81, 16, 76
G82, 16, 78
G83, 16, 80
G84, 16, 91
G84 或 G74, 96
G85, 16, 82
G86, 16, 84
G87, 16, 86
G89, 16, 89

G90, 15
G90,G91, 40
G91, 15
G92, 18, 32
G92.1, 18, 33
G93, 14, 15
G94, 14, 15
G95, 14, 15
G96, 16
G97, 16
G98, 16
G99, 16
G 代码
 显示, 9

I

ISO 编程指令模式, 7

M

M 功能, 59
M00, 59
M01, 59
M02, 59
M30, 59
M96, M97, 109
M98, M99, 101

S

Skip block (跳过程序段), 11
S功能, 58

二划

刀具长度补偿, 49

刀具功能, 59
刀具半径补偿, 51
刀具补偿功能, 48
刀具补偿数据存储器, 48

三划

小数点, 9

四划

反比时间进给率, 14
比例尺, 42

五划

主轴功能, 58
功能程序中中断, 109
可编程数据输入, 101
用于停止操作的 M 功能, 59

六划

压缩功能, 63
压缩器, 63
在一个程序段中给定多个 M 功能, 62
自动坐标系, 35
西门子模式, 7
轨迹进给率, 12

七划

删除剩余行程, 106
宏程序, 111
宏程序调用, 111
快速退刀, 105
快速移动, 12, 19

抗干扰检查, 55
极坐标, 104
每分钟线性进给率, 14
附加功能, 59
附加辅助功, 62

八划

其它 M 功能的用法, 62
单次调用, 111
参考点选择, 30
注释, 11
线性插补, 21
英寸/公制输入, 41
轮廓编程, 25

九划

绝对/增量尺寸, 40
轴运动的最大可编程数值, 9

十一划

基本坐标系, 32
旋转进给率, 14
旋转轴的自动回参考点, 29
检查回参考点, 30

十二划

插补指令, 19
暂停时间, 47
确定坐标值的输入方式, 40
程序段跳转级, 11

十三划

跳转级, 125

十四划

模态调用, 114

十七划

螺旋线插补, 27