

**WEIHONG**

维宏股份 创业板: 300508

# 维宏加工中心数控系统

## 编程手册

The copyright of this manual belongs to Weihong Electronic Technology Co., Ltd. (hereinafter referred to as Weihong Company). This manual and any image, table, data or other information contained in this manual may not be reproduced, transferred, or translated without any prior written permission of Weihong Company.

The information contained in this manual is constantly being updated. You can login to the official website of Weihong Company [www.weihong.com.cn](http://www.weihong.com.cn) to download the latest PDF edition for free.

本手册版权属于上海维宏电子科技股份有限公司所有。未经本公司书面许可，任何人不得对此说明书和其中所包含的任何资料进行复制、拷贝或翻译成其它语言。

因印刷品具有一定滞后性，产品部分更新内容可能无法及时录入，由此给您带来的不便，敬请谅解。如需了解最新版本的更新内容，可至维宏公司官网 [www.weihong.com.cn](http://www.weihong.com.cn) 进行免费下载。

# 前言

## 如何使用本手册

本手册主要介绍数控编程的相关内容，详细阐述了 NcStudio 编程过程中所涉及的相关指令，有助于编程人员了解 NcStudio 编程体系，更好地开展编程工作。

本手册分为三部分，有 21 章节，具体如下：

第一部分，参考第 1 章，为数控编程和数控机床的相关介绍。

第二部分，参考第 2 章到第 19 章，主要介绍程序结构和编程体系的相关指令。

第三部分，参考第 20 章和第 21 章，介绍编程体系的其他内容。

## 我们的联系方式

公司名称： 上海维宏电子科技股份有限公司  
总部地址： 上海市奉贤区沪杭公路 1590 号  
邮编： 201401  
电话： 400-882-9188  
传真： 021-33587519  
邮箱： weihong@weihong.com.cn  
官网： <http://www.weihong.com.cn>

## 注意事项

注意事项根据不遵守可能会造成危害的程度，分为注意和警告类型。



：一般类型信息，包括但不限于补充说明、使用限制等提示性信息。如果不遵守此类信息，可能会无法正常使用某功能。注意某些情况下不遵守此类信息也会造成人身伤害或机器损坏。



：特别需要提示的信息。如果不遵守此类信息，可能会造成人身伤害甚至是死亡、机器损坏、或者其他财产损失。

# 目录

<b>1</b>	<b>数控编程&amp;数控机床</b>	<b>1</b>
1.1	数控编程概述	1
1.1.1	加工程序的定义	1
1.1.2	加工程序的准备	1
1.2	数控机床概述	2
1.2.1	机床坐标轴	2
1.2.2	机床坐标系的机床零点和机床参考点	3
<b>2</b>	<b>准备功能 G</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>插补功能</b>	<b>7</b>
3.1	G00: 快速定位	7
3.2	G01: 直线插补	7
3.3	G02/G03: 圆弧插补	8
3.4	G904: 条件移动指令	12
<b>4</b>	<b>进给功能 F</b>	<b>14</b>
4.1	快速进给功能	14
4.2	切削进给功能	14
4.3	G903: 强制进给倍率指令	15
4.4	G905: 强制进给速度指令	15
4.5	G04: 暂停指令	16
<b>5</b>	<b>参考点</b>	<b>17</b>
5.1	G28: 自动返回参考点	17
5.2	G29: 从参考点移动	17
5.3	G30: 自动返回第 2、3、4 参考点	18
<b>6</b>	<b>坐标系</b>	<b>19</b>
6.1	G92: 设定工件坐标系	19
6.2	G54~G59: 工件坐标系选择	20
6.3	G54P0~P119: 工件坐标系扩展	21
6.4	G52: 设置局部坐标系	21
6.5	G53: 使用机床坐标系	23
6.6	G17/G18/G19: 选择坐标平面	23
6.7	G921: 指定当前坐标系的当前点工件坐标值	24

6.8	G922: 指定工件坐标系的原点机械坐标.....	24
6.9	G992: 设定临时工件坐标系.....	24
7	坐标值和尺寸.....	27
7.1	G90/G91: 绝对指令和相对指令.....	27
7.2	G20/G21 或 G70/G71: 英制/公制指令.....	28
7.3	G15/G16: 极坐标指令.....	28
8	保护功能.....	31
9	主轴功能 S.....	32
10	刀具功能 T.....	33
11	辅助功能 M.....	34
12	程序结构.....	37
12.1	地址符号.....	37
12.2	程序段格式.....	38
12.3	子程序 (M98、M99).....	38
12.4	子程序 (指定子程序路径的调用).....	40
13	简化编程功能.....	41
13.1	固定循环概述.....	41
13.2	固定循环的动作.....	41
13.3	固定循环指令简介.....	42
13.4	固定循环指令详解.....	44
13.4.1	G73: 高速深孔往复排屑钻.....	44
13.4.2	G74: 左手攻牙循环.....	46
13.4.3	G76: 精细镗孔循环.....	47
13.4.4	G81: 钻孔循环.....	50
13.4.5	G82: 孔底暂停钻孔循环.....	53
13.4.6	G83: 深孔往复排屑钻.....	54
13.4.7	G84: 攻牙循环.....	56
13.4.8	G85: 镗孔循环.....	58
13.4.9	G86: 镗孔循环.....	59
13.4.10	G87: 背面精细镗孔循环.....	61
13.4.11	G88: 镗孔循环.....	63
13.4.12	G89: 孔底暂停镗孔循环.....	65
13.4.13	G80: 取消固定循环.....	66
13.5	特殊固定循环.....	66

13.5.1	概述	66
13.5.2	G34: 圆周钻孔循环	67
13.5.3	G35: 角度直线钻孔循环	68
13.5.4	G36: 圆弧钻孔循环	69
13.5.5	G37: 棋盘孔循环	70
13.5.6	G1025: 刻字指令	71
<b>14</b>	<b>补偿功能</b>	<b>73</b>
14.1	G40/G41/G42: 刀具半径补偿	73
14.2	G43/G44/G49: 刀具长度补偿	75
14.3	G10: 自动更新刀具补偿值	76
14.4	G50/G51: 比例功能	77
14.5	G50.1/G51.1: 镜像功能	78
14.6	G68/G69: 旋转功能	80
<b>15</b>	<b>用户宏指令</b>	<b>84</b>
15.1	变量	84
15.2	系统变量	86
15.3	运算指令	90
15.4	宏语句和 NC	94
15.5	控制语句	94
15.5.1	无条件跳转 (GOTO 语句)	95
15.5.2	顺序号存储型 (GOTO 语句)	95
15.5.3	条件转移 (IF 语句)	96
15.5.4	循环控制语句 (WHILE)	99
15.6	用户宏程序调用	100
15.6.1	简单调用 G65	100
15.6.2	模态调用: 移动指令调用 G66	102
15.6.3	模态调用: 每个程序段调用 G66.1	104
<b>16</b>	<b>高速加工功能</b>	<b>106</b>
16.1	高速高精功能	106
16.2	高精度轮廓光顺 (HPCS) 功能	106
<b>17</b>	<b>编码器相关 G 指令</b>	<b>110</b>
17.1	G916: 写轴配置数据指令	110
17.2	G918: 清空锁存标志位指令	110
17.3	G919: 计算过信号触发点减速距离	110
<b>18</b>	<b>高级功能</b>	<b>112</b>
18.1	G906: 同步指令	112

18.2	G907: 以最短路径运动 .....	112
18.3	G908: 强制以角度为单位编程 .....	113
18.4	G923: 直接设置刀具偏置 .....	113
18.5	M801: 字串信息指令 .....	114
18.6	M802: 整数信息指令 .....	114
18.7	M901: 直接输出指令 .....	115
18.8	M902: 回零结束指令 .....	115
18.9	M903: 更改当前刀具号 .....	115
<b>19</b>	<b>五轴功能 .....</b>	<b>116</b>
19.1	G43.4: 刀尖跟随指令 (RTCP) .....	116
19.2	G68.2: 倾斜面加工功能 .....	117
19.3	G41.2: 三维刀具半径补偿指令 .....	125
<b>20</b>	<b>PUBLIC.DAT 相关 .....</b>	<b>129</b>
20.1	目前表达式 .....	129
20.2	赋值表达式 .....	129
20.3	程序中的注释 .....	130
20.4	自定义 G 代码 .....	130
20.5	自定义扩充 M 代码 .....	131
20.6	命名参数 .....	131
20.6.1	概述 .....	131
20.6.2	命名参数列表 .....	132
<b>21</b>	<b>编程示例 .....</b>	<b>136</b>

# 指令索引

G00: 快速定位.....	7	G81: 钻孔循环.....	50
G01: 直线插补.....	7	G82: 孔底暂停钻孔循环.....	53
G02/G03: 圆弧插补.....	8	G83: 深孔往复排屑钻.....	54
G04: 暂停指令.....	16	G84: 攻牙循环.....	56
G10: 自动更新刀具补偿值.....	76	G85: 镗孔循环.....	58
G15/G16: 极坐标指令.....	28	G86: 镗孔循环.....	59
G17/G18/G19: 选择坐标平面.....	23	G87: 背面精细镗孔循环.....	61
G20/G21 或 G70/G71: 英制/公制指令.....	28	G88: 镗孔循环.....	63
G28: 自动返回参考点.....	17	G89: 孔底暂停镗孔循环.....	65
G29: 从参考点移动.....	17	G90/ G91: 绝对指令和相对指令.....	27
G30: 自动返回第 2、3、4 参考点.....	18	G92: 设定工件坐标系.....	19
G34: 圆周钻孔循环.....	67	G904: 条件移动指令.....	12
G35: 角度直线钻孔循环.....	68	G905: 强制进给速度指令.....	15
G36: 圆弧钻孔循环.....	69	G906: 同步指令.....	112
G37: 棋盘孔循环.....	70	G907: 以最短路径运动.....	112
G40/G41/G42: 刀具半径补偿.....	73	G908: 强制以角度为单位编程.....	113
G41.2: 三维刀具半径补偿指令.....	125	G916: 写轴配置数据指令.....	110
G43.4: 刀尖跟随指令 (RTCP).....	116	G918: 清空锁存标志位指令.....	110
G43/G44/G49: 刀具长度补偿.....	75	G919: 计算过信号触发点减速距离.....	110
G50.1/G51.1: 镜像功能.....	78	G903: 强制进给倍率指令.....	15
G50/G51: 比例功能.....	77	G921: 指定当前坐标系的当前点工件坐标.....	24
G52: 设置局部坐标系.....	21	G922: 指定工件坐标系的原点机械坐标.....	24
G53: 使用机床坐标系.....	23	G923: 直接设置刀具偏置.....	113
G54~G59: 工件坐标系选择.....	20	G992: 设定临时工件坐标系.....	24
G54P0~P119: 工件坐标系扩展.....	21	G1025: 刻字指令.....	71
G68.2: 倾斜面加工功能.....	117	M801: 字串信息指令.....	114
G68/G69: 旋转功能.....	80	M802: 整数信息指令.....	114
G73: 高速深孔往复排屑钻.....	44	M901: 直接输出指令.....	115
G74: 左手攻牙循环.....	46	M902: 回零结束指令.....	115
G76: 精细镗孔循环.....	47	M903: 更改当前刀具号.....	115
G80: 取消固定循环.....	66		

# 1 数控编程&数控机床

## 1.1 数控编程概述

### 1.1.1 加工程序的定义

加工程序由数控装置专用编程语言书写的一系列指令组成，数控装置将加工程序转化为对机床的控制动作。最常用的程序存储介质是穿孔纸带和磁盘。

### 1.1.2 加工程序的准备

如图 1-1 所示，可以用传统的方法手工编制一个加工程序，也可以用一套 CAD/CAM 软件（如目前流行的 MasterCAM 软件）来创建一个加工程序。

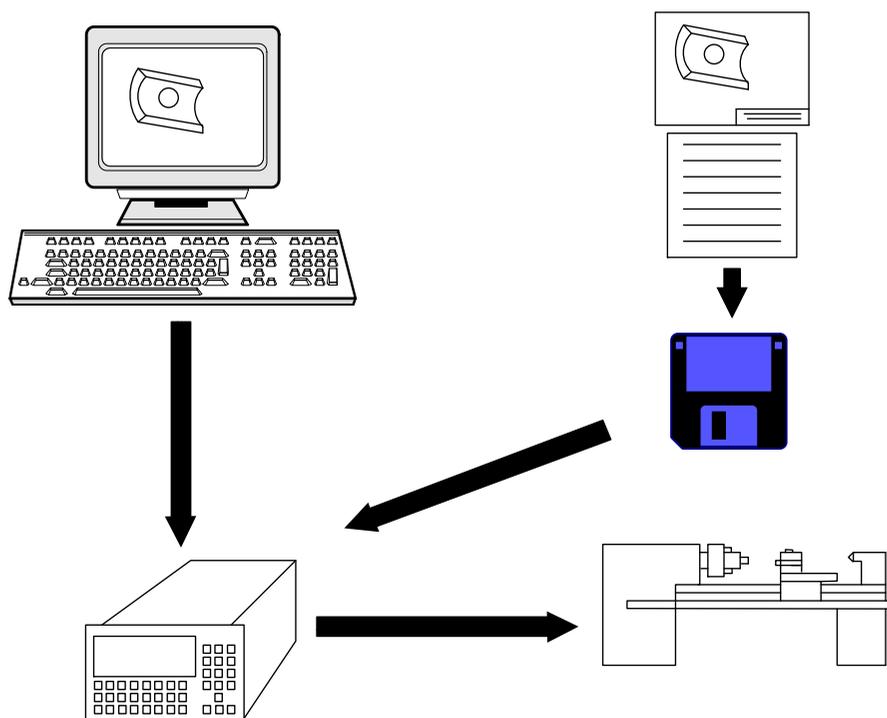


图 1-1 准备一个零件程序

## 1.2 数控机床概述

### 1.2.1 机床坐标轴

#### - 基本坐标轴

为简化编程和保证程序的通用性，我司对数控机床的坐标轴和方向命名制定了统一的规定，规定直线进给坐标轴用 X、Y、Z 表示，常称基本坐标轴。X、Y、Z 坐标轴的相互关系用右手定则决定，如图 1-2 所示，图中大拇指的指向为 X 轴的正方向，食指指向为 Y 轴的正方向，中指指向为 Z 轴的正方向。

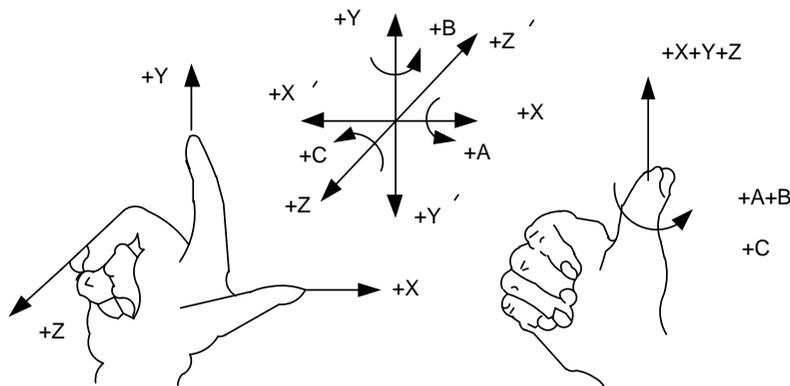


图 1-2 机床坐标轴

#### - 旋转坐标轴

围绕 X、Y、Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A、B、C 表示，根据右手螺旋定则，如图 1-2 所示，以大拇指指向 +X、+Y、+Z 方向，则食指、中指等的指向是圆周进给运动的 +A、+B、+C 方向。数控机床的进给运动有的由主轴带动刀具运动来实现，有的由工作台带着工件运动来实现。上述坐标轴正方向是假定工件不动，刀具相对于工件做进给运动的方向。如果是工件移动，则用加“'”的字母表示，按相对运动的关系工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反，即有：

$$\begin{aligned} +X &= -X' & +Y &= -Y' & +Z &= -Z' \\ +A &= -A' & +B &= -B' & +C &= -C' \end{aligned}$$

同样两者运动的负方向也彼此相反。

#### - 机床坐标轴方向规定

机床坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局，对铣床而言：

Z: Z 轴与主轴轴线重合，刀具远离工件的方向为正方向 (+Z)。

X: X 轴垂直于 Z 轴，并平行于工件的装卡面，如果为单立柱铣床，面对刀具主轴向立柱方向看，其右运动的方向为 X 轴的正方向 (+X)。

Y: Y 轴与 X 轴和 Z 轴一起构成遵循右手定则的坐标系统。

## 1.2.2 机床坐标系的机床零点和机床参考点

### - 机床原点

机床坐标系是机床固有的坐标系，机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点。在机床经过设计、制造和调整 after，这个原点便被确定下来，它是固定的点。数控装置上电时并不知道机床零点，每个坐标轴的机械行程是由最大和最小限位开关来限定的。

### - 机床坐标系

为了正确地在机床工作时建立机床坐标系，通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点(测量起点)，机床起动时，通常要进行机动或手动回参考点，以建立机床坐标系。机床参考点可以与机床零点重合，也可以不重合，通过参数指定机床参考点到机床零点的距离。机床回到了参考点位置，也就知道了该坐标轴的零点位置，找到所有坐标轴的参考点，CNC 就建立起了机床坐标系。机床坐标轴的行程范围是由制造商定义，机床坐标轴的有效行程范围是由软件限位来限定的。

### - 机床零点、机床参考点与机床坐标轴行程的关系

机床零点(OM)、机床参考点(Om)、机床坐标轴的机械行程及有效行程的关系如图 1-3 所示。

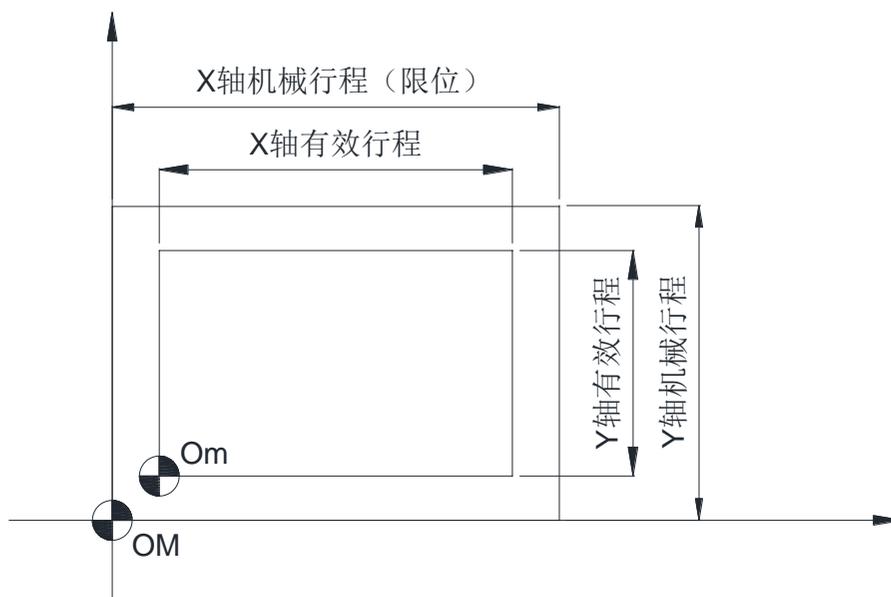


图 1-3 机床零点 (OM) 和机床参考点 (Om)

## 2 准备功能 G

准备功能由 G 代码表示，由 G 后 1~4 位数值组成，G 代码主要用于指定轴的移动和坐标系的设定等功能。例如 G01 用于执行直线插补，G54 用于坐标系设定。

G 代码有两种形式：

1. 非模态 G 代码：只在被指令的程序段中有效。
2. 模态 G 代码：同组的 G 代码指令前一直有效。

### 解释：

- 当指定的 G 代码不在 G 代码一览表中或 public.dat 没有自定义的 G 代码时，会显示报警“文件错误（文件路径）：无效 G 指令：Gn”。
- 在相同程序段中可指定不同组的多个 G 代码。如果在相同程序段中指定了多个相同组的 G 代码，则会显示报警：“文件错误（文件路径-第 n 行）：同组 G/M 指令重复”。
- 在钻孔固定循环中如果指定 01 组的 G 代码，则取消钻孔固定循环，与指定了 G80 是相同的状态。

### - 加工中心 G 代码列表

G 代码	组	含义
G00	01	直线快速定位
G01		直线插补，切削进给
G02		圆弧插补（顺时针）
G03		圆弧插补（逆时针）
G04	00	暂停指定时间
G05		高速高精功能/HPCS 功能
G10		自动更新刀具补偿值
G15	17	极坐标指令取消
G16		极坐标指令
G17	02	设定 X-Y 工作平面
G18		设定 Z-X 工作平面
G19		设定 Y-Z 工作平面
G20 (G70)	06	英制单位加工
G21 (G71)		公制单位加工
G22	04	行程检查开启
G23		行程检查关闭
G28	00	自动返回参考点
G29		从参考点移动
G30		自动返回第 2、3、4 参考点

G 代码	组	含义
G34	09	圆周钻孔循环
G35		角度直线钻孔循环
G36		圆弧钻孔循环
G37		棋盘孔循环
G40	07	取消刀具半径补偿
G41		刀具半径左补偿
G42		刀具半径右补偿
G43	08	刀具长度正向补偿
G44		刀具长度负向补偿
G49		取消刀具长度补偿
G50	11	取消比例功能
G51		启用比例功能
G50.1	22	可编程镜像取消
G51.1		可编程镜像
G52	00	局部坐标设定
G53		使用机床坐标系
G54	14	工件坐标系 1 选择
G55		工件坐标系 2 选择
G56		工件坐标系 3 选择
G57		工件坐标系 4 选择
G58		工件坐标系 5 选择
G59		工件坐标系 6 选择
G51P1~P119		工件坐标系扩展
G65	00	简单宏程序调用
G66	12	模态宏程序移动指令调用
G66.1		模态宏程序单程序段调用
G67		模态宏程序调用取消
G68	16	旋转功能开
G69		旋转功能关
G73	09	高速深孔往复排屑钻
G74		左手攻牙循环
G76		精细镗孔循环
G80		取消固定循环功能
G81		一般钻孔
G82		孔底暂停钻孔循环
G83		深孔往复排屑钻
G84		右手攻牙循环
G85		镗孔循环
G86		镗孔循环

G 代码	组	含义
G87	09	背面精细镗孔循环
G88		镗孔循环
G89		孔底暂停镗孔循环
G90	03	绝对坐标编程
G91		相对坐标编程
G92	00	工件坐标系设定
G94	05	每分钟进给
G95		每转进给
G98	10	复归到初始点
G99		复归到 R 点
G903		强制进给倍率指令
G904		条件移动指令
G905		强制进给速率指令
G906		同步指令
G907		以最短路径运动
G908		强制以角度为单位编程
G916		写轴配置数据指令
G918		清空锁存标志位指令
G919		计算过信号触发点减速距离
G921		指定当前坐标系的当前点工件坐标值
G922		指定工件坐标系（包括外部偏移）的原点
G923		直接设置刀具偏置
G992		临时工件坐标系设定
G1025		刻字指令

## 3 插补功能

---

插补功能用来指定轴的移动方法。

### 3.1 G00: 快速定位

---

刀具沿着一直线移动到指定的点，定位速度不超过各轴的快速进给速度。

#### 格式

**G00/G0 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z: 终点位置或距离。

#### 解释

在由 G00 启动的定位模式中，刀具在程序段起点加速至事先确定的速度，并在程序段的终点处减速，在被确定到位之后，再执行下一程序段。

G00 指令在一个加工程序中是模态的，G00 一直有效，直到被 01 组的其它 G 代码（G01/G02/G03）取代为止。

#### - 轴进给速度

各轴的快速进给速度可通过参数 No.13020 “G00 最大速度” 设置。

#### 例

```
N10 G90 G00 X30 Y30 Z40
```

### 3.2 G01: 直线插补

---

刀具以 F 指定的速度沿直线从起始点移动到目标位置。

#### 格式

**G01/G1 X\_Y\_Z\_F\_**

X\_Y\_Z: 终点位置或距离。

F: 切削进给速度。

#### 解释

G01 指令在一个加工程序中是模态的，G01 一直有效，直到被 01 组的其它 G 代码（G00/G02/G03）取代为止。

### - 轴进给速度

各轴的最大进给速度可通过参数 No.13050 “GXX 最大速度” 设置。

### 例

N05 G00 G90 X40 Y48 Z2 S500 M03	'刀具快速移动到 X40Y48Z2，主轴转速为 500r/min，顺时针旋转
N10 G01 Z-12 F100	'刀具以直线插补运行到 Z-12，进给率为 100mm/min
N20 X20 Y18 Z-10	'刀具继续以直线插补运行到 X20 Y18 Z-10，进给率保持为 100mm/min
N30 G00 Z100	'快速移动
N40 X-20 Y80	
N50 M02	'程序结束

## 3.3 G02/G03：圆弧插补

在指定的平面刀具沿着圆弧运动。

### 格式

XY平面的圆弧插补

$$G17 \quad \left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} \quad X\_Y\_ \quad \left\{ \begin{array}{l} I\_J\_ \\ R\_ \end{array} \right\} \quad F\_$$

YZ平面的圆弧插补

$$G18 \quad \left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} \quad Z\_X\_ \quad \left\{ \begin{array}{l} I\_K\_ \\ R\_ \end{array} \right\} \quad F\_$$

ZX平面的圆弧插补

$$G19 \quad \left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} \quad Y\_Z\_ \quad \left\{ \begin{array}{l} J\_K\_ \\ R\_ \end{array} \right\} \quad F\_$$

指令	说明
G17	XY 平面圆弧指定。

指令	说明
G18	ZX 平面圆弧指定。
G19	YZ 平面圆弧指定。
G02	顺时针方式插补。
G03	逆时针方式插补。
X_ Y_ Z_	圆弧终点位置或距离。
I_ J_ K_	圆弧起点的 X 轴 Y 轴 Z 轴到圆弧中心的距离（带有符号）。
R_	圆弧半径（带有符号）。
F_	圆弧的进给速度。

## 解释

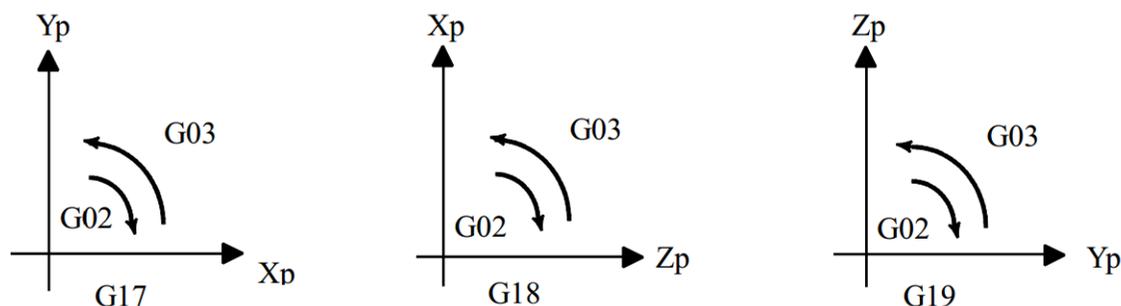
G02 和 G03 指令在一个加工程序中是模态的，一直有效，直到被 01 组的其它 G 代码（G00/G01...）取代为止。

### - 圆弧插补的平面

可以用 G17、G18、G19 指定圆弧插补平面，圆弧编程缺省为 X-Y 平面。

### - 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 XY 平面（ZX 平面/YZ 平面）从 Z 轴（Y 轴/X 轴）的正方向往负方向看而言，如下图所示：

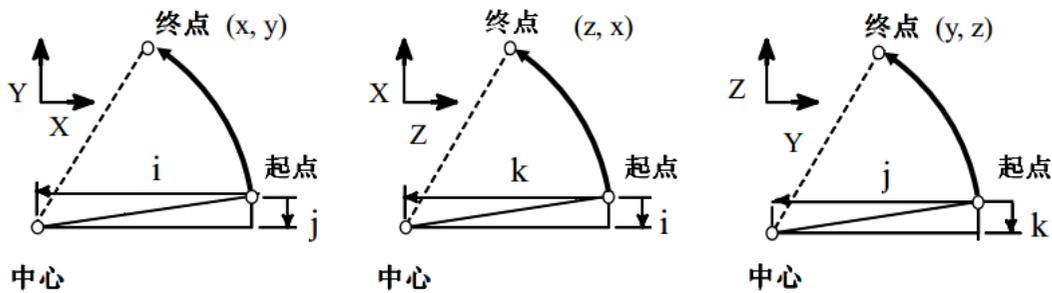


### - 在圆弧上的移动量

圆弧的终点由地址 X<sub>p</sub>、Y<sub>p</sub>、Z<sub>p</sub> 所指定，根据 G90 或者 G91，以绝对值或增量值来表示。增量值带有符号地指定从圆弧起点到终点的距离。

### - 到弧心的距离

相应于 X、Y、Z 轴，圆弧起点到圆弧中心分别用地址 I、J、K 来指定。但 I、J、K 后的数值是圆弧的起点到圆弧中心的矢量的分量值，总是把它规定为增量值。如下图所示，请根据 I、J、K 的方向标上符号。



## - 圆弧的半径

到圆弧中心的距离可以用圆弧半径  $R$  和  $I$ 、 $J$ 、 $K$  来指定。当用圆弧半径  $R$  指定时，在相同的起始点、终点、半径和相同的方向时可以有两种圆弧，当  $R$  的值为负时表明圆弧段大于半圆，为正时则表明圆弧段小于或等于半圆。半径编程不能用于整圆编程，必须分成两部分。例如  $G02R_$ ，否则系统报警提示“圆弧编程有误， $R$  模式不支持整圆编程”。

## - 整圆编程

当用  $I$ 、 $J$ 、 $K$  指定时， $I0$ 、 $J0$ 、 $K0$  可以省略，当  $X_$ 、 $Y_$ 、 $Z_$  均被省略时，代表圆弧起点和终点位置相同，可用  $G02I_$  指定一个整圆。

如果  $I$ 、 $J$ 、 $K$  和  $R$  被同时指令，则由  $R$  指定的圆弧优先， $I$ 、 $J$ 、 $K$  则被忽略。

## - 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。各轴的最大进给速度可通过参数  $N13050$  “ $GXX$  最大速度”设置。

## - 螺旋线插补

除了圆弧插补指令之外，再规定一个和圆弧插补同步运动的另一轴的直线指令，就可以进行螺旋线插补。



1. 当  $R > 0$  时，圆弧和中心的尖角小于  $180^\circ$ ；当  $R < 0$  时，圆弧和中心的尖角大于  $180^\circ$ 。
2. 半径编程不能用于整圆编程，必须分成两部分。

## 例 1

对顺圆和逆圆进行插补，如图 3-1 所示。

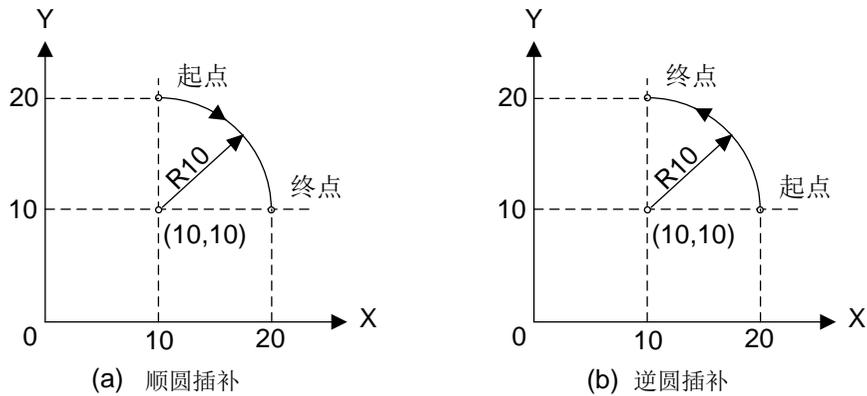


图 3-1 顺圆/逆圆插补

对于图 3-1 (a) 顺圆插补

格式 1

G17 G90 X10 Y20

G02 X20 Y10 I0 J-10 F300

'可简化为 G02 X20 Y10 J-10 F300

格式 2

G17 G90 X10 Y20

G02 X20 Y10 R10 F300

对于图 3-1 (b) 逆圆插补

格式 1

G17 G90 X20 Y10

G03 X10 Y20 I-10 J0 F300

'可简化为 G03 X10 Y20 I-10 F300

格式 2

G17 G90 X20 Y10

G03 X10 Y20 R10 F300

## 例 2

对整圆进行插补，如图 3-2 所示。

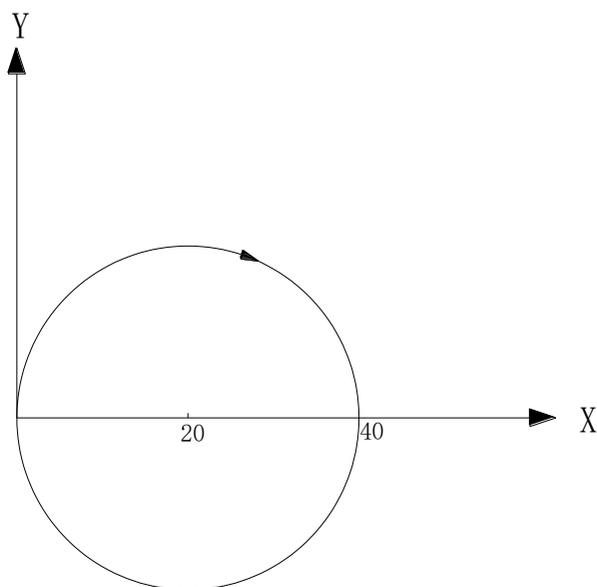


图 3-2 整圆插补

格式 1

G17 G90 X0 Y0

G02 X0 Y0 I20 J0 F300

可简化为 G02 I20 F300

格式 2

G17 G90 X0 Y0

G02 X20 Y-20 R-20 F300

G02 X0 Y0 R20

### 例 3

使用 G03 对图 3-3 所示的螺旋线编程。

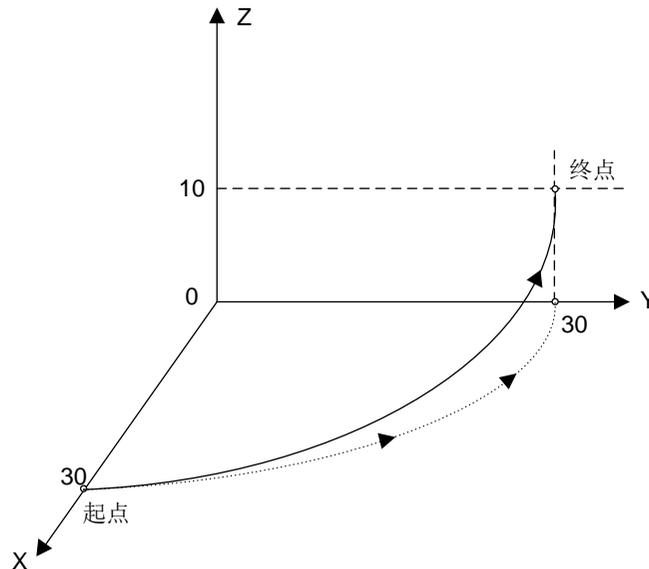


图 3-3 螺旋线编程

G91 编程时:

G00 X30 Y0

G91 G17 F300

G03 X-30 Y30 R30 Z10

G90 编程时:

G00 X30 Y0

G90 G17 F300

G03 X0 Y30 R30 Z10

## 3.4 G904: 条件移动指令

格式

**G904 FX\_PX=\_LX\_FY\_PY=\_LY\_FZ\_PZ=\_LZ\_X\_Y\_Z\_**

FX\_、FY\_、FZ\_: X、Y、Z 轴的移动速度和方向。

PX=\_、PY=\_、PZ=\_: X、Y、Z 轴需要检测信号的端口号。

LX\_、LY\_、LZ\_: X、Y、Z 轴停止移动时需要等待的信号状态 (1: 出现; 0: 消失)。

X\_、Y\_、Z\_: 指定移动的最长距离。

## 解释

不需要的轴可以省略，但任何一个轴一旦出现，除 X\_Y\_Z\_外的指令必须完整。

## 例

G904 FX200 PX=00013 LX1 X20     'X 轴从当前点以 200mm/min 的速度往正方向移动 20mm 的过程中，如果端口地址 00013 有信号，X 轴停止运动，如果端口地址 00013 没有信号，X 轴运动 20mm 后停止运动

## 4 进给功能 F

控制刀具移动速度的功能叫进给功能。进给功能包括快速进给功能和切削进给功能。

### 4.1 快速进给功能

执行 G00 快速定位时，刀具依照参数设置的快速进给速度移动，单位为毫米/分钟(mm/min)。借助操作面板上的快速进给倍率旋钮，快速进给速度可在 0%~100%进行倍率修调。

#### 格式

**G0/G00 X\_Y\_Z\_**

G00: 快速定位指令代码。

X\_Y\_Z\_: 终点位置或距离。

### 4.2 切削进给功能

执行直线插补 (G01)、圆弧插补 (G02/G03) 时，刀具移动速度依照程序中地址 F 后的数值，F 值是模态的。借助操作面板上的进给倍率旋钮，F 可在 0%~120%进行倍率修调。

#### 格式

**G01/G02/G03 X\_Y\_Z\_F\_**

G01/G02/G03: 插补指令代码。

X\_Y\_Z\_: 终点位置或距离。

F: 切削进给速度。

#### 解释

F 的指定有以下两种方式：

1. 每分钟进给

**格式:** G94 每分钟进给指令

F\_ 进给速度 (mm/min)

**解释:**

- (1) 在每分钟进给方式下，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 100% 倍率进给速度)如果超过了参数 N64060 “最大进给速度”设定值，则被限制在上限值上。上限值以毫米/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 0~120%的倍率。

## 2. 每转进给

**格式:** G95      每转进给指令  
      F\_      进给速度 (mm/rev)

### 解释:

- (1) 在每转进给方式下，主轴每旋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 0~120%的倍率。
- (3) 使用每转进给时，主轴上必须装有位置编码器。

## 4.3 G903: 强制进给倍率指令

---

该指令强制使用 100%的进给倍率，不管用户把进给倍率调整为何值。

### 格式

**G903**

### 解释

该指令经常用于回机械原点、对刀等功能，用于确保精度要求。  
该指令为非模态指令，与运动指令（G00/G01/G02/G03）配合使用。

### 例

G903 G01 X10 Y20 Z0 F600	'强制使用 100%的进给倍率，F 为 600mm/min，此时进给倍率无效
G01 X100 Y200 Z10	'G903 为非模态指令，进给倍率有效

## 4.4 G905: 强制进给速度指令

---

暂时停止使用参数 N64040 “进给速度”，使用 F 指令指定的速度。

### 格式

**G905**

### 解释

该指令在参数 N72001 “忽略程序中进给速度”有效时，可以暂时屏蔽参数 N64040 “进给速度”指定的速度，强制使用指令速度，经常用于回机械原点、对刀等功能。  
该指令为非模态指令，与运动指令（G00/G01/G02/G03）配合使用。

## 例

G01 X10 Y10 F5000	'参数“忽略程序中进给速度”有效时，使用参数“进给速度”指定的速度，不使用指令速度 5000mm/min
G905 G01 X10 Y20 Z0 F600	'强制使用进给速度 F 为 600mm/min，此时进给倍率有效
G01 X10 Y10	'G905 指令为非模态指令，使用参数“进给速度”指定的速度

## 4.5 G04: 暂停指令

---

### 格式

**G04 P\_ 或 G04 X\_**

P\_: 暂停的时间，单位为毫秒(ms)。

X\_: 暂停的时间，单位为秒(s)。

### 解释

暂停指令用在下述情况：

1. 在棱角加工时，为了保证棱角尖锐，使用暂停指令。
2. 对不通孔加工做深度控制时，在刀具进给到规定深度后，用暂停指令停止进刀，待主轴转一圈以上后退刀，以使孔底平整。
3. 镗孔完毕后要退刀时，往往为避免留下螺纹划痕而影响光洁度，应使主轴停止转动，并暂停 1~3 秒，待主轴完全停止后再退刀。
4. 在上一程序段运动结束后（即速度为 0）开始执行暂停。G04 程序段只对自身程序段有效，并暂停所给定的时间。
5. 通过在两个程序段之间插入一个 G04 程序段，可以使加工中断，中断时间为给定的时间，时间由 P 或者 X 尺寸字指定。

## 例

G04 P1000	'暂停时间为 1000ms
G04 X1	'暂停时间为 1s

## 5 参考点

### 5.1 G28: 自动返回参考点

#### 格式

**G28 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_: 中间位置坐标（工件坐标），绝对或增量值指定。

#### 解释

机床以快速进给速度经由中间点返回到参考点（机械原点位置）。

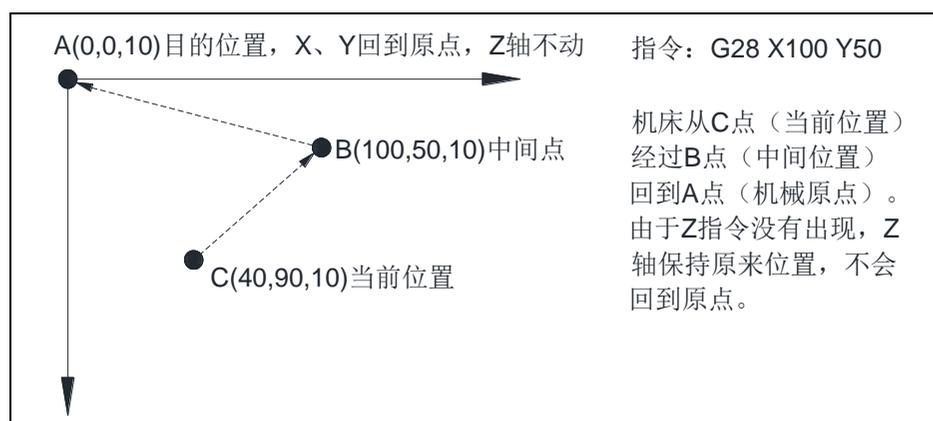


图 5-1 自动回参考点

### 5.2 G29: 从参考点移动

从参考点的移动（G29）使指令中指定的轴，以快速进给速度从参考点经过中间点后移动到目标点坐标（工件坐标）。

#### 格式

**G29 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_: 最终移动到的目标点坐标（工件坐标），绝对或增量值指定。

#### 解释

通过 G28 或 G30，在刀具返回到参考点的状态下指定。

若是增量指令，该指令值指定从中间点的增量值。

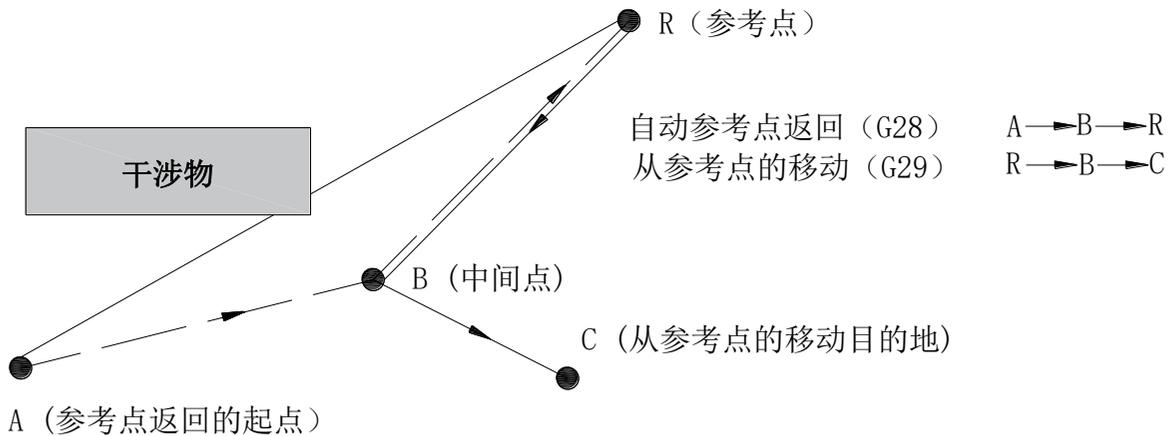


图 5-2 从参考点移动

若利用 G28 在通过中间点返回到参考点后改变工件坐标系时，中间点也移动到新的坐标系。之后在指定 G29 时，通过移动到新的坐标系的中间点而定位到指定的位置。

通电后，若在尚未执行一次 G28（自动参考点返回）以及第 2、第 3、第 4 参考点返回（G30）的状态下执行 G29（从参考点返回的移动），就会发出报警。

## 5.3 G30：自动返回第 2、3、4 参考点

### 格式

**G30 P2 X\_Y\_Z\_**                      自动返回第 2 参考点（P2 可省略）  
**G30 P3 X\_Y\_Z\_**                      自动返回第 3 参考点  
**G30 P4 X\_Y\_Z\_**                      自动返回第 4 参考点  
 X\_Y\_Z\_：中间点坐标（工件坐标），绝对或增量值指定。

### 解释

第 2、第 3、第 4 参考点返回（G30）可在已经建立起参考点的状态下使用。

指令 G30 时，P 值非 2、3、4，则产生报警。

## 6 坐标系

### 6.1 G92: 设定工件坐标系

#### 格式

**G92 X\_Y\_Z\_**

**X\_Y\_Z\_**: 指定设定的工件坐标系原点到刀具起点的有向距离，也就是当前刀具起点的工件坐标。

#### 解释

程序编制时，使用的是工件坐标系，其编程起点即为刀具开始运动的起刀点。但是在开始运动之前，应将工件坐标系告诉给数控系统。通过在机床坐标系上设定编程中起刀点的位置将两个坐标系联系起来。

G92 指令能完成参考点的设定。G92 指令通过设定刀具起点（对刀点）与待建立工件坐标系原点的相对位置建立工件坐标系。工件坐标系一旦建立，绝对值编程时的指令值就是在此坐标系中的坐标值。

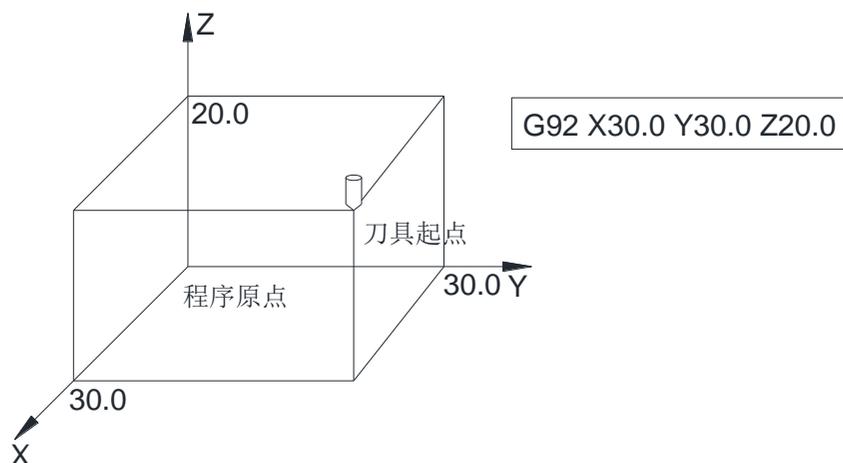


图 6-1 工件坐标系的建立

#### 例

使用 G92 编程建立如图 6-1 所示的工件坐标系。

执行此程序段只建立工件坐标系，刀具并不产生运动。

G92 指令为非模态指令，一般放在一个零件程序的第一段。G92 在设置当前工件坐标的同时，同步偏移其他的工件原点坐标系原点。可用于校正刀杆长度的情况。

## 6.2 G54~G59：工件坐标系选择

### 格式

G54/G55/G56/G57/G58/G59

### 解释

G54~G59 是系统预定的 6 个工件坐标系（如图 6-2 所示），可根据需要任意选用。

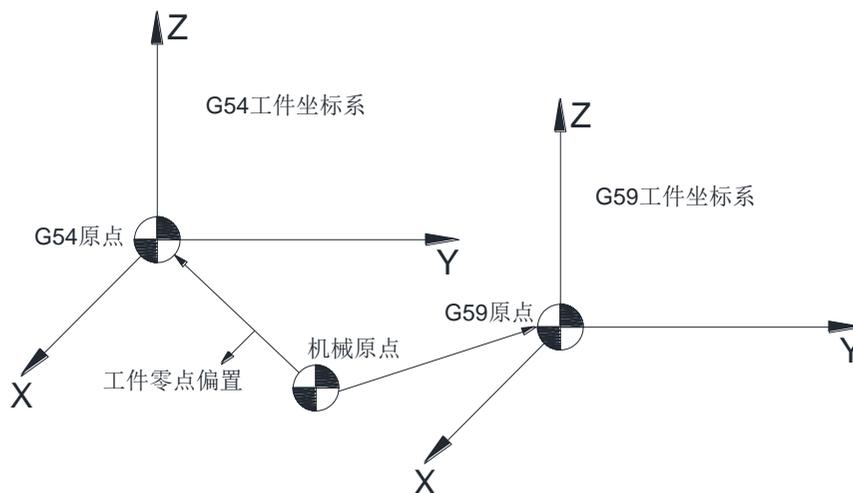


图 6-2 工件坐标系选择 (G54~G59)

这 6 个预定工件坐标系的原点在机床坐标系中的值(工件零点偏置值)可在参数设置界面中进行设置，系统将自动记忆。

### 注意

工件坐标系一旦选定，后续程序段中绝对值编程时的指令值均为相对此工件坐标系原点的值。G54~G59 为模态功能，可相互注销，G54 为缺省值。

### 例

如图 6-3 所示，使用工件坐标系编程，要求刀具从当前点移动到 A 点，再从 A 点移动到 B 点。

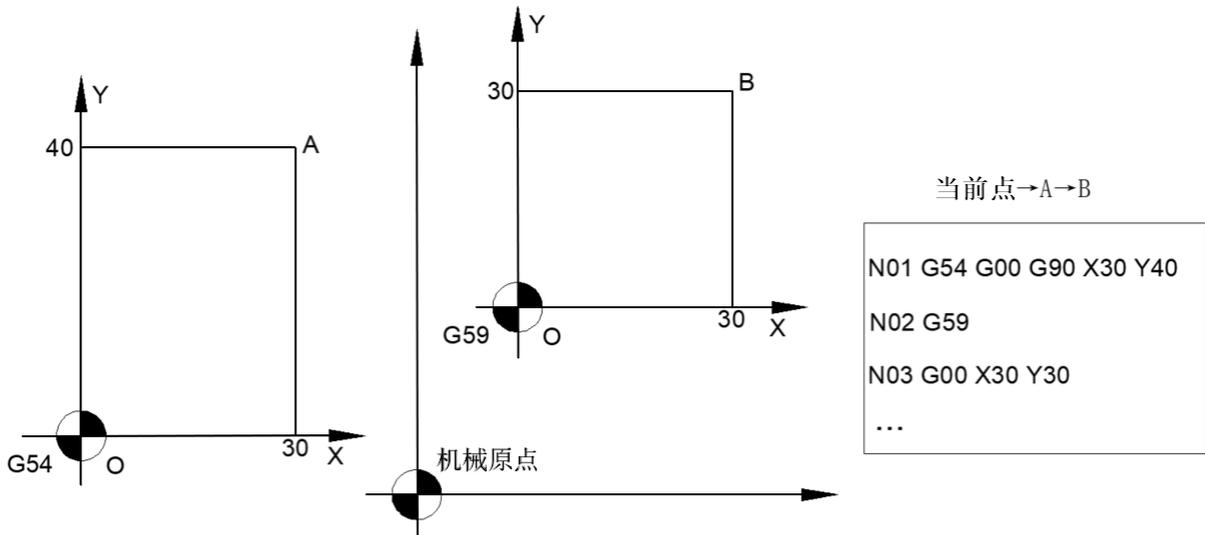


图 6-3 使用工件坐标系编程



在使用该组指令前，请先设置好各坐标原点在机床坐标系中的坐标值。

## 6.3 G54P0~P119：工件坐标系扩展

### 格式

#### G54 Pn

Pn: 指定扩展工件坐标系的代码。

n: 0~119。

### 解释

当 P 代码和 G54 一起指定时，从扩展坐标系 0~119 中选择相应的坐标系，工件坐标系一旦被选择将一直有效，直到另一个坐标系被选择。用户可通过参数 N80010 “支持扩展工件偏置坐标系” 选择是否启用工件坐标系扩展功能。

## 6.4 G52：设置局部坐标系

为方便编程可以在工件坐标系中设定一个子工件坐标系，这样的子工件坐标系称为局部坐标系。

### 格式

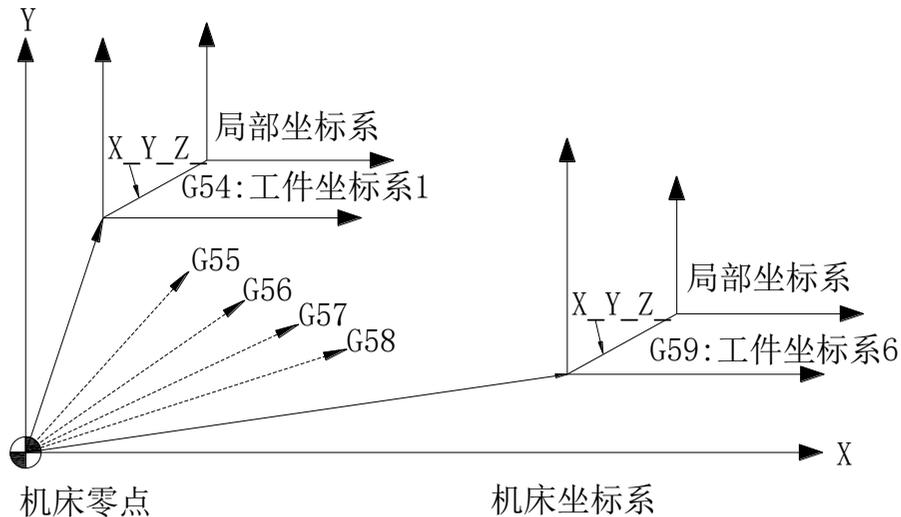
G52 X\_Y\_Z\_

X\_Y\_Z\_：设定局部坐标系原点在工件坐标系的坐标。

**G52 X0 Y0 Z0**

X0 Y0 Z0：使局部坐标系原点与工件坐标系的原点重合。

**解释**



使用局部坐标系指令，可在所有的工件坐标系设定局部坐标系。每个局部坐标系的原点，可设在由工件坐标系 X\_Y\_Z\_ 指定的位置。

一个局部坐标系一旦被设定，在之后指定的轴移动指令就成为局部坐标系中的坐标值，想要改变局部坐标系时，可以与 G52 一起，在工件坐标系中指定新局部坐标系的原点位置。

要取消局部坐标系或在工件坐标系中指定坐标值时，应使局部坐标系的原点与工件坐标系的原点重合。

**例**

```
O1200
G54 G00 X0 Y0
G00 X100 Y100
G52 X200 Y200      '设定工件坐标系的 X200 Y200 为局部坐标系的 X0 Y0
G00 X10 Y10        '移动到工件坐标系的 X210 Y210
...
G52 X0 Y0          '恢复工件坐标系
M30
```

## 6.5 G53: 使用机床坐标系

---

### 格式

G53

### 解释

G53: 使用机床坐标系, 此时工件坐标系零点偏置无效。G53 为非模态指令, 仅在当前程序段有效。

## 6.6 G17/G18/G19: 选择坐标平面

---

### 格式

G17/G18/G19

G17: 选择 XY 平面。

G18: 选择 ZX 平面。

G19: 选择 YZ 平面。

### 解释

该组指令选择的是进行圆弧插补和刀具半径补偿的平面。

G17、G18、G19 为模态功能 (如图 6-4 所示), 可相互注销, 默认为 G17。

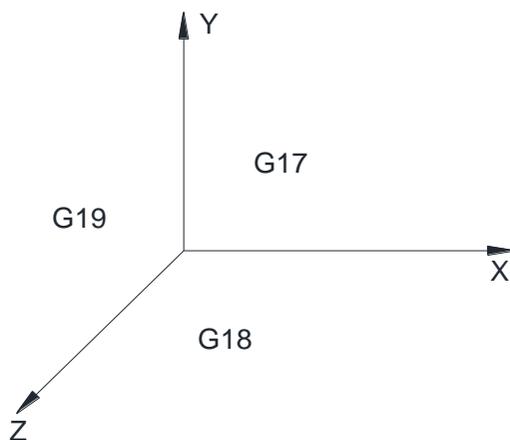


图 6-4 坐标平面选择

## 6.7 G921: 指定当前坐标系的当前点工件坐标值

---

### 格式

**G921 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_: 当前点的工件坐标。

### 解释

设置当前工件坐标系的当前点工件坐标，不写的轴表示不进行修改。

不同步偏移其他工件坐标系，只对当前坐标系有作用。

G921 指令可用于测量工件表面和测量工件的中心/边界。

## 6.8 G922: 指定工件坐标系的原点机械坐标

---

### 格式

**G922 X\_Y\_Z\_P\_**

X\_Y\_Z\_: 对应种类偏置的值。

P\_: 用于指定偏置类型。-4: 公共偏置; -1: 当前工件坐标系(可以忽略); 0~5: 对应 G54~G59。

### 解释

设置指定偏置的坐标值，不写的轴表示不进行修改。

G922 指令可用于测量工件表面和测量工件的中心/边界。

## 6.9 G992: 设定临时工件坐标系

---

### 格式

**G992 X\_Y\_Z\_ 或 G992 I\_J\_K\_**

### 解释

该指令与 G92 指令的功能是基本相同的，其区别在于 G92 指令永久性的更改了工件坐标系，在整个系统的标准是一致的。G992 指令仅仅临时更改了工件坐标系，只影响对加工指令的坐标解析，并且在加工完成后会自动恢复。

该指令可以用于实现阵列功能，方法如下：

## 方法一：

G992 X\_Y\_Z\_

1. 在加工文件中将 M30 指令删除。

2. 在加工文件开头添加：

M99#1=30                    'X 偏移量  
#2=40                        'Y 偏移量  
#3=30                        '阵列中 X 方向的项目加工个数  
#4=30                        '阵列中 Y 方向的项目加工个数

G65 P3455 L=#4

G00 G90 X= - #1\*#3 Y= - #2\*#4

G992 X0 Y0

M30

O3455

G65 P3456 L=#3

G00 G90 X= - #1\*#3 Y=#2

G906

G992 X0 Y0

M99

O3456

3. 在加工文件末尾添加：

G00 G90 X=#1

G906

G992 X0

## 方法二：

G992 I\_J\_K\_

1. 在加工文件中将 M30 指令删除。

2. 在加工文件开头添加：

#1=30                        'X 偏移量  
#2=40                        'Y 偏移量  
#3=30                        '阵列中 X 方向的项目加工个数  
#4=30                        '阵列中 Y 方向的项目加工个数

G65 P3455 L=#4

G00 G90 X= - #1\*#3 Y= - #2\*#4

G992 I= - #1\*#3 J= - #2\*#4

M30

O3455

G65 P3456 L=#3

```
G00 G90 X= - #1*#3 Y=#2  
G906  
G992 I= - #1*#3 J=#2  
M99  
O3456
```

3. 在加工文件末尾添加:

```
G00 G90 X=#1  
G906  
G992 I=#1  
M99
```

如上, 使用指令 G992 便可实现相应的阵列加工。其中开始的四个参数(即#1=30, #2=40, #3=30, #4=30)可以进行调节, 也可由用户设定。



G992 X\_Y\_Z\_是把当前点设成新的坐标系中的指定点; G992 I\_J\_K\_则是把原来的坐标系平移指定量后形成新的坐标系。G992 X\_Y\_Z\_走到零点再设零点, 而 G992 I\_J\_K\_则去除了原点偏移时多余的空行程移动指令, 相对而言, 采用 G992 I\_J\_K\_效率更高。阵列加工时把 G92 设定为不支持指令, 要求用户手动删除。

## 7 坐标值和尺寸

### 7.1 G90/G91：绝对指令和相对指令

#### 格式

##### G90/G91

G90：表示绝对值编程，每个编程坐标轴上的编程值为相对于当前工作坐标系原点的数值。

G91：表示相对值编程，每个编程坐标轴上的编程值为相对于前一位置的数值，该值等于沿轴移动的距离。

#### 解释

G90、G91 为模态功能，可相互注销，G90 为缺省值。它们不能用于同一程序段中。例如，G90 G91 G0 X10 是不允许的。

#### 例

如图 7-1 所示，使用 G90、G91 编程，要求刀具由原点按顺序移动到 1、2、3 点。

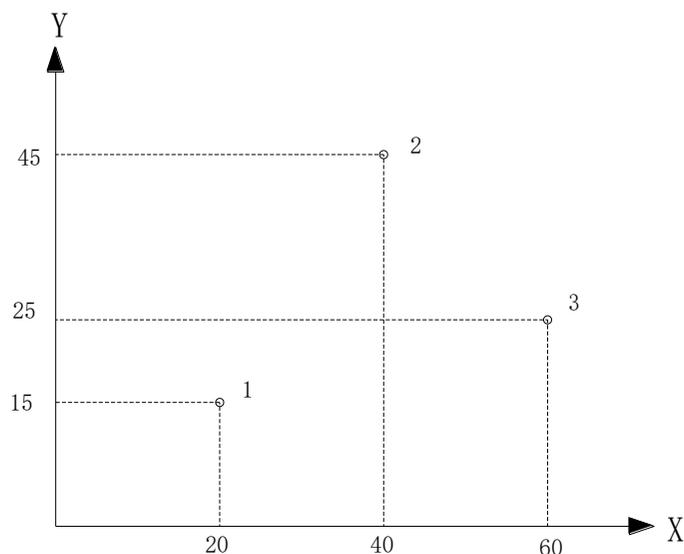


图 7-1 G90 / G91 编程

上图对应编程如下：

G90编程

```
N   X   Y
N01 X20 Y15
N02 X40 Y45
N03 X60 Y25
```

G91编程

```
N   X   Y
N01 X20 Y15
N02 X20 Y30
N03 X20 Y-20
```

选择合适的编程方式可简化编程。当图纸尺寸由一个固定基准给定时，采用绝对方式编程较为方便；当图纸尺寸是以轮廓顶点之间的间距给出时，采用相对方式编程较为方便。

## 7.2 G20/G21 或 G70/G71：英制/公制指令

### 格式

**G20/G21/G70/G71**

G20/70：使用英制。

G21/71：使用公制。

### 解释

此 G 代码在程序块的前面定义。如果给定了一个 G 代码，后面所有的操作单位都会改变。若不指定，则缺省为公制。

## 7.3 G15/G16：极坐标指令

### 格式

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

G17/G18/G19：极坐标指令的平面选择。

G90/G91：G90 时，工件坐标系的原点为极坐标的中心，G91 时，当前位置为极坐标的中心。

G16：极坐标开始指令。

**G00 IP\_**

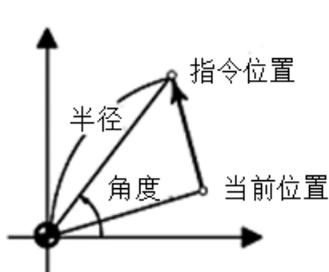
IP\_：指定极坐标系选择平面的轴地址及其值。第一轴指定半径，第二轴指定角度。

**G15**

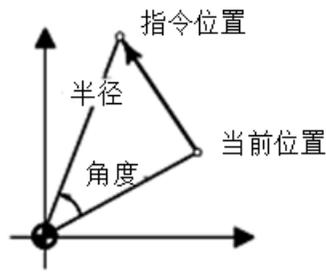
G15：极坐标取消指令。

### 解释

当工件坐标系的原点为极坐标的中心并以绝对值指定半径时，如下图所示：

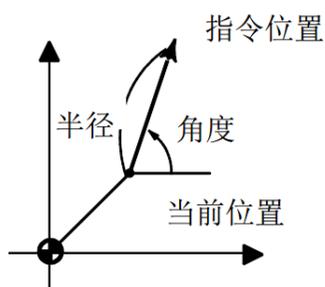


角度为绝对指令的情况

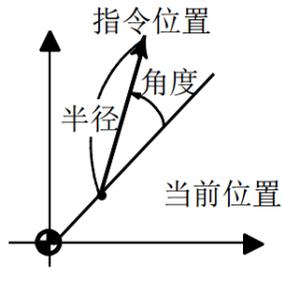


角度为增量指令的情况

当前位置为极坐标的中心并以增量值指定半径时，如下图所示：

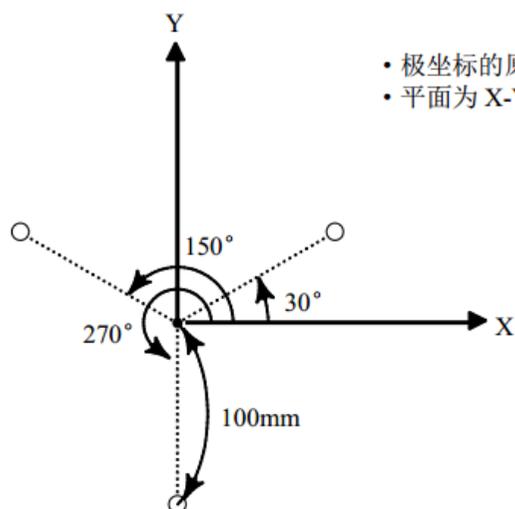


角度为绝对指令的情况



角度为增量指令的情况

### 例



- 极坐标的原点为程序坐标系的原点
- 平面为 X-Y 平面

半径值和角度为绝对值时编程如下：

G17 G90 G16	'在 XY 平面指定极坐标，以工件原点为极坐标中心
G81 X100 Y30 Z-50 R2 F100	'半径 100mm，角度 30°
Y150	'半径 100mm，角度 150°
Y270	'半径 100mm，角度 270°
G15 G80	'极坐标取消，钻孔固定循环取消
M30	'程序结束

半径值为绝对值角度为增量值时编程如下：

G17 G90 G16	'在 XY 平面指定极坐标，以工件原点为极坐标中心
G81 X100 Y30 Z-50 R2 F100	'半径 100mm，角度 30°
G91 Y120	'半径 100mm，角度 150°
Y120	'半径 100mm，角度 270°
G15 G80	'极坐标取消，钻孔固定循环取消
M30	'程序结束

## 8 保护功能

---

通过程序用机床坐标系上的坐标指定禁止机床进入的边界，禁止机床进入到该边界内侧。

### 格式

**G22 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_**          行程检查开启  
X\_Y\_Z\_：行程检查开启的上限位置机械坐标。  
I\_J\_K\_：行程检查开启的下限位置机械坐标。

**G23**                          行程检查关闭

### 解释

上限机械坐标位置和下限机械坐标位置所指定的内侧为禁区。  
指定 G22 时需要指定完整的轴地址指令值，如缺少轴地址指令会有“G22 指令缺少轴地址”提示。  
指定 G22 后行程检查功能一直有效，直到指定 G23 行程检查关闭。

## 9 主轴功能 S

---

### 格式

S\_

### 解释

通过指定地址 S 之后的数值来控制主轴的转速，单位为转/每分钟 (r/min)。

S 是模态指令，当 S 代码被指定后，直到下一个 S 代码被指定之前，S 代码保持有效。



即使在主轴停转和断电重启状态下，S 的值依然保留。

## 10 刀具功能 T

---

T 指令用于备刀，其后的数值表示换刀目标刀具号，T 代码与刀具的关系是由机床制造厂规定的。

### 格式

**T\_**  
\_: 目标刀具号

**M06**  
M06: 换刀指令

### 解释

加工中心自动换刀功能是通过自动换刀机构（如，机械手）和系统相关控制指令（M06）来完成的。

换刀过程：软件在接到 T 指令后立即使刀库中目标刀具转到换刀位置。接到 M06 指令后机械手动作，一方面将主轴上的刀具取下送回刀库，另一方面又将换刀位置的刀具取出装到主轴上，实现换刀。

## 11 辅助功能 M

辅助功能由地址字 M 和其后至三位数字组成，主要用于控制零件程序的走向，以及机床各种辅助功能的开关动作。

M 功能有以下两种形式：

1. 非模态 M 功能：只在书写了该代码的程序段中有效。
2. 模态 M 功能：一组可相互注销的 M 功能，这些功能在被同一组的另一个功能注销前一直有效。

下表中给出了 M 代码及其含义：

M 代码	含义
M00	暂停
M01	选择停止
M02	程序结束，并返回程序头
M03	主轴顺时针旋转
M04	主轴逆时针旋转
M05	主轴停止
M06	换刀指令
M07	工件吹气开
M08	切削液开
M09	切削液/工件吹气关
M10	4 轴夹紧
M11	4 轴松开
M17	子程序结尾，执行 M17 返回到主程序
M19	主轴定位
M23	刀套回刀
M25	机械手扣刀
M26	机械手退锁刀
M27	机械手回原点
M30	程序结束，并返回程序头
M35	中心出水开启
M36	中心出水关闭

M 代码	含义
M37	后冲水开启
M38	后冲水关闭
M39	排屑机正转
M40	排屑机反转
M81	夹具 1 夹紧
M82	夹具 1 松开
M83	夹具 2 夹紧
M84	夹具 2 松开
M98	子程序调用
M99	子程序结尾，执行 M99 返回到主程序
M801	各模块间传递字符串信息
M802	各模块间传递整数信息
M901	直接输出指令
M902	回零结束指令
M903	更改当前刀号

## 解释

以下为程序控制相关 M 代码的解释。

### - M02/M30（程序结束）

这表示主程序的结束。

在执行了 M02/M30 以后停止自动运行且 CNC 装置被复位，光标重新返回到程序的开头。

### - M00（暂停）

在执行了 M00 的程序段后停止自动运行。

当该程序停止时，所有存在的模态信息被保存起来，通过启动自动运行，可以重新执行自动运行。

### - M01（选择停止）

类似于 M00，在执行了 M01 的程序段后停止自动运行。

但是，该代码仅在机床操作面板上的“选择停止”开关处在 ON 时才有效。

### - M98（子程序调用）

该代码用于调用一个子程序。详情请参阅“子程序（M98、M99）”项。

### - M99（子程序结尾）

该代码表示一个子程序的结尾。

当执行 M99 时，返回到主程序。有关详情，请参阅“子程序（M98、M99）”项。

# 12 程序结构

零件程序是一组被传送到数控装置的指令和数据，它是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的，而每个程序段由若干个指令字组成。程序结构如图 12-1 所示。

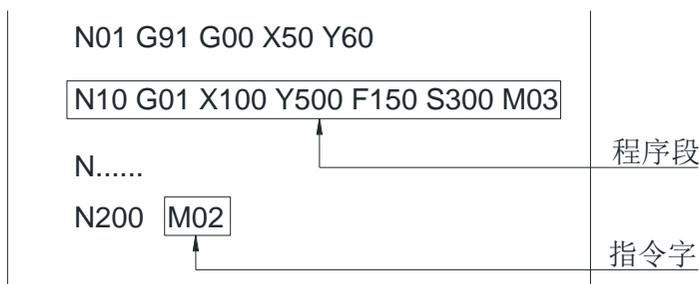


图 12-1 程序结构

## 12.1 地址符号

本系统中可以使用的地址和它的意思如下表所示。

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（直线或圆弧插补等）
尺寸字	XYZABC UVWH	坐标值移动指令
	R	圆弧半径/旋转角度
	IJK	圆弧中心坐标
进给速度	F	进给速度设定
主轴功能	S	主轴转速设定
刀具功能	T	刀具号设定
辅助功能	M	控制机床各种辅助功能的开关动作
补偿号	HD	长度和半径补偿号设定
暂停	P/X	暂停时间的设定
子程序调用参数	PLQ	调用的子程序号/返回主程序号设定、子程序重复次数、跳转到子程序的顺序号
参数	PQRK	固定循环参数

## 12.2 程序段格式

一个程序段定义一个由数控装置执行的指令行。程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法，如图 12-2 所示。

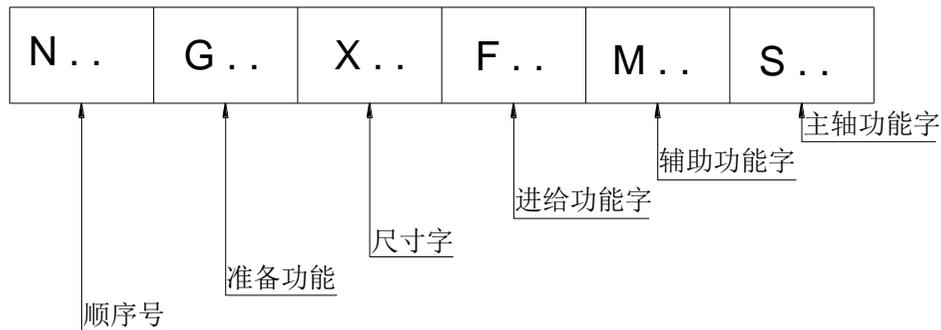


图 12-2 程序段格式

## 12.3 子程序（M98、M99）

程序分为主程序和子程序，子程序是一段可以重复调用的加工指令代码。在主程序中通过 M98 指令调用子程序，通过 M99 指令从子程序返回主程序。子程序程序名为 O+程序号，O 不区分大小写，格式支持为：无后缀、.txt、.nc、.g。M99 不一定要构成独立的程序段，例如 G00 X100 Y100 M99。

子程序举例如下所示：

```
O9999          '子程序号
G91 G1 X100
Y50
M99           '子程序结尾
```

在子程序中可以指定 M99 返回主程序目的地的顺序号

### 例

O100（主程序）	O200（子程序）	
N0010 G00 X100	N1010 G0 X10	
N0020 M98 P200	N1020 G0 X8 Y8	
N0030 G1 Y100 F500	N1030 G01 X30 Y30 F300	
N0040 G00 X0 Y0	N1040 M99 P0040	'返回到主程序顺序号 N0040 处
N0050 M30		

## - 调用子程序

### 格式

#### **M98 P0000 Qn LXXXX**

0000: 调用的子程序号, 范围[1, 99999999]。

n: 调用子程序的起始顺序号, 范围[1, 99999999], 省略 Q 时, 从目标程序的开头开始执行。

#### **M98<程序名> Qn LXXXX**

XXXX: 子程序重复调用次数, 范围[1, 99999999], 省略表示调用 1 次子程序。

n: 调用子程序的起始顺序号, 范围[1, 99999999], 省略 Q 时, 从目标程序的开头开始执行。

<程序名>: 调用的子程序名, 程序名不区分大小写。

### 解释

当主程序调用一个子程序, 认为 1 级子程序调用, 系统最多可以进行 15 级子程序调用。

## - 特殊用法: 在主程序中使用 M99

- 如果在主程序中使用 M99 可以返回到程序开头, 如果指定了 M99Pn 不返回到程序开头, 则返回到顺序号 N 的位置。

### 例

```
O300   (主程序)
N0010 G00 X100
N0020 G01 X10 Y10
N0030 G1 Y100 F500
N0040 M99           '返回到主程序开头, 一直循环加工
```

```
O400   (主程序)
N0010 G00 X100
N0020 G01 X10 Y10
N0030 G1 Y100 F500
N0040 M99 P0020    '返回到顺序号 N0020 处, 一直循环加工
N0050 M30
```

- 相同程序内调用的情况下, 可以省略 M98 相同程序段内的 P 指定。

### 例

```
O500
```

```
N0010 G00 X100
N0020 M98 P500 Q0060 L3
N0030 G01 X800 Y80 F100    P500 可省略，执行到此处跳转到 N0060 处，并重复执行 3 次 N0060
                              和 N0080 之间的程序段，之后返回 N0030 处顺序执行。
N0040 G00 X30
N0050 M30
N0060 G01 X100 Y50 F100
N0070 G01 X10 Y500 F300
N0080 M99
```

## 12.4 子程序（指定子程序路径的调用）

---

子程序调用可以指定调用子程序的路径

### 格式

#### 1. 指定绝对路径时格式

**M98<盘符\文件夹\程序名>LXXXX**

**XXXX**：子程序重复调用次数，范围[1, 99999999]，省略表示调用 1 次子程序。

#### 2. 指定相对路径时格式

**M98<.\..\文件夹\程序名>LXXXX**

**.\**：表示主程序的文件夹。

**..\**：表示主程序上一层的文件夹。

**XXXX**：子程序重复调用次数，范围[1, 99999999]，省略表示调用 1 次子程序。

### 例 1

M98< D:\Ncfiles\O1235.NC> '调用绝对路径 D:\Ncfiles\O1235.NC 作为子程序

### 例 2

M98<.\O1235.NC> '调用主程序所在路径的上一层文件夹的 O1235.NC 作为子程序

## 13 简化编程功能

### 13.1 固定循环概述

数控铣床配备的固定循环功能，主要用于孔加工，包括钻孔、镗孔、攻螺纹等。使用一个程序段就可以完成一个或一系列孔加工的全部动作。继续加工孔时，如果孔加工的动作无需变更，则程序中所有模态的数据可以不写，因此可以大大简化程序。

各指令说明如下：

G 代码	钻孔动作	孔底位置动作	抬刀动作	用途
G73	间歇进给	—	快速移动	高速啄式钻孔循环
G74	切削进给	暂停后主轴正向旋转	切削进给	左手攻牙循环
G76	切削进给	主轴定位停止并偏移位移量	快速移动	精细镗孔循环
G80	—	—	—	取消循环
G81	切削进给	—	快速移动	钻孔循环
G82	切削进给	暂停	快速移动	孔底暂停钻孔循环
G83	间歇进给	—	快速移动	深孔往复排屑钻
G84	切削进给	暂停后主轴反向旋转	切削进给	右手攻牙循环
G85	切削进给	—	切削进给	镗孔循环
G86	切削进给	主轴停止	快速移动	镗孔循环
G87	切削进给	主轴正转	快速移动	背面精细镗孔循环
G88	切削进给	暂停后主轴停止	手动位移	镗孔循环
G89	切削进给	暂停	切削进给	孔底暂停镗孔循环

### 13.2 固定循环的动作

孔加工固定循环通常由以下 6 个动作组成（如图 13-1 所示）：

- |                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| 动作 1——X 轴和 Y 轴定位 | 使刀具快速定位到孔加工的位置。          |
| 动作 2——快进到 R 点    | 刀具自初始点快速进给到 R 点。         |
| 动作 3——孔加工        | 以切削进给的方式执行孔加工的动作。        |
| 动作 4——在孔底的动作     | 包括暂停、主轴准停、刀具移位等等的动作。     |
| 动作 5——返回到 R 点    | 继续孔的加工而又可以安全移动刀具时选择 R 点。 |
| 动作 6——快速返回到初始点   | 孔加工完成后一般应选择初始点。          |

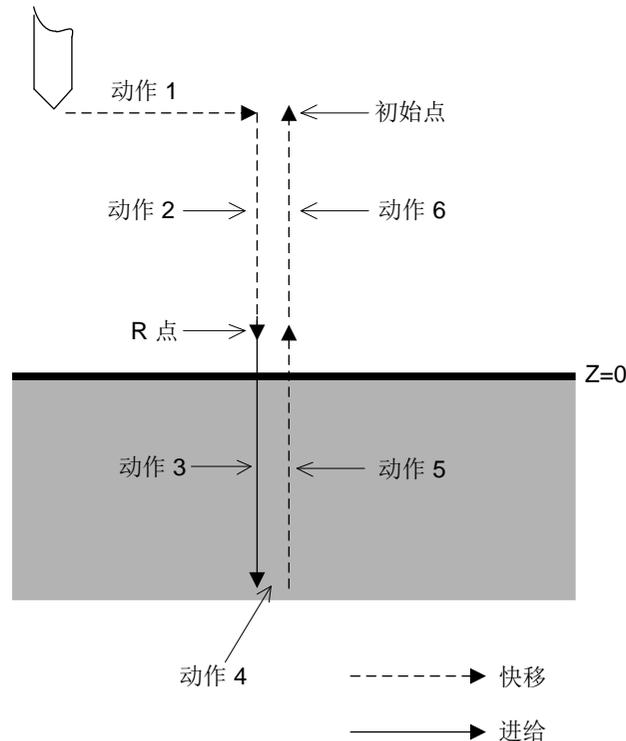


图 13-1 固定循环动作示意图

### - 初始平面

初始平面是为安全下刀而规定的一个平面。初始平面到零件表面的距离可以任意设定在一个安全的高度上。

### - R 点平面

R 点平面又叫做 R 参考平面，这个平面是刀具下刀时自快进转为工进的高度平面，距工件表面的距离主要考虑工件表面尺寸的变化，一般可取 2~5mm。

### - 孔底平面

加工盲孔时孔底平面就是孔底的 Z 轴的高度，加工通孔时一般刀具还要伸出工件底平面一段距离，主要是保证全部孔深都加工到尺寸，钻削加工时还应考虑钻头对孔深的影响。

孔加工循环与平面选择指令（G17/G18/G19）无关，即不管选择了哪个平面，孔加工都是在 XY 平面上定位并在 Z 轴方向上钻孔。

## 13.3 固定循环指令简介

### - 数据形式

固定循环指令中的地址 R 与地址 Z 的数据以增量方式 (G91) 指定, R 是指自初始点到 R 点的距离, Z 是指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离 (参见下图 13-2)。

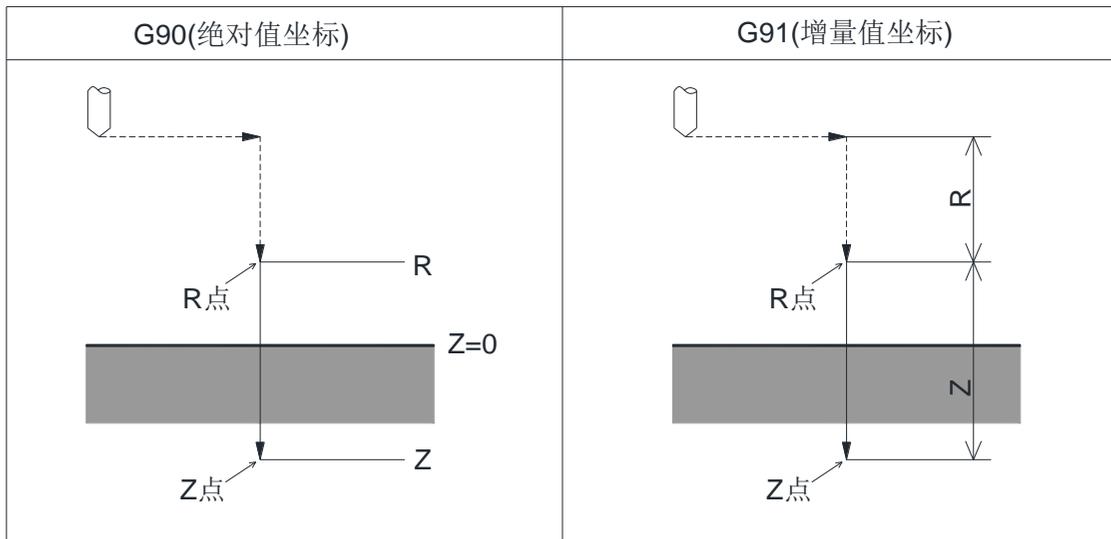


图 13-2 固定循环

- 孔加工方式 Gxx

格式

Gxx X\_Y\_Z\_R\_Q\_P\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置 (可以是绝对/增量坐标)。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置, 相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置, 相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
Q_	指定每次加工的深度(增量值且为正值)。
P_	用来指定刀具在孔底的暂停时间。
F_	指定孔加工切削时的进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

解释

- P

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样, 即以 ms 为单位。

- F

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

## - K

忽略这个参数时就认为是 K1。K 是非模态指令，只在被指定的程序段中才有效。

在 G91 方式下指定该参数可以实现用一个程序段在一条直线上加工若干个等距孔的功能；在 G90 方式下则可实现在同一位置重复加工指定次数的功能。

## - 修改指令的数值

孔加工方式的指令以及 Z、R、Q、P 等指令都是模态的，只是在取消孔加工方式时才被清除，因此只要在开始时指定了这些指令，在后面连续的加工中不必重新指定。如果仅仅是某个孔加工数据发生变化（如孔深有变化），仅修改需要变化的数据即可。

## - 取消

取消孔加工方式时使用指令 G80，而如果中间出现了任何 01 组的 G 代码（G00/G01/G02/G03），则孔加工的方式也会自动取消。因此用 01 组的 G 代码取消固定循环的效果与用 G80 是完全一样的。

# 13.4 固定循环指令详解

## 13.4.1 G73：高速深孔往复排屑钻

### 格式

G73 X\_Y\_Z\_R\_Q\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
Q_	指定每次加工的深度(增量值且为正值，负号将被忽略)。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

### 解释

## - F

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

## - 孔加工动作

孔加工动作如图 13-3 所示。通过 Z 轴方向的间断进给可以比较容易地实现断屑和排屑。用 Q 写入每一次的加工深度，“ $\delta$ ”由参数 N62730 “G73\_G83 退刀量”设定。

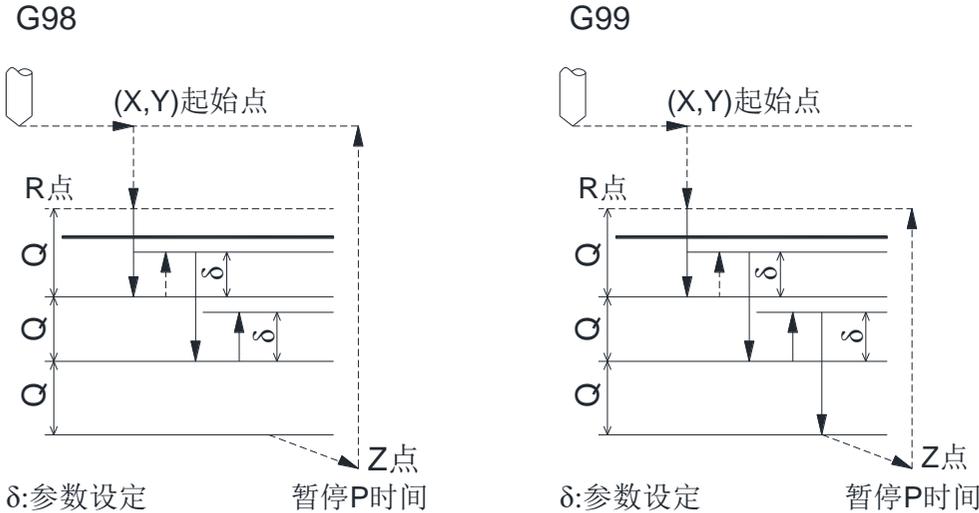


图 13-3 G73 加工过程

加工过程说明：

1. 刀具快速定位到待加工孔的位置 (X, Y)。
2. 定位到设定的 R 点。
3. 加工下降至相对于目前所钻深度一个切削量 Q 的深度。
4. 刀具快速上升一退刀距离  $\delta$  (由参数“退刀量”设定)。
5. 重复上述钻孔动作直至到达洞底 Z 点。
6. 刀具快速上升至起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

## 例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600           '启动钻头正转
G00 X0 Y0         '移至起始点
G43 H1 Z10        '初始平面为 Z10 点
M08
G73 G99 X5 Y5 Z-10 R-5 Q2 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，每次切削量为 2.0，设定钻孔速度为 800，孔 1 结束后返回到 R 点
X25               '孔 2，结束后返回到 R 点
Y25               '孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5            '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20     '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z10 点
    
```

G80  
M05 '主轴停止转动'  
M09  
M02

### 13.4.2 G74：左手攻牙循环

#### 格式

G74 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
P_	用来指定刀具在孔底的暂停时间，单位为毫秒(ms)。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

#### 解释

##### - F

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

##### - K

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

##### - 孔加工动作

孔加工动作如图 13-4 所示。G98 表示在孔加工完毕之后刀具将返回到起始点，G99 表示在孔加工完毕之后刀具将返回到 R 点。

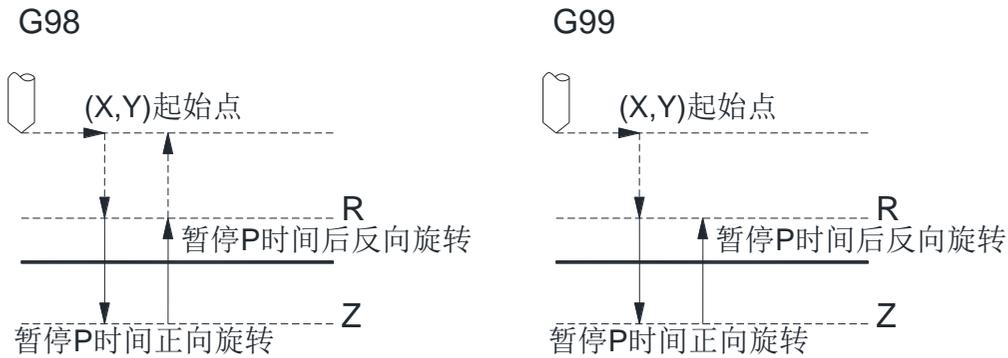


图 13-4 G74 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降到设定的 R 点。
3. 以 G01 攻牙下降至孔底 Z 点。
4. 暂停 P 时间再反转钻头 (即正向旋转)。
5. 以 G01 向上升到 R 点。
6. 暂停 P 时间再反转钻头 (即反向旋转)。
7. 以 G00 向上升到起始点 (G98 或 G99)。

### 例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M04 S600                '启动钻头反转
G00 X0 Y0                '移至起始点
G43 H1 Z10                '初始平面为 Z10 点
M08
G74 G99 X5 Y5 Z-10 R-5 P2000 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，暂停时间为 2 秒，钻孔
                                '速度为 800，孔 1 结束后返回到 R 点
X25                        '孔 2，结束后返回到 R 点
Y25                        '孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5                    '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20              '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面
                                'Z10 点

G80
M09
M05                        '主轴停止转动
M02
    
```

## 13.4.3 G76: 精细镗孔循环

## 格式

**G76 X\_Y\_Z\_R\_Q\_P\_F\_K\_**

指令	说明
<b>X_Y_</b>	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
<b>Z_</b>	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置, 相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
<b>R_</b>	绝对编程时指 R 点的位置, 相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
<b>Q_</b>	镗孔停止后, 定向钻头的偏移量。
<b>P_</b>	用来指定刀具在孔底的暂停时间。
<b>F_</b>	进给速度。
<b>K_</b>	指定孔加工重复的次数。

## 解释

### - P

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样, 即以 ms 为单位, 不使用小数点。

### - F

这个指令是模态的, 即使取消了固定循环, 在其后的加工中仍然有效。

### - K

重复移动和钻孔的动作, G91 增量输入有效。

### - 加工过程

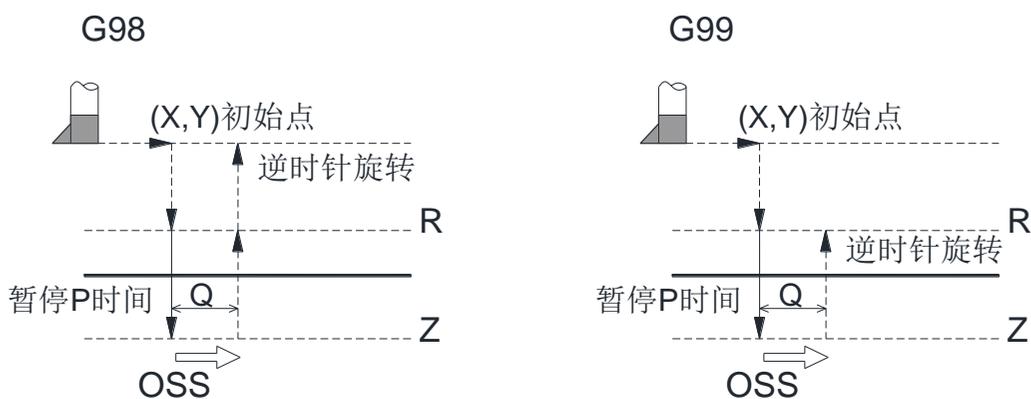
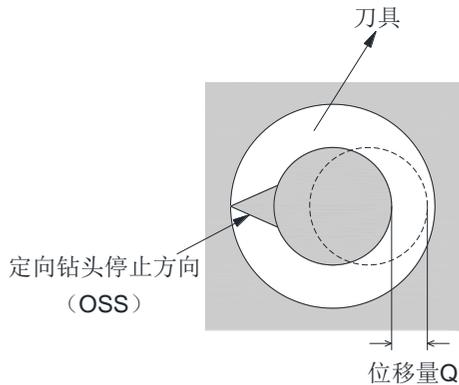


图 13-5 G76 加工过程



OSS (Oriented Spindle Stop) 的方向由参数定向钻头停止方向决定:

定向钻头停止 (OSS)	G17	G18	G19
0	+ X	+ Z	+ Y
1	- X	- Z	- Y
2	+ Y	+ X	+ Z
3	- Y	- X	- Z

图 13-6 定向钻头停止方向 (OSS) 示意图

加工过程说明:

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降到设定的 R 点 (不做主轴定位)。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点暂停 P 时间后以主轴定位停止钻头。
4. 位移镗刀偏心量 Q 的距离。
5. 以 G00 向上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。
6. 启动钻头反转。



Q 值是在 G76 循环中所要求的一个模态值, 此 Q 值需要小心指定, 因为它也被使用在 G73/G83 中。

例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600           '启动钻头正转
G00 X0 Y0         '移至起始点
G43 H1 Z10        '初始平面为 Z10 点
M08
G76 G99 X5 Y5 Z-10 R-5 Q2 P5000 F800 '设定 R 点、Z 点及孔 1 的坐标, 孔底位移量为 2.0, 暂停 5 秒速度 800, 孔 1 结束后返回到 R 点
X25               '孔 2, 结束后返回到 R 点
Y25               '孔 3, 结束后返回到 R 点
G98 X5            '孔 4, 结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20     '孔 5, 设定新的钻孔终点为 Z-20, 结束后返回初始平面 Z10 点
G80
    
```



1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降到设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点。
4. 以 G00 向上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

## 例 1

```
M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600          '启动钻头正转
G00 X0 Y0        '移至起始点
G43 H1 Z10       '初始平面为 Z10 点
M08
G81 X5 Y5 Z-10 R-5 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标, 钻孔加工速度为 800, 孔 1 结束后返回到 R 点
X25              '孔 2, 结束后返回到 R 点
Y25              '孔 3, 结束后返回到 R 点
G98 X5           '孔 4, 结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20    '孔 5, 设定新的钻孔终点为 Z-20, 结束后返回初始平面 Z10 点
G80
M05              '主轴停止转动
M09
M02
```

## 例 2

采用重复固定循环方式加工图 13-8 所示的各孔。

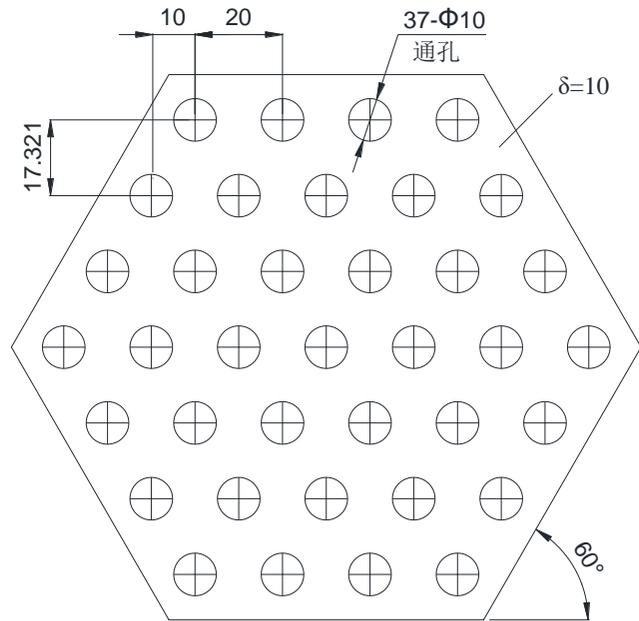


图 13-8 重复固定循环加工例子

程序清单如下：

```

N01 G90 X0 Y0 Z100.
N02 G00 X-50 Y51.963 M03 S800
N03 Z20 M08 F4000
N04 G91 G81 X20 Z-18 F4000 R-17 K4
N05 X10 Y-17.321
N06 X-20 K 4
N07 X-10 Y-17.321
N08 X20 K 5
N09 X10 Y-17.321
N10 X-20 K 6
N11 X10 Y-17.321
N12 X20 K 5
N13 X-10 Y-17.321
N14 X-20 K 4
N15 X10 Y-17.321
N16 X20 K 3
N17 G80 M09
N18 G90 G00 Z100.
N19 X0 Y0 M05
N20 M30

```

## 13.4.5 G82: 孔底暂停钻孔循环

### 格式

G82 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
P_	指定刀具在孔底的暂停时间。
Q_	指定每次加工的深度(增量值且为正值)。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

### 解释

#### - P

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样，即以 ms 为单位，不使用小数点。

#### - F

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

#### - K

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

#### - 加工过程

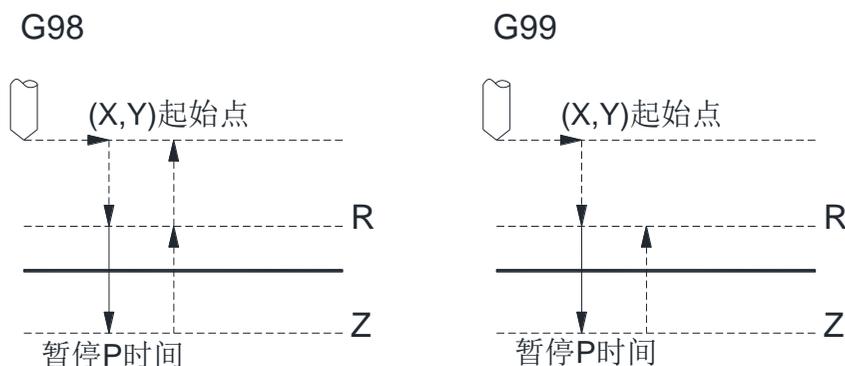


图 13-9 G82 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降到设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点。
4. 暂停时间 P。
5. 以 G00 向上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

## 例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600           '启动钻头正转
G00 X0 Y0          '移至起始点
G43 H1 Z10         '初始平面为 Z10 点
M08
G82 X5 Y5 Z-10 R-5 P2000 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，暂停时间 2 秒，钻孔加工速度
                          为 800，孔 1 结束后返回到 R 点
X25                '孔 2，结束后返回到 R 点
Y25                '孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5             '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20      '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z10 点
G80
M05                '主轴停止转动
M09
M02
    
```

### 13.4.6 G83：深孔往复排屑钻

#### 格式

**G83 X\_Y\_Z\_R\_Q\_F\_K\_**

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置 (可以是绝对/增量坐标)。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置, 相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置, 相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
Q_	指定每次加工的深度(增量值且为正值, 负号将被忽略)。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

## 解释

### - F

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

### - K

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

### - 孔加工动作

孔加工的动作如图 13-10 所示。与 G73 略有不同的是每次刀具间歇进给后回退至 R 点平面。此处的“ $\delta$ ”为刀具间断进给每次下降时由快进转为工进的那一点至前一次切削进给下降点之间的距离，该距离由参数“G73\_G83 退刀量”来设定。当要加工的孔较深时可采用此方式。

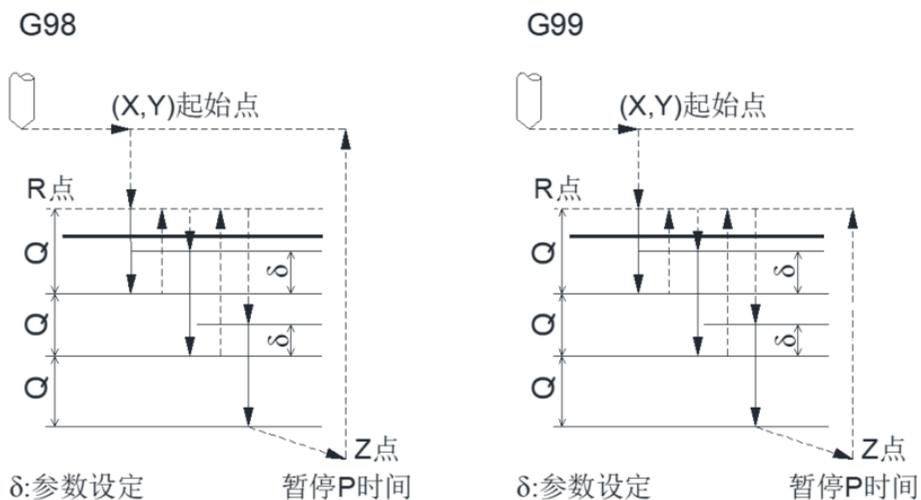


图 13-10 G83 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降到设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至相对于目前所钻深度一个切削量 Q 的深度。
4. 以 G00 向上升到 R 点。
5. 以 G00 下降至相对于目前所钻深度上方一个退刀量  $\delta$  的深度 (参数退刀量设定)。
6. 再以 G01 向下降到相对于目前所钻深度一个切削量 Q 的深度。
7. 以 G00 向上升到工件表面 R 点。
8. 重复上述的钻孔动作直到到达孔底 Z 点。
9. 以 G00 向上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

## 例

M6T1

G54 G17 G90 G69 G15 G80  
 M03 S600 '启动钻头正转  
 G00 X0 Y0 '移至起始点  
 G43 H1 Z10 '初始平面为 Z10 点  
 M08  
 G83 X5 Y5 Z-10 R-5 Q3 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，每次切削量为 3.0，切削加工速度为 800，孔 1 结束后返回到 R 点  
 X25 '孔 2，结束后返回到 R 点  
 Y25 '孔 3，结束后返回到 R 点  
 G98 X5 '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点  
 X10 Y10 Z-20 '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z10 点  
 G80  
 M05 '主轴停止转动  
 M09  
 M02

### 13.4.7 G84：攻牙循环

#### 格式

**G84 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_**

指令	说明
<b>X_Y_</b>	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
<b>Z_</b>	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
<b>R_</b>	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
<b>P_</b>	指定刀具在孔底的暂停时间。
<b>Q_</b>	指定每次加工的深度(增量值且为正值)。
<b>F_</b>	进给速度。
<b>K_</b>	指定孔加工重复的次数。

#### 解释

**- P**

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样，以 ms 为单位，不使用小数点。

**- F**

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效（目前指令应用中攻丝速度由参数“攻丝时主轴转速”指定，不由该指令中的 F 指定）。

- K

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

- 加工动作

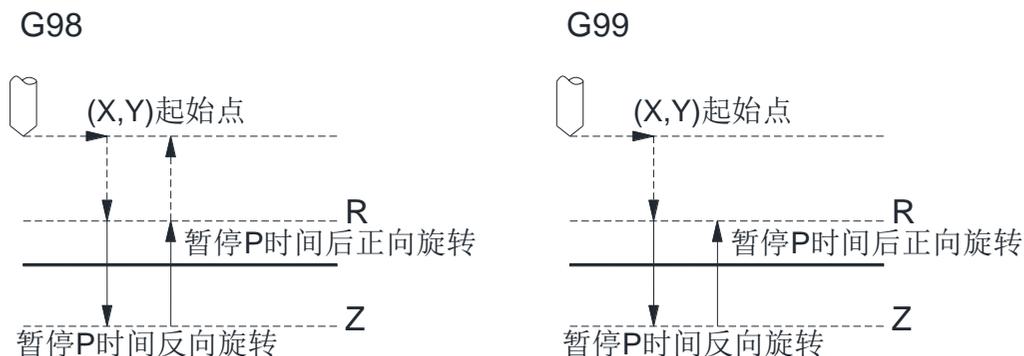


图 13-11 G84 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工的孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降至所设定的 R 点。
3. 以 G01 攻牙下降至孔底 Z 点。
4. 暂停 P 时间后反转钻头。
5. 以 G01 向上升到 R 点。
6. 暂停 P 时间再反转钻头。
7. 以 G00 上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600           '启动钻头正转
G00 X0 Y0         '移至起始点
G43 H1 Z10        '初始平面为 Z10 点
M08
G84 X5 Y5 Z-10 R-5 P2000 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，暂停时间 2 秒，攻牙加工速度 800,孔 1 结束后返回到 R 点
X25               '孔 2，结束后返回到 R 点
Y25               '孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5            '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20     '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z10 点
G80
    
```

M05 '主轴停止转动'  
 M09  
 M02

### 13.4.8 G85: 镗孔循环

#### 格式

G85 X\_Y\_Z\_R\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

#### 解释

- **F**  
 这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。
- **K**  
 重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。
- 加工动作

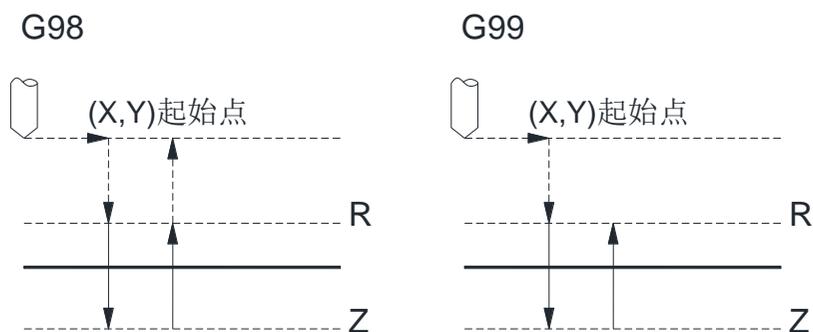


图 13-12 G85 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动指定要加工孔的位置 (X, Y)。

2. 以 G00 下降到所设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点。
4. 以 G01 向上升到 R 点。
5. 以 G00 向上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

## 例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600           '启动钻头正转
G00 X0 Y0         '移至起始点
G43 H1 Z10        '初始平面为 Z10 点
M08
G85 X5 Y5 Z-10 R-5 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标, 钻孔加工速度 800, 孔 1 结束后返回到 R 点
X25               '孔 2, 结束后返回到 R 点
Y25               '孔 3, 结束后返回到 R 点
G98 X5           '孔 4, 结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20     '孔 5, 设定新的钻孔终点为 Z-20, 结束后返回初始平面 Z10 点
G80
M05               '主轴停止转动
M09
M02

```

## 13.4.9 G86: 镗孔循环

### 格式

**G86 X\_Y\_Z\_R\_F\_K\_**

指令	说明
<b>X_Y_</b>	指定要加工孔的位置 (可以是绝对/增量坐标)。
<b>Z_</b>	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置, 相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
<b>R_</b>	绝对编程时指 R 点的位置, 相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
<b>F_</b>	进给速度。
<b>K_</b>	指定孔加工重复的次数。

### 解释

#### - F

这个指令是模态的, 即使取消了固定循环, 在其后的加工中仍然有效。

- **K**

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

- **加工过程**

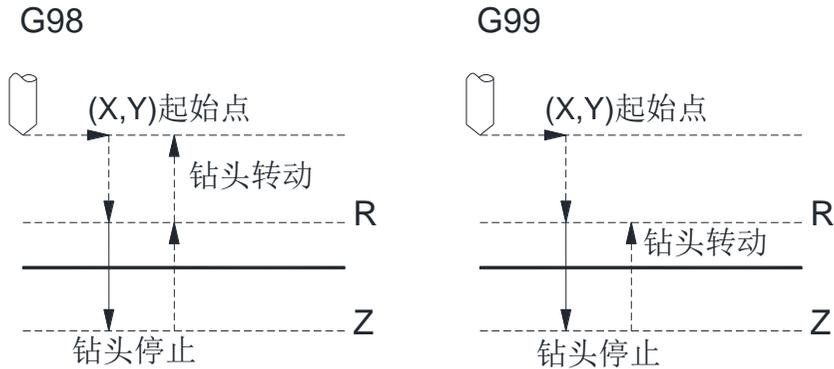


图 13-13 G86 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔的位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降至所设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点。
4. 钻头停止。
5. 以 G00 上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。
6. 钻头转动。

**例**

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600          '启动钻头正转
G00 X0 Y0         '移至起始点
G43 H1 Z10        '初始平面为 Z10 点
M08
G86 X5 Y5 Z-10 R-5 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，钻孔加工速度 800，孔 1 结束后返回
                        到 R 点
X25                '孔 2，结束后返回到 R 点
Y25                '孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5            '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20      '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z10 点
G80
M05                '主轴停止转动
M09
    
```

M02

### 13.4.10 G87：背面精细镗孔循环

#### 格式

G87 X\_Y\_Z\_R\_Q\_P\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置,相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置,相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
P_	指定刀具在孔底的暂停时间。
Q_	镗孔停止后,定向钻头的偏移量。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

#### 解释

##### - P

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样,以 ms 为单位,不使用小数点。

##### - F

这个指令是模态的,即使取消了固定循环,在其后的加工中仍然有效。

##### - K

重复移动和钻孔的动作,G91 增量输入有效。

##### - 加工动作

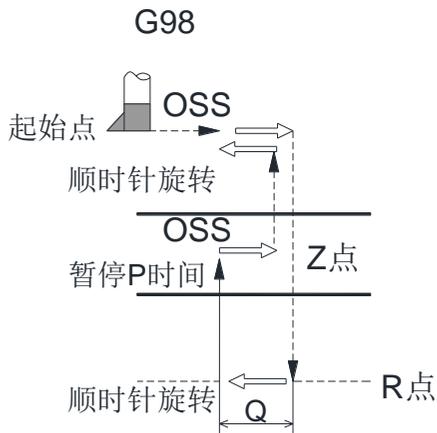


图 13-14 G87 加工过程

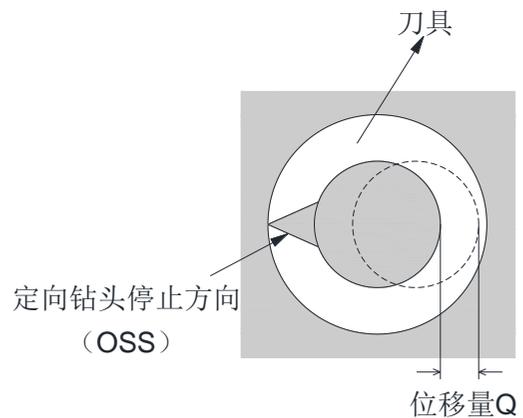


图 13-15 定向钻头停止方向 (OSS) 示意图

OSS (Oriented Spindle Stop) 的方向由参数定向钻头停止方向决定:

定向钻头停止 (OSS)	G17	G18	G19
0	+X	+Z	+Y
1	-X	-Z	-Y
2	+Y	+X	+Z
3	-Y	-X	-Z

加工过程说明:

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工孔的位置 (X, Y)。
2. 定向钻头停止后依参数“定向钻头停止 (OSS)”所设镗刀方向反位移一 Q 镗刀偏心量。
3. 以 G00 下降至所设定为 R 点, 位移镗刀偏心量 Q。
4. 钻头正转。
5. 以 G01 上抬至 Z 点。
6. 暂停 P 秒后反位移镗刀偏心量 Q 位移量。
7. 以 G00 上升到起始点。
8. 位移一 Q 位移量。

## 例

M6T1

G54 G17 G90 G69 G15 G80

M03 S600

G00 X0 Y0

G43 H1 Z10

M08

'启动钻头正转

'移至起始点

'初始平面为 Z10 点

G87 G98 X5 Y5 Z-10 R-25 Q5 P4000 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，位移量 5，暂停 4 秒，镗孔加工速度 800，孔 1 结束后返回到初始平面 Z10 点  
 X25 '孔 2，结束后返回到初始平面 Z10 点  
 Y25 '孔 3，结束后返回到初始平面 Z10 点  
 G80  
 M05 '主轴停止转动  
 M09  
 M02

### 13.4.11 G88：镗孔循环

#### 格式

G88 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
P_	指定刀具在孔底的暂停时间。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

#### 解释

- **P**

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样，以 ms 为单位，不使用小数点。

- **F**

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

- **K**

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

- 加工动作

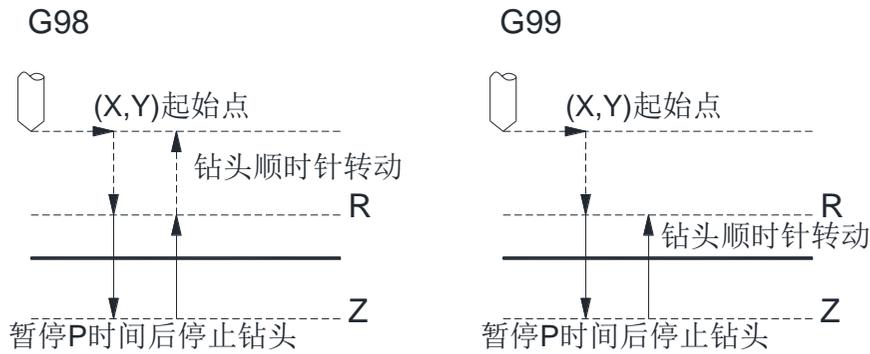


图 13-16 G88 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工的孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降至所设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点。
4. 暂停时间 P 后钻头停止。
5. 以 G01 移至 R 点。
6. 以 G00 向上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。
7. 钻头正转。

### 例

```

M6T1
G54 G17 G90 G69 G15 G80
M03 S600           '启动钻头正转
G00 X0 Y0         '移至起始点
G43 H1 Z10        '初始平面为 Z10 点
M08
G88 X5 Y5 Z-10 R-5 P2000 F800 '设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，暂停时间 2 秒，镗孔加工速度
                               800，孔 1 结束后返回到 R 点
X25                '孔 2，结束后返回到 R 点
Y25                '孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5             '孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20      '孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z10 点
G80
M05                '主轴停止转动
M09
M02
    
```

### 13.4.12 G89：孔底暂停镗孔循环

#### 格式

G89 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_

指令	说明
X_Y_	指定要加工孔的位置（可以是绝对/增量坐标）。
Z_	绝对编程时指孔底平面 Z 点的位置，相对编程时指自 R 点到孔底平面上 Z 点的距离。
R_	绝对编程时指 R 点的位置，相对编程时指自初始点到 R 点的距离。
P_	指定刀具在孔底的暂停时间。
F_	进给速度。
K_	指定孔加工重复的次数。

#### 解释

- **P**

与在 G04 中指定 P 的时间单位一样，即以 ms 为单位，不使用小数点。

- **F**

这个指令是模态的，即使取消了固定循环，在其后的加工中仍然有效。

- **K**

重复移动和钻孔的动作，G91 增量输入有效。

- 加工动作

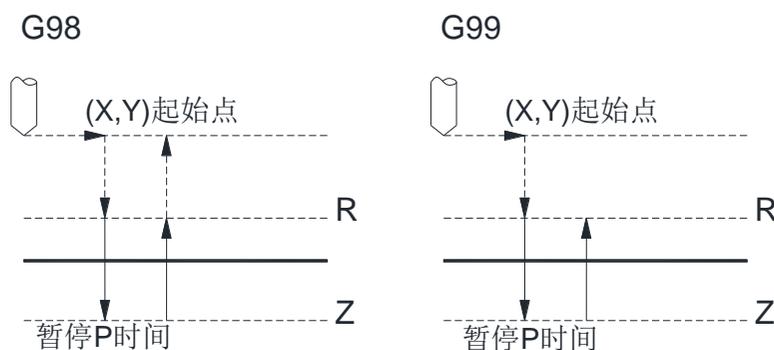


图 13-17 G89 加工过程

加工过程说明：

1. 加工开始刀具先以 G00 移动到指定要加工的孔位置 (X, Y)。
2. 以 G00 下降至所设定的 R 点。
3. 以 G01 下降至孔底 Z 点。
4. 暂停时间 P。
5. 以 G01 上升到 R 点。
6. 以 G00 上升到起始点 (G98) 或 R 点 (G99) 高度。

## 例

M6T1	
G54 G17 G90 G69 G15 G80	
M03 S600	'启动钻头正转
G00 X0 Y0	'移至起始点
G43 H1 Z10	'初始平面为 Z10 点
M08	
G89 X5 Y5 Z-10 R-5 P2500 F800	'设定 R 点、Z 点和孔 1 的坐标，暂停时间 2.5 秒，加工速度 800，孔 1 结束后返回到 R 点
X25	'孔 2，结束后返回到 R 点
Y25	'孔 3，结束后返回到 R 点
G98 X5	'孔 4，结束后返回初始平面 Z10 点
X10 Y10 Z-20	'孔 5，设定新的钻孔终点为 Z-20，结束后返回初始平面 Z 点
G80	
M05	'主轴停止转动
M09	
M02	

### 13.4.13 G80: 取消固定循环

---

#### 格式

G80

#### 解释

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

## 13.5 特殊固定循环

---

### 13.5.1 概述

---

## - 单位

长度单位为毫米 (mm)，角度单位为度 (degree)。1 米=1000 毫米，一整圆对应 360 度。

## - 使用特殊循环

1. 特殊固定循环指令 (G34~G37) 必须跟标准固定循环指令 (G73~G89) 配合使用。

(例) G81 Z-20 R-5 F100 K0      'K0 代表忽略第一个孔  
G34 X10 Y10 I10 J90 K10

2. 标准固定循环指令必须先于特殊固定循环指令之前给出。当特殊固定循环指令执行结束后，标准固定循环指令仍然有效，直到被取消为止。

(例) G81 Z-20 R-5 F100 K0      '指定循环动作  
G34 X10 Y10 I10 J90 K10      '绕圆钻孔，一共 10 个  
X100      '继续钻一个孔，不受前面的 G34 的影响

3. 在执行特殊固定循环指令时如果没有标准固定循环指令，系统将报错。

(例) G0 X0 Y0 Z0  
G34 X10 Y10 I10 J90 K10  
...

执行如上指令时，将会出现如下的错误提示：

**G34/35/36/37 指令错误：特殊固定循环指令不匹配，无指定**

正确的形式应该类似于：

G0 X0 Y0 Z0  
G81 Z-20 R-5 F100 K0  
G34 X10 Y10 I10 J90 K10  
...

## 13.5.2 G34：圆周钻孔循环

沿圆周一圈钻指定个数的孔。

### 格式

#### **G34 Xx Yy Ir J0 Kn**

(X, Y)：圆周孔循环的中心位置，G90/G91 对其有影响。

I：圆半径 r。

J：第一个钻孔点与 X 轴方向的夹角。

K：钻孔的个数。必须在 -9999~9999 之间，如果是 0 将报错；如果大于零，沿顺时针方向钻孔；如果小于零，沿逆时针方向。

## 解释

在以 (X, Y) 为中心、以 r 为半径的圆周上等距钻 n 个孔；第一个孔位置与 X 轴夹角为  $\theta$ 。在孔之间移动时全部使用 G0 的速度。

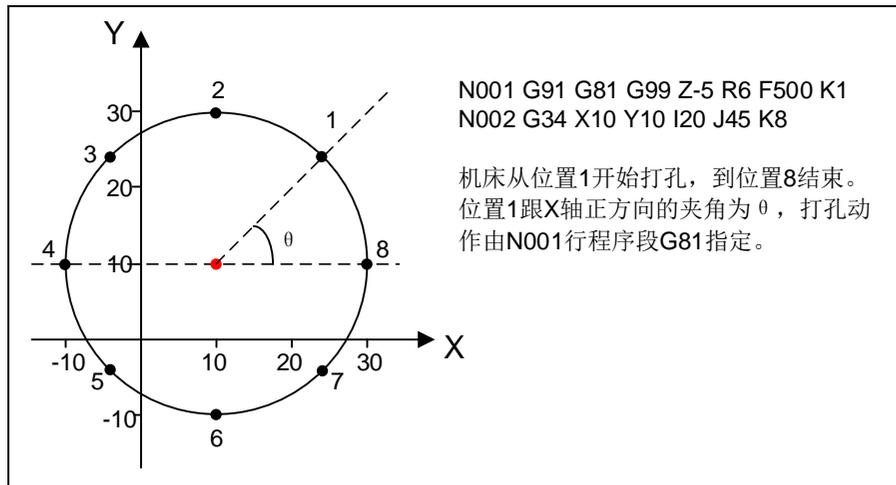


图 13-18 圆周钻孔循环

## 13.5.3 G35: 角度直线钻孔循环

沿与 X 轴成某个角度的直线方向钻孔。

## 格式

### G35 Xx Yy Id J $\theta$ Kn

(X, Y): 钻孔的起始位置，G90/G91 对其有影响。

I: 每两个孔之间的距离 d；如果为负值，将在对称方向上钻孔。

J: 角度  $\theta$ ，指定孔所在直线的方向。

K: 钻孔的个数。必须在 0~9999 之间，如果是 0 将报错。

## 解释

在以 (X, Y) 为起点、以 d 为间距在与 X 轴成某一角度的直线上等距钻 n 个孔。在孔之间移动时全部使用 G0 的速度。

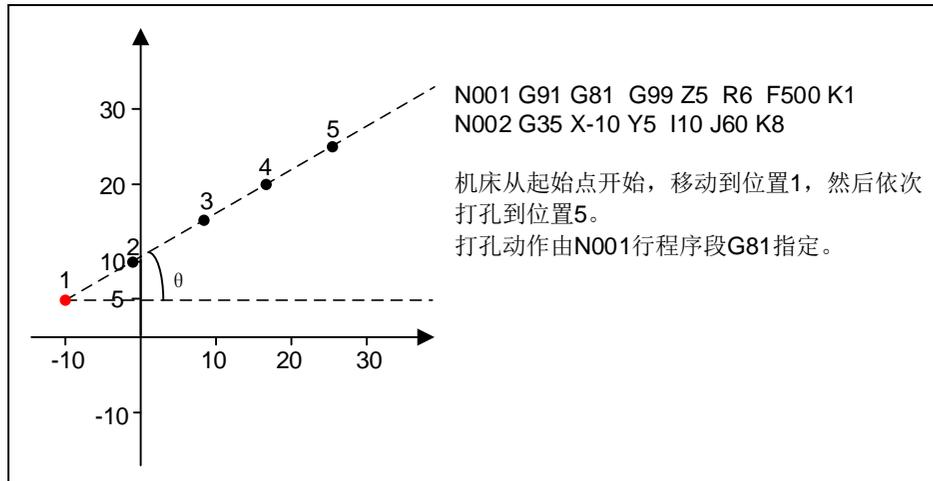


图 13-19 角度直线钻孔循环

### 13.5.4 G36: 圆弧钻孔循环

沿圆周等距钻孔，每两个孔之间的夹角指定。

#### 格式

##### **G36 Xx Yy Ir Jθ PAθ Kn**

(X, Y): 圆周孔循环的中心位置，G90/G91 对其有影响。

I: 圆半径 r。

J: 第一个钻孔点与 X 轴的夹角。

P: 每两个孔之间的夹角。

K: 钻孔的个数。必须在-9999~9999 之间，如果是 0 将报错；如果大于零，沿顺时针方向钻孔；如果小于零，沿逆时针方向。

#### 解释

在以 (X, Y) 为中心、以 r 为半径的圆周上等距钻 n 个孔；第一个孔位置与 X 轴夹角为  $\theta$ ；每两个孔之间的夹角为  $\Delta\theta$ 。在孔之间移动时全部使用 G0 的速度。

此指令与 G34 唯一不同之处是它指定了每两个孔之间的夹角。

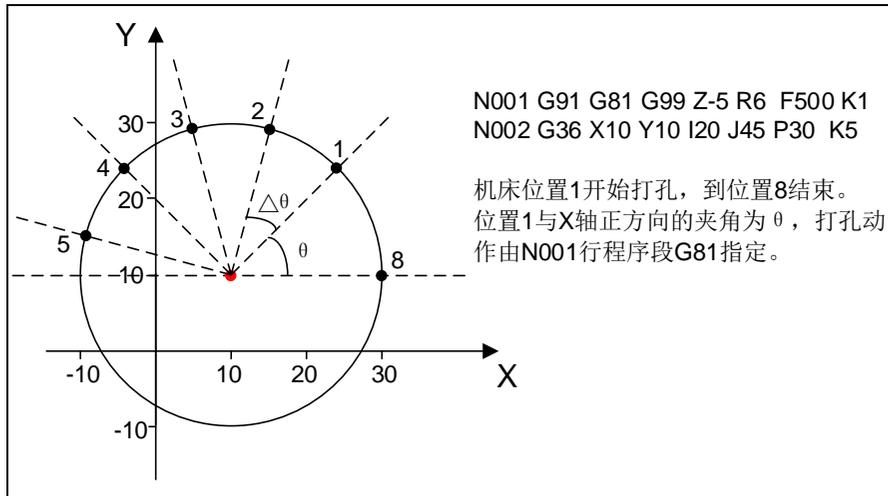


图 13-20 圆弧钻孔循环

### 13.5.5 G37: 棋盘孔循环

棋盘孔循环。

#### 格式

#### **G37 Xx Yy IΔx Pnx JΔy Kny**

(X, Y): 开始钻孔的位置, G90/G91 对其有影响。

I: X 轴上的孔间距。

P: 沿 X 轴方向所钻孔的个数。

J: Y 轴上的孔间距。

K: 沿 Y 轴方向所钻孔的个数。

#### 解释

从 (X, Y) 处开始, 在 XY 平面上钻  $P \times K$  个孔。在 X 轴方向上, 每两个孔之间的间距为  $\Delta x$ ; 在 Y 轴方向上, 每两个孔之间的间距为  $\Delta y$ 。在孔之间移动时全部使用 G0 的速度。

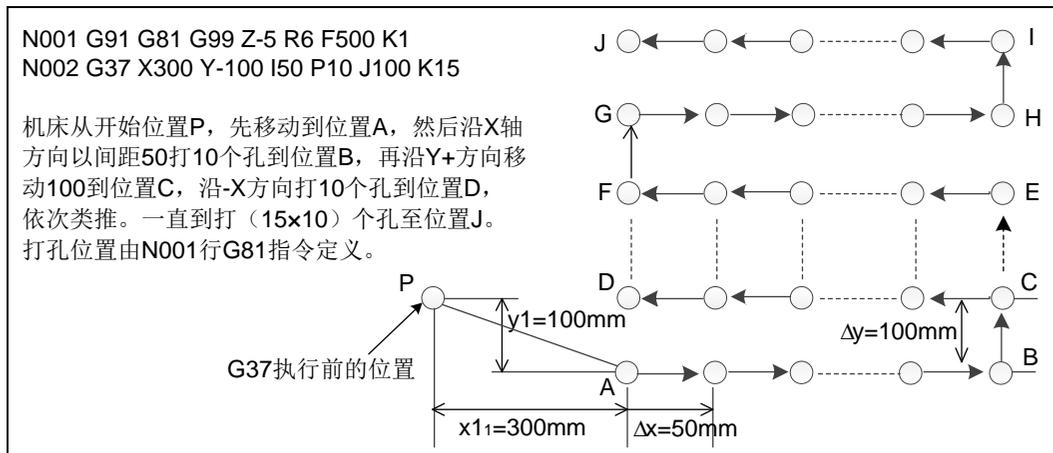


图 13-21 棋盘孔循环

### 13.5.6 G1025: 刻字指令

使用刻字刀具给每个零件雕刻上需要的字符、标识。

#### 格式

G1025 C\_F\_X\_Y\_B\_Q\_U\_W\_A\_O\_S\_P=" "\_D\_T\_

指令	说明
C_	相对于刻字平面的抬刀高度。
F_	绝对值方式 (G90), 指定首字符的中心点 XY 方向绝对位置 (工件坐标)。增量值方式 (G91), 指定首字符的中心点到起始点 XY 方向的距离。
X_Y_	指定刻字时合成进给速度, 若未定义, 则以模态进给速度值为效。
B_	指定刻字平面 B 点的 Z 轴工件坐标。
Q_	相对于刻字平面的下刀深度, 该参数没有正负之分, 一般填正值。
U_	放大倍率调整。
W_	指定字符间距, 表示两字之间的距离, 若该参数没有定义则默认为 0.8(mm)。
A_	指定字符旋转角度, 若 A 未定义, 则旋转角度默认为 0°。
O_	指定#日期时间类型
S_	指定主轴转速, 若未定义, 则以模态转速值为效
P=" "_	引号中指定刻字字符。
D_	指定刻字时激活的 Z 轴。
T_	指定刻字时使用的刀号, 若未定义, 则刻字时不换刀, 刻字完成换刀到刻字前的刀号。

#### 解释

## - C

若该参数没有定义则默认为 10，该参数没有正负之分，一般填正值。

## - U

对加工编号整体进行放大倍率调整，若该参数没有定义则默认为 1，该参数没有负之分，一般为正值

## - O

1: 月日-时分 (例 1208-1459); 2: 月日 (例 1208); 3: 年月日 (例 211208); 4: 年月日-时分 (例 211208-1459); 5: 时分 (例 1459), 若该参数没有定义则默认为 1, 即月日-时分。刻字内容中不包含#字符, 此参数无效。

## - P=" "

最多不超过 60 个字符, 目前可指定的字符为 0~9, A~Z, +, -, ., \, /, \, 空格, #, ~, !, @, \*, %, &, <, >, ?。#指定时间的格式由 O 指定。~, !, @, \*, %, &指定年月日时分秒的日期, 不能与#同时使用。<, >表示备用符号字符。?刻出刻字时的班次, A\B\C 分别表示“早\中\晚”3 个班次。

## - D

若未定义, 则当前活动 Z 轴都参与刻字。刻字完成切回刻字前的 Z 轴激活状态。

## 例

F1200 S600

G54 G90

G1025 X0 Y0 B-2 Q0.3 O4 W5 P="#WEIHONG" D123 T1

'首字母的位置为 X0 Y0, 刻字平面为 Z-2 位置, 刻字深度为 0.5mm。O4 表示刻字内容为依次刻系统时间的“年月日-时分 (年仅显示后两位)”, P 刻字内容中需要加入#配合“O4”一起使用, D123 表示启用 Z1Z2Z3, T1 表示用 1 号刀刻字, 放大倍率, 字符间隔, 主轴转速, 进给速度等可插入 UWSF 进行调整

M05

M02

## 14 补偿功能

---

### 14.1 G40/G41/G42：刀具半径补偿

---

#### 格式

##### G41 D\_

G41：左刀补（在刀具前进方向上，刀具向左偏移刀具半径的距离）。

D\_：刀具半径偏置补偿号，它代表了刀补表中对应的半径补偿值。

##### G42 D\_

G42：右刀补（在刀具前进方向上，刀具向右偏移刀具半径的距离）。

D\_：刀具半径偏置补偿号，它代表了刀补表中对应的半径补偿值。

##### G40

G40：取消刀具半径补偿。

#### 解释

刀具半径补偿平面的切换必须在补偿取消方式下进行。

刀具半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01 指令，不能是 G02 或 G03。

此指令需精确地测定刀具的半径，并且用测得的值做为刀具路径偏置值（刀具半径值）存贮在偏置值内存中，并且在程序中用 D 代码编程，使刀具偏置号和刀具半径值相对应。

当 G41（G42）被指定时，刀具以等于半径的距离移动到偏置位置。在执行 G41（G42）之后，刀具偏置立即定位到程序块起始的垂线位置，移动值取决于偏置值。

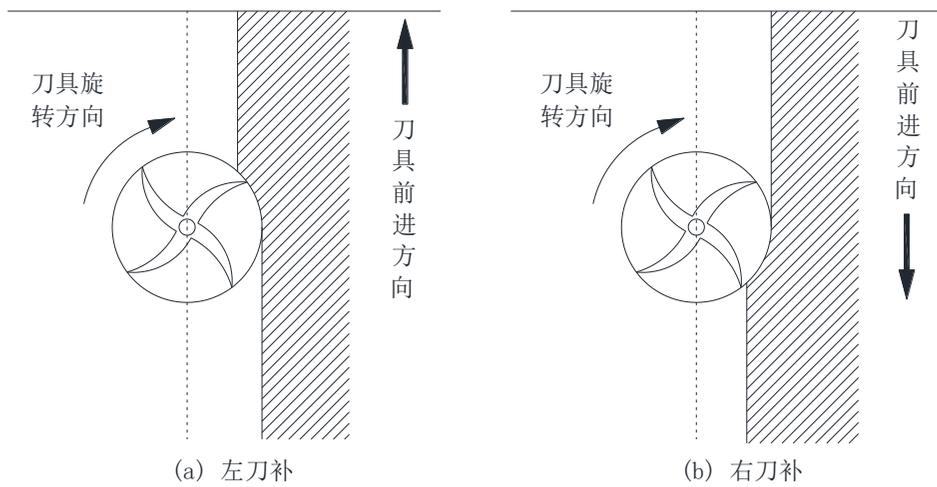


图 14-1 刀具补偿方向

例

如 14-2 所示，为刀具半径补偿示意图。

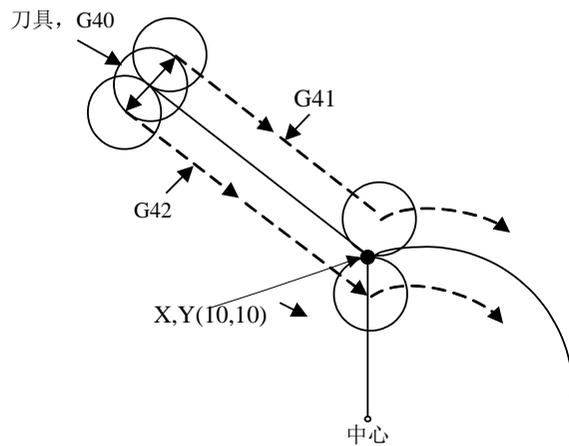


图 14-2 刀具半径补偿

G17 G01 G41(G42) X\_Y\_F\_D\_ '直线插补并对刀具进行半径补偿'  
 G02 X\_Y\_I\_J\_ '圆弧插补'

 注意

在补偿过程和取消补偿时，当前刀具移动方向不能与之前刀具移动方向相反。

例如：

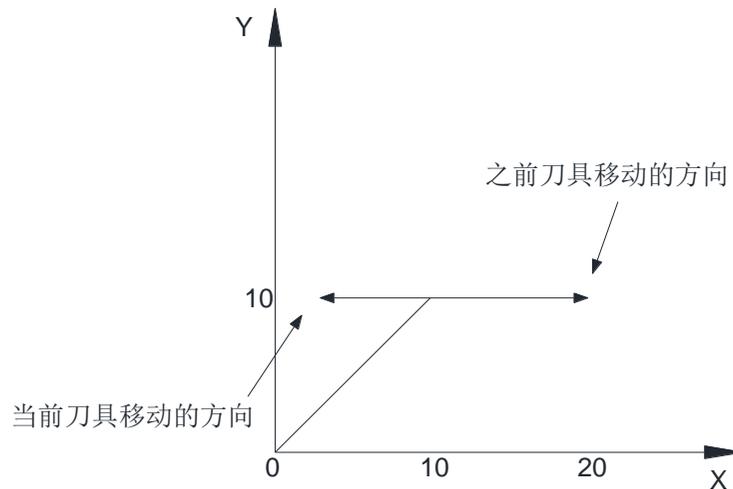


图 14-3 刀具移动方向示意图

程序 1	程序 2
G92 G0 X0 Y0	G92 G0 X0 Y0
G0 G41 X10 Y10 D01 F1000	G0 G41 X10 Y10 D01 F1000
G1 X20 Y10	G1 X20 Y10
G0 G40 X0 Y10	G0 G40 X0 Y0

程序 1 为错误指令，此时刀具移动的方向与之前的方向正好相反；程序 2 正确。

## 14.2 G43/G44/G49：刀具长度补偿

### 格式

#### G43 H

G43：正向偏置（补偿轴终点加上偏置值）。

H：刀具长度补偿偏置号，它代表了刀补表中对应的长度补偿值。

#### G44 H

G44：负向偏置（补偿轴终点减去偏置值）。

H：刀具长度补偿偏置号，它代表了刀补表中对应的长度补偿值。

#### G49

G49：取消刀具长度补偿。

### 解释

刀具长度补偿功能用于补偿刀具长度的偏差，它是从 Z 轴坐标指令值中加上或减去已存贮的刀具

偏置值。

G43 和 G44 具有模态的功能，当 G43 或 G44 被编程时，它将一直保持有效，并由 G49 指令取消。

例

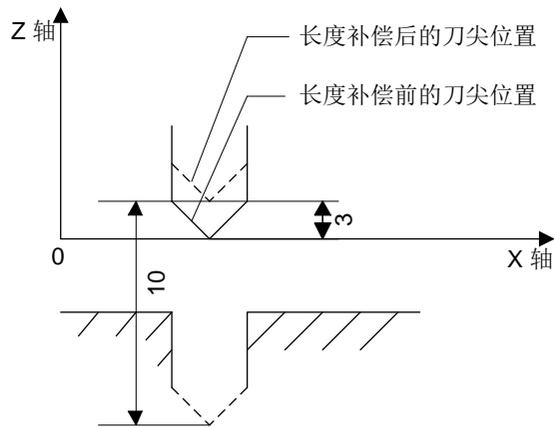


图 14-4 刀具长度补偿

图 14-4 为刀具长度补偿示意图，程序如下：

```
G90 G00 X5 Z0 F300
```

```
G43 H01 Z10      '对刀具进行长度补偿
```

```
G01 Z-10 F1000
```

## 14.3 G10：自动更新刀具补偿值

### 格式

```
G10 L_P_R_
```

指令	说明
L10	对应于刀具长度补偿值。
L11	对应于刀具长度磨损补偿值。
L12	对应于刀具半径补偿值。
L13	对应于刀具半径磨损补偿值。
P	补偿号。
R	补偿值。

### 解释

可将刀具数据作为程序输入。

### 例

刀具长度补偿号 1 的初始值 0.2

G91 G10 L10 P1 R0.3

执行此指令后刀具长度补偿号 1 的值变为 0.5

G90 G10 L10 P1 R0.3

执行此指令后刀具长度补偿号 1 的值变为 0.3

## 14.4 G50/G51：比例功能

用工件程序编辑的工件轮廓可以按比例进行放大或缩小。其中 G51 是比例开；G50 是比例关。默认为 G50。

### 格式

**G51 X\_Y\_Z\_P\_ 或 G51 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_**

X\_Y\_Z\_：指定比例中心。对于省略的坐标轴，继承原来的放大缩小比例不变。

I\_J\_K\_：分别指定 X, Y, Z 轴放大或缩小的比例。

P\_：同时指定所有列出的轴的缩放比例。

### G50

### 解释

同一程序段中 P\_与 I\_J\_K\_只选其中之一。

放大和缩小的比例范围：0.000001~99.999999。

例如：I0.666666——X 缩小到原始尺寸的 0.666666 倍，J3——Y 放大到原始尺寸的 3 倍。

### 例

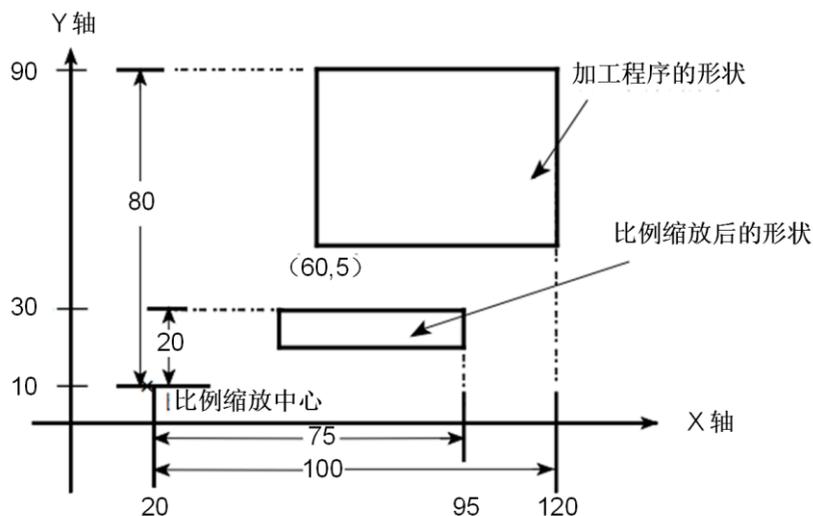


图 14-5 比例图例

图 14-5 程序如下：

```
O100
G51 X20.0 Y10.0 I0.75 J0.25 '在 X 方向应用 0.75 倍的比例缩放、在 Y 方向应用 0.25 倍的比缩放
G00 G90 X60.0 Y50.0
G01 X120.0 F100
G01 Y90
G01 X60
G01 Y50
G50
M30
```



在使用比例功能指令时，应注意以下几点：

1. 比例功能对补偿值无效。
2. 在执行刀具半径补偿时，不能给定比例（G51）指令。
3. 固定循环不能和 Z 轴指定的比例功能一起执行，如果执行固定循环时在 Z 轴上指定比例功能，将产生报警。
4. 在比例功能执行过程中不能使用下列 G 代码：G28、G29、G53 和 G92。如果使用，可能会导致结果不正确。
5. 若程序中设定了 G51 但没有 G50，则在程序结束后自动关闭比例。

## 14.5 G50.1/G51.1：镜像功能

该指令的功能为对加工轮廓的镜像进行加工。G51.1 打开，G50.1 关闭。

### 格式

**G51.1 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_：指定镜像中心。

**G50.1 X\_Y\_Z\_**（X\_Y\_Z\_的值忽略）

X\_Y\_Z\_：指定镜像功能无效的轴。

### 解释

- 指定镜像中心

对 G51.1，镜像中心既可以是一条线，也可以是一个点。例如，G51.1 X10，指定轮廓相对于 x=10 直线的镜像；G51.1 X10 Y10 Z10，指定相对于 (10, 10, 10) 点的镜像。

### - 指定镜像功能无用的轴

对 G50.1，X\_Y\_Z\_指定了镜像功能无效的轴。例如，G50.1 X0，X 轴的镜像功能关闭。G50.1 Y0 Z0，Y、Z 轴上的镜像功能关闭。如果同时指定 X、Y、Z 或不指定任意一个轴，意味着把所有轴上的镜像功能都关闭。

### - 特殊情况

仅在指定平面的 1 轴上使用镜像时，圆弧、刀具半径补偿方向和旋转方向均反转。

## 例

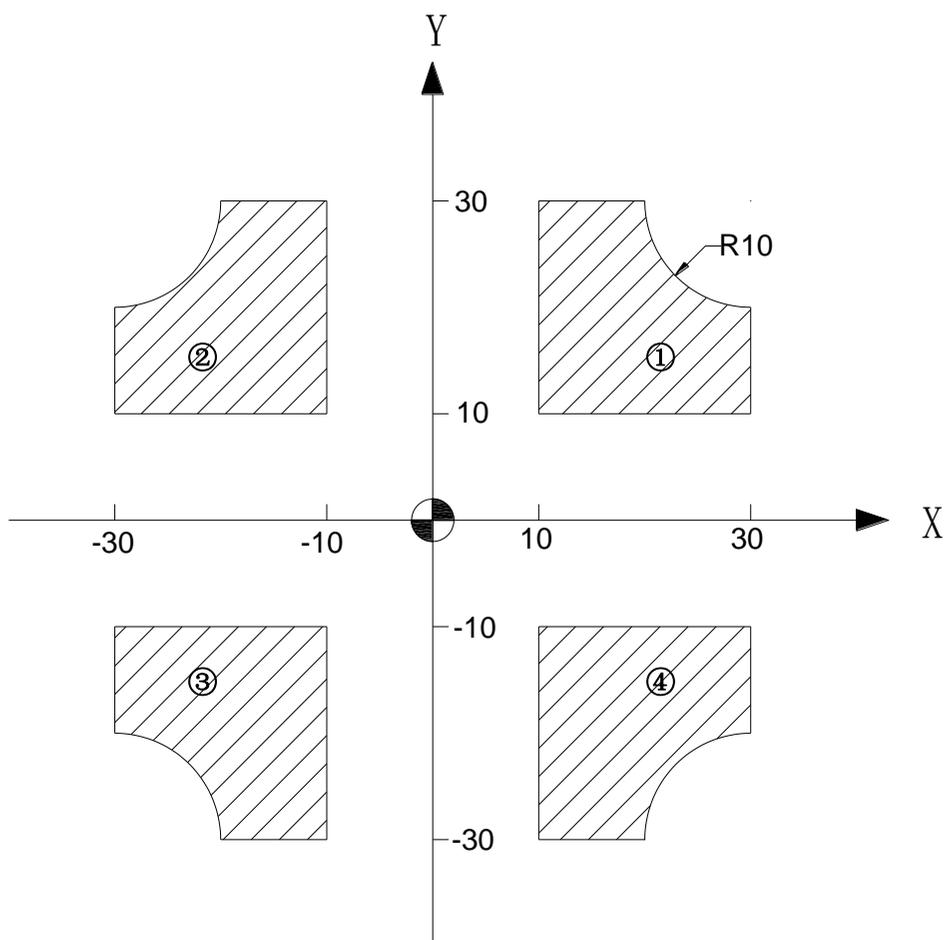


图 14-6 镜像图例

图 14-6 程序如下：

主程序  
O200

G54 G90 M03 S1000  
 M98 P100 '加工①图形，子程序 O100 为加工①图形程序  
 G51.1 X0 '关于 X0 对称轴(Y 轴)镜像，加工②图形  
 M98 P100  
 G51.1 Y0 '关于原点镜像，加工③图形  
 M98 P100  
 G50.1 X0 '取消关于 X0 对称轴 (Y 轴) 对称，关于 Y0 对称轴(X 轴)镜像，加工④图形  
 M98 P100  
 G50.1 Y0 '取消关于 Y0 对称轴(X 轴)镜像对称  
 M30 '程序结束

## 14.6 G68/G69：旋转功能

该指令用来加工轮廓时所进行的旋转加工操作。让指定的加工轮廓在指定的平面上以旋转中心旋转 R 指定的角度。G68 为旋转开，G69 为旋转关。

### 格式

#### G68 X\_Y\_Z\_R\_

X\_Y\_Z\_：指定旋转中心。

R\_：指定旋转角度，单位为度。顺时针方向为负，逆时针方向为正。

#### G69

### 解释

#### - R 符号的理解

将一只表放在当前的平面上，表面朝向第三轴的正方向。那么，此时逆时针方向为正，顺时针方向为负。

#### - 旋转

在旋转过程中，垂直于当前平面的第三轴坐标是不变的，即：在 XY 平面旋转，Z 轴坐标不变；在 YZ 平面旋转，X 轴坐标不变；在 ZX 平面旋转，Y 轴坐标不变。

### 例 1

G17 G90 X0 Y0 Z0  
 G65 P9999 L1  
 G68 X0 Y0 R-90 '以(0,0)为旋转中心，顺时针方向旋转 90 度  
 G65 P9999 L1  
 G69 '旋转关

M30

```
O9999          '加工一矩形
G91 G1 X100
Y50
X-100
Y-50
G90
M99
```

实际加工效果如下：

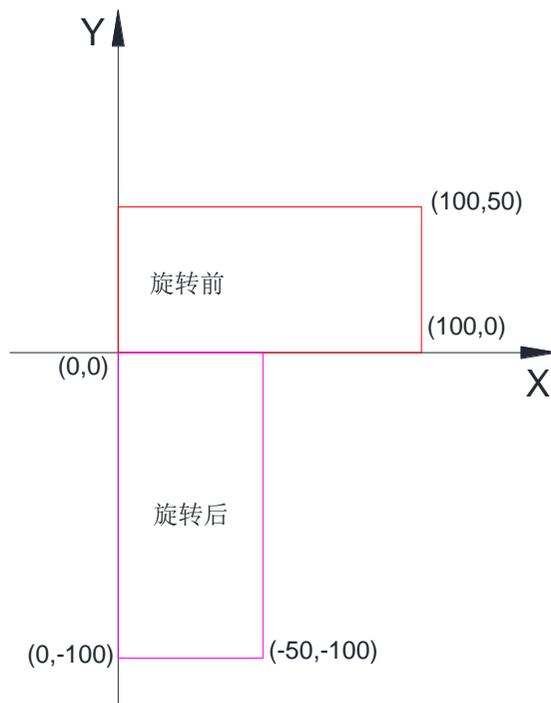


图 14-7 旋转加工示意图

## 例 2

该指令也可以嵌套使用：

```
G68 X_Y_Z_R_   '.....A
...
G68 X_Y_Z_R_   '.....B
...
G68 X_Y_Z_R_   '.....C
...
G69             '.....C'
```

```
G69          '.....B'  
G69          '.....A'
```

先出现的旋转会对后出现的旋转指令产生影响。后面的旋转变换中心并不是从文件中看到的坐标，它本身会被前面的旋转变换影响，实际的旋转中心是变换后的位置。

G69 的作用是取消离它最近的一个旋转变换。所以，上面程序中的 C' 行代码取消的是 C 处的 G68，B' 对应 B，A' 对应 A。若不使用 G69，当前加工程序完毕后，旋转变换自动取消。

### 例 3

下面是一个例子，在该例子中，旋转变换和比例变换嵌套使用。

```
G90 G0 X0 Y0 Z0  
G65 P9999 L1  
G65 P9998 L10  
M30
```

```
O9999  
G1 X200  
Y-100  
X-200  
Y100  
M99  
O9998  
G68 X50 Y50 R45  
G65 P9999 L1  
G51 X50 Y50 P0.5  
G65 P9999 L1  
M99
```

加工效果如下图所示：

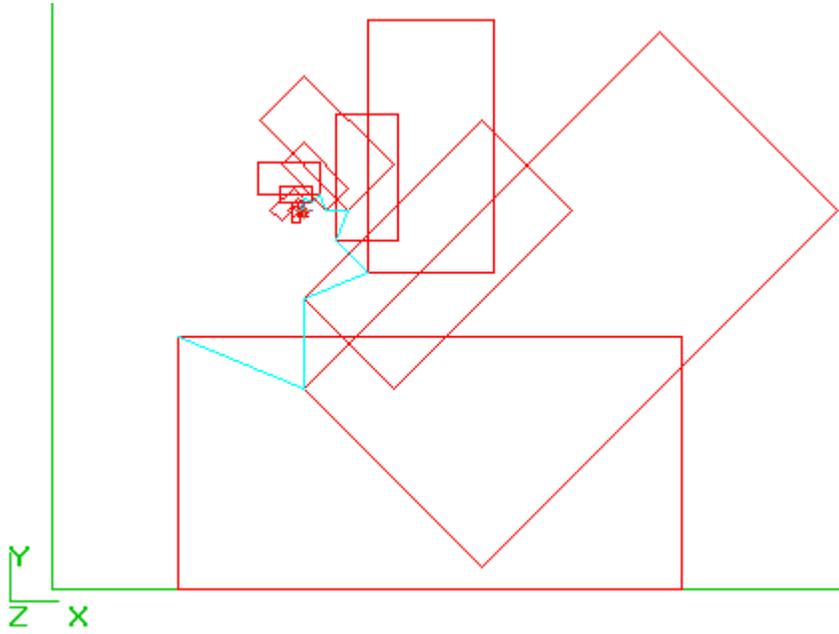


图 14-8 旋转变换和比例变换嵌套使用

# 15 用户宏指令

使用用户宏程序指令可以使用变量、运算指令及条件转移，使一般程序的编写变得更加容易。此外可以用 G65/G66/G66.1 指令从主程序中去调用用户宏程序。

## 15.1 变量

### 解释

#### - 变量的表达方式

当指定一个变量时，在符号“#”的后面指定变量号，如#i(i=1,2,3,4,.....)。或者使用<表达式>，按照如下方式表达。

#[<表达式>]

{例} #[#200]  
      #[#200-1]  
      #[#6/2]

数字、表达式表达的#变量，都可读写（若有读写权限）。

{例} #10=#3\*#[#20\*2]  
      #[#200+1]=#120

#### - 变量的种类

根据变量号，可将变量分为局部变量、公共变量、系统变量，各类变量的用途和特性各不相同。还有一些只读的系统常量。

区段	类别
#0	系统常量
#1~#33	局部变量
#200~#999	公共变量
#1000~	系统变量

#### - 变量的范围

局部变量和公共变量的范围满足基于 IEEE 标准的双精度浮点数范围，即约  $-1.79E+308 \sim +1.79E+308$ 。运算中出现的误差，也基于此双精度数值的误差。

#### - 局部变量（#1~#33）

局部变量即在宏内被局部使用的变量。某一时刻调用的宏中使用的局部变量#i 与另一时刻调用的宏（不论宏是否相同）中使用的#i 均为不同变量。

局部变量用于传输自变量。其与自变量地址之间的对应关系，请参阅宏程序调用指令的章节。没有被传输自变量的局部变量，在初始状态下为<空值>，用户可以自由使用。局部变量的属性为可读写。

### - 公共变量（#200~#999）

局部变量在宏内被局部使用，而公共变量，则是在主程序、从主程序调用的各子程序、各宏程序之间通过通用。即在某一宏中使用的公共变量#i 与在其他宏中使用的#i 是相同的。

### - 变量的引用

可以用变量指定紧接地址之后的数值。如<地址>#i 或<地址>-#i，表示原样使用变量值或使用变量值的相反值作为该地址的指令值。

{例} #33=1.5

F#33(与指定 F1.5 相同)

{例} #18=20.0

Z-#18(与指定 Z-20.0 相同)

{例} #130=3.0

G#130(与指定 G3 相同)

不可引用变量的地址包括/、:、O 和 N。

{例} 不可编写诸如 O#27 或 N#1 的程序。

不可将可选程序段跳转/n 的 n(n=1~9)用变量指定。

不能直接使用变量来指定变量号。

{例} 用#30 来表示#5 的变量号 5 时，不能指定##30，而应指定#[#30]。

不能指定超过每个地址中所确定的最大指令值的值。

{例} 当#140=10000 时，G#140 超过最大指令值。

利用后面叙述的<表达式>，可以用<表达式>来替换紧跟在地址之后的数值。

<地址> [ <表达式> ] 或 <地址> - [ <表达式> ]

若按照上面的顺序编程，则意味着原样使用<表达式>的值，或者将其相反值作为该地址的指令值。

{例} X[#24+#18\*COS[#1]]

Z-[#18+#26]

### - 空变量

尚未定义变量值的状态叫做“空值”。

变量#0、#3100 永远是空变量，只读常量，不可修改。

#### (a) 引用空值

空值指定的地址字不是相当于 0，而是相当于没有指定该地址。

原指令	G90 X100 Y#1
#1=<空值>	G90 X100
#1=0	G90 X100 Y0

(b) 赋值与运算

把空值赋给局部变量、公共变量时，被赋值变量也变为空值。

把空值变量赋给系统变量时，视空值变量为 0。

空值参与运算时，将空值视为 0。

运算式子(局部变量)	#2=#1	#2=#1*5	#2=#1+#1
#1=<空值>	<空值>	0	0
#1=0	0	0	0

运算式子(公共变量)	#100=#1	#100=#1*5	#100=#1+#1
#1=<空值>	<空值>	0	0
#1=0	0	0	0

运算式子(系统变量)	#2001=#1	#2001=#1*5	#2001=#1+#1
#1=<空值>	0	0	0
#1=0	0	0	0

(c) 比较空值

EQ、NE 的比较时，空值和 0 被判定为不同的值。

GE、GT、LE、LT 的比较时，空值和 0 被判定为相同的值。

- #1 为<空值>时

条件表达式	#1 EQ #0	#1 NE 0	#1 GE #0	#1 GT 0	#1 LE #0	#1 LT 0
结果	真	真	真	假	真	假

- #1 为 0 时

条件表达式	#1 EQ #0	#1 NE 0	#1 GE #0	#1 GT 0	#1 LE #0	#1 LT 0
结果	假	假	真	假	真	假

## 15.2 系统变量

可用系统变量读取和写入 CNC 内部的数据，如刀具偏置和当前位置等。

n 表示下标。

R、W、R/W 为变量属性。分别表示只读、只写、可读可写。

### - 刀具补偿（属性：R/W）

变量号	变量名称	内容
#2001~#2200	[_OFSHG[n]]	刀具补偿值（H 代码，刀长） 下标 n 为补偿号（1~200）
#2201~#2400	[_OFSHW[n]]	刀具补偿值。（H 代码，磨损）

变量号	变量名称	内容
		下标 n 为补偿号 (1~200)
#2401~#2600	[_OFSDG[n]]	刀具补偿值。(D 代码, 直径) 下标 n 为补偿号 (1~200)
#2601~#2800	[_OFSDW[n]]	刀具补偿值。(D 代码, 磨损) 下标 n 为补偿号 (1~200)

## - 系统常量 (属性: R)

变量号	变量名称	内容
#0、#3100	[_EMPTY]	空值
#3101	[_PI]	圆周率 $\pi=3.14159265358979323846$
#3102	[_E]	自然对数的底数 $e=2.71828182845904523536$

## - 报警 #3000 (属性: W)

使用变量编号 #3000, 在之前的程序段执行后终止并显示报警信息。紧跟式子之后的括号可指定 60 字符以内的报警信息 (不被视作评注)。

变量号	变量名称	内容
#3000	[_ALM]	宏程序报警

#3000=n(ALARM MESSAGE) n: 报警号。0~4095。

{例} #3000=1(ALARM MESSAGE)

报警号为 1, 报警信息为“ALARM MESSAGE”, 界面显示报警信息“ALARM MESSAGE”。

报警编号指令值不在范围内时, 发出报警“报警号超限”。

未指定报警信息时, 默认报警信息为“宏程序报警”。

## - 伴随信息停止 #3006 (属性: W)

通过使用#3006, 在之前的程序段执行后暂停, 紧跟式子之后的括号可指定提示信息 (不被视作注释)。

变量号	变量名称	内容
#3006	[_MSGSTP]	伴随信息停止

#3006=n(MESSAGE) n: 无实际作用, 可取任意值。

{例} #3006=1(MESSAGE)

通道程序停止, 界面显示信息“MESSAGE”。

可以将信息记录日志中存储。

在报警号后存在多个括号字符串时, 使用第一个括号字符串作为信息。最多支持 1023 个字符, 超出长度时发出报警“单行字符串过长”。

## - 时刻 #3011、#3012（属性：R）

变量号	变量名称	计数条件
#3011	[_DATE]	年/月/日
#3012	[_TIME]	时/分/秒

{例} 当前时间为 2020 年 12 月 15 日，下午 1 点 12 分 27 秒。

#3011 的值为 20201215。

#3012 的值为 131227。

## - 正在执行程序的系统号 #3019（属性：R）

可读取正在执行的系统号的系统变量。

可通过该变量，在 1 个程序中针对每个系统行区别处理。

系统号按如下方式读取。

路径	#3019
路径 1	1
路径 2	2

变量号	变量名称	内容
#3019	[_PATH_NO]	系统号

## - 主程序号 #4000（属性：R）

系统变量#4000 仅记录了主程序中读取到的第一个程序号。

变量号	变量名称	内容
#4000	[_MAIN0]	主程序中读取到的第一个程序号

## - 模态信息 #4001~#4130、#4201~#4230（属性：R）

通过读取系统变量 #4001~#4130 的值，即可得知当前预读的程序段中在读取系统变量 #4001~#4130 的宏语句#之前的程序段前指定的模态信息。

通过读取系统变量 #4201~#4330 的值，即可得知当前正在执行的程序段的模态信息。

变量号	变量名称	内容
#4001~#4030	[_BUFG[n]]	#之前指定的程序段的模态信息（G 代码） 下标 n 为 G 代码组号
#4109	[_BUFF]	#之前指定的程序段的模态信息（F 代码）
#4111	[_BUFH]	#之前指定的程序段的模态信息（H 代码）
#4114	[_BUFN]	#之前指定的程序段的模态信息（顺序号 N）
#4115	[_BUFO]	#之前指定的程序段的模态信息（程序号 O）
#4119	[_BUFS]	#之前指定的程序段的模态信息（S 代码）

变量号	变量名称	内容
#4120	[_BUFT]	#之前指定的程序段的模态信息 (T 代码)
#4130	[_BUFWZP]	#之前指定的程序段的模态信息(附加工件坐标系号 P)
#4201~#4230	[_ACTG[n]]	正在执行的程序段的模态信息 (G 代码) 下标 n 为 G 代码组号

- 位置信息 #5001~#5056 (属性: R)

通过系统变量 #5001~#5056 的值, 即可得知#之前的程序段的终点位置、指令当前位置 (机械坐标系、工件坐标系)。

变量号	变量名称	位置信息	坐标系	刀具位置/刀具长度/ 刀具半径补偿
#5001	[_ABSIO[1]]	第 1 轴程序段终点位置	机械坐标系	包括
#5002	[_ABSIO[2]]	第 2 轴程序段终点位置		
...	...	...		
#5016	[_ABSIO[16]]	第 16 轴程序段终点位置		
#5021	[_ABSMT[1]]	第 1 轴当前位置	机床坐标系	包括
#5022	[_ABSMT[2]]	第 2 轴当前位置		
...	...	...		
#5036	[_ABSMT[16]]	第 16 轴当前位置		
#5041	[_ABSOT[1]]	第 1 轴当前位置	工件坐标系	包括
#5042	[_ABSOT[2]]	第 2 轴当前位置...		
...	...	...		
#5056	[_ABSOT[16]]	第 16 轴当前位置		

- 刀具长度补偿值 #5081~#5096 (属性: R)

变量号	变量名称	位置信息
#5081	[_TOFS[1]]	第 1 轴刀具长度补偿值
#5082	[_TOFS[2]]	第 2 轴刀具长度补偿值
...	...	...
#5096	[_TOFS[16]]	第 16 轴刀具长度补偿值

- 待走量 #5181~#5196 (属性: R)

通过读取系统变量 #5181~#5196 的值, 即可得知每个轴的待走量。

变量号	变量名称	位置信息
#5181	[_DIST[1]]	第 1 轴待走量
#5182	[_DIST [2]]	第 2 轴待走量
...	...	...

变量号	变量名称	位置信息
#5196	[_DIST [16]]	第 16 轴待走量

- 外部工件原点偏置、工件原点偏置、附加工件坐标系偏置（属性：R/W）

变量号	变量名称	内容
#5201~#5216	[_WZCMN[n]]	外部工件原点偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
#5221~#5236	[_WZG54[n]]	G54 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
#5241~#5256	[_WZG55[n]]	G55 工件偏置 值 下标 n 为轴号(1~16)
#5261~#5276	[_WZG56[n]]	G56 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
#5281~#5296	[_WZG57[n]]	G57 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
#5301~#5316	[_WZG58[n]]	G58 工件偏置 值 下标 n 为轴号(1~16)
#5321~#5336	[_WZG59[n]]	G59 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
#7001~#7016	[_WZP1[n]]	G54.1P1 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
#7021~#7036	[_WZP2[n]]	G54.1P2 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)
.....	.....	.....
#7941~#7956	[_WZP48[n]]	G54.1P48 工件偏置值 下标 n 为轴号(1~16)

## 15.3 运算指令

可以在变量之间进行各类运算。运算指令可像一般的算术式子一样编程。

#i=<表达式>

### <表达式>

运算指令右边的<表达式>是常量、变量、函数或算符的组合。也可使用常数取代下述的 #j, #k。

- 加法型运算

运算符	含义	形式
+	加法	#i=#j+#k

运算符	含义	形式
-	减法	#i=#j-#k
OR	逻辑或（32 位的每一位）	#i=#j OR #k
XOR	逻辑异或（32 位的每一位）	#i=#j XOR #k

• 乘法型运算

运算符	含义	形式
*	乘法	#i=#j*#k
/	除法	#i=#j/#k
AND	逻辑与（32 位的每一位）	#i=#j AND #k
MOD	余数（#j、#k 取整后求取余数，#j 为负时，#i 也为负。）	#i=#j MOD #k

• 函数

运算符	含义	形式
SIN	正弦（deg 单位）	#i=SIN[#j]
COS	余弦（deg 单位）	#i=COS[#j]
TAN	正切（deg 单位）	#i=TAN[#j]
ASIN	反正弦	#i=ASIN[#j]
ACOS	反余弦	#i=ACOS[#j]
ATAN ATN	反正切	#i=ATAN[#j] #i=ATN[#j] #i=ATAN[#j, #k] #i=ATN[#j, #k] #i=ATAN[#j]/[#k] #i=ATN[#j]/[#k]
SQRT SQR	平方根	#i=SQRT[#j] #i=SQR[#j]
ABS	绝对值	#i=ABS[#j]
ROUND RND	四舍五入	#i=ROUND[#j] #i=RND[#j]
FIX	小数点以下舍去（靠近 0）	#i=FIX[#j]
FUP	小数点以下舍入（远离 0）	#i=FUP[#j]
MAX	最大值	#i=MAX[#j, #k, #l, ...]
MIN	最小值	#i=MIN[#j, #k, #l, ...]
MAXIND	最大值的序号	#i=MAXIND[#j, #k, #l, ...]
MININD	最小值的序号	#i=MININD[#j, #k, #l, ...]
LN	自然对数	#i=LN[#2]
EXP	以 e (=2.718.....) 为底数的指数	#i=EXP[#2]
POW	幂乘	#i=POW[#2,3]

## 解释

### - 角度单位

在 SIN、COS、TAN、ASIN、ACOS、ATAN 函数中使用的角度，其单位用度表示。  
比如，90 度 30 分，表示为 90.5 度。

### - 反正弦 $\#i = \text{ASIN}[\#j]$

解的范围支持  $-90^\circ \sim 90^\circ$ 。  
当  $\#j$  超出  $-1 \sim 1$  时，发出报警“函数 ASIN 参数错误”。

### - 反余弦 $\#i = \text{ACOS}[\#j]$

解的范围为  $180^\circ \sim 0^\circ$ 。  
当  $\#j$  超出  $-1 \sim 1$  时，发出报警“函数 ACOS 参数错误”。

### - 反正切 $\#i = \text{ATAN}[\#j]/[\#k]$ (2 个自变量)

即使指定  $\text{ATAN}[\#j, \#k]$ ，也与  $\text{ATAN}[\#j]/[\#k]$  等效。  
本函数由 X-Y 平面上的点  $(\#k, \#j)$  给定时，返还相对于由该点构成的角度的反正切的值。  
 $\#j = \#k = 0$  时，发出报警“函数 ATAN 参数错误”。解的范围支持  $-180^\circ \sim 180^\circ$ 。

### - 反正切 $\#i = \text{ATAN}[\#j]$ (1 个自变量)

在以 1 个自变量来指定 ATAN 时，该功能将返还反正切的主值 ( $-90^\circ \leq \text{ATAN}[\#j] \leq 90^\circ$ )  
在将本函数作为除法运算的被除数使用时，务须以 [ ] 括起来以后再指定。不括起来的情形视为  $\text{ATAN}[\#j]/[\#k]$ 。

{例}  $\#200 = [\text{ATAN}[1]]/10$ : 将 1 个自变量 ATAN 除以 10。

$\#200 = \text{ATAN}[1]/[10]$ : 作为 2 个自变量 ATAN 执行。

$\#200 = \text{ATAN}[1]/10$ : 视为 2 个自变量 ATAN，但是由于 X 坐标的指定中没有 [ ]，会有报警“/附近缺少[”发出。

### - 自然对数 $\#i = \text{LN}[\#j]$

当  $\#j$  小于等于 0 时，发出报警“函数 LN 参数错误”。

### - 指数函数 $\#i = \text{EXP}[\#j]$

若运算结果溢出，发出报警“函数 EXP 参数错误”。

{例}

运算符	运算式	结果
+	$\#11 = 1000 + 1000$	$\#11 = 2000$
-	$\#11 = 1000 - 50$	$\#11 = 950$
OR	$\#3 = 100$ $\#4 = \#3 \text{ OR } 14$	$\#3 = 01100100$ (2 进制) $14 = 00001111$ (2 进制) $\#4 = 01101110 = 110$

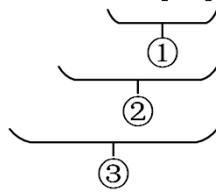
运算符	运算式	结果
XOR	#3=100 #4=#3 XOR 14	#3=01100100(2 进制) 14=00001110(2 进制) #4=01101010=106
*	#11=100*30	#11=3000
/	#11=100/2	#11=50
AND	#9=100 #10=#9 AND 15	#9=01100100(2 进制) 15=00001111(2 进制) #10=00000100=4
MOD	#19=48 #20=9 #31=#19 MOD #20	#19/#20=48/9=5 余数 3 #31=3
SIN	#1=SIN[60]	#1=0.866025...
COS	#1=COS[45]	#1=0.707106...
TAN	#1=TAN[60]	#1=1.732050...
ASIN	#1=ASIN[0.5]	#1=30
ACOS	#1=ACOS[0.5]	#1=60
ATAN	#1=ATAN[1.73205]	#1=60
ATN	#2=ATAN[1.73205, -1]	#2=120
SQRT SQR	#1=SQRT[4]	#1=2
ABS	#1=ABS[-3]	#1=3
ROUND RND	#1=ROUND[4.5] #2=ROUND[3.1]	#1=5 #2=3
FIX	#1=FIX[2.8] #2=FIX[-2.8]	#1=2 #2=-2
FUP	#1=FUP[7.1] #2=FUP[-2.1]	#1=8 #2=-3
MAX	#1=MAX[-1, 3.5, 6, 2.3]	#1=6
MIN	#1=MIN[-1, 3.5, 6, 2.3]	#1=-1
MAXIND	#1=MAXIND[-1, 3.5, 6, 2.3]	#1=3
MININD	#1=MININD[-1, 3.5, 6, 2.3]	#1=1
LN	#1=LN[2.718]	#1=1
EXP	#1=EXP[1]	#1=2.718
POW	#1=POW[2,3]	#1=8

## - 运算的优先顺序

- ① 函数
- ② 乘除运算 (\*、/、AND)

③ 加减运算 (+、-、OR、XOR)

例 #1=#2+#3\*SIN[#4]



①、②、③表示运算顺序

## - 括号的嵌套

括号被用来改变运算的优先顺序。

括号可含 5 层，包括函数外面的括号。

超过 5 层时，发出报警“括号重数太多”。

## 15.4 宏语句和 NC

下列程序段为宏语句：

- 使用=的程序段。
- 含控制指令（如 GOTO/DO/END）的程序段。
- 含宏程序指令（如 G65/G66/G66.1/G67）的程序段。

除宏语句以外的程序段称为 NC 语句。

### 解释

#### - 与 NC 语句的区别

即使在单程序段方式，机床也不停止。

#### - 与宏语句有相同性质的 NC 语句

- NC 语句为 M98 子程序调用指令，且不含 O 或文件名、N、P、L 以外的指令地址的程序段，与宏语句具有相同的性质。
- 包含 M99，且不包含 O 或文件名、N、L、P 以外的指令地址的程序段之 NC 语句，与宏语句具有相同的性质。

## 15.5 控制语句

程序可通过控制指令来改变程序的运行顺序，控制语句包括无条件跳转（GOTO 语句）、条件转移（IF 语句）、循环控制语句（WHILE）。

## 15.5.1 无条件跳转（GOTO 语句）

### 格式

**GOTO n**

n: 顺序号（1~99999999）

### 解释

无条件跳转到顺序号为 n 的语句，当顺序号 n 可以用表达式来指定。

{例} GOTO 1

GOTO #10

查找顺序号 n 时，搜索从当前程序段的下一程序段至程序末尾。若未搜索到，则从程序开头搜索到当前程序段的上一程序段。因此，反向跳转比正向跳转需要更长的分析时间。

若目标顺序号在存储中，则无需查找，直接跳转。

仅可从 IF~ENDIF、WHILE~DO~END 中跳出。无法跳入 IF~ENDIF、WHILE~DO~END。

仅可在本程序中跳转，无法在主程序与子程序间、子程序与子程序间跳转。

### 例

```
#1=3          '给#1 赋值 3
GOTO #1      '无条件转移到 N3
...
G00 X10
```



1. 跳入 IF~ENDIF、WHILE~DO~END 时，提示错误“GOTO 至其他宏程序指令中”，停止加工。
2. GOTO 到本程序段开头时，提示错误“GOTO 至当前程序段”，停止加工。
3. GOTO 的顺序号超出范围时，提示错误“顺序号超出范围（1~99999999）”，停止加工。
4. 在当前程序中未搜索到 GOTO 的顺序号时，提示错误“未找到 GOTO 顺序号 X”（X 为顺序号值），停止加工。
5. 不可在一个程序中指定多个附带有相同顺序号的程序段。利用 GOTO 语句转移时，转移目的地不定，十分危险。

## 15.5.2 顺序号存储型（GOTO 语句）

在执行用户宏程序宏程序指令 GOTO 语句时，对于以前执行并存储的顺序号，高速地跳转。

“以前执行并存储的顺序号”，即就所执行的顺序号，在相同程序内存储不重复的顺序号以及子程序调用的顺序号。

对一个执行跳转的文件，存储最近跳转的最多 31 个顺序号。最多存储 15 个文件的跳转顺序号。

### 15.5.3 条件转移（IF 语句）

在 IF 后指定 <条件表达式>，可支持最大嵌套 10 层。

指令格式包括以下 (a) ~ (e) 5 种。

#### (a) IF [条件表达式] GOTO n

n: 表示条件成立时转移到的程序段顺序号

如果条件成立时转移到顺序号为 n 的程序段，否则执行下个程序段。

#### 例

```
#500=3           '给#500 赋值 3
N1 #500=#500+1
IF[#500 GT 0] GOTO 1      '当#500>10 时程序转移到 N1
GOTO #1
...
```

#### (b) IF [条件表达式] THEN 宏语句

如果条件成立时则执行 THEN 之后的宏语句，否则执行下个程序段。

#### 例

```
#500=3           '给#500 赋值 3
N1 #500=#500+1
IF[#500 GT 0] THEN #500=10  '当#500>10 时，给#500 赋值 10
```

#### (c) IF [条件表达式] THEN

...

**ENDIF**

如果条件成立时则执行 THEN 和 ENDIF 之间的多个程序，否则执行 ENDIF 之后的程序段。

#### 例

```
IF[#500 EQ #501] THEN      '当#500=#501 时，执行 THEN 和 ENDIF 之间的程序，否则执行
                              ENDIF 之后的程序段 G00Z100
G00 X100
...
ENDIF
G00 Z100
```

#### (d) IF [条件表达式] THEN 宏语句 1

##### ELSE 宏语句 2

如果条件成立时则执行 THEN 之后的宏语句 1，否则执行宏语句 2。

#### 例

```
IF[#500 EQ #501] THEN #502=0    '当#500=#501 时，给#502 赋值 0，否则给#503 赋值 0
ELSE #503=0
G00 Z100
```

#### (e) IF [条件表达式] THEN

##### 多程序段 1

##### ELSE

##### 多程序段 2

##### ENDIF

如果条件成立时则执行 THEN 和 ENDIF 之间的多个程序段 1，否则执行 ELSE 和 ENDIF 之间的多程序段 2。

#### 例

```
IF [#500 EQ #501] THEN
#502=2
#503=3
G00 X10
ELSE
#504=2
```

```
#505=3
G00 X20
ENDIF
```

## 解释

### - <条件表达式>

<条件表达式>有两种：<简单条件表达式>和<复合条件表达式>。

<简单条件表达式>即在相比较的 2 个变量或变量和常量之间描述比较运算符的条件表达式。也可以使用<表达式>代替变量。<复合条件表达式>即将多个<简单条件表达式>的真假结果以 AND（逻辑与）、OR（逻辑或）、XOR（逻辑异或）进行运算的结果。

## 例

```
IF[#1 EQ #2]AND[#3 EQ #4]] THEN #5=1      #1 等于#2 并且#3 等于#4 时，给#5 赋值 1
```

### - 比较运算符

每个算符由两个字母组成，用来比较两个值，决定它们是否相等，或一个值比另一个值小或大。需要注意的是，等号（=）、不等号（>、<）不可作为比较算符使用。

### - 比较运算符和逻辑运算符

运算符	含义	形式
EQ	等于	#1 EQ #2
NE	不等于	#1 NE #2
GT	大于	#1 GT #2
GE	大于或等于	#1 GE #2
LT	小于	#1 LT #2
LE	小于或等于	#1 LE #2
AND	与	[#1 GT 0] AND[#1 LT 100]
OR	或	[#1 LT 0] OR[#1 GT 100]
XOR	异或	[#1 GT 0] XOR[#2 GT 0]
NOT	非	NOT [#1 LE 0]



每个程序的 IF 嵌套层数最多为 10 层。IF 嵌套超过 10 层时，提示错误“IF 嵌套超过 10 层”，停止加工。

## 15.5.4 循环控制语句（WHILE）

### 格式

```
WHILE [条件表达式] DO m
```

```
...
```

```
END m
```

m: 指定循环执行范围的标号

### 解释

如果条件成立时则循环执行 WHILE 和 END 之间的程序段，否则执行 EDN 程序的下一个程序段。

#### - 嵌套

DOm 与 ENDm 在同一程序内必须 1 对 1 的对应。DO~END 可在同一程序中最多嵌套 27 层。主程序、各子程序的嵌套层数无关，均可最多嵌套 27 层。同一程序中，m 识别号可以重复使用。嵌套时，嵌套各层的 m 识别号不可重复。

#### - 无限循环

省略 WHILE 时，程序在 DO~END 间无限重复。

#### - 处理时间

当要转移到 GOTO 语句中指定的顺序号时，程序先搜索顺序号。为此，反向处理数据比正向要用较长的时间。因此，反向处理数据时，为了缩短处理时间，作为重复指令，请使用 WHILE 语句。

#### - 循环限制

不能从循环体外转移到循环体中，可以从循环体中跳转到循环体外。

### 例

```
#500=1
```

```
WHILE[#500 LE 0] DO 1
```

```
#500=#500+1
```

```
END 1
```

'给#500 赋值 1

'当#500<10 时，循环执行 WHILE 和 END 1 之间的程序段，直到#500≥10，跳转到 END 1 之后的程序段



1. 存在 DO，无对应 END。提示错误“没有 END 语句”，停止加工。

2. END 的序号与 DO 不匹配。提示错误“DO<sub>m</sub> END<sub>n</sub> 不匹配”（m 为 DO 的识别号值，n 为 END 的识别号值），停止加工。
3. 嵌套超过 27 层。提示错误“WHILE 嵌套超过 27 层”，停止加工。
4. 嵌套的 m 序号重复。提示错误“与 u 行 DO 序号重复”（u 为已占用序号的 DO 语句所在行号），停止加工。

## 15.6 用户宏程序调用

本系统宏程序调用支持简单调用（G65）和模态调用（G66/G66.1/G67），最大嵌套为 5 层。

### 15.6.1 简单调用 G65

G65 调用由地址 P 指定的用户宏程序的程序号，同时可以把数据传给被调用的宏程序。

#### 格式

**G65 Pp Ln<自变量指定>**

P: 调用的用户宏程序程序号，范围[1, 99999999]。

n: 重复次数，范围[1, 99999999]，省略表示调用 1 次子程序，如果省略则默认为 1。

自变量: 要传给被调用宏程序的数据，指定需要定义的自变量的数值。

#### 解释

##### - 自变量指定法

有两类自变量指定法：第 I 类使用 G、L、O、N、P 以外的字母，每个用一次；第 II 类用 A、B、C，每个用一次，还可使用 10 组 I、J、K，自变量的指定种类是根据所用的字母自动决定的。

- 第 I 类自变量指定法

格式: A\_B\_C\_.....X\_Y\_Z\_

地址	变量号
A	#1
B	#2
C	#3
D	#7
E	#8
F	#9
H	#11

地址	变量号
I	#4
J	#5
K	#6
M	#13
Q	#17
R	#18
S	#19

地址	变量号
T	#20
U	#21
V	#22
W	#23
X	#24
Y	#25
Z	#26

- 地址 G、L、N、O、P 不能作为自变量使用。
- 可以省略没有必要指定的地址。与省略的地址相对应的局部变量设为空值。

- 不需要按照字母顺序指定，按照字地址格式就可以。
  - 自变量地址 I、J、K 可以自动判断自变量指定法的种类。在指定 I\_J\_K 时按照第 I 类自变量指定法指定即 I=#4、J=#5、K=#6，而指定 K\_J\_I 按照第 II 类自变量指定法指定即 K=#6、J=#8、I=#10。
- 第 II 类自变量指定法  
第 II 类自变量指定法仅使用地址 A、B、C 一次，将 I、J、K 作为一组使用，最多可重复指定 10 次。在将三维坐标作为自变量给出时使用第 II 类指定法。

地址	变量号	地址	变量号	地址	变量号
A	#1	K <sub>3</sub>	#12	J <sub>7</sub>	#23
B	#2	I <sub>4</sub>	#13	K <sub>7</sub>	#24
C	#3	J <sub>4</sub>	#14	I <sub>8</sub>	#25
I <sub>1</sub>	#4	K <sub>4</sub>	#15	J <sub>8</sub>	#26
J <sub>1</sub>	#5	I <sub>5</sub>	#16	K <sub>8</sub>	#27
K <sub>1</sub>	#6	J <sub>5</sub>	#17	I <sub>9</sub>	#28
I <sub>2</sub>	#7	K <sub>5</sub>	#18	J <sub>9</sub>	#29
J <sub>2</sub>	#8	I <sub>6</sub>	#19	K <sub>9</sub>	#30
K <sub>2</sub>	#9	J <sub>6</sub>	#20	I <sub>10</sub>	#31
I <sub>3</sub>	#10	K <sub>6</sub>	#21	J <sub>10</sub>	#32
J <sub>3</sub>	#11	I <sub>7</sub>	#22	K <sub>10</sub>	#33

I、J、K 的下标（表示自变量指定的顺序），在实际的程序中不写。

### - 自变量指定法的混合

CNC 在内部识别第 I 类和第 II 类自变量指定法，如果两类指定法混合使用，则优先采用后指定的自变量格式。

{例} G65 A1.0 B2.0 I-3.0 I4.0 D5.0 P1000

A1.0: #1=1.0

B2.0: #2=2.0

I-3.0: #4=-3.0

I4.0: #7=4.0

D5.0: #7=5.0

上例中对于变量#7，在指定了 I4.0 和 D5.0 的 2 个自变量时，后面的 D5.0 有效。

### - 调用的嵌套

宏程序调用的嵌套为 5 层，包括简单调用（G65）和模态调用（G66/G66.1）。另外，子程序调用的嵌套为 15 层，包括宏程序调用。

### - 局部变量的级别

- 为嵌套提供 0 级到 5 级的局部变量。
- 主程序为 0 级。

- 每执行一次宏程序调用（G65/G66/G66.1），局部变量的级别增加 1，上一级的局部变量值被保存在 CNC 中。
- 当在宏程序中执行 M99 时，控制返回到调用源程序。这时，局部变量的级别变小一级。恢复为调用宏程序时保存的原先的局部变量值。

## 例

主程序

O0001

#200=10                                '#200 赋值为 10

G65 P1000 A1 B2 C3                    '将 A=1 B=2 C=3 分别赋值到#1 #2 #3 中，调用用户宏程 O1000

G00 Y10

M30

用户宏程序

O1000

#200=#1+#2+#3                        '#200 由 10 变为 6

G00 X50

M99                                        '执行 M99 后返回到主程序，并且#200 由 6 变为之前保存的 10

## 15.6.2 模态调用：移动指令调用 G66

在执行沿轴移动的程序段后，用 G66 指定模态调用的话，就调用指定的宏程序，这个过程直到 G67 模态调用取消。

### 格式

**G66 Pp Ln<自变量指定>**    '宏程序模态调用

...

**G67**                                        '模态调用取消

P: 调用的用户宏程序程序号，范围[1, 99999]。

n: 重复次数，范围[1, 99999]，省略表示调用 1 次子程序，如果省略则默认为 1。

自变量: 要传给被调用宏程序的数据，指定需要定义的自变量的数值。与 G65 传递变量方式相同。

### 解释

- 在 G66 的程序段，不执行宏程序调用。只可在 G66 的程序段设定自变量。
- 不能取消非本次调用程序指定的 G66 模态调用。

- 本次调用程序中指定了 G66，但未指定 G67，则本次调用程序结束时，取消本次调用程序中指定的 G66 模态调用。若在没有处于模态调用下就指定 G67，则发出报警“取消错误，无模态调用”。
- 在需要执行模态调用宏程序的程序段中指定 M99，则在执行完调用后，执行 M99。

{例} G66 P9100

G00 X0 Y0 M99

执行顺序：

1. 记录 G66 模态调用宏程序。
2. G00 模态运动到 X0Y0 位置。
3. 执行 O9100 宏程序一次。
4. 执行 M99。

## 例

使用用户宏程序编制与钻孔固定循环 G81 相同的动作。

主程序

O0001

G28 G91 X0 Y0 Z0

G92 X0 Y0 Z50.0

G00 G90 X100.0 Y50.0

G66 P1000 Z-20.0 R5.0 F500

G90 X20.0 Y20.0

X50.0

Y50.0

X70.0 Y80.0

G67

M30

用户宏程序

O1000

#1=#4001

'存储 G00/G01

#3=#4003

'存储 G90/G91

#4=#4109

'存储切削进给速度

#5=#5003

'存储钻孔开始时的坐标

G00 G90 Z#18

'定位至 R 点

G01 Z#26 F#9

'钻孔至 Z 点

IF[#4010 EQ 98] GOTO 1

'判断退刀平面

G00 Z#18

'退刀至 R 点

GOTO 2

N1 G00 Z#5

'退刀至初始点

N2 G#1 G#3 F#4

'恢复模态信息

M99

### 15.6.3 模态调用：每个程序段调用 G66.1

在 G66.1 至 G67 之间指定的各指令程序段，无条件调用指定的用户宏程序。

各程序段的指令，除了 O 或文件名、N 以及 G 代码外，均不执行而作为自变量使用。

G 代码在 G66.1 指令的程序段中不作为自变量使用，但是在之后的程序段中最后指定的 G 代码可以作为自变量使用。

#### 格式

**G66.1 Pp Ln<自变量指定>** '宏程序模态调用

...

**G67** '模态调用取消

P: 调用的用户宏程序程序号，范围[1, 99999]。

n: 重复次数，范围[1, 99999]，省略表示调用 1 次子程序，如果省略则默认为 1。

自变量: 要传给被调用宏程序的数据，指定需要定义的自变量的数值。

#### 解释

当程序段中指定了 O 或文件名、N 时，其效果如同在其后指定了 G65P，其余的程序段，其效果如同在程序段的开头指定了 G65P。

#### 例

G66.1 P1000 L2 A3

X10 Y10

'X10 Y10 不作为轴移动指令，X10 Y10 作为自变量使用

N0010 G01 G91 X50 Y50 D1 R1000 F4000

'此段等同于 N0010 G65 P1000 G01 G91 X50 Y50 D1 R1000 F4000

G67

#### - 模态调用的嵌套

当多层指定模态的宏程序时，对于宏程序中的 NC 指令，在该程序段，调用下一个嵌套的宏程序。宏程序按照后指定的顺序依次被调用。并且，利用 G67 指令，按照后指定的顺序取消模态调用。



- G66.1 和 G67 的程序段必须成对地出现在相同的程序中。另外，若在没有处于模态调用下就指定 G67，则发出报警“取消错误，无模态调用”。
- 关于 G66.1 的程序段即使在 G66.1 的程序段中也调用宏程序。
- 自变量的地址与变量之间的对应关系，与 G65 的情形相同。
- 关于在 G66.1 程序段之后的程序段中进行调用的程序段（不含 G66.1 的程序段）。
  - G、P、L 也可以作为自变量使用。其对应关系为，G:#10、L:#12、P:#16。

- 存在多个 G 代码时，仅最后的一个作为自变量使用。O 或文件名、N 以及 00 组以外的 G 代码，作为模态信息传递给下一个程序段之后的程序段。
  - 无法在 G66.1 方式中指定 G10。
  - 仅有 O 号或文件名的程序段或仅有顺序号 N、EOB、宏语句、M99 指令的程序段，不会进行每个程序段调用。
  - 不能取消非本次调用程序指定的 G66.1 模态调用。
  - 本次调用程序中指定了 G66.1，但未指定 G67，则本次调用程序结束时，取消本次调用程序中指定的 G66.1 模态调用。
  - 各程序段在指定了 O 或文件名、N 以外的地址时被视为 NC 指令，进行每个程序段调用。在 O 或文件名、N 以外的地址后指定了 N 时，N 作为自变量使用。此时，N 对应于变量#14。  
{例}
- ```
N4 G66.1 P1000
N5 X10 N18          'N5 作为顺序号，N18 作为#14 的值
G67
```

## 例

```
G66.1 P1000 X10      '把 10 赋值到#24，调用 O1000，执行 Y10
X20                 '把 20 赋值到#24，调用 O1000，执行 Y20
G66.1 P2000 Y10 Z20 '把 10、20 分别赋值到#25、#26，调用 O2000，接着把执行 O2000 的结果
                    20、10 分别赋值到#25、#26，调用 O1000，最后执行 X20Z10
X10 Y20 Z30        '把 10、20、30 分别赋值到#24、#25、#26，调用 O2000，接着把执行 O2000
                    的结果 10、30、20 分别赋值到#24、#25、#26，接着调用 O1000，最后
                    执行 X30 Y10 Z20
G67                 '取消调用 O2000
G67                 '取消调用 O1000
M30

O1000
X#25 Y#24 Z#26
M99

O2000
X#24 Y#26 Z#25
M99
```

## 16 高速加工功能

---

### 16.1 高速高精功能

---

#### 格式

**G05 P0 Qn** '开启高速高精功能

n: 高速高精等级, 等级范围 1~5。1->5: 速度越来越快; 5->1: 精度越来越高。

**G05 P0 Q0** '关闭高速高精功能

或者 **G05 Pn** '开启高速高精功能

n: 高速高精等级, 等级范围 1~5。1->5: 速度越来越快; 5->1: 精度越来越高。

**G05 P0** '关闭高速高精功能

#### 解释

高速高精功能提供 5 个等级参数组 (高速高精参数 N64420~64511) 为了解决客户在加工产品时不同的工序使用不同的速度达到高效。

### 16.2 高精度轮廓光顺 (HPCS) 功能

---

#### 格式

**G05 P1 Qn** '开启 HPCS 功能

n: HPCS 等级, 1-等级 1, 2-等级 2, 3-等级 3。从 1→3: 精度提高, 效率降低; 3→1: 精度降低, 效率提高。

**G05 P1 Q0** '关闭 HPCS 功能

#### 解释

- HPCS 功能是对刀路轨迹进行整体几何连续性处理的功能, CAM 软件出刀路精度不高时会出现加工表面不良的情况。HPCS 可根据控制精度对刀路轨迹进行光顺处理得到精优轮廓, 同时获得更高更平稳的速度特性, 得到优良的加工效果。

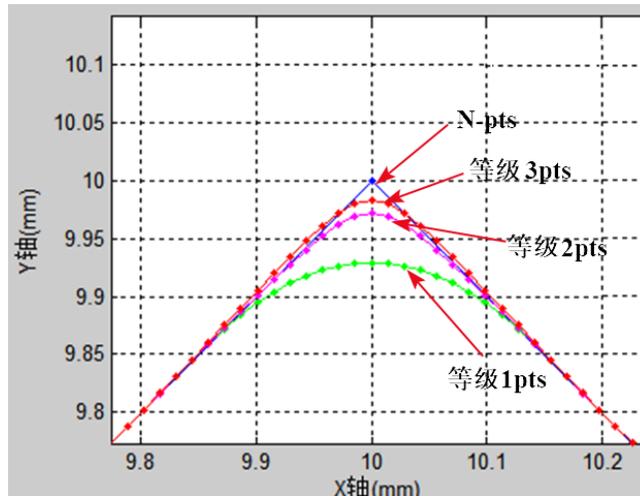


图 16-1 HPCS 等级

- 对程序中坏点、路径指令分辨率所带来的的轨迹波动进行光顺处理，并且不依赖刀路点分布，曲面往返加工的刀路光顺结果的一致性较好。
- 对直线接圆弧、圆弧接圆弧等可以做到同等的轨迹光顺效果，获得更高的曲线连续性。



图 16-2 HPCS 前后对比

## - 相关参数介绍

### • N63100 开启高精度轮廓光顺功能

HPCS 功能的开关，对所有 G01/G02/G03 指令生效，对由 G01/G02/G03 封装的特殊指令生效（例如相关钻攻指令）。

### • N63102 保持角度

保持角度大于转角处夹角时，转角被优化。达到优化条件，随着保持角度设置的越大，被光顺程度也越明显。

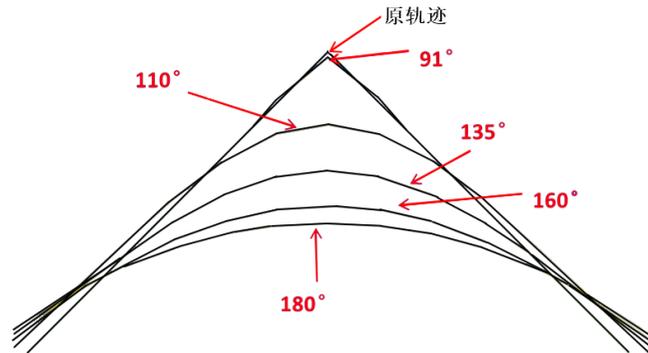


图 16-3 保持角度增加

### • N63103 控制误差

控制误差决定处理后的轨迹与原轨迹的误差，处理后轨迹的误差值不超过控制误差设定值。控制误差设定的越大轨迹相对会更光顺。

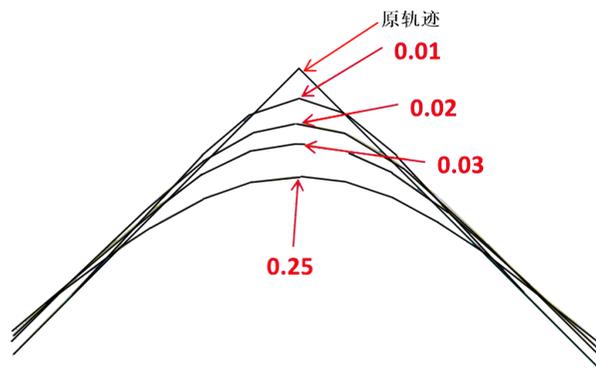


图 16-4 控制误差增加

### • N63104 区域半径

区域半径决定光顺生效时在一个刀路点前后生效的范围，设定的值越大，hpcs 生效的覆盖区域就越大。

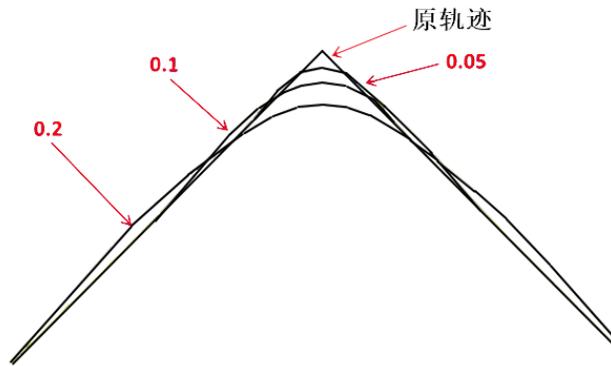


图 16-5 区域半径增加

• N63105HPCS 细分长度

一般默认 0.02mm（基本满足 90% 以上加工需求），基本不影响轨迹规划，影响光顺后刀路的精度，值越大表面越粗糙，值越小对系统的计算能力要求越高，设置的值越小加工速度越快时有电机抖动风险。

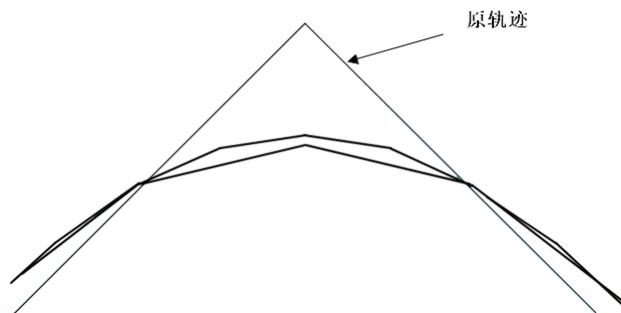


图 16-6 细分长度增加

## 17 编码器相关 G 指令

---

### 17.1 G916: 写轴配置数据指令

---

#### 格式

G916 PX[PLCADDRESS]LX\_PY[PLCADDRESS]LY\_PZ[PLCADDRESS]LZ\_

PX[PLCADDRESS]、PY[PLCADDRESS]、PZ[PLCADDRESS]: X、Y、Z 轴的等待触发锁存信号的 PLC 地址。

LX\_、LY\_、LZ\_: X、Y、Z 轴锁存触发时需要等待的信号状态。

#### 例

G916 PX[00000] LX0

'在回机械原点的过程中，需要使用编码器零点触发锁存的编码器数据，通过该指令通知驱动写 X 轴的轴配置数据，低电平触发锁存

### 17.2 G918: 清空锁存标志位指令

---

#### 格式

G918

#### 解释

清空各个轴的编码器锁存标志位。

#### 例

G918

'即在需要编码器锁存数据之前，将各个轴的编码器锁存标志位清空，在锁存成功的时候，该标志位会被置 1

### 17.3 G919: 计算过信号触发点减速距离

---

#### 格式

G919 H\_

H<sub>1</sub>: 需要计算过信号触发点减速距离的轴编号 (0, X 轴; 1, Y 轴, 2, Z 轴)。

## 例

G919 H0

表明计算 X 轴过信号减速距离, 即 X 轴在经过某个等待的信号后会减速停止下来, 该指令就是计算从信号触发到停止之间的位置距离

## 18 高级功能

---

### 18.1 G906: 同步指令

---

#### 格式

##### G906 PLC [PLCADDRESS] LEVEL\_P\_

PLC[PLCADDRESS]: 端口的 PLC 地址, PLC[PLCADDRESS]或 PLC=整数表达式 (表示 PLC 的内部地址)。

LEVEL\_: 端口值(0/1)。

P\_: 等待时间, 单位毫秒。

#### 解释

该指令用来同步, 等待各种参数同步后继续进行后续工作。

当使用系统提供的内部参数时, 以及使用 G92, M902 等涉及到改变系统参数和状态的指令之前, 需要首先使用同步指令进行同步。

G906 扩充功能, 可以用于对指定端口进行超时检验, 同样也支持原来的同步功能。

当仅使用同步功能的时候不带参数, 格式为: G906。

当使用对指定端口进行超时检测时, 格式为: G906 PLC [PLCADDRESS] LEVEL\_P\_。

#### 例

G906 PLC[00011] LEVEL1 P1000      '等待 PLC 端口 00011 为 1, 1000 毫秒后超时退出

### 18.2 G907: 以最短路径运动

---

#### 格式

##### G907

#### 解释

在旋转轴方式下以最短路径移动, 该指令只在旋转轴方式下有效。

#### 例

|                     |                                              |
|---------------------|----------------------------------------------|
| M11                 | 'A 轴松开                                       |
| G0 A0               | 'A 轴以 G00 方式运动到 0°                           |
| G907 G01 A320 F1000 | 'A 轴以 G01 方式最短路径运动到 320°，即由 0° 运动 40° 到 320° |
| M10                 | 'A 轴夹紧                                       |

## 18.3 G908：强制以角度为单位编程

---

### 格式

**G908**

### 解释

在旋转轴方式下强制以角度为单位进行编程，该指令只在旋转轴方式下有效。

### 例

G908 G905 G903 G01 G91 Y=BKREF\_BACK.Y F200      'Y 轴为转台，Y 轴回退强制以角度编程，  
强制进给倍率速度

## 18.4 G923：直接设置刀具偏置

---

### 格式

**G923 X\_Y\_Z\_P\_**

P\_：用于指定刀具号码。

### 解释

设置指定工刀具的刀具偏置量，不写的轴表示不进行修改。

例如“G923 Z2.392 P1”表示设置 1 号刀的刀具偏置为 2.392。如果省略 P 表示为当前刀具设置偏置。

### 例

Public.dat 中的抬刀程序如下：

```
M802 P196609
M801 MSG"|D|等待对刀信号 "
```

G904 FZ-60 PZ=#CALIBRATION\_SW LZ1  
M801 MSG""  
M802 P196608  
G903 G00 G91 Z5  
G923 Z0  
G906  
G923 Z = #CURWORKPOS.Z-#MOBICALI\_THICKNESS-5

## 18.5 M801: 字符串信息指令

---

### 格式

M801 MSG\_

### 解释

该指令用于各模块之间传递字符串信息。

### 例

|                    |                                        |
|--------------------|----------------------------------------|
| M801 MSG "{#200}"  | '将#200 值打印显示                           |
| M801 MSG "#200"    | '将#200 打印显示                            |
| M801 MSG "{@7069}" | '将 Ncstudio.string 文件里 ID7069 对应信息打印显示 |

## 18.6 M802: 整数信息指令

---

### 格式

**M802 Pxxxx**

xxxx: 要传递的整数信息。

### 解释

该指令传递整数信息。

### 例

|              |        |
|--------------|--------|
| M802 P196609 | '关闭缓冲区 |
| M802 P196608 | '开启缓冲区 |
| M802 P131072 | '屏蔽限位  |

- M802 P131073 '恢复限位  
M802 P458752 '用于清除外部偏移量。修改了固定对刀的 G 代码，在对刀完成时，使用该指令清除“外部偏移量”

## 18.7 M901：直接输出指令

---

### 格式

**PLC [PLCADDRESS] LEVEL\_**

PLC[PLCADDRESS]: 端口的 PLC 地址, PLC[PLCADDRESS]或 PLC=整数表达式 (表示 PLC 的内部地址)。

LEVEL\_: 端口值 (0/1)。

### 例

M901 PLC[10028] LEVEL1 '端口 10028 为通用输出端口, 直接输出 PLC 端口 10028 为 1

## 18.8 M902：回零结束指令

---

### 格式

**M902 Ha**

a: 轴地址, 0-3, 分别对应 X, Y, Z, A。

### 例

M902 H0 '表明 X 轴回参考点结束, 机床坐标当前点置为机械原点位置参数设定的值

## 18.9 M903：更改当前刀具号

---

### 格式

**M903 Ha**

a: 刀具号。

### 例

M903 H5 '把当前所有活动 Z 轴刀号改为 5 号刀

## 19 五轴功能

### 19.1 G43.4: 刀尖跟随指令 (RTCP)

#### 格式

G43.4 H\_P\_L\_ '开启刀具中心点控制 (RTCP 功能)

H: 刀具长度补偿号, 通过 H 代码指定的刀具长度补偿值会在指令 G43.4 时在刀具方向上累加到编程移动指令的坐标值中, 缺省时没有刀具长度补偿。

P: P0, 刀具姿态控制失效 (线性插补); P1, 刀具姿态控制有效 (矢量插补或大圆插补)。当未指定 P 时, 由参数刀具姿态控制有效决定。

L: L0, 刀具姿态平滑失效, 仅刀具中心控制生效; L1, 刀具姿态平滑有效。当未指定 L 时, 由参数刀具姿态平滑模式决定。

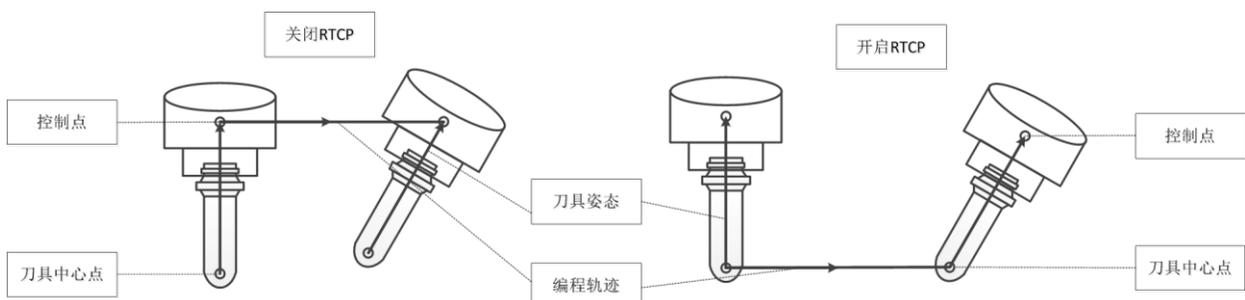
G49 '取消刀具中心点控制

#### 解释

H\_对应的补偿量为刀具初始方向上的补偿量。

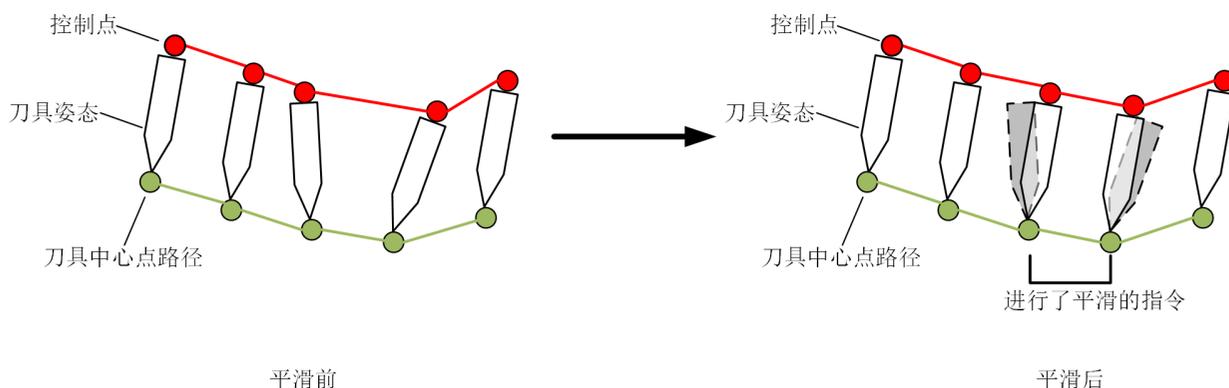
#### - RTCP 表现

即使刀具相对工件的方向发生变化, 但是刀具中心点依旧可以沿指定轨迹运动, 如下图所示:



## - 刀具姿态平滑功能表现

不改变刀具中心点路径，只平滑刀具姿态，即旋转轴位置，从而减小刀具的不均匀变化。矢量平滑时奇异姿态的刀轴矢量不进行平滑，不会将刀轴矢量平滑成奇异姿态。



## - 使用限制

- 与空程单轴插补不兼容。
- 与空程智能叠加功能不兼容。
- 不要使用机械坐标操作指令，例如 G53,G28 等。
- 在 RTCP 模式下可指定的指令：G00、G01、G02/G03、G04、G17/G18/G19、G49、G50/G51、G50.1/G51.1、G90/G91。

## - 注意事项

- 在与倾斜面功能交互时，须先调用 G68.2，再调用 G43.4，且不支持带转台结构的。
- 在转台模式下，不允许同时开启 RTCP 和倾斜面加工。
- 在 G43.4 使用 H 指令时，后面最好先接 G00 指令使刀具运动到加工位置，且不要写缺省项。

# 19.2 G68.2: 倾斜面加工功能

## 格式

通过欧拉角进行指定特征坐标系

**G68.2 P0 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_**

X\_Y\_Z\_: 坐标系原点。

J\_K\_: 欧拉角。

通过滚动角/俯仰角/偏航角进行指定特征坐标系

**G68.2 P1 Q\_X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_**

Q\_: 绕 XYZ 三轴旋转的顺序，1 代表 X 轴，2 代表 Y 轴，3 代表 Z 轴。

X\_Y\_Z\_: 坐标系原点。

I\_J\_K: 滚动角/俯仰角/偏航角。

通过平面内的 3 点进行指定特征坐标系

**G68.2 P2 Q0 X\_Y\_Z\_R\_**

X\_Y\_Z\_: 偏移量

R\_: 绕 Z 轴旋转的角度

**G68.2 P2 Q1 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_: 坐标系原点

**G68.2 P2 Q2 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_: X 轴上的点

**G68.2 P2 Q3 X\_Y\_Z\_**

X\_Y\_Z\_: Y 轴上的点（不垂直时自动补偿）

通过 2 个矢量进行指定特征坐标系

**G68.2 P3 Q1 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_**

X\_Y\_Z\_: 偏移量。

I\_J\_K\_: X 轴矢量。

**G68.2 P3 Q2 I\_J\_K\_**

I\_J\_K\_: Z 轴矢量（不垂直时自动补偿）

通过投影角进行指定特征坐标系

**G68.2 P4 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_**

X\_Y\_Z\_: 坐标系原点。

I\_J\_: 分别表示 X 轴、Y 轴的投影角。

K\_: 绕 Z 轴旋转的角度。

通过刀具轴方向进行指定特征坐标系

**G68.3 X\_Y\_Z\_R\_**

X\_Y\_Z\_: 坐标系原点。

R\_: 绕 Z 轴旋转的角度。

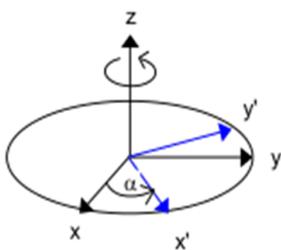
**G69** 撤销特征坐标系

## 解释

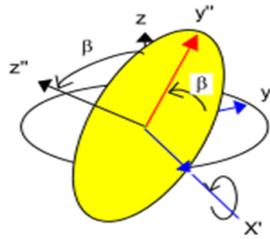
### - 欧拉角指定特征坐标系

通过欧拉角指定，具体过程如下：

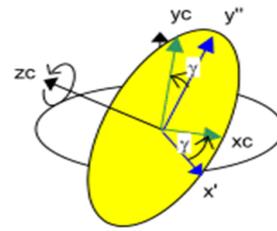
1. 将原坐标系平移，使得坐标系原点在指定的 X,Y,Z 上，得到坐标系 1；
2. 将坐标系 1 绕坐标系 1 的 Z 轴旋转 I 地址字指定的旋转角度，得到坐标系 2；
3. 将坐标系 2 绕坐标系 2 的 X 轴旋转 J 地址字指定的旋转角度，得到坐标系 3；
4. 将坐标系 3 绕坐标系 3 的 Z 轴旋转 K 地址字指定的旋转角度，得到坐标系 4；坐标系 4 即为指定的特征坐标系。



步骤2



步骤3

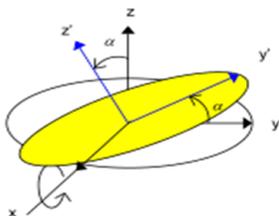


步骤4

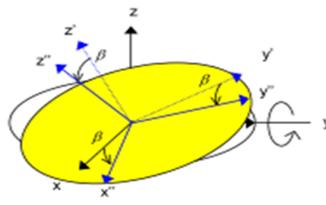
### - 滚动角/俯仰角/偏航角指定特征坐标系

假设通过滚动角/俯仰角/偏航角指定了 Q123，具体过程如下：

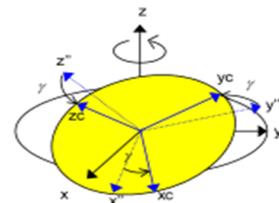
1. 将原坐标系平移，使得坐标系原点在指定的 X,Y,Z 上，得到坐标系 1；
2. 将坐标系 1 绕原坐标系的 X 轴旋转 I 地址字指定的旋转角度，得到坐标系 2；
3. 将坐标系 2 绕原坐标系的 Y 轴旋转 J 地址字指定的旋转角度，得到坐标系 3；
4. 将坐标系 3 绕原坐标系的 Z 轴旋转 K 地址字指定的旋转角度，得到坐标系 4；坐标系 4 即为指定的特征坐标系。



步骤2



步骤3



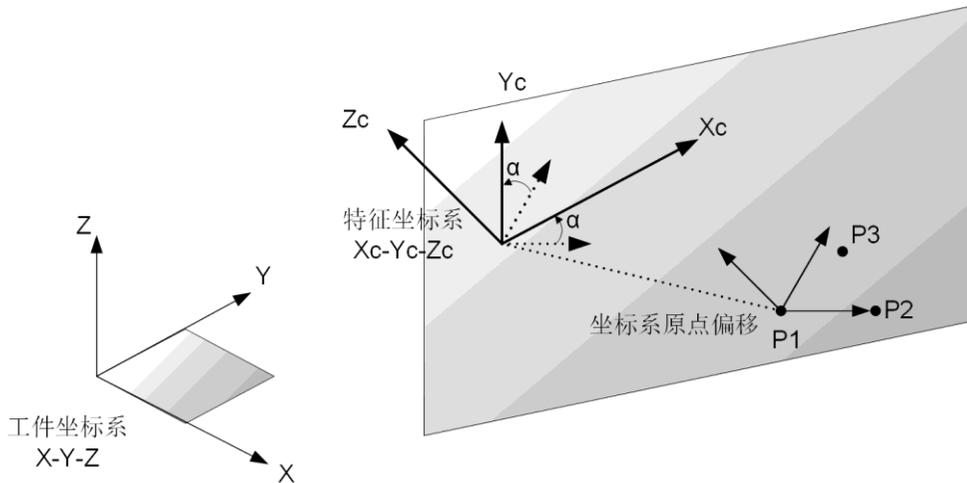
步骤4

### - 平面内的 3 点指定特征坐标系

通过平面内的 3 点进行指定，具体过程如下：

1. 由 Q1 和 Q2 指定的点可以确定特征坐标系的 X 轴方向向量；
2. 再由 X 轴方向向量和 Q3 指定的点可以确定 Y 轴方向向量；
3. 再由 X 轴方向向量和 Y 轴方向向量，根据右手定则，可以确定 Z 轴方向向量；
4. 由特征坐标系的原点和三轴方向向量得到坐标系 1；

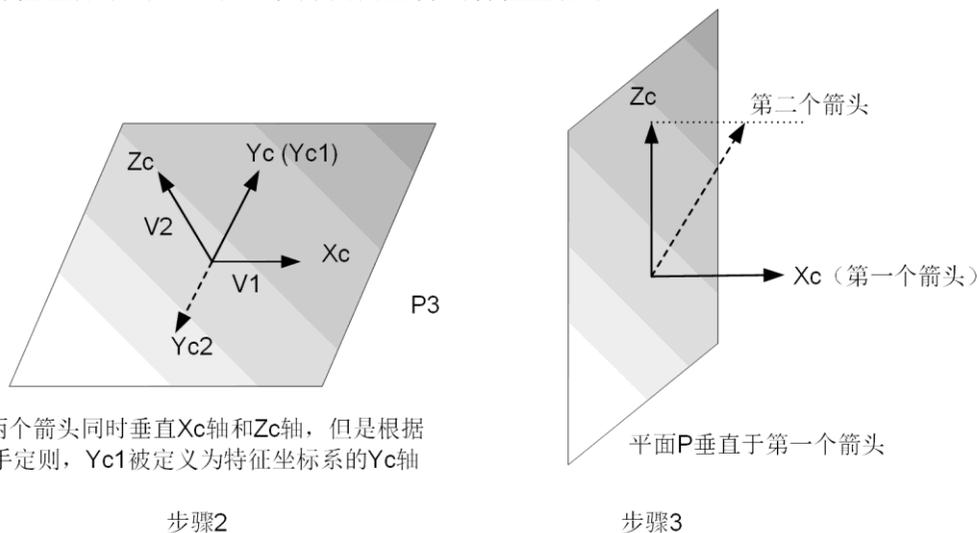
5. 将坐标系 1 平移 Q0 指定的偏移量，得到坐标系 2；
6. 将坐标系 2 绕坐标系 2 的 Z 轴旋转 R 指定的旋转角度，得到特征坐标系。



### - 2 个矢量点指定特征坐标系

通过 2 个矢量进行指定，具体过程如下：

1. 当 Q2 指定的 Z 轴方向向量与 Q1 指定的 X 轴方向向量不垂直，求 Q2 指定的方向向量在 Q1 指定的方向向量的法平面上的投影，得到实际 Z 轴方向向量；
2. 由 X 轴方向向量和 Z 轴方向向量，根据右手定则，可以确定 Y 轴方向向量；
3. 由特征坐标系的原点和三轴方向向量得到特征坐标系。



有两个箭头同时垂直Xc轴和Zc轴，但是根据右手定则，Yc1被定义为特征坐标系的Yc轴

步骤2

平面P垂直于第一个箭头

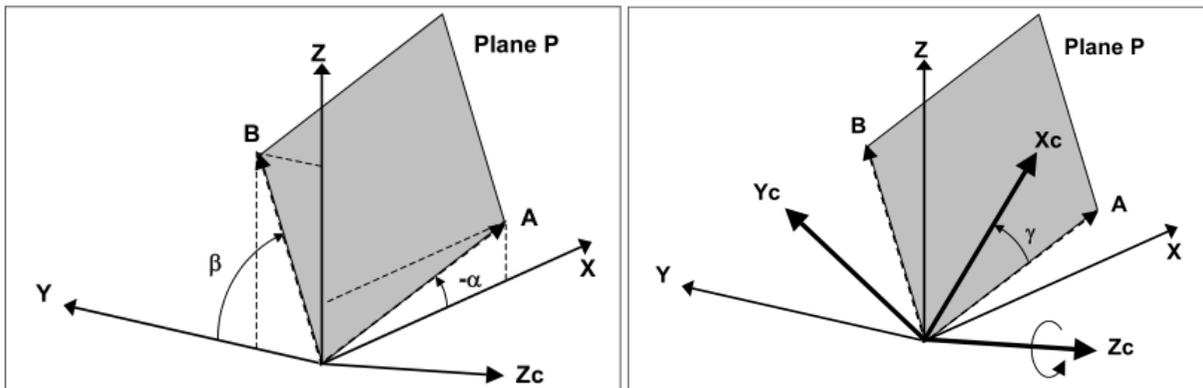
步骤3

### - 2 个矢量点指定特征坐标系

通过投影角进行指定，具体过程如下：

1. 通过 I 和 J 指定的投影角，得到向量 A 和向量 B；
2. 向量 A 和向量 B 通过右手定则可以确定特征坐标系的 Z 轴；
3. 将向量 A 绕特征坐标系的 Z 轴旋转 K 指定的旋转角度，可以确定特征坐标系的 X 轴；

4. 由 X 轴方向向量和 Z 轴方向向量，根据右手定则，可以确定 Y 轴方向向量；
5. 由特征坐标系的原点和三轴方向向量得到特征坐标系。

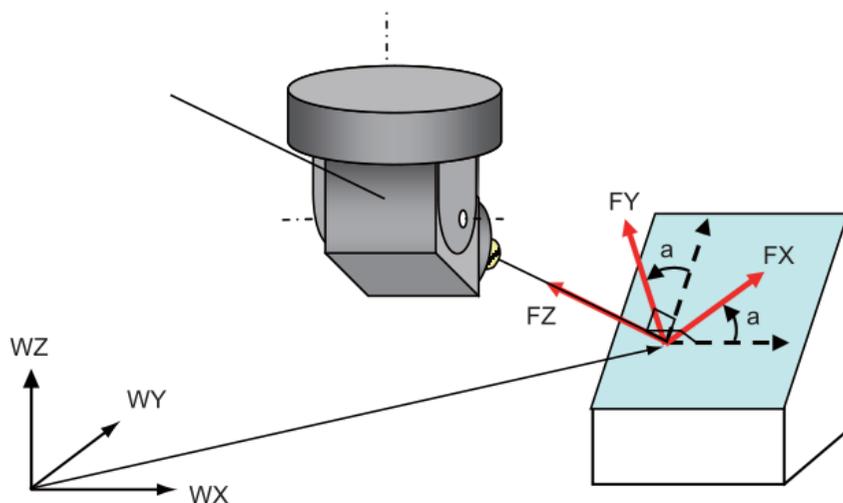


### - 刀具轴方向指定特征坐标系

通过刀具轴方向进行指定，具体过程如下：

1. 通过 XYZ 指定特征坐标系的原点；
2. 将原坐标系的三轴方向向量经过旋转轴的旋转后得到特征坐标系的三轴方向向量；
3. 由特征坐标系的原点和三轴方向向量得到特征坐标系；
4. 最后将特征坐标系绕其 Z 轴旋转 R 指定的旋转角度。

G68.3 Xx Yy Zy Ra;

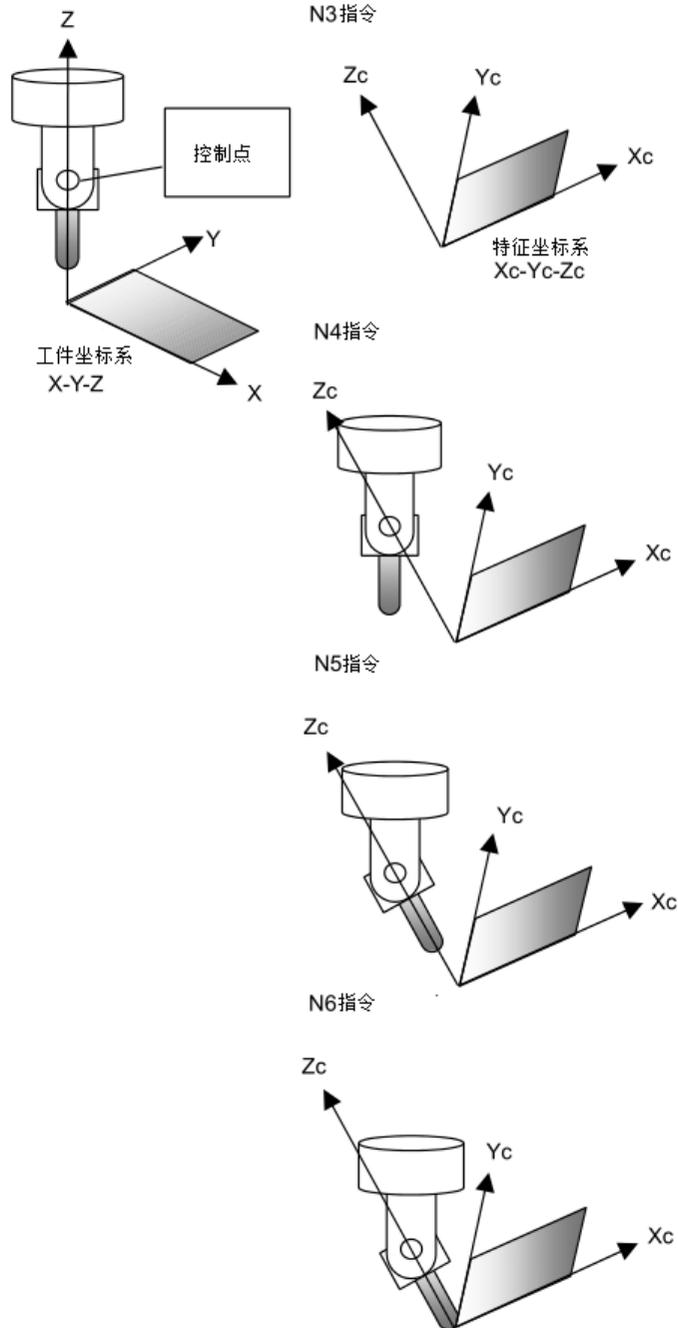


倾斜面加工指令前的坐标系  
(工件坐标系)

### - G53.1 在不同机床结构下的表现

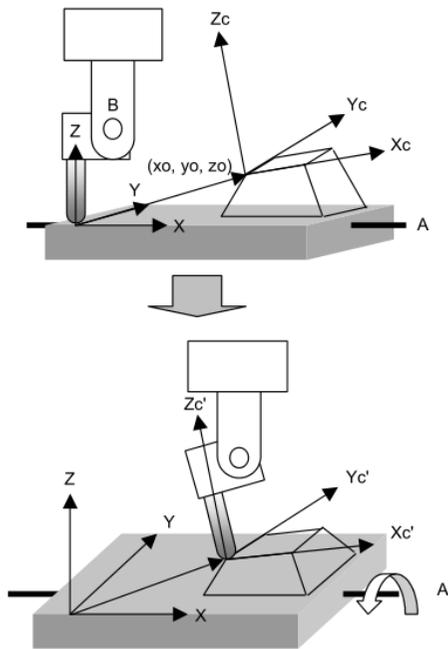
1. 双摆头结构

O100;  
 N1 G55;  
 N2 G90G01X0Y0Z30.0F1000;  
 N3 G68.2 X100.0Y100.0Z50.0I30.0J15.0K20.0;  
 N4 G01X0Y0Z30.0F1000;  
 N5 G53.1;  
 N6 G43 H01 X0Y0Z0;  
 N7 ...



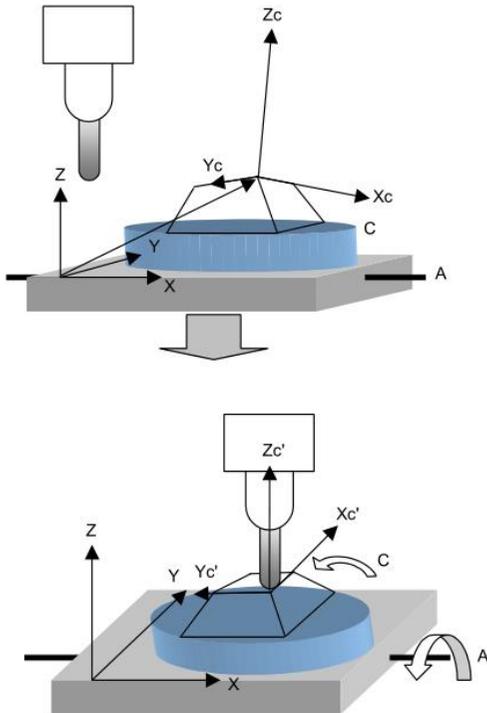
2. 混合型结构（单摆头+单转台）

复合型机床的刀轴方向控制：



### 3. 双转台结构

工作台旋转式机床的刀轴方向控制：

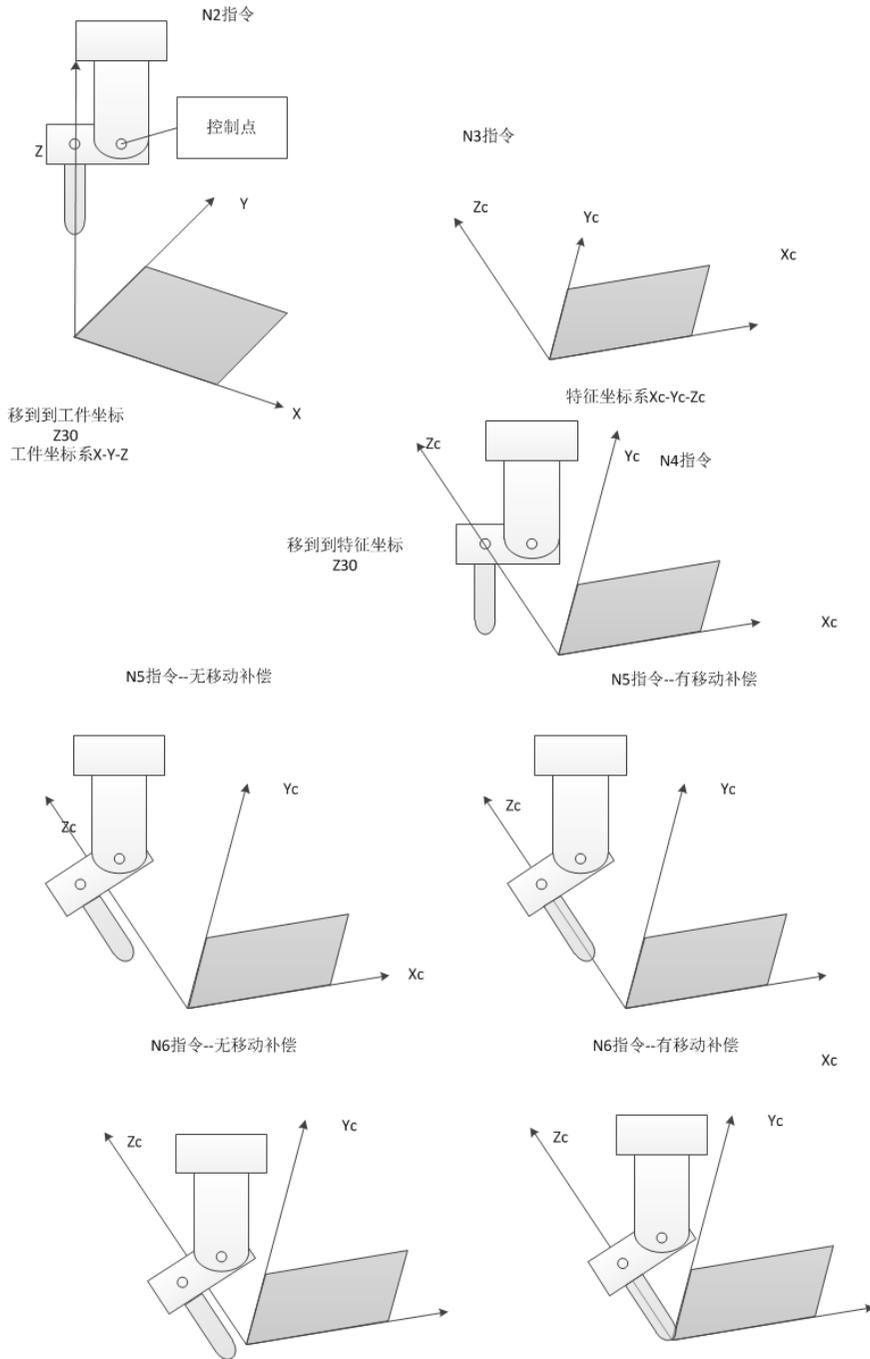


### - G53.1 的移动补偿功能

仅双摆头和混合型机床结构生效，具体表现如下：

```

O100;
N1 G55;
N2 G90G01X0Y0Z30.0F1000;
N3 G68.2 X100.0Y100.0Z50.0I30.0J15.0K20.0;
N4 G01X0Y0Z30.0F1000;
N5 G53.1;
N6 G43 H01 X0Y0Z0;
N7 ...
    
```



如上图所示，G53.1 移动补偿功能是根据设置的刀头结构参数进行补偿的，使刀尖点到达加工位置。

## - 使用限制

- 不支持转台速度优化
- 不支持单轴插补
- 不支持前进后退
- 在特征坐标系下可指定的指令：  
G00、G01、G02/G03、G04、G17/G18/G19、G28、G41/G42/G40、G43/G44/G49、G50/G51、G50.1/G51.1、G53、G53.1/G53.6、G69、G90/G91、G73/G74/G76/G80-G89、G98/G99、G43.4  
(不支持带转台结构)
- 可指定特征坐标系的模式：  
G00、G01、G02/G03、G17/G18/G19、G20/G21/G70/G71、G40、G49、G50、G50.1、G54-G59、G69、G80、G90/G91、G98/G99

## - 注意事项

1. 在特征坐标系下不要指定旋转轴运动，以确保加工正确。
2. 根据特征坐标系的设定，在 G53.1 指令时，旋转轴可能会大幅移动。请在退刀到达充分远离工作台的位置后，再指定 G53.1。
3. 倾斜面加工指令中的 G28、G30、G53 等使用机械坐标的指令在到中间点前在特征坐标系上执行动作，从中间点开始则在机床坐标系上执行动作。
4. 刀径补偿、G 指令镜像、固定循环指令、刀尖点控制、比例缩放、刀具轴方向刀长补偿必须与倾斜面加工成嵌套关系，即在倾斜面加工指令（G68.2 等）~G69 的内侧进行指令。
5. 在与倾斜面功能交互时，须先调用 G68.2，再调用 G43.4，且不支持带转台结构的。

## 19.3 G41.2：三维刀具半径补偿指令

### 格式

#### G41.2 (或 G42.2) IP\_D\_

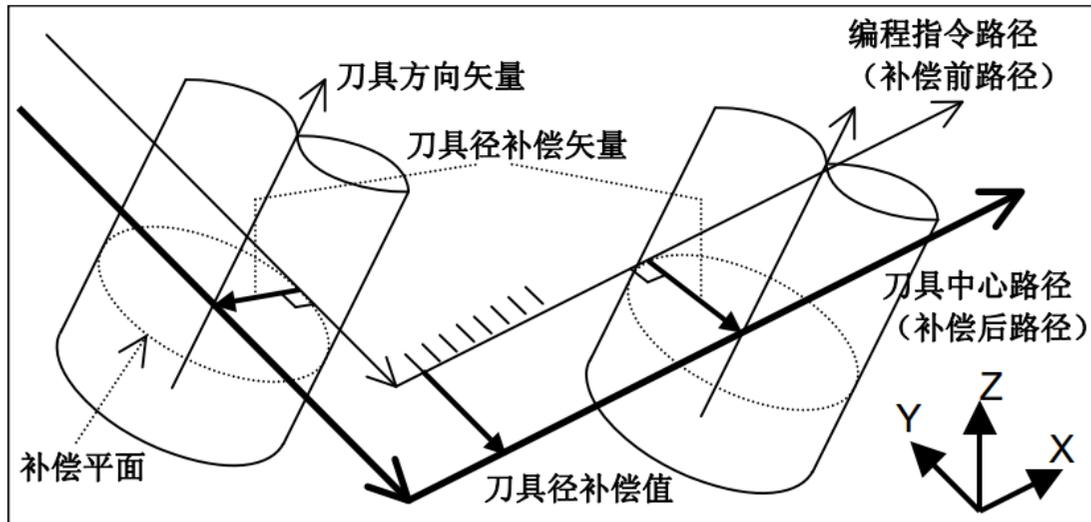
IP\_: 轴移动的值 (包括旋转轴), 比如: G41.2 X5 D1

D\_: 刀具径补偿值指定代码 (1~3 位)

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| <b>G40</b>   | '取消刀具径补偿 (组 07) |
| <b>G41.2</b> | '刀具半径补偿左        |
| <b>G42.2</b> | '刀具半径补偿右        |

## 解释

在垂直于刀具方向矢量的平面（补偿平面）上进行刀具半径补偿。

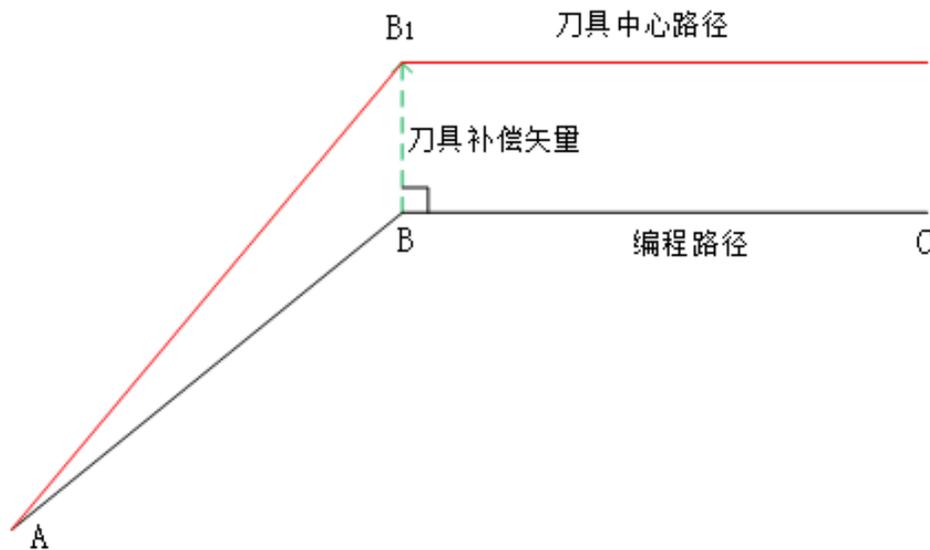


## - 建立/撤销模式

三维刀补的建立与撤销支持模式有两种：一般模式和求交模式。

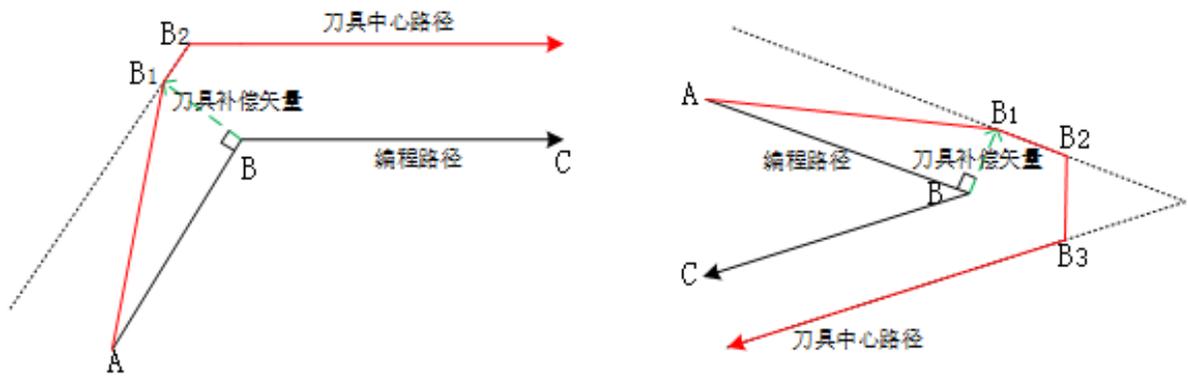
- 一般模式

刀具中心从建立段起点位置移动到下一段的偏移起点，刀具中心路径连接点  $B_1$  在补偿平面内。



- 求交模式

建立段与后一条指令的转接类型为延长型或者插入型时，刀具中心从建立段起点位置移动到建立段偏移终点的位置，刀具中心路径各连接点  $B_{1-3}$  由投影路径按照二维刀补计算所得（如图 6、7 所示）。

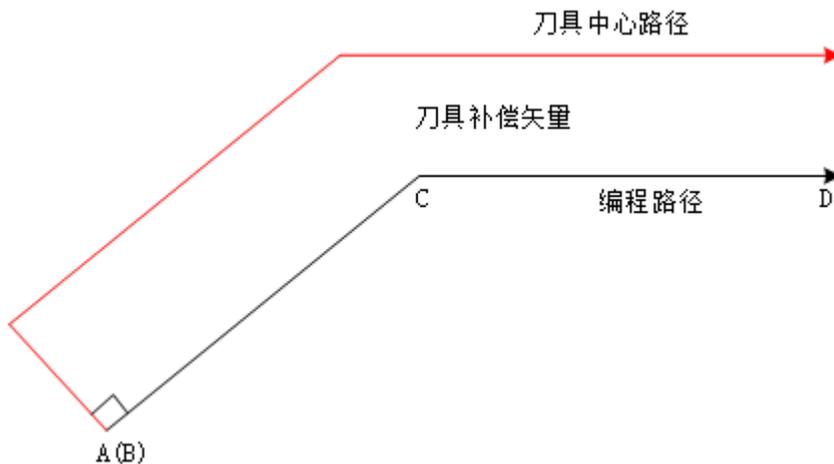


建立段与后一条指令的转接类型为缩短型时，刀具中心从建立段起点位置移动到下一段的偏移起点，刀具中心路径连接点  $B_1$  在补偿平面内。



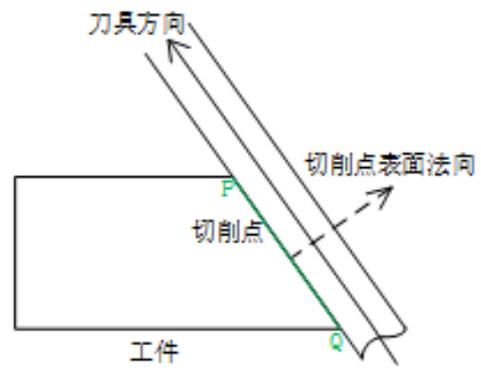
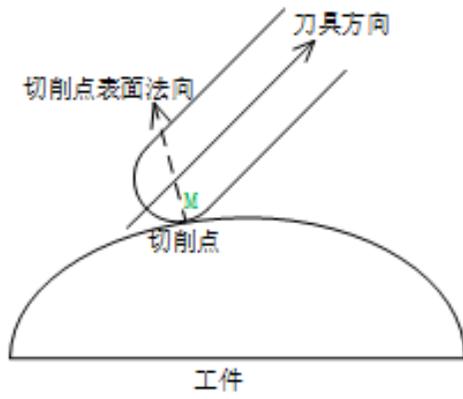
零长度运动建立/撤销

当建立段为无移动的运动段（XYZ 无移动）时，刀具中心从建立段起点位置移动到下一段的偏移起点，下图中建立段 AB 为零长度运动。



- 注意事项:

1. 目前不支持端铣补偿。(左侧端铣；右侧侧铣)



2. 仅支持空程和直线进给，不支持圆弧
3. 3D 刀补暂无刀具磨损补偿功能

## 20 public.dat 相关

### 20.1 目前表达式

所有的地址符后可以使用数字的地方均可以用赋值表达式来取代。

表达式中间不能有空格类字符（包括空格、制表符、回车等），必须以有效分隔符结束。

### 20.2 赋值表达式

赋值表达式以等号开头，后面跟算术表达式。算术表达式可以使用各种运算符、函数、变量、括号等组成。

#### - 运算符的优先级

目前可以使用的运算符按照优先级可以分为七个优先级：

| 优先级 | 运算符 | 符号 | 优先级 | 运算符 | 符号 |
|-----|-----|----|-----|-----|----|
| 1   | 逻辑或 |    | 4   | 乘   | *  |
|     | 逻辑与 | && |     | 除   | /  |
| 2   | 等于  | == | 5   | 正号  | +  |
|     | 不等于 | != |     | 负号  | -  |
|     | 大于  | >  |     | 逻辑非 | !  |
|     | 小于  | <  |     |     |    |
| 3   | 加   | +  | 6   | 函数  |    |
|     | 减   | -  | 7   | 括号  | () |

#### - 可使用函数

目前可以使用的数学函数有：

| 函数   | 含义  |
|------|-----|
| sin  | 正弦  |
| cos  | 余弦  |
| exp  | 指数  |
| sqrt | 平方根 |

| 函数   | 含义     |
|------|--------|
| log  | 自然对数   |
| tg   | 正切     |
| ctg  | 余切     |
| asin | 反正弦    |
| acos | 反余弦    |
| atg  | 反正切    |
| int  | 取整（向下） |
| abs  | 取绝对值   |



sin, cos, tg, ctg, asin, acos, atg 后面括号里的数表示弧度，例如：sin(5)，其中的 5 代表弧度。

### - 表达式在程序指令中的应用

例 1: B=1+2; 也就是 B=3

例 2: G00 X3 Y5 Z=5+sin(5+abs(-8)) '将 Z 赋值为 5+sin(5+abs(-8))

例 3: #1=4+log6  
G01 X2 Y=#1 '将 Y 赋值为 4+log6

## 20.3 程序中的注释

程序中的注释采用单引号：

'——一行尾式，单引号后面直到行尾都不起作用

### 例

G00 X3 Y5 '快移到 X3, Y5

单引号后面的内容只起到注释作用，在程序运行时并不执行。

## 20.4 自定义 G 代码

用户可以在 public.dat 中编写子程序来自定义 G 代码，从而达到自定义固定循环的目的。编程示例参阅 19.6.1 概述例 2——G81 固定循环。

## 20.5 自定义扩充 M 代码

---

用户可以通过在 public.dat 中编写子程序来自定义 M 代码。

### 例

M08 指令控制冷却液开启：

```
O"M8"  
G906  
M901 PLC[92003] LEVEL1  
M99
```

## 20.6 命名参数

---

### 20.6.1 概述

---

对于一般用户，本系统提供的基本操作和加工工件操作（如：对刀、对中心、固定循环等）基本满足了他们的要求。

而对那些需要修改操作细节、编写某些操作程序和自定义固定循环内容的高级用户，系统提供了一组快捷方便的命名参数，通过使用这些参数，用户既可以方便的在 public.dat 中修改、编写操作程序，自定义固定循环内容，满足加工需求；又可以直接在程序编辑操作界面下利用命名参数方便的编写程序。

### 例 1

利用命名参数编写一段冷却刀具，换刀的子程序，程序如下：

```
O1000                                '冷却换刀子程序  
M901 H=#COOLANT_START_PORT P1  
G04 P10  
IF(#ENABLE_CTP) G53 G00 G90 X=#CTP_POS.X Y=#CTP_POS.Y Z=#CTP_POS.Z  
  '移动到换刀位  
G00 G90 Z10                            '或直接上抬换刀  
M05  
M99
```

### 例 2

利用命名参数修改 G81 固定循环内容（带退刀量参数，系统给出的 G81 固定循环未设定退刀量参数）。

```
O"G81"
#FC50=#FIXEDCYCLE_BACK
IF(!#FC13)G90 G65 P786
IF(#FC13)G91 G65 P786 L=#FC11
M99
O786
G00 X=#FC1 Y=#FC2
G90 G00 Z=#FC4
G90 G01 Z=#FC4-ABS(#FC5) F=#FC7
G65 P886 L=INT(ABS(#FC4-#FC3)/ABS(#FC5))-1
G90 G01 Z=#FC3 F=#FC7
M05
G90 G00 Z=#FC4
IF(!#FC12)G90 G00 Z=#FC14
M03
IF(#FC13)G91
M99
O886
G91 G00 Z=#FC50
G91 G00 Z=-#FC50
G91 G01 Z=-ABS(#FC5) F=#FC7
M99
```

固定循环中定义的变量及其意义：

X--#FC1-----钻孔中心 X 坐标值

Y--#FC2-----钻孔中心 Y 坐标值

Z--#FC3-----Z 平面的工件坐标（孔深度，应为负值）

R--#FC4-----R 平面的工件坐标（在 R 平面快进转为工进，大于零值）

Q--#FC5-----每一次的加工深度（增量值且为正值），在 G76/G87 中为偏移量

G99/G98-----#FC12---G99->1 G98->0

G90/G91-----#FC13---G91->1 G90->0

Z0--#FC14---Initial point height

## 20.6.2 命名参数列表

| 编号 | 参数           | 参数名              | 类型         | 含义            |
|----|--------------|------------------|------------|---------------|
| 01 | CURMACHPOS.X | 当前点机械坐标<br>(X 轴) | 双精度<br>浮点型 | 当前点机械坐标 (X 轴) |
| 02 | CURMACHPOS.Y | 当前点机械坐标          | 双精度        | 当前点机械坐标 (Y 轴) |

| 编号 | 参数                 | 参数名              | 类型         | 含义                                   |
|----|--------------------|------------------|------------|--------------------------------------|
|    |                    | (Y 轴)            | 浮点型        |                                      |
| 03 | CURMACHPOS.Z       | 当前点机械坐标<br>(Z 轴) | 双精度<br>浮点型 | 当前点机械坐标 (Z 轴)                        |
| 04 | CURWORKPOS.X       | 当前点工件坐标<br>(X 轴) | 双精度<br>浮点型 | 当前点工件坐标 (X 轴)                        |
| 05 | CURWORKPOS.Y       | 当前点工件坐标<br>(Y 轴) | 双精度<br>浮点型 | 当前点工件坐标 (Y 轴)                        |
| 06 | CURWORKPOS.Z       | 当前点工件坐标<br>(Z 轴) | 双精度<br>浮点型 | 当前点工件坐标 (Z 轴)                        |
| 07 | INPORTMAP          | 输入端口映象           | 整型         | 输入端口状态                               |
| 08 | OUTPORTMAP         | 输出端口映象           | 整型         | 输出端口状态                               |
| 09 | SAFEHEIGHT         | 安全高度             | 双精度<br>浮点型 | 相对于工件原点,在执行回零操作和断点继续操作中有效            |
| 10 | ISYREVAXIS         | Y 轴为旋转轴          | 布尔型        | 是否令 Y 轴为旋转轴                          |
| 11 | WPREVDIAM          | 旋转工件直径           | 双精度<br>浮点型 | 当前加工的旋转体工件直径                         |
| 12 | UNIT.YR            | 旋转轴编程单位          | 整型         | 0: 角度 (单位:弧度)<br>1: 旋转工件表面距离 (单位:毫米) |
| 13 | AUTOSTOPSPINDLE    | 停止时停止主轴          | 布尔型        | 加工结束后是否自动停止主轴转动                      |
| 14 | SPINDLE_DELAY      | 主轴启动停止延时         | 双精度<br>浮点型 | 在使用主轴自动启停时,用该参数设定主轴启停延时时间            |
| 15 | MOBICALI_THICKNESS | 浮动对刀块厚度          | 双精度<br>浮点型 | 设定浮动对刀时对刀仪厚度                         |
| 16 | FIXEDCALI_POS.X    | 固定对刀块位置<br>(X 轴) | 双精度<br>浮点型 | 固定对刀时对刀仪所在位置的机械坐标 (X 轴)              |
| 17 | FIXEDCALI_POS.Y    | 固定对刀块位置<br>(Y 轴) | 双精度<br>浮点型 | 固定对刀时对刀仪所在位置的机械坐标 (Y 轴)              |
| 18 | FIXEDCALI_POS.Z    | 固定对刀块位置<br>(Z 轴) | 双精度<br>浮点型 | 固定对刀时对刀仪所在位置的机械坐标 (Z 轴)              |
| 19 | ENABLE_CTP         | 回固定点有效           | 布尔型        | 每次加工程序正常结束后都回到该位置                    |
| 20 | CTP_POS.X          | 固定点位置<br>(X 轴)   | 双精度<br>浮点型 | 固定点所在位置的机械坐标 (X 轴)                   |
| 21 | CTP_POS.Y          | 固定点位置<br>(Y 轴)   | 双精度<br>浮点型 | 固定点所在位置的机械坐标 (Y 轴)                   |
| 22 | CTP_POS.Z          | 固定点位置<br>(Z 轴)   | 双精度<br>浮点型 | 固定点所在位置的机械坐标 (Z 轴)                   |
| 23 | BKREF_SW1.X        | X 轴粗定位开关的输入端口号   | 整型         | 指定 X 轴粗定位开关的信号输入端口                   |

| 编号 | 参数             | 参数名            | 类型     | 含义                          |
|----|----------------|----------------|--------|-----------------------------|
| 24 | BKREF_SW1.Y    | Y 轴粗定位开关的输入端口号 | 整型     | 指定 Y 轴粗定位开关的信号输入端口          |
| 25 | BKREF_SW1.Z    | Z 轴粗定位开关的输入端口号 | 整型     | 指定 Z 轴粗定位开关的信号输入端口          |
| 26 | BKREF_SW2.X    | X 轴精定位开关的输入端口号 | 整型     | 指定 X 轴精定位开关的信号输入端口          |
| 27 | BKREF_SW2.Y    | Y 轴精定位开关的输入端口号 | 整型     | 指定 Y 轴精定位开关的信号输入端口          |
| 28 | BKREF_SW2.Z    | Z 轴精定位开关的输入端口号 | 整型     | 指定 Z 轴精定位开关的信号输入端口          |
| 29 | BKREF_F1.X     | 粗定位阶段速度 (X 轴)  | 双精度浮点型 | 在回机械原点过程中, 粗定位阶段 X 轴的进给速度   |
| 30 | BKREF_F1.Y     | 粗定位阶段速度 (Y 轴)  | 双精度浮点型 | 在回机械原点过程中, 粗定位阶段 Y 轴的进给速度   |
| 31 | BKREF_F1.Z     | 粗定位阶段速度 (Z 轴)  | 双精度浮点型 | 在回机械原点过程中, 粗定位阶段 Z 轴的进给速度   |
| 32 | BKREF_F1_DIR.X | 粗定位阶段方向 (X 轴)  | 整型     | 在回机械原点过程中, 粗定位阶段 X 轴的运动方向   |
| 33 | BKREF_F1_DIR.Y | 粗定位阶段方向 (Y 轴)  | 整型     | 在回机械原点过程中, 粗定位阶段 Y 轴的运动方向   |
| 34 | BKREF_F1_DIR.Z | 粗定位阶段方向 (Z 轴)  | 整型     | 在回机械原点过程中, 粗定位阶段 Z 轴的运动方向   |
| 35 | BKREF_F2.X     | 精定位阶段 X 轴速度    | 双精度浮点型 | 在回机械原点过程中, 精定位阶段 X 轴的进给速度   |
| 36 | BKREF_F2.Y     | 精定位阶段 Y 轴速度    | 双精度浮点型 | 在回机械原点过程中, 精定位阶段 Y 轴的进给速度   |
| 37 | BKREF_F2.Z     | 精定位阶段 Z 轴速度    | 双精度浮点型 | 在回机械原点过程中, 精定位阶段 Z 轴的进给速度   |
| 38 | BKREF_F2_DIR.X | 精定位阶段 X 轴方向    | 整型     | 在回机械原点过程中, 精定位阶段 X 轴的运动方向   |
| 39 | BKREF_F2_DIR.Y | 精定位阶段 Y 轴方向    | 整型     | 在回机械原点过程中, 精定位阶段 Y 轴的运动方向   |
| 40 | BKREF_F2_DIR.Z | 精定位阶段 Z 轴方向    | 整型     | 在回机械原点过程中, 精定位阶段 Z 轴的运动方向   |
| 41 | BKREF_BACK.X   | X 轴回退距离        | 双精度浮点型 | 在回机械原点精定位阶段结束后, 附加的 X 轴移动距离 |
| 42 | BKREF_BACK.Y   | Y 轴回退距离        | 双精度浮点型 | 在回机械原点精定位阶段结束后, 附加的 Y 轴移动距离 |
| 43 | BKREF_BACK.Z   | Z 轴回退距离        | 双精度浮点型 | 在回机械原点精定位阶段结束后, 附加的 Z 轴移动距离 |

| 编号 | 参数                 | 参数名              | 类型     | 含义                                                            |
|----|--------------------|------------------|--------|---------------------------------------------------------------|
| 44 | CALIBRATION_SW     | 对刀信号的输入端口号       | 整型     | 指定对刀信号的输入端口                                                   |
| 45 | SPINDLE_START_PORT | 主轴输出端口号          | 整型     | 指定主轴启停信号的输出端口                                                 |
| 46 | COOLANT_START_PORT | 冷却液泵输出端口号        | 整型     | 指定控制冷却液泵启停的输出端口                                               |
| 47 | DD_BKREF_DELTA     | 双驱动轴机械原点差值       | 双精度浮点型 | 机床 Y 轴横梁调整好之后，双驱动轴分别位于机械原点时的距离差值（只在双驱动配置中使用）                  |
| 48 | FIXEDCYCLE_BACK    | G73_G83 退刀量      | 双精度浮点型 | 使用（高速）深孔往复排屑钻时每次进给后的回退量                                       |
| 49 | FIXEDCYCLE_OSS     | G76_G87 定向钻头停止方向 | 整型     | 方向的定位只在 X-Y 平面内（G17）下有效<br>0/1:(G17:+X/-X)<br>2/3:(G17:+Y/-Y) |
| 50 | FIXEDCALI_REC      | 固定对刀 Z 轴工件坐标     | 双精度浮点型 | 记录固定对刀时刀尖与对刀仪接触时的 Z 轴工件坐标                                     |

## 21 编程示例

### 例 1

根据图 20-1 所示零件图编程。

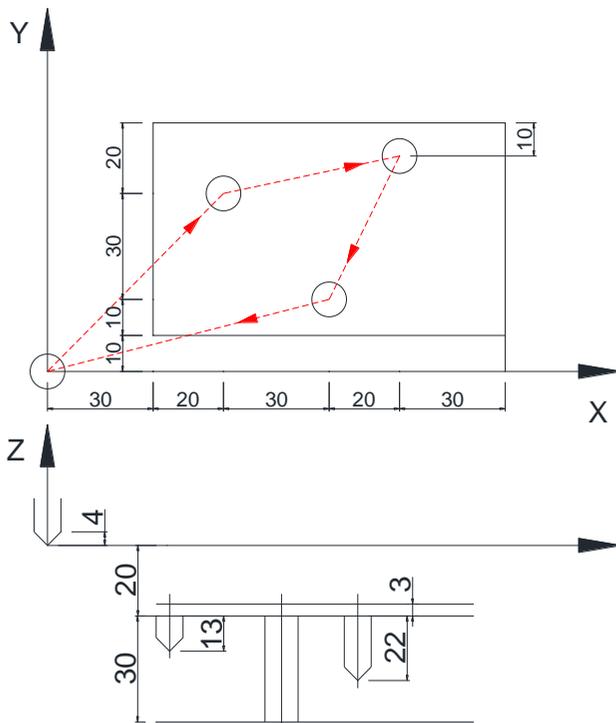


图 21-1 加工零件图 1

|                                  |                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------|
| N01 G92 X0 Y0 Z0                 | '建立工件坐标系                                  |
| N02 G91 G00 X50 Y50 M03 S600 M08 | '使用相对坐标，快移到 X50 Y50，主轴以 600 转/分钟速度正转，冷却打开 |
| N03 G43 Z-17 H01                 | 'Z 轴向下快移 17mm，并进行长度补偿                     |
| N04 G01 Z-16 F400                | '以 400mm/min 的速度直线插补 Z 轴向下 16mm           |
| N05 G04 P2000                    | '暂停 2s                                    |
| N06 G00 Z16                      | 'Z 轴向上快移 16mm                             |
| N07 X50 Y10                      | 'X 轴正方向快移 50mm，Y 轴正方向快移 10mm              |
| N08 G01 Z-25                     | 'Z 轴向下直线插补 25mm                           |
| N09 G04 P2000                    | '暂停 2s                                    |
| N10 G00 Z25                      | 'Z 轴向上快移 25mm                             |
| N11 X-20 Y-40                    | 'X 轴反方向快移 20mm，Y 轴反方向快移 40mm              |

N12 G01 Z-40

'Z 轴向下直线插补 40mm

N13 G00 Z57

'Z 轴向上快移 57mm

N14 G49 X-80 Y-20 M05 M09 M30

'取消长度补偿，X 轴反方向移动 80mm，Y 轴反方向移动 20mm，主轴停，冷却泵关，程序结束并返回程序头

## 例 2

根据图 20-2 所示零件图编程。

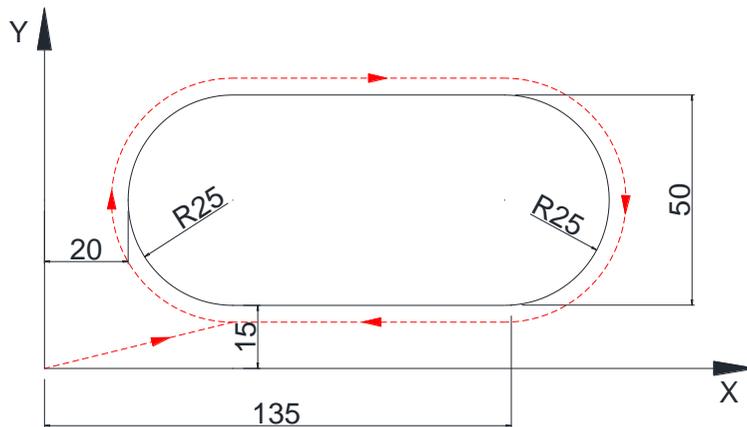


图 20-2 加工零件图 2

N01 G92 X0 Y0 Z0

'建立工件坐标系

N02 G90 G41 G00 X45 Y15 D01 M03 S600 M08

'使用绝对坐标，对刀具进行半径补偿，快移到 (X45, Y15) 位置，主轴以 600 转/分钟的速度正转，冷却泵打开

N03 G17 G02 X45 Y65 I0 J25 F700

'顺圆弧插补到(X45, Y65)，半径 25mm，进给速度是 700mm/min

N04 G01 X135 Y65

'直线插补到 (X135, Y65)

N05 G17 G02 X135 Y15 I0 J-25

'顺圆弧插补到 (X135, Y15)，半径 25mm

N06 G01 X45 Y15

'直线插补到 (X45, Y15)

N07 G00 G40 X0 Y0 M05 M09 M30

'取消刀具半径补偿，快移到 (X0, Y0)，主轴停，冷却泵关，程序结束并返回程序头

## 例 3

根据图 20-3 所示零件图编程。

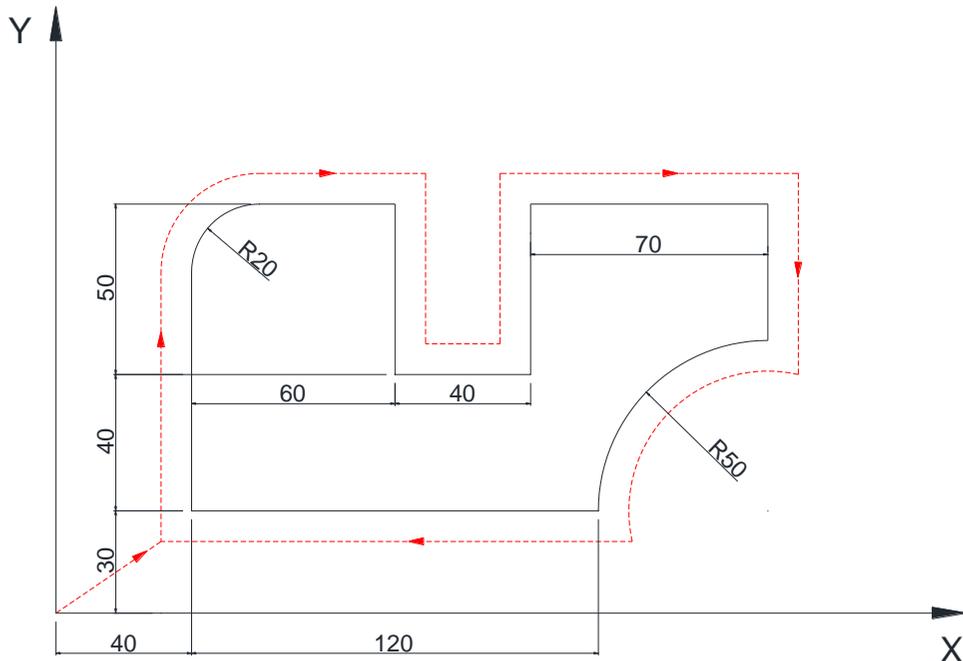


图 20-3 加工零件图 3

N01 G92 X0 Y0 Z0

'建立工件坐标系

N02 G91 G41 G00 X40 Y30 D01 M03 S600 M08

'使用相对坐标, 对刀具进行半径补偿, 快移到 X40,Y30 位置, 主轴以 600 转/分钟的速度正转, 冷却泵打开

N03 G17 G01 X0 Y70 F800

'直线插补到 (X40, Y100), 进给速度是 800mm/min

N04 G02 X20 Y20 I20 J0

'顺圆弧插补到 (X60, Y120), 半径 20mm

N05 G01 X40

'向 X 轴正向直线插补 40mm

N06 Y-50

'向 Y 轴反向直线插补 50mm

N07 X40

'向 X 轴正向直线插补 40mm

N08 Y50

'向 Y 轴正向直线插补 50mm

N09 X70

'向 X 轴正向直线插补 70mm

N10 Y-40

'向 Y 轴反向直线插补 40mm

N11 G03 X-50 Y-50 I0 J-50

'逆圆弧插补到 (X160, Y30), 半径 50mm

N12 G01 X-120

'向 X 轴反向直线插补 120mm

N13 G00 G40 X-40 Y-30 M05 M09 M30

'取消刀具半径补偿, 快移到 (X0, Y0), 主轴停, 冷却泵关, 程序结束并返回程序头

### 例 4

根据图 20-4 所示零件图编程（对此零件进行反向攻丝）。

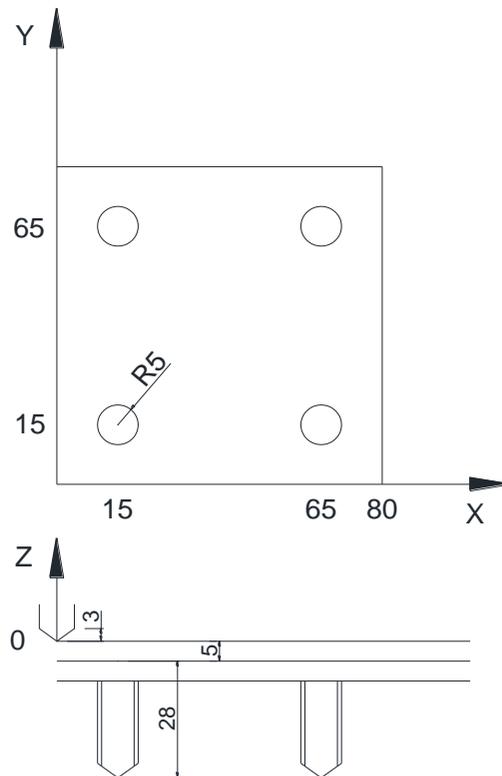


图 20-4 加工零件图 4

|                                        |                                                    |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| N01 G92 X0 Y0 Z0                       | '建立工件坐标系                                           |
| N02 G91 G00 X-35 Y15 M04 S600 M08      | '使用相对坐标，快移到 (X-35, Y15)，主轴以 600 转/分钟的速度反转，冷却泵打开    |
| N03 G43 G00 Z0 H01                     | '对刀具进行长度补偿                                         |
| N04 G74 X50 Y0 Z-28 R-5 P1000 F1000 L2 | '以 1000mm/min 的速度进行反向攻丝，攻丝深度为 28mm，在孔底暂停 1s，重复 2 次 |
| N05 G00 X-50 Y50                       | '快移到 (X15, Y65)，进行攻丝                               |
| N06 G00 X50                            | '快移到 (X65, Y65)，进行攻丝                               |
| N07 G80                                | '取消孔加工                                             |
| N08 G00 X-65 Y-65                      | '快移到 (X0, Y0)                                      |
| N09 G49 M05 M09 M30                    | '取消长度补偿，主轴停，冷却泵关，程序结束并返回程序头                        |

### 例 5

根据图 20-5 所示零件图编程，要求：向 Z 轴每次进刀量为 2mm。

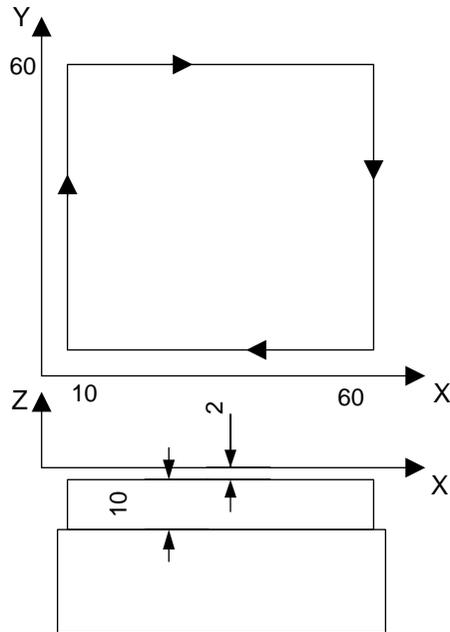


图 20-5 加工零件图 5

```
N01 G92 X0 Y0 Z0
N02 G91 M03 S800 M08
N03 G65 P9001 L6
N04 G00 Z12 M05 M09 M30
```

```
O9001
N100 G00 X10 Y0 Z-2
N110 G01 Y60 F1000
N120 X50
N130 Y-50
N140 X-60
N150 G00 Y-10
N160 M99
```

```
'建立工件坐标系
'使用相对坐标，主轴以 800 转/分钟的速度正转，冷却泵打开
'调用子程序 9001，重复执行 6 次
'快移到 (X0,Y0)，Z0 主轴停，冷却泵关，程序结束并返回程序头
'子程序 9001
'快移到 (X10,Y0,Z-2) 位置
'直线插补到 (X10,Y60)，进给速度为 1000mm/min
'直线插补到 (X60,Y60)
'直线插补到 (X60,Y10)
'直线插补到 (X0,Y10)
'快速移动到 (X0,Y0)
'子程序返回
```

### 例 6

根据图 20-6 所示零件图编程。

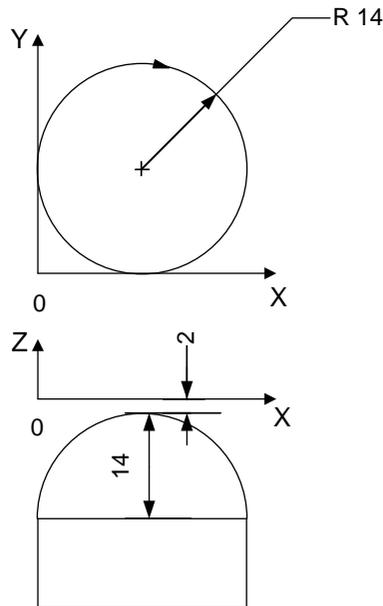


图 20-6 加工零件图 6

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| N01 G92 X10 Y0 Z0              | '建立工件坐标系                         |
| N02 G91 G00 X-10 M03 S1000 M08 | '使用相对坐标，主轴以 1000 转/分钟的速度正转，冷却泵打开 |
| N03 G00 Y14 Z-16               | '快移到 (X0, Y14, Z-16) 位置          |
| N04 G02 X0 Y0 I14 J0 F600      | '进行顺圆插补，进给速度为 600mm/min          |
| N05 G01 X1 Z1 F600             | '直线插补，向 X 和 Z 轴各进 1mm            |
| N06 G02 X0 Y0 I13 J0 F600      |                                  |
| N07 G01 X1 Z1 F600             |                                  |
| N08 G02 X0 Y0 I12 J0 F600      |                                  |
| N09 G01 X1 Z1 F600             |                                  |
| N10 G02 X0 Y0 I11 J0 F600      |                                  |
| N11 G01 X1 Z1 F600             |                                  |
| N12 G02 X0 Y0 I10 J0 F600      |                                  |
| N13 G01 X1 Z1 F600             |                                  |
| N14 G02 X0 Y0 I9 J0 F600       |                                  |
| N15 G01 X1 Z1 F600             |                                  |
| N16 G02 X0 Y0 I8 J0 F600       |                                  |
| N17 G01 X1 Z1 F600             |                                  |
| N18 G02 X0 Y0 I7 J0 F600       |                                  |
| N19 G01 X1 Z1 F600             |                                  |

N20 G02 X0 Y0 I6 J0 F600

N21 G01 X1 Z1 F600

N22 G02 X0 Y0 I5 J0 F600

N23 G01 X1 Z1 F600

N24 G02 X0 Y0 I4 J0 F600

N25 G01 X1 Z1 F600

N26 G02 X0 Y0 I3 J0 F600

N27 G01 X1 Z1 F600

N28 G02 X0 Y0 I2 J0 F600

N29 G01 X1 Z1 F600

N30 G02 X0 Y0 I1 J0 F600

N31 G90 G00 X0 Y0 Z0 M05 M09 M30 '快移到 (X0, Y0, Z0) 主轴停, 冷却泵关, 程序结束并  
返回程序头

专业·专心·专注

SPECIALIZED/CONCENTRATED/FOCUSED



上海维宏电子科技股份有限公司

地址：上海市奉贤区沪杭公路1590号

邮编：201401 咨询热线：400 882 9188

邮箱：weihong@weihong.com.cn

网址：www.weihong.com.cn