

第二部分 编程手册



本手册主要介绍与编程有关的各种操作，包括：准备功能、辅助功能、主轴功能及进给功能等。 **注意！** 编程者在程序开始处可以取消各种模态指令，如“**G40**”、“**G49**”“**G80**”等，以防止程序运行过程中模态调用错误。

(本页有意设为空)

目 录

一、编程基础知识.....	1
1.1 插补功能.....	1
1.1.1 刀具沿着直线运动.....	1
1.1.2 刀具沿着圆弧运动.....	2
1.2 进给功能.....	3
1.3 轴和坐标系统.....	3
1.3.1 轴的命名.....	3
1.3.2 机床坐标系.....	4
1.4 机床参考点.....	4
1.5 主轴功能.....	5
1.6 刀具功能.....	6
1.7 辅助功能.....	6
1.8 刀具补偿功能.....	7
1.8.1 刀具长度补偿.....	7
1.8.2 刀具半径补偿.....	8
1.9 行程校验.....	8
二、程序简介.....	9
2.1 程序段的内容.....	10
2.2 程序段的序号.....	10
2.3 程序字.....	10
2.4 基本程序字的取值范围.....	12
2.5 G 代码.....	13
2.6 程序字中的参数及其赋值.....	17
2.7 表达式.....	17
2.7.1 运算符.....	17
2.7.2 表达式.....	19
2.8 程序的注释.....	21
2.9 具体示例.....	21
三、准备功能.....	24
3.1 快速定位 G00.....	24
3.2 直线插补 G01.....	24
3.3 绝对值编程 G90/相对值编程 G91.....	25
3.4 圆弧插补 G02/G03.....	26
3.5 暂停 G04.....	30
3.6 在线修改零点配置 G10.....	30
3.7 工件坐标系的选择 (G54~G59.3)	30

3.8 机床坐标系 G53.....	33
3.9 工件坐标系的设定 G92/G92.1/G92.2/G92.3.....	34
3.10 坐标平面的选择 G17/G18/G19.....	35
3.11 返回参考点 G28/G30.....	35
3.12 英制与公制的转换 G20/G21.....	36
3.13 探针 G38.2.....	37
四、固定循环 G 代码.....	38
4.1 固定循环的动作.....	38
4.2 固定循环的绝对值编程 G90 和相对值编程 G91.....	41
4.3 固定循环的返回平面指令 G98/G99.....	41
4.4 固定循环指令 (G80~89).....	42
4.5 钻孔循环 G81.....	42
4.6 钻孔循环、镗孔循环 G82.....	44
4.7 排屑钻孔循环 G83.....	45
4.8 右旋攻丝循环 G84.....	47
4.9 镗孔循环 G85.....	48
4.10 镗孔循环 G86.....	50
4.11 镗孔循环、背镗孔循环 G87.....	51
4.12 镗孔循环, 背镗孔循环 G88.....	52
4.13 孔循环 G89.....	53
4.14 固定循环取消 G80.....	55
4.15 应用举例.....	55
五、刀具补偿 G 代码.....	58
5.1 刀具半径补偿 G40/G41/G42.....	58
5.2 刀具长度补偿 G43/G49.....	66
六、辅助功能 M 代码.....	68
6.1 程序暂停/结束.....	69
6.1.1 程序暂停 M00.....	69
6.1.2 程序选择停止 M01.....	69
6.1.3 程序结束 M02.....	69
6.1.4 程序结束并返回程序头 M30.....	69
6.2 主轴控制指令.....	69
6.2.1 主轴正传 M03/反转 M04.....	69
6.2.2 主轴停止 M05.....	70
6.3 换刀功能 M06.....	70
6.4 冷却液开/关.....	70
6.5 倍率控制.....	70
6.6 数字 IO 控制.....	71
6.7 程序循环 M99.....	71

6.8 用户自定义命令: M100-M199.....	71
七、其他代码.....	72
7.1 切削进给速度 F.....	72
7.2 主轴转速 S.....	72
7.3 刀具功能 T.....	73
八、O 代码.....	74
8.1 子程序.....	74
8.2 循环语句.....	74
8.3 条件语句.....	75

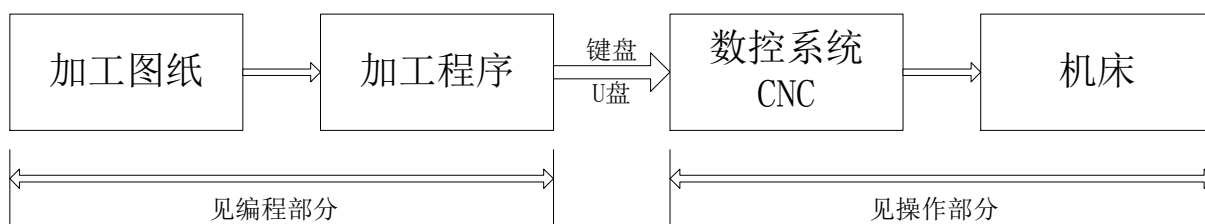
(本页有意设为空)

一、编程基础知识

用CNC机床加工零件时，先根据工艺编制程序，后将该程序传入系统内存或直接控制CNC机床。

(1) 根据加工图纸编制零件加工程序。

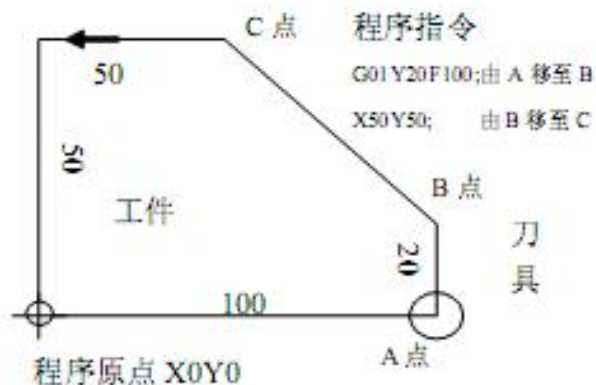
(2) CNC读入程序后，把零件和刀具装在机床上，刀具按着程序运动，加工实际零件。在操作一书中，详细地记述了如何操作。



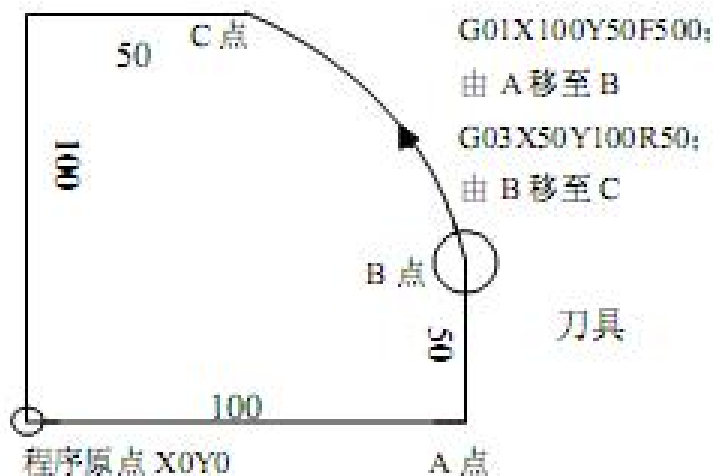
1.1 插补功能

刀具沿着构成工件的直线和圆弧运动以及其它曲线运动，这称为插补功能。在实际机床中，有可能刀具不运动，而工作台运动。在本编程手册中，假定刀具相对工件运动来进行说明。

1.1.1 刀具沿着直线运动



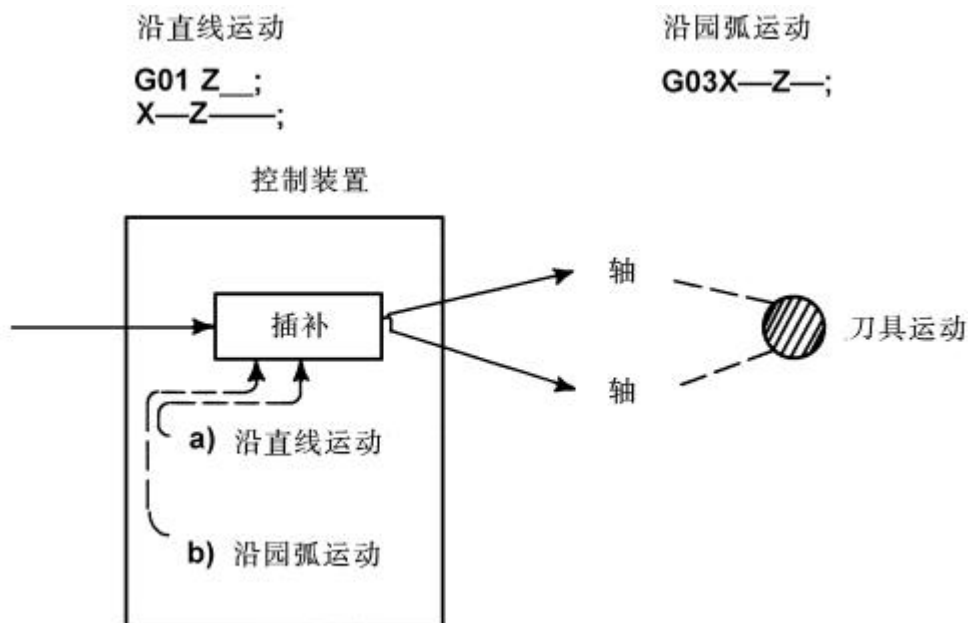
1.1.2 刀具沿着圆弧运动



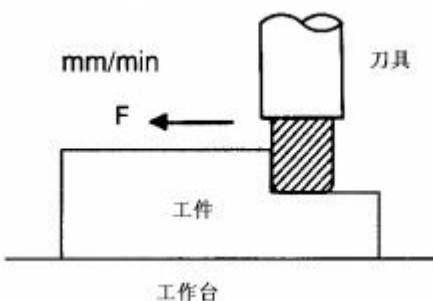
把刀具这样沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。

由于程序中通常只给出终点的坐标，而刀具以什么样的轨迹移动过去则依靠G指令控制。运动轨迹的中间点是由CNC自动运算并控制的，这就是插补的过程。

编程指令G01，G02等被称为准备功能，用于指示数控装置进行何种插补。



1.2 进给功能

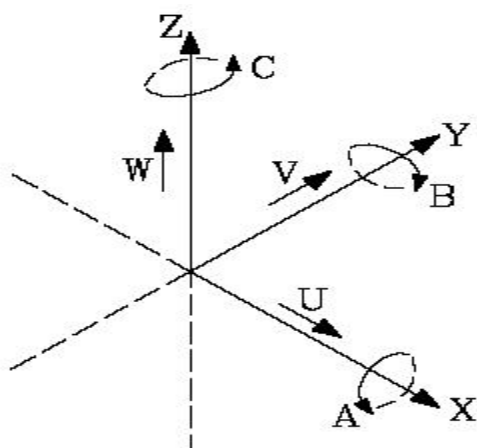


为了切削零件，用指定的速度使刀具运动称为进给，进给速度用数值指令。例如，让刀具以 1000 毫米/分进给时，程序指令为：F1000.0。

决定进给速度的功能称为进给功能。

1.3 轴和坐标系

1.3.1 轴的命名



系统各轴的特性：

X和Y轴运动在机床的主工作平面。

Z平行于机床主轴，垂直于XY主平面。

U，V，W为分别平行于X，Y，Z的辅助轴。

A，B，C相对于X，Y，Z的旋转轴。

1.3.2 机床坐标系

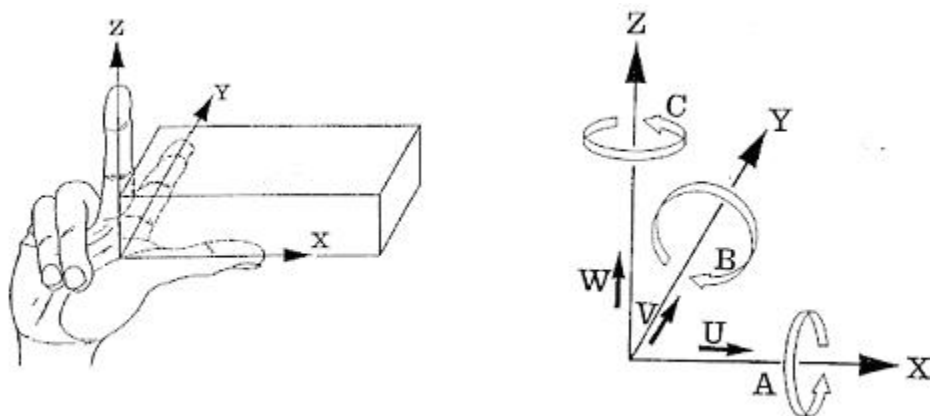
机床制造厂对每台机床设置机械零点，用机械零点作为一个固定点而设置的坐标系称为机床坐标系。

本系统采用右手笛卡儿坐标系，主轴方向的运动为 Z 轴运动，从主轴向工件方向看主轴箱接近工件的运动为 Z 轴负向运动，远离工件的运动为 Z 轴正向运动；其余方向由右手笛卡儿坐标系判定。

在通电之后，执行手动返回机械零点才能建立机床坐标系。机床坐标系一旦设定，就保持不变，直到电源关,系统重启或按下急停为止。

坐标轴可以分为线性轴（进给轴）和旋转轴两种。三个基本的线性轴定义为 X，Y，Z 轴，它们在坐标系中的相对位置由右手法则决定，坐标轴的方向是指刀具相对于工件的运动方向。通常把和 X，Y，Z 平行的线性轴定义为 U，V，W；绕 X，Y，Z 旋转的旋转轴定义为 A，B，C。坐标系定义如下图所示：

根据右手法则，普通立式铣床的坐标系定义如下图所示：



1.4 机床参考点

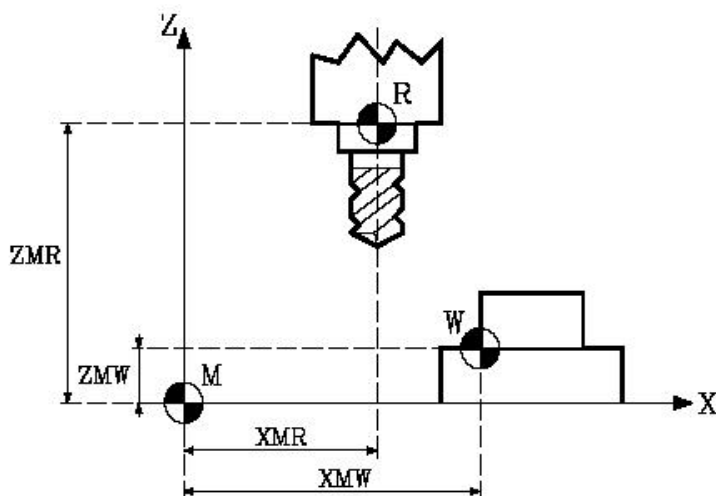
在CNC机床上，设计有特定的机械装置，通常在这个位置换刀和进行后面将要讲述的坐标系设定，这个位置称为机床参考点。

CNC 机床需要定义下列原点和参考点：

- (1) 机床参考零点或原点，该点是由机床制造商作为机床坐标系统的原点设定。

(2) 工件零点或工件原点，该点是编写零件程序时设定的测量原点，它能被编程者自由选择，机床零点能被零点偏置设定。

(3) 机床参考点，该点是由机床制造商建立的系统同步点，在这点控制轴的位置，代替移动到远处的机床参考零点，这点的参考坐标由各轴参数设定。一般和机床参考零点一致。



M 机床零点

W 工件零点

R 机床参考点

XMW, YMW, ZMW... 工件零点坐标

XMR, YMR, ZMR ... 机床参考点的坐标

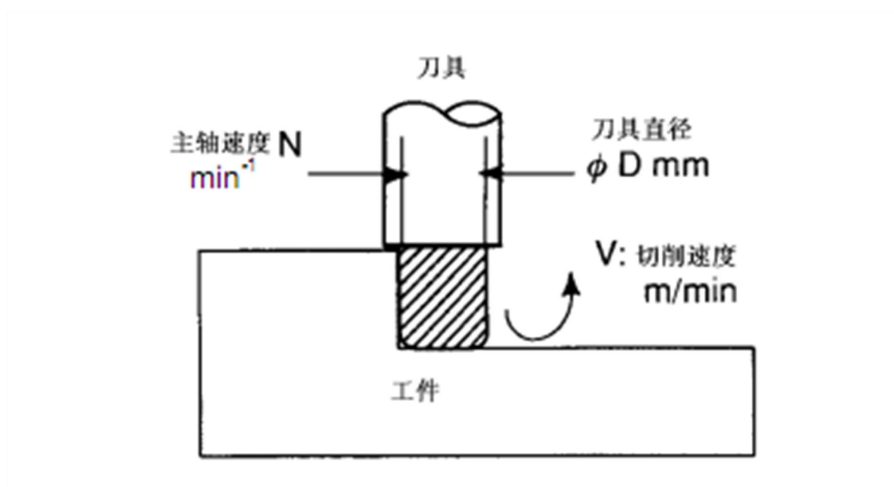
一般在数控加工前,首先要执行使刀具移动到机床参考点(即我们所说的回零)。

1.5 主轴功能

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

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

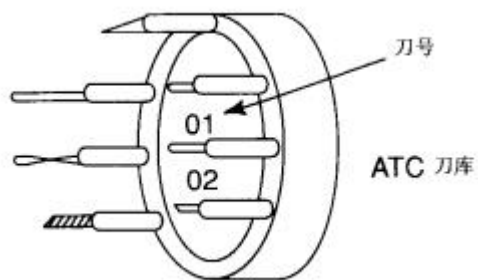
S250



1.6 刀具功能

进行孔加工、攻丝、镗削、铣削等各种加工时，要选择必要的刀具。各种刀具都带有刀号，当程序中指定这个刀具号时，就选择对应的刀具。例如某孔加工用刀具为 01 号，在刀库 01 号的位置上，选择了刀具，此时指令为：

T01



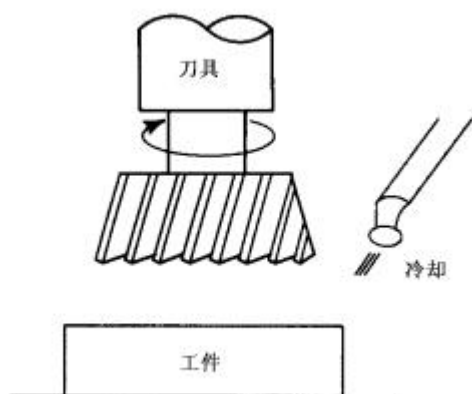
就可以选出这把刀，这个功能称为刀具功能(该功能只支持在配备刀库的机床上使用)。

1.7 辅助功能

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

这些指令机床开/关动作的功能称为辅助功能，用 M 代码指令。例如：若指令

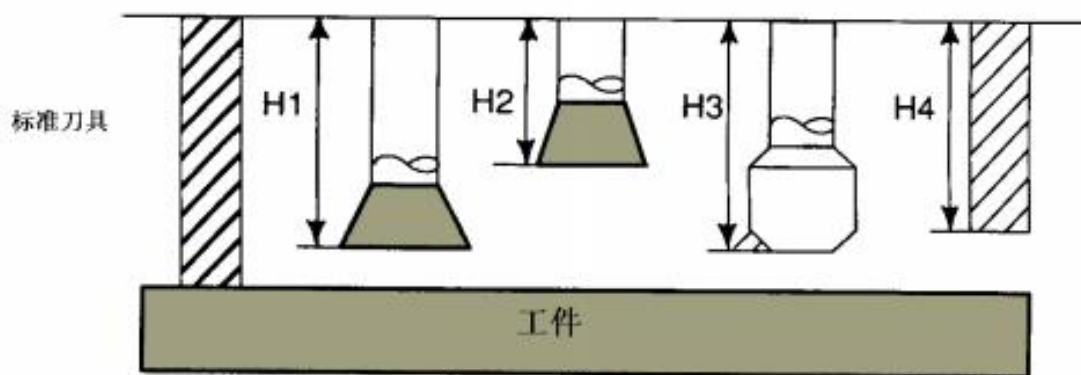
M03，主轴就以指令的回转速度顺时针转动起来。



1.8 刀具补偿功能

1.8.1 刀具长度补偿

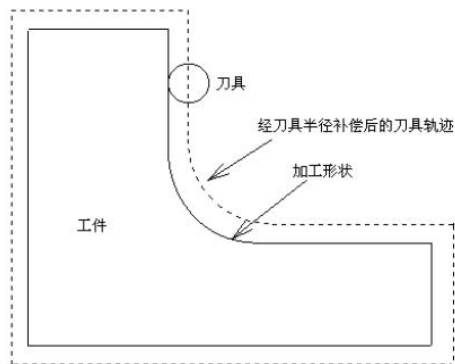
通常加工一个工件时，要使用几把刀具。如果在同一坐标系下执行如G0Z0的指令时，由于刀具的长度是不同的，所以刀具端面到工件的距离也不同。如果频繁改变程序就会非常麻烦，且易出错。



为此，事先测定出各刀具的长度，然后把它们与标准刀具长度的差（通常定为第一把刀）设定给CNC。运行长度补偿程序，即使换刀，程序也不需要改变就可以加工，使刀具端面在执行Z轴定位（如G0Z0）的指令后距离工件的位置是相同的。这个功能称为刀具长度补偿。

1.8.2 刀具半径补偿

因为刀具有半径，如果刀具按程序给定的刀具轨迹运行则会将工件切削掉刀具的半径，为了简化编程，CNC可以相对于加工形状偏移一个刀具半径的位置运行程序，而直线与直线或圆弧之间相交处的过渡轨迹则由系统自动处理。

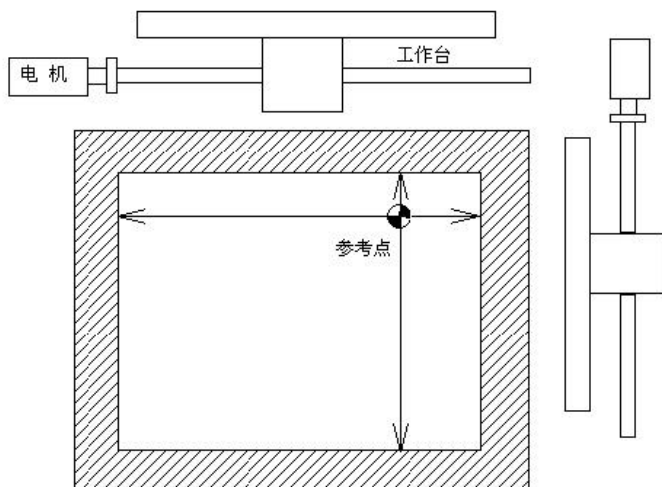


事先把刀具直径值存在CNC刀具补偿列表中，刀具就能根据程序调用不同的半径补偿量沿着加工形状偏移距离为刀具半径的轨迹运动。这个功能称为刀具半径补偿功能。

1.9 行程校验

用参数设定可以指定刀具可以安全运行的范围，超出这个范围，系统将停止各轴的运动，同时系统给出超程报警。这个功能称为行程校验，即通常所讲的软限位。

注意：软限位必须在机床执行回零动作之后才有效。



二、程序简介

程序段是加工程序的基本执行单元。程序段中每个单独的信息叫做一个程序字。一个程序字由地址字和数字序列组成。程序段中除程序段号必须位于段起始处之外，程序字的排列顺序是任意的。在实际编程中，程序段表示为同一行中的所有程序字。它可以是一组程序字的集合，也可以是单个程序字。

例：

G90 G17 G0 X10 Y10 (1)

M6 (2)

对于（1）程序段，则由 G90，G17，G0，X10，Y10 五个程序字组成。

对于（2）程序段，则只有 M6 一个程序字。

大部分指令由 G 或 M 字符开始，这种指令的程序字称为 G 代码或 M 代码。

加工程序是以文件方式来执行的。一个加工程序可由一个文件组成，也可由多个文件组成。文件可用“%”符号加以区分。一般情况下，一个文件的开始程序段和结束程序段由一个“%”字符组成，若一个文件的开始程序段有“%”字符，而结束程序段没有，则系统会报错；加工程序执行在结束程序段“%”字符时结束，结束程序段“%”字符还有程序段存在，也不会执行。当然文件的结束须用指令 M30 或 M2 完成。一个文件开始和结束的格式如下示：

例：

%

...

...

M30

%

加工程序有两个结束程序执行指令 M30 和 M2，程序执行时，遇到其中任何一个指令均会停止程序的执行。

2.1 程序段的内容

每个程序段的长度最大不能超过 256 个字符，程序段的内容有如下几个方面：

- (1) 整个程序段的删除符号“()”，此为可选内容。
- (2) 程序段的顺序号，此为可选内容。
- (3) 程序字和程序值，参数设置，注释。
- (4) 结束符（回车符或换行符）

例：

N100 G0 X10 Y10 (1)

(N120 M6) (2)

对于（1）程序段，则是有效程序段由程序段的顺序号 N100 和程序字 G、X、Y 和程序值 0、10、10 组成。

对于（2）程序段，则是一个无效的程序段，因为有整个程序段的删除符号“()”存在。

“空格”和“Tab”字符可以存在程序段的任何位置，而不改变程序段的实际执行效果，当然，“空格”和“Tab”字符不能将整体的程序值分开，如：

G0 X0+0.1234 Y7

不能写成：G0 X0+0.1 234 Y7

注意：

- (1) 空的程序段将被忽略。
- (2) 程序段的字符不区分大小写。

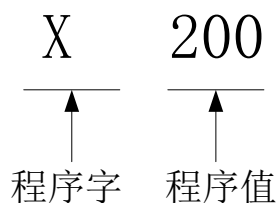
2.2 程序段的序号

程序段的顺序号的开始字母为“N”，后面必须跟不带符号的整数，整数的范围为：0 – 99999。正确的程序段顺序号不可重复或杂乱无章，但数字可跳跃递增。总之，使用程序段的顺序号必须放在相对应的位置上。

2.3 程序字

程序字后面通常程序值，如 X200，程序字 X 后面跟数值 200，(有时在数值前

带有+、-符号)。



程序字是英文字母(A~Z或a~z)中的一个字母。它规定了其后数值的意义。在本系统中，可以使用的程序字和它的意义如下表所示：

根据不同的准备功能，有时一个程序字也有不同的意义。

程序字	意义
A	机床的 A 轴
B	机床的 B 轴
C	机床的 C 轴
D	刀具半径补偿
F	进给速度
G	准备功能
H	刀具长度补偿
I	圆弧和 G87 固定循环的 X 偏置
J	圆弧和 G87 固定循环的 Y 偏置
K	圆弧和 G87 固定循环的 Z 偏置，G33 同步移动时主轴转速速率
M	辅助功能
N	程序段的序号
P	固定循环和 G4 的暂停时间
Q	G83 固定循环进给增量
R	圆弧半径或固定循环平面

S	主轴转速
T	刀具选择
X	机床的 X 轴
Y	机床的 Y 轴
Z	机床的 Z 轴

2.4 基本程序字的取值范围

基本程序字取值范围如下表所示。编程时请参照本手册，同时也要参照机床厂家发行的机床使用说明书，在很好理解对编程的限制（建议：在程序字范围）的基础上编制程序。

程序字	范围	单位	备注
A	± 9999.999	度	
B	± 9999.999	度	
C	± 9999.999	度	
D	0 - 99		数值为刀具号
F	1 - 99999	mm/min	
G	0 - 99		
H	0 - 99		数值为刀具号
I	± 9999.999	mm	
J	± 9999.999	mm	
K	± 9999.999	mm	
M	0 - 200		
N	0 - 99999		
P	0 - 9999	秒	

Q	±9999.999	mm	
R	±9999.999	mm	
S	1 - 99999	转/min	
T	0 – 99		
X	±9999.999	mm	
Y	±9999.999	mm	
Z	±9999.999	mm	

注意：

1. 本系统在小数点编程上没有限制，程序中的值按正常的书写习惯即可，且前零可省略，小数点后的零可省略。

例如：

G01 X0200.0 =G1 X200;

G00 G40 X-0100.5=G0 G40 X-100.5

上面两种情况都可被系统所识别，且等效。

2. 指令值的取值范围由系统所支持的指令表确定。对于不支持的指令字与指令值的组合，系统将返回出错信息。参数值的小数部分可以精确到小数点后第3位，之前的实数可以参与运算，而之后的尾数将被舍去。

3. 本系统支持科学算法，例如：G01 X2E2 =G1 X200;

4. 对参数值来说，长度的基本单位为mm，角度的基本单位为“°”，时间的基本单位为s或ms。即参数值整数部分的最小位将取以上基本单位。

2.5 G 代码

准备功能由G代码及后接数字表示，规定其所在的程序段的意义。G代码有以下两种类型。

种类	意义
非模态 G 代码	只在包含该指令的程序段中有效
模态 G 代码	在同组其它 G 代码指令前一直有效

例：G01和G00是同组的模态G代码

G01 X ___ ；
 Z _____ ； G01有效
 X _____ ； G01有效
 G00 Z___； G00有效

模态是加工程序运行的内环境。可以说一切对刀具相对于工件的移动产生影响的当前信息都可以被称为模态。这里包括刀具插补移动的方式，对刀具和工件进行空间定位的坐标系统，以及坐标系统建立的基础，参考点。还包括由刀具的差别带来的刀补，以及刀具轨迹在平面内的缩放、旋转状态。这些模态信息的改变都将对刀具相对于工件的移动产生影响。可以使用两种方法对模态信息进行维护。一个是修改系统参数，如坐标系的建立，刀补值的输入等。另外就是通过具体的模态指令。比如刀补指令G43、G41，刀具移动指令G00、G01等。另外，还可以通过参数输入方式的指令G10在线对系统参数进行修改。

表2.1 G代码一览表（模态列出）

G 代码	组别	功 能
G00	01	定位(快速移动)
*G01		直线插补(切削进给)
G02		圆弧插补 CW(顺时针)
G03		圆弧插补 CCW(逆时针)
G38.2		探针（对刀仪用）
G04	00	暂停，准停

G10		偏移值设定
*G17 G18 G19	02	XY 平面选择 ZX 平面选择 YZ 平面选择
G20	06	英制数据输入
*G21		公制数据输入
*G40	07	刀具半径补偿注销
G41		左侧刀具半径补偿
G42		右侧刀具半径补偿
G43	08	正方向刀具长度偏移
*G49		刀具长度偏移注销
*G54	05	工件坐标系 1
G55		工件坐标系 2
G56		工件坐标系 3
G57		工件坐标系 4
G58		工件坐标系 5
G59		工件坐标系 6
G59.1		工件坐标系 7
G59.2		工件坐标系 8
G59.3		工件坐标系 9
*G80		固定循环注销
G81		钻孔循环(点钻循环)
G82		钻孔循环(镗阶梯孔循环)

G83	09	深孔钻循环
G84		攻丝循环
G85		镗孔循环
G86		钻孔循环
G87		反镗孔循环
G88		镗孔循环
G89		镗孔循环
*G90	03	绝对值编程
G91		增量值编程
G92	00	预置坐标参数设定
G92.1		取消预置坐标参数设定
G92.2		挂起预置坐标参数设定
G92.3		启用预置坐标参数设定
G93	11	进给率，时间倒数
G94		每分进给量：mm/min
G98	10	在固定循环中返回初始平面
G99		在固定循环中返回 R 点

注意：

1. 带有*记号的 G 代码，当系统电源接通时，系统处于这个 G 代码的状态。
2. 00 组的 G 代码（G04、G10）是一次性 G 代码。
3. 如果使用了 G 代码一览表中未列出的 G 代码，则出现报警，或指令了不具有的选择功能的 G 代码，也报警。
4. 在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码，如果在同一个程序段中

指令了两个以上的同组 G 代码时，后一个 G 代码有效。

5. 在固定循环中，如果指令了 01 组的 G 代码，固定循环则自动被取消，变成 G80 状态。但是 01 组的 G 代码不受固定循环的 G 代码影响。

2.6 程序字中的参数及其赋值

参数的定义为“#”+数值，该数值为整数，其范围为 0-5399。如参数“#5000”。任何数值均可存入该参数中。

例：#1 + 2 ：表示为参数#1 加上 2，若参数#1 的数值为 2.1，那么该表达式的结果实际为 3.1。

#[1 + 2]：表示为参数#3。

##1：若参数#1 的数值为 2，那么##1 则为参数#2。

参数的赋值由四个元素组成：

1. 字符“#”；
2. 一个整数，其范围为 0~5399；
3. 字符“=”；
4. 数值。

例：#3 = 15 ，意思是将数值 15 赋予参数#3。

当前行有参数赋值语句，但只有在下一行参数赋值才会有效。

例：

#3 = 6 G1 X #3

若此行程序段之前#3 的值为 15，那么 G1 X #3 语句的含义是 G1 X15，而不是 G1 X6，当前行语义是完成将数值 6 赋予#3 参数，同时执行 G1 X15 语句。

2.7 表达式

2.7.1 运算符

运算符是一个符号，它指定要执行的算数和逻辑操作。CNC 具有算数，关系、逻辑、二元、三角函数运算符和其他运算符。

算数运算符：

符号	意义	例子	例子的结果
+	加	#1 = 3 + 4	#1 的值为 7
-	减	#2 = 5 - 2	#2 的值为 3
*	乘	#3 = -(2 * 3)	#3 的值为-6
/	除	#4 =9 / 2	#4 的值为 4.5
MOD	取模或除法的余数	#5 =7 MOD 4	#5 的值为 3
EXP	指数	#6 =2 EXP 3	#6 的值为 8

关系运算符：

符号	意义
EQ	等于
NE	不等于
GT	大于
GE	大于等于
LT	小于
LE	小于等于

逻辑运算符：

OR， AND， XOR：在条件之间担当逻辑运算符，在变量和常数之间担当二元运算符。

#5 = [#1 AND [#2 OR #3]]

三角函数运算符：

符号	意义	例子	例子的结果
SIN	正弦	#1=SIN[30]	#1=0.5
COS	余弦	#2=COS[30]	#2=0.8660
TAN	正切	#3=TAN[30]	#3=0.5773
ASIN	反正弦	#4=ASIN[1]	#4=90
ACOS	反余弦	#5=ACOS[1]	#5=0
ATAN	反正切	#6=ATAN[1]	#6=45

上表中，有两种计算反正切的函数，ATAN 返回的结果在+/- 90 度之间，ARG 给出的结果在 0 和 360 之间。

其他函数：

符号	意义	例子	例子的结果
ABS	绝对值	#1=ABS[-8]	#1=8
LN	以 10 为底的对数	#2=LN[100]	#2=2
SQRT	平方根	#3=SQRT[16]	#3=4
ROUND	圆取整	#4=ROUND[5.83]	#4=6
FIX	整数	#5=FIX[5.423]	#5=5
FUP	如果是整数取整数, 如果不是, 取整+ 1	#6=FUP[7] #6=FUP[5.423]	#6=7 #6=6

2.7.2 表达式

表达式是运算符、常数，参数和变量之间的任何有效组合。

所有的表达式必须置于方括号之间，如果表达式只是一个整数，方括号可以去掉。

1. 算数表达式：

它们由函数，算数运算符，二元运算符和三角函数运算符及常数和变量组合而成。

运算符的优先级和它们结合性来确定表达式的计算方法：

优先级从高到低	结合性
函数, - (负的)	从右到左
EXP, MOD	从左到右
* , /	从左到右
+, - (加, 减)	从左到右
关系运算符	从左到右
AND, XOR	从左到右
OR	从左到右

为了更加清楚地表明表达式的求解顺序，应使用方括号。

例：

$[#3 = \#4/\#5 - \#6 * \#7 - \#8/\#9]$

$[#3 = [\#4/\#5] - [\#6 * \#7] - [\#8/\#9]]$

使用多余的或附加的方括号即不会引起错误也不会减慢执行的速度。

在函数中，必须使用方括号，除非使用数字常数时，括号是可有可无的。

例：

SIN[45], [SIN[45]] 二者均是有效和等价的。

[SIN[10]+5]等同于[[SIN[10]]+5]。

2. 关系表达式

这些是算数表达式中加入了关系运算符。

IF [P8 EQ 12.8] ; 检查 P8 的值是否等于 12.8

IF [ABS[SIN[#24]] GT 0.3] ; 分析正弦函数的值大于 0.3

2.8 程序的注释

本系统的加工程序中可以包含注释。注释可以出现在加工程序中的任何位置而不会影响加工程序的执行。注释包含在括号之中。

例：

N20 G1 X0 Y0 Z0 (move to zero point)

本系统还提供两种特殊的注释形式，使注释信息能够显示在状态栏中：

格式 1: ... (MSG, text)...

格式 2: ... (*MSG, text)...

格式 1，注释文字（text）连同注释图标只在当前加工程序段被执行时显示在状态栏里；

格式 2，注释文字会一直在状态行里显示，直到主程序结束时才会消失。

2.9 具体示例

示例：在 X 范围 0~81 毫米之间，雕刻“hello world”字符。

N0010 G21 G0 X0 Y0 Z50 (top of part should be on XY plane)

N0020 T1 M6 M3 F20 S4000 (use an engraver or small ball-nose endmill)

N0030 G0 X0 Y0 Z2

N0040 G1 Z-0.5 (start H)

N0050 Y10

N0060 G0 Z2

N0070 Y5

N0080 G1 Z-0.5

N0090 X7

N0100 G0 Z2

N0110 Y0

N0120 G1 Z-0.5

N0130 Y10

N0140 G0 Z2

N0150 X11 Y2.5

N0160 G1 Z-0.5 (start e)
N0170 X16
N0190 G3 X13.5 Y0 i-2.5
N0200 G1 X16
N0210 G0 Z2
N0220 X20 Y0
N0230 G1 Z-0.5 (start l)
N0240 Y9
N0250 G0 Z2
N0260 X26
N0270 G1 Z-0.5 (start l)
N0280 Y0
N0290 G0 Z2
N0300 X32.5
N0310 G1 Z-0.5 (start o)
N0320 G2 X32.5 j2.5
N0330 G0 Z2
N0340 X45 Y5
N0350 G1 Z-0.5 (start w)
N0360 X47 Y0
N0370 X48.5 Y3
N0380 X50 Y0
N0390 X52 Y5
N0400 G0 Z2
N0410 X57.5 Y0
N0420 G1 Z-0.5 (start o)
N0430 G2 X57.5 j2.5
N0440 G0 Z2
N0450 X64
N0460 G1 Z-0.5 (start r)
N0470 Y5
N0480 Y4

N0490 G2 X69 r4
N0500 G0 Z2
N0510 X73 Y0
N0520 G1 Z-0.5 (start l)
N0530 Y9
N0540 G0 Z2
N0550 X81
N0560 G1 Z-0.5 (start d)
N0570 Y0
N0580 X79.5
N0590 G2 j2.5 Y5
N0600 G1 X81
N0610 G0 Z50
N0620 M2

三、准备功能

3.1 快速定位 G00

指令格式：(G90/G91) G00 X_ Y_ Z_ A_ B_ C_

描述：G00指令，刀具以快速移动速度，快速移动到用绝对值指令或增量值指令指定的工件坐标系中的位置，如图3-1所示。

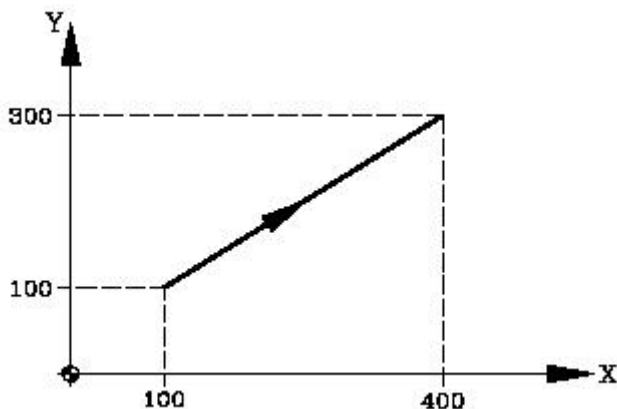


图 3-1 快速定位 G00 示意图

G00 X100 Y100; 起点

G90 G00 X400 Y300; 编程的路径

说明：

1. G00 后面的 6 个指令参数为定位参数，其中三轴数控系统参数只能是 X、Y、Z，均为可选参数。以绝对值指令编程（G90）时，参数表示为坐标系下编程终点的坐标值。以增量值指令编程（G91）时，参数表示为编制刀具各轴移动的距离和方向。当采用了多余参数进行编程时，系统加工时不能通过或不按照编程路径进刀，有时会给出报警提示。
2. 不指定定位参数时，刀具不移动，系统只是将当前刀具移动方式的模态改为 G00。
3. G00 的速度是由机床参数指定的，具体参数见操作手册。
4. G00 是模态指令，和同组的 G01、G02、G03、G38.2 及固定循环 G 代码不能同时使用。
5. 改变进给倍率，就可以改变 G00 的移动速率。

3.2 直线插补 G01

指令格式：(G90/G91) G01 X_ Y_ Z_ A_ B_ C_ F_

描述：刀具以参数 F 指定的进给速度（mm/min）沿直线移动到指定的位置。如图 3-2 所示。

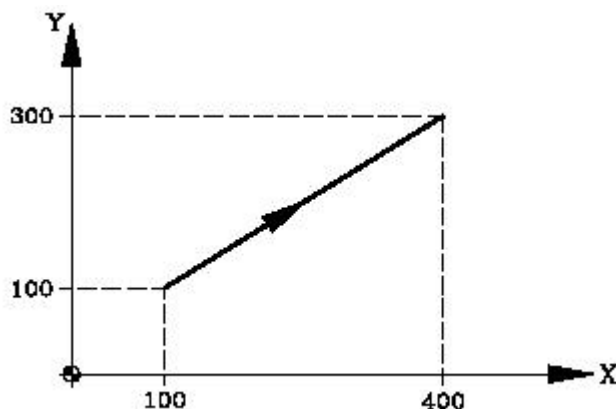


图3-2 直线插补G01示意图

G01 G90 X650 Y400 F150

说明：

1. F 指定的进给速度，直到新的 F 值被指定之前一直有效，因此无需对每个程序段都指定 F。用 F 代码指令的进给速度是沿着直线轨迹插补计算出的，如果在程序中 F 代码不指定，进给速度 F 值则为 0。
2. 机床参数中定义了直线插补的最高速度，如果实际的切削速度(使用倍率后的进给速度)如果超过了最高速度，则被限制在最高速度。单位为 mm/min。
3. 当 G01 后不指定定位参数时刀具不移动，系统只改变当前刀具移动方式的模态为 G01。
4. G01 是模态的，和同组的 G0、G2、G3、G33 及固定循环 G 代码不同时使用。

3.3 绝对值编程 G90/相对值编程 G91

指令格式：G90/G91

描述：作为指令轴移动量的方法，有绝对值指令和相对值指令两种方法。

绝对值指令是用轴移动的终点位置的坐标值进行编程的方法。而终点位置涉及坐标系的概念，请参阅有关内容。

相对值指令是用轴的相对移动量直接编程的方法。相对值与所在的坐标系无关系，只需给出终点位置相对于起点位置的运动方向和距离即可。

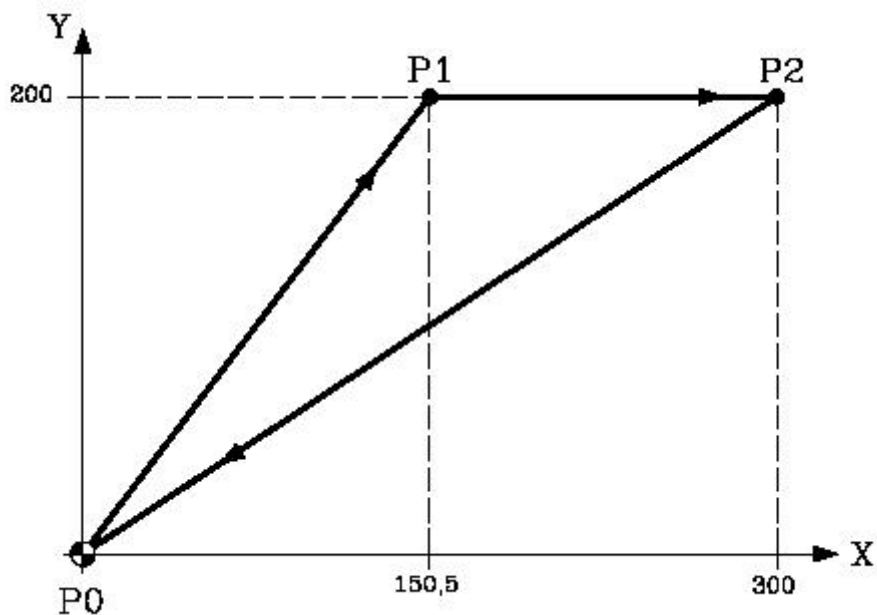


图 3-3 G90/G91 编程

绝对值编程	相对值编程
G90 G0 X0 Y0 ; 点 P0	G90 G0 X0 Y0 ; 点 P0
X150.5 Y200. ; 点 P1	G91 X150.5 Y200. ; 点 P1
X300 ; 点 P2	X 149.5 ; 点 P2
X0 Y0 ; 点 P0	X-300 Y-200 ; 点 P0

说明:

1. 无参数指令。可随其它指令写入程序段。
2. G90 与 G91 为同一组的模态指令，即在指定为 G90 时，在未指定 G91 之前，均为 G90 方式（默认方式），对于 G91，在未指定 G90 方式之前，均有效。

3.4 圆弧插补 G02/G03

指令格式: G02/G03 X_ Y_ Z_ R_ (I_ J_ K_) F_

描述: 以进给速度 F 进行圆弧插补移动到指定位置。G02 指定以顺时针方式圆弧插补，G03 指定以逆时针方式圆弧插补。顺时针 (G02) 和逆时针 (G03) 的定义根据下面所示的坐标系确定，如图 3-4 所示。

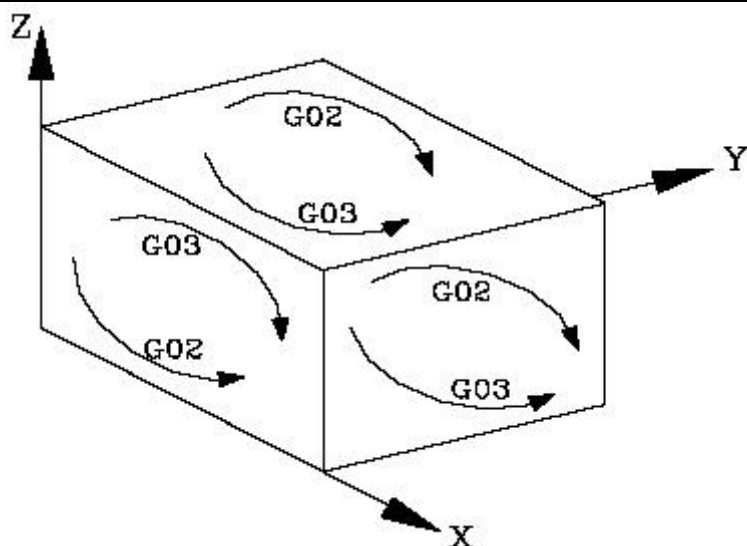


图 3-4 G02/G03 圆弧插补

平面内圆弧插补即在指定平面内完成由起点到终点按指定旋向及半径或圆心运行的圆弧轨迹。由于已知起点和终点，并不能完全确定圆弧的轨迹，所以需要给出：

1. 圆弧的旋转方向（G02，G03）
2. 圆弧插补的平面（G17、G18、G19）
3. 圆心坐标或半径，由此引出两种指令格式，圆心坐标 I、J、K 或半径 R 编程。

只有上述三点全部确认才能在坐标系内进行插补运算。用下面的指令可以进行圆弧插补，刀具可以沿着圆弧运动。

项目	指定内容	命 令	意 义
1	平面指定	G17	XY 平面圆弧指定
		G18	ZX 平面圆弧指定
		G19	YZ 平面圆弧指定
2	圆弧切削方向	G02	顺时针转 CW
		G03	反时针转 CCW
3	G90 方式 终点位置	X、Y、Z 中的两轴	工件坐标系中的终点位置
	G91 方式	X、Y、Z 中的两轴	从始点到终点的距离
4	从始点到圆心的距离	I、J、K 中的两轴	始点到圆心的距离
	圆弧半径	R	圆弧半径
5	进给速度	F	沿圆弧的速度

所谓顺时针和反时针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, 如图 3-5 所示。

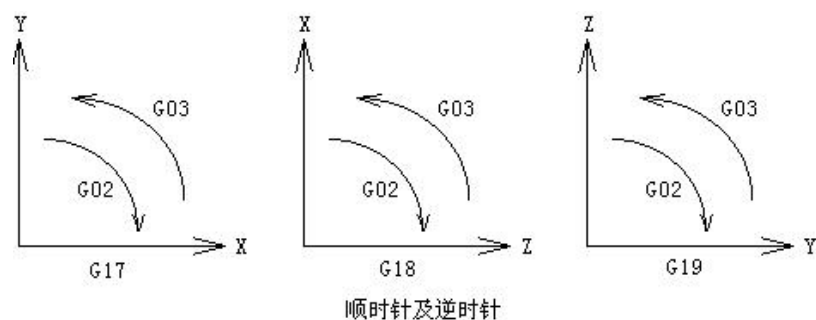


图 3-5 G02/G03 圆弧插补的方向判别

用地址 X, Y 或者 Z 指定圆弧的终点。对应于 G90 指令的是用绝对值表示, 对应于 G91 的是用相对值表示, 相对值是从圆弧的始点到终点的距离值。圆弧中心用地址 I, J, K 指定。它们分别对应于 X, Y, Z。但 I, J, K 后面的数值是从圆弧始点到圆心的矢量分量, 是含符号的相对值, 如图 3-6 所示。

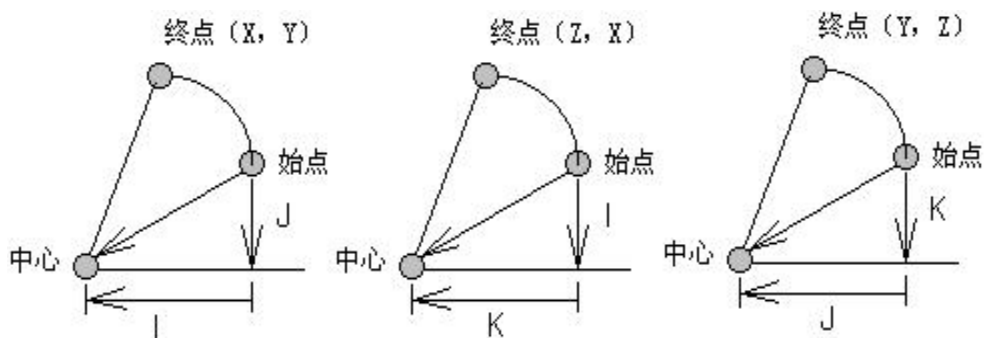


图 3-6 G02/G03 圆弧插补的 IJK 编程示意图

I, J, K 根据方向带有符号, 圆弧中心除用 I, J, K 指定外, 还可以用半径 R 来指定。如下:

G02 X_ Y_ R_ ;

G03 X_ Y_ R_ ;

此时可画出下面两个圆弧, 大于 180° 的圆和小于 180° 的圆。对于大于 180° 的圆弧则半径用负值指定, 如图 3-7 所示。

例: ①的圆弧小于 180° 时

G91 G02 X60.0 Y20.0 R50.0 F300.0 ;

②的圆弧大于 180° 时

G91 G02 X60.0 Y20.0 R-50.0 F300.0 ;

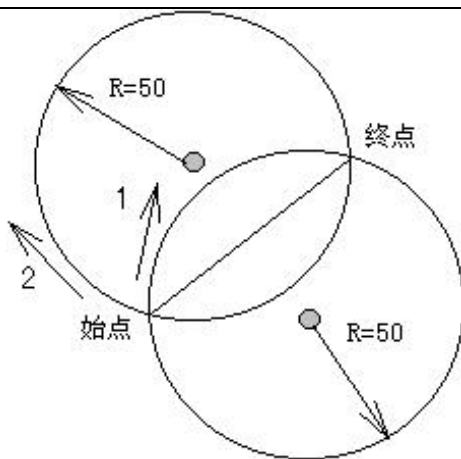


图 3-7 圆弧插补的半径定义

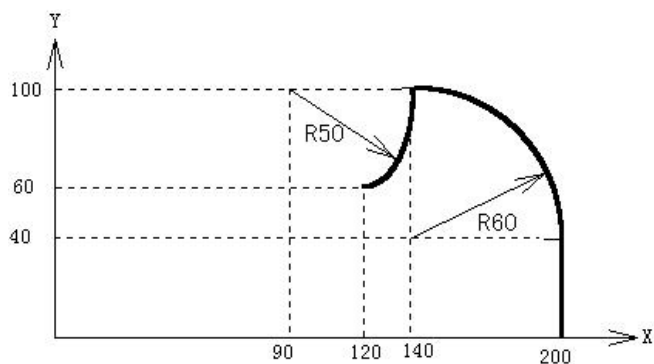


图 3-8 圆弧编程示例图

程序示例，如图 3-8 所示，下面分别把图上的轨迹分别用绝对值方式和相对值方式编程：

绝对值编程	IJK 编程	G92 X200.0 Y40.0 Z0 ; G90 G03 X140.0 Y100.0 I-60.0 F300.0 ; G02 X120.0 Y60.0 I-50.0 ;
	R 编程	G92 X200.0 Y40.0 Z0 ; G90 G03 X140.0 Y100.0 R60.0 F300.0 ; G02 X120.0 Y60.0 R50.0 ;
相对值编程	IJK 编程	G91 G03 X-60.0 Y60.0 I-60.0 F300.0 ; G02 X-20.0 Y-40.0 I-50.0 ;
	R 编程	G91 G03 X-60.0 Y60.0 R60.0 F300.0 ; G02 X-20.0 Y-40.0 R50.0 ;

说明:

1. 如果同时指定参数字 I, J, K 和 R 的话, 用参数字 R 指定的圆弧优先, 其它被忽略。
2. 如果圆弧半径参数与从起点到圆弧中心的参数都没有指定, 则系统返回出错信息。
3. 如果要插补整圆, 则只可通过指定从起点到圆弧中心的参数 I, J, K 的形式, 而不能采取指定 R 的形式。
4. 在进行圆弧插补同时, 必须对坐标平面进行选择。

3.5 暂停 G04

指令格式: G04 P_

描述: G04 执行暂停操作, 按指定的时间延时执行下个程序段。P_: 暂停的时间, 单位为秒 (s)。

说明:

1. 指令参数P, 其参数值可为整数, 也可以为小数, 单位为s。
2. G04为非模态指令, 只在当前行有效。
3. G04指令段中只能跟P, 其它代码的出现系统将报警提示。
4. P值设为负值时, G04执行时将报错。

3.6 在线修改零点配置 G10

指令格式: G10 L2 P_ X_ Y_ Z_ A_ B_ C_

描述: 用来在线修改零点偏置参数。

说明:

1. 指令参数P, 其参数值为整数, 范围为1~9, 分别代表工件坐标系统的G54~G59.3, 如P1表示工件坐标系的G54, 而P7则表示工件坐标系的G59.1。
2. 指令参数P值不在整数范围1~9之内, 则出现报警信息。
3. G10为模态指令, 其修改后的零点偏置一直有效, 直到新的G10指令。

3.7 工件坐标系的选择 (G54~G59.3)

指令格式: G54~G59.3

描述: 指定当前的工件坐标系, 通过在程序中指定工件坐标系G代码的方式, 选择工件坐标系, 如G54 G90 X_Y_等。

说明：

- 1. 无指令参数。
- 2. 系统本身可以设置9个工件坐标系，由指令G54~G59.3可选择其中的任意一个坐标
- 3. 系统启动时，回机床零点后自动选择G54 (工件坐标系1)。
- 4. 9个工件坐标系的原点对应机床坐标系下的坐标值。
- 5. 当程序段中调用不同工件坐标系时，指令移动的轴，将定位到新的工件坐标系下的坐标点；没有指令移动的轴，坐标将跳变到新工件坐标系下对应的坐标值，而实际位置不会发生改变。

例：G54 的坐标系原点对应的机床坐标为（10，10，10）

G55 的坐标系原点对应的机床坐标为（30，30，30）

顺序执行程序时，终点的绝对坐标与机床坐标显示如下：

程序	绝对坐标	机床坐标
G54 G0 X50 Y50 Z50	50, 50, 50	60, 60, 60
G55 G0 X100 Y100	100, 100, 70	130, 130, 60
G55 G0 X120 Z80	120, 100, 80	150, 130, 110

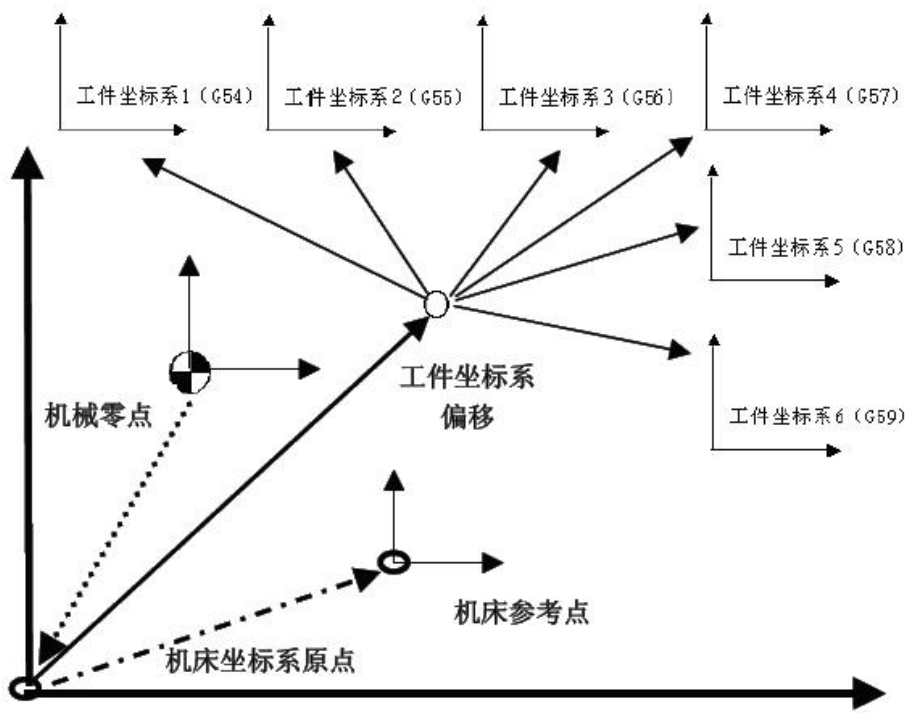


图 3-9 工件坐标系的选择（G54~G59.3）

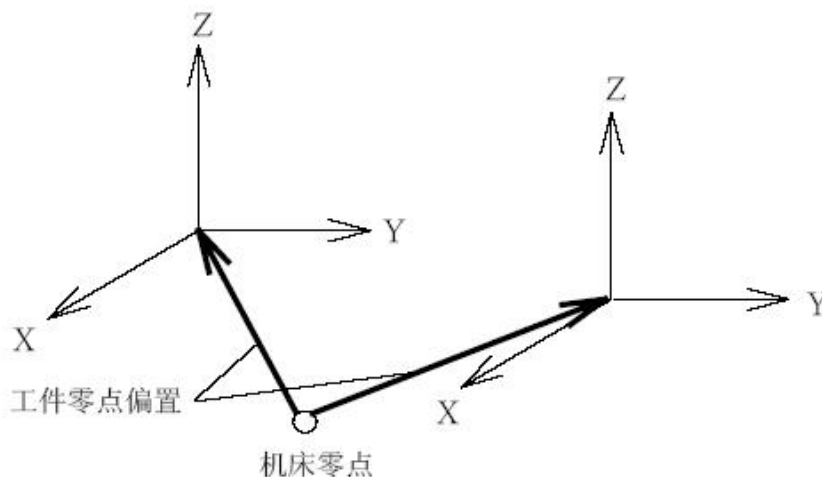


图3-10 程序示例示意图

程序示例：

```
N10 G55 G90 G00 X100 Y20;
```

```
N20 G56 X80.5 Z25.5;
```

在上述例子中，N10 程序段开始执行时，快速定位至工件坐标系 G55 的位置（X=100，Y=20）。N20 程序段开始执行时，绝对坐标值自动变成为快速定位至 G56 工件坐标系下的坐标值（X=80.5，Z=25.5）。

注意：

1. 使用改组指令时，务必先设置好各工件坐标系的坐标零点在机床坐标系中的坐标值。
2. 当选择了工件坐标系的功能后，一般不需 G92 设定坐标系。如用 G92 设定则会以 G92 设定的浮动坐标系为基准。

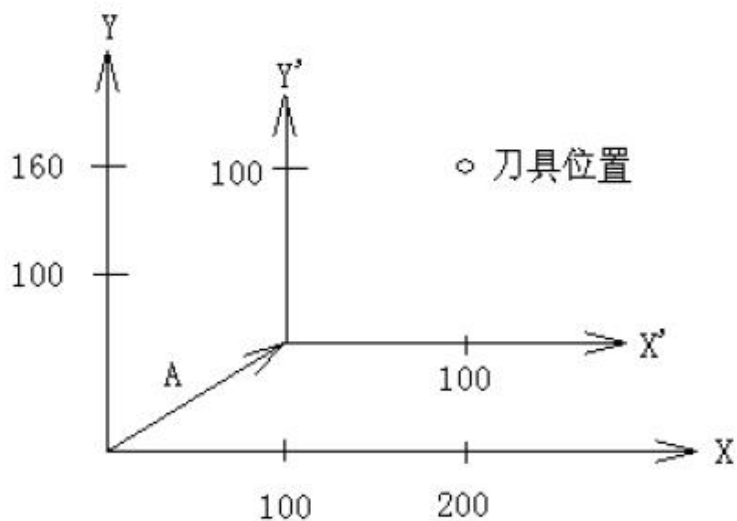


图 3-11 工件坐标系 G54 下的 G92 使用

图 3-11 中,在 G54 坐标系下,当刀具定位在(200,160)时如执行指令 G92 X100 Y100; 则工件坐标系 1 不移动,维持不变。只是将刀具所在位置定为浮动坐标系下(100, 100), 相当于坐标系偏移(100, 60)。

3. 在设置工件坐标系后,第一个固定循环指令最好以完整的格式出现,若采用缺省参数的话,则固定循环的相关数据,如 R 平面设置,孔底位置等均采用先前的工件坐标系中的相关设置。

例:

G90 G54 G83 X10 Y10 Z-30 R2 Q9 F200;

G55 X20 Y30; (1)

则(1)在进行固定循环时,系统调用工件坐标系 G55,孔底的位置为 G55 坐标系下的 X=20, Y=30, Z=-30, R 平面为 R=2, 进刀量采用 Q=9 等。

4. 在进行关于坐标设置中 G54~G59.3 的参数,参考点的参数,以及坐标偏移参数,机械坐标系原点的参数,修改后,必须使用与修改的参数相关的指令才能使参数设置生效,否则,系统将沿用末修改前的参数设置进行工作。

3.8 机床坐标系 G53

指令格式: G53

描述: 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,只在当前程序段有效,且不影响之前定义的工件坐标系。

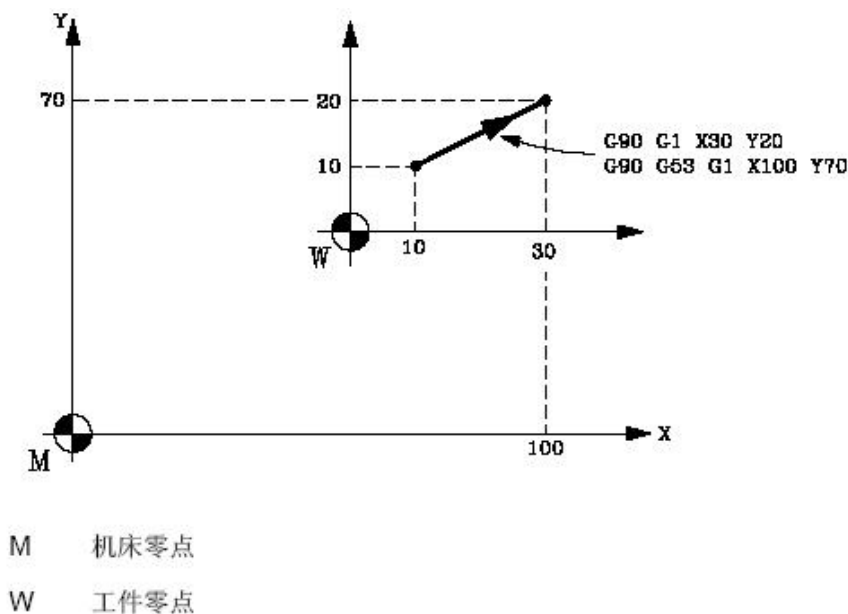


图 3-12 机床坐标系 G53

3.9 工件坐标系的设定 G92/G92.1/G92.2/G92.3

指令格式: G92/G92.1/G92.2/G92.3 X_ Y_ Z_ A_ B_ C_

描述: 直接设置工件坐标系, 机床并不产生运动 (坐标的显示也会改变)。

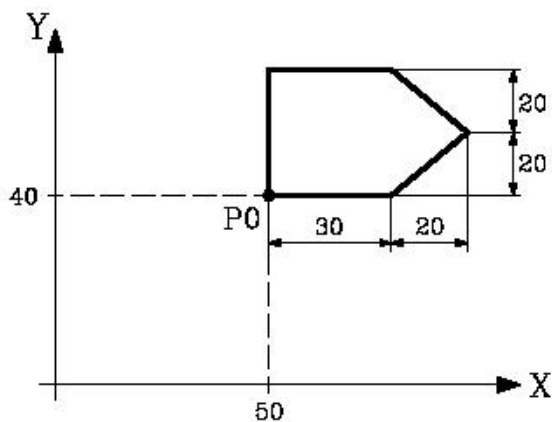


图 3-13 G92 工件坐标系设置

```
G90 G0 X50 Y40      ; 定位在 P0
G92 X0 Y0           ; 预置 P0 为工件零点
G91 G0 X30          ; 根据 G92 设置的工件坐标系编程
X20 Y20
X-20 Y20
X-30
Y-40
```

说明:

1. 如图 3-13 所示, G92 设置的工件坐标系对应的原点为机床坐标系下的值, 与工件坐标系没有关系。G92 有四个命令字, 分别是 G92、G92.1、G92.2、G92.3, 它们的意义分别是:

G92: 设置预置坐标参数。

G92.1: 取消预置坐标参数, 也就是将预置坐标参数设定为 0。

G92.2: 暂时挂起预置坐标参数, 但没有将预置坐标参数设定为 0。

G92.3: 重新启用挂起预置坐标参数。

2. 指令 G92 的 6 个指令参数为定位参数, 其参数字只能是 X、Y、Z、A、B、C 均为可选参数。对未指定定位参数的轴, G92 设置的工件坐标系下的坐标与当前工件坐标系下的坐标一致。对 G92 不指定定位参数, G92 将不执行。

3. 慎用 G92 命令组, 若有时发现坐标值和实际的坐标值存在差距, 请看是否 G92 有否被取消。使用完 G92 建立的工件坐标系后, 请 G92.1 命令取消该工件坐标系。

3.10 坐标平面的选择 G17/G18/G19

指令格式: G17/G18/G19

描述: 对圆弧插补, 刀具半径补偿或钻孔、镗孔时, 需要进行平面选择。此时通过 G17/G18/G19 进行选择平面。

说明:

1. 无指令参数, 开机时系统默认为 XY 平面。

G17: 选择 XY 平面

G18: 选择 ZX 平面

G19: 选择 YZ 平面

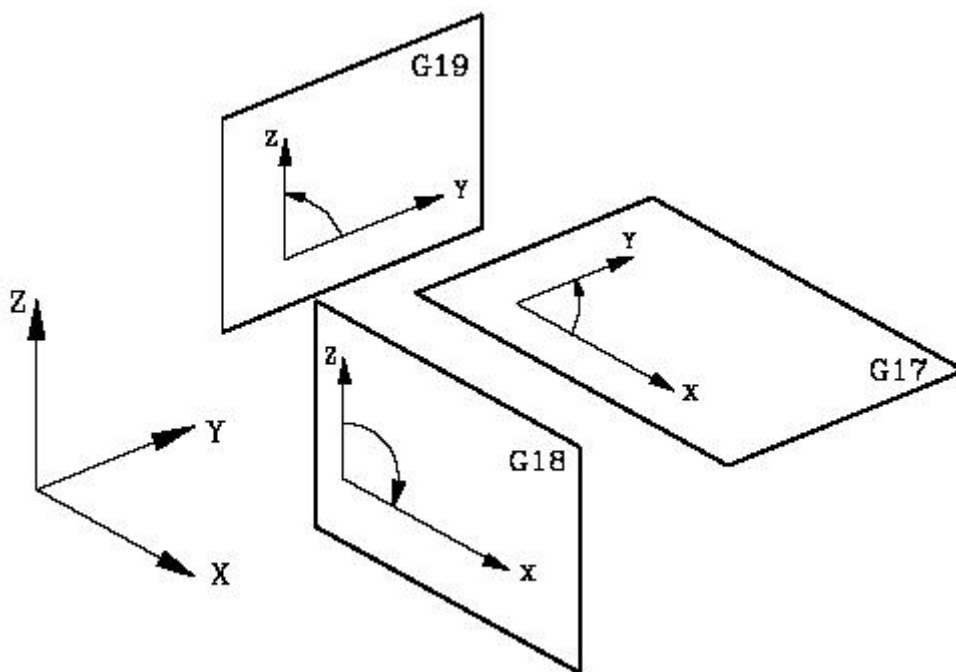


图 3-14 G17/G18/G19 坐标平面选择

2. G17/G18/G19 是同一组模态指令, 它们之间不能同时使用。

3.11 返回参考点 G28/G30

指令格式: G28/G30 X_ Y_ Z_ A_ B_ C_

描述: 用于执行通过中间点返回参考点 (机床上某一特定位置, 一般设为机床坐标零点) 的操作。中间点是通过 G28/G30 中的指令参数来指定, 可以用绝对值指令或增量值指令来表示。

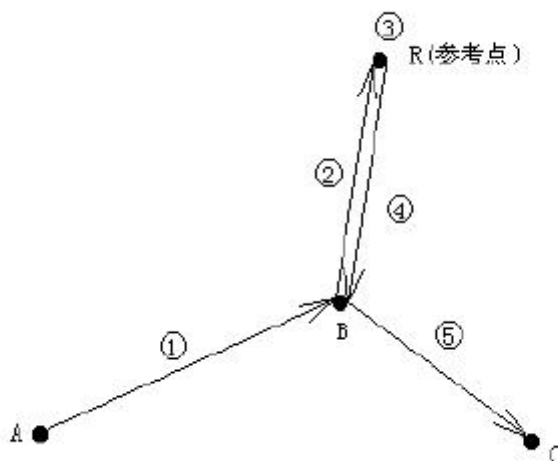


图 3-15 G28 回参考点示意图

1. G28 程序段的动作可分解成如下（参见图 3-15）：

(1) 以快速移动速度从当前位置定位到指令轴的中间点位置(A 点→B 点)。

(2) 以快速移动速度从中间点定位到参考点(B 点→R 点)。

2. G28 为非模态指令，只对当前程序段有效。

3. 支持单轴或多轴的组合返回参考点，在进行工件坐标变换时，改变为变换后的工件坐标系中相应位置。

N1 G90 G54 X0 Y10;

N2 G28 X40 ; 设定 X 轴上的中间点为 G54 工件坐标系下的 X40，经点（40,10）返回参考点，即 X 轴单独返回参考点。

G28 会自动取消刀补。但这个指令一般是在自动换刀时使用(即返回参考点后，在参考点换刀)，所以使用这个指令时，原则上要先取消刀具半径补偿和刀具长度补偿。

3.12 英制与公制的转换 G20/G21

指令格式：G20/G21

描述：英制与公制的转换。输入单位是英制还是公制，可用 G 代码来选择。

单位制	G 代码	最小设定单位
英制	G20	0.0001 英寸
公制	G21	0.001 毫米

英制、公制切换 G 代码要在程序的前头，坐标系设定之前，用单独的程序段指令。

下列各值的单位制根据英制、公制切换的 G 代码变化。

- (1) F 表示的进给速度指令值。
- (2) 与位置有关的指令值。
- (3) 偏移量。
- (4) 手摇脉冲发生器 1 个刻度的值。
- (5) 步进的移动量。
- (6) 参数的一部分数值。

说明：

- 1. 电源接通时，英制、公制的设置与电源切断前相同。
- 2. 在程序中途，请不要变更 G20, G21。

3.13 探针 G38.2

指令格式：G38.2 X_ Y_ Z_ A_ B_ C_

功能：执行对刀操作。

四、固定循环 G 代码

4.1 固定循环的动作

固定循环通常是用含 G 功能的一个程序段完成用多个程序段指令完成的加工动作，使程序得以简化。使程序员编程变得容易。固定循环的一般过程：固定循环由 6 个顺序的动作组成，如 4-1 所示：

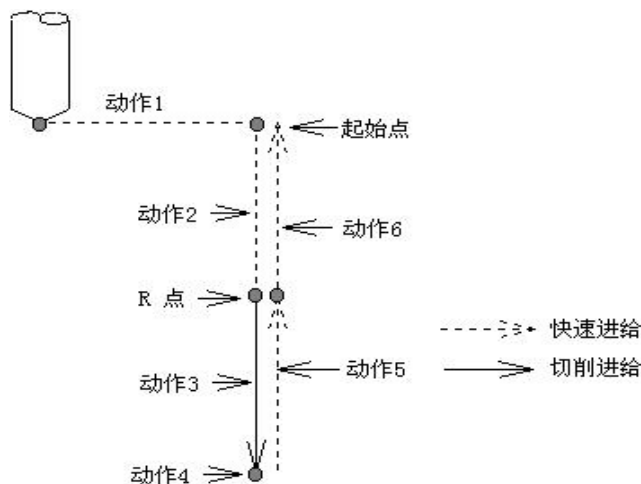


图 4-1 固定循环的 6 个顺序动作

动作 1——X、Y 定位，刀具快速定位到孔加工的位置；

动作 2——快速进给到 R 点，刀具快速进给到 R 点。

动作 3——孔加工，以切削进给的方式执行空加工的动作。

动作 4——孔底的动作，包括暂停、主轴暂停、刀具移位等等的动作。

动作 5——退回到 R 点，继续空的加工而又可以安全移动刀具时选择 R 点。

动作 6——快速进给到初始，孔加工完成后一般应选择初始点。

在 XY 平面定位，在 Z 轴方向进行孔加工。不能在其它轴方向进行孔加工。与指定平面的 G 代码无关。规定一个固定循环动作由三种方式决定。它们分别由 G 代码指定。

1) 数据形式

G90 绝对值方式；G91 增量值方式

2) 返回点平面

G98 初始点平面

3) 孔加工方式

G80~89

初始点平面和 R 平面：初始点平面是表示开始固定循环状态前刀具所处的 Z 轴方向

的绝对位置。R 平面又称安全平面，是固定循环中由快进转工进时，Z 轴方向的位置，一般定在工件表面之上一定距离，防止刀具撞到工件，并保证足够距离完成加速过程。

G81~G89 指定了固定循环的全部数据(孔位置数据、孔加工数据、重复次数)，使之构成一个程序段。

指定固定循环的数据如下所示:

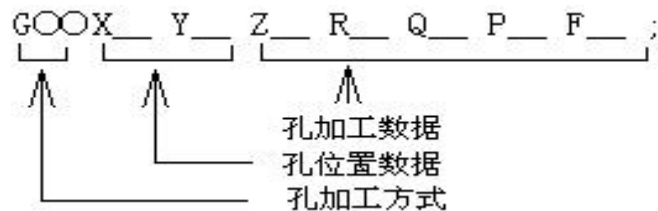


表 4.1 固定循环的数据表

指定内容	地址	说 明
孔加工方式	G	G80~G89，请参照表 4.3
孔位置数据	X, Y	用绝对值或增量值指定孔的位置，控制与 G00 定位时相同。
孔加工数据	Z	如图 4-1 所示，用增量值指定从 R 点到孔底的距离或者用绝对值指令孔底的坐标值。进给速度在动作 3 中是用 F 指定的速度，在动作 5 中根据孔加工方式不同，为快速进给或着用 F 代码指令的速度。
	R	用增量值指定图 4-1 的从初始点平面到 R 点距离，或者用绝对值指定 R 点的坐标值。进给速度在动作 2 和动作 6 中全都是快速进给。
	Q	指定 G83 中每次切入量或者 G87 中平移量(增量值)
	P	指定在孔底的暂停时间。时间与指定数值关系与 G04 指定相同。
	F	指定切削进给速度。
	L	重复次数，仅在被指定的程序段内有效。可省略不写，默认为一次。

注意：

1. 一旦指令了孔加工方式，一直到指定取消固定循环的 G 代码之前一直保持有效，所以连续进行同样的孔加工时，不需要每个程序都指定。取消固定循环的 G 代码，有 G80

及 01 组的 G 代码（参见表 2.1）。

2. F 指令的切削速度，即使取消了固定循环也被保持。

3. 单段方式下，固定循环大体采取三段加工方式，定位→R 平面→初始平面，但由于插补方式不同，在直线插补的情况下，R 平面可能按 2 次或 2 次以上循环启动才可以启动，这为系统正常现象，在样条插补的情况下，R 平面会在按循环启动后立刻执行“R 平面→初始平面”部分。

4. 在固定循环中，如果复位，则孔加工数据、孔位置数据均被消除。

表 4.2 程序示例解析

顺序	数据的指定	说明
①	G00 X-M3 ；	
②	G81 X- Y- Z- R- F-；	因为是开始，对 Z，R，F 要指定需要的值。
③	Y-；	因为和孔 2 中已指定的孔加工方式及孔加工数据相同，所以 G81，Z-R-F-全可省略。孔的位置移动 Y，用 G81 方式加工孔进一次。
④	G82 X- P-；	相对于孔 3 位置只在 X 轴方向移动。用 G82 方式加工，并用 2 中已指定的 Z，R，F 和 4 中指定的 P 为孔加工数据进行孔加工。
⑤	G80 X- Y- M5 ；	不进行孔加工。取消全部孔加工数据(F 除外)
⑥	G85 X- Z- R- P-；	因为在 5 中取消了全部数据，所以 Z,R 需要再次指定，F 与 2 中指定的相同，故可省略。P 此程序段中不需要，只是保存起来。
⑦	X- Z-；	只是与 6 只是 Z 值不同的孔加工，并且孔位置只是 X 轴方向有移动。
⑧	G89 X- Y-；	把 7 中已指定的 Z，6 中已指定的 R,P 和 2 中指定的 F 作为孔加工数据，进行 G89 方式的孔加工。
⑨	G01 X- Y-，	消除孔加工方式和孔加工数据(F 除外)

4.2 固定循环的绝对值编程 G90 和相对值编程 G91

G90, G91 相对应的数据给出方式是不同的, 沿着钻孔轴的移动距离对 G90 和 G91 变化, 如图 4-2 所示。(一般用 G90 编程, 如用 G91 编程, 则 Z 和 R 均按负值处理)

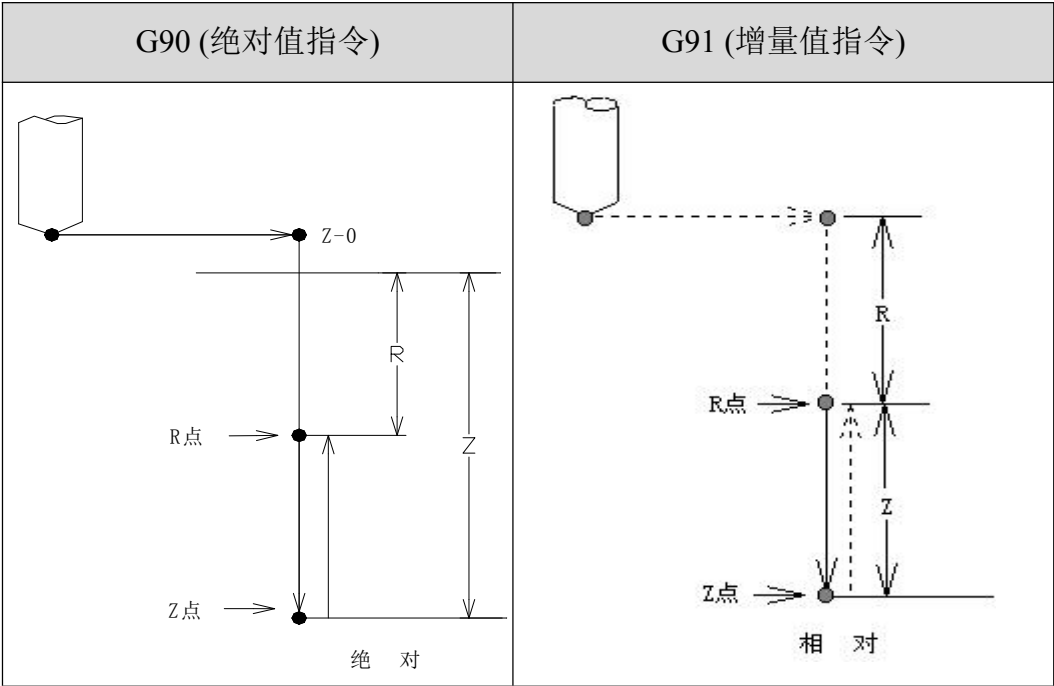
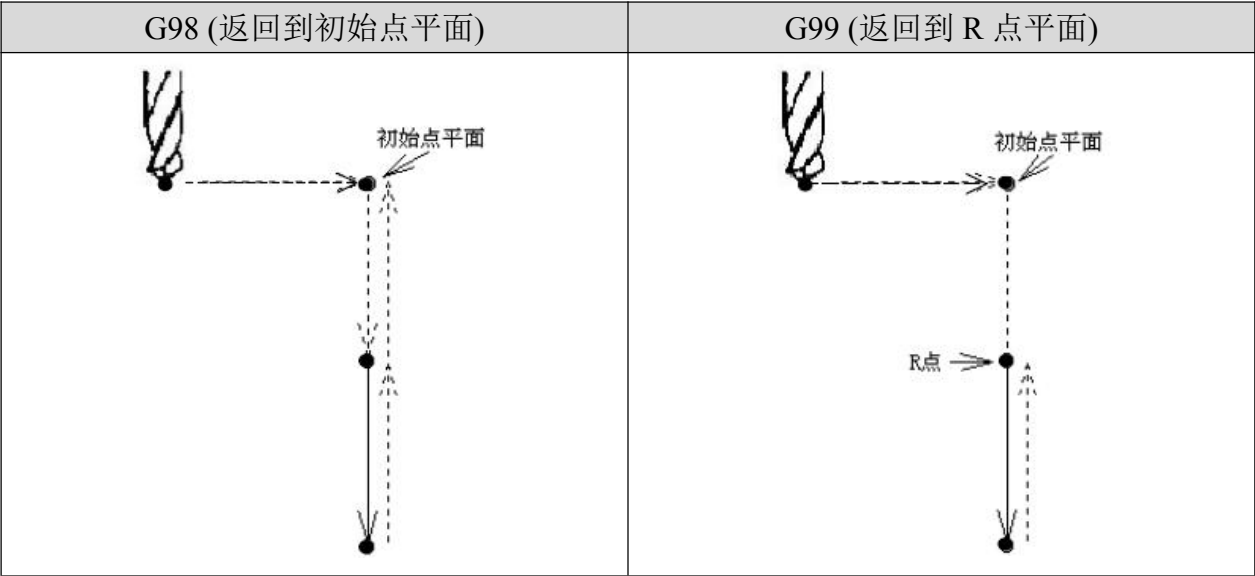


图 4.1 固定循环的绝对值编程 G90 和相对值编程 G91

4.3 固定循环的返回平面指令 G98/G99

当刀具到达孔底后刀具可以返回到 R 点平面或初始位置平面。根据 G98 和 G99 的不同, 可以使刀具返回到初始点平面或 R 点平面。

最初的孔加工用 G99, 最后加工用 G98。用 G99 状态加工孔时, 初始平面也不变化。指令 G98 和 G99 的动作如下图所示。系统默认情况为 G98。



4.4 固定循环指令 (G80~89)

固定循环通常是用含有 G 功能的一个程序段完成用多个程序段指令完成的加工动作，使程序得以简化。固定循环的一览表如下表所示。

表 4.3 固定循环指令表

G 代码	开孔动作(-Z 方向)	孔底动作	退刀动作(+Z 方向)	用途
G80	—	—	—	取消
G81	切削进给	—	快速进给	钻，点钻
G82	切削进给	暂停	快速进给	钻，镗阶梯孔
G83	间歇进给	—	快速进给	深孔加工循环
G84	切削进给	暂停，主轴反转	切削进给	攻丝
G85	切削进给	—	切削进给	镗
G86	切削进给	主轴停	快速进给	镗
G87	切削进给	主轴正转	快速进给	反镗
G88	切削进给	暂停后主轴停	手动	镗
G89	切削进给	暂停	切削进给	镗

注意:

1. 进行固定循环加工前，一定要撤销刀具半径补偿，否则，系统将出现不正确走刀现象。
2. 在固定循环模态下，R 指令不能以单段的形式出现，即固定循环开始后，不能单独编写一个 R 指令作为一行。

4.5 钻孔循环 G81

指令格式: G81 X_ Y_ Z_ R_ F_ L_

描述: 该循环用作正常钻孔,切削进给执行到孔底, 执行暂停, 然后刀具从孔底快速移动退回。

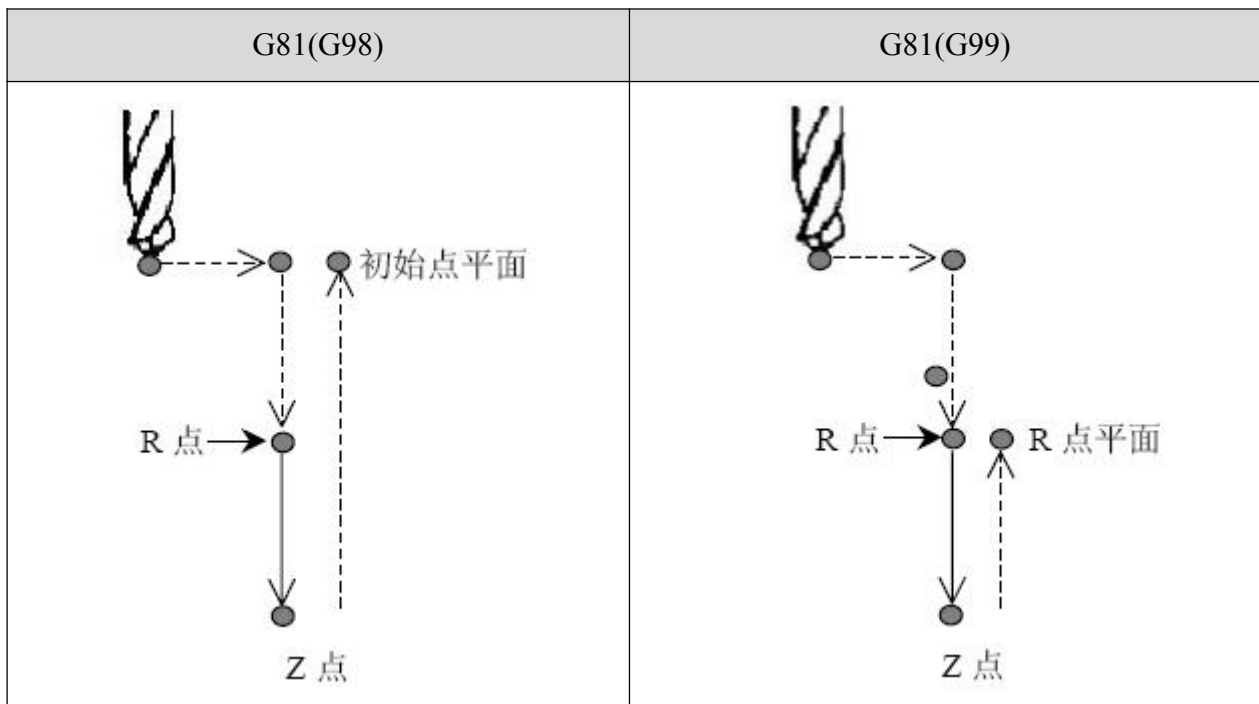
X_Y_: 孔位数据

Z_: 增量编程表示指定 R 点到孔底距离; 绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_: 增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

F_: 切削进给速度

L_: 加工的重复次数



注意:

1. 执行第一个钻孔时，孔底参数 Z 及参数 R 一定要正确指定（不能缺省），否则，系统将执行不正常钻孔动作，给出报警提示“缺少 Z/R 参数”。若指定了 P/Q 参数，系统将提示“参数 P/Q 多余”警告。

2. 在沿着 X 和 Y 轴定位以后，快速移动到 R 点，从 R 点到 Z 点执行钻孔加工，然后刀具快速移动退回。在指定 G81 之前用辅助功能 M 代码旋转主轴。

3. 当指定重复次数 L 时，只对第一个孔执行 M 代码，对第二或以后的孔不执行 M 代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模式。

4. 当在固定循环中指定刀具长度偏置 G43，G44 或 G49 时，在定位到 R 点的同时加偏置。

5. 刀具偏置：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例:

M3 S2000 主轴开始旋转

G90 G99 G81 X300. Y-250. Z-150. R-10. F120. 定位，钻 1 孔，然后返回到 R 点

Y-550.; 定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点

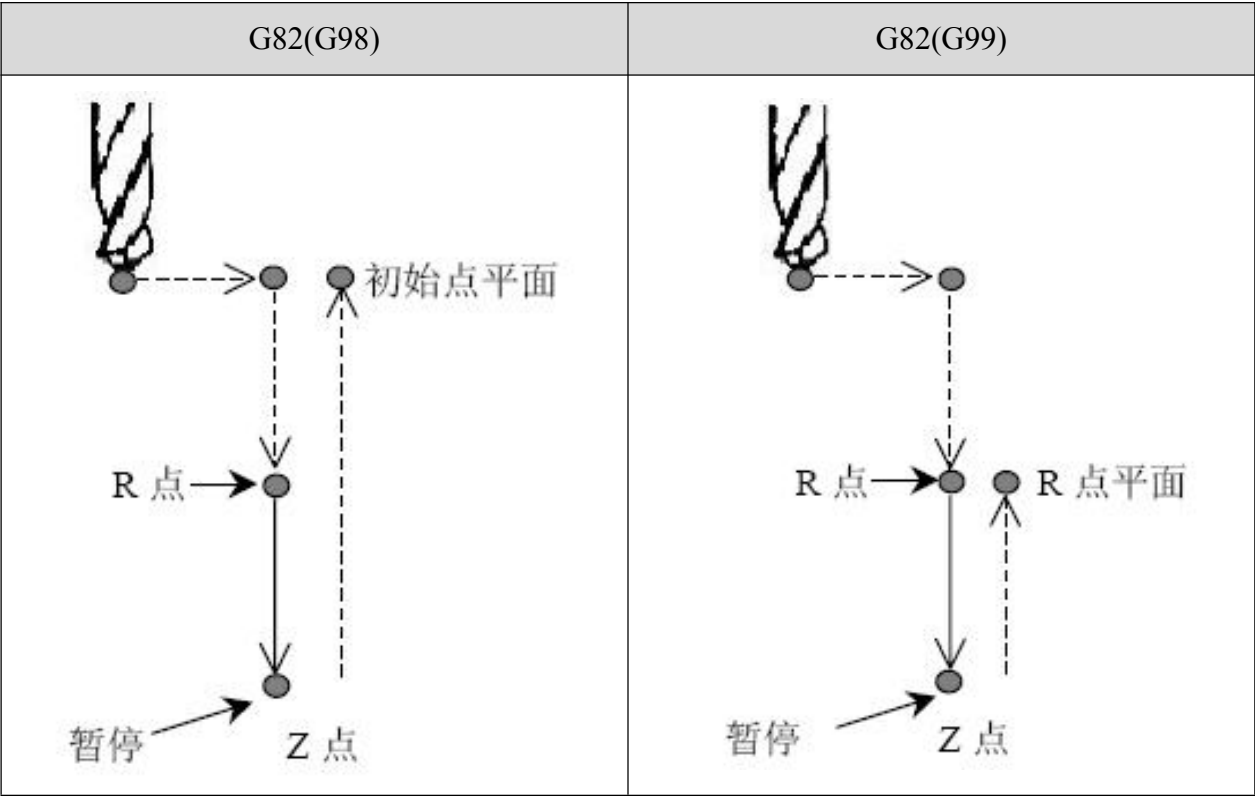
Y-750.; 定位, 钻 3 孔, 然后返回到 R 点
X1000.; 定位, 钻孔 4, 然后返回到 R 点
Y-550.; 定位, 钻 5 孔, 然后返回到 R 点
G98 Y-750.; 定位, 钻 6 孔, 然后返回初始位置平面
G80;
G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点
M5; 主轴停止旋转
M30;

4.6 钻孔循环、镗镗循环 G82

指令格式: G82 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_ L_

描述: 该循环用作正常钻孔切削进给, 执行到孔底, 然后刀具从孔底快速移动退回。

- X_ Y_: 孔位数据
- Z_: 增量编程表示指定 R 点到孔底距离; 绝对编程表示孔底的绝对坐标值
- R_: 增量编程表示从初始点平面到 R 点距离; 绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。
- F_: 切削进给速度
- P_: 暂停时间
- L_: 加工的重复次数



注意：

1. 第一个钻孔程序段必须有 P 指令，以后其他孔编程时可以不指定，这样将以第一个指定的 P 参数进行暂停动作。否则，系统将自动暂停 1 秒。
2. 除了多了暂停动作外，格式和 G81 格式相同，只是在孔底暂停后上升。由于在孔底暂停，在镗孔加工中，可提高孔深的精度及孔的光洁度。
3. 沿着 X 和 Y 轴定位以后，快速移动到 R 点.然后从 R 点到 Z 点，执行钻孔加工。当到孔底时，执行暂停，然后刀具快速移动退回。
4. 指定 G82 之前，用辅助功能 M 代码旋转主轴。
5. 在执行钻孔加工的程序段中指定 P， 如果在不执行钻孔加工的程序段中指定，P 不能作为模态数据被贮存。
6. 当指定重复次数 L 时，只对第一个孔执行 M 代码，对第二或以后的孔不执行 M 代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。
7. 当在固定循环中指定刀具长度偏置 G43，G44 或 G49 时，在定位到 R 点的同时加偏置。
8. 在运行固定循环 G82 之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例：

M3 S2000 主轴开始旋转

G90 G99 G82 X300. Y-250. Z-150. R-10. P1 F120.; 定位，钻 1 孔，然后返回到 R 点

Y-550.; 定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点

Y-750.; 定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点

X1000.; 定位，钻孔 4，然后返回到 R 点

Y-550.; 定位，钻 5 孔，然后返回到 R 点

G98 Y-750.; 定位，钻 6 孔，然后返回初始位置平面

G80;

G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点

M5; 主轴停止旋转

M30;

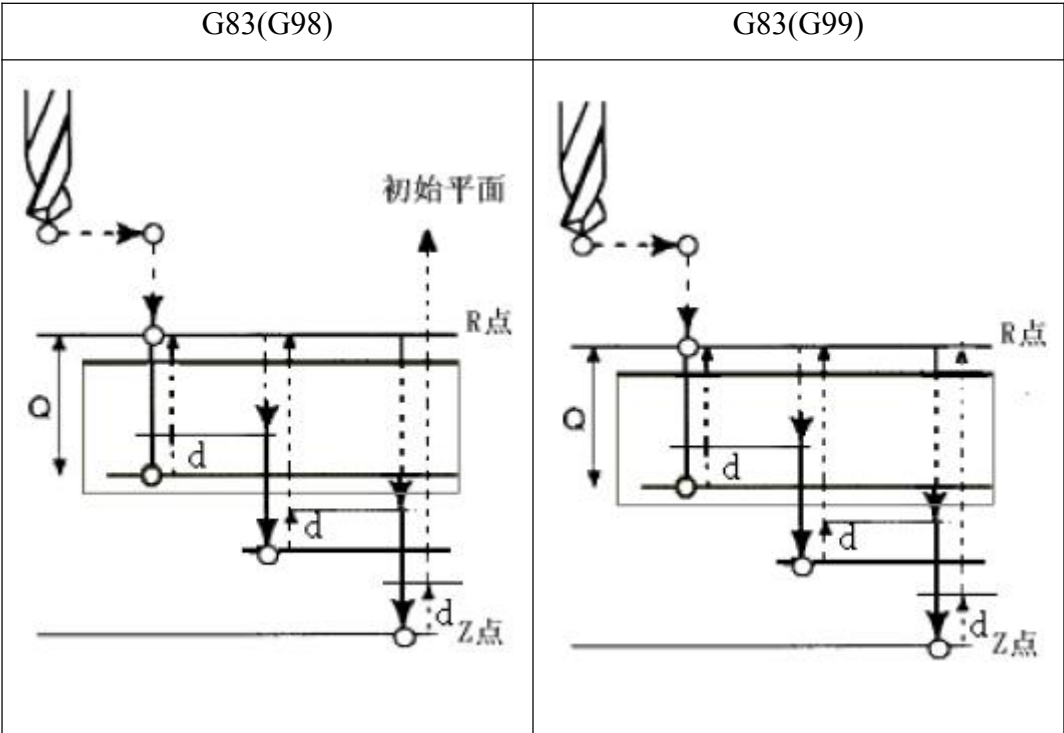
4.7 排屑钻孔循环 G83

指令格式：G83 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_ L_

描述：该循环用作正常钻孔切削进给，执行到孔底，然后刀具从孔底快速移动退回。

说明：

- X_Y_：孔位数据
- Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值
- R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。
- Q_：每次切削进给的切削深度。
- F_：切削进给速度。
- L_：加工的重复次数。



注意：

- 在钻孔期间，本系统目前不支持过载扭矩检测信号，所以，目前该系统不提供小孔深孔钻循环功能的 G83。
- 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例：

```
M3 S2000  主轴开始旋转
G90 G99 G83 X300. Y-250. Z-150. R-100. Q15 F120; 定位，钻 1 孔，然后返回到 R 点
Y-550;  定位，钻 2 孔，然后返回到 R 点
Y-750;  定位，钻 3 孔，然后返回到 R 点
X1000;  定位，钻 4 孔，然后返回到 R 点
Y-550;  定位，钻 5 孔，然后返回到 R 点
```

```
G98 Y-750; 定位，钻 6 孔，然后返回初始位置平面
G80;
G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点
M5; 主轴停止旋转
M30;
```

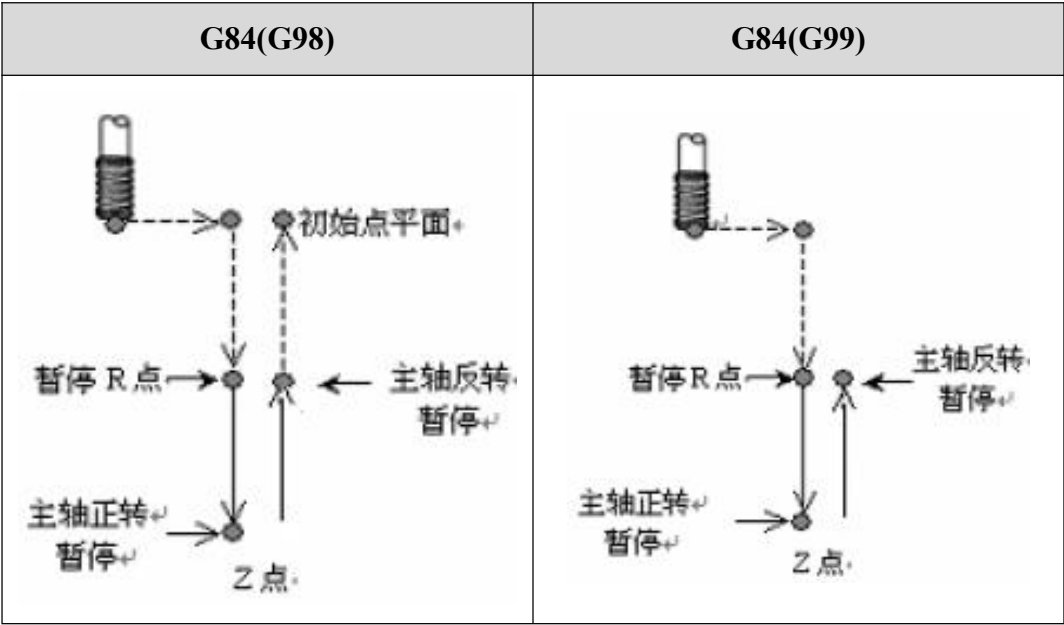
4.8 右旋攻丝循环 G84

指令格式：G84 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_

描述：该循环执行攻丝。在这个攻丝循环中当到达孔底时主轴以反方向旋转。

说明：

- X_ Y_：孔位数据
- Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值
- R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。
- P_：暂停时间。
- F_：切削进给速度。



注意：

1. 主轴顺时针旋转执行攻丝，当到达孔底时，为了回退主轴，以相反方向旋转。这个过程生成螺纹。在攻丝期间，进给倍率被忽略。进给暂停，不停止机床，直到返回动作完成。
2. 在指定 G84 之前，用辅助功能 M 代码使主轴旋转。如果没指令主轴顺时针旋转，

系统在 R 平面自动根据当前主轴指令转速，调整为顺时针旋转。

3. 在每分进给方式中，螺纹导程与进给速度以及主轴转速的关系：

$$\text{进给速度 } F = \text{丝锥螺距} \times \text{主轴转速 } S$$

如：在零件上攻 M12×1.5 的螺纹孔，可选用参数

$$S500=500 \text{ r/min } F=1.5 \times 500=750\text{mm/min}$$

多头螺纹时，再乘以头数即可得到 F 值。

4. 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例：

M3 S100 主轴开始旋转

G90 G99 G84 X300. Y-250. Z-150. R-120 P3 F120 定位，攻丝 1 孔，然后返回到 R 点

Y-550.; 定位，攻丝 2 孔，然后返回到 R 点

Y-750.; 定位，攻丝 3 孔，然后返回到 R 点

X1000.; 定位，攻丝 4 孔，然后返回到 R 点

Y-550.; 定位，攻丝 5 孔，然后返回到 R 点

G98 Y-750.; 定位，攻丝 6 孔，然后返回初始位置平面

G80;

G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点 M5; 主轴停止旋转

M30;

4.9 镗孔循环 G85

指令格式：G85 X_ Y_ Z_ R_ F_ L_

描述：该循环用于镗孔。

说明：

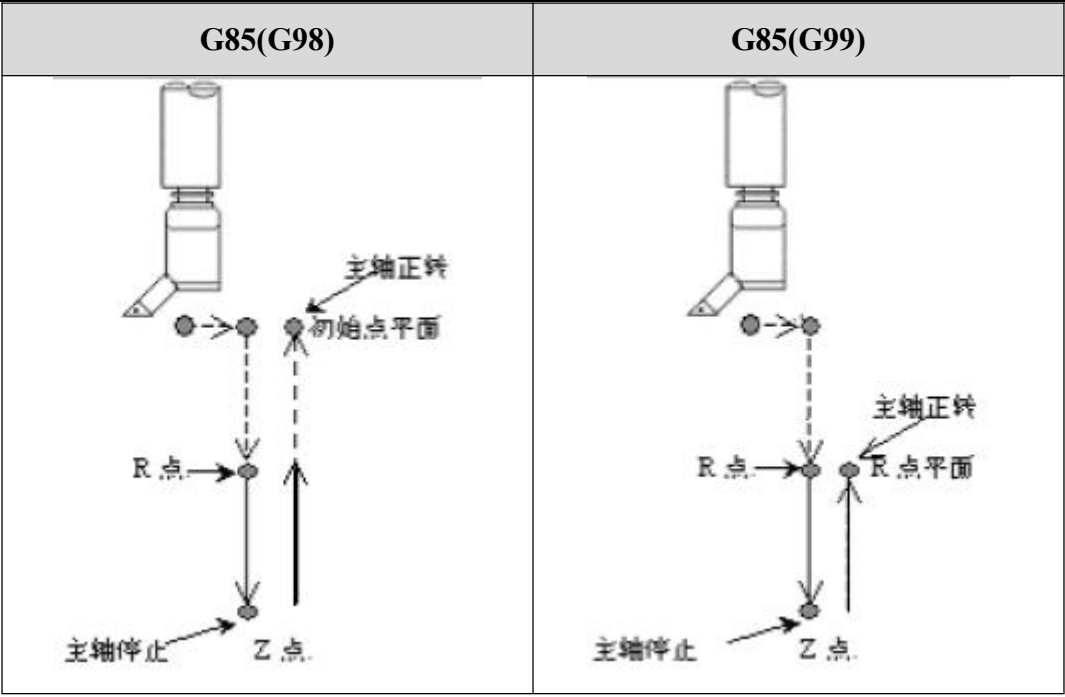
X_ Y_: 孔位数据

Z_: 增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_: 增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

F_: 切削进给速度。

L_: 循环次数。



注意:

- 1. 沿着 X 和 Y 轴定位以后，快速移动到 R 点，然后从 R 点到 Z 点执行镗孔，当到达孔底时，执行切削进给，然后返回到 R 点。（其区别于其他指令的不同之一是从孔底 Z 回退到参考平面 R 时，为切削进给方式）。
- 2. 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例:

```
M3 S100  主轴开始旋转

G90 G99 G85 X300. Y-250. Z-150. R-120. F120. 定位，镗 1 孔，然后返回到 R 点
Y-550.;   定位，镗 2 孔，然后返回到 R 点
Y-750.;   定位，镗 3 孔，然后返回到 R 点
X1000.;   定位，镗 4 孔，然后返回到 R 点
Y-550.;   定位，镗 5 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-750.; 定位，镗 6 孔，然后返回初始位置平面
G80;

G28 G91 X0 Y0 Z0 ;  返回到参考点
M5;  主轴停止旋转
M30;
```

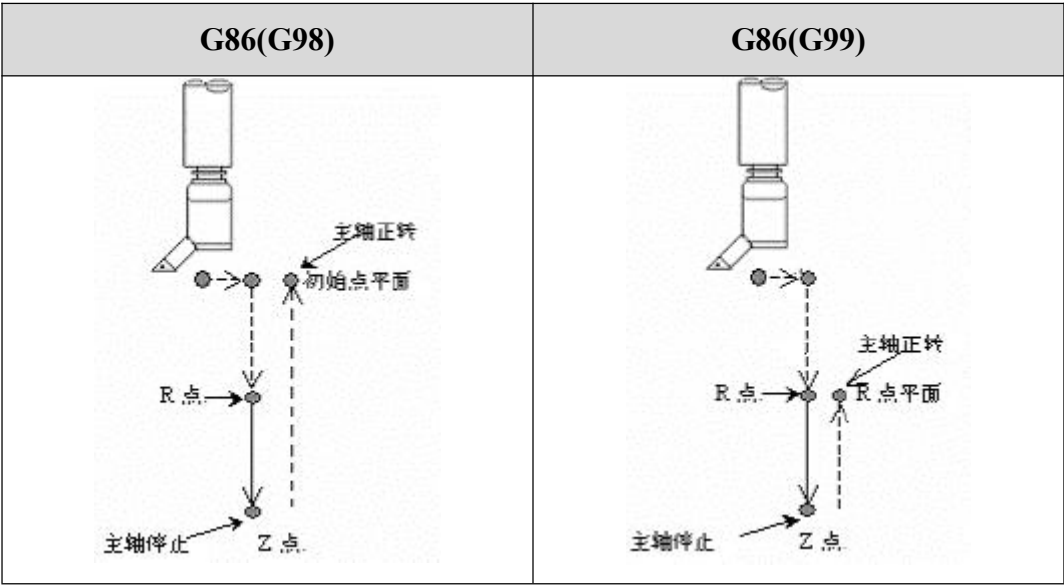
4.10 镗孔循环 G86

指令格式: G86 X_ Y_ Z_ R_ F_ L_

描述: 该循环指令用于镗孔加工循环（孔底不需要暂停动作）。

说明:

- X_ Y_: 孔位数据
- Z_: 增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值
- R_: 增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。
- F_: 切削进给速度。
- L_: 循环次数。



注意:

- G86 区别于 G88 的是，孔底动作没有暂停，如果非要暂停，则采用 G88 进行加工。若指定了 P 参数，系统将警告提示：“多余参数 P”。
- 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例:

```
M3 S2000  主轴开始旋转

G90 G99 G86 X300. Y-250. Z-150. R-100. F120. 定位，镗 1 孔，然后返回到 R 点
Y-550.;   定位，镗 2 孔，然后返回到 R 点
Y-750.;   定位，镗 3 孔，然后返回到 R 点
X1000.;   定位，镗 4 孔，然后返回到 R 点
Y-550.;   定位，镗 5 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-750.; 定位，镗 6 孔，然后返回初始位置平面
```


G80;

G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点

M5; 主轴停止旋转

M30;

4.11 镗孔循环、背镗孔循环 G87

指令格式: G87 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_

描述: 该循环执行精密镗孔。

说明:

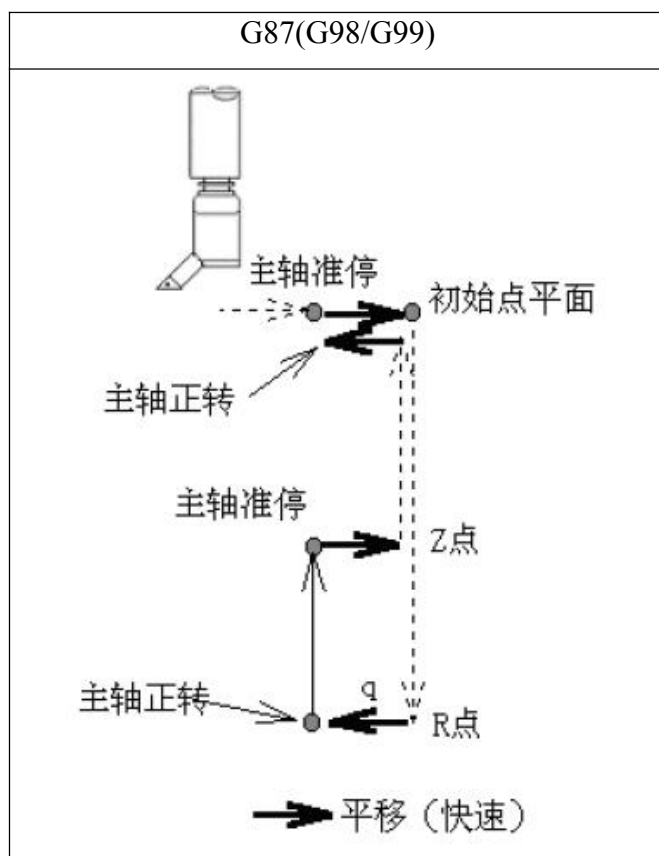
X_ Y_: 孔位数据

Z_: 增量编程表示指定 R 点到孔底距离; 绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_: 增量编程表示从初始点平面到 R 点距离; 绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

Q_: 孔底的偏移量。

F_: 切削进给速度。

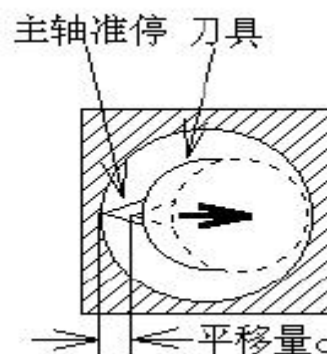


注意:

1. 当刀具到达孔底时, 主轴停止在固定的回转位置上, 并且刀具以刀尖的相反方向移动退刀。这保证加工面不被破坏, 实现精密而有效的镗削加工。参数 Q_ 指定了退刀的

距离。Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。Q 在孔底的偏移量是在固定循环内保存的模式值必须小心指定，因为它也用作 G73 和 G83 的切削深度。

2. 沿着 X 和 Y 轴定位以后，主轴定向后停止刀具，在刀尖的相反方向移动，并在孔底 R 点定位快速移动，然后刀具在刀尖的方向上移动，并且主轴正转沿 Z 轴的正向镗孔直到 Z 点，在 Z 点主轴再次定向后，刀具在刀尖的相反方向移动，然后刀具返回到初始平面，刀具在刀尖的方向上偏移主轴正转，执行下个程序段的加工。



3. 在进行背镗孔循环编程时，切记 Z 值与 R 值得指定，一般情况下，这里的 Z 位置在 R 位置上面。否则，系统将予以报错“Z 平面应高于 R 平面”。

4. 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例：

M3 S500 主轴开始旋转

G90 G99 G87 X300. Y-250. Z-120. R-150. Q5. P1 F120. ; 定位，镗 1 孔，在初始位置定向然后偏移 5mm 在 Z 点停止 1 秒

Y-550. ; 定位，镗 2 孔，然后返回到 R 点

Y-750. ; 定位，镗 3 孔，然后返回到 R 点

X1000. ; 定位，镗 4 孔，然后返回到 R 点

Y-550. ; 定位，镗 5 孔，然后返回到 R 点

G98 Y-750. ; 定位，镗 6 孔，然后返回初始位置平面

G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点

M5 ; 主轴停止旋转

4.12 镗孔循环，背镗孔循环 G88

指令格式：G88 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_

描述：该循环用于镗孔。

说明：

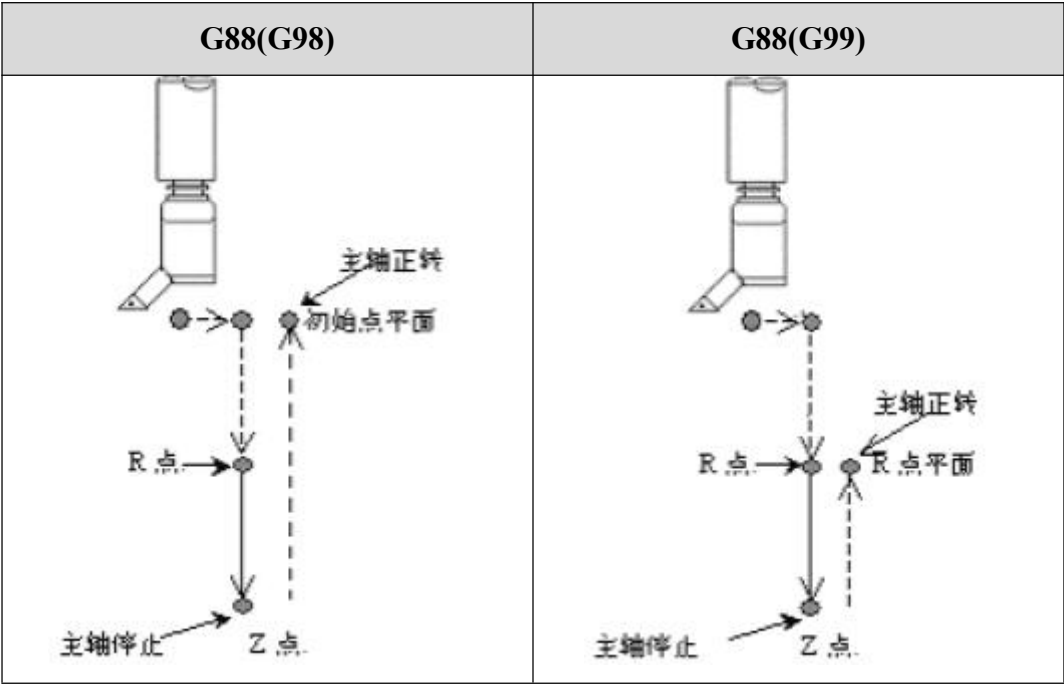
X_ Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

P_：暂停时间。

F_：切削进给速度。



注意：

- 1. 在执行 G88 指令时，若主轴没有转动起来，系统不会报警提示。所以，在执行此指令前一定要确认系统状态，尤其是主轴的状态。
- 2. 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例：

```
M3 S2000               ； 主轴开始旋转
G90 G99 G88 X300. Y-250. Z-150. R-100. P1 F120. ； 定位，镗 1 孔，然后返回到
R 点
Y-550.                 ； 定位，镗 2 孔，然后返回到 R 点
Y-750.                 ； 定位，镗 3 孔，然后返回到 R 点
X1000.                 ； 定位，镗 4 孔，然后返回到 R 点
Y-550.                 ； 定位，镗 5 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-750.             ； 定位，镗 6 孔，然后返回初始位置平面
G80 G28 G91 X0 Y0 Z0   ； 返回到参考点
M5                     ； 主轴停止旋转
```

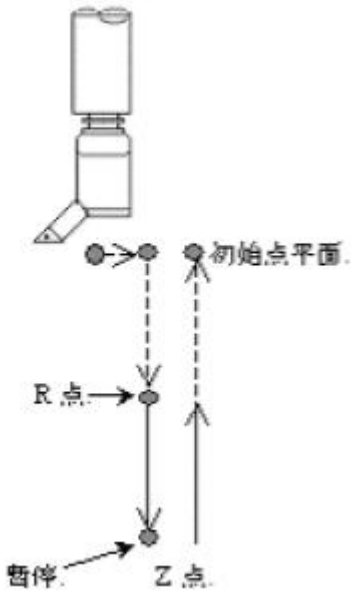
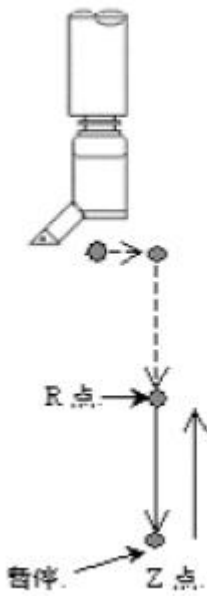
4.13 孔循环 G89

指令格式：G89 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_ L_

描述：该循环用于镗孔。

说明：

- X_Y_：孔位数据
- Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值
- R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。
- P_：暂停时间。
- F_：切削进给速度。
- L_：加工的重复次数。

G89(G98)	G89(G99)
	

注意：

- 1. 该循环几乎与 G85 相同，不同的是该循环在孔底执行暂停。
- 2. 运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

程序示例：

```
M3 S100                                ； 主轴开始旋转

G90 G99 G89 X300. Y-250. Z-150. R-120. P1 F120. 定位，镗 1 孔，然后返回到 R
点在孔底停止 1 秒

Y-550.                                ； 定位，镗 2 孔，然后返回到 R 点
Y-750.                                ； 定位，镗 3 孔，然后返回到 R 点
X1000.                                ； 定位，镗 4 孔，然后返回到 R 点
Y-550.                                ； 定位，镗 5 孔，然后返回到 R 点
```

G98 Y-750.	；定位，镗 6 孔，然后返回初始位置平面
G80	；
G28 G91 X0 Y0 Z0	；返回到参考点
M5	；主轴停止旋转
M30	；

4.14 固定循环取消 G80

指令格式：G80

描述：取消固定循环。

说明：

取消所有的固定循环，执行正常的操作。R 点和 Z 点也被取消。其它钻、镗孔数据也被取消。

程序示例：

M3 S100	；主轴开始旋转
G90 G99 G88 X300. Y-250. Z-150. R-120. P1 F120.	
	；定位，镗 1 孔，然后返回到 R 点
Y-550.	；定位，镗 2 孔，然后返回到 R 点
Y-750.	；定位，镗 3 孔，然后返回到 R 点
X1000.	；定位，镗 4 孔，然后返回到 R 点
Y-550.	；定位，镗 5 孔，然后返回到 R 点
G98 Y-750.	；定位，镗 6 孔，然后返回初始位置平面
G80	；
G28 G91 X0 Y0 Z0	；返回到参考点取消固定循环
M5	；主轴停止旋转

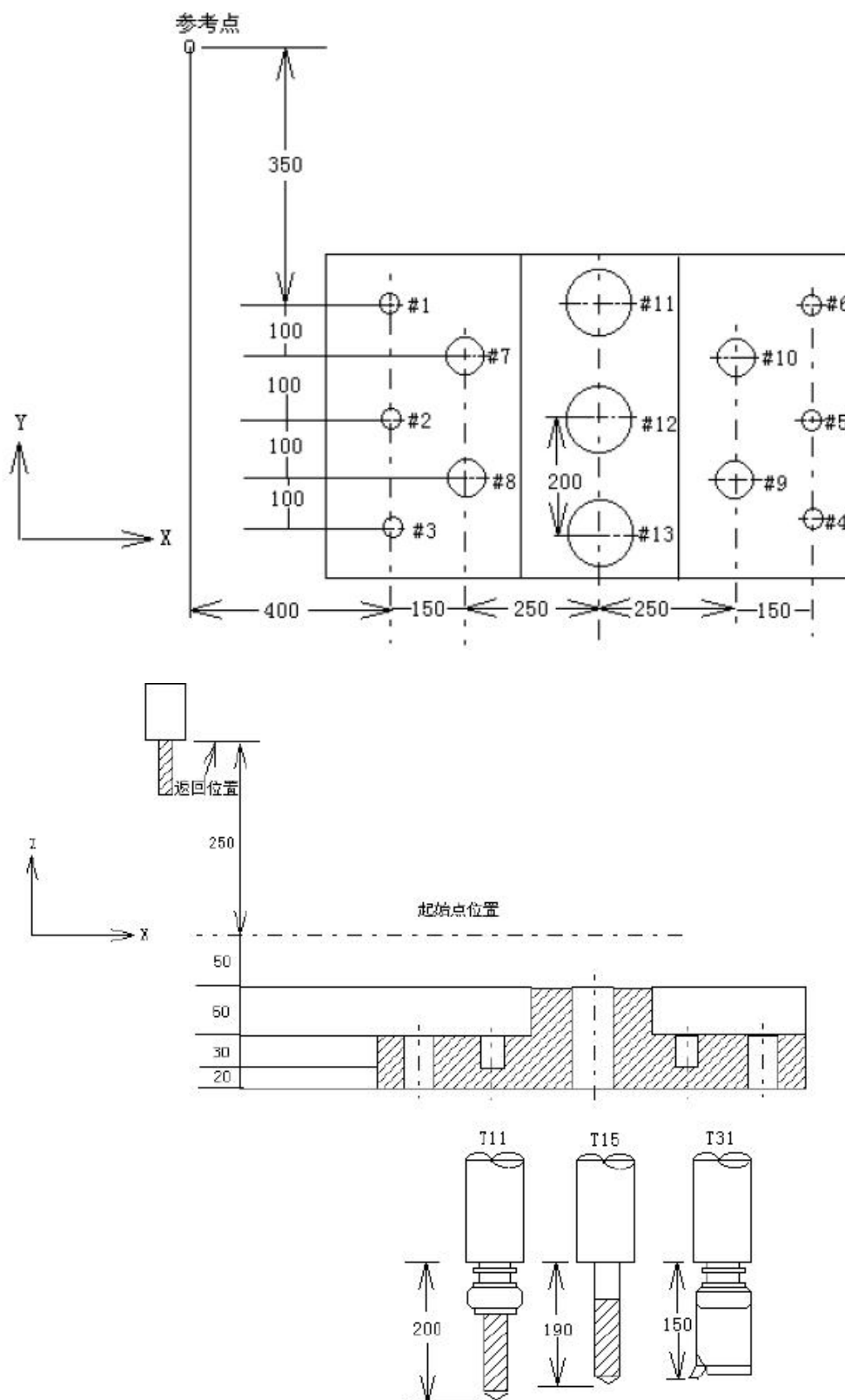
4.15 应用举例

下面使用刀具长度补偿，综合来说明固定循环的使用。

#1～6...钻Φ10 孔

#7～10...钻Φ20 孔

#11～13...镗Φ95 孔



偏置号 11 的值为 200，偏置号 15 的值为 190，偏置号 31 的值为 150 作为偏移量分别设定。程序如下：

N001 G92 X0 Y0 Z0 ; 坐标系设定在参考点。

N002 G90 G00 Z250 T11 M6 ; 换刀。

N003 G43 Z0 H11	； 在初始点进行平面刀具长度补偿。
N004 S300 M3	； 主轴启动。
N005 G99 G81 X400 Y-350 Z-153 R-97 F120	； 定位后加工#1 孔。
N006 Y-550	； 定位后加工#2 孔，返回 R 点平面。
N007 G98 Y-750	； 定位后加工#3 孔，返回初始点平面。
N008 G99 X1200	； 定位后加工#4 孔，返回 R 点平面。
N009 Y-550	； 定位后加工#5 孔，返回 R 点平面。
N010 G98 Y-350	； 定位后加工#6 孔，返回初始点平面。
N011 G00 X0 Y0 M5	； 返回参考点，主轴停。
N012 G49 Z250 T15 M6	； 取消刀具长度补偿，换刀。
N013 G43 Z0 H15	； 初始点平面，刀长补偿。
N014 S200 M3	； 主轴起动。
N015 G99 G82 X550 Y-450 Z-130 R-97 P30 F70	； 定位后加工#7 孔，返回 R 点平面。
N016 G98 Y-650	； 定位后加工#8 孔，返回初始点平面。
N017 G99 X1050	； 定位后加工#9 孔，返回 R 点平面。
N018 G98 Y-450	； 定位后加工#10 孔，返回初始点平面。
N019 G00 X0 Y0 M5	； 返回参考点，主轴停。
N020 G49 Z250 T31 M6	； 取消刀具长度补偿，换刀。
N021 G43 Z0 H31	； 初始点平面刀长补偿。
N022 S100 M3	； 主轴起动。
N023 G85 G99 X800 Y-350 Z-153 R47 F50	； 定位后加工#11 孔，返回 R 点平面。
N024 G91 Y-200 ; Y-200	； 定位后加工#12, #13 孔，返回 R 点平面。
N025 G00 G90 X0 Y0 M5	； 返回参考点，主轴停。
N026 G49 Z0	； 取消刀具长度补偿。
N027 M30	； 程序停。

五、刀具补偿 G 代码

由于在手动编制程序时通常不考虑刀具的长度和半径，而使刀具始终是按刀具中心的点进行移动，如果不加补偿，将会对零件产生干涉，同时对于多把刀具，也存在刀具尺寸的偏差，为了消除这些偏差给编程时带来的麻烦，所以系统引入刀具补偿功能。

在使用刀具补偿功能时，应注意：

1. 目前系统只支持 G17 平面的刀具补偿。在使用 G41、G42 半径补偿，以及 G43 长度补偿时，该程序段必须紧跟参数 D 或 H，否则系统将出现错误，刀具建立补偿后，可以修改 D、H，直到下次调用时才会有效。
2. CNC 具有刀具偏置表，它的补偿号通过通用机床刀具号定义。

5.1 刀具半径补偿 G40/G41/G42

指令格式：G41/G42 D_

G40

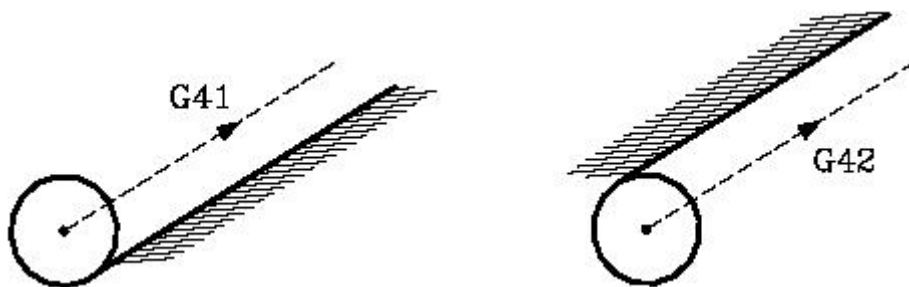
描述： G40：取消刀具半径补偿

G41：左手刀具半径补偿

G42：右手刀具半径补偿

说明：

1.



G41 刀具在零件的左边，取决于加工方向。

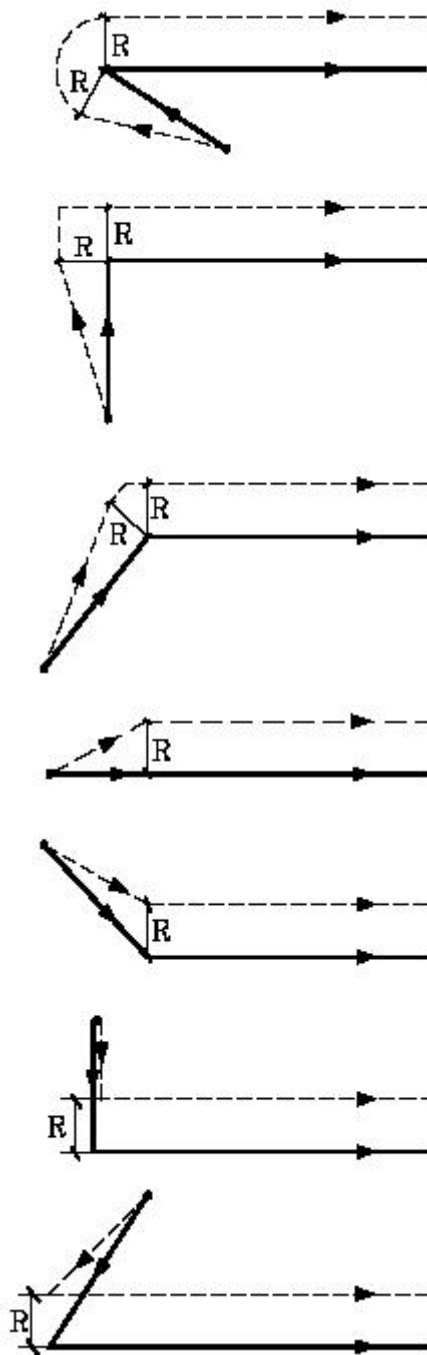
G42 刀具在零件的右边，取决于加工方向。

2. 补偿计算是在由 G17, G18, G19 所选择的平面内执行。这个平面称为补偿平面。例如，当选择 XY 平面时，在程序中用(X, Y)执行补偿计算和向量计算。不在补偿平面的轴的坐标值不受补偿影响。在同时进行三轴控制时，只对投影在补偿平面的刀具路径作补偿。

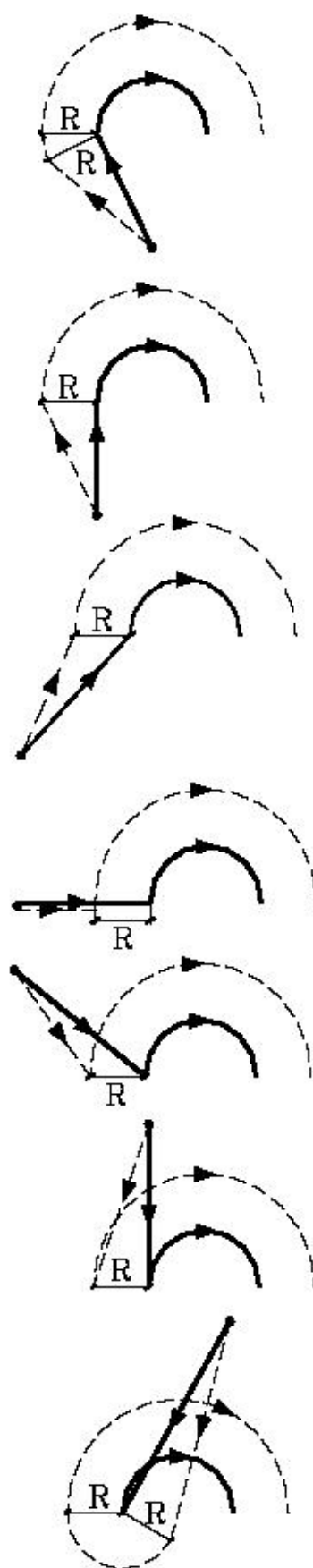
3. 如果在子程序中，一个被执行的程序段包含了功能 G53（机床坐标系编程），之前

编程的 G41 和 G42 被取消。刀具半径补偿的选择 (G41 或 G42) 只能在功能 G00 或 G01 有效(直线移动) 时进行。如果在 G02 和 G03 有效时选择补偿, CNC 将显示相应的错误信息。下面各页显示不同的刀具半径补偿开始的情况, 其中, 编程的路径用实线表示, 补偿的路径用虚线表示。

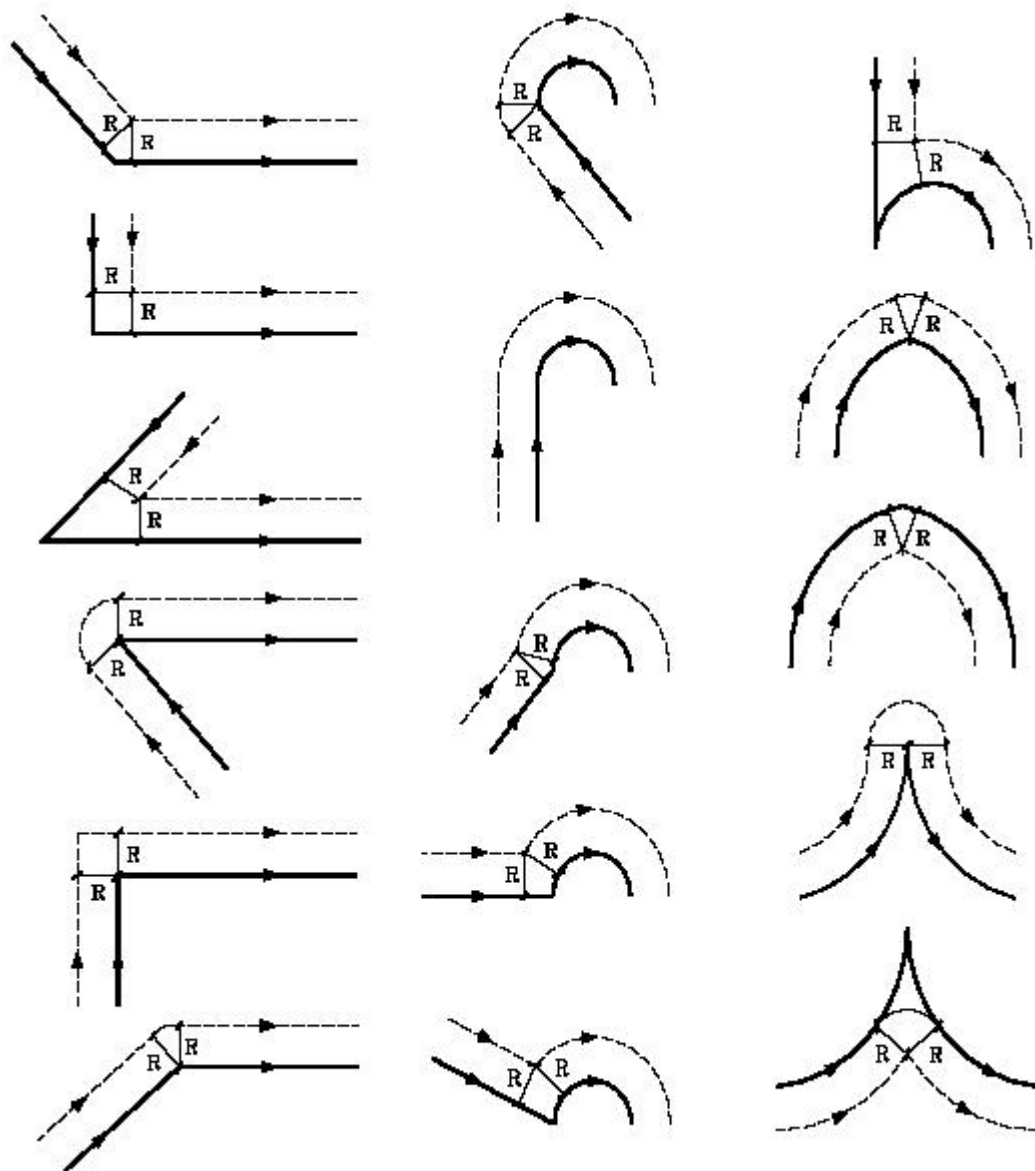
直线——直线路径补偿:



直线——曲线路径补偿：



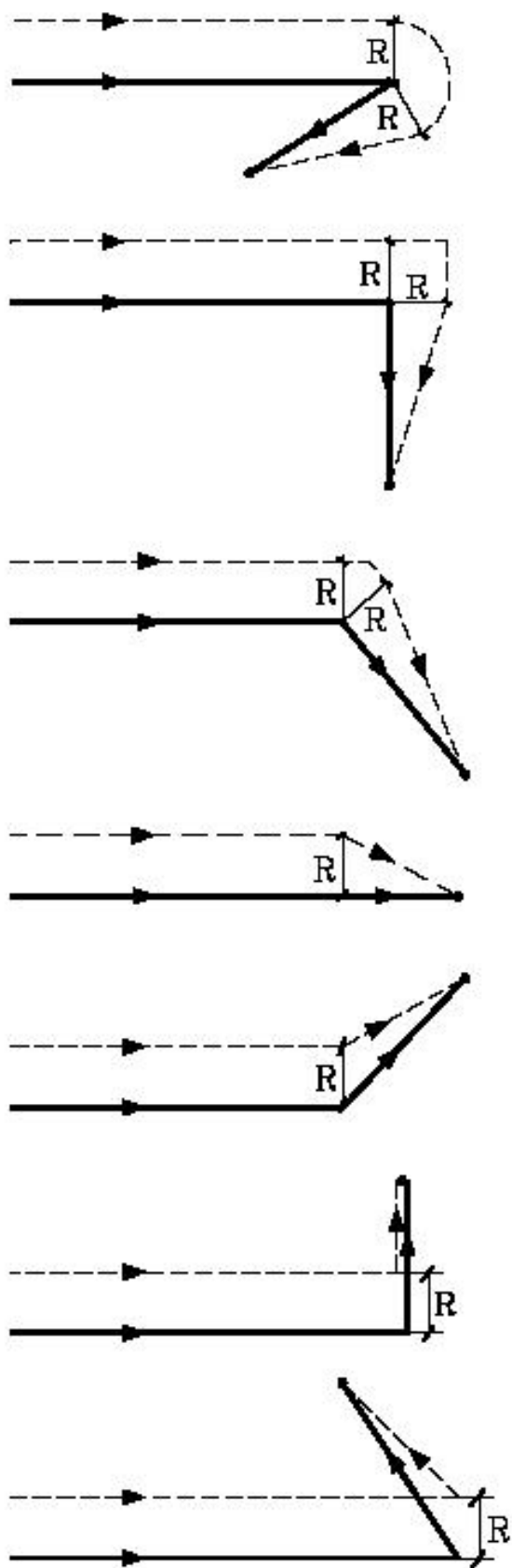
4. 刀具半径补偿部分：下面的图形表示由程序控制的带有刀具半径补偿的不同的刀具路径。编程的路径用实线表示，补偿的路径用虚线表示。



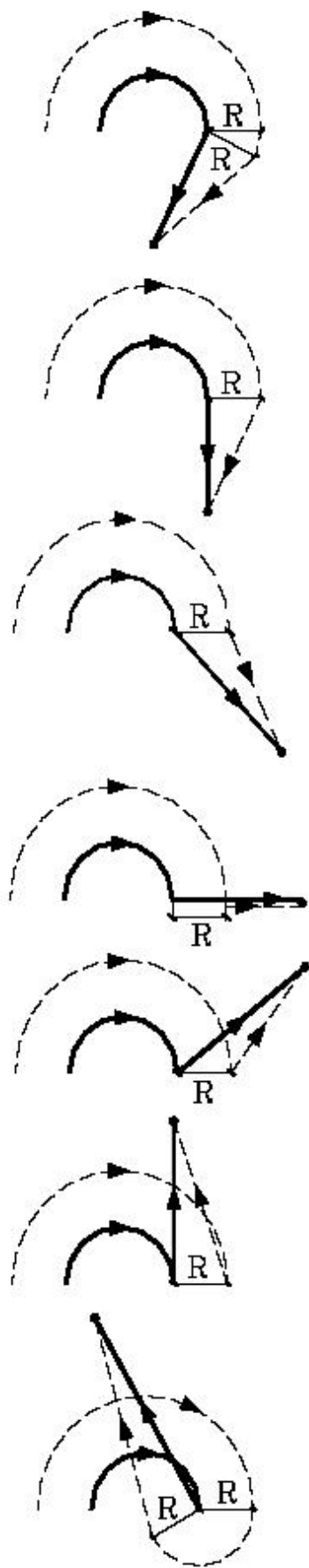
5. 取消刀具半径补偿：通过功能 G40 取消刀具半径补偿。要记住取消刀具半径补偿（G40）只能在编写有直线移动的程序段(G00 或 G01)完成。如果将 G40 和功能 G02 和 G03 编写在一起，CNC 将显示相应的错误信息。

接下来的各页显示不同情况下刀具半径补偿的取消，其中，编程的路径用实线表示，补偿的路径用虚线表示。

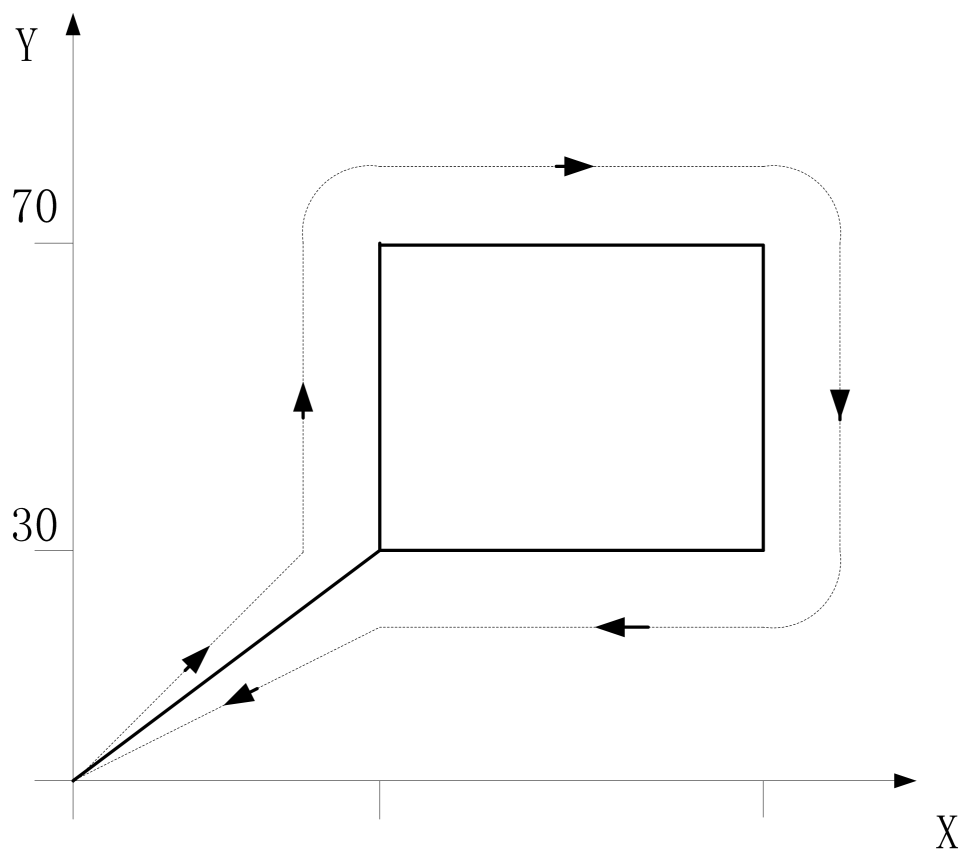
直线——直线路径补偿取消：



直线——曲线路径补偿取消：



程序示例 1:



编程的路径用实线表示，补偿的路径用虚线表示。

刀具半径 10mm

刀具号 T1

刀具偏置号 D1

G92 X0 Y0 Z0 ; 预置工件坐标系

G90 G17 S100 T1 M03S100 ; 刀具，偏置和主轴启动 S100

G01 X40 F125 ; 补偿取消

G41 D1 Y30 ; 补偿开始

Y70

X90

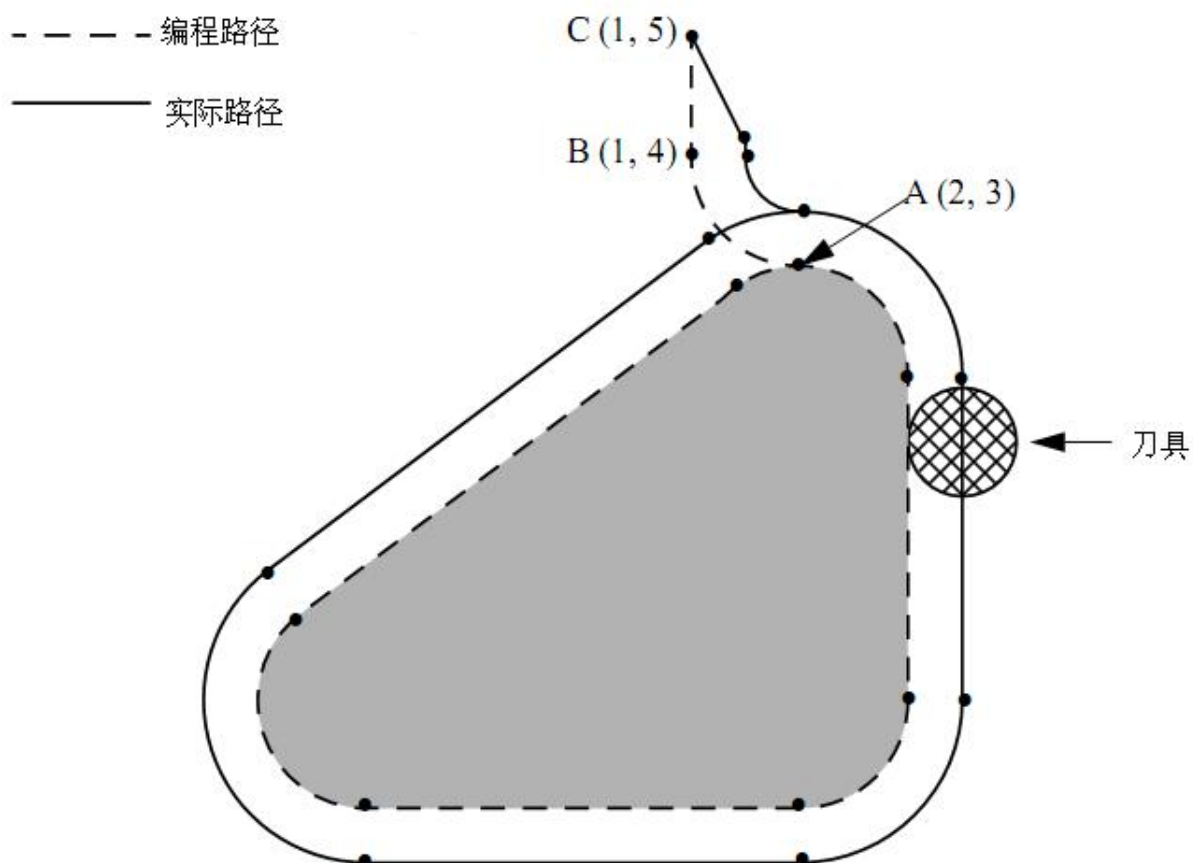
Y30

X40

G40 G00 X0 Y0 ; 补偿取消

M30

程序示例 2:



编程的路径用实线表示，补偿的路径用虚线表示。

刀具半径 1mm

刀具偏置号 D1

```

N0010 G1 X1 Y5          ; 开始移动到 C 点
N0020 G41 D1 G1 Y4      ; 开始刀具半径补偿并移动到 B 点
N0030 G3 X2 Y3 I1       ; 移动到 A 点
N0040 G2 X3 Y2 J-1
N0050 G1 Y-1
N0060 G2 X2 Y-2 I-1
N0070 G1 X-2
N0080 G2 X-2.6 Y-0.2 J1
N0090 G1 X1.4 Y2.8
N0100 G2 X2 Y3 I0.6 J-0.8
N0110 G40               ; 取消补偿
N0120 M30
    
```

5.2 刀具长度补偿 G43/G49

指令格式: G43 H_

G49

描述: G43 指定刀具长度补偿; G49 取消刀具长度补偿

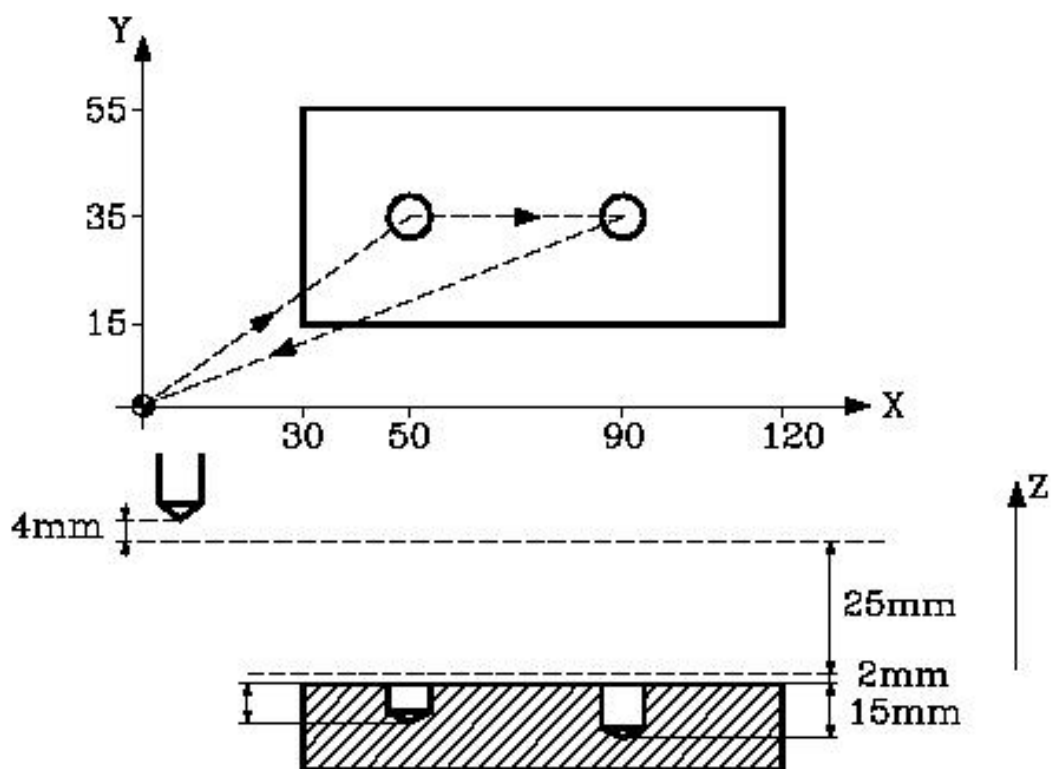
说明:

1. 上述指令的作用是将 Z 轴指令终点位置再移动一个偏移量(即建立刀具长度补偿时必须是在移动中完成)。把编程时假想的刀具长度值(通常设定为第一把刀)和实际加工时使用刀具长度值之差预先设定在偏置存储器中,因此不需要变更程序,只需要改变刀具长度补偿值就可以使用不同长度的刀具加工零件。G43 用 H 代码指定偏移号。

2. 无论是绝对值指令,还是增量值指令,在 G43 时,把程序中 Z 轴移动指令终点坐标值加上用 H 代码指定的偏移量。

3. G43 是模态 G 代码,在遇到同组其他模态指令前均有效。

程序示例:



假定被使用的刀具是 4 mm 比编程的短。

刀具长度-4mm

刀具号 T1

刀具偏置号 D1

G92 X0 Y0 Z0 ; 预置新的工件坐标系

G91 G00 X50 Y35 S500 M03

G43 H1 Z-25 ; 开始补偿

G01 Z-12 F100

G00 Z12

X40

G01 Z-17

G49 ; 取消补偿

G00 Z42 M5

G90 X0 Y0

M30

六、辅助功能 M 代码

辅助功能由地址字M和其后面的一到三位数字组成，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。

辅助功能包括非模态M指令和模态M指令：

非模态M指令----只在书写了该代码的程序段中有效；

模态M指令----一组可以相互注销的M指令，这些M指令在被同一组模态指令注销前一直有效。

表6.1 M代码一览表

M代码	含义	备注
M00	程序暂停，按“循环起动”程序继续执行	
M01	程序选择暂停	
M02	程序结束	
M03	主轴正转	
M04	主轴反转	
M05	主轴停止	
M06	换刀	
M07	冷却液开	
M08	冷却液开	
M09	冷却液关	
M48	允许主轴转速和进给速度倍率调整	
M49	禁止主轴转速和进给速度倍率调整	
M50	允许进给速度倍率调整	
M51	允许主轴转速倍率调整	
M52	可变的进给速度控制	
M53	进给速度停止控制	
M62~M65	数字IO控制	
M99	在主程序中，返回程序头继续执行	
M100~M199	用户自定义命令	

6.1 程序暂停/结束

6.1.1 程序暂停M00

当执行到 M00 的程序段，程序自动暂停。与界面上的程序暂停具有同样的功能,把其前面的模态信息全部保存起来。点击程序运行时，程序又继续运行

6.1.2 程序选择停止M01

当程序运行到 M01 时，有选择地暂停自动运行状态。若 M01 有效，<选择停止>按键按下，则 M01 与 M00 具有相同功能；若 M01 无效，<选择停止>按键未按下，则 M01 指令不起任何作用。

6.1.3 程序结束M02

M02 代码表示程序结束并完成 CNC 的总体复位功能（返回到初始状态）。推荐在 M 功能表中设置该功能，这样一来在编写该指令的程序段的末尾来执行它。若执行该功能，则有如下操作：

- 所有轴偏置清 0（相当于执行 G92.2），选择为默认原点偏置 G54；
- 选择的平面为 XY，即 G17。
- 编程方式为绝对值方式，即 G90。
- 进给率为/min，即 G94。
- 允许进给和速度修调，即 M48。
- 刀具半径补偿取消，即 G40。
- 主轴停止，即 M05。
- 准备代码设置为 G01。
- 冷却液开关关闭，即 M09。

6.1.4 程序结束并返回程序头M30

M30：程序结束并返回第一行。M30 功能与 M02 功能相同，只是多出一项功能，即返回当前程序的第一行。

6.2 主轴控制指令

6.2.1 主轴正传M03/反转M04

指令格式：M03/M04 S_

描述：正转是指沿 Z 轴方向由正向负观察，主轴顺时针旋转(CW)则为正转；反之为反转(CCW)。

S_指令是指主轴的转速，在档位控制时为所在档位。单位为：转/分钟（r/min），当主轴为变频器控制时，S_是指实际转速，例如：S1000 是指定主轴以 1000r/min 的速度旋转。

注意：

1. 正/反转指令不能在同一程序段内使用，若同时出现则后出现的有效。
2. 正/反转指令通常后跟 S 指令，也可在需要的地方写入 S 指令。
3. 主轴的转速的高低由具体的主轴参数和实际情况而定。

6.2.2 主轴停止M05

M05 说明：当自动方式执行 M05 时，主轴将停止转动。但 S 指令的速度被保留。主轴停止时的减速方式根据机床厂家设置而定。

6.3 换刀功能 M06

执行换刀功能，键入命令 M06。当换刀完成后，下面的动作必须存在：

- 主轴旋转停止。
- 被选中的刀具在主轴上，字符“T”后面的号码为刀具所在的槽号。
- 在换刀之前，被选中的刀具不是在主轴上，就是在指定的刀槽上。
- 在换刀之前，进给轴将在某一固定的位置停止。
- 在换刀的过程中，保留其他命令的执行状态。如：水冷。

6.4 冷却液开/关

M7、M8：控制冷却水泵的启动，M7，M8 分别启动两个不同的冷却水泵的开启。

M9：控制冷却水泵的停止。

6.5 倍率控制

M48：允许主轴转速和进给速度倍率调整。

M49：禁止主轴转速和进给速度倍率调整。

M50：允许进给速度倍率调整。

M51 : 允许主轴转速倍率调整。

M52 : 可变的进给速度控制。

M53 : 进给速度停止控制。

6.6 数字 IO 控制

M62: 与电机同步, 打开数字输出 IO 口。

M62: 与电机同步, 关闭数字输出 IO 口。

M62: 立即打开数字输出 IO 口。

M62: 立即关闭数字输出 IO 口。

格式: M_P_, 其中字符 P 后面的参数从 0 到 31。

6.7 程序循环 M99

M99: 返回程序头循环执行该程序, 直到按下<退出运行>。

6.8 用户自定义命令: M100-M199

格式: M_P_Q_

七、其他代码

7.1 切削进给速度 F

在直线插补(G01)，圆弧插补(G02, G03)中，用 F 代码后面的数值来指令刀具的进给速度。单位为毫米/分。刀具以程序中编制的切削进给速度移动。界面进给速度倍率栏可以对快速移动速度或切削进给速度实施倍率调节（倍率调节范围为：0%~120%）。

为防止机械振动，在刀具移动开始和结束时实施自动实施自动加/减速。

注意：

1. 在利用进给速度 F 功能进行编程时，本数控系统 F 代码可以在程序段内任意位置指定。例如：G1X100Y100 F1200； 正确

G02I20F600； 正确

F800G03J50； 正确；

2. F 代码可以单独作为程序段指定。

3. 通常切削进给是控制轮廓轨迹切线方向的速度，使之达到指令的速度值。

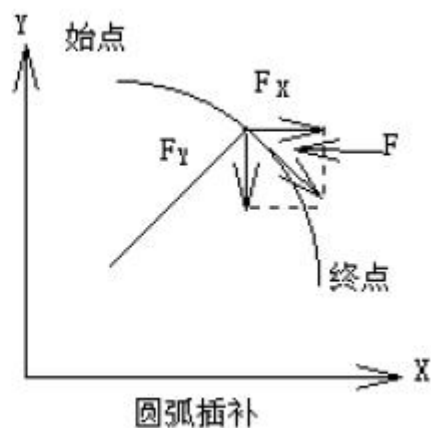
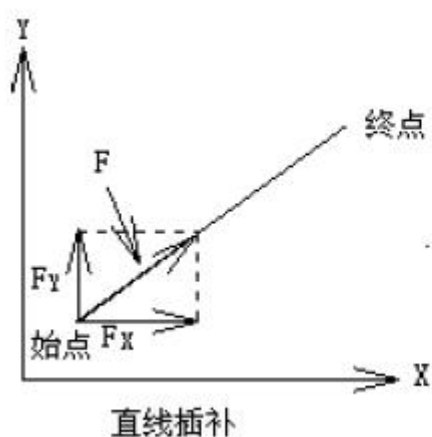
F： 切线方向的速度

F_x： X 轴方向的速度

F_y： Y 轴方向的速度

F_z： Z 轴方向的速度

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$



7.2 主轴转速 S

通过代码 S 和其后面的数值，把代码信号转成模拟信号后送给机床，用于机床的主轴控制。

说明:

1. 在一个程序段中可以指令一个 S 代码。例如：M3 S300 表示主轴以 300 转/分钟速度运行。
2. 关于可以指令 S 代码的位数以及如何使用 S 代码等，请参照机床制造厂家的说明书。
3. 当移动指令和 S 代码在同一程序段时，移动指令和 S 功能指令同时开始执行。
4. 通过代码 S 和其后面数值控制主轴转速。
5. 主轴转速的单位为：r/min（转/分钟）。
6. 主轴配编码器，可完成柔性及刚性攻丝，具体见固定循环一节。
7. S 指令只有在主轴正转或反转的情况下，系统识别，否则将被系统忽略处理。

7.3 刀具功能 T

本系统暂不支持刀具（换刀）功能。如有需要请联系广州市楔致智能技术有限公司。

八、O 代码

加工代码中，O代码提供了流控制方式。每一个程序模块都带有一个数字，这个数字位于字母O的后面，并且这种带有数字的O是成对出现的。

8.1 子程序

子程序: sub, endsub, return, call

子程序功能是从“O—sub 开始，一直到O—endsub”结束。对子程序来说，它们并不是按照整个加工代码的前后顺序执行的；只有当加工代码中有O—call形式的调用时这些代码才被执行。

例如：

O100 sub (回零子函数)

G0 X0 Y0 Z0

O100 endsub

.....(若干行其他加工代码)

O100 call

在执行子程序过程中，当执行到O—return，它会立即返回到调用它的加工代码处，就好像遇到O—endsub语句返回一样一样。

O—call带有可选的参数，这些参数是以#1，#2等形式传递给子函数的，参数可以从#1一直到#30。

当从子函数返回时，这些参数的原始值就会被存储起来。

子程序的调用是被立即执行的，当他们被定义之后就可以调用他们了。这些子函数可以被其他函数调用。当需要的时候他们也可以调用自身。子程序的最大嵌套数达10层。

8.2 循环语句

循环语句: do, while, endwhile, break, continue

while循环有2种结构，一种是while/endwhile，另一种是 do/while。只有当while的条件不满足了才退出循环。

例如：画一个锯齿形：

F100


```
#1 = 0  
O101 while [#1 lt 10]  
G1 X0  
G1 Y[#1/10] X1  
#1 = [#1+1]  
O101 endwhile
```

在while循环中，当遇到O- break语句则立即退出循环。而当遇到O- continue语句则忽略while循环中剩下的语句，进行下一个while条件的判断。如果条件依然成立，则继续执行循环体，否则就此退出。

8.3 条件语句

条件判断：if, else, endif

if条件如果成立则执行一组指令，否则就跳过该组指令。

例如：根据变量值设定进给量：

```
O102 if [#2 > 5]  
F100  
O102 else  
F200  
O102 endif
```