

凯恩帝H系列车削类数控系统

标准编程手册

C068B-5401-W54N-0001

凯恩帝H系列

铣削类数控系统 标准编程手册

北京凯恩帝数控技术有限责任公司

C068B-5401-W54N-0001

© KND CO. , LTD.

目录

1 概述	3
1.1 插补功能	3
1.2 进给功能	4
1.3 加工图纸和刀具的运动	4
1.3.1 参考点（特定的机械点）	4
1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系	5
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令）	8
1.4 主轴功能	8
1.5 刀具功能	9
1.6 辅助功能	9
1.7 程序的构成	10
1.8 刀具补偿功能	11
1.9 行程	12
2 准备功能（G 功能）	13
3 控制轴	17
3.1 轴名称	17
3.2 轴类型	17
3.2.1 直线轴和旋转轴的合成运动	18
3.3 单位	19
3.4 最大行程	20
4 插补功能	23
4.1 定位（G00）	23
4.2 直线插补（G01）	24
4.3 圆弧插补（G02, G03）	25
4.4 延时运动功能（NT）	28
4.5 螺旋线插补（G02, G03）	29
4.6 抛物线插补（G172）	30
4.7 椭圆插补（G162、G163）	30
5 进给功能	33
5.1 进给功能	33
5.1.1 快速进给	33
5.2 切削进给	33
5.2.1 每分进给（G94）	33
5.2.2 每转进给（G95）	34
5.2.3 输入单位与输出范围	34
5.3 高速高精控制（G05）	35
5.4 暂停（G04）	39
6 参考点	41
6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29）	41

6.2	自动返回第 2、第 3 参考点 (G30)	43
6.3	返回参考点检查 (G27)	43
7	坐标系	45
7.1	坐标系	45
7.1.1	机床坐标系	45
7.2	工件坐标系 (G92)	47
7.2.1	工件坐标系的设定	47
7.2.2	工件坐标系的移动或变更	50
7.3	附加工件坐标系 (G54 Pn)	51
7.4	局部坐标系 (G52)	52
7.5	笛卡尔坐标轴设定 (G54.9)	53
7.6	平面选择 (G17, G18, G19)	55
8	坐标值和尺寸	57
8.1	坐标值和尺寸	57
8.1.1	绝对指令和增量指令 (G90, G91)	57
8.2	极坐标指令 (G15, G16)	57
8.3	比例缩放 (G50, G51)	60
8.4	坐标旋转 (G68, G69)	65
8.5	变换中特定回零功能	68
8.6	英制与公制的转换 (G20, G21)	70
8.7	小数点编程	70
8.8	小数点编程	71
8.9	直径和半径编程	72
8.9.1	直径指定和半径指定	72
8.9.2	直径和半径可编程切换 (G10.9)	73
9	测量机能	75
9.1	测量机能	75
9.1.1	跳跃机能 (G31)	75
9.2	多级跳跃机能	78
9.2.1	G31 多级跳转功能	78
9.2.2	G04 多级跳转功能	78
9.3	转矩限制跳转功能	80
9.4	自动刀具测量补偿 (G36, G37)	80
10	主轴功能	83
10.1	主轴功能	83
10.1.1	速度控制	83
10.2	轮廓控制	85
10.2.1	进入及退出轮廓控制	85
10.2.2	主轴夹紧、松开控制	86
10.2.3	主轴定向	87
10.2.4	主轴扩展定向	87
10.3	多主轴控制	87
10.3.1	主轴控制 M 代码	87
10.3.2	速度指令	87
10.3.3	当前主轴	88
10.4	自定义主轴 M 代码	88
10.5	主轴换挡	89
10.5.1	自动换挡	89
10.5.2	手动换挡	90
11	刀具功能 (T 功能)	91
12	辅助功能 (M 功能)	93
12.1	辅助功能 (M 功能)	93
12.1.1	辅助功能代码	93

12.2	程序控制相关 M 代码	93
12.3	机床控制相关 M 代码	94
12.4	用户自定义输入/输出 (M983)	96
13	程序的构成	99
13.1	程序	99
13.1.1	主程序和子程序	99
13.1.2	程序号 (程序名称)	103
13.1.3	顺序号和程序段	103
13.1.4	跳过任选程序段	104
13.1.5	注释节	104
13.1.6	字和地址	104
13.1.7	基本地址和指令值范围	105
13.2	程序结束	106
13.3	文件结束	106
14	简化编程	107
14.1	钻孔固定循环 2	107
14.1.1	钻孔固定循环概述	107
14.1.2	高速深孔加工循环 (G73)	112
14.1.3	反攻丝循环 (G74)	114
14.1.4	精镗循环 (G76)	115
14.1.5	钻孔循环、点钻循环 (G81)	116
14.1.6	钻孔循环、镗阶梯孔循环 (G82)	117
14.1.7	深孔加工循环 (G83)	119
14.1.8	攻丝循环 (G84)	120
14.1.9	镗削循环 (G85)	121
14.1.10	镗削循环 (G86)	122
14.1.11	镗削循环、反镗循环 (G87)	123
14.1.12	镗孔循环 (G88)	125
14.1.13	镗孔循环 (G89)	126
14.1.14	固定循环取消 (G80)	127
14.1.15	钻孔固定循环实例 (使用刀具长度补偿)	128
14.2	攻丝固定循环	130
14.2.1	模拟主轴攻丝 (G93)	130
14.2.2	数字主轴刚性攻丝 (G84、G74)	131
14.3	直线角度编程功能	136
15	补偿功能	139
15.1	刀具长度补偿 (G43、G44、G49)	139
15.2	刀具半径补偿 (G40~G42)	141
15.2.1	概要	141
15.2.2	补偿指令	142
15.2.3	半径补偿注意事项	144
15.3	补偿量的程序输入功能 (G10)	145

第1章 概述

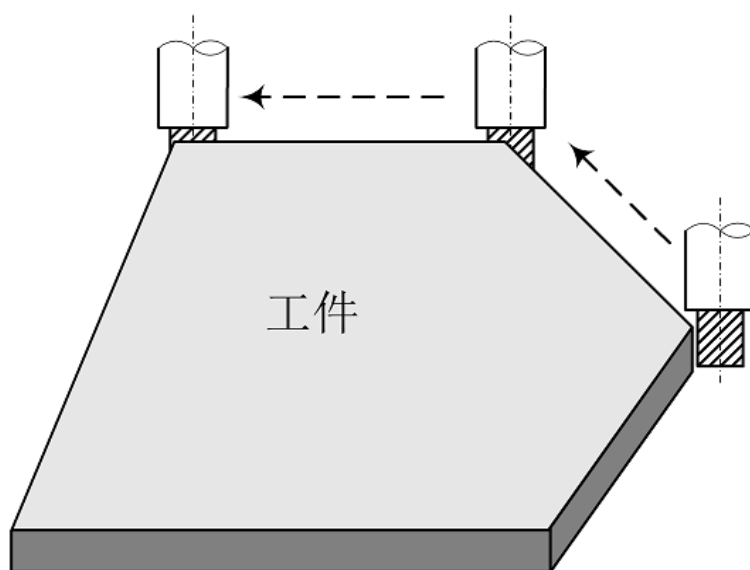
1.1 插补功能

刀具沿着构成工件的直线和圆弧运动。(参见插补功能)

备注：在实际机床中，有可能刀具不动，而工作台运动。本手册假定刀具相对工件运动来进行说明。

解释

- 刀具沿着直线运动

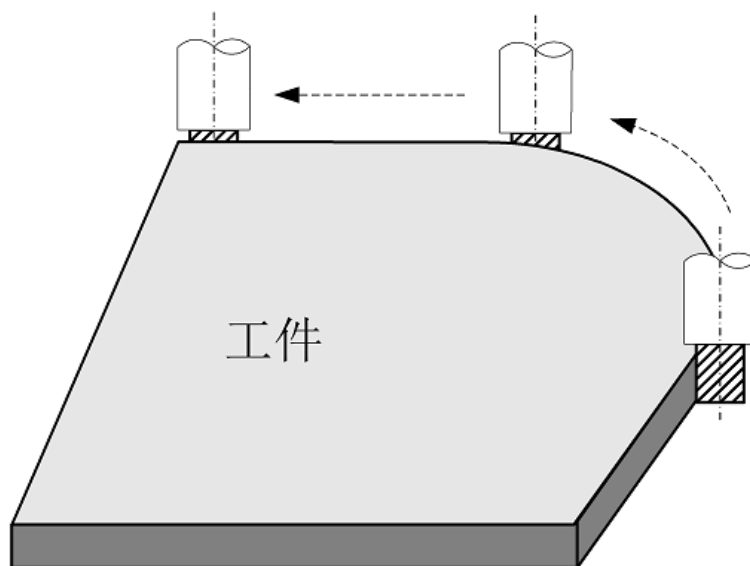


指令程序

```
G01 X_ Y_ F100;
```

```
X_;
```

- 刀具沿着圆弧运动



指令程序

```
G03 X_ Y_ R_ F100;
```

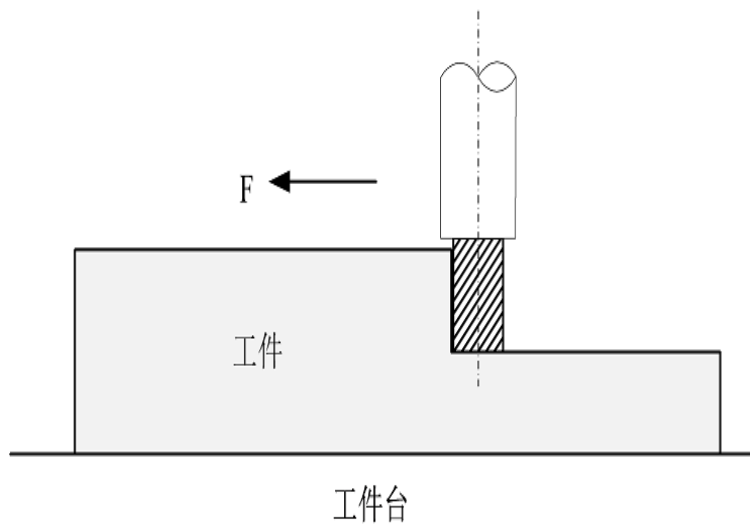
把刀具沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。

编程指令 G01、G02、G03 等称为准备功能，用于指示数控装置进行何种插补。

1.2 进给功能

为了切削零件，用指定的速度使刀具运动称为进给。（参见进给功能）

解释



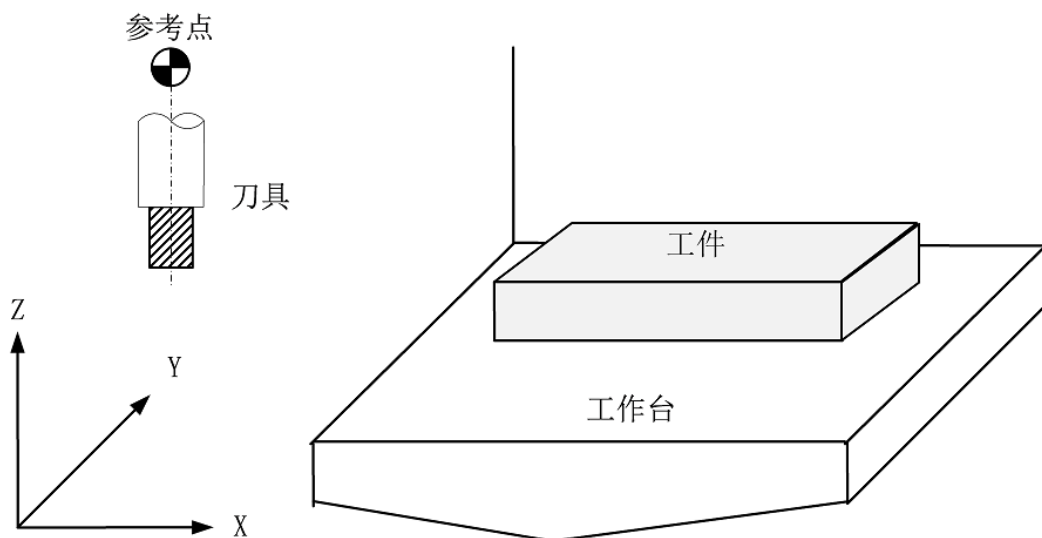
进给速度可用数值指令。例如，让刀具以 150mm/min 进给时，程序指令为：F150.0。

决定进给速度的功能称为进给功能。

1.3 加工图纸和刀具的运动

1.3.1 参考点（特定的机械点）

在 CNC 机床上，设计有特定的机械装置，通常在这个位置换刀和进行后面将要讲述的坐标系设定，这个位置称为参考点。



解释

要使刀具移动到参考点，有下面两种方式：

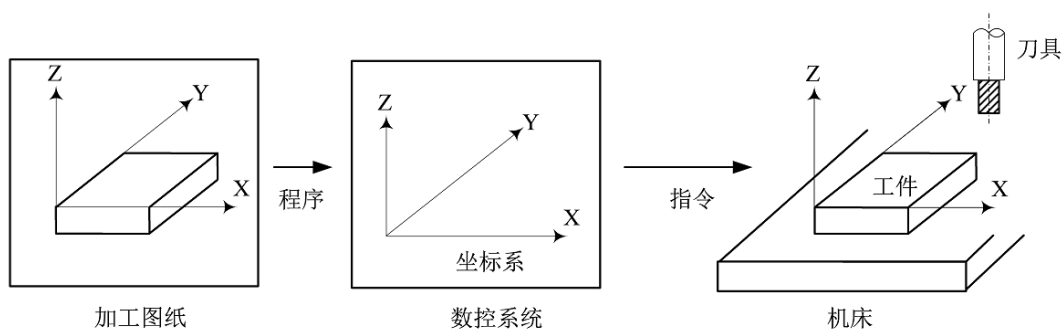
1. 手动返回参考点（参见操作手册）

通过手动方式按照操作返回参考点。

2. 自动返回参考点（参见参考点）

通常，接通电源后，首先手动返回参考点。之后，为了更换刀具而将刀具移动到参考点时，使用自动返回参考点。

1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系



解释

• 坐标系

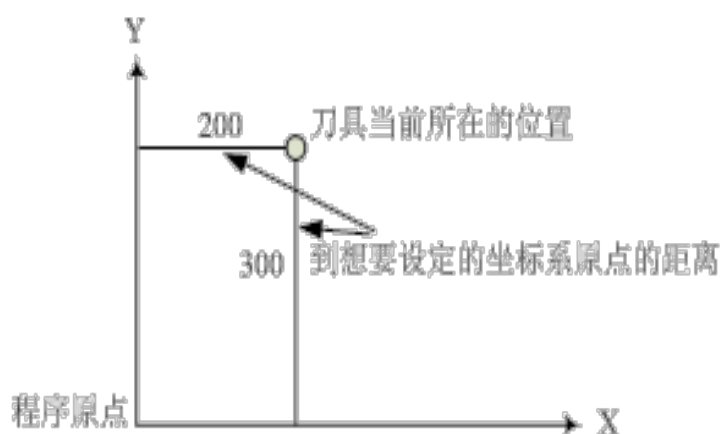
坐标系根据设定的地方不同，有下面两种（参见坐标系）：

1. 加工图纸上的坐标系

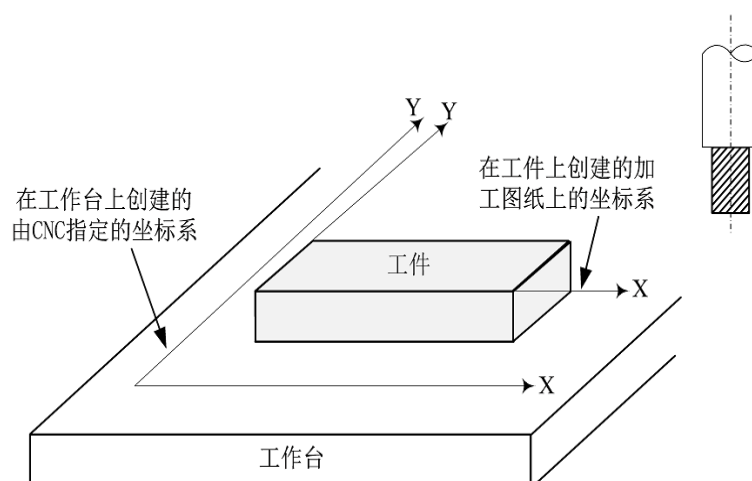
这个坐标系画在加工图纸上，程序中的数据使用这个坐标系的坐标值。

2. CNC 指令的坐标系

这个坐标系实际设定在机床工作台上。根据程序，指令从现在的刀具位置到要设定的坐标系原点的距离，这样就设定了工作台上的坐标系。



工件一装在工作台上，就产生了这两个坐标系的相对关系。

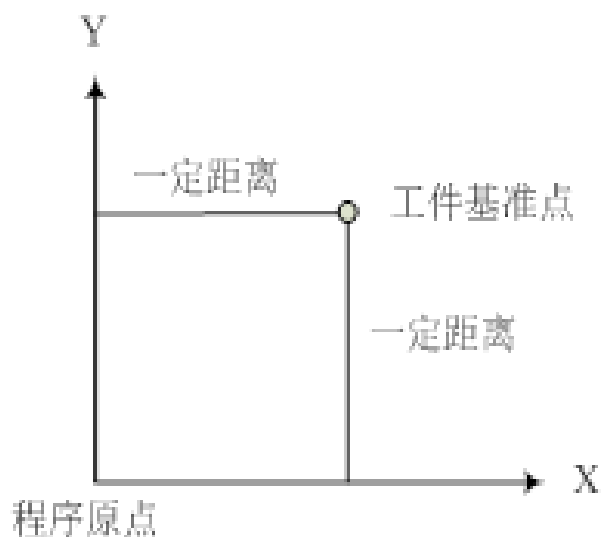


刀具在 CNC 指令的坐标系上，按照加工图纸上坐标系的指令程序把工件切削成图纸上的形状，因此，要把零件正确地加工出图纸所示的形状，必须把这两个坐标系确定在同一位置上。

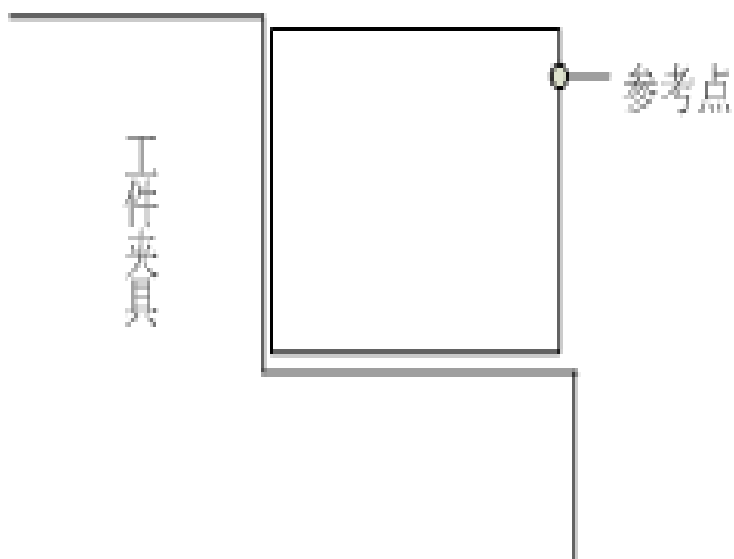
- 将两个坐标系设定在相同位置的方法

对于如何确定这两个坐标系在同一位置，可根据零件的形状、加工数量等采用不同的方法。

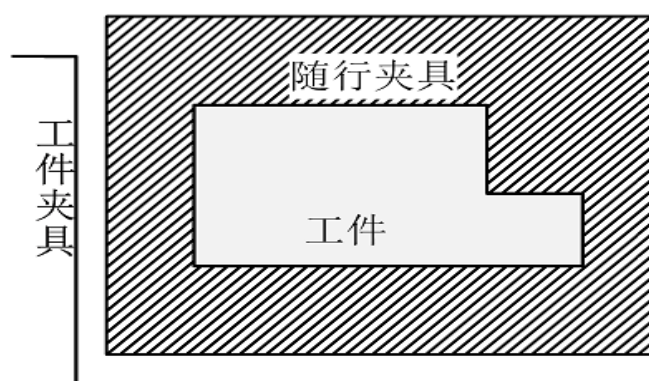
1. 利用工件的标准面、点时



2. 直接将工件安装在夹具上



3. 暂时将工件安装在托架上，将工件和托架一起安装在夹具上



(工件夹具安装及 CNC 指令的坐标系的设定与 (2) 的情况相同)

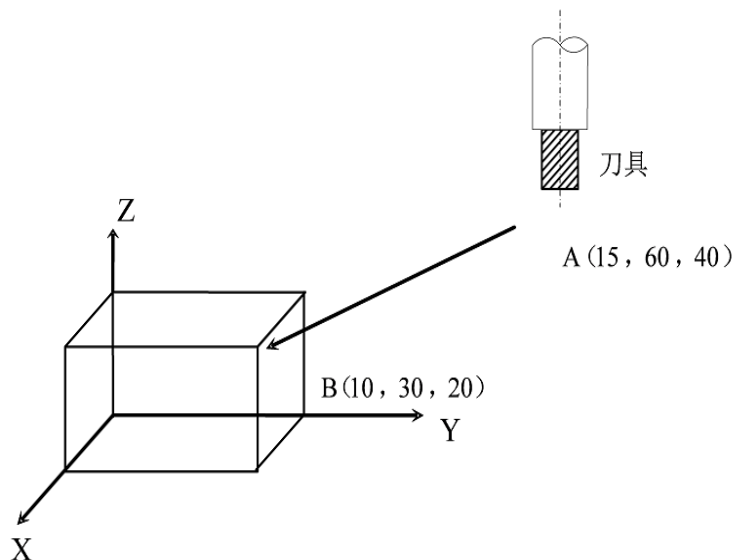
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令）

刀具运动指令的坐标值有绝对值和增量值两种。（参见《编程篇》绝对指令和增量指令（G90, G91）章节）

解释

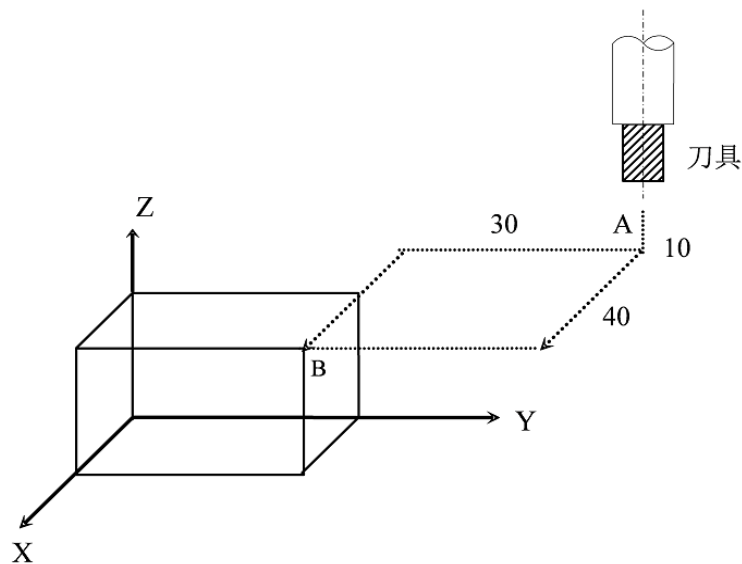
- 绝对指令

指定“自坐标系原点的距离”，即以坐标值指定刀具的移动位置。



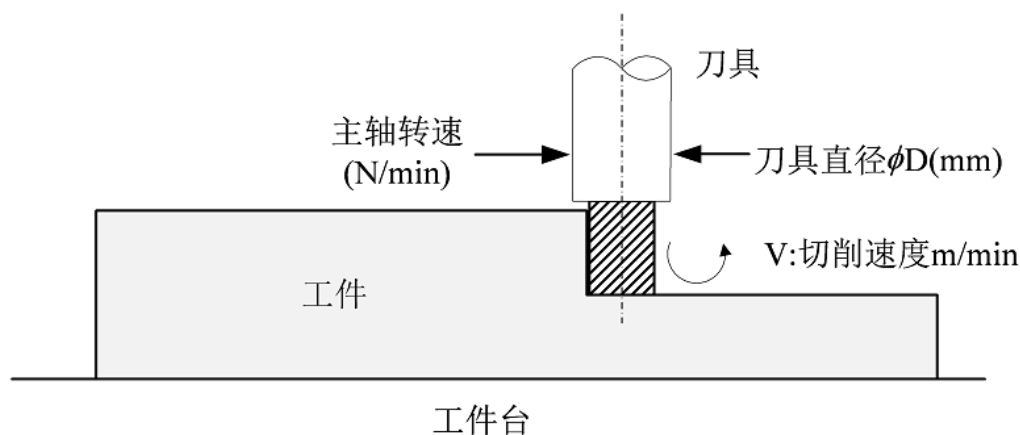
- 增量指令

指定刀具由上一位置到下一位置的距离。



1.4 主轴功能

把切削工件时刀具相对工件的速度称为切削速度。CNC 可以用主轴转速 RPM 来指令这个切削速度。



刀具直径为 100 毫米，切削速度用 80 米/分加工时，根据主轴转速 $N=1000V/\pi D$ 的关系，主轴转速约 250RPM，指令为：S250

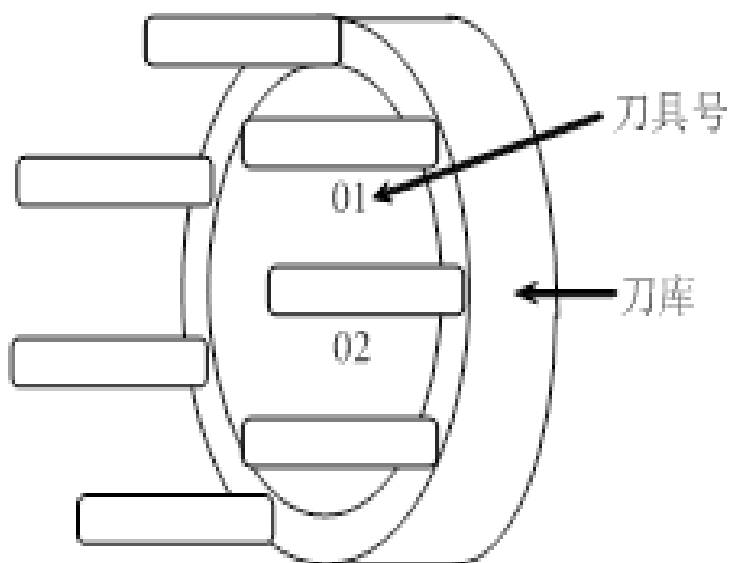
把有关主轴转速的指令称为主轴功能。（参见主轴功能）

1.5 刀具功能

根据各种加工（铣削加工下为钻孔/攻丝/镗孔/铣削等，车削加工下为粗削/半光洁/精削/螺纹切削/开槽等），选择各自所需的刀具。

给每个刀具赋予一个编号，通过程序指定该编号，即可选择相应的刀具。

举例

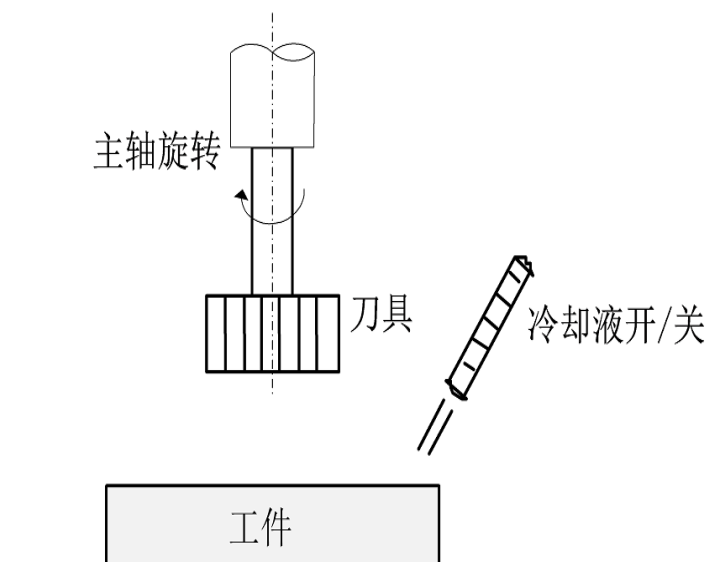


某孔加工用刀具为 01 号，在刀库 01 号的位置上，通过指令：T01 就可以选择该刀具。

把这个功能称为刀具功能。（参见刀具功能）

1.6 辅助功能

刀具开始加工工件时，要使主轴回转，供给冷却液，关闭卡盘，为此必须控制机床主轴电机和冷却油泵的开/关、卡盘的开合。



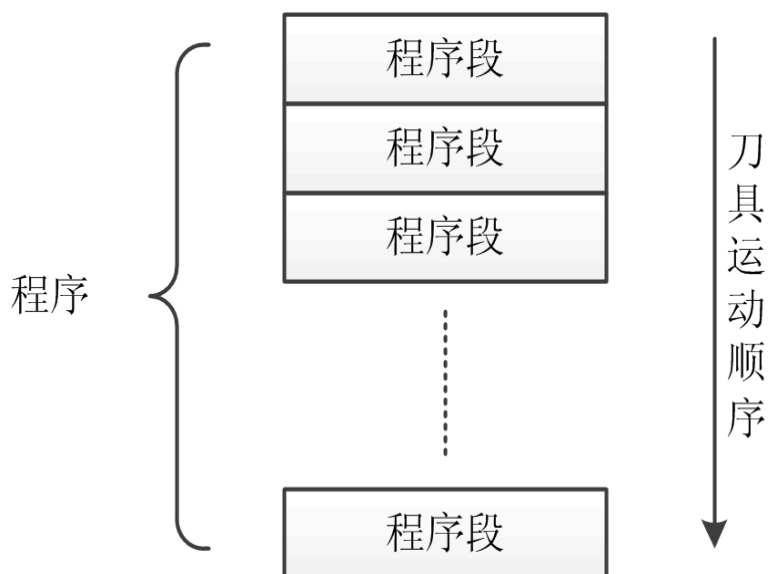
指定机床各种设备开/关操作的功能称为辅助功能，通常用 M 代码指定。（参见辅助功能）
例如，M03 表示机床主轴正转。

1.7 程序的构成

为操作机床而给 CNC 发出的一组指令，称为程序。

在发出指令后，使刀具沿直线或圆弧移动，或使主轴电机开始或停止旋转。

在程序中，是按刀具的实际移动顺序发出指令的。



每一顺序的指令组，称为程序段。

对一个加工系列，整个程序由多个程序段组成。

识别各个程序段的号码称为顺序号，而识别各个程序的号码称为程序号。（参见程序的构成）

解释

• 程序段

N**** G** X**.* Y**.* M** S***** T*****;

N: 顺序号

G: 准备功能

X、Y：运动尺寸

M：辅助功能

S：主轴功能

T：刀具功能

分号 (;)：程序段结束

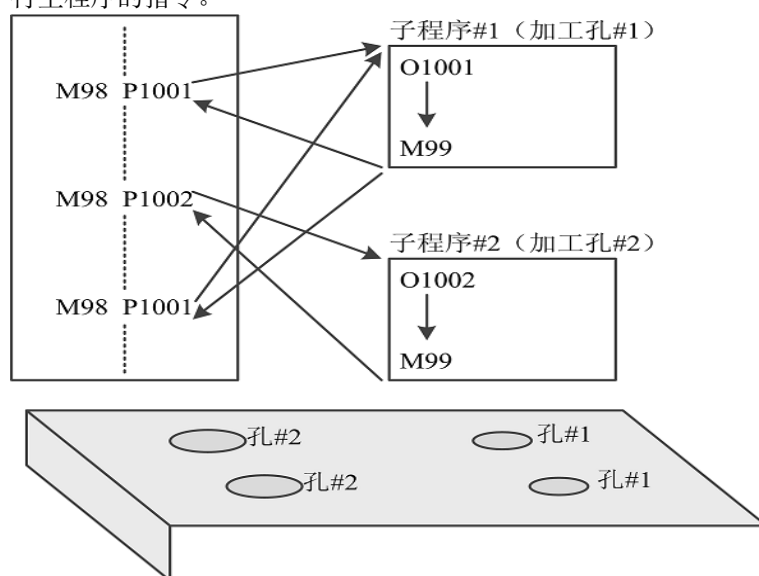
一个程序段的开头是表示 CNC 运动顺序的顺序号，末尾是表示这个程序段结束的分号 (;)。

- 程序

通常在程序的开头是程序号，以地址符 O 开头。在程序的结尾是 M30 或 M99，表示程序结束。

- 主程序和子程序

编写加工程序时，如果要在工件的不同地方加工同样的图形，则往往先把这部分图形的程序单独编写出来，把它称为子程序。相对于子程序来说，程序的主体就称为主程序。在执行主程序时，如果有调用子程序的指令，则执行子程序。子程序执行完后，再返回执行主程序的指令。

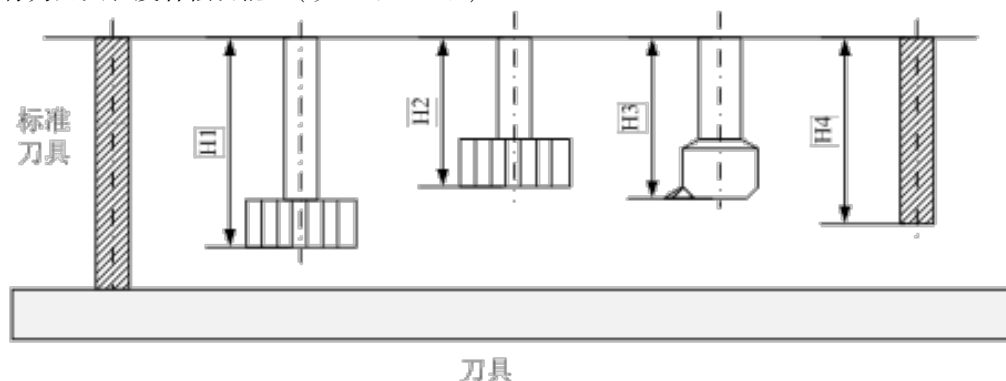


1.8 刀具补偿功能

解释

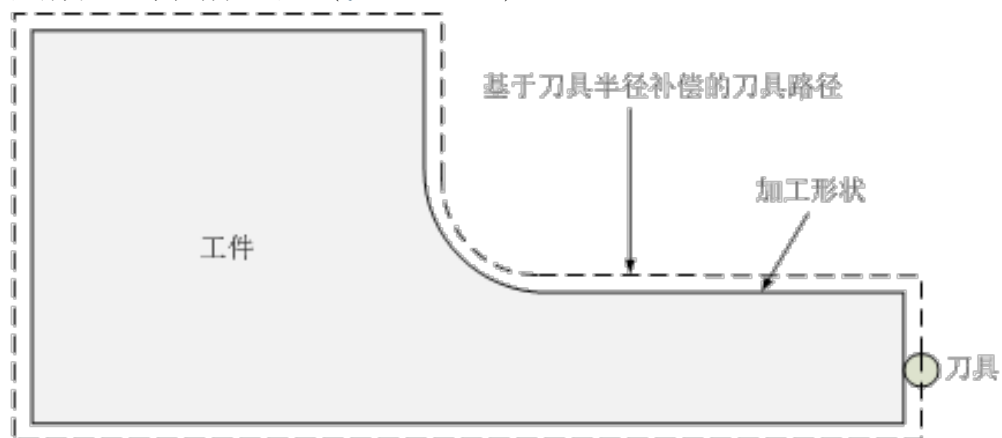
- 刀具长度补偿功能

通常加工一个工件时，要使用多把刀具。各刀具有不同的形状，按照这些刀具来改变程序，非常麻烦。为此，事先测量出各刀具的长度，然后把它们与标准刀具长度的差设定给系统（参见操作手册），这样，即使换刀，程序也不需要变更就可以加工了。这个功能称为刀具长度补偿功能。（参见补偿功能）



- 刀具半径补偿功能

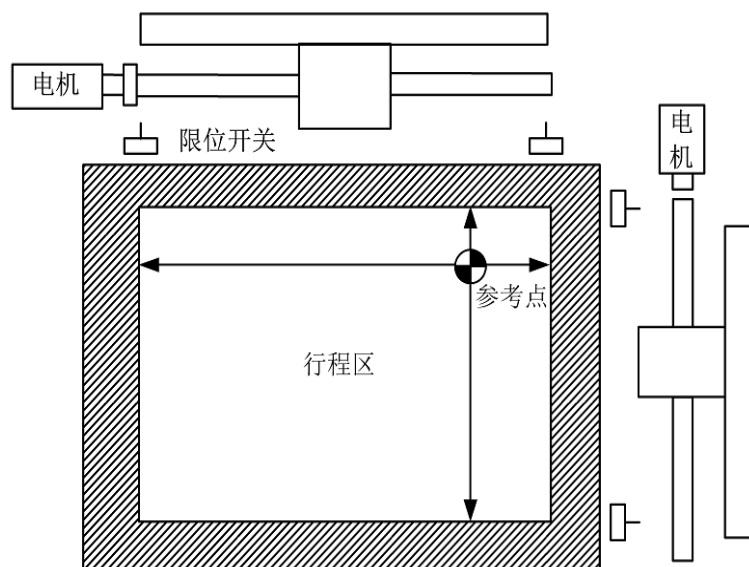
由于刀具有半径，因此一般刀具轨迹相对于加工形状偏移一个刀具半径的位置。事先把刀具半径存在系统中，刀具就能沿着偏移加工形状距离为刀具半径的轨迹运动。这个功能称为刀具半径补偿功能。(参见补偿功能)



1.9 行程

机床上每个轴的端点都装有限制开关，以防止刀具移动超出端点。

刀具可以移动的范围称为行程。



第2章 准备功能 (G 功能)

准备功能由 G 代码 (G 地址及其后数值) 表示, 规定其所在的程序段的意义。

格式

- 格式 1: Gxxxx

4 位数 G 代码

- 格式 2: Gab.c

2 位数带 1 位小数 G 代码, 等价于 Gcab。如: G03.2 可写为 G203。

备注:

1. 自定义 G 代码范围为 G0~G9999, 但是 G999 以后 G 代码无法用格式 2 表示。
2. G 代码中开头的零可以省略。如: G03 可写为 G3, G03.2 可写为 G3.2, G0100 可写为 G100 等。但 G00 最多略写为 G0。

类型

- 类型 1: 非模态 G 代码

只在被指令的程序段有效

- 类型 2: 模态 G 代码

在同组其它 G 代码指令前一直有效

例

G00 和 G01 为同组模态 G 代码。加工程序如下:

G00 X__ ; (G00 有效)

Z__ ; (G00 有效)

G01 X__ ; (G01 有效)

Z__ ; (G01 有效)

G 代码列表

G 代码	组别	功能
G04	00	暂停, 准停
G04.1		通道等待命令
G04.2		等待 PEXC 通道结束命令
G10		可编程数据输入
G27		返回参考点检查
G28		返回参考点
G29		从参考点返回
G30		返回第 2 第 3 参考点

续下页

表 1 - 接上页

G31		跳跃机能
G36		各轴自动刀偏设定
G37		各轴自动刀偏设定
G92		工件坐标系设定
G39		拐角偏移圆弧插补
G52		局部坐标系设定
G53		机床坐标系定位
G 153(G53.1)		机床坐标系定位 (快速移动)
G 154(G54.1)		轴地址替换
G65		宏程序调用命令
G 954(G54.9)		笛卡儿坐标系坐标轴设定
G 107(G07.1)		圆柱插补
G05		高速高精控制命令
G07		假想轴插补
G 207(G07.2)		数字主轴螺纹插补
G 351(G51.3)		启动 RC 控制器
G 350(G50.3)		停止 RC 控制器
G 251(G51.2)		启动 SPRC 控制器
G 250(G50.2)		停止 SPRC 控制器
G 307(G07.3)		主插补轴命令
G 165(G65.1)		指令数据输出
★G00	01	定位 (快速移动)
G01		直线插补 (切削进给)
G02		圆弧插补 CW (顺时针)
G03		圆弧插补 CCW (逆时针)
G02.1		空间三点圆弧插补
G02.2		平面等速螺线插补 CW (顺时针)
G03.2		平面等速螺线插补 CCW (逆时针)
G02.3		空间等速螺线插补 CW (顺时针)
G03.3		空间等速螺线插补 CCW (逆时针)
G02.4		平面等角螺线插补 CW (顺时针)
G03.4		平面等角螺线插补 CCW (逆时针)
G02.5		空间等角螺线插补 CW (顺时针)
G03.5		空间等角螺线插补 CCW (逆时针)
G93		攻丝固定循环
G 178(G78.1)		数字主轴螺纹切削循环
★G17	02	XY 平面选择
G18		ZX 平面选择
G19		YZ 平面选择
★G90	03	绝对值编程
G91		增量值编程
★G98	04	在固定循环中返回初始平面
G99		在固定循环中返回 R 点平面
★G54	05	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
G20	06	英制数据输入
G21		公制数据输入
★G40	07	刀尖半径补偿取消
G41		刀尖半径补偿 (左)
G42		刀尖半径补偿 (右)
G43	08	正方向刀具长度偏移
G44		负方向刀具长度偏移

续下页

表 1 - 接上页

★G49		刀具长度偏移取消
★G80	09	固定循环注销
G81		钻孔循环（点钻循环）
G82		钻孔循环（镗阶梯孔循环）
G83		深孔钻循环
G84		攻丝循环
G85		镗孔循环
G86		钻孔循环
G87		反镗循环
G88		镗孔循环
G89		镗孔循环
G73		高速深孔加工循环
G74		左旋刚性（反）攻丝循环
G76		精镗循环
★G94	10	每分进给
G95		每转进给
★G15	11	极坐标指令注销
G16		极坐标指令指定
★G50	12	比例缩放取消
G51		比例缩放开始
G68	13	坐标旋转开始
★G69		坐标旋转取消
★G 113(G13.1)	16	极坐标插补取消
G 112(G12.1)		极坐标插补开始

备注:

- 带 ★ 记号的 G 代码为系统默认 G 代码，系统启动时，同组模态 G 代码处于默认状态。
- 未处于上电默认状态的 G 代码采用青色显示。
- 01 组 G 代码 G00、G01 需要通过参数“G01”（P2500.7）来选择哪个作为默认 G 代码。参数“RSTG01”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，可恢复为“G01”参数设置的默认 G 代码。
- 10 组 G 代码 G94、G95 需要通过参数“FPT”（P2500.1）来选择哪个作为默认 G 代码。参数“RSTFPT”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，可恢复为“FPT”参数设置的默认 G 代码。
- 参数“RSTG40”有效时，非录入方式下进行“复位”操作，恢复“G40”指令模态，取消刀尖半径补偿。
- 06 组 G 代码中 G20、G21 的开机状态与系统关机前保持一致。
- 00 组的 G 代码是非模态 G 代码，只在当前程序段有效。
- 如果使用了 G 代码列表中未列出或未使能的 G 代码，则出现报警（PS1205）。
- 在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码。如果在同一个程序段中指令了多个同组 G 代码，则发出报警（PS1215）。
- 在固定循环（09 组 G 代码）中，如果指令了 01 组的 G 代码，固定循环则自动被取消，变成 G80 状态。但 01 组的 G 代码不受固定循环 G 代码的影响。
- G 代码体系 A 中绝对编程和增量编程方式不是由 G90 和 G91 区分，而是由地址符区分。
- G 代码体系 A 没有比例缩放功能。
- G65.1 为 PLC 轴功能，详细说明参见调试篇 PLC 轴指令数据输出（G65.1/G165）

• 相关参数

参数	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2500	G01						FPT	

[数据类型] 位型

G01 加电时为 G00/G01

0 : G00

1 : G01

FPT 上电时为每分进给或每转进给

0 : 每分进给

1 : 每转进给

参数	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2502						RSTFPT	RSTG40	RSTG01

[数据类型] 位型

RSTFPT 复位恢复为 FPT 参数设置 (录入方式参数无效)

0: 不恢复

1: 恢复

RSTG40 复位恢复为 G40 (录入方式参数无效)

0: 不恢复

1: 恢复

RSTG01 复位恢复为 G01 参数设置 (录入方式参数无效)

0: 不恢复

1: 恢复

第3章 控制轴

3.1 轴名称

赋给机床移动轴的名称，叫做轴名称。

轴名称可通过参数“自定义轴地址字符”（P0420）设定。可供选择的轴名称如下：

A、B、C、U、V、W、X、Y、Z、H 或与 A、B、C、D、E、F、G、H、R 或数字 1~9 的双字符组合

3.2 轴类型

控制轴的类型包括：直线轴、A 类旋转轴、B 类旋转轴、C 类旋转轴和 D 类旋转轴。可通过参数“轴类型”（P0412）进行选择。

解释

• A 类旋转轴

绝对坐标不受任何限制，机床坐标被限制在 0~360 度之间。

N1 G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N2 G90 C200.0;	N2	200.0	200.0	200.0
N3 G90 C540.0;	N3	340.0	540.0	180.0
N4 G91 C720.0;	N4	720.0	1260.0	180.0

• B 类旋转轴

绝对坐标和机床坐标被限制在 0~360 度之间。对于自动运行，所有程序段的起点都被限制在 0~360 度之间，但是本段可以指令超过 360 度的运动。

G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 G90 C-150.0;	N1	-150.0	210.0	210.0
N2 G90 C540.0;	N2	330.0	180.0	180.0
N3 G90 C-620.0;	N3	-800.0	100.0	100.0
N4 G91 C380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 G91 C-840.0;	N5	-840.0	0	0

• C 类旋转轴

绝对坐标和机床坐标被限制在 0~360 度之间，并在绝对编程时执行最短路径。增量指定时，移动量就是指令值；绝对指定时执行最短路径，移动量限定在-180 度 ~+180 度之间（包括-180 度和 +180 度）。

G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 G90 C-150.0;	N1	-150.0	210.0	210.0
N2 G90 C540.0;	N2	-30.0	180.0	180.0
N3 G90 C-620.0;	N3	-80.0	100.0	100.0
N4 G91 C380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 G91 C-840.0;	N5	-840.0	0	0

- D 类旋转轴

绝对坐标和机床坐标被限制在-180~180 度之间，并在绝对编程时执行最短路径。增量指定时，移动量就是指令值；绝对指定时执行最短路径，移动量限定在-180 度 ~+180 度之间（包括-180 度和 +180 度）。

G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 G90 C-150.0;	N1	-150.0	-150.0	-150.0
N2 G90 C540.0;	N2	-30.0	-180.0	-180.0
N3 G90 C-620.0;	N3	-80.0	100.0	100.0
N4 G91 C380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 G91 C-840.0;	N5	-840.0	0	0

备注:

1. 使用 B/C/D 类旋转轴时，应特别注意，以防止发生干涉、碰撞。
2. 使用 C/D 类旋转轴时，如果进行圆弧插补，那么最好用相对量指定圆弧终点坐标。
3. 使用 C/D 类旋转轴时，如果设置了软限位，那么绝对指定时不执行最短路径。

3.2.1 直线轴和旋转轴的合成运动

在一些加工中需要用到直线轴与旋转轴的合成插补运动，因单位差异（旋转轴单位“度”）可能导致合成速度中直线轴分速度与旋转轴分速度不匹配的情况。为解决这个问题，本系统提供“旋转轴速度单位缩放功能”，用于速度的统一匹配，由参数“RAUM”（P0400.6）和“旋转轴减速比”（P0416）控制。

备注:

1. 当 RAUM=0，或 RAUM=1 且 P0416-n(n 为轴号)=0 时，速度单位为“0.1 转/分”，加速度单位为“(100 转/分)/秒”
2. 当 RAUM=1 且 P0416-n(n 为轴号) 不为 0 时，
 - (1) 速度单位为：0.1 / (P0416 - n) 转/分 = 36 / (P0416 - n) 度/分
 - (2) 加速度单位为：100 / (P0416 - n) 转/分/秒 = 36000 / (P0416 - n) 度/分/秒
3. 设置参数“RPSS”（P0405.7）为 1，可使 S 指令及反馈转速为电机转速，而非旋转轴转速。
4. 总线轴可以不使用旋转轴速度、加速度单位缩放机能，系统已自动根据 P1130-n/P1131-n 将单位转化为电机单位。该机能一般用于非总线系统或总线系统脉冲轴使用。
5. 减速比除通过 P416 参数设置外，还可通过更改对应轴的 G 接口共同作用，对应说明请参考附录篇诊断信息及 PLC 参数诊断数据 PLC 到 NC 信号（G 区）中的 G1500~G1560 接口说明。

解释

下面以有旋转轴速度、加速度单位缩放机能的情况描述插补计算的过程。

- 名义移动量

直线轴名义移动量 = 直线轴实际移动量

旋转轴名义移动量 = 旋转轴实际移动量 * P416 / 36

备注:

1. 当 P416 设置为减速比时，旋转轴名义移动量为以 0.1 度为单位的电机移动量。
2. 对于无旋转轴速度、加速度单位缩小机能的总线轴旋转轴名义移动量 = 电机实际移动量 / 36，即：以 0.1 度为单位的电机移动量。

- 名义长度

$$\text{名义长度} = \sqrt{\sum \text{名义长度}^2} = \sqrt{\sum \text{直线轴名义移动量}^2 + \sum \text{旋转轴名义移动量}^2}$$

直线插补时的速度和加速度

$$\text{直线轴分速度} = \frac{\text{直线轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段速度} \quad (\text{单位: } mm/min \text{ 或 } inch/min)$$

$$\text{旋转轴分速度} = \frac{\text{旋转轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段速度} \quad (\text{单位: 度 / 分})$$

$$\text{直线轴分加 / 减速度} = \frac{\text{直线轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段加 / 减速度} \quad (\text{单位: } mm/min/s)$$

$$\text{旋转轴分加 / 减速度} = \frac{\text{旋转轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段加 / 减速度} \quad (\text{单位: 度 / 分 / 秒})$$

备注:

1. 该机能对定位运动、直线运动、圆弧等的附加直线运动、以及 PLC 轴控制中的直线插补运动都有效。
2. 该机能不影响旋转轴小数位数，也不影响插补分辨率。

举例

- 加工程序

G91 G01 Z50. C50. F57.198 ; Z 为直线轴地址，C 为旋转轴地址。

1. 分速度计算

设 RAUM=0, P420-4=2(C 轴), P1130-4=20, P1131-4=1(注: 减速比 1: 20)

2. Z 轴名义移动量 =50.0

3. C 轴名义移动量 =C 轴电机移动量/36=50.0*20/36=27.778(20 为减速比)

$$\text{名义长度} = \sqrt{50.0^2 + 27.778^2} = 57.198$$

4. Z 轴分速度 =50.0/57.198*57.198=50.000[mm/min]

5. C 轴分速度 =50.0/57.198*57.198=50.000[度/min]

3.3 单位

系统涉及到的单位包括最小输入单位、最小输出单位、最小移动单位和最小插补单位。

1. 最小输入单位

也称最小设定单位或最小编程单位，指的是编程时移动量的最小单位，或绝对坐标的最小单位。以毫米、英寸或度表示。

2. 最小输出单位

也称最小机床单位，指的是机床坐标的最小单位。以毫米、英寸或度表示。

3. 最小移动单位

发送给驱动器的指令的最小单位（系统电子齿轮比 1:1 时，表示 1 个脉冲代表的长度或角度）。以毫米、英寸或度表示。

4. 最小插补单位

为最小移动单位的千分之一（当最小编程单位为微米时实现纳米级插补，当最小编程单位为纳米时，实现皮米级插补）。系统电子齿轮实际分频系数为参数设定分频系数的 1000 倍。

解释

• 直线轴的最小单位

直线轴的最小输入单位包括公制和英制两种，由 G 代码（G20/G21）选择或通过设置页面选择。而最小输出单位和最小移动单位的公英制选择由参数 SCW（P400.3）控制。

直线轴小数位数由参数“直线轴小数位数”（P0042）设定。参数设置可参照下表。

P0042	最小输入单位	最小输出单位	最小移动单位	最小插补单位
1	0.1mm	0.1mm	0.05mm	0.00005mm
	0.01inch	0.01inch	0.005inch	0.000005inch
2	0.01mm	0.01mm	0.005mm	0.000005mm
	0.001inch	0.001inch	0.0005inch	0.0000005inch
3	0.001mm	0.001mm	0.0005mm	0.0000005mm
	0.0001inch	0.0001inch	0.00005inch	0.00000005inch
4	0.0001mm	0.0001mm	0.00005mm	0.00000005mm
	0.00001inch	0.00001inch	0.000005inch	0.000000005inch

• 旋转轴的最小单位

旋转轴的单位没有公英制之分，默认情况下单位是度（deg）。

旋转轴小数位数由参数“旋转轴小数位数”（P0045）设定。参数设置可参照下表：

P0045	最小输入单位	最小输出单位	最小移动单位	最小插补单位
1	0.1deg	0.1deg	0.05deg	0.00005deg
2	0.01deg	0.01deg	0.005deg	0.000005deg
3	0.001deg	0.001deg	0.0005deg	0.0000005deg
4	0.0001deg	0.0001deg	0.00005deg	0.00000005deg

• 暂停最小单位

暂停最小单位为 0.001 秒，与直线轴或旋转轴的最小单位无关。详细设定单位请参见机床制造厂家的说明书。

备注：

1. 公制下导程 F 的小数位数 = 公制直线轴小数位数 +1；英制下导程 F 的小数位数 = 英制直线轴小数位数 +2。公制下导程变化量 K 的小数位数 = 公制直线轴小数位数 +1；英制下导程变化量 K 的小数位数 = 英制直线轴小数位数 +2。
2. 本版本最小移动单位为最小输出单位的一半。而此前版本除了车床 X 轴直径编程时最小移动单位为最小输出单位的一半外，最小移动单位与最小输出单位相同。请注意电子齿轮比的设定。

3.4 最大行程

机床各控制的实际行程范围由“正向行程限位”（P0610）和“负向行程限位”（P0611）设定，参数值必须在最大行程范围之内。

解释

机床各控制轴的最大行程由“允许数据位数”和最小输出单位决定。如下表所示。

允许数据位数	最大行程
9	最小输出单位 $\times \pm 999999999$

备注:

1. 允许数据位数参数由数控系统厂家设定。
 2. 不可指定超过最大行程的指令。
 3. 当正负向行程限位超过最大行程时，以最大行程进行限制。
-

第4章 插补功能

4.1 定位 (G00)

用 G00 定位，刀具以快速移动速度移动到由 IP 指定的位置。

格式

G00 IP__;

IP: X、Z、U、W 等，表示任意轴的组。对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。

分号 “;”: 表示程序段结束。

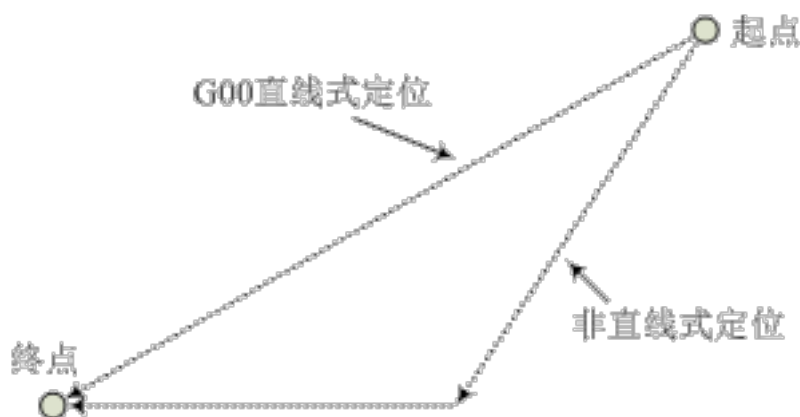
解释

G00 为 01 组代码，指定 G00 后，在指定同组 G 代码前一直有效。

G00 定位方式可由参数 “LRP” (P0004.1) 选择：

- LRP=0: G00 使用非直线方式定位。各轴按照快速速度独立运动，直到到达定位点。平均加减速由参数 “轴快速运动平均加减速” (P6432) 设定。
- LRP=1: G00 使用直线插补方式定位。刀具沿着直线移动到指定点，运行轨迹与 G01 相同。刀具在最短的时间定位，各轴定位速度不超过各自的 “快速速率” (P0711)。但要注意的是，此时仍然是各轴独立控制加减速，由参数 “快速加速曲线” (P6412) 和 “快速减速曲线” (P6413) 控制。G00 定位示意图如下：

非直线定位、直线插补方式定位示意图



限制

1. 进行 “自动手轮” 功能控制时，如果使用非直线定位，那么手轮正转和反转影响 G00 定位路径；反转只能保证回到起点，但路径与正转路径不重合。直线插补定位则无此影响。
2. 插补定位时，加速度由参数 “轴快速运动平均加速度” (P6432) 给定，减速度由 “轴快速运动平均减速度” (P6433) 给定。
3. 同一个程序段，相同参数下，直线插补定位与非直线定位的执行时间相同。建议使用直线插补定位。

4. 以下情况中的定位自动使用直线插补定位，与 LRP 的设置无关：G36~G37，G178，钻孔循环，螺纹指令后的 G00 段，半径补偿插入的定位段。
5. 其余情况的定位与 LRP 设定有关，主要包括：
 - G00 指令（前一段不是螺纹指令）
 - G27~G30 指令
 - G53 指令

4.2 直线插补 (G01)

G01 是以当前点为起点，用 IP 指定终点，以 F 值为指定速度，从当前点到终点做直线插补运动的切削指令。

格式

G01 IP__ F__ ;

IP：对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。

F：刀具的进给速度。

解释

F 指定的进给速度，在指定新值前总是有效，因此不需对每个程序段一一指定。

由 F 指定的速度是刀具沿着直线移动的合成速度。若没有在任何情况下指定过 F，则发出报警 (PS0011)。

沿各轴方向的速度如下：

G01 X α Z γ F f ;

$$F_X = \frac{\alpha}{L} \times f$$

X 轴方向的速度：

$$F_Z = \frac{\gamma}{L} \times f$$

Z 轴方向的速度：

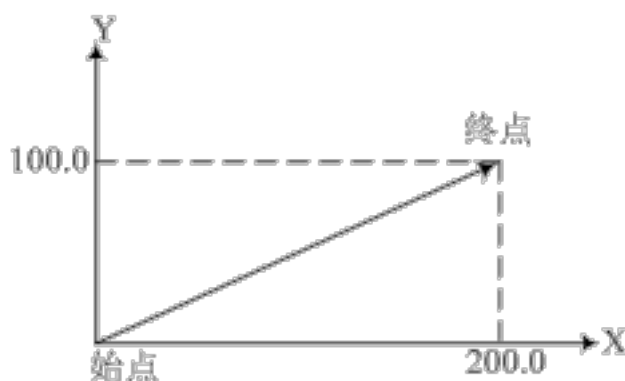
$$L = \sqrt{\alpha^2 + \gamma^2}$$

举例

- 直线轴插补

G91 G01 X200.0 Y100.0 F200.0 ;

刀具以 200mm/min 的速度，从始点 (0, 0) 移动到终点 (200.0, 100.0)。



4.3 圆弧插补（G02, G03）

在指定平面上，使刀具沿着圆弧进行切削运动。

格式

XY 平面的圆弧

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_p _ Y_p _ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_ J_ \end{matrix} \right\} NIP_ F_ ;$$

ZX 平面的圆弧

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_p _ Y_p _ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_ J_ \end{matrix} \right\} NIP_ F_ ;$$

YZ 平面的圆弧

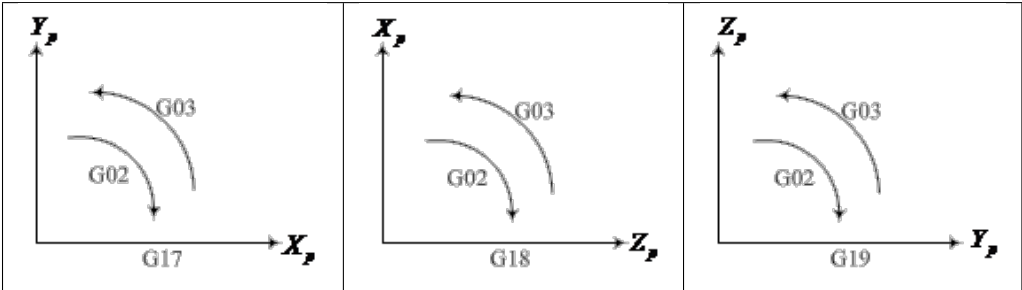
$$G19 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} Y_p _ Z_p _ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ J_ K_ \end{matrix} \right\} NIP_ P_ F_ ;$$

项目	指定内容	命令	描述
1	平面指定	G17	XY 平面圆弧指定
		G18	ZX 平面圆弧指定
		G19	YZ 平面圆弧指定
2	插补方向	G02	顺时针圆弧插补（CW）
		G03	逆时针圆弧插补（CCW）
3	终点位置或距离	Xp、Yp、Zp 中的两轴	绝对坐标系中的终点位置
		U、V、W 或 G91 下 Xp、Yp、Zp 中的两轴	从始点坐标到终点坐标的距离
4	圆心位置或半径	I、J、K 中的两轴	从始点坐标到圆心坐标的距离
		R	圆弧半径
5	进给速度	F	圆弧进给的切线速度

解释

• 圆弧插补的方向

所谓顺时针（G02）和逆时针（G03）是指在右手直角坐标系中，对于 ZpXp 平面（XpYp 平面、YpZp 平面）
从 Yp 轴（Zp 轴、Xp 轴）的正方向往负方向看而言，如下图所示：

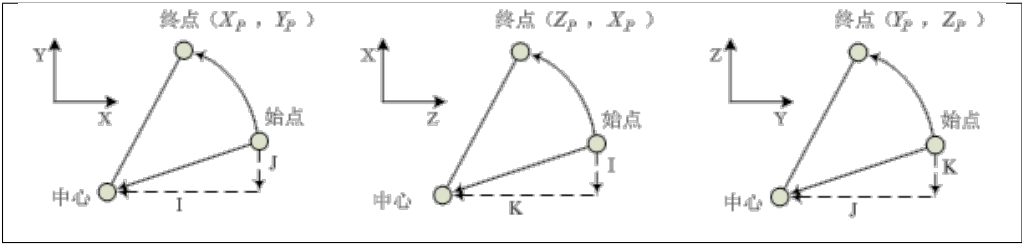


• 圆弧上的移动量

对于 G 代码体系 A，用地址 Xp、Yp 或 Zp 指定圆弧终点的绝对值，用地址 U、V 或 W 指定增量值；对于 G 代码体系 B，用地址 Xp、Yp 或 Zp 指定圆弧的终点，G90 指令下表示绝对值，G91 指令下表示增量值。增量值是从圆弧始点到终点的距离值。

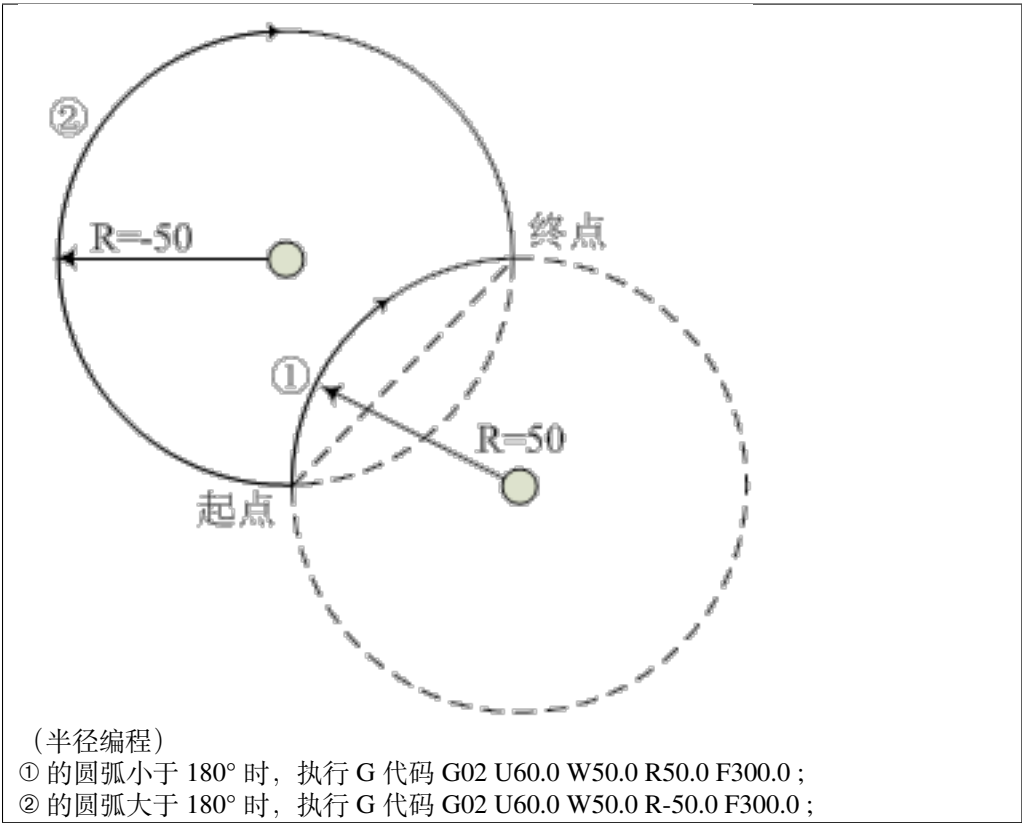
• 圆弧中心

圆弧中心用地址 I、J、K 指定，它们分别对应于 X_p 、 Y_p 、 Z_p 。I、J、K 后面的数值是从圆弧始点到圆心的矢量分量，是含符号的增量值。如下图所示：



• 圆弧半径

圆弧 I/J/K/R 支持 15 位数据，3 位小数时最大值 999999999999.999



• 圆弧中心检查功能

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2501	RIKALM							

[数据类型] 位型

RIKALM

- 0: G02, G03 未指令圆心位置时不报警
- 1: G02, G03 未指令圆心位置时报警

备注：当参数“RIKALM”设为 1 时，该功能有效。G02/G03 未指令圆心或者圆心错误时发出 PS329 报警：“G02/G03 未指令圆心位置或圆心位置指令错误”。

包括以下情况：

1. 指令“R0”，立即报警
2. 指令“IO J0 K0”，立即报警

- 3. 同时用 R 和 IJK 指令圆心时，立即报警
- 4. 未指令 R 和 IJK 时，若当前段包括 G02/G03，则立即报警；若当前是 G02/G03 模态，则指令轴运动时报警

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2501		IJK0ALM						

[数据类型] 位型

IJK0ALM
0: G02, G03 编入平面外 IJ 或者 K 值为 0 时不报警
1: G02, G03 编入平面外 IJ 或者 K 值为 0 时报警

备注:

- 1. 当参数 “IJK0ALM” 设为 1 时，平面外编入 I0/J0/K0 报警 PS21: “G02/G03 平面指定错”。
- 2. 当参数 “IJK0ALM” 设为 0 时，平面外编入 I0/J0/K0，不发生报警；编入非 0 值时发生报警 PS21: “G02/G03 平面指定错”。

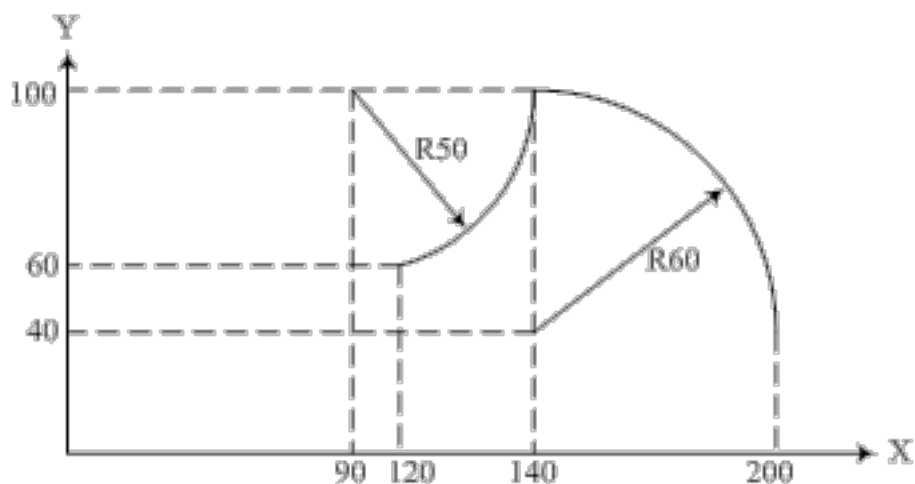
• 进给速度

圆弧插补的进给速度用 F 指定，为刀具沿着圆弧切线方向的速度。

备注:

- 1. 当 I、J 或 K 为 0 时，该地址可以省略。
- 2. 当忽略所有圆弧上的移动量，则终点与起点位置相同，若用 I、J、K 指定圆心，则指定的是一个整圆。
- 3. 终点与起点位置相同时使用 R，则生成 0 度的弧，即不移动。
- 4. 刀具实际移动速度相对于指定速度的误差在 ±2% 以内，而指定速度是刀具沿着半径补偿后的圆弧运动的速度。
- 5. R 指令圆弧半径时，需满足 $2R + e \geq \overrightarrow{AB}$ ，e 为 “圆弧起点和终点极半径允许偏差量” (P6450)， $\overrightarrow{AB}$ 为圆弧起点到终点的矢量大小，否则系统报警。
- 6. 圆弧无运动段指令 G40 是否报警由参数 “CIRG40NA” (P3253.1) 决定。
 - (1)CIRG40NA=1 时，在 G40 段为 G02/G03 且无运动时，若下一段为圆弧，那么报警，否则不报警；
 - (2)CIRG40NA=0 时，G40 段为 G02/G03 时，不论是否指令运动都报警。
- 7. 通过指令 G54.9Pijk，可实现任意两轴圆弧插补。G54.9 的设定对本指令的格式会产生影响。此时，Xp、Yp、Zp 分别为 G54.9 设定的第 1/2/3 个轴。

举例



把图上的轨迹分别用绝对值方式和增量值方式编程。

-绝对方式

```
G92 X200.0 Y40.0 Z0 ;
G90 G03 X140.0 Y100.0 I-60.0 F300.0 ;I, K指定
G02 X120.0 Y60.0 I-50.0 ;
或
G92 X200.0 Y40.0 Z0 ;
G90 G03 X140.0 Y100.0 R60.0 F300.0 ;R指定
G02 X120.0 Y60.0 R50.0 ;
```

-增量方式

```
G91 G03 X-60.0 Y60.0 I-60.0 F300.0 ;I, K指定
G02 X-20.0 Y-40.0 I-50.0 ;
或
G91 G03 X-60.0 Y60.0 R60.0 F300.0 ;R指定
G02 X-20.0 Y-40.0 R50.0 ;
```

4.4 延时运动功能 (NT)

在运动段插入 NT 指令用于延时启动运动。

解释

使用 NT 功能后, 本段检查到上一段运动结束(减速停止)后, 延时 NT 指定时间后开始运动。

NT0 类似 G04 准停, NTt 类似 G04P。但 G04 需要独立一行, 而 NT 可在运动段插入。

单位: ms。

注意

有些情况是无效的, 例如: G32 后的直线运动段。

循环指令加入 NT 将使循环的每个阶段都延时启动。

刀补时, 插入的程序段受当前段 NT 指令影响。

举例

```

O6001;
G5 R200 Q18.0;
G0 G17 G40 G49 G80 G90;
G0 G90 G54 X5. Y-9. S6000 M3;
Z25. M08 ;
G1 Z-11. F500. ;
Y-10. F1500. ;
G2 X0. Y-15. I-5. J0. ;圆弧旋入
G1 X-58. NT0 ;旋入停止后立即开始运动
Y15.;
X58.;
Y-15.;
X0. ;下一段圆弧旋出
G2 X-5. Y-10. I0. J5. NT0 ;上段运动至终点停止后，立即开始旋出
G1 Y-9. ;
G0 Z25.;
M5;
M30;

```

- 接刀痕问题

当切入和切出在同一点，加工后产生接刀痕问题时，先检查反向间隙是否正确补偿 (即使小于 10um 也要补偿)，以及驱动器摩擦补偿是否启用，然后按以下两种办法解决：

1. 变更工艺，使切入和切出不在同一个点。
2. 在切入和切出点的下一个程序段插入 NT 指令。

注：减小 G05Q 值可以减小接刀痕，但会降低加工效率，且效果不如插入 NT 指令

4.5 螺旋线插补 (G02, G03)

圆弧插补的同时，若指令了平面外的轴，则刀具螺旋运动。

格式

XY 平面的圆弧

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_{p-} Y_{p-} \left\{ \begin{matrix} R_{-} \\ I_{-} J_{-} \end{matrix} \right\} NIP_{-} F_{-};$$

ZX 平面的圆弧

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_{p-} Y_{p-} \left\{ \begin{matrix} R_{-} \\ I_{-} J_{-} \end{matrix} \right\} NIP_{-} F_{-};$$

YZ 平面的圆弧

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} Y_{p-} Z_{p-} \left\{ \begin{matrix} R_{-} \\ J_{-} K_{-} \end{matrix} \right\} NIP_{-} P_{-} F_{-};$$

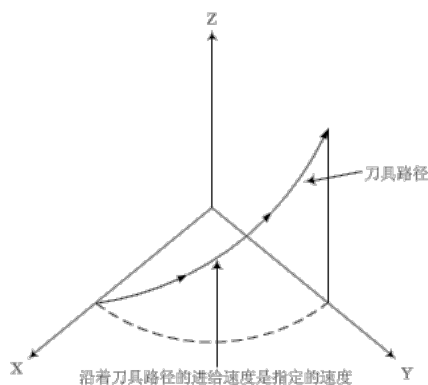
NIP₋：平面外轴指令。插补时，与平面内圆弧插补同时开始同时结束。

P₋：附加整数 (≤10000000)。

其余符号同圆弧插补说明。

解释

F 指令指定的是沿着刀具路径的进给速度，是投影圆弧切线速度与直线轴速度的合成，如下图所示：



圆弧 (XY 平面) 切线速度为：

$$F \times \frac{\text{圆弧弧长}}{\sqrt{(\text{圆弧弧长})^2 + (\text{直线轴长})^2}}$$

直线轴 (Z 轴) 的进给速度为：

$$F \times \frac{\text{直线轴长}}{\sqrt{(\text{圆弧弧长})^2 + (\text{直线轴长})^2}}$$

4.6 抛物线插补 (G172)

G172 (G72.1) 为抛物线插补指令。

格式

G172 X_ Z_ P_ Q_ F_ ;

X: 抛物线 X 向终点位置

Z: 抛物线 Z 向终点位置

P: 抛物线系数 (绝对值), $y^2 = 2 \cdot p \cdot x$

Q: 抛物线曲线类型 (0—抛物线开口为 Z 负, 1—Z 正, 2—X 负, 3—X 正)

F: 切削速度

解释

G172 为 00 组 G 代码

当 P 值较小时, 会出现过象限。

4.7 椭圆插补 (G162、G163)

G162 (G62.1)、G163 (G63.1) 为椭圆插补指令：

格式

G162 X_ Z_ K_ I_ Q_ F_ ; 顺时针

G163 X_ Z_ K_ I_ Q_ F_ ; 逆时针

X: 椭圆 X 向终点位置
Z: 椭圆 Z 向终点位置
K: 椭圆长轴绝对值 (半径编程)
I: 椭圆短轴绝对值 (半径编程), ($K > I$)
Q: 椭圆类型 (以 G18 平面为例: 0—椭圆长轴为 Z 轴, 1—椭圆长轴为 X 轴)
F: 切削速度

解释

G162、G163 为 00 组 G 代码

长轴 K 必须大于短轴 I, 否则触发 696 号报警

当起点终点距离太大或 K、I 指令太小, 导致起点和终点不在椭圆上时, 触发 695 号报警

G162、G163 仅支持小于等于 180 度的椭圆弧

第5章 进给功能

5.1 进给功能

5.1.1 快速进给

用定位指令（G00）进行快速定位。每个轴的快速进给速度都可以用参数来设定，所以在指令中不需要指定。

格式

G00 IP__；

G00：定位（快速移动）指令。

IP__：指定终点坐标。

* 解释

定位过程中各轴速度由参数“快速速率”（P0711）设定。

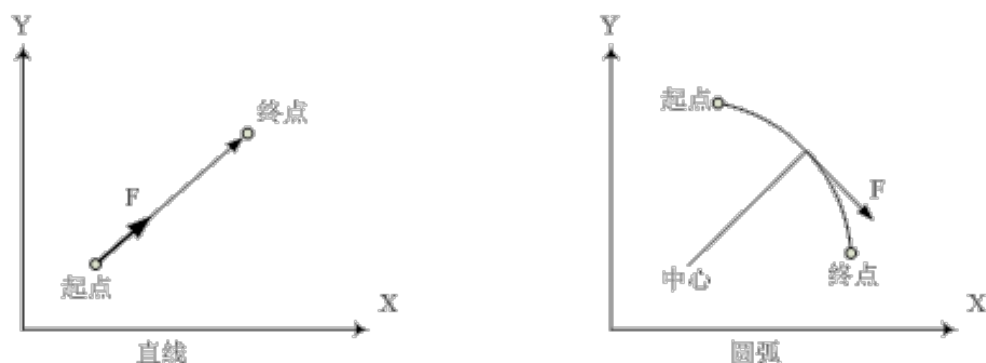
对于快速移动速度的倍率控制，利用机床操作面板上的按键，可得到如下倍率：

F0、25%、50%、100%

F0：由参数“快速倍率最低挡速率 F0”（P0712）设定

5.2 切削进给

在直线插补（G01）和圆弧插补（G02、G03）中用 F 代码后面的数值来指定刀具的进给速度。切削进给速度的方向指向刀具移动的切线方向。如下图所示：



切削进给支持两种指令方法：一种是每分进给，F 值表示刀具每分钟的进给量；另一种是每转进给，F 值表示主轴每转一圈刀具的进给量。

5.2.1 每分进给（G94）

格式

G94；

F__；

G94: 每分进给指令

F__: 进给速度 (毫米/分或英寸/分)

解释

1. 在每分进给方式下, 刀具每分钟的进给量直接由 F 的数值决定。每分进给 G 代码是模态的, 一旦指定将一直有效, 直到同组的每转进给 G 代码被指定。
2. 实际的切削速度 (使用倍率后的进给速度) 如果超过了参数 “切削进给上限速度” (P0713) 设定值, 则被限制在上限值上。上限值以毫米/分或英寸/分为单位进行设定。
3. 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制, 可以使用 0~150% (每挡 10%) 的倍率。

5.2.2 每转进给 (G95)

格式

G95 ;

F__ ;

G95: 每转进给指令

F__: 进给速度

解释

1. 在每转进给方式下, 主轴每转一圈刀具的进给量直接由 F 的数值确定。每转进给 G 代码是模态的, 一旦指定将一直有效, 直到同组的每分进给 G 代码被指定。
2. 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制, 可以使用 0~150% (每挡 10%) 的倍率。
3. 使用每转进给时, 主轴上必须装有位置编码器。
4. 当位置编码器的转速在 1rev/min 以下时, 进给速度会出现不均匀。如果不要速度均匀的加工, 可用 1rev/min 以下的转速。这种不均匀会达到什么程度, 不能一概而论, 不过在 1rev/min 以下, 转速越慢, 进给速度越不均匀。

功能参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2500							FPT	

[数据类型] 位型

FPT

0: 上电时为每分进给

1: 上电时为每转进给

5.2.3 输入单位与输出范围

在默认参数设置下 (直线轴小数位数 P0042 为 3), 每分进给和每转进给方式的最小输入单位和最大输出范围, 如下表所示:

输入输出方式	每分进给		每转进给	
	最小输入单位	最大输出范围	最小输入单位	最大输出范围
公制输入输出	0.001mm/min	60000.0mm/min	0.0001mm/rev	2000.0mm/rev
英制输入输出	0.0001inch/min	2362.2inch/min	0.000001inch/rev	2000.0inch/rev

备注:

1. 每分进给方式的速度, 在上述最大输出范围内, 还受切削进给上限速度参数 (P0713) 的限制。

- 2. 进给速度指令值在系统中的运算误差为 ±2%。当达到稳定状态后，误差是通过测定移动 500mm 以上的距离来求得的。
- 3. 对于如螺纹切削和攻丝等指令，进给倍率无效。
- 4. G94，G95 下，轴锁功能均有效。

5.3 高速高精控制（G05）

格式

```
G05 L_ NP_ P_ R_ A_ C_ Q_ CT_ AD_ NE_ E_;
```

其相关地址说明如下表：

指定内容	地址	说明
G5 参数组	L	有效数值： 1~10—对应“[设置][高精]”的 10 组数据。 说明： 指令 L 后，如果还指令其它地址，那么指令的地址将替换 L 指定参数组中对应地址的数值。
小线段预处理类型	NP	有效数值： 1—用于宏程序小线段 3—用于 CAM 小线段 说明： 该功能用于批量准备数据，提高小线段加工性能，并提高显示速度。 该功能使用时，检查轴数与插补次数是否满足要求，否则触发 PS580 报警：4 轴以上要求参数 P10 至少设置为 1。 该功能一次处理多个程序段，光标指在最后一段。余移动量为这些程序段的总余移动量，而不是光标所在段余移动量。 指令 NP3 后 (不包括 NP1)，可多译码 3 位小数；否则，系统只解析 3 位小数，忽略剩下的小数位。即：当小数位数设置为 3 位时，指令 NP2~NP 8 后，编程超过 3 位小数时，系统最多可以解析 6 位小数。
刀具方向	P	有效数值： 1~3—例如：刀具方向沿 Z 轴时，铣床指令 P3(车床指令 P2)。 说明： 指令 P 后，NP 指令指定 3 或不指定，不指定时系统默认 NP3。 此功能用于平行刀路曲面加工 (特别是有渐变棱角的 CAM 小线段程序必须指定，如：人脸) 如果要求轮廓精度较高，那么不能指令 P，并且尽量较小 R 值，甚至不用 R 值；P 只能通过 G05 指令，指定 P 时 Q 值自动无效；
切削平滑阶数	R	有效数值： 0~500 说明： 如果指令 P 而未指令 R，那么默认 R50 0，一般只用于调试，不进行实际加工 (轮廓误差加大)。 输入时如果带小数点，那么小数点及小数部分被忽略。 G05R0 用于准确停。

切削拐角角度	A	有效数值: 1.0~30.0 说明: 曲面精加工: [10,20], 其它: [5,10]。 用于判断相邻两程序段是否相切。如相切, 那么不减速, 否则减速。 开粗时适当降低此角度 (如: 1~10 度), 以减小非拐角处振动。 以插补周期 2ms 为例, 进给速度 $F(\text{m m/min})$ 时, 角度 A 可产生非拐角处加速度: $F \cdot \sin(A) \cdot 0.5$ 例如: $F4000.0\text{mm/min}$, $A10.0$, 那么非拐角处最大加速度: $4000 \cdot \sin(10.0) \cdot 0.5 = 347(\text{m/min/s})$。因此, 对于进给较快的非曲面精加工, 应适当降低角度 A。
--------	---	---

平滑前加速度限制	C	有效数值: 10.0~500.0(此为公制范围, 英制除 25.4)。 说明: 用于提高效率 非拐角处及 P 功能平行刀路非换向处无影响 平滑前拐角加速度可能比限制值大 如果当前程序因变速过于频繁导致实际拐角加速度比限制值大很多, 并且平滑后加速度较大, 那么请不要指定 C 功能。
----------	---	--

圆弧及短直线加速度限制	Q	有效数值: 1.000~100.000(此为公制范围, 英制除 25.4)。 说明: P 指令时 Q 自动无效。 该功能生效时, 对以下两种情况进行速度限制: (a) 圆弧 (平面或空间的圆弧、阿基米德螺线、对数螺线); (b) NP 功能开启后的小线段小曲率处有效。但仅对 NP1 和 NP3 有效。 G05 指令中允许指令 Q0, 表示取消 L 中 Q 地址数据 (即允许 G05 Li Q0 取消 Q)。
-------------	---	---

切削加减速曲线类型	CT	有效数值: 0~4(曲线类型) 或 10~200(S 曲线时间 N) 说明: 指令 CT0, 配合 C 提高非精加工效率 指令 $CT \geq 30$, 改善精加工变速处纹路或降低低增益超调现象
-----------	----	--

切削加减速速度	AD	有效数值: 0.001~10000.0(此为公制范围, 英制除 25.4)。 说明: 变速处纹路不佳时, 除提高 $CT(\geq 30)$ 外, 也可考虑降低 AD 数值
---------	----	---

第 1 路径优化器公差	NE	有效数值： ≤4.0(单位：mm)。注意：一般 0.5 就很大了。 说明： 1 指定该公差时启用第 1 路径优化器。限制： (1) 指令 L 时报警； (2) 指令 P 时报警； (3) G307 有效时报警。 2 第 1 路径优化器主要用于过滤较大误差点。例如：应用于轮毂修复。对于模具等小线段加工，一般只用第 2 路径优化器，即 E 功能。 3 如果同时启用第 2 路径优化器，那么内部自动限定不小于第 2 路径优化器公差 4 P6520 为第 1 路径优化器阶数，通常使用默认值 200，设置较大值时，优化效果会更好，线段将更密，同时将占用更多的 CPU 时间。 5 只对 G01/G02/G03 程序段优化。
-------------	----	---

第 2 路径优化器公差	E	有效数值: ≤ 1.0(单位: mm) 说明: 1 指定该公差时启用第 2 路径优化器。限制: (1) 指令 L 时报警; (2) 指令 P 时报警; (3) G307 有效时报警。 2 第 2 路径优化器主要用于密化路径, 并过滤较小的误差点。内部限定下限为每插补周期进给长度的 1/4。2 ms 插补周期下, 当进给速度为 $F(\text{mm/min})$ 时, 每周期进给长度为: $2 \cdot F / (60 \cdot 1000)$。取值过小时可能导致优化后线段过密, 数据准备跟不上输出, 结果将是反复减速停止。取值过大, 导致形状误差较大。 3 P6521 为第 2 路径优化器阶数, 通常使用默认值 200, 设置较大值时, 优化效果会更好, 线段将更密, 同时将占用更多的 CPU 时间。 4 只对 G01/G02/G03 程序段优化。 5 E 通常需要配合 Q 使用, 在曲率大的地方减速, 以防止加速度过大产生振动。
-------------	---	--

清除 G05 控制

非 MDI 复位 (复位键或执行 M02/M30 等引起的复位) 或 G5 不带其它地址将清除以上所有控制。

显示

G5 任何一个功能有效时, 在右上角会有提示信息。

C、Q、CT、AD 不显示数值, 显示 /C、/Q、/CT、/AD。

刀具方向控制功能 (P 功能)

平行刀路曲面精加工时, 必须指定该功能。如果未指定, 那么可能在曲面上出现一些或大或小的坑点。当加入刀具方向 (P 指令) 控制后, 坑点消失。

轨迹平滑及加速度抑制 (R 功能)

CAM 小线段程序 (粗加工或精加工) 可能有各种不理想的轨迹或较大加速度, 都可用 R 功能抑制。粗加工时有时还可以用 Q 功能 (如: Q36.0) 降低大曲率处速度。

系统计算进切削平滑器前各轴最大加速度 (N40/N41/...) 和出切削平滑器后各轴最大加速度 (N50/N51/...)。并根据 P6440/P6441 设定的加速度限制值, 推算出各轴大致需要的平滑阶数 (N60/N61/...)。如果 N60/N61/... 的最大值小于 R 指令值, 那么可降低 R 以减小轮廓误差; 但过低的平滑阶数 (例如: <40), 不利于光顺轨迹本身的误差。这些加速度都是以加速度单位显示, 因此请将 P5.4(ACDCMS) 位参数设置为 0, 避免 P6440/P6441 加速度限制用时间显示时产生混乱。

系统记忆进切削平滑器前发现各轴切削最大加减速度的程序段号 (N70/N71/...) 和出切削平滑器后发现各轴切削最大加减速度的程序段号 (N80/N81/...)。可将这些程序段附近的段摘出, 用于快速调试 R 的合理值。

提高加工速度时，各种产生最大加速度将相应提高，因此可能需要根据新的加工速度调整 R 值。

路径优化功能 (E/NE 功能)

“FG05E” (P6401.0) 为 0 时允许使用该功能。

- 对于从路径优化出来的轨迹点，每个点都与原加工程序的若干程序段相关。为防止单段、暂停、模式切换再启动时轨迹不同，系统对该情况下的单段、暂停、模式切换特殊处理如下。
 - 暂停或模式切换时，减速停止，但不清除运行状态。状态栏同时显示“运行”和“暂停”。按启动键可再次执行。
 - 单段时，记录当前位置点相关的最后一个程序段，当轨迹前进到相关的最后一个程序段发生变化时，立即暂停。此处暂停视为单段停止，显示暂停，同时不清除运行状态。状态栏同时显示“运行”和“暂停”。按启动键可再次执行。
- 从程序中间开始加工与从头开始加工的轨迹可能不重合。此外，经过路径优化的程序段不支持断点断电保存。

刀补有效时，按曲率限速功能 (Q)

- 刀补无效时 (G40)，G05Q 限速有效。
- 刀补有效时 (G41/G42)，且参数 P6401.1(G05QSC)=1 时，G05Q 限速有效。
- 刀补有效时 (G41/G42)，且参数 P6401.1(G05QSC)=0 时，G05Q 限速无效。

刀补有效时，更密的程序段支持

相关参数：

P11：每主控周期最大预处理段数

当 $P11 \leq 1$ 时，为原有方式：每主控周期处理一段

当 $P11 > 1$ 时，为新增方式：每主控周期可以处理多段。最大设置值目前为 16。

G05 默认值

在未指令 G05 的情况下，系统将采用 P6500~6505 参数设定值进行精度控制。P6500~6505 参数的取值范围同 G05 格式中 P/NP/R/Q/A/C 地址，系统默认为无效，因此该部分参数应由配置软件进行配置。

6500	默认刀具方向 P
6501	默认小线段类型 NP
6502	默认切削平滑阶数 R
6503	默认圆弧或螺线最大加速度 Q
6504	默认切削拐角角度 A
6505	默认拐角平滑前加速度限制 C
6520	第 1 路径优化器阶数
6521	第 2 路径优化器阶数

5.4 暂停 (G04)

利用暂停指令，可以推迟下个程序段的执行，推迟时间为指令的时间。

格式

G04 X__；

或

G04 P__；

X：暂停时间设置（可使用小数）。

P：暂停时间设置（不可使用小数）。

解释

利用暂停指令，可以使下一程序段的执行推迟指定的一段时间。

指令字	指令范围	指令单位
X	0.001~99999.999	秒
P	1~99999999	0.001 秒

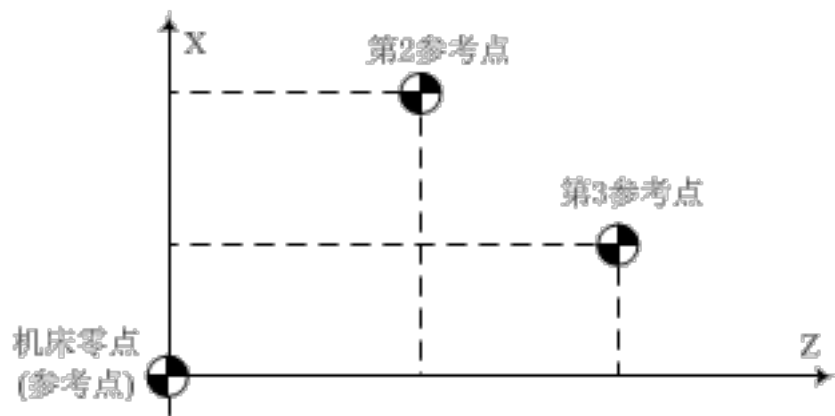
备注:

1. X/P 指令单位与直线轴或旋转轴的最小单位无关。
 2. 如果省略了 P、X 指令则可看作是准确停。
 3. 执行 G04 指令将自动禁止预读与缓冲。
-

第6章 参考点

参考点是指机床上某一固定位置。加工时，可把参考点作为自动换刀的位置，通过返回参考点功能将刀具移动到该位置。

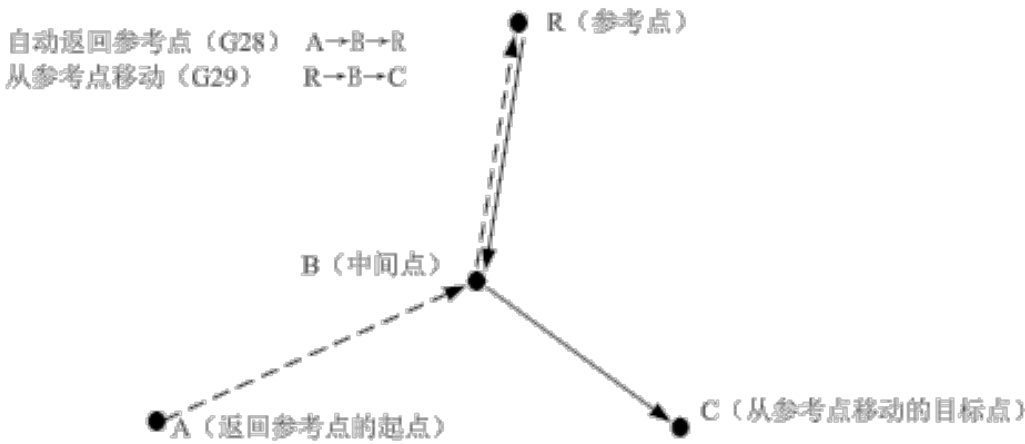
本系统最多可以指定三个参考点，第1参考点的机床坐标始终为0，即机床零点，“第2参考点机床坐标(P511)”和“第3参考点机床坐标(P512)”分别用于设定第2、3参考点的机床坐标，如下图所示。



6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29）

自动返回参考点功能（G28）可使指定轴经中间点自动返回到参考点，返回完毕，回零灯亮。

从参考点移动功能（G29）可使指定轴经中间点移动到指定位置。如下图所示。



格式

G28 IP__；

G28: 自动返回参考点指令。
IP__: 自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。
G29 IP__;
G29: 从参考点移动指令。
IP__: 最终移动到的目标点坐标，绝对或增量值指定。

解释

- 1. 执行 G28 过程中，以快速移动速度进行中间点和参考点的定位。
- 2. 在机床锁住状态，G28 无法从中间点快速定位到参考点，回零灯也不会亮。
- 3. G28 一般在自动换刀时使用，因此原则上要提前取消刀具半径、长度等补偿量。
- 4. 只有在 G28 程序段中指定的坐标才能作为中间点被存储。对于还未在 G28 中指定的坐标，则用之前指定 G28 的中间点坐标作为当前中间点坐标。

例

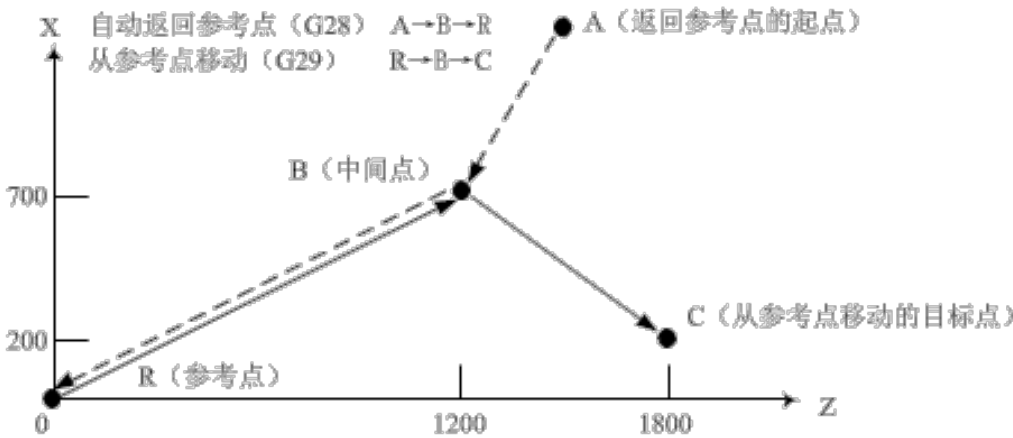
```
N1 G28 X40.0 ;           X轴移动到参考点，中间点 (X40.0) 被存储起来。 ‘ ’
N2 G28 Z60.0 ;           Z轴移动到参考点，中间点 (Z60.0) 被存储起来。
N3 G29 X10.0 Z20.0 ;     X轴和Z轴经G28指定的中间点 (40.0, 60.
→0) ，返回到G29指定的目标点 (10.0, 20.0) 。
```

- 5. 参数“回零后自动坐标系设定的坐标值”(P0510)可指定刀具在返回参考点后的工件坐标。
- 6. G29 要在通过 G28 或 G30 返回参考点的状态下指定。
- 7. 对于 G29 的增量指令，指定值指定的是从中间点开始的增量值。
- 8. 在 G29 移动到中间点和指令点中，都是以快速移动速度进行的。

备注:

- 1. 通电后，如果一次也没进行手动返回参考点，指令 G28 时，从中间点到参考点的运动和手动返回参考点时相同。
- 2. 用 G28 指令通过中间点到参考点后，变更工件坐标系时，中间点也移动到新坐标系。此后指令 G29 时，在新坐标系中，通过中间点在指定的位置定位。
- 3. G28、G30 指令从中间点到参考点快速移动时，由于各轴运动独立，最终的轨迹往往是折线而非直线。

举例



加工程序

G28 X700.0 Z1200.0; (A→B→R 的程序)

……;

G29 X200.0 Z1800.0; (R→B→C 的程序)

6.2 自动返回第 2、第 3 参考点 (G30)

格式

G30 P2 IP__;

返回第 2 参考点 (P2 可以省略)

G30 P3 IP__;

返回第 3 参考点

IP__: 自动返回参考点时途经的中间点坐标, 绝对或增量值指定。

解释

1. 只有在执行过 G28 或手动返回参考点之后, 方可使用返回第 2、3 参考点功能。通常当刀具自动交换 (ATC) 位置与第 1 参考点不同时使用 G30 指令。
2. 第 2、3 参考点的位置由系统参数“第 2 参考点机床坐标” (P511) 和“第 3 参考点机床坐标” (P512) 设定, 参数的含义是第 2、3 参考点相对于第 1 参考点的距离, 单位与机床坐标系的单位一致。
3. 在第 1 参考点未建立之前, 执行了返回第 2、3 参考点指令, 则产生报警 (PS0093)。
4. 指令 G30 时, P 值非 2 或 3, 则产生报警 (PS0094)。
5. 在机床锁住状态, G30 无法从中间点快速定位到参考点, 回零灯也不会亮。
6. G30 一般在自动换刀时使用, 因此原则上要提前取消刀具半径、长度等补偿量。

6.3 返回参考点检查 (G27)

G27 是用来检查为返回参考点而编写的快速移动程序是否能准确返回参考点的功能。

格式

G27 IP__;

IP__: 指定参考点的坐标 (绝对值/相对值指定)。

解释

G27 指令使刀具以快速移动速度定位到 IP 指定的位置。如果刀具到达参考点 (机床零点), 参考点返回灯点亮, 否则产生报警 (PS0092)。

第7章 坐标系

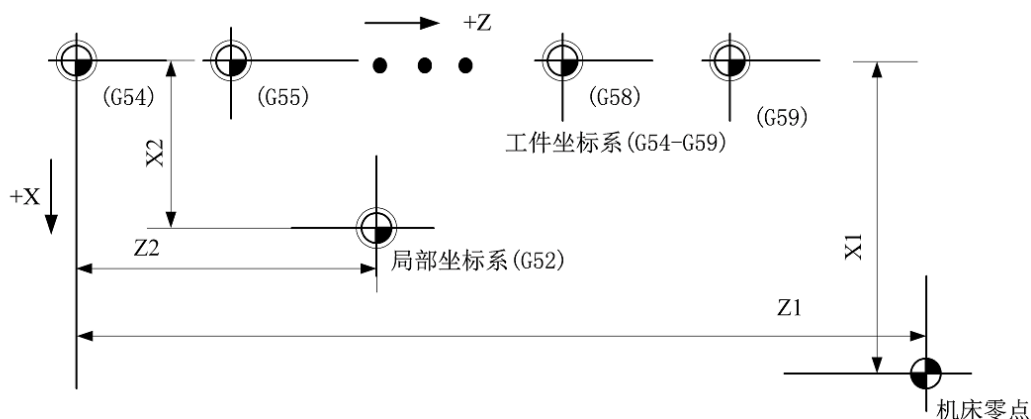
7.1 坐标系

机床工作时，刀具按照加工程序指定的坐标运动到指定位置。坐标值由坐标轴的分量来指定，如 X_Y_Z_。

本系统使用机床坐标系、工件坐标系、局部坐标系之一来指定坐标位置。

1. 机床坐标系是以机床上的固定点为原点的，是其他坐标系的基准，一旦建立，系统将其保存，在重新设定前一直有效。
2. 工件坐标系是基于机床坐标系中的子坐标系，可以设置和更改其在机床坐标系内的位置。
3. 局部坐标系是基于工件坐标系中的子坐标系，可以设置和更改其在工件坐标系内的位置。

各坐标系关系如下图：



7.1.1 机床坐标系

机床零点（参考点）是机床制造商为机床设定固定基准点。以机床零点为坐标原点的坐标系叫做机床坐标系。

机床坐标系的设定

通常情况下，系统开机后，用户要对机床坐标系进行重新设定。

在对各坐标轴进行手动回零，或由 G28 指令进行返回参考点运动后，系统即可根据机床零点建立机床坐标系。

此坐标系将保存在系统中，直到用户重新设定。

机床坐标系定位 (G53)

根据指定的机床坐标，将刀具快速移动到目标位置。

格式

G53 IP__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

解释

1. 由于一般定位指令（G00）只能指定工件坐标系下的目标点，如果用户要将刀具移动到机床的特殊位置时（如换刀位置），用 G53 指令更方便。
2. G53 是非模态 G 代码，仅在当前程序段有效。
3. G53 指令必须是绝对指令。如果是增量指令，则产生报警（PS0241）。
4. G53 可以根据 GA 组模态决定按 G00/G01 速率运动（如果 GA 组为 G00，那么 G53 按 G00 速率运动；如果 GA 组不是 G00，那么 G53 按 G01 速率运动）。

例

```
%
...
G53 G01 Z50. F1000. ;
G53 Z100. F4000. ;
G53 Z150. F1000. ;
...
M30;
%
```

以上为连续三段按G01速率运动的G53程序段。
由于G01有预读功能，因此不会出现G53每段减速停止问题。

备注:

1. 当指定 G53 指令时，若参数 “G53COFS”（P3252.2）=0，将自动清除刀具半径、长度等补偿量；否则需指定相应 G 代码清除长度或半径补偿量。
2. G53 抑制 G 代码预读。
3. 在圆柱插补、极坐标插补、假想轴插补或数字主轴螺纹插补状态下，执行 G53 指令，会产生报警（PS0049）。
4. 在极坐标系、坐标系旋转或坐标系缩放状态下，执行 G53 指令，会产生报警 PS628。

快速机床坐标系定位（G153）

格式

G153 IP__ NF__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

NF__：运动速率

解释

NF 指令的速率对 G153 为模态数据，在非 G153 或 G04 指令段清除。速率上限受参数“最大快速速度”限制。

G153 可加快换刀速度，使用 NF 可以不影响用户指令的进给速率。

G153 指令运动类型为快速运动，使用快速平滑器和快速加减速曲线类型及快速加减速速度。可用 CT/AD/AC/DC 指令修改加减速曲线和加减速速度。

备注：在极坐标系、坐标系旋转或坐标系缩放状态下，执行 G153 指令，会产生报警 PS628。

PS628：“指令 G53/G153 前，需要取消极坐标系、坐标系旋转或缩放状态”

7.2 工件坐标系 (G92)

加工零件使用的坐标系称为工件坐标系。工件坐标系在加工前需要提前设定，也可以通过移动原点来改变已设定的工件坐标系。

7.2.1 工件坐标系的设定

工件坐标系有三种设定方法：

1. G92 设定工件坐标系
2. 自动设定工件坐标系
3. 选择 G54~G59 工件坐标系

G92 设定工件坐标系

格式

G92 IP__ ;

IP__：指定当前点在设定工件坐标系下的坐标。

解释

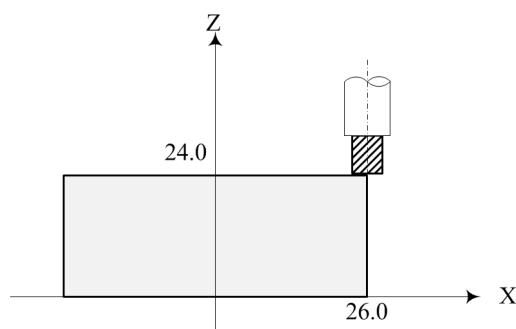
工件坐标系的建立方式是使指定坐标值 (IP__) 成为当前刀具上的点 (如刀尖) 在设定工件坐标系中的绝对坐标值。

1. IP__ 为增量值时，指令前刀具坐标值与增量相加，作为 G92 指定的绝对坐标。
2. 如果在刀具补偿期间用 G92 设置坐标系，那么刀补前的位置与 G92 设置的位置相符。
3. 通常情况下，在指定刀具补偿前请先设定工件坐标系。

举例

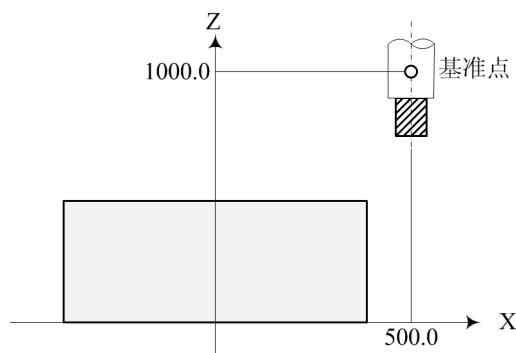
- 以刀尖为指定点设定工件坐标系：

G92 X26.0 Z24.0 ;



- 以刀架基准点为指定点设定工件坐标系：

G92 X500.0 Z1000.0 ;



建立坐标系后，在绝对方式下，指令基准点移动到被指定的位置时，必须加刀具长度补偿，补偿值为基准点到刀尖的差。

自动设定工件坐标系

手动或自动返回参考点后，系统将自动设定工件坐标系。如果 α 、 β 、 γ 分别为参数“回零后自动坐标系设定的坐标值”（P0510）的值，则返回参考点后，刀架基准点或刀尖位置的绝对坐标值为 $X=\alpha$ ， $Y=\beta$ ， $Z=\gamma$ 。这样就设定了工件坐标系。此方法与在参考点上执行下面指令设定是等效的。

G92 $X\alpha Y\beta Z\gamma$;

选择工件坐标系 (G54~G59)

系统提供 G54~G59 六个基本坐标系，用户可通过系统 MDI 面板设定各坐标系的工件零点偏置数据，然后选择任意一个工件坐标系。开机后，默认选择 G54 坐标系。

G54 工件坐标系 1

G55 工件坐标系 2

G56 工件坐标系 3

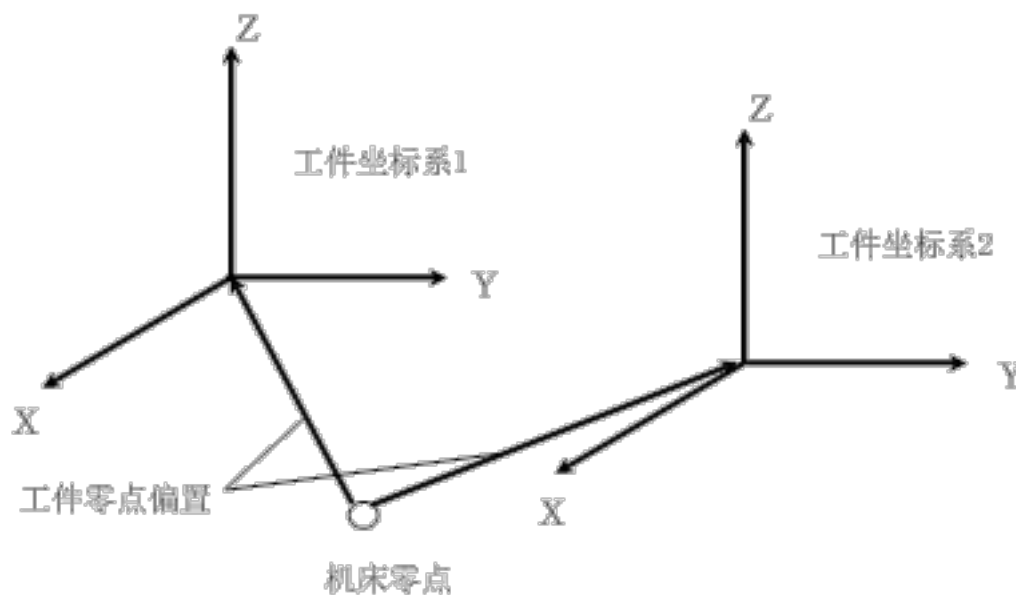
G57 工件坐标系 4

G58 工件坐标系 5

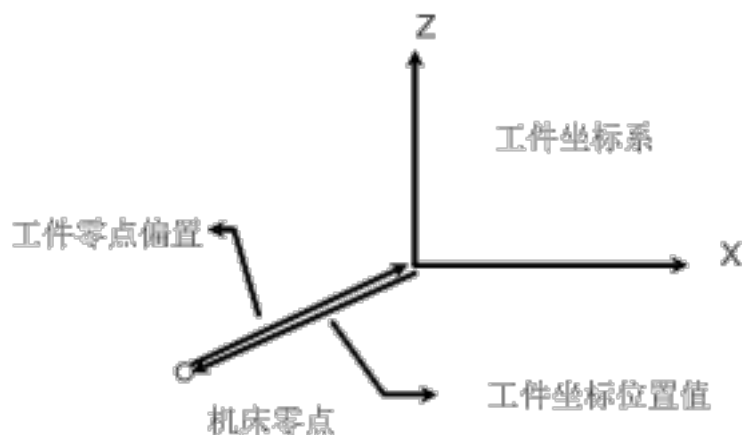
G59 工件坐标系 6

解释

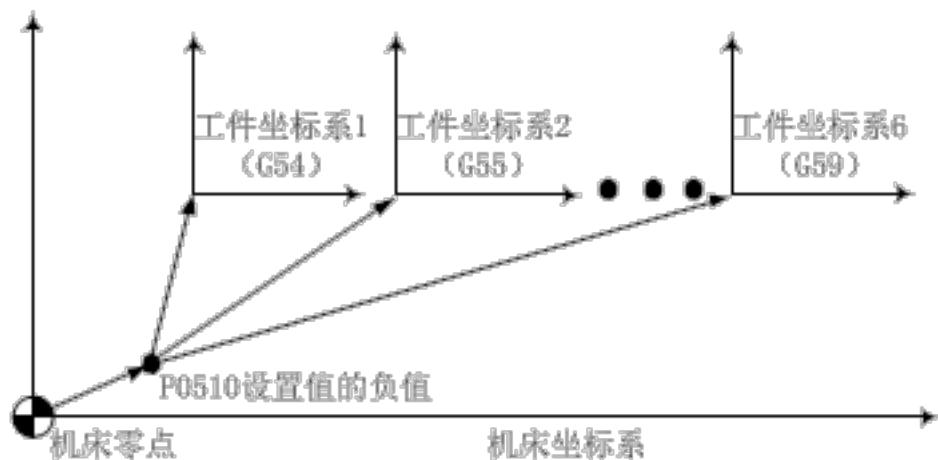
1. 这六个工件坐标系是由从机床零点到各自坐标系零点的距离（工件零点偏置）设定的，如下图所示。



2. 返回参考点后，绝对位置为工件零点偏置的负值，如下图所示。



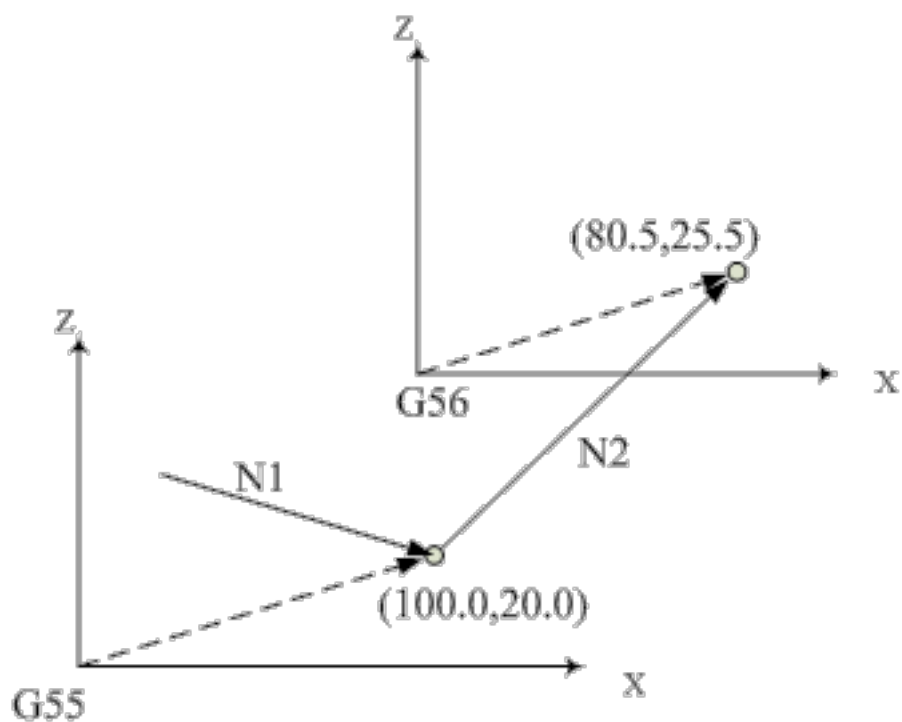
3. 如果选择了工件坐标系，一般情况下设置参数 (P0510) 为零。如果设定值不为零，返回参考点后，所有的工件坐标系偏移该参数设定值的负值。



备注:

1. 当选择工件坐标系后，一般不需 G92 设定坐标系。如用 G92 设定则会移动工件坐标系 1~6。因此，勿将 G92 与 G54~G59 混用，除非要移动工件坐标系 1~6。
2. 相对位置是否随工件坐标系的设置而改变，取决于参数“PPD” (P2300.3)。

举例



加工程序

```
N10 G55 G00 X100.0 Z20.0 ;
N20 G56 X80.5 Z25.5 ;
```

7.2.2 工件坐标系的移动或变更

选择 G54~G59 工件坐标系后，如果需要移动或变更工件坐标系，可以通过以下两种方法实现：

1. 使用系统 MDI 面板修改 G54~G59 数据；
2. 在加工程序中使用 G92 或 G10 修改。

用 G92 移动工件坐标系

格式

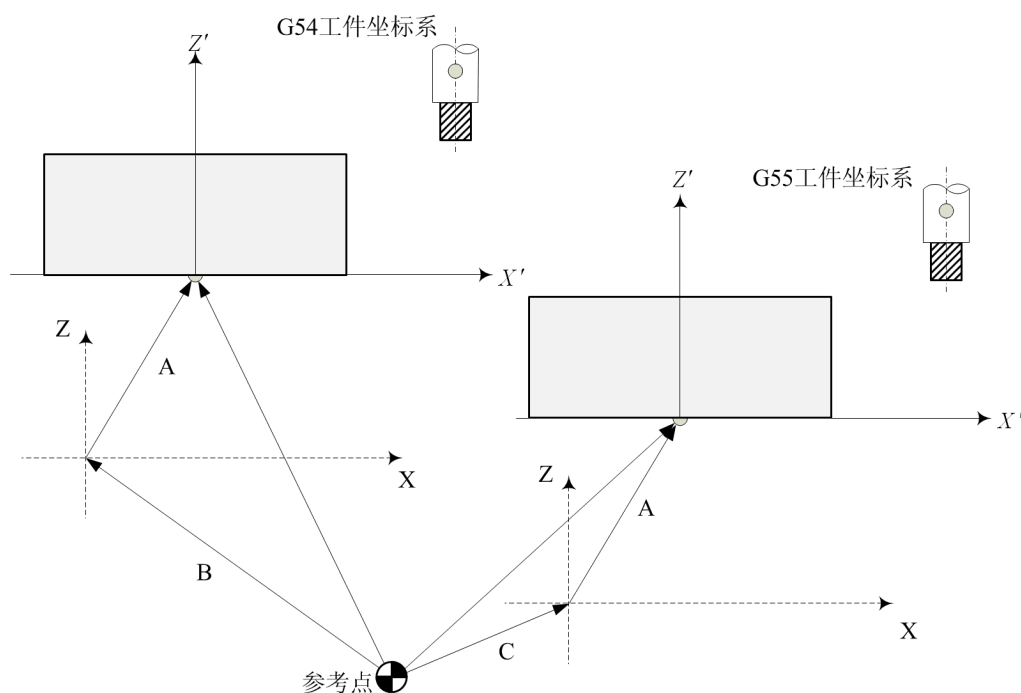
G92 IP__ ;

IP__：指定当前点在设定工件坐标系中的坐标。

解释

1. 在已选择的工件坐标系 (G54~G59) 中执行 G92 指令，可以使所有原来的工件坐标系同步发生偏移而产生新的坐标系，所有工件坐标系偏移量相同。
2. 如果 G92 指令中，指令的 IP__ 为增量值，则坐标系偏移量为增量值取反。

举例



说明

X' -Z'：新工件坐标系

X-Z：原工件坐标系

A：由 G92 产生的偏移量

B：G54 中的工件零点偏置量

C：G55 中的工件零点偏置量

用 G10 变更工件坐标系

当工件坐标系不足或由于加工程序不同而要求变更工件坐标系时，可使用 G10 指令，代替 MDI 面板手动输入，变更各坐标系的工件零点偏置量。

格式

G54~G59 工件坐标系可由 G10 指令设置。G10 工作方式有两种，由参数“G10 工件坐标系输入方式” (P2520) 选择。

格式 1 (参数 P2520 设为 1，与 FANUC 系统工作方式兼容)

G10 L2(或 L1) Pp IP__;

p: 要变更的坐标系选择。

p=1~6 对应工件坐标系 G54~G59。

IP__: 若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将改值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

格式 2 (参数 P2520 设为 2)

G10 L2 Pp IP__;

p: 选择要变更的坐标系。p=0~5 分别设定工件坐标系 G54~G59。

IP__: 若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将改值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

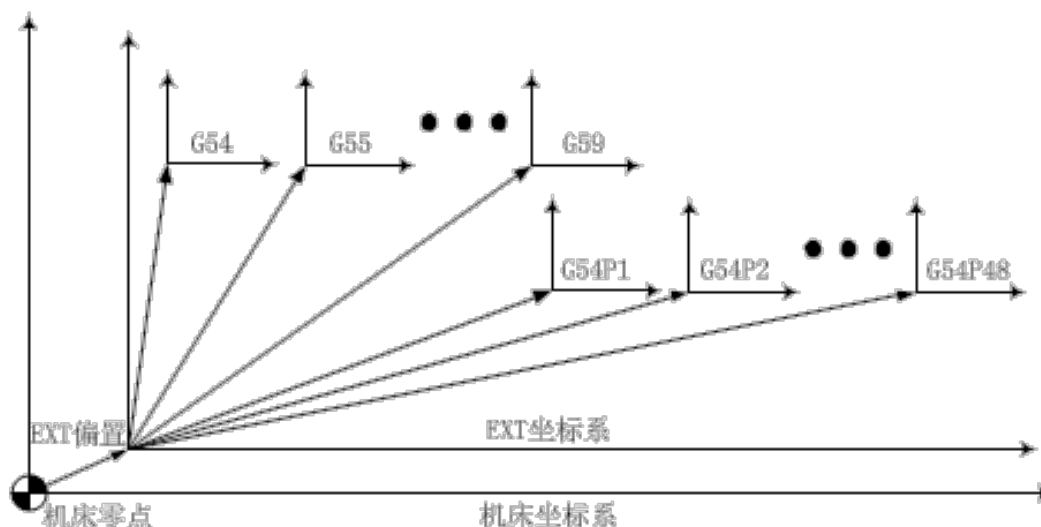
G10 设置附加工件坐标系

G10 设置附加工件坐标系的方式也分上述两种。详细说明请参考《编程手册》附加工件坐标系 (G54Pn)。

备注: 如 P 未编入或超出范围时，则产生报警 (PS0032)。

7.3 附加工件坐标系 (G54 Pn)

除了 G54~G59 六个基本工件坐标系以外，系统还提供了 99 个附加工件坐标系和一个 EXT 偏移坐标系。G54~G59 和附加坐标系 1~99 都是在 EXT 偏移坐标系的基础上偏置得到的坐标系，如下图所示：



格式**选择附加工件坐标系**

G54 Pn ;

Pn: 指定附加工件坐标系的代码。

n: 1~99。

设置附加工件坐标系

附加工件坐标系可由 G10 指令设置。G10 工作方式有两种，由参数“G10 工件坐标系输入方式”(P2520) 选择。

格式 1 (参数 P2520 设为 1, 与 FANUC 系统工作方式兼容)

G10 L20 Pp IP__ ;

p: 选择要变更的坐标系。

p=1~48: 设定附加工件坐标系 G54P1~G54P99。

IP__: 若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将改值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

格式 2 (参数 P2520 设为 2)

G10 L20 Pp IP__ ;

p: 选择要变更的附加工件坐标系

p=0: 设定 EXT 坐标系偏移

p=1~48: 设定附加工件坐标系 1~48

IP__: 指定附加坐标系零点相对于 EXT 坐标系零点的偏置量。

解释

- 选择附加工件坐标系

当 P 代码和 G54 一起指定时，从附加工件坐标系 1~48 中选择相应的坐标系。工件坐标系一旦被选择将一直有效，直到另一个工件坐标系被选择。在电源接通时，选择 G54 工件坐标系。

用户亦可通过系统 MDI 面板设定各坐标系的工件零点偏置值，详细说明请参考《操作手册》坐标系子画面。

- 在附加工件坐标系中设定工件零点偏置量

当 G10 指令中 IP__ 指定增量值时，指定值加到当前的偏置量上生成新的偏置量。

当指定 P0 (格式 2) 时，设置 G54EXT 坐标系零点相对于机床零点的偏置量。

7.4 局部坐标系 (G52)

当在工件坐标系中编写加工程序时，为了简便，可以在工件坐标系中再设定一个子坐标系。这个子坐标系称为局部坐标系。

格式

G52 IP__ ; 设定局部坐标系

.....

G52 IP0 ; 取消局部坐标系

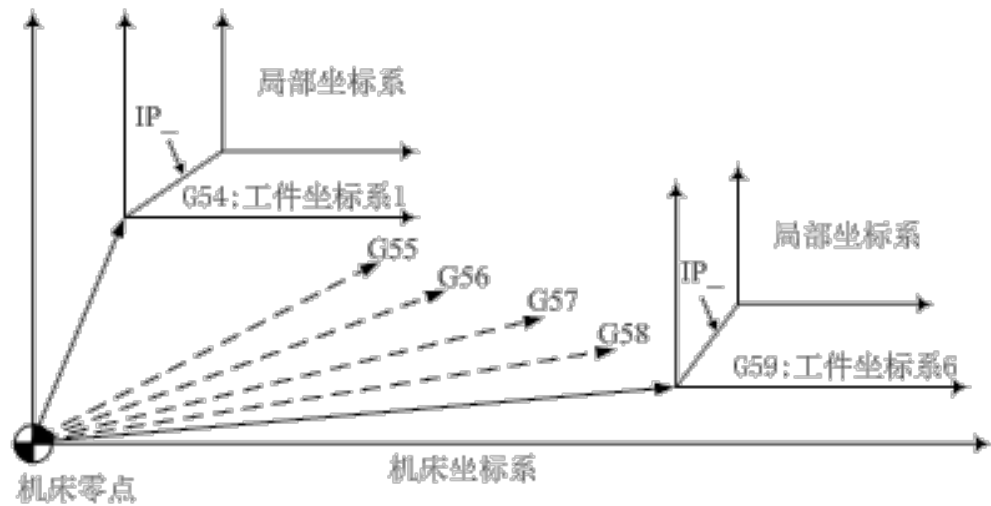
IP__: 指定局部坐标系原点在工件坐标系中的绝对坐标。

解释

当设定局部坐标系时，指定的 IP__ 无论是绝对方式还是相对方式，其数值都表示局部坐标系原点在工件坐标系中的绝对坐标。同时，系统界面显示的绝对坐标也是局部坐标系中的坐标。在工件坐标系中用 G52 指定局部坐标系的新零点，可以改变局部坐标系。

一旦用 G52 指定了局部坐标系，则此局部坐标系将在其对应的工件坐标系中一直有效，直到指令 G52 IP0；使局部坐标系零点与工件坐标系零点一致。

与 G92 指令不同，G52 只在其对应的工件坐标系中起作用，如下图所示。



备注:

- 1. 当一个轴自动或手动返回参考点时，该轴的局部坐标系零点与工件坐标系零点一致，即取消了局部坐标系。这与指令 G52 α0；(α：返回参考点的轴) 的效果相同。
- 2. 局部坐标系设定不改变工件坐标系和机床坐标系。
- 3. 复位时是否清除局部坐标系，取决于参数的设定。当参数“CLRG52” (P0500.6) 设置为 1 时，复位时清除所有坐标系的局部坐标系。
- 4. 当用 G92 设定工件坐标系时，局部坐标系被取消。如果未指令所有轴的坐标值，则未指定坐标值的轴的局部坐标系并不取消，而是保持不变。
- 5. G52 暂时取消刀具半径补偿。
- 6. G52 程序段执行后，绝对坐标立即显示局部坐标系中的坐标。
- 7. 指定无坐标系功能轴时报警。

7.5 笛卡尔坐标轴设定 (G54.9)

空间笛卡尔坐标系的三个坐标轴，通过指令 G54.9 可以修改。主要与极坐标插补、圆柱插补配合使用，常用于空间任意轴钻孔、攻丝，车床任意轴之间的固定循环。

格式

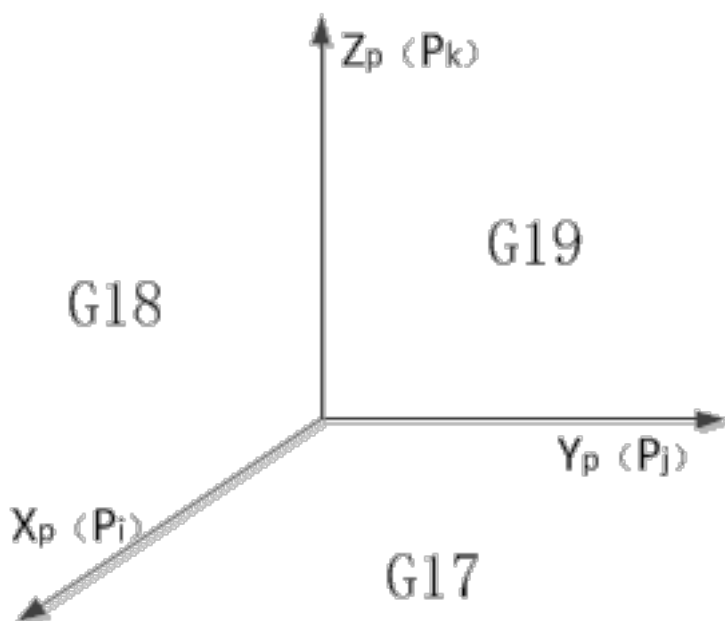
```
G54.9 Pijk ; 设定笛卡尔坐标轴
... ..
G54.9 P0 或 G54.9; 恢复默认笛卡尔坐标轴设定
```

i/j/k: 分别为空间笛卡尔坐标系第 1/2/3 轴。数值为：1~8，分别对应控制轴 1~8。

解释

默认控制轴 1~3 为 X、Z、Y 轴，笛卡尔坐标轴 1~3 为 X_p 、 Y_p 、 Z_p 轴，指令中 P_{ijk} 表示笛卡尔坐标轴 1/2/3 轴对应的控制轴轴号。使用 G54.9 指令表示将控制轴映射到笛卡尔坐标系中表示，i 指定的控制轴号对应笛卡尔坐标系中 1 轴，即 X_p 轴；j 轴指定的控制轴号对应笛卡尔坐标系 2 轴，即 Y_p 轴；k 轴指定的控制轴号对应笛卡尔坐标系 3 轴，即 Z_p 轴。

图中所示为标准笛卡尔坐标系 X_p - Y_p - Z_p ，分别对应笛卡尔坐标系 123 轴， P_{ijk} 指定控制轴轴号分别映射在 X_p - Y_p - Z_p 轴。



例

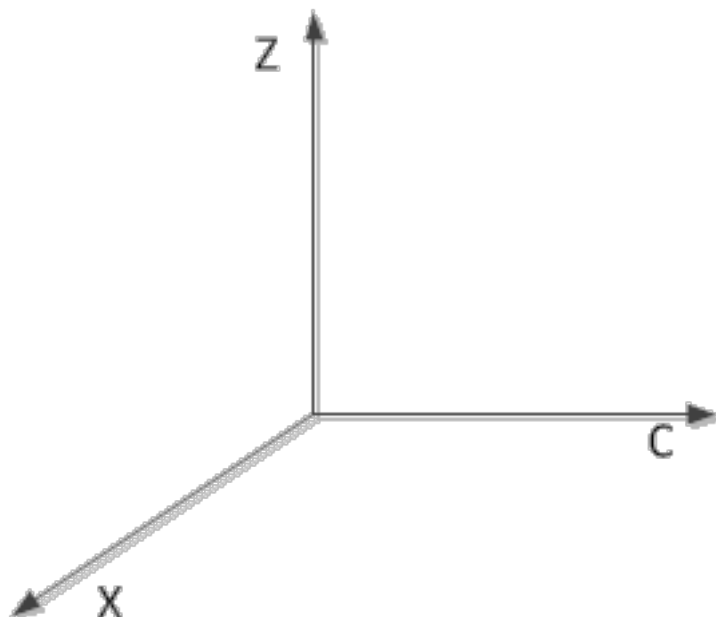
G54.9 P132，表示含义为：将控制轴 132 轴分别映射到笛卡尔坐标系 X_p 、 Y_p 、 Z_p 轴位置表示，即将控制轴 1 轴 X 轴映射到 X_p 轴上；将控制轴 3 轴 Y 轴映射到 Y_p 轴上；将控制轴 2 轴 Z 轴映射到 Z_p 轴上。

备注：

1. 本手册中带有下标 p 的坐标轴，均指笛卡尔坐标轴。即 X_p 、 Y_p 、 Z_p 分别为笛卡尔坐标轴 1~3。
2. 该指令必须独占一个程序段。指令时必须处于刀具补偿取消/极坐标取消/比例缩放取消/旋转取消的状态。
3. 设定后系统屏幕右下方显示笛卡尔坐标轴的设定。
4. 可用于实现任意两轴圆弧插补。
5. 非 MDI 方式下复位时，恢复默认笛卡尔坐标轴设定。

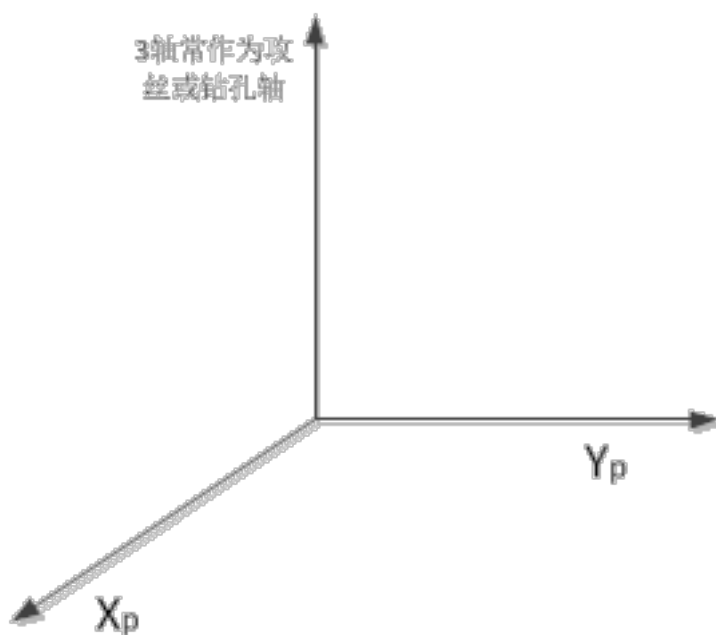
举例

- 例：常用于极坐标插补，圆柱插补等。



若需要使用 XCZ 3 轴加工时，此时控制轴 X 轴为 1 轴，映射到笛卡尔坐标系 X_p 上；控制轴 C 轴为 4 轴，映射到笛卡尔坐标系 Y_p 上；控制轴 Z 轴为 3 轴，映射到笛卡尔坐标系 Z_p 上。表示为 G54.9 P143

- 例：常用于攻丝，钻孔加工



笛卡尔坐标系也常用于攻丝、钻孔加工中，一般情况下使用控制轴 Z 轴作为攻丝钻孔轴，若需要使用其它轴作为攻丝或钻孔轴加工时，可将此控制轴映射到笛卡尔坐标系的 3 轴，即 Z_p 轴。

如使用 XYZ3 轴加工，控制轴 Y 轴作为攻丝轴，将 Y 轴映射到 Z_p 轴，控制轴 Y 轴对应轴号为 2，可表示为 G54.9 P132

7.6 平面选择 (G17, G18, G19)

用 G 代码进行圆弧插补、刀具半径补偿、坐标旋转缩放、钻孔等平面的选择。

格式

G17 ; 指定 X_pY_p 平面 (笛卡尔坐标系)

G18 ; 指定 Z_pX_p 平面 (笛卡尔坐标系)

G19 ; 指定 Y_pZ_p 平面 (笛卡尔坐标系)

解释

在没指令 G17, G18, G19 的程序段里, 平面不发生变化。

直线移动指令与平面选择无关。

系统开机时, G17 (X_pY_p 平面) 被选定。

备注: 本手册中带有下标 p 的坐标轴, 均指笛卡尔坐标轴。即 X_p 、 Y_p 、 Z_p 分别为笛卡尔坐标轴 1~3。

举例

G18 G01 Z10. X20. F100. ; 选择 Z_pX_p 平面

Z30. ; 平面不变

G17 Z50. ; 直线移动指令与平面无关

第8章 坐标值和尺寸

8.1 坐标值和尺寸

8.1.1 绝对指令和增量指令（G90，G91）

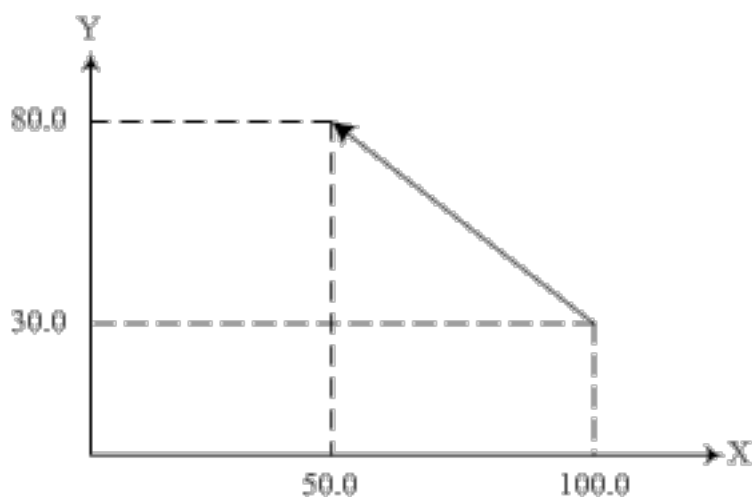
指令轴移动有绝对指令和增量指令两种方法。绝对指令是用轴移动的终点位置坐标值进行编程的方法。增量指令是用轴移动量直接编程的方法。

格式

G90 IP__；绝对指令

G91 IP__；增量指令

举例



加工程序

G90 X50.0 Y80.0；绝对指令

G91 X-50.0 Y50.0；增量指令

8.2 极坐标指令（G15，G16）

坐标值可以用极坐标（半径和角度）输入。

角度的正向是所选平面第1轴正向的逆时针转向，而负向是顺时针转向，第1轴正向角度为0。

半径和角度可以用绝对方式或增量方式来指定。

格式

$$\left. \begin{matrix} \text{G90} \\ \text{G91} \end{matrix} \right\} \text{G16};$$
 开始极坐标方式
 G00 IP__;

G15; 取消极坐标方式

G16: 极坐标开始指令。

G15: 极坐标取消指令。

G17/G18/G19: 极坐标平面选择。

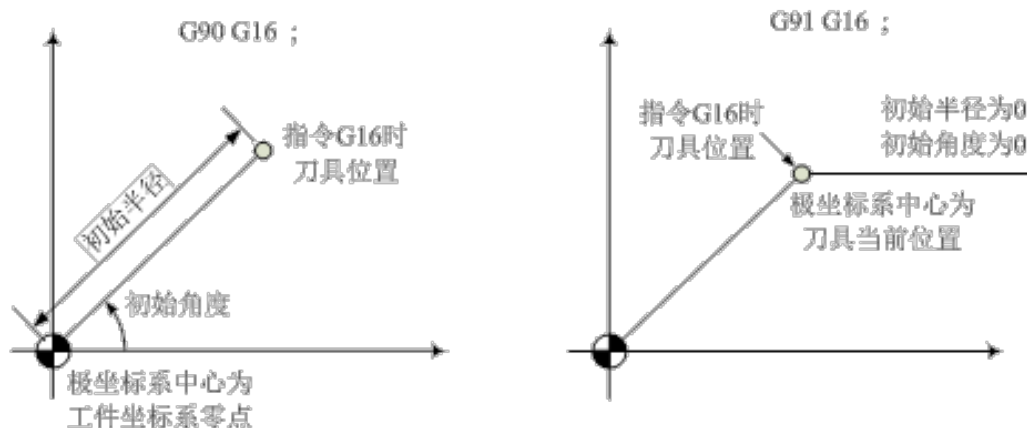
G90/G91: 在 G16 程序段中, G90 指定工件坐标系的零点作为极坐标系中心; G91 指定当前位置作为极坐标系中心。

IP__: 指定极坐标系选择平面的轴地址及其值。第 1 轴指定半径, 第 2 轴指定角度。

解释

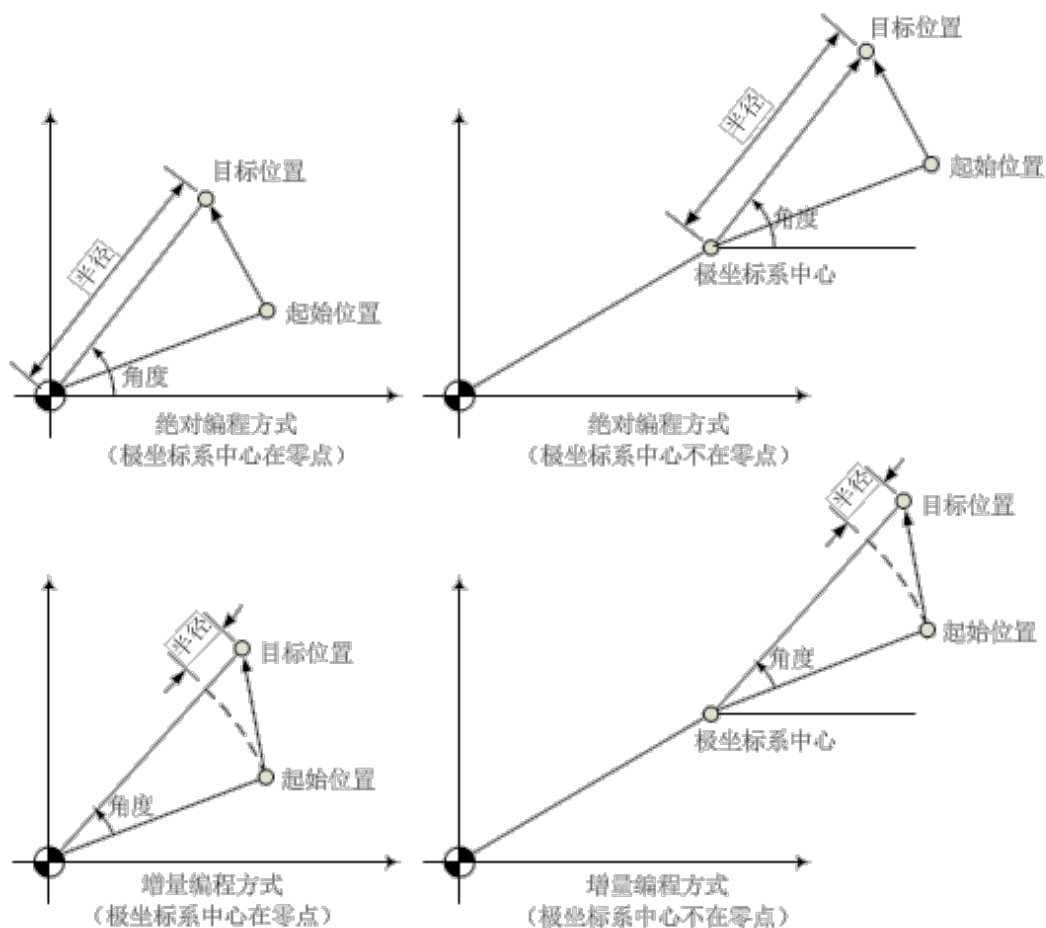
• 极坐标系的建立

1. 新建极坐标系中心的位置由 G16 程序段中指令 G90 还是 G91 决定, 并且在重新指令 G16 前不会改变。
2. 当 G16 程序段中指令 G90 时, 工件坐标系零点成为极坐标系中心, 当使用局部坐标系 G52 时, 局部坐标系零点成为极坐标系中心。同时自动计算当前刀具位置在新建极坐标系中的半径和角度, 作为极坐标系的起始半径和角度。
3. 当 G16 程序段中指令 G91 时, 刀具当前位置成为极坐标系中心, 极坐标系的起始半径和角度皆为 0。
4. 分别在绝对和增量方式下, 建立极坐标系, 示意图如下。



• 半径和角度的指定

1. 半径和角度是绝对指令还是增量指令, 由当前程序段状态为 G90 还是 G91 决定。
2. 分别在绝对和增量方式下, 指定极坐标半径和角度的示意图如下。

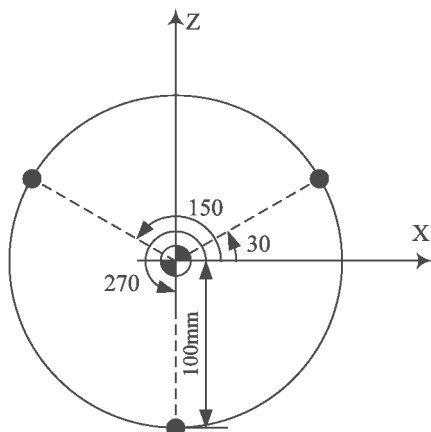


限制

- 极坐标方式下圆弧和螺旋插补
在极坐标方式下，圆弧插补或螺旋线插补 (G02, G03) 时，使用 R 来指定半径。
- 极坐标方式下指令轴不受极坐标影响的指令包括：
 - 暂停 (G04)
 - 可编程数据输入 (G10)
 - 局部坐标系设定 (G52)
 - 工件坐标系移动 (G92)
 - 机床坐标系定位 (G53)
 - 坐标旋转 (G68)
 - 比例缩放 (G15)

举例

- 加工螺栓孔



1. 用绝对方式指定角度和半径

N1 G18 G90 G16 ; 指定极坐标指令和选择 XZ 平面，设定工件坐标系的零点作为极坐标系的原点。

N2 G81 X100.0 Z30.0 Y-20.0 R-5.0 F200.0 ; 指定半径 100mm，角度 30deg

N3 Z150.0 ; 指定半径 100mm，角度 150deg

N4 Z270.0 ; 指定半径 100mm，角度 270deg

N5 G15 G80 ; 取消极坐标指令

2. 用增量方式指定角度而用绝对方式指令半径

N1 G18 G90 G16 ; 指定极坐标指令和选择 XZ 平面，设定工件坐标系的零点作为极坐标系的原点。

N2 G81 X100.0 Z30.0 Y-20.0 R-5.0 F200.0 ; 指定半径 100mm，角度 30deg

N3 G91 Z120.0 ; 指定半径 100mm，角度 +120deg

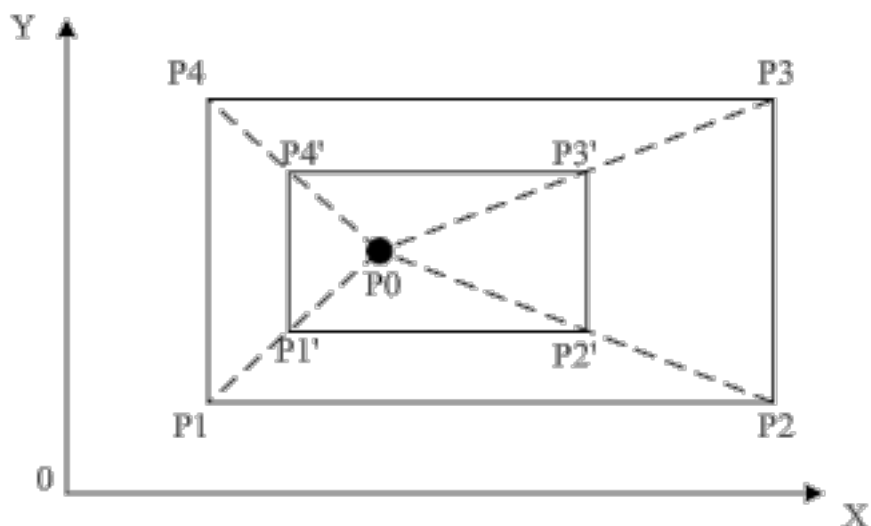
N4 Z120.0 ; 指定半径 100mm，角度 +120deg

N5 G15 G80 ; 取消极坐标指令

8.3 比例缩放 (G50, G51)

编程形状成比例的放大或缩小，称为比例缩放。

各轴放大或缩小的比例可以相同，也可以不同。比例可以在程序中指定，也可以用参数指定。如下图所示。



P0: 比例缩放中心

P1~P4: 加工程序的形状 (比例缩放前)

P1'~P4': 比例缩放后的形状

格式

- 沿所有轴以相同比例缩放

G51 IP__ P__ ; 缩放开始

.....

G50 ; 缩放取消

IP__ : 比例缩放中心坐标值的绝对值指令。

P__ : 缩放比例。

- 沿各轴以不同比例缩放 (镜像)

G51 IP_ I_ J_ K_ ; 缩放开始

.....

G50 ; 缩放取消

IP__ : 比例缩放中心坐标值的绝对值指令。

I_ J_ K_ : X、Y、Z 各轴对应的缩放比例。

解释

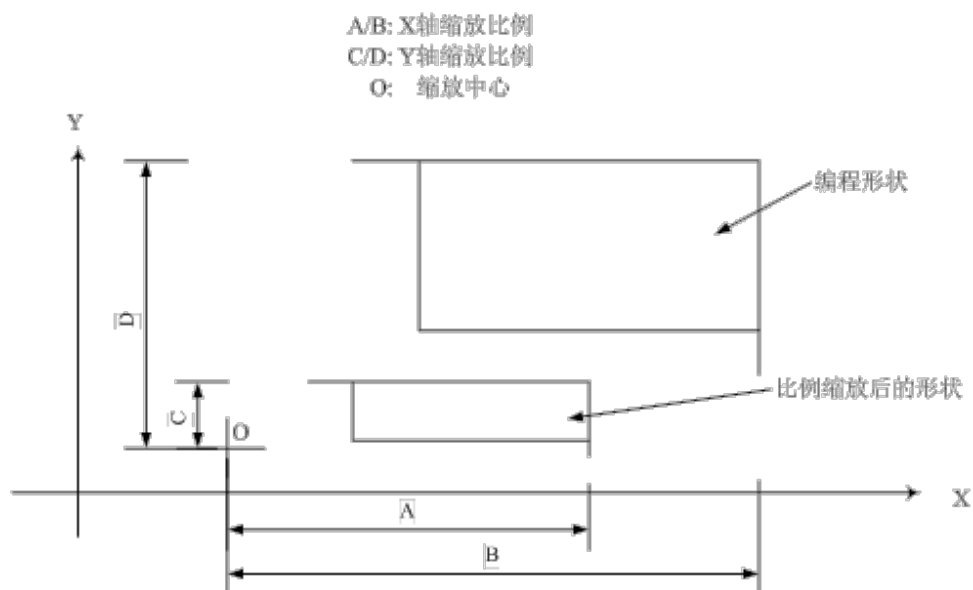
- 以相同比例沿所有轴缩放

在这种方式下, P__ 必须输入, 否则被认为是各轴比例缩放 (I、J、K) 格式。如果省略 IP__, 则以指令 G51 时的刀具位置作为缩放中心。

缩放比例 P 单位为 0.001, 与系统最小单位无关, 与公英制无关。

- 沿各轴比例缩放与可编程镜像 (负的比例)

各轴用不同的比例缩放, 如下图所示。



各轴的比例 (I、J、K) 的最小输入单位为该轴的最小输入单位。建议输入时带小数点，以便加工程序在最小输入单位不同的系统上运行。

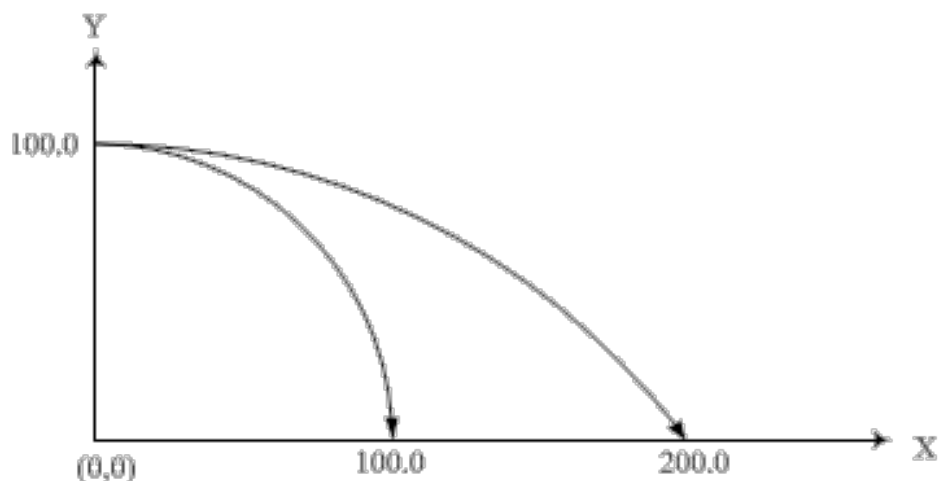
如果设置负值，则成为镜像。

如果某一轴未使用 I/J/K 指定比例，则参数“比例缩放指令 G51 的缩放比例” (P3611) 设定值有效。

- 圆弧插补的比例缩放

即使对圆弧插补的各轴指定不同的缩放比例，刀具也不会画出椭圆轨迹。

当各轴的缩放比例不同，圆弧插补用半径 R 编程时，其插补的图形如下图所示 (X 轴的比例为 2，Y 轴的比例为 1)。圆弧终点根据缩放中心和比例，在 X 方向放大到 2 倍，圆弧半径取缩放比例中的最大值，放大至 2 倍。



```
G90 G00 X0.0 Y100.0;
G51 X0.0 Y0.0 I2.0 J1.0;
G02 X100.0 Y0.0 R100.0 F500.0;
上述指令与下面的指令效果相同
G90 G00 X0.0 Y100.0;
G02 X200.0 Y0.0 R200.0 F500;
半径R的缩放比例取I和J两者中的大值
```

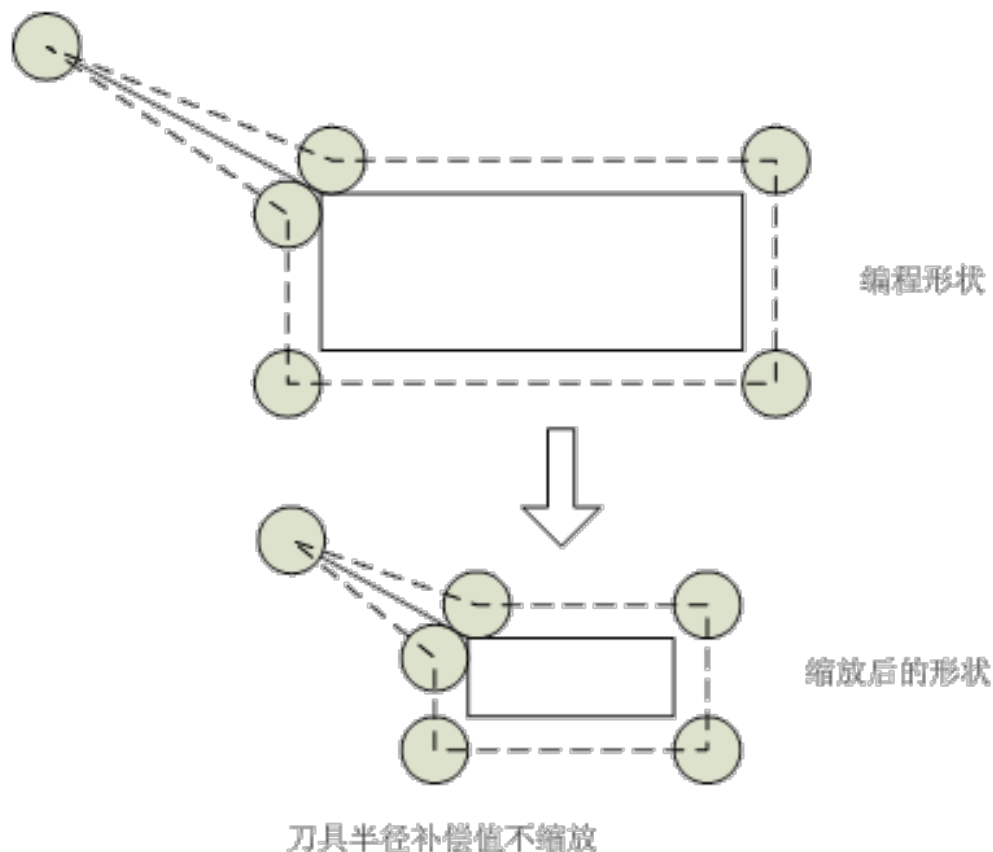
当各轴的缩放比例不同，圆弧插补用 I、J、K 编程时，圆弧终点根据缩放中心和比例确定位置，圆弧中心根据缩放后的 I、J、K 得到，通常这样会使圆弧起始半径和终点半径不同，易产生报警 (PS0200)。因此，对于圆弧插补的比例缩放，建议用户不要使用 I、J、K 指定圆心编程。

- 参数 EMPNM 对比例缩放的影响

当参数“EMPNM”(P3600.0) 设置为 1 时，如果未指定笛卡尔坐标轴 (1~3 轴)，那么不进行坐标变换，1~3 轴不移动。通常情况应将该参数设置为 1，以防止空行因坐标变换而产生移动。

- 刀具半径补偿

刀具半径补偿值不缩放，如下图所示。



- 刀具长度补偿

刀具长度补偿应在 G50 状态进行。G51 状态时，不应指令长度补偿指令，也不应通过 G10 修改长度补偿值。

- 比例缩放无效

以下几种情况，比例缩放无效：

- 在固定循环 (G73、G74、G76、G81~G89) 中，Z 轴移动的缩放无效
- 深孔钻循环 (G83, G73) 的切入值 q 和返回值 d 的缩放无效。
- 精镗循环 (G76)、反镗循环 (G87) 中 X 轴和 Y 轴偏移值 q 的缩放无效。
- 手动运行时，移动距离不能用缩放功能增减。

- 关于参考点和坐标系的指令

在缩放状态，不能指令返回参考点的 G 代码 (G27~G30) 和指令坐标系的 G 代码 (G52~G59、G92)，也不能通过 G10 修改当前工件坐标系。若必须指令这些 G 代码，应在取消缩放功能后指令。

备注：

1. 必须在单独程序段内指定 G51。在图形缩放后，指定 G50 取消缩放方式。
 2. 如果在指定 G50 取消缩放方式时 G68 有效，那么由于当前位置在比例缩放取消后发生变化，即便 G50 单独一段，也可能会有运动。这时应在指令 G50 前回到缩放中心或同时指令 G50 和 G69。
 3. 如果比例缩放的结果被四舍五入，移动量可能为 0。此时，该程序段被认为是不移动的程序段。
-

- 支持的其他指令

G90/G92/G94

G70/G71/G72/G73/G76

当参数 P4001.0(ESCL) 为 1 允许上述指令支持在缩放中使用。

1、G90/G92/G94/G76

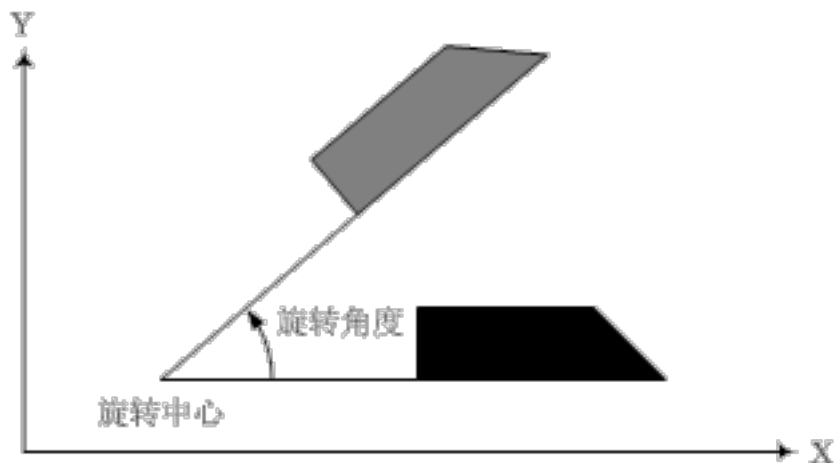
- ☑ 影响轴地址输入的尺寸；
- ☑ 影响 R 地址输入的大小径差值；
- ☑ 影响 NB/NE 地址输入的倒圆尺寸（与圆弧类似，取最大比例缩放）；
- ☑ 不影响导程、牙高、每次切入深度等数据；

2、G70/G71/G72/G73

- ☑ P/Q 指定的程序段内如之前一样受缩放影响；
- ☑ P/Q 指定的程序段内不允许改变缩放；
- ☑ 不影响让刀距离、每次切入深度与退刀量；

8.4 坐标旋转 (G68, G69)

使用坐标旋转指令，可将工件旋转某一指定的角度，以便于加工在位置上需要旋转的工件。另外，如果工件的形状由多个相同的图形圆周排列组成，可先将图形单元编成子程序，然后用主程序的旋转指令调用。这样可节省用户编程时间和系统存储空间。示意图如下。



格式

- 工件绕平行于坐标轴的直线旋转（格式 1）

- 旋转中心

当没有指定旋转中心时，旋转中心默认为指令 G68 时的刀具位置。

- 角位移

若程序中未编制 R 值，则参数 P3610 中的值被认为是角度位移值。

- 坐标旋转取消指令

G69 可以指定在其它指令的程序段中。

限制

- 与返回参考点和坐标系有关的指令

在坐标旋转方式中，与返回参考点有关 G 代码 (G27~G30) 和与坐标系有关的 G 代码 (G52~G59、G92 等) 不能指令，也不能指令 G10 修改当前工件坐标系。这些 G 代码只有在坐标旋转取消状态才能指令。

- 刀具半径补偿

在坐标旋转之后，不可执行刀具半径补偿操作。在 G42 后指令 G68 会提示 415 号报警：“半径刀补有效情况下，禁止坐标系变换功能。请调整指令顺序”

- 刀具长度补偿

在坐标旋转方式中，不应指令刀具长度补偿指令，也不应通过 G10 修改刀具长度补偿。这些 G 代码应在坐标旋转取消状态指令。

- 增量值指令

指令 G69 后的第一个移动指令必须用绝对方式指定，且需要指定全部笛卡尔坐标系内的轴。如果用增量值指令，将不会执行正确的移动。

- 工件绕空间任意直线旋转时的圆弧插补

除非旋转轴 $\overrightarrow{AB}$ 与坐标轴平行，否则旋转后的图形可能不是用户需要的。请尽量不要在工件绕空间任意直线旋转时进行圆弧插补。

- 参数 EMPNM 的影响

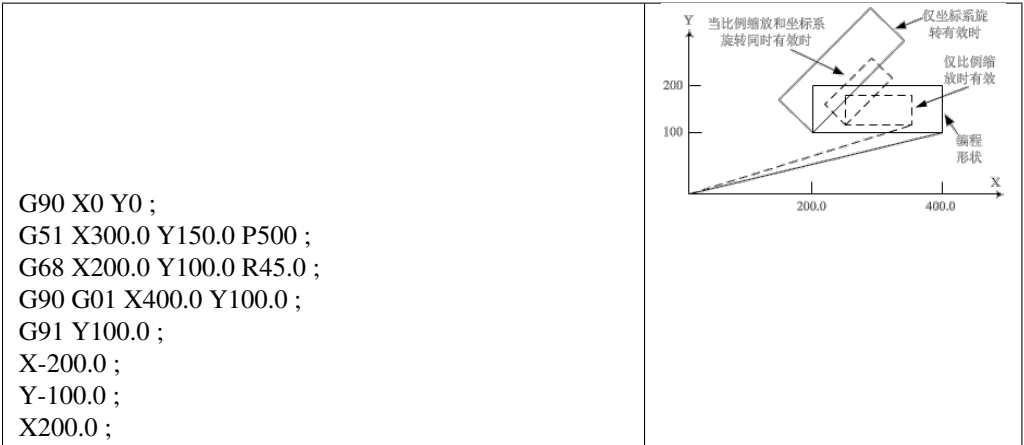
当参数“EMPNM” (P3600.0) 设为 1 时，如果未指定笛卡尔坐标轴 (1~3 轴)，那么不进行坐标变换，1~3 轴不移动。通常情况应将该参数设置为 1，以防止空行因坐标变换而产生移动。

备注：如果在指定 G69 取消坐标旋转方式时，G51 有效，那么由于当前位置在坐标旋转取消后发生变化，即使 G69 单独一段，也可能会有运动。这时应在指令 G69 前回到旋转中心或同时指令 G50 和 G69。

举例

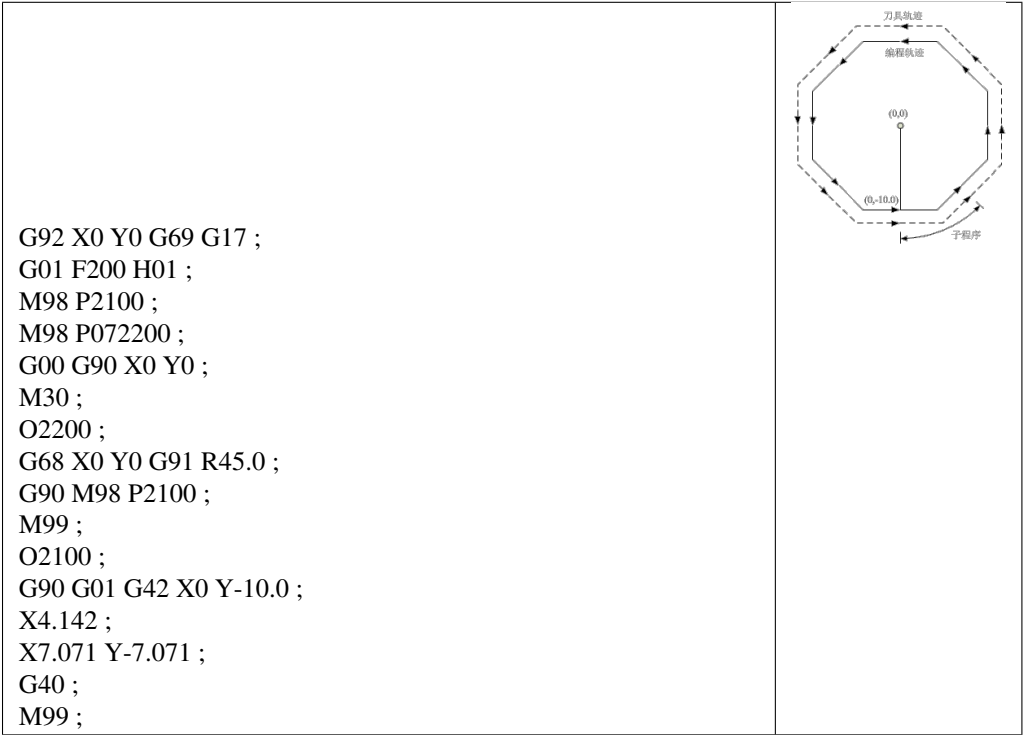
- 比例缩放和坐标旋转

如果在比例缩放方式 (G51) 中执行坐标旋转指令 (G68)，旋转中心的坐标值也被缩放。但是，不缩放旋转角。



• 坐标旋转的重复指令

可将一个程序作为子程序存储，通过改变角度来多次调用子程序。



8.5 变换中特定回零功能

解释

该功能作用于缩放（G51）、旋转（G68/G68.1）、极坐标变换（G16）这三种情况下的回零操作，方便在加工子程序时，在以上三种情况下使用 G28/G29/G30 回零操作进行换刀。

• 功能详述

1. 通过设置参数 HMCON（P3600.1）为 1 可以打开该功能。
2. 该功能允许在以下状态中进行特定回零操作：缩放（G51）、旋转（G68/G68.1）、极坐标系（G16）。
3. 可以使用以下回零相关操作：到中间点运动量为 0 的 G28/G30、G29 指令，此时进行回零的坐标轴与指令的坐标轴一致，不受变换影响。

例：

G28 G91 X0.; (铣床或车床 B 体系)

或

G28 U0.; (车床 A 体系)

不符合上述要求的回零操作，会触发 PS122 报警。

- 回零后指令操作

回零后指令可以是以下几类：

1. 使用 G29 返回，同时需要指令之前所有回零的轴，若未全部指令，则发生 PS400 报警。

例：

G90 X0 Y0;

G51 X100.0 Y100.0 P500;

G28 G91 X0 Y0; (使用 G28 进行 X, Y 轴回零操作)

G29 G90 X100.0; (使用错误，使用 G29 时未指令所有回零轴)

G29 G90 X100.0 Y100.0; (使用正确，使用 G29 时指令了所有回零轴)

G29 G91 X0 Y0;

2. 若运动指令（运动指令包括含有 G29 情况）涉及变换的轴，则所有变换涉及到的轴必须同时指令，且为绝对指令。若未全部指令则触发 PS400 报警。

例：

G90 X0 Y0;

G68 X200.0 Y100.0 R45.0;

G28 G91 X0 Y0; (使用 G28 进行 X, Y 轴回零操作)

G90 G01 X400.0; (使用错误，涉及到变换的轴未全部指令)

G91G01 X400.0 Y100.0; (使用错误，必须使用绝对指令)

G90G01X400.0;

G90G01Y100.0; (使用错误，涉及到变换的轴必须同时指令)

G90 G01 X400.0 Y100.0; (使用正确，涉及到变换的轴同时指令，且为绝对指令)

备注：变换涉及的轴包括以下情况：

1. 对极坐标系：当前坐标平面内的轴；
2. 对缩放：缩放比例不为 1 的轴；
3. 对平面旋转：当前旋转平面内的轴（包含以空间旋转方式指令的平面旋转情况）；
4. 对空间旋转：当前坐标系内的轴；

功能参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P3600							HMCON	

[数据类型] 位型

1 HMCON

0: 不允许变换时进行特定回零操作

1: 允许变换时进行特定回零操作

相关报警

1. PS400 变换中回零后，涉及变换的轴必须全部指定，且为绝对指令
2. PS122 处于坐标系变换状态，请先取消 G16/G51/G68 (G68.1) /G12.1

8.6 英制与公制的转换 (G20, G21)

用 G20 和 G21 来选择系统数据的输入单位 (最小设定单位或最小编程单位) 是英制还是公制。

格式

G20 ; 英制输入

G21 ; 公制输入

解释

G20 或 G21 要在程序开头, 坐标系设定之前, 用单独的程序段指令。指令之后, 输入数据的单位就成为对应的英制或公制最小设定单位 (参见单位)。下列数据的单位会根据 G20 或 G21 指令变化:

- F 指定的进给速度值
- 位置相关的指令值
- 工件坐标系零点偏置值
- 刀具补偿值
- 手摇脉冲发生器 1 个刻度的值
- 单步进给的移动量。
- 部分参数值

备注:

1. 当参数“INCV”(P0001.5) 设为 0 时, 系统数据输入单位的公英制与参数“SCW”(P0400.3) 一致, 不受 G20 和 G21 的控制。
2. 开机时, G20 或 G21 保持上次关机前的状态。
3. 在加工程序运行时, 不要中途转换 G20 和 G21 的状态。
4. 当最小移动单位和最小输入单位不同时, 出现的最大误差只是最小移动单位误差的一半, 此误差不累积。
5. G20 和 G21 切换时, 要根据新的输入单位修改工件零点偏置和刀具补偿。

8.7 小数点编程

数值可以带小数点输入。对于表示距离、时间和速度单位的指令值可以使用小数点, 这样的地址值如下所示:

X, Y, Z, U, V, W, A, B, C, I, J, K, Q, R, F, E, NX, NY, N,Z, NU, NV, NW, NA, NB, NC, NI, NJ, NK, NQ, NR, NF, NE, ND, NH, NL, NO

根据不同地址和指令, 小数点的位置可以是秒、毫米、英寸或度的位置。

解释

- 有无小数点处理

系统对有无小数点的处理完全不同。有小数点时, 单位为秒、毫米、英寸或度, 无小数点时, 单位为最小输入单位。

例 G21 ; 公制, 最小输入单位 0.001mm X1. ; X 位置为 1mm。 X1 ; X 位置为 0.001mm。	G20 ; 英制, 最小输入单位 0.0001inch X1. ; X 位置为 1inch X1 ; X 位置为 0.0001inch
--	---

- 有无小数点混用

有小数点的数值和无小数点的数值可以混用。

例

X1000 Z23.7 ;
X10. Z22359 ;

- 最小输入单位限制

如果指定的数值小于最小输入单位时，则最小输入单位以后的数字被舍去。

例

指定 X1.23456 时，在默认情况下，对于公制输入，按 X1.234 处理；对于英制输入，按 X1.2345 处理，并且数字位数不能超过允许数据位数（7~9）。

输入带小数点的数值时，系统会根据最小输入单位将它改写成整数，并进行位数校验，如果超过允许数据位数，则产生报警（PS1204）。

例

X1234567.8→X1234567800（公制输入），此时超过 9 位数，产生报警。

- 默认小数点（PODI）

使能参数“PODI”（P2500.3），可以使具有小数点编程功能的地址在编程时，如果没有编入小数点，则自动在数值最后添加小数点。

例

X100 自动认为是 X100.0，即 100mm。此时，如果想编程 100μm，应输入 X0.1，而不能输入 X100。

- 强制输入小数点（POD）

使能参数“POD”（P2500.3），强制可带小数点的地址必须编入小数点。如果没有编入小数点，则产生报警（PS1202）。

- 暂停指令（G04）

指定暂停时，地址 X 可以输入小数点，但地址 P 不能用小数点。

使用暂停指令时，在一个程序段内要先指定 G04。

例

X1.0 G04 ; X 地址作为位置地址处理，X1.0 在公制单位下暂停 1 秒，英制单位下暂停 10 秒。

G04 X1.0 ; X 地址作为时间地址处理，X1.0 相当于 X1000，结果暂停 1 秒。

8.8 小数点编程

数值可以带小数点输入。对于表示距离、时间和速度单位的指令值可以使用小数点，这样的地址值如下所示：

X, Y, Z, U, V, W, A, B, C, I, J, K, Q, R, F, E, H, NX, NY, NZ, NU, NV, NW, NA, NB, NC, NI, NJ, NK, NQ, NR, NF, NE, ND, NH, NL, NO

根据不同地址和指令，小数点的位置可以是秒、毫米、英寸或度的位置。

解释

- 有无小数点处理

系统对有无小数点的处理完全不同。有小数点时，单位为秒、毫米、英寸或度，无小数点时，单位为最小输入单位。

例 1

G21 ;	公制，最小输入单位 0.001mm
X1. ;	X 位置为 1mm。
X1 ;	X 位置为 0.001mm。

例 2

```
G20 ; 英制，最小输入单位0.0001inch
X1. ; X位置为1inch
X1 ; X位置为0.0001inch
```

- 有无小数点混用

有小数点的数值和无小数点的数值可以混用。

例

```
X1000 Z23.7 ;
X10. Z22359 ;
```

- 最小输入单位限制

如果指定的数值小于最小输入单位时，则最小输入单位以后的数字被舍去。

例

指定 X1.23456 时，在默认情况下，对于公制输入，按 X1.234 处理；对于英制输入，按 X1.2345 处理，并且数字位数不能超过允许数据位数（7~9）。

输入带小数点的数值时，系统会根据最小输入单位将它改写成整数，并进行位数校验，如果超过允许数据位数，则产生报警（PS1204）。

例

X1234567.8→X1234567800（公制输入），此时超过 9 位数，产生报警。

- 默认小数点（PODI）

使能参数“PODI”（P2500.3），可以使具有小数点编程功能的地址在编程时，如果没有编入小数点，则自动在数值最后添加小数点。

例

X100 自动认为是 X100.0，即 100mm。此时，如果想编程 100μm，应输入 X0.1，而不能输入 X100。

- 强制输入小数点（POD）

使能参数“POD”（P2500.4），强制可带小数点的地址必须编入小数点。如果没有编入小数点，则产生报警（PS1202）。

- 暂停指令（G04）

指定暂停时，地址 X 可以输入小数点，但地址 P 不能用小数点。

使用暂停指令时，在一个程序段内要先指定 G04。

例

```
X1.0 G04 ; X地址作为位置地址处理，X1.
→0在公制单位下暂停1秒，英制单位下暂停10秒。
G04 X1.0 ; X地址作为时间地址处理，X1.0相当于X1000，结果暂停1秒。
```

8.9 直径和半径编程

8.9.1 直径指定和半径指定

车铣复合 T 功能时，有直径指定和半径两种指定方法。两种方式可通过参数“DIA”（P0405.5）或 G 代码（G10.9）选择。

备注：直径指定时的注意事项

1. 关于刀具补偿使用直径的意义，是指当刀具补偿量改变时，工件外径的直径值变化。如果不换刀具，补偿量改变 10mm，则切削工件外径的直径值改变 10mm。
2. 关于刀具补偿使用半径的意义，是指刀具本身的长度。

8.9.2 直径和半径可编程切换 (G10.9)

可利用 G10.9 对直线轴切换直径编程和半径编程方式。

格式

G10.9 IP0 ; 指定直线轴半径编程

或

G10.9 IP1 ; 指定直线轴直径编程

备注:

1. G10.9 指令必须独占一个程序段。编入 M/S/T 时, 报警 PS526。
 2. 未编入轴地址时, 报警 PS528; 轴数据非 0/1 时, 报警 PS527; 对旋转轴指定直径编程时, 报警 PS341。
 3. 非 MDI 方式复位时, 自动复位为参数 “DIAi” (i: 直线轴号) 设定的编程状态。
 4. 当 i 轴当前的编程状态与位参数 DIAi(i: 直线轴号) 设定的编程状态不一致时, 系统在屏幕上方中间显示当前的编程状态。例如: “X-D” 表示 X 直径编程; “X-R” 表示 X 半径编程。
 5. 当用 G10.9 改变直径半径编程方式时, 坐标系显示及输入值同时进行切换, 但刀具长度补偿值 (形状或磨损) 与 G10.9 无关。例如: 当参数设定 X 轴为直径编程, 但是执行了 G10.9X0, 切换为半径编程方式, 此时坐标系页面 X 轴数据自动转换为半径值, 输入的数据也为半径值; 但是 X 轴刀具长度补偿值 (形状或磨损) 仍然为直径值。
-

第9章 测量机能

9.1 测量机能

9.1.1 跳跃机能 (G31)

在 G31 中指定进给轴的移动，可以执行与 G01 相同的直线插补。
如果在轴移动过程中系统接收到了跳跃信号，则终止执行剩余运动，而开始执行下个程序段。
该机能主要用于由外部信号控制的加工跳转情况，或用来测量工件的尺寸。

格式

G31 IP__ F__ ;
G31: 跳跃指令，非模态，仅在本程序段中有效。
IP__: 指定移动终点坐标。
F__: 指定进给速度。

解释

- 跳跃信号
来自 G11.7。
- 进给速度
参数“SKPF”(P4500.7)可以选择 G31 是以参数设定的速度进给还是以 F 指令的速度进给。当 SKPF 设为 1 时，以“G31 低速速度”(P4510)作为进给速度。
G31 指令减速度 (AD 或 DC 指令)，在检测到跳跃信号时，有减速过程；否则，立即停止插补，无减速过程。
- 跳跃点位置
跳跃信号为 ON 时：
若 G31 指令了 AD 或 DC 指令，读取宏变量 #5061~#5068 可以获得跳跃时刻的绝对坐标值，读取宏变量 #5041~#5048 可以获得减速后的绝对坐标值。
若 G31 未指令 AD 或 DC 指令，宏变量 #5061~#5068 和 #5041~#5048 读取到的值相同。
在移动量不明确时，也可以使用跳跃机能。
- G31 不进行软限位预测

1)

参 数 号	功能
0614	碰机械限位/软件限位时最大减速度

参 数 号	功能
0615	回机械限位/软件限位时加减速速度

过程: 碰机械限位/软件限位 (比如禁止软限位预测的 G31) 后, 限制最大减速度为 P614 给定值。

对此限制产生的脉冲误差进行累计。在减速停止后, 反向以 P615 加速度返回, 消除累计误差;

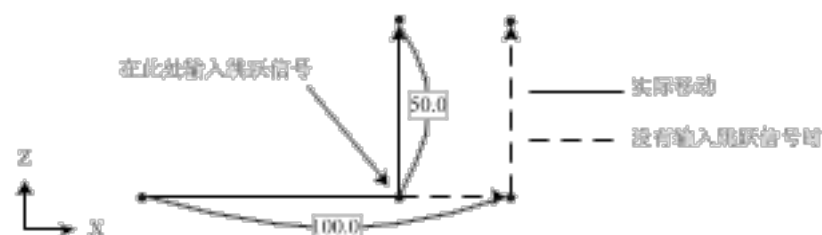
注: 对于本身有减速过程且减速度小于 P614 时, 此功能无影响。

2) G31 不进行软限位预测

举例

• G31 后程序段是增量指令

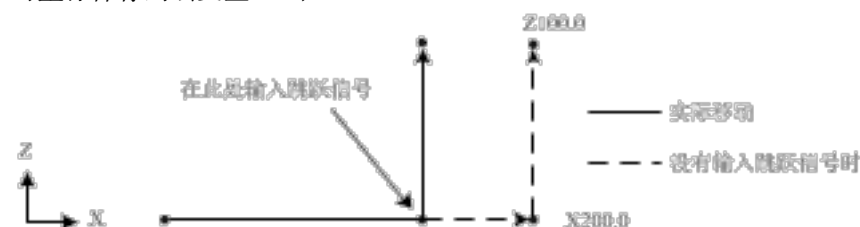
从跳跃信号中断的位置用增量值运动。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量 #1 中。



```
...
G91 G31 X100.0 F100.0 ;
#1 = #5041 ;
Z100.0 ;
...
```

• G31 后用绝对指令只指定 1 个轴

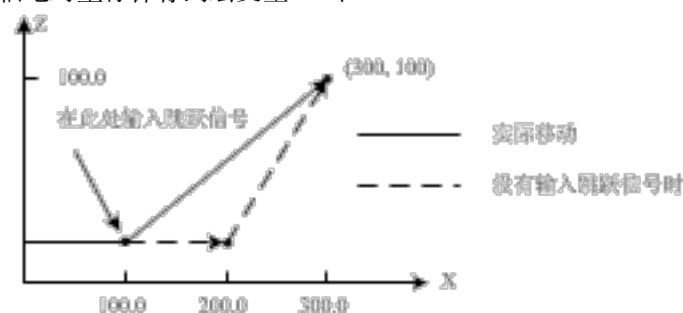
指令轴移动至指令位置, 没有指定的轴保持在跳跃信号输入位置。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量 #1 中。



```
...
G90 G31 X200.0 F100.0 ;
#1 = #5041 ;
X300.0 Z100.0 ;
...
```

• G31 后用绝对指令指定 2 个轴

无论跳跃信号从什么时候输入, 刀具都移动至下个程序段指定的位置。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量 #1 中。



```
...
G90 G31 X200.0 F100.0 ;
#1 = #5041 ;
X300.0 Z100.0 ;
...
```

G31 高速测量功能

格式

G31 Z_ P_ F__ K_ ;

解释

1. 目前支持最多 4 个高速测量信号，对应 P21~P24

2. 目前主通道和 PEXC 通道都支持 G31 高速测量功能。

3. K=1 时，未检测到跳跃信号，报警 PS600 “G31 未检测到跳跃信号”；检测到跳跃信号，则继续执行
- K=2 时，检测到跳跃信号，报警 PS601 “G31 检测到跳跃信号”；未检测到跳跃信号，则继续执行
- K=3 时，转矩跳转用于扭力检测。如：G31 X100 F50 Q50 K3
- K0/不输入：当前方式，超过转矩时跳转下一行
- K1：未检测到信号报警
- K2：检测到信号报警
- K3：超过转矩时报警
- K 等于其他值或未编入 K 时，无论是否检测到跳跃信号，都不报警
- 注：G31 指令高速测量完成后，才可以再执行新的 G31 高速测量指令（并行通道和 PEXC 通道也是如此）。

相关参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
4502					SKP24	SKP23	SKP22	SKP21

[数据类型] 位型

SKP21~SKP24 —— 跳跃信号电平选择。默认值 0

参数号	功能
4511	跳跃信号 21~24 滤波时间设置

[数据类型] 实数型

[默认设置] 4

0-不滤波，3-137us，4-273us，5-546us，6-1092us，7-2185us

参数号	功能
4512	高速跳跃信号个数

[数据类型] 字节型

[默认设置] 1

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0006				SKPN				

[数据类型] 位型

4 SKPN 多级跳转功能有效/无效

0: 无效
1: 有效

相关报警

报警号	报警内容
556	请检查参数 P4512 原因是编程使用高速测量信号未在参数 P4512 配置
557	fpga 不支持, 请升级硬件需升级 fpga

举例

```
G0 Z0;
G31 Z100 P21 F5000;      使用高速测量信号1进行测量
G4;                      禁止预读
G50 Z[#5042 - #5062];    将跳跃点位置设置为坐标零点
```

9.2 多级跳跃机能

当参数“SKPN”(P0006.4)设为1时, 多级跳跃机能有效。

9.2.1 G31 多级跳转功能

格式

G31 IP__ F__ P__;

G31: 跳跃指令, 非模态, 仅在本程序段中有效。

IP__: 指定移动终点坐标。

F__: 指定进给速度。

P__: 跳跃信号编号。范围 1~16。P1~P8 分别对应跳跃信号 SKP1~SKP8。P9~P16 对应 PLC 的 8 个 G 接口, 即 G31.0~G31.7(SK P9~SK P16)。P 未输入或输入 P0 时使用原 G31 信号, 超出范围则触发 PS340 号报警。

解释

• 跳跃信号

使用总线 IO 模块 1 的低 8 位输入点。默认情况下总线 IO 模块的起始地址偏移为 12, 那么跳跃信号使用 X12.0~X12.7。

各跳跃信号的有效电平可以由参数 P4501 设置。

参数 SKPSRC(P4500.5) 可以设置跳跃信号 1~8 取自总线 IO 模块的低 8 位。

备注: 以下情况会屏蔽 P4500.5 (SKPSRC)

1. 本地 DI 未配置时, 此时跳转信号取自总线 IO 模块 1 的低 8 位

2. 本地 DI 已配置, 但总线 IO 模块数 (P1710)=0 时, 此时跳转信号取自本地 DI。

• 进给速度

参考[跳跃机能](#)说明。

• 跳跃点位置

参考[跳跃机能](#)说明。

9.2.2 G04 多级跳转功能

格式

G04 X(P)_ (Q_);

X(P)_: 暂停时间 (P 指令单位为毫秒)

Q_: Q1~Q16 (Q 为指令信号)

解释

当由 G04 指定的跳转信号被输入时，G04 指令的暂停时间不再执行，当前含有 G04 语句段立即结束，并跳转至下一程序段。

• 跳转信号

Q1~Q8 (同 G31 P1~P8): 对应 X12.0~X12.7。

Q9~Q16 (同 G31 P9~P16): 对应 PLC 的 8 个 G 接口，即 G31.0~G31.7(SK P9~SK P16)。

• 举例

运行程序

```
O0001
N10 G04 X10 Q1;
N20 G04 X10 Q2;
N30 G04 X10 Q3;
N40 G04 X10 Q4;
N50 G00 Z100;
```

将 P4501 中 SK P1-SK P4 均置为 0，执行程序，此时 G04 指定跳转信号为低电平有效，程序直接跳至 N50 段执行；

将 P4501 中 SK P1-SK P4 均置为 1，执行程序，此时 G04 指定跳转信号为高电平有效，执行 N10 段时，给入 DI 插座 1 管脚一个高电平信号，G04 指定暂停时间将不再执行，立即结束当前段并跳转至 N20 段；若在 G04 语句执行期间不给入高电平跳转信号，当前段执行结束后顺序执行程序。

功能参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P0006				SKPN				

[数据类型] 位型

[默认设置] 00000000

SKPN

0: 多级跳转信号功能无效

1: 多级跳转信号功能有效

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P4501	SKP8	SKP7	SKP6	SKP5	SKP4	SKP3	SKP2	SKP1

[数据类型] 位型

[默认设置] 00000000

SKP1

0: 跳转信号 n 低电平有效

1: 跳转信号 n 高电平有效

相关报警

1. SKPN=0 时，G04 中编入 Q 或 G31 中编入 P 时，报警 PS542(无多级跳转信号功能. 检查 SKPN 位 (P6.4))。
2. SKPN=1 时，编入 G04 Q0 时，报警 PS340(跳转信号编号超限)。

9.3 转矩限制跳转功能

1. G31 指令转矩限制跳转

G31 IP_F_P_Q_NQ_;

P 跳跃信号编号，编入时跳跃信号输入时进行跳转；

Q 转矩限制，范围 1-200，单位%，编入时检测到转矩大于等于该值时进行跳转；

NQ 按指定轴号检查转矩（NQ 为 99 时，表示所有运动轴转矩均到达才跳转）

备注：1：两者可以独立使用，也可同时使用；

2：同时使用，且希望使用原 G31 跳跃信号（SKP0/SKIP）时，须编入 P0

示例：

```

例1：
G31 X10 F10;           // 使用原G31跳跃信号（SKP0/SKIP）
G31 X10 F10 P1;        // 仅跳转信号（同多级跳转），使用SKP1
G31 X10 F10 Q50;       // 仅转矩跳转
G31 X10 F10 P1 Q50;    // 跳跃信号及转矩同时有效
G31 X10 F10 P0 Q50;    // 原跳跃信号（SKP0/SKIP）及转矩同时有效

例2：
G31 P1;                // 跳跃信号P1
G31 X Z Q50;           // X、Z任意一轴到达转矩50%就跳转
G31 X Z Q50 NQ99;      // X、Z均达到转矩50%才跳转（新增）
G31 X Z Q50 NQ4;       // 4轴转矩达到50%时进行跳转（新增）
G31 P Q;               //
↪ 跳跃信号或转矩信号任一条件满足，就跳转

```

2. 诊断 F[75].0，给出 G31 跳转状态注：下次调用 G31 时状态清零

3. 位参数：

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P4500		SKPPE						

[数据类型] 位型

SKPPE

1/0: 跳跃点绝对坐标是否考虑位置误差补偿

当 SKPPE=1 时，在变量 5061-5068 基础上，进行位置误差补偿。

4. 通过设置诊断 G[1600] 接口，支持在输出速度匀速后，G31 才进行转矩跳转；未设置 G[1600] 时，不进行匀速检查，达到转矩时立即跳转；

备注：G[1600]，平滑时间（匀速转矩使用），单位 ms（此接口含义为指令速度到达匀速后，为防止反馈速度未达到指令速度而进行的延时）

9.4 自动刀具测量补偿（G36，G37）

当用 G36 或 G37 指令刀具移动到测量位置时，系统自动计算当前坐标值与指令测量坐标值之间的差值，并将此值作为刀具补偿量。在刀补状态下执行 G36 或 G37 时，计算出的测量结果用于更新补偿量，使当前补偿量变为新补偿量。

格式

G36 IPa ;

G36: 自动刀具测量指令。也可以使用 G37, G36 与 G37 功能完全相同, 与测量轴无关。

IPa: 指定测量轴位置的绝对坐标。只能指定 1 个轴, 如 Xa、Ya、Za 等。

解释

• 坐标系

因为测量位置使用绝对编程指令, 所以在指令 G36 或 G37 前, 必须预先设定好工件坐标系。

• 移动至测量位置

在 MDI 或 AUTO 方式, 首先调用刀具, 然后用 G36 或 G37 指令将刀具移动至测量位置。注意只能指定一个轴, 同时测量位置必须是绝对指令, 否则报警 (PS0083)。

G36 或 G37 指令执行时, 刀具以快速进给向测量位置移动, 在中途降低进给速度, 然后继续移动直到从测量仪器发出终点到达信号为止。即当刀尖到达测量位置时, 测量仪器传送一个信号至系统使刀具停止。

测量输入信号与相应轴减速信号共用输入点, 如 PLC 接口 X0.5、X1.5 等。参数“DECI” (P1605.0) 对测量输入信号同样有效, 但不进行滤波处理。连接总线驱动器时, 测量输入信号可来自总线驱动器的 DEC 信号, 或由 G0.4/G1.4/……等输入。

• 补偿

在刀补状态下, 刀补被进一步补偿, 其补偿量是刀具测量位置的坐标值 α 与 G36 或 G37 指令指定的 a 值之间的差值。即:

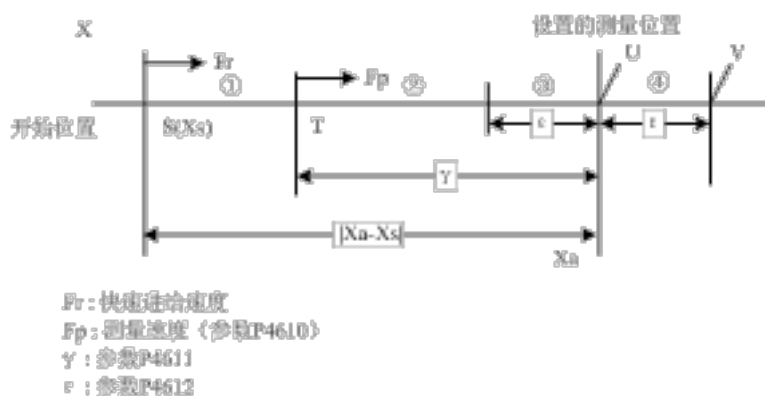
新形状补偿量 = 当前形状补偿量 + 当前磨损补偿量 + ($\alpha - a$)

新磨损补偿量 = 0

这些补偿量也可从 MDI 键盘变更。

备注: 长度补偿有效时, 为防止坐标系测量错误, 增加参数“NAWLOM” (P0500.3)。当参数设为 0 时不允许坐标系测量输入。

• 进给速度和报警 (以 X 轴为例)



当刀具从开始位置向 G36 或 G37 指令的 Xa 位置移动时, 首先以快速进给速度 Fr 通过区域 ①。

然后刀具从点 T ($Xa - \gamma$) 开始, 以参数“刀具补偿自动测量中的低速速度” (P4610) 设定值 Fp 移动通过区域 ②、③ 和 ④。

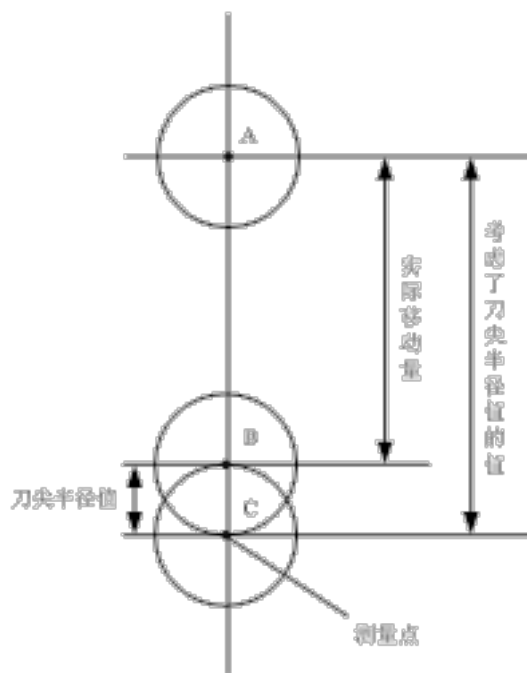
如果在移动通过区域 ② 时触发终点到达信号, 会产生报警 (PS0080)。

如果在点 V 前仍未触发终点到达信号, 刀具停止在点 V 并产生报警 (PS0080)。

备注:

1. 在指令 G36 或 G37 时, 如果长度补偿无效, 会产生报警 (PS0081)。

2. 在 G36 或 G37 指令的同一程序段中变更长度补偿时, 会产生报警 (PS0082)。
3. 测量速度 F_p 、 γ 和 ϵ 由参数设定。这些值已经由机床制造厂家设定。
4. γ 及 ϵ 必须是正数, 且 $\gamma > \epsilon$ 。
5. 在指令 G36 或 G37 前, 必须取消刀尖半径补偿。
6. 以测量速度移动时, 如果插入一个手动移动, 重新启动前, 应将刀具回到插入手动移动前的位置。
7. 当刀尖半径补偿机能有效, 计算刀补时应考虑刀尖半径值, 确保刀尖半径设定正确。刀具实际上是从 A 点移动到 B 点, 但是补偿量的计算是假设刀具考虑了刀尖半径值而移动到 C 点。



8. 测量完后立即更新绝对坐标。
9. 如果指令了不能进行长度补偿的轴, 则产生报警 (PS0237)。

第 10 章 主轴功能

10.1 主轴功能

10.1.1 速度控制

将地址 S 及其后面的数值，译码后送给机床，用于机床的主轴控制。在一个程序段中可以指令一个 S 代码，如果多段连续指令 S 代码，系统只识别最后一个。

关于可以指令 S 代码的位数以及如何使用 S 代码等，请参照机床制造厂家的说明书。

当移动指令和 S 代码在同一程序段时，移动指令和 S 代码可同时开始执行。

多主轴时的速度控制，请参照速度指令。

格式

```
M03 \S___          ; 主轴正转
M04 \S___          ; 主轴反转
M05                ; 主轴停止
```

解释

- 1. 主轴 M 代码需与 S 代码配合使用，如果只指令 S 代码，主轴并不会旋转。
- 2. 主轴正转时，不能指定反转指令；反之，主轴反转时，也不能指令正转指令；需要先指令主轴停止，否则报警。但是当设置参数“SP1M34C”（P2751.6）为 1 时，允许正转时直接指令反转，且不会报警。

切削锁

主轴旋转速度未稳定前,为保证工件表面的切削质量,系统会在执行到切削指令(G01/G02/G92等)时，等待主轴转速稳定后才执行。为了提高效率，定位指令并不会等待；如需要，可增加 G04。

备注：切削锁住功能仅判断当前主轴转速是否稳定。如果需要使用切削锁住功能，请注意指令当前主轴，否则可能判错主轴。有关“当前主轴”的描述，请参考当前主轴

• 举例

```
M03 S2000          ; 启动主轴
G00 X50 Z5         ; 定位
→定位指令，即使主轴速度未稳定，也会执行
G99 G01 Z-10 F0.5  ; 等待主轴转速稳定后才开始执行
```

• 相关参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2700					G98CUTLI	G99CUTLI		

[数据类型] 位型

3 G98CUTLI

- 0: 主轴转速不稳时, 分进给切削段锁住有效
- 1: 主轴转速不稳时, 分进给切削段锁住无效

2 G99CUTLI

- 0: 主轴转速不稳时, 转进给 (非螺纹) 切削段锁住有效
- 1: 主轴转速不稳时, 转进给 (非螺纹) 切削段锁住无效

分级调速 (2 位数 S 指令)

用地址 S 和其后面 2 位数控制主轴转速。系统可提供 8 级主轴机械换挡调速 (S01~S08)。

当主轴调速类型为分级调速时, 即 “SP1SANG” (K041.6) 设为 0 时, S 代码与主轴的转速的对应关系及机床提供几级主轴变速, 请参照机床制造厂家的说明书。

备注: 当在程序中指定了上述以外的 S 代码时, 系统将产生外部报警 (02: S 代码错) 并停止执行。

无级调速 (6 位数 S 指令)

解释

• 自动方式

用地址 S 及其后面的 6 位数值, 直接指令主轴的转速 (rev/min, 或 RPM), 不同的机床厂家转速的单位也往往不同。

位置页面大字体 S—显示空间不足时, 前导字符 S 不显示;

位置页面小字体 S—显示空间不足时, 改为以 “K” 为基本单位, 例如 S 等于 120000 时, 显示为 “120K”。



• 手动方式

若没有编入 S 代码, 则 S 代码的初值由参数 “(主轴 1) 手动方式下速度初值及上电时 S 代码的初值” (P2760) 设定。

参数 “SP1JOGS” (P2750.1) 可选择在手动方式下模拟主轴速度的控制方式:

- SPnJOGS = 1 时, 主轴速度由编程的 S 代码控制。



- SPnJOGS = 0 时, 每次按下  或  按键, 主轴转速的增减值由参数 “(主轴 1) 手动方式下速度增量” (P2762) 设定, 并以参数 “(主轴 1) 手动方式下速度最大值” (P2761) 为上限。

• 其他方式

在其它方式时, 主轴以指定的 S 代码旋转。

备注:

1. 参数指定的转速是最终主轴输出的转速, 而不是主轴电机的转速。如采用模拟电压控制, 模拟电压的输出值取决于主轴的挡位, 由系统内部控制调节。
 2. 当参数 “SP1JOGS” (P2750.1) 设为 0 且主轴旋转时, 在手动与非手动间切换, 主轴速度会发生变化。
 3. 本节描述中的手动方式包括: 手动连续进给、手轮、单步或回零 (机械或程序回零) 方式。
-

自动编入正反转代码

主轴位参数（以第 1 主轴为例）：

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2751			SPSM					

[数据类型] 位型

5 SPSM

1/0：编入 S 代码时是/否自动插入最后使用的正转或反转代码
第一次指定正转，如编入 S1000，自动编入 M03 S1000 等

10.2 轮廓控制

可将伺服主轴作为旋转轴，进行位置指令定位，与其他伺服轴之间进行插补的功能，也称作 Cs 轴功能。是极坐标插补、圆柱插补、数字主轴螺纹插补、刚性攻丝等的基础。
关于是否具有此功能、轮廓控制时主轴对应的轴名称等设定、具体的机床结构，请咨询机床制造厂家。

10.2.1 进入及退出轮廓控制

格式

M60 ; 进入轮廓控制
.....
M61 ; 退出轮廓控制

解释

- 1. 进入轮廓控制后，即可将主轴作为旋转轴进行轮廓编程。指令正转/反转/停止/定向 M 代码时，会自动进入转速控制，可以省略进入转速控制 M 代码。
- 2. 有 Cs 功能时，主轴回零后自动进入轮廓控制，无需再指定轮廓控制 M 代码。
- 3. 无 Cs 功能时，指令进入轮廓控制 M 代码时，会触发报警。

备注：

- 1. 可通过 G28 或手动机械回零到达轮廓控制方式时的零点。零点的位置与主轴的设定 (P2730、P2731、P2732)、回零方式 P5130 有关。
- 2. 如果主轴处于速度控制状态，那么执行 M60 会先停止主轴，然后进入轮廓控制状态。该代码会等到主轴停止，并处于允许插补状态才结束。如果主轴处于轮廓控制状态，那么执行 M61 会先停止主轴，然后进入转速控制状态。该代码在主轴停止后结束（总线主轴会等待断使能后结束）。
- 3. 进行极坐标插补、圆柱插补、数字主轴螺纹插补、刚性攻丝等时，会自动进入轮廓控制，因此不用单独编入 M60 或 M61。

举例

```
M03 S2000                ; 速度控制
G00 X20.;
G04 X2;
M60                      ; 进入轮廓控制
G28 C0                   ; C轴回零
G00 C120.                ; 定位到C120度位置
G01 X10. C130. F100.     ; C轴与X轴直线插补
G00 X20. C240            ; 定位到X20. C240度位置
G04 X2;
M61                      ; 退出轮廓控制
```

10.2.2 主轴夹紧、松开控制

主轴在轮廓控制方式下定位到某一角度后，为了使端面或侧面钻孔、攻丝时的主轴角度不发生变化，常常需要配合主轴夹紧机构将主轴固定。完成加工后，又需要将夹紧机构松开，方便主轴定位到下一个位置。

格式

M38 ; 主轴夹紧

M39 ; 主轴松开

解释

- 自动夹紧及松开

为简化编程，减少重复的 M38/M39 编写，本系统支持自动松开及夹紧：

1. 主轴处于夹紧状态时，若执行手动、回零操作，或执行轮廓位置或速度控制指令，将首先松开主轴，等待松开到位后，再继续执行。
2. 主轴执行 G00 定位到位后，会自动夹紧主轴。

备注：目前只支持指令 G00 后的自动夹紧功能。连续的钻孔循环中，第 1 段中仍需指令 M38。

- 举例

端面钻孔

```
T0404
M03.2 S2=1000 ;
↪ 启动第2主轴，正转1000转
G00 X20 Z20
G04 X1
M60 ; 主轴1进入轮廓控制
G28 C0 ; 主轴1回零
G81 C60. Z-10 R2 F100 NS2 M38 ;
↪ 定位到主轴60°位置，夹紧主轴1，然后进行端面钻孔（Z向），动力头为第2主轴
C120. ; 自动松开主轴1，定位到120°位置，自动夹紧，继续钻孔
C180.
... ..
G00 Z20 ; Z向退回，结束钻孔循环
M61 ; 主轴1退出轮廓控制
M30
```

- 相关参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2750			PRWT					

[数据类型] 位型

5 PRWT 主轴夹紧时，转动或执行 M60 操作会提示报警/松开主轴并继续执行 (不报警)

- 0: 报警
1: 不报警

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2751					SP1G0M38			
2801					SP2G0M38			
2851					SP3G0M38			

[数据类型] 位型

SPnG0M38

- 0: 无定位停止时自动夹紧功能
- 1: 有定位停止时自动夹紧功能

10.2.3 主轴定向

定向是指主轴停止在某一特定位置的功能，常用于刀库换刀或上下工件。定向位置的更改，与主轴驱动器类型有关，请与机床制造厂家联系。

格式

M19;

解释

- 1. 有 Cs 功能时，主轴定向后自动进入轮廓控制，无需再指定轮廓控制 M 代码。
- 2. 主轴有移动量时（插补运动或手动移动），清除定向完成信号，定向指令自动结束。

10.2.4 主轴扩展定向

扩展定向是指主轴可多角度定向。

格式

- M28; 主轴扩展定向位置 1(由参数 P2811 确定)
- M29; 主轴扩展定向位置 2(由参数 P2812 确定)

10.3 多主轴控制

多主轴控制是指在具有多个主轴的机床中，除了第 1 主轴外，还可控制从第 2 主轴起的其他主轴，各个主轴可以具有与第 1 主轴相同的功能，而只有 M、S 等代码有区别。系统最多支持 5 个主轴。具体的主轴安装位置及其对应的主轴轴号等，请以实际机床为准。

10.3.1 主轴控制 M 代码

各个主轴控制用的 M 代码如下：

主轴动作	主轴 1	主轴 2	主轴 3	主轴 4	主轴 5
主轴正转	M03	M03.2	M03.3	M03.4	M03.5
主轴反转	M04	M04.2	M04.3	M04.4	M04.5
主轴停止	M05	M05.2	M05.3	M05.4	M05.5
主轴定向	M19	M19.2	M19.3	M19.4	M19.5
进入轮廓控制	M60	M60.2	M60.3	M60.4	M60.5
退出轮廓控制（进入转速控制）	M61	M61.2	M61.3	M61.4	M61.5
主轴夹紧	M38	M38.2	M38.3	M38.4	M38.5
主轴松开	M39	M39.2	M39.3	M39.4	M39.5

10.3.2 速度指令

格式

- Sn=__;
- n = 1~5，表示主轴 1~ 主轴 5 指令转速

解释

- 1. 主轴指令 S__（S 后未编入 1），专用于指令主轴 1 的转速。

2. 上述编程格式“=”左右两侧不能有空格。
3. 多个主轴的转速指令，可以在同一行编入。

举例

M03 S100 ; 第一主轴，正转 100 转

M3.2 S2=200 S3=100 ; 第二主轴，正转 200 转；第三主轴，转速 100 转

M3.3 ; 第三主轴，正转

10.3.3 当前主轴**格式**

NS__ ;

NS 后接主轴编号。当数字超出范围或指令主轴无效时，以第 1 个有效主轴为当前主轴。

解释

1. 当前主轴是指用于钻孔、攻丝、螺纹加工、每转/每分进给、恒限速等的主轴。

备注： 对不同的主轴进行速度控制，不需要指令 NS，只需要指令相应的 M、S 代码即可。

2. NS 是模态地址。非 MDI 下复位时，清除此模态数据。

举例

刚性攻丝：

```
G00 X50 Z50;
X30;
G84 J1 X-30 R20 F1.5 S2=800 NS2 ;
→侧面攻丝：第2主轴与X轴插补来实现攻丝
G00 X100 Z100 ;
G04 X5;
M30 ;
```

每转进给及车螺纹：

```
T0101;
M03 S2000 ;
G00 X40. Z30.0;
G99 G01 Z-10.0 F1.0 NS1 ; 以第1主轴转速进行每转进给
G00 X60. Z30.;
T0202;
M03.2 S1500;
G00 X50. Z40.;
G92 X34. Z80. NB3.0 NE3.0 F5. NS2 ; 第2主轴车螺纹
X29. ;
X28. ;
M30;
```

10.4 自定义主轴 M 代码

方便用户按照使用、编程习惯自定义部分功能 M 代码。

相关参数

参数号		
P2740	(主轴 1) 自定义 M 代码: M3, M4, M5, M19, M38, M39, M60, M61	

请按顺序逐个替换, 按【修改】键更改规则

P2741~P2744 对应主轴 2~5, 参数功能定义同主轴 1

限制

1. 按 M3, M4, M5, M19, M38, M39, M60, M61 的顺序逐个替换
2. 各 M 代码用 ‘,’ 分割
3. 不允许重复指定或者与其他主轴重复指定
4. 不期望启用的功能, 用 M 字母代替

如: M3, M4, M5, M19, M, M, M60, M61 (表示没有主轴加紧松开功能)

5. 未指定的 M 代码使用系统默认 M 代码

如: M803, M804, M805 (之后的 M19, M38, M60 等使用系统默认 M 代码)

10.5 主轴换挡

对于有多个主轴挡位的机床, 根据是否有自动换挡机构, 分为自动换挡、手动换挡两种换挡方式。具体的换挡方式, 请咨询机床制造厂家。

10.5.1 自动换挡

解释

• 主轴挡位转速

主轴可自动切换高低挡。主轴低挡的最高转速设置在诊断参数“主轴 1 挡最大速度”(D0040), 主轴高挡的最高转速设置在诊断参数“主轴 2 挡最大速度”(D0044)。如果机床仅使用两挡, 建议把“主轴 3 挡最大速度”(D0048) 和“主轴 4 挡最大速度”(D0052) 设置为与“主轴 2 挡最大速度”。

• 自动换挡条件

1. 系统默认为低挡 (高挡接口无输出)。当指定的主轴速度超过低挡的最高速度时, 开始自动换挡。
2. 当主轴在高挡旋转, 而新指定的主轴速度低于主轴低挡的最高转速, 则会自动进行由高挡到低挡的转换。

• 换挡过程

1. 轴运动停止, 主轴输出“主轴换挡低速”(D0056) 设定的转速。
2. 延迟“主轴换挡定时器 1”(T010) 设定的时间后, 输出换挡信号。
3. 检测挡位信号 HIGI (或 LOWI) 是否到位。
4. 到位后, 延迟“主轴换挡定时器 2”(T011) 设定的时间。
5. 主轴以编程的转速旋转。
6. 换挡结束。

• 主轴换挡自动检查机能

1. 该机能通过诊断参数“AGIN”(K044.3) 选择。
2. AGIN=0 时, 只在新的 S 指令相对于当前的 S 指令需要换挡时, 才检查挡位反馈。
3. AGIN=1 时, 只要出现新的 S 指令, 就对挡位反馈进行检查。如果检查结果不符合新的 S 指令的需求, 会启动主轴换挡过程。

备注: 当参数设定 $D44 \leq D40$ 时, 系统无自动换挡机能, 按 D40 设定的转速输出。

10.5.2 手动换挡

解释

- S 代码手动换挡

该机能通过诊断参数“AGST”(K044.1)选择。当 AGST=0 时,换挡过程与原来相同(自动换挡);当 AGST=1,且 S 代码指定的速度与当前挡位不一致时,进行 S 代码手动换挡。换挡过程如下:

1. 轴运动停止,系统提示暂停,主轴输出“主轴换挡低速”(D0056)设定的转速。
2. 若主轴有反馈转速,根据反馈转速判断是否输出换挡信号 GEAR2 (或 GEAR1);若主轴无反馈转速,延迟“主轴换挡定时器 1”(T010)设定的时间后,输出换挡信号 GEAR2 (或 GEAR1)。
3. 检测挡位信号 HIGI (或 LOWI) 是否到位。
4. 到位后,延迟“主轴换挡定时器 2”(T011)设定的时间。
5. 延时结束后,按取消键取消报警,然后等待“循环启动”按键。
6. 检测到“循环启动”按键后,主轴以编程的转速旋转。
7. 换挡结束。

- M 代码手动换挡 (M41 和 M42)

M41 指令主轴换至低挡, M42 指令主轴换至高挡。换挡过程如下:

1. 检查当前的 S 指令值是否为零,如不为零则该 M 指令结束。
2. 模拟主轴输出“主轴换挡低速”(D0056)设定的转速。
3. 检测挡位信号 HIGI (M42) 或 LOWI (M41) 是否到位。
4. 到位后 M 指令结束。

第 11 章 刀具功能 (T 功能)

用地址 T 及其后面 2 位数来选择机床上的刀具。在一个程序段中，可以指令一个 T 代码。移动指令和 T 代码在同一程序段中指令时，移动指令和 T 代码同时开始。
系统可提供的刀具数由诊断数据“总刀具数”(D0007) 设定。

格式

TOO ; 选刀
OO: 刀具选择号
当“TC4”(G0026.4) 设置为 1 时支持 4 位刀号。
F1252: (铣床) 4 位 T 代码 (BCD 码)
G1252: (铣床) 换刀后刀号 (BCD 码)
M06 ; 换刀

解释

- 加工中心自动换刀功能
加工中心自动换刀功能是通过自动换刀机构（如：机械手）和系统相关控制指令来完成的，换刀过程一般为：装刀——选刀——换刀。
选刀和换刀通常分开进行，多数加工中心规定换刀点在机床第二参考点，换刀前需执行 G30 指令使主轴先自动返回第二参考点。
换刀过程：PLC 在接到 T 指令后立即自动选刀，并使选中的刀具处于换刀位置。接到 M06 指令后机械手动作，一方面将主轴上的刀具取下送回刀库，另一方面又将换刀位置的刀具取出装到主轴上，实现换刀。
- 松拉刀控制机能
可通过诊断参数“SOLA”(K017.0) 选择松拉刀控制机能。
主轴旋转时，刀具应处于紧刀状态：紧刀到位信号 SLIN (X0.7) 为 1，松刀输出信号 SOLAO (Y2.7) 为 0。此状态一旦改变，则主轴停止，系统处于暂停状态。如果不处于紧刀状态，系统无法启动主轴，并产生外部报警。
在主轴停止的状态下，按下松刀开关 SOLAI (X0.3)，松刀输出信号 SOLAO (Y2.7) 为 1，关闭松刀开关，松刀输出信号 SOLAO (Y2.7) 为 0。

备注：更详细的使用说明请参阅机床制造厂家提供的说明书。

T 指令中断预读

参数	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2503								TCMB

0 TCMB

0/1: T 代码启用/禁用预读和缓冲

第 12 章 辅助功能 (M 功能)

12.1 辅助功能 (M 功能)

M 代码由 M 地址和其后的 2~4 位数字组成，用来控制机床辅助功能，如主轴正反转、冷却开关、换刀等。

M 代码在一个程序段中只允许一个有效。位置移动指令和 M 指令在同一个程序段中时，两者同时开始执行。该部分说明按照功能主要分为“程序控制相关 M 代码”和“机床控制相关 M 代码”两类进行介绍。

12.1.1 辅助功能代码

本系统提供 4 位 M 代码 (M00~M9999)。除了已经固定的 M 代码外，其余 M 代码均可由机床厂商自行定义。

格式

格式 1: Mxxxx

4 位数 M 代码

格式 2: Mab.c

2 位数带 1 位小数 M 代码，等价于 Mcab。如：M03.2 可写为 M203。

备注:

1. 自定义 M 代码范围为 M0~M9999，但是 M999 以后 M 代码无法用格式 2 表示。
 2. M 代码中开头的零可以省略。如：M03 可写为 M3，M03.2 可写为 M3.2，M0100 可写为 M100 等。但 M00 最多略写为 M0。
-

12.2 程序控制相关 M 代码

该部分代码用于程序控制相关功能，功能由 NC 定义。

名称	功能
M00	程序暂停
M01	程序选停
M02	即 M30(用于兼容部分以 M02 结束的程序)
M06	调用 (换刀) 子程序
M30	程序结束
M91	用户接口跳转机能
M92	用户接口跳转机能
M93	用户接口跳转机能
M94	用户接口跳转机能
M96	宏中断功能开启
M97	宏中断功能关闭
M98	调用子程序
M99	子程序返回

备注:

1. M00 程序停。当执行了 M00 的程序段后, 停止自动运行。与程序单段停一样, 把之前的模态信息全部保存起来。重新按下“启动”键后, 再继续自动运行。
2. M98/M99 子程序调用。(参见主程序和子程序)
3. M30 程序结束。(参见程序结束)
4. M96/M97 中断型宏程序调用。
5. M00、M01、M30 的下一个程序段即使存在, 也不进入缓冲存储器中。
6. 执行 M96/M97/M98 时, 代码信号不传送给 PLC; 执行 M99 时是否输出到 PLC 由参数“M99O”(P1600.6) 决定
7. M 启动后, 即使系统工作方式改变, 也仍然保持。用手动方式按键无法关闭, 可按“复位”键关闭

12.3 机床控制相关 M 代码

-主轴相关 M 代码

主轴 M 代码功能由 NC 定义, 使用时不发送给 PLC 处理, 但必须是不同主轴的 M 代码。系统可并行执行不同主轴的 M 代码。

功能	主轴 1	主轴 2	主轴 3
主轴正转	M3	M203(M03.2)	M303(M03.3)
主轴反转	M4	M204(M04.2)	M304(M04.3)
主轴停止	M5	M205(M05.2)	M305(M05.3)
主轴定向	M19	M219(M19.2)	M319(M19.3)
进入轮廓控制	M60	M260(M60.2)	M360(M60.3)
进入转速控制	M61	M261(M61.2)	M361(M61.3)
主轴夹紧	M38	M238(M38.2)	M338(M38.3)
主轴松开	M39	M239(M39.2)	M339(M39.3)
主轴松刀	M50	M50	M50
主轴紧刀	M51	M51	M51
主轴有刀置位	M68	M68	M68
主轴无刀置位	M69	M69	M69

- 机床功能 M 代码

部分 M 代码功能由 PLC 处理。

名称	功能
M07	对刀测量
M08	冷却开
M09	冷却关
M10	卡盘卡紧
M11	卡盘松开
M20	转台夹紧
M21	转台放松
M22	机械手第一个动作
M23	机械手第二个动作
M24	机械手第三个动作
M26	吹气开
M27	吹气关
M28	冲屑开启
M29	冲屑关闭
M32	润滑开
M33	润滑关
M41	低挡指令
M42	高档指令
M48	进给倍率固定 100%
M49	进给倍率恢复
M52	斗笠刀库伸出/圆盘刀库倒刀
M53	斗笠刀库拉回/圆盘刀库回刀
M54	斗笠/圆盘刀库正传
M55	斗笠/圆盘刀库反转
M56	斗笠刀库换刀完成/圆盘刀库机械手动作
M57	圆盘刀库换刀完成
M58	第二参考点确认
M59	第三参考点确认
M62	同步轴功能建立
M63	同步轴功能解除
M70	落差测量
M80	链式刀臂靠近刀库侧输出
M81	链式刀臂远离刀库侧输出
M82	链式刀臂刀库侧拔刀输出
M83	链式刀臂刀库侧插刀输出
M84	链式刀臂正转 90 度输出
M85	链式刀臂反转 90 度输出
M86	链式刀臂正转 180 度输出 (无凸轮机械手) 过渡刀套正转 90 度输出 (有凸轮机械手)
M87	链式刀臂反转 180 度输出 (无凸轮机械手) 过渡刀套反转 90 度输出 (有凸轮机械手)
M88	刀套定位缸前进输出
M89	刀套定位缸后退输出

备注:

1. 当在程序中指定了程序控制和机床控制以外的 M 代码时, 系统将产生外部报警 (01: M 代码错) 并停止执行。
2. M 启动后, 即使系统工作方式改变, 也仍然保持。用手动方式按键无法关闭, 可按“复位”键关闭。

12.4 用户自定义输入/输出 (M983)

自定义输入输出指令 M983 为程序控制相关 M 代码，用于检测外部输入，并对外输出，配合 PLC 使用。

主通道与 PEXC 通道都可以使用该指令。

格式

M983 I_ K_ NI_ NK_ P_ Q_ ;

I: 输入点位置。格式为 [字节偏移].[位偏移]，基地址为 G4100。

K: 输出点位置。格式为 [字节偏移].[位偏移]，基地址为 F4100。

NI: 等待输入状态。当输入且为数据 0 的时候，等待 0，其他等待 1。

NK: 输出状态。当输入且为数据 0 的时候，输出 0，其他输出 1。

P: 等待时间，单位秒。未输入表示一直等待。

Q: 输出时间，单位秒。未输入表示不取消输出。

解释

• 输入逻辑

首先等待 P 地址指定的时间。在等待的过程中，检测 I 地址指定的输入点位置，若其状态与 NI 指定的一致，则终止等待，继续处理之后的指令。

若在指令的等待时间内一直没有检测到期望的输入状态，则会触发 PS409 报警。

• 输出逻辑

将 K 地址指定的输出点状态，设置成与 NK 指定的相同状态。

若输入 Q，则等待指定的时间，然后将输出点状态设置成与 NK 指定的相反状态。否则输出点一直为 NK 指定的状态。

针对特殊情况，如复位时，需要控制 M983 输出点，可通过 G 接口控制 M983 输出状态。

1. G4120~G4127: 需要被控制的输出点位置（控制位）

2. G4140~G4147: 控制的输出点位置的对应值（数值位）

以上诊断皆按位与 F4100~F4107（输出位）相对应，如：G4120.0 和 G4140.0 影响 F4100.0，以此类推。

当控制位为 1 时，输出位状态设置成与数值位一致

当控制位为 0 时，不改变输出位状态

备注：M983 在特定情况下，将指定输出位设置为期望值，其余情况不改变输出位状态

例：F4100.0 在复位键按下时，变为 0，则

1. 设置 G4140.0 为 0

2. 复位键按下时，设置 G4120.0 为 1，其余时刻为 0

• 限制

1. M983 指令必须单独一行，否则多数情况下触发 PS 报警；
2. M983 必须写在 P、Q 地址之前，否则 PS 报警；
3. M983 指令内，上述地址都可以输入小数，位数与编程位数相同；
4. I/K 字节偏移范围 0~7，位偏移范围 0~7，超限会触发 PS408 报警；
5. 同时存在 I/K 的情况，先检测输入，再进行输出。

• 举例

M983 I1.2 P3.0 ;

等待 G4101.2 状态变为 1，时长为 3 秒。超时触发 PS 报警。

M983 I4.7 NI0 ;

等待 G4104.7 状态变为 0。一直等待，不会超时。

M983 K5.3 ;

将 F4105.3 设置为 1。

M983 K7.0 NK0 Q0.5;

将 F4107.0 设置为 0，0.5 秒之后设置为 1。

PLC 相关内容

G4120~G4127，用于表示哪一输出位置需要控制（以下称为控制位）；

G4140~G4147，用于表示控制的输出位置的对应值（以下称为数值位）；

以上诊断皆按位与 F4100~F4107（以下称为输出位）相对应，例如：

G4120.0 与 G4140.0 影响 F4100.0，以此类推。

当控制位为 1 时，输出位会被设置成与数值位一致；

当控制位为 0 时，该功能不改变输出位状态。

注：M983 功能也是在特定时刻，将指定输出位为设置期望值，其余情况不改变输出为状态。

操作示例：要求 F4100.0 在复位按键时，变为 0，则

- 设置 G4140.0 为 0；
 - 当复位按下时，设置 G4120.0 为 1，其余时刻为 0。
- E0（输入超时不报警）功能

部分使用环境中，M983 用于检测输入，同时期望在输入超时情况下不进行报警，由程序自行决定处理方式。此时可以使用 E0 功能。

指令格式：M983 Ix.x Kx.x NIx NKx Pxxx.x Qxxx.x E0。

其中 E0 表示在当前 M983 指定的输入，在设置时间内未检测到时，直接结束，不执行之后的输出操作，也不触发 PS 报警。E 地址未输入或输入其他值，则与之前一致，依旧触发 PS 报警。

E0 只对当前程序段有效，即非模态。若该段不检测输入，或等待时间无限，则 E0 实际上无作用。

宏变量 3800~3808，用于获得主通道以及 PEXC 通道上一次执行 M983 的状态。其中 3800 对应主通道，3801~3808 对应 PEXC 通道 1~8。

该宏变量值含义为：

0 执行正常

1 等待时间到达，输入状态依旧与期望不符。即输入超时

第 13 章 程序的构成

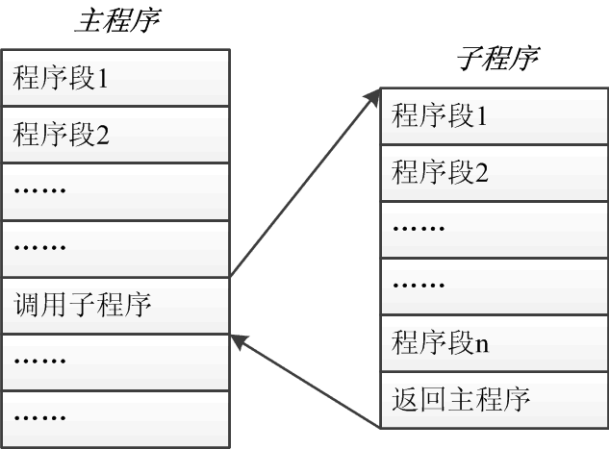
13.1 程序

程序是由多个程序段构成的，而程序段又是由字构成的，各程序段用程序段结束代码（EOB）分隔开。

13.1.1 主程序和子程序

主程序

程序分为主程序和子程序。通常系统是按主程序的指令运动的，如果主程序上遇有调用子程序的指令，则系统按子程序运动，在子程序中遇到返回主程序的指令时，系统便返回主程序继续执行。

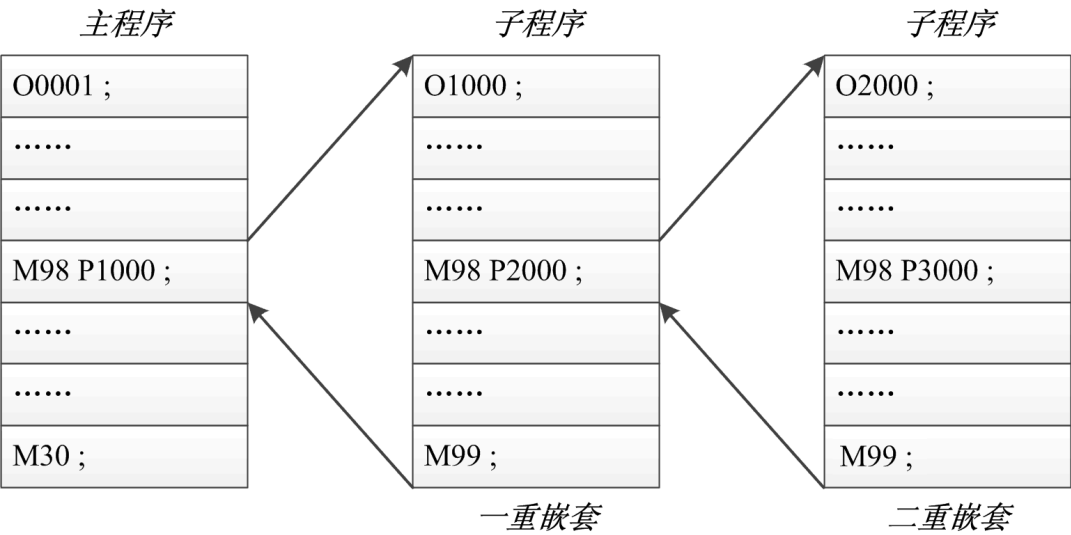


在系统存储器内，主程序和子程序合计可存储 512 个程序（标准机能），选择其中一个主程序后，便可按其指示控制数控机床工作。

关于程序的存储、选择等方法，请参见《操作手册》程序编辑。

子程序

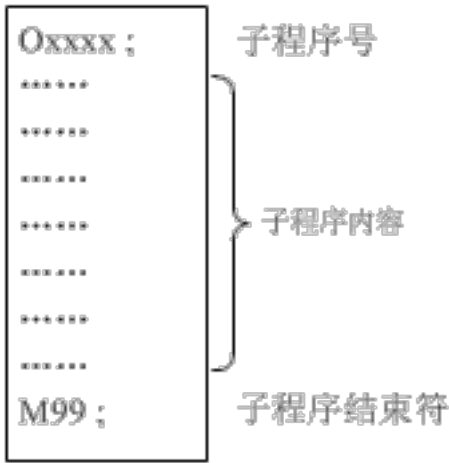
在程序中存在某一些固定顺序且重复出现的指令时，便可把它们作为子程序事先存到存储器中，这样可以使程序变得非常简单。子程序可以在自动方式下调出，并且被调出的子程序还可以调用另外的子程序。子程序嵌套级数最多为 63 级，超出则产生报警（PS0077）。



可以用一条调用子程序指令连续重复调用同一子程序，最多可重复调用 9999 次。

编写子程序

按下面格式写一个子程序：



在子程序的开头，地址 O 后写上子程序号，在子程序最后是 M99 指令。

关于子程序的存储方法请参见操作手册。

子程序的执行

子程序由主程序或子程序调用指令调出执行。调用子程序的指令格式如下：

- 格式
 - 参数 “M98L” (P2502.7) =0 时：

M98 P0000XXXX ;

0000：重复调用次数，最大可为 99999 次。

XXXX：被调用的子程序号。
 - 参数 “M98L” (P2502.7) =1 时：

M98 PXXXX Lnnnn ;

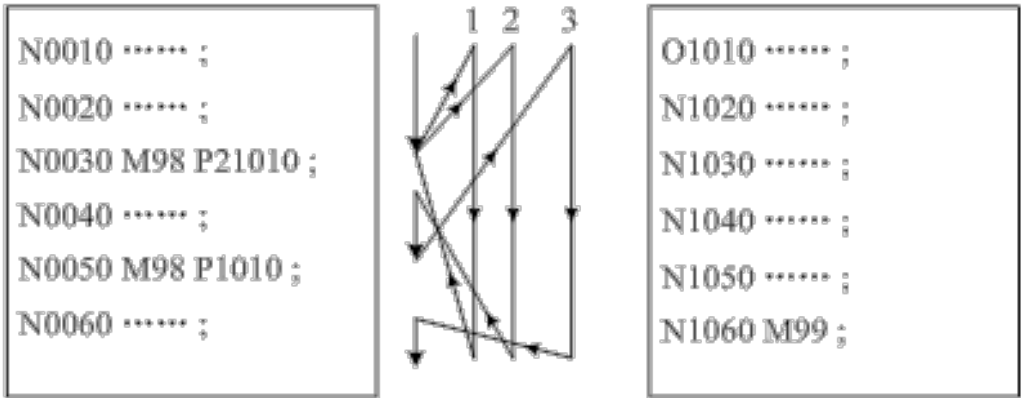
XXXX：被调用的子程序号

nnnn：循环次数
- 例：

参数 M98L=0 时：

M98 P51002 ; 表示 1002 号程调用 5 次

参数 M98L=1 时：
M98 P1L100；表示 1 号程序调用 100 次
从主程序调用子程序执行的顺序，如下例所示。



在子程序中调用子程序与在主程序中调用子程序的情况一样。

• 功能参数

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P2502	M98L							

[数据类型] 位型

M98L

- 0: P 为次数与子程序号，不使用 L
- 1: P 为子程序号，L 为次数

备注:

1. 当检索不到用地址 P 指定的子程序号时，产生报警 (PS0078)。
2. 当参数 “M98L” (P2502.7) 为 0 时，若同时指令 P、L 地址，会触发 PS404 报警: “M98 调用子程序，P 与 L 不可同时输入 (参数 2502.7 为 0)”
3. 当参数 “M98L” (P2502.7) 为 1 时，此时指令 P 大于 9999，会触发 PS405 报警: “M98 调用子程序，P 过大 (参数 2502.7 为 1)”
4. 当 M98 指令中，P、L 都没有指令时，会触发 PS345 报警: “M98 指令中,P、L 地址同时未指定”
5. 当参数 “M98L” (P2502.7) 为 1 时，此时 L 应大于 0，否则触发 PS407 报警: “M98 调用子程序，L 应该大于 0 (参数 “M98L” (P2502.7) 为 1)”

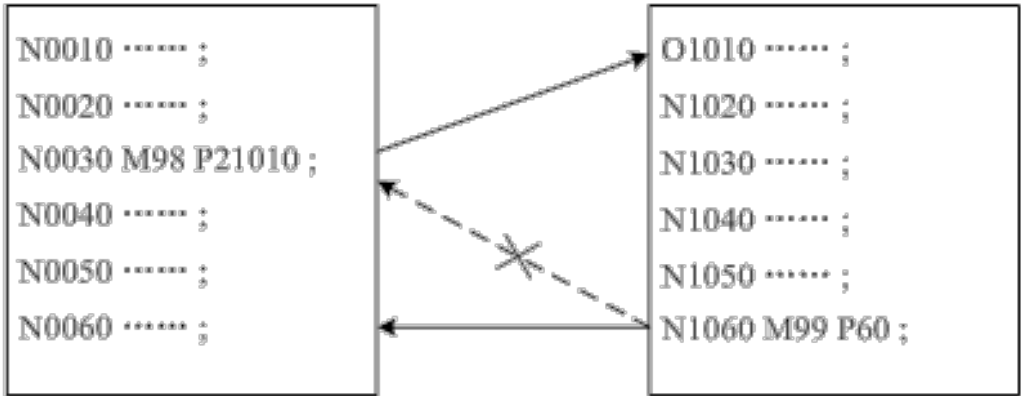
特殊使用方法

• 程序内循环

程序内循环指令格式如下：
M98 Ln；(循环开始，n 表示循环次数)
xxxxxxxx (循环体)
M99；(循环结束)
M98 指令中必须指定地址符 P 或 L，否则报警。DNC 加工中不允许程序内循环操作。

• P 指定顺序号

子程序结束时，若用地址符 P 指定了顺序号，系统不返回到调用此子程序的程序段的下一个程序段，而是返回到用 P 指定的顺序号的程序段，但是主程序在非存储器运转方式工作时，P 不起作用。这种方法返回到主程序与一般方法相比占用时间较多。



备注：M99 中 P 指定的顺序号有效位为 4 位，多出的位无效。

• 主程序中执行 M99

在主程序中，如果执行 M99，则返回到主程序的开头继续重复执行。
例如，在主程序中有个程序段/M99，若跳过任选程序段开关是 OFF 状态，则执行 M99，返回主程序的开头，并从开头重复执行。
在跳过任选程序段为 OFF 状态期间，一直反复执行。
若此时是/M99 Pn; 程序段时，则不返回到程序的开头，而返回到顺序号 n 的地方，但返回到 n 处时间较长。
当跳过任选程序段开关为 ON 状态时，则跳过/M99 程序段，而执行其下个程序段。



备注：MDI 模式下单独执行 M99 时，跳转到程序开头后停止，按启动键可再次运行。
使用 A 类 DNC，若程序中含有 M99，但运行程序无法回到主程序，则发生报警 259。

• DNC 运行调用子程序

参数“DFBS”（P0100.4）有效时，在 DNC 方式下，可以调用子程序。调用的子程序必须预先保存在本地。调用子程序的过程和自动方式下完全相同，同样支持子程序嵌套调用。
M06 在 DNC 方式下也可以调用子程序，这样，用户可以在 DNC 加工时，进行较复杂的换刀。

• M06 调用子程序

1. 自动或者 DNC 方式运行 M06 时，系统自动调用一个系统内子程序。子程序名为 Oxxxx，程序号由参数（P2510）设置。通常，M06 代码和 T 代码配套使用，通过调用子程序控制进给轴到达指定换刀位置。T 代码的处理方式不变。

2. 如果系统参数“CM98”(P2500.5)=0, 该机能无效, 取零盘时, CM98 默认设为 0。程序号参数 P2510 设置为 0, 该机能无效。如果参数“M06 调用的子程序号”(P2510)设置的子程序不存在, 会导致报警 (PS0078)。
3. 参数“CM98”(P2500.5)=1, 参数 P2510=9006, 如下程序在执行到 M06 时会自动调用子程序

```
O9006  
O0001 ;  
M06 T01 ;  
M30 ;
```

13.1.2 程序号 (程序名称)

1. 有程序号格式:

格式

Oxxxx

O: 程序号地址。

xxxx: 程序号 (1~9999, 内部分配的为 20001~29999。前导零可省略。)

2. 无程序号格式: 不是 Oxxxx 格式为名字的程序。

注意事项

- 1) 以 Oxxxx(xxxx 在 [1,9999] 之间) 开头的程序被视为有程序号的程序 (程序号不可以重复)
- 2) 没有程序号的程序, 程序为内部分配的 20001~29999
- 3) 程序名称为输入时的文件名 (包括扩展名)
- 6) 除内部使用和调用时使用程序号, 其他情况都只有程序名称的概念而没有程序号的概念
- 7) 串口输出程序时仍然包含程序号
- 8) HMI 列表 CNC 程序都是程序号, 输出所有程序时也只能使用号
- 9) 程序号不在 1~9999 之间的程序无法使用 Oxxxx 方式重命名

13.1.3 顺序号和程序段

程序是由多个指令构成的。一个指令单位称为一个程序段。程序段之间用程序段结束符 EOB (:) 隔开。

在程序段的开头可以用地址 N 和后续五位数构成顺序号。前导零可省略。

格式

Nxxxxx

N: 顺序号地址。

xxxxx: 顺序号 (1~99999, 前导零可省略。)

解释

顺序号的顺序是任意的, 其间隔也可不等。可以全部程序段都带有顺序号, 也可以在重要的程序段带有。但按一般的加工顺序, 顺序号要从小到大。在程序的重要地方带上顺序号是方便的。例如, 换刀时, 或者工作台分度移到新的加工面时等。

13.1.4 跳过任选程序段

自动运行方式下，开头带有斜杠 (/) 的程序段，在机床界面的程序选跳开关为 ON 或机床面板按下“跳段”键时，被系统跳过，不予执行。如果选跳开关为 OFF 且没有按下“跳段键”，则仍照常执行该段。也就是说带有斜杠的程序段，根据操作的选择，可以跳过或不跳过。

例：

```
N100 X100.0 ;  
/N101 Z100.0 ;  
N102 X200 ;
```

在上面的程序中，如果选跳开关为 ON 或按下“跳段键”，则 N101 程序段被跳过。

备注：

1. 斜杠 (/) 必须处于程序段开头，否则产生报警 (PS1109)。
 2. 跳过任选程序段是从存储器把信息读到缓冲存储器时处理的。已读入到缓冲寄存器中的信息，即使开关置于 ON，已读入的程序段仍有效。
 3. 在顺序号检索中，本功能也有效。
 4. 在程序通过接口传入存储器中时，此功能无效。即无论跳过任选程序段的开关状态为何，含有斜杠的程序段都被存入。
 5. 存储器内程序输出时，也与跳过任选程序段开关状态无关。
-

13.1.5 注释节

用户可以在注释节中，用任意的代码描述标题、注释和提示等。

格式

(……)

(: 注释节开始): 注释节结束

……: 用户添加的注释

解释

注释节与加工程序一起传输、存储和显示。

在存储器运行或 DNC 运行加工程序期间，所有注释节被忽略。

备注：不可在注释中出现 EOB (;) 或 %。

13.1.6 字和地址

基本 NC 字和地址

字是构成程序段的要素，由地址和其后面的数值构成（有时在数值前带有 +、- 符号）。

格式

X1000

X: 地址

1000: 数值

解释

地址是英文字母（A~Z）中的一个字母，它规定了其后数值的意义。根据不同的准备功能，有时一个地址也有不同的意义。在本系统中，可以使用的地址和它的意义如下表所示。

功能	地址	意义
程序号	O	程序号
顺序号	N	顺序号
准备功能	G	指定动作状态（直线、圆弧等）
尺寸字	X Y Z C U W H V A B	坐标轴移动指令
	R	圆弧半径
	I J K	圆弧中心坐标
进给速度	F	进给速度指定
主轴功能	S	主轴转速指定
刀具功能	T	刀具号的指定
辅助功能	M	控制机床方面 ON/OFF 的指定
补偿号	H	补偿号的指定
暂停	P X	暂停时间的指定
子程序号和重复调用次数指定	P	指定子程序号和子程序的重复调用次数
参数	P Q R	固定循环参数

扩展 NC 字和地址

1. 由“N” + “单个大写字母（A~Z）” + “数字” 组成的双字母地址。

格式

NX1000（第 1 种）
NX：扩展地址
1000：数值
,X1000（第 2 种）
,X：扩展地址（等同于 NX）
1000：数值

备注：参数“CENCW”（P2500.2）控制扩展 NC 字的逗号表示法（第 2 种表示法）是否有效，如果 CENCW 为 0，则逗号表示法无效。

2. 由字母开头（非“N”）+ “字母” 或 “数字” 组成，这些 NC 字一般被赋予功能用法，作为功能指令使用。

例

CT, AD, AC, DC, MD, MS, S1, S2, S3, RS 以及 AR~ZR 等。

13.1.7 基本地址和指令值范围

基本地址和指令值范围如下表所示（默认状态：允许数据位数为 9，直线轴小数位数为 3）。

功能	地址	毫米输入	英寸输入
程序号	O	1~9999	1~9999
顺序号	N	1~99999	1~99999
准备功能	G	0~999	0~999
尺寸字	X Y Z U V W A B C I J K Q R	±999999.999	±99999.9999
每分进给	F	0.001~60000.0	0.0001~2362.2
主轴功能	S	0~99999	0~99999
刀具功能	T	0~99	0~99
辅助功能	M	0~99	0~99
暂停	X/P	0~99999.999s	0~99999.999s
子程序号重复调用次数指定	P	1~99999999	1~99999999
顺序号	P/Q	1~99999	1~99999
补偿号	H	1~256	1~256

这些全部都是对系统的限制值，与对机床方面的限制完全无关，请特别注意这一点。例如，对于系统，可以指令 X 轴移动量约到 100m（公制），而实际机床 X 轴行程可能是 2m。编程时要参照本说明书，同时也要参照机床厂家发行的说明书，在很好理解对编程限制的基础上编制程序。

13.2 程序结束

程序的最后有 M30 或 M99 时，表示该程序结束。

格式

M30 ; 程序结束并返回程序开头

M99 ; 子程序结束

解释

程序执行中，如果检测出上述代码，系统结束程序执行，进入复位状态。执行 M99 后，光标返回到调用该子程序的主程序中；执行 M30 后，光标是否返回程序开头由参数“M30”（P2500.6）控制。M30，M99 结束时，编程必须单独一行。

M30 具有自动、半自动功能。此功能由诊断 G23.6 控制，当 G23.6 为 1 时，非 0 号程序 M30 不停止。此用法要注意 PLC 接收到 M30 后不向 NC 发送复位信号。

注：参数“M30”（P2500.6）对 M02 无效。

13.3 文件结束

在程序结束的后面，用% 表示文件的结束。如果在程序结尾未执行 M30 就执行%，则系统变成复位状态。**自动或录入方式下，程序% 结束时自动回到开头。**

第 14 章 简化编程

14.1 钻孔固定循环 2

14.1.1 钻孔固定循环概述

钻孔用固定循环可以用包含 G 代码的一个程序段来完成，这样便可省掉在钻孔加工中通常要用多个程序段来指定使用频率较高的几个加工动作。因此，可以使程序得以简化。钻孔固定循环一览表如下。

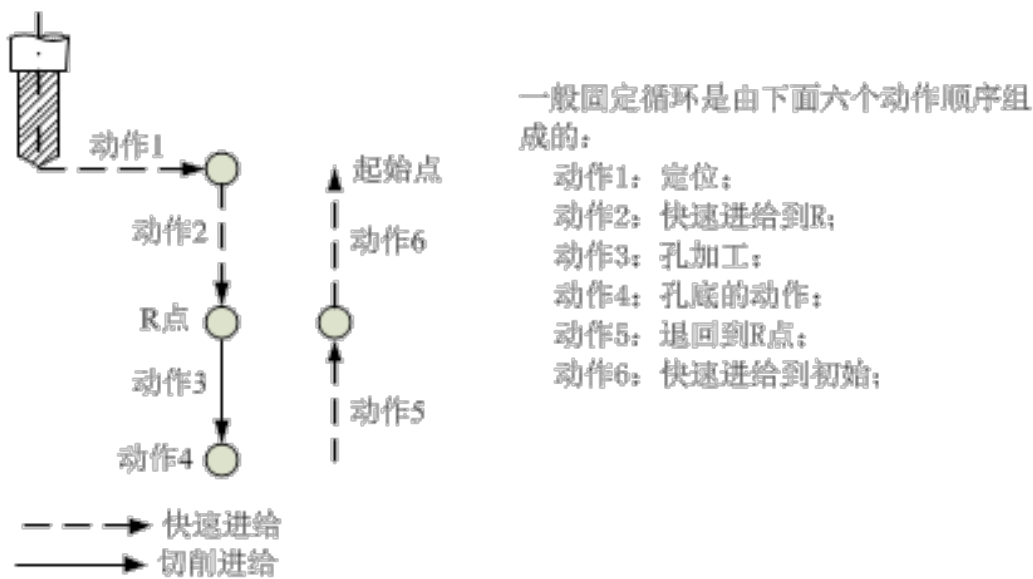
G 代码	开孔动作	孔底动作	退刀动作	用途
G73	间歇进给	——	快速进给	高速深孔加工循环
G74	切削进给	暂停，主轴正转	切削进给	反攻丝循环
G76	切削进给	主轴准停	快速进给	精镗
G80	——	——	——	取消
G81	切削进给	——	快速进给	钻，点钻
G82	切削进给	暂停	快速进给	钻，镗阶梯孔
G83	间歇进给	——	快速进给	深孔加工循环
G84	切削进给	暂停，主轴反转	切削进给	攻丝
G85	切削进给	——	切削进给	镗
G86	切削进给	主轴停	快速进给	镗
G87	切削进给	主轴正转	快速进给	反镗
G88	切削进给	暂停，主轴停	手动	镗
G89	切削进给	暂停	切削进给	镗

格式

G_ IP_ R_ Q_ P_ J_ F_ L_ M_ K_;

其相关地址说明如下表：

指定内容	地址	说明
孔加工方式	G	选择固定循环 G73、G74、G76、G80~G89。
孔加工方向	J	X 向: J1 Y 向: J2 Z 向: 未输入或输入非 1 或 2, 如 J0。 当“DRG954”(P3300.6) 设为 1 时, 钻孔固定循环中可以重新指定空间笛卡尔坐标系的轴。那么孔加工方向不再局限于 X/Y/Z 轴, J1 对应笛卡尔坐标系的第一轴, J2 对应笛卡尔坐标系的第二轴, 未输入 J 或输入其它值则对应笛卡尔坐标系的第三轴。
孔位置数据	I P 中非孔加工方向地址	用绝对值或增量值指定孔的位置, 控制与 G00 定位时相同。 当“DRPNCA”(P3300.3) 设为 1 时, 钻孔固定循环中允许使用空间外轴参与孔位置定位。
孔加工数据	I P 中孔加工方向地址	如下图所示, 用增量值指定从 R 点到孔底的距离或者用绝对值指令孔底的坐标值。进给速度在动作 3 中是用 F 指定的速度, 在动作 5 中根据孔加工方式不同, 为快速进给或者用 F 代码指令的速度。
	R	如下图所示, 用增量值指定的从初始点平面到 R 点的距离, 或者用绝对值指定 R 点的坐标值。进给速度在动作 2 和动作 6 中全都是快速进给。
	Q	指定 G73、G83 中每次切入量或者 G76、G87 中平移量 (增量值)。
	P	指定在孔底的暂停时间。时间与指定数值的关系和 G04 指定相同。
	F	指定切削进给速度。
循环次数	L	指令重复执行次数, 未输入时为 1 次。
夹紧	M	如果输入主轴夹紧 M 代码 (M38/M38.2/…), 那么在定位到孔位置后夹紧, 并在完成后松开。未输入则在钻孔循环过程中无夹紧松开动作。 注: 夹紧 M 代码对应主轴与转动主轴不应为同一主轴, 否则报警。



解释

- 转动主轴选择
模态地址 NS 用于选择转动主轴轴号。未输入时默认为主轴 1。
- 绝对编程与相对编程
用 G 代码 G90 和 G91 来区分绝对编程和相对编程。

G90（绝对值指令）	G91（增量值指令）

备注：使用 G91 对 X、Y 编程时，注意其同时对 R、Z 的影响。

- 指定钻孔轴
 - 指令 J1，表示钻孔轴为 X 轴。
 - 指令 J2，表示钻孔轴为 Y 轴。
 - 指令 J0 或不指令 J，表示钻孔轴为 Z 轴。当“DRG954”（P3300.6）设为 1 时，钻孔固定循环中可以重新指定空间笛卡尔坐标系的轴。那么孔加工方向不再局限于 X/Y/Z 轴，J1 对应笛卡尔坐标系的第一轴，J2 对应笛卡尔坐标系的第二轴，未输入 J 或输入其它值则对应笛卡尔坐标系的第三轴。

J 指令在连续的钻孔固定循环指令中模态保存，示例如下：

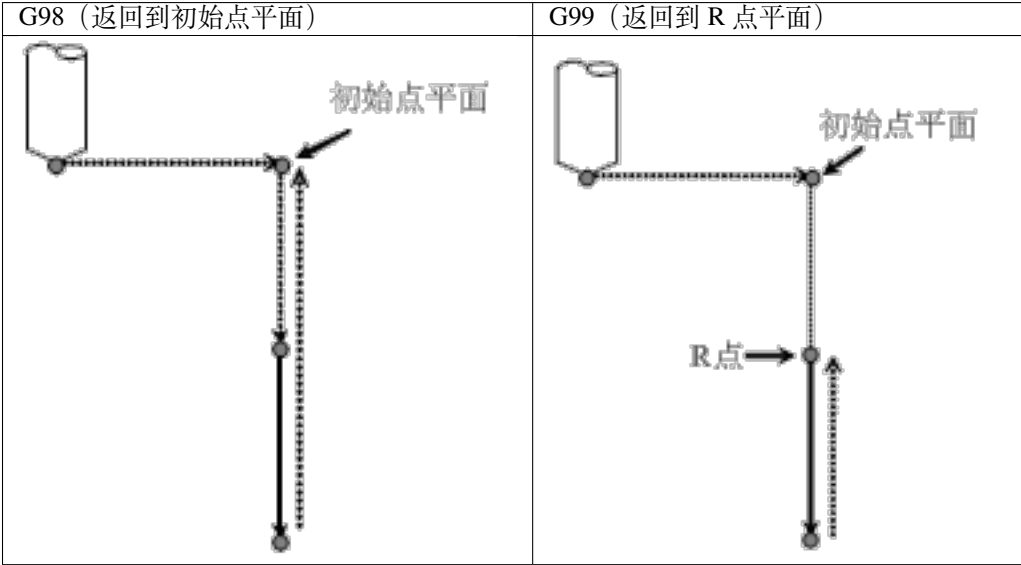
例

```
G84 X-50. F2. J1 ;      // X向 攻丝
X-80. ;                // X向 攻丝
G00 ;                  // 出现非钻孔循环指令，前面的J模态数据被清除
G84 Z-50. F4. ;        // Z向 攻丝（未指令J，默认Z向）
Z-60. ;                // Z向 攻丝
X-60. J1 ;             // X向 攻丝
```

• 返回点平面

- 1. 指令 G98，表示返回初始点平面。
- 2. 指令 G99，表示返回 R 点平面。

通常，最初的孔加工用 G99，最后加工时用 G98。用 G99 状态加工孔时，初始点平面也不变化。如下图所示。



备注：

- 1. 初始点平面是表示从取消固定循环状态到开始固定循环状态的孔加工轴方向的绝对位置。

• 孔加工方式

可供选择的孔加工固定循环指令包括：G73、G74、G76、G80~G89，都是模态 G 代码。固定循环指令指定了固定循环的全部数据，包括孔加工方式、孔加工方向、孔位置数据、孔加工数据等，使之构成一个程序段。

一旦指令了孔加工方式和数据，一直到指定取消固定循环的 G 代码（G80 及 01 组 G 代码）之前一直保持有效（L 地址除外），

所以连续进行同样的孔加工时，不需要每个程序段都指定孔加工方式和数据。

在固定循环开始，把必要的孔加工数据全部指定出来，在其后的固定循环中只需指定变更的数据。

在固定循环中，如果复位，则孔加工数据、孔位置数据均被消除。上述的保持数据和清除数据的实例如下所示。

例

```

N1 G00 X\_ M3 ;

N2 G81 X\_ Y\_ Z\_ R\_ F\_ ; 因为是开始，对Z、R、F要指定需要的值。

N3 Y\_ ;
→ 因为和N2中已指定的孔加工方式及孔加工数据相同，

→ 以G81、Z、R、F全可省略。孔的位置移动Y，用G81方式加工孔进一次。

N4 G82 X\_ P\_ ;
→ 相对于N3位置只在X轴方向移动。用G82方式加工，

→ 并用N2中已指定的Z、R、F和N4中指定的P为孔加工数据进行孔加工。

N5 G80 G00 X\_ Y\_ M05 ; 不进行孔加工。取消全部孔加工数据，F除外。

N6 G85 X\_ Z\_ R\_ P\_ ;
→ 因为在N5中取消了全部数据，所以Z、R需要再次指定，

→ F与N2中指定的相同，故可省略。P在此程序段中不需要，只是保存起来。

N7 X\_ Z\_ ;
→ 只是与N6的Z值不同的孔加工，并且孔位置在X轴方向有移动。

N8 G89 X\_ Y\_ ;
→ 把N7中已指定的Z，N6中已指定的R、P和N2中指定的F作为孔加工数据，

进行G89方式的孔加工。

N9 G01 X\_ Y\_ ; 消除孔加工方式和孔加工数据，F除外。

```

备注：F指令的切削速度，即使取消了固定循环也保持。

• K地址的指定

当参数“KOE”(P3300.7)设为1时，在孔加工指令中，如果K0被指定，则保存孔加工数据，并定位到钻孔位置，但不向下钻孔。

备注：

1. 如果K地址的指定值非0，则产生报警(PS0195)。
2. 如果未使能参数KOE，当X、Y、Z、R都未输入时，不执行任何动作，也不保存钻孔数据。。

• 循环次数L

例：

```

%
O0001 ;
G54 G90 G17 G80 G49 G40 ;
G0 X0 Y0 Z100 ;
M03 S800 ;
G16 ;
G81 X100 Y0 Z-5 R3 F200 ;
→ 若使用P3303=0，执行程序，坐标只移动一次，在该位置打孔7次；

```

(续下页)

(接上页)

```
G91 Y45 L7 ;
G80 G90;      若使用P3303=1, 执行程序, 将360度分为8份, 在每个分度上
G15;          各打孔一次, 共打8个孔。
M30 ;
%
```

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P3303								MPRPL

[数据类型] 位型

0 MPRPL

- 0: 带 L 的钻孔循环相对编程定位时在同一个位置打孔多次
- 1: 带 L 的钻孔循环相对编程定位时在多个位置打孔

• 固定循环的取消

使用与固定循环同组的 G80 或 01 组代码均可取消固定循环。

• 钻孔循环准确停止

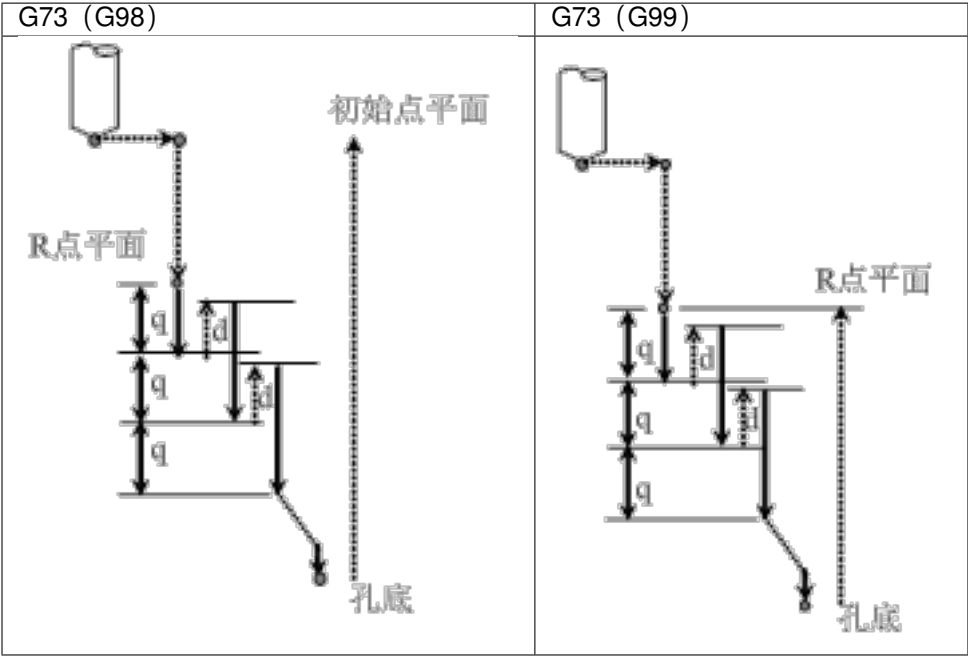
当钻孔循环未编入 P, 且 P6401.2=1 时, 自动插入准停, P6401.2 (G04IPOSC), 含义: 有/无 G04 到位检测机能。

14.1.2 高速深孔加工循环 (G73)

G73 循环为高速深孔钻循环, 执行间歇进给直到孔底。

格式

- G73 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ ;
- IP_ (非孔加工轴): 孔位置数据
- IP_ (孔加工轴): 从 R 点到孔底的距离 (增量值) 或孔底的坐标 (绝对值)
- R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值), 或 R 点的坐标 (绝对值)
- P_: 孔底暂停时间 (单位 0.001 秒)
- Q_: 每次切削进给的进给量
- J_: 孔加工方向
- F_: 切削进给速度
- L_: 循环次数



解释

高速深孔钻循环沿钻孔轴间歇进给，到孔底后，用快速退回。当使用这个循环时，因为设定了回退量，所以切屑可以跟随刀具的回退排出孔外，提高钻孔速度和精度。

- 备注:**
- 1. 退刀量 d 可用参数 (P3310) 设定，钻孔轴方向间歇进给，为使深孔加工容易排屑。退刀量可设定为微小量，这样可以提高工效。退刀运动采用快速移动。
 - 2. Q 值在固定循环内保持模态值，在 G76、G87 中用作孔底平移量，请小心指定。
 - 3. 指定 G73 前，先启动主轴旋转。如果 G73 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
 - 4. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
 - 5. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
 - 6. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
 - 7. 固定循环中刀具偏移指令无效。
 - 8. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
 - 9. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

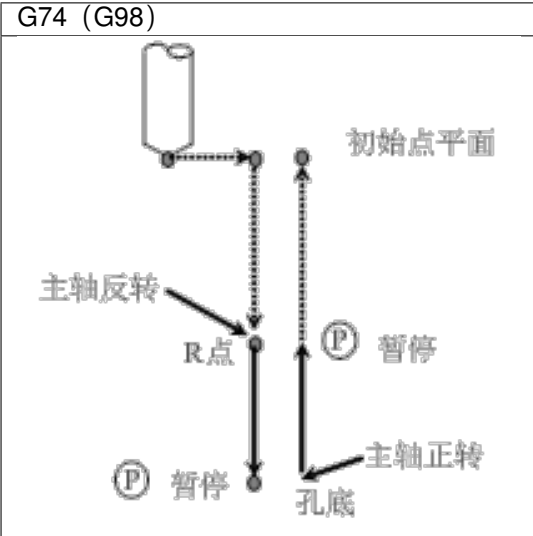
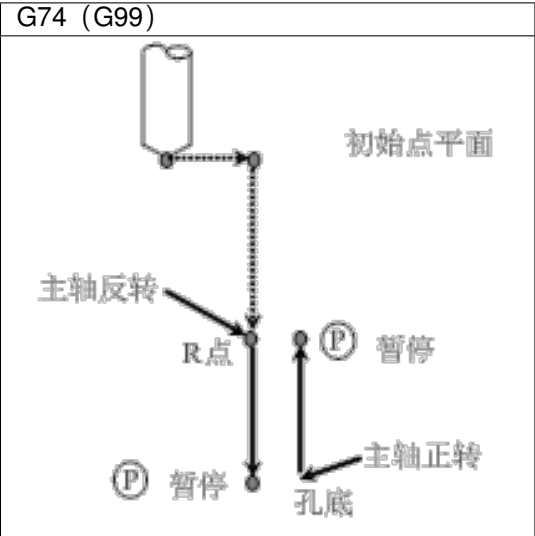
```
M03 S800 ;           主轴旋转
G90 G99 G73 X100. Y100. Z-50. R-20. Q10. F100. ;           定位，钻1孔然后返回到R
X150. ;               定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ;           定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

14.1.3 反攻丝循环 (G74)

G74 循环为左旋攻丝循环，用于加工反螺纹。

格式

- G74 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;
- IP_ (非孔加工轴)：孔位置数据
- IP_ (孔加工轴)：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
- R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
- P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
- J_：孔加工方向
- F_：切削进给速度
- L_：循环次数

G74 (G98)	G74 (G99)
	

解释

该循环执行左旋攻丝，主轴反转状态攻入，到达孔底后主轴暂停时间 P，主轴正转退出，完成左旋攻丝动作。

备注：

- G74 反攻丝循环中，进给速度倍率和进给保持无效。即使按下“进给保持”按键，在返回动作结束前也不停止。
- 指定 G74 前，先启动主轴旋转。如果 G74 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
- 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
- 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
- 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
- 固定循环中刀具偏移指令无效。
- 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
- 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

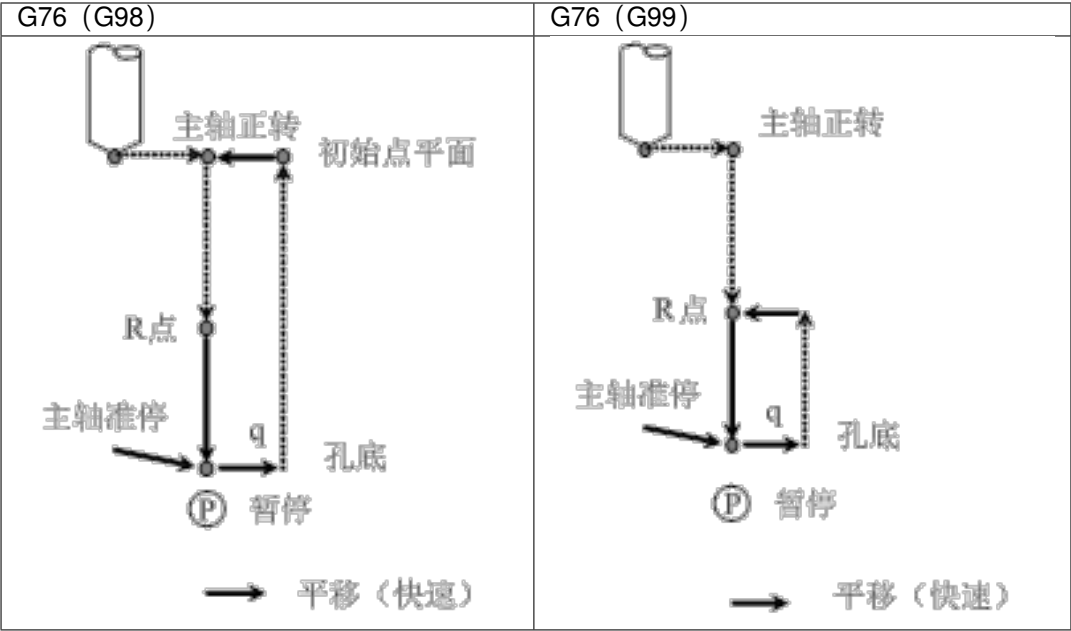
```
M04 S100 ; 主轴旋转
G90 G99 G74 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 F100. ;
↪定位，攻丝1孔然后返回到R
X150. ; 定位，攻丝2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，攻丝3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

14.1.4 精镗循环（G76）

精镗循环用于镗削精密孔。当到达孔底后，主轴停止，刀具离开工件表面并退回。

格式

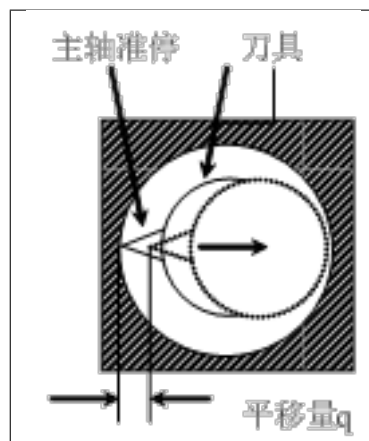
- G76 IP_ R_ Q_ P_ J_ F_ L_ ;
- IP_（非孔加工轴）：孔位置数据
- IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
- R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
- P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
- Q_：孔底的偏移量
- J_：孔加工方向
- F_：切削进给速度
- L_：循环次数



解释

精镗循环用于精密孔的镗削加工，主轴正转状态镗削至孔底，执行主轴准停，暂停时间 P，刀具以刀尖相反的方向平移距离 Q，使得刀具离开工件表面，刀具快速退回，完成精镗循环。

如下图所示，在孔底，通过定向信号，主轴停止在固定的回转位置上，向与刀尖相反的方向移动后退，不擦伤加工面，进行高精度、高效率镗削加工。

**备注:**

1. 用地址 Q 指定位移量, Q 值必须是正值。即使用负值, 符号也不起作用。位移方向 (+X、-X、+Y、-Y) 的选择, 事先用参数 PM1 (P3300.4) 和 PM2 (P3300.5) 设定。
2. Q 值在固定循环内保持模态值, 在 G73、G83 中用作每次切削深度, 请小心指定。
3. 指定 G76 前, 先启动主轴旋转。如果 G76 和 M 代码在同一程序段指定, 则在最初定位时送出 M 代码, 并等待 M 代码执行结束后, 才进行下个循环动作。
4. 固定循环状态时, 如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个, 就进行孔加工, 如果程序段中不包含其中任意一个数据, 则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时, 也不进行孔加工。
5. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
6. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
7. 固定循环中刀具偏移指令无效。
8. 固定循环中指定 01 组代码, 则固定循环功能被取消。
9. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

```

M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G76 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 Q3. F100. ; 定位, 镗1孔, 在孔底定向, 移动3mm, 暂停1s, 然后返回到R
X150. ; 定位, 镗2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位, 镗3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环, 返回到加工起点
M05 ; 主轴停止

```

14.1.5 钻孔循环、点钻循环 (G81)

G81 是通用钻孔加工循环指令。

格式

G81 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

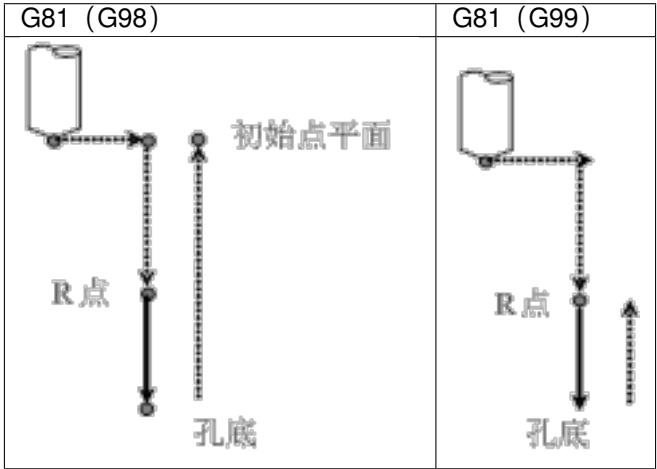
IP_ (非孔加工轴): 孔位置数据

IP_ (孔加工轴): 从 R 点到孔底的距离 (增量值) 或孔底的坐标 (绝对值)

P_: 孔底暂停时间 (单位 0.001 秒)

R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值), 或 R 点的坐标 (绝对值)

J_：孔加工方向，参考第 133 页说明
F_：切削进给速度
L_：循环次数



解释

刀具定位后，快速移动到 R 点，沿着钻孔轴方向钻到孔底，然后刀具快速退回。

备注:

- 1. 指定 G81 前，先启动主轴旋转。如果 G81 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
- 2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
- 3. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
- 4. 固定循环中刀具偏移指令无效。
- 5. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
- 6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。
- 7. 当钻孔循环未编入 P，且 P6401.2=1 时，自动插入准停，P6401.2 (G04IPOSC) 含义：有/无 G04 到位检测机能。

举例

```
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G81 X100. Y100. Z-50. R-20. F100. ; 定位，钻1孔然后返回到R
X150. ; 定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

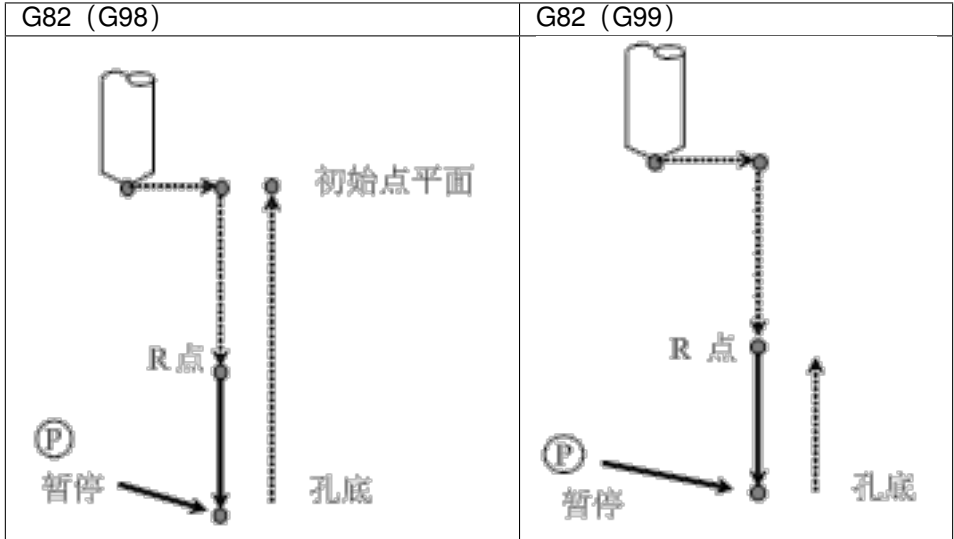
14.1.6 钻孔循环、镗阶梯孔循环 (G82)

G82 是通用钻孔加工循环指令，刀具在孔底暂停后返回。由于孔底暂停，在盲孔加工中，可提高孔深的精度。

格式

```
G82 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;
```

IP_ (非孔加工轴): 孔位置数据
IP_ (孔加工轴): 从 R 点到孔底的距离 (增量值) 或孔底的坐标 (绝对值)
R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值), 或 R 点的坐标 (绝对值)
P_: 孔底暂停时间 (单位 0.001 秒)
J_: 孔加工方向
F_: 切削进给速度
L_: 循环次数



解释

刀具在定位后, 快速移动到 R 点, 沿着钻孔轴方向钻到孔底, 暂停时间 P, 然后刀具快速退回。

备注:

1. 指定 G82 前, 先启动主轴旋转。如果 G82 和 M 代码在同一程序段指定, 则在最初定位时送出 M 代码, 并等待 M 代码执行结束后, 才进行下个循环动作。
2. 固定循环状态时, 如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个, 就进行孔加工, 如果程序段中不包含其中任意一个数据, 则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时, 也不进行孔加工。
3. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
4. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
5. 固定循环中刀具偏移指令无效。
6. 固定循环中指定 01 组代码, 则固定循环功能被取消。
7. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。
8. 当钻孔循环未编入 P, 且 P6401.2=1 时, 自动插入准停, P6401.2 (G04IPOSC) 含义: 有/无 G04 到位检测机能。

举例

```
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G82 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 F100. ; 
↪定位, 钻1孔, 孔底暂停1秒然后返回到R
X150. ; 定位, 钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位, 钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环, 返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

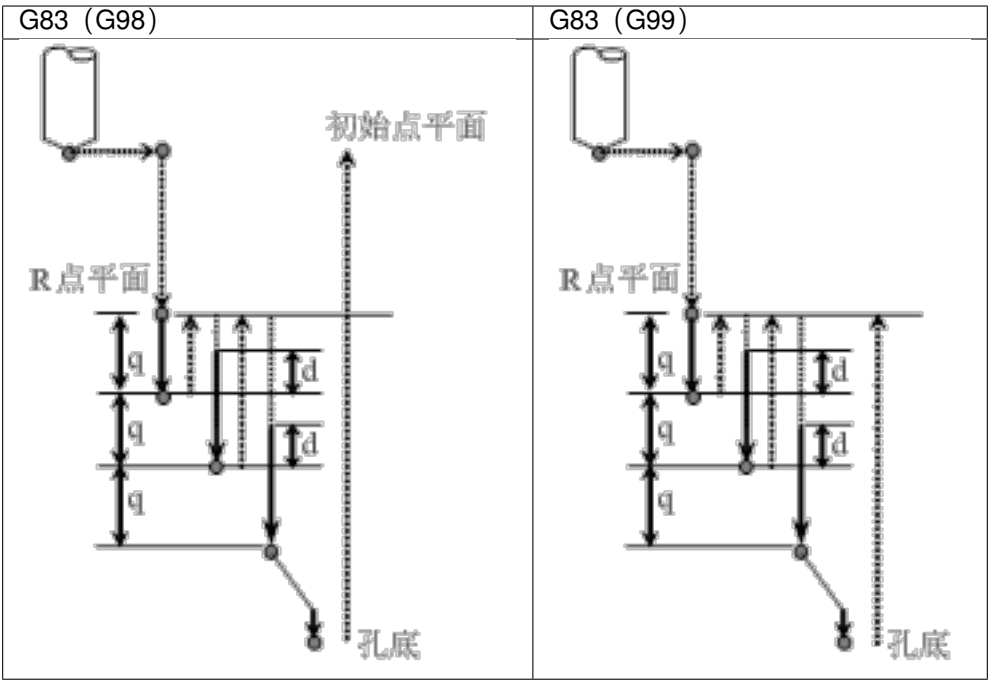
14.1.7 深孔加工循环（G83）

G83 是深孔加工循环指令，执行间歇攻孔到孔底，然后快速退出。

格式

G83 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据
IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
Q_：每次切削进给的进给量
J_：孔加工方向
F_：切削进给速度
L_：循环次数



解释

按上述格式指令，Q 为每次的切入量，用增量值指令。当第二次以后切入时，先快速进给到距刚加工完的位置 d（毫米或英寸）处，然后变为切削进给。Q 值必须是正值，即使指令了负值，符号也无效。d 用参数（P3311）设定。

- 备注:
- 1. Q 值在固定循环内保持模态值，在 G76、G87 中用作孔底平移量，请小心指定。
 - 2. 指定 G83 前，先启动主轴旋转。如果 G83 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
 - 3. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
 - 4. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
 - 5. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
 - 6. 固定循环中刀具偏移指令无效。

7. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
8. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。
9. 当钻孔循环未编入 P，且 P6401.2=1 时，自动插入准停，P6401.2 (G04IPOS) 含义：有/无 G04 到位检测机能。

举例

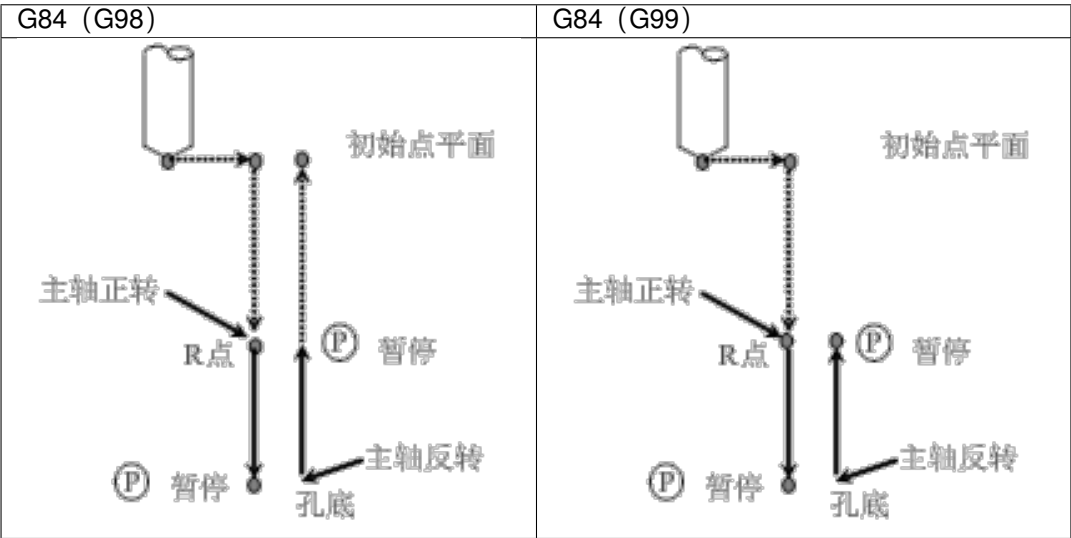
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G83 X100. Y100. Z-50. R-20. Q5. F100. ;
→定位，间歇进给5mm钻1孔，然后返回到 R
X150. ; 定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止

14.1.8 攻丝循环 (G84)

G84 循环为攻丝循环，用于加工正旋螺纹。

格式

- G84 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;
- IP_ (非孔加工轴)：孔位置数据
- IP_ (孔加工轴)：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
- R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
- P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
- J_：孔加工方向，参考《编程手册》格式说明
- F_：切削进给速度
- L_：循环次数



解释

该循环执行攻丝循环，主轴正转状态攻入，到达孔底后主轴暂停时间 P，主轴反转退出，完成攻丝动作。

备注:

1. G84 攻丝循环中，进给速度倍率和进给保持无效。即使按下“进给保持”按键，在返回动作结束前也不停止。
2. 指定 G84 前，先启动主轴旋转。如果 G84 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
3. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
4. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
5. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
6. 固定循环中刀具偏移指令无效。
7. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
8. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。
9. 连续刚性攻丝时，中途不恢复主轴转速（不包括空段）。

举例

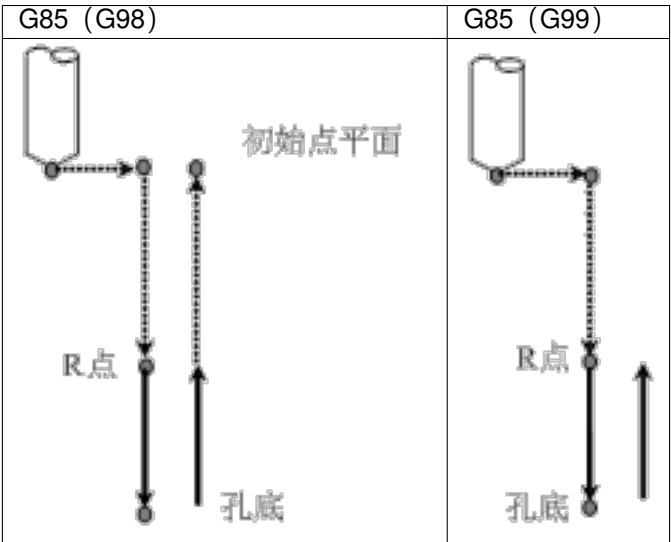
```
M03 S100 ; 主轴旋转
G90 G99 G84 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 F100. ; 定位，攻丝1孔然后返回到R
X150. ; 定位，攻丝2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，攻丝3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

14.1.9 镗削循环（G85）

G85 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G86.5 进行精镗。循环过程同 G84，只是在孔底主轴不反转，也没有暂停时间。

格式

- G85 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;
- IP_（非孔加工轴）：孔位置数据
 - IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
 - R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
 - P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
 - J_：孔加工方向，参考第 133 页说明
 - F_：切削进给速度
 - L_：循环次数



解释

刀具在定位后，快速移动到 R 点，沿着 Z 向切削到孔底，再以切削速度退出，然后刀具返回 R 点或初始平面。

备注:

1. 指定 G85 前，先启动主轴旋转。如果 G85 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
3. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
4. 固定循环中刀具偏移指令无效。
5. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

```
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G85 X100. Y100. Z-50. R-20. F100. ; 定位，钻1孔然后返回到R
X150. ; 定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

14.1.10 镗削循环 (G86)

G86 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G76 进行精镗。循环过程同 G81，只是在孔底主轴停转。

格式

G86 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_ (非孔加工轴): 孔位置数据

IP_ (孔加工轴): 从 R 点到孔底的距离 (增量值) 或孔底的坐标 (绝对值)

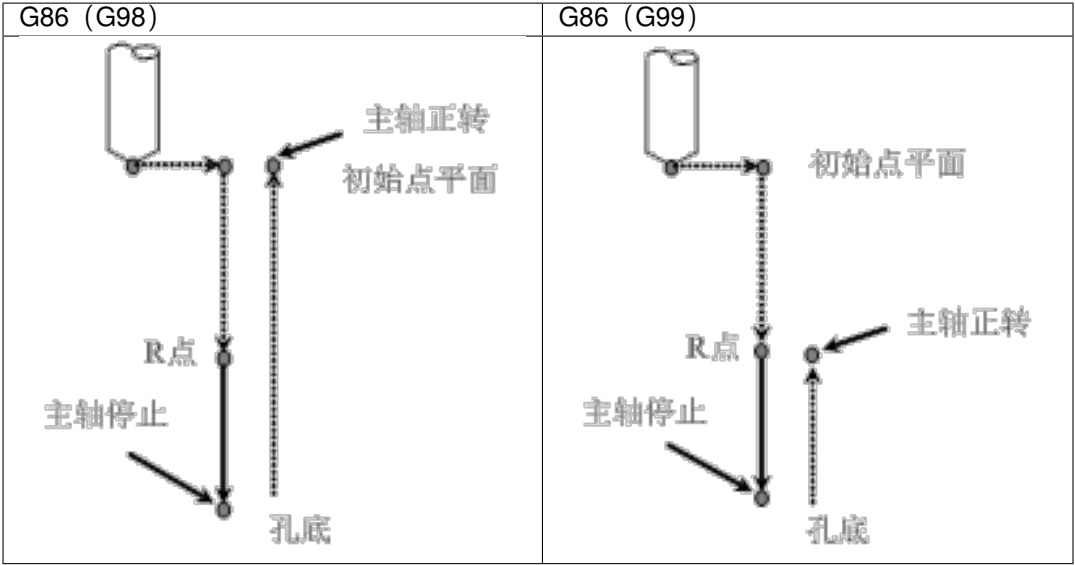
R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值)，或 R 点的坐标 (绝对值)

P_: 孔底暂停时间 (单位 0.001 秒)

J_: 孔加工方向

F_: 切削进给速度

L_: 循环次数



解释

刀具在定位后，快速移动到 R 点，沿着 Z 向切削到孔底，主轴停转，然后刀具快速返回 R 点或初始平面，主轴正转启动。

- 备注:**
- 1. 指定 G86 前，先启动主轴旋转。如果 G86 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
 - 2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
 - 3. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
 - 4. 固定循环中刀具偏移指令无效。
 - 5. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
 - 6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

```
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G86 X100. Y100. Z-50. R-20. F100. ; 定位，钻1孔然后返回到R
X150. ; 定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

14.1.11 镗削循环、反镗循环 (G87)

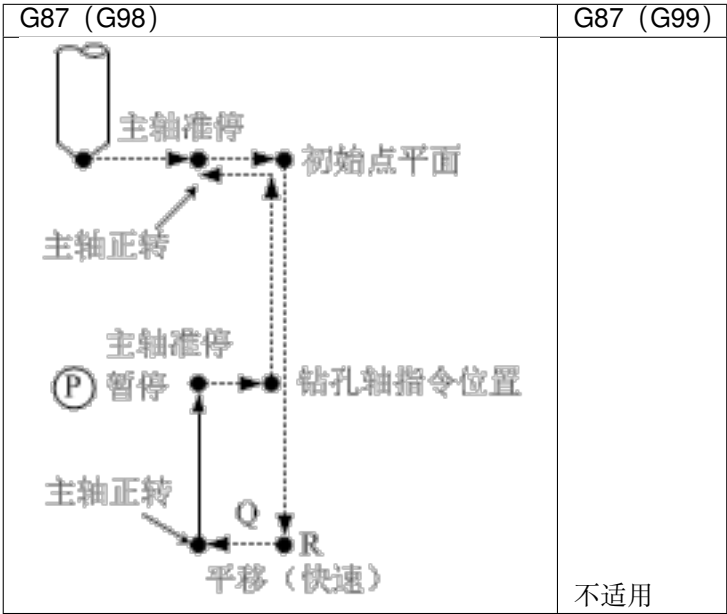
G87 循环用于镗削精密孔。

格式

G87 IP_ R_ Q_ P_ J_ F_ L_ NU/NV/NW_;

IP_ (非孔加工轴): 孔位置数据
IP_ (孔加工轴): 从 R 点到指定位置的距离 (增量值) 或指定位置的坐标 (绝对值)
R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值), 或 R 点的坐标 (绝对值)

P_：孔顶 Z 点暂停时间（单位 0.001 秒）
Q_：孔底的偏移量
J_：孔加工方向
F_：切削进给速度
L_：循环次数
NU/NV/NW_：孔底退刀轴偏移量,NU 为第一轴，NV 为第二轴，NW 为第三轴;



解释

定位后，主轴在预定的回转位置停止，然后向刀具的相反方向位移 Q，用快速进给在孔底（R 点）定位，然后在此位置快速进给一个位移量 Q，主轴正转后沿钻孔轴的正向镗孔到钻孔轴指令位置。在此位置，使主轴再次停止在预定的位置后，再向刀尖反方向位移 Q，然后刀具从孔中退出。返回到初始点后，进给一个位移量，主轴正转，进行下个程序段动作。关于位移量及其方向，与 G76 完全相同。主轴预定回转位置的工作方式如下：

诊断参数“M19S”（K042.0）设为 1，系统运行 G76 或 G87 指令，动作执行到主轴定向时，系统发出主轴定向信号（即输出口 M19O=1），然后等待，当定向完成（即输入口 M19I=1），系统继续往下执行，完成循环过程。

备注:

1. 用地址 Q 指定位移量，Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。位移方向（+X、-X、+Y、-Y）的选择，事先用参数 PM1（P3300.4）和 PM2（P3300.5）设定。
2. Q 值在固定循环内保持模态值，在 G73、G83 中用作每次切削深度，请小心指定。
3. 指定 G87 前，先启动主轴旋转。如果 G87 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
4. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
5. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
6. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
7. 固定循环中刀具偏移指令无效。
8. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
9. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

- 镗孔循环底部平移

镗孔循环（G76/G86.5/G87）中包含平移运动，用于退刀以避免刀具划伤已加工表面。

平移运动包括两种方式

方式一：

用地址 Q 指定位移量，参数 PM2、PM1（P3300）指定退刀方向

方式二：

NU/NV/NW 地址控制平移方向与运动量

解释

Q 地址忽略符号，只考虑数值。方向由参数 PM2、PM1（P3300）决定。

NU/NV/NW 地址同时考虑符号与数值，可以同时指定多个方向。

NU/NV/NW 受参数 P3300.6/3800.6（DRGNFIX）影响。

NU/NV/NW 地址多数情况下可以认为对应 X/Y/Z 轴。

若同时指令 Q 地址与 NU/NV/NW 地址，会触发 PS 报警。

若退刀实际运动量为 0 时，会触发 PS 报警。

若钻孔轴方向有实际退刀运动时，会触发 PS 报警。

若在不支持平移运动的钻孔循环中指令了 NU/NV/NW，会触发 PS 报警。

举例

```

M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G98 G87 X100. Y100. Z-20. R-50. P1000 Q3. F100. ;
→定位，向刀尖相反方向偏移，                                快速进┐
→给到R点，进刀偏移，镗1孔到Z点，暂停，                        ┘
→主轴停转，主轴定向，退刀偏移，快速退出，偏移，              返回到初始平面
X150. ; 定位，镗2孔后返回到初始平面
Y150. ; 定位，镗3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
  
```

14.1.12 镗孔循环（G88）

G88 循环自动进给，手动退出。

格式

G88 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

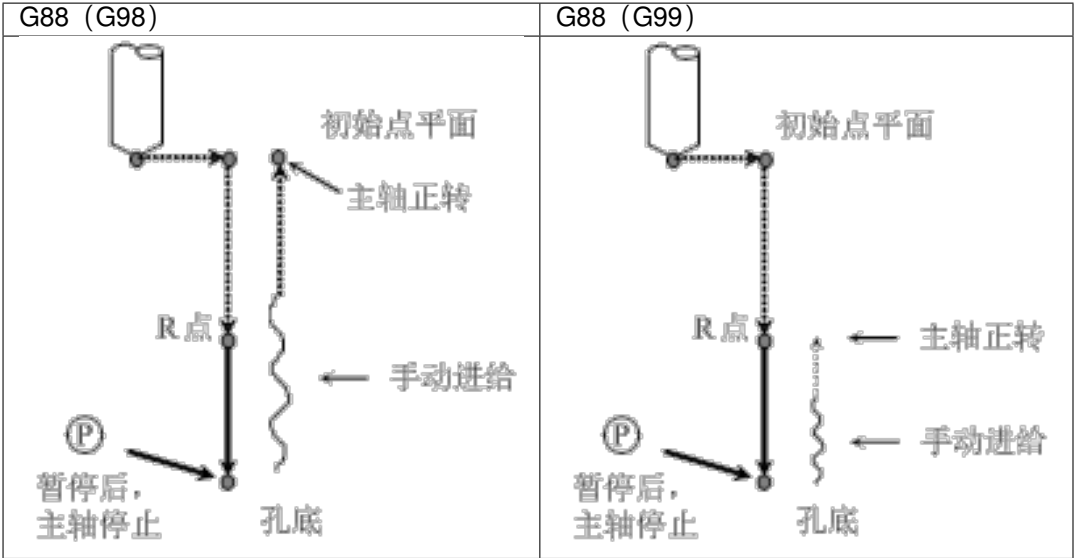
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

J_：孔加工方向

F_：切削进给速度

L_：循环次数



解释

刀具定位后，快速移动到 R 点，执行镗孔到孔底，在孔底暂停，主轴停转。此时切换到手动状态，可以手动移出刀具。无论进行什么样的手动操作，都要以刀具从孔中安全退出为原则。再开始自动加工时，快速返回 R 点或初始平面后，主轴正转启动。

- 备注:**
- 1. 指定 G88 前，先启动主轴旋转。如果 G88 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
 - 2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
 - 3. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
 - 4. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
 - 5. 固定循环中刀具偏移指令无效。
 - 6. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
 - 7. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

```
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G88 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 F100. ;
↪定位，快速移动到R点，镗1孔，在Z点 停止，切换为手动退出刀具返回到R
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

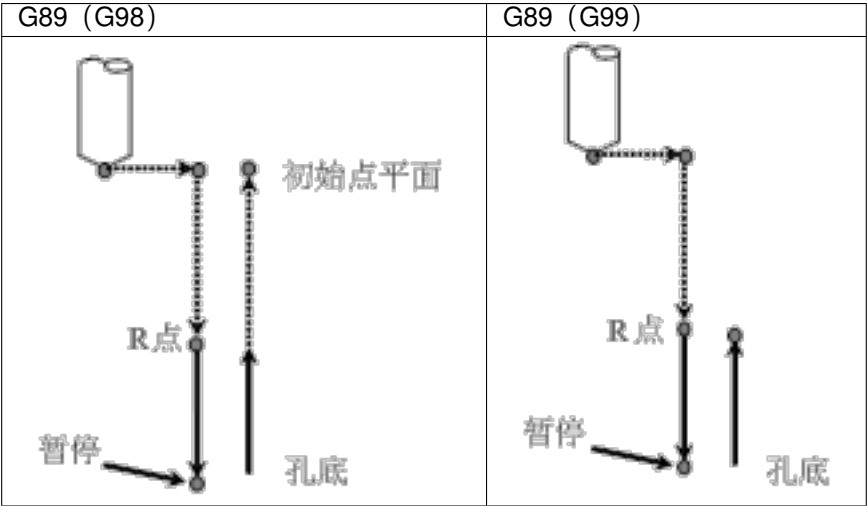
14.1.13 镗孔循环 (G89)

G89 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G76 进行精镗。循环过程同 G85，只是在孔底有暂停时间。

格式

```
G89 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;
```

IP_ (非孔加工轴): 孔位置数据
IP_ (孔加工轴): 从 R 点到孔底的距离 (增量值) 或孔底的坐标 (绝对值)
R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值), 或 R 点的坐标 (绝对值)
P_: 在孔底的暂停时间 (0.001 秒)
J_: 孔加工方向
F_: 切削进给速度
L_: 循环次数



解释

G89 循环和 G85 一样，只是在孔底增加了暂停时间，可以提高盲孔的加工精度。

备注:

- 1. 指定 G89 前，先启动主轴旋转。如果 G89 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
- 2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
- 3. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
- 4. 固定循环中刀具偏移指令无效。
- 5. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
- 6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

```
M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G89 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 F100. ;
↪定位，钻1孔，暂停1秒，然后返回到R
X150. ; 定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
```

14.1.14 固定循环取消 (G80)

G80 用于取消钻孔固定循环状态。

格式

G80 ;

解释

用于取消所有固定循环（G73、G74、G76、G81~G89）的所有加工数据，以后按通常动作加工。

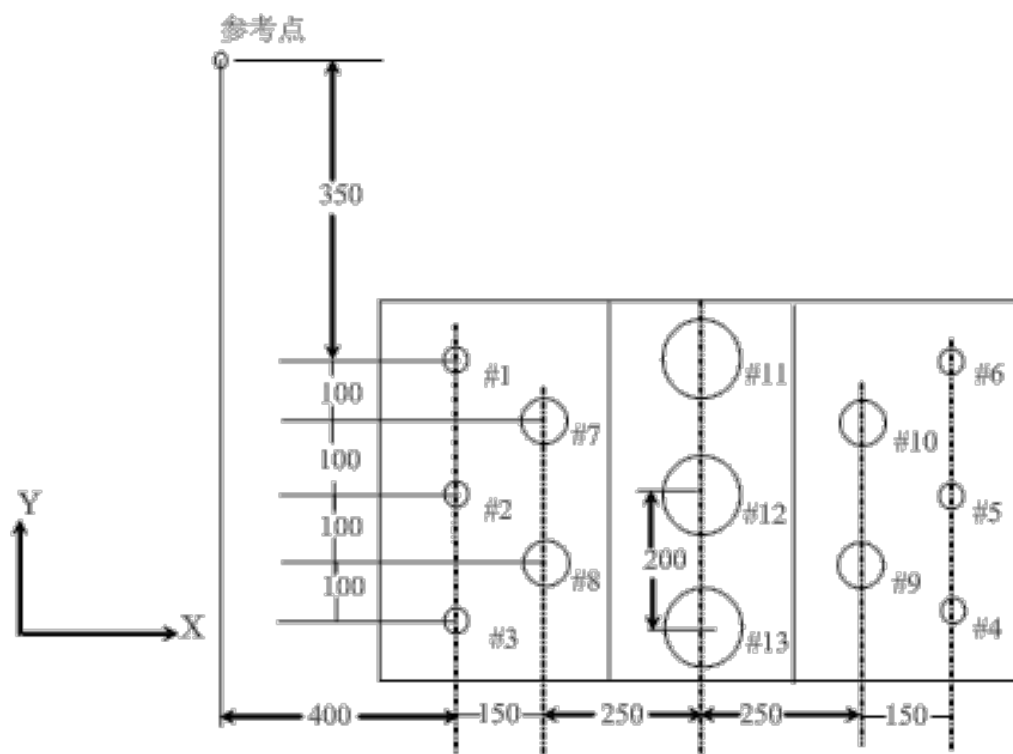
举例

```

M03 S800 ; 主轴旋转
G90 G99 G89 X100. Y100. Z-50. R-20. P1000 F100. ; 
→定位，钻1孔，暂停1秒，然后返回到R
X150. ; 定位，钻2孔然后返回到R
G98 Y150. ; 定位，钻3孔后返回到初始平面
G80 G00 X0. Y0. Z0. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止
  
```

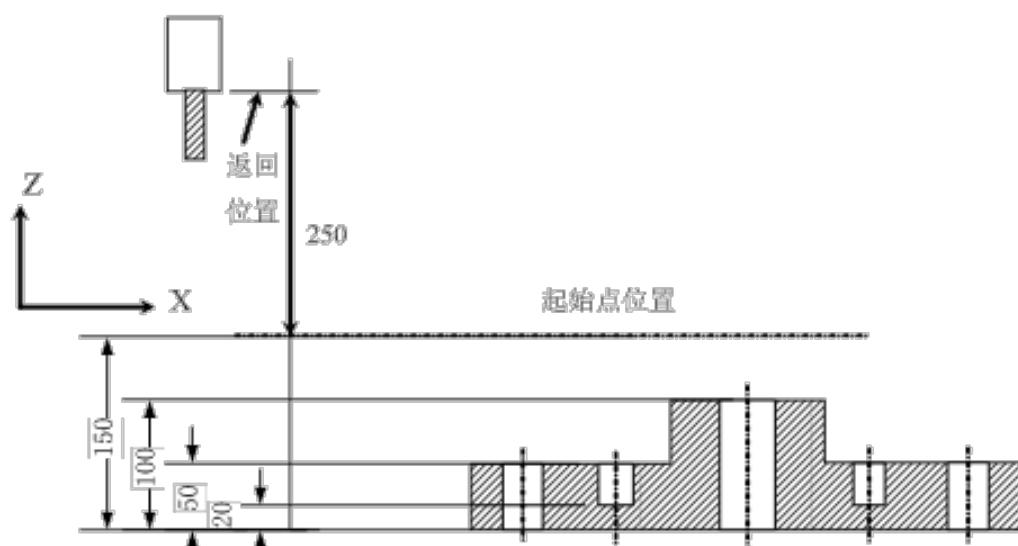
14.1.15 钻孔固定循环实例（使用刀具长度补偿）

- 工件尺寸数据 1



- 工件尺寸数据 2

#1~6 钻 $\Phi 10$ 孔
 #7~10 钻 $\Phi 20$ 孔
 #11~13 镗 $\Phi 95$ 孔（深 50mm）

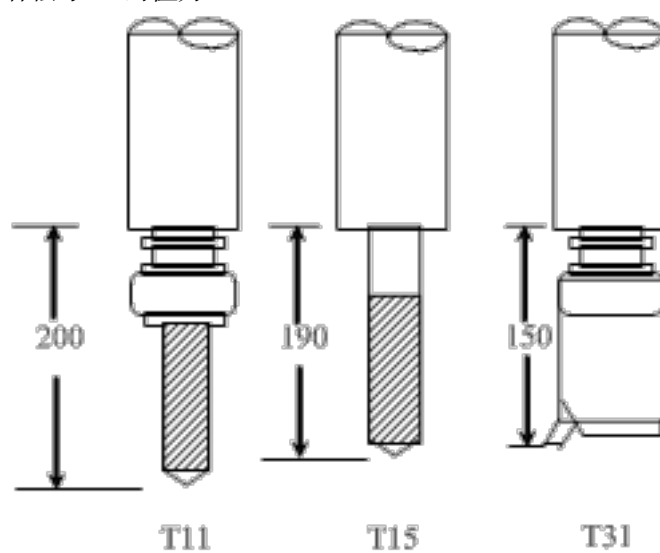


- 刀具选择

补偿号 11 的值为 200.0

补偿号 15 的值为 190.0

补偿号 31 的值为 150.0



- 加工程序

N001 G92 X0 Y0 Z0 ; 坐标系设定在参考点。
 N002 G90 G00 Z250.0 T11 M6 ; 换刀。
 N003 G43 Z0 H11 ; 在初始点进行平面刀具长度补偿。
 N004 S30 M3 ; 主轴启动。
 N005 G99 G81 X400.0 Y-350.0 Z-153.0 R-97.0 F120.0 ; 定位后加工 #1 孔。
 N006 Y-550.0 ; 定位后加工 #2 孔, 返回 R 点平面。
 N007 G98 Y-750.0 ; 定位后加工 #3 孔, 返回初始点平面。
 N008 G99 X1200.0 ; 定位后加工 #4 孔, 返回 R 点平面。
 N009 Y-550.0 ; 定位后加工 #5 孔, 返回 R 点平面。
 N010 G98 Y-350.0 ; 定位后加工 #6 孔, 返回初始点平面。
 N011 G00 X0 Y0 M5 ; 返回参考点, 主轴停。
 N012 G49 Z250.0 T15 M6 ; 取消刀具长度补偿, 换刀。
 N013 G43 Z0 H15 ; 初始点平面, 刀长补偿。
 N014 S20 M3 ; 主轴启动。
 N015 G99 G82 X550.0 Y-450.0 Z-130.0 R-97.0 P30 F70 ; 定位后加工 #7 孔, 返回 R 点平面。
 N016 G98 Y-650.0 ; 定位后加工 #8 孔, 返回初始点平面。
 N017 G99 X1050.0 ; 定位后加工 #9 孔, 返回 R 点平面。
 N018 G98 Y-450.0 ; 定位后加工 #10 孔, 返回初始点平面。
 N019 G00 X0 Y0 M5 ; 返回参考点, 主轴停。
 N020 G49 Z250.0 T31 M6 ; 取消刀具长度补偿, 换刀。
 N021 G43 Z0 H31 ; 初始点平面刀长补偿。
 N022 S10 M3 ; 主轴启动。
 N023 G85 G99 X800.0 Y-350.0 Z-153.0 R47.0 F50 ; 定位后加工 #11 孔, 返回 R 点平面。
 N024 G91 Y-200.0 ; 定位后加工 #12 孔, 返回 R 点平面。
 N025 Y-200.0 ; 定位后加工 #13 孔, 返回 R 点平面。
 N026 G00 G90 X0 Y0 M5 ; 返回参考点, 主轴停。
 N027 G49 Z0 ; 取消刀具长度补偿。
 N028 M05 ; 主轴停。
 N029 M30 ; 程序停。

14.2 攻丝固定循环

14.2.1 模拟主轴攻丝 (G93)

格式

G93 Zp_ F/I_ Q_ L_ P_ ;

Zp_ : 指定 Zp 轴终点坐标。

F/I_ : 攻丝导程。I 为英制导程指定, F 为公制导程指定。

Q_ : 起始角偏移。

L_ : 加工头数。

P_ : 孔底暂停时间 (不包括主轴停止时间)。

解释

G93 为 01 组模态 G 代码。一般情况下, G93 后应指定 01 组其它模态 G 代码。

例

G93 Z-100. F5. ;	攻丝循环到 Z-100. 后返回。
G00 X50. ;	X 向快速定位。

• 执行过程

G93 执行过程如下:

1. Zp 轴向负方向按每转进给方式 (切螺纹) 进给。

2. 运动到程序指定的坐标后，自动停止主轴转动。主轴完全停止后，保持 Z 轴不动，在孔底暂停 P 指定时间。然后自动反向旋转主轴，Zp 退回到起始位置。
- 3 停止主轴旋转，恢复程序段前指定的方向旋转主轴。

- 英制螺纹切削机能

攻丝 (G93、G84、G84.5) 时，螺纹导程如果用 I 指定，其单位为：牙/英寸。

I 的指令范围与软件配置有关。

例

1. 切削 $2\frac{1}{8}$ 牙/英寸的螺纹时，指定 I2.125。
2. 切削 $50\frac{4}{50}$ 牙/英寸的螺纹时，指定 I50.8。
3. 切削 6 牙/英寸的螺纹时，指定 I6.0。

备注：

1. 当在程序段同时指定 F 和 I 时，F 有效。
 2. I 编程时可带小数点，小数点前单位为牙/英寸，小数位数与直线轴小数位数相同。
 3. 指令 I 后，系统自动由 I 计算 F。F 的单位与编程单位有关，而 I 的单位固定为牙/英寸，与编程单位无关。公制编程时， $F=25.4/I$ ，英制编程时， $F=1/I$ 。
-

- 其他说明

1. 可以指令的导程与软件配置有关。公制下导程 F 的小数位数 = 公制直线轴小数位数 +1；英制下导程 F 的小数位数 = 英制直线轴小数位数 +2。
2. 与螺纹加工相同，在 G93 攻丝过程中，加减速曲线为直线，加/减速度由参数 (P6480/P6481) 设定。
3. 如果 Zp 正向运动后执行 G93，由于反向运动，系统会先执行反向间隙补偿。如果配步进电机堵转，可设置更小的间隙补偿速度，或在执行 G93 前，先指令 Zp 轴负向运动。
4. 主轴制动时间参数的设置会影响主轴停止后反向启动旋转的时间，请注意设置。

备注：

1. Zp 必须为负向运动，否则产生报警 (PS0012)。
 2. 不能编入除 Zp 以外的其它轴指令，否则产生报警 (PS0012)。
 3. G93 模态有效时，如果 Zp 轴未指令，则系统产生报警 (PS0012)。(之前版本在 G93 模态有效时，如果 Zp 轴未指令，则按上次保存值运动。)
 4. 执行 G93 之前，必须启动主轴旋转。
 5. 要求机床的主轴刹车时间短。系统准备时按运动值 +50.000，要求输出主轴停止时，运动长度不能超出 50mm 以上。
 6. 要求主轴转速不能过高。
 7. 指定地址 I 时，为英制螺纹指定。可理解为移动 1 英寸时主轴的圈数，单位为牙/英寸。
 8. 笛卡儿坐标系设定会更改攻丝进给轴。
-

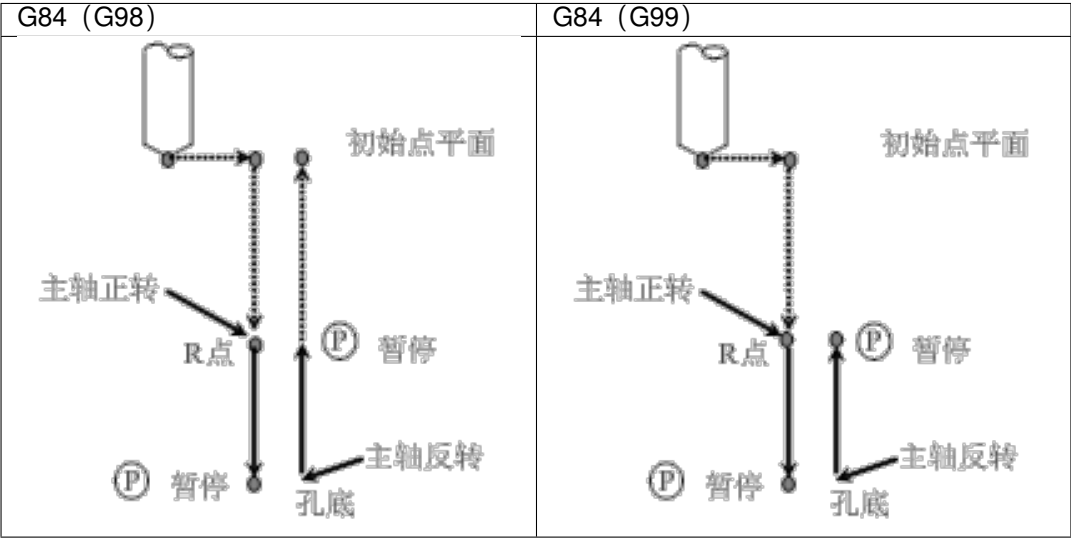
14.2.2 数字主轴刚性攻丝 (G84、G74)

当机床配数字主轴且有轮廓控制功能 (主轴位参数 SPiCs=1, i 为主轴轴号) 时，可采用攻丝循环指令 (G84) 和左旋攻丝循环指令 (G74) 实现刚性攻丝。这时，主轴电机的工作和进给轴电机一样，由攻丝进给轴和主轴之间的插补来执行攻丝。刚性方式执行攻丝时，主轴每旋转一周，沿攻丝轴产生一定的进给 (螺纹导程)。即使在加减速期间，这个操作也不变化。这样的攻丝方式，不用标准攻丝方式中使用的浮动丝锥卡头，可得到较快和较精确的攻丝。

刚性攻丝（G84）
格式

G84 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ M_;

IP_（非攻丝轴）：孔位置数据
IP_（攻丝轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
J_：攻丝方向，参考第 133 页说明
F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。
L_：循环次数
M_：夹紧。如果输入主轴夹紧 M 代码 (M38/M38.2/…), 那么在定位到孔位置后夹紧，并在完成后松开。未输入则在钻孔循环过程中无夹紧松开动作。注：夹紧 M 代码对应主轴与转动主轴不应为同一主轴，否则报警。



解释

- 转动主轴选择
模态地址 NS 用于选择转动主轴轴号。未输入时默认为主轴 1。
- 运动过程
定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点到孔底执行攻丝。当攻丝完成时，主轴停止并执行暂停，然后主轴以相反方向旋转，刀具退回到 R 点，主轴停止。然后，执行快速移动到初始位置。当攻丝正在执行时，进给速度倍率和主轴倍率始终保持 100%。
- 主轴转速
主轴转速由 S 指定，S 指令在 G84 之前或者和 G84 在同一程序段。
- 攻出时指令转速

RS 功能为攻出时单独指令转速，用于提高加工效率。

例：

```
G00 Z2. ;  
N10 G84 Z-40. F2. S300 RS1000;    // RS 指令放在攻丝指令段  
N20 Z-50. ;  
M30 ;
```

备注：

1. RS 指令数值即为攻出时指令转速数值
2. 连续执行插补时，RS 为模态值，保存地址，当有非 G04 和非刚性攻丝 G 代码在连续执行段中执行时，会清除 RS 模态
3. RS 对应宏变量地址为局部变量 #21

• 攻丝进给速度

在攻丝加工中，进给轴的进给速度 = 导程 F * 主轴转速 S。系统实际的进给速度为进给轴与主轴的合成速度，这由系统自动计算。显示上，攻丝过程中 F 值显示为进给轴的进给速度。进给轴的进给速度不超过参数 (P0713) 设置的切削进给上限速度。

备注：当参数 “GTF” (P3400.7) =1 时，F 为刚性攻丝时的进给速度，不是导程。

• 加减速控制

数字主轴刚性攻丝加减速由曲线参数 (P6414/P6415) 和速度参数 (P6434/P6435) 设定。紧急减速使用当前段减速度，防止因紧急减速度过大，导致主轴过流报警。

• 限制

1. 当配置数字主轴功能时，在攻丝过程中，主轴工作方式不可以改变，否则产生报警 (PS186)。
2. 进给轴和主轴脉冲输出频率超过系统上限时，产生驱动器报警 (3 指令速率过大)。
- 3 S 指令不可以为 0，否则产生报警 (PS0011)。
4. G84 指令中，指定的攻丝长度不可以大于螺纹导程 F*1491，否则报警 (PS0187)。
5. 固定循环中刀具偏移指令无效。
6. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。

举例

以 1000rev/min 的主轴转速，4.0mm 导程攻丝。孔位坐标依次为 (X100., Y100.)、(X200., Y100.) 和 (X200., Y200.)。

加工程序

```
G00 X0 Y0 Z0 ;
G98 G90 G80 ;
G00 X0 Y0 Z-50. S1000 ;
G84 X100. Y100. Z-500. R-100. P100 F4.0 ;
X200. ;
Y200. ;
G00 ;
M30 ;
```

左旋刚性攻丝 (G74)

格式

G74 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ M_;

IP_ (非攻丝轴): 孔位置数据

IP_ (攻丝轴): 从 R 点到孔底的距离 (增量值) 或孔底的坐标 (绝对值)

R_: 从初始点平面到 R 点的距离 (增量值), 或 R 点的坐标 (绝对值)

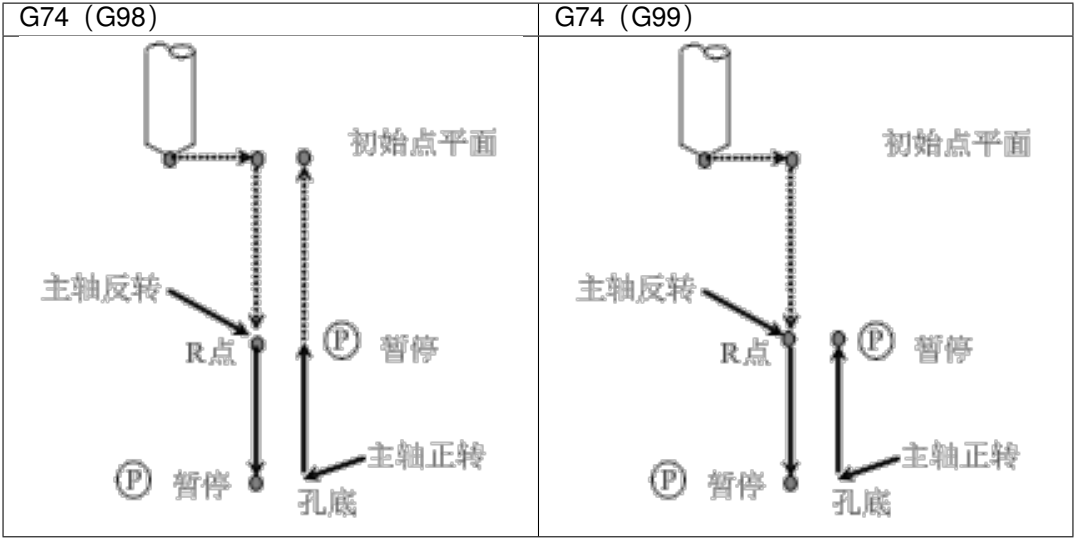
P_: 孔底暂停时间 (单位 0.001 秒)

J_: 攻丝方向

F/L_: 攻丝导程。I 为英制导程指定, F 为公制导程指定。

L_: 循环次数

M_: 夹紧。如果输入主轴夹紧 M 代码 (M38/M38.2/…), 那么在定位到孔位置后夹紧, 并在完成后松开。未输入则在钻孔循环过程中无夹紧松开动作。注: 夹紧 M 代码对应主轴与转动主轴不应为同一主轴, 否则报警。



解释

与刚性攻丝（G84）唯一的区别是主轴反转攻入，正转退出。其他解释和注意事项请参考刚性攻丝（G84）。

举例

以 1000rev/min 的主轴转速，4.0mm 导程攻丝。孔位坐标依次为（X100.，Y100.）、（X200.，Y100.）和（X200.，Y200.）。

加工程序

```
G00 X0 Y0 Z0 ;
G98 G90 G80 ;
G00 X0 Y0 Z-50. S1000 ;
G74 X100. Y100. Z-500. R-100. P100 F4.0 ;
X200. ;
Y200. ;
G00 ;
M30 ;
```

深孔刚性攻丝（排屑）循环（G84、G74）

在刚性攻丝方式中，深孔攻丝可能是困难的，因为切屑阻止刀具运动或者增加切削阻力。在这样的情况下，可使用深孔刚性攻丝（排屑）循环。在此循环中，系统会执行数次进刀直到孔底。深孔攻丝循环有两种方式：高速深孔攻丝循环和标准深孔攻丝循环，用参数“PCP”（P2700.7）来选择。

格式

G84/G74 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ M_;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（0.001 秒）

Q_：每次切削进给的进给量

J_：孔加工方向

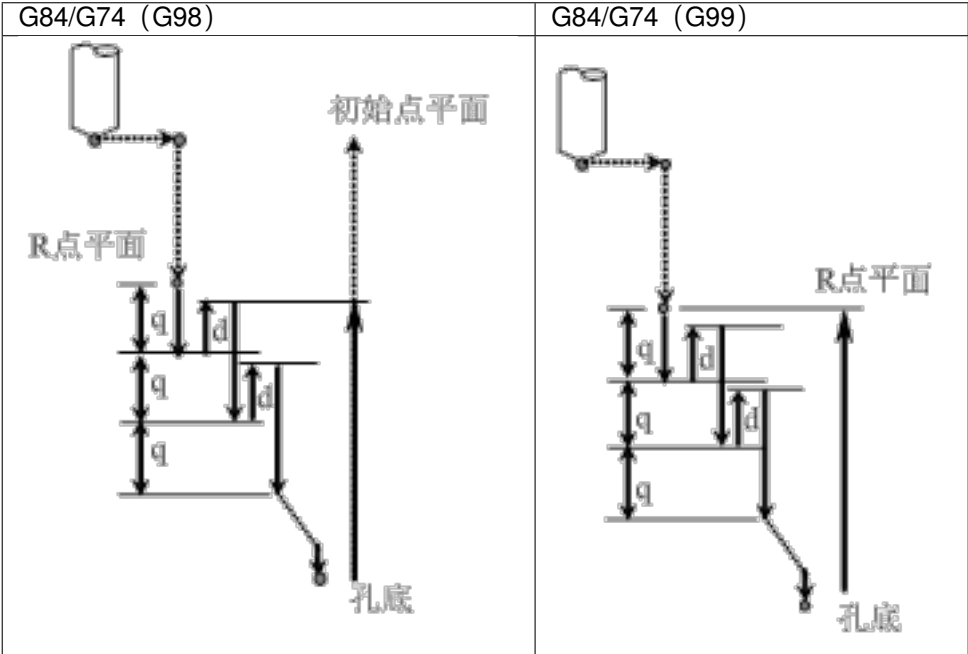
F/L_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

L_：循环次数

M_：夹紧。如果输入主轴夹紧 M 代码（M38/M38.2/…），那么在定位到孔位置后夹紧，并在完成后松开。未输入则在钻孔循环过程中无夹紧松开动作。注：夹紧 M 代码对应主轴与转动主轴不应为同一主轴，否则报警。

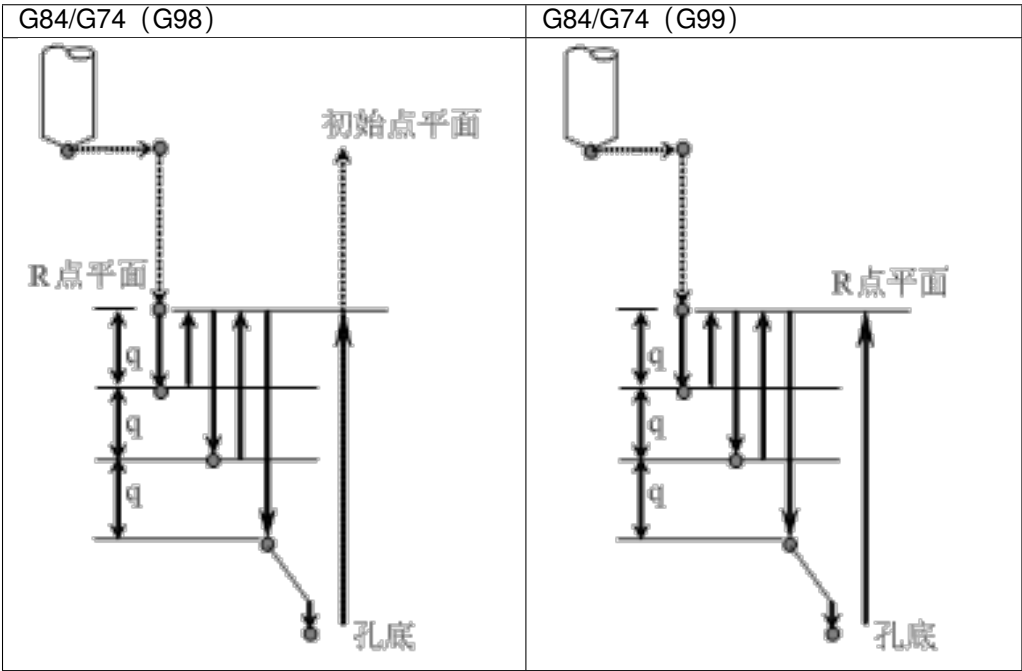
解释

- 转动主轴选择
 模态地址 NS 用于选择转动主轴轴号。未输入时默认为主轴 1。
- 高速深孔攻丝循环（PCP=1）



如上图所示，攻丝孔位定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点用进刀深度 Q（每次切削进给的进给量）执行切削，然后刀具退回距离 d。当到达 Z 点时，主轴停止，然后以相反方向旋转后退。在参数“深孔刚性攻丝循环后退距离 d”（P3410）中设定后退距离 d。

- 标准深孔攻丝循环（PCP=0）



如上图所示，沿 X 和 Y 轴定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点用进刀深度 Q（每次切削进给的进给量）执行切削，然后返回到 R 点。再从 R 点开始下一次进刀。当到达 Z 点时，主轴停止，然后以相反方向旋转后退。

每次按进刀深度 Q 切削后返回 R 点的过程为深孔攻丝循环排屑阶段，该过程中，每当刀尖返回至 R 点时，F125.1 接口置 1。当攻丝循环结束，最后一次退出至 R 点时，F125.0 接口置 1。

备注:

- 1. 必须在攻丝程序段中指定 Q。如果在非攻丝程序段中指定 Q，则不能作为模态数据存储。当 Q0 被指定时，不执行深孔刚性攻丝循环。
- 2. 其他注意点参考刚性攻丝（G84）的说明。

14.3 直线角度编程功能

本系统支持直线角度编程功能，配合倒角和倒圆编程功能，可实现图纸尺寸编程功能。设定“ANGPM”（P0003.7）为 1 时，该机能有效。

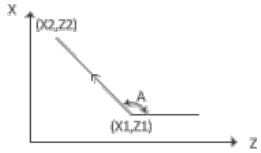
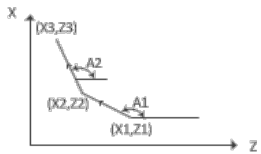
格式

指令格式表示 G18 平面 (ZX 平面) 时的例子。可以在 G17 平面 (XY 平面)、G19 平面 (YZ 平面) 上以下列格式指定本功能。

格式变化如下：

G17 平面：“Z” -> “X”，“X” -> “Y”

G19 平面：“Z” -> “Y”，“X” -> “Z”

序号	指令		刀具的运动
	CENCW (P2500.2) =0	CENCW (P2500.2) =1	
1	G01 X2_(Z2_) NA_;	G01 X2_(Z2_) ,A_;	
2	G01 NA1_; G01 X3_ Z3_ NA2_; (X3_Z3_ 需绝对指定)	G01 ,A1_; G01 X3_ Z3_ ,A2_; (X3_Z3_ 需绝对指定)	

解释

下图所示加工图纸的程序如下：

当CENCW=0时

```
G01 X{x1} Z{z1} F{f}; // 起点
X{x2} Z{z2} NC{c1};
X{x3} Z{z3} NR{r2};
X{x4} Z{z4};
```

或

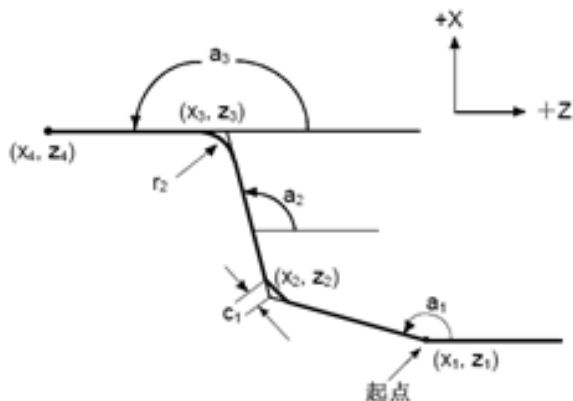
```
G01 X{x1} Z{z1} F{f}; // 起点
NA{a1} NC{c1};
X{x3} Z{z3} NA{a2} NR{r2};
X{x4} Z{z4};
```

当CENCW=1时

```
G01 X{x1} Z{z1} F{f}; // 起点
X{x2} Z{z2} ,C{c1};
X{x3} Z{z3} ,R{r2};
X{x4} Z{z4};
```

或

```
G01 X{x1} Z{z1} F{f}; // 起点
,A{a1} ,C{c1};
X{x3} Z{z3} ,A{a2} ,R{r2};
X{x4} Z{z4};
```



限制

备注:

1. 在下面的程序中，计算交点的角度公差是 ± 1 度。(因为在交点计算中求出的移动量太大)
 - 1)X_NA_; (将角度指令 NA 指定为 0 度或 180 度的 ± 1 度范围内的值时，报警 PS0425)
 - 2)Z_NA_; (将角度指令 NA 指定为 90 度或 270 度的 ± 1 度范围内的值时，报警 PS0425)
2. 计算焦点时，由两条直线构成的角度差在 ± 1 度范围内时，会有报警 PS0428。
3. 编程的角度为直线与平面第 1 轴的夹角，逆时针为正，顺时针为负。但系统内部使用其正切值(斜率)进行运算，实际角度可能与用户编入的角度相差 180 度。
4. 对于位于仅指定了角度指令的程序段后面的程序段，必须指定两个坐标的绝对指令值和角度指令，否则报警 PS0426。

例

```
N1 G01 NA_ ;
N2 G01 X_ Z_ NA_ ;
```

N2 段的平面必须与 N1 段一致，如果 N2 段切换平面，那么报警 PS0432。如果 N2 段输入坐标非绝对编程，那么报警 PS0427。

5. 对于编程了角度的程序段，限制如下：

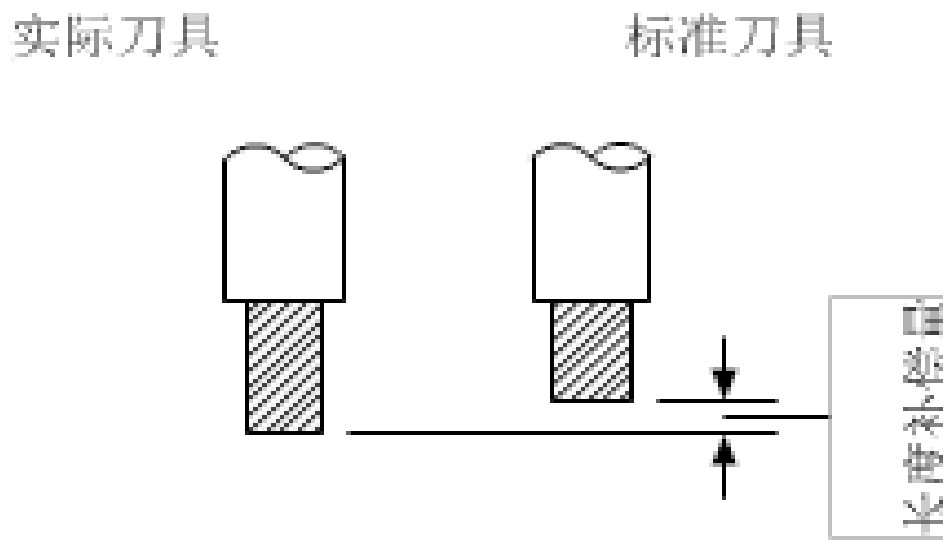
- 1) 不允许变更公英制状态 (G20/G21)。否则报警 PS0429
- 2) 前一段 G01 程序段只有角度时，后一段不允许变更平面。否则报警 PS0432
- 3) 不允许变更镜像状态 (T: G68/G69)。否则报警 PS0431
- 4) 不允许变更极坐标插补状态 (G12.1/G13.1)。否则报警 PS0430

6. 直线角度编程机能可以和倒角和倒圆编程机能同时使用。

第 15 章 补偿功能

15.1 刀具长度补偿（G43、G44、G49）

把编程时假设的标准刀具与实际进行加工时使用的刀具长度值之差设置到刀补存储器里。加工工件时，不需要修改程序，只需要指定相应的刀补号，就可以使用不同长度的刀具来加工相同的工件。这就是刀具长度补偿功能。



格式

G43/G44 H_n;
G43: 正向长度补偿
G44: 负向长度补偿
H: 补偿号

备注:

- 1. 在指令 G43/G44 时，同时设置所有轴长度补偿值。
- 2. 2 个以上轴进行偏置时，指令 G49 或 H0 时取消所有轴的偏置。
- 3. 当参数“RSTG49”（P2502.3）设置为 1 时，按下复位键可清除长度补偿，录入方式无效。

解释

- 补偿方向

无论是绝对值编程，还是增量值编程，当指定 G43 时，程序指定轴移动的终点坐标值加上用 H 代码指定的长度补偿值（在刀补存储器中）作为终点坐标值（机床坐标）；当指定 G44 时，程序指定轴移动的终点坐标值减去 H 代码指定的长度补偿值作为终点坐标值（机床坐标）。

当指定轴移动省略时，仅仅移动刀具长度补偿的值。当补偿量是负值时，移动方向相反。G43，G44 是模态 G 代码，在遇到同组其他 G 代码之前一直有效。

- 补偿号

补偿号最大可以指定的范围是 H00~H256。在 LCD/MDI 面板，可把补偿号 H01~H256 对应的长度补偿量事先设定在刀补存储器中。与补偿号 H00 对应的刀具长度补偿值始终为 0，无法设定。

刀具长度形状补偿量允许输入范围为 [-100000.000, 100000.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”（P3270）决定。“刀具磨损补偿最大值”的范围为 [1.000~10000.000]，假设该参数的值为 α ，那么磨损补偿量的允许输入范围为 $[-\alpha, \alpha]$ 。执行时刀具长度补偿量为形状补偿量与磨损补偿量之和。

- 刀具补偿号与形状补偿变量号对应表：

补偿号	1 轴长度补偿形状变量号	2 轴长度补偿形状变量号	3 轴长度补偿形状变量号	4 轴长度补偿形状变量号	5 轴长度补偿形状变量号	6 轴长度补偿形状变量号	7 轴长度补偿形状变量号	8 轴长度补偿形状变量号	半径补偿形状变量号
1	#10001	#20001	#30001	#40001	#50001	#60001	#70001	#80001	#90001
2	#10002	#20002	#30002	#40002	#50002	#60002	#70002	#80002	#90002
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
256	#10256	#20256	#30256	#40256	#50256	#60256	#70256	#80256	#90256

- 刀具补偿号与磨损补偿变量号对应表：

补偿号	1 轴长度补偿磨损变量号	2 轴长度补偿磨损变量号	3 轴长度补偿磨损变量号	4 轴长度补偿磨损变量号	5 轴长度补偿磨损变量号	6 轴长度补偿磨损变量号	7 轴长度补偿磨损变量号	8 轴长度补偿磨损变量号	半径补偿磨损变量号
1	#18001	#28001	#38001	#48001	#58001	#68001	#78001	#88001	#98001
2	#18002	#28002	#38002	#48002	#58002	#68002	#78002	#88002	#98002
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
256	#18256	#28256	#38256	#48256	#58256	#68256	#78256	#88256	#98256

备注：

1. 参数 OFL (P3201.0) 指令该轴是否允许长度补偿，默认情况下，第 3 轴（Z 轴）允许长度补偿
2. 变更补偿号而改变长度补偿量时，只是变成新的补偿量，而不是新的补偿量与旧的补偿量相加。

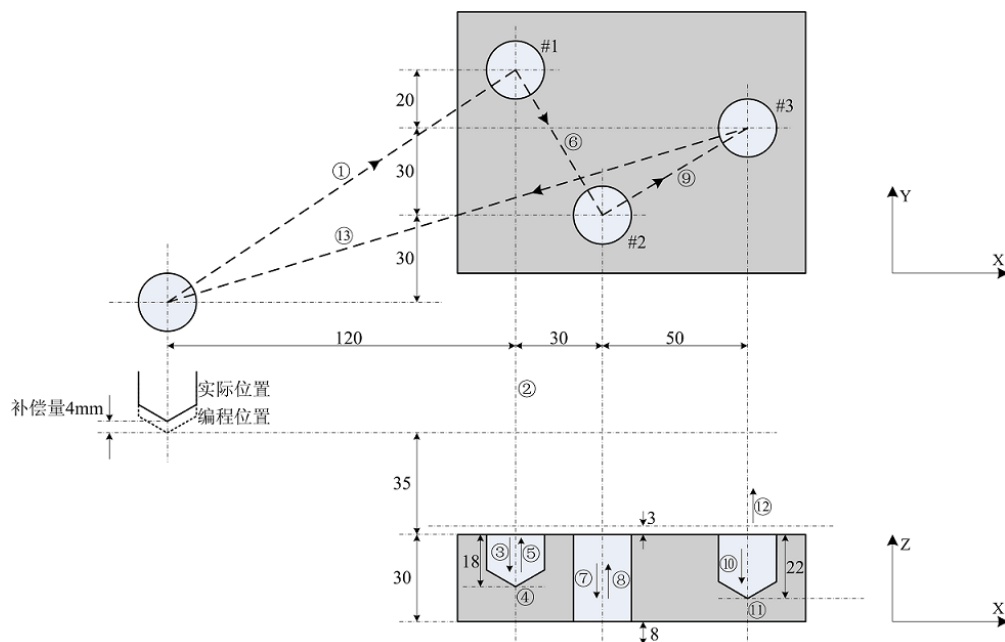
例如：

H01 长度补偿量 20.0
H02 长度补偿量 30.0
G90 G43 Z100.0 H01 ; Z 走到 120.0（机床坐标）
G90 G43 Z100.0 H02 ; Z 走到 130.0（机床坐标）

- 取消刀具长度补偿

用 G49 或者 H00 取消刀具长度补偿。指令 G49 或 H00 后，系统立即取消补偿。

举例



加工程序 (H1=-4.0mm)

```

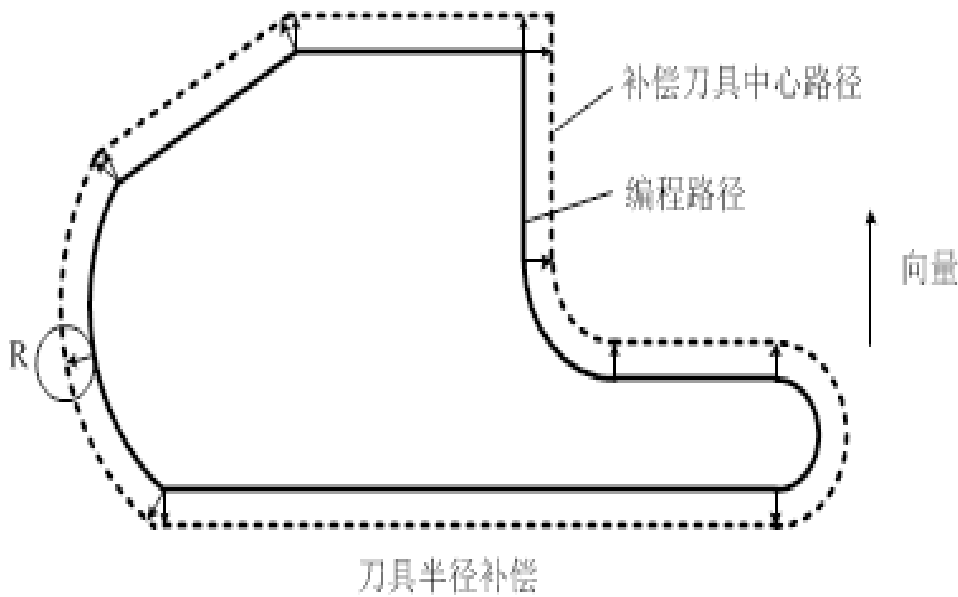
N1 G91 G00 X120.0 Y80.0 ; (1)
N2 G43 Z-32.0 H1 ; (2)
N3 G01 Z-21.0 F1000 ; (3)
N4 G04 P2000 ; (4)
N5 G00 Z21.0 ; (5)
N6 X30.0 Y-50.0 ; (6)
N7 G01 Z-41.0 ; (7)
N8 G00 Z41.0 ; (8)
N9 X50.0 Y30.0 ; (9)
N10 G01 Z-25.0 ; (10)
N11 G04 P2000 ; (11)
N12 G00 Z57.0 H0 ; (12)
N13 X-200.0 Y-60.0 ; (13)
N14 M02 ; (14)
    
```

15.2 刀具半径补偿 (G40~G42)

15.2.1 概要

刀具半径补偿机能就是可以使刀具在相对于编程路径偏移一个刀具半径值的轨迹上运动的功能。使用该功能，用户只需要根据零件形状来编写 NC 程序，而不需要考虑刀具半径等因素，系统内部自动根据指定的补偿号计算出补偿向量及刀具中心轨迹，完成加工过程。

当参数“CRC”(P0002.1)设为1时，该功能才有效。



15.2.2 补偿指令

格式

- 刀具半径补偿开始
G00/G01 G41/G42 IP_ H_ (或 D_) ;
G41: 刀具半径补偿 (左)
G42: 刀具半径补偿 (右)
IP_: 轴移动的指令值
H_ (或 D_): 刀具半径补偿号
当参数 “DRCMP” (P3250.6) 设为 1 时, 使用 D 代码代替 H 代码作为半径补偿号。

- 刀具半径补偿取消
G40 IP_ ;
或
H00 ;
或
D00 ;
G40: 刀具半径补偿取消
IP_: 轴移动的指令值
H00 (或 D00): 指定补偿号 00

解释

- DRCMP

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P3250		DROTC						

6 DRCMP

- 0: 半径补偿不使用 D 代码
- 1: 半径补偿使用 D 代码

当参数 “DRCMP” (P3250.6) 设为 0 时, 使用 H 代码指定半径补偿号; DRCMP 设为 1 时, 使用 D 代码代替 H 代码指定半径补偿号。

DRCMP 设为 1 时, 使用 D 代码指定刀具半径补偿号:

1. G41/G42 程序段，未编入 D 而编入了 H，且没有编入 G43/G44/G49 时，认为试图用 H 指定刀补号，发出 PS521 报警；如果同时编入 D 和 H，则忽略 H，不报警
2. G41/G42 程序段，未编入 D 而编入了 H，同时编入了 G43/G44/G49，则 H 作为长度补偿号，不发出 PS521 报警；
3. 处于 G41/G42 模态时，未编入 D 而编入了 H，且没有编入 G43/G44/G49，当前也不处于 G43/G44 模态时，认为试图用 H 指定刀补号，发出报警 PS521；
4. 处于 G41/G42 模态时，未编入 D 而编入了 H，同时编入 G43/G44/G49，或者当前处于 G43/G44 模态，则 H 作为长度补偿号，不发出 PS521 报警；

DRCMP 设为 0 时，使用 H 代码指定刀具半径补偿号：

1. G41/G42 程序段，或者处于 G41/G42 模态时，未编入 H 而编入了 D，则发出 PS520 报警；如果同时编入了 H 和 D，则忽略 D，不报警；
2. G41/G42 程序段，或者处于 G41/G42 模态时，编入了 H，同时编入了 G43/G44/G49，则 H 作为长度补偿号，不报警

• ROTC

参数号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
P3252			ROTC					

[数据类型] 位型

ROTC

- 0: 指定刀具半径补偿 (G41/G42) 时不需要同时指定刀补号
1: 指定刀具半径补偿 (G41/G42) 时需要同时指定刀补号

相关报警：

1. PS520: DRCMP=0 时不能使用 D，应使用 H；
2. PS521: DRCMP=1 时不能使用 H，应使用 D；
3. PS522: ROTC(P3202.5)=1 时，G41/G42 需同时指定刀补号 (H/D)。

• 半径补偿指令

用 G40, G41, G42 指令刀具半径补偿向量的取消及进行。

G 代码	组	机能
G40	07	取消刀具半径补偿
G41	07	刀具半径补偿 (左)
G42	07	刀具半径补偿 (右)

G40, G41 及 G42 是 07 组的 G 代码，它们与 G00, G01, G02, G03 指令组合，定义刀具运动方式、半径补偿类型及补偿方向。

• 补偿号

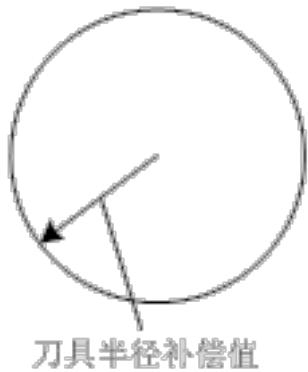
当参数 “DRCMP” (P3250.6) 设为 0 时，使用 H 代码指定半径补偿号；DRCMP 设为 1 时，使用 D 代码代替 H 代码指定半径补偿号。

补偿号最多可以设定 256 个，编号范围 H00~H256 (H00 或 D00 表示取消刀具半径补偿)。补偿量事先通过 MDI&LCD 单元设定，它与程序上指定 H 代码后面数值或者 D 代码后面数值相对应 (参见操作手册)。

半径形状补偿量允许输入范围为 [-1000.000, 1000.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数 “刀具磨损补偿最大值” (P3270) 决定。“刀具磨损补偿最大值” 的范围为 [1.000~10000.000]，假设该参数的值为 α ，那么磨损补偿量的允许输入范围为 $[-\alpha, \alpha]$ 。执行时半径补偿值为形状补偿量与磨损补偿量之和。

• 补偿向量

补偿向量又称为偏移向量，是长度等于指定的刀具半径的二维向量。补偿向量的计算在控制单元内完成，存储在数控装置内部，随着刀具前进，它的方向时刻在改变。补偿路径（即刀具中心轨迹）等于编程路径加上或减去（由补偿方向决定）刀具半径。
补偿向量是随着刀具前进而改变的，清楚这一点，对编程很重要。



• 补偿平面

补偿的计算是在由 G17, G18, G19 所指定的平面上进行的，该平面称为补偿平面。默认为 G17 平面。当选择 XY 平面时，在程序中用 (X, Y) 或 (I, J) 执行补偿计算和向量计算时，不在补偿平面的轴的移动不受补偿影响，同时进行三轴控制时，只对投影在补偿平面的刀具路径作补偿。
补偿平面的变更必须在补偿取消模式进行。如果在补偿模式中执行，系统会显示报警 (PS0040)，同时机床停止。

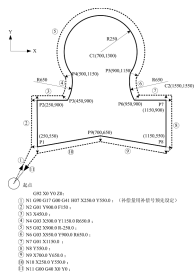
• 补偿方向

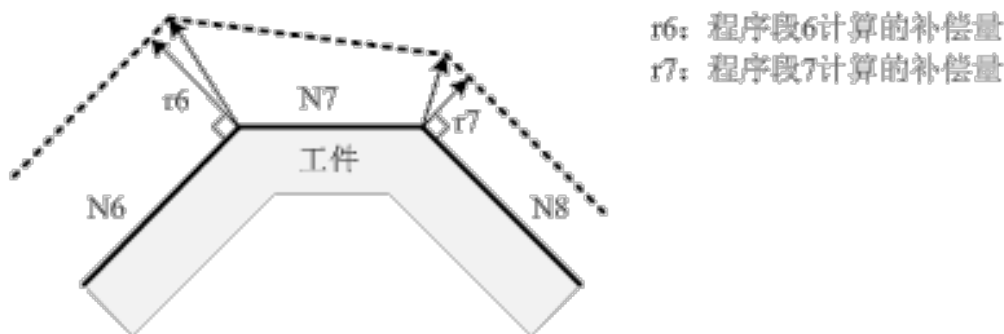
刀具半径补偿方向由刀具半径补偿 G 代码 (G41/G42) 及补偿量的符号共同决定，如下：

G 代码	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

当指定 G41 或 G42，则系统进入刀具补偿状态。当指定 G40，则系统进入取消补偿状态。

举例



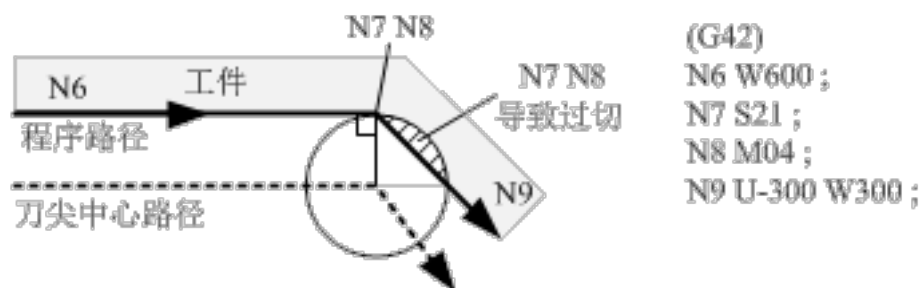


- 在 G41/G42 方式下又指令 G41/G42

参见高级编程手册 11 节“刀具半径补偿的详细说明”中的“补偿模式下重复指定刀具半径补偿 G 代码”。

- 不可连续指令两个或两个以上无移动命令的程序段

补偿模式中，连续指定两个或两个以上无移动的程序段时，刀尖中心会移到前一程序段的终点垂直于前一程序段程序路径的位置。如下图所示，这将可能导致过切。如果程序段是类型 7，那么即使只指定一个程序段，也会出现下图中的情况。



15.3 补偿量的程序输入功能 (G10)

刀具补偿值可在程序中使用 G10 指令输入。

本节对 G10 的所有阐述只针对补偿量的程序输入功能。G10 的其他功能，如变更工件坐标系；附加工件坐标系中设定工件零点偏置量，请（参见附加工件坐标系）。

磨损补偿无效 (WOFC=0)

绝对指令：G90 G10 P_ X_ Z_ R_ Q_；

增量指令：G91 G10 P_ X_ Z_ R_；

P_：补偿号（从 1 开始）

X_：刀具补偿数据 (X)

Z_：刀具补偿数据 (Z)

R_：刀尖半径偏置量 (R)

Q_：假想刀尖号 (T)

- 当 P3265 为 1 时，G10 P0000 X_ Z_；设置工件偏移。
- 当 P3265 为 2 时，G10 P9999 X_ Z_；设置工件偏移。
- G 代码 A 体系下可指令 U、W…增量指令。G 代码 B 体系下通过 G90/G91 指令。

磨损补偿有效 (WOFC=1)

磨损绝对指令: G90 G10 P_ X_ Z_ R_ Q_;

磨损增量指令: G91 G10 P_ X_ Z_ R_;

形状绝对指令: G90 G10 P1000_ X_ Z_ R_ Q_;

形状增量指令: G91 G10 P1000_ X_ Z_ R_;

P_: 补偿号

X_: 刀具补偿数据 (X)

Z_: 刀具补偿数据 (Z)

R_: 刀尖半径偏置量 (R)

Q_: 假想刀尖号 (T)

1. 当 P3265 为 1 时, G10 P10000 X_ Z_; 设置工件偏移。
2. 当 P3265 为 2 时, G10 P19999 X_ Z_; 设置工件偏移。
3. G 代码 A 体系下可指令 U、W…增量指令。G 代码 B 体系下通过 G90/G91 指令。

备注:

1. 无 P 输入或输入值超范围, 触发 PS31。
 2. 对不允许长度补偿的轴进行修改, 触发 PS237。
 3. 无半径补偿/刀尖方向功能时修改对应数据, 触发 PS310。
 4. 无磨损功能时修改磨损值, 触发 PS278。
 5. 长度形状值过大, 触发 PS29。
 6. 长度磨损值过大, 触发 PS234。
 7. 半径形状值过大, 触发 PS235。
 8. 半径磨损值过大, 触发 PS236。
 9. 刀尖方向输入值超过范围, 触发 PS32。
-