# DF-21/22/31 系列系统

# 铣床编程手册(第一版)

适用型号:
21MD 系列
31MD 系列、31S 系列

达风数控
Wind CNC

南 京 达 风 数 控 技 术 有 限 公 司

Nanjing Wind CNC Technology Co.,LTD.

WWW.WINDCNC.COM

达 风 数 控
Wind CNC

# 南京达风数控技术有限公司

公司地址：南京市江宁区科宁路 777 号申智滙谷 2 栋 7 楼

官方网址：WWW.WINDCNC.COM

销售热线：025-52793382，025-58321930

技术服务：15150571245

V1.1

# 目录

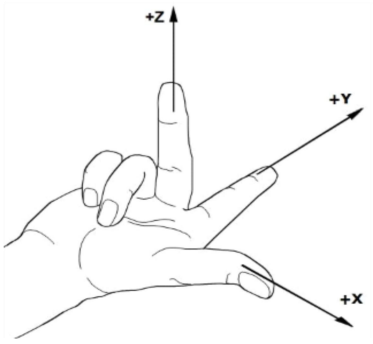
2.1 编程概要.....5
2.1.1 轴定义.....5
2.1.2 坐标系.....6
2.1.3 坐标单位及范围.....8
2.1.4 编程坐标值（绝对/相对）.....8
2.1.5 数控程序的构成.....9
2.2 插补定位功能指令.....12
2.2.1 绝对与增量编程（G90/G91）.....12
2.2.2 快速定位（G00）.....13
2.2.3 直线插补（G01）.....14
2.2.4 圆弧插补（G02/G03）.....15
2.2.5 螺旋插补（G02/G03）.....18
2.2.6 圆柱插补（G07.1/G107）.....19
2.2.7 极坐标插补（G12.1/G13.1）.....22
2.2.8 螺纹切削（G33）.....25
2.3 暂停功能指令.....29
2.3.1 延时（G04）.....29
2.3.2 输入信号检测（G04 I）.....29
2.4 简化编程/循环指令.....30
2.4.1 自动倒角（,C 和 ,R）.....30
2.4.2 直线角度（,A）.....33
2.4.3 固定循环功能概述.....35
2.4.4 高速深孔钻循环（G73）.....37
2.4.5 精镗循环（G76）.....38
2.4.6 钻孔/点钻循环（G81）.....40
2.4.7 钻孔/镗孔循环（G82）.....41
2.4.8 钻孔循环（G83）.....42
2.4.9 刚性攻丝循环 (G74/G84).....45
2.4.10 镗孔循环（G85 孔底不停主轴）.....49
2.4.11 镗孔循环（G86 孔底停主轴）.....51
2.4.12 反镗循环（G87）.....52
2.4.13 镗孔循环（G88 手动返回）.....53
2.4.14 镗孔循环（G89 孔底暂停）.....54
2.5 进给功能指令.....55
2.5.1 精确停止检查（G09）.....55
2.5.2 存储行程检测（G22/G23）.....56
2.5.3 精确停止检查模式（G61）.....57
2.5.4 切削模式（G64）.....57
2.5.5 每分进给（G94）.....58
2.5.6 每转进给（G95）.....58
2.6 主轴功能指令.....59
2.6.1 主轴速度指令（S）.....59

2.6.2 多主轴速度指令（Sn=xxxx）.....60
2.6.3 指定当前主轴（SP）.....61
2.6.4 主轴实际转速到达等待（G04 PSn）.....62
2.6.5 可编程主轴精确停止定位（M05 PN/PA）.....63
2.6.6 多边形加工（G51.2/G50.2）.....64
2.6.7 电子齿轮箱 EGB 功能（G81.4/G80.4）.....66
2.6.8 主轴同步（G114.1/G113）.....68
2.7 刀具功能指令（换刀/补偿）.....70
2.7.1 T 功能.....70
2.7.2 可编程刀具偏置/磨损输入（G10）.....71
2.7.3 刀尖半径补偿（G40/G41/G42）.....72
2.7.4 法线控制（G40.1/G41.1/G42.1）.....75
2.7.5 刀具长度补偿（G43/G44/G49）.....79
2.8 坐标系功能指令.....81
2.8.1 可编程工件坐标系偏置输入（G10 L2/L20）.....81
2.8.2 极坐标指令（G15/G16）.....82
2.8.3 平面选择（G17/G18/G19）.....83
2.8.4 参考点返回（G28/G30）.....84
2.8.5 可编程镜像（G50.1/G51.1）.....86
2.8.6 局部坐标系（G52）.....88
2.8.7 机床坐标系选择（G53）.....89
2.8.8 工件坐标系坐标系（G54～G59）.....90
2.8.9 附加工件坐标系（G54/G54.1 P）.....90
2.8.10 二维坐标系旋转（G68/G69）.....91
2.8.11 设定工件坐标系（G92）.....93
2.8.12 设定工件坐标系原点（G92.1）.....94
2.9 测量&跳过功能指令.....95
2.9.1 轴位置控制时的扭矩检测（G10 L14 P0~P6）.....95
2.9.2 钻孔/攻丝过载检测（G10 L14 P7~P8）.....97
2.9.3 轴位置控制时的扭矩限制（G10 L14 P9）.....100
2.9.4 轴位置扭矩模式切换（G10 L14 P10~P12）.....101
2.9.5 进给跳过（G31）.....102
2.9.6 柔性(EGB)跳过（G31.8）.....104
2.9.7 轴扭矩限制跳过（G160）.....105
2.10 多通道指令.....106
2.10.1 通道同步（G04.1）.....106
2.10.2 轴同步（G51.4/G50.4）.....107
2.10.3 任意轴交换（G140/G141/G142）.....109
2.10.4 通道子程序调用（G144/G145）.....111
2.10.5 程序指定通道运行限制（CH）.....114
2.10.6 通道追溯（CHN）.....115
2.11 辅助功能指令（M 代码）.....116
2.11.1 标准 PLC 控制 M 指令.....116
2.11.2 输入口检测（M01 L/k/i）.....117

2.11.3 输出口控制（M20/M21 K_）..... 118
2.11.4 伺服轴使能关断（M20/M21 P_）..... 118
2.11.5 旋转轴速度控制（M26/M27）..... 119
2.11.6 PLC 顺控序列（M34/M35）..... 120
2.11.7 程序跳转(外部信号)（M91）..... 122
2.11.8 程序跳转循环（M92）..... 123
2.11.9 子程序调用及子程序返回（M98/M99）..... 124
2.11.10 多主轴相关指令..... 126
2.12 用户宏程序功能指令..... 127
2.12.1 宏变量..... 127
2.12.2 逻辑运算与数学运算..... 131
2.12.3 处理宏语句..... 133
2.12.4 跳转（GOTO/GOTOB/GOTOF）..... 134
2.12.5 条件判断（IF）..... 135
2.12.6 循环（WHILE）..... 137
2.12.7 数据读取（RD）..... 139
2.12.8 数据写入（WR）..... 140
2.12.9 文件输出（POPEN/DPRNT/PCLOS）..... 141
2.12.10 系统参数读取（PRM）..... 142
2.12.11 宏程序调用（G65）..... 143
2.12.12 模态宏程序调用（G66/G67）..... 145
2.12.13 T 指令子程序调用..... 146
2.12.14 G 指令宏程序调用（通常）..... 147
2.12.15 G 指令宏程序调用（区间）..... 148
2.12.16 M 指令子程序调用（通常）..... 149
2.12.17 M 指令子程序调用（区间）..... 150
2.12.18 M 指令宏程序调用（通常）..... 151
2.12.19 M 指令宏程序调用（区间）..... 152
2.12.20 Modbus 读设备寄存器(03H)..... 153
2.12.21 Modbus 写设备线圈(05H)..... 154
2.12.22 Modbus 写设备单个寄存器(06H)..... 155
2.12.23 Modbus 写设备多个寄存器(10H)..... 156
2.12.24 可编程指定点附加螺距补偿(PADJ)..... 157
2.12.25 固定轴速度 F 指定(FDIR)..... 158
附录：G 功能指令一览表..... 160

# 2.1 编程概要

## 2.1.1 轴定义

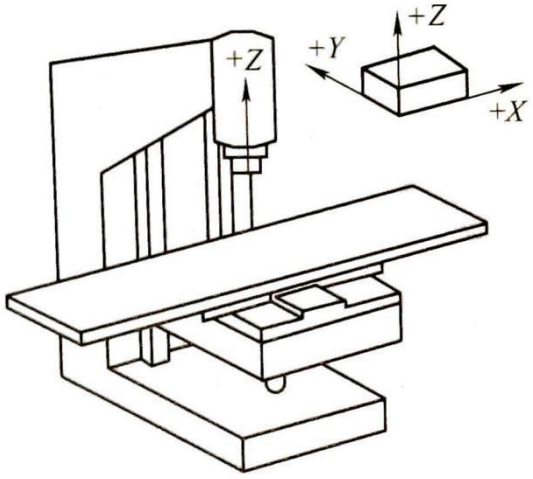



系统使用 X 轴，Y 轴，Z 轴组成的三维正交坐标系进行定位和插补运动，A/B/C 作旋转轴或辅助定位轴。

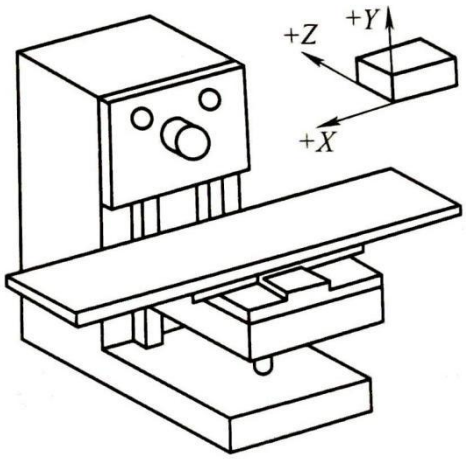
标准坐标系是一个右手直角坐标系。如右图所示。

这个坐标系的各个坐标轴与机床主要导轨相平行。

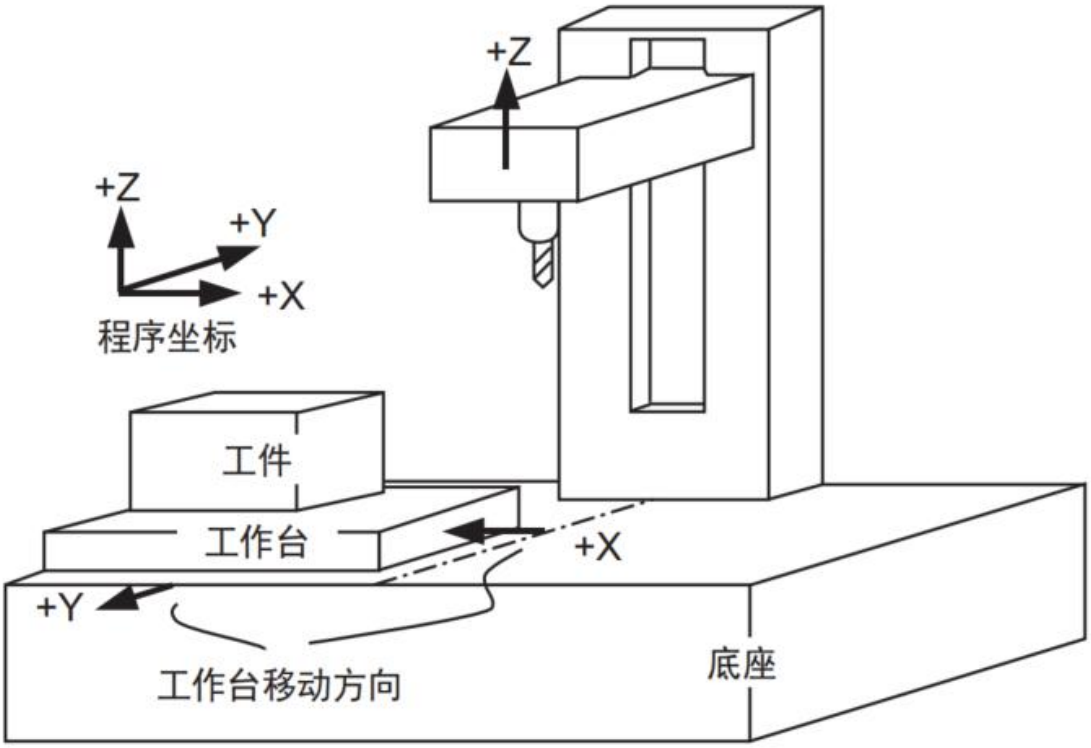
下图所示为常用的铣床的坐标系体系。




立式升降台铣床




卧式升降台铣床



## 2.1.2 坐标系



参考点：
用于确立坐标系和换刀的特定位置



机床坐标原点：
机床中固有的规定位置



工件坐标原点（G54 ～ G59）：
工件加工中使用的坐标系原点

机床坐标原点，机床上的一个作为加工基准的特定点叫做机床零点，机床制造商为每台机床设置机床零点，用机床零点作为原点的坐标系叫做机床坐标系。本系列数控系统由下列几种方式建立机床坐标系：

① 浮动零点

通过数控系统的掉电记忆数据建立机床坐标系，脉冲型系统默认使用该方式，总线型系统需要将系统参数 0003 第 4 位设定为 1(使用记忆位置建立坐标)，通过机床清除操作建立的机床坐标系原点。

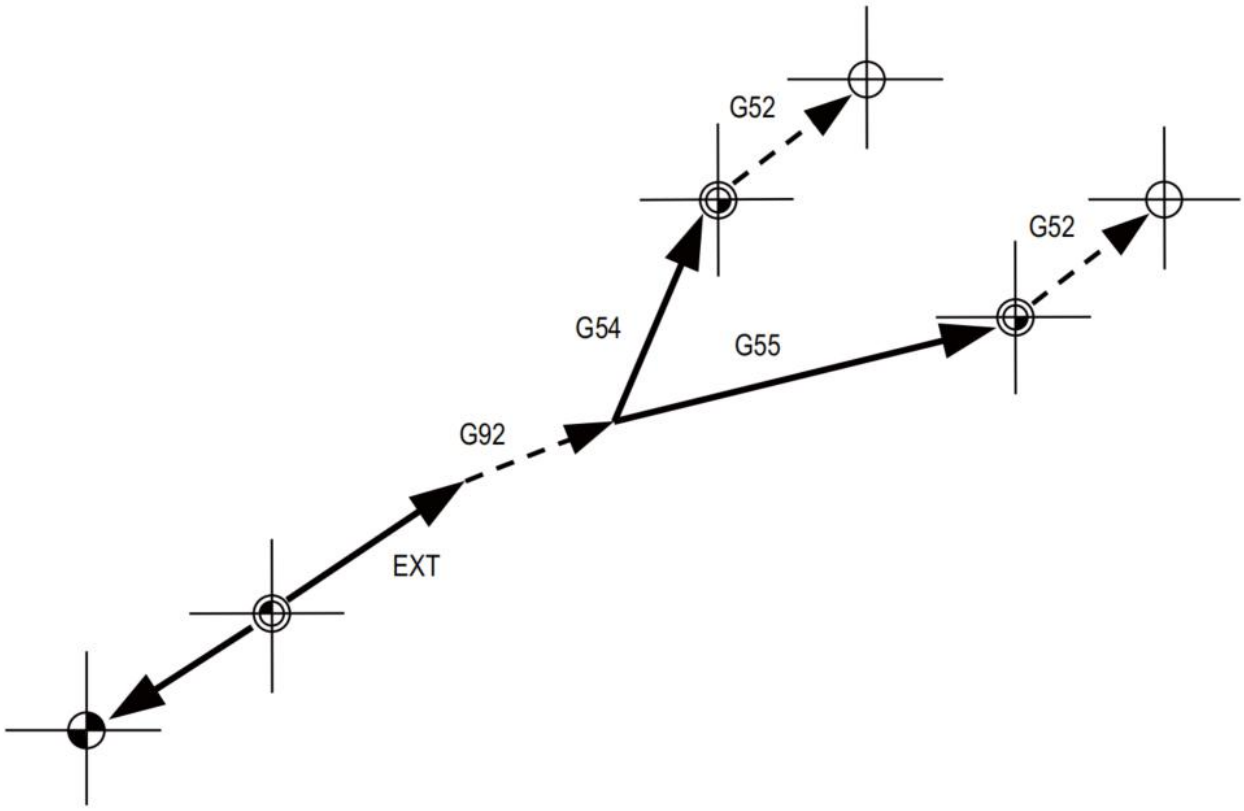
② 机床回零接近开关

需要执行回零操作，根据机床安装的接近开关的机械位置来建立机床坐标系原点。

③ 伺服电机位置反馈数据

仅总线型系统且绝对值式伺服电机支持该方式，系统上电时通过伺服反馈的位置数据进行齿轮比计算，得出当前各轴机床坐标值，可通过机床清除操作建立新的机床坐标系原点。

### 2.1.2.2 坐标系的关联




参考点

机床坐标原点

工件坐标原点

本地坐标原点

用参数设定的偏置

程序中设定的偏置
（接通电源时为 0）

| | |
|---|---|
| G52 | 本地(局部)坐标系偏置 |
| G54 | 工件坐标系(G54) 偏置 |
| G55 | 工件坐标系(G55) 偏置 |
| G92 | 坐标系偏移 |
| EXT | 外部工件坐标偏置 |

局部坐标系 G52 在工件坐标系 G54 ～ G59 指定的坐标系上有效。

而且可以通过 G50 指令移动基本机床坐标系，将其作为虚拟机床坐标系，此时工件坐标系 G54～G59 也同时偏移。

机床坐标系原点(即各轴机床坐标值为 0 的位置)，机床中固有的规定位置，通常用 G28 指令执行机床回零(机械回零)；

参考点，一般用于确立坐标系和换刀的特定位置，通常用 G30 指令使刀具移动到固定位置，本系列数控系统默认第 1 参考点与机床坐标原点重合；

G54～G59 工件坐标系原点，机床坐标系原点进行偏置建立的

G52 本地坐标系(局部/临时坐标系)原点，工件坐标系原点进行偏置建立的

## 2.1.3 坐标单位及范围

本系列系统的默认最小编程单位为 0.001mm，编程的最大移动范围是±999999.999mm

由系统参数 0013 控制系统最小编程，设置范围 0.001mm～0.000001mm。

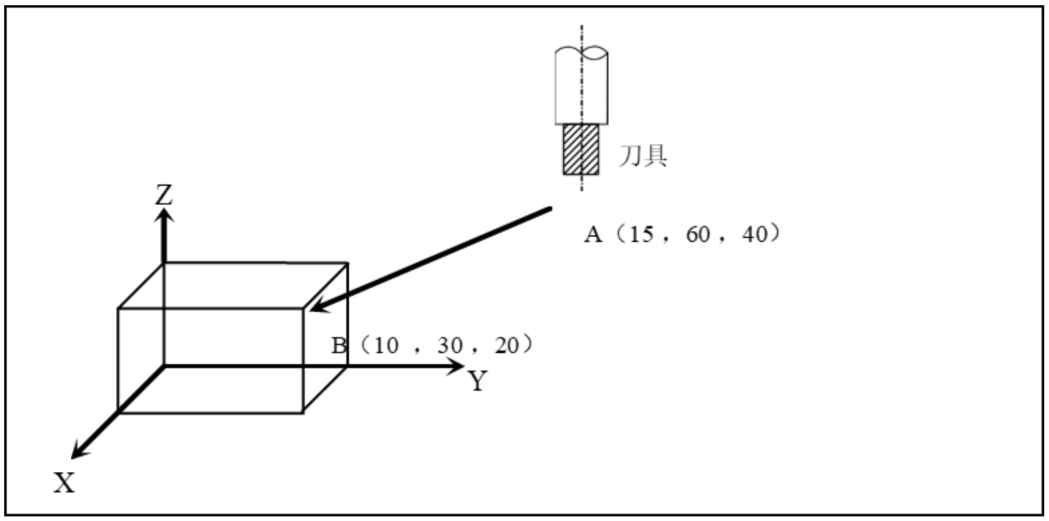
注意：请谨慎修改系统参数 0013，修改后会影响坐标系建立，需要重新设定机床原点与限位。

## 2.1.4 编程坐标值（绝对/相对）

工件坐标系建立后，所有编程点的坐标位置都是相对于工件坐标系零点的坐标值，但定位到某点或进给到某点的程序编程值可以采用绝对坐标值（G90 模式），和相对坐标值（G91 模式）两种方式进行编程。

**1．绝对坐标值编程**

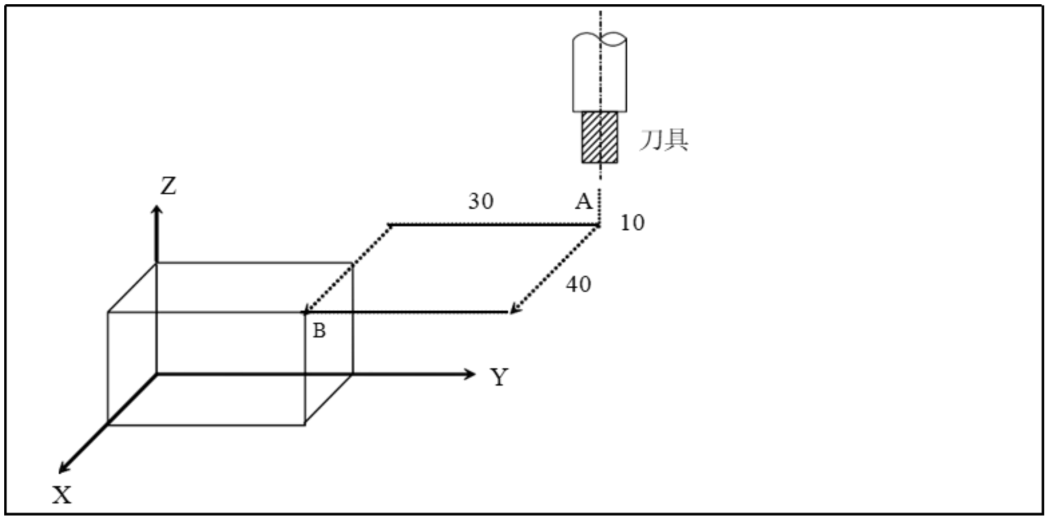
“距坐标系原点的距离”即刀具要移到的坐标位置。




刀具从 A 点移动到 B 点,使用 B 点的坐标值,其指令如下: G90 X10.0 Y30.0 Z20.0 ；

**2．相对坐标值编程**

指令从当前位置到下一位置的距离，（正负号表示方向）。




刀具从A点移动到B点，其指令如下:

G91 X40.0 Y-30.0 Z-10.0；

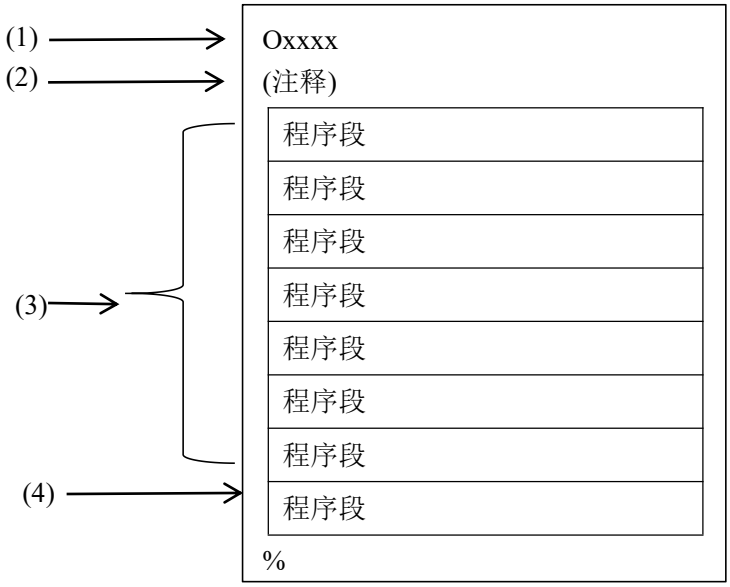
## 2.1.5 数控程序的构成

### 2.1.7.1 程序格式

为运行机床而对 NC 发出的指令的集合，称为 “程序”。

程序是“程序段”单位的集合，用一个“程序段”指定一个机床动作(顺序)。按照实际移动刀具的顺序记述这些指令(程序段)。

程序段是“字”单位的集合，用一个“字”指定对一个操作的命令。字是字符(英文字母、数字、符号) 的集合，字符按照某种顺序排列。




**(1) 程序名**

为了程序相互区别开，在程序的开头，用地址 O 及后续四位数值构成的程序号，格式○□□□□。程序号一般习惯也称为程序名。在程序目录显示界面，可以查看系统内存储的所有程序名。

**(2) 注释**

用括号“( )”括起来的内容，或在 符号“//” 与 符号“;”之后的内容作为注释，系统执行时会忽略。

**(3) 程序部分**

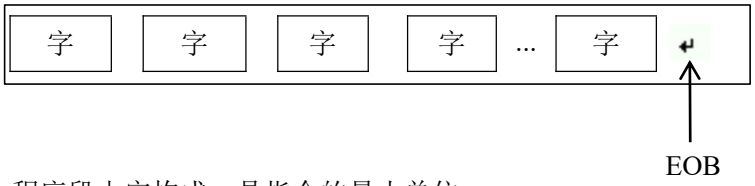
由多个程序段组成。

**(4) 程序结束**

数控系统会自动过滤文本中符号“%”之后的内容。

### 2.1.7.2 程序段和字

1. **程序段**

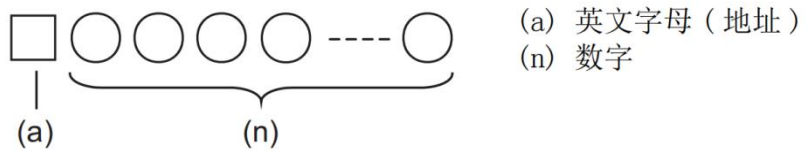



程序段由字构成，是指令的最小单位。

包含执行机床特点动作时所需的信息，以程序段单位构成完整的指令。

在程序段末尾加入表示程序段结束的记录终止符(EOB，为了方便，系统以图标 ↵ 代替)

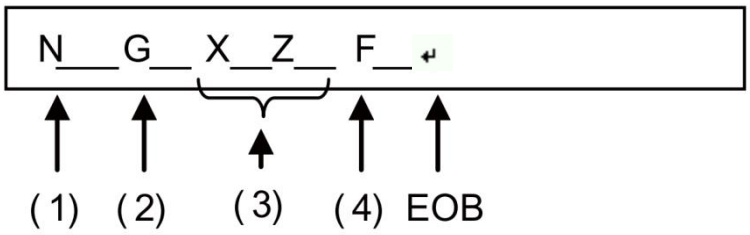
**2. 字**




字由称为地址的英文字母和数字(数值信息)构成。

数值信息的含义和有效位数因地址而异。

主要的字的内容如下所示。




**(1) 顺序号(程序段号)**

“顺序号”由地址 N 及其后最多 8 位的数字构成。在程序中用作搜索所需程序段的标志(分支的跳转目标)。不影响机床的动作。

**(2) 准备功能(G 功能)**

“准备功能(G 代码、G 功能 )”由地址 G 及其后 2 位或 3 位 ( 也可能包含小数点后 1 位 ) 数字构成。G 代码主要用于指定轴的移动和坐标系的设定等功能。例如，G00 用于执行定位，G01 用于执行直线插补。

**(3) 坐标语(轴名称)**

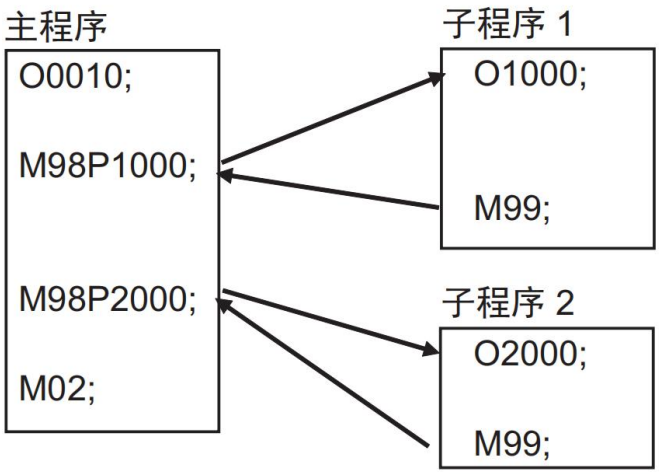
“坐标语”用于指定机床各轴的坐标位置和移动量。表示机床各轴的地址及其后的数值信息(正负符号及数字)构成。

地址可使用 X,Y,Z,U,V,W,A,B,C 等。

**(4) 进给功能(F 功能)**

“进给功能(F 功能)”用于指定刀具对工件的相对速度。由地址 F 及其后的数字构成。

### 2.1.7.3 主程序与子程序




将某个固定的顺序和反复使用的参数前置，作为子程序记忆到内存中，在需要时可从主程序调用子程序。

在执行主程序时，如果存在调用子程序的指令，则执行子程序。在子程序的执行结束后，返回主程序。关于子程序执行的详细内容。

### 2.1.7.4 程序结束

程序的最后有下列代码时,表示程序结束。

| | |
|---|---|
| **M02** | 主程序结束不返回程序开头 |
| **M30** | 主程序结束并返回程序开头 |
| **M99** | 子程序结束，返回调用程序 |

在执行程序中，如果执行到 M30 或 M99 代码，系统结束当前程序执行。若是 M30 代码，则文件执行指针返回到程序的开头，同时根据参数设定进行相应输出控制处理；若是 M99 代码，则程序执行流程返回到调用子程序的程序中。

# 2.2 插补定位功能指令

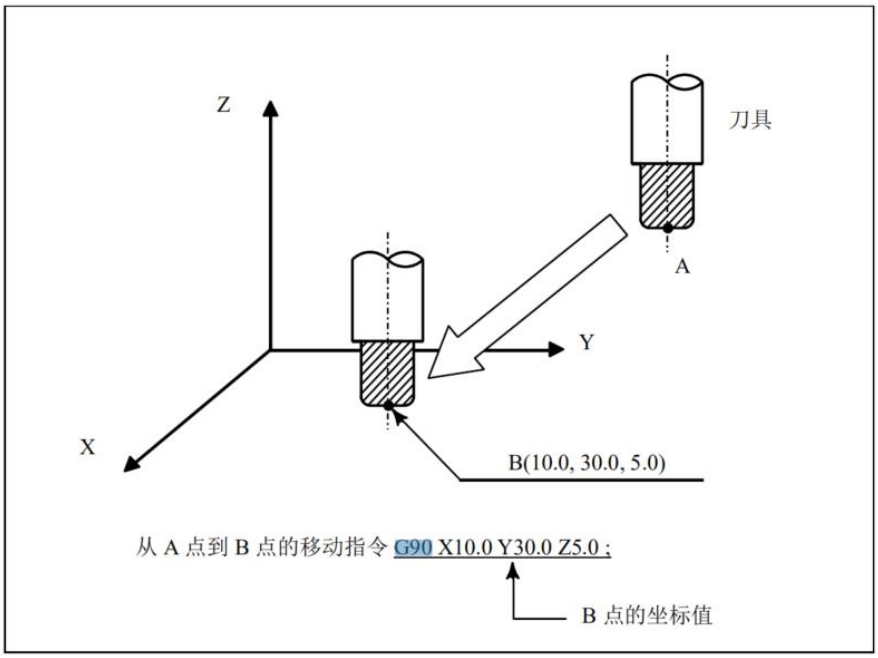
## 2.2.1 绝对与增量编程（G90/G91）

**指令格式：**

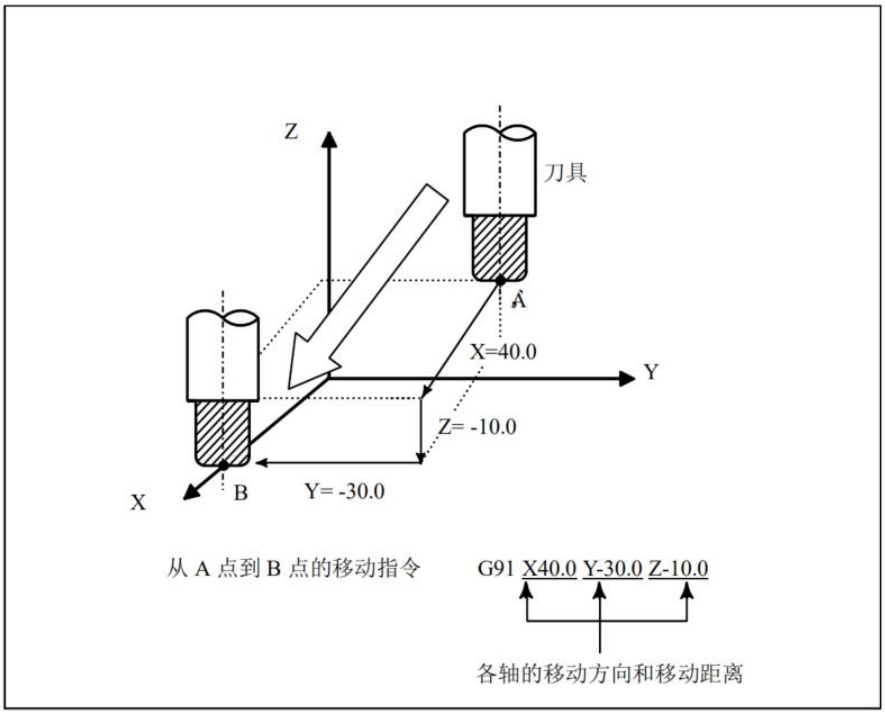
| | |
|---|---|
| **G90/G91 X_ Y_ Z_ α_;** | |
| G90 | ：绝对值指令 |
| G91 | ：增量值指令 |
| X,Y,Z,α | ：轴坐标，α为附加轴坐标 |

**指令说明：**

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。



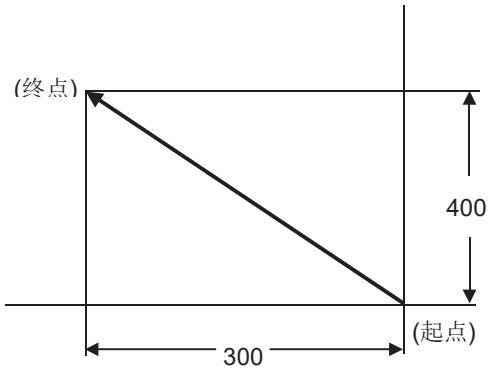
## 2.2.2 快速定位（G00）

**指令格式：**

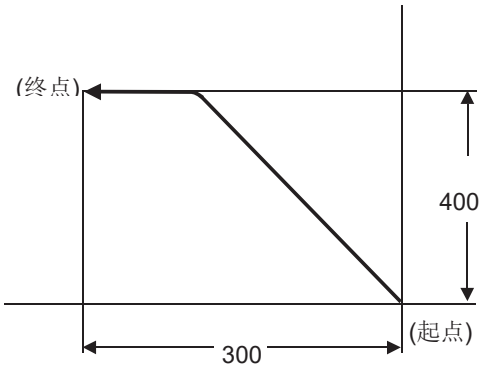
| | |
|---|---|
| **G00 X_ Z_ Y_α_;** | |
| X | ：X 轴终点坐标 |
| Z | ：Z 轴终点坐标 |
| α | ：附加轴终点坐标,可指定多个附加轴 |

**指令说明：**

1. G00 的速度因机床规格而异，由系统参数 0110、0112 指定；
2. 受快速倍率控制(F0，25%，50%，100%)，与 F 值指定的进给速度无关；
3. G00 运动方式分为各轴以最高速度运动与线性同动，由系统参数 2203 第 2 位指定；



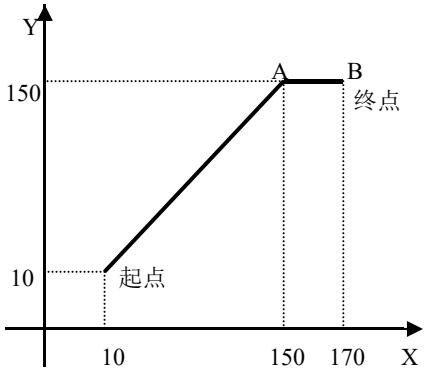

线性定位




各轴以各自独立速度定位(非线性定位)

**举例：**

如下图，快速定位编程如下：




G00 指令应用

| | |
|---|---|
| G90 G00 X10 Y10 | |
| G90 G01 X150 Y150 F800 | //绝对值指令-A |
| G91 G01 X20 | //(170-150=20)增量值指令-B |

## 2.2.3 直线插补（G01）

**指令格式：**

**G01 X_ Z_ Y_α_ F_;**

| | |
|---|---|
| X | ：X 轴终点坐标 |
| Y | ：Y 轴终点坐标 |
| Z | ：Z 轴终点坐标 |
| A | ：附加轴终点坐标，可指定多个附加轴 |
| F | ：进给速度，直线轴单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下)<br>旋转轴单位：36°/min(G94 模式下)，36°/r(G95 模式下) |

**指令说明：**

1. G01 插补时，各轴进给速度计算如下：

**G01 Uα Wβ Hγ Ff**

移动距离 ：$L=\sqrt{\alpha^2+\beta^2+(\gamma/36)^2}$

直线轴(直径编程)：X 轴进给速度 ：$Fx=\frac{a}{L}*f$

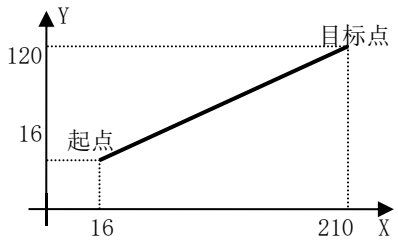
直线轴(半径编程)：Z 轴进给速度 ：$Fz=\frac{\beta}{L}*f$

旋转轴： A 轴进给速度 ：$Fa=\frac{\gamma/36}{L}*f$

2. G01 的速度由 F 指定，其上限由系统参数 0120 指定；
3. G01 加减速时间由系统参数 0121 指定；

**举例：**

如下图刀具轨迹执行直线插补(直径编程)：




G01 指令应用

| | |
|---|---|
| G90 G00 X16 Z16 | //安全点 |
| G90 G01 X210 Y120 F150 | //绝对值指令 |

## 2.2.4 圆弧插补（G02/G03）

**指令格式:**

**XpYp 平面的圆弧**

G17 { G02 / G03 } Xp__Yp__ { I__J__ / R__ } F__;

**ZpXp 平面的圆弧**

G18 { G02 / G03 } Zp__Xp__ { I__K__ / R__ } F__;

**YpZp 平面的圆弧**

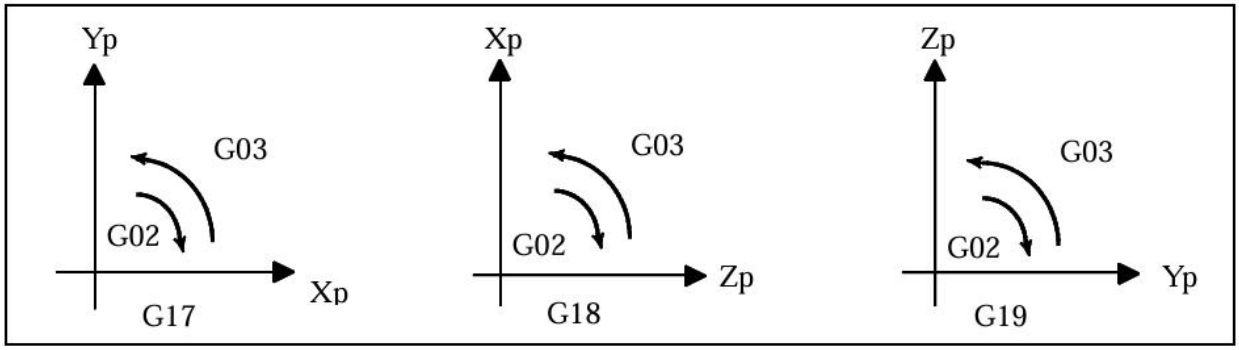
G19 { G02 / G03 } Yp__Zp__ { J__K__ / R__ } F__;

| | | |
|---|---|---|
| G17 | ： | XpYp 平面选择 |
| G18 | ： | XpZp 平面选择 |
| G19 | ： | YpZp 平面选择 |
| G02 | ： | 顺时针圆弧插补(CW) |
| G03 | ： | 逆时针圆弧插补(CCW) |
| Xp | ： | X 轴或其平行轴的移动量(由系统参数 0016 设定) |
| Yp | ： | Y 轴或其平行轴的移动量(由系统参数 0016 设定) |
| Zp | ： | Z 轴或其平行轴的移动量(由系统参数 0016 设定) |
| R | ： | 圆弧半径值 |
| I | ： | 圆弧中心相对于 Xp 轴的圆弧起点的距离(有符号，±表示圆心在起点哪个方向) |
| J | ： | 圆弧中心相对于 Yp 轴的圆弧起点的距离(有符号，±表示圆心在起点哪个方向) |
| K | ： | 圆弧中心相对于 Zp 轴的圆弧起点的距离(有符号，±表示圆心在起点哪个方向) |
| F | ： | 进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |

**指令说明:**

**1. 圆弧插补方向**

顺时针方向(G02)、逆时针方向(G03)是指相对于 XpYp 平面(ZpXp 平面、YpZp 平面)，在笛卡尔坐标系中沿 Zp 轴(Yp 轴 Xp 轴)的正方向看的负方向。如下图所示:

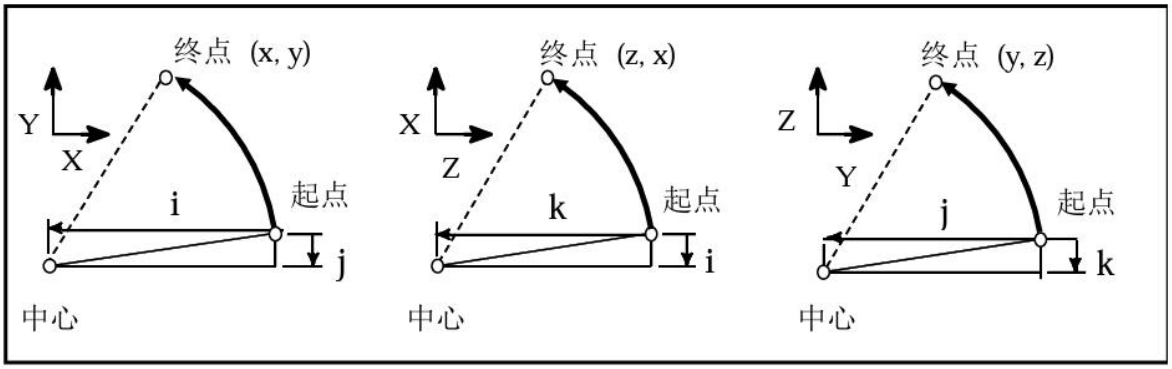


**2. 在圆弧上的移动量**

圆弧的终点由地址 Xp、Yp 或 Zp 所指定，根据 G90 以绝对值或增量值来表示，根据 G91 以增量值带有符号地指定从圆弧起点所看到的到终点的距离。

**3. 到弧中心的距离**

相应于 Xp、Yp、Zp 轴，圆弧中心分别用地址 I、J、K 来指定。I、J、K 的值表示圆心各轴坐标相对于圆弧起点各轴坐标的相对距离(增量值)，且符号表示圆心在圆弧起点的正方向还是负方向。如下图所示。。



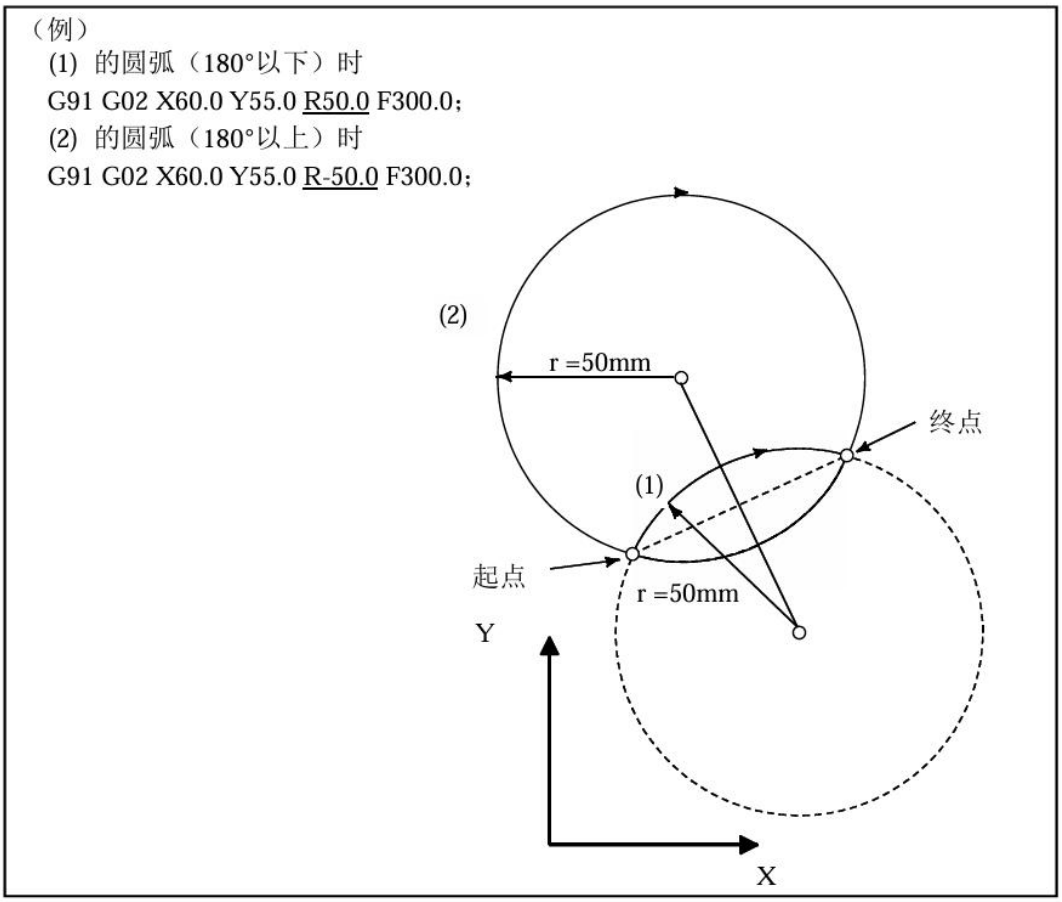

I0，J0，K0 时可以忽略。

**4. 整圆指令**

当 Xp、Yp、Zp 均被省略时，终点与起点位置相同，使用 I、J、K 来指令中心时，指令的是一个 360 度的圆(整圆)。如：G02 I_;整圆指令

**5. 圆弧的半径**

在指定 180 度以上的圆弧时，以负值指定半径。在全部省略 Xp、Yp、Zp，终点与起点在相同位置使用 R 时，则成为 0 度的弧。如：G02 R_ ;不移动

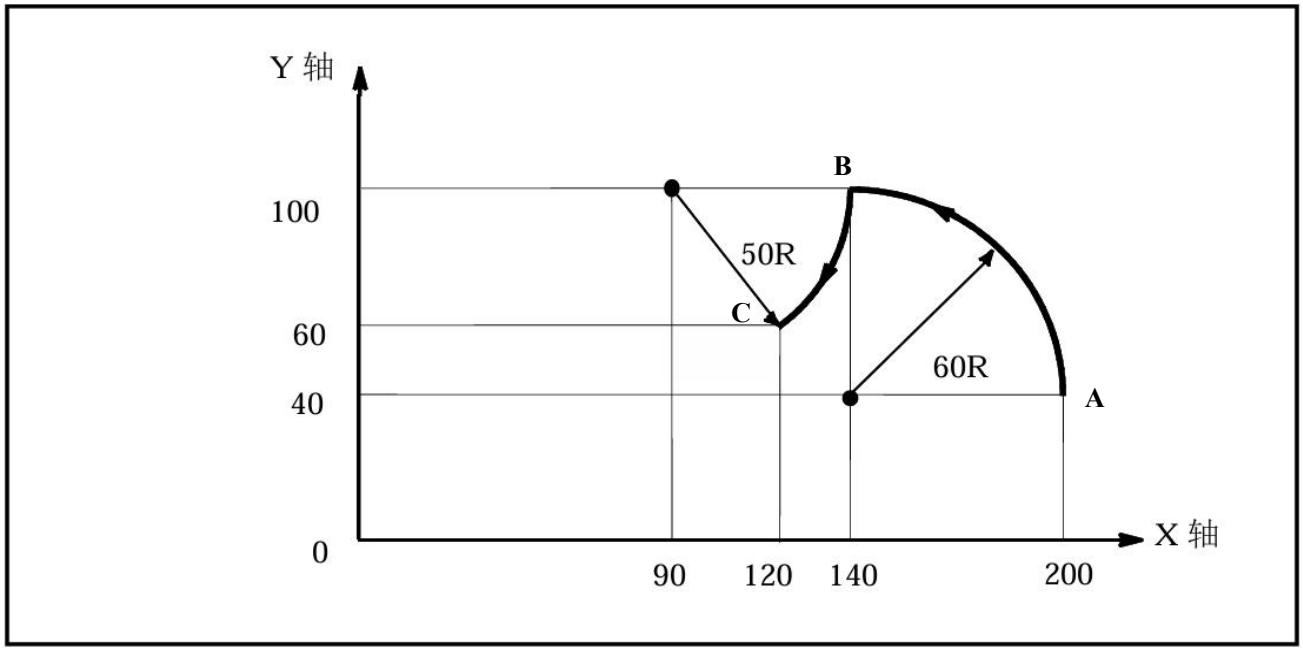


**注意:**

1. I、K 编程时，可以编过象限圆和整圆，整圆不能用 R 编程；
2. I、K 编程时，I 和 K 是起点到圆心的增量值，不受直径编程影响，但需要考虑符号；
3. 若地址 X 或 Y 未编，默认为之前的坐标，I、J、K 未编默认为 0；
4. 若编程终点坐标或圆弧半径指定错误时，会产生圆弧半径超差报警，通过系统参数 2203 第 1 位指定圆弧半径超差时数控系统是否会报警；
5. 系统参数 2203 第 1 位圆弧超差判断功能打开时，可通过修改系统参数 2210 设定值大小来调整圆弧半径误差；

**举例:**

如下图所示，刀具进行圆弧插补：




| 用 I 、K 编程： | |
|---|---|
| **绝对编程：** | **增量编程：** |
| G90 G00 X200 Y40 Z10 //A 点 | G90 G00 X200 Y40 Z10 //A 点 |
| G90 G03 X140 Y100 I-60 F200 //B 点 | G91 G03 X-60 Y60 I-60 F200 //B 点 |
| G90 G02 X120 Z60 I-50 F200 //C 点 | G91 G02 X-20 Y-40 I-50 F200 //C 点 |

| 用半径 R 进行编程： | |
|---|---|
| **绝对编程：** | **增量编程：** |
| G90 G00 X200 Y40 Z10 //A 点 | G90 G00 X200 Y40 Z10 //A 点 |
| G90 G03 X140 Y100 R60 F200 //B 点 | G91 G03 X-60 Y60 R60 F200 //B 点 |
| G90 G02 X120 Z60 R50 F200 //C 点 | G91 G02 X-20 Y-40 R50 F200 //C 点 |

## 2.2.5 螺旋插补（G02/G03）

若在指定圆弧插补时，指定了平面之外的轴，就可以执行使刀具螺旋移动，这种运动称为螺旋插补。

**指令格式：**

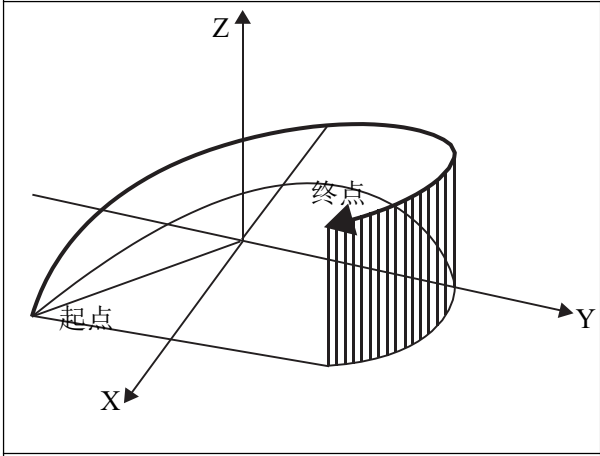
**[G02/G03] α/β_ L_ F_;**

| | |
|---|---|
| α | ：附加轴终点坐标，可指定多个附加轴 |
| L | ：到达终点所需圈数，不指定默认为 1 圈之内 |
| F | ：沿着刀具运动轨迹的进给速度，是圆弧圆弧和直线运动的合成速度 |

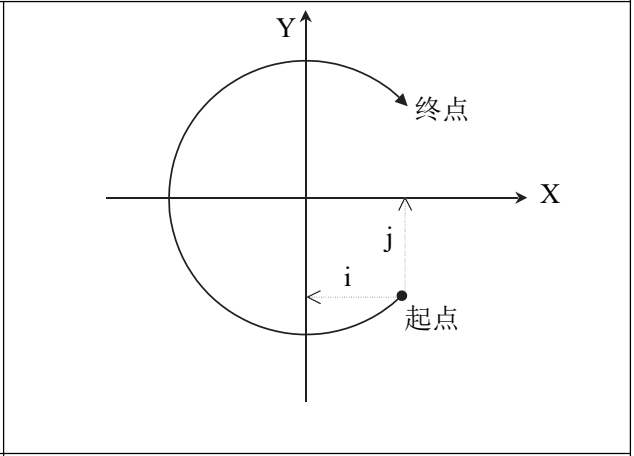
**指令说明：**

① G17 平面下，X、Y 以外的轴作为附加轴进行插补移动；
② G18 平面下，X、Z 以外的轴作为附加轴进行插补移动；
③ G19 平面下，Y、Z 以外的轴作为附加轴进行插补移动；

G17 平面下的螺旋插补轨迹




三维轨迹




XY 平面轨迹( 投影轨迹)

**举例：**

```
O1000
G54 G90 G00 X0 Y0 Z5
M03 S1000//启动主轴
G01 X50 Y0 F2000//定位到圆弧半径 50mm 处
G17 G03 Z-10 I-50 J0 F500 L3 //Z0 到 Z-10，铣刀以半径 50 的圆，进行螺旋移动，共 3 圈
G00 X0 //回到中心
G00 Z100 //退刀
M05
M30
```

## 2.2.6 圆柱插补（G07.1/G107）

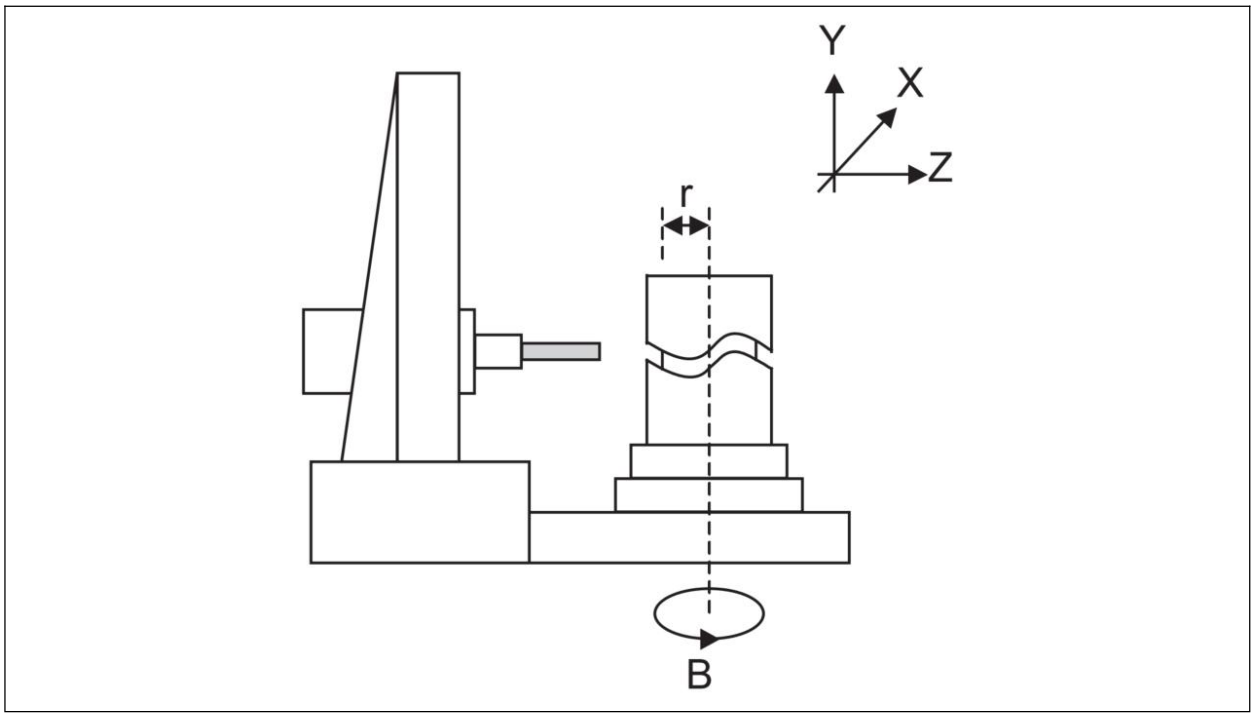
**指令格式:**

**G07.1/G107 α_ ;**

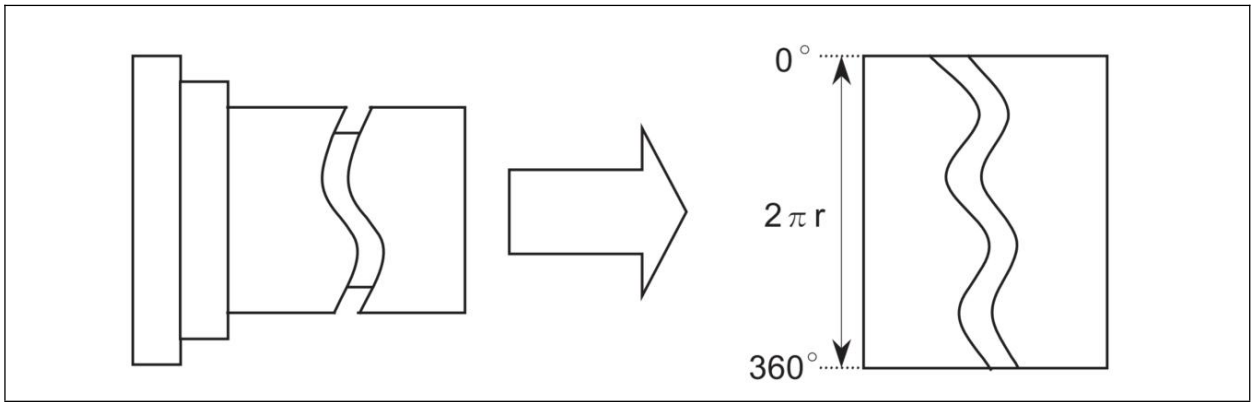
α ：指定旋转轴半径值，α为旋转轴坐标名称，如使用 C 轴、A 轴作为圆柱插补旋转轴，当指定轴值为 0 时，取消圆柱插补

**指令说明:**

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




可按照圆筒侧面展开后的形状编程，因此可用于圆筒凸轮等的加工。对旋转轴及与其垂直相交的轴进行程序指令，在圆筒侧面上进行沟槽等加工。



**详细说明:**

1. 从圆柱插补模式开始到取消为止的区间内的坐标指令为圆柱坐标系指令；

```
G07.1 Cr;   r 为圆柱半径值，圆柱插补模式开始
:     (在此区间的坐标指令为圆柱坐标系指令)
:
G07.1 C0；r = 0 时，圆柱插补模式取消
```

2. 可使用 G107 代替 G07.1；
3. G07.1 必须单独一行，不能指定其他 G 指令；
4. 以角度对旋转轴进行编程，坐标指令可为绝对指令、增量指令；
5. 圆柱插补过程中，F 值进给速度指定为在圆柱展开的平面上的切线速度；
6. 在系统图形界面，无法对带有圆柱插补指令的程序进行快速程序预览；

**平面选择：**

1. 需要在系统参数 0016 中指定旋转轴平行于哪一直线轴；
2. 可在该平面指定圆弧插补 / 刀径补偿等；
3. 请在 G07.1 指令前后设定平面选择指令，如未设定，在有移动指令时，将会发生程序错误；
4. 平面选择时，在指定轴地址后，轴发生移动。如果不希望发生轴移动，请通过增量值进行指令；

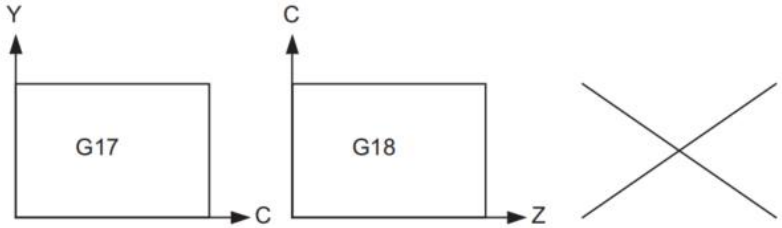
```
（例）
G19 Z0 C0     ; ..... 执行圆筒插补的平面选择指令与执行插补的 Z 轴 C 轴指令
G07.1 C100    ; ..... 开始圆筒插补
:
G07.1 C0      ; ..... 取消圆筒插补
```

基本坐标系
X, Y, Z



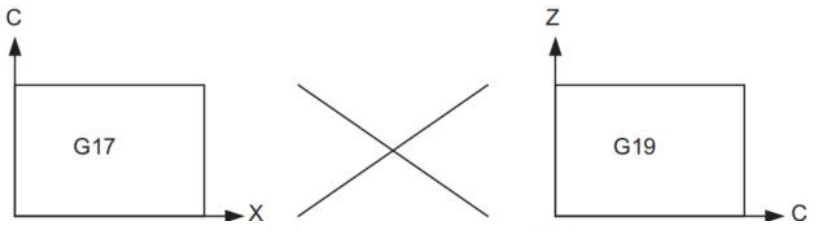

圆筒坐标系
C ， Y ， Z
（旋转轴为 X 轴的平行轴）

系统参数 0016 设定 5



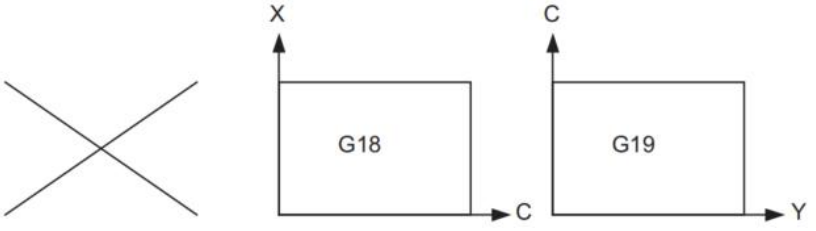

圆筒坐标系
X ， C ， Z
（旋转轴为 Y 轴的平行轴）

系统参数 0016 设定 6




圆筒坐标系
X ， Y ， C
（旋转轴为 Z 轴的平行轴）

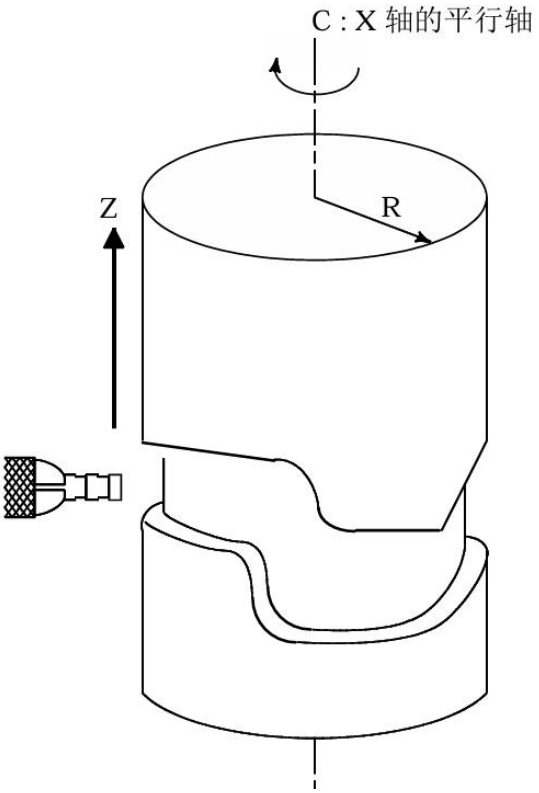
系统参数 0016 设定 7



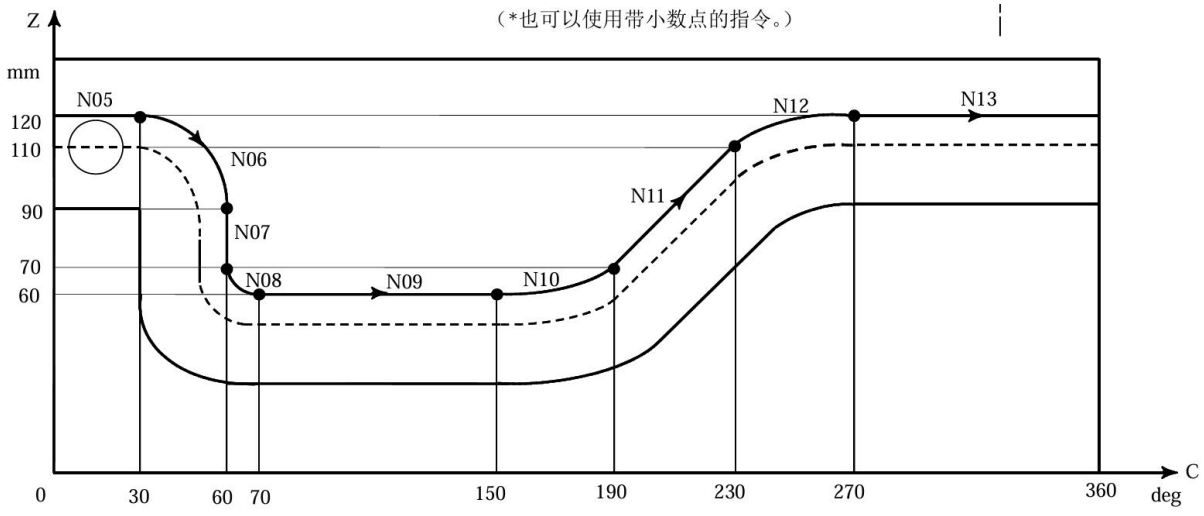
**举例：**

工件直径：125mm　　铣削深度：2.5mm（半径值）

旋转轴 C 轴设定为直线轴 X 轴的平行轴(系统参数 0016　C:5)




```
O1073 (圆柱插补 G17-XOY(A)平面)
N01 G00 G90 Z100 C0；
N02 G01 G91 G18 Z0 C0；  //平面选择
N03 G07.1 C60 //圆柱插补开始，加工半径为 60
N04 G90 G01 G41 Z120 D01 F250
N05 G01 C30
N06 G03 Z90 C60 R30.0
N07 G01 Z70
N08 G02 Z60 C70 R10
N09 G01 C150
N10 G02 Z70 C190 R75
N11 G01 Z110 C230
N12 G03 Z120 C270 R75
N13 G01 C360
N14 G40 Z100
N15 G07.1 C0 //圆柱插补结束
N16 M30
```



## 2.2.7 极坐标插补（G12.1/G13.1）

**指令格式 1:**

| | |
|---|---|
| **G12.1;** | ：极坐标插补模式开始 |
| ... | |
| **G13.1;** | ：极坐标插补模式取消 |

**指令格式 2:**

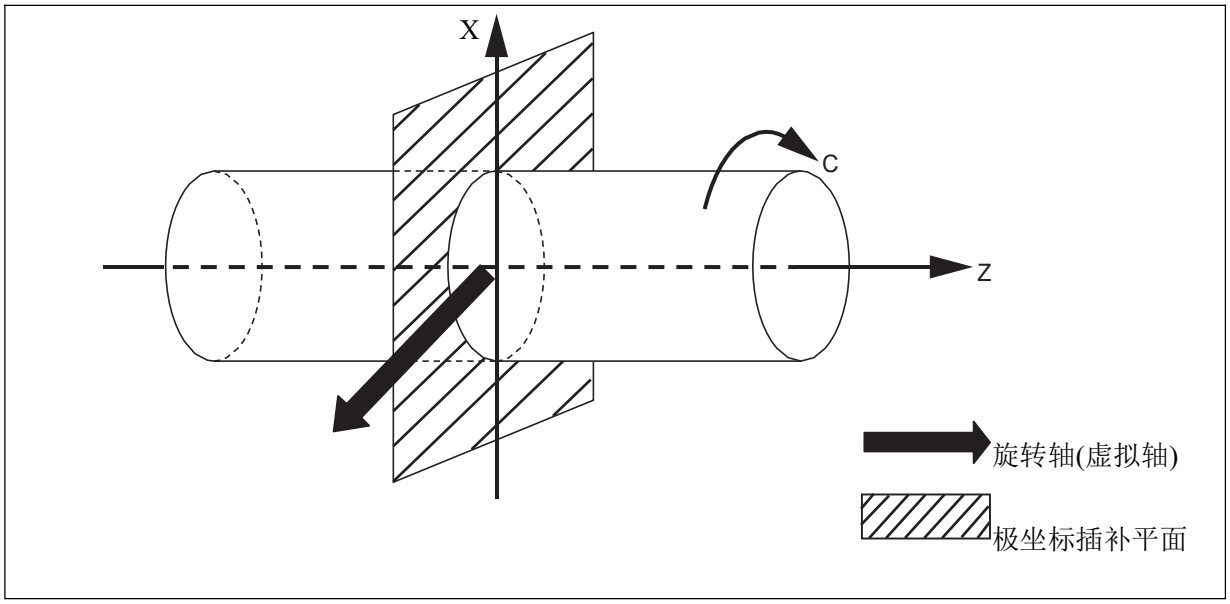
| | |
|---|---|
| **G16;** | ：极坐标系编程模式开始 |
| **G12.1;** | ：极坐标插补模式开始 |
| ... | |
| **G13.1;** | ：极坐标插补模式取消 |
| **G15;** | ：极坐标系编程模式取消 |

**指令说明：**

将垂直相交坐标系中编程的指令转换为垂直相交轴的移动(刀具的移动)和旋转轴的移动(工件的旋转)并进行轮廓控制。

将直线轴作为平面第 1 轴垂直相交轴，垂直相交的虚拟轴作为平面第 2 轴的平面称为极坐标插补平面，在此平面上进行极坐标插补。

一般用于异性工件的铣削加工，凸轮的磨削加工等。



**详细说明：**

1．需要设定极坐标插补直线轴系统参数 5530、极坐标插补旋转轴系统参数 5531；

2．G12.1 和 G13.1 须在程序段中单独一行指定，不能包含其他指令；

3．极坐标指令中直线轴可以是直径编程或者半径编程；

4．**在指令格式 1** 中，系统将选择直线轴作为平面第一轴，旋转轴作为平面第二轴(假想轴)，构成直角坐标系作为极坐标插补平面，第二轴指定单位和第一轴相同，但第二轴为半径编程，第一轴半径或直径编程，由系统参数 0001 第 1 位指定；

5．**在指令格式 2** 中，与**指令格式 1** 不同的是旋转轴作为极坐标插补平面的第二轴不转化为虚拟直线轴，直接作为角度轴进行编程，单位是 deg(度)；

6．G13.1 取消极坐标插补，旋转轴单位恢复，恢复成 G12.1 指定之前的平面；

7．极坐标插补中的进给速度为切线合成速度，速度单位和平面第一轴相同；

8．在极坐标插补方式下可进行的 G 代码；

| | |
|---|---|
| G01 (,C/R) (,A) | 直线插补、自动倒角、直线角度 |
| G02, G03 | 圆弧插补，可以用 R 或者 I、J 指定圆弧指定圆弧半径 |
| G04 | 延时 |
| G15, G16 | 极坐标系 |
| G40, G41, G42 | 刀尖半径补偿 |
| G65, M98 | 子程序调用 |
| G90, G91 | 绝对编程与增量编程 |
| G94, G95 | 每转进给/每分进给 |

9．无论作为虚拟轴的旋转轴当前坐标值是多少，进行 G12.1 指令时的虚拟轴坐标值固定从 0 开始，因此确保执行 G12.1 指令前，先进行旋转轴的定位；

**限制：**

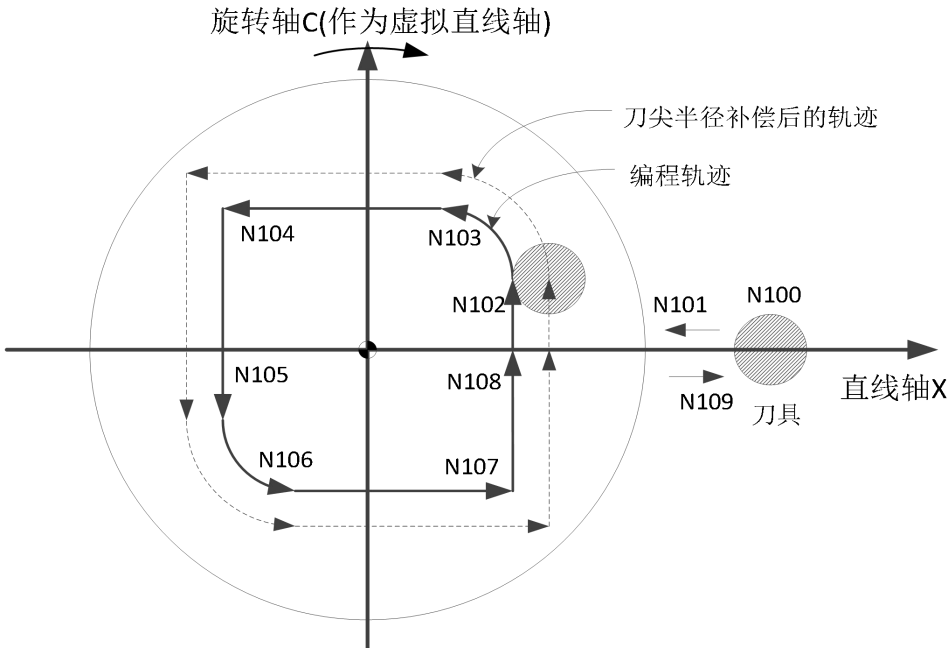
1．在极坐标插补时，坐标系不得改变(G92, G52, G53、G17~G19、G54～G59 等)；

2．在极坐标插补时，刀补号不得改变；

3．在刀尖半径补偿(G41,G42)下，不能进行极坐标插补方式(G12.1,G13.1)切换。刀尖半径补偿取消时(G40)，才可进行 G12.1 和 G13.1 指令；

4．在系统图形界面，无法对带有极坐标插补指令的程序进行快速预览；

**举例：**




**设：**旋转轴 C 轴作为极坐标插补平面的第二轴；C 轴在位置界面排序为 4

**系统参数设定：**

0001 第 2 位 C 轴设定为旋转轴

5530 设定为 1(X 轴作为极坐标插补平面的第一轴-直线轴)

5531 设定为 4(C 轴作为极坐标插补平面的第二轴-旋转轴)

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 G90 G00 X100 Y0 Z0 C0 | |
| G01 X60 F1000 | |
| **G12.1** | //极坐标插补开始 |
| **N101** G42 G01 C0 X20 F500 | |
| **N102** G01 C10 | |
| **N103** G03 X10 C20 R10 | //用 R 指定圆弧半径 |
| **N104** G01 X-20 | |
| **N105** G01 C-10 | |
| **N106** G03 X-10 C-20 I10 J0 | //用 I,J 指定圆弧中心 |
| **N107** G01 X20 | |
| **N108** G01 C0 | |
| **N109** G40 X60 | |
| **G13.1** | //取消极坐标插补 |
| G90 G00 X100 | |
| M30 | |

## 2.2.8 螺纹切削（G33）

**指令格式:**

**G17 G33 Zp_ F/I_ Q_;**
**G18 G33 Yp_ F/I_ Q_;**
**G19 G33 Xp_ F/I_ Q_;**

| | |
|---|---|
| G17 | ：XpYp 平面选择 |
| G18 | ：XpZp 平面选择 |
| G19 | ：YpZp 平面选择 |
| Xp | ：X 轴或其平行轴的螺纹终点坐标(由系统参数 0016 设定) |
| Yp | ：Y 轴或其平行轴的螺纹终点坐标(由系统参数 0016 设定) |
| Zp | ：Z 轴或其平行轴的螺纹终点坐标(由系统参数 0016 设定) |
| F | ：公制螺纹导程，长轴方向的导程，单位：mm |
| I | ：英制螺纹导程，长轴方向的每英寸的牙数 |
| Q | ：螺纹加工起始角，没有指定时，起始角默认为 0° |

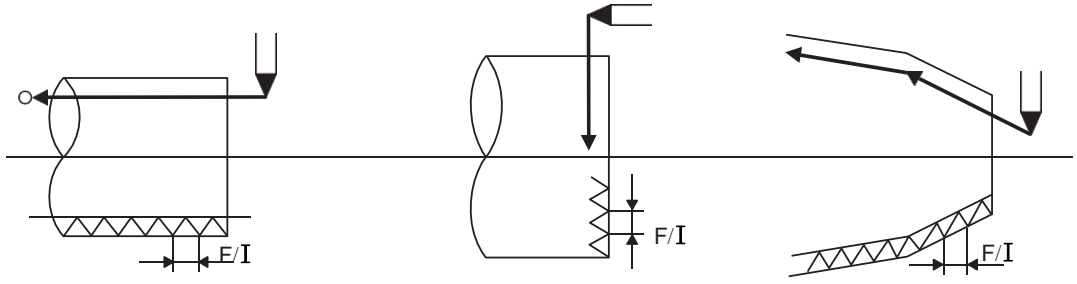
**指令扩展字符：**

| | |
|---|---|
| α | ：附加轴终点坐标，可指定多个轴 |
| J | ：螺纹长轴方向的退尾长度(仅在高精度模式有效)，单位：mm |
| K | ：每圈的导程变化量，单位：mm |
| NQ1 | ：当指定 NQ1 时，指令不检测编码器零脉冲，用于断丝锥回退 |

**指令说明：**

指令通过机床旋转编码器的反馈，控制进给轴进行螺纹车削。

1．G33 螺纹指令可进行直螺纹、锥螺纹、端面螺纹、连续螺纹、变导程螺纹的加工；




直螺纹　　端面螺纹　　连续螺纹

2．G33 螺纹指令执行流程：

① 主轴启动；

② 主轴转速反馈是否大于系统参数 5025 设定值(螺纹加工主轴转速下限)，若等待时间超过系统参数 5027 设定的时间，系统暂停报警；

③ 主轴转速反馈与 S 指令指定转速进行比较，若转速差超过系统参数 5026 设定的范围，系统暂停等待，等待时间超过系统参数 5027 设定的时间，系统暂停报警；

④ 螺纹切削速度上限判断，若主轴反馈转速×导程 ＞ 系统参数 5010，系统报警暂停；

⑤ 切削进给；

3．G33 指令下一段的指令为 G00 指令(平面第 2 轴方向)，且为高精度模式(系统参数 5000 第 2 位)时，会有螺纹退尾动作，长轴方向的退尾长度，有以下三种方式进行设定：

① G33 指令段中的 J 指定退尾长度；
② 当系统参数 5000 第 1 位为 0 且 J 未编时，通过系统参数 5012 指定退尾长度；
③ 当系统参数 5000 第 1 位为 1 且 J 未编时，通过系统参数 5016 指定退尾长度；

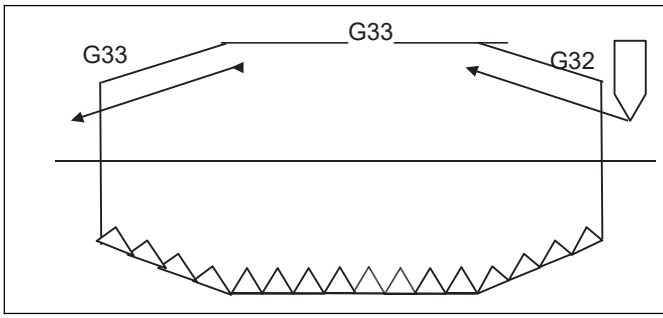
4．退尾角度由系统参数 5017 指定；

5．G33 指令下一段的指令为 G01 指令时，无退尾动作；

6．G33 指令可进行连续螺纹切削，连续切削时第 2 段的 G33 可以省略，且可以指定不同的导程；

7．进行连续螺纹切削时，需将系统参数 5000 第 2 位设定为平稳模式；

8．进行连续螺纹切削指令时，如果进行除螺纹切削以外的其它指令，则不进行连续螺纹切削。但如果在螺纹切削指令程序段间指定了无轴移动的指令(G04 暂停指令、MST 指令等 )，则从第 2 程序段开始，G33 指令会重新等待主轴 1 转同步信号(编码器零脉冲)；




| | |
|---|---|
| G91 G33 X10 Z-20 F1; | //螺纹切削 |
| X0 Z-20 F2; | //连续螺纹切削 |
| X-10 Z-20 F1; | //连续螺纹切削 |
| G00 X10; | //退刀 |

9．系统会根据当前的坐标位置与终点坐标位置进行计算，判断长轴为插补平面第 1 轴还是第 2 轴；

10．螺纹导程 F/I 对应的是长轴方向的导程；

11．可通过 G17~G19 平面选择指令来指定螺纹切削的第 1 轴与第 2 轴；

| 插补平面选择 | G33 指令下的平面第 1 轴 \| 第 2 轴 | |
|---|---|---|
| G17（XpYp 平面选择） | Z | X |
| G18（XpZp 平面选择） | Y | Z |
| G19（YpZp 平面选择） | X | Y |

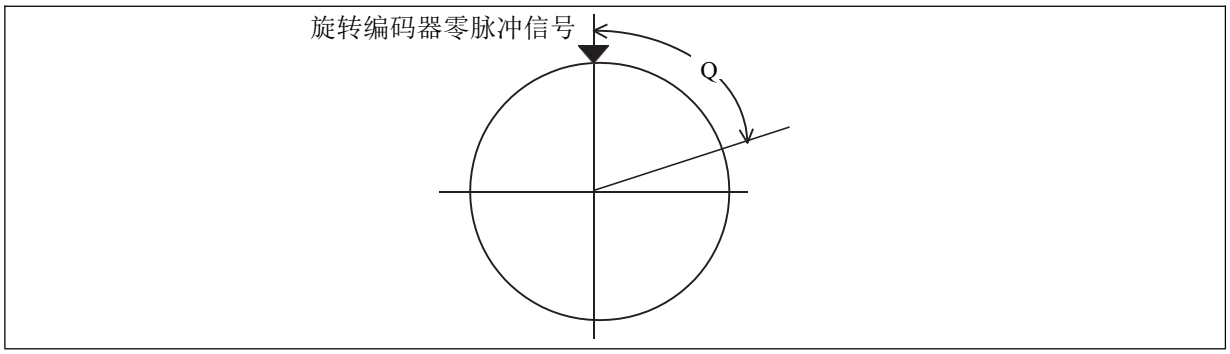
12．G33 指令可指定多个附加轴移动，附加轴移动速度取决于 G33 指令的长轴；

| | |
|---|---|
| G17 G00 X0 Y0 Z0 | XpYp 平面选择**(系统默认)** |
| G91 G33 Z-20 X-5 Y10 F2 | Z 轴移动的距离大于 X 移动的距离<br>Z 轴为长轴，预估主轴旋转 [Z 轴移动的距离 / 导程] 圈后指令结束 |
| | |
| G17 G00 X0 Y0 Z0 | XpYp 平面选择**(系统默认)** |
| G91 G33 Z-5 X-20 Y10 F2 | Z 轴移动的距离小于 X 移动的距离<br>X 轴为长轴，预估主轴旋转 [X 轴移动的距离 / 导程] 圈后指令结束 |

13．Q 的单位默认为 1°(可通过系统参数 5000 第 3 位指定为 0.001°)，若 Q 指定角度超过 360 时，系统会自动取模处理；

14．数控系统通过旋转编码器 1 转信号(编码器零脉冲信号)来建立主轴角度坐标系，即 Q 的起点；

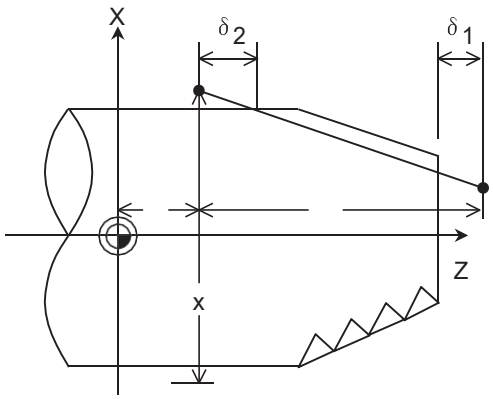
15．G33 指令在等待旋转编码器的 1 转信号(主轴角度为 [0+Q] )后，开始移动；




16．在自动模式执行 G33 时，如果将模式切换为其它模式(如手动、手轮)，则在执行完当前 G33 指令后，系统处于暂停状态；

17．在螺纹切削开始/ 结束时，通常会因伺服驱动的延迟而导致导程错误，因此，在指定螺纹长度时，必须指定所需螺纹长度上附加了δ1, δ2 的错误导程长度后的长度；

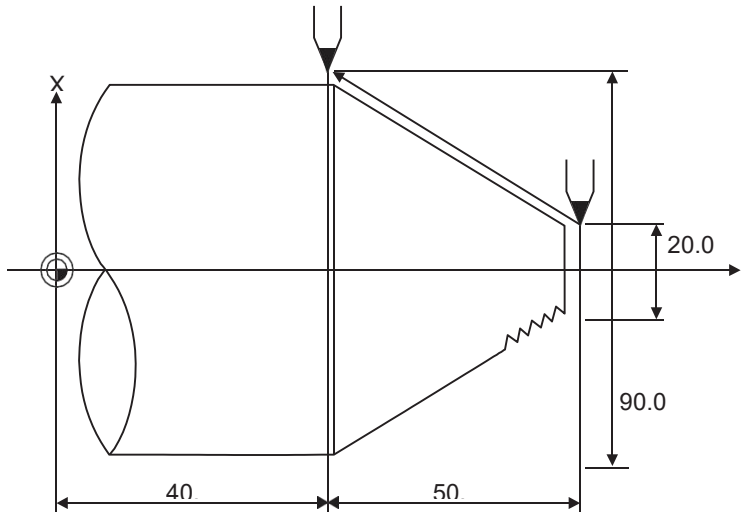
其中δ2 为退尾长度，由系统参数 5000 第 1 位指定退尾长度计算方式，由系统参数 5000 第 4 位指定**δ**1 是否等于**δ**2；




18．G33 指令运行时，进给倍率、主轴倍率、进给保持键、单段功能、手脉调试功能无效；

**举例：**

普通螺纹加工，螺纹导程：1mm




```
O1000;
G54;
M03 S200;
G90 G00 X10 Z90;        //定位
G33 X45 Z50 F1;         //螺纹切削
G91 G00 G00 X10;        //退刀
G90 G00 Z90;
M30;
```

# 2.3 暂停功能指令

## 2.3.1 延时（G04）

**指令格式：**

| **G04 X/U/P_;** | |
|---|---|
| X | ：延时时间，单位：秒 |
| U | ：延时时间，单位：秒 |
| P | ：延时时间，单位：0.001 秒 |

**指令说明：**

暂停程序，指令推迟下个程序段的执行，推迟时间为指令的时间。

## 2.3.2 输入信号检测（G04 I）

**指令格式：**

| **G04 I_ J_ K_;** | |
|---|---|
| I | ：自定义输入口设定，I 值为正数时表示接通有效，负数为断开有效 |
| J | ：等待信号到位最大时限，单位：秒 |
| K | ：信号有效宽度，单位：秒 |

**指令说明：**

通过该指令可以检测系统输入口状态，功能与 M01 相似。

可与延时指令 G04 的 X/U/P 同时指定，延时时间与输入口检测为或逻辑关系，即延时时间、输入信号任一条件满足，则 G04 指令执行完成。

**举例：**

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 | |
| G04 X1 | //延时 1 秒 |
| M20 K1 | //端口号为 1 的输出口打开(置 1) |
| G04 X5 I2 | //延时 5 秒后或当端口号为 2 的输入口接通时，系统执行下一段程序 |
| M21 K1 | //端口号为 1 的输出口关闭(置 0) |
| ... | |
| M30 | |

# 2.4 简化编程/循环指令

## 2.4.1 自动倒角（,C 和 ,R）

**指令格式：**

| | |
|---|---|
| **,C/R_ E_;** | |
| ,C | ：倒平角宽度，单位：mm |
| ,R | ：倒圆弧角半径值，单位：mm |
| E | ：倒角进给速度，直线轴单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |

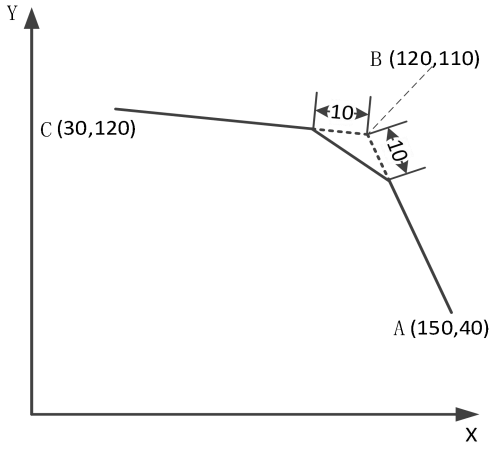
**指令说明：**

可以在程序段间自动产生倒角指令。

1. 若同一行指令中，同时指定了 “,R” 与 “,C”，则 “,C” 有效；
2. 自动倒角指令受程序单段功能影响；
3. 自动倒角指令可指定 E 来指定进给速度，不指定 E 时，则使用 F 的进给速度；

以下根据 G17 平面(XOY)进行程序指令说明：

**1. 直线到直线**




绝对编程：

G90 G00 X150 Y40； //A

G01 X120 Y110 F500 **,C10**； //B

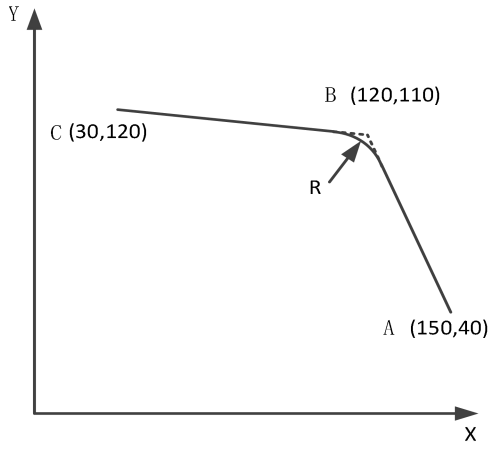
G01 X30 Y120； //C

相对编程：

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G01 X-30 Y70 F500 **,C10**； //B

G01 X-90 Y10； //C




绝对编程：

G90 G00 X150 Y40； //A

G01 X120 Y110 F500 **,R10**； //B

G01 X30 Y120； //C

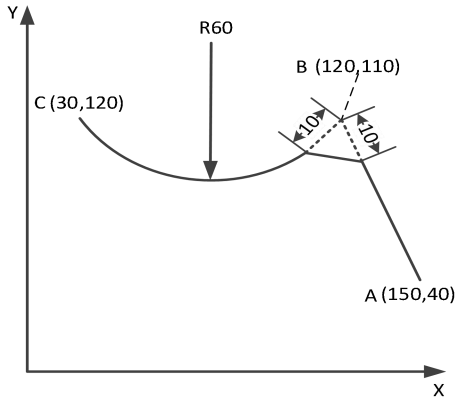
相对编程：

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G01 X-30 Y70 F500 **,R10**； //B

G01 X-90 Y10； //C

## 2. 直线到圆弧




绝对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G01 X120 Y110 F500 **,C10**； //B

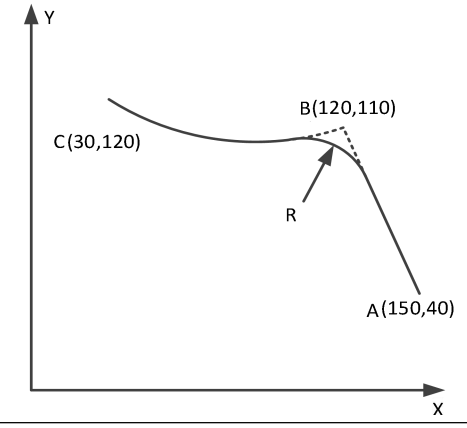
G02 X30 Y120 R60； //C

相对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G01 X-30 Y70 F500 **,C10**； //B

G02 X-90 Y10 R60； //C




绝对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G01 X120 Y110 F500 **,R10**； //B

G02 X30 Y120 R60； //C

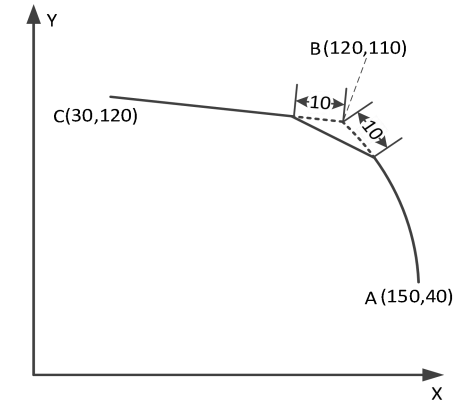
相对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G01 X-30 Y70 F500 **,R10**； //B

G02 X-90 Y10 R60； //C

## 3. 圆弧到直线




绝对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G03 X120 Y110 R50 F500 **,C10**； //B

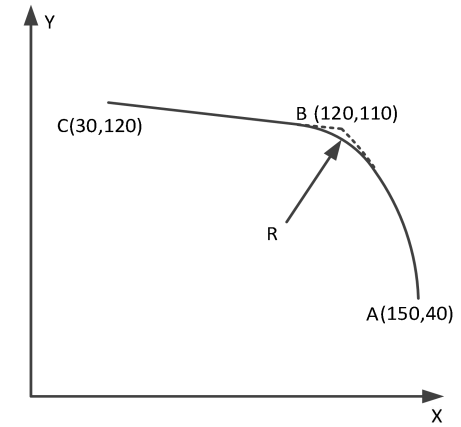
G01 X30 Y120； //C

相对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G03 X-30 Y70 R50 F500 **,C10**； //B

G01 X-90 Y10； //C




绝对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G03 X120 Y110 R50 F500 **,R10**； //B

G01 X30 Y120； //C

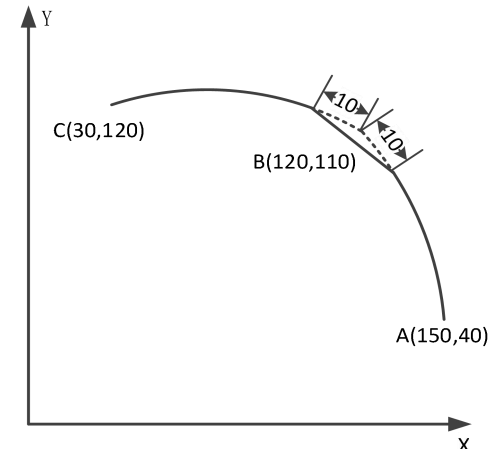
相对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G03 X-30 Y70 R50 F500 **,R10**； //B

G01 X-90 Y10； //C

4. 圆弧到圆弧




绝对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G03 X120 Y110 R50 F500 **,C10**； //B

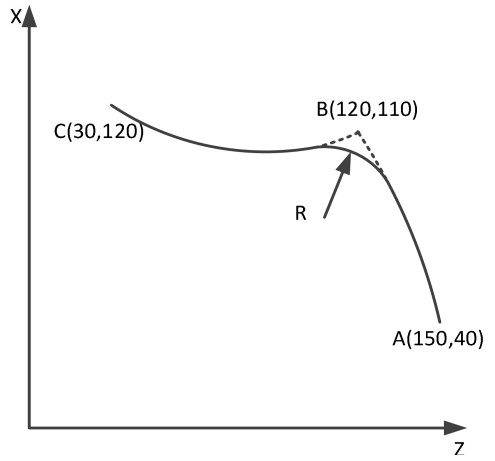
G03 X30 Y120 R60； //C

相对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G03 X-30 Y70.0 R50 F500 **,C10**； //B

G03 X-90 Y10 R60； //C




绝对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G03 X120 Y110 R50 F500 **,R10**； //B

G02 X30 Y120 R60；

相对编程:

G90 G00 X150 Y40； //A

G91 G03 X-30 Y70.0 R50 F500 **,R10**； //B

G02 X-90 Y10 R60； //C

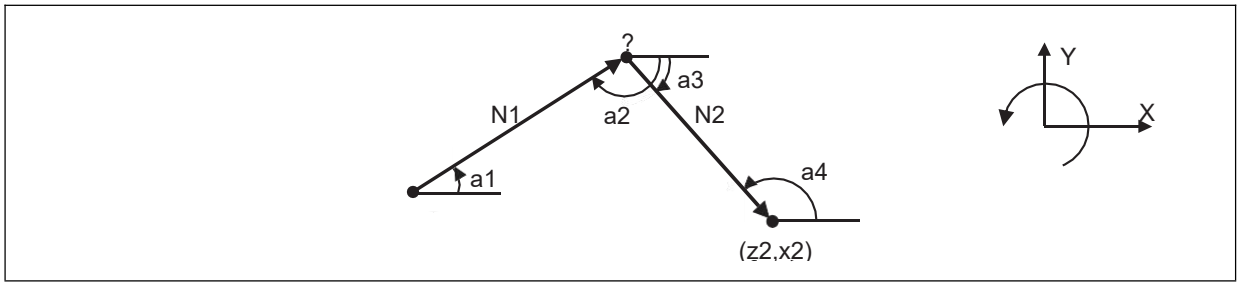
## 2.4.2 直线角度（,A）

**指令格式：**

| | |
|---|---|
| **G01 X(Y)_ ,A_ F_;** | |
| X | ：X 轴终点坐标 |
| Y | ：Y 轴终点坐标 |
| ,A | ：角度值，单位：度 |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |

**指令说明：**

在连续的直线插补指令中，难以计算 2 条直线的交点时，可通过指定第 1 条直线的角度和第 2 条直线的终点坐标值和角度，在 NC 内部自动计算第 1 条直线的终点，控制移动指令。




1．角度为与所选平面的第 1 轴(水平轴)方向所成的角度，以逆时针方向(CCW)为正，以顺时针方向(CW)为负；

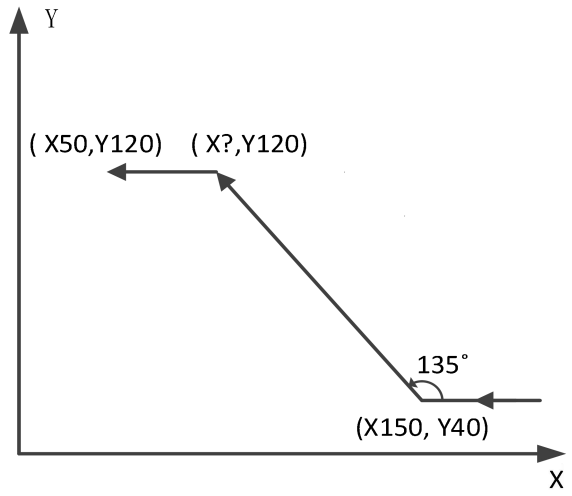
2．角度范围为 -360.000 ≦ A ≦ 360.000，若指定超出这个范围的值，则指令值为原值除以 360 后的余数，如：指定为 400.时，指令角度为 400/360 的余数 40；

3．支持平面切换(G17/G18/G19)；

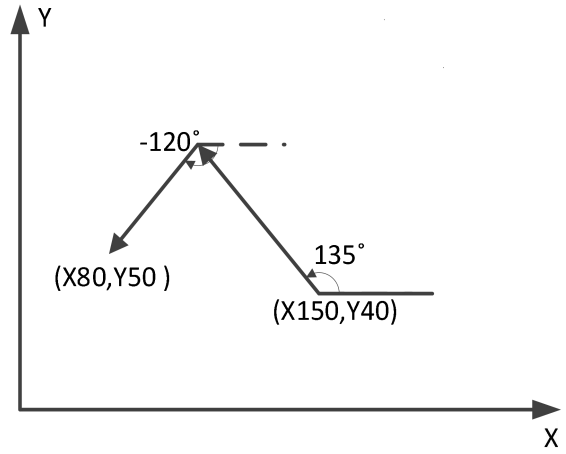
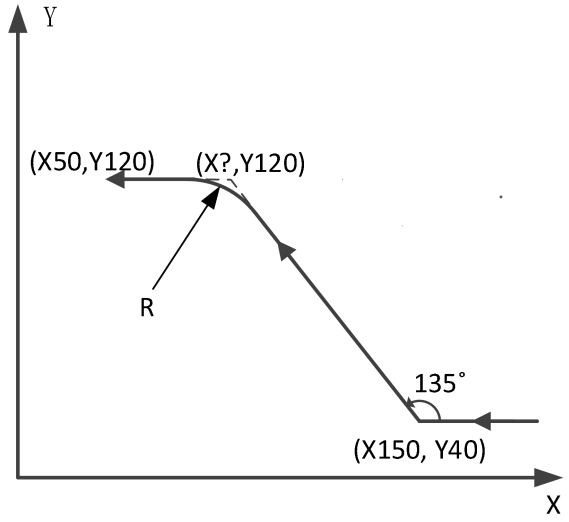
4．可以与自动倒角同时使用；

**举例：**

情况 1：




```
G17 G90 G00 X200 Y40
G01 X150 Y40 F1000
G01 Y120 ,A135 F500//省略 Y 坐标
G01 X50 Y120
```

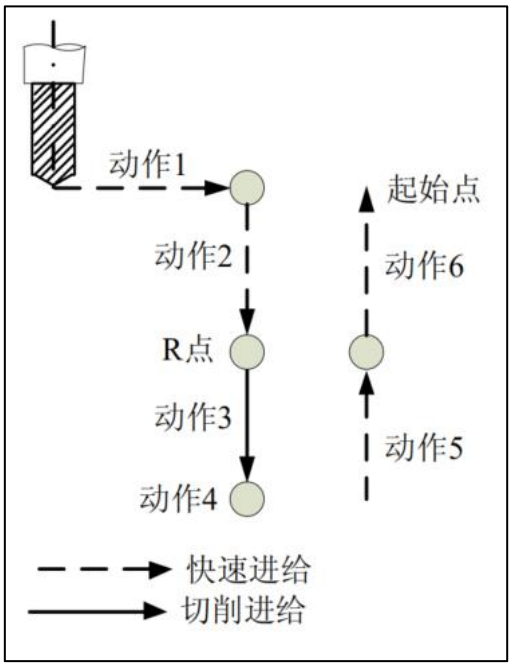
| | |
|---|---|
| 情况 2：<br> | G17 G90 G00 X200 Y40<br>G01 X150 Y40 F1000<br>G01 **,A135** F500//省略 XY 坐标<br>G01 X80 Y50**,A-120** |
| 情况 3：<br> | G17 G90 G00 X200 Y40<br>G01 X150 Y40 F1000<br>G01 Y120 **,A135 ,R20** F500//省略 Y 坐标<br>G01 X50 Y120 |

## 2.4.3 固定循环功能概述

固定循环功能可以用包含 G 代码的一个程序段来完成，这样便可省掉在钻孔/攻丝/镗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。

**G_ α_ IP_ R_ Q_ P_ F_ K_ M_；**

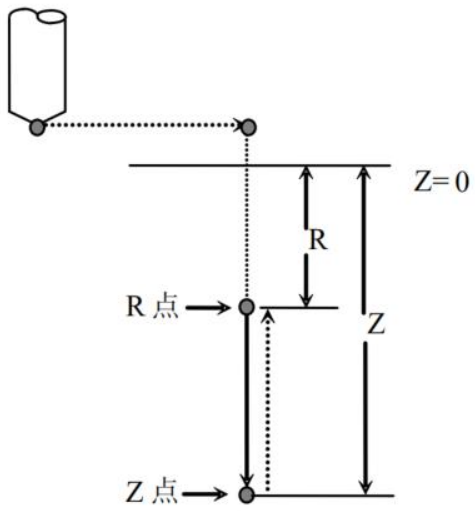
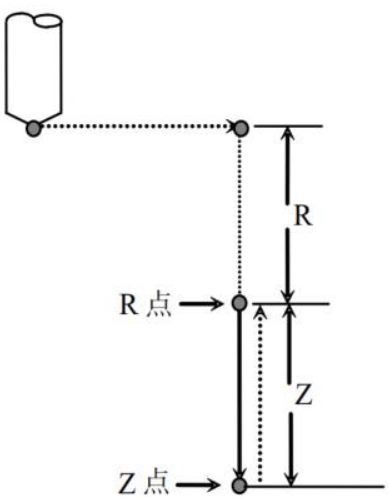
| 指定内容 | 地址 | 说明 |
|---|---|---|
| 孔加工方式 | G | 选择固定循环 G73~G89 |
| 孔定位数据 | α | 进给轴之外的轴，用于孔定位 |
| 孔加工数据 | IP | 孔进给轴(平面第 3 轴)坐标数据，用 F 指定进给速度<br>G17 平面，Z 轴为进给轴<br>G18 平面，Y 轴为进给轴<br>G19 平面，X 轴为进给轴 |
| | R | 用增量值指定从初始点平面到 R 点的距离，或者用绝对值指定 R 点的坐标值 |
| | Q | 指定 G73、G83 中每次切入量或 G76、G86 中的平移量(增量值) |
| | P | 指定在孔底的暂停时间 |
| | F | 指定切削进给速度 |
| | K | 指令重复执行次数，未输入时为 1 次 |
| 自动 M 指令 | M | R 点定位前执行 M 指令，执行退刀到 R 点后自动执行 M+1 指令 |




钻孔固定循环一览表如下。

| G 指令 | 进给动作 | 孔底动作 | 退刀动作 | 适用场合 |
|---|---|---|---|---|
| G73 | 间歇进给 | — | 快速定位 | 高速深孔钻循环 |
| G74 | 切削进给 | 暂停，主轴正转 | 切削进给 | 反旋攻丝循环 |
| G76 | 切削进给 | 主轴准停 | 快速定位 | 精镗循环 |
| G80 | — | — | — | 取消固定循环 |
| G81 | 切削进给 | — | 快速定位 | 钻，点钻 |
| G82 | 切削进给 | 暂停 | 快速定位 | 钻，镗阶梯孔 |
| G83 | 间歇进给 | — | 快速定位 | 高速/深孔钻循环 |
| G84 | 切削进给 | 暂停，主轴反转 | 切削进给 | 正旋攻丝循环 |
| G85 | 切削进给 | — | 切削进给 | 镗 |
| G86 | 切削进给 | 主轴停 | 快速定位 | 镗 |
| G87 | 切削进给 | 主轴正转 | 快速定位 | 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 |

绝对编程与增量编程。

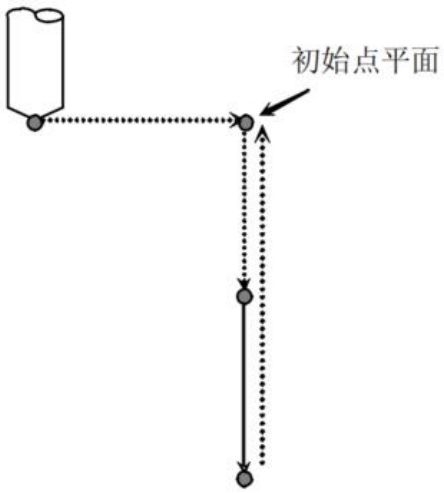
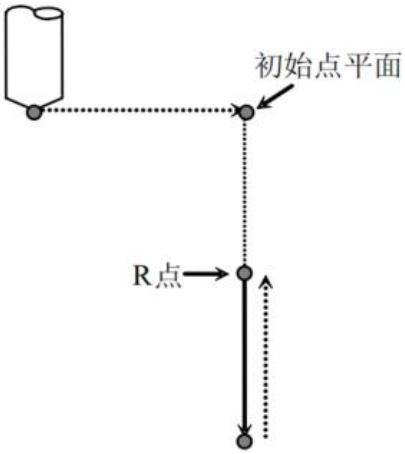
| G90（绝对值指令） | G91（增量值指令） |
| --- | --- |
|  |  |

**注**

使用 G91 对 X、Y 编程时，注意其同时对 R、Z 的影响。

返回平面点，指令 G98 表示返回初始点平面，指令 G99 返回 R 点平面。

在多孔加工时，通常将最后一个孔用 G98，其余前面的孔都为 G99。

| G98（返回到初始点平面） | G99（返回到 R 点平面） |
| --- | --- |
|  |  |

**注**

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。

## 2.4.4 高速深孔钻循环（G73）

**指令格式：**

**G73 α_ Z_ R_ Q_ F_ K_；**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| Q | ：单次的钻孔深度(无符号)，模态数据 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

**指令说明：**

同 G83.5 功能,功能描述见 G83。

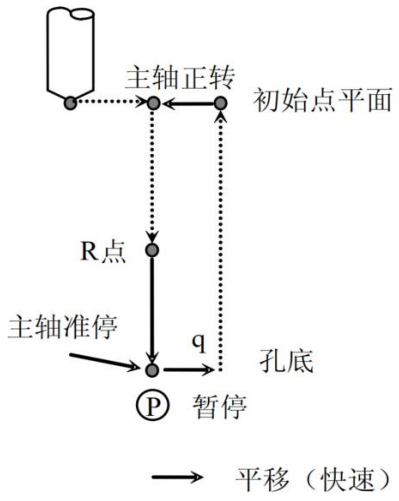
## 2.4.5 精镗循环（G76）

**指令格式：**

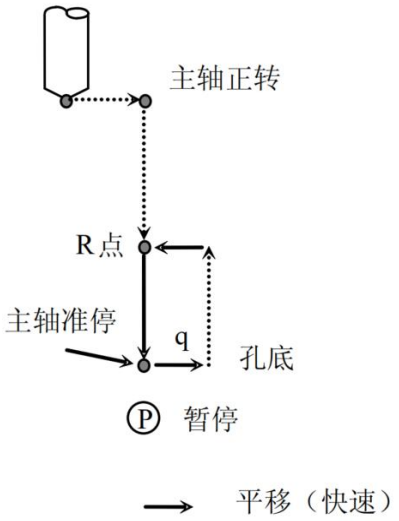
**G76 α_ Z_ R_ Q_ P_ F_ K_;**

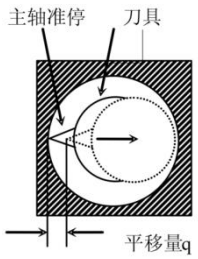
| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| Q | ：刀尖反向位移量，无符号，模态数据 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

**G76（G98）**




**G76（G99）**




**功能说明：**

当刀具到达孔底时，主轴进行准停控制，然后刀具以刀尖的相反方向移动退刀，这保证加工面不被破坏，实现精密而有效的镗削加工。

Q 指定了退刀的距离，通过系统参数 5140 指定退刀方向，Q 的退刀方向设定具体如下表：

| 当前加工平面 | 退刀方向 | 参数 5140 设定值 |
|---|---|---|
| G17 (Z 方向镗孔) | X 轴方向退刀 | Z：1(表示 X 正方向)　-1(表示 X 负方向) |
| | Y 轴方向退刀 | Z：2(表示 Y 正方向)　-2(表示 Y 负方向) |
| G18 (Y 方向镗孔) | X 轴方向退刀 | Y：1(表示 X 正方向)　-1(表示 X 负方向) |
| | Z 轴方向退刀 | Y：3(表示 Z 正方向)　-3(表示 Z 负方向) |

系统参数 5140 的设定值表示系统通道内的轴号，如 1 表示 X 轴，2 表示 Y 轴，符号表示退刀方向。

根据加工平面来确定设置系统参数 5140 的 X、Y、Z 值，如 G17 平面下，Z 轴作为进给轴，刀具需要 X 轴的负方向退刀，则在系统参数 5140 中的 Z 填入-1。

**注意：**

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；
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，请先启动主轴(M03)，如与 G76 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
4. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
5. 固定循环中刀具偏移指令无效；
6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

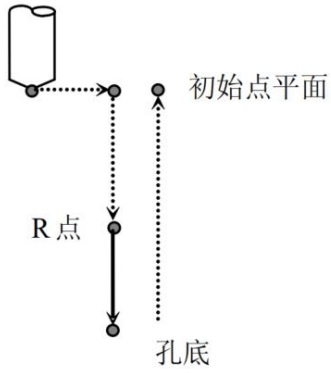
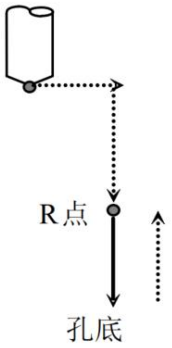
| **镗孔加工打孔应用，共计 6 个孔，间隔 30mm，X 负方向退刀** | |
|---|---|
| 参数设定：系统参数 5140 中的 Z 设定为-1 | |
| O1000 | |
| M03 S1000 | |
| G90 G54 G17 G00 X0 Y0 Z100 | //初始定位 |
| G99 G76 Z-20 R1 Q5 P1000 F100<br>1 2 3 4 5 6 7 | //1：退刀返回到 R 点<br>//2：镗孔循环<br>//3：镗孔深度<br>//4：R 点快速定位<br>//5：孔底 X 向偏移-5mm<br>//6：孔底延时 1000 毫秒<br>//7：进给速度<br>//在 X0 Y0 进行 1 次镗孔 |
| G91 X30 K4 | //增量指定 X 轴每 30mm 进行镗孔，循环 4 次 |
| G98 G91 X30 | //最后一孔，退刀退至初始平面 Z100 |
| G90 G80 G00 X0 Y0 | //取消钻孔循环 |
| M30 | |

## 2.4.6 钻孔/点钻循环（G81）

**指令格式：**

**G81 α_ Z_ R_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

| G81（G98） | G81（G99） |
|---|---|
|  |  |

**指令说明：**

该指令用于正常钻孔切削进给，进给到孔的底部，然后刀具从孔底快速移动退回。

**注意：**

1. 指定 G81 前，请先启动主轴(M03)，如与 G81 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
2. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
3. 固定循环中刀具偏移指令无效；
4. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

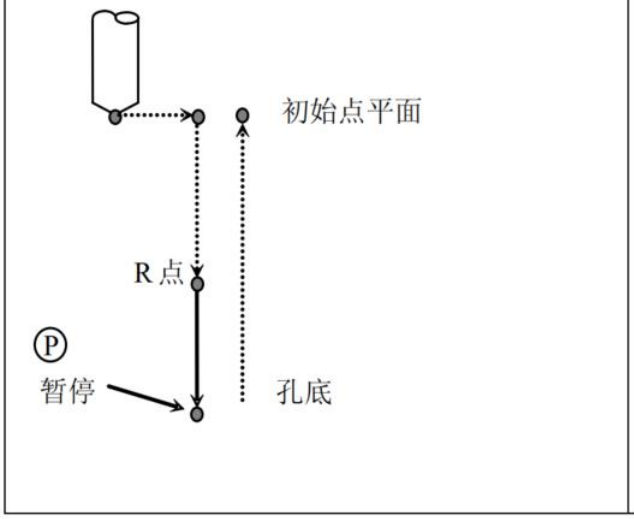
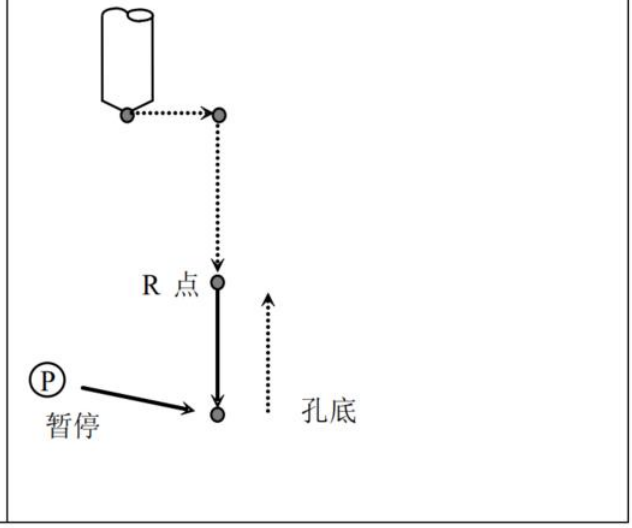
```
M03 S1000
G90 G54 G00 Z100
G99 G81 X0 Y0 Z-20 R1 F100 //定位，钻 1 孔，然后快速返回到 R 点
Y-50 //定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点
Y-80//定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点
X40//定位，钻 4 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-100//定位，钻 5 孔，然后快速返回到初始点
G80//取消当前固定循环
G00 X0 Y0
M30
```

## 2.4.7 钻孔/镗孔循环（G82）

**指令格式：**

**G82 α_ Z_ R_ P_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

| G82（G98） | G82（G99） |
|---|---|
|  |  |





**指令说明：**

该指令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，可提供孔深的精度。

**注意：**

1. 指定 G82 前，请先启动主轴(M03)，如与 G82 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
2. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
3. 固定循环中刀具偏移指令无效；
4. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

```
M03 S1000
G90 G54 G00 Z100
G99 G82 X0 Y0 Z-20 R1 P1000 F100 //定位，钻 1 孔，孔底暂停 1 秒，然后快速返回到 R 点
Y-50 //定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点
X40//定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-100//定位，钻 4 孔，然后快速返回到初始点
G80 G00 X0 Y0//取消当前固定循环
M30
```

## 2.4.8 钻孔循环（G83）

**指令格式：**

**G83 α_ Z_ R_ P_ Q_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| Q | ：单次的钻孔深度(无符号)，模态数据，忽略时直接钻到底 |
| F | ：钻孔进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

**指令扩展字符：**

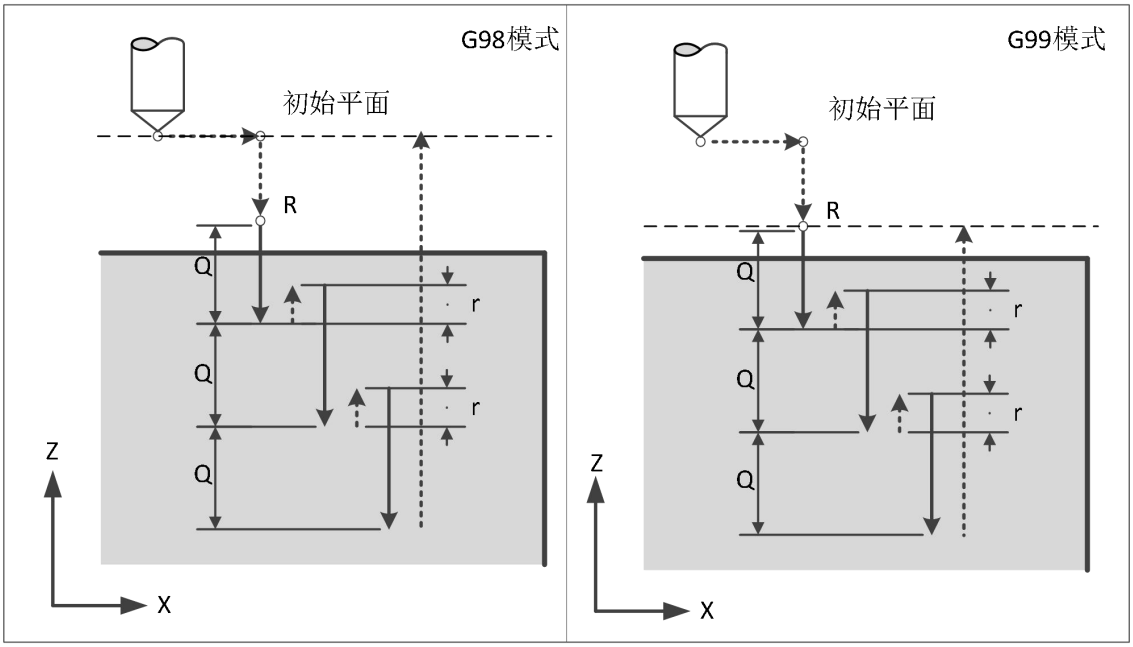
| | |
|---|---|
| G83.5 | ：高速钻循环模式 |
| G83.6 | ：深孔钻循环模式 |
| G83.7 | ：高速深孔钻循环模式 |
| Mxx | ：自动 M 代码指定，在每次钻孔前执行 Mxx，钻孔结束后执行 Mxx+1 |

**指令说明：**

**循环类型 1：高速钻循环** (通过系统参数 5100 第 1 位设定为 1，或用 G83.5 代替 G83)

**指令动作：**

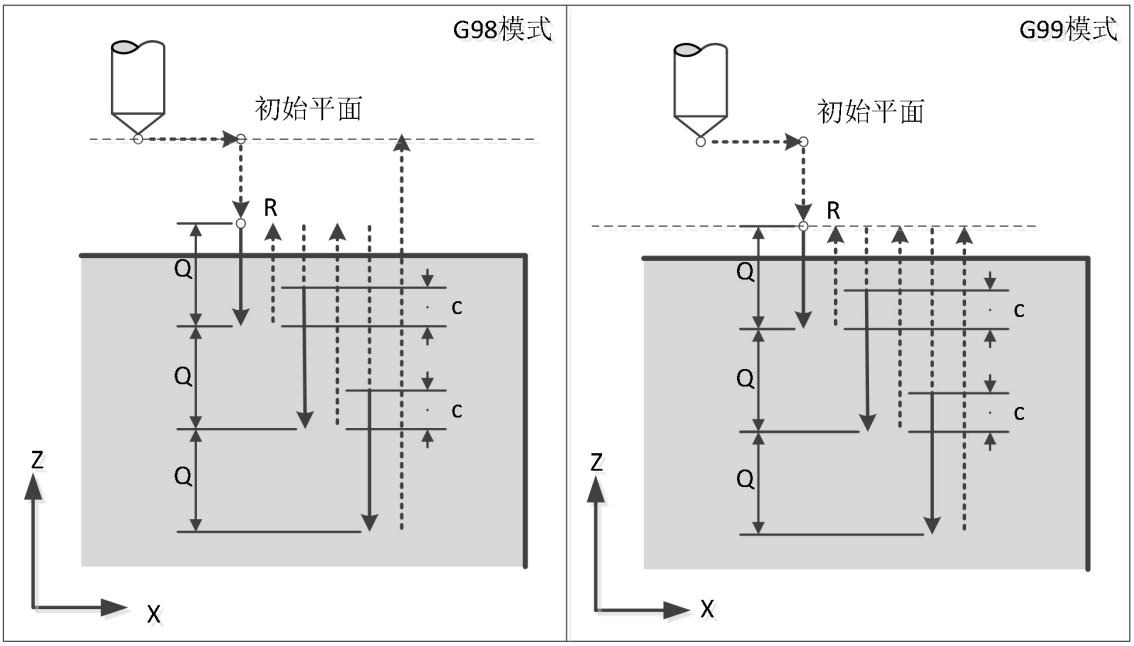
r：每次进给返回量，由系统参数 5110 定义



**循环类型 2：深孔钻循环** (通过系统参数 5100 第 1 位设定为 0，或用 G83.6 代替 G83)

**指令动作：**

c：进刀空程量，由系统参数 5111 定义




**循环类型 3：高速深孔钻循环**

类型 1 与类型 2 的结合，同时采用 r(返回量)与 c(空程量)，编程时用 G83.7 代替 G83。

**注意：**

1. 指定 G83 前，请先启动主轴(M03)，如与 G83 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
2. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
3. 固定循环中刀具偏移指令无效；
4. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

例 1：直线移动循环打孔

```
O1000
G54 G90 G00 Z50 X0 Y0
M03 S800
G99 G83.5 Z-20 R1 Q4 F300
(先快速定位到 R 点，然后每进给 4mm 回退系统参数 5110 指定值，再继续进给，一直到 Z-20)
X10(返回到 R 点，X 轴移动到 10mm，继续打孔)
X20(返回到 R 点，X 轴移动到 20mm，继续打孔)
G98 X30(返回到 R 点，X 轴移动到 30mm，继续打孔，打孔结束后，退到 Z50(初始平面))
G80(取消打孔循环)
G00 X0 Y0
M30
```

例 2：圆周循环打孔

```
O1000
G54 G90 G00 Z50 X0 Y0
M03 S800
G16(极坐标编程模式)
G99 G83.5 Z-20 X50 Y0 R1 Q4 F300
(以 X0,Y0 为圆心，移动到半径 50mm 处，Y 表示角度 0°的位置进行打孔)
Y90(回到 R 点,移动到 90°的位置继续打孔)
Y180(回到 R 点,移动到 180°的位置继续打孔)
G98 Y270(返回到 R 点，移动到 270°的位置继续打孔，继续打孔，打孔结束后，退到 Z50 处)
G80(取消打孔循环)
G15(取消极坐标模式)
G00 X0 Y0
M30
```

例 3：分度台打孔应用，在工件直径 100mm 处钻 4 个间隔 90 度的孔

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 G90 G49 G00 X0 Y0 Z100 A0 | |
| G43 H1 | |
| M03 S1000 | |
| G83.5 Z-20 A0 R1 Q4 F300 M112<br>1 2 3 4 5 6 | //1：G83.5 设定高速钻循环<br>//2：钻孔深度 20mm，从 A 轴 0 度位置开始进行钻孔<br>//3：钻孔前的快速定位点 R<br>//4：每钻孔 4mm 进行 1 次抬刀，抬刀高度系统参数 5110 指定<br>//5：钻孔速度指定，G94 模式下的每分进给<br>//6：每打 1 个孔自动执行 M112(工件锁紧)与 M113(工件解锁) |
| G91 A90 K3 | //增量指定 A 轴每 90 度打孔，循环 3 次 |
| G80 G49 G90 G00 Z100 | //取消钻孔循环，退刀 |
| G00 X0 Y0 A0 | |
| M30 | |

## 2.4.9 刚性攻丝循环 (G74/G84)

**指令格式：**

**M29/M28 P_ S_;(设定攻丝主轴与攻丝转速)**

| | |
|---|---|
| M29/M28 | ：设定攻丝模式，M29 刚性攻丝模式，M28 编码器攻丝模式(可省略) |
| P | ：设定攻丝主轴号 |
| S | ：设定攻丝主轴转速，例：M29 S500 表示设定第 1 主轴攻丝时的转速为 500 |

**G74/G84 α_ Z_ R_ P_ Q_ F/I_ K_;**

| | |
|---|---|
| G74/G84 | ：G74 反旋攻丝攻丝，G84 正旋攻丝 |
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| Q | ：单次的攻丝深度(无符号)，模态数据，忽略时直接钻到底 |
| F/I | ：F 表示公制螺纹导程，单位 mm，I 表示英制螺纹导程，每英寸的牙数 |
| K | ：循环次数 |

**指令扩展字符：**

| | |
|---|---|
| G84.5 | ：高速深孔攻丝循环模式 |
| G84.6 | ：深孔攻丝循环模式 |
| Mxx | ：M 代码指定，在每次攻丝前执行 Mxx，攻丝结束后执行 Mxx+1 |
| J | ：攻丝回退时的转速，单位：r/min |

系统支持用 M28/M29 Sn=xxxx 来代替 M29 P_ S_，来设定攻丝主轴与攻丝转速，具体如下表：

1. M29 指定时

| 使用举例 | 标准指令 | 扩展指令 |
|---|---|---|
| 设定第 1 主轴进行攻丝，转速 500 | M29 P1 S500 | M29 S1=500 或 M29 S500 |
| 设定第 2 主轴进行攻丝，转速 500 | M29 P2 S500 | M29 S2=500 |

2. M28 指定或省略 M29、M28

| 使用举例 | 标准指令 | 扩展指令 |
|---|---|---|
| 设定第 1 主轴进行攻丝，转速 500 | M28 P1 S500 | M28 S1=500 |
| | | 或 M28 S500 |
| | | 或 SP1 S500 |
| | | 或 M03 S500 |
| 设定第 2 主轴进行攻丝，转速 500 | M28 P2 S500 | M28 S2=500 |
| | | 或 SP2 S2=500 |

**注意：**

1. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
2. 固定循环中刀具偏移指令无效；
3. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**指令说明：**

1. 攻丝模式分为同步模式与跟随模式:

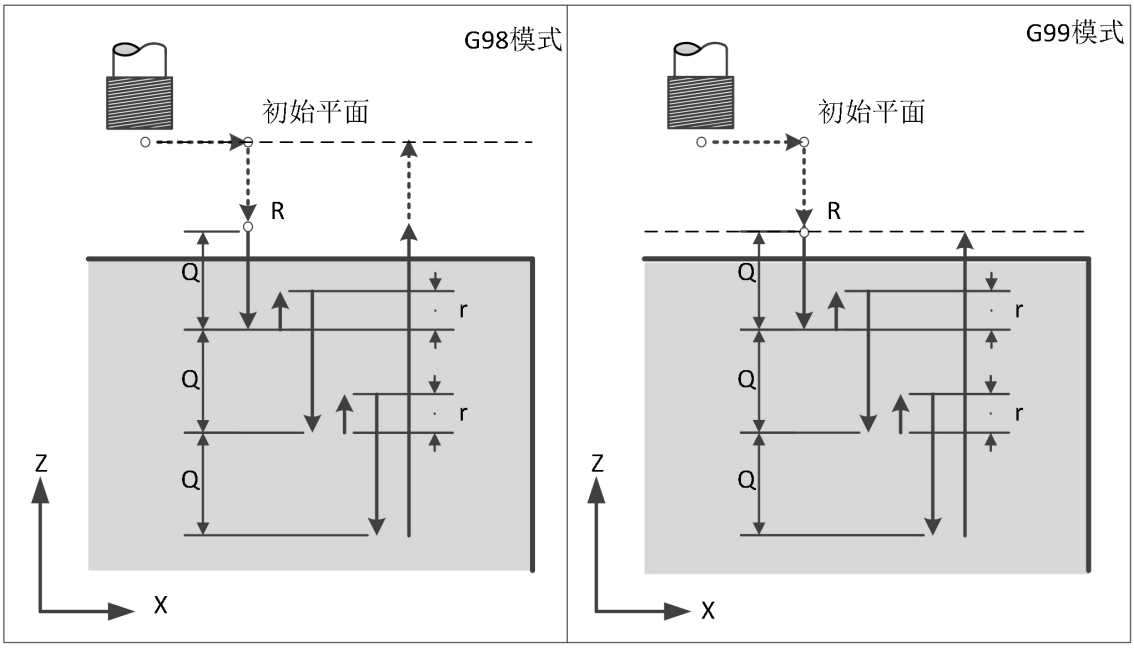
| 同步模式 | 跟随模式 | |
|---|---|---|
| 刚性攻丝<br>(系统参数 5201 第 1 位设定 0) | 编码器攻丝 | 刚性攻丝<br>(系统参数 5201 第 1 位设定 1) |
| 1. 主轴为位置控制<br>2. 攻丝直线轴与主轴的位置控制轴进行插补攻丝<br>3. 通过 M29 P_ S_指定攻丝转速<br>4. 不需通过 M03/M04 启动主轴 | 1. 主轴为变频器控制<br>2. 需要主轴编码器反馈<br>3. 主轴转速通过 M28 P_ S_来指定<br>4. 需用 M03/M04 启动主轴 | 1. 主轴为位置控制<br>2. 需要主轴编码器反馈<br>3. 通过 M29 P_ S_指定攻丝转速<br>4. 不需通过 M03/M04 启动主轴 |

2. 攻丝时的导程值 F 由系统参数 5210 限制，若导程用 I 指定，系统会自动转化成 F 再进行判定；
3. 使用第 1 主轴进行攻丝时，M28/M29 指令可省略 P1；
4. M28/M29 为模态指定；
5. 系统上电默认为 M28 攻丝模式；
6. M28 固定使用跟随攻丝模式，与系统参数 5201 第 1 位设定值无关；
7. 可用 SPn(指定当前主轴)指令来代替 M28 设定当前攻丝主轴；

**循环类型 1：高速深孔攻丝循环** (通过系统参数 5200 第 1 位设定为 1，或用 G84.5 代替 G84)

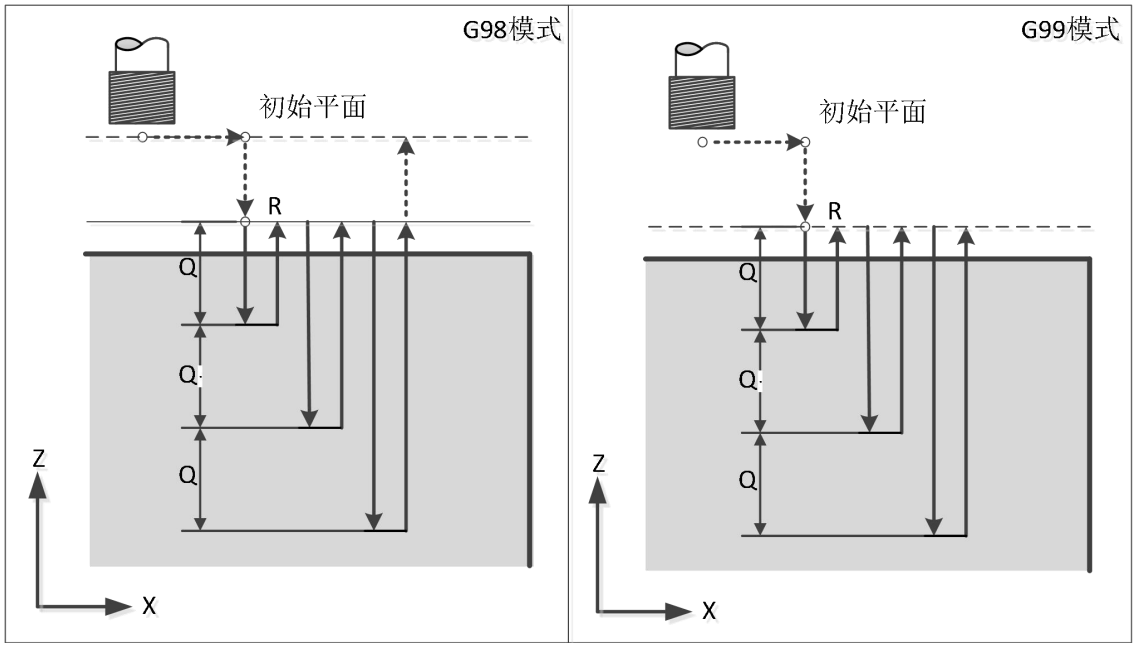
**指令动作：**

r：每次进给返回量，由系统参 5211 定义(仅 M29 刚性攻丝时有效)



**循环类型 2：深孔攻丝循环** (通过系统参数 5200 第 1 位设定为 0，或用 G84.6 代替 G84)

**指令动作：**




**举例：**

例 1：直线移动循环攻丝，变频主轴，编码器攻丝模式

```
O1000
G54 G90 G00 Z50 X0 Y0
M03 S500
G99 G84 Z-20 R1 F2(先快速定位到 R 点，一直进给到 Z-20 左右)
X10(返回到 R 点，X 轴移动到 10mm，继续攻丝)
X20(返回到 R 点，X 轴移动到 20mm，继续攻丝)
G98 X30(返回到 R 点，X 轴移动到 30mm，继续攻丝，打孔结束后，退到 Z50(初始平面))
G80(取消打孔循环)
G00 X0 Y0
M30
```

例 2：圆周循环攻丝，伺服主轴，刚性攻丝模式

```
O1000
G54 G90 G00 Z50 X0 Y0
G16(极坐标编程模式)
M18(主轴进入位置模式)
M29 S800(刚性攻丝转速指定)
G99 G84.5 Z-20 X50 Y0 R1 Q4 F2(Q4 用于每攻丝 4mm 进行一次回退，回退值由系统参数 5211 指定)
(以 X0,Y0 为圆心，移动到半径 50mm 处，Y 表示角度 0°的位置进行攻丝)
Y90(回到 R 点,移动到 90°的位置继续攻丝)
Y180(回到 R 点,移动到 180°的位置继续攻丝)
G98 Y270(返回到 R 点，移动到 270°的位置继续攻丝，继续攻丝，攻丝结束后，退到 Z50 处)
G80 G15(取消攻丝循环、取消极坐标模式)
G00 X0 Y0
M30
```

例 3：分度台攻丝应用，在工件直径 100mm 处钻 4 个间隔 90 度的孔，伺服主轴，刚性攻丝模式

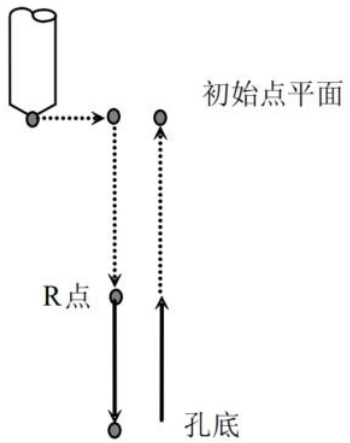
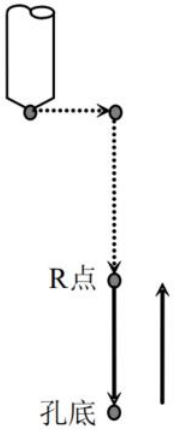
| | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 G90 G49 G00 X0 Y0 Z100 A0 | |
| G43 H1 | |
| M18 | //主轴位置模式 |
| M29 S800 | //设定刚性攻丝时主轴转速 |
| G84.5 Z-20 A0 R1 Q4 F2 M112<br>1 2 3 4 5 6 | //1：G84.5 设定高速攻丝循环<br>//2：攻丝深度 20mm，从 A 轴 0 度位置开始进行攻丝<br>//3：攻丝前的快速定位点 R<br>//4：每攻丝 4mm 进行 1 次抬刀，抬刀高度系统参数 5211 指定<br>//5：螺距 2mm<br>//6：每打 1 个孔自动执行 M112(工件锁紧)与 M113(工件解锁) |
| G91 A90 K3 | //增量指定 A 轴每 90 度攻丝，循环 3 次 |
| G80 G49 G90 G00 Z100 | //取消攻丝循环，退刀 |
| G00 X0 Y0 A0 | |
| M17 | //主轴恢复速度模式 |
| M30 | |

## 2.4.10 镗孔循环（G85 孔底不停主轴）

**指令格式：**

**G85 α_ Z_ R_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

| G85（G98） | G85（G99） |
|---|---|
|  |  |

**指令说明：**

G85 用于镗削加工，加工完后可以再用 G76 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。

**注意：**

1. 指定 G85 前，请先启动主轴(M03)，如与 G85 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
2. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
3. 固定循环中刀具偏移指令无效；
4. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

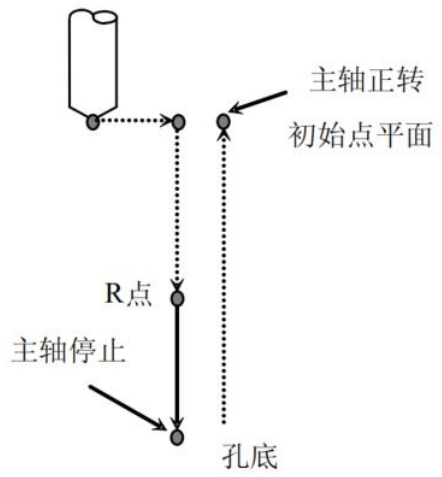
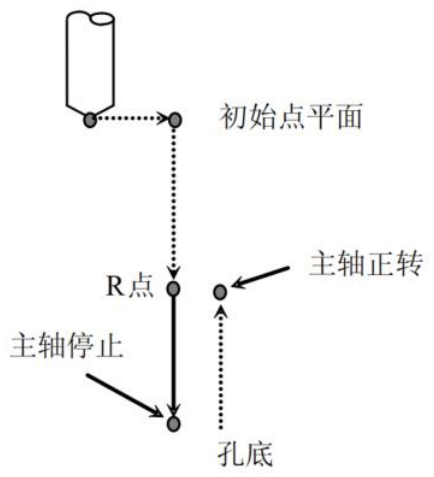
```
M03 S1000
G90 G54 G00 Z100
G99 G85 X0 Y0 Z-20 R1 F100 //定位，钻 1 孔，然后快速返回到 R 点
Y-50 //定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点
X40//定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-100//定位，钻 4 孔，然后快速返回到初始点
G80 G00 X0 Y0//取消当前固定循环
M30
```

## 2.4.11 镗孔循环（G86 孔底停主轴）

**指令格式：**

**G86 α_ Z_ R_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

| G86（G98） | G86（G99） |
|---|---|
|  |  |

**指令说明：**

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。

**注意：**

1. 指定 G86 前，请先启动主轴(M03)，如与 G86 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
2. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
3. 固定循环中刀具偏移指令无效；
4. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

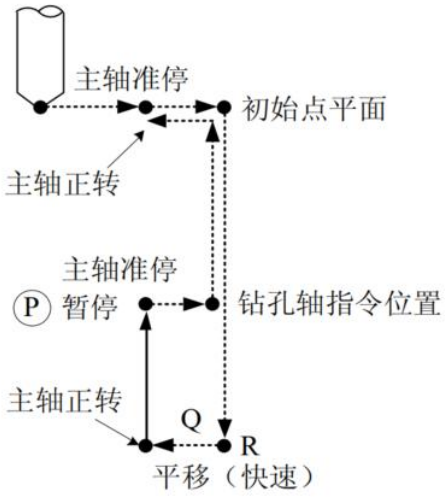
```
M03 S1000
G90 G54 G00 Z100
G99 G86 X0 Y0 Z-20 R1 F100 //定位，钻 1 孔，然后快速返回到 R 点
Y-50 //定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点
X40//定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-100//定位，钻 4 孔，然后快速返回到初始点
G80 G00 X0 Y0//取消当前固定循环
M30
```

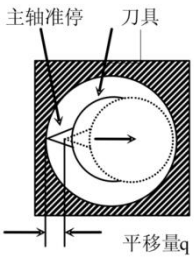
## 2.4.12 反镗循环（G87）

**指令格式：**

**G87 α_ Z_ R_ Q_ P_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| Q | ：刀尖反向位移量，无符号，模态数据 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

| G87（G98） | G87（G99） |
|---|---|
|  | 不适用 |




**功能说明：**

G87 循环用于镗削精密孔加工。

Q 指定了退刀的距离，通过系统参数 5140 指定退刀方向，Q 的退刀方向设定具体如下表：

| 当前加工平面 | 退刀方向 | 参数 5140 设定值 |
|---|---|---|
| G17 (Z 方向镗孔) | X 轴方向退刀 | Z：1(表示 X 正方向)　-1(表示 X 负方向) |
| | Y 轴方向退刀 | Z：2(表示 Y 正方向)　-2(表示 Y 负方向) |
| G18 (Y 方向镗孔) | X 轴方向退刀 | Y：1(表示 X 正方向)　-1(表示 X 负方向) |
| | Z 轴方向退刀 | Y：3(表示 Z 正方向)　-3(表示 Z 负方向) |

系统参数 5140 的设定值表示系统通道内的轴号，如 1 表示 X 轴，2 表示 Y 轴，符号表示退刀方向。

根据加工平面来确定设置系统参数 5140 的 X、Y、Z 值，如 G17 平面下，Z 轴作为进给轴，刀具需要 X 轴的负方向退刀，则在系统参数 5140 中的 Z 填入-1。

**注意：**

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；
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，请先启动主轴(M03)，如与 G87 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
4. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
5. 固定循环中刀具偏移指令无效；
6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

| **镗孔加工打孔应用，共计 6 个孔，间隔 30mm，X 负方向退刀** | |
|---|---|
| **系统参数设定：系统参数 5140 中的 Z 设定为-1** | |
| O1000 | |
| M03 S1000 | |
| G90 G54 G17 G00 X0 Y0 Z10 | //初始定位 |
| G99 G87 R-50 Z-10 Q5 P1000 F100<br>1 2 3 4 5 6 7 | //1：退刀返回到 R 点<br>//2：镗孔循环<br>//3：R 点快速定位到 Z-50(孔底)<br>//4：反镗孔到 Z-10<br>//5：孔底 X 向偏移-5mm<br>//6：反镗到 Z 点后延时 1000 毫秒<br>//7：进给速度<br>//在 X0 Y0 进行 1 次镗孔 |
| G91 X30 K4 | //增量指定 X 轴每 30mm 进行镗孔，循环 4 次 |
| G98 G91 X30 | //最后一孔，退刀退至初始平面 Z10 |
| G90 G80 G00 X0 Y0 | //取消钻孔循环 |
| M30 | |

## 2.4.13 镗孔循环（G88 手动返回）

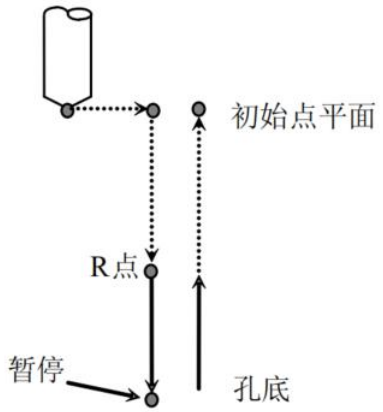
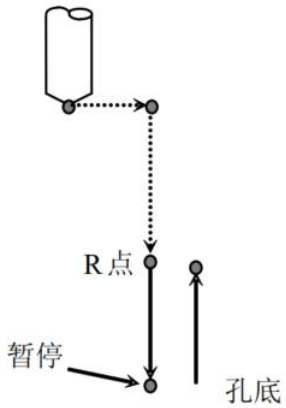
略

## 2.4.14 镗孔循环（G89 孔底暂停）

**指令格式：**

**G89 α_ Z_ R_ F_ K_;**

| | |
|---|---|
| α | ：除 Z 轴以外的附加轴定位坐标，可指定多个轴 |
| Z | ：绝对方式下孔底坐标位置，增量方式下孔底距离 R 点平面的距离 |
| R | ：增量方式下为初始平面到 R 点的距离，绝对方式下为 R 点的坐标位置 |
| P | ：孔底暂停时间，模态数据，单位：ms |
| F | ：进给速度，单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下) |
| K | ：循环次数 |

| G89（G98） | G89（G99） |
|---|---|
|  |  |

**指令说明：**

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。

**注意：**

1. 指定 G85 前，请先启动主轴(M03)，如与 G85 在同一行则会作为自动 M 指令处理，会导致动作异常；
2. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前；
3. 固定循环中刀具偏移指令无效；
4. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环；

**举例：**

```
M03 S1000
G90 G54 G00 Z100
G99 G89 X0 Y0 Z-20 R1 P1000 F100 //定位，钻 1 孔，孔底暂停 1 秒，然后快速返回到 R 点
Y-50 //定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点
X40//定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-100//定位，钻 4 孔，然后快速返回到初始点
G80 G00 X0 Y0//取消当前固定循环
M30
```

# 2.5 进给功能指令

## 2.5.1 精确停止检查（G09）

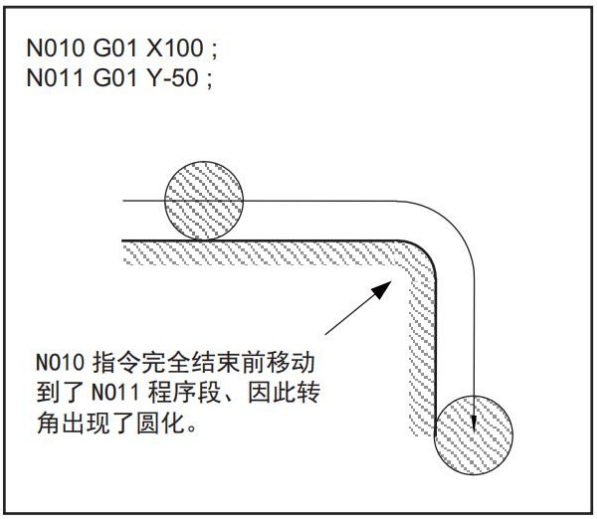
**指令格式：**

```
G09 G01(G02,G03)...;
```

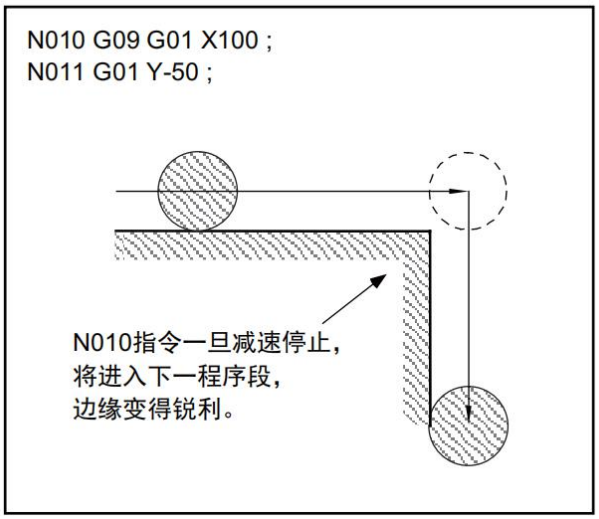
**指令说明：**

精确停止检查 G09 仅对其程序段内的切削指令(G01～G03)有效；

无减速检查




有减速检查




1. 系统参数 0003 第 3 位设定为 1 时，G09 检查指令位置到位；
2. 系统参数 0003 第 3 位设定为 0 时，G09 检查电机实际反馈位置到位，判断到位的偏差范围由系统参数 0071 设定；

## 2.5.2 存储行程检测（G22/G23）

**指令格式①：**

**G22 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_;开启第 2 限位检测并设定限位机械坐标**

| | |
|---|---|
| X | ：指定 X 轴第 2 软限位的正向行程极限 |
| Y | ：指定 Y 轴第 2 软限位的正向行程极限 |
| Z | ：指定 Z 轴第 2 软限位的正向行程极限 |
| I | ：指定 X 轴第 2 软限位的负向行程极限 |
| J | ：指定 Y 轴第 2 软限位的负向行程极限 |
| K | ：指定 Z 轴第 2 软限位的负向行程极限 |

**G23;关闭第 2 限位检测**

**指令格式②：**

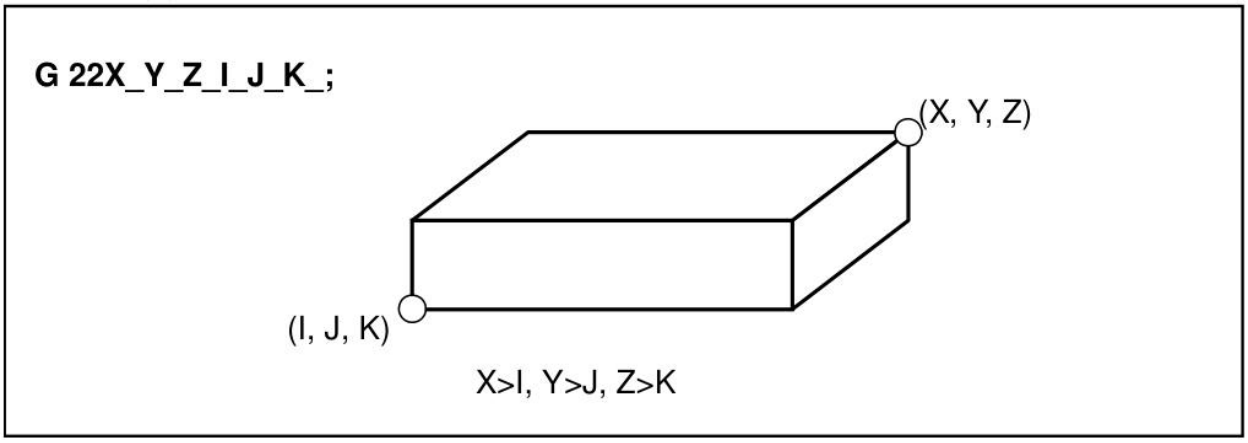
**G22 α_ P1;开启第 2 限位检测并设定限位机械坐标**

| | |
|---|---|
| α | ：任意轴机械坐标值(绝对编程) |
| P1 | ：表示坐标值α指定的坐标为正向限位机械坐标值 |
| P2 | ：表示坐标值α指定的坐标为负向限位机械坐标值 |

**G23;关闭第 2 限位检测**

**指令说明：**

存储行程检测用于程序设定第 2 软限位，如程序指令 G22 禁止刀具进入禁止区(开启限位)，G23 允许刀具进入禁止区(关闭限位)。




**详细说明：**

1. 复位信号不会取消 G22 的状态；
2. 当出现限位报警时，必须手动反方向移动轴来解除限位报警；
3. 若 G22 不指定任何坐标值，默认使用系统参数 0512 / 0513 设定的值；

### 2.5.3 精确停止检查模式（G61）

**指令格式：**

```
G61;
```

**指令说明：**

在 G61 以后的切削进给指令(G01～G03)中，在各程序段的终点进行减速，检查到位状态。

### 2.5.4 切削模式（G64）

**指令格式：**

```
G64;
```

**指令说明：**

通过发出 G64 指令，进入可获得平滑切削面的切削模式。在切削模式下，与精确停止检查模式 (G61)相反，在切削进给程序段之间不减速停止，连续执行下一个程序段。

## 2.5.5 每分进给（G94）

**指令格式：**

| **G98;** |
|---|

**指令说明：**

1. G94 为每分进给模式，在 G94 模式下，刀具进给速度由 F 后续的数值指定；
2. G94 模式时，F 的单位：mm/min；
3. G94 是模态的，一旦指定了 G94 模式，在 G99(每转进给)指令之前，一直有效；
4. 系统上电默认模式 G94/G95，由系统参数 2201 第 3 位指定；

## 2.5.6 每转进给（G95）

**指令格式：**

| **G95;** |
|---|

**指令说明：**

1. G95 为每转进给模式，在 G95 模式下，主轴每转刀具的进给量由 F 后续的数值指定；
2. G95 模式时，F 的单位：mm/r；
3. G95 是模态的，指定了 G95 状态，在 G94(每分进给)指令之前，一直有效；

| | **每分进给** | **每转进给** |
|---|---|---|
| **指定地址** | F | F |
| **指定代码** | G94 | G95 |
| **指定范围** | 1～60000mm/min<br>(F1～F60000) | 0.01～500.00mm/rev<br>(F1～F50000) |

4. 当位置编码器的转速在 1 转/分以下时，速度会出现不均匀地加工，转速越慢，越不均匀；
5. G95 每转进给时，主轴必须存在角度位置反馈；

# 2.6 主轴功能指令

## 2.6.1 主轴速度指令（S）

通过地址符 S 和其后的数据把代码信号送给机床，用于控制机床的主轴转速。

**指令格式 1：(用作转速控制)**

| |
|---|
| **Sxxxx;**<br>xxxx ：转速设定值，单位：r/min |

**指令说明：**

1. S 为模态指定，直到下一次 S 指令前，一直生效；
2. 上电时，默认主轴的 S 值由系统参数 2221 设定；

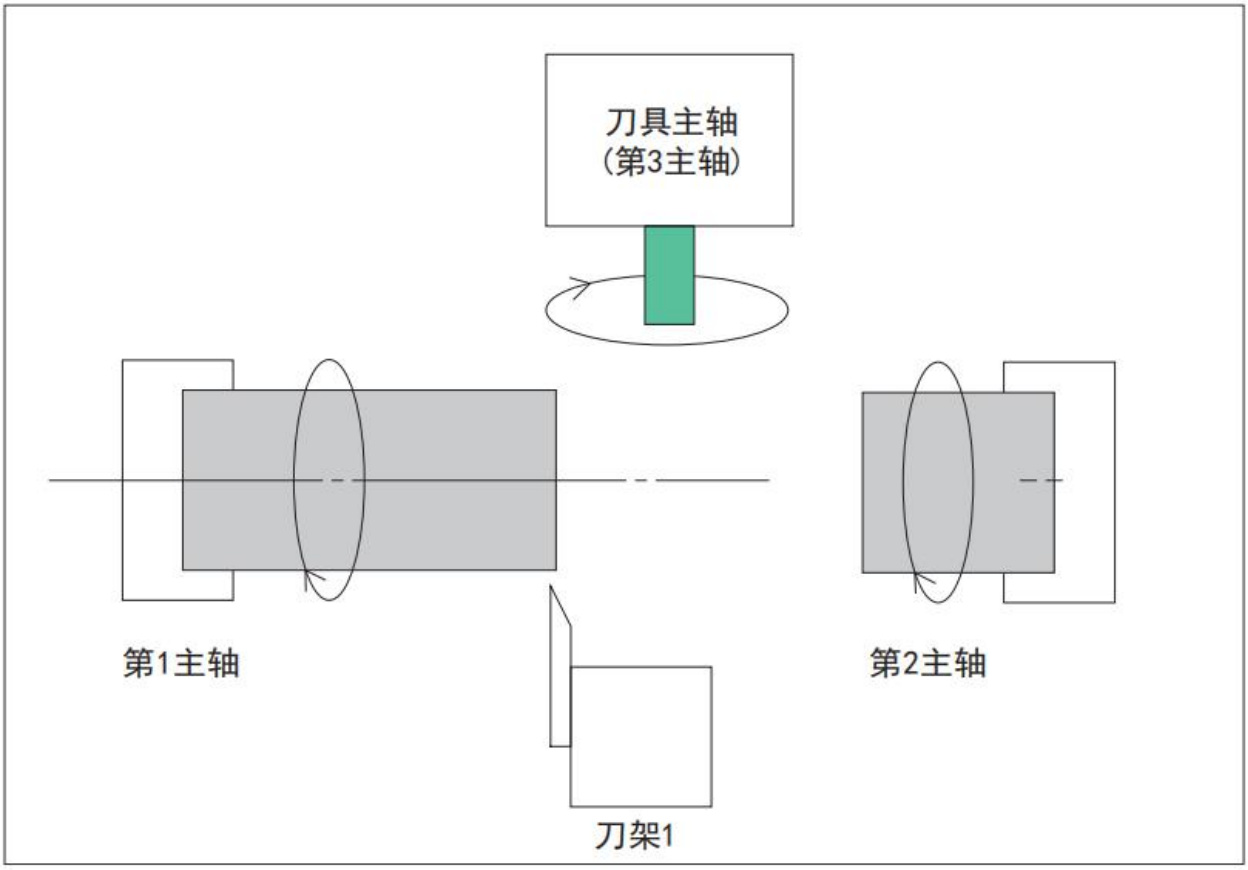
**指令格式 2：(用作档位控制)**

| |
|---|
| **Sn;**<br>n ：档位号，默认范围 0~4 |

**指令说明：**

1. 需将主轴类型设定为档位控制(系统参数 1011 设定为 1)，该指令才能生效；
2. S0~S4 等同于 M40~M41；

## 2.6.2 多主轴速度指令（SN=XXXX）




**指令格式 1：**

| **Sn=xxxx;** | |
|---|---|
| n | ：主轴号，省略时为 1，例如 S1=500 等价于 S500 |
| xxxx | ：转速设定值，单位：r/min |

**指令格式 2：**

| **S_ Paab;** | |
|---|---|
| S | ：转速设定值，单位：r/min |
| P | ：aa 表示通道号，b 表示主轴号，aa 与 b 省略时表示当前通道第 1 主轴 |

**指令说明：**

系统参数 1000 第 4 位设定为通道内多主轴有效时，该指令才能正常执行。

**举例：**

| | |
|---|---|
| M03 S500(或 S1=500 或 S500 P1) | //设定第 1 主轴转速为 500r/min<br>//M03 为第 1 主轴正转的指令 |
| M103 S2=1500 (或 S1500 P2) | //设定第 2 主轴转速为 1500r/min<br>//M103 为第 2 主轴正转的指令 |
| M204 S3=50(或 S50 P3) | //设定第 3 主轴转速为 50r/min<br>//M204 为第 3 主轴反转的指令 |

## 2.6.3 指定当前主轴（SP）

**指令格式：**

| | |
|---|---|
| **SPaab;** | |
| aa | ：通道号，范围 1~64，省略时表示当前通道 |
| b | ：主轴号，不可省略，如 SP2 表示设定第 2 主轴为当前主轴 |

**指令说明：**

当机床具有多个主轴时，通过该指令来切换当前所使用的主轴。

1. 系统参数 1000 第 4 位设定为通道内多主轴有效时，该指令才能正常执行；
2. 对下表指令产生影响：

| 功能指令 | 说明 |
|---|---|
| 切削检测主轴转速 | 用 SPn 指定检测第 n 主轴 |
| 螺纹切削 G33 | 用 SPn 指定 G33 跟随第 n 主轴的转速反馈进行螺纹切削 |
| 攻丝循环 G84(跟随模式) | 用 SPn 指定第 n 主轴的转速反馈进行攻丝 |
| 每转进给 G95 | 用 SPn 指定 G99 的参考主轴为第 n 主轴 |

3. 对下表指令不产生影响

| 功能指令 | 说明 |
|---|---|
| 多边形加工 G51.2(跟随模式) | SPn 无法切换这些指令所使用的主轴<br>这些指令使用各自的系统参数所指定的主轴 |
| 电子凸轮 G51.8(跟随模式) | |
| 电子齿轮箱 EGBG81.4(跟随模式) | |
| 主轴同步 G114.1(跟随模式) | |

## 2.6.4 主轴实际转速到达等待（G04 PSN）

**指令格式：**

**G04 PSn=xxxx;**

PSn ：主轴转速到达判断值，单位：r/min。其中 n 表示主轴号，如 G04 PS1=xxxx

**指令说明：**

通过该指令，根据使用场合及需求，检测系统反馈的主轴转速是否到达或超时报警；

1. PSn 的 n 字符省略时表示第 1 主轴，如 G04 PS1=500，等同于 G04 PS500；
2. 检测主轴转速到达范围由系统参数 1057 设定；
3. 检测主轴转速到达超时时间由系统参数 1059 设定；
4. 可以与 G04 延时指令、G04 时间跳过指令联合使用；

**举例：**

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| T0101 | |
| M03 S3000 | |
| G04 PS3000 | //等待主轴实际反馈转速到达 3000r/min |
| ... | //工件加工 |
| M05 | //主轴停止 |
| G04 PS0(或 G04 PS1=0) | //等待主轴实际反馈转速到达 0r/min |
| M98 P9200 | //调用工件自动上下料子程序 |
| M30 | |

## 2.6.5 可编程主轴精确停止定位（M05 PN/PA）

**指令格式：**

| **M05 PA_ PN_;** | |
|---|---|
| M05 | ：标准 M 指令(主轴停止指令)，可指定其他主轴，如 M105、M205 等 |
| PA | ：指定主轴执行停止指令时，定位到 PA 指定角度，单位：度 |
| PN | ：等分数，指定主轴执行停止指令时，定位到 360°/PN 的角度 |

**指令说明：**

当主轴处于位置模式且处于 M03/M04 状态时，执行该指令可使主轴停止在指定角度位置。

1. 主轴必须处于位置模式或主轴类型为位置主轴(系统参数 1011 设定为 2)；
2. 需将系统参数 1004 第 3 位设定为 1，该指令才能正常执行；
3. 执行该指令时，主轴的减速时间由系统参数 1074 设定；

**举例：**

| 举例 1：主轴(A 轴)快速准停到坐标原点 | |
|---|---|
| M03 S3000 | //主轴以 3000 转速正转 |
| … | |
| M05 PA0 | //主轴停止在坐标 0°的位置 |

| 举例 3：分度打孔的应用<br>设有一台 3 轴车床，伺服主轴作为第 3 轴(A 轴) | |
|---|---|
| O1000 | |
| T0101 | |
| M18 | //第 1 主轴切换位置模式 |
| M03 S2000 | |
| … | //外圆车削加工 |
| M103 S2=1000 | //启动第 2 主轴(动力铣头) |
| M05 PN4 | //主轴按照就近原则，停止在 0、90、180、270 其中 1 个等分角度上 |
| G04 PS1=0(或 G04 PS0) | //检查转速反馈，确保 A 轴(第 1 主轴)实际停止 |
| N10 | |
| M12 | //A 轴(第 1 主轴)锁紧，防止钻孔时 A 轴窜动 |
| G01 W-15 F200 | //Z 向钻孔 |
| G00 W15 | //退刀 |
| M13 | //A 轴(第 1 主轴)解锁 |
| G00 UA90 | //A 轴(第 1 主轴)增量旋转 90° |
| M92 N10 L4 | //跳转至 N10 处，循环 4 次钻孔动作 |
| M30 | |

## 2.6.6 多边形加工（G51.2/G50.2）

**指令格式：**

**G51.2 P_ Q_ R_;(多边形加工开始)**

P ：多边形加工时，主动主轴的转速比例系数(无符号)(整数)

Q ：多边形加工时，从动轴的转速比例系数(整数)，符号用来控制从动轴方向

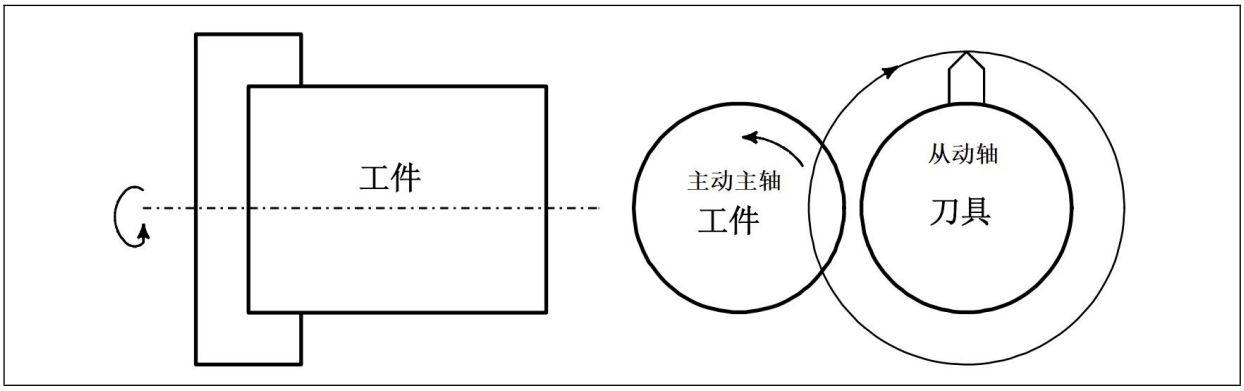
R ：主动主轴的起始角偏移(无符号)，范围：0°~360.000°

**G50.2 P_;(取消多边形加工)**

P ：指定 P0 时，表示多边形加工在取消时，不等待从动轴停止
省略或指定 P1 时，G50.2 会等待从动轴停止

**指令说明：**

通过改变工件和刀具的旋转比和刀具的刀片安装数量，可以把工件加工成四边形或者六边形。




1. 主轴与从动轴的转速如下：

$$S_{从动轴} = S_{主轴} * \frac{Q}{P}$$

$P$ ：主动主轴转速比例系数

$Q$ ：从动轴转速比例系数

2. G51.2 的运行方式分为跟随模式与同步模式，如下表：

| 跟随编码器 | 跟随轴坐标 |
|---|---|
| **原理：**从动轴跟随主轴转速反馈进行位置控制 | **原理：**从动轴与主轴进行插补控制 |
| **要求：**<br>(1) 主轴工作在速度模式或位置模式<br>(2) 主轴必须要转速反馈 | **要求：**<br>(1) 主轴必须工作在位置模式<br>(2) 主轴不需要转速反馈 |
| **系统参数设定：**<br>系统参数 5300 第 1 位设定为 0 | **系统参数设定：**<br>系统参数 5300 第 1 位设定为 1 且主轴处于位置模式 |

3. 主动轴的类型必须是主轴，通过系统参数 5310 来设定系统的哪个主轴作为 G51.2 的主动主轴；

4. 从动轴的类型可以是主轴，也可以是普通伺服轴，通过系统参数 5311 设定从动轴的控制轴，且从动轴必须被指定成旋转轴(系统参数 0001 第 2 位)；

5. G51.2 执行动作相关事项：

(1) 若从动轴被设定为主轴类型，那么从动轴必须处于主轴停止状态才能执行 G51.2；

(2) 无论主动主轴处于静止或运行状态，都可执行 G51.2 来进行从动轴的同步；

(3) 执行 G51.2 时，从动轴进行位置同步时的加减速由系统参数 5313 设定；

(4) 若 PQ 的设定值不合理或主动主轴转速过高，致从动轴转速高于系统参数 5312 设定值时，G51.2 无法正常执行；

(5) G51.2 工作在跟随模式下时，系统会检查主动主轴的转速反馈与设定转速的差值是否在系统参数 5315 设定值的范围内，若转速差值过大且时间超过系统参数 5316 设定值时，系统产生报警；

(6) 系统参数 5300 第 5 位设定为 0 时，G51.2 执行时会等待主动主轴与从动轴同步完成，系统才会执行下一段程序；

(7) 系统参数 5300 第 5 位设定为 1 时，G51.2 指令不等待主动主轴与从动轴同步完成，系统立即执行下一段程序，执行到 G01 等切削指令时，系统会等待主动主轴与从动轴同步完成；

6. G50.2 执行动作相关事项：

(1) 执行 G50.2 时，仅从动轴解除同步状态，主动主轴的工作状态不受 G50.2 影响；

(2) 执行 G50.2 时，从动轴的减速时间由系统参数 5313 设定；

(3) G50.2 所在的一行程序指定了 P1 或者省略 P 时，G50.2 指令会等待从动轴停止完成，系统才能执行下一段程序，若 G50.2 所在的一行程序指定了 P0，则 G50.2 指令不会等待从动轴停止完成，系统立即执行下一段程序；

7. 系统参数 5300 第 4 位设定为 0 时，在急停或复位时，主动主轴与从动轴的同步状态是在主动主轴停止后解除；

8. 系统参数 5300 第 4 位设定为 1 时，在急停或复位时，主动主轴与从动轴立即解除同步状态，且从动轴按照系统参数 5313 设定的加减速时间进行减速停止；

9. 在主动主轴与从动轴同步的期间，从动轴可进行叠加运动，可用于滚斜齿加工；

10. 由于存在伺服跟随误差，因此不推荐在 G51.2 同步期间，改变主动主轴的转速；

**举例:**

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| M105 | //确保第 2 主轴处于停止状态 |
| M03 S500 | //第 1 主轴转速设定 500r/min |
| G00 X10 Y0 | //定位 |
| G51.2 P1 Q2 | //刀具轴工件轴同步，此时从动轴转速提升至 1000r/min |
| G01 X0 F100 | //切削加工 |
| G00 X100 | //退刀 X |
| M05 | //第 1 主轴停止 |
| G50.2 | //刀具轴工件轴同步取消 |
| M30 | |

## 2.6.7 电子齿轮箱 EGB 功能（G81.4/G80.4）

需要机型支持，型号：31 系列

**指令格式:**

**G81.4 T_ L_ P_ Q_ R_;同步开始**

| | |
|---|---|
| T | ：工件齿数(正整数)，省略时为 1 |
| L | ：滚刀头数(整数)，省略时为 1，符号决定工件轴旋转方向 |
| P | ：齿轮螺旋角，范围：-90°～ 90° |
| Q | ：齿轮模数，范围：0.1～25mm |
| R | ：工件轴相位角偏移，范围：0～359.999°，省略则不进相位同步 |

**G80.4 P_;取消同步**

| | |
|---|---|
| P | ：指定 P0 时，表示同步取消时，刀具轴不等待从动轴停止<br>省略或指定 P1 时，G80.4 会等待工件轴停止 |

**指令说明：**

本功能可以使刀具轴与工件轴进行同步控制，实现高精度的齿轮、螺纹等加工。

关于哪个轴是主动轴，哪个轴是从动轴会因为机床规格而异。一般在滚齿机中，把刀具轴作为主动轴，工件轴作为从动轴。

1. 刀具轴与工件轴的转速关系如下：

$$S_{工件轴} = S_{刀具轴} \times \frac{L}{T}$$

L：滚刀头数

T：工件齿数

2. 斜齿加工时，滚刀的轴向进给轴(一般为 Z 轴)移动时，系统需对工件轴进行角度补偿，形成差动；

$$工具轴的补偿角度 = \frac{Z \times \sin(P)}{\pi \times T \times Q} * 360°$$

其中：

*Z*：G81.4 同步期间 Z 轴的移动量

*P*：G81.4 指定的齿轮螺旋角

π：圆周率

*T*：G81.4 指定的齿轮齿数

*Q*：G81.4 指定的齿轮模数

3. G81.4 的运行方式分为跟随模式与同步模式，如下表：

| 跟随模式 | 同步模式 |
|---|---|
| **原理：**工件轴跟随刀具轴转速反馈进行位置控制 | **原理：**工件轴与刀具轴进行插补控制 |
| **要求：**<br>(1) 刀具轴工作在速度模式或位置模式<br>(2) 刀具轴必须有转速反馈 | **要求：**<br>(1) 刀具轴必须工作在位置模式<br>(2) 刀具轴不需要转速反馈 |
| **系统参数设定：**<br>系统参数 5320 第 1 位设定为 0<br>或<br>系统参数 5320 第 1 位设定为 1 且刀具轴处于速度模式 | **系统参数设定：**<br>系统参数 5320 第 1 位设定为 1 且刀具轴处于位置模式 |

4. 刀具轴的类型必须是主轴，通过系统参数 5330 来设定系统的哪个主轴作为 G81.4 的主动轴；

5. 工件轴的类型可以是主轴，也可以是普通伺服轴，通过系统参数 5331 设定从动轴的控制轴，从动轴必须被指定成旋转轴(系统参数 0001 第 2 位)；

6. 斜齿加工时，必须设定工件轴向进给轴(系统参数 5332)，否则系统会产生报警；

7. G81.4 执行动作相关事项：

(1) 若工件轴被设定为主轴类型，那么工件轴必须处于主轴停止状态才能执行 G81.4；
(2) 无论刀具轴处于静止或运行状态，都可执行 G81.4 来进行刀具轴的同步；
(3) 执行 G81.4 时，工件轴进行位置同步时的加减速由系统参数 5313 设定；
(4) 若刀具轴转速过高，导致刀具轴转速高于系统参数 5332 设定值时，G81.4 无法正常执行；
(5) G81.4 工作在跟随模式下时，系统会检查刀具轴的转速反馈与设定转速的差值是否在系统参数 5336 设定值的范围内，若转速差值过大且时间超过系统参数 5337 设定值时，系统产生报警；
(6) 系统参数 5320 第 5 位设定为 0 时，G81.4 会等待刀具轴与工件轴同步完成，系统才会执行下一段程序；
(7) 系统参数 5320 第 5 位设定为 1 时，G81.4 不等待主动主轴与从动轴同步完成，系统立即执行下一段程序，但执行到 G01 等切削指令时，系统会等待主动主轴与从动轴同步完成；

8. G80.4 执行动作相关事项：

(1) 执行 G80.4 时，仅工件轴解除同步状态，刀具轴的工作状态不受 G80.4 影响；
(2) 执行 G80.4 时，工件轴的减速时间由系统参数 5333 设定；
(3) G80.4 所在的一行程序指定了 P1 或者省略 P 时，G80.4 指令会等待工件轴停止完成，系统才能执行下一段程序，若 G80.4 所在的一行程序指定了 P0，则 G80.4 指令不会等待工件轴停止完成，系统立即执行下一段程序；

9. 除了通过 G81.4 的 L 的正负号改变工件轴的旋转方向，也可通过系统参数 5320 第 2 位来设定；

10. 除了通过 G81.4 的 Q 的正负号改变工件轴的螺旋补偿方向，也可通过系统参数 5320 第 3 位来设定；

11. 系统参数 5320 第 4 位设定为 0 时，在急停或复位时，刀具轴与工件轴的同步状态是在刀具轴停止后解除；

12. 系统参数 5320 第 4 位设定为 1 时，在急停或复位时，刀具轴与工件轴立即解除同步状态，且工件轴按照系统参数 5333 设定的加减速时间进行减速停止；

13. 刀具轴与工件轴的相位匹配关系：

| 进行相位匹配 | 不进行相位匹配 |
|---|---|
| G81.4 需要指定 R | G81.4 不指定 R |
| 执行 G81.4 时，工件轴会根据当前刀具轴坐标值、G81.4 指定 T 与 L 值进行最短路径的移动<br>此时工件轴的移动量小于等于 360*(L / T) | 执行 G81.4 时，刀具轴、工具轴不会进行任何动作 |
| 刀具轴处于旋转状态或处于静止状态都可进行相位匹配 | 只能用于刀具轴处于静态的场合<br>需要对刀具轴与工具轴预先定位，再进行 G81.4 同步 |

## 2.6.8 主轴同步（G114.1/G113）

**指令格式:**

**G114.1 P_Q_K_R_;(主轴同步)**

| | |
|---|---|
| P | ：主动主轴转速比例系数(正整数)，省略时为 1； |
| Q | ：从动主轴转速比例系数(整数)，符号表示从动主轴旋转方向，省略时为 1； |
| K | ：同步轴组号，最多 3 组，省略时为组 1； |
| R | ：主从动主轴角度差，范围：0°~359.000°，省略时为 0； |

**G113;(取消主轴同步)**

**指令说明：**

机床若有两个以上的主轴，可以用两个主轴合作完成一些特殊的应用，例如两个主轴做接料的动作，此时就需要两个主轴转速同步，角度相位也相同或者维持一个固定的偏转。

**详细说明:**

1. 通过系统参数 1420 设定各组的主从动轴的主轴号；
2. 从动轴必须能够执行位置模式；
3. 主动主轴可以是编码器反馈主轴或位置主轴，由系统参数 1400 指定；
4. 尽量采用配置相同主动主轴与从动主轴，同步性高；
5. 编码器同步方式从动主轴产生滞后，不推荐采用该方式进行方形工件的对接；
6. 编码器同步方式时，请确认系统诊断号#0214 主轴角度变化趋势，是否与主轴实际旋转方向一致；
7. 主轴同步时，可设定从动主轴的电机扭矩负载限制，从而增加主轴同步的协调性；
8. 系统复位时，主轴同步状态不会解除，必须通过指令 G113 来解除同步；

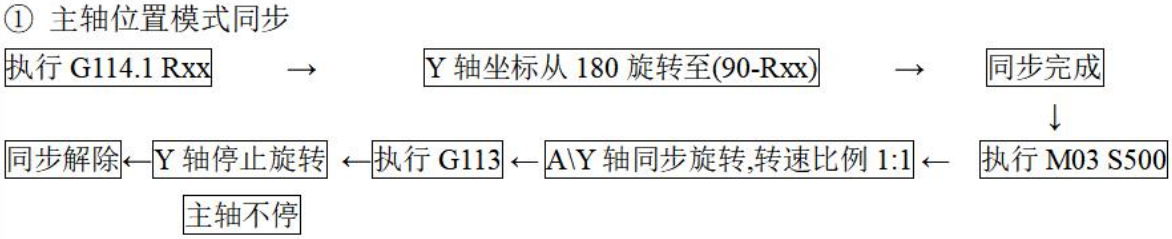
**主轴同步流程：**

**1. 静止同步**

假设：主动主轴为 A 轴，当前坐标值为 90

从动主轴为 Y 轴，当前坐标值为 180

① 主轴位置模式同步




② 主轴编码模式同步

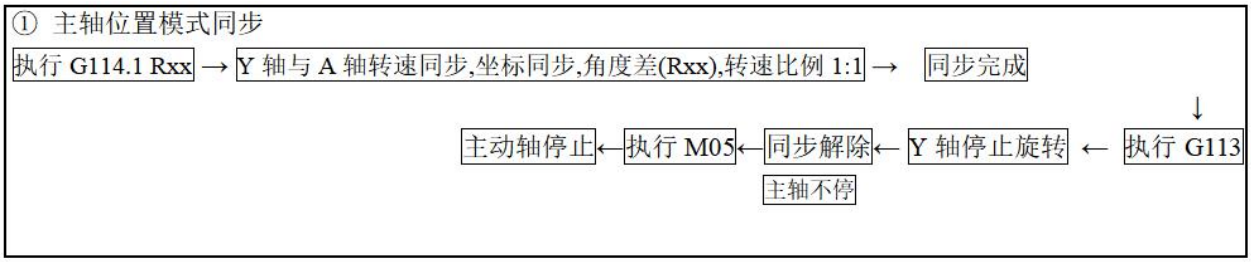


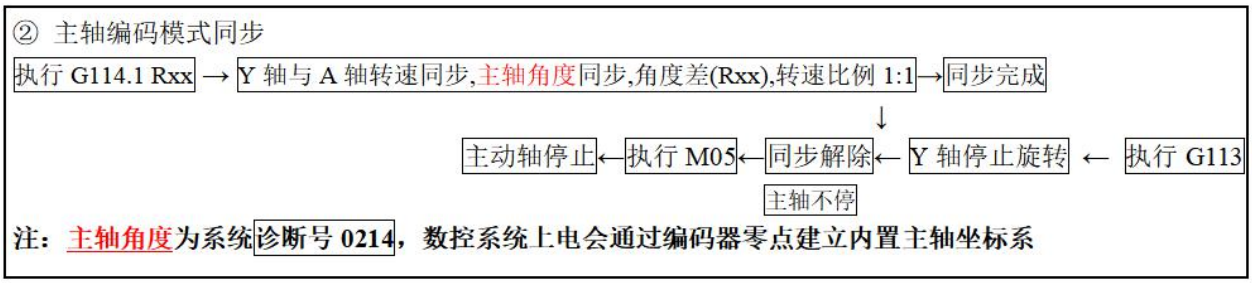

**注：主轴角度为系统诊断号 0214，数控系统上电会通过编码器零点建立内置主轴坐标系**

**2. 动态同步**

假设：主动主轴为 A 轴，当前转速为 500 r/min

从动主轴为 Y 轴，当前坐标值为 180，静止状态




**举例：**

| 假设：工件左侧为通道 1，工件右侧为通道 2 | |
|---|---|
| **通道 1** | **通道 2** |
| O1000 | O1001 |
| CH1 | CH2 |
| G54 | G54 |
| G00 X100 Z0 | G04.1 P1 Q12(通道同步) |
| M03 S500 (通道 1 主轴旋转) | G0 X0 Z0 (主轴 2 定位到工件处) |
| ...(工件加工程序) | M11 (通道 2 主轴松开) |
| G114.1(同步从动轴，通道 2 主轴会转起来) | G01 Z-5 F100(准备接料) |
| G55 | G04.1 P2 Q12(通道同步) |
| G0 X0 Z0(定位到主轴对接处) | M10(通道 2 主轴夹紧) |
| G04.1 P1 Q12(通道同步,通知通道 2 准备对接) | G04.1 P3 Q12(通道同步) |
| G04.1 P2 Q12(通道同步,等待通道 2 卡盘夹紧) | G55 |
| M11(通道 1 卡盘松开) | G04.1 P4 Q12(通道同步) |
| G04.1 P3 Q12(通道同步) | M03 S1000 |
| G113<br>(取消主轴同步，使通道 2 主轴脱离通道 1 的控制) | G0 X100 Z0 |
| G04.1 P4 Q12<br>(通道同步,通知通道 2 主轴同步已撤销) | ...(加工工件右端端) |
| G0 X100 Z0 | M30 |
| M30 | |

# 2.7 刀具功能指令（换刀/补偿）

## 2.7.1 T 功能

**指令格式：**

| |
|---|
| **T** AA |
| AA ：刀具号，对应 PLC 的 F0026 寄存器地址的值 |

**指令说明：**

T 功能也叫刀具功能，是指定刀具编号及刀具补偿编号，使用的 T 指令因各机床而异，因此请参照机床制造商发行的说明书。

1. T 指令是可以在一个程序段中指定 1 组；

2. 在与移动指令程序段同时指定 T 功能时，默认两者是同时执行，可通过 PLC 编程来指定 T 换刀动作在移动时执行或移动完成后执行；

3. 通过系统参数 1510 指定刀架/刀库类型；

4. 通过系统参数 1511 设定刀具数量，用于限制 TAA 中的 AA 的值；

## 2.7.2 可编程刀具偏置/磨损输入（G10）

**指令格式：**

| **G90/G91 G10 P_ α/β_ R/C_;** | |
|---|---|
| P | ：刀具偏置/磨损序号<br>1~64：设定刀具磨损数据<br>10000+(1~64)：设定刀具偏置数据 |
| Z | ：刀具长度偏置/磨损数据设定，G90 时绝对设定，G91 时增量设定 |
| R | ：刀尖半径绝对值设定，不受 G90/G91 影响 |
| UR | ：刀尖半径增量值设定，不受 G90/G91 影响 |

**指令说明：**

根据 G10 指令可以设定、变更刀具偏置/磨损的数据。

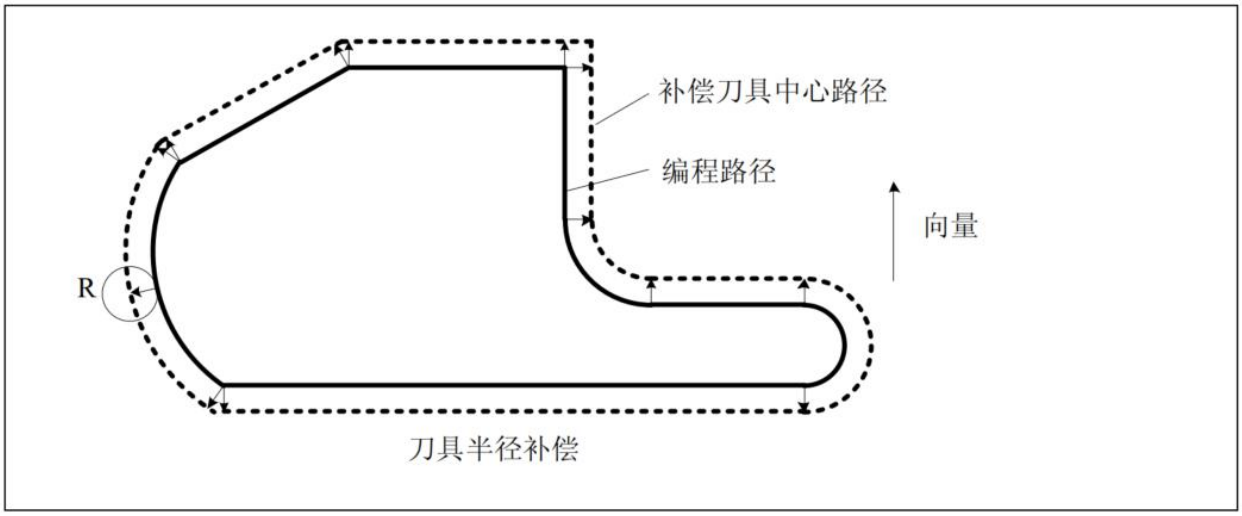
**举例：**

| | |
|---|---|
| G10 P10001 Z10 | //刀具偏置中的 1 号刀具长度补偿 H 设定为 10 |
| G43 H1 | //执行 1 号刀具长度补偿 |
| G00 Z0 | //定位 |
| ... | |
| G10 P1 Z-0.01 | //刀具磨损中的 1 号刀具长度补偿 H 设定为-0.01 |
| G00 Z0 | //定位 |

## 2.7.3 刀尖半径补偿（G40/G41/G42）

### 2.7.3.1. 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。




### 2.7.3.2. 指令格式

**指令格式：**

| **G00(或 G01) G41(或 G42) IP_ D_ ;刀尖 R 补偿建立** | |
|---|---|
| G41 | ：刀具半径补偿(左) （组 07 ） |
| G42 | ：刀具半径补偿(右) （组 07 ） |
| IP | ：轴移动指令值 |
| D | ：刀具半径补偿号 |

**偏置平面的选择**

| **G40 IP_ ;偏置模式取消** | |
|---|---|
| G40 | ：刀具半径补偿取消（组 07 ） |
| IP | ：轴移动指令值 |

**偏置平面的选择**

| 偏置平面 | 平面选择指令 | IP_ |
|---|---|---|
| XpYp | G17 ; | Xp_Yp_ |
| ZpXp | G18 ; | Xp_Zp_ |
| YpZp | G19 ; | Yp_Zp_ |

### 2.7.3.3. 补偿号

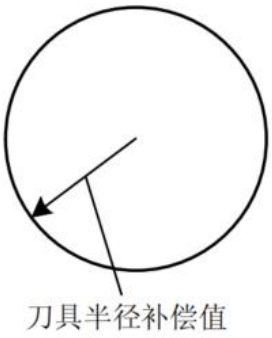
补偿号最多可以设定 256 个，编号范围 D00~D256(D00 表示取消刀具半径补偿)。补偿量事先通过 MDI&LCD 单元设定，它与程序上指定 D 代码后面数值相对应(参见操作手册)。

半径形状补偿量允许输入范围为[-1000.000，1000.000]，损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”系统参数 2511 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[-a，a]。执行时半径补偿值为形状补偿量与磨损补偿量之和。

### 2.7.3.4. 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。

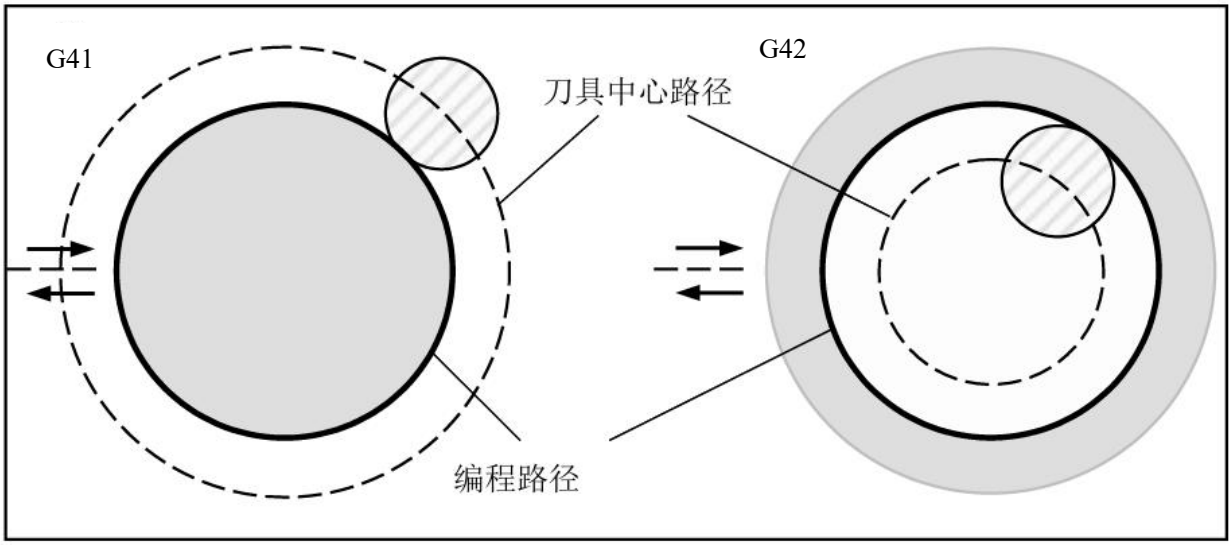



### 2.7.3.5. 补偿方向

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:

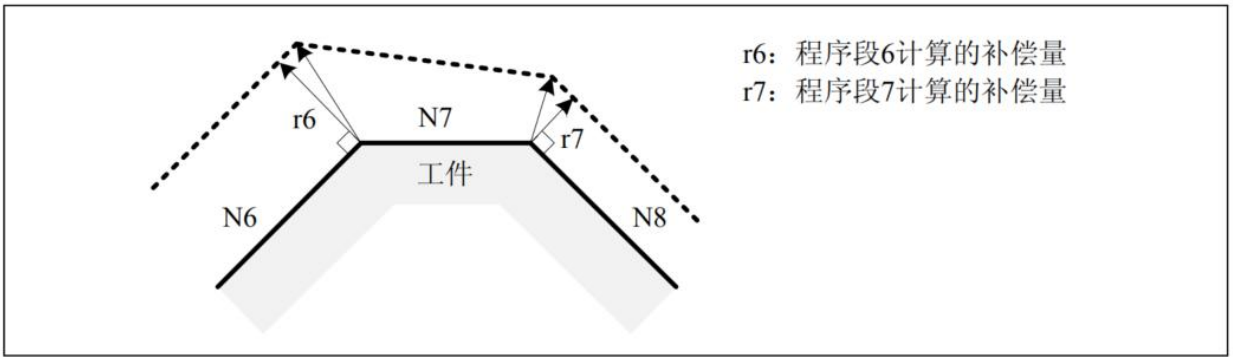
| G 代码 | 补偿量符号 | |
|---|---|---|
| | + | - |
| G41 | 左侧补偿 | 右侧补偿 |
| G42 | 右侧补偿 | 左侧补偿 |

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。




### 2.7.3.6. 补偿注意事项

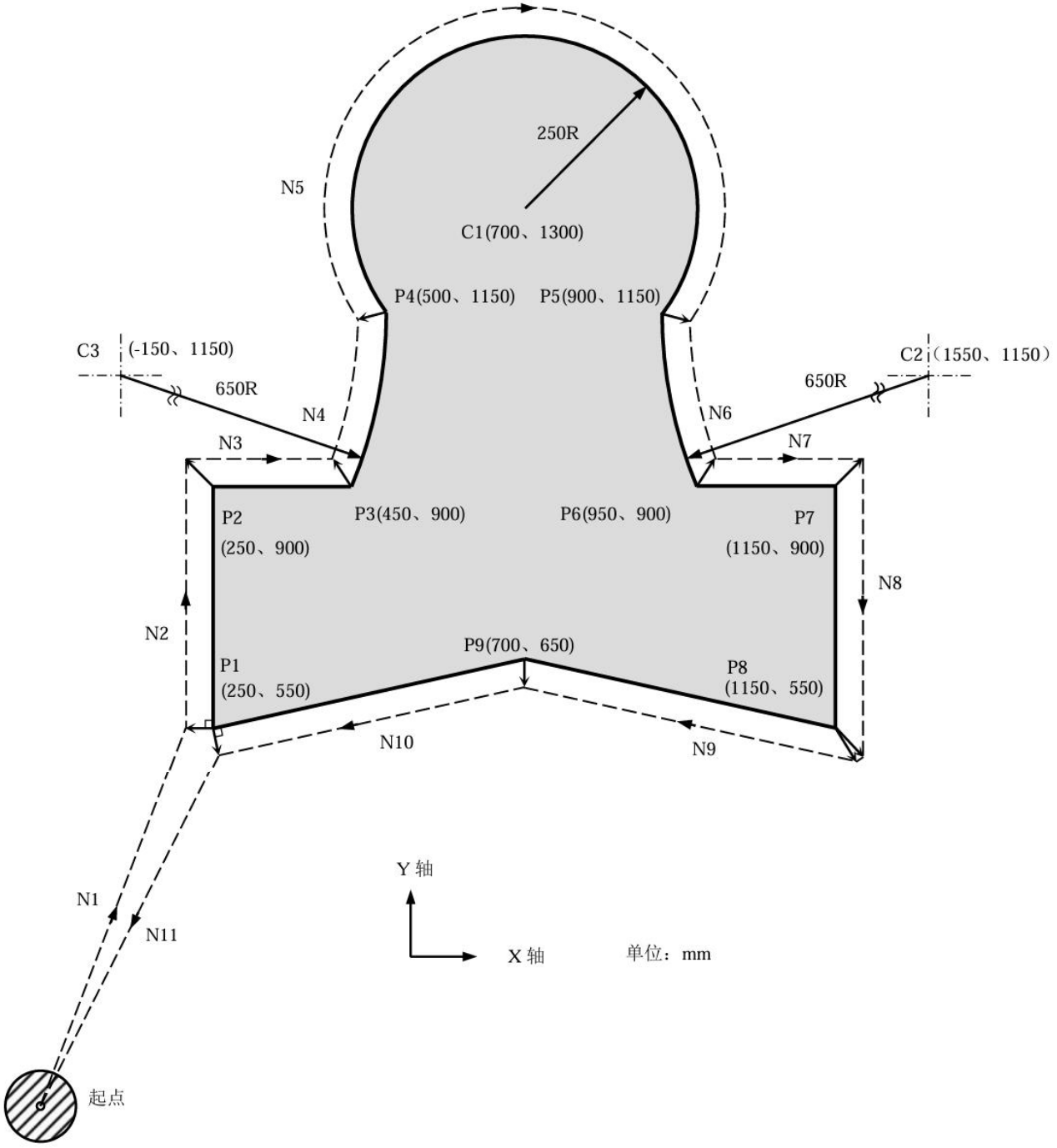
通常，换刀时，补偿量必须在取消模式中变更。如在补偿模式中变更补偿量，在程序段的终点计算新补偿量。




不可在 G41/G42 中再次指定 G41/G42；

不可连续指令两个或两个以上无移动命令的程序段；

**2.7.3.7. 举例**

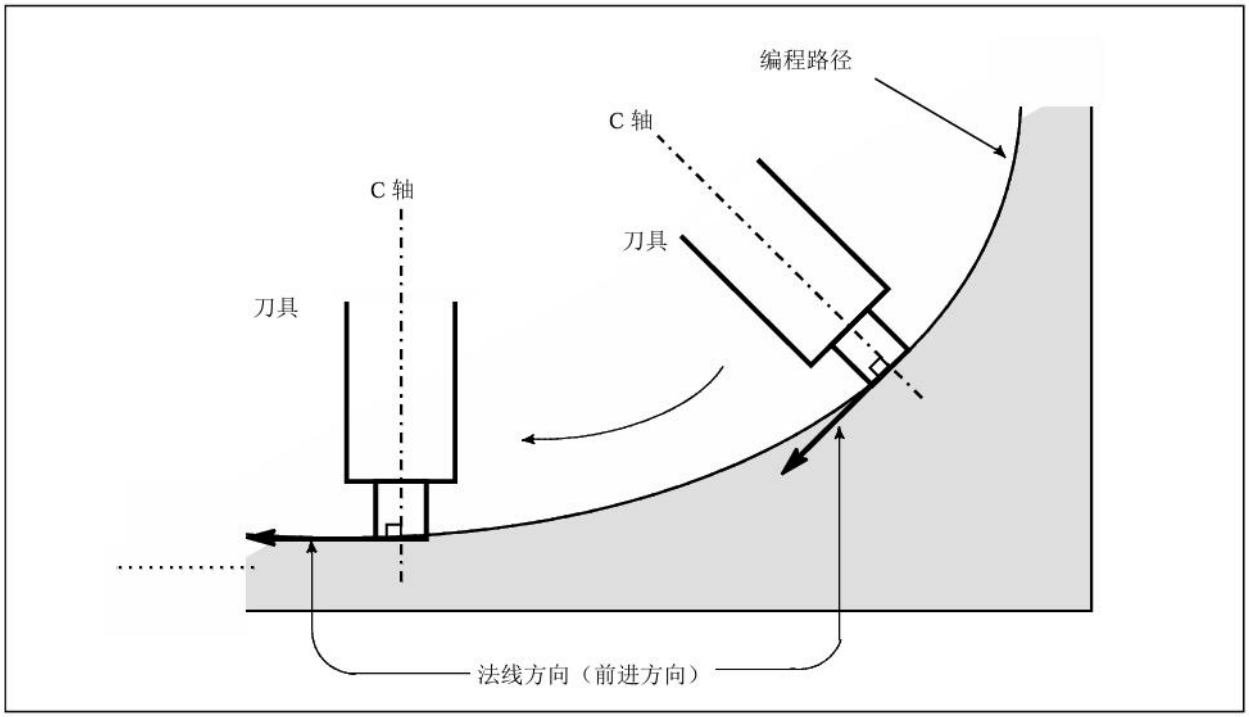



| | |
|---|---|
| G17 G92 X0 Y0 Z0 ; | 以绝对坐标值指定。定位到起点(X0,Y0,Z0)。 |
| N1 G90 G00 G41 D07 X250.0 Y550.0 ; | 开始刀具径补偿（起刀）。刀具被 D07 中指定的距离偏置到刀具前进方向的左侧，然后仅偏置刀具径 (偏置模式)。已经事先将 D07 设为 15 (刀具径＝15mm)。 |
| N2 G01 Y900.0 F150 ; | P1→P2 之间的加工 |
| N3 X450.0 ; | P2→P3 之间的加工 |
| N4 G03 X500.0 Y1150.0 R650.0 ; | P3→P4 之间的加工 |
| N5 G02 X900.0 R-250.0 ; | P4→P5 之间的加工 |
| N6 G03 X950.0 Y900.0 R650.0 ; | P5→P6 之间的加工 |
| N7 G01 X1150.0 ; | P6→P7 之间的加工 |
| N8 Y550.0 ; | P7→P8 之间的加工 |
| N9 X700.0 Y650.0 ; | P8→P9 之间的加工 |
| N10 X250.0 Y550.0 ; | P9→P1 之间的加工 |
| N11 G00 G40 X0.0 Y0.0 ; | 取消偏置模式。返回到起点(X0,Y0,Z0). |

## 2.7.4 法线控制（G40.1/G41.1/G42.1）

**指令格式：**

**G41.1;**法线控制左开启
**G42.1;**法线控制右开启
**G40.1;**法线控制取消



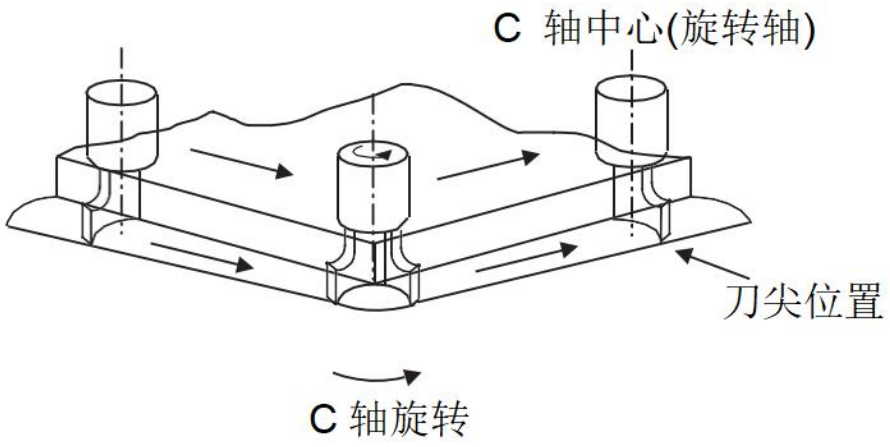

**指令说明：**

本功能是在在程序运行中，相对于平面选择中的轴移动，对指定旋转轴进行旋转控制，使刀具始终朝向法线方向。

需要通过系统参数 5550 来指定法线控制的旋转轴，通过系统参数 5551 来指定法线控制时旋转轴的跟随速度。

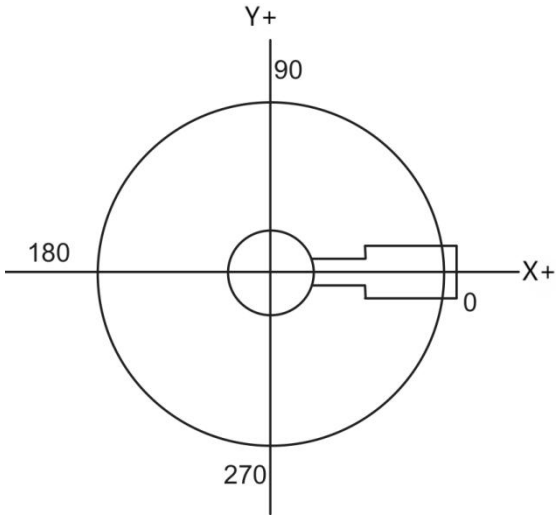
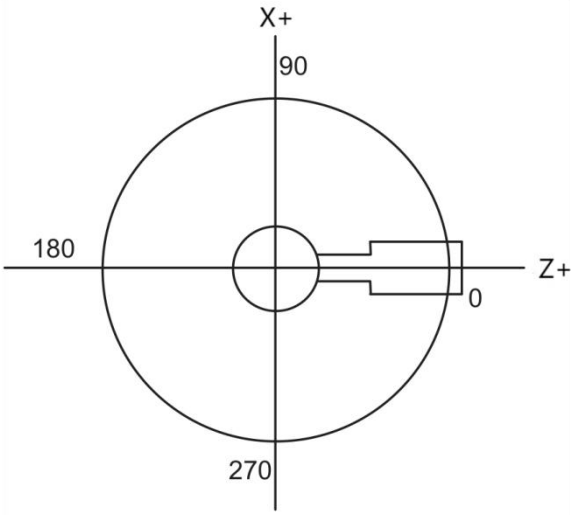
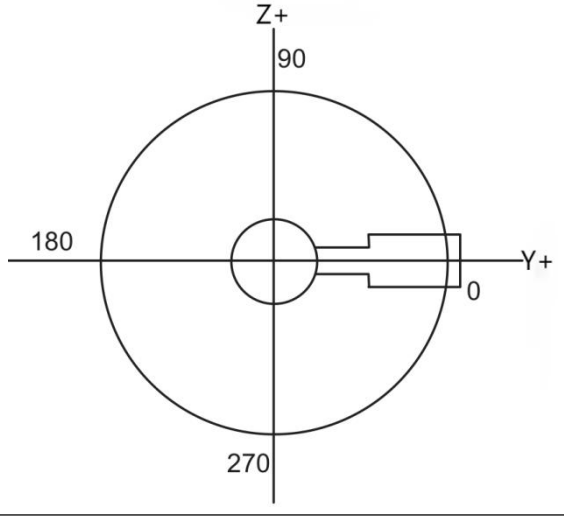
在指令 G41.1 或 G42.1 的程序段起点，C 轴与前进方向垂直，在法线方向控制模式下的两程序段之间，会随着移动方向的变化自动插入 C 轴的移动，使 C 轴在各程序段的起点处，朝着与 C 轴前进方向相垂直的方向。也就是说，首先转动 C 轴，使其朝着与移动指令相垂直的方向，然后 X 轴及 Y 轴开始移动。

在圆弧插补状态下，对旋转轴进行旋转控制，使 C 轴与圆弧插补 XY 的动作同步。



**定义法线控制角度：**

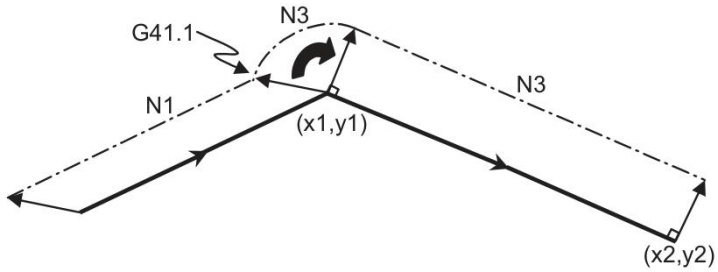
在执行法线控制的平面对平面选择中的轴移动方向进行法线控制，法线控制旋转轴角度以刀具朝向平面第 1 轴的正方向作为为 0°，以逆时针方向的旋转为正，以顺时针方向的旋转为负。

| | |
|---|---|
| G17 平面(XOY)<br>旋转轴以 X 轴正方向时为 0° |  |
| G18 平面(ZOX)<br>旋转轴以 Z 轴正方向时为 0° |  |
| G19 平面(YOZ)<br>旋转轴以 Y 轴正方向时为 0° |  |

**移动指令对应法线控制的旋转动作:**

**(1) 启动**

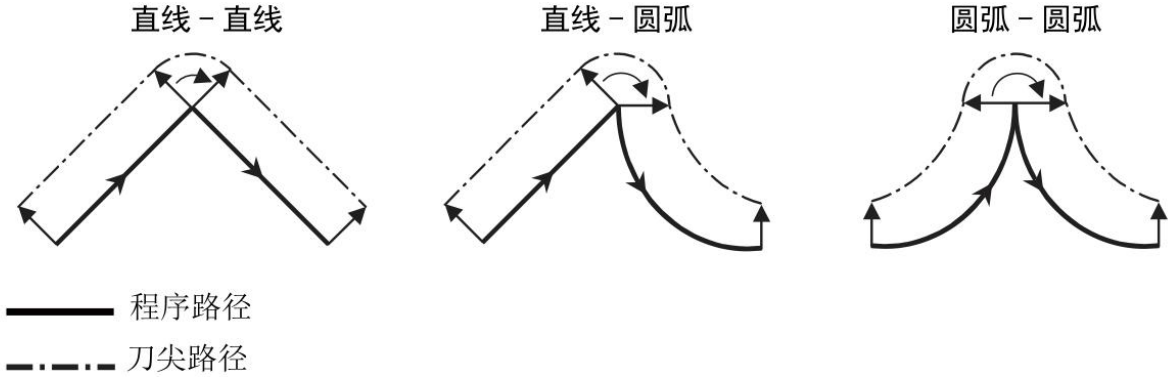
在法线控制指令程序段的起点处，法线控制轴转动至垂直于进行方向之后，平面选择中的轴开始移动，但启动时的法线控制轴旋转方向在法线控制类型中沿 180°以下的方向(捷径方向)旋转。

| | |
|---|---|
| 设旋转轴为 C 轴<br><br><br>在执行 G41.1/G42.2 之后，NC 会根据下段的移动指令进行矢量判断，会自动插入一段旋转轴的移动指令 | ..<br>N1 G01 Xx1 Yy1 Ff1<br>N2 G41.1//不会产生轴移动<br>(N3 G01 C[自动计算] F[系统参数 5551])<br>N3 G01 Xx2 Yy2<br>.. |

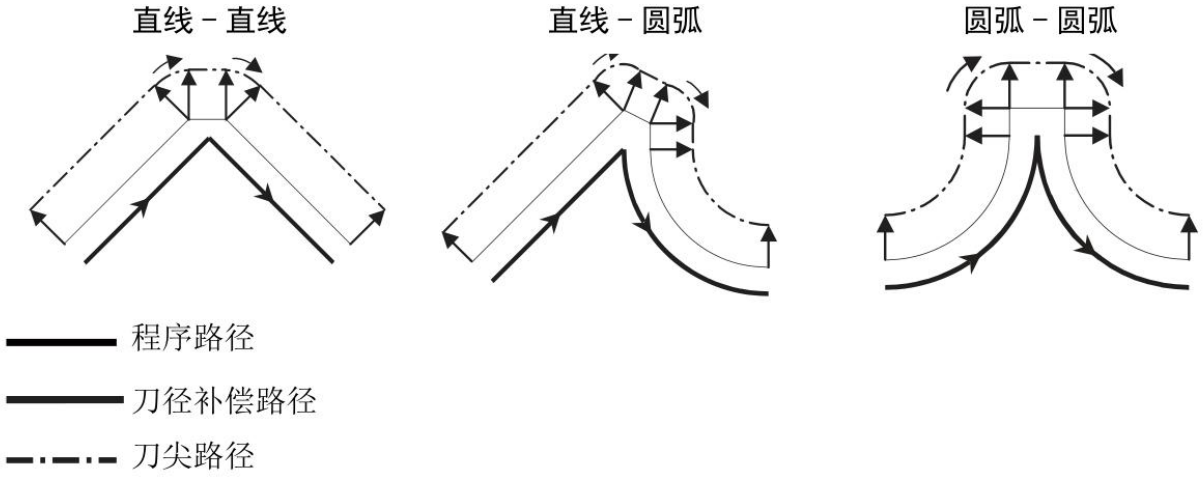
**（2）法线控制模式中**

1. 程序段的连接处

没有刀径补偿旋转法线控制轴使下一程序段平面选择中的移动方向垂直，然后沿程序段移动。




有刀径补偿执行刀径补偿后，沿刀径补偿的路径执行法线控制。




2. 程序段的移动中

直线指令时，法线控制轴的角度将保持不变，法线控制轴不旋转。

圆弧指令时，法线控制轴与圆弧插补的动作同步旋转。

**（3）法线控制模式取消**

执行 G40.1 后，后面的移动指令则不再进行旋转轴判断，旋转轴角度保持之前的状态。

**举例：**

| 设刀具旋转轴为 A 轴(A 轴为通道内第 4 轴),系统参数 5550 设为 4 | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 G90 G00 X0 Y0 Z10 | //定位 |
| G01 Z0 F500 | |
| G41.1 | //法线控制左开始 |
| G01 X10 F300 | //先将 A 旋转到 90°，然后再执行 G01 X10 F300 |
| G01 Y10 F300 | //先将 A 旋转到 180°，然后再执行 G01 Y10 F300 |
| G01 X0 F300 | //先将 A 旋转到 270°，然后再执行 G01 X10 F300 |
| G01 Y0 F300 | //先将 A 旋转到 0°，然后再执行 G01 Y10 F300 |
| G40.1 | //法线控制左关闭 |
| M30 | |

## 2.7.5 刀具长度补偿（G43/G44/G49）

**指令格式：**

**G43/G44 Z_ H_;刀具长度补偿建立**

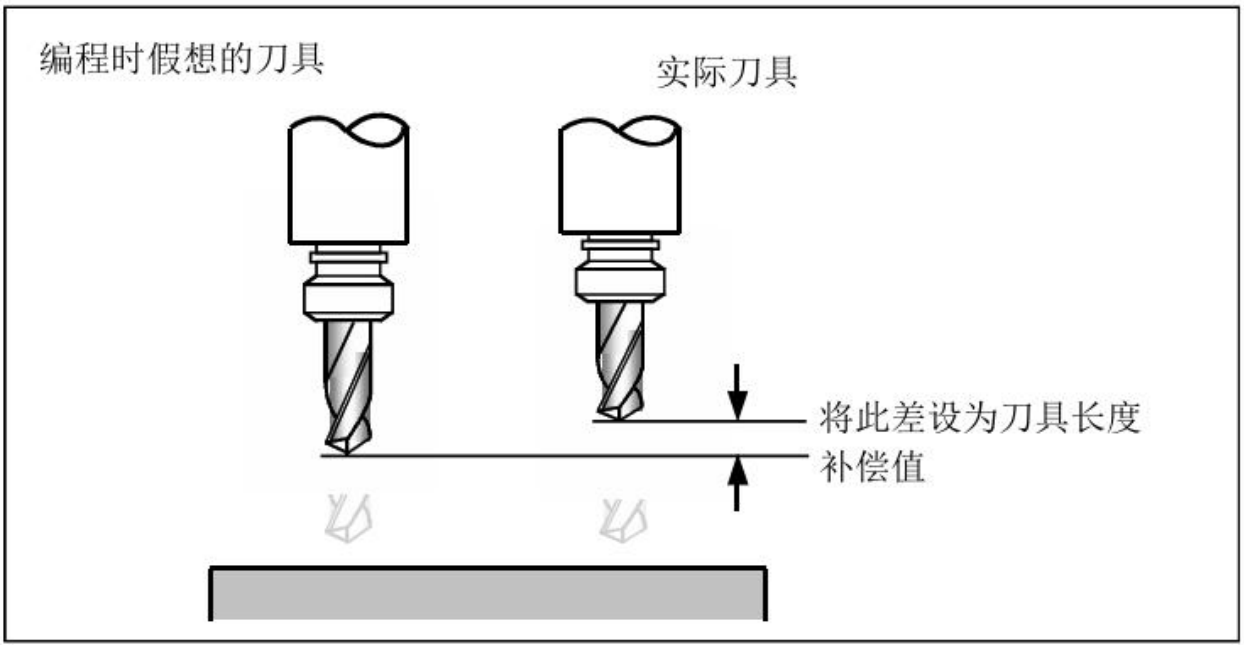
| | |
|---|---|
| G43 | ：正向长度补偿 |
| G44 | ：负向长度补偿 |
| Z | ：Z 轴移动指令值 |
| H | ：补偿号，范围 1~256，指定 H0 取消补偿 |

**G49;刀具长度补偿取消**

**指令说明：**

通过在偏置存储器中设定编程时假想的刀具长度值与实际进行加工时使用的刀具长度值的偏移，不用更改程序便可以补偿刀具长度值的偏移。

通过 G43,G44 指定偏置方向，再利用刀具长度补偿值指定地址之后的编号(H 代码)，指定偏置存储器中设定的刀具长度补偿值。




不论是绝对指令还是增量指令，通过 H 代码指定的(设定在偏置存储器中)刀具长度补偿值会在指令 G43 时累加到编程移动指令的坐标值中，当指令 G44 时，则从刀具长度补偿值中减去，最后使坐标点变为终点。当省略轴的指令时，只移动刀具长度补偿值的量。

要取消偏置时，指定 G49 或 H0。如果指定 G49 或 H0，就会立即执行取消的动作。

⚠ 注意

**当指定其他的偏置号时，这仅仅是变成新的刀具长度补偿值，新的刀具长度补偿值并不会被加到旧的刀具长度补偿值上。**

**H1：刀具长度补偿值 20.0，H2：刀具长度补偿值 30.0**

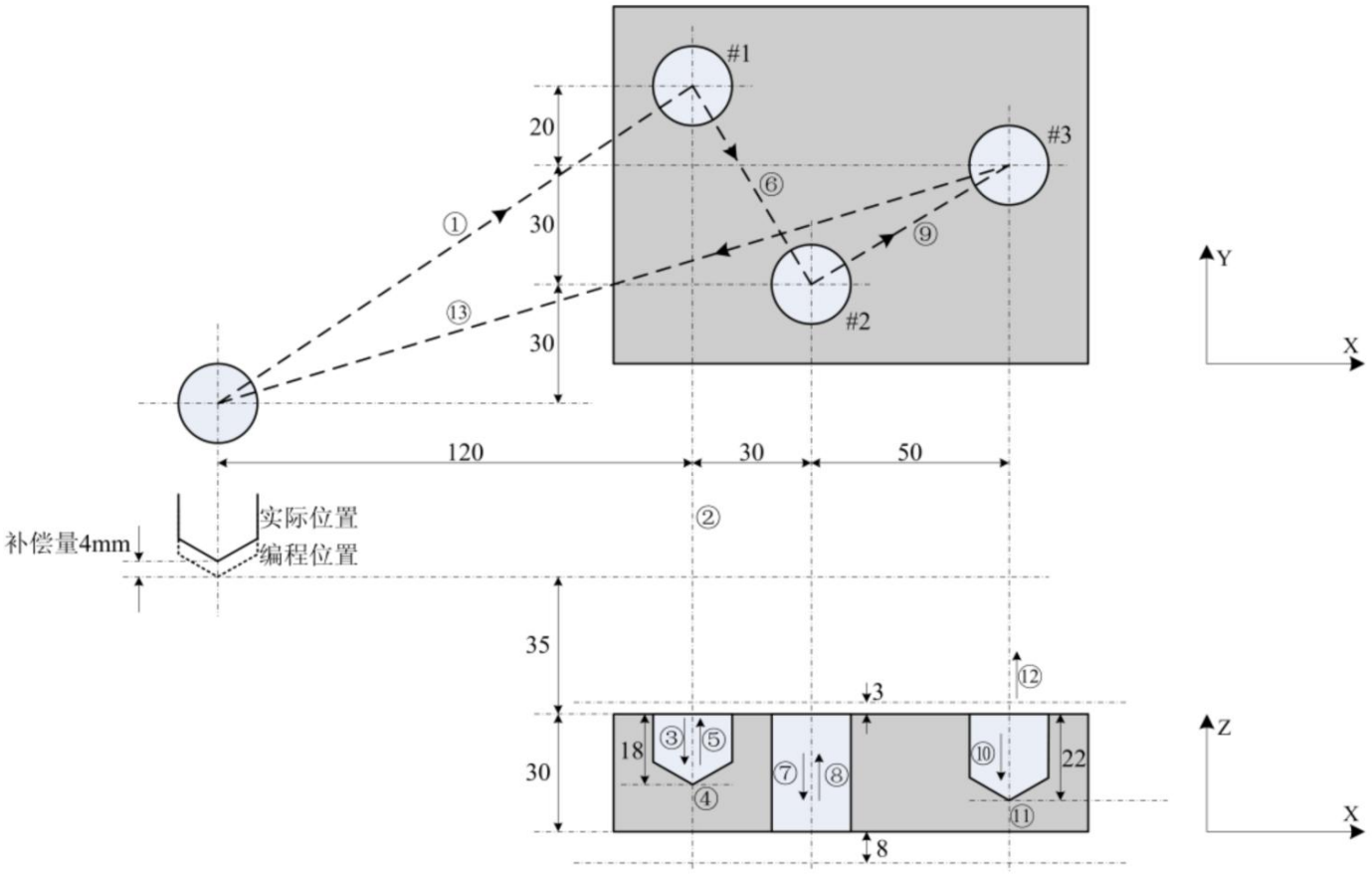
**G90 G43 Z100.0 H1； Z 轴向 120.0 移动。**

**G90 G43 Z100.0 H2； Z 轴向 130.0 移动。**

注释

**与偏置号 0，即与 H0 相对应的刀具长度补偿值始终为 0。不可设定与 H0 对应的刀具长度补偿值。**

**举例：**




- 程序

```
H1=-4.0（刀具长度补偿量）
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 M2 ;
```

# 2.8 坐标系功能指令

## 2.8.1 可编程工件坐标系偏置输入（G10 L2/L20）

**指令格式①：**

| **G10 L2 P_ α_;G54~G59 坐标系偏置输入** | |
|---|---|
| P | ：坐标系偏置号<br>0：设定 EXT 坐标系偏置<br>1~6：设定 G54~G55 坐标系偏置<br>7~105：设定 G54P1~G54P99 扩展坐标系偏置 |
| α | ：坐标系轴数据设定，可以指定多个轴 |

**指令格式②：**

| **G10 L20 P_ α_;扩展坐标系偏置输入** | |
|---|---|
| P | ：扩展坐标系偏置号，P1~P99 对应扩展坐标系统 G54P1~G54P99 |
| α | ：坐标系轴数据设定，可以指定多个轴 |

**指令说明：**

根据 G10 L2/L20 指令可以设定、变更 G54 等工件坐标系数据。

在 G90 模态下执行指令时，补偿量变为新量；

在 G91 模态下执行指令时，在当前设定的补偿量基础上加上指定的补偿量；

**举例：**

| **1. 通过程序来实现 G54 的 X 轴的坐标系偏置值+0.01** | |
|---|---|
| G91 G10 L2 P1 X0.01 | |

| **2. 将当前 G55 坐标下的绝对坐标 X 轴设定为 0** | |
|---|---|
| G55 | //切换 G55 坐标系 |
| G10 L2 P2 X0 | //将 G55 坐标系的 X 轴偏置值清零 |
| G4I0 | //防止系统预读，来保证下一行绝对坐标值读取正确 |
| #2=#5001 | //读取当前通道内的第 1 轴(X 轴)绝对坐标值 |
| G91 G10 L2 P2 X[#2] | //设定 G55 坐标系偏置值，将绝对坐标变为 0 |

## 2.8.2 极坐标指令（G15/G16）

**指令格式：**

**G□□G16；极坐标指令(极坐标模式)开始**

**G00 α_ β_；**
**..**
**..**

**极坐标指令**

**G15；；极坐标指令(极坐标模式)取消**

| | |
|---|---|
| G16 | ：极坐标指令开始 |
| G15 | ：极坐标指令结束 |
| G□□ | ：极坐标指令的平面选择(G17/G18/G19) |
| α | ：构成极坐标指令的平面第 1 轴坐标(极坐标的半径)，如 G17 时为 X 轴 |
| β | ：构成极坐标指令的平面第 2 轴坐标(极坐标的角度)，如 G17 时为 Y 轴 |

**指令说明：**

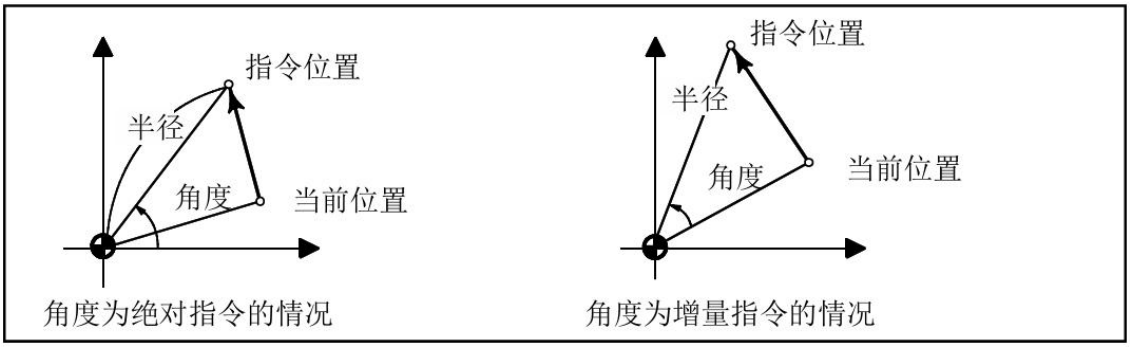
可以在半径和角度的极坐标上输入终点坐标值。

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

此外，在绝对指令/增量指令(G90、G91)下都可以指定半径和角度。

**详细说明：**

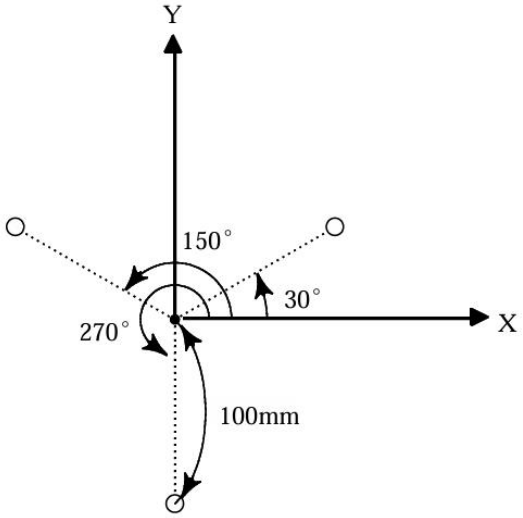
1. 以程序坐标系原点为极坐标中心，平面第 1 轴作为极坐标半径，第 2 轴作为极坐标角度




2. G15、G16 为模态指令；

**举例：**

圆周打孔




```
O1000
G54 G90 G00 Z50 X0 Y0
M03 S800
G16(极坐标编程模式开启)
G99 G83.5 Z-20 X100 Y30 R1 Q4 F300
(以 X0,Y0 为圆心，移动到半径 100mm 处，Y 表示角度 30°的位置进行打孔)
Y150(回到 R 点,移动到 150°的位置继续打孔)
G98 Y270(返回到 R 点，移动到 270°的位置继续打孔，继续打孔，打孔结束后，退到 Z50 处)
G80 G15(取消打孔循环、极坐标编程模式)
G00 X0 Y0
M30
```

## 2.8.3 平面选择（G17/G18/G19）

**指令格式：**

**G17 Xp_ Yp_;选择 XY 平面**
**G18 Zp_ Xp_;选择 ZX 平面**
**G19 Yp_ Zp_;选择 YZ 平面**

| | |
|---|---|
| Xp | ：表示 X 轴或者 X 轴的平行轴； |
| Yp | ：表示 Y 轴或者 Y 轴的平行轴； |
| Zp | ：表示 Z 轴或者 Z 轴的平行轴； |

**指令说明：**

通过 G 代码来选择进行圆弧插补、刀具径补偿、坐标旋转的平面、以及进行钻孔的平面。

(1) Xp、Yp、Zp，由含有 G17、G18 或 G19 的程序段中的轴地址决定；

(2) 如果在 G17、G18 或 G19 程序段中省去一个轴或两个轴的地址，则认为省去的轴为基本轴,即 X 轴、Y 轴或者 Z 轴；

(3) 通过系统参数 0016 号设定每个轴是 3 个基准这(X 轴、Y 轴或 Z 轴)，或是平行轴；

(4) 上电时，车床默认为 G18 平面，铣床默认为 G17 平面；

**与其他指令关联：**

| 指令 | 影响 |
|---|---|
| G02/G03 圆弧插补 | 有影响，用于切换插补平面的 1 轴与第 2 轴 |
| G07.1 圆柱插补 | 有影响，用于切换插补平面 |
| G12.1 极坐标插补 | 无影响，G12.1 的平面轴由系统参数指定 |
| G32/G32.1/G32.2/G34 | 有影响，用于切换插补平面的 1 轴与第 2 轴 |
| ,C ,R ,A | 有影响 |
| G68/G69 坐标系旋转 | 有影响，用于切换旋转平面的第 1 轴与第 2 轴 |
| 固定循环 | 有影响，用于切换钻孔轴与定位轴 |

**举例：**

| 设系统参数 0016 中的 A 轴为 6，表示 A 轴为基本坐标系下 Y 轴的平行轴 | |
|---|---|
| G00 X0 A0 Z0 | //定位 |
| G17 G02 X10 A10 R10 | //选择 XOA 平面，并进行 XA 平面下的圆弧插补 |
| G17 G02 X10 Y10 R10 | //恢复 XOY 平面的子轴，并进行 XY 平面下的圆弧插补 |

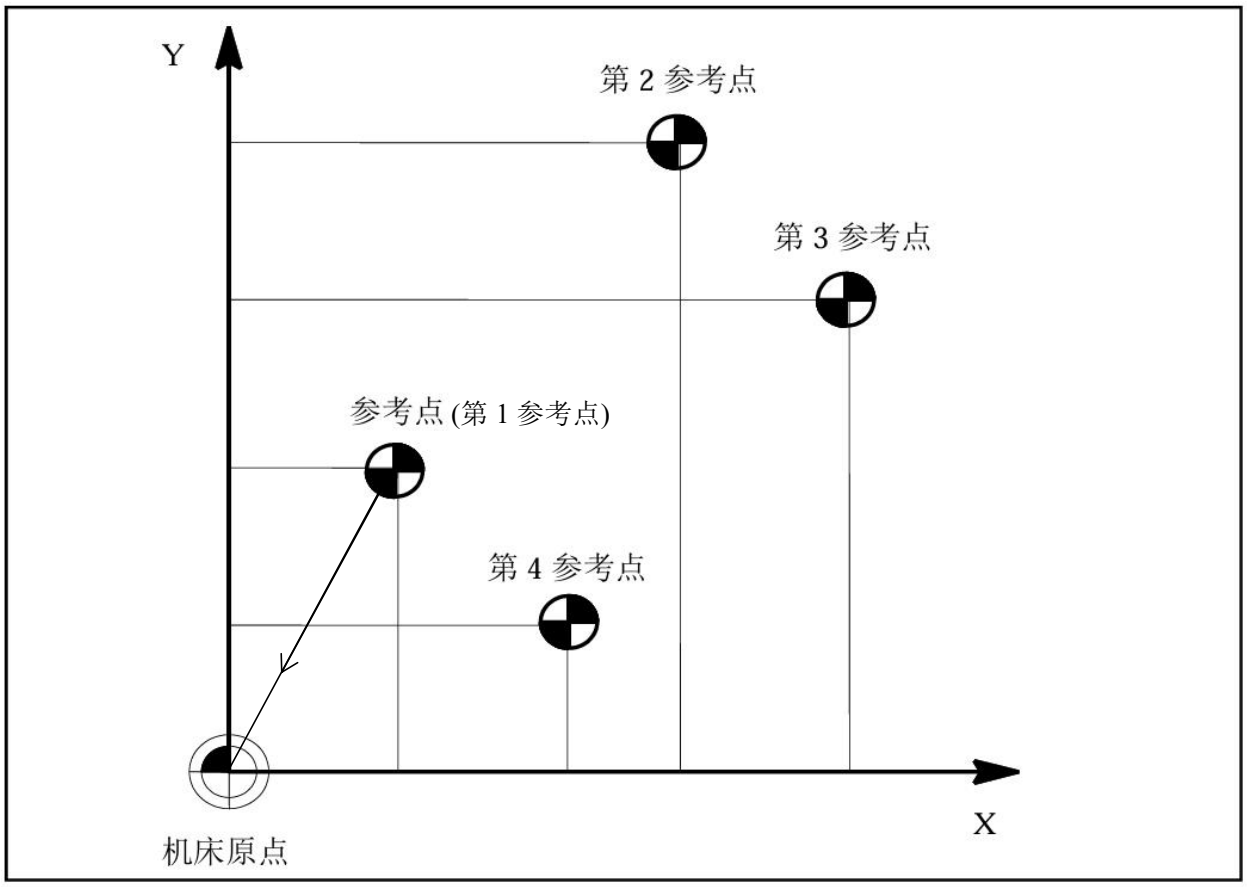
## 2.8.4 参考点返回（G28/G30）

**概述：**

参考点是机床上的某一固定位置，利用参考点返回功能就容易把刀具移动到该处。

例如，可把参考点用作自动换刀的位置。

通过在系统参数 0411~0413 中设定的坐标值，最多存在 4 个参考点。




**注意：在本系统中，强制将参考点(第 1 参考点)与机床原点重合，第 2~4 参考点位置通过系统参数设定。**

**指令格式：**

| **G28 X_ Y_ Z_ α_;机床原点自动返回(第 1 参考点自动返回)** | |
|---|---|
| X/Y/Z | ：中间点快速定位坐标 |
| α | ：中间点附加轴坐标，可指定多个附加轴 |

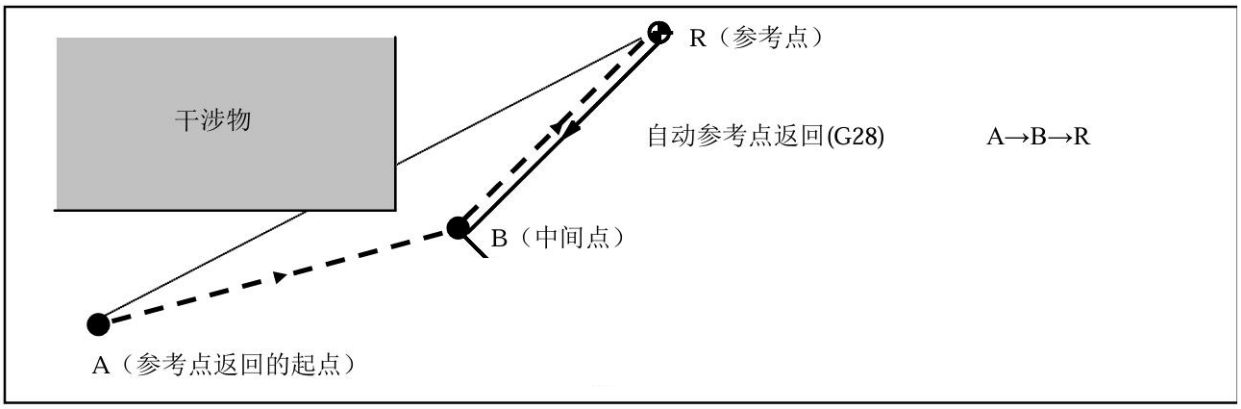
| **G30 X_ Y_ Z_ α_ P_;参考点自动返回** | |
|---|---|
| X/Y/Z | ：中间点快速定位坐标 |
| α | ：中间点附加轴坐标，可指定多个附加轴 |
| P | ：范围 2~4，对应第 2~4 参考点，省略时表示第 2 参考点 |

**指令说明：**

利用上面指令，可以使指令的轴自动返回到参考点。通过指定 XYZ 坐标来返回到参考点路途经过的中间点，可以用绝对值指令 G90 或增量值指令 G91。

需要通过系统参数 0302 第 1 位开放各轴回零功能；

执行动作：




(1) 快速回零速度由系统参数 0311 设定，从当前位置定位到指令轴的中间点位置（A 点—B 点）；

(2) 执行回机床原点动作（B 点—R 点）；

(3) 回零动作执行完成后，NC 会清除 G50 和机床清除操作产生的坐标偏置；

**举例:**

```
O1000
T1
G90 G54 G0 X50 Y3
... //加工程序
G28 X50 Z100 //先系统内部执行 G0 X50 Z100,再执行返回机床 X 轴与 Z 轴零点
T2
M30
```

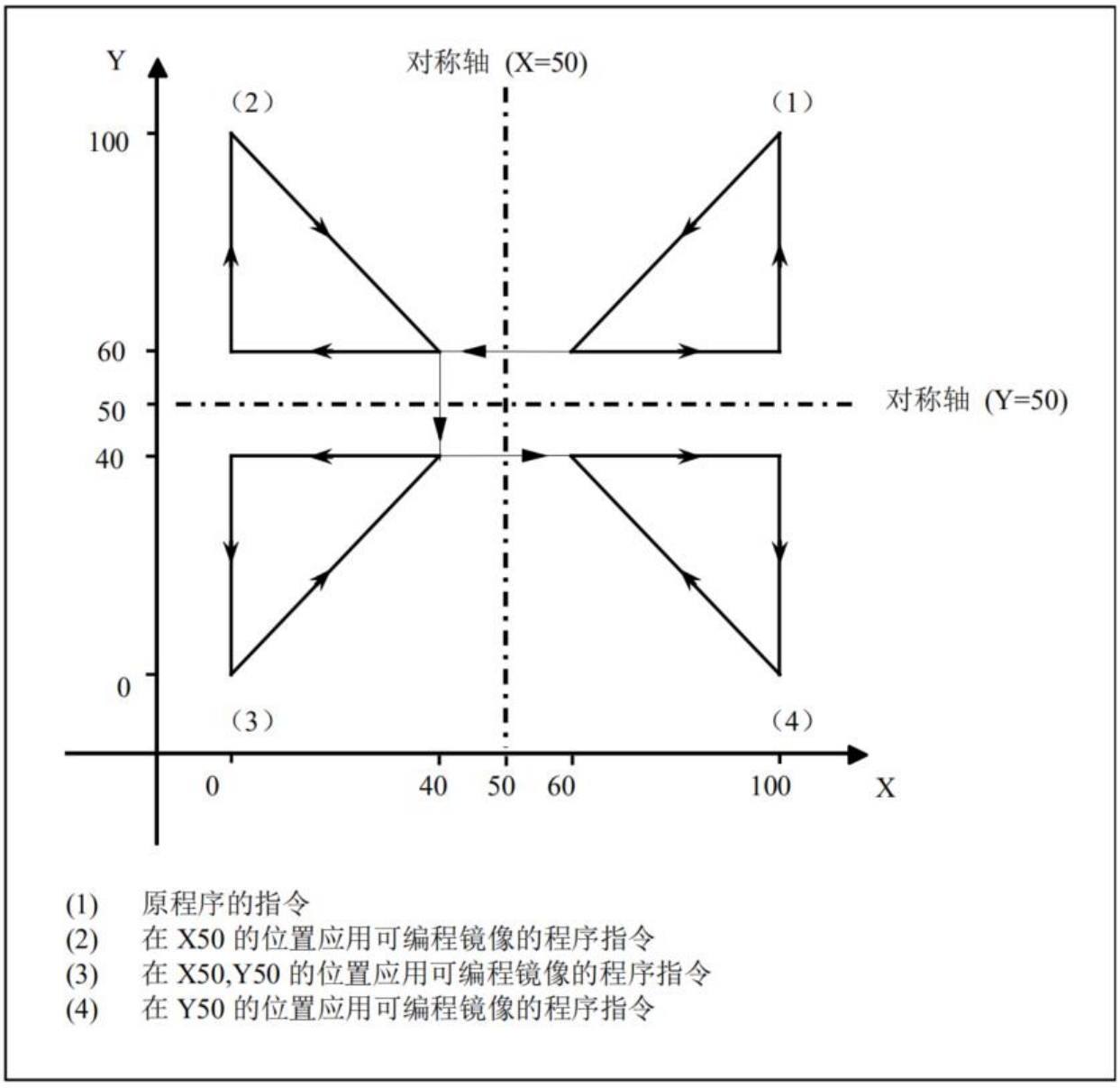
## 2.8.5 可编程镜像（G50.1/G51.1）

**指令格式：**

```
G51.1 X_Z_;设定可编程镜像
G50.1 X_Z_;取消可编程镜像
```

**指令说明：**

对于在程序中指定的对称轴，可以在程序指定的位置产生一个的镜像。




**详细说明：**

1. G51.1 指定镜像的对称轴的位置或者指定镜像点的位置；
2. G51.1 和 G50.1 指定的行，轴不移动；
3. 轨迹坐标必须是绝对编程；
4. 在可编程镜像模式下，不能指定与参考点有关的 G 代码(G28、G30 等)和用来改变坐标系的指令(G50~G59、G92 等)。在设定这些 G 代码时，请先取消可编程镜像模式。

**举例:**

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| G50.1 X0 | //取消镜像 |
| M98 Q100 | //调用轨迹(N100 的子程序段) |
| G51.1 X0 | //X=0 的位置，作为镜像轴开始镜像 |
| M98 Q100 | //调用轨迹(N100 的子程序段) |
| G50.1 X0 | //结束镜像 |
| M30 | |
| | |
| N100 | //子程序段 |
| G90 G00 X100.0 Y0 | //定位(镜像时，X 轴实际坐标为 X-100) |
| G01 Y-10 F200 | //进给 |
| G01 X90 Y-20 F300 | //进给(镜像时，X 轴实际坐标为 X-90) |
| G0 Y0 | //定位 |
| M99 | |

## 2.8.6 局部坐标系（G52）

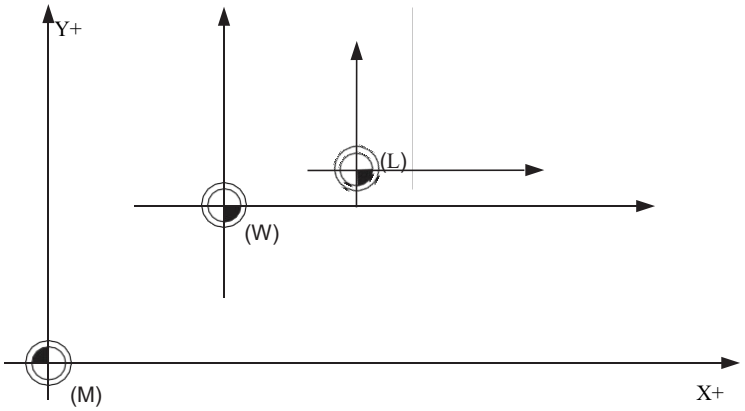
**指令格式：**

**G52 X_ Y_ Z_ α_;建立局部坐标系**
**G52 X0 Y0 Z0;取消局部坐标系**
X/Y/Z/α ：建立局部坐标系原点在当前工件坐标系下的 XYZ 位置，α为附加轴

**指令说明:**

也可称为临时坐标系，通过 G52 指令，可在 G54～G59 的各工件坐标系上独立设定以指令位置作为程序原点的局部坐标系。

也可使用 G91 G52 指令代替 G92 指令，用于偏移当前坐标系原点(偏移绝对坐标零点)。



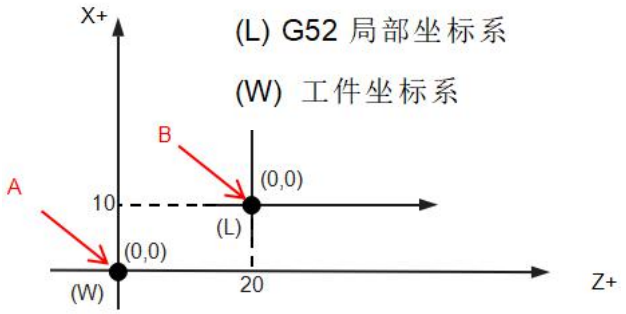

(L) G52 局部坐标系
(W) 工件坐标系
(M) 机床坐标系

**详细说明：**

1. 局部坐标系的设定不改变工件坐标系和机床坐标系；
2. 要取消局部坐标系，应使局部坐标系零点与工件坐标系零点一致，即指令 G52 X0 Z0；
3. 机床回零，则该轴局部坐标系被取消；
4. 复位、或 M30 时是否取消局部坐标系，可由系统参数 0400 第 4、5 位设置；
5. 执行 G52 时，将暂时取消刀尖半径补偿；
6. 执行 G52 后，在执行下一个 G52 指令之前，局部坐标系保持有效，且 G52 指令指定时不产生移动；

**举例：**

```
O1000
G90 G54
G00 X0 Z0      // A 点
G52 X10 Z20 //设定局部坐标系原点
G00 X0 Z0      //移动到 B 点
G52 X0 Z0      //取消局部坐标系
G00 X0 Z0      //移动到 A 点
M30
```




W：工件坐标系　　L： 局部坐标系

## 2.8.7 机床坐标系选择（G53）

**指令格式：**

```
G90 G53 [G00/G01];
```

**指令说明：**

带有 G53 指令的程序段， 如 G53 G00 X100，数控系统以机床坐标系进行定位。

1. G53 为非模态指令，只在指定了 G53 的程序段中有效；
2. G53 必须采用绝对编程 G90；
3. 当 G53 所在的程序段中，省略了 G00、G01 等移动指令，数控系统会默认 G00 进行坐标定位；

**注意：**

数控系统软件版本号 2.80.28(不包括)之前的版本仅支持 G00 定位。

**举例：**

```
O1000
G53 Z00                 //快速定位到机床坐标 Z100 的位置
T1                      //换刀
...                     //加工
G53 G01 Z100 F10        //慢速移动到机床坐标 Z100 的位置
T2                      //换刀
...                     //加工
M30
```

## 2.8.8 工件坐标系坐标系（G54～G59）

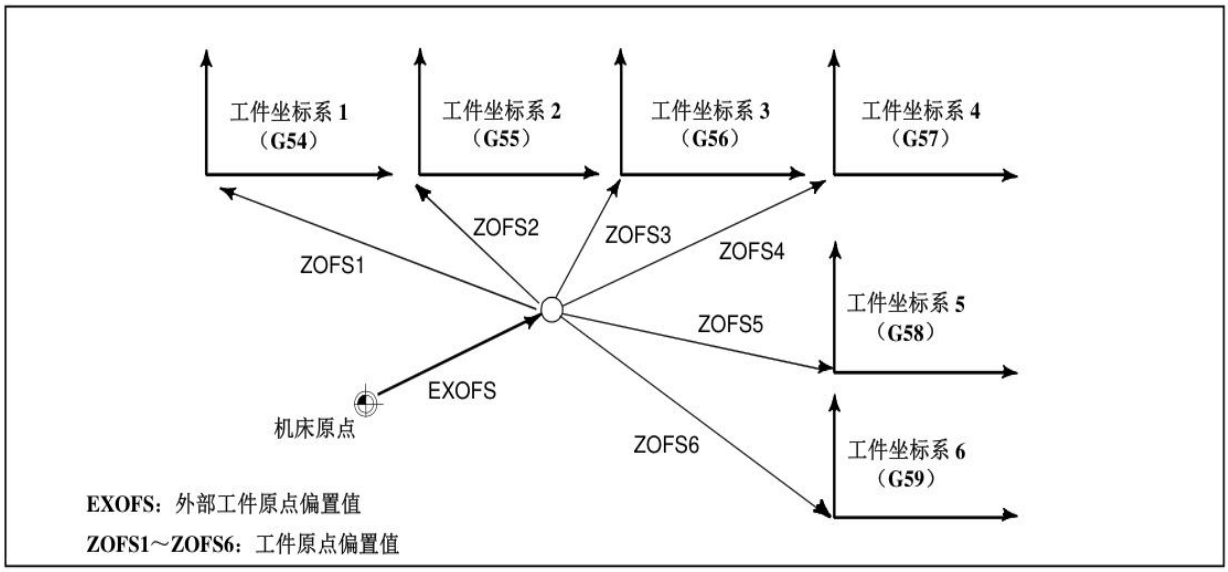
**指令格式：**

**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

**指令说明：**

1. 工件坐标系是以加工工件的基准点为原点的坐标系，用于简化在工件上的编程;

**2.** 通过本指令可移动到工件坐标系上的位置。工件坐标系是程序员在编程时所使用的坐标系，除 G54～G59 这 6 组外，还有扩展工件坐标系 (G54.1)。组数因机床制造商的规格而异;




**详细说明：**

1. 在 G54～G59 的指令中，即使指定了工件坐标系的切换，也不会被取消指定轴的刀尖 R 补偿量；
2. 在接通电源时选择 G54 坐标系或掉电前的坐标系通过系统参数 0400 第 1 位指定；
3. G54～G59 为模态指令(组 12)；
4. 工件坐标系的偏置设定量表示与基本机床坐标系零点的距离；

## 2.8.9 附加工件坐标系（G54/G54.1 P）

**指令格式：**

**G54/G54.1 Pn;**
Pn ：附加工件坐标系的指定代码，n: 1～99

**指令说明：**

除了 G54～G59 的 6 组工件坐标系(标准工件坐标系)外，还可以使用 99 组工件坐标系(附加工件坐标系)。

## 2.8.10 二维坐标系旋转（G68/G69）

**指令格式：**

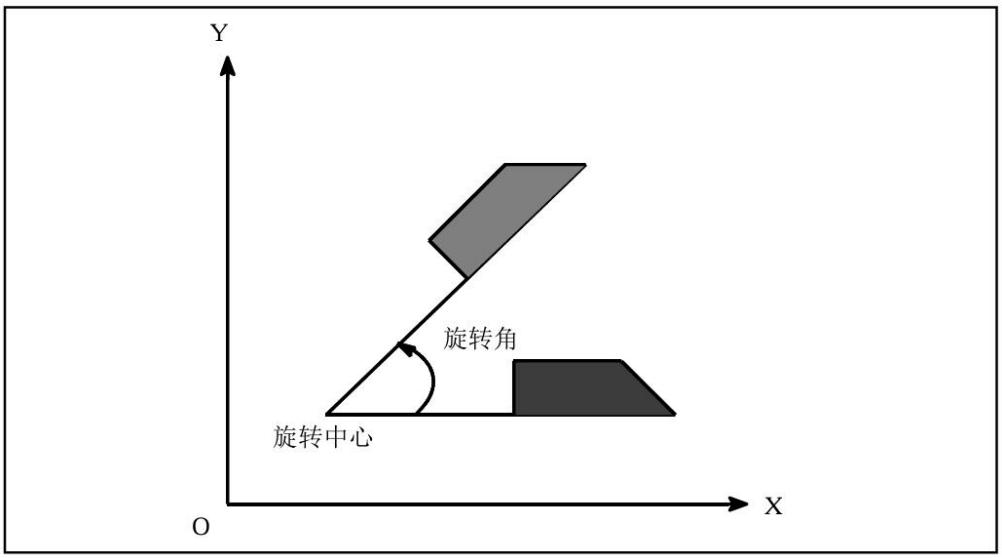
**G68 α_ β_ R_;旋转工件坐标系**

| | |
|---|---|
| α | ：坐标旋转中心平面坐标系下的第 1 轴的绝对坐标，如 G17 平面下的 X 轴 |
| β | ：坐标旋转中心平面坐标系下的第 2 轴的绝对坐标，如 G17 平面下的 Y 轴 |
| R | ：坐标系旋转角度(单位：度)，在所选平面上，逆时针为正 |

**G69;旋转工件坐标系取消**

**指令说明：**

可以使编程形状旋转。通过使用这一功能，在安装的工件处在相对于机床旋转的位置上这样的情况，即可通过旋转指令来进行补偿。此外，当存在使一个形状旋转的图形时，通过编写一个形状子程序，在使其旋转后调用该子程序，就可以缩短编程所需的时间和程序长度。

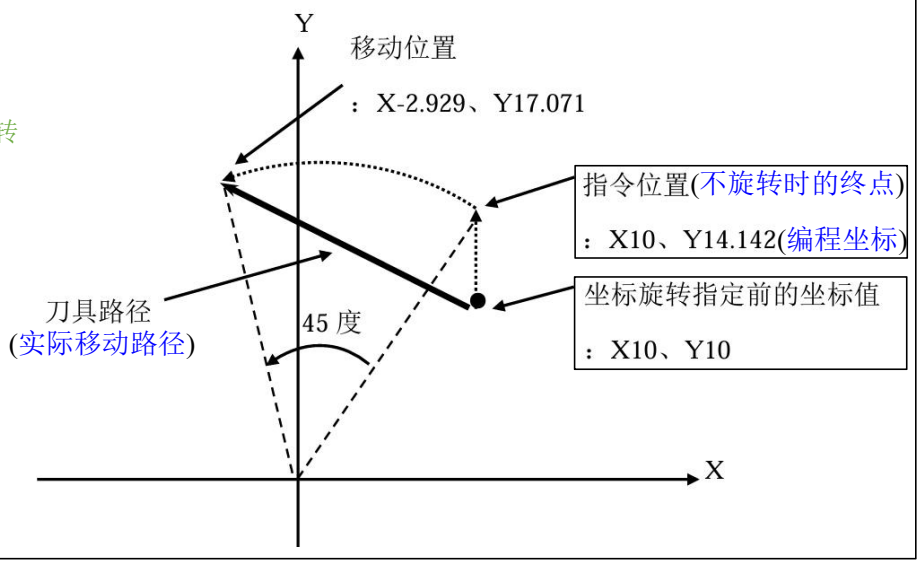



**详细说明：**

1. R 为绝对角度指定，与 G90/G91 无关；
2. 平面选择的 G 代码(G17、G18、G19)请在 G68 指令的程序段前指定，无法在 G68 模式时切换平面；
3. 在没有指定旋转中(α_ β_ )时，以当前坐标位置作为旋转中心；
4. 执行 G68 旋转后，当前绝对坐标以实际坐标显示而非旋转后的编程坐标显示，如下图所示：

(例)

```
G90 G00 X0 Y0
G01 X10 Y10
G68 X0 Y0 R45//坐标系旋转
X10 Y14.142//移动位置
G69
```



5. 坐标旋转模式中，在模态信息画面中显示为 G68，在坐标旋转被取消时，则显示为 G69；
6. 复位时，坐标系旋转会强制取消；
7. 与其他功能的关系：
   (1) 不能在坐标系旋转模式中进行平面切换(G17/G18/G19)；
   (2) 不能在坐标系旋转模式中进行极坐标插补(G12.1)、圆柱插补(G07.1)，会产生不可预测的错误；
   (3) 在坐标系旋转模式中，G31 跳过指令读取的坐标为旋转后的实际坐标值；
   (4) G53 不受坐标系旋转影响；

**举例:**

| **钻孔循环：直线间隔 50mm，打 3 排孔，每排打 5 个孔，每排角度间隔 120 度** | |
|---|---|
| O0001 | |
| G69 G90 G54 G00 X0 Y0 Z100 | |
| M03 S800 | |
| G68 X0 Y0 R0 | // 旋转到 0 度 |
| M98 Q10001 | // 调用钻孔循环 |
| G68 X0 Y0 R120 | // 旋转到 120 度 |
| M98 Q10001 | // 调用钻孔循环 |
| G68 X0 Y0 R240 | // 旋转到 240 度 |
| M98 Q10001 | // 调用钻孔循环 |
| G69 | |
| M30 | |
| | |
| N10001 | // G83 端面钻孔循环子程序 |
| G00 Z50 Y0 X0 | |
| G83 X50 Z-20 R1 F300 | |
| X50*2 | |
| X50*3 | |
| X50*4 | |
| X50*5 | |
| G80 | |
| M99 | |

## 2.8.11 设定工件坐标系（G92）

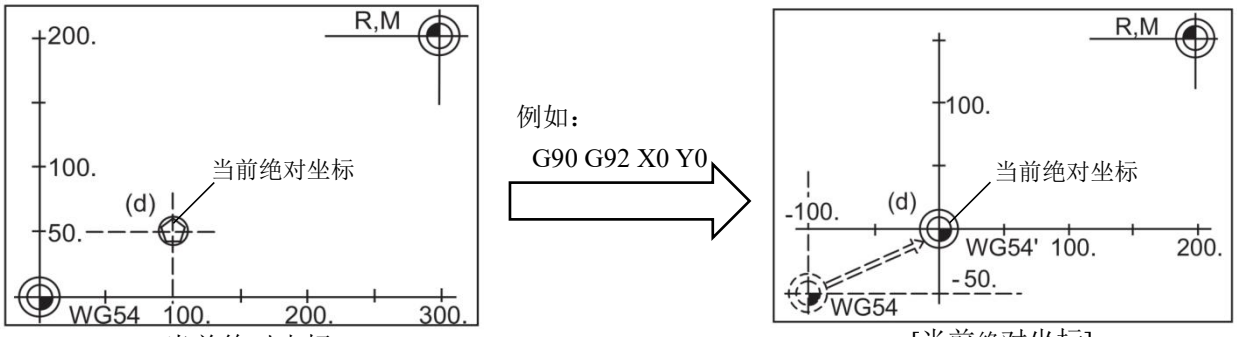
**指令格式：**

**G92 X_ Y_ Z_ α_;**

X,Y,Z,α ：设定当前工件坐标为设定值，α为附加轴坐标

**指令说明:**

通过进行 G92 指令，无需移动机床，可按照编程指令值设定工件坐标系与当前位置显示值，可理解为系统根据当前绝对坐标值与 G92 设定值的差值，将工件坐标系(G54~G59)的原点偏移了这个差值，从而使当前工件坐标系下的绝对坐标变成 G92 所设定的值。




[当前绝对坐标]

X 100.000

Y 50.000

[当前绝对坐标]

X 0.000

Y 0.000

如上图所示，执行了“G92 X0 Y0”后，当前绝对(工件)坐标产生变化，但坐标系(G54~G59)偏置值不产生变化，是整个工件坐标系产生了偏移。

与 G91 配合使用时，G92 指令可进行工件坐标系(G54~G59)整体增量偏移，可用于恢复撞机之后造成的机械偏移(因为机械偏移是整体的，测量出机械偏移量，通过 G91 G92 让工件坐标系偏移来补偿机械的偏移)

**详细说明:**

1. 系统参数 0400 第 3 位用于设定是否可以使用 G92 指令；
2. 系统参数 0400 第 1 位为 1 时，G92 产生的偏移会在断电重启时清除；
3. 执行回零操作、G28、G92.1 时，会清除 G92 产生的偏移；

**注意：**

非必要不推荐使用 G92 进行工件对刀，请使用 G54~G59 进行工件对刀、EXT 坐标系进工件坐标系的整体偏移。

## 2.8.12 设定工件坐标系原点（G92.1）

**指令格式：**

**G92.1 X_ Y_ Z_ α_;**

X,Y,Z,α ：设定各轴工件坐标系零点为设定指令，α为附加轴坐标

**指令说明：**

该指令可将手动运行、程序指令进行偏移后的工件坐标系原点，预置(恢复)到根据程序指令 G92.1 的设定值，可以理解为让系统重新根据坐标系界面的 G54~G59 偏置值建立工件坐标系原点。

本功能与进行手动参考点返回时相同，将偏移后的工件坐标系预置到从机床原点按照工件坐标偏置值进行了偏置的工件坐标系。

以下是被会 G92.1 清除的操作产生的偏移或程序指令产生的偏移：

- 手动干预移动
- 通过手轮中断移动
- 通过 G52 设定局部坐标系
- 通过 G92 偏移工件坐标系
- 执行机床清除操作(软件版本 2.80.31 之前)

**举例：**

| **自动对刀，通过程序设定 G54 时的 X 轴为 100** | |
|---|---|
| G90 G10 L2 P0 X0 | // 清除 EXT 坐标系中 X 的偏置值 |
| G90 G10 L2 P1 X0 | // 清除 G54 坐标系中 X 的偏置值 |
| G92.1 X0 Y0 | // 清除操作、程序指令偏移，且设定工件坐标系原点为 X0 Y0 |
| G10 L2 P1 X[#5021-100] | // 通过 G10 写入数值到 G54 中。数值=当前机床坐标与 100 的差值 |
| G54 | // 切换 G54 坐标系，查看当前 X 轴绝对坐标是否是 100 |

# 2.9 测量&跳过功能指令

## 2.9.1 轴位置控制时的扭矩检测（G10 L14 P0~P6）

**指令格式①：**

**G10 L14 P_ α_；**

α ：轴扭矩检测参考值，可指定多个轴，α表示用绝对坐标指定数据，如 X/Y/Z

P ：检测方式

P=0 检测指定轴所有运动负载，超过限制系统报警

P=1 检测指定轴 G01 运动负载，超过限制系统报警

P=2 检测指定轴 G01 运动负载，超过限制系统不报警

P=3 检测指定轴 G01 运动负载，超过限制系统不报警

P=4 检测指定轴所有运动负载，超过限制系统不报警

P=5 检测指定轴所有运动负载，超过限制系统不报警

P=6 设定 G31 指令的扭矩跳过值

**指令格式②：**

**G10 L14 P_ α_ R_；**

α ：轴扭矩检测时间(秒)，α表示用绝对坐标指定数据，如 X/Y/Z/A/B/C

P ：检测方式

P=20 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，小于设定值

P=21 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，大于设定值

P=30 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，小于设定值

P=31 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，大于设定值

P=40 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，小于设定值

P=41 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，大于设定值

P=50 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，小于设定值

P=51 判断实际扭矩超过指定扭矩的时间，大于设定值

R ：宏变量号，满足判断条件时，将轴号以二进制数写入到 R 指定的宏变量

省略 R 时，该指令在判断满足时产生系统报警

**指令说明：**

指令格式①，设定各轴 G00/G01 时的扭矩负载参考值，当大于设定参考值时，系统产生报警提示；

指令格式②，用于判断各轴超过指定负载的时间是否达标，一般用于刀具磨损、刀具损坏检测；

1. 必须用绝对坐标指定各轴数据，不能使用坐标轴的增量格式；

2. 使用该功能前，需要确定系统参数 5522 的设定是否正确，否则会出现 G10 指令扭矩值与实际伺服扭矩不一致导致检测错误；

3. 指令格式②需要与指令格式①同时使用，仅在指令格式①的 P2~P5 才有效；

4. 指令格式①的 P2~P5 会激活系统计时器系统诊断 0530~0533；

5. 指令格式②的负载判断依据系统计时器系统诊断 0530~0533，如下表所示：

| 系统诊断号 | 对应指令格式① P 值 | 对应指令格式② P 值 |
|---|---|---|
| 0530 各轴负载监控 2 到达时间(s) | P2 | P20/P21 |
| 0531 各轴负载监控 3 到达时间(s) | P3 | P30/P31 |
| 0532 各轴负载监控 4 到达时间(s) | P4 | P40/P41 |
| 0533 各轴负载监控 5 到达时间(s) | P5 | P50/P51 |

**举例：**

| 1. G01 负载检测 | |
|---|---|
| O1000 | |
| G10 P1 L14 Z80 | //设定 Z 轴扭矩 G01 指令的扭矩检测值为 80%，超过则报警 |
| G00 X0 Z0 | //快速定位(G00 不检测) |
| G01 W-10 F20 | //Z 向打孔(G01 检测负载) |
| G00 Z0 | //快速定位(G00 不检测) |
| G10 P1 L14 X80 | //设定 X 轴扭矩 G01 指令的扭矩检测值为 80%，Z 轴被取消 |
| G01 U-10 F20 | //X 向打孔(G01 检测负载) |
| G00 X0 Z0 | //快速定位(G00 不检测) |
| G10 P1 L14 | //取消所有轴的扭矩检测 |
| M30 | |

| 2. 用于自动化钻机的检测 | |
|---|---|
| O1000 | |
| G10 P2 L14 Z80 | //设定 Z 轴扭矩检测 80%，超过不报警但激活计时器 2 |
| G10 P3 L14 Z10 | //设定 Z 轴扭矩检测 10%，超过不报警但激活计时器 3 |
| G00 X0 Z0 | //快速定位(G00 不检测) |
| G98 G01 W-10 F30 | //Z 向打孔，速度 30mm/min，预计 20 秒打完孔(G01 检测负载) |
| G00 Z0 | //快速定位(G00 不检测) |
| #100=0//初始化 | //判断 Z 负载扭矩超过 80%的持续时间是否大于设定值 15 秒 |
| G10 P21 L14 Z15 R100 | //若超过则赋值#100，表示钻孔时负载过大钻头可能磨损 |
| #101=0//初始化 | //判断 Z 负载扭矩超过 10%的持续时间是否小于设定值 15 秒 |
| G10 P30 L14 Z15 R101 | //若小于则赋值#101，表示钻孔时负载过小钻头可能已断 |
| IF[#100==4]#3000=1(负载过大) | //通过#100 判断 Z 轴是否满足过载条件，产生报警提示 |
| IF[#101==4]#3000=1(钻头已断) | //通过#101 判断 Z 轴是否满足刀具断裂条件，产生报警提示 |
| M30 | |

## 2.9.2 钻孔/攻丝过载检测（G10 L14 P7~P8）

**指令格式：**

| | |
|---|---|
| **G10 L14 P7/P8 R_ J_ α_;** | |
| P7 | ：指定钻孔指令 G83 过负载检测 |
| P8 | ：指定攻丝指令 G84 过负载检测 |
| R | ：宏变量号，当发生过载时，指定宏变量的值+1 |
| J | ：过负载滤波时间(秒)，电机负载超过设定值且保持 J 设定值时才算过载 |
| α | ：轴的扭矩检测值，可指定多个轴，α表示轴数据，如 X/Y/Z |

**指令说明：**

| | |
|---|---|
| 用于 G83 钻孔循环指令，G84(必须是 M29 指定的刚性攻丝模式)攻丝循环指令 | |
| 情况 1 | 攻丝或钻孔时，若负载到达设定值，立刻回退至安全位置，然后系统产生报警且暂停运行 |
| 情况 2 | 攻丝或钻孔时，若负载到达设定值，立刻回退至安全位置，不报警不暂停，结束当前程序段，继续执行下一段程序 |
| 情况 3 | 攻丝或钻孔时，若负载到达设定值，立刻回退至安全位置，重复执行当前程序段，直到当前程序段能够成功执行完成 |

**详细说明：**

| 钻孔循环相关系统参数 | | |
|---|---|---|
| **系统参数号** | **含义** | **备注** |
| 5100 第 2 位 | 钻孔循环过载时，不/返回 | 钻孔过负载返回总开关参数 |
| 5100 第 3 位 | 钻孔循环过载返回后，不/重试 | |
| 5100 第 4 位 | 钻孔循环过载返回后，不/报警 | |
| 5112 | 钻孔时，各负载上限 | G10 省略轴号时，由该参数指定轴负载 |
| 5113 | 钻孔循环时，过载状态返回变量号 | G10 省略 R 时，由该参数指定宏变量号 |

| 攻丝循环相关系统参数 | | |
|---|---|---|
| **系统参数号** | **含义** | **备注** |
| 5200 第 4 位 | 攻丝循环过载时，不/返回 | 攻丝过负载返回总开关参数 |
| 5200 第 5 位 | 攻丝循环过载返回后，不/重试 | |
| 5200 第 6 位 | 攻丝循环过载返回后，不/报警 | |
| 5250 | 攻丝时，各负载上限 | G10 省略轴号时，由该参数指定轴负载 |
| 5251 | 攻丝循环时，过载状态返回变量号 | G10 省略 R 时，由该参数指定宏变量号 |

**举例：**

| **1. 钻孔循环** | |
|---|---|
| 要求：<br>设定钻孔进给轴(Z 轴)过负载判断值为 100%，当前钻孔轴过负载时，执行回退且报警暂停 | |
| 系统参数设定：<br>5100 第 2 位设为 1<br>5100 第 3 位设为 0<br>5100 第 4 位设为 1 | |
| O1000 | |
| T01 | |
| G90 G54 G00 X0 Y10 Z100 | |
| M03 S1000 | |
| G10 L14 P7 Z100 | //设定 Z 轴过负载检测为 100% |
| G98 G83 X0 Y0 R1 Z-10 F100 | //钻孔循环期间若 Z 轴负载超过 100%，立刻执行回退，回退至 R 点且系统产生报警 |
| X50 | |
| X100 | |
| G80 | |
| G10 L14 P7 | //取消钻孔循环的轴过负载检测 |
| M30 | |

| **2. 攻丝循环(C 轴作为攻丝旋转轴)** | |
|---|---|
| 要求：<br>设定攻丝进给轴(Z 轴)与攻丝旋转轴(C 轴)的过负载判断值 120%，当前指定轴过负载时，执行回退且报警暂停 | |
| 系统参数设定：<br>5100 第 2 位设为 1<br>5100 第 3 位设为 0<br>5100 第 4 位设为 1 | |
| O1000 | |
| T01 | |
| G90 G54 G00 X0 Y0 Z100 | |
| G10 L14 P8 Z120 Y120 | //设定 Z、C 轴过负载检测为 120% |
| M18 | //切换主轴为位置模式 |
| M29 S2=300 | //攻丝期间若 Z 轴或 C 轴任一轴的负载超过 120%，立刻执行回退，回退至 Z100 位置且系统产生报警 |
| G84 X0 Y0 R1 Z-15 F1.25 | |
| G91 X20 K5//间隔 20,攻丝 5 个孔 | |
| G80 | |
| G10 L14 P8 | //取消攻丝指令的轴过负载检测 |
| M30 | |

| 3. 重复攻丝且报警，5 轴系统(XYZAC)，攻丝循环(A 轴主轴分度，C 轴为攻丝位置主轴) | |
|---|---|
| 要求：<br>设定进给轴(Z 轴)过负载判断值为 100%，当前进给轴过负载时，执行回退且重试，重试次数大于 2 次时，报警暂停 | |
| 系统参数设定：<br>5200 第 4 位设为 1<br>5200 第 5 位设为 0<br>5200 第 6 位设为 0 | |
| O1000 | |
| T01 | |
| G90 G54 G00 X0 Y0 Z100 | //工件直径 50mm 处 |
| M03 S300 | |
| G10 L14 P8 Z100 R1 | //设定 Z 轴过负载检测为 100% ,过负载时#1 的值+1 |
| M29 S2=300 | //攻丝循环期间若 Z 轴负载超过 100%，立刻执行回退，回退至 R 点<br>//M98 Q10001 调用子程序段，用于判断是否攻丝到位与攻丝重复次数 |
| G84 X0 Y0 R1 Z-15 F1.25 | |
| M98 Q10001 | |
| X50 | |
| M98 Q10001 | |
| G80 | |
| G10 L14 P8 | //取消攻丝循环的轴过负载检测 |
| M30 | |
| | |
| N10001 | //判断子程序 |
| #2=2 | //重试次数限制设定 |
| G04 I0 | //阻止程序预读 |
| WHILE[#1!=0]DO1 | //判断是否过负载,若产生过负载则重复攻丝 |
| X[#5001] Y[#5002] | //原地调用 G84 重复攻丝，若期间再次过载了#1=#1+1 |
| G04 I0 | |
| IF[#1>=#2]#3000=1(重试次数过多) | //若重试次数#1>=设定#2，则产生报警 |
| IF[#1<#2]GOTO 99 | //若第 2 次攻丝成功了，则跳出循环 |
| END1 | |
| N99 | |
| #1=0 | //过载判断变量清零 |
| M99 | //返回主程序 |
| | |

## 2.9.3 轴位置控制时的扭矩限制（G10 L14 P9）

**指令格式：**

| |
|---|
| **G10 L14 P9 α_；**<br>α　　：轴扭矩限制百分比，可指定多个轴 |

**指令说明：**

1. 通过该指令可以限制指定轴的在位置模式时的扭矩出力百分比；
2. 伺服诊断 0440 能够显示各轴当前扭矩限制值；
3. 轴坐标语指定扭矩限制值=0 时，表示取消扭矩限制；
4. 当使用 G00、G01 指令时，会强制退出扭矩限制模式，在软件版本 2.80.31(24060401)之后的版本为模态指令，G00、G01 不会强制退出扭矩限制模式；

**举例：**

| **自动化应用，伺服冲压动作** |
|---|
| 系统参数设定：<br>0003 第 3 位设定 0，开启 Z 轴到位检测反馈位置<br>0071 根据情况调整，值越小精度越高 |
| O1000 |
| G90 G54 |
| G10 L14 P9 Z0 //解除扭矩限制 |
| G00 Z1//快速移动到预定位 |
| G00 X0 Y0//工件定位 |
| G10 L14 P9 Z135 //设定 Z 轴扭矩上限为 135% |
| G09 G01 Z-5 F100 //冲压工件，进给并检测位置实际反馈到位 |
| G04 X1 |
| G01 Z100 F2000 //退刀 |
| G10 L14 P9 Z0 //解除扭矩限制 |
| M30 |

## 2.9.4 轴位置扭矩模式切换（G10 L14 P10~P12）

**指令格式：**

**G10 L14 P_ α_；**

α ：轴扭矩相关参数，可指定多个轴，α表示用绝对坐标指定数据，如 X/Y/Z
P=10 时，α表示指定轴扭矩出力值百分比，符号表示电机旋转方向
P=11时，α表示指定轴电机转速(无符号)，单位：rpm
P=12 时，α表示退出扭矩模式后，恢复成位置模式时的扭矩限制值

P ：模式
P=10 时，位置→扭矩模式切换
P=11时，扭矩模式时的轴电机转速设定
P=12 时，扭矩→位置模式切换

**指令说明：**

直接控制电流值、控制电机的输出转矩，一般运用在绞布机械等张力控制、电动尾座控制等。

1. 通过系统参数 5520 第 1 位设定复位时是否退出扭矩控制模式；
2. 系统参数 5521 必须大于 0 才能使用该指令；
3. 当没有用 G10 P11 指定扭矩模式的电机转速时，由系统参数 5521 指定；
4. 需要通过系统参数 5522 来匹配伺服的最大扭矩输出，否则 G10 P10 指定的扭矩出力百分比会与实际伺服电机扭矩输出有偏差；
5. G10 P10 时，坐标语指定扭矩出力值=0 时，表示取消扭矩模式，恢复上一次的控制模式(位置或速度)；
6. G10 P12 时，坐标语指定扭矩限制值<=0 时(推荐使用-1)，表示扭矩限制值恢复默认值(即不限制)；

**举例：**

| 电动尾座的应用 | |
|---|---|
| 要求：<br>执行 M78/M79 控制电动(伺服轴 B 轴)尾座进退，代替传统的液压尾座 | |
| 系统参数设定：<br>5520 第 1 位设为 0，由于是尾座控制，因此复位或急停时电机不能退出扭矩控制模式<br>5521 设定电动尾座控制的伺服电机前进后退时的转速<br>9060 设定为 2　　9061 设定为 9030　　9062 设定为 78　　9063 设定为 79 | |
| O1000(主程序) | O9030(M78 调用的子程序) |
| G90 G54 | G10 L14 P10 B-50 //电机以 50%的额定扭矩输出，进入扭矩模式且反转 |
| G00 X0 Z10 | M99 |
| M03 S1000 | |
| M78 //尾座前进 | O9031(M79 调用的子程序) |
| ... | G10 L14 P12 B50 //电机退出扭矩模式进入位置模式，并且扭矩限制在 50% |
| M79 //尾座后退 | G160 P50 UB100 F1000 //B 轴以扭矩限制跳过的方式正方向离开工件 100mm |
| M30 | M99 |

## 2.9.5 进给跳过（G31）

**指令格式①：**

**G31 X_ Y_ Z_ α_ R_ F_;检测输入口(由系统参数 5510 指定被检测输入口)**

X/Y/Z/α ：轴终点坐标，α为附加轴终点坐标

R ：存储输入口检测有效的宏变量地址

F ：进给速度，直线轴单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下)
旋转轴单位：36°/min(G94 模式下)，36°/r(G95 模式下)

**指令格式②：**

**G31 X_ Y_ Z_ α_ R_ F_ L/K_;检测输入口(由 L/K 指定)**

L ：被检测输入口口号(正整数)，检测输入信号接通有效

K ：被检测输入口口号(正整数)，检测输入信号断开有效

**指令格式③：**

**G31 X_ Y_ Z_ α_ R_ F_ I_;检测输入口(由 I 指定)**

I ：被检测输入口口号(整数)
I＞0 时，检测输入信号接通有效
I＜0 时，检测输入信号断开有效

**指令格式④：**

**G31 X_ Y_ Z_ α_ R_ F_ P_;检测 PLC 的 G 地址信号**

P ：检测 PLC 的 G0014 地址信号，范围 1~8，对应地址 G0014.0~G0014.7

**指令格式⑤：**

**G10 L14 P6 α_;设定轴的检测负载率(不编 G10 时由系统参数 5511 指定各轴负载)**
**G31 X_ Y_ Z_ α_ R_ F_ P98;**

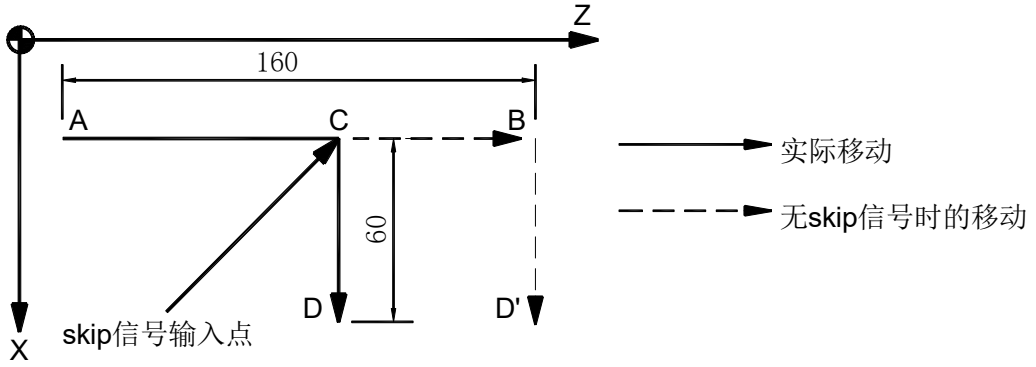
**指令格式⑥：**

**在指令格式①②③④额外定义 P99;检测输入信号或轴负载率(由系统参数 5511 指定各轴负载)**

**指令说明：**

在 G31 指令的直线插补中，输入外部跳跃信号，则立即停止机床移动，读取坐标值，舍去剩余距离，执行下一程序段指令。一般用于测量仪器的编程。

如下图所示，在从 A—>B—>D 移动的过程中，在 C 点位置检测到输入信号，系统立即停止当前运动，执行下一段程序，因此实际运行轨迹为 A—>C—>D。



**详细说明：**

1. G31 的加减速性能与速度上限同 G01；
2. 在指令格式①中，若系统参数 5510 设定值为 0，则在执行时会产生系统报警；
3. 在指令格式⑥中，当负率载或输入信号任一条件满足时，G31 指令就会产生跳过；
4. 当跳过产生时，其当前绝对坐标位置值存储在系统变量#5061(通道内第 1 轴)～#506n(第 n 轴)中，因此可以在用户宏中使用；

**举例：**

| **1. 通过外部传感器来实现旋转轴 A 的定位，传感器的输入口口号为 13** | |
|---|---|
| O9010 | |
| G90 G54 X0 Y0 | |
| G91 G31 A-400 F300 L13 | //先以较快的速度反向寻找传感器信号(粗定位)，寻找范围为 400 度 |
| G91 G31 A-20 K13 | //确保 A 轴离开传感器检测范围 |
| G91 G01 A-3 | //确保 A 轴离开传感器一定范围，为正向精定位做准备 |
| G91 G31 UA30 F50 L13 R100 | //以慢速正向寻找传感器信号(精定位) |
| IF[#100==0]<br>#3000=1(未检测到信号)<br>ENDIF | //验证传感器信号检测到，未检测到信号报警 |
| G92 A0 | //设定 A 轴当前绝对坐标为 0<br>(通常旋转轴不分坐标系，可用 G92 进行设定坐标) |
| M30 | |

## 2.9.6 柔性(EGB)跳过（G31.8）

**指令格式：**

| **G31.8 X_ Y_ Z_ α_ F_ K/L/I_ P_ Q_ R_;** | |
|---|---|
| X/Y/Z/α | ：轴终点坐标，α为附加轴终点坐标 |
| F | ：进给速度，直线轴单位：mm/min (G94 模式下)，mm/r(G95 模式下)<br>旋转轴单位：36°/min(G94 模式下)，36°/r(G95 模式下) |
| I | ：被检测输入口口号，正数表示接通有效，负数表示断开有效 |
| P | ：地址号，用于存储触发跳转时的机床坐标值的用户宏变量号首地址 |
| Q | ：最大跳转信号的次数限制，省略时则没有限制 |
| R | ：地址号，用于存储输入跳转信号次数的用户宏变量号 |

**指令说明：**

通过执行 G31.8，在跳转指令程序段结束时，把从以 P 指定的用户宏程序变量号，到以 Q 指定的次数输入跳转信号时的机床坐标值写进去。另外，在以 R 进行指令的用户宏程序变量号中，每当有跳转信号输入时，均将跳转信号的输入次数写进去。

P 必须指定，不可省略，否则产生系统报警；

**举例：**

| **1. 测齿,设有齿轮工件为 C 轴，齿轮齿数为 20 齿，测量输入信号的端口号为 1** | |
|---|---|
| G91 G31.8 A360 F100 I1 P500 Q5 R1 | 以 F100 的速度让工件旋转，每当传感器碰到齿顶时，将当前 C 轴绝对坐标数据存储到#500~#504，共计 5 个齿的坐标数据 |
| IF[#1 <= 5] #3000=1(测齿异常) | #1 为测齿计数，若测齿数少于 5，则提示报警 |

## 2.9.7 轴扭矩限制跳过（G160）

**指令格式:**

| G160 α_ P_ Q_ F_； | |
|---|---|
| α | ：指定轴的移动量，只能指定 1 个轴 |
| P | ：扭矩限制值，单位：百分比。P 为-1 时则取消该轴的扭矩限制 |
| Q | ：轴位置偏差跳跃，单位：mm |
| F | ：进给速度 |

**指令说明：**

通过该指令，可实现伺服轴在位置模式带扭矩限制的进给跳过，类似 G31 指令。

同时满足以下两个条件，G160 指令段产生跳过：

① 伺服轴受到负载阻碍，电机的扭矩上升到 G160 的 P 值设定；

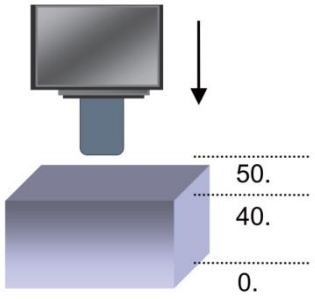
② 伺服轴反馈位置偏差值大于 G160 的 Q 值设定；

**详细说明：**

1. 使用该指令前，需要确定系统参数 5522 的设定是否正确，否则会出现 G10 指令扭矩值与实际伺服扭矩不一致导致检测错误；
2. 其他轴位移指令，如 G00、G01、G02 会立即取消 G160 指定轴的扭矩限制；
3. G160 指令为非模态(组 00)指令，因此需要连续使用时，请务必在每个程序段中都指定 G160；
4. 省略 P 时，由系统参数 5515 指定，省略 Q 时，由系统参数 5516 指定；
5. 跳过产生时的绝对坐标存储位置与 G31 指令相同(系统宏变量#5061～#5080)；

**举例：**

1. 作为探测仪器使用　　工件半径测量用刀具




| | |
|---|---|
| O1000 | |
| T10 | //测量用的刀具刀补 |
| G90 G54 G00 X0 Y0 Z50 | //快速定位 |
| G160 Z40 P80 F20 | //慢速进给测量，Z 轴扭矩到达 80 百分比产生跳过 |
| #100=#5063 | //读取产生测量跳过时的 Z 轴绝对坐标 |
| G91 G10 L2 P1 Z[#100-0] | //G54 坐标系修正，使产生跳跃位置的绝对坐标变为 Z0 |
| G90 G160 Z50 P80 F300 | //快速离开工件，此处不能使用 G00、G01 退刀 |
| G91 G160 Z40 P0 F20 | //解除 Z 轴扭矩限制 |
| M30 | |

# 2.10 多通道指令

## 2.10.1 通道同步（G04.1）

**指令格式：**

| **G04.1 Pxx (Qxx)；** | |
|---|---|
| P | ：组号(1、2、3、4、5、6.....)，必须指定 |
| Q | ：指定通道号，如 Q12 表示通道 1 与通道 2 进行等待同步<br>Q 为-1 时表示所有通道进行同步<br>省略 Q 时，使用系统参数 9210 设定的值(默认-1) |

**指令说明：**

多通道专用指令，用于各通道之间的程序的同步。

当 PQ 都不指定时，G04.1 等同于 G04I0，可用于程序预读抑制。

**举例：**

1. 通道 2 与通道 3 进行同步：G04.1 Pxx Q23
2. 通道 1、4、5、6、7、8、9 进行同步：G04.1 Pxx Q1456789
3. 通道 1 与通道 10 进行同步： G04.1 Pxx Q10
4. 通道 1 与通道 12 进行同步： G04.1 Pxx Q1 Q1=2

| **通道 1** | **通道 2** | **通道 3** |
|---|---|---|
| O1001<br>CH1<br>M03 S1000<br>G04.1 P1 Q123 //同步 1<br>...<br>G04.1 P2 Q12 //同步 2<br>M05<br>...<br>...<br>...<br>...<br>...<br>G04.1 P4 //同步 4<br>M30 | O1002<br>CH2<br>M03 S1000<br>G04.1 P1 Q123 //同步 1<br>...<br>G04.1 P2 Q12 //同步 2<br>M05<br>...<br>G04.1 P3 Q23 //同步 3<br>G0 X0 Z0<br>...<br>...<br>G04.1 P4 //同步 4<br>M30 | O1003<br>CH3<br>M03 S1000<br>G04.1 P1 Q123 //同步 1<br>...<br>...<br>...<br>...<br>G04.1 P3 Q23 //同步 3<br>G0 X0 Z0<br>...<br>M05<br>G04.1 P4 //同步 4<br>M30 |

## 2.10.2 轴同步（G51.4/G50.4）

**指令格式：**

**G51.4 P_ Q_;(轴同步开始)**

P ：主动轴轴号(系统内轴号)

Q ：从动轴轴号(系统内轴号)，不可省略

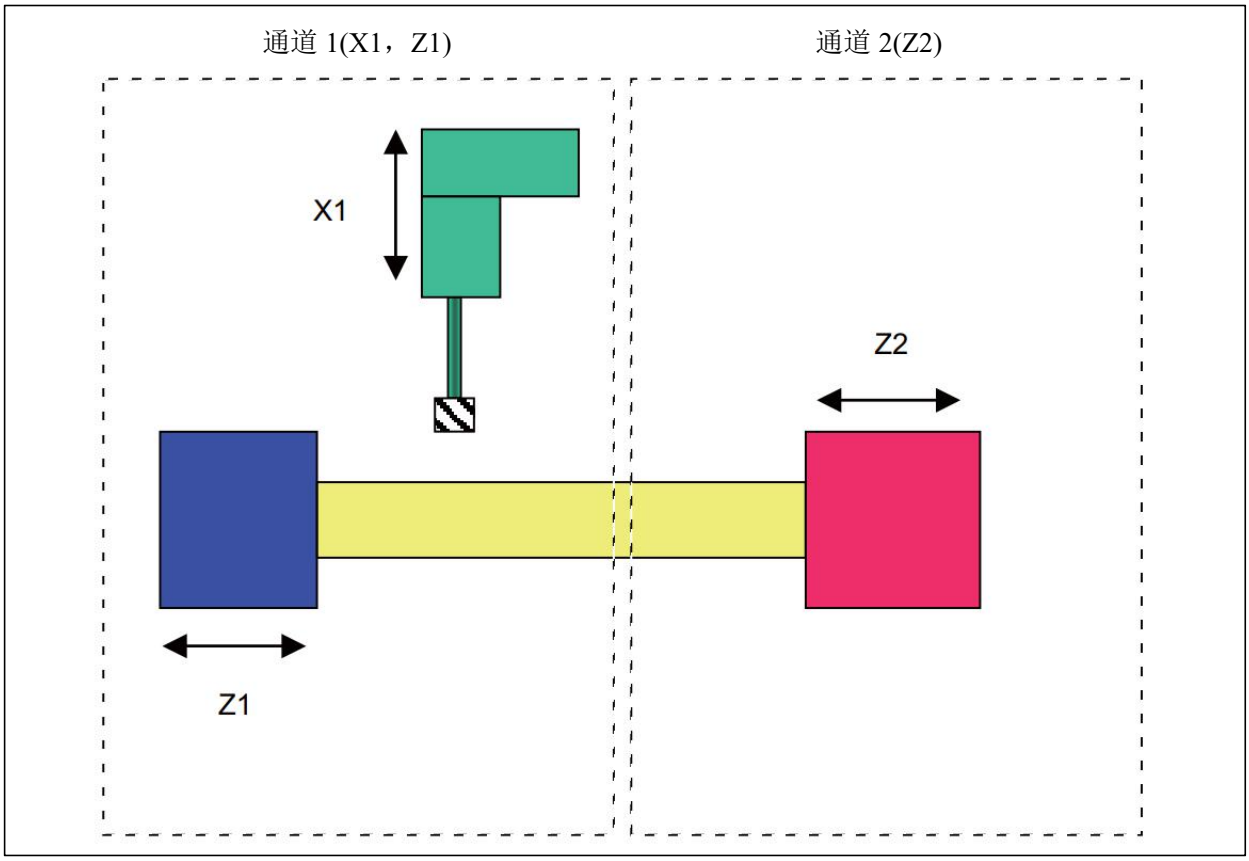
**G50.4 Q_;(轴同步结束)**

Q ：从动轴轴号，不可省略

**指令说明：**

使用该指令，可以让通道内或其他通道的某个同类型的轴进行同步运动，可用于龙门同步轴控制，双刀架同步切削等。

在通道 1(X1, Z1)、通道 2(Z2)，使 Z1 轴和 Z2 轴同步进行加工时的示例：



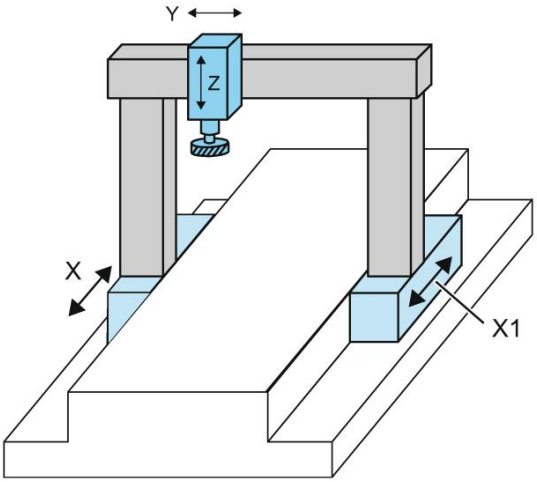

**详细说明：**

1. 必须将从动轴对应的系统参数 5600 第 1 位设定为 1，才能使用 G51.4 功能；
2. G51.4 不指定 P 时，使用系统参数 5610 设定的主控轴号；
3. 进行轴同步状态时，从动轴无法进行编程控制与手动控制；
4. 轴同步类型为增量同步，不进行绝对坐标同步；
5. 1 个主动轴，可指定多个从动轴；
6. 主动轴与从动轴可以在同个通道内或者在不同的通道；

**举例：**

**1. 龙门同步轴**

固定使用 X 轴作为主控轴，X1 轴作为从动轴进行同步控制




**系统轴配置：**

**X**(轴号 1)

**Y**(轴号 2)

**Z**(轴号 3)

**X1**(轴号 4)

**参数设定：**

系统参数 5600 第 1 位设为 1，开放 X1 轴的同步功能

系统参数 5600 第 3 位设为 0，开放上电 X1 轴进入同步状态

系统参数 5610 的 X1 为 1(通常 X 轴的轴号为 1)，设定 X1 轴的主控轴为 X 轴

系统参数 0001 第 8 位设为 1**(非必要)**，隐藏 X1 轴在坐标界面的显示

**注意：**

**1.** 龙门同步轴的的 2 个伺服电机的位置环增益必须一致，否则会出现机械弯曲倾斜的现象；

**2.** 若从动轴与主动轴存在一定偏差，通过 MDI 方式执行 G50.4 Q4 来临时取消 X1 与 X 的同步，然后通过手动或手轮的方式消除 X1 与 X 轴的偏差后，执行 G51.4 Q4 使用 X1 与 X 重新建立同步；

**2. 多轴同步运动**

设有 XYZ 轴(直线轴)，通过同步指令使 YZ 轴跟随 X 轴同步运动，达到简化编程的目的

| | |
|---|---|
| T01 | |
| G90 G00 X0 Y0 Z0 | |
| G51.4 P1 Q2 | //同步 X 与 Y 轴，X 为主动轴 |
| G51.4 P1 Q3 | //同步 X 与 Z 轴，X 为主动轴 |
| G91 G01 X10 F100 | //XYZ 轴同步运动 |
| G50.4 P1 Q3 | //取消 X 与 Z 轴同步 |
| G91 G01 X10 F100 | //XY 轴同步运动 |
| G50.4 P1 Q2 | /取消 X 与 Y 轴同步 |
| G91 G01 X10 F100 | //X 轴运动 |

## 2.10.3 任意轴交换（G140/G141/G142）

**指令格式：**

**G140 αn;(轴释放)**

α ：轴名称，如 XYZABC 等；

n ：轴交换指令用的轴编号，由系统参数 5660 定义各轴的交换编号；

**G141 αn P_;(轴获取)**

α ：轴名称，如 XYZABC 等；

n ：轴交换指令用的轴编号，由系统参数 5660 定义各轴的交换编号

P ：指定 1 时强制获取，指定 0 或者不编时需要等轴释放

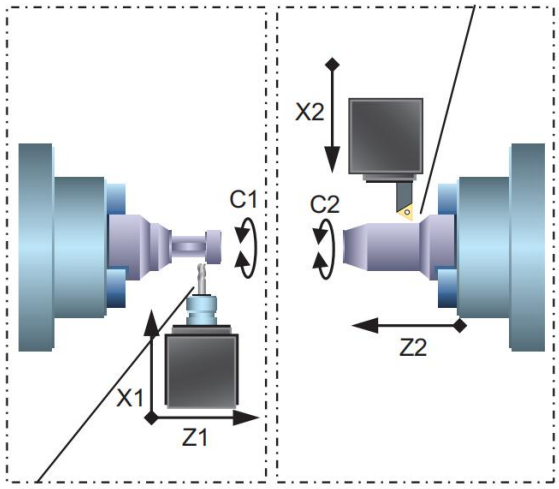
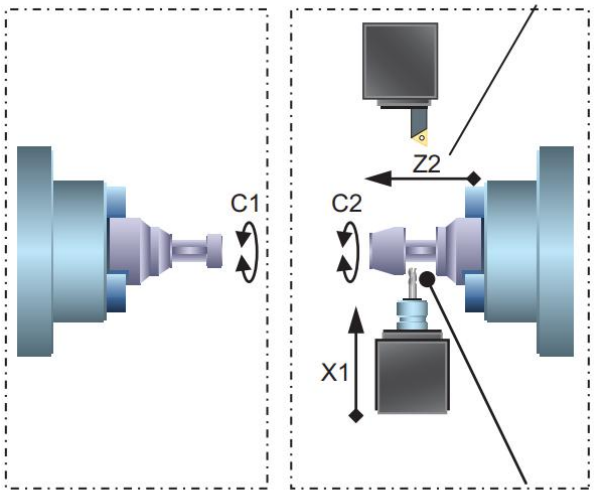
**G142;(轴恢复)**

**轴交换一般流程：**

1. 执行 G140 释放指定轴；
2. 执行 G141 获取被 G140 释放的轴；
3. 使用完毕后，执行 G142 将轴恢复到初始状态；

**指令说明：**

利用本功能可自由交换系统间的任意轴。在多通道系统中，可通过各通道的加工程序交换可指定的轴，进行更加灵活的加工。由此可实现例如通道 1 中作为攻丝进给轴，该轴在通道 2 中也可进行攻丝等，完成通常轴无法实现的加工。

| 轴交换前 | | 轴交换后 | |
|---|---|---|---|
| 通道 1(X1, Z1, C1)<br>在第 1 主轴加工 | 通道 2(X2, Z2, C2)<br>在第 2 主轴加工 | 通道 1( Z1, C1)<br>在第 1 主轴加工 | 通道 2(X1, Z2, C2)<br>在第 2 主轴加工 S |
| 第 2 刀具<br><br><br>第 1 刀具 | | 第 2 刀具<br><br><br>第 1 刀具 | |

**注意：**

1. 轴交换为保持状态，按下复位或者急停，轴交换状态不会恢复；
2. 修改参数，或者重新上电，各轴会恢复成初始状态；
3. 轴交换为交换轴机床坐标，不交换轴刀补数据；
4. 使用轴交换功能时，以下轴的数据会被交换：
   - 轴的机床坐标
   - 直径/半径编程
   - 旋转轴/直线轴
   - 齿轮比
   - 软限位值

**举例：**

| A 轴为工件旋转轴，通过交换 A 轴，能够实现 A 轴与通道 1 的 Z 轴或通道 2 的 Z 轴进行刚性攻丝；系统参数 5660 将通道 1 的 A 轴设定为 14 | |
|---|---|
| **通道 1 位置坐标：**<br>**X**(直线轴)<br>**Y**(直线轴)<br>**Z**(直线轴)<br>**A**(工件旋转轴) | **通道 2 位置坐标：**<br>**X**(直线轴)<br>**Y**(直线轴)<br>**Z**(直线轴)<br>**A**(虚拟轴) |
| O1000 | O1001 |
| CH1 | CH2 |
| T01 | T01 |
| **G142**//轴强制恢复 | **G142**//轴强制恢复 |
| G90 G00 X0 Y0 Z100 A0//安全点定位 | G90 G00 X0 Y0 Z100 A0//安全点定位 |
| G00 Z5 | G04.1 P1 Q12//通道同步 1 |
| M29 S300//刚性攻丝，指定 A 轴转速为 300r/min | **G141 A14**//获取通道 1 的 A 轴 |
| G84 Z-10 X0 R1 F1//刚性攻丝进给 | M29 S300//刚性攻丝，指定 A 轴转速为 300r/min |
| G00 X0 Z100 A0//安全点定位 | G84 Z-10 X0 R1 F1//刚性攻丝进给 |
| **G140 A14**//释放通道 1 的 A 轴 | G00 X0 Z100 A0//安全点定位 |
| G04.1 P1 Q12//通道同步 1 | G04.1 P2 Q12//通道同步 2 |
| G04.1 P2 Q12//通道同步 2 | **G142**//轴强制恢复 |
| **G142**//轴强制恢复 | M30 |
| M30 | |

## 2.10.4 通道子程序调用（G144/G145）

**指令格式：**

| **G144 N_ P_ H_ L_ 自变量_;(子程序调用)** | |
|---|---|
| N | ：通道号，用于指定执行子程序的通道，不可省略 |
| P | ：被调用的子程序号 |
| H | ：H1 时表示等待子程序执行完成，H0 时表示不等待子程序执行完成 |
| L | ：子程序执行次数，仅在 H1 时有效，省略则默认 1 次 |
| 自变量 | ：子程序局部变量的自变量 |

**G145;(强制结束 G144 指令对子程序的等待)**

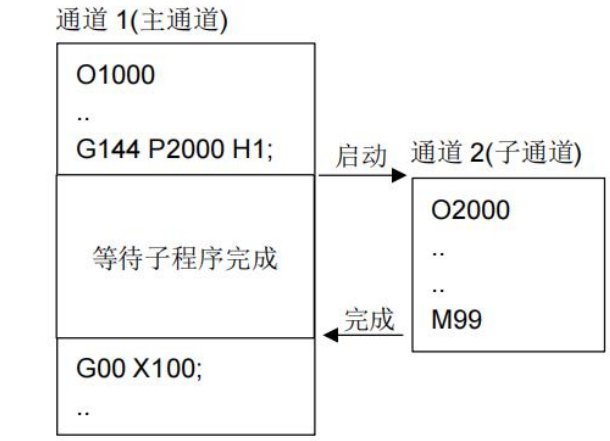
**指令说明：**

本功能通过在任意通道进行 G144 指令来启动子通道(被调用的通道)。可实现主通道和子通道的并列运行等，缩短加工时间。

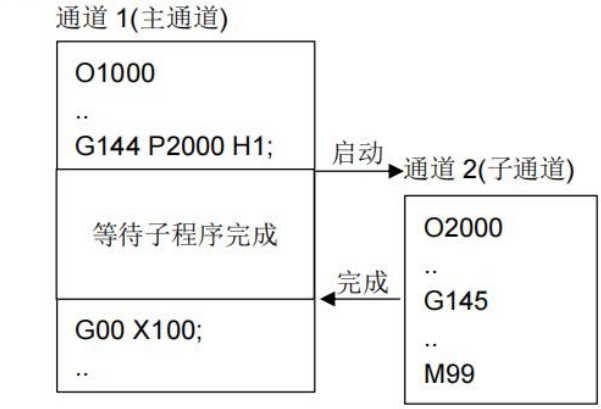
1. H 指定为 1 或省略指令地址 H 时，被调用的通道执行 G145 之后，主通道才能执行下一段程序；

2. H 指定为 0 时，主通道不会等待被调用的程序执行完成，直接执行下一行程序，且被调用的通道的程序中也不需要编写 G145；

情况一：(仅适用系统软件版本 1.80.23 之前版本)




情况二：



自变量↔局部变量对应表：

| 变量号 | G144 指定的自变量地址 |
|---|---|
| #1 | A |
| #2 | B |
| #3 | C |
| #4 | I |
| #5 | J |
| #6 | K |
| #7 | D |
| #8 | E |
| #9 | F |
| #10 | 不可使用 |
| #11 | 不可使用 |
| #12 | 不可使用 |
| #13 | M |

| 变量号 | G144 指定的自变量地址 |
|---|---|
| #14 | 不可使用 |
| #15 | 不可使用 |
| #16 | 不可使用 |
| #17 | Q |
| #18 | R |
| #19 | S |
| #20 | T |
| #21 | U |
| #22 | V |
| #23 | W |
| #24 | X |
| #25 | Y |
| #26 | Z |

1. 可按照任意顺序指定各地址；
2. 可省略无需指定的地址；
3. 局部变量在每次启动时都被初始化，初始值为空(即#0)；

**举例：**

| 1. 等待形式，通道 1 等待通道 2 执行完成 | |
|---|---|
| 通道 1 | 通道 2 |
| O1000 | O2000 |
| CH1//设定 O1000 只有通道 1 才能执行 | CH2//设定 O2000 只有通道 2 才能执行 |
| G00 X0 Z0 | T0001 |
| M03 S200 | G00 X10 |
| G144 N2 P2000 H1 | .. |
| G01 Z-10 F100 | G145 |
| M30 | M99 或 M30 |

| 2. 不等待形式，通道 1 等待通道 2 执行完成 | | |
|---|---|---|
| 通道 1 | 通道 2 | 通道 3 |
| O1000 | O2000 | O3000 |
| CH1//设定 O1000 只有通道 1 才能执行 | CH2//设定 O2000 只有通道 2 才能执行 | CH3//设定 O3000 只有通道 3 才能执行 |
| G144 N2 P2000 H0 | ... | ... |
| G144 N3 P3000 H0 | ... | ... |
| ... | ... | ... |
| G04.1 P1 Q123<br>//同步，确保所有通道执行完成 | G04.1 P1 Q123<br>//同步，确保所有通道执行完成 | G04.1 P1 Q123<br>//同步，确保所有通道执行完成 |
| M30 | M99 | M99 |

| 3. 等待形式，通道 1 多次调用通道 2 不同的工序动作 | |
|---|---|
| 通道 1 | 通道 2 |
| O1000 | O2000 |
| CH1//设定 O1000 只有通道 1 才能执行 | CH2//设定 O2000 只有通道 2 才能执行 |
| G00 X0 Y0 | IF[#17==10] GOTO 10//判断 G144 的 Q 值 |
| M03 S200 | IF[#17==20] GOTO 20//判断 G144 的 Q 值 |
| G144 N2 P2000 H1 Q10 | IF[#17==30] GOTO 30//判断 G144 的 Q 值 |
| ... | M30 |
| G144 N2 P2000 H1 Q20 | |
| ... | N10//动作 1 |
| G144 N2 P2000 H1 Q30 | ... |
| ... | G145 |
| M30 | M99 |
| | |
| | N20//动作 2 |
| | ... |
| | G145 |
| | M99 |
| | |
| | N30//动作 3 |
| | ... |
| | G145 |
| | M99 |
| | |

## 2.10.5 程序指定通道运行限制（CH）

**指令格式：**

| |
|---|
| **CH _n;**<br>n ：通道号(正整数)，范围 1~255 |

**指令说明：**

多通道专用指令，用来限制程序只能在指定通道内运行，其他通道运行该程序则会产生系统报警。

**举例：**

| 通道 1 | 通道 2 | 通道 3 |
|---|---|---|
| O1001<br>CH1 //表示通道 1 专用<br>...<br>M30 | O1002<br>CH2 //表示通道 2 专用<br>...<br>M30 | O1002<br>CH3 //表示通道 3 专用<br>...<br>M30 |

## 2.10.6 通道追溯（CHN）

**指令格式：**

| | |
|---|---|
| **CHN;** | :返回通道号，范围 1~255，对应通道 1~255 |

**指令说明：**

获取当前运行中程序的通道号，CHN 作为变量值处理。

**举例：**

| 多个通道调用同一个子程序 | | |
|---|---|---|
| **通道 1** | **通道 2** | **通道 3** |
| O1000 | O2000 | O3000 |
| M98 P9020 | M98 P9020 | M98 P9020 |
| … | … | … |
| M30 | M99 | M30 |

| | | |
|---|---|---|
| | O9020 | |
| | G4I0 | //同步 |
| | IF[CHN= =1]G90 G53 X0 | //被通道 1 调用执行的语句 |
| | IF[CHN= =2]G90 G53 Y0 | //被通道 2 调用执行的语句 |
| | IF[CHN= =3]G90 G53 Z0 | //被通道 3 调用执行的语句 |
| | M99 | |

# 2.11 辅助功能指令（M 代码）

辅助功能（M 功能）主要用来控制机床电气的开和关动作、输入状态检测以及控制加工程序的运行顺序等，M 功能由地址符 M 后跟两位整数构成。移动指令和 M 指令同在一个程序段中时，移动指令和 M 指令同时开始执行。

比如：

N1 G01 X50.0 Z-50.0 F100 M05；执行 N1 段时，G01 功能和 M05 同时执行。

## 2.11.1 标准 PLC 控制 M 指令

下表中的 M 指令均为内置 PLC 定义，即系统参数 3000 第 1 位 0 时生效)

| M 指令 | 功能描述 | 相关系统参数 |
|---|---|---|
| M00 | 程序暂停 | |
| M01 | 条件暂停 | |
| M02 | 程序停止，但不返回到开头 | |
| M03 | 第 1 主轴正转 | 1000~1299 |
| M04 | 第 1 主轴反转 | |
| M05 | 第 1 主轴停止 | |
| M07 | 气冷开 | 3340/3341 |
| M08 | 水冷开 | |
| M09 | 气冷、水冷全关 | |
| M10 | 主轴 1 卡盘夹紧 | 1600~1699 |
| M11 | 主轴 1 卡盘松开 | |
| M12 | 主轴 1 锁紧 | 1300~1399 |
| M13 | 主轴 2 解锁 | |
| M17 | 主轴 1 速度模式切换 | 1000~1299 |
| M18 | 主轴 1 位置模式切换 | |
| M19 | 主轴 1 准停 | |
| M30 | 程序结束 | |
| M32 | 润滑开 | 1800~1899 |
| M33 | 润滑关 | |
| M40 | 第 1 主轴空档 | 1025~1028<br>1100<br>1122~1161 |
| M41 | 第 1 主轴第 1 档位切换 | |
| M42 | 第 1 主轴第 2 档位切换 | |
| M43 | 第 1 主轴第 3 档位切换 | |
| M44 | 第 1 主轴第 4 档位切换 | |
| M45/M46/M47 | 排屑进/退/关 | 3521、3522 |
| | | |

## 2.11.2 输入口检测（M01 L/K/I）

**指令格式①：**

**M01 L/K_ J_；**

L ：输入口号,符号被忽略，等待输入口接通有效

K ：输入口号,符号被忽略，等待输入口断开有效

J ：最大等待时间（单位：秒）

**指令格式②：**

**M01 I_ J_；**

I ：输入口号,有符号数，>0 表示等待输入口接通有效，<0 表示等待输入口断开有效

J ：最大等待时间（单位：秒）

**指令说明：**

M01 指令使程序暂停执行，等待外部输入口信号，若检测到有效信号则程序继续运行，否则等待该口信号，若在 J 设定的时间内未检测到有效信号则报警，报警时会暂停程序，若在报警后输入口又被检测到，则自动消除报警，可通过启动键继续执行程序。

每个输入口在系统内都有其固定的端口号，可通过诊断按键→输入口定义内查看。

**举例：**

M01 L7；(等待 7 号输入口通)

M01 I-7；(等待 7 号输入口断开)

M01 K8 J5；(等待 8 号输入口断开，若在 5 秒钟内该信号未断开则报警)

M01 I8 J5；(等待 8 号输入口通，若在 5 秒钟内该信号未接通则报警)

## 2.11.3 输出口控制（M20/M21 K_）

**指令格式：**

**M20 K_ J_;打开指定输出口**
**M21 K_;关闭指定输出口**
K ：指定输出口号，符号被忽略；
J ：输出保持时间，符号被忽略，不编或为 0 时，输出一直保持；

**指令说明：**

一般用于自定义输出口的控制。

**详细说明：**

每个输出口在系统内都有固定端口号，可通过诊断按键→输入口定义内查看。

## 2.11.4 伺服轴使能关断（M20/M21 P_）

**指令格式：**

**M20 P_;打开指定轴使能**
**M21 P_;关闭指定轴使能**
K ：各轴使能打开或关闭指令的 P 编号

**指令说明：**

用于指定轴的使能关断，需要设定系统参数 0062 才能正常使用。

**举例：**

| 设有：系统参数 0062 的 A 设定为 4；A 轴为工件旋转轴 | |
|---|---|
| O1000 | |
| G00 A100 | //工件分度定位 |
| M12 | //工件轴外部机械锁紧 |
| M21 P4 | //关闭 A 轴使能，防止电机啸叫或抖动 |
| ... | //加工动作 |
| M13 | //工件轴外部机械解锁 |
| M20 P4 | //恢复 A 轴使能 |
| G00 A200 | //工件分度定位 |
| ... | |

## 2.11.5 旋转轴速度控制（M26/M27）

**指令格式①：**

**M26 P_ Q_;旋转轴启动**
**M27;旋转轴停止**
P ：旋转轴 1 转速，正负表示旋转方向，通过系统参数 5430 指定控制轴
Q ：旋转轴 2 转速，正负表示旋转方向，通过系统参数 5431 指定控制轴

**指令格式②：**

**M26 P_ K_;旋转轴启动**
**M27 K_;旋转轴停止**
P ：旋转轴转速，正负表示旋转方向，通过系统参数 5430 设定控制轴
K ：轴编号，可指定多个，通过系统参数 5432 设定控制轴

**指令说明：**

控制旋转轴转速的专用指令，通过系统参数 5420 第 1 位来切换指令格式①与指令格式②的使用。

## 2.11.6 PLC 顺控序列（M34/M35）

**指令格式：**

**M34 K_ [I_] [J_] [P_] [L_] [N_] [Q_];**
**M35 K_ [I_] [J_] [P_] [L_] [Q_];**

| | |
|---|---|
| K | ：**不可省略**。K > 0 打开指定输出口，K < 0 关闭指定输出口，K=0 不输出任何 |
| I | ：检测信号输入口，I>0 为信号接通有效，I<0 为信号断开有效，I=0 不检测 |
| J | ：输入到位信号的最大等待时间，单位：秒，在此期间，K 指定的口保持状态，超过 J 指定时间，K 指定的输出口状态取反，且系统报警暂停 |
| P | ：J 指定时间到，延时 P 指定时间后重复打开 K 指定的输出口，单位：秒 |
| L | ：JP 指定时有效，重复执行次数 |
| N | ：组号，最多 32 组连续序列指令 |
| Q | ：触发条件 aabbcc，aabbcc 为组号，Q=0 表示不等待 |

**功能描述：**

功能适用于后台动作工艺，如后台自动上料，可代替传统 PLC 编程，简化编程。

**几种典型用法**:

1. 打开/关闭输出信号

   M34 K_；

2. 输出信号后,等待到位信号到达

   M34 K_ I_ [J_ ]；

3. 仅等待输入信号；

   M34 K0 I_ [J_ ]；

4. 输出信号 K 后,延时 J,时间到达后关闭 K

   M34 K_ J_；

5. 仅延时 J

   M34 K0 J_；

6. 脉冲输出 L 次

   M34 K_ J_ [P_ ] L_；

7. 重复送料

   M34 K_ I_ J_ [P_ ] L_；

8. 执行后台命令序列

   M34 N1 K_ I_
   M34 N2 K_ I_ Q01//等待 N1 完成后,执行 N2
   M34 N3 K_ I_ Q01//等待 N1 完成后,执行 N3 (注:N2 和 N3 同时执行)
   M34 N4 K_ I_ Q0203//等待 N2 和 N3 完成后,执行 N4,先输出后等待
   M34 N5 K_ I_ J_ P_ L_ Q4//等待 N4 完成后,执行 N5,重复送料
   M34 N6 K0 J_ Q5//等待 N5 完成后,执行 N6,延时
   M35 K_ Q6//等待 N6 完成,然后打开/关闭指定口

**举例：**

| | | |
|---|---|---|
| O0001 | | |
| M34 N1 K49 I89 J3 | 组 N1：打开 49 号输出口，等待 89 号输入口到位，超时 3 秒报警。 | 后台运行 |
| M34 N2 K0 J1 Q1 | 组 N2：等待组 1 完成后，执行 1 秒延时。 | |
| M34 N3 K-49 Q2 | 组 N3：等待组 2 完成后，关闭 49 号输出口。 | |
| M34 N4 K50 I90 J3 P1 L3 Q3 | 组 N4：等待组 3 完成后<br>1. 打开 50 号输出口，等待 90 号输入口到位<br>2. 若超时 3 秒未到位，关闭 50 号输出口，延时 1 秒后再次打开 50 号输出口<br>3. 最多重复 3 次，若始终 90 号输入口未到位，系统报警暂停 | |
| M34 N5 K-50 Q4 | 组 N5：等待组 4 完成后，关闭 50 号输出口。 | |
| ...(加工程序) | | 前台运行 |
| M35 K0 Q5 | 等待 N5 完成，系统才继续执行下行程序； | |
| M30 | | |

## 2.11.7 程序跳转(外部信号)（M91）

**指令格式：**

**M91 N_ K(L 或 I)_;**

| | |
|---|---|
| N | ：跳转目标程序段的段号 |
| L | ：为等待检测的输入口号，无符号，表示等待输入口接通有效 |
| K | ：为等待检测的输入口号，无符号，表示等待输入口断开有效 |
| I | ：为等待检测的输入口号，有符号数，>0 表示等待该口接通有效<br><0 表示等待输入口断开有效，I、L、K 都存在时，I 有效 |

**指令说明：**

通过判断外部 PLC 输入信号的方式，实现程序跳转、循环。

**举例：**

| | |
|---|---|
| **M91 条件跳转** | |
| O0020 | |
| **N10** M03 S1000 | |
| T01 | |
| G00 X100 | |
| Z0 | |
| G01 Z-40 F100 | |
| X120 Z-100 | |
| X150 | |
| **M91 N10 L10** | //若外部输入信号(端口 10)为接通状态，则进行程序跳转<br>否则执行下一行程序 |
| M30 | |

## 2.11.8 程序跳转循环（M92）

**指令格式：**

| | | |
|---|---|---|
| **M92 N_ L_;** | | |
| N | ： | 跳转目标程序段的段号 |
| L | ： | 跳转重复次数，<1 时被当作 1 处理，不编时为无限跳转循环 |

**指令说明：**

用 M92 实现跳转循环时，为保证每次循环开始时坐标不发生偏移，要求循环部分程序段的指令轨迹为封闭轨迹，否则将造成每次开始时起点漂移，最终越出工作台。当 M92 N_ L_指定有限跳转循环时，执行 L 次跳转后，执行 M92 下段程序。

M92 可以嵌套使用，每级子程序中最大嵌套次数为 16 级；

**举例：**

| **M92 无限跳转循环** | **M92 有限跳转循环** |
|---|---|
| O0020 | O0020 |
| **N10** M03 S1000 | **N10** M03 S1000 |
| T0101 | T0101 |
| G0 X100 | G0 X100 |
| Z0 | Z0 |
| G1 Z－40 F100 | G1 Z－40 F100 |
| X120 Z－100 | X120 Z－100 |
| X150 | X150 |
| **M92 N10**//无限循环 | **M92 N10 L100**//循环 100 次 |
| M30 | M30； |

## 2.11.9 子程序调用及子程序返回（M98/M99）

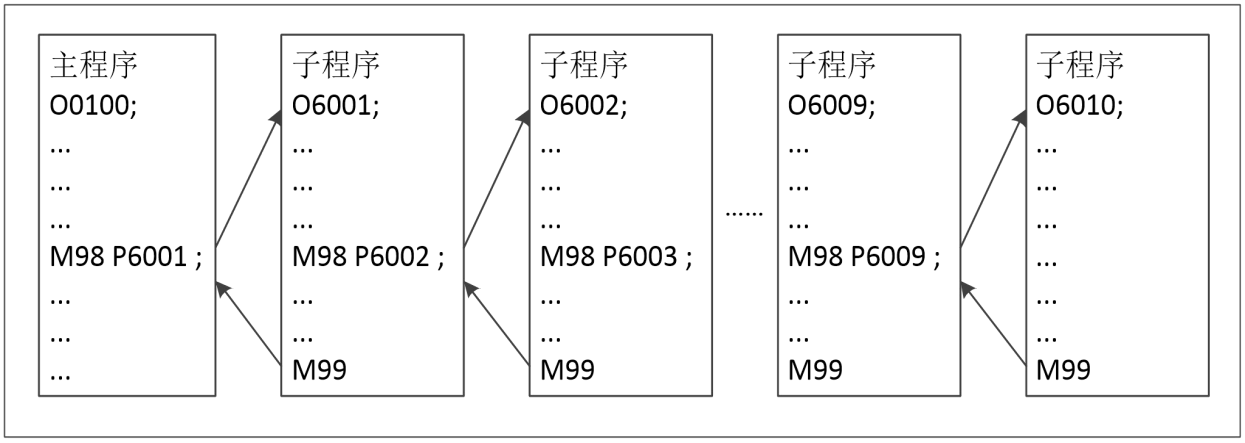
**指令格式①：**

| **M98 Pxxxxyyyy;** | |
|---|---|
| xxxx | ：子程序重复调用次数，省略时调用一次，最多为 999999 次 |
| yyyy | ：子程序号，通过 P 指定 xxxx 作为重复调用次数时，yyyy 必须为四位数 |

| **M99 P_;** | |
|---|---|
| P | ：子程序返回后，跳转到 P 指定段号的程序段，省略时则执行 M98 的下一段 |

**指令说明：**

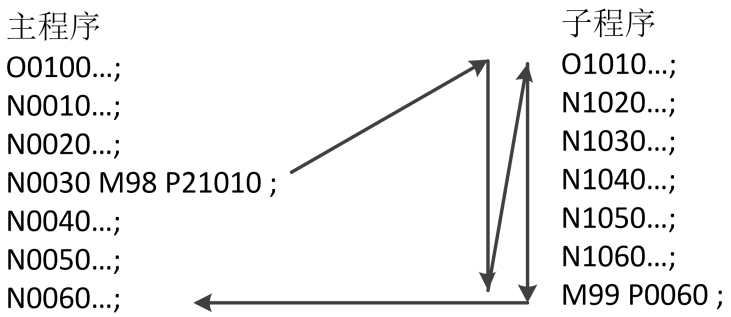
当主程序调用一个子程序时，认为是一个 1 级子程序调用，子程序调用可以嵌套多达 16 级，子程序的最后一段必须是子程序返回指令即 M99。执行 M99 指令，程序又返回到主程序中调用子程序指令的下一个段程序继续执行。如下所示：




**用法：**

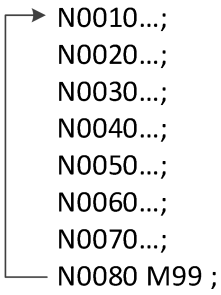
(1) 指定返回主程序目标程序段的顺序号；

M99 之后指定 P 参数，用来指定子程序返回后的顺序号，则当子程序执行完成后，不会返回到主程序调用程序段后的那个程序段，而是返回到由 P 指定的顺序号的那个程序段。




(2) 在主程序中使用 M99；

如果在主程序中执行 M99，则返回到主程序的开头。



**指令格式(推荐)②：**

**M98 Pyyyy Q_ L_;**

| | |
|---|---|
| yyyy | ：子程序号 |
| Q | ：程序段号 |
| L | ：子程序调用次数，重复次数可以多达 999999 次 |

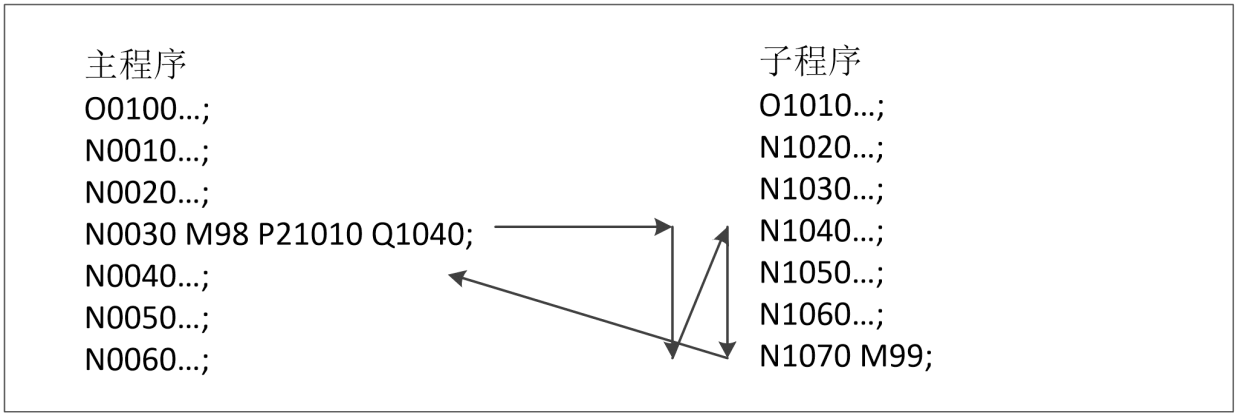
**M99 P_;**

| | |
|---|---|
| P | ：子程序返回后，跳转到 P 指定段号的程序段，省略时则执行 M98 的下一段 |

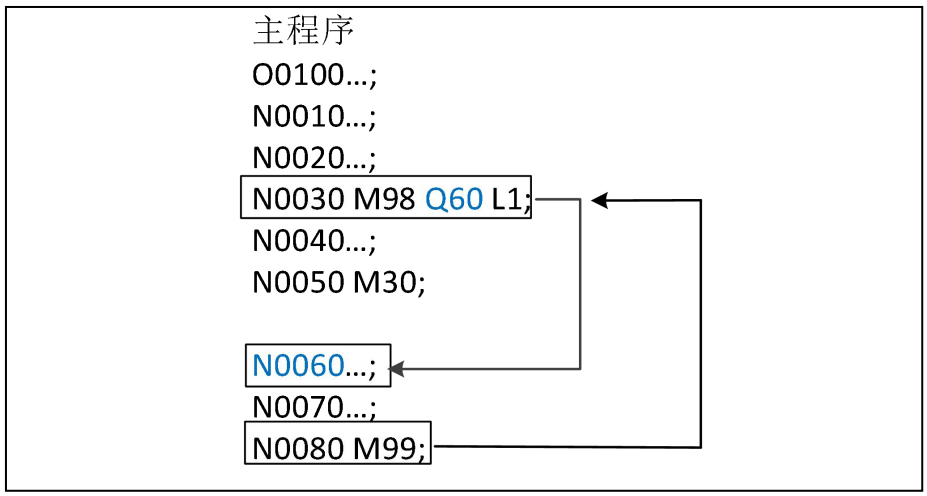
**指令说明：**

M98 除了可以调用其他子程序，还可以调用和主程序相同的程序号，调用主程序相同程序号时，程序号 P 可以省略。执行过程如下：

调用目标子程序的程序段：




调用自身程序段：



## 2.11.10 多主轴相关指令

本系列系统支持多主轴功能，这意味与主轴相关的指令也需要进行扩展。

| 基本指令 | | 扩展指令 | | |
|---|---|---|---|---|
| **M 代码** | **功能** | **第 2 主轴** | **第 3 主轴** | **...** |
| M03 | 第 1 主轴正转 | M103 | M203 | ... |
| M04 | 第 1 主轴反转 | M104 | M204 | ... |
| M05 | 第 1 主轴停止 | M105 | M205 | ... |
| M10 | 第 1 卡盘紧 | M110 | M210 | ... |
| M11 | 第 1 卡盘松 | M111 | M211 | ... |
| M12 | 第 1 主轴锁紧 | M112 | M212 | ... |
| M13 | 第 1 主轴解锁 | M113 | M213 | ... |
| M17 | 第 1 主轴速度模式切换 | M117 | M217 | ... |
| M18 | 第 1 主轴位置模式切换 | M118 | M218 | ... |
| M19 | 第 1 主轴准停 | M119 | M219 | ... |
| M40 | 第 1 主轴空档切换 | M140 | M240 | ... |
| M41 | 第 1 主轴第 1 档切换 | M141 | M241 | ... |
| M42 | 第 1 主轴第 2 档切换 | M142 | M242 | ... |
| M43 | 第 1 主轴第 3 档切换 | M143 | M243 | ... |
| M44 | 第 1 主轴第 4 档切换 | M144 | M244 | ... |
| M78 | 第 1 尾座进 | M178 | M278 | ... |
| M79 | 第 1 尾座退 | M179 | M279 | ... |

**注意：**以上功能仅在内置 PLC 生效时(系统参数 3000=0)才有效。

# 2.12 用户宏程序功能指令

## 2.12.1 宏变量

普通用户加工程序直接用数值指定 G 代码、移动距离和进给速度等，例如 G01 和 X100.0，使用用户宏程序时，数值可以用宏变量指定，宏变量的值由程序指定，如：

```
#101=1；
#102=100；
#103=500；
G[#101] X[#102*SIN[20]] F[#103]；
```

用户宏程序在指定宏变量时，用变量符号 # 和后面的变量号表示。例如：#100

变量号也可以用表达式表示，例如#[#100 + #102 + 2]

### 1. 宏变量的分类

**#aa bbbbbb**

aa ：通道号，0 或省略时表示当前通道，01-99 表示通道 1~通道 99

bbbbbb ：宏变量号

| 变量号 | 含义&类型 | 说明 |
|---|---|---|
| #0 | 空值(只读) | 我们将尚未定义变量值的状态叫做“空值”，它没有数值，也不等于 0，它不能写入，但能读取。 |
| | | (a) **引用变量**<br>在引用一个尚未定义的变量时，地址本身也被忽略。<br>例如：<br>G00 X100 Y[#0] 等价于 G00 X100 |
| | | **(b) 赋值、加法运算、乘法运算**<br>将局部变量或公共变量直接赋值为“空值”时，其结果也为“空值”。使用“空值”运算时，其变量值作为 0 来对待。例如：<br>#1=#0 ；#1 为空变量<br>#2=#0+1 ；#2 为 1<br>#3=#0*3 ；#3 为 0 |
| | | **(c) 比较运算**<br>若是==和!=的情形，“空值”和 0 被判定为不同的值。<br>若是>=、>、<=、< 的情形，“空值”和 0 被判定为相同的值。例如：<br>#1=#0 ；#1 为空值<br>#1==#0 ；成立<br>#1==0 ；不成立<br>#1!=0 ；成立<br>#1>=0 ；成立 |
| #1~#99 | 局部变量(读写) | 局部变量只能用在一个程序中存储数据，宏调用子程序和其他程序中数值和意义可能会有所不同。<br>局部变量可用于传输自变量。没有被传输自变量的局部变量，在初始状态下为“空值”，用户可以自由使用。 |
| #100～#499<br>#500～#999 | 全局变量 | 全局变量在不同的子程序中的数值和意义相同。<br>● #100~#499 变量上电时，为 NULL，即空变量，各通道独立；<br>● #500~#999 带记忆变量，将保持掉电前的数值，各通道共用； |

| 变量号 | 含义&类型 | 说明 |
|---|---|---|
| #1000~#1031 | 输入信号(只读) | 对应 PLC 的 G0054.0 ~ G0057.7 |
| #1032 | 输入信号(只读) | 将 G0054.0~G0057.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1033 | 输入信号(只写) | 将 G0276.0~G00279.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1034 | 输入信号(只写) | 将 G0280.0~G00283.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1035 | 输入信号(只写) | 将 G0284.0~G00287.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1100~#1115 | 输出信号(只写) | 对应 PLC 的 F0054.0 ~ F0055.7 |
| #1132 | 输出信号(只写) | 将 F0054.0~F0057.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1133 | 输出信号(只写) | 将 F0276.0~F00279.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1134 | 输出信号(只写) | 将 F0280.0~F00283.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #1135 | 输出信号(只写) | 将 F0284.0~F00287.7 的 32 位二进制数转化为十进制值数 |
| #2101～#2199 | 刀具长度磨损 H(读写) | |
| #2801～#2899 | 刀具长度偏置 H(读写) | |
| #2201～#2299 | 刀具半径磨损 R(读写) | |
| #2901～#2999 | 刀具半径偏置 R(读写) | |
| #3000 | 宏报警(只写) | 当数控系统执行到#3000=1(报警内容)时，系统产生报警， 系统显示报警内容为括号“()”内的内容 |
| #3003 | 程序单段抑制(只写) | =0：不抑制程序单段功能<br>=1：抑制程序单段功能<br>**注**：复位时#3003 的值强制恢复为 0 |
| #3004 | 进给倍率无效(只写) | =1：进给保持抑制(软件版本要求 2.80.34+)<br>=2：进给倍率固定 100%<br>=8：快速倍率固定 100%(软件版本需求 2.80.34+)<br>**注**：复位时#3004 的值强制恢复为 0 |
| #3011 | 系统日期(只读) | 年/月/日(xxxx/xx/xx) |
| #3012 | 系统时间(只读) | 时/分/秒(xx/xx/xx) |
| #3101 或 Pi | π(只读) | 圆周率π：3.14159265358979323846 |
| #3102 | e (只读) | 自然对数的底数 e = 2.71828182845904523536 |
| #3901 | 计件数(读写) | 位置界面的计件数 |
| #3902 | 目标计件数(读写) | 位置界面的目标计件数 |
| #4000 | 主程序号(只读) | 数控系统执行的主程序号 |
| #4001~#4030 | G 模态(只读) | G 代码模态信息：1 组～30 组 |
| #4108 | E 模态(只读) | 自动倒角时 E 指定的倒角速度模态信息 |
| #4109 | F 模态(只读) | 进给速度 F 值的模态信息 |
| #4120 | T 模态(只读) | 换刀指令的模态信息 |
| #4201~#4230 | 当前 G 模态(只读) | 当前执行段，G 代码模态信息：1 组～30 组 |
| #4308 | 当前 E 模态(只读) | 当前执行段，自动倒角时 E 指定的倒角速度模态信息 |
| #4309 | 当前 F 模态(只读) | 当前执行段，进给速度 F 值的模态信息 |
| #4320 | 当前 T 模态(只读) | 当前执行段，换刀指令的模态信息 |

| 变量号 | 含义&类型 | 说明 |
|---|---|---|
| #5001~#5020 | 工件(绝对)坐标(只读) | 通道内第 1~20 轴程序段终点的绝对坐标，轴移动时可读取 |
| #5021~#5040 | 机床坐标(只读) | 通道内第 1~20 轴程序段终点机床坐标，轴移动时不可读取 |
| #5041~#5060 | 工件(绝对)坐标(只读) | 通道内第 1~20 轴程序段终点机床坐标，轴移动时不可读取 |
| #5061~#5080 | 工件(绝对)坐标(只读) | 通道内第 1~20 轴 G31 跳过时工件坐标，轴移动时可读取 |
| #5121~#5140 | 手轮中断补偿量(只读) | 通道内第 1~20 轴手轮中断补偿量，轴移动时可读取 |
| #5181~#5200 | 剩余移动量(只读) | 通道内第 1~20 轴剩余移动量，轴移动时不可读取 |
| #5221~#5240 | G54 坐标系偏置(读写) | G54 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #5241~#5260 | G55 坐标系偏置(读写) | G55 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #5261~#5280 | G56 坐标系偏置(读写) | G56 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #5281~#5300 | G57 坐标系偏置(读写) | G57 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #5301~#5320 | G58 坐标系偏置(读写) | G58 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #5321~#5340 | G59 坐标系偏置(读写) | G59 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #7001~#7020 | G54 P1 坐标系偏置(只读) | G54 P1 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| #7021~#7040 | G54 P2 坐标系偏置(只读) | G54 P2 坐标系中，通道内第 1~20 轴的坐标偏置值 |
| ... | ... | ... |
| #7981~#7999 | G54 P50 坐标系偏置(只读) | G54 P50 坐标系中，通道内第 1~19 轴的坐标偏置值 |

扩展宏变量：

| 变量号 | 含义&类型 | 说明 |
|---|---|---|
| #11001～#11064 | 刀具长度磨损 H(读写) | |
| #16001～#16064 | 刀具长度偏置 H(读写) | |
| #12001～#12064 | 刀具半径磨损 R(读写) | |
| #17001～#17064 | 刀具半径偏置 R(读写) | |
| #20000～#20999 | 扩展全局变量(读写) | 功能用法与#100～#499 相同，但各通道共用 |

## 2. 宏变量的格式

- 在 CNC 程序段中使用宏变量或宏表达式时需要添加“[”和“]”，具体格式如下:
  (1) 使用宏变量的格式为：[#变量号]；
  (2) 使用宏表达式的格式为：[表达式]；
  (3) 用运算符连接起来的常数、宏变量构成表达式；

例如：

G01 X[#101+#102] F[#103]
G01 X[100*COS[50]＋20]

- 被引用变量的值根据地址的最小设定单位自动地舍去；

例如：

当 G00 X[#101]以 1/1000mm 的单位执行时，数控系统把 12.3455 赋值给变量#101，实际指令为 G00 X12.345

- 改变引用的变量值的符号要把负号“－”放在#的前面；

例如：G00 X[－#101]

**注意：**在使用宏表达式时，请注意运算符的运算优先级，必要时可使用括号改变运算次序；

## 3. 宏变量的赋值

用常数或表达式的值指定宏变量的值称为赋值。

**格式：**

```
#变量号 = 常数
#变量号 =#变量号
#变量号 = 表达式
```

**举例：**

| | |
|---|---|
| O1000 | |
| #101=3 | // #101 的值变成 3 |
| #102=#101+1 | // #102 的值变成 3+1=4 |
| #103=SQRT[#101*#101+#102*#102] | // #103 的值变成 $\sqrt{3*3+4*4}$ =5 |
| G00 X0 | // X 轴定位原点 |
| G01 X[#103] F100 | // X 轴定位到 5mm 的位置 |
| M30 | |

## 2.12.2 逻辑运算与数学运算

表中列出的运算符可以在变量或常量中执行，运算符两边可以是常量、变量或由函数或运算符组成的表达式，即变量#j 和#k 可以为常数、变量或表达式。I 可以是常量、变量或表达式。

| 类型 | 完整格式 | 功能 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 赋值 | #i = #j | 变量的定义或替换 | |
| 基本运算 | #i = #j + #k | 加法 | |
| | #i = #j - #k | 减法 | |
| | #i = #j * #k | 乘法 | |
| | #i = #j / #k | 除法 | |
| | #i = #j MOD #k | 余数(取模) | |
| 逻辑运算 | #i = #j && #k<br>或<br>#i = #j AND #k | 逻辑与 | 逻辑运算，主要用于条件判断 |
| | #i = #j \|\| #k<br>或<br>#i = #j OR #k | 逻辑或 | |
| | #i =! #j | 逻辑非 | |
| 位运算 | #i = #j \| #k | 或 | 位运算符，也可以用作逻辑判断 |
| | #i = #j & #k | 与 | |
| | #i = ~#j | 非 | |
| | #i = #j ^ #k<br>或<br>#i = #j XOR #k | 异或 | |
| 比较 | #j == #k<br>或<br>#j EQ #k | 等于 | 关系运算符多用于条件判断 IF 与循环判断 WHILE |
| | #j != #k<br>或<br>#j NE #k | 不等于 | |
| | #j > #k<br>或<br>#j GT #k | 大于 | |
| | #j >= #k<br>或<br>#j GE #k | 大于或等于 | |
| | #j < # k<br>或<br>#j LT #k | 小于 | |
| | #j <= #k<br>或<br>#j LE #k | 小于或等于 | |

| 类型 | 完整格式 | 功能 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 三角函数 | #i = SIN[#j] | 正弦 | 以度为单位，90°30′表示为 90.5 度<br>ATAN2 不同，#j 为角的对边，#k 为角的邻边 |
| | #i = COS[#j] | 余弦 | |
| | #i = TAN[#j] | 正切 | |
| | #i = ASIN[#j] | 反正弦 | |
| | #i = ACOS[#j] | 反余弦 | |
| | #i = ATAN[#j] | 反正切 | |
| | #i = ATAN2[#j, #k] | 反正切 | |
| 其他函数 | #i = SQRT[#j] | 平方根 | ROUND 小数点后保留 3 位，第 4 位四舍五入<br>ROUND2 可以精确指定小数点位数<br>INT 四舍五入取整 |
| | #i = ABS[#j] | 绝对值 | |
| | #i = ROUND[#j] | 四舍五入取整 | |
| | #i = ROUND2[#j, #k] | 四舍五入取整(精确) | |
| | #i = INT[#j] | 四舍五入取整 | |
| | #i = FIX[#j] | 下取整 | |
| | #i = FUP[#j] | 上取整 | |
| | #i = LN[#j] | 自然对数 | |
| | #i = EXP[#j] | 指数函数,底为自然对数 e | |
| | #i = POW[#j, #k] | 计算并返回#j 的#k 次幂 | |
| 常数 | PI | 圆周率 | 圆周率常数π |

| 功能项目 | 说明 | |
|---|---|---|
| #i = ASIN[#j] | –1 < #j < 1<br>-90°< #i <90° | |
| #i = ACOS[#j] | –1 < #j < 1<br>180°< #i < 0° | |
| 上取整<br>下取整<br>舍入取整 | 若操作数的小数部分不为 0，上取整操作后产生的整数绝对值大于原数的整数部分，若小于原数的整数部分为下取整，舍入取整操作后产生的整数的绝对值大于或等于原数的整数部分，对于负数的处理应小心。 | |
| | 假定#1=1.2 并且#2= –1.2<br>当执行#3=FUP[#1] 时 2.0 赋给#3<br>当执行#3=FUP[#2] 时–2.0 赋给#3<br>当执行#3=FIX[#1] 时 1.0 赋给#3<br>当执行#3=FIX[#2] 时–1.0 赋给#3 | 假定#1=1.5 并且#2= –1.5<br>当执行#3=INT[#1] 时 2.0 赋给#3<br>当执行#3=INT[#2] 时–2.0 赋给#3 |
| 运算符优先级 | (1)乘和除运算(* 、/)<br>(2)加和减运算(+ 、–)<br>(3)关系运算(== 、!= 、>等)<br>(4)逻辑运算(‖ 、&&等)<br>(5)位运算(| 、^ 、&) | |
| 括号[]的使用 | 在宏表达式中，括号可以用来改变运算顺序<br>例如：＃1＝3*20-10 则＃1 的值为 50<br>＃1＝3*[20-10] 则＃1 的值为 30<br>系统会自动根据运算符的优先级改变运算次序<br>例如：#1=10+2*10 则＃1＝30<br>当宏表达式中括号或运算符优先级改变次数过多时(包括小于 10 次)，系统会提示错误。 | |

## 2.12.3 处理宏语句

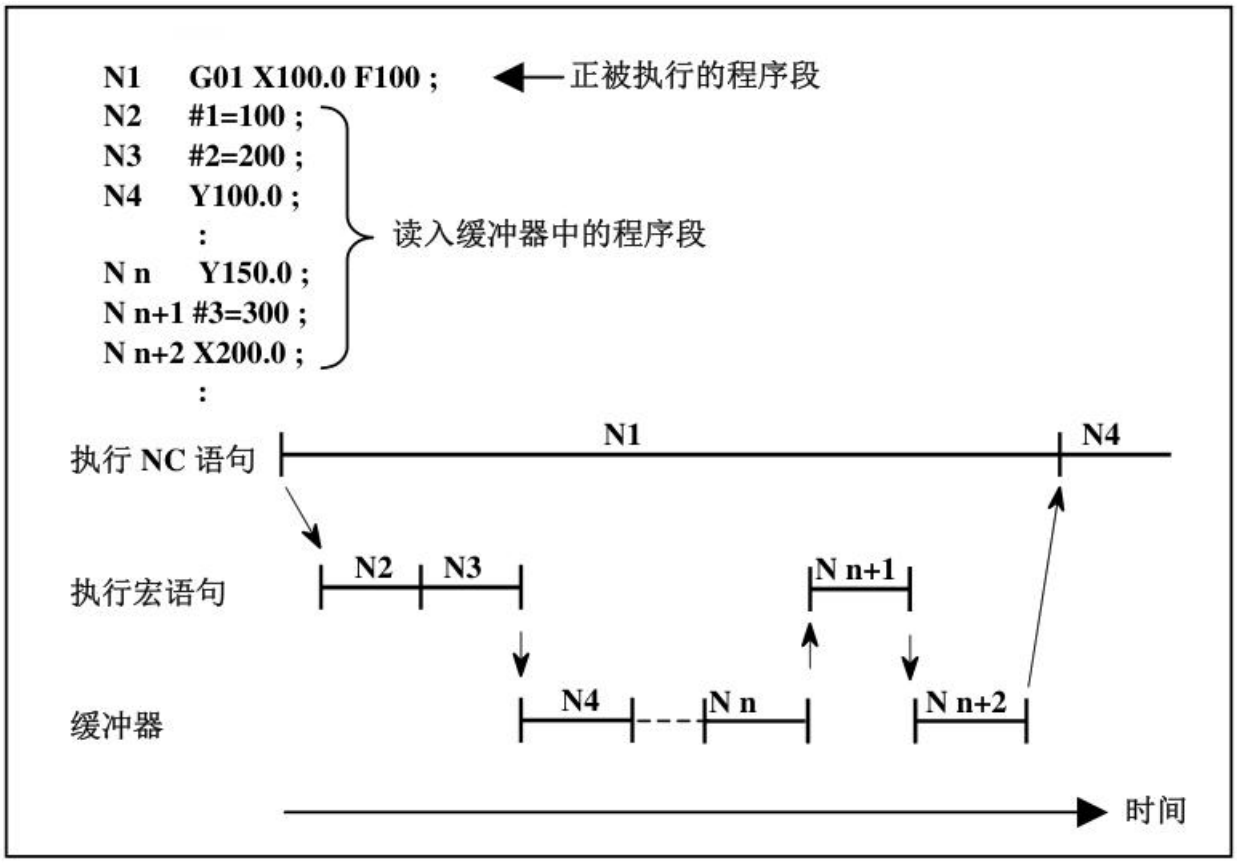
为了平顺地进行加工，CNC 进行如下 NC 语句的预读。将其叫做缓冲。比如，基于 AI 轮廓控制的预读，最多进行 200 个程序段的缓冲。

此外，刀具径补偿方式(G41, G42)下，至少预读 3 个程序段以后的 NC 语句，进行交点的计算。

但是，运算式子和条件转移的宏语句一旦被缓冲（即被读入缓冲器），即可被处理。因此，执行宏语句的时机并不一定按照所指定的顺序。

相反，在指定了用来控制设定在 M00、M01、M02、M30、M91，或者用来控制 G04.1、G04I0、G31、G53 等缓冲的 G 代码的程序段中，则不进行预读。因此，在执行完这些 M 代码、G 代码之前，可以确保不执行后面的宏语句。

**说明：**




**注意：**

在刚刚执行完之前的 NC 语句后想要执行宏语句时，在宏语句之前指定用来控制缓冲的 M 代码和 G 代码。特别是在读取或者写入用来控制信号、坐标值、补偿值的系统变量时，由于 NC 语句执行时机的不同会导致不同的系统变量，因此，请根据需要指定这些抑制缓冲的 M 代码和 G 代码。

## 2.12.4 跳转（GOTO/GOTOB/GOTOF）

**指令格式：**

| **GOTO/GOTOF/GOTOB n；** | |
|---|---|
| GOTO | ：查找先向程序末尾方向进行，然后再从程序开始处进行查找 |
| GOTOB | ：从程序开始处进行查找 |
| GOTOF | ：往后查找 |
| n | ：程序段号 |

**指令说明：**

通过指令 GOTOF, GOTOB, GOTO 以在同一个程序内从其他位置跳转到目标程序段号处。然后通过该指令继续程序加工，该指令直接跟随在跳转标记后。因此可以在程序内实现分支。

如果在跳转指令前存在跳转条件（IF ...），则仅在满足跳转条件情况下才进行程序跳转。

**举例：**

| **1. 无限循环** | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 G90 | |
| **N10** | |
| ...(加工程序) | |
| **GOTO 10** | |
| M30 | |

| **2. 条件跳转** | |
|---|---|
| O1000 | |
| G54 G90 | |
| G4I0 | //防止程序预读 |
| #1=RDDI[1] | //读取系统的 1 号输入口，判断是否接通 |
| IF[#1==1]**GOTO 10** | //判断输入口是否接通，若接通则直接跳转到程序末尾结束程序运行 |
| ...(加工程序) | |
| **N10** | |
| M30 | |

## 2.12.5 条件判断（IF）

**指令格式①：**

**IF[条件表达式] THEN** <#n=表达式>；

#n ：宏变量，如#100

**指令格式②：**

**IF[条件表达式] GOTO n；**

n ：程序段号

**指令格式③：**

**IF[条件表达式]** <表达式 / G 指令 / M 指令>；

**指令格式④：**

```
IF[条件表达式 1]
    <程序段>
    <程序段>
    ...
ELIF[条件表达式 2]
    <程序段>
    <程序段>
    ...
ELSE
    <程序段>
    <程序段>
    ...
ENDIF
```

| | |
|---|---|
| IF | ：条件判断起始语句 |
| ELIF | ：又如果(可省略)，与 IF 等价， |
| ELSE | ：否则(可省略)，当 IF 与 ELIF 都不满足时，执行 ELSE 之后的语句 |
| ENDIF | ：条件判断终止语句 |

**指令说明：**

当 IF 的条件表达式成立时，系统执行该程序段 “IF[条件表达式]”后面的语句，否则执行下一个程序

指令格式④中，ELIF 和 ELSEIF 等价，该格式中 IF 和 ENDIF 是必须的，ELIF 和 ELSE 可以根据需要添加。

IF 语法可以嵌套，最多支持 10 层嵌套。

**举例：**

| 1. 有限循环 | |
|---|---|
| #10=0 | //计数器初始化 |
| **N10** | |
| G00 X[#10*20] | //分别在 X 坐标 0,20,40,60,80,100mm 处进行打孔动作 |
| (钻孔动作程序...) | |
| #10=#10+1 | //计数器+1 |
| **IF**[#10<=5]**GOTO 10** | //当前计数器小于等于 5 时，进行跳转，重复循环加工 |

| 2. 分支跳转 | |
|---|---|
| O1000 | |
| **IF**[#500==1]**GOTO 300** | //通过修改宏变量#500 的数值，来调用不同的加工程序 |
| **IF**[#500==2]**GOTO 200** | |
| **IF**[#500==3]**GOTO 100** | |
| M30 | |
| | |
| **N100** | //分支 3 |
| (工件类型 3 加工...) | |
| M30 | |
| **N200** | //分支 2 |
| (工件类型 2 加工...) | |
| M30 | |
| **N300** | //分支 1 |
| (工件类型 1 加工...) | |
| M30 | |

| 3. 多条件判断 | |
|---|---|
| O1000 | |
| **IF**[#500==1] | //判断 1：判断#500 是否等于 1，满足条件则进行工件 1 加工 |
| (工件类型 1 加工...) | |
| **ELIF**[#500==2] | //判断 2：判断#500 是否等于 2，满足条件则进行工件 2 加工 |
| (工件类型 2 加工...) | |
| **ELIF**[#500==3] | //判断 3：判断#500 是否等于 3，满足条件则进行工件 3 加工 |
| (工件类型 3 加工...) | |
| **ELSE** | //当判断 1/2/3 都未满足时，执行 ELSE 之后的语句 |
| #3000=1(#500 参数设定错误) | //当前#500 参数设定不满足判断 1/2/3 时，产生宏报警 |
| **ENDIF** | |
| M30 | |

## 2.12.6 循环（WHILE）

**指令格式：**

```
WHILE[条件表达式] Do m
    <程序段>
    <程序段>
    ...
END m
```

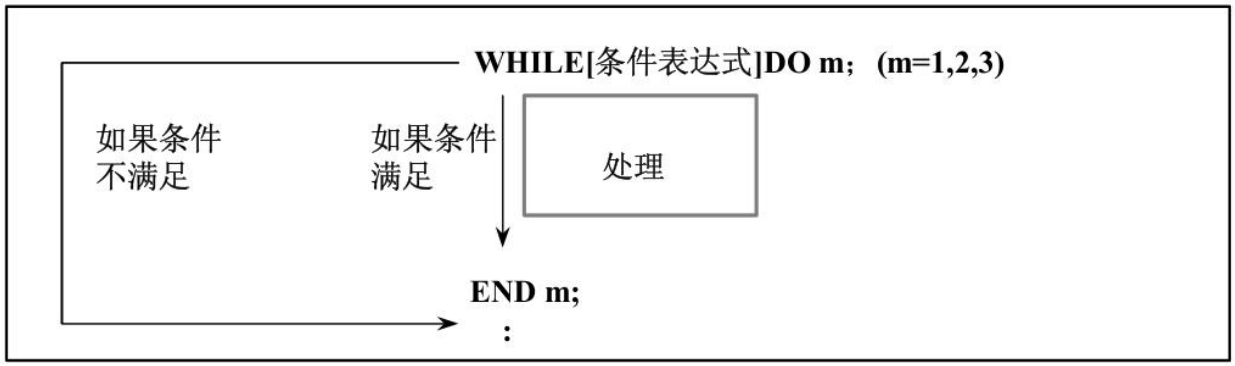
m ：标志号(正整数)，每一级 m 须不同且 m 不能交叉使用

```
CONTINUE;跳过剩余的语句，立即执行下个循环
```

```
BREAK;循环退出
```

**指令说明：**

在 WHILE 后指定条件表达式。当指定的条件表达式满足时，执行从 DO 到 END 之间的程序。当指定的条件表达式不满足时，进入 END 后面的程序段。




1. 一些使用情况：

√

1．识别号（1～3）可根据需要多次使用。

```
WHILE [ … ] DO 1 ;
    处理
END 1 ;
  :
WHILE [ … ] DO 1 ;
    处理
END 1 ;
  :
```

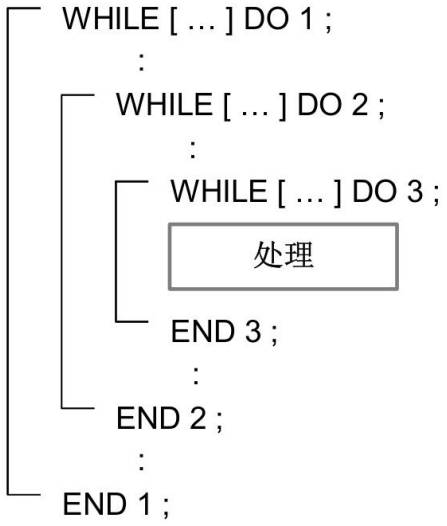
×

2．DO 的范围不能重叠。

```
WHILE [ … ] DO 1 ;
    处理
WHILE [ … ] DO 2 ;
  :
END 1 ;
    处理
END 2 ;
```

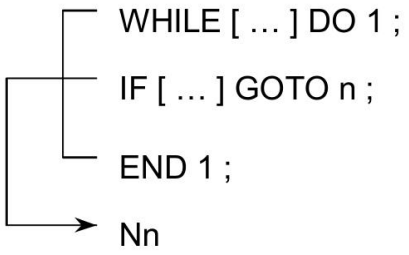
√

**3. DO** 循环可以嵌套，最大可嵌套三层。



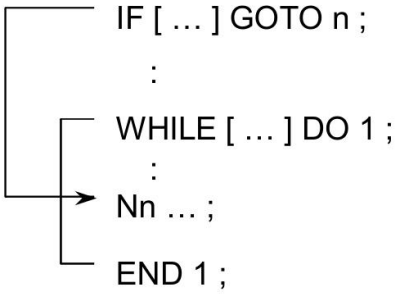

√

**4.** 控制可转移到循环体外面。




×

**5.** 不能转移到循环体中。




2. WHILE 最多嵌套 5 级，可以使用 GOTO 从循环中跳出，结束循环；
3. CONTINUE 可用 CONT 缩写，BREAK 可用 BRK 缩写；

**举例：**

| 1. 无限循环，条件跳出 | |
|---|---|
| **WHILE**[1]**DO1** | |
| G91 G01 X-10 F100 | //增量进给 |
| G4I0 | |
| IF[ RDDI[5] == 1] **BREAK** | //如果端口号为 5 的输入口被接通，则跳出循环 |
| **END1** | |

| 1. 下面的程序例求 1 至 10 之和 | |
|---|---|
| O0001 | |
| #1=0 | |
| #2=1 | |
| **WHILE**[#2 LE 10]**DO 1** | |
| #1=#1＋#2 | |
| #2=#2＋1 | |
| **END 1** | |
| M30 | |

## 2.12.7 数据读取（RD）

**指令格式：**

宏变量 = **RDDI**[输入口的端口号]
宏变量 = **RDDO**[输出口的端口号]

宏变量 = **RDX**[PLC 地址 X 高位，PLC 地址 X 低位]
宏变量 = **RDX8**[PLC 地址 X 高位]
宏变量 = **RDX16**[PLC 地址 X 高位]
宏变量 = **RDX32**[PLC 地址 X 高位]

宏变量 = **RDY**[PLC 地址 Y 高位，PLC 地址 Y 低位]
宏变量 = **RDY8**[PLC 地址 Y 高位]
宏变量 = **RDY16**[PLC 地址 Y 高位]

宏变量 = **RDR**[PLC 地址 R 高位，PLC 地址 R 低位]
宏变量 = **RDR8**[PLC 地址 R 高位]
宏变量 = **RDR16**[PLC 地址 R 高位]
宏变量 = **RDR32**[PLC 地址 R 高位]

宏变量 = **RDF**[PLC 地址 F 高位，PLC 地址 F 低位]

宏变量 = **RDG**[PLC 地址 G 高位，PLC 地址 G 低位]

宏变量 = **RDDGN**[系统诊断号，诊断数据序号]

**指令说明：**

通过上述指令，通过宏变量赋值的形式获得各种系统数据的值，来完成一些复杂功能的条件判断。

**详细说明：**

1. 使用读指令前，需执行一次同步(G04I0)，防止系统预读取导致的数据读取错误；
2. RDX/RDX8/RDX16/RDX32 的区别：

| 功能指令 | 说明 |
|---|---|
| RDX | 按位读取 PLC 地址 X 的数据<br>**例**：#100=RDX[3，2] 表示将 X3.2 的信号状态赋值给#100<br>假设 X3.2 为接通状态，则#100 被赋值为 1 |
| RDX8 | 按 8 位读取 PLC 地址 X 的数据，将 8 位 2 进制转化为十进制赋值给宏变量<br>**例**：#100=RDX8[3]表示将 X3.0~X3.7 的信号状态赋值给#100<br>假设 X3.0，X3.1，X3.3 为接通状态，则#100=$1\times2^0+1\times2^1+1\times2^3=11$ |
| RDX16 | 按 16 位读取 PLC 地址 X 的数据，将 16 位 2 进制转化为十进制赋值给宏变量<br>**例**：#100=RDX16[3]表示将 X3.0~X3.7 与 X4.0~X4.7 的信号状态赋值给#100<br>假设 X3.0，X4.0 为接通状态，则#100=$1\times2^0+1\times2^8=257$ |
| RDX32 | 按 32 位读取 PLC 地址 X 的数据，将 32 位 2 进制转化为十进制赋值给宏变量 |

## 2.12.8 数据写入（WR）

**指令格式：**

**WRDO**[输出口的端口号]

**WRY**[PLC 地址 Y 高位，PLC 地址 Y 低位，值]
**WRY8**[PLC 地址 Y 高位，值]
**WRY16**[PLC 地址 Y 高位，值]

**WRR**[PLC 地址 R 高位，PLC 地址 R 低位，值]
**WRR8**[PLC 地址 R 高位，值]
**WRR16**[PLC 地址 R 高位，值]
**WRR32**[PLC 地址 R 高位，值]

**指令说明：**

一般用于十进制转二进制的场合。

**详细说明：**

1. 使用指令前，需执行一次同步 G04I0，防止系统预读导致指令提前写入；
2. WRR/WRR8/WRR16/WRR32 的区别：

| 功能指令 | 说明 |
|---|---|
| WRR | 按位写入 PLC 地址 R，写入的最大值为 1<br><br>**例**：WRR[3，2，1] 表示将 R3.2 的线圈置为 1 |
| WRR8 | 将十进制数值转化为 8 位二进制数写入 PLC 地址 R，写入的最大值为 255<br><br>**例**：WRR8[3，64] 表示将十进制的 64 数据转化为二进制，写入到 R3.0~R3.7 |
| WRR16 | 将十进制数值转化为 16 位二进制数写入 PLC 地址 R，写入的最大值为 65535<br><br>**例**：WRR16[3，64] 表示将十进制的 64 数据转化为二进制，写入到 R3.0~R4.7 |
| WRR32 | 将十进制数值转化为 32 位二进制数写入 PLC 地址 R，写入的最大值为[$2^{32}$-1]<br><br>**例**：WRR32[3，64] 表示将十进制的 64 数据转化为二进制，写入到 R3.0~R6.7 |

## 2.12.9 文件输出（POPEN/DPRNT/PCLOS）

**指令格式：**

| |
|---|
| **POPEN**[NC 程序号];打开文件 |

| |
|---|
| **DPRNT[a #b[d] ... ];写数据**<br>a ：字符，如 G01，M01 等功能字符<br>#b ：宏变量<br>[d] ：指定宏变量的数据格式，d 表示小数点以后的有效位数 |

| |
|---|
| **PCLOS**[NC 程序号];关闭文件 |

**举例：**

| 执行名为 O1000 的程序 | |
|---|---|
| O1000 | |
| **POPEN**[6000] | //创建并打开名称为 O6000 的程序 |
| #1=123.456 | //设定变量 |
| #2=11.22 | //设定变量 |
| **DPRNT**[ G01X #1[3] Y #2[1] F100 ]<br>1 2 3 4 5 | 写数据内容“G01 X123.456 Y11.2”<br>//1:字符，值 G01X<br>//2:变量[保留小数点 3 位]，值 123.456<br>//3:字符，值 Y<br>//4:变量[保留小数点 1 位]，值 11.2<br>//5:字符，值 F100 |
| **DPRNT**[M30] | 写数据内容“M30” |
| **PCLOS**[6000] | //关闭 O6000 文件 |
| M30 | |

| 系统生成名为 O6000 的程序的内容如下： | |
|---|---|
| O6000 | |
| G01 X123.5 Y11.2 F100 | |
| M30 | |

## 2.12.10 系统参数读取（PRM）

**指令格式：**

| **PRM[Par, n]** | |
|---|---|
| Par | ：系统参数号 |
| n | ：参数号内的第几个参数 |

**指令说明：**

读取系统参数，如轴名称定义、轴类型、第 2 参考点坐标值设定等，便于用户宏程序的自定义运用。

**举例：**

| **通过系统参数 0120 自动判断通道内第 1 轴名称** | |
|---|---|
| O9020 | |
| #1=100 | |
| IF[**PRM[12,1]**==1] G00 X#1 | //判断为 X 轴，进行 X 轴定位 |
| IF[**PRM[12,1]**==2] G00 Y#1 | //判断为 Y 轴，进行 Y 轴定位 |
| IF[**PRM[12,1]**==3] G00 Z#1 | //判断为 Z 轴，进行 Z 轴定位 |
| IF[**PRM[12,1]**==4] G00 A#1 | //判断为 A 轴，进行 A 轴定位 |
| IF[**PRM[12,1]**==5] G00 B#1 | //判断为 B 轴，进行 B 轴定位 |
| M30 | |

## 2.12.11 宏程序调用（G65）

**指令格式：**

| | |
|---|---|
| **G65 P_ L_ 自变量_；** | |
| P | ：被调用的程序号 |
| L | ：重复次数，省略时为 1 |
| 自变量 | ：传递给宏程序的数据，将其值代入对应的局部变量中（可以不指定） |

**指令说明：**

通过 G65 宏调用，可以在调用用户宏程序时，传递数据（自变量），用户宏程序通过对数据（变量）的判断，实现不同的加工。

1. G65 嵌套次数不可超过 5 级，必须指定在任何自变量前面；
2. 自变量指定时，可以省略没有必要指定的地址。与省略的地址相对应的局部变量设为空；
3. 自变量指定的方法有两种：

**第 1 类自变量表示法**

| 地址字 | 子程序变量号 | 地址字 | 子程序变量号 | 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | #1 | J | #5 | S | #19 |
| B | #2 | K | #6 | T | #20 |
| C | #3 | L | 重复次数 | U | #21 |
| D | #7 | M | #13 | V | #22 |
| E | #8 | N | #14 | W | #23 |
| F | #9 | P | 不可使用 | X | #24 |
| H | #11 | Q | #17 | Y | #25 |
| I | #4 | R | #18 | Z | #26 |

- 地址 G、L、N、O、P 不能作为自变量使用，若 N 在 G65 之前则作为程序段号处理；
- 不需要按照字母顺序指定，按照字地址格式就可以；

**第 2 类自变量表示法**

| 地址字 | 子程序变量号 | 地址字 | 子程序变量号 | 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | #1 | I4 | #13 | I8 | #25 |
| B | #2 | J4 | #14 | J8 | #26 |
| C | #3 | K4 | #15 | K8 | #27 |
| I1 | #4 | I5 | #16 | I9 | #28 |
| J1 | #5 | J5 | #17 | J9 | #29 |
| K1 | #6 | K5 | #18 | K9 | #30 |
| I2 | #7 | I6 | #19 | I10 | #31 |
| J2 | #8 | J6 | #20 | | |
| K2 | #9 | K6 | #21 | | |
| I3 | #10 | I7 | #22 | | |
| J3 | #11 | J7 | #23 | | |
| K3 | #12 | K7 | #24 | | |

- 第 2 类自变量指定法仅使用地址 A、B、C 一次，将 I、J、K 作为一组使用，最多可重复指定 10 次。
- I、J、K 的下标（表示自变量指定的顺序），在实际的程序中不写。

**举例:**

| 主程序 | 子程序 |
| --- | --- |
| O1000<br>T01<br>M03 S1000//工件的转速 1000(转/分)<br>G00 X0 Z0<br>**G65 P9200 A10 B1 C100**<br>//宏程序调用，设定#1=10　#2=20　#3=30<br>M30 | O9200<br>//#1-G65 A 的值<br>//#2-G65 B 的值<br>//#3-G65 C 的值<br>G01 X[#1] F500　　//进给移动到 10<br>G04 X[#2]　　//延时 1 秒<br>G00 X[#3]　　//快速移动到 100<br>M99　　//返回到主程序 |

## 2.12.12 模态宏程序调用（G66/G67）

**指令格式：**

**G66 P_ L_ 自变量_;模态宏程序开始**

| | |
|---|---|
| P | ：被调用的程序号 |
| L | ：重复次数，省略时为 1 |
| 自变量 | ：传递给宏程序的数据，将其值代入对应的局部变量中（可以不指定） |

**G67;模态宏程序取消**

**指令说明：**

指定 G66 至 G67 之间有移动指令的程序段时，在执行移动指令后，再执行指定的用户宏程序子程序。用户宏程序子程序的执行次数 L 中指定，自变量与 G65 相同。

**详细说明：**

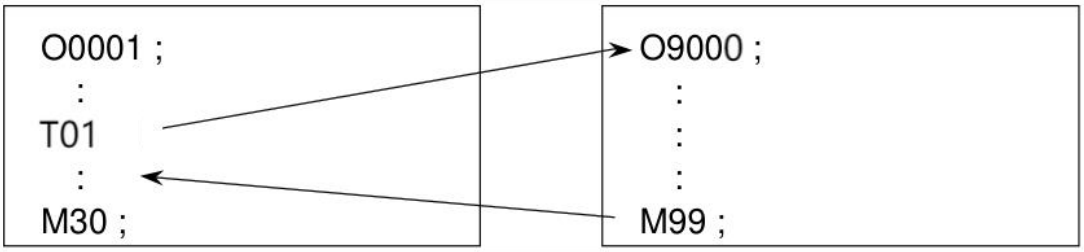
1. 输入 G66 指令时，在输入 G67(取消)指令之前，在执行有移动指令的程序段后，调用指定的用户宏程序子程序；
2. G66,G67 指令必须在同一程序中成对出现；
3. G66 的程序段不进行宏程序调用，但局部变量（自变量）被设定；
4. 当指定 G67 时，在下一程序段中不再执行模态宏程序调用；
5. 在没有轴移动指令的程序段中，不进行宏程序调用；

**举例：**

| 主程序 | 子程序 |
|---|---|
| O0001<br>G00 X100.0 Y50.0<br>**G66 P9600 Z-20.0 R5.0 F500**//启动宏模态调用<br>X20.0 Y20.0//先 G00 定位再调用子程序<br>X50.0//先 G00 定位再调用子程序<br>Y50.//先 G00 定位再调用子程序<br>X70.0 Y80.0//先 G00 定位再调用子程序<br>**G67**//关闭宏模态调用<br>X100.0 Y50.0 //G00 定位不再调用子程序<br>M30 | O9600(钻孔子程序)<br>#1=#4001//保存 G00/G01<br>#4=#4109//保存切削进给速度<br>#5=#5003//在钻孔开始时存储 Z 坐标<br>G90<br>G00 Z#18//定位到 R 点<br>G01 Z#26 F#9//定位到 Z 点<br>G00 Z#18//定位到 R 点<br>G00 Z#5//定位到起始点<br>G#1 F#4//恢复模态信息<br>M99 |

## 2.12.13 T 指令子程序调用

**指令格式：**




**指令说明：**

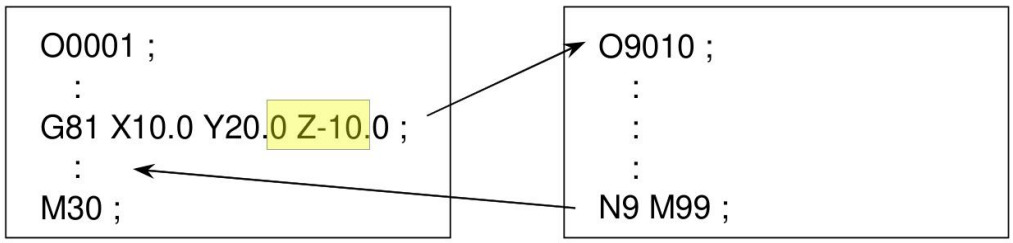
通过事先在参数中设定好目标程序号，当系统执行 T 指令时，即可调用子程序，调用方法与 M98 类似，一般用于刀库、刀塔换刀控制。

**详细说明：**

1. 通过系统参数 9000 第 1 位开放 T 指令调用子程序功能；
2. 系统参数 9010 设定被调用的子程序号；
3. 当执行 T 指令调用子程序时，#149 会被赋值，该值等于执行的 T 指令的值，例如 T0202，则在调用时，#149 的值为 202；

## 2.12.14 G 指令宏程序调用（通常）

**指令格式：**




**指令说明：**

通过事先在参数中设定一个用来调用宏程序的 G 代码号，即可调用宏程序，调用方法与简单调用（G65）类似。

**详细说明：**

1. 首先设定系统参数 9020，设定能够执行调用的程序个数；
2. 首先设定系统参数 9021，设定执行宏程序调用的开头程序号；
3. 参数号与程序号的对应关系：

| 系统参数号 | 对应 G 代码 | 对应程序号 |
|---|---|---|
| 9022 | G [9022 设定的值] | O [9021 设定的值+0] |
| 9023 | G [9023 设定的值] | O [9021 设定的值+1] |
| 9024 | G [9024 设定的值] | O [9021 设定的值+2] |
| 9025 | G [9025 设定的值] | O [9021 设定的值+3] |
| 9026 | G [9026 设定的值] | O [9021 设定的值+4] |
| 9027 | G [9027 设定的值] | O [9021 设定的值+5] |
| 9028 | G [9028 设定的值] | O [9021 设定的值+6] |
| 9029 | G [9029 设定的值] | O [9021 设定的值+7] |
| 9030 | G [9030 设定的值] | O [9021 设定的值+8] |
| 9031 | G [9031 设定的值] | O [9021 设定的值+9] |
| 9032 | G [9032 设定的值] | O [9021 设定的值+10] |
| 9033 | G [9033 设定的值] | O [9021 设定的值+11] |

4. 自变量表示法：

| 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|
| A | #1 |
| B | #2 |
| C | #3 |
| D | #7 |
| E | #8 |
| F | #9 |
| G | 不可使用 |
| H | #11 |
| I | #4 |

| 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|
| J | #5 |
| K | #6 |
| L | 重复次数 |
| M | #13 |
| N | #14 |
| P | #16 |
| Q | #17 |
| R | #18 |
| S | #19 |

| 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|
| T | #20 |
| U | #21 |
| V | #22 |
| W | #23 |
| X | #24 |
| Y | #25 |
| Z | #26 |
| | |
| | |

## 2.12.15 G 指令宏程序调用（区间）

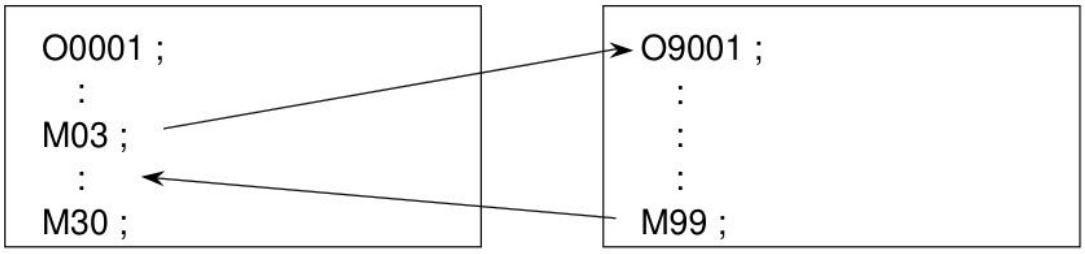
通过事先设定宏程序的调用中使用的 G 代码号、调用的开头程序号、以及定义的个数，即可定义利用多个 G 代码进行的宏程序调用。

**举例：**

| 系统参数 9034 设定 99，系统参数 9035 设定 9200，系统参数 9036 设定 G 代码起始号为 200 | |
|---|---|
| **G 代码** | **对应程序号** |
| G200 | O9200 |
| G201 | O9201 |
| G202 | O9201 |
| G203 | O9201 |
| ... | ... |
| G299 | O9299 |

## 2.12.16 M 指令子程序调用（通常）

**指令格式：**




**指令说明：**

通过事先在参数中设定一个用来调用子程序（宏程序）的 M 代码号，即可调用宏程序，调用方法与子程序调用（M98）相同。

**详细说明：**

1. 首先设定系统参数 9040，设定能够执行调用的程序个数；
2. 首先设定系统参数 9041，设定执行子程序调用的开头程序号；
3. 参数号与程序号的对应关系：

| 系统参数号 | 对应 M 代码 | 对应程序号 |
|---|---|---|
| 9042 | M [9042 设定的值] | O [9041 设定的值+0] |
| 9043 | M [9043 设定的值] | O [9041 设定的值+1] |
| 9044 | M [9044 设定的值] | O [9041 设定的值+2] |
| 9045 | M [9045 设定的值] | O [9041 设定的值+3] |
| 9046 | M [9046 设定的值] | O [9041 设定的值+4] |
| 9047 | M [9047 设定的值] | O [9041 设定的值+5] |
| 9048 | M [9048 设定的值] | O [9041 设定的值+6] |
| 9049 | M [9049 设定的值] | O [9041 设定的值+7] |
| 9050 | M [9050 设定的值] | O [9041 设定的值+8] |
| 9051 | M [9051 设定的值] | O [9041 设定的值+9] |
| 9052 | M [9052 设定的值] | O [9041 设定的值+10] |
| 9053 | M [9053 设定的值] | O [9041 设定的值+11] |

## 2.12.17 M 指令子程序调用（区间）

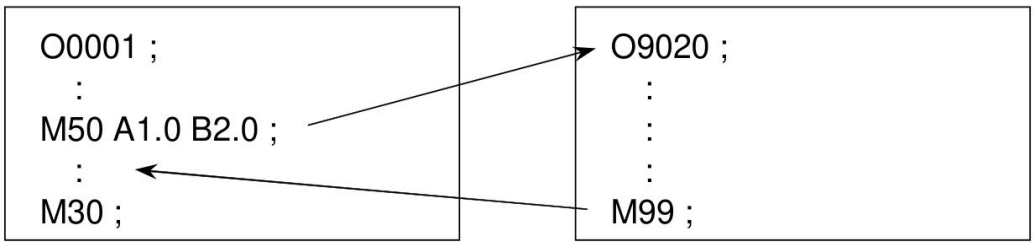
通过事先设定宏程序的调用中使用的 M 代码号、调用的开头程序号、以及定义的个数，即可定义利用多个 M 代码进行的子程序调用。

**举例：**

| 系统参数 9054 设定 99，系统参数 9055 设定 9500，系统参数 9056 设定 M 代码起始号为 500 | |
|---|---|
| **M 代码** | **对应程序号** |
| M500 | O9500 |
| M501 | O9501 |
| M502 | O9501 |
| M503 | O9501 |
| ... | ... |
| M599 | O9599 |

## 2.12.18 M 指令宏程序调用（通常）

**指令格式：**




**指令说明：**

通过事先在参数中设定一个用来调用宏程序的 M 代码号，即可调用宏程序，调用方法与 G65 类似。

**详细说明：**

1. 首先设定系统参数 9060，设定能够执行调用的程序个数；
2. 首先设定系统参数 9061，设定执行宏调用的开头程序号；
3. 参数号与程序号的对应关系：

| 系统参数号 | 对应 M 代码 | 对应程序号 |
|---|---|---|
| 9062 | M [9062 设定的值] | O [9061 设定的值+0] |
| 9063 | M [9063 设定的值] | O [9061 设定的值+1] |
| 9064 | M [9064 设定的值] | O [9061 设定的值+2] |
| 9065 | M [9065 设定的值] | O [9061 设定的值+3] |
| 9066 | M [9066 设定的值] | O [9061 设定的值+4] |
| 9067 | M [9067 设定的值] | O [9061 设定的值+5] |
| 9068 | M [9068 设定的值] | O [9061 设定的值+6] |
| 9069 | M [9069 设定的值] | O [9061 设定的值+7] |
| 9070 | M [9070 设定的值] | O [9061 设定的值+8] |
| 9071 | M [9071 设定的值] | O [9061 设定的值+9] |
| 9072 | M [9072 设定的值] | O [9061 设定的值+10] |
| 9073 | M [9073 设定的值] | O [9061 设定的值+11] |

4. 自变量表示法：

| 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|
| A | #1 |
| B | #2 |
| C | #3 |
| D | #7 |
| E | #8 |
| F | #9 |
| G | 不可使用 |
| H | #11 |
| I | #4 |

| 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|
| J | #5 |
| K | #6 |
| L | 重复次数 |
| M | #13 |
| N | #14 |
| P | #16 |
| Q | #17 |
| R | #18 |
| S | #19 |

| 地址字 | 子程序变量号 |
|---|---|
| T | #20 |
| U | #21 |
| V | #22 |
| W | #23 |
| X | #24 |
| Y | #25 |
| Z | #26 |
| | |
| | |

## 2.12.19 M 指令宏程序调用（区间）

通过事先设定宏程序的调用中使用的 M 代码号、调用的开头程序号、以及定义的个数，即可定义利用多个 M 代码进行的宏程序调用。

**举例：**

| 系统参数 9074 设定 99，系统参数 9075 设定 9800，系统参数 9076 设定 M 代码起始号为 800 | |
|---|---|
| **M 代码** | **对应程序号** |
| M800 | O9800 |
| M801 | O9801 |
| M802 | O9801 |
| M803 | O9801 |
| ... | ... |
| M899 | O9899 |

## 2.12.20 MODBUS 读设备寄存器(03H)

需要软件版本支持，版本号：2.80.33+

**指令格式：**

| **MBRD03[slv, reg, num, dst, retvar]** | |
|---|---|
| slv | ：从站站号 |
| reg | ：读取起始寄存器地址，范围 0~99（0x00 ~ 0x63） |
| num | ：读取数据个数，1 个寄存器大小为 16 位 |
| dst | ：数据存放地址,如 X0,R0,500(宏变量地址) |
| retvar | ：返回变量号地址,可省略,=1 表示成功 |

**指令说明：**

通过上述指令，通过串口读取从站设备的寄存器值。

**详细说明：**

1. 使用前需要设定串口波特率系统参数 2120，串口奇偶校验系统参数 2121，主站端口系统参数 2135；
2. 省略参数 retvar 时，若读取失败直接产生系统报警，不省略时通过指定宏变量判断是否读取成功；

**举例：**

| 例 1 | |
|---|---|
| MBRD03[2, 0x00, 2, 500, 1] | //设备从站 2 的 0x00 地址开始，读取连续 2 个数据到系统#500 |
| IF[#1!=1] #3000=1(读取失败) | //判断是否读取成功 |

| 例 2 | |
|---|---|
| MBRD03[2, 0x10, 1, 100] | //设备从站 2 的 0x10 地址开始，读取 1 个数据到系统#100，若读取失败则会产生报警 |

## 2.12.21 MODBUS 写设备线圈(05H)

需要软件版本支持，版本号：2.80.33+

**指令格式：**

| **MBWR05[slv, reg, set, retvar]** | |
|---|---|
| slv | ：从站站号 |
| reg | ：写入线圈地址，范围 0~63（0x00 ~ 0x3F） |
| set | ：线圈复位与置位，0 或 1 |
| retvar | ：返回变量号地址,可省略,=1 表示成功 |

**指令说明：**

通过上述指令，通过串口写入从站设备的线圈。

**详细说明：**

1. 使用前需要设定串口波特率系统参数 2120，串口奇偶校验系统参数 2121，主站端口系统参数 2135；
2. 省略参数 retvar 时，若写入失败直接产生系统报警，不省略时通过指定宏变量判断是否读取成功；

**举例：**

| 例 1 | |
|---|---|
| MBWR05[10, 10, 0]<br>或<br>MBWR05[10, 0x0A, 0] | //设备从站 10 的 10(0x0A)地址线圈，写入 0 |
| ... | |
| MBWR05[10, 10, 1]<br>或<br>MBWR05[10, 0x0A, 1] | //设备从站 10 的 10(0x0A)地址线圈，写入 1 |

## 2.12.22 MODBUS 写设备单个寄存器(06H)

需要软件版本支持，版本号：2.80.33+

**指令格式：**

| **MBRD06[slv, reg, src, retvar]** | |
|---|---|
| slv | ：从站站号 |
| reg | ：写入起始寄存器地址，范围 0~99（0x00 ~ 0x63） |
| src | ：数据源地址,如 X0,R0,500(宏变量地址) |
| retvar | ：返回变量号地址,可省略,=1 表示成功 |

**指令说明：**

通过上述指令，通过串口写入从站设备的寄存器值。

**详细说明：**

1. 使用前需要设定串口波特率系统参数 2120，串口奇偶校验系统参数 2121，主站端口系统参数 2135；
2. 省略参数 retvar 时，若写入失败直接产生系统报警，不省略时通过指定宏变量判断是否写入成功；
3. 写入的单个寄存器值大小为 16 位数据

**举例：**

| 例 1 | |
|---|---|
| MBWR06[2, 0x00, 500, 1] | //将系统#500 的值写入设备从站 2 的 0x00 地址 |
| IF[#1!=1] #3000=1(写入失败) | //判断是否写入成功 |

| 例 2 | |
|---|---|
| MBWR06[2, 0x10, 100] | //将系统#100 的值写入设备从站 2 的 0x10 地址，若写入失败则会产生报警 |

## 2.12.23 MODBUS 写设备多个寄存器(10H)

需要软件版本支持，版本号：2.80.33+

**指令格式：**

| **MBRD10[slv, reg, num, src, retvar]** | |
|---|---|
| slv | ：从站站号 |
| reg | ：写入起始寄存器地址，范围 0~99（0x00 ~ 0x63） |
| num | ：写入寄存器个数 |
| src | ：数据源地址,如 X0,R0,500(宏变量地址) |
| retvar | ：返回变量号地址,可省略,=1 表示成功 |

**指令说明：**

通过上述指令，通过串口写入从站设备的寄存器值。

**详细说明：**

1. 使用前需要设定串口波特率系统参数 2120，串口奇偶校验系统参数 2121，主站端口系统参数 2135；
2. 省略参数 retvar 时，若写入失败直接产生系统报警，不省略时通过指定宏变量判断是否写入成功；
3. 写入的单个寄存器值大小为 16 位数据；
4. 从站设备接收多个寄存器地址数据时，请使用“Long CD AB”的格式；

**举例：**

| 例 1 | |
|---|---|
| MBWR10[2, 0x00, 2, 500, 1] | //将系统#500 的值写入到设备从站 2 的 0x00、0x01 地址 |
| IF[#1!=1] #3000=1(写入失败) | //判断是否写入成功 |

| 例 2 | |
|---|---|
| MBWR10[2, 0x10, 2, 100] | //将系统#100 的值写入到设备从站 2 的 0x10、0x11 地址，若写入失败则会产生报警 |

## 2.12.24 可编程指定点附加螺距补偿(PADJ)

需要软件版支持，版本号：2.80.33+

**指令格式：**

| **PADJ[axiaName, pos, val, dist]** | |
|---|---|
| axiaName | ：从站补偿的轴名称 |
| pos | ：补偿点机床坐标 |
| val | ：补偿值，=0 时关闭该轴补偿 |
| dist | ：补偿距离(无符号)，=0 时关闭该轴补偿 |

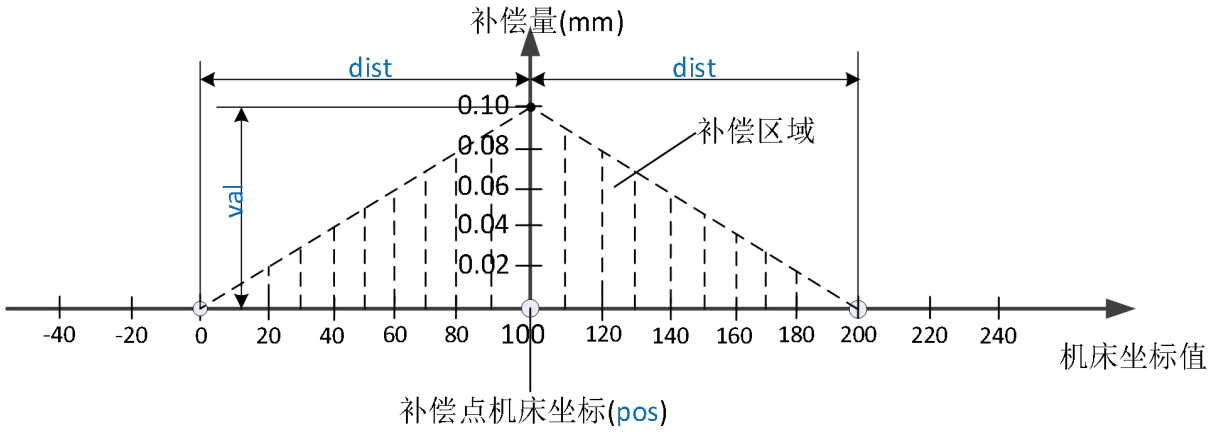
**指令说明：**

通过上述指令，可以动态的设定一个范围内机床坐标的螺距补偿值。

该指令为模态指令，执行后一直生效，但断电重启时会清除补偿值。

**举例：**

执行 PADJ[Z, 100, 0.1, 100]后，系统以机床坐标 Z100 点补偿 0.1mm，Z0~Z200 之间进行线性补偿。（按照 10mm 为 10000 脉冲数进行计算）




| 移动事件 | 机床坐标值 | 电机指令累计脉冲数 | 电机指令累计补偿脉冲数 |
|---|---|---|---|
| G00 Z00 | 0 | 0 | 0 |
| G00 Z10 | 10 | 10000 | 10 |
| G00 Z20 | 20 | 20000 | 20 |
| G00 Z30 | 30 | 30000 | 30 |
| .. | .. | .. | .. |
| G00 Z90 | 90 | 90000 | 90 |
| G00 Z100 | 100 | 100000 | 100(0.1mm) |
| G00 Z110 | 110 | 110000 | 90 |
| G00 Z120 | 120 | 90000 | 80 |
| G00 Z130 | 130 | 80000 | 70 |
| .. | .. | .. | .. |
| G00 Z200 | 200 | 20000 | 0 |

## 2.12.25 固定轴速度 F 指定(FDIR)

需要软件版支持，版本号：2.80.31+

**指令格式：**

**FDIR[axisNum]**

axisNum ：通道内轴号，1~99，指定-1 时恢复 F 原本功能

**指令说明：**

通过上述指令，可以动态的设定切换插补切削进给时的 F 值计算方式，用于特定场合的特殊编程。

**举例：**

| 旋转轴 A 保持固定速度,A 轴在位置为排序为 3(即轴号为 3) | |
|---|---|
| O1000 | |
| G00 Z0 X10 A0 | //定位 |
| FDIR[3] | //开启固定 A 轴速率 F 编程模式 |
| G01 A90 F100 | //A 轴始终以 F100 的速度进行旋转 |
| G01 X5 A180 | |
| G01 X10 A270 | |
| G01 X5 A360 | |
| G00 X20 | |
| FDIR[-1] | //关闭固定 A 轴速率 F 编程模式 |
| M30 | |

**注意：**

该指令在 F 值过高的情况下使用时，指令之间会有突跳，因此推荐使用在 F1000 以下的场合。

# 附录：G 功能指令一览表

| G 代码体系 | 组别 | 功能 |
|---|---|---|
| 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） |
| G04 | 00 | 暂停，准停 |
| G04.1 | | 通道同步 |
| G07.1 | | 圆柱插补 |
| G09 | | 准停定位 |
| G10 | | 可编程参数输入 |
| G10.9 | | 直径/半径指定可编程转换 |
| G15 | 17 | 极坐标指令取消 |
| G16 | | 极坐标指令开始 |
| G12.1 | 21 | 极坐标插补 |
| G13.1 | | 极坐标插补取消 |
| G17 | 02 | Xp Yp 平面选择 |
| G18 | | Zp Xp 平面选择 |
| G19 | | Yp Zp 平面选择 |
| G20 | 06 | 英制数据输入 |
| G21 | | 米制数据输入 |
| G22 | 04 | 储存行程检查功能 ON |
| G23 | | 储存行程检查功能 OFF |
| G28 | 00 | 返回机床零点 |
| G30 | | 返回参考点 |
| G31 | | 跳转功能 |
| G31.8 | | 柔性(EGB)跳转 |
| G33 | 01 | 螺纹切削 |
| 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） |
| G40.1 | 18 | 法线方向控制取消模式 |
| G41.1 | | 法线方向控制左侧 ON |
| G42.1 | | 法线方向控制右侧 ON |
| G43 | 08 | 刀具长度补偿+ |
| G44 | | 刀具长度补偿- |
| G49 | | 刀具长度补偿取消 |
| G50.1 | 22 | 可编程镜像取消 |
| G51.1 | | 可编程镜像 |
| G52 | 00 | 局部坐标系 |
| G53 | | 机床坐标系 |
| G54~G59 | 14 | 工件坐标系 |
| G54.1~G54.99 | | 附加工件坐标系 |
| G61 | 15 | 取消程序段间速度过渡 |
| G64 | | 程序段间速度自动过渡 |
| G65 | 00 | 宏程序调用 |

| | | |
|---|---|---|
| G66 | 12 | 宏模态调用 |
| G67 | | 宏模态调用取消 |
| G68 | 16 | 坐标系旋转开始 |
| G69 | | 坐标系旋转取消 |
| G73 | 00 | 钻深孔循环 |
| G74 | | 左旋攻丝循环 |
| G76 | | 精镗循环 |
| G80 | 00 | 钻孔固定循环取消 |
| G80.4 | 34 | 电子齿轮箱同步取消 |
| G81.4 | | 电子齿轮箱同步开始 |
| G81 | 09 | 钻孔循环、点钻循环 |
| G83/G83.5/G83.6/G83.7 | | 复合钻孔循环 |
| G84/G84.5/G84.7 | | 复合攻丝循环 |
| G85 | | 镗孔循环 |
| G86 | | 镗孔循环 |
| G87 | | 反镗循环 |
| G88 | | 镗孔循环 |
| G89 | | 镗孔循环 |
| G90 | 03 | 绝对指令编程 |
| G91 | | 增量指令编程 |
| G92 | 00 | 坐标系设定 |
| G92.1 | | 设定工作坐标系原点 |
| G94 | 05 | 每分钟进给 |
| G95 | | 每转进给 |
| G96 | 13 | 恒线速度控制 |
| G97 | | 恒线速度控制取消 |
| G98 | 10 | 固定循环初始平面返回 |
| G99 | | 固定循环返回到 R 点平面 |