凯恩帝H系列

车削类数控系统
标准编程手册

北京凯恩帝数控技术有限责任公司

B068B-5401-W54N-0001
© KND CO., LTD.

凯恩帝H系列车削类数控系统 标准编程手册 B068B-5401-W54N-0001

V6.3 2023.12

目录

1 概述 **1**
- 1.1 插补功能 . . . 1
  - 1.1.1 刀具沿着直线运动 . . . 1
  - 1.1.2 刀具沿着圆弧运动 . . . 2
- 1.2 进给功能 . . . 2
- 1.3 加工图纸和刀具的运动 . . . 3
  - 1.3.1 参考点（特定的机械点） . . . 3
  - 1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系 . . . 3
  - 1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令） . . . 5
- 1.4 主轴功能 . . . 7
- 1.5 刀具功能 . . . 8
- 1.6 辅助功能 . . . 8
- 1.7 程序的构成 . . . 9
- 1.8 刀具补偿功能 . . . 10
- 1.9 行程 . . . 11

2 准备功能（G 功能） **13**
- 2.1 G 代码列表 . . . 13
- 2.2 相关参数 . . . 16

3 控制轴 **17**
- 3.1 轴名称 . . . 17
- 3.2 轴类型 . . . 17
  - 3.2.1 直线轴和旋转轴的合成运动 . . . 18
- 3.3 单位 . . . 19
- 3.4 最大行程 . . . 20

4 插补功能 **23**
- 4.1 定位（G00） . . . 23
- 4.2 直线插补（G01） . . . 24
- 4.3 圆弧插补（G02，G03） . . . 25
- 4.4 延时运动功能（NT） . . . 28
- 4.5 螺旋线插补（G02，G03） . . . 29
- 4.6 极坐标插补（G12.1，G13.1） . . . 30
- 4.7 圆柱插补（G07.1） . . . 32
- 4.8 等螺距螺纹切削（G32） . . . 35
- 4.9 变螺距螺纹切削（G34） . . . 40
- 4.10 数字主轴螺纹插补（G07.2） . . . 41
- 4.11 数字主轴螺纹切削循环（G78.1） . . . 43
- 4.12 抛物线插补（G172） . . . 48
- 4.13 椭圆插补（G162、G163） . . . 49

5 进给功能 **51**
- 5.1 进给功能 . . . 51

5.1.1 快速进给 . . . 51
5.2 切削进给 . . . 51
5.2.1 每分进给（G98） . . . 51
5.2.2 每转进给（G99） . . . 52
5.2.3 输入单位与输出范围 . . . 52
5.3 高速高精控制（G05） . . . 53
5.4 暂停（G04） . . . 57

6 参考点 59
6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29） . . . 59
6.2 自动返回第 2、第 3 参考点（G30） . . . 61
6.3 返回参考点检查（G27） . . . 61

7 坐标系 63
7.1 坐标系 . . . 63
7.1.1 机床坐标系 . . . 63
7.2 工件坐标系（G50） . . . 65
7.2.1 工件坐标系的设定 . . . 65
7.2.2 工件坐标系的移动或变更 . . . 68
7.3 附加工件坐标系（G54 Pn） . . . 69
7.4 局部坐标系（G52） . . . 69
7.5 笛卡尔坐标轴设定（G54.9） . . . 70
7.6 平面选择（G17，G18，G19） . . . 72

8 坐标值和尺寸 75
8.1 坐标值和尺寸 . . . 75
8.1.1 绝对指令和增量指令（G90，G91） . . . 75
8.2 极坐标指令（G15，G16） . . . 76
8.3 变换中特定回零功能 . . . 78
8.4 英制与公制的转换（G20，G21） . . . 79
8.5 小数点编程 . . . 80
8.6 直径和半径编程 . . . 81
8.6.1 直径指定和半径指定 . . . 81
8.6.2 直径和半径可编程切换（G10.9） . . . 82

9 测量机能 83
9.1 测量机能 . . . 83
9.1.1 跳跃机能（G31） . . . 83
9.2 多级跳跃机能 . . . 85
9.2.1 G31 多级跳转功能 . . . 86
9.2.2 G04 多级跳转功能 . . . 86
9.3 转矩限制跳转功能 . . . 87
9.4 自动刀具测量补偿（G36，G37） . . . 88

10 主轴功能 91
10.1 主轴功能 . . . 91
10.1.1 速度控制 . . . 91
10.2 恒线速控制（G96，G97） . . . 93
10.3 轮廓控制 . . . 96
10.3.1 进入及退出轮廓控制 . . . 96
10.3.2 主轴夹紧、松开控制 . . . 96
10.3.3 主轴定向 . . . 97
10.4 主轴扩展定向 . . . 98
10.5 多主轴控制 . . . 98
10.5.1 主轴控制 M 代码 . . . 98
10.5.2 速度指令 . . . 98
10.5.3 当前主轴 . . . 98
10.6 自定义主轴 M 代码 . . . 99
10.7 主轴比例控制（SPRC） . . . 100

10.7.1 格式及说明 . . . 100
10.7.2 应用举例 . . . 104
10.8 主轴换挡 . . . 106
10.8.1 自动换挡 . . . 106
10.8.2 手动换挡 . . . 107

11 刀具功能（T 功能） 109

12 辅助功能（M 功能） 111
12.1 辅助功能（M 功能） . . . 111
12.1.1 辅助功能代码 . . . 111
12.2 程序控制相关 M 代码 . . . 111
12.3 机床控制相关 M 代码 . . . 113
12.4 用户自定义输入/输出（M983） . . . 114
12.5 主轴卡盘控制 . . . 116
12.6 台尾设置 . . . 116

13 程序的构成 119
13.1 程序 . . . 119
13.1.1 主程序和子程序 . . . 119
13.1.2 程序号 (程序名称) . . . 123
13.1.3 顺序号和程序段 . . . 123
13.1.4 跳过任选程序段 . . . 124
13.1.5 注释节 . . . 124
13.1.6 字和地址 . . . 124
13.1.7 基本地址和指令值范围 . . . 125
13.2 程序结束 . . . 126
13.3 文件结束 . . . 126

14 简化编程 127
14.1 钻孔固定循环 . . . 127
14.1.1 概述 . . . 127
14.1.2 高速深孔加工循环（G83.5） . . . 132
14.1.3 反攻丝循环（G84.5） . . . 134
14.1.4 精镗循环（G86.5） . . . 134
14.1.5 钻孔循环、点钻循环（G81） . . . 136
14.1.6 钻孔循环、镗阶梯孔循环（G82） . . . 138
14.1.7 深孔加工循环（G83） . . . 139
14.1.8 攻丝循环（G84） . . . 141
14.1.9 镗削循环（G85） . . . 141
14.1.10 镗削循环（G86） . . . 142
14.1.11 镗削循环、反镗循环（G87） . . . 144
14.1.12 镗孔循环（G88） . . . 146
14.1.13 镗孔循环（G89） . . . 148
14.1.14 固定循环取消（G80） . . . 149
14.1.15 钻孔固定循环实例（使用刀具长度补偿） . . . 149
14.2 攻丝固定循环 . . . 153
14.2.1 模拟主轴攻丝（G93） . . . 153
14.2.2 数字主轴刚性攻丝概述 . . . 154
14.2.3 刚性攻丝（G84） . . . 154
14.2.4 左旋刚性攻丝（G84.5） . . . 156
14.2.5 深孔刚性攻丝（排屑）循环（G84、G84.5） . . . 157
14.3 单一型固定循环 . . . 159
14.3.1 单一型固定循环 G 代码 . . . 159
14.3.2 外圆/内圆车削循环（G90） . . . 159
14.3.3 螺纹切削循环（G92） . . . 162
14.3.4 端面车削循环（G94） . . . 165
14.3.5 端面插槽循环（G174） . . . 168
14.3.6 单一型固定循环的使用方法 . . . 168

14.4 复合型车削固定循环（G70~G76） . . . 171
14.4.1 概述 . . . 171
14.4.2 外圆粗车循环（G71） . . . 171
14.4.3 端面粗车循环（G72） . . . 176
14.4.4 封闭切削循环（G73） . . . 178
14.4.5 精加工循环（G70） . . . 180
14.4.6 端面深孔加工循环（G74） . . . 183
14.4.7 外圆、内圆切槽循环（G75） . . . 185
14.4.8 复合型螺纹切削循环（G76） . . . 187
14.4.9 复合型固定循环（G70~G76）的注意事项 . . . 193
14.5 倒角和倒圆编程 . . . 194
14.6 直线角度编程功能 . . . 197
14.7 刀具 X 轴镜像（G68、G69） . . . 199

15 断屑功能 **201**

16 补偿功能 **203**
16.1 刀具长度补偿 . . . 203
16.2 刀尖半径补偿（G40~G42） . . . 207
16.2.1 概要 . . . 207
16.2.2 假想刀尖 . . . 207
16.2.3 补偿指令 . . . 211
16.2.4 刀尖半径补偿的注意事项 . . . 215
16.3 补偿量的程序输入功能（G10） . . . 216

第1章　概述

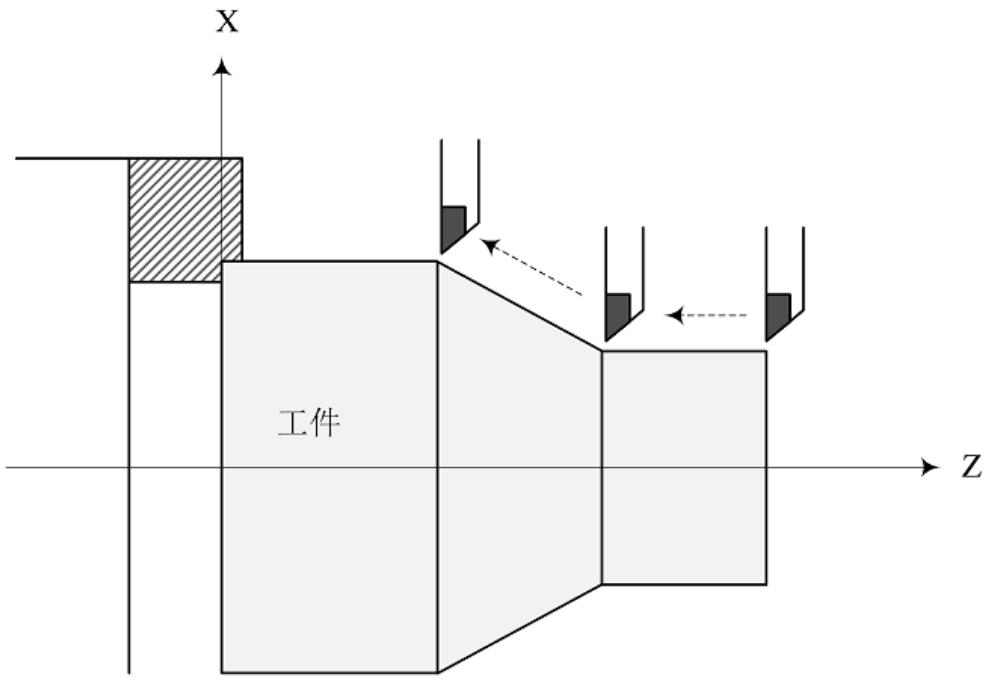
1.1 插补功能

“刀具沿着构成工件的直线和圆弧运动。”

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

解释

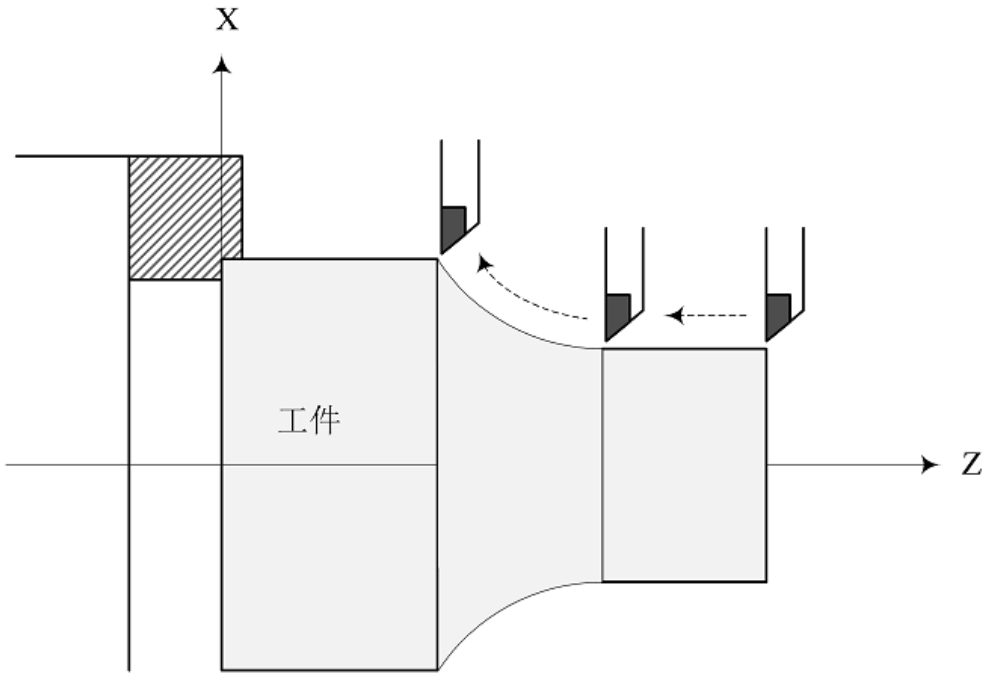
1.1.1 刀具沿着直线运动



指令程序:

```
G01 Z_ F100;
X_ Z_ ;
```

1.1.2 刀具沿着圆弧运动



指令程序:

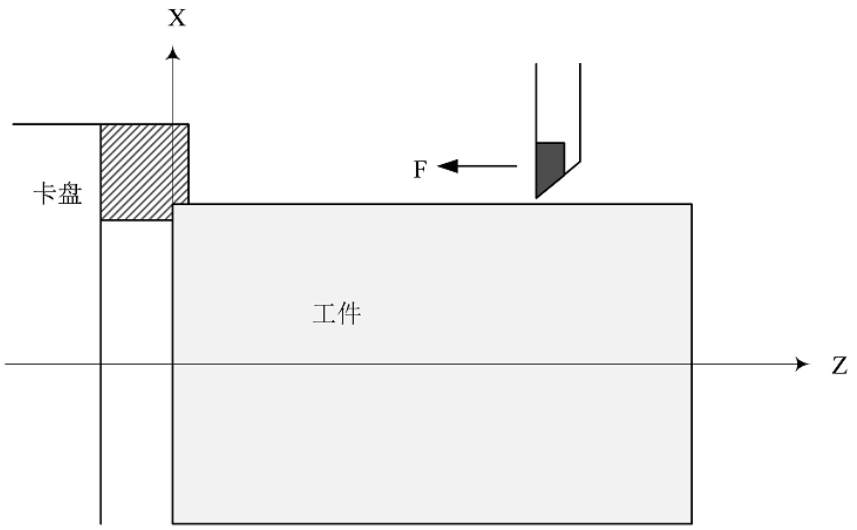
```
G02 X_ Z_ R_ F100;
或
G03 X_ Z_ R_ F100;
```

把刀具沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。
编程指令 G01、G02、G03 等称为准备功能，用于指示数控装置进行何种插补。

1.2 进给功能

为了切削零件，用指定的速度使刀具运动称为进给。

解释



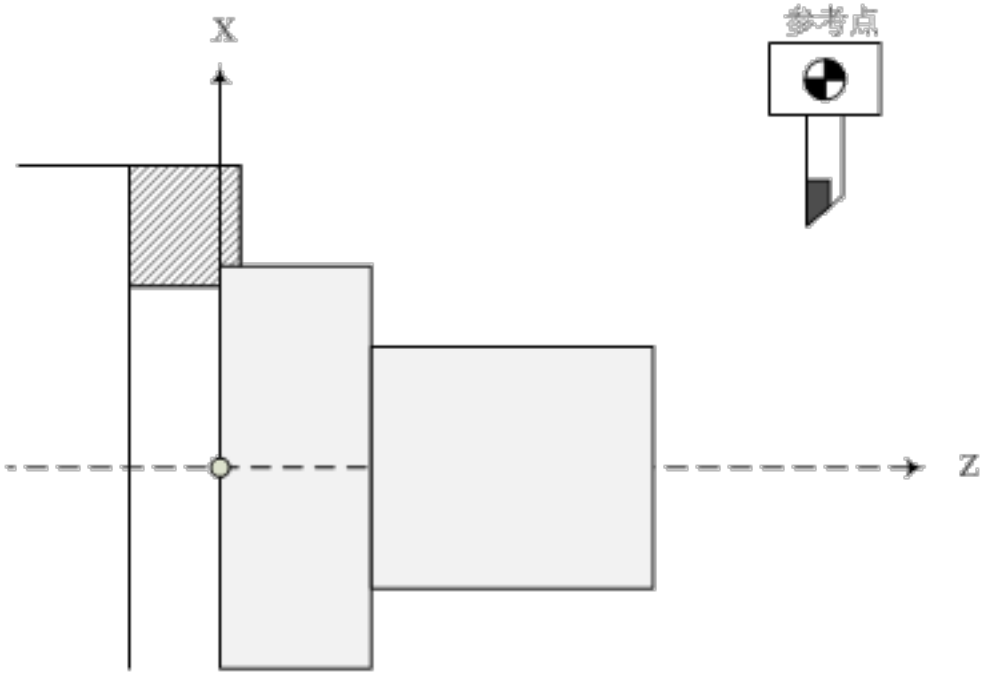
进给速度可用数值指令。例如，让刀具以 150mm/min 进给时，程序指令为：F150.0。
决定进给速度的功能称为进给功能。

1.3 加工图纸和刀具的运动

1.3.1 参考点（特定的机械点）

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

这个位置称为参考点。



解释

要使刀具移动到参考点，有下面两种方式：

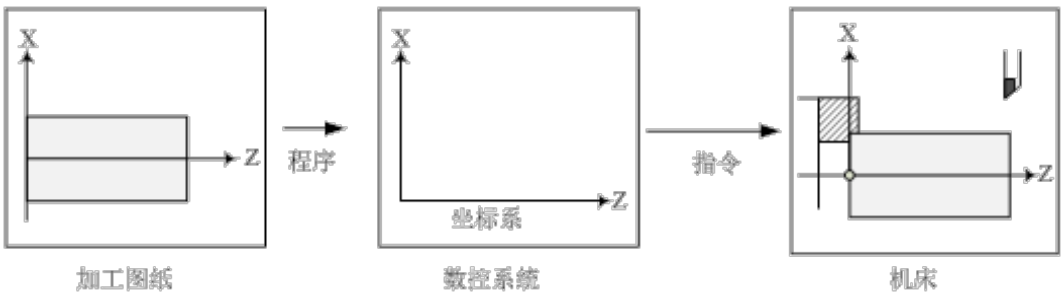
1. 手动返回参考点

通过手动方式按照操作返回参考点。

2. 自动返回参考点

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

1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系



解释

- 坐标系

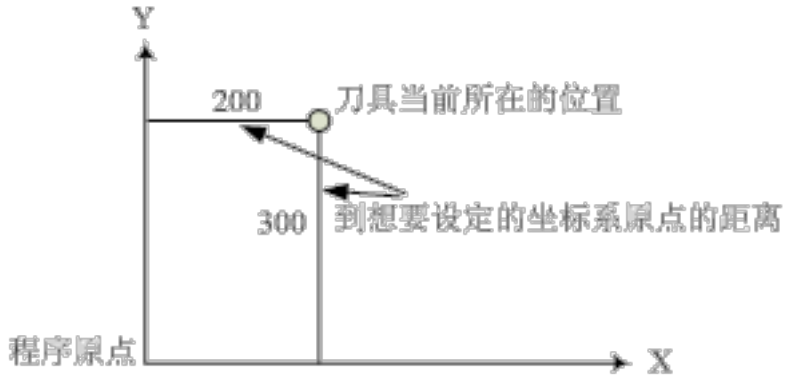
  坐标系根据设定的地方不同，有下面两种：

1. 加工图纸上的坐标系

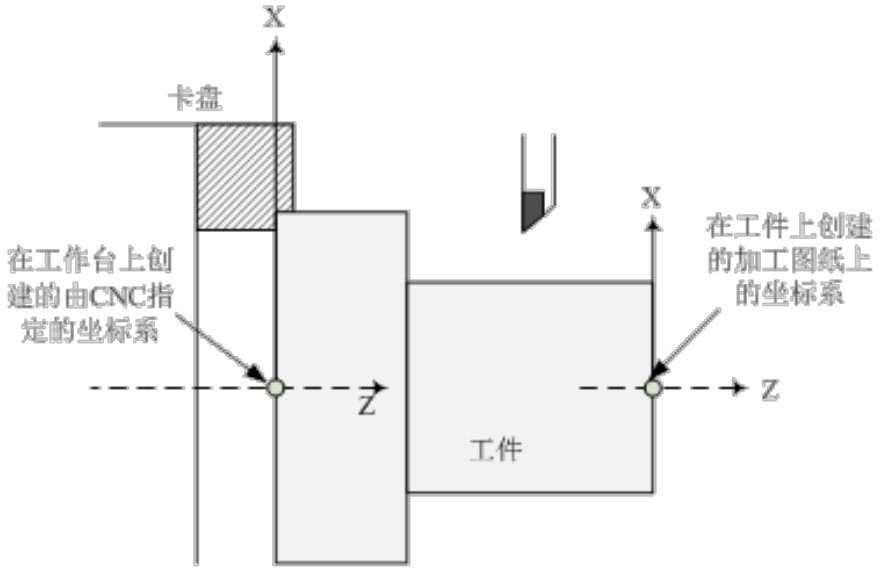
   这个坐标系画在加工图纸上，程序中的数据使用这个坐标系的坐标值。

2. CNC 指令的坐标系

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



工件一装在工作台上，就产生了这两个坐标系的相对关系。

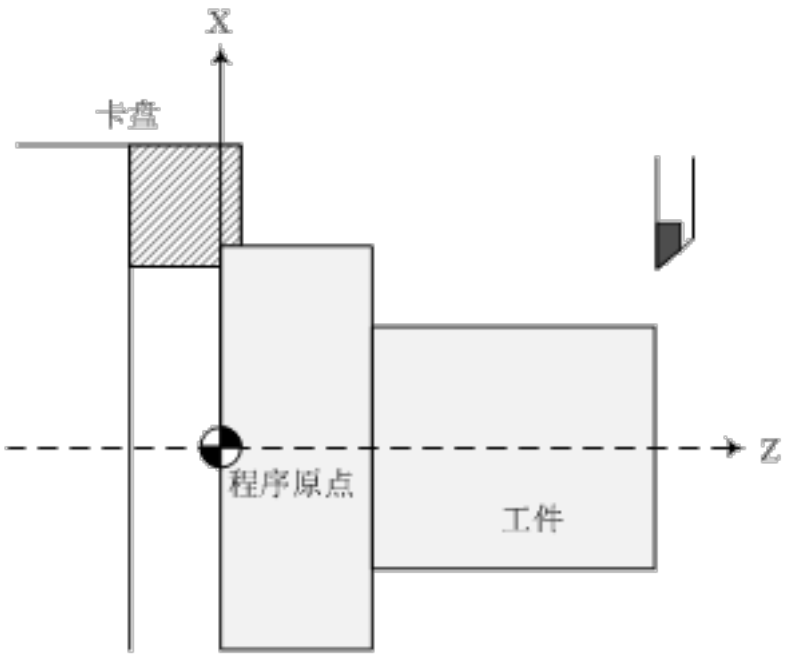


刀具在 CNC 指令的坐标系上，按照加工图纸上坐标系的指令程序把工件切削成图纸上的形状。
因此，要把零件正确地加工出图纸所示的形状，必须把这两个坐标系确定在同一位置上。

- 将两个坐标系设定在相同位置的方法

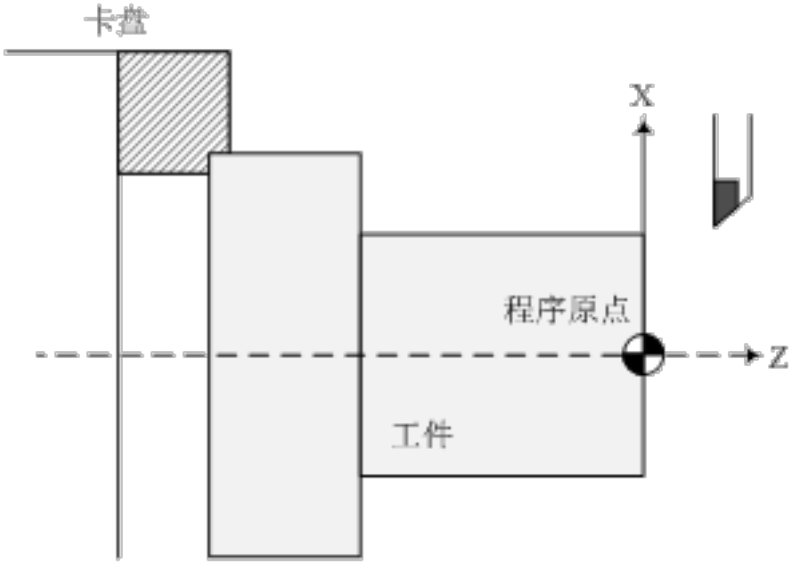
  对于如何确定这两个坐标系在同一位置，可根据零件的形状、加工数量等采用不同的方法。

  1. 把坐标系原点设在卡盘面上



加工图纸上的坐标系和由 CNC 指定的坐标系一致时，可以在卡盘面上设定程序原点。

2. 把坐标系原点设在零件端面上



加工图纸上的坐标系和由 CNC 指定的坐标系一致时，可以在工件端面上设定程序原点。

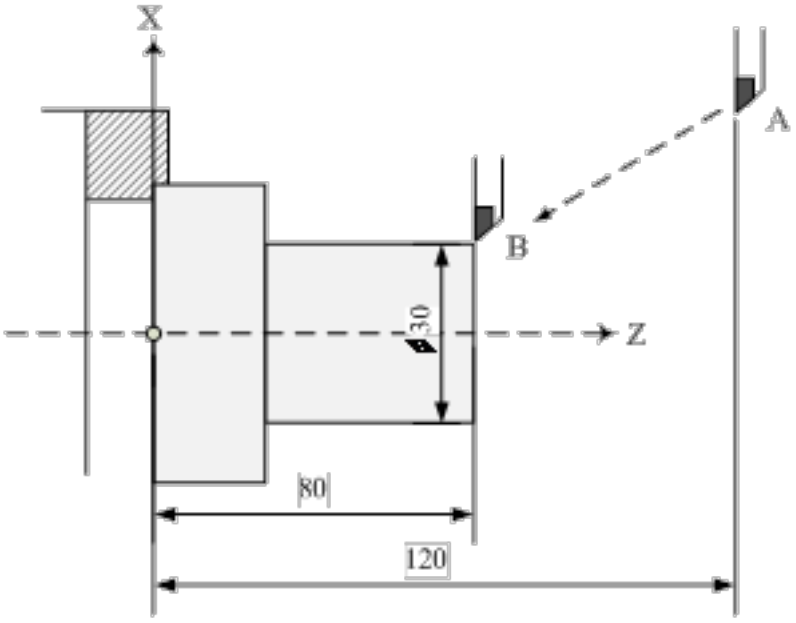
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令）

刀具运动指令的坐标值有绝对值和增量值两种。

解释

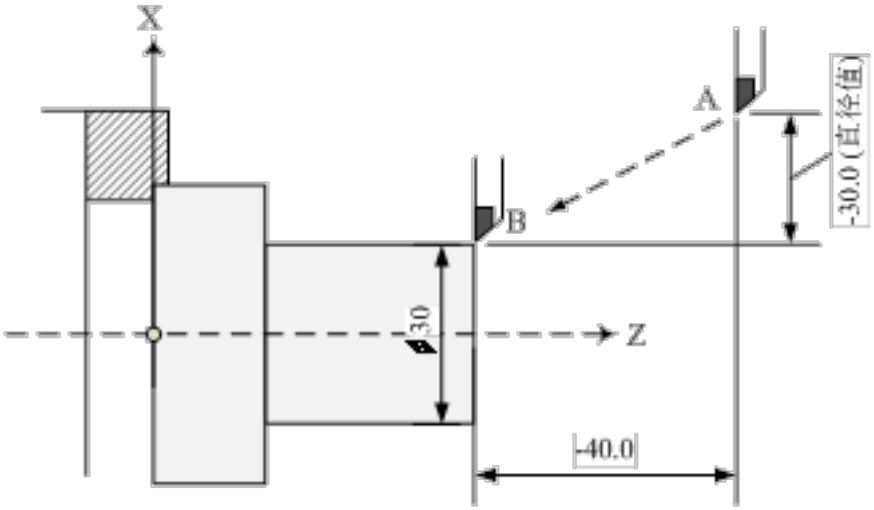
- 绝对指令

  指定“自坐标系原点的距离”，即以坐标值指定刀具的移动位置。



- 增量指令

  指定刀具由上一位置到下一位置的距离。

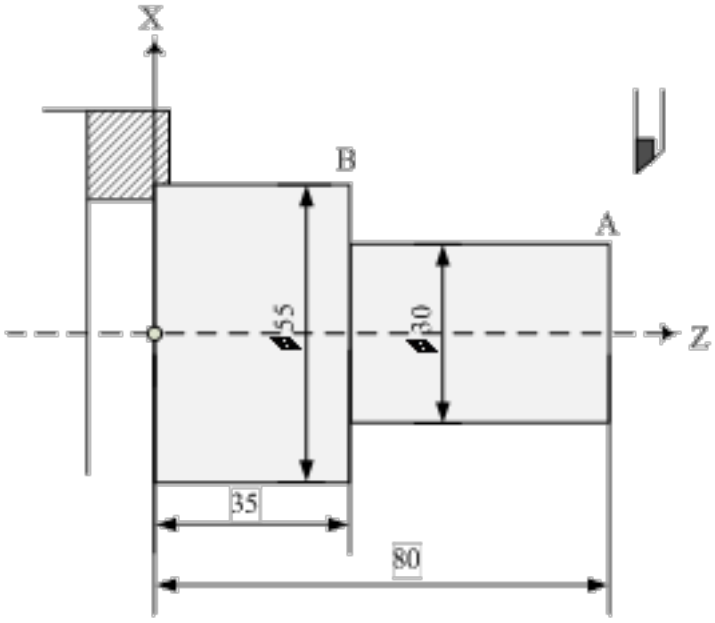


- 直径指定和半径指定

  指令 X 轴尺寸时，可以用直径值或半径值。

直径指定

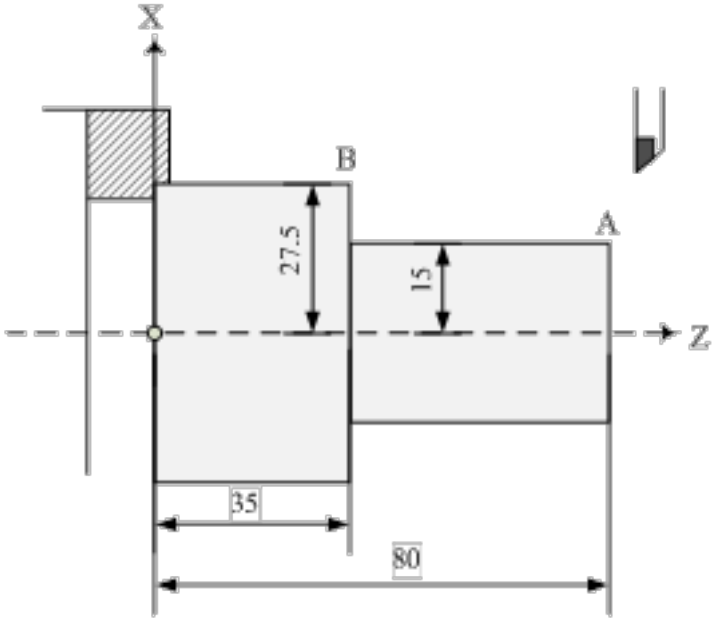
直径指定时，X 轴的值就是图纸上给出的直径值。



A、B 点的坐标值分别为：A（30.0，80.0）、B（55.0，35.0）。

半径指定

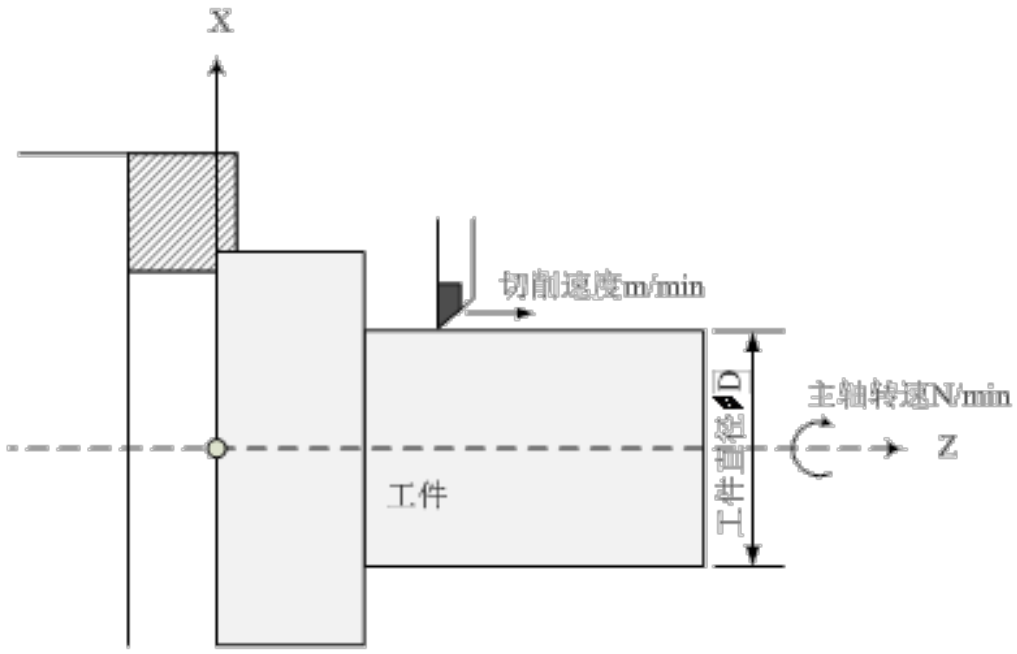
半径指定时，X 轴的坐标值是离开零件中心的距离，即指令半径值。



A、B 点的坐标值分别为：A（15.0、80.0）、B（27.5、35.0）。

1.4 主轴功能

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



工件直径为 100 毫米，切削速度用 80 米/分加工时，根据主轴转速 N=1000V/πD 的关系，主轴转速约 250RPM，指令为：S250

把有关主轴转速的指令称为主轴功能。

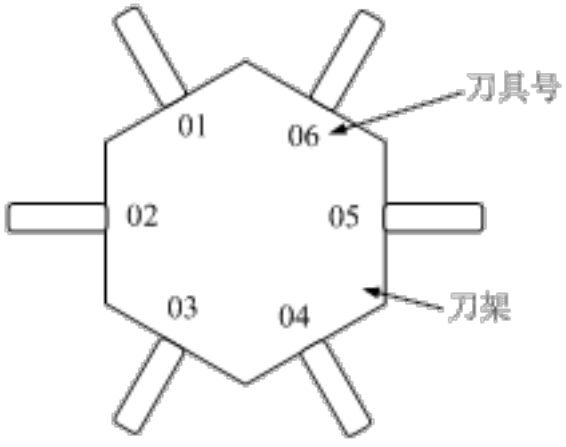
当选择了恒线速度控制功能时，指定切削速度 V（米/分），即使在工件直径不断变化的锥面切削中，主轴速度不断改变，从而保持切削线速度不变。

1.5 刀具功能

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

给每个刀具赋予一个编号，通过程序指定该编号，即可选择相应的刀具。

举例

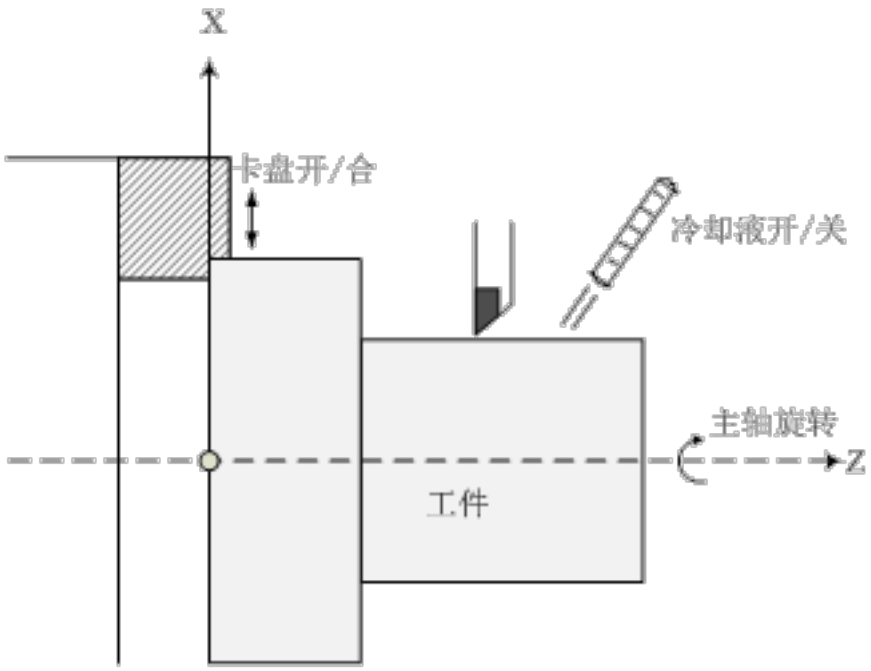


某粗车用刀具号为 01 号，在刀库 01 号的位置上，通过指令：T0101 就可以选择该刀具。

把这个功能称为刀具功能。

1.6 辅助功能

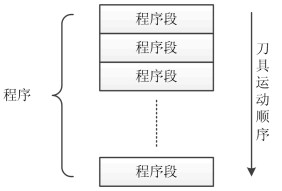
刀具开始加工工件时，要使主轴回转，供给冷却液，关闭卡盘，为此必须控制机床主轴电机和冷却油泵的开/关、卡盘的开合。



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

1.7 程序的构成

为操作机床而给 CNC 发出的一组指令，称为程序。
在发出指令后，使刀具沿直线或圆弧移动，或使主轴电机开始或停止旋转。
在程序中，是按刀具的实际移动顺序发出指令的。



每一顺序的指令组，称为程序段。
对一个加工系列，整个程序由多个程序段组成。
识别各个程序段的号码称为顺序号，而识别各个程序的号码称为程序号。(参见程序的构成)

解释

- 程序段

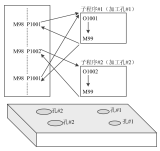
  N**** G** X**.* Y**.* M** S**** T**** ;
  N：顺序号
  G：准备功能
  X、Y：运动尺寸
  M：辅助功能
  S：主轴功能
  T：刀具功能
  分号（;）：程序段结束
  一个程序段的开头是表示 CNC 运动顺序的顺序号，末尾是表示这个程序段结束的分号(;)。

- 程序

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

- 主程序和子程序

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

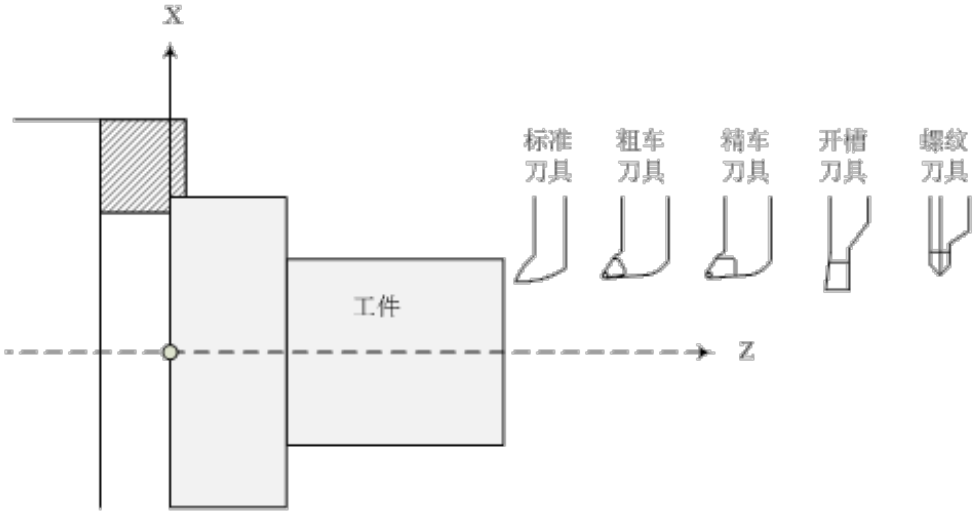


1.8 刀具补偿功能

解释

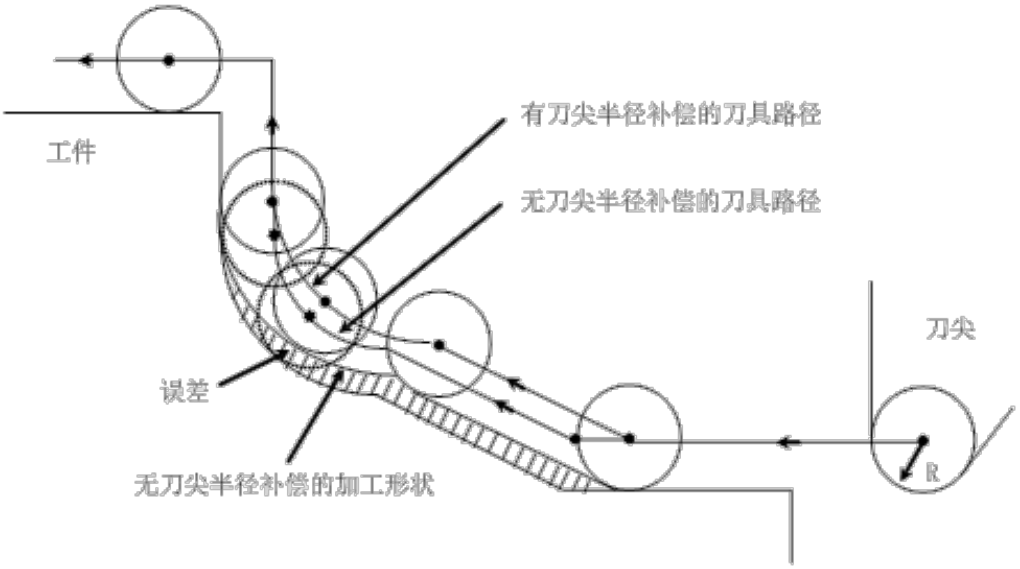
- 刀具长度补偿功能

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



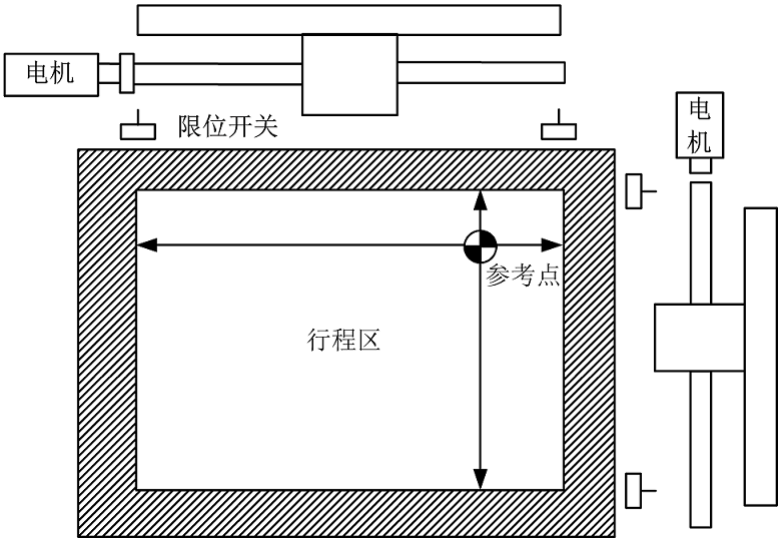
- 刀尖半径补偿功能

  由于实际刀尖都是圆形的，并不是假想刀尖那样的理想尖角，因此只用刀具长度补偿功能进行圆弧切削和锥度切削时，很难达到精度上的要求。事先把刀尖半径存在系统中，刀具就能沿着正确的轨迹运动。这个功能称为刀尖半径补偿功能。(参见补偿功能)



1.9 行程

机床上每个轴的端点都装有限制开关，以防止刀具移动超出端点。
刀具可以移动的范围称为行程。



第 2 章　准备功能（G 功能）

准备功能由 G 代码（G 地址及其后数值）表示，规定其所在的程序段的意义。

格式

格式 1：Gxxxx

4 位数 G 代码

格式 2：Gab.c

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

备注： 1 自定义 G 代码范围为 G0~G9999，但是 G999 以后 G 代码无法用格式 2 表示。

2 G 代码中开头的零可以省略。

如：G03 可写为 G3，G03.2 可写为 G3.2，G0100 可写为 G100 等。但 G00 最多略写为 G0。

类型

类型 1：非模态 G 代码

只在被指令的程序段有效

类型 2：模态 G 代码

在同组其它 G 代码指令前一直有效

例

G00 和 G01 为同组模态 G 代码。

加工程序如下:

```
G00 X\_\_ ;      (G00有效)
Z\_\_ ;  (G00有效)
G01 X\_\_ ;      (G01有效)
Z\_\_ ;  (G01有效)
```

2.1 G 代码列表

参数 GSP（P1.6）	G 代码体系
0	G 代码体系 A
1	G 代码体系 B

A 体系	B 体系	组别	功能
G04	G04	00	暂停，准停
G104(G04.1)	G104(G04.1)		通道等待命令

续下页

表 1 - 接上页

A 体系	B 体系	组别	功能
G204(G04.2)	G204(G04.2)		等待 PEXC 通道结束命令
G10	G10		可编程数据输入
G27	G27		返回参考点检查
G28	G28		返回参考点
G29	G29		从参考点返回
G30	G30		返回第 2 第 3 参考点
G31	G31		跳跃机能
G36	G36		各轴自动刀偏设定
G37	G37		各轴自动刀偏设定
G39	G39		拐角偏移圆弧插补
G50	G92		工件坐标系设定/主轴最高转速钳制
G52	G52		局部坐标系设定
G53	G53		机床坐标系定位
G153(G53.1)	G153(G53.1)		机床坐标系定位（快速移动）
G154(G54.1)	G154(G54.1)		轴地址替换
G65	G65		宏程序调用命令
G70	G70		精加工循环
G71	G71		外圆粗车循环
G72	G72		端面粗车循环
G73	G73		封闭切削循环
G74	G74		端面深孔加工循环
G75	G75		外圆、内圆切槽循环
G76	G76		复合形螺纹切削循环
G910(G10.9)	G910(G10.9)		直径半径可编程切换
G954(G54.9)	G954(G54.9)		笛卡儿坐标系坐标轴设定
G107(G07.1)	G107(G07.1)		圆柱插补
G05	G05		高速高精控制指令
G07	G07		假想轴插补
G207(G07.2)	G207(G07.2)		数字主轴螺纹插补
G351(G51.3)	G351(G51.3)		启动 RC 控制器
G350(G50.3)	G350(G50.3)		停止 RC 控制器
G251(G51.2)	G251(G51.2)		停止 SPRC 控制器
G250(G50.2)	G250(G50.2)		停止 SPRC 控制器
G307(G07.3)	G307(G07.3)		主插补轴命令
G65.1	G65.1		指令数据输出
★G00	★G00	01	定位（快速移动）
G01	G01		直线插补（切削进给）
G02	G02		圆弧插补 CW（顺时针）
G03	G03		圆弧插补 CCW（逆时针）
G02.1	G02.1		空间三点圆弧插补
G02.2	G02.2		平面等速螺线插补 CW（顺时针）
G03.2	G03.2		平面等速螺线插补 CCW（逆时针）
G02.3	G02.3		空间等速螺线插补 CW（顺时针）
G03.3	G03.3		空间等速螺线插补 CCW（逆时针）
G02.4	G02.4		平面等角螺线插补 CW（顺时针）
G03.4	G03.4		平面等角螺线插补 CCW（逆时针）
G02.5	G02.5		空间等角螺线插补 CW（顺时针）
G03.5	G03.5		空间等角螺线插补 CCW（逆时针）
G32	G32		螺纹切削
G34	G34		变螺距螺纹切削
G90	G77		外圆, 内圆车削循环
G92	G78		螺纹切削循环
G93	G93		攻丝固定循环
G94	G79		端面切削循环
G174(G74.1)	G174(G74.1)		端向插槽循环

续下页

表 1 - 接上页

A 体系	B 体系	组别	功能
G178(G78.1)	G178(G78.1)		数字主轴螺纹切削循环
G17	G17	02	XY 平面选择
★G18	★G18		ZX 平面选择
G19	G19		YZ 平面选择
—	★G90	03	绝对值编程
—	G91		增量值编程
★G98.1	★G98	04	在固定循环中返回初始平面
G99.1	G99		在固定循环中返回 R 点平面
★G54	★G54	05	工件坐标系 1
G55	G55		工件坐标系 2
G56	G56		工件坐标系 3
G57	G57		工件坐标系 4
G58	G58		工件坐标系 5
G59	G59		工件坐标系 6
G20	G20	06	英制数据输入
G21	G21		公制数据输入
★G40	★G40	07	刀尖半径补偿取消
G41	G41		刀尖半径补偿（左）
G42	G42		刀尖半径补偿（右）
★G80	★G80	09	固定循环注销
G81	G81		钻孔循环（点钻循环）
G82	G82		钻孔循环（镗阶梯孔循环）
G83	G83		深孔钻循环
G84	G84		攻丝循环
G85	G85		镗孔循环
G86	G86		钻孔循环
G87	G87		反膛循环
G88	G88		镗孔循环
G89	G89		镗孔循环
G83.5	G83.5		高速深孔加工循环
G84.5	G84.5		左旋刚性（反）攻丝循环
G86.5	G86.5		精镗循环
★G98	★G94	10	每分进给
G99	G95		每转进给
★G15	★G15	11	极坐标指令注销
G16	G16		极坐标指令指定
—	★G50	12	比例缩放取消
—	G51		比例缩放开始
G168(G68.1)	G168(G68.1)	13	坐标旋转开始
★G169(G69.1)	★G169(G69.1)		坐标旋转取消
G96	G96	14	恒线速 ON
★G97	★G97		恒线速 OFF
G68	G68	15	X 轴镜像 ON
★G69	★G69		X 轴镜像 OFF
★G113(G13.1)	★G113(G13.1)	16	极坐标插补取消
G112(G12.1)	G112(G12.1)		极坐标插补开始

备注:

1. 带 ★ 记号的 G 代码为系统默认 G 代码，系统启动时，同组模态 G 代码处于默认状态。
2. 未处于上电默认状态的 G 代码采用青色显示。
3. 01 组 G 代码 G00、G01 需要通过参数“G01”（P2500.7）来选择哪个作为默认 G 代码。参数“RSTG01”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，可恢复为“G01”参数设置的默认 G 代码。

4. 10 组 G 代码 A 体系 G98、G99，B 体系 G94、G95 需要通过参数“FPT”（P2500.1）来选择哪个作为默认 G 代码。参数“RSTFPT”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，可恢复为“FPT”参数设置的默认 G 代码。
5. 参数“RSTG40”有效时，非录入方式下进行“复位”操作，恢复“G40”指令模态，取消刀尖半径补偿。
6. 06 组 G 代码中 G20、G21 的开机状态与系统关机前保持一致。
7. 00 组的 G 代码是非模态 G 代码，只在当前程序段有效。
8. 如果使用了 G 代码列表中未列出或未使能的 G 代码，则出现报警（PS1205）。
9. 在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码。如果在同一个程序段中指令了多个同组 G 代码，则发出报警（PS1215）。
10. 在固定循环（09 组 G 代码）中，如果指令了 01 组的 G 代码，固定循环则自动被取消，变成 G80 状态。但 01 组的 G 代码不受固定循环 G 代码的影响。
11. G 代码体系 A 中绝对编程和增量编程方式不是由 G90 和 G91 区分，而是由地址符区分。
12. G 代码体系 A 没有比例缩放功能。
13. G65.1 为 PLC 轴功能。

2.2 相关参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2500		G01						FPT	

[数据类型] 位型

7 G01 加电时为 G00/G01

0：G00

1：G01

1 FPT 上电时为每分进给或每转进给

0：每分进给

1：每转进给

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2502							RSTFPT	RSTG40	RSTG01

[数据类型] 位型

2 RSTFPT 复位恢复为 FPT 参数设置（录入方式参数无效）

0：不恢复

1：恢复

1 RSTG40 复位恢复为 G40（录入方式参数无效）

0：不恢复

1：恢复

0 RSTG01 复位恢复为 G01 参数设置（录入方式参数无效）

0：不恢复

1：恢复

第3章　控制轴

3.1 轴名称

赋给机床移动轴的名称，叫做轴名称。

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

3.2 轴类型

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

解释

- A 类旋转轴

  绝对坐标不受任何限制，机床坐标被限制在 0~360 度之间。

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

- B 类旋转轴

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

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

- C 类旋转轴

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

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

- D 类旋转轴

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

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

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

3.2.1 直线轴和旋转轴的合成运动

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

备注:

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

解释

下面以有旋转轴速度、加速度单位缩放机能的情况描述插补计算的过程。

- 名义移动量

  直线轴名义移动量 = 直线轴实际移动量

  旋转轴名义移动量 = 旋转轴实际移动量 * P416 / 36

备注:

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

- 名义长度

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

直线插补时的速度和加速度

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

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

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

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

备注:

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

- 举例

加工程序
G01 W50. H50. F57.198 ; W 为直线轴 Z 的相对地址，H 为旋转轴 C 的相对地址。
分速度计算
设 RAUM=0，P1130-4=20，P1131-4=1(注：减速比 1: 20)
Z 轴名义移动量 =50.0
C 轴名义移动量 =C 轴电机移动量/36=50.0*20/36=27.778(20 为减速比)

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

Z 轴分速度 =50.0/57.198*57.198=50.000[mm/min]
C 轴分速度 =50.0/57.198*57.198=50.000[度/min]

3.3 单位

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

1. 最小输入单位

也称最小设定单位或最小编程单位，指的是编程时移动量的最小单位，或绝对坐标的最小单位。以表示。

2. 最小输出单位

也称最小机床单位，指的是机床坐标的最小单位。以表示。

3. 最小移动单位

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

4. 最小插补单位

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

解释

- 直线轴的最小单位

  直线轴的最小输入单位包括公制和英制两种，由 G 代码（G20/G21）选择或通过设置页面选择。而最小输出单位和最小移动单位的公英制选择由参数 SCW（P400.3）控制。
  直线轴小数位数由参数“直线轴小数位数”（P0042）设定。参数设置可参照下表。

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

- 旋转轴的最小单位

  旋转轴的单位没有公英制之分，默认情况下单位是度（deg）。
  旋转轴小数位数由参数“旋转轴小数位数”（P0045）设定。参数设置可参照下表:

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

- 暂停最小单位

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

备注:

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

3.4 最大行程

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

解释

机床各控制轴的最大行程由“允许数据位数”和最小输出单位决定。如下表所示。

允许数据位数	最大行程
9	最小输出单位×±999999999

备注:

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

第 4 章　插补功能

4.1 定位（G00）

用 G00 定位，刀具以快速移动速度移动到由 IP 指定的位置。

格式

G00 IP__ ;

IP：X、Z、U、W 等，表示任意轴的组合。对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。
分号 “;”：表示程序段结束。

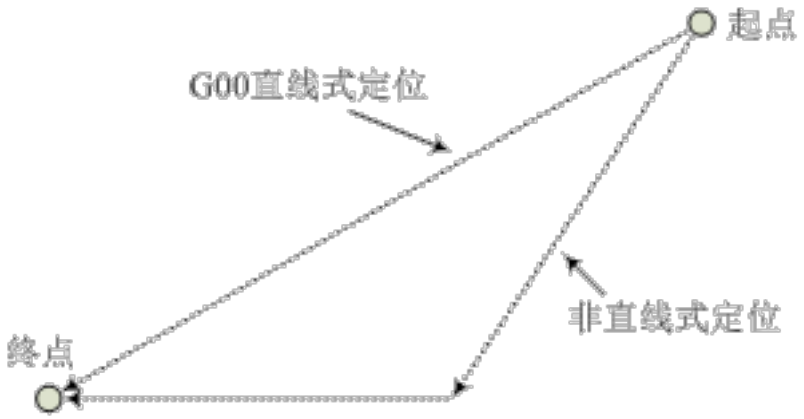
解释

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

G00 定位方式可由参数 “LRP”（P0004.1）选择：

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

G00 定位示意图如下：



限制

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

4. 以下情况中的定位自动使用直线插补定位，与 LRP 的设定无关。
5. 其余情况的定位与 LRP 设定有关，主要包括：
   - G00 指令（前一段不是螺纹指令）
   - G27~G30 指令
   - G53 指令

4.2 直线插补（G01）

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

格式

G01 IP__ F__ ;

IP：对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。
F：刀具的进给速度。

解释

F 指定的进给速度，在指定新值前总是有效，因此不需对每个程序段一一指定。

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

沿各轴方向的速度如下：

G01 Xα Zγ Ff ;
X 轴方向的速度：

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

Z 轴方向的速度：

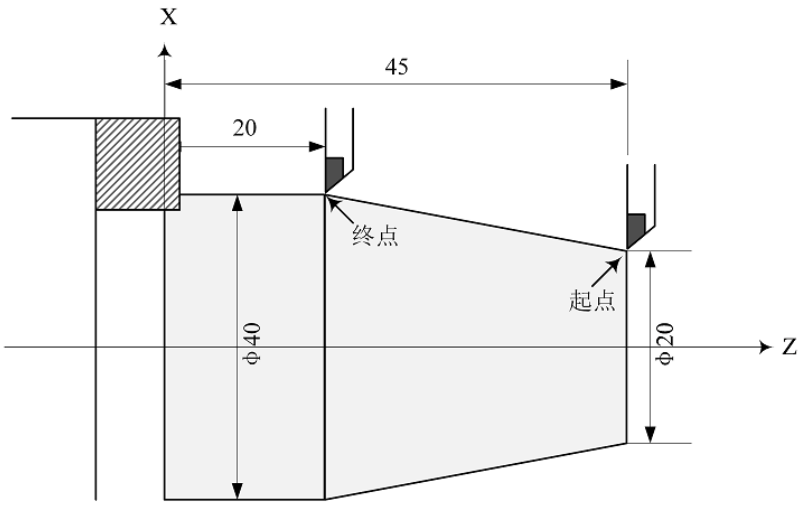
$$F_Z = \frac{\gamma}{L} \times f$$

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

举例

- 直线轴插补

  直径编程条件下的直线插补：
  G01 X40.0 Z20.0 F200. ; 绝对方式
  或
  G01 U20.0 W-25.0 F200. ; 增量方式



4.3 圆弧插补（G02，G03）

在指定平面上，使刀具沿着圆弧进行切削运动。

格式

XY 平面的圆弧

$$G17 \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Xp_\ Yp_ \begin{Bmatrix} R_ \\ I_\ J_ \end{Bmatrix} NIP_\ F_;$$

ZX 平面的圆弧

$$G18 \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Zp_\ Xp_ \begin{Bmatrix} R_ \\ K_\ I_ \end{Bmatrix} NIP_\ P_\ F_;$$

YZ 平面的圆弧

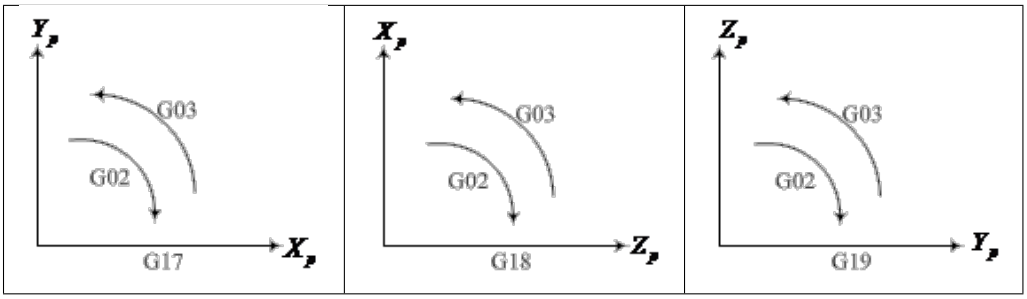
$$G19 \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Yp_\ Zp_ \begin{Bmatrix} R_ \\ J_\ K_ \end{Bmatrix} NIP_\ P_\ F_;$$

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

解释

- 圆弧插补的方向

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

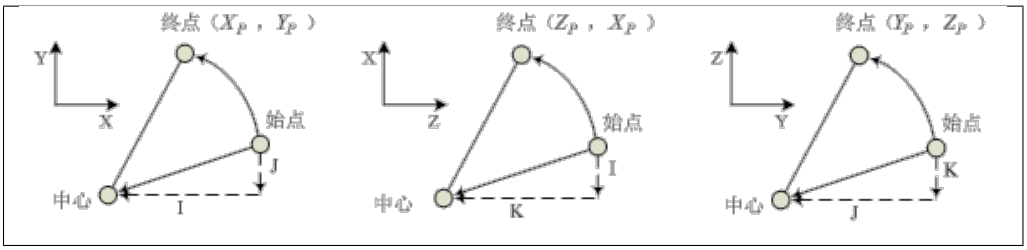


- 圆弧上的移动量

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

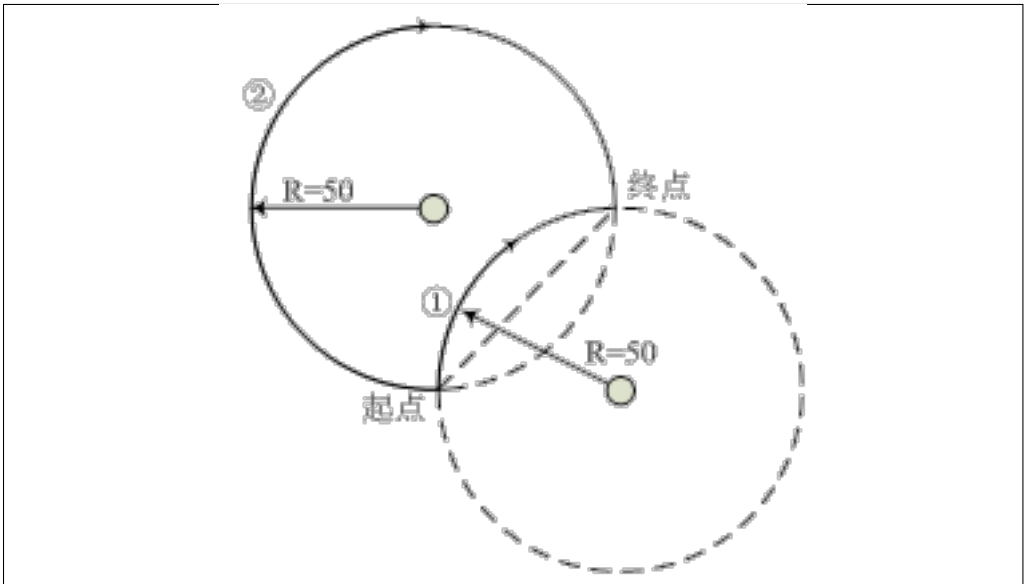
- 圆弧中心

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



- 圆弧半径

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



（半径编程）
① 的圆弧小于 180° 时，执行 G 代码 G02 U60.0 W50.0 R50.0 F300.0 ;
② 的圆弧大于 180° 时，执行 G 代码 G02 U60.0 W50.0 R-50.0 F300.0 ;

- 圆弧中心检查功能

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

[数据类型] 位型

RIKALM

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

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

1. 指令“R0”，立即报警
2. 指令“I0 J0 K0”，立即报警
3. 同时用 R 和 IJK 指令圆心时，立即报警
4. 未指令 R 和 IJK 时，若当前段包括 G02/G03，则立即报警；若当前是 G02/G03 模态，则指令轴运动时报警

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

[数据类型] 位型

IJK0ALM

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

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

- 进给速度

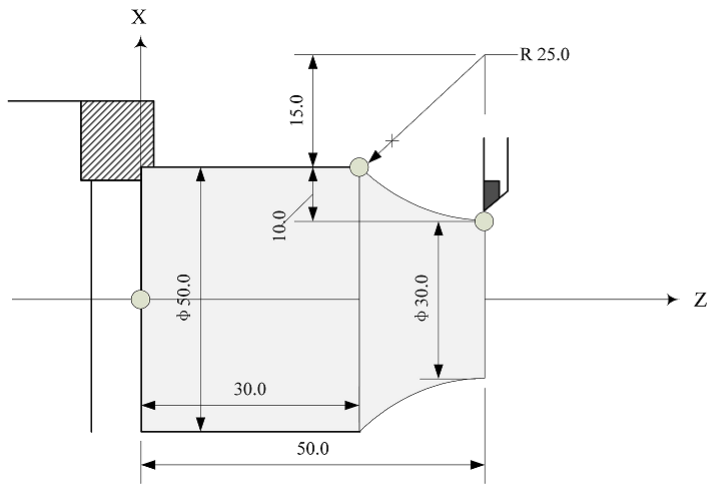
圆弧插补的进给速度用 F 指定，为刀具沿着圆弧切线方向的速度。

备注：

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

7. 通过指令 G54.9Pijk，可实现任意两轴圆弧插补。G54.9 的设定对本指令的格式会产生影响。此时，Xp、Yp、Zp 分别为 G54.9 设定的第 1/2/3 个轴。

举例



把图中的轨迹分别用绝对方式和增量方式编程：
绝对方式
G02 X50.0 Z30.0 I25.0 F30 ;I，K 指定
或
G02 X50.0 Z30.0 R25.0 F30 ;R 指定
增量方式
G02 U20.0 W-20.0 I25.0 F30 ;I，K 指定
或
G02 U20.0 W-20.0 R25.0 F30 ;R 指定

4.4 延时运动功能（NT）

在运动段插入 NT 指令用于延时启动运动。

解释

使用 NT 功能后，本段检查到上一段运动结束 (减速停止) 后，延时 NT 指定时间后开始运动。
NT0 类似 G04 准停，NTt 类似 G04P。但 G04 需要独立一行，而 NT 可在运动段插入。

注意

有些情况是无效的，例如：G32 后的直线运动段。
循环指令加入 NT 将使循环的每个阶段都延时启动。
刀补时，插入的程序段受当前段 NT 指令影响。

举例

```
O6001;
G5 R200 Q18.0;
G0 G17 G40  G80 ;
G0  G54 X5. Y-9. S6000 M3;
Z25. M08 ;
G1 Z-11. F500. ;
Y-10. F1500. ;
G2 X0. Y-15. I-5. J0. ;      圆弧旋入
```

(续下页)

(接上页)

```
G1 X-58. NT0 ;                旋入停止后立即开始运动
Y15.;
X58.;
Y-15.;
X0. ;                         下一段圆弧旋出
G2 X-5. Y-10. I0. J5. NT0 ;   上段运动至终点停止后，立即开始旋出
G1 Y-9. ;
G0 Z25.;
M5;
M30;
```

- 接刀痕问题

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

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

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

4.5 螺旋线插补（G02，G03）

圆弧插补的同时，若指令了平面外的轴，则刀具螺旋运动。

格式

XY 平面的圆弧

$$\text{G17}\ \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Xp_\ Yp_\ \begin{Bmatrix} R_ \\ I_\ J_ \end{Bmatrix} NIP_\ F_ ;$$

ZX 平面的圆弧

$$\text{G18}\ \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Zp_\ Xp_\ \begin{Bmatrix} R_ \\ K_\ I_ \end{Bmatrix} NIP_\ P_\ F_ ;$$

YZ 平面的圆弧

$$\text{G19}\ \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Yp_\ Zp_\ \begin{Bmatrix} R_ \\ J_\ K_ \end{Bmatrix} NIP_\ P_\ F_ ;$$

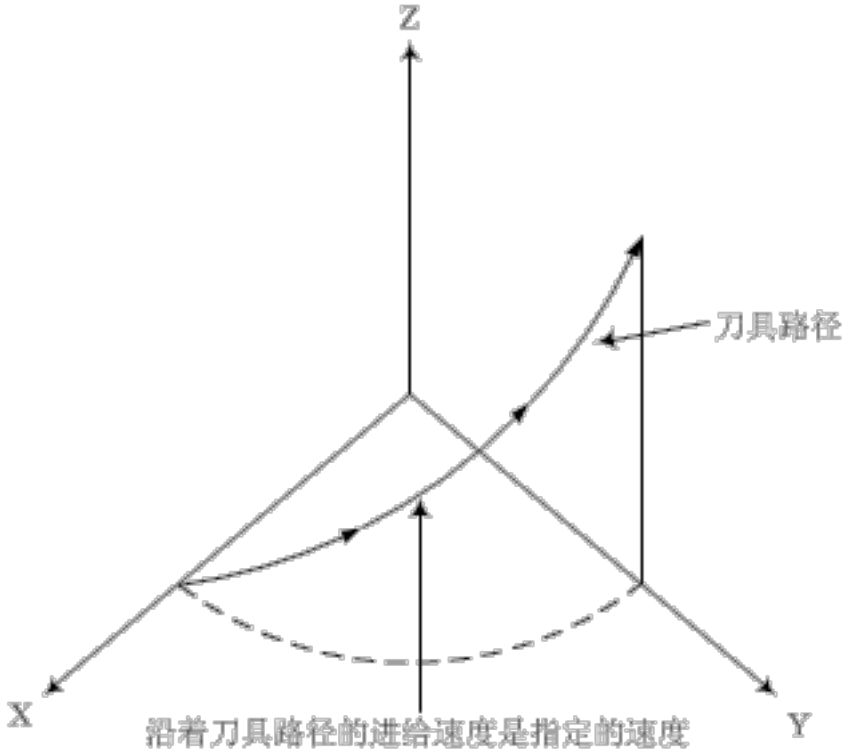
NIP_：平面外轴指令。插补时，与平面内圆弧插补同时开始同时结束。

P_：附加整圆数（<=10000000）。

其余符号同圆弧插补说明。

解释

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



圆弧（XY 平面）切线速度为：

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

直线轴（Z 轴）的进给速度为：

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

4.6 极坐标插补（G12.1，G13.1）

极坐标插补是一种轮廓控制。它把笛卡尔坐标系内的编程指令转换为直线轴的移动（刀具移动）和旋转轴的移动（工件旋转）。这种方法可用于凸轮磨削。

格式

G12.1 Pij ; 启动极坐标插补

……

G13.1 ; 取消极坐标插补

G12.1 和 G13.1 由单程序段指定，也可分别以 G112 和 G113 代之。

i 为直线轴轴号，j 为旋转轴轴号，数值为 1~8，分别对应第 1~8 轴。

解释

在未进入极坐标插补时，直线轴和旋转轴组成极坐标系。进入极坐标插补后，用户使用假想直角坐标系编程（笛卡尔坐标系），系统会自动将该假想直角坐标系转化为极坐标系。通过这种方式，可以达到简化编程的目的。

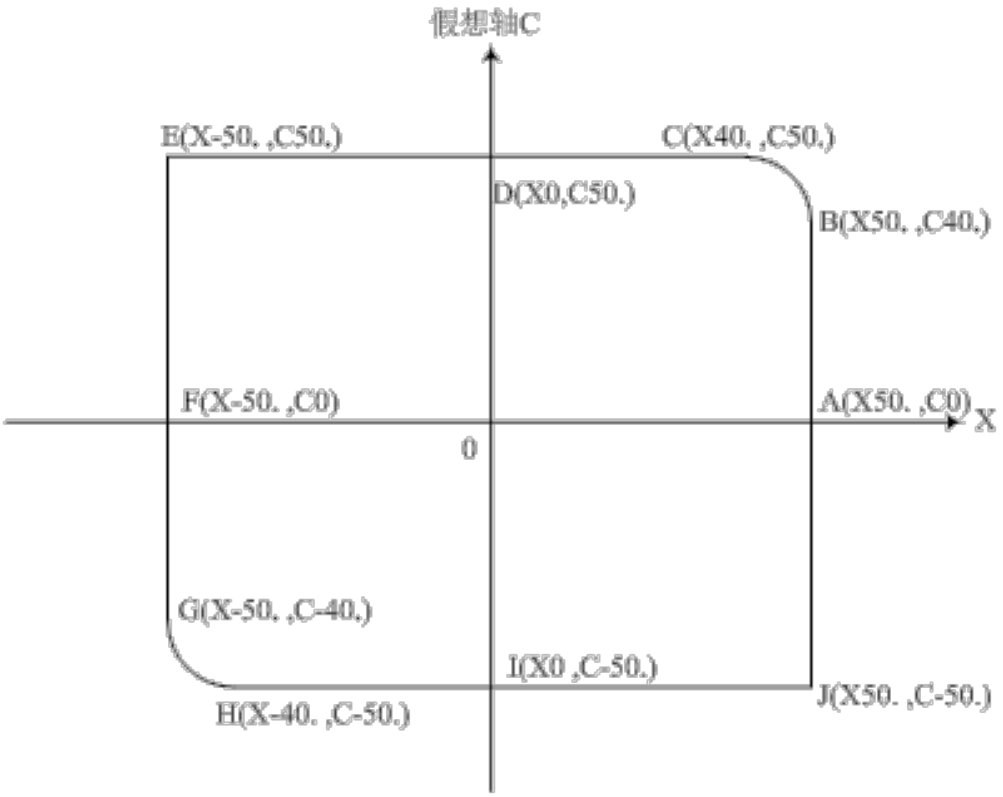
假想直角坐标系编程时，第 1 个轴使用的地址符为上述直线轴地址符，第 2 个轴使用的地址符为上述旋转轴地址符。编程时，第 2 个轴小数位数仍然为旋转轴的小数位数。当旋转轴与直线轴小数位数不同时，编程时应特别注意第 2 个轴的单位。

备注:

1. G12.1/G13.1 指令必须独占一段指令，同段中不能有其他 G 代码，否则报警（PS0009）。
2. i 指定的轴必须是直线轴，j 指定的轴必须是旋转轴，否则报警（PS0120）。
3. 非 MDI 方式复位时自动取消极坐标插补，进入 G13.1 状态。
4. 系统在取消极坐标插补时，自动重新设置参与极坐标插补的直线轴和旋转轴的绝对坐标。
5. 极坐标插补不影响手动模式。应在进入手动模式前取消极坐标插补，否则，显示上绝对坐标更新正常，实际上机床在进行极坐标插补。
6. 如果参与插补的旋转轴设定为 B/C/D 类旋转轴，那么进入极坐标插补后，自动转化为 A 类旋转轴，退出时恢复为 B/C/D 类旋转轴。
7. 只有在取消状态（G13.1），才能指令 G12.1，否则 G12.1 被忽略。
8. 如果在进入极坐标插补后进行刀具补偿，那么应该在退出极坐标插补前取消补偿。
9. 在进入极坐标插补后不能进行工件坐标系设定。

举例

G12.1G13.1 应用示例图（路径：A->B->…->J->A）



加工程序

```
O0012 ;                    程序中X轴使用半径编程
G00 X50. Z0. Y0. C0. ;     定位到开始位置
G54.9 P142 ;               将默认笛卡尔坐标系XYZ更改为XCZ
G17 ;                      设置平面为XC平面
G12.1 P14 ;                启动极坐标插补，直线轴为X轴，旋转轴为C轴
```

(续下页)

(接上页)

```
G01 C40. F500. ;           直线运动
G03 X40. C50. I-10. ;      XC平面圆弧运动
G01 X-50. ;
C-40. ;
G03 X-40. C-50. I10. ;
G01 X50. ;
C0. ;
G13.1 ;                    取消极坐标插补
G54.9 ;                    恢复默认笛卡尔坐标系（XYZ）
M30 ;
```

速度限制

防止极坐标插补的插补轨迹过于接近圆心导致旋转轴转速过大。在极坐标插补过程中，系统根据当前极半径长度与参数 P714，计算出安全最大进给速度。若当前进给速度超过该安全值，则进给速度被限制到该安全值上。

- 举例

  参数 P714 为 50.0 转/分，极半径为 5.0 毫米，则安全进给速度为：2 * π * 5.0 * 50.0 = 1570 毫米/分。即此时最大进给速度为 1570 毫米/分，任何大于此值的进给速度都被限制到此值。

- 超速报警

  系统会实时检查极坐标插补过程中旋转轴转速，若超过参数 P715 设定值，将触发驱动器 9 号报警，并中断该轴使能信号。

- 相关参数

参数号	功能
714	极坐标插补时，旋转轴控制转速

[数据类型] 浮点型
[默认设置] 50.0

参数号	功能
715	极坐标插补时，旋转轴报警转速

[数据类型] 浮点型
[默认设置] 100.0

4.7 圆柱插补（G07.1）

圆柱插补是一种轮廓控制。它把笛卡尔坐标系内的编程指令转换为旋转轴的角度量输出。

格式

G07.1 IP r ; 启动圆柱插补

……

G07.1 IP 0 ; 取消圆柱插补

G07.1 由单程序段指定，可以 G107 代之。

IP：一个旋转轴的地址
r：工件半径

解释

在进入圆柱插补时，系统将旋转轴的角度值按侧面展开，转化为长度量。

进入圆柱插补后，用户可以按展开面编程，系统自动将指令的长度量转化为角度量输出。

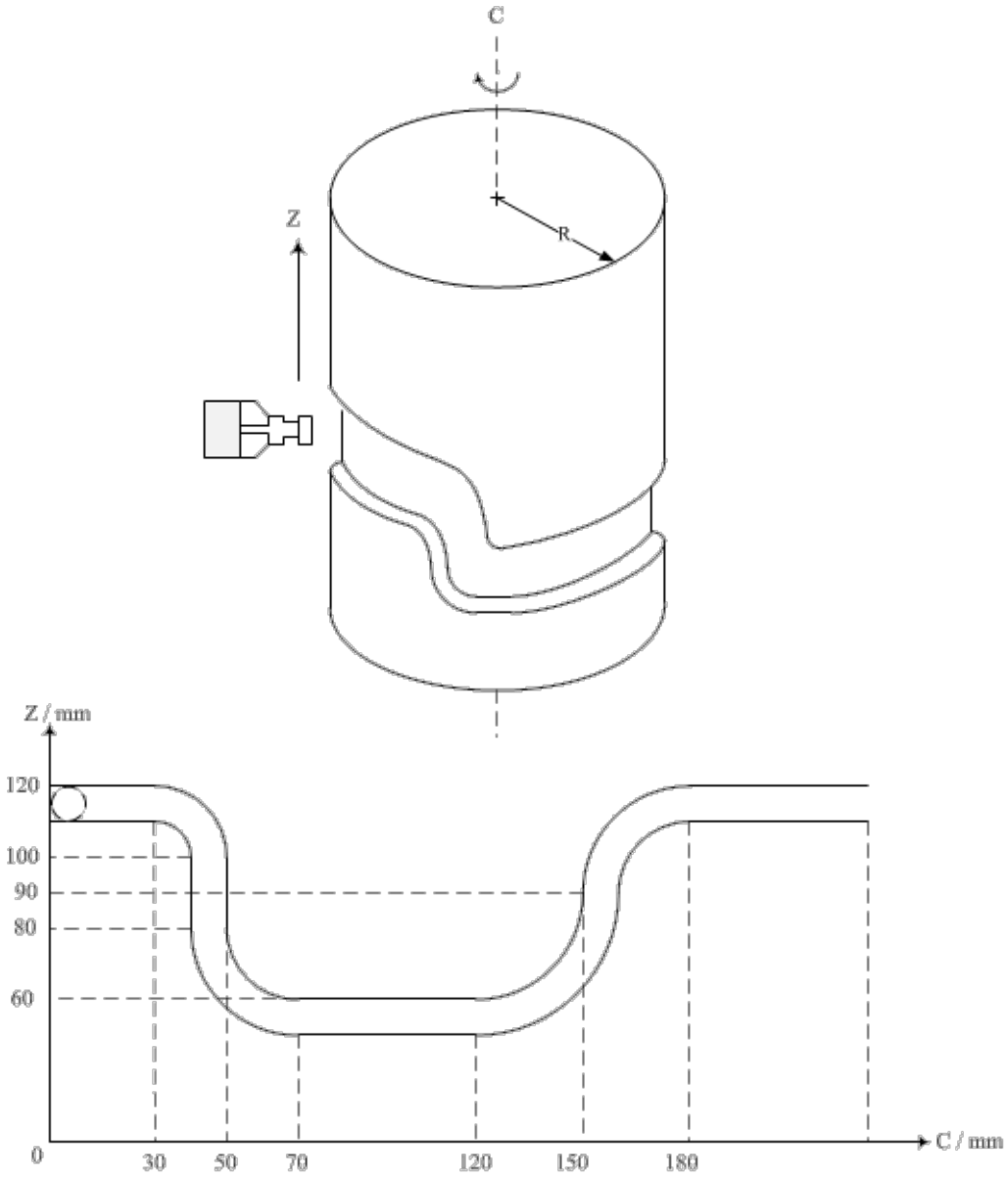
退出圆柱插补时，又将长度量转化回角度量使用。

编程时，小数位数为旋转轴的小数位数。当旋转轴与直线轴小数位数不同时，应特别注意编程单位。

备注:

1. G07.1 指令必须独占一段指令，否则报警（PS0047）。
2. 指令时必须处于补偿取消状态，否则报警（PS0048）。
3. 指定的轴必须是旋转轴，否则报警（PS0108）。
4. 非 MDI 方式复位时自动取消圆柱插补。
5. 系统在取消圆柱插补时，自动重新设置参与圆柱插补的旋转轴的绝对坐标。
6. 圆柱插补不影响手动模式。应在进入手动模式前取消圆柱插补，否则，显示上绝对坐标更新正常，实际上机床在进行圆柱插补。
7. 如果参与插补的旋转轴设定为 B/C/D 类旋转轴，那么进入圆柱插补后，自动转化为 A 类旋转轴，退出时恢复为 B/C/D 类旋转轴。
8. 如果在进入圆柱插补后进行刀具补偿，那么应该在退出圆柱插补前取消补偿。
9. 在进入圆柱插补后不能进行工件坐标系设定。

举例

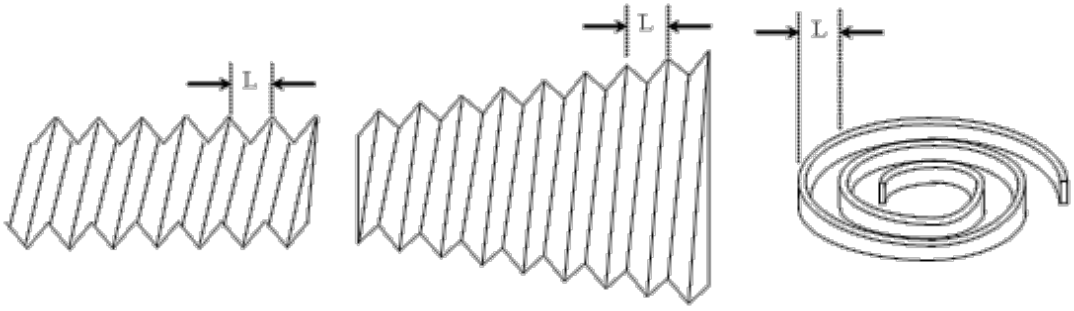


加工程序

```
O0107 ;                          程序中X轴使用半径编程
G00 X100. Z120. Y0. C0. ;        定位到开始位置
G54.9 P142 ;                     将默认笛卡尔坐标系XYZ更改为XCZ
G07.1 C100. ;                    启动圆柱插补，半径100.0mm
G42 G01 C30. D01 F500. ;         直线运动
G19 G02 Z100. C50. K-20. ;       CZ平面圆弧运动
G01 Z80. ;
G03 C70. Z60. J20. ;
G01 C120. ;
G03 C150. Z90. K30. ;
G02 C180. Z120. J30. ;
……
G07.1 C0 ;                      取消圆柱插补
G54.9 ;                          恢复默认笛卡尔坐标系（XYZ）
M30 ;
```

4.8 等螺距螺纹切削（G32）

用 G32 指令，可以切削相等导程的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹。如下图所示，L 为导程。



格式

G32 Xp__ Zp__ F__ Q__ ;

Xp__：指定 X 轴终点坐标。
Zp__：指定 Z 轴终点坐标。
F__：指定长轴方向的导程。
Q__：指定偏移角度（0~360 度）。

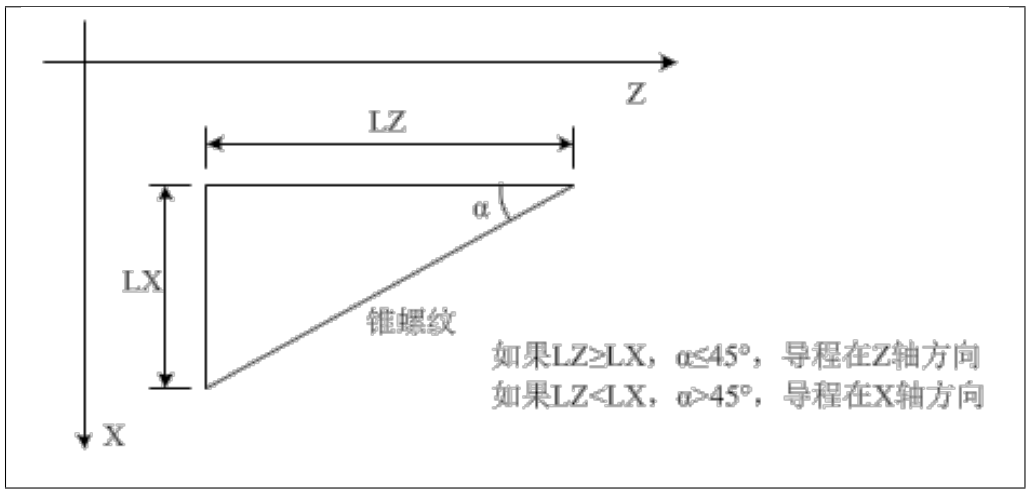
解释

- 螺纹切削类型

  G32 为模态指令。起点和终点的 Xp 坐标相同时，进行直螺纹切削；起点和终点的 Zp 坐标相同时，进行端面螺纹切削；起点和终点 Xp、Zp 坐标都不相同时，进行锥螺纹切削。笛卡尔坐标系 G54.9 的设定对本指令的格式会产生影响。在 G32 指令中，Xp、Zp 应分别为 G54.9 设定的第 1 轴、第 3 轴。

- 螺纹的导程

  螺纹导程是指主轴转一圈长轴的位移量，螺纹的导程均指长轴方向上，导程通常用半径指定。



备注:

1. 在螺纹切削开始及结束部分，一般由于升降速的原因会影响起点与终点的位置，考虑到此因素，螺纹指定长度要比实际螺纹加工长度稍长。
2. 指定导程的小数位数与系统小数相关参数设定有关。公制下导程 F 的小数位数 = 公制直线轴小数位数 +1；英制下导程 F 的小数位数 = 英制直线轴小数位数 +2。

- 加工螺纹时起始角偏移

  用于加工多头螺纹。加工时，主轴先偏移 Q__ 指定的角度后，再进行螺纹加工。

  备注:

  1. Q 仅在编入的程序段有效，其小数位数与直线轴小数位数相同。
  2. 当 Q 超出 360 时无效，按 0 度处理。
  3. 连续 G32 时，Q 仅在第一个 G32 程序段有效，第二个 G32 程序段中指定的 Q 无效。

  例

```
G32 Z-50. F2. Q180 ;          Q地址在当前段指令有效
G32 Z-100 F4 Q360 ;           Q地址在当前段指令无效
```

- 多次螺纹切削

  一般加工一根螺纹时，从粗车到精车，用同一轨迹要进行多次螺纹切削。进行多次螺纹切削时，零件圆周上的切削点仍是相同的，工件上的螺纹轨迹也是相同的。但是从粗车到精车，主轴的转速必须是一定的。当主轴转速变化时，螺纹有可能会产生偏差。

- 连续螺纹切削

  当前一个程序段为螺纹切削程序段，而现在程序段也是螺纹切削时，进行连续螺纹切削。格式为:

  G32 Z__ F__ ;
  Z__ ; 连续螺纹加工
  G32__ ; 连续螺纹加工
  Z__ F__ ; 连续螺纹加工
  为了在螺纹切削中，进行控制以消除连续的程序段加工中的移动中断引起的不连续部分，可以连续指定螺纹切削的程序段。程序段间的连接处，被控制为尽可能保持与主轴同步。

  例

```
G00 X50.0 Z2.0 ;
G32 Z-50. F8. Q180 ;
G32 Z-100. F10. ;
G32 Z-150. F12. ;
```

- 英制螺纹切削机能

  螺纹切削（G32、G76、G92）或攻丝 () 时，螺纹导程如果用 I 指定，其单位为：牙/英寸。I 的指令范围与软件配置有关。

  例

  1. 切削 $2\frac{1}{8}$ 牙/英寸的螺纹时，指定 I2.125。
  2. 切削 $50\frac{4}{5}$ 牙/英寸的螺纹时，指定 I50.8。
  3. 切削 6 牙/英寸的螺纹时，指定 I6.0。

  备注:

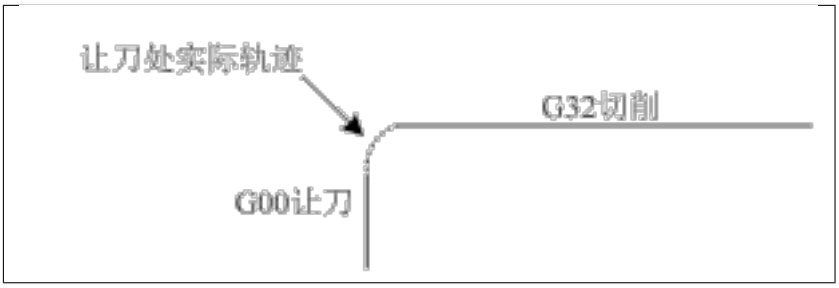
  1. 当在程序段同时指定 F 和 I 时，F 有效。
  2. I 编程时可带小数点，小数点前单位为牙/英寸，小数位数与直线轴小数位数相同。

3. 指令 I 后，系统自动由 I 计算 F，显示 F 值为 I 计算后数值，F 的单位与编程单位有关，而 I 的单位固定为牙/英寸，与编程单位无关。公制编程时，F=25.4/I，英制编程时，F=1/I。
4. 螺纹段使用 I 指定，执行连续螺纹为模态，非暂停 (G04)G 代码模态取消。

- 退尾处理

关于螺纹加工中的进刀、切削、让刀、返回等术语的定义参考以下示意图。

- 螺纹切削段加减速曲线采用直线加减速，加/减速度由参数 P6480/P6481 设定。
- 让刀加减速曲线由参数 P6482 设定，让刀加速度由参数 P6483 设定。
- 退尾效果由“螺纹切削平均减速度”（P6481）、“螺纹让刀加减速曲线”（P6482）与“螺纹让刀平均加减速度”（P6483）、“螺纹让刀运动速度限制”（P6484）共同决定，实际轨迹如下图所示。



备注:

1. 若让刀段为 G00，那么使用快速平滑器；若为 G01(G32)，那么使用切削平滑器。
2. 让刀段采用快速退尾，速度受参数“螺纹让刀运动速度限制”（P6484）限制。
3. 更改此参数会改变收尾效果，等螺距退尾需进行以下设定:

   (1) 设定参数 RDAOSMT=0
   (2) 设置螺纹让刀加速度和螺纹切削减速度相等
4. G32 中螺纹切削的回退功能无效，让刀和返回步骤，需用户编程实现。

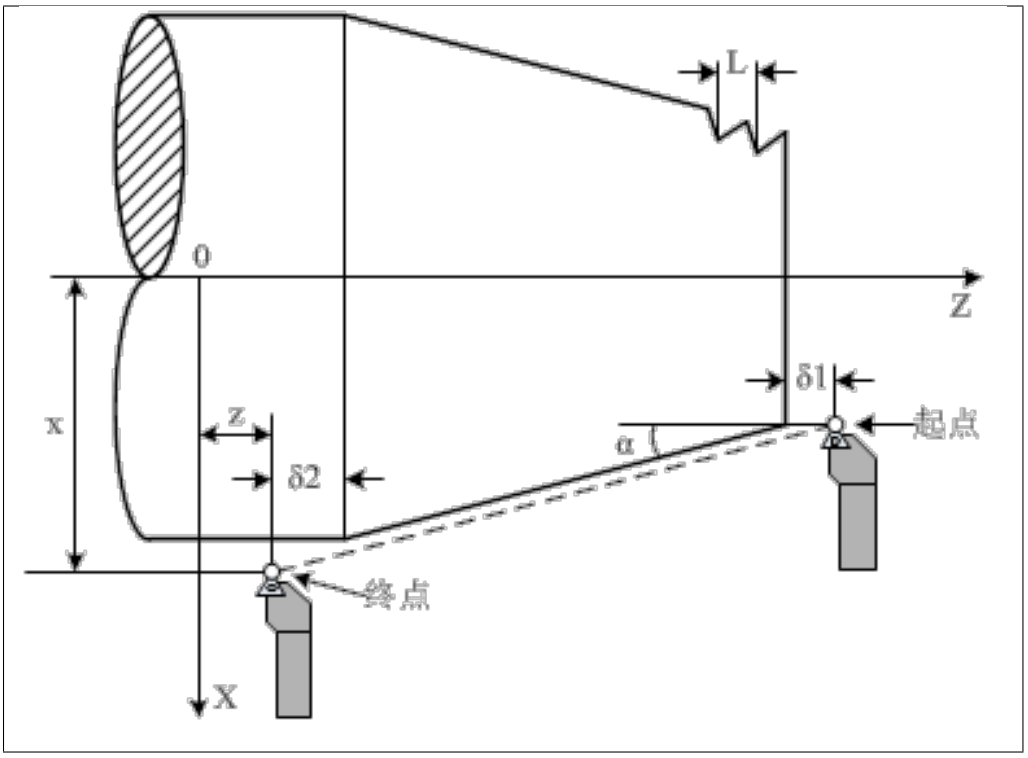
参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
6300					RDAOSMT				

[数据类型] 位型

4 RDAOSMT

0：让刀段改用螺纹切削平滑器
1：让刀段不改用螺纹切削平滑器

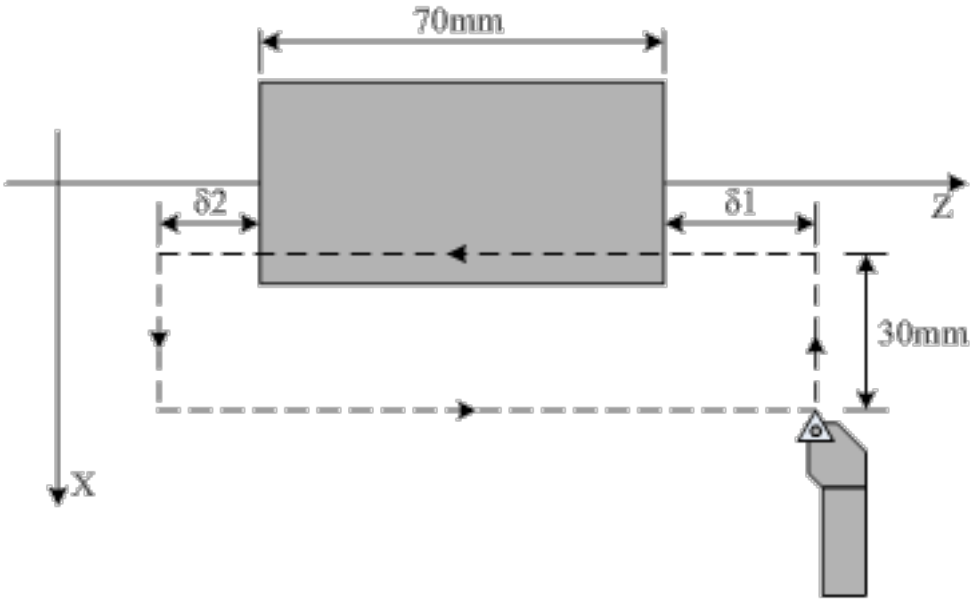
- 螺纹切削注意事项



1. 在螺纹切削中，进给速度倍率无效，固定在 100%。
2. 在螺纹切削中，主轴不能停止，如果进给停止，切深会急剧增加，产生危险。因此进给保持在螺纹切削中无效。
3. 在进入螺纹切削状态后的一个非螺纹切削程序段时，如果又按了一次进给保持按钮（或者持续按着），则在非螺纹切削程序段中停止。
4. 如果在单程序段状态进行螺纹切削时，在执行完非螺纹切削程序段后停止。
5. 在螺纹切削过程中，由自动方式变为手动方式时，在非螺纹切削程序段的开始，进给保持停止。从自动方式变为其他方式时，在执行完非螺纹切削程序段后，用单程序段状态停止。
6. 在切端面螺纹和锥螺纹时，也可进行恒线速控制，但由于转速改变，将难保证正确的螺纹导程。因此切螺纹时，指令 G97，即不使用恒线速控制。
7. 在螺纹切削前的移动指令程序段可指定倒角，但不能指定圆角 R。
8. 在螺纹切削程序段中，不能指定倒角和圆角 R。
9. 在螺纹切削中主轴倍率有效，但在切螺纹中，如果改变了倍率，由于升降速的影响等因素不能切出正确的螺纹。

举例

- 直螺纹切削

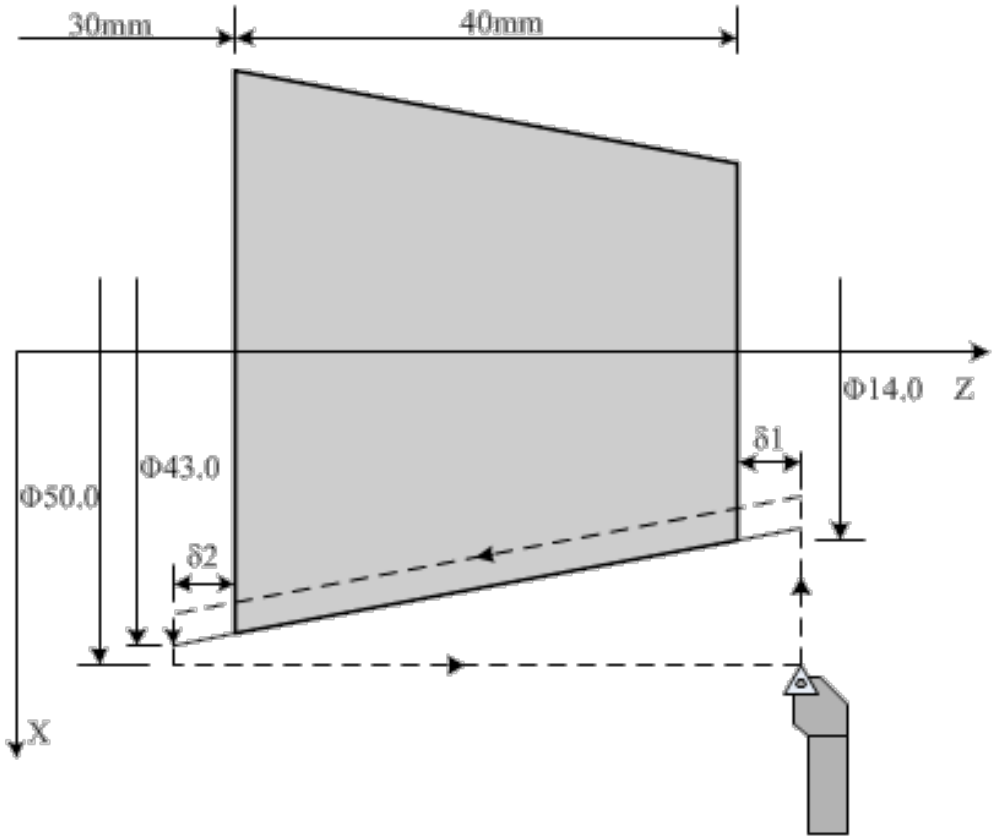


螺纹导程为 4mm，δ1=3mm，δ2=1.5mm，在 X 方向切深为 1mm（两次切入）。

加工程序（公制输入，直径编程）

```
G00 U-62.0 ;
G32 W-74.5 F4.0 ;
G00 U62.0 ;
W74.5 ;
U-64.0 ;                第二次再切入1mm
G32 W-74.5 ;
G00 U64.0 ;
W74.5 ;
```

- 锥螺纹切削



螺纹导程为 3.5mm，δ1=2mm，δ2=1mm，在 X 方向切深为 1mm（两次切入）。

加工程序（公制输入，直径编程）

```
G00 X12.0 Z72.0 ;
G32 X41.0 Z29.0 F3.5 ;
G00 X50.0 ;
Z72.0 ;
X10.0 ;                    第二次再切入1mm
G32 X39.0 Z29.0 ;
G00 X50.0 ;
Z72.0 ;
```

4.9 变螺距螺纹切削（G34）

变螺距螺纹切削通过对每个导程指令增加或减少一个固定值来实现。

格式

G34 Xp__ Zp__ F__ K__ Q__ ;

Xp__：指定 X 轴终点坐标。
Zp__：指定 Z 轴终点坐标。
F__：指定长轴方向的导程。
K__：指定主轴每转导程的增减量。
Q__：指定偏移角度（0~360 度）。

解释

- 每转导程增减量

除 K 外其它地址与 G32 指令相同。
K 值的范围为 [-50mm，50mm]。当出现以下情况时，触发报警。

1. K 指定值超过上述范围；
2. 因 K 的增加使导程超过螺距的允许最大值；
3. 因 K 的减小使导程出现负值。

例

起点螺距：8mm
螺距的增减量：0.2mm/rev
指令语句：G34 Z10 F8.0 K0.2;

备注： 如果导程过大，应采用较低的主轴转速。

- 加工螺纹时起始角偏移

  与 G32 处理相同，加工时，主轴先偏移 Q__ 指定的角度后，再进行螺纹加工。

- 退尾处理

  与 G32 的处理相同。

- 笛卡尔坐标轴变更影响

  G54.9 的设定对本指令的格式会产生影响。在 G34 指令中，Xp、Zp 应分别为 G54.9 设定的第 1 轴、第 3 轴。

4.10 数字主轴螺纹插补（G07.2）

数字主轴螺纹插补是指使用数字主轴代替模拟主轴进行螺纹加工。

格式

G07.2 Pi NS_NF_ NP_ ; 启动数字主轴螺纹插补

……NF_ ;

……

……NF_ ;

G07.2; 取消数字主轴螺纹插补

Pi：i—数字螺纹导程方向直线轴轴号。数值为：1~8，分别对应第 1~8 轴。主轴使用当前主轴 (NS 模态值)。

NS_：指定当前主轴。

NF_：G07.2 程序段的 NF_ 为启动数字主轴螺纹插补后第 1 个程序段的起点导程。后面的 NF_ 为当前段终点导程（也是下一段起点导程）。

NP_：主轴转动方向。

NP0：直线轴正向移动时，主轴正向运动；直线轴负向运动时，主轴反向运动。

NP1：直线轴正向移动时，主轴反向运动；直线轴负向运动时，主轴正向运动。NP0 可忽略。

备注：

1. Pij 两位数格式仍然保留。j 指定 Cs 主轴，如果与当前主轴 (模态值 NS 指定主轴) 不同，那么报警。
2. 数字螺纹加工主轴在 G07.2 Pi 行记忆，后面变更当前主轴 (NS) 将报警。想变更数字螺纹加工主轴，必须重新指令 (例如：“G07.2 Pi NSn”，n 为新主轴号)。
3. 进入数字螺纹插补时，若主轴未进入位置模式，那么系统自动进入轮廓控制 (插入当前主轴轮廓控制 M 代码)。

解释

数字主轴螺纹插补有效时，除定位程序段（G00）外，主轴跟随指定的直线轴运动。主轴最高转速为：

$$主轴转速 = \frac{直线轴移动速度}{导程}$$

数字主轴螺纹插补有效时，“数字螺纹加速曲线”（P6418）和“数字螺纹减速曲线”（P6419）有效，“数字螺纹切削主轴平均加速度”（P6438）和“数字螺纹切削主轴平均减速度”（P6439）有效。快速加减速曲线和加减速度不受影响。

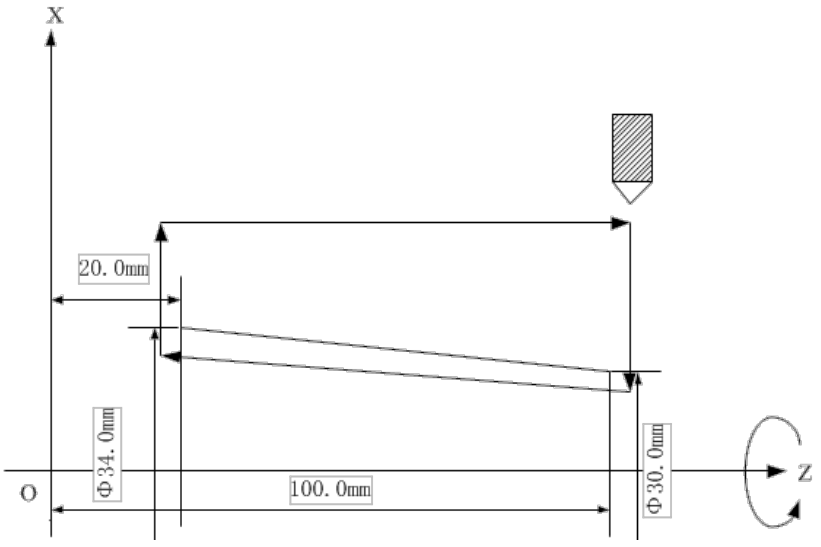
起点导程和终点导程不同时，导程在起点和终点间线性变化（变螺距螺纹）。

备注:

1. G07.2 指令应独占一段指令。
2. 非 MDI 方式复位时自动取消数字主轴螺纹插补。
3. 数字主轴螺纹插补不影响手动模式。
4. 数字主轴螺纹插补有效，指令 NF 为 0 时，视为主轴不动（或导程无穷大）。
5. 数字主轴螺纹插补有效时，系统只考虑起点到终点直线轴的移动量，而不考虑实际是否有移动。如果该移动量为 0，那么主轴不动。
6. 数字主轴螺纹插补有效时，过高的直线轴移动速度或过小的导程，可能会导致主轴转速过高。
7. 数字主轴螺纹插补有效时，螺纹加工、攻丝循环（G93）、钻孔循环（包括刚性攻丝）不可使用。
8. G07.2 启动数字主轴螺纹插补时，系统自动插入当前主轴进入轮廓控制 M 代码。数字主轴螺纹插补有效时，不要再指令主轴正/反转（M03/M04），否则主轴转速为正/反转转速与数字主轴螺纹插补时主轴转速的叠加。
9. 若在 G07.2 语句中使用转进给控制指令，则触发报警 PS283：“启动数字主轴螺纹加工后，不能进行转进给控制”。
10. 取消 G07.2 状态的同时取消 G78.1 模态。

举例

第一主轴螺纹插补

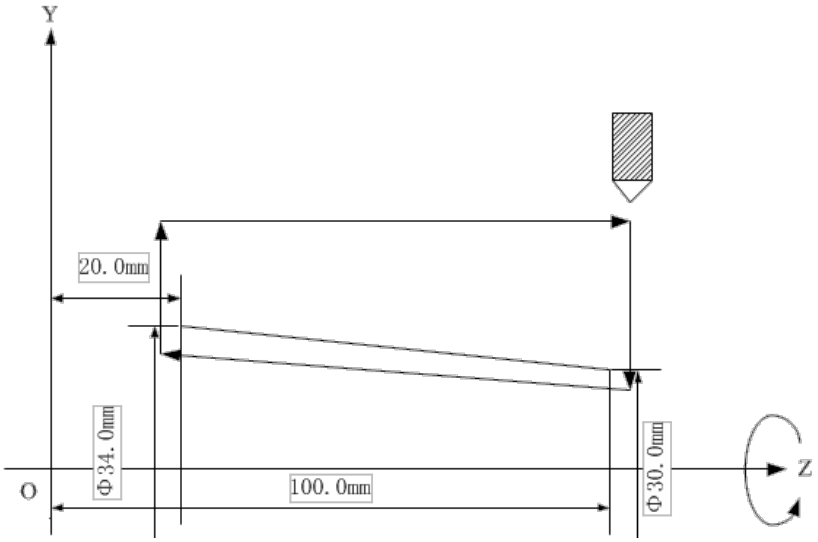


绕 Z 轴旋转的轴为第一主轴时

加工程序

```
M03 S1000;
G00 X80. Z102.0 ;
G07.2 P2 NS1 NF5. ;          若之前未指令过NS指令，该段NS1可省略
X30. ;
G01 X34. Z18. F50. ;
G00 X80. ;
Z102. ;
G07.2 ;
```

第二主轴螺纹插补



绕 Z 轴旋转的轴为第二主轴时

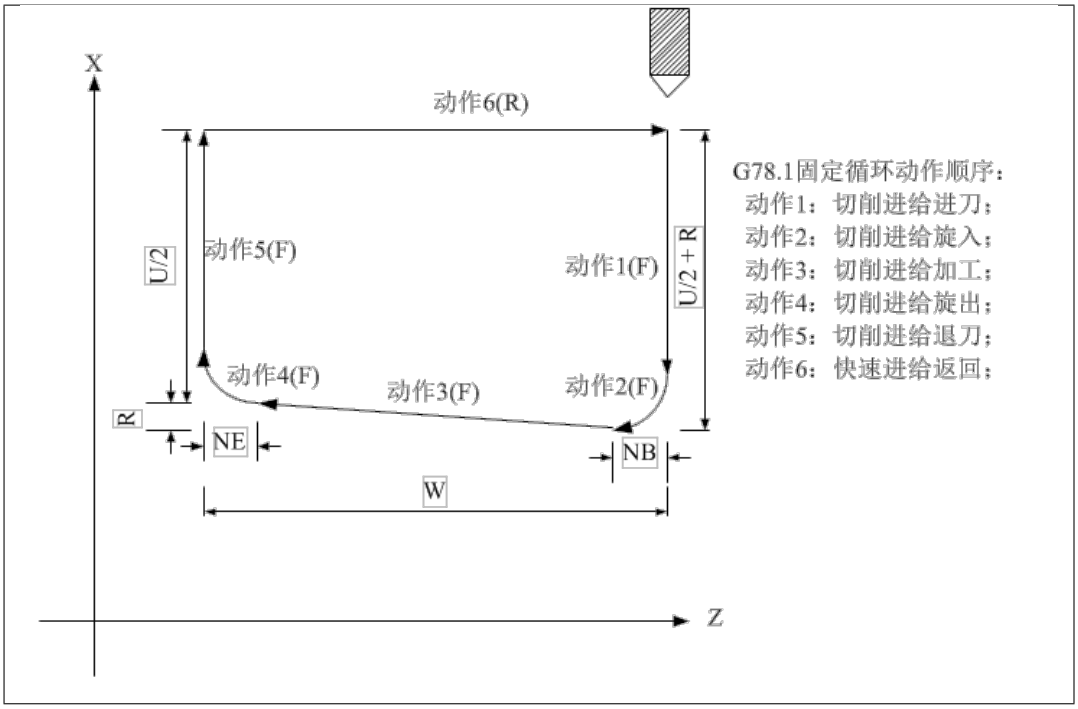
加工程序

```
M03.2 S2=1000;
G00 Y80. Z102.0 ;
G07.2 P2 NS2 NF5. ;
Y30. ;
G01 Y34. Z18. F50. ;
G00 Y80. ;
Z102. ;
G07.2 ;
```

4.11 数字主轴螺纹切削循环（G78.1）

数字主轴螺纹切削循环（G78.1）利用固定循环功能，在一个程序段中实现螺纹切削的进刀，加工，退刀，返回等多个动作，用于简化数字主轴螺纹插补时的编程，提高编程效率。

G78.1 固定循环由 6 个动作完成，如下图所示（以 G18Z/X 平面加工为例，其它加工方式相同）。



格式

G18/G19 G78.1 IP1_ IP2_ R_ Q_ NB_ NE_ NP_ L_ F_ ;

G18/G19：指定 IP1/IP2 所在平面。平面内轴可由 G54.9 指令更改。

IP1_：非导程方向终点坐标或者移动量 (绝对/相对)。平面内轴。

IP2_：导程方向终点坐标或者移动量 (绝对/相对)。平面内轴，且为 G7.2 指定的直线轴。

R_：锥度螺纹最大端和最小段的半径差。

Q_：第一头螺纹的起始偏移角度。

NB_：螺纹旋入阶段的宽度。

NE_：螺纹旋出阶段的宽度。

NP_：指定 NP1 时多头螺纹的偶数头反向加工，指定 NP0 时正常加工多头螺纹。

L_：螺纹头数。

F_：切削进给速度。

解释

- 使用要点和注意事项

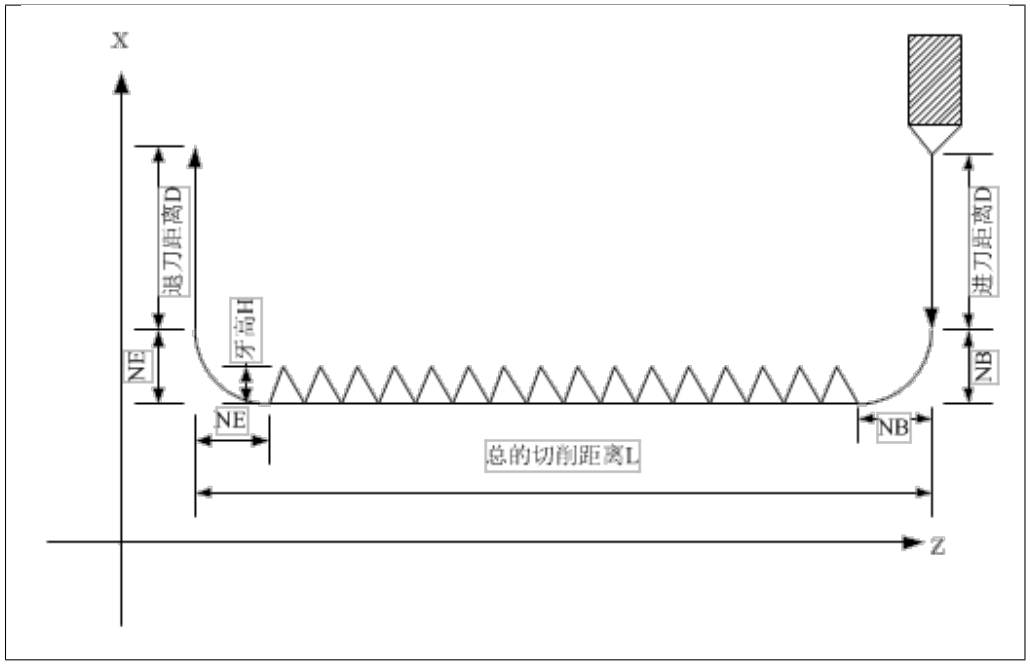
1. 在指定 G78.1 之前，需要先指定 G07.2 进入到数字主轴螺纹插补模式，否则报警（PS0287）。
2. G78.1 是模态指令，在未指令 01 组其他 G 代码时一直有效，指令 01 组其他 G 代码后清除 G78.1 的模态信息。
3. 非 MDI 复位时，G78.1 被替换为 01 组上电时默认 G 代码。
4. 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定 G78.1，否则报警（PS530/PS531/PS532）。
5. G7.2 指定的导程方向直线轴非平面内轴时，则报警（PS289）。
6. IP1_，IP2_ 在每个程序段都必须指令，如果只指令其中一个，则报警（PS535）；同时不允许非平面内轴输入，否则报警（PS534）。
7. 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。
8. 固定循环从旋入阶段到旋出阶段禁止单段停止。

9. 动作 6（快速返回到循环起点）的过程中，主轴自动旋转至零点，为下一次循环作准备。系统根据退刀时主轴的位置，自动采取正转、反转或不转动的方法将主轴位置调整到零位。

10. 不支持 G17 实现 X/Y 平面加工。如有需要，可使用 G54.9 进行坐标系变换，其第 3 轴作为纵向轴（或螺纹导程方向）。如，在车床 A 体系中，要以 Y 轴为纵向轴，X 为侧向轴，可以指令 G54.9 P123（XZY）。

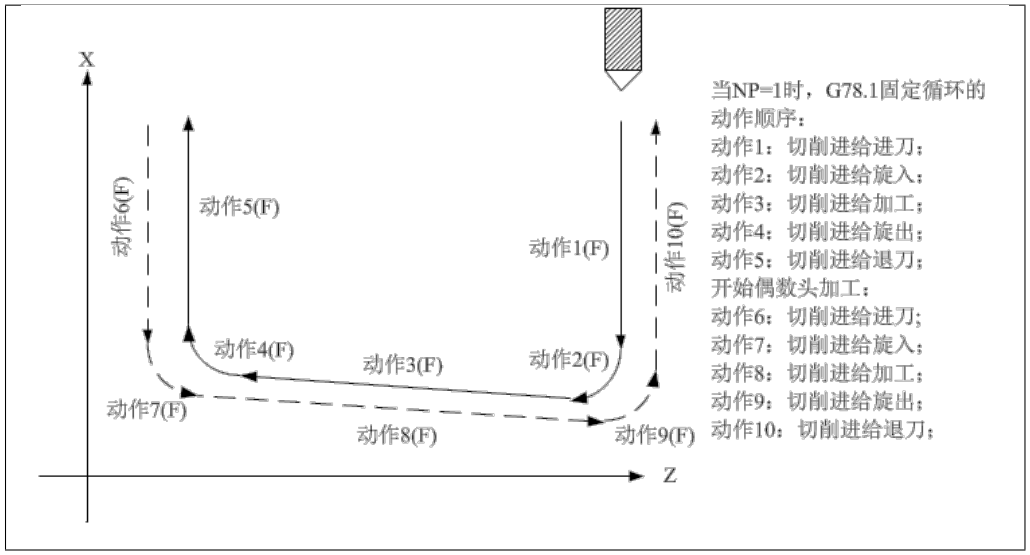
- NB 和 NE 的意义

在螺纹旋入阶段或者螺纹旋出阶段，由于升降速的原因需要一段加速或减速的距离，以实现刀具的旋入或旋出。系统在旋入或旋出阶段，根据 NB 或 NE 的值自动插入一段小圆弧指令实现该加减速过程，如下图所示。其中 NB 或 NE 的距离应大于螺纹牙高 H，并且远小于进刀或者退刀距离 D，同时 NB 与 NE 的和不能超过 Z 轴的总进给量 L。



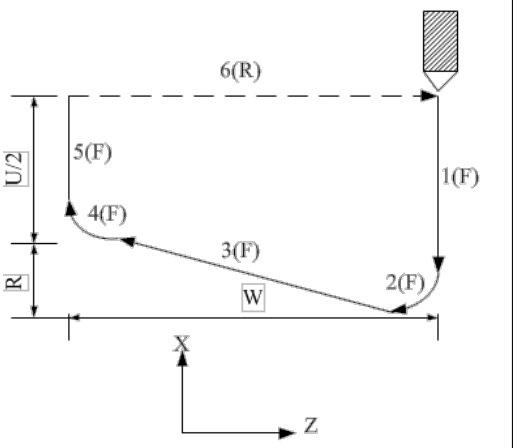
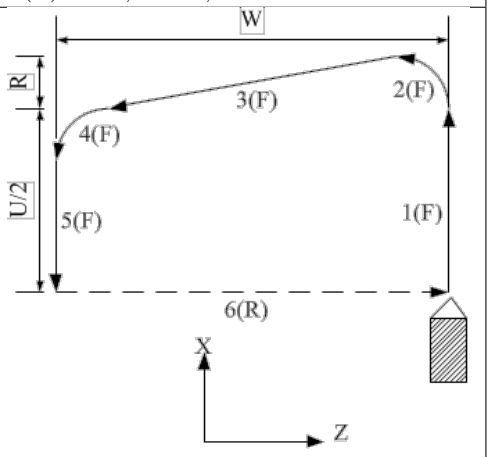
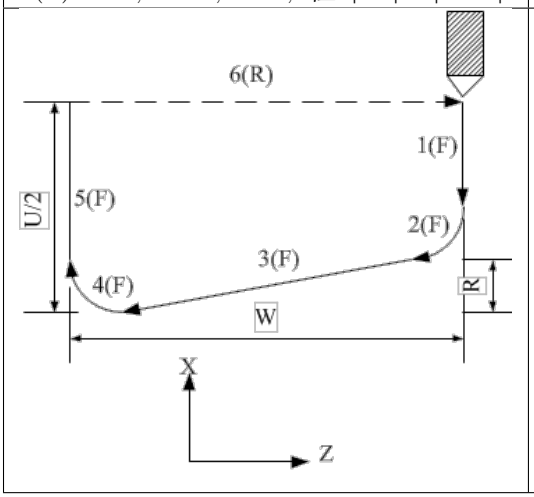
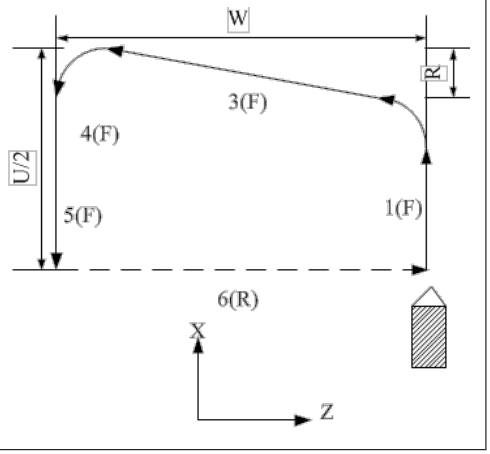
- NP 的意义

NP 为 1 时，多头螺纹加工的偶数头将进行反向加工，省去了快速运动回到初始点的过程，提高了加工效率。当不是多头螺纹或者 NP 等于 0 时，将正常加工多头螺纹，即快速运动回到起始点后继续正向加工下一头螺纹。指定 NP1 的加工情况如下图所示。



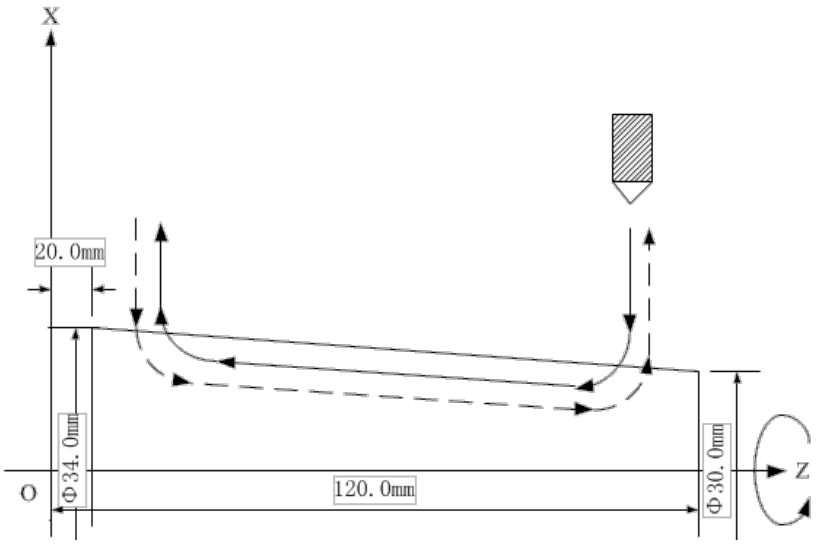
• 地址 U、W、V、R 符号与轨迹的关系

以 X/Z 平面加工为例，增量值指定时，地址 U、W、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。如需使用 Y/Z 平面，或使用 G54.9 指令任意平面加工，则方向关系与此相同，可以 Z 轴或 G54.9 第 3 轴（螺纹导程方向轴）为基准进行类推。

<table>
<tr><td>（1）U<0，W<0，R<0</td><td>（2）U>0，W<0，R>0</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>（3）U<0，W<0，R>0，但 | R | ≤ | U/2 |</td><td>（4）U>0，W<0，R<0，但 | R | ≤ | U/2 |</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
</table>

举例

第一主轴螺纹切削循环

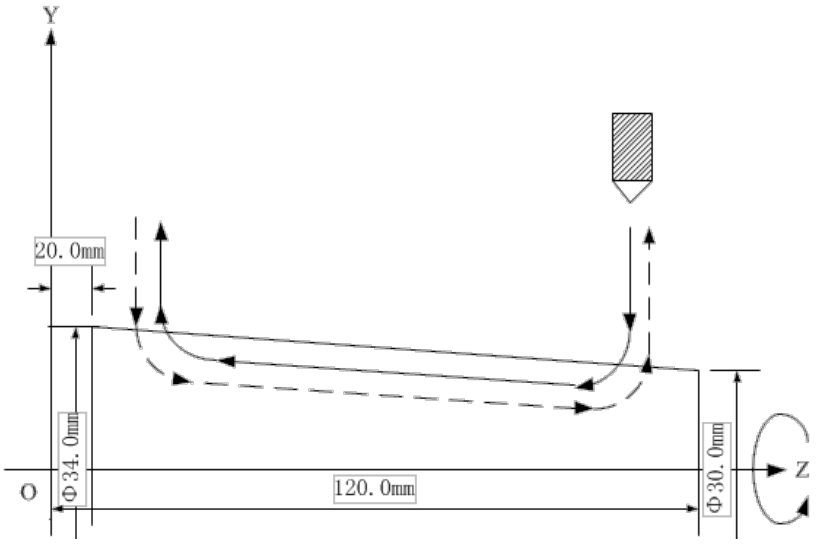


绕 Z 轴旋转的轴为第一主轴时

加工程序

```
M03 S1000 ;
G18 G00 X40. Z100.0 ;
G07.2 P2 NS1 NF5. ;
↪若之前未指令NS指令，该段NS1可省略
G78.1 X34. Z20. R-2. NB3.0 NE3.0 NP1 L2 F5. ;
X32 Z20. ;
G07.2 ;
```

第二主轴螺纹切削循环



Y 轴直径编程（P405-3.5 DIA=1）

绕 Z 轴旋转的轴为第二主轴时

加工程序

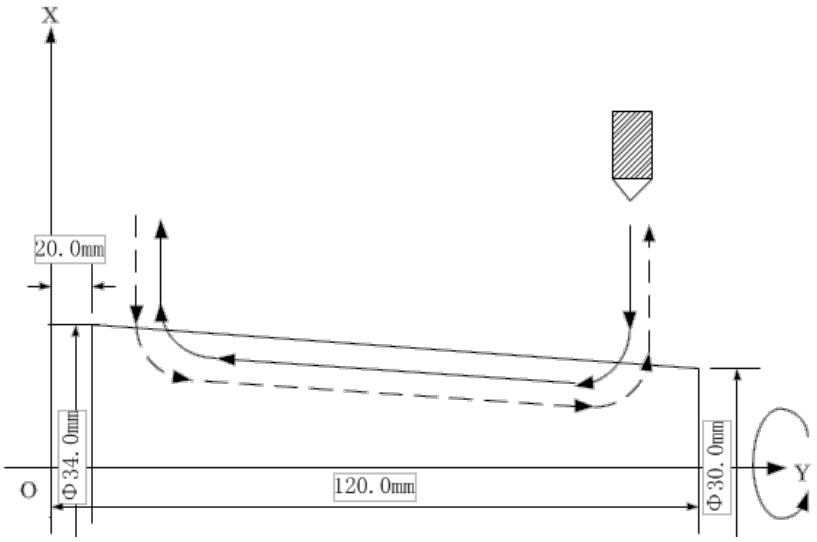
```
M03.2 S2=1000 ;
G19 G00 Y40. Z100.0 ;
G07.2 P2 NS2 NF5. ;
G78.1 Y34. Z20. R-2. NB3.0 NE3.0 NP1 L2 F5. ;
```

(续下页)

(接上页)

```
Y32 Z20. ;
G07.2 ;
```

第二主轴笛卡尔坐标系 X-Y 平面螺纹切削循环



绕 Y 轴旋转的轴为第二主轴时

加工程序

```
G54.9 P123 ;
↪笛卡尔坐标系从X、Y、Z变换为X、Z、Y
G18 G00 X40. Y100.0 ;
↪G18平面为当前笛卡尔坐标系第1、3轴平面，即Y-X平面
G07.2 P3 NS2 NF5. ; G7.
↪2使用实际轴序号，第3轴Y轴和第二主轴进行螺纹插补
G78.1 X34. Y20. R-2. NB3.0 NE3.0 NP1 L2 F50. ;
X32 Y20. ;
G07.2 ;
G54.9 ;
```

4.12 抛物线插补（G172）

G172（G72.1）为抛物线插补指令。

格式

G172 X(U)_ Z(W)_ P_ Q_ F_ ;

X/U：抛物线 X 向终点位置
Z/W：抛物线 Z 向终点位置
P：抛物线系数 (绝对值)，y^2 = 2*p*x
Q：抛物线曲线类型（以 G18 平面为例：0—抛物线开口为 Z 负，1—Z 正，2—X 负，3—X 正）
F：切削速度

解释

G172 为 00 组 G 代码
当 P 值较小时，会出现过象限。
支持在 G71~G73 复杂循环中使用

4.13 椭圆插补（G162、G163）

G162（G62.1）、G163（G63.1）为椭圆插补指令：

格式

G162 X(U)_ Z(W)_ K_ I_ Q_ F_ ; 顺时针

G163 X(U)_ Z(W)_ K_ I_ Q_ F_ ; 逆时针

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

解释

G162、G163 为 00 组 G 代码

长轴 K 必须大于短轴 I，否则触发 696 号报警

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

G162、G163 仅支持小于等于 180 度的椭圆弧

支持在 G71~G73 复杂循环中使用

第 5 章　进给功能

5.1 进给功能

5.1.1 快速进给

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

格式

G00 IP__ ;

G00：定位（快速移动）指令。
IP__：指定终点坐标。

*** 解释**

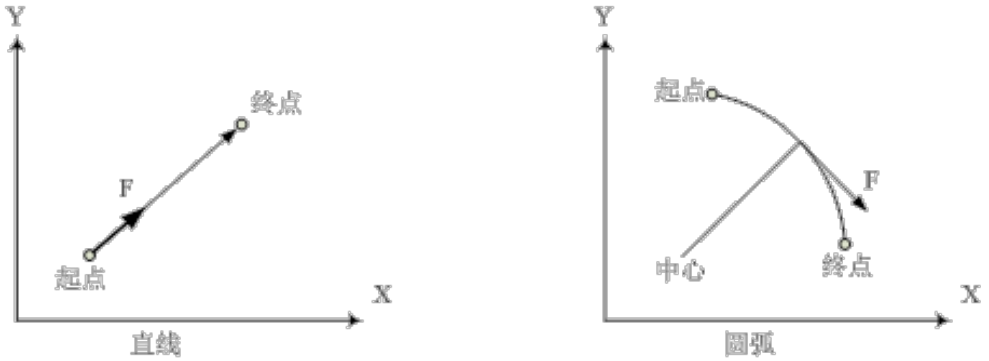
定位过程中各轴速度由参数“快速速率”（P0711）设定。

对于快速移动速度的倍率控制，利用机床操作面板上的按键，可得到如下倍率：

F0、25%、50%、100%
F0：由参数“快速倍率最低挡速率 F0”（P0712）设定

5.2 切削进给

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



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

5.2.1 每分进给（G98）

格式

G98 ;

F__ ;

G98：每分进给指令

F__：进给速度（毫米/分或英寸/分）

解释

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

5.2.2 每转进给（G99）

格式

G99 ;

F__ ;

G99：每转进给指令

F__：进给速度

解释

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

功能参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2500								FPT	

[数据类型] 位型

1 FPT

0：上电时为每分进给

1：上电时为每转进给

5.2.3 输入单位与输出范围

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

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

备注:

1. 每分进给方式的速度，在上述最大输出范围内，还受切削进给上限速度参数（P0713）的限制。
2. 进给速度指令值在系统中的运算误差为 ±2%。当达到稳定状态后，误差是通过测定移动 500mm 以上的距离来求得的。
3. 对于如螺纹切削和攻丝等指令，进给倍率无效。
4. G98，G99 下，轴锁功能均有效。

5.3 高速高精控制（G05）

格式

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

其相关地址说明如下表:

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

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

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

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

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

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

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

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

清除 G05 控制

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

显示

G5 任何一个功能有效时，在右上角会有提示信息。

C、Q、CT、AD 不显示数值，显示/C、/Q、/CT、/AD。

刀具方向控制功能 (P 功能)

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

轨迹平滑及加速度抑制 (R 功能)

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

系统计算进切削平滑器前各轴最大加速度 (N40/41/…) 和出切削平滑器后各轴最大加速度 (N50/N51/…)。并根据 P6440/P6441 设定的加速度限制值，推算出各轴大致需要的平滑阶数 (N60/N61/…)。如果 N60/N61/…的最大值小于 R 指令值，那么可降低 R 以减小轮廓误差；但过低的平滑阶数 (例如：<40)，不利于光顺轨迹本身的误差。这些加速度都是以加速度单位显示，因此请将 P5.4(ACDCMS) 位参数设置为 0，避免 P6440/P6441 加速度限制用时间显示时产生混乱。

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

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

路径优化功能 (E/NE 功能)

“FG05E”（P6401.0）为 0 时允许使用该功能。

1. 对于从路径优化出来的轨迹点，每个点都与原加工程序的若干程序段相关。为防止单段、暂停、模式切换再启动时轨迹不同，系统对该情况下的单段、暂停、模式切换特殊处理如下。

(1) 暂停或模式切换时，减速停止，但不清除运行状态。状态栏同时显示“运行”和“暂停”。按启动键可再次执行。

(2) 单段时，记录当前位置点相关的最后一个程序段，当轨迹前进到相关的最后一个程序段发生变化时，立即暂停。此处暂停视为单段停止，显示暂停，同时不清除运行状态。状态栏同时显示“运行”和“暂停”。按启动键可再次执行。

2. 从程序中间开始加工与从头开始加工的轨迹可能不重合。此外，经过路径优化的程序段不支持断点断电保存。

刀补有效时，按曲率限速功能 (Q)

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

刀补有效时，更密的程序段支持

相关参数：

P11		每主控周期最大预处理段数

当 P11<=1 时，为原有方式：每主控周期处理一段

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

G05 默认值

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

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

5.4 暂停（G04）

利用暂停指令，可以推迟下个程序段的执行，推迟时间为指令的时间。

格式

G04 X__ ;

或

G04 U__ ;

或

G04 P__ ;

X：暂停时间设置（可使用小数）。

U：暂停时间设置（可使用小数）。

P：暂停时间设置（不可使用小数）。

解释

利用暂停指令，可以使下一程序段的执行推迟指定的一段时间。

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

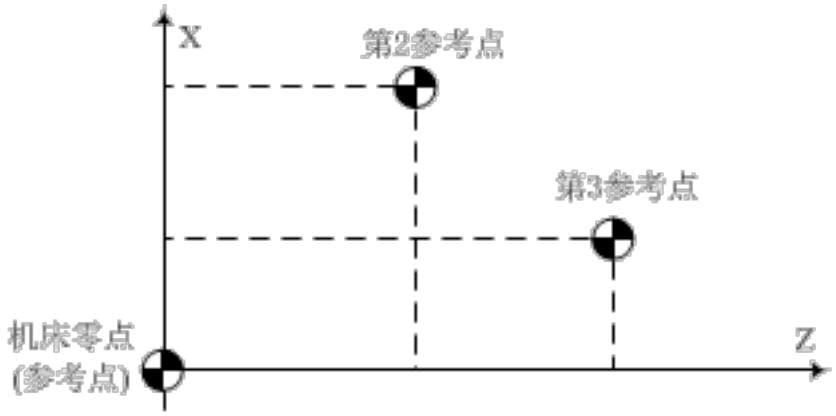
备注:

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

第6章　参考点

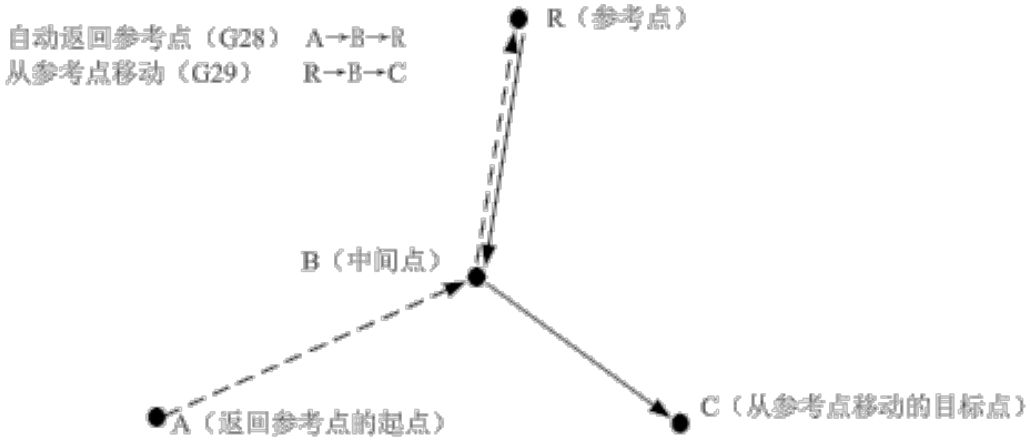
参考点是指机床上某一固定位置。加工时，可把参考点作为自动换刀的位置，通过返回参考点功能将刀具移动到该位置。

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



6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29）

自动返回参考点功能（G28）可使指定轴经中间点自动返回到参考点，返回完毕，回零灯亮。从参考点移动功能（G29）可使指定轴经中间点移动到指定位置。如下图所示。



格式

G28 IP__ ;

G28：自动返回参考点指令。

IP__：自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。

G29 IP__ ;

G29：从参考点移动指令。

IP__：最终移动到的目标点坐标，绝对或增量值指定。

解释

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

   例

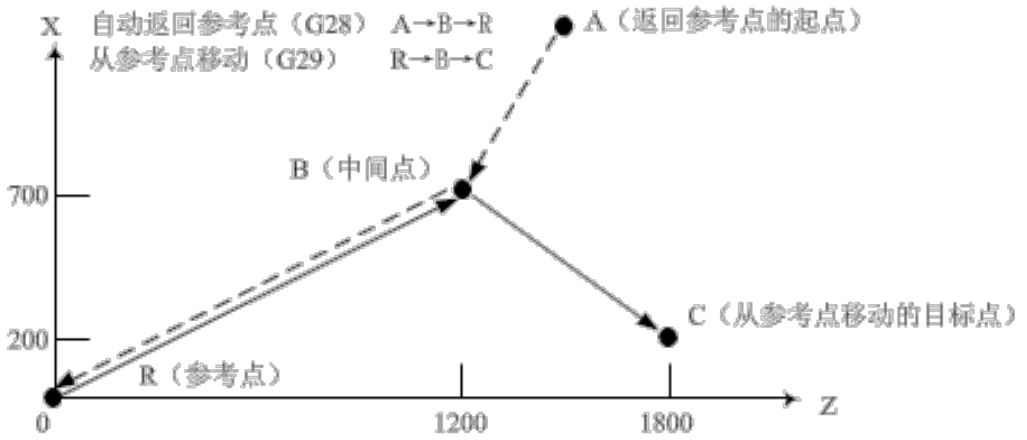
```
N1 G28 X40.0 ;          X轴移动到参考点，中间点（X40.
↪0）被存储起来。
N2 G28 Z60.0 ;          Z轴移动到参考点，中间点（Z60.
↪0）被存储起来。
N3 G29 X10.0 Z20.0 ;  X轴和Z轴经G28指定的中间点（40.0，60.
↪0），返回到G29指定的目标点（10.0，20.0）。
```

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

备注:

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

举例



加工程序

G28 X700.0 Z1200.0 ;（A→B→R 的程序）

……;

G29 X200.0 Z1800.0;（R→B→C 的程序）

6.2 自动返回第 2、第 3 参考点（G30）

格式

G30 P2 IP__ ;

返回第 2 参考点（P2 可以省略）

G30 P3 IP__ ;

返回第 3 参考点

IP__：自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。

解释

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

6.3 返回参考点检查（G27）

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

格式

G27 IP__ ;

IP__：指定参考点的坐标（绝对值/相对值指定）。

解释

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

第7章　坐标系

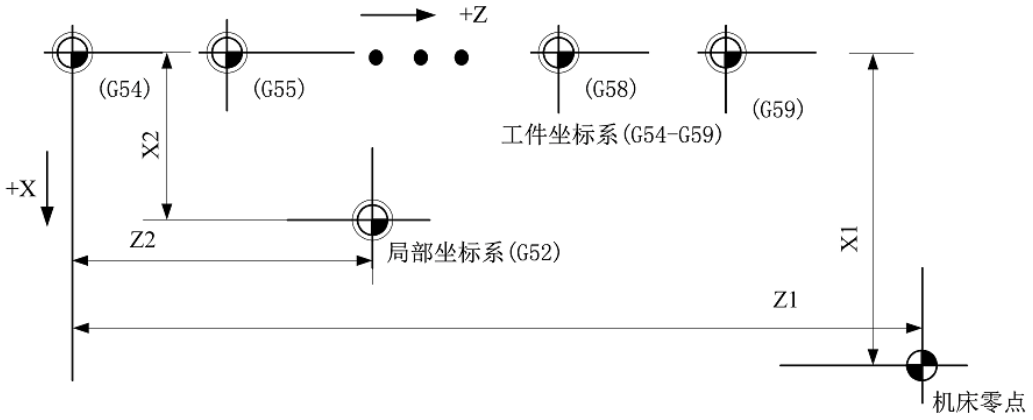
7.1 坐标系

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

本系统使用机床坐标系、工件坐标系、局部坐标系之一来指定坐标位置。

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

各坐标系关系如下图：



7.1.1 机床坐标系

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

机床坐标系的设定

通常情况下，系统开机后，用户要对机床坐标系进行重新设定。

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

此坐标系将保存在系统中，直到用户重新设定。

机床坐标系定位（G53）

根据指定的机床坐标，将刀具快速移动到目标位置。

格式

G53 IP__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

解释

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

例

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

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

备注:

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

快速机床坐标系定位（G153）

格式

G153 IP__ NF__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标
NF__：运动速率

解释

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

G153 可加快换刀速度，使用 NF 可以不影响用户指令的进给速率。

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

备注: 在极坐标系、坐标系旋转或坐标系缩放状态下，执行 G153 指令，会产生报警 PS628。
PS628：“指令 G53/G153 前，需要取消极坐标系、坐标系旋转或缩放状态”

7.2 工件坐标系（G50）

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

7.2.1 工件坐标系的设定

工件坐标系有三种设定方法：

1. G50 设定工件坐标系
2. 自动设定工件坐标系
3. 选择 G54~G59 工件坐标系

G50 设定工件坐标系

格式

G50 IP__ ;

IP__：指定当前点在设定工件坐标系下的坐标。

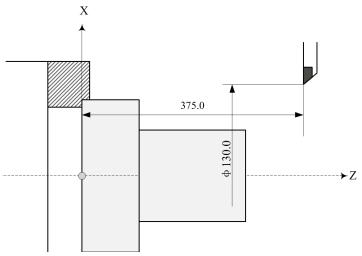
解释

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

1. IP__ 为增量值时，指令前刀具坐标值与增量相加，作为 G50 指定的绝对坐标。
2. 如果在刀具补偿期间用 G50 设置坐标系，那么刀补前的位置与 G50 设置的位置相符。
3. 通常情况下，在指定刀具补偿前请先设定工件坐标系。

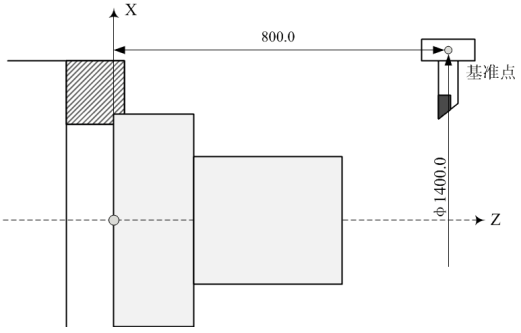
举例

- 以刀尖为指定点设定工件坐标系：



G50 X130.0 Z375.0 ;

- 以刀架基准点为指定点设定工件坐标系：



G50 X1400.0 Z800.0 ;

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

自动设定工件坐标系

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

G50 Xα Yβ Zγ ;

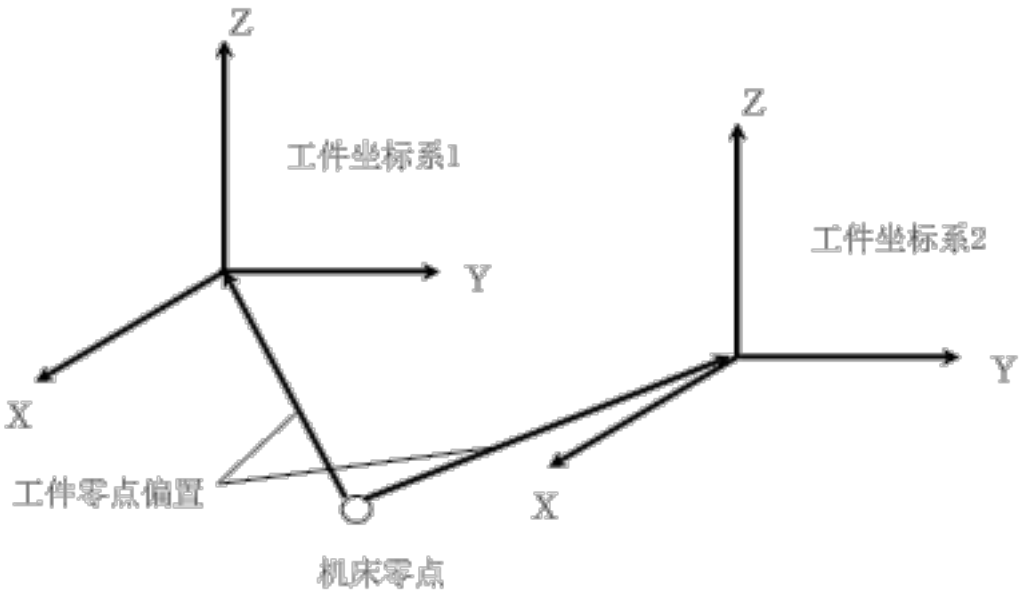
选择工件坐标系（G54~G59）

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

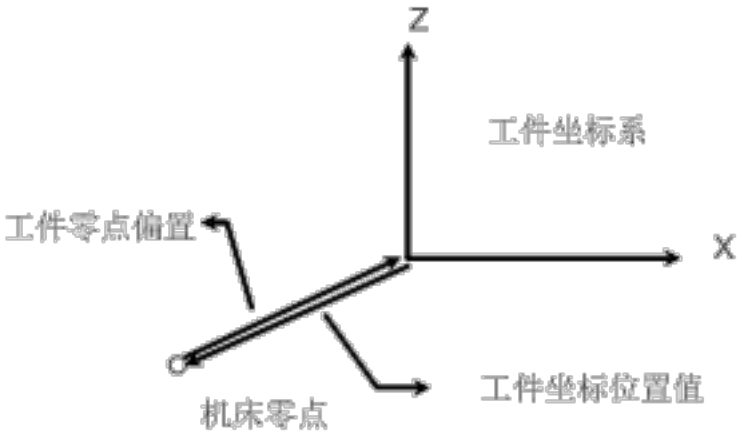
G54 工件坐标系 1
G55 工件坐标系 2
G56 工件坐标系 3
G57 工件坐标系 4
G58 工件坐标系 5
G59 工件坐标系 6

解释

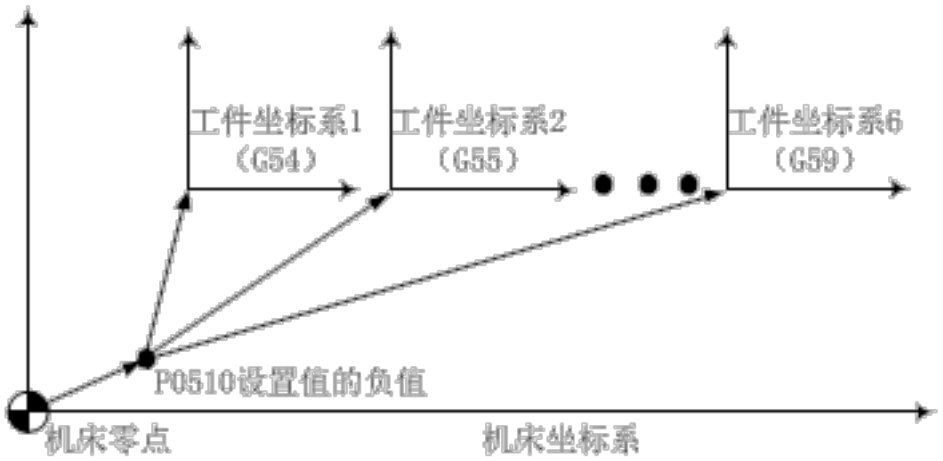
1. 这六个工件坐标系是由从机床零点到各自坐标系零点的距离（工件零点偏置）设定的，如下图所示。



2. 返回参考点后，绝对位置为工件零点偏置的负值，如下图所示。



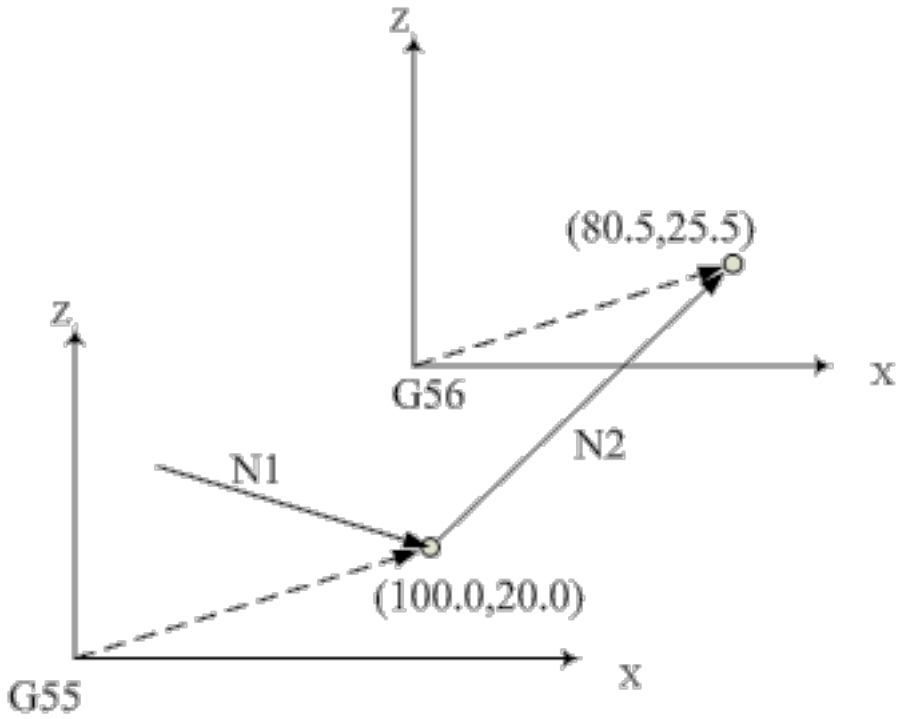
3. 如果选择了工件坐标系，一般情况下设置参数（P0510）为零。如果设定值不为零，返回参考点后，所有的工件坐标系偏移该参数设定值的负值。



备注:

1. 当选择工件坐标系后，一般不需 G50 设定坐标系。如用 G50 设定则会移动工件坐标系 1~6。因此，勿将 G50 与 G54~G59 混用，除非要移动工件坐标系 1~6。
2. 相对位置是否随工件坐标系的设置而改变，取决于参数“PPD”（P2300.3）。

举例



加工程序

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

7.2.2 工件坐标系的移动或变更

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

1. 使用系统 MDI 面板修改 G54~G59 数据；
2. 在加工程序中使用 G50 或 G10 修改。

用 G50 移动工件坐标系

格式

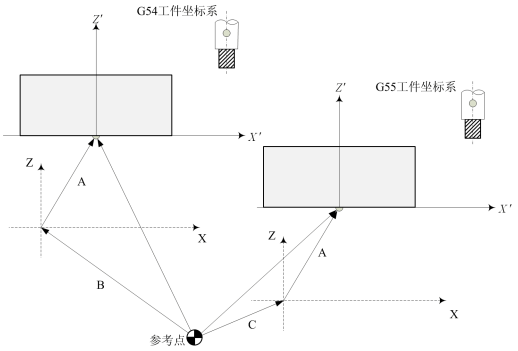
G50 IP__ ;

IP__：指定当前点在设定工件坐标系中的坐标。

解释

1. 在已选择的工件坐标系（G54~G59）中执行 G50 指令，可以使所有原来的工件坐标系同步发生偏移而产生新的坐标系，所有工件坐标系偏移量相同。
2. 如果 G50 指令中，指令的 IP__ 为增量值，则坐标系偏移量为增量值取反。

举例



说明

X’-Z’：新工件坐标系

X-Z：原工件坐标系

A：由 G50 产生的偏移量

B：G54 中的工件零点偏置量

C：G55 中的工件零点偏置量

用 G10 变更工件坐标系

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

格式

G10 L2(或 L1) Pp IP__ ;

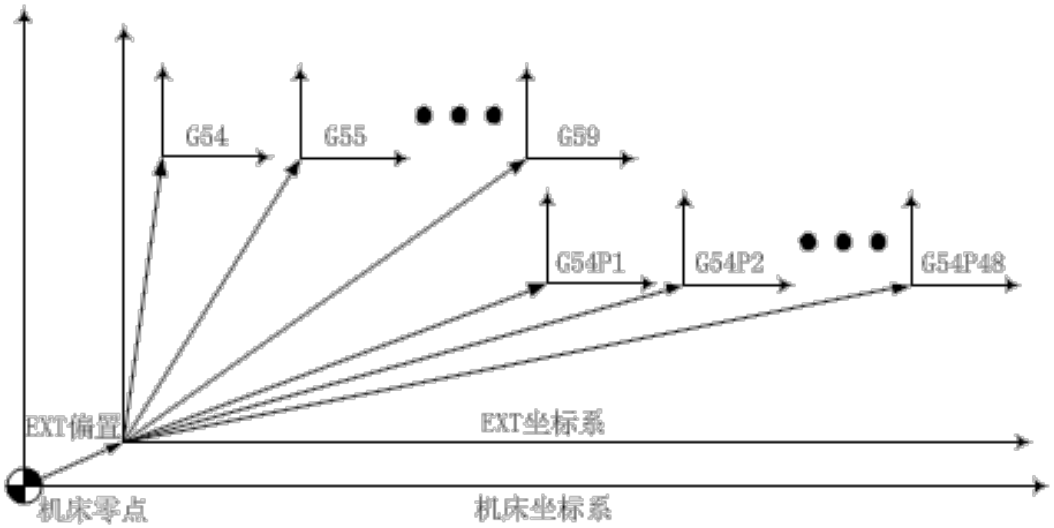
p：要变更的坐标系选择。p=1~6 对应工件坐标系 G54~G59。

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

备注： 如 P 未编入或超出范围时，则产生报警（PS0032）。

7.3 附加工件坐标系（G54 Pn）

除了 G54~G59 六个基本工件坐标系以外，当参数“G54PWK”（P0500.2）设置为 1 时，系统还提供了 99 个附加工件坐标系。如下图所示：



格式

- 选择附加工件坐标系

  G54 Pn ;

  Pn：指定附加工件坐标系的代码。
  n：1~99。

- 设置附加工件坐标系

  附加工件坐标系可由 G10 指令设置。
  G10 L20 Pp IP__ ;

  p：选择要变更的坐标系。p=1~48：设定附加工件坐标系 G54P1~G54P99。
  IP__：若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将改值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

解释

- 选择附加工件坐标系

  当 P 代码和 G54 一起指定时，从附加工件坐标系 1~48 中选择相应的坐标系。工件坐标系一旦被选择将一直有效，直到另一个工件坐标系被选择。在电源接通时，选择 G54 工件坐标系。
  用户亦可通过系统 MDI 面板设定各坐标系的工件零点偏置值，详细说明请参考《操作手册》坐标系子画面。

- 在附加工件坐标系中设定工件零点偏置量

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

7.4 局部坐标系（G52）

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

格式

G52 IP__ ; 设定局部坐标系

……

G52 IP0 ; 取消局部坐标系

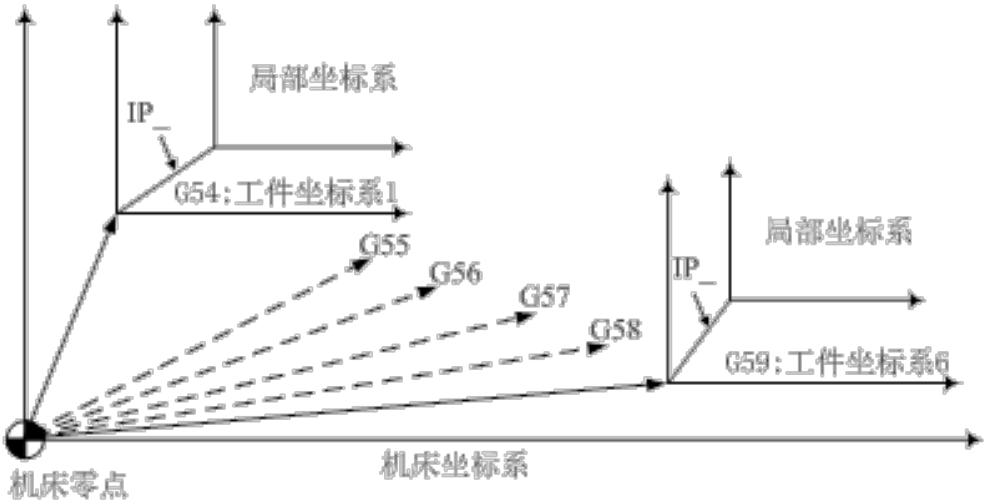
IP__：指定局部坐标系原点在工件坐标系中的绝对坐标。

解释

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

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

与 G50 指令不同，G52 只在其对应的工件坐标系中起作用，如下图所示。



备注:

1. 当一个轴自动或手动返回参考点时，该轴的局部坐标系零点与工件坐标系零点一致，即取消了局部坐标系。这与指令 G52 α0 ;（α：返回参考点的轴）的效果相同。
2. 局部坐标系设定不改变工件坐标系和机床坐标系。
3. 复位时是否清除局部坐标系，取决于参数的设定。当参数 “CLRG52”（P0500.6）设置为 1 时，复位时局部坐标系被取消。
4. 当用 G50 设定工件坐标系时，局部坐标系被取消。如果未指令所有轴的坐标值，则未指定坐标值的轴的局部坐标系并不取消，而是保持不变。
5. G52 暂时取消刀具半径补偿。
6. G52 程序段执行后，绝对坐标立即显示局部坐标系中的坐标。

7.5 笛卡尔坐标轴设定（G54.9）

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

格式

G54.9 Pijk ; 设定笛卡尔坐标轴

……

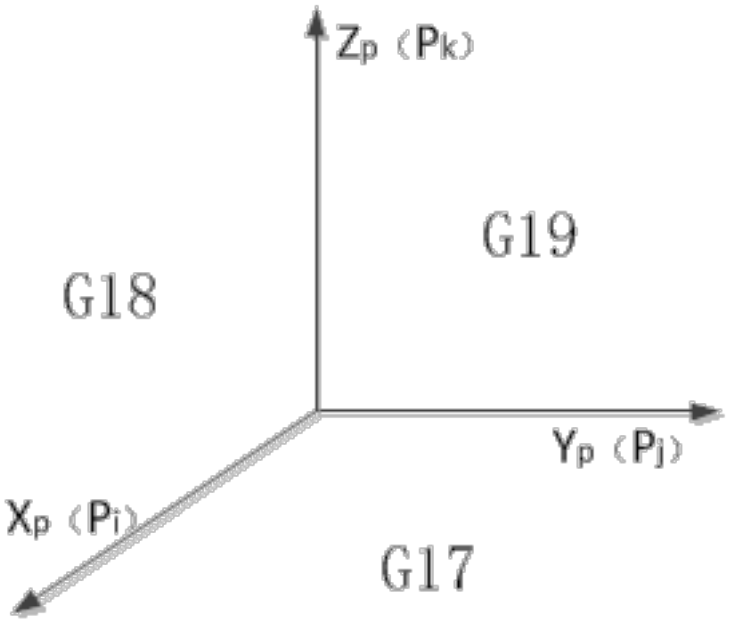
G54.9 P0 或 G54.9; 恢复默认笛卡尔坐标轴设定

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

解释

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

图中所示为标准笛卡尔坐标系 Xp-Yp-Zp, 分别对应笛卡尔坐标系 123 轴，Pijk 指定控制轴轴号分别映射在 Xp-Yp-Zp 轴。



例

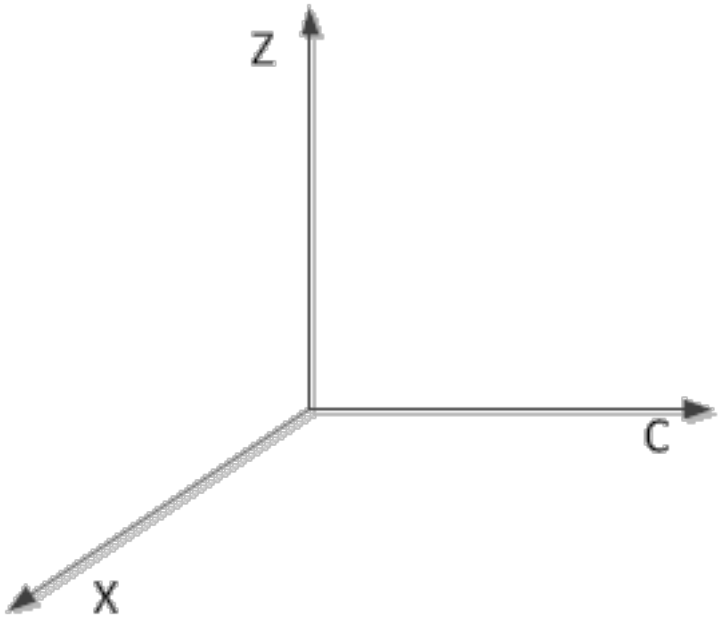
G54.9 P132，表示含义为：将控制轴 132 轴分别映射到笛卡尔坐标系 Xp，Yp，Zp 轴位置表示，即将控制轴 1 轴 X 轴映射到 Xp 轴上；将控制轴 3 轴 Y 轴映射到 Yp 轴上；将控制轴 2 轴 Z 轴映射到 Zp 轴上。

备注:

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

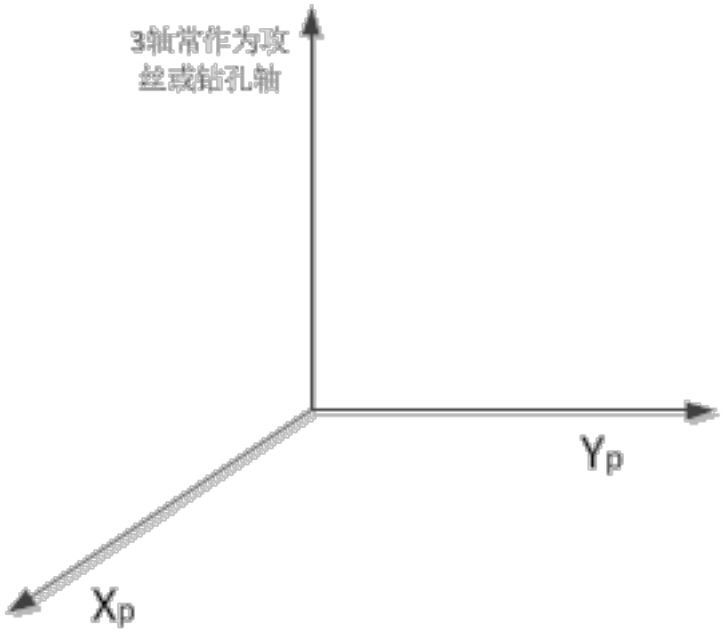
举例

例：常用于极坐标插补，圆柱插补等。



若需要使用 XCZ 3 轴加工时，此时控制轴 X 轴为 1 轴，映射到笛卡尔坐标系 Xp 上；控制轴 C 轴为 4 轴，映射到笛卡尔坐标系 Yp 上；控制轴 Z 轴为 2 轴，映射到笛卡尔坐标系 Zp 上。表示为 G54.9 P142

例：常用于攻丝，钻孔加工



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

如使用 XYZ3 轴加工，控制轴 Y 轴作为攻丝轴，将 Y 轴映射到 Zp 轴，控制轴 Y 轴对应轴号为 3，可表示为 G54.9 P123

7.6 平面选择（G17，G18，G19）

用 G 代码进行圆弧插补、刀具半径补偿、坐标旋转缩放、钻孔等平面的选择。

格式

G17 ; 指定 XpYp 平面（笛卡尔坐标系）
G18 ; 指定 ZpXp 平面（笛卡尔坐标系）
G19 ; 指定 YpZp 平面（笛卡尔坐标系）

解释

在没指令 G17，G18，G19 的程序段里，平面不发生变化。
直线移动指令与平面选择无关。
系统开机时，G18（ZpXp 平面）被选定。

备注： 在没指令 G17，G18，G19 的程序段里，平面不发生变化。
直线移动指令与平面选择无关。
系统开机时，G18（ZpXp 平面）被选定。
本手册中带有下标 p 的坐标轴，均指笛卡尔坐标轴。即 Xp、Yp、Zp 分别为笛卡尔坐标轴 1~3。

举例

```
G18 G01 Z10. X20. F100. ;    选择ZpXp平面
Z30. ;                       平面不变
G17 Z50. ;                   直线移动指令与平面无关
```

第8章　坐标值和尺寸

8.1 坐标值和尺寸

8.1.1 绝对指令和增量指令（G90，G91）

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

格式

• G 代码体系 A

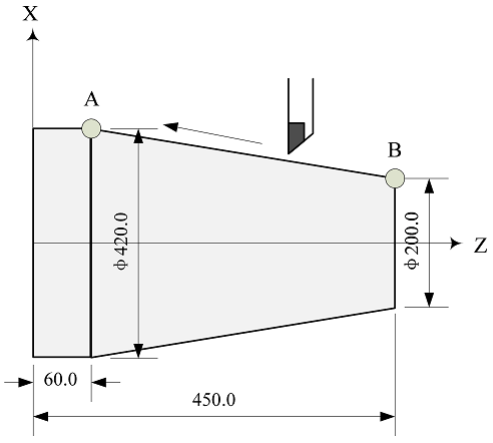
指令轴	绝对指令	增量指令
X 轴移动指令	X	U
Z 轴移动指令	Z	W
Y 轴移动指令	Y	V
C 轴移动指令	C	H

• G 代码体系 B

G90 IP__ ; 绝对指令
G91 IP__ ; 增量指令

举例

刀具从 B 点移动到 A 点，X 轴为直径编程。



指令方式	G 代码体系 A	G 代码体系 B
绝对指令	X420.0 Z60.0 ;	G90 X420.0 Z60.0 ;
相对指令	U220.0 W-390.0 ;	G91 X220.0 Z-390.0 ;

备注:

1. G 代码体系 A 中，同轴的绝对指令和增量指令（X 和 U 或者 W 和 Z 等）在一个程序段中不可同时使用；非同轴的绝对指令和增量指令在一个程序段内可以混用。上例也可以编程为：“X420.0 W-390.0 ;”。
2. 5 轴以上系统增量编程使用绝对地址 +R，如 X 轴增量移动 50.0，编程格式为 XR50.0。

8.2 极坐标指令（G15，G16）

坐标值可以用极坐标（半径和角度）输入。

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

半径和角度可以用绝对方式或增量方式来指定。

格式

$$G17/G18/G19 \begin{Bmatrix} G90 \\ G91 \end{Bmatrix} G16;$$

开始极坐标方式

G00 IP__ ;

……

G15 ; 取消极坐标方式

G16：极坐标开始指令。

G15：极坐标取消指令。

G17/G18/G19：极坐标平面选择。

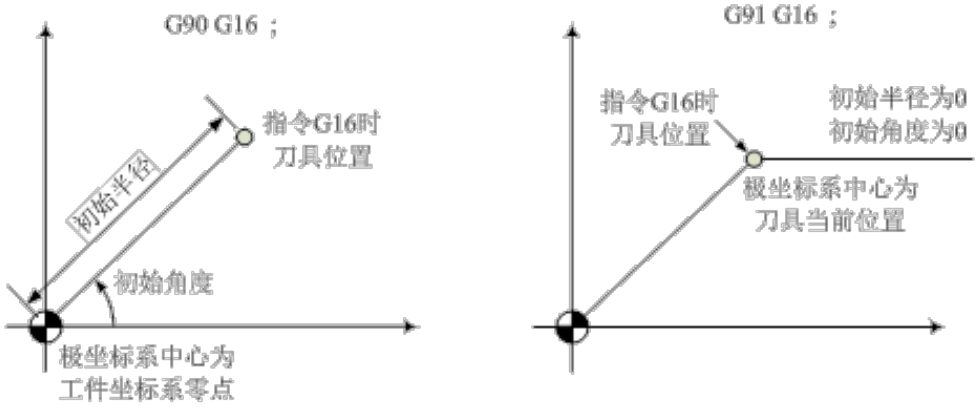
G90/G91：在 G16 程序段中，G90 指定工件坐标系的零点作为极坐标系中心；G91 指定当前位置作为极坐标系中心。

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

解释

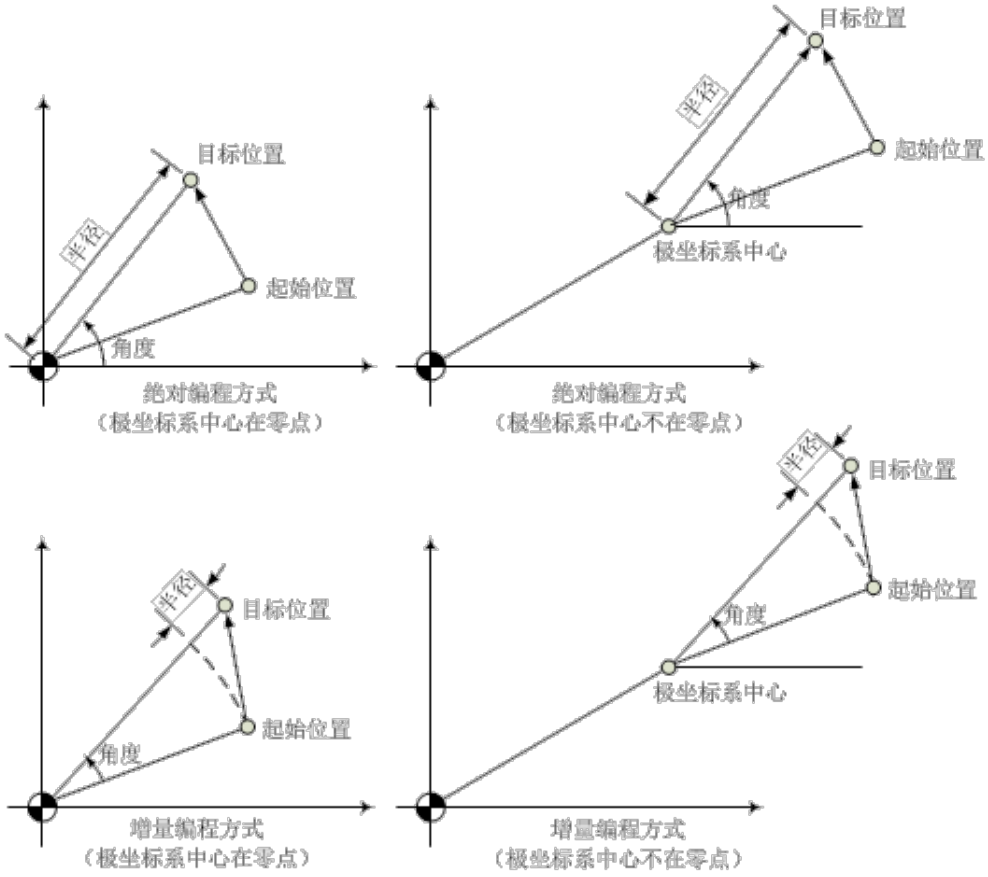
- 极坐标系的建立

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



- 半径和角度的指定

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



限制

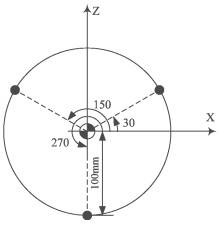
- 极坐标方式下圆弧和螺旋插补

  在极坐标方式下，圆弧插补或螺旋线插补（G02，G03）时，使用 R 来指定半径。

- 极坐标方式下指令轴不受极坐标影响的指令包括:
- 暂停（G04）
- 可编程数据输入（G10）
- 局部坐标系设定（G52）
- 工件坐标系移动（G50）
- 机床坐标系定位（G53）
- 坐标旋转（G68.1）
- 比例缩放（G15）

举例

加工螺栓孔



用绝对方式指定角度和半径

```
N1 G18 G90 G16 ;
↪指定极坐标指令和选择XZ平面，设定工件坐标系的零点作为极坐标系的原点。
N2 G81 X100.0 Z30.0 Y-20.0 R-5.0 F200.0 ;  指定半径100mm，角度30deg
N3 Z150.0 ;          指定半径100mm，角度150deg
N4 Z270.0 ;          指定半径100mm，角度270deg
N5 G15 G80 ;         取消极坐标指令
```

用增量方式指定角度而用绝对方式指令半径

```
N1 G18 G90 G16 ;
↪指定极坐标指令和选择XZ平面，设定工件坐标系的零点作为极坐标系的原点。
N2 G81 X100.0 Z30.0 Y-20.0 R-5.0 F200.0 ;  指定半径100mm，角度30deg
N3 G91 Z120.0 ;      指定半径100mm，角度+120deg
N4 Z120.0 ;          指定半径100mm，角度+120deg
N5 G15 G80 ;         取消极坐标指令
```

8.3 变换中特定回零功能

解释

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

- 功能详述

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

  例：

```
G28 G91 X0.;  （铣床或车床B体系）
或
G28 U0. ;  （车床A体系）
```

  不符合上述要求的回零操作，会触发 PS122 报警。

- 回零后指令操作

  回零后指令可以是以下几类：

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

  例：

```
G90 X0 Y0;
G51 X100.0 Y100.0 P500;
G28 G91 X0 Y0;           （使用G28进行X，Y轴回零操作）
G29 G90 X100.0;          （使用错误，使用G29时未指令所有回零轴）
G29 G90 X100.0 Y100.0;   （使用正确，使用G29时指令了所有回零轴）
G29 G91 X0 Y0;
```

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

  例：

```
G90 X0 Y0;
G68 X200.0 Y100.0 R45.0;
G28 G91 X0 Y0;           （使用G28进行X，Y轴回零操作）
```

(续下页)

(接上页)

```
G90 G01 X400.0;                    (使用错误，涉及到变换的轴未全部指令)
G91G01 X400.0 Y100.0;    (使用错误，必须使用绝对指令)
G90G01X400.0;
G90G01Y100.0;            (使用错误，涉及到变换的轴必须同时指令)
G90 G01 X400.0 Y100.0; ␣
↪(使用正确，涉及到变换的轴同时指令，且为绝对指令)
```

备注：变换涉及的轴包括以下情况：
对极坐标系：当前坐标平面内的轴；
对缩放：缩放比例不为 1 的轴；
对平面旋转：当前旋转平面内的轴（包含以空间旋转方式指令的平面旋转情况）；
对空间旋转：当前坐标系内的轴；

功能参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
3600								HMCON	

[数据类型] 位型

1 HMCON

0：不允许变换时进行特定回零操作
1：允许变换时进行特定回零操作

相关报警

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

8.4 英制与公制的转换（G20，G21）

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

格式

G20 ; 英制输入
G21 ; 公制输入

解释

G20 或 G21 要在程序开头，坐标系设定之前，用单独的程序段指令。指令之后，输入数据的单位就成为对应的英制或公制最小设定单位（参见 II-3.3）。下列数据的单位会根据 G20 或 G21 指令变化：

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

- 部分参数值

备注:

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

8.5 小数点编程

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

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

根据不同地址和指令，小数点的位置可以是秒、毫米、英寸或度的位置。

解释

- 有无小数点处理

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

  例 1

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

  例 2

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

- 有无小数点混用

  有小数点的数值和无小数点的数值可以混用。

  例

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

- 最小输入单位限制

  如果指定的数值小于最小输入单位时，则最小输入单位以后的数字被舍去。

  例

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

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

  例

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

- 默认小数点（PODI）

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

  例

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

- 强制输入小数点（POD）

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

- 暂停指令（G04）

  指定暂停时，地址 X 可以输入小数点，但地址 P 不能用小数点。
  使用暂停指令时，在一个程序段内要先指定 G04。

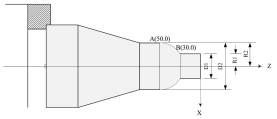
  例

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

8.6 直径和半径编程

8.6.1 直径指定和半径指定

T 系列在编写加工程序时，因为零件截面一般都是圆形，所以有直径指定和半径两种指定方法。如下图所示。



直径编程	半径编程
O0001 ; G00 X0. Z2. ; G01 Z0. F200. ; X30. ; W-10. ; G03 X50. W-10. R10. ; G00 X60. ; Z50. ; M30 ;	O0001 ; G00 X0. Z2. ; G01 Z0. F200. ; X15. ; W-10. ; G03 X25. W-10. R10. ; G00 X30. ; Z50. ; M30 ;

解释

如上述程序，当选择半径编程时，X 轴的坐标使用半径值指定；选择直径编程时，X 轴的坐标使用直径值指定。两种方式可通过参数“DIA”（P0405.5）或 G 代码（G10.9）选择。

- 直径指定时的注意事项

项目	注意事项
Z 轴指令	与直径、半径无关
X（任意直线轴指令）	支持直/半径指令
地址 U 的增量指令（任意直线轴增量指令）	支持直/半径指令
坐标系设定（G50）	用直径指令 X/Y 轴坐标值
刀具补偿量的 X/Y 轴的值	用参数“DIA”（P0405.5）指定直径编程或半径编程
圆弧插补的半径指令（R、I、K）	用半径值指令
X/Y 轴方向的进给速度	用半径变化/min 或半径变化/rev 指令
X/Y 轴的位置显示	用直径值显示

备注:

1. 在说明书中，如果没有特别指出直径或半径指定，那么，当直径指定时，X 轴为直径值，当半径指定时，X 轴为半径值。
2. 关于刀具补偿使用直径的意义，是指当刀具补偿量改变时，工件外径的直径值变化。如果不换刀具，补偿量改变 10mm，则切削工件外径的直径值改变 10mm。
3. 关于刀具补偿使用半径的意义，是指刀具本身的长度。

8.6.2 直径和半径可编程切换（G10.9）

可利用 G10.9 对直线轴切换直径编程和半径编程方式。

格式

G10.9 IP0 ; 指定直线轴半径编程

备注:

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

第9章　测量机能

9.1 测量机能

9.1.1 跳跃机能（G31）

在 G31 中指定进给轴的移动，可以执行与 G01 相同的直线插补。

如果在轴移动过程中系统接收到了跳跃信号，则终止执行剩余运动，而开始执行下个程序段。

该机能主要用于由外部信号控制的加工跳转情况，或用来测量工件的尺寸。

格式

G31 IP__ F__ ;

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

解释

- 跳跃信号

  来自 G11.7。

- 进给速度

  参数“SKPF”（P4500.7）可以选择 G31 是以参数设定的速度进给还是以 F 指令的速度进给。当 SKPF 设为 1 时，以“G31 低速速度”（P4510）作为进给速度。
  G31 指令减速度（AD 或 DC 指令），在检测到跳跃信号时，有减速过程；否则，立即停止插补，无减速过程。

- 跳跃点位置

  跳跃信号为 ON 时：
  若 G31 指令了 AD 或 DC 指令，读取宏变量 #5061~#5068 可以获得跳跃时刻的绝对坐标值，读取宏变量 #5041~#5048 可以获得减速后的绝对坐标值。
  若 G31 未指令 AD 或 DC 指令，宏变量 #5061~#5068 和 #5041~#5048 读取到的值相同。
  在移动量不明确时，也可以使用跳跃机能。

- G31 不进行软限位预测

  1)

参数号	功能
0614	碰机械限位/软件限位时最大减速度

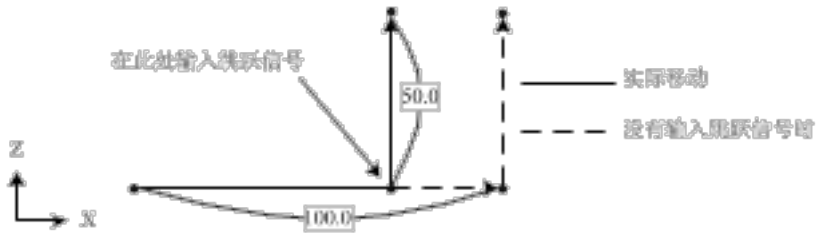
参数号	功能
0615	回机械限位/软件限位时加减速度

过程: 碰机械限位/软件限位（比如禁止软限位预测的 G31）后，限制最大减速度为 P614 给定值。
对此限制产生的脉冲误差进行累计。在减速停止后，反向以 P615 加速度返回，消除累计误差；
注：对于本身有减速过程且减速度小于 P614 时，此功能无影响。
2)G31 不进行软限位预测

举例

- G31 后程序段是增量指令

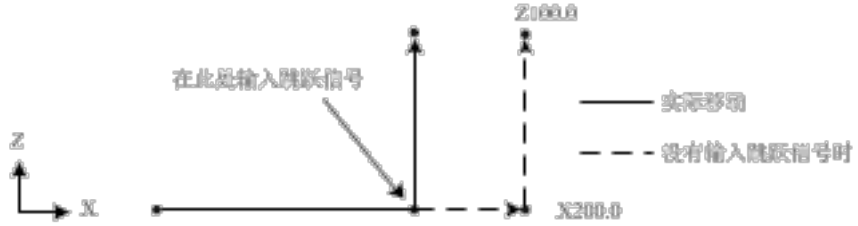
从跳跃信号中断的位置用增量值运动。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量 #1 中。



（G 代码体系 A）	（G 代码体系 B）
… G31 U100.0 F100.0 ; #1 = #5041 ; W50.0 ; …	… G91 G31 X100.0 F100.0 ; #1 = #5041 ; Z50.0 ; …

- G31 后用绝对指令只指定 1 个轴

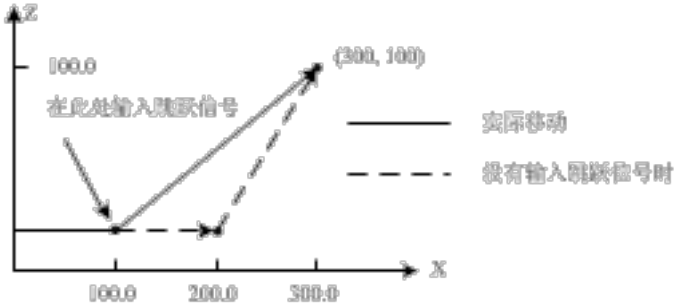
指令轴移动至指令位置，没有指定的轴保持在跳跃信号输入位置。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量 #1 中。



（G 代码体系 A）	（G 代码体系 B）
… G31 X200.0 F100.0 ; #1 = #5041 ; Z100.0 ; …	… G90 G31 X200.0 F100.0 ; #1 = #5041 ; Z100.0 ; …

- G31 后用绝对指令指定 2 个轴

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



（G 代码体系 A）	（G 代码体系 B）
… G31 X200.0 F100.0 ; #1 = #5041 ; X300.0 Z100.0 ; …	… G90 G31 X200.0 F100.0 ; #1 = #5041 ; X300.0 Z100.0 ; …

G31 高速测量功能

格式

G31 Z_ P_ F__

解释

1. 目前支持最多 4 个高速测量信号，对应 P21~P24
2. 目前主通道和 PEXC 通道都支持 G31 高速测量功能。

注：G31 指令高速测量完成后，才可以再执行新的 G31 高速测量指令（并行通道和 PEXC 通道也是如此）。

相关参数

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

[数据类型] 位型

SKP21~SKP24 ——跳跃信号电平选择。默认值 0

参数号	功能
4511	跳跃信号 21~24 滤波时间设置

[数据类型] 实数型
[默认设置] 4

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

参数号	功能
4512	高速跳跃信号个数

[数据类型] 字节型
[默认设置] 1

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

[数据类型] 位型

4 SKPN 多级跳转功能有效/无效

0：无效
1：有效

9.2 多级跳跃机能

当参数“SKPN”（P0006.4）设为 1 时，多级跳跃机能有效。

9.2.1 G31 多级跳转功能

格式

G31 IP__ F__ P__ ;

G31：跳跃指令，非模态，仅在本程序段中有效。

IP__：指定移动终点坐标。

F__：指定进给速度。

P__：跳跃信号编号。范围 1~16。P1~P8 分别对应跳跃信号 SKP1~SKP8。P9~P16 对应 PLC 的 8 个 G 接口，即 G31.0~G31.7(SKP9~SKP16)。P 未输入或输入 P0 时使用原 G31 信号，超出范围则触发 PS340 号报警。

解释

- 跳跃信号

  使用总线 IO 模块 1 的低 8 位输入点。默认情况下总线 IO 模块的起始地址偏移为 12，那么跳跃信号使用 X12.0~X12.7。
  各跳跃信号的有效电平可以由参数 P4501 设置。
  参数 SKPSRC(P4500.5) 可以设置跳跃信号 1~8 取自总线 IO 模块的低 8 位。

  备注： 以下情况会屏蔽 P4500.5（SKPSRC）
  1. 本地 DI 未配置时，此时跳转信号取自总线 IO 模块 1 的低 8 位
  2. 本地 DI 已配置，但总线 IO 模块数 (P1710)=0 时，此时跳转信号取自本地 DI。

- 进给速度

  参考 跳跃机能说明。

- 跳跃点位置

  参考 跳跃机能说明。

9.2.2 G04 多级跳转功能

格式

G04 X(U,P,XR)_ (Q_);

X(U,P,XR)_：暂停时间（U 仅用于五轴以下车床 A 体系，P 指令单位为毫秒，XR 用于五轴以上车床 A 体系）

Q_：Q1~Q16 （Q 为指令信号）

解释

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

- 跳转信号

  Q1~Q8（同 G31 P1~P8）：对应 X12.0~X12.7。
  Q9~Q16（同 G31 P9~P16）：对应 PLC 的 8 个 G 接口，即 G31.0~G31.7(SKP9~SKP16)。

- 举例

  运行程序

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

将 P4501 中 SKP1-SKP4 均置为 0，执行程序，此时 G04 指定跳转信号为低电平有效，程序直接跳至 N50 段执行；
将 P4501 中 SKP1-SKP4 均置为 1，执行程序，此时 G04 指定跳转信号为高电平有效，执行 N10 段时，给入 DI 插座 1 管脚一个高电平信号，G04 指定暂停时间将不再执行，立即结束当前段并跳转至 N20 段；若在 G04 语句执行期间不给入高电平跳转信号，当前段执行结束后顺序执行程序。

功能参数

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

[数据类型] 位型

[默认设置] 00000000

4 SKPN

0：多级跳转信号功能无效
1：多级跳转信号功能有效

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
4501		SKP8	SKP7	SKP6	SKP5	SKP4	SKP3	SKP2	SKP1

[数据类型] 位型

[默认设置] 00000000

SKP1

0：跳转信号 n 低电平有效
1：跳转信号 n 高电平有效

相关报警

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

9.3 转矩限制跳转功能

- G31 指令转矩限制跳转

G31 IP_ F_ P_ Q_ NQ_;
P 跳跃信号编号，编入时跳跃信号输入时进行跳转；
Q 转矩限制，范围 1-200，单位%，编入时检测到转矩大于等于该值时进行跳转；
NQ 按指定轴号检查转矩（NQ 为 99 时，表示所有运动轴转矩均到达才跳转）

备注： 注 1：两者可以独立使用，也可同时使用；
注 2：同时使用，且希望使用原 G31 跳跃信号（SKP0/SKIP）时，须编入 P0

示例：

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

(续下页)

(接上页)

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

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

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
4500			SKPPE						

[数据类型] 位型

6 SKPPE

1/0: 跳跃点绝对坐标是否考虑位置误差补偿
当 SKPPE=1 时，在变量 5061-5068 基础上，进行位置误差补偿。

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

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

9.4 自动刀具测量补偿（G36，G37）

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

格式

G36 IPa ;

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

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

解释

- 坐标系

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

- 移动至测量位置

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

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

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

• 补偿

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

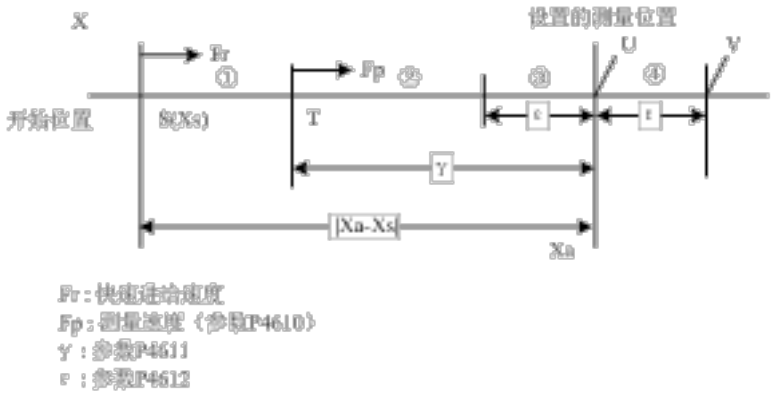
新形状补偿量 = 当前形状补偿量 + 当前磨损补偿量 +（α–a）

新磨损补偿量 = 0

这些补偿量也可从 MDI 键盘变更。

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

• 进给速度和报警（以 X 轴为例）



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

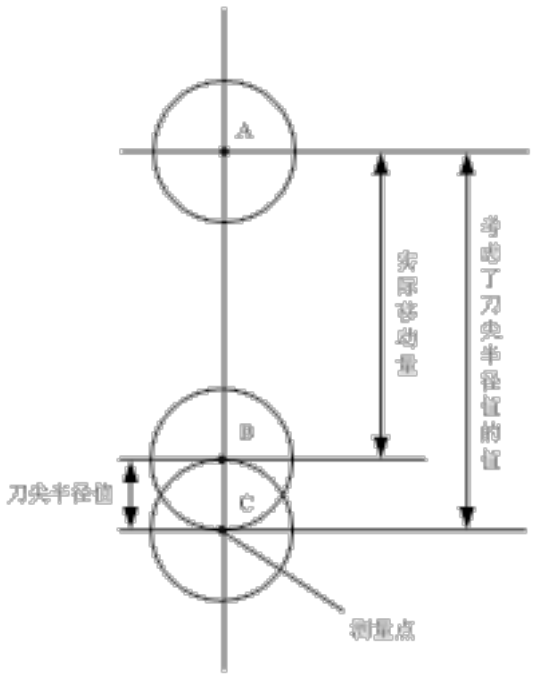
然后刀具从点 T（Xa-γ）开始，以参数 “刀具补偿自动测量中的低速速度”（P4610）设定值 Fp 移动通过区域 ②、③ 和 ④。

如果在移动通过区域 ② 时触发终点到达信号，会产生报警（PS0080）。

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

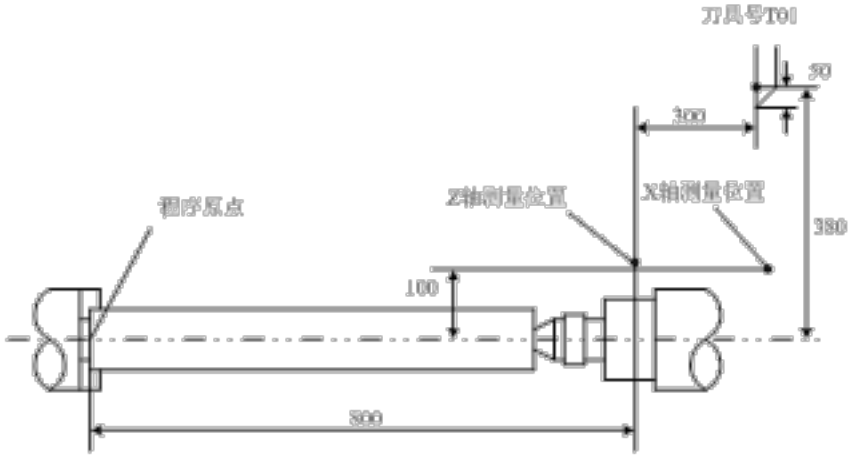
备注：

1. 在指令 G36 或 G37 时，如果长度补偿无效，会产生报警（PS0081）。
2. 在 G36 或 G37 指令的同一程序段中变更长度补偿时，会产生报警（PS0082）。
3. 测量速度 Fp、γ 和 ε 由参数设定。这些值已经由机床制造厂家设定。
4. γ 及 ε 必须是正数，且 γ>ε。
5. 在指令 G36 或 G37 前，必须取消刀尖半径补偿。
6. 以测量速度移动时，如果插入一个手动移动，重新启动前，应将刀具回到插入手动移动前的位置。
7. 当刀尖半径补偿机能有效，计算刀补时应考虑刀尖半径值，确保刀尖半径设定正确。刀具实际上是从 A 点移动到 B 点，但是补偿量的计算是假设刀具考虑了刀尖半径值而移动到 C 点。



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

举例



补偿量	测量前	测量后
X	100.000	98.000
Z	0	4.000

```
G50 X760.0 Z1110.0 ;   绝对坐标系设定。
S01 M03 T0101 ;        指定刀具1，补偿号1及主轴正转。
G36 X200.0 ;           向X轴测量位置移动。
                       如果刀具已经到达测量位置X198.
↪0，由于正确的测量位置是200mm，
                       则补偿量变化：198.0-200.0=-2.0mm。
G00 X204.0 ;           沿X轴移开一点距离。
G37 Z800.0 ;           向Z轴测量位置移动。
                       如果刀具已经到达测量位置Z804.
↪0，由于正确的测量位置是800mm，
                       则补偿量变化：804.0-800.
↪0=4mm。测量完成补偿量立即更新。
```

第 10 章　主轴功能

10.1 主轴功能

10.1.1 速度控制

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

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

当移动指令和 S 代码在同一程序段时，移动指令和 S 代码可同时开始执行。

多主轴时的速度控制，请参照速度指令 。

格式

M03 S__ ; 主轴正转

M04 S__ ; 主轴反转

M05 ; 主轴停止

解释

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

切削锁

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

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

- 举例

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

- 相关参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2700						G98CUTLI	G99CUTLI		

[数据类型] 位型

3 G98CUTLI

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

2 G99CUTLI

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

分级调速（2 位数 S 指令）

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

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

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

无级调速（6 位数 S 指令）

解释

- 自动方式

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

位置页面大字体 S—显示空间不足时，前导字符 S 不显示；

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

- 手动方式

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

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

– SPnJOGS = 1 时，主轴速度由编程的 S 代码控制。

– SPnJOGS = 0 时，每次按下

或

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

– 其他方式

在其它方式时，主轴以指定的 S 代码旋转。

备注：

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

自动编入正反转代码

主轴位参数（以第 1 主轴为例）：

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2751				SPSM					

[数据类型] 位型

5 SPSM

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

10.2 恒线速控制（G96，G97）

所谓恒线速控制是指刀具相对旋转主轴夹持工件的线速度是恒定的，随着刀具位置的变化，根据线速度计算出主轴转速，并把其与对应的电压值输出给主轴控制部分，使得刀具与工件接触点的速度保持恒定，不受工件半径的影响。

对于线速度的单位，公制为 m/min（米/分），英制为 feet/min（英尺/分）。线速度单位根据机床厂家不同有时会不同。

格式

- 恒线速指令

  G96 S__ ; 恒线速开始
  S__：指定线速度，单位 m/min 或 feet/min。
  ……
  G97 S__ ; 恒线速取消
  S__：指定主轴转速，单位 rev/min。

- 主轴最高转速钳制指令

  G50 S__ ; 用于 G 代码体系 A
  G92 S__ ; 用于 G 代码体系 B
  S__：主轴最高转速，单位 rev/min。

- G96 基准轴编程

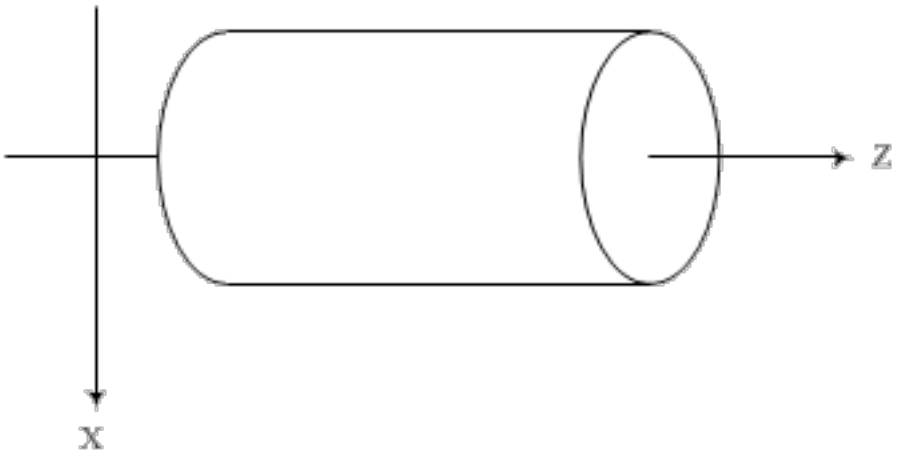
  指令方式：G96 Br;
  选择 B 轴作为恒线速基准轴，如果 B 轴旋转轴，则 r 表示旋转半径；如果 B 轴是直线轴，r 无实际含义
  单独指令 G96 或 G97 时，重新设置 X 轴作为恒线速基准轴

  备注： r==0 时，会输出恒线速指定的最大转速
  G96 段同时指令了多个轴地址时，会报警 PS611-“G96 段最多允许输入一个轴”。
  若程序不兼容该编程方式时，可设置 P2503.1 为 0，关闭该功能

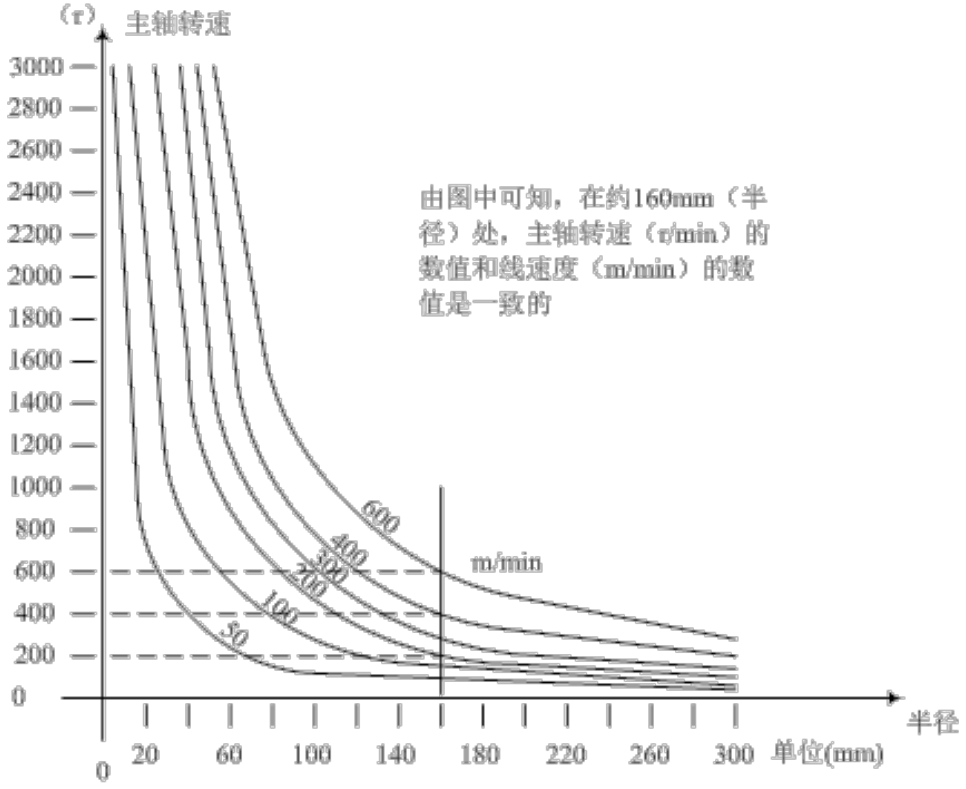
解释

- 恒线速控制

  在执行恒线速控制前，必须设置工件坐标系。使 X 轴（恒线速控制的轴）的中心坐标值为 0。如下图所示。



G96 是模态 G 代码。指定后，随着工件程序执行中工件半径的增大或减小，主轴转速同步发生改变，以保持表面线速度恒定，直到指定 G97 前一直有效。在 G96 程序段中主轴转速为 0，直到出现 M03（主轴正转）或 M04（主轴反转），恒线速功能才有效。主轴转速、工件半径和表面速度之间的关系，如下图所示。



- 主轴速度倍率

  对于指定的线速度或转速，根据主轴倍率选择，可以使用 50~120％的倍率。

- 主轴最高转速钳制

  在恒线速控制时，如果主轴转速超过了 G50 指定的 S__ 值，则主轴以 S__ 指定的值旋转。若不设定主轴最高转速值，则主轴速度不会被箝制。

- 快速移动（G00）时的恒线速控制

  对于用 G00 指令的快速进给程序段，当恒线速控制时，不对时刻变化的刀具位置进行线速度控制，而是计算程序段终点位置的线速度。这是因为默认快速移动时不进行切削的缘故。

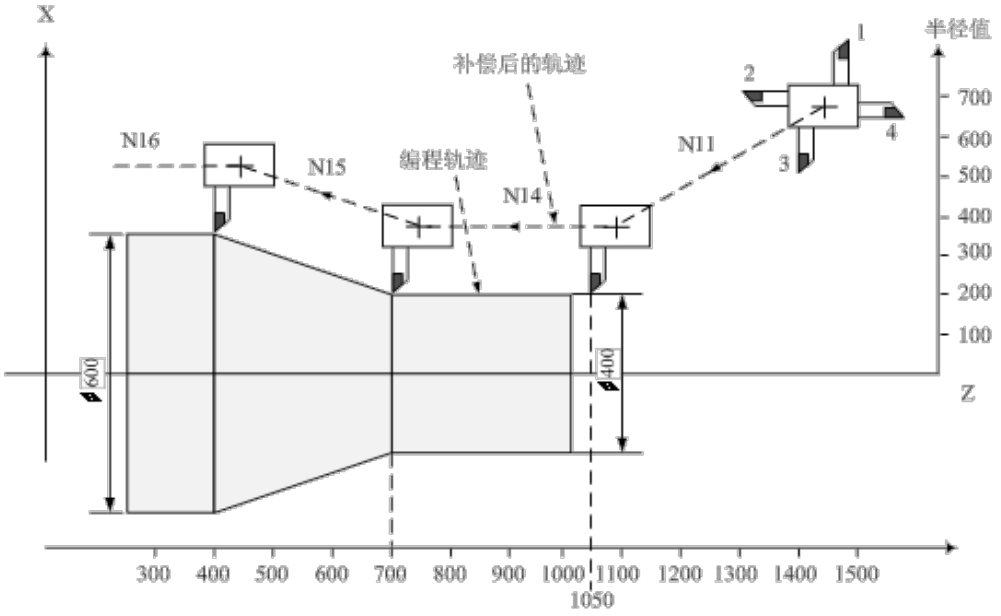
备注:

1. 当电源接通时，如果没设定主轴最高转速的状态，即为不限制状态。
2. 对于设定主轴最高转速的状态，只适用于 G96 状态，G97 状态时不限制。
3. G50 S0 ; 表示限制到 0rev/min。
4. 在 G96 状态中，被指令的 S 值，即使在 G97 状态中也保持着。当返回到 G96 状态时，其值恢复。

   G96 S50 ; 50m/min 或 50feet/min
   G97 S1000 ; 1000rev/min
   G96 X3000 ; 50m/min 或 50feet/min
5. 机床锁住时，进给轴不动，但对应程序中 X 坐标值的变化，主轴仍进行恒线速控制。
6. 切螺纹时，恒线速控制也是有效的。因此切螺纹时，应通过 G97 方式使恒线速控制无效，使主轴以同一转速转动。
7. 每转进给（G99），在恒线速控制方式下（G96），虽然无使用意义，但仍有效。
8. 从 G96 状态变为 G97 状态时，G97 程序段如果没有指令 S 码（转/分），那么 G96 状态的最后转速作为 G97 状态的 S 值使用。X 是 N3 前一个程序段的转速，即从 G96 状态变为 G97 状态时，主轴速度不变。

   N1 G97 S800 ; 800rev/min
   N2 G96 S100 ; 100m/min
   N3 G97 ; Xrev/min
9. 恒线速控制中指定的线速度是相对于编程轨迹的，而不是刀补后的位置的线速度。

- 举例



加工程序

```
N8 T0303 ;                直径指定
N9 G00 X1000.Z1400. ;
N11 X400.Z1050. ;
N12 G50 S3000 ;           指定最高转速
N13 G96 S200 ;            线速度200m/min
N14 G01 Z700. F1000. ;
N15 X600. Z400. ;
N16 Z\_ ;
```

系统通过程序中的 X 坐标值进行线速度计算，使其达到指定的线速度。当有补偿时，不是用补偿后的 X 值进行计算的。上例的 N15 的终点，不是转塔中心，而是刀尖。
也就是说，在 Φ600 处，线速度为 200m/min。X 值为负时，取绝对值进行计算。

10.3 轮廓控制

可将伺服主轴作为旋转轴，进行位置指令定位，与其他伺服轴之间进行插补的功能，也称作Cs 轴功能。是极坐标插补、圆柱插补、数字主轴螺纹插补、刚性攻丝等的基础。

关于是否具有此功能、轮廓控制时主轴对应的轴名称等设定、具体的机床结构，请咨询机床制造厂家。

10.3.1 进入及退出轮廓控制

格式

M60 ; 进入轮廓控制

……

M61 ; 退出轮廓控制

解释

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

举例

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

10.3.2 主轴夹紧、松开控制

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

格式

M38 ; 主轴夹紧

M39 ; 主轴松开

解释

- 自动夹紧及松开

  为简化编程，减少重复的 M38/M39 编写，本系统支持自动松开及夹紧：

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

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

- 举例

端面钻孔

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

- 相关参数

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

[数据类型] 位型

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

0：报警
1：不报警

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

[数据类型] 位型

SPnG0M38

0：无定位停止时自动夹紧功能
1：有定位停止时自动夹紧功能

10.3.3 主轴定向

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

格式

M19;

解释

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

10.4 主轴扩展定向

扩展定向是指主轴可多角度定向。

格式

M28; 主轴扩展定向位置 1(由参数 P2811 确定)

M29; 主轴扩展定向位置 2(由参数 P2812 确定)

10.5 多主轴控制

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

10.5.1 主轴控制 M 代码

各个主轴控制用的 M 代码如下:

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

10.5.2 速度指令

格式

Sn=__ ;

n = 1~5，表示主轴 1~ 主轴 5 指令转速

解释

1. 主轴指令 S__（S 后未编入 1），专用于指令主轴 1 的转速。
2. 上述编程格式“=”左右两侧不能有空格。
3. 多个主轴的转速指令，可以在同一行编入。

举例

```
M03 S100;             第一主轴，正转100转
M3.2 S2=200 S3=100;   第二主轴，正转200转；第三主轴，转速100转
M3.3;                 第三主轴，正转
```

10.5.3 当前主轴

格式

NS__ ;

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

解释

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

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

2. NS 是模态地址。非 MDI 下复位时，清除此模态数据。

举例

刚性攻丝：

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

每转进给及车螺纹：

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

10.6 自定义主轴 M 代码

方便用户按照使用、编程习惯自定义部分功能 M 代码。

相关参数

参数号		
2740		（主轴 1）自定义 M 代码：M3，M4，M5，M19，M38，M39，M60，M61

请按顺序逐个替换，按【修改】键更改规则

P2741~P2744 对应主轴 2~5，参数功能定义同主轴 1

限制

1. 按 M3，M4，M5，M19，M38，M39，M60，M61 的顺序逐个替换
2. 各 M 代码用 ‘;’ 分割
3. 不允许重复指定或者与其他主轴重复指定
4. **不期望启用的功能，用 M 字母代替**
   如：M3，M4，M5，M19，M，M，M60，M61（表示没有主轴加紧松开功能）
5. **未指定的 M 代码使用系统默认 M 代码**
   如：M803，M804，M805（之后的 M19，M38，M60 等使用系统默认 M 代码）

10.7 主轴比例控制（SPRC）

本系统设计有两个主轴比例控制器（SPRC）：SPRC1 和 SPRC2。

SPRC 是用于控制从动主轴，使其跟随主动主轴、按编程比例转动，同时可进行相位控制和补偿控制的功能。

10.7.1 格式及说明

格式

- 启动 SPRC 控制器

G251 NLnl NPnp Pp Qq Rr NQnq Ee Kk

[说明]

nl：选择 SPRC 控制器。有效数值：1~2，对应 SPRC1~SPRC2。未编入默认 SPRC1 控制器。

np：主轴号选择。

十位数：主动主轴号 (1~ 最大主轴数)，个位数：从动 Cs 主轴号 (1~ 最大主轴数)。

未编入时，默认主动主轴为第 1 主轴，从动主轴为第 2 主轴。

p/q：主动主轴和从动主轴转速比。

(1)p 有效范围：1~1000，q 有效范围：-1000~-1 或 1~1000

(2)P 未编入时，默认 p=1

(3)Q 未编入时，默认 q=1。q 为负值代表从动主轴与主动主轴旋转方向相反。

r：主动主轴与从动主轴相位差。r 满足条件：-360.0 < r < 360.0

若 R 编入，则进行相位控制；若 R 未编入，根据以下情况决定是否要进行相位控制：

(1) 使用 SPRC1 且位参数 SPRC1NR(P2700.0)=0，或使用 SPRC2 且位参数 SPRC2NR (P2700.1)=0 时，进行相位控制，等同于输入 R0。

(2) 使用 SPRC1 且位参数 SPRC1NR (P2700.0)=1，或使用 SPRC2 且位参数 SPRC2NR (P2700.1)=1 时，不进行相位控制。

其中，相位控制附加速度由从动主轴的“定向或整圈停止电机转速”参数（P2776/P2826/P2876）确定。

nq：补偿增益

(1)nq 有效范围：1~100，单位：Hz

(2) 当无相位控制或非 1:1 同步主轴，指定 NQ 时报警。

(3) 当同时满足以下条件时，不指定 NQ 效果更好，指定反而更差：

1) 主动和从动主轴都为总线轴

2) 位参数 DSPSCi(i–主动主轴的轴号)=1

3) 非控制方式 0 时

4) 驱动器型号及驱动器软件版本相同

e/k（选配）：滚齿加工中斜齿圆柱齿轮加工，属专用机械加工。e 为螺旋角，k 为模数。

(1)e 有效范围：-50.0~50.0 度

(2)k 有效范围：0.01~100.0mm 或 0.01/25.4~100.0/25.4inch

(3)E 和 K 同时使用，仅输入一个时报警

(4) 当“G251EK”（P2701.0）为 0 时禁用 EK

- 停止 SPRC 控制器

G250 NLnl Pp；

[说明]

nl：选择 SPRC 控制器。有效数值：1~2，对应 SPRC1~SPRC2。

未编入默认同时停止 SPRC1 和 SPRC2。

p：发出停止信号，并等待 SPRC 控制器停止

p 有效范围：1
P 未编入时，向 SPRC 控制器发出减速停止信号，但不等待其停止结束
编入 P1 时，向 SPRC 控制器发出减速停止信号，并等待其停止结束

解释

- 坐标更新

SPRC 控制期间，从动主轴跟随主动主轴运动的部分脉冲，计入机床坐标，不计入绝对坐标。但累计未计入部分，在 SPRC 控制结束时更新绝对坐标。
SPRC 控制器启动时刻，从动主轴绝对坐标清 0。停止时刻，将 SPRC 控制期间未计入绝对坐标的数据总和计入绝对坐标。

- SPRC 启动说明

1. 启动后系统在标题栏中间以红色字体醒目提示工作中的 SPRC 控制器：SPRC1/SPRC2

备注： 当 SPRC1 和 SPRC2 都显示时，中间没有空格显示。

2. 启动后，从动主轴立即进入轮廓控制模式

例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ; 1:1 控制，Y 轴进入轮廓模式，坐标清零 … G50.2 ; 虽停止 SPRC 控制器，但 Y 轴仍处于轮廓模式
其 它说明	G51.2 与 G251 等价，G50.2 与 G250 等价，下同

3 启动后，当主动主轴为数字主轴时，那么主轴停止时保持使能状态。
例如：

配置 1	第 1 主轴为总线主动轴 (C 轴)，DSPSC4=1，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S500 ; G4 P2000 ; G51.2 ; G4 P5000 ; M5 ; C 轴停止后不断使能

配置 2	第 1 主轴为总线主动轴 (C 轴)，DSPSC4=0，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S500 ; G4 P2000 ; G51.2 R0 NQ20 ; G4 P5000 ; M5 ; C 轴停止后不断使能

配置 3	第 1 主轴为脉冲主轴 (C 轴，P2730=2104)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S500 ; G4 P2000 ; G51.2 R0 NQ20 ; G4 P5000 ; M5 ; C 轴停止后不断使能

4 处于 SPRC 从动控制中的主轴，具有以下限制

(1)G27~G30/G53/G153 中编入该轴地址时报警
例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ; 1:1 控制，Y 轴进入轮廓模式，坐标清零 G28 Y0 ; 报警

(2) 提前转速控制时断使能功能无效
(3) 再次指令该轴为另一 SPRC 控制器将报警。系统限制主轴不允许同时为两个 SPRC 控制器的从动主轴
例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ; 1:1 控制 G51.2 NL2 ; 报警

(4)SPRC 控制停止前将一直保持使能状态。如果为总线从动主轴，那么附加转速控制时，即便 DSPSCi=0(i 为从动主轴轴号)，也时无法开环。
例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ; 1:1 控制 M3.2 S2=100 ; 从动轴附加 100 转/分。若为总线从动主轴，那么闭环控制 M5.2 ; 停止附加转动 M3.2 ; 再次附加转动 M61 ; 报警，因为将无法断开使能信号。

(5) 执行 M19/M61/M38/M39 时报警，也包括定向和 C/S 开关按键
例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ; 1:1 控制 M19 ; 主动主轴定向 M19.2 ; 报警

(6) 若此时使用 PLC 轴功能控制该从动主轴 (包括手动移动该轴)，那么该控制立即进入轴锁状态。

5. 处于 SPRC 控制中的主动或从动主轴，提前转速控制时断使能功能无效
6. 从动主轴加减速过程中（非同步跟随阶段），该主轴的多段加减速参数及转速控制平滑时间有效。
7. 当 SPRC 启动控制，且主动主轴未处于停止状态，但从动主轴未处于跟随过程中，那么系统自动进行切削锁住。
   例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S200 ; 启动主动主轴 G51.2 P1 Q2 ; 1:2 控制 G01 Z-10. F100. ; 待 Y 轴速度稳定 (处于 SPRC 从动跟随过程中) 后切削

注意：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ; 1:1 控制，主动主轴处于停止状态 G1 Z-10. F100. ; 虽从动主轴未处于跟随状态，但因主动主轴处于停止状态，不会进行切削锁住

8. 当 SPRC 启动控制后，可再次指定 G251，给入新的控制器数据
例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S400 ; G4 P1000 ; G51.2 Q2 ; Y 轴 800 转/分 G4 P1000; G51.2 P2 ; Y 轴直接从 800 转/分直接降到 200 转/分 G4 P1000 ; G51.2 ; Y 轴直接从 200 转/分直接升到 400 转/分

• SPRC 停止说明

1. 通过代码停止
例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G0 X20. Z0. ; M3 S400 ; G51.2 P2 ; Y 轴 200 转/分 G01 Z-10. F500. ; G50.2 ; 停止，不等待 G0 X25. ; G50.2 P1 ; 等待 SPRC 控制器，可省略 G0 Y180.0; Y 轴定位到 180 度
其它说明	“G50.2 P1; ”段可省略。下一段指令 Y 轴移动时，系统因为检测到 Y 轴为 SPRC 控制器控制的从动主轴且处于减速状态，所以进行了等待，以保证“G0 Y180.0;”正确运动到 Y180.0。

2. 通过 G 接口停止
PLC 可在复位时接通 SPnRSPRC(n 为从动主轴轴号)，这样复位时就可以停止相应 SPRC 控制器。
3. 有补偿时，且除 SPRC 控制器外有脉冲输出，报警并停止 SPRC 控制器。
4. 主动或从动主轴报警时，停止 SPRC 控制器。

相关参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2700								SPRC2NR	SPRC1NR

[数据类型] 位型

1 SPRC2NR SPRC2 控制器未输入 R 时，默认 R0/不进行相位控制
0 SPRC1NR SPRC1 控制器未输入 R 时，默认 R0/不进行相位控制

2769		(主轴 1) 到位允许误差
2819		(主轴 2) 到位允许误差
2869		(主轴 3) 到位允许误差

指令补偿 (NQ) 时，从动主轴到位允许误差在补偿控制时使用。当误差绝对值大于到位允许误差时，进行补偿。

10.7.2 应用举例

多边形加工

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴：第 2 主轴，为从动主轴

位参数 SPRC1NR(P2700.0)=0，目的：省略 R0 编入。

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251 ; M3 S100 ; 工件轴旋转速度 100 转/分 G0 X50. Z0. ; 快速定位 G51.2 P1 Q2 ; 刀具旋转轴以速度 200 转/分同步旋转，执行相位同步，但无补偿 G01 Z-10. F100. ; Z 轴进给 G0 X80. ; X 轴回退 G50.2 ; 刀具旋转轴同步解除，刀具停止 G0 Z100. ; Z 轴退回安全位置 M30 ;

同步夹持工件

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴：第 2 主轴，为从动主轴

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251 ; … 第 1 主轴卡盘关闭 M 代码由 PLC 实现 … M3 S1500 ; 第 1 主轴旋转 … G51.2 R0 NQ10 ; 同步控制，且有相位同步，有补偿 … 第 2 主轴卡盘关闭 M 代码 PLC 需确认 F2208.1(SP2SYNC)=1，然后关闭卡盘
说明	在主轴同步夹持模式中，主动主轴与从动主轴同时夹持相同工件时，请勿更改主轴转速或停止主轴。否则可能因变速过程中，同步误差变大，而引发非常危险的情况。

主轴重叠控制（承载攻丝）

在主轴重叠方式下，进行攻丝/钻孔等，以提高效率。

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴 (攻丝轴)：第 2 主轴，为从动主轴

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251 ; M3 S500 ; 工件轴旋转速度 500 转/分 … G51.2 ; … G0 X0 Z2. ; G84 Z-20. F2. S2=300 NS2 ; 重叠后，攻入时 800 转/分，攻出时 200 转/分 G250 ; M5 ; M30;

平齿轮加工（专用机械）

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴 (滚齿轴)：第 2 主轴，为从动主轴

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251 ; M3 S500 ; 工件轴旋转速度 500 转/分 G0 X40. Z5. ; 快速定位 G51.2 P10 R0 ; 滚齿轴 50 转/分同步旋转，执行相位同步 G01 Z-10. F10. ; 第 1 次切入 G0 X44. ; Z5. ; X38. ; G01 Z-10. F10. ; 第 2 次切入 G0 X44. ; … G50.2 ; 刀具旋转轴同步解除，刀具停止 … M30 ;

斜齿轮加工（专用机械）

刀具旋转轴 (滚齿轴)：第 1 主轴，为主动主轴

工件轴：第 2 主轴，从动主轴

其它加工参数：齿数 P=68，滚齿条数 Q=3，螺旋角 E=18 度，模数 K=2.5mm，工件左旋，滚刀右旋。注：P/Q 不可约分。

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (Y 轴)，第 2 主轴为从动轴 (C 轴)
程序	O0251 ; G250 ; M3 S160 ; 刀具旋转速度 500 转/分 G0 X20. Z3. ; 快速定位 G251 NP12 P68 Q-1 E18.0 K2.5 R0; 启动滚齿加工，执行相位同步 G00 X-5.5 ; G1 Z-80. F0.050; 第 1 次切入 G0 X20. ; G1 Z3. F3. ; 用 G1 回定位位置，相当于 C 轴补偿量归零 (不能用 G0) G0 X-8.5 ; G01 Z-80. F0.050 ; 第 2 次切入 G0 X20. ; … G50.2 ; 刀具旋转轴同步解除，刀具停止 … M30 ;

10.8 主轴换挡

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

10.8.1 自动换挡

解释

诊断参数“AGEAR”（K044.0）设为 1 时，为自动换挡方式。

系统支持通过 M 代码换挡、S 代码换挡两种方式，可通过参数“AGEARM”（K044.2）进行选择。

- M 代码对应的挡位转速

  M41：主轴 1 挡，最高转速设定在诊断数据表 D040。
  M42：主轴 2 挡，最高转速设定在诊断数据表 D044。
  M43：主轴 3 挡，最高转速设定在诊断数据表 D048。
  M44：主轴 4 挡，最高转速设定在诊断数据表 D052。

- 相关参数

  1. “SPSWAY”（K044.7）：1/0：主轴 1 选择/不选择摆动换挡输出。
  2. “GEARKP”（K044.6）：1/0：上电时，恢复/不恢复断电前的挡位。
  3. “AGIM”（K044.4）：1/0：主轴挡位反馈信号有效电平为高电平/低电平。
  4. “AGIN”（K044.3）：1/0：自动换挡时，是/否检查挡位反馈信号。
  5. “AGEARM”（K044.2）：1/0：主轴通过 M 指令换挡/根据 S 指令自动换挡。
  6. “AGST”（K044.1）：1/0：自动换挡时，需要/不需要手动完成换挡（即挡位到位信号输入后，是否需按“循环启动”键才能完成换挡）。
  7. “AGEAR”（K044.0）：1/0：选择模拟主轴自动换挡/手动换挡。

- M 指令换挡过程

  当程序自动运行 M41~M44 时，过程如下：

  1. 检查系统是否有模拟主轴功能，且诊断参数“AGEAR”是否设置为 1。否则产生外部报警（01：M 代码错）。

2. 检查指令代码的挡位与当前输出的挡位是否一致。如果一致，M 代码结束，不进行换挡。如果不一致，进行以下换挡过程。
3. 使主轴转速为诊断数据表“主轴换挡低速”（D0056）设置的转速。如果进给轴有运动，则暂停运动。
4. 若当前主轴有反馈转速，依靠反馈转速判断是否关闭原挡位输出信号，输出新挡位信号；若当前主轴无反馈转速，延迟“主轴换挡定时器 1”（T10）设定的时间后，关闭原挡位输出信号，同时输出新挡位信号。
5. 若诊断参数“AGIN”（K044.3）设为 1，跳至第 6 步，否则跳至第 7 步。
6. 检查挡位到位输入信号，如果到位，跳至第 7 步。
7. 延迟“主轴换挡定时器 2”（T11）设定的时间后，如果诊断参数 AGST 为 0，则跳至第 9 步，否则跳至第 8 步。
8. 按“取消”按键取消报警，然后等待“循环启动”键，按下后执行第 9 步。
9. 按新的挡位输出模拟主轴转速，换挡 M 指令结束。

- S 指令换挡过程

1. 轴运动停止，模拟主轴输出“主轴换挡低速”（D0056）设定的转速。
2. 若当前主轴有反馈转速，依靠反馈转速判断是否输出换挡信号 GEAR1~4；若当前主轴无反馈转速，延迟“主轴换挡定时器 1”（T10）设定的时间后，输出换挡信号 GEAR1~4。
3. 检测挡位信号 GEAR1~4 是否到位。
4. 到位后，延迟“主轴换挡定时器 2”（T11）设定的时间。如果诊断参数 AGST 为 0，则跳至第 6 步，否则跳至第 5 步。
5. 按“取消”按键取消报警，然后等待“循环启动”键，按下后执行第 6 步。
6. 按新的挡位输出模拟主轴转速，S 指令结束。

10.8.2 手动换挡

解释

- 主轴输入接口换挡

诊断参数“AGEAR”（K044.0）设为 0 时，为手动换挡方式，根据输入接口的情况来确定主轴挡位。
输入信号 GEAR4I（X1.2）=1，系统按“主轴 4 挡最大速度”（D0052）设置的最高主轴转速输出。
输入信号 GEAR3I（X1.3）=1，系统按“主轴 3 挡最大速度”（D0048）设置的最高主轴转速输出。
输入信号 GEAR2I（X1.6）=1，系统按“主轴 2 挡最大速度”（D0044）设置的最高主轴转速输出。
输入信号 GEAR2I~GEAR4I 全为 0 时，系统按“主轴 1 挡最大速度”（D0040）设置的最高主轴转速输出。

备注:

1. 主轴手动换挡时，挡位输入信号级别最低，如果选择该点为其它功能，则挡位输入信号无效。
2. 如果选择了主轴手动换挡时，不想换挡，可以将 D40/D44/D48/D52 设置为相等。

第 11 章　刀具功能（T 功能）

用地址 T 及其后面 2 位数来选择机床上的刀具。在一个程序段中，可以指令一个 T 代码。移动指令和 T 代码在同一程序段中指令时，移动指令和 T 代码同时开始。

系统可提供的刀具数由诊断数据“总刀具数”（D0007）设定。

格式

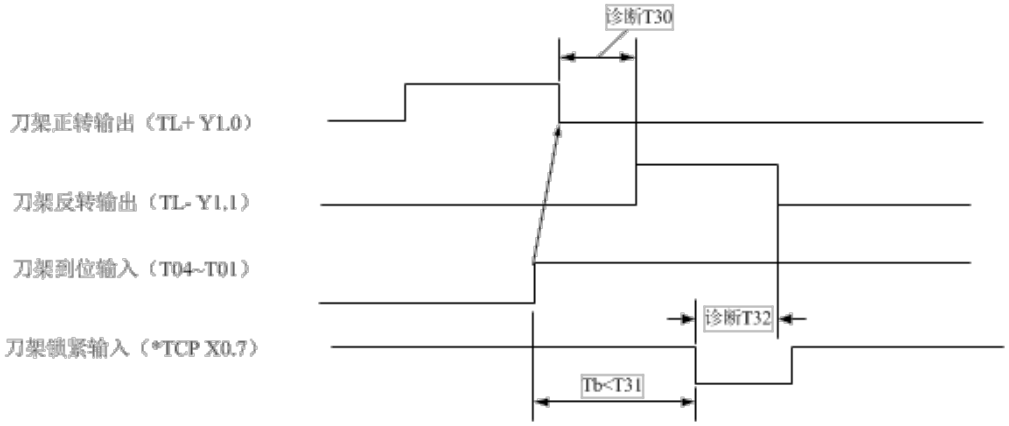
T00XX ;

00：刀具选择号

XX：刀补号

解释

• 换刀过程（以宏达刀架为例）



T30：刀架正转停止到反转锁紧输出的延迟时间。

T31：刀架到位到锁紧的允许时间。

T32：刀架锁紧到位到反转锁紧停止的延迟时间。

换刀过程如下：

1. T 代码开始执行时，首先输出刀架正转信号（TL+），使刀架旋转。
2. 当接收到 T 代码指定的刀具到位信号后，关闭刀架正转信号。
3. 延迟 T30 时间后，刀架开始反转而进行锁紧（TL-），并开始检查锁紧信号 *TCP。
4. 当接收到该信号后，延迟诊断号 T32 设置的时间，关闭刀架反转信号（TL-）。
5. 换刀结束，程序转入下一程序段继续执行。如指定的刀号与现在的刀号（实际的刀号反馈）一致时，则换刀指令立即结束，并转入下一程序段执行。

备注：

1. 当系统输出刀架反转信号后，在诊断号 T31 设定的时间内，如果系统没有接收到 *TCP 信号，系统将产生报警，并关闭刀架反转信号。即当 Tb≥T31 时，产生外部报警。
2. 换刀所需的最长时间设置在诊断参数 T03。换刀时间超过设定值，产生外部报警。

3. 当使用排刀时（执行不同的 T 代码，实际并没有以上的换刀动作，而只是更改刀补），可将“NOTFNCT”（P6400.4）设为 1 以节省换刀时间。使用该功能时，一般“MBNCP”（P6400.5）应同时设置为 1。

- 刀架输入信号检查机能

  诊断参数“TCKI”（K016.7）设置为 1 时，检查刀架输入信号。完成以下机能：
  在换刀完成后，一直检查刀位输入信号。如果刀位输入信号和当前刀位不一致，即应该接通的没接通，则产生外部报警。

备注：

1. 按诊断数据 D7 设置的刀具数量，检查对应的输入信号个数。
2. 如果不需检查或使用排刀时，可设置 TCKI=0。

- 换刀完成检查机能

  1. 换刀完成，FIN 信号给入后，若刀号输出 (F5) 与输入 (G25) 不一致，报警 PS561。
  2. 手动换刀完成，系统接收到 G12.7(JTOLF) 信号后，立即用 G25 更新 F5 接口。PLC 可利用 F5 实时监测刀架状态。
  3. F 接口在上电或 PLC 完整执行完后才刷新，防止 PLC 分片执行带来的时序问题。
  4. 对结束程序段前做冗余保护，检测辅助机能等是否已执行完。

- 后刀架选择机能

  当诊断参数“RVX”（K016.4）设为 1 时，选择后刀架机能。此时，原手动 X 轴＋、 - 运动反向。同时相应键上的指示灯亮。

- 输入信号有效电平

  刀架到位信号（T01 等）有效电平由诊断参数“TSGN”（K016.1）设定；刀架锁紧信号（*TCP）由“TCPS”（K016.0）设定。

备注： 当无刀架锁紧信号时，可以不接该信号，设置 TCPS 为低电平有效，通过设置时间 T32 来设置反转锁紧时间。

- T 指令中断预读

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2503									TCMB

[数据类型] 位型

0 TCMB

0/1：T 代码启用/禁用预读和缓冲

第 12 章　辅助功能（M 功能）

12.1 辅助功能（M 功能）

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

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

12.1.1 辅助功能代码

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

格式

格式 1：Mxxxx

4 位数 M 代码

格式 2：Mab.c

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

备注：

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

12.2 程序控制相关 M 代码

该部分代码用于程序控制相关功能，功能由 NC 定义。

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

备注:

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

用户接口转跳机能

系统自动运行这些 M 代码时，会根据输入接口信号的状态进行程序跳转。

- 格式

  M9* Pn ;

  *：1~4
  Pn：指定程序段

- 解释

  当条件满足时，转跳到 Pn 指定的以 N 开头的程序段。若 n 未检索到，则产生报警(PS0128)。
  1 M91：当输入信号 M91I=0，转跳。输入信号 M91I=1，顺序执行下一程序段。
  2 M92：当输入信号 M91I=1，转跳。输入信号 M91I=0，顺序执行下一程序段。
  3 M93：当输入信号 M93I=0，转跳。输入信号 M93I=1，顺序执行下一程序段。
  4 M94：当输入信号 M93I=1，转跳。输入信号 M93I=0，顺序执行下一程序段。

- 举例

```
N50 M92 P100 ;
N60 G00 X100. Z100. ;
N70 ... ;
N100 G00 X0. Z0. ;
```

当程序执行到 N50 时，如果输入接口 M91I=1，则转跳执行 N100；如果输入接口 M91I=0，则顺序执行 N60。

12.3 机床控制相关 M 代码

主轴相关 M 代码

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

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

机床功能 M 代码

部分 M 代码功能由 PLC 处理。

名称	功能
M07	对刀测量
M08	冷却开
M09	冷却关
M10	卡盘卡紧
M11	卡盘松开
M26	吹气开
M27	吹气关
M32	润滑开
M33	润滑关
M41	模拟主轴挡位第一挡
M42	模拟主轴挡位第二挡
M43	模拟主轴挡位第三挡
M44	模拟主轴挡位第四挡
M48	进给倍率固定 100%
M49	进给倍率恢复
M62	同步轴功能建立
M63	同步轴功能解除
M78	台尾进
M79	台尾退
M88	刀套定位缸前进输出
M89	刀套定位缸后退输出

备注:

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

特殊 M 代码（M21/M22/M71/M72、M23/M24/M73/M74）

对于 M21/M22/M71/M72、M23/M24/M73/M74 这些 M 代码可作为一般 M 代码使用，也可设置执行的时间宽度，还可以等待输入信号的到来而结束程序段

- 相关参数

诊断参数“SM21”（K024.0）决定 M21/M22/M71/M72 代码功能有效/无效。
诊断参数“SM23”（K024.1）决定 M23/M24/M73/M74 代码功能有效/无效。

- 相关接口

输入接口有 M21I（X1.2）和 M23I（X1.3）。
输出接口有 M21O（Y2.6）和 M23O（Y2.7）。

- 使用说明

1. M21：同一般的 M 代码。如果参数 SM21 设置为 1，则输出接口 M21O 有输出。
2. M22：同一般的 M 代码，如果参数 SM21 设置为 1，则关闭接口 M21O 的输出。
3. M71：执行“M21 功能定时器”（T024）指定的时间后，结束该程序段。如果参数 SM21 设置为 1，则输出接口 M21O 有输出，结束时，关闭输出接口 M21O。
4. M72：检测输入信号 M21I，如果 M21I=0，则等待。如果 M21I=1，结束该程序段，这时，如果参数 SM21 设置为 1，则输出接口 M21O 有输出。
5. M23：同一般的 M 代码。如果参数 SM23 设置为 1，则输出接口 M23O 有输出。
6. M24：同一般的 M 代码，如果参数 SM23 设置为 1，则关闭接口 M23O 的输出。
7. M73：执行“M23 功能定时器”（T025）指定的时间后，结束该程序段。如果参数 SM23 设置为 1，则输出接口 M23O 有输出，结束时，关闭输出接口 M23O。
8. M74：检测输入信号 M23I，如果 M23I=0，则等待。如果 M23I=1，结束该程序段，这时，如果参数 SM23 设置为 1，则输出接口 M23O 输出。

备注:

1. 急停时关闭 M21、M23 输出。
2. 按复位键关闭 M21、M23 输出。

12.4 用户自定义输入/输出（M983）

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

主通道与 PEXC 通道都可以使用该指令。

格式

M983 I_ K_ NI_ NK_ P_ Q_ ;

I：输入点位置。格式为 [字节偏移].[位偏移]，基地址为 G4100。

K：输出点位置。格式为 [字节偏移].[位偏移]，基地址为 F4100。

NI：等待输入状态。当输入且为数据 0 的时候，等待 0，其他等待 1。

NK：输出状态。当输入且为数据 0 的时候，输出 0，其他输出 1。

P：等待时间，单位秒。未输入表示一直等待。

Q：输出时间，单位秒。未输入表示不取消输出。

解释

- 输入逻辑

首先等待 P 地址指定的时间。在等待的过程中，检测 I 地址指定的输入点位置，若其状态与 NI 指定的一致，则终止等待，继续处理之后的指令。
若在指令的等待时间内一直没有检测到期望的输入状态，则会触发 PS409 报警。

- 输出逻辑

将 K 地址指定的输出点状态，设置成与 NK 指定的相同状态。
若输入 Q，则等待指定的时间，然后将输出点状态设置成与 NK 指定的相反状态。否则输出点一直为 NK 指定的状态。
针对特殊情况，如复位时，需要控制 M983 输出点，可通过 G 接口控制 M983 输出状态。

1. G4120~G4127：需要被控制的输出点位置（控制位）
2. G4140~G4147：控制的输出点位置的对应值（数值位）

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

当控制位为 1 时，输出位状态设置成与数值位一致

当控制位为 0 时，不改变输出位状态

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

例：F4100.0 在复位键按下时，变为 0，则

1. 设置 G4140.0 为 0
2. 复位键按下时，设置 G4120.0 为 1，其余时刻为 0

- 限制

1 M983 指令必须单独一行，否则多数情况下触发 PS 报警；

2 M983 必须写在 P、Q 地址之前，否则 PS 报警；

3 M983 指令内，上述地址都可以输入小数，位数与编程位数相同；

4 I/K 字节偏移范围 0~7，位偏移范围 0~7，超限会触发 PS408 报警；

5 同时存在 I/K 的情况，先检测输入，再进行输出。

举例

M983 I1.2 P3.0 ;

等待 G4101.2 状态变为 1，时长为 3 秒。超时触发 PS 报警。

M983 I4.7 NI0 ;

等待 G4104.7 状态变为 0。一直等待，不会超时。

M983 K5.3 ;

将 F4105.3 设置为 1。

M983 K7.0 NK0 Q0.5;

将 F4107.0 设置为 0，0.5 秒之后设置为 1。

PLC 相关内容

G4120~G4127，用于表示哪一输出位置需要控制（以下称为控制位）；

G4140~G4147，用于表示控制的输出位置的对应值（以下称为数值位）；

以上诊断皆按位与 F4100~F4107（以下称为输出位）相对应，例如：

G4120.0 与 G4140.0 影响 F4100.0，以此类推。

当控制位为 1 时，输出位会被设置成与数值位一致；

当控制位为 0 时，该功能不改变输出位状态。

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

操作示例：要求 F4100.0 在复位按键时，变为 0，则设置 G4140.0 为 0；当复位按下时，设置 G4120.0 为 1，其余时刻为 0。

E0（输入超时不报警）功能

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

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

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

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

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

该宏变量值含义为:

0 执行正常

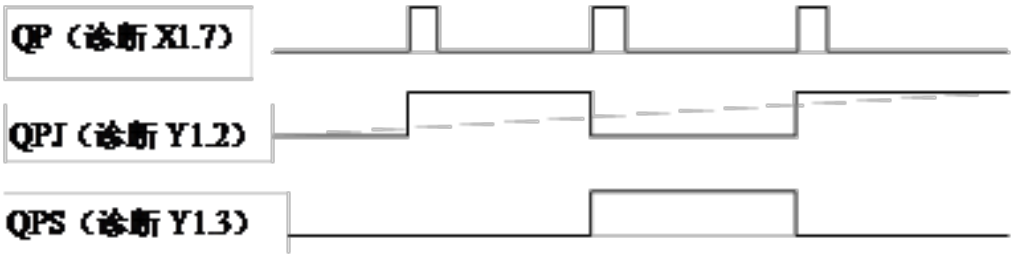
1 等待时间到达，输入状态依旧与期望不符。即输入超时

12.5 主轴卡盘控制

解释

- 卡盘手动控制（输入信号 QP）

  当“QPSL”（K012.0）设为 1 时，卡盘机能有效。当卡盘控制脚踏开关有动作时，卡盘控制时序图如下。



- 卡盘自动控制（M10、M11）

  M10：输出卡盘紧信号。
  M11：输出卡盘松信号。

- 卡盘反馈信号检查

  诊断参数“QPIN”（K012.1）设为 1 时，使能卡盘反馈信号检查功能。
  启动主轴时，除检查是否有卡盘紧信号输出外，还要检查卡盘紧反馈信号，如果卡盘紧反馈不到位，则不能启动主轴，产生外部报警；使用卡盘自动控制（M10、M11）时，也要等待反馈信号，才能继续执行；卡盘手动控制不需要反馈信号。

- 卡盘输出方式设置

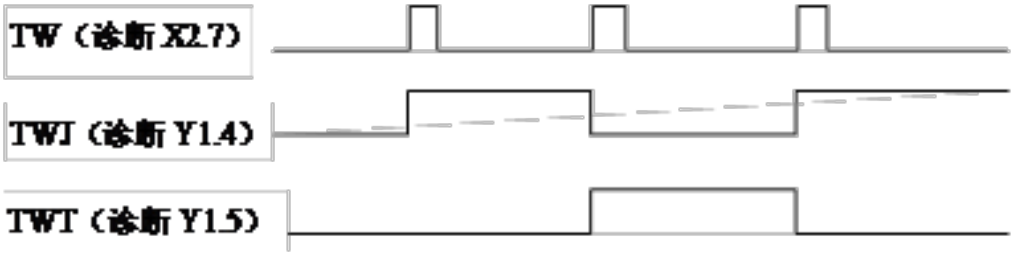
  若诊断参数“QPLS”（K012.2）设为 0，则卡盘输出信号 QPS/QPJ 为电平方式；若 QPLS 设为 1，则卡盘输出信号 QPS/QPJ 为脉冲方式，脉冲信号的宽度由诊断“卡盘脉冲宽度”（T012）设置。

12.6 台尾设置

解释

- 台尾手动控制（输入信号 TW）

  当台尾控制脚踏开关有动作时，台尾控制时序图如下。



- 台尾自动控制（M78、M79）

  M78：输出台尾进信号。
  M79：输出台尾退信号。

- 台尾输出方式设置

  若诊断参数“TPLS”（K010.2）设为 0，则台尾控制输出信号 TWJ/TWT 为电平方式；若 TPLS 设为 1，则台尾控制输出信号 TWJ/TWT 为脉冲方式，脉冲信号的宽度由诊断参数“台尾脉冲宽度”（T013）设置。

第 13 章　程序的构成

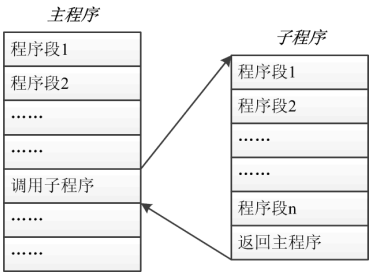
13.1 程序

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

13.1.1 主程序和子程序

主程序

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

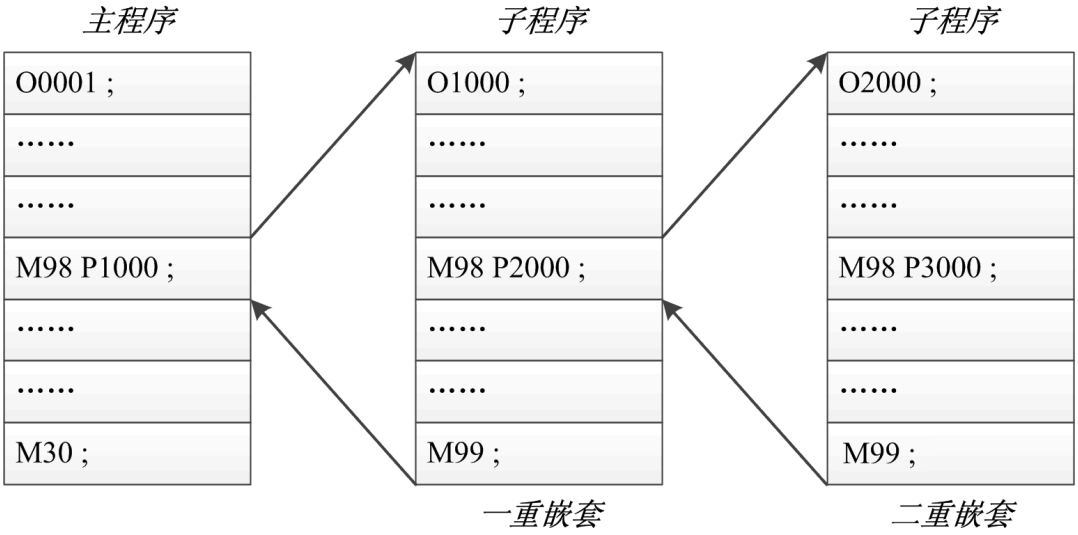


在系统存储器内，主程序和子程序合计可存储 512 个程序（标准机能），选择其中一个主程序后，便可按其指示控制数控机床工作。

关于程序的存储、选择等方法，请参见《操作手册》程序编辑。

子程序

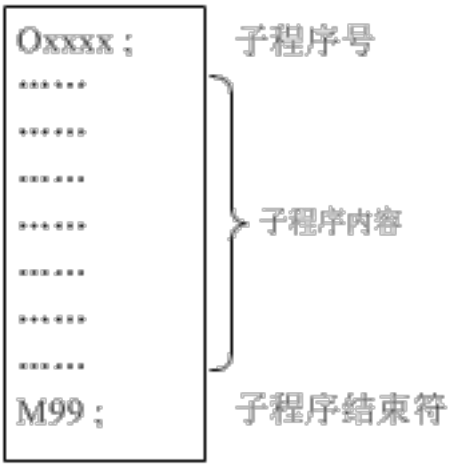
在程序中存在某一些固定顺序且重复出现的指令时，便可把它们作为子程序事先存到存储器中，这样可以使程序变得非常简单。子程序可以在自动方式下调出，并且被调出的子程序还可以调用另外的子程序。子程序嵌套级数最多为 63 级，超出则产生报警（PS0077）。



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

编写子程序

按下面格式写一个子程序：



在子程序的开头，地址 O 后写上子程序号，在子程序最后是 M99 指令。

关于子程序的存储方法请参见操作手册。

子程序的执行

子程序由主程序或子程序调用指令调出执行。调用子程序的指令格式如下：

- 格式

1. 参数“M98L”（P2502.7）=0 时：

   M98 POOOOXXXX ;
   OOOO：重复调用次数，最大可为 99999 次。
   XXXX：被调用的子程序号。

2. 参数“M98L”（P2502.7）=1 时：

   M98 PXXXX Lnnnn;
   XXXX：被调用的子程序号
   nnnn：循环次数

3. M98 Hn L 调用子程序格式

   M98 H-程序段 L-次数
   H 调用的是从程序段 Nn 开始，M99 结束的一段程序。执行完成后，返回 M98Hn，继续向下执行

例:

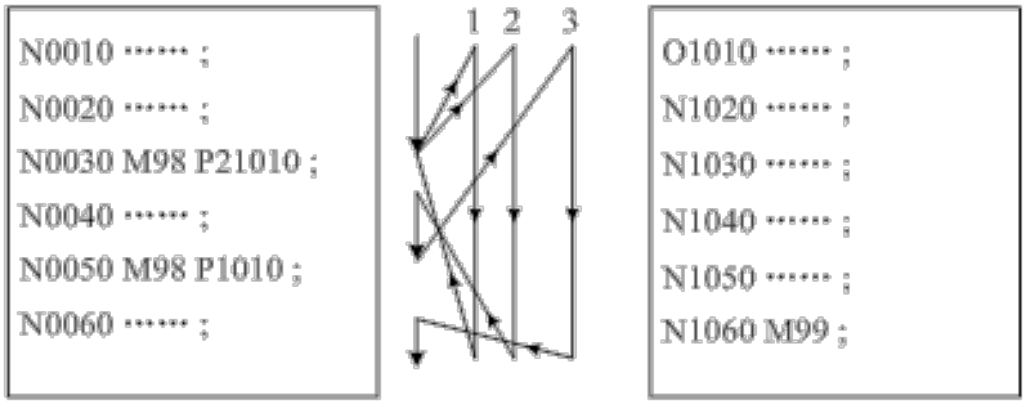
参数 M98L=0 时:

M98 P51002 ; 表示 1002 号程调用 5 次

参数 M98L=1 时:

M98 P1L100 ; 表示 1 号程序调用 100 次

从主程序调用子程序执行的顺序，如下例所示。



在子程序中调用子程序与在主程序中调用子程序的情况一样。

- 功能参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2502		M98L							

[数据类型] 位型

7 M98L

0：P 为次数与子程序号，不使用 L
1：P 为子程序号，L 为次数

备注:

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

特殊使用方法

- 程序内循环

程序内循环指令格式如下:

M98 Ln ;（循环开始，n 表示循环次数）

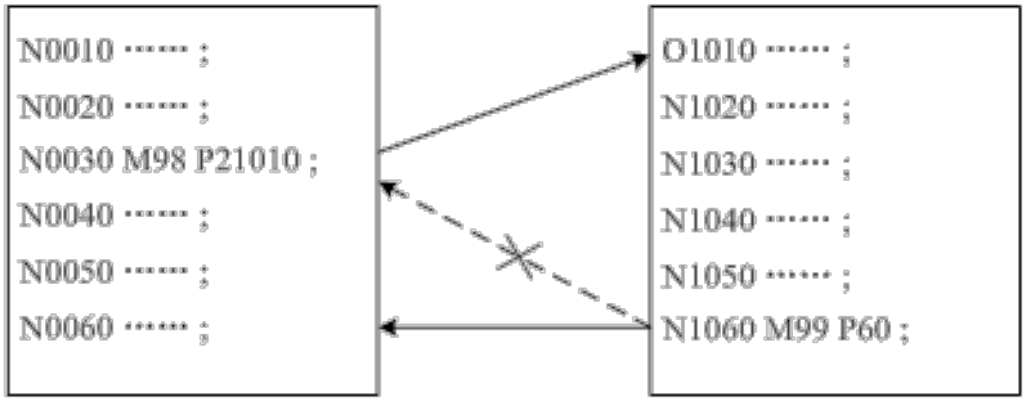
xxxxxxxxxx （循环体）

M99 ;（循环结束）

M98 指令中必须指定地址符 P 或 L，否则报警。DNC 加工中不允许程序内循环操作。

- P 指定顺序号

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



备注： M99 中 P 指定的顺序号有效位为 4 位，多出的位无效。

- 主程序中执行 M99

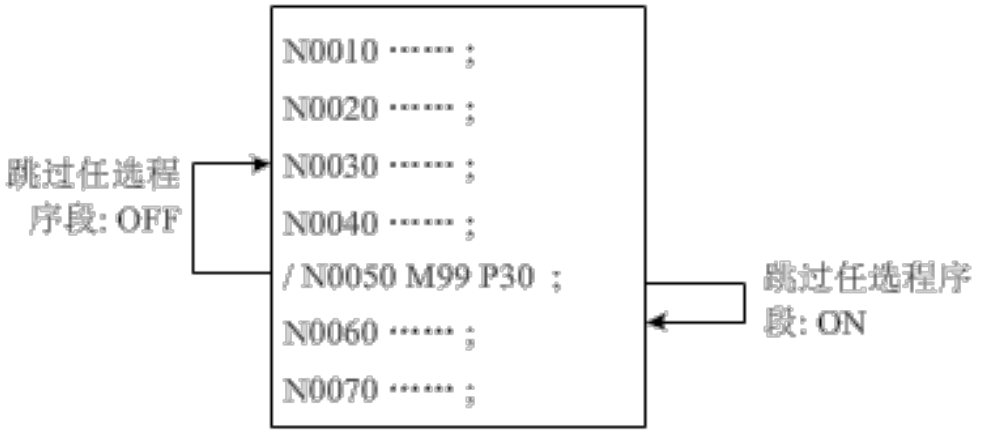
在主程序中，如果执行 M99，则返回到主程序的开头继续重复执行。

例如，在主程序中有个程序段/M99，若跳过任选程序段开关是 OFF 状态，则执行 M99，返回主程序的开头，并从开头重复执行。

在跳过任选程序段为 OFF 状态期间，一直反复执行。

若此时是/M99 Pn; 程序段时，则不返回到程序的开头，而返回到顺序号 n 的地方，但返回到 n 处时间较长。

当跳过任选程序段开关为 ON 状态时，则跳过/M99 程序段，而执行其下个程序段。



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

- DNC 运行调用子程序

参数“DFBS”（P0100.4）有效时，在 DNC 方式下，可以调用子程序。调用的子程序必须预先保存在本地。

调用子程序的过程和自动方式下完全相同，同样支持子程序嵌套调用。

M06 在 DNC 方式下也可以调用子程序，这样，用户可以在 DNC 加工时，进行较复杂的换刀。

- M06 调用子程序

1. 自动或者 DNC 方式运行 M06 时，系统自动调用一个系统内子程序。子程序名为 Oxxxx，程序号由参数（P2510）设置。通常，M06 代码和 T 代码配套使用，通过调用子程序控制进给轴到达指定换刀位置。T 代码的处理方式不变。
2. 如果系统参数“CM98”（P2500.5）=0，该机能无效，取零盘时，CM98 默认设为 0。程序号参数 P2510 设置为 0，该机能无效。如果参数“M06 调用的子程序号”（P2510）设置的子程序不存在，会导致报警（PS0078）。
3. 参数“CM98”（P2500.5）=1，参数 P2510=9006，如下程序在执行到 M06 时会自动调用子程序

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

13.1.2 程序号 (程序名称)

1. 有程序号格式：

格式

Oxxxx

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

2. 无程序号格式：不是 Oxxxx 格式为名字的程序。

注意事项

1) 以 Oxxxx(xxxx 在 [1,9999] 之间) 开头的程序被视为有程序号的程序（程序号不可以重复）
2) 没有程序号的程序，程序为内部分配的 20001~29999
3) 程序名称为输入时的文件名（包括扩展名）

6) 除内部使用和调用时使用程序号，其他情况都只有程序名称的概念而没有程序号的概念
7) 串口输出程序时仍然包含程序号
8) HMI 列表 CNC 程序都是程序号，输出所有程序时也只能使用号
9) 程序号不在 1~9999 之间的程序无法使用 Oxxxx 方式重命名

13.1.3 顺序号和程序段

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

在程序段的开头可以用地址 N 和后续五位数构成顺序号。前导零可省略。

格式

Nxxxxx

N：顺序号地址。
xxxxx：顺序号（1~99999，前导零可省略。）

解释

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

13.1.4 跳过任选程序段

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

例：

N100 X100.0 ;

/N101 Z100.0 ;

N102 X200 ;

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

备注：

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

13.1.5 注释节

用户可以在注释节中，用任意的代码描述标题、注释和提示等。

格式

（……）

（：注释节开始

）：注释节结束

……：用户添加的注释

解释

注释节与加工程序一起传输、存储和显示。

在存储器运行或 DNC 运行加工程序期间，所有注释节被忽略。

备注：不可在注释中出现 EOB（;）或%。

13.1.6 字和地址

基本 NC 字和地址

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

格式

X1000

X：地址
1000：数值

解释

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

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

扩展 NC 字和地址

1. 由“N”+“单个大写字母（A~Z)”+“数字”组成的双字母地址。

格式

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

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

---

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

例

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

备注： 字支持地址符中 +-*/的数值运算，
例如：
G0 X2*17; // X34
G0 X180-20 Z20; // X160

13.1.7 基本地址和指令值范围

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

功能	地址	毫米输入	英寸输入
程序号	O	1~9999	1~9999
顺序号	N	1~99999	1~99999
准备功能	G	0~999	0~999
尺寸字	X Y Z U V W A B C I J K Q R	±999999.999	±99999.9999
每分进给	F	0.001~60000.0	0.0001~2362.2
主轴功能	S	0~99999	0~99999
刀具功能	T	0~99	0~99
辅助功能	M	0~99	0~99
暂停	X/P	0~99999.999s	0~99999.999s
G74/G75 的 X 方向移动量	P	±999999.999	±99999.9999
子程序号重复调用次数指定	P	1~99999999	1~99999999
刀尖号	Q	0~9	0~9
顺序号	P/Q	1~99999	1~99999

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

13.2 程序结束

程序的最后有 M30 或 M99 时，表示该程序结束。

格式

M30 ; 程序结束并返回程序开头

M99 ; 子程序结束

解释

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

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

注：参数“M30”（P2500.6）对 M02 无效。

13.3 文件结束

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

第 14 章　简化编程

14.1 钻孔固定循环

14.1.1 概述

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

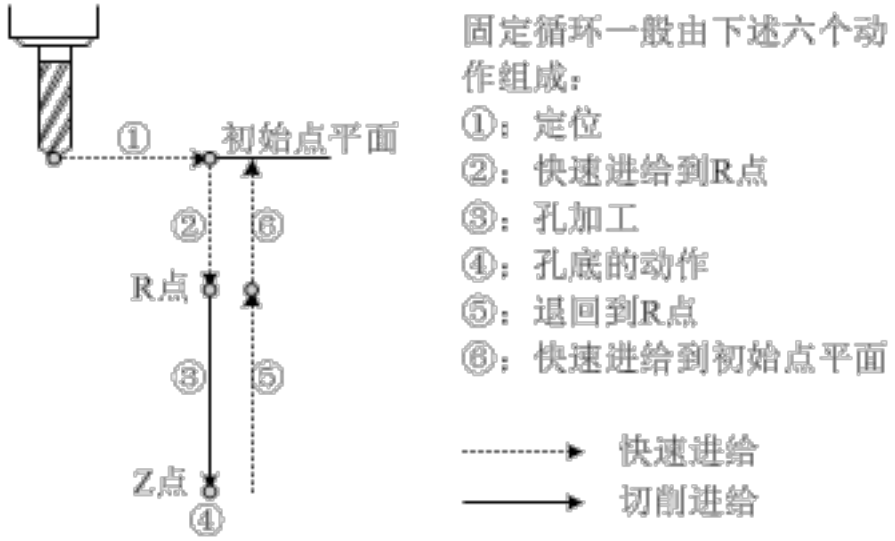
G 代码	开孔动作	孔底动作	退刀动作	用途
G80	——	——	——	取消
G81	切削进给	——	快速进给	钻，点钻
G82	切削进给	暂停	快速进给	钻，镗阶梯孔
G83	间歇进给	——	快速进给	深孔加工循环
G84	切削进给	暂停，主轴反转	切削进给	攻丝
G85	切削进给	——	切削进给	镗
G86	切削进给	主轴停	快速进给	镗
G87	切削进给	主轴正转	快速进给	反镗
G88	切削进给	暂停，主轴停	手动	镗
G89	切削进给	暂停	切削进给	镗
G83.5	间歇进给	——	快速进给	高速深孔加工循环
G84.5	切削进给	暂停，主轴正转	切削进给	反攻丝循环
G86.5	切削进给	主轴准停	快速进给	精镗

格式

G__ IP__ R__ Q__ P__ J__ F__ L__ M__;

其相关地址说明如下表：

指定内容	地址	说明
孔加工方式	G	选择固定循环 G80~89、G83.5、G84.5、G86.5。
孔加工方向	J	X 向：J1 Y 向：J2 Z 向：未输入或输入非 1 或 2，如 J0。 当“DRG954”（P3300 .6）设为 1 时，钻孔固定循环中可以重新指定空间笛卡尔坐标系的轴。那么孔加工方向不再局限于 X/Z 轴，J1 对应笛卡尔坐标系的第一轴，J2 对应笛卡尔坐标系的第二轴，未输入 J 或输入其它值则对应笛卡尔坐标系的第三轴。
孔位置数据	IP 中非孔加工方向轴地址	用绝对值或增量值指定孔的位置，控制与 G00 定位时相同。 当“DRPNCA”（P3300.3）设为 1 时，钻孔固定循环中允许使用空间外轴参与孔位置定位。
孔加工数据	IP 中孔加工方向地址	如下图所示，用增量值指定从 R 点到孔底的距离或者用绝对值指令孔底的坐标值。进给速度在动作 3 中是用 F 指定的速度，在动作 5 中根据孔加工方式不同，为快速进给或者用 F 代码指令的速度。
	R	如下图所示，用增量值指定的从初始点平面到 R 点的距离，或者用绝对值指定 R 点的坐标值。进给速度在动作 2 和动作 6 中全都是快速进给。 注：G 代码 B 体系 R 支持 G90 绝对值和 G91 增量值指定。G 代码 A 体系 R 为绝对还是增量指定则由参数“RELR”（P3300.0）决定。
	Q	指定 G83.5、G83 中每次切入量或者 G86.5、G87 中平移量（增量值）。
	P	指定在孔底的暂停时间。时间与指定数值的关系和 G04 指定相同。
	F	指定切削进给速度。
循环次数	L	指令重复执行次数，未输入时为 1 次。
夹紧	M	如果输入主轴夹紧 M 代码 (M38/M38.2/…)，那么在定位到孔位置后夹紧，并在完成后松开。未输入则在钻孔循环过程中无夹紧松开动作。 注：夹紧 M 代码对应主轴与转动主轴不应为同一主轴，否则报警。



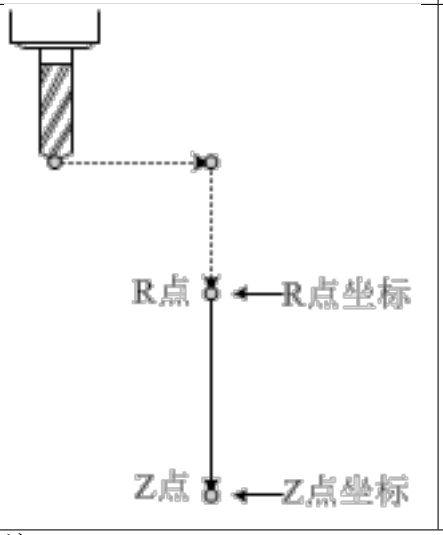
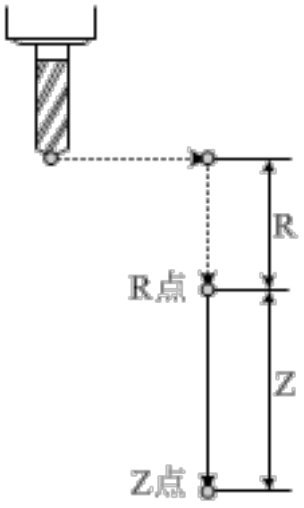
解释

- 转动主轴选择

  模态地址 NS 用于选择转动主轴轴号。未输入时默认为主轴 1。

- 绝对编程与相对编程

  对于 G 代码体系 A，用地址 X、Z 和 U、W 来区分绝对编程和相对编程。
  对于 G 代码体系 B，用 G 代码 G90 和 G91 来区分绝对编程和相对编程。
  通常，G 代码体系 A 只使用绝对编程。G 代码体系 B 的情况如下图所示。

G90（绝对值指令）	G91（增量值指令）
	

注
使用 G91 对 X 编程时，注意其同时对 R、Z 的影响。

- 指定钻孔轴

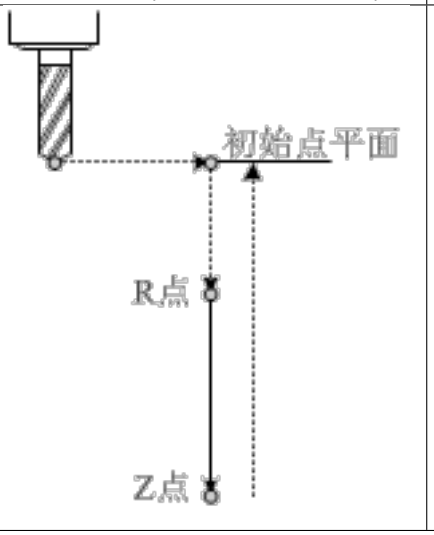
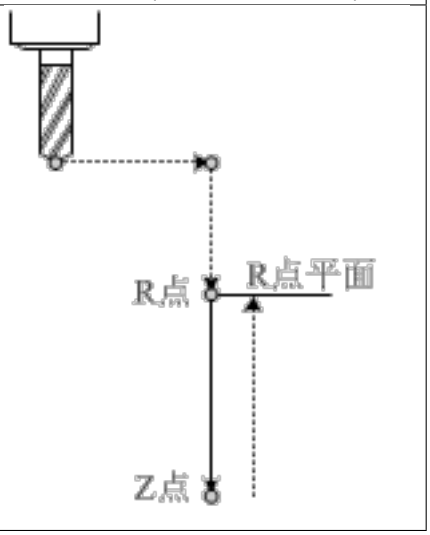
  1. 指令 J1，表示钻孔轴为 X 轴。
  2. 指令 J2，表示钻孔轴为 Y 轴。
  3. 指令 J0 或不指令 J，表示钻孔轴为 Z 轴。

  当“DRG954”（P3300.6）设为 1 时，钻孔固定循环中可以重新指定空间笛卡尔坐标系的轴。那么孔加工方向不再局限于 X/Y/Z 轴，J1 对应笛卡尔坐标系的第一轴，J2 对应笛卡尔坐标系的第二轴，未输入 J 或输入其它值则对应笛卡尔坐标系的第三轴。
  J 指令在连续的钻孔固定循环指令中模态保存，示例如下：
  例

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

- 返回点平面

指令 G98/G98.1，表示返回初始点平面；指令 G99/G99.1，表示返回 R 点平面。B 体系使用 G98/G99 指令，A 体系使用 G98.1/G99.1。通常，最初的孔加工用 G99/G99.1，最后加工时用 G98/G98.1。用 G99/G99.1 状态加工孔时，初始点平面也不变化。

G98/G98.1（返回到初始点平面）	G99/G99.1（返回到 R 点平面）
	

备注:

1. 初始点平面是表示从取消固定循环状态到开始固定循环状态的孔加工轴方向的绝对位置。
2. G98 和 G99 仅在 G 代码体系 B 中支持，在 A 体系中使用 G98.1 和 G99.1，功能同 B 体系中 G98/G99

- 孔加工方式

可供选择的孔加工固定循环指令包括：G83.5、G84.5、G86.5、G80~G89，都是模态 G 代码。

固定循环指令指定了孔加工所需全部数据，包括孔加工方式、孔加工方向、孔位置数据、孔加工数据等，使之构成一个程序段。

一旦指令了孔加工方式和数据，一直到指定取消固定循环的 G 代码（G80 及 01 组 G 代码）之前一直保持有效（L 地址除外），所以连续进行同样的孔加工时，不需要每个程序段都指定孔加工方式和数据。在固定循环开始，把必要的孔加工数据全部指定出来，在其后的固定循环中只需指定变更的数据。

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

例

```
N1 G00 X\_ M3 ;
N2 G81 X\_ Z\_ R\_ F\_ ;     因为是开始，对Z、R、F要指定需要的值。
N3 X\_ ;
↪因为和N2中已指定的孔加工方式及孔加工数据相同，所以G81、Z、R、F全可省略。用G81方式加工孔
```

(续下页)

(接上页)

```
N4 G82 X\_ P\_ ;
↪相对于N3位置只在X轴方向移动。用G82方式加工，并用N2中已指定的Z、R、F和N4中指定的P为孔加
N5 G80 G00 X\_ M05 ;          不进行孔加工。取消全部孔加工数据，F除外。
N6 G85 X\_ Z\_ R\_ P\_ ;
↪因为在N5中取消了全部数据，所以Z、R需要再次指定，F与N2中指定的相同，故可省略。P在此程序
N7 X\_ Z\_ ;
↪只是与N6的Z值不同的孔加工，并且孔位置在X轴方向有移动。
N8 G89 X\_ ;
↪把N7中已指定的Z，N6中已指定的R、P和N2中指定的F作为孔加工数据，进行G89方式的孔加工。
N9 G01 X\_ Z\_ ;              消除孔加工方式和孔加工数据，F除外。
```

备注： F 指令的切削速度，即使取消了固定循环也保持。

- K 地址的指定

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

  备注：

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

- 循环次数 L

  例（B 体系）：

```
%
O0001 ;
G54 G90 G17 G80 G40 ;
G0 X0 Y0 Z100 ;
M03 S800 ;
G16 ;
G81 X100 Y0 Z-5 R3 F200 ;
↪若使用P3303=0，执行程序，坐标只移动一次，在该位置打孔7次；
G91 Y45 L7 ;
G80 G90;
↪若使用P3303=1，执行程序，将360度分为8份，在每个分度上
G15;                          各打孔一次，共打8个孔。
M30 ;
%
```

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
3303									MPRPL

[数据类型] 位型

0 MPRPL

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

- 固定循环的取消

  指令 G80 或 01 组 G 代码均可取消固定循环。

- 钻孔循环准确停止

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

限制

备注:

1. 固定循环状态时，如果指令了 X、Z、R 数据中的任意一个则进行孔加工。当 X 和 G04 同时指定时，不进行孔加工。
2. 指定钻孔指令前，先启动主轴旋转。如果钻孔指令和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
3. Q 和 P 的模态值仅在可进行孔加工动作的程序段中才被记忆。
4. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
5. 固定循环中刀具偏移指令无效。
6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

14.1.2 高速深孔加工循环（G83.5）

G83.5 循环为高速深孔钻循环，执行间歇进给直到孔底。

格式

G83.5 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

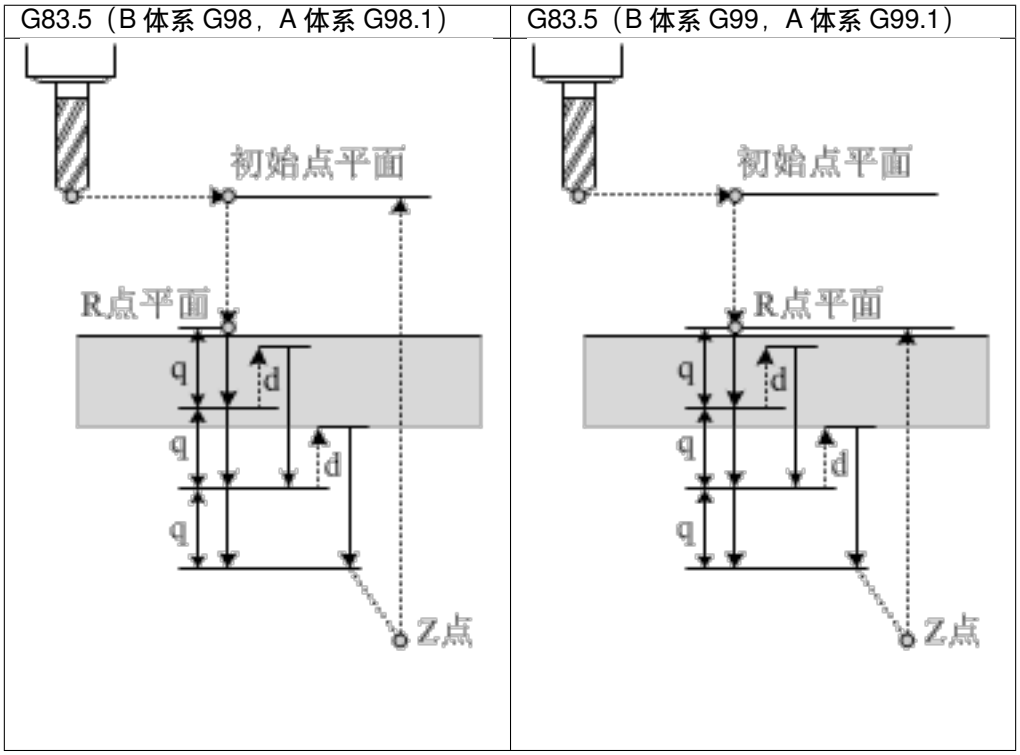
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

Q_：每次切削进给的进给量

J_：孔加工方向

F_：切削进给速度

L_：循环次数



解释

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

备注:

1. 退刀量 d 可用参数（P3310）设定，钻孔轴方向间歇进给，为使深孔加工容易排屑。退刀量可设定为微小量，这样可以提高工效。退刀运动采用快速移动。
2. Q 值在固定循环内保持模态值，在 G86.5、G87 中用作孔底平移量，请小心指定。
3. 指定 G83.5 前，先启动主轴旋转。如果 G83.5 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
4. 固定循环状态时，如果指令了 X、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
5. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
6. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
7. 固定循环中刀具偏移指令无效。
8. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
9. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

- 端面中心孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G83.5 Z-50. R5.0. Q10. F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G83.5 Z-50. R5.0. Q10. F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202 ; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G83.5 X-5. R5. Q10.0 F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 C 轴夹紧 M3.2 S2=800 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G83.5 X-5. R5. Q10.0 F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

14.1.3 反攻丝循环（G84.5）

G84.5 循环为左旋攻丝循环，用于加工反螺纹（左旋）。

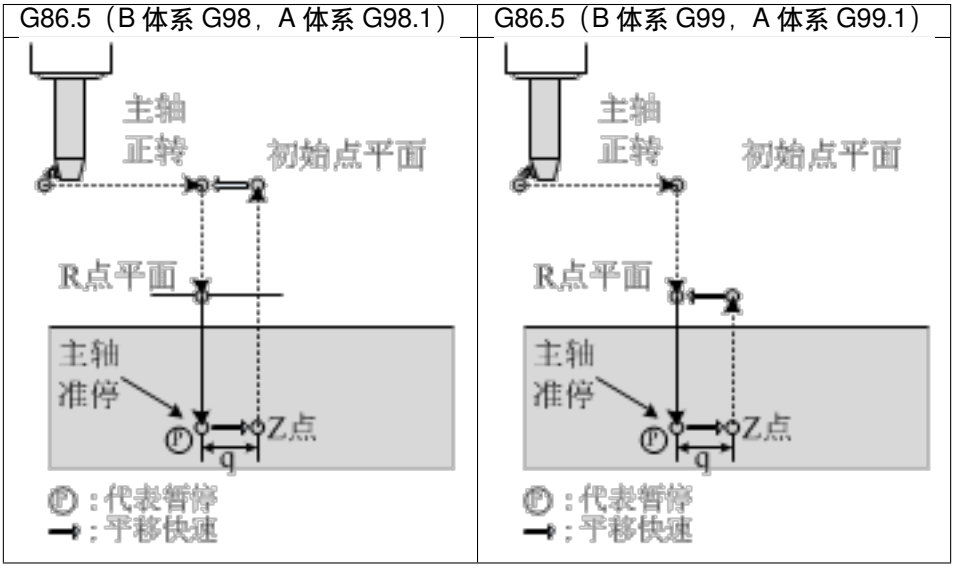
14.1.4 精镗循环（G86.5）

精镗循环用于镗削精密孔。当到达孔底后，主轴停止，刀具离开工件表面并退回。

格式

G86.5 IP_ R_ Q_ P_ J_ F_ L_ NU/NV/NW_;

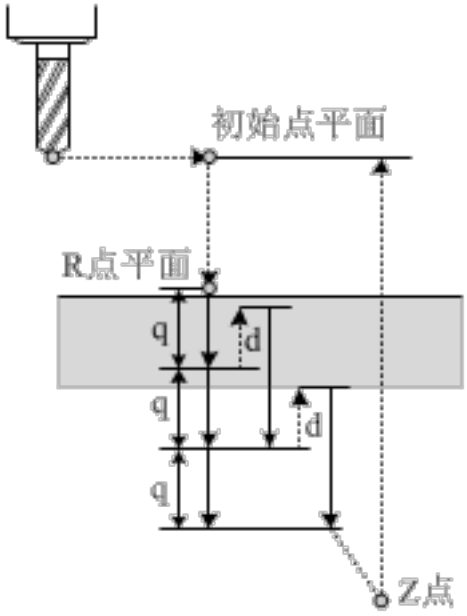
IP_（非孔加工轴）：孔位置数据
IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
Q_：孔底的偏移量
J_：孔加工方向
F_：切削进给速度
L_：循环次数
NU/NV/NW_: 孔底退刀轴偏移量,NU 为第一轴，NV 为第二轴，NW 为第三轴;



解释

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

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



备注:

1. 用地址 Q 指定位移量，Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。位移方向（+X、-X、+Y、-Y）的选择，事先用参数 PM1（P3300.4）和 PM2（P3300.5）设定。
2. Q 值在固定循环内保持模态值，在 G83、G83.5 中用作每次切削深度，请小心指定。
3. 指定 G86.5 前，先启动主轴旋转。如果 G86.5 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
4. 固定循环状态时，如果指令了 X、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
5. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
6. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
7. 固定循环中刀具偏移指令无效。
8. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
9. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

- 镗孔循环底部平移

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

  平移运动包括两种方式

  方式一:

  用地址 Q 指定位移量，参数 PM2、PM1（P3300）指定退刀方向

  方式二:

  NU/NV/NW 地址控制平移方向与运动量

  解释

  Q 地址忽略符号，只考虑数值。方向由参数 PM2、PM1（P3300）决定。
  NU/NV/NW 地址同时考虑符号与数值，可以同时指定多个方向。
  NU/NV/NW 受参数 P3300.6/3800.6（DRGNFIX）影响。
  NU/NV/NW 地址多数情况下可以认为对应 X/Y/Z 轴。

若同时指令 Q 地址与 NU/NV/NW 地址，会触发 PS 报警。
若退刀实际运动量为 0 时，会触发 PS 报警。
若钻孔轴方向有实际退刀运动时，会触发 PS 报警。
若在不支持平移运动的钻孔循环中指令了 NU/NV/NW，会触发 PS 报警。

举例

- 精镗端面中心孔

以 1200rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度镗孔。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S1200 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G86.5 Z-50. R5.0.P1000 Q0.5. F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S1200 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G86.5 Z-50. R5.0. Q0.5 P1000 F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 精镗侧面孔

以 1200rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度镗孔，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1200 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G86.5 X15. R5. P1000 F100 Q0.5 J1 NS2; 精镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1200 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G86.5 X15. R5. P1000 F100 Q0.5 J1 NS2; 精镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

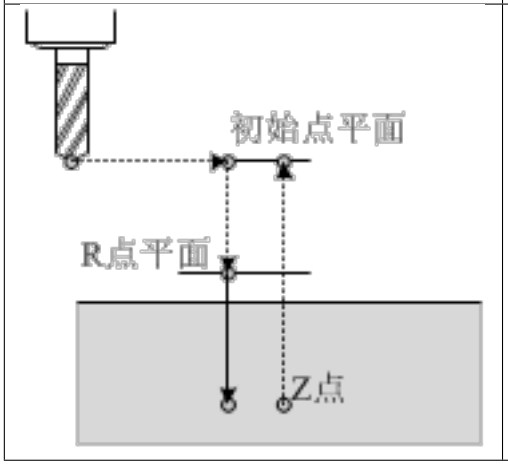
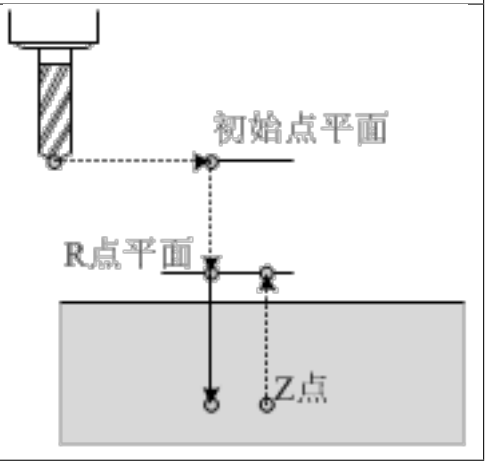
14.1.5 钻孔循环、点钻循环（G81）

G81 是通用钻孔加工循环指令。

格式

G81 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

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

G81（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G81（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

刀具定位后，快速移动到 R 点，沿着钻孔轴方向钻到孔底，然后刀具快速退回。

备注:

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

举例

- 端面中心孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G81 Z-20. R5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G81 Z-20. R5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G81 X15. R5. F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G81 X15. R5. F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

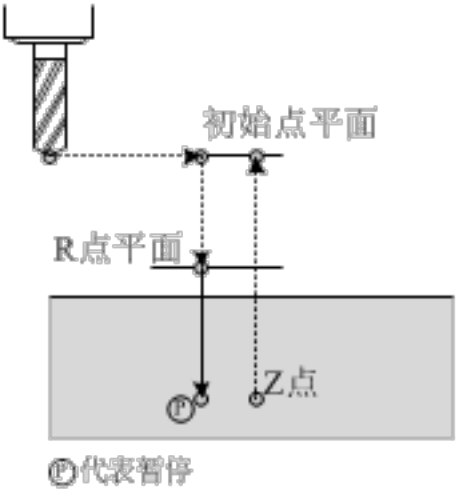
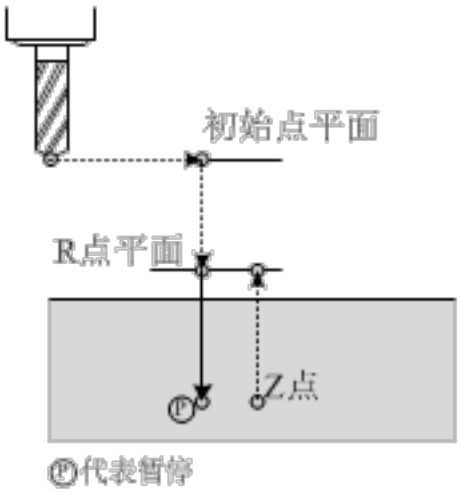
14.1.6 钻孔循环、镗阶梯孔循环（G82）

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

格式

G82 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

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

G82（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G82（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注:

1. 指定 G82 前，先启动主轴旋转。如果 G82 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。

2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
3. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
4. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
5. 固定循环中刀具偏移指令无效。
6. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
7. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

- 端面中心孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G82 Z-20. R5.0 P1000 F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G82 Z-20. R5.0 P1000 F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G82 X15. R5. P1000 F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G82 X15. R5. P1000 F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2; 第二主轴停止 M30 ;

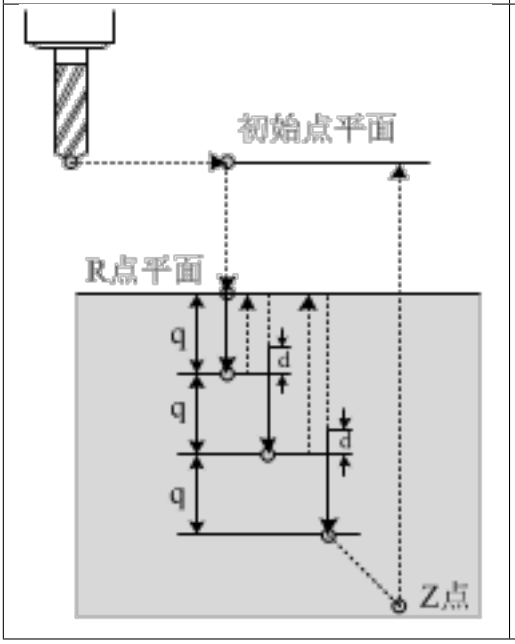
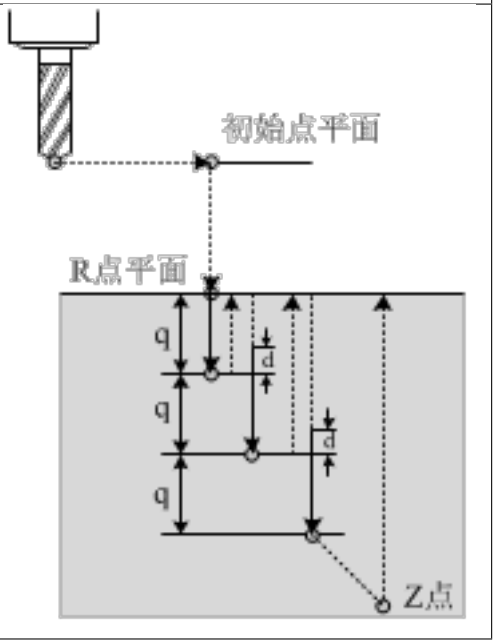
14.1.7 深孔加工循环（G83）

G83 是深孔加工循环指令，执行间歇攻孔到孔底，然后快速退出。

格式

G83 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ ;

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

G83（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G83（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注:

1. Q 值在固定循环内保持模态值，在 G86.5、G87 中用作孔底平移量，请小心指定。
2. 指定 G83 前，先启动主轴旋转。如果 G83 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。
3. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
4. 在可进行孔加工动作的程序段中可以指令孔加工数据 Q、P。在不可进行孔加工的程序段中指令孔加工数据 Q、P 也不能作为模态数据被储存。
5. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
6. 固定循环中刀具偏移指令无效。
7. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
8. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

- 端面中心孔

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G83 Z-50. R5.0. Q5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G83 Z-50. R5.0. Q5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G83 X-5. R5. Q5.0 F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G83 X-5. R5. Q5.0 F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

14.1.8 攻丝循环（G84）

G84 循环为攻丝循环，用于加工正旋（右旋）螺纹。

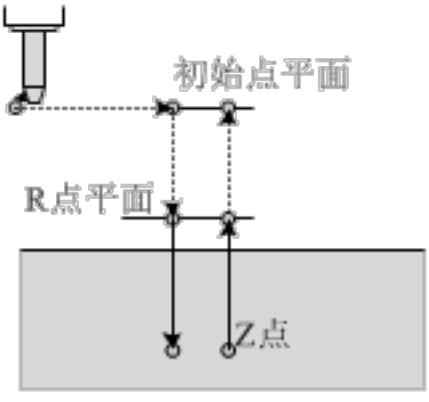
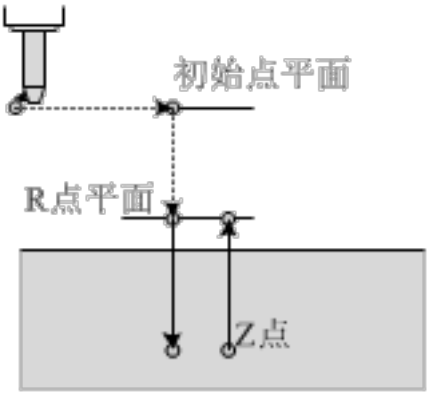
14.1.9 镗削循环（G85）

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

格式

G85 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

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

G85（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G85（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注:

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

举例

- 端面中心孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G85 Z-20. R5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G85 Z-20. R5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G85 X15. R5. F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G85 X15. R5. F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

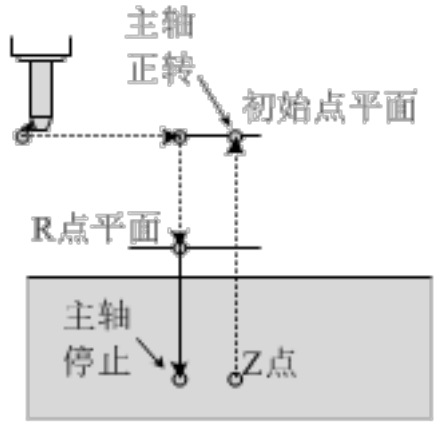
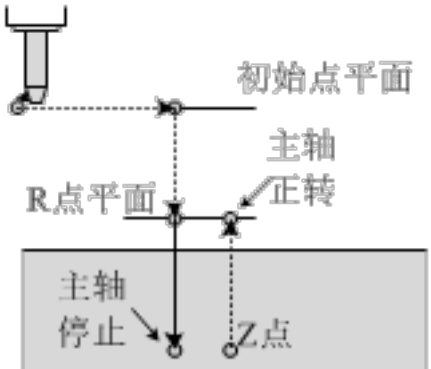
14.1.10 镗削循环（G86）

G86 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G86.5 进行精镗。循环过程同 G81，只是在孔底主轴停转。

格式

G86 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

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

G86（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G86（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注:

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

举例

- 端面中心孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 ; G98.1 G86 Z-20. R5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 ; G99 G86 Z-20. R5.0 F100. ; 定位，钻孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G86 X15. R5. F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G86 X15. R5. F100 J1 NS2; 钻侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2; 第二主轴停止 M30 ;

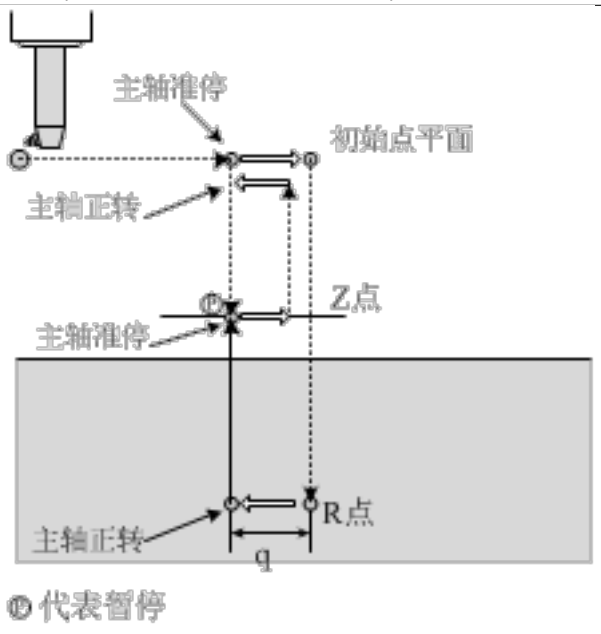
14.1.11 镗削循环、反镗循环（G87）

G87 循环用于镗削精密孔。

格式

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

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据
IP_（孔加工轴）：从 R 点到指定位置的距离（增量值）或指定位置的坐标（绝对值）
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
P_：孔顶 Z 点暂停时间（单位 0.001 秒）
Q_：孔底的偏移量
J_：孔加工方向
F_：切削进给速度
L_：循环次数
NU/NV/NW_: 孔底退刀轴偏移量,NU 为第一轴，NV 为第二轴，NW 为第三轴;

G87（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G87（G99）
	不适用

解释

定位后，主轴在预定的回转位置停止，然后向刀具的相反方向位移 Q，用快速进给在孔底（R 点）定位，然后在此位置快速进给一个位移量 Q，主轴正转后沿钻孔轴的正向镗孔到钻孔轴指令位置。

在此位置，使主轴再次停止在预定的位置后，再向刀尖反方向位移 Q，然后刀具从孔中退出。

返回到初始点后，进给一个位移量，主轴正转，进行下个程序段动作。关于位移量及其方向，与 G86.5 完全相同。

主轴预定回转位置的工作方式如下：

诊断参数“M19S”（K042.0）设为 1，系统运行 G86.5 或 G87 指令，动作执行到主轴定向时，系统发出主轴定向信号（即输出口 M19O=1），然后等待，当定向完成（即输入口 M19I=1），系统继续往下执行，完成循环过程。

备注:

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

- 镗孔循环底部平移

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

  平移运动包括两种方式

  方式一：

  用地址 Q 指定位移量，参数 PM2、PM1（P3300）指定退刀方向

  方式二：

  NU/NV/NW 地址控制平移方向与运动量

  解释

  Q 地址忽略符号，只考虑数值。方向由参数 PM2、PM1（P3300）决定。
  NU/NV/NW 地址同时考虑符号与数值，可以同时指定多个方向。
  NU/NV/NW 受参数 P3300.6/3800.6（DRGNFIX）影响。
  NU/NV/NW 地址多数情况下可以认为对应 X/Y/Z 轴。
  若同时指令 Q 地址与 NU/NV/NW 地址，会触发 PS 报警。
  若退刀实际运动量为 0 时，会触发 PS 报警。
  若钻孔轴方向有实际退刀运动时，会触发 PS 报警。
  若在不支持平移运动的钻孔循环中指令了 NU/NV/NW，会触发 PS 报警。

举例

- 反精镗端面中心孔

以 1200rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到初始点平面
T0101 M03 S1200 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G87 Z5.0. R-30.0.P1000 Q0.5. F100. ; 定位，向刀尖相反方向偏移，快速 进给到初始平面，进刀偏移，镗 1 孔到 Z 点，暂停，主轴停转，主轴 定向，退刀偏移，快速退出，偏移， 返回到初始平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S1200 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98 G87 Z5.00. R-30.0 Q0.5 P1000 F100. ; 定位，向刀尖相反方向偏移，快速 进给到初始平面，进刀偏移，镗 1 孔到 Z 点，暂停，主轴停转，主轴 定向，退刀偏移，快速退出，偏移， 返回到初始平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 反精镗侧面孔

以 1200rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到初始点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1200 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G87 X30.0. R-20. P1000 F100 Q0.5 J1 NS2; 精镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1200 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98 G87 X30.0. R-20. P1000 F100 Q0.5 J1 NS2; 精镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

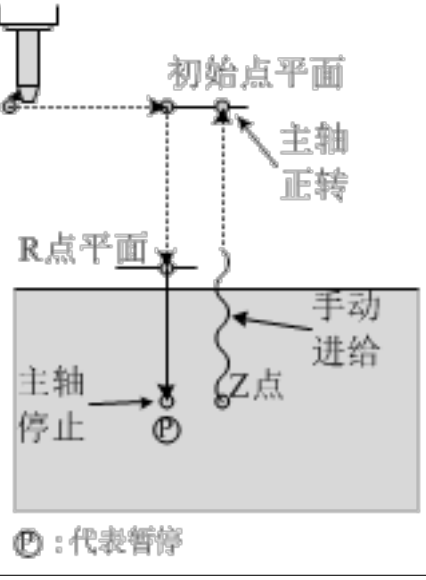
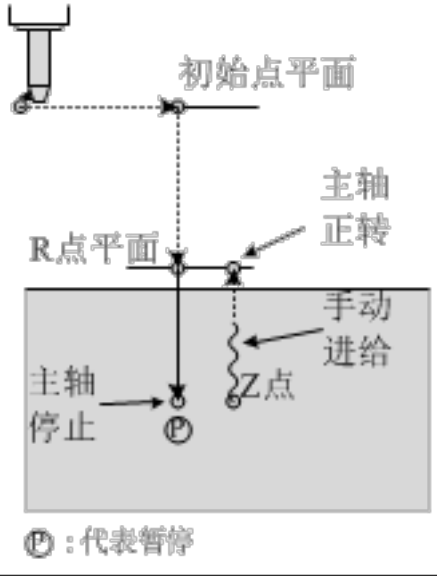
14.1.12 镗孔循环（G88）

G88 循环自动进给，手动退出。

格式

G88 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

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

G88（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G88（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注:

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

举例

- 端面中心孔

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G98.1 G88 Z-20. R5.0 P1000 F100. ; 定位，镗孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 G99 G88 Z-20. R5.0 P1000 F100. ; 定位，镗孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G88 X15. R5. P1000 F100 J1 NS2; 镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G88 X15. R5. P1000 F100 J1 NS2; 镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

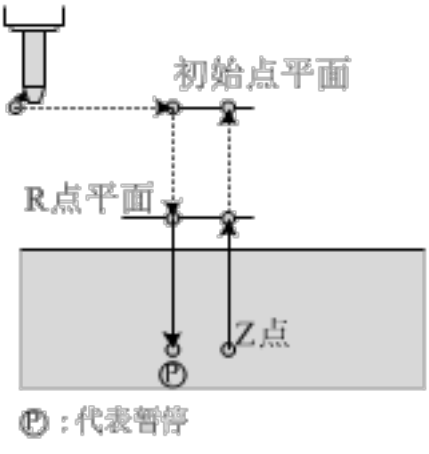
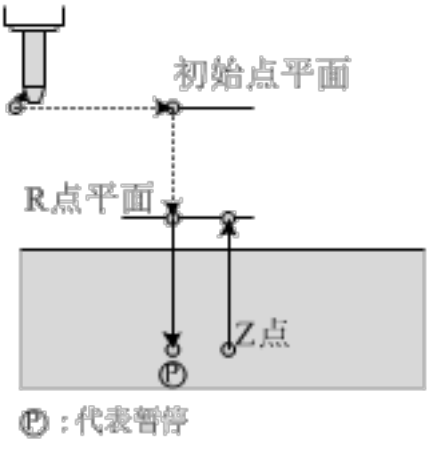
14.1.13 镗孔循环（G89）

G89 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G86.5 进行精镗。循环过程同 G85，只是在孔底有暂停时间。

格式

G89 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

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

G89（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G89（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注:

1. 指定 G89 前，先启动主轴旋转。如果 G89 和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。

2. 固定循环状态时，如果指令了 X、Y、Z、R 数据中的任意一个，就进行孔加工，如果程序段中不包含其中任意一个数据，则不进行孔加工。当 X 是和 G04 同时指定时，也不进行孔加工。
3. 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。
4. 固定循环中刀具偏移指令无效。
5. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。
6. 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

举例

- 端面中心孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 ; G98.1 G89 Z-20. R5.0 P1000 F100. ; 定位，镗孔然后返回初始点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止	T0101 M03 S800 ; 主轴旋转 G00 X0 Z50.0 ; G99 G89 Z-20. R5.0 P1000 F100. ; 定位，镗孔然后返回 R 点平面 G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点 M05 ; 主轴停止

- 侧面孔

  以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G89 X15. R5. P1000 F100 J1 NS2; 镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G89 X15. R5. P1000 F100 J1 NS2; 镗侧面孔 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

14.1.14 固定循环取消（G80）

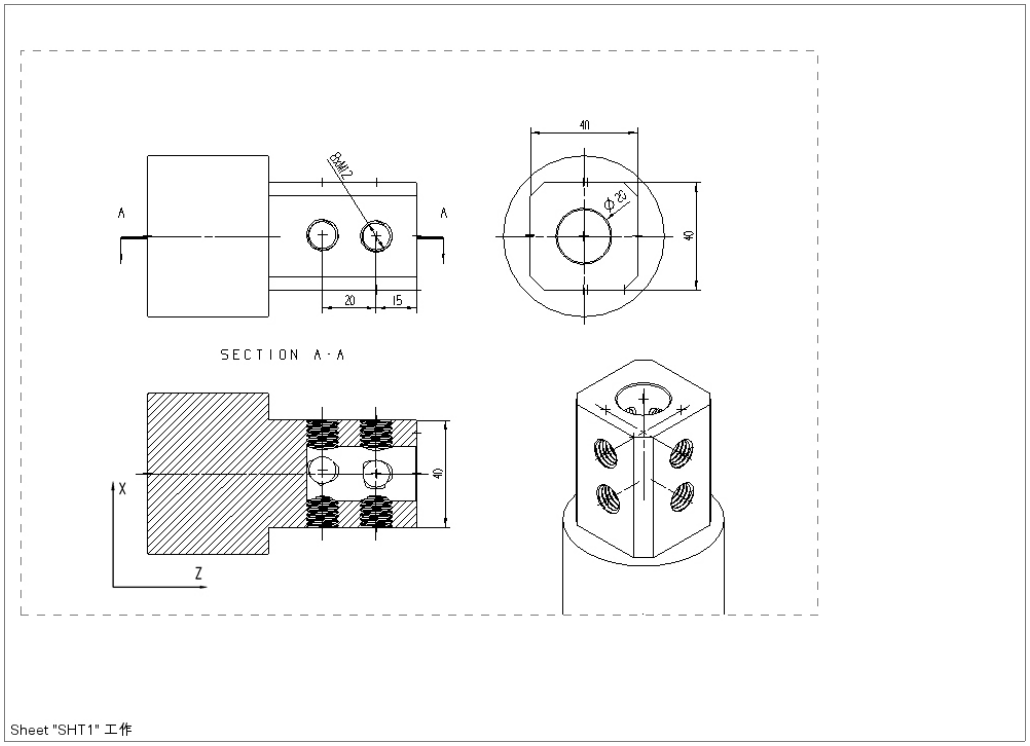
G80 用于取消钻孔固定循环状态。

格式

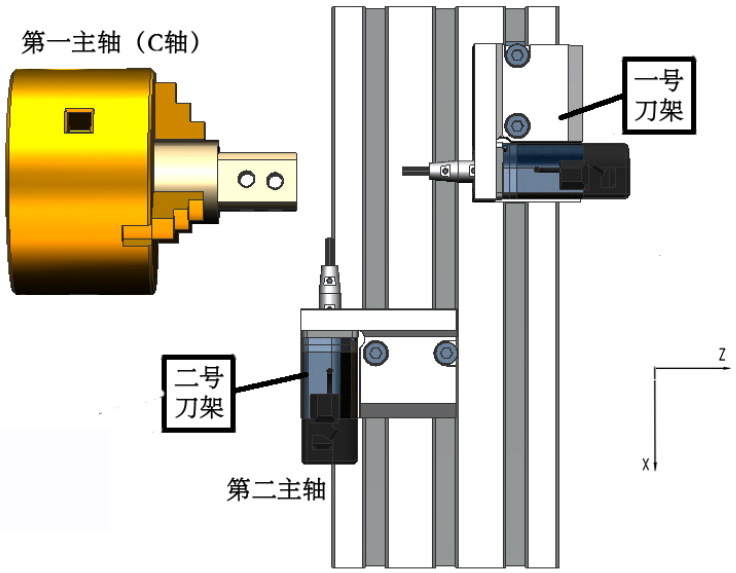
G80 ;

14.1.15 钻孔固定循环实例（使用刀具长度补偿）

- 工件尺寸数据 1



- 车铣复合结构简图



- 工艺步骤分析及刀具选择

根据图纸标识，按如下工艺步骤加工：

1. 端面中心 Φ20 的孔，选用 Φ8，Φ16，Φ19 钻头粗加工，再选用镗刀粗镗 Φ20 的孔
   (1) 钻 Φ8 的孔，深 45，采用深孔加工循环 G83 指令
   (2) 钻 Φ16 的孔，深 45，采用高速深孔加工循环 G83.5 指令
   (3) 钻 Φ19 的孔，深 45，采用钻孔循环 G82 指令
   (4) 粗镗 Φ20 的孔，深 42，采用镗削循环 G85 指令

2. 侧面 8 个 M12 的螺纹孔，底径为 10.25，选用 Φ10.5 的钻头钻孔，最后选择 M12 丝锥攻丝
   (1) 钻 Φ10.5 的 8 个孔，深 18，采用点钻循环 G81 指令
   (2) 攻 M12 的孔深 18，采用 G84 右旋攻丝指令
3. 精镗端面 Φ20 的孔，采用 G86.5 指令

   刀架及刀具编号：
   (1) 平行于 Z 轴为 1 号刀架，安装 Φ8，Φ16，Φ19.5 钻头和精镗刀，Φ8 钻头选用刀补号 1，Φ16 钻头选用刀补号 2，Φ19 钻头选用刀补号 3，粗镗刀选用刀补号 4，精镗刀选用刀补号 7
   (2) 垂直于 Z 轴为 2 号刀架，安装 Φ10.5 钻头和 M12 丝锥，Φ10.5 钻头选用刀补号 5，M12 丝锥选用刀补号 6
   (3) 采用绝对对刀方式，逐一对刀，输入测量值到相应的刀补号中。

- 加工程序

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
O8000 T0101 ; 调用 Φ8 钻头 M03 S800 ; 第一主轴正转 G00 X0 Z50.0 ; G98.1 G83 Z-45.0 R5.0. Q5.0 F100 ; 加工 Φ8 的孔 G80 ; T0102 ; 调用 Φ16 钻头 G00 X0 Z50.0 ; G98.1 G83.5 Z-45.0 R5.0. Q10.0 F100 ; 加工 Φ16 的孔 G80 ; T0103 ; 调用 Φ19 钻头 G00 X0 Z50.0 ; G98.1 G82 Z-45.0 R5.0 P1000 F100 ; 加工 Φ19 的孔 G80 ; T0104 ; 调用粗镗刀 S1200 ; 升高转速 G00 X0 Z50.0 ; G98.1 G85 Z-42.0 R5.0 F100 ; 粗镗孔 G80 ; G00 X80.0 Z100.0 ; 退刀到安全位置 M05 ; 第一主轴停止 T0205 ; 调用 Φ10.5 钻头 M60 ; C 轴进入位置模式 G00 C0 ; C 轴分度到 0 度 M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 启动第二主轴 G00 X80.0 Z-15.0 ; G98.1 G81 X18.0 R5.0 F100 NS2; 加工 Φ10.5 的孔 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松 G00 C90.0 ; C 轴分度到 90 度 M38 ; C 轴夹紧 G98.1 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工 Φ10.5 的孔 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松 G00 C180.0 ; C 轴分度到 180 度 M38 ; C 轴夹紧 G98.1 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工 Φ10.5 的孔 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松 G00 C270.0 ; C 轴分度到 270 度 M38 ; C 轴夹紧 G98.1 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工 Φ10.5 的孔 Z-35.0 ; G80 ; 四面八个孔加工完成 M39 ; C 轴放松 M5.2 ; 第二主轴停止 T0206 ; 调用 M12 的丝锥 M3.2 S2=800 ; 启动第二主轴 G00 X80.0 Z-15.0 ; G00 C0 ; C 轴分度到 0 度 M38 ; C 轴夹紧 G98.1 G84 X18.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松	O8000 T0101 ; 调用 Φ8 钻头 M03 S800 ; 第一主轴正转 G00 X0 Z50.0 ; G98 G83 Z-45.0 R5.0. Q5.0 F100 ; 加工 Φ8 的孔 G80 ; T0102 ; 调用 Φ16 钻头 G00 X0 Z50.0 ; G98 G83.5 Z-45.0 R5.0. Q10.0 F100 ; 加工 Φ16 的孔 G80 ; T0103 ; 调用 Φ19 钻头 G00 X0 Z50.0 ; G98 G82 Z-45.0 R5.0 P1000 F100 ; 加工 Φ19 的孔 G80 ; T0104 ; 调用粗镗刀 S1200 ; 升高转速 G00 X0 Z50.0 ; G98 G85 Z-42.0 R5.0 F100 ; 粗镗孔 G80 ; G00 X80.0 Z100.0 ; 退刀到安全位置 M05 ; 第一主轴停止 T0205 ; 调用 Φ10.5 钻头 M60 ; C 轴进入位置模式 G00 C0 ; C 轴分度到 0 度 M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=800 ; 启动第二主轴 G00 X80.0 Z-15.0 ; G99 G81 X18.0 R5.0 F100 NS2; 加工 Φ10.5 的孔 G98 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松 G00 C90.0 ; C 轴分度到 90 度 M38 ; C 轴夹紧 G99 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工 Φ10.5 的孔 G98 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松 G00 C180.0 ; C 轴分度到 180 度 M38 ; C 轴夹紧 G99 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工 Φ10.5 的孔 G98 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松 G00 C270.0 ; C 轴分度到 270 度 M38 ; C 轴夹紧 G99 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工 Φ10.5 的孔 G98 Z-35.0 ; G80 ; 四面八个孔加工完成 M39 ; C 轴放松 M5.2 ; 第二主轴停止 T0206 ; 调用 M12 的丝锥 M3.2 S2=800 ; 启动第二主轴 G00 X80.0 Z-15.0 ; G00 C0 ; C 轴分度到 0 度 M38 ; C 轴夹紧 G99 G84 X18.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝 G98 Z-35.0 ; M39 ; C 轴放松

14.2 攻丝固定循环

14.2.1 模拟主轴攻丝（G93）

格式

G93 Zp_ F/I_ Q_ L_ P_ ;

Zp_：指定 Zp 轴终点坐标。
F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。
Q_：起始角偏移。
L_：加工头数。
P_：孔底暂停时间 (不包括主轴停止时间)。

解释

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

例

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

- 执行过程

G93 执行过程如下：

1. Zp 轴向负方向按每转进给方式（切螺纹）进给。
2. 运动到程序指定的坐标后，自动停止主轴转动。主轴完全停止后，保持 Z 轴不动，在孔底暂停 P 指定时间。然后自动反向旋转主轴，Zp 退回到起始位置。
3. 停止主轴旋转，恢复程序段前指定的方向旋转主轴。

- 其他说明

1. 与螺纹加工相同，G93 攻丝过程中，加减速曲线为直线，加/减速度由参数（P6480/P6481）设定。
2. 如果 Zp 正向运动后执行 G93，由于反向运动，系统会先执行反向间隙补偿。如果配步进电机堵转，可设置更小的间隙补偿速度，或在执行 G93 前，先指令 Zp 轴负向运动。
3. 主轴制动时间参数的设置会影响主轴停止后反向启动旋转的时间，请注意设置。

备注:

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

14.2.2 数字主轴刚性攻丝概述

当机床配数字主轴且有轮廓控制功能 (主轴位参数 SPiCs=1，i 为主轴轴号) 时，可采用攻丝循环指令（G84）和左旋攻丝循环指令（G84.5）实现刚性攻丝。这时，主轴电机的工作和进给轴电机一样，由攻丝进给轴和主轴之间的插补来执行攻丝。刚性方式执行攻丝时，主轴每旋转一周，沿攻丝轴产生一定的进给（螺纹导程）。即使在加减速期间，这个操作也不变化。这样的攻丝方式，不用标准攻丝方式中使用的浮动丝锥卡头，可得到较快和较精确的攻丝。

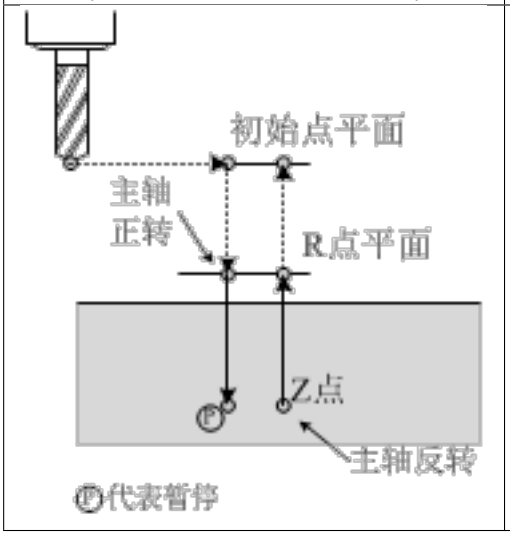
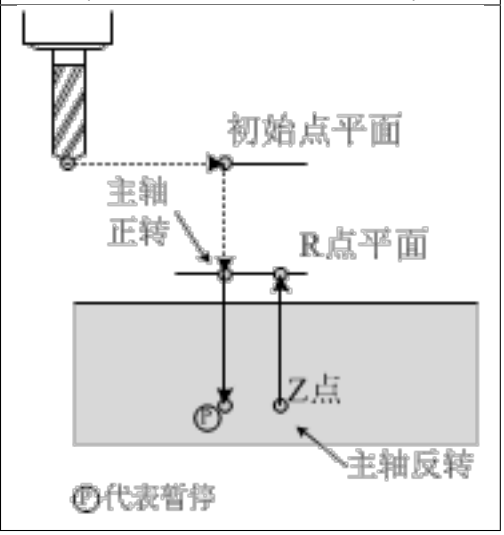
G98 和 G99 指令在 G 代码体系 B 中支持。A 体系中对应支持的指令为 G98.1 和 G99.1。

14.2.3 刚性攻丝（G84）

格式

G84 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ M__;

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

G84（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G84（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

- 转动主轴选择

  模态地址 NS 用于选择转动主轴轴号。未输入时默认为主轴 1。

- 运动过程

  定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点到孔底执行攻丝。当攻丝完成时，主轴停止并执行暂停，然后主轴以相反方向旋转，刀具退回到 R 点，主轴停止。然后，执行快速移动到初始位置。当攻丝正在执行时，进给速度倍率和主轴倍率始终保持 100%。

- 主轴转速

  主轴转速由 S 指定，S 指令在 G84 之前或者和 G84 在同一程序段。
  连续刚性攻丝时，中途不恢复主轴转速（不包括空段）。

- 攻出时指令转速

RS 功能为攻出时单独指令转速，用于提高加工效率。

例：

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

备注：

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

- 攻丝进给速度

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

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

- 加减速控制

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

- 限制

1. 当配置数字主轴功能时，在攻丝过程中，主轴工作方式不可以改变，否则产生报警（PS186）。
2. 进给轴和主轴脉冲输出频率超过系统上限时，产生驱动器报警（3 指令速率过大）。

3 S 指令不可以为 0，否则产生报警（PS0011）。

4. G84 指令中，指定的攻丝长度不可以大于螺纹导程 F*1491，否则报警（PS0187）。
5. 固定循环中刀具偏移指令无效。
6. 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。

举例

- 端面中心孔攻丝

以 1000rev/min 的主轴转速，1.5mm 导程攻丝。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 ; M03 S1000; 主轴正转 G00 X0 Z30.; G98.1 G84 X0. Z-20. R5. P100 F1.5 ; G80 ; M05 ; M30 ;	T0101; M03 S1000; 主轴正转 G00 X0 Z30.; G99 G84 X0. Z-20. R5. P100 F1.5; G80 ; M05 M30 ;

- 侧面孔攻丝

以 1000rev/min 的主轴转速，1.5mm 导程攻丝，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1000 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G84 X15. R5. P100 F1.5 J1 NS2; 侧面孔攻丝 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1000 ; 第二主轴正转 G00 X50 Z-10.; G99 G84 X15. R5. P100 F1.5 J1 NS2; 侧面孔攻丝 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

14.2.4 左旋刚性攻丝（G84.5）

格式

G84.5 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ M__;

IP_（非攻丝轴）：孔位置数据

IP_（攻丝轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

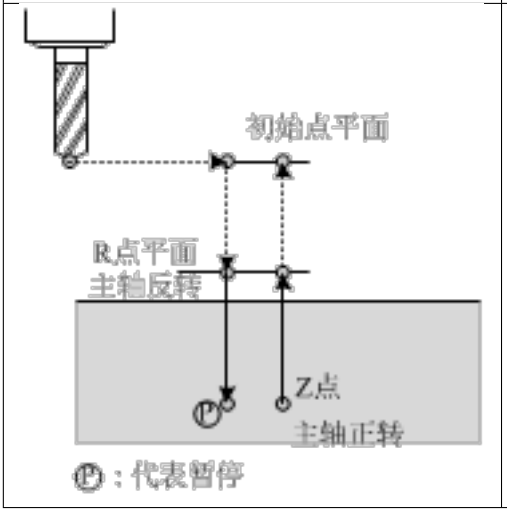
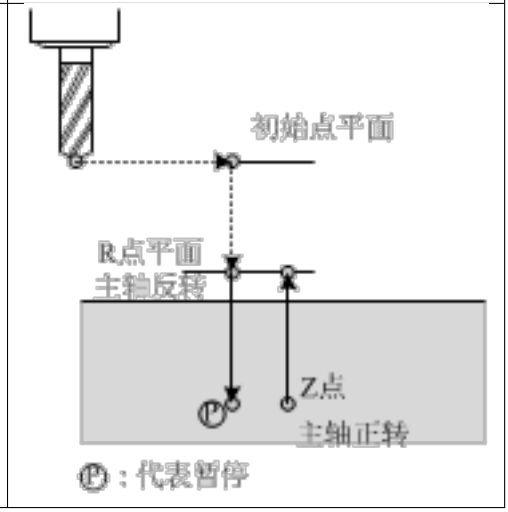
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

J_：攻丝方向

F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

L_：循环次数

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

G84.5（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G84.5（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

解释

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

备注： G84.5 反攻丝循环中，进给速度倍率和进给保持无效。即使按下“进给保持”按键，在返回动作结束前也不停止。

举例

- 端面中心孔攻丝

  以 1000rev/min 的主轴转速，1.5mm 导程攻丝。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 ; M04 S1000 ; 主轴反转 G00 X0 Z30.; G98.1 G84.5 X0. Z-20. R5. P100 F1.5 ; G80 ; M05 ; M30 ;	T0101; M04 S1000 ; 主轴反转 G00 X0 Z30.; G99 G84.5 X0. Z-20. R5. P100 F1.5; G80 ; M05 ; M30 ;

- 侧面孔攻丝

  以 1000rev/min 的主轴转速，1.5mm 导程攻丝，机床具有第二主轴功能。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0202; M38 ; C 轴夹紧 M4.2 S2=1000 ; 第二主轴反转 G00 X50 Z-10.; G98.1 G84.5 X15. R5. P100 F1.5 J1 NS2; 侧面孔攻丝 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;	T0202; M38 ; C 轴夹紧 M3.2 S2=1000 ; 第二主轴反转 G00 X50 Z-10.; G99 G84.5 X15. R5. P100 F1.5 J1 NS2; 侧面孔攻丝 Z-30.0 ; G80 ; M39 ; C 轴松开 M5.2 ; 第二主轴停止 M30 ;

14.2.5 深孔刚性攻丝（排屑）循环（G84、G84.5）

在刚性攻丝方式中，深孔攻丝可能是困难的，因为切屑阻止刀具运动或者增加切削阻力。

在这样的情况下，可使用深孔刚性攻丝（排屑）循环。在此循环中，系统会执行数次进刀直到孔底。

深孔攻丝循环有两种方式：高速深孔攻丝循环和标准深孔攻丝循环，用参数 “PCP”（P2700.7）来选择。

格式

G84/G84.5 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ M__;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（0.001 秒）

Q_：每次切削进给的进给量

J_：孔加工方向

F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

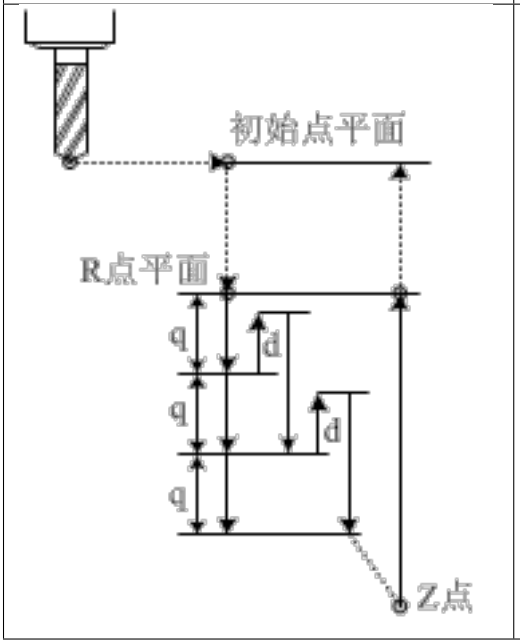
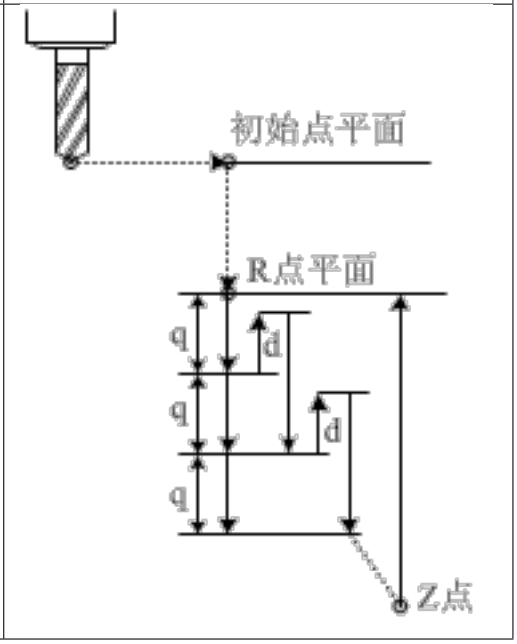
L_：循环次数

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

解释

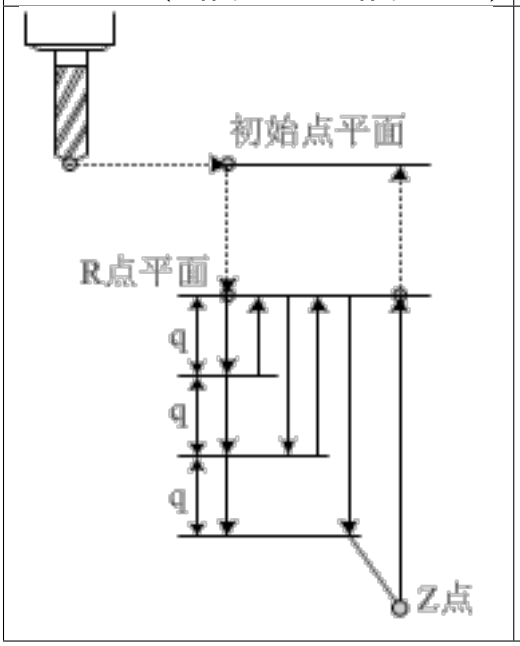
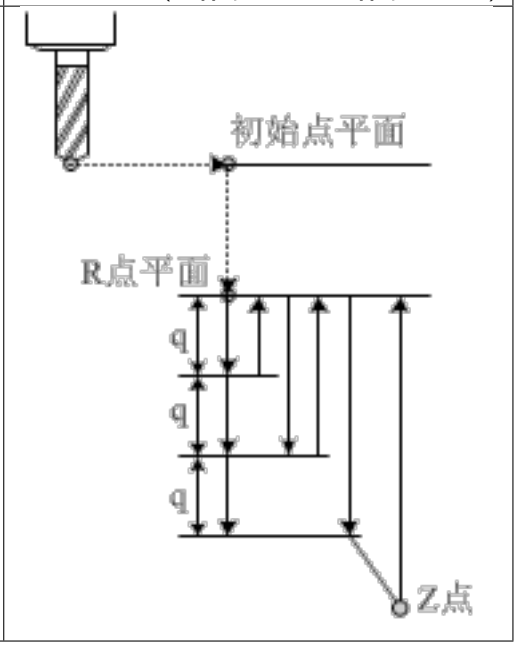
转动主轴选择：模态地址 NS 用于选择转动主轴轴号。未输入时默认为主轴 1。

• 高速深孔攻丝循环（PCP=1）

G84/G84.5（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G84/G84.5（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

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

• 标准深孔攻丝循环（PCP=0）

G84/G84.5（B 体系 G98，A 体系 G98.1）	G84/G84.5（B 体系 G99，A 体系 G99.1）
	

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

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

备注:

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

14.3 单一型固定循环

14.3.1 单一型固定循环 G 代码

在有些特殊的粗车加工中，由于切削量大，同一加工路线要反复切削多次。此时可利用固定循环功能，用一个程序段可实现通常由 3~10 多个程序段指令才能完成的加工路线。并且在重复切削时，只需改变数值。这个固定循环对简化程序非常有效。

有四种单一型固定循环，如下表:

功能	车床 A 体系 标记符号：[TA]	车床 B 体系 标记符号：[TB]	铣床 标记符号：[M]
外圆/内圆车削循环	G90	G77	G77
端面车削循环	G94	G79	G79
普通螺纹切削循环	G92	G78	G78
数字螺纹切削循环	G78.1	G78.1	G78.1

单一型固定循环指令可在 G18/G19 平面内执行。G18/G19 为笛卡尔坐标系中的两个基本平面，一般为 Z-X 和 Y-Z 平面。但也可用 G54.9 变更笛卡尔坐标系。

要取消单一型固定循环方式，在车床 A 体系下，需指定 G90、G92、G94 以外的 01 组 G 代码。在车床 B 体系或铣床下，则需指令 G77、G78、G79 以外的 01 组 G 代码。

如无特殊情况，本章节后续一般以车床 A 体系为例进行说明，车床 B 体系或铣床用法相同。

14.3.2 外圆/内圆车削循环（G90）

圆柱切削循环

格式

[体系 A]

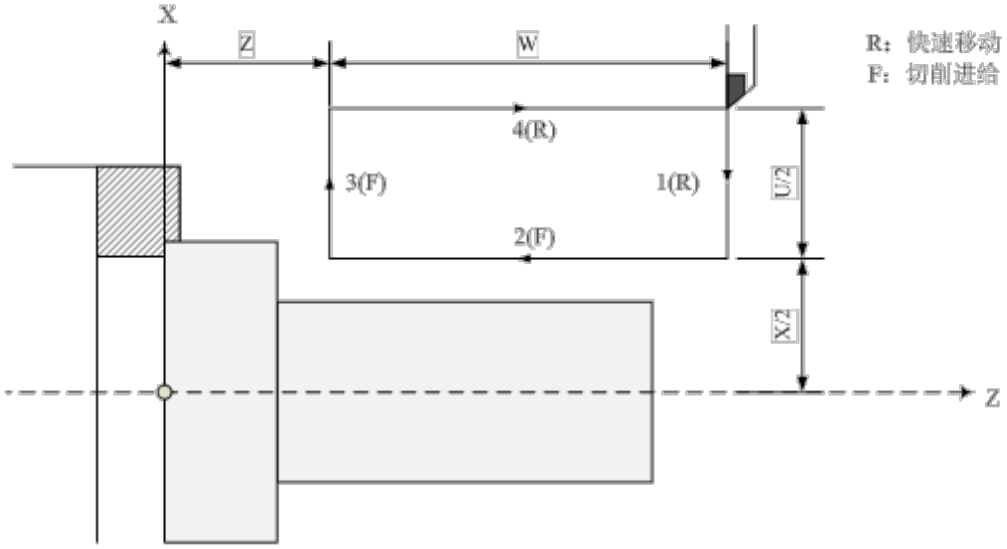
[G18/G19] G90 IP1__ IP2__ NB__ NE__ NP1 F__ ;

[G18/G19]：平面选择
IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，一般为 X/Y 轴）
IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向，Z 轴或 G54.9 第 3 轴）
NB__：旋入阶段宽度
NE__：旋出阶段宽度
NP1：在旋入或旋出时执行一段圆弧切削，此段使用快速运动
F__：进给速度

[体系 B]

[G90/G91] [G18/G19] G77 IP1__ IP2__ NB__ NE__ NP1 F__ ;

[G90/G91]：绝对编程/相对编程



解释

如上图所示，增量值指令时，地址 U、W 后的数值的符号，由轨迹 1 和 2 的方向来决定。在上述循环中，U 是负，W 也是负。在单程序段条件下，将连续执行 1、2、3、4 动作。

使用要点和注意事项

1. 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定该 G 代码，否则报警（PS530/531/532）。
2. Z 轴或 G54.9 第 3 轴不在平面内时，报警 PS533。非平面内轴输入时，报警 PS534。
3. 平面内两轴都输入，但有一个轴移动量为 0 时，报警 PS535。
4. 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。

举例

加工程序

```
O0001 ;                        程序号
M03 S500 ;                     指定主轴正转
G00 X50. Z2. ;                 刀具定位
G18 G90 X45. Z-20. F100. ;     指定G90循环和F值
G00 X100. Z50. ;               刀具回退
M30 ;                          程序结束
```

圆锥切削循环

格式

[体系 A]

[G18/G19] G90 IP1__ IP2__ R__ NB__ NE__ F__ ;

[G18/G19]：平面选择

IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，一般为 X/Y 轴）

IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向，Z 轴或 G54.9 第 3 轴）

NB__：旋入阶段宽度

NE__：旋出阶段宽度

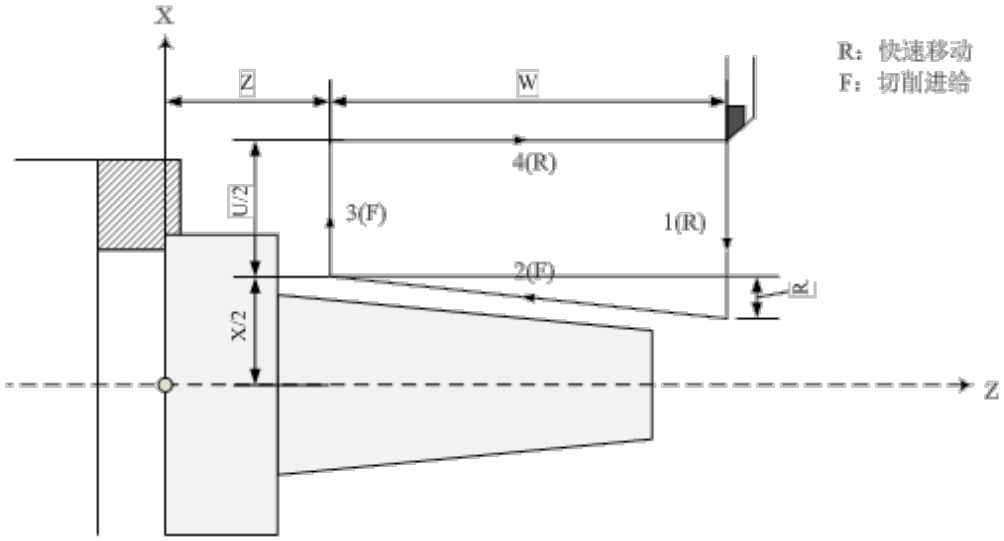
F__：进给速度

R__：最大端和最小端的半径差

[体系 B]

[G90/G91] [G18/G19] G77 IP1__ IP2__ R__ NB__ NE__ F__ ;

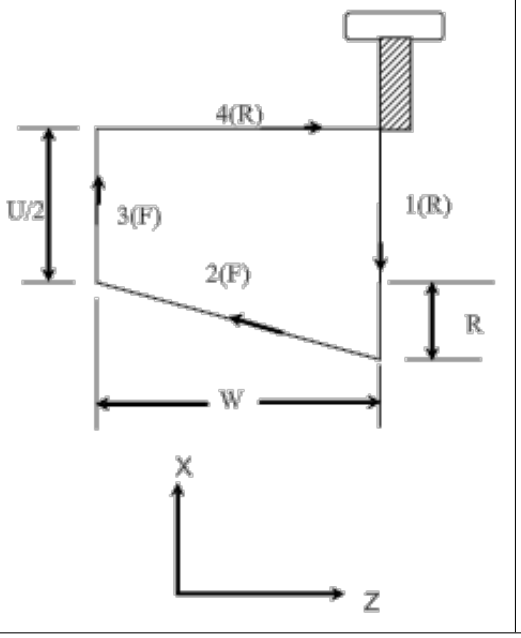
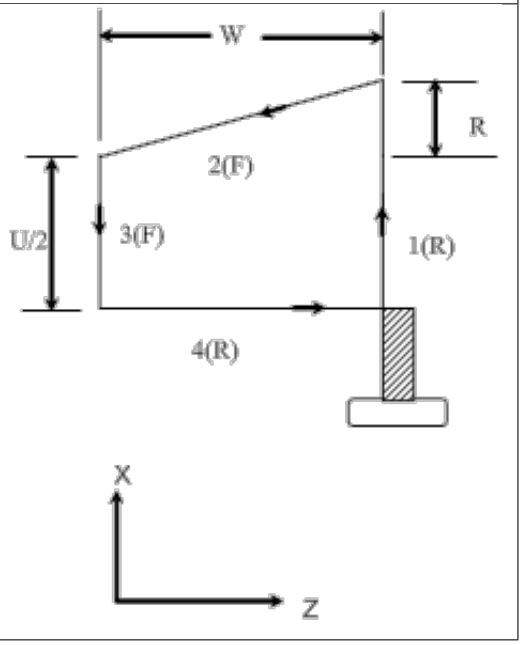
[G90/G91]：绝对编程/相对编程

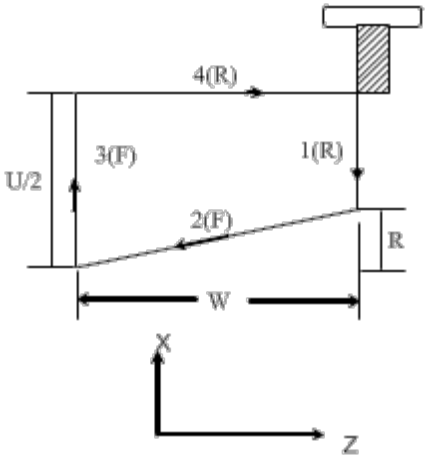
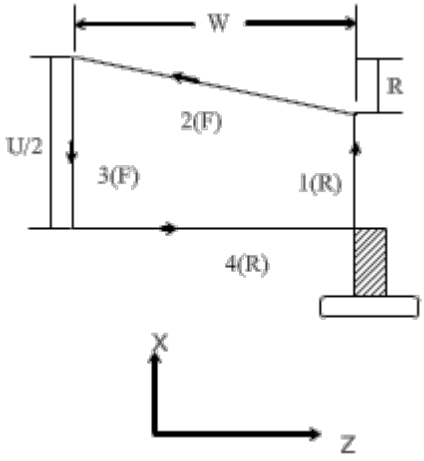


解释

如上图所示，R 值的正负决定工件正锥还是反锥体。

增量值指定时，地址 U、W、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。

（1）U<0，W<0，R<0	（2）U>0，W<0，R>0
	

（3）U<0，W<0，R>0，但 ｜R｜≤｜U/2｜	（4）U>0，W<0，R<0，但 ｜R｜≤｜U/2｜
	

14.3.3 螺纹切削循环（G92）

格式

[体系 A]

[G18/G19] G92 IP1__ IP2__ R__ F(I)__ NB__ NE__ L(Q)__ P__ J__ K__;

[体系 B]

[G90/G91] [G18/G19] G78 IP1__ IP2__ F(I)__ NB__ NE__ L(Q)__ P__ J(aj)__ K(ak)__;

解释

- 格式说明

地址	地址意义	取值范围	单位	模态值
IP1_	工件轴侧向终点坐标或移动量	-999999~ 999999	mm	—
IP2_	工件轴纵向终点坐标或移动量	-999999~ 999999	mm	—
R_	锥度螺纹最大端和最小端的半径差	-999999~ 999999	mm	是
F_	公制螺纹的导程	0.0001~ 500.0000	mm	是
I_	英制螺纹的牙数	0.060~ 254000.000	牙/英寸	是
L_	多头螺纹的头数	1~99	—	是
Q_	螺纹切削起始偏移角度	0~360	度	是
P_	螺纹退尾宽度	00-99	0.1F(F为导程)	是
J/K	让刀平均加减速度系数	0.01~4.0	—	—
NB_	螺纹旋入阶段的宽度	非负数	mm	是
NE_	螺纹旋出阶段的宽度	非负数	mm	是

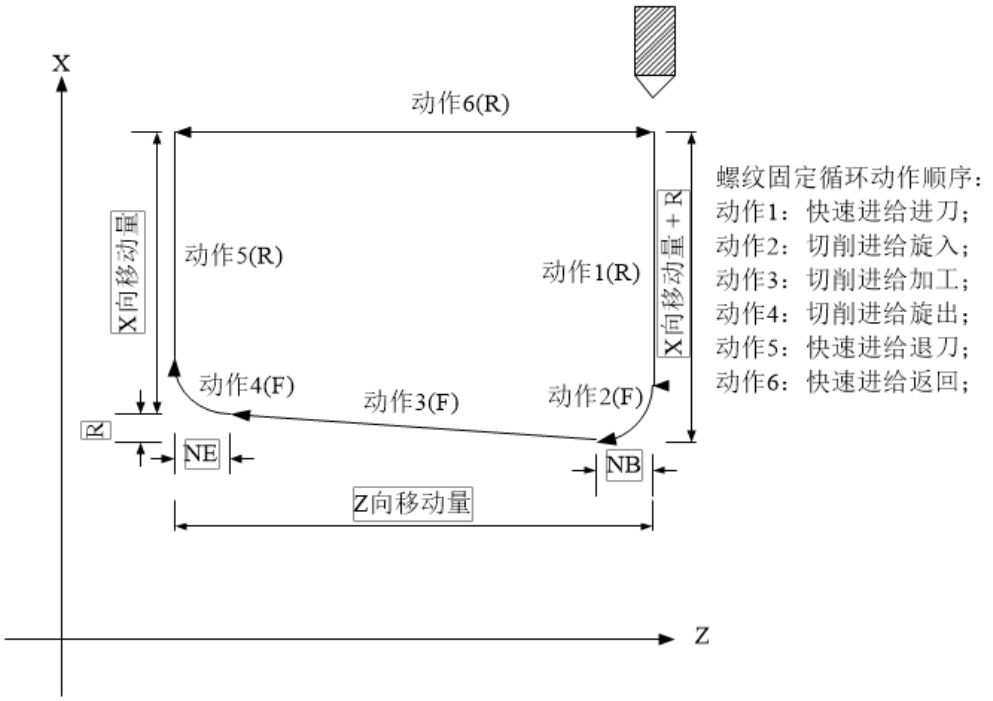
备注:

1. IP1/IP2 均可使用绝对/相对编程。
2. IP1 一般为 X/Y 轴，IP2 一般为 Z 轴或 G54.9 指令第三轴。
3. 退尾宽度 =0.1* 螺纹退尾宽度系数（P）* 螺纹的导程（F）。
4. [G18/G19] 平面选择，[G90/G91] 绝对编程/相对编程。

5. 英制螺纹牙数 I，可理解为长轴移动 1 英寸时主轴的圈数，使用 I 指令时，实际速度 F 显示数值为 I 计算之后的数值。公制编程时，F=25.4/I，英制编程时，F=1/I。
6. 多头螺纹头数，超出范围时按照单头螺纹加工。
7. 螺纹退尾宽度控制机能是否有效由参数“TWWC”（P6300.7）选择。
8. 螺纹让刀平均加减速度实际值等于 P6483×J/K，J 和 K 可以输入任意值，只要其比值在 0.01~4.0 范围内即可。J 和 K 未输入时，都默认为 1.0。
9. J 和 K 未输入小数点时，数据处理受 PODI 参数影响：
   PODI=1 时，J1 等价于 J1.0；
   PODI=0 时，J1 等价于 J0.001（与编程位数相关，此处以 3 位小数为例）
10. 当 R 值不合适，导致进刀段移动量为 0，或移动方向与让刀段相同时，报警 PS536。
11. 无 F 模态值为 0，且无 I 输入时，触发报警。
12. NB 或 NE 过大时，触发报警。
13. 连续加工螺纹时，若在中间指令了 01 组 G 代码，则螺纹模态取消。

螺纹切削相关

螺纹切削循环利用固定循环功能，在一个程序段中实现螺纹切削的进刀，加工，退刀，返回等多个动作，用于螺纹加工时的编程，提高编程效率。固定循环由 6 个动作完成，如下图所示（以 Z-X 加工为例，其它加工方式相同）。



- 退尾处理

  退尾处理参见插补功能 _ 退尾处理

- 螺纹暂停提前让刀功能

  参见 II-14.4.7 中的说明。

- NB 和 NE 的意义

  参见《编程手册》数字主轴螺纹切削循环中的说明

- 地址方向与轨迹的关系

  参见《编程手册》数字主轴螺纹切削循环中的说明

- 螺纹切削限制

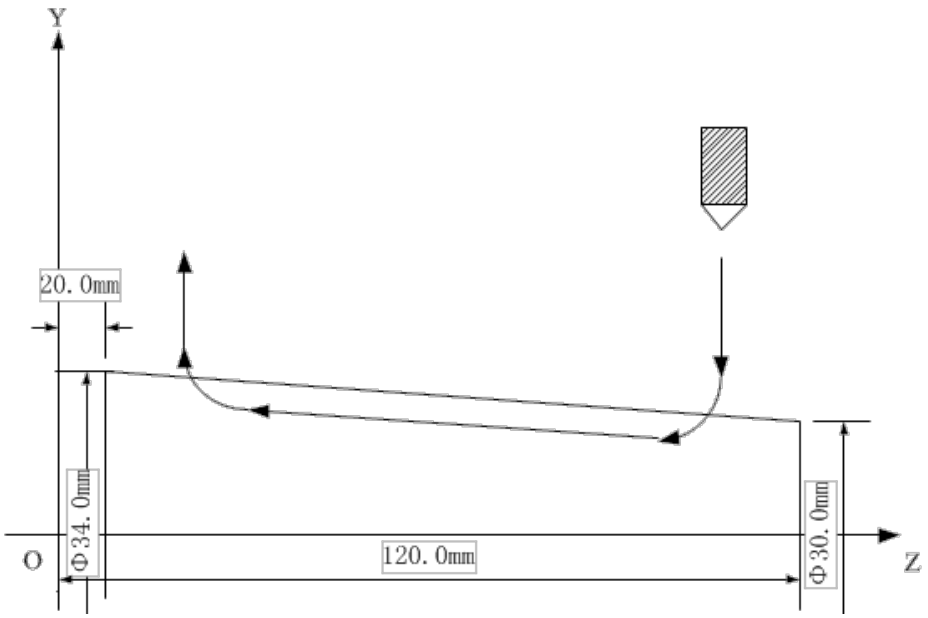
1. 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定该 G 代码，否则报警（PS530/531/532）。
2. 进入数字螺纹插补时 (G7.2)，不可指令该 G 代码，否则报警 PS283。
3. 恒限速时，不可指令该 G 代码，否则报警 PS316。
4. 导程方向轴不在平面内时，报警 PS533。非平面内轴输入时，报警 PS534。
5. 平面内两轴都输入，但有一个轴移动量为 0 时，报警 PS535。
6. 连续编入该指令时，若平面未变更，那么后面的指令继承前面指令中地址值。
7. 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。
8. 固定循环从旋入阶段到旋出阶段禁止单段停止。
9. 固定循环中，不支持直接指令 G17 实现 X/Y 平面加工。如有需要，可以使用 G54.9 进行坐标系变换，其第 3 轴将作为纵向轴（或螺纹导程方向）。

- 螺纹切削注意事项

  切削相关注意事项请参考 II-4.8 中“螺纹切削注意事项”内容。

举例

该固定循环中，使用 G19 指定 YZ 平面，可以实现 Y/Z 方向的程序加工，如下例所示。



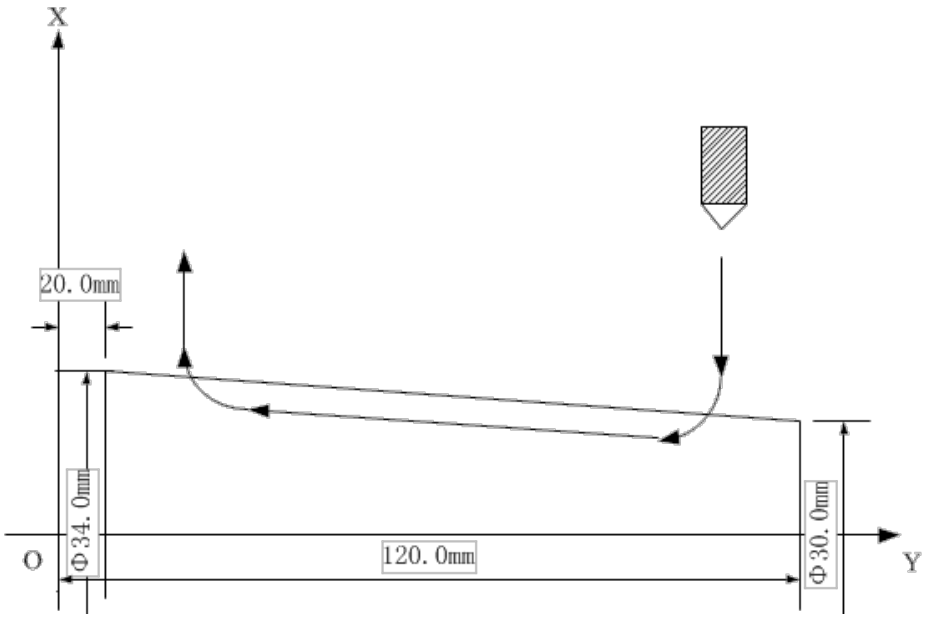
加工 80.0mm 长的双头螺纹，导程为 5.0mm，Y 方向切深为 1mm（6 次切入）。

Y 轴设置为直径编程（参数 P405-3.5 DIA=1）

加工程序

```
M03 S1200 ;
G19 G00 Y80. Z100.0 ;
G92 Y34. Z20. R-2. NB3.0 NE3.0 L2 F50. ;
Y32.;
Y30. ;
Y28 ;
Y26 ;
Y24. ;
G0 Y80. Z100. ;
```

在车床 A 体系中，如要以 Y 轴为纵向轴，X 为侧向轴，可以指令 G54.9 P123（XZY），如下例所示



加工 80.0mm 长的双头螺纹，导程为 5.0mm，X 方向切深为 1mm（6 次切入）。

进行 X-Y 平面内加工，导程方向为 Y，需要使用 G54.9 重新设定笛卡尔坐标轴

加工程序

```
M03 S1200;
G54.9 P123 ; 笛卡尔坐标系从 X、Y、Z 变换为 X、Z、Y
G18 G00 X80. Y100.0 ;G18 平面为当前笛卡尔坐标系第 1、3 轴平面，即 Y-X 平面
G92 X34. Y20. R-2. NB3.0 NE3.0 L2 F5.;
X32. ;
X30. ;
X28 ;
X26 ;
X24. ;
G54.9 ; 恢复默认笛卡尔坐标系
G0 X80. Y100. ;
```

14.3.4 变速车螺纹/螺纹修复

系统参数

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
6300			LwBC-sSpCl						

6 LwBCsSpCl

1: 螺纹主轴配置为总线 Cs 轴时螺纹过程进入闭环控制，可用于变速车螺纹/螺纹修复

总线诊断

诊断号	功能
Bn035	螺纹总线进给轴当前输出位置相对于起点的输出位置差按螺距换算为角度
Bn036	螺纹总线进给轴当前反馈位置相对于起点的输出位置差按螺距换算为角度

螺纹切削前记录 Z 轴起点位置, 切削过程中，Bn035=((当前 Z 轴输出位置-Z 轴起点位置)% 螺距 F)/螺距 F*360.0

Bn036=((当前 Z 轴反馈位置-Z 轴起点位置)% 螺距 F)/螺距 F*360.0

螺纹算法

使主轴在 Q 角度位置 (反转时为-Q 角度位置, 未编入时 Q=0) 时，Z 轴刚好走过整数个螺距，便于螺纹修复。

螺纹修复步骤:

a) 主轴定向

b) 主轴保持在定向位置不动，调用螺纹修复刀具，将刀具放入靠近断面的螺纹槽中，刀尖刚好接触到牙底.

c) 到刀补或坐标系页面，将 Z 向测量为负的整数倍螺距，此为 Z 向让出整数个螺距；同时 X 向测量为直径值 (估计直径值，不需要准确值，如：X40.)

d) 编入螺纹程序执行修复

```
....
G92 X40. Z0 Ff ; // X40.改为第3步中X测量值. f为螺距
...
```

备注: 螺纹算法修改后，对于总线主轴配置，即使 P6300.6=0，同步性也比之前好很多，可以诊断主轴 Bn034 和 Z 轴 Bn036，观察螺纹切削过程中同步误差

14.3.5 端面车削循环（G94）

端面切削循环

格式

[体系 A]

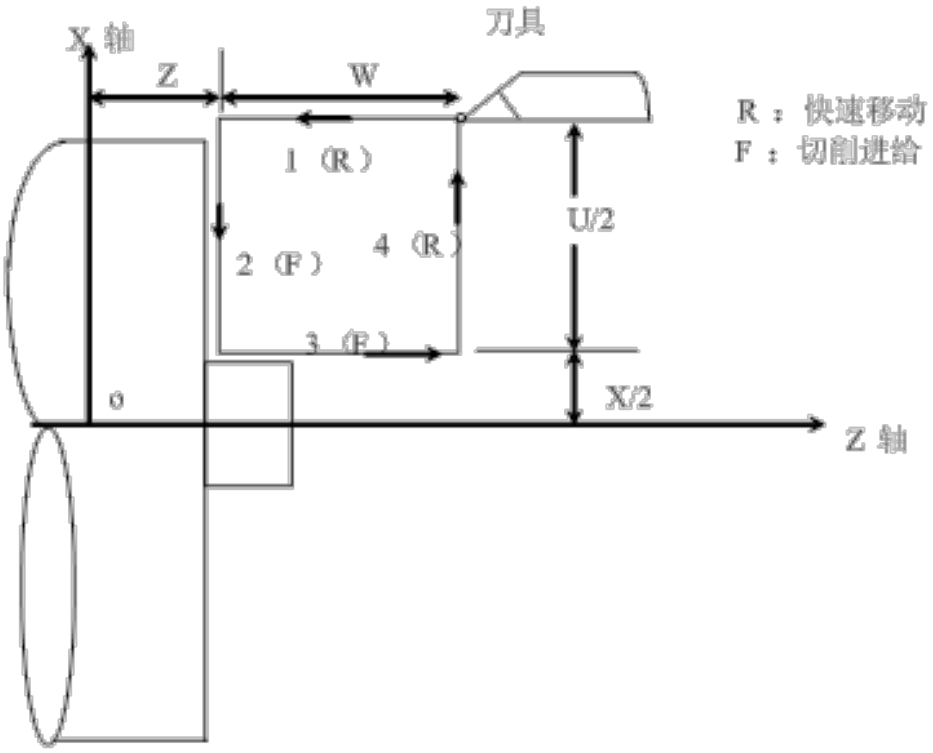
[G18/G19] G94 IP1__ IP2__ NB__ NE__ NP1 F__ ;

[G18/G19]：平面选择
IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向，一般为 X/Y 轴）
IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，一般为 Z 轴，或 G54.9 第 3 轴）
NB__：旋入阶段宽度
NE__：旋出阶段宽度
NP1：退刀段（即下图中第 3 段），以 G00 速度退出。指定其他 NP 值，均以 F 值速度退出
F__：进给速度

[体系 B]

[G90/G91] [G18/G19] G79 IP1__ IP2__ NB__ NE__ NP1 F__ ;

[G90/G91]：绝对编程/相对编程



解释

如上图所示，增量值指令时，地址 U、W 后的数值的符号，由轨迹 1 和 2 的方向来决定。即如果轨迹 1 的方向是 Z 轴的负向，则 W 为负值。在单程序段条件下，将连续执行 1、2、3、4 动作。

使用要点和注意事项

1. 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定该 G 代码，否则报警（PS530/531/532）。
2. Z 轴或 G54.9 第 3 轴不在平面内时，报警 PS533。非平面内轴输入时，报警 PS534。
3. 平面内两轴都输入，但有一个轴移动量为 0 时，报警 PS535。
4. 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。

锥度端面切削循环

格式

[体系 A]

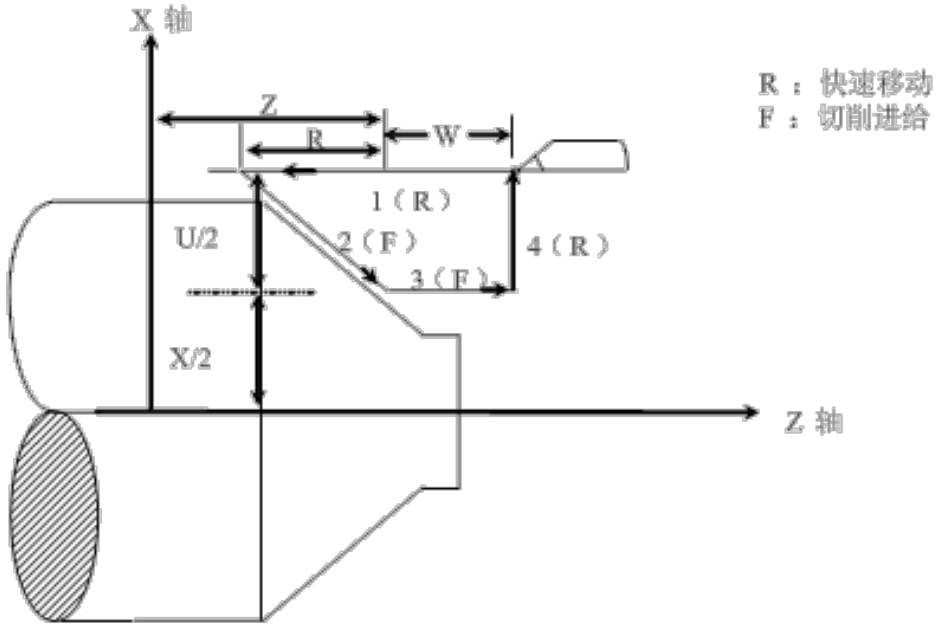
[G18/G19] G94 IP1__ IP2__ R__ NB__ NE__ F__ ;

[G18/G19]：平面选择
IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向，一般为 X/Y 轴）
IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，一般为 Z 轴，或 G54.9 第 3 轴）
R__：锥度量
NB__：旋入阶段宽度
NE__：旋出阶段宽度
F__：进给速度

[体系 B]

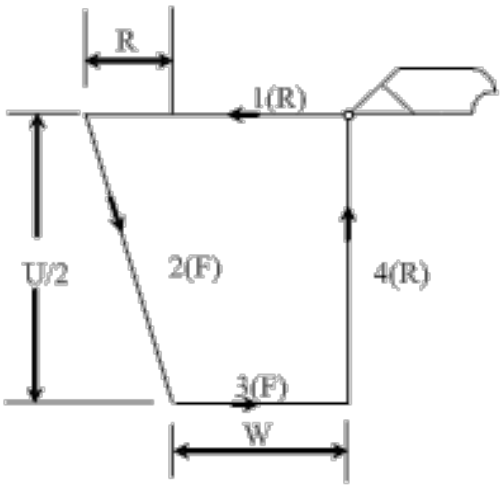
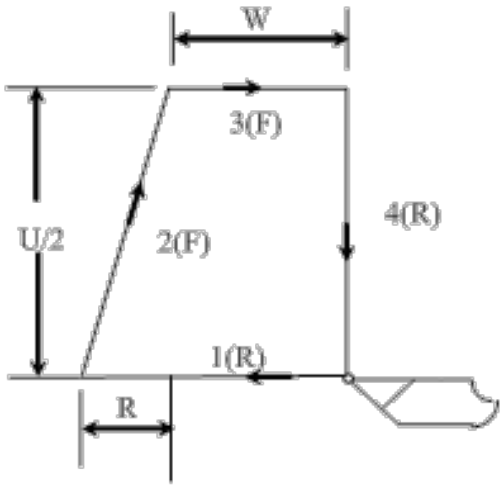
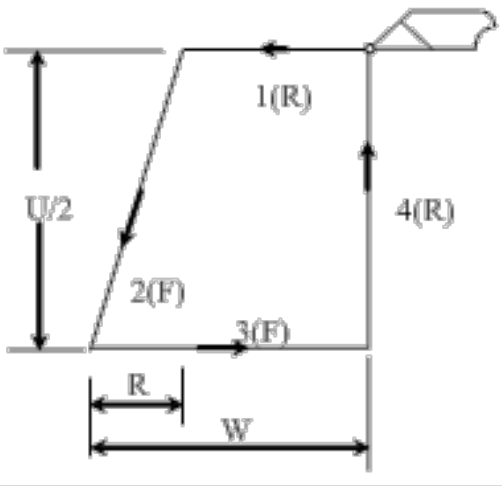
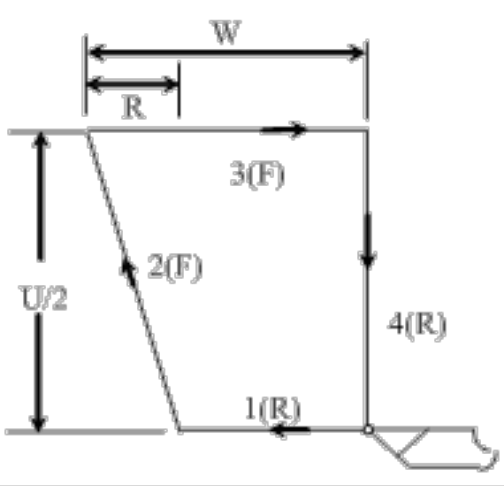
[G90/G91] [G18/G19] G79 IP1__ IP2__ R__ NB__ NE__ F__ ;

[G90/G91]：绝对编程/相对编程



解释

增量值指定时，地址 U、W、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。

（1）U<0，W<0，R<0	（2）U>0，W<0，R<0
	
（3）U<0，W<0，R>0（|R|≤|W|）	（4）U>0，W<0，R>0（|R|≤|W|）
	

14.3.6 端面插槽循环（G174）

G174 指令可以进行外圆切削的断屑处理。另外，如果省略 X(U)、P，只进行 Z 轴动作，则变为深孔钻循环。

格式

G174 X_ Z_ C_ R_ P_ J_ F_ M_;

解释

X/U: 插槽 X 向终点位置

Z/W: 插槽 Z 向终点位置

C/H: C 轴角度位置

R: 退刀量

P: 单次循环进刀量

J: 精加工余量

F: 切削速度（转/分）

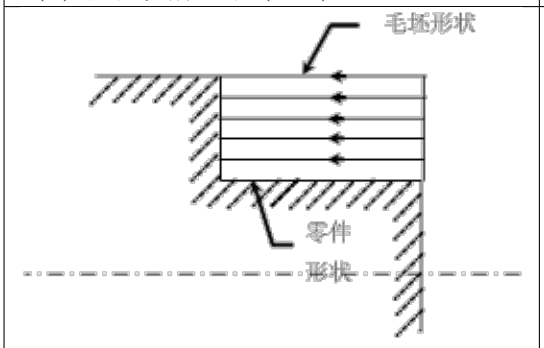
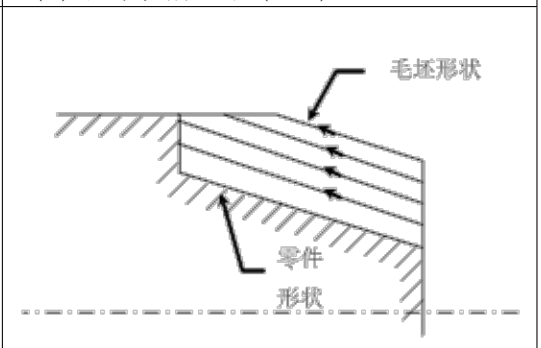
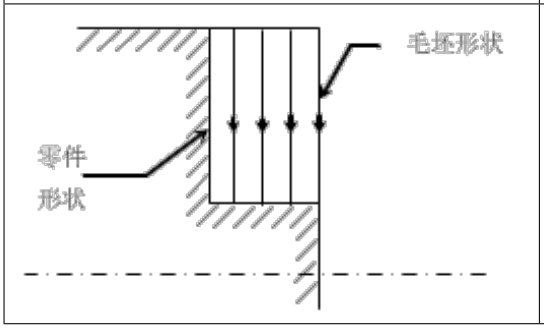
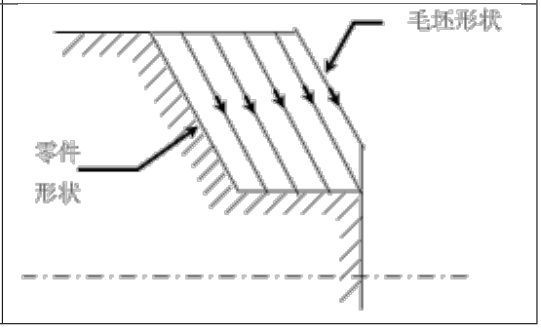
M: 主轴夹紧代码 M38（M38 输入时，加工过程中主轴有自动夹紧功能）

使用说明

1. G174 为 01 组模态 G 代码
2. C 轴需要显式输入，否则报警
3. 其他地址符为模态
4. C 轴可以是主轴或普通旋转轴

14.3.7 单一型固定循环的使用方法

根据毛坯形状和零件形状，选择适当的固定循环（以车床 A 体系为例）。

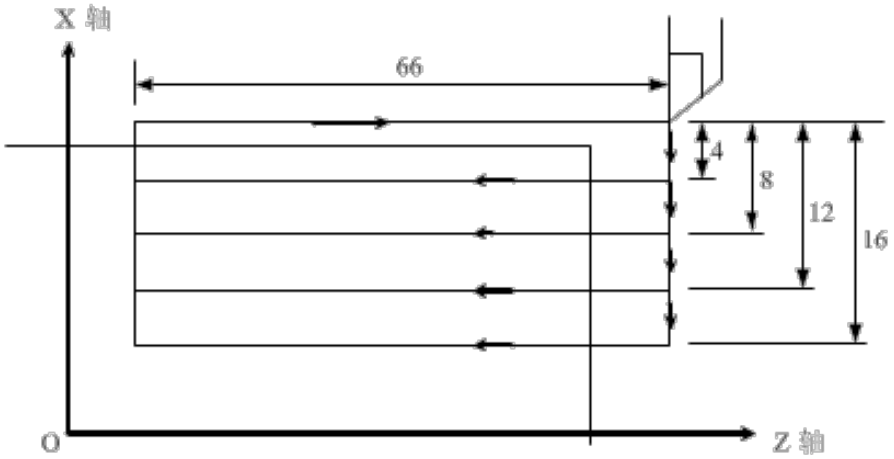
<table>
<tr><td>（1）圆柱切削循环（G90）</td><td>（2）圆锥切削循环（G90）</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>（3）端面切削循环（G94）</td><td>（4）锥度端面切削循环（G94）</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
</table>

解释

- 模态

  固定循环中的数据 X(U)、Z(W)、Y(V)、R 和 G90、G92、G94 一样，都是模态值。所以当没有指定新的 X(U)、Z(W)、Y(V)、R 时，前面指令的数据均有效。在实际使用中，Z 轴移动量相同，根据 X/Y 轴移动指令变化，可以重复固定循环。另外，对于 X(U)、Z(W)、Y(V)、R 的数据，当指令了 G04 以外的非模态 G 代码或 G90、G92、G9 以外的 01 组的代码时，被清除。

  例




```
O0001 ;
N020 G00 X100. Z70. ;
N030 G18 G90 U-8.0 W-66.0 F400 ;
N040 U-16.0 ;
N050 U-24.0 ;
N060 U-32.0 ;
N070 G00 X100. Z100. ;
M30 ;
```

- 特殊使用方法

  1. 用 MDI 方式指令固定循环时，当此程序段运行结束后，只要移动光标到 EOB（;）处，再次按下“启动”按键，即可以进行和前面同样的固定循环。
  2. 在固定循环状态中，如果指令了 M、S、T，则固定循环可以和 M、S、T 功能同时执行。如果如下述例子所示那样指令 M、S、T 后，取消了固定循环（由于指令 G00、G01），再次指令固定循环即可。

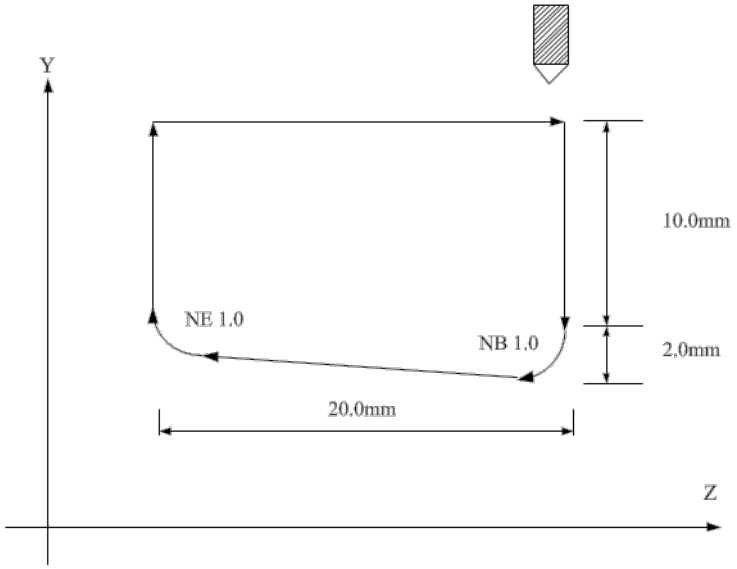
  例

```
O0001 ;
N003 T0101 ;
……
N010 G18 G90 X20.0 Z-10.0 F200. ;
N011 G00 T0202 ;
N012 G90 X20.5 Z-10.0 ;
M30;
```

- 实现任意方向加工

  1. 在固定循环中，使用 G19 指定 YZ 平面，可以实现 Y/Z 方向的程序加工。

  例

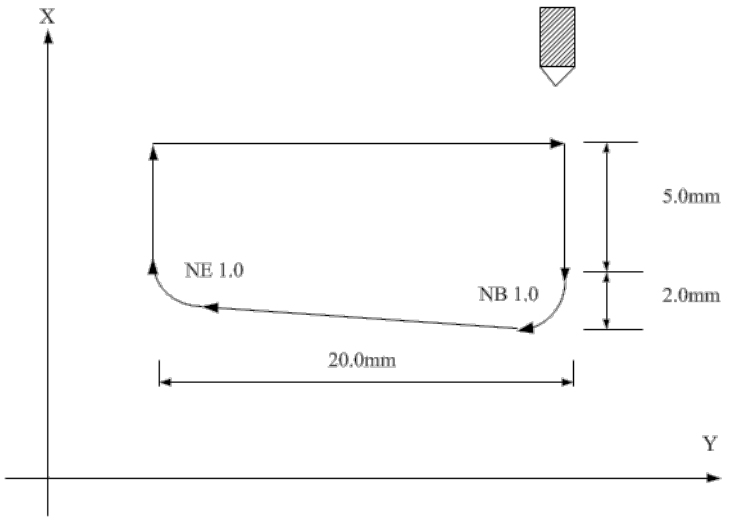



```
O0001 ;
G19 G00 Y50 Z0;
G90 Y40 Z-20.0 R-2. NB1.0 NE1.0 F200;
M30;
```

2. 固定循环中，不支持直接指令 G17 实现 X/Y 平面加工。如有需要，可以使用 G54.9 进行坐标系变换，其第 3 轴将作为纵向轴（或螺纹导程方向）。

例如，在车床 A 体系中，如要以 Y 轴为纵向轴，X 为侧向轴，可以指令 G54.9 P123（XZY）。

例




```
O0001 ;
G54.9 P123; （坐标系变换 XYZ XZY）
G18 G00 X50 Y0;
G90 X40 Y-20.0 R-2. NB1.0 NE1.0 F200;
G54.9; （恢复默认坐标系）
M30;
```

14.4 复合型车削固定循环（G70~G76）

14.4.1 概述

复合型车削固定循环是为进一步简化编程提供的固定循环。例如，只给出精加工形状的轨迹，即可以自动决定中途进行粗车的刀具轨迹。并且，还有用于螺纹切削的固定循环。

复合型固定循环可以在 G18/G19 平面中进行（G73 也可在 G17 平面中进行）。

在下面的说明图中，都是以 ZpXp 平面 (G18 平面) 为例说明。说明中 X 轴用直径指定，如果用户要以 X 轴为半径指定，则用 U/2 替代 U，X/2 替代 X。

如需使用 Y/Z 平面，或使用 G54.9 指令任意平面加工，则方向关系与此相同，可以 Z 轴或 G54.9 第 3 轴（螺纹导程方向轴）为基准进行类推。

备注： 复合车削加工时，可通过参数“DFC”（P2303.0）设置是否显示固定循环偏移量的实际位置。

若显示，绝对坐标为实际加工轨迹（编程轨迹 + 精加工余量），若不显示，绝对坐标为编程轨迹。

14.4.2 外圆粗车循环（G71）

格式

ZpXp 平面 (G18 平面)

G71 U(Δd) R(e) ;
G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

YpZp 平面 (G19 平面)

G71 V(Δd) R(e) ;
G71 P(ns) Q(nf) V(Δu) W(Δw) F(f) M(m)S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

解释

Δd：进刀量。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3312）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

e：退刀量。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3313）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

ns：精加工程序段群的第一个程序段的顺序号。

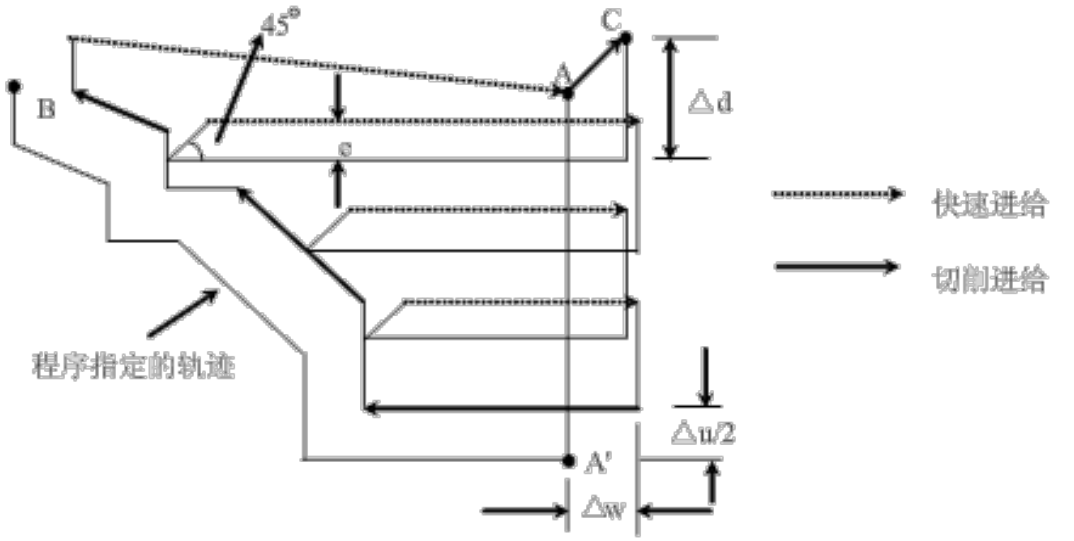
nf：精加工程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu：平面内进刀方向 (一般为 X/Y 轴) 精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw：平面内切削方向 (Z 轴或 G54.9 指令第 3 轴) 精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

f、m、s、t：在 G71 循环中，顺序号 ns~nf 之间程序段中的 F、M、S、T 功能均无效，全部被忽略。仅在有 G71 指令的程序段中，F、M、S、T 是有效的。

下图中 A→A’→B 的精加工形状的移动指令，由顺序号 ns 到 nf 的程序来指令。



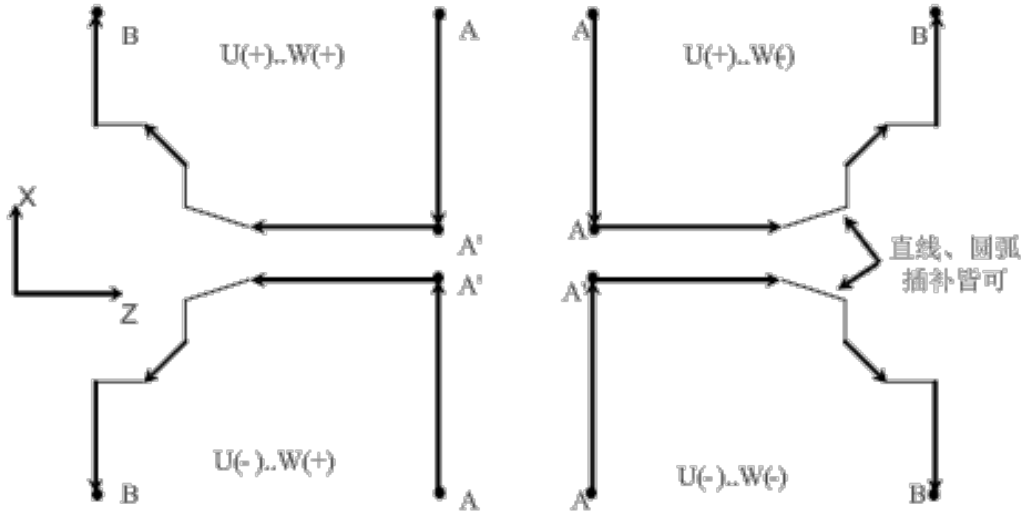
第一通道内，支持 G163/G172。

动作

如上图所示，在程序中，给出 A→A’→B 之间的精加工形状。留出 ΔU/2、ΔW 精加工余量，用 Δd 表示每次的切削的进刀量。执行完沿进刀方向（一般为 X/Y 轴）的最后切削后，沿着精削形状进行粗车轮廓切削。等粗车轮廓加工结束后，执行由 Q 指定的程序段的下一个程序段。

- 形状

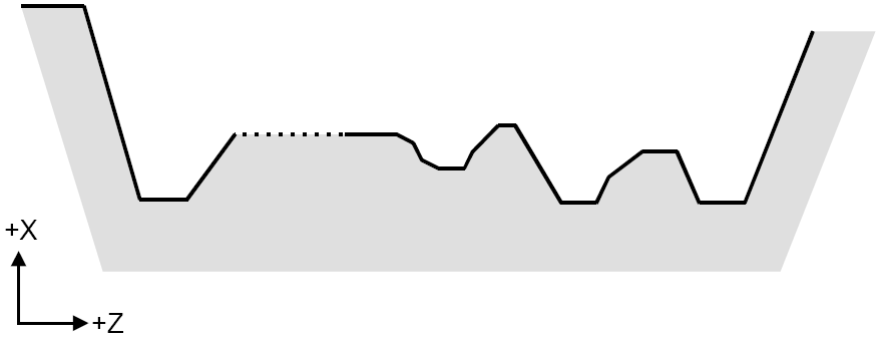
  根据 Δu、Δw 的符号，
  G71 切削的形状有四种情况。无论哪种都是将刀具平行移动到平面切削方向轴 (Z 轴或 G54.9 第 3 轴) 后切削工件，此时 Δu、Δw 的符号如下图所示。



- 单调性检查

  对切削方向轴（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）的单调性进行检查，如果非单调变化，那么报警 PS0381。
  在 U(+) 的情况下，不可加工具有比循环起点更高位置的形状。在 U(-) 的情况下，不可加工具有比循环起点更低位置的形状。

- 多槽孔加工

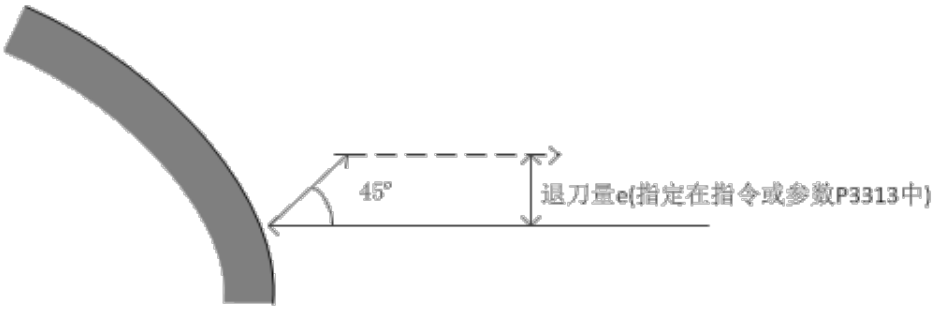


可加工如上图所示槽孔。粗车时，由离起点最近的槽孔加工起，依次加工完所有槽孔。槽孔数量不限。

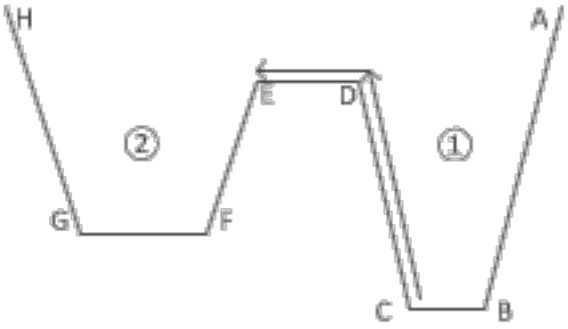
每个粗车子循环由最多 6 个阶段组成，包括“进刀”、“沿轮廓切入”、“粗车”、“沿轮廓切出”、“退刀”、“返回”。当“G71 和 G72 粗加工方式”（P3327）设为 0 或 2 时，无“沿轮廓切出”阶段，否则有该阶段。

- 无轮廓切出阶段

  无轮廓切出阶段时，采用 45 度退刀 (如下图)。但是，在当前槽孔粗车完后，以切削方式沿精车轮廓走到下一个槽孔起点，开始粗车下一个槽孔。沿轮廓走到下一个槽孔的过程，可以省去粗车完所有槽孔后，不需要再进行粗车轮廓。

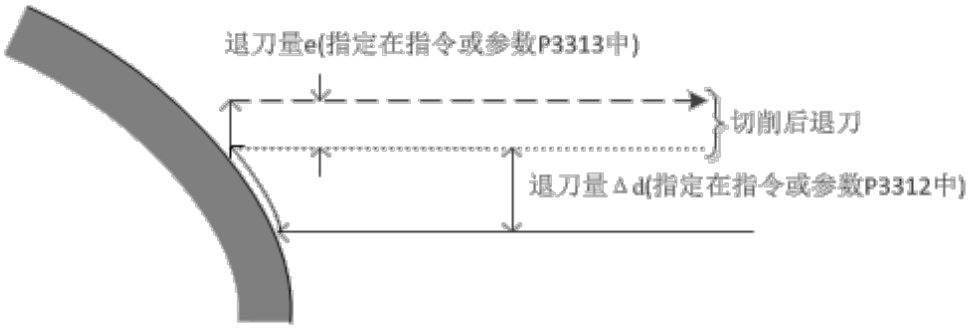


  无轮廓切出阶段时，从槽 ① 底部到槽 ② 时沿轮廓切削路径示意图如下：

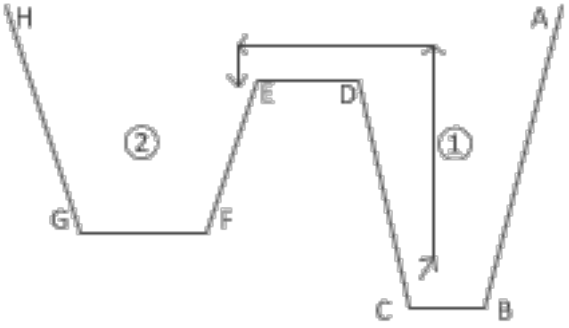


- 有轮廓切出阶段

  有轮廓切出阶段时，粗车后沿轮廓切出，然后再退刀。但是，在当前槽孔粗车完后，沿 45 度方向让刀，然后定位到下一个槽孔起点，开始粗车下一个槽孔。有了轮廓切入和轮廓切出阶段，粗车完所有槽孔后，也不需要再进行粗车轮廓。



有轮廓切出阶段时，从槽 ① 底部到槽 ② 时定位路径示意图



限制

1. 需要在精削形状程序的开头程序段 (顺序号 ns 的程序段中 A-A’间的指令) 中指定 G00 或 G01 指令，否则报警 PS0065。
2. 当 Δd/Δu/Δw 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警 (PS0391)。
3. 在顺序号 ns 到 nf 的程序段中，不能调用子程序
4. P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

注意事项

1. 使用 G71 指令时，若要完成 X/Y 平面（G17 平面）内切削，请使用 G54.9 指令
2. G71 第一行指令 Δd 所用地址为进刀方向（非切削方向）地址，G18 平面时固定为 U，G19 平面时固定为 V。
3. G71 第二行指令 Δu/Δw 所用地址为进刀方向/切削方向地址，G18 平面时固定为 U/W，G19 平面时固定为 V/W
4. 循环动作由 P、Q 指定的 G71 指令进行
5. Δd 和 Δu 都用同一地址指定，其区分是根据该程序段有无指定 P、Q。
6. 在 A 至 B 间的移动指令中的 F、M、S、T 无效，G71 程序段或以前指令的 F、M、S、T 有效。
7. 当具有恒线速控制选择功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G96 或 G97 无效，在 G71 或之前程序段中有效。
8. 当具有每转进给功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G98 或 G99 无效，在 G71 或之前程序段中有效。
9. 在程序段 ns~nf 之间，可以指定 G70 精加工循环时所需的 F、M、S、T 值。
10. G71 指令 Δd/Δu/Δw 所用地址为固定格式，不受 G54.9 变换坐标系影响。

例如：

G54.9 P123 ;（笛卡尔坐标系变换 XYZXZY）
G19 ;（Z 为进刀方向，Y 为切削方向）
G71 V7.0 R1.0 ;（进刀方向 Z 进刀量为 7.0，用 V 而非 W 指令）
G71 P14 Q20 V5.0 W2.0 F300.0 S800 ;（进刀方向 Z 精加工余量为 5.0，用 V 而非 W 指令）

特别参数说明

备注： 以下所述内容为 G71/G72 特殊使用情况，具有一定风险。请确定安全后再进行加工。

- 名词说明

  进刀轴：对 G71 为坐标平面第 2 轴；对 G72 为坐标平面第 1 轴；例如对 ZX 平面分别为 X/Z
  切削轴：对 G71 为坐标平面第 1 轴；对 G72 为坐标平面第 2 轴；例如对 ZX 平面分别为 Z/X
  最高点：对正向加工，为最小值点；对负向加工，为最大值点；

- 单调性检查

  通常情况下，要求加工轨迹在切削轴上保证单调性，否则触发 PS381 报警。
  设置参数“NCCDMN”（P3301.5）可以取消单调性检查。
  设置参数“G71 和 G72 单调性检查允许误差”（P3326）可增加或减小单调性检查误差的阈值范围。
  潜在风险：刀具无法正确进入非单调轨迹区域，造成切削错误或撞刀。

- 终点位置检查

  通常情况下，要求加工轨迹终点为除首段外整个轨迹的最高点，否则触发 PS499 报警。
  设置参数“NOCKFP”（P3301.4）可以取消终点位置在进刀轴方向检查，切削轴方向依然检查。设置该参数情况下，G71/G72 处理过程中，自动在轨迹最后添加一段进刀轴切削指令，终点为轨迹最高点加退刀量。
  潜在风险：G70 精加工结束回到起刀点路径可能与工件相交，导致撞刀。

- 起点位置检查

  通常情况下，要求加工轨迹起点为整个轨迹的最高点，否则触发 PS386 报警。
  设置参数“STPTNH”（P3301.3）可以取消起点位置检查。设置该参数情况下，G71/G72 处理过程中，自动在轨迹最后添加一段进刀轴切削指令，终点为轨迹最高点加退刀量。同时在加工完成时，回到起刀点动作可能会被拆分为切削轴先进行运动，进刀轴再回到起刀点两个动作，根据起点是否为轨迹最高点决定。
  潜在风险：起点位于工件内部，造成启动时撞刀；G70 精加工结束回到起刀点路径可能与工件相交，导致撞刀。

- 消除空行程和快速退刀

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
3302						RRET	SNCL		

[数据类型] 位型

3 RRET

1/0：(G71G72) 进刀方向返回起始平面时，使用快速/进给速度

2 SNCL

1/0：(G71G72) 是/否跳过预估的无切削循环

14.4.3 端面粗车循环（G72）

与 G71 相同，G72 采用类似的平行切削方向的动作进行切削，但其切削方向与 G71 垂直 (G18 平面时为 X 轴，G19 平面时为 Y 轴)。

格式

ZpXp 平面 (G18 平面)

G72 W(Δd) R(e) ;
G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

YpZp 平面 (G19 平面)

G72 W(Δd) R(e) ;
G72 P(ns) Q(nf) V(Δu)W(Δw) F(f) M(m)S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

解释

Δd：进刀量。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3312）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

e：退刀量。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3313）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

ns：精加工程序段群的第一个程序段的顺序号。

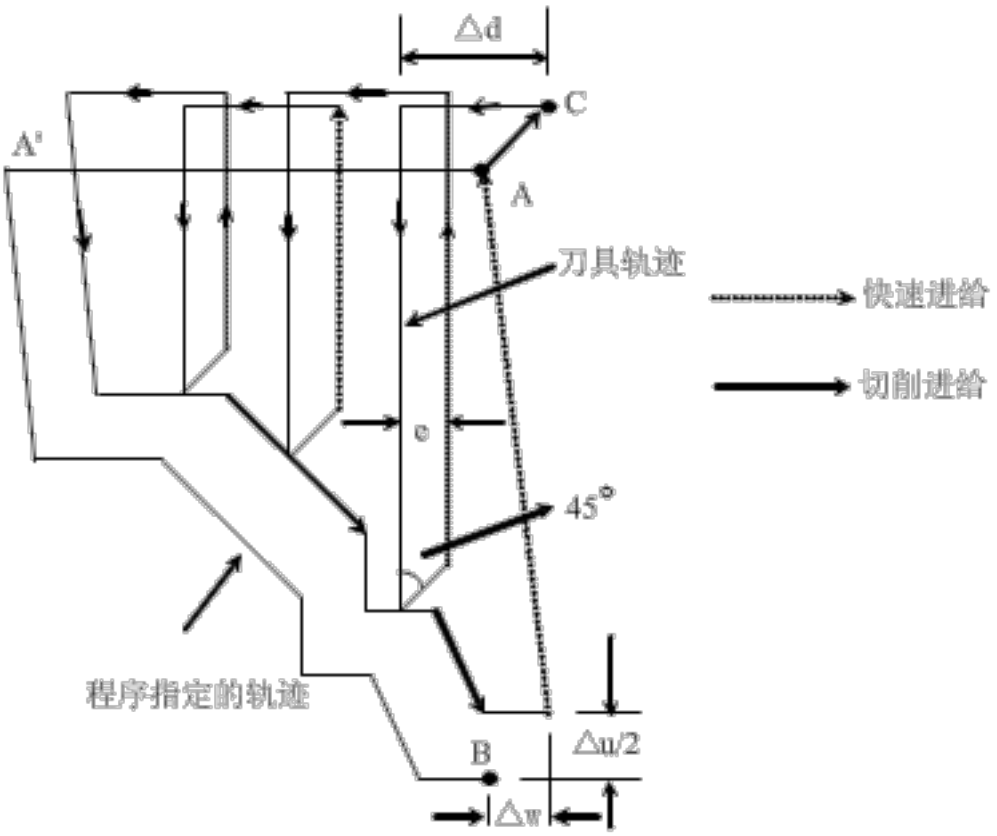
nf：精加工程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu：平面内进刀方向 (一般为 X/Y 轴) 精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw：平面内切削方向 (Z 轴或 G54.9 指令第 3 轴) 精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

f、m、s、t：在 G71 循环中，顺序号 ns~nf 之间程序段中的 F、M、S、T 功能均无效，全部被忽略。仅在有 G71 指令的程序段中，F、M、S、T 是有效的。

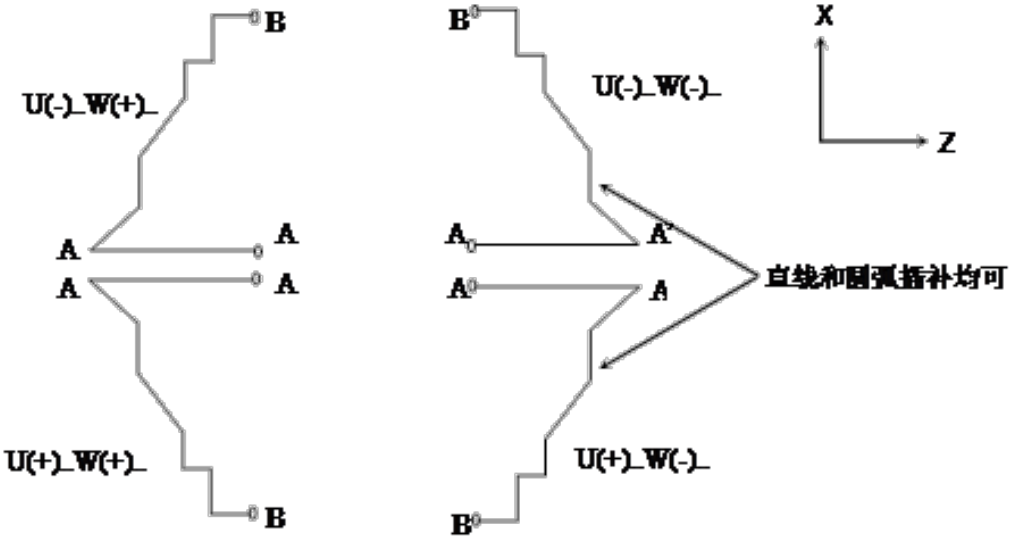
下图中 A→A’→B 的精加工形状的移动指令，由顺序号 ns 到 nf 的程序来指令。



动作

- 形状

  根据 Δu、Δw 的符号，
  G72 切削的形状有四种情况。无论哪种都是根据刀具平行移动到平面切削方向轴 (一般为 X/Y 轴) 后切削工件，此时 Δu、Δw 符号如下图所示（以 ZX 平面为例）。



  如上图所示，在程序中，给出 A→A’→B 之间的精加工形状。留出 ΔU/2、ΔW 精加工余量，用 Δd 表示每次的切削的进刀量

- 单调性检查

  对平面第 2 轴的单调性进行检查，如果非单调变化，那么报警 PS0381。

在 W(+) 的情况下，不可加工具有比循环起点更高位置的形状。在 W(-) 的情况下，不可加工具有比循环起点更低位置的形状。

- 多槽孔加工

  请参考 G71 说明，这里仅描述与 G71 的不同之处。
  G72 的切削方向与 G71 垂直 (G18 平面时为 X 轴，G19 平面时为 Y 轴)。
  形状在平面内进刀方向 (Z 轴或 G54.9 第 3 轴) 不必是单调增加或单调减少，可以设置凹陷部分 (槽孔)。但是，平面内切削方向 (一般为 X/Y 轴)，必须是单调变化。

限制

1. 需要在精削形状程序的开头程序段 (顺序号 ns 的程序段中 A-A’间的指令) 中指定 G00 或 G01 指令，否则报警 PS0065。
2. 当 Δd/Δu/Δw 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警 (PS0391)。
3. 在顺序号 ns 到 nf 的程序段中，不能调用子程序
4. P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

注意事项

1. 使用 G72 指令时，若要完成 X/Y 平面（G17 平面）内切削，请使用 G54.9 指令
2. G72 第一行指令 Δd 所用地址为进刀方向（非切削方向）地址，G18 平面时固定为 U，G19 平面时固定为 V。
3. G72 第二行指令 Δu/Δw 所用地址为进刀方向/切削方向地址，G18 平面时固定为 U/W，G19 平面时固定为 V/W
4. 循环动作由 P、Q 指定的 G72 指令进行
5. Δd 和 Δu 都用同一地址指定，其区分是根据该程序段有无指定 P、Q。
6. 在 A 至 B 间的移动指令中的 F、M、S、T 无效，G72 程序段或以前指令的 F、M、S、T 有效。
7. 当具有恒线速控制选择功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G96 或 G97 无效，在 G71 或之前程序段中有效。
8. 当具有每转进给功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G98 或 G99 无效，在 G71 或之前程序段中有效。
9. 在程序段 ns~nf 之间，可以指定 G70 精加工循环时所需的 F、M、S、T 值。
10. G72 指令 Δd/Δu/Δw 所用地址为固定格式，不受 G54.9 变换坐标系影响。
11. 第一通道内，支持 G163/G172。

例如：

G54.9 P123 ;（笛卡尔坐标系变换 XYZXZY）
G19 ;（Y 为进刀方向，Z 为切削方向）
G72 W7.0 R1.0 ;（进刀方向 Y 进刀量为 7.0，用 W 而非 V 指令）
G72 P14 Q20 V5.0 W2.0 F300.0 S800 ;（进刀方向 Y 精加工余量为 2.0，用 W 而非 V 指令）

14.4.4 封闭切削循环（G73）

利用该循环，可以按同一轨迹重复切削，每次切削刀具向工件移动一次。因此，对于锻造、铸造等粗加工已初步形成的毛坯，可以高效率地加工。

格式

ZpXp 平面 (G18 平面)

G73 W(Δk) U(Δi) R(d) ;
G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

YpZp 平面 (G19 平面)

G73 V(Δk) W(Δi) R(d) ;
G73 P(ns) Q(nf) W(Δu) V(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

XpYp 平面 (G17 平面)

G73 U(Δk) V(Δi) R(d) ;
G73 P(ns) Q(nf) V(Δu) U(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;
N(ns) ;
……
N(nf) ;

解释

Δi：平面第 2 轴 (ZX 平面时为 X 轴) 方向退刀的距离及方向。这个指定是模态的，一直到下次指定前均有效。并且用参数（P3315）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

Δk：平面第 1 轴 (ZX 平面时为 Z 轴) 方向退刀的距离及方向。这个指定是模态的，一直到下次指定前均有效。并且用参数（P3314）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

d：分割次数，等于粗车次数。该指定是模态的，直到下次指定前均有效。也可以用参数（P3316）指定，根据该指定，参数值也改变。如编入 R5，会分割 5 次。

R 值最小可以为 1。次数为 1 时，根据粗车切削量，进行 1 次加工。

ns：精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

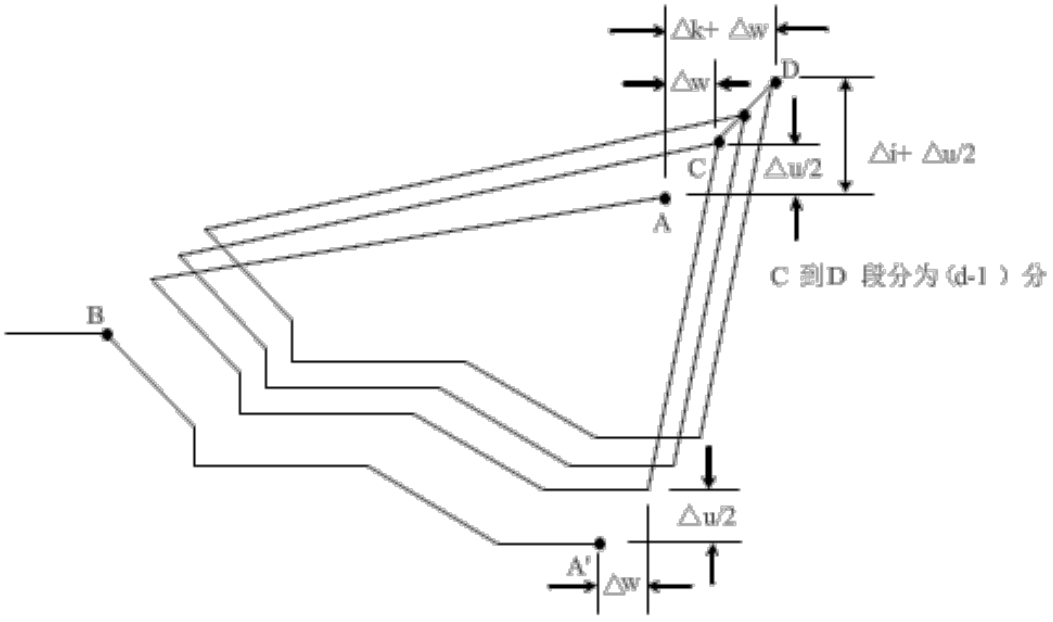
nf：精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu：平面第 2 轴 (ZX 平面时为 X 轴) 方向精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw：平面第 1 轴 (ZX 平面时为 Z 轴) 方向精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

f、m、s、t：在 G73 循环中，顺序号 ns~nf 之间程序段中的 F、M、S、T 功能均无效，全部被忽略。仅在有 G73 指令的程序段中，F、M、S、T 是有效的。

下图中 A→A’→B 的精加工形状的移动指令，由顺序号 ns 到 nf 的程序来指令。



第一通道内，支持 G163/G172。

限制

1. 当 Δi/Δk/Δu/Δw 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警 (PS0391)。

   例如：G18 平面需要使用 W、U 指定 Δk、Δi 时，如果输入 V 地址，那么报警。

2. P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

注意事项

1. Δi、Δk、Δu、Δw 都用地址 U、W 指定，其区分是根据改程序段有无指定 P、Q。
2. 循环动作由 P、Q 指定的 G73 指令进行。
3. G73 的切削形状同 G71 一样可分为四种，编程时请注意 Δi、Δk、Δu、Δw 的符号。循环结束后，刀具返回 A 点。
4. G73 可以加工内凹的工件，所以在指定退刀量时要格外小心，一旦指定得不合理，则在退刀时有可能会撞上前面凸出的部位。一般选取退刀量时可以设定为最大余量的单边值。
5. R 地址此处指定时不应带小数点，如果编入小数点，那么自动取整数部分。

14.4.5 精加工循环（G70）

在用 G71、G72 或 G73 粗车后，可用 G70 精车。

格式

G70 P(ns) Q(nf) ;

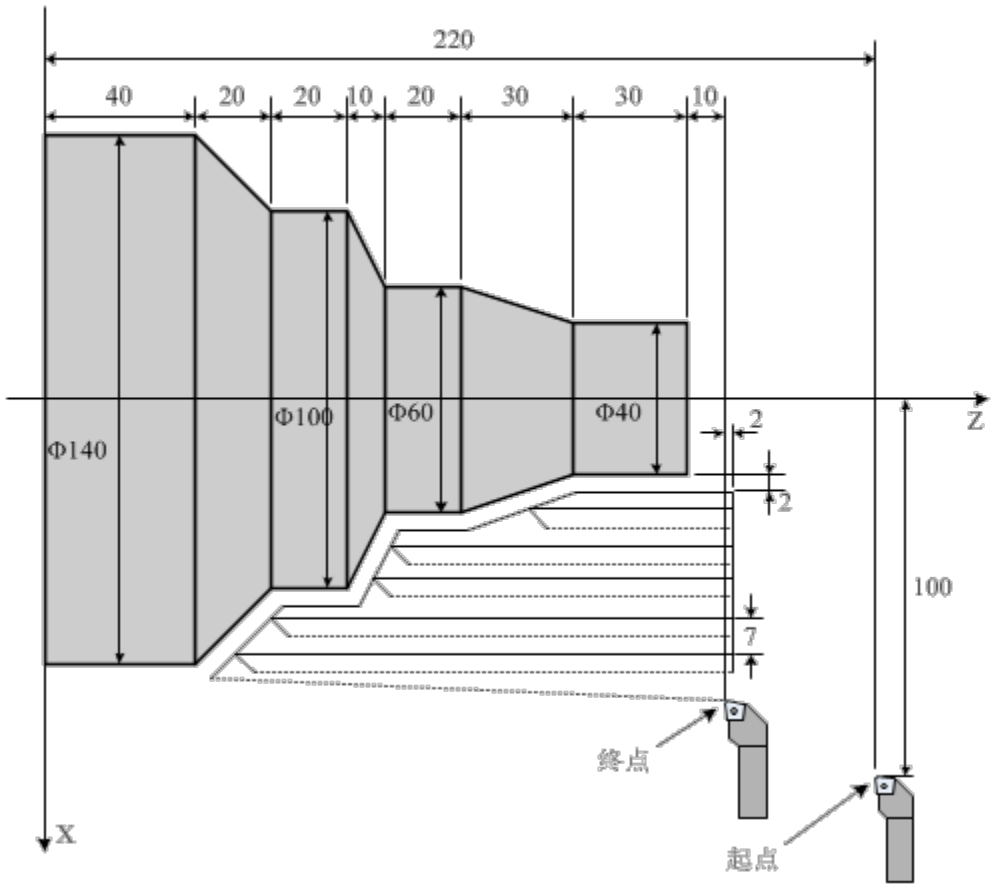
ns：精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。
nf：精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

备注:

1. 在 G71、G72、G73 程序段中指令的 F、M、S、T，对 G70 程序段无效。而顺序号 ns~nf 间指令的 F、M、S、T 对 G70 有效。
2. G70 的循环一结束，刀具就快速移动返回始点，并开始读入 G70 循环的下个程序段。
3. 指令 G70~G73 时，在被使用的顺序号 ns~nf 间的程序段中，不能调用子程序。
4. P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。
5. 第一通道内，支持 G163/G172。

举例

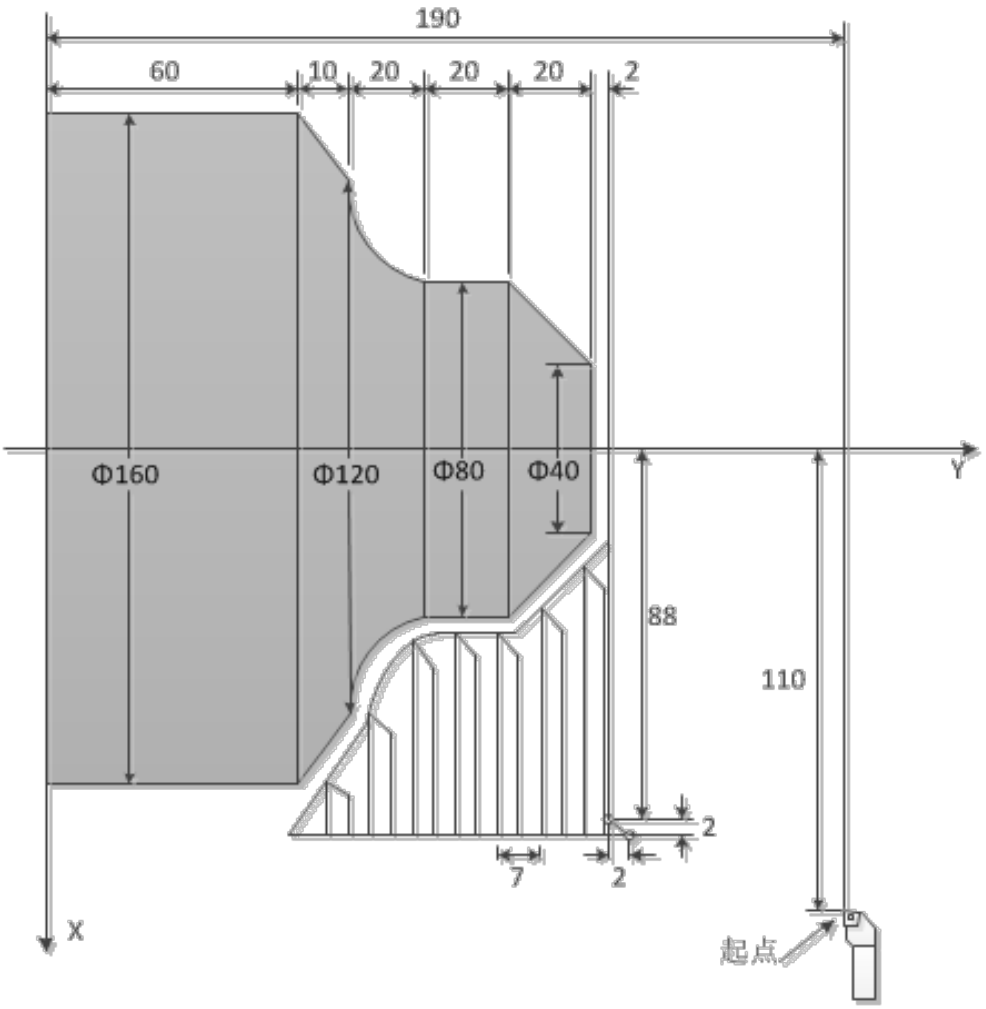
- 复合型固定循环（G70、G71）的实例



（X 轴直径指定，公制输入）

```
N010 G50 X200.0 Z220.0 ;
N011 G18 G00 X160.0 Z180.0 ;
N012 G71 U7.0 R1.0 ;
N013 G71 P014 Q020 U4.0 W2.0 F300.0 S800 ;
N014 G00 X40.0 F100.0 S1000 ;
N015 G01 W-40.0 ;
N016 X60.0 W-30.0 ;
N017 W-20.0 ;
N018 X100.0 W-10.0 ;
N019 W-20.0 ;
N020 X140.0 W-20.0 ;
N021 G70 P014 Q020 ;
```

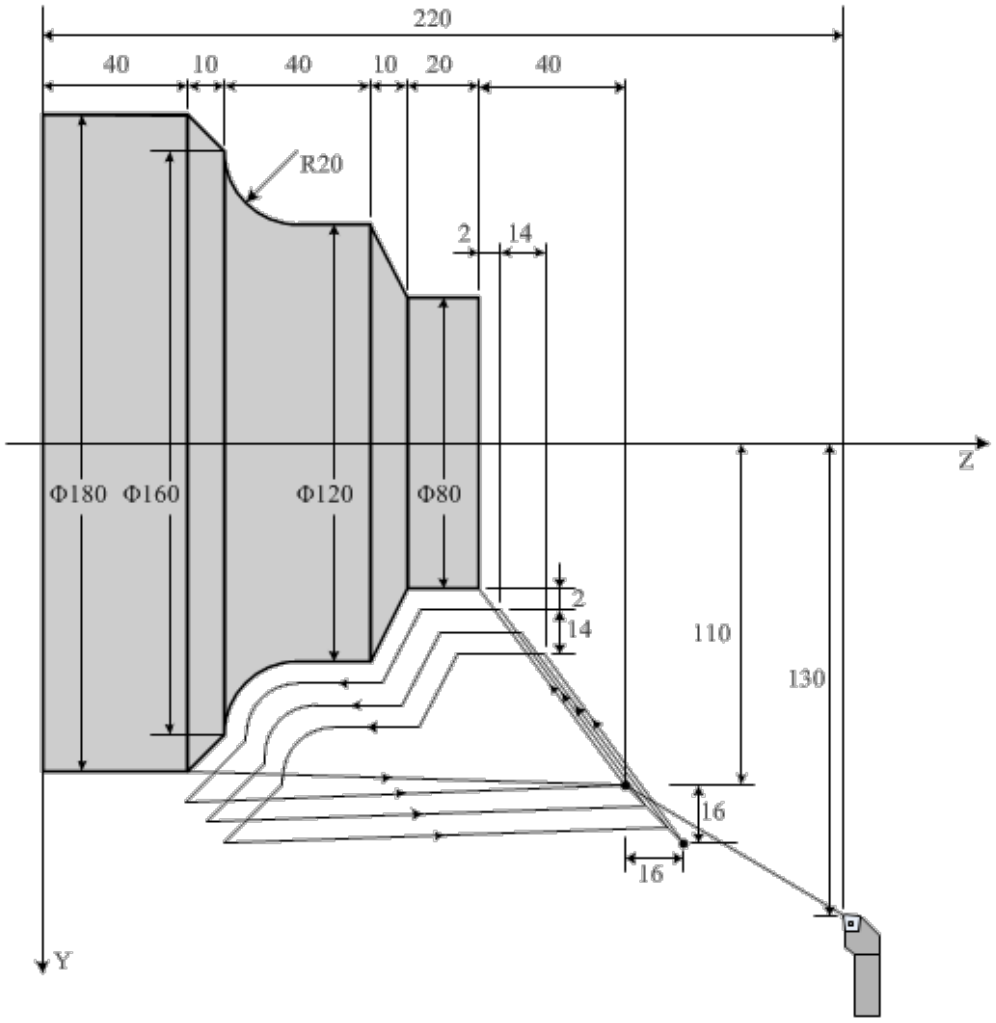
- 复合型固定循环（G70、G72）的实例



（X 轴直径指定，公制输入，以车床为例）

```
N010 G54.9 P123 ;                          笛卡尔坐标系变换XYZXZY
N011 G18 G50 X220.0 Y190.0 ;               G18为X/
↪Y平面，X为切削方向，Y为进刀方向
N012 G00 X176.0 Y132.0 ;
N013 G72 W7.0 R1.0 ;                       进刀方向Y进刀量为7.
↪0，用W而非V指令
N014 G72 P015 Q019 U4.0 W2.0 F300 S800 ;   进刀方向Y精加工余量为2.
↪0，用W而非V指令
N015 G00 Y56.0 S1000 ;
N016 G01 X120.0 V14.0 F150.0 ;             ␣
↪进给指令，Y方向相对移动量仍用V指令
N017 G03 X80.0 V20.0 R20 ;                 ␣
↪平面第1轴Y到平面第2轴X为逆时针方向G03
N018 G01 V20.0 ;
N019 X36.0 V22.0 ;
N020 G70 P015 Q019 ;
N021 G54.9 ;
```

- 复合型固定循环（G70、G73）的实例



（Y 轴直径指定参数 P405.5 DIA=1，公制输入）

```
N010 G19 G50 Y260.0 Z220.0 ;
N011 G00 Y220.0 Z160.0 ;
N012 G73 V14.0 W14.0 R3 ;                    Y/Z方向的进刀量分别用V/
↪W指令
N013 G73 P014 Q019 V4.0 W2.0 F300 S0180 ;    Y/
↪Z方向的精加工余量分别用V/W指令
N014 G00 Y80.0 W-40.0 ;
N015 G01 W-20.0 F150.0 S0600 ;
N016 Y120.0 W-10.0 ;
N017 W-20.0 S0400 ;
N018 G03 Y160.0 W-20.0 R20.0 ;               ␣
↪平面第1轴Y到平面第2轴Z为逆时针方向G03
N019 G01 Y180.0 W-10.0 S0280 ;
N020 G70 P014 Q019 ;
```

14.4.6 端面深孔加工循环（G74）

G74 指令可以进行外圆切削的断屑处理。另外，如果省略 X(U)、P，只进行 Z 轴动作，则变为深孔钻循环。

格式

[G18/G19]

G74 R(e);

G74 IP1__ IP2__ P(Δi)Q(Δk) R(Δd) F(f);

解释

G74 指令支持 [G18/G19] 平面编程。

e：回退量。该指令是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3317）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

IP1__：指定平面进刀方向（一般为 X/Y 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

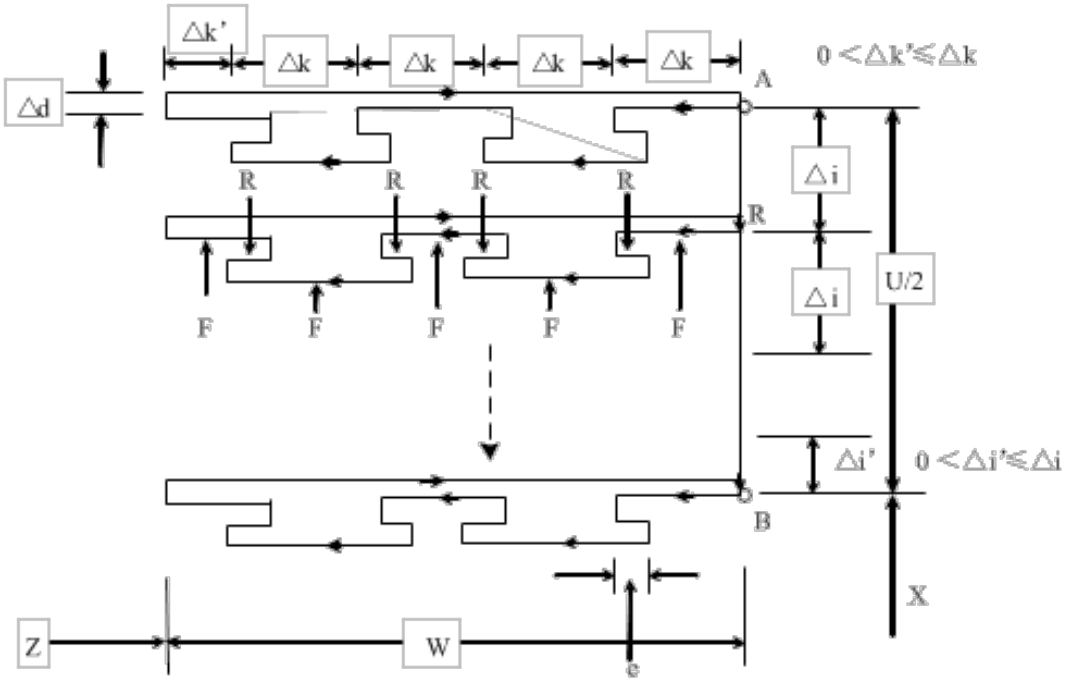
IP2__：指定平面切削方向（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

Δi：进刀方向的移动量（一般为 X/Y 轴）

Δk：切削方向的移动量（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）

Δd：刀具在切削底部时，进刀方向（一般为 X/Y 轴）的退刀量。打直孔时通常不需要设定。设定时请考虑退刀值是否满足实际情况。

f：进给速度。



备注:

1. P、Q 地址是否允许编入小数点，与位参数“PQDOT”有关。

   (1)PQDOT=1：允许编入小数点。此时，PODI(P2500.3)=1，未编入小数点时，自动加小数点；POD(P2500.4)=1 时，必须编入小数点。
   (2)PQDOT=0：不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警 (“小数点错误”)。

2. Δk、Δi 需要小于对应方向上总移动量，否则触发 PS504/PS505 报警。可以通过设置参数“NPQALM”（P3301.2）来禁止该报警。此时 Δk、Δi 为对应方向的总移动量。

举例

例：使用 G18 平面编程

X 轴直径指定，公制输入，以车床为例
G18;
G74 R0.5 ;
G74 U-10W5. P2200 Q1100 F300 ; 进刀方向 X 移动量 10.0，每次进刀量 4.4，切削方向 Y 移动量 5.0，每次进刀量 1.1

例：如需使用 Y/Z 平面，或使用 G54.9 指令任意平面加工，则方向关系与此相同，可以 Z 轴或 G54.9 第 3 轴为基准进行类推。

X 轴直径指定，公制输入，以车床为例
N010 G54.9 P123 ; 笛卡尔坐标系变换 XYZXZY
N011 G18 G50 X20 Y20 ;G18 为 X/Y 平面，Y 为切削方向，X 为进刀方向）
N012 G00 X0 Y0 ;
N013 G74 R2.0 ;
N014 G74 U-20.V10. P2000 Q1000 F300 ; 进刀方向 X 移动量 20.0，每次进刀量 4.0，切削方向 Y 移动量 10.0，每次进刀量 1.0
N015 G54.9

备注:

1. e 和 Δd 都用地址 R 指定，它们的区别根据有无指定平面内轴来确定。即如果指定轴指令，则 R 指定的是 Δd。
2. 循环动作通过指定轴指令的 G74 指令进行。
3. 当参数 “G74S” 设为 1 时，系统具有回退到加工起点功能。该机能有效时，加工循环中，每次的回退位置为超过加工起始位置距离 e 处，下一步再快速进给到新的加工点之前距离 e 处。其它循环过程不变。
4. Δd 通常以正值指定，但是，当省略平面进刀方向（一般为 X/Y 轴）或进刀方向移动量为 0 时，即深孔钻循环，可以指定退刀方向的符号，此时 Δi 指定无意义。

14.4.7 外圆、内圆切槽循环（G75）

G75 指令相当于在 G74 中，将平面第 2 轴 (ZX 平面时为 X 轴) 和平面第 1 轴 (ZX 平面时为 Z 轴) 调换。在此循环中，可以进行端面切削的断屑处理。另外，如果省略平面第 1 轴或平面第 1 轴移动量为 0，则可以对外径进行切槽加工和切断加工。

格式

[G18/G19]

G75 R(e);

G75 IP1__ IP2__ P(Δi)Q(Δk) R(Δd) F(f);

解释

G75 指令支持 [G18/G19] 平面编程。

e：回退量。这个指定是模态的，在下次指定前一直有效。并且用参数（P3317）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

IP1__：指定平面切削方向（一般为 X/Y 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

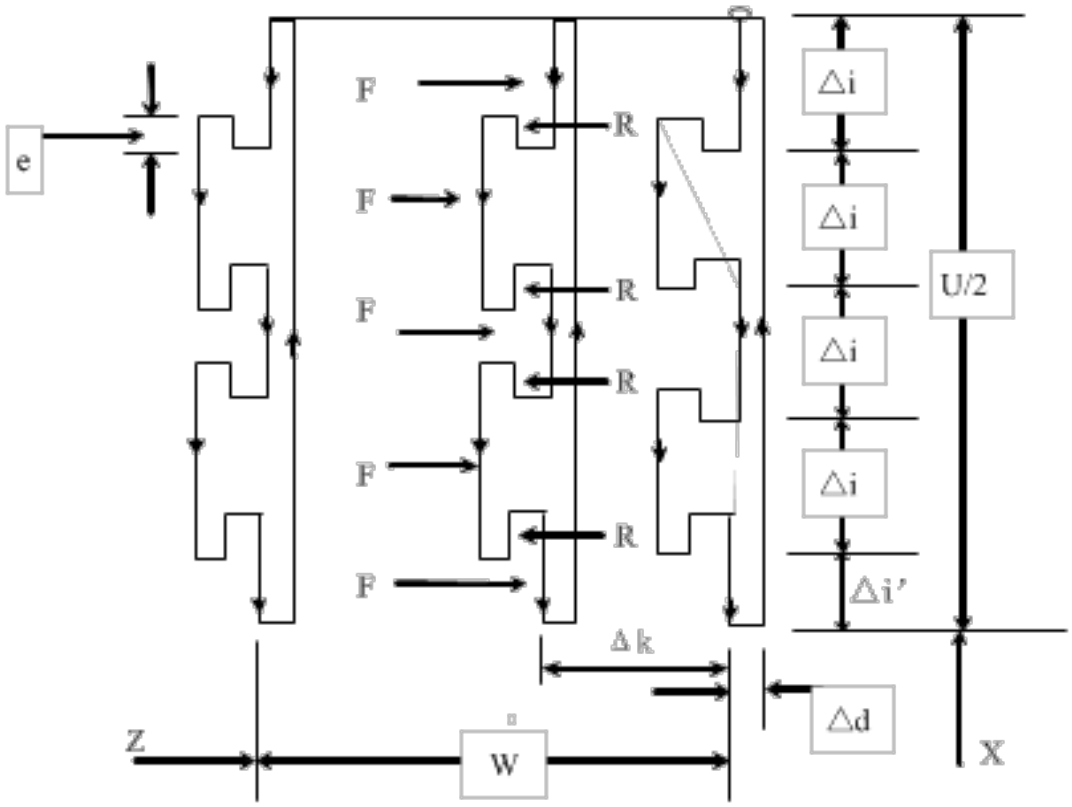
IP2__：指定平面进刀方向（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

Δi：切削方向的移动量（一般为 X/Y 轴）

Δk：进刀方向的移动量（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）

Δd：刀具在切削底部时，平面进刀方向（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）的退刀量。打直孔时通常不需要设定。设定时请考虑退刀值是否满足实际情况。

f：进给速度。



备注:

1. P、Q 地址是否允许编入小数点，与位参数“PQDOT”有关。

   (1)PQDOT=1：允许编入小数点。此时，PODI(P2500.3)=1，未编入小数点时，自动加小数点；POD(P2500.4)=1 时，必须编入小数点。
   (2 PQDOT=0：不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警 (“小数点错误”)

2. Δk、Δi 需要小于对应方向上总移动量，否则触发 PS504/PS505 报警。可以通过设置参数“NPQALM”（P3301.2）来禁止该报警。此时 Δk、Δi 为对应方向的总移动量。

举例

例：使用 G18 平面编程

X 轴直径指定，公制输入，以车床为例
G18;
G75 R0.5 ;
G75 U-10W5. P2200 Q1100 F300 ; 切削方向 X 移动量 10.0，每次进刀量 4.4，进刀方向 Z 移动量 5.0，每次进刀量 1.1

例：使用 G19 平面编程

N010 G19 G50 Y20 Z20 ;G19 为 Y/Z 平面，Y 为切削方向，Z 为进刀方向
N011 G00 Y0 Z0 ;
N012 G75 R2.0 ;
N013 G75 Y10. Z-20. P2000 Q3000 F300 ; 切削方向 Y 移动量 10.0，每次进刀量 2.0，进刀方向 Z 移动量 20.0，每次进刀量 3.0

例：使用笛卡尔坐标系 G54.9 指令编程

G54.9 P123 ; 笛卡尔坐标系变换 XYZXZY
G18 G50 X20 Y20 ;G18 为 X/Y 平面，Y 为切削方向，X 为进刀方向）
G00 X0 Y0 ;
G75 R2.0 ;
G75 U-20.V10. P2000 Q1000 F300 ; 切削方向 X 移动量 20.0，每次进刀量 4.0，进刀方向 Y 移动量 10.0，每次进刀量 1.0
N015 G54.9

注意事项

1. e 和 Δd 都用地址 R 指定，它们的区别根据有无指定平面内轴来确定。即如果指定轴指令，则 R 指定的是 Δd。
2. 循环动作通过指定轴指令的 G75 指令进行。
3. 当参数 “G74S” 设为 1 时，系统具有回退到加工起点功能。该机能有效时，加工循环中，每次的回退位置为超过加工起始位置距离 e 处，下一步再快速进给到新的加工点之前距离 e 处。其它循环过程不变。
4. Δd 通常以正值指定，但是，当省略平面进刀方向轴（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）或进刀方向移动量为 0 时，即深孔钻循环，可以指定退刀方向的符号，此时 Δk 指定无意义。
5. G74、G75 都可用于切断、切槽或孔加工，都可以自动退刀，并且可以进行彼此相互对称的四种轨迹运动。

14.4.8 复合型螺纹切削循环（G76）

格式

[G18/G19]

G76 P(m)(r)(a)__Q(Δdmin)__R(d)__E(s)(n)__NB(kb)__NE(ke)__;
G76 IP1__IP2__R(i)__P(k)__Q(Δd)__F__NB(nb)__NE(ne)__J__K__L__

解释

- 格式说明

地址	地址意义	取值范围	单位	模 态值
IP1_/ IP2_	纵向切削终点坐标，绝对/相对编程指定	-999999~ 999999	mm	—
P（m）	精加工重复次数	01-99	次	是
P（r）	螺纹退尾宽度	00-99	0.1F(F 为导程）	是
P（a）	刀尖角度 (螺纹牙角度）	00-90	度	是
Q（Δ dmin）	最小进刀量，半径编程	0~999999	um	是
R（d）	精加工余量，半径编程	0~999999	mm	是
E（s）	螺纹段起点类型	0 或 1	—	是
E（n）	螺纹切削方法	0~3	—	是
R（i）	螺纹起点与终点的半径差，半径编程	-999 999~999999	mm	否
P（k）	螺纹牙高，半径编程	0.0 001~999999	mm	否
Q(Δd)	第一次进刀量，半径编程	0.0 001~999999	mm	否
F	螺纹导程	0.000 1~500.0000	mm	是
J/K	让刀平均加减速度系数	0.01~4.0	—	否
L	多头螺纹头数	1-99	—	是
NB	圆弧旋入功能控制参数	—	—	是
NE	圆弧旋出功能控制参数	—	—	是

备注： G76 运动指令（非 G76 参数设置指令）中螺纹头数 L 为模态值，但仅限于连续 G76 运动指令

例如：连续 G76 指令段之间插入 G04 指令时，后面的 G76 运动指令可继承前面运动指令中的 L 值；若在指令段之间插入 01 组 G 代码，则清除保存的 L 值。

- 小数点编程

1. J 和 K 未输入小数点时，数据处理受 PODI 参数影响：

   (1)PODI=1 时，J1 等价于 J1.0；

   (2)PODI=0 时，J1 等价于 J0.001（与编程位数相关，此处以 3 位小数为例）

2. 用 P、Q、R 指定的数据，根据有无地址 X(U)、Y(V)、Z(W) 来区别。无地址 X(U)、Y(V)、Z(W) 时，P 地址不能带小数点。
3. 当 P 地址指定 m/r/n/a 时，不能带小数点。G76 第一段中的 Q 地址、G76 第二段中的 P/Q 地址是否允许编入小数点，与“PQDOT”、“PODI”和“POD”有关。

   (1)PQDOT=1：允许编入小数点。PODI=1 时若未编入小数点，则自动加小数点；POD=1 时，必须编入小数点。

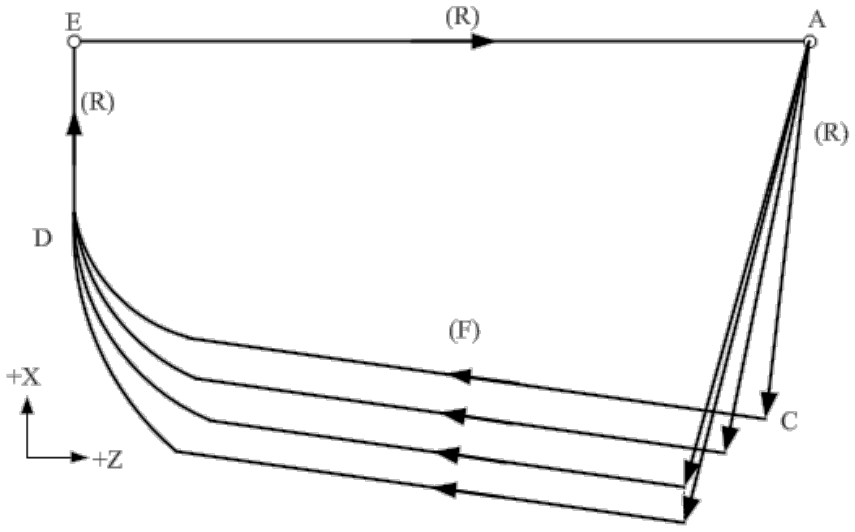
   (2)PQDOT=0：不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警“小数点错误”

- 地址参数对应关系

  当地址指定数值时，数值被写入对应参数中；当未指定地址数值时，地址从对应参数中读取数值

地址	对应参数
第一次进刀量 Q（Δd）	P3318
精加工余量 R（d）	P3319
精加工重复次数 P（m）	P3320
螺纹牙角度 P（a）	P3321
螺纹切削方法 E（n）	P3322
螺纹段起点类型 E（s）	P3323

- 动作



备注:

1. 螺纹切削循环中 C、D 间的运动为切削运动，其他过程以快速定位方式移动。
2. 循环动作由包含 X(U)、Y(V)、Z(W) 的 G76 指令进行。
3. 当单次切入量比最小进刀量 Q（Δdmin）小时，使用 Q（Δdmin）作为该次进刀量。
4. 为解决系统控制步进电机时，因加减速时间过长导致的螺纹尾部螺距不均匀的问题，用户可将进给轴设置为直线加减速方式。
5. 在 G76 的螺纹切削循环中，出现以下情况时系统报警:
   (1) 进刀移动量与让刀移动量方向相同（正常情况下，让刀方向与进刀方向是相反的）。
   (2) 偏移后，进刀移动量反向。
   (3) 偏移后，让刀移动量反向。
6. 螺纹牙高需要大于精加工余量与第一次切削深度之和，否则产生报警（PS0514）。可以通过参数“G76NQA”（P3301.1）禁止该报警，此时第一次切削深度为螺纹牙高减精加工余量。

- 刀具半径补偿

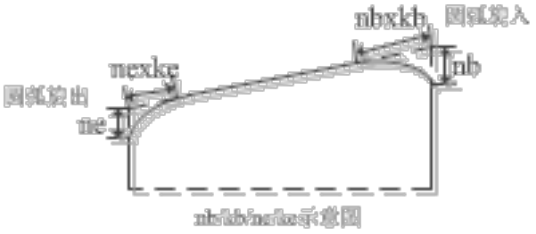
  允许进行刀具半径补偿，参考 G90、G94 刀具半径补偿路径说明。

- 圆弧旋入旋出机能

  使用该机能可在加工中间螺纹，参数“CCOFRE”（P3301.6）与圆弧旋出机能有关

  NB：圆弧旋入功能控制。输入 nb 时，圆弧旋入机能有效；kb 为旋入系数，是模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3324 的值始终相同。kb 最小值为 1.2。

  NE：圆弧旋出功能控制。输入 ne 时，圆弧旋出机能有效；ke 为旋出系数，是模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3325 的值始终相同。ke 最小值为 1.2。



  CCOFRE=0：G76 圆弧旋出时，不禁止快速退尾机能。

  CCOFRE=1：G76 圆弧旋出时，禁止快速退尾机能。

  系统从让刀段的前一段开始检查是否进入退尾，那么在圆弧旋出功能有效的情况下，系统最早从圆弧旋出阶段开始退尾。

- 退尾处理

  1. 螺纹退尾宽度控制机能是否有效由参数“TWWC”（P6300.7）选择。
  2. 螺纹退尾宽度 P（r）用 00~99 两位数值指定 0.0F~9.9F 范围内的值。若未指定 P（r），系统默认值为 10。
  3. 为防止与 G92 螺纹退尾宽度模态相互影响，建议在每次使用 G76 时，都指定 P（r），在使用 G92 指令时都指定 P。
  4. 螺纹让刀平均加减速度影响退尾处理，它的实际值等于 P6483×J/K，J 和 K 可以输入任意值，只要其比值在 0.01~4.0 范围内即可。J 和 K 未输入时，都默认为 1.0。
  5. 螺纹等距退尾处理可参考如下设置方法:
     (1) 设置螺纹让刀加速度和螺纹切削减速度相等
     (2) 指令 Jctg(A/2)，其中，A 为刀尖角度，ctg 为余切函数。K 不指令 (或指令 K1.0)
  6. 退尾处理其他注意事项参见退尾处理。

- 螺纹暂停提前让刀功能

使用该机能可在加工时按下暂停提前让刀后返回到循环起点。

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
6300				IMRDAO					

[数据类型] 位型

5 IMRDAO

1：螺纹切削过程中，下一段若为让刀段，那么有暂停信号时立即让刀

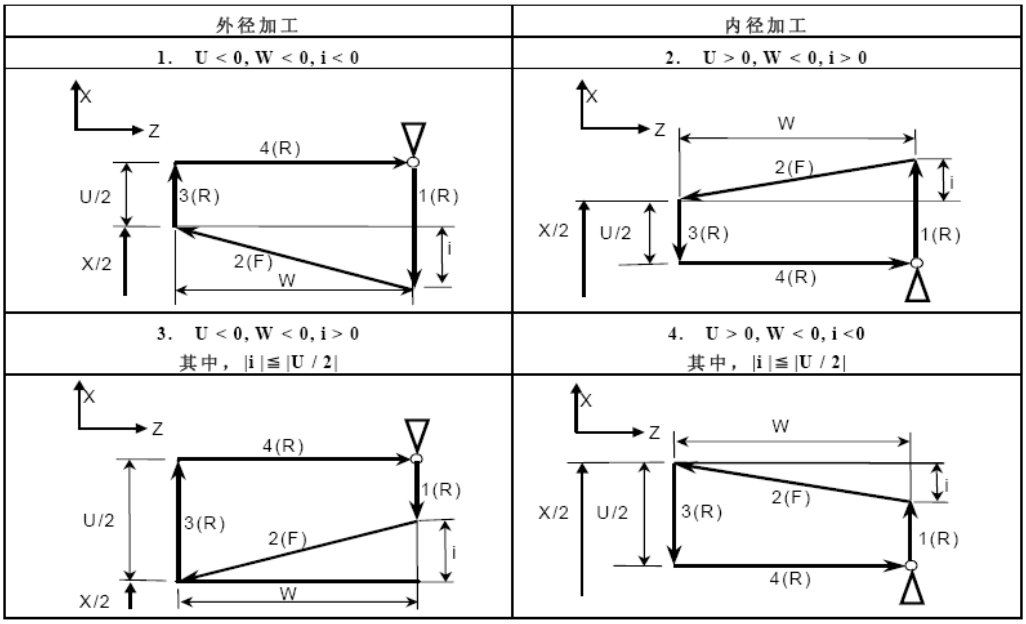
G76/G92 螺纹循环指令暂停提前让刀后返回到循环起点，可按启动键继续执行，已执行的循环不再重复执行。

备注:

1. G92/G76 响应暂停信号提前让刀返回到起点过程中，不再响应暂停动作。
2. 带圆弧旋出时，只在圆弧旋出段 (下一段为让刀段) 可以响应暂停信号提前让刀。
3. 不带圆弧旋出时，只在螺纹切削段 (非旋入旋出螺纹切削段) 可以响应暂停信号提前让刀，但圆弧旋入段
4. 使用该功能建议按等螺距退尾

- 锥度符号与刀具路径的关系

以 ZX 平面为例，锥度符号与刀具路径的关系如下图所示。如需使用 Y/Z 平面，或使用 G54.9 指令任意平面加工，则方向关系与此相同，可以 Z 轴或 G54.9 第 3 轴（螺纹导程方向轴）为基准进行类推。



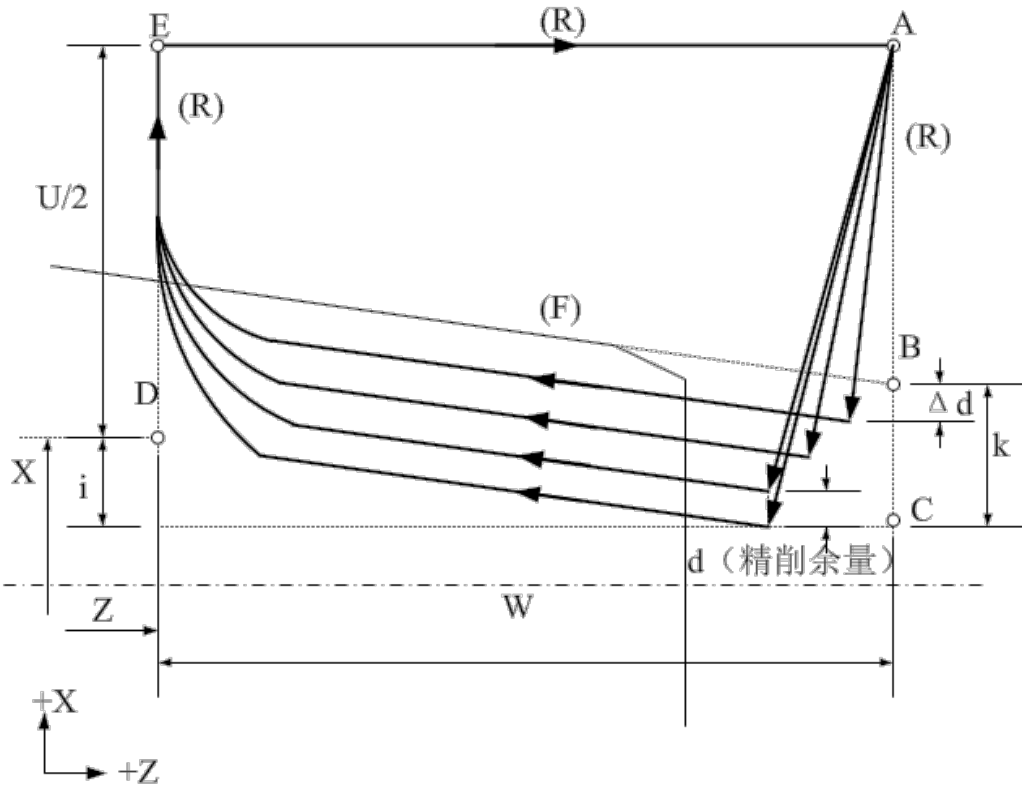
- 螺纹段起点类型

螺纹段起点类型 E（s）有两种，可选择 0 或 1。

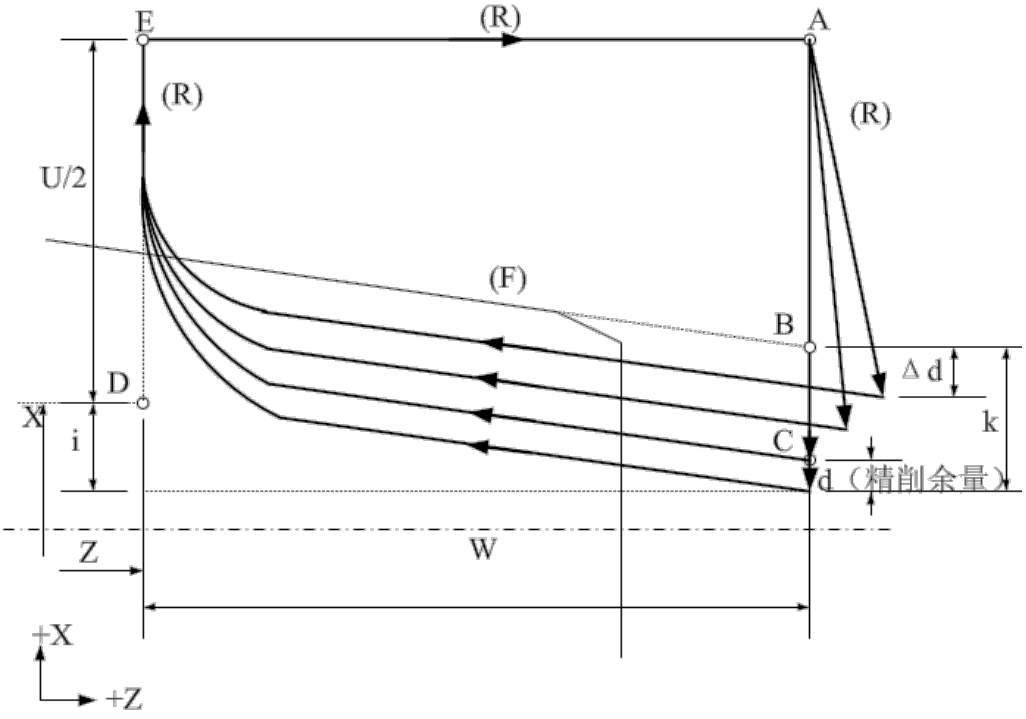
0—精车时，螺纹段起点偏移 (k-d)×tan (a/2)。

1—精车时，螺纹段起点偏移量为 0，方便用 G92 螺纹循环指令再次修正。

螺纹段起点类型 E（s）为 0 时，切削起点都在线段 AC 的左侧，如下图所示（以 ZX 平面为例）

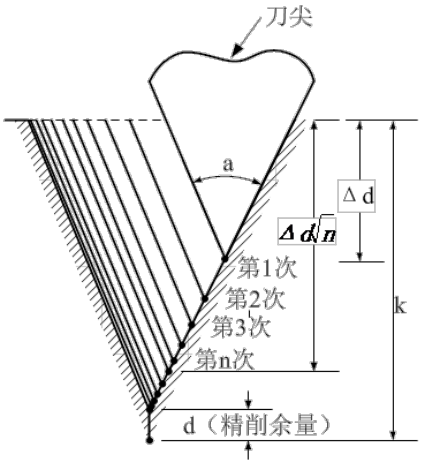
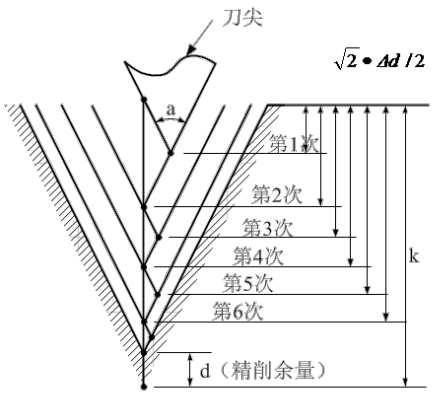
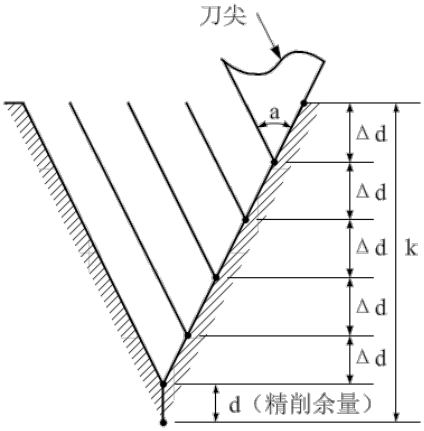
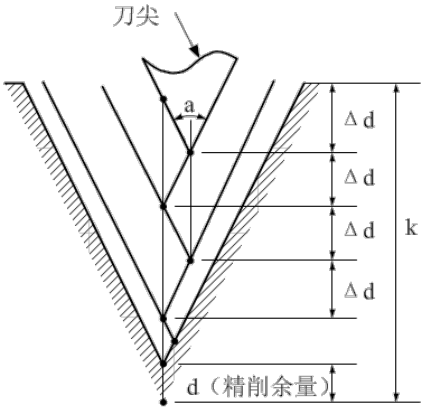


螺纹段起点类型 E（s）为 1 时，切削起点都在线段 AC 的右侧，如下图所示（以 ZX 平面为例）



- 螺纹切削方法

螺纹切削方法 E（n）有 4 种，分别为:
0—切削量恒定的单边切削
1—切削量恒定的错齿切削
2—进刀量恒定的单边切削
3—进刀量恒定的错齿切削

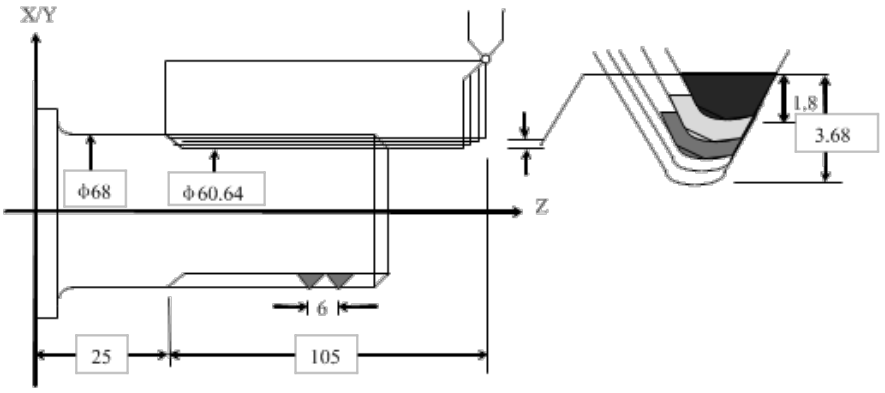
切削量恒定的单边切削 E（n）=0	切削量恒定的错齿切削 E（n）=1
	
进刀量恒定的单边切削 E（n）=2	进刀量恒定的错齿切削 E（n）=3
	

• 螺纹切削注意事项

切削相关注意事项请参考 II-4.8 中“螺纹切削注意事项”内容。

举例

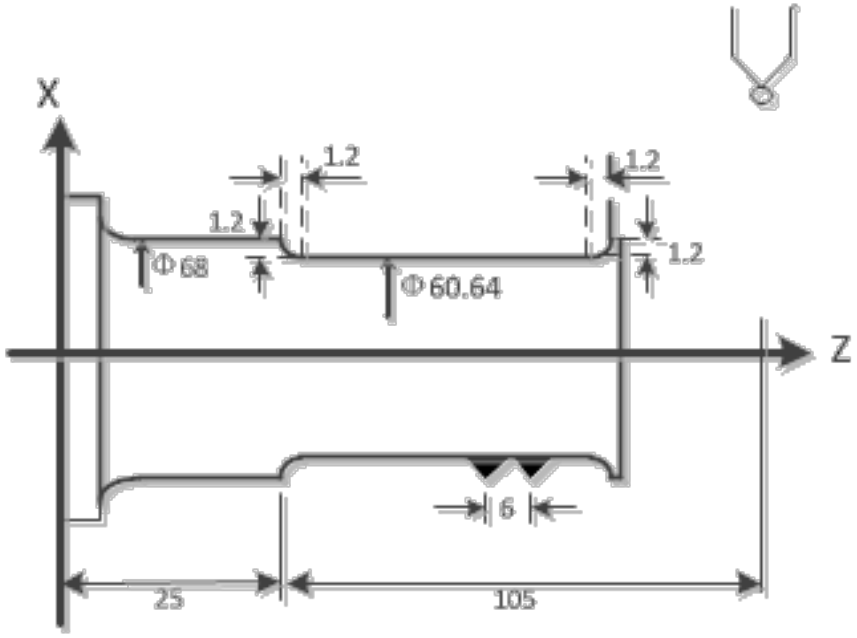
示例一：直螺纹切削




```
G18;
G76 P010060 Q0.1 R0.2;
G76 X60.64 Z25.0 P3680 Q1800 F6.0 ;
G19;（在 Y-Z 平面进行加工）
```

G76 P010060 Q0.1 R0.2;
G76 Y60.64 Z25.0 P3680 Q1800 F6.0 ;

示例二：旋入旋出功能



G19;
G76 P010060 Q0.1 R0.2 NB1.2 NE 1.2;
G76 X60.64 Z25. P3.68 Q1.8 NB1 NE1F6.0;

示例三：多头螺纹加工

O7600 ;
G18 G0 X50. Z0. ;
G76 P011060 Q1. R0.5 ;
G76 X40. Z-20. P4. Q2. F4. L3 ; 3 头螺纹 (保存 L 值)
G04 P500; G04 不清除保存的 L 值
G76 X39. Z-20. P4. Q2. ; 3 头螺纹 (使用保存的 L 值)
G0 ; 清除保存的 L 值
G76 X38. Z-20. P4. Q2. ; 单头螺纹
M30 ;

示例四：（G54.9 示例，实现 X/Y 平面加工）

O7600 ;
G54.9 P123；坐标系变换 XYZ->XZY
G18 G0 X50. Y0. ;
G76 P010060 Q100 R0.2 ;
G76 X40 Y-20 P3680 Q1800 F6.0 ; Y 为螺纹导程方向
G54.9 ;

14.4.9 复合型固定循环（G70~G76）的注意事项

1. 在指定复合型固定循环的程序段中，P、Q、X、Z、U、W、R 等必要的参数，在每个程序段中必须正确指令。
2. 在 G71、G72、G73 指令的程序段中，如果用 P 指令了顺序号，那么对应此顺序号的程序段必须指令 01 组 G 代码的 G00 或 G01，否则产生报警（PS0065）。

3. 在指令 G70、G71、G72、G73 的程序段以及这些程序段中的 P 和 Q 顺序号之间的程序段时，不能指令 M98 和 M99。
4. 在 G70、G71、G72、G73 程序段中，用 P 和 Q 指令顺序号的程序段范围内，不能有下列指令。

   (1) 除 G04（暂停）外的一次性代码
   (2)G00、G01、G02、G03 以外的 01 组代码
   (3)M98 和 M99
   (4) 变更坐标系的 G 代码
   (5) 变更公英制状态的 G 代码
   (6) 变更镜像状态的 G 代码
   (7) 钻孔固定循环 G 代码
   (8) 启动坐标系旋转、比例缩放、极坐标变换、或极坐标插补的 G 代码

5. 在执行复合型固定循环（G70~G76）中，可以使动作停止插入手动运动，但再次开始执行复合型固定循环时，必须返回到插入手动运动前的位置。如果不返回即再次启动，手动的移动量会加在绝对值上，后面的动作将错位，其值等于手动的移动量。
6. 执行 G70、G71、G72、G73 时，用 P、Q 指定的顺序号，在这个程序内不能重合。
7. 在 G70、G71、G72、G73 中，用 P、Q 指定的精加工形状程序段组合的最后一个移动指令，不能是倒角或过渡圆，否则会产生报警（PS0051）。

14.5 倒角和倒圆编程

当参数“CCR”（P0003.3）设为 1 时，该机能有效。系统在以下插补间自动插入倒角或倒圆程序段。

1. 在直线插补与直线插补之间
2. 在直线插补与平面圆弧插补之间
3. 在平面圆弧插补与直线插补之间
4. 在平面圆弧插补与平面圆弧插补之间

格式

倒角格式：

当“CHAMIJK”（P2501.0）设为 0 时：
（1）当 CENCW(P2500.2) 设置为 0 时，用“NC_”指令倒角。
（2）当 CENCW(P2500.2) 设置为 1 时，也可以用“,C_”格式指令倒角。
当“CHAMIJK”设为 1 时，用“I_”、“J_”或“K_”之一指令倒角。
注意：此格式主要为了兼容以前的使用了倒圆倒角的程序。但无法在圆弧段指令倒角。建议使用“NC_”格式。

倒圆格式：

当“CORNERR”（P2501.1）设为 0 时，用“NR_”指令倒圆。当“CENCW”（P2500.2）设为 1 时，也可以用“,R_”格式指令倒圆。
当 CORNERR 设为 1 时，用“R_”指令倒角。此格式无法在圆弧段指令倒圆。建议使用“NR_”格式。

解释

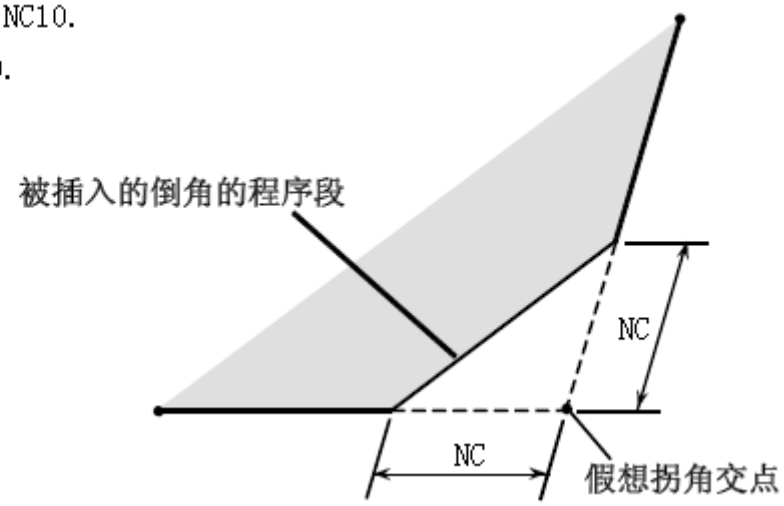
当在指定的直线插补或平面圆弧插补程序段的末尾指定上述格式时，插入一个倒角或倒圆程序段。
可以连续多个倒角或倒圆程序段。

- 倒角

指令倒角数据 (正值) 为从假想拐角交点起的倒角起点到终点距离。所谓假想拐角就是不进行倒角时假设存在的拐角。

① G01 U100. NC10.

② U100. W100.



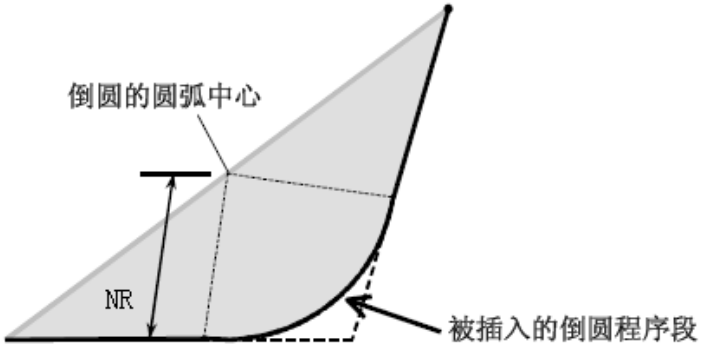
倒角时，直线段允许有三个轴运动 (笛卡尔空间坐标系的 3 个轴)，但平面圆弧段不允许指定平面外的轴运动。

- 倒圆

指令倒圆数据 (正值) 为指令倒圆的半径。

① G01 U100. NR10.

② U100. W100.



在直线插补与直线插补之间倒圆时，如果指令倒圆的程序段与下一程序段在 G17、G18、或 G19 平面内，那么插入平面圆弧 (G02/G03)，否则插入空间圆弧 (G03.3)。

对有圆弧插补的程序段进行倒圆时，倒圆处前后两段程序段必须共面。插入的倒圆程序段为平面圆弧 (G02/G03)。

- 单程序段

当参数“COCHINS”（P2501.2）设为 1 时，倒圆或倒角插入的程序段可以单段执行，光标停留在指令该倒圆或倒角的程序段 (假想拐点处前一程序段)。

当参数 COCHINS 设为 0 时，单段执行时，指令倒圆倒角的程序段单段不停止，直到插入的程序段执行结束时才停止。

- 刀具半径补偿

指令倒角或倒圆使得两程序段间插入一个倒角或倒圆程序段，在刀具半径补偿时，与手动编入等价的三个程序段进行刀具半径补偿的情形完全等价。

限制

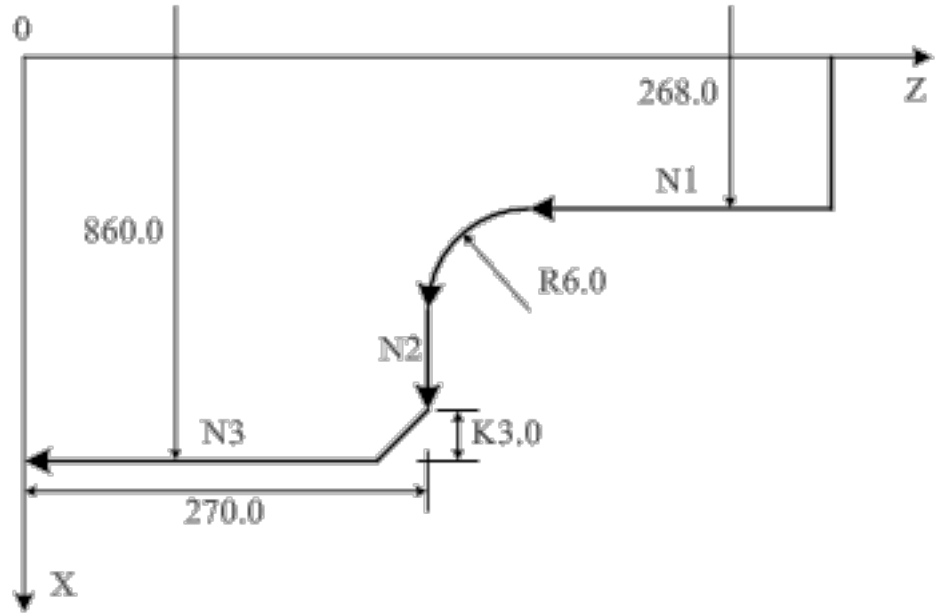
备注:

1. 指令倒角或倒圆指令的程序段或其下一段有如下限制:

（1）不能指令变更公英制编程状态的 G 代码
（2）不能含有 M02/M06/M30/M96/M97/M98/M99 等程序控制代码
（3）不能变更镜像状态，可在之前变更
（4）不能指令 C 类或 D 类旋转轴运动
（5）不能变更极坐标插补状态，可在之前变更
（6）不能输入坐标系旋转、比例缩放、极坐标变换 G 代码，可在之前指定
（7）不能指令笛卡尔三维空间坐标系外的轴运动

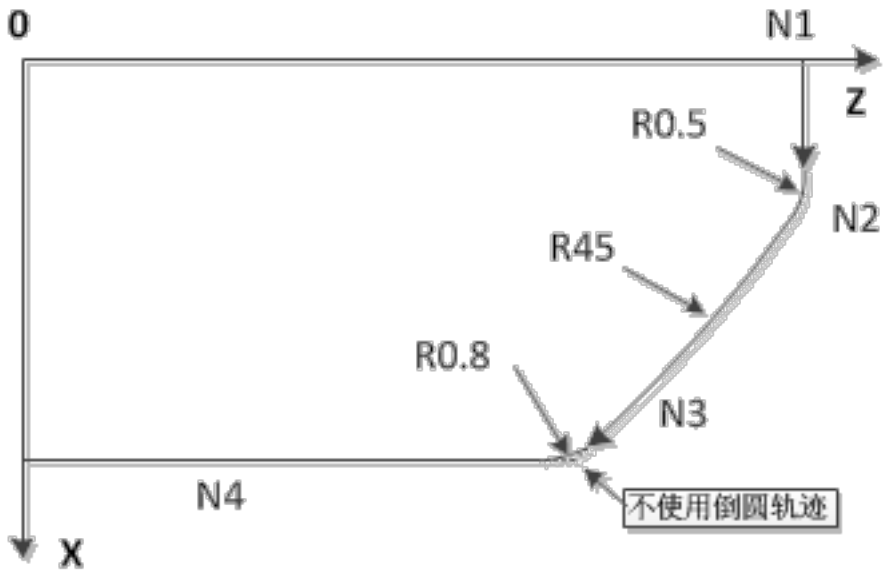
2. 在切螺纹的程序段中，不能使用倒角和过渡圆
3. 倒圆和倒角同时指令时报警
4. 可在车削固定循环 G70~73 的 P 和 Q 顺序号之间的程序段 (但不包括 Q 顺序号指定的程序段) 指定倒圆和倒角

举例



加工程序（直径指定）

```
N1 G1 Z270.0 NR6.0 F100. ;          NR6.0为N1和N2直线段间的倒圆
N2 X860.0 NC3.0 ;                   NC3.0为N2和N3直线段间的倒角
N3 Z0 ;
```



用于直线与圆弧之间的倒圆

```
N1 G1 X0 Z10 F100. ;
N2 X2.7 NR0.5 ;                  NR0.5为N2中直线与N3段圆弧之间的倒圆
N3 G2 X8.0 Z8 R45 NR0.8 ;        NR0.8为N3中的圆弧与N4中的直线之间的倒圆
N4 G1 Z0 ;
```

14.6 直线角度编程功能

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

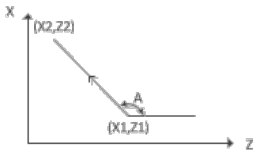
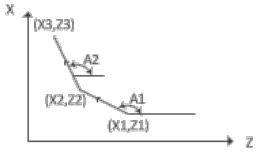
格式

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

格式变化如下：

G17 平面：“Z” -> “X” ，“X” -> “Y”

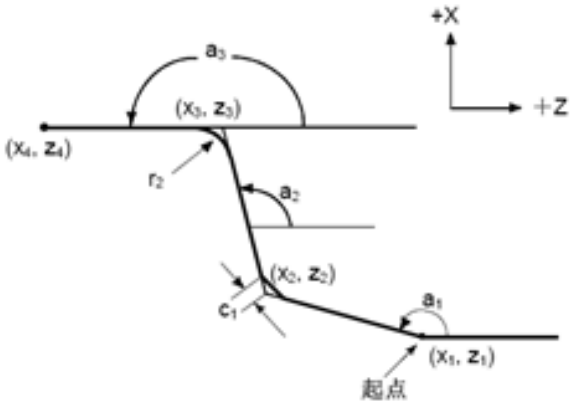
G19 平面：“Z” -> “Y” ，“X” -> “Z”

序号	指令		刀具的运动
	CENCW （P2500.2）=0	CENCW （P2500.2）=1	
1	G01 X2_(Z2_) NA_;	G01 X2_(Z2_) ,A_;	
2	G01 NA1_; G01 X3_ Z3_ NA2_; (X3 _Z3_ 需绝对指定)	G01 ,A1_; G01 X3_ Z3_ ,A2_; (X3 _Z3_ 需绝对指定)	

解释

下图所示加工图纸的程序如下：

```
当CENCW=0时
  G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
  X(x2) Z(z2) NC(c1) ;
  X(x3) Z(z3) NR(r2) ;
  X(x4) Z(z4) ;
  或
  G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
  NA(a1) NC(c1);
  X(x3) Z(z3) NA(a2) NR(r2) ;
  X(x4) Z(z4) ;
当CENCW=1时
  G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
  X(x2) Z(z2) ,C(c1) ;
  X(x3) Z(z3) ,R(r2) ;
  X(x4) Z(z4) ;
  或
  G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
  ,A(a1) ,C(c1);
  X(x3) Z(z3) ,A(a2) ,R(r2) ;
  X(x4) Z(z4) ;
```



限制

备注:

1. 在下面的程序中，计算交点的角度公差是 ± 1 度。(因为在交点计算中求出的移动量太大)

   (1)X_NA_；(将角度指令 NA 指定为 0 度或 180 度的 ± 1 度范围内的值时，报警 PS0425)

   (2)Z_NA_；(将角度指令 NA 指定为 90 度或 270 度的 ± 1 度范围内的值时，报警 PS0425)

2. 计算焦点时，由两条直线构成的角度差在 ± 1 度范围内时，会有报警 PS0428。
3. 编程的角度为直线与平面第 1 轴的夹角，逆时针为正，顺时针为负。但系统内部使用其正切值 (斜率) 进行运算，实际角度可能与用户编入的角度相差 180 度。
4. 对于位于仅指定了角度指令的程序段后面的程序段，必须指定两个坐标的绝对指令值和角度指令，否则报警 PS0426。

   例:

   N1 G01 NA_. ;
   N2 G01 X_ Z_ NA_ ;
   N2 段的平面必须与 N1 段一致，如果 N2 段切换平面，那么报警 PS0432。
   如果 N2 段输入坐标非绝对编程，那么报警 PS0427。

5. 对于编程了角度的程序段，限制如下：

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

6. 直线角度编程机能可以和倒角和倒圆编程机能同时使用。

14.7 刀具 X 轴镜像（G68、G69）

根据加工需要，可对自动运行过程中的 X 轴移动应用镜像。

格式

G68 ; X 轴镜像开始

……镜像加工

G69 ; X 轴镜像取消

解释

只有当参数“MIRG”（P0003.5）设为 1 时，指令 G68 时，X 轴镜像功能才有效。

指令 G68 时，绝对坐标系的 X 轴反向，当前绝对坐标 X 值自动取反；指令 G69 时，绝对坐标系的 X 轴方向恢复，当前绝对坐标 X 值再次自动取反。

第 15 章　断屑功能

15.1 G4.9

功能描述

减少粗加工过程中除屑需求，并提升加工面质量。

相关参数

参数如下：

参数号	功能
5312	断屑加工模式 (G04.9) 的默认断屑长度

[数据类型] 浮点
[默认设置] 1.0
[数据说明] 断屑模式中，默认断屑长度。单位毫米

参数号	功能
5313	断屑加工模式 (G04.9) 的默认断屑暂停时间

[数据类型] 字型
[默认设置] 100
[数据说明] 断屑模式中，默认断屑暂停时间。单位毫秒

功能详述

断屑功能开启时，插补加工了一定距离（断屑长度）之后，插补轴会暂停一段时间（断屑暂停时间）。由于此时主轴不停止转动，可以进行断屑。

当断屑暂停时，界面上会显示“断屑”字样，以提示用户当前状态。

开启断屑功能的格式为：

G4.9 P[断屑暂停时间] Q[断屑长度] ;

用以下格式开启断屑方式，可以使用参数作为默认值：

G4.9 P[断屑暂停时间] ; // 断屑长度使用参数 5312
G4.9 Q[断屑长度] ; // 断屑暂停时间使用参数 5313
G4.9 P0 ; // 同时使用两个参数作为默认值
当断屑暂停时间，或断屑长度小于等于 0 时，会触发 PS 报警。
断屑功能有效情况下，再次通过指令开启断屑功能时，会重置当前累计的插补运动长度，并在之后的运动段使用新的数据进行断屑。

- **关闭断屑功能的格式为：**
  G4.9 ;
- 下列的运动段中不会进行断屑暂停，同时会重置累计的插补运动长度：定位运动（G00 等）；
  螺纹，包括刚性攻丝、数字螺纹（G7.2）等；
  测量（G36）、跳跃（G31）、机床坐标移动（G53/G53.1）；
  钻孔循环（G80 等）；
  自带往返、断屑功能的指令（车床 G74/G75）。

15.2 G5.9(G905)

G5.9 断屑自动提速（用于解决开启后效率变低问题）
G5.9 详细说明如下：

除通道 1 外, 所有通道支持 G905（G5.9）摆动前进指令

1) 特殊摆动前进: 摆动断屑
进入指令: G905 Qq Rr Kk Ee;
退出指令: G905 ;
断屑采用摆动切削加工方式。
其中:

q: 摆动断屑时节距, 通常为每转进给量
k: 允许值 1.0/2.0/…/10.0, 未输入视为 1.0
r: 摆动断屑时负向移动 (回退) 距离, r>0 且 r<q
e: e=0 时开启自动提速功能，解决开启后效率变低问题。未编入时，关闭自动提速功能

备注： 1: 正向移动距离为 kq+r
2: 开启整型自动提速功能后，正向速率变为原来的 (k+1)/k 倍。

---

2) 通用摆动前进
进入指令: G905 Qq Rr NPnp Pp Kk;
退出指令: G905 ;
其中:

q: 摆动前进正向摆动距离. q > 0
r: 摆动前进负向摆动距离. r>=0 且 r<q，未编入视为 0
np: 1–仅切削摆动, 2–仅快速摆动, 3–切削和快速同时摆动. 未编入转为摆动断屑
p: 暂停时间, 单位: ms
k: 负向摆动时相对于正向的速度系数

3) 摆动前进相关 F 接口：
F15000.0/F14000.0 等–摆动前进时正方向到达. 保持一个 PLC 周期
F15000.1/F14000.1 等–摆动前进时负方向到达. 保持一个 PLC 周期
G15000.0/G14000.0 等–单次摆动模式 (类似单段信号).
G15000.1/G14000.1 等–单次摆动启动 (类似启动信号), 进入单次摆动模式，在本次摆动停止后，可通过该信号启动下一次摆动
注: F/G 接口可用于刨床等

4) 摆动前进功能对螺纹无效。

```
G905 NP10测试程序:
O888 ;
G99 T0202 ;
M3 S100 ;
G0 X32. Z0. ;
G1 X29. F1. ;
G5.9 Q5. R4. NP10 ;
G1 Z-10. F10. ;    // 监控ZX轴机床坐标(N10101, 表达式0.
↪0000005Pn)和主轴输出位置B4032. 相邻正向到达时应正好差360度.
G5.9 ;
G0 X32. ;
Z2. ;
M30 ;
```

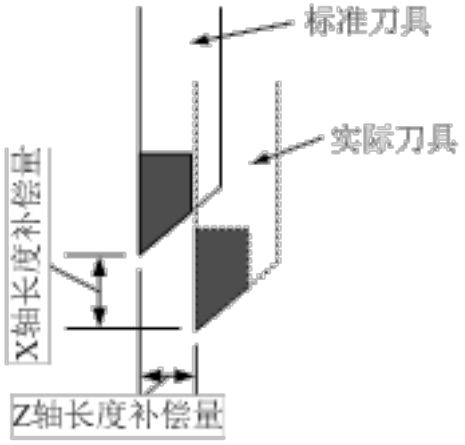
第 16 章　补偿功能

16.1 刀具长度补偿

把编程时假设的标准刀具与实际进行加工时使用的刀具长度值之差设置到刀补存储器里。

加工工件时，不需要修改程序，只需要指定相应的刀补号，就可以使用不同长度的刀具来加工相同的工件。

这就是刀具长度补偿功能。



格式

T00XX ;

00：刀具选择号
XX：刀具补偿号

解释

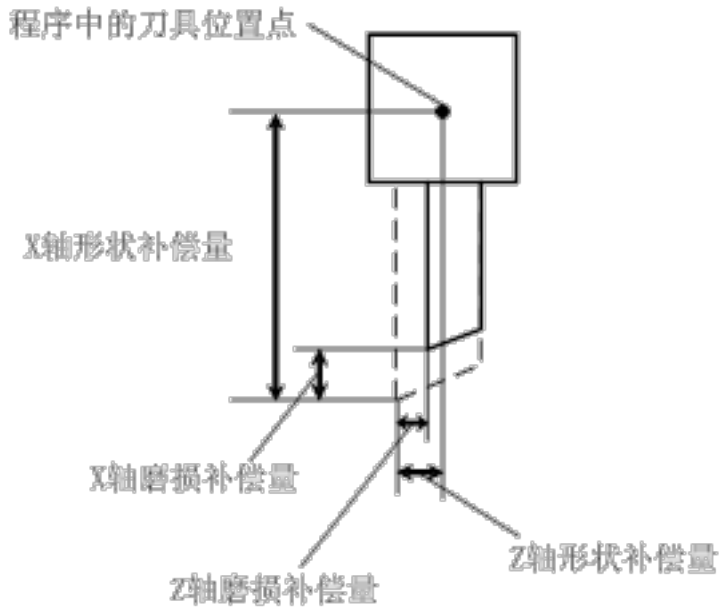
本系统中，刀具长度补偿仅由 T 代码来控制，不受 G 代码的控制。

- 刀具选择

  刀具选择是通过指定与刀具号相对应的 T 代码来实现的。关于刀具选择号与刀具的关系请参照机床制造商发行的手册。

- 刀具长度形状和磨损补偿量

  如下图所示，刀具长度形状补偿量对刀具形状及刀具安装位置进行补偿，刀具长度磨损补偿量对刀尖磨损进行补偿。
  可以根据补偿号分别设置这些补偿量。执行时的刀具长度补偿量为形状补偿量与磨损补偿量之和。



- 补偿号

  补偿号最大可以指定的范围是T0000~T0064。在LCD/MDI面板,可把补偿号T0001~T0064对应的X轴、Z轴长度补偿量事先设定在刀补存储器中。

  与补偿号00对应的刀具补偿量始终为0，无法设定。

  当指定了T代码且它的补偿号不是00时，刀具补偿有效。如果补偿号是00，则刀具补偿被取消。

  刀具长度形状补偿量允许输入范围为[-100000.000，100000.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”（P3270）决定。

  “刀具磨损补偿最大值”的范围为[1.000~10000.000]，假设该参数的值为α，那么磨损补偿量的允许输入范围为[-α，α]。

  执行时刀具长度补偿量为形状补偿量与磨损补偿量之和。

- 刀具补偿号与形状补偿变量号对应表:

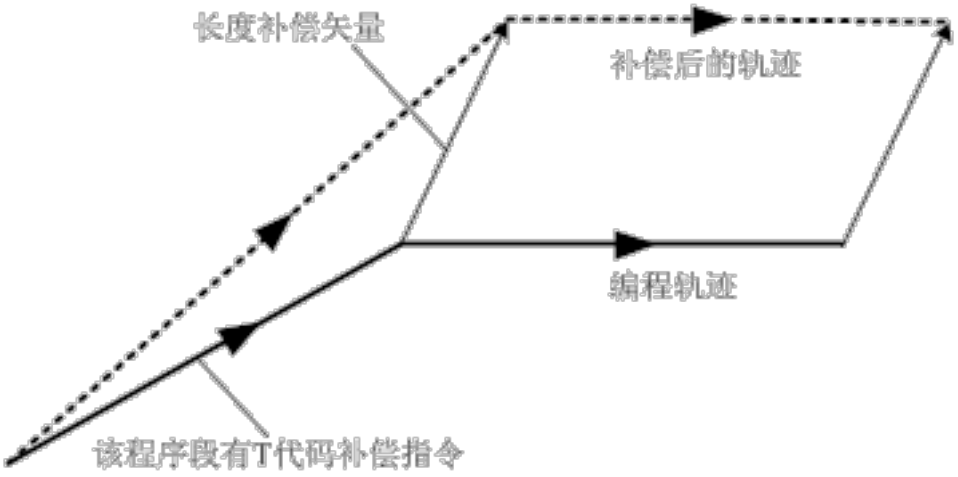
补偿号	1轴长度补偿形状变量号	2轴长度补偿形状变量号	3轴长度补偿形状变量号	4轴长度补偿形状变量号	5轴长度补偿形状变量号	6轴长度补偿形状变量号	7轴长度补偿形状变量号	8轴长度补偿形状变量号	半径补偿(R)形状变量号
1	#1 0001	#2 0001	#3 0001	#4 0001	#5 0001	#6 0001	#7 0001	#8 0001	#9 0001
2	#1 0002	#2 0002	#3 0002	#4 0002	#5 0002	#6 0002	#7 0002	#8 0002	#9 0002
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
64	#1 0064	#2 0064	#3 0064	#4 0064	#5 0064	#6 0064	#7 0064	#8 0064	#9 0064

- 刀具补偿号与磨损补偿变量号对应表:

补偿号	1轴长度补偿形状量变号	2轴长度补偿形状量变号	3轴长度补偿形状量变号	4轴长度补偿形状量变号	5轴长度补偿形状量变号	6轴长度补偿形状量变号	7轴长度补偿形状量变号	8轴长度补偿形状量变号	半径补偿(R)形状量变号
1	#1 8001	#2 8001	#3 8001	#4 8001	#5 8001	#6 8001	#7 8001	#8 8001	#9 8001
2	#1 8002	#2 8002	#3 8002	#4 8002	#5 8002	#6 8002	#7 8002	#8 8002	#9 8002
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
64	#1 8064	#2 8064	#3 8064	#4 8064	#5 8064	#6 8064	#7 8064	#8 8064	#9 8064

- 长度补偿

以 X，Z 轴的刀具长度补偿量为分量的矢量叫做长度补偿矢量，如下图所示。



当单独指定 T 代码时，系统执行的是无运动指令的长度补偿移动。这个移动在 G00 方式时是以快速移动进行的，其它方式时则按切削进给速度运动。

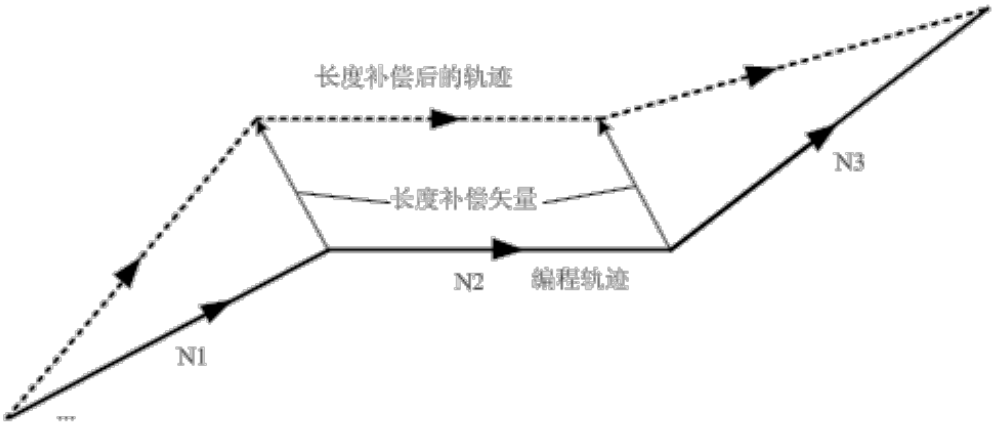
备注:

1. 参数“DIA”（P0405.5）可对 X 轴的刀具长度补偿量进行直径/半径规格的指定。
2. 参数 OFL（P3201.0）设置该轴是否允许长度补偿，默认情况下，第 1、2 轴允许长度补偿。
3. G50 Xx Zz T00XX ;

   此指令没有刀具移动，设定坐标系的当前坐标为（x，z）与 T 代码指定补偿号相对应长度补偿量之和。
4. G04 T00XX ;
   G02 T00XX ;
   G10 T00XX ;
   上述指令仅完成换刀，不执行刀具长度补偿。
5. 如果自动循环中正在使用长度补偿，在 MDI 操作修改补偿量之后，无需再指定，而是在下一个程序段自动有效。
6. 在多轴车床系统中（3~8 轴车床），可对 X/Z 轴以外的轴（如 Y/C/U/V/W/A 轴）进行补偿，这些轴的长度补偿动作与 X/Z 轴相同。

- 长度补偿取消

当指定了 T0000，选择 00 号补偿时，刀具长度补偿即被取消。在取消的程序段末尾，长度补偿矢量为零。




```
...
N1 U100.0 W100.0 T0202；（假定02号补偿中已经设定了长度补偿值）
N2 W100.0；
N3 U100.0 W100.0 T0200；（取消偏长度补偿）
...
```

限制

- 螺旋插补（G02、G03）

  在使用螺旋插补的程序段中，不能指定刀具长度补偿。

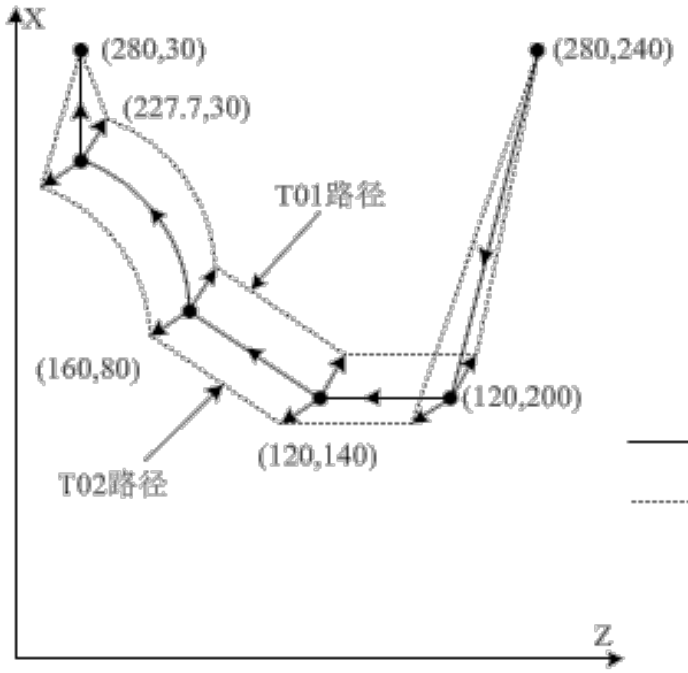
- 机床坐标系定位（G53）

  在指定此指令时，刀具补偿量被取消，后面若要再使用刀具补偿，必须用 T 代码指定。

- 返回参考点（G28、G30 和手动）

  在指定这些指令或操作时，刀具补偿量被暂时取消，在指定下一个轴移动时，刀具补偿量恢复。

举例



轴	刀具号	
	01	02
X	-0.200	+0.120
Z	-0.120	+0.180

刀尖偏置（X，Z）刀具号

刀具 #1——B（0.20, 0.120）01

刀具 #2——C（-0.120, -0.180）02

（程序实例 1）	（程序实例 2）
G50 X280.0 Z240.0 ; G00 X120.0 Z200.0 T0101 ; G01 Z140.0 F30 ; X160.0 Z80.0 ; G03 X227.7 Z30.0 R53.81 ; G00 X280.0 T0100 ;	G50 X280.0 Z240.0 ; G00 X120.0 Z200.0 T0202 ; G01 Z140.0 F30 ; X160.0 Z80.0 ; G03 X227.7 Z30.0 R53.81 ; G00 X280.0 T0200 ;

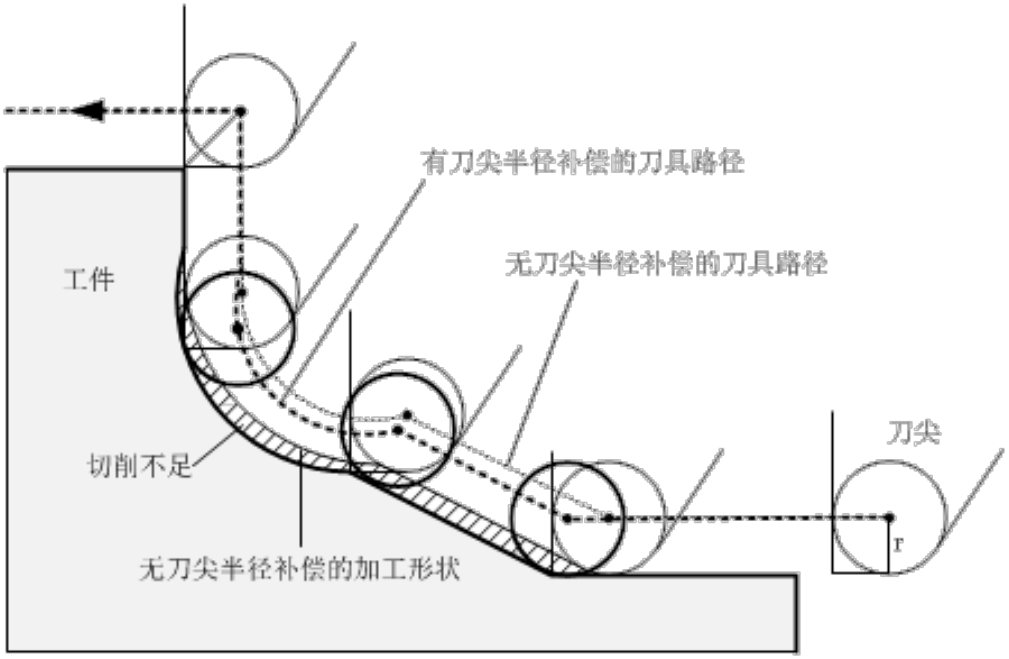
16.2 刀尖半径补偿（G40~G42）

16.2.1 概要

由于实际刀尖都是圆形的，并不是假想刀尖那样的理想尖角，因此只用刀具长度补偿功能进行圆弧切削和锥度切削时，很难达到精度上的要求。

这时，就需要使用刀尖半径补偿功能。

当参数“CRC”（P0002.1）设为 1 时，该功能才有效。

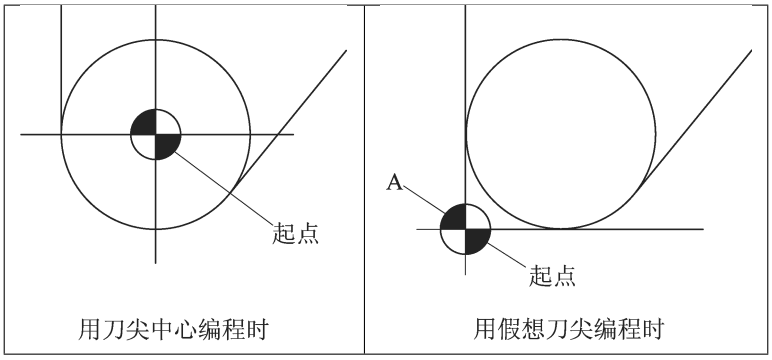


16.2.2 假想刀尖

下图刀尖 A 点实际上不存在。假想刀尖的设定是因为通常设定实际刀尖中心比较困难，而设定假想刀尖容易一些（见注）。

与使用刀尖中心编程一样，使用假想刀尖编程时无需考虑刀尖半径。

刀具在起点时的位置关系如下图所示：



备注:

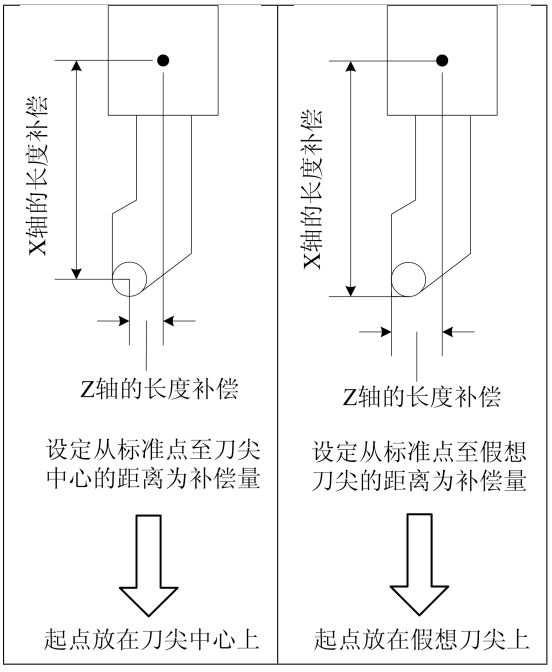
1. 对有机械零点的机床来说，一个标准点如刀架中心可以作为起点。从这个标准点到刀尖半径中心或假想刀尖的距离设置为刀具长度补偿值。
2. 设置从标准点到刀尖半径中心的距离作为长度补偿值，相当于设置刀尖半径中心作为起点；

而设置从标准点到假想刀尖的距离作为长度补偿值，相当于设置假想刀尖作为起点。

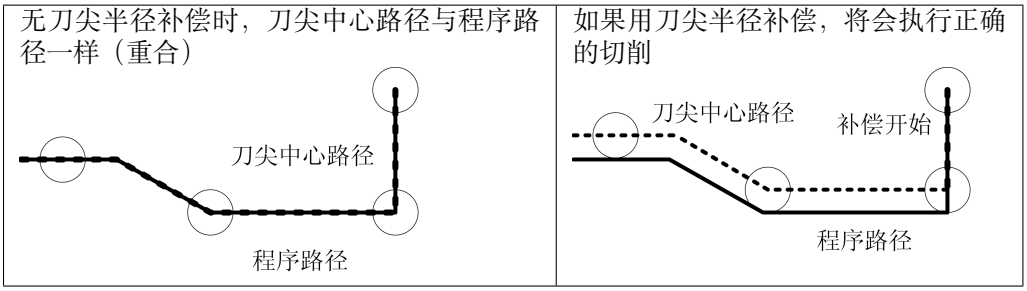
为了设置长度补偿值，通常测量从标准点到假想刀尖的距离比测量从标准点到刀尖半径中心的距离容易。

解释

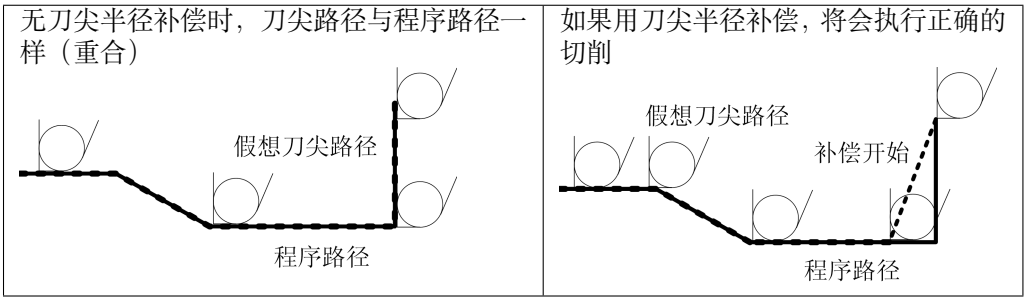
- 当刀架中心在起点时的刀具长度补偿量



- 将刀尖中心作为起点进行加工时的刀具路径



- 将假想刀尖作为起点进行加工时的刀具路径

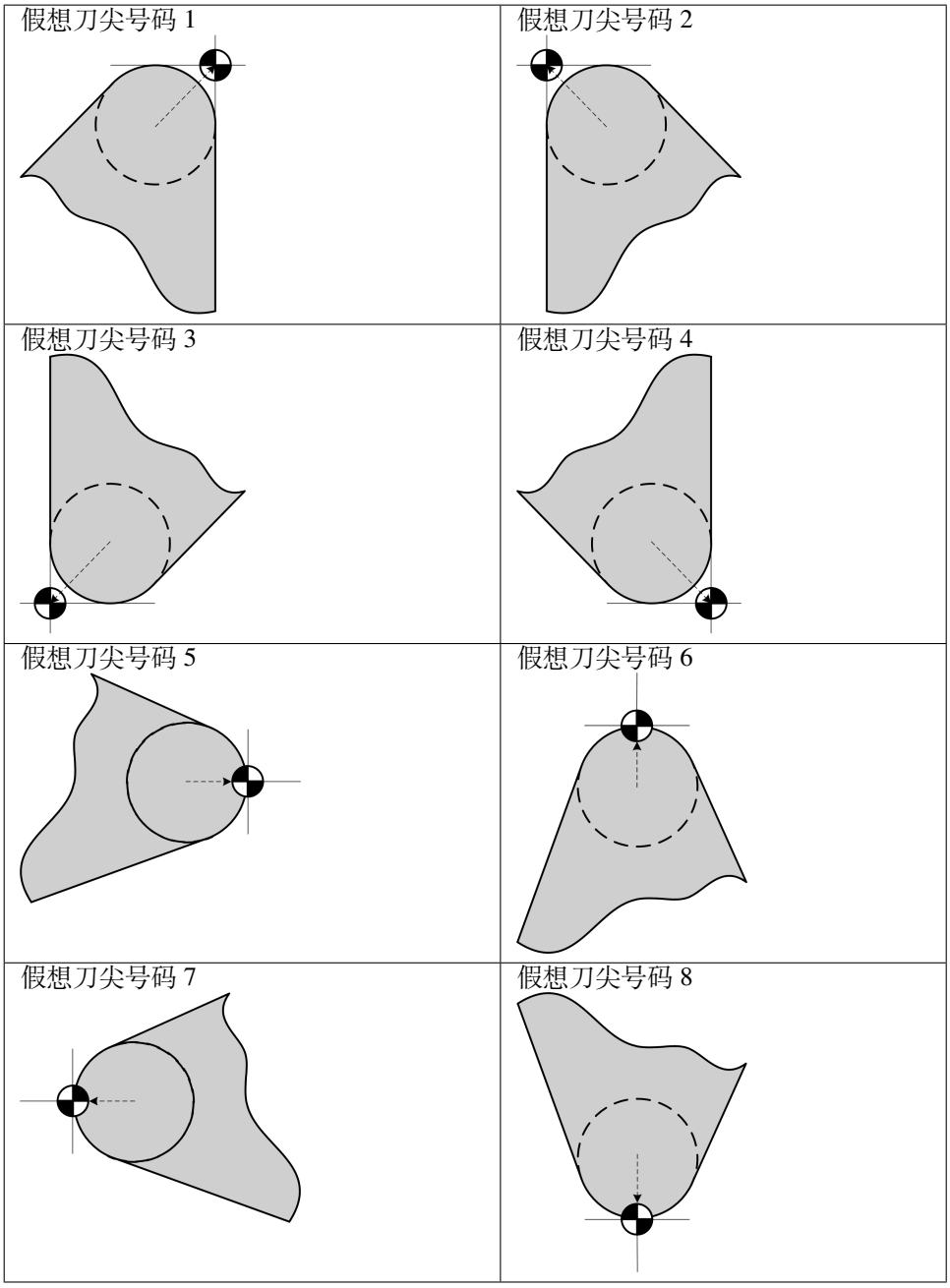


- 假想刀尖的方向

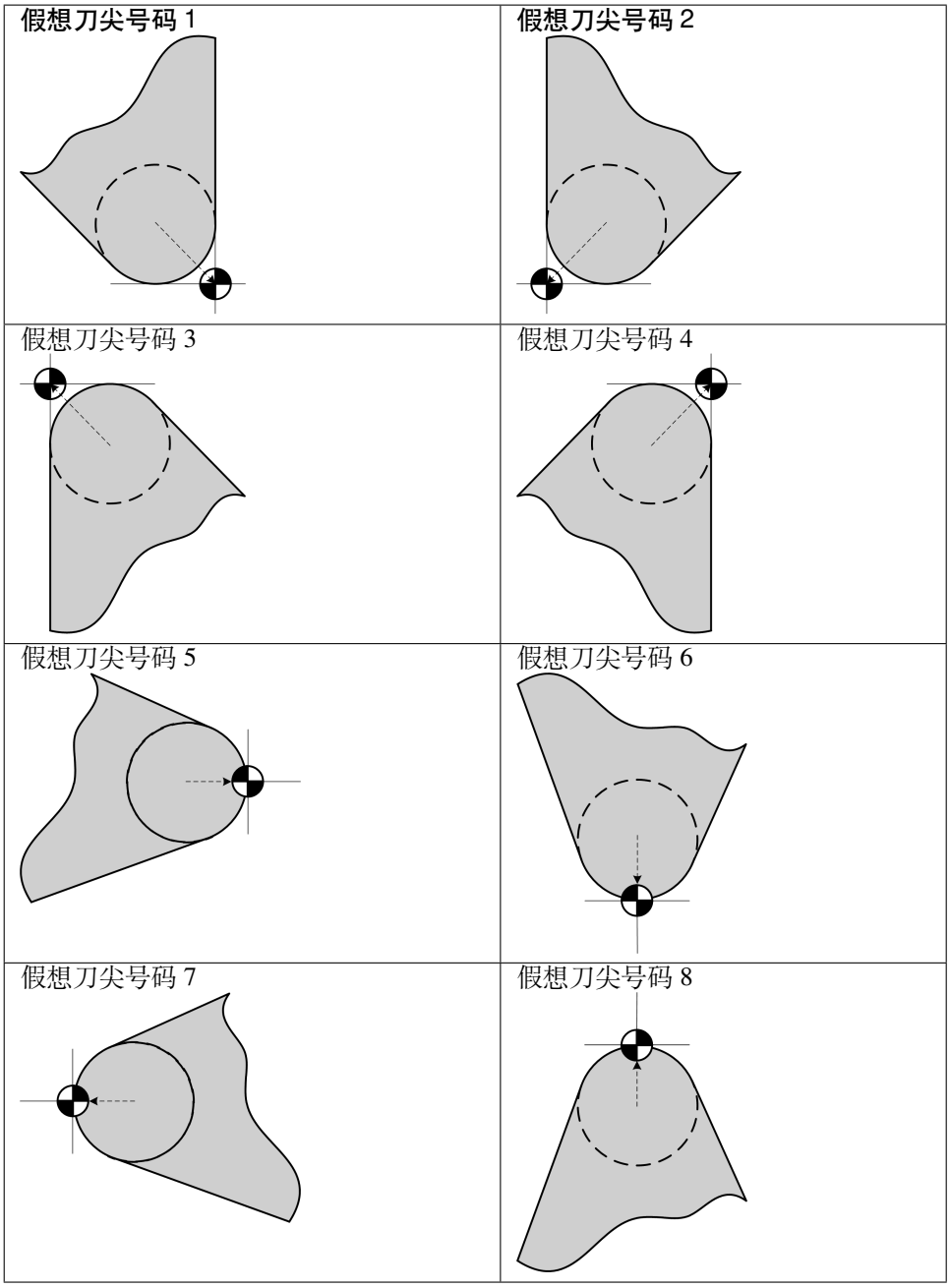
从刀尖中心看到的假想刀尖的方向，由切削过程中刀具的方向决定，所以与补偿量一起必须同时事先设置。

假想刀尖的方向可从下图所示的 8 种规格所对应的编码来选择。这些图说明了刀具与起点间的关系。箭头终点是假想刀尖。

1. 后刀架假想刀尖方向


假想刀尖号码 1
假想刀尖号码 2
假想刀尖号码 3
假想刀尖号码 4
假想刀尖号码 5
假想刀尖号码 6
假想刀尖号码 7
假想刀尖号码 8

2. 前刀架假想刀尖方向



当刀尖中心与起点一致时，设置刀尖号码 0 或 8。对应各刀具补偿号，设置各刀具的假想刀尖号。

假想刀尖号码 0

16.2.3 补偿指令

格式

- 刀尖半径补偿开始

  G00/G01 G41/G42 IP_ T_;

  G41：刀尖半径补偿（左）
  G42：刀尖半径补偿（右）
  IP_：轴移动的指令值
  T_：刀尖半径补偿补偿号

• 刀尖半径补偿取消

G40 IP_ ;
或
T0000 ;

G40：刀尖半径补偿取消
IP_：轴移动的指令值
T0000：指定补偿号 00

解释

• ROTC

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2352				ROTC					

[数据类型] 位型

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

• DRCMP

参数号		位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
2350			DRCMP						

[数据类型] 位型

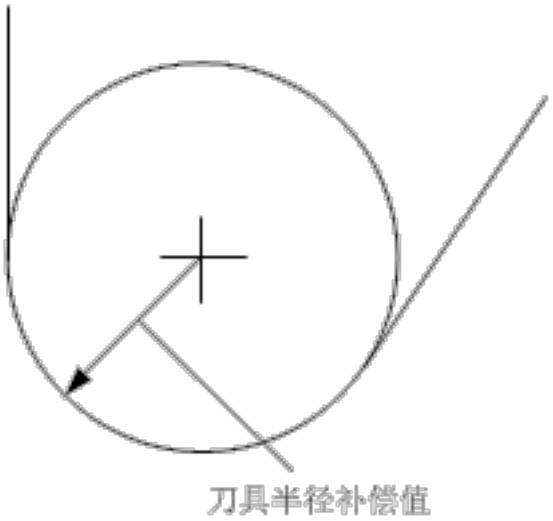
DRCMP 半径补偿使用/不使用 D 代码
0：不使用
1：使用
1 DRCMP=1 时：使用 D 代码指定刀具半径补偿号
2 DRCMP=0 时：使用 T 代码指定刀具半径补偿号
G41/G42 程序段，或处于 G41/G42 模态时，编入 D，则发出 PS520 报警
3 ROTC=1 时：G41/G42 程序段需同时指定 D，否则发出 PS522 报警

• 补偿号

使用 T 代码低 2 位指定半径补偿号，补偿号最多可以设定 64 个，编号范围 T0000~T0064（T0000 表示取消刀尖半径补偿）。
补偿量事先通过 MDI&LCD 单元设定，它与程序上指定 T 代码后面 2 位数相对应（参见操作手册）。
半径形状补偿量允许输入范围为 [-1000.000，1000.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”（P3270）决定。
“刀具磨损补偿最大值”的范围为 [1.000~10000.000]，假设该参数的值为 α，那么磨损补偿量的允许输入范围为 [-α，α]。
执行时半径补偿值为形状补偿量与磨损补偿量之和。

• 补偿向量

补偿向量又称为偏移向量，是长度等于指定的刀尖半径的二维向量。
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（即刀尖中心轨迹）等于编程路径加上或减去（由补偿方向决定）刀尖半径。
补偿向量是随着刀具前进而改变的，清楚这一点，对编程很重要。



- 补偿平面

  补偿的计算是在由 G17，G18，G19 所指定的平面上进行的，该平面称为补偿平面，默认为 G18 平面。

  当选择 ZX 平面，在程序中用（X，Z）或（I，K）执行补偿计算和向量计算时，不在补偿平面的轴的移动不受补偿影响，同时进行三轴控制时，只对投影在补偿平面的刀具路径作补偿。

  补偿平面的变更必须在补偿取消模式进行。如果在补偿模式中执行，系统会显示报警（PS0040），同时机床停止。

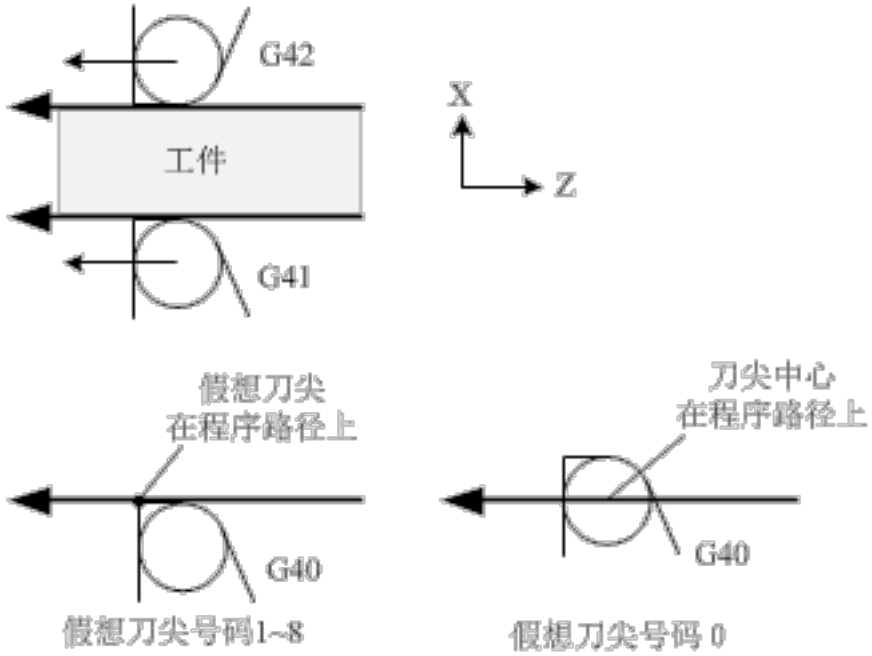
- 补偿方向

  在刀尖半径补偿时，必须指定刀具与工件的位置。

G 代码	工件位置	刀具路径
G40	无限制	在编程路径上移动
G41	前进方向右侧	在编程路径的前进方向的左侧移动
G42	前进方向左侧	在编程路径的前进方向的右侧移动

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

  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。



刀尖半径补偿方向由刀尖半径补偿 G 代码（G41/G42）及补偿量的符号共同决定，如果刀尖半径补偿量为负值，工件位置将改变。具体如下:

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

备注:

1. 这里的左侧和右侧是相对于后刀架车床而言的（如上图中的 XZ 坐标系方向），编程时应总是按后刀架方式进行，无须考虑实际车床到底是前刀架还是后刀架。

关于手动方式下，前后刀架设置的差别请参见 PLC 程序说明。

2. 如果补偿量的符号改变，刀尖半径补偿的补偿方向就会改变，但是假想刀尖的方向不变。因此，请慎重改变补偿量的正负符号。

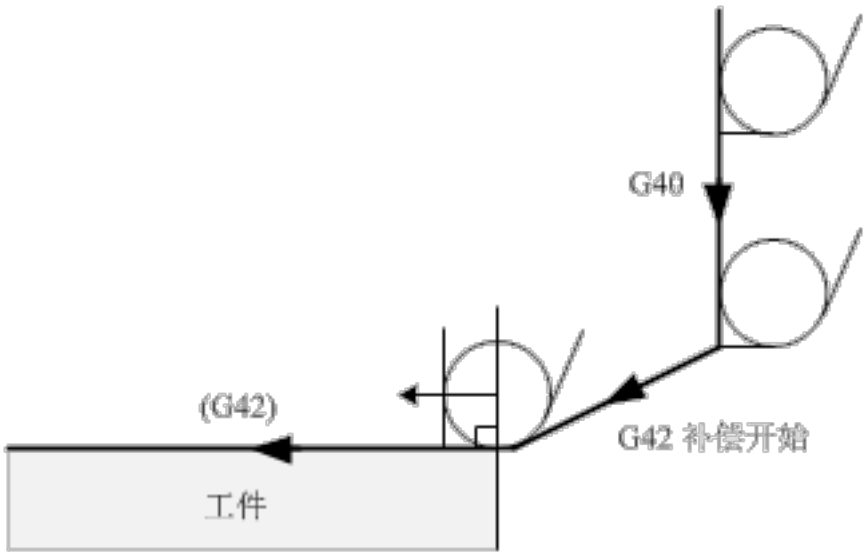
- 补偿开始

从 G40 变为 G41 或 G42 的程序段称为补偿开始程序段。

G40 _ ;

G41 _ ; 补偿开始程序段。

补偿开始程序段执行过渡的刀尖半径补偿移动。在补偿开始程序段之后的程序段起点，刀尖中心垂直于该程序路径。



- 补偿取消

  从 G41 或 G42 变为 G40 的程序段称为补偿取消程序段。

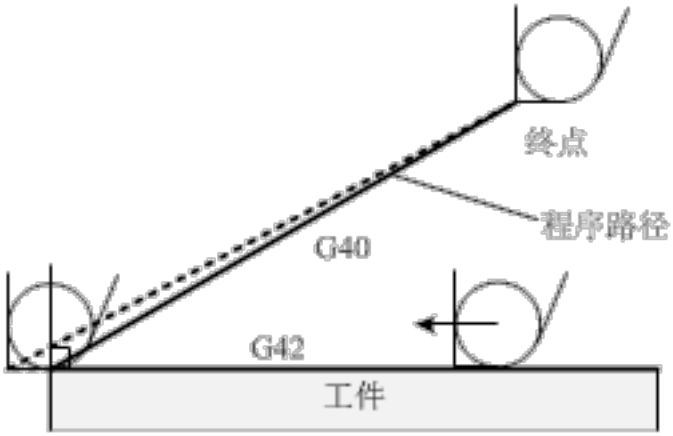
  G41 _;

  _;

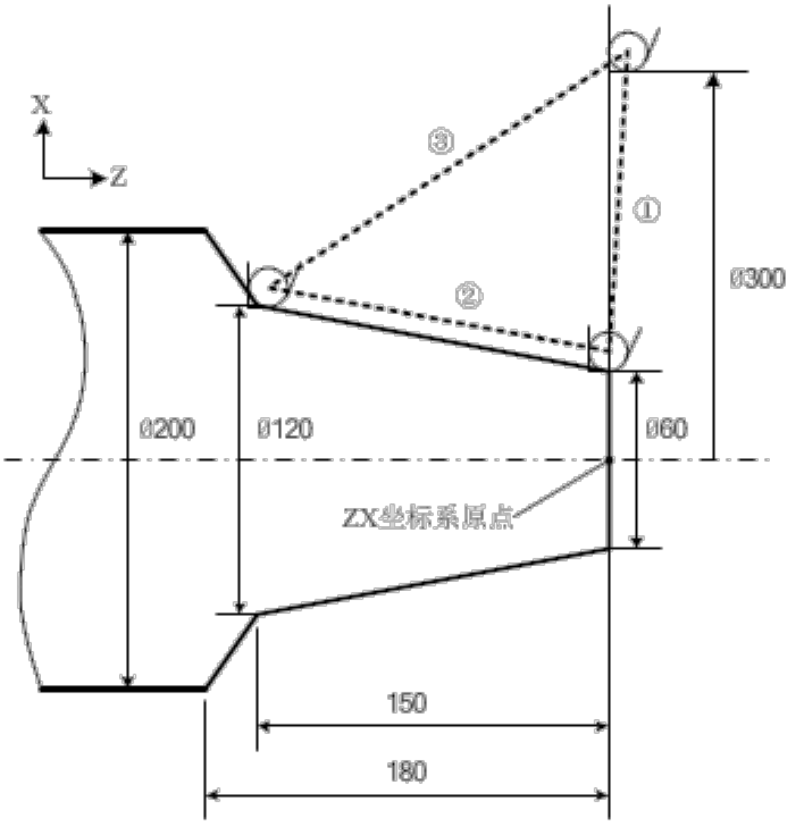
  G40 _; 补偿取消程序段。

  _;

  在补偿取消程序段的前一个程序段的末端，刀尖中心移动到垂直于该程序路径的位置。



举例



（在G40模式，半径编程）
…
① G42 G00 X30.0 Z0 TOOXX；
② G01 X60.0 W-150.0 F100.0；
③ G40 G00 X150.0 W150.0；
…

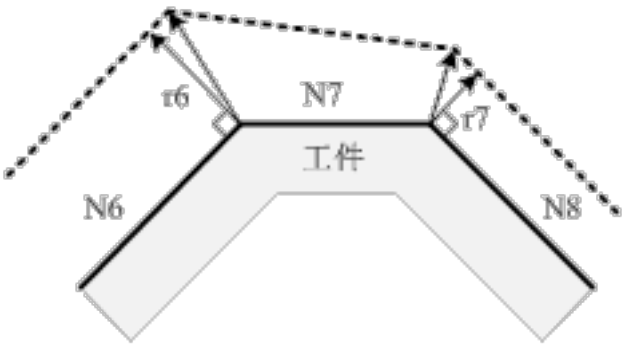
16.2.4 刀尖半径补偿的注意事项

子程序调用与返回

在调用子程序前（即执行 M98 前），系统必须在补偿取消模式，进入子程序后，可以起动补偿，但在返回主程序前（即执行 M99 前）必须为补偿取消模式，否则会报警 PS0036。

补偿模式中变更补偿量

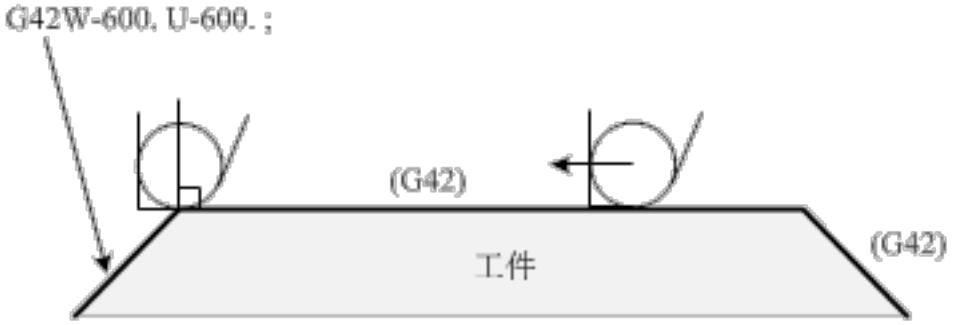
通常，换刀时，补偿量必须在取消模式中变更。如在补偿模式中变更补偿量，在程序段的终点计算新补偿量。



r6：程序段6计算的补偿量
r7：程序段7计算的补偿量

在 G41/G42 方式下又指令 G41/G42

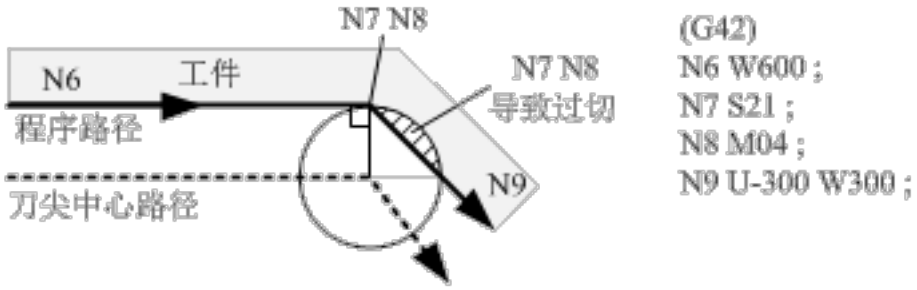
此时，刀尖中心位置在前一程序段的终点垂直于前一程序段的程序路径。参见“补偿模式下重复指定刀具半径补偿 G 代码”。



不可连续指令两个或两个以上无移动命令的程序段

补偿模式中，连续指定两个或两个以上无移动的程序段时，刀尖中心会移到前一程序段的终点垂直于前一程序段程序路径的位置。

如下图所示，这将可能导致过切。如果程序段是类型 7，那么即使只指定一个程序段，也会出现下图中的情况。



16.3 补偿量的程序输入功能（G10）

刀具补偿值可在程序中使用 G10 指令输入。

本节对 G10 的所有阐述只针对补偿量的程序输入功能。G10 的其他功能，如变更工件坐标系，请参见参见:ref: 工件坐标系 < 工件坐标系 >。

G10 设置补偿值的指令格式与磨损补偿是否有效有关，由参数“WOFC”（P3250.0）选择。

磨损补偿无效（WOFC=0）

G 代码体系 A：
绝对指令：G10 P_ IP_ R_ Q_;
增量指令：G10 P_ U_ W_ NC_ ;
G 代码体系 B：
绝对指令：G90 G10 P_ X_ Z_ R_ Q_ ;
增量指令：G91 G10 P_ X_ Z_ R_ ;
P_：补偿号（从 1 开始）
X(U)_：刀具补偿数据（X）
Z(W)_：刀具补偿数据（Z）
R(NC)_：刀尖半径偏置量（R）
Q_：假想刀尖号（T）
1 当 P3265 为 1 时，G10 P0000 X_ Z_; 设置工件偏移。
2 当 P3265 为 2 时，G10 P9999 X_ Z_; 设置工件偏移。
3 G 代码 A 体系下可指令 U、W…增量指令。G 代码 B 体系下通过 G90/G91 指令。

磨损补偿有效（WOFC=1）

G 代码体系 A:
磨损绝对指令：G10 P_ X_ Z_ R_ Q_ ;
磨损增量指令：G10 P_ U_ W_ NC_ ;
形状绝对指令：G10 P1000_ X_ Z_ R_ Q_ ;
形状增量指令：G10 P1000_ U_ W_ NC_ ;
G 代码体系 B:
磨损绝对指令：G90 G10 P_ X_ Z_ R_ Q_ ;
磨损增量指令：G91 G10 P_ X_ Z_ R_ ;
形状绝对指令：G90 G10 P1000_ X_ Z_ R_ Q_ ;
形状增量指令：G91 G10 P1000_ X_ Z_ R_ ;
P_：补偿号
X(U)_：刀具补偿数据（X）
Z(W)_：刀具补偿数据（Z）
R(NC)_：刀尖半径偏置量（R）
Q_：假想刀尖号（T）
1 当 P3265 为 1 时，G10 P10000 X_ Z_; 设置工件偏移。
2 当 P3265 为 2 时，G10 P19999 X_ Z_; 设置工件偏移。
3 G 代码 A 体系下可指令 U、W…增量指令。G 代码 B 体系下通过 G90/G91 指令。

备注:

1. CENCW=1 时，NC_ 以,C_ 代替。
2. G 代码体系 A 同时编入 R_ 和 NC_ 时，编程刀补值为两者之和。
3. 刀尖号 Q_ 允许在增量指令或磨损指令中指定，且均为绝对指令。
4. 无 P 输入或输入值超范围，触发 PS31。
5. 对不允许长度补偿的轴进行修改，触发 PS237。
6. 无半径补偿/刀尖方向功能时修改对应数据，触发 PS310。
7. 无磨损功能时修改磨损值，触发 PS278。
8. 长度形状值过大，触发 PS29。
9. 长度磨损值过大，触发 PS234。
10. 半径形状值过大，触发 PS235。
11. 半径磨损值过大，触发 PS236。
12. 刀尖方向输入值超过范围，触发 PS32。

第 17 章　多通道说明

17.1 概述

V6c 系统由 4 个通道和 8 个辅助通道组成，每个通道有且只有一个轴群，每个轴群最多由 16 个轴控制轴和 8 个主轴构成, 可根据型号由参数配置。系统硬件构成由多个控制轴和主轴构成，这些轴作为资源分配到各个通道。

例如一个典型的双通道系统由 8 个轴，2 个主轴构成，每个通道的资源分配情况：

通道 1：控制轴号：1，2，3，4 主轴号：1，2

对应名称：X1，Z1，Y1，C1，S1，S2

通道 2：控制轴号：5，6，7，8 主轴号：2

对应名称：X2，Z2，Y2，C2，S

17.2 通道与辅助通道

通道是指的是单通道系统或多通道系统的执行通道，具有完整的控制功能。辅助通道则是通过 CL，G 接口，PEXC 指令调用的通道，用于辅助功能控制，例如桁架控制等。辅助通道没有主程序，不支持从主程序直接启动，完全没有配置轴和主轴的并行通道采用通道 1 的配置；通道和辅助通道可以通过配置软件配置不同的 G 代码。所有通道支持 CL 指令调用辅助通道。

17.2.1 辅助通道的调用

调用方式 1：通道调用 (CP/CN/Q、NQ（CL）指令)

格式

CPcp CNcn Qq NQnq;
cp：指定调用程序号 1~9999。
超出范围报警 PS750。
cn：指定开始段顺序号，非 0 值。
指定 0 时报警 PS751。未指定时，开始段为调用程序的第 1 段。
q：指定通道编号 2~4。
超出范围或未编入报警 PS752。
nq：指定辅助通道编号 1~8。
为了保持兼容性 CL 等效于 NQ
超出范围报警 PS752，未编入默认使用辅助通道 1。

1. 所有标准通道都支持调用辅助通道
2. 辅助通道不可以调用辅助通道
3. 目前仅通道 1 支持 Q 调用其他标准通道
4. 调用语句不要求单独一行，在所在段开始执行时进行调用。
5. CP 和 CN 应至少编入 1 个。
6. 开始段不仅是调用开始执行处，也是通道程序中 M99 重复执行处。

复位
以下情况引发复位 (减速停止，有报警时复位报警)：

1. 急停信号 (G27.4 *ESP) 有效
2. ERS_i 信号有效
3. 复位按键有效。包括：MDI 复位按键、机床复位按键 (X70.7)、PLC 复位按键 (G29.4)

注：ERS(G27.7) 仅对主通道有效。

示例
[示例 1]

通道 1	辅助通道 1
O101 G0 Z0 CP103 CL1；// 定位，并用辅助通道 1 执行 O103 G4.2 NQ1 ； // 等待辅助通道 1 结束 X0 Y0 Z100. ； M30 ；	O103 G54.9 P124 ； G03 X40. Y20. R-30. F2000. ； M30 ；

[示例 2]

通道 1 和辅助通道 1 通道编在同一程序
O101 G0 Z0 CN1000；// 定位至 Z0，并用辅助通道 1 执行 N1000 开始至程序结束之间的程序块 G4.2 NQ1 ； // 等待辅助通道 1 结束 X0 Y0 Z100. ； M30 ； N1000 G54.9 P124 ； G03 X40. Y20. R-30. F2000. ； M30 ；

[示例 3]

通道 1 和辅助通道通在同一程序
O101 G0 Z0 CN1000；// 定位至 Z0，并用 PEXC 执行 N1000 开始至程序结束之间的程序块 G4.2 NQ1 ； // 无法等到辅助通道通 1 结束，除非复位。 X0 Y0 Z100. ； M30 ； N1000 G1 X100. F2000. ； // 循环起始段 N1001 X0. ； N1002 M99 ； // 循环，跳至 N1000 继续执行

调用方式 2：PLC 中 PEXC 指令调用

PEXC 指令
功能：PLC 通道程序并行执行指令函数；
格式：

输入说明

ACT：输入信号，ACT **有效时**辅助通道将执行程序文本（当 ACT 为 0 会停止执行）；

通道号：常量或变量，范围 1~8；

程序文本：通道执行程序文本；

输出说明

无输出；

备注： 1：每一个通道可以最多拥有 32 个并行程序，但一次只能执行一个并行程序；

2：同一个通道的多个并行程序只能同时接通一个，同一通道内切换到另一个程序时需要间隔一个 PLC 周期；

3：并行程序暂不支持在线编辑，请在 PC 端编辑；

注意：须配合 KNDPLC V5.5 以上版本使用

复位

以下情况引发复位 (减速停止，有报警时复位报警)：

1. 急停信号 (G27.4 *ESP) 有效。不复位调用逻辑错误。
2. ERS_i 信号有效。不复位调用逻辑错误。
3. ACT=0。复位调用逻辑错误。

注：ERS(G27.7) 仅对主通道有效。

调用方式 3：PLC G 接口调用

G 接口

G14004		**(辅助通道 1) 调用程序号**
G14054		(辅助通道 2) 调用程序号
G14104		(辅助通道 3) 调用程序号
G14154		(辅助通道 4) 调用程序号
G14204		(辅助通道 5) 调用程序号
G14254		(辅助通道 6) 调用程序号
G14304		(辅助通道 7) 调用程序号
G14354		(辅助通道 8) 调用程序号

数值非 0 为调用程序号，**数值 0 为复位调用**。

注：可通过将调用程序号清零实现通道复位，通过将通道倍率清零实现通道的暂停

复位

以下情况引发复位 (减速停止，有报警时复位报警)：

1. 急停信号 (G27.4 *ESP) 有效。不复位调用逻辑错误。
2. ERS_i 信号有效。不复位调用逻辑错误。
3. 调用程序号变更为 0。复位调用逻辑错误。

注：ERS(G27.7) 仅对通道 1 有效。

17.3 参数

17.3.1 新增的参数

P10000		**可用通道数，范围 [1,4]**
P10001		通道最大轴数，范围 [1，16]
P10002		通道最大主轴数，范围 [1，8]
P10004		通道共享的易失宏变量个数，范围 [0,400]

设置该参数实现各通道宏变量 [100，499] 的部分和全部共享

P10006		通道共享的非易失宏变量个数，范围 [0,500]

设置该参数实现各通道宏变量 [500，999] 的部分和全部共享

P10010							PMG04	PATHRH	PHCALL

PHCALL: 1/0 是否支持 Cp，CN，Cl 调用；
PATHRH：1/0 多通道是/否允许从程序中间位置启动，通道 1 通过参数 5300.3 设定；
PMG04：1/0 通道中写入宏变量之前中断预读/无特殊操作

P100 011- P10 0018		**通道内各主轴自定义 M 代码**

P11n 10~P11n25		**通道 n 内第 i 轴映射系统轴号,0 无效**
P11n 26~P11n41		通道 n 内第 i 轴映绝对坐标地址
P11n 42~P11n57		通道 n 内第 i 轴映相对坐标地址
P11n 42~P11n57		通道 n 内第 i 轴映相对坐标地址

P20000		AP8MSK	AP7MSK	AP6MSK	AP5MSK	AP4MSK	AP3MSK	AP2MSK	AP1MSK

APnMSK: 1/0 辅助通道 n 屏蔽/不屏蔽

P20001		AP8WK	AP7WK	AP6WK	AP5WK	AP4WK	AP3WK	AP2WK	AP1WK

APn WK 1/0 辅助通道 n 使用独立/通道 1 坐标系

P21n 10~P21n25		辅助通道 n 内第 i 轴映射系统轴号,0 无效
P21n 26~P21n41		辅助通道 n 内第 i 轴映绝对坐标地址
P21n 42~P21n57		辅助通道 n 内第 i 轴映相对坐标地址
P21n 42~P21n57		辅助通道 n 内第 i 轴映相对坐标地址

17.4 G、F 接口

17.4.1 新增的接口

G 接口

G95		多通道系统当前通道号							
G96						ENSTL_4	ENSTL_3	ENSTL_2	ENSTL_1
G97							AXSHOWPG	MTPHPG	

AXSHOWPG：1 切换下一页轴显示，用于通道轴数超过显示轴数的情况
MTPHPG：上升沿跳转到多通道页面
辅助通道 1-8，每通道 50 个 G 接口

G 14000n		DISA XLK_n	ENAT HD_n	MDC HG_n	BD T_n	S TL_n	S BK_n	PAU SE_n	E RS_n
G 14002n		(辅助通道 n) 快速倍率							
G 14003n		(辅助通道 n) 切削倍率							
G 14004n		(辅助通道 n) 调用程序号							

通道 1-4，每通道 500 个 G 接口

G 15000n	D ISAX LK_n		EN ATH D_n		M DCH G_n		BD T_n	S TL_n	S BK_n	PAU SE_n	E RS_n
G 15002n	(通道 n) 快速倍率										
G 15003n	(通道 n) 切削倍率										
G 15010n	JTO LF_n										TF IN_n
G 15011n	TC HK_n										T C4_n
G 15012n	换刀后刀号（BCD 码）										
G 15014n	刀套号（Bin 码）										
G 15015n	刀库刀号（Bin 码）										
G 15022n	(通道 n) 加工件数										
G 15024n	(通道 n) 单批加工件数										
G 15040n	RO V_SW	R O V T 2		R O V T 1					ROV-	RO V100	ROV+
G 15041n								100%	50%	25%	F0
G 15043n	R OV12	R O V 1 1						R OV24	R OV23	R OV22	R OV21
G 15044n	R OV38	R O V 3 7		R O V 3 6		R O V 3 5		R OV34	R OV33	R OV32	R OV31
G 15045n	快速倍率上限值（0——不限制）										
G 15048n	O V_SW	O V T 2		O V T 1					OV-	O V100	OV+
G 15049n								100%	50%	25%	0%
G 15051n	OV12	O V 1 1						OV24	OV23	OV22	OV21
G 15052n	OV38	O V 3 7		O V 3 6		O V 3 5		OV34	OV33	OV32	OV31
G 15053n	进给倍率上限值（0——不限制）										

F 接口

辅助通道 1-8，每通道 50 个 G 接口

F 14000n		NR EST_n	PF IN_n	PPAU SE_n	PST L_n			PEA LM_n	BU SY_n
F 14002n		(辅助通道 n) 逻辑错误码							
F1 4020n~ F1 4035n~		(辅助通道 n) 第 i 轴映射的系统轴号							
F1 4035n~ F1 4043n~		(辅助通道 n) 第 i 轴映射的系统主轴编号							

通道 1

F1309		(通道 1) 当前程序栈深度							
F1310~ F1325~		(通道 1) 第 i 轴映射的系统轴号							
F1326~ F1333~		(通道 1) 第 i 轴映射的系统主轴编号							
F1400		J TOL_1							TF_1
F1402		T 代码（BC D 码）							
F1816		(通道 n) 用户总加工时间（单位：小时）							
F1820		(通道 n) 用户总加工时间（单位：分钟）							
F1821		(通道 n) 用户总加工时间（单位：秒）							

通道 2-4，每通道 500 个 G 接口

F 15000n		NRE ST_n		PFIN_n		PSTL_n		PPAUSE_n	CUT-n		PEALM_n	
F 15002n		(通道 n) 逻辑错误码										
F 15010n		JT OL_n										TF_n
F 15012n		T 代码（BCD 码）										
F 15014n		当前刀补号										
F15020											CLRNTOL_n	CLRNONE_n
F 15022n		(通道 n) 加工工件目标件数										
F 15024n		(通道 n) 加工工件单批件数										
F15026		(通道 n) 当前程序栈深度										
F15028		(通道 n) 用户总加工时间（单位：小时）										
F15032		(通道 n) 用户总加工时间（单位：分钟）										
F15033		(通道 n) 用户总加工时间（单位：秒）										
F 15040n		10 0%_n										
F 15041n									100%	50%	25%	F0
F 15043n		R OV12		ROV11					ROV24	ROV23	ROV22	ROV21
F 15044n		R OV38		ROV37		ROV36		ROV35	ROV34	ROV33	ROV32	ROV31
F 15048n		10 0%_n										
F 15049n									100%	50%	25%	F0
F 15051n		OV12		OV11					OV24	OV23	OV22	OV21
F 15052n		OV38		OV37		OV36		OV35	OV34	OV33	OV32	OV31
F15100n~F15115n~		(通道 n) 第 i 轴映射的系统轴号										
F15116n~F15123n~		(通道 n) 第 i 轴映射的系统主轴编号										

17.5 多通道控制

17.6 轴的分配

轴的分配通过通道配置下的轴号分配页面进行，通过为每个通道分配控制轴，构建通道的轴组成。未在通道内分配的控制轴不能进行控制。

17.7 混合控制

混合控制的轴必须同时在多个通道分配，例如要对 X1，X2 在 $1,$2 进行混合控制，
轴分配为：
$1: X1，Z1，Y1，C1，X2
$2: X2，Z2，Y2，C2，X1
则在 $1 可以直接控制 X2，$2 可以直接控制 X1；编程时，可以：
-直接编程 X2=100,X1=100;
-使用 G54.1 替换后编程 G54.1 X=X2; X100;
注意：混合控制时需注意通道间等待的问题，否则可能出现通道间重叠报警；

17.8 同步控制

17.8.1 RC 比例控制

系统设计有两个轴比例控制器 (RC)：RC1~RC4。RC 是用于控制从动轴，使其跟随主动轴按编程比例转动。

17.8.2 编程格式

启动 RC 控制器

G351 NLnl NPnp Pp Qq；
[说明]
nl：选择 RC 控制器。有效数值：1~4，对应 RC1~RC4。
未编入默认 RC1 控制器。
np：轴号选择。
十位数：主动轴号 (1~ 最大轴数)，个位数：从动轴号 (1~ 最大轴数)。
未编入时报警。
注：个位数可与十位数相同，此时对该轴进行缩放控制。
p/q：主动轴和从动轴的速比。从动轴速度 = 主动轴速度 *q/p。
p 应为正整数 (>=1)，q 应不为 0(>0 或 <0)
P 未编入时，默认 p=1
Q 未编入时，默认 q=1。q 为负值代表从动轴与主动轴移动方向相反。

停止 RC 控制器

G350 NLnl Pp ；
[说明]
nl：选择 RC 控制器。有效数值：1~4，对应 RC1~RC4。
未编入默认同时停止 RC1~RC4。
p：发出停止信号，并等待 RC 控制器停止
p 有效范围：1
1) P 未编入时，向 RC 控制器发出减速停止信号，但不等待其停止结束
2) 编入 P1 时，向 RC 控制器发出减速停止信号，并等待其停止结束

注：G351/G350 指令，主通道和 PEXC 通道都可使用。

17.8.3 诊断接口

F/G 区接口

G1260		RC1 -TO4	RC1 -TO3	RC1 -TO2	RC1 -TO1			RC1- SAAD	RC1 -RST
G1261		RC1 -MA8	RC1 -MA7	RC1 -MA6	RC1 -MA5	RC1 -MA4	RC1 -MA3	RC1 -MA2	RC1 -MA1
G1262		RC1 -SA8	RC1 -SA7	RC1 -SA6	RC1 -SA5	RC1 -SA4	RC1 -SA3	RC1 -SA2	RC1 -SA1
G1265		RC2 -TO4	RC2 -TO3	RC2 -TO2	RC2 -TO1			RC2- SAAD	RC2 -RST
G1266		RC2 -MA8	RC2 -MA7	RC2 -MA6	RC2 -MA5	RC2 -MA4	RC2 -MA3	RC2 -MA2	RC2 -MA1
G1267		RC2 -SA8	RC2 -SA7	RC2 -SA6	RC2 -SA5	RC2 -SA4	RC2 -SA3	RC2 -SA2	RC2 -SA1
G1270		RC3 -TO4	RC3 -TO3	RC3 -TO2	RC3 -TO1			RC3- SAAD	RC3 -RST
G1271		RC3 -MA8	RC3 -MA7	RC3 -MA6	RC3 -MA5	RC3 -MA4	RC3 -MA3	RC3 -MA2	RC3 -MA1
G1272		RC3 -SA8	RC3 -SA7	RC3 -SA6	RC3 -SA5	RC3 -SA4	RC3 -SA3	RC3 -SA2	RC3 -SA1
G1275		RC4 -TO4	RC4 -TO3	RC4 -TO2	RC4 -TO1			RC4- SAAD	RC4 -RST
G1276		RC4 -MA8	RC4 -MA7	RC4 -MA6	RC4 -MA5	RC4 -MA4	RC4 -MA3	RC4 -MA2	RC4 -MA1
G1277		RC4 -SA8	RC4 -SA7	RC4 -SA6	RC4 -SA5	RC4 -SA4	RC4 -SA3	RC4 -SA2	RC4 -SA1

RCi-TO1~ RCi-TO4：(i=1~4)

RC 控制器启动超时秒数。数值 0 为 0.5s。

RCi-RST：(i=1~4)

1—(RCi) 停止控制

注：如果给入该信号，那么应该保持为 1，直到 F126i.0(RCi-CTL) 为 0。

RCi-SAAD：(i=1~4)

1/0—(RCi) 从动轴有/无加减速控制

注 1：启动 RC 控制器时，如果检测到该位为 1，并且此时主动轴还在运动，那么报警 “RC 错误 (G351): 无加减速 (RCi-SAAD=0,i=1~4), 需在控制停止后指令”。

注 2：启动 RC 控制器时，如果检测到该位为 0，那么停止 (G350 或 RCi-RST=1) 时，会等到主动轴停止时才停止 RC 控制器。

RCi-MAj：(i=1~4) (j=1~8)

1—(RCi) 主动轴控制标志（每轴一位）

RCi-SAj：(i=1~4) (j=1~8)

1—(RCi) 从动轴控制标志（每轴一位）

F1260								RC1- SYNC	RC1 -CTL
F1261								RC2- SYNC	RC2 -CTL
F1262								RC3- SYNC	RC3 -CTL
F1263								RC4- SYNC	RC4 -CTL

RCi-CTL：(i=1~4)

1—(RCi) 控制中

RCi-SYNC：(i=1~4)

1—(RCi) 从动轴跟随中 (不包括控制启动时加速过程和停止时减速过程)

17.8.4 RC 控制器说明

坐标更新

RC 控制期间，从动轴跟随主动轴运动的部分脉冲，计入机床坐标，不计入绝对坐标。但累计未计入部分，在 RC 控制结束时更新绝对坐标。

在 RC 控制器启动时刻，当从动轴和主动轴不是同一个轴时，从动轴**绝对坐标清 0**；并在停止时刻，将 RC 控制期间未计入绝对坐标的数据总和计入绝对坐标。当主动轴和从动轴为同一个轴时，**无绝对坐标清 0** 过程。

RC 启动说明

1) 启动后系统在标题栏中间以红色字体醒目提示工作中的 RC 控制器：RC1~4

2) 启动后，如果主动轴或从动轴为主轴，且处于转速控制模式，那么立即进入轮廓控制模式

例如：

配置	第 1 轴为主动轴 (X 轴)，第 4 轴为从动轴 (C 轴，为第 1 主轴)
程序	G351 NP14；// 1:1 控制，C 轴进入轮廓模式，坐标清零 … G350 ；// 虽停止 RC 控制器，但 C 轴仍处于轮廓模式
其 它 说明	G51.3 与 G351 等价，G50.3 与 G350 等价，下同

3) 处于 RC 控制的轴，具有以下限制

a) G27~G30/G53/G153 中编入从动轴轴地址时报警

例如：

配置	第 1 轴为从动轴 (X 轴)
程序	G351 NP21；// 1:1 控制，X 轴为从动轴 G28 X0 ；// 报警

b) 转动主轴时，如果主轴为主动轴或从动轴时报警

例如：

配置	第 4 轴为从动轴，也是第 1 主轴 (C 轴)
程序	G351 NP14；// 1:1 控制，X 轴为从动轴 M3 S200 ；// 报警

4) 从动轴有加减速控制时 (RCi-SAAD=1) 时，当 RC 启动控制后，可再次指定 G351，给入新的控制器数据。

例如：

配置	第 1 轴为主动轴 (X 轴)，第 2 轴为从动轴 (Y 轴)
程序	**G351 NP12 ；** … G351 NP12 Q2 ； … G350 ；

RC 停止说明

1) 通过代码停止

例如：

配置	第 1 轴为主动轴 (X 轴)，第 2 轴为从动轴 (Z 轴)
**程序	G0 X70. Z0. ；** G351 NP12 P2 Q-1 ； … G350 ； // 停止 RC 控制器，但并不等待其结束 (下一段无主动轴和从动轴运动) Y50. ； G350 P1 ； //等待 RC 控制器结束 (下一段有主动轴或从动轴运动需等待) X50. ； …

2) 通过 G 接口停止

PLC 可在复位时接通 RCi-RST(i=1~4)，这样复位时就可以停止相应 RC 控制器。

3) 主动或从动轴报警时，停止 RC 控制器。

从动轴软限位说明
从动轴不检查软限位

17.8.5 SPRC 主轴比例控制

系统设计有两个主轴比例控制器 (SPRC)：SPRC1 和 SPRC2。SPRC 是用于控制从动主轴，使其跟随主动主轴按编程比例转动，同时可进行相位控制和补偿控制的功能。

17.8.6 编程格式

启动 SPRC 控制器

G251 NLnl NPnp Pp Qq Rr NQnq Ee Kk；
[说明]
nl：选择 SPRC 控制器。有效数值：1~2，对应 SPRC1~SPRC2。
未编入默认 SPRC1 控制器。
np：主轴号选择。
十位数：主动主轴号 (1~ 最大主轴数)，个位数：从动 Cs 主轴号 (1~ 最大主轴数)。
未编入时，默认主动主轴为第 1 主轴，从动主轴为第 2 主轴。
p/q：主动主轴和从动主轴转速比。
p 有效范围：1~1000，q 有效范围：-1000~-1 或 1~1000
P 未编入时，默认 p=1
Q 未编入时，默认 q=1。q 为负值代表从动主轴与主动主轴旋转方向相反。
r：主动主轴与从动主轴相位差。
r 满足条件：-360.0 < r < 360.0
若 R 编入，则进行相位控制；若 R 未编入，根据以下情况决定是否要进行相位控制：

1) 使用 SPRC1 且位参数 SPRC1NR(P2700.0)=0，或使用 SPRC2 且位参数 SPRC2NR (P2700.1)=0 时，进行相位控制，等同于输入 R0。
2) 使用 SPRC1 且位参数 SPRC1NR (P2700.0)=1，或使用 SPRC2 且位参数 SPRC2NR (P2700.1)=1 时，不进行相位控制。

相位控制附加速度由从动主轴的“定向或整圈停止电机转速”参数确定。
nq：补偿增益
nq 有效范围：1~100，单位：Hz
当无相位控制或非 1:1 同步主轴，指定 NQ 时报警。
当同时满足以下条件时，不指定 NQ 效果更好，指定反而更差：

1) 主动和从动主轴都为总线轴
2) 位参数 DSPSCi(i–主动主轴的轴号)=1
3) 非控制方式 0 时
4) 驱动器型号及驱动器软件版本相同

e /k：滚齿加工中斜齿圆柱齿轮加工，属专用机械加工。e 为螺旋角，k 为模数。
e 有效范围：-50.0~50.0 度
k 有效范围：0.01~100.0mm 或 0.01/25.4~100.0/25.4inch
E 和 K 同时使用，仅输入一个时报警。

停止 SPRC 控制器

G250 NLnl Pp ；
[说明]
nl：选择 SPRC 控制器。有效数值：1~2，对应 SPRC1~SPRC2。
未编入默认同时停止 SPRC1 和 SPRC2。
p：发出停止信号，并等待 SPRC 控制器停止
p 有效范围：1

3) P 未编入时，向 SPRC 控制器发出减速停止信号，但不等待其停止结束
4) 编入 P1 时，向 SPRC 控制器发出减速停止信号，并等待其停止结束

17.8.7 相关参数

2700								SPRC2NR	SPRC1NR

SPRC2NR：

0/1: SPRC2 控制器未输入 R 时，默认 R0/不进行相位控制

SPRC1NR：

0/1: SPRC1 控制器未输入 R 时，默认 R0/不进行相位控制

2769		(主轴 1) 到位允许误差
2819		(主轴 2) 到位允许误差
2869		(主轴 3) 到位允许误差

指令补偿 (NQ) 时，从动主轴到位允许误差在补偿控制时使用。当误差绝对值大于到位允许误差时，进行补偿。

17.8.8 诊断接口

F/G 区接口

G2009									SP1RSPRC
G2209									SP2RSPRC
G2409									SP3RSPRC

SPnRSPRC：(n=1~ 最大主轴数)

1—(主轴 n) 若处于 SPRC 从动轴控制时，停止此 SPRC 控制 (复位时可选择接通此信号)

F2009								SP1SYNC	SP1SLAVE
F2209								SP2SYNC	SP2SLAVE
F2409								SP3SYNC	SP3SLAVE

SPnSYNC：(n=1~ 最大主轴数)

1—(主轴 n) 处于 SPRC 从动跟随过程中 (不包括加减速阶段)

SPnSLAVE：(n=1~ 最大主轴数)

1—(主轴 n) 处于 SPRC 从动轴控制中

F2124		**(主轴 1) 处于 SPRC 从动跟随过程中的相位差**
F2324		(主轴 2) 处于 SPRC 从动跟随过程中的相位差
F2524		(主轴 3) 处于 SPRC 从动跟随过程中的相位差

注：当 SPnSYNC=0 时，此数据无意义 (为 0)。

N 区接口

以下 N 区接口监控时无需权限。

N1100			PHSCF-1	PHSCS-1	SYNC-1	DECD-1	DECS-1	NEWD-1	EN-1
N1200			PHSCF-2	PHSCS-2	SYNC-2	DECD-2	DECS-2	NEWD-2	EN-2

PHSCF-i(i=1~2)：SPRCi 完成相位同步标记

PHSCS-i(i=1~2)：SPRCi 相位同步开始标记

SYNC-i(i=1~2)：SPRCi 处于同步状态标记

DECD-i(i=1~2)：SPRCi 减速处理中标记

DECS-i(i=1~2)：SPRCi 减速信号输入标记

NEWD-i(i=1~2)：SPRCi 新数据输入标记

EN-i(i=1~2)：SPRCi 启动标记

17.8.9 SPRC 控制器说明

坐标更新

SPRC 控制期间，从动主轴跟随主动主轴运动的部分脉冲，计入机床坐标，不计入绝对坐标。但累计未计入部分，在 SPRC 控制结束时更新绝对坐标。

SPRC 控制器启动时刻，从动主轴**绝对坐标清 0**。停止时刻，将 SPRC 控制期间未计入绝对坐标的数据总和计入绝对坐标。

SPRC 启动说明

启动后系统在标题栏中间以红色字体醒目提示工作中的 SPRC 控制器：SPRC1/SPRC2

注：当 SPRC1 和 SPRC2 都显示时，中间没有空格显示。

启动后，从动主轴立即进入轮廓控制模式

例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ； // 1:1 控制，Y 轴进入轮廓模式，坐标清零 … G50.2 ； // 虽停止 SPRC 控制器，但 Y 轴仍处于轮廓模式
其 它说明	G51.2 与 G251 等价，G50.2 与 G250 等价，下同

启动后，当主动主轴为数字主轴时，那么主轴停止时保持使能状态。

例如：

配置 1	第 1 主轴为总线主动轴 (C 轴)，DSPSC4=1，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S500 ； G4 P2000 ； G51.2 ； G4 P5000 ； M5 ； // C 轴停止后不断使能

配置 2	第 1 主轴为总线主动轴 (C 轴)，DSPSC4=0，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S500 ； G4 P2000 ； G51.2 R0 NQ20 ； G4 P5000 ； M5 ； // C 轴停止后不断使能
配置 3	第 1 主轴为脉冲主轴 (C 轴，P2730=2104)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S500 ； G4 P2000 ； G51.2 R0 NQ20 ； G4 P5000 ； M5 ； // C 轴停止后不断使能

处于 SPRC 从动控制中的主轴，具有以下限制

G27~G30/G53/G153 中编入该轴地址时报警

例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ； // 1:1 控制，Y 轴进入轮廓模式，坐标清零 G28 Y0 ； // 报警

提前转速控制时断使能功能无效

再次指令该轴为另一 SPRC 控制器将报警。系统限制主轴不允许同时为两个 SPRC 控制器的从动主轴

例如:

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ； // 1:1 控制 G51.2 NL2 ； // 报警

SPRC 控制停止前将一直保持使能状态。如果为总线从动主轴，那么附加转速控制时，即便 DSPSCi=0(i 为从动主轴轴号)，也时无法开环。

例如:

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ； // 1:1 控制 M3.2 S2=100 ； // 从动轴附加 100 转/分。若为总线从动主轴，那么闭环控制 M5.2 ； // 停止附加转动 M3.2 ； // 再次附加转动 M61 ； // 报警，因为将无法断开使能信号。

执行 M19/M61/M38/M39 时报警，也包括定向和 C/S 开关按键

例如:

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ； // 1:1 控制 M19 ； // 主动主轴定向 M19.2 ； // 报警

若此时使用 PLC 轴功能控制该从动主轴 (包括手动移动该轴)，那么该控制立即进入轴锁状态。

处于 SPRC 控制中的主动或从动主轴，提前转速控制时断使能功能无效

从动主轴加减速过程中 (非同步跟随阶段)，该主轴的多段加减速参数及转速控制平滑时间有效。

当 SPRC 启动控制，且主动主轴未处于停止状态，但从动主轴未处于跟随过程中，那么系统自动进行切削锁住。

例如:

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S200 ； // 启动主动主轴 G51.2 P1 Q2 ； // 1:2 控制 G01 Z-10. F100. ； // 等待 Y 轴速度稳定 (处于 SPRC 从动跟随过程中) 后切削

注意:

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G51.2 ； // 1:1 控制，主动主轴处于停止状态 G1 Z-10. F100. ； // 虽从动主轴未处于跟随状态，但因主动主轴处于停止状态，不会进行切削锁住

当 SPRC 启动控制后，可再次指定 G251，给入新的控制器数据

例如:

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	M3 S400； G4 P1000； G51.2 Q2； // Y 轴 800 转/分 G4 P1000; G51.2 P2； // Y 轴直接从 800 转/分直接降到 200 转/分 G4 P1000； G51.2； // Y 轴直接从 200 转/分直接升到 400 转/分

SPRC 停止说明

通过代码停止

例如：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	G0 X20. Z0.； M3 S400； G51.2 P2； // Y 轴 200 转/分 G01 Z-10. F500.； G50.2； // 停止，不等待 G0 X25.； G50.2 P1； // 等待 SPRC 控制器，可省略 G0 Y180.0； // Y 轴定位到 180 度
其它说明	“G50.2 P1;”段可省略。下一段指令 Y 轴移动时，系统因为检测到 Y 轴为 SPRC 控制器控制的从动主轴且处于减速状态，所以进行了等待，以保证“G0 Y180.0;”正确运动到 Y180.0。

通过 G 接口停止

PLC 可在复位时接通 SPnRSPRC(n 为从动主轴轴号)，这样复位时就可以停止相应 SPRC 控制器。

有补偿时，且除 SPRC 控制器外有脉冲输出，报警并停止 SPRC 控制器。

主动或从动主轴报警时，停止 SPRC 控制器。

17.8.10 应用举例

多边形加工

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴：第 2 主轴，为从动主轴

位参数 SPRC1NR(P2700.0)=0，目的：省略 R0 编入。

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251； M3 S100； 工件轴旋转速度 100 转/分 G0 X50. Z0.； 快速定位 G51.2 P1 Q2； 刀具旋转轴以速度 200 转/分同步旋转，执行相位同步，但无补偿 G01 Z-10. F100.； Z 轴进给 G0 X80.； X 轴回退 G50.2； 刀具旋转轴同步解除，刀具停止 G0 Z100.； Z 轴退回安全位置 M30；

同步夹持工件

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴：第 2 主轴，为从动主轴

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251； … 第 1 主轴卡盘关闭 M 代码 PLC 实现 … M3 S1500； 第 1 主轴旋转 … G51.2 R0 NQ10； 同步控制，且有相位同步，有补偿 … 第 2 主轴卡盘关闭 M 代码 PLC 需确认 F2208.1(SP2SYNC)=1，然后关闭卡盘 …
说明	**在主轴同步夹持模式中，主动主轴与从动主轴同时夹持相同工件时，请勿更改主轴转速或停止主轴。否则可能因变速过程中，同步误差变大，而引发非常危险的情况。**

主轴重叠

在主轴重叠方式下，进行攻丝/钻孔等，以提高效率。

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴 (攻丝轴)：第 2 主轴，为从动主轴

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251； M3 S500； 工件轴旋转速度 500 转/分 … G51.2； … G0 X0 Z2.； G84 Z-20. F2. S2=300 NS2； 重叠后，攻入时 800 转/分，攻出时 200 转/分 G250； M5； M30；

平齿轮加工 (专用机械)

工件轴：第 1 主轴，为主动主轴

刀具旋转轴 (滚齿轴)：第 2 主轴，为从动主轴

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (C 轴)，第 2 主轴为从动轴 (Y 轴)
程序	O0251； M3 S500； 工件轴旋转速度 500 转/分 G0 X40. Z5.； 快速定位 G51.2 P10 R0； 滚齿轴 50 转/分同步旋转，执行相位同步 G01 Z-10. F10.； 第 1 次切入 G0 X44.； Z5.； X38.； G01 Z-10. F10.； 第 2 次切入 G0 X44.； … G50.2； 刀具旋转轴同步解除，刀具停止 … M30；

斜齿轮加工 (专用机械)

刀具旋转轴 (滚齿轴)：第 1 主轴，为主动主轴

工件轴：第 2 主轴，从动主轴

其它加工参数：齿数 P=68，滚齿条数 Q=3，螺旋角 E=18 度，模数 K=2.5mm，工件左旋，滚刀右旋。注：P/Q 不可约分。

示例：

配置	第 1 主轴为主动轴 (Y 轴)，第 2 主轴为从动轴 (C 轴)
程序	O0251； G250； M3 S160； // 刀具旋转速度 500 转/分 G0 X20. Z3.； // 快速定位 G251 NP12 P68 Q-1 E18.0 K2.5 R0； // 启动滚齿加工，执行相位同步 G00 X-5.5； G1 Z-80. F0.050； // 第 1 次切入 G0 X20.； G1 Z3. F3.； //用 G1 回定位位置，相当于 C 轴补偿量归零 (不能用 G0) G0 X-8.5； G01 Z-80. F0.050； // 第 2 次切入 G0 X20.； … G50.2； // 刀具旋转轴同步解除，刀具停止 … M30；

17.8.11 重叠控制

通过修改参数 400.7 允许重叠控制；

17.8.12 多主轴控制

1. 单独的 S 指令通道内的主轴，例如 S2 = 1000，则指令通道内的第 2 主轴.

2，M 和 S 组合指定通道内的主轴，当 S 指令在 M 指令之后且只指定 S 时，S 控制的是 M 指令指定的主轴；例如 M3.2 S1000 则指令通道内的第 2 主轴.

3. M S P 指令，但只有 M，S 字符且后面有 P 字符时，M 和 S 控制的主轴由 P 指定，且支持夸通道。P 由两位数组成，高位为通道号，低位为通道内主轴号.

例如 M3 S1000 P21，则指令通道 2 的第 1 主轴
注意：M S P 指令应该独立一行

17.8.13 通道间等待

G4.1 通道等待命令

该命令可用于通道和辅助通道。

格式

G4.1 Pp Qq NQnq;
p：等待信号编号，1~999，未输入或超出范围报警。
q：等待通道编号，每 1 位十进制为 1 个通道编号, 从 1 开始。
nq：等待辅助通道编号，每 1 位十进制为 1 个辅助通道编号，从 1 开始。

1. G4.1 应单独一行，包含以下地址时报警：

a) M/S/T
b) 轴地址
c) 其它 G 代码

示例

通道 1	辅助通道 1

O0001 ;
G0 X0 Y0 ;
CP1000 ;
G1 X100. F1000. ;
G4.1 P1 NQ1 ; //等待辅助通道 1 信号
X0. ;
…
M30 ;
	O1000 ;
	G1 Y100. F1000. ;
	G4.1 P1 Q1 ; // 等待通道 1

通道 1	通道 2	辅助通道 1
O0001 ; G0 X0 Y0 ; CP1001 C ; G1 X100. F1000. ; // 同时等待通道 1，2，辅助通道 1 G4.1 P1 Q12 NQ1 ; X0. ; … M30 ;	O0002 G1 Y100. F1000. ; // 同时等待通道 1，2，辅助通道 1 G4.1 P1 Q12 NQ1 ;	O1001 ; G1 Z100. F1000. ; // 同时等待通道 1，2，辅助通道 1 G4.1 P1 Q12 NQ1;

G4.2 等待通道结束命令

该命令可用于通道和辅助通道。

格式

G4.2 Qq NQnq;
q：等待通道编号，每 1 位十进制为 1 个通道编号；
nq：等待辅助通道编号，每 1 位十进制为 1 个辅助通道编号；

1. G4.2 应单独一行，包含以下地址时报警：

a) M/S/T
b) 轴地址
c) 其它 G 代码
d) 注意：Q0001 等价于 Q1，高位 0 忽略
e) 注意：G4.2 不能用于其他通道等待通道 1

示例

通道 1	辅助通道 1

O0001 ;
G0 X0 Y0 ;
CP1000 ;
G1 X100. F1000. ;
G4.1 P1 NQ1 ; //等待辅助通道 1 信号
X0. ;
G4.2 NQ1 ; // 等待辅助通道 1 执行完
G0 X0 Y0 ;
M30 ;
	O1000 ;
	G1 Y100. F1000. ;
	G4.1 P1 Q1 ; // 等待通道 1
	M30 ;

17.9 程序

17.10 程序名

程序名可以由数字，字母，中文等合法字符组成，最长不超过 127 个字符。

其中如果程序名以 Oxxxxx 开头并且程序号在 10000 以下时，拥有合法的 O 号并且这个程序可以作为子程序调用，否则程序只能作为主程序运行。不同的通道可以由相同名称的程序。

多通道程序时需要区分程序所属的通道。当文件名或者路径中包含‘$’字符时，将解析通道‘$’字符后的数字作为通道号。当需要同时指定程序号和通道号时，请按照 O1234（$1）格式指定。

例如 O1234($1) 精铣.PRG
O1234($2) 粗削.PRG

17.11 程序的导入导出

17.11.1 程序的导入

在 U 盘页面，新增了【载入目录】软菜单，当光标停留在一个目录文件时，可以载入目录中的所有程序文件，以及含有‘$’字符的子目录文件

在程序页面，通过输入 O-9999，按【输入】键从 U 盘的 KND 目录下导入程序文件，以及含有‘$’字符的子目录文件；

17.11.2 程序的导出

输出程序时，将在 KND 目录下创建’程序’文件夹，所有程序按通道输出到该文件夹中。库程序放在 ‘’ 程序 ‘’ 文件夹中，通道 1 的程序为放在“” $1 “” 子文件夹中，通道 2 的程序为放在“$2“子文件夹中，方便用户管理。

在文件管理的本地页面，通过【备份程序】软菜单或者在程序页面，通过输入 O-9999，按【输出】键，可以把系统中所有的程序备份到“程序”文件夹中。

注意：导入文件是默认从 KND 文件夹中导入，而导出程序是放在了 KND 文件夹下的程序子目录中。

17.11.3 程序的清除

在文件管理的本地页面，通过【清空程序】软菜单或者在程序页面，通过输入 O-9999，按【删除】键，可以清除系统所有程序。在弹出的对话框中，提供两种选择：清除所有程序或者清除除去库程序以外的程序；

17.11.4 同一个文件中的多通道程序

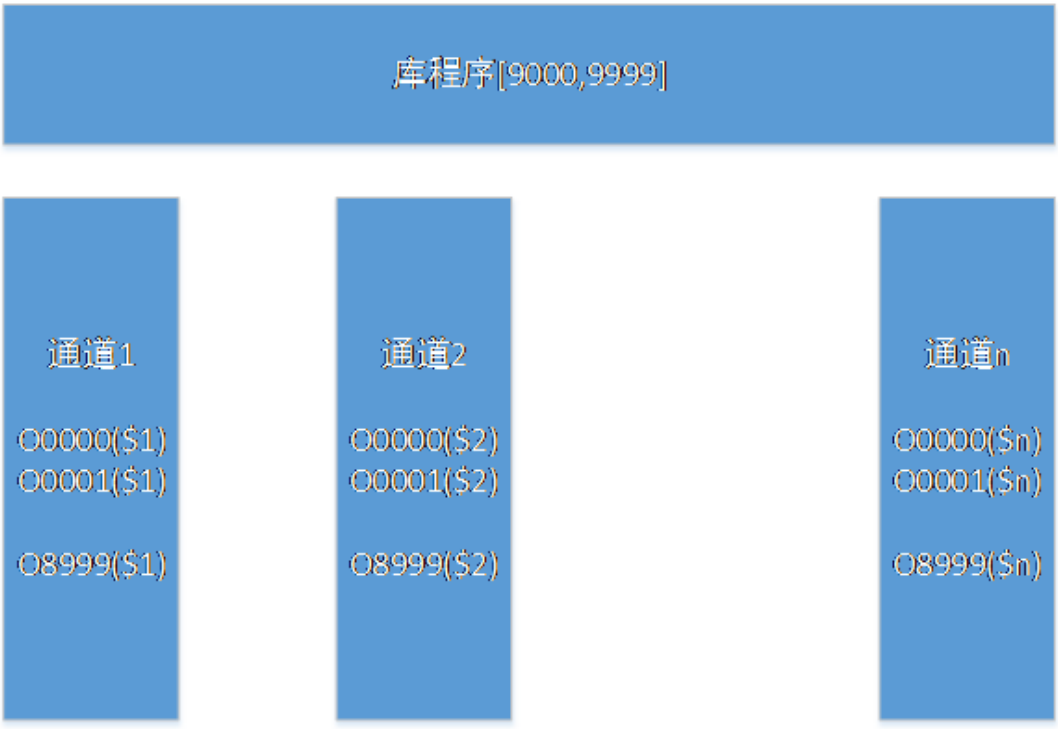
相互关联的多通道程序可以写在同一个文件中，每个程序必须以 Oxxxx($x) 开头，输入时根据指定的通道号输入到对应通道。输出时会拆分为两个文件分别放入各自的通道子文件中。

实例：多通道程序.PRG

```
%
O1234($1)
// 通道1程序
G00 X0 Z0;
X10;
Z10;
M30;

O1234($2)
// 通道2程序
G01 X0 Z0 F1000;
X10;
Z10;
M30;
```

17.11.5 程序结构



17.11.6 库程序

【9000-9999】之间的程序作为库程序，库程序被各通道共享；不允许通过修改程序号的方式把库程序变成非库程序，或者非库程序变成库程序；确实有需求可以通过块编辑的复制粘贴

实现。机床厂提供的程序或者 G 代码库程序应作为库程序供用户使用；

17.11.7 通道程序

除库程序外，其余程序都是通道内程序。通道与通道之间的程序彼此隔离，程序号可以相同，不能编辑或启动其他通道的程序。通道程序会在 O 号后面附加一个通道号，输出这个程序时会带上这个通道号，输入时系统根据这个通道号来决定是属于哪个通道的程序。如果输入时不能决定程序的通道，则作为当前通道的程序输入。

示例：

```
O1000 ($1)
G00 X100;
X0;
M30;
```

通道间程序复制，可以:
-通过块编辑，在一个通道中复制到剪贴板，切换到另一个通道的程序进行粘贴；
-通过程序页面下的【存至通道】操作进行

17.11.8 程序调用

1. 通过 M98 或 G65 或自定义 G，M，T 代码调用程序时，可以：
   - 调用公共的库程序（9000 以上）；
   - 多通道调用本通道的子程序；
   - 并行通道调用通道 1 的子程序；
2. 通过 CP，G 接口调用程序时，
   - 调用通道 1 的程序；
   - 增加 G15024 通道 2 外部调用程序接口
   - 增加 G32.4、G15001.6 控制外部调用程序是否设置为主程序
   - 外部调用接口在非加工状态任何方式下有效

示例：

```
O0001 ($1)
CP0002 CL3; // 调用通道1的O0002程序
M98 P9000; // 调用公共的O9000库程序;
G65 P99;  // 调用通道1的O99号程序;
```

17.12 宏变量

各通道的宏变量可以独立或有重叠部分，通过参数 P9004，P9006 进行设置。宏变量具有作用域，全局作用域的宏变量在所有通道都相同，通道作用域的变量限定在编程通道且各通道值可以不同，少量宏变量只在通道 1 有效。

注意：目前自定义宏变量图片功能限定在通道 1；

变量号（旧）	变量号（新）	作用域	变量名称	变量类型/变量含义
#0~#63	#0~#63	通道		局部变量
#100~#499	#100~#499	通道		公用非保持变量
#500~#999	#500~#999	通道		公用保持变量

续下页

表 1 - 接上页

变量号（旧）	变量号（新）	作用域	变量名称	变量类型/变量含义
#1000~#1015	#1000~#1015	全局		PLC 宏输入位接口
#1032	#1032	全局		PLC 宏输入数据接口
#1100~#1115	#1100~#1115	全局		PLC 宏输出位接口
#1132	#1132	全局		PLC 宏输出数据接口
#1480~#1767	#1480~#1767	全局		P LC 宏输入接口
#3001	#3001	全局		计时器
#3002	#3002	全局		自动运行时间
#3011~3012	#3011~3012	全局		系统时钟
#3020~#3027	#3020~#3051	通道		驱动器反馈轴转矩值
#3901	#3901	通道 1		已加工件数
#3902	#3902	通道 1		已加工单批件数
#4001~#4017	#4001~#4017	通道		各组模态 G 代码
#4099	#4099	通道		A/B 组 G 代码标志（车床）
#4103	#4103	通道		D 代码
#4105	#4105	通道		F 代码
#4107	#4107	通道		H 代码
#4111	#4111	通道		L 代码
#4112	#4112	通道		最后一个 M 代码
#4113	#4113	通道		顺序号
#4114	#4114	通道		程序号
#4119	#4119	通道		T 代码
#4118	#4118	通道		第一主轴 S 代码
#4126	#4126	通道		第一主轴 S 代码
#4127	#4127	通道		第二主轴 S 代码
#4128	#4128	通道		第三主轴 S 代码
#4129	#4129	通道		第四主轴 S 代码
#4130	#4130	通道		第五主轴 S 代码
#4131	#4131	通道		第六主轴 S 代码
#4132	#4132	通道		第七主轴 S 代码

续下页

表 1 - 接上页

变量号（旧）	变量号（新）	作用域	变量名称	变量类型/变量含义
#4133	#4133	通道		第八主轴 S 代码
#5001~#5008	#5151~#5182	通道 1	#ABSIO[n]	程序段终点位置 下标 n 为轴号(1~32)
#5011~#5018	#5101~#5132	通道	#ABSMT[n]	当前机床坐标值 下标 n 为轴号(1~32)
#5041~#5048	#5201~#5232	通道	#ABSOT[n]	当前绝对坐标值 下标 n 为轴号(1~32)
#5061~#5068	#5301~#5332	通道 1	#ABSKP[n]	G31 指令跳跃位置 下标 n 为轴号(1~32)
#5080	#5250	通道	#TOFSR	当前刀具半径补偿量
#5081~#5088	#5251~#5282	通道	#TOFS[n]	当前刀具长度补偿量 下标 n 为轴号(1~32)
#5541~#5548	#5401~#5432	通道	#WZG54[n]	G54 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)
#5551~#5558	#5501~#5532	通道	#WZG55[n]	G55 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)
#5561~#5568	#5601~#5632	通道	#WZG56[n]	G56 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)
#5571~#5578	#5701~#5732	通道	#WZG57[n]	G57 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)
#5581~#5588	#5801~#5832	通道	#WZG58[n]	G58 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)
#5591~#5598	#5901~#5932	通道	#WZG59[n]	G59 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)
#6001~#6008	#200 001~#200032	通道	#WZCMN[n]	EXT 坐标系 下标 n 为轴号(1~32)

续下页

表 1 – 接上页

变量号（旧）	变量号（新）	作用域	变量名称	变量类型/变量含义
6011-6018 6021-6028 。。。 6991-6998	20 0101-200132 20 0201-200232 。。。 20 9901-209932	通道	#WZP1[n] #WZP2[n] … #WZP99[n]	G54P1 坐标系 G54P2 坐标系 。。。 G54P99 坐标系 下标 n 为轴号（1~32）
#9000~#9007	#9000~#9031	通道		通道内 P1 ~P32 对应轴号
	#9800	全局		阶跃速度写开关
	#9801~#9832	全局		轴阶跃速度值
	#9841~#9872	全局		轴阶跃速度响应时间
#9906	#9906	通道 1		半径补偿号
#9907	#9907	通道 1		MACC 补偿标志
#9908	#9908	通道 1		MACC 平滑时间
#9909	#9909	通道 1		MACC 补偿平面
#9910~#9917	#9911~#9942	通道 1		MA CC 轴补偿速度
#9920	#9950	通道 1		MACC 补偿半径
#9921~#9928	#9951~#9982	通道 1		MACC 轴长度补偿量
#300001 ~ #300256	#300001 ~ #300256	通道	#OFSRG[m]	半径形状 下标 m 为刀补号（1~256）
#301001 ~ #301256	#301001 ~ #301256	通道	#OFSRW[m]	半径磨损 下标 m 为刀补号（1~256）
#302001 ~ #302256	#302001 ~ #302256	通道	#OFST[m]	刀尖方向 下标 m 为刀补号（1~256）
#4xx000	#4xx000	通道	#WZSFT1 #WZSFT2 . . #WZSFT32	工件偏移（xx 为轴号，从 1 到 32）
#4xx001 ~ #4xx256	#4xx001 ~ #4xx256	通道	#OFSG1[m] #OFSG2[m] . . #OFSG32[m]	长度形状（xx 为轴号，从 1 到 32） 下标 m 为刀补号（1~256）

续下页

表 1 - 接上页

变量号（旧）	变量号（新）	作用域	变量名称	变量类型/变量含义
#5xx000	#5xx000	通道	#TSFT1 #TSFT2 . . #TSFT32	刀具偏移（xx 为轴号，从 1 到 32）
#5xx001 ~ #5xx256	#5xx001 ~ #5xx256	通道	#OFSW1[m] #OFSW[m] . . #OFSW32[m]	长度磨损（xx 为轴号，从 1 到 32） 下标 m 为刀补号（1~256）

应用举例：

```
#100 = #ABSOT[2];  // 获取第2轴当前绝对坐标值
#100 = #TOFS[2];  // 获取第2轴当前长度补偿量
#100 = #OFSG2[1];  // 获取第2轴的1号刀补长度补偿值
#100 = #OFSW2[1];  // 获取第2轴的1号刀补磨损补偿值
```

17.13 平衡切削功能

使用车床进行细长轴加工时，由于工件容易在加工过程发生弯曲，无法有效控制最终加工后的精度和一致性。平衡切削功能主要是在工件的两侧同时安装刀具, 同时开始切削,

两侧刀架动作完全同步，在刀具移动的任何一处，细长轴工件在径向方向始终是受力平衡的, 因此能够有效的抵抗工件的弯曲变形，提高加工精度。同时由于使用两把刀进行加工还可缩短加工时间。

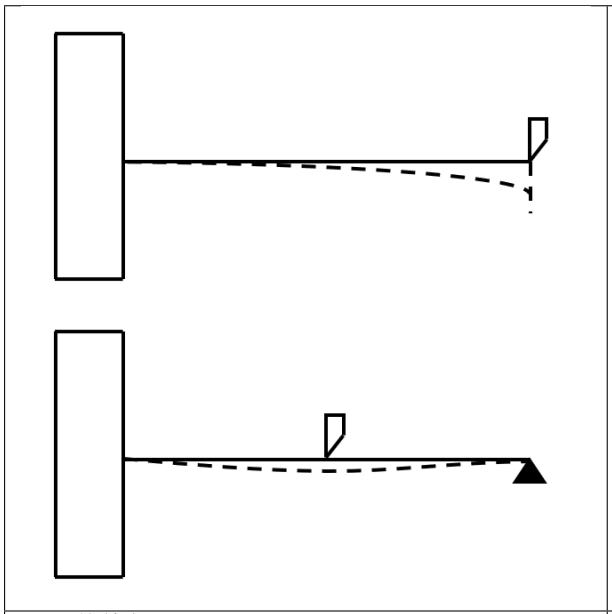


图 1 传统加工

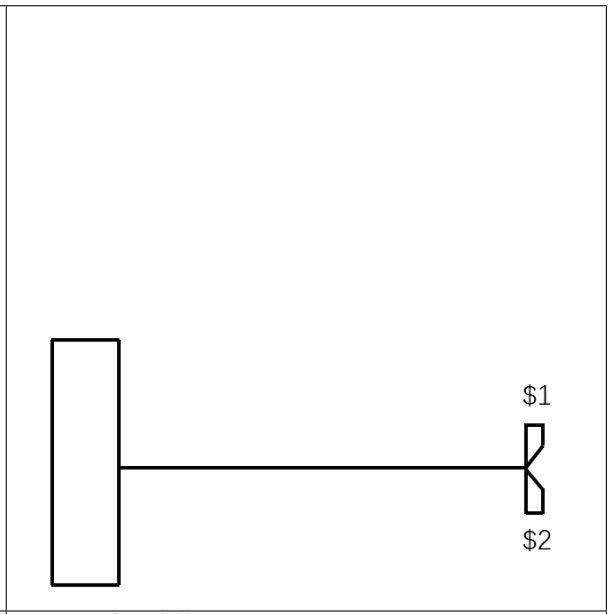


图 2 平衡切削加工

17.13.1 相关参数

P2503						G114CUTW			

1/0: 平衡切削指令 G114 仅在切削进给程序段/所有程序段等待

17.13.2 平衡切削指令格式

平衡切削开启

G114（G14.1）

备注： 1：系统最多支持的同时等待通道数为 4(主通道 + 辅助通道)，编入的等待通道数大于 4，系统报警 PS795
2：系统输入的主通道号或者辅助通道号错误时，系统报警 PS796
3：平衡切削指令不允许嵌套编入，否者系统报警 PS797
4：平衡切削 G 代码指令不能和其他 G 代码指令在同一行编入，也不允许 MST 和轴地址的输入
5：平衡切削开启后，将在之后的每一个程序段执行前进行同步操作。是否仅在切削段同步还是在所有程序段同步，受参数 P2503.3(G114CUTW) 控制
6：平衡切削等待的通道出现报警，则给出报警，停止运行。
7：平衡切削开启后，指定遇到固定循环指令时，仅在固定循环执行前插入同步等待操作
8：进行子程序调用后，将构成子程序的程序段内的个指令也作为平衡切削对象处理
9：执行 G14 后，各系统不再同步，独立执行

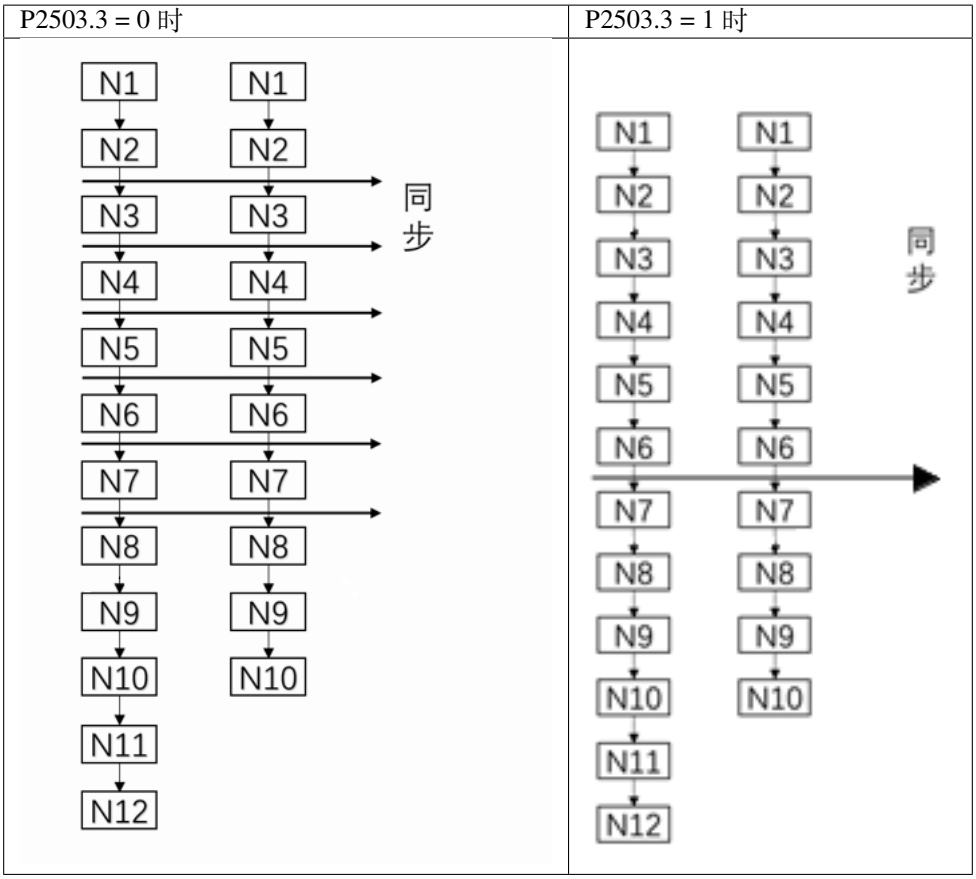
关闭平衡切削
以下三种情况会关闭平衡切削

- 主动执行 G14 关闭
- 程序执行结束 (M30 或者 EOR)
- 复位

示例 1

% (通道 1 $1) N1 G28 X0 ; N2 G114 Q2; N3 M8; N4 T0101; N5 G0 X300; N6 M3 S500; N7 G01 X200 F500; N8 G0 X100; N9 G14; N10 G01 X50 F300; N11 G0 X0; N12 M30; %	% (通道 2 $2) N1 G28 Z0 ; N2 G114 Q1; N3 M8; N4 T0102; N5 G0 Z300; N6 M3 S500; N7 G01 Z200 F500; N8 G0 Z100; N9 G01 Z50 F300; N10 M30; %

通道执行过程如下如下:



示例 2：(子程序)

通道 1 $1	通道 2 $2
% G28 X0; G114 Q2; G01 X100 F500; M98 P100; G04 X2; M30;	% G28 Z0; G114 Q1; G01 Z100 F300; M98 P101; G04 X2; M30;
O100(子程序);	O101(子程序);
G00 X0 Z0; G01 X100 F300; Z100; X0; Z0; M99;	G00 X0 Z0; G01 X100 F300; Z100; X0; Z0; M99;

示例 3：(固定循环)

通道 1 $1	通道 2 $2
% G114 Q2; G00 X40 Z50; G71 P1 Q2 F1500; N1 G00 X20; G01 Z45; X30 Z40; Z35; X25 Z30; Z25; N2 X30; G01 X0 Z0 F300; M30; %	% G114 Q2; G00 X40 Z50; G71 P1 Q2 F1500; N1 G00 X20; G01 Z45; X30 Z40; Z35; X25 Z30; Z25; N2 X30; G01 X0 Z0 F300; M30; %

17.13.3 注意事项

进行平衡切削指令时，只是在指令执行结束时进行各通道间的同步等待操作。因此需要确保 G114 和 G14 的等待对象程序段数一致以及移动量和进给速度一致，才能完全同步移动。